



รายงานการวิจัย

สภาพแวดล้อมการสะสมตัวและศักยภาพปิโตรเลียม  
ของแหล่งถ่านหินแม่ตีบ  
(ENVIRONMENT OF DEPOSITION AND PETROLEUM  
POTENTIAL OF MAE TEEB COAL FIELD)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

สภาพแวดล้อมการสะสมตัวและศักยภาพปิโตรเลียม  
ของแหล่งถ่านหินแม่ตีบ  
(ENVIRONMENT OF DEPOSITION AND PETROLEUM  
POTENTIAL OF MAE TEEB COAL FIELD)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิตา ชีระกุลสถิตย์  
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.เบ็ญจวรรณ รัตนเสถียร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัมพรรค์ วรรณโกมล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560-2561

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2561

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2560-2561 คณะผู้ทำวิจัยต้องขอขอบคุณ กองธรณีวิทยา เมืองแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้อำนวยความสะดวกในการทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินและหินน้ำมัน การวิเคราะห์ทั้งหมดจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้หากขาดบุคลากรฝ่ายวิเคราะห์ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่คอยให้ความรู้และการฝึกอบรมในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เป็นอย่างดี และขอขอบคุณ คุณปิยะธิดา แสงทอง และคุณกรกรินทร์ ศิริเถียร ที่ช่วยในการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง และคุณศักดิ์ชาย กล่ำกล่อมจิตร ในการช่วยตรวจสอบและจัดรูปแบบของรายงานวิจัย รวมถึงบุคคลอื่นๆที่เกี่ยวข้องที่ยังไม่ได้กล่าวถึง ทางผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัย

กันยายน 2561

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

## บทคัดย่อ

แอ่งแม่ติบเป็นแอ่งตะกอนขนาดเล็กที่มีการทับถมด้วยชั้นตะกอนที่มีสารอินทรีย์ ตั้งอยู่ในจังหวัดลำปาง ภาคเหนือของประเทศไทย วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) เพื่อศึกษาชนิดหิน ชุดลักษณะของหิน และลำดับชั้นหิน 2) เพื่อระบุศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมในแอ่งแม่ติบโดยใช้การวิเคราะห์ทางธรณีเคมีและเทคนิคการศึกษาสีลาวรรณาในอินทรีย์วัตถุ และ 3) เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมการสะสมตัวและลักษณะของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่มีศักยภาพในแอ่งแม่ติบ ตัวอย่างจำนวน 44 ตัวอย่าง จากเหมืองถ่านหินแม่ติบ ถูกรวบรวมจากชั้นหินอินทรีย์หลัก 3 ชั้น จากหน้าเหมืองตามแนวตั้ง ประกอบด้วย ตัวอย่างหินน้ำมัน 14 ตัวอย่าง ถ่านหิน 26 ตัวอย่าง และหินลีโอนาร์ไดต์ 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างเหล่านี้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสีลาวรรณาและทางธรณีเคมี เพื่อการตีความถึงสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวและศักยภาพด้านปิโตรเลียม ผลการศึกษาสีลาวรรณาได้แสดงกลุ่มแร่อินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นลิปติไนต์และวิทรีไนต์ ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวจากด้านล่างขึ้นด้านบนของชั้นหิน มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจากหนองน้ำขังตื้นๆ ไปเป็นหนองน้ำป่าพรุแล้วค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็นทะเลสาบน้ำจืด ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางธรณีเคมีแสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณแก๊สร้อยละ 57.28 โดยน้ำหนัก ปริมาณสารระเหยร้อยละ 28.45 โดยน้ำหนัก ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ร้อยละ 14.28 โดยน้ำหนัก ปริมาณธาตุคาร์บอนร้อยละ 23.44 โดยน้ำหนัก และปริมาณธาตุไฮโดรเจนร้อยละ 3.17 โดยน้ำหนัก ผลจากการวิเคราะห์ไฟโรไลซิสแสดงค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 23.04 โดยน้ำหนัก ผลผลิตน้ำมัน (S1) มีค่าเฉลี่ย 1.47 มิลลิกรัมต่อกรัม ผลผลิตคีโรเจน (S2) มีค่าเฉลี่ย 53 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณ CO<sub>2</sub> (S3) มีค่าเฉลี่ย 5.57 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีค่าอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อยู่ในช่วง 422 และ 434 องศาเซลเซียส ค่าศักยภาพการให้สารกำเนิดปิโตรเลียม (S1+S2) ของตัวอย่างที่นำมาศึกษามีค่าสูงมาก อยู่ในช่วง 22.13 ถึง 72.12 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งบ่งชี้ถึงการเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่ดีมาก นอกจากนี้การวิเคราะห์การสะท้อนแสงของวิทรีไนต์มีค่าระหว่าง 0.31 และ 0.50 % Ro ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าสภาวะการสุกของปิโตรเลียมของหินต้นกำเนิดนี้อยู่ในช่วงระดับเริ่มต้น



## ABSTRACT

SOURCE ROCK/GEOCHEMISTRY/ORGANIC PETROLOGY/PYROLYSIS/VITRINITE  
REFLECTANCE/ THERMAL MATURATION

Mae Teeb basin is a small basin with organic deposits located in Lampang province, northern Thailand. This research objective is 1) to study lithologic type, facies, and lithostratigraphy, 2) to identify potential petroleum source rocks in Mae Teeb basin using geochemical analysis and organic petrography techniques, and 3) to assess depositional environment and characteristics of potential petroleum source rocks in Mae Teeb basin. A total of 44 samples from Mae Teeb coal mine was collected in vertical succession from the present mining face. They were from 3 main organic units, including 14 oil shale, 26 coal, and 4 leonardite samples. Petrographic and geochemical analyses of samples were undertaken to interpret their depositional environments and petroleum potentiality. The petrographic study shows that macerals are mainly liptinite and vitrinite. These indicate from the bottom to the top of the depositional environment, which changed from a shallow swamp, a forested swamp, and a stagnant lacustrine, respectively. Geochemical analyses show an average of 57.28 wt.% ash, 28.45 wt.% volatile matter, 14.28 wt.% fixed carbon, 23.44 wt.% carbon, and 3.17 wt.% hydrogen. Pyrolysis analyses show an average of 23.04 wt.% TOC, 1.47 mg/g of oil yield (S1), 53 mg/g of kerogen yield (S2), 5.57 mg/g of CO<sub>2</sub> content (S3), and maximum temperature (Tmax) ranges between 422 °C and 434 °C. The genetic potential (S1+S2) of the studied samples is very high and varies from 22.13 to 72.12 mg/g which indicates their excellent source rock potentiality. In addition, the vitrinite reflectance of the studied samples ranges between 0.31 and 0.50 %Ro indicating that the thermal maturation is the immature to early mature stage.

# สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	6
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล.....	8
บทที่ 2 ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.1 ปีโตรเลียมและถ่านหินในแอ่งตะกอนเทอร์เชียรีในประเทศไทย.....	11
2.2 แอ่งแม่ตึบ.....	17
2.3 การวิเคราะห์ธรณีเคมี.....	22
2.4 การจำแนกหินต้นกำเนิดปีโตรเลียมและสภาพแวดล้อม การสะสมตะกอน.....	31
2.5 การประเมินหินต้นกำเนิดและการก่อเกิดปีโตรเลียม.....	36
2.5.1 การวิเคราะห์ธรณีเคมี.....	37
2.5.2 การวิเคราะห์ศิลาวรรณานาวิทยา.....	42

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการศึกษาและการวิเคราะห์.....	44
3.1 การสำรวจภาคสนาม.....	44
3.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์.....	50
3.2.1 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง.....	50
3.2.2 การเตรียมตัวอย่าง.....	51
3.3 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	52
3.3.1 การวิเคราะห์ธรณีเคมี (Geochemical analysis).....	54
3.3.1.1 การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis).....	54
3.3.1.2 การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis).....	56
3.3.1.3 การวิเคราะห์ค่าความร้อน (Heating value analysis).....	59
3.3.1.4 การวิเคราะห์ไพโรไลซิส (Pyrolysis analysis).....	61
3.3.2 การวิเคราะห์ศิลารรณนาวิทยา (Petrographic analysis).....	63
3.3.2.1 ส่วนประกอบแร่อินทรีย์ (Maceral composition).....	63
3.3.2.2 ค่าการสะท้อนแสงของวิทรีไนต์ (Vitrinite reflectance).....	64
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	65
4.1 การศึกษาธรณีวิทยาและลำดับชั้นหินในพื้นที่ศึกษา.....	65
4.1.1 หน่วยหินย่อยลีโอนาร์ไดต์ (Leonardite sub-unit).....	72
4.1.2 หน่วยหินย่อยถ่านหิน C (Coal C sub-unit).....	72
4.1.3 หน่วยหินย่อยถ่านหิน B (Coal B sub-unit).....	72
4.1.4 หน่วยหินย่อยถ่านหิน A (Coal A sub-unit).....	73
4.1.5 หน่วยหินย่อยหินน้ำมัน (Oil shale in Coal A sub-unit).....	75
4.1.6 หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง (Lower Oil Shale sub-unit).....	76
4.1.7 หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบน (Upper Oil Shale sub-unit).....	76
4.1.8 หน่วยหินตะกอนขนาดละเอียด (Fine-grained sediment unit).....	76
4.1.9 ตะกอนทางน้ำ (Fluvial deposits).....	78

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการศึกษาสีลาพรรณนาของสารอินทรีย์สาร (Organic petrography).....	87
4.2.1 หน่วยหินย่อยลีโอนาร์ไคต์.....	87
4.2.2 หน่วยหินย่อยถ่านหิน C.....	91
4.2.3 หน่วยหินย่อยถ่านหิน B.....	103
4.2.4 หน่วยหินย่อยถ่านหิน A.....	111
4.2.5 หน่วยหินย่อยหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน Coal A.....	126
4.2.6 หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง.....	136
4.2.7 หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบน.....	142
4.2.8 การสะท้อนแสงของวทริไนต์.....	147
4.3 การวิเคราะห์เคมี.....	149
4.3.1 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน.....	149
4.3.2 การวิเคราะห์ไพโรไลซิส.....	152
4.4 การอภิปรายผล.....	156
4.4.1 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนในแอ่งแม่ตึบ.....	156
4.4.2 การประเมินศักยภาพหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมของแอ่งแม่ตึบ.....	161
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	166
5.1 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและลักษณะการทับถมตะกอนในแอ่งแม่ตึบ.....	166
5.2 ศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม.....	168
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	169
รายการอ้างอิง.....	170
ภาคผนวก ก ผลการศึกษาสีลาพรรณนาของสารอินทรีย์สาร	
หน่วยหินย่อยลีโอนาร์ไคต์.....	180
ภาคผนวก ข ผลการศึกษาสีลาพรรณนาของสารอินทรีย์สาร	
หน่วยหินย่อยถ่านหิน C.....	188

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค ผลการศึกษาศิลาบรรณของสารอินทรีย์สาร หน่วยหินย่อยถ่านหิน B.....	228
ภาคผนวก ง ผลการศึกษาศิลาบรรณของสารอินทรีย์สาร หน่วยหินย่อยถ่านหิน A.....	242
ภาคผนวก จ ผลการศึกษาศิลาบรรณของสารอินทรีย์สาร หน่วยหินย่อยหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน Coal A.....	280
ภาคผนวก ฉ ผลการศึกษาศิลาบรรณของสารอินทรีย์สาร หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง.....	297
ภาคผนวก ช ผลการศึกษาศิลาบรรณของสารอินทรีย์สาร หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบน.....	311
ประวัตินักวิจัย.....	325

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ข้อมูลการวิเคราะห์หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมของถ่านหิน ..... 16
2.2	ข้อมูลการวิเคราะห์หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมของหินน้ำมัน ..... 16
2.3	ลำดับชั้นหินของแอ่งแม่ตึบและหินโดยรอบ ..... 19
2.4	แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยประมาณและการวิเคราะห์โดยละเอียดของ ตัวอย่างถ่านหินและหินน้ำมันในแอ่งแม่ตึบ จังหวัดลำปาง ..... 21
2.5	เปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านหินแต่ละประเภท ..... 24
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างเคอโรเจน ชนิดแรอินทรีย์ คาร์บอนไฮโดรเจน (HI) อัตราส่วน S2 ต่อ S3 และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ถูกขับออก ..... 34
2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างชุดลักษณะของพีซ (Palynofacies) บ่งชี้ทางธรณีเคมีและ สภาพแวดล้อม ..... 35
2.8	ชนิดแรอินทรีย์หลักและคุณสมบัติทางเคมีของแต่ละชนิด ..... 42
2.9	การจำแนกแรอินทรีย์ ตามเกณฑ์ International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP)..... 43
3.1	สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน หน่วยหิน หน่วยหินย่อย และจำนวนตัวอย่างที่จัดเก็บใน พื้นที่ศึกษา..... 47
4.1	หน่วยหินเทอร์เชียรีของเหมืองแม่ตึบ ..... 67
4.2	สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน หน่วยหิน หน่วยหินย่อย และจำนวนตัวอย่างที่ ..... 82
4.3	การอธิบายตัวอย่างหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารตามลำดับชั้นหิน ของแอ่งแม่ตึบ ..... 82
4.4	ส่วนประกอบของแรอินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยหินลิโอนาร์ไคต์ของแอ่งแม่ตึบ ..... 88
4.5	ส่วนประกอบของแรอินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหิน Coal C ของแอ่งแม่ตึบ ..... 93
4.6	ส่วนประกอบของแรอินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหิน Coal B ของแอ่งแม่ตึบ ..... 105
4.7	ส่วนประกอบของแรอินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหิน Coal A ของแอ่งแม่ตึบ ..... 113
4.8	ส่วนประกอบของแรอินทรีย์ของตัวอย่างหินน้ำมันในหน่วยถ่านหินย่อย Coal A ของแอ่งแม่ตึบ..... 128

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.9 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยหินน้ำมันตอนล่างของแอ่งแม่ตึบ .....	139
4.10 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยหินน้ำมันชั้นบนของแอ่งแม่ตึบ .....	143
4.11 ผลการวิเคราะห์การสะท้อนแสงของวิทรีไนต์ (Ro) ของตัวอย่างถ่านหินในหน่วยหินย่อย Coal A และ Coal B.....	147
4.12 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน ของตัวอย่าง หินลีโอนาร์ไคต์ (Air dry basis) .....	150
4.13 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน ของตัวอย่าง ถ่านหิน (Air dry basis) .....	151
4.14 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน ของตัวอย่าง หินน้ำมัน (Air dry basis) .....	152
4.15 ผลการวิเคราะห์ไพโรไลซิส แบบ HAWK ของแต่ละตัวอย่างในหน่วยหินย่อย .....	153
4.16 การสุกของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม (Maturation) ประเมินด้วยค่า Ro ชนิดเคอโรเจน และ Tmax.....	155
4.17 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนกับความสัมพันธ์กับชนิดแร่อินทรีย์ของแอ่งแม่ตึบ .....	159

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	แหล่งปิโตรเลียมหลักในประเทศไทย ประกอบด้วย แหล่งปิโตรเลียมในอ่าวไทย แอ่งเมอร์กูยในทะเลอันดามัน แหล่งปิโตรเลียมในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 5
1.2	แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย..... 10
2.1	แผนที่ธรณีวิทยาของแอ่งแม่ตึบและพื้นที่โดยรอบ..... 18
2.2	ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมและการเกิดปิโตรเลียมตามชนิดของอินทรีย์สาร. .... 23
2.3	แผนภาพแสดงผลผลิตจากการกลั่นสลายถ่านหิน ..... 26
2.4	แสดงอัตราส่วน ชนิด และสถานะของอินทรีย์สารที่เป็นหินต้นกำเนิดชนิดต่างๆ ..... 28
2.5	ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์เคมี ..... 30
2.6	ความสัมพันธ์ของปริมาณของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมกับชนิดหินและสภาพแวดล้อม การทับถมตะกอน ..... 32
2.7	Van Krevelen diagram แสดงแนวโน้มการพัฒนาการเกิดของชนิดถ่านหินหลัก ..... 39
2.8	Van Krevelen diagram (ซ้าย) แสดง Thermal maturation trends ของเคอโรเจน ซึ่งใช้ ความสัมพันธ์ของ H/C กับ O/C (ขวา) The modified Van Krevelen diagram แสดงผลโดยใช้ข้อมูลจาก Rock-Eval pyrolysis ซึ่งใช้ความสัมพันธ์ของดัชนีไฮโดรเจน (HI) กับดัชนีออกซิเจน (OI)..... 40
3.1	แผนที่ตำแหน่งแอ่งเทอร์เชียรี และพื้นที่ศึกษาแอ่งแม่ตึบ ภาคเหนือของประเทศไทย..... 45
3.2	ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาบนแผนที่ระวางบ้านป่าแดง (Ban Pa Dange, Map sheet 5046 III scale 1:50,000) ..... 46
3.3	การเก็บตัวอย่างหินตะกอนและถ่านหินตามลำดับชั้นหินของเหมืองแม่ตึบ ในแอ่งแม่ตึบ 48
3.4	ขั้นตอนการทำงานและวิธีการศึกษาในพื้นที่ศึกษา..... 49
3.5	การทำงานภาคสนาม ได้แก่ การวัดความหนาของชั้นหินและตรวจสอบชนิดหิน (A) การบันทึกข้อมูลภาคสนาม (B) และการเก็บตัวอย่าง (C) ..... 50
3.6	ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ธรณีเคมีและสิลาวรรณวิทยา ..... 53



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7	เครื่อง Leco TGA-701 เป็นเครื่องทดสอบการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) แบบอัตโนมัติ ..... 54
3.8	ขั้นตอนการเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการวิเคราะห์โดยประมาณ เพื่อหาปริมาณของความชื้น สารระเหย และซีเล้า ..... 55
3.9	ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยละเอียด เพื่อหาปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน โดยเครื่องตรวจวัดแบบ IR cell และ thermal conductivity detector cell ..... 58
3.10	ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยละเอียดเพื่อหาปริมาณซัลเฟอร์..... 59
3.11	เครื่องทดสอบ Bomb calorimeter Leco AC-350..... 61
3.12	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Oil yield (S1) ปริมาณ Kerogen yield (S2) ปริมาณก๊าซ CO <sub>2</sub> (S3) ปริมาณก๊าซ CO ระดับอุณหภูมิและเวลา ซึ่งรูป A แสดงการตรวจวัด S1, S2 and Tmax ด้วย FID detector และรูป B แสดงการตรวจวัดปริมาณ ก๊าซ CO (บน S3) และปริมาณก๊าซ CO <sub>2</sub> และ CO (บน S4) ด้วย IR detector..... 62
4.1	ภาพโดยรวมของเหมืองแม่ตึบ..... 66
4.2	พื้นที่ขุดด้านตะวันตกของเหมืองถ่านหินแม่ตึบ ..... 68
4.3	ขอบเขตการสัมผัสระหว่างหน่วยหินน้ำมันกับตะกอนเม็ดละเอียด..... 69
4.4	ขอบเขตการสัมผัสของแหล่งสะสมในสภาพแวดล้อมแบบหนองบึง (Leonardite, Coal C, Coal B และ Coal A) และการสะสมของสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด ..... 70
4.5	ลำดับชั้นหินตะกอนของแหล่งแม่ตึบที่เหมืองแม่ตึบและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง..... 71
4.6	ขุดด้านตะวันตกของเหมืองถ่านหินแม่ตึบ แสดงระนาบของชั้นหินของหน่วยย่อย ลีโอนาร์ไคต์ ..... 73
4.7	ชั้นถ่านหินบาง ๆ ที่แทรกอยู่ในชั้นหินลีโอนาร์ไคต์ ..... 73
4.8	ดินเหนียวชั้นบางที่มีถ่านหินไม่บริสุทธิ์แทรกอยู่ในชั้นถ่านหิน C..... 74
4.9	ชั้นหินน้ำมันที่แทรกในส่วนบนของหน่วยย่อยของถ่านหิน A..... 74
4.10	การแทรกของชั้นหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน A..... 75
4.11	ตัวอย่างแสดงลักษณะถ่านหินและหินทราย ..... 75

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12	ลักษณะของหินน้ำมันในหินสค มีสีเทาถึงน้ำตาลเหลือง ..... 77
4.13	หินโพล์ของหน่วยหินน้ำมันตอนบนที่แทรกด้วยหินทรายแป้ง..... 77
4.14	หน่วยหินตะกอนขนาดละเอียดจากด้านหน้าเหมืองถ่านหิน ..... 78
4.15	ชั้นหินตะกอนทางน้ำที่อยู่เหนือชั้นถ่านหิน ที่เหมืองถ่านหินแม่ติบ..... 79
4.16	ชั้นหินตะกอนทางน้ำที่อยู่เหนือชั้นถ่านหิน..... 80
4.17	หินกรวดมนและหินทรายที่ทับถมด้วยเลนส์ถ่านหิน ..... 80
4.18	รอยเลื่อนย้อน ในแนว N 10 - 38 W ตัดชั้นหินกรวดมนและหินทราย ในตะกอนทางน้ำ . 81
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับชั้นหิน สภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอน และตำแหน่ง ของตัวอย่างหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารที่เหมืองถ่านหินแม่ติบ ..... 86
4.20	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไดต์ (Sample No. L7-4)..... 88
4.21	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไดต์ (Sample No. L14-2)... 90
4.22	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -1) ..... 96
4.23	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -2) ..... 97
4.24	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -4) ..... 98
4.25	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C4-5) ..... 99
4.26	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C6-2) ..... 100
4.27	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C11-1) ..... 101
4.28	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C11-6) ..... 102
4.29	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B15 - 4) ..... 106
4.30	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 - 2) ..... 107
4.31	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 - 8) ..... 108
4.32	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 - 11) ..... 109
4.33	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B18 - 2)) ..... 110
4.34	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A2 -5) ..... 116
4.35	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A5 - 3) ..... 117
4.36	ภาพใต้อกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A52 - 5) ..... 118

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.37	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A6 – 1) ..... 119
4.38	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 1) ..... 120
4.39	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 6) ..... 121
4.40	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 1) ..... 122
4.41	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 11) ..... 123
4.42	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A11 – 5) ..... 124
4.43	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A11 – 7) ..... 125
4.44	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 1/1)..... 129
4.45	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 1/2)..... 130
4.46	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS2 – 2)..... 131
4.47	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 1)..... 132
4.48	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 2)..... 133
4.49	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3/21-3)..... 134
4.50	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3/21-4)..... 135
4.51	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH2-2)..... 139
4.52	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH3-1)..... 140
4.53	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH3-2)..... 141
4.54	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH8-1)..... 144
4.55	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH8-2)..... 145
4.56	ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH9-4)..... 146
4.57	กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การสะท้อนแสงของวิทรีไนต์ (Ro) ของตัวอย่างถ่านหิน ในหน่วยหินย่อย Coal A และ Coal B ..... 148
4.58	ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมีและชนิดของแร่อินทรีย์ในแต่ละหน่วยหินย่อย ..... 160
4.59	การจำแนกประเภทเคอโรเจน (Kerogen type) ของตัวอย่างหินในแอ่งแม่โดยการ Cross-plot ของ HI กับ OI โดยปรับปรุงจาก Van Krevelen diagram ..... 162

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.60	การ Cross-plot ของปริมาณของไฮโดรคาร์บอนที่เหลืออยู่ (S <sub>2</sub> ) กับ TOC (wt.%) แสดงศักยภาพการสร้างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ดีถึงดีเยี่ยมของตัวอย่างหินในแอ่งแม่ตึบ ..... 163
4.61	ลำดับขั้นตอนของการสุกของสารอินทรีย์ (Organic maturation) ในหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม โดยการ cross-plot ของ HI กับ Tmax (A) และ HI กับ Ro (B)..... 164
4.62	การ Cross-plot of Productive Index (PI) กับ Tmax ของตัวอย่างหินในแอ่งแม่ตึบ ..... 165

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีวิตและเป็นปัจจัยพื้นฐานในการขับเคลื่อนประเทศให้ทัดเทียมกับนานาอารยประเทศและพัฒนาด้านเศรษฐกิจของชาติ ปัจจุบันความต้องการด้านพลังงานของประเทศไทยมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นเพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศในทุกด้าน เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (Fossil fuels) หมายถึง เชื้อเพลิงซึ่งเปลี่ยนสภาพมาจากซากของสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ด้วยกระบวนการทางธรณีวิทยาและธรณีเคมี โดยแหล่งเชื้อเพลิงเหล่านี้ได้แก่ ถ่านหิน (Coal) ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) น้ำมันดิบ (Crude oil) หินน้ำมันและทรายน้ำมัน (Oil shale and Tar sand) เนื่องจากทรัพยากรพลังงานเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไปและด้วยกระบวนการเกิดที่ต้องอาศัยระยะเวลาทำให้ปริมาณทรัพยากรพลังงานมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการด้านพลังงานที่เพิ่มมากขึ้น จึงต้องมีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ทำให้เสียเงินตราในการจัดซื้อจัดหาในปริมาณสูงเพื่อชดเชยในส่วนที่ขาดแคลน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่ต้องมีการศึกษาเพื่อสำรวจหาแหล่งทรัพยากรพลังงานในประเทศเพิ่มเติมหรือพัฒนาแหล่งทรัพยากรพลังงานที่มีอยู่เดิมให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

หินต้นกำเนิด (Source rock) คือ หินต้นกำเนิดปิโตรเลียม เป็นหินชั้นหรือหินตะกอน (Sedimentary rock) ที่มีสารอินทรีย์มาก ส่วนใหญ่จะเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่ดี หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมจะต้องมีปริมาณของสารอินทรีย์อย่างน้อยร้อยละ 0.5 และโดยทั่วไปควรจะมากกว่าร้อยละ 1.5 สารอินทรีย์ชนิด Type II จะให้น้ำมันดิบ (Crude oil) และ Type III จะให้ก๊าซ ปริมาณของไฮโดรเจนในสารอินทรีย์ควรจะมากกว่าร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก เมื่อถูกทำให้ร้อนด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส จะให้น้ำมันและก๊าซไฮโดรคาร์บอนออกมา

หินน้ำมัน (Oil shale) เป็นหินต้นกำเนิดชนิดหนึ่งที่มีการเรียงตัวเป็นชั้นบางส่วนใหญ่เป็นหินดินดาน มีลักษณะเป็นหินตะกอนเนื้อละเอียดขนาดน้อยกว่าหินทรายแป้ง ( $< 1/16$  มิลลิเมตร) มีองค์ประกอบเป็นอินทรีย์วัตถุที่เรียกว่า เคอโรเจนหรือคีโรเจน (Kerogen) แทรกอยู่ ซึ่งสารอินทรีย์นั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางธรณีวิทยาภายใต้ความร้อนและความกดดัน สารอินทรีย์เหล่านี้

ก็จะเปลี่ยนแปลงและสลายตัวให้ปิโตรเลียม สำหรับการใช้อยู่จากหินน้ำมันนั้นในปัจจุบันได้มีการใช้เป็นแหล่งพลังงานได้เช่นเดียวกับถ่านหิน โดยหินน้ำมัน 1,000 กิโลกรัม เมื่อนำมาผ่านกระบวนการสกัด สามารถสกัดเป็นน้ำมันหินได้ประมาณ 100 ลิตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วย น้ำมันก๊าด น้ำมันตะเกียง พาราฟิน น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น ไช แนฟทา และแอมโมเนียซัลเฟต นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุที่มีอยู่ในหินน้ำมันที่เป็นสารประกอบซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดหินน้ำมัน คือ แร่ยูเรเนียม แร่วานาเดียม สังกะสีโซเดียมคาร์บอเนต แอมโมเนียซัลเฟต และกำมะถัน และยังมีผลพลอยได้จากส่วนต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ผลิตไฮคาร์บอน คาร์บอนดูดซับ คาร์บอนแบล็ก และปุ๋ยเคอโรเจน

ถ่านหิน (Coal) คือ หินตะกอนชนิดหนึ่งซึ่งสามารถคิดไฟได้ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ สารประกอบของคาร์บอนอยู่ในประมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนักหรือร้อยละ 70 (Department of Mineral Resources, 1981) โดยปริมาณ ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งพลังงานจากซากดึกดำบรรพ์ที่มีปริมาณมากที่สุดในโลก การใช้อยู่จากถ่านหินเป็นที่นิยมกันมากขึ้นหลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมในประเทศอังกฤษ และยิ่งเพิ่มมากขึ้นหลายเท่าตัวเมื่อเกิดวิกฤตราคาน้ำมันในปี พ.ศ. 2516 ทำให้มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันมากขึ้น ทั้งการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าและในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยการใช้ถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าทั่วไปจะใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ถ่านหินมาต้มน้ำให้เกิดไอน้ำ โดยใช้หม้อไอน้ำ (steam boiler) หรือเครื่องกำเนิดไอน้ำ (steam generator) ส่งไอน้ำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ (steam turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้แล้วยังมีการใช้ถ่านหินเป็นแหล่งวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกเช่น การนำมาผลิตเป็นถ่านโค้กเทียม ถ่านกัมมันต์ ปุ๋ยยูเรีย หรือการนำมาสกัดเอาน้ำมันดิบ เป็นต้น

การผลิตปิโตรเลียมในประเทศไทยส่วนใหญ่แล้ว มีการผลิตปิโตรเลียมจากแอ่งตะกอนที่มีอายุยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) โดยแอ่งตะกอนทั้งหมดนั้นเกิดขึ้นทั้งบนบก (onshore) และนอกชายฝั่ง (offshore) (Chaodumrong et al., 1983) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วการผลิตปิโตรเลียมในประเทศไทยจะถูกผลิตจาก 4 แหล่งใหญ่ ประกอบด้วยพื้นที่นอกชายฝั่ง ได้แก่ แหล่งปิโตรเลียมในอ่าวไทย (Gulf of Thailand) และแอ่งเมอร์กูยในทะเลอันดามัน (Mergui basin of Andaman Sea) พื้นที่บนบก ได้แก่ แหล่งปิโตรเลียมในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (DMF, 2007) ดังแสดงในรูปที่ 1.1 และพื้นที่ศักยภาพอื่น ๆ มากกว่า 40 แอ่งตะกอนในภาคเหนือ (Polachan et al., 1991)

การผลิตปิโตรเลียมในประเทศไทย มีการผลิตจากแอ่งตะกอนอายุยุคเทอร์เชียรี ในช่วงอายุโอลิโกซีน (Oligocene) ถึง ตอนต้นอายุไมโอซีน (Early-Miocene) หรือช่วงอายุประมาณ 19 ถึง 31



ล้านปี ซึ่งมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (Unconformity) ที่เกิดในช่วงรอยต่ออายุโอลิโกซีนตอนปลายหรือไมโอซีนตอนต้น (Upper Oligocene/Lower Miocene boundary) หรือประมาณ 24.5 ล้านปี และช่วงรอยต่ออายุไมโอซีนตอนต้นหรือตอนกลาง (Lower/Middle Miocene boundary) (หรือประมาณ 17 ล้านปี) (Ratanasthien, 2002) โดยแอ่งตะกอนเหล่านี้ถูกพัฒนาการเกิดเป็นแอ่งตะกอนแยกในช่วงอายุซีโนโซอิก (Cenozoic rift basins) ซึ่งกลายเป็นแอ่งตะกอนที่สำคัญที่มีศักยภาพในด้านปิโตรเลียม เนื่องจากแอ่งเหล่านี้เป็นแอ่งตะกอนที่มีการสะสมตัวของหินน้ำมันและถ่านหิน โดยบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย แอ่งทั้งหมดที่อยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย ตัวอย่างเช่น แหล่งน้ำมันสิริกิติ์ และฝาง แต่อย่างไรก็ตามยังมีแอ่งตะกอนอีกมากมีหินน้ำมันและถ่านหิน เช่น แหล่งเวียงแหง และแหล่งแม่แจ่ม (นาฮ่อง) ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ แหล่งบ้านป่าคา แหล่งลี แหล่งแม่ทาน และแหล่งแม่ตึบ ในพื้นที่จังหวัดลำปาง และแหล่งแม่สอด แหล่งแม่ตั้น และแม่ละเมา ในพื้นที่จังหวัดตาก โดยแอ่งแม่สอด เป็นแหล่งที่มีศักยภาพของหินน้ำมันมากที่สุด (Morley and Racey, 2011; Ratanasthien, 2011)

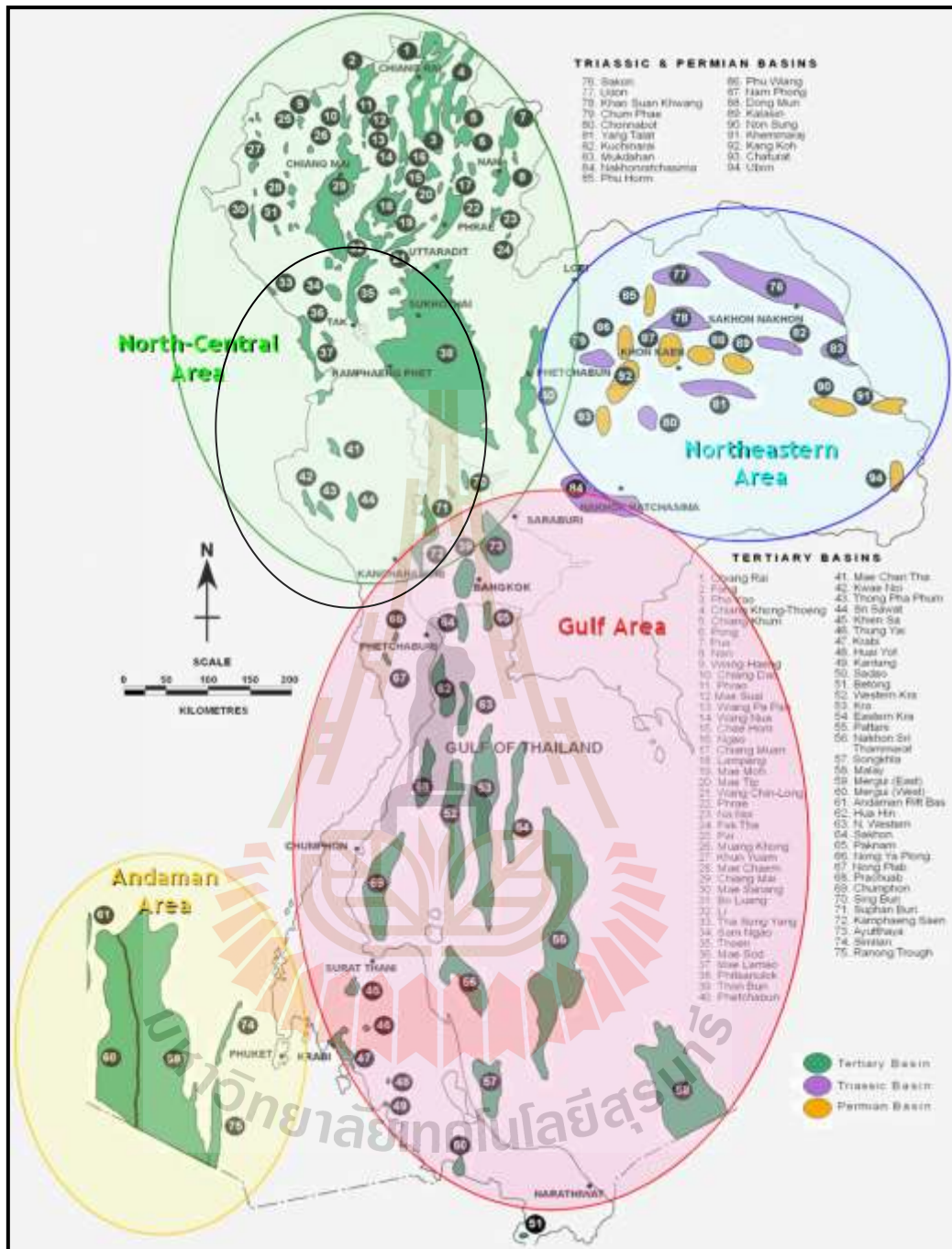
ประเทศไทยมีแหล่งหินน้ำมันและถ่านหินที่สำคัญหลายพื้นที่ เช่น แหล่งหินน้ำมันและถ่านหินที่อำเภอแม่สอด แม่ละมาด และอุ้มผาง จังหวัดตาก แหล่งที่บ้านป่าคา อำเภอถ้ำ จังหวัดลำพูน แหล่งที่อำเภอแม่เมาะ อำเภอกาว จังหวัดลำปาง และแหล่งที่อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ แต่หลายพื้นที่ถูกทิ้งร้างไม่ได้รับการดูแลหรือถูกใช้พื้นที่ไปเพื่อการเกษตรจนทำให้คุณภาพของหินน้ำมันและถ่านหินลดลงหรือหมดไป ซึ่งถือเป็นการใช้พื้นที่อย่างไม่เหมาะสมและคุ้มค่า โดยเฉพาะพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีแอ่งสะสมตะกอนทั้งถ่านหินและหินน้ำมันเป็นองค์ประกอบในหลาย ๆ พื้นที่ ตัวอย่างเช่น แอ่งแม่ตึบเป็นแอ่งสะสมตะกอนในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง มีลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เหมาะสมต่อการเป็นหินต้นกำเนิด ประกอบด้วยถ่านหินและหินดินดานสีดำที่มีความหนาแน่นมากและมีสารอินทรีย์สูง ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการนำถ่านหินในพื้นที่ไปใช้ประโยชน์แล้วบางส่วน แต่สำหรับการศึกษาในชั้นรายละเอียดรวมไปถึงการศึกษาคุณสมบัติของถ่านหินและหินดินดานในพื้นที่นั้นยังไม่ได้มีการศึกษามากนัก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำการศึกษาลักษณะเฉพาะและประเมินศักยภาพในการเป็นหินต้นกำเนิดที่ดีของหินดังกล่าว ดังนั้นเมื่อพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ทั้งในทางการเมืองและเศรษฐกิจในระยะยาวแล้วการศึกษา ดูแลรักษา แหล่งถ่านหินและหินน้ำมันเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมหาศาลต่อประเทศชาติในอนาคต

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำแนวความคิดและวิธีการใหม่ในการสำรวจหาลักษณะเฉพาะและคุณสมบัติพิเศษในชั้นรายละเอียดของแหล่งกำเนิดหินน้ำมันและถ่านหินซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดยการวิจัยเป็นการสำรวจภาคสนามเพื่อให้ทราบถึงลำดับชั้นหิน

และลักษณะทางธรณีวิทยาที่เหมาะสมต่อการเกิดปิโตรเลียม และนำตัวอย่างหินมาทำการวิเคราะห์  
ธรณีเคมีในห้องปฏิบัติการเพื่อให้ทราบสภาพแวดล้อมการสะสมตัวและคุณสมบัติของหินต้น  
กำเนิด ได้แก่ การศึกษาชนิดหิน จุดลักษณะของหินและลำดับชั้นหิน การศึกษาสัณฐานวิทยา ธรณีเคมี  
และการวิเคราะห์ไพโรไลซิส ผลจากการวิจัยจะทำให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะและศักยภาพด้าน  
ปิโตรเลียมในพื้นที่ศึกษา และการพัฒนาวิธีการในการสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียมใหม่ เพื่อนำไป  
ประยุกต์ใช้ในแหล่งอื่นๆ ต่อไป เมื่อเทคโนโลยีดังกล่าวถูกพัฒนาจนสามารถนำมาใช้ได้ง่ายขึ้นและ  
ราคาไม่สูงจนเกินไป ซึ่งคาดว่าจะประสบความสำเร็จได้ในไม่ช้านี้เพราะมีความต้องการใช้ทรัพยากร  
พลังงานมีสูงขึ้นเรื่อย ๆ







รูปที่ 1.1 แหล่งปิโตรเลียมหลักในประเทศไทย ประกอบด้วย แหล่งปิโตรเลียมในอ่าวไทย แอ่งเมอร์กูยในทะเลอันดามัน แหล่งปิโตรเลียมในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ปรับปรุงจาก DMF, 2007)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

งานวิจัยจะมุ่งไปที่การศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและศักยภาพปิโตรเลียมของแหล่งถ่านหินแม่ตึบโดยวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาชนิดหิน ชูลักษณะของหิน และลำดับชั้นหินในพื้นที่ศึกษา
2. เพื่อระบุศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมในแอ่งแม่ตึบโดยใช้การวิเคราะห์ทางธรณีเคมี และเทคนิคสัณฐานวิทยาในอินทรีย์วัตถุในพื้นที่ศึกษา
3. เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมการสะสมตัวและลักษณะของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่มีศักยภาพในพื้นที่ศึกษา

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นทำการวิจัยชั้นหินน้ำมันและถ่านหินที่ปรากฏในแอ่งแม่ตึบ โดยขอบเขตพื้นที่การศึกษานี้ ทำการศึกษาในพื้นที่เหมืองถ่านหินของบริษัท บริษัทสันติตรานนท์ จำกัด จังหวัดลำปาง ในการวิจัยนี้ได้แบ่งการดำเนินการเป็น 2 ส่วน คือ

1. การศึกษาภาคสนามของแอ่งแม่ตึบ เพื่อทำการศึกษาและจำแนกสภาพแวดล้อมย่อยที่ตกสะสมตัวในแอ่งสะสมตะกอนและการเรียงลำดับชั้นหิน พร้อมกันนี้ในการศึกษาและปฏิบัติงานภาคสนามยังได้ทำการเก็บตัวอย่างหินเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

2. การศึกษาในห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างหินที่เก็บจากการปฏิบัติงานภาคสนามนั้น จะทำการวิเคราะห์ค่าตัวแปรด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1) การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทำการเตรียมตัวอย่าง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีธรณี อาคารศูนย์เครื่องมือ 7 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- 2.2) สัณฐานวิทยา (Petrography) เพื่อศึกษาเนื้อหิน ชนิดสารอินทรีย์ และลักษณะภายในเนื้อหินต้นกำเนิด ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการธรณีเคมี ภาควิชาธรณีวิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- 2.3) การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) และการวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการของส่วนปฏิบัติการธรณีวิทยา (Laboratory Section of Geology Department) เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.4) การวิเคราะห์ค่าความร้อน (Heating Value analysis) ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการของส่วนปฏิบัติการธรณีเคมี (Geochemical Laboratory) เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.5) การวิเคราะห์ HAWK Pyrolysis เพื่อหาค่าคาร์บอนสารอินทรีย์รวม (Total Organic Carbon, TOC) ดัชนีออกซิเจน (Oxygen Index, OI) ดัชนีไฮโดรเจน (Hydrogen Index, HI) ชนิดเคอโรเจน (Kerogen type) และอุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature, Tmax) ณ ห้องปฏิบัติการ Energy Resources Consulting Pty. Ltd., ประเทศออสเตรเลีย

2.6) ค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance) เพื่อใช้พิจารณาการสุก (Mature) ของหินต้นกำเนิด ทำการวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการของ บริษัท ERC Pty. Ltd. ประเทศออสเตรเลีย

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับทางด้านวิชาการ ด้านนโยบาย ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ อุตสาหกรรม ด้านสังคมและชุมชน รวมถึงการเผยแพร่ในวารสาร และหน่วยงานต่างๆ นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ทราบข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยาของแอ่งสะสมตะกอนแม่เมาะ ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยให้นักธรณีวิทยาเข้าใจสภาพธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษามากขึ้น
2. ทราบลำดับการเรียงชั้นหินและธรณีวิทยาโครงสร้างของแอ่งแม่เมาะ ซึ่งมีประโยชน์ในการช่วยอธิบายการตกสะสมตัวของตะกอนในแอ่งสะสมตะกอนที่มีศักยภาพในการให้ปิโตรเลียม
3. ทราบถึงลักษณะเฉพาะของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมในแอ่งแม่เมาะ ซึ่งในอนาคตสามารถพัฒนาไปร่วมกับหินต้นกำเนิดในแหล่งอื่น ๆ ของประเทศไทย
4. ทราบถึงศักยภาพและคุณภาพในการเป็นหินต้นกำเนิดของแหล่งหินน้ำมันในแอ่งแม่เมาะ ซึ่งจะช่วยให้การประเมินศักยภาพของแหล่งปิโตรเลียมได้ผลดีขึ้น
5. ทราบองค์ประกอบและคุณสมบัติของการเป็นหินกำเนิดที่สามารถให้ปิโตรเลียมได้ เพื่อนำไปสู่การหาความเชื่อมโยงของการกำเนิดปิโตรเลียมในแหล่งอื่น ๆ ในอนาคต

## 1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน และสรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ ดังรูปที่ 1.2

### ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้า รวบรวม และจัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

- รวบรวมข้อมูลด้านธรณีวิทยา ธรณีวิทยาโครงสร้าง แผนที่ธรณีวิทยาและลักษณะสภาพภูมิประเทศ จากวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้อง

- ศึกษาการสะสมตัวของตะกอนในแอ่งเทอร์เชียรี ถ่านหินและหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่ปรากฏในบริเวณที่ทำการศึกษาและบริเวณข้างเคียงเพื่อนำไปวางแผนในการศึกษาและปฏิบัติงานภาคสนามต่อไป

- รวบรวมข้อมูลด้านการวิเคราะห์และแปลผลด้านธรณีเคมีของชั้นหินที่เคยมีการดำเนินการวิเคราะห์แล้ว

- รวบรวมข้อมูล ค่าตัวแปรที่ต้องมีการนำมาวิเคราะห์ การดำเนินการและหลักการวิเคราะห์ตัวแปรเพื่อนำมาประเมินผลการหาศักยภาพด้านปิโตรเลียมของชั้นหินที่ศึกษา

- รวบรวมข้อมูล หลักการ และวิธีการวิเคราะห์ถ่านหินและหินน้ำมันจากแหล่งผลิตอื่นๆ ที่มีการดำเนินการในต่างประเทศ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่และชั้นหินที่ศึกษาในประเทศไทย

### ขั้นตอนที่ 2 การปฏิบัติงานภาคสนาม

- การปฏิบัติงานในบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยการแปลผลจากแผนที่ธรณีวิทยา จากเหมืองถ่านหินแม่ติบ ของบริษัทสันติธรานนท์ จำกัด จังหวัดลำปาง หินโผล่ของชั้นหินตามบ่อขุด และตามแนวตัดถนนของเส้นทางหลวงที่ปรากฏชัดเจน พร้อมทั้งวางแผนการสำรวจและเก็บตัวอย่าง

- สำรวจลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ประกอบการแปลความหมาย

- ทำการเก็บตัวอย่างหินที่พบตามตำแหน่งที่วางแผน ตลอดจนทำการลำดับชั้นหินตามตำแหน่งที่ทำการศึกษา

### ขั้นตอนที่ 3 การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

- ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีธรณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้ในการเตรียมตัวอย่างหินที่เก็บจากการออกปฏิบัติงานภาคสนาม ตลอดจนทำการวิเคราะห์ผลในบางตัวแปรที่ทางมหาวิทยาลัยมีเครื่องมือและอุปกรณ์จัดเตรียมไว้ให้

- ห้องปฏิบัติการภาควิชาธรณีวิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างหินเพื่อคุณสมบัติภายใต้กล้องจุลทรรศน์

- ห้องปฏิบัติการส่วนธรณีวิทยา เหมือนแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ) จังหวัดลำปาง เพื่อทำการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และการวิเคราะห์หาค่าความร้อน

- ห้องปฏิบัติการของบริษัทในการวิเคราะห์ HAWK Pyrolysis และการสะท้อนแสงของอินทรีไนต์ ที่ประเทศออสเตรเลีย

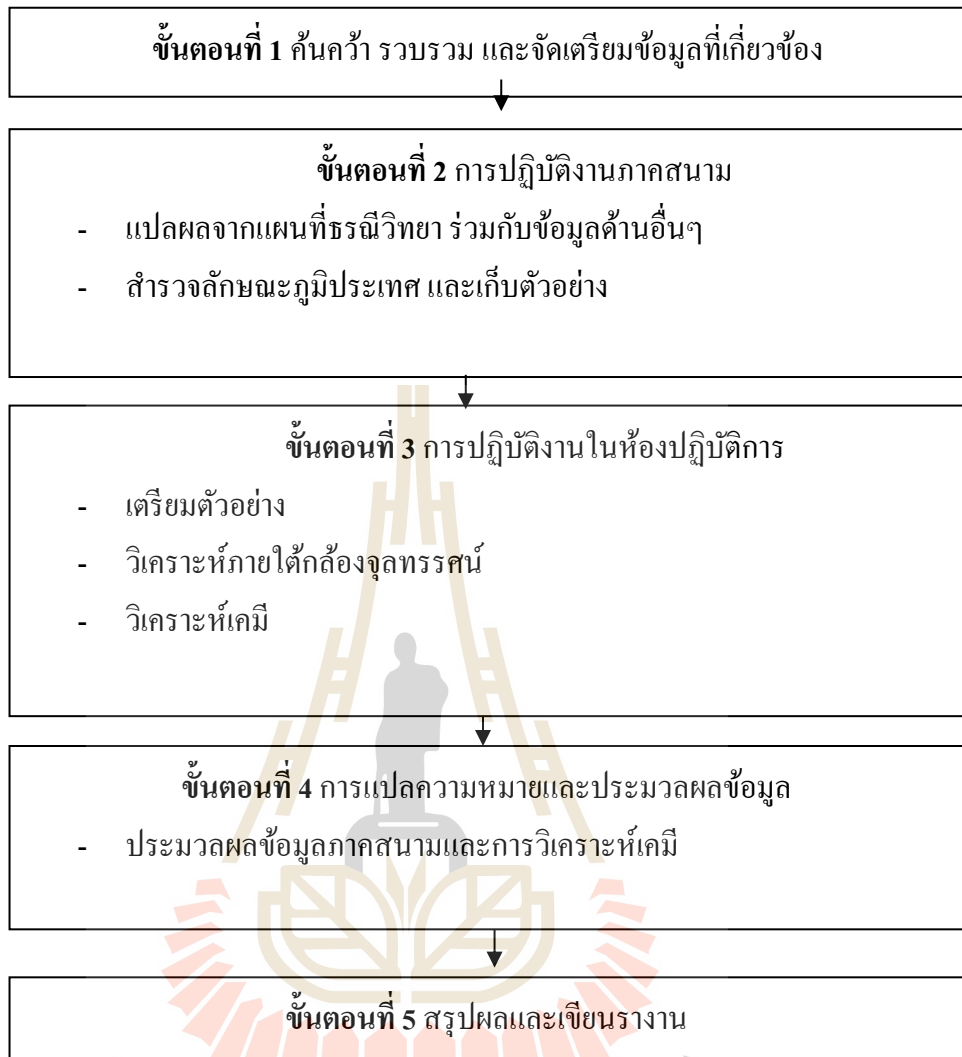
#### ขั้นตอนที่ 4 การแปลความหมายและประมวลผลข้อมูล

- นำข้อมูลที่รวบรวมและการปฏิบัติงานภาคสนามในพื้นที่ศึกษา มาประมวลเพื่อแสดงลำดับชั้นหิน ตลอดจนหาความสัมพันธ์ของลำดับชั้นหินในแต่ละตำแหน่ง เพื่ออธิบายความเชื่อมโยงของชั้นหินที่ปรากฏกับการสะสมตัวของตะกอนในแอ่งสะสมตะกอน

- ประมวลผลข้อมูลภาคสนามและธรณีเคมีที่ทำการวิเคราะห์และแปลความหมายเพื่อประเมินศักยภาพด้านปิโตรเลียมและลักษณะของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่ทำการศึกษา

#### ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลและเขียนรายงาน

- ผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุป และนำเสนอในรายงานฉบับสมบูรณ์ เพื่อส่งมอบเมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัย



รูปที่ 1.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย



## บทที่ 2

### ปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยเกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับวารสาร รายงาน ผลงานวิจัยและสิ่งตีพิมพ์เกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ศึกษา ซึ่งประกอบเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปิโตรเลียมและถ่านหินในแอ่งตะกอนเทอร์เชียรีในประเทศไทย แอ่งแม่ตึบ การวิเคราะห์ธรณีเคมี การจำแนกประเภทของหินต้นกำเนิด และการประเมินหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม ตามลำดับ

#### 2.1 ปิโตรเลียมและถ่านหินในแอ่งตะกอนเทอร์เชียรีในประเทศไทย

แหล่งปิโตรเลียมหลักในประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 4 แหล่งใหญ่ ซึ่งกระจายอยู่ในพื้นที่ในประเทศไทย ดังต่อไปนี้

(1) อ่าวไทย (Gulf of Thailand) เป็นแหล่งปิโตรเลียมที่อยู่นอกชายฝั่ง (Offshore) ของประเทศไทย ที่มีศักยภาพในการสำรวจและผลิตน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และก๊าซธรรมชาติเหลว ซึ่งเป็นแหล่งทรัพยากรพลังงานหลักในประเทศไทย

(2) ภาคเหนือและภาคกลาง (Northern and Central) เป็นแหล่งปิโตรเลียมที่อยู่บนบก (Onshore) ของประเทศไทย ที่มีศักยภาพในการสำรวจและผลิตน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ และมีการผลิตก๊าซธรรมชาติได้เพียงเล็กน้อย

(3) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeastern) เป็นแหล่งปิโตรเลียมที่อยู่บนบก (Onshore) ของประเทศไทย ซึ่งแหล่งปิโตรเลียมตั้งอยู่ในแอ่งโคราช (Khorat basin) ที่มีศักยภาพในการสำรวจและผลิตก๊าซธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่

(4) ทะเลอันดามัน (Andaman Sea) เป็นแหล่งปิโตรเลียมที่อยู่นอกชายฝั่ง (Offshore) ของประเทศไทย ซึ่งแหล่งปิโตรเลียมตั้งอยู่ในแอ่งเมอร์กูย (Mergui basin) จากการสำรวจปิโตรเลียมในพื้นที่ทะเลอันดามัน พบว่าแอ่งตะกอนนี้ยังมีศักยภาพทางปิโตรเลียมค่อนข้างต่ำ ดังนั้นแหล่งปิโตรเลียมนี้ยังไม่มีการพัฒนาปิโตรเลียม (DMF, 2007)

ปัจจุบัน มีการผลิตปิโตรเลียมในไทยนั้น ผลิตก๊าซธรรมชาติและก๊าซธรรมชาติเหลวจำนวน 19 แหล่ง และผลิตน้ำมันดิบ จำนวน 22 แหล่ง จากผลการศึกษาทางด้านหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมและลำดับชั้นหินในแอ่งเทอร์เชียรีของประเทศไทยทั้งแอ่งตะกอนบนบกและนอกชายฝั่ง

พบว่าแอ่งตะกอนเหล่านี้มีการพัฒนาแอ่งตะกอนแบบแยก (Rift basins) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแรงการขยายตัว (Extensional setting) แรงดึงแบบเฉือนหรือแนวระดับ (Transtensional or strike – slip settings) (Polachan et al.,1980)

Morley and Racey (2011) ได้อธิบายการเกิดแอ่งเทอร์เชียรีที่เป็นแหล่งปิโตรเลียมหลักในประเทศไทย ซึ่งแอ่งตะกอน จำนวน 42 แอ่งในแหล่งปิโตรเลียมในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทยแสดงลักษณะแอ่งตะกอนเป็น Intermontane basins ซึ่งมีขนาดของแอ่งแตกต่างกันไป ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงมากกว่า 150 กิโลเมตร (Polachan and Satayarak, 1989; Uttamo et al.,2003) เนื่องจากการพัฒนาการเกิดของแอ่งตะกอนที่อยู่บนบกมีความแตกต่างกันในช่วงอายุการพัฒนาของการแยกตัวและการทับถมตะกอนในแอ่งตะกอน โดยทั่วไปการพัฒนาการเกิดและการสะสมตะกอนในแอ่งตะกอนเริ่มมีการทับถมตะกอนในแอ่งทางด้านตะวันตกก่อน ซึ่งเกิดในช่วงตอนปลายอายุโอลิโกซีนถึงตอนต้นอายุไมโอซีน (Late Oligocene – Early Miocene) หลังจากนั้นแอ่งตะกอนทางด้านตะวันออกมีการพัฒนาต่อเนื่องในช่วงตอนต้นถึงตอนกลางอายุไมโอซีนถึง (Early - Middle Miocene) นอกจากนี้ยังมีการทับถมตะกอนในแอ่งตะกอนจากตะกอนทางน้ำ ซึ่งพบว่าตะกอนที่สะสมตัวในแอ่งเหล่านี้ทั้งหมดได้รับอิทธิพลของตะกอนทางน้ำพาถึงทะเลสาบน้ำจืด (Alluvial-fluvial-lacustrine) (Polachan et al, 1991; Morley et al., 2001)

ประเภทของแอ่งตะกอนเทอร์เชียรีบนบกของประเทศ สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1) แอ่งตะกอนที่เกิดในพื้นที่สูงที่ตั้งอยู่ทางด้านตะวันตก (Western Highland) เป็นแอ่งตะกอนที่อยู่ระหว่างเขา (Intermontane basin) ซึ่งเป็นแอ่งมีขนาดเล็ก การพัฒนาการเกิดของแอ่งเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนแม่ปิงและด่านเจดีย์สามองค์ (Mae Ping and Three Pagodas faults)

2) แอ่งตะกอนในพื้นที่ราบภาคกลาง (Central Plain region) แสดงลักษณะแอ่งตะกอนขนาดใหญ่ที่เกิดจากการพัฒนาแอ่งด้วยการขยายตัวของแอ่ง (Gibling et al, 1985; O'Leary and Hill, 1989)

Burri (1989) ได้สรุปศักยภาพปิโตรเลียมของแอ่งตะกอนบนบกของประเทศไทย ดังต่อไปนี้

1) แอ่งตะกอนในพื้นที่ภาคกลางและภาคเหนือของไทย เป็นแอ่งที่มีการสะสมตะกอนทะเลสาบน้ำจืดที่มีการสะสมของตะกอนที่มีสารอินทรีย์สูง มีศักยภาพเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม ที่มีการทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Oil window) ในช่วงความลึกประมาณ 1.4 - 3 กิโลเมตร



2) แอ่งตะกอนที่มีการสะสมตะกอนทางน้ำ (Alluvial deposits) โดยทั่วไปแอ่งตะกอนเหล่านี้มีศักยภาพปิโตรเลียมต่ำ ถ้าหากมีหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมมักเกิดขึ้นในชั้นตะกอนที่บางๆ ส่งผลให้มีศักยภาพปิโตรเลียมเชิงเศรษฐศาสตร์ต่ำ ยกตัวอย่างเช่น แอ่งตะกอนสิงห์บุรีและอยุธยา (Sing Buri and Ayutthaya basins)

3) แอ่งตะกอนที่มีการสะสมตะกอนหนองบึง (Swamp deposits) ยกตัวอย่างเช่น แอ่งแม่เมาะและแอ่งลี้ ในพื้นที่จังหวัดลำปาง ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งเป็นแอ่งตะกอนที่มีสะสมตัวของชั้นลิกไนต์ และชั้นตะกอนหนา แอ่งตะกอนเหล่านี้เป็นแหล่งที่มีศักยภาพปิโตรเลียมที่สำคัญ ในการเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่ดี แต่กระบวนการก่อเกิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของหินต้นกำเนิดยังต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิในการทำให้ปิโตรเลียมสุกยังไม่มีความเหมาะสม (Lack of thermally mature)

Burri (1989); Racey (2011) ได้สรุปสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนของแอ่งตะกอนเทอร์เชียรีของประเทศไทย ว่าส่วนใหญ่เป็นแอ่งที่เกิดจากสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด ทางน้ำและหนองบึง แอ่งตะกอนที่มีศักยภาพปิโตรเลียม ได้แก่ (1) แอ่งตะกอนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด ประกอบด้วยชั้นตะกอนหนาที่มีสารอินทรีย์สะสมตัวสูง แอ่งตะกอนนี้พบได้ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทย แอ่งตะกอนนี้มีศักยภาพปิโตรเลียมในการเป็นหินต้นกำเนิดที่ดีและสารอินทรีย์มีการก่อเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแล้ว และ (2) แอ่งตะกอนที่เกิดจากสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนแบบหนองบึง ประกอบด้วยชั้นตะกอนและชั้นลิกไนต์หนา แอ่งตะกอนนี้พบได้ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย เช่น แอ่งแม่เมาะและแอ่งลี้ แอ่งตะกอนนี้เป็นแหล่งที่มีศักยภาพปิโตรเลียมที่สำคัญ ในการเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่ดี แต่กระบวนการก่อเกิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของหินต้นกำเนิดยังต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิในการทำให้ปิโตรเลียมสุกยังไม่มีความเหมาะสม

แอ่งตะกอนเทอร์เชียรีที่สำคัญในพื้นที่บนบกของประเทศไทยที่มีศักยภาพปิโตรเลียม ได้แก่ แอ่งฝาง (Fang basin) แอ่งพิษณุโลก (Phisanulok basin) แอ่งเพชรบูรณ์ (Phetchabun basin) แอ่งย่อยวิเชียรบุรี (Wichian Buri sub-basin) และแอ่งสุพรรณบุรีหรือแอ่งกำแพงแสน (Suphan Buri/Kamphaeng Saen basin)

สำหรับความสัมพันธ์ของปิโตรเลียมและหินต้นกำเนิดในแอ่งตะกอนในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีแอ่งตะกอนที่มีศักยภาพมากที่สุดคือแอ่งตะกอนฝาง ตั้งอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ (Sethakul 1984; Burri 1989; Pradidtan 1989; Songtham, 2003) จังหวัดเชียงใหม่ยังปรากฏแอ่ง

ตะกอนอื่นๆ ได้แก่ แอ่งเวียงแหง (Wiang Haeng) และแอ่งแม่แจ่มหรือนาฮ่อง (Mae Chaem or Na Hong basin) พื้นที่จังหวัดลำปาง มีแอ่งตะกอน ได้แก่ แอ่งบ้านป่าคา (Ban Pa Kha basin) แอ่งลี (Li basin) แอ่งแม่ทาน (Mae Than basin) และแอ่งแม่ตีบ (Mae Teep basin) พื้นที่จังหวัดตาก ประกอบด้วย แอ่งแม่สอด (Mae sod basin) แอ่งแม่ตั้น (Mae Tun basin) และแอ่งแม่ละเมา (Mae Lamao basin) (Morley and Racey, 2011; Ratanasthien, 2011)

อย่างไรก็ตาม แอ่งตะกอนระหว่างเขาที่อยู่บนบกอายุเทอร์เชียรี (Onshore intermontane Tertiary basins) ในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่เป็นแหล่งถ่านหินที่มีศักยภาพในพื้นที่ภาคเหนือ เช่น แอ่งแจ้คอน แอ่งแม่แจ่ม แอ่งเชียงใหม่ แอ่งงาว แอ่งแม่ทา แอ่งแม่ทาน แอ่งแม่มาะ แอ่งแม่ตีบ แอ่งลี แอ่งแจ้ฮ่อม แอ่งเวียงแหง และแอ่งฝาง (Ratanasthien, 2011) ส่วนพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยมีการพบแหล่งที่มีศักยภาพถ่านหินและหินน้ำมัน ได้แก่ แอ่งเคียนซา ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี (Morley and Racey, 2011) โดยแอ่งแม่มาะ จังหวัดลำปาง จัดเป็นแหล่งถ่านหินขนาดใหญ่ที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนแอ่งวังเหนือ แจ้คอน แจ้ฮ่อม งาว แม่ตีบ แม่ทา แม่ทาน และเสริมงาม มีศักยภาพในการผลิตถ่านหินในประเทศไทย (Ratanasthien, 2011)

Racey (2011) ได้อธิบายถึงลักษณะของแอ่งตะกอนระหว่างเขาที่อยู่บนบกอายุเทอร์เชียรี ดังต่อไปนี้

**แอ่งฝาง (Fang Basin)** เป็นแอ่งที่ตั้งอยู่ทางเหนือสุดของประเทศไทย มีพื้นที่ครอบคลุมประมาณ 670 ตารางกิโลเมตร แอ่งตะกอนถูกแบ่งออกเป็น 3 แอ่งย่อยโดยรอยเลื่อนตามแนวระดับ (Strike-slip fault) แอ่งตะกอนมีการสะสมตะกอนทะเลสาบน้ำจืดในช่วงอายุไมโอซีนถึงไพล โอซีน (Miocene – Pliocene lacustrine sediments) ตะกอนประกอบด้วยชั้นตะกอนหินดินดานที่มีสารอินทรีย์และลิกไนต์สะสมตัวอยู่สูง ซึ่งถือเป็นชั้นตะกอนที่มีศักยภาพปิโตรเลียมในการเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม และชั้นหินทรายที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการเป็นหินกักเก็บปิโตรเลียม ลักษณะของแหล่งกักเก็บของแอ่งตะกอนนี้เป็นลักษณะผสมระหว่างแหล่งกักเก็บแบบโครงสร้างและลำดับชั้นหิน (Structural/stratigraphic trap) ซึ่งสามารถผลิตปิโตรเลียมได้จากชั้นหินทรายเนื้อหยาบที่ตกตะกอนในสภาพแวดล้อมแบบทางน้ำถึงทะเลสาบน้ำจืด (Coarse fluvial-lacustrine sandstone) ซึ่งอยู่ในชุดหินแม่สอด (Mae Sot Formation) ส่วนหินปิดกั้นเป็นชุดหินเดียวกันกับหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม

**แอ่งแม่สอด (Mae Sot Basin)** ตั้งอยู่ในพื้นที่ด้านตะวันตกของภาคเหนือของประเทศไทย และขยายเข้าไปถึงประเทศเมียนมา มีพื้นที่ครอบคลุมมากกว่า 700 ตารางกิโลเมตร แอ่งตะกอนนี้ยังไม่มีการพัฒนาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ แต่ได้มีการสำรวจศักยภาพปิโตรเลียมพบปริมาณสำรองของหินน้ำมัน (Oil shale) ประมาณ 18 พันล้านตัน (Chaodumrong et al., 1983) หิน

น้ำมันมีปริมาณเฉลี่ยของคาร์บอนสารอินทรีย์รวม (TOC) อยู่ในช่วง 20% มีค่า TOC สูงถึง 63% มีค่าการสะท้อนแสงของวิทรีไนต์ ประมาณ 0.4%Ro (Gibling et.al., 1985)

Ratanasthien et al. (1992) ได้เสนอผลการศึกษากการวิเคราะห์โดยประมาณและการวิเคราะห์โดยละเอียด (Proximate and ultimate analysis) ของถ่านหินในพื้นที่แหล่งถ่านหินบ้านปู บ้านโสัง นา กลาง บ้านป่าคา แม่ฮ่องบก และนาทราย จังหวัดลำพูน ผลการวิเคราะห์โดยประมาณของถ่านหินมีปริมาณความชื้น 14 – 47 % ปริมาณสารระเหย 25 – 49 % ปริมาณขี้เถ้า 2.2 – 25 % และปริมาณคาร์บอนคงที่ 16–41 % ผลการวิเคราะห์โดยละเอียด มีปริมาณคาร์บอน 29–65% ปริมาณไฮโดเจน 0.8 – 6.7% ปริมาณไนโตรเจน 0.24 – 1.28 % และปริมาณซัลเฟอร์ 0.27 – 5.6 %

Petersen et al. (2006) ได้ทำการทดสอบหินน้ำมันและถ่านหินของประเทศไทย ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2 โดยผลการศึกษาบ่งชี้ว่าหินน้ำมันของประเทศไทยเกิดจากการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบน้ำจืดถึงน้ำกร่อย มีค่า TOC อยู่ในช่วง 37.1 to 44.18 % โดยน้ำหนัก มีค่าอัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนต่อคาร์บอน (H/C ratio) อยู่ในช่วง 0.80-0.90 ซึ่งบ่งชี้ถึงกลุ่มสารอินทรีย์ เคอโรเจน ชนิด 3 (Type III kerogen) และมีค่าดัชนีไฮโดรเจน (Hydrogen index; HI) อยู่ในช่วง 50-300 mg HC/g TOC ซึ่งค่า HI นี้ บ่งชี้ถึงศักยภาพของการเกิดของน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติ อีกทั้งในการศึกษาสัณฐานวิทยาของหินน้ำมันพบว่าแร่อินทรีย์ (Maceral) ที่พบในตัวอย่างเหล่านี้เป็นกลุ่มลิปติไนต์ (Liptinite maceral) ซึ่งส่วนใหญ่พบพวกสาหร่าย แร่อินทรีย์แอลจินิต (Alginite) ชนิดลามาลจินิต (Lamalginite) จากหินน้ำมันของแอ่งลี้ แอ่งนาสอง และแม่ละเมา แร่อินทรีย์ลามาลจินิตนี้มีค่าการสะท้อนแสงของวิทรีไนต์ อยู่ในช่วง 0.11 - 0.28 %Ro ซึ่งเป็นช่วงของค่า Ro ที่สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในแหล่งเหล่านี้ยังไม่สามารถก่อเกิดได้หรือยังไม่สุก (Thermal immature) ส่วนค่า Ro ของตัวอย่างถ่านหินของไทย อยู่ในช่วง 0.38-0.47 %Ro ยกเว้นถ่านหินของแอ่งฝาง มีค่าเท่ากับ 0.59 %Ro โดยทั่วไปช่วงการก่อเกิดของน้ำมัน (Oil window) ในแอ่งตะกอนเทอร์เชียรีของประเทศไทย อยู่ในช่วงประมาณ 0.82 %Ro (แอ่งสุพรรณบุรี) - 0.98 %Ro (แอ่งฝาง)

ตาราง 2.1 ข้อมูลการวิเคราะห์หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมของถ่านหิน (Peterson et al., 2006)

แอ่งตะกอน	ความชื้น	ซีเถ้า	C	H	N	S	O	H/C	O/C
	%	% (dry)	% (d.a.f)					Atomic ratio	
ฝาง	1.25	48.75	70.22	4.67	1.81	6.71	16.59	0.80	0.18
	11.04	2.66	77.12	5.12	1.40	0.44	15.92	0.80	0.16
แม่ละเมา	12.77	21.33	70.84	5.54	2.38	1.79	19.45	0.94	0.21
แม่ระมาด	15.50	7.04	68.02	4.67	2.01	1.79	19.36	0.81	0.21
นาซ้อง	9.87	8.76	69.36	5.20	1.61	5.94	23.24	0.90	0.25
เวียงแหง	5.70	20.90	70.65	6.45	1.93	0.58	18.70	1.10	0.20

ตาราง 2.2 ข้อมูลการวิเคราะห์หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมของหินน้ำมัน (Peterson et al., 2006)

แอ่งตะกอน	ความชื้น	ซีเถ้า	C	H	N	S	O	H/C	O/C
	%	% (dry)	% (d.a.f)					Atomic ratio	
ฝาง	2.33	52.73	60.73	7.64	1.40	16.94	26.6	1.53	0.175
แม่ละเมา	3.83	89.34	40.86	9.80	3.71	8.94	36.71	2.90	0.68
แม่สอด	2.75	54.38	66.32	8.72	1.81	1.82	21.33	1.57	0.25
นาซ้อง	3.12	50.25	59.32	7.46	1.88	7.49	23.86	1.51	0.305

Ratanasthien (1997) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของสาหร่ายในหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมในภาคเหนือของประเทศไทย จากผลการศึกษา สามารถจำแนกชนิดของสาหร่ายหรืออยู่ในรูปแบบของแร่อินทรีย์แอลจินิต์ ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ Telalginitite และ Lamalginitite โดยกลุ่มสาหร่าย Telalginitite มีลักษณะค่อนข้างเป็นรูปทรงกลมหรือทรงรี ประกอบด้วยสาหร่ายชนิด *Botryococcus braunii* ชนิด *Botryococcus* sp. ชนิด *Pila* sp. และชนิด *Reinschia* ส่วนกลุ่มสาหร่าย Lamalginitite ลักษณะรูปทรงเรียวยาว และสาหร่ายกลุ่มนี้สามารถใช้ในการบ่งชี้สภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืดถึงหนองบึง ในสภาวะภูมิอากาศแบบร้อน

Ratanasthien (1999) ได้ทำการศึกษาสัณฐานวิทยาของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมในแอ่งฝาง ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าในชั้นหินตะกอนตอนกลางของแอ่งฝางพบเพียง Alginite A (*Botryococcus* sp.) ส่วนชั้นหินตะกอนตอนกลางพบกลุ่มของ Alginite B ซึ่งเป็นสาหร่ายกลุ่มที่มีรูปทรงหนา ชนิด *Botryococcus braunii* และ *Pila* algae ร่วมกัน ส่วนตอนบนของชั้นหินตะกอน ส่วนใหญ่พบสาหร่าย Alginite B (ชนิด *Botryococcus* ร่วมกับชนิด *Pila* algae) ชนิด *Reinshia* และเฟริน ในส่วนการศึกษา ในแอ่งแม่สอด ในส่วนทางตอนเหนือของแอ่ง ส่วนใหญ่พบชนิด *Reinshia* เป็นหลัก ขณะที่ส่วนทางตอนใต้ของแอ่งส่วนใหญ่พบ Lamalginite

## 2.2 แอ่งแม่ตีบ (Mae Teeb basin)

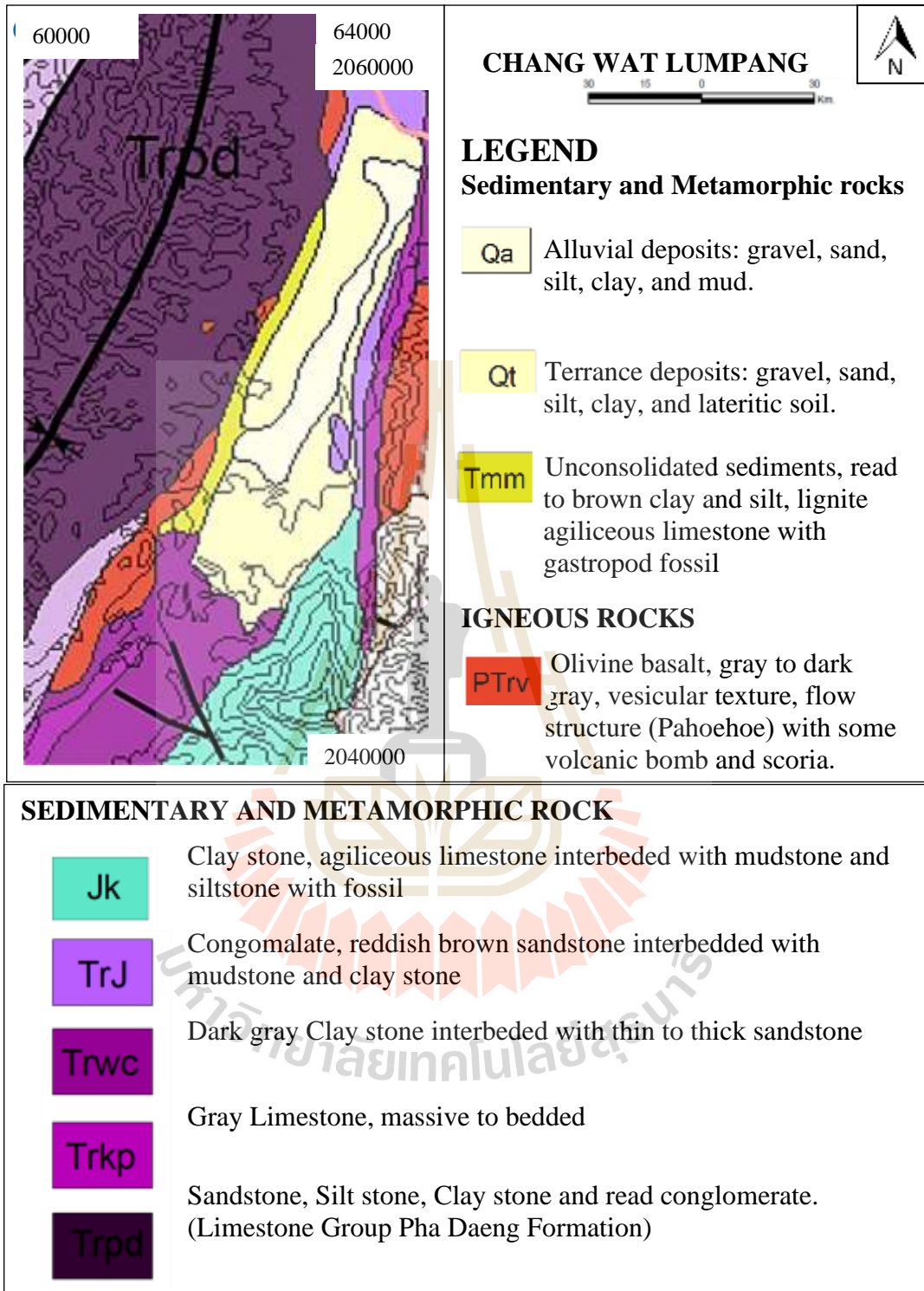
ถ่านหินในแอ่งแม่ตีบถูกสำรวจพบครั้งแรกโดย Piyasin (1972) ซึ่งได้สำรวจพบชั้นถ่านหินที่แทรกสลับด้วยหินดินดาน ตามแนวของแม่น้ำแม่ตีบ เป็นแอ่งตะกอนที่อยู่ในช่วงอายุเทอร์เชียรี ประกอบด้วยชั้นถ่านหินและชั้นตะกอน ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับแอ่งตะกอนอื่นๆ ในภาคเหนือของประเทศไทย (Gibling and Ratanasthien, 1980; Gibling, et al, 1988; Ratanasthien, 1992)

Department of Mineral Resources (DMR) (1980) ได้ทำการสำรวจและเจาะหลุมสำรวจพบว่าแอ่งแม่ตีบมีลักษณะการวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ การวางตัวของชั้นหินตะกอนทางขอบด้านตะวันตก แนวการวางตัว N 10–30°E และมุมเอียงเท ประมาณ 20 - 40° โดยแอ่งมีรอยเลื่อนขนาดเล็กพาดผ่านและแอ่งตะกอนนี้ถูกล้อมรอบด้วยหินในช่วงอายุ Permian-Triassic rocks

ส่วนด้านตอนเหนือของแอ่งแม่ตีบ ประกอบไปด้วยหินทรายอายุจูแรสซิก (Jurassic sandstone) แทรกสลับด้วยหินดินดานและหินกรวดมน (DMR, 1994) (รูปที่ 2.1) ส่วนด้านตอนใต้ของแอ่งประกอบด้วยหินดินดาน หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน หินกรวดมน และหินปูน อายุไทรแอสซิก และส่วนด้านตะวันตกของแอ่งเชื่อมต่อกับชุดหินผาแดงอายุไทรแอสซิก (Triassic Pha Daeng)

ลำดับชั้นหินตะกอนอายุเทอร์เชียรีในแอ่งแม่ตีบ ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมนและหินดินดาน โดยหินตะกอนเหล่านี้วางตัวทับอยู่บนหินฐานที่เป็นหินปูนอายุไทรแอสซิก และทางด้านตะวันออกของแอ่ง หินตะกอนนี้มีการวางตัวอยู่บนหินปูนอายุช่วงตอนบนเพอร์เมียนถึงไทรแอสซิก ในส่วนด้านตะวันตกจนถึงตอนเหนือและใต้ของแอ่งแม่ตีบ พบกลุ่มหินภูเขาไฟอายุไทรแอสซิกถึงเพอร์เมียน (Piyasin, 1957; Chaodumrong et al., 2002) รายละเอียดของลำดับชั้นหินของแอ่งแม่ตีบ แสดงในตารางที่ 2.4





รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาของแอ่งแม่ตึบและพื้นที่โดยรอบ (ปรับปรุงจาก DMR, 1994; Charoenprawat et al., 1994)

ตาราง 2.3 ลำดับชั้นหินของแอ่งแม่ต๋ิบและหินโดยรอบ (Chaodumrong et al., 2002)

Age	Units
Quaternary	Alluvial deposits: gravel, sand, silt, clay, and mud.
	Terrace deposits: gravel, sand, silt, clay, and lateritic soil.
<i>Erosional Surface</i>	
Tertiary	Interbedded claystone, sandstone, mudstone, diatomite, and shale with fossil leaves, stems, bone of fish, and <i>Viviparus</i> sp.
<i>Unconformity</i>	
Jurassic	Sandstone, purplish brown, fine-grained, calcareous, interbedded with shale, reddish brown, limestone nodules; shale, gray, intercalated with sandstone, fine-grained; and conglomerate.
Triassic	<b>Upper Triassic</b> divided into 2 units are 1) limestone, gray, massive to bedded; shale and sandstone, gray to greenish gray; with fossil <i>Cassianella</i> sp. and brachiopods, and 2) shale and sandstone, gray to greenish gray; siltstone; mudstone; conglomerate; and limestone; with fossils <i>Halobia</i> sp., <i>Cassianella</i> sp., <i>Liostrea</i> sp., <i>Unionites</i> sp., and bivalves.
	<b>Middle to Upper Triassic:</b> Pha Daeng Formation of Lampang group (Piyasin, 1975) consists of sandstone, red to reddish brown, cross-bedded; siltstone, conglomerate and shale.
<i>Unconformity</i>	
Permo-Triassic	<b>Igneous rocks;</b> Olivine basalt, gray to dark gray, vesicular texture, flow structure (Pahoehoe) with some volcanic bomb and scoria.
Permian	Limestone interbedded black shale, gray sandstone, dark gray mudstone and gray limestone with chert nodules; intercalated with fossiliferous limestone and mudstone, abundant fossils of <i>Paleofusulinasinensis</i> (Sheng) and common <i>Colaniella</i> cf. <i>lepida</i> (Wang). Assemblage with fragments of crinoid stems, bivalves, and blue algae coated by oncolith.

จากการศึกษาลำดับชั้นหินตะกอนของแอ่งแม่ติบ โดย Ratanasthien (2011) พบว่าชั้นหินตะกอนมีความหนาทั้งหมดประมาณ 100 เมตร สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น ตามรายละเอียดดังนี้

- 1) ชั้นตะกอนใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden) มีความหนามากถึง 50 เมตร ในส่วนตอนล่างของชั้นนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยดินเหนียวเนื้อทรายปนกรวด สีขาวถึงเทา และส่วนตอนบนของชั้นนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินดินเหนียวสีเทา
- 2) ชั้นถ่านหินหลัก (Main Coal Seam) ชั้นถ่านหินมีความหนารวม ประมาณ 30 เมตร ลักษณะทั่วไปของถ่านหินในชั้นถ่านหินหลักนี้ มีความแข็งมาก เนื้อแน่นและสีดำคุณภาพและเกรดถ่านหินอยู่ในช่วง Sub-bituminous ถึง high-volatile bituminous C ในส่วนตอนล่างของชั้นนี้ประกอบด้วยชั้นถ่านหินที่แทรกด้วยหินดินดานเนื้อปูน ในส่วนตอนกลางของชั้น ประกอบด้วยชั้นถ่านหิน และชั้นถ่านหินบางๆ ที่แทรกสลับกับชั้นดินโคลนเนื้อปูน ในส่วนตอนบนของชั้น ประกอบด้วยชั้นถ่านหินแทรกสลับด้วยหินน้ำมัน
- 3) ชั้นตะกอนเหนือชั้นถ่านหิน (Overburden) ชั้นนี้มีความหนา ประมาณ 30 เมตร ในส่วนตอนล่างของชั้นตะกอน ประกอบด้วย ชั้นหินน้ำมัน สีเทาเข้มถึงดำ หนาประมาณ 5 – 7 เมตร ในส่วนตอนบนของชั้นตะกอน ประกอบด้วยหินดินดานและหินดินเหนียวสีดำ หนาประมาณ 25 เมตร ลักษณะทั่วไปของชั้นตะกอนมีความแข็งและเนื้อแน่น บางตำแหน่งอาจพบหินโคลนเนื้อทรายสีน้ำตาล หนาประมาณ 15 – 20 เซนติเมตร

Ratanasthien (1989) ได้ศึกษาลำดับชั้นหินของหินตะกอนในแอ่งแม่ติบ พบว่าชั้นหินตะกอน สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ชั้นหินจากบนลงล่าง ได้แก่ ชั้นดิน (Top soil unit) ชั้นหินดินเหนียว (claystone unit) ชั้นหินดินดานและหินกรวดมน (Shale and conglomerate unit) ชั้นหินน้ำมัน (Oil shale unit) ชั้นถ่านหิน (Coal unit) ชั้นหินทราย (Sandstone) และชั้นหินทรายปนกรวด (Conglomeratic sandstone) และหินฐาน (Basement unit) ซึ่งมีความหนารวมทั้งหมดชั้นหินประมาณ 91 เมตร

Petersen et al. (2006) ได้ทำการวิเคราะห์ธรณีเคมีของตัวอย่างถ่านหินและหินน้ำมันของแอ่งแม่ติบ ได้ค่า TOC ระหว่าง 40 – 58 wt% และผลการศึกษาศิลาวรรณนา พบว่าแร่อินทรีย์ที่ได้จากตัวอย่าง ประกอบด้วยแร่ Corpohuminite, Densinite, Suberinite (Su) and พบแร่ Exsudatinite (Ex)



ร่วมกับ Suberinite ซึ่งผลการศึกษาบ่งชี้ว่าการแบ่งชนิดแร่อินทรีย์เหล่านี้เป็นกลุ่ม ๆ ได้ ดังนี้กลุ่มแร่ Huminite (80 – 82%) กลุ่ม Liptinite (18 – 19%) และกลุ่ม Inertinite (ต่ำกว่า 1%) ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงของวิทรีไนต์ เท่ากับ 0.425 %Ro ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมของแอ่งแม่ตึบนั้น ยังอยู่ในเกณฑ์ ต่ำกว่า Oil window หรือยังไม่สุก (Thermally immature source)

DMR (1981), Enrich Consultants (2005) and Ratanasthien (2011) ได้รายงานผลการวิเคราะห์โดยประมาณและการวิเคราะห์โดยละเอียดของตัวอย่างถ่านหินและหินน้ำมันในแอ่งแม่ตึบ จังหวัดลำปาง (ตารางที่ 2.4)

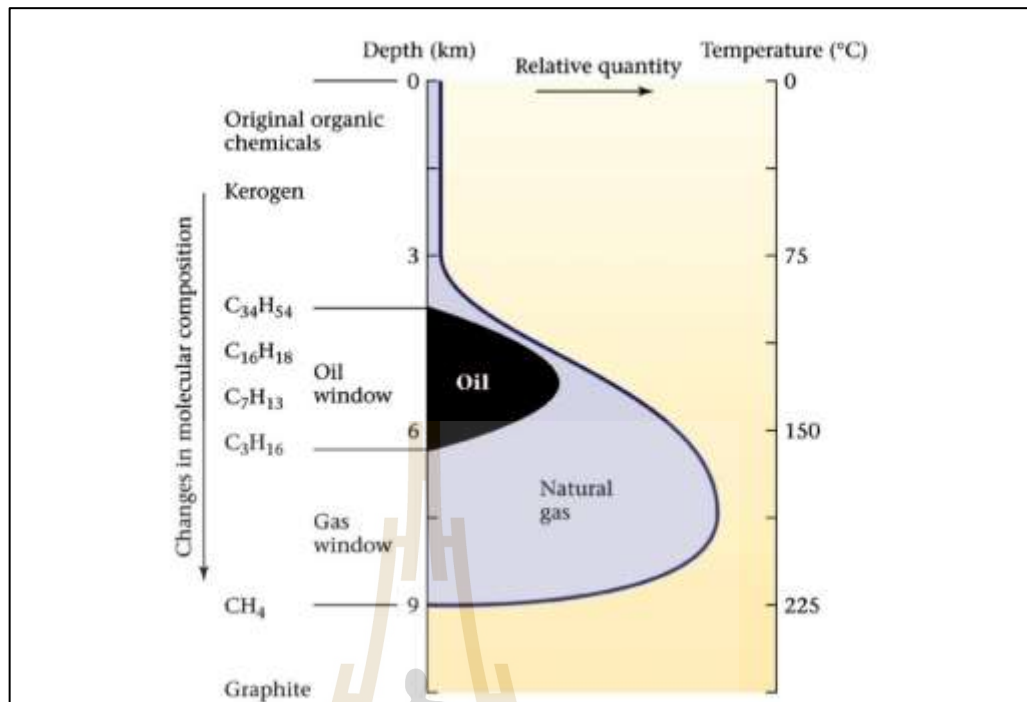
**ตาราง 2.4** แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยประมาณและการวิเคราะห์โดยละเอียดของตัวอย่างถ่านหินและหินน้ำมันในแอ่งแม่ตึบ จังหวัดลำปาง

วิธีการทดสอบ		DMR, 1981	Enrich Consultants, 2005		Ratanasthien, 2011
		As-determined	As-determined	Dry basis	As-determined
การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis)	ความชื้น	26.22 – 8.57	25.55	-	13.7 – 23.3
	สารระเหย	41.78 – 28.79	31.20	41.91*	21.8 – 36.4
	ขี้เถ้า	38.07 – 4.27	11.91	15.97*	8.16 – 39.7
	คาร์บอนคงที่	54.58 – 20.77	31.33	42.12*	23.8 – 30.8
การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis)	คาร์บอน	-	-	-	17.7 – 58.9
	ไฮโดรเจน	-	-	-	5.39 – 8.58
	ไนโตรเจน	-	-	-	0.61 – 2.24
	ซัลเฟอร์	7.96 – 0.54	1.02	1.37*	0.92 – 1.94

### 2.3 การวิเคราะห์ธรณีเคมี (Geochemistry)

ปิโตรเลียมเป็นของไหลที่มีไฮโดรคาร์บอนจำนวนมาก ซึ่งเป็นอนุพันธ์จากเคโรเจนโดยความดันและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เคโรเจน (Kerogen) เป็นสารอินทรีย์พอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นในหินตะกอนโดยอยู่ในรูปของแร่อินทรีย์ (Organic maceral) ขนาดเล็ก โดยส่วนใหญ่สารอินทรีย์นี้สามารถทำละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่เคโรเจนเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ และไม่ละลายในกรดที่ไม่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เคโรเจนมี 4 ประเภท (Type I, II, III, และ IV) ที่แตกต่างกันโดยจำแนกตามสัดส่วนอะตอมของ H/C และ O/C ประเภทของโมเลกุลอินทรีย์ (แอลิแฟติกกับแอโรแมติก) โดยเคโรเจนประเภท II (Type II Kerogen) เป็นสารตั้งต้นทั่วไปที่พบมากในปิโตรเลียม ส่วนประเภท I มาจากกลุ่มสารอินทรีย์ที่มาจากแร่อินทรีย์เอกซิไนต์ (Exinite) และแอลจิไนต์ จากสภาพแวดล้อมที่เป็นทะเล ซึ่งมีศักยภาพเป็นปิโตรเลียมสูงสุด แต่พบปริมาณน้อย ประเภทที่ III ที่มาจากพืชยืนต้นหรือพืชบก มีศักยภาพในการให้ก๊าซธรรมชาติ และประเภท IV ไม่ได้เป็นสารตั้งต้นปิโตรเลียม เคโรเจนถูกเปลี่ยนไปเป็นปิโตรเลียมผ่านลำดับขั้นของปฏิกิริยาเริ่มต้นในสภาวะแวดล้อมแบบก่อตัวใหม่ (Diagenetic environment) เป็นสภาพแวดล้อมในกระบวนการที่มีความดันและอุณหภูมิมากกว่าสภาวะการฝังอยู่กับที่ แต่ยังคงอยู่ในสภาวะที่ต่ำกว่ากระบวนการแปรสภาพ) และมีอุณหภูมิสุดท้ายประมาณ 225 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเหล่านี้เป็นผลจากการขับออกของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน และการลดขนาดของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน กระบวนการเกิดไฮโดรคาร์บอนสำหรับหินต้นกำเนิดแบบนี้ไว้ในรูปที่

2.2



รูปที่ 2.2 ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมและการเกิดปิโตรเลียมตามชนิดของอินทรีย์สาร (คัดลอกจาก <http://quakeinfo.ucsd.edu>, 2011)

ถ่านหินเกิดจากการตกตะกอนสะสมของซากพืชในยุคดึกดำบรรพ์เป็นเวลายาวนานหลายล้านปีจนตะกอนนั้นได้เปลี่ยนแปลงสภาพไป มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นธาตุคาร์บอน โดยมีธาตุอื่นๆ ทั้งที่เป็นก๊าซและของเหลวปนอยู่ด้วยในสัดส่วนที่น้อยกว่าจัดเป็นแร่เชื้อเพลิงสามารถติดไฟได้ มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีดำ มีทั้งชนิดผิวมันและผิวด้าน น้ำหนักเบา ถ่านหินประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ 4 อย่าง ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน นอกจากนั้นมีธาตุหรือสารอื่น เช่น กำมะถัน เจือปนเล็กน้อย ถ่านหินที่มีจำนวนคาร์บอนสูงและมีธาตุอื่นต่ำ เมื่อนำมาเผาจะให้ความร้อนมาก ถือว่าเป็นถ่านหินคุณภาพดี การจำแนกคุณสมบัติของถ่านหิน ตามคุณสมบัติทางเคมี และค่าความร้อน สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ดังตารางที่ 2.5

ตาราง 2.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านหินแต่ละประเภท (คัดลอกจาก<https://th.wikipedia.org>)

ชนิดถ่านหิน	ค่าความร้อน	ค่าความชื้น	ปริมาณขี้เถ้า	ปริมาณกำมะถัน
แอนทราไซต์	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
บิทูมินัส	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
ซับบิทูมินัส	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
ลิกไนต์	ต่ำ-ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ-สูง

การวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินที่ถูกต้องแม่นยำ มีความจำเป็นอย่างมากต่อการตัดสินใจนำถ่านหินมาใช้ให้เหมาะสมและคุ้มค่า เนื่องจากถ่านหินจากแหล่งต่างๆจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ทั้งทางด้านเคมี และด้านกายภาพ โดยทั่วไปการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหิน มุ่งเน้นไปที่คุณสมบัติด้านเคมีและคุณสมบัติด้านกายภาพเป็นหลัก แต่บางครั้งอาจมีการวิเคราะห์ด้านสิลาวัรรณาควบคู่ไปด้วย เพื่อประโยชน์ในการจัดลำดับชั้นและศึกษาด้านการกำเนิดของถ่านหินตลอดจนศึกษาความเหมาะสมในการทำเป็นถ่านโค้ก (Coke) โดยวิธีการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินที่สำคัญ คือ

**วิธีวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis)** เป็นวิธีการวิเคราะห์แบบง่าย ๆ โดยการเผาถ่านหินภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้น (Moisture) สารระเหย (Volatile matter) ขี้เถ้า (Ash) และปริมาณคาร์บอนในถ่านหิน (Fixed carbon)

1. ความชื้น วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ มี 2 วิธี คือ

- 1) การคำนวณหาน้ำหนักของถ่านหินที่หายไป หลังจากการอบถ่านหินในบรรยากาศของอากาศหรือก๊าซเฉื่อย เช่น ก๊าซไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  -  $110^{\circ}\text{C}$  จนน้ำหนักคงที่
- 2) โดยการกลั่น (Distillation method) โดยการนำผงตัวอย่างถ่านหินผสมกับพวกสารละลายอินทรีย์ (Organic liquid) เช่น Xylene หรือ Toluene แล้วกลั่นหาปริมาณของน้ำที่ได้รับ โดย Total Moisture เป็นค่าที่ใช้เป็นตัวแทนของความชื้นทั้งหมด ซึ่ง Total Moisture เป็นผลรวมของปริมาณของ Surface Moisture และ Inherent Moisture ของถ่านหิน ตามสมการที่ 2.1

$$\begin{aligned}
 \text{ความชื้นรวม} &= \text{ความชื้นพื้นผิว} + \text{ความชื้นภายใน} & (2.1) \\
 &= \text{น้ำหนักที่หายไป (Air drying loss)} + \text{ความชื้นภายใน} \\
 & \quad (\text{Inherent moisture})
 \end{aligned}$$

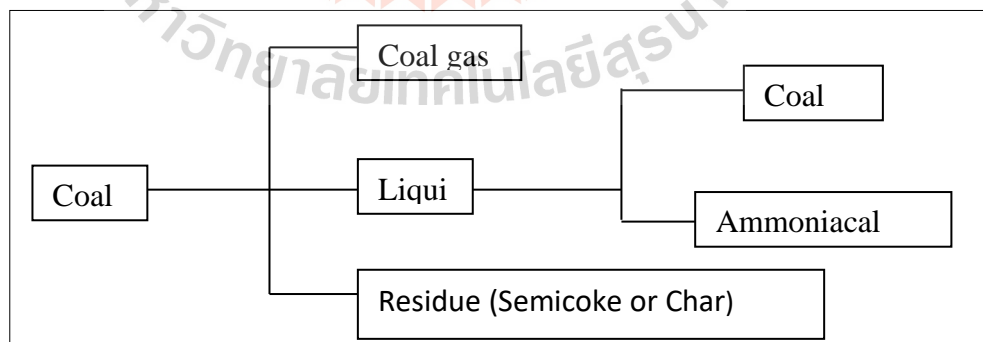
2. **สารระเหย** เป็นร้อยละของน้ำหนักของถ่านหินที่สูญเสียไปหลังจากหักค่าความชื้นของถ่านหินออกไปแล้ว โดยเมื่ออบถ่านหินที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นเวลา 7 นาที ในเตาเผาที่ใช้สำหรับหาค่าสารระเหยโดยเฉพาะ โดยค่าสารระเหยนี้ได้มาจากการสลายตัวของพวกสารอินทรีย์ รวมกับส่วนประกอบบางตัวของพวกแร่ธาตุอื่นๆ ที่สามารถสลายตัวได้เมื่อถูกความร้อน ซึ่งค่าสารระเหยเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรในการแยกประเภทของถ่านหิน การเลือกถ่าน และการเลือกเครื่องมือและอุณหภูมิในการเผาไหม้ให้เหมาะสม นอกจากนี้ยังใช้เป็นค่าในการประเมินผล Coke Yield และการเลือกวิธีการหรือเงื่อนไขสำหรับการทำ Gasification และ Liquefaction ของถ่านหินอีกด้วย
3. **ขี้เถ้า** เป็นกากที่เหลือจากการเผาไหม้ (Non-combustible residue) เมื่อถ่านหินถูกเผาในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 815 °C เป็นเวลา 90 นาที โดยขี้เถ้านี้ได้มาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของพวกแร่และสารอินทรีย์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ
  - 1) Extraneous หรือ Adventitious Mineral Matter จะประกอบด้วยสารพวกดินเหนียว (Clay) หินดินดาน (Shale) แคลไซต์ (Calcite) ไพไรต์ (Pyrite) มาร์คาไซต์ (Marcasite) หรือส่วนประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปของ Inorganic Sulphate, Chlorides และ Fluorides
  - 2) Inherent Ash จะประกอบด้วยสารอนินทรีย์ (Inorganic) ที่รวมตัวอยู่กับสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของถ่านหิน ซึ่งเกิดจากพวกพืช (Plant material)
4. **ปริมาณคาร์บอนในถ่านหิน** เป็นสารประกอบของคาร์บอน (Carbonaceous residue) ที่ไม่รวมขี้เถ้าที่เหลือจากอินทรีย์สารหลังจากที่ความชื้นถูกไล่ออกไปแล้ว การคำนวณตามสมการที่ 2.2

$$\text{ปริมาณ Fixed Carbon} = 100 - (\text{ความชื้น} + \text{ขี้เถ้า} + \text{สารระเหย}) \quad (2.2)$$

ค่าคาร์บอนคงที่ (Fixed carbon) เป็นค่าที่วัดปริมาณสารที่สามารถเผาได้ (Solid combustible material) ที่เหลืออยู่ในเครื่องมือการเผาไหม้และเป็นค่าหนึ่งที่ใช้ ในการคำนวณหาประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของเครื่องมือด้วย

วิธีการวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) เป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบของเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการหาค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ โดยจะรายงานเป็นปริมาณร้อยละของธาตุต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นถ่านหิน ซึ่งธาตุหลักที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) คลอรีน (Chlorine) และ กำมะถัน (Sulphur) นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ถึงค่าความร้อน (Specific energy หรือ Calorific value) และการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านหิน โดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือ (Coal petrography) เพื่อจำแนกชนิดและนับจำนวนของส่วนประกอบในเนื้อถ่านหิน เช่น Vitrinite และ Fusinite เป็นต้น หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาด้านการสะท้อนแสง (Reflectance) ของแต่ละองค์ประกอบนั้นๆ อีกด้วย

การกลั่นสลายถ่านหินเป็นขบวนการทางเคมี เรียกว่า Thermal decomposition หรือ ไพโรไลซิส (Pyrolysis) ซึ่งเป็นการเผาถ่านหินในที่อับอากาศ มีการควบคุมอุณหภูมิและความดันของก๊าซไว้เพื่อให้ได้สารระเหยและความชื้นที่มีอยู่ในถ่านหินออก โดยชนิดของการกลั่นสามารถแบ่งได้จากอุณหภูมิ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ การกลั่นสลายถ่านหินที่อุณหภูมิต่ำ (Low temperature carbonization) ใช้อุณหภูมิประมาณ 400 – 700 °C และการกลั่นสลายถ่านหินที่อุณหภูมิสูง (High temperature carbonization) ใช้อุณหภูมิประมาณ 750 – 1,000 °C การกลั่นสลายถ่านหินนี้จะให้ผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 2.3

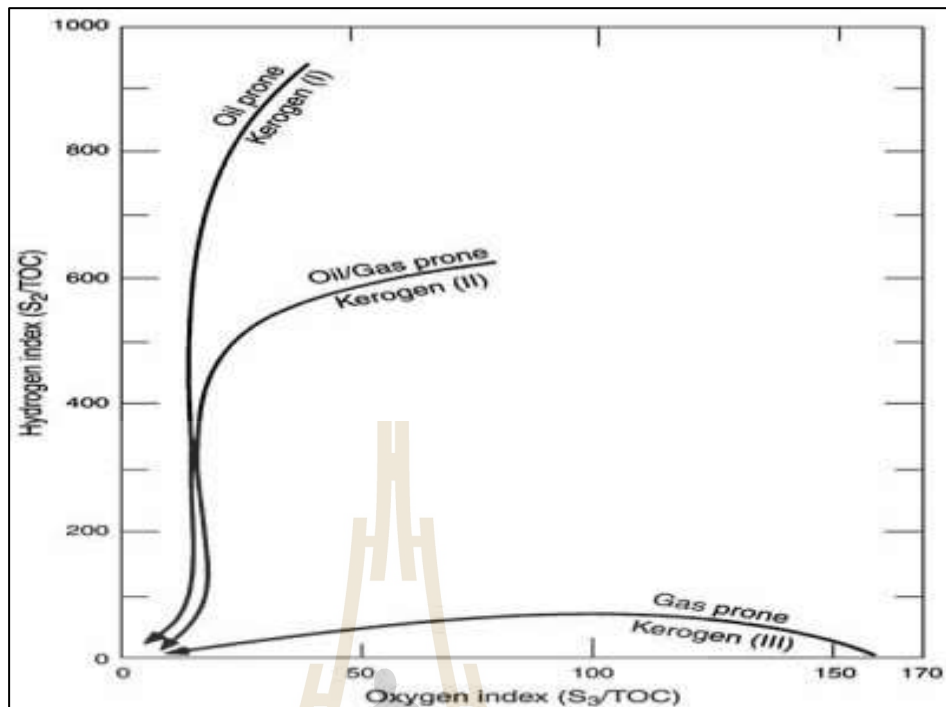


รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงผลผลิตจากการกลั่นสลายถ่านหิน

หินต้นกำเนิดมีองค์ประกอบเป็นสารปิโตรไมน์ส (Bituminous material) ที่เรียกว่า เคอโรเจน ในปริมาณสูง โดยเคอโรเจนในหินนี้สามารถแยกออกมาได้ด้วยขบวนการทางเคมีโดยการเผา เพื่อให้ความร้อน เรียกว่า ไพโรไลซิส (Pyrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนชีว มวลซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ให้กลายเป็นก๊าซที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรเจน (H<sub>2</sub>) และก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) โดยกระบวนการ ดังกล่าวเป็นการเผาไหม้อินทรีย์สารแบบจำกัดปริมาณออกซิเจน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งขบวนการไพโรไลซิส หินน้ำมันนั้นจะให้ความร้อนที่ 450 – 500 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะไร้อากาศ ทำให้เคอโรเจนกลั่นตัวออกมากลายเป็นน้ำมัน และสามารถทำการแยกออกมาได้ ขบวนการ นี้เรียกว่า Retorting ไพโรไลซิสใช้บอกปริมาณและสภาวะของศักยภาพการเป็นหินต้นกำเนิด โดยดู จากปริมาณไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา โดยเทคนิคไพโรไลซิสที่ ใช้กันอย่างกว้างขวางคือ Rock-Eval

Rock-Eval Pyrolysis เป็นเทคนิคที่ระบุชนิดและสภาวะของอินทรีย์วัตถุ และบอกถึง ศักยภาพของปิโตรเลียมในหินหรือตะกอน โดยตัวอย่างจะถูกนำมาให้ความร้อนจาก 300 จนถึง 550 องศาเซลเซียสภายใต้บรรยากาศเฉื่อย (Helium) แล้วถูกวัดและบันทึกค่าเป็นเส้นความสูง (peak) ที่ S1 S2 และ S3 ซึ่ง S1 เป็นปริมาณของไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างก่อนผ่านการเผา S2 เป็น ปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเผา และ S3 เป็นก๊าซ CO<sub>2</sub> และไอระเหยที่ เกิดขึ้นในช่วงที่เคอโรเจนสลายตัว และหากมีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่จะถูกบันทึกเป็น S4 และในการวิเคราะห์นั้น ช่วงของอุณหภูมิที่ S2 ถึงอุณหภูมิสูงสุดที่เคอโรเจนสลายตัวนั้นจะบอกถึง ระดับการแปรสภาพ (Maturation) ของปิโตรเลียมตามธรรมชาติ เรียกค่านี้ว่า T<sub>max</sub> ซึ่งจะบอก ขั้นตอนของการเจริญเติบโตของปิโตรเลียม จึงนำมาใช้พิจารณาสถานะของปิโตรเลียมว่าเป็นน้ำมัน หรือก๊าซ ชนิดและสภาวะของอินทรีย์สารในหินต้นกำเนิดจะมีลักษณะเฉพาะ ซึ่งสามารถบอกได้ จากอัตราส่วนของค่า S1 S2 และ S3 ดังรูปที่ 2.4





รูปที่ 2.4 แสดงอัตราส่วน อุณหภูมิ ชนิด และสถานะของอินทรีย์สารที่เป็นหินต้นกำเนิดชนิดต่างๆ (คัดลอกจาก [http://www.odp.tamu.edu/publications/tnotes/tn30/tn30\\_f5.htm](http://www.odp.tamu.edu/publications/tnotes/tn30/tn30_f5.htm))

นอกจากนี้การวิเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนเพื่อประเมินศักยภาพการเป็นหินต้นกำเนิด ยังมีตัวแปรอื่นๆ ที่ใช้ประกอบรวมในการวิเคราะห์ ดังนี้

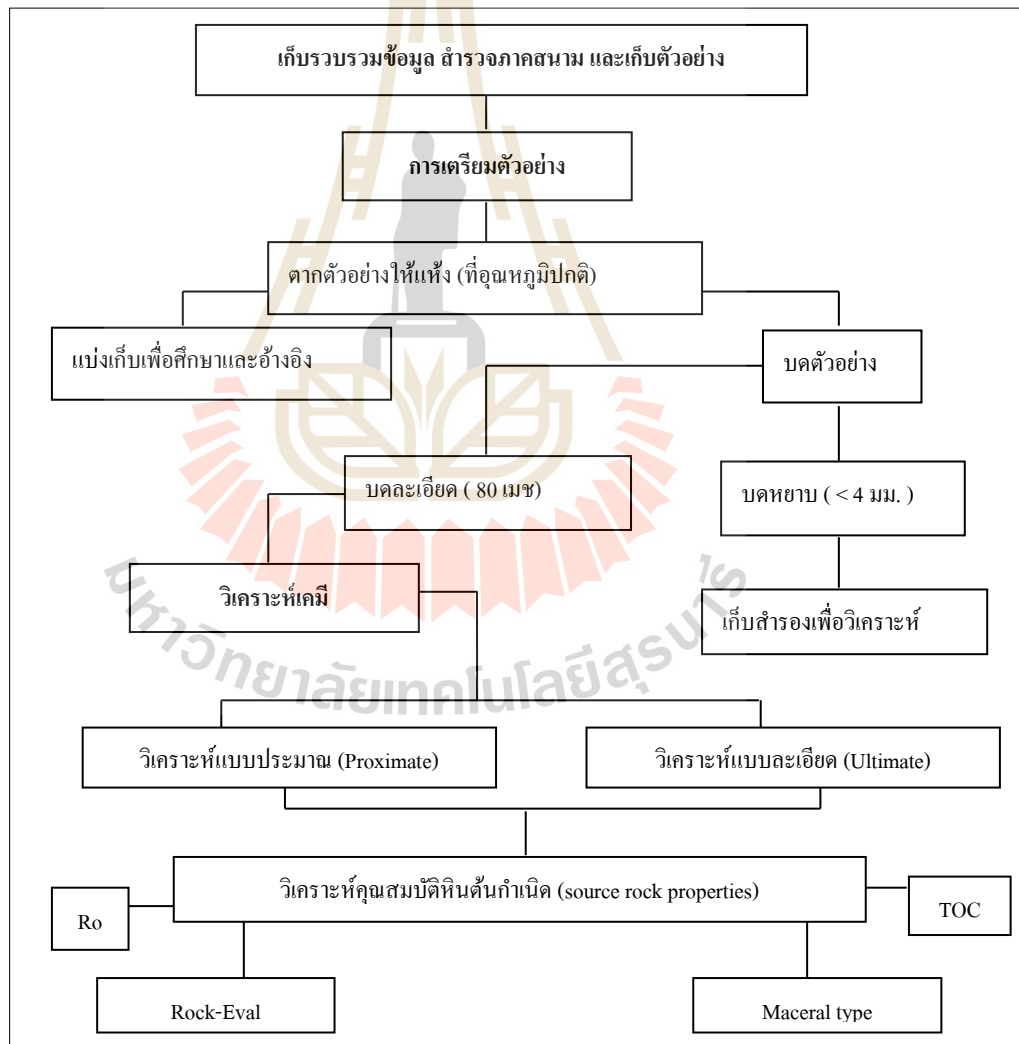
1. ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TOC content) ในหินปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด เป็นค่าที่ไม่สามารถนำมาใช้ในการหาปริมาณก๊าซที่กักเก็บในชั้นหินได้ แต่สามารถทำให้รู้ศักยภาพของการเกิดก๊าซภายในชั้นหินเบื้องต้นได้ว่ามากน้อยเท่าใด โดยปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดที่ดีควรมีค่าประมาณ 1.5- >20% (Bustin, 2005) แต่ Burnaman (2009) แนะนำว่าปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดที่ดีควรมีค่าอย่างน้อย 2% จึงจะถือว่าเป็นค่าที่เหมาะสม โดยปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดสามารถหาได้ทั้งการทดสอบโดยตรงในห้องปฏิบัติการซึ่งมีความถูกต้องและแม่นยำเพราะเป็นการทดสอบจากหินโดยตรง และการใช้ความสัมพันธ์ของ Density log ตามสมการที่ 2.3 ซึ่งมีสมการความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\text{TOC} = -0.1477\rho_{\text{ma}} - 0.4458 \quad (2.3)$$

2. ความหนาของชั้นหินดินดาน (Shale thickness) เป็นค่าตัวแปรตัวที่มีความสำคัญตัวหนึ่ง เพราะเมื่อค่าของ TOC content มีค่าสูงพอแล้ว ความหนาของชั้นหินดังกล่าวควรมีค่าอย่างน้อย 45 เมตร แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อค่าของ TOC content มีค่าที่สูงพอ ความหนาของชั้นหินอาจน้อยกว่าที่กำหนดไว้ได้ โดยความหนาของชั้นหินที่จะให้ก๊าซธรรมชาติจากหินดินดานนั้นสามารถวัดได้จากชั้นหิน โผล่ (Outcrop) ข้อมูลการเจาะ (Drilling data) แผนที่โครงสร้างของชั้นหิน (Structural map) และแผนที่ความหนาจริงของชั้นหิน (Isopach map)
3. ชนิดของสารอินทรีย์ในหิน (Organic material type) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ ชนิดที่ I, II และ III ตามสภาพแวดล้อมของการตกทับถมของตะกอนและซากของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน สารอินทรีย์ชนิดที่สองและชนิดที่สามสามารถกลั่นตัวออกมาเป็นก๊าซธรรมชาติได้ ส่วนชนิดที่หนึ่งจะถือว่าดีก็ต่อเมื่อมีค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance,  $R_o$ )  $> 1.4$  (Burnaman, 2009) ชนิดของสารอินทรีย์ในหินสามารถกำหนดได้จาก Organic geochemical indicators, Palynology, การวิเคราะห์ทาง Electron microscope และการวิเคราะห์ตามวิธีการของ Conventional gas เป็นต้น
4. ค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance,  $R_o$ ) การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์เป็นก๊าซเป็นชนิดต่างๆ สามารถแบ่งได้ตามค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ที่แตกต่างกันดังนี้
  - Biogas: ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการทางชีวเคมี หรือจากกระบวนการของแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจน เมื่อวิเคราะห์ค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์จะมีค่าน้อยกว่า 0.6% ซึ่งสารอินทรีย์วัตถุดิบหินยังไม่สุก (Immature)
  - Pyrolysis คือช่วงของสารอินทรีย์วัตถุดิบในหิน (Organic matter) ที่สุกถึงสุกมาก (Mature-highly mature) มีค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ประมาณ 0.6-2.0% ซึ่งจะอยู่ในช่วงของ Catagenesis ที่สามารถกลั่นตัวให้ก๊าซธรรมชาติได้

- Cracked gas: คือช่วงของสารอินทรีย์วัตถุในหิน (Organic matter) ที่สุก (Mature) โดยมีค่าของการสะท้อนแสงของอิทธิไนต์มากกว่า 2.0% โดยเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ส่วนที่ยังหลงเหลือ (Residual kerogen) อยู่ในหินต้นกำเนิดสามารถกลั่นตัวออกมาได้เป็นไฮโดรคาร์บอนหนัก (Heavy hydrocarbon)

โดยในการวิจัยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ทั้งทางเคมีและทางกายภาพของหินต้นกำเนิด ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 2.5

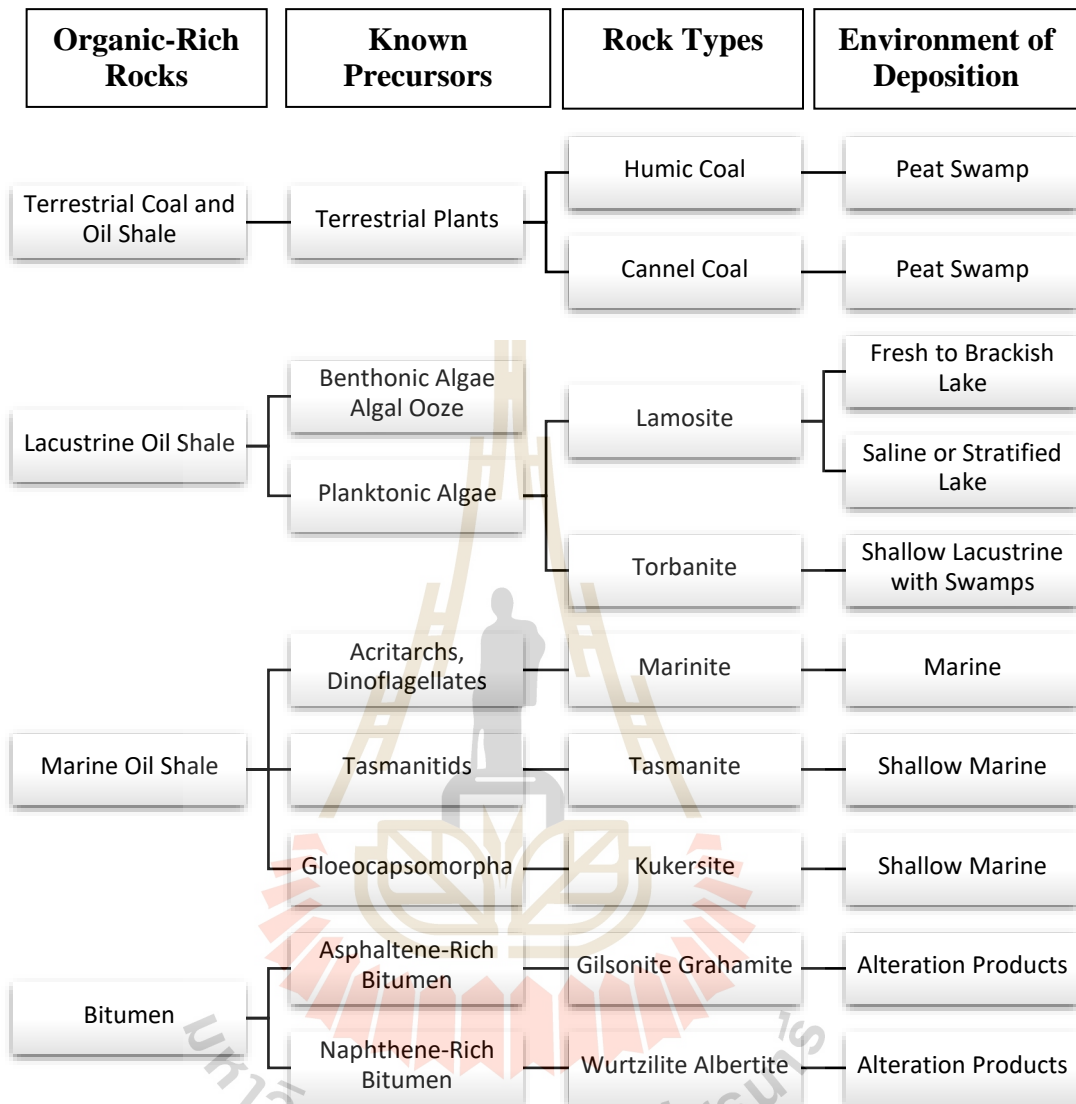


รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์เคมี

## 2.4 การจำแนกหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมและสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน

ในธรณีวิทยาปิโตรเลียมให้คำนิยามของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมว่าเป็นกลุ่มหินเนื้อละเอียดที่มีการสะสมตัวของสารอินทรีย์ปริมาณสูงและมีการก่อเกิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในหินนั้นแล้ว (Law, 1999) จากผลการศึกษาเกี่ยวกับสภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมได้ยืนยันว่าสารอินทรีย์ที่เป็นกลุ่มหลักที่สามารถให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนสูงได้แก่ กลุ่มสาหร่ายทั้งสาหร่ายทะเลและสาหร่ายน้ำจืด (Marine and non-marine algae) ซึ่งถูกพบได้ตั้งแต่ช่วงมหายุค Precambrian, Paleozoic และ Cenozoic อีกทั้งในช่วงมหายุค Cenozoic ยังพบว่าพืชบกหรือพืชยืนต้นยังกลายเป็นสารอินทรีย์หลักที่ทำให้กลายเป็นต้นกำเนิดปิโตรเลียมได้ (Tappan and Loeblich, 1970) การสะสมของอินทรีย์สารนี้ สามารถจำแนกออกเป็น 4 กลุ่มตามสภาพแวดล้อม ได้แก่ น้ำทะเล น้ำกร่อย น้ำจืด และบนบก (Stopes and Wheeler, 1918) ซึ่งยืนยันจากหลายงานวิจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม อาทิเช่น Cohen et al., 1989; Petersen and Nielsen, 1995; Roberts and McCabe, 1992; Sebag et al., 2006a; 2006b; Staub, 1991 and Wang et al., 2011

การศึกษาค่าความสัมพันธ์ของปริมาณของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมกับชนิดหินและสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน รายละเอียดของความสัมพันธ์ได้แสดงในรูปที่ 2.6 (Hutton, 1982; Hurren, 1987; Sykes, 2001)



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของปริมาณของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมกับชนิดหินและสภาพแวดล้อมการทับถมตะกอน (ปรับปรุงจาก Hutton, 1982)

Stach (1975) ได้ทำการจำแนกชนิดอินทรีย์สารที่มาจากพืชที่เกิดในสภาพแวดล้อมแบบหนองบึงแบ่งออกได้ 4 ชนิด ได้แก่ (1) พืชน้ำในพื้นที่หนองน้ำ (Open-water) ซึ่งเป็นกลุ่มพืชกึ่งลอยกึ่งจม โดยมีบางส่วนของพืชจมน้ำ (2) พืชตระกูลกก (Open reed swamp) (3) ป่าพรุ (Forest swamp) และ (4) มอสในหนองน้ำ (Moss swamp)

Brook et al. (1987); Durand and Paratte (1983); Hunt (1991); Thomas (1982) ได้ทำการจำแนกชนิดของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม โดยใช้ลักษณะทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์ ส่วนประกอบของสารอินทรีย์ในหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมแสดงออกมาในรูปแบบของชนิดแร่อินทรีย์ (Maceral type) โดยสามารถจำแนกชนิดของแร่อินทรีย์เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Vitrinite หรือ Huminite กลุ่ม Liptinite หรือ Exinite และกลุ่ม Inertinite ซึ่งการจำแนกชนิดและส่วนประกอบของแร่อินทรีย์นี้ ในถ่านหินประเภท Hard coal และ Brown coal ได้ทำการจำแนกตามเกณฑ์ของ International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP, 1998; 2001; Sýkorová et al., 2005)

การก่อเกิดของเคอโรเจน (Kerogen evolution) เป็นกระบวนการที่แสดงถึงขั้นตอนการฝังตัวของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม โดยเคอโรเจนสามารถจำแนกชนิด ออกได้ 3 ชนิด คือ ชนิดที่ 1, ชนิดที่ 2 และ ชนิดที่ 3 ตามปริมาณของคาร์บอน อัตราส่วนของไฮโดรเจนต่อออกซิเจน (Tissot and Welte, 1978; Selley, 1985)

Van Krevelen (1993) ได้ทำการพัฒนาไดอะแกรมของการจำแนกชนิดเคอโรเจนอย่างง่ายด้วยการใช้ อัตราส่วนของ H/C และ O/C อีกทั้งไดอะแกรมนี้ยังในการหากระบวนการก่อเกิดของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม ซึ่งสามารถจำแนกขั้นตอนการก่อเกิด ได้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ Diagenesis, Catagenesis และ Metagenesis โดยการหาปริมาณของการเกิดปิโตรเลียมและไถ่สารประกอบไฮโดรคาร์บอนออกมาจากหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อค่าอัตราส่วนระหว่าง H/C ของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมสูงขึ้น (Hunt, 1996)

Tissot and Welte (1984) ได้ปรับปรุงจาก Van Krevelen diagram เพื่อใช้กับพารามิเตอร์ของผลการวิเคราะห์ไพโรไลซิส (ผลผลิตน้ำมันและก๊าซ (S1) ผลผลิตเคอโรเจน (S2) ปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> และ CO (S3)) และปริมาณของ TOC โดยการแปลผลจาก Van Krevelen diagram นี้ ปริมาณไฮโดรเจนของเคอโรเจนเป็นตัวกำหนดสำหรับการบ่งชี้ถึงผลผลิตน้ำมันและก๊าซ (Oil and gas yield) จากขั้นตอนการก่อเกิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในช่วงเริ่มต้น (Primary hydrocarbon-generation) จากการประยุกต์ใช้หลายพารามิเตอร์ในไดอะแกรมนี้ ทำให้สามารถ

จำแนกชนิดแร่อินทรีย์ ออกได้เป็น 4 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 ชนิดที่ 2 ชนิดที่ 3 และ ชนิดที่ 4 โดยอาศัยความแตกต่างของปริมาณไฮโดรเจนต่อคาร์บอนและปริมาณออกซิเจน

ชนิดแร่อินทรีย์ สอดคล้องกับอัตราส่วนของสารอินทรีย์ในหินตะกอนในรูปของเคโรเจน โดย ลักษณะของแร่อินทรีย์ เกี่ยวข้องกับชนิดของเคโรเจนซึ่งกำหนดโดยพารามิเตอร์ของไฮโดรคาร์บอน: ผลผลิตน้ำมัน (S1) ผลผลิตเคโรเจน (S2) ปริมาณ CO<sub>2</sub> (S3) และคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TOC) ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เหล่านี้แสดงถึงปิโตรเลียมที่ถูกขับออกมา ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตาราง 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเคโรเจน ชนิดแร่อินทรีย์ ดัชนีไฮโดรเจน (HI) อัตราส่วน S2 ต่อ S3 และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่ถูกขับออก (ปรับปรุงจาก Peters and Cassa, 1994)

ชนิดเคโรเจน	ส่วนประกอบเคโรเจน (Kerogen Composition or Maceral)	ดัชนีไฮโดรเจน (Hydrogen Index, HI)	S2/S3	ผลผลิตหลัก
I	Amorphous/Alginite	>600	>15	น้ำมัน
II	Exinite	300 – 600	10 – 15	น้ำมัน
II/III	Exinite/Vitrinite	200 – 300	5 – 10	น้ำมัน และ ก๊าซ
III	Vitrinite	50 – 200	1 – 5	ก๊าซ
IV	Inertinite	< 50	< 1	ก๊าซ

Pasley (1991); Jones (1987); Tyson (1995) ได้กำหนดชุดลักษณะของอินทรีย์ โดย ทำการศึกษาข้อมูลธรณีเคมีและข้อมูลทางแสง (กล้องจุลทรรศน์) ร่วมกัน ซึ่งใช้เป็นตัวศึกษาเกี่ยวกับการเกิดหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม และยังใช้เป็นเครื่องมือในการทำนายหินต้นกำเนิดได้ด้วย ด้านอินทรีย์ทั้งเจ็ดที่กำหนดโดย Jones (1987) ได้กำหนดชุดลักษณะของสารอินทรีย์ ได้แก่ ชุดลักษณะ A, AB, B, BC, C, CD และ D ดังแสดงในตารางที่ 2.7



ตาราง 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างชุดลักษณะของพีซ (Palynofacies) ปัจจัยทางธรณีเคมีและสภาพแวดล้อม (Jones, 1987; Tyson, 1995)

Organic Facies	A	AB	B	BC	C	CD	D
<b>Palynofacies characteristics</b>							
% AOM of kerogen	Dominant			Mod	Usually low/absent		
AOM matrix fluorescence	Highest		Mod-weak		Weak	Usually absent	
% prasinophytes of plankton	Highest	Mod	Rare	Usually very rare			
% phytoclasts of kerogen	Low (dilution)		Mod	Usually dominant			
Opaque: translucent phytoclasts	Often high			Usually low		increases	
<b>Geochemical characteristics (for immature sediments)</b>							
Hydrogen Index (HI)	≥ 850	≥ 650	≥ 400	≥ 250	≥ 125	50 – 125	≤ 50
Kerogen type	I	I/II	II	II/III	III	III/IV	IV
TOC %	5 – 20+	3 – 10+	3 – 3+	≤ 3	< 0.5		
<b>Environment factors</b>							
Proximal-distal trend	Distal			Proximal		Distal	
Oxygen regime	Anoxic	Anoxic-Oxic			Oxic		Very Oxic
Sediment accumulation rate	Low	Varies		High		Mod	Low

\*AOM = Algal Organic Matter

ศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมเกี่ยวข้องกับปริมาณ ความอุดมสมบูรณ์ของสารอินทรีย์ และความสมบูรณ์ทางความร้อนที่ทำให้ปิโตรเลียมเกิด (Thermal maturity) (Isaksen et. al., 1998) ศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมถูกนำไปประยุกต์ใช้กับหินที่มีสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมเพียงพอในการสร้างและขับไล่ไฮโดรคาร์บอนผ่านกระบวนการทางชีวภาพหรือความร้อน (Miles, 1994)

ประเภทของศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่มีศักยภาพ หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่มีประสิทธิภาพ หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่มีการเก็บรักษาสภาพที่มีประสิทธิภาพ และไม่เป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม (Jeffrey, 1993; Law, 1999; Ronald, Wikins and George, 2002) โดยแต่ละประเภทนั้นแสดงถึงขั้นตอนของการเกิดสารไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อน ในเกณฑ์ 3 ระดับ คือ ยังไม่สุกเต็มที่ สุกเต็มที่ และสูงเกินหรือหลังสุก

Dow (1977) ได้รายงานช่วงการกำเนิดปิโตรเลียม (Petroleum generative windows) ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ เช่น การก่อเกิดน้ำมัน (Oil window) ที่อุณหภูมิ 50 - 150 °C และการก่อเกิดก๊าซ (Gas window) ที่อุณหภูมิ 150 - 200 °C ขึ้นอยู่กับว่าหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมนั้นร้อนเร็วแค่ไหน โดยทั่วไปการเริ่มก่อเกิดน้ำมันจะมีความสัมพันธ์กับการสะท้อนแสงของวิทรีไนต์ ช่วง 0.5-0.6%Ro และการยุติการก่อเกิดน้ำมันด้วยการสะท้อนแสงของวิทรีไนต์ ช่วง 0.85-1.1%Ro และโดยทั่วไปการเริ่มต้นของการก่อเกิดก๊าซ จะเกี่ยวข้องกับค่าช่วง 1.0-1.3% Ro และสิ้นสุดประมาณ 3.0% Ro

Cook and Kantsler (1982) ได้ทำการปรับปรุงแผนภูมิช่วงการเจริญเติบโตของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมโดยอุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดถ่านหิน ทั้งทางเคมีและฟิสิกส์และการสร้างสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ช่วงการเกิดสารไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อน สอดคล้องกับปริมาณไฮโดรเจน (แสดงถึงประเภทเคโรเจน)

## 2.5 การประเมินหินต้นกำเนิดและการก่อเกิดปิโตรเลียม

### (Petroleum source rock evaluation and maturity)

ตามการศึกษาของ Law (1999) หินต้นกำเนิดปิโตรเลียม หมายถึงขั้นตอนของการเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อน (ในเกณฑ์ 3 ระดับ คือ ยังไม่เต็มที่ เต็มที่ และสูงเกินหรือหลังสุก) โดยศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมจะได้ถูกประเมินทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพ ซึ่งเป็นการวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TOC) ชนิดของเคโรเจนที่มีอยู่ในหินต้นกำเนิด ปริมาณของไฮโดรคาร์บอนสามารถวัดได้โดยการวิเคราะห์โดยละเอียดและองค์ประกอบของธาตุ รวมทั้งหาปริมาณอัตราส่วนของไฮโดรเจนและคาร์บอน พารามิเตอร์เหล่านี้เกี่ยวข้องกับปริมาณผลผลิตน้ำมันและก๊าซของเคโรเจนแต่ละชนิด กับอุณหภูมิและความลึกของชั้นหิน

ในการระบุศักยภาพในการก่อเกิดน้ำมันและก๊าซ การเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อน และชนิดของสารอินทรีย์ (Tissot and Welte, 1978) สามารถศึกษาได้หลายวิธีการ

ส่วนนี้นำเสนอวิธีการประเมินหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม 2 วิธีหลัก คือ การวิเคราะห์ธรณีเคมีและการวิเคราะห์สีดาวรรณภายใต้กล้อง ดังนี้

### 2.5.1 การวิเคราะห์ธรณีเคมี (Geochemical analysis)

การศึกษาทางธรณีเคมีของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม เป็นหนึ่งในประเภทการวิเคราะห์เคมี อาทิเช่น การวิเคราะห์ธาตุ การออกซิเดชัน การเติมไฮโดรเจน และไพโรไลซิส (Hutton, 1982) การกำหนดสำหรับการวิเคราะห์โดยประมาณและการวิเคราะห์โดยละเอียด เป็นไปตามแนวทางของมาตรฐานอเมริกันสำหรับการทดสอบวัสดุ (American Standards for Testing of Materials, ASTM) การจำแนกประเภทหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมทางเคมี ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีและองค์ประกอบธาตุของหินที่มีสารอินทรีย์ ซึ่งระบบมาตรฐานวิธีการวิเคราะห์ธรณีเคมีที่ใช้กันมากที่สุด ได้แก่ :

- ASTM D3302/D3302M สำหรับ ความชื้นรวมและขั้นตอนการใช้เครื่องมือ (ASTM, 2011d)
- ASTM D5142-09 สำหรับ Proximate analysis การวิเคราะห์ถ่านหินและถ่านโค้ก ขั้นตอนการใช้เครื่องมือ (ASTM, 2010)
- ASTM D7582 สำหรับการวิเคราะห์แบบประมาณของตัวอย่างถ่านหินและถ่านโค้กโดย Macro Thermogravimetric analysis (ASTM, 2011e) และใช้ปริมาณร้อยละของ C, H และ O เพื่อพล็อตส่วนประกอบของถ่านหิน
- ASTM D2013/D2013M-1 และ Practice D346-04 สำหรับ การเตรียมตัวอย่างถ่านหินสำหรับการวิเคราะห์ (ASTM, 2011c).

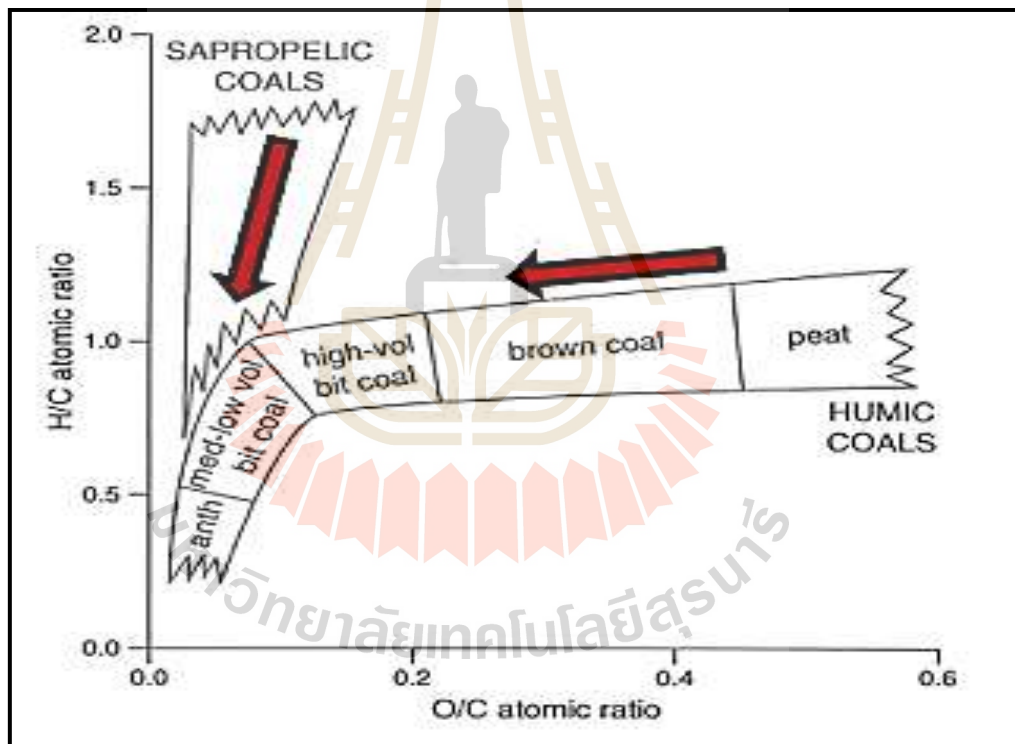
วิธีหาค่าคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TOC) ใช้เพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในตะกอนหรือในตัวอย่างดิน โดยวิธีการหาค่า TOC จะต้องทำการกำจัดสารอินทรีย์ออกโดยการย่อยตัวอย่างตะกอนหรือดินในสารละลายไฮโดรคลอริก (McKee and Goodwin, 1923; Lewis and McConchie, 1937)

การจำแนกสารอินทรีย์ตามอัตราส่วนอะตอมของ H/C และ O/C (Van Krevelen, 1993) ตามแผนภาพของ Van Krevelen ที่ได้รับการแก้ไขแล้วสามารถแบ่งเคโรเจนได้ถึง 4 ประเภท (Tissot and Welte, 1978; Durand, 1993) ได้แก่ Type I, Type II, Type III และ Type IV

- เคโรเจนประเภท Type I: มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนต่อคาร์บอนสูงและส่วนประกอบของออกซิเจนต่อคาร์บอนต่ำ (H/C มีค่าเริ่มต้นสูง ประมาณ 1.5 ของ H/C) และ O/C เริ่มต้นต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.0) ส่วนใหญ่เกิดจากสารอินทรีย์พวกสาหร่าย (algae) ในสภาวะแวดล้อมแบบทะเลสาบ หรือบริเวณชายฝั่งที่สามารถเกิดการแตกสัฟริ่งของสาหร่าย (algal bloom) ซึ่งเป็นกลุ่มแร่อินทรีย์ลิปทิไนต์ (Liptinite) ซึ่งเคโรเจนประเภทนี้จะให้น้ำมันประเภทพาราฟิน
- เคโรเจนประเภท Type II: มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนต่อคาร์บอนต่ำกว่า แต่อัตราส่วนของออกซิเจนต่อคาร์บอนสูงกว่าเคโรเจนประเภท Type I มักพบในพวกหินตะกอนที่สะสมในทะเล ส่วนใหญ่เกิดจากสารอินทรีย์พวกสัตว์และพืชทะเลต่างๆ หรือมาจากแร่อินทรีย์ที่มาจากส่วนประกอบพืชบก เช่น ใบ ยาง ไม้ และสปอร์ ในกลุ่มแร่อินทรีย์ลิปทิไนต์ ซึ่งเคโรเจนประเภทนี้จะให้น้ำมันประเภทเนฟทา และอะโรมาติก
- เคโรเจน Type III: มีส่วนประกอบของไฮโดรเจนต่อคาร์บอน ค่อนข้างต่ำ (H/C มีค่าเท่ากับ 1) และส่วนประกอบของออกซิเจนต่อคาร์บอนในอัตราค่อนข้างสูง (O/C มีค่าช่วง 0.2-0.3) มาจากส่วนเนื้อเยื่อ ผนังเซลล์ หรือเซลล์โลสของพืชบกหรือพืชชั้นสูงในถ่านหิน ในกลุ่มแร่อินทรีย์วิทริไนต์ (Vitritinite) ซึ่งเคโรเจนประเภทนี้ส่วนใหญ่จะให้ก๊าซธรรมชาติ
- เคโรเจนประเภท IV: มีส่วนประกอบของอัตราส่วนไฮโดรเจนต่อคาร์บอนต่ำที่สุดและมีส่วนประกอบของออกซิเจนต่อคาร์บอนสูงที่สุด เคโรเจนประเภทนี้เกิดขึ้นในบริเวณที่มีสารอินทรีย์และไฮโดรเจนค่อนข้างน้อย ที่สอดคล้องกับ กลุ่มอิเนอทิไนต์ (Inertinite) ซึ่งส่วนใหญ่จะให้เฉพาะก๊าซธรรมชาติ

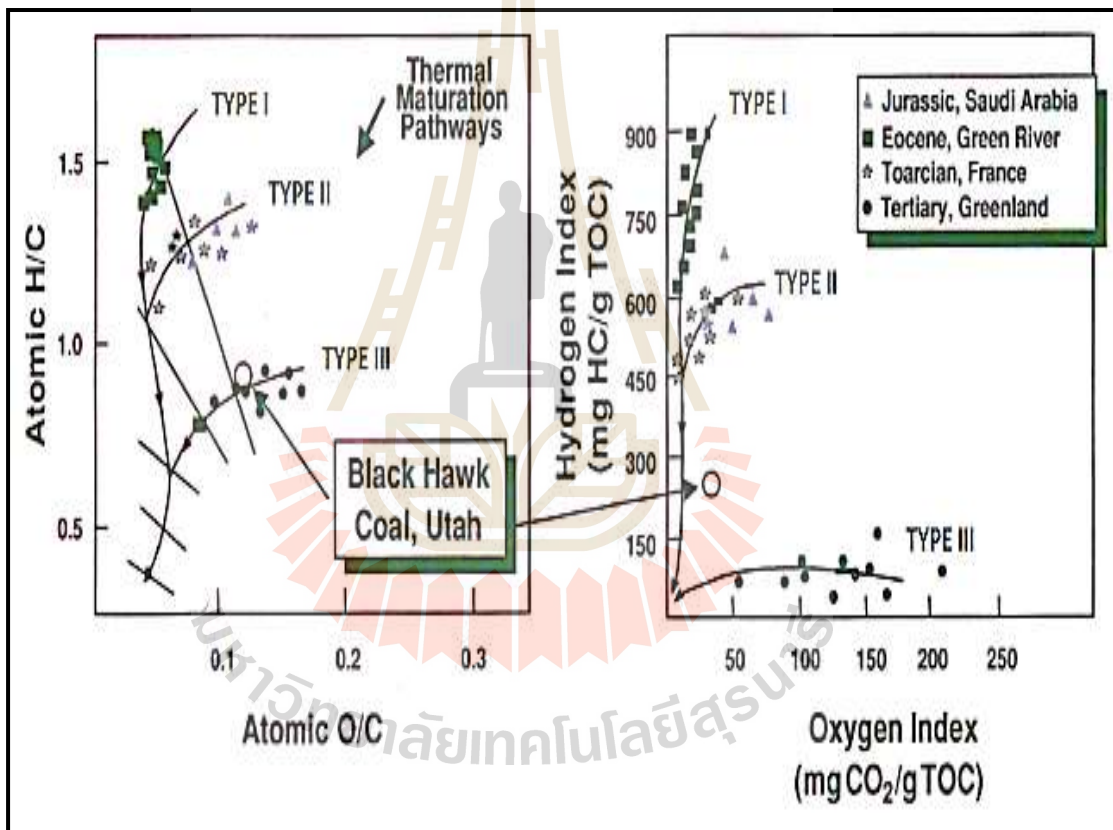
รายละเอียดประเภทของเคอโรเจนและอัตราส่วนอะตอมของ H/C และ O/C บน  
แผนภาพ Van Krevelen Diagram (Tissot and Welte, 1978)

Van Krevelen (1950) ได้ทำแผนที่แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มแร่อินทรีย์ในถ่าน  
หินหลัก ๆ (Sapropelic และ Humic) เมื่อสารอินทรีย์นี้สูกด้วยความร้อน โดยใช้ข้อมูลการวิเคราะห์  
องค์ประกอบการพล็อตของอัตราส่วน H/C เทียบกับ O/C (รูปที่ 2.7) แร่อินทรีย์ต่างๆ ของถ่านหิน  
เป็นไปตามวิถีทางที่แตกต่างกันโดยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในอัตราส่วน H/C และ O/C เมื่อ  
สารอินทรีย์สูกเต็มที่ (แต่ทั้งหมดนี้จะมีค่า H/C และ O/C ลดลง) ในงานของ Van Krevelen เป็น  
พื้นฐานสำหรับการประเมินทางธรณีเคมีของเคอโรเจน



รูปที่ 2.7 Van Krevelen diagram แสดงแนวโน้มการพัฒนาการเกิดของชนิดถ่านหินหลัก (Van  
Kervelen, 1950)

Killops (2005): Peters, Walters และ Moldowan (2005) ได้ชี้ให้เห็นว่าเส้นทางขั้นตอนการก่อเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อนของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม เป็นแนวทางเฉพาะสำหรับเคโรเจนที่มีอยู่ การพล็อตข้อมูลสำหรับเคโรเจนที่ตกในแนวเส้น ตามรูปที่ 2.8 เส้นแนวโน้มที่ติดฉากเป็นพื้นฐานของโครงสร้างการจำแนกประเภทเคโรเจนที่นักธรณีวิทยาส่วนใหญ่ใช้ในปัจจุบัน โดยเคโรเจน Type I เกิดจากสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด ส่วนเคโรเจน Type II เกิดจากสภาพแวดล้อมแบบทะเล และเคโรเจน Type III เกิดจากสภาพแวดล้อมแบบบก



รูปที่ 2.8 Van Krevelen diagram (ซ้าย) แสดง Thermal maturation trends ของเคโรเจน ซึ่งใช้ความสัมพันธ์ของ H/C กับ O/C (ขวา) The modified Van Krevelen diagram แสดงผลโดยใช้ข้อมูลจาก Rock-Eval pyrolysis ซึ่งใช้ความสัมพันธ์ของ คำนีไฮโดรเจน (HI) กับ คำนีออกซิเจน (OI) (Peters et al., 2005)



รายละเอียดของแต่ละเคโรเจนที่มีศักยภาพปิโตรเลียม สามารถสรุปได้ดังนี้

1) เคโรเจนประเภท Type I เป็นชนิดที่หายากที่สุดในสามประเภท โดยปกติจะเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมน้ำตื้นที่ขาดออกซิเจน เช่น ทะเลสาบน้ำจืด โดยจะมีการพบสาหร่ายน้ำจืดจำนวนมาก

2) เคโรเจนประเภท Type II สามารถเกิดขึ้นได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย แต่โดยทั่วไปเกิดในสภาพแวดล้อมทางทะเล ซึ่งแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่สำคัญ คือ แพลงก์ตอนพืชที่สะสมอยู่กับที่ (Autochthonous phytoplankton) ตามระดับความลึกของน้ำ

3) เคโรเจนประเภท Type III เกิดจากพืชที่มีท่อน้ำเลี้ยงหรือพืชยืนต้น และมักมีเศษซากพืช ที่สามารถระบุแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่เกิดมาจากสภาพแวดล้อมบนบก

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างงานของ Tissot ที่พัฒนาขึ้นในปี 1970 และสิ่งที่เราใช้ในปัจจุบันคือเราไม่ใช่อัตราส่วนของไฮโดรเจนคาร์บอนและออกซิเจนของเคโรเจนอีกต่อไป (ซึ่งจำเป็นเพื่อให้ได้อัตราส่วน H/C และ O/C ที่แสดงไว้บน Van Krevelen diagram) เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำโดยมีการใช้ค่าดัชนีไฮโดรเจน (HI) และดัชนีออกซิเจน (OI) ที่ได้จาก Rock-Eval Pyrolysis ช่วยทำให้พัฒนาแทน (รูปที่ 2.8)

จากวิธีการที่พัฒนาการศึกษาธรณีเคมีของหินต้นกำเนิดขึ้นในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 มักถูกวิเคราะห์โดยอาศัยสัมพันธ์กับปริมาณของไฮโดรเจน คาร์บอน และออกซิเจน ซึ่งปริมาณของ H, C และ O ถูกกำหนดโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ จากการวิเคราะห์โดยละเอียดของเคโรเจนที่บริสุทธิ์ทางเคมี และทำการพล็อตจุดของอัตราส่วนของ H/C และ O/C บน Van Krevelen diagram ตั้งแต่ปลายปี ค.ศ 1970 กระบวนการ Rock-Eval pyrolysis ถูกนำมาใช้เพื่อค่าดัชนีไฮโดรเจน (HI) และดัชนีออกซิเจน (OI) ของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม จากนั้นผลลัพธ์ของ HI และ OI จะถูกพล็อตบน Van Krevelen pyrolysis ที่ปรับปรุงแล้ว ซึ่งข้อดีของการวิเคราะห์ Rock-Eval คือราคาถูกรวดเร็ว และไม่ต้องใช้ขั้นตอนที่ยาวนาน แต่การวิเคราะห์ก่อนข้างอันตรายและมีราคาแพงในขั้นตอนการทำให้เคโรเจนบริสุทธิ์ทางเคมีจากหินต้นกำเนิดก่อนการวิเคราะห์

จากการรวบรวมผลงานของ Van Krevelen, Tissot ที่ทำการแบ่งประเภทเคโรเจนออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ Type I (lacustrine), Type II (marine) และ Type III (terrestrial) นั้น



ทางด้าน Mendonca Filho et al., (2012) ได้ทำการปรับปรุงการแบ่งประเภทของเคอโรเจน ออกได้ เป็น 4 ประเภท ดังตารางที่ 2.8

ตาราง 2.8 ชนิดแร่อินทรีย์หลักและคุณสมบัติทางเคมีของแต่ละชนิด (Mendonca Filho, et al., 2012)

Palynology	Algal	Amorphous	Herbaceous	Woody	Coaly
Macerals	Liptinite (Exinite)			Vitrinite	Inertinite
Evolutionary Pathway	Type I or II		Type II	Type III	Type IV
H/C	1.7 – 0.3		1.4 – 0.3	1.0 – 0.3	0.45 – 0.3
O/C	0.1 – 0.02		0.2 – 0.02	0.4 – 0.02	0.3 – 0.02
Hydrogen Index	900 – 50		600 – 50	200 – 50	< 50
Source Material	Lacustrine and Marine		Terrestrial	Terrestrial	Terrestrial and Recycled
Hydrocarbons Generated	Mostly Oil		Oil and Gas	Mostly Gas	Very little gas

### 2.5.2 การศึกษาสีลาบรรณนาวิทยา (Petrographic analysis)

หลักการของการศึกษาสีลาบรรณนาของสารอินทรีย์ เป็นการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ซึ่งรวมถึงแสงสะท้อนและการส่งผ่าน การเรืองแสง และการวิเคราะห์แสงโพลาไรซ์ของสารอินทรีย์ โดยกลุ่มแร่อินทรีย์เป็นการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ได้มาจากซากพืชบนบก ทะเลสาบน้ำจืด และพืชในทะเล ซึ่งการศึกษานี้สามารถดัดแปลงไปใช้ในการหากระบวนการสะสมตะกอน กระบวนการก่อเกิดในช่วงต้นและระดับวิวัฒนาการการเกิดสารไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อน (Teichmuller, 1975; Teichmuller และ Durand, 1983) ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP) ได้กำหนดคำอธิบายของแร่อินทรีย์ และได้มีการแก้ไขระบบการตั้งชื่อของแร่อินทรีย์ (Suarez-Ruiz et al., 2012) ซึ่งการเปรียบเทียบชนิดแร่อินทรีย์ ระหว่างเกณฑ์ ICCP (1995 และ 2001); Australian Standard (AS) (1986) และ ASTM (1996) แสดงไว้ในตารางที่ 2.9

**ตาราง 2.9** การจำแนกแร่อินทรีย์ ตามเกณฑ์ International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP) (ปรับปรุงจาก ICCP, 1995 และ 2001; Stracher, Prakash และ Ellina, 2012)

Maceral Group	Maceral Subgroup	Maceral (ICCP, 1995)	Maceral (AS 3856, 1986)	Maceral (ASTM D2799, 1996)
Vitrinite	Telovitrinite	Telinite Collotelinite	Textinite* Texto-Ulminite* Eu-Ulminite* Telocollinite	Vitrinite
	Detrovitrinite	Vitrodetrinite Collodetrinite	Attrinite* Densinite* Desmocollinite	
	Gelovitrinite	Gelinite Corpogelinite	Corpogelinite Porigelinite* Eugelinite	
Liptinite			Sporinite Cutinite Resinite Liptodetrinite Alginite Suberinite Fluorinite Exsudatinite Bituminite	Sporinite Cutinite Resinite Alginite
Inertinite	Telo-Inertinite		Fusinite Semifusinite Sclerotinite	Fusinite Semifusinite Sclerotinite
	Detro-Inertinite		Inertodetrinite Micrinite	Inertodetrinite Micrinite
	Gelo-Inertinite		Macrinite	Macrinite

\*Maceral mostly in Tertiary basin

## บทที่ 3

### วิธีการศึกษาและการวิเคราะห์

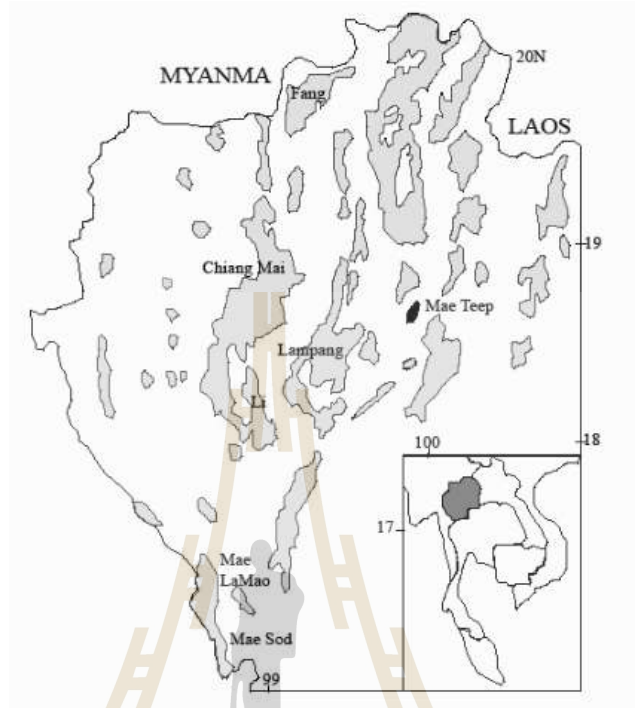
ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การสำรวจภาคสนาม การเตรียมตัวอย่าง และวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยการสำรวจภาคสนามมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาเกี่ยวกับลำดับชั้นหิน และเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา ส่วนการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และเตรียมตัวอย่างเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ธรณีเคมีขั้นสูง ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) การวิเคราะห์ค่าความร้อน (Heating value) การวิเคราะห์ไพโรไลซิส (Pyrolysis analysis) การศึกษาสัณฐานวิทยาถ่านหิน (Coal petrographic analysis) ซึ่งประกอบด้วย การระบุหาแร่อินทรีย์ (Maceral identification) และการวัดค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance) โดยรายละเอียดของวิธีการศึกษาตามลำดับขั้นตอน แสดงดังต่อไปนี้

#### 3.1 การสำรวจภาคสนาม

การสำรวจภาคสนาม ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยา ทำให้สามารถทราบถึงข้อมูลของสภาพแวดล้อม สัณฐานวิทยาปิโตรเลียม และสัณฐานวิทยาของหินต้นกำเนิด ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในพื้นที่แอ่งแม่ตึบ จังหวัดลำปาง ซึ่งแอ่งแม่ตึบ เป็นแอ่งตะกอนประเภทที่มีการยกตัวขึ้นมา (Uplift basin) หลังจากที่มีการสะสมตัวของหินน้ำมันและถ่านหินในยุคเทอร์เชียรี ซึ่งแอ่งตะกอนนี้เป็นที่น่าสนใจในการศึกษา เนื่องจากว่าแอ่งมีการสะสมตัวของสารอินทรีย์ที่ยังไม่ชัดเจนมาก และยังไม่มียุคข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่พบและการสะสมตัวของแอ่งนี้

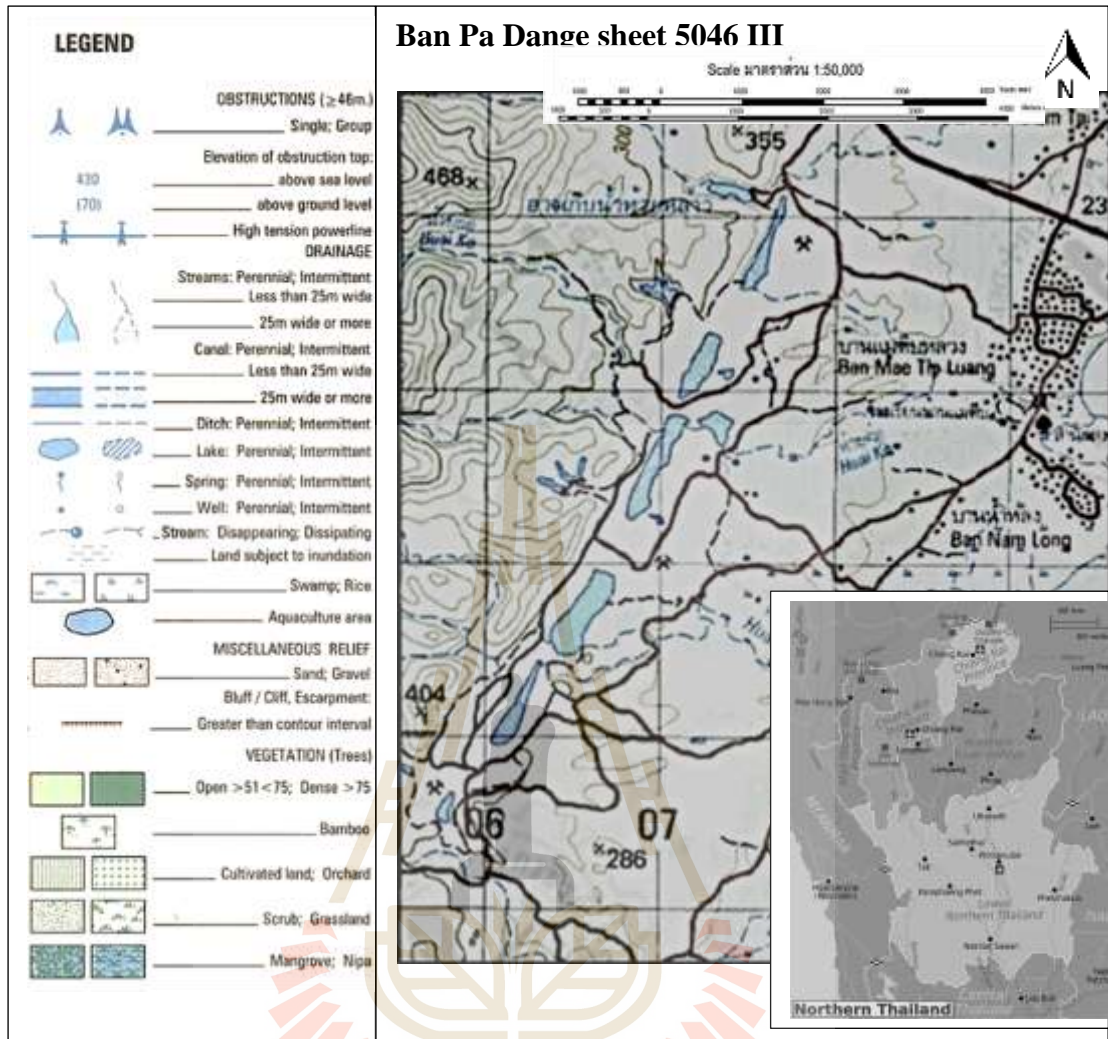
แอ่งแม่ตึบ ตั้งอยู่ที่อำเภอองาว จังหวัดลำปาง ห่างจากตัวเมืองลำปาง ประมาณ 80 กิโลเมตร (รูปที่ 3.1) ลักษณะของแอ่งมีการวางตัวในแนว NNE ถึง SSW และแอ่งวางตัวอยู่ระหว่างแอ่งงาว และแอ่งแพร์ (Ngao and Phrae basin) แอ่งมีลักษณะภูมิประเทศแบบ Flat-rolling topography โดยที่มีความลึกของแอ่งจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 220 – 280 เมตร และถูกล้อมรอบด้วย

ภูเขาสูง ประมาณ 1200 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยมีแม่น้ำตีบอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแอ่ง ที่ไหลไปยังแม่น้ำงาว ที่อยู่ทางทิศเหนือจนถึงสุดขอบแอ่งแม่ตีบ



รูปที่ 3.1 แผนที่ตำแหน่งแอ่งเทอร์เชียร์ และพื้นที่ศึกษาแอ่งแม่ตีบ ภาคเหนือของประเทศไทย (ปรับปรุงจาก Ratanasthien, 1999)

ขอบเขตพื้นที่การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาในพื้นที่เหมืองถ่านหินของบริษัทสันติตรานนท์ จำกัด (Suntitranon Co., Ltd.) โดยมีพื้นที่ครอบคลุมของเหมือง ขนาด 300 x 1,600 ตารางเมตร พื้นที่ตั้งอยู่บนแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวังบ้านป่าแดง (Ban Pa Dange) (หมายเลข ระวัง L 7017 sheet 5046 III) ในโซน 48 N (WGS84 datum) พิกัด UTM 2058000 N ถึง 2055500 N และ 606000 E ถึง 609000 E (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาบนแผนที่ระวางบ้านป่าแดง (Ban Pa Dange, Map sheet 5046 III มาตรฐาน 1:50,000) (ปรับปรุงจาก กรมแผนที่ทหาร, 2542)

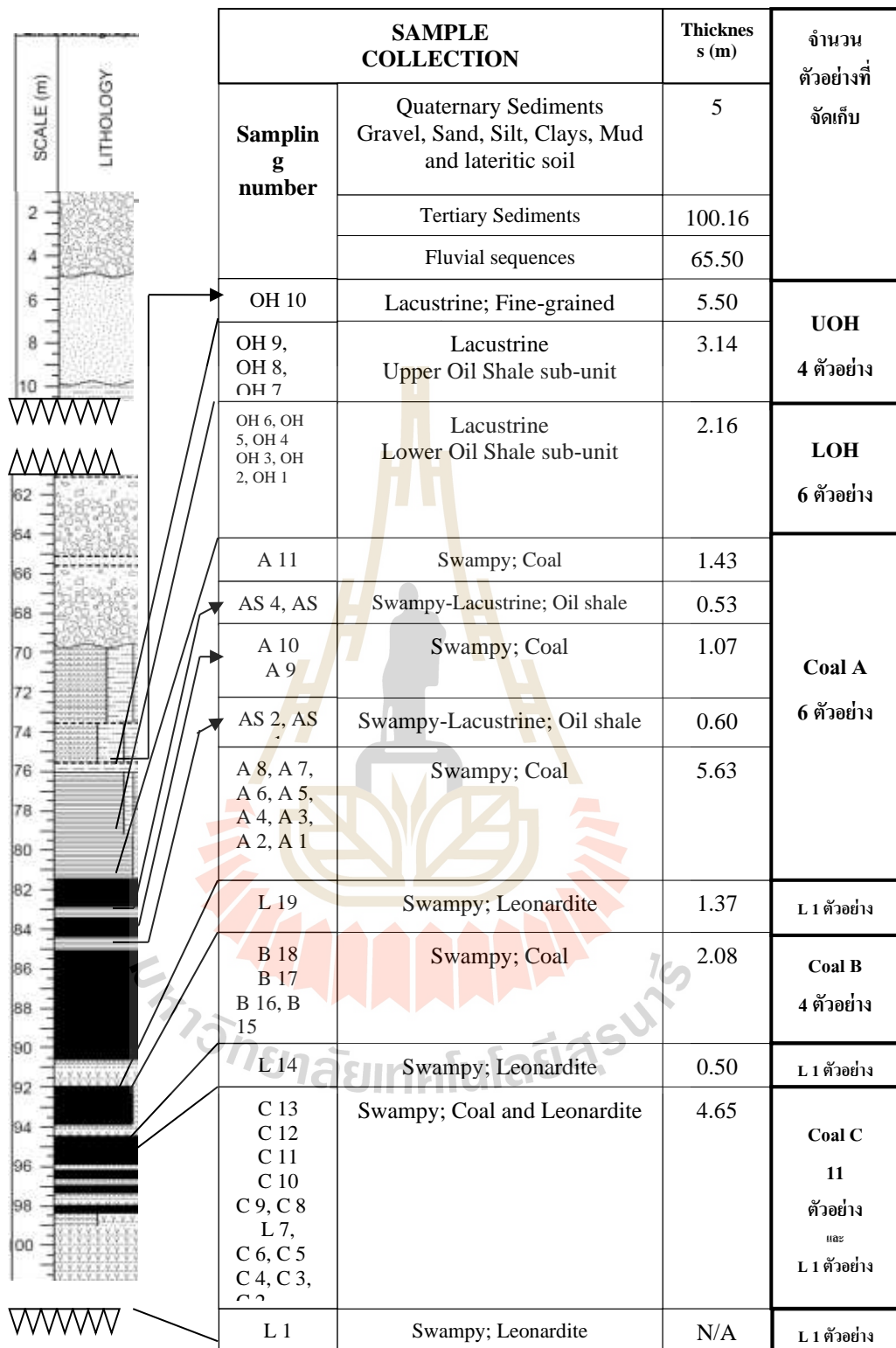
การเก็บตัวอย่างหินตะกอนในเหมืองแม่ติบ ได้ทำการเก็บตัวอย่างหิน ประมาณ 5 กิโลกรัม ในแต่ละตัวอย่าง ตามลำดับชั้นหินตามแนวตั้งตามขอบทางด้านเหนือของเหมือง ตามมาตรฐาน ASTM D 4596 – 09 (ASTM, 2011a) จำนวนทั้งหมด 44 ตัวอย่างหิน ซึ่งประกอบด้วยหินน้ำมัน 14 ตัวอย่าง ถ่านหิน 26 ตัวอย่าง และหินลีโอนาร์ไคต์ 4 ตัวอย่าง และได้ทำการเก็บตัวอย่างถ่านหิน จำนวน 3 หน่วยหินย่อย ได้แก่ ถ่านหิน A ถ่านหิน B และ ถ่านหิน C (ตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.3)

ตาราง 3.1 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน หน่วยหิน หน่วยหินย่อย และจำนวนตัวอย่างที่จัดเก็บ  
ในพื้นที่ศึกษา

สภาพแวดล้อม การสะสมตะกอน	หน่วยหิน	หน่วยหินย่อย	จำนวนตัวอย่างที่ จัดเก็บ
ทางน้ำ (Fluvial)	Fluvial sequences (semi-consolidated)		-
ทะเลสาบน้ำจืด (Lacustrine)	Fine-grained sedimentary sequences		-
	Oil Shale	Upper Oil Shale (UOH)	4
		Lower Oil Shale (LOH)	6
		Oil Shale in Coal A	4
หนองบึง (Swamp)	Coal	Coal A	11
		Coal B	4
		Coal C	11
	Leonardite	Leonardite	4
รวม			44



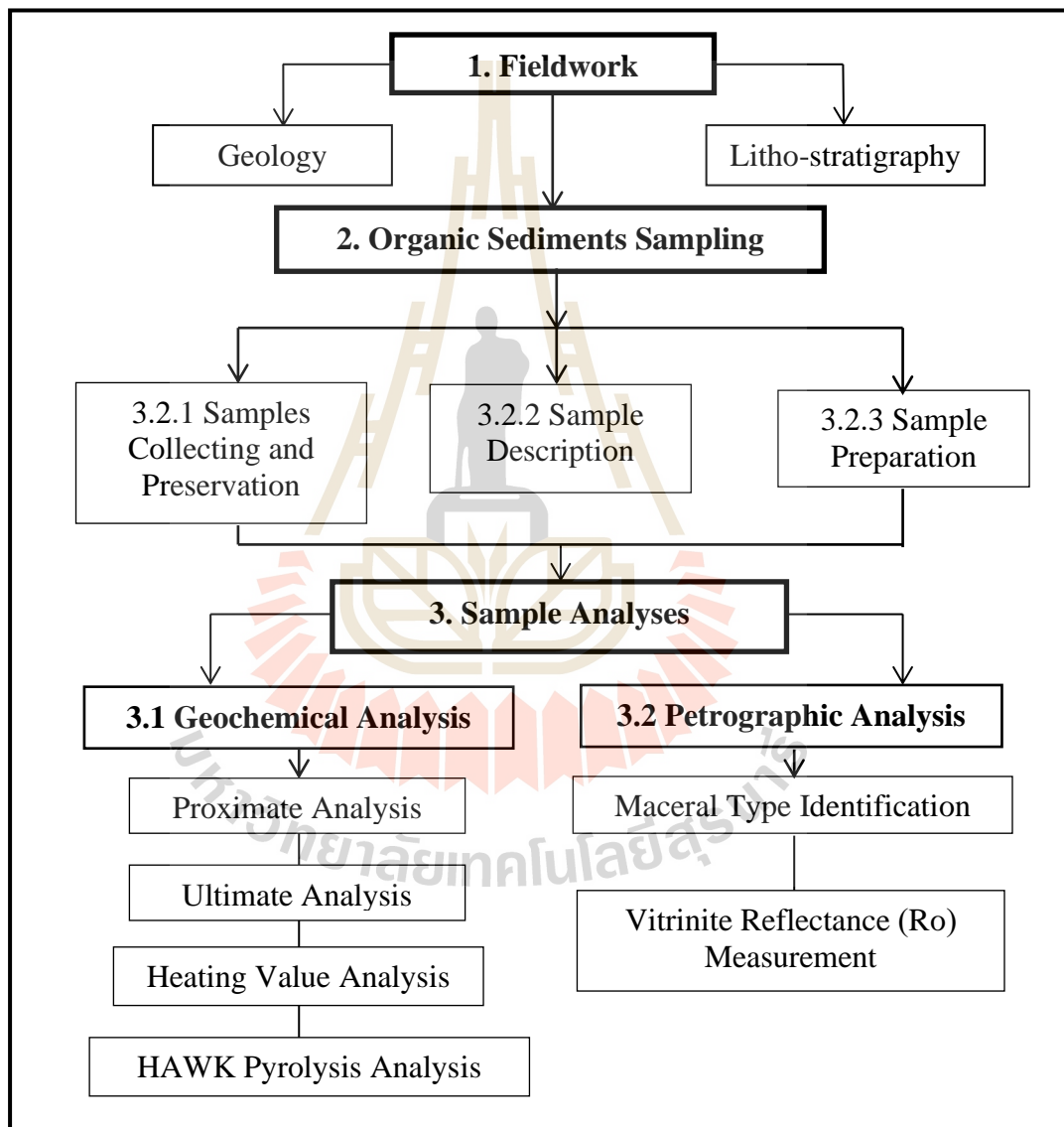




รูปที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างหินตะกอนและถ่านหินตามลำดับชั้นหินของเหมืองแม่ตีบ ในแอ่งแม่ตีบ



ในการศึกษาภาคสนามนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเก็บข้อมูลธรณีวิทยา ลำดับชั้นหิน และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษา และเก็บตัวอย่างชั้นตะกอน หินน้ำมัน และถ่านหิน เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี และธรณีเคมีในห้องปฏิบัติการต่อไป รายละเอียดขั้นตอนการศึกษาภาคสนามและรูปแสดงการทำงานในพื้นที่ ได้แสดงในรูปแบบที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานและวิธีการศึกษาในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3.5 การทำงานภาคสนาม ได้แก่ การวัดความหนาของชั้นหินและตรวจสอบชนิดหิน (A)การบันทึกข้อมูลภาคสนาม (B) และการเก็บตัวอย่าง (C)

### 3.2 การเก็บตัวอย่างตะกอนที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ (Organic sediment sampling)

การเก็บตัวอย่างตะกอนที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ในการศึกษานี้ โดยทำการศึกษาใน 3 ส่วนหลัก ๆ คือ การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง การบรรยายตัวอย่าง และการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

#### 3.2.1 การเก็บและรักษาสภาพตัวอย่าง (Samples collecting and preservation)

การเก็บตัวอย่างหินและตะกอนในพื้นที่ศึกษา จะทำการเก็บตัวอย่างหินสดและตะกอนมีน้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม ตามมาตรฐาน ASTM D 4596 – 09 (ASTM, 2011b) และทำการจัดเก็บใส่ถุงพลาสติกที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่าง

### 3.2.2 การเตรียมตัวอย่าง (Sample preparation)

ตัวอย่างหินและตะกอนทั้งหมดที่ทำการจัดเก็บจะต้องทำตัวอย่างให้แห้ง (Air-dried sample) ทำการบดตัวอย่างให้มีขนาดเล็กลง และล้างตัวอย่างที่มีการปนเปื้อน และทำการคัดแยกตัวอย่างเพื่อเตรียมสำหรับแต่ละการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

1) การทำตัวอย่างให้แห้ง (Air-dried sample) ตัวอย่างถูกเตรียมเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เคมีและธรณีเคมี ตามมาตรฐาน ASTM D2013/D2013M-11 และ Practice D346 – 04 ตามสรุปขั้นตอน แสดงในรูปที่ 3.6 มีรายละเอียดดังนี้

- ก. ตัวอย่างถูกผึ่งให้แห้ง เป็นเวลา 1-3 วัน เพื่อไล่ความชื้นออกไป แล้วนำตัวอย่างที่แห้งแล้วมาทำการบดให้มีขนาดเล็กลง จนได้ขนาดเล็กลงกว่า 4.75 มิลลิเมตร (4 mesh)
- ข. หลังจากนั้น ทำการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 8 ส่วน และทำการบดตัวอย่างจนได้ขนาดเล็กลงกว่า 2.36 มิลลิเมตร (8 mesh)
- ค. บางตัวอย่างทำการอบไล่ความชื้น โดยใช้เตาอบให้แห้งที่ อุณหภูมิที่ 40 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แต่ละตัวอย่างที่จะอบแห้งทำการชั่งน้ำหนักทั้งก่อนและหลังการอบแห้ง เพื่อทำนําคำนวณหาน้ำหนักของตัวอย่างที่หายไปหรือหาค่าความชื้นอิสระ (Free moisture)
- ง. จากตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอน (ค) ทำการบดตัวอย่างให้มีขนาดน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร (20 mesh) สำหรับการวิเคราะห์การสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance analysis) และการบดตัวอย่างให้มีขนาดน้อยกว่า 250 ไมโครเมตร (60 mesh) และ 62 ไมโครเมตร (250 mesh) สำหรับการวิเคราะห์ธรณีเคมี (Geochemical analysis)

การเตรียมตัวอย่างถ่านหิน หินน้ำมันและหินแข็ง สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพโดยการศึกษาภายใต้กล้อง (Microscopic analysis)

ตัวอย่างหินน้ำมันและหินแข็งอื่น ๆ ได้ถูกเตรียมตัวอย่างเป็นเศษชิ้นหิน (Cutting) และแผ่นหินหน้าเรียบมัน (Polished rock slab) ขนาดประมาณกว้าง 2

เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร และหนา 1.5 เซนติเมตร เพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพโดยการศึกษาภายใต้กล้อง (Microscopic analysis)

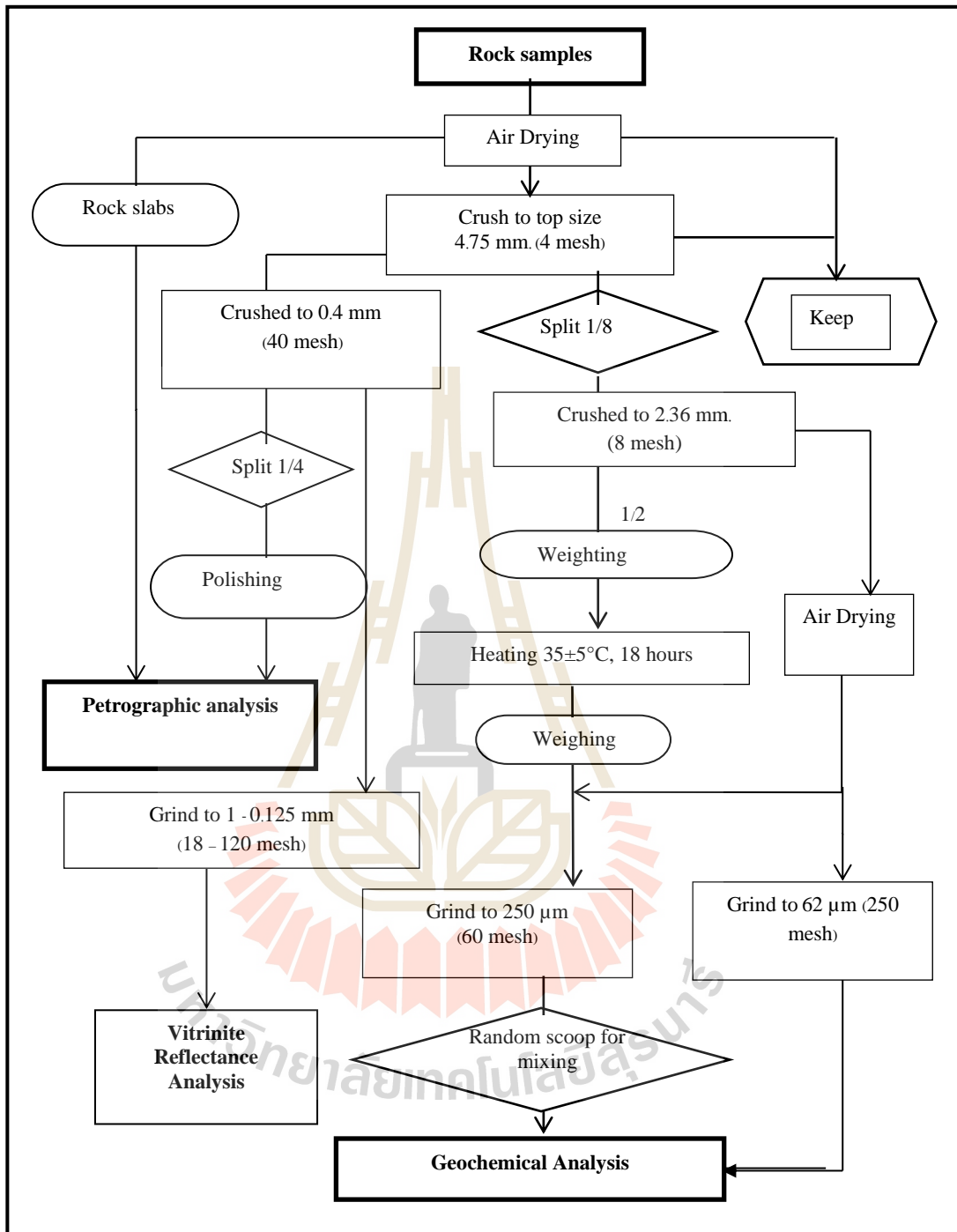
ตัวอย่างถ่านหิน ดินเหนียว และตัวอย่างเศษหินที่แตกหัก ได้ถูกบดขนาดเล็กละเอียดกว่า 4 มิลลิเมตร (20 mesh) แล้วทำการหล่อตัวอย่างที่ขนาดเล็กลงด้วยเรซินเหลว โดยทิ้งให้เรซินคงรูปและแข็งตัว ใช้เวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่คงรูปแล้วมาทำการขัดหน้าเรียบในแผ่นกระดาษ โดยใช้ผงขัด (Aluminum oxide) ขนาด No. 200, 400, 600 และ 1000 ตามลำดับ หลังจากนั้น ทำการขัดหน้าเรียบมันของตัวอย่างด้วยผง Chrome oxide ขนาด 1-5 ไมครอน และผง  $\gamma$ -alumina ขนาด 0.005 ไมครอน บนแผ่น Polishing pad หรือ chamois cloth

### 3.3 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง (Methodology of sample analysis)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ธรณีเคมีและสัณฐานวิทยา โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์ธรณีเคมีใช้เพื่อทำการหาส่วนประกอบและคุณภาพของตัวอย่างถ่านหิน

การหาส่วนประกอบของถ่านหิน ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณธาตุและส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างหินต้นกำเนิดอินทรีย์สาร (Organic source rock) โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วย การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) การวิเคราะห์ค่าความร้อนรวม (Heating value) และการวิเคราะห์ไพโรไลซิส (Pyrolysis analysis)

การศึกษาคูณภาพถ่านหินหรือคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างหินต้นกำเนิดอินทรีย์สาร ทำการศึกษาสัณฐานวิทยา (Petrographic analysis) ซึ่งเป็นการศึกษาภายใต้กล้องแสงสะท้อน (Reflected light microscopic) โดยเทคนิคการศึกษานี้ใช้เพื่อการศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน และเพื่อจำแนกชนิดของแร่อินทรีย์ (Maceral type) ได้แก่ ชนิดวิทริไนต์ (Vitrinite) ชนิดลิปตริไนต์ (Liptinite) และชนิดอินเออติไนต์ (Inertinite) ซึ่งชนิดของแร่อินทรีย์เหล่านี้สามารถใช้ในการระบุหาคุณภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมได้ อีกทั้ง ส่วนประกอบของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่ทราบชนิดแร่อินทรีย์แล้วยังสามารถช่วยในการพิจารณาในการศึกษาค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance measurement, Ro) เพื่อหาระดับการสุกของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมได้



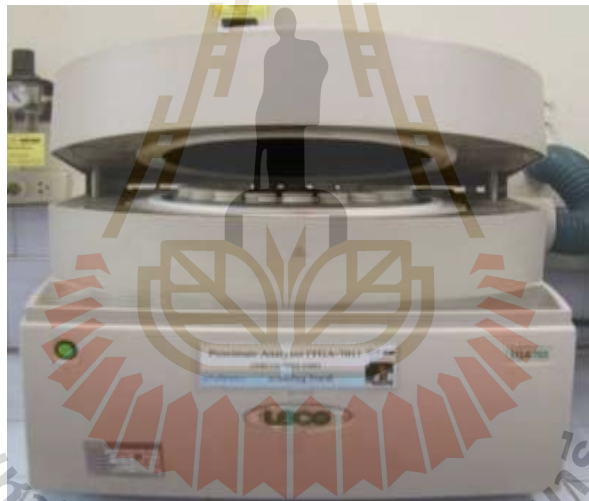
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ธรณีเคมีและสีลาพรรณนาวิทยา

### 3.3.1 การวิเคราะห์ธรณีเคมี (Geochemical analysis)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ธรณีเคมี ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด การวิเคราะห์ค่าความร้อนรวม และการวิเคราะห์ไพโรไลซิส ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละวิธีการ ดังต่อไปนี้

#### 3.3.1.1 การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis)

การวิเคราะห์โดยประมาณนี้ เป็นการวิเคราะห์หาค่าความชื้น (Moisture) ค่าสารระเหย (Volatile matter) ธาตุคาร์บอนคงที่ (Fixed carbon) และปริมาณขี้เถ้า (ash content) ด้วยเครื่อง Leco TGA-701 (รูปที่ 3.7) ซึ่งได้ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการของส่วนปฏิบัติการธรณีวิทยา (Laboratory Section of Geology Department) เหมือนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

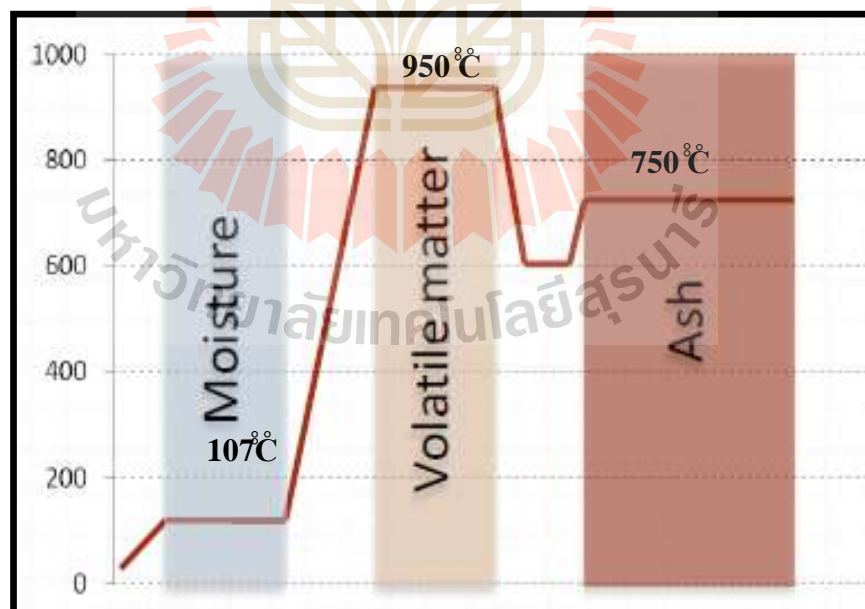


รูปที่ 3.7 เครื่อง Leco TGA-701 เป็นเครื่องทดสอบการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) แบบอัตโนมัติ

เครื่องทดสอบนี้จะทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณขี้เถ้า ส่วนปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ที่สามารถหาได้จากการคำนวณ ตามหลักการทำงานของเครื่องทดสอบนี้สามารถบันทึกอุณหภูมิและเวลาการทำงานของเครื่องในการวิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์ได้ ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานของเครื่องทดสอบ ดังต่อไปนี้



- ก. ผงตัวอย่างถูกทำให้แห้งด้วยการอบความร้อนที่  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 18 ชั่วโมง และทำการบดตัวอย่างให้มีขนาดน้อยกว่า 60 mesh.
- ข. วางผงตัวอย่างภายในช่องตัวอย่าง ซึ่งตัวเครื่องทดสอบมีจำนวน 18 ช่องตัวอย่าง (ปริมาณ 1 กรัม ต่อ sample slot)
- ค. ค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิของเครื่องทดสอบขึ้นไปที  $107 \pm 3^{\circ}\text{C}$  ในสถานะที่ใช้ก๊าซไนโตรเจน และทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนการทดสอบเพื่อจะนำมาใช้คำนวณปริมาณความชื้นหลังจากการทดสอบ แล้วทำการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องทดสอบไปที่  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 7 นาที เพื่อทำการวัดค่าสารระเหยของตัวอย่าง หลังจากนั้น ทำการลดอุณหภูมิลงมาที่  $750 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ในสถานะที่ใช้ก๊าซออกซิเจน เผาจนกระทั่งทำการเผาไหม้สมบูรณ์ แล้วเอาตัวอย่างที่เหลือจากกระบวนการทดสอบมาชั่งน้ำหนัก ซึ่งเป็นค่าปริมาณขี้เถ้า ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการเพิ่มอุณหภูมิระหว่างการวิเคราะห์โดยประมาณ เพื่อหาปริมาณของความชื้น สารระเหย และขี้เถ้า



ง. วิธีการคำนวณหาปริมาณความชื้นรวมของตัวอย่างหิน สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (3-1) ตามมาตรฐาน ASTM D3302/D3302M (ASTM, 2011d)

$$M_{ar} = \frac{[M_{ad} \times 100 - M_{f(-2.36 \text{ mm})}] + M_{f(-2.36 \text{ mm})}}{100} \quad (3-1)$$

เมื่อ

$M_{ar}$  คือ ปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักแบบรวมความชื้นและเถ้า (As-Received basis (%))

$M_{ad}$  คือ ปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักแบบมีความชื้นเหลืออยู่ขณะที่ทดสอบ (As-Determined basis (%))

$M_{f(-2.36 \text{ mm})}$  คือ ปริมาณความชื้นอิสระ (free moisture content (%))

จ. ปริมาณคาร์บอนคงที่ คำนวณได้จากสมการที่ 3-2.

$$\% \text{Fixed Carbon} = 100 - (\%M + \%VM + \%Ash) \quad (3-2)$$

เมื่อ

$\% \text{Fixed carbon}$  คือ ปริมาณคาร์บอนคงที่ (%)

$\%M$  คือ ปริมาณความชื้น (%)

$\%VM$  คือ ปริมาณสารระเหย (%)

$\%Ash$  คือ ปริมาณเถ้า (%)

### 3.3.1.2 การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis)

การวิเคราะห์โดยละเอียด เป็นการทดสอบเพื่อหาปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ของตัวอย่างตามมาตรฐานของ ASTM D5373 – 08 standard (ASTM, 2011f) โดยใช้เครื่องทดสอบ LECO Model Tru Spec CHN ซึ่งได้ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการของส่วนปฏิบัติการธรณีวิทยา (Laboratory Section of Geology Department) เหมือนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

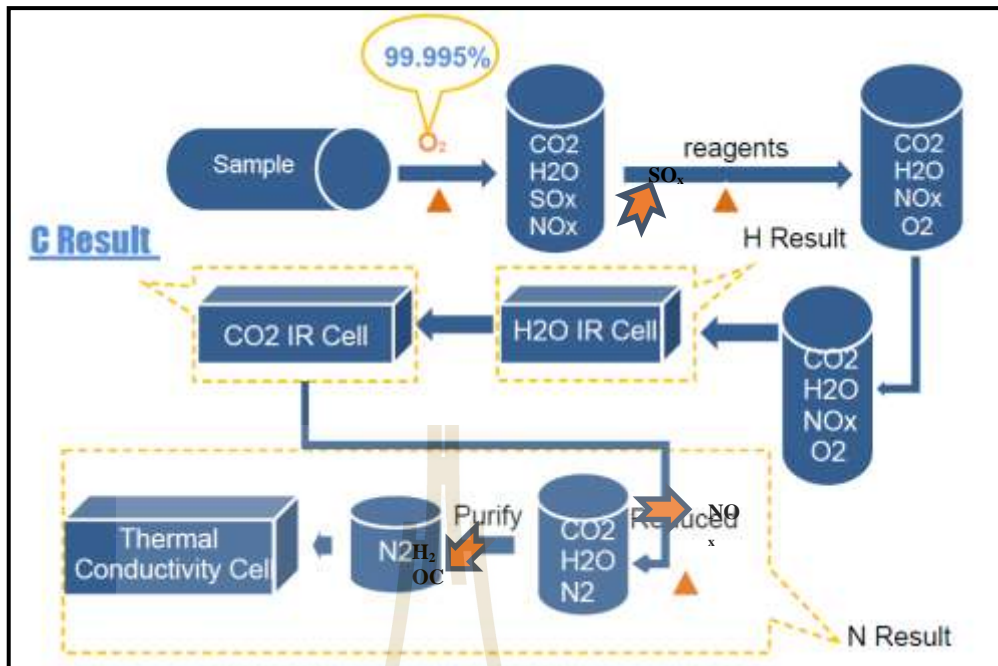
หลักการทำงานของเครื่องทดสอบนี้ สามารถทำการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ได้อัตโนมัติจากเครื่อง ปริมาณของธาตุในรูปแบบของก๊าซ  $CO_2$ ,  $H_2O$  และ  $NO_x$  ซึ่งเครื่องทดสอบจะทำการตรวจจับค่าก๊าซเหล่านี้ด้วยระบบ Infrared detector (IR) และระบบ thermal conductivity detector แต่ปริมาณซัลเฟอร์ เครื่องทดสอบจะ

ปลดปล่อยออกมาในรูปแบบสารละลาย ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทดสอบ ดังรูปที่ 3.9 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ ปริมาณ 0.1 กรัม ในช่องใส่ตัวอย่าง เพื่อทำการเผาที่อุณหภูมิ ที่  $950^{\circ}\text{C}$  ในสภาวะที่ใช้ก๊าซออกซิเจน เพื่อให้ตัวอย่างมีการเปลี่ยนรูปไปเป็นสถานะก๊าซ ในรูปแบบก๊าซ  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , และ  $\text{NO}_x$

หมายเหตุ: ในขั้นตอนการเผาไหม้ขั้นตอนนี้ อาจทำให้เกิดก๊าซชนิดอื่นปนมาได้ เช่น  $\text{SO}_2$  การกำจัดสารปนเปื้อนอาจต้องใช้สาร Reactor ช่วยในการจับก๊าซเหล่านี้

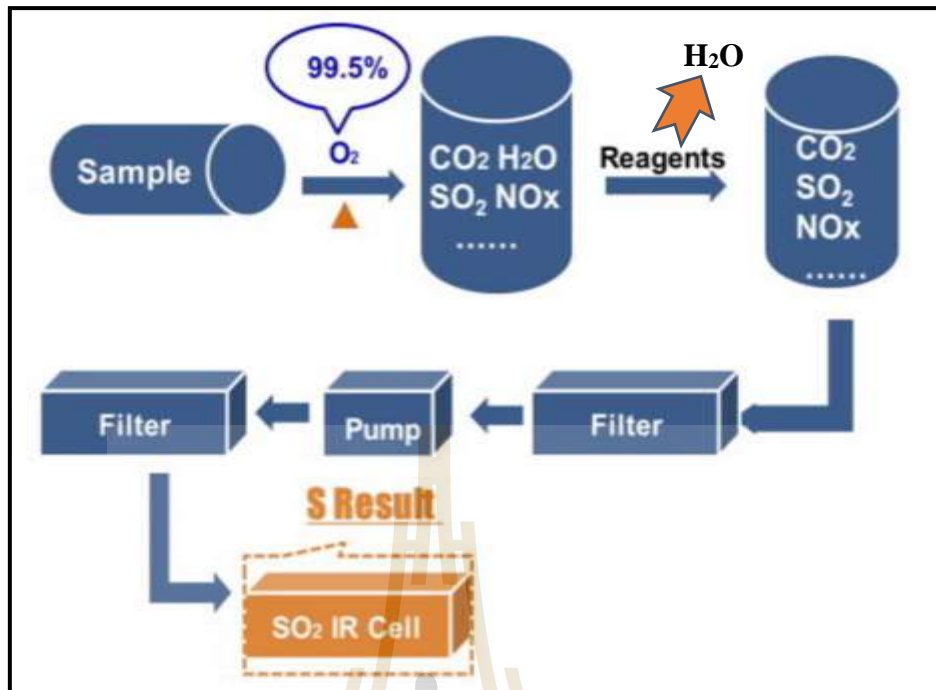
ข. เครื่องทดสอบจะทำการตรวจจับและกำจัดค่าไอน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) และ  $\text{CO}_2$  ที่ Infrared detector (IR) cell เพื่อตรวจวัดปริมาณไฮโดรเจนและคาร์บอน ส่วนก๊าซ oxides of nitrogen ( $\text{NO}_x$ ) ถูกแยกไปเป็น  $\text{N}_2$  ก่อนส่งไปยัง Thermal conductivity detector cell เพื่อตรวจวัดปริมาณไนโตรเจน (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยละเอียด เพื่อหาปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจนโดยเครื่องตรวจวัดแบบ IR cell และ thermal conductivity detector cell

การหาปริมาณซัลเฟอร์หาได้จากการปริมาณซัลเฟอร์รวม โดยการเผาไหม้ด้วย Flame of sulfur compounds (ASTM 4239 – 12, 2011G) ซึ่งขั้นตอนการตรวจจับปริมาณซัลเฟอร์ของเครื่องทดสอบ แสดงในรูปที่ 3.10 มีรายละเอียดการตรวจวัดดังต่อไปนี้

- ก. ทำการเผาตัวอย่าง ปริมาณ 0.3 กรัม ในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 1350 °C ในสถานะที่มีออกซิเจน
- ข. ระหว่างการเผาไหม้ ซัลเฟอร์และสารประกอบซัลเฟอร์ถูกเผาและออกซิไดซ์ ไปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>)
- ค. ความชื้นและอนุภาคขนาดเล็กถูกกำจัดจาก Gas stream โดยตัวกรอง (Filter)
- ง. หลังจากนั้น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะถูกตรวจวัดและดูดซับที่ IR cell โดยตัวกรองความยาวคลื่น (Wavelength filter)



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยละเอียดเพื่อหาปริมาณซัลเฟอร์

วิธีการคำนวณปริมาณออกซิเจน (Oxygen content)

ปริมาณออกซิเจน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-3 โดยการคำนวณจากเอาผลรวมของปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ และปริมาณน้ำเข้ามาหักจาก 100

$$\% \text{Oxygen} = 100 - (\% \text{C} + \% \text{H} + \% \text{N} + \% \text{S} + \% \text{Ash})_{\text{ad}} \quad (3-3)$$

เมื่อ

%Oxygen คือ ปริมาณออกซิเจน (%)

%C คือ ปริมาณคาร์บอน (%)

%H คือ ปริมาณไฮโดรเจน (%)

%N คือ ปริมาณไนโตรเจน (%)

%S คือ ปริมาณซัลเฟอร์ (%) ได้มาจากผลการวิเคราะห์โดยประมาณ

### 3.3.1.3 การวิเคราะห์ค่าความร้อน (Heating value analysis)

การวัดค่าความร้อนรวม (Gross calorific values) ของตัวอย่างถ่านหิน ได้ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D5865 – 10a โดยใช้เครื่องทดสอบ Bomb calorimeter Leco AC-

350 (รูปที่ 3.11) ซึ่งได้ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการของส่วนปฏิบัติการธรณีเคมี (Geochemical Laboratory) เหมือนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

หลักการงานทั่วไปของเครื่องทดสอบ Bomb calorimeter Leco AC-350 ใช้วิเคราะห์หาค่าความร้อนด้วยการเผาไหม้ในสถานะที่มีออกซิเจน และทำการวัดการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำในตัวตรวจวัดความร้อน (Calorimeter) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- ก. ก่อนการเผา ทำการใส่ตัวอย่าง ปริมาณ 1 กรัม ในถ้วยใส่ตัวอย่าง สำหรับการเผาไหม้ (Fuse) (ขนาดของ Wire length 10 cm)
- ข. ปล่องไฟฟ้าเข้าสู่ Cylindrical container ที่บรรจุถ้วยที่มีตัวอย่างในถ้วย Fuse โดยให้ส่วนของระบบไฟฟ้านั้นสัมผัสกับส่วนของ Fuse เพื่อทำให้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ แล้วให้ใส่ตัวอย่างใน Cylindrical container แล้วทำการปิด Cylindrical container ที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าและเปิดระบบให้ออกซิเจนในการเผาไหม้ให้เข้าสู่ Cylindrical container
- ค. ขณะทำการวิเคราะห์ตัวอย่างนั้น ส่วนของอุปกรณ์ทำตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ ขณะที่ทำการเผาไหม้ถ่านหิน
- ง. ขั้นตอนสุดท้าย ให้ทำการชั่งน้ำหนักของกากที่เหลือจากการเผาไหม้ใน Wire และทำการไตเตรตด้วยไนโตรเจน (Titration nitrogen) ค่าความร้อนของการวิเคราะห์ตัวอย่างจะถูกคำนวณ โดยการวิธี Multiplying the corrected temperature rise และทำการปรับแก้ค่าจากปัจจัยภายนอกและผลจาก Fuse heat พร้อมทั้งมีการปรับลดค่าของปริมาณซัลเฟอร์ ไนโตรเจน และสารประกอบอื่นๆ ด้วยอาศัยความแตกต่างของความร้อนจำเพาะและแยกโดยอาศัยน้ำหนักของแต่ละสารประกอบ

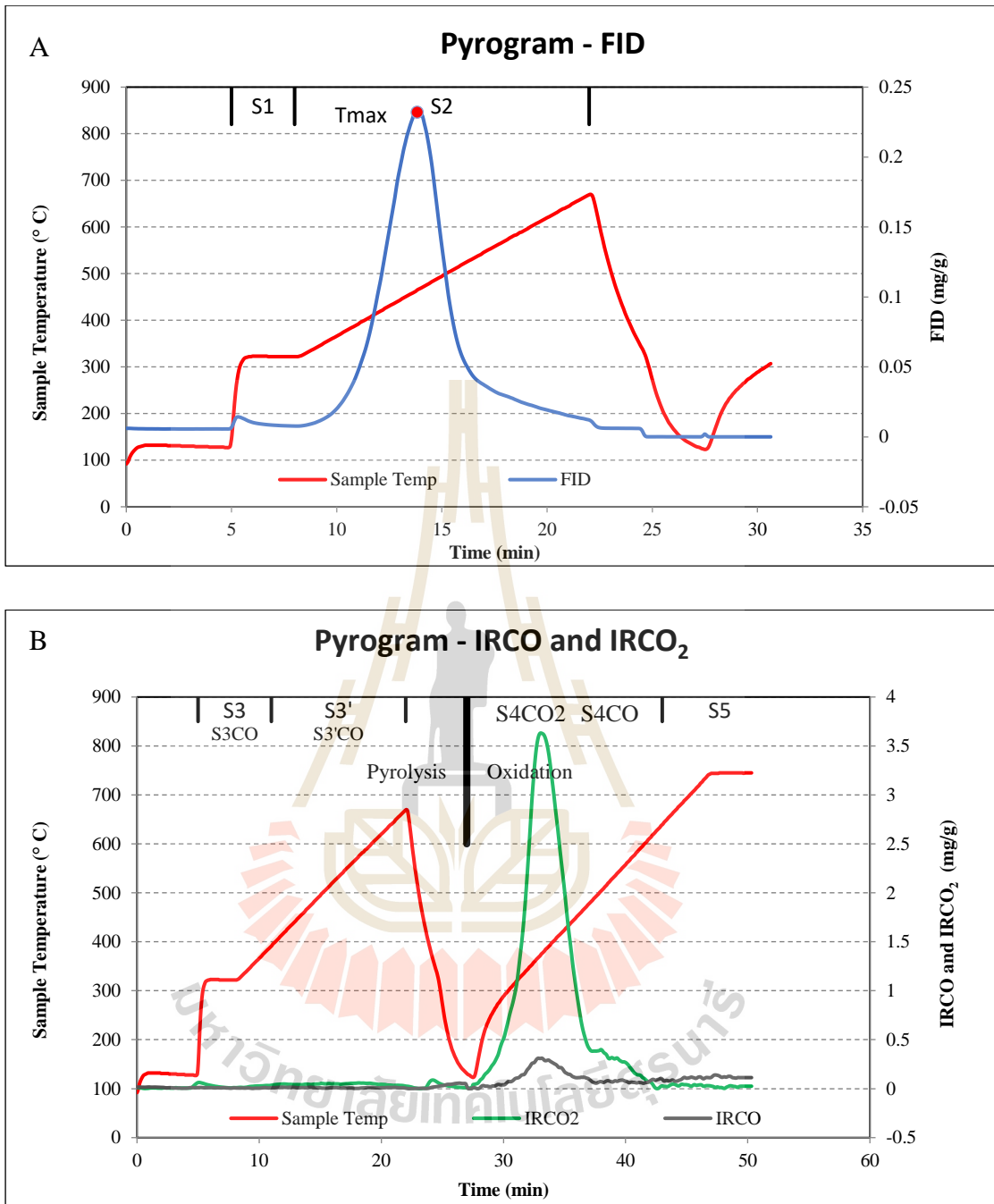


รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบ Bomb calorimeter Leco AC-350

#### 3.3.1.4 การวิเคราะห์ไพโรไลซิส (Pyrolysis analysis)

การวิเคราะห์ไพโรไลซิสมีการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด้วยระบบเคลื่อนไหว (Hydrocarbon Analyzer with Kinetics; HAWK) ของตัวอย่างถ่านหินและหินน้ำมัน ซึ่งการวิเคราะห์แบบ HAWK ประกอบด้วย การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนรวมของอินทรีย์สาร (Total organic carbon; TOC) การหาปริมาณของน้ำมันและเคอโรเจน (Oil and kerogen yields) และการหาอุณหภูมิที่ทำให้ปิโตรเลียมก่อเกิด (Thermal maturity) การวิเคราะห์ไพโรไลซิสแบบ HAWK นี้ได้ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ Energy Resources Consulting Pty. Ltd., ประเทศออสเตรเลีย

หลักการทำงานของเครื่องทดสอบ HAWK (Hydrocarbon Analyzer with Kinetics) มีการตรวจวัดปริมาณสารไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วย การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Oil yield (S1) ปริมาณ Kerogen yield (S2) และระดับอุณหภูมิและเวลา (Elevated temperature and time) ระหว่างการวิเคราะห์ไพโรไลซิสของเครื่องทดสอบ HAWK ด้วยตัวตรวจวัดแบบ Flam ionization detection (FID) ในส่วนการหาปริมาณก๊าซ CO (บน S3) ปริมาณก๊าซ CO และ CO<sub>2</sub> (บน S4) ถูกตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดแบบ Infrared (IR) detector cell ระหว่างการเพิ่มระดับอุณหภูมิในแต่ละระดับ ซึ่งหลักการทำงานทั่วไปของเครื่อง HAWK แสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของ Oil yield (S1) ปริมาณ Kerogen yield (S2) ปริมาณ ก๊าซ CO<sub>2</sub> (S3) ปริมาณก๊าซ CO ระดับอุณหภูมิและเวลา ซึ่งรูป A แสดงการตรวจวัด S1, S2 and T<sub>max</sub> ด้วย FID detector และรูป B แสดงการตรวจวัดปริมาณก๊าซ CO (บน S3) และปริมาณก๊าซ CO<sub>2</sub> และ CO (บน S4) ด้วย IR detector



### 3.3.2 การวิเคราะห์หินลาอรรณนาวิทยา (Petrographic analysis)

ในการศึกษาหินลาอรรณนาวิทยาได้ทำการวิเคราะห์จากแผ่นตัวอย่างหน้าเรียบมันของหิน เศษชิ้นหิน และตัวอย่างแตกหักที่หล่อด้วย Epoxy resin ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์หน้าตัดของตัวอย่าง ทั้งหมดทั้งในแนวตั้งฉากและแนวขนาน เพื่อทำการหาชนิดของแร่อินทรีย์ (Maceral) และแร่อนินทรีย์ (Mineral) ของตัวอย่างทั้งหมด และหาค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance; VR) ของตัวอย่างอินทรีย์สาร เพื่อนำค่า VR นี้มาหาระดับของการก่อเกิดสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน (Maturation) ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเกิดของปิโตรเลียม ซึ่งหน่วยของค่า VR จะแสดงผลออกมาเป็นปริมาณร้อยละของ VR หรือ %Ro

หลักการทำงานทั่วไปของการศึกษาหินลาอรรณนาวิทยาของอินทรีย์สารจะศึกษาภายใต้ กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical microscopy) ซึ่งมีหลายประเภทที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

- ก. กล้องแบบแสงสะท้อนและแสงผ่านสีขาว (Reflected and transmitted white light)
- ข. กล้องแบบฟลูออเรสเซนซ์ (Fluorescence) ที่ประกอบด้วยแสงแบบ อัลตราไวโอเลต (Ultraviolet; UV) และกล้องแสงกระตุ้นสีฟ้า (Blue light excitation)
- ค. กล้องแสงโพลาไรซ์ (Polarized light) สำหรับการศึกษาสารอินทรีย์สาร (Ruiz *et al.*, 2012).

การหาชนิดของแร่อินทรีย์ (Maceral type) ทำได้ด้วยการจำแนกและหาปริมาณของแร่ อินทรีย์และแร่อนินทรีย์แต่ละชนิดออกมาเป็นร้อยละของปริมาณ โดยมีวิธีการหาปริมาณด้วยการ นับจำนวนของแต่ละแร่อินทรีย์ต่างๆ การศึกษาหินลาอรรณนาวิทยาช่วยจำแนกปริมาณของสาร ปนเปื้อนและการตรวจวัดระดับการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับออกซิเจน (Oxidation) ของตัวอย่าง

#### 3.3.2.1 ส่วนประกอบแร่อินทรีย์ (Maceral composition)

ชนิดและส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างแผ่นหน้าเรียบมันของ หินน้ำมันและถ่านหินได้ทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงสะท้อน คุณสมบัติของ แสงและลักษณะของแร่ทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงสะท้อนแบบการกระตุ้น แสงโพลาไรซ์และอัลตราไวโอเลต ซึ่งได้ใช้วิธีการศึกษาเหมือนกับการศึกษาของ Stach *et al.* (1975), ASTM D2799 – 11 (2011) and ICCP (1994; 1998; 2001) นอกจากนี้การหาชนิดแร่อนินทรีย์และ

แร่อนินทรีย์ยังสามารถทำการศึกษาภายใต้กล้องแสงแบบ Plane Polarized Light (PPL), Cross-Polarized Light (XPL) และUltraviolet (UV) excitation และหาปริมาณของแต่ละแร่ด้วยวิธีการนับจำนวนจุดมากกว่า 100 จุด จากแต่ละพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างที่ศึกษา

### 3.3.2.2 ค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance (Ro))

การวิเคราะห์หาค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์เป็นวิธีหลักที่ใช้หาระดับอุณหภูมิของการก่อเกิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม หลักการวิเคราะห์ทำได้โดยการเอาตัวอย่างแผ่นหินหน้าเรียบมันเคลือบด้วย immersion oil นำตัวอย่างไปวัดค่าการสะท้อนของแสงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อน Leica MP4500P system ระบบกล้องทำการตรวจวัดค่าแสงสะท้อนออกมาในหน่วยร้อยละของการสะท้อนแสง (%VR หรือ %Ro) ซึ่งทำการประมวลผลด้วย Hilgers DISKUS software ของบริษัท ERC Pty. Ltd. ณ ประเทศออสเตรเลีย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดสอบการสะท้อนแสงของวิทริไนต์จากตัวอย่างถ่านหินแม่ตึบ 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างถ่านหิน A (Coal A) และถ่านหิน B (Coal B) โดยทำการเตรียมตัวอย่างด้วยการบดให้ได้ขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร (18 mesh) ทำการสุ่มเลือกตัวอย่างแต่ละตัวอย่างถ่านหิน ให้ได้น้ำหนัก ประมาณ 10 กรัม แล้วทำการหล่อตัวอย่างที่มีความเปราะแตกหักง่ายด้วยกาวอีพอกซี (Epoxy resin) แล้วปล่อยให้ตัวอย่างให้คงรูปและแข็งตัว ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการขัดหน้ามันเรียบตัวอย่างที่แข็งตัวแล้ว ตามขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

วิธีการการตรวจวัดค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง โดยให้ทำการหยคน้ำมัน (Immersion oil) ลงบนหน้าตัวอย่างแผ่นหินหน้าเรียบที่เตรียมไว้ กล้องจะทำการตรวจวัดการสะท้อนแสงของพื้นที่ตัวอย่าง ทุก ๆ 20 ตารางไมครอน ( $\mu\text{m}^2$ ) ที่ความยาวคลื่น 546 nm โดยใช้กำลังขยายของกล้องที่ 500 เท่า (500X) แล้วหาค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยสูงสุด (Maximum VR,  $Ro_{\text{max}}$ ) และค่าการสะท้อนแสงแบบสุ่ม (Random VR, Ro) ด้วยการนับจุดตัวเลข และแสดงค่าออกมาเป็นร้อยละของค่าการสะท้อนแสง (%Ro)

## บทที่ 4

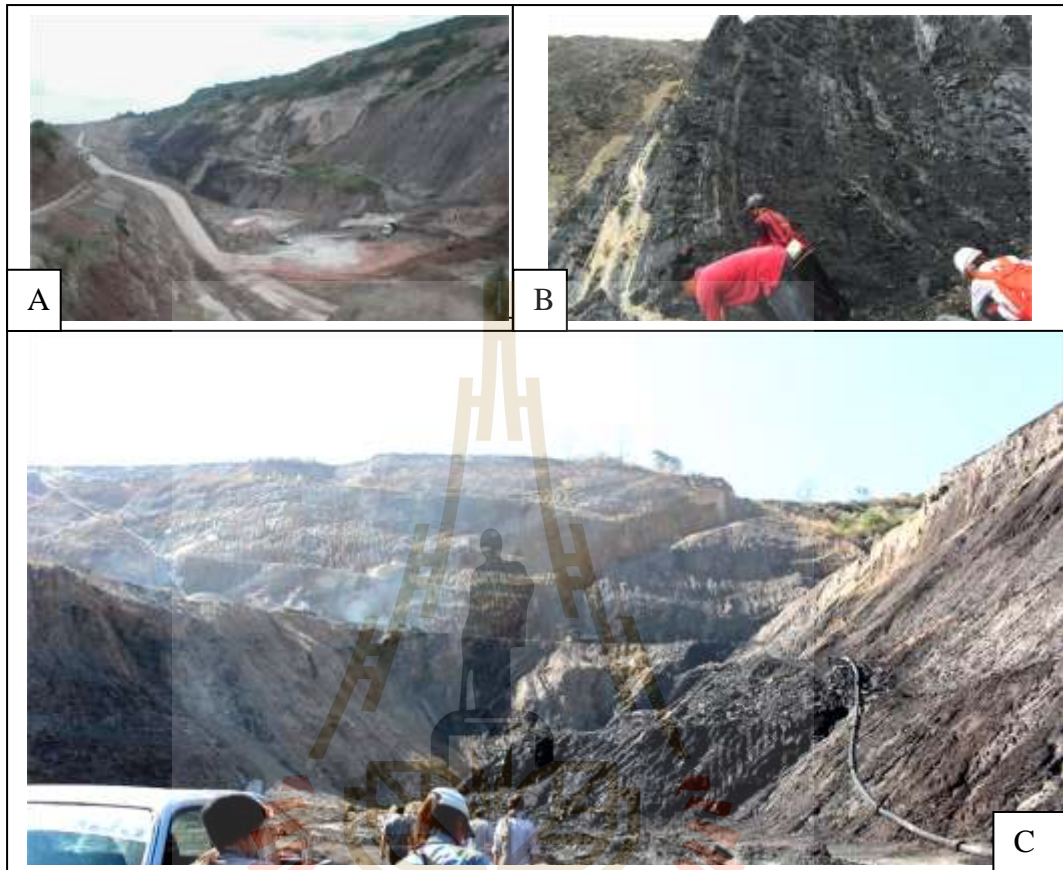
### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ ผลการศึกษาและการทดลอง สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ การศึกษาธรณีวิทยา การลำดับชั้นหินตะกอน การวิเคราะห์ทางธรณีเคมี และการอภิปราย ตามลำดับ

#### 4.1 การศึกษาธรณีวิทยาและลำดับชั้นหินในพื้นที่ศึกษา

แอ่งแม่ติบเป็นแอ่งขนาดเล็กแบบ half-graben แอ่งมีการวางตัวในแนวทิศเหนือ - ตะวันออกเฉียงเหนือ ถึง ทิศตะวันตกเฉียงใต้ - ตะวันตกเฉียงใต้ ผลจากการปฏิบัติงานภาคสนามที่หน้าเหมืองถ่านหิน ซึ่งชั้นหินในขอบด้านตะวันตกของแอ่ง มีการวางตัวในแนว N10° - 30°E โดยมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันออกที่ 40 องศา สำหรับชั้นหินตอนล่าง และมีการเอียงเทน้อยกว่า 20 องศา สำหรับชั้นหินตอนบน (รูปที่ 4.1) หน่วยหินหลักในเหมืองถ่านหินแม่ติบ ประกอบด้วยลำดับชั้นหินอายุเทอร์เชียรี และชั้นตะกอนควอเทอร์นารี กลุ่มตะกอนควอเทอร์นารีเป็นตะกอนที่ไม่แข็งตัว ประกอบด้วยกรวด ทราย ตะกอนดิน โคลน และดินลูกรัง มีความหนารวมประมาณ 5 เมตร ส่วนกลุ่มตะกอนเทอร์เชียรีที่สะสมอยู่ในเหมืองถ่านหินที่ศึกษา สามารถจำแนกได้ ตามลักษณะเฉพาะออกเป็น 3 สภาพแวดล้อมการสะสมหลัก ได้แก่ ทางน้ำ (Fluvial) ทะเลสาบน้ำจืด (Lacustrine) และหนองบึง (Swamp) ซึ่งประกอบด้วย 5 หน่วยหิน (ตารางที่ 4.1) ได้แก่ ตะกอนทางน้ำ (Fluvial sequences) ตะกอนขนาดเล็ก (Fine-grained sediment sequences) หินน้ำมัน (Oil shale) ถ่านหิน (Coal) และลีโอนาร์ไดต์ (Leonardite) (Cook and Sherwood, 2003)

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถแบ่งหินออกเป็น 7 หน่วยย่อย ได้แก่ (1) ชั้นหินน้ำมันตอนบน (Upper Oil Shale) (2) ชั้นหินน้ำมันตอนล่าง (Lower Oil Shale) (3) ชั้นหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน A (Oil Shale in Coal A) (4) ถ่านหิน A (Coal A) (5) ถ่านหิน B (Coal B) (6) ถ่านหิน C (Coal C) และ (7) ลีโอนาร์ไดต์ (Leonardite) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพโดยรวมของเหมืองแม่ตึบ (A) (มองไปทางทิศใต้-ตะวันตก) การวางตัวของชั้นหินในแนวระนาบในแนว NE (B) และการเอียงเทไปทางทิศตะวันออก และ (C) (มองไปทางทิศใต้)

หินอายุเทอร์เชียรี แบ่งออกเป็นชุดหินเทอร์เชียรีตอนบนและชุดหินเทอร์เชียรีตอนล่าง มีรายละเอียดดังนี้

ชุดหินเทอร์เชียรีตอนบน เป็นชั้นหินที่วางตัวต่อเนื่องกับตะกอนควอเทอร์นารีที่อยู่ด้านบน ชั้นหินส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินทรายและหินกรวดมน สีเทาอมเขียวถึงเทา และสีน้ำตาลแดง ซึ่งประกอบด้วยควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหินภูเขาไฟ ที่มีการประสานด้วยคาร์บอนेट จากรูปที่ 4.2 A แสดงความแตกต่างของสีและคุณลักษณะของลำดับของตะกอนทางน้ำ (สีอ่อน) และลำดับตะกอนของทะเลสาบน้ำจืด (สีเข้ม) ยิ่งไปกว่านั้นตะกอนของทะเลสาบน้ำจืด ยังแสดงชั้นตะกอน

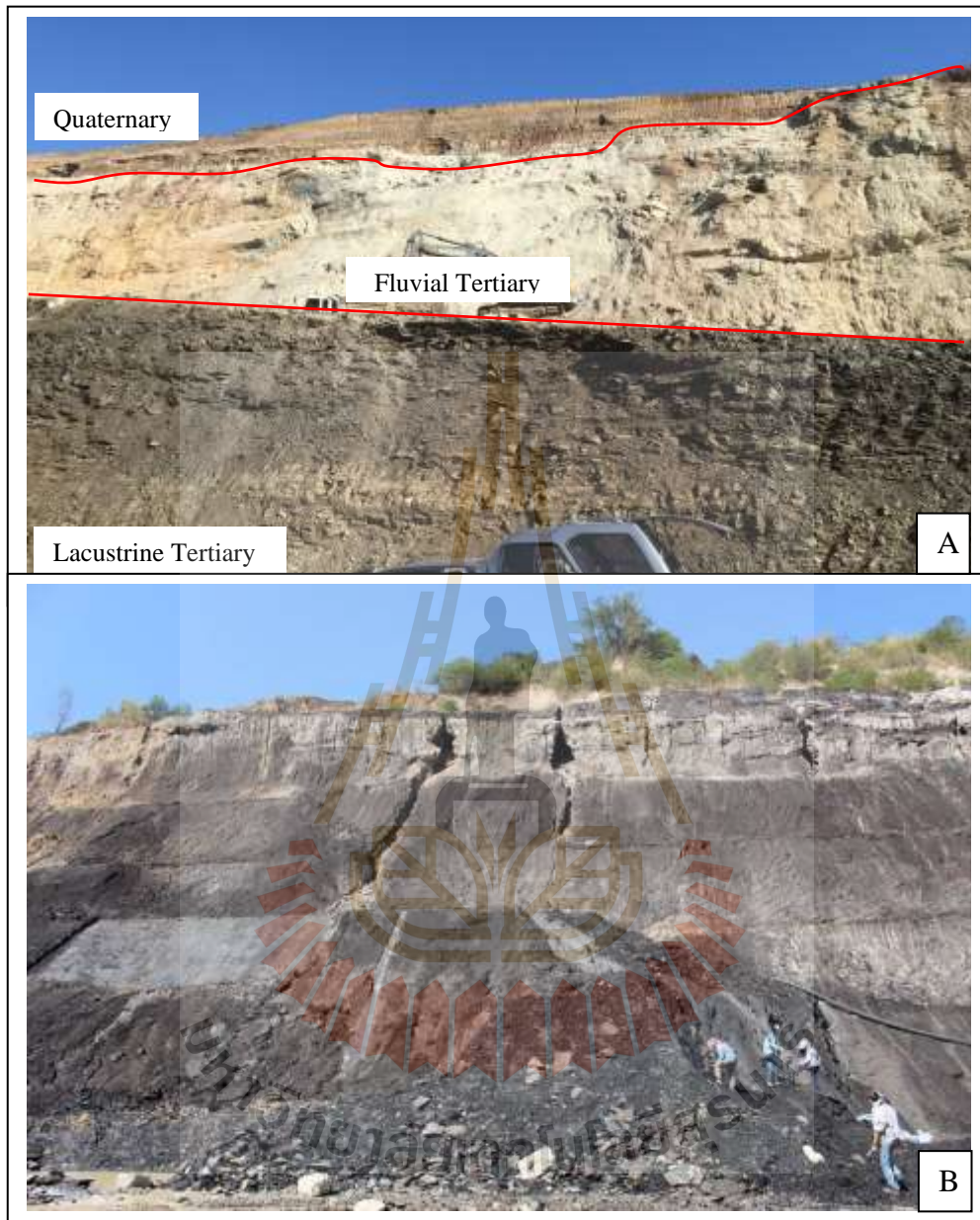
บาง ๆ ที่แตกต่างกัน ที่ผนังด้านทิศตะวันตกของเหมืองถ่านหินแม่ติบ แสดงให้เห็นหินที่มีอินทรีย์สารสีเข้มของสภาพแวดล้อมที่เป็นหนองบึง (รูปที่ 4.2 B)

ชุดหินเทอร์เชียรีตอนล่าง เป็นชั้นหินตะกอนอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืดและหนองบึง มีหน่วยงานหลัก 3 หน่วย ประกอบด้วย หินน้ำมัน ถ่านหิน และลีโอนาร์ไดท์ เป็นหลัก ชั้นหินแสดงให้เห็นหน่วยหินย่อยหลายหน่วยที่วางตัวในแนว SSW และสามารถพบรอยต่อที่ชัดเจนของสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืดและหนองบึง

ตาราง 4.1 หน่วยหินเทอร์เชียรีของเหมืองแม่ติบ

Environments	Unit	Sub-units	Thickness (m)
Fluvial	Fluvial sequences (semi-consolidated)		65.50
Lacustrine	Fine-grained sedimentary sequences		5.50
	Oil Shale	Upper Oil Shale	3.14
		Lower Oil Shale	2.16
		Oil Shale in Coal A	1.13
Swamp	Coal	Coal A	9.26
		Coal B	3.95
		Coal C	4.65
	Leonardite	Leonardite	>3.00



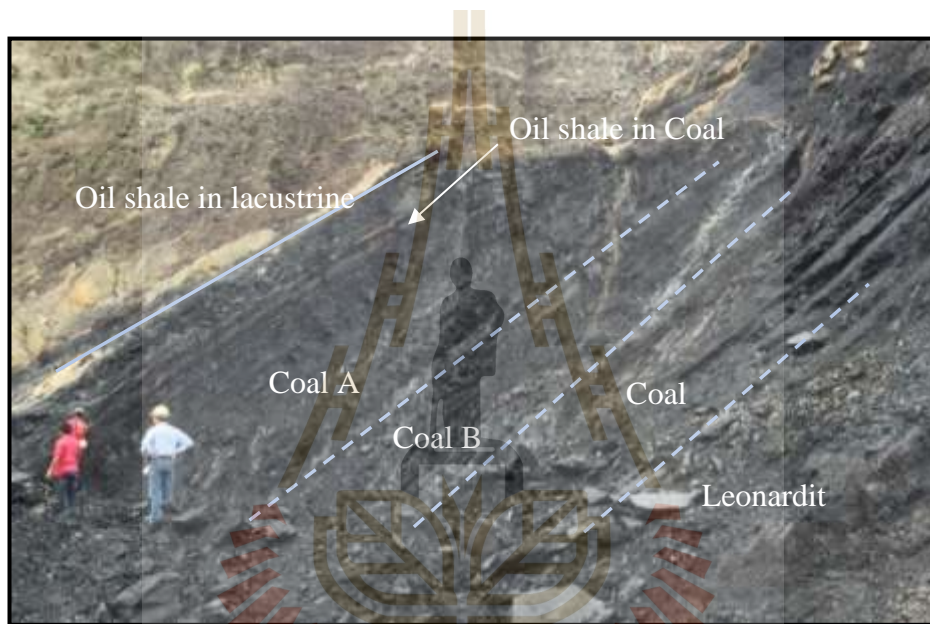


รูปที่ 4.2 พื้นที่ขอบด้านตะวันตกของเมืองถ่านหินแม่ติบ แสดงหน่วยที่มีรอยต่อระหว่างชั้น หินควอเทอร์นารี ตะกอนทางน้ำ และตะกอนทะเลสาบน้ำจืด (A) (มองไปทางทิศ ตะวันออก) ลักษณะของถ่านหินและลีโอนาร์ไคต์ในสภาพแวดล้อมแบบหนองบึง ที่ ขอบด้านตะวันตกของเมือง (B) (มองไปทางทิศตะวันตก)

จากการศึกษาวิทยาหิน สภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด สามารถแบ่งได้ 2 หน่วยหิน ได้แก่

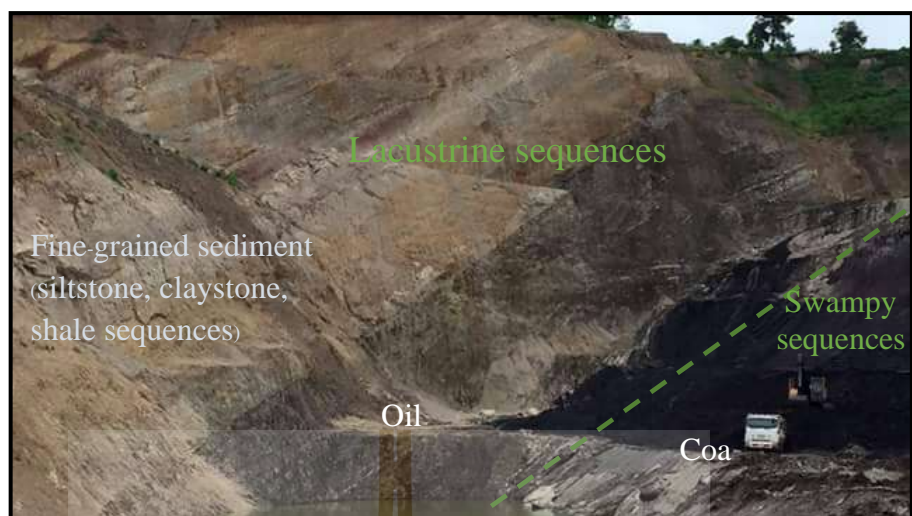
(1) หน่วยหินตะกอนขนาดละเอียด ซึ่งอยู่ในตอนบน ซึ่งตะกอนมีสารอินทรีย์สะสมในตะกอนน้อย มีหน่วยหินน้ำมัน (Oil shale) อยู่ในตอนล่าง (รูปที่ 4.3)

(2) หน่วยหินที่สะสมในสภาพแวดล้อมแบบหนองบึง ประกอบด้วย หน่วยถ่านหินที่อยู่ตอนบนและหน่วยหินลีโอนาร์ไต์ อยู่ในตอนล่าง (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.3 ขอบเขตการสัมผัสระหว่างหน่วยหินน้ำมัน (สีเข้ม) กับหน่วยตะกอนเม็ดละเอียด (สีอ่อน) สามารถสังเกตได้ที่หน้าเหมืองถ่านหินแม่ตึบ (มองไปทางทิศใต้)

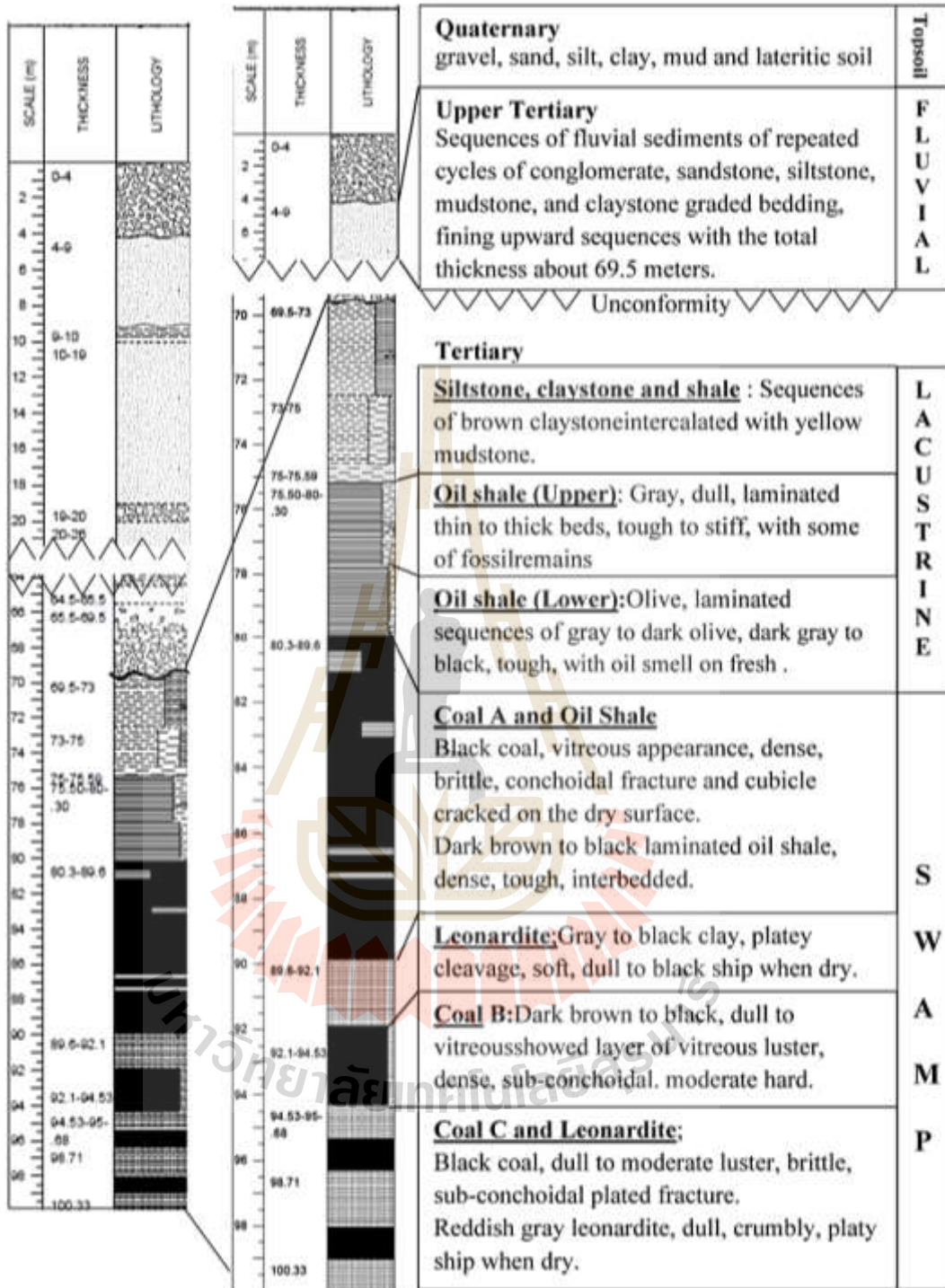




**รูปที่ 4.4** ขอบเขตการสัมผัสของแหล่งสะสมในสภาพแวดล้อมแบบหนองบึง (Leonardite, Coal C, Coal B และ Coal A) และการสะสมของสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด (หินน้ำมัน) ที่เหมืองถ่านหินแม่ตึบ (มองไปทางทิศใต้)

ขอบเขตของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่เป็นไปได้ ตามสภาพแวดล้อมการทับถมตะกอน จากด้านล่างขึ้นด้านบน แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 หน่วยหินน้ำมันในสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด ตอนล่าง สามารถแบ่งออกเป็น 2 หน่วยย่อย คือ หน่วยย่อยชั้นล่างและชั้นบนของหน่วยหินน้ำมัน การก่อตัวของถ่านหินในสภาพแวดล้อมที่เป็นหนองน้ำ สามารถแบ่งออกเป็น 3 หน่วยย่อย คือ หน่วยย่อยถ่านหิน C ถ่านหิน B และถ่านหิน A ซึ่งหน่วยย่อยของถ่านหินทั้งหมดนี้ แสดงลำดับชั้น ถ่านหินโดยเริ่มจากชั้นดินเหนียวคาร์บอน หรือชั้นลิโอนาร์ไคต์ ถ่านหิน Sapropelic และปิดด้วย ชั้นถ่านหินฮิวมิก (Francis, 1961; Bertrand, 1984) หน่วยย่อยของหน่วยหินถ่านหิน A มี 2 ส่วนของ หินน้ำมันซึ่งสะสมอยู่ในสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด หน่วยการลำดับชั้นหินของแหล่งแม่ ตึบที่เหมืองถ่านหินแม่ตึบ เรียงตามลำดับและแสดงในรูปที่ 4.5

รายละเอียดทางศิลาวรรณนาของแต่ละหน่วยและหน่วยย่อยได้อธิบาย จากล่างขึ้นบน ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.5 ลำดับชั้นหินตะกอนของแหล่งแม่ตึบที่เหมืองแม่ตึบและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

#### 4.1.1 หน่วยหินย่อยลีโอนาร์ไคต์ (Leonardite sub-unit)

หน่วยหินย่อยลีโอนาร์ไคต์เป็นชั้นอินทรีย์ที่อยู่ล่างสุดที่ทับถมในสภาพแวดล้อมของหนองบึงของการศึกษาชั้นตะกอนในเหมืองถ่านหินแม่ติบ หน่วยหินลีโอนาร์ไคต์ เป็นดินเหนียวคาร์บอนที่มีสารอินทรีย์หลายชนิด มีสีเทาเข้มถึงดำ ขนาดตะกอนดินเหนียว แสดงรอยแยกเรียบพื้นผิว และหนาประมาณ 5-10 เมตร โดยชั้นลีโอนาร์ไคต์ด้านล่างปรากฏเป็นชั้นหนา พร้อมพบชั้นดินเหนียวที่พื้นผิว (รูปที่ 4.6) นอกจากนี้ยังพบได้ในส่วนล่างของหน่วยย่อยถ่านหินทั้งหมด สิ่งนี้บ่งชี้ว่าความลึกของน้ำก่อนที่จะมีการสะสมของถ่านหิน เริ่มจากน้ำลึกแล้วค่อย ๆ ตื้นขึ้นโดยมีพืชจำนวนมากขึ้นก่อนที่จะสิ้นสุดลำดับ สังกัดได้ว่าการแยกส่วนของชั้นลีโอนาร์ไคต์ภายในหน่วยย่อยของถ่านหิน จะแสดงคุณสมบัติของดินเหนียวน้อยกว่าหน่วยหินลีโอนาร์ไคต์ที่อยู่ต่ำสุด

#### 4.1.2 หน่วยหินย่อยถ่านหิน C (Coal C sub-unit)

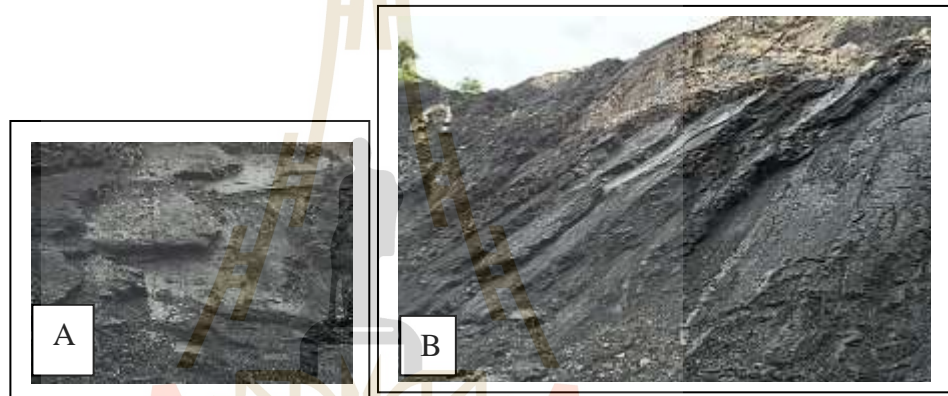
ถ่านหิน C เป็นหน่วยย่อยที่อยู่ต่ำที่สุด ลักษณะถ่านหินที่ไม่บริสุทธิ์ มีสีเทาเข้มถึงดำ มันวาวที่บึงถึงปานกลาง มีความหนาแน่นปานกลางถึงแน่น และแสดงแนวแยกเรียบเป็นแผ่น ส่วนล่างของหน่วยหินย่อยนี้ ชั้นตะกอนถูกแทรกด้วยลีโอนาร์ไคต์ ขนาดตะกอนดินเหนียวถึงทรายแป้ง เนื้อไม้แข็งตัว เนื้อด้าน ร่วน และเป็นแผ่น (รูปที่ 4.7) ส่วนบนของหน่วยหินย่อย ชั้นตะกอนมีความมันวาวปานกลางถึงเข้ม แทรกด้วยดินเหนียวหนา 1-2 เซนติเมตร (รูปที่ 4.8 A) ความหนารวมของหน่วยย่อยถ่านหิน C ที่มีชั้นของลีโอนาร์ไคต์แทรกอยู่ด้วยนี้ ประมาณ 4.65 เมตร

#### 4.1.3 หน่วยหินย่อยถ่านหิน B (Coal B sub-unit)

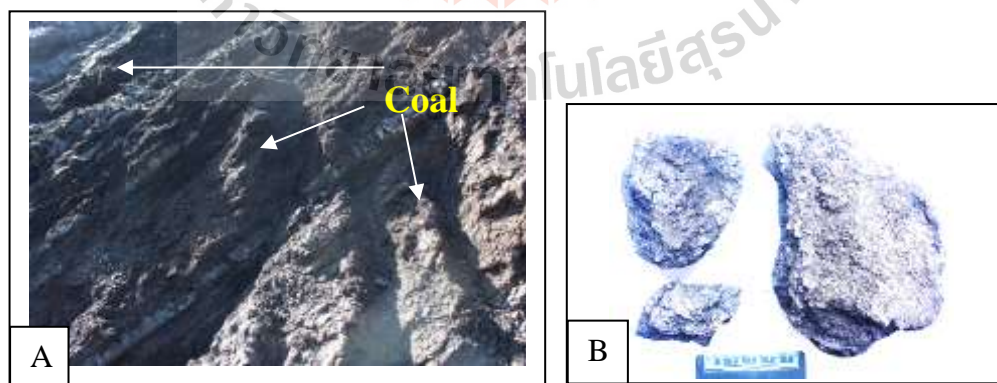
ถ่านหิน B เป็นหน่วยย่อยที่อยู่ระหว่างชั้นถ่านหิน C และถ่านหิน A โดยแยกออกจากชั้นถ่านหิน A และ C โดยชั้นลีโอนาร์ไคต์ส่วนบนและส่วนล่าง ตามลำดับ มีลักษณะเป็นถ่านหินสีน้ำตาลเข้มถึงดำ เนื้อแน่น แข็ง และการแตก โดยถ่านหินในหน่วยหินย่อยนี้ มีการแทรกด้วยชั้นดินเหนียวหรือตะกอนอินทรีย์ ที่มีความมันวาวปานกลางถึงปานกลาง (รูปที่ 4.8 B) หน่วยหินถ่านหิน B มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ เนื้อด้านถึงมันวาว เนื้อแน่น มีความแข็งปานกลาง และมีรอยแตกหัก ส่วนล่างของหน่วยหิน เริ่มจากชั้นลีโอนาร์ไคต์ ชั้นถ่านหินชนิดซาโปรเพลิก (Sapropelic coal) แสดงขนาดตะกอนดินเหนียวถึงทรายแป้ง เนื้อด้าน และมีรอยแตกเรียบ ความหนาของหน่วยย่อยถ่านหิน B ที่มีชั้นของลีโอนาร์ไคต์แทรกอยู่ด้วยนี้ ประมาณ 3.95 เมตร

#### 4.1.4 หน่วยหินย่อยถ่านหิน A (Coal A sub-unit)

ถ่านหิน A เป็นหน่วยย่อยที่อยู่ด้านบนสุดของชั้นถ่านหิน ในส่วนล่างของหน่วยหินนี้ ที่วางตัวบนชั้นลีโอเนาร์ไคต์และชั้นหน่วยย่อย ถ่านหิน B ซึ่งถ่านหินแสดงขนาดตะกอนดินเหนียวถึงทรายแป้ง เนื้อร่วนและด้าน และเป็นแผ่นๆ โดยเนื้อถ่านมีการค่อย ๆ เพิ่มความมันวาวจากระดับปานกลางขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของชั้นถ่านหินไปด้านบน ส่วนล่างสุดของหน่วยหินถ่านหิน A ที่มีหินทรายแป้งแทรกด้วย ในส่วนบนถ่านหิน A นี้ มีความมันวาวปานกลางถึงวาว ประกอบด้วยหินน้ำมัน 2 ส่วน ที่มีสีเทาเข้มถึงดำ (รูปที่ 4.9) ในชั้นหินน้ำมันนี้ มีขนาดใหญ่ สีดำ มีความมันวาวเนื้อปราะ มีการแตกหักบนพื้นผิวที่แห้ง ความหนาของหน่วยย่อยถ่านหิน A มีชั้นของลีโอเนาร์ไคต์และหินน้ำมันแทรกอยู่ด้วยนี้ ประมาณ 9.26 เมตร



รูปที่ 4.6 ขอบด้านตะวันตกของเหมืองถ่านหินแม่ติบ แสดงระนาบของชั้นหินของหน่วยย่อยลีโอเนาร์ไคต์: ชั้นของหน่วยย่อยลีโอเนาร์ไคต์ล่าง (A) (มองไปทางทิศตะวันตก) หินลีโอเนาร์ไคต์ แสดงลักษณะพื้นผิวของดินเหนียว (B) (มองไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้)



รูปที่ 4.7 ชั้นถ่านหินบาง ๆ ที่แทรกอยู่ในชั้นหินลีโอเนาร์ไคต์ (A) รอยแตกของแผ่นหินและพื้นผิวที่เนื้อร่วนของชั้นหินลีโอเนาร์ไคต์ (B)





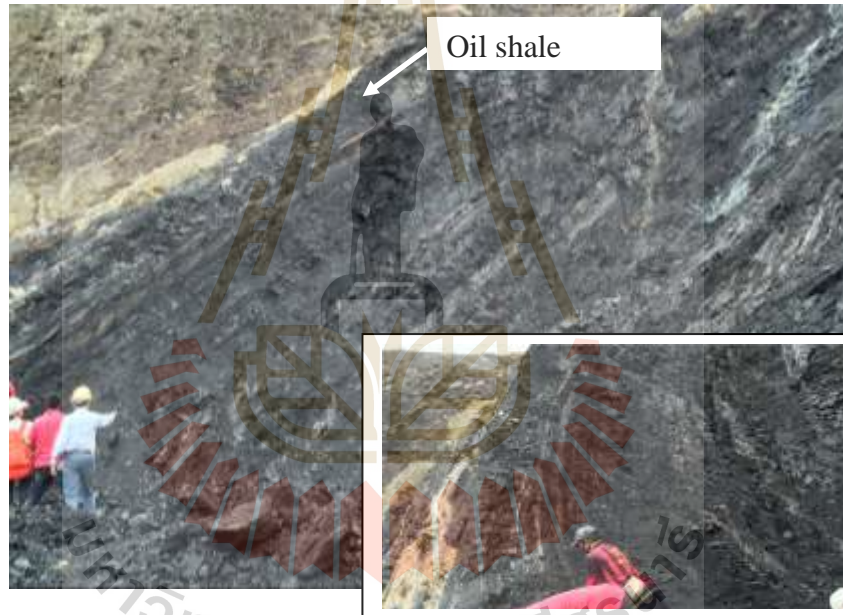
รูปที่ 4.8 ดินเหนียวชั้นบางที่มีถ่านหินไม่บริสุทธิ์แทรกอยู่ในชั้นถ่านหิน C (A) ความมันวาวและการแตกหักของถ่านหิน B (B)



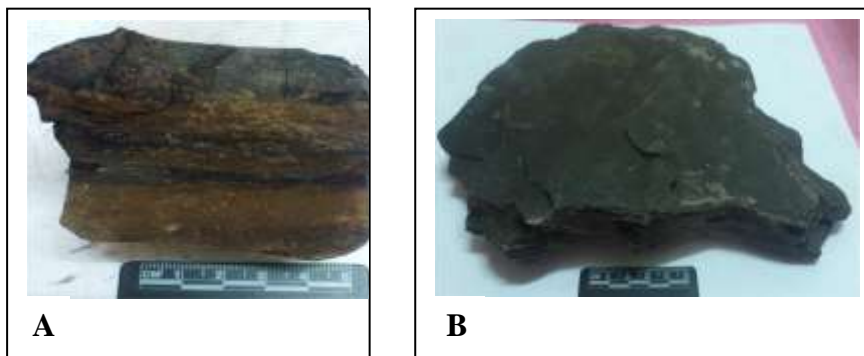
รูปที่ 4.9 ชั้นหินน้ำมันที่แทรกในส่วนบนของหน่วยย่อยของถ่านหิน A (A) ถ่านหินเนื้อเนื้อแน่น (B) และการแตกหักของถ่านหิน A (C)

#### 4.1.5 หน่วยหินย้อยหินน้ำมัน (Oil shale in Coal A sub-unit)

หน่วยหินน้ำมัน เป็นหน่วยหินย้อยที่แยกส่วนของหินน้ำมันในหน่วยย่อย ถ่านหิน A (รูปที่ 4.10) ซึ่งประกอบด้วยตะกอนละเอียดที่มีอินทรีย์สารทับถมรวมด้วย ที่เกิดขึ้นในช่วงน้ำลึกในป่าพรุ (Forested swamp) ลักษณะของหินน้ำมัน เป็นหินสีดำถึงดำทึบ เนื้อแน่น ขนาดทรายละเอียดถึงขนาดดินเหนียว มีการแตกและแข็ง (รูปที่ 4.11) ในบางส่วนของหินน้ำมันแสดงชั้นหินดินดานแทรก ซึ่งมีชั้นหินทราย สีน้ำตาลอมเหลือง แทรกบางส่วน มีความหนา 1-5 เซนติเมตร มีขนาดตะกอนทรายเนื้อหยาบจนถึงดินเหนียว และการกัดขนาดไม่ดี ซึ่งมีรูปทรงของตะกอนแบบกึ่งกลมถึงกึ่งเหลี่ยม (รูปที่ 4.11) รอยต่อของหินน้ำมัน ถ่านหิน และหินทราย มีให้เห็นชัดเจนมาก โดยความหนาของหินน้ำมันชั้นล่างและชั้นบนในหน่วยย่อยถ่านหิน A นี้ ประมาณ 0.60 และ 0.53 เมตร ตามลำดับ



รูปที่ 4.10 การแทรกของชั้นหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน A (มองไปทางทิศตะวันตก)



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างแสดงลักษณะถ่านหินและหินทราย (A) และหินดินดานดำเคลือบ (B)

#### 4.1.6 หน่วยหินย้อยหินน้ำมันตอนล่าง (Lower Oil Shale sub-unit)

หน่วยหินน้ำมันตอนล่างนี้ถูกทับถมในสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด และวางต่อเนื่องเหนือหน่วยถ่านหิน A ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันจากระดับน้ำตื้น (พบชั้นถ่านหิน) ไปเป็นน้ำลึก (พบชั้นหินน้ำมัน) ของป่าพรุ โดยหินน้ำมันเหล่านี้มีสีสุกเป็นสีเทาถึงน้ำตาลอมเหลือง สีสดเป็นสีเทาเข้มถึงน้ำตาลเข้ม เนื้อด้าน มีความแข็งและเนื้อแน่น และมีการแตกบาง ๆ ของชั้นหิน (รูปที่ 4.12 A และ B) ตัวอย่างหินมีกลิ่นน้ำมันในหินสดและบางชั้นมีซากเปลือกหอย (รูปที่ 4.12 C) ความหนารวมของหน่วยหินย้อยหินน้ำมันตอนล่างนี้ ประมาณ 2.16 เมตร

#### 4.1.7 หน่วยหินย้อยหินน้ำมันตอนบน (Upper Oil Shale sub-unit)

หน่วยหินน้ำมันตอนบนได้วางซ้อนทับอยู่ด้านบนของหน่วยหินน้ำมันตอนล่าง และสามารถแยกออกจากกันได้ด้วยชั้นตะกอนทะเลสาบน้ำจืด ชั้นหนา หน่วยหินน้ำมันนี้เป็นชั้นบางๆ สีน้ำตาลดำถึงสีดำมะกอก ที่มีลักษณะเนื้อแน่น มีความแข็งและแตกยาก (รูปที่ 4.13) บางชั้นหินมีซากเปลือกหอยและรอยแยกของที่ราบ ส่วนบนของหน่วยหินน้ำมันตอนบนนี้ มีขนาดตะกอนดินเหนียวถึงทรายแป้ง มากกว่าหน่วยหินน้ำมันตอนล่าง ชั้นหินถูกแทรกด้วยหินทรายสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเหลือง หนา 1-3 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลแดงถึงน้ำตาลดำ เนื้อด้าน ตะกอนขนาดใหญ่และมีความแข็งมาก สภาพแวดล้อมของการทับถมของหน่วยย้อยนี้มีระดับน้ำสูงในสภาวะน้ำนิ่ง น้ำและมีการอาหาร ซึ่งพบหลักฐานจากการทับถมของสาหร่ายที่หนา หลังจากนั้นระดับน้ำค่อย ๆ ลดลงก่อนที่กระแสน้ำจะไหลแรงขึ้น โดยมีปริมาณของตะกอนละเอียดจำนวนมากไหลเข้าท่วมในแอ่งตะกอน และการสิ้นสุดด้วยการสะสมของอินทรีย์สาร

#### 4.1.8 หน่วยหินตะกอนขนาดละเอียด (Fine-grained sediment unit)

หน่วยหินตะกอนขนาดละเอียดเป็นส่วนที่อยู่บนสุดของการสะสมของการสะสมตะกอนแบบทะเลสาบน้ำจืด โดยหน่วยหินนี้วางตัวทับอยู่บนตะกอนทางน้ำ หน่วยหินตะกอนขนาดละเอียดเป็นนี้ มีหลากหลายสี และมีการไล่ระดับสีของตะกอน เป็นชั้นหินที่มีความบาง มีการลำดับชั้นหินแบบ Finning Upward โดยการลำดับชั้นหินจากล่างขึ้นบนที่เกี่ยวข้องกับหินทรายแป้งถึงหินทรายเนื้อละเอียดมาก ที่แทรกด้วยหินโคลนเนื้อละเอียด มี ซึ่งหน่วยหินนี้วางบนหินน้ำมันอย่างสอดคล้องกัน (รูปที่ 4.14 A) ความหนารวมของหน่วยหิน ประมาณ 5.5 เมตร ในรูปที่ 4.14 ชั้นหินสีเหลืองอ่อนเป็นชั้นหินทราย และชั้นหินสีเทาเป็นดินเหนียว ในหินโคลนเนื้อละเอียดยังพบซากดึกดำบรรพ์ในหน่วยหิน 1-5 ซม. ซึ่งทับถมด้วยหินโคลนและมีซากใบไม้และเปลือกหอยเช่นเดียวกัน (รูปที่ 4.14 C และ D)

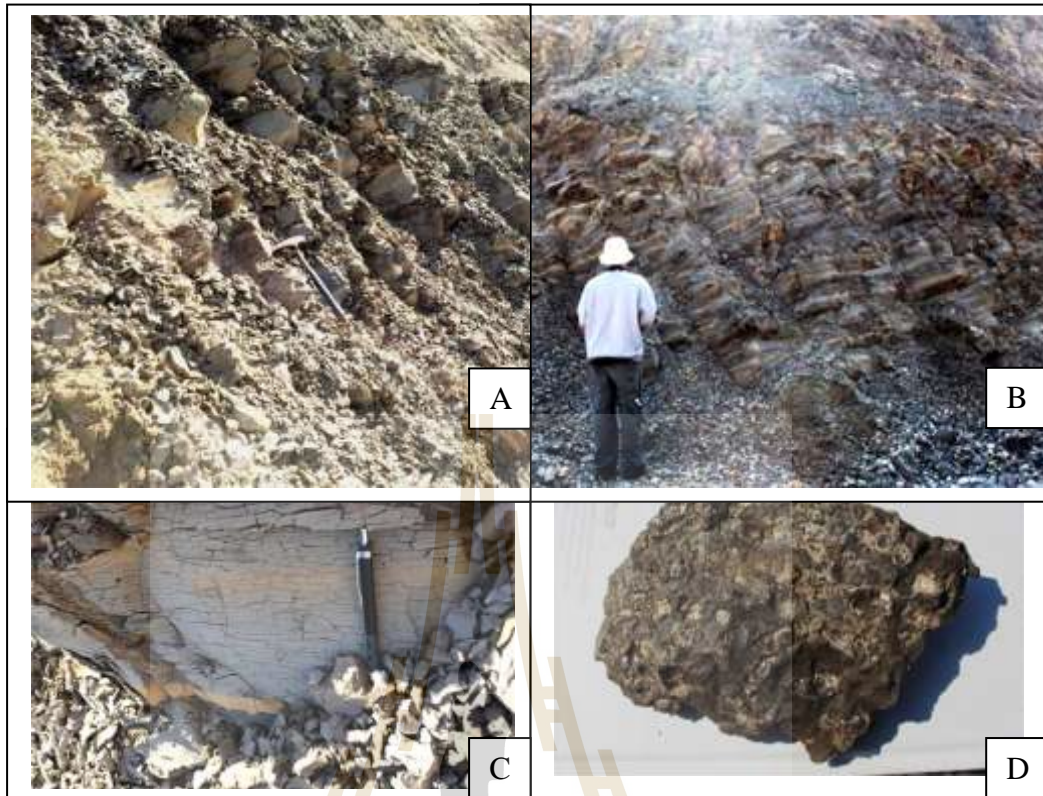




รูปที่ 4.12 ลักษณะของหินน้ำมันในหินสด มีสีเทาถึงน้ำตาลเหลือง (A) หินน้ำมัน สีฝุ่นสีน้ำตาลอมเหลืองและสีเทา (B) ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหน่วยหินน้ำมันตอนล่าง



รูปที่ 4.13 หินโคลงของหน่วยหินน้ำมันตอนบนที่แทรกด้วยหินทรายแป้ง (A) และลักษณะหินน้ำมันสีน้ำตาลที่มีซากฟอสซิล (B)



รูปที่ 4.14 หน่วยหินตะกอนขนาดละเอียดจากด้านหน้าเหมืองถ่านหิน หินโผล่แสดงให้เห็นลำดับชั้นหินทรายแป้งและหินโคลน (A และ B) ตัวอย่างหินผุแสดงรอยแตกกระแหง (C) และซากใบไม้และเปลือกหอยในหินโคลน (D)

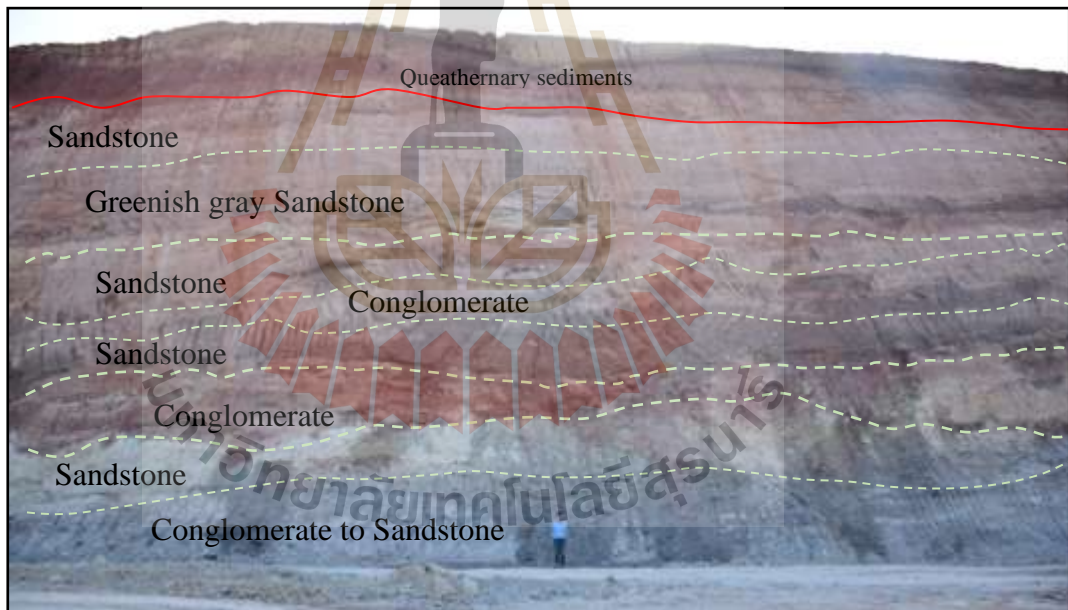
#### 4.1.9 ตะกอนทางน้ำ (Fluvial deposits)

ตะกอนทางน้ำเป็นตะกอนที่ทับอยู่ด้านบนชั้นถ่านหินแม่ตึบ ชั้นตะกอนนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ตะกอนกึ่งแข็งตัวของหินกรวดมน หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน และหินดินเหนียว (รูปที่ 4.15) มีสีเทา ตะกอนขนาดเม็ดเล็กถึงกรวด (Granule-pebble) คัดขนาดไม่ดี หินทรายมีตะกอนทรายมีรูปร่างกึ่งมน มีเนื้อละเอียด ที่มีคาร์บอนเนตเป็นตัวเชื่อมประสาน (รูปที่ 4.16) ชั้นหินตะกอนทางน้ำมีความหนารวม ประมาณ 65.50 เมตร และสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลำดับหลัก ดังนี้

- 1) ชั้นหินส่วนล่างสุด แสดงชั้นหินที่เรียงลำดับตะกอนขนาดใหญ่ไปหาเล็ก แบบ Graded bedding หรือ Fining upward sequences ของชั้นหินกรวดมนและหินทราย สีเทาถึงสี

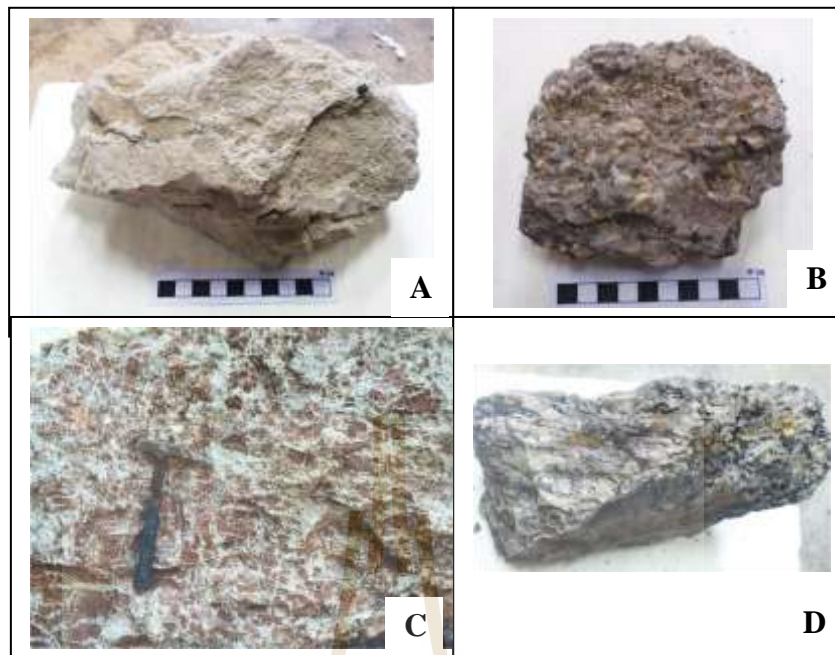
เทอมเขียว มีการค้ำขนาดไม่ดี ตะกอนมีรูปทรงกึ่งทรงกลมถึงกลม ขนาดตะกอนทรายละเอียดถึงหยาบ ในชั้นตะกอนละเอียดสีขาวถึงสีเทา มีการพบชั้นถ่านหินบางๆ เป็นเลนส์ถ่านหิน (รูปที่ 4.17)

- 2) ชั้นหินส่วนกลาง ประกอบด้วยชั้นหินกรวดมนและหินทราย สีน้ำตาลแดงถึงม่วง มีการค้ำขนาดปานกลาง ตะกอนมีรูปทรงกึ่งทรงกลมถึงกลม ขนาดตะกอนทรายเนื้อละเอียดถึงหยาบ ชั้นหินตะกอนพบแนวรอยเลื่อนแนวระดับทั้งแบบ Normal and reverse faults ในแนว NW-SE (รูปที่ 4.18)
- 3) ชั้นหินส่วนบน ประกอบด้วยชั้นหินทรายและกรวดสีน้ำตาลแดง ขนาดละเอียดถึงปานกลาง การค้ำขนาดปานกลาง ตะกอนมีรูปทรงกึ่งทรงกลมถึงเหลี่ยม พบแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษตะกอนภูเขาไฟ ที่มีคาร์บอนเนตเป็นตัวเชื่อมประสาน

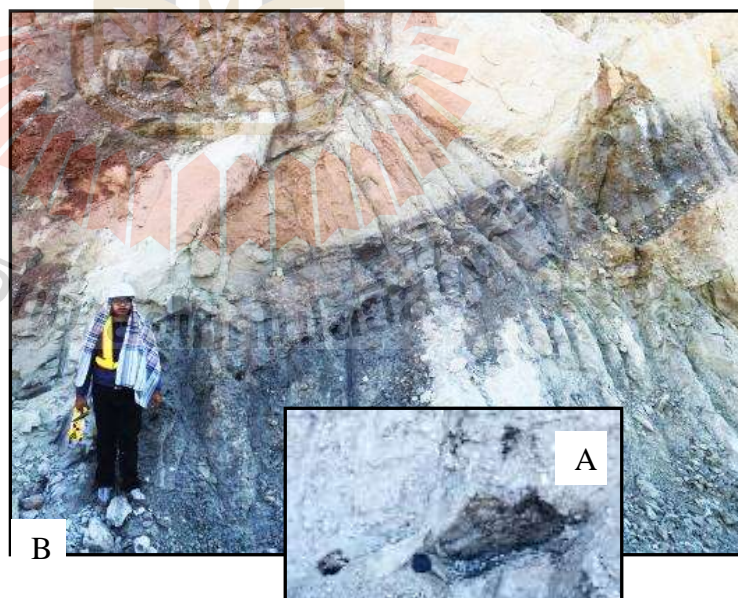


รูปที่ 4.15 ชั้นหินตะกอนทางน้ำที่อยู่เหนือชั้นถ่านหิน ที่เหมืองถ่านหินแม่ติบ

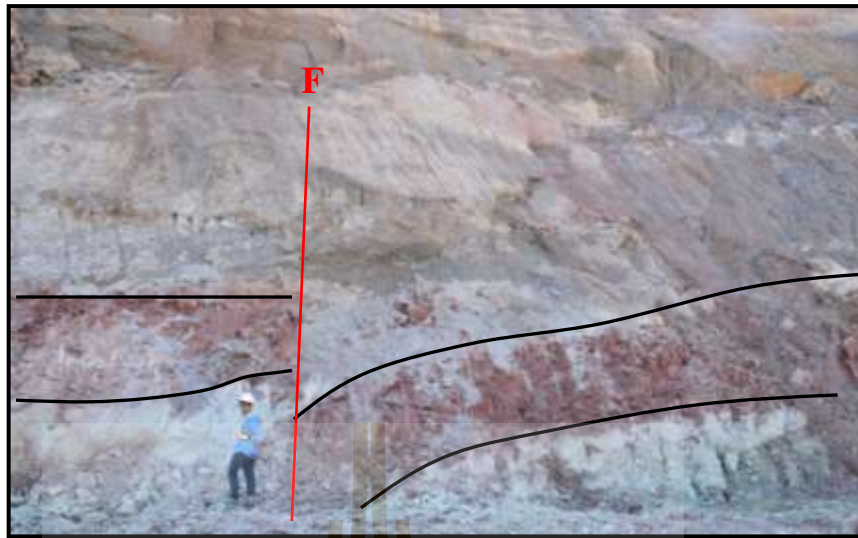




รูปที่ 4.16 ชั้นหินตะกอนทางน้ำที่อยู่เหนือชั้นถ่านหิน: หินทรายสีเทา (A) หินกรวดมน (B) หินทรายที่มีจุดสีแดง ซึ่งเชื่อมประสานด้วยคาร์บอนต (C) และหินทรายปนกรวด มีซากถ่านหิน (D)



รูปที่ 4.17 (A) หินกรวดมนและหินทราย ที่แทรกด้วยชั้นเฉียงระดับต่างๆ และแผ่นลามิเนตของถ่านหิน (B) ชั้นหินส่วนล่างของตะกอนทางน้ำ (มองไปทางทิศเหนือของโลก)



**รูปที่ 4.18** รอยเลื่อนย้อน ในแนว N 10 - 38 W ตัดชั้นหินกรวดมนและหินทราย ในตะกอนทางน้ำ (มองไปทางทิศตะวันออก)

ในการวิเคราะห์ทางธรณีเคมีและปิโตรเคมี ได้มีการเก็บตัวอย่างหินน้ำมัน จำนวน 14 ตัวอย่างของสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด ถ่านหิน จำนวน 26 ตัวอย่าง และลิโอนาร์ไคต์ จำนวน 4 ตัวอย่างของสภาพแวดล้อมที่เป็นหนองบึง ซึ่งรายละเอียดจำนวนตัวอย่างที่เก็บรวบรวม หน่วยหินอินทรีย์และหน่วยย่อยได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.2 ส่วนรายละเอียดของตัวอย่างหินอินทรีย์ที่เก็บรวบรวมจากแต่ละหน่วยย่อยได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.3 เป็นผลให้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลำดับชั้นหินตะกอนกับสภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอน และตำแหน่งของตัวอย่างหินที่จัดเก็บในพื้นที่ศึกษาได้ในรูปที่ 4.19

ตัวอย่างถ่านหินทั้งหมดได้ถูกเก็บรวบรวมจัดเก็บตัวอย่าง จากด้านล่างถึงด้านบน ซึ่งประกอบด้วย หน่วยย่อย ถ่านหิน Coal C จำนวน 11 ตัวอย่าง หน่วยย่อยถ่านหิน Coal B จำนวน 4 ตัวอย่าง และหน่วยย่อยถ่านหิน Coal A จำนวน 11 ตัวอย่าง

ตัวอย่างหินน้ำมัน ได้แก่ หินน้ำมันในหน่วยย่อยถ่านหิน Coal A จำนวน 4 ตัวอย่าง ในหน่วยย่อยหินน้ำมันตอนล่าง (Lower Oil Shale) จำนวน 6 ตัวอย่าง และในหน่วยย่อยหินน้ำมันตอนบน (Upper Oil Shale) จำนวน 4 ตัวอย่าง

ตาราง 4.2 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน หน่วยหิน หน่วยหินย่อย และจำนวนตัวอย่างที่จัดเก็บ  
ในพื้นที่ศึกษา

สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน	หน่วยหิน	หน่วยหินย่อย	จำนวนตัวอย่างที่จัดเก็บ
ทางน้ำ (Fluvial)	Fluvial sequences (semi-consolidated)		-
ทะเลสาบน้ำจืด (Lacustrine)	Fine-grained sedimentary sequences		-
	Oil Shale	Upper Oil Shale	4
		Lower Oil Shale	6
Oil Shale in Coal A		4	
หนองบึง (Swamp)	Coal	Coal A	11
		Coal B	4
		Coal C	11
	Leonardite	Leonardite	4
<b>รวม</b>			<b>44</b>

ตาราง 4.3 การอธิบายตัวอย่างหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารตามลำดับชั้นหิน ของแอ่งแม่ตึบ

Sub-units	Sample NO.	Descriptions	Thickness (cm)
Upper Oil Shale	OH10	Reddish brown to light brown oil shale, clay- to silt- sized particles, dull, very hard, consolidated, tough with calcite cement, laminated thin to medium beds.	24
	OH 9	Black to brownish black oil shale, dull, moderately hard, semi-consolidated, laminated wavy thin bed, with shell remains interbedded with 1 cm, thick brown siltstone.	107
	OH 8	Black oil shale, dull, dense, moderate hard, clay-sized particles, tough, semi-consolidated, platy cleavage laminated wavy to parallel very thin beds.	96
	OH 7	Brownish black and dark green oil shale, clay- to silt- sized particles, dull, dense, hard, tough, laminated thin beds, sub-consolidated fracture with fossil remains.	87
Lower Oil Shale	OH 6	Yellowish gray to grayish green oil shale, dull, hard, tough, uneven laminated layers, with fossil remains.	56
	OH 5	Grayish green to greenish black oil shale, dull, tough, moderate hard, semi-consolidated, sub-conchoidal fracture, wavy to curved lamination.	28
	OH 4	Yellowish gray to grayish green oil shale, dull, hard, tough, laminated curve with fossil remain.	32



ตาราง 4.3 การอธิบายตัวอย่างหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารตามลำดับชั้นหิน ของแอ่งแม่ตึบ (ต่อ)

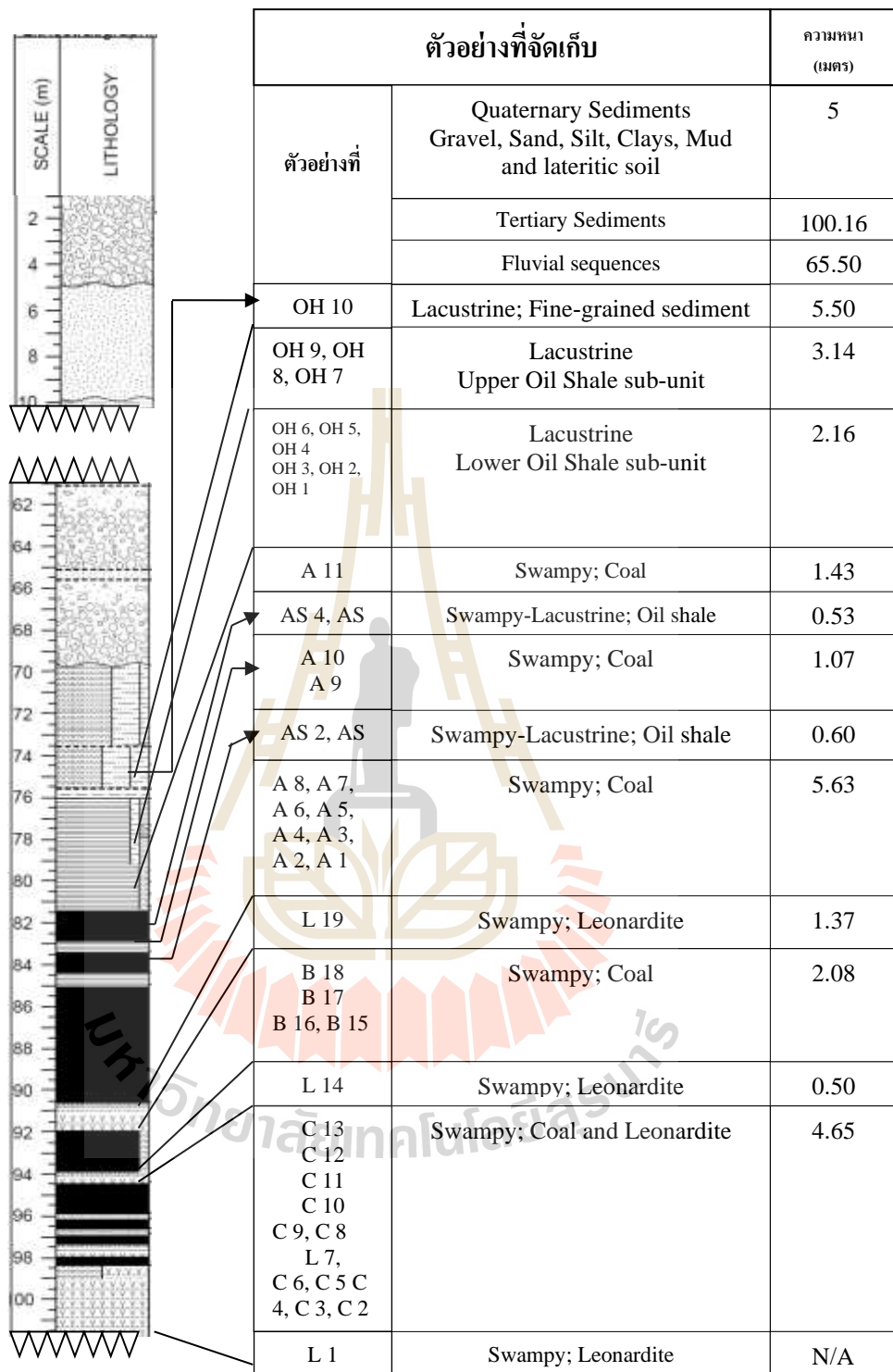
Sub-units	Sample NO.	Descriptions	Thickness (cm)
Lower Oil Shale	OH 3	Dark grayish yellow to greenish gray oil shale, clay- to silt- sized particles, dull, hard, sub-conchoidal fracture, platy cleavage, laminated to very thin beds, with smell of oil shown in fresh rocks.	27
	OH 2	Black gray to greenish black oil shale, dull, hard, tough, wavy laminated to thin beds, with fossil remain. Smell of oil shown in fresh rocks.	39
	OH 1	Greenish gray oil shale, dull, hard, tough, sub-conchoidal fracture, platy cleavage, laminated to very thin beds, with fossil remains.	34
Oil shale in Coal A	AS 4	Dark brown to black oil shale, clay- to silt- sized particles, dull, very hard, stiff, consolidated, platy cleavage, micro lens in places, very fine to fine lamination, with yellowish brown siltstone interbedded 3-5 cm. thick.	23
	AS 3	Dark gray to black oil shale, clay- to silt- sized particles, dull, tough, hard, semi-consolidated, even, platy cleavage, micro lens in places, very thin to thin laminated beds.	30
	AS 2	Dark gray and yellow oil shale, clay-to silt- sized particles, dense, platy cleavage, micro lens in places, wavy very thin to thin laminated beds.	28
	AS 1	Dark gray to black interbedded with yellowish brown oil shale, dull, dense, waxy luster, tough, platy cleavage, very thin laminated layers.	32
Coal A	A 11	Black coal, moderately glossy luster, brittle, conchoidal fracture with sub-cubic cracking, semi-consolidated, very thin lamina siltstone interbedded.	143
	A 10	Dark gray to black coal, moderately dull to moderate glossy luster lamination, brittle to stiff, sub-cubicle cracked, 0.5 – 1 cm. thick beds.	51
	A 9	Black coal, glassy luster, dense, brittle, conchoidal fracture, cubicle cracked.	56
	A 8	Dark brown to black coal, dull, moderately hard, tough, platy cleavage, alternate siltstone 2 mm. to 1 cm. thick interbedded.	21
	A 7	Black coal, dull, dense, moderately hard, moderately brittle, sub-conchoidal fracture to plate cleavage.	89
	A 6	Dark brown to black coal, moderately glossy luster, dense, moderately brittle, sub-conchoidal fracture to platy cleavage.	58

ตาราง 4.3 การอธิบายตัวอย่างหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารตามลำดับชั้นหิน ของแอ่งแม่ตึบ (ต่อ)

Sub-units	Sample NO.	Descriptions	Thickness (cm)
Coal A	A 5	Black coal, glossy luster, brittle, dense, conchoidal fracture with sub-cubicle cracked.	84
	A 4	Black coal, moderately glossy, dense, moderately brittle, sub-conchoidal fracture to platy cleavage, with brown to yellowish brown siltstone 0.3-2 cm. thick interbedded.	97
	A 3	Black coal, moderately dull to moderately glossy luster band of 0.3 – 0.5 cm. thick, moderately brittle, sub-conchoidal fracture to platy cleavage.	63
	A 2	Dark gray to black coal, dull, dense, moderately hard, tough, semi-consolidated, platy cleavage, thin to medium lamination.	78
	A 1	Black coal, dull to moderately glossy luster in discontinuous wavy very thin lamination, dense, moderately brittle, sub-conchoidal fracture.	94
Leonardite	L19	Black leonardite, clay- sized particles, sticky, waxy luster and platy cleavage when fissile.	137
Coal B	B18	Dark gray to black coal, discontinuous dull to moderately glossy luster band, moderate brittle, platy cleavage, sub-conchoidal fracture, sub-cubical cracking.	87
	B17	Black coal, moderately dull, dense, moderately brittle, sub-conchoidal fracture to platy cleavage.	47
	B16	Black coal, moderately glossy luster, brittle, sub-conchoidal fracture, cubical cracking.	39
	B15	Black coal, dull, moderate brittle, dense, sub-conchoidal fracture to platy cleavage.	35
Leonardite	L14	Black leonardite, clay- to silt- sized particles, sticky, waxy luster, crumble and platy cleavage, fissile.	50
Coal C	C13	Dark brown to black coal, moderately dull to moderately glossy luster band of 0.1 – 0.3 cm. thick, dense, moderately brittle, sub-conchoidal fracture, sub-cubical cracking.	58
	C12	Brown to black coal, dull to moderately glossy luster band of 1 cm. thick, moderate brittle, sub-conchoidal, sub-cubical cracking to platy cleavage, alternate siltstone 0.1 cm. laminated layer.	23

ตาราง 4.3 การอภิปรายตัวอย่างหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารตามลำดับชั้นหิน ของแอ่งแม่ตึบ (ต่อ)

Sub-units	Sample NO.	Descriptions	Thickness (cm)
Coal C	C11	Black coal, dull to glossy luster band of 0.5 – 2 cm. thick, dense, brittle, sub-conchoidal to conchoidal fracture, sub-cubicle cracked.	34
	C10	Black coal, discontinuous dull to moderately glossy luster, dense, moderate brittle, sub-conchoidal to platy cleavage, fissile.	31
	C 9	Black coal, discontinuous dull to moderate dull luster, dense, moderately brittle, sub-conchoidal to platy cleavage.	22
	C 8	Dark gray to black coal, dull, stiff to lightly sticky, moderately brittle, platy cleavage, fissile.	27
Leonardite	L 7	Reddish black to dark gray leonardite, dull, dense, sticky, crumble when dry.	67
Coal C	C 6	Black coal, moderately glossy luster, moderately brittle, sub-conchoidal fracture to platy cleavage.	46
	C 5	Black and brown coal, dull with glossy locally luster, brittle, platy cleavage with sub-conchoidal fracture locally.	37
	C 4	Black coal, dull, moderately brittle, platy cleavage, fissile.	41
	C 3	Dark gray to black coal, dull to moderately glossy locally luster, sub-conchoidal fracture with platy locally.	23
	C 2	Dark gray to black leonardite, dull, dense, stiff, platy cleavage, lightly sticky, with crumble when dry.	56
Leonardite	L 1	Reddish gray leonardite, dull, dense, clay-to silt- sized particles, sticky, crumble when dry.	N/A



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับชั้นหิน สภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอน และตำแหน่งของตัวอย่างหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารที่เหมืองถ่านหินแม่ติบ แอ่งแม่ติบ

## 4.2 ผลการศึกษาสีลาพรรณของสารอินทรีย์สาร (Organic petrography)

การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สามารถสังเกตลักษณะของแร่อินทรีย์ (Maceral) ในหินตะกอนที่มีสารอินทรีย์ของแหล่งแม่ดิบได้ รายละเอียดของแร่อินทรีย์และสภาพแวดล้อมการทับถมตะกอนของแต่ละหน่วยหินย่อย สามารถสรุปจากลำดับชั้นหินจากด้านล่างไปหาด้านบน ดังต่อไปนี้

### 4.2.1 หน่วยหินย่อยลีโอนาร์ไคต์

หินลีโอนาร์ไคต์พบได้ที่ส่วนล่างสุดของชั้นตะกอนที่มีสารอินทรีย์ในแอ่งน้ำที่เป็นหนองบึง และยังพบที่ส่วนล่างของหน่วยย่อยถ่านหิน ซึ่งเป็นดินเหนียวคาร์บอนเซียสที่ประกอบด้วยตะกอนขนาดเล็ก ที่ทับถมด้วยสารประกอบอินทรีย์จำนวนเล็กน้อย การก่อตัวนี้แสดงลักษณะของตะกอนที่มีเนื้อละเอียดจำนวนมากซึ่งถูกเคลื่อนย้ายไปในน้ำลึก และทับถมด้วยตะกอนอินทรีย์ที่เป็นเศษขนาดเล็กหรือคอลลอยด์ กระบวนการทับถมเกิดขึ้นได้น้ำในช่วงที่มีการทรุดตัวช้าๆหรือระดับน้ำในแอ่งสูงขึ้น ความสัมพันธ์ของสารอินทรีย์ทำให้ชั้นหินนี้มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีความอ่อนปานกลาง และแข็งปานกลางถึงแข็งปานกลาง มีการลอกเป็นแผ่นเล็กน้อย มีรอยแยกเมื่อแห้ง

ตารางที่ 4.4 ได้แสดงผลการศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์ลีโอนาร์ไคต์ ส่วนใหญ่แสดงเป็นกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิทรีไนต์ (Vitrinite) และลิปติไนต์ (Liptinite) ซึ่งสัมพันธ์กับตะกอนที่มีขนาดเนื้อละเอียด ค่าร้อยละของกลุ่มแร่อินทรีย์วิทรีไนต์ มีตั้งแต่ 12 - 25% ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายในรูปของเจล (Gelovitrinite) และเศษอินทรีย์วัตถุเล็กน้อย ค่าร้อยละของกลุ่มแร่อินทรีย์ลิปติไนต์ มีตั้งแต่ 12 - 24% ประกอบด้วย เรซินไนต์ (Resinite) สปอริไนต์ (Sporinite) และลิปโทเดตริไนต์ (Liptodetrinite) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการออกซิเดชันของกลุ่มแร่อินทรีย์ลิปติไนต์ อื่น ๆ ได้แก่ ลามาลจินไนต์ (Lamalginit) พบได้ในตัวอย่าง L7-4 (รูปที่ 4.20) และ L14-1 (รูปที่ 4.21) เท่านั้น และในตัวอย่างลีโอนาร์ไคต์เหล่านี้ ไม่พบ คิวติไนต์ (Cutinite) ฟลูออริไนต์ (Fluorinite) ซูเบอร์ไนต์ (Suberinite) และเทลลาจินไนต์ (Telaginit)

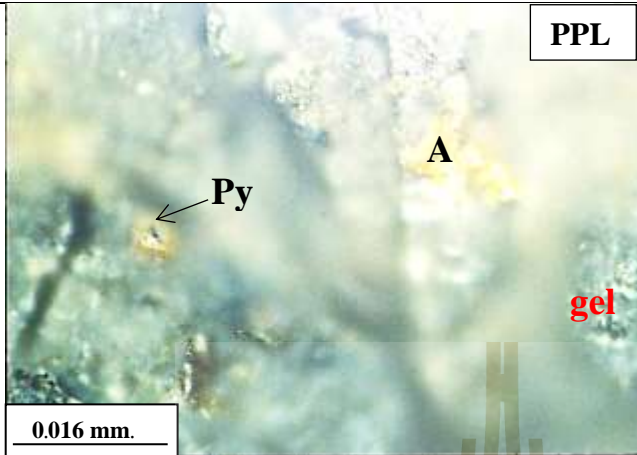
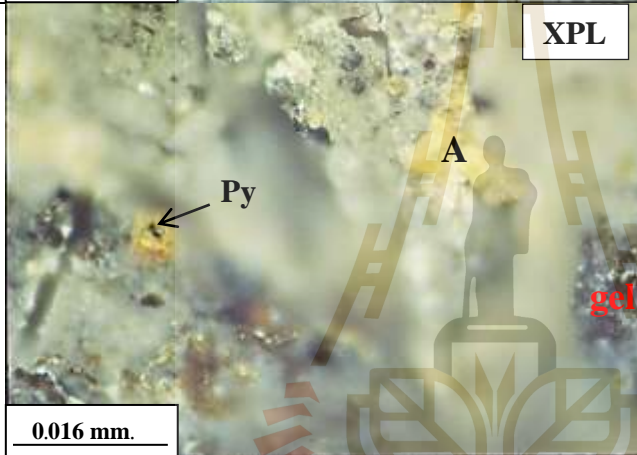
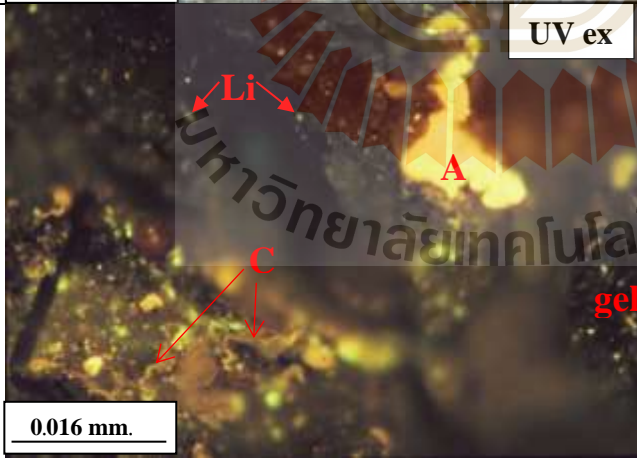
ตาราง 4.4 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยหินลีโอนาร์ไคต์ของแอ่งแม่ตึบ

ตัวอย่าง	Vitrinite				Liptinite									In	MM
	Telo	Detro	Gelo	Total	Sp	Cu	Lip	Alginite		Re	Fl	Su	Total		
								Lam	Te						
L7-1	1	5	13	19	3	0	17	0	0	4	0	0	24	0	57
L7-3	0	0	25	25	1	0	9	0	0	3	0	0	13	0	62
L7-4	0	2	19	21	2	0	8	12	0	1	0	0	23	0	56
L14-1	0	7	18	25	2	0	10	1	0	1	0	0	14	0	61
L14-2	3	1	17	21	1	0	17	0	0	0	0	0	18	0	61
L14-3	0	3	9	12	4	0	11	0	0	2	0	0	17	0	71
L19-1	0	2	19	21	0	0	9	0	0	3	0	0	12	0	67
min	0.00	0.00	9.00	12.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	0.00	56.00
max	3	7	25	25	4	0	17	12	0	4	0	0	24	0	71
Average (%)	0.57	2.86	17.14	20.57	1.86	0.00	11.57	1.86	0.00	2.00	0.00	0.00	17.29	0.00	62.14


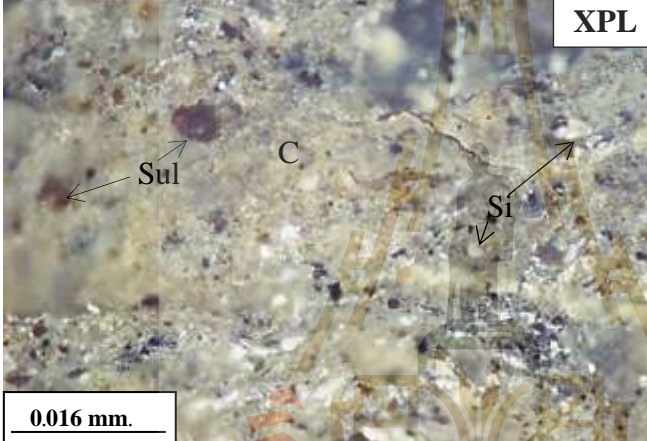
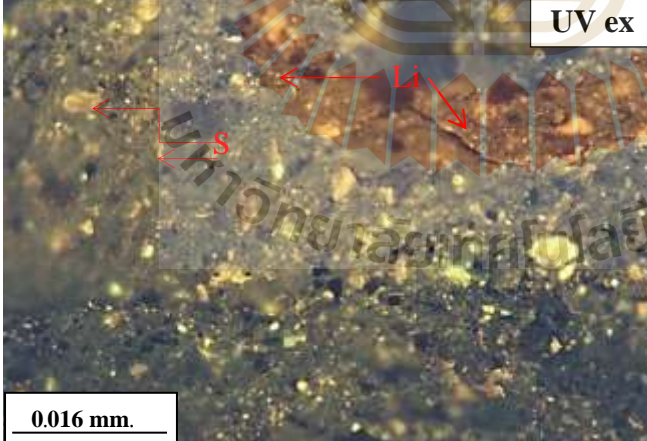
Tel = Telovitrinite, Det= Detrovitrinite, Gel = Gelovitrinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter

Sp = Sporinite, Re = Resinite, Lip = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Su = Suberinite, Lam = Lamalginite and Te =Telaginite



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. L7-4</b></p> <p><b>Leonardite</b> Composition (%) V = 21 % L = 23 % I = 0 % MM = 56 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consisted mainly of gelinite shows pale gray in PPL and dark in XPL and UV excitation.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consist mainly of liptodetrinite, with some of alginite and fragment of cutinite. Under UV excitation, <b>liptodetrinite</b> is dark yellow to brown spots and greenish yellow dots. <b>Cutinite</b> shows dark yellow thin and short lines of leaves fragments. <b>Alginite</b> shows white yellow in PPL and XPL with bright yellow under UV excitation.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> are mainly of clay and silica minerals with some of pyrite. Clays and silica show white to pale gray ground mass in PPL, black in XPL and dark under UV excitation. Pyrite display yellow sphere with brown oxide rim in PPL and XPL and dark brown under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter A = Alginite, Li = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Py = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ 4.20 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไต์ (Sample No. L7-4)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. L14-2</b></p> <p>Leonardite Composition (%) V = 21 % L = 18 % I = 0 % MM = 61 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consisted mainly of gelinite globules display pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Liptinite</b> is mainly of liptodetrinite and sporinite. <b>Sporinite</b> shows dark gray in PPL and dark brown in XPL. Under UV excitation, they display yellow to dark yellow of small to big dots with spore shape. <b>Liptodetrinite</b> display bright yellow of very small spots under UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> made up mainly of clay minerals with silica and some of sulfide minerals. Clay and silica show pale gray in PPL, white to yellowish brown in XPL and dark in UV excitation. Sulfide mineral show dark gray to black in PPL, brown in XPL and dark brown under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter S = Sporinite, Li = Liptodetrinite, C = Clay, Si = Silica, Sul = Sulfide mineral</p>	

รูปที่ 4.21 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ (Sample No. L14-2)

#### 4.2.2 หน่วยหินย่อยถ่านหิน C

ถ่านหิน C เป็นหน่วยย่อยที่อยู่ต่ำที่สุดของลำดับชั้นหินของแอ่งแม่ตึบ โดยชั้นถ่านหินนี้วางตัวอยู่บนหน่วยหินย่อยลิโอนาร์ไคต์ เป็นชั้นถ่านหินที่มีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ซึ่งเป็นถ่านหินที่ไม่บริสุทธิ์ (มีปริมาณแร่ธาตุสูง) ซึ่งปรากฏอยู่ที่ส่วนล่าง ในขณะที่ชั้นถ่านหินที่อยู่ในส่วนบน มีคุณภาพดีกว่า (มีปริมาณแร่ธาตุต่ำ)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าถ่านหิน มีกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิทรีไนต์ (มาจากแร่อินทรีย์ชนิด Sapropelic) ที่พบในส่วนล่างของหน่วยย่อย Coal C ประกอบด้วย Texto-ulminite Densinite Gelinite และ Phlobaphinite มีปริมาณ ตั้งแต่ 21% (ตัวอย่าง C2-10) ถึง 100% (ตัวอย่าง C4-7) ส่วนมีปริมาณแร่ธาตุ ตั้งแต่ 0 (ตัวอย่าง C4-7 และ C13-2) ถึง 73% (ตัวอย่าง C12-5) การพบแร่อินทรีย์กลุ่ม Vitrinite เป็นลักษณะเด่นของถ่านหินนี้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ่านหินถูกสะสมไว้ใต้แหล่งน้ำ ที่มีการทับถมของ Densinite และ Gelinite และแร่ธาตุ โดยกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิทรีไนต์เหล่านี้ซึ่งถึงสภาพน้ำตื้นที่ถูกออกซิไดซ์ต่ำไปจนรีดิวส์ได้เล็กน้อย ที่มีการสะสมของพีตและพีชที่จมอยู่ใต้น้ำอื่นๆ จากรูปที่ 4.22 แสดง Texto-ulminite ที่มีลักษณะคล้ายกับผนังเซลล์เดิมซึ่งมีลักษณะเป็นเซลล์ลูเมนเปิดและเซลล์ถูกเติมด้วยเจล Ulmin และแร่ธาตุ

ส่วนตอนบนของชั้นหน่วยหินย่อย Coal C แสดง Telinite Densinite และ Gelinite โดยที่ Gelinite ส่วนใหญ่จะแสดงลักษณะการแตกตัวของเจลและโครงสร้างที่ขาของเนื้อเยื่อซึ่งบ่งชี้โดย Porigelinite หรือ Textinite และ Texto-ulminite (รูปที่ 4.22) สิ่งเหล่านี้อาจบ่งบอกถึงระดับน้ำที่เปลี่ยนจากน้ำนิ่งระดับลึกเป็นน้ำตื้น ซึ่งชั้นบนสุดของหนองบึงพรุอาจมีการถูกออกซิไดซ์สูง และนำไปสู่การย่อยสลายของเนื้อเยื่อพีชและสร้างเจลซึ่งป้องกันการเข้าถึงออกซิเจนไปยังส่วนล่างของหน่วยหินย่อย Coal C ทำให้ซากอินทรีย์นี้ถูกเก็บรักษาไว้อย่างดี สิ่งนี้นำไปสู่การปรากฏตัวของเนื้อเยื่อพีชที่ยังคงสภาพ เช่น ใบพีชซึ่งมีโครงสร้างที่สำคัญและผนังเซลล์ของไม้เปลือกไม้หรือราก ซึ่งบ่งบอกถึงการเก็บรักษาภายใต้การปกป้องจากอากาศโดยชั้นเจลออกซิไดซ์ (รูปที่ 4.23)

จากตารางที่ 4.5 แสดงกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิปทิไนต์ มีปริมาณตั้งแต่ 0 - 68% ประกอบด้วย Liptodetrinite Sporinite Cutinite Resinite และ Suberinite เป็นหลัก ซึ่งมีความคงทนสูงจากการออกซิเดชัน สภาวะของระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญส่งผลต่อปริมาณ

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ระดับน้ำตื้นหรือป่าพรุสามารถรักษาของ Cutinite (รูปที่ 4.23) Suberinite (รูปที่ 4.24) Telovitrinite และ Gelovitrinite ได้อย่างสมบูรณ์ ลักษณะของ Cutinite และ Suberinite เป็นโครงสร้างขอบและผนังเซลล์ มีสีเทาซีดใน PPL ภายใต้ระดับของความสว่างสูง และสีทึบใน XPL ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV พวกมันเรืองแสงสีเหลืองถึงน้ำตาลเข้ม (รูปที่ 4.25 และรูปที่ 4.26) ส่วน Sporinit ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มสปอร์ที่มักพบเป็นกลุ่มสีเหลืองสดใสบางส่วนมีความสัมพันธ์กับ Cutinite ที่หนา ส่วน Liptodetrinite เป็นซากการย่อยสลายของ Sporinite Cutinite Resinite และ Suberinite (รูปที่ 4.26 ถึง 4.28) ซึ่งมีความเข้มข้นในพื้นที่กึ่งมีน้ำ การศึกษาถ่านหินชนิด Sapropelic ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง การพบ Liptodestinite มีหลายขนาดและรูปร่าง สีเหลืองถึงน้ำตาลเหลือง ในขณะที่ Resinite และ Sporinite แสดงเป็นทรงกลมและหลากหลายรูปร่างตามลำดับ

จากตารางที่ 4.5 แสดงกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดอินทรีย์ที่พบในตัวอย่างหน่วยหินย่อยของ Coal C มีปริมาณตั้งแต่ 0 ถึง 24% ส่วนใหญ่ประกอบด้วย Funisite และ Pyrofusinite และพบ Sclerotinite บางส่วน ส่วนแร่ธาตุส่วนใหญ่เป็นแร่ดินเหนียวซึ่งอุดมในช่องของเซลล์พืชและช่องว่างของ Texinite และในเนื้อตัวอย่างถ่านหิน ส่วน Gelinite เป็นแร่อินทรีย์ที่พบอยู่กับแหล่งกำเนิดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อเยื่อของไม้ แร่ธาตุที่พบ ได้แก่ มาร์คาไซต์และไซเคอไรต์ (รูปที่ 4.27 และรูปที่ 4.28) ซึ่งมีการเจริญเติบโตระหว่างภายในผลึกหรือมีการแทนที่ด้วยแร่ไพไรต์



ตาราง 4.5 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหินของแอ่งแม่ตึบ

ตัวอย่าง	Vitrinite				Liptinite								In	MM	
	Tel	Det	Gel	Total	Sp	Cu	Lip	Alginite		Re	Fl	Su			Total
								Lam	Te						
C2-1	77*	0	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
C2-2	3	17	48	68	3	0	9	0	0	5	0	0	17	0	15
C2-4	86*	0	0	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
C2-7	84*	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
C2-8	27	17	35	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
C2-9	27	9	35	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
C2-10	0	0	21	21	0	0	9	0	0	2	0	0	11	0	68
C3-1	1	10	37	48	5	0	40	0	0	0	0	0	45	0	7
C4-1	0	2	48	50	12	0	6	0	0	2	0	0	20	0	30
C4-2	0	0	51	51	12	0	12	0	0	2	0	0	26	0	23
C4-3	43	0	12	55	1	0	8	0	0	0	0	0	9	1	35
C4-5	53	4	8	65	10	3	13	0	0	1	0	0	27	0	8
C4-6	28	43	14	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
C4-7	94	0	6	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5-1	68	0	0	68	0	6	13	0	0	0	0	0	19	0	13
C6-1	48	0	5	53	20	16	2	0	0	0	0	0	38	0	9
C6-2	4	0	18	22	21	44	3	0	0	0	0	0	68	0	10
C6-4	0	5	43	48	24	0	8	0	0	0	0	0	32	0	20

\* = Texto-Ulminitel, Tel = Telovitrinite, Det= Detrovitrinite, Gel = Gelovitrinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter

Sp = Sporinite, Re = Resinite, Lip = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Su = Suberinite, Lam = Lamalginite, Te= Telaginite

ตาราง 4.5 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหินของแอ่งแม่ตึบ (ต่อ)

ตัวอย่าง	Vitrinite				Liptinite									In	MM
	Tel	Det	Gel	Total	Sp	Cu	Lip	Alginite		Re	Fl	Su	Total		
								Lam	Te						
C8-1	32	11	17	60	6	2	12	0	0	0	0	0	20	0	20
C8-2	20	12	18	50	7	0	31	0	0	2	0	0	40	0	10
C8-3	0	0	38	38	18	0	12	0	0	0	0	0	30	0	32
C8-4	0	0	29	29	38	8	0	0	0	12	0	0	58	0	13
C9-1	94	2	1	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
C9-2	83*	0	9	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
C10-1	91	0	0	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5
C10-3	84	0	2	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13
C10-4	68	0	6	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
C10-5	95	0	3	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C11-1	0	0	67	67	8	8	5	0	0	0	0	0	21	0	12
C11-2	0	0	56	56	6	4	8	0	0	2	0	0	20	0	24
C11-3	95	0	1	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
C11-5	0	0	20	20	4	0	3	0	0	0	0	0	7	0	73
C11-6	25	0	19	44	0	0	0	0	0	0	0	42	42	0	14
C11-7	86	0	3	89	3	0	4	0	0	0	0	0	7	0	4
C11-8	96	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4

\* = Texto-Ulminitel, Tel = Telovitrinite, Det= Detrovitrinite, Gel = Gelovitrinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter

Sp = Sporinite, Re = Resinite, Lip = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Su = Suberinite, Lam = Lamalginite, Te= Telaginite

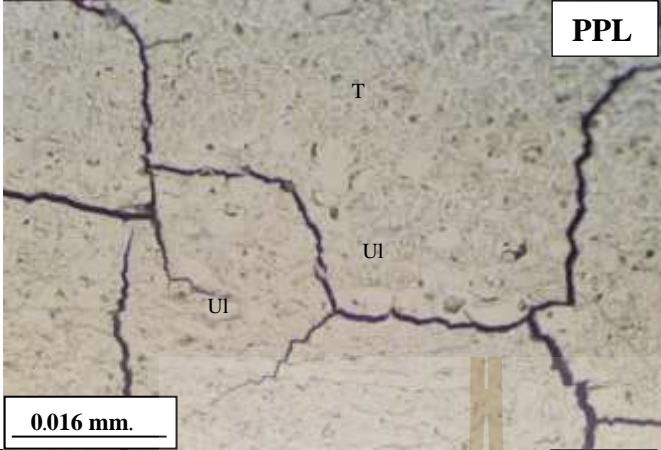



ตาราง 4.5 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหินของแอ่งแม่ตึบ (ต่อ)



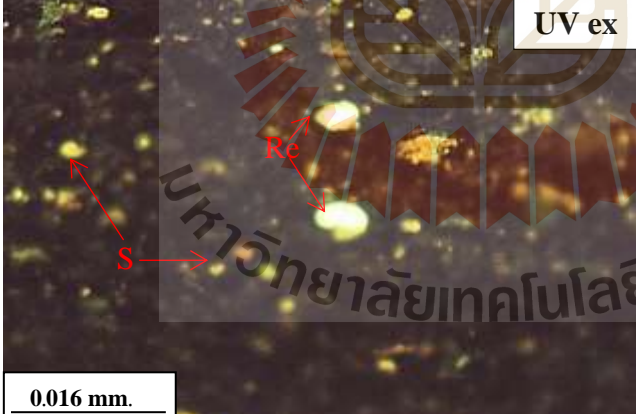
ตัวอย่าง	Vitrinite				Liptinite									In	MM
	Tel	Det	Gel	Total	Sp	Cu	Lip	Alginite		Re	Fl	Su	Total		
								Lam	Te						
C12-1	94	0		94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
C12-2	0	0	43	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
C12-3	0	0	75	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
C12-5	0	0	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
C12-6	0	0	67	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
C12-7	71	0	0	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	5
C13-2	82	0	6	88	7	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
C13-3	96	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
C13-5	0	0	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
min	0	2	1	20	1	0	2	0	0	1	0	42	0	0	0
max	96	43	90	100	38	44	40	0	0	12	0	42	68	24	73
average	34.66	3.01	22.32	67.59	4.67	2.07	4.62	0.00	0.00	0.64	0.00	0.96	12.96	0.68	19.00

Tel = Telovitrinite, Det= Detrovitrinite, Gel = Gelovitrinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter

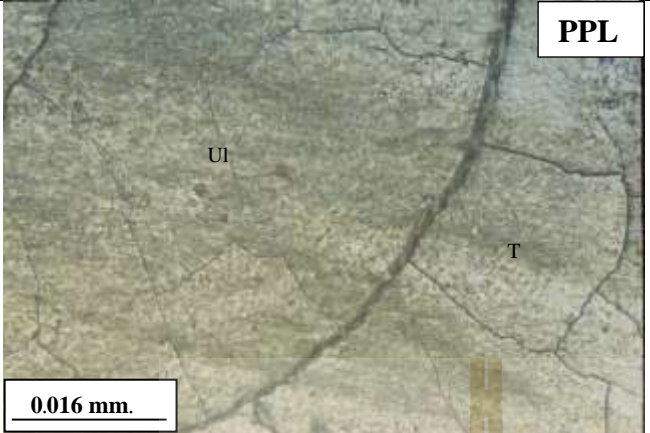
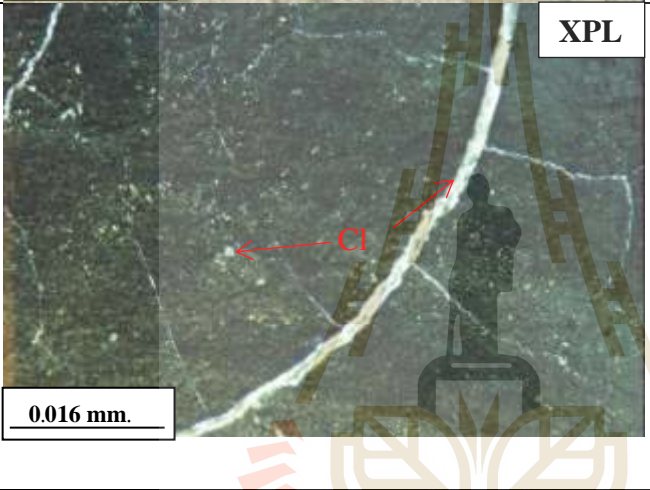
Sp = Sporinite, Re = Resinite, Lip = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Su = Suberinite, Lam = Lamalginite, Te= Telaginite

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C2-1</b></p> <p><b>Texto-ulminite</b> shows well preserve cell walls and cell ulmin but highly cracked due to high moisture content in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 77 %  L = 0 %  I = 0%  MM = 23 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of texto-ulminite in telovitrinite subgroup. They show structure of cell walls (<b>textinite</b>) filled with gelified material (<b>ulminite</b>).</p> <p><b>Texto-ulminite</b> displays pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of clay minerals and silica filling in dry ulminite voids. They show brownish yellow to dark dots in PPL. In XPL clay display yellow to yellowish brown and silica display white.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite Ul = Ulminite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ 4.22 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -1)



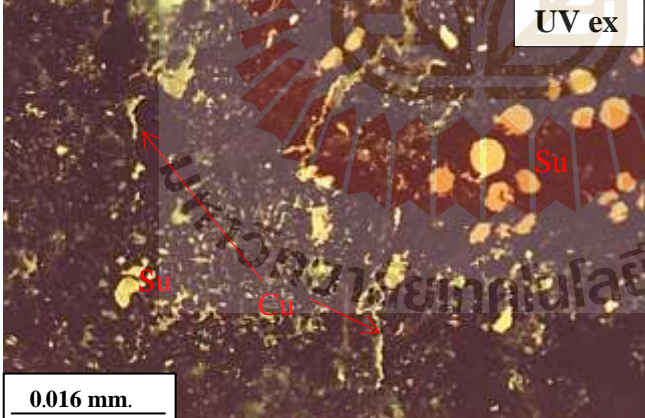
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center; color: red;">Gel</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C2-2</b></p> <p><b>Densinite</b> (sapropelic coal) show the accumulation of organic matter.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 68 %</p> <p>L = 17 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 15 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: center; color: red;">C Si</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They show pale gray in PPL with high relief, black in XPL and UV extinction.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and resinite. <b>Liptodetrinite</b> displays dark yellow to orange spots, various sizes without shape. <b>Resinite</b> displays bright yellow of big spots with sphere shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: center; color: red;">Re S</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display white dots in XPL and black under UV extinction</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation</p> <p>V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p> <p>Re = Resinite, S = Sporinite, C = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ 4.23 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -2)


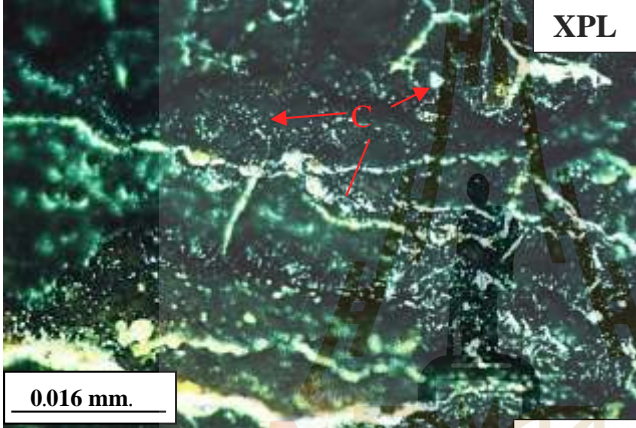
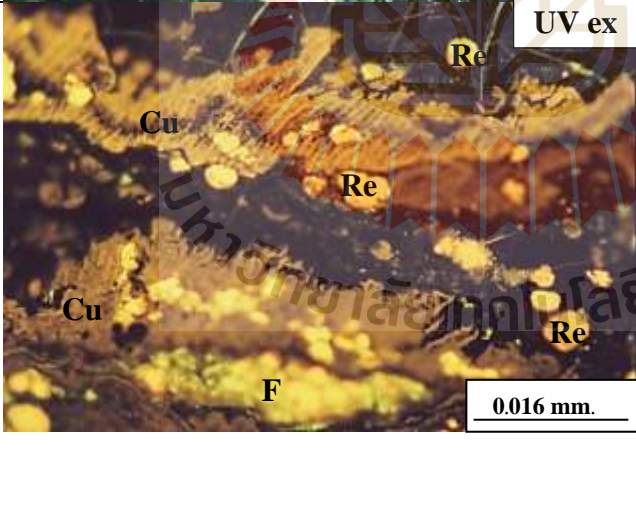
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C2-4</b></p> <p><b>Textinite</b> consists mainly of well preserve cell walls and cell ulmin in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 86 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 14 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of textolulminite in telovitrinite subgroup. They show structure of wood cell walls and display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals filling in dry ulminite voids. They show dark dots and line in PPL. In XPL they display white color.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite Ul = Ulminite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ 4.24 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2-4)




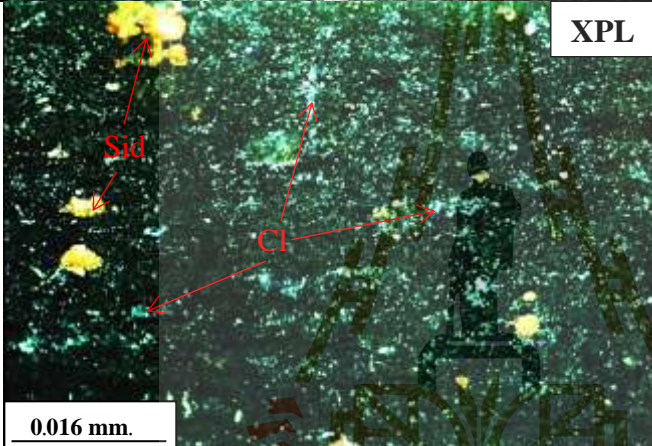
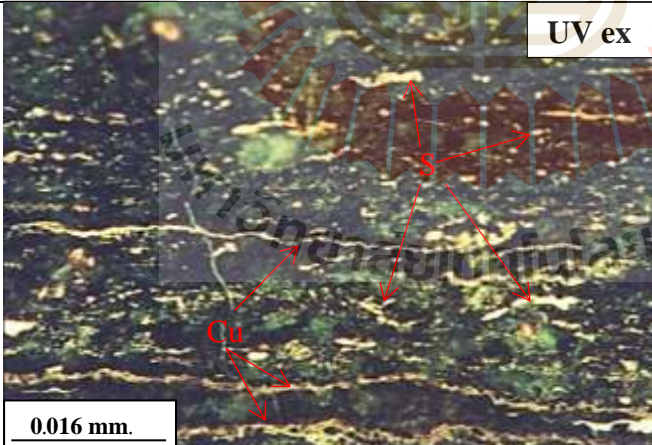
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Ul</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C4-5</b></p> <p><b>Telovitrinite (Ulminite) with suberinite</b></p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 65 %  L = 27 %  I = 0 %  MM = 8 %</p>
 <p>XPL</p> <p>C</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite with structure of dry cell ulmin. They display pale gray with strongly reflect layer in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of Suberinite, cutinite remains and some liptodestrinite.</p>
 <p>UV ex</p> <p>Su</p> <p>Cu</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Suberinite</b> shows a yellow circle and shape of dry cell.</p> <p><b>Cutinite</b> shows a remains of yellow line in UV excitation.</p> <p><b>Mineral Matters</b> consists mostly of clay minerals and display pale gray to dark in PPL, white spread in XPL, and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation, V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, Su = Suberinite, Ul = Ulminite, C = Clay mineral, Cu = Cutinite</p>	

รูปที่ 4.25 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C4-5)

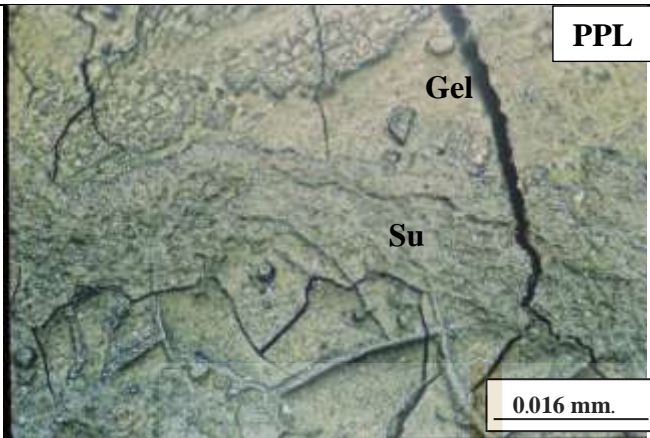
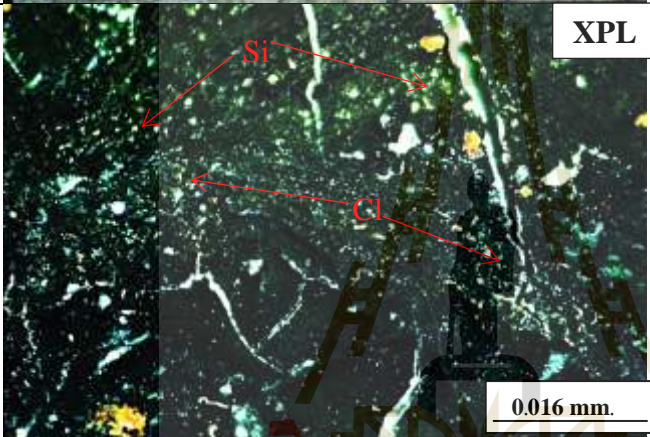

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C6-2</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> displays well preserve cutinite and show cuticle ledges at a slightly oblique angle cut.</p> <p>Composition (%)  V = 22 %  L = 68 %  I = 0 %  MM = 10 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite and show cell lumens of tissue with highly structure of porigelinite. They display pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of <b>cutinite</b> and resinite. They display cuticle ledges, high relief and pale gray in PPL and black in XPL. In UV excitation, they display orange light with bright field illumination and appear dark in the middle (cutin) with ledges indicative of cutinite. <b>Resinite</b> show bright yellow with various sphere sizes. <b>Fluorinite</b> display bright yellow to greenish yellow droplet groups associated with cutinite.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of clay mineral filling in voids. They display pale gray to dark in PPL, white dots dispersed in XPL and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cu = Cutinite, Re = Resinite, F = Fluorinite, Cl = Clay minerals</p>	

รูปที่ 4.26 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C6-2)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C11-1</b>  <b>Densinite</b> (detrovitrinite subgroup) consists of organic material and mineral matter showing sapropelic deposited.</p> <p>Composition (%)  V = 67 %  L = 21 %  I = 0 %  MM = 12 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite. They show pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of cutinite, sporinite and liptodetinite. They display dark gray in PPL and dark brown to black in XPL. Under UV excitation, <b>sporinite</b> displays light yellow and small yellowish-brown spots with various spore shape. <b>Cutinite</b> displays yellow to yellowish brown line with ledges shape. <b>Liptodetinite</b></p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p>display yellow to dark orange dots dispersed in gelinite. <b>Mineral Matters</b> consists of clays and silica mineral with some siderite. They show white to pale gray in PPL. Clay and silica display white sparse droplets in XPL and greenish black to black under UV ex. Siderite display pale gray in PPL, bright yellow to yellow orange in XPL with black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cl = Clays, Cu = Cutinite, S = Sporinite, Sid = Siderite</p>	

รูปที่ 4.27 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C11-1)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Gel</p> <p>Su</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C11-6</b></p> <p><b>Suberinite</b> in liptinite group with gelinite crack.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 44 %</p> <p>L = 42 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 14 %</p>
 <p>XPL</p> <p>Si</p> <p>Cl</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of textolminite and some gelinite. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>suberinite</b>. They show structure cell walls of cortex are pale gray in PPL, black in XPL and yellow under UV excitation. <b>Resinite</b> displays pale gray with high relief in PPL, black in XPL and white bright to light yellow in UV excitation.</p>
 <p>UV ex</p> <p>S</p> <p>R</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral Matters</b> consists mostly of clay and silica deposited with gelinite. They show pale gray to dark spots in PPL and black in UV excitation. In XPL, clay display white spots and silica display yellowish green and brownish yellow dots.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cl = Clay, Si = Silica, Su = Suberinite, Re = Resinite, Cg = Gel = Gelinite</p>	

รูปที่ 4.28 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C11-6)



### 4.2.3 หน่วยหินย่อยถ่านหิน B

ถ่านหิน B เป็นหน่วยย่อยที่อยู่ระหว่างชั้นถ่านหิน C และถ่านหิน A มีลักษณะเป็นแถบ มีความมันวาวปานกลางถึงมันวาว ประกอบด้วยกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิตามิน (75.29%) ลิพิด (11.88%) อินอทีน (0.12%) และแร่ธาตุ (12.71%) แสดงในตารางที่ 4.6

จากตารางที่ 4.6 พบกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิตามิน ประกอบด้วย Telovitrinite (38.47%) และ Gelovitrinite (44.71%) โดย Telovitrinite แสดงลักษณะของเนื้อเยื่อพืช ได้แก่ Telinite textu-Ulminite หรือ Porigelinite (รูปที่ 4.29) ซึ่งบางชนิดแสดงลักษณะที่มองเห็นได้ของไม้และเปลือกไม้ ที่แสดงโครงสร้าง โครงร่างที่ไม่ชัดเจน ซึ่งเรียกว่า Telinite บางชนิดมีการย่อยสลายสูงและผ่านกระบวนการเจลซิฟิเคชันทำให้ได้ Gelinite ในชนิด Gelovitrinite โดยทั้งชนิด Gelinite และ Textinite มักจะแสดงในถ่านหินที่มีแถบสีสว่างของผนังเซลล์พืช (รูปที่ 4.30) มีสีเทาถึงสีเทาซีดใน PPL และมีสีเทาเข้มถึงดำใน XPL ซึ่งเกิดขึ้นเฉพาะจากการออกซิเดชันของฟิต ในน้ำปริมาณมากและบริเวณใกล้พื้นผิวที่ออกซิเจนสัมผัสกับพื้นผิวของการสะสมของพรูหรือในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อย ถ่านหินส่วนใหญ่ประกอบด้วย Vitrinite มีตั้งแต่ 35 - 97% และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Liptinite มีปริมาณน้อย ซึ่งน้อยกว่า 42% ซึ่งสิ่งนี้แสดงถึงถ่านหินมีแหล่งกำเนิดพรูของป่า ที่มีสภาพใกล้แผ่นดินมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบ Sclerotinite (รูปที่ 4.29) ของกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดอินอทีน ในหน่วยหินย่อย Coal B

จากตารางที่ 4.6 แสดงกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิพิดที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วย แร่อินทรีย์ที่ที่ทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ Sporinite Resinite และ Liptodetrinite ในตัวอย่างถ่านหินบางส่วนมี Sporinite ซึ่งสะสมอยู่ในชีวมีกเจลและเปลี่ยนเป็น Gelinite โดยการดูดซึมน้ำเข้าไปในโครงสร้างของเซลล์ โดยถ่านหินที่มีปริมาณ Sporinite มากกว่า Alginite ซึ่งมาจากฟิตที่เป็นกอกในป่าพรู แสดงสีเหลืองสว่างถึงเหลืองเข้มในแสงฟลูออเรสเซนซ์ โดยแสดงลักษณะคล้ายสปอร์ (รูปที่ 4.31) ส่วน Resinite ในเนื้อของ Gelovitrinite อาจได้มาจากเนื้อเยื่อของใบไม้ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะอุดมไปด้วยเรซิน โดยเฉพาะต้นสนที่พบในพีชอายูเทอร์เชียรี นอกจากนี้ยังมีเนื้อเรซินที่แยกออกมาซึ่งเป็นขจัดออกจากเซลล์พืชเดิม เมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลาย มักพบในถ่านหินอายูเทอร์เชียรี Resinite (รูปที่ 4.32) แสดงสีเทาซีดใน PPL ภายใต้น้ำตาลถึงดำใน XPL

ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสียูวีจะแสดงสีเหลืองใสเป็นจุดเล็กๆ ซึ่งมีเรซินฝังอยู่ในเนื้อเยื่อของเซลล์ (รูปที่ 4.31 และ 4.33) ส่วนการพบ Liptodetrinite ร่วมกับ Sporinite อาจบ่งชี้ถึงการกระจายตัวของ กกในหนองบึงไปยังพื้นที่กึ่งแห้งกึ่งน้ำ ที่มีการสะสมของ "Gytja" ด้วยโคลนที่มีสารอินทรีย์ ซึ่งมีสีเทาซีดถึงเทาเข้มใน PPL และมีสีน้ำตาลถึงดำใน XPL และสีเหลืองถึงน้ำตาลเหลืองในหลากหลาย รูปทรงและมีความละเอียดอื่น ๆ อย่างชัดเจนภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV

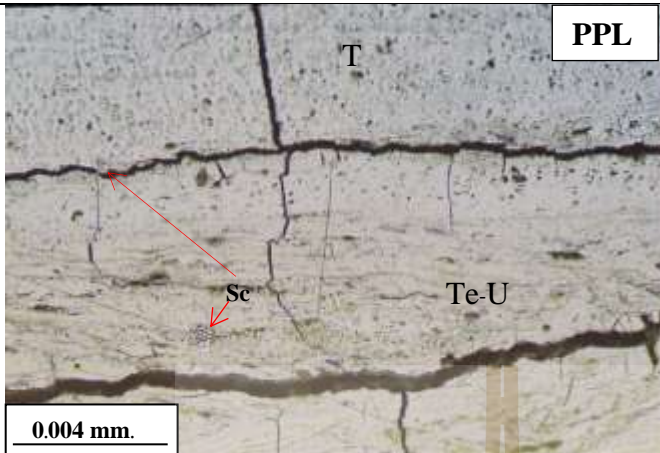
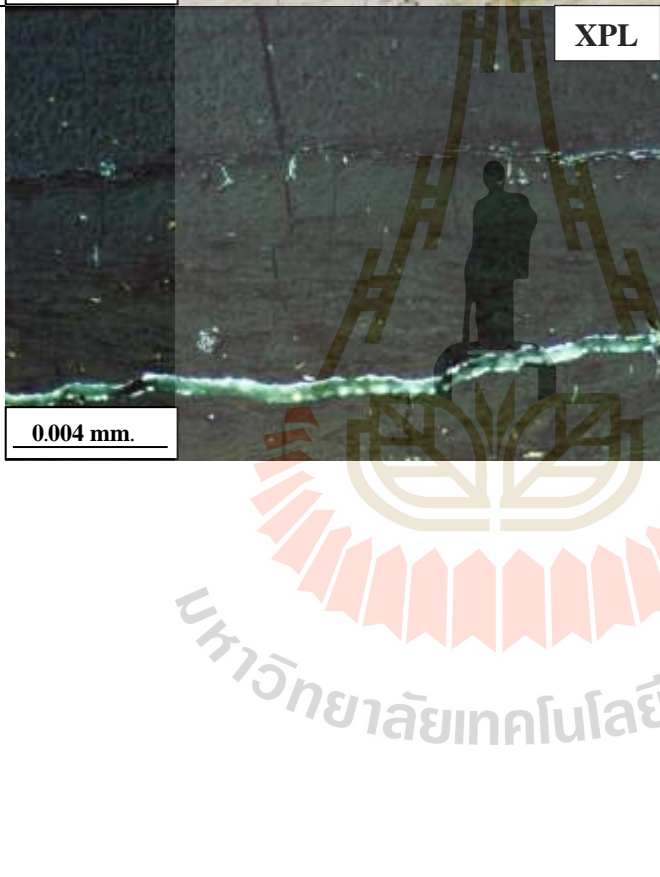
แร่ธาตุพบได้จำนวนเล็กน้อยในหน่วยหินย่อยนี้ แต่ในบางชั้นจะมีซิลิกา ไคอะตอมไมต์ หับลมร่วมกับ Sporinite และวัสดุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ไคอะตอมไมต์แสดงสีเทาซีดถึงสี ขาวใน PPL มีสีขาวใน XPL และการเรืองแสงเป็นสีเหลืองขาวถึงเหลืองอมเขียวภายใต้การกระตุ้น ด้วยรังสี UV (รูปที่ 4.31) ปัจจุบันการศึกษาของ ไคอะตอมไมต์ในชั้นถ่านหินสามารถบ่งชี้ได้ถึง การ มีหับลมร่วมของเจ้าภูเขาไฟที่มีปริมาณซิลิกาสูงจากการปะทุของภูเขาไฟในระยะไกล (รูปที่ 4.32)

ตาราง 4.6 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหิน Coal B ของแอ่งแม่ตึบ

ตัวอย่าง	Vitrinite				Liptinite									In	MM
	Tel	Det	Gel	Total	Sp	Cu	Lip	Alginite		Re	Fl	Su	Total		
								Lam	Te						
B15-4	96	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
B15-5	75*	0	18	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
B15-7	93	0	2	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
B15-8	90*	0	5	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
B16-2	94	0	3	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
B16-4	95	0	0	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
B17-2	0	0	35	35	2	5	17	0	0	2	0	0	26	0	39
B17-4	0	0	65	65	2	0	13	0	0	9	0	0	24	0	11
B17-8	0	0	37	37	3	0	12	0	0	4	0	0	19	0	44
B17-7	0	0	48	48	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	48
B17-10	0	0	49	49	3	14	4	0	0	2	0	0	23	0	28
B17-11	0	0	50	50	0	20	9	0	0	13	0	0	42	0	8
B17-14	96*	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
B17-12	0	0	87	87	9	0	4	0	0	0	0	0	13	0	0
B18-2	0	0	69	69	7	0	22	0	0	2	0	0	31	0	0
B18-4	15	0	79	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
B18-5	0	0	79	79	4	0	15	0	0	1	0	0	20	0	1
min	0	0	2	35	2	5	4	0	0	1	0	0	0	0	0
max	96	0	87	97	9	20	22	0	0	13	0	0	42	2	48
Average	23.12	0.00	36.82	75.29	1.76	2.29	5.88	0.00	0.00	1.94	0.00	0.00	11.88	0.12	12.71

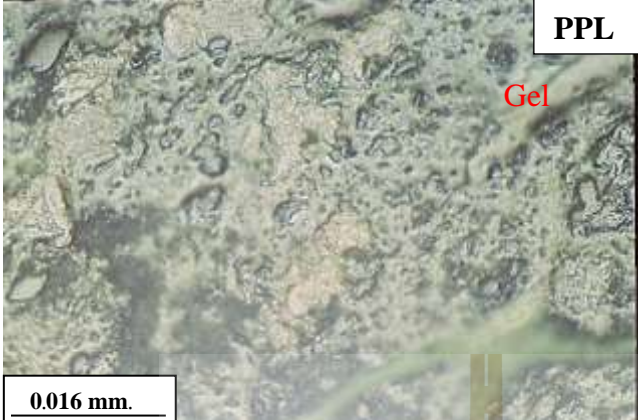
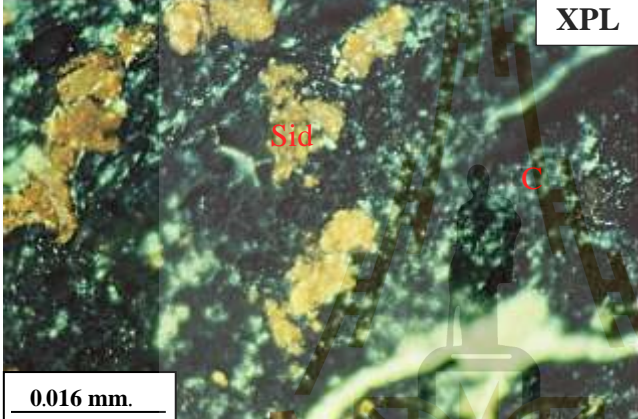
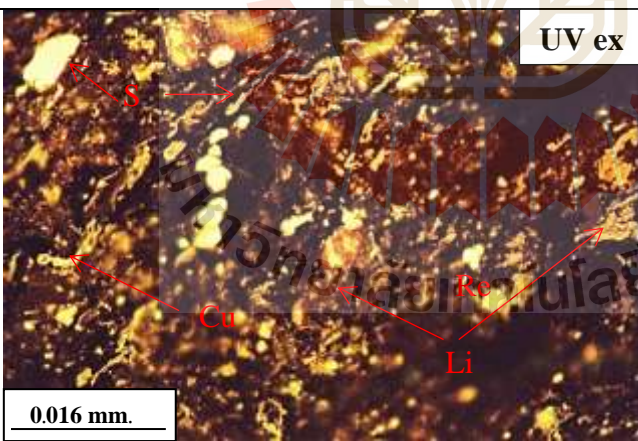
\* = Texto-Ulminitel, Tel = Telovitrinite, Det= Detrovitrinite, Gel = Gelovitrinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter

Sp = Sporinite, Re = Resinite, Lip = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Su = Suberinite, Lam = Lamalginite, Te= Telaginite

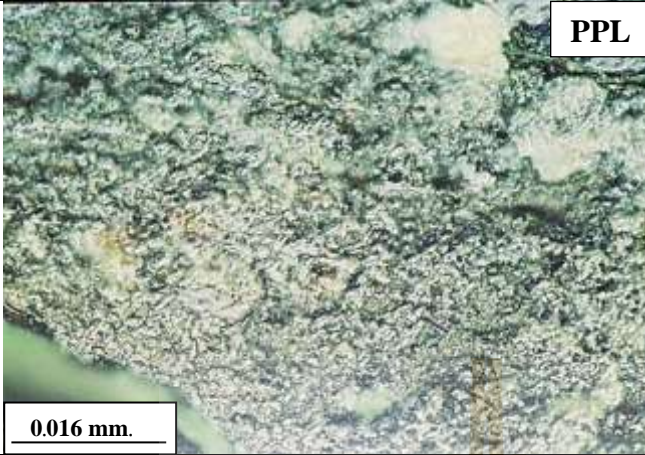
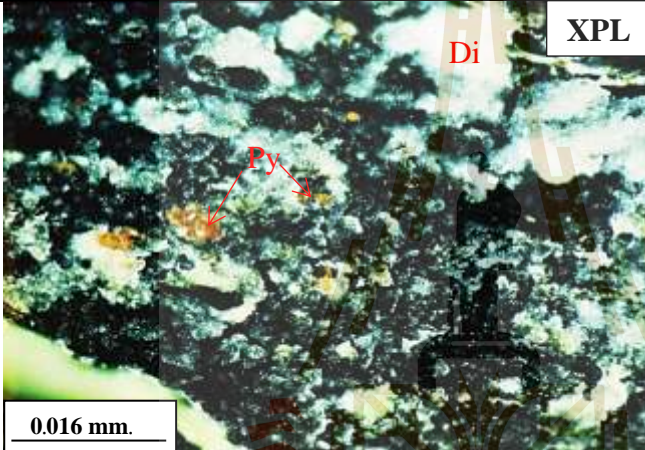
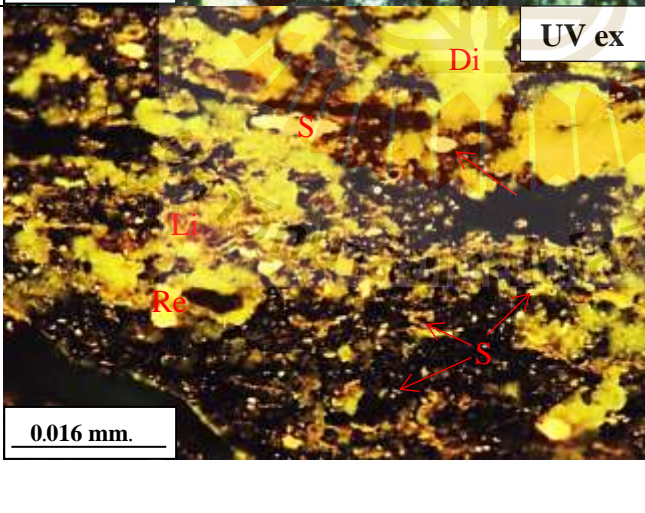
ภาพตัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. B15-4</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of texto-ulminite in copocollinite at perpendicular tree trunk.</p> <p>V = 96 % L = 0 % I = 2 % MM = 2 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of <b>copocollinite</b>. They display bark and cork of wood showing structure of cell walls (textinite) filled by gel (ulminite). <b>Texto-ulminite</b> display dark brown in PPL for dry ulmin, pale gray in PPL for textinite and black in XPL.</p> <p><b>Inertinite</b> consists of sclerotinite. They display pale gray with highly relief with sphere shape in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of small amount clay minerals. They display black in PPL and white dots in XPL filling in crack and sclerotinite voids.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter Te = Textinite, Te-U = Texto-Ulminite, Sc = Sclerotinite, Cl = Clays</p>	

รูปที่ 4.29 ภาพตัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B15 – 4)



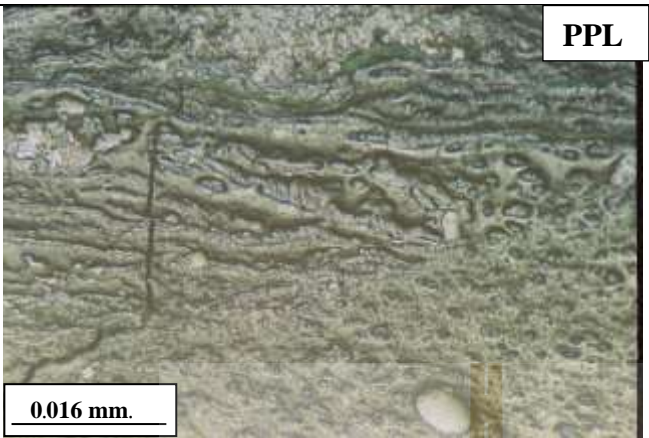
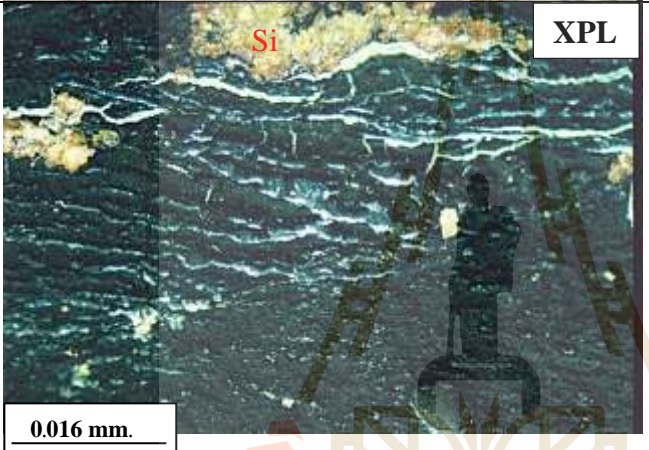
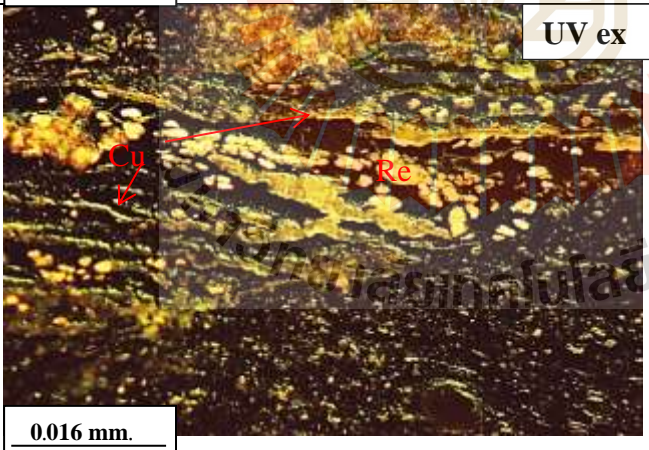
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B17-2</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> show the accumulation of organic matter.</p> <p>Composition (%)  V = 35 %  L = 26 %  I = 0 %  MM = 93 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They display pale gray in PPL with high relief, dark gray to black in XPL and black in UV excitation.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite, sporinite, cutinite remain and resinites. They display pale gray in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation, <b>Liptodetrinite</b> displays dark yellow to orange spots, various sizes without shape. <b>Resinite</b> display as bright yellow of big spots with sphere shape.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display dark in PPL with white dots in XPL and black under UV ex. The orange crystal in XPL and dark brown to black in UV ex could be siderite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Re = Resinite, S = Sporinite, C = Clay, Sid = Siderite, Cu = Cutinite, Li = Liptodetrinite</p>	

รูปที่ 4.30 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 2)


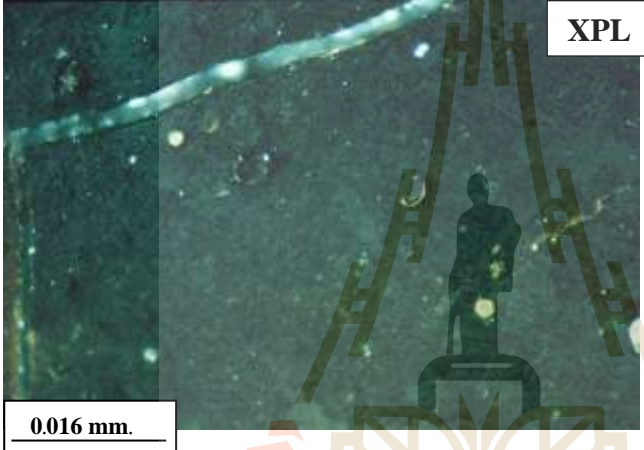
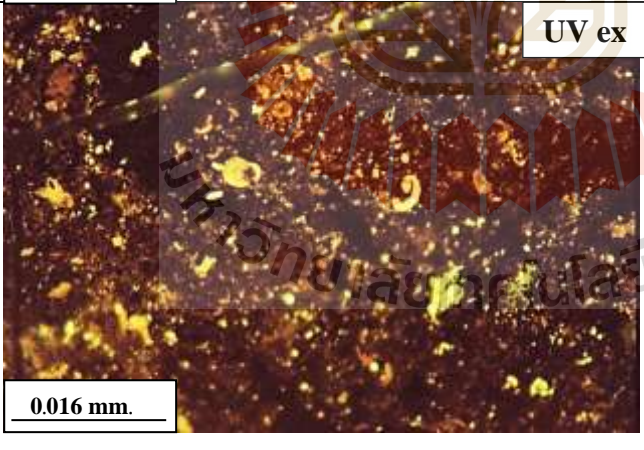
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B17-8</b></p> <p><b>Densinite</b> shows sapropelic deposit with diatom.</p> <p>Composition (%)  V = 37 %  L = 19 %  I = 0 %  MM = 44 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of very fine-grained of organic sediment. They are densinite cemented by gelovitrinite. They display white to pale gray in PPL and black in XPL.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and sporinite. They display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL. Under UV excitation, <b>liptodetrinite</b> display as yellow to dark yellow spots without shape. <b>Sporinite</b> display as bright yellow to brownish yellow dots with various sized and spore shape.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of diatomite with few of pyrite. <b>Diatomite</b> displays as fine-grained structure (cloudy structure). They display white to pale gray in PPL, bright white in XPL and white yellow to greenish yellow in UV ex. Pyrite display light yellow in PPL, brown in XPL and dark brown to black in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Di=diatomite, S=Spore, Re = Resinite, Li = Liptodestrinite</p>	

รูปที่ 4.31 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 8)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B17-11</b></p> <p><b>Corpogelinite</b></p> <p>Composition (%)  V = 50 %  L = 42 %  I = 0 %  MM = 8 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite subgroup. They show corpogelinite of wood tissue. They display colorless to pale in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of cutinite and sporinite. They display dark gray with highly relief in in PPL and black and white yellow in XPL. Under UV excitation, <b>cutinite</b> and <b>sporinite</b> display as orderly white yellow to yellowish brown spots and various sizes of spore shape.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay. They display as a few of very small spots, white and yellow in XPL and black in PPL and UV excitation. Siderite display yellowish pale gray in PPL, white to dark yellow radial in XPL and dark brown to black in UV excitation.</p>
	
	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation, V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cl = Clay, Cu = Cutinite, Re = Resinite Si = Siderite</p>	

รูปที่ 4.32 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 11)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. B18 – 2</b></p> <p><b>Densinite</b> shows sapropelic deposit with liptinite cemented by gelovitrinite.</p> <p>Composition (%)  V = 69 %  L = 31 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite. They display pale gray in PPL and dark gray to black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and sporinite. They display pale gray with highly relief in PPL and dark gray to black in XPL. Under UV excitation, <b>liptodetrinite</b> display as group of yellow to dark yellow without shape. <b>Sporinite</b> display as bright yellow to yellow dots, various sized and spore shape.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p>	

รูปที่ 4.33 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B18 – 2)

#### 4.2.4 หน่วยหินย่อยถ่านหิน A

ถ่านหิน A เป็นหน่วยย่อยที่อยู่ด้านบนสุดของชั้นถ่านหิน มีลักษณะชั้นถ่านหิน ส่วนล่าง ประกอบด้วยชั้นหินลิโอนาร์ไคต์ ถ่านหินที่มีสารอินทรีย์สูง (Sapropelic coal) และถ่านหินฮิวมิค ที่มีการรักษาสภาพของเนื้อเยื่อพืชได้ดี ที่อยู่ด้านบนสุด

จากตารางที่ 4.7 แสดงถึงถ่านหินชั้นนี้ ประกอบด้วยกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิทริไนต์ มีปริมาณ 28 - 100% ประกอบด้วย Telovitrinite (48.17%) และ Gelovitrinite (20.94%) ซึ่งแสดงถึงสภาพแวดล้อมที่เป็นป่าพรุ ถ่านหินที่มีสารอินทรีย์สูง ส่วนใหญ่ประกอบด้วย Detrovitrinite ที่อยู่ร่วมกับ Gelovitrinite ซึ่งลักษณะการเรืองแสงที่แตกต่างกันตาม

กลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลึปทิงไนต์ต่างๆ ในพื้นเนื้อของถ่านหิน และมีสีเข้มของ Gelovitrinite ภายใต้อการกระตุ้นด้วยรังสี UV (รูปที่ 4.34) ถ่านหินที่ได้มาจากเนื้อเยื่อของพืชซึ่งมาจากส่วนของไม้เป็นส่วนใหญ่ แสดงให้เห็นถึงกระบวนการต่อเนื่องที่ลิกนินและเซลลูโลสของผนังเซลล์พืชและการทำให้พืชถูกเปลี่ยนเป็นสารฮิวมิคที่มีสีเข้มภายใต้กล้องจุลทรรศน์

จากรูปที่ 4.35 แสดง Telovitrinite ซึ่งประกอบด้วย Telinite Collotelinite และ Porigelinite ที่แสดงลักษณะของโครงสร้างไม้ แร่อินทรีย์กลุ่ม Vitritinite ที่พบในหน่วยหินย่อยของถ่านหินนี้ ซึ่งสะสมตัวในระดับน้ำสูง เนื่องจากแสดงลักษณะของเจลที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิทริไนต์ และพบกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดโอเทอทิไนต์เล็กน้อย โดยกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิทริไนต์ อยู่ในช่องว่างเซลล์ของ Porigelinite และ Collotelinite (เซลล์ที่แห้งและเนื้อเยื่อพืชที่รักษาพืชสภาพไว้อย่างดี) ดังแสดงในรูปที่ 4.37 รูปที่ 4.39 และรูปที่ 4.40

กลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดโอเทอทิไนต์ พบ Telovitrinite ในเจลสามารถรักษาสภาพเนื้อเยื่อของพืชซึ่งได้มาจากลำต้นรากและเปลือกไม้ (รูปที่ 4.36 และ 4.37) ซึ่งสามารถเห็นได้จากความแตกต่างของสีเรืองแสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วยการกระตุ้นด้วยรังสี UV และยังพบ Sclerotinite เล็กน้อย (รูปที่ 4.40) ซึ่งเป็นกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดโอเทอทิไนต์ ที่ได้มาจากเชื้อที่สัมพันธ์กับ Telinite

จากรูปที่ 4.38 และ รูปที่ 4.39 แสดงกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิทริไนต์ ที่มีสีขาวถึงสีเทา ฝังใน PPL มีสีดำใน XPL ประกอบด้วย Cutinite ที่มี Fluorinite (หรือ Chlorophyllinite) เกิดรวมด้วย ที่มีโครงสร้างของการรักษาสภาพของใบ ซึ่งบ่งบอกถึงสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนต่ำ โดย



ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV แสดง Cutinite ที่มีลักษณะเป็นเส้นบาง ๆ หักยาว และเห็นเป็นเส้นขอบนูนสูง ใน PPL ส่วน Fluorinite หรือ Chlorophyllinite แสดงเป็นจุดสีขาวสว่างเล็ก ๆ สีเหลืองถึงสีเหลืองอมเขียว ภายใต้แถบของ Cutinite ซึ่งบ่งบอกถึงการรักษาสภาพแหล่งน้ำภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ สามารถสังเกตเห็นได้จากลักษณะโครงสร้างทั่วไปของ Exine ซึ่งสังเกตเห็นได้จากเส้นคู่ มีสีเหลืองถึงสีเหลืองอมน้ำตาล ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV (รูปที่ 4.38 ถึงรูปที่ 4.41) และ Exsudatinitite เป็นกลุ่ม Vitrinite และเป็นเจลที่อุดมในรอยแตก ซึ่งแสดงเป็นมวลที่เรืองแสงสีขาวเหลืองถึงเหลืองอมเขียวที่เติมเต็มอยู่ด้วยรอยแตก (รูปที่ 4.41)

แร่ธาตุพบได้ปริมาณน้อย ซึ่งมีความสำคัญในหน่วยย่อยของถ่านหิน A ประกอบด้วย แร่ไพไรต์ แร่ดินเหนียว ควอตซ์และแร่ซิลิกาอื่น ๆ โดยแร่ไพไรต์ แสดงเป็นจุดสีขาวใน PPL และ XPL และเป็นจุดมืดภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV ซึ่งพบแทรกอยู่ในรอยแตกพร้อมกับ Gelinitidy และ Exsudatinitite (รูปที่ 4.41 และรูปที่ 4.42) ส่วนแร่มาร์คาไซต์ ไม่มีสีใน PPL และมีสีขาว หรือสีเทาถึงสีดำ ใน XPL ซึ่งบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตของแร่ซิงโครไรต์ที่สัมพันธ์กับไพไรต์ (รูปที่ 4.41 และรูปที่ 4.43)

ตาราง 4.7 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหิน Coal A ของแอ่งแม่เฒิบ

ตัวอย่าง	Vitrinite				Liptinite										In	MM
	Tel	Det	Gel	Total	Sp	Cu	Lip	Alginite		Re	Fl	Su	Ex	Total		
								Lam	Te							
A1-1	0	4	55	59	0	16	7	0	0	3	11	0	0	37	0	4
A1-3	0	2	69	71	0	2	12	0	0	1	0	0	0	15	0	14
A1-4	0	8	68	76	2	0	15	0	0	0	0	0	0	17	0	7
A1-5	19	1	36	56	0	9	5	0	0	9	11	0	0	34	0	10
A1-7	56	0	0	56	1	18	9	0	0	0	16	0	0	44	0	0
A2-3	50	8	19	77	6	6	7	0	0	0	4	0	0	23	0	0
A2-4	15	0	76	91	3	0	0	0	0	0	0	0	4	7	0	2
A2-5	0	0	28	28	0	0	5	64	0	0	0	0	0	69	0	3
A2-6	0	0	70	70	0	0	0	29	0	0	0	0	0	29	0	1
A2-7	2	1	27	30	6	0	8	35	0	0	0	0	0	49	0	21
A2-8	49	4	9	62	2	16	6	10	0	0	3	0	0	37	0	1
A2-1	87	0	3	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
A3-1	97*	1	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
A5-2	40*	0	29	69	0	15	6	0	0	7	3	0	0	31	0	0
A5-3	58	0	4	62	1	18	5	1	0	0	0	0	0	25	0	13
A5-4	100	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5-5	10	0	57	67	4	0	29	0	0	0	0	0	0	33	0	0
A5-6	95	0	0	95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
A6-1	28	0	18	46	6	0	25	13	4	0	0	0	0	48	0	6
A6-2	49	0	12	61	0	0	10	0	0	9	0	0	0	19	0	20

\* = Textolminitel, Tel = Telovitrinite, Det= Detrovitrinite, Gel = Gelovitrinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter, Sp = Sporinite, Ex=Exsudatinitite, Re = Resinite, Lip = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Su = Suberinite, Lam = Lamalginite, Te= Telaginite

ตาราง 4.7 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหิน Coal A ของแอ่งแม่ติบ (ต่อ)

ตัวอย่าง	Vitrinite				Liptinite										In	MM	
	Tel	Det	Gel	Total	Sp	Cu	Lip	Alginite		Re	Fl	Su	Ex	Total			
								Lam	Te								
A6-3	76	0	0	76	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	21
A7-2	72	0	26	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
A7-4	81	0	13	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
A7-5	0	0	88	88	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	5	
A9-1	1	0	57	58	4	8	8	0	0	0	22	0	0	42	0	0	
A9-3	82	0	0	82	5	0	6	0	0	0	7	0	0	18	0	0	
A9-6	0	0	50	50	9	0	23	18	0	0	0	0	0	50	0	0	
A9-9	24	0	30	54	5	0	17	22	2	0	0	0	0	46	0	0	
A9-11	74	0	0	74	6	3	6	0	0	0	5	0	0	20	0	6	
A9-13	59	0	0	59	5	12	2	0	0	0	12	0	0	31	0	10	
A10-1	89	0	0	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	
A10-3	96	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
A10-4	90	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	
A10-6	68	0	0	68	0	0	0	0	0	0	19	0	0	19	1	12	
A10-8	75	0	7	82	2	1	7	0	0	0	6	0	0	16	0	2	
A10-9	63	0	2	65	2	4	25	0	0	1	3	0	0	35	0	0	
A10-10	17	0	37	54	1	24	9	0	0	0	8	0	0	42	0	4	
A10-11	10	0	46	56	0	14	8	0	0	0	8	0	5	35	0	9	
A11-3	88	0	0	88	0	0	0	0	0	0	12	0	0	12	0	0	
A11-5	73	0	21	94	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0	2	
A11-7	0	0	69	69	0	0	1	0	0	0	14	0	0	15	0	16	

\* = Texto-Ulminitel, Tel = Telovitrinite, Det= Detrovitrinite, Gel = Gelovitrinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter, Sp = Sporinite, Re = Resinite, Lip = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Su = Suberinite, Ex=Exsudatinite, Lam = Lamalginite, Te= Telaginite

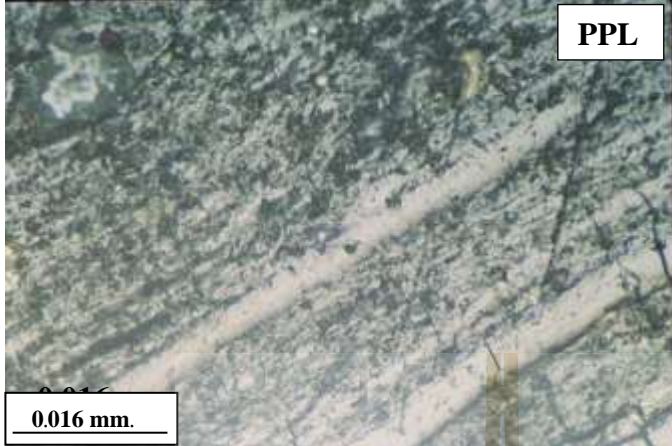
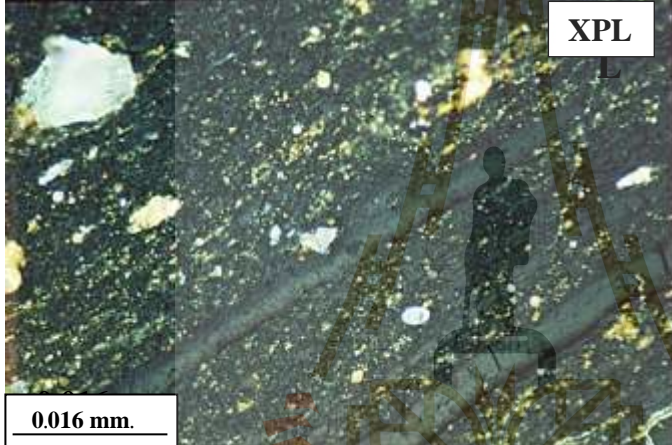
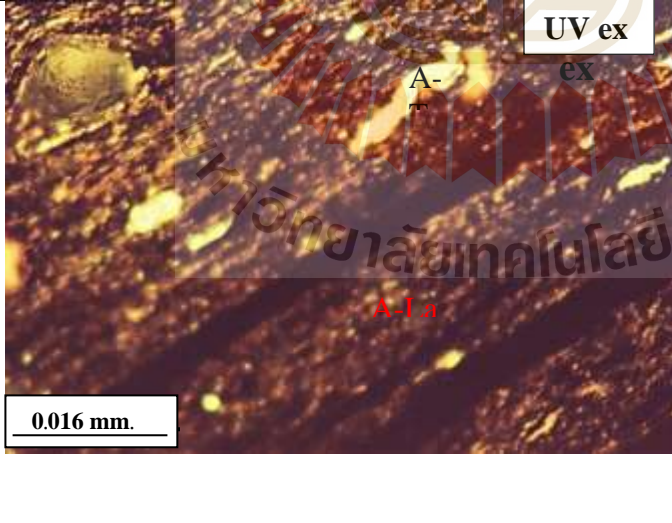
ตาราง 4.7 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยถ่านหิน Coal A ของแอ่งแม่ตึบ (ต่อ)

ตัวอย่าง	Vitrinite				Liptinite										In	MM	
	Tel	Det	Gel	Total	Sp	Cu	Lip	Alginite		Re	Fl	Su	Ex	Total			
								Lam	Te								
A11-8	88	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
A13-1	98	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A13-2	87	0	0	87	5	0	6	0	0	0	1	0	0	12	0	1	
A13-3	98	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
A13-4	96	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
min	0.00	1.00	2.00	28.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	
max	100	8	88	100	9	24	29	64	4	9	22	0	7	69	6	21	
%	<b>48.33</b>	<b>0.63</b>	<b>22.30</b>	<b>74.24</b>	<b>1.65</b>	<b>3.61</b>	<b>5.80</b>	<b>4.30</b>	<b>0.13</b>	<b>0.65</b>	<b>3.59</b>	<b>0.00</b>	<b>0.35</b>	<b>20.09</b>	<b>0.30</b>	<b>5.37</b>	

\* = Texto-Ulminitel, Tel = Telovitrinite, Det= Detrovitrinite, Gel = Gelovitrinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter

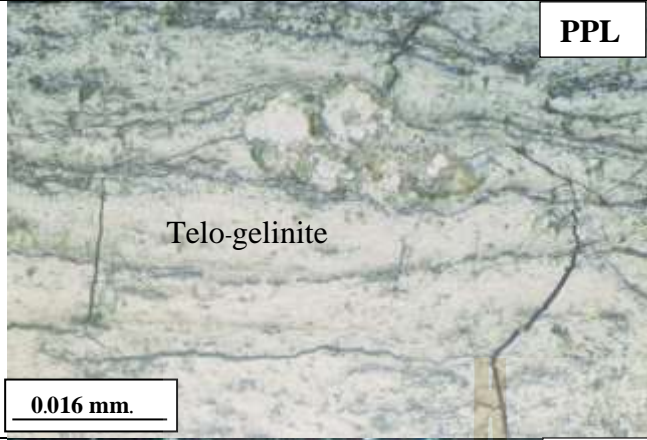

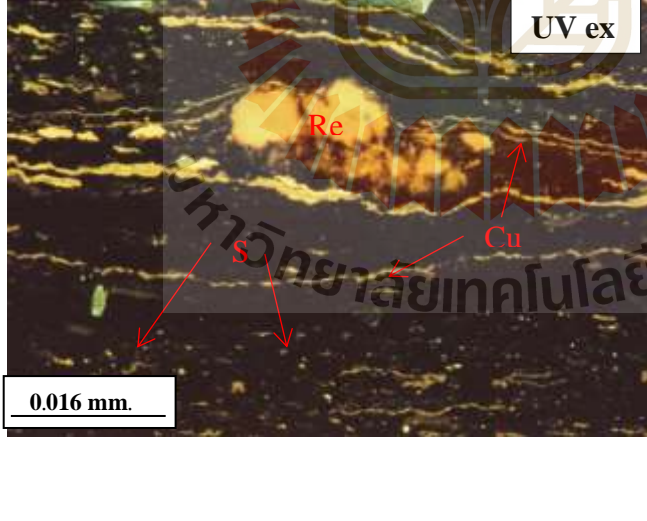
Sp = Sporinite, Re = Resinite, Lip = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Su = Suberinite, Ex = Exsudatinite, Lam = Lamalginitite, Te= Telaginitite



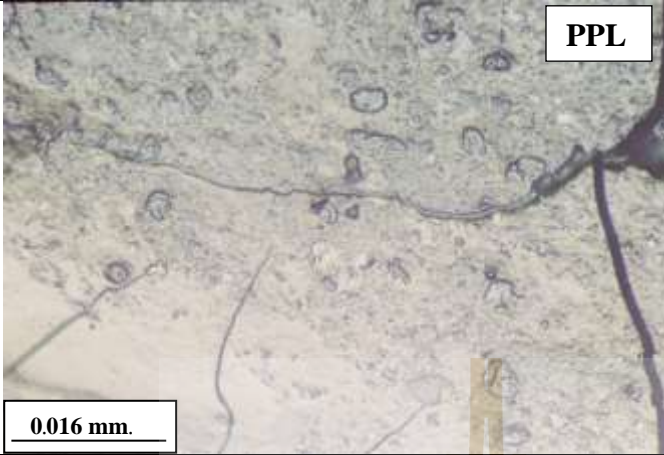
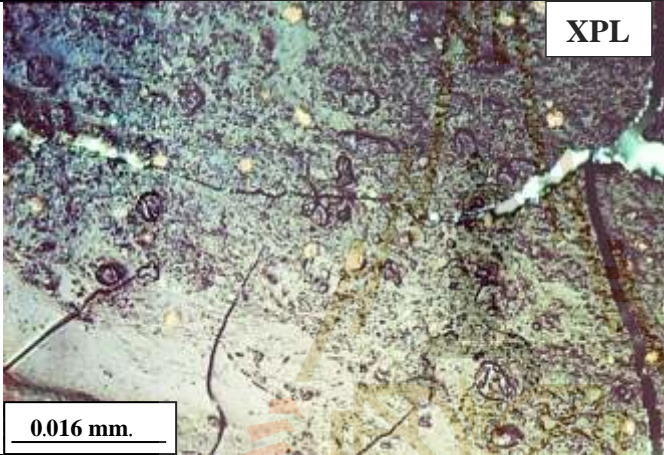
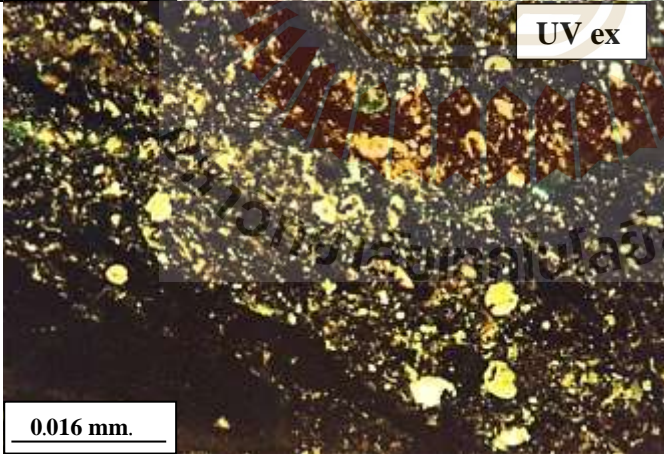
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A2-5</b></p> <p><b>Gelovitrinite with alginite (boghead coal)</b></p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 28 %</p> <p>L = 69 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 3 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelovitrinite. They display as layer of dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of alginite. <b>Alginite</b> display as small dots of yellow in XPL and yellowish brown in UV excitation. <b>Telaginite</b> display as bright white to yellow thick line and sphere shape (<i>botryococcus</i> sp.).</p>
	<p><b>Lamalginitite</b> displays as yellowish-brown dots and short lines. Some yellowish-brown dots are <b>sporinite</b> and <b>liptodetrinite</b>.</p> <p><b>Mineral matter</b> displays in various sizes, sub-round to round grain. They display pale gray to black in PPL and white to light yellow and pale gray in XPL.</p> <p>The silica crystal displays as big pale gray sphere in PPL and bright white in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, A-Te = Telaginite, A-La = Lamalginitite, = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ 4.34 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A2 –5)




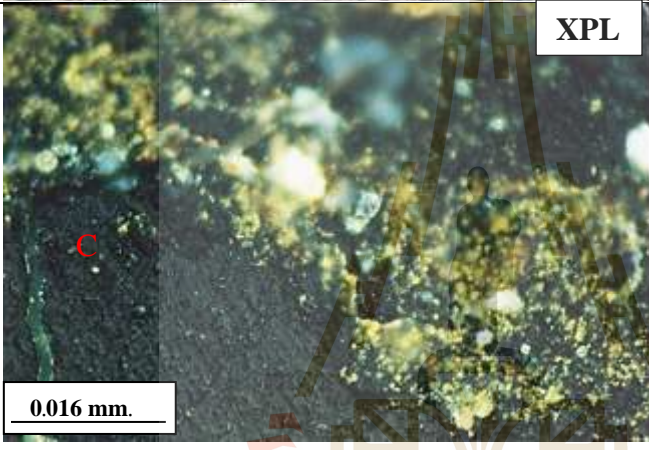
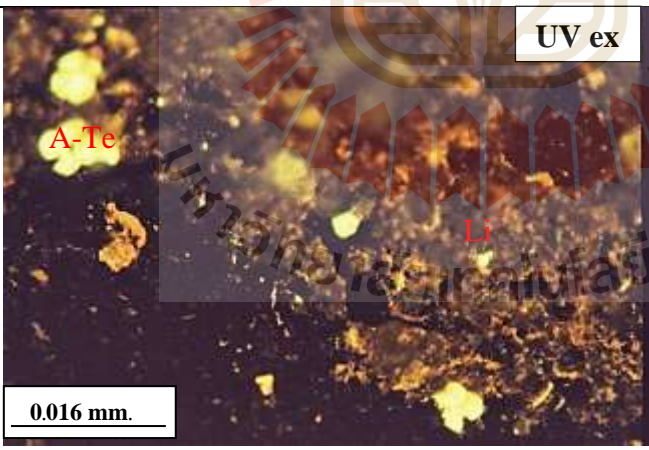
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A5-3</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows ulmin gel of wood xylem.</p> <p>Composition (%)  V = 62 %  L = 25 %  I = 0 %  MM = 13 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite with wood structure of telinite and gel cracking. Telo-gelinite display as pale gray with strongly reflect layer in PPL and black in XPL and UV ex. They display black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of resinite, sporinite and cutinite. They display dark gray to black in PPL and XPL. <b>Resinite</b> display colorless to light yellow in PPL, white to orange in XPL, bright yellow with sphere shape and highly orange rim in UV excitation. <b>Sporinite</b> display as yellow spore shape. <b>Cutinite</b> display as yellow line with ledge structure.</p>
	<p><b>Mineral Matters</b> consists mostly of clay minerals with silica. They display as pale gray to dark in PPL, white dots spread in XPL and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cu = Cutinite, Re = Resinite, S = Sporinite, Li = Liptodetinite</p>	

รูปที่ 4.35 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A5 – 3)


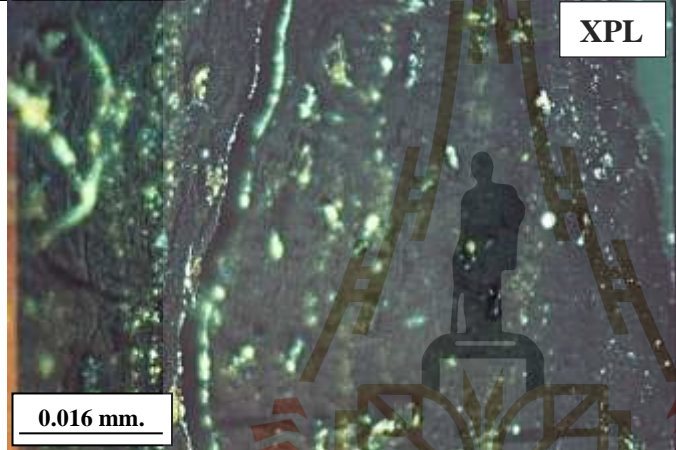
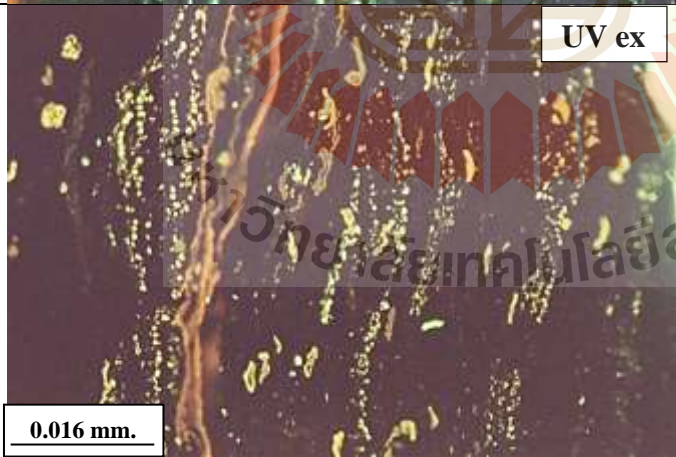
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A5-5</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows dry ulmin with liptinite in void.</p> <p>Composition (%)  V = 67 %  L = 33 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of detrovitrinite and gelovitrinite. They display pale gray in PPL and dark gray to black in XPL and UV excitation.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and sporinite. They display pale gray with highly relief in PPL and dark gray to black in XPL. Under UV excitation, <b>liptodetrinite</b> display as group of yellow to dark yellow without shape. <b>Sporinite</b> displays as bright yellow to yellow dots, various sized and spore shape.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p>	

รูปที่ 4.36 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A52 – 5)




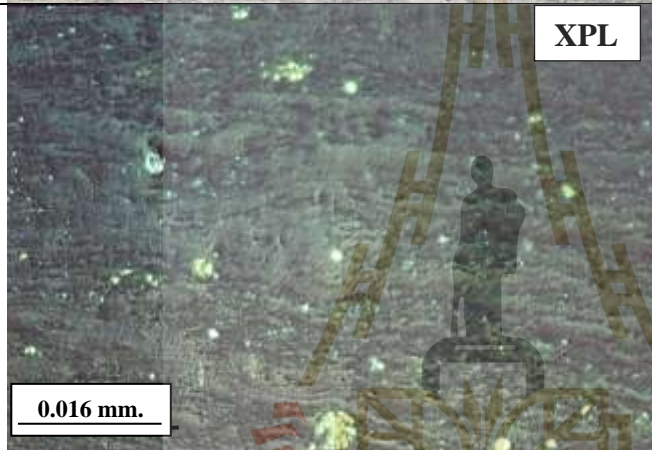

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A6-1</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows the accumulation of organic matter.</p> <p>Composition (%)  V = 46 %  L = 48 %  I = 0 %  MM = 6 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They show pale gray in PPL with high relief, dark gray to black in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite with some alginite. They show pale gray in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation, <b>Liptodetrinite</b> displays dark yellow to orange without shape.</p>
	<p>Under UV excitation, <b>Liptodetrinite</b> displays dark yellow to orange without shape.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display as dark in PPL with white dots in XPL and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  A-Te = Telalginite algae, C = Clay, Li = Liptodetrinite</p>	

รูปที่ 4.37 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A6 – 1)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A9-1</b></p> <p><b>Porigelinite</b> shows well preserve plant tissues.</p> <p>Composition (%)  V = 58 %  L = 42 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelovitrinite. They show plant remain (textinite) transforming to gelinite (Porigelinite). They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of cutinite, fluorinite and sporinite. <b>Cutinite</b> displays as very high relief in PPL, black line in XPL and line of yellowish brown to dark brown with v-shape and ledge shape under UV ex. <b>Fluorinite</b> displays as group of bright yellow to pale green dots in row near cutinite. <b>Sporinite</b> displays as white to dark yellow with S-shape and telephone shape.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation, Cu = Cutinite, Tep = Terpenite, Fl = Fluorinite, Cl = Clay, Py = Pyrite, V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p>	

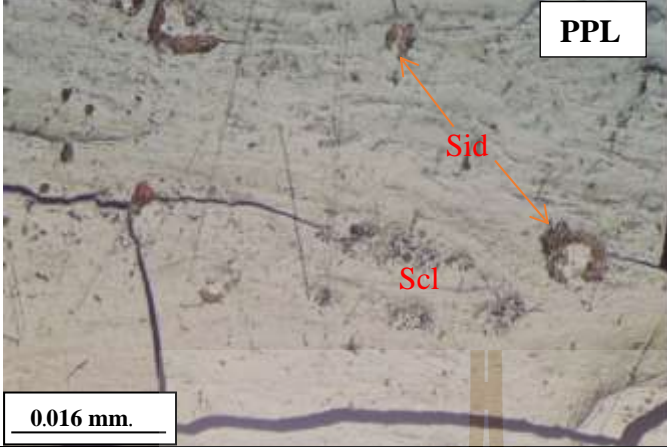
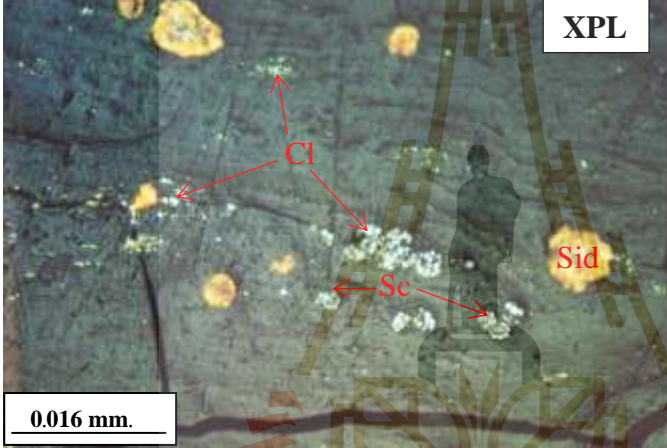
รูปที่ 4.38 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 1)



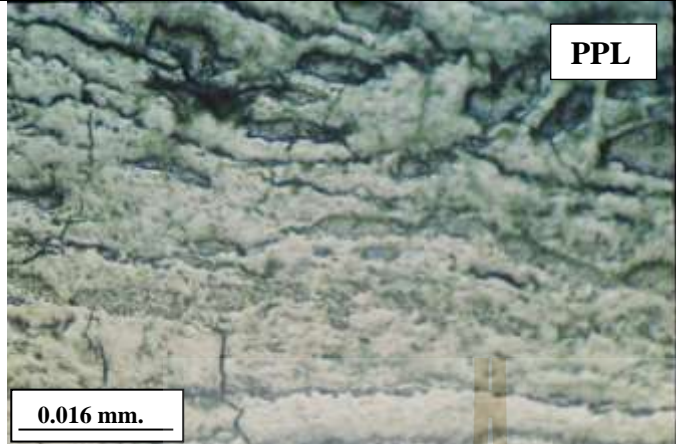
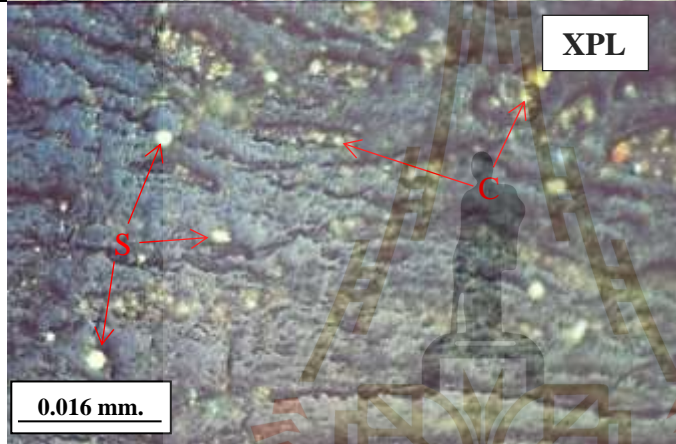
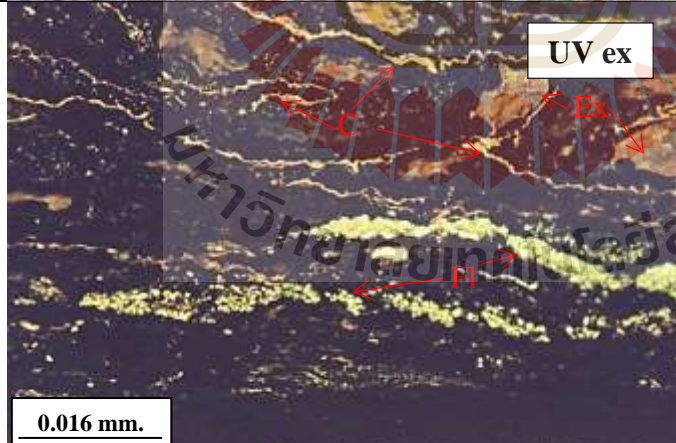
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p>	<p><b>Sample No. A9-6</b></p> <p><b>Porigelinite</b> shows well preserve plant tissues with alginite (<b>boghead coal</b>)</p> <p>Composition (%)  V = 50 %  L = 50 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite. It shows plant remains (bark) transforming to gelinite (Porigelinite). It displays a colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p>	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of alginite. <b>Alginite</b> display as small dots of yellow in XPL and yellowish brown in UV excitation. <b>Telaginite</b> display as bright white to yellow thick line and sphere shape (<i>botryococcus</i> sp.). <b>Lamalginite</b> displays as yellowish-brown dots and short lines. Some yellowish-brown dots are sporinite and liptodetrinite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter Li = Liptodetrinite,  A-Te = Telaginite algae, A-La = Lamalginite algae, = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ 4.39 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 6)

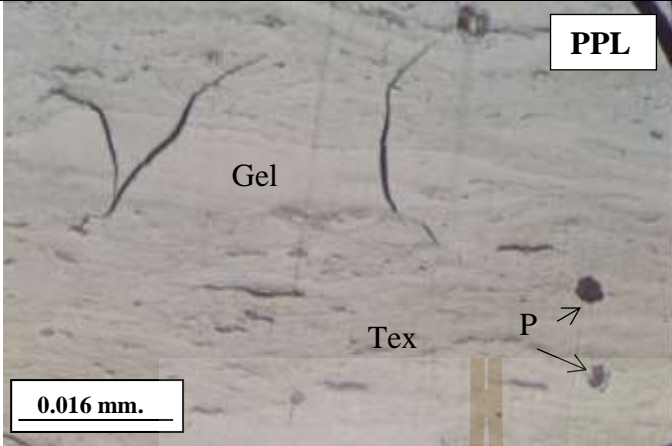
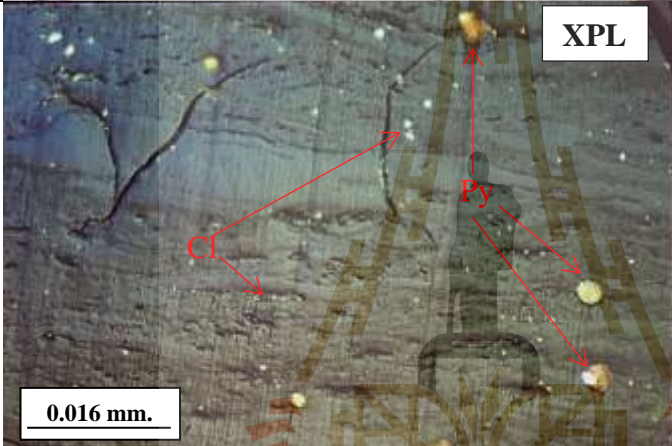
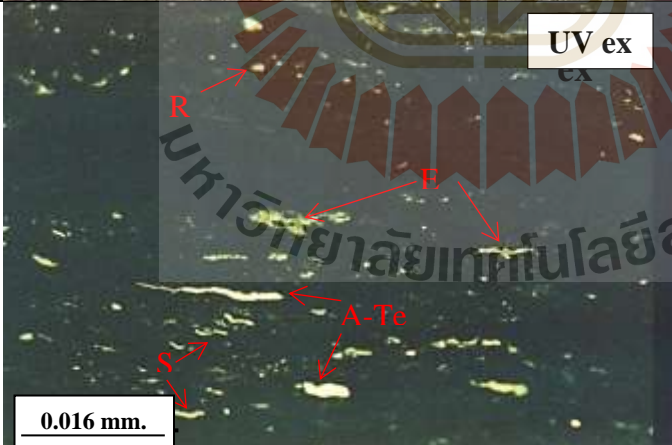


ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Sid</p> <p>Scl</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A10 – 1</b></p> <p><b>Textinite</b> of telovitrinite shows weakly structure of wood, perpendicular crack of gel and sclerotinite.</p> <p>Composition (%)  V = 90 %  L = 0 %  I = 7 %  MM = 3 %</p>
 <p>XPL</p> <p>Cl</p> <p>Sc</p> <p>Sid</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of <b>telinite</b>, display texture of wood tissue (Textinite) cemented by <b>gelinite</b>. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Inertinite</b> consists mainly of sclerotinite and displays as group of spherical shape with high relief of fungi body in PPL and white in XPL.</p>
<p><b>Mineral Matter</b> consists of clay and siderite. Clays displays dark spots in PPL, white to greenish white in XPL. Siderite displays spherical layer of yellowish orange and white in middle sphere in XPL.</p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Scl = Sclerotinite, Cl = Clay, Sid = Siderite</p>	

รูปที่ 4.40 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 1)

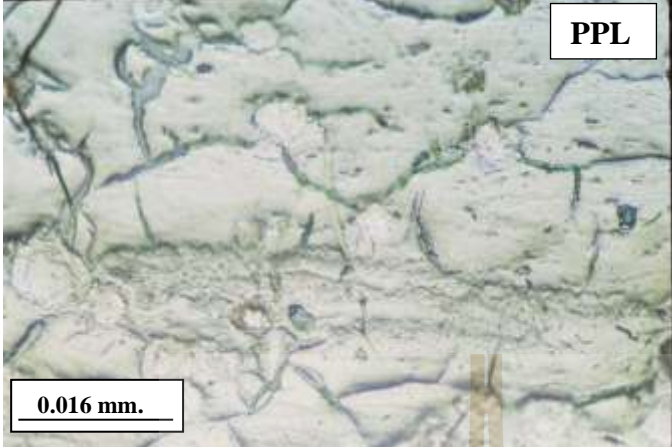
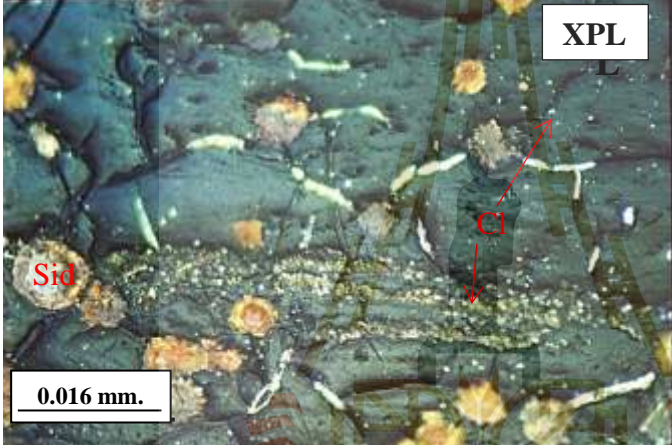
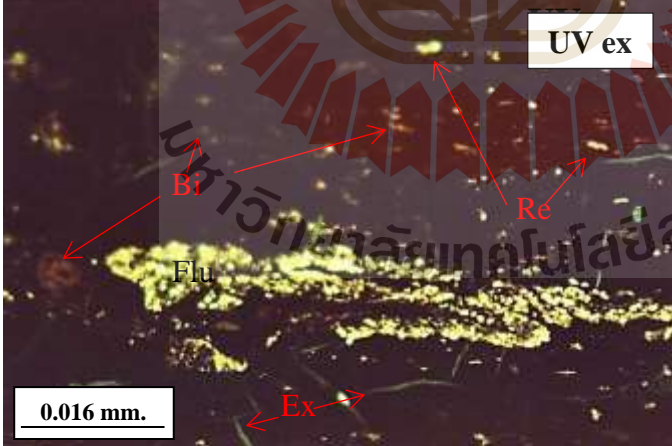
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A10 – 11</b></p> <p><b>Porigelinite</b> of gelovitrinite subgroup</p> <p>Composition (%)  V = 56 %  L = 35 %  I = 0 %  MM = 9 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of plant tissue cemented by <b>gelinite</b>. They display gray to dark gray in PPL and dark gray to black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of preserve plant tissues. They display pale gray to dark gray in PPL and yellowish-brown to black in XPL. Under UV excitation, <b>fluorinite</b> displays as group of bright yellow dots in row.</p>
	<p><b>Cutinite</b> displays as line of yellowish brown to dark brown with V-shape and ledge shape. <b>Exsudatinitite</b> displays as brown filling in voids without structure.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay and silica mineral. The white and yellow dots and white spots in XPL are clay and silica filling in voids.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Cu = Cutinite, Ex = Exsudatinitite, = Flu = Fluorinite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ 4.41 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 11)

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A11-5</b></p> <p><b>Porigelinite</b> of gelovitrinite subgroup shows <b>textinite</b> with <b>gelinite</b>.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 94 %  L = 4 %  I = 0 %  MM = 2 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of wood tissue (<b>textinite</b>) cemented by <b>gelinite</b>. They display pale gray in PPL and black in XPL. <b>Liptinite</b> is mostly filling in voids and display dark gray in PPL and black in XPL. Under UV excitation, <b>exsudatinitite</b> displays light yellow to greenish yellow with fill up structure. <b>Sporinite</b> and <b>resinite</b> display as yellow dots with s-shape and sphere shape.</p>
	<p><b>Telalginitite</b> (<i>botryococcus</i> sp.) display as light-yellow which body of algae.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay and pyrite. Clay is the white dots filling in voids. Pyrite is the dark gray to black in PPL and yellow to brown in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Te = Textinite, Gel = Gelinite, Re = Resinite, Ex = Exsudatinitite,  A-Te = Telalginitite algae, S = Sporinite, Cl = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.42 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A11 – 5)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A11-7</b>  <b>Gelinite</b> of gelovitrinite subgroup with gel crack and mineral alteration.</p> <p>Composition (%)  V = 69 %  L = 15 %  I = 0 %  MM = 16 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists mainly of organic matter transform to <b>gelinite</b>. They show gel crack and display pale gray in PPL and black in XPL.</p>
 <p>XPL</p> <p>Sid</p> <p>Cl</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Liptinite</b> is mostly filling in voids and display pale gray in PPL and yellowish brown to black in XPL. Under UV excitation, <b>fluorinite</b> displays as light yellow to greenish yellow dots in a row group. <b>Resinite</b> displays as yellow dots with sphere shape. <b>Bituminite</b> displays as dark brown with structure fill up in voids. <b>Exsudatinitite</b> displays as green filled in gel crack.</p>
 <p>UV ex</p> <p>Bi</p> <p>Flu</p> <p>Re</p> <p>Ex</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and siderite. Clay is the white and yellow dots filling in voids. Siderite is in the highly reflected in PPL and yellow to brown in XPL with ring structure for oxidation rim.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Gel = Gelinite, Re = Resinite, Ex = Exsudatinitite, Bi = Bituminite, Cl = Clay,  Sid = Siderite</p>	

รูปที่ 4.43 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A11 – 7)

#### 4.2.5 หน่วยหินย่อยหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน Coal A (Oil Shale in Coal A sub-unit)

หน่วยหินย่อยหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน Coal A นี้ เป็นหินดินดานสีดำที่มีลักษณะเป็นชั้นบางๆ แทรกในชั้นถ่านหิน ซึ่งประกอบด้วยตะกอนขนาดละเอียด ที่มีสาหร่ายสะสมรวมด้วย โดยถูกเชื่อมประสานด้วย Gelinite ส่วนประกอบที่สำคัญของหน่วยหินนี้คือแร่ธาตุ (ส่วนใหญ่เป็นแร่ดินเหนียว) ที่สัมพันธ์กับกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิวปีไนต์ (ส่วนใหญ่เป็น Alginite) และกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิวปีไนต์บางส่วน (ตารางที่ 4.8)

กลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิวปีไนต์ พบปริมาณ 1 - 25% ประกอบด้วย Gelinite เป็นหลัก กับพบ Telovitrinite เล็กน้อย โดยแสดงลักษณะของน้ำมันของพืชที่บรรจุในเนื้อเยื่อไม้ มีสีขาวเหลือง และเหลืองอมเขียวถึงส้ม ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV (รูปที่ 4.44 และรูปที่ 4.45)

กลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิวปีไนต์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็น Alginite (รูปที่ 4.46 และรูปที่ 4.47) ที่แสดงชั้นของสาหร่าย ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย Lamalginite (63.81%) และ Telaginite (3.14%) โดยความสัมพันธ์ของความแตกต่างของความอุดมสมบูรณ์ของสาหร่าย ทั้งด้านจำนวนและขนาด อาจสะท้อนถึงระดับของสารอาหารในน้ำ ในขณะที่ระดับน้ำสูงขึ้นมาเป็นเวลานานและมีปริมาณสารอาหารสูง ทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีและทับถมสาหร่ายมีการทับถมหนาขึ้น ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของส่วนที่ตั้งฉาก สามารถสังเกตเห็น Lamalginite ขนาดต่างๆ ที่มีโครงสร้างที่จำแนกได้ชัดเจน ส่วน Liptodestrinite ไม่มีแสดงโครงสร้าง กระจายอยู่ในพื้นผิวของตัวอย่างหินน้ำมัน มีสีน้ำตาลเข้ม ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV

สาหร่ายชนิด Lamalginite ซึ่งเป็นชนิดสาหร่ายหนึ่งของ Alginite มีสีเหลืองถึงสีส้ม โดยมีรูปร่างคล้ายลากล่อง แสดงลักษณะลำตัวที่แตกต่างกัน คือ แบบยาว (0.004 ถึง 0.016 มิลลิเมตร) และแบบสั้น (0.001 ถึง 0.004 มิลลิเมตร) โดยมีความหนา 0.001 ถึง 0.006 มิลลิเมตรใน ส่วนตั้งฉาก (รูปที่ 4.47 และรูปที่ 4.48) ขนาดของสาหร่ายนี้อาจขึ้นอยู่กับระดับของ pH และสารอาหารของน้ำในหนองบึง จากกระบวนการสังเคราะห์แสง สภาพของน้ำและมีสารอาหารที่แตกต่างกัน สาหร่ายจะกำจัดของเสีย (สัตว์และพืชที่ตายแล้ว) ในน้ำและให้ออกซิเจนและไนโตรเจน ในบางส่วนของหินน้ำมันนี้ยังพบสาหร่าย Telaginite ชนิด *Botryococcus* sp. (รูปที่ 4.49 และรูปที่ 4.50) มีการเรืองแสงสีเหลืองอมเขียวถึงขาวเหลือง ส่วนกลุ่มของสาหร่าย *Pila* ซึ่งเป็น



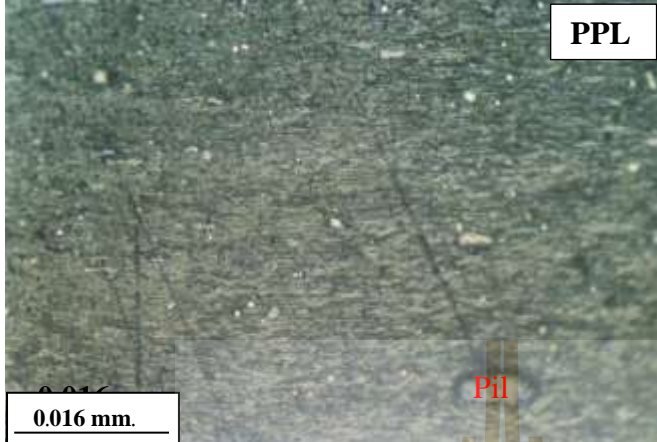
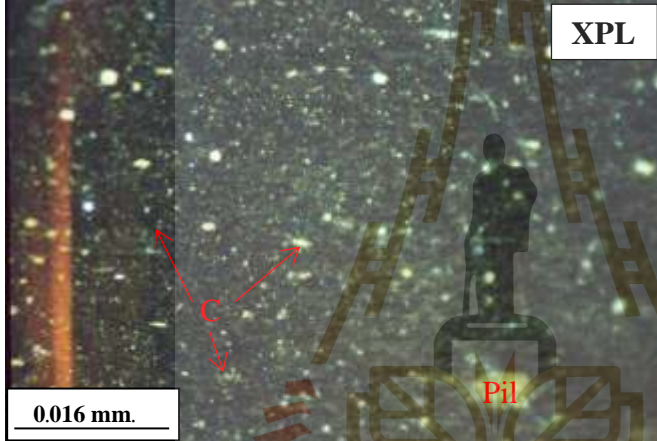
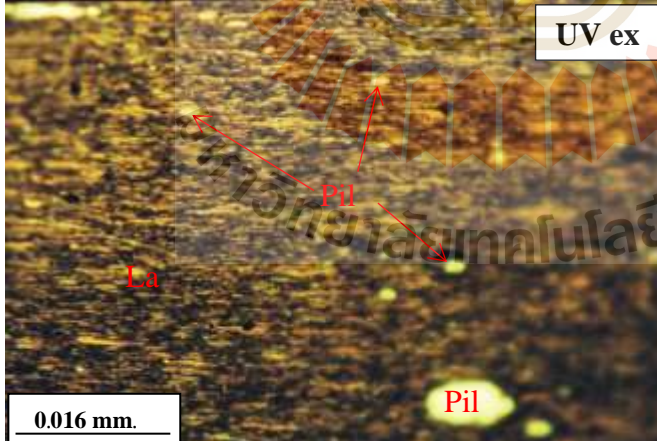
สาหร่ายที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบน้ำจืด มีลักษณะเป็นทรงรูปไข่ วงกลมยาว 0.004 ถึง 0.024 มิลลิเมตร และหนา 0.004 ถึง 0.005 มิลลิเมตร จากการศึกษาภายใต้กล้องใน XPL พบกลุ่ม Pediastrum มีลักษณะทรงกลม ซึ่งเป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สำคัญที่ใช้ระบุสาหร่ายว่าเป็น Pediastrum (Tsukii, 2014) (รูปที่ 4.48)




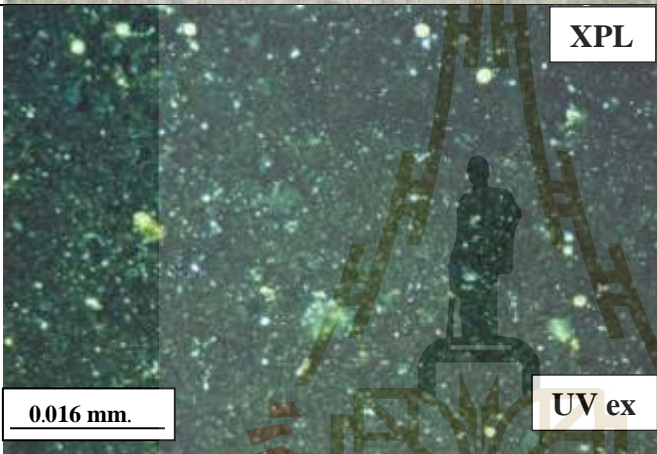
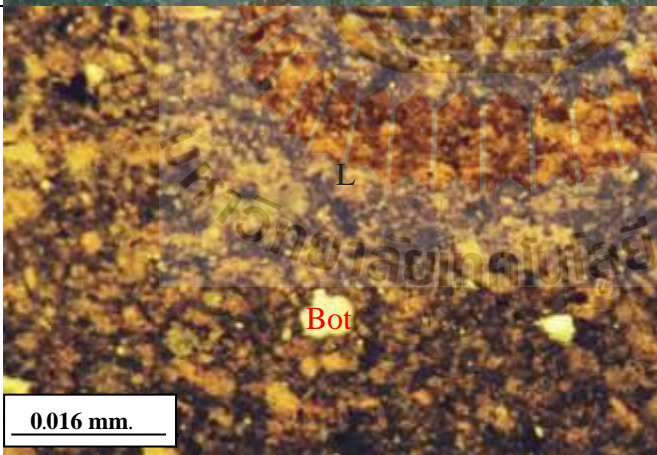
ตาราง 4.8 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหินน้ำมันในหน่วยถ่านหินย่อย Coal A ของแอ่งแม่ตึบ

ตัวอย่าง	Liptinite										Vitrinite	Mineral Matter				
	Alginite			Lip	Sp	Cu	Fl	Re	Su	Ex		Total (%)	Clay	Q+Si	Py	Total (%)
	Lam	Tela														
Botry		Pila														
AS1-1	66	0	0	0	2	0	0	0	0	0	68	13	3	16	0	19
AS1-2	67	0	0	0	3	0	0	0	0	0	70	15	10	5	0	15
AS1-3	73	0	0	0	1	0	0	0	0	0	74	9	16	0	1	17
AS2-1/1	67	3	2	12	4	0	0	0	0	0	88	1	10	0	1	11
AS2-1/2	85	2	0	0	0	0	0	0	0	0	87	7	6	0	0	6
AS2-2	83	5	0	1	0	0	0	0	0	0	89	2	6	0	3	9
AS2-3	60	0	0	1	1	0	0	0	0	0	62	18	16	0	4	20
AS3-1	50	6	0	5	3	0	0	1	0	0	65	9	23	3	0	26
AS3-2	55	9	0	1	1	0	0	0	0	0	66	25	4	4	1	9
AS3-3	56	0	0	12	0	0	0	0	0	0	68	14	10	7	1	18
AS3-4	45	0	0	12	11	0	0	3	0	0	71	18	8	1	2	11
A11-1	73	4	0	0	0	0	0	0	0	0	77	10		13	0	13
A11-2/1	74	2	0	3	0	0	0	0	0	0	79	9	8	4	0	12
A11-2/2	61	1	0	19	4	0	0	2	0	0	87	3	6	1	3	10
A11-3	54	4	0	0	5	0	0	2	0	0	65	23	11	0	1	12
A11-4	52	12	0	6	4	0	0	0	0	0	74	16	5	5	0	10
max	85	12	2	19	11	0	0	3	0	0	89	25	23	16	4	26
min	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	1	3	0	0	6
%	63.81	3.00	0.13	4.50	2.44	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	74.38	12.00	8.88	3.69	1.06	13.63

Lam = Lamalginite, Tela = Telaginite, Bot = Botryococcus brounii, Pila = Pila algae, Lip = Liptodestrinite, Sp = Sporinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Re = Resinite, Su = Suberinite, Ex = Exsudatinite, V = Vitrinite (consist of telovitrinite, detrovitrinite and gelovitrinite), Q = Quartz, Si = Silica, Py = Pyr

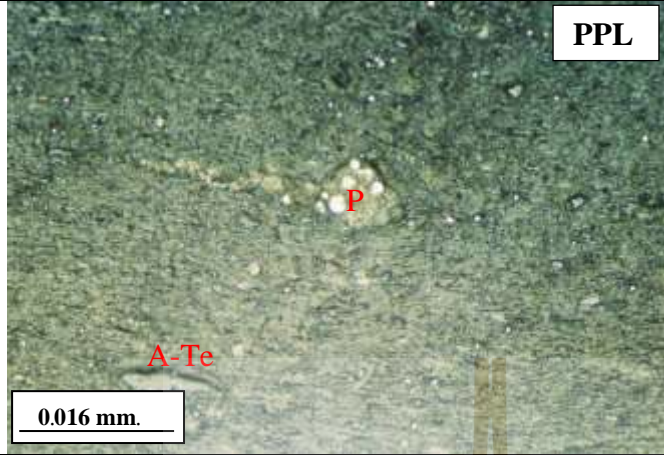
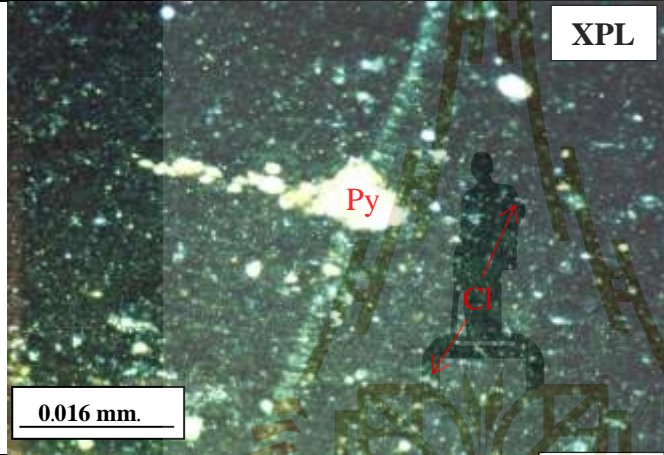
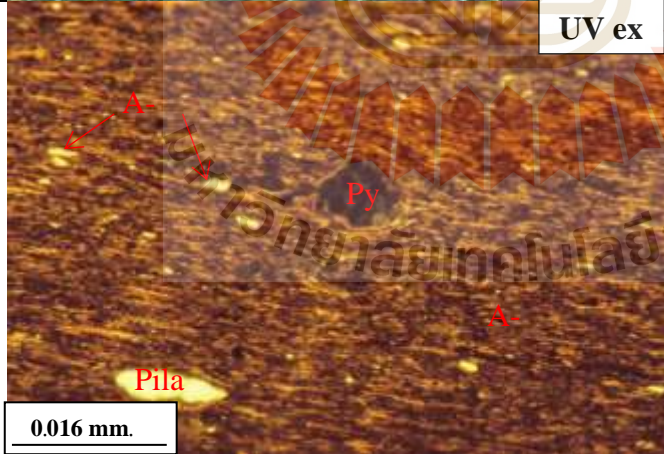
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p> <p>Pil</p>	<p><b>Sample No. AS2-1/1</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the cross section of bedding shows foliation of sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 1 %  L = 88 %  I = 0 %  MM = 11 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p> <p>C</p> <p>Pil</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of densinite. <b>Densinite</b> displays dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite</b>. They display highly relief and reflect pale gray in PPL. The colonies of <i>pila</i> algae are various size and shape. They display shave, light yellow in XPL and white yellow in UV ex.</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p> <p>La</p> <p>Pil</p>	<p><b>Lamalginite</b> algae are dark brown to black in XPL and yellowish-brown short line in UV ex.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of clay. They display white dots in XPL are clay deposited with organic sediment.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  La = Lamalginite algae, Pila = Pila algae, C = Clay</p>	

รูปที่ 4.44 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 1/1)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Py</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS2-1/2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section parallel to bedding of sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 7%  L = 87 %  I = 0 %  MM = 6 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p> <p>UV ex</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>densinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite (Telaginite)</b>  <i>Botryococcus braunii</i> shows 4 cup of body structure and display highly relief and reflect pale gray in PPL, white to greenish yellow in XPL and white yellow in UV excitation.</p>
 <p>L</p> <p>Bot</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Lamalginites</b> displays as parallel body and gray to dark gray in PPL and black in XPL and yellowish brown to brown in UV excitation.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of clay and pyrite. The white dots in XPL are clay deposited with organic sediment. Pyrite is the bright dots in PPL, white in XPL and dark in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  La = Lamalginites algae, Bot = Botryococcus algae, C = Clay, Py = Pyrite</p>	


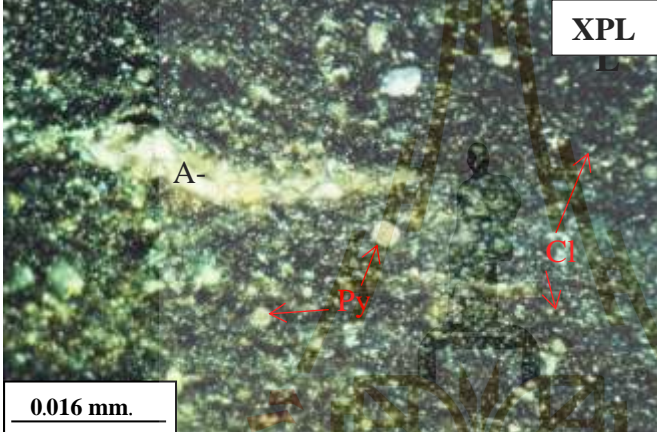
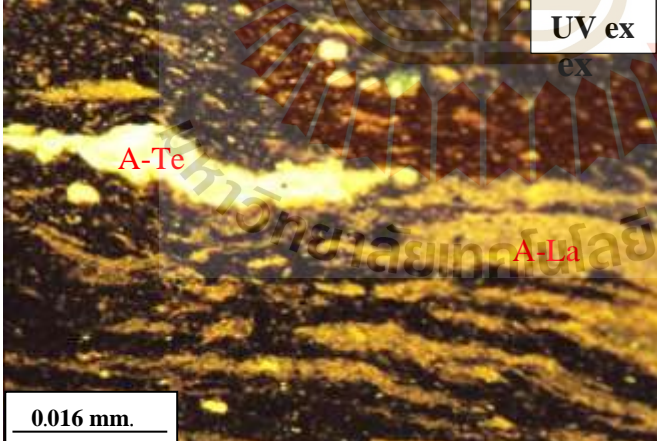
รูปที่ 4.45 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 1/2)



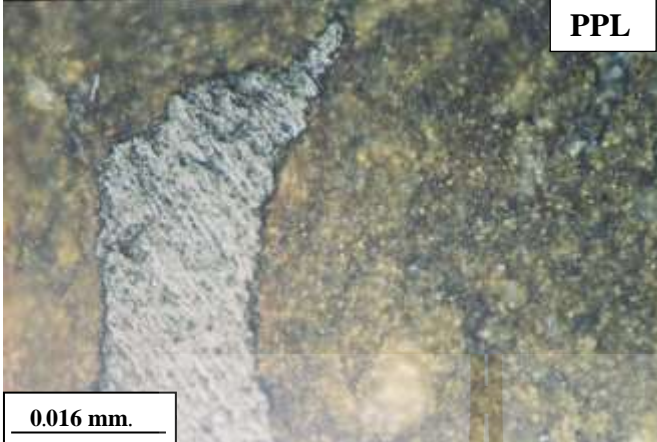
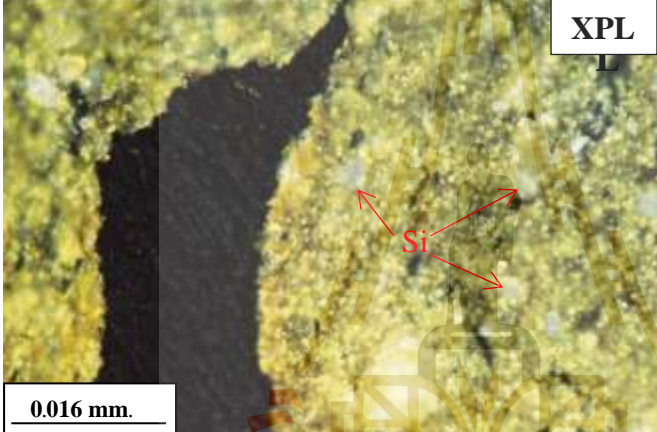
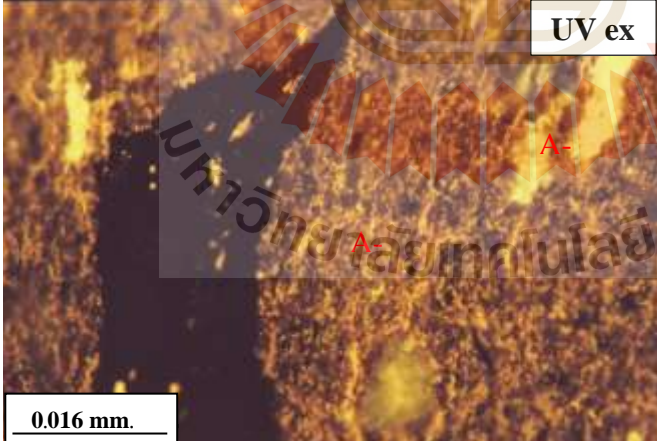
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS2-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the cross section of bedding shows foliation of sediment deposited with algae</p> <p>Composition (%)  V = 2 %  L = 89 %  I = 0 %  MM = 9 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of densinite. <b>Densinite</b> display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginate</b>. They display highly relief and reflect pale gray in PPL. <b>Telaginite</b> algae is colonies of <i>pila</i> algae. They are varying in size and shape. They display light yellow in XPL and white yellow in UV ex. <b>Lamalginite</b> algae are dark brown to black in XPL and yellowish-brown short line in UV excitation.</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and pyrite. The white dots in XPL are clay deposited with organic sediment. The group of bright and white in PPL and XPL with circle shape and dark in UV excitation is framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginitic algae, A-Te = Telaginitic algae, C = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.46 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS2 – 2)



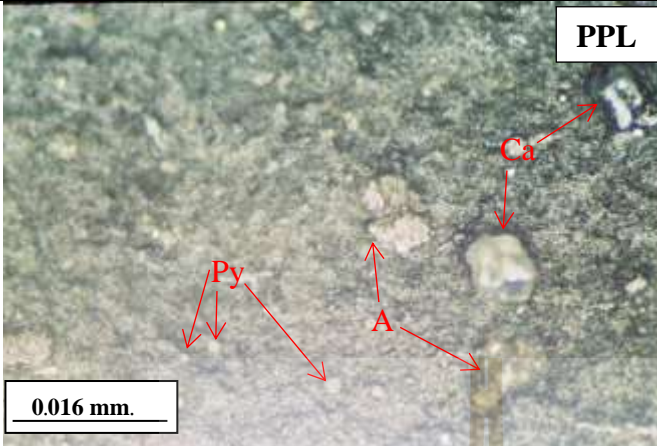
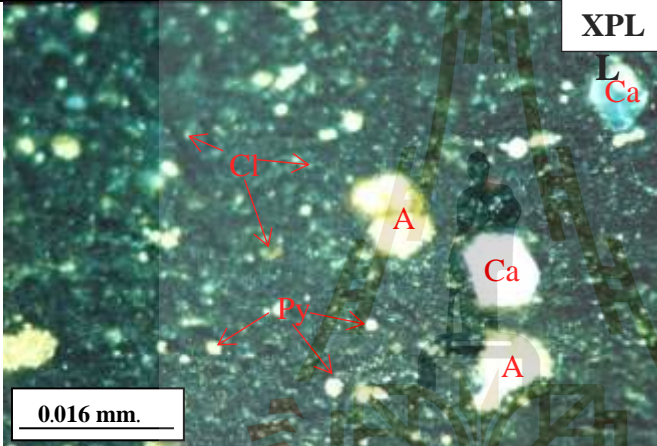
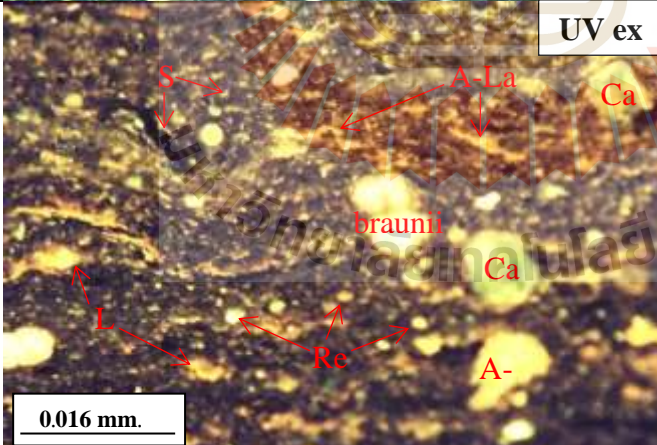
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. AS3-1</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> shows sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 9 %  L = 65 %  I = 0 %  MM = 26 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>attrinite</b>. They show dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginate</b>. <b>Telaginite</b> (colonies of <i>pila</i> algae) display highly relief and reflect dark gray in PPL, white to light yellow in XPL and white yellow in UV excitation.</p>
	<p><b>Lamalginite</b> displays a white to yellow in XPL and yellowish-brown short line in UV excitation.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of pyrite and clay. Pyrite shows the white circle in PPL and XPL and dark in UV excitation. Clay shows the white and yellow dots.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite algae, C = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.47 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 1)

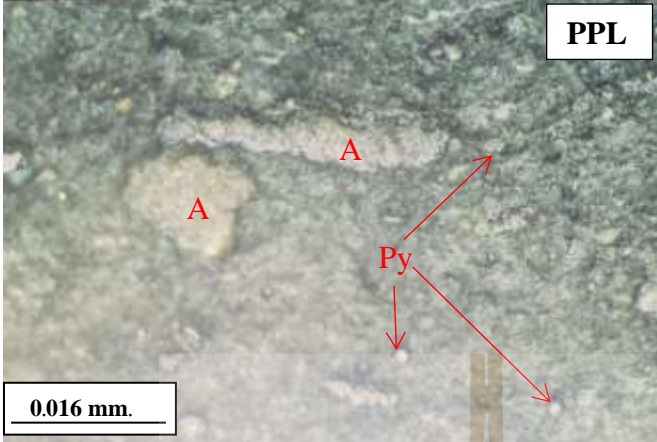
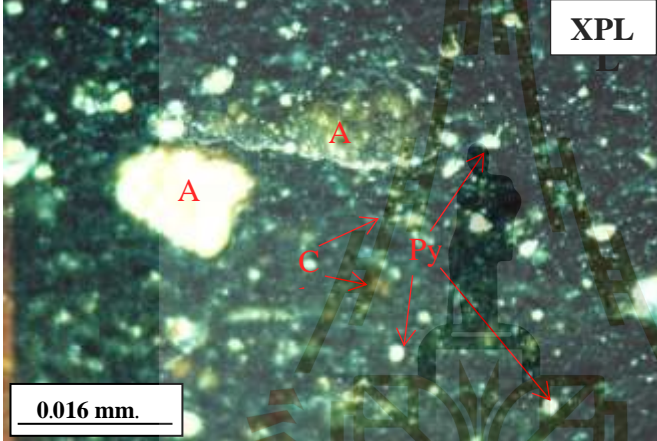
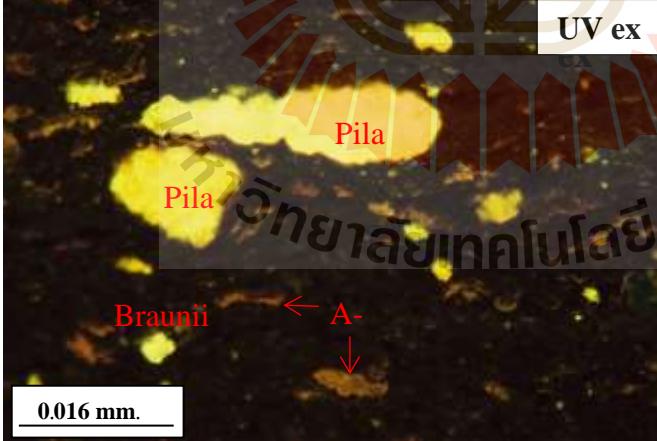
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. AS3-2</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows sediment deposited which oxide.</p> <p>Composition (%)  V = 25 %  L = 66 %  I = 0 %  MM = 9 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of white fine-grained organic sediment. They display bright reflected and yellow in PPL and black and white yellow in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginate</b>. <b>Telaginite</b> (colonies of <i>pila</i> algae) display yellow in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation they show bright yellow.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Lamalginite</b> display brown to dark brown.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of silica and oxide sediment. Silica shows the white to yellow in PPL and XPL. The yellow dots in PPL and XPL is oxide sediment.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite algae, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.48 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 2)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS3/21-3 Oil Shale</b> shows spropelite deposits of alginite and mineral matters.</p> <p>Composition (%)  V = 23 %  L = 65 %  I = 0 %  MM = 12 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of fine grain of organic sediment cement by <b>gelinite</b>. <b>Densinite</b> display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Liptinite</b> display pale gray to dark gray in PPL and light brown to black in XPL. Under UV excitation. <b>Resinite</b> display bright yellow spots with sphere shape. <b>Sporinite</b> display as yellow dots with spore shape. <b>Alginite</b> (<i>botryococcus braunii</i>) displays bright yellow with sphere shape and <b>alginite (lamalginite)</b> or <b>Liptodestrinite</b> displays yellow to yellowish-brown long body without shape</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of pyrite, clay and carbonate. Carbonates show rectangular crystal diamond and fluorescent pale gray in PPL, white to gray and yellow to greenish yellow in UV excitation. Pyrites are framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Re = Resinite, S = Sporinite, A = Alginite, Li = Liptodestrinite, Py = Pyrite,  Cl = Clay, Ca = Carbonate</p>	

รูปที่ 4.49 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3/21-3)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS3/21-4</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows spropelites deposited and mineral matters.</p> <p>Composition (%)  V = 16 %  L = 74 %  I = 0 %  MM = 10 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of fine grain of organic sediment cement by <b>gelinite</b>. <b>Densinite</b> displays pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Liptinite</b> displays pale gray to dark gray and light brown in PPL and light brown to black in XPL. Under UV excitation colonies of <i>botryococcus</i> sp. display white yellow to yellow. <i>Botryococcus braunii</i> display as white with body.</p> <p><b>Lamalginite</b> displays as brown to dark brown line.</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and pyrite. Clay displays dark gray to black in PPL and white dots in XPL and dark in UV ex. The circle bright in PPL, white dots in XPL and dark in UV ex for framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Cl = Clay, Py = Pyrite, A = Alginite, A-La = Lamalginitic algae</p>	

รูปที่ 4.50 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3/21-4)

#### 4.2.6 หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง (Lower Oil Shale sub-unit)

หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง เป็นหน่วยหินที่อยู่ต่อเนื่องกันบนหน่วยหินย่อยถ่านหิน Coal A หน่วยหินนี้บ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันจากน้ำตื้นในป่าพรุ (หน่วยหินย่อยถ่านหิน Coal A) ไปเป็นน้ำนิ่งที่ระดับลึก (หน่วยหินย่อยหินน้ำมัน) และอุดมด้วยสารอาหารสูง ทำให้เกิดการสะสมของสาหร่ายหนา ที่ทับถมร่วมกับ Gelinite และตะกอนเนื้อละเอียด

จากตารางที่ 4.9 แสดงการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของหน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง ประกอบด้วยแร่ธาตุเป็นหลัก มีตั้งแต่ 62 - 87% ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวซึ่งมีลักษณะฟู มีสีขาวยใน PPL และ XPL บางชั้นหินน้ำมันมีแร่ไพไรต์ ที่แสดงเป็นจุดสว่างคล้ายโลหะใน PPL และมีสีเข้มใน XPL และอยู่ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV

แร่อินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิตินิตและวิทรีนิต โดยกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิตินิต ประกอบด้วยแร่อินทรีย์ Alginite เป็นหลัก ที่ทับถมร่วมกับตะกอนเนื้อละเอียดซึ่งมีการประสานด้วย Gelinite (รูปที่ 4.51) นอกจากนี้ยังพบแร่อินทรีย์ Liptodetrinite และ Sporinite ในชั้นหินเล็กน้อย ส่วนแร่อินทรีย์ Alginite ส่วนใหญ่ประกอบด้วย สาหร่าย Lamalginite (3 - 23%) และสาหร่าย Telaginite เล็กน้อย (4%) โดยสาหร่าย Lamalginite (รูปที่ 4.51 ถึง 4.53) ในหน่วยหินย่อยนี้ มีลักษณะลำตัวยาวและสั้น แต่จะตัวบางและสั้นกว่าของหน่วยหินย่อยอื่น ๆ ความหนาและบางของแผ่นสาหร่ายที่ทับถมกันตัวบ่งชี้ถึงปริมาณสาหร่ายที่สัมพันธ์กับแหล่งที่มาและความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหาร และสภาวะอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งนำไปสู่ลักษณะของสาหร่ายที่แตกต่างกัน (Tsukii, 2014)

ในตัวอย่างหินน้ำมันชั้นนี้ มีสาหร่าย Lamalginite ที่มีลักษณะลำตัวยาว (ความยาวตั้งแต่ 0.001 ถึง 0.003 มิลลิเมตร) และสั้น (น้อยกว่า 0.001 มิลลิเมตร) มีขนาดเล็กและบางมาก ซึ่งลักษณะของสาหร่ายนี้อาจบ่งบอกได้ว่าสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำที่สาหร่ายเจริญเติบโตมีปริมาณสารอาหารที่ต่ำกว่าหน่วยหินย่อยชั้นอื่น ๆ มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำใน XPL และสีขาวยเหลืองถึงเหลืองอมเขียว ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV (รูปที่ 4.51 และรูปที่ 4.53)



ลักษณะของสาหร่าย Lamalginate ลำตัวแบบสั้น จะมีลักษณะคล้ายแร่อินทรีซ์ Sporinite แต่มีรูปร่างที่เป็นวงรอบ ในขณะที่ Sporinite มีลักษณะโค้งงอที่ส่วนท้ายของลำตัว นอกจากนี้สีของ Sporinite มักจะสว่างกว่าสาหร่าย Lamalginate ซึ่งมีสีขาวเหลืองถึงส้ม ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV ส่วนสาหร่าย Telalginate (รูปที่ 4.52) ส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายชนิด Pila ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลม รูปไข่ เป็นรูปวงกลมขนาดใหญ่ มีความยาว ประมาณ 0.016 ถึง 0.024 มิลลิเมตรและหนา 0.002 ถึง 0.008 มิลลิเมตร อาจเป็นชนิด *Botryococcus* sp. และสาหร่าย Telalginate ที่เกี่ยวข้อง (รูปที่ 4.52)

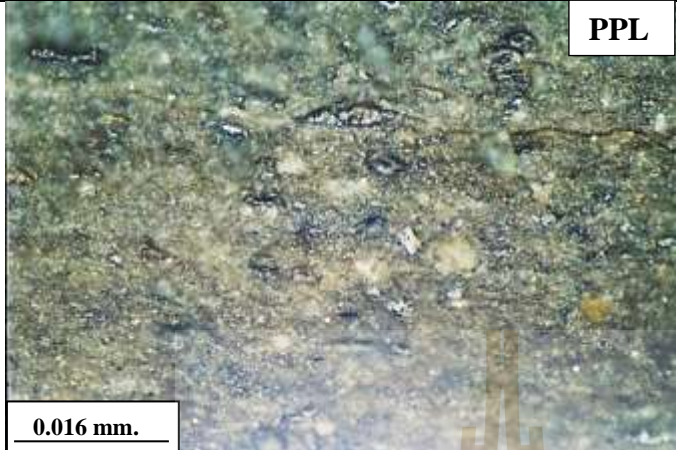

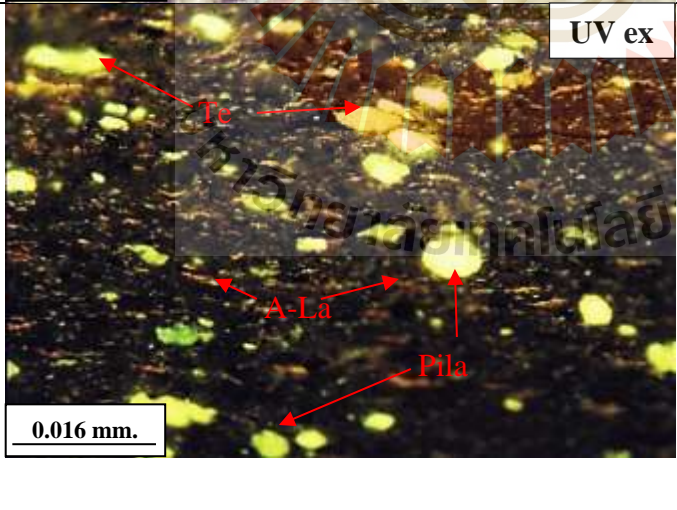


ตาราง 4.9 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยหินน้ำมันตอนล่างของแอ่งแม่เฒิบ

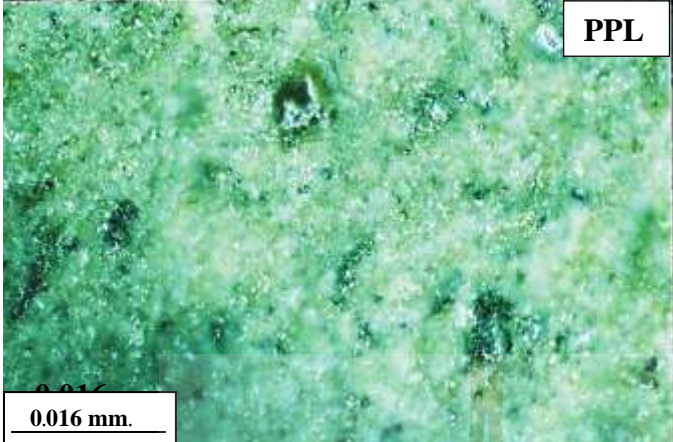
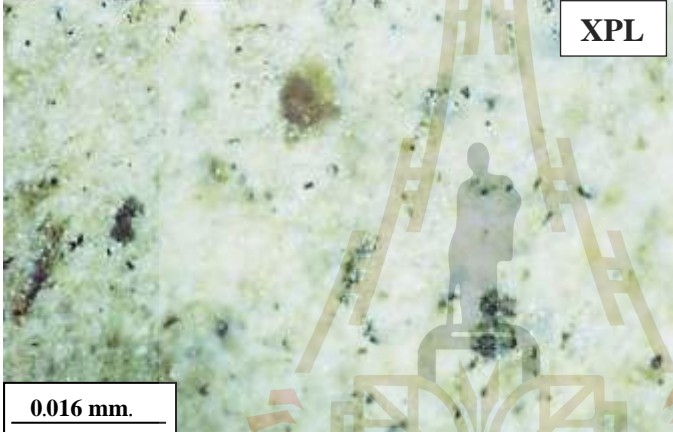
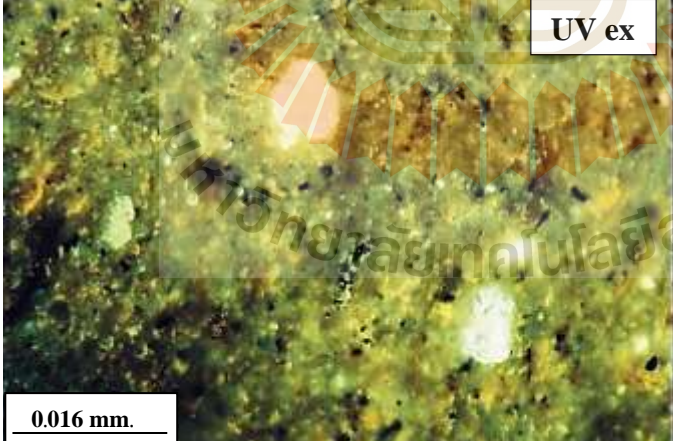
ตัวอย่าง	Liptinite											Vitrinite (%)	Mineral Matter			
	Alginite			Lip	Sp	Cu	Fl	Re	Su	Ex	Total		Clay	Q+Si	Py	Total
	Lam	Tela														
		Bo	Pil													
OH1-1	23	8	0	5	0	0	0	0	0	0	36	2	45	13	4	62
OH2-1	3	15	0	12	0	0	0	0	0	0	30	5	57	6	2	65
OH2-2	9	13	0	2	0	0	0	0	0	0	24	3	62	10	1	73
OH3-1	8	2	0	5	0	0	0	0	0	0	15	1	68	15	1	84
OH3-2	13	2	0	2	0	0	0	0	0	0	17	5	68	5	5	78
OH4-1	7	3	0	3	0	0	0	0	0	0	13		79	6	2	87
OH4-2	9	0	1	3	0	0	0	0	0	0	13	2	76	7	2	85
OH4-3	13	0	0	4	0	0	0	0	0	0	17	2	77	2	2	82
OH5-1	14	1	0	3	0	0	0	0	0	0	18	5	76	1	0	77
OH5-2	17	1	0	3	1	0	0	0	0	0	22	8	65	3	2	70
OH5-3	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	15	8	62	5	10	77
OH6-1	3	3	2	5	4	0	0	0	0	0	17	4	78	1	0	81
OH6-2	6	3	0	8	2	0	0	0	0	0	19	7	72	2	0	74
Max	23	15	2	12	4	0	0	0	0	0	36	8	79	15	10	87
Min	3	1	1	2	1	0	0	0	0	0	13	1	45	1	1	62
%	10.69	3.92	0.231	4.231	0.615	0	0	0	0	0	19.69	4	68.08	5.846	2.385	76.31

Vitrinite (consist of telovitrinite, detrovitrinite and gelovitrinite), Q = Quartz, Si = Silica, Py = Pyrite

Lam = Lamalginite, Tela = Telalginite, Bo = Botryococcus brounii, Pil = Pila algae, Lip = Liptodestrinite, Sp = Sporinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Re = Resinite, Su = Suberinite, Ex = Exsudatinitite = Lamalginite, Te= Telalginite

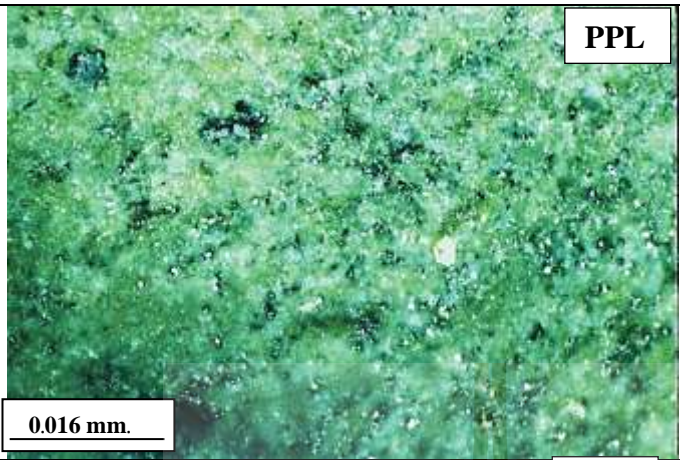
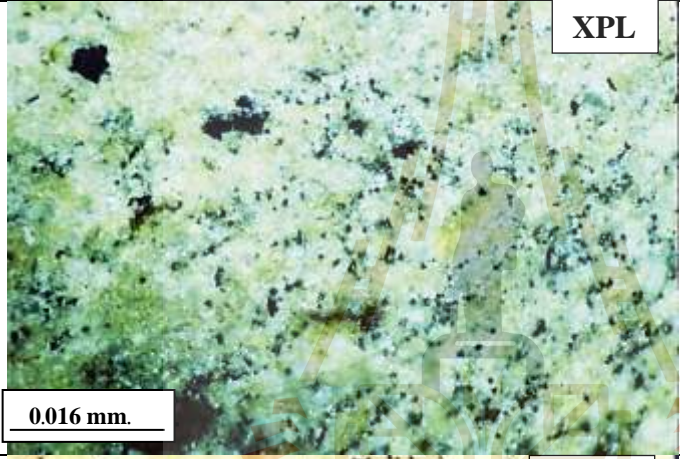
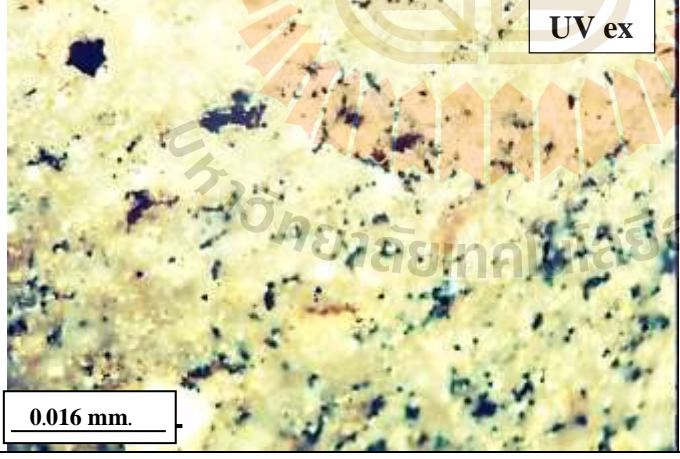
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No.OH2-2</b>  <b>Oil Shale</b> shows algae mat deposited with organic sediment in the section cut in perpendicular.</p> <p>Composition (%)  V = 3 %  L = 24 %  I = 0 %  MM = 73 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They display pale to dark gray in PPL and dark color in XPL to black under UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite with minor telaginite. <b>Lamalginite</b> displays white to yellow in PPL and XPL. Under UV excitation, they display short and thin body with yellow to dark brown groundmass.</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Telaginite (Pilla algae)</b> displays pale gray to light yellow with high relief in PPL, white, dark brown in XPL and bright yellow under UV excitation.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists mainly of fine-grained sediments. They display white in XPL and dark in UV excitation. Some of pyrite displays pale gray in PPL, and cubic dark brown to black in XPL and UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite algae, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.51 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH2-2)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. OH3-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows fine-grained sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 1 %  L = 15 %  I = 0 %  MM = 84 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of coal fragment. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> displays dark gray and black in PPL and yellowish brown to dark brown in XPL. Under UV excitation <b>telaginite</b> algae display white to bright yellow. <b>Lamalginite</b> displays yellow with long shape. The telaginite <i>botryococcus braunii</i>.show 4 cup structure.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists of silica and quartz. The white fume in XPL is clay/silica fume. The bright crystal in PPL, white in XPL and dark in UV ex are quartz.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginitite algae, A-Te = Telaginitite algae, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.52 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH3-1)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH3-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> shows sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 5 %  L = 17 %  I = 0 %  MM = 78 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelovitrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> shows matrix of white to light yellow in XPL and yellow to orange under UV excitation.</p> <p><b>Telaginite</b> algae displays bright yellow and <b>lamalginite</b> displays yellow with long shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and silicate with pyrite. The white and yellow dots in XPL. The black dot is framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamaginite algae, A-Te = Telaginite algae, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.53 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH3-2)



#### 4.2.7 หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบน (Upper Oil Shale sub-unit)

หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบน วางตัวต่อเนื่องบนหน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง แสดงลักษณะของดินเหนียว สภาพแวดล้อมของการทับถมเป็นน้ำนิ่งที่มีระดับสูงและอุดมด้วยสารอาหาร สิ่งนี้นำไปสู่การทับถมของสาหร่ายหนา และค่อยๆลดลงก่อนที่กระแสน้ำจะไหลแรง โดยมีตะกอนอนินทรีย์จำนวนมากไหลเข้าท่วมในแอ่งและสิ้นสุดการสะสมของสารอินทรีย์แผ่นสาหร่ายที่สะสมอยู่ในหน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบนนั้นมีความคล้ายคลึงกับที่สะสมในหน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง แต่ชั้นของสาหร่ายของชั้นหินน้ำมันตอนบนนี้ จะยาวกว่าและมีความเนื้อแน่นกว่าเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยสารอาหารทำให้มีการเพิ่มขึ้นของสาหร่ายแล้วทับถมในชั้นหินน้ำมันที่หนาขึ้นและสม่ำเสมอมากขึ้น

จากตารางที่ 4.10 เป็นการศึกษาสัณฐานวิทยาของถ่านหินของหน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบน ประกอบด้วยกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิปติไนต์ (26.62%) วิทรีไนต์ (5.54%) และแร่ธาตุ (67.85%) ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียว (55.15%) ส่วนที่เหลือเป็นแร่ควอตซ์ ซิลิกา คาร์บอนเนต และไพไรต์ กลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิปติไนต์ ส่วนใหญ่เป็น Lamalginite (18.85%) และมีสาหร่าย Telaginite เล็กน้อย มีรูปร่างสั้นถึงปานกลาง (ความยาว 0.0032 ถึง 0.0048 มิลลิเมตร ในส่วนของการตั้งฉาก) มีลำตัวหนา มีสีเข้มใน PPL และสีเทาซีดถึงสีขาวใน XPL แสดงการเรืองแสงสีเหลืองเข้มถึงสีส้มในการกระตุ้นด้วยรังสี UV (รูปที่ 4.54 และรูปที่ 4.55) ส่วนแร่ธาตุหรือสารอินทรีย์ที่พบมีขนาดหยาบที่ปรากฏระหว่างหน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่างและตอนบน

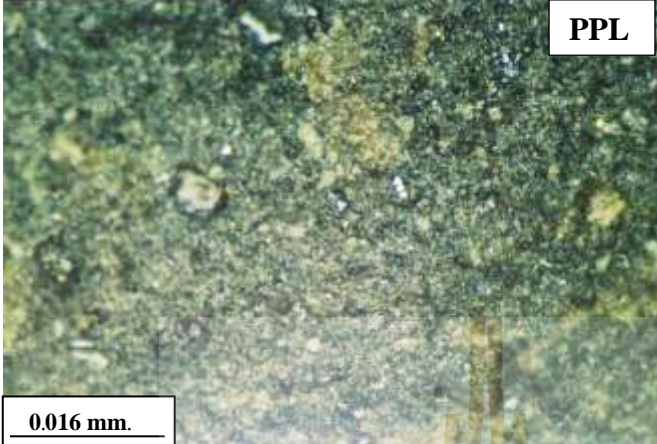
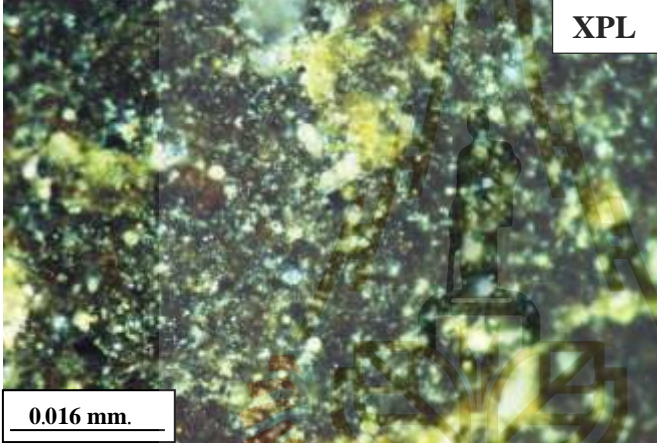
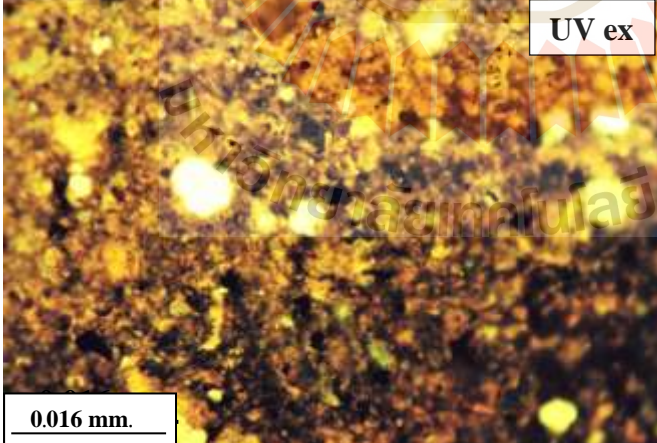
ส่วนบนของหน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบนนี้ แสดงแถบของสาหร่ายซึ่งพบเฉพาะ Lamalginite สีซีดและรูปร่างบางมากปริมาณมาก ที่มีสาหร่าย Telaginite (*Botryococcus* sp.) ปริมาณเล็กน้อย ซึ่งมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป ลักษณะสาหร่าย Lamalginite มีรูปร่างบางมากและยาวมากกว่า 0.0032 มิลลิเมตร โดยแสดงการเรืองแสงสีเหลืองอ่อนกว่าในหน่วยหินที่อยู่ด้านล่าง ภายใต้การกระตุ้นด้วยรังสี UV นอกจากนี้ในหินน้ำมันยังพบแร่ไพไรต์ (Framboidal pyrite) ด้วย (รูปที่ 4.55 และ รูปที่ 4.56)

ตาราง 4.10 ส่วนประกอบของแร่อินทรีย์ของตัวอย่างหน่วยหินน้ำมันชั้นบนของแอ่งแม่เฒิบ

ตัวอย่าง	Liptinite											Vitrinite	Mineral Matter			
	Lama	Tela		Lip	Sp	Cu	Fl	Re	Su	Ex	Total		Clay	Q+Si	Py	Total
		Bo	Pila													
OH7-1	2	4	0	9	0	0	0	0	0	0	15	5	74	5	1	80
OH7-2	4	15	0	7	0	0	0	0	0	0	26	4	58	12		70
OH8-1	28	7	0	3	0	0	0	0	0	0	38	6	45	9	2	56
OH8-2	31	7	0	4	2	0	0	0	0	0	44	4	38	9	5	52
OH8-3	31	1	0	1	2	0	0	0	0	0	35	28	27	10		37
OH8-4	40	4	0	0	0	0	0	0	0	0	44	7	35	9	5	49
OH9-1	16	3	0	8	0	0	0	0	0	0	27	6	57	10		67
OH9-2	16	4	0	1	0	0	0	0	0	0	21	1	69	6	3	78
OH9-3	20	0	0	3	0	0	0	0	0	0	23	4	65	7	1	73
OH9-4	17	2	1	2	0	0	0	0	0	0	22	3	60	10	5	75
OH10-1	16	2	2	3	0	0	0	0	0	0	23	2	64	9	2	75
OH10-2	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1	77	10		87
OH10-3	13	1	0	2	0	0	0	0	0	0	16	1	65	17	1	83
Max	40	15	2	9	2	0	0	0	0	0	44	28	77	17	5	87
Min	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1	27	5	1	37
Average (%)	18.85	3.92	0.23	3.31	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.62	5.54	56.46	9.46	1.92	67.85

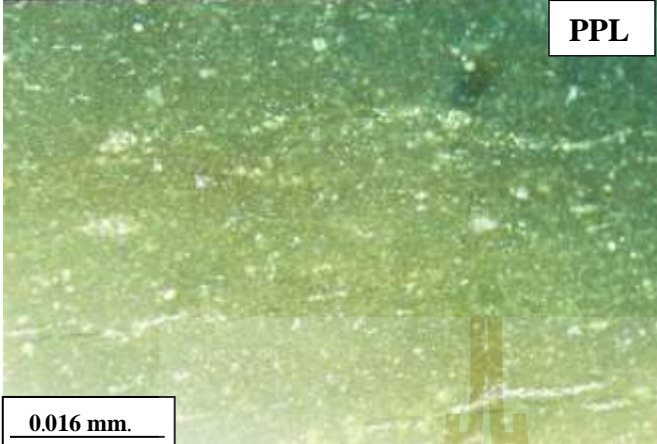
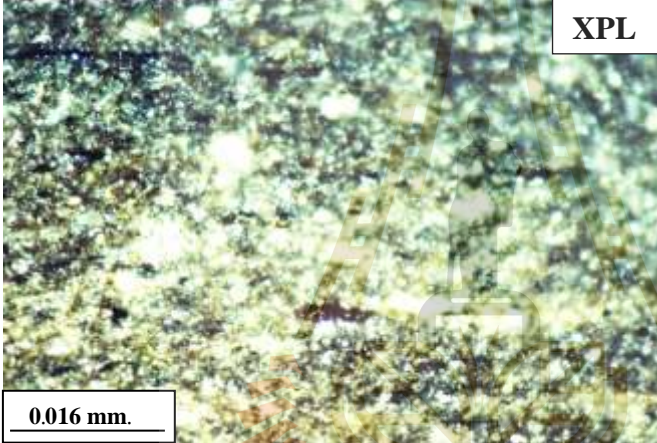
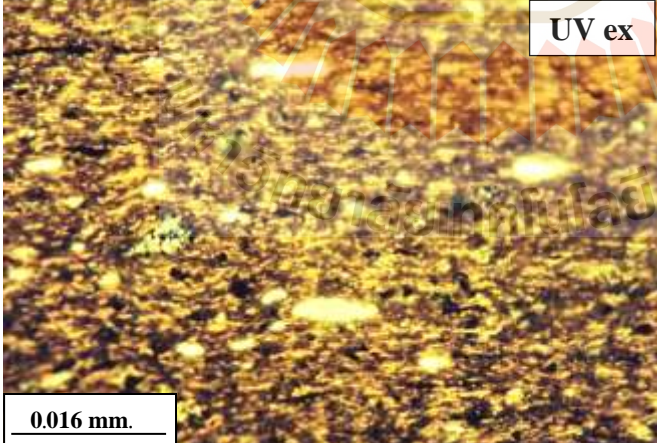
Vitrinite (consist of telovitrinite, detrovitrinite and gelovitrinite), Q = Quartz, Si = Silica, Py = Pyrite

Lam = Lamalginite, Tela = Telalginite, Bot = Botryococcus brounii, Pil = Pila algae, Lip = Liptodestrinite, Sp = Sporinite, Cu = Cutinite, Fl= Fluorinite, Re = Resinite, Su = Suberinite, Ex = Exsudatinite

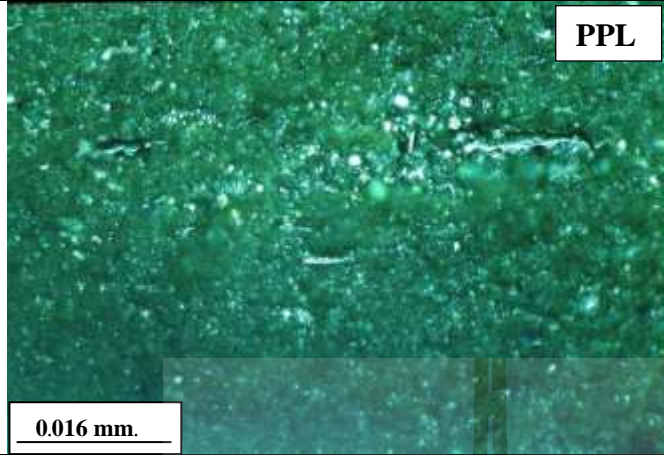

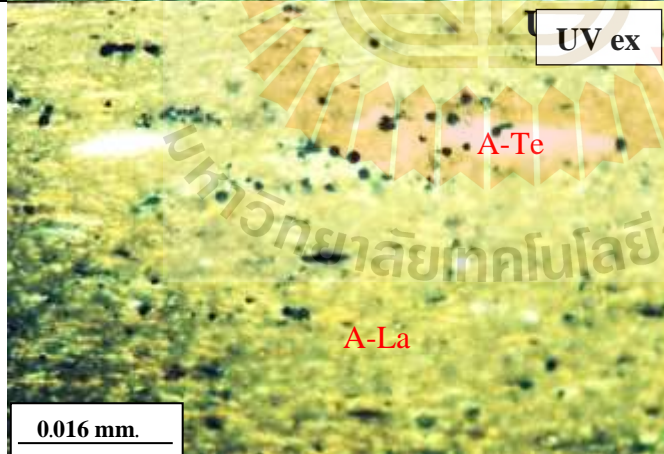
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH8-1</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> cut in the section perpendicular to bedding deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 6 %  L = 38 %  I = 0 %  MM = 56 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consist mainly of alginite (lamalginite). Alginite displays gray to dark gray in PPL and black in XPL and yellowish brown to brown in UV ex. They are remaining of lamalginite.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clays and silica. They display bright dots in PPL, white in XPL and dark in UV ex. Group of circles are silicate crystal.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telalginite algae, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.54 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH8-1)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH8-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section cut parallel to bedding dominated by algae.</p> <p>Composition (%)  V = 4 %  L = 44 %  I = 0 %  MM = 52 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>densinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite</b>. They display highly relief and reflect pale gray in PPL. <b>Telaginite</b> is colonies of <i>pila</i> algae of various size and shape. They display light yellow in XPL and white yellow in UV ex. <b>Lamalginite</b> algae is dark brown to black in XPL and yellowish-brown short line in UV excitation.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> is mainly of clay. It displays white dots in XPL. Framboidal pyrite displays group of spheres bright and white in PPL and XPL and black in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.55 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH8-2)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH9-4</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section cut perpendicular to bedding.</p> <p>Composition (%)  V = 3 %  L = 22 %  I = 0 %  MM = 75 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite and show algal mat of thin body compact.</p> <p><b>Lamalginite</b> displays dark gray in PPL, white yellow to yellow in XPL. Under UV excitation, they display bright yellow to dark yellow with some of <b>telalginite</b> colony (<i>Botryococcus</i> sp.) which display bright white</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clays. Clay display white in XPL and dark in UV excitation. Pyrite show sphere dots and framboidal pyrite display white in PPL, bright white in XPL and dark under UV ex, and</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telalginite algae, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ 4.56 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH9-4)



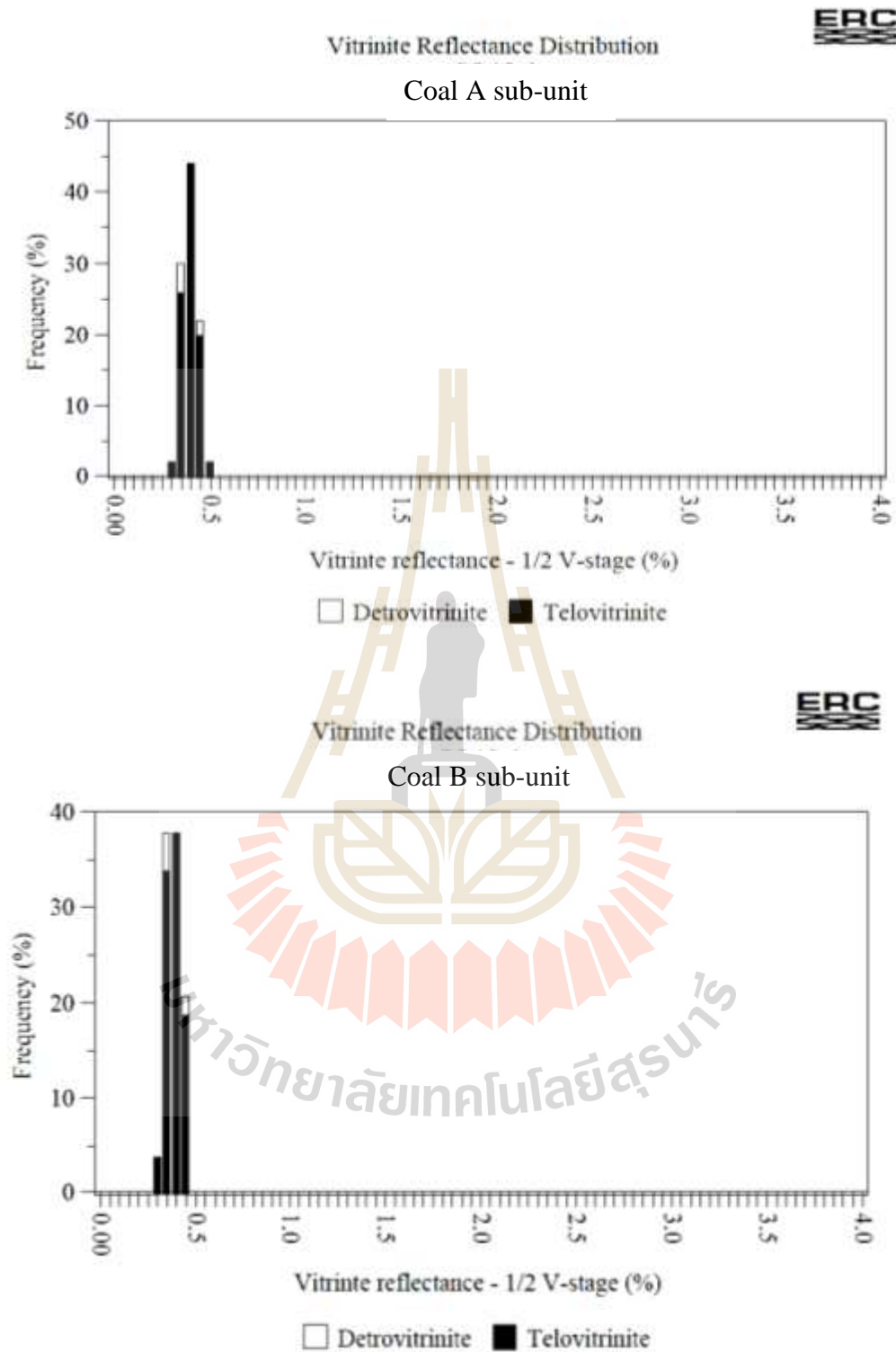
#### 4.2.8 การสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Vitrinite reflectance)

ในการศึกษานี้ ตัวอย่างหน่วยหินย่อย Coal A และ Coal B ได้ทำการวัดค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Ro) ภายใต้การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้ระบบกล้อง Leica MP4500P พร้อมโปรแกรมซอฟต์แวร์ Hilgers DISKUS ของบริษัท ERC Pty. Ltd. ประเทศออสเตรเลีย โดยผลการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่าค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Ro) ของตัวอย่างที่ทำการศึกษา มีค่าตั้งแต่ 0.31 - 0.50% Ro ซึ่งผลการวัดค่า Ro แสดงไว้ในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.57

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์การสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Ro) ของตัวอย่างถ่านหินในหน่วยหินย่อย Coal A และ Coal B

Sub-units	Maceral	Ro max	Range	n*
Coal A	Telovitrinite	0.41	0.31 – 0.50	47
	Detrovitrinite	0.41	0.36 – 0.49	3
	<b>Total Vitrinite</b>	<b>0.41</b>	<b>0.31 – 0.50</b>	<b>50</b>
Coal B	Telovitrinite	0.41	0.34 – 0.49	50
	Detrovitrinite	-	-	-
	<b>Total Vitrinite</b>	<b>0.41</b>	<b>0.34 – 0.49</b>	<b>50</b>

\*n = Number of test samples



รูปที่ 4.57 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การสะท้อนแสงของวิทริไนต์ ( $R_o$ ) ของตัวอย่างถ่านหินในหน่วยหินย่อย Coal A และ Coal B

### 4.3 การวิเคราะห์ธรณีเคมี (Geochemical analysis)

ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่ศึกษาโดยประมาณและโดยละเอียด เพื่อหาปริมาณคาร์บอนคงที่ สารระเหย จี๊เจ้า และองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ซัลเฟอร์ ไนโตรเจน และออกซิเจน นอกจากนี้ยังทำการวัดค่าความร้อน และการสะท้อนแสงของอิทธิพล (Ro) โดยการหาศักยภาพของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของตะกอนที่มีอินทรีย์สาร ที่ทำการวิเคราะห์โดยเทคนิคไพโรไลซิสในแง่ของปริมาณของผลผลิตน้ำมัน ผลผลิตคอโรเจน คาร์บอน และคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมีของการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

#### 4.3.1 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน

##### 4.3.1.1 หน่วยหินย่อยลีโอนาร์ไคต์ (Leonardite sub-unit)

การวิเคราะห์ธรณีเคมีตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ จำนวน 4 ตัวอย่าง ซึ่งได้เก็บรวบรวมตัวอย่างมาจาก (1) ส่วนล่างสุดของลำดับชั้นหินตะกอนที่มีสารอินทรีย์ (L1) (2) ส่วนที่แทรกอยู่ในของหน่วยหินย่อยชั้นถ่านหิน Coal C (L7) (3) ส่วนที่แทรกในส่วนบนของหน่วยหินย่อยชั้นถ่านหิน Coal C (L14) และ (4) ส่วนที่แทรกอยู่ในหน่วยหินย่อยชั้นถ่านหิน Coal B (L19)

ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ (ความชื้น สารระเหย จี๊เจ้า และปริมาณคาร์บอนคงที่ในหน่วยร้อยละ โดยน้ำหนัก (wt.%) การวิเคราะห์โดยละเอียด (ปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจนกำมะถัน และออกซิเจน ในร้อยละ โดยน้ำหนัก และค่าความร้อน (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (kcal / kg) ของแต่ละตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.12

ผลการวิเคราะห์โดยประมาณของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของความชื้น สารระเหย จี๊เจ้า และปริมาณคาร์บอนคงที่ เท่ากับร้อยละ 7.22, 13.49, 78.66 และ 0.63 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณจี๊เจ้าของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ ทั้งหมดสูงมาก (มีค่ามากกว่าร้อยละ 77 โดยน้ำหนัก) และผลจากการวิเคราะห์โดยละเอียด บ่งชี้ปริมาณโดยเฉลี่ยของคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และออกซิเจน เท่ากับร้อยละ 7.24, 1.95, 0.19, 0.30 และ 11.65 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของตัวอย่าง L1, L7, L14 และ L19 เท่ากับ 302.8, 277.9, 303.0 และ 355.4 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตาราง 4.12 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน ของตัวอย่าง  
หินลีโอนาร์ไคต์ (Air dry basis)

Sub-units	L1	L7	L14	L19	Average
การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)					
Moisture	5.14	7.64	8.23	7.86	7.22
Volatile Matter	12.57	13.17	13.61	14.60	13.49
Ash	81.28	78.51	77.82	77.04	78.66
Fixed Carbon	1.01	0.68	0.34	0.50	0.63
การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)					
Carbon	7.08	6.86	7.15	7.88	7.24
Hydrogen	1.43	2.03	2.12	2.22	1.95
Nitrogen	0.24	0.20	0.19	0.13	0.19
Sulfur	0.30	0.31	0.30	0.30	0.30
Oxygen	9.67	12.09	12.41	12.42	11.65
ค่าความร้อน (Heating Value) (kcal/kg)	302.8	277.9	303.0	355.4	309.8

#### 4.3.1.2 หน่วยหินย่อยถ่านหิน (Coal sub-unit)

การวิเคราะห์ธรณีเคมีตัวอย่างถ่านหินทั้งหมด จำนวน 26 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างถ่านหินจากหน่วยถ่านหินย่อย Coal C มีจำนวน 11 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากหน่วยถ่านหินย่อย Coal B มีจำนวน 4 ตัวอย่าง และตัวอย่างถ่านหินจากหน่วยถ่านหินย่อย Coal A มีจำนวน 11 ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ของการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน ของตัวอย่างถ่านหิน แสดงไว้ในตารางที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ธรณีเคมีของตัวอย่างถ่านหินทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์สูงกว่าผลของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ โดยเฉพาะค่าความร้อน



ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน ของตัวอย่าง ถ่านหิน (Air dry basis)

Geochemical methods	Coal C		Coal B		Coal A	
	Range	Avg.	Range	Avg.	Range	Avg.
การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)						
Moisture	10.48 – 17.97	14.14	10.42 – 20.38	14.74	4.28 – 17.86	10.52
Volatile Matter	25.17 – 42.18	32.45	31.53 – 36.08	33.31	25.94 – 41.32	31.51
Ash	17.06 – 53.38	32.35	8.28 – 43.64	28.70	12.00 – 65.56	30.33
Fixed Carbon	10.61 – 28.97	21.06	13.79 – 35.26	23.26	4.22 – 34.84	22.63
การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)						
Carbon	27.87 – 44.72	35.01	28.19 – 35.27	31.73	19.34 – 50.48	42.19
Hydrogen	3.53 – 5.09	4.54	4.01 – 4.84	4.43	3.10 – 5.56	4.84
Nitrogen	0.92 – 1.26	1.08	0.75 – 1.17	0.96	0.48 – 1.72	1.30
Sulfur	0.38 – 3.31	1.87	0.64 – 3.53	2.09	0.30 – 0.58	0.44
Oxygen	20.22 – 29.28	24.75	19.88	19.88	28.46 – 30.96	30.12
ค่าความร้อน (Heating Value) (kcal/kg)	2565 – 4170	3179	4689.1	4689.1	4581 – 4588	4584

#### 4.3.1.3 หน่วยหินย่อยหินน้ำมัน (Oil Shale sub-unit)

ในการศึกษาตัวอย่างหินน้ำมันที่เก็บรวบรวมมาจาก (1) หินน้ำมันในหน่วยถ่านหินย่อย Coal A (2) หน่วยหินน้ำมันย่อยตอนล่าง และ (3) หน่วยหินน้ำมันย่อยตอนบนได้ทำการวิเคราะห์ค่าใกล้เคียงขั้นสูงสุดและค่าความร้อน

ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมีได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.14 พบว่าปริมาณซีเถ้าของตัวอย่างหินน้ำมันค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับตัวอย่างหินลignite และค่าความร้อนของตัวอย่างหินน้ำมันเหล่านี้ มีค่าอยู่ระหว่างหินลignite และถ่านหิน

ตาราง 4.14 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณ การวิเคราะห์โดยละเอียด และค่าความร้อน ของตัวอย่าง หินน้ำมัน (Air dry basis)

Geochemical methods	Oil Shale in Coal A		Lower Oil Shale		Upper Oil Shale	
	Range	Average	Range	Average	Range	Average
การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						
Moisture	6.25 – 7.65	6.76	1.98 – 4.97	3.90	1.21 – 3.86	2.80
Volatile Matter	31.80 – 34.08	33.27	16.05 – 30.32	19.47	19.38 – 29.65	23.04
Ash	45.78 – 58.23	50.77	67.77 – 80.29	76.92	70.15 – 76.33	73.73
Fixed Carbon	9.97 – 20.14	15.96	1.91 – 5.28	3.61	0.20 – 5.90	3.22
การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						
Carbon	24.02		11.73		12.50	
Hydrogen	3.13		2.13		2.30	
Nitrogen	0.62		0.17		0.19	
Sulfur	0.68		0.94		0.30	
Oxygen	16.46		8.91		10.00	
ค่าความร้อน (Heating Value) (kcal/kg)	1534.2		946.3		1161.8	

#### 4.3.2 การวิเคราะห์ไพโรไลซิส (Pyrolysis analysis)

การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ไพโรไลซิส แบบ HAWK เพื่อหาค่าของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TOC) ผลผลิตน้ำมัน (S1) ผลผลิตเคอโรเจน (S2) ปริมาณ CO<sub>2</sub> (S3), ปริมาณ CO (S4 และ S5) และอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) ของตัวอย่างหินตะกอนที่มีสารอินทรีย์ที่ทำการศึกษานอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ไพโรไลซิสสามารถใช้ในการคำนวณดัชนีไฮโดรเจน (HI) และดัชนีออกซิเจน (OI) ซึ่งใช้ในการระบุหาชนิดของเคอโรเจนบนแผนภาพของ Van Krevelen ที่ปรับปรุงแล้ว ผลการวิเคราะห์ไพโรไลซิส HAWK ของแต่ละตัวอย่างได้แสดงในตารางที่ 4.15

ตาราง 4.15 ผลการวิเคราะห์ไพโรไลซิส แบบ HAWK ของแต่ละตัวอย่างในหน่วยหินย่อย

Sub-units	Oil Yield; (S1) (mg/g)	Kerogen Yield (S2) (mg/g)	Amount of CO <sub>2</sub> (S3) (mg/g)	TOC (wt.%)	Tmax (°C)	HI	OI
Leonardite	0.64	21.49	1.33	6.37	432	337	20
Coal C	2.11	59.14	9.35	39.18	426	150	23
Coal B	2.32	69.80	8.88	36.43	424	191	24
Coal A	2.19	69.77	12.30	46.65	427	149	26
Oil Shale in Coal A	1.49	67.80	5.25	19.13	422	371	31
Lower Oil Shale	0.58	42.59	0.72	5.98	434	712	12
Upper Oil Shale	0.96	40.39	1.19	7.57	425	533	15
<b>Average</b>	<b>1.47</b>	<b>53.00</b>	<b>5.57</b>	<b>23.04</b>	<b>427.14</b>	<b>349</b>	<b>21.57</b>

HI; คำนวณไฮโดรเจน (Hydrogen Index) =  $(S2*100)/TOC$

OI; คำนวณออกซิเจน (Oxygen Index) =  $(S3*100)/TOC$

**ผลผลิตน้ำมัน (Oil yield, S1):** ปริมาณผลผลิตน้ำมันของทุกตัวอย่างน้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีค่าตั้งแต่ 0.64 - 2.32 มิลลิกรัมต่อกรัม ตัวอย่างหินลีโอนาร์ไต์ แสดงค่า S1 ที่ต่ำมาก (0.64 มิลลิกรัมต่อกรัม) ตัวอย่างถ่านหินทั้งหมดมีค่า S1 ใกล้เคียงกันประมาณ 2.11 - 2.32 มิลลิกรัมต่อกรัม ผลผลิตน้ำมันของตัวอย่างหินน้ำมันทั้งหมดต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่า S1 ของหินน้ำมัน ในถ่านหิน Coal A สูงที่สุด ในตัวอย่างชั้นหินน้ำมัน (1.49 มิลลิกรัมต่อกรัม)

**ผลผลิตเคโรเจน (Kerogen yield, S2):** ผลผลิตเคโรเจนของทุกตัวอย่างมีค่าตั้งแต่ 21.49 - 69.80 มิลลิกรัมต่อกรัม หินลีโอนาร์ไต์ มีค่า S2 ต่ำสุด (21.49 มิลลิกรัมต่อกรัม) ในขณะที่ค่า S2 สูงสุดเป็นของตัวอย่างหน่วยย่อยถ่านหิน Coal B (69.80 มิลลิกรัมต่อกรัม)

**ปริมาณ CO<sub>2</sub> (S3):** ปริมาณ CO<sub>2</sub> ของตัวอย่างทั้งหมดน้อยกว่า 13 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณ CO<sub>2</sub> สูงสุดเป็นของตัวอย่างหน่วยย่อยถ่านหิน A (12.30 มิลลิกรัมต่อกรัม) ในขณะที่ปริมาณ CO<sub>2</sub> ต่ำสุดเป็นของตัวอย่างหน่วยย่อยชั้นหินน้ำมันที่ต่ำกว่า (0.72 มิลลิกรัมต่อกรัม)

**คาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (Total organic carbon, TOC) (wt.%):** ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด ของตัวอย่างทั้งหมดมีค่า ตั้งแต่ 5.98 - 46.65 wt.% TOC ของถ่านหินตัวอย่างหน่วยย่อยมีค่าสูงสุด (46.65 wt.%) ในขณะที่ TOC ของตัวอย่างหน่วยย่อยของชั้นหินน้ำมันที่ต่ำกว่ามีค่าต่ำสุด (5.98 wt.%)

**อุณหภูมิสูงสุด (Maximum temperature, Tmax):** ค่าอุณหภูมิสูงสุดของตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมด มีค่าตั้งแต่ 422 - 434 °C โดยค่า Tmax สูงสุด เกิดในตัวอย่างหน่วยย่อยของชั้นหินน้ำมันตอนล่าง มีค่าเท่ากับ 434 °C Tmax

**ดัชนีไฮโดรเจน (Hydrogen Index, HI):** ค่าดัชนีไฮโดรเจนของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ระหว่าง 149 ถึง 712 โดยตัวอย่างหน่วยย่อยของชั้นหินน้ำมันตอนล่าง มีค่าดัชนีไฮโดรเจนสูงสุดเท่ากับ 712 ในขณะที่ตัวอย่างหน่วยย่อยของถ่านหิน A มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าดัชนีไฮโดรเจนเท่ากับ 149

**ดัชนีออกซิเจน (Oxygen Index, OD):** ค่าดัชนีออกซิเจนของตัวอย่างทั้งหมด มีค่าต่ำกว่า 31 ของตัวอย่างหินน้ำมันที่อยู่ในหน่วยย่อยถ่านหิน Coal A โดยค่าดัชนีออกซิเจนของตัวอย่างหน่วยย่อยของหินน้ำมันตอนล่าง มีค่าต่ำสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12

Jarvie et al. (2001) ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่าง Tmax และค่าการสะท้อนแสงของวทริไนต์ ตามสมการที่ 4-1 ดังต่อไปนี้

$$Ro = 0.018 (Tmax) - 7.16 \quad (4.1)$$

ดังนั้นจึงใช้ค่า Tmax จากการวิเคราะห์ไพโรไลซิส HAWK (ตารางที่ 4.14) ในการคำนวณหาค่า Ro ตามสมการ 4.1 ซึ่งผลลัพธ์ของ Ro ที่คำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.16

จาก ความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนแสงของวทริไนต์ (Ro) การหาชนิดเคโรเจน และ Tmax ของแต่ละสารอินทรีย์ที่ศึกษา (ตารางที่ 4.16) สามารถคาดการณ์การสุกของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม (Maturation) ได้

กระบวนการเกิดของสารระเหยเริ่มต้นด้วยการขับไล่ก๊าซ  $H_2O$ ,  $CO_2$  และ  $CO$  ก่อนที่  $CH_4$  จำนวนมากจะถูกปลดปล่อยตามออกมา ในทางตรงกันข้ามกับกระบวนการเกิดถ่านหิน จะมีการสร้างไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำโดยเฉพาะก๊าซมีเทน ( $CH_4$ ) และสารระเหยอื่น ๆ ยิ่งไปกว่านั้นก๊าซมีเทนบางส่วนถูกปลดปล่อยจาก Liptinite ที่อันดับค่อนข้างต่ำ (มีค่าการสะท้อนแสงของวทริไนต์ ช่วง 0.2 - 0.5% Ro) (Petersen et al., 2006) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์สารระเหยชนิดแรกที่ปลดปล่อยในถ่านหินที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C ส่วนใหญ่เป็น  $H_2O$  และ  $CO_2$  และ ได้  $CH_4$  ใน

ปริมาณเล็กน้อย (Petersen, 2006) ช่วงของการก่อเกิดน้ำมัน (Oil window) สำหรับหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมขึ้นอยู่กับความร้อนได้พิภพ ซึ่งในตำแหน่งที่ทำให้ปิโตรเลียมก่อเกิดขึ้น มีค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ โดยประมาณ ในช่วง 0.82 ถึง 0.98% Ro และความลึกในการกลบฝังของแอ่งตะกอน ในช่วง 1300 ถึง 1400 เมตร จึงมีความสำคัญสำหรับการขุดหาน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ (Petersen et al., 2006)

ช่วงระยะของการก่อเกิดน้ำมันที่มีประสิทธิภาพคาดว่าจะเกิดขึ้นที่ 0.7% Ro สำหรับเคอโรเจนประเภท Type I สำหรับประเภท Type II มีค่า 0.5% Ro และสำหรับประเภท Type III 0.6% Ro และประเภท Type I และ II มีค่า 0.5% Ro ในช่วงต้นสำหรับการสร้างก๊าซแห้ง (Dry gas) หรือก๊าซมีเทน (Tissot and Welte, 1984 ; Tissot, Pelet and Ungerer, 1987)

ดังนั้น จากผลการศึกษาการสุกของหินต้นกำเนิดของแหล่งถ่านหินแม่ตึบ ตามการพิจารณาจากชนิดของเคอโรเจน ค่า Tmax และการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ที่คำนวณได้ (% Ro) (ตาราง 4.16) บ่งชี้ว่าหน่วยหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารทั้งหมดของแหล่งแม่ตึบนั้น อยู่ระหว่างช่วงขั้นตอนที่ยังไม่สุกและเริ่มต้นสุก (Immature and early mature stage)

**ตาราง 4.16** การสุกของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม (Maturation) ประเมินด้วยค่า Ro ชนิดเคอโรเจน และ Tmax

Sub-units	Kerogen Types	Tmax (°C)	Ro (%)	Maturation
Leonardite	II and III	432	0.616	Early Mature
Coal C	II and III	426	0.508	Immature to Early Mature
Coal B	II and III	424	0.472	Immature
Coal A	II	427	0.526	Immature to Early Mature
Oil Shale in Coal A	I and II	422	0.436	Immature
Lower Oil Shale	I	434	0.652	Immature to Early Mature
Upper Oil Shale	I	425	0.490	Immature



#### 4.4 การอภิปรายผล

การแปลผลของผลการวิเคราะห์สีลาพรรณนาและธรณีเคมีแสดงให้เห็นถึงประวัติของสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน คุณภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม เพื่อระบุหาการสร้างและ/หรือการขับออกของปิโตรเลียม ประเภทของอินทรีย์สาร (เคอโรเจน) และศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมของการลำดับชั้นหินตะกอนที่มีอินทรีย์สารในแหล่งแม่ตึบ ในการศึกษานี้ได้พิจารณาการสุกของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม โดยอาศัยจากผลการวิเคราะห์ของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) ดัชนีการผลิต (Production Index, PI) และการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (% Ro)

##### 4.4.1 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนในแอ่งแม่ตึบ

สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนที่เกิดในหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมเน็ด บ่งชี้ให้เห็นว่าการสะสมของสารอินทรีย์ในแอ่งแม่ตึบมีความสัมพันธ์กับความผันผวนของระดับน้ำในแต่ละสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทำให้เกิดการสะสมของอินทรีย์สารและตะกอนที่มีขนาดละเอียด ชนิดของแร่ธาตุ และองค์ประกอบทางธรณีเคมีในแอ่งแม่ตึบ สภาพการณ์เหล่านี้ทำให้เกิดการทับถมของชั้นหินลีโอนาร์ได์ ที่เกิดในสภาวะที่มีระดับน้ำในแอ่งตะกอน ส่วนชั้นถ่านหินที่มีการปนเปื้อน (หน่วยถ่านหินย่อย Coal C) มีการทับถมที่เกิดในสภาวะที่มีระดับน้ำปานกลาง ส่วนชั้นถ่านหินหลัก (หน่วยถ่านหินย่อย Coal B และ Coal A) มีการทับถมที่เกิดในสภาวะที่มีระดับน้ำต่ำและอาจเป็นการทับถมในป่าพรุจากระดับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งทำให้ระดับปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดหน่วยหินลีโอนาร์ได์ที่ผสมกับถ่านหินในตอนล่างของหน่วยถ่านหินจึงอาจหมายถึงการจมอยู่ใต้น้ำของตะกอนที่มีอินทรีย์สารในแอ่งแม่ตึบอย่างต่อเนื่อง โดยมีหลักฐานการพบแร่อินทรีย์ Liptodetrinite ร่วมกับ Sporinite อาจบ่งบอกถึงการกระจายตัวของหญ้าในหนองบึงต่อเนื่องไปยังพื้นที่ที่มีน้ำที่มีการสะสมของโคลนที่มีอินทรีย์สาร สภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอนกับความสัมพันธ์กับแร่อินทรีย์ สามารถสรุปได้ดังนี้

สภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอนในตอนล่างของแอ่งแม่ตึบ อาจเป็นทะเลสาบน้ำจืด มีระดับน้ำลึกในตอนกลางและตื้นๆ ตื้นขึ้นตามความลาดชันของตลิ่ง แล้วกลายเป็นหนองบึงเข้าสู่แผ่นดิน แร่อินทรีย์ที่พบโดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดวิทริไนต์และลิปทิไนต์ โดยมีกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดอีนอกทิไนต์และแร่ธาตุอื่นๆ หลังจากนั้นหน่วยถ่านหินย่อย Coal A, B และ C มีการการสะสมตัวโดยเริ่มจากพืชที่อาศัยอยู่ในน้ำ เช่น กกและหญ้าที่เกิดในที่ลุ่มหรือบึงตรงด้านขอบของทะเลสาบน้ำจืด และตามด้วยป่าพรุบนบกที่ไม่มีไม้และเฟิร์น ถ่านหินเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นถ่านหินที่ไม่บริสุทธิ์ โดยชั้นถ่านหินตอนบนมีปริมาณแร่ธาตุสูงกว่าชั้นถ่านหินตอนล่าง

โดยทั่วไป ปริมาณซีไธ์ในชั้นหินตะกอนที่มีสารอินทรีย์สามารถใช้เพื่อทำนายระดับน้ำในระหว่างการสะสมตะกอนได้ โดยชั้น Sapropelic (ลีโอนาร์ไคต์และหินน้ำมัน) มีปริมาณซีไธ์สูง เป็นผลจากแร่อินทรีย์หรือแร่ธาตุที่พบร่วมกับหินตะกอนที่มีสารอินทรีย์ อาจบ่งบอกถึงสภาพแวดล้อมที่มีระดับน้ำสูง จากผลการวิเคราะห์ทางธรณีเคมีระบุได้ว่าตัวอย่างลีโอนาร์ไคต์มีปริมาณของซีไธ์สูงที่สุด แต่ปริมาณคาร์บอนและคาร์บอนคงที่มีค่าต่ำที่สุด ผลจากการศึกษาสิลาวรรณาน่าหินของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ศึกษานั้นประกอบด้วยแร่ธาตุ น้อยกว่า 60% และแร่อินทรีย์ ได้แก่ Liptodetrinite Resinite และ Sporinite ที่มี Alginite เพียงเล็กน้อย โดยชั้นหินลีโอนาร์ไคต์ที่มีแร่อินทรีย์ประเภท Sapropelic นั้นถูกสะสมในสภาวะที่มีระดับน้ำสูงหรือแหล่งน้ำเปิด ซึ่งเศษพืชที่ลอยอยู่ รวมทั้งสาหร่าย ที่ค่อยๆ ตกจมมาพร้อมกับตะกอนโคลนอย่างช้าๆ ลงไปสะสมตัวอยู่ด้านล่างของแหล่งน้ำ

หน่วยถ่านหินย่อย Coal C เป็นถ่านหินฮิวมิคที่มีการสะสมทั้งในสภาพแวดล้อมที่เป็นบึงกกและป่าพรุ จากผลการวิเคราะห์โดยประมาณและละเอียด ระบุได้ว่าถ่านหินชั้นนี้มีปริมาณของซีไธ์ต่ำ แต่คาร์บอนและคาร์บอนคงที่มีค่าสูงที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับการพบกลุ่มแร่อินทรีย์ที่เป็น Vitrinite ที่สูงมาก ในผลจากการศึกษาสิลาวรรณาน่าหินนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วย Detovitrinite และมี Gelovitrinite กับ Telovitrinite บางส่วน กลุ่มแร่อินทรีย์นี้ได้มาจากลำต้นไม้ ใบรากและเปลือกไม้ ที่แสดงถึงสภาพแวดล้อมป่าพรุในหนองบึง และในสภาวะระดับน้ำต่ำ โดยอัตราส่วนของโครงสร้างเซลล์พืชและเจลสามารถสะท้อนถึงความสัมพันธ์ของน้ำ ความชื้นและสภาวะการออกซิไดซ์ ในสภาวะที่มีความชื้นและออกซิเดชันสูง จะพบ Gelovitrinite จากกระบวนการเกิดเจลในสภาพความชื้นและออกซิเดชันที่ต่ำกว่า จะพบ Detovitrinite ในขณะที่ความชื้นต่ำมากและ / หรือสภาวะออกซิไดซ์ ที่มีลักษณะเศษของไม้และเปลือกไม้ที่มองเห็นได้ ซึ่งแสดงเฉพาะ โครงสร้างของโครงสร้างเซลล์ของพืชเท่านั้น

ปริมาณสารระเหยและไฮโดรเจน แสดงไปในทิศทางเดียวกันปริมาณกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิปทีไนต์ ในการศึกษาสิลาวรรณาน่าหิน

กลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิปทีไนต์ ในหินน้ำมันส่วนใหญ่เป็น Alginite ซึ่งทับถมกับตะกอนขนาดเล็ก ส่วนกลุ่มแร่อินทรีย์ชนิดลิปทีไนต์ในถ่านหิน ส่วนใหญ่ได้มาจากซากพืชหรือเนื้อเยื่อไม้ ซึ่งในสภาวะรีดิคซ์ เนื้อเยื่อพืชจะถูกรักษาไว้เกือบสมบูรณ์ เช่น ผนังเซลล์ของเปลือกไม้หรือโครงสร้างราก ใบ และคลอโรฟิลล์ (Chlorophyllinite หรือ Fluorinite) (ตารางที่ 4.17)

ในสภาวะรีดิคซ์ กลุ่มแร่ Liptrinite บางชนิด ที่มีกลุ่มไขมันหรือแวกซ์จำนวนค่อนข้างมาก สามารถมองเห็นรูปร่างได้ง่าย อาทิเช่น Alginite ในหินน้ำมัน Sporinite Cutinite Resinite และ

Suberinite สามารถจำแนกได้ด้วยรูปร่างและลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิดแร่อินทรีย์ ถ่านหินที่มีคุณสมบัติเฉพาะ Sporinite ที่พบมากในชั้นถ่านหิน (Cannel coal) อาจบ่งชี้ถึงสภาวะการออกซิไดซ์ที่สูงขึ้นซึ่งเนื้อเยื่อโครงสร้างทั้งหมดจะถูกทำให้กลายเป็นเจล โดยทั่วไปแล้ว Resinite จะพบว่ามีความสัมพันธ์กับ Cutinite โดยเฉพาะอย่างยิ่งซากใบต้นสน ที่เป็นพืชในอายุเทอร์เชียรีในเขตหนาวในภาคเหนือ

หินน้ำมันทั้งสองชั้น ที่แทรกอยู่ในหน่วยถ่านหินย่อย Coal A บ่งชี้ถึงการที่น้ำลึกท่วมขังในป่าพรุเป็นเวลานาน การที่น้ำนิ่งเป็นเวลานานและมีความอุดมด้วยสารอาหาร ทำให้สาหร่ายเกิดเป็นจำนวนมากและสะสมชั้นสาหร่ายหนาขึ้น ส่วนของหน่วยถ่านหิน Coal A นี้ บ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงจากระดับน้ำตื้นในป่าพรุหนองบึงไปสู่ระดับน้ำที่สูงขึ้นอย่างฉับพลันซึ่งทำให้เกิดหน่วยถ่านหิน Coal A ที่ต่อเนื่องไปยังหน่วยหินย่อย Oil Shale ที่วางทับอยู่บนชั้นถ่านหิน

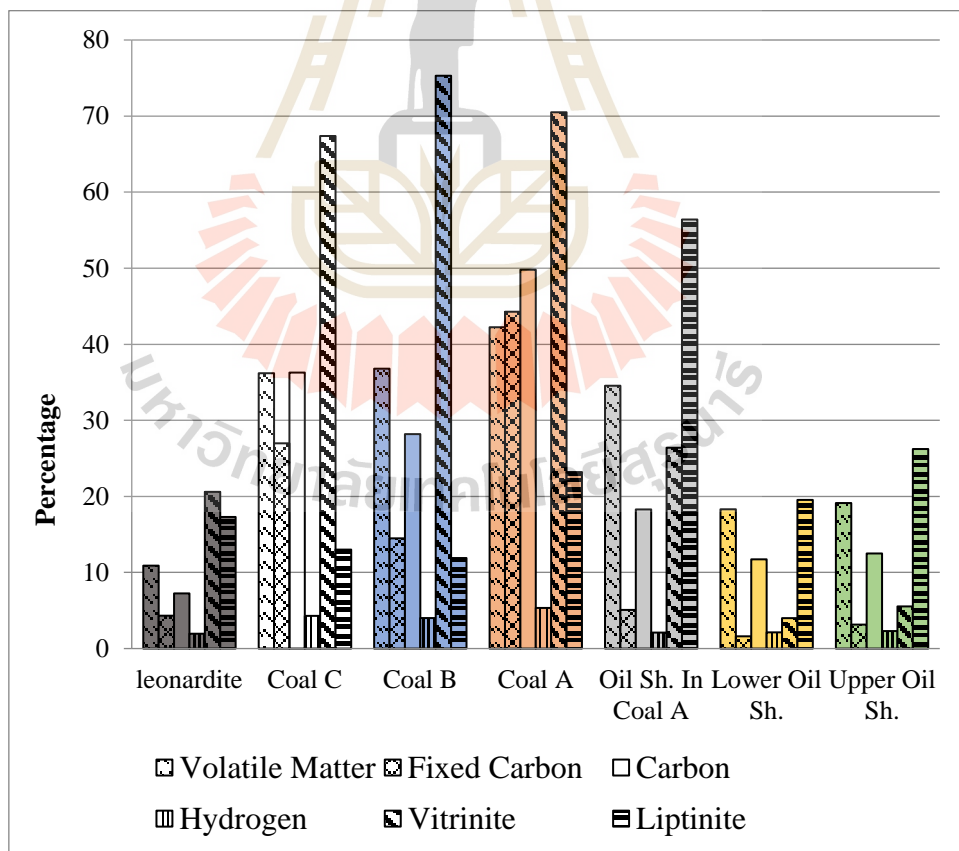
ตาราง 4.17 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนกับความสัมพันธ์กับชนิดแร่อินทรีย์ของแอ่งแม่ตึบ

สภาพแวดล้อมการสะสม ตะกอน	Unit	Sub-units	ชนิดแร่อินทรีย์ (Maceral Type)	ส่วนประกอบ			
				V (%)	L (%)	In (%)	MM (%)
ทางน้ำ (Fluvial)	Fluvial sequences (semi-consolidated)		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ทะเลสาบน้ำจืด (Lacustrine)	Fine-grained sedimentary sequences		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Oil Shale*	Upper Oil Shale	Alginite and liptinite	5.54	26.62	0	67.84
		Lower Oil Shale	Alginite and liptinite	4.33	19.54	0	76.46
		Oil Shale in Coal A	Alginite liptinite and sporinite	12.00	74.36	0	13.62
ป่าพรุ-หนองบึง (Forest-Swamp)	Coal*	Coal A	Telovitrinite, gelinite, alginite, cutinite, sporinite, fluorinate, liptinite, resinite, and some of extinite	70.45	23.18	0.29	5.04
		Coal B	Telovitrinite, gelinite, cutinite, sporinite liptinite, resinite	75.29	11.88	0.12	12.71
		Coal C	Telovitrinite, detrovitrinite and gelinite, cutinite, sporinite, liptinite, resinite	67.59	12.96	0.68	19.00
	Leonardite*	Leonardite	Detrovitrinite, gelinite, sporinite, liptinite resinite and some of alginite	20.57	17.29	0	62.14

\*organic sub-units in this study, V = Vitrinite, L = Liptinite, In = Inertinite, MM. = Mineral Matter

โดยปกติ การสะสมของหินน้ำมันจะเกิดในสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด หินน้ำมันประกอบด้วยตะกอนอนินทรีย์สูง (รูปที่ 4.58) และปริมาณซี้ต่ำสูง ซึ่งได้มาจากตะกอนขนาดเล็กที่ทับถมร่วมกับสาหร่ายในช่วงที่สาหร่ายมีปริมาณมาก ที่เกี่ยวข้องกับสารอาหารและสภาวะอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมซึ่งนำไปสู่ความหลากหลายของลักษณะของสาหร่าย โดยทั่วไปแล้ว Alginite ส่งผลให้เกิดทั้งปริมาณสารระเหยสูงและไฮโดรเจนในหน่วยย่อยของหินน้ำมัน

ชั้นของสาหร่ายในหินน้ำมัน ส่วนใหญ่ประกอบด้วย Lamalginite และ Telalginite ภายใต้กล้องแสงจุลทรรศน์ แร่อินทรีย์ Telalginite ในหินน้ำมันชั้นล่างจะแสดงลักษณะลำตัวยาวและสั้น แต่จะมีรูปร่างบางและสั้นกว่าของหน่วยหินย่อยอื่น ๆ ซึ่งขนาดของสาหร่ายโดยปกติขึ้นอยู่กับค่า pH และสารอาหารของสภาพหนองบึง โดยทั่วไปสาหร่ายสามารถดูดซับไนโตรเจนได้ดีกว่าและเติบโตได้เร็วในอุณหภูมิที่อุ่นขึ้น ต่อมาการทับถมของหินน้ำมันสิ้นสุดลงเมื่อมีน้ำท่วมเข้ามา หลังจากเกิดน้ำท่วมแล้วกระบวนการไหลเวียนได้รับการพัฒนาและมีการสะสมของตะกอนจากการไหลของน้ำ



รูปที่ 4.58 ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมีและชนิดของแร่อินทรีย์ในแต่ละหน่วยหินย่อย

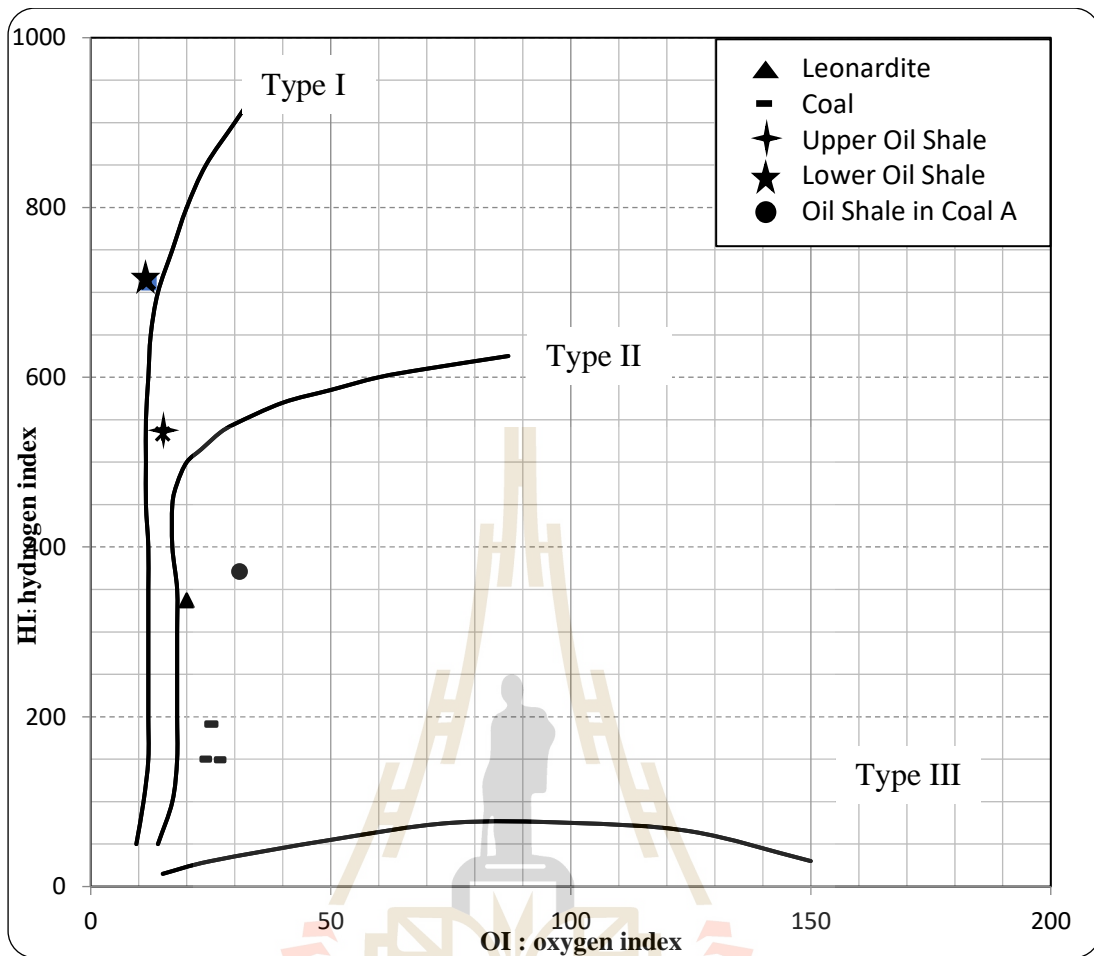


#### 4.4.2 การประเมินศักยภาพหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมของแอ่งแม่ตึบ

ตามสภาพแวดล้อมการสะสมตัวจากที่ระดับน้ำสูงไปสู่ระดับน้ำตื้นทำให้องค์ประกอบของหินตะกอนที่มีสารอินทรีย์ในรูปแบบของชนิดแร่อินทรีย์ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในระหว่างการฝังตัวของแอ่งตะกอน โดยปกติจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมและขั้นตอนของวิวัฒนาการของการก่อเกิดปิโตรเลียม

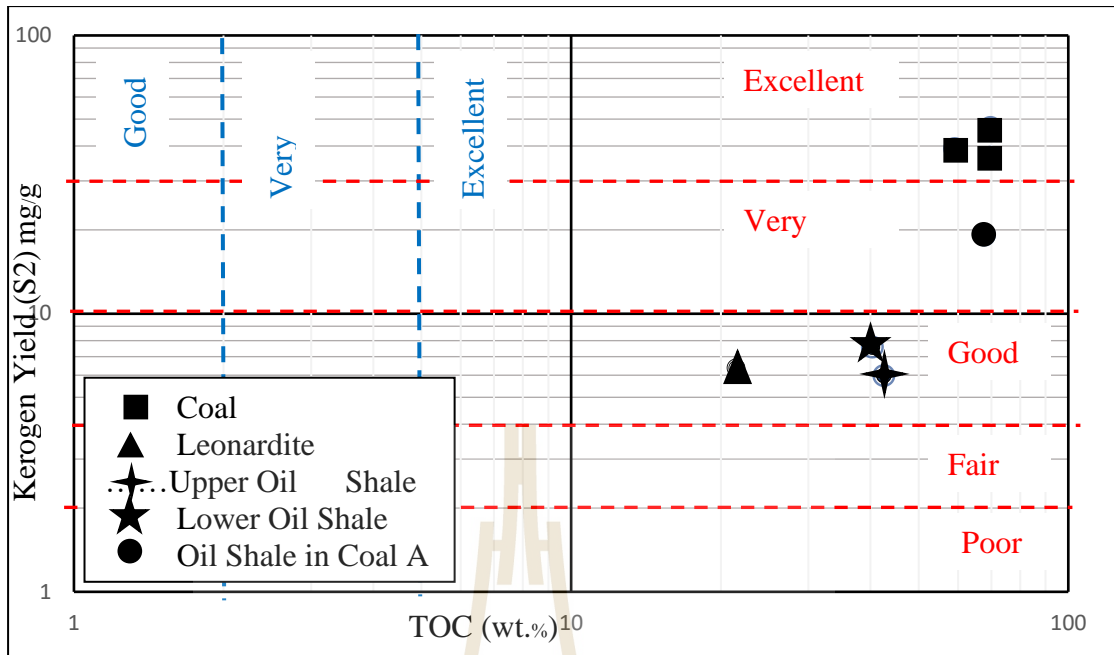
ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าในขั้นตอนไพโรไลซิส ผลผลิตน้ำมัน (S1) มีค่าต่ำ และคาร์บอนอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในขณะที่ผลผลิตเคโรเจน (S2) ในหน่วยถ่านหินย่อย Coal B หน่วยถ่านหินย่อย Coal A และหินน้ำมันในชั้นหน่วยถ่านหินย่อย Coal A มีค่าสูง ความสัมพันธ์ของผลผลิตน้ำมัน (S1) ผลผลิตเคโรเจน (S2) และคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TOC) มีค่าต่ำในชั้นหินลิวไนต์และหินน้ำมัน แต่หินน้ำมันในชั้นหน่วยถ่านหินย่อย Coal A มีค่าผลผลิตเคโรเจน (S2) สูง ซึ่งใกล้เคียงกับหน่วยถ่านหินย่อย Coal A

ปริมาณคาร์บอน (S3) แสดงถึงคาร์บอนในรูปของ  $\text{CO}_2$  และ CO ซึ่งโดยปกติจะมีค่าต่ำในชั้นหินตะกอนที่มีสารอินทรีย์ เช่น ลิวไนต์และหินน้ำมัน ส่วนค่าดัชนีไฮโดรเจน (HI) และดัชนีออกซิเจน (OI) สามารถคำนวณได้จากผลผลิตเคโรเจน (S2) ปริมาณคาร์บอน (S3) และคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (TOC) ในการศึกษา ค่า HI และ OI ที่คำนวณได้ถูกนำมาพล็อตบนแผนภาพ Van Krevelen diagram ที่ได้ปรับปรุงมาเพื่อจำแนกประเภทของเคโรเจนของตัวอย่างที่ศึกษา (รูปที่ 4.59) จากผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างหินน้ำมันแสดงเคโรเจนชนิด Type I ส่วนตัวอย่างหินลิวไนต์แสดงเคโรเจนชนิด Type II ตัวอย่างถ่านหินแสดงเคโรเจนชนิด Type II ส่วนตัวอย่างหินน้ำมันในชั้นหน่วยถ่านหินย่อย Coal A แสดงเคโรเจนระหว่างชนิด Type II และ Type III



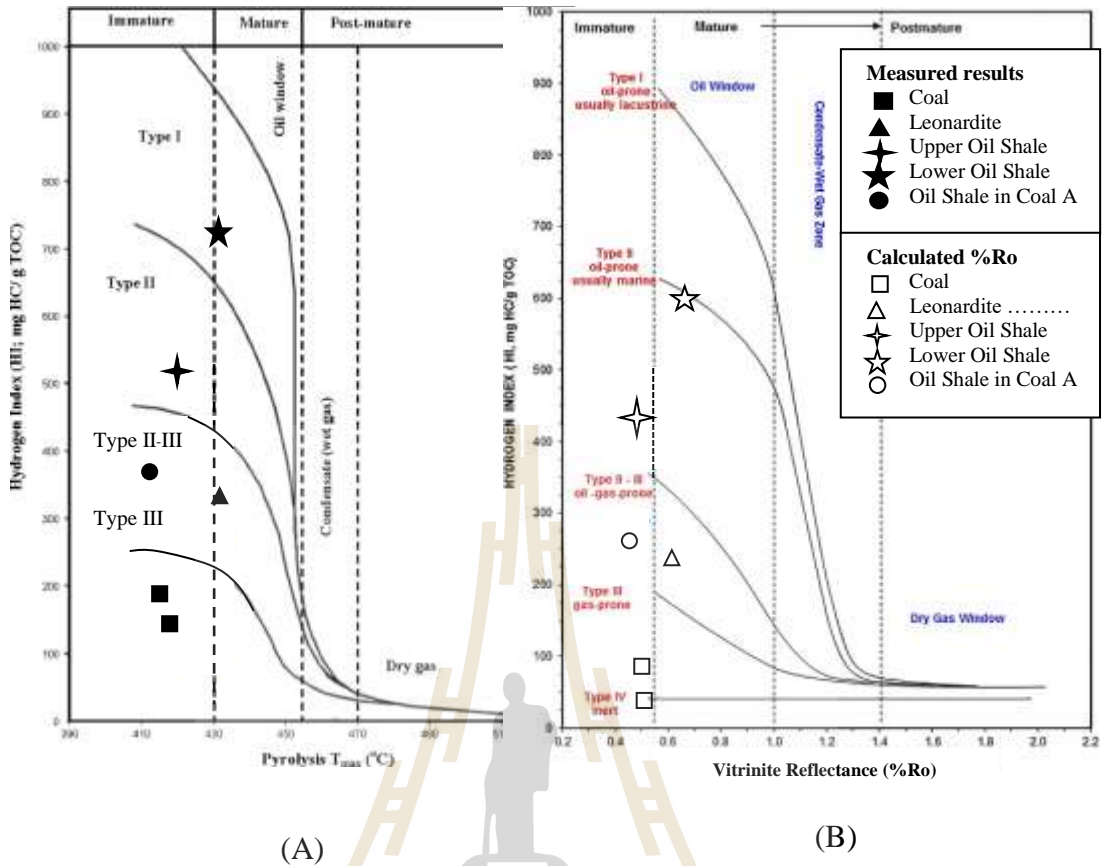
รูปที่ 4.59 การจำแนกประเภทเคโรเจน (Kerogen type) ของตัวอย่างหินในแอ่งแม่โดยการ Cross-plot ของ HI กับ OI โดยปรับปรุงจาก Van Krevelen diagram

ปริมาณไฮโดรคาร์บอนอิสระ (S1) และปริมาณของไฮโดรคาร์บอนที่เหลืออยู่ซึ่งยังไม่ได้เปลี่ยนเป็นไฮโดรคาร์บอน (S2) สามารถวัดได้ในหน่วยมิลลิกรัม/กรัมของหิน ดังนั้นศักยภาพของการเกิดไฮโดรคาร์บอน (S1 + S2) ที่เกี่ยวข้องกับดัชนีการผลิต (PI) ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ของ  $S1 / (S1 + S2)$  เป็นผลให้ค่า PI ที่คำนวณได้ของตัวอย่างที่ศึกษา มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.3 มิลลิกรัมของ HC / กรัมของ TOC และผลวิเคราะห์นี้ได้บ่งชี้ถึงระยะที่ยังไม่สุกของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม ตัวอย่างถ่านหินและลignite มีค่า PI สูง ในขณะที่ค่า PI ต่ำสุดเป็นตัวอย่างหน่วยย่อยของชั้นหินน้ำมันชั้นล่าง ผลการศึกษาการพล็อตความสัมพันธ์ระหว่าง S2 กับ TOC แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ศึกษามีศักยภาพในการก่อเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ดีถึงดีเยี่ยม (รูปที่ 4.60)



รูปที่ 4.60 การ Cross-plot ของปริมาณของไฮโดรคาร์บอนที่เหลืออยู่ (S2) กับ TOC (wt.%) แสดงศักยภาพการสร้างสรรค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ดีถึงดีเยี่ยมของตัวอย่างหินในแอ่งแม่ตึบ

การสุกของสารอินทรีย์ (Organic maturation) ในหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม สามารถประมาณได้โดยอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) โดยทั่วไป Tmax ประมาณ 430°C เป็นช่วงอุณหภูมิรอยต่อระหว่างช่วงที่ยังไม่สมบูรณ์และสุก (Oil production zone) ในการศึกษาตัวอย่างชั้นหินลิโอนาร์ไคต์ มีค่า Tmax มากกว่า 430°C และ Tmax สูงสุด (ประมาณ 434 °C) เป็นของหน่วยหินย่อยของชั้นหินน้ำมันชั้นล่าง (รูปที่ 4.61A)



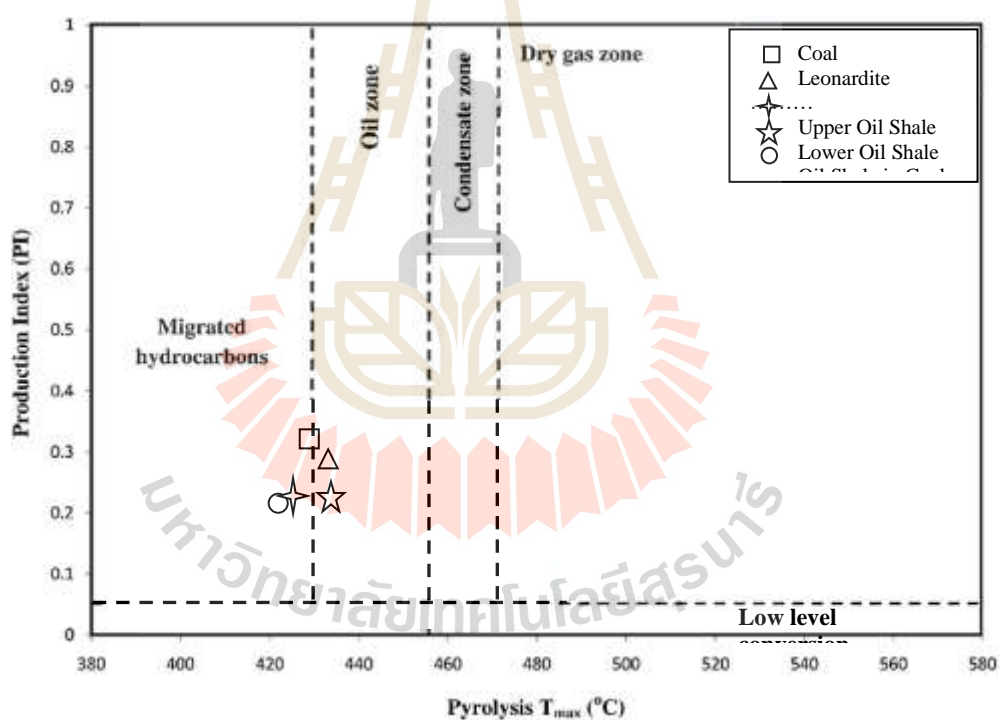
รูปที่ 4.61 ลำดับขั้นตอนของการสุกของสารอินทรีย์ (Organic maturation) ในหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมโดยการ cross-plot ของ HI กับ  $T_{max}$  (A) และ HI กับ Ro (B)

ผลการศึกษาความสัมพันธ์แบบ cross-plot ของ HI กับ  $T_{max}$  บ่งชี้ได้ว่าค่าความร้อนที่ทำให้สร้างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ หินน้ำมัน และถ่านหิน ซึ่งส่วนใหญ่ผลการศึกษาพบว่าหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมตกอยู่ในช่วงระยะที่ยังไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม มีตัวอย่างของหินน้ำมันชั้นต่ำและลีโอนาร์ไคต์ ที่หินต้นกำเนิดปิโตรเลียมอยู่ในช่วงระยะสุกตอนต้น (รูปที่ 4.61A)

การสะท้อนแสงของวิทริไนต์ (Ro) เป็นวิธีการทางแสงในการวัดความสมบูรณ์ของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม (Tissot and Welte, 1984) ช่วงความสมบูรณ์สำหรับการก่อเกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสามารถเริ่มต้นได้จากการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ เท่ากับ 0.4% Ro (หรือ  $T_{max}$  ประมาณ 420°C) เป็นช่วงเริ่มมีการสร้างปิโตรเลียม (Petersen, 2002; Sykes et al., 2002) ในการศึกษา ค่าการสะท้อนแสงของวิทริไนต์ ที่คำนวณได้อยู่ระหว่าง 0.436 - 0.652%Ro (ตารางที่

4.16) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงของวทริไนต์ คือ  $0.41\%R_o$  จากผลความสัมพันธ์ของดัชนีไฮโดรเจน (HI) กับของการสะท้อนแสงของวทริไนต์ ได้บ่งชี้ว่าตัวอย่างสารอินทรีย์ที่ศึกษาทั้งหมด มีหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมอยู่ในช่วงที่ยังไม่สมบูรณ์หรือยังไม่สุก อย่างไรก็ตาม ผลความสัมพันธ์ของ HI กับ  $R_o$  นี้ แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างหินน้ำมันชั้นล่าง และชั้นหินลิโอนาร์ได์ซึ่งหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมอยู่ในช่วงระยะสุกตอนต้น (รูปที่ 4.61B)

ดัชนีผลผลิต (PI) และอุณหภูมิสูงสุด ( $T_{max}$ ) ทำการครอสพล็อต (cross-plot) สามารถนำมาใช้เพื่อระบุชนิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม ผลลัพธ์ของการหาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีผลผลิต เทียบกับ  $T_{max}$  ของตัวอย่างที่ศึกษา (รูปที่ 4.62) ซึ่งการครอสพล็อตนี้ทำให้ระบุได้ว่าตัวอย่างอินทรีย์ที่ศึกษาทั้งหมดตกอยู่ในการเกิดของโซนน้ำมัน (Oil zone generation)



รูปที่ 4.62 การ Cross-plot of Productive Index (PI) กับ  $T_{max}$  ของตัวอย่างหินในแอ่งแม่ตึบ



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและศักยภาพปิโตรเลียมของแอ่งตะกอนอินทรีย์แม่ติบ ซึ่งประกอบด้วย งานภาคสนาม การศึกษาสิลาวรรณนาวิทยาในอินทรีย์วัตถุ และการวิเคราะห์ธรณีเคมีได้ถูกดำเนินการและศึกษา เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ ซึ่งผลสรุปของผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

#### 5.1 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและลักษณะการทับถมตะกอนในแอ่งแม่ติบ

แอ่งแม่ติบ เป็นแอ่งขนาดเล็ก ที่เป็นแอ่งตะกอนบนบกในยุคเทอร์เชียรี ตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย ระบบการทับถมตะกอนในแอ่งนี้มีสภาพแวดล้อมการทับถมตะกอน 3 สภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพแวดล้อมแบบหนองบึงในส่วนตอนล่างของแอ่ง สภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืดในส่วนตอนกลางของแอ่ง และสภาพแวดล้อมแบบทางน้ำ เกิดขึ้นในส่วนตอนบนของแอ่ง ตะกอนอินทรีย์ที่พบโดยทั่วไปในแอ่งนี้ ได้แก่ หินน้ำมัน ถ่านหิน และลignite โดยมีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในแอ่งเป็นปัจจัยหลักในการควบคุมการทับถมของตะกอนเหล่านี้ ซึ่งตะกอนอินทรีย์ในแอ่งแม่ติบ แบ่งออกเป็น 7 หน่วยย่อย โดยเรียงจากส่วนล่างถึงส่วนบนของแอ่งตามลำดับ ดังนี้ (1) หน่วยหินย่อยลignite (2) หน่วยหินย่อย Coal C (3) หน่วยหินย่อย Coal B (4) หน่วยหินย่อย Coal A (5) หน่วยหินย่อยหินน้ำมันใน Coal A (6) หน่วยหินย่อยหินน้ำมันส่วนล่าง และ (7) หน่วยหินย่อยหินน้ำมันส่วนบน

การศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบอินทรีย์และสภาพแวดล้อมการทับถมตะกอนของแหล่งแม่ติบ โดยอาศัยผลการศึกษาสิลาวรรณนาวิทยาในอินทรีย์วัตถุ และธรณีเคมี สามารถบ่งชี้สภาพแวดล้อมการทับถมตะกอน จำแนกได้ 3 ประเภท โดยเรียงลำดับจากน้อยไปมากตามลำดับ ดังนี้ (1) สภาพแวดล้อมแบบหนองบึงถึงป่าพรุในหนองบึง (2) สภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืด และ (3) สภาพแวดล้อมแบบทางน้ำ

วิวัฒนาการกระบวนการการทับถมตะกอนในแอ่งแม่ติบ เริ่มต้นจากการทับถมตะกอนด้วยการเพิ่มระดับน้ำในแอ่งที่สูงขึ้น เนื่องจากการทรุดตัวของแอ่ง ปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดการสะสมของตะกอนขนาดละเอียดที่ไม่มีหรือมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ ซึ่งประกอบด้วยดินเหนียวและโคลนที่มีสารอินทรีย์ (Gyttja) ในพื้นที่บริเวณใกล้แผ่นดิน ต่อมาลigniteได้ถูกทับถมในระดับน้ำต่ำ เมื่อ

น้ำต้นชั้นพีตที่มาจากต้นหญ้ากกและป่าพรุในหนองบึงมีการสะสมตัว และยังมีปริมาณอินทรีย์สารเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดชั้นถ่านหิน ได้แก่ หน่วยหินย่อยถ่านหิน Coal C, Coal B และ Coal A ที่อยู่ในส่วนตอนล่างของแอ่งตะกอน ซึ่งมีการทับถมในสภาพแวดล้อมแบบหนองบึง หลังจากนั้นตะกอนของทะเลสาบน้ำจืดมีการทับถมในระดับพลังงานต่ำ ในส่วนตอนกลางของแอ่งตะกอน ซึ่งประกอบด้วยตะกอนขนาดละเอียดและมีอินทรีย์วัตถุ โดยเฉพาะพบสาหร่ายที่อุดมสมบูรณ์ ส่งผลทำให้เกิดชั้นหินน้ำมันที่มีสารอินทรีย์ที่มีปริมาณและมีความสมบูรณ์สูงในหน่วยหินย่อยหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน Coal A หน่วยหินย่อยหินน้ำมันส่วนล่าง และหน่วยหินย่อยหินน้ำมันส่วนบน ในที่สุดตะกอนจากสภาพแวดล้อมแบบทางน้ำมีการทับถมในระดับพลังงานสูง ซึ่งเป็นตะกอนขนาดละเอียดถึงหยาบ ทั้งที่ไม่มีหรือมีสารอินทรีย์เพียงเล็กน้อย ได้มีการทับถมที่ส่วนตอนบนของแอ่งตะกอน

ผลการศึกษาหน่วยหินย่อยลิโนาร์ไคต์ บ่งชี้ได้ว่าตะกอนของหน่วยหินนี้มีการสะสมอยู่ในสภาพแวดล้อมหนองบึงที่ระดับสูง ที่มีการเจริญเติบโตของพืชเพียงเล็กน้อย ส่วนใหญ่เป็นตะกอนสารอนินทรีย์ ที่มีขนาดละเอียด ซึ่งมีการสะสมพร้อมกับสารอินทรีย์ชนิด Gelovitrinite เล็กน้อย ซึ่งบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมแบบหนองบึงในการออกซิไดซ์ในระดับปานกลาง

ผลการศึกษาหน่วยหินย่อยถ่านหิน Coal C, Coal B และ Coal A ที่มีแร่อินทรีย์ชนิด Detrovitrinite และ Liptinite และมีปริมาณซีเล้าสูงปานกลาง ซึ่งบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมแบบหนองบึงที่มีระดับน้ำต่ำ ซึ่งมีพีตจากต้นหญ้ากกในสภาวะออกซิไดซ์ในระดับปานกลาง ส่วนถ่านหินที่มีปริมาณซีเล้าต่ำ ที่มีการรักษาสภาพเนื้อเยื่อของพืชได้ดี มีความสัมพันธ์ของแร่อินทรีย์ชนิด Cutinite, Fluorinite, Sporinite และ Resinite ซึ่งบ่งชี้ถึงสภาวะรีดักชันในสภาพแวดล้อมป่าพรุในหนองบึง นอกจากนี้องค์ประกอบของแร่อินทรีย์ของหน่วยถ่านหินเหล่านี้ยังมีความสอดคล้องกับเคอโรเจนชนิด Type II และ Type III ที่ส่วนใหญ่เป็นต้นกำเนิดของก๊าซธรรมชาติและเกิดน้ำมันได้เล็กน้อย

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสะสมของสภาพแวดล้อมแบบทะเลน้ำจืดในแอ่งแม่ติบ ส่วนใหญ่เป็นหินน้ำมันที่มีสารอินทรีย์ที่อุดมสมบูรณ์และมีสาหร่ายจำนวนมาก จำพวกแร่อินทรีย์ชนิด Alginite หินน้ำมันมีตะกอนขนาดละเอียด มีปริมาณซีเล้าสูง บ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมระดับลึก น้ำนิ่ง และสภาพแวดล้อมที่ไม่ถูกรบกวน ยิ่งไปกว่านั้นปริมาณแร่อินทรีย์ชนิด Alginite ที่สูง เกิดมาจากการทับถมสาหร่ายหนา บ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของสารอาหารในสภาพแวดล้อม ซึ่งส่งผลให้หินน้ำมันนี้เป็นหินต้นกำเนิดน้ำมันที่ดี ที่เกิดมาจากของเคอโรเจนชนิด Type I

## 5.2 ศักยภาพของหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม

ตามส่วนประกอบทางเคมีของถ่านหินแม่ดิบ ประกอบด้วย คาร์บอนและไฮโดรเจน ปริมาณมาก แต่มีปริมาณซัลเฟอร์ค่อนข้างต่ำ ถ่านหินมีค่าความร้อนสูง ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีศักยภาพ อีกทั้งการมีปริมาณ Vitrinite และ Liptinite สูง ทำให้ถ่านหินเหล่านี้มีศักยภาพสูงในการก่อเกิดก๊าซได้

ค่าความร้อนของหินลิโอนาร์ไคต์และหินน้ำมัน มีค่าต่ำกว่าถ่านหินทั้ง 3 หน่วยย่อยในแหล่งแม่ดิบ เนื่องจากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในหินทั้ง 2 ชนิดหินนี้ มีปริมาณต่ำ อย่างไรก็ตามหินลิโอนาร์ไคต์อาจเป็นแหล่งปิโตรเลียมที่มีศักยภาพได้ เนื่องจากมีค่า TOC สูง (6.37 wt.%) ดังนั้นหินลิโอนาร์ไคต์สามารถจัดเป็นหินศักยภาพทางการให้พลังงาน ในระดับคุณภาพปานกลาง

หินน้ำมันในแอ่งแม่ดิบ มีปริมาณคาร์บอนต่ำกว่า แต่มีซัลเฟอร์สูงกว่าถ่านหินแม่ดิบ นอกจากนี้ยังมีปริมาณของ TOC และเคอโรเจนสูง ลักษณะของหินน้ำมันส่วนล่างจะคล้ายกับหินน้ำมันส่วนบน และมีปริมาณของ Alginite มากกว่าในชั้นถ่านหิน

ผลของการ cross-plot ของ ดัชนีไฮโดรเจน (HI) กับ ดัชนีออกซิเจน (OI) บนแผนภาพ Van Krevelen ที่มีการปรับปรุแล้ว ซึ่งผลได้บ่งชี้ว่าตะกอนอินทรีย์เป็นเคอโรเจนชนิด Type I ทั้งในหน่วยหินย่อยหินน้ำมันส่วนล่างและส่วนบน ดังนั้นจากชนิดของเคอโรเจนในหินน้ำมันในแอ่งแม่ดิบ ซึ่งมีศักยภาพในการก่อเกิดน้ำมัน

ผลของการ cross-plot ของ ดัชนีไฮโดรเจน (HI) กับ Tmax บ่งชี้ว่าค่าความร้อนในการก่อเกิดปิโตรเลียมของตัวอย่างหินลิโอนาร์ไคต์ หินน้ำมัน และถ่านหิน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระยะที่ยังไม่สุกหรือก่อเกิดปิโตรเลียม (Immature) อย่างไรก็ตามก็ตามตัวอย่างของหินน้ำมันส่วนล่างและตัวอย่างของหินลิโอนาร์ไคต์ที่อยู่ในช่วงระยะสุกหรือก่อเกิดปิโตรเลียมในช่วงต้น

ในการศึกษาค่าการสะท้อนแสงของวทริไนต์ อยู่ระหว่าง 0.436 - 0.652%Ro ในขณะที่มีค่าเฉลี่ย 0.41%Ro และผลของการ cross-plot ของ Vitrinite กับ HI บ่งชี้ได้ว่าตัวอย่างอินทรีย์สารที่ศึกษาทั้งหมดอยู่ในช่วงระยะที่ยังไม่ก่อเกิดปิโตรเลียม ส่วนตัวอย่างของหินน้ำมันส่วนล่างและตัวอย่างของลิโอนาร์ไคต์ที่อยู่ในช่วงระยะก่อเกิดปิโตรเลียมช่วงต้น

ถึงแม้ปริมาณผลผลิตน้ำมัน (S1) มีค่าต่ำ (0.58 - 2.32 มิลลิกรัม/กรัม) จากผลการวิเคราะห์ไพโรไลซิสของตัวอย่างที่ศึกษา แต่ก็ยังถือว่าเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่มีศักยภาพดี เนื่องจากมีผลผลิตเคอโรเจน (S2) สูง (มากกว่า 69.8 มิลลิกรัม/กรัม) นอกจากนี้ยังมีศักยภาพในการก่อเกิดปิโตรเลียมโดยรวมสูง (22.13 - 72.12 มิลลิกรัม/กรัม) ซึ่งถือว่ามีศักยภาพการเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่ดีถึงดีมาก ความสัมพันธ์กับการพบแร่อินทรีย์ชนิด Resinite และ Suberinite ปริมาณ

มาก ที่มี Exsudatinite จำนวนเล็กน้อยในตะกอนอินทรีย์ที่ศึกษาเหล่านี้ สามารถบ่งชี้ถึงการจับไล่ปิโตรเลียมออกไปจากสารอินทรีย์อยู่ในช่วงระยะที่ยังไม่ก่อเกิดถึงระยะก่อเกิดปิโตรเลียมช่วงต้น

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ครอบคลุมถึงการศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและศักยภาพปิโตรเลียมของตะกอนอินทรีย์ของแหล่งแม่ดิบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะเป็นหินต้นกำเนิดปิโตรเลียมที่มีศักยภาพที่ดี โดยวิธีการศึกษาที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและประเมินศักยภาพปิโตรเลียมของการจับออกของปิโตรเลียมจากหินต้นกำเนิดในหินแอ่งตะกอนอื่นๆ ที่มีหินต้นกำเนิดปิโตรเลียม การแปรสัณฐานต่อเนื่อง ธรณีวิทยา และลำดับชั้นหินที่คล้ายคลึงกับแหล่งแม่ดิบนี้ โดยเฉพาะแอ่งเทอร์เชียใน ประเทศไทย อาทิเช่น แอ่งแพร์ แอ่งจาว แอ่งเชียงใหม่ แอ่งแม่มาะ แอ่งแม่สอด แอ่งนาฮ่อง แอ่งเวียงแหง เป็นต้น

ในการศึกษาต่อจากงานวิจัยนี้ สามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับธรณีเคมีในเชิงรายละเอียด เช่น การวิเคราะห์ไอโซโทป การวิเคราะห์ธาตุและแร่ประกอบหิน การวิเคราะห์ธาตุประกอบของสารอินทรีย์ เป็นต้น การทดสอบคุณสมบัติของหินและตะกอน และการนำเอาข้อมูลจากการศึกษาไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ ในการประเมินศักยภาพของแอ่งตะกอน เช่น โปรแกรม PetroMod หรือ โปรแกรม Rockwork เพื่อประเมินศักยภาพการเกิดปิโตรเลียมต่อไป

## รายการอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร (2542) แผนที่ระวางบ้านป่าแดง (Ban Pa Dange, Map sheet 5046 III มาตรฐานส่วน 1:50,000

ASTM International (2011a) Standard practice for collection of channel samples of coal in amine. In: Bailey S.J., Baldini N.C., Emery S. (eds) **Annual Book of ASTM Standards: section 5 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.560 - 562.

ASTM International (2011b) Preparing coal samples for analysis. In: Bailey S.J., Baldini N.C., Emery S. (eds) **Annual Book of ASTM Standards: section 5 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.420 - 436.

ASTM International (2011c) Collection and preparation of coke sample for laboratory analysis. In: Bailey S.J., Baldini N.C., Emery S. (eds) **Annual Book of ASTM Standards: section 5 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.367 - 371.

ASTM International (2011d) Standard test method for total moisture in coal. In: Bailey S.J., Baldini N.C., Emery S (eds) **Annual Book of ASTM Standards: section 5 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.506 - 512.

ASTM International (2011e) Proximate Analysis of coal and coke by Macro Thermogravimetric Analysis. In: Bailey S.J., Baldini N.C., Emery S. (eds) **Annual Book of ASTM Standards: section 5 Petroleum Products Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.600, 814 - 822.

ASTM International (2011f) Instrumental determination of carbon, hydrogen, and nitrogen in laboratory samples of coal. In: Bailey S.J., Baldini N.C., Emery S. (eds) **Annual Book of ASTM Standards: section 5 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.613 - 621.

ASTM International (2011g) Sulfur in the analysis sample of coal and coke using high temperature tube furnace combustion. In: Bailey S.J., Baldini N.C., Emery S.(eds) **Annual Book of**



**ASTM Standards: section 5 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.542 - 549.

ASTM International (2011h) Preparing coal sample for microscopical analysis by reflected light. In: Bailey S.J., Baldini N.C., Emery S.(eds) **Annual Book of ASTM Standards: section 5 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.454-458.

ASTM International (2011i) Microscopical determination of the maceral composition of coal. In: Bailey SJ, Baldini NC, Emery S (eds) **Annual Book of Astm Standards: section 5 Petroleum Products, Lubricants, and Fossil Fuels, Gaseous Fuels; Coal and Coke 05.06**, pp.464-469.

Bertrand, P. (1984) Geochemical and petrographic characterization of humic coals considered as possible oil source rocks. In : Schenck, P.A., de Leeuw, J.W. and Lijmbach, G.W.M (eds) **Organic Geochemistry**, pp. 481-488.

Belaïd, A., Krooss, B.M., and Littke, R. (2010). Thermal history and source rock characterization of a Paleozoic section in the Awbari Trough, Murzuq Basin, SW Libya. **Marine and Petroleum Geology** **27**, pp. 612-632.

Brook, J., Conford, C., Archer, R. (1987) The role of hydrocarbon source rock in petroleum exploration. In: Brooks, J., Fleet, A.J. (eds.), **Marine Petroleum Source Rocks Geological Society Special Publication No. 26**, pp. 17 – 46.

Buffetaut, E., Helmcke-Ingavat, R., Jaeger, J.-J., Jongkanjanasontorn, Y. and Suteethorn, V. (1988) Mastodon remains from the Mae Teep basin (northern Thailand) and their biostratigraphic significance. **Comptes Rendus Académie Scientifique Paris** **306**, 249 – 254.

Burri, P., (1989). Hydrocarbon potential of tertiary intermontane basins in Thailand. In T. Thanasuthipitak, and P. Ounchanum (eds.), **Proceedings of the the International Symposium on Intermontane Basins: Geology and Resources**. Department of Geology Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, January 30 February 2, 3 – 12.

Chaodumrong, P., Ukakimapan, Y., Sansieng, S., Janmaha, S., Pradidtan, S., and Sae Leow, N. (1983). A Review of the Tertiary Sedimentary Rocks of Thailand. In P. Nutalaya (eds.),

- Proceeding of the Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia**, Had Yai, Thailand, September 8 – 10, 159 – 187.
- Chaodumrong P., Chaimanee Y. (2002) Tertiary Sedimentary Basins in Thailand. **The Symposium on Geology of Thailand**, 26-31 August, 156 – 169.
- Charoenprawat, S. Chuaviroj, C. Hinthong and C. Chonglakmani (1994): Geology of Changwat Lampang (NE 47-7), scale 1:250,000. **Geological Survey Division**, Department of Mineral Resources, (in Thai)
- Chinbunchorn, N., Praditjan, S., and Sittayarak, N. (1989). Petroleum potential of Tertiary intermontane basins in Thailand. In T. Thanasuthipitak, and P. Ounchanum (eds.), **Proceedings of the International Symposium on Intermontane Basin: Geology and Resources**. Department of Geology Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, January 30 February 2, 29 – 41.
- Cohen, A.D., Raymond, R., Ramirez, A., Morales, Z., Ponce, F. (1989) The Changuinola peat deposit of northwestern Panama: a tropical, back-barrier, peat (coal)- forming environment. **International Journal of Coal Geology** **12**, pp.157-192.
- Cook, A. C. and Kantsler, A.J. (1982) The Origin and petrology of organic matter in coals, oil shales and petroleum source rocks. **Geology Department, University of Wollongong**.
- Cook, A.C. and Sherwood, N.R. (2003) Classification of oil shales, coals and other organic-rich rocks. **Organic Geochemistry** **17(2)**, pp. 211 – 222.
- Department of Mineral Resources (1964) Report on the Geology of Oil, Oil Shale, and Coal in the Tertiary Basin of Northern Thailand. Bangkok.
- Department of Mineral Resources (1981) Report on the Geology of Oil, Oil Shale, and Coal in the Tertiary Basin of Northern Thailand. Bangkok.
- Department of Mineral Fuels (2007). Geology of Thailand. Department of Mineral Fuels, Bangkok, (in Thai). Available from internet, [http://www.dmf.go.th/bid20/petro\\_province.html](http://www.dmf.go.th/bid20/petro_province.html)
- Dow, W.G. (1977). Kerogen studies and geological interpretations. **Journal of Geochemical Exploration**, **V.7**, pp. 79 – 99.
- Durand, B. (1993). Composition and structure of organic matter in immature sediments. In: Bordenave, M.L., (eds.). **Applied Petroleum Geochemistry**, Paris. pp. 77-100.

- Durand, B. and Paratte, M. (1983) Oil potential of coals. In: Brooks, J. (eds.) **Petroleum Geochemistry and Exploration of Europe**, Blackwell Scientific Publication, Oxford, pp.285-292.
- Francis W. (1961) **Coal: Its Formation and Composition**. Edward Arnold (Publishers) Ltd., London.
- Gibling, M. and Ratanasthien, B. (1980). Cenozoic basins of Thailand and their coal deposits: A preliminary report. **Bulletin of the Geological Society of Malaya 13**, pp. 27 – 42.
- Gibling MR, Ukakimaphan Y, Stisuk S (1985) Oil shale and coal in intermontane basins of Thailand, **American Association of Petroleum Geologists, Bulletin 69**, pp. 760-766
- Gibling, M.R., Tantisukrit, C., Uttamo, W., Thanasuthipitak, T. and Haraluck, M. (1985) Oil Shale sedimentology and geochemistry in Cenozoic Mae Sot Basin, Thailand. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin 69**, pp. 767 – 780.
- Gibling MR, Ukakimaphan Y, Srisuk S (1988) Facies change of coal and oil shale strata in the Cenozoic Mae Tip basin, Northern Thailand. **Open-file Report, Geological Science, ChiangMai University 8105-2**, 1-15.
- Hunt, J.M., (1991). Generation of gas and oil from coal and other terrestrial organic matter. **Organic Geochemistry, 17, No.6**, pp. 673-680. Pergamon Press. Oxford.
- Hunt, J.M. (1996). **Petroleum geochemistry and geology**. New York, Second Edition. pp. 743.
- Hutton, A.C. (1982). Organic petrology of oil shales [Dissertation]. University of Wollongong
- Hutton, A.C. (1987) Petrographic classification of oil shales. *International Journal of Coal Geology* **V.8**, pp. 203 – 231.
- International Committee for Coal and Organic Petrology; ICCP. The new vitrinite classification (ICCP System 1994). **Fuel 1998; 77 No.5**, pp. 349 – 358.
- International Committee for Coal and Organic Petrology; ICCP. The new inertinite classification (ICCP System 1994). **Fuel 2001. 80**, pp. 459 – 471.
- Isaksen, H.G., Curry, J.D., Yeakel, D.J. and Jenssen, I.A. (1998) Controls on the oil and gas potential of humic coals. **Organic Geochemistry Vol 29** (Bi, 1-3) Elsevier Science. Ltd., pp 23–

- Jarvie, D.M., Claxton, B.L., Henk, F., and Breyer, J.T., (2001). Oil and shale gas from the Barnett Shale, Fort Worth basin, Texas. AAPG National Convention, June 3-6, 2001, Denver, CO, **AAPG Bull. Vol. 85, No. 13** (Supplement), p. A100.
- Jeffrey R. Levine (1993) Coalification: The Evolution of Coal as Source Rock and Reservoir Rock for Oil and Gas. **AAPG (online)**. Available at [http://jeffrey.levineonline.com/wp-content/uploads/documents/1993.AAPG\\_Memoir\\_38.Levine.Coalification.pdf](http://jeffrey.levineonline.com/wp-content/uploads/documents/1993.AAPG_Memoir_38.Levine.Coalification.pdf)
- Jone, R.W. (1987) Organic Facies. In: Brooks, J and Welte, D. (eds.) **Advances in Petroleum Geochemistry**, Academic Press, London, 2, pp.1 – 90.
- Killops, S and Killops, V. (2005). **Introduction to Organic Geochemistry, Second Edition**. Blackwell Publishing, 126.
- Law, C.A. (1999) Evaluating Source Rocks. Volume Treatise of Petroleum Geology/Handbook of Petroleum Geology: Exploring for Oil and Gas Traps, **AAPG Special Volumes.3**, pp. 1– 34.
- Lawwongngam, K. and Philp, P.R. (1993). Preliminary investigation of oil and source rock organic geochemisity for selected Tertiary basin of Thailand. **Journal of Southeast Asian Earth Science, Vol.8 (1-4)**, pp.433 – 448
- Lewis, W.D., and McConchie, D. (1937). *Practical Sedimentology*. New York, America. 197 p. Available at <http://trove.nla.gov.au/version/44779937>
- Maria, M. Agnieszka, D., James C.Hower, Jennifer M.K.O’Keefe (2011) Chapter 3 – Spontaneous Combustion and Coal Petrology. *Coal and Peat Fires: A Global Perspective V1: Coal-Geology and Combustion*. ELSEVIER, pp 47 – 62
- Mendonca Filho J.G., Menezes T.R., de Oliveira Mendonca J., de Oliveira A.D., da Silva T.F., Rondon N.F., da Silva F.S., (2012). Organic Facies: Palynofacies and Organic Geochemistry Approaches. In: **Geochemistry - Earth's System Processes**, Dr. Dionisios Panagiotaras (Ed.) ISBN: 978-953-51-0586-2
- McKee, R.H. and Goodwin, R.T. (1923) A chemical examination of the organic matter in oil shales. **Colorado School of Mines Quart 18(1)**, pp. 8 – 20.
- Miles, A.J. (1994). Glossary of terms applicable to the petroleum system. In: Magoon, L.B., Dow, W.G., (eds.). *The Petroleum System-From Source to Trap: AAPG Memoir. 60*: 643-644.

- Morley, C.K. Sangkumarn, N., Hoon, T. B., Aliet, A. and Simmons, M. (2001). Late Oligocene-Recent stress evolution in rift basins of northern and central Thailand: implications of escape tectonics. **Tectonophysics**. **334**, pp.115 – 150.
- Morley, C.K. and Racey, A. (2011) Tertiary stratigraphy. *In*: Ridd, M.F., Barber, A.J. and Crow, M.J. (eds) **The Geology of Thailand**, Geological Society, London, pp. 223-271.
- O’Leary, H. and Hill, G.S. (1989) Cenozoic basin development in the Southern Central Plains, Thailand. **Proceedings of the International Conference on Geology and mineral Resources of Thailand**, Bangkok, Department of Mineral Resources, Bangkok, 1-8
- Pasley, M. A. (1991) Organic matter variation a depositional sequence; implications for use of source rock data in sequence stratigraphy. **Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists**, **75**, 650p.
- Peters, K.E., and Cassa, M.R. (1994). Applied source rock geochemistry. In: Magoon, L.B., Dow, W.G., (eds.). **The Petroleum System-From Source to Trap**. **AAPG Memoir**. **60**, pp. 93-120.
- Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. (2005). **The Biomarker Guide Volume 2: Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History**. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 475-1155.
- Peterson, H.I. (2002) A re-consideration of the “oil window” for humic coal and kerogen type III source rocks. **Journal of Geology** **25**, 407 – 432.
- Peterson, H.I. (2006) The petroleum generation potential and effective oil window of humic coals related to coal composition and age. **Journal of Coal Geology** **67**, pp. 221 – 248.
- Petersen, H.I. and Nielsen, L.H. (1995) Controls on peat accumulation and depositional environments of a coal-bearing coastal plain succession of a pull-apart basin ; a petrographic, geochemical and sedimentological study, lower Jurassic, Denmark. **International Journal of Coal Geology** **27**, pp. 99 – 129.
- Petersen, H.I., Foopattanakamol, A. and Ratanasthien, B. (2006) Petroleum potential, thermal maturity and the oil window of oil shales and coals in Cenozoic Rift Basin, Central and Northern Thailand. **Journal of Petroleum Geology** **29(4)**, pp. 337-360.



- Petersen, H.I., Nytoft, H.P., Ratanasthien, B. and Foopattahanakamola, A. (2006) Oils from Cenozoic rift basins in central and northern Thailand: source and thermal maturity. **Journal of Petroleum Geology** **30**, pp. 59 – 78.
- Piyasin, S. (1972) Geology of the Lampang Quadrangle, Sheet NE 47-7, Scale 1:250,000. **Report of Investigation No. 14**, 011/30/27, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Piyasin, S. (1975) Review of the Lampang Group, *In* Stokes, R.B., Tantisukrit, C., and Campbell, K.V. (eds.). **Proceedings of the conference on the geology of Thailand: 1973**. Department of geological sciences Chiang Mai University, 101-108.
- Polachan, S. and Satayarak, N. (1989) Strike-slip tectonic and the development of Tertiary basins in Thailand. **Proceedings of the International Symposium on Intermontane Basin: Geology and Resources**, Chiang Mai, Thailand, 30 Jan-2 Feb 1989, p. 243 – 253.
- Polachan, S., Srikulwong, S., Yuwanasiri, S., and Tungkaew, T. (1980). **Geology of the North-Central Thailand. Onshore Petroleum Exploration Report, no.1**. Mineral Fuels Division, Department of Mineral Resources (in Thai). 102 p.
- Polachan, S., Praditnan, S., Tongtaow, C. Janmaha, S., Intarawijitr, K. and Sangsuwan, C. (1991) Development of Cenozoic basins in Thailand. **Marine and Petroleum Geology**, **8**, pp. 84 – 97
- Praditan, S. (1989) Characteristics and controls of lacustrine deposits of some Tertiary basin in Thailand. *In*. Thanasuthipitak, T. and Ounchanum, P. (eds) **Intermontane Basin: Geology and Resources**. University of Chiang mai, Chang Mai, pp. 133 – 145
- Racey, A. (2011) Petroleum Geology. *In*: Ridd M. F, Barber A.J, Crow M.J. (eds) **The Geology of Thailand**, The Geological Society, London, pp.351 - 392.
- Ratanasthien, B. (1989) Depositional environment of Mae Lamao basin as indicated by palynology and coal petrography. *In*: Thanasuthipitak, T. and Ounchanum, P. (eds) **International Symposium on Intermontane Bains: Geology and Resources**. Chiang Mai Thailand, pp. 205 – 215
- Ratanasthien, B. (1992) Properties of Tertiary Coal in Northern Thailand. *Chiang Mai University Library*. [Internet]. 2015 [cited 2015 May 26]. Available from: ASEAN Minerals database and Information System.

- Ratanasthien, B., Kojima, T., Tokumitsu, T., Katoh, A. and Uyemura, N. (1992) Relationship between elementary analysis, origin and diagenesis of Tertiary Thai coals. **Proceedings of the National Conference on Geologic Resource of Thailand: Potential for Future Development**, Bangkok, pp. 273 – 282.
- Ratanasthien B. (1997; 2015) Algae type of oil source rocks in northern Thailand. **The internal conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southese Asia and the South Pacific**. Bangkok, Thailand 19 – 24 August 1997
- Ratanasthien, B. (1999) Association of oil source algae in some Tertiary basins, northern Thailand. **Journal of Asian Earth Science** 17, pp.295 – 299.
- Ratanasthien, B. (1992). Neogene Events Recorded in Coalfields in Northern Thailand. **Proceeding of Development Geology of Thailand to the Year 2000**; 13-14 December, 1990; Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, pp.462 – 476.
- Ratanasthien, B., Phromphutha, M., Rayanakorn, M., Srikong, L., Kijawadpiboon, P., Roppiree, P., Yavichal, A. and Aviruthananun, P. (2000). Suitability of Thai Coals for Activated Carbon Starting Material. **Proceedings of Symposium on mineral Energy and Water Resources of Thailand**; October 28-29; DMR, Bangkok, Thailand, p.539 – 544.
- Ratanasthien, B. (2011) Coal deposits. In: Ridd M. F, Barber A.J, Crow M.J. (eds) **The Geology of Thailand**, The Geological Society, London, pp.393 – 414.
- Roberts, L.N.R., and McCabe, P.J., 1992, Peat accumulation in coastal-plain mires-A model for coals of the Fruitland Formation (Upper Cretaceous) of southern Colorado, U.S.A.: **International Journal of Coal Geology**, v. 21, pp. 115-138.
- Ronald, W.T. Wikins and George, C.S. (2002) Coal as a source rock for oil: a review. **International Journal of Coal Geology**, 50, pp. 317 – 361.
- Sebag D., Disnar J.R., Guillet B., Di-Giovanni C., Verrecchia E.P. & Durand A., 2006a. Monitoring organic matter dynamics in soil profiles by “Rock Eval pyrolysis”: bulk characterization and quantification of degradation. **European Journal of Soil Science** 57, pp. 344-355.
- Sebag, D., Di-Giovanni, C., Ogier, S., Mesnage, V., Laggoun-Défarge, F. & Durand, A., 2006b. Inventory of sedimentary organic matter in modern wetland (Marais Vernier, Normandy,

- France) as source-indicative tools to study Holocene alluvial deposits (Lower Seine Valley, France). **International Journal of Coal Geology** **67**, pp. 1-16.
- Selley, R. C. (1985; 1998; 2014) Elements of Petroleum Geology (edition 2) Department of Geology Imperial College London United Kingdom
- Sethakul, N. (1984) Pongnok oil field. **Symposium on Cenozoic basin of Thailand**. Chiang Mai University, Thailand.
- Songtham W. (2003) Stratigraphic Correlation of Tertiary Basins in Northern Thailand Using Algae Pollen and Spore. **PhD thesis**, Chiang Mai University.
- Stach, E., Mackowsky, M.-TH., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D. and Teichmuller, R. (1975) The maceral of coal. In: Stach, E., Mackowsky, M.-TH., Teichmuller, M., Chandra, D., Taylor, G.H. (eds.) **Coal Petrology**, Gebruder Borntraeger, Berlin, pp. 54-93.
- Stopes, M. C. and Wheeler, R.V. (1918) The constitution of Coal. HMSO, London (*on behalf of the Department of Science and Industrial Research*).
- Suárez-Ruiz, I., Flores, D., Filho, J.G.M., and Hackley, P.C. (2012). Review and update of the applications of organic petrology: Part I. **International Journal of Coal Geology**. **99**, pp. 54-112.
- Sykes, R. (2001) Depositional and rank controls on the petroleum potential of coaly source rocks. *In*: Hill, K.C. and Bernecker, T. (eds.) **Eastern Australasian Symposium, a refocused energy perspective for the future**. Petrol. Expl. Soc. Austral. Spec. Publ. pp. 591 – 601.
- Sykes, R. and Snowdon, L.R. (2002) Guidelines for assessing the petroleum potential of coaly source rocks using Rock-Eval pyrolysis. **Org. Geochem.** **33**, pp. 1441 – 1455.
- Sýkorová I., Pickel W., Christanis K., Wolf M., Taylor G.H., Flores D. (2005) Classification of huminiteICCP System 1994. **International Journal of Coal Geology** **62**, pp. 85 – 106.
- Teichmuller M. (1975) Origin of the petrographic constituents of coal. In: Stach E., Mackowsky M.-TH., Teichmuller M., Chandra D., Taylor G.H. (eds) **Coal Petrology**, Gebruder Borntraeger, Berlin, pp. 176 - 237.
- Teichmuller, M. And Durand, B. (1983) Fluorescence microscopical rank studies on liptinites and vitrinites in peat and coals, and comparison with results of the Rock-Eval pyrolysis. **International Journal of Coal Geology** **2**, pp. 197 – 230.

- Thomas, B.M. (1982) Land plant source rocks for oil and their significance in Australian basin. **Journal of the Australian Petroleum Exploration Association** **22**, pp.164 – 178.
- Tissot, B. P. and Welte, D.H. (1978) Petroleum Formation and Occurrence, **2 ed.: Springer-Verlag**. Berlin Heidelberg, New York, pp. 430 - 449.
- Tissot, B., and Welte, D.H. (1984). **Petroleum Formation and Occurrence, 2nd ed.** Springer-Verlag, Heidelberg. pp. 669.
- Tissot, B.P., Pelet, R. and Ungerer, P.H. (1987) Thermal history of sedimentary basins, maturation indices, and kinetics of oil and gas generation. **AAPG Bull.**, **71**, pp. 1445 – 1466.
- Tsukii Y. (2014) Green algae: *Pediastrumboryanum*. [Internet]. [cited 2014Jan 19]. Available from: [http://www2.fcps.edu/islandcreekes/ecology/green\\_algae.htm](http://www2.fcps.edu/islandcreekes/ecology/green_algae.htm)
- Tyson, R.V. (1995). Sedimentary Organic Matter: Organic Facies and Palynofacies. Chapman and Hall, London. pp. 615.
- Uttamo, W., Elder, C. and Nichols, G. (2003). Sedimentology of Neogene sequence in the Mae Moh basin, northern Thailand. In: Ratanasheen, B., Riee, S. L and Chantrapasert, S. (eds) **Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Congress of Pacific Neogene Stratigraphy: Pacific Neogene Paleoenvironment and their Evaluation**. Chiang Mai, Thailand, pp. 31 – 48
- Van Krevelen, D.W. (1993) Coal, typology-chemistry-physics-constitution. **Elsevier**, Amsterdam Oxford, New York, USA.
- Van Krevelen, D.W. (1950). Graphical-statistical method for the study of structure and reaction processes of coal, **Fuel**, **29**, pp. 269-84.
- Wang, H., Shao, L., Hao, L., Zhang, P., Glasspool, I.J., Wheeley, J.R., Wignall, P.B., Yi, T., Zhang, M., Hilton, J. (2011) Sedimentology and sequence stratigraphy of the Lopingian (Late Permian) coal measures in southwestern China, **International Journal of Coal Geology** **85**, pp.168 – 18



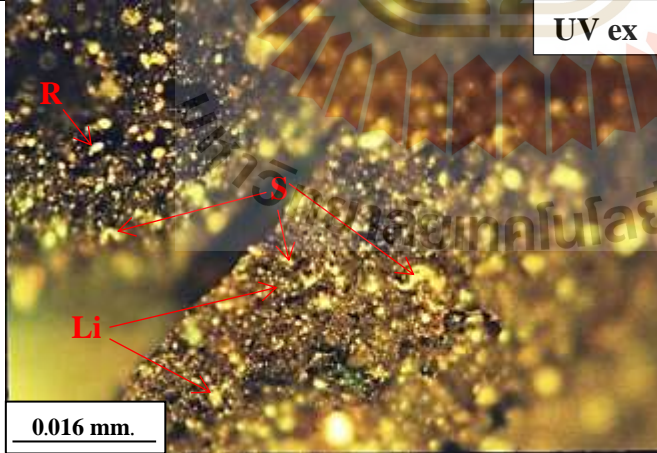
ภาคผนวก ก

ผลการศึกษาดาวรรณนาของสารอินทรีย์สาร

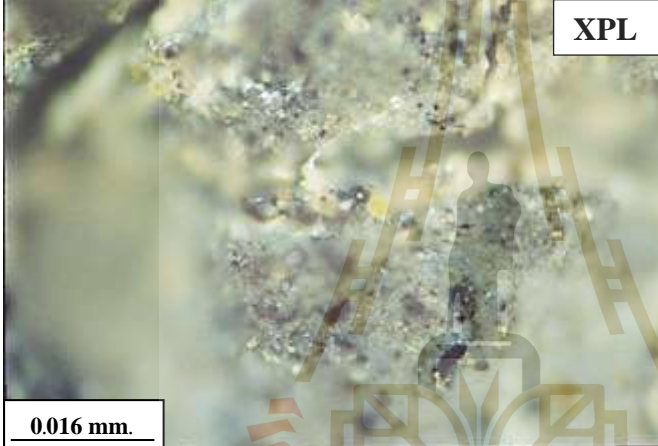
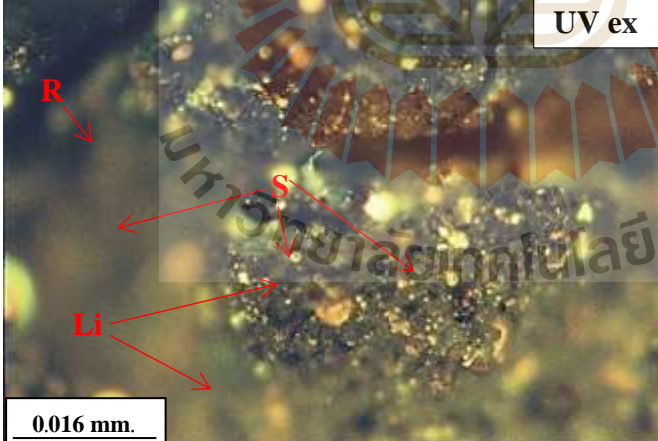
หน่วยหีนย้อยลีโอนาร์ไต้



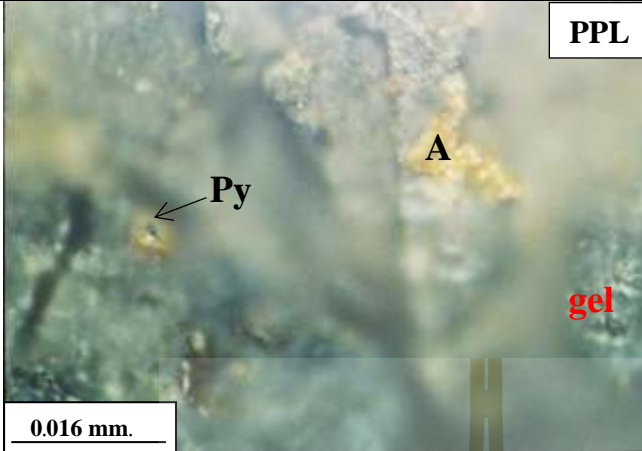
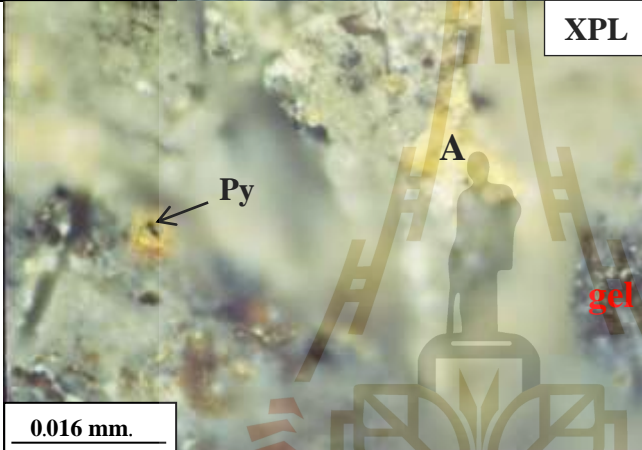



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. L7-1</b></p> <p><b>Leonardite</b> (sapropelic origin). Composition (%) V = 19 % L = 24 % I = 0 % MM = 57 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consisted mainly of gelinite show small globules of pale gray to dark gray in PPL and dark brown to black in XPL and UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Liptinite</b> consist mainly of liptodetrinite, sporinite, and resinite. They display colorless and white yellow to pale gray with high relief in PPL, yellowish brown in XPL. Under UV excitation liptodetrinite show small yellow dots, resinite show yellow lager dots, and sporinite show yellowish brown with spore shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> are of quartz and clay minerals cemented by gelinite. Quartz and clays display white to gray in PPL, white to pale gray in XPL and dark gray to black in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter Re = Resinite, S = Sporinite, Q = Quartz, C = Clay, Li = Liptodetrinite</p>	

รูปที่ ก-1 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไดต์ (Sample No. L7-1)

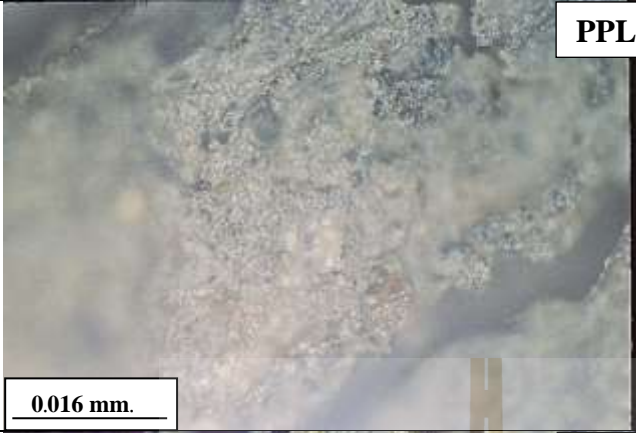
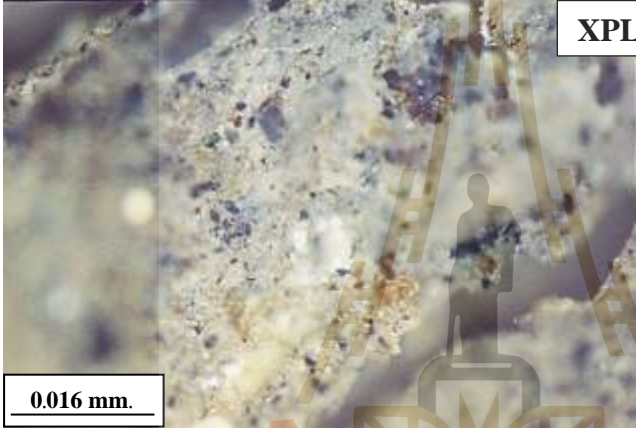

ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
ไม่มีรูปภาพ	<p><b>Sample No. L7-3</b></p> <p><b>Leonardite</b> Composition (%) V = 25 % L = 13 % I = 0 % MM = 62 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consisted mainly of gelovitrinite show small globules of dark gray in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consist of liptodetrinite, sporinite, resinite and alginite remain. They display yellowish brown in XPL and bright yellow to brownish yellow in. Under UV excitation.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> are clay minerals. They display pale gray in XPL and dark gray to black in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter Re = Resinite, S = Sporinite, Q = Quartz, C = Clay, Li = Liptodetrinite</p>	

รูปที่ ก-2 ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ (Sample No. L7-3)

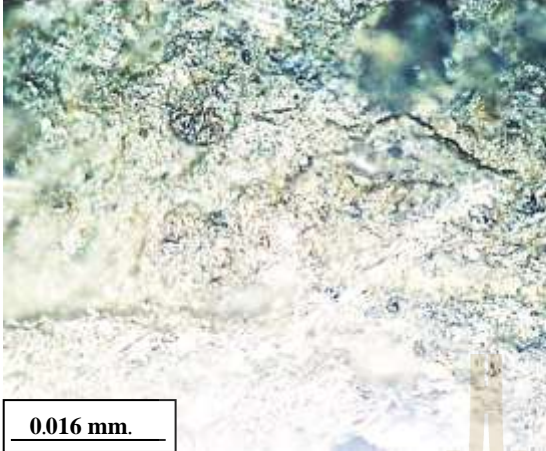
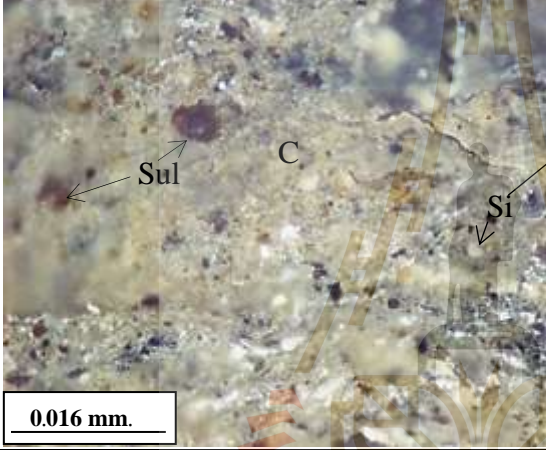
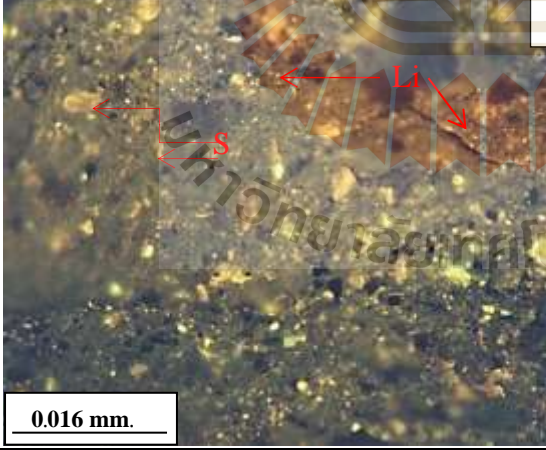
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. L7-4</b></p> <p><b>Leonardite</b> Composition (%) V = 21 % L = 23 % I = 0 % MM = 56 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consisted mainly of gelinite shows pale gray in PPL and dark in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consist mainly of liptodetrinite, with some of alginite and fragment of cutinite. Under UV excitation, liptodetrinite is dark yellow to brown spots and greenish yellow dots. Cutinite shows dark yellow thin and short lines of leaves fragments. Alginite shows white yellow in PPL and XPL with bright yellow under UV excitation.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> are mainly of clay and silica minerals with some of pyrite. Clays and silica show white to pale gray ground mass in PPL, black in XPL and dark under UV excitation. Pyrite display yellow sphere with brown oxide rim in PPL and XPL and dark brown under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter A = Alginite, Li = Liptodetrinite, Cu = Cutinite, Py = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ ก-3 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไต์ (Sample No. L7-4)



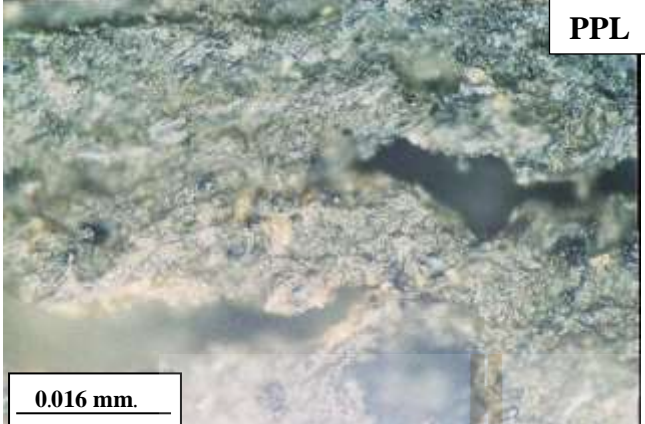
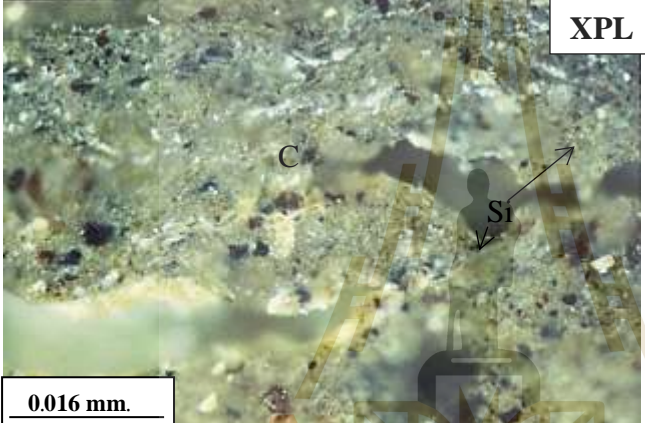

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. L14 - 1</b></p> <p><b>Leonardite</b> Composition (%) V = 25 % L = 14 % I = 0 % MM = 61 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of mainly of gelovitrinite show small globules and dot of dark gray in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of liptodetrinite, sporinite, resinite and other maceral remain. They display yellowish brown dots in XPL and bright yellow to brownish yellow under UV excitation.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> are clay minerals and they display pale gray in PPL and XPL, and dark in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter Re = Resinite, S = Sporinite, Q = Quartz, C = Clay, Li = Liptodetrinite</p>	

รูปที่ ก-4 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ (Sample No. L14-1)


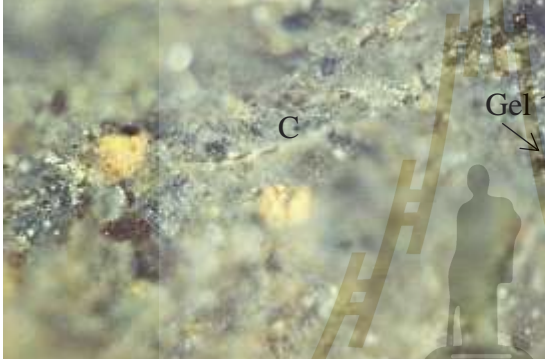

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. L14-2</b></p> <p>Leonardite Composition (%) V = 21 % L = 18 % I = 0 % MM = 61 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite globules display pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p> <p style="text-align: center;">Sul ← C → Si</p>	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and sporinite. <b>Sporinite</b> show dark gray in PPL and dark brown in XPL. Under UV excitation, they display yellow to dark yellow of small to big dots with spore shape. <b>Liptodetrinite</b> display bright yellow of very small spots under UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral Matter</b> made up mainly of clay minerals with silica and some of sulfide minerals. Clay and silica show pale gray in PPL, white to yellowish brown in XPL and dark in UV excitation. Sulfide mineral show dark gray to black in PPL, brown in XPL and dark brown under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter S = Sporinite, Li = Liptodetrinite, C = Clay, Si = Silica, Sul = Sulfide mineral</p>	

รูปที่ ก-5 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไต์ (Sample No. L14-2)



ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. L14-3</b></p> <p>Leonardite Composition (%) V = 12 % L = 17 % I = 0 % MM = 71 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consist mainly of gelinite globules They display pale gray in PPL and black in XPL and UV extinction.</p> <p><b>Liptinite</b> are mainly of liptodetrinite and sporinite. <b>Sporinite</b> show dark gray in PPL and dark brown in XPL. Under UV excitation, they display yellow to dark yellow of small to big dots with spore shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Liptodetrinite</b> display bright yellow of very small spots under UV extinction.</p> <p><b>Mineral Matter</b> made up mainly of clay minerals with silica. Clay and silica show pale gray in PPL, white to yellowish brown in XPL and dark in UV extinction.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter S = Sporinite, Li = Liptodetrinite, C = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ ก-6 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ไคต์ (Sample No. L14-3)

ภาพใต้วัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. L19-1</b></p> <p><b>Leonardite</b> Composition (%) V = 21 % L = 12 % I = 0 % MM = 67 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consisted mainly of gelinite display small globule pale gray in PPL and black in XPL and UV extinction.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Liptinite</b> are mainly of liptodetrinite and sporinite. <b>Sporinite</b> show dark gray dot in PPL and dark brown in XPL. Under UV extinction, they display yellow to dark yellow of small to big dots with spore shape. <b>Liptodetrinite</b> display bright yellow of very small spots under UV extinction.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral Matter</b> are mainly of clay minerals with silica. Clay and silica show pale gray in PPL, white to yellowish brown in XPL and dark in UV extinction.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter S = Sporinite, Li = Liptodetrinite, C = Clay, Si = Silica, Sul = Sulfide mineral</p>	

รูปที่ ก-7 ภาพใต้วัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินลีโอนาร์ดีต์ (Sample No. L19-1)

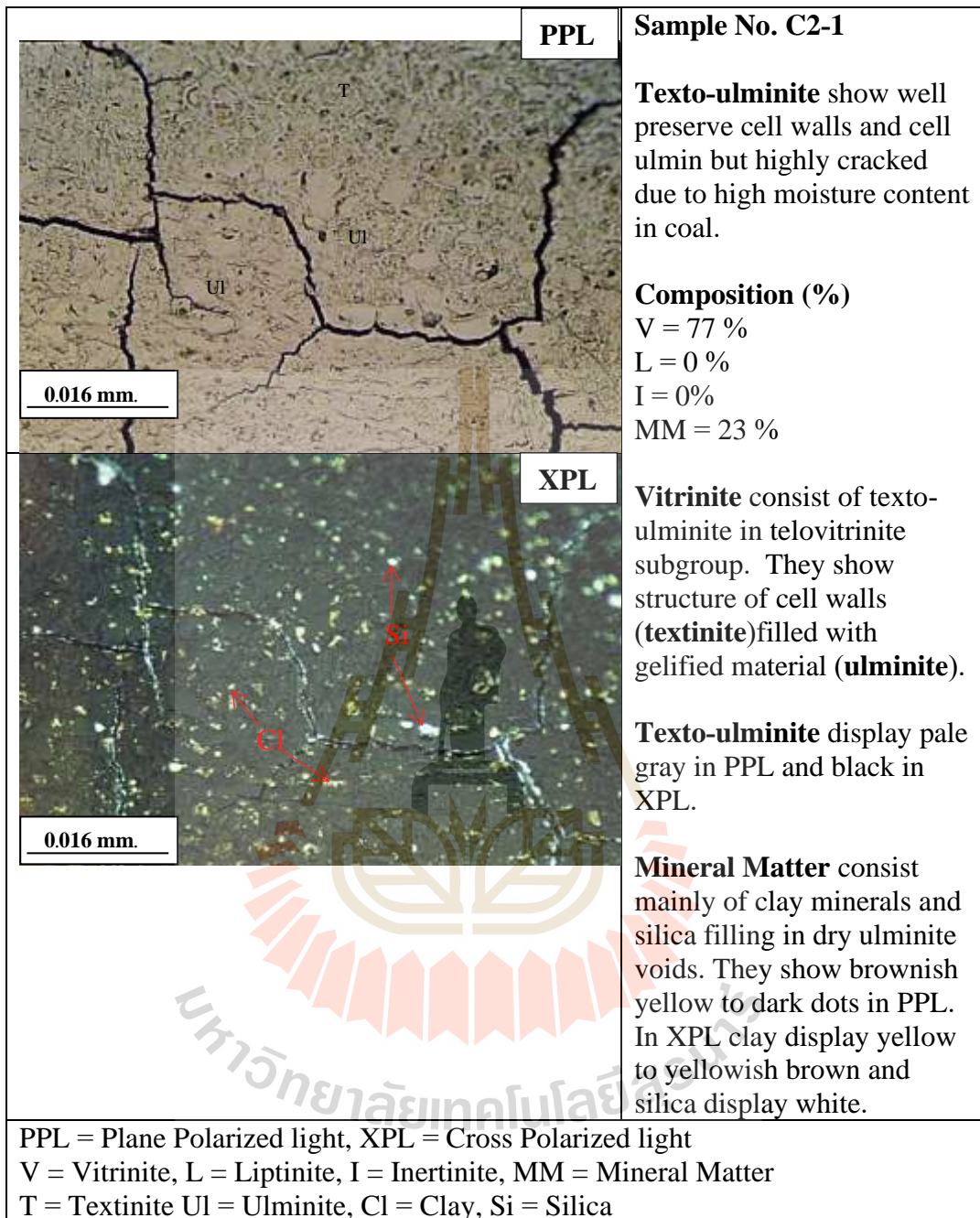
ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาดาวรรณนาของสารอินทรีย์สาร



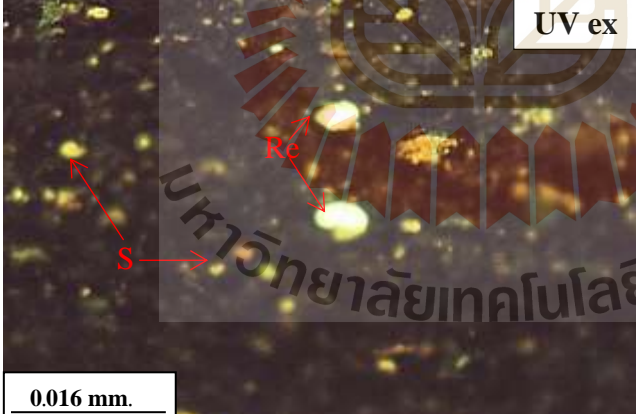
หน่วยหินย่อยถ่านหิน C

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



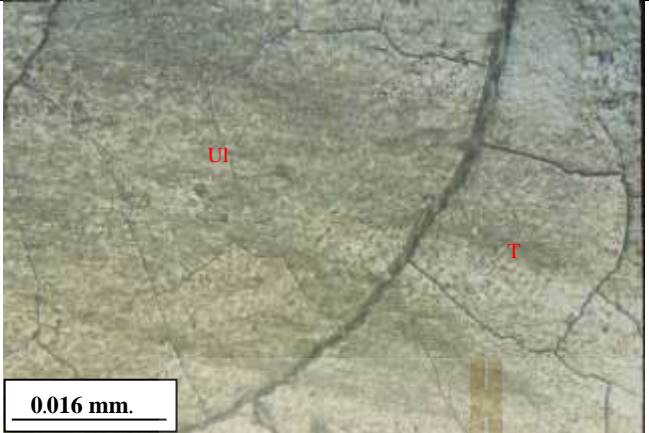
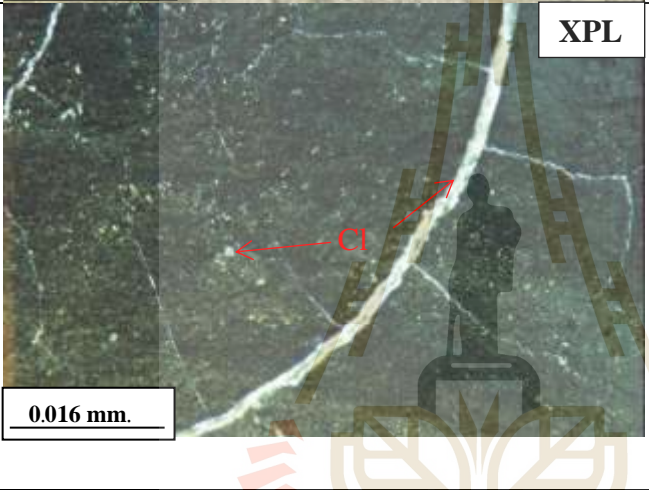


รูปที่ ข-1 ภาพไดค้อมกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -1)

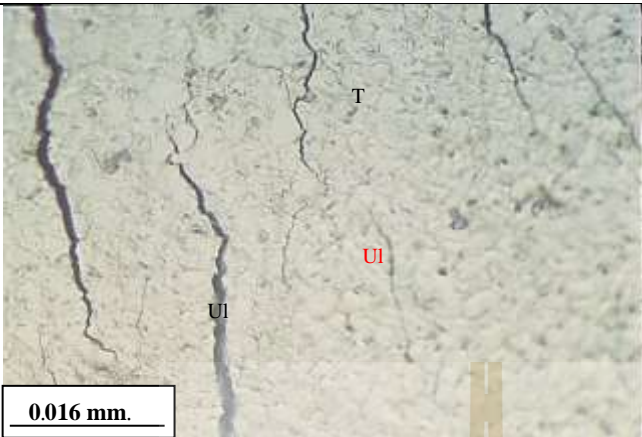
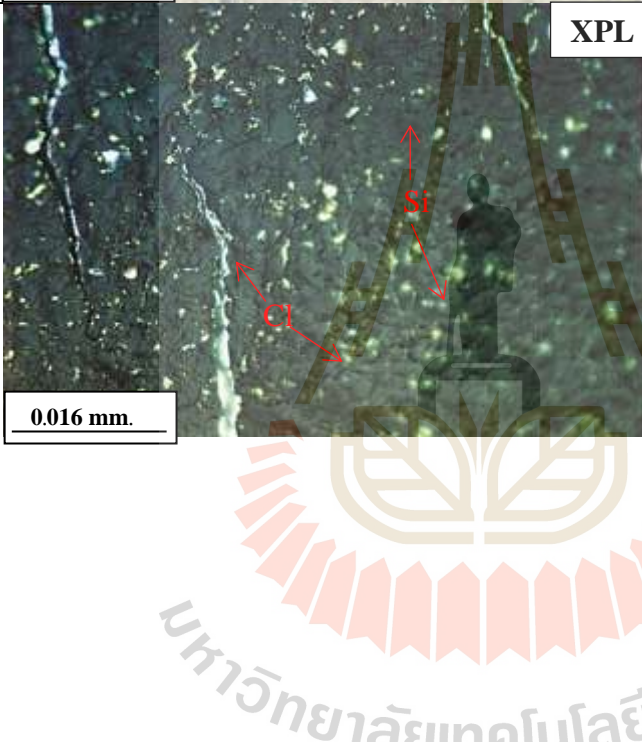
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center; color: red;">Gel</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C2-2</b></p> <p><b>Densinite</b> (sapropelic coal) show the accumulation of organic matter.</p> <p>Composition (%)  V = 68 %  L = 17 %  I = 0 %  MM = 15 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: center; color: red;">C Si</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consist of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They show pale gray in PPL with high relief, black in XPL and UV extinction.</p> <p><b>Liptinite</b> consist mainly of liptodetrinite and resinite.  <b>Liptodetrinite</b> display dark yellow to orange spots, various sizes without shape.  <b>Resinite</b> display bright yellow of big spots with sphere shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: center; color: red;">Re S</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display white dots in XPL and black under UV extinction</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Re = Resinite, S = Sporinite, C = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ ข-2 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -2)


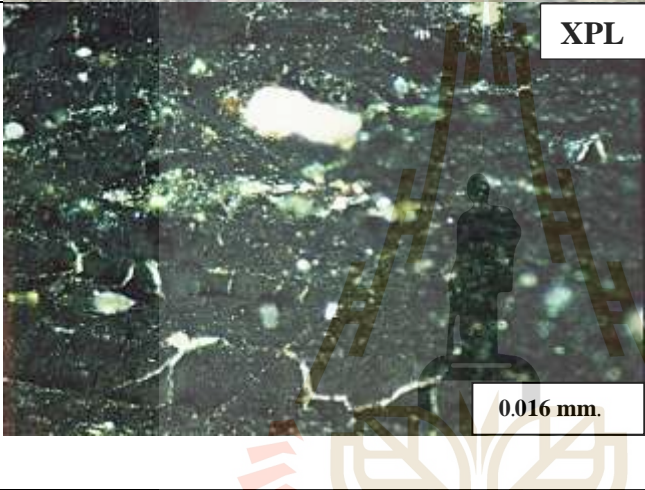


ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. C2-4</b></p> <p><b>Textinite</b> consist mainly of well preserve cell walls and cell ulmin in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 86 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 14 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of texto-ulminite in telovitrinite subgroup. They show structure of wood cell walls and display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals filling in dry ulminite voids. They show dark dots and line in PPL. In XPL they display white color.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite Ul = Ulminite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ ข-3 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2-4)


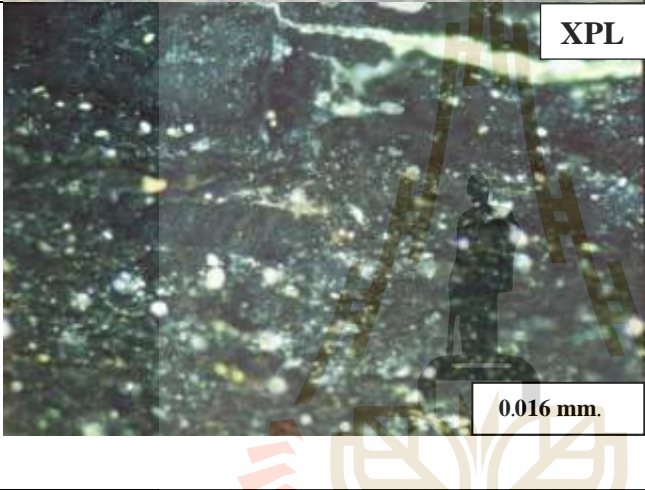
ภาพไดคัล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. C2-7</b></p> <p><b>Texto-ulminite</b> consist mainly of well preserve cell walls and cell ulmin but highly cracked due to high moisture content in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 84 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 16 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consist of texto-ulminite in telovitrinite subgroup. They show structure of cell walls (<b>textinite</b>) filled with gelified material (<b>ulminite</b>). <b>Texto-ulminite</b> display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals and silica filling in dry ulminite voids. They show brownish yellow to dark dots in PPL. In XPL clay display yellow to yellowish brown and silica display white.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite Ul = Ulminite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ ข-4 ภาพไดคัล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -7)


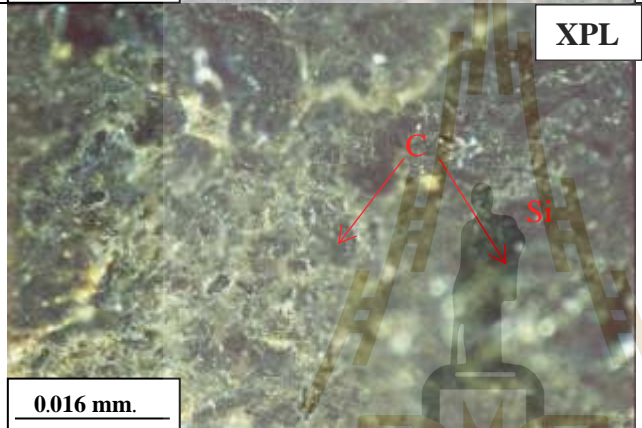
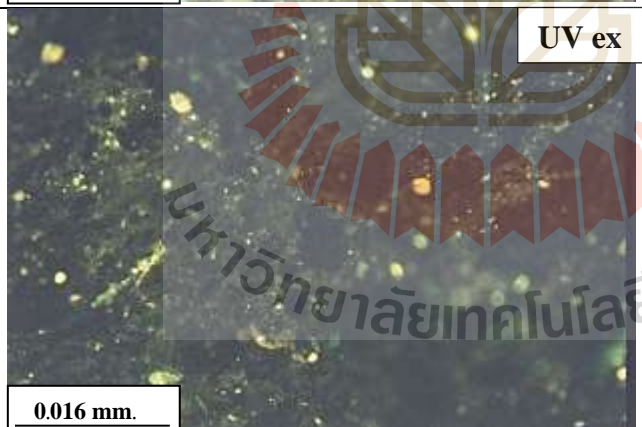
ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No.C2-8</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> show character of wood tissue with desiccation crack of gel.</p> <p>Composition (%)  V = 79 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 21 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consist of collotelinite with ulminite. They display structure of wood tissue and densinite. They display colorless and pale gray to light brown in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals filled in crack, display black in PPL and white dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Gel = Gelinite, Cl = Clay, Tec = Telocollinite, Ul = Ulminite</p>	

รูปที่ ข-5 ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 –8)



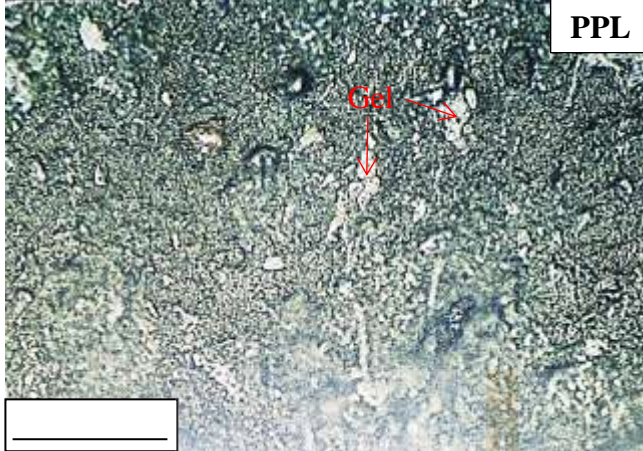
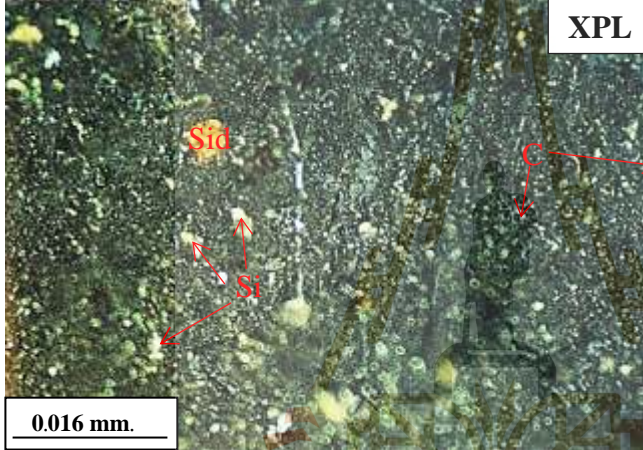
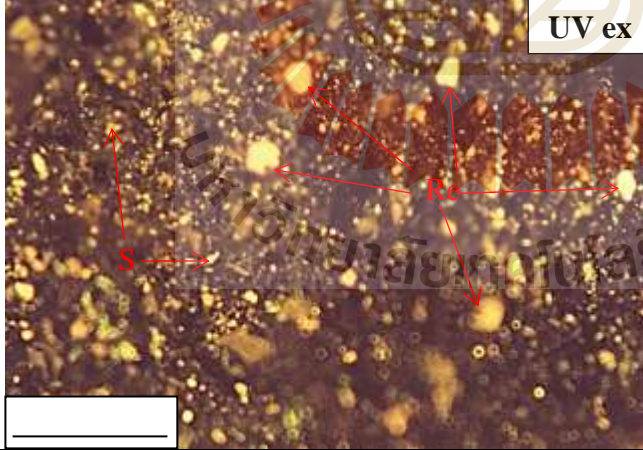
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No.C2-9</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows character of wood tissue with desiccation crack of gel.</p> <p>Composition (%)  V = 71 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 29 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of collotelinite with ulminite. They display structure of wood tissue and densinite. They display colorless and pale gray to light brown in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals filled in crack, display black in PPL and white dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Gel = Gelinite, Cl = Clay, Tec = Telocollinite, Ul = Ulminite, Col-Tel = Collotelinite</p>	

รูปที่ ข-6 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -9)


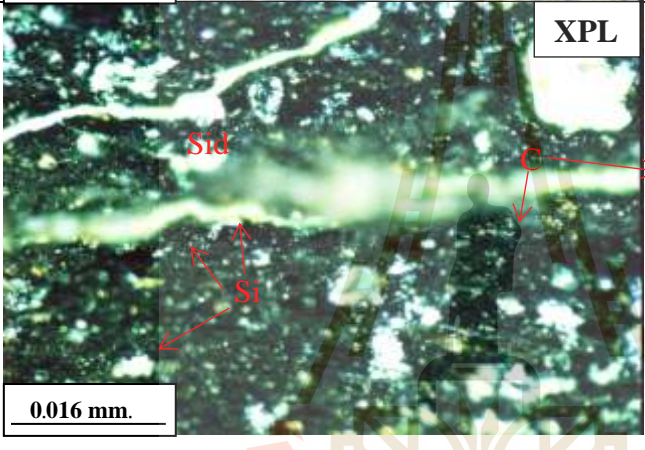
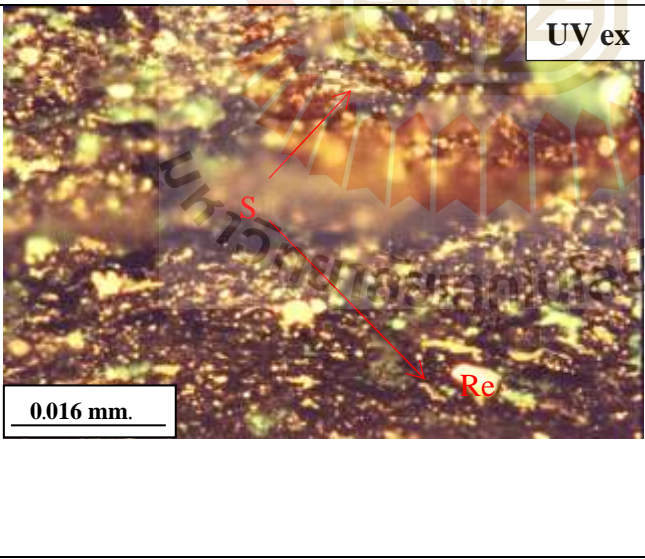
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C2-10</b></p> <p><b>Densinite</b> (sapropelic coal) show the accumulation of organic matter.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 21 %</p> <p>L = 11%</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 68 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They show pale gray in PPL with high relief, black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and resinite. Liptodetrinite display dark yellow to orange spots, various sizes without shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display white dots in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation</p> <p>V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p> <p>Re = Resinite, S = Sporinite, C = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ ข-7 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C2 -10)




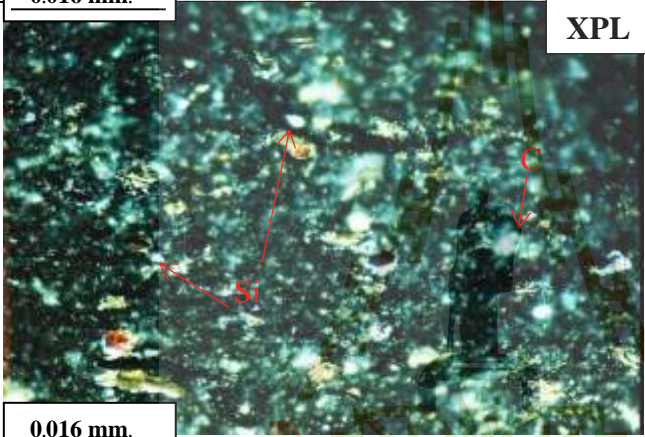
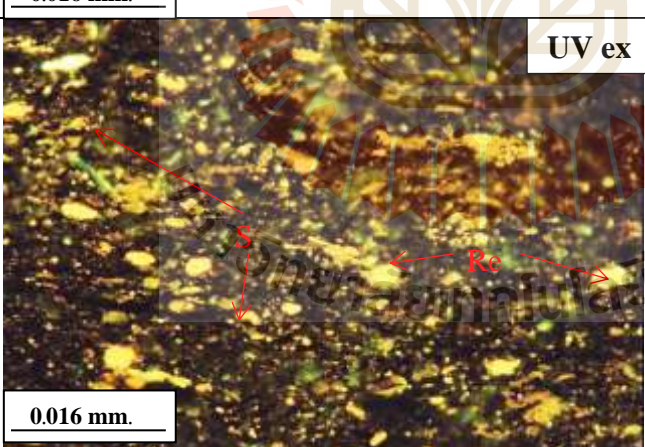
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C3-1</b></p> <p><b>Densinite</b> (sapropelic coal) show the accumulation of organic matter.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 48 %  L = 45 %  I = 0 %  MM = 7 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They show pale gray in PPL with high relief, dark gray to black in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and resinite. They show pale gray in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation, Liptodetrinite display dark yellow to orange spots, various sizes without shape. Resinite show bright yellow of big spots with sphere shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display dark in PPL with white dots in XPL and black under UV ex. The orange crystal in XPL and dark brown to black in UV ex could be siderite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Re = Resinite, S = Sporinite, C = Clay, Sid = Siderite, Si = Silica</p>	

รูปที่ ข-8 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C3-1)


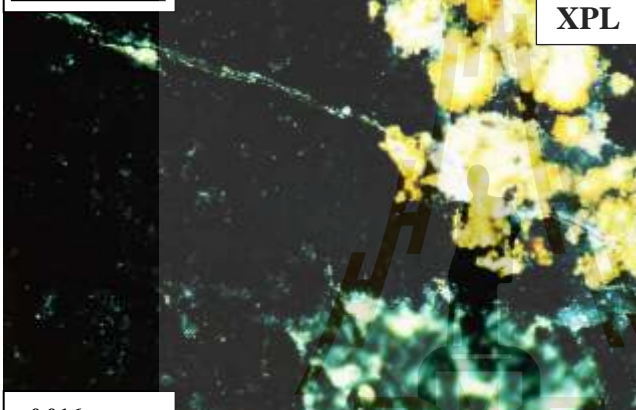
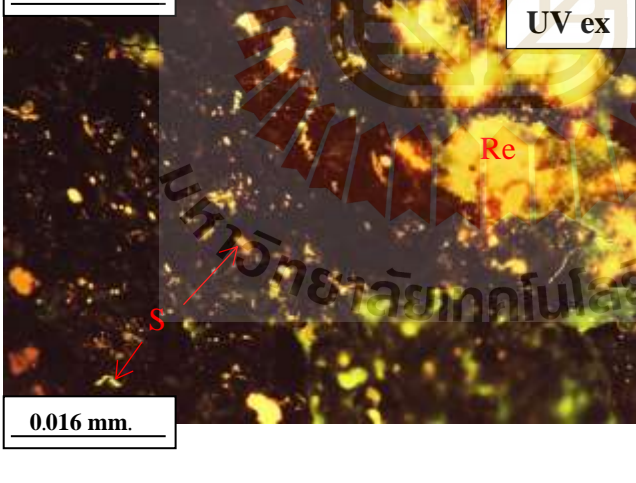
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. C4-1</b></p> <p><b>Densinite</b> (sapropelic coal) show the accumulation of organic matter.</p> <p>Composition (%)  V = 50 %  L = 20 %  I = 0 %  MM = 30 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They show pale gray in PPL with high relief, dark gray to black in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and sporinite with some of resinite. They show pale gray in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation, Liptodetrinite and resinite display dark yellow to orange spots, various sizes without shape. Sporinite remains show yellow of spore shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display dark in PPL with white dots in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Re = Resinite, S = Sporinite, C = Clay, Sid = Siderite, Si = Silica</p>	

รูปที่ ข-9 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C4-1)



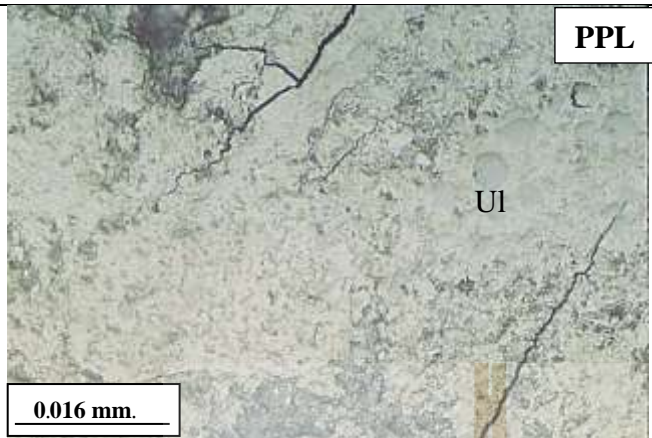
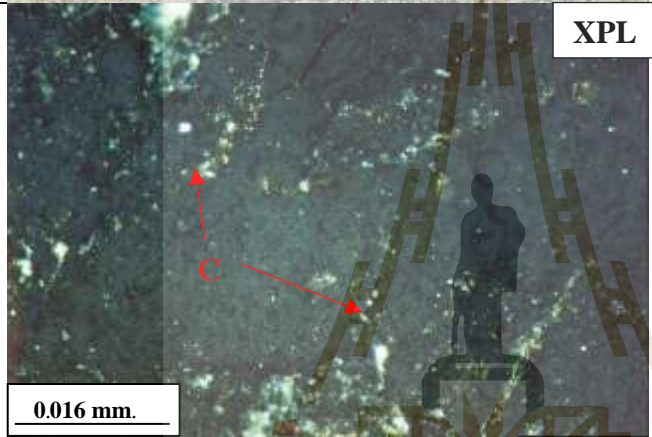
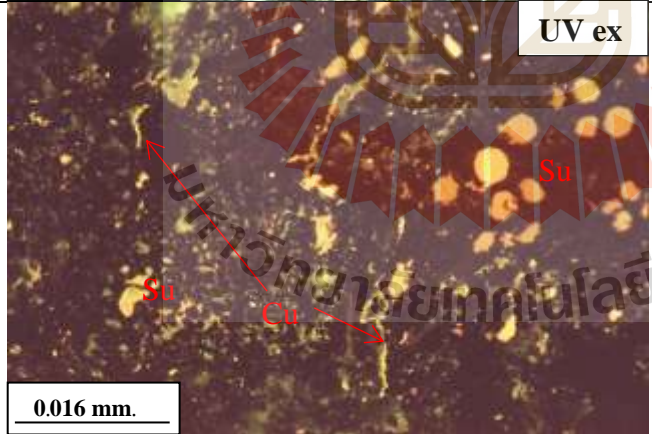
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C4-2</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> show cell ulmin of gel</p> <p>Composition (%)  V = 51 %  L = 26 %  I = 0 %  MM = 23 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: center;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitritinite</b> consist of ulminite and display colorless with high relief and pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinitite</b> consist mainly of liptodetrinite sporinite and some of resinite. They show pale gray in PPL and light yellow to brown in XPL. Liptodetrinite display dark yellow to orange spots, various sizes without shape. Sporinite show yellow with shape. Resinite show bright yellow of big spots with sphere shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: center;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display white dots in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitritinite, L = Liptinitite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Re = Resinite, S = Sporinite, C = Clay</p>	

รูปที่ ข-10 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C4-2)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Sc</p> <p>Tex-UI</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C4-3</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> with gelovitrinite and Resinite</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 55 %  L = 9 %  I = 1 %  MM = 35 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consist of gelinite with structure of ulmin and gel dry. They display pale gray with strongly reflect layer in PPL and black in XPL and UV ex.</p> <p><b>Liptinite</b> consist of resinite, with some sporinite. Resinite show colorless to light yellow in PPL, white to orange in XPL, bright yellow with sphere shape and highly orange rim, and small sphere shape in UV excitation.</p>
 <p>UV ex</p> <p>Re</p> <p>S</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Inertinite</b> is a sclerotinite in gelovitrinite.</p> <p><b>Mineral Matters</b> consists mostly of clay minerals and display pale gray to dark in PPL, white spread in XPL and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Re = Resinite, S = Sporinite, Sc = Sclerotinite</p>	


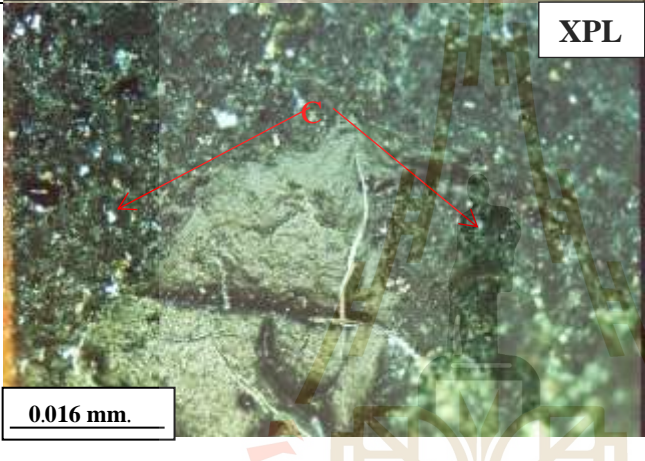
รูปที่ ข-11 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C4-3)



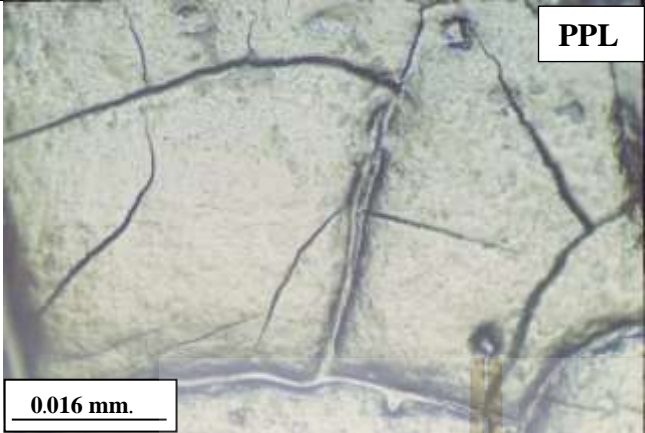
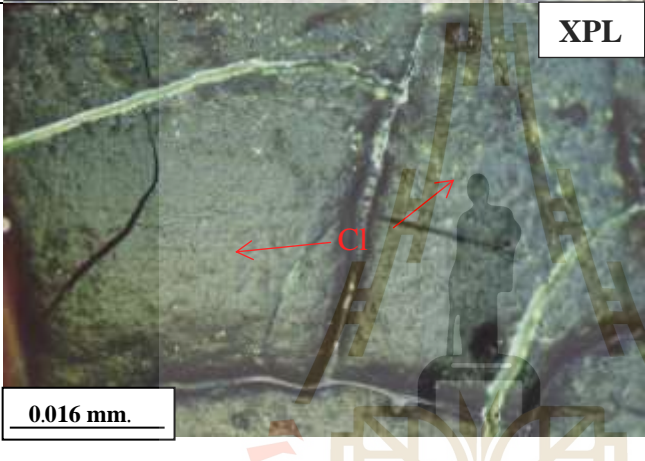
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Ul</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C4-5</b></p> <p><b>Telovitrinite (Ulminite) with suberinite</b></p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 65 %  L = 27 %  I = 0 %  MM = 8 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consist of gelinite with structure of dry cell ulmin. They display pale gray with strongly reflect layer in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consist of Suberinite, cutinite remains and some liptodestrinite. Suberinite show yellow circle and shape of dry cell. Cutinite show remains of yellow line in UV excitation.</p> <p><b>Mineral Matters</b> consists mostly of clay minerals and display pale gray to dark in PPL, white spread in XPL, and black under UV excitation.</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	
 <p>UV ex</p> <p>Su</p> <p>Cu</p> <p>0.016 mm.</p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation, V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, Su = Suberinite, Ul = Ulminite, C = Clay mineral, Cu = Cutinite</p>	

รูปที่ ข-12 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C4-5)

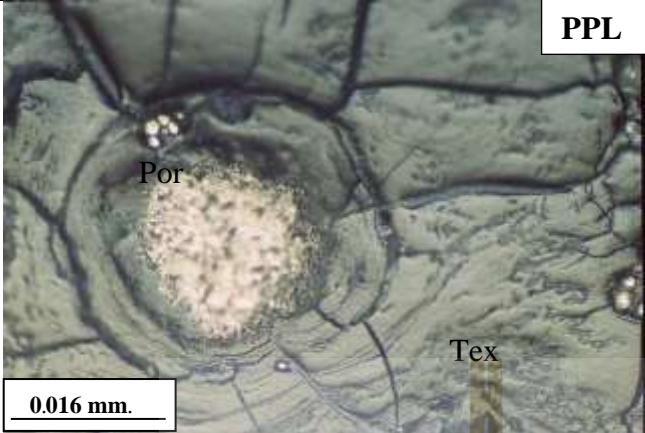
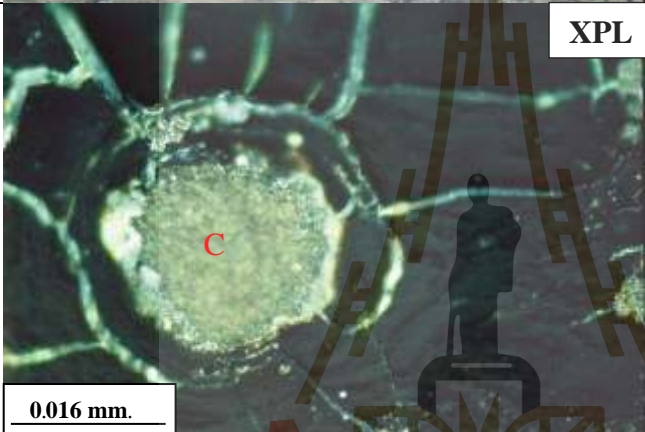
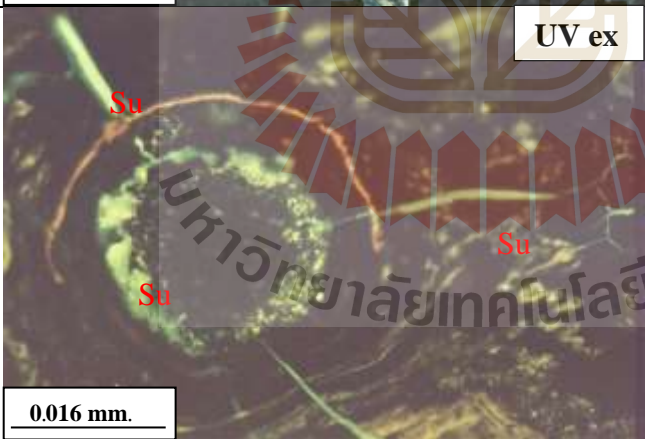


ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. C4-6</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> with densinite consist mainly of wood gel remains.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 85 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 15 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consist of gelovitrinite in detrovitrinite. Gelovitrinite show structure of wood cell walls. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals deposited in detrovitrinite. They display white dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Gel = Gelovitrinite, C = Clay</p>	

รูปที่ ข-13 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C4-6)

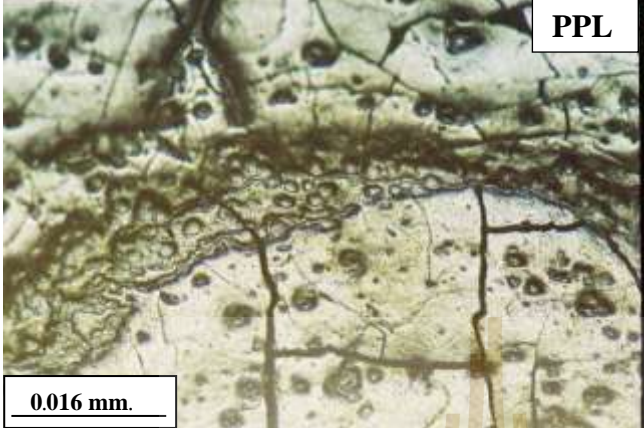
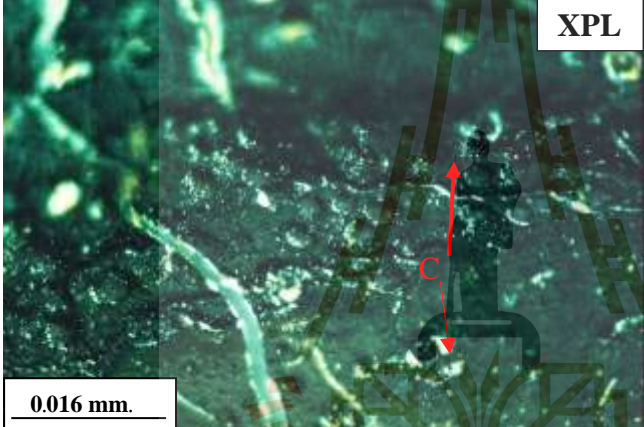
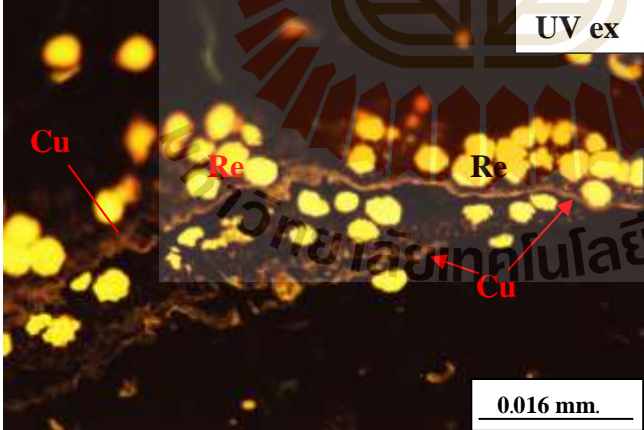
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. C4-7</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> It shows well preserve wood cell in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b> V = 100 % L = 0 % I = 0 % MM = 0 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of telovitrinite subgroup. They show structure of wood cell walls and display pale gray in PPL and black in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter T = Textinite Ul = Ulminite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ ข-14 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C4-7)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center;">Por</p> <p style="text-align: right;">Tex</p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. C5-1</b></p> <p><b>Porigelinite with suberinite</b></p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 68 %  L = 19 %  I = 0 %  MM = 13 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consist of gelovitrinite (porigelinite) with textinite. They show structure of wood and display pale gray with strongly reflect in PPL and black in XPL</p> <p><b>Liptinite</b> consist of Suberinite of essential oil (terpenite) filled in brunk or branch and twig surface. Suberinite display pale green to yellow orange in UV excitation.</p> <p><b>Mineral Matters</b> consist mostly of clay minerals and display pale gray to pale green in PPL and in XPL. They fill in gap of surface brunk and display dark under UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: center;">C</p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: center;">Su</p> <p style="text-align: center;">Su</p> <p style="text-align: center;">Su</p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation, V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Su = Suberinite, C = Clay mineral, Por = Porigelinite, Tex = Textinite</p>	

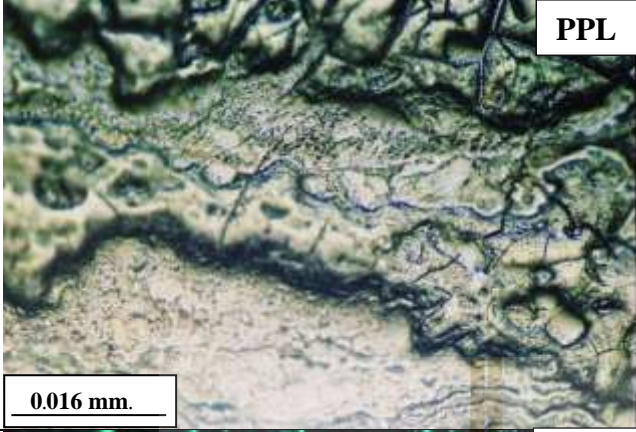
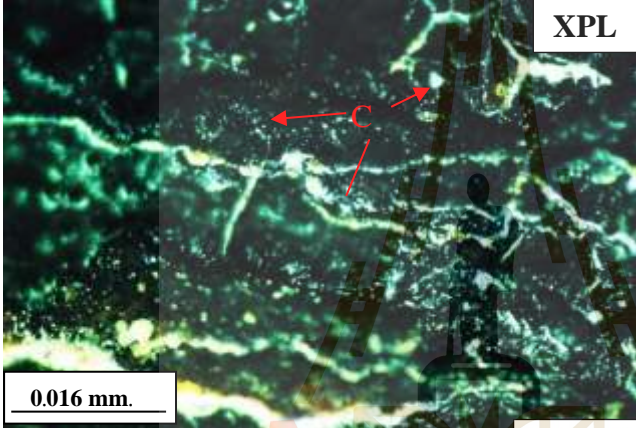
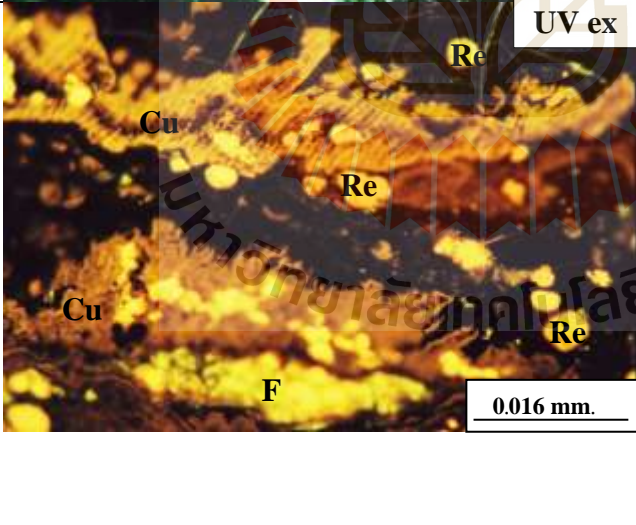
รูปที่ ข-15 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C5-1)



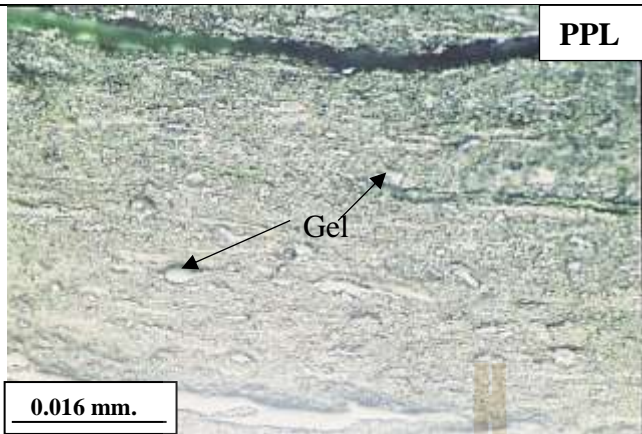
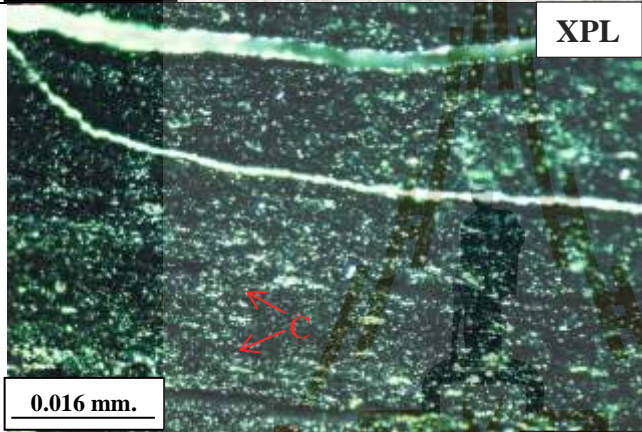
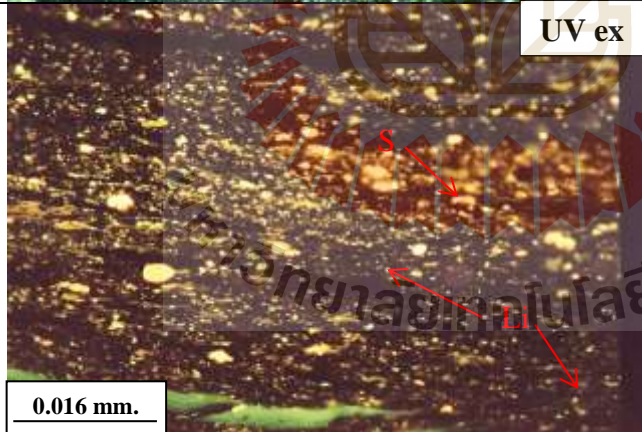
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. C6-1</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> display well preserve cutinite with resinite.</p> <p>Composition (%)  V = 53 %  L = 38 %  I = 0 %  MM = 9 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consist of gelinite and show cell lumens of tissue with highly structure of porigelinite (Gelovitrinite). They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consist of cutinite and resin. They display cuticle ledges, high relief and pale gray in PPL and black in XPL. In UV excitation, they display orange light line (cutin) with ledges indicative of cutinite. Resinite show bright yellow with various sphere sizes, droplet groups associated with cutinite.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of clay mineral filling in voids. They display gray to dark in PPL, white dots dispersed in XPL and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cu = Cutinite, Re = Resinite, F = Fluorinite, Cl = Clay minerals</p>	

รูปที่ ข-16 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C6-1)



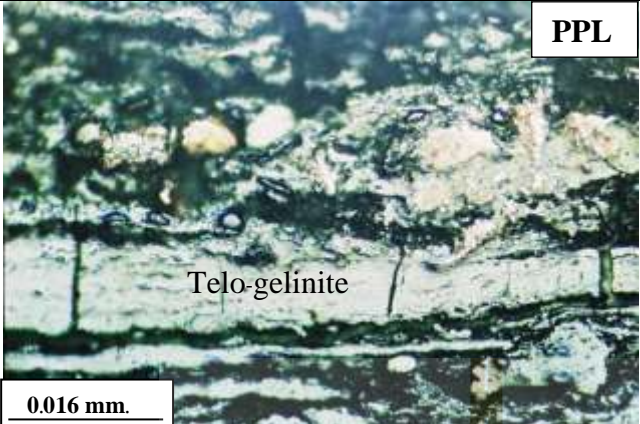
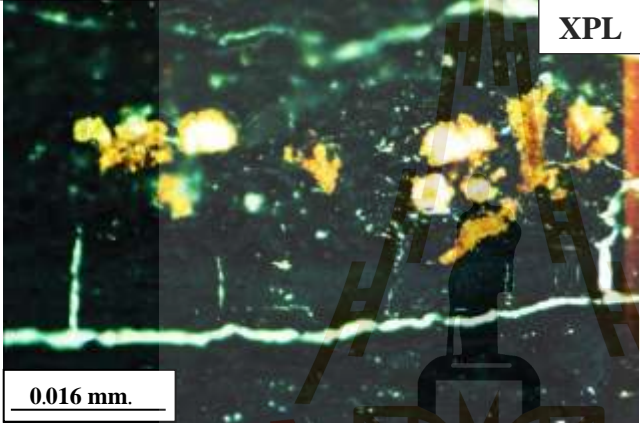
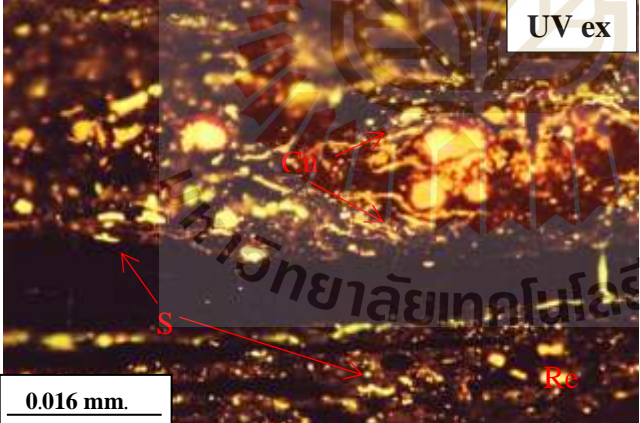
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C6-2</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> display well preserve cutinite and show cuticle ledges at a slightly oblique angle cut.</p> <p>Composition (%)  V = 22 %  L = 68 %  I = 0 %  MM = 10 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consist of gelinite and show cell lumens of tissue with highly structure of porigelinite. They display pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Liptinite</b> consists of cutinite and resin. They display cuticle ledges, high relief and pale gray in PPL and black in XPL. In UV excitation, they display orange light with bright field illumination and appear dark in the middle (cutin) with ledges indicative of cutinite. Resinite show bright yellow with various sphere sizes. Fluorinite display bright yellow to greenish yellow droplet groups associated with cutinite.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of clay mineral filling in voids. They display pale gray to dark in PPL, white dots dispersed in XPL and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cu = Cutinite, Re = Resinite, F = Fluorinite, Cl = Clay minerals</p>	

รูปที่ ข-17 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C6-2)



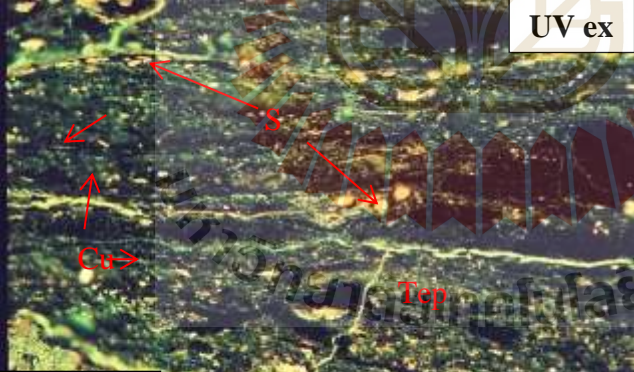
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. 6-4</b></p> <p><b>Telocolinite</b> (gelinite subgroup) show structure of wood tissue.</p> <p>Composition (%)  V = 48 %  L = 32 %  I = 0 %  MM = 20 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> show structure of bark woods with gelovitrinite. They display pale gray in PPL, dark gray in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptnite</b> consist of sporinite with liptodestrinite (terpentinite) and display pale gray in PPL, dark gray in XPL and white yellow to yellow under UV excitation. Sporinite show white to dark yellow with S-shape and telephone shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay mineral and display dark gray in PPL, white in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, S = Sporinite, C = Clay, Gel = Gelovitrinite</p>	

รูปที่ ข-18 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C6-4)



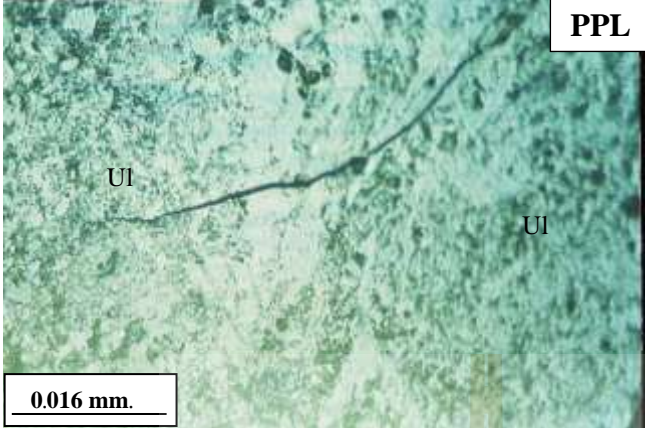
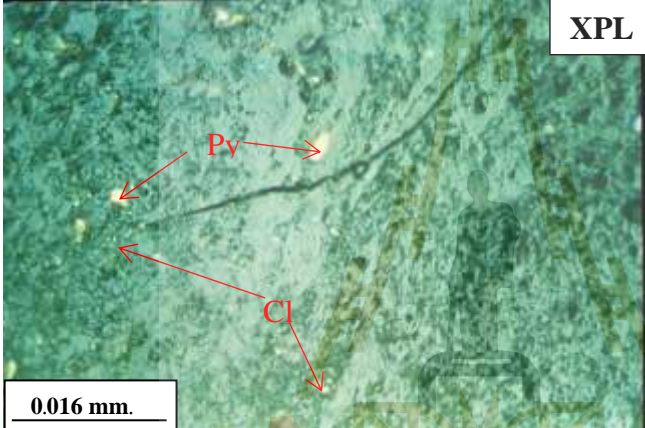
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center;">Telo-gelinite</p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. C8-1</b></p> <p><b>Densinite</b> show sapropelic coal indicated by layers of detrovitrinite and gelovitrinite.</p> <p>Composition (%)  V = 60 %  L = 20 %  I = 0 %  MM = 20 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consist of gelinite with wood structure of telinite and gel cracking. Telo-gelinite display pale gray with strongly reflect layer in PPL and black in XPL and UV ex.</p> <p><b>Liptinite</b> consist of liptodetrinite, resinite, sporinite and cutinite. They display dark gray to black in PPL and XPL. Resinite show colorless to light yellow in PPL, white to orange in XPL, bright yellow with sphere shape and highly orange rim in UV excitation. Sporinite show yellow spore shape. Liptodetrinite show yellow to yellowish brown spots. Cutinite show yellow line with ledge structure.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matters</b> consists mostly of clay minerals with silica. They display pale gray to dark in PPL, white dots spread in XPL and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cu = Cutinite, Re = Resinite, S = Sporinite, Li = Liptodetrinite</p>	

รูปที่ ข-19 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C8-1)

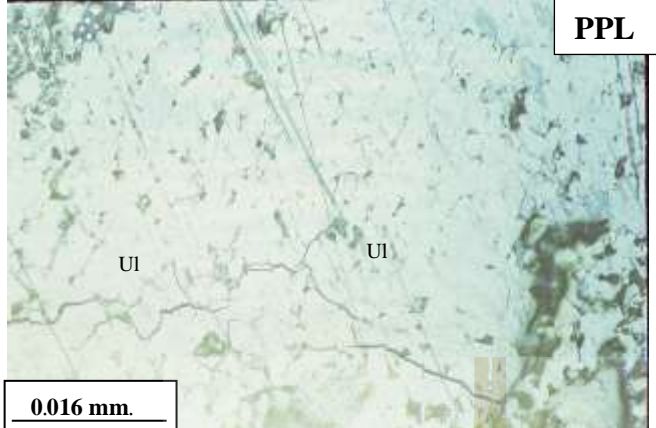
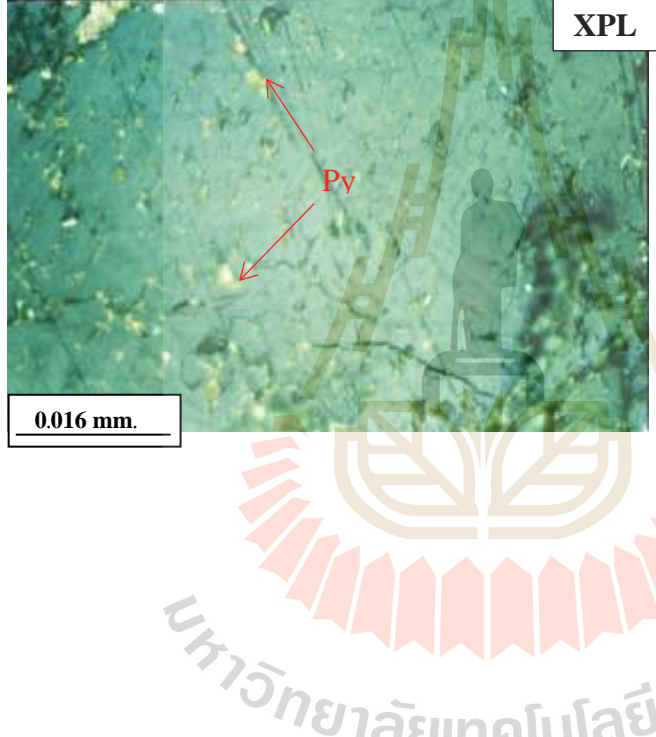
ภาพได้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. C8-2</b></p> <p><b>Collotelinite</b>, (gelinite subgroup) show structure of wood tissue and related with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 50 %  L = 40 %  I = 0 %  MM = 10 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consist of tellinite and show structure of bark woods with essential oil. They display pale gray in PPL, dark gray in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptnite</b> consist of liptodestrinite with sporinite and cutinite. Most of liptodestrinite are terpenite. They display pale gray in PPL, dark gray in XPL and pale green to white yellow under UV excitation. Sporinite show white to dark yellow globule-shape lined up with cutinite line.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and display dark gray in PPL, white in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, Tep = Terpenite, S = Sporinite, C = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-20 ภาพได้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C8-2)

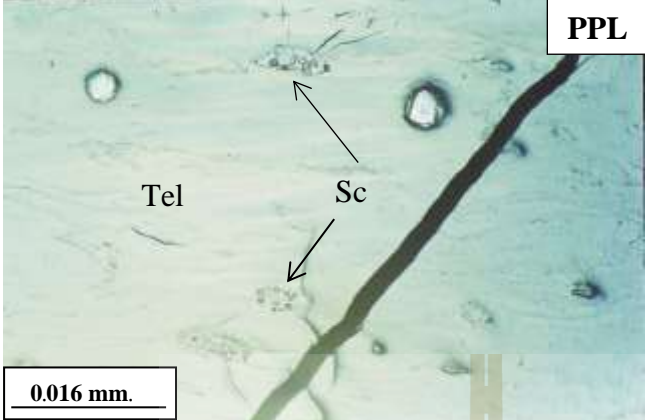
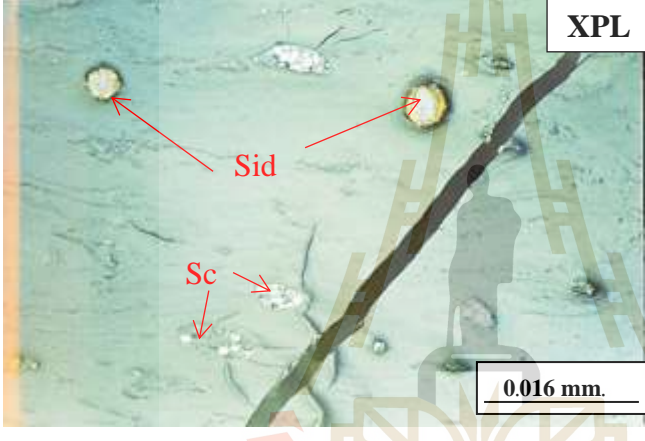


ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C9-1</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> consist mainly of cell ulmin in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 97 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 3 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consist of ulminite in telovitrinite subgroup. They show structure of cell walls (<b>textinite</b>) filled with gelified material (<b>ulminite</b>). They displayed pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals and pyrite filling in dry ulminite voids. They show brownish yellow to dark dots in PPL. In XPL clay display yellow to yellowish brown and pyrite display bright yellow.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite UI = Ulminite, Cl = Clay, Py = Pyrite</p>	

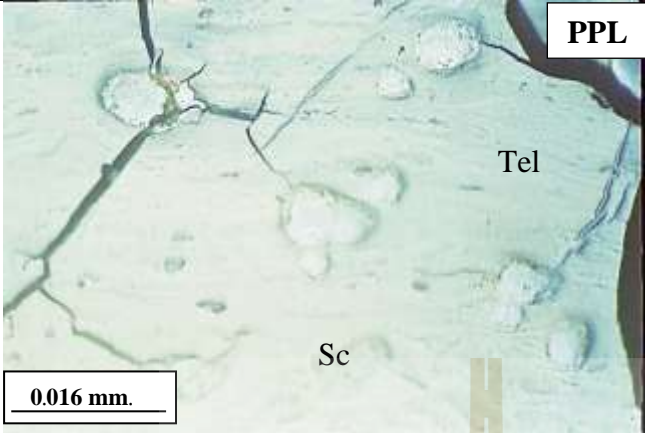
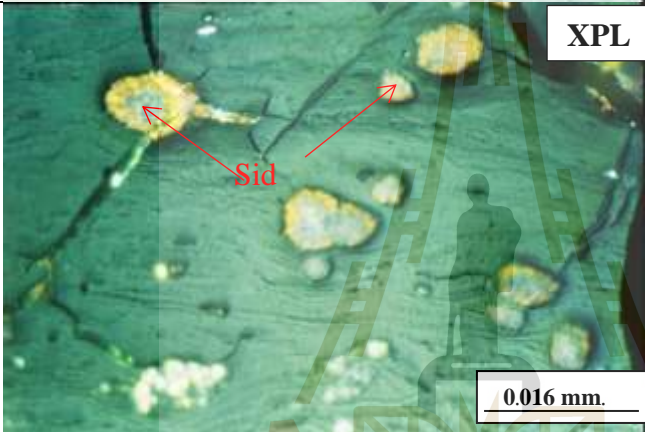
รูปที่ ข-21 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C9-1)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C9-2</b></p> <p><b>Gelovitrinite of Textoulinite</b> consist mainly of cell ulmin but highly cracked due to high moisture content in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 92 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 8 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consist of textoulinite in gelovitrinite subgroup. They show structure of cell walls (<b>textinite</b>) filled with gelified material (<b>ulminite</b>). They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of sulfide mineral (Pyrite) filling in rim of dry ulminite voids. They show brownish yellow to dark dots in PPL. In XPL clay display yellow to yellowish brown and silica display white color.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite Ul = Ulminite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-22 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C9-2)


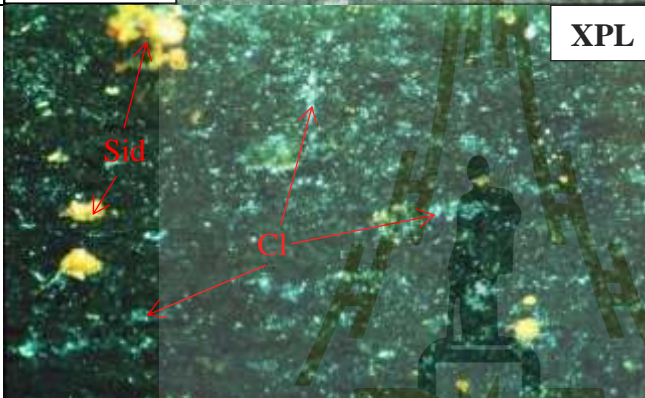
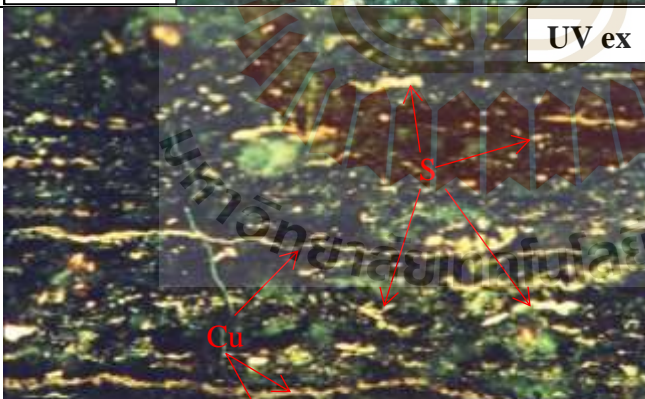
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Tel</p> <p>Sc</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No.C10-1</b></p> <p><b>Telinite</b> associated with sclerotinite show cracking and siderite replacement.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 91 %</p> <p>L = 0 %</p> <p>I = 4 %</p> <p>MM = 5 %</p>
 <p>XPL</p> <p>Sid</p> <p>Sc</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of telinite derived from wood and display pale gray in PPL and black in XPL with gel cracking.</p> <p><b>Inertinite</b> consists of sclerotinite and display exhibiting varying reflectance with high relief in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of siderite. They show sphere shape with layer of radius and display light brown and colorless in PPL and white yellow to yellowish brown with oxidize layer in XPL. The central radial is indicated primary siderite transformed to pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light</p> <p>V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p> <p>Sc = Sclerotinite, Sid = Siderite, Tel = Telinite</p>	

รูปที่ ข-23 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C10-1)


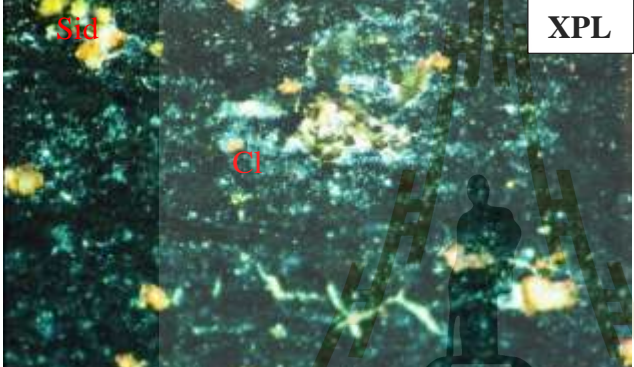
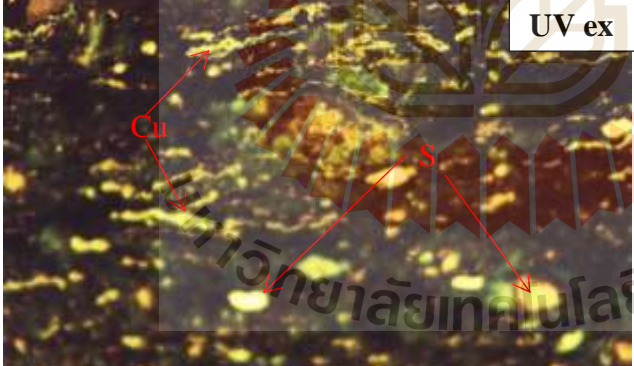
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Tel</p> <p>Sc</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No.C10-3</b></p> <p><b>Telinite</b> associated with sclerotinite, show cracking and siderite replacement.</p> <p>Composition (%)  V = 86 %  L = 0 %  I = 1 %  MM = 13 %</p>
 <p>XPL</p> <p>Sid</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitritinite</b> consists of telinite derived from wood. They display pale gray in PPL and black in XPL with gel cracking.</p> <p><b>Inertinite</b> consists of sclerotinite. They display exhibiting varying reflectance with high relief in PPL and black in XPL.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> consists of siderite. They show sphere shape with layer of radius. They display light brown and colorless in PPL and white yellow to yellowish brown with oxidize layer in XPL. The central radial is indicated primary siderite transformed to pyrite. Clay display gray to dark gray in PPL, white dots in XPL and filled in voids of sclerotinite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitritinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Sc = Sclerotinite, Sid = Siderite, Tel = Telinite</p>	

รูปที่ ข-24 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C10-3)



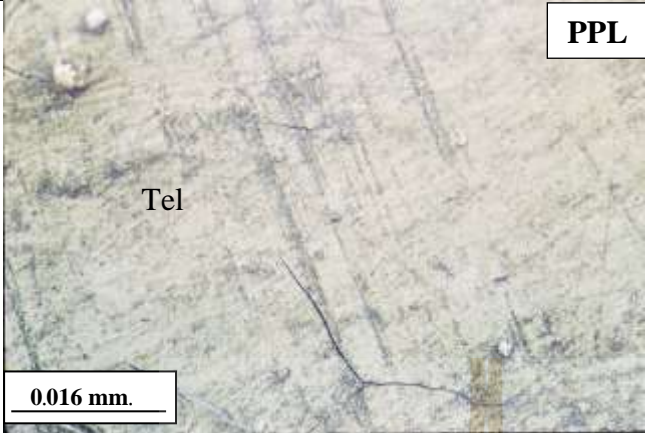

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. C11-1</b>  <b>Densinite</b> (detrovitrinite subgroup) consist of organic material and mineral matter showing sapropelic deposited.</p> <p>Composition (%)  V = 67 %  L = 21 %  I = 0 %  MM = 12 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite. They show pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of cutinite, sporinite and liptodetinite. They display dark gray in PPL and dark brown to black in XPL. Under UV excitation, sporinite display light yellow and small yellowish-brown spots with various spore shape. Cutinite display yellow to yellowish brown line with ledges shape. Liptodetinite display yellow to dark orange dots dispersed in gelinite.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists of clays and silica mineral with some siderite. They show white to pale gray in PPL. Clay and silica display white sparse droplets in XPL and greenish black to black under UV ex. Siderite display pale gray in PPL, bright yellow to yellow orange in XPL with black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cl = Clays, Cu = Cutinite, S = Sporinite, Sid = Siderite</p>	

รูปที่ ข-25 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C11-1)

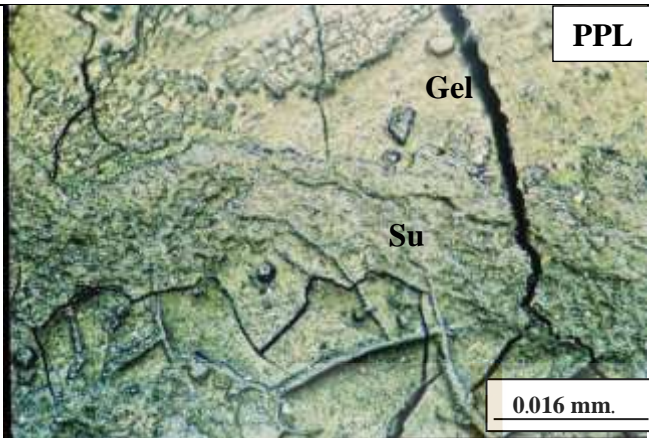
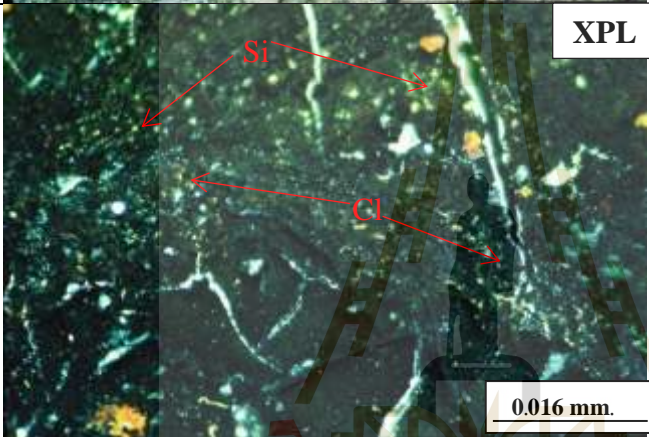
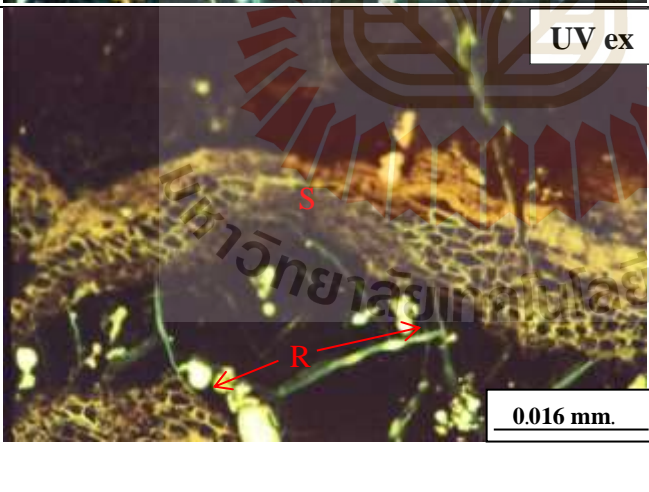
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. C11-2</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> consist of organic material and mineral matter showing sapropelic deposited.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 56 %  L = 20 %  I = 0 %  MM = 24 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite. They show pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of cutinite, sporinite and liptodetinite. They display dark gray in PPL and dark brown to black in XPL. Under UV excitation, sporinite display light yellow and small yellowish-brown spots with various spore shape. Cutinite display yellow to yellowish brown line with ledges shape. Liptodetinite display yellow to dark orange dots dispersed in gelinite.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists of clays and silica mineral with siderite. They show white to pale gray in PPL. Clay and silica display white sparse droplets in XPL and greenish black to black under UV ex. Siderite display pale gray in PPL, bright yellow to yellow orange in XPL with black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cl = Clays, Cu = Cutinite, S = Sporinite, Sid = Siderite</p>	

รูปที่ ข-26 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C11-2)



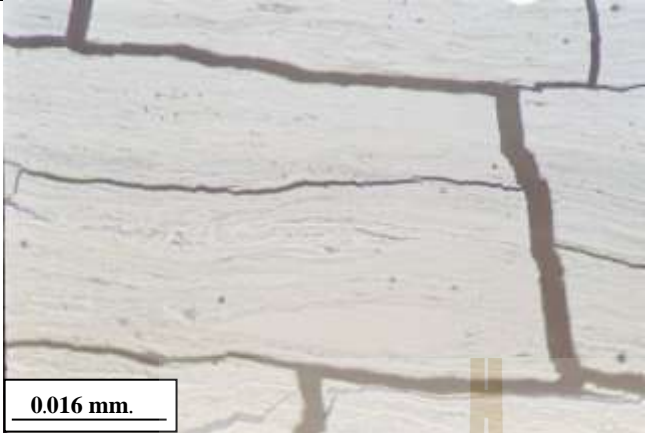
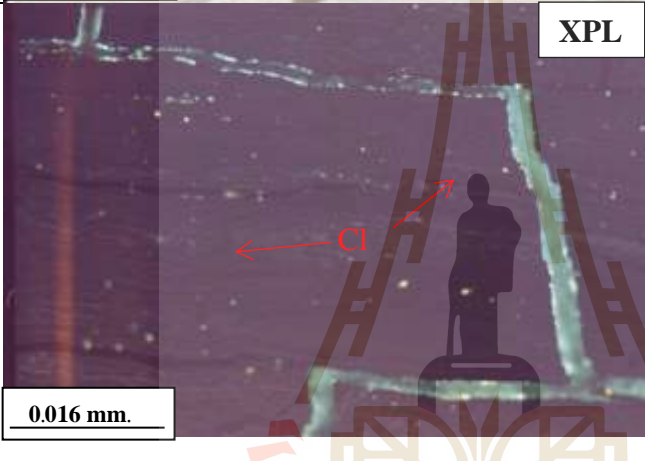
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No.C11-3</b></p> <p><b>Telinite</b> associated with sclerotinite, show cracking and siderite replacement.</p> <p>Composition (%)  V = 96 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 4 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of telinite derived from wood. They display pale gray in PPL and black in XPL with gel cracking.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of siderite. They show sphere shape with layer of radius. They display light brown and colorless in PPL and white yellow to yellowish brown with oxidize layer in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Sc = Sclerotinite, Sid = Siderite, Tel = Telinite</p>	

รูปที่ ข-27 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C11-3)


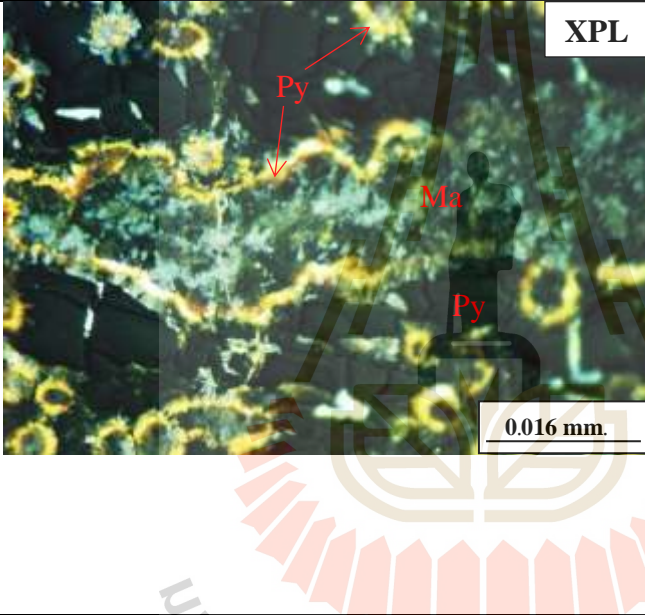
ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C11-6</b></p> <p><b>Suberinite</b> in liptinite group with gelinite crack.</p> <p>Composition (%)  V = 44 %  L = 42 %  I = 0 %  MM = 14 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of textolminite and some gelinite. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of suberinite. They show structure cell walls of cortex are pale gray in PPL, black in XPL and yellow under UV excitation. Resinite display pale gray with high relief in PPL, black in XPL and white bright to light yellow in UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists mostly of clay and silica deposited with gelinite. They show pale gray to dark spots in PPL and black in UV excitation. In XPL, clay display white spots and silica display yellowish green and brownish yellow dots.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cl = Clay, Si = Silica, Su = Suberinite, Re = Resinite, Cg = Gel = Gelinite</p>	

รูปที่ ข-28 ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C11-6)

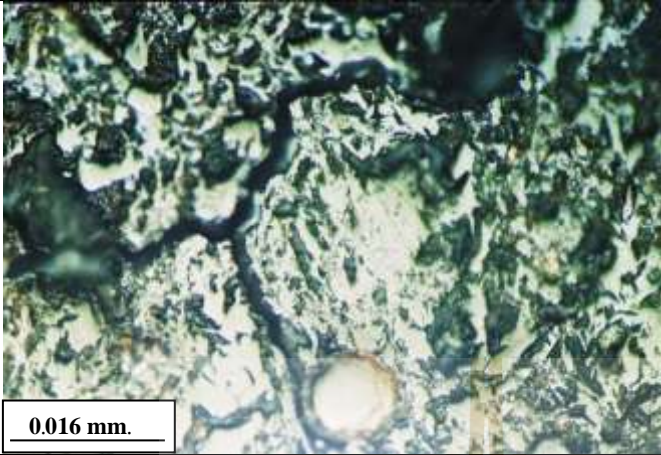
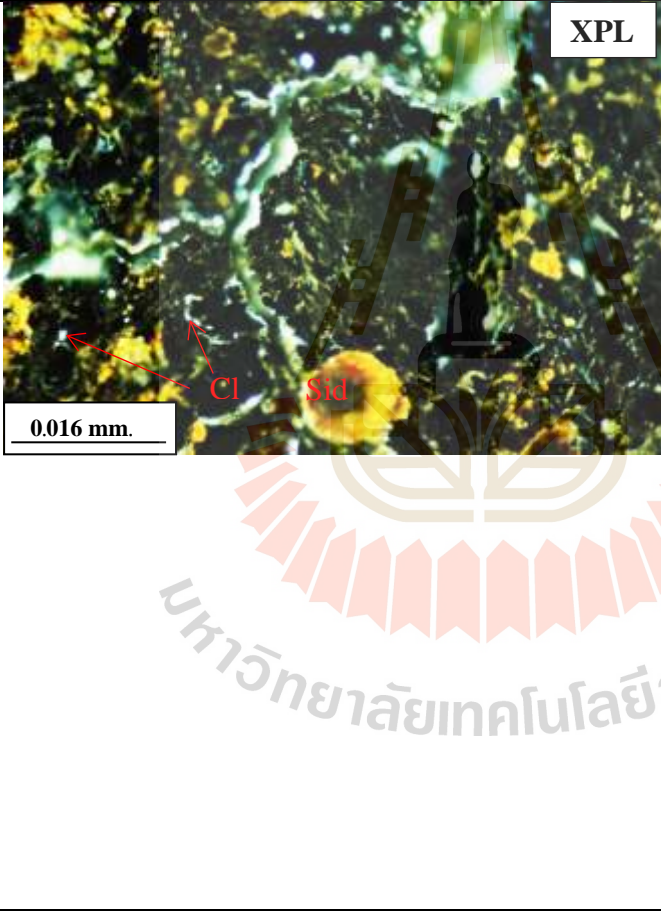


ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. C12-1</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows well preserve wood cell in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 94 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 6 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consist of telovitrinite subgroup. They show structure of wood cell walls. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists mostly of clay. They display white spots and yellowish green and brownish yellow dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite U1 = Ulminite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

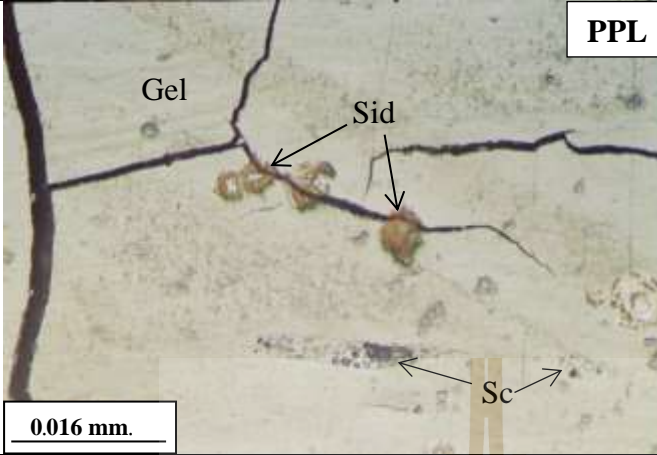

รูปที่ ข-29 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C12-1)

ภาพใต้วัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No.C12-2</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows gelinite with crack and layer of mineral matter replacing in coal.</p> <p>Composition (%)  V = 43 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 57 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite. They show gel cracking and display colorless in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of iron sulfide, group of marcassite. Marcassite display pale gray in PPL, pale to dark gray and black with radiation structure in XPL. They show oxidation rim, yellowish brown to brown in PPL and white yellow to brown in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Gel = Gelinite, MM = Mineral Matter, Cl = Clay, Ma = Marcassite</p>	

รูปที่ ข-30 ภาพใต้วัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C12-2)


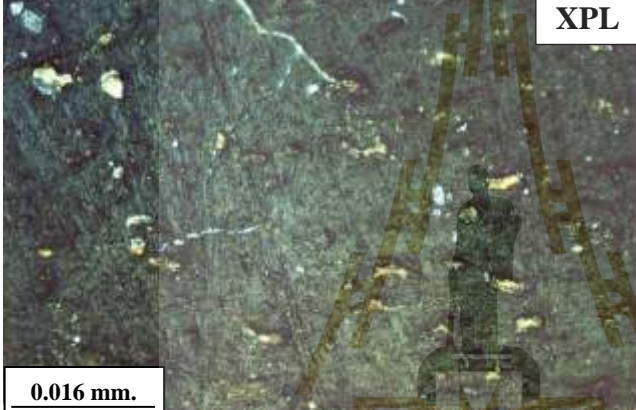
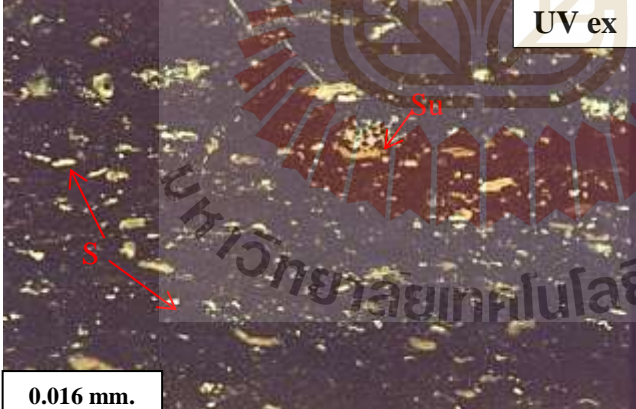
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No.C12-5</b></p> <p><b>Gelovitrnite</b> of fusinite display preserved cell structure, intercellular space filled with mineral matter.</p> <p>Composition (%)  V = 29 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 71 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite with fusinite and show cell deforms with cells empty that are pyrofusinite. They display strong relief, pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists mainly of siderite with a few of clay minerals. Siderite show sphere shape filled in cell lumen empty. They display light brown and pale to dark gray in PPL and yellow to yellowish brown with radius oxidize in XPL. The middle sphere displays dark yellowish brown to dark gray in XPL. Clay displays dark gray to black in PPL and white dots filled in voids and crack.in XPL</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cl = Clay, Sid = Siderite</p>	

รูปที่ ข-31 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C12-5)


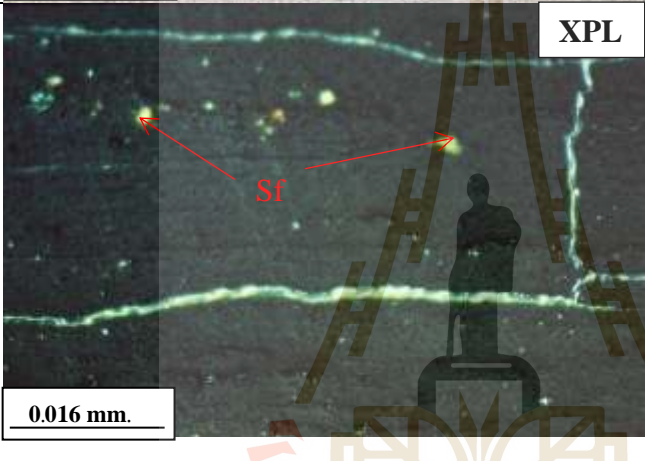
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No.C12-7</b></p> <p><b>Telinite</b> associated with sclerotinite show cracking and siderite replacement.</p> <p>Composition (%)  V = 71 %  L = 0 %  I = 24 %  MM = 5 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consist of telinite derived from wood. They display pale gray in PPL and black in XPL with gel cracking.</p> <p><b>Inertinite</b> made up of sclerotinite, display exhibiting varying reflectance with high relief in PPL and black in XPL.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> consists of siderite and clay minerals. Siderite show sphere shape with layer of radius. They display light brown and colorless in PPL and white yellow to yellowish brown with oxidize layer in XPL. The central radial is indicated primary siderite transformed to pyrite. Clay display gray to dark gray in PPL, white dots filled in voids of sclerotinite.in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Sc = Sclerotinite, Cl = Clay, Sid = Siderite</p>	

รูปที่ ข-32 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C12-7)


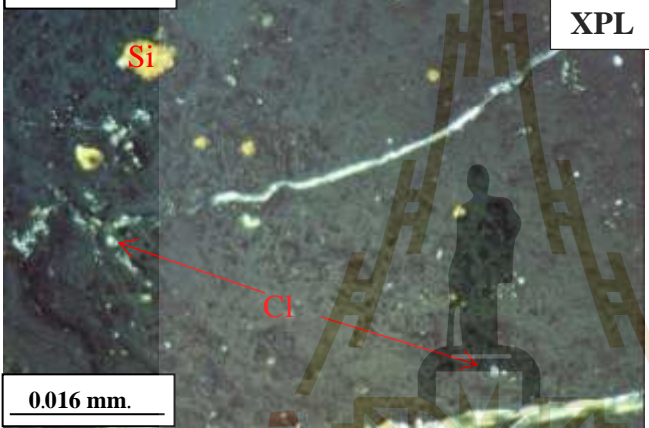


ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. C13-2</b></p> <p><b>Collotelinite</b> shows structure of wood tissue and related with suberinite.</p> <p>Composition (%)  V = 88 %  L = 12 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of tellinite, show structure of bark woods with essential oil. They display pale gray in PPL, dark gray in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of liptodetrinite and suberinite with some sporinite. Most of liptodetrinite and suberinite are terpenite. They display pale gray in PPL, dark gray in XPL and white yellow to yellow under UV excitation. Sporinite show white to dark yellow with S-shape and telephone shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, Tep = Terpenite, S = Sporinite, Su = Suberinite</p>	

รูปที่ ข-33 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C13-2)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. C13-3</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> show well preserve wood cell in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 96 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 4 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of telovitrinite subgroup. They show structure of wood cell walls. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matters</b> consists mostly of clay and sulfide mineral. They display white spots and yellowish and brownish yellow dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite U1 = Ulminite, Cl = Clay, Sf = Sulfide mineral</p>	

รูปที่ ข-34 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C13-3)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. C13-5</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> consists mainly of cell ulmin in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 90 %  L = 0 %  I = 0%  MM = 10 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of ulminite in Gelovitrinite subgroup. They show structure of cell walls (<b>textinite</b>) filled with gelified material (<b>ulminite</b>). They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of siderite and clay minerals. Siderite show sphere shape with layer of radius, display light brown and colorless in PPL and white yellow to yellowish brown with oxidize layer in XPL. The central radial is indicated primary siderite transformed to pyrite. Clay displays gray to dark gray in PPL, white dots in XPL and filled in voids of ulminite</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite Ul = Ulminite, Cl = Clay, Si = Siderite</p>	

รูปที่ ข-35 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. C13-5)

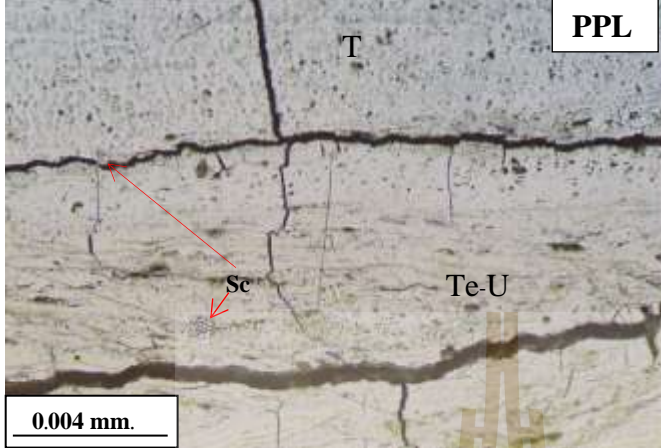
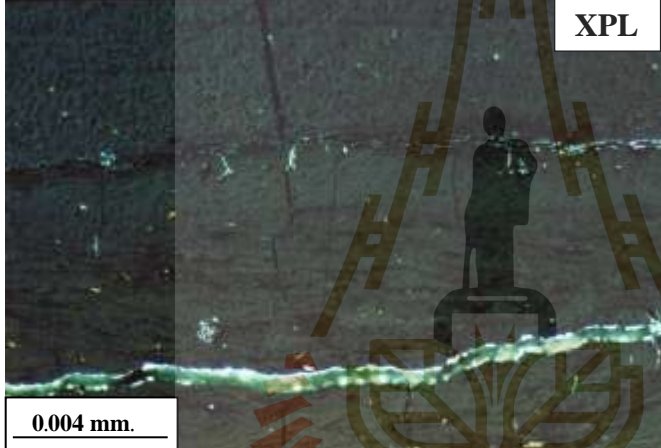


ภาคผนวก ค

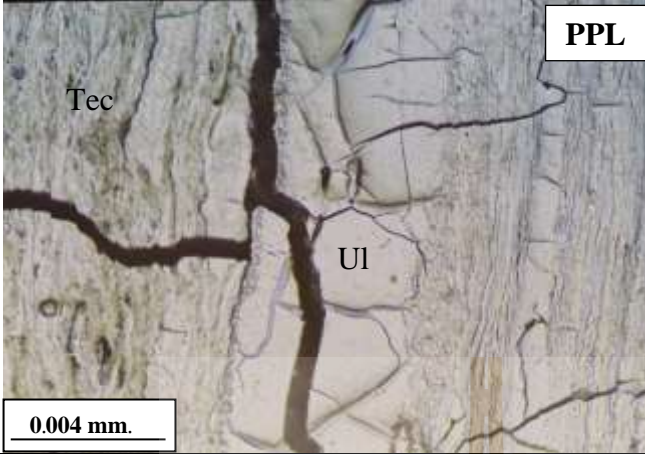

ผลการศึกษาคิดาวรรณของสารอินทรีย์สาร

หน่วยหินย่อยถ่านหิน B

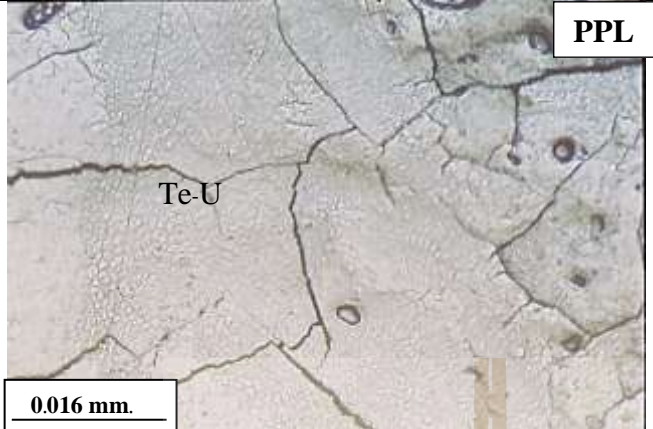
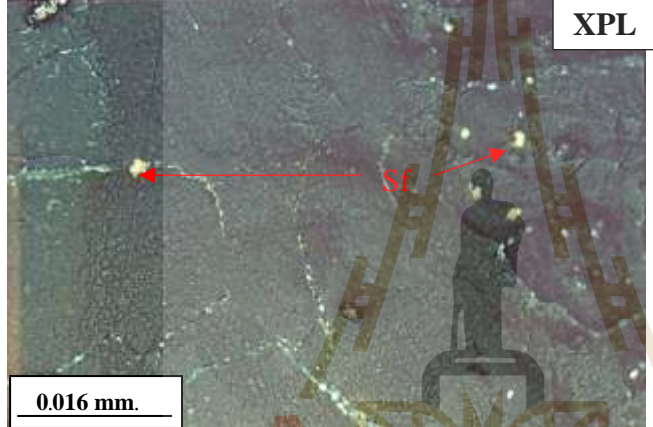


ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B15-4</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of texto-ulminite in copocollinite at perpendicular tree trunk.</p> <p>V = 96 % L = 0 % I = 2 % MM = 2 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of <b>copocollinite</b>. They display bark and cork of wood showing structure of cell walls (textinite) filled by gel (ulminite). <b>Texto-ulminite</b> display dark brown in PPL for dry ulmin, pale gray in PPL for textinite and black in XPL.</p> <p><b>Inertinite</b> consists of sclerotinite. They display pale gray with highly relief with sphere shape in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of small amount clay minerals. They display black in PPL and white dots in XPL filling in crack and sclerotinite voids.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter Te = Textinite, Te-U = Texto-Ulminite, Sc = Sclerotinite, Cl = Clays</p>	

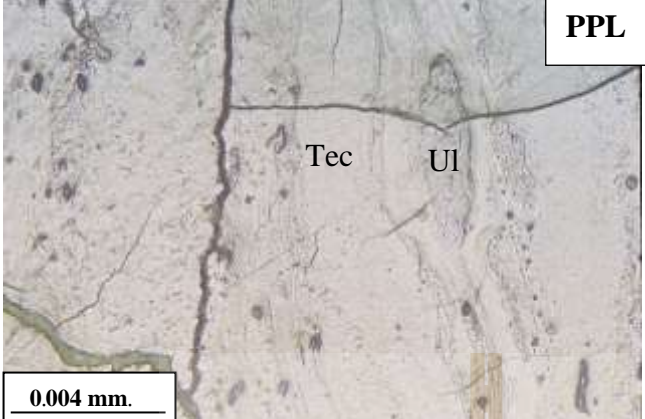

รูปที่ ก-1 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B15 – 4)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;">Tec</p> <p style="text-align: center;">Ul</p> <p style="text-align: left;"><b>0.004 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. B15-5</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of wood tissue with desiccation crack of gel in collotelinite of duet tissue in the section cut parallel to the tree trunk.</p> <p>Composition (%)  V = 93 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 7 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.004 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of collotelinite with ulminite. They display structure of wood tissue (telocollinite) and filled with gelified (Ulminite) in xylems duets. They display colorless and pale gray to light brown in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals filled in crack. They display black in PPL and white dots in XPL. A few of siderite display pale gray with strongly relief in PPL and white to light yellow in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Gel = Gelinite, Cl = Clay, Tec = Telocollinite, Ul = Ulminite</p>	

รูปที่ ค-2 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B15 – 5)

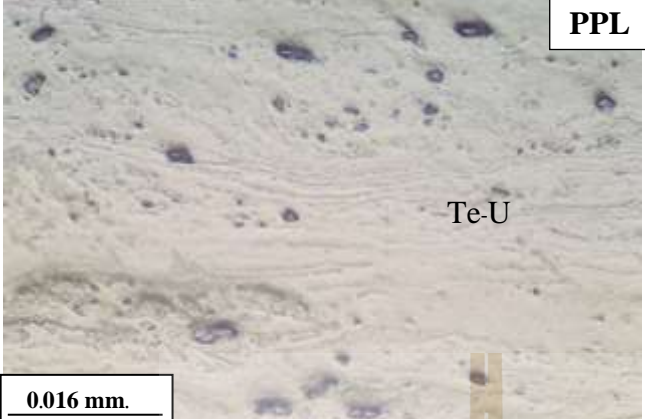
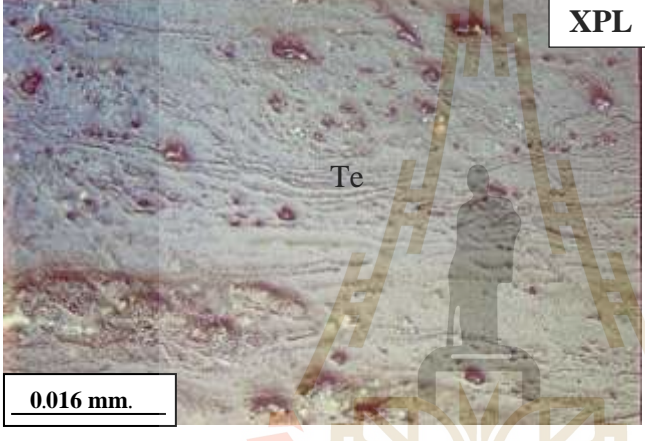
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="text-align: center;">Te-U</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. B15-8</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of texto-ulminite in corpocollinite.</p> <p>Composition (%)  V = 95 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 5 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="text-align: center;">Sf</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of <b>copocollinite</b>. They display bark and cork of wood showing structure of cell walls (textinite) filled by gel (ulminite). <b>Texto-ulminite</b> display dark brown in PPL for dry ulmin, pale gray in PPL for textinite and black in XPL.</p> <p><b>Inertinite</b> consists of sclerotinite. They display pale gray with highly relief with sphere shape in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of small amount clay and sulfide mineral. They display black in PPL and white dots in XPL filling in crack and voids.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Te = Textinite, Te-U = Texto-Ulminite, Sf = Sulfide mineral, Cl = Clays</p>	

รูปที่ ค-3 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B15 – 8)


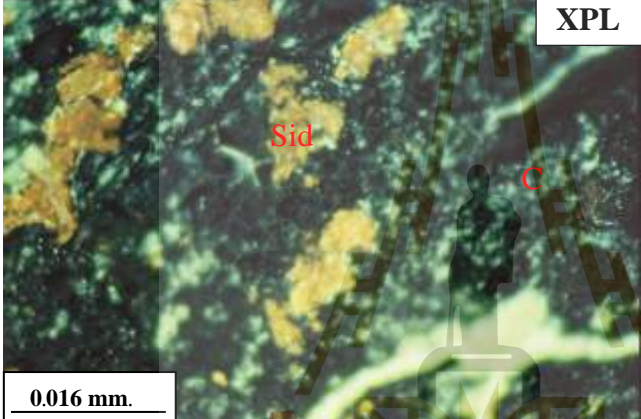
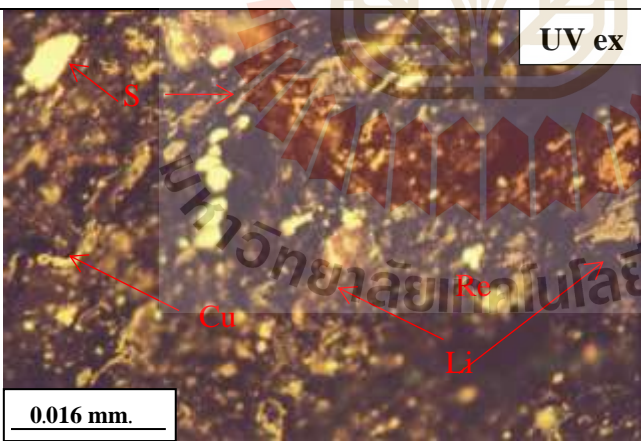
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center;">Tec      UI</p> <p><b>0.004 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. B16-2</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of wood tissue with desiccation crack of gel in collotelinite of duet tissue in the section cut parallel to the tree trunk.</p> <p>Composition (%)  V = 97 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 3 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of collotelinite with ulminite. They display structure of wood tissue (telocollinite) and filled with gelified (Ulminite) in xylems duets. They display colorless and pale gray to light brown in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals filled in crack. They display black in PPL and white dots in XPL.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.004 mm.</b></p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Gel = Gelinite, Cl = Clay, Tec = Telocollinite, UI = Ulminite</p>	

รูปที่ ก-4 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B16 – 2)




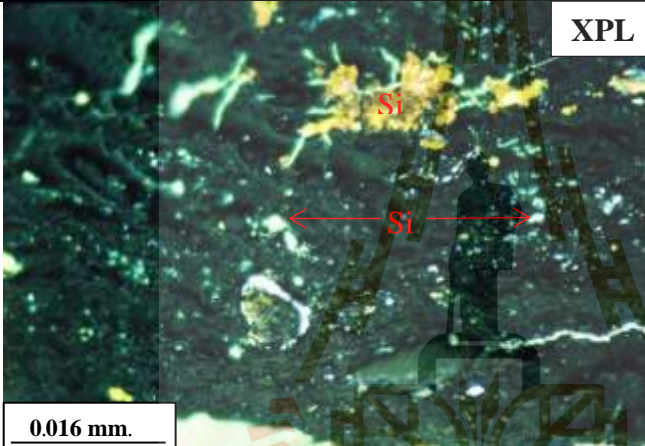

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;">PPL</p> <p style="text-align: center;">Te-U</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. B16-4</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of texto-ulminite in corpocollinite in the section cut perpendicular to the tree trunk.</p> <p>Composition (%)  V = 95 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 5 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of <b>copocollinite</b>. They display bark and cork of wood showing structure of cell walls (textinite) filled by gel (ulminite). They display dark brown in PPL for dry ulmin, pale gray in PPL for textinite and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of small amount clay minerals. They display black in PPL and white dots in XPL filling in voids.</p>
 <p style="text-align: right;">XPL</p> <p style="text-align: center;">Te</p> <p>0.016 mm.</p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Te = Textinite, Te-U = Texto-Ulminite, Cl = Clays</p>	

รูปที่ ค-5 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B16 – 4)

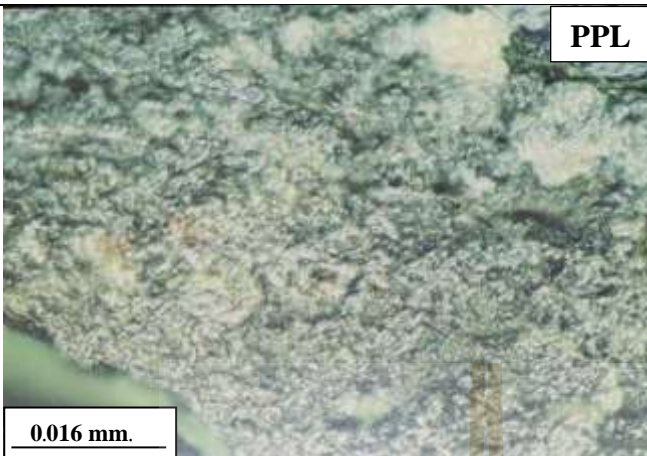
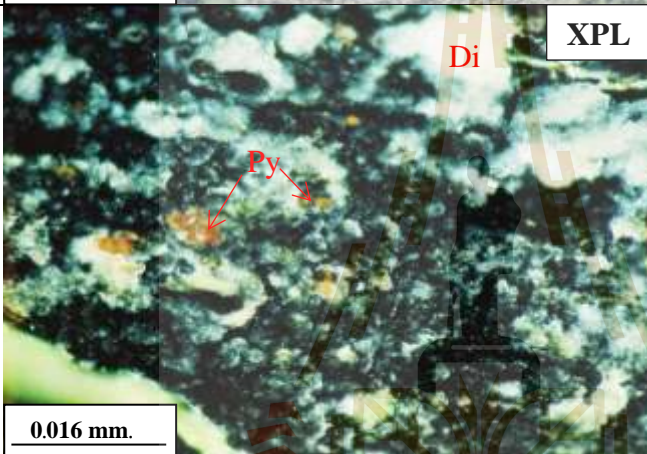
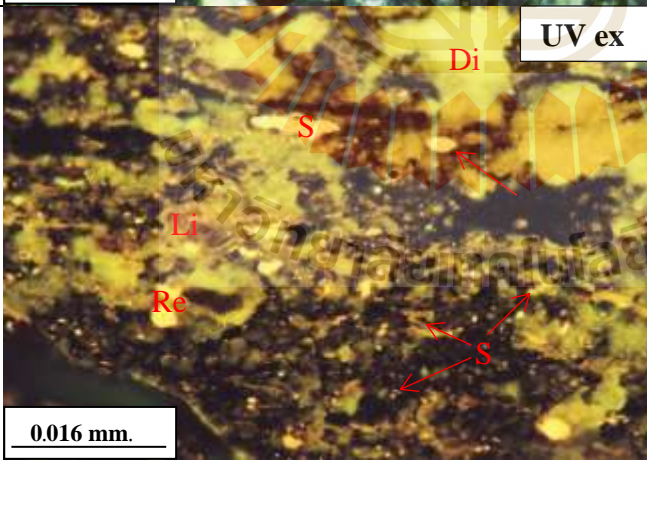
ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B17-2</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows the accumulation of organic matter.</p> <p>Composition (%)  V = 35 %  L = 26 %  I = 0 %  MM = 93 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They display pale gray in PPL with high relief, dark gray to black in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite, sporinite, cutinite remain and resinites. They display pale gray in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation, Liptodetrinite displayed dark yellow to orange spots, various sizes without shape. Resinite display as bright yellow of big spots with sphere shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display dark in PPL with white dots in XPL and black under UV ex. The orange crystal in XPL and dark brown to black in UV ex could be siderite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Re = Resinite, S = Sporinite, C = Clay, Sid = Siderite, Cu = Cutinite, Li = Liptodetrinite</p>	

รูปที่ ๓-6 ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 2)



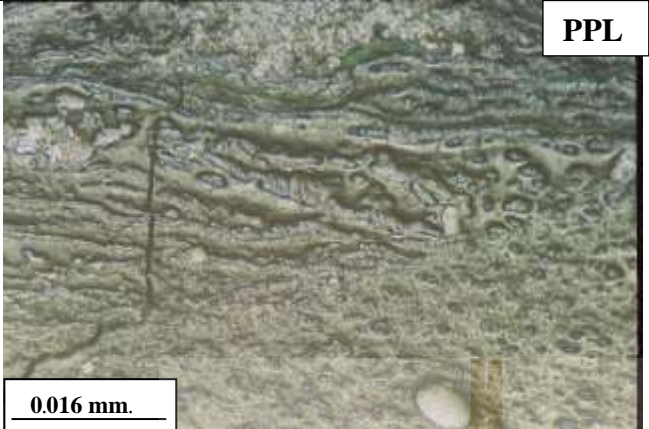
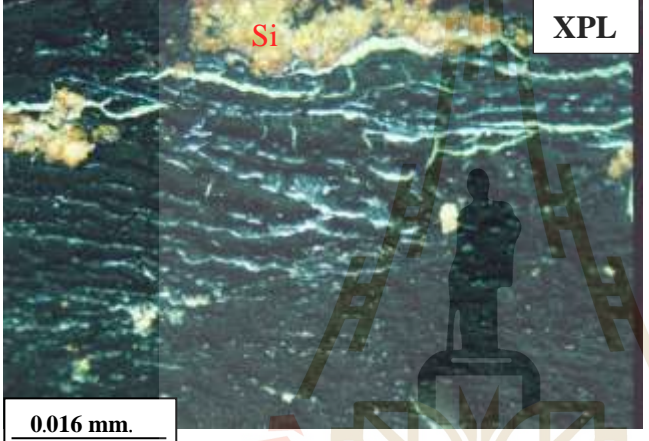
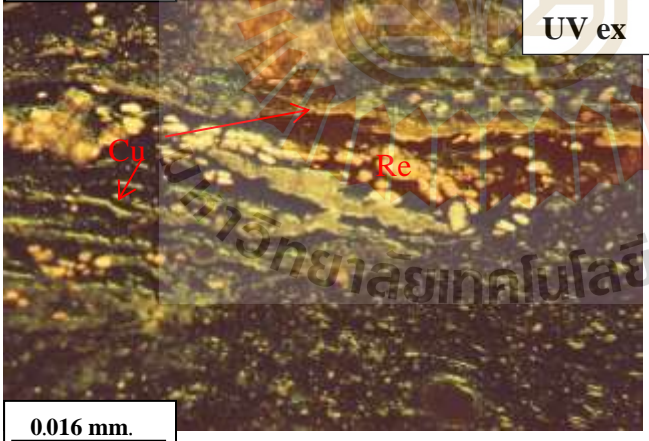
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. B17-4</b></p> <p><b>Cannel coal (Sapropelic coal)</b> show layer of sporinite various sized and s-shape.</p> <p>Composition (%)  V = 65 %  L = 24 %  I = 0 %  MM = 11 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite. They display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of sporinite with some of liptodetrinite. Sporinite display dark gray with highly relief in in PPL, black and white yellow in XPL. Under UV excitation they show lined up in layers of spore deposited. They display sized of bright yellow spots with sphere shape and yellow to dark brown with s-shape. Liptodetrinite display as small dark yellow spots.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists of clay. They display as a few of very small spots, white and yellow in XPL and black in PPL and UV excitation. Siderite display yellowish pale gray in PPL and white to dark yellow radial in XPL, and dark brown to black in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  S = Sporinite, Li = Liptodetrinite, Cl = Clay, Si = Siderite</p>	

รูปที่ ๓-7 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 4)

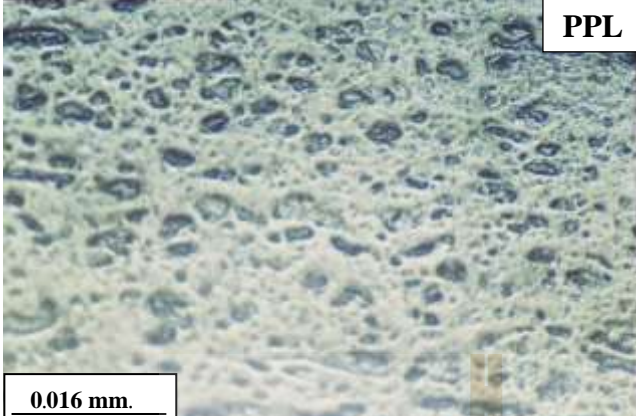
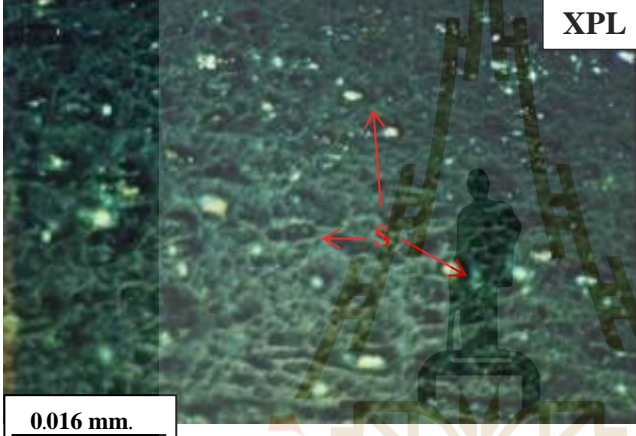
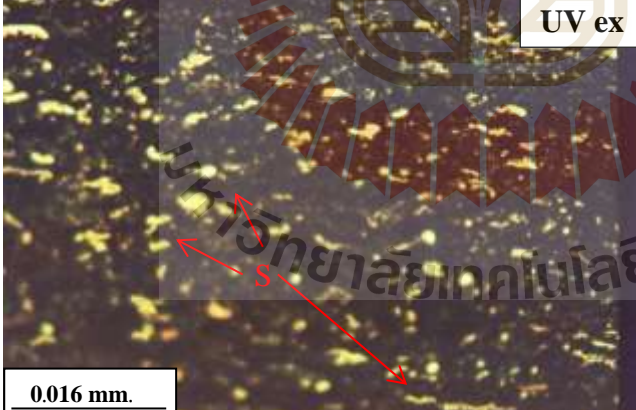
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B17-8</b></p> <p><b>Densinite</b> shows sapropelic deposit with diatom.</p> <p>Composition (%)  V = 37 %  L = 19 %  I = 0 %  MM = 44 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of very fine-grained of organic sediment. They are densinite cemented by gelovitrinite. They display white to pale gray in PPL and black in XPL.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and sporinite. They display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL. Under UV excitation, liptodetrinite display as yellow to dark yellow spots without shape. Sporinite display as bright yellow to brownish yellow dots with various sized and spore shape.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of diatomite with few of pyrite. Diatomite displays as fine-grained structure (cloudy structure). They display white to pale gray in PPL, bright white in XPL and white yellow to greenish yellow in UV ex. Pyrite display light yellow in PPL, brown in XPL and dark brown to black in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Di=diatomite, S=Spore, Re = Resinite, Li = Liptodetrinite</p>	

รูปที่ ๘-๘ ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 8)

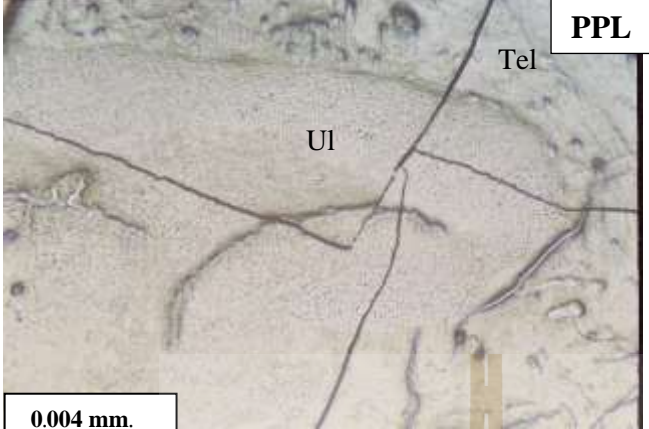
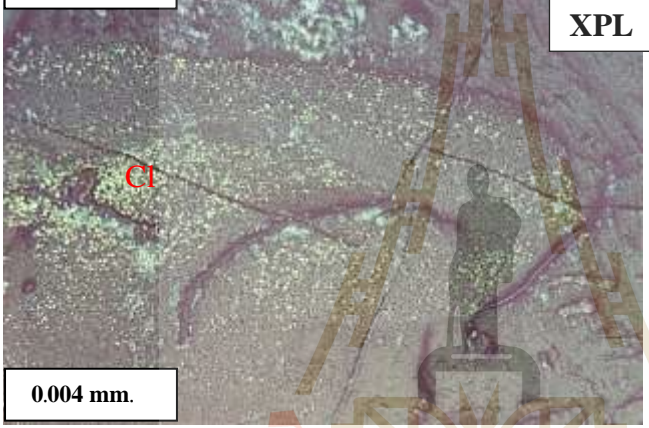


ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B17-11</b></p> <p><b>Corpogelinite</b></p> <p>Composition (%)  V = 50 %  L = 42 %  I = 0 %  MM = 8 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite subgroup. They show corpogelinite of wood tissue. They display colorless to pale in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of cutinite and sporinite. They display dark gray with highly relief in in PPL and black and white yellow in XPL. Under UV excitation, cutinite and sporinite display as orderly white yellow to yellowish brown spots and various sizes of spore shape.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay. They display as a few of very small spots, white and yellow in XPL and black in PPL and UV excitation. Siderite display yellowish pale gray in PPL, white to dark yellow radial in XPL and dark brown to black in UV excitation.</p>
	
	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation, V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cl = Clay, Cu = Cutinite, Re = Resinite Si = Siderite</p>	

รูปที่ ๓-๑ ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 11)


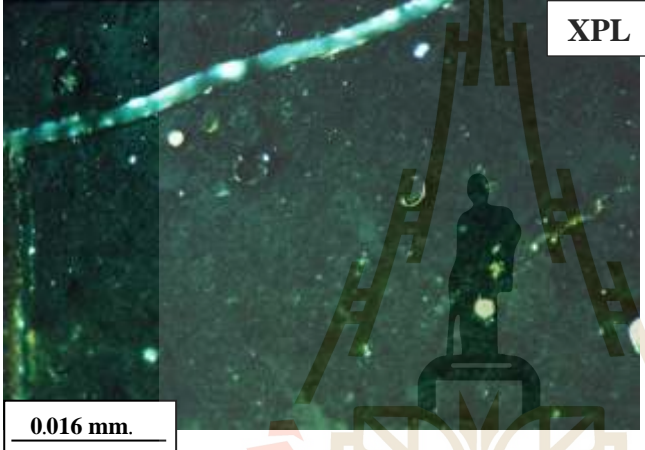
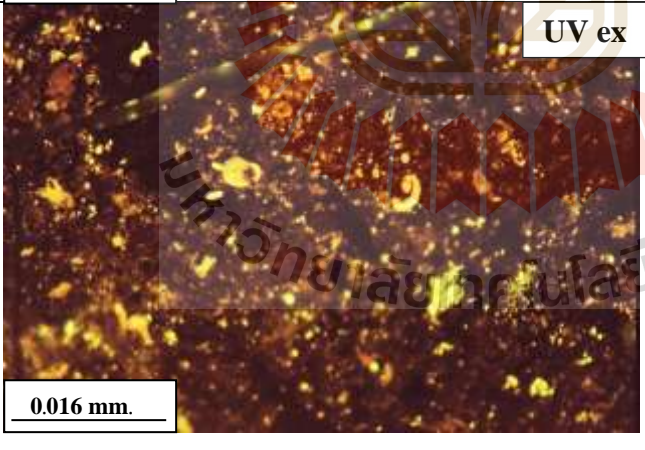
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B17-12</b></p> <p><b>Cannel coal</b> shows sapropelic deposit of gelovitrinite with sporinite.</p> <p>Composition (%)  V = 87 %  L = 13 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite. They display colorless to pale in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of sporinite with some of liptodetrinite. They display dark gray with highly relief in in PPL and black and white yellow in XPL. Under UV excitation, sporinite display as white yellow to yellowish brown spots and various sizes of spore shape. Liptodetrinite display as dark yellow spots.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> consists of clay. They display as a few of very small spots, white and yellow in XPL and black in PPL and UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  S = Sporinite, Cl = Clay</p>	

รูปที่ ค-10 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 12)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B17-14</b></p> <p><b>Texto-ulminite</b> consists mainly of well preserve cell walls and cell ulmin but highly cracked due to high moisture content in coal.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 96 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 4 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of texto-ulminite in telovitrinite subgroup. They show structure of cell walls (<b>textinite</b>) filled with gelified material (<b>ulminite</b>).</p> <p><b>Texto-ulminite</b> display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals and silica filling in dry ulminite voids. They display as brownish yellow to dark dots in PPL. In XPL clay display greenish yellow and silica display pale green color.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite UI = Ulminite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

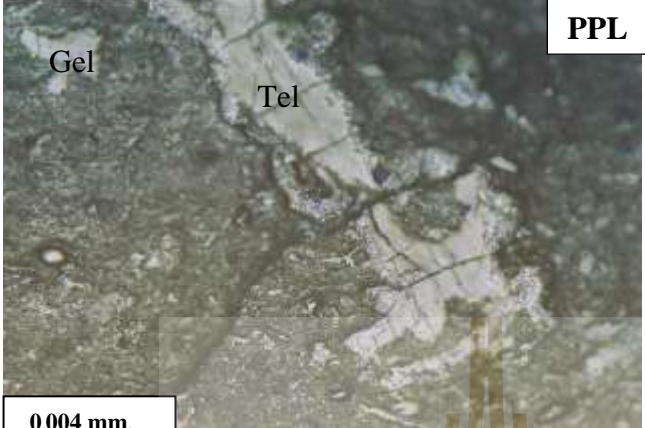
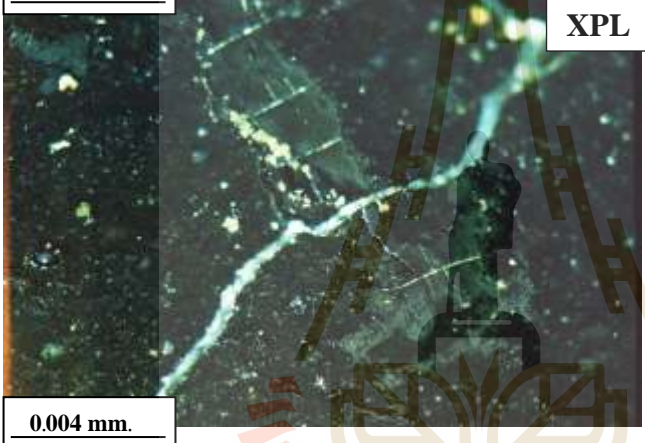
รูปที่ ค-11 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B17 – 14)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B18 – 2</b></p> <p><b>Densinite</b> shows sapropelic deposit with liptinite cemented by gelovitrinite.</p> <p>Composition (%)  V = 69 %  L = 31 %  I = 0 %  MM = 0 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite. They display pale gray in PPL and dark gray to black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and sporinite. They display pale gray with highly relief in PPL and dark gray to black in XPL. Under UV excitation, liptodetrinite display as group of yellow to dark yellow without shape. Sporinite displays as bright yellow to yellow dots, various sized and spore shape.</p>
	
	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p>	

รูปที่ ค-12 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B18 – 2)



ภาพตัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. B18-4</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows parts of wood tissue in gelovitrinite</p> <p>Composition (%)  V = 94 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 6 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of telocollinite remains with gelified cement. They display colorless and pale gray to light brown in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals. They display as black in PPL and white dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Gel = Gelinite, Cl = Clay, Tel = Telocollinite,</p>	


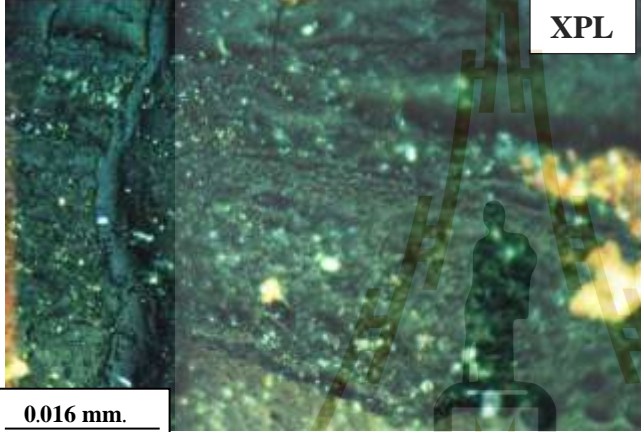

รูปที่ ค-13 ภาพตัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. B18 – 4)

ภาคผนวก ง


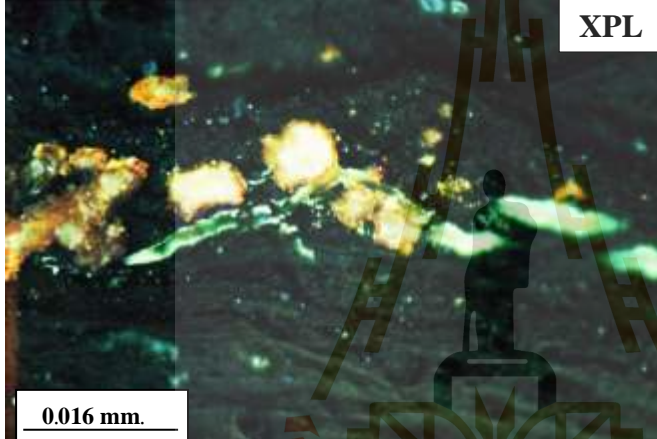
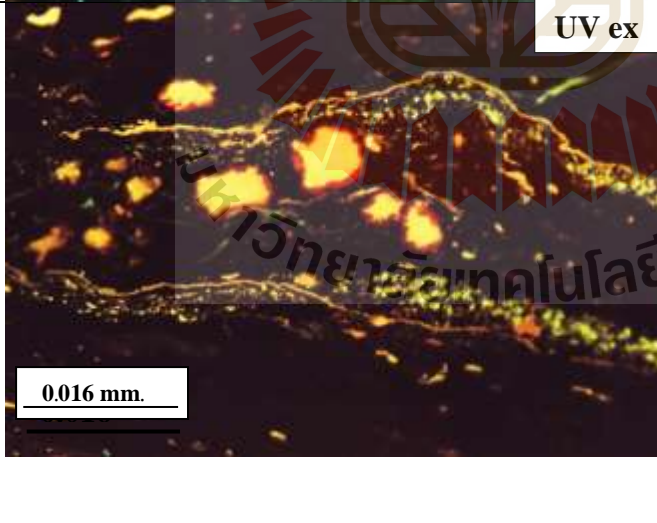
ผลการศึกษาคิดاورรณนาของสารอินทรีย์สาร

หน่วยหินย่อยถ่านหิน A

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

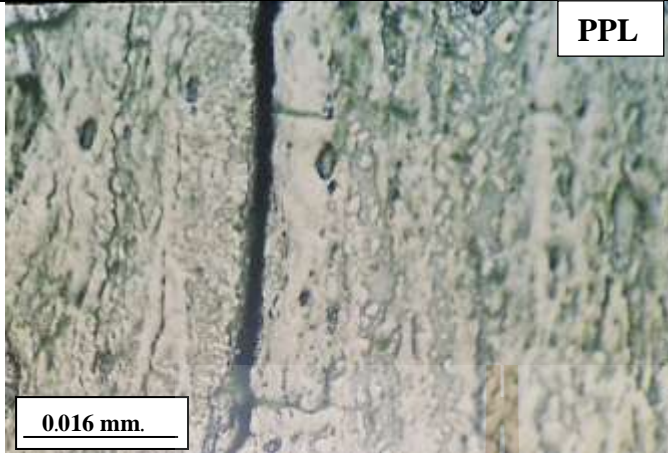
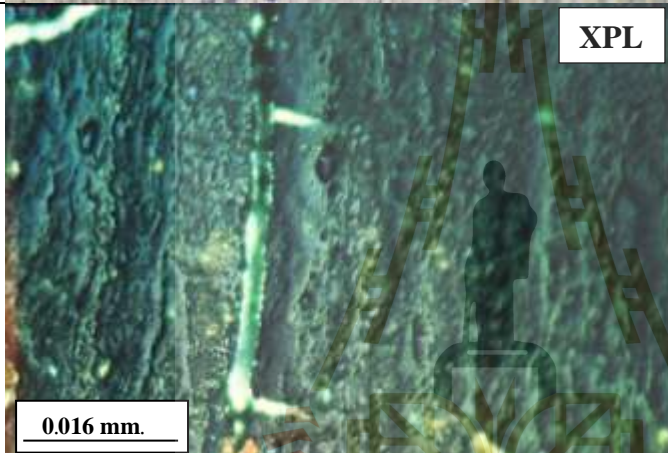

ภาพตัดส่องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: 10px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A1-1</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> in the section cut cross bedding shows structure of wood tissue.</p> <p>Composition (%)  V = 59 %  L = 37 %  I = 0 %  MM = 4 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: 10px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> shows difference in reflectance of <b>textinite</b> and <b>ulminite</b> cemented by <b>gelinite</b>. Ulminite are body of cell filling in clay. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> displays bright gray in PPL and dark in XPL. Under UV excitation resinite display light yellow spots and liptodestrinite display yellow without shape. The yellow line are cutinite with fluorinite.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-left: 10px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and siliceous minerals. They display dark color in PPL, white dots in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Li = Liptodestrinite, Rai = Rei, Reinschia = Resinite, S = Sporinite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-1 ภาพตัดส่องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A1 – 1)

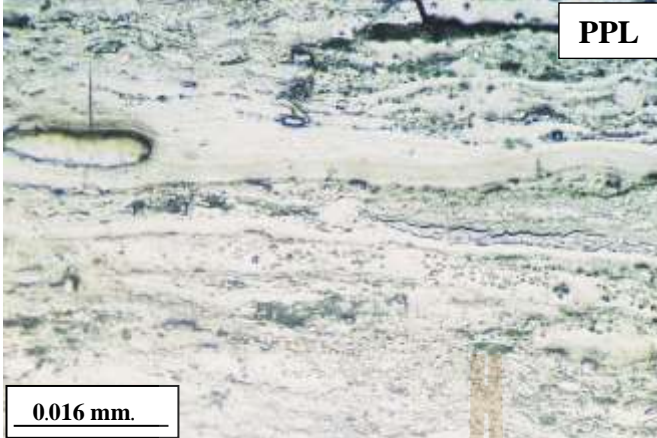
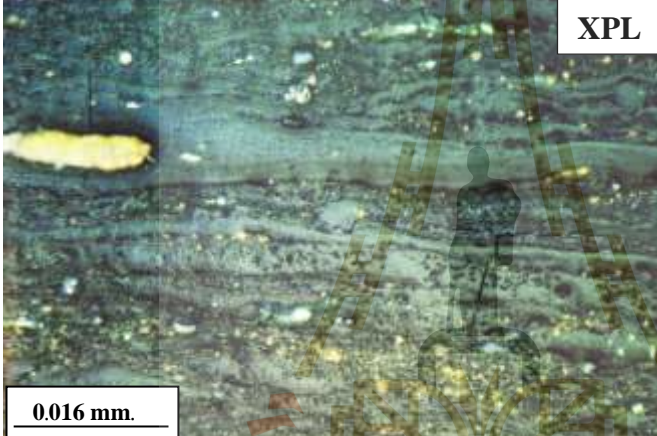
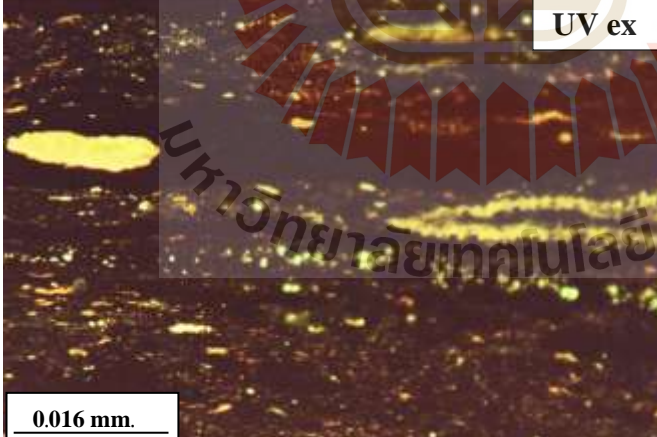
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p>Sample No. A1-5</p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows well preserve plant tissues.</p> <p>Composition (%)  V = 56 %  L = 34  I = 0 %  MM = 10 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite. They show structure of cell walls (textinite and ulminite) transforming to gelinite. They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of cutinite, fluorinate, resinite and some sporinite. Cutinite display very high relief in PPL, black line in XPL and line of yellowish brown to dark brown with v-shape and ledge shape under UV ex. Fluorinite display as pale gray to dark gray with high relief in PPL, and bright yellow dots in row near cutinite under UV excitation. Resinite display as yellowish-brown filling in voids of wood tissues.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay and silica.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Li = Liptodestrinite, Rai = Rei, Reinschia = Resinite, S = Sporinite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-2 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A1 –




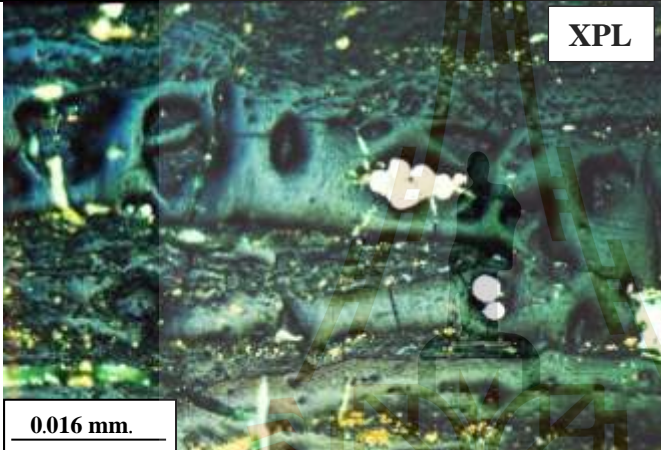
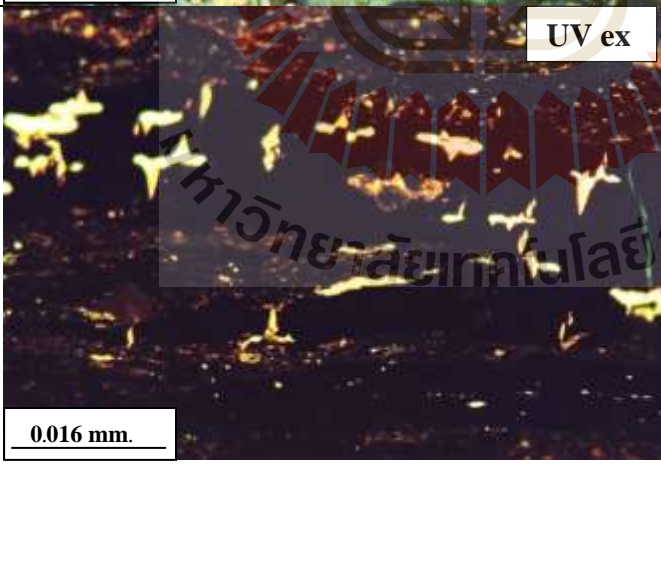
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. A1-7</b></p> <p>Porigelinite shows well preserve plant tissues.</p> <p>Composition (%)  V = 56 %  L = 44 %  I = 0 %  MM = 0 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite. They show plant remains (bark) transforming to gelinite (Porigelinite). They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of cutinite, fluorinate and suberinite (terpenite). Cutinite display as very high relief in PPL, black line in XPL and line of yellowish brown to dark brown with v-shape and ledge shape under UV ex. Fluorinite displays as pale gray to dark gray with high relief in PPL, yellowish brown to dark gray in XPL and group of bright yellow dots in row near cutinite under UV excitation. Suberinite displays as yellowish-brown filling in voids of wood tissues.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Li = Liptodestrinite, Rai = Rei, Reinschia = Resinite, S = Sporinite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-3 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A1 – 7)

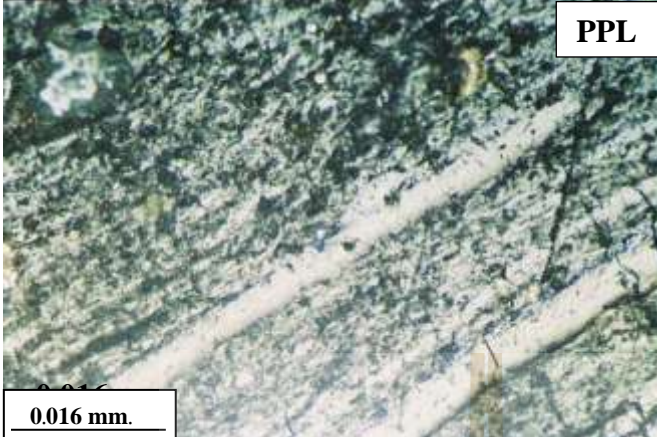
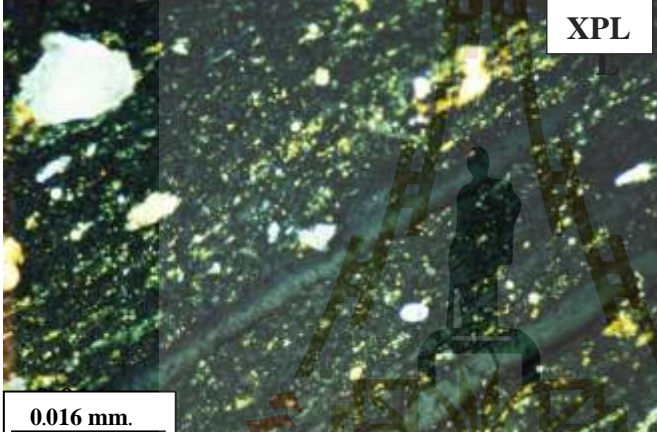
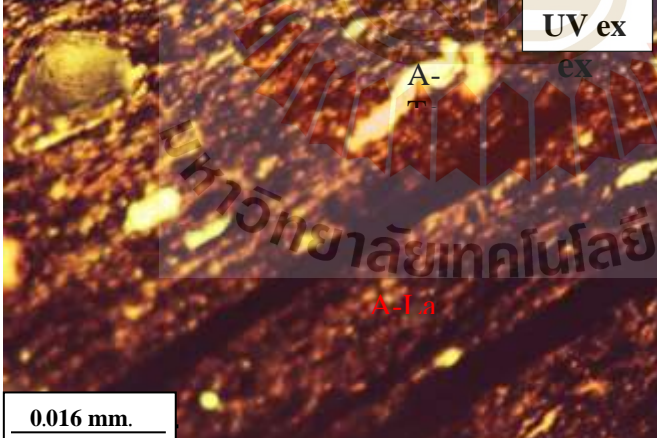
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A2-3</b></p> <p><b>Porigelinite</b> shows well preserve plant tissues.</p> <p>Composition (%)  V = 77 %  L = 23 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consist of gelovitrinite. They show plant remains (bark) transforming to gelinite (Porigelinite). They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consist mainly of fluorinate, sporinite and liptodestrinite. Fluorinite displays pale gray to dark gray with high relief in PPL, yellowish brown to dark gray in XPL. Sporinite displays as bright yellow to yellow dots, various sized and spore shape.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Li = Liptodestrinite, Rai = Rei, Reinschia = Resinite, S = Sporinite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-4 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A2 – 3)



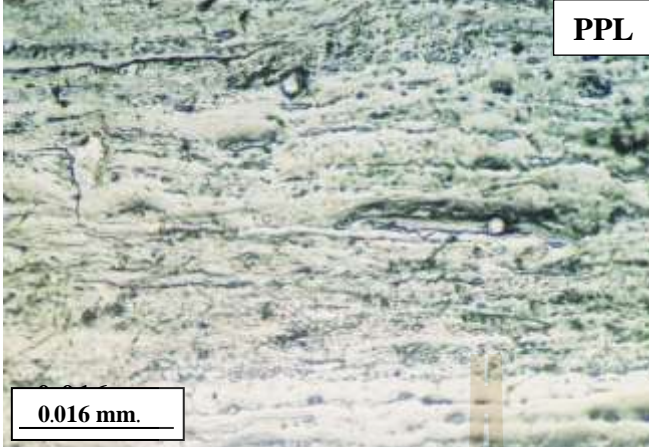
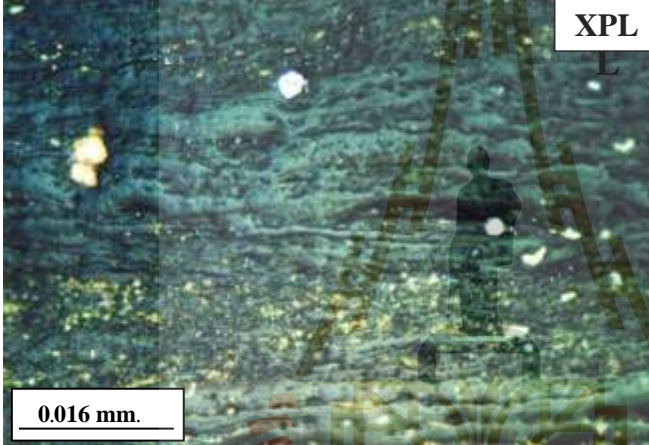

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A2-4</b>  <b>Corpogelinite</b> shows gel of xylems and wood tissues in the section of parallel cut.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 91 %  L = 7 %  I = 0 %  MM = 2 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They show wood tissue and xylems decay transforming to gelinite. They display pale gray and highly relief in PPL and dark gray to black in XPL and black in UV ex.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Liptnrite</b> consists mainly of liptodetrinite with Exsudatinitite (terpenite). They display dark gray in PPL, dark gray to black in XPL. Under UV excitation Liptodetrinite displays as dark yellow to brown dots without shape. Terpenite displays as white yellow to yellow filled in voids of dry gel and wood tissue.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of clay and pyrite. Clay display as white to yellow dots in XPL. Pyrite displays as sphere body (framboidal pyrite) filled in voids, white to pale gray in PPL, bright white in XPL and black in UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, Ex = Exsudatinitite, Py = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ 5-5 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A2 – 4)

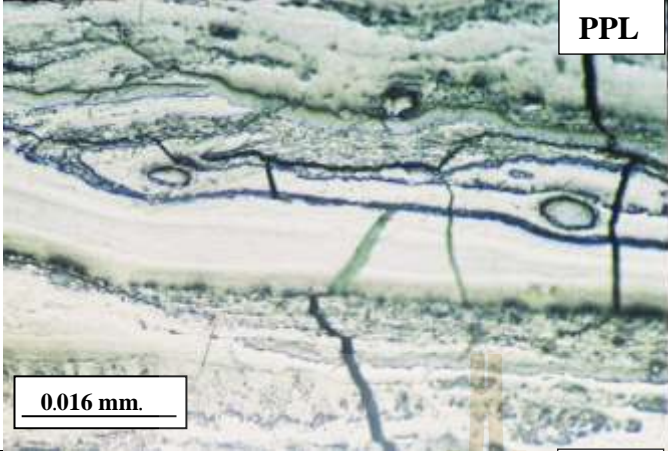
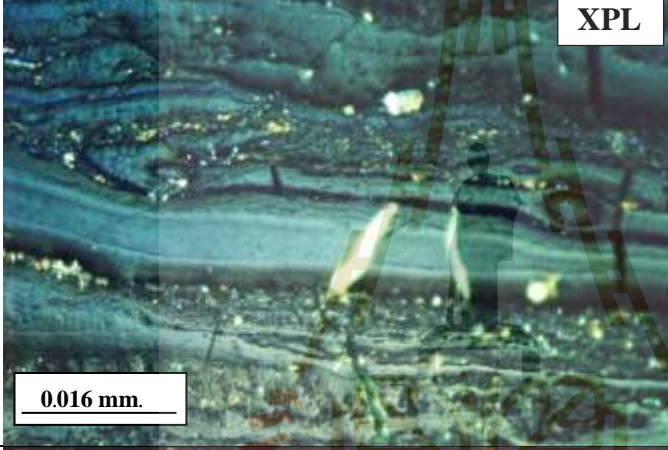
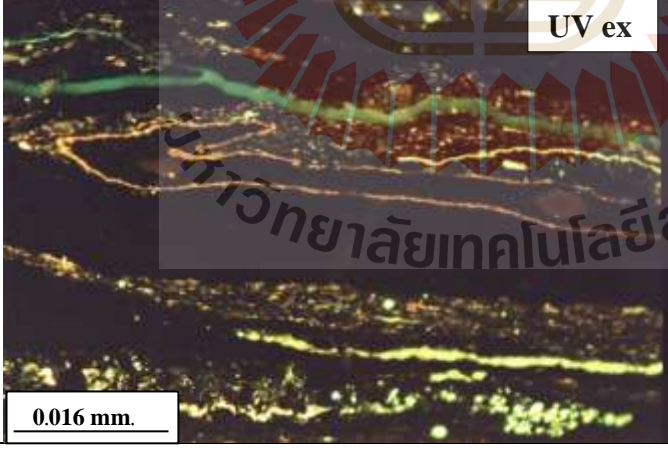
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A2-5</b></p> <p><b>Gelovitrinite (boghead coal)</b></p> <p>Composition (%)  V = 28 %  L = 69 %  I = 0 %  MM = 3 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelovitrinite. They display as layer of dark gray to black in PPL and black in XPL.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of 248luorina. Alginite display as small dots of yellow in XPL and yellowish brown in UV excitation. <b>Telaginite</b> displays as bright white to yellow thick line and sphere shape (<i>botryococcus</i> sp.).</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Lamalginite</b> displays as yellowish-brown dots and short lines. Some yellowish-brown dots are sporinite and liptodetrinite.</p> <p><b>Mineral matter</b> displays in various sizes, sub-round to round grain. They display pale gray to black in PPL and white to light yellow and pale gray in XPL. The silica crystal display as big pale gray sphere in PPL and bright white in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, A-Te = Telalginite, A-La = Lamalginite, = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-6 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A2 -5)




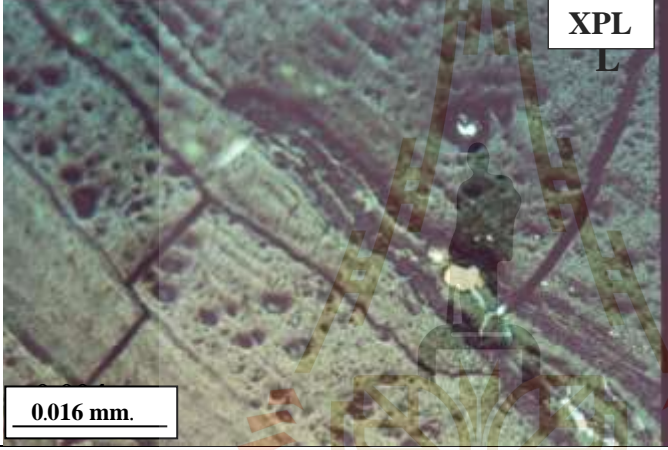
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A2-6</b></p> <p><b>Porigelinite</b> shows well preserve plant tissues.</p> <p>Composition (%)  V = 70 %  L = 29 %  I = 0 %  MM = 1 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite. They show plant remains (bark) transforming to gelinite (Porigelinite). They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of alginite. Alginite display as small dots of yellow in XPL and yellowish brown in UV excitation. <b>Telaginite</b> displays as bright white to yellow thick line and sphere shape (<i>botryococcus</i> sp.). <b>Lamalginite</b> display as yellowish-brown dots and short lines. Some yellowish-brown dots are sporinite and liptodetrinite.</p> <p><b>Mineral matter</b> displays in various sizes sub-round to round grain. They display pale gray to black in PPL and white to light yellow and pale gray in XPL. Under UV excitation, the black sphere dots are framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodestrinite, A-Te = Telaginite, A-La = Lamalginite, Py = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-7 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A2 – 6)

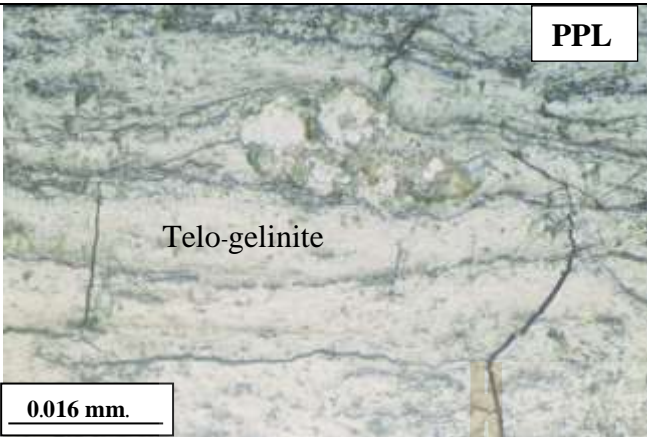
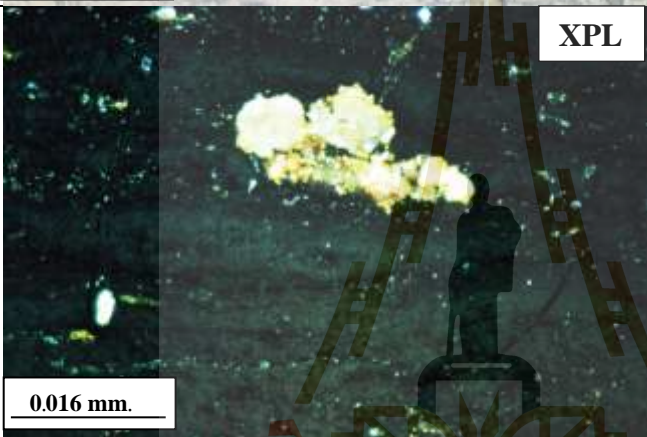
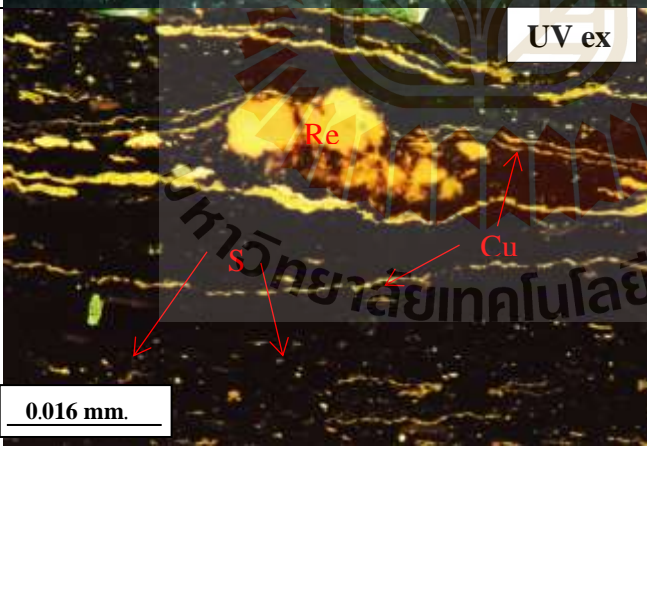
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. A2-8</b></p> <p><b>Porigelinite</b> show well preserve plant tissues.</p> <p>Composition (%)  V = 62 %  L = 37 %  I = 0 %  MM = 1 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite. They show plant remains (textinite) transforming to gelinite (Porigelinite). They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of cutinite and 250luorinate. Cutinite display as very high relief in PPL, black line in XPL and line of yellowish brown to dark brown with v-shape and ledge shape under UV ex. Fluorinite display as group of bright yellow to pale green dots in row.</p> <p><b>Mineral Matter</b>  The silica crystal displays as big pale gray sphere in PPL and bright white in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation, Cu = Cutinite, Tep = Terpenite, Fl = Fluorinite, Cl = Clay, Py = Pyrite, V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p>	

รูปที่ ๘-๘ ภาพภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A2 –8)



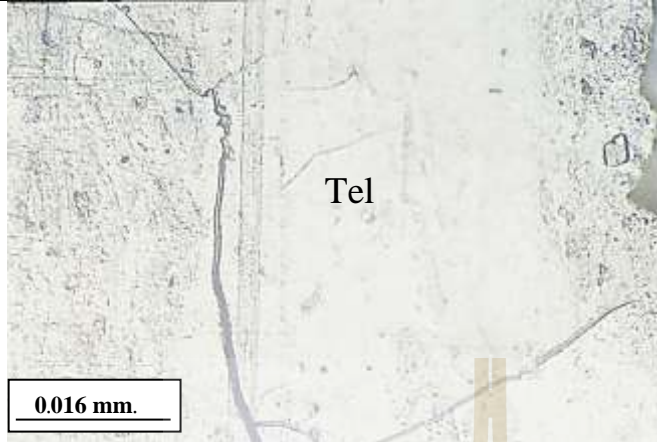

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A3-1</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows structure of wood associated with crack.</p> <p>Composition (%)  V = 98 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 2 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of telinite, display texture of wood tissue. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of pyrite display as sphere body (framboidal pyrite) filled in voids, white to pale gray in PPL, bright white in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Tel = Telovitrinite, Te = Telinite, Ul = Ulminite, Cl = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ง-9 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A3 – 1)

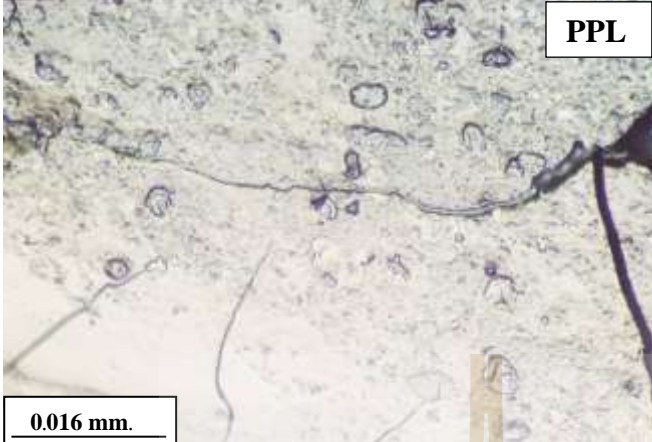
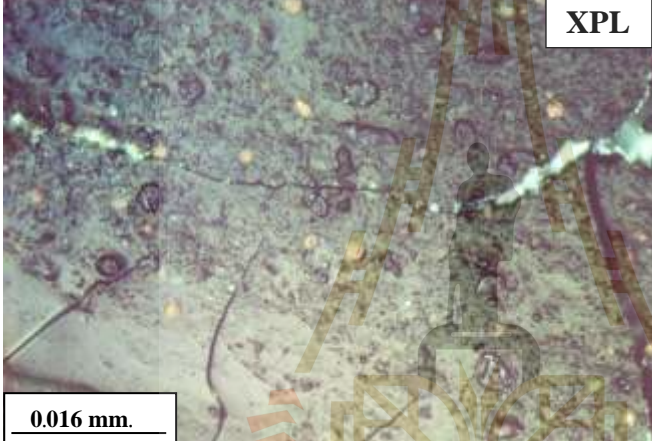
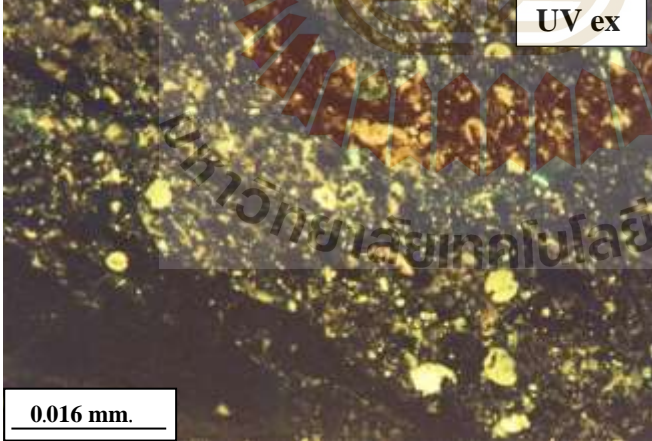
ภาพได้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A5-3</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows ulmin gel of wood xylem.</p> <p>Composition (%)  V = 62 %  L = 25 %  I = 0 %  MM = 13 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelinite with wood structure of telinite and gel cracking. Telo-gelinite display as pale gray with strongly reflect layer in PPL and black in XPL and UV ex. They display black in XPL.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists of resinite, sporinite and cutinite. They display dark gray to black in PPL and XPL. Resinite display colorless to light yellow in PPL, white to orange in XPL, bright yellow with sphere shape and highly orange rim in UV excitation. Sporinite display as yellow spore shape. Cutinite displays as yellow line with ledge structure.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists mostly of clay minerals with silica. They display as pale gray to dark in PPL, white dots spread in XPL and black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Cu = Cutinite, Re = Resinite, S = Sporinite, Li = Liptodetinite</p>	

รูปที่ ง-10 ภาพได้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A5 – 3)


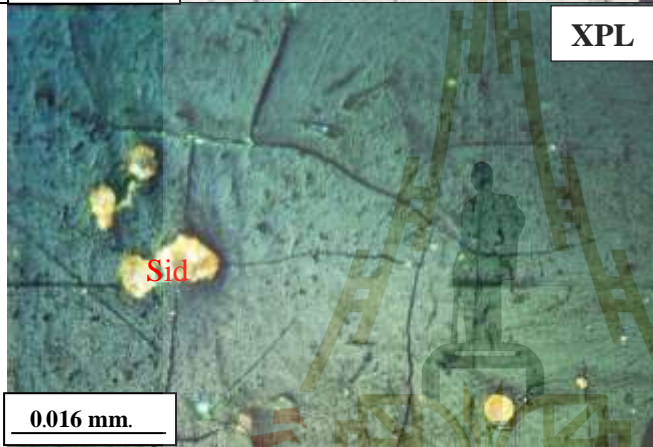


ภาพไดคัล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A5-4</b></p> <p><b>Telinite</b> consists mainly of well preserve wood tissue.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 100 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of telinite or textinite in telovitrinite. They show structure of wood cell walls. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of pyrite replacing in telinite. They display as orange dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Tel = Telinite, Cl = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ง-11 ภาพไดคัล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A5 – 4)


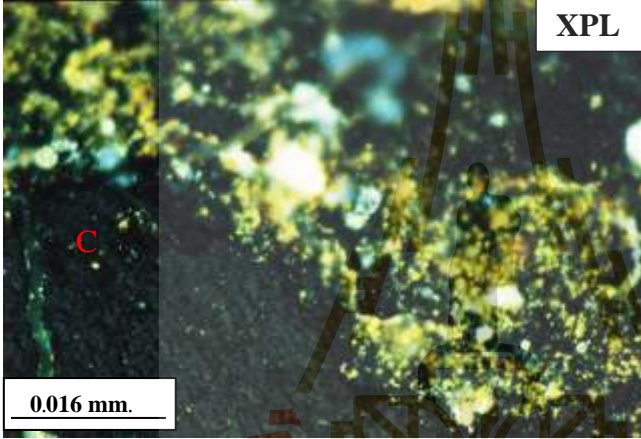
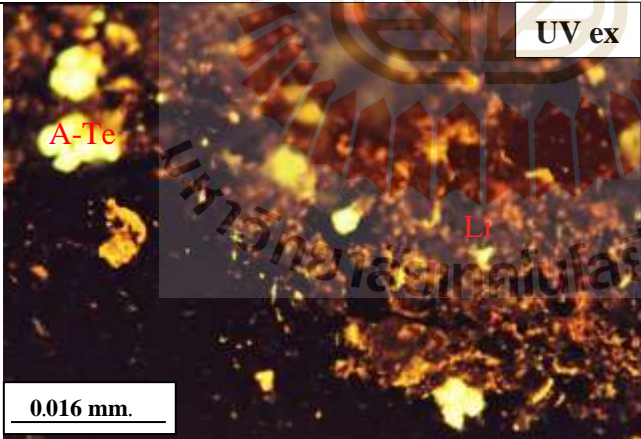
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A5-5</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows dry ulmin with liptinite in void.</p> <p>Composition (%)  V = 67 %  L = 33 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of detrovitrinite and gelovitrinite. They display pale gray in PPL and dark gray to black in XPL and UV excitation.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and sporinite. They display pale gray with highly relief in PPL and dark gray to black in XPL. Under UV excitation, liptodetrinite displays as group of yellow to dark yellow without shape. Sporinite display as bright yellow to yellow dots, various sized and spore shape.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p>	

รูปที่ ง-12 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A52 – 5)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. A5-6</b></p> <p><b>Telinite</b> shows cracking and siderite replacement.</p> <p>Composition (%)  V = 95 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 5 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of telinite derived from wood. They display pale gray in PPL and black in XPL with gel cracking.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of siderite. They display as sphere shape with layer of radius, light brown and colorless in PPL and white yellow to yellowish brown with oxidize layer in XPL. The central radial is indicated primary siderite transformed to pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Sid = Siderite, Tel = Telinite</p>	

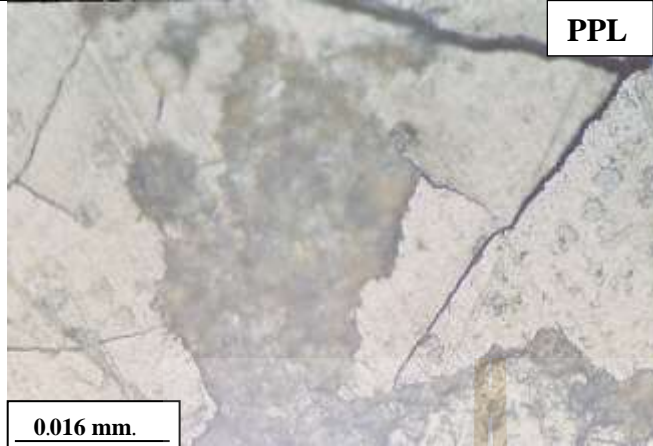
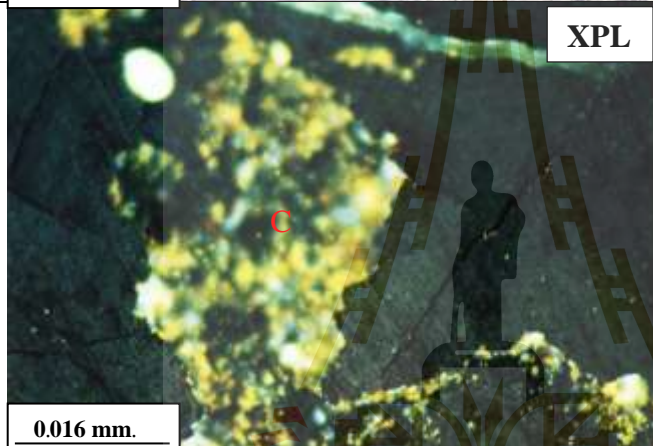
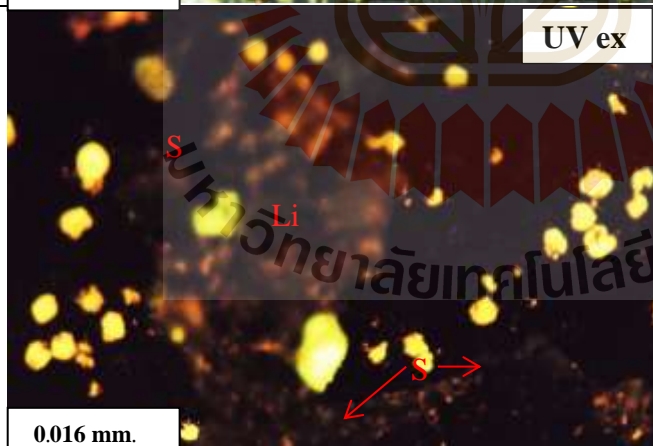
รูปที่ ง-13 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A5 – 6)




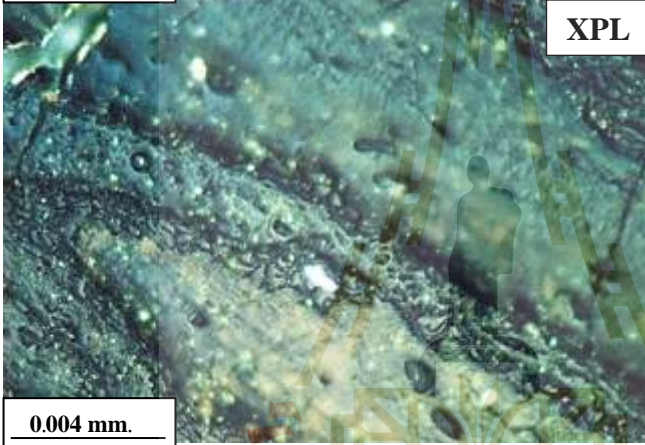
ภาพตัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A6-1</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> shows the accumulation of organic matter.</p> <p>Composition (%)  V = 46 %  L = 48 %  I = 0 %  MM = 6 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of densinite, several of organic matter and gelinite cements. They show pale gray in PPL with high relief, dark gray to black in XPL and black in UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite with some alginite. They show pale gray in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation, Liptodetrinite display dark yellow to orange without shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. They display as dark in PPL with white dots in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  A-Te = Telalginite, C = Clay, Li = Liptodestrinite</p>	

รูปที่ ง-14 ภาพตัดกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A6 – 1)


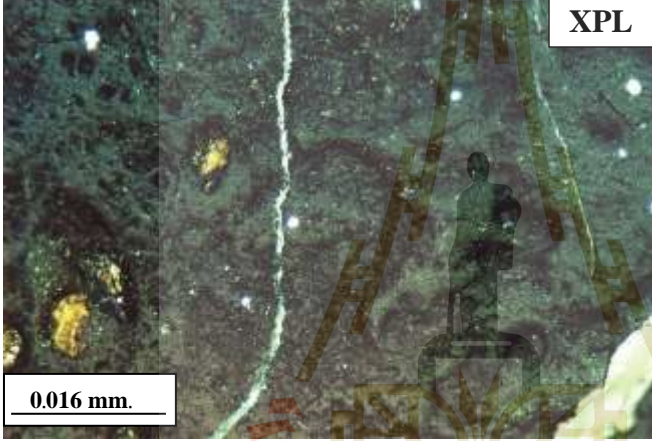


ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. A6-2</b></p> <p><b>Telovitrinite</b></p> <p>Composition (%)  V = 61 %  L = 19 %  I = 0 %  MM = 20 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of telinite and gelinite. They display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of liptodetrinite and suberinite. They display dark gray with highly relief in in PPL, black and white yellow in XPL.</p> <p>Under UV excitation, suberinite displays as yellow sphere, deposited in dry ulmin and liptodestrinite display as yellow to dark brown without shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of clay. They display as a few of very small spots, white and yellow in XPL and black in PPL and UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  S = Sporinite, Li = Liptodestrinite, Cl = Clay, Si = Siderite</p>	

รูปที่ ง-15 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A6 – 2)


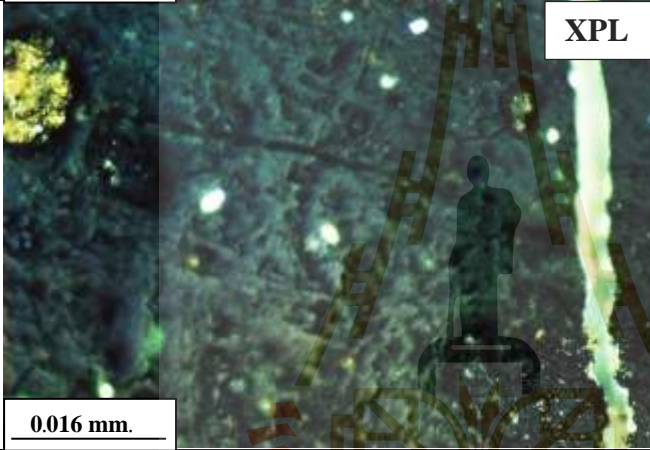
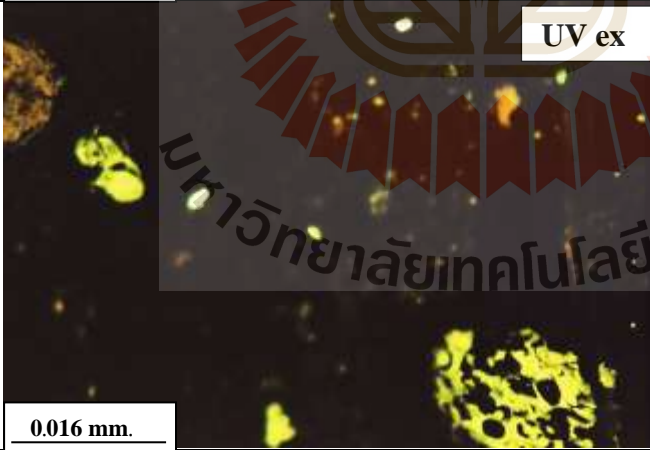
ภาพได้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A7-2</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of wood tissue with desiccation crack of gel in collotelinite of duet tissue in the section cut parallel to the tree trunk.</p> <p>Composition (%)  V = 98 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 2 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of collotelinite with ulminite. They show structure of wood tissue (telocollinite) and filled with gelified (Ulminite) in xylems duets. They display colorless and pale gray to light brown in PPL and black in XPL.</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of clay minerals filled in crack. They display as black in PPL and white dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Gel = Gelinite, Cl = Clay, Tec = Telocollinite, Ul = Ulminite</p>	

รูปที่ ง-16 ภาพได้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A7 – 2)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p data-bbox="868 353 970 405"><b>PPL</b></p> <p data-bbox="320 741 488 786"><b>0.016 mm.</b></p>	<p data-bbox="986 353 1225 389"><b>Sample No. A7-4</b></p> <p data-bbox="986 427 1342 573"><b>Telovitrinite</b> shows character of corpocollinite in the section cut perpendicular to tree trunk.</p> <p data-bbox="986 611 1214 647">Composition (%)</p> <p data-bbox="986 651 1118 687">V = 94 %</p> <p data-bbox="986 692 1098 728">L = 0 %</p> <p data-bbox="986 732 1098 768">I = 0 %</p> <p data-bbox="986 772 1134 808">MM = 6 %</p>
 <p data-bbox="868 801 970 853"><b>XPL</b></p> <p data-bbox="320 1189 488 1234"><b>0.016 mm.</b></p>	<p data-bbox="986 831 1358 1200"><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>copocollinite</b>. They display bark and cork of wood showing structure of cell walls (textinite) filled by gel (ulminite). Ulminite (dry) display dark brown in PPL and textinite display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p data-bbox="986 1238 1358 1451"><b>Mineral Matter</b> consists of small amount clay and sulfide minerals. They display as black in PPL and white dots in XPL filled in voids.</p>
<p data-bbox="316 1458 1054 1494">PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light</p> <p data-bbox="316 1498 1145 1534">V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p> <p data-bbox="316 1538 975 1574">Te = Textinite, Te-U = Texto-Ulminite, Cl = Clays</p>	

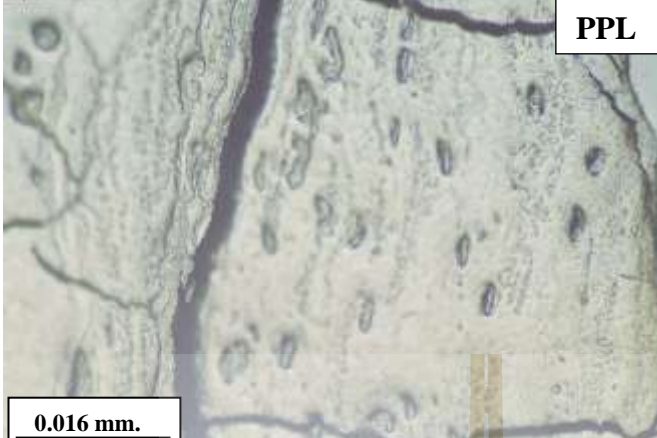
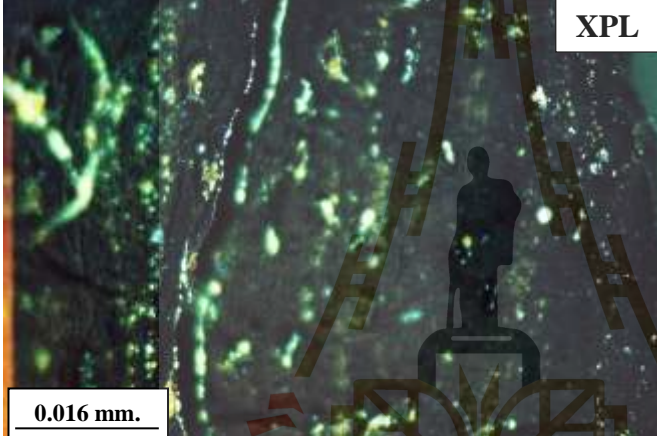
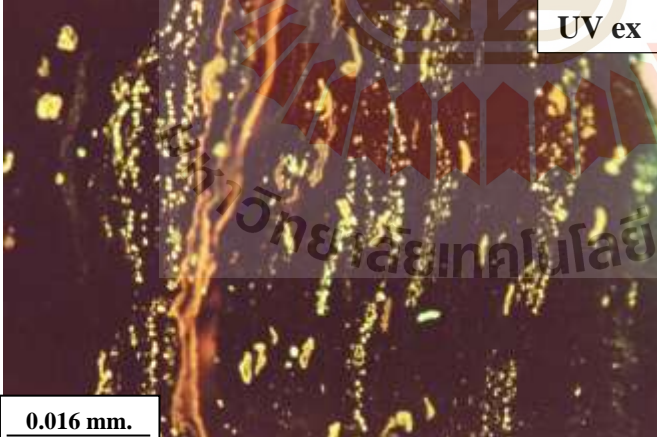
รูปที่ ง-17 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A7 – 4)



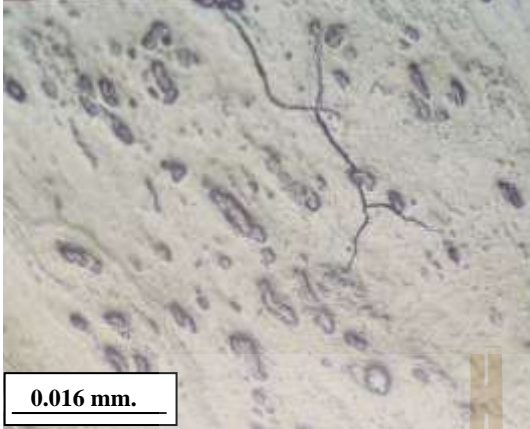
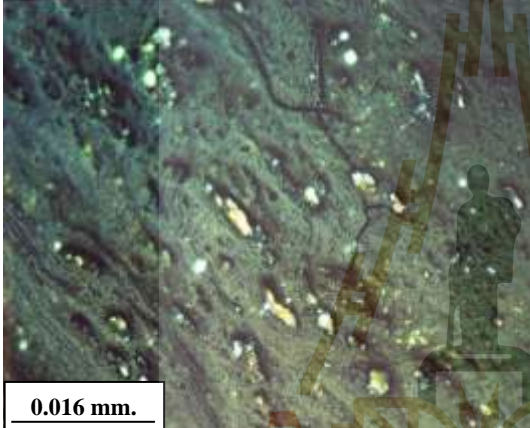
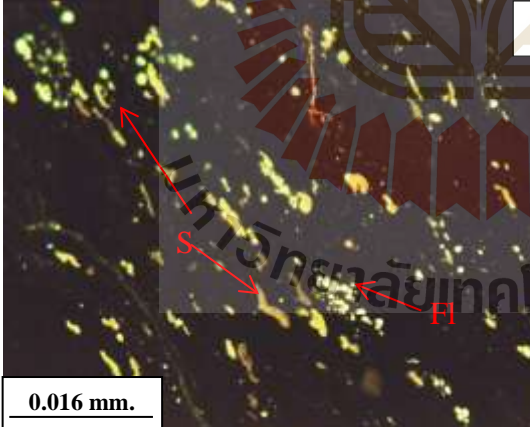
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p>	<p><b>Sample No. A7-5</b></p> <p><b>Corpogelinite</b> shows gel of wood tissues in the parallel cut section.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 88 %  L = 7 %  I = 0 %  MM = 5 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They show wood tissue transforming to gelinite. They display pale gray and highly relief in PPL, dark gray to black in XPL and black in UV ex.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of exsudatinite. They display dark gray in PPL, black in XPL. Under UV excitation exsudatinite display as dark yellow to greenish yellow filled in voids of dry gel and wood tissue.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and pyrite. Clays display as white to yellow dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Ex = Exsudatinite, Py = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-18 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A7 – 5)




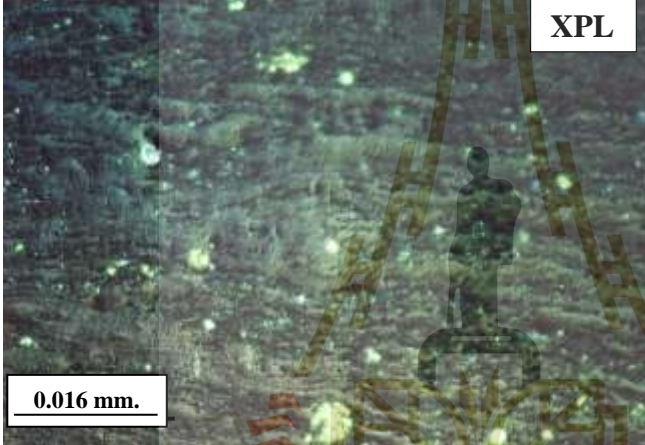

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A9-1</b></p> <p><b>Porigelinite</b> shows well preserve plant tissues.</p> <p>Composition (%)  V = 58 %  L = 42 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelovitrinite. They show plant remain (textinite) transforming to gelinite (Porigelinite). They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex.</p>
	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of cutinite, fluorinite and sporinite. Cutinite display as very high relief in PPL, black line in XPL and line of yellowish brown to dark brown with v-shape and ledge shape under UV ex. Fluorinite display as group of bright yellow to pale green dots in row near cutinite. Sporinite display as white to dark yellow with S-shape and telephone shape.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation, Cu = Cutinite, Tep = Terpenite, Fl = Fluorinite, Cl = Clay, Py = Pyrite, V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter</p>	

รูปที่ ง-19 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 1)

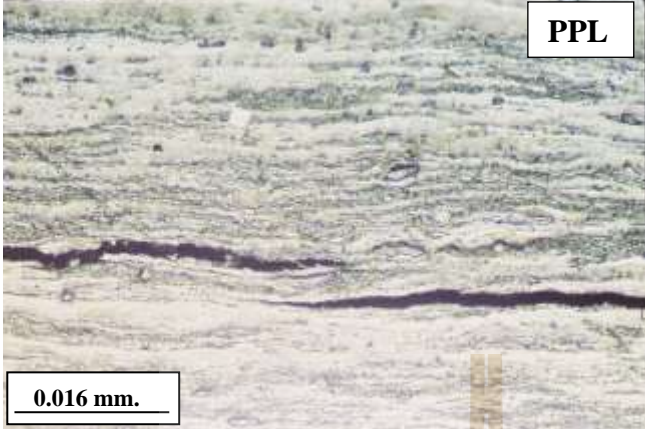
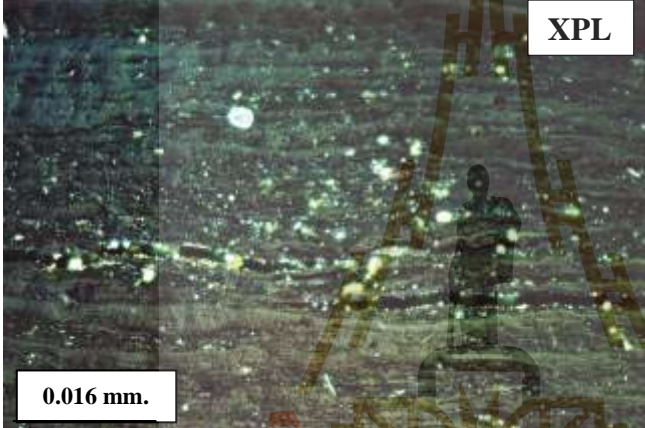
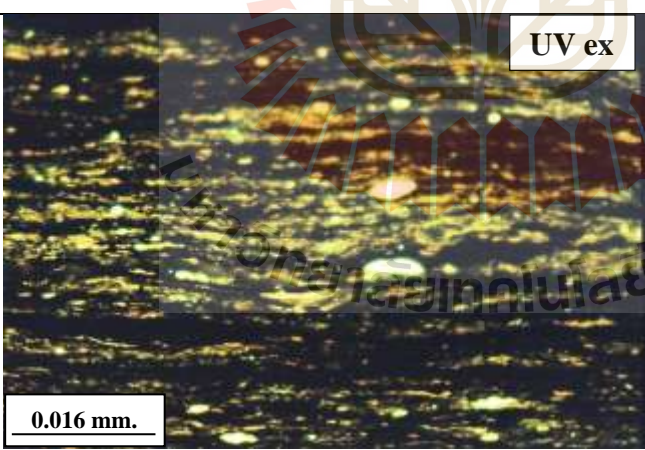
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A9-3</b></p> <p><b>Collotelinite</b> shows structure of wood tissue.</p> <p>Composition (%)  V = 82 %  L = 18 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of telinite. They show structure of bark woods with essential oil. They display pale gray in PPL, dark gray in XPL and black in UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Liptnite</b> consists of sporinite and fluorinite. Sporinite display as white to dark yellow with S-shape and telephone shape. Fluorinate display as group of bright yellow dots filled in dry ulmin in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, Tep = Terpenite, S = Sporinite, Fl - Fluorinite</p>	

รูปที่ ง-20 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 3)



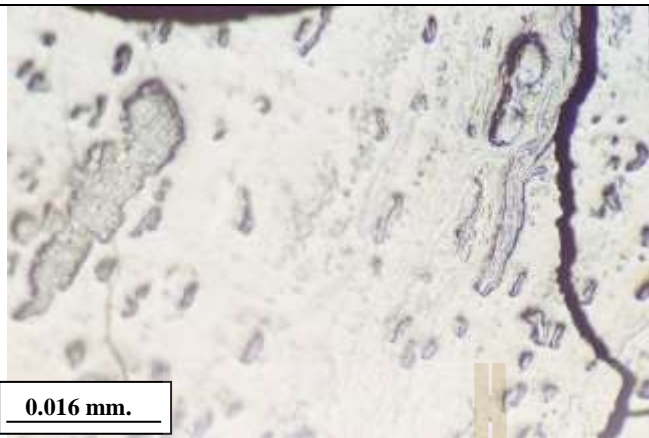
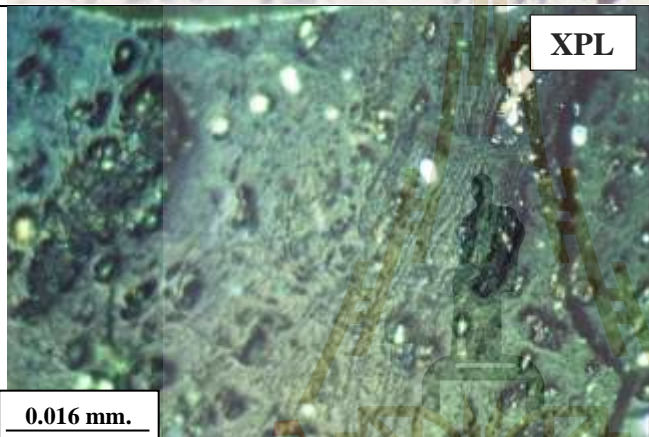
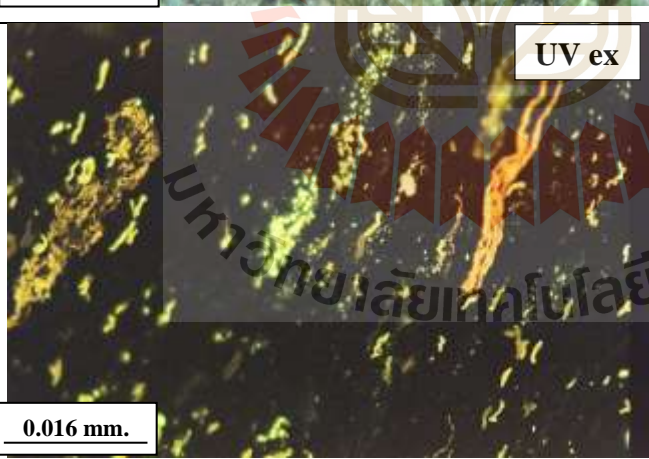
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A9-6</b></p> <p><b>Porigelinite</b> shows well preserve plant tissues with alginite (<b>boghead coal</b>)</p> <p>Composition (%)  V = 50 %  L = 50 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of gelovitrinite. They show plant remains (bark) transforming to gelinite (Porigelinite). They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of alginite. Alginite display as small dots of yellow in XPL and yellowish brown in UV excitation. <b>Telaginite</b> display as bright white to yellow thick line and sphere shape (<i>botryococcus</i> sp.).</p>
	<p><b>Lamalginitite</b> displays as yellowish-brown dots and short lines. Some yellowish-brown dots are sporinite and liptodetrinite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, A-Te = Telaginite, A-La = Lamalginitite, = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-21 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 6)


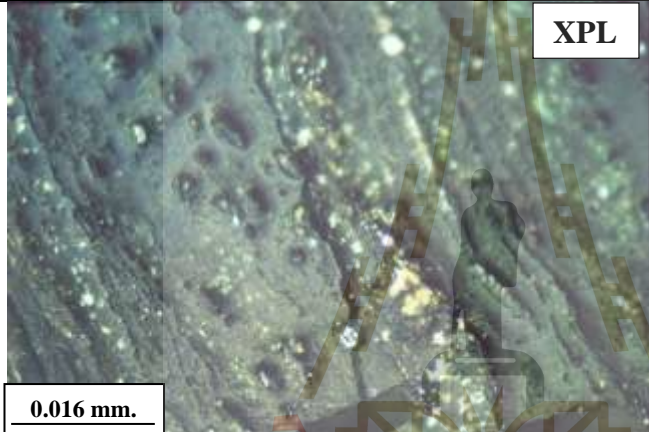
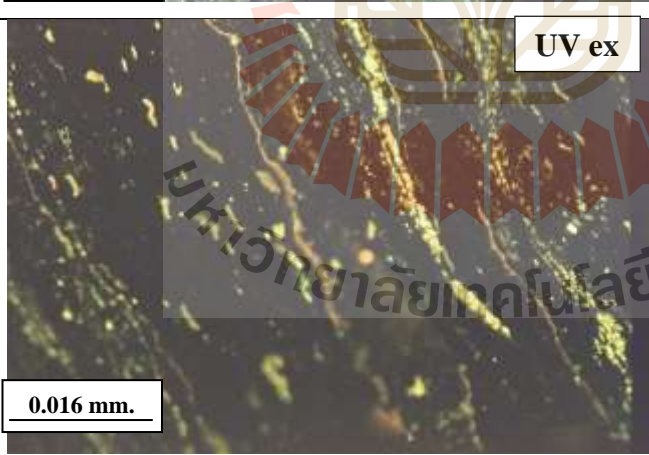
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A9-9</b></p> <p><b>Porigelinite</b> shows well preserve plant tissues with alginite (<b>boghead coal</b>)</p> <p>Composition (%)  V = 54 %  L = 46 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelovitrinite. They show plant remains (bark) transforming to gelinite (Porigelinite). They display colorless to pale gray in PPL, dark gray in XPL and black under UV ex</p> <p><b>Liptinite</b> consists of alginite. Alginite display as small dots of yellow in XPL and yellowish brown in UV excitation for alginite.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Telaginite</b> displays as bright white to yellow thick line and sphere shape (<i>botryococcus</i> sp.). <b>Lamalginite</b> displays as yellowish-brown dots and short lines. Some yellowish-brown dots are sporinite and liptodetrinite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Li = Liptodetrinite, A-Te = Telaginite, A-La = Lamalginite, = Pyrite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-22 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 9)

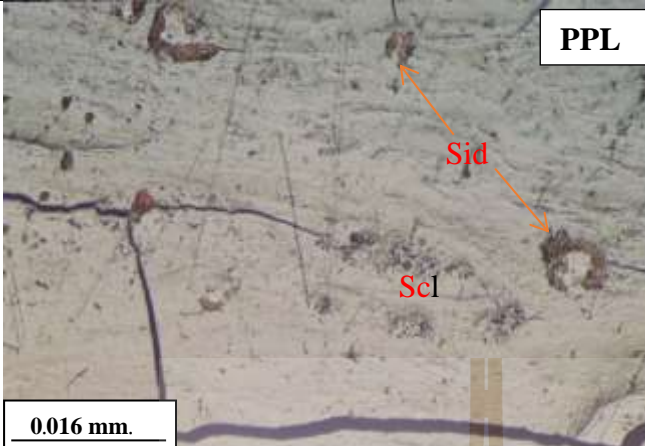
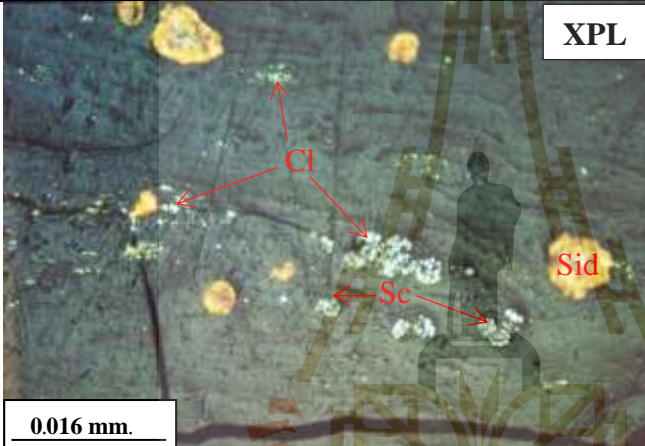


ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A9-11</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> in the section cut cross bedding show liptinite in gel.</p> <p>Composition (%)  V = 74 %  L = 20 %  I = 0 %  MM = 6 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> shows difference in reflectance of <b>gelnite</b>. They show body of gel filled by plant remain. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptnite</b> consists of fluorinite, cutinite sporinite and liptodestrinite. They display bright gray in PPL and dark in XPL.</p>
	<p>Under UV excitation, fluorinate display as light-yellow spots and liptodestrinite displays as yellow without shape. Orange line is the cutinite with fluorinite.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of clays and siliceous minerals. They display dark color in PPL, white dots in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Li = Liptodestrinite, Fl = Fluorinite, Cu = Cutinite, S = Sporinite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-23 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 11)



ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A9-13</b></p> <p><b>Gelovitrinite</b> in the section cut cross bedding show structure of liptinite in gel.</p> <p>Composition (%)  V = 59 %  L = 31 %  I = 0 %  MM = 10 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> show difference in reflectance of <b>gelnite</b>. They show body of gel filled by plant remain. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptnite</b> consists of fluorinate, cutinite sporinite and liptodestrinite. They display bright gray in PPL and dark in XPL.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p>Under UV excitation fluorinite display as light-yellow spots and liptodestrinite display as yellow without shape. Orange line is the cutinite with fluorinite.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of clays and siliceous minerals. They display as dark color in PPL, white dots in XPL and black under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Li = Liptodestrinite, Fl = Fluorinite, Cu = Cutinite, S = Sporinite, C = Clay</p>	

รูปที่ ง-24 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A9 – 13)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Sid</p> <p>Sc1</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A10 – 1</b></p> <p><b>Textinite</b> of telovitrinite show weakly structure of wood, perpendicular crack of gel and sclerotinite.</p> <p>Composition (%)  V = 90 %  L = 0 %  I = 7 %  MM = 3 %</p>
 <p>XPL</p> <p>Cl</p> <p>Sc</p> <p>Sid</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of <b>telinite</b>, display texture of wood tissue (Textinite) cemented by <b>gelinite</b>. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Inertinite</b> consists mainly of sclerotinite and display as group of spherical shape with high relief of fungi body in PPL and white in XPL.</p>
<p><b>Mineral Matter</b> consists of clay and siderite. Clays displays dark spots in PPL, white to greenish white in XPL. Siderite displays a spherical layer of yellowish orange and white in middle sphere in XPL.</p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Scl = Sclerotinite, Cl = Clay, Sid = Siderite</p>	

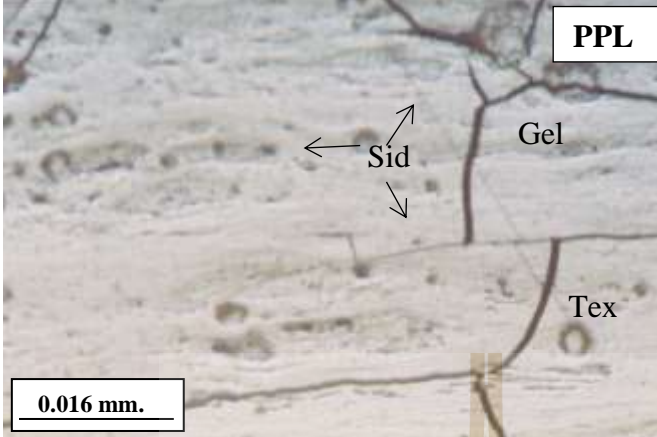
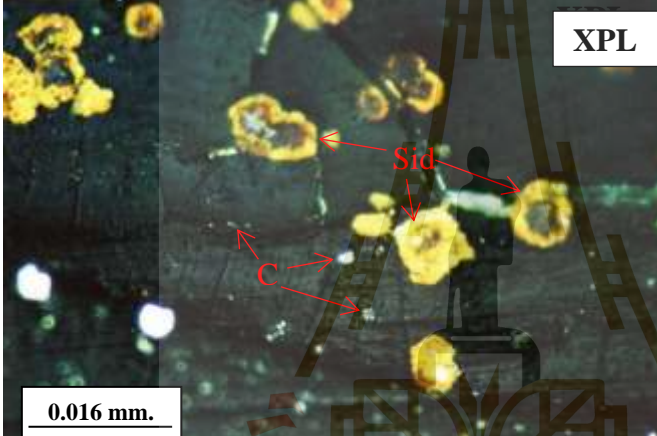
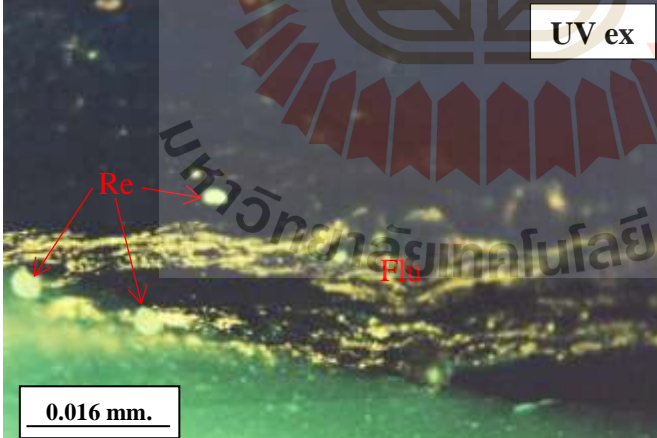
รูปที่ ง-25 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 1)



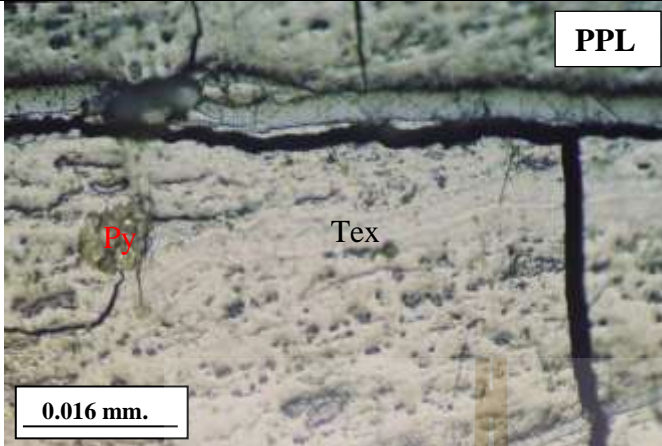
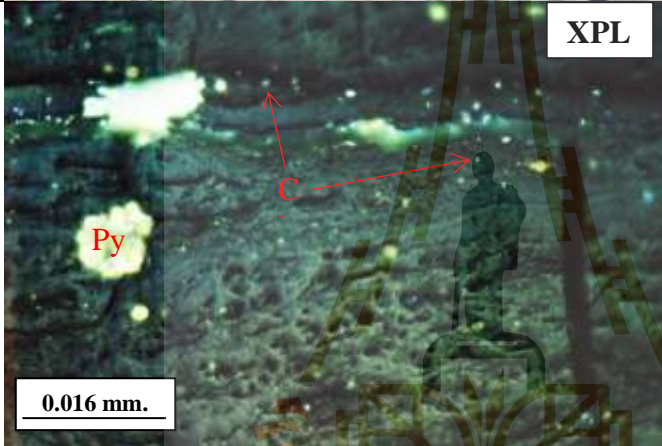
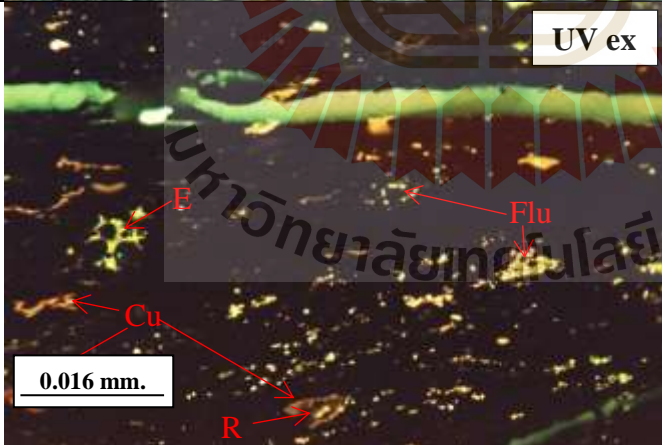
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A10 – 3</b></p> <p><b>Textinite</b> of telovitrinite subgroup show weakly structure of wood with crack of gel.</p> <p>Composition (%)  V = 96 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 4 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of telinite. They show texture of wood tissue and display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals and siderite. Clays displays as dark spots in PPL, white to greenish white in XPL. Siderite shows a spherical layer of dark yellow and display white in middle sphere and yellowish orange of outside layer in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Tex = Textinite, Gel = Gelinite, Sid = Siderite, Flu = Fluorinite, Re = Resinite, Cl = Clay</p>	

รูปที่ ง-26 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 3)



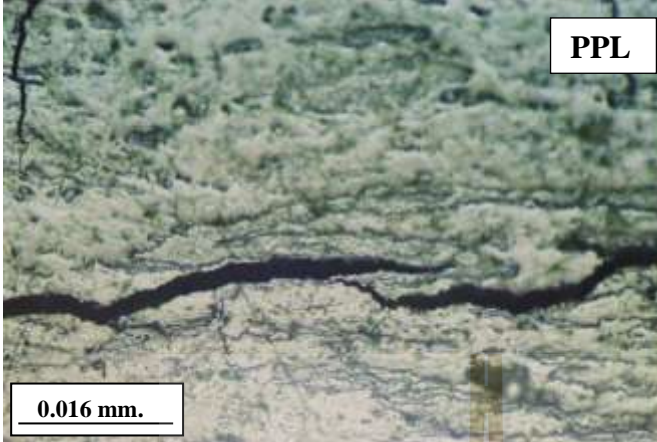
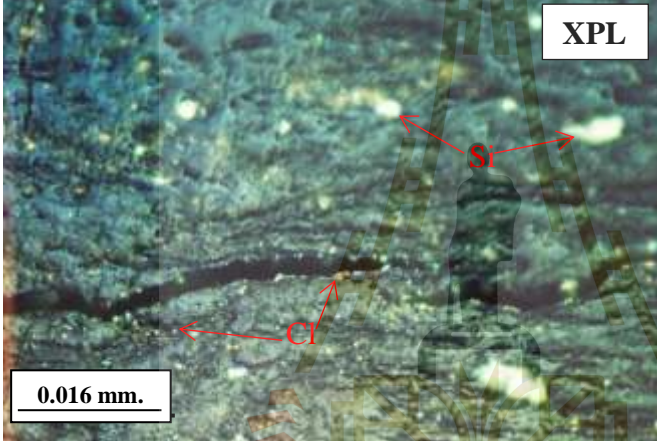
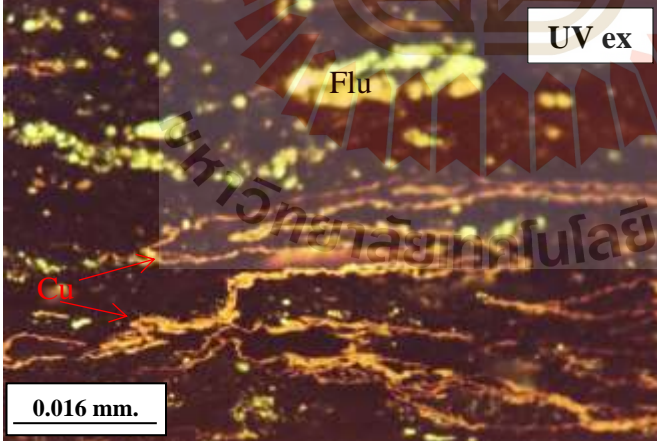
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A10 – 6</b></p> <p><b>Textinite</b> of telovitrinite subgroup shows weakly structure of wood with crack of gel.</p> <p>Composition (%)  V = 68 %  L = 19 %  I = 1 %  MM = 12 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of wood tissue (<b>textinite</b>) cemented by <b>gelinite</b>. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Litinite</b> consists of fluorinite and resinite. Fluorinite display pale gray in PPL, black in XPL and bright yellow points in a row in UV excitation. Resinite displays the high relief and pale gray in PPL, white in XPL and light-yellow spot in UV excitation</p>
	<p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals and siderite. Clays display as dark spots in PPL, white to greenish white in XPL. Siderite shows a spherical layer of dark yellow and displays white color in middle sphere and yellowish orange of outside layer in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Tex = Textinite, Gel = Gelinite, Sid = Siderite, Flu = Fluorinite, Re = Resinite, Cl = Clay</p>	

รูปที่ ง-27 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 6)

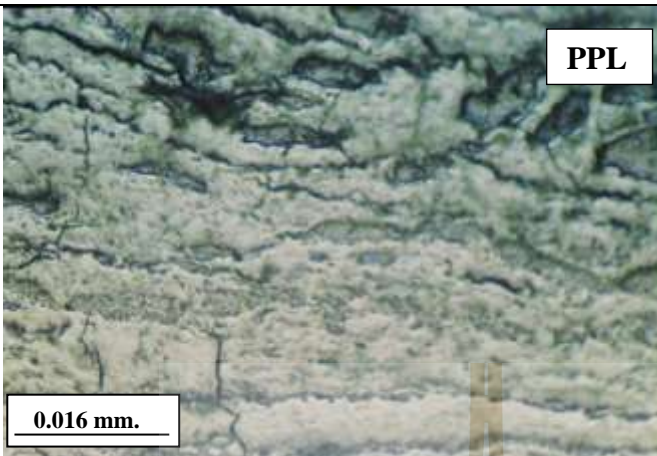
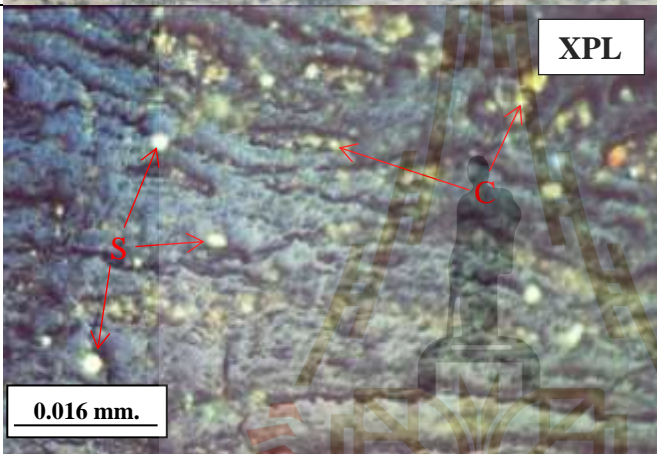
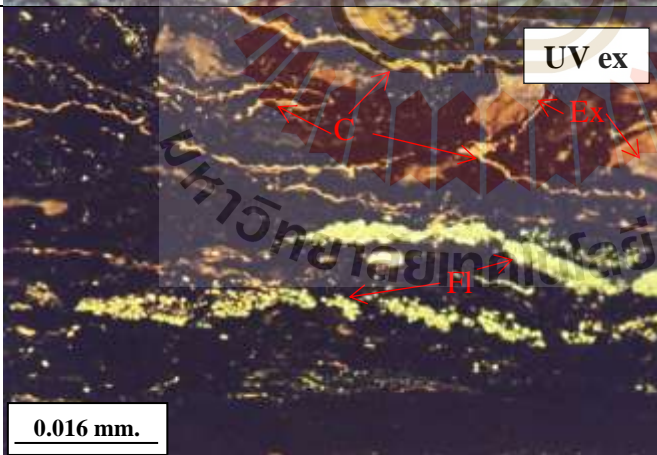
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. A10 – 8</b></p> <p><b>Porigelinite</b> of gelovitrinite subgroup show structure of wood tissue and perpendicular crack of gel.</p> <p>Composition (%)  V = 82 %  L = 16 %  I = 0 %  MM = 2 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of wood tissue (<b>textinite</b>) cemented by <b>gelinite</b>. They display pale gray in PPL and black in XPL. <b>Liptinite</b> consist of flurinite, cutinite, resinite and exsudatinitite. <b>Fluorinite</b> displays pale gray to dark gray in PPL and dark gray to black in XPL. Under UV excitation they display light yellow dots in group. <b>Cutinite</b> (fragment) display yellowish brown to brown with highly relief in PPL. <b>Resinite</b> displays as yellow spot in cutinite. <b>Exsudatinitite</b> display as greenish yellow surround pyrite.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> displays dark brown to black in PPL and display as white dots in sphere group in XPL (<b>framboidal pyrite</b>). The white dots in XPL are clay filling in voids.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Tex = Textinite, Ex = Exsudatinitite, Cu = Cutinite, Re = Resinite, Flu = Fluorinite,  Py = Pyrite, Cl = Clay</p>	

รูปที่ ง-28 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 8)



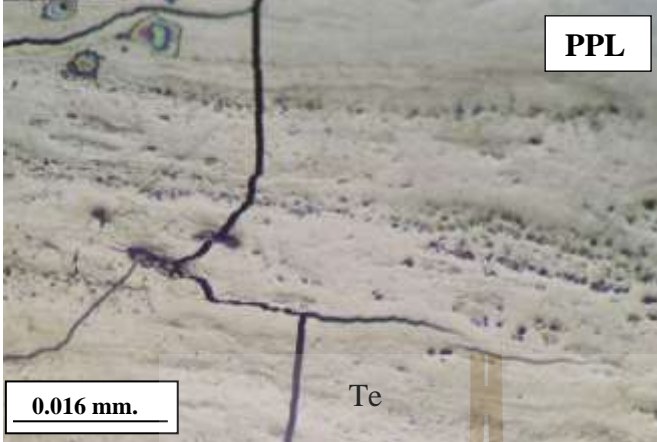

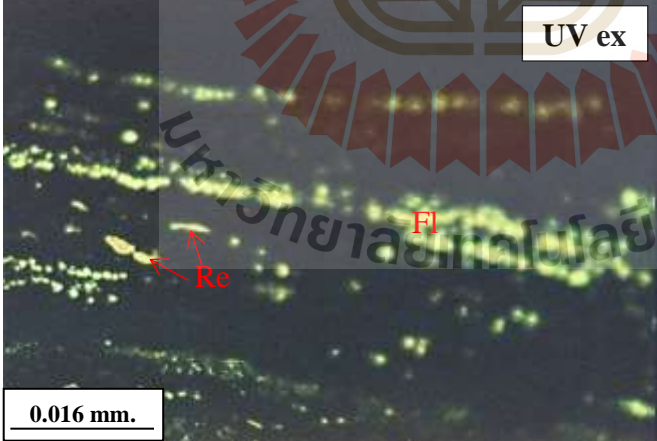
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. A10 – 10</b></p> <p><b>Porigelinite</b> of gelovitrinite subgroup</p> <p>Composition (%)  V = 54 %  L = 42 %  I = 0 %  MM = 4 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of plant tissue cemented by <b>gelinite</b>. They display gray in PPL and dark gray to black in XPL. <b>Liptinite</b> consists of preserve plant tissues. They display as high relief and pale gray to dark gray in PPL and brown to black in XPL. Under UV excitation, fluorinite display as group of bright yellow dots and cutinite display as line of yellowish brown to dark brown. Cutinite displays as end of leaves with V-shape, ledge shape and double line.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of clay and silica minerals. The white and yellow dots and white spots in XPL are clay and silica filling in voids.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Flu = Fluorinite, Cu = Cutinite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ ง-29 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 10)

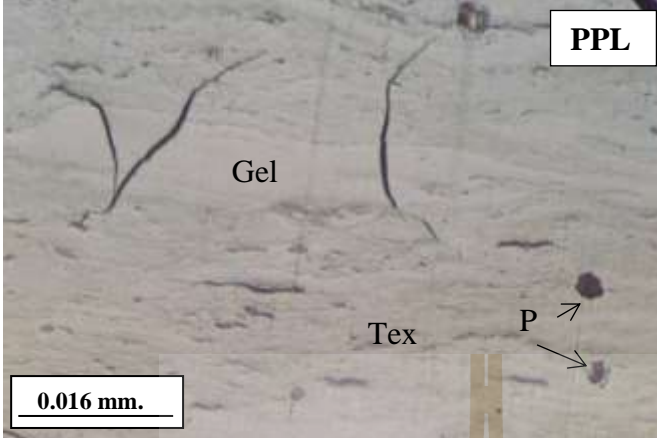
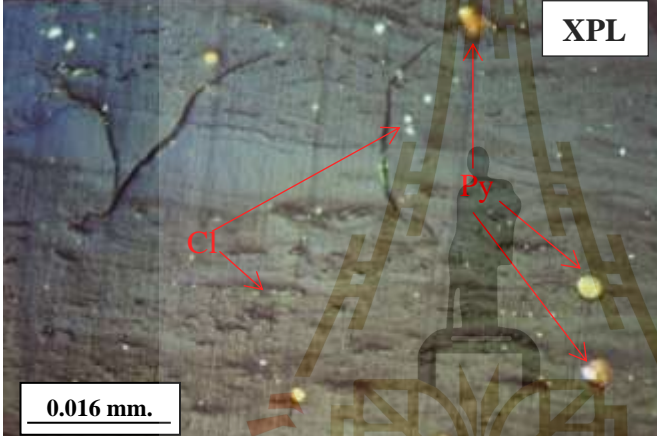
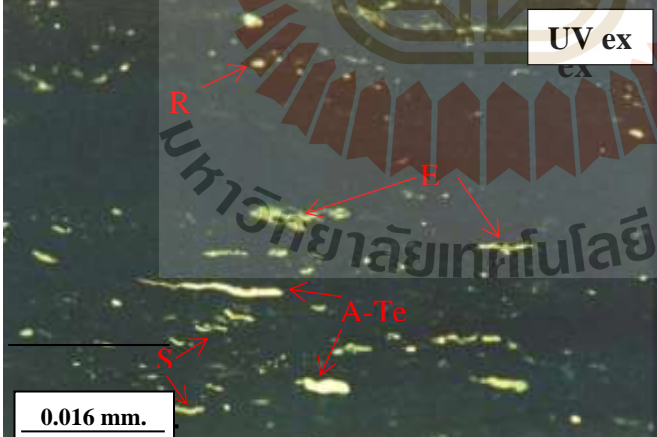
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. A10 – 11</b></p> <p><b>Porigelinite</b> of gelovitrinite subgroup</p> <p>Composition (%)  V = 56 %  L = 35 %  I = 0 %  MM = 9 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of plant tissue cemented by <b>gelinite</b>. They display gray to dark gray in PPL and dark gray to black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists of preserve plant tissues. They display pale gray to dark gray in PPL and yellowish-brown to black in XPL.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p>Under UV excitation <b>fluorinite</b> displays as group of bright yellow dots in row. <b>Cutinite</b> displays as line of yellowish brown to dark brown with V-shape and ledge shape. <b>Exsudatinitite</b> displays as brown filling in voids without structure.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay and silica mineral. The white and yellow dots and white spots in XPL are clay and silica filling in voids.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Cu = Cutinite, Ex = Exsudatinitite, = Flu = Fluorinite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ 30 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A10 – 11)

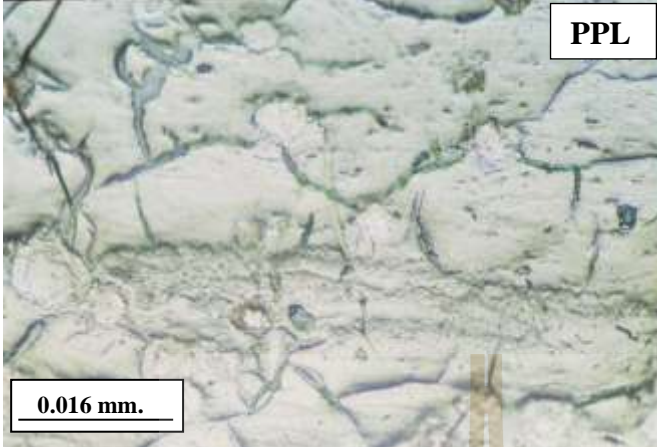
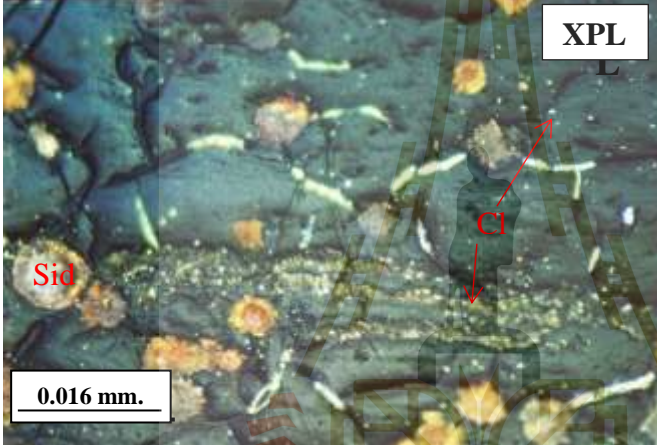



ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p> <p>Te</p>	<p><b>Sample No. A11-3</b></p> <p><b>Porigelinite</b> of gelovitrinite subgroup</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 88 %  L = 12 %  I = 0 %  MM = 0 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of plant tissue (<b>textinite</b>) cemented by <b>gelinite</b>. They display pale gray in PPL and black in XPL with gel crack.</p> <p><b>Liptinite</b> displays dark gray and high relief in PPL and dark gray to black in XPL. Under UV excitation, fluorinate displays as light yellow to greenish yellow of spots in a row and resinite display as yellow spots filling in voids.</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p> <p>Fl</p> <p>Re</p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Tex = Textinite, Flu = Fluorinite, Re = Resinite,</p>	

รูปที่ ง-31 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A11 – 3)

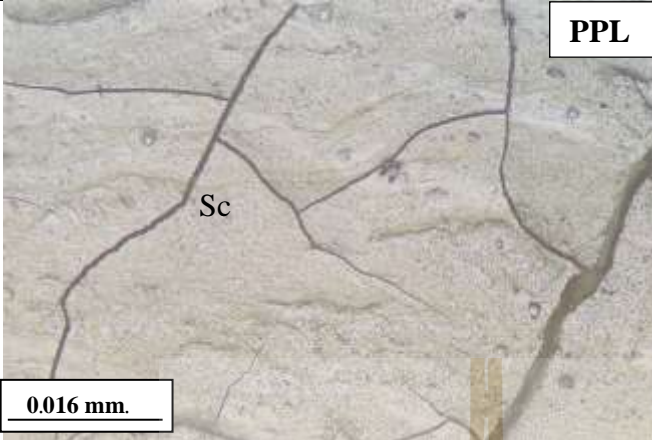
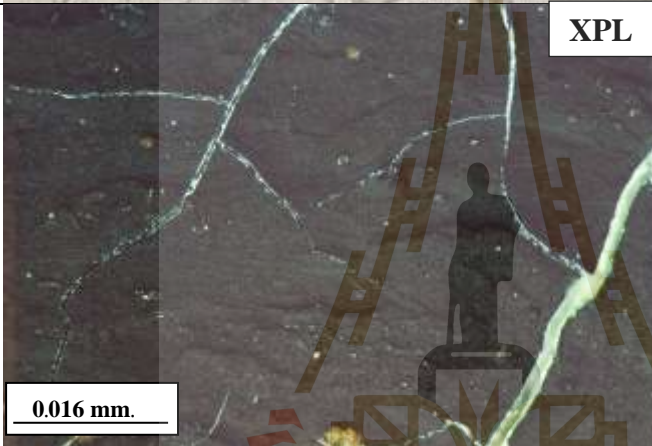
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Gel</p> <p>Tex</p> <p>P</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. A11-5</b></p> <p><b>Porigelinite</b> of gelovitrinite subgroup show <b>textinite</b> with <b>gelinite</b>.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 94 %  L = 4 %  I = 0 %  MM = 2 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of wood tissue (<b>textinite</b>) cemented by <b>gelinite</b>. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> are mostly filling in voids and display dark gray in PPL and black in XPL. Under UV excitation, <b>exsudatinitite</b> display light yellow to greenish yellow with fill up structure.</p>
 <p>UV ex</p> <p>R</p> <p>E</p> <p>A-Te</p> <p>S</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sporinite</b> and <b>resinite</b> display as yellow dots with s-shave and sphere shape.</p> <p><b>Telaginite</b> (<i>botryococcus</i> sp.) displays as light-yellow which body of algae.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay and pyrite. The white dots filling in voids are clay. The dark gray to black in PPL and yellow to brown in XPL are pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Te = Textinite, Gel = Gelinite, Re = Resinite, Ex = Exsudatinitite, A-Te = Telaginite, S = Sporinite, Cl = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ง-32 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A11 – 5)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. A11-7</b>  <b>Gelinite</b> of gelovitrinite subgroup with gel crack and mineral alteration.</p> <p>Composition (%)  V = 69 %  L = 15 %  I = 0 %  MM = 16 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists mainly of organic matter transform to <b>gelinite</b>. They show gel crack and display pale gray in PPL and black in XPL.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p> <p>Sid</p> <p>Cl</p>	<p><b>Liptinite</b> is mostly filling in voids and display pale gray in PPL and yellowish brown to black in XPL. Under UV excitation, fluorinite displays as light yellow to greenish yellow dots in a row group. <b>Resinite</b> displays as yellow dots with sphere shape. Bituminite displays as dark brown with structure fill up in voids. Exsudatinitite displays as green filled in gel crack.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p> <p>Flu</p> <p>Bi</p> <p>Re</p> <p>Ex</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and siderite. The white and yellow dots filling in voids are clay. The highly reflected in PPL and yellow to brown in XPL with ring structure for oxidation rim are siderite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Gel = Gelinite, Re = Resinite, Ex = Exsudatinitite, Bi = Bituminite, Cl = Clay, Sid = Siderite</p>	


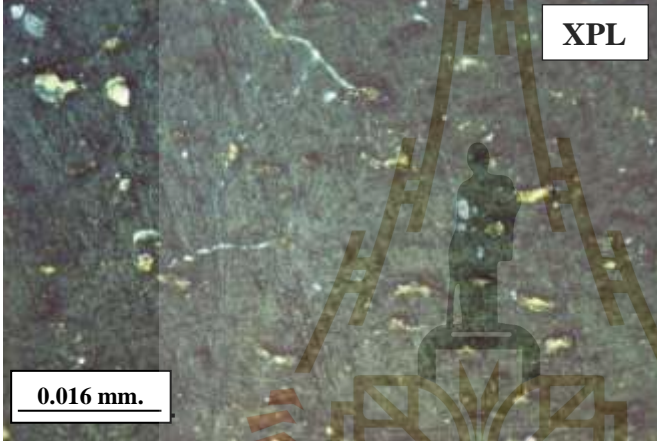
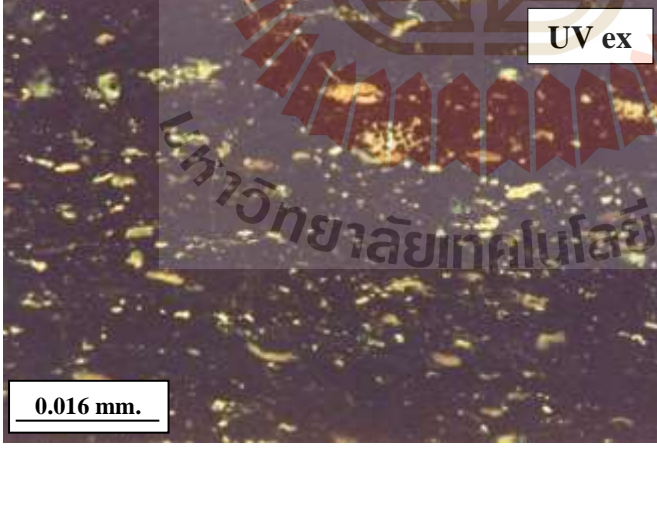
รูปที่ ง-33 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A11 – 7)




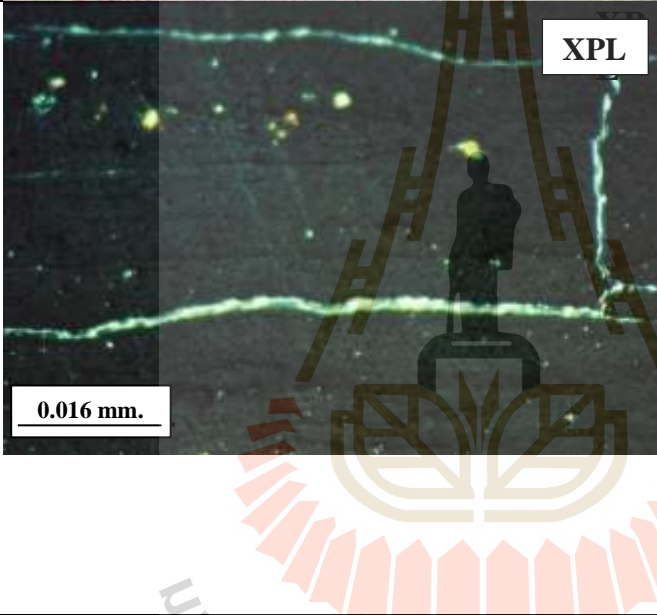
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A13-1</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of texto-ulminite in corpocollinite.</p> <p>Composition (%)  V = 98 %  L = 0 %  I = 1 %  MM = 1 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>copocollinite</b>. They display bark and cork of wood showing structure of cell walls (textinite) filled by gel (ulminite). <b>Texto-ulminite</b> display dark brown in PPL for dry ulmin and pale gray in PPL for textinite. Both of them display black in XPL.</p> <p><b>Inertinite</b> consists mainly of sclerotinite. They display as pale gray with highly relief with sphere shape in PPL and black in XPL.</p>
<p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of small amount clay and sulfide mineral. They display as black in PPL and white dots in XPL filling in crack and voids.</p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Te = Textinite, Te-U = Texto-Ulminite, Sf = Sulfide mineral, Cl = Clays</p>	

รูปที่ ง-34 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A13 -1)

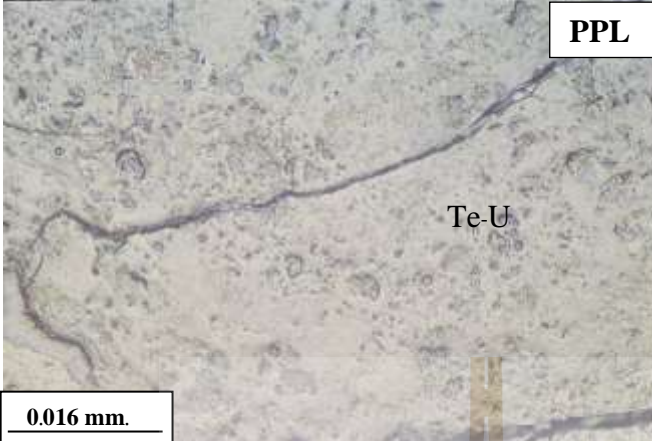
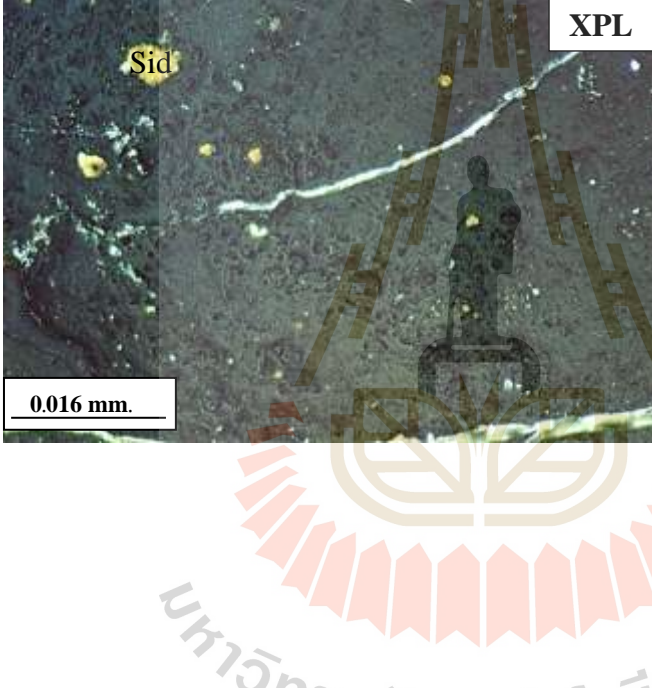


ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A13-2</b></p> <p><b>Corpogelinite</b> shows gel of wood tissues in parallel cut section.</p> <p>Composition (%)  V = 87 %  L = 12 %  I = 0 %  MM = 1 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of tellinite. They show structure of bark woods with essential oil and display pale gray in PPL, dark gray in XPL and black in UV excitation.</p>
	<p><b>Liptnite</b> consists of sporinite, liptodestrinite and fluorinate with some exsudatinite. <b>Sporinite</b> displays as white to dark yellow with S-shape and telephone shape. Fluorinite displays as group of bright yellow dots filling in dry ulmin in UV excitation. Exsudatinite displays dark gray in PPL, black in XPL. Under UV excitation exsudatinite displays dark yellow to greenish yellow filled in voids of dry gel and wood tissue.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Gel = Gelinite, Re = Resinite, Ex = Exsudatinite, Bi = Bituminite, Cl = Clay</p>	

รูปที่ ง-35 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A13 – 2)

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. A13-3</b></p> <p><b>Textinite</b> consists mainly of well preserve cell walls and cell ulmin in coal.</p> <p>Composition (%)  V = 98 %  L = 0 %  I = 0 %  MM = 2 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of texto-ulminite in telovitrinite. They show structure of wood cell walls. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Texto-ulminite</b> shows structure of cell walls (textinite) filled by gel (ulminite).</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists of clay minerals filling in dry ulminite voids. They display as dark dots and line in PPL. In XPL, they display white color.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  T = Textinite UI = Ulminite, Cl = Clay, Si = Silica</p>	

รูปที่ ง-36 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A13 – 3)

ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. A13-4</b></p> <p><b>Telovitrinite</b> shows character of textito-ulminite in corpocollinite in the section perpendicular to the tree trunk.</p> <p>Composition (%)  V = 96 %  L = 0 %  I = 1 %  MM = 3 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>corpocollinite</b>. They display bark and cork of wood showing structure of cell walls (textinite) filled by gel (ulminite). They display dark brown in PPL for dry ulmin and pale gray in PPL for textinite. Both of them are black in XPL.</p> <p><b>Mineral Matter</b> consists mainly of small amount clay minerals. They display as black in PPL and white dots in XPL filling in voids. The yellow in XPL is siderite</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  Te = Textinite, Te-U = Textito-Ulminite, Cl = Clays, Sid = Siderite</p>	

รูปที่ ง-37 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างถ่านหิน (Sample No. A13 – 4)

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, stylized emblem. It features a central figure of a person standing on a platform, surrounded by a circular arrangement of books. Above the figure is a large, golden 'H' shape. The entire emblem is set against a background of a large, golden 'H' shape that tapers to a point at the top. The text is overlaid on this emblem.


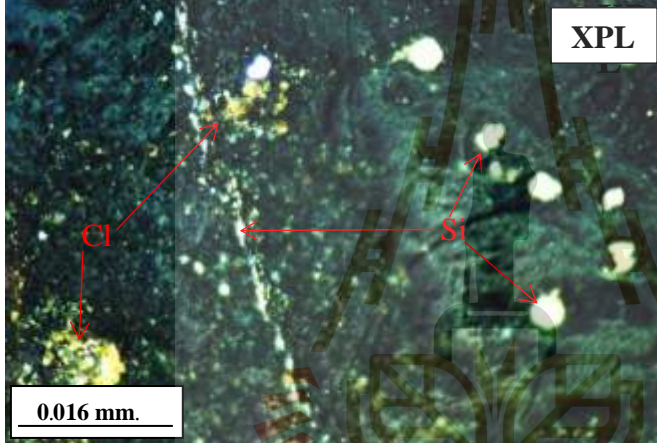
ภาคผนวก จ

ผลการศึกษาศิลาวรรณนาของสารอินทรีย์สาร

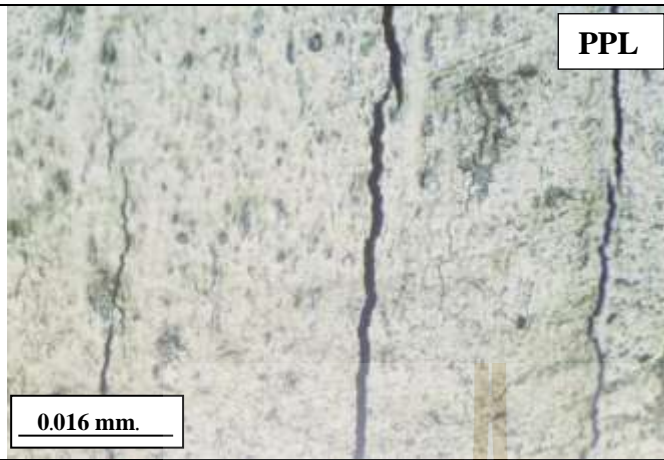
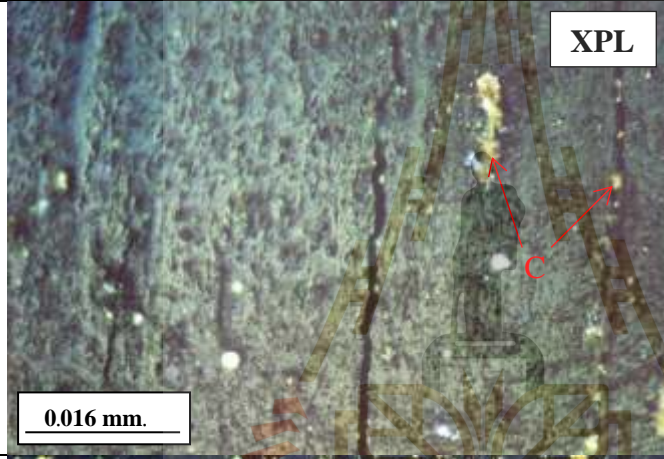
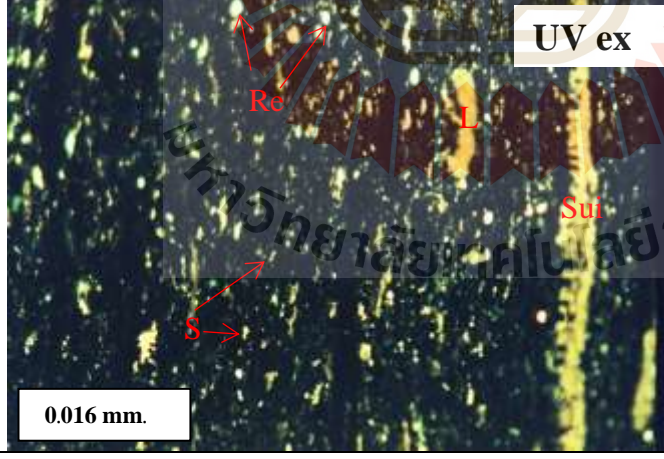
หน่วยหินย่อยหินน้ำมันในชั้นถ่านหิน Coal A (Oil Shale in Coal A sub-unit)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



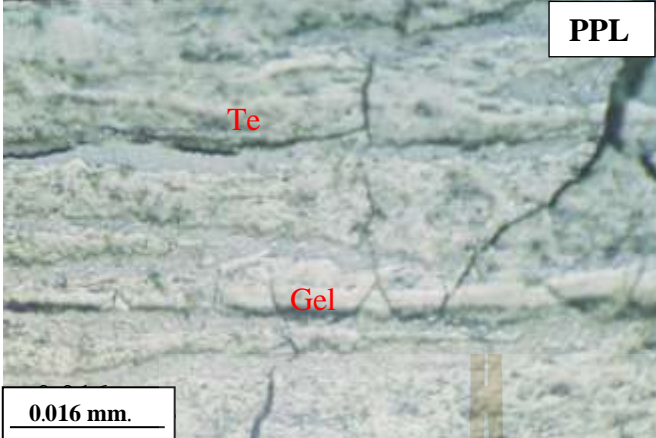
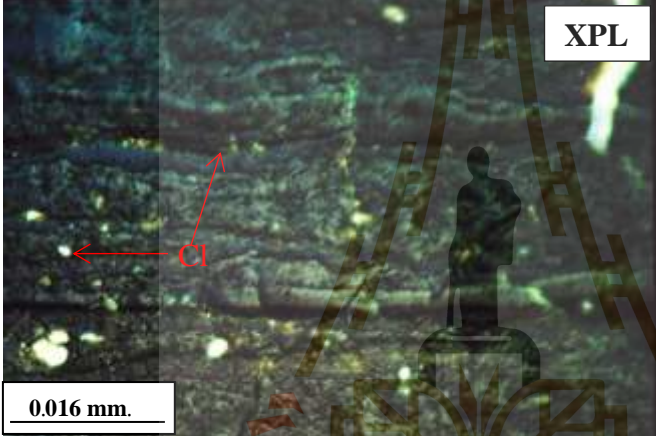
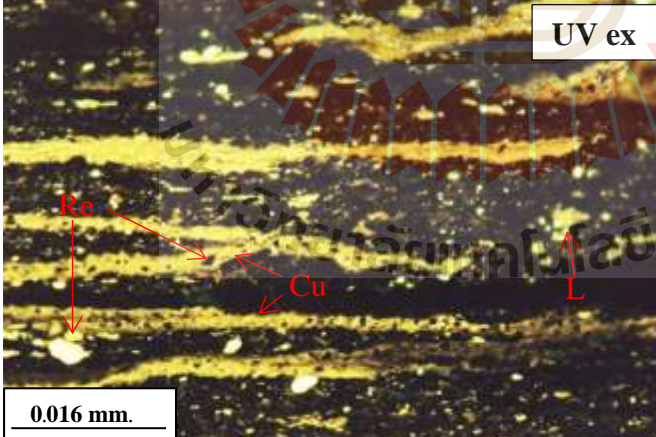
ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS1-1</b></p> <p><b>Porigelinite</b> of gelovitrinite subgroup</p> <p>Composition (%)  V = 13 %  L = 68 %  I = 0 %  MM = 19 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of wood tissue cemented by gelified material. <b>Phlobaphinite</b> with zone of transformed display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica. Silica displays as various size white spots filled in voids. Clay displays white yellow to yellow.</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light  Ph = Phlobaphinite, Si = Silica, Cl = Clay</p>	

รูปที่ จ-1 ภาพใต้นก้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 1)

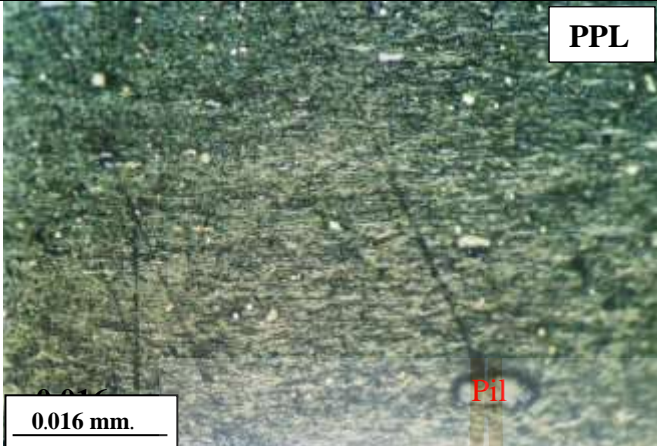
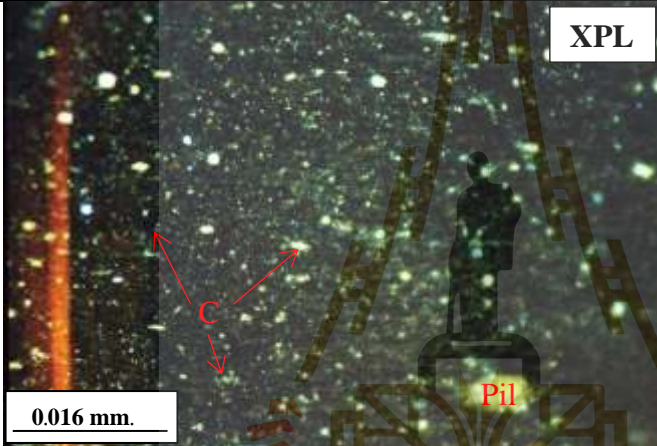
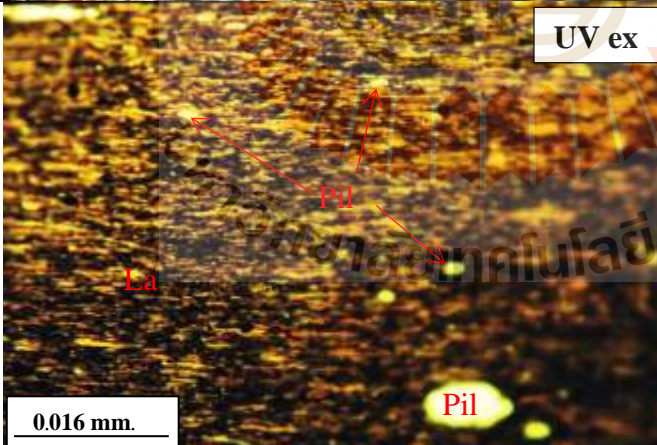
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. AS1-2</b></p> <p><b>Texo-ulminite</b> of telovitrinite subgroup in cut cross bedding section show structure of wood tissue.</p> <p>Composition (%)  V = 15 %  L = 70 %  I = 0 %  MM = 15 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> shows difference in reflectance of <b>textinite</b> and <b>ulminite</b> cemented by <b>gelinite</b>. Ulminites are body of cell filling in clay. They display pale gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> displays bright gray in PPL and dark in XPL. Under UV excitation, <b>resinite</b> displays as light-yellow spots. <b>Sporinite</b> display as yellow with spore shape. <b>Liptodestrinite</b> displays yellow without shape. <b>Suberinite</b> displays as yellow thick line with serrated teeth.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and framboidal pyrite. Clay display as white and yellow filling in voids.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Li = Liptodestrinite, Su= Suberinite, S = Sporinite, C = Clay</p>	

รูปที่ จ-2 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 2)



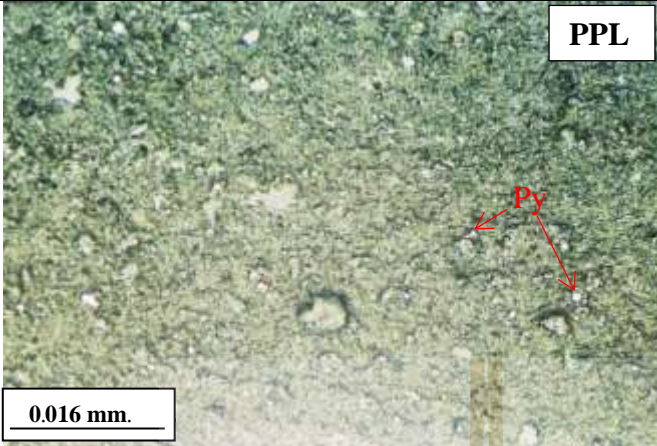
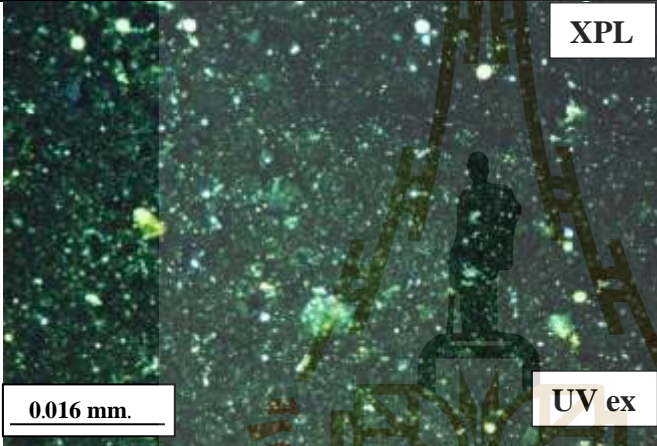
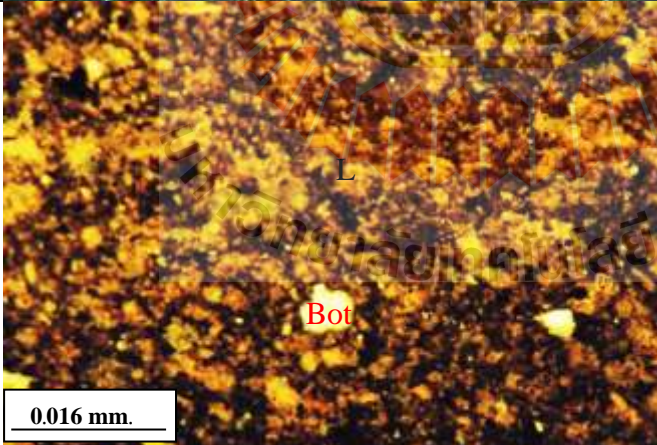
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>Te</p> <p>Gel</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS1-3</b></p> <p><b>Textinite</b> of telovitrinite subgroup shows layer of textinite and gelinite.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 9 %</p> <p>L = 74 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 17 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of wood tissue cemented by gelified material. <b>Gelinite</b> and <b>textinite</b> display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p>
 <p>UV ex</p> <p>Re</p> <p>Cu</p> <p>L</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Liptinite</b> displays bright reflect in PPL and dark gray to black in XPL. Under UV excitation <b>resinite</b> displays as light yellow with sphere shape. <b>Liptodestrinite</b> displays yellow without shape. <b>Cutinite</b> displays as yellow thick line and cover resinite (dark).</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation          Tex = Textinite, Gel = Gelinite, Li = Liptodestrinite, Re = Resinite, Cu = Cutrinite, C = Clay</p>	

รูปที่ จ-3 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 3)

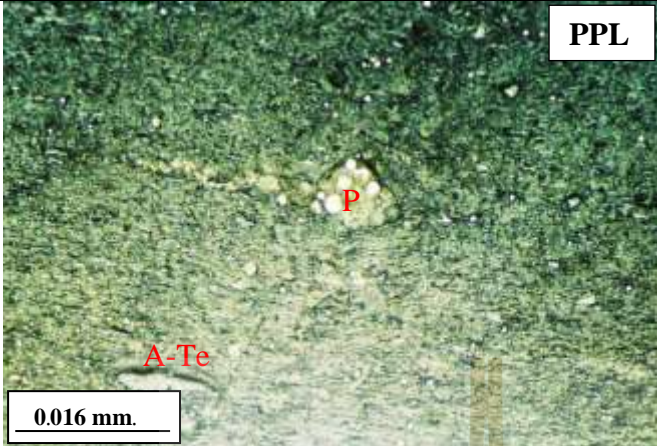
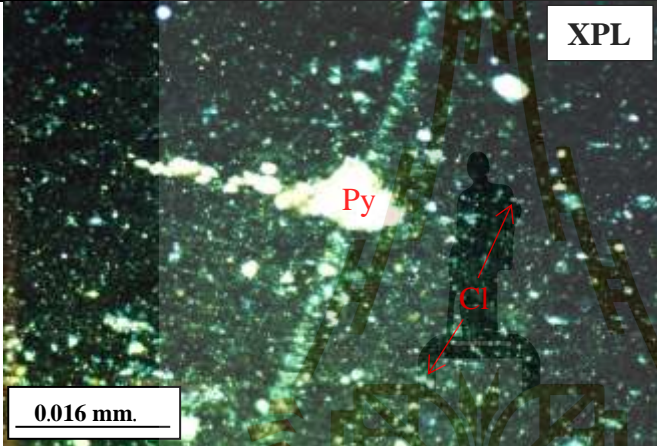
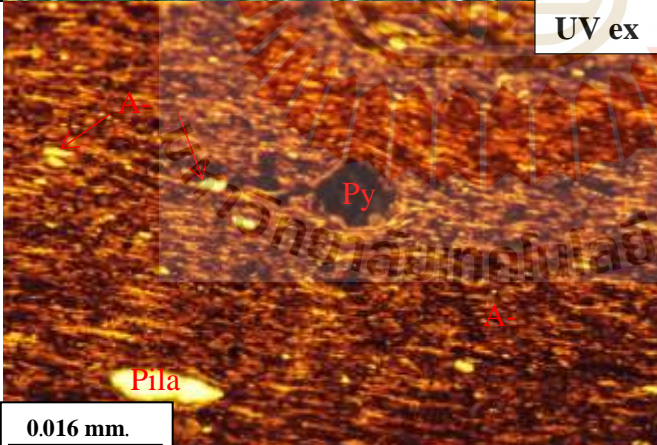
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p> <p>Pil</p>	<p><b>Sample No. AS2-1/1</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the cross section of bedding shows foliation of sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 1 %  L = 88 %  I = 0 %  MM = 11 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p> <p>C</p> <p>Pil</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of densinite. <b>Densinite</b> display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite</b>. They display highly relief and reflect pale gray in PPL. The colonies of <i>pila</i> algae are various size and shape. They display shave, light yellow in XPL and white yellow in UV ex.</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p> <p>La</p> <p>Pil</p>	<p>The <b>lamalginite</b> algae are dark brown to black in XPL and yellowish-brown short line in UV ex.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of clay. They display white dots in XPL are clay deposited with organic sediment.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  La = Lamalginite algae, Pila = Pila algae, C = Clay</p>	

รูปที่ จ-4 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 1/1)



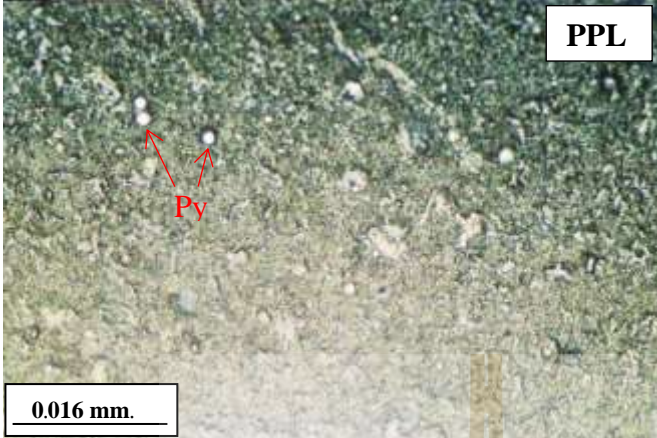
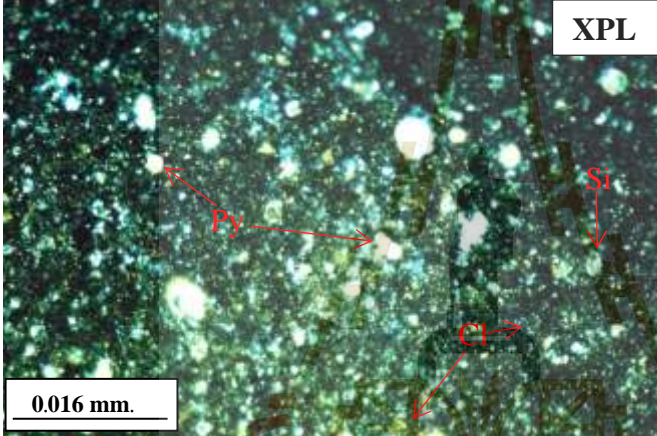
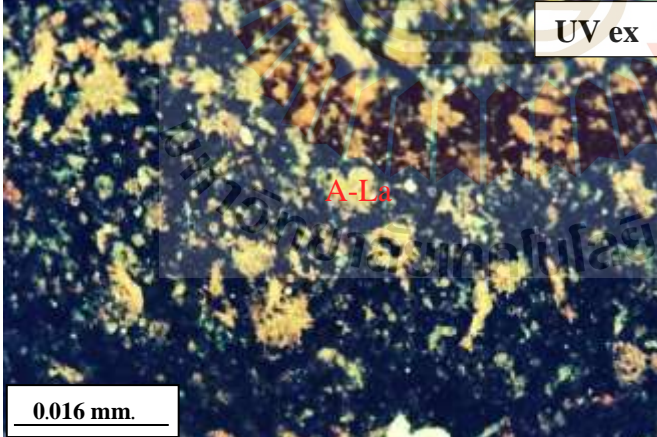
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center;">Py</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS2-1/2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section parallel to bedding of sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 7%  L = 87 %  I = 0 %  MM = 6 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p>0.016 mm.</p> <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>densinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite (Telalginite)</b>  <i>Botryococcus braunii</i> shows 4 cup of body structure and display highly relief and reflect pale gray in PPL, white to greenish yellow in XPL and white yellow in UV excitation.</p>
 <p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: center;">Bot</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Lamalginitite</b> displays as parallel body and gray to dark gray in PPL and black in XPL and yellowish brown to brown in UV excitation.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of clay and pyrite. The white dots in XPL are clay deposited with organic sediment. The bright dots in PPL, white in XPL and dark in UV ex are pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  La = Lamalginitite algae, Bot = Botryococcus algae, C = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ จ-5 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS1 – 1/2)

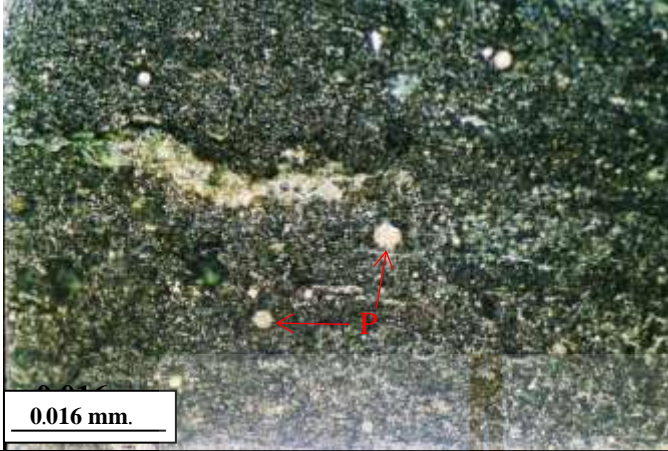
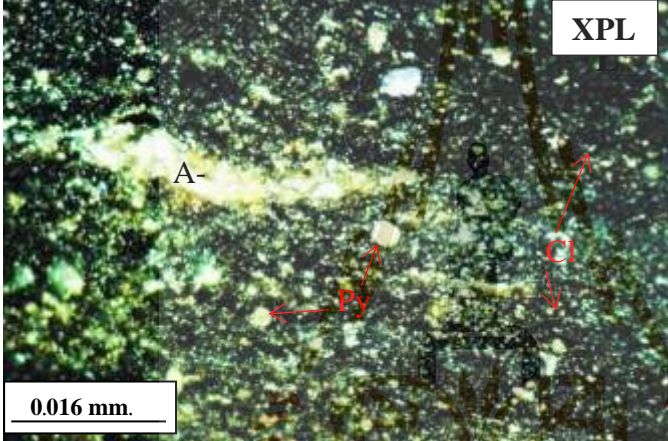
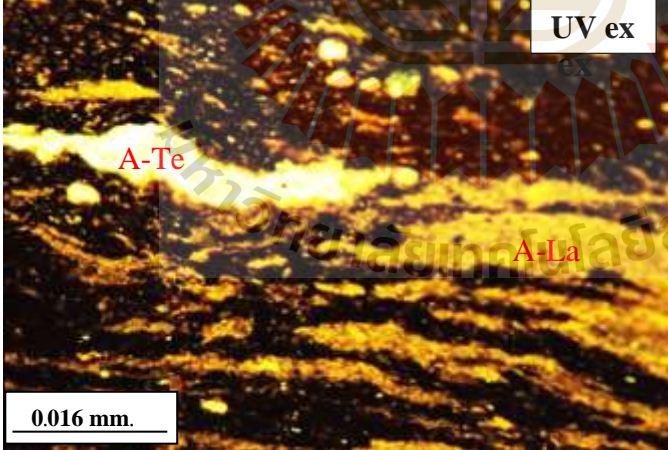
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS2-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the cross section of bedding shows foliation of sediment deposited with algae</p> <p>Composition (%)  V = 2 %  L = 89 %  I = 0 %  MM = 9 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of densinite. <b>Densinite</b> display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginate</b>. They display highly relief and reflect pale gray in PPL. The <b>telaginite</b> algae is colonies of <i>pila</i> algae. They are varying in size and shape. They display light yellow in XPL and white yellow in UV ex. The <b>lamalginite</b> algae are dark brown to black in XPL and yellowish-brown short line in UV ex.</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and pyrite. The white dots in XPL are clay deposited with organic sediment. The group of bright and white in PPL and XPL with circle shape and dark in UV ex are framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite algae, C = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ จ-6 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS2 – 2)




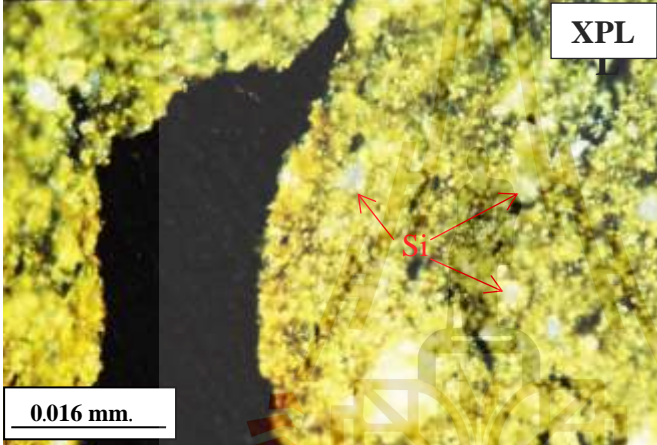
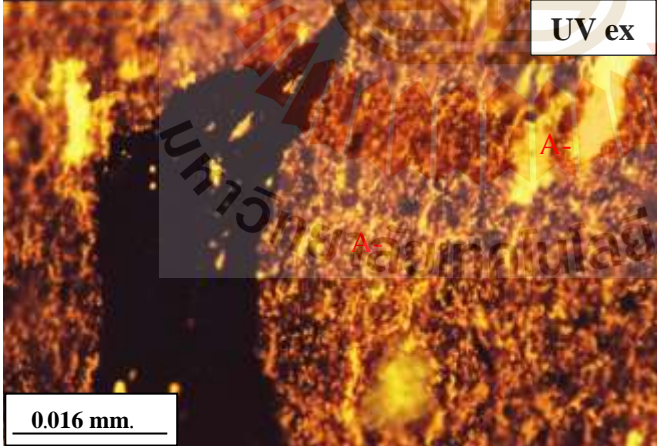
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. AS2-3</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section parallel to bedding of sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 18 %  L = 62 %  I = 0 %  MM = 20 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>densinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite</b>. They display gray to dark gray in PPL and black in XPL. <b>Lamalginites</b> display as parallel body and yellowish brown to brown in UV ex.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay, silica and pyrite. The white and yellowish-brown dots and white spot in XPL are clay and silica deposited with organic sediment. The bright dots in PPL, white in XPL and dark in UV ex showing group of circles are framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginites algae, C = Clay, Py = Pyrite, Si = Silica</p>	

รูปที่ จ-7 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS2 – 3)

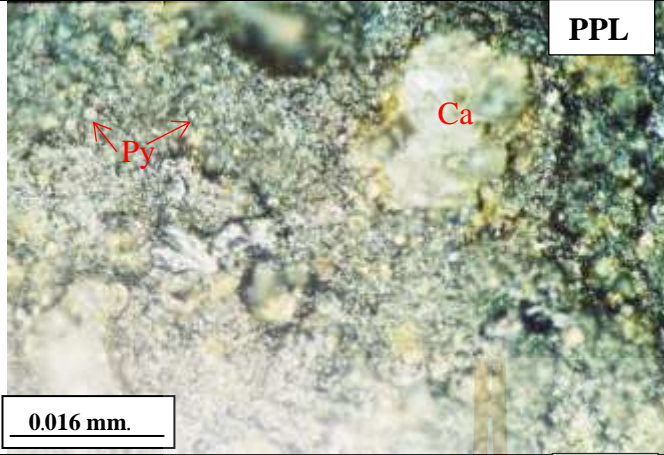
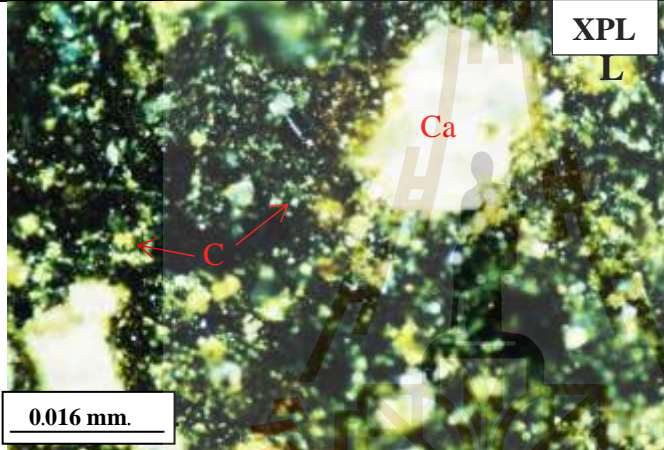
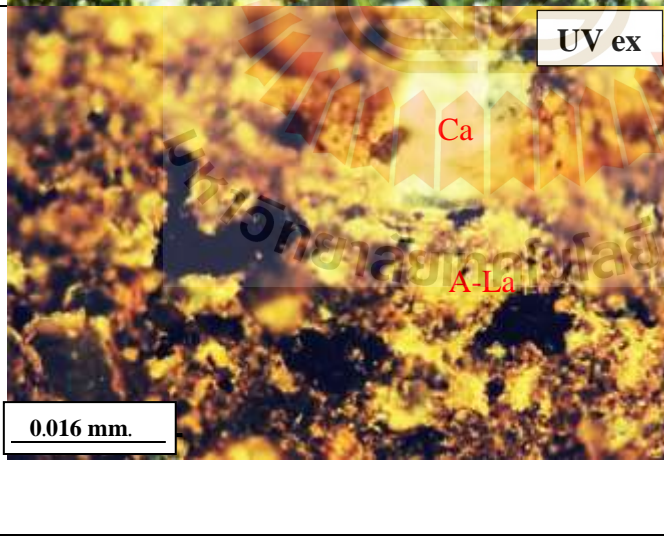
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. AS3-1</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> show sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 9 %  L = 65 %  I = 0 %  MM = 26 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>attrinite</b>. They show dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite</b>. <b>Telaginite</b> (colonies of <i>pila</i> algae) display highly relief and reflect dark gray in PPL, white to light yellow in XPL and white yellow in UV ex.</p>
	<p><b>Lamalginate</b> display white to yellow in XPL and yellowish-brown short line in UV ex.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of pyrite and clay. The white circle in PPL and XPL and dark in UV ex is pyrite. The white and yellow dots are clay.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginate algae, A-Te = Telaginite, C = Clay, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ จ-8 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 1)




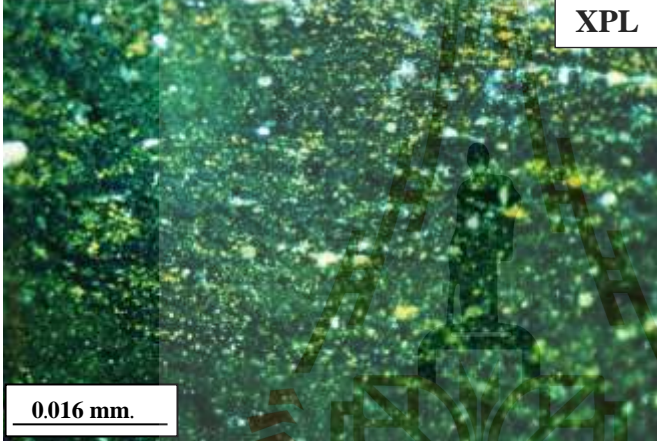
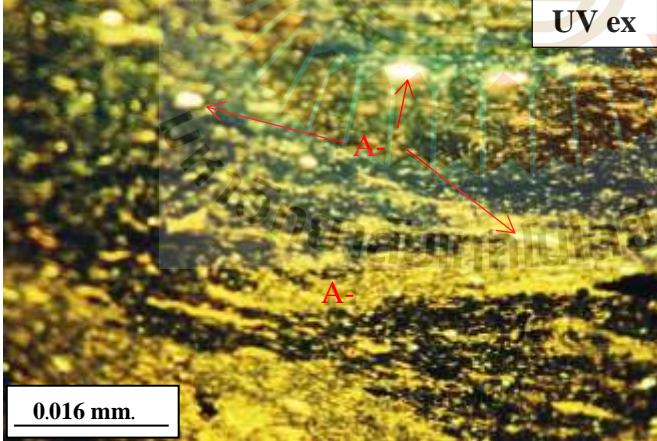
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. AS3-2</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows sediment deposited which oxide.</p> <p>Composition (%)  V = 25 %  L = 66 %  I = 0 %  MM = 9 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of white fine-grained organic sediment. They display bright reflected and yellow in PPL and black and white yellow in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginate</b>. <b>Telaginite</b> (colonies of <i>pila</i> algae) display yellow in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation they show bright yellow.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Lamalginate</b> display brown to dark brown.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of silica and oxide sediment. The white to yellow in PPL and XPL is silica. The yellow dots in PPL and XPL are oxide sediment.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginate algae, A-Te = Telalginate, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๑-๑ ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 2)

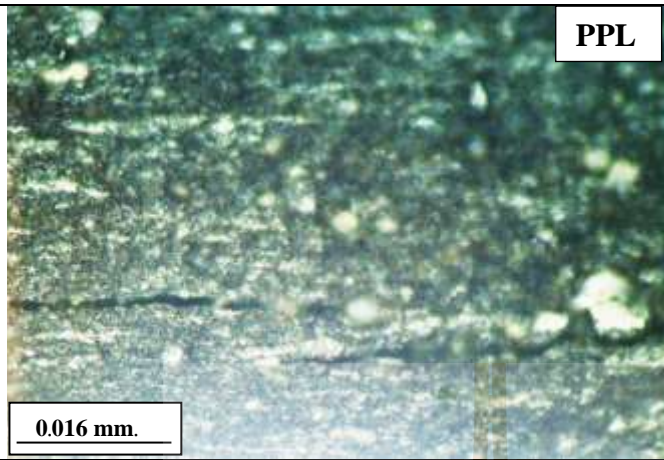
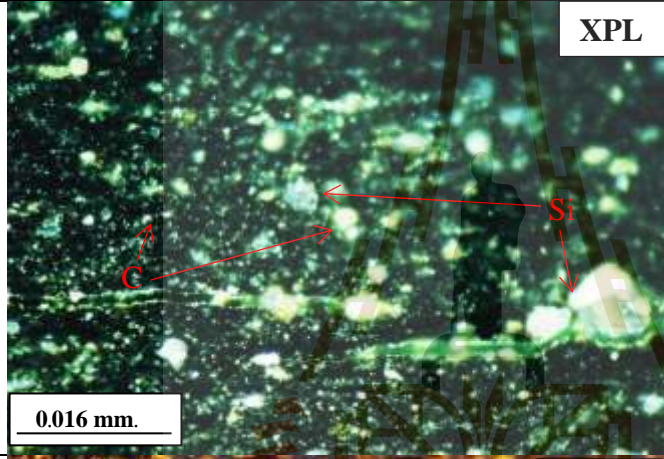
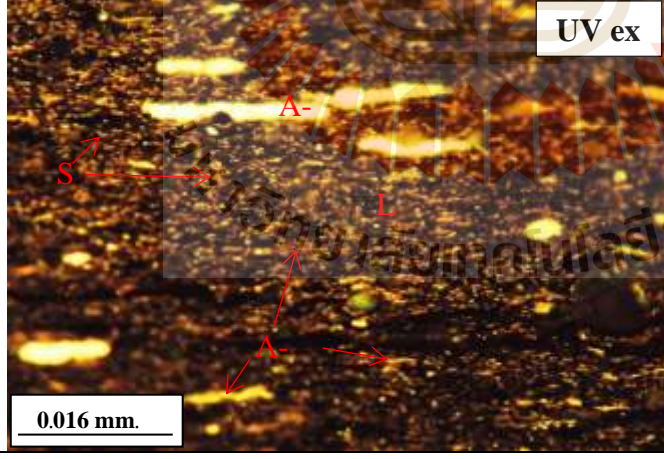
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. AS3-3</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section parallel to bedding of sediment deposited various sizes with algae.</p> <p>Compositions (%)  V = 14 %  L = 68 %  I = 0 %  MM = 18 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>densinite</b>. They display dark gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>lamalginate</b> algae in parallel body. They display pale gray in PPL and dark brown to black in XPL. Under UV excitation they display yellow to yellowish brown.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists of calcite, pyrite and clay. The crystal white to gray in PPL, white in XPL and white yellow reflect in UV ex are calcite.</p> <p>The white dots in PPL and XPL and dark in UV ex showing group of circles are framboidal pyrite.</p> <p>The dark gray dots in PPL and white to yellowish brown in XPL are clay.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginate algae, Py = Pyrite, Ca = Calcite</p>	

รูปที่ จ-10 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 3)




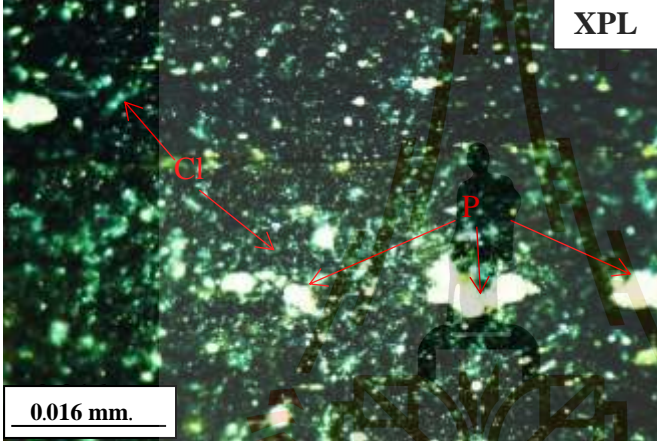
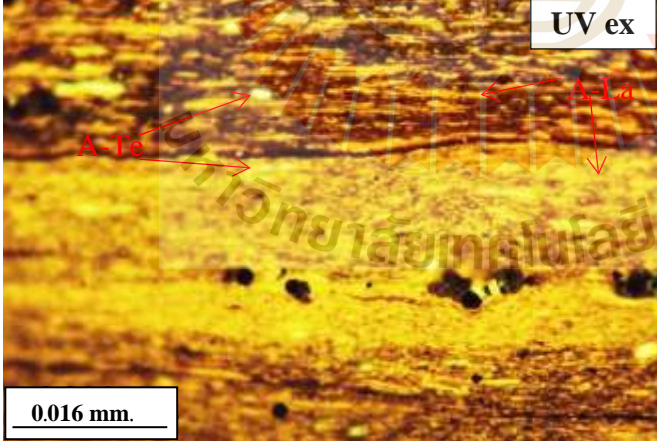
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. AS3-4</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> shows sediment deposition with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 18 %  L = 71 %  I = 0 %  MM = 11 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>attrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> displays dark gray and black in PPL and XPL. Under UV excitation.</p> <p><b>Telaginite</b> displays bright yellow. <b>Lamalginites</b> display as yellow with long shape.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of oxide sediment. They display yellow dots in XPL. The white in PPL and XPL with circle shape and dark in UV ex are framidol pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginites algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ จ-11 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 4)

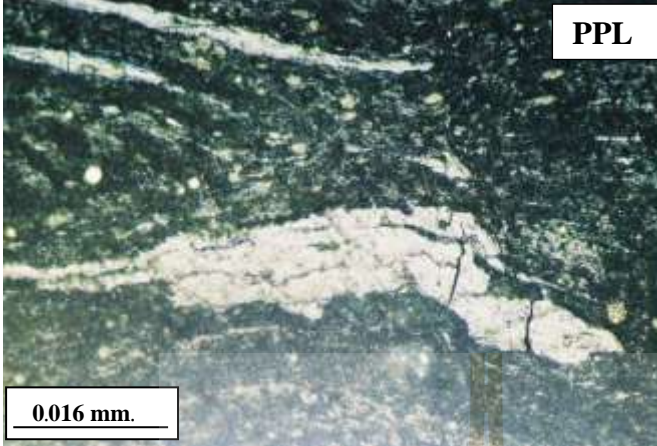
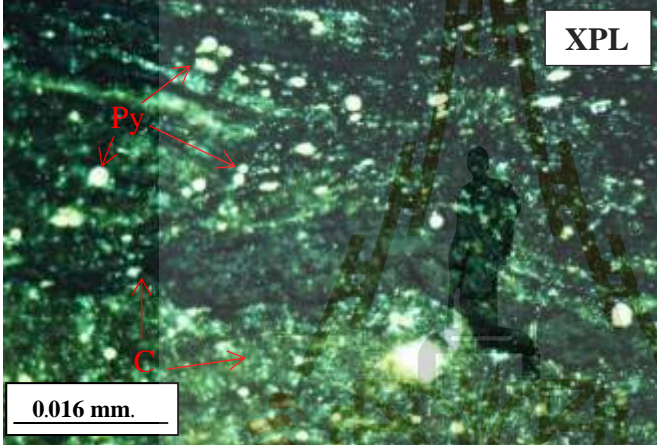
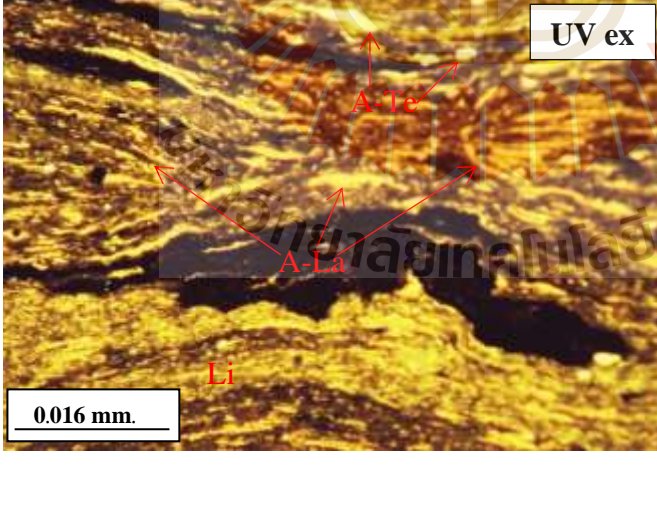
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No. AS 3/21</b></p> <p><b>Oil shale</b> shows spropelite deposited with <b>alginite</b> which indicates <b>boghead-cannel coal</b>.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 10 %  L = 77 %  I = 0 %  MM = 13 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>attrinite</b>. They dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of alginate. They display white yellow and yellowish brown in UV excitation. <b>Telaginite</b> (<i>botryococcus</i> sp.) are bright white to yellow thick line and sphere in shape. <b>Lamalginite</b> display as thin of yellowish-brown short line. <b>Sporinite</b> or <b>liptodestrinite</b> display as yellowish to yellowish brown dots.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silica. They are various in sizes, sub-round to round. They display pale gray to black in PPL and white to light yellow and pale gray in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-Te = Telaginite, A-La = Lamalginite, S = Sporinite, Li = Liptodestrinite, Cl = Clay, Silica</p>	

รูปที่ จ-12 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3/21)



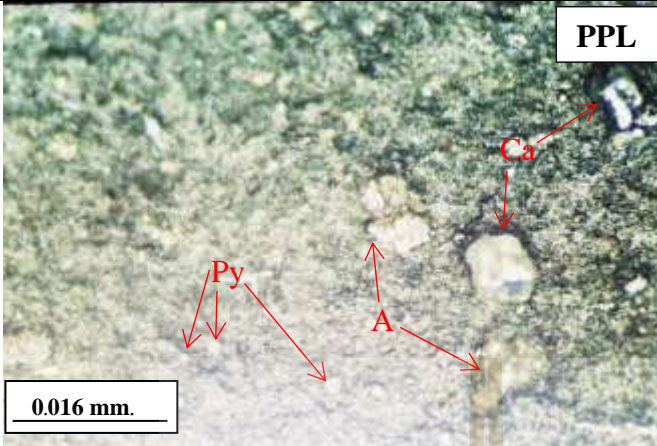
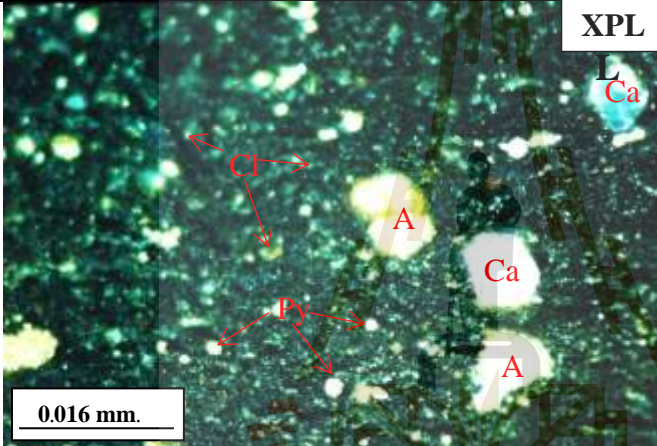
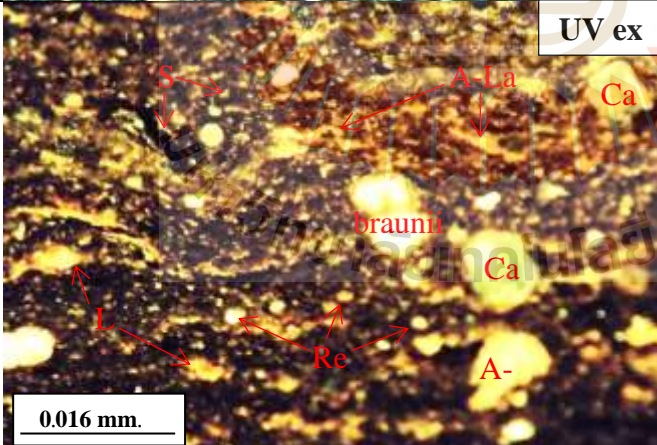
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center;">P</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS3-2/1</b></p> <p><b>Oil shale (boghead coal)</b> shows sapropelic deposit of different type of <b>alginite</b> layer and mineral matters.</p> <p><b>Composition (%)</b>  V = 9 %  L = 79 %  I = 0 %  MM = 12 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: center;">Cl P</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>attrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite and liptodestrinite</b>. They display bright yellow and yellowish brown in UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: center;">A-Te A-La</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Telalginite</b> (<i>botryococcus</i> sp.) displays as white to bright yellow thick line and sphere shape. <b>Lamalginite</b> displays thin of yellow line and shows layers of short and long lamalginite body.</p> <p><b>Liptodestrinite</b> shows dark brown ground mass in UV ex without structure.</p> <p><b>Mineral matter</b> shows dark gray to black in PPL and white to light yellow dots in XPL are clay. Pyrite displays group of circular shape with light yellow to pale gray in PPL, white in XPL and black in UV ex are framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-Te = Telalginite, A-La = Lamalginite, Cl = Clay, Silica</p>	

รูปที่ จ-13 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 2/1)

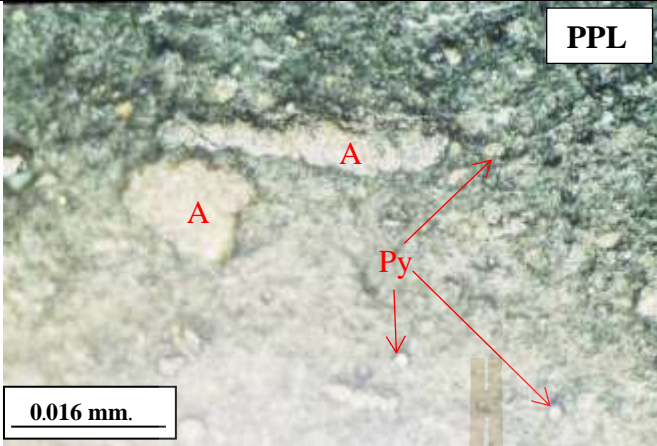
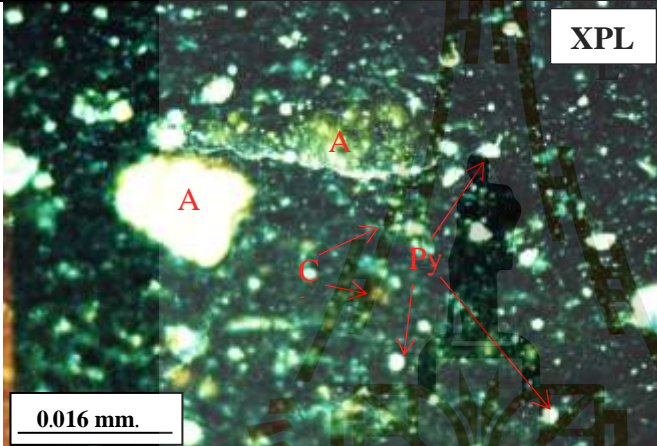
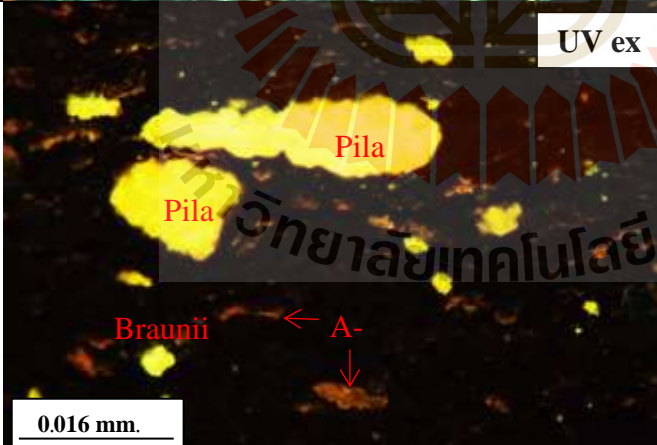
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS 3-2/2</b></p> <p><b>Oil shale (boghead coal)</b> shows sapropelic deposits of <b>alginate</b> layer and mineral matters.</p> <p>Composition (%)  V = 3 %  L = 87 %  I = 0 %  MM = 10 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>attrinite</b>. They display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginate</b>. They display dark gray in PPL, dark brown to black in XPL and yellow under UV ex. <b>Telaginite</b> is bright yellow of <i>botryococcus</i> sp.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Lamalginite</b> is various sizes, thick to thin and short to long. They display layer movement and compaction deposited.</p> <p>Under UV ex, <b>liptodestrinite</b> shows yellow to dark brown dots and without structure.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists of clay. They display white and light-yellow dots in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-Te = Telalginite, A-La = Lamaginite, Py = Pyrite, Cl = Clay</p>	

รูปที่ จ-14 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3 – 2/2)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS3/21-3</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows spropelite deposits of alginite and mineral matters.</p> <p>Composition (%)  V = 23 %  L = 65 %  I = 0 %  MM = 12 %</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of fine grain of organic sediment cement by <b>gelinite</b>. <b>Densinite</b> display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> displays pale gray to dark gray in PPL and light brown to black in XPL. Under UV excitation. <b>Resinite</b> display bright yellow spots with sphere shape. <b>Sporinite</b> display as yellow dots with spore shape. <b>Alginite</b> (<i>botryococcus braunii</i>) displays bright yellow with sphere shape and <b>alginite (lamalginite)</b> or <b>Liptodestrinite</b> display yellow to yellowish-brown long body without shape</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of pyrite, clay and carbonate. Carbonates shows rectangular crystal diamond and fluorescent pale gray in PPL, white to gray and yellow to greenish yellow in UV ex. Pyrite is framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Re = Resinite, S = Sporinite, A = Alginite, Li = Liptodestrinite, Py = Pyrite, Cl = Clay, Ca = Carbonate</p>	

รูปที่ จ-15 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3/21-3)

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p>PPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. AS3/21-4</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows sapropelic deposited and mineral matters.</p> <p>Composition (%)  V = 16 %  L = 74 %  I = 0 %  MM = 10 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists of fine grain of organic sediment cement by <b>gelinite</b>. <b>Densinite</b> display pale gray to dark gray in PPL and black in XPL.</p>
 <p>XPL</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Liptinite</b> displays pale gray to dark gray and light brown in PPL and light brown to black in XPL. Under UV excitation colonies of <i>botryococcus</i> sp. display white yellow to yellow. <i>Botryococcus braunii</i> display as white with body.</p> <p><b>Lamalginite</b> display as brown to dark brown line.</p>
 <p>UV ex</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matters</b> consist of clay and pyrite. Clay displays dark gray to black in PPL and white dots in XPL and dark in UV ex. The circle bright in PPL, white dots in XPL and dark in UV ex for framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  Cl = Clay, Py = Pyrite, A = Algrinite, A-La = Lamalginite</p>	

รูปที่ จ-16 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. AS3/21-4)

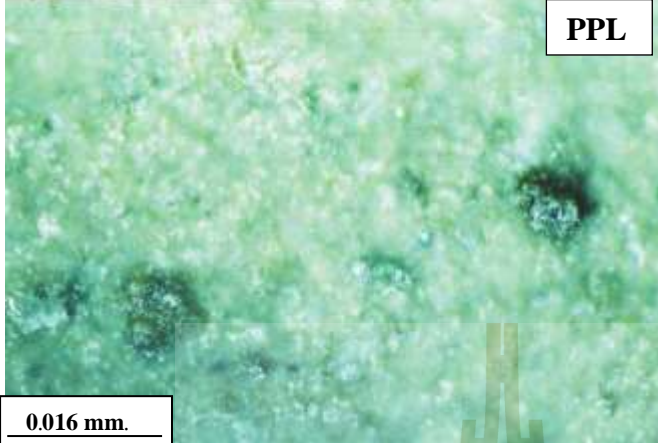
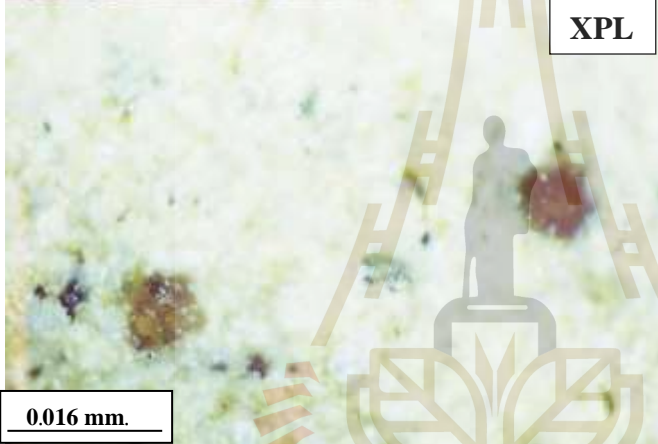



ภาคผนวก ฉ

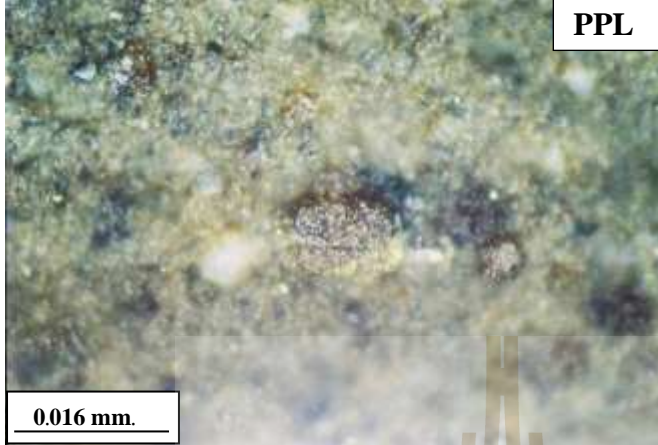
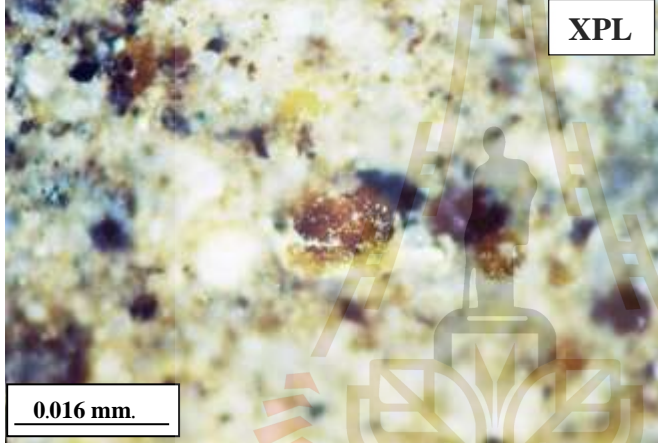
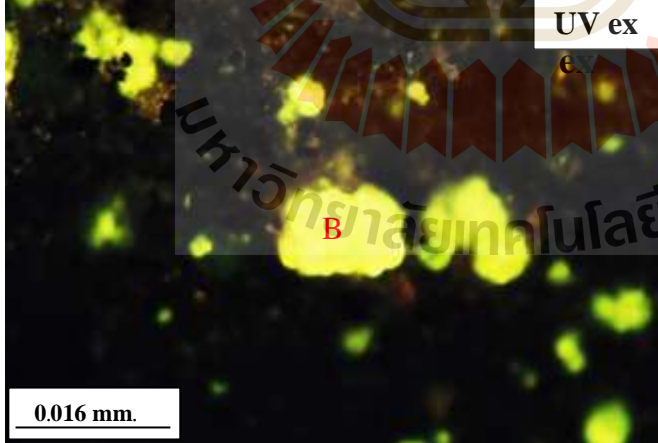
ผลการศึกษาดาวรรณนาของสารอินทรีย์สาร

หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนล่าง (Lower Oil Shale sub-unit)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

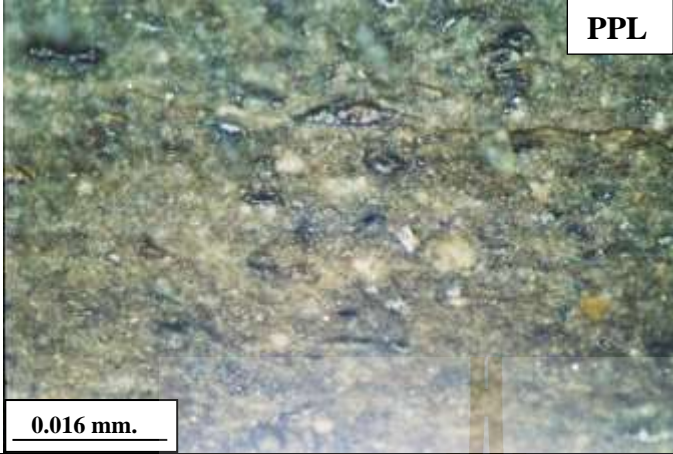
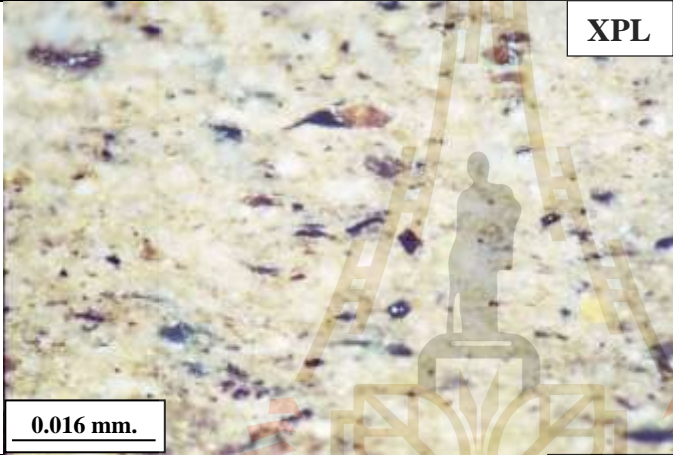
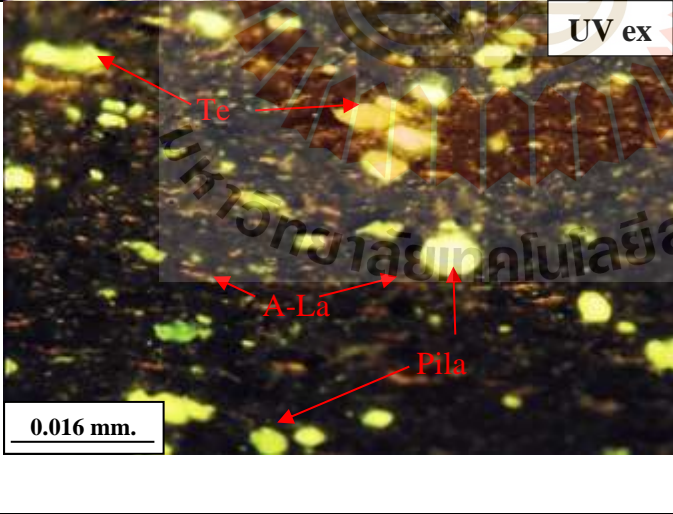
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH1-1</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> shows sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 2 %  L = 36 %  I = 0 %  MM = 62 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists of coal fragment. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> displays dark gray and black in PPL and yellowish brown to dark brown in XPL. Under UV excitation, <b>telaginite</b> algae displays white to bright yellow and <i>botryococcus braunii</i> show 4 cups structure. <b>Lamalginite</b> displays yellow with long shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists of silica. They display white fume in XPL are clay/ silica fume. The bright crystal in PPL, white in XPL and dark in UV ex are quartz.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๑-1 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH1-1)

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. OH2-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 5 %  L = 30 %  I = 0 %  MM = 65 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of coal fragment. They display show dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> displays dark gray and black in PPL and yellowish brown to dark brown in XPL. Under UV excitation <b>telalginite</b> algae displays white to bright yellow for <i>botryococcus braunii</i>. It shows 4 cups structure.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b>  The white fume in XPL is clay/ silica fume. The bright crystal in PPL, white in XPL and dark in UV ex are quartz.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamaginite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

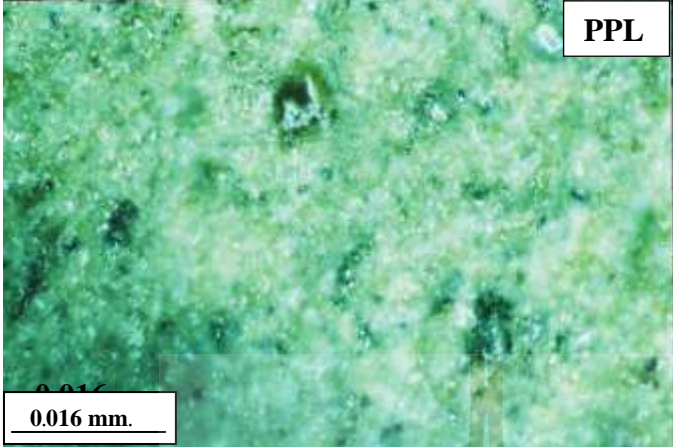

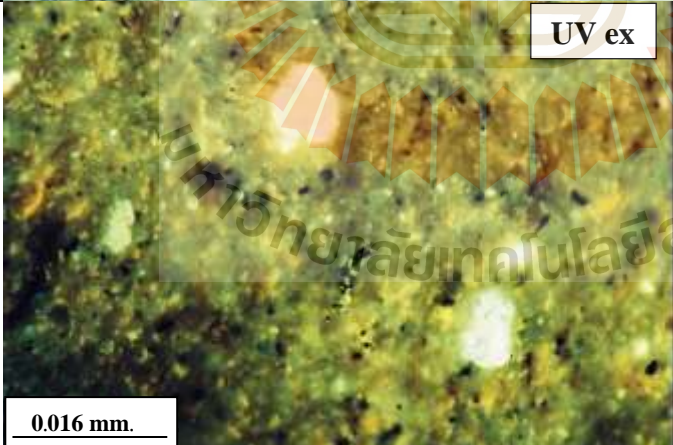
รูปที่ ๓-2 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH2-1)



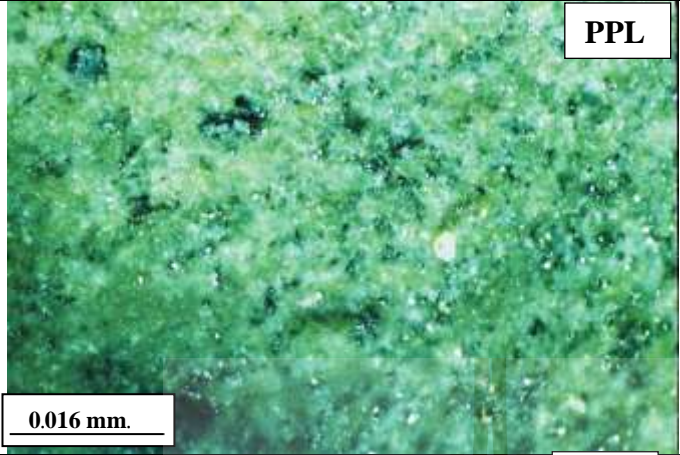
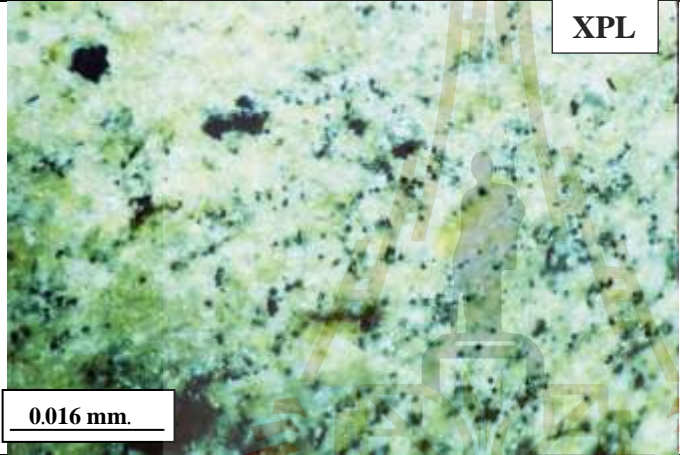
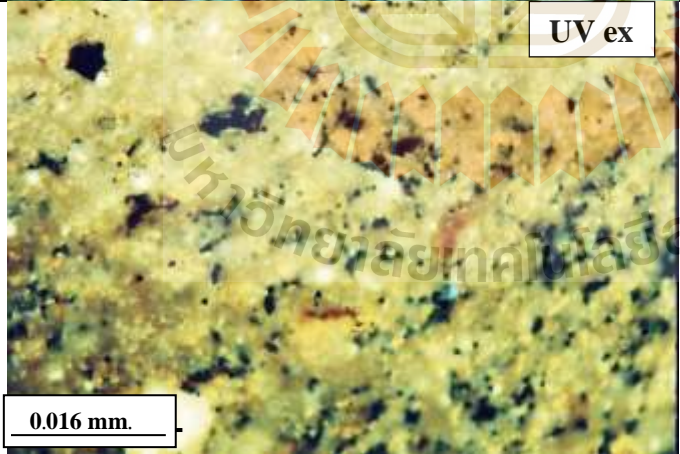
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No.OH2-2</b>  <b>Oil Shale</b> shows algae mat deposited with organic sediment in the section cut in perpendicular.</p> <p>Composition (%)  V = 3 %  L = 24 %  I = 0 %  MM = 73 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They display pale to dark gray in PPL and dark color in XPL to black under UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite with minor telaginite. <b>Lamalginite</b> displays white to yellow in PPL and XPL. Under UV excitation they display short and thin body with yellow to dark brown groundmass.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p>0.016 mm.</p> <p style="color: red;">Te A-La Pila</p>	<p><b>Telaginite</b> (<i>Pilla</i> algae) display pale gray to light yellow with high relief in PPL, white, dark brown in XPL and bright yellow under UV excitation.</p> <p><b>Mineral matter</b> consists mainly of fine-grained sediments. They display white in XPL and dark in UV excitation. Some of pyrite display pale gray in PPL, and cubic dark brown to black in XPL and UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๓-3 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH2-2)



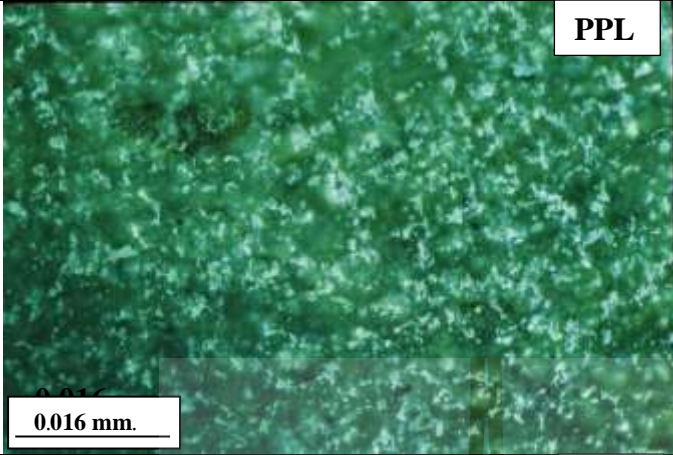
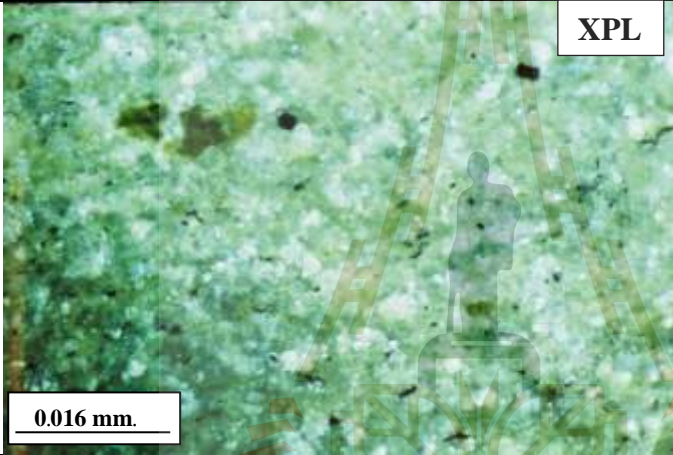

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. OH3-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows fine-grained sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 1 %  L = 15 %  I = 0 %  MM = 84 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of coal fragment. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> displays dark gray and black in PPL and yellowish brown to dark brown in XPL. Under UV excitation <b>telalginite</b> algae display white to bright yellow. <b>Lamaginite</b> display yellow with long shape. The telalginite <i>botryococcus braunii</i>.show 4 cup structure.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral Matter</b> consists of silica and quartz. The white fume in XPL is clay/silica fume. The bright crystal in PPL, white in XPL and dark in UV ex are quartz.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamaginite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๓-4 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH3-1)

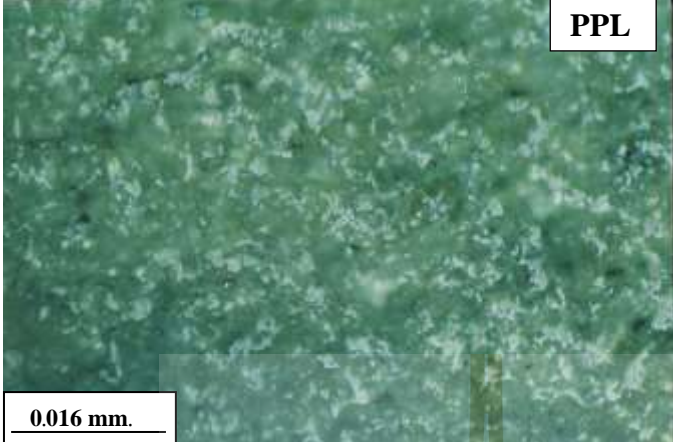


ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH3-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> shows sediment deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 5 %  L = 17 %  I = 0 %  MM = 78 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelovitrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> shows matrix of white to light yellow in XPL and yellow to orange under UV excitation.</p> <p><b>Telalginite</b> algae display bright yellow and <b>lamaginite</b> display yellow with long shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists of clay and silicate with pyrite. The white and yellow dots in XPL. The black dot is framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamaginite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๓-5 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH3-2)



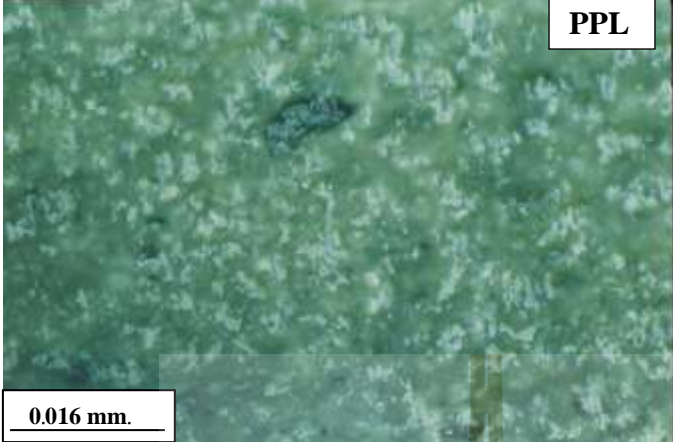
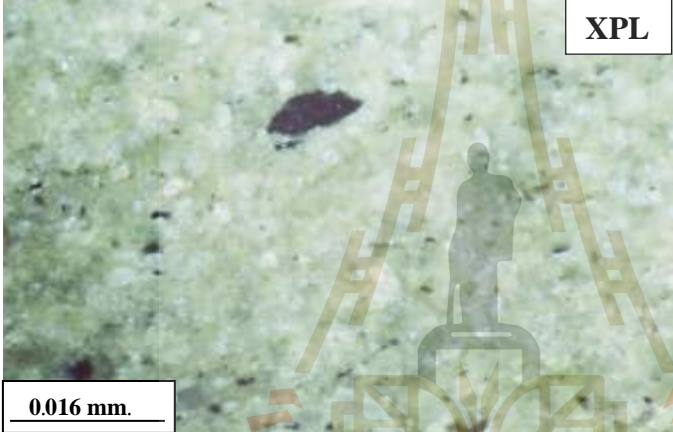
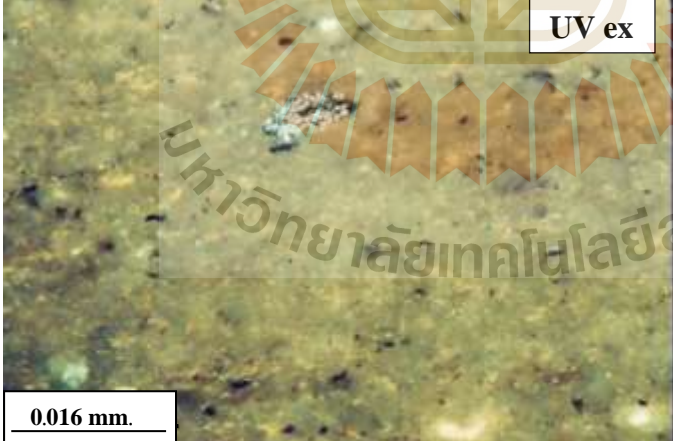
ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH4-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows very fine-grained sediments deposited with organic sediments.</p> <p>Composition (%)  V = 0 %  L = 13 %  I = 0 %  MM = 87 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelovitrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> shows matrix of white to light yellow in XPL and yellow to orange under UV excitation.</p> <p><b>Telalginite</b> algae displays bright yellow and <b>lamalginite</b> displays yellow with long shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of silicate crystal and clay mineral. They display white to yellow in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๓-6 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH4-1)

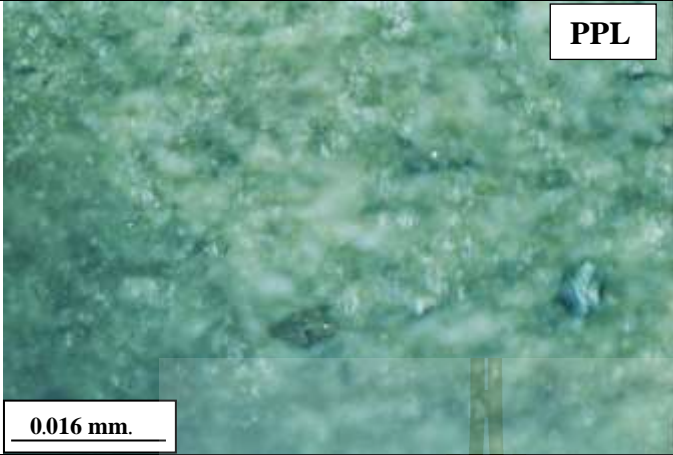
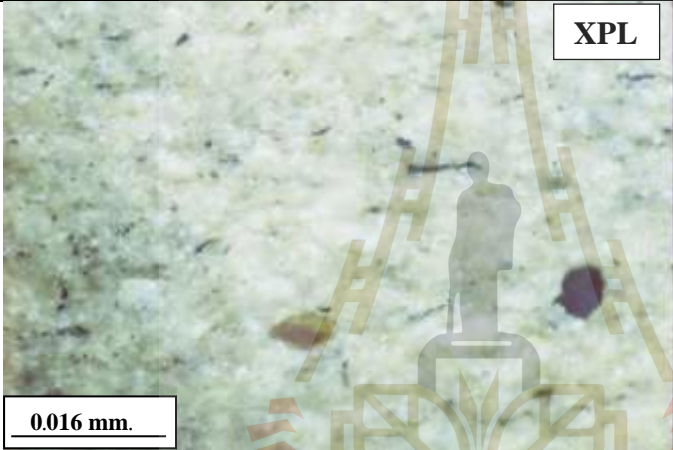

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. OH4-2</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows very fine-grained sediments deposited with organic sediments</p> <p>Composition (%)  V = 2 %  L = 13 %  I = 0 %  MM = 85 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelovitrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> shows matrix of white to light yellow in XPL and yellow to orange under UV excitation.</p> <p><b>Telaginite</b> algae displays bright yellow and <b>lamalginite</b> displays yellow with long shape.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> is mostly of silicate crystal and clay mineral. They display white to yellow in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๓-7 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH4-2)

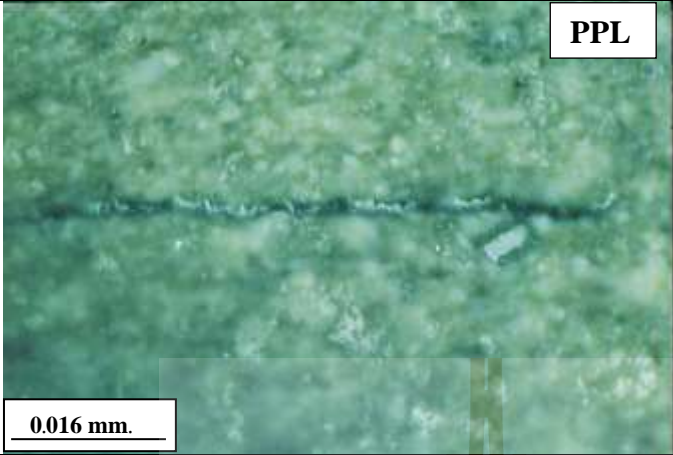
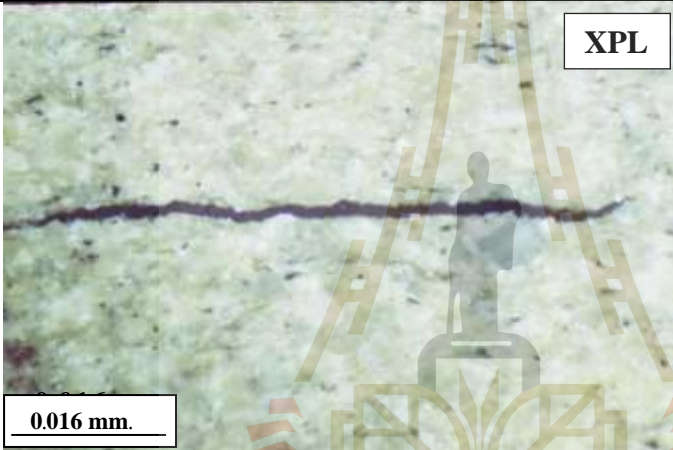



ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH4-3</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows very fine-grained sediments deposited with organic sediments.</p> <p>Composition (%)  V = 2 %  L = 17 %  I = 0 %  MM = 81 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelovitrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> shows matrix of white to light yellow in XPL and yellow to orange under UV excitation.</p> <p><b>Telaginite</b> algae displays bright yellow and <b>lamalginite</b> displays yellow with long shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> is mostly of silicate crystal and clay mineral. They display white to yellow in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๘-8 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH4-3)

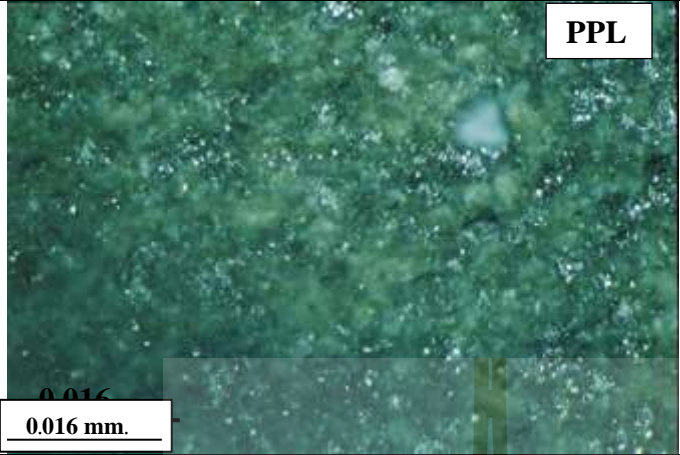
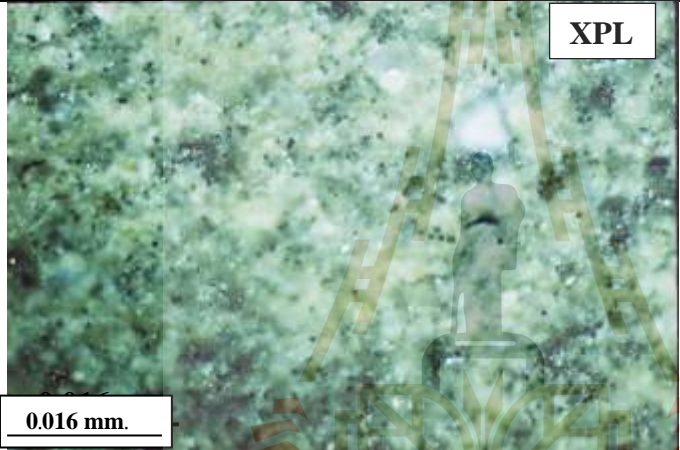

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH5-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows very fine-grained sediments deposited with organic sediments.</p> <p>Composition (%)  V = 5 %  L = 18 %  I = 0 %  MM = 77 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelovitrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> shows matrix of white to light yellow in XPL and yellow to orange under UV excitation.</p> <p><b>Telaginite</b> algae displays bright yellow and <b>lamalginite</b> displays yellow with long shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> is mostly of silicate crystal and clay mineral. They display white to yellow in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๙-9 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH5-1)

ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH5-2</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows gelovirinite deposited with fine-grained sediments in horizontal bed.</p> <p>Composition (%)  V = 8 %  L = 22 %  I = 0 %  MM = 70 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelovitrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> shows matrix of white to light yellow in XPL and yellow to orange under UV excitation.</p> <p><b>Telaginite</b> algae displays bright yellow and <b>lamalginite</b> displays yellow with long shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> is clay and silicate crystal. Silica crystal display bright white in XPL and dark brown under UV ex with cubic shape.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamaginite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

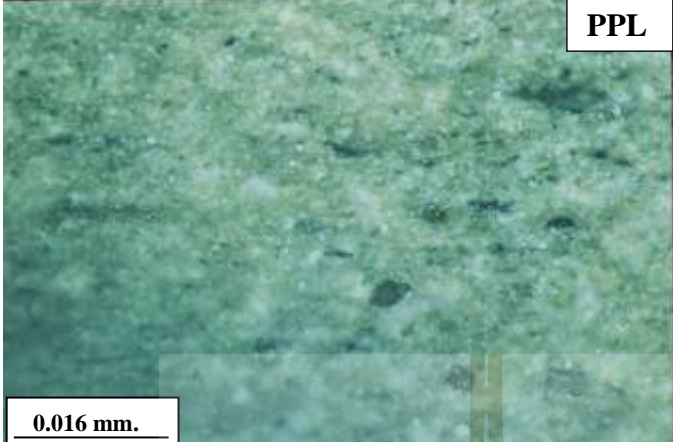
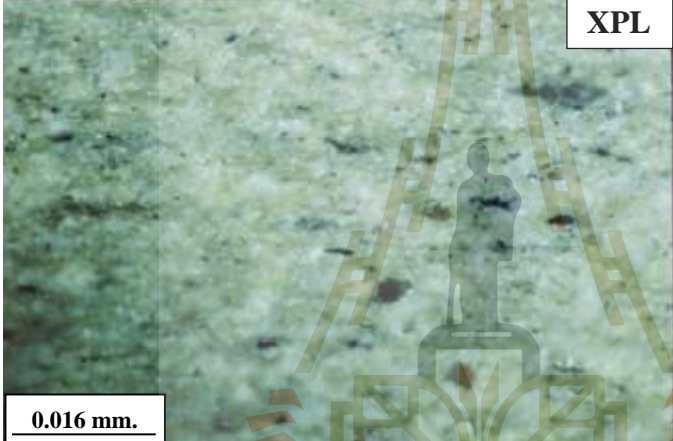
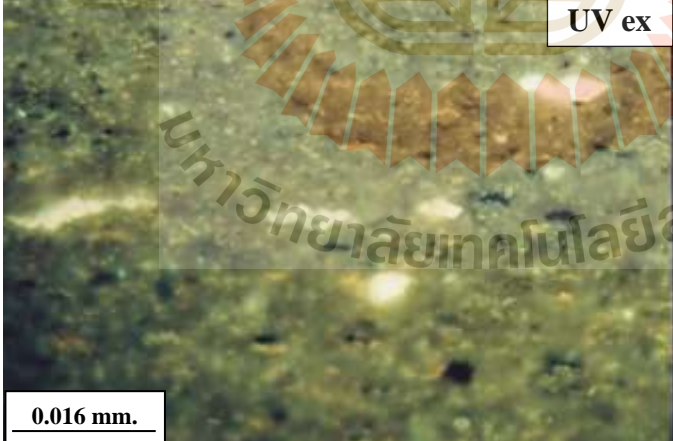
รูปที่ ฉ-10 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH5-2)



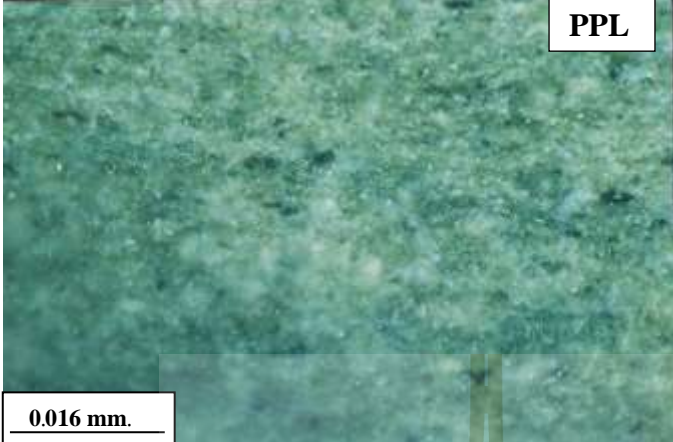
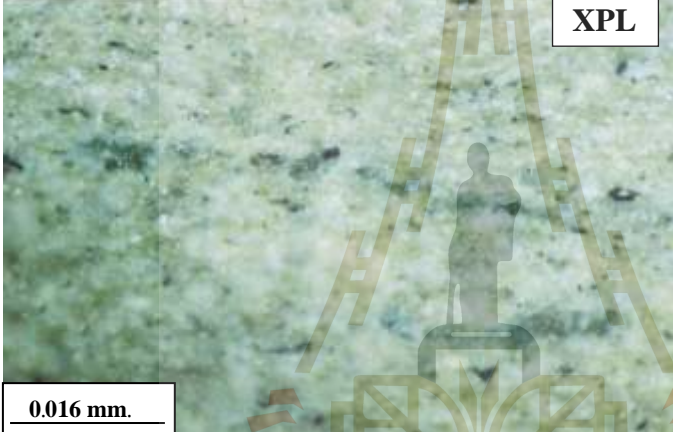

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH5-3</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows sediment deposited with algae and framboidal pyrite.</p> <p>Composition (%)  V = 8 %  L = 15 %  I = 0 %  MM = 77 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelovitrinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> shows matrix of white to light yellow in XPL and yellow to orange under UV excitation.</p> <p><b>Telaginite</b> algae displays bright yellow and <b>lamalginitite</b> displays yellow with long shape.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of clay and silicate. The white and yellow dots in XPL. The black dots are framboidal pyrite.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginitite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ฉ-11 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH5-3)



ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No.OH6-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows fine-grained sediments deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 4 %  L = 17 %  I = 0 %  MM = 79 %</p> <p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They display white to pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamaginite. They display short and thin body. Under UV excitation, they display light yellow to orange groundmass with some telalginite colony. <b>Telaginite</b> displays pale gray to light yellow in PPL, white to light brown in XPL and bright white to light yellow under UV ex.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of fine-grained clays. They display white in XPL and dark in UV excitation. Some of pyrite display dark gray in PPL, yellowish brown in XPL with cubic dark brown to black under UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ฉ-12 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH6-1)

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. OH6-2</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows gelovirinite deposited with fine-grained sediments in horizontal bed.</p> <p>Composition (%)  V = 7 %  L = 19 %  I = 0 %  MM = 74 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelinite</b>. They display white to pale gray in PPL and black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>lamalginitite</b>. They displays short and thin body. Under UV excitation, they display light yellow to orange groundmass with some telalginitite colony. <b>Telalginitite</b> displays pale gray to light yellow in PPL, white to light brown in XPL and bright white to light yellow under UV ex.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of fine-grained clays. They display white in XPL and dark in UV excitation. Some of pyrite display small dot dark gray in PPL, yellowish brown in XPL and black in UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginitite algae, A-Te = Telalginitite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ฉ-13 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH6-2)


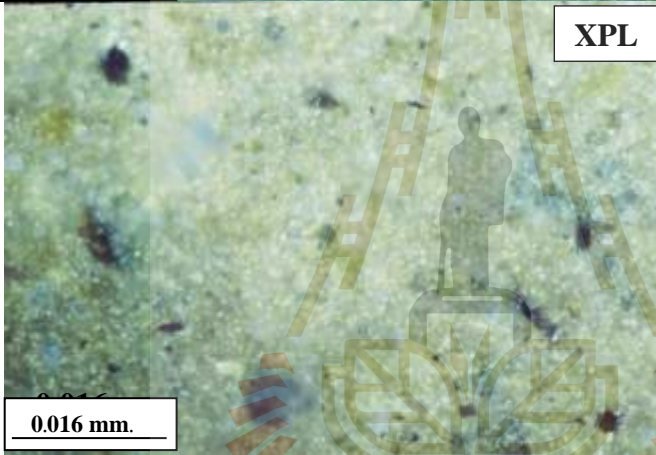
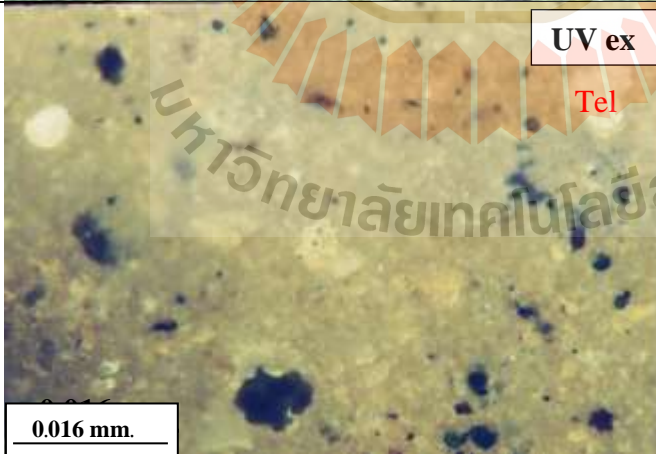
ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาคีลาบรรณของสารอินทรีย์สาร

หน่วยหินย่อยหินน้ำมันตอนบน (Upper Oil Shale sub-unit)


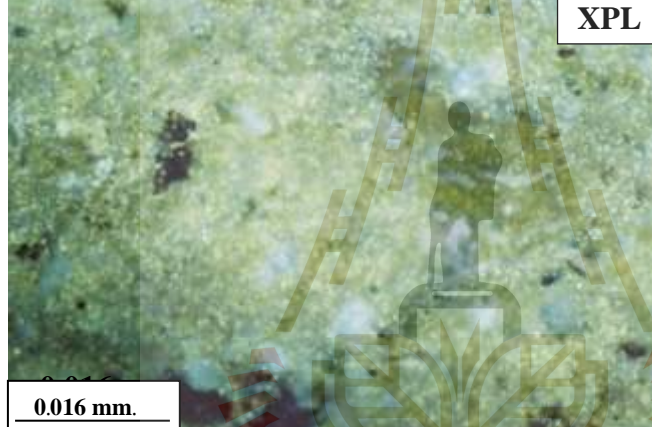





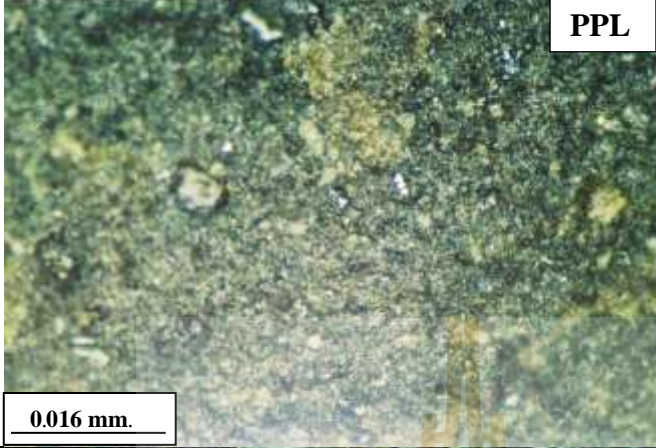
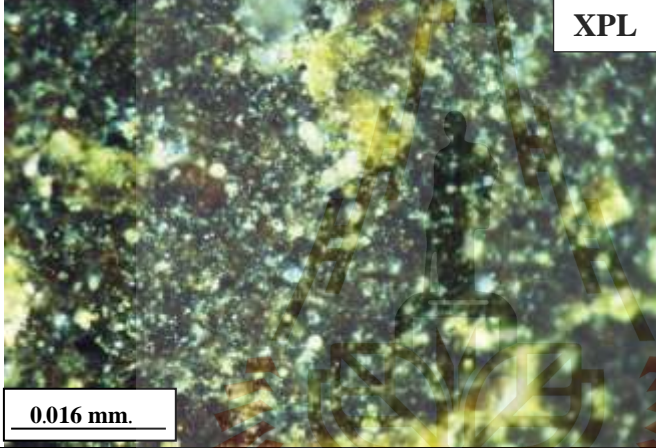
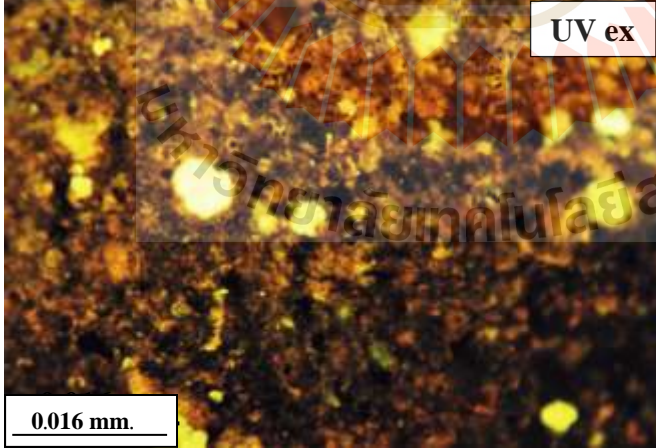
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: center;">Gel</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. OH7-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows fine-grained sediments deposited with algae and remains of coal gel in the section cut perpendicular to the cross bedding.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 5 %</p> <p>L = 15 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 80 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They display colorless in PPL and black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite and telaginite. Under UV excitation, lamalginite display yellow round body while telaginite display yellow groundmass.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: center;">Tel</p> <p>0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of pyrite and clays. Pyrite is bright spots in PPL and dark in both of XPL and UV excitation. Clay minerals display dark gray to black in PPL and white to pale gray in XPL with cloudy texture.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation</p> <p>A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-1 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH7-1)



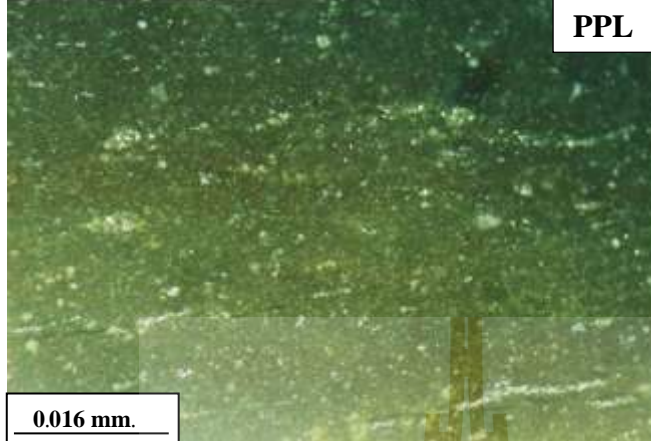
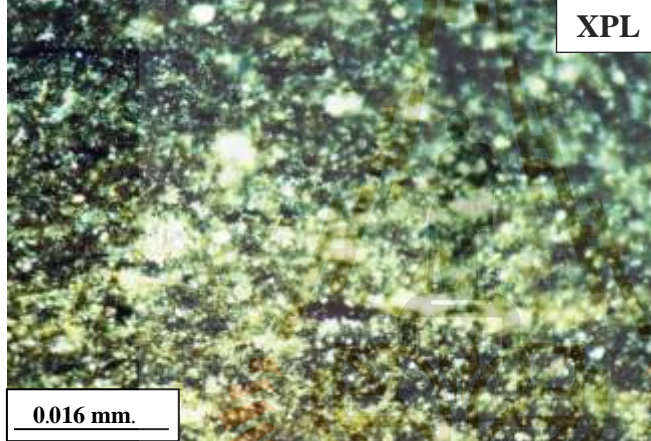
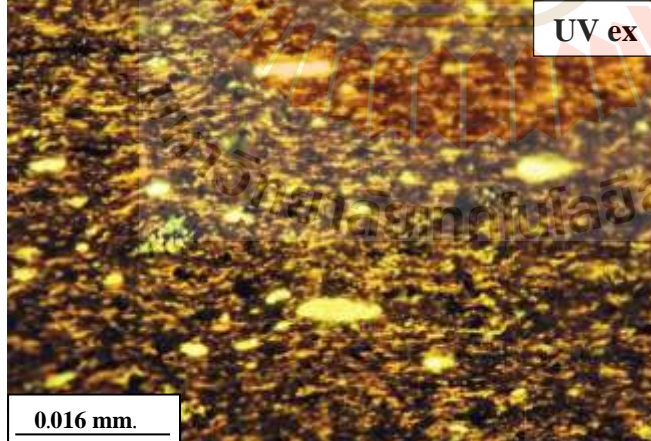
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH7-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> shows sediment deposited with algae in the section cut perpendicular to the cross bedding.</p> <p>Composition (%)  V = 4 %  L = 26 %  I = 0 %  MM = 70 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They display colorless in PPL and black in XPL and UV excitation.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite. Under UV excitation, they display yellow groundmass with line body of lamalginite.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of pyrite and clays. Pyrite is bright spots in PPL and dark in both of XPL and UV excitation. Clay minerals display dark gray to black in PPL and white to pale gray in XPL with cloudy texture.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-2 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH7-2)

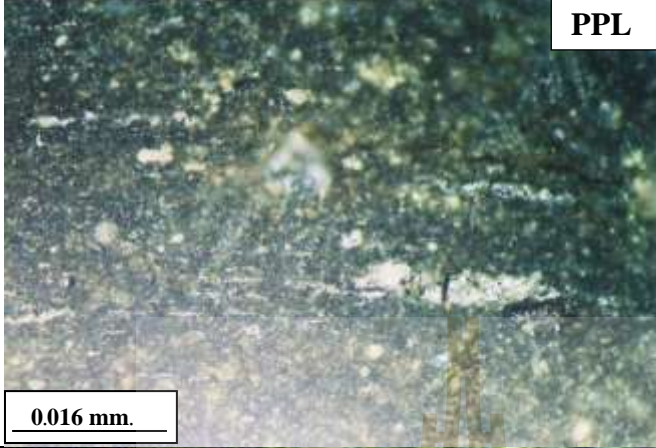
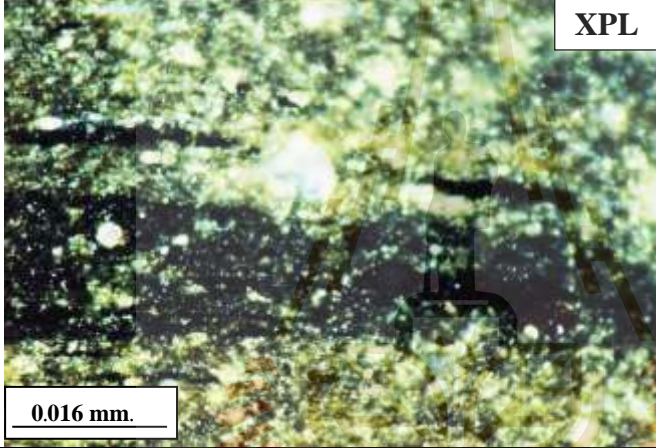
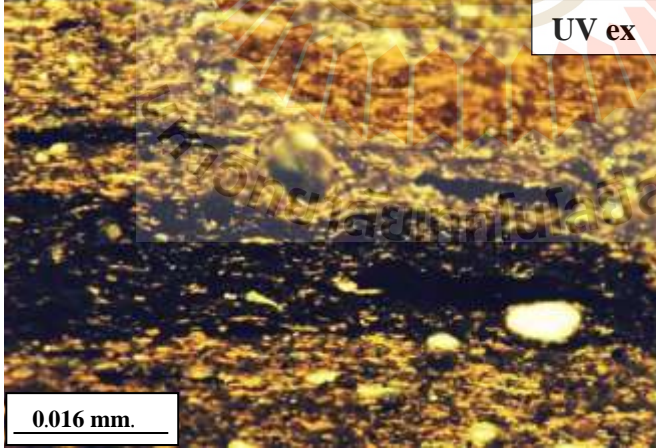
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH8-1</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> cut in the section perpendicular to bedding deposited with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 6 %  L = 38 %  I = 0 %  MM = 56 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of alginite (lamalginite). Alginite displays gray to dark gray in PPL and black in XPL and yellowish brown to brown in UV ex. They are remaining of lamalginite.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> is mainly of clays and silica. They display bright dots in PPL, white in XPL and dark in UV ex. Group of circles are silicate crystal.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-3 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH8-1)



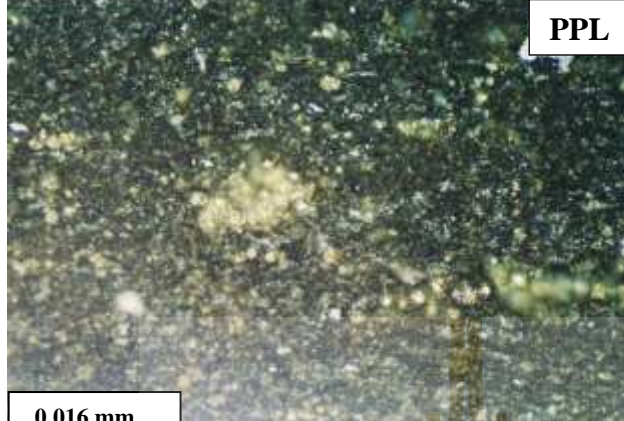
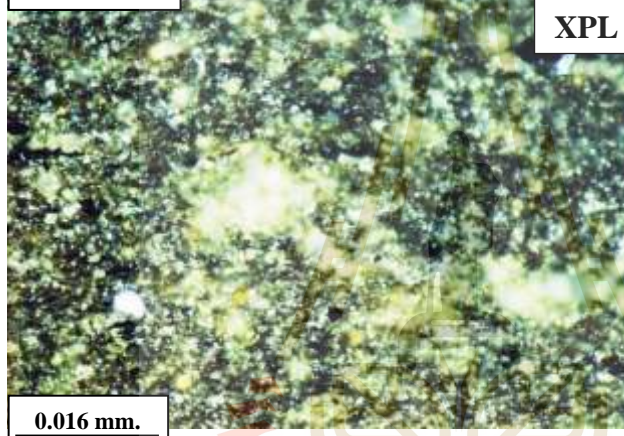
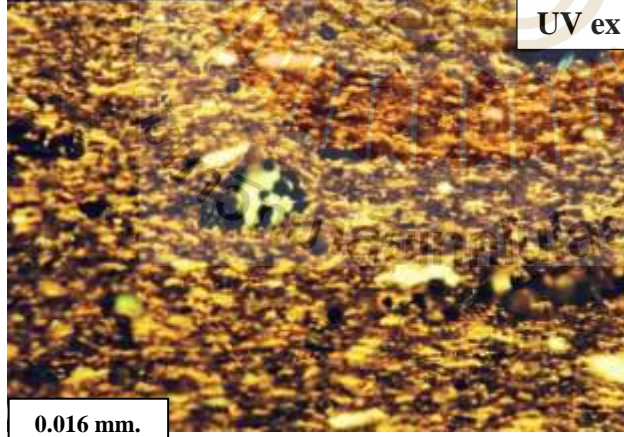
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH8-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section cut parallel to bedding dominated by algae.</p> <p>Composition (%)  V = 4 %  L = 44 %  I = 0 %  MM = 52 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>densinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginite</b>. They display highly relief and reflect pale gray in PPL. The <b>telaginite</b> are colonies of <i>pila</i> algae of various size and shape. They display light yellow in XPL and white yellow in UV ex.</p>
	<p>The <b>lamalginite</b> algae are dark brown to black in XPL and yellowish-brown short line in UV ex.</p> <p><b>Mineral Matter</b> is mainly of clay. They display white dots in XPL. Framboidal pyrite display group of spheres bright and white in PPL and XPL and black in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๔-4 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH8-2)

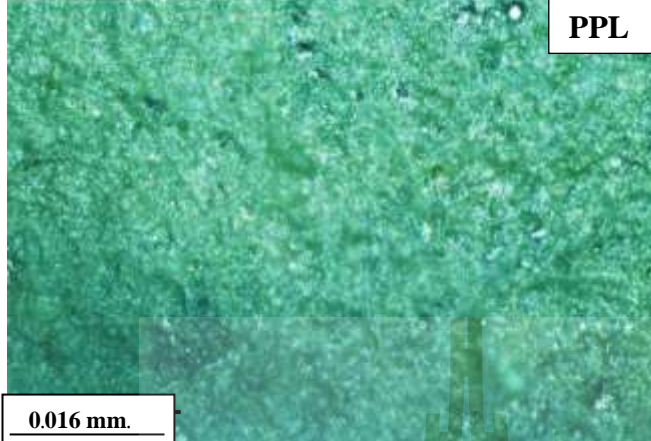
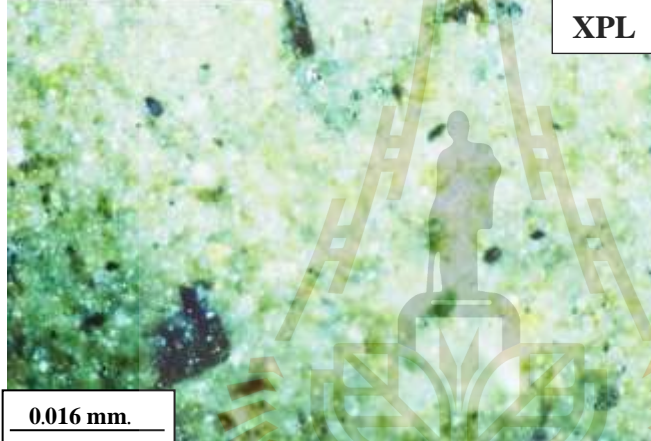

ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p>	<p><b>Sample No. OH8-3</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows sediment deposition with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 28 %  L = 34 %  I = 0 %  MM = 38 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>densinite</b>. They show dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of <b>alginate</b>. They display highly relief and reflect pale gray in PPL. The <b>telaginite</b> are colonies of <i>pila</i> algae of various size and shape. They display light yellow in XPL and white yellow in UV ex. The <b>lamalginite</b> algae are dark brown to black in XPL and yellowish-brown short line in UV ex.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p>	<p><b>Mineral matter</b> is mainly of clay. They display white dots in XPL. Silicate crystal show sphere bright and white in PPL and XPL and black in UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๕-5 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH8-3)



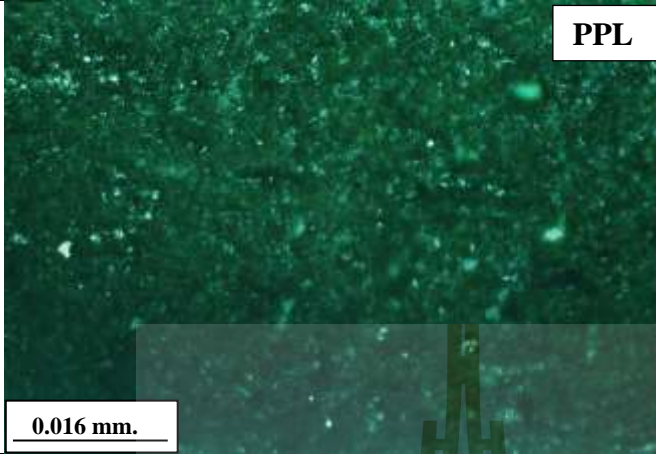
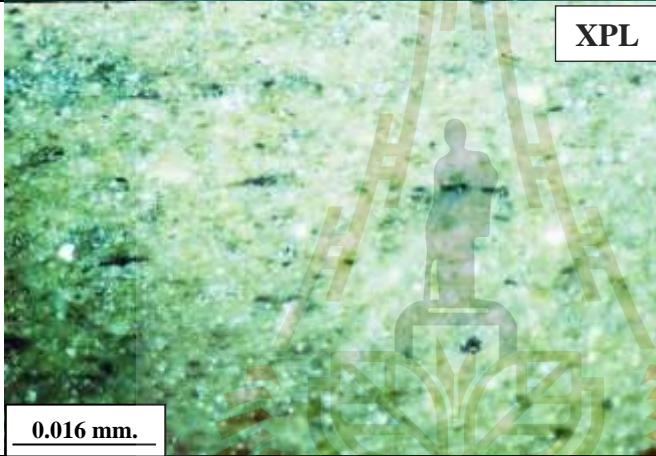
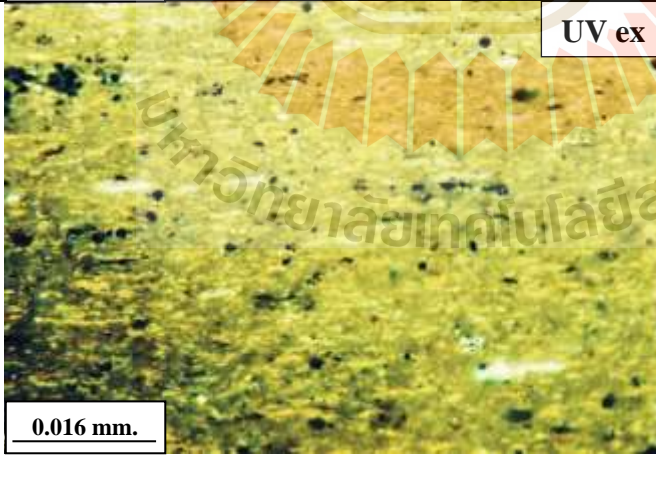
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No.OH8-4</b></p> <p><b>Oil Shale (Algae)</b> in the section cut perpendicular to bedding.</p> <p>Composition (%)  V = 7 %  L = 40 %  I = 0 %  MM = 53 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of <b>gelinite</b>. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> is mostly of lamalginitite and some telaginitite. They show the compaction of algal mat. Lamalginitite displays dark gray to light yellow in PPL, strong color of white yellow dark gray in XPL. Under UV excitation they show yellow to yellowish brow, dark orange with body shape. Telaginitite (<i>Botryococcus</i> sp.) displays bright to white yellow to greenish white group.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> is mainly of clays. They display white in XPL with fluffy character. Framboidal pyrite show circle shape and dark in UV excitation associated with telaginitite algae.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  A-La = Lamalginitite algae, A-Te = Telaginitite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ๖-6 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH8-4)

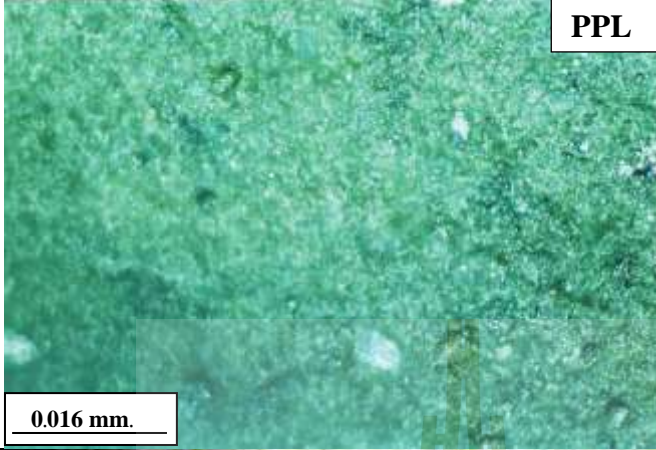
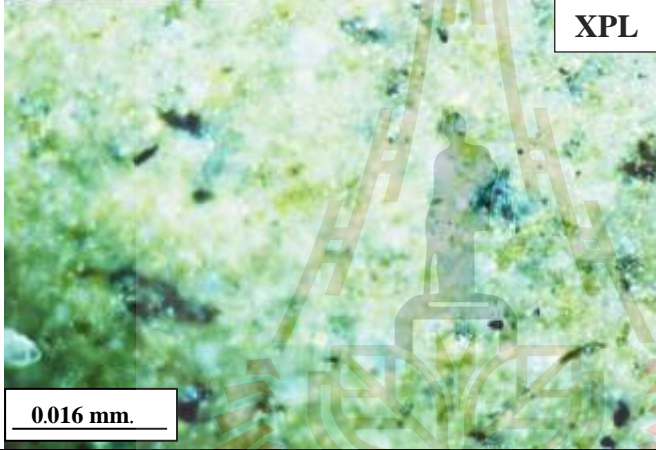
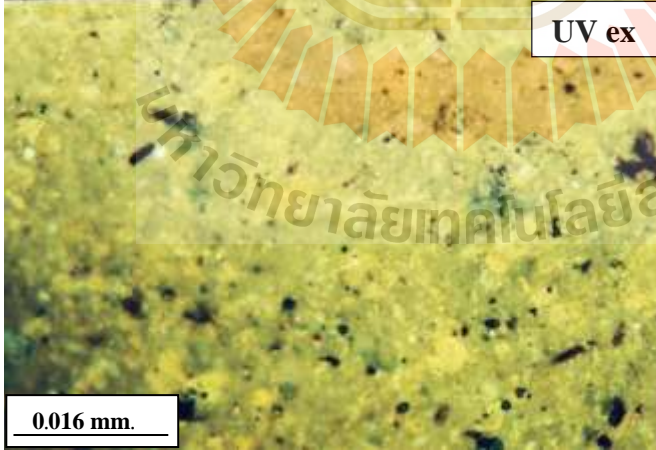
ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. OH9-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows fine-grained sediment deposition with algae.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 6 %</p> <p>L = 27 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 67 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists of coal fragment. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of algae. They display dark gray and black in PPL and yellowish brown to dark brown in XPL. Under UV excitation, alginite display white to bright yellow.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b>, they display white fume in XPL are clay/ silica fume. The bright crystal in PPL, white in XPL and dark in UV ex are quartz</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation</p> <p>A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-7 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH9-1)



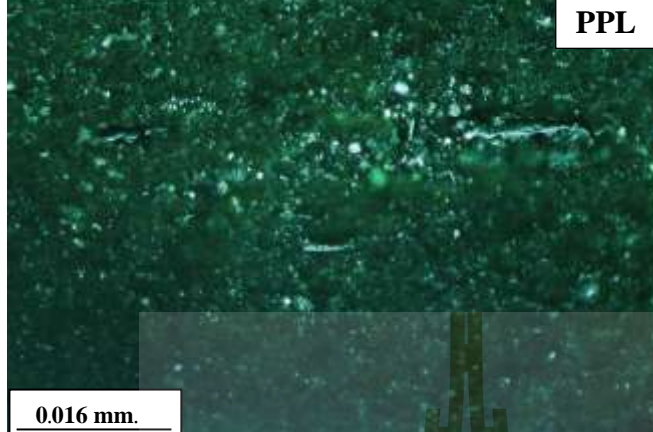
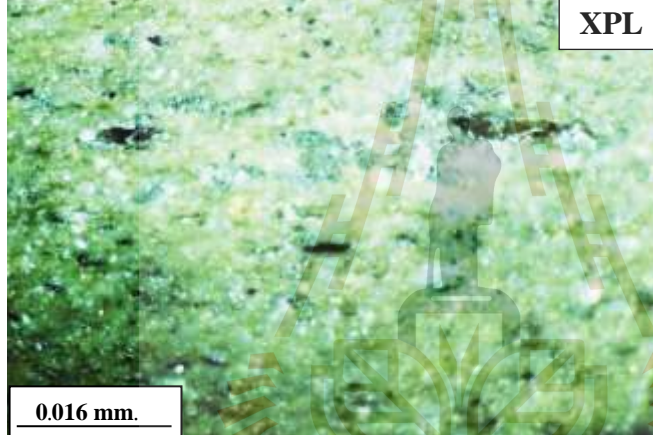
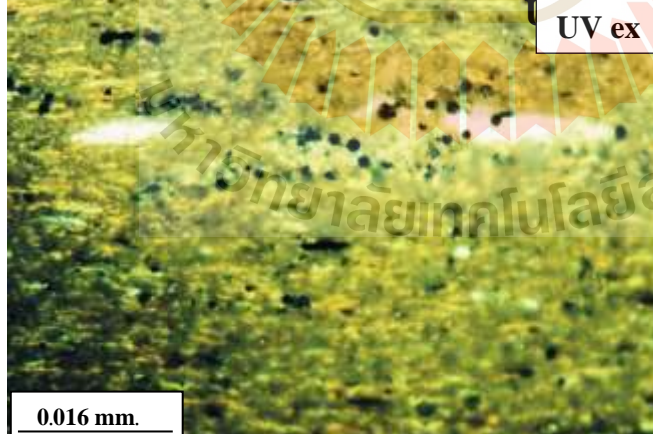
ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No.OH9-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section cut perpendicular to bedding.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 1 %</p> <p>L = 21 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 78 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of minor gelinite.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite and show algal mat of thin body compact.</p> <p><b>Lamalginite</b> displays dark gray in PPL, white to yellow in XPL. Under UV excitation, they display light yellow to yellow with some of telaginite colony (<i>Botryococcus</i> sp.) which display bright white to yellow.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> is mainly of clays. Clay displays white in XPL and dark in UV excitation. Pyrite shows sphere dots and framboidal pyrite display white in PPL, bright white in XPL and dark under UV ex.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-8 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH9-2)

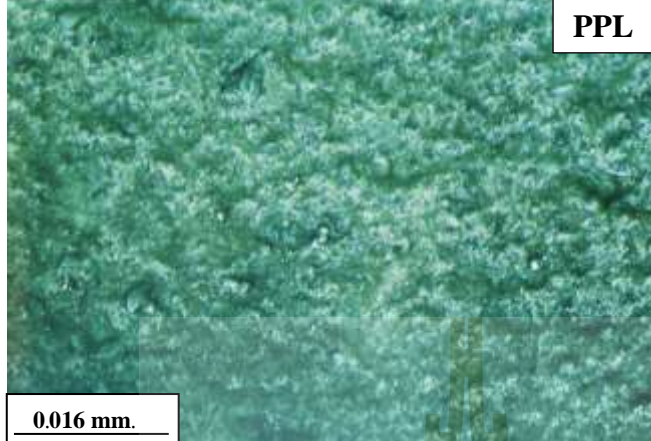
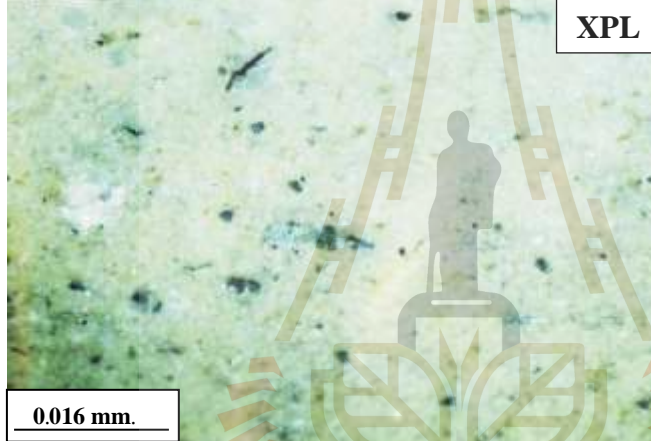

ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Sample No. OH9-3</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows sediment deposition with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 4 %  L = 23 %  I = 0 %  MM = 73 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of coal fragment. They display dark gray to black in PPL and black in XPL.</p> <p><b>Liptinite</b> is mainly of algae. They display dark gray and black in PPL and yellow to yellowish brown in XPL. Under UV excitation, alginite displays white to bright yellow.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p> <p style="text-align: left;"><b>0.016 mm.</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> displays white fume in XPL are clay/silica fume. The bright crystal in PPL, white in XPL and dark in UV ex are quartz</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ช-9 ภาพใต้น้ำกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH9-3)



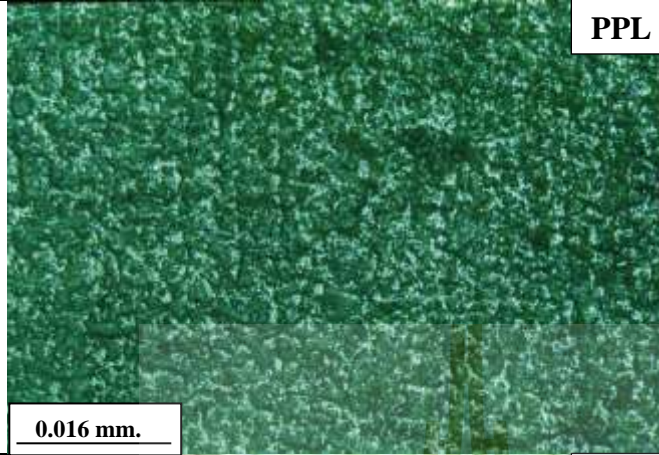
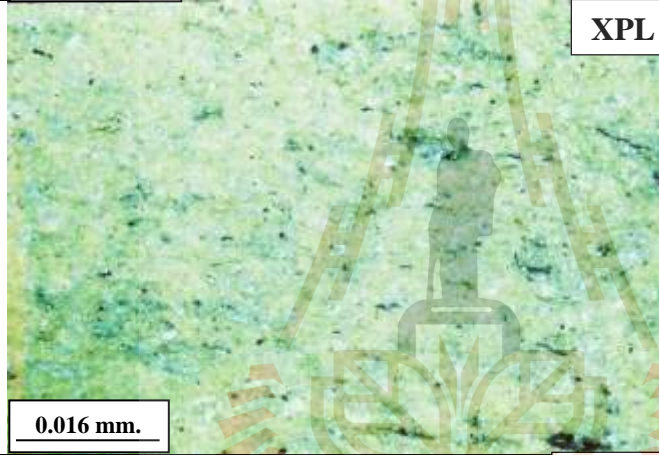

ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH9-4</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section cut perpendicular to bedding.</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 3 %</p> <p>L = 22 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 75 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite and show algal mat of thin body compact. Lamalginite display dark gray in PPL, white yellow to yellow in XPL. Under UV excitation, they display bright yellow to dark yellow with some of telaginite colony (<i>Botryococcus</i> sp.) which display bright white</p>
	<p><b>Mineral matter</b> is mainly of clays. Clay display white in XPL and dark in UV excitation. Pyrite show sphere dots and framboidal pyrite display white in PPL, bright white in XPL and dark under UV ex, and</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation</p> <p>A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-10 ภาพใต้นกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH9-4)

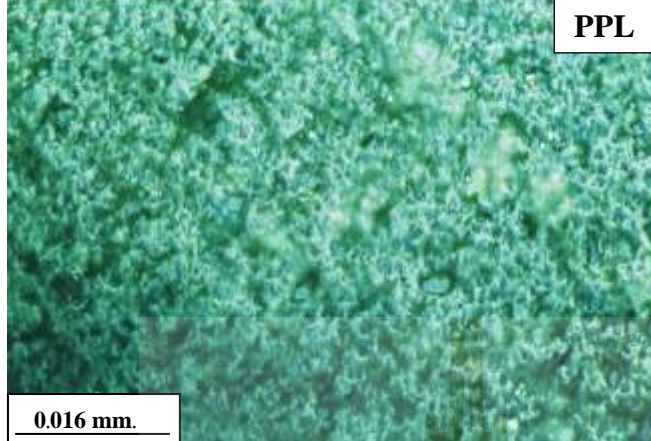
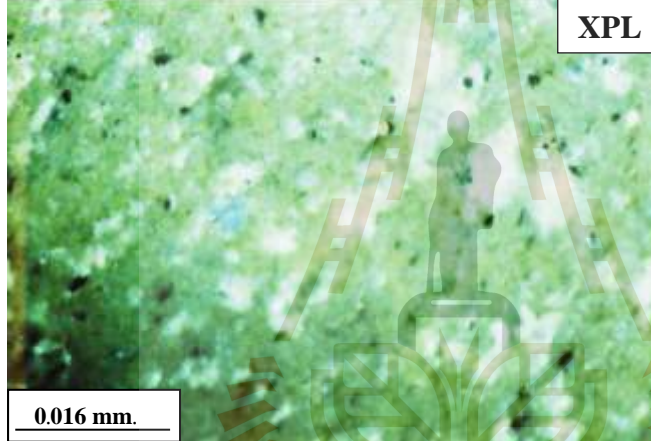

ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">PPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Sample No. OH10-1</b></p> <p><b>Oil Shale</b> shows very fine-grained sediment deposition</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 2 %</p> <p>L = 23 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 75 %</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">XPL</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of minor gelinite and show special pattern of pale gray and black in PPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite and show algae mat compact and body decay. They display pale gray to black in PPL and white to light yellow in XPL and under UV excitation show light yellow to yellow groundmass.</p>
 <p style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">UV ex</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.016 mm.</p>	<p><b>Mineral matter</b> consists of very fine-grained clay with pattern in PPL and white in XPL. Pyrite displays small dots of black in XPL and UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation</p> <p>A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telalginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-11 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH10-1)



ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
 <p style="text-align: right;"><b>PPL</b></p>	<p><b>Sample No.OH10-2</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> in the section cut perpendicular to bedding</p> <p>Composition (%)</p> <p>V = 1 %</p> <p>L = 12 %</p> <p>I = 0 %</p> <p>MM = 87 %</p>
 <p style="text-align: right;"><b>XPL</b></p>	<p><b>Vitrinite</b> consists mainly of gelinite. They show special pattern of pale gray and black in PPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite and show algae mat compact and body decay. They display pale gray to black in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation show light yellow to yellow groundmass.</p>
 <p style="text-align: right;"><b>UV ex</b></p>	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of very fine-grained clay with pattern in PPL. They display white in XPL. Pyrite displays small dots of black in XPL and UV excitation.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  V = Vitrinite, L = Liptinite, I = Inertinite, MM = Mineral Matter  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-12 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH10-2)

ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	คำอธิบาย
	<p><b>Sample No. OH10-3</b></p> <p><b>Oil Shale (Alginite)</b> shows very fine-grain sediments deposition with algae.</p> <p>Composition (%)  V = 1 %  L = 16 %  I = 0 %  MM = 83 %</p>
	<p><b>Vitrinite</b> consist mainly of gelinite. They display special pattern of pale gray and black in PPL.</p> <p><b>Liptinite</b> consists mainly of lamalginite and shows algae mat compact and body decay. They display pale gray to black in PPL and white to light yellow in XPL. Under UV excitation they display light yellow to yellow groundmass.</p>
	<p><b>Mineral matter</b> consists mainly of very fine-grained clay with pattern in PPL. They display white in XPL. Pyrite shows small dots of black in XPL and UV excitation. The silicate crystal displays bright white in XPL.</p>
<p>PPL = Plane Polarized light, XPL = Cross Polarized light, UV ex = UV excitation  A-La = Lamalginite algae, A-Te = Telaginite, Py = Pyrite</p>	

รูปที่ ข-13 ภาพใ้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงของตัวอย่างหินน้ำมัน (Sample No. OH10-3)



## ประวัตินักวิจัย

นางบัณฑิตา ธีระกุลสถิตย์ เกิดวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2518 ที่จังหวัดนครพนม ได้สำเร็จปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และได้สำเร็จปริญญาเอก ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปัจจุบันเป็น อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

