



รายงานการวิจัย

การศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของหินปูนที่สัมพันธ์กับแหล่งถ่านหิน  
ยุคเพอร์เมียนในจังหวัดเพชรบูรณ์

Depositional environment of limestone associated with the  
Permian coal deposit in Phetchabun province

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

การศึกษาสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของหินปูนที่สัมพันธ์กับแหล่งถ่านหิน  
ยุคเพอร์เมียนในจังหวัดเพชรบูรณ์

Depositional environment of limestone associated with the  
Permian coal deposit in Phetchabun province

ผู้วิจัย

อาจารย์ ดร.อานิสส์ จิตนารินทร์

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ.2560

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สิงหาคม 2564

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ซึ่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์อุปถัมภ์การทดสอบและเครื่องมือ วิทยาศาสตร์ ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ความช่วยเหลือ จากนายสงวน ชูช่าง และบริษัทปูนซิเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน)

ผู้วิจัย

สิงหาคม 2564



## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมของการทับถมหินปูนที่เกิดร่วมกับถ่านหิน จากพื้นที่ศึกษาอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยวิเคราะห์กลุ่มซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดและลักษณะเนื้อหินปูน ในภาคสนามไม่พบหินโผล่ของถ่านหิน แต่พบถ่านหิน 2 ชั้นในหลุมเจาะสำรวจ ตัวอย่างแท่งหินจากหลุมเจาะจำนวน 33 ตัวอย่าง ถูกละลายด้วยกรดและแยกออสตราคอดออกมา จำแนกได้ 32 สปีชีส์ อยู่ใน 2 อันดับ 6 วงศ์ใหญ่และ 8 วงศ์ ออสตราคอดส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่พบในทะเลเปิด บริเวณด้านนอกของลานคาร์บอนเนตในสภาวะความเค็มปกติ (วงศ์ใหญ่ Bairdioidea และ วงศ์ Pachydomellidae) รองลงมาเป็นกลุ่มที่อาศัยบริเวณด้านในของลานคาร์บอนเนตที่มีการแปรผันสภาพแวดล้อม (วงศ์ Kloedenelloidea, Kirkbyoidea และ Hollinoidea) กลุ่มของออสตราคอดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดความลึกของหลุมเจาะ โดยมีช่วงที่พบกลุ่มออสตราคอดทะเลเปิดทั้งหมด และช่วงที่เปลี่ยนเป็นกลุ่มที่อาศัยด้านในของลานคาร์บอนเนต บ่งชี้ว่าเป็นการเพิ่มและลดระดับของน้ำทะเล

ตัวอย่างหินปูนจำแนกเป็น bioclastic wackestone และ bioclastic packstone ซึ่งเกิดในทะเลเนื่องจากพบซากดึกดำบรรพ์แบรคิโอพอด ออสตราคอด หอยฝาเดียว สาหร่าย แคลซิสเฟียร์ และฟอรัมขนาดเล็ก ลักษณะเนื้อหินและองค์ประกอบสอดคล้องกับแบบจำลองส่วนลาดคาร์บอนเนต โดยการทับถมอยู่เขตด้านในของลาดคาร์บอนเนต ประกอบด้วย เขตทะเลจำกัด ทะเลสาบน้ำเค็ม สันทรายใต้น้ำ ออสตราคอดบ่งชี้ว่าน้ำทะเลมีการไหลเวียนดี แต่ส่วนด้านหลังสันทรายถูกปิดกั้นและเหมาะสมเป็นแอ่งการทับถมตะกอน หินปูนและถ่านหินที่เกิดแทรกสลับกันนี้สะสมตัวในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง

## Abstract

The objective of the research is to interpret depositional environment of limestones associated with coals from Nong Phai District, Phetchabun Province using fossil ostracod assemblage and limestone texture. Coals were not observed on the field, though two coal seams were discovered from a previous subsurface prospecting. Core samples were obtained for this study, 33 samples were processed and ostracods were disaggregated. They are classified to 33 species belonged to 6 Superfamilies and 8 Families. They are dominated by open-marine type which lived in outer part of carbonate platform with normal salinity (Bairdioidea, Pachydomellidae), secondly by those lived in inner platform with variable physical condition (Kloedenelloidea, Kirkbyoidea, Hollinoidea). The assemblages change along the core length suggesting sea level changing during deposition.

Limestones are classified as bioclastic wackestone and bioclastic packstone. Bioclasts are brachiopod fragments, ostracods, gastropods, dasyclad green algae, calcispheres and smaller foraminifers. Limestone texture and grain composition fit the inner part of homoclinal carbonate ramp model. The depositional environments include restricted marine, lagoon and shoal. The open-marine ostracods suggest good seawater circulation whereas the back shoal is more protected and should be appropriate for deposition. The limestones and coals were accumulated in late Middle Permian.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	4
1.6 เนื้อหาในรายงานวิจัย.....	4
<b>บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ถ่านหินและทรัพยากรถ่านหินของจังหวัดเพชรบูรณ์.....	5
2.2 หินยุคเพอร์เมียนในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย.....	12
2.3 ออسترาคอดยุคเพอร์เมียนและการแปลความหมายสภาพแวดล้อมบรรพกาล.....	14
<b>บทที่ 3 วิธีการศึกษา</b>	
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	17
3.2 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล.....	28
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล</b>	
4.1 การจำแนกออسترาคอด.....	32
4.2 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมการทับถมโดยใช้กลุ่มออسترาคอด.....	40

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหิน.....	43
<b>บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา</b>	
5.1 ธรณีวิทยาบริเวณใกล้เคียงแหล่งถ่านหินอำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์.....	46
5.2 ลำดับชั้นหิน สภาพแวดล้อมการทับถมของหินปูนและอายุของถ่านหิน.....	47
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	51
ประวัตินักวิจัย.....	59

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตัวอย่างหินที่ใช้ในการศึกษา (19-x คือหมายเลขตัวอย่าง).....	26
4.1	ความหลากหลายของออสตราคอดจากหน้าตัดหินที่ศึกษาในระดับเหนือวงค์ และ/ หรือระดับวงค์.....	40





## สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า	
2.1	สภาพแวดล้อมของการทับถมตะกอนและถ่านหิน (Dai et al., 2020).....	6
2.2	แผนที่ทรัพยากรแร่จังหวัดเพชรบูรณ์ (กรมทรัพยากรธรณี, พ.ศ.2552).....	10
2.3	ลำดับชั้นหินจากหลุมเจาะสำรวจถ่านหิน (Choochang, 2013).....	11
2.4	การกระจายตัวของหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสและเพอร์เมียนใน Indochina Domain (Ueno and Charoentitirat, 2011).....	13
3.1	ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งสำรวจในอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ (mapbox.com): ตัวเลขคือมุมมองซึ่งแสดงในรูปที่ 3.3-3.5.....	17
3.2	รูปที่ 3.2 แผนที่ภูมิประเทศแสดงลักษณะภูมิประเทศบริเวณทิศเหนือของเขาค้อ (กรมแผนที่ทหาร, พ.ศ. 2549) ดูคำอธิบายในเนื้อหา.....	18
3.3	ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งสำรวจในพื้นที่อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ มุมมองจากตำแหน่งที่ 1 ในรูปที่ 3.1 (mapbox.com).....	19
3.4	ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งสำรวจที่บ้านลำตาเถร มุมมองจากตำแหน่งที่ 2 ในรูปที่ 3.1 (mapbox.com).....	19
3.5	ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งสำรวจวัดซับตะเคียน มุมมองจากตำแหน่งที่ 3 ในรูปที่ 3.1 (mapbox.com).....	20
3.6	แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณตอนกลางของจังหวัดเพชรบูรณ์ (ดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรธรณี, พ.ศ.2552).....	21
3.7	หินโผล่บริเวณตำแหน่งสำรวจวัดซับตะเคียน 1-3) หินโผล่ตอนล่าง 4-5) หินโผล่ตอนบนที่มีกระเปาะหินเชิร์ตแทรก.....	22
3.8	หินโผล่บริเวณตำแหน่งสำรวจบ้านลำตาเถร 1) สภาพภูมิประเทศบริเวณตำแหน่งสำรวจมองไปทางทิศเหนือ 2) หินโผล่หินโดโลไมต์และหินปูนเนื้อโดโลไมต์ตอนล่าง 3) หินโดโลไมต์ 4) หินโผล่ของหินตอนบนบริเวณด้านหลังเสาไฟในรูปที่ 1 5) การผูกพันของหินตอนบน 6) การผูกพันไม่เท่ากันระหว่างหินปูนเนื้อดินและ หินตะกอนเนื้อเม็ดที่แทรกสลับ.....	23

## สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
3.9 หินโผล่บริเวณตำแหน่งสำรวจบ้านวังอ่าง 1) หินโผล่บริเวณทิศใต้ของเนินเขาหินปูน 2) หินปูนแสดงชั้นหนาปานกลาง 3) รอยต่อระหว่างชั้นหินของหินปูนและ หินปูนเนื้อดิน 4) เศษชิ้นส่วนปะการังสกุล <i>Wentzelloides</i> .....	24
3.10 แท่งลำดับชั้นหินของหลุมเจาะที่ศึกษา.....	25
3.11 การจำแนกหินปูนตามแบบของ Dunham (1962) (Flügel, 2010).....	30
4.1 ออสตราคอดยุคเพอร์เมียนจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์: 1) <i>Bairdia songthami</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 2) <i>B. fontainei</i> ตัวอย่าง หมายเลข 19-60, 3) <i>B. lungtonensis</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 4) <i>B. sp.A</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-78, 5) <i>B. sp.B</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 6) <i>B. sp.C</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 7) <i>B. sp.D</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 8) <i>B. sp.E</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-42 สเกลบาร์ขนาด 0.1 มม.....	35
4.2 ออสตราคอดยุคเพอร์เมียนจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์: 1) <i>Bairdia sp.F</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-10, 2) <i>Rectobairdia sp.</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-79, 3) <i>Petasobairdia sp.</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 4) <i>Cryptobairdia sp.</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 5) <i>Bythosypris ? sp.</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-34, 6) <i>Luizhinia sp.</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-34, 7) <i>Microcheilinella sp.A</i> ตัวอย่าง หมายเลข 19-71, 8) <i>M. sp.B</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-76 สเกลบาร์ขนาด 0.1 มม.....	36
4.3 ออสตราคอดยุคเพอร์เมียนจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์: 1) <i>Bairdiacypris sp.A</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-78, 2) <i>B. sp.B</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-78, 3) <i>B. sp.C</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-76, 4) <i>B. sp.D</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-58, 5) <i>Acratia</i> <i>chonglakmanii</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 6) <i>A sp.A</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 7) <i>A sp.B</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 8) <i>A sp.C</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-45 สเกลบาร์ ขนาด 0.1 มม.....	37
4.4 ออสตราคอดยุคเพอร์เมียนจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์: 1) <i>Darwinula sp.</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-15, 2) <i>Sulcella mesopermiana</i> ตัวอย่าง หมายเลข 19-60, 3) <i>Kirkbya. sp.A</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-78, 4) <i>K. sp.B</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-76, 5) <i>Kirkbyidae indet.</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-42, 6) <i>Sargentina phetchabunensis</i>	

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
ตัวอย่างหมายเลข 19-42, 7) <i>Geffenina bungsamphanensis</i> ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 8) <i>Hollinella</i> sp. ตัวอย่างหมายเลข 19-79 สเกลบาร์ขนาด 0.1 มม.....	38
4.5 การกระจายตัวของออสตราคอดตลอดความยาวของแท่งตัวอย่างหินที่ศึกษา.....	39
4.6 ความหลากหลายของออสตราคอดในระดับวงคี่ใหญ่/ระดับวงคี่.....	40
4.7 ความหลากหลายของออสตราคอดในระดับวงคี่ใหญ่/ระดับวงคี่ ตามความลึกของหลุมเจาะ.....	42
4.8 ภาพถ่ายได้กล้องจุลทรรศน์ แสดงลักษณะเนื้อหินปูนที่วางตัวอยู่เหนือถ่านชั้นบน 1-2) wackestone with coated grain แสดงชั้นจุลชีพ (microbial layer) พอรอบเศษชิ้นส่วนแบรคิโอพอด ตัวอย่างที่ 19-13, 3-4) เศษหินและเศษหินภูเขาไฟปะปนในตัวอย่างที่ 19-32, 5-6) bioclastic wackestone ประกอบด้วยชิ้นส่วนของสาหร่ายสีเขียว หอยฝาเดียวขนาดเล็ก และ calcispheres ตัวอย่างที่ 19-44 .....	43
4.9 ภาพถ่ายได้กล้องจุลทรรศน์ แสดงลักษณะเนื้อหินปูนที่วางตัวอยู่ระหว่างถ่านชั้นบนและถ่านชั้นล่าง ยกเว้นภาพที่ 1 เป็นถ่านหินตัวอย่างที่ 19-46, 2-3) bioclastic wackestone หินปูนที่มีปริมาณอินทรีย์สารมาก พบหอยฝาเดียวขนาดเล็ก เปลือกหอย ฟอแรมขนาดเล็ก และ calcispheres ตัวอย่างที่ 19-57, 4-5) แสดงการตกผลึกใหม่ของแร่แคลไซต์โดยกระบวนการกลายเป็นหิน 4) ตัวอย่างที่ 19-75 5) ตัวอย่างที่ 19-80, 6) bioclastic packstone หินปูนที่มีปริมาณอินทรีย์สารมาก พบเศษแบรคิโอพอดแสดงการเรียงตัวของตะกอน ตัวอย่างที่ 19-91 .....	44

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ถ่านหิน (coal) เป็นหนึ่งในทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญของประเทศไทย ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานในประเทศมานาน แม้ว่าจะมีการนำพลังงานรูปแบบอื่นมาใช้ในประเทศเพิ่มขึ้น แต่ถ่านหินที่ผลิตในประเทศไทยยังคงจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมบางประเภท อาทิ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งการใช้ถ่านหินในประเทศได้เปรียบด้านต้นทุนและความมั่นคงมากกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศ

โดยทั่วไปถ่านหินมีต้นกำเนิดจากซากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ ซึ่งสะสมตัวทับถมอยู่ในแอ่งสะสมตะกอนที่มีสภาพแวดล้อมแบบน้ำท่วมขัง มีปริมาณออกซิเจนน้อย และมีกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ต่ำ ส่วนมากเกิดบนแผ่นดิน เช่น บริเวณทะเลสาบน้ำจืด ที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง บริเวณหนองน้ำหรือปลัก ถ่านหินบางแหล่งเกิดจากการสะสมตัวบริเวณตะกอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ที่ได้รับอิทธิพลของระดับน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้เกิดการทับถมของพืชบริเวณปากแม่น้ำและป่าชายเลน จึงมีการสะสมตัวของซากพืชแทรกสลับกับตะกอนทราย ทรายแป้งและดินเหนียว และเมื่อผ่านกระบวนการพัฒนาเป็นถ่านหิน จึงพบว่ามีความสัมพันธ์กับหินทราย หินทรายแป้งและหินโคลน

ปัจจุบันแหล่งถ่านหินในประเทศไทย ทั้งที่กำลังดำเนินกิจกรรมเหมืองแร่และที่คาดว่าจะมีปริมาณสำรองอยู่ กระจายตัวในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศ ส่วนใหญ่เป็นแอ่งตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวของมหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic Era) สมัยอีโอซีน-ไมโอซีน (Eocene-Miocene periods) มีอายุระหว่าง 40-13 ล้านปีก่อน โดยจากการศึกษาทางธรณีวิทยาพบว่า แอ่งเหล่านี้เกิดจากการทรุดตัวของแผ่นเปลือกโลกเนื่องจากแรงทางเทคโทนิค ทำให้เกิดแอ่งสะสมตะกอนบนบก อีกทั้งยังพบซากดึกดำบรรพ์ของใบไม้ ผลไม้ หอย ปลา และสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมหลากหลายชนิด เช่น แอ่งแม่เมาะ จังหวัดลำปาง แอ่งลี้ จังหวัดลำพูน แอ่งเชียงม่วน จังหวัดพะเยา เป็นต้น แต่จากการศึกษาแอ่งกระบี่ จังหวัดกระบี่ พบว่าแหล่งถ่านหินนี้เกิดจากการสะสมตัวบริเวณใกล้ชายฝั่ง และมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำทะเลที่ท่วมสูงขึ้น ทั้งนี้ การศึกษาสภาพแวดล้อมของการทับถมของตะกอนในแอ่งสะสมถ่านหิน ต้องอาศัยลักษณะตะกอนวิทยาพร้อมกับข้อมูลซากดึกดำบรรพ์ในการวิเคราะห์

ในภาคกลาง มีการสำรวจพบถ่านหินในแอ่งวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมีอายุประมาณ 28-23 ล้านปีก่อน (ตอนปลายของสมัยอีโอซีน) ลักษณะตะกอนเป็นการสะสมตัวของตะกอนบนที่ราบลุ่มแม่น้ำและทะเลสาบ เช่นเดียวกับแอ่งในภาคเหนือ แต่ในอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าการสะสมตัวของถ่านหินแทรกสลับอยู่กับหินปูนและหินดินดานยุคเพอร์เมียน (298-270 ล้านปีก่อน) ซึ่งบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมของการเกิดในทะเล โดยลักษณะเช่นนี้ไม่เหมือนแหล่งอื่นที่พบในประเทศ และปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาสภาพแวดล้อมของการเกิดถ่านหินจากแหล่งนี้ในรายละเอียด การศึกษาสภาพแวดล้อมของการ

เกิดและสะสมตัวของถ่านหิน จะช่วยให้เข้าใจคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านหิน สามารถใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแหล่งทรัพยากรถ่านหินของจังหวัดเพชรบูรณ์

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1) จำแนกชนิดออสตราคอด (ostracods) ซึ่งพบในหินปูนที่เกิดร่วมกับถ่านหินยุคเพอร์เมียน จากพื้นที่ศึกษาอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
- 2) ศึกษาสัณฐานวิทยาของหินปูนที่เกิดร่วมกับถ่านหินยุคเพอร์เมียน จากพื้นที่ศึกษาอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
- 3) ศึกษาสภาพแวดล้อมของการทับถมหินปูนและถ่านหินยุคเพอร์เมียน โดยอาศัยข้อมูลด้านสัณฐานวิทยาและกลุ่มซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอด

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) จำแนกซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดจากลักษณะของเปลือก
- 2) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของหิน ได้แก่ สี เนื้อหิน ขนาดเม็ดตะกอนและองค์ประกอบของตัวอย่างหินปูน และเลือกตัดแผ่นหินบางเพื่อศึกษาลักษณะจุลภาคของตัวอย่างที่สนใจ
- 3) หาอายุของหินปูนจากการเปรียบเทียบซากดึกดำบรรพ์
- 4) แปลความหมายสภาพแวดล้อมของการทับถมหินปูนและถ่านหิน จากกลุ่มซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดและลักษณะเนื้อหิน

## 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1** การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทำโดยศึกษาค้นคว้าจากวารสารวิชาการ รายงานการสำรวจและสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยจัดแบ่งออกเป็น 3 ประเด็น ประกอบด้วย

- 1) ธรณีวิทยาของพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ การจัดแบ่งหมวดหิน การลำดับชั้นหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยาและซากดึกดำบรรพ์ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษาและใกล้เคียง
- 2) การเกิดและการสะสมตัวของถ่านหินโดยทั่วไป และถ่านหินยุคเพอร์เมียน
- 3) ออสตราคอดยุคเพอร์เมียน การค้นพบ การจำแนกและความสัมพันธ์ของซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดกับสภาพแวดล้อมบรรพกาล

ทุกประเด็นจะนำมาศึกษาหาข้อสรุปเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัย และรวบรวมเป็น  
บรรณานุกรม

### ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจและเก็บข้อมูลในภาคสนาม

การสำรวจพื้นที่ศึกษาและเก็บข้อมูลภาคสนาม ประกอบด้วย การสำรวจพื้นที่บริเวณ อำเภอ  
หนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อหาตำแหน่งที่มีหินโผล่ของถ่านหิน เก็บข้อมูลชนิดหิน ลักษณะทางตะกอน  
วิทยา โครงสร้างทางธรณีวิทยา การลำดับชั้นหิน และเก็บตัวอย่างหินปูน รวมถึงการตรวจสอบแท่งหินจาก  
หลุมเจาะสำรวจถ่านหิน

### ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างหินที่เก็บมาจากการสำรวจขั้นต้นจะนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1) ศึกษาลักษณะเนื้อหินและองค์ประกอบ บันทึกลักษณะหิน (rock description)  
คัดเลือกตัวอย่างที่สนใจเพื่อเตรียมแผ่นหินบาง เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของชุด  
ลักษณะกับกลุ่มซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอด

2) แยกซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอด ออกจากหินตัวอย่างหินปูน ด้วยเทคนิคฮ็อทอะซิ  
โตไลซิส (Hot Acetolysis)

3) เศษหินตัวอย่างที่ได้จากกระบวนการแยกซากดึกดำบรรพ์ด้วยกรดอะซิติกจากข้อ 2  
จะถูกศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereomicroscope) และใช้เข็มหยิบซากดึกดำบรรพ์ออกมาเก็บ  
ไว้ เพื่อนำไปเตรียมถ่ายภาพโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron  
Microscope, SEM)

### ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผล

ภาพถ่ายออสตราคอดจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะถูกนำมาจำแนกชนิด  
เพื่อวิเคราะห์กลุ่มซากดึกดำบรรพ์และความหลากหลายของออสตราคอด จากนั้น จึงสามารถวิเคราะห์  
ผลได้ 3 ส่วน คือ

- 1) การจำแนกออสตราคอด ตามหลักเกณฑ์สากล
- 2) สภาพนิเวศวิทยาของออสตราคอดที่พบในตัวอย่างหิน โดยเปรียบเทียบความ  
หลากหลายของออสตราคอดในระดับวงศ์ใหญ่และระดับวงศ์
- 3) การศึกษาสภาพแวดล้อมของการทับถมหินปูนและถ่านหิน

### ขั้นตอนที่ 5 การสรุปผลและเขียนรายงาน

แนวคิด ขั้นตอนโดยละเอียด การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด และข้อสรุปจะ  
นำเสนอโดยละเอียดในรายงานฉบับสมบูรณ์ เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ

### ขั้นตอนที่ 6 การถ่ายทอดองค์ความรู้

ได้แก่ การนำเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ หรือตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติเพื่อเผยแพร่ความรู้ในวงกว้าง

### 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ข้อมูลซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอด เป็นเครื่องมือเพื่อแปลความหมายสภาพแวดล้อมของการทับถมถ่านหิน ซึ่งยังไม่เคยทำมาก่อนในประเทศไทย และเป็นหลักฐานของแบบจำลองการเกิดถ่านหินยุคเพอร์เมียน ที่มีสภาพแวดล้อมทะเลตื้น-ชายฝั่งทะเล เพื่อใช้ในการประเมินศักยภาพทรัพยากรถ่านหินและปิโตรเลียม

### 1.6 เนื้อหาในรายงานวิจัย

เนื้อหาในรายงานวิจัยฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของโครงการวิจัย วิธีการดำเนินการวิจัย และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึง การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีการศึกษา กล่าวถึง การสำรวจและเก็บข้อมูลในภาคสนาม และการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล กล่าวถึง การจำแนกออสตราคอด การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการทับถมตะกอนจากกลุ่มออสตราคอด และการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหิน

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา กล่าวถึง 1) ธรณีวิทยาบริเวณใกล้เคียงแหล่งถ่านหินอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ และ 2) ลำดับชั้นหิน สภาพแวดล้อมการทับถมของหินปูนและอายุของถ่านหิน

## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้อาศัยองค์ความรู้เกี่ยวกับถ่านหินและทรัพยากรถ่านหินของจังหวัดเพชรบูรณ์ การลำดับชั้นหินยุคเพอร์เมียนบริเวณพื้นที่ศึกษา การจำแนกหินปูน การจำแนกซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลจากบทความวิชาการ หนังสือและเอกสารเผยแพร่ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กล่าวข้างต้น และสรุปไว้ดังนี้

#### 2.1 ถ่านหินและทรัพยากรถ่านหินของจังหวัดเพชรบูรณ์

##### 1) การเกิดและการปรากฏของถ่านหิน

ถ่านหิน (coal) เกิดจากการสะสมตัวของซากพืชรวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ภายใต้สภาวะแวดล้อมแบบน้ำท่วมขัง มีปริมาณออกซิเจนน้อย มีอัตราการย่อยสลายของจุลชีพต่ำ และเมื่ออุณหภูมิและความดันเพิ่มสูงขึ้นจะเกิดกระบวนการทางเคมีซึ่งทำให้ซากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นพัฒนาเป็นพีต (peat) และเป็นถ่านหินในลำดับต่อมา จากการทบทวนข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของพีตและถ่านหิน (เช่น Diessel, 1992; McCabe, 2016; Dai et al., 2020) พบว่า การสะสมตัวของพีตประกอบด้วยหลายปัจจัย อาทิ ชนิดของซากชีวมวล สภาพแวดล้อมที่ปราศจากการย่อยสลายของจุลชีพ กระบวนการทางธรณีวิทยาที่ทำให้เกิดแอ่งสะสมตะกอน การพัดพาตะกอนเข้าสู่แอ่ง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ทั้งนี้ระบบนิเวศที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการเกิดถ่านหินคือ พื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland) ซึ่งมีคำจำกัดความว่า ที่ลุ่ม ที่ราบลุ่ม ที่ขึ้นแฉะ พรุ แหล่งน้ำ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ทั้งที่มีน้ำขัง หรือน้ำท่วมอยู่ถาวรและชั่วคราว ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำนิ่ง และน้ำไหล ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม รวมไปถึงชายฝั่งทะเล และที่ในทะเลในบริเวณซึ่งเมื่อน้ำลดลงต่ำสุด มีความลึกของระดับน้ำไม่เกิน 6 เมตร (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, พ.ศ. 2557). โดยแหล่งถ่านหินที่พบทั่วโลกส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับตะกอนที่ทับถมบนแผ่นดิน เช่น เนินตะกอนรูปพัดบริเวณเชิงเขา แอ่งทับถมบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง ทะเลสาบน้ำจืด เป็นต้น บางส่วนมีความสัมพันธ์กับตะกอนที่สะสมตัวบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นดินกับทะเล อาทิ ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ที่ราบตามแนวชายฝั่ง เขตป่าชายเลน ทะเลสาบน้ำเค็มที่เกิดจากสันทรายกั้น ถ่านหินที่พบในแต่ละแหล่งจึงมีลักษณะแตกต่างกัน ทั้งทางด้านองค์ประกอบของถ่านและการลำดับชั้นหินหรือชั้นตะกอนที่เกิดร่วม (รูปที่ 2.1)

การสะสมตัวของถ่านหินเริ่มตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียน จากการค้นพบถ่านหินสาหร่าย (algal coals) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่ลอยบนผิวน้ำ แต่ถ่านหินที่มาจากพืชบกที่เก่าแก่ที่สุดพบในยุคดีโวเนียน





รูปที่ 2.1 สภาพแวดล้อมของการทับถมตะกอนและถ่านหิน (Dai et al., 2020)

ตอนต้น (แคนาดา) ยุคทีโวเนียนตอนกลาง (ไซบีเรีย คาซัคสถาน จีน สหรัฐอเมริกา) ยุคทีโวเนียนตอนปลาย (สหรัฐอเมริกา) ต่อมาพบแหล่งถ่านหินชั้นหนาที่ประกอบด้วยซากต้นไม้ขนาดใหญ่จำนวนมาก ตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (แคนาดา สหรัฐอเมริกา) ยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย (สามารถแบ่งเป็นเขต Euramerican, Cathaysian, Gondwana) และในยุคเพอร์เมียน มีแหล่งถ่านหินเกิดขึ้นมากเนื่องจากการละลายของน้ำแข็งที่ปกคลุมซีกโลกใต้ และการแยกตัวของแผ่นเปลือกโลก สามารถแบ่งเขตถ่านหินตามกลุ่มของพืชออกเป็น 1) Gondwanan (South America, Africa, Australia, India และ Antarctica) 2) Euramerican (North America, Europe, และกลุ่มประเทศโซเวียตเดิม) 3) Cathaysian (China และพื้นที่ข้างเคียง) 4) Angaran (Mongolia และ Siberia). โดยกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่พบเป็นต้นกำเนิดถ่านหินมหายุคพาลีโอโซอิก ตัวอย่างเช่น brown algae, chlorophytes and charophytes, *Calamites*, ferns (*Sigillaria*), lycopod trees (*Lepidodendron*), Pteridosperm sphenopsid, herbaceous stunted lycopods (Horne et al., 1978; Flint et al., 1995; McCabe, 2016; Dai et al., 2020)

ต่อมาในมหายุคมีโซโซอิก พบว่าหลังจากเหตุการณ์การสูญพันธุ์ครั้งใหญ่ปลายยุคเพอร์เมียน-ต้นยุคไทรแอสซิก (Permo-Triassic Extinction Event: PTEE) และการแตกออกของแผ่นเปลือกโลกพันเจีย (Pangea) มีช่วงเวลาที่ไม้พบการสะสมตัวของถ่านหินในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนต้น ซึ่งเรียกว่า Coal gap แต่พบถ่านหินของยุคไทรแอสซิกตอนกลางและตอนปลาย ที่ประกอบด้วยกลุ่มพืชที่ผ่าน PTEE (broadleaf gymnosperms) และพืชที่มีวิวัฒนาการมากกว่ายุคเพอร์เมียน ทั้งนี้สามารถแบ่งเป็นเขตกว้าง ๆ คือ Gondwana และ Laurasia จากนั้นในยุคจูแรสซิกซึ่งมีหลักฐานว่าโลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปัจจุบัน 5-10 องศาเซลเซียส พบการสะสมตัวของถ่านหินในเขตชั้นระหว่างละติจูด 30-60 องศาเหนือและใต้ ที่ค้นด้วยเขตศูนย์สูตรที่แห้งแล้ง กลุ่มพืชแบ่งออกเป็น 2 เขตหลักคือ Northern Hemisphere และ Southern Hemisphere โดยเปลี่ยนจากกลุ่มพืชในที่ชุ่มน้ำ ไปเป็นสังคมพืชริมฝั่งแม่น้ำและริมทะเลสาบ ต่อเนื่องมาในยุคครีเทเชียส ที่กลุ่มพืชมีความคล้ายคลึงกับพืชปัจจุบันมากขึ้น ตัวอย่างพืชที่เป็นองค์ประกอบของถ่านหิน อาทิ reeds (*Gleichenia*), herbaceous lycopods, peltasperms and corystosperms lycopsids, equisetaleans, leptosporangiate ferns, shrub and tree fern (*Cyathea*), Podocarps Arucarians, Nothofagus, Proteaceae ในมหายุคซีโนโซอิก ในยุคพาลีโอจีนและยุคนีโอจีนมีการสะสมตัวของถ่านหินในหลายบริเวณของโลก (แคนาดา สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย นิวซีแลนด์ อเมริกาใต้) โดยพืชส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม gymnosperm และต่อมาในช่วงปลายยุคพาลีโอซีน พืชกลุ่ม angiosperm มีความคล้ายคลึงกับการกระจายตัวของพืชในปัจจุบัน มีการทับถมเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมหลากหลาย (Thomas, 2013; Dai et al., 2020 และบทความต่าง ๆ ที่อ้างถึง)

กระบวนการเปลี่ยนพืชเป็นถ่านหินเรียกว่า coalification เป็นผลมาจากการทับถมของพืช ภายใต้ความร้อนและความดันที่เกิดขึ้นในแอ่งสะสมตะกอน กระบวนการนี้ต้องอาศัยระยะเวลาซึ่งทำให้พืชเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในพืชจะกลายเป็นสารถ่าน (maceral) และบ่มจนถึงระดับอินทรีย์สารสมบูรณ์ (organic maturity) และเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพ ดังนั้น coalification จึงถูกใช้เป็นเกณฑ์แบ่งระดับของถ่านหิน (Rank of coal) จากระดับต่ำสุดไปสูงสุด คือ พืช ถ่านหินสีน้ำตาลหรือลิกไนต์ (brown coal or lignite) ถ่านหินซับบิทูมินัส (sub-bituminous coal) บิทูมินัสหรือถ่านหินแข็ง (bituminous or hard coal) และแอนทราไซต์ (anthracite) โดยปริมาณคาร์บอนจะเพิ่มขึ้นจากประมาณร้อยละ 60 ในพืช เป็นมากกว่าร้อยละ 90 ในแอนทราไซต์ ในทางกลับกัน ปริมาณสารระเหยลดลงจากมากกว่าร้อยละ 60 ในพืช เป็นน้อยกว่าร้อยละ 10 ในแอนทราไซต์ (Voncken, 2020)

คุณสมบัติของถ่านหินเป็นผลมาจากชนิดของชีวมวล ประกอบกับกระบวนการ coalification ที่เกิดขึ้นในแต่ละแอ่งตะกอน การศึกษาต้นกำเนิดของถ่านหินอาจทำได้โดยอาศัยหลักฐานและเทคนิคที่หลากหลาย อาทิ การศึกษาพืชองค์ประกอบจากตัวอย่างพืชโบราณ (paleobotany) การศึกษาละอองเรณู (palynology) ศีลาวิทยาอินทรีย์สาร (organic petrology)

ธรณีเคมีอินทรีย์ (organic geochemistry) การวิเคราะห์แร่และธาตุ (mineral and element analysis) การวิเคราะห์การแปรสภาพของถ่านหิน (coal metamorphism) (Vassilev et al., 2010a; b; Dai et al., 2020) แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาสภาพแวดล้อมของการสะสมตัว ตำแหน่งทางเทคโนโลยีและ/หรือ สภาพภูมิอากาศโบราณ จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลด้านตะกอนวิทยา ซากดึกดำบรรพ์ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องนำมาวิเคราะห์ด้วย (Moore and Shearer, 2003)

## 2) ถ่านหินยุคเพอร์เมียน

ยุคเพอร์เมียนนับเป็นยุคที่มีพืชวิวัฒนาการต่อเนื่องมาจากยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย จึงทำให้มีแหล่งถ่านหินจำนวนมากกระจายตัวอยู่หลายพื้นที่ทั่วโลก Misra and Singh (1990) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและชีวภาพของแท่งตัวอย่างถ่านหินยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากแหล่ง Singrauli coalfield ประเทศอินเดีย พบว่าถ่านหินมีสารถ่านชนิด vitrinite และ inertinite บ่งชี้ว่าต้นกำเนิดของถ่านหินเป็นพืชบก เรณูวิถียราระบุพืชกลุ่ม Glossopteridophyta arthropytes และ fern เป็นต้นกำเนิดของถ่านหินในแหล่งนี้ และมีสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวบนบก ระหว่างสองฝั่งของแม่น้ำและทะเลสาบน้ำจืด ในเขตอบอุ่นและชื้น

บนทวีปออสเตรเลีย มีการสะสมตัวของถ่านหินยุคเพอร์เมียนตอนปลายในช่วงที่แผ่นดินกอนด์วานา (Gondwana) ถูกปกคลุมด้วยธารน้ำแข็ง ภายใต้สภาพอากาศหนาว สลับกับช่วงเวลาที่น้ำแข็งละลายตามฤดูกาล ทำให้เกิดสภาวะน้ำขังในแผ่นดิน ประกอบกับอัตราการกร่อนและพัดพาสูง การสะสมตัวของถ่านหินจึงสัมพันธ์กับหินทรายของระบบทางน้ำ ร่องน้ำ และทะเลสาบน้ำจืด (Fielding et al., 1993) บางบริเวณพบการสะสมตัวสัมพันธ์กับหินตะกอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ สลับกับหินตะกอนทะเลตื้นและตะกอนทางน้ำ แสดงการเพิ่มและลดของระดับน้ำทะเล และเกิดร่วมกับตะกอนภูเขาไฟ (Michaelsen and Henderson, 2000)

บนทวีปแอฟริกาใต้มีแหล่งถ่านหินยุคเพอร์เมียนในหลายประเทศ อาทิ มาลาวี นามิเบีย แทนซาเนีย แซมเบียและซิมบับเว ถ่านหินมีการสะสมตัวสองช่วงยุคคือ เพอร์เมียนตอนต้น (Artinskian-Kungurian) และเพอร์เมียนตอนปลาย (Ufimian-Kazanian) ซึ่งทั้งสองช่วงยุคพบร่วมกับลำดับชั้นหิน เช่น หินโคลน หินทราย ซึ่งสะสมตัวแอ่งตะกอนบนแผ่นดิน มีสภาพแวดล้อมแบบทางน้ำ ผิวดิน ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ชายฝั่งแคบ ๆ และทะเลสาบน้ำจืด (Cairncross, 2001)

Holz and Kalkreuth (2004) ศึกษาการลำดับชั้นหินและศิลาวิทยาของถ่านหินยุคเพอร์เมียนตอนต้นจาก Rio Bonito Formation จากแอ่งสะสมตะกอน Paraná ประเทศบราซิล พบว่าถ่านหินเกิดสลับกับหินทราย หินกรวดมนและหินโคลน มีการสะสมตัวบริเวณเนินตะกอนรูปพัด ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ทะเลสาบน้ำกร่อยและมีสันทรายกั้น ถ่านหินมีความสัมพันธ์กับพืชในแอ่งน้ำขังและซากทะเลบริเวณปากแม่น้ำ

ในทวีปเอเชีย ถ่านหินยุคเพอร์เมียนตอนปลาย (Lopongian) จากแหล่งทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีนพบว่าการสะสมตัวบนแผ่นดิน สัมพันธ์กับทางน้ำประสานสาย ทางน้ำประสานสาย

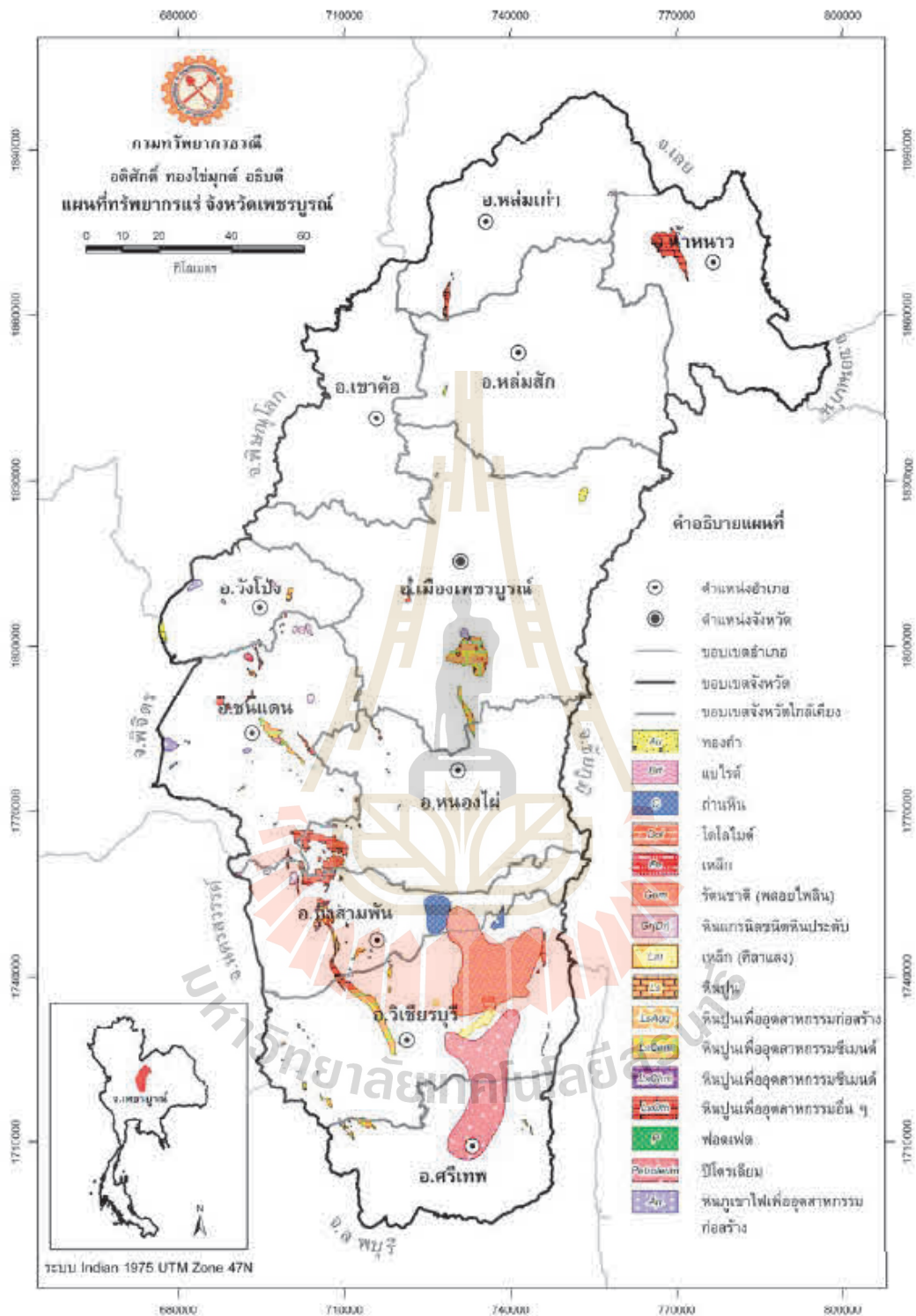
บนดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ที่ราบน้ำท่วมถึง ที่ราบน้ำขึ้นถึง และบางส่วนเกิดในทะเลตื้น (Shao et al., 2003a; 2003b; Wang et al., 2011)

### 3) ทรัพยากรถ่านหินในจังหวัดเพชรบูรณ์

แหล่งถ่านหินที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดในมหายุคซีโนโซอิก โดยทับถมอยู่ในแอ่งตะกอนแบบกึ่งกรabenที่มีอายุช่วง 16-12 ล้านปีก่อน และกระจายตัวบริเวณภาคเหนือ ภาคใต้ อ่าวไทยและอันดามัน เช่น แอ่งกระบี่ แอ่งหนองหญ้าปล้อง แอ่งแม่เมาะ แอ่งแม่ทาน แอ่งเชียงใหม่ แอ่งงาว แอ่งวังเหนือ แอ่งเวียงแหง แอ่งแม่ระมาด แม่ละเมา เป็นต้น ส่วนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เคยมีการทำเหมืองถ่านหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ในแอ่งน้ำดวง จังหวัดเลย และแอ่งนากลาง จังหวัดอุดรธานี แต่ในปัจจุบันได้ยุติกิจการไปแล้ว (Ratanasthien, 2011; Ratanasthien et al., 1999; 2011 Peterson and Ratanasthien, 2011; DMR, 2014)

กรมทรัพยากรธรณี (พ.ศ.2552) กล่าวถึงทรัพยากรถ่านหินในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ ไว้ว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2542 มีการดำเนินโครงการสำรวจและประเมินศักยภาพถ่านหิน ในบริเวณแอ่งวิเชียรบุรีซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัด (รูปที่ 2.2) พบถ่านหินโผล่บริเวณบ้านห้วยน้ำเตือด ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแอ่ง ชั้นถ่านหินเกิดสลับกับหินโคลนและหินดินดาน พบซากดึกดำบรรพ์หอยฝาเดียว สกุล *Viviparous* และจากการเจาะสำรวจ 16 หลุม พบถ่านหินชั้นบางมาก ถึงมีลักษณะเป็นเลนส์ และพบเป็นชั้นหนาประมาณ 0.05-2.85 เมตร จำนวน 3 หลุม ที่ระดับความลึก 206-240 เมตร ในบริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ของแอ่ง จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ถ่านหินมีค่าความร้อน 1,115-4,027 แคลลอรี่ต่อกรัม จัดอยู่ในกลุ่มซับบิทูมินัสซี (Sub-bituminus C)

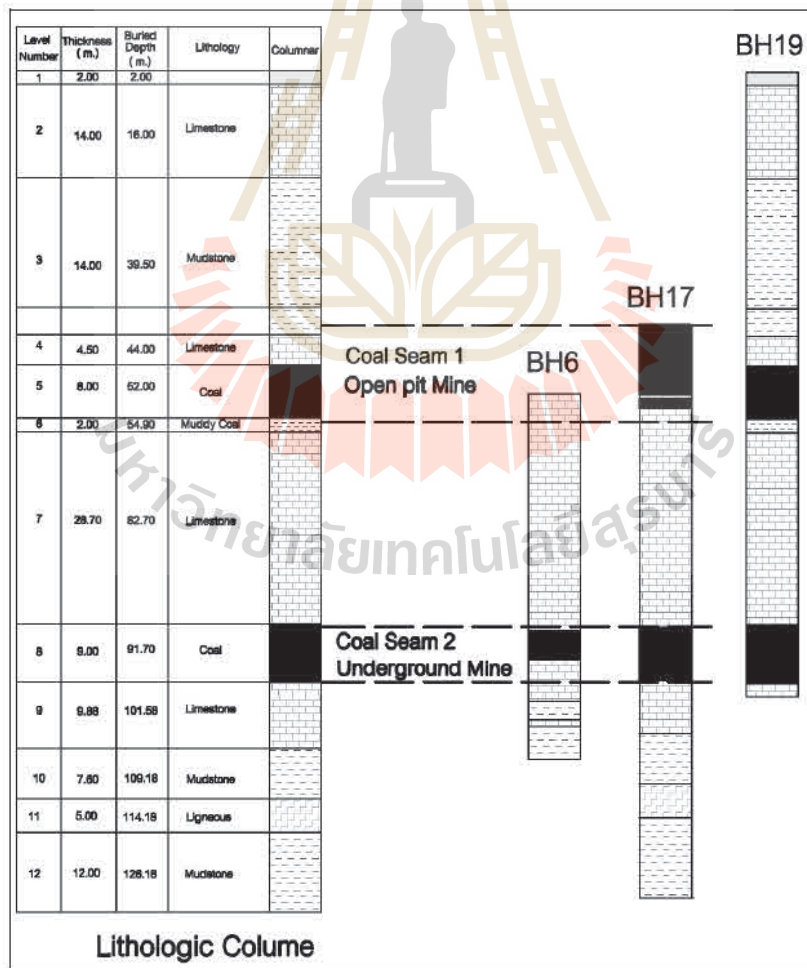
กรมทรัพยากรธรณี (พ.ศ.2552) ได้กล่าวถึงรายงานของ ทินกร สุณีย์ (พ.ศ. 2542) เกี่ยวกับผลการสำรวจถ่านหินในแอ่งบึงสามพัน ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยระบุว่าแอ่งบึงสามพันอยู่ระหว่าง เทือกเขาด้านตะวันออกเฉียงซึ่งเป็นหินตะกอนยุคเพอร์เมียน กลุ่มหินสระบุรี และเนินเขาด้านตะวันตก ซึ่งเป็นหินภูเขาไฟชนิดบะซอลติกแอนดีไซต์ (basaltic andesite) ของยุคเพอร์โม-ไทรแอสซิก (รูปที่ 2.2) และมีหินบะซอลต์ยุคควอเตอร์นารีปิดทับบนหินยุคเทอร์เชียรี ภายในแอ่งประกอบด้วยหินโคลน หินดินดานและชั้นถ่านหิน การสะสมตัวของถ่านหินเป็นชั้นหนาและพบที่ระดับตื้น 2 แหล่ง คือ 1) แหล่งถ่านหินบ้านโคกกรวด พบถ่านหิน 3 ชั้น ถ่านหินมีคุณภาพไม่ดีนัก มีขี้เถ้า (ash) และกำมะถันมาก ให้ค่าความร้อน 2,090-4,282 แคลลอรี่ต่อกรัม จัดเป็นลิกไนต์ เอ (Lignite A) ถึงซับบิทูมินัส เอ (Sub-bituminous A) มีปริมาณสำรอง 6.15 ล้านตัน 2) แหล่งถ่านหินบ้านน้ำเตือด พบถ่านหินชั้นเดียว ถ่านหินมีขี้เถ้า (ash) และกำมะถัน ให้ค่าความร้อน 2,367-3,053 แคลลอรี่ต่อกรัม จัดเป็นลิกไนต์ เอ (Lignite A) ถึงซับบิทูมินัสซี (Sub-bituminous C) มีปริมาณสำรองประมาณ 0.70 ล้านตัน



รูปที่ 2.2 แผนที่ทรัพยากรแร่จังหวัดเพชรบูรณ์ (กรมทรัพยากรธรณี, พ.ศ. 2552)

สมชาย ทรัพย์ปริญญาพร และ คณิต ประสทธิการกุล (พ.ศ. 2549) และ อุดลย์ ใจตาบุญ (พ.ศ. 2554) ได้กล่าวถึงการสำรวจถ่านหินบริเวณตำบลนาเฉลียง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศระหว่าง 5241III ไว้ว่าที่พิกัดประมาณ 721700 ตะวันออก 1773620 เหนือ พบชั้นถ่านหินลิกไนต์ มีความหนาประมาณ 10-50 เซนติเมตร มีการวางตัวประมาณ 300, 35°NE แต่ยังไม่มีการสำรวจในรายละเอียด

Choochang (2013) ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์และออกแบบการทำเหมืองใต้ดิน ในแหล่งถ่านหินเพชรบูรณ์ บริเวณบ้านลำตาเถร อำเภอหนองไผ่ ซึ่งจากรายงานการสำรวจธรณีวิทยาชั้นรายละเอียดของพื้นที่โครงการ (บริษัทปูนซีเมนต์ไทยนครหลวง, ไม่เผยแพร่) ระบุว่าชั้นถ่านหินสองชั้น เกิดสลับกับหินปูนและหินโคลนยุคเพอร์เมียนตอนต้น ของกลุ่มหินสระบุรี โดยถ่านหินที่โผล่บริเวณผิวดินมีความหนาประมาณ 10-30 เซนติเมตร และส่วนที่อยู่ใต้ดินอาจหนาถึง 50 เซนติเมตร (รูปที่ 2.3) ชั้นถ่านหินมีการวางตัวประมาณ 258, 50°N และจากการประเมินข้อมูลหลุมเจาะ คาดว่ามีปริมาณสำรองประมาณ 1.77 ล้านตันที่ระดับความลึก 50 เมตร



รูปที่ 2.3 ลำดับชั้นหินจากหลุมเจาะสำรวจถ่านหิน (Choochang, 2013)

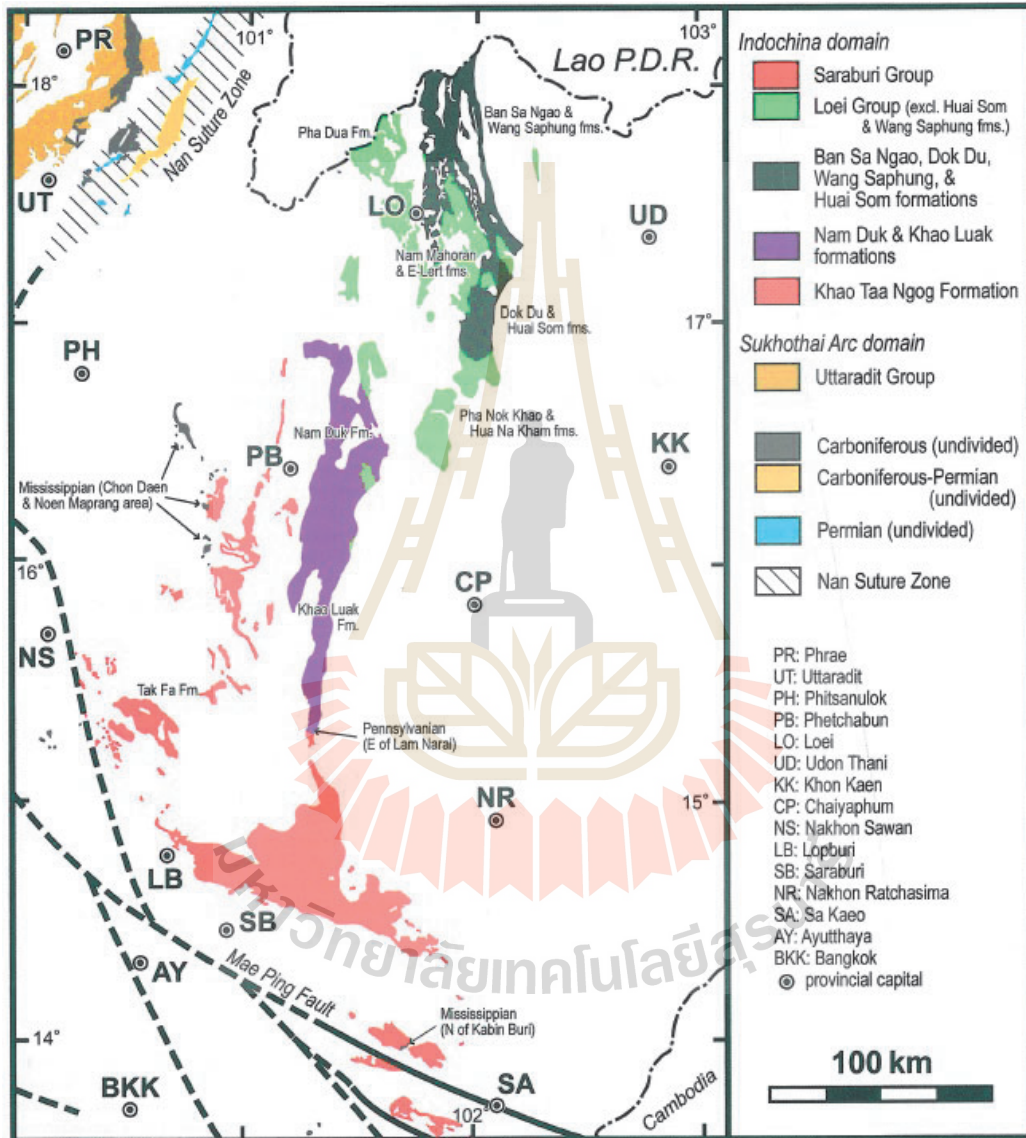
อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีการนำถ่านหินจากแหล่งดังกล่าวข้างต้น มาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

## 2.2 หินยุคเพอร์เมียนในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

ในประเทศไทยมีหินตะกอนยุคเพอร์เมียนโผล่ให้เห็นเกือบทุกภาคของประเทศ แต่ยกเว้นบริเวณที่ราบสูงโคราช (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นหินคาร์บอนेट ได้แก่ หินปูนและหินปูนโดโลไมต์ บางส่วนเป็นหินตะกอนเนื้อเม็ดและหินตะกอนภูเขาไฟ ทั้งนี้ หินปูนมักโผล่เป็นเนินเขาและภูเขา ที่แสดงลักษณะภูมิประเทศแบบคาสต์ (karst) การสำรวจหินยุคเพอร์เมียนครั้งแรกเริ่มบริเวณภาคตะวันตกของประเทศ และหินถูกตั้งชื่อเป็นครั้งแรกว่ากลุ่มหินราชบุรี (Ratburi Group) (Javanaphet, 1969) ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นหินปูนหนา จึงถูกเรียกว่าหินปูนราชบุรี และนิยมเรียกหินปูนยุคเพอร์เมียนที่พบในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศว่าหินปูนราชบุรีด้วย ต่อมาเมื่อมีการสำรวจธรณีวิทยาเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ทั่วประเทศ (Chareonprawat and Wongwanich, 1976; Nakomsri 1977; 1981; Chonglakmani and Sattayalak 1979; Bunopas, 1981; 1992; Hinthong, 1981; Hinthong *et al.*, 1985) พบว่าหินยุคเพอร์เมียนในแต่ละภูมิภาคมีลักษณะหินและการลำดับชั้นหินแตกต่างกัน จึงมีการจัดแบ่งออกเป็นอีกหลายหมวดหินและกลุ่มหิน (DMR, 1992; 2013; กรมทรัพยากรธรณี, 2550; Ueno and Charoentitirat, 2011)

Ueno and Charoentitirat (2011) วิเคราะห์ลักษณะและการลำดับชั้นหินช่วงปลายมหายุคพาลีโอโซอิกของประเทศไทย ได้แบ่งขอบเขตธรณีวิทยาแปรสัณฐานในช่วงเวลานี้ออกเป็นสามหน่วยจากตะวันตกไปตะวันออก ได้แก่ Sibumasu Block, Sukhothai Zone และ Indochina Block โดยหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสและเพอร์เมียนของแต่ละขอบเขตธรณีวิทยาแปรสัณฐานมีลักษณะหิน การลำดับชั้นหิน ซากดึกดำบรรพ์ สภาพแวดล้อมของการสะสมตัวและสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ได้แบ่งกลุ่มลักษณะตะกอนออกเป็น 5 กลุ่ม (five tectono-sedimentary domains) ได้แก่ Sibumasu, Paleotethyan, Sukhothai Arc, Nan Back-arc Basin และ Indochina domains ทั้งนี้ หินยุคเพอร์เมียนที่โผล่บริเวณภาคกลางและขอบด้านตะวันตกของที่ราบสูงโคราช จัดอยู่ในกลุ่ม Indochina domain โดยประกอบด้วยหินปูน หินดินดานและหินทราย ที่ทับถมในทะเล ภายใต้สภาพแวดล้อมย่อยที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยมีความเห็นสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wielchowsky and Young (1985) ซึ่งแบ่งสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้นและตอนกลางของพื้นที่นี้ออกเป็นสามส่วน คือ ลานเขาขวาง (Khao Khwang Platform) ทางด้านตะวันตก ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่จังหวัดสระบุรี ลพบุรี นครสวรรค์และเพชรบูรณ์ หินส่วนใหญ่ที่พบเป็นหินปูนที่แสดงชั้นถึงชั้นหนามาก หินดินดานและหินทราย ลานผานกเค้า (Pha Nok Khao Platform) ทางด้านตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเลย ขอนแก่นและเพชรบูรณ์ หินที่พบเป็นหินปูนที่แสดงชั้นถึงชั้นหนามาก หินดินดานและหินทรายที่บ่งบอกถึงการสะสมตัวในเขตทะเลตื้น และพื้นที่บริเวณรอยต่อระหว่าง

ชายฝั่งและทะเล (siliciclastic marginal marine) ระหว่างลานทั้งสองมีแอ่งน้ำตื้น (Nam Duk Basin) ที่ประกอบด้วย หินดินดาน หินทราย หินปูนชั้นบาง แสดงลักษณะการสะสมตัวในบริเวณน้ำลึกกว่า (siliciclastic basin sediment) คั่นอยู่ตรงกลาง ครอบคลุมพื้นที่เป็นแนวยาวประมาณเหนือ-ใต้ จาก จังหวัด เลย เพชรบูรณ์ ลพบุรีถึงสระบุรี (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.4 การกระจายตัวของหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสและเพอร์เมียนใน Indochina Domain (Ueno and Charoentitirat, 2011)

Nakornsri (1976, 1981) สำรวจธรณีวิทยาพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ดังปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 250,000 ราวาง ND47-4 ราวางบ้านหมี่ และตั้งชื่อหินคาร์บอนตยุคเพอร์เมียน



ที่โผล่ให้เห็นในเขตจังหวัดนครสวรรค์ ลพบุรีและเพชรบูรณ์ว่าหมวดหินตากฟ้า (Tak Fa Formation) ซึ่งมีลักษณะ เป็นหินปูนแสดงชั้นดี หินปูนมักเป็นเนื้อดิน บางบริเวณเป็นหินปูนโดโลมิติกและหินโดโลไมต์ มีชั้นหินดินดานและหินทรายแป้งแทรกสลับในชั้นหินปูน มักมีกระเปาะหินเชิร์ตฝังอยู่ทั่วไป

ต่อมา มีการสำรวจและค้นพบซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด จากหินของหมวดหินตากฟ้า ได้แก่ ฟิวซูลินิด ปะการัง โคนดอนด์ แบรคิโอพอด ไบรโอซัว สหรัย หอยฝาเดียวและออสตราคอด (อาทิ Dawson and Racey, 1993; Chonglakmani and Fontaine, 2000; Fontaine *et al.*, 2009; Metclafe and Sone, 2008; Chitnarin *et al.*, 2008; 2011; 2012; 2017; Sone *et al.*, 2009; Udchachon *et al.*, 2014; Ketwetsuriya *et al.*, 2016) ทั้งนี้ พบฟิวซูลินิดอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย (late Gzhelian) ถึงช่วงปลายของเพอร์เมียนตอนกลาง (late Murgabian or early Midian) กล่าวได้ว่า หมวดหินตากฟ้ามีการสะสมตัวตั้งแต่ปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัส ต่อเนื่องถึงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง และหมวดหินตากฟ้าสามารถเทียบสัมพันธ์ได้กับทุกหมวดหินของกลุ่มหินสระบุรีที่โผล่ในพื้นที่จังหวัดสระบุรีและนครราชสีมา (Ueno and Chareontitirat, 2011)

### 2.3 ออสตราคอดยุคเพอร์เมียนและการแปลความหมายสภาพแวดล้อมบรรพกาล

ออสตราคอด (ostracod) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (0.15-2.0 มิลลิเมตร) ในไฟลัมอาร์โทรพอด (Arthropoda) มีส่วนหัวและส่วนลำตัวเชื่อมติดกัน ห่อหุ้มด้วยเปลือกสองฝาเรียกว่าคาราเพซ (carapace) ซึ่งเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ไคตินหรือผลึกเกลือแคลเซียม คาราเพซเชื่อมต่อกันด้วยบานพับ (hinge) บริเวณส่วนหลัง มีรยางค์ 5-7 คู่ ลักษณะเป็นข้อปล้องเชื่อมต่อกัน มีระบบทางเดินอาหารสมบูรณ์ หายใจผ่านผิวหนัง บางชนิดมีเหงือก มีระบบสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ออสตราคอดอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ชื้นหรืออยู่ในน้ำ ออสตราคอดยุคปัจจุบันส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำ ทั้งในแหล่งน้ำจืด เช่น หนอง บึง แม่น้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำหรือพื้นที่น้ำขังทั้งแบบชั่วคราวและถาวร แอ่งสะสมพืต ปากแม่น้ำ ทะเลสาบน้ำกร่อยและน้ำเค็ม และในน้ำทะเลตั้งแต่ระดับน้ำตื้นชายฝั่งจนถึงเขตน้ำลึกใต้พื้นท้องสมุทร ส่วนมากจะอาศัยอยู่บนพื้นตะกอน เดินหาอาหารและว่ายน้ำได้ในระยะใกล้ ๆ ออสตราคอดเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสิ่งแวดล้อมได้เร็ว การปรากฏของกลุ่มชีวินออสตราคอด จึงถูกใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สภาพนิเวศบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัย (Pokorny 1978; Dole-Olivier *et al.*, 2000; Bassetti *et al.*, 2003; Armstrong and Brasier, 2005; Pieri *et al.*, 2006)

ออสตราคอดส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำและพื้นที่ที่ชื้นและ ออสตราคอดยุคปัจจุบันถูกแบ่งเป็น 4 กลุ่ม (3 biofacies) ตามระดับความเค็มของน้ำ (salinity หน่วยเป็น part per thousand, ppt) ของแหล่งที่อยู่อาศัย ได้แก่

- 1) กลุ่มน้ำจืด (freshwater ostracods) อาศัยในน้ำที่มีค่าความเค็ม (salinity) ต่ำกว่า 0-3 ppt มีแหล่งอาศัยตามแหล่งน้ำหรือทะเลสาบน้ำจืด

2) กลุ่มน้ำกร่อย (brackish ostracods) สามารถอาศัยในน้ำที่มีค่าความเค็มแปรผัน เนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำจืดในบางกรณี อาจแบ่งออกเป็น ช่วงความเค็ม 3-9 ppt ได้แก่ แหล่งอาศัยบริเวณใกล้ปากแม่น้ำหรืออ่าวตอนบน (upper bay) ที่มีน้ำจืดเข้ามาต่อเนื่อง ช่วงความเค็ม 9-16.5 ppt ได้แก่แหล่งอาศัยบริเวณปากแม่น้ำหรืออ่าวตอนล่าง (lower bay) หรือพื้นที่ด้านหลังสันดอนทราย ที่กั้นไม่ให้มีการไหลเวียนของน้ำทะเลเข้าถึง และช่วงความเค็ม 16.5-33 ppt ได้แก่แหล่งอาศัยบริเวณปากแม่น้ำติดกับทะเล ที่มีการไหลเวียนของน้ำทะเลเข้าถึง ทำให้มีค่าความเค็มใกล้เคียงกับน้ำทะเล

3) กลุ่มน้ำทะเล (marine ostracods) อาศัยในน้ำทะเลปกติ ซึ่งมีค่าความเค็มประมาณ 35 ppt

ออสตราคอดที่อาศัยในน้ำทะเลมีความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุด สามารถอยู่ได้ตั้งแต่ในเขตน้ำตื้นถึงน้ำลึก การกระจายตัวขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทั้งทางกายภาพและชีวภาพ ได้แก่

- ความลึก เป็นปัจจัยควบคุมแสง อาหารและอุณหภูมิ ทั้งนี้ ออสตราคอดสามารถปรับตัวอยู่ได้ในทุกระดับความลึก

- ชนิดของพื้นตะกอน โดยออสตราคอดเปลือกเรียบมักพบในตะกอนเนื้อละเอียด เปลือกหยาบหรือมีการประดับตกแต่งมากมักพบในตะกอนเนื้อหยาบหรือเนื้อปูน

- ซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดอาจพบในหินตะกอนเนื้อเมตที่แทรกสลับกับหินปูน หรือมีเนื้อปูนปน

- ออสตราคอดสามารถปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพความเป็นกรดต่าง (pH) และปริมาณออกซิเจน

- ความสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตผู้ผลิตเนื่องจากเป็นแหล่งอาหารโดยตรงของออสตราคอด และสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น

- ปริมาณโพแทสเซียมและไนโตรเจน เช่น ในเขตที่มีกระแสน้ำพัดเอาสารอาหารจากพื้นท้องทะเลขึ้นมาจะมีประชากรออสตราคอดและสิ่งมีชีวิตอื่นหนาแน่น

- ออสตราคอดมักพบร่วมกับแบรคิโอพอด ไทรโลไบต์ ไพรโอซัว กลุ่มมอลลัสก์ ฟอแรมมินิเฟอรา

เนื่องจากออสตราคอดมีขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ไม่สามารถว่ายน้ำและไม่มีไข่หรือตัวอ่อนที่ลอยไปตามน้ำได้ ออสตราคอดจึงเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีความเฉพาะถิ่นมากกว่ากลุ่มอื่น เมื่อตายลงจึงมักถูกเก็บรักษาอยู่กับที่และกลายเป็นซากดึกดำบรรพ์ได้ง่าย

จากหลักฐานพบว่าออสตราคอดอาศัยอยู่บนโลกตั้งแต่ยุคออร์โดวิเซียนตอนต้น (Early Ordovician) จนถึงปัจจุบัน การศึกษาออสตราคอดจึงแบ่งออกเป็นสองแนว คือ ชีววิทยาและบรรพชีวินวิทยา การจำแนกออสตราคอดยุคปัจจุบันสามารถใช้ลักษณะของอวัยวะภายใน รวมถึงสารพันธุกรรมในการศึกษา แต่การจำแนกซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดจะอาศัยลักษณะสัณฐาน และการ

ระดับตบแต่งของคาราเพซเป็นหลัก (Moore, 1962; Pokorny 1978; Armstrong and Brasier, 2005) จนถึงปัจจุบันมีการค้นพบและจำแนกออสตราคอดยุคเพอร์เมียนจำนวนมาก โดยจัดอยู่ใน 2 ชั้นย่อย (Subclass) คือ Podocopa และ Myodocopa แบ่งออกเป็น 3 อันดับ ได้แก่ Palaeocopida Podocopida และ Myocopida โดยการค้นพบที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นออสตราคอดที่อาศัยอยู่ในทะเล ในสภาพแวดล้อมตั้งแต่แนวชายฝั่งทะเล ทะเลสาบน้ำเค็ม ลานในเขตทะเลตื้น เขตทะเลเปิด และบริเวณเขตน้ำลึกที่มีอุณหภูมิต่ำ ซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดจึงมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม และถูกใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการและสภาพแวดล้อมโบราณอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งออสตราคอดมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย (ยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน) ถูกศึกษาทางสถิติเปรียบเทียบกับลักษณะทางตะกอนวิทยา ซึ่งพบว่ากลุ่มออสตราคอดในระดับวงศ์ (family) และวงศ์ใหญ่ (Superfamily) มีความจำเพาะกับสภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถใช้เป็นหลักในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมบรรพกาลของหินตะกอนได้ (อาทิ Whatley, 1988; Melnyk and Maddocks, 1988a; 1988b; Peterson and Kaesler, 1980; Costanzo and Kaesler, 1987; Crasquin-Soleau *et al.*, 1999; Crasquin-Soleau and Kershaw, 2005; Crasquin-Soleau *et al.*, 2005; Chitnarin *et al.*, 2008; 2011)



## บทที่ 3

### วิธีการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการศึกษา ซึ่งแบ่งออกเป็นสองหัวข้อหลัก ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 3.1.1 พื้นที่ศึกษาและการเข้าถึงพื้นที่

พื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตอำเภอหนองไผ่ ห่างจากตัวจังหวัดเพชรบูรณ์ ไปทางทิศใต้ประมาณ 50 กิโลเมตร (รูปที่ 3.1) ซึ่งปรากฏบริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5140 I (บ้านซับไม้แดง) ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 1-RTSD ของกรมแผนที่ทหาร (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งสำรวจในอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ (mapbox.com):

ตัวเลขคือมุมมองซึ่งแสดงในรูปที่ 3.3-3.5



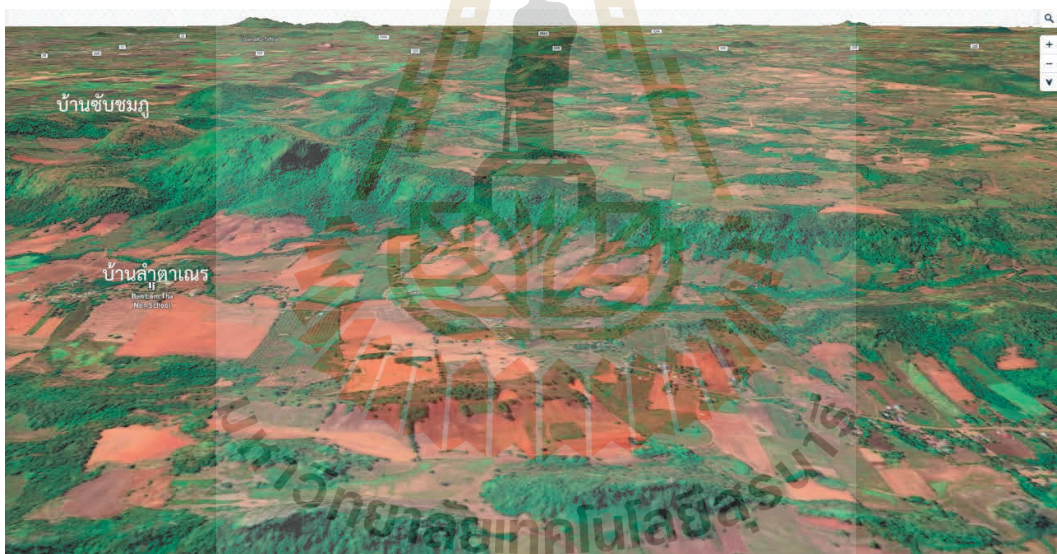
รูปที่ 3.2 แผนที่ภูมิประเทศแสดงลักษณะภูมิประเทศบริเวณทิศเหนือของเขาคันทิง (กรมแผนที่ทหาร, พ.ศ. 2549) ดูคำอธิบายในเนื้อหา

เทือกเขาคันทิงทางด้านทิศตะวันตกของทางหลวงหมายเลข 21 เมื่อมองจากแผนที่และภาพถ่ายดาวเทียม มีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมที่มีด้านกว้างอยู่ทางทิศเหนือและด้านแหลมชี้มาทางทิศใต้ เทือกเขา มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 100-140 เมตรจากที่ราบโดยรอบ มีที่ราบบนภูเขาที่ระดับความสูงประมาณ 300 เมตร และมียอดเขาโผล่บนภูเขาเป็นหย่อม ๆ ยอดสูงสุดคือ 512 เมตร อยู่ทางทิศเหนือเรียกว่าเขาคันทิง ผาชันทางด้านทิศเหนือวางตัวเป็นแนวเกือบตะวันออก-ตะวันตก มีความชันประมาณร้อยละ 40 ส่วนที่ราบทางด้านทิศเหนือของเขาคันทิงมีลักษณะเป็นเนินเขาเตี้ย ๆ และที่ราบเชิงเขาระหว่างความสูงประมาณ 160-200 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยมีตำแหน่งสำรวจ 3 แห่ง คือ ตำแหน่งสำรวจวัดซัดตะเคียน ตำแหน่งสำรวจบ้านคลองตาเณร และตำแหน่งสำรวจบ้านวังอ่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.3-3.4

การเข้าถึงพื้นที่ศึกษาทำได้โดยใช้ทางหลวงหมายเลข 21 บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 151 มีทางแยกเข้าสู่ทางหลวงชนบทเพชรบูรณ์หมายเลข 3025 เป็นระยะทาง 4 กิโลเมตร เมื่อถึงสามแยกวัดวังอ่างตรงไปอีก 1 กิโลเมตรจะถึงตำแหน่งสำรวจบ้านวังอ่าง หากเลี้ยวซ้ายถนนเข้าสู่หมู่บ้านลำตาเณรอีก 4 กิโลเมตรจะถึงตำแหน่งสำรวจบ้านลำตาเณร

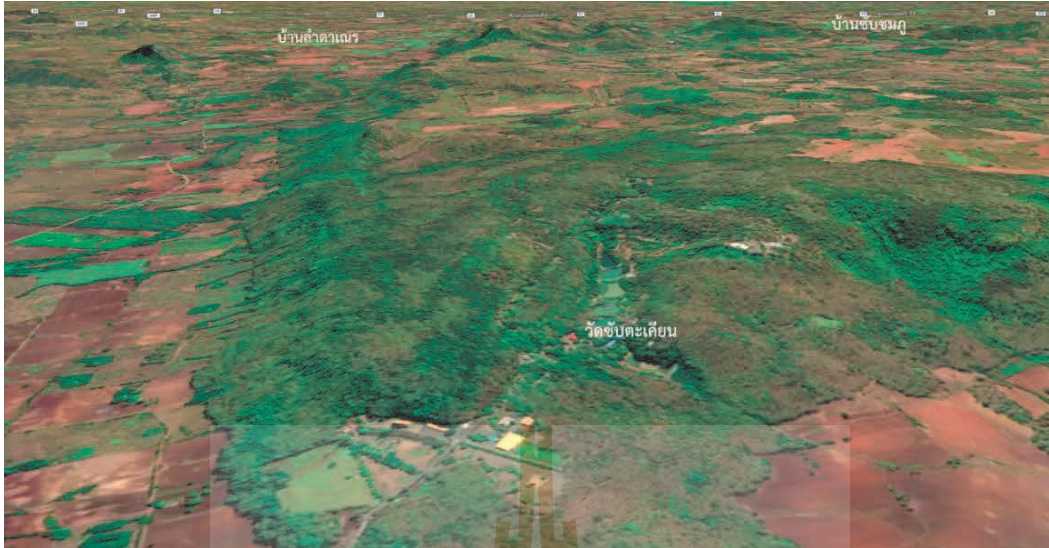


รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งสำรวจในพื้นที่อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ มุมมองจากตำแหน่งที่ 1 ในรูปที่ 3.1 (mapbox.com)



รูปที่ 3.4 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งสำรวจบ้านลำตาเณร มุมมองจากตำแหน่งที่ 2 ในรูปที่ 3.1 (mapbox.com)

ส่วนตำแหน่งสำรวจวัดชัยตะเคียน ตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกสุดของเทือกเขา (รูปที่ 3.5) การเข้าถึงต้องใช้ทางหลวงหมายเลข 205 จากแยกราहुล อำเภอบึงสามพัน เลี้ยวไปทางอำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์ เป็นระยะทาง 10 กิโลเมตร ถึงแยกบ้านชัยสมพงศ์ จากนั้นใช้ทางหลวงชนบท หมายเลข 3021 ไปทางอำเภอชนแดน เป็นระยะทาง 20 กิโลเมตร เลี้ยวขวาบริเวณบ้านถ้ำแก้ว เป็นระยะทาง 3 กิโลเมตร

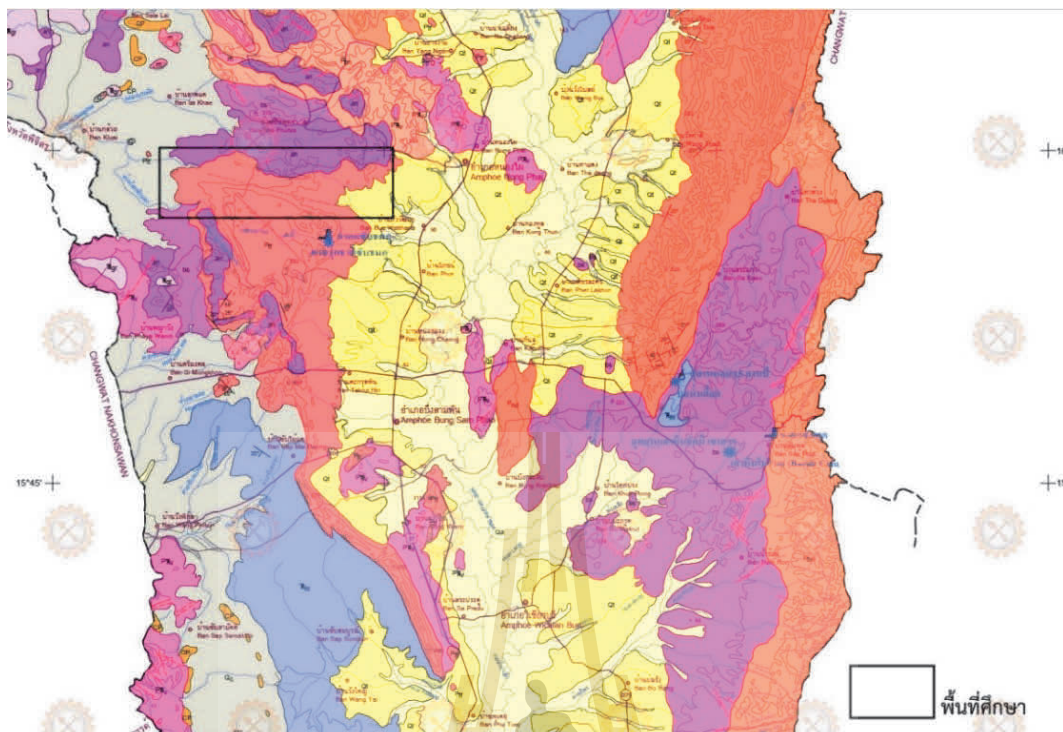


รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงตำแหน่งสำรวจวัดชัฏตะเคียน มุมมองจากตำแหน่งที่ 3 ในรูปที่ 3.1 (mapbox.com)

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ประเภทป่าชุ่มน้ำชั้นที่ 3 และ 4 มีชาวบ้านครอบครองและใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ ในการสำรวจภาคสนามไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่เคยสำรวจพบหินโผล่ของชั้นถ้ำหินตามรายงานการสำรวจก่อนหน้า ผู้วิจัยจึงได้ขอความอนุเคราะห์ตัวอย่างแท่งหินจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ้ำหินเพชรบูรณ์ ซึ่งเจาะสำรวจบริเวณบ้านลำตาเณร ตำแหน่งหลุมเจาะอยู่ห่างจากตำแหน่งสำรวจบ้านคลองตาเณร ประมาณ 300 เมตร ทางทิศตะวันตก (ตำแหน่งโดยประมาณ คือ  $100^{\circ}54'26''E$ ,  $15^{\circ}58'17''N$ )

### 3.1.2 ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในขอบเขตของหมวดหินตากฟ้า กลุ่มหินสระบุรี ประกอบด้วย หินปูนและหินปูนเนื้อดินแสดงชั้นดี หินปูนโคลิไมติกและหินโคลิไมต์ หินดินดานและหินทรายแป้งแทรกสลับในชั้นหินปูนทางด้านทิศเหนือของพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่หินอัคนีพุ ชนิดหินแอนดีไซต์ซึ่งในแผนที่ของกรมทรัพยากรธรณี (พ.ศ. 2552) ระบุว่าเป็ยยุคเพอร์เมียน (รูปที่ 3.6) แต่ในแผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 ระบุว่ามียุคช่วงรอยต่อเพอร์เมียน-ไทรแอสสิก (Chonglakmani and Sattayalak, 1979) ลักษณะธรณีวิทยาของแต่ละตำแหน่งสำรวจมี ดังนี้



รูปที่ 3.6 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณตอนกลางของจังหวัดเพชรบูรณ์ (ดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรธรณี, พ.ศ. 2552)

#### 1) ตำแหน่งสำรวจวัดซัดตะเคียน

ตั้งอยู่ด้านทิศตะวันตกสุดของเทือกเขาหินกลิ้ง (รูปที่ 3.3 และ 3.5) หินโผล่บริเวณนี้พบตามร่องน้ำและข้างถนนเข้าสู่วัด หินโผล่เป็นช่วง ๆ วางตัวในทิศประมาณตะวันตกเฉียงเหนือถึงทิศเหนือ (330-010) และเอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือถึงทิศตะวันออก ด้วยมุมเอียงเทประมาณ 20-30 องศา มีความหนาประมาณ 200 เมตร แบ่งออกเป็นสองหน่วยหิน คือ ตอนล่างและตอนบน ตอนล่างประกอบด้วยหินปูนเนื้อดินสีเทาเข้ม แสดงชั้นหนาปานกลาง สลับกับหินโคลน ชั้นหนาปานกลาง มักพบซากดึกดำบรรพ์แบรคิโอพอดและไบรโอซัวในชั้นหินโคลน ตอนบนประกอบด้วยหินปูนสีเทา แสดงชั้นหนาปานกลางถึงชั้นหนา มีระนาบชั้นหินแบบลอนคลื่น พบซากดึกดำบรรพ์ฟิวซิลินิดและเศษปะการังในหินปูน และมีกระเปาะหินเชิร์ตแทรกอยู่ทั่วไป (รูปที่ 3.7) ซากดึกดำบรรพ์แบรคิโอพอด อาทิ *Tyloplecta* sp., *Linoproductus* sp., *Acosarina* sp. และฟิวซิลินิดที่พบได้แก่ *Parafusulina japonica*, *P. loeyensis* บ่งชี้อายุช่วงต้นของเพอร์เมียนตอนกลาง (Artinskian-Kungurian age) ณ ตำแหน่งสำรวจนี้ไม่พบหินโผล่ของถ่านหิน





รูปที่ 3.7 หินโผล่บริเวณตำแหน่งสำรวจวัดซั้บตะเคียน 1-3) หินโผล่ตอนล่าง 4-5) หินโผล่ตอนบนที่มี  
กระเปาะหินเชิร์ตแทรก

## 2) ตำแหน่งสำรวจบ้านลำตาเถร

ตั้งอยู่ด้านทิศเหนือของเทือกเขาหินกลิ้ง (รูปที่ 3.3 และ 3.4) หินโผล่บริเวณนี้พบบนเนินเขาและตามร่องน้ำ แต่หินโผล่ไม่ต่อเนื่องเนื่องจากเป็นพื้นที่การเกษตร มีหน้าดินค่อนข้างหนาและปกคลุมด้วยพืชไร่ อาจพบหินโผล่ต่อเนื่องตามแนวการวางตัว โดยชั้นหินวางตัวประมาณทิศตะวันตก (262-274) และเอียงเทไปทางทิศเหนือ ด้วยมุมเอียงเทประมาณ 30-60 องศา ประกอบด้วย ตอนล่างเป็นหินโดโลไมต์สีเทาจางแสดงชั้น หินปูนเนื้อโดโลไมต์แสดงชั้น ตอนบนเป็นหินปูนเนื้อดินสลับกับหินโคลนและหินดินดาน (รูปที่ 3.8) พบหินโดโลไมต์และหินปูนเนื้อโดโลไมต์บริเวณด้านบนของเนินเขา (รูปที่

3.8-2 และ 3) ซึ่งอาจเกิดจากหินมีความแข็งและคงทนต่อการผุพังมากกว่า หินปูนเนื้อดินสลับกับหินโคลนและหินดินดาน ที่มีกพบบริเวณที่ราบและร่องน้ำ (รูปที่ 3.8-4, 5 และ 6) ไม่พบซากดึกดำบรรพ์



รูปที่ 3.8 หินโคลนบริเวณตำแหน่งสำรวจบ้านลำตาเถร 1) สภาพภูมิประเทศบริเวณตำแหน่งสำรวจมองไปทางทิศเหนือ 2) หินโคลนหินโดโลไมต์และหินปูนเนื้อโดโลไมต์ตอนล่าง 3) หินโดโลไมต์ 4) หินโคลนของหินตอนบนบริเวณด้านหลังเสาไฟในรูปที่ 1 5) การผุพังของหินตอนบน 6) การผุพังไม่เท่ากันระหว่างหินปูนเนื้อดินและหินตะกอนเนื้อเม็ดที่แทรกสลับ

ตำแหน่งสำรวจบ้านลำตาเถรตั้งอยู่ใกล้กับตำแหน่งหลุมเจาะที่ทำการศึกษามากที่สุด แต่ไม่พบถ่านหินโคลนบนพื้นผิวดิน ลักษณะภูมิประเทศบริเวณโดยรอบคล้ายคลึงกัน คือเป็นเนินเขาสลับกับที่ราบ ซึ่งอาจเกิดจากการแทรกสลับของหินที่มีเนื้อหินและความคงทนต่างกัน เหมือนหินโคลนตอนล่างและตอนบนที่กล่าวถึงไปแล้ว

### 3) ตำแหน่งสำรวจบ้านวังอ่าง

ตั้งอยู่ด้านทิศเหนือของเทือกเขาหินกลิ้ง (รูปที่ 3.3) หินโผล่บริเวณเนินเขาหินปูนลูกโดด สูงจากพื้นราบเพียง 40 เมตร ชั้นหินวางตัวประมาณทิศตะวันตกเฉียงใต้และเอียงเทไปทางทิศเหนือ (240, 25) (รูปที่ 3.9-1, 2) ประกอบด้วย หินปูนสีเทาเข้มแสดงชั้นหนาปานกลางกับหินปูนเนื้อดินแสดง ชั้นหนาปานกลาง (รูปที่ 2.13-3) ซากดึกดำบรรพ์ฟอแรมขนาดเล็ก และชิ้นส่วนปะการังสกุล *Wentzelloides* ซึ่งบ่งชี้อายุช่วงปลาย ของยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Late Murghabian) ไม่พบถ่าน หิน



รูปที่ 3.9 หินโผล่บริเวณตำแหน่งสำรวจบ้านวังอ่าง 1) หินโผล่บริเวณทิศใต้ของเนินเขาหินปูน 2) หินปูนแสดงชั้นหนาปานกลาง 3) รอยต่อระหว่างชั้นหินของหินปูนและหินปูนเนื้อดิน 4) เศษชิ้นส่วนปะการังสกุล *Wentzelloides*

#### 4) ลำดับชั้นหินของหลุมเจาะที่ศึกษา

ตัวอย่างแท่งหินที่ศึกษาเทียบกับ BH19 ของ Choochang (2013) (รูปที่ 2.3) แท่งหินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว มีความยาวของแท่งหินรวม 93 เมตร แต่เนื่องจากแท่งตัวอย่างหินไม่ต่อเนื่องสมบูรณ์ บางส่วนถูกนำไปศึกษาด้านอื่น ๆ แล้ว และบางชั้นมีลักษณะของเนื้อหินคล้ายคลึงกัน ผู้วิจัยจึงเลือกตัวอย่างหินทุก ๆ ระยะที่มีเนื้อหินเปลี่ยน แต่ละตัวอย่างยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ยกเว้นชั้นถ่านหิน การลำดับชั้นหินมีดังนี้ (รูปที่ 3.10)



รูปที่ 3.10 แท่งลำดับชั้นหินของหลุมเจาะที่ศึกษา

ช่วงที่ 1 (ระยะ 0-33 เมตร) ประกอบด้วย หินโคลนเนื้อปนปูนสีน้ำตาลแกมเทา หินปูนสีเทา และหินทรายเนื้อละเอียดสีเทาจาง

ช่วงที่ 2 (ระยะ 34-46 เมตร) ประกอบด้วย หินปูนเนื้อดินสีเทาเข้ม

ช่วงที่ 3 (ระยะ 46-54 เมตร) ถ่านชั้นบน

ช่วงที่ 4 (ระยะ 54-84 เมตร) หินปูนเนื้อดินและหินปูนเนื้อโคลโลไมด์

ช่วงที่ 5 (ระยะ 84-93 เมตร) ถ่านชั้นล่าง

### 3.1.3 การเตรียมตัวอย่างหิน

ในการศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างหิน (hand specimens) จากตำแหน่งสำรวจ ดังนี้

- ตำแหน่งสำรวจวัดซัดตะเคียน 17PB01, 17PB02, 17PB03, 17PB04
- ตำแหน่งสำรวจบ้านลำตาเณร 17PB05, 17PB06, 17PB07, 17PB08
- ตำแหน่งสำรวจบ้านวังอ่าง 17PB09, 17PB10

ตัวอย่างหินดังกล่าวนี้ใช้ศึกษาเนื้อหินจากก้อนตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบกับชั้นหินที่สัมพันธ์กับการทับถมของถ่านหินเท่านั้น สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ใช้ตัวอย่างแท่งหินจากหลุมเจาะสำรวจถ่านหินจำนวนทั้งหมด 35 ตัวอย่าง ถูกเตรียมสำหรับละลายด้วยกรดเพื่อแยกซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอด และเตรียมเป็นแผ่นหินบาง (rock thin section) ดังนี้ (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างหินที่ใช้ในการศึกษา (19-x คือหมายเลขตัวอย่าง)

ช่วง/ความลึก	แผ่นหินบาง	ละลายด้วยกรด	จำนวน
ช่วงที่ 1 (0-33 เมตร)	19-13, 19-22, 19-32	19-02, 19-5, 19-10, 19-13, 19-15, 19-18, 19-19, 19-20, 19-22, 19-25, 19-30, 19-32	12
ช่วงที่ 2 (34-46 เมตร)	19-44	19-34, 19-35, 19-40, 19-42, 19-44, 19-45	6
ช่วงที่ 3 (46-54 เมตร)	19-46	-	1
ช่วงที่ 4 (54-84 เมตร)	19-57, 19-63, 19-75, 19-80	19-54, 19-55, 19-57, 19-58, 19-60, 19-61, 19-63, 19-65, 19-70, 19-75, 19-76, 19-78, 19-79, 19-80, 19-84	15
ช่วงที่ 5 (84-93 เมตร)	19-91	-	1
รวมจำนวน	10	33	35

## 1) การเตรียมตัวอย่างหินสำหรับการศึกษาออสตราคอด

ซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดถูกแยกออกจากหินตัวอย่างหินปูน ด้วยวิธีฮ็อทอะซิโตไลซิส (Hot Acetolysis) ซึ่งคิดค้นโดย Lethier and Crasquin-Soleau (1988) และ Crasquin-Soleau *et al.* (2005) มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างหินประมาณ 0.5 กิโลกรัม ทบด้วยก้อนให้หินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตรใส่ในขวดแก้ว

2) อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้น เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3) เติมกรดอะซิติกเข้มข้น 98% จนท่วมหินตัวอย่าง ปิดฝาด้วยกระดาษฟลอย แล้วอุ่นไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีตะกอนเกิดขึ้นที่ก้นขวดประมาณ 1-2 เซนติเมตร

4) กรองกรดอะซิติกด้วยกระดาษกรอง ล้างตัวอย่างหินผ่านตะแกรงขนาด 1, 0.5 และ 0.1 มม. ตัวอย่างหินที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 0.5 และ 0.1 มม. จะนำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ส่วนหินที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มม. จะนำไปแยกด้วยกรดอีกครั้งตามข้อ 3

5) เศษหินตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว จะนำมาศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereomicroscope) และใช้เข็มหยิบซากบรรพ์ที่โผล่ออกมาเก็บไว้ เพื่อนำไปเตรียมถ่ายภาพโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

## 2) การเตรียมแผ่นหินบาง

การเตรียมตัวอย่างหินสำหรับการศึกษาลักษณะระดับจุลภาค แบ่งเป็น 2 กระบวนการ คือ การเตรียมแผ่นหินขัด (polished slabs) และการเตรียมแผ่นหินบาง (thin sections) โดยเริ่มจากการเตรียมแผ่นหินขัดซึ่งต้องเลือกตัวอย่างหินที่ต้องการศึกษา ทำการจำแนกหินปูนในชั้นต้น จากนั้นเลือกพื้นที่ที่สนใจบนก้อนหิน ตัดแบ่งให้มีขนาดบางลงด้วยเครื่องตัดขนาดใหญ่ ซึ่งในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีธรณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้เครื่อง Hillquist SF-8 Trim saw จากนั้นจึงขัดหน้าเพื่อลบรอยใบเลื่อยด้วยเครื่องขัด Hillquist Thin section grinder โดยใช้ผงขัดซิลิกอน คาร์ไบด์ ขนาด 240, 400, 600, 1000 ตามลำดับ เพื่อให้ได้หน้าหินเรียบ แล้วจึงเลือกพื้นที่ที่จะทำแผ่นหินบางต่อไป

ในการเตรียมแผ่นหินบาง ต้องเลือกพื้นที่ที่ต้องการโดยใช้แผ่นกระจกสไลด์ (glass slide) ช่วยกำหนดขนาดขอบเขต จากนั้นตัดหินตามขอบเขตที่เลือกด้วยเครื่องตัดหินขนาดเล็ก (trim saw) โดยให้มีขนาดเล็กกว่าขอบเขตเล็กน้อย ชิ้นตัวอย่างที่ได้เรียกว่าชิ้นหินขนาดเล็ก จากนั้นนำชิ้นหินขนาดเล็กไปเป่าแห้งโดยใช้ปั๊มลม ขัดหน้าด้วยผงขัดซิลิกอน คาร์ไบด์ ขนาด 240 และ 400 การขัดอาจใช้เครื่องขัด (grinding wheels) หรือขัดด้วยมือบนแผ่นกระจกก็ได้ เมื่อขัดจนผิวหน้าเรียบเสมอกันแล้วให้ล้างผงขัดออกจากชิ้นหินขนาดเล็กให้หมด และขัดซ้ำด้วยผงขัดขนาด 600 และ 1000 ตามลำดับ

ขีดหน้ากระจกสไลด์ด้านที่ต้องติดกับชิ้นหินขนาดเล็กด้วยผงขัดซิลิกอน คาร์ไบด์ ขนาด 400 จากนั้นล้างผงขัดออกให้หมด เป่าจนแห้ง แล้วนำชิ้นหินขนาดเล็กและกระจกสไลด์ที่ขีดแล้ววางบนเตาร้อน (hot plate) ที่ตั้งไว้ 3-4 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวอย่างแห้ง โดยหันด้านที่ขีดขึ้นด้านบน เมื่อครบกำหนดเวลา ให้ติดชิ้นหินขนาดเล็กกับกระจกสไลด์ด้วยกาวแคนาดา บอซิม (Canada balsome) โดยไล่ฟองอากาศระหว่างชิ้นหินขนาดเล็กและแผ่นกระจกสไลด์ออกให้หมด อุณหภูมิบนเตาร้อนประมาณ 10 ชั่วโมงเพื่อให้แข็ง

เมื่อครบกำหนดเวลาชิ้นหินขนาดเล็กและแผ่นกระจกสไลด์จะแข็งให้นำไปเชื่อมด้วยเครื่องทำแผ่นหินบาง พยายามให้ความหนา 0.1-0.3 มิลลิเมตร จากนั้นจึงขีดหน้าแผ่นหินบางบนกระจกด้วยผงขัดขนาด 600 และ 1000 ตามลำดับ ล้างผงขัดออกให้หมด วางบนเตาร้อนให้แห้ง และติดแผ่นปิดสไลด์ (cover glass) ด้วยกาวตัวเดิม ที่ตั้งไว้บนเตาร้อนให้แข็งประมาณ 10 ชั่วโมง จึงพร้อมสำหรับการศึกษา

### 3.2 วิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.2.1 การจำแนกออστราคอด

การจำแนกซากดึกดำบรรพ์ออστราคอดจะอาศัยลักษณะภายนอกของเปลือก (carapace) เป็นหลัก โดยลักษณะ อาทิ รูปร่างของเปลือกหุ้ม (shape) ตำแหน่งและลักษณะของการซ้อนทับของเปลือกทั้งสองข้าง (overlapping) ลักษณะของเปลือกเพศเมียและเพศผู้ (dimorphism) การประดับตกแต่งบนเปลือกด้านนอกและบริเวณขอบด้านล่าง สำหรับซากบรรพ์วินออστราคอดที่มีอายุอ่อนกว่ามหายุคพาลีโอโซอิก อาจมีลักษณะด้านในของเปลือก เช่น ร่องรอยจุดตรงของกล้ามเนื้อยึดฝาทั้งสองข้าง (muscle scars) รูปแบบของบานพับเปลือกหุ้ม (hinge) ซึ่งสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกได้เป็นอย่างดี ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การจำแนกตามหลักของ Moore (1961) Lethiers (1981) และ Home *et al.* (2002)

#### 3.2.2 การวิเคราะห์ลักษณะสภาพแวดล้อมโดยใช้กลุ่มออστราคอด

ออστราคอดเป็นกลุ่มซากดึกดำบรรพ์ขนาดเล็กที่ใช้ในการแปลความหมายสภาพแวดล้อมโบราณได้เป็นอย่างดี การแปลความหมายทำได้โดยวิเคราะห์กลุ่มออστราคอดในระดับวงศ์ใหญ่และ/หรือ ระดับวงศ์ (Superfamily และ/หรือ Family) เนื่องจากสิ่งมีชีวิตในระดับวงศ์ใหญ่และ/หรือระดับวงศ์เดียวกัน มีแหล่งอาศัยที่มีสภาพแวดล้อมคล้ายคลึงกัน ทั้งนี้ Melnyk and Maddocks (1988) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของตะกอนและสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวของหิน กับกลุ่มออστราคอดยุคคาร์บอนิเฟอรัสและเพอร์เมียนจากทวีปอเมริกาเหนือ และสร้างแบบจำลองสำหรับออστราคอดที่อาศัยบริเวณชายฝั่งทะเลตื้นและไหล่ทวีป (shallow shoreline to continental shelf) สรุปได้ดังนี้

สมาชิกในวงศ์ใหญ่ Hollinacea มีความหลากหลายของสปีชีส์เพิ่มขึ้นเมื่อห่างจากฝั่ง สปีชีส์ที่มีขนาดใหญ่และการประดับตกแต่งบนคาราเพซมาก มักสัมพันธ์กับตะกอนที่มาจากแผ่นดิน บ่งชี้ถึงแนวชายฝั่งโบราณ สปีชีส์ที่มีขนาดเล็กและคาราเพซบางมักพบในตะกอนที่สะสมตัวในที่ลึกกว่า

สมาชิกในวงศ์ใหญ่ Bairdioidea มีความหลากหลาย พบได้ตั้งแต่เขตทะเลตื้นถึงลึก ลักษณะสำคัญที่ต้องพิจารณาคือความหนาของคาราเพซ

สกุล *Acratia* พบได้ทั่วไป

สกุล *Bairdia* มีความหลากหลายมากเมื่อห่างจากชายฝั่งและมีตะกอนจากฝั่งน้อย

สกุล *Bairdiocypris* มักอาศัยอยู่ใกล้ชายฝั่ง

สกุล *Cryptobairdia* และ *Orthobairdia* มีความหลากหลายมากเมื่อห่างจากชายฝั่ง และสัมพันธ์กับตะกอนคาร์บอนเนตเนื้อละเอียด

สกุล *Rectobairdia* และ *Bairdiocypris* พบได้ทั่วไป เป็นกลุ่มที่สามารถปรับตัวได้ดีที่สุด

สกุล *Microcheilinella* และ *Silenites* อาศัยอยู่ห่างชายฝั่ง

สมาชิกในวงศ์ Cytherideidae โดยเฉพาะสกุล *Basslerella* มักพบห่างจากชายฝั่ง

สมาชิกในวงศ์ Kloedenelloidea มักพบในบริเวณที่มีตะกอนจากฝั่งมาก โดยเฉพาะสปีชีส์ที่คาราเพซมีร่อง (sulcus) และผิวเรียบ มักพบในเขตน้ำตื้นใกล้ชายฝั่ง อาทิ สกุล *Giesina* ยกเว้น *Oliganisis*, *Knoxina*, *Glyptopleura* ที่ชอบอาศัยอยู่ในที่ลึกกว่าเล็กน้อย

สมาชิกในวงศ์ Cavellinidae สกุล *Cavellina* สามารถปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี สปีชีส์ที่มีขนาดใหญ่ คาราเพซหนา มักอาศัยบริเวณใกล้ชายฝั่ง ส่วนสปีชีส์ที่มีขนาดเล็กมักอาศัยในที่ลึกกว่านอกชายฝั่ง

สมาชิกในวงศ์ใหญ่ Kirkbyoidea สามารถใช้เป็นดัชนีของสภาพแวดล้อมได้ดี อาทิ สมาชิกของวงศ์ Amphissitidae และ Scrobiculiniidae พบเฉพาะบริเวณห่างไกลชายฝั่ง ในขณะที่สมาชิกในวงศ์ Kirkbyidae ที่คาราเพซมีการประดับตกแต่งมากอาศัยอยู่ในที่ลึก มุดตัวในตะกอนที่อ่อนนุ่ม

สมาชิกในวงศ์ใหญ่ Oepilelloidea โดยเฉพาะ *Cyathus* อาศัยห่างจากชายฝั่ง ส่วนสกุล *Polycope* ในกลุ่ม Cladocopina พบกระจายตัวในหลายสภาพแวดล้อม เนื่องจากเป็นกลุ่มเฉพาะที่สามารถว่ายน้ำได้



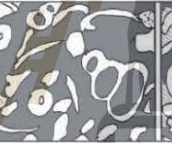
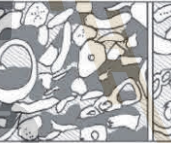
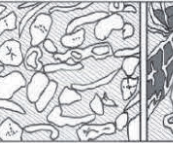

การวิเคราะห์กลุ่มชีวินออสตราคอดทำได้โดยหาร้อยละของกลุ่มออสตราคอดในระดับวงศ์ใหญ่หรือระดับวงศ์ที่พบแต่ละตัวอย่าง แต่หากพบว่ามื่อออสตราคอดที่เป็นดัชนีของสภาพแวดล้อมจะต้องพิจารณาก่อน



### 3.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหิน

หินปูนตัวอย่างจะถูกนำมาศึกษาลักษณะเนื้อหิน โดยศึกษาจากตัวอย่างหินขนาดเท่ามือ (hand specimen) และแผ่นหินบาง (rock thin section) เพื่อใช้ในการจำแนกชนิดหินปูนและใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการสะสมตัวของหินปูนการจำแนกหินปูนใช้รูปแบบของ Dunham (1962) ซึ่งใช้ลักษณะของเนื้อพื้น (lime mud matrix และ sparry calcite) และปริมาณของเม็ดตะกอน (allochem) เป็นเกณฑ์ในการจำแนกดังแสดงในรูปที่ 3.11

การจำแนกหินปูนตามแบบ Dunham (1962) แบ่งกลุ่มหินปูนตามการกำเนิดเป็นสองกลุ่มหลักคือ หินที่มีกำเนิดภายในแอ่งตะกอน เรียกว่า autochthonous limestone และ หินที่ถูกพัดพามาทับถมกัน เรียกว่า allochthonous limestone ทั้งนี้ลักษณะเนื้อหินของหินทั้งสองกลุ่มแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 3.11

Dunham (1962)					
Groundmass:					
Fine carbonate matrix		+ spar		sparry cement	
Matrix-supported			Grain-supported		
Grains: < 10%		> 10%			
MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE		GRAINSTONE	BOUNDSTONE
					
Folk (1959, 1962)					
Allochems:					
< 1%		1-10%		10-50%	
fossiliferous		sparse		packed	
MICRITE	BIOMICRITE		BIOSPARITE		BIOLITHITE
Terrigenous					
Matrix-supported			Grain-supported		
Sand: < 10%		10-25%		> 25%	
sandy		WACKE		SUBWACKE	
MUDSTONE	SANDSTONE		ARENITE		

รูปที่ 3.11 การจำแนกหินปูนตามแบบของ Dunham (1962) (Flügel, 2010)

autochthonous limestone เกิดจากการก่อตัวของสิ่งมีชีวิตในบริเวณที่มีการทับถม เนื้อหินมีการเชื่อมประสานหรือเป็นโครงร่างของสิ่งมีชีวิต เรียกว่า boundstone ได้แก่ ฟีดหินใต้น้ำ สโตรมาโตไลต์และคราบหินปูน (travertine) ส่วน allochthonous limestone เกิดจากการทับถมของตะกอนคาร์บอเนต ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มหลักคือ 1) เศษหิน (intraclast) 2) เม็ดตะกอนปูนละเอียดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มม. (pellet) 3) เม็ดตะกอนปูนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 มม. (pelloid) 4) ซากดึกดำบรรพ์ (bioclast) โดยตะกอนคาร์บอเนตที่มีเนื้อละเอียดมากเรียกว่า โคลนปูน (lime mud) เมื่อตะกอนทับถมในแอ่งสะสมตัว โคลนปูนเมื่ออยู่รวมกับตะกอนคาร์บอเนต มีลักษณะเป็นเนื้อพื้นที่ยุงเม็ดตะกอนไว้ เรียกว่า matrix ระหว่างกระบวนการกลายเป็นหิน โคลนปูนอาจตกผลึกใหม่

กลายเป็นแร่แคลไซต์ผลึกละเอียดเรียกว่า sparry calcite นอกจากนี้หากมีช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนคาร์บอเนต อาจมีสารเชื่อมประสานเข้าไปตกผลึกในช่องว่างได้ ซึ่งจะแสดงลักษณะผลึกที่แตกต่างจาก sparry calcite ในการจำแนก allochthonous limestone ต้องพิจารณาเนื้อหินและความสัมพันธ์ของเม็ดตะกอนกับเนื้อพื้น ได้แก่

หินที่มีเม็ดตะกอนจำนวนมากและแต่ละเม็ดสัมผัสกับเม็ดข้างเคียง เรียกว่าลักษณะเม็ดตะกอนพยุงกัน (grain supported) หากเนื้อพื้นเป็นโคลนปูนเรียกว่า packstone หากเนื้อพื้นเป็นแคลไซต์ผลึกละเอียด เรียกว่า grainstone ส่วนหินที่มีเนื้อละเอียดจะมีปริมาณโคลนปูน เนื้อพื้นที่เต็มไปด้วยโคลนปูนดูคล้ายเนื้อพื้นพยุ่งเม็ดตะกอนไว้ เรียกว่า mud supported หากมีเม็ดตะกอนน้อยกว่าร้อยละ 10 เรียกหินว่า mudstone แต่หากมีเม็ดตะกอนมากกว่าร้อยละ 10 เรียกหินว่า wackestone



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลที่ได้จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น การจำแนกออสตราคอต การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการทับถมตะกอนจากกลุ่มออสตราคอต และการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 4.1 การจำแนกออสตราคอต

การศึกษาค้นคว้าพบว่าตัวอย่างหินจำนวน 33 ตัวอย่าง จากหลุมเจาะสำรวจถ่านหิน เมื่อผ่านกระบวนการแยกซากดึกดำบรรพ์ด้วยวิธีฮีอโทอะซีไต์ไลซิส มีเพียง 13 ตัวอย่างที่มีออสตราคอต หลังจากถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด สามารถศึกษาลักษณะภายนอกของคาราเพซของออสตราคอต และจำแนกได้ 32 สปีชีส์ อยู่ใน 2 อันดับ 6 วงศ์ใหญ่ และ 8 วงศ์ มีการจัดจำแนกตามลำดับชั้นดังนี้ (รูปที่ 4.1-4.4)

Phylum Arthropoda von Siebold, 1848

Subphylum Crustacea Brünnich, 1772

Class Ostracoda Latreille, 1802

Order Podocopida Sars, 1866

Superfamily Bairdioidea Sars, 1865

Family Bairdiidae Sars, 1865

Genus *Bairdia* McCoy, 1844

*Bairdia songthami*

*Bairdia fontainei*

*Bairdia lungtonensis*

*Bairdia* sp.A

*Bairdia* sp.B

*Bairdia* sp.C

*Bairdia* sp.D

*Bairdia* sp.E

*Bairdia* sp.F

Genus *Rectobairdia* Sohn, 1960

*Rectobairdia* sp.

Genus *Petasobairdia* Chen, 1982  
in Chen & Shi, 1982

*Petasobairdia* sp.

Genus *Bairdiacypris* Bradfield, 1935

*Bairdiacypris* sp.A

*Bairdiacypris* sp.B

*Bairdiacypris* sp.C

*Bairdiacypris* sp.D

Genus *Acratia* Delo, 1930

*Acratia chonglakmanii*

*Acratia* sp.A

*Acratia* sp.B

*Acratia* sp.C

Genus *Cryptobairdia* Sohn, 1960

*Cryptobairdia* sp.

Family Bythocyprididae Maddocks, 1969

*Bythocypris?* sp.

Family Pachydomellidae Berdan & Sohn, 1961

Genus *Microcheilinella* Geis, 1933

*Microcheilinella* sp.A

*Microcheilinella* sp.B

Suborder Darwinulocopina Sohn, 1988

Superfamily Darwinuloidea Brady and Norman, 1889

Family Darwinulidae Brady and Norman, 1889

Genus *Darwinula* Brady and Norman, 1889

*Darwinula* sp.

Family indet.

Genus *Liuzhinia* Zheng, 1976

*Liuzhinia* sp.

Suborder Platycopina Sars, 1866

Superfamily Cavellinoidea Egorov, 1950

Family Cavellinidae Egorov, 1950

Genus *Sulcella* Coryell & Sample, 1932

*Sulcella mesopermiana* Kozur, 1985

Order Palaeocopida Henningsmoen, 1953

Suborder Beyrichiocopina Scott, 1961

Superfamily Kirkbyoidea Ulrich & Bassler, 1906

Family Kirkbyidae Ulrich & Bassler, 1906

Genus *Kirkbya* Jones, 1859

*Kirkbya* sp.A

*Kirkbya* sp.B

Suborder Kloedenellocopina Scott, 1961

Superfamily Kloedenelloidea Ulrich & Bassler, 1908

Family Knoxitidae Egorov, 1950

Genus *Sargentina* Coryell & Johnson, 1939

*Sargentina phetchabunensis*

Chitnarin, 2008

Genus *Geffenina* Coryell & Sohn, 1938

*Geffenina bungsamphanensis*

Chitnarin, 2008

Superfamily Hollinoidea Swartz, 1936

Family Hollinellidae Bless & Jordan, 1971

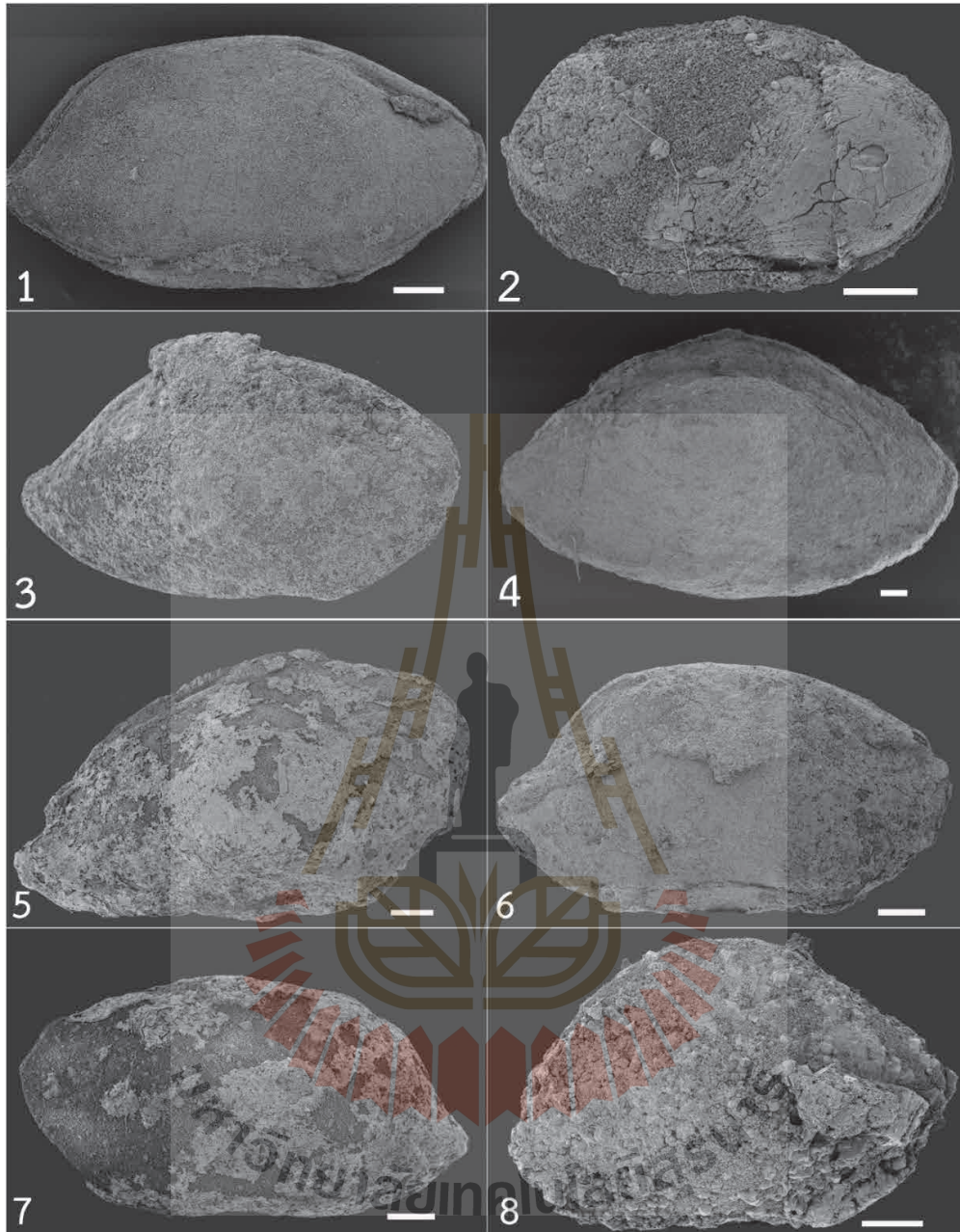
Genus *Hollinella* Coryell, 1928

*Hollinella* (*Hollinella*)

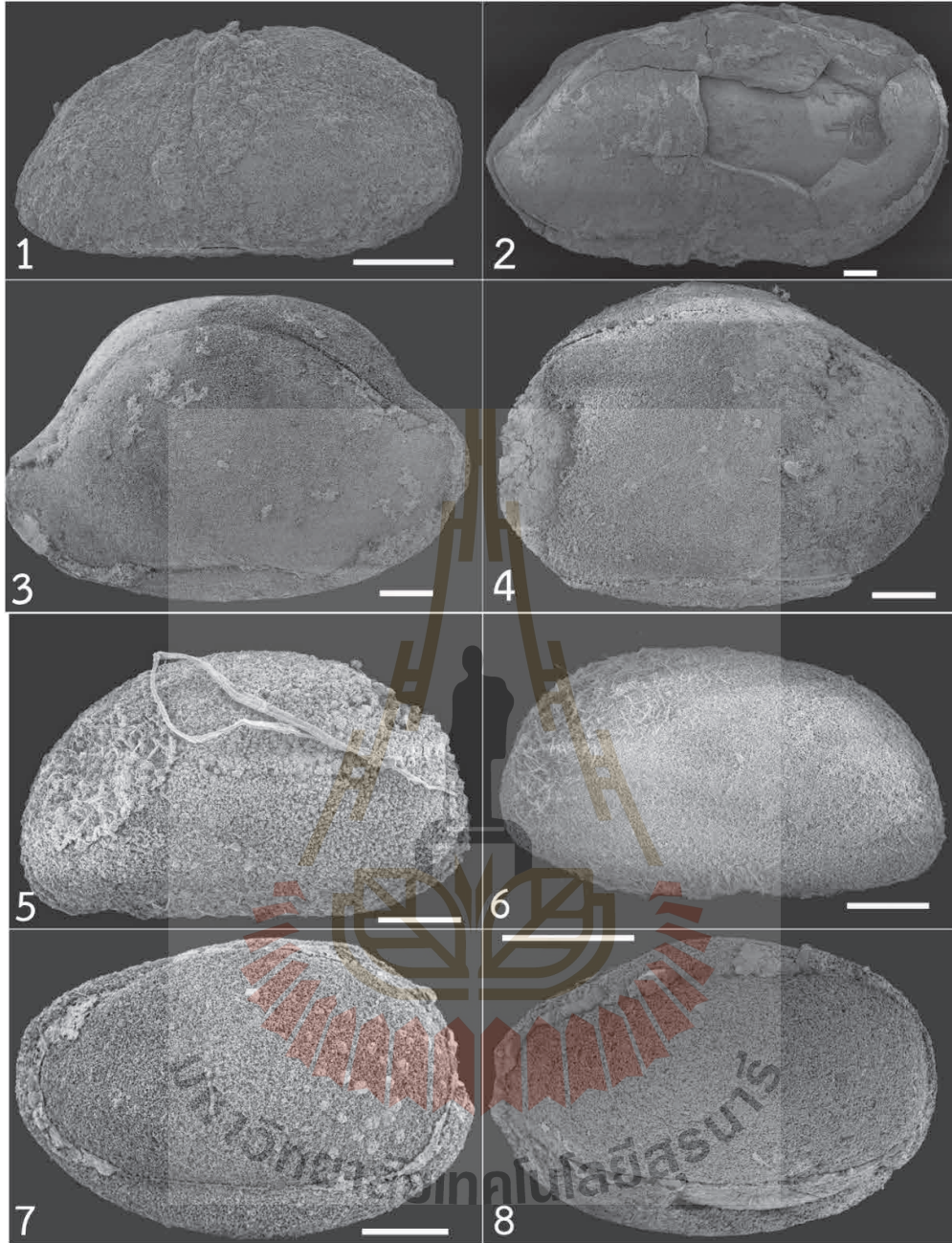
*herrickana* (Girty, 1909)

*Hollinella* sp.

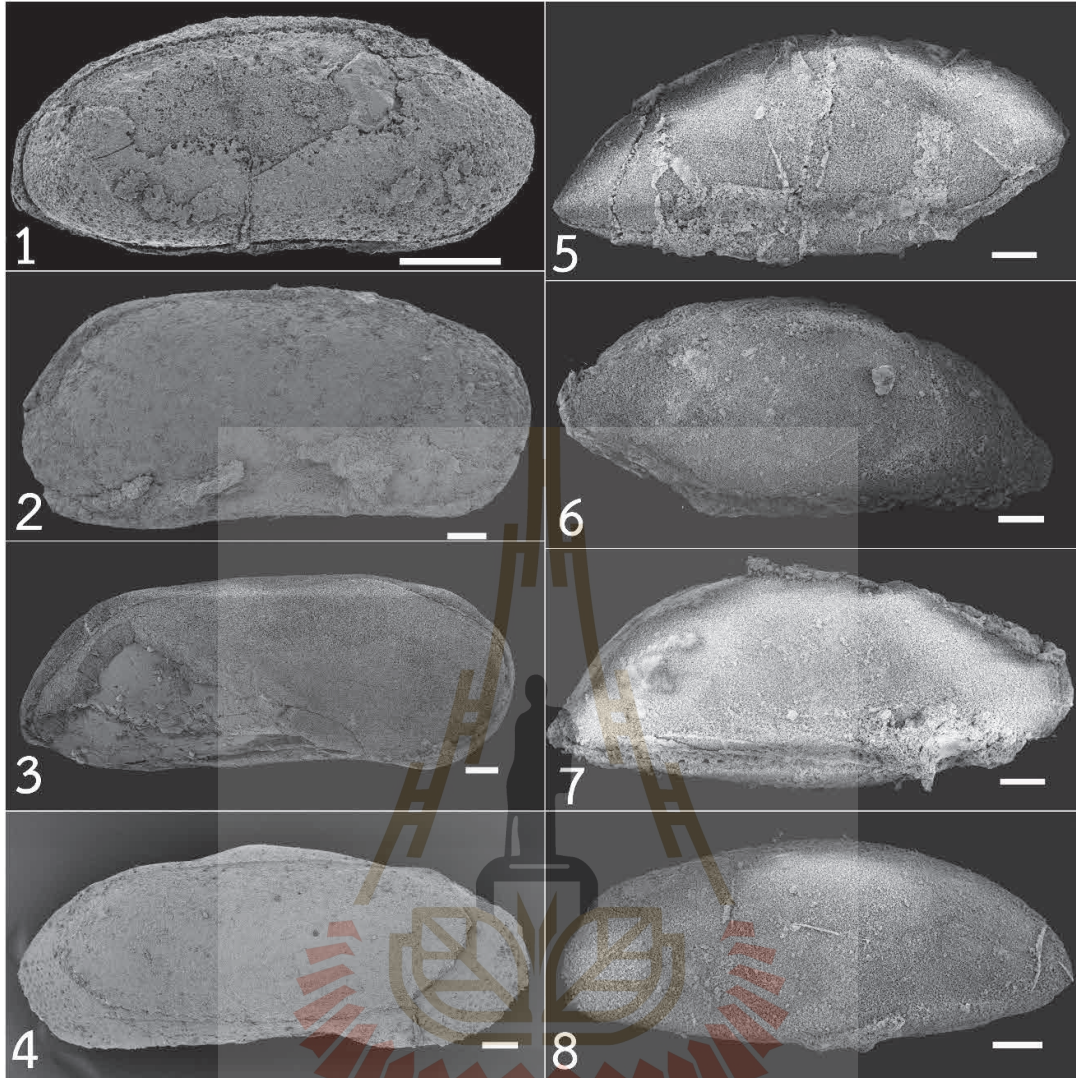
ออสตราคอดที่พบมากที่สุดอยู่ใน Superfamily Bairdioidea โดยมีสกุล (genus) *Bairdia* เป็นพันธุ์ที่พบมากที่สุด ถึง 20 สปีชีส์ การกระจายตัวของออสตราคอดตลอดความลึกของแท่งตัวอย่างหิน ในหลุมเจาะสำรวจแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.1 ออสมรคอดยุคเพอร์เมียนจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์: 1) *Bairdia songthami* ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 2) *B. fontainei* ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 3) *B. lungtonensis* ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 4) *B. sp.A* ตัวอย่างหมายเลข 19-78, 5) *B. sp.B* ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 6) *B. sp.C* ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 7) *B. sp.D* ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 8) *B. sp.E* ตัวอย่างหมายเลข 19-42 สเกลบาร์ขนาด 0.1 มม.

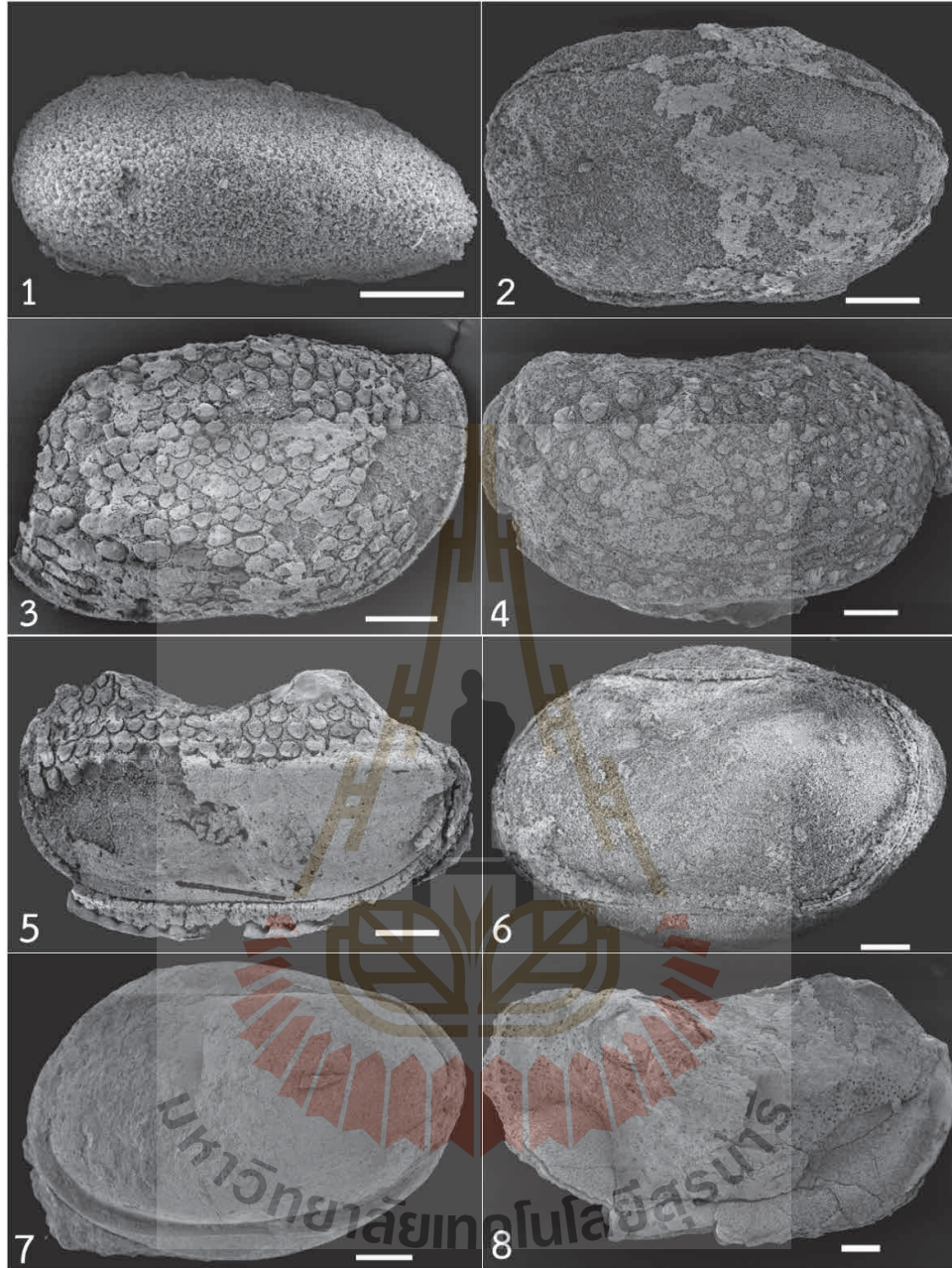


รูปที่ 4.2 ออสตราคอดยุคเพอร์เมียนจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์: 1) *Bairdia* sp.F ตัวอย่างหมายเลข 19-10, 2) *Rectobairdia* sp. ตัวอย่างหมายเลข 19-79, 3) *Petasobairdia* sp. ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 4) *Cryptobairdia* sp. ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 5) *Bythosypris* ? sp. ตัวอย่างหมายเลข 19-34, 6) *Luizhinia* sp. ตัวอย่างหมายเลข 19-34, 7) *Microcheilinella* sp.A ตัวอย่างหมายเลข 19-71, 8) *M.* sp.B ตัวอย่างหมายเลข 19-76 สเกลบาร์ขนาด 0.1 มม.

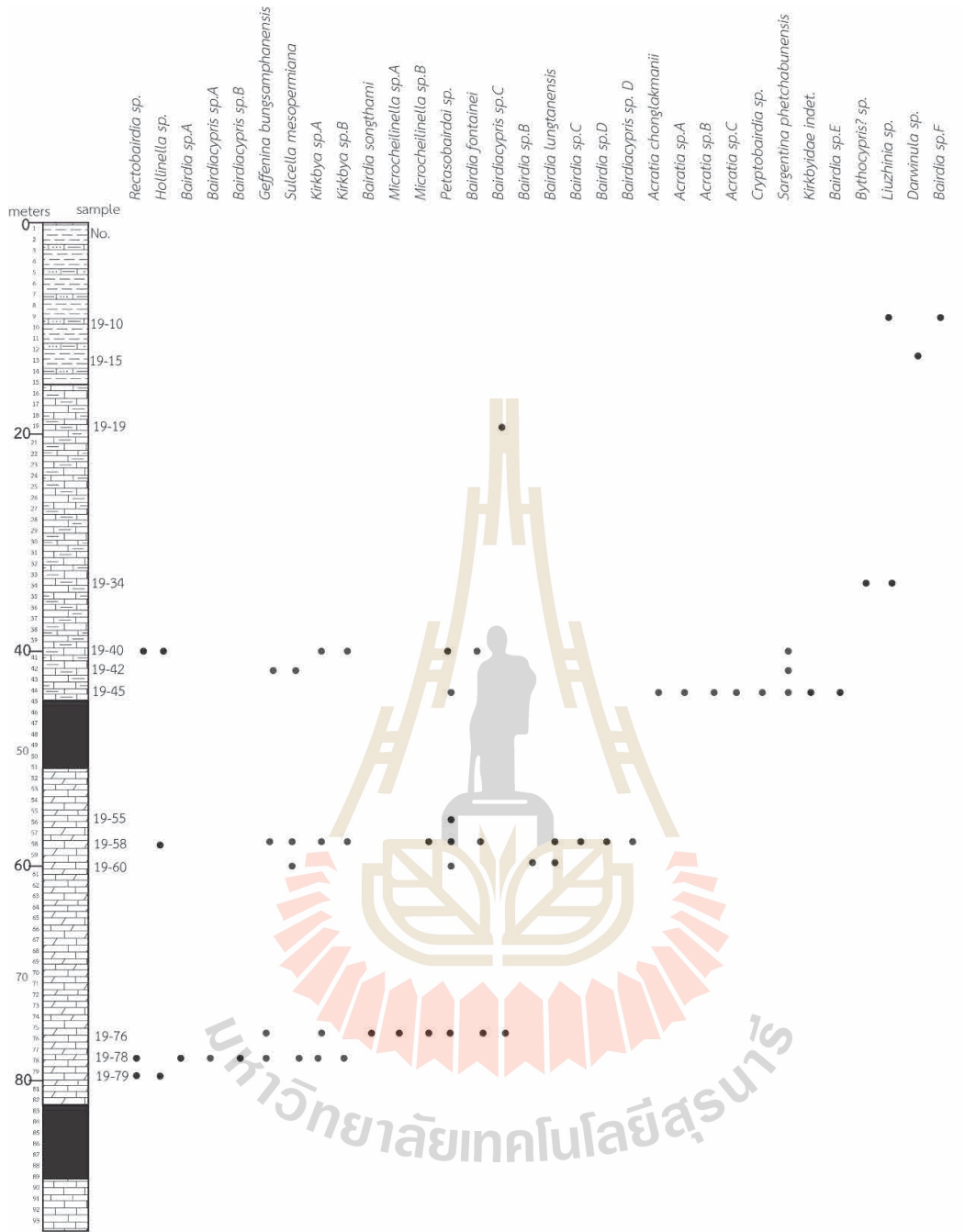


รูปที่ 4.3 ออสมตราคอดยุคเพอร์เมียนจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์: 1) *Bairdiacypris* sp.A ตัวอย่างหมายเลข 19-78, 2) *B.* sp.B ตัวอย่างหมายเลข 19-78, 3) *B.* sp.C ตัวอย่างหมายเลข 19-76, 4) *B.* sp.D ตัวอย่างหมายเลข 19-58, 5) *Acratia chonglakmanii* ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 6) *A* sp.A ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 7) *A* sp.B ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 8) *A* sp.C ตัวอย่างหมายเลข 19-45 สเกลบาร์ขนาด 0.1 มม.





รูปที่ 4.4 ออสมรกดอดยุคเพอร์เมียนจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์: 1) *Darwinula* sp. ตัวอย่างหมายเลข 19-15, 2) *Sulcella mesopermiana* ตัวอย่างหมายเลข 19-60, 3) *Kirkbya*. sp.A ตัวอย่างหมายเลข 19-78, 4) *K.* sp.B ตัวอย่างหมายเลข 19-76, 5) *Kirkbyidae* indet. ตัวอย่างหมายเลข 19-42, 6) *Sargentina phetchabunensis* ตัวอย่างหมายเลข 19-42, 7) *Geffenina bungsamphanensis* ตัวอย่างหมายเลข 19-45, 8) *Hollinella* sp. ตัวอย่างหมายเลข 19-79 สเกลบาร์ขนาด 0.1 มม.



รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของออสตราคอดตลอดความยาวของแท่งตัวอย่างหินที่ศึกษา

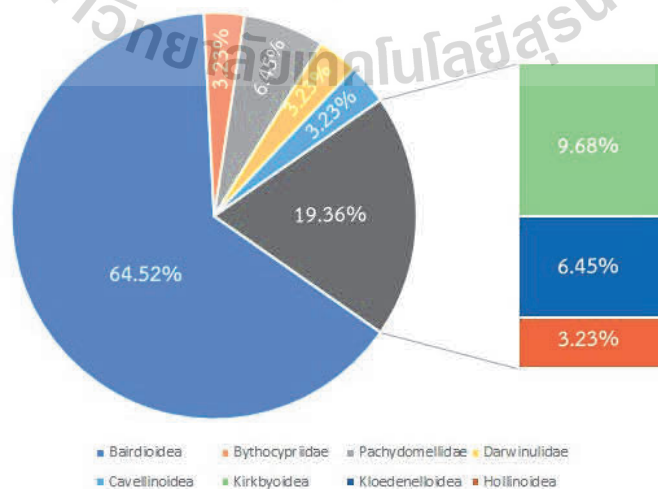
#### 4.2 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมการทับถมโดยใช้กลุ่มออสตราคอด

การแปลความหมายสภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอนโดยใช้กลุ่มออสตราคอด จะพิจารณากลุ่มออสตราคอดในระดับวงศ์ใหญ่ และ/หรือ ระดับวงศ์ เนื่องจากสมาชิกในระดับนี้มีภาคัยในแหล่งอาศัยที่คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้ ได้พิจารณาจำนวนสปีชีส์ที่จำแนกได้ในหัวข้อที่ 4.1 แล้วคำนวณหาร้อยละของแต่ละวงศ์ใหญ่และ/หรือวงศ์ ดังนี้

ออสตราคอดจากตัวอย่างแท่งหินที่ศึกษาจำแนกในระดับวงศ์ใหญ่ และ/หรือ ระดับวงศ์ ได้ 8 กลุ่ม ได้แก่ Bairdioidea (20 สปีชีส์), Bythocypridae (1 สปีชีส์), Pachydomellidae (2 สปีชีส์), Darwinulidae (1 สปีชีส์), Cavellinoidea (1 สปีชีส์), Kirkbyoidea (3 สปีชีส์), Kloedenelloidea (2 สปีชีส์) และ Hollinoidea (1 สปีชีส์) ความหลากหลายของแต่ละกลุ่มแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.1 ความหลากหลายของออสตราคอดที่ศึกษาในระดับวงศ์ใหญ่ และ/หรือระดับวงศ์

วงศ์ใหญ่/วงศ์	จำนวนสปีชีส์	ร้อยละ
Bairdioidea	20	64.52
Bythocypridae	1	3.23
Pachydomellidae	2	6.45
Darwinulidae	1	3.23
Cavellinoidea	1	3.23
Kirkbyoidea	3	9.68
Kloedenelloidea	2	6.45
Hollinoidea	1	3.23
รวม	31	100



รูปที่ 4.6 ความหลากหลายของออสตราคอดในระดับวงศ์ใหญ่/ระดับวงศ์

ซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดที่แยกได้จากตัวอย่างแห้งหินในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นคาราเพซ แต่คาราเพซที่ได้จากตัวอย่างหินที่ใกล้กับชั้นถ่านหิน หรือชั้นหินปูนเนื้อดินมักแสดงลักษณะคล้ายถูกกดทับ ไม่สมบูรณ์เท่าคาราเพซที่เก็บรักษาไว้ในหินปูนธรรมดา การพบซากดึกดำบรรพ์คาราเพซโดยไม่แยกเป็นเปลือกซ้ายหรือเปลือกขวา เป็นหลักฐานว่าออสตราคอดไม่ได้ถูกพัดพามา หรือแตกหักโดยกระบวนการพัดพาตะกอน บ่งชี้ว่ามีการทับถมตะกอนภายในแอ่งตะกอน (Oertel, 1971) และขนาดของออสตราคอดที่พบมีตั้งแต่ขนาดเล็กกว่า 0.5 มม. ถึงขนาดใหญ่กว่า 1 มม. เป็นหลักฐานว่าไม่ได้ถูกคัดขนาดด้วยกลไกการไหลของน้ำทะเลและคลื่น กลุ่มออสตราคอดนี้สามารถใช้แปลความหมายสภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอนได้ (Boomer et al., 2003)

ออสตราคอดระดับวงศ์ใหญ่และ/หรือระดับวงศ์ที่จำแนกได้ครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษานิเวศวิทยาของออสตราคอดยุคคาร์บอนิเฟอรัส ยุคเพอร์เมียนและช่วงรอยต่อระหว่างยุคเพอร์เมียนและไทรแอสซิก (Lethiers 1982; Melnyk and Maddocks 1988; Crasquin et al., 2010) สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามแหล่งที่อยู่อาศัย ได้แก่

- A คือ กลุ่มที่อาศัยอยู่ด้านในของลานคาร์บอนेटที่มีการแปรผันสภาพแวดล้อม (internal zone of the carbonate platform with variations of paleoenvironment conditions) เป็นส่วนที่ใกล้ชายฝั่ง หรือเป็นรอยต่อระหว่างนิเวศบกและทะเล ปัจจัยทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งและแปรผันมากในเขตนี้ คือปริมาณตะกอนจากฝั่งที่พัดลงสู่ทะเล ออสตราคอดกลุ่มนี้สามารถดำรงชีวิตได้ในสภาพที่มีตะกอนจำนวนมาก ตะกอนแขวนลอยอาจทำให้น้ำขุ่นกว่าปกติ ประกอบด้วยสมาชิกของวงศ์ Kloedenelloidea, Kirkbyoidea และ Hollinoidea

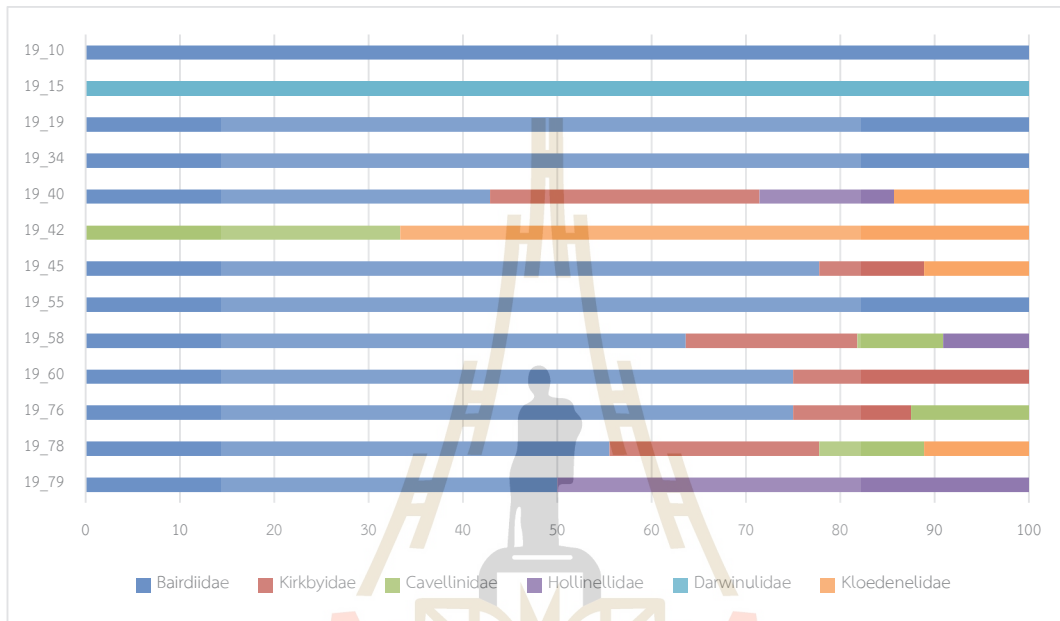
- B คือ กลุ่มที่อาศัยบริเวณตอนกลางของลานคาร์บอนेट ระดับน้ำตื้นถึงตื้นมาก และมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มเป็นช่วงกว้าง (median zone of the carbonate platform with euryhaline environments in shallow to very shallow water) ออสตราคอดกลุ่มนี้สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเล ซึ่งลดลงเมื่อได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำจืดที่ไหลลงสู่ทะเล ประกอบด้วยสมาชิกของวงศ์ Paraparchitoidea, Cytherideidae, Cavellinoidea

- C คือ กลุ่มที่พบในทะเลเปิด อาศัยบริเวณด้านนอกของลานคาร์บอนेटในสภาวะความเค็มปกติ (external zone of open carbonate environments with normal salinity) ได้แก่ สมาชิกของวงศ์ใหญ่ Bairdioidea และวงศ์ Pachydomellidae

จากรูปที่ 4.6 ออสตราคอดที่ศึกษา พบมากที่สุดอยู่ในกลุ่ม C ที่พบในทะเลเปิด อาศัยบริเวณด้านนอกของลานคาร์บอนेटในสภาวะความเค็มปกติ ได้แก่ วงศ์ใหญ่ Bairdioidea (ร้อยละ 64.52) และ วงศ์ Pachydomellidae (ร้อยละ 9.45) รวมคิดเป็นร้อยละ 73.97 ของจำนวนสปีชีส์ทั้งหมด พบออสตราคอดกลุ่ม A ที่อาศัยอยู่ด้านในของลานคาร์บอนेटที่มีการแปรผันสภาพแวดล้อม วงศ์ Kloedenelloidea, Kirkbyoidea และ Hollinoidea คิดเป็นร้อยละ 19.36 ของจำนวนสปีชีส์ทั้งหมด ส่วนออสตราคอดกลุ่ม B ที่อาศัยบริเวณตอนกลางของลานคาร์บอนेट พบวงศ์ Cavellinoidea คิดเป็นร้อยละ 3.23 ของ

จำนวนสปีชีส์ทั้งหมดและมักพบร่วมกับกลุ่ม A จึงกล่าวได้ว่า ในภาพรวมออสตราคอดที่พบมากเป็นกลุ่มที่อาศัยในทะเลเปิด บริเวณด้านนอกของลานคาร์บอนेटในสภาวะความเค็มปกติ มีสัดส่วนของกลุ่มที่อาศัยด้านในของลานคาร์บอนेटที่มีการแปรผันสภาพแวดล้อมน้อยกว่า

แต่หากพิจารณาแต่ละระดับความลึก จะเห็นได้ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มออสตราคอดจากด้านล่างขึ้นด้านบน (ตามลำดับการทับถมก่อน-หลัง) ดังนี้ (รูปที่ 4.7)

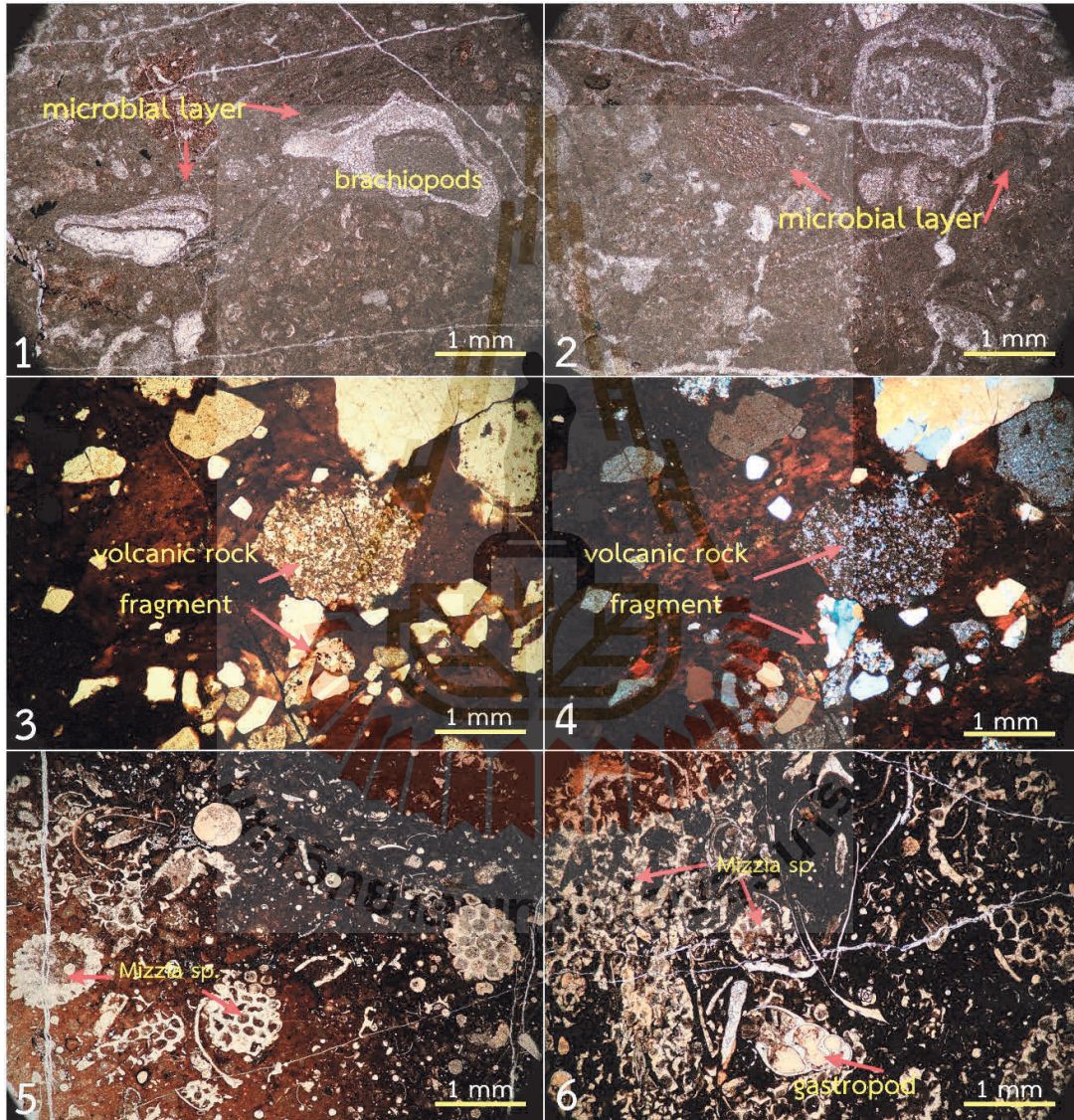


รูปที่ 4.7 ความหลากหลายของออสตราคอดในระดับวงศ์ใหญ่/ระดับวงศ์ ตามความลึกของหลุมเจาะ

- ภายหลังจากการทับถมถ่านชั้นล่างแล้ว ในตัวอย่างที่ 19-79 มีสัดส่วนของออสตราคอดกลุ่ม A และ กลุ่ม C ร้อยละ 50 เท่ากัน
- ต่อมาสัดส่วนของออสตราคอดกลุ่ม C เพิ่มขึ้น (ตัวอย่างที่ 19-78 ถึง 19-60) ลดลงเล็กน้อยในตัวอย่างที่ 19-58 และเพิ่มเป็นร้อยละ 100 ในตัวอย่างที่ 19-55 ก่อนการทับถมถ่านชั้นบน
- ภายหลังจากการทับถมถ่านชั้นบนแล้ว มีสองช่วงที่ไม่พบออสตราคอดกลุ่ม C คือ ตัวอย่างที่ 19-42 บ่งชี้ว่ามีตะกอนจากบนแผ่นดินเข้ามาในแอ่งสะสมปริมาณมากกว่าปกติ และตัวอย่างที่ 19-15 พบเฉพาะออสตราคอดวงศ์ Darwinulidae ทั้งนี้ สกุล *Darwinula* เป็นกลุ่มที่มีบันทึกว่าอาศัยในเขตน้ำกร่อย บริเวณรอยต่อระหว่างเขตน้ำจืดและน้ำเค็ม โดยเป็นหนึ่งในออสตราคอดกลุ่มที่เริ่มกระจายเข้าสู่ระบบนิเวศน้ำจืด และในปัจจุบันเหลือเฉพาะสปีชีส์ที่อาศัยในนิเวศน้ำจืดเท่านั้น การปรากฏของสกุล *Darwinula* ร้อยละ 100 ในตัวอย่างที่ 19-15 เป็นหลักฐานว่าได้รับอิทธิพลของน้ำจืดในช่วงท้ายของการทับถมตะกอน

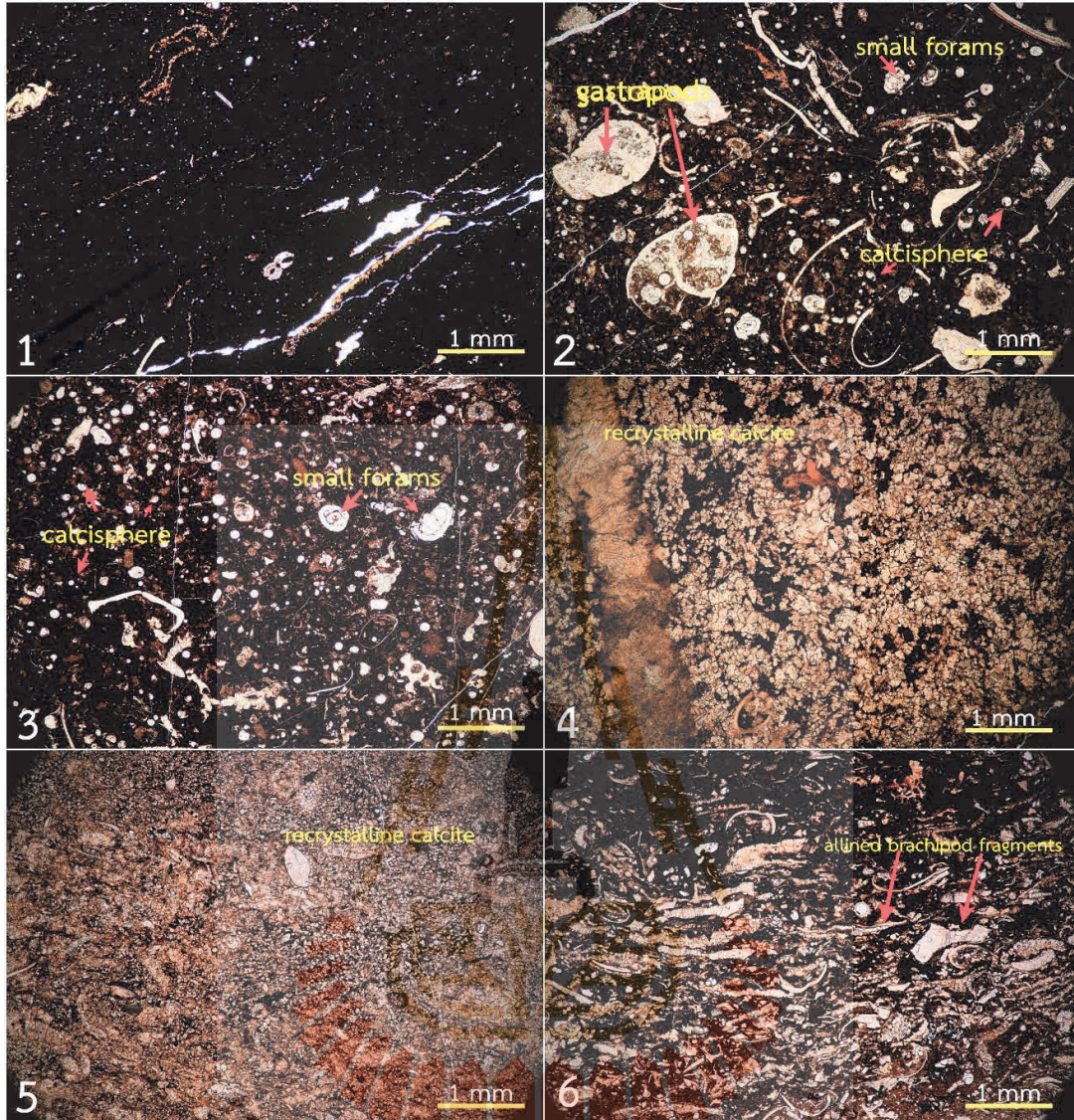
### 4.3 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อหิน

ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หินปูนส่วนใหญ่จัดเป็น wackestone และ packstone (Dunham, 1962) พบซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด บางชั้นมีเศษหินปะปน บางชั้นแสดงการตกผลึกของแร่แคลไซต์และโดโลไมต์ เนื้อหินของหินปูนที่อยู่เหนือถ้ำชั้นบนแสดงในรูปที่ 4.8 ถ้ำหินชั้นบนที่ระดับลึก 46 เมตร (19-46) แสดงในรูปที่ 4.9-1 และเนื้อหินของหินปูนที่อยู่ระหว่างถ้ำชั้นบนและถ้ำชั้นล่าง แสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์ แสดงลักษณะเนื้อหินปูนที่วางตัวอยู่เหนือถ้ำชั้นบน 1-2)

wackestone with coated grain แสดงชั้นจุลชีพ (microbial layer) พอกรอบเศษชิ้นส่วน แบรคิโอพอด ตัวอย่างที่ 19-13, 3-4) เศษหินและเศษหินภูเขาไฟปะปนในตัวอย่างที่ 19-32, 5-6) bioclastic wackestone ประกอบด้วยชิ้นส่วนของสาหร่ายสีเขียว หอยฝาเดียวขนาดเล็ก และแคลซิสเฟียร์ตัวอย่างที่ 19-44



รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายตัดกล้องจุลทรรศน์ แสดงลักษณะเนื้อหินปูนที่วางตัวอยู่ระหว่างถ่านชั้นบนและถ่านชั้นล่าง ยกเว้นภาพที่ 1 เป็นถ่านหินตัวอย่างที่ 19-46, 2-3) bioclastic wackestone หินปูนที่มีปริมาณอินทรีย์สารมาก พบหอยฝาเดียวขนาดเล็ก เปลือกหอย ฟอแรมขนาดเล็ก และแคลซิสเฟียร์ ตัวอย่างที่ 19-57, 4-5) แสดงการตกผลึกใหม่ของแร่แคลไซต์โดยกระบวนการกลายเป็นหิน 4) ตัวอย่างที่ 19-75 5) ตัวอย่างที่ 19-80, 6) bioclastic packstone หินปูนที่มีปริมาณอินทรีย์สารมาก พบเศษแบรคิโอพอดแสดงการเรียงตัวของตะกอน ตัวอย่างที่ 19-91

สังเกตได้ว่าลักษณะเนื้อหินและองค์ประกอบมีการเปลี่ยนแปลงจากด้านล่างขึ้นด้านบน ดังนี้

- ในตัวอย่างหินที่ 19-91 (รูปที่ 4.3-6) ซึ่งอยู่ใต้ถ่านชั้นล่าง หินปูนมีสีเทาเข้ม-เทาดำ เนื่องจากมีปริมาณของอินทรีย์สารมาก ทำให้มองคล้ายทึบแสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบเศษชิ้นส่วนของ

แบรคิโอพอดจำนวนมาก เศษตะกอนมีการเรียงตัวเป็นแนว ซึ่งเป็นหลักฐานของกระแสน้ำที่พัดตะกอนเข้ามาในแอ่ง

- เนื้อถ่านชั้นล่างขึ้นมาเล็กน้อย ในตัวอย่างหินที่ 19-80 และ 19-75 (รูปที่ 4.3-4, -5) หินปูนแสดงเนื้อผลึกที่บ่งถึงการตกผลึกใหม่ของแร่แคลไซต์ เป็นผลึกขนาดเท่า ๆ กัน รูปร่างแบบ equant แต่ยังคงเห็นซากดึกดำบรรพ์ได้ชัด และเริ่มพบออสตราคอดในตัวอย่างที่ 19-79

- ตัวอย่างที่ 19-57 (รูปที่ 4.3-2, -3) หินปูนมีสีเข้มแสดงถึงปริมาณอินทรีย์สารมาก เริ่มพบฟอแรมขนาดเล็ก เศษสาหร่ายสีเขียวกลุ่ม Dacyclad green algae หอยฝาเดียว ออสตราคอด เปลือกไทรโลไบต์? และ แคลซิสเฟียร์ที่พบในหินตัวอย่าง

- เนื้อถ่านถ่านด้านบน พบออสตราคอดตั้งแต่ตัวอย่างที่ 19-45 และในตัวอย่างที่ 19-44 (รูปที่ 4.8-5, -6) หินปูนมีอินทรีย์สารมาก องค์ประกอบหลักคือ green algae และ แคลซิสเฟียร์พบเปลือกหอยฝาเดียวบ้าง

- ในตัวอย่างที่ 19-32 (รูปที่ 4.8-3, -4) หินปูนมีเศษหินและเศษหินภูเขาไฟปะปน อาจบ่งชี้ถึงช่วงเวลาที่มีการประทุของภูเขาไฟจากพื้นที่ข้างเคียงที่นำตะกอนเข้ามาสู่แอ่ง

- ในตัวอย่างที่ 19-13 (รูปที่ 4.8-1, -2) หินปูนมีสีเทาจาง ประกอบด้วยเศษเปลือกหอยและเม็ดตะกอนคาร์บอนเนตที่แสดงการพอกของจุลชีพ (microbial layer) บ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมที่สงบขึ้น

ลักษณะเนื้อหินและองค์ประกอบในหินปูนดังกล่าว บ่งชี้สภาพแวดล้อมของการทับถมในทะเล เนื่องจากซากดึกดำบรรพ์ที่พบเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในน้ำเค็ม เป็นพื้นที่ที่ถูกปิดกั้นโดยธรรมชาติ ทำให้มีอินทรีย์วัตถุสะสมตัวอยู่มาก

สาหร่ายที่พบจำแนกได้เป็นสกุล *Mizzia* ซึ่งพบมากในยุคเพอร์เมียนตอนกลาง-เพอร์เมียนตอนปลาย (Kochansky and Herak, 1959; Kirkland, 1990; Chonglakmani and Fontaine, 1990; Fontaine et al., 2009) ในที่นี้จำแนกเป็นสปีชีส์ *Mizzia velebitana* จากรูปร่างของชิ้นส่วนและขนาดของช่องว่างที่สังเกตได้ ส่วน แคลซิสเฟียร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าเป็นถุงไข่ (cyst) ของสาหร่าย จึงมักพบร่วมกันโดยเฉพาะในบริเวณทะเลสาบน้ำเค็ม (lagoon) (Flügel, 2010 รูปที่ 10.17 หน้า 436) ฟอแรมขนาดเล็กมีลักษณะคล้ายกับ *Baisalina pulchra* และ *Hemigordus reicheli* ที่พบในหินคาร์บอนเนต ยุคเพอร์เมียนตอนปลายจากจังหวัดเลย (Dawson et al., 1994, รูปที่ 5, 11 และ 14)



## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา

ผลจากการจำแนกออสตราคอด การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมการทับถมโดยใช้กลุ่มออสตราคอด ร่วมกับการศึกษาลักษณะเนื้อหินของตัวอย่างหินจากหลุมเจาะสำรวจโครงการถ่านหินเพชรบูรณ์ และการสำรวจหินโผล่บริเวณอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ สามารถสรุปสภาพแวดล้อมการทับถมของหินปูนที่สัมพันธ์กับถ่านหินได้ ดังนี้

#### 5.1 ธรณีวิทยาบริเวณใกล้เคียงแหล่งถ่านหินอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

จากการสำรวจหินโผล่ในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่าหินโผล่ทางด้านตะวันตกสุดของเทือกเขาหินกลิ้ง (ตำแหน่งศึกษาวัดซับตะเคียน) เป็นหินปูนเนื้อดินสีเทาเข้ม แสดงชั้นหินหนาปานกลาง-หนา แทรกสลับกับหินโคลนและหินดินดาน และหินปูนสีเทาแสดงชั้นหนาปานกลาง และมีกระเปาะหินเชิร์ตแทรกอยู่ทั่วไป พบฟิวซิลินิดที่บ่งชี้อายุช่วงต้นของเพอร์เมียนตอนกลาง แบริคิโอพอดและไบรโอซัวจากการวางตัวของชั้นหิน จุดสำรวจนี้ควรมีอายุแก่ที่สุดของเทือกเขาหินกลิ้ง และหินควรมีอายุอ่อนไปทางทิศตะวันออกของเทือกเขา ส่วนตำแหน่งสำรวจบ้านลำตาเถรและบ้านวังอ่าง ซึ่งอยู่บนเนินเขาและที่ราบทางทิศเหนือของเขานหินกลิ้ง พบหินโผล่ของหินโดโลไมต์แสดงชั้น หินปูนเนื้อโดโลไมต์แสดงชั้น ชั้นแทรกสลับของหินปูนเนื้อดิน หินโคลนและหินดินดาน ทั้งหมดวางตัวแตกต่างจากที่วัดซับตะเคียน โดยหินเอียงเทไปทางทิศเหนือ ในการศึกษาครั้งนี้พบเศษปะการังสกุล *Wentzelloides* ที่ตำแหน่งสำรวจบ้านวังอ่าง ซึ่งบ่งชี้อายุช่วงปลายของเพอร์เมียนตอนกลาง (Late Murghabian หรือ Roadian-Wordian age) และพื้นที่ราบบริเวณนี้มีหินโผล่ของหินอัคนีฟูกุ่มหินแอนดีไซต์เป็นหย่อม ๆ

ข้อมูลการสำรวจและศึกษาซากดึกดำบรรพ์ของหมวดหินตากฟ้า โดยเฉพาะที่เคยพบบริเวณบ้านนาเฉลียง หนองไผ่ เขานหินกลิ้ง บ้านลำตาเถรและบ้านวังอ่าง ที่สำคัญได้แก่ แบริคิโอพอด *Tyloplecta yangtzeensis*, *T. nankingensis*, *Haydenella kiangsiensis*, *Marginifera banphotensis*, *Orthotettina phetchabunensis*, *O. javanapheti*, *Linoproductus* sp. (Yanagida, 1964; Yanagida and Nakornsri, 1999) บ่งชี้อายุเพอร์เมียนตอนกลางถึงช่วงต้นของเพอร์เมียนตอนปลาย (Middle Permian – early Late Permian) ไบรโอซัว *Fistulipora* sp. indet, *Pseudobatostomella multiaphragma*, *P.* cf. *P. microstoma*, *Dyscritella phetchabunensis*, *Fenestella* cf. *paratuberculifera*, *Polypora* sp. Indet. (Sakagami, 1975; 1999) *Fistulipora*, *Pseudobatostomella*, *Dyscritella* sp., *Fenestella* sp.,

*Polypora* sp. (Chonglakmani & Fontaine, 1990) บ่งชี้อายุช่วงต้นของเพอร์เมียนตอนปลาย (early Late Permian) สำหรับสกุล *Mizzia* (Chonglakmani & Fontaine, 1990; Fontaine et al., 2009) บ่งชี้อายุเพอร์เมียนตอนกลาง (Murghabian) และพบพืช-ใบไม้หลายชนิด (Kon'no, 1964; Asama, K. 1966; Chonglakmani & Fontaine, 1990) ซึ่งบ่งชี้อายุช่วงปลายของเพอร์เมียนตอนต้น-ช่วงต้นของเพอร์เมียนตอนกลาง (Kungurian-Kazanian age หรือ Kungurian-Roadian age) อาจกล่าวได้ว่า พื้นที่ด้านตะวันออกบนเทือกเขาหินกลิ้ง รวมถึงเนินเขาและที่ราบทางตอนเหนือของเทือกเขาหินกลิ้ง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ควรมียุคในช่วงเพอร์เมียนตอนกลางถึงช่วงต้นของเพอร์เมียนตอนปลาย

อายุของหมวดหินตากฟ้าที่ระบุไว้ในแผนที่ธรณีวิทยาหลายฉบับ ถูกกำหนดให้อยู่ในช่วงปลายของเพอร์เมียนตอนต้น (late Early Permian หรือ Artinskian-Kungurian age) แต่การศึกษาด้านบรรพชีวินแสดงให้เห็นว่า หินปูนบนลานเขาขวางมีการทับถมต่อเนื่อง และมีซากดึกดำบรรพ์อายุตั้งแต่คาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย ถึงช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (อาทิ Yanagida, 1964; Sakagami, 1975; 1999; Yanagida and Nakornsri, 1999; Chonglakmani & Fontaine, 1990; Pérez-Huerta et al., 2007; Fontaine et al., 2009 และ Ueno and Charoentitirat, 2011 รวมถึงเอกสารอ้างอิง) ในการศึกษาครั้งนี้จึงสรุปว่า พื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะเป็นเนินเขาและที่ราบทางตอนเหนือของเทือกเขาหินกลิ้ง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในหมวดหินตากฟ้า มีอายุในช่วงปลายของเพอร์เมียนตอนกลาง และอาจมีอายุอ่อนถึงช่วงต้นของเพอร์เมียนตอนปลาย

## 5.2 ลำดับชั้นหิน สภาพแวดล้อมการทับถมของหินปูนและอายุของถ่านหิน

เนื่องจากไม่พบหินโคลงถ่านหินในพื้นที่สำรวจ การลำดับชั้นหินจึงได้จากข้อมูลหลุมเจาะสำรวจถ่านหินซึ่งดำเนินการโดยหน่วยงานเอกชน หลุมเจาะที่ศึกษามีความลึก 93 เมตร พบถ่านหิน 2 ชั้น ที่ระดับความลึก 45 เมตร และ 82 เมตร ถ่านมีความหนา 6 และ 8 เมตร ตามลำดับ หินที่อยู่ใต้ถ่านชั้นล่าง ระหว่างถ่านชั้นล่างและถ่านชั้นบน และเหนือถ่านชั้นบน ส่วนใหญ่เป็นหินปูนเนื้อดิน บริเวณใกล้ชั้นถ่านจะมีปริมาณมีอินทรียสารเพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อห่างจากชั้นถ่าน ส่วนบนของหลุมเจาะหินมีสีจางลง มีหินตะกอนเนื้อเม็ดแทรกสลับและมีเม็ดตะกอนหินภูเขาไฟ (รูปที่ 3.10 และ 4.8) ซึ่งน่าจะสัมพันธ์กับการปะทุของหินภูเขาไฟช่วงปลายยุคเพอร์เมียนที่กระจายตัวอยู่บริเวณทิศเหนือของอำเภอหนองไผ่ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงว่าระหว่างชั้นถ่านและชั้นหินปูนเป็นรอยต่อของหินตะกอนที่ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลง (sedimentary contact) ถ่านหินมีการเกิดแบบทับถมสลับกับชั้นหินตะกอน ไม่มีหลักฐานของรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง หรือรอยเลื่อนที่บ่งชี้ว่าเป็นถ่านหินมหายุคซีโนโซอิก ที่ทับถมในแอ่งสะสมตะกอนระหว่างหุบเขา ดังที่เคยสำรวจพบในพื้นที่อำเภอวิเชียรบุรีและอำเภอบึงสามพัน (หัวข้อที่ 2.1.1)

หินปูนที่เกิดร่วมกับถ่านหินจำแนกได้เป็น bioclastic wackestone และ bioclastic packstone เป็นหินปูนที่เกิดในทะเลเนื่องจากพบซากดึกดำบรรพ์สิ่งมีชีวิตในทะเล ได้แก่ แบรคิโอพอด ออสตราคอด หอยฝาเดียว สาหร่าย แคลซิสเฟียร์และ ฟอแรมขนาดเล็ก ทั้งนี้ หินปูนชนิด wackestone และ packstone ที่มีองค์ประกอบเป็นสิ่งมีชีวิตและมีลักษณะเนื้อเข้ากับแบบจำลองส่วนลาดคาร์บอนเนต (homoclinal carbonate ramp) ซึ่งระบุชุดลักษณะขนาดจุลภาคได้เป็น RMF 17: Bioclastic wackestone with dasyclads บ่งชี้สภาพแวดล้อมในทะเลสาบน้ำเค็ม (lagoon) RMF 18: Bioclastic wackestone with ostracods บ่งชี้สภาพแวดล้อมในเขตทะเลจำกัด (restricted marine) RMF 20: Bioclastic wackestone/packstone with algae and benthic foraminifera บ่งชี้สภาพแวดล้อมในทะเลสาบน้ำเค็ม (lagoon) และ RMF 27: Bioclastic grainstone/packstone with a few dominant skeletal grains บ่งชี้สภาพแวดล้อมบริเวณสันทราย (shoal) (Flügel, 2010 หน้า 718-723)

ออสตราคอดที่พบจากตัวอย่างหินที่ศึกษา จำแนกอยู่ใน 6 วงศ์ใหญ่และ 8 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ใหญ่ Bairdioidea (วงศ์ Bairdiidae, Bythocyprididae, Pachydomellidae) วงศ์ใหญ่ Darwinuloidea (วงศ์ Darwinulidae) วงศ์ใหญ่ Cavellinoidea (วงศ์ Cavellinidae) วงศ์ใหญ่ Kirkbyoidea (วงศ์ Kirkbyidae) วงศ์ใหญ่ Kloedenelloidea (วงศ์ Knoxitidae) และวงศ์ใหญ่ Hollinoidea (วงศ์ Hollinellidae) ซึ่งประกอบด้วยสกุลที่เคยพบในหินยุคเพอร์เมียน ที่มีการทับถมบนลานคาร์บอนเนตของทะเลโบราณเรทิสต์ ได้แก่ *Bairdia*, *Rectobairdia*, *Petasobaridia*, *Bairdiacypris*, *Acratia*, *Cryptobairdia*, *Bythocypris*, *Microcheilina*, *Liuzhinia*, *Sulcella*, *Kirkbya*, *Sargentina*, *Geffenina*, *Hollinella* ออสตราคอดส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 70) เป็นกลุ่มที่พบในทะเลเปิด บริเวณด้านนอกของลานคาร์บอนเนตในสภาวะความเค็มปกติ รองลงมา (ร้อยละ 19) เป็นกลุ่มที่อาศัยบริเวณด้านในของลานคาร์บอนเนตที่มีการแปรผันสภาพแวดล้อมส่วนน้อย (ร้อยละ 10) เป็นกลุ่มที่อาศัยในส่วนกลางของลานคาร์บอนเนต นอกจากนี้กลุ่มของออสตราคอดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดความลึกของหลุมเจาะ โดยมีช่วงที่พบกลุ่มออสตราคอดทะเลเปิดทั้งหมด และช่วงที่เปลี่ยนเป็นกลุ่มที่อาศัยด้านในของลานคาร์บอนเนต บ่งชี้ว่าเป็นการเพิ่มและลดระดับของน้ำทะเล อย่างน้อย 2 ครั้ง นอกจากนี้ทางด้านบนของหลุมเจาะพบกลุ่มออสตราคอดที่อาศัยในเขตน้ำกร่อย (สกุล *Darwinula*) เป็นหลักฐานว่ามีการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำ ซึ่งออสตราคอดกลุ่มอื่นไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะเนื้อหินปูน จึงสรุปได้ว่า สภาพแวดล้อมการทับถมอยู่ในเขตด้านในของลาดคาร์บอนเนต (inner ramp) ซึ่งมีการไหลเวียนของน้ำทะเลได้ดี มีความเค็มปกติ แต่บางบริเวณอาจมีสันทรายที่ทำให้เกิดการขัดขวางการไหลเวียนของน้ำ เกิดเป็นทะเลสาบน้ำเค็มด้านหลังสันทราย เป็นแอ่งการทับถมตะกอนและอินทรีย์สาร ซึ่งต่อมากลายเป็นชั้นถ่านหิน จากนั้นน้ำทะเลอาจเพิ่มระดับหรือรุกเข้ามาปิดทับและทำให้เกิดชั้นหินปูนสลับกัน การเพิ่มและลดของน้ำทะเล สอดคล้องกับการปรากฏของออสตราคอดสกุล *Darwinula* และการเกิดแรโดโลไมต์แบบปฐมภูมิ ซึ่งพบในหินโผล่จากพื้นที่ศึกษาบ้านลำตาเถร ทั้งนี้ สภาพแวดล้อมแบบปากแม่น้ำ

เขตทะเลจำกัด-ทะเลสาบน้ำเค็ม คล้ายคลึงกับกับผลการศึกษารณิเคมีของหินปูนและหินดินดาน ของหินโผล่  
หมวดหินตากฟ้าบริเวณอำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ (Chenrai and Fuengfu, 2020) ซึ่งมีศักยภาพเป็น  
หินต้นกำเนิดปิโตรเลียม

ออสตราคอดที่พบในการศึกษาครั้งนี้ มี 7 สปีชีส์ที่เคยพบในประเทศไทยมาก่อนแล้ว ได้แก่

*Bairdia songthami* พบในหินปูนยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาหนองไผ่ อำเภอ  
หนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์, หินปูนยุคเพอร์เมียนตอนกลาง จากหน้าตัดศึกษาบ้านเนินสวรรค์ อำเภอบึงสาม  
พัน จังหวัดเพชรบูรณ์ และหินปูนช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาตาคลี อำเภอตาคลี  
จังหวัดนครสวรรค์ หมวดหินตากฟ้า (Chitnarin et al., 2017)

*Bairdia fontainei* พบในหินปูนยุคเพอร์เมียนตอนกลาง จากหน้าตัดศึกษาบ้านเนินสวรรค์  
อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ และหินปูนช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาตาคลี  
อำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ หมวดหินตากฟ้า (Chitnarin et al., 2017)

*Bairdia lungtonensis* พบในหินปูนยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาหนองไผ่ อำเภอ  
หนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์, หินปูนช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาตาคลี อำเภอตาคลี  
จังหวัดนครสวรรค์ หมวดหินตากฟ้า และ หินปูนยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาถ้ำน้ำมโหฬาร  
อำเภอหนองหิน จังหวัดเลย หมวดหินน้ำมโหฬาร (Chitnarin et al., 2017)

*Acratia chonglakmanii* พบในหินปูนยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาหนองไผ่  
อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์, หินปูนช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาตาคลี อำเภอตา  
คลี จังหวัดนครสวรรค์ หมวดหินตากฟ้า และหินปูนยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาเหมืองศักดิ์ชัย  
อำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย หมวดหินน้ำมโหฬาร (Chitnarin et al., 2017)

*Sulcella mesopermiana* พบในหินปูนยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาหนองไผ่  
อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์, หินปูนช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาตาคลี อำเภอตา  
คลี จังหวัดนครสวรรค์, หินปูนช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนต้น จากหน้าตัดศึกษาพูล่าโย อำเภอตากฟ้า  
จังหวัดนครสวรรค์ และหินปูนช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง จากหน้าตัดศึกษาเขาสมโภชน์ อำเภอลำ  
สนธิ จังหวัดลพบุรี ทั้งหมดอยู่ในหมวดหินตากฟ้า (Chitnarin et al., 2017)

*Sargentina phetchabunensis* และ *Geffenina bungsamphanensis* พบในหินปูนยุค  
เพอร์เมียนตอนกลาง จากหน้าตัดศึกษาบึงสามพัน อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ หมวดหินตากฟ้า  
(Chitnarin et al., 2008)

โดยอายุของหินที่พบออสตราคอดชนิดเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ กระจายตัวตั้งแต่เพอร์เมียนตอนต้น (Asselian age) จนถึง ตอนปลายของเพอร์เมียนตอนกลาง (late Murghabian age) จึงไม่สามารถกำหนดอายุที่แน่นอนจากกลุ่มออสตราคอดได้ แต่เนื่องจากพบซากดึกดำบรรพ์แบคทีเรียฟอสซิล *Mizzia velebitana* ฟอสเฟตขนาดเล็ก รวมถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตะกอน ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลขึ้นและลง ซึ่งอาจเทียบได้กับการลดลงของระดับน้ำทะเลปานกลางของโลกในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Udchachon et al., 2014) รวมถึงพบเศษหินภูเขาไฟปะปนในหินปูนช่วงบนของหลุมเจาะที่ศึกษา จึงสรุปว่า หินปูนและถ่านหินที่เกิดแทรกสลับนี้ สะสมตัวและทับถมในช่วงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง

### 5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

- 1) การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาสภาพแวดล้อมของการทับถมหินปูนซึ่งมีชั้นถ่านหินแทรกอยู่ ข้อมูลและผลการศึกษาเป็นข้อมูลด้านตะกอนวิทยาและบรรพชีวินวิทยา ยังไม่ได้ศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติต่าง ๆ ของถ่านหินทั้งสองชั้น
- 2) ซากดึกดำบรรพ์ อาทิ ฟอสเฟตขนาดเล็กและซากดึกดำบรรพ์สาหร่าย พบมากในหินปูนยุคเพอร์เมียน โดยเฉพาะเมื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สามารถใช้เป็นดัชนีกำหนดอายุหินได้ แต่ในปัจจุบันยังมีการศึกษาไม่มาก มีฐานข้อมูลในประเทศน้อย และยังไม่ได้เทียบสัมพันธ์กับพื้นที่อื่น
- 3) สามารถแยกซากดึกดำบรรพ์ออสตราคอดจากแท่งตัวอย่างหิน แม้จะมีขนาดแท่งหินไม่ใหญ่มาก แต่เนื่องจากออสตราคอดมีขนาดเล็กจึงพบในปริมาณมากพอ ที่จะใช้เป็นเครื่องมือศึกษาสภาพแวดล้อมของการทับถมตะกอนได้

## เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2550. ธรณีวิทยาประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง. โรงพิมพ์ดอกเบญจ  
กรุงเทพฯ. 628 หน้า.
- กรมทรัพยากรธรณี. พ.ศ.2552. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี  
จังหวัดเพชรบูรณ์. กรุงเทพฯ. 126 หน้า
- กรมแผนที่ทหาร. 2549. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 51401 (บ้านซับไม้แดง)  
สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. แผ่นพับรู้ไว้ใช่ว่าพื้นที่ชุ่มน้ำ. 2557
- บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวงจำกัด (มหาชน). รายงานลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ถ่านหิน (ไม่เผยแพร่)  
สมชาย ทรัพย์ปริญญาพร และ คณิต ประสิทธิการกุล. พ.ศ.2549. ทรัพยากรแร่ ในแผนที่ระวาง NE 46-  
16 (จังหวัดเพชรบูรณ์). สำนักทรัพยากรแร่, กรมทรัพยากรธรณี. 50 หน้า.
- อดุลย์ ใจตาบุญ. 2554. ทรัพยากรแร่จังหวัดเพชรบูรณ์. สำนักทรัพยากรธรณีเขต 1 (ลำปาง), กรม  
ทรัพยากรธรณี. 46 หน้า.
- Armstrong, W. and Brasier, M. 2005. Microfossils. Second edition. Blackwell Pub, Malden.
- Asama, K. 1966. Permian plants from Phetchabun, Thailand and problems of floral  
migration from Gondwanaland. Bulletin of the National Science Museum. 9(2):  
171-211.
- Boomer, I., Horne, D., and Slipper, I. J. 2003. The use of ostracods in paleoenvironmental  
studies, or what can you do with an ostracod shell? Paleontological Society  
Papers. 9: 153-179.
- Bassetti, M. A., Miculan, P., and Lucchi, F. R. 2003. Ostracod faunas and brackish-water  
environments of the late Messinian Sapigno section (northern Apennines, Italy).  
Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 198: 335-352.
- Bunopas, S. 1981. Paleogeographic history of the western Thailand and adjacent parts  
of Southeast Asia: a plate tectonics interpretation. Ph.D. Thesis: Geology  
Department, Victoria University: Wellington
- Bunopas, S. 1992. Regional stratigraphic correlation in Thailand, In Piancharoen C. (ed).  
Proceedings of the National Conference on Geologic Resources of Thailand:  
Potential for future development. Department of Mineral Resources. Bangkok.  
189-288.
- Cairncross, B. 2001. An overview of the Permian (Karoo) coal deposits of southern Africa.  
Journal of African Earth Sciences. 33 (3-4), 529-562.

- Charoenprawat, A. and Wongwanich, T. (1976). Preliminary geology of Changwat Loei, Map Sheet (ND 47-12), Geological Survey Division. Department of Mineral Resources: Bangkok
- Chenrai, P. and Fuengfu, S. 2020. Organic geochemistry of the Lower Permian Tak Fa Formation in Phetchabun Province, Thailand: implications for its paleoenvironment and hydrocarbon generation potential. *Acta Geochimica*. 39: 291-306.
- Chitnarin, A., Crasquin, S., Chonglakmani, C., Broutin, J., Grote, P. J. and Thanee, N. 2008. Middle Permian ostracods from Tak Fa Limestone, Phetchabun Province, Central Thailand. *Geobios*. 41: 341-353.
- Chitnarin, A., Crasquin, S., Tepnarong, P. and Thanee, N. 2011. Early Permian ostracods from the Tham Nam Maoholan section, Loei Province, northeastern Thailand: the paleoecological insight. In R. Hanta (ed.). Abstract book of the World Conference on Paleontology and Stratigraphy (WCPS2011). p. 60.
- Chitnarin, A., Crasquin, S., Charoentitirat, C., Tepnarong, P. Thanee, N. 2012. Ostracods (Crustacea) of the Early-Middle Permian from Central Thailand (Indochina block). Part I Order Palaeocopida. *Geodiversitas*, 34 (4): 801-835.
- Chitnarin, A., Crasquin, S., Forel, M.-B., Tepnarong, P. 2017. Ostracods (Crustacea) of the Early-Middle Permian (Cisarulian-Guadalupian) from Central Thailand (Indochina Block): part II, Orders Podocopida, Platycopida and Myodocopida. *Geodiversitas*, 39(4): 651-690.
- Chonglakmani, C. and Fontaine, H. 1990. The Lam Narai-Phetchabun region: A platform of Early Carboniferous to Late Permian age. In: Charusiri, P., Jarupongsakul, S. and Pisutha-Arnond, V. (eds) Proceeding of the Technical Conference on Development Geology for Thailand into the year 2000. Bangkok.
- Chonglakmani, C. and Sattayalak, N. 1979. Geological map of Thailand on 1: 250,000 scale: sheet Changwat Phetchabun (NE47-16). Department of Mineral Resources: Bangkok
- Choochang, S. 2013. Room and pillars design for the Phetchaboon coal mine project. Master Thesis. Suranaree University of Technology. 123p.

- Crasquin, S., Sudar, M. N., Jovanovic, D., and Kolar-Jurkovek, T. 2010. Upper Permian ostracode assemblage from the Jadar Block (Vardar Zone, NW Serbia). *Annales Géologiques de la Péninsule Balkanique*. 71: 23-35.
- Crasquin-Soleau, C. and Kershaw, S. 2005. Ostracod fauna from the Permian-Triassic boundary interval of South China (Huaying Mountains, eastern Sichuan Province): palaeoenvironmental significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 217: 131-141.
- Crasquin-Soleau, S., Broutin, J., Roger, J., Platel, J., AlHashimi, H., Angiolini, L., Baud, A., Bucher, H. and Marcoux, J. 1999. First Permian ostracode fauna from the Arabian Plate (Khuff Formation, Sultanate of Oman). *Micropaleontology*. 45: 163-183.
- Crasquin-Soleau, S., Vaslet, D. and Le Nindre, Y. M. 2005. Ostracods as markers of the Permian-Triassic boundary in Saudi Arabia (Khuff Formation). *Palaeontology*. 48: 853-868.
- Costanzo, G. V. and Kaesler, R. L., 1987, Changes in Permian marine ostracode faunas during regression, Florena shale, Northeastern Kansas. *Journal of Paleontology* 61(6): 1204-1215.
- Crasquin-Soleau, S., Broutin, J., Roger, J., Platel, J., Al Hashmi, H., Angiolini, L., Baud, A., Bucher, H., and Marcoux, J. 1999. First Permian Ostracode Fauna from the Arabian Plate (Khuff Formation, Sultanate of Oman). *Micropaleontology* 45(2): 163-183.
- Crasquin-Soleau, S., Vaslet, D., Le Nindre, Y.M. 2005. Ostracods from Permian-Triassic boundary in Saudi Arabia (Khuff Formation). *Palaeontology*. 48(4): 853-868.
- Dai, S., Bechtel, A., Eble, C. F., Flores, R. M., French, D., Graham, I. T., Hood, M. M., Hower, J. C., Korasidis, V. A., Moore, T. A., Püttmann, W., We, Q., Zhao, L. and O'Keefe, J. M. K. 2020. Recognition of peat depositional environments in coal: A review. *International Journal of Coal Geology*. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2019.103383>
- Dawson, O. and Racey, A. (1993). Fusuline-calcareous algal biofacies of the Permian Ratburi Limestone, Saraburi, Central Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*. 8: 49-65.
- Dawson, O. Racey, A., Whittaker, J. E. 1994. Permian Foraminifera and algae from Northeast and Peninsular Thailand. *Proceedings of the International Symposium on Stratigraphic Correlation of Southeast Asia*. 323-332.



- Department of Mineral Resources. (1992). Lexicon of Stratigraphic Names of Thailand. Department of Mineral Resources: Bangkok (in Thai)
- Department of Mineral Resources. (2013). Lexicon of Stratigraphic Names of Thailand. Department of Mineral Resources: Bangkok (in Thai)
- Department of Mineral Resources. 2014. Geology of Thailand: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. 508p.
- Diessel, C. 1992. Coal-Producing sedimentary Environment. Coal-Bearing Depositional Systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 349-459.
- Dole-Olivier, M. J., Galassi, D. M. P., Marmonier, P., and Creuze des Chatelliers, M. (2000). The biology and ecology of lotic microcrustaceans. *Freshwater Biology*. 44: 63-91.
- Dunham, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (ed.). Classification of carbonate rocks. The American Association of Petroleum Geologists, 1, pp. 108-121.
- Fielding, C. R., Falmner, A. J. and Scott, S. G. 1993. Fluvial response to foreland basin overfilling; the Late Permian Rangal Coal Measures in the Bowen Basin, Queensland, Australia. *Sedimentary Geology*. 85(1-4): 475-497.
- Flint, S., Aiten, J. and Hampson, G. 1995. Application of sequence stratigraphy to coal-bearing coastal plain succession: implications for the UK Coal Measures. In: Whateley, M. K. G. and Spears, D. A. (eds). *European Coal Geology*. Geological Society Special Publication. 82: 1-16.
- Flügel, E. (2004). *Microfacies of carbonate rocks*. Springer-Verlag: New York
- Flügel, E. (2010). *Microfacies of carbonate rocks, second edition*. Springer-Verlag: New York
- Folk, R. L. 1959. Practical petrographical classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. 43: 1-38.
- Folk, R. L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. *Classification of carbonate Rocks-A Symposium: American Association of Petroleum Geologists Memoir*. 1: 62-84.
- Fontaine, H., Hoang, T. T., Juangnam, S., Kavinat, S., Suteethorn, V., Vachard, D. 2009. Limestone exposures South of Phetchabun, mainly in the 1:50,000 Ban Na Chaliang Sheet, central Thailand. In V. Suteethorn (ed.). *Paleontology and*

- stratigraphy of the northwest Thailand: paleogeographical implications. Department of Mineral Resources. Thailand. 162-197.
- Holz, M. and Kalkreuth, W. 2004. Sequence stratigraphy and coal petrology applied to the Early Permian coal-bearing Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. In: Pashin, J. C. and Gastaldo, R. A. (eds.) Sequence stratigraphy, paleoclimate and tectonics of coal-bearing strata: AAPG studies in Geology. 51: 147-167.
- Horne, J. C., Ferm, J. C., Caraccio, F. T. and Baganz, B. P. 1978. Depositional models in coal exploration and mining planning in Appalachian region. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 62(12): 2379-2411.
- Ketwetsuriya, C., Nützel, A. Kanjanapayont, P. 2016. Permian gastropods from the Tak Fa Limestone, Nakhon Sawan, Northern Thailand. Bulletin of Geosciences. 91(3): 481-513.
- Kon'no, E. 1963, Some Permian Plants from Thailand. Japanese Journal of Geology and Geography. 34 (2-4\_ : 139-159.
- Lethiers, F. 1981. Ostracodes du Dévonien terminal de l'ouest du Canada: Systématique, Biostratigraphie et Paléoécologie. Geobios, Mémoire spécial. 5: 1-234.
- Lethiers, F. 1982. Les ostracodes du Dévonien supérieur (Nord de la France, Belgique, Ouest du Canada). Unpublished. Thèse d'état: 1-489.
- Lethiers, F. and Crasquin, S. 1988. Comment extraire des microfossiles à tests calcitiques de roches calcaires dures. Revue de Micropaléontologie. 31:56-61.
- McCabe, P. J. 1987. Facies studies of coal and coal bearing strata. In Scott, A. C. (ed.), Coal and Coal-bearing Strata." Recent Advances, Geological Society Special Publication No. 32, pp. 51-66.
- Melnyk, D and Maddocks, R. 1988a. Ostracode biostratigraphy of the Permo Carboniferous of central and north central Texas, part I: Paleoenvironmental framework. Micropaleontology 34(1): 1 20.
- Melnyk, D. and Maddocks, R. 1988b. Ostracode biostratigraphy of the Permo Carboniferous of central and north central Texas, part II: ostracode zonation. Micropaleontology 34(1): 21 40.
- Metcalfe, I. and Sone, M. 2008. Biostratigraphy and palaeobiogeography of Lower Permian (lower Kungurian) conodonts from the Tak Fa Formation (Saraburi

- Limestone), Thailand. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 257: 139-151.
- Michaelson, P. and Henderson, R. A. 2000. Facies relationships and cyclicity of high-latitude, Late Permian coal measures, Bowen Basin Australia. *International Journal of Coal Geology*. 44(1): 19-48.
- Misra, B. K. and Singh, B. D. 1990. The Lower Permian coal seams from Singrauli coalfield (M.P.), India: petrochemical nature, rank, age and sedimentation. *International Journal of Coal Geology*. 14 (4): 309-340.
- Moore, T. A. and Shearer, J. C. 2003. Peat/coal type and depositional environment-are they related? *International Journal of Coal Geology*. 56: 233-252.
- Nakhornsri, N. 1977. Geological Map of Thailand on 1:250,000 scale: Sheet Amphoe Ban Mi (ND 47-4). Department of Mineral Resource: Bangkok.
- Nakhornsri, N. 1981. Geology and mineral resources of map sheet Amphoe Ban Mi. Department of Mineral Resources: Bangkok.
- Oertli, H. J. 197. The aspect of Ostracode fauna-a possible new tool on petroleum sedimentology. In Oertli, H. J. (ed.). *Paléoécologie des Ostracodes*, Bull. Centre. Rech. Pau, SNPA. pp. 137-151.
- Peterson, R. M. and Kaesler, R. L., 1980; Distribution and diversity of ostracode assemblages from the Hamlin Shale and the Americus Limestones (Permian, Wolfcampian) in northeastern Kansas, *The University of Kansas Paleontological contributions*, 100: 1-26.
- Peterson, H. I. and Ratanasthien, B. 2011. Coal facies is a Cenozoic paralic lignite bed, Krabi Basin, southern Thailand: changing peat-forming condition related to relative sea-level controlled water table variations. *International Journal of Coal Geology*. 87: 2-12.
- Pérez-Huerta, A., Chonglakmani, C. and Chitnarin A. 2007. Permian brachiopods from new localities in northeast Thailand: Implications for paleobiogeographic analysis. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, 504-517.
- Pieri, V., Marten, K., Naselli-Flores, L. Marrone, F., and Rossetti, G. 2006. Distribution of Recent ostracodes in inland waters of Sicily (Southern Italy). *Journal of Limnology*. 65(1): 1-8.

- Pokorny, V. (1978). Ostracodes. In B. U. Haq and A. Boersma (eds.). Introduction to marine micropaleontology. Elsevier: New York.
- Premović, P.I., Komatinovic, B.V., Pugmire, R.J., Woolfenden, W.R., 1988. Solid-State  $^{13}\text{C}$  NMR of Middle Precambrian Anthracite and Related Anthraxolite. *Naturwissenschaften* 75, 98–100.
- Ratanasthien, B. 2011. Coal deposits. In Ridd, M. F., Barber, A. J., and Crow, M. J. (eds.). *Geology of Thailand*. The Geological Society London. pp. 393-414.
- Ratanasthien, B., Kandharosa, W., Chompusri, S., Chrtprasert, S. 1999. Liptinite in coal and oil source rocks in northern Thailand. *Journal of Asian Earth Science*. 17: 301-306.
- Sakagami, S. 1975. Permian bryozoan from Khao Hin Kling, near Phetchabun, North-central Thailand. In: Kobayashi, T. & Toriyama, R. (eds) *Geology and Palaeontology of Southeast Asia*, Volume 16. University of Tokyo Press, Tokyo, 33-43.
- Sakagami, S. 1999. Permian bryozoans from some localities in the Khao Hin Kling area near Phetchabun, North-central Thailand. *Bulletin of the Kitakyushu Museum of Natural History*, 18, 77-103.
- Shao, L., Jones, T. Gayer, R., Dai, S., Li, S., Jiang, Y., and Zhang, P. 2003a. Petrology and geochemistry of the high-sulphur coals from the Upper Permian carbonate coal measures in the Heshan coalfield, southern China. *International Journal of Coal Geology*. 55: 1-26.
- Shao, L., Zhang, P., Gayer, R. A., Chen, J. and Dai, S. 2003b. Coal in a carbonate sequence stratigraphic framework: the Upper Permian Heshan Formation in central Guangxi, southern China. *Journal of Geological Society, London*, 160: 285-298.
- Sone, M., Chonglakmani, C., and Chitnarin, A. 2009). Middle Permian *Producidine* brachiopods from central Thailand (the Indochina Terrane) with paleobiogeographic implications. *Journal of Paleontology*, 83(5), 804-810.
- Thomas, L. 2013. *Coal Geology*. Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd.
- Udchachon, M., Burrett, C., Thassanapak, H., Chonglakmani, C., Campbell, H., and Feng, Q. 2014. Depositional setting and paleoenvironment of an alatoconchid-bearing Middle Permian carbonate ramp sequence in the Indochina Terrane. *Journal of Asian Earth Sciences*. 87: 37-55.

- Ueno, K. and Charoentitirat, T. 2011. Carboniferous and Permian. In M. F. Ridd, A. J. Barber, M. J. Crow (eds.) *The Geology of Thailand*. The Geological Society London. p. 71-136.
- Vassilev, S. V., Vassileva, C. G., Baxter, D., Anderson, L. K. 2010a. Relationships between chemical and mineral composition of coal and their potential applications as genetic indicators. Part 2. Mineral classes, groups and species. *Geologica Balcanica*, 39(3). 21-41.
- Voncken, J.H.L. 2020. *Geology of coal deposits of South Limburg, the Netherlands including adjacent German and Belgian areas*. Springer
- Wang, H., Shao, L., Hao, L., Zhang, P., Glasspool, I. J., Wheeley, J. R., Wignall, P. B., Yi, T., Zhang, M. and Hilton, J. 2011. Sedimentology and sequence stratigraphy of the Lopingian (Late Permian) coal measures in southwest China. *International Journal of Coal Geology*. 85: 168-183.
- Whatley, R. C. 1988. Ostracoda and palaeogeography. In P. De Decker, J. P. Colin, and J.P. Peypoquet (eds.). *Ostracoda in the Earth Science* (pp. 103-115). Elsevier: Amsterdam
- Wielchowsky, C. and Young, J. 1985. Regional facies variation in Permian of the Phetchabun fold and thrust belt, Thailand. In P. Thanuvarachon, S. Hokjaroen and W. Yanungme (eds.). *Proceeding of the Conference on Geology and Mineral Resources Development of Northeastern Thailand* (pp. 41-55). Department of Geotechnology. Khon Kaen University: Khon Kaen
- Yanagida, J. 1988. *Biostratigraphic Study of Paleozoic and Mesozoic Groups in Central and Northern Thailand – An Interim Report*. Department of Geology, Faculty of Science, Kyushu University, Fukuoka.
- Yanagida, J. and Nakornsri, N. 1999. Permian brachiopods from the Khao Hin Kling area near Phetchabun, North-central Thailand. *Bulletin of the Kitakyushu Museum of Natural History*, 18, 105-136.

## ประวัตินักวิจัย

นางสาวอานิสส์ จิตนารินทร์ เกิดเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ.2521 ที่จังหวัดเชียงใหม่ จบการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ธรณีวิทยา) จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปี พ.ศ.2542 เริ่มต้นทำงานในตำแหน่งนักวิชาการสิ่งแวดล้อม (เหมืองแร่) และตำแหน่งนักวิจัยระหว่าง พ.ศ. 2542-2545 จากนั้นจึงศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา และสำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยาสิ่งแวดล้อม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในปี พ.ศ. 2548 ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ชีววิทยาสิ่งแวดล้อม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในปี พ.ศ. 2553 และ Docteur de l'Université Paris VI (Geosciences et Ressources Naturelles) จาก University Pierre & Marie Curie ประเทศฝรั่งเศส ในปี พ.ศ. 2553 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมธรณี สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีความสนใจด้านตะกอนวิทยา บรรพชีวินวิทยาและการลำดับชั้นหิน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี