



รหัสโครงการ SUT 7-719-44-12-31

รายงานการวิจัย

ภูมิศาสตร์บรรพกาลของหินยุคเพอร์เมียนบริเวณจังหวัดสระบุรี-นครราชสีมา

Paleogeography of the Permian System in the Saraburi - Nakhon

Ratchasima area

ผู้วิจัย

นายจงพันธ์ จงลักษณ์ณี

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

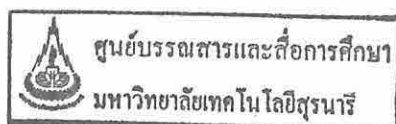
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2544

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มกราคม 2548



กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2544 ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายกิจยณะ มลิตา นางสาวจรรยา หลอดกระโทก และ นางสาวปริมล พรหมกลาง ผู้ช่วยวิจัย ที่ได้ช่วยงานสำรวจภาคสนามและงานวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งทำให้งานศึกษาวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี และขอขอบคุณ นางสาวรัชณี หอมกลาง ที่ได้ช่วยเหลืองานด้านธุรการ และการจัดพิมพ์รายงานการวิจัยนี้

ผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2548



บทคัดย่อ

หินยุคเพอร์เมียน ประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนใหญ่พบแพร่กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทยและเดิมเรียกหินชุดนี้ว่าหินปูนราชบุรีหรือกลุ่มหินราชบุรี (Ratburi Limestone or Ratburi Group) มีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่จังหวัดราชบุรี (Brown and others, 1951 ; Javanaphet, 1969) ต่อมา Bunopas (1981) ได้จำกัดชื่อ Ratburi Group ให้ใช้เฉพาะหินยุคเพอร์เมียนในบริเวณภาคตะวันตกและภาคใต้ และได้ตั้งชื่อกลุ่มหินสระบุรี (Saraburi Group) แทนชั้นหินยุคเพอร์เมียนบริเวณเทือกเขาด้านตะวันตกของที่ราบสูงโคราช ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่า กลุ่มหินราชบุรี มีกลุ่มซากดึกดำบรรพ์ที่แตกต่างจากที่พบในกลุ่มหินสระบุรี ซากดึกดำบรรพ์ของกลุ่มหินราชบุรีเป็นพวกที่อยู่ในเขต peri-Gondwana ส่วนของกลุ่มหินสระบุรีอยู่ในเขต Tethyan

Chonglakmani and Sattayarak (1978) ได้รายงานการค้นพบหินยุค Lower-Middle Permian ที่สะสมตัวในน้ำลึกหรือ geosynclinal facies บริเวณ Phetchabun Fold Belt ในภาคกลางตอนเหนือและเรียกชื่อหินชุดนี้ว่า หินน้ำลึก (Nam Duk Formation) ซึ่งมีความแตกต่างจากชั้นหินที่สะสมตัวในน้ำตื้นที่อยู่เลยไปทางด้านตะวันออก (Pha Nak Khao Limestone and Hua Na Kham Formation) ต่อมาได้มีรายงานยืนยันถึงการสะสมตัวของตะกอนทะเลน้ำลึก และมีการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม (Winkel and others, 1983 ; Wielchowsky and Young, 1985 ; Altermann, 1989)

พื้นที่ศึกษาบริเวณจังหวัดสระบุรีและพื้นที่ข้างเคียง Hinthong and others (1981) ได้จำแนกหินเพอร์เมียนออกเป็น 6 หมวดหิน เรียงลำดับจากล่างขึ้นบนดังนี้ หมวดหินภูเพ (Phu Phe Formation) หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation) หมวดหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation) หมวดหินปางอโศก (Pan Asok Formation) หมวดหินเขาขาด (Khao Khad Formation) และหมวดหินซัปบอน (Sap Bon Formation) ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถจำแนกกลุ่มหินสระบุรีออกเป็น 8 Lithofacies ซึ่งสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ จากทะเลน้ำตื้นหรือไหล่ทวีปจนถึงทะเลน้ำลึกหรือ basin lithofacies ที่สะสมตัวในเขตทะเลน้ำตื้นได้แก่ Thin-to thick-bedded limestone and dolomite; Boundstone and dolomite ; และ Sandstone, shale and limestone ส่วนที่สะสมตัวตาม slope และ basin หรือเขตทะเลน้ำลึก ได้แก่ Crinoidal limestone, micritic limestone and shale ; Limestone conglomerate and breccia ; Greywacke and shale; Shale, chert and shale with limestone block และ Allodapic limestone, shale and chert.

กลุ่มหินสระบุรีสามารถแบ่งแยกออกได้ 5 หมวดหิน ตามคุณลักษณะและการลำดับชั้นหิน บริเวณ platform ต่อกับ slope ประกอบด้วย 3 หมวดหินเรียงจากล่างขึ้นบนดังนี้ หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation) หมวดหินเขาแผงม้า (Khao Phaeng Ma Formation) และ หมวดหินซับบอน (Sap Bon Formation) หมวดหินเขาแผงม้าเป็นหมวดหินที่ตั้งขึ้นใหม่ ประกอบด้วยหินปูนชั้นบางถึงชั้นหนา แทรกสลับด้วยหินดินดาน หินเชิร์ตชั้นบาง ๆ และหินปูนกรวดมน หินปูนมักแสดงรอยชั้นขวาง hummocky และ graded bedding เนื้อหินมักไม่มีการคัดขนาดอันเป็นลักษณะของ debris flow deposit บริเวณ basin ประกอบด้วย หมวดหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation) และหมวดหินปางอโศก (Pang Asok Formation) ที่วางตัวอยู่บน ส่วนบริเวณกลาง fold and thrust belt กลุ่มหินสระบุรีประกอบด้วย ส่วนล่างที่เป็นหมวดหินน้ำดุก (Nam Duk Formation) และส่วนบนที่เป็นหมวดหินน้ำหนาว (Nam Nao Formation) บริเวณศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของ Petchabun Fold Belt ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีโครงสร้างธรณีวิทยาที่สลับซับซ้อน สภาพการแพร่กระจายของหินบางแห่งจึงมิได้เกิดจากการสะสมตัวของหินในบริเวณนั้น มีหลักฐานทางลำดับชั้นหิน โบราณชีววิทยา วิทยาการตะกอนและโครงสร้างธรณีวิทยา บ่งว่าเทือกเขาหินปูนที่สะสมตัวในทะเลน้ำตื้นหลายแห่ง มิได้เกิดอยู่กับที่แต่เกิดจากการเคลื่อนไถลมาจากที่อื่นในภายหลัง (allochthonous) ดังนั้น Khao Khwang Platform ที่อยู่ด้านตะวันตกของแอ่งน้ำดุกปัจจุบันเดิมเป็น platform เดียวกันกับ Pha Nok Khao Platform ที่อยู่ด้านตะวันออกของแอ่งน้ำดุก ผลการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะ lithofacies ของกลุ่มหินสระบุรีและสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลในยุคเพอร์เมียนสนับสนุนความคิดที่ว่า รอยตะเข็บน่าน-อุดรดิตต์ (Nan-Uttaradit Suture) เกิดจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกในยุคเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย ซึ่งเป็นช่วงเวลาของ main orogenic movement ในประเทศไทยและแผ่นดินของทวีปเอเชียอาคเนย์

Abstract

The Permian sequences, consisting predominantly of thick carbonate sediments, are distributed extensively in Thailand. They were well known as the Ratburi Limestone or Ratburi Group with its type area in the Ratchaburi province, western Thailand (Brouwn and others, 1951 ; Javaaphet, 1969). Bunopas (1981) has restricted the name Ratburi Group for the Permian limestones in western and peninsular Thailand. He proposed the name Saraburi Group for the Permian limestones and clastics in central and northeastern Thailand. It is now widely accepted that the Ratburi Group, based on its faunal content, is quite different from the comparable limestone unit in the northeast. The former belongs to the sediments deposited in the peri-Gondwana realm, whereas the latter including the north belong to the Tethyan realm.

In Phetchabun Fold Belt of north-central Thailand, a complex geosynclinal clastic – carbonate sequence (Nam Duk Formation) of Early – Middle Permian age was differentiated from the shelf sequence (Pha Nok Khao Limestone and Hua Na Khan Formation) found further to the east (Chonglakmani and Sattayasak, 1978). The deep sea Permian sediments have been confirmed and studied in more detail by subsequent investigations (Winkel and others, 1983 ; Wielchowsky and Young, 1985 ; Altermann, 1989).

In the Saraburi area and its vicinities, the Permian Saraburi Group was subdivided into the Sap Bon, the Khao Khad, the Pang Asok, the Nong Pong, the Khao Khwang, and the Phu Phe Formations respectively in descending order (Hinthong and others, 1981). These range in age from Early to late Middle Permian. Detailed study of the Saraburi Group in the Saraburi-Pak Chong area allows the recognition of 8 lithofacies representing the shelf or platform, basin margin and deep basin environments. Lithofacies of shallow marine environment include the thin-to thick-bedded limestone and dolomite; the boundstone and dolomite ; and the sandstone, shale and limestone. Those of basin margin and deep basin environments comprise the crinoidal limestone, micritic limestone and shale ; the limestone conglomerate and breccia; the greywacke and shale ; the shale, chert and shale with limestone block ; and the allodapic limestone, shale and chert.

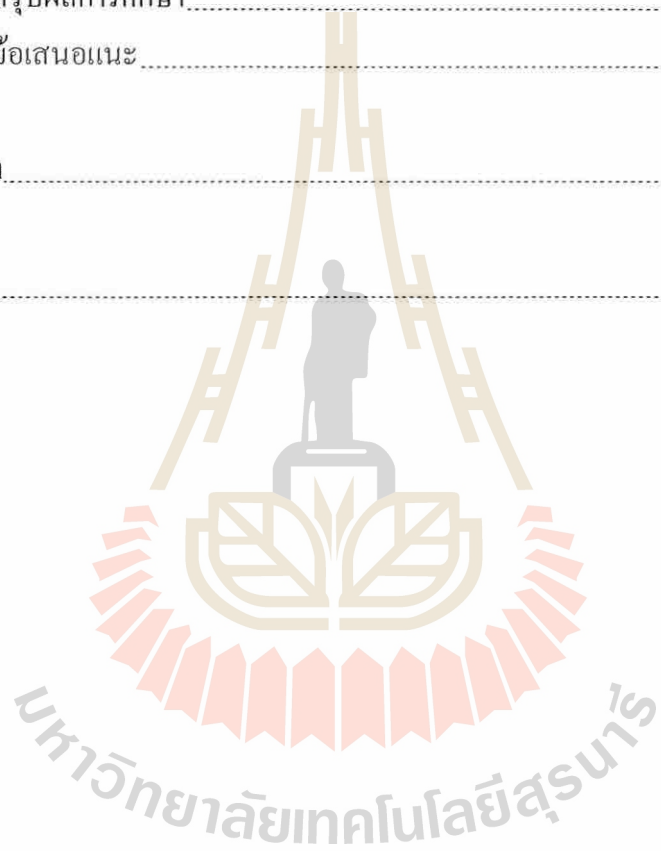
The Saraburi Group can be subdivided into 7 formations based on its lithologic character and stratigraphic position. The platform to basin margin belt consists of the Khao Khwang, the Khao Phaeng Ma and the Sap Bon Formations respectively in ascending order. The newly established Khao Phaeng Ma Formation consists of thin-to thick-bedded limestones and interbedded shale, chert and limestone conglomerate. Limestones are normally characterized by hummocky cross-bedding and graded bedding. Some beds show poorly sorted texture of a typical debris flow deposit. The basin belt comprises the lower Nong Pong Formation and the upper Pang Asok Formation. The fold and thrust belt proper includes the lower Nam Duk and the upper Nam Nao Formations.

The study area is structurally complex and belongs to the Phetchbun Fold Belt. Many karstic terrains characterized by the shelf or platform sediments are considered to be allochthonous based on stratigraphic, paleontologic, sedimentologic, and structural evidences. The Khao Khwang Platform, located to the west of the Nam Duk Basin, is considered to be part of the Pha Nok Khao Platform which is located to the east. The result of this study based on the lithofacies analysis of the Saraburi Group and the revised paleogeographic interpretation favours the conclusion that the Nan-Uttaradit Suture was formed by continental collision during the Middle to Late Permian, the time of the main orogenic movement in Thailand and mainland Southeast Asia.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
Abstract.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 พื้นที่ศึกษาวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	4
บทที่ 2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
บทที่ 3 ลำดับชั้นหินของกลุ่มหินสระบุรี	
3.1 การแบ่งลำดับชั้นหินของกลุ่มหินสระบุรีที่ผ่านมา.....	9
3.2 อายุของกลุ่มหินสระบุรี.....	10
บทที่ 4 การวิเคราะห์ด้านวิทยาการตะกอนและสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของกลุ่มหินสระบุรี	
4.1 Lithofacies ของกลุ่มหินสระบุรีและสภาวะแวดล้อมการสะสมตัว.....	19
4.2 การจำแนกกลุ่มหินสระบุรี.....	21

บทที่ 5	สถาปัตยกรรมบรรพกาลและวิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย	
5.1	สถาปัตยกรรมบรรพกาล.....	41
5.2	วิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย.....	42
บทที่ 6	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
6.1	สรุปผลการศึกษา.....	44
6.2	ข้อเสนอแนะ.....	45
	เอกสารอ้างอิง.....	46
	ประวัติผู้วิจัย.....	50



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนตามแผนที่ธรณีวิทยาระวางจังหวัดพระนครศรีอยุธยา.....	1
2 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนออกเป็น 2 ส่วนในบริเวณต่าง ๆ ของโลก.....	14
3 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนออกเป็น 3 ส่วนในบริเวณต่าง ๆ ของโลก.....	15
4 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนเป็น Stage แบบต่าง ๆ.....	15
5 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียน โดย Leven (1981).....	16
6 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียน โดย Jin and others (1997).....	17
7 การจำแนก Biostratigraphy โดยอาศัย fusulinid ที่พบในกลุ่มหินสระบุรี (Toriyama and others, 1974 ; Ingavat, 1984).....	17
8. การจำแนกกลุ่มหินสระบุรีที่สะสมตัวในบริเวณต่าง ๆ ของจังหวัดสระบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง	22



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาวิจัย.....	3
2 ภาพแสดงภูมิศาสตร์บรรพกาลในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้น (Wielchowsky and Young,1985)	7
3 ภาพแสดงภูมิศาสตร์บรรพกาลในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Wielchowsky and Young)....	8
4 ภาพ thick-bedded limestone มี chert nodules, หินเขาขาว เขาหนองหอย อำเภอแมวกเหล็ก.....	30
5 ภาพ thin-to thick-bedded limestone หินเขาขาวตามเส้นทางหลวงหมายเลข 2273 อำเภอปากช่อง.....	30
6 ภาพชั้นหินปูน หินเขาขาว มีซากดึกดำบรรพ์พวก coral บ้านซับพลู อำเภอปากช่อง.....	31
7 ภาพชั้นหินปูน หินเขาขาว มีซากดึกดำบรรพ์ Alatoconcha บ้านซับพลู อำเภอปากช่อง ...	31
8 ภาพ thin-bedded limestone หินเขาขาว ตามแนวทางหลวง ปากช่อง-แมวกเหล็ก.....	32
9 ภาพ bioclastic limestone แสดง graded bedding หินเขาแผงม้า อำเภอแก่งคอย.....	32
10 ภาพ bioclastic limestone หินเขาแผงม้า อำเภอแก่งคอย.....	33
11 ภาพ limestone conglomerate ใน fore slope deposit หินเขาแผงม้า อำเภอแก่งคอย.....	33
12 ภาพ limestone conglomerate ใน fore slope deposit หินเขาแผงม้า อำเภอแก่งคอย.....	33
13 ภาพแสดง flute cast ใน greywacke ของหินน้ำตก เส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ.....	33
14 ภาพแสดง graded bedding ใน greywacke ของหินน้ำตก เส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ.....	35
15 ภาพแสดงชั้น shale ของหินปางอโศก บ้านหนองขวาง.....	35
16 ภาพแสดงชั้น shale สลับ chert หินปางอโศก บ้านหนองขวาง.....	36
17 ภาพแสดง limestone block ใน shale หินปางอโศก อำเภอปากช่อง.....	36
18 ภาพแสดง thin-bedded limestone หินน้ำตก เส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ.....	37
19 ภาพแสดง thin-bedded limestone หินหนองโป่ง อำเภอปากช่อง.....	37
20 ภาพแสดง thin-bedded limestone หินหนองโป่ง อำเภอปากช่อง.....	38
21 ภาพแสดง turbiditic limestone หินน้ำตก เส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ.....	38

รูปที่	หน้า
22 ภาพแสดงลำดับชั้นหิน หมวดหิน เขาแผงม้า.....	39
23 ภาพแสดงลำดับชั้นหิน หมวดหิน หนองโป่ง และหมวดหินปางอโศก.....	40



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

หินยุคเพอร์เมียนพบแพร่กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบหินยุคเพอร์เมียนโผล่อยู่ทั่วไปตามขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราช จากด้านเหนือจังหวัดเลยติดแม่น้ำโขง แผลงใต้ผ่านจังหวัดขอนแก่น เพชรบูรณ์ ลพบุรี จนถึงสระบุรี และบริเวณตะวันตกของจังหวัดนครราชสีมา หินยุคเพอร์เมียนประกอบด้วยหินหลายจำพวก เช่น หินชั้น (หินปูน หินแกรนิต หินทราย เฟลสปาดิก หินดินดานกึ่งชนวน และหินดินดาน) และหินภูเขาไฟ (ไรโอไลต์, แอนดีไซต์, ทัฟฟ์ และ แอกลีโกลเมอเรต) เป็นต้น (Sudasna and Veeraburus, 1979 ; Hinthong and others, 1981).

แต่เดิมนักธรณีวิทยามีความเห็นพ้องกันว่า หินยุคเพอร์เมียนในประเทศไทยและประเทศข้างเคียงประกอบด้วย หินปูน ซึ่งสะสมตัวในทะเลน้ำตื้น เป็นส่วนใหญ่ (Brown and others, 1951 ; Gobbett, 1967 ; Dawson, 1978) ต่อมา Chonglakmani and Sattayarak (1978) ได้ค้นพบหิน geosynclinal facies ซึ่งเกิดในทะเลลึกเป็นครั้งแรกที่บริเวณอำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และเรียกหินชุดนี้ว่า หมวดหินน้ำดุก (Nam Duk Formation) ผลการศึกษาเพื่อสำรวจหาแหล่งแร่ยูเรเนียม และแหล่งปิโตรเลียมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้ยืนยันและมีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับชั้นหิน Nam Duk Formation (Helmcke and Kraikhong, 1982 ; Wielchowsky and Young, 1985).

ชั้นหินยุคเพอร์เมียนที่พบ โผล่ตามแนวบริเวณขอบด้านตะวันตกของที่ราบสูงโคราชตอนล่าง มีลำดับชั้นหินตามตารางที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาขนาดมาตราส่วน 1:250,000 ระวังจังหวัดพระนครศรีอยุธยา (Sudasna and Pitakpaivan, 1976 ; Hinthong and others, 1981) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนตามแผนที่ธรณีวิทยาระวังจังหวัดพระนครศรีอยุธยา (Sudasna and Pitakpaivan, 1976 ; Hinthong and others, 1981).

Age	Rock Units
Late Permian	Sap Bon Fomation
	Khao Khad Formation
Early to Middle Permian	Pang Asok Formation
	Nong Pong Formation
Early Permian	Khao Khwang Formation
	Phu Phe Fomation

ลำดับชั้นหินที่ปรากฏให้เห็นนี้มีข้อสงสัยว่า เป็นลำดับที่แท้จริงหรือไม่ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีโครงสร้างธรณีวิทยาที่ซับซ้อนจะเห็นได้ว่าหินบางหน่วย เช่น Sap Bon, Nong Pong, และ Pang Asok Formations ประกอบด้วยหินที่มีลักษณะปรากฏคล้ายคลึงกัน ได้แก่ หินแกรนิต หินดินดาน และหินเชิร์ตชั้นบาง ซึ่งอาจเป็นหินหน่วยเดียวกัน แต่เกิดซ้ำกันเนื่องจากความซับซ้อนของโครงสร้าง หินหน่วยดังกล่าวอาจเทียบได้กับหมวดหินน้ำดุก (Nam Duk Formation) ที่พบในจังหวัดเพชรบูรณ์ นอกจากนี้จากหลักฐานทางซากดึกดำบรรพ์พบว่าบางแห่งหน่วยหินที่วางตัวอยู่บนมีอายุแก่กว่า หน่วยหินที่วางตัวอยู่ล่าง เช่น หมวดหินภูเพ (Phu Phe Formation) อายุเพอร์เมียนตอนต้น วางตัวอยู่บนหมวดหินซัปบอน (Sap Bon Formation) อายุเพอร์เมียนตอนกลาง เป็นต้น ซึ่งมีผลมาจากการเกิดรอยเลื่อนย้อน (Borax and Stewart, 1966 ; Sudasna and Pitakpaivan, 1976).

การจัดลำดับชั้นหินที่ผิดไป ทำให้การแปลสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลผิดเพี้ยนไปด้วย ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการสำรวจและศึกษาวิจัยปัญหาเกี่ยวกับลำดับชั้นหินและโครงสร้างธรณีวิทยาบริเวณดังกล่าว เพื่อสรุปและจัดลำดับชั้นหินให้ถูกต้อง

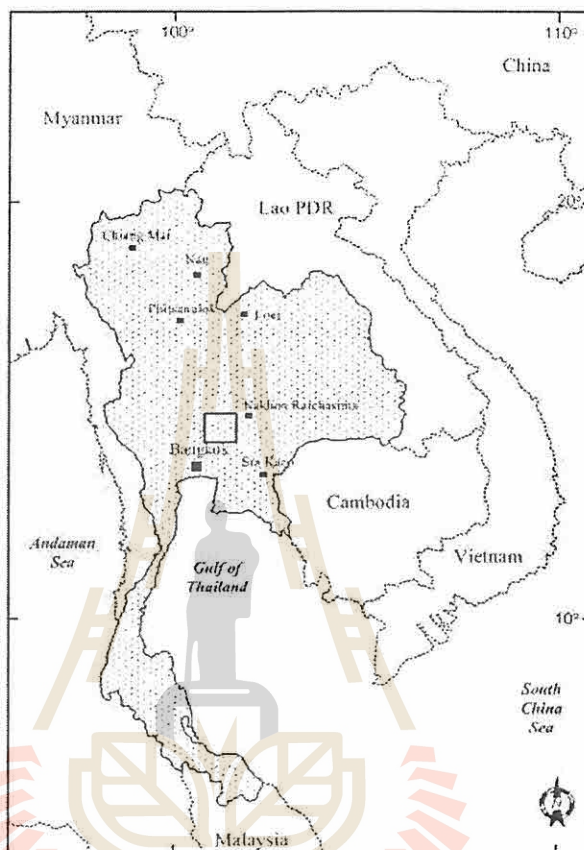
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นที่ราบสูงมีพื้นที่ประมาณ 200,000 ตารางกิโลเมตร ได้มีการสำรวจและขุดเจาะเพื่อค้นหาแหล่งปิโตรเลียมมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 จนถึงปัจจุบัน จำนวนทั้งหมด 25 หลุม แต่มีการค้นพบและพัฒนาก๊าซธรรมชาติขึ้นมาใช้เพียงแหล่งเดียว คือแหล่งก๊าซธรรมชาติน้ำพอง ที่เกิดในหินปูนยุคเพอร์เมียน ความล้มเหลวในการเจาะสำรวจที่ผ่านมาส่วนใหญ่เกิดจากการไม่สามารถเจาะพบหินปูน ซึ่งเป็นหินกักเก็บก๊าซธรรมชาติหลักในบริเวณนี้ได้ (Booth, 1999) การเข้าใจถึงสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลของยุคเพอร์เมียนจะสามารถช่วยกำหนดบริเวณเจาะสำรวจเพื่อหาหินปูน โดยเฉพาะหินพีคปะการังโบราณ (reef) ได้แน่นอนขึ้นนั่นคือ โอกาสที่จะค้นพบแหล่งก๊าซธรรมชาติในหินปูนแบบแหล่งน้ำพองได้มากขึ้นในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สำรวจและจำแนกชั้นหินตามลักษณะและชนิดหิน (Lithostratigraphy) และศึกษาวิทยาการตะกอน (sedimentology) ของกลุ่มหินสระบุรี (Saraburi Group) ยุคเพอร์เมียน
2. ศึกษาสภาวะแวดล้อมการสะสมตัว (Depositional environments) ของกลุ่มหินสระบุรี
3. เปรียบเทียบลำดับชั้นหินตามลักษณะและชนิดหิน (Lithostratigraphic correlation) ในบริเวณที่ต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษา
4. สรุปถึงสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลในยุคเพอร์เมียน

1.3 พื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่สำรวจและศึกษาวิจัยมีขนาดประมาณ 4,000 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ของ ชั้นหินยุคเพอร์เมียนในเขตอำเภอเมือง อำเภอแก่งคอย และอำเภอหมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี และในเขต อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาวิจัย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้จะเน้นรายละเอียดการจัดลำดับชั้นหินและสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของกลุ่มหินสระบุรีจากหลักฐานที่ได้จากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา ซากดึกดำบรรพ์ที่ใช้เป็นตัวกำหนดอายุ โดยเฉพาะ fusulinids และ corals ได้อ้างอิงจากผลการวิเคราะห์จากเอกสารและรายงานต่าง ๆ ทั้งที่ได้พิมพ์และมิได้พิมพ์เผยแพร่

1.5 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลลำดับชั้นหินและซากดึกดำบรรพ์ของกลุ่มหินสระบุรีจากเอกสารและรายงานต่าง ๆ
2. สำรวจและศึกษาลำดับชั้นหินและวิทยาการตะกอนของกลุ่มหินสระบุรีที่เปิดเผยให้เห็นได้ดีในบริเวณต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษา
3. จำแนกลำดับชั้นหินยุคเพอร์เมียนตามลักษณะของชนิดหินออกเป็นหน่วยต่าง ๆ (Lithostratigraphic units)
4. ศึกษาทางศิลาวรรณา (petrography) และสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของตัวอย่างหินในหน่วยหินต่าง ๆ
5. เทียบความสัมพันธ์ของลำดับชั้นหินในบริเวณต่าง ๆ ของพื้นที่สำรวจ
6. ทำการสังเคราะห์และประมวลผลข้อมูลที่ได้เพื่อสรุปถึงสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลและวิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานของยุคเพอร์เมียน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นข้อมูลรายละเอียดของการจัดลำดับและจำแนกชั้นหินกลุ่มหินสระบุรีซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการสำรวจและพัฒนาทรัพยากรธรณี (หิน แร่ น้ำบาดาล และวัสดุก่อสร้าง) การออกแบบ และก่อสร้างงานทางวิศวกรรม (ถนน เขื่อน และอุโมงค์)
2. รู้สภาวะแวดล้อมสะสมตัวของตะกอน และสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาล ซึ่งเป็นข้อมูลช่วยในการสำรวจ และพัฒนาแหล่งก๊าซธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเกิดอยู่ในชั้นหินปูนยุคเพอร์เมียน
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ศึกษาและอธิบายธรณีวิทยาประวัติของประเทศไทย และงานวิจัยธรณีวิทยาต่าง ๆ

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หินชั้นยุคเพอร์เมียน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินปูนพบแพร่กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย และรู้จักกันในชื่อดั้งเดิมว่า Ratburi Limestone (Brown and others, 1951) ผลการศึกษาในเวลาต่อมาพบว่า หินยุคเพอร์เมียนมิใช่เป็นหินปูนทั้งหมด แต่ยังมีหินคลาสติกและหินภูเขาไฟปะปนอยู่ด้วย จึงได้ใช้ชื่อเป็น Ratburi Group (Javanaphet, 1969) หินยุคเพอร์เมียนมีซากดึกดำบรรพ์มากโดยเฉพาะจำพวก fusulinid, brachiopod และ coral ซึ่งใช้เป็นรากฐานในการกำหนดอายุชั้นหิน Bunopas (1981) ได้จำกัดชื่อ Ratburi Group ให้ใช้เฉพาะหินปูนยุคเพอร์เมียนในบริเวณภาคใต้ เนื่องจากมีลักษณะหินและลำดับชั้นหินที่แตกต่างกันและได้ตั้งชื่อกลุ่มหินสระบุรี (Saraburi Group) แทนหินยุคเพอร์เมียนของ Loei Fold Belt กลุ่มหินสระบุรีประกอบด้วยหินปูนและหินคลาสติกพบแพร่กระจายอยู่ตามบริเวณที่ราบเจ้าพระยาตอนล่าง ตั้งแต่บริเวณจังหวัดอุทัยธานี นครสวรรค์ ลงมาถึงบริเวณจังหวัดสระบุรีและตามแนวขอบด้านตะวันตกของที่ราบสูงโคราชตั้งแต่บริเวณจังหวัดเลยเรื่อยลงมาถึงบริเวณจังหวัดสระบุรี

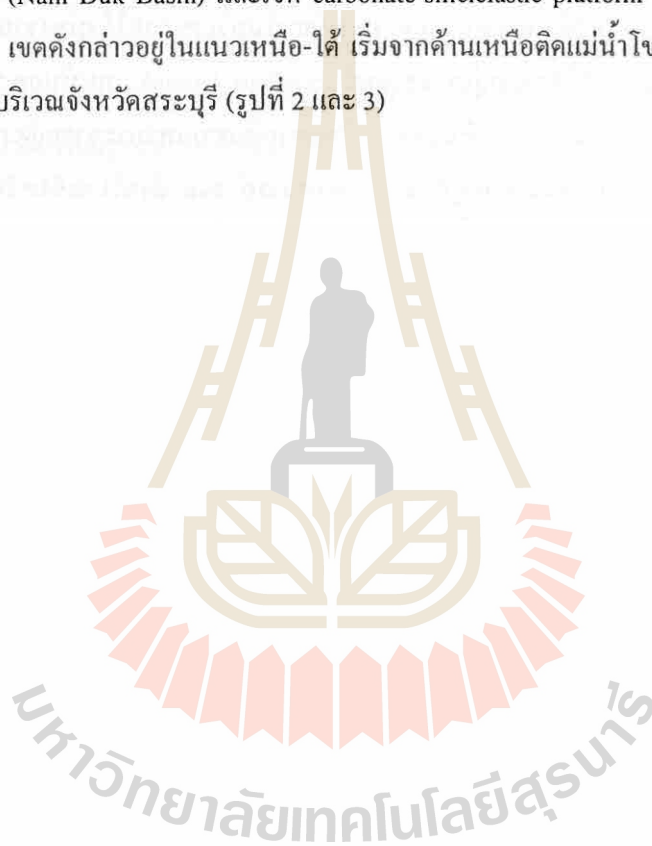
หินปูนเพอร์เมียนในบางบริเวณมีการสะสมตัวต่อเนื่องหนามากกว่า 1,000 เมตร (Borax and Stewart, 1966 ; Tittirananda, 1976). Dawson (1978) ได้รายงานว่าหินปูนเพอร์เมียนบริเวณจังหวัดสระบุรีมีการสะสมในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ของเขตทะเลน้ำตื้น จาก fore reef ถึง back reef, shoal, bioherm, lagoonal, intertidal flat bottom, beach, supratidal และ swamp เป็นต้น

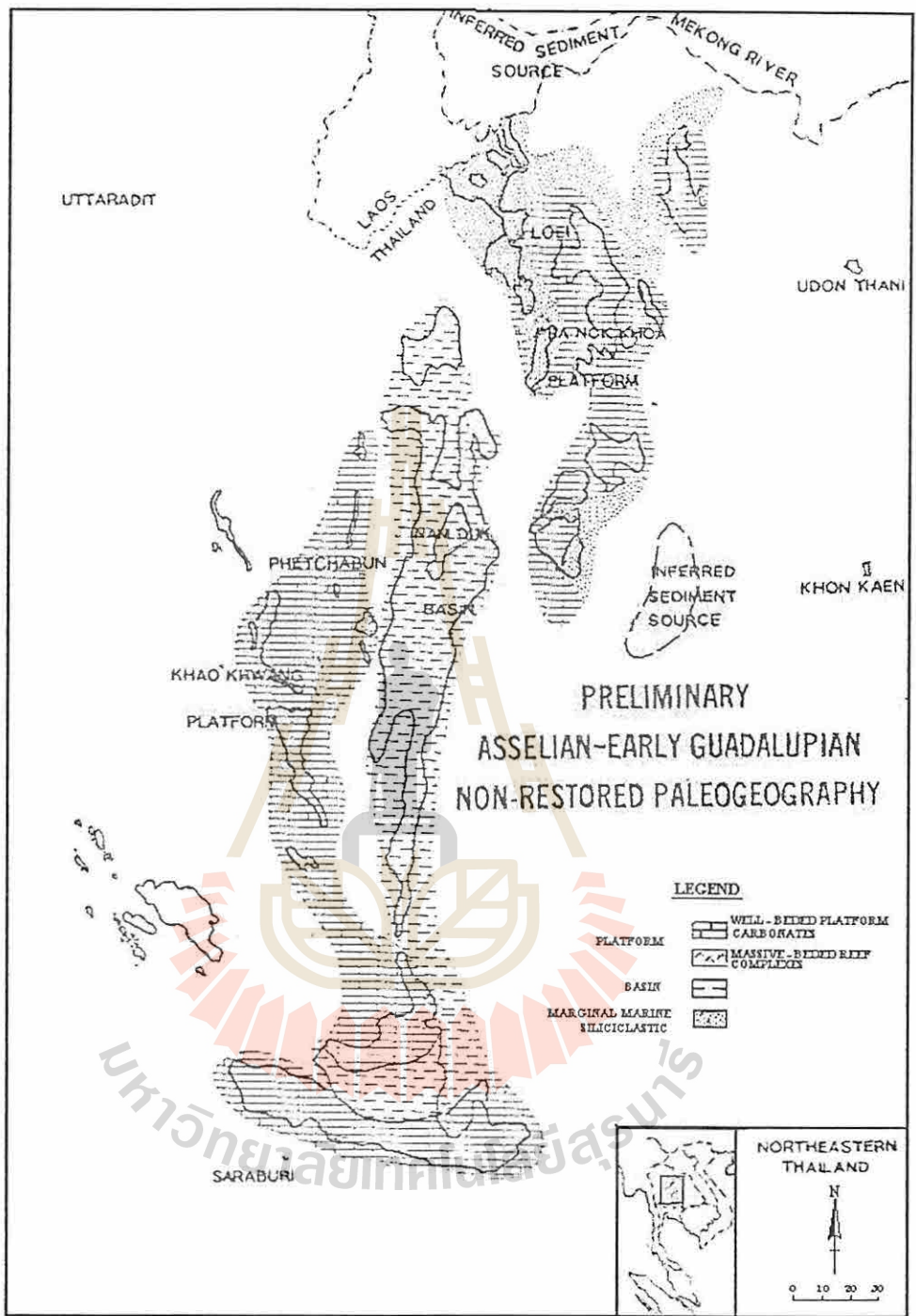
ต่อมาได้มีการสำรวจรายละเอียดลำดับชั้นหินและวิทยาการตะกอนของหินยุคเพอร์เมียนจากงานสำรวจเพื่อจัดทำแผนธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี งานสำรวจปีโตรเลียม และงานศึกษาวิจัยของสถาบันศึกษาต่าง ๆ (Borax and Stewart, 1966 ; Sudasna and Pitakpaivan 1976 a & b, Dawson 1978 ; Chonglakmani and Sattayarak, 1978 ; Hinthong and others 1981 ; Helmcke and Kraikhong, 1982 ; Chonglakmani and Sattayarak, 1984, Charoenpravat and others, 1984 ; Wielchowsky and Young, 1985 ; Altermann, 1989).

Chonglakmani and Sattayarak (1978) ได้รายงานการค้นพบหินยุค Lower-Middle Permian ที่สะสมตัวในน้ำลึก หรือ geosynclinal facies (Nam Duk Formation) ที่แตกต่างจากหินอายุเดียวกันที่มีหินปูนมากกว่า (Pha Nok Khao Formation และ Hua Na Kham Formation) ซึ่งเกิดในทะเลน้ำตื้น (Shelf facies) การศึกษาต่อมาของ Helmcke and Kraikhong (1982) Helmcke and Lindenberg (1983) Wielchowsky and Young (1985) ได้ยืนยันข้อเท็จจริงนี้ และ Helmcke and Kraikhong (1982) ยังได้จำแนกหิน Nam Duk Formation ตามลักษณะทางวิทยาการตะกอน ออกเป็นตะกอน pelagic (Lower-

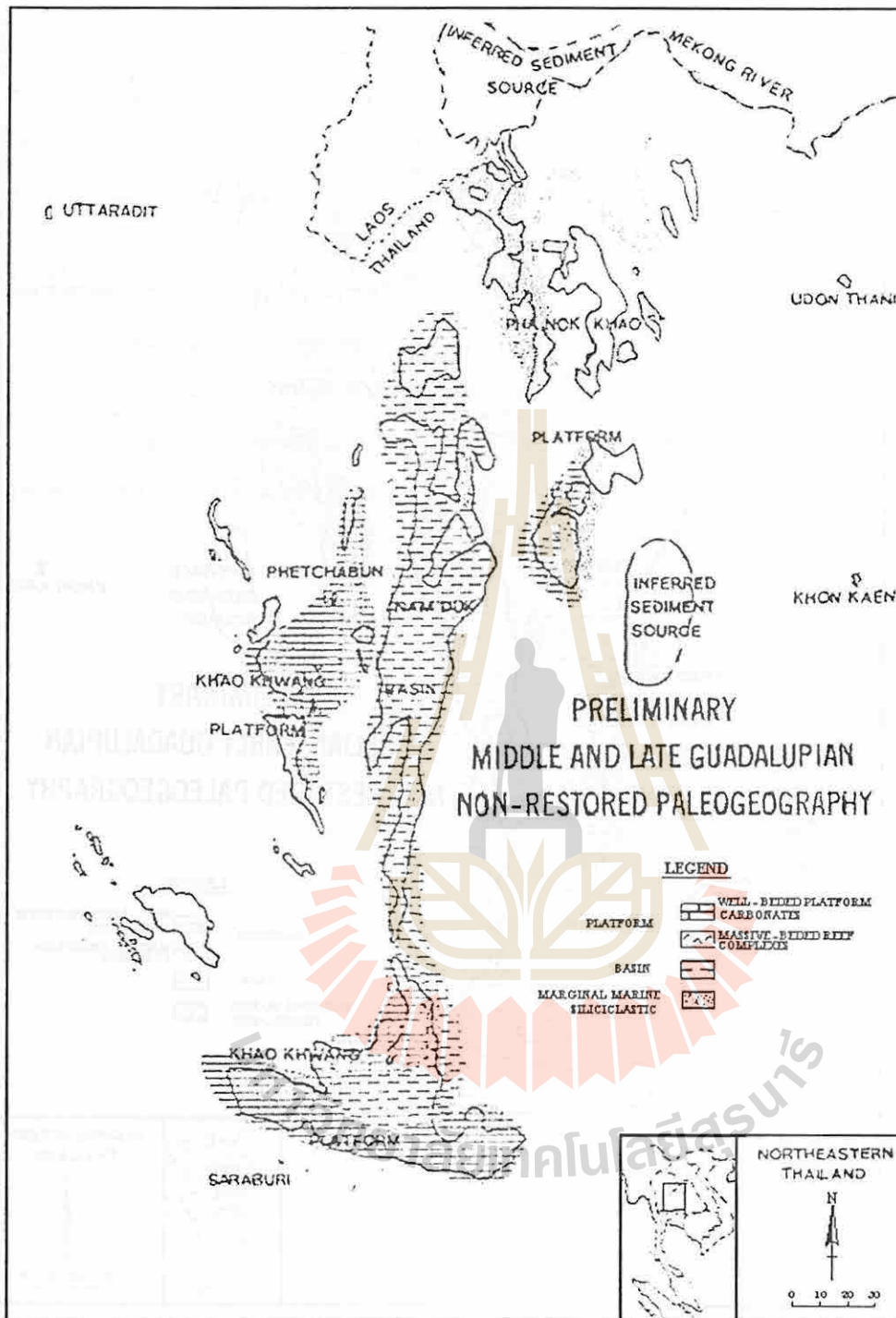
Middle Permian), ตะกอน flysch และ ตะกอน molasse (Upper-Middle Permian) ทำให้สามารถกำหนด orogenic event ของประเทศไทยและประเทศข้างเคียงได้ว่า อยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียน

Wielchowsky and Young (1985) ได้รายงานการศึกษา facies ของกลุ่มหินสระบุรี บริเวณขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราช พบว่าหินพวกคาร์บอนีตมีการสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ 6 ชนิด ได้แก่ basin plain, basin margin, outer platform, platform interior, restricted platform และ marginal marine ส่วนหินพวกคลาสติคมีการสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมที่เป็น deep, shallow และ marginal marine นอกจากนี้ยังได้แบ่งเขตภูมิศาสตร์บรรพกาลบริเวณนี้ในช่วงยุค Early ถึง Middle Permian ออกเป็นเขต carbonate platform ด้านตะวันตก (Khao Khwang Platform) เขตส่วนกลางที่เป็น siliclastic-carbonate basin (Nam Duk Basin) และเขต carbonate-siliclastic platform ด้านตะวันออก (Pha Nok Khao Platform) เขตดังกล่าวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ เริ่มจากด้านเหนือติดแม่น้ำโขงบริเวณอำเภอท่าลี่จังหวัดเลย แผลงใต้ถึงบริเวณจังหวัดสระบุรี (รูปที่ 2 และ 3)





รูปที่ 2 ภาพแสดงภูมิศาสตร์บรรพกาลในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนต้น (Wielchowsky and Young, 1985)



รูปที่ 3 ภาพแสดงภูมิศาสตร์บรรพกาลในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Wielchowsky and Young, 1985)

บทที่ 3

ลำดับชั้นหินของกลุ่มหินสระบุรี

3.1 การแบ่งลำดับชั้นหินของกลุ่มหินสระบุรีที่ผ่านมา

Bunopas (1981) ได้จำแนกกลุ่มหินสระบุรี ออกเป็น 3 หมวดหินเรียงจากล่างขึ้นบน ดังนี้
หมวดหินเขาลวก (Khao Luak Formation) (ตั้งชื่อโดย Nakhonsri, 1976) ประกอบด้วย
หินดินดานสลับกับหินทรายและหินปูนชั้นบาง หินทรายมีเนื้อปน Tuff ในช่วงล่าง

หมวดหินปูนสระบุรี (Saraburi Limestone) ประกอบด้วยหินปูนชั้นดี หรือชั้นหนา
จนถึงเป็นชั้น มีซากดึกดำบรรพ์มาก

หมวดหินดินดานด่านซ้าย (Dan Sai Shale) ประกอบด้วยหินดินดาน มีชั้นหินทรายชั้น
บางแทรกสลับ พบซากพืชอยู่บ้าง

Sudasna and Pitakpaivan (1976) และ Hinthong and others (1981) ได้จำแนกลำดับชั้น
หินยุคเพอร์เมียนในบริเวณจังหวัดสระบุรีและบริเวณข้างเคียงออกเป็น 6 หมวดหิน เรียงลำดับจากล่างขึ้น
บนดังนี้ หมวดหินภูเพ (Phu Phe Formation) หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation) หมวดหิน
หนองโป่ง (Nong Pong Formation) หมวดหินปางอโศก (Pang Asok Formation) หมวดหินเขาขาด (Khao
Khad Formation) และหมวดหินซำบอน (Sap Bon Formation) ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

หมวดหินภูเพ หินหมวดนี้มีความหนาประมาณ 600 เมตร ประกอบด้วยหินปูนชั้นดี สี
เทา และเทาเข้ม ขนาดชั้นปานกลางถึงชั้นหนา มักมีหินเชิร์ตเกิดเป็นชั้นและก้อนแทรกอยู่ด้วย ช่วงล่างมัก
มีหินดินดาน และหินดินดานกึ่งหินชนวนชั้นบาง ๆ แทรก

หมวดหินเขาขวาง หินหมวดนี้มีความหนาประมาณ 500 เมตร ประกอบด้วย หินปูนชั้น
หนามีสีเทาถึงเทาดำ เนื้อละเอียด มักมีชั้นเชิร์ตแทรกสลับ

หมวดหินหนองโป่ง หินหมวดนี้มีความหนาประมาณ 700 เมตร ประกอบด้วย
หินดินดานสลับหินปูน บางช่วงหินปูนมีลักษณะเป็นแถบชั้นบาง ๆ และมีหินเชิร์ตแทรกสลับ บางแห่งมี
หินภูเขาไฟปะปนบ้าง

หมวดหินปางอโศก หินหมวดนี้มีความหนาประมาณ 400 เมตร ประกอบด้วย
หินดินดาน และหินดินดานกึ่งหินชนวน สีน้ำตาล และสีเทา บางแห่งมีหินทราย สีเทา และหินปูนชั้นบาง
แทรก

หมวดหินเขาขาด หินหมวดนี้ประกอบด้วยหินปูนสีขาวและสีเทา ชั้นบาง ๆ ถึงชั้นหนา
มาก มักมีหินเชิร์ตแทรกอยู่ทั่วไปและมีหินโดโลไมต์และหินปูนกรวดมนปะปนอยู่ด้วย บางแห่งมี

หินดินดานเนื้อทราย หินทรายแป้ง และหินทรายแทรกสลับอยู่บ้าง หวมหินเขาขาดมีความหนาประมาณ 1,800 เมตร

หวมหินซำบอน หินหวมนี้มีความหนาประมาณ 1,100 เมตร ประกอบด้วยหินดินดานสลับกับหินทรายแป้ง มีหินทรายปะปนอยู่บ้าง หินมีสีเทาและน้ำตาลอ่อน บางแห่งมีชั้นหินปูน สีเทา และเทาดำ และหินเชิร์ตแทรกสลับ

Chonglakmani and Sattayasak (1984) ได้จำแนกหินยุคเพอร์เมียนบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์และพื้นที่ข้างเคียงออกเป็น 3 หวมหิน จากล่างขึ้นบนดังนี้

หวมหินผานกเค้า (Pha Nok Khao Formation) หวมหินนี้ประกอบด้วยหินปูนสีเทาชั้นบางถึงเป็นปื้น มีหินดินดานสีเทาแทรกสลับบ้าง ในหินปูนมีหินเชิร์ตเป็นเลนซ์หรือชั้นบางแทรกสลับ

หวมหินหัวนาคำ (Hua Na Kham Formation) หวมหินนี้ประกอบด้วย หินดินดานสีเทา หินทรายสีน้ำตาลเหลืองและหินปูนชั้นบางหรือเป็นกระเปาะ

หวมหินน้ำดุก (Nam Duk Formation) หวมหินนี้ประกอบด้วย หินดินดานสีเทาจนถึงเทาเข้ม ลักษณะชั้นดี เป็นชั้นขนาดบางถึงหนา และแสดงลักษณะของ turbidite

Charoenprawat and others (1984) ได้จัดแบ่งหินยุคเพอร์เมียน บริเวณจังหวัดเลยออกเป็น 3 หวมหินตามลำดับจากล่างขึ้นบนดังนี้

หวมหินน้ำโหฬาร (Nam Mahoran Formation) หวมหินนี้มีความหนามากกว่า 500 เมตร ประกอบด้วยหินคาร์บอนเนตซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินปูน บางบริเวณเป็นหินอ่อน และโดโลไมต์ หรือมีชั้นหินดินดาน และชั้นหินทรายแทรกสลับ ในหินปูนบางแห่งมีกระเปาะหินเชิร์ตปะปนอยู่

หวมหินอีเลิส (E-Lert Formation) หวมหินนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินดินดานแทรกสลับกับหินเชิร์ต สีน้ำตาลเหลือง มีกระเปาะหินปูนและหินแก้วเขาไฟเป็นแห่ง ๆ

หวมหินผาค้อ (Pha Dua Formation) หวมหินนี้ประกอบด้วยหินดินดานและหินทรายเนื้อไมกา สีเทาเขียวถึงสีน้ำตาล ขนาดชั้นบางและมักมีหินแก้วเขาไฟปะปน

3.2 อายุของกลุ่มหินสระบุรี

หินยุคเพอร์เมียนที่พบแพร่กระจายแพร่หลายตามขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราช ประกอบด้วย หินคาร์บอนเนต และซิลิสิกลาสติก ส่วนใหญ่มีซากดึกดำบรรพ์อยู่ด้วย ในหินปูนมักพบพวก fusulinid, crinoid, bryozoa, calcareous algae และ coral ส่วนในหินดินดานมักพบพวก brachiopod, bivalve, ammonoid และ trilobite

หินยุคเพอร์เมียนมีการสะสมตัวอย่างต่อเนื่อง จากยุคคาร์บอนิเฟอรัส มีผลเนื่องมาจาก transgression ครั้งใหญ่ จากการเพิ่มระดับน้ำทะเลอย่างกว้างขวางในช่วงเวลานี้

ก่อนที่จะกำหนดอายุของกลุ่มหินสระบุรี ต้องมีการพิจารณาถึงการจำแนกและการกำหนดอายุของหินยุคเพอร์เมียนที่เป็นชั้นหินแบบฉบับ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการอ้างอิง อย่างไรก็ตาม การจำแนกและการกำหนดอายุที่ใช้เป็นมาตรฐานยังเป็นที่ยังสงสัย เนื่องจากได้มีผู้จำแนกหินเพอร์เมียนออกเป็นหลายแบบและให้ชื่อต่าง ๆ กันไป แรกเริ่มได้มีการแบ่งหินเพอร์เมียนออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เพอร์เมียนตอนล่าง (P_1) และเพอร์เมียนตอนบน (P_2) ซึ่งในทวีปยุโรปกลางเรียกชื่อว่า Rotliegend และ Zechstein ตามลำดับ (ตารางที่ 2) การเทียบเคียงช่วงต่าง ๆ ในตารางมีข้อผิดพลาด เนื่องจากต่อมาได้มีหลักฐานทาง magnetostratigraphy ระบุถึงตำแหน่ง Illawarra Reversal พบว่า บางที่อยู่ในช่วงเพอร์เมียนตอนล่าง เช่นที่ยุโรปกลาง และจีนใต้ บางที่อยู่ในช่วงเพอร์เมียนตอนบน เช่นที่ยุโรปตะวันออก อเมริกาเหนือ และจีนตอนเหนือ จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการเทียบเคียงใหม่ ตามที่แสดงในตารางที่ 3 และได้ปรับปรุงการจำแนกหินเพอร์เมียนออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ตอนล่าง (Cis-Uralian) ตอนกลาง (Guadalupian) และตอนบน (Lopingian)

การแยกหินยุคเพอร์เมียนออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Lower, Middle และ Upper เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปแต่การแบ่งยังมีหลายแบบและรายละเอียดมีความแตกต่างกัน ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 หินยุคเพอร์เมียนที่สะสมตัวในทะเล Tethys ซึ่งประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของทะเลนี้ด้วยมีการพบซากดึกดำบรรพ์ fusulinid อย่างแพร่หลาย ดังนั้นการจำแนกหินเพอร์เมียนในบริเวณเอเชียอาคเนย์ จึงยึดถือของ Leven ในปี 1976 และได้แก้ไขให้สมบูรณ์ขึ้นในปี 1981 ตามชั้นหินแบบฉบับที่พบในประเทศไทย ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 หินช่วง Upper Permian ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง และเป็นชั้นหินแบบฉบับใน Transcaucasus นั้น fusulinid มีความสำคัญน้อยลงเนื่องจากพบน้อยมากจึงได้อาศัย ammonoid เป็นรากฐานในการแบ่งแยก แต่ในบริเวณประเทศจีนตอนใต้ รวมทั้งประเทศไทยด้วย ได้มีการค้นพบ fusulinid ตลอดช่วง Upper Permian ดังนั้นจึงได้มีผู้พยายามจัดตั้งชั้นหิน Upper Permian ของประเทศจีนตอนใต้เป็นชั้นหินแบบฉบับแทน

การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนในปัจจุบันได้ยึดถือการจำแนกตาม Jin and others (1997) ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 ซึ่งได้ยอมรับจาก International Commission on Stratigraphy (ICS) ของ International Union of Geological Sciences (IUGS)

การจำแนก biostratigraphic zones ของกลุ่มหินสระบุรีที่เป็นหินปูน เพื่อกำหนดอายุชั้นหินได้ยึดถือ fusulinid foraminiferas เป็นหลัก ดังนั้นจึงสามารถเทียบเคียงกับชั้นหินแบบฉบับของ Leven (1981) ได้ดี ซากดึกดำบรรพ์ fusulinid พบอยู่อย่างแพร่หลาย ตามเทือกเขาหินปูนที่อยู่ขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราช ได้มีการตรวจพบและบันทึกชนิดของ fusulinid ไว้มากกว่า 200 ชนิด มีอายุเริ่มจากตอนต้นของ Early (Asslian) จนถึงตอนปลายของ Middle Permian (Capitanian หรือ Midian) การจำแนก fusulinid zones โดยอาศัยผลงานวิจัยบริเวณเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์-สระบุรี ได้สรุปไว้ในตารางที่ 7

ดังได้กล่าวมาแล้วว่ามีผู้ทำการแบ่งแยกกลุ่มหินสระบุรีออกเป็นหน่วยย่อยต่าง ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันไป ดังนั้นการกำหนดอายุกลุ่มหินสระบุรีจึงได้พิจารณาจากหลักฐานที่ได้จากการจำแนกโดยผู้เขียนต่าง ๆ กัน

Bunopas (1981) ได้แบ่งกลุ่มหินสระบุรีออกเป็น 3 หมวดหิน เรียงจากล่างขึ้นบนมีซากดึกดำบรรพ์และอายุดังนี้

หมวดหินเขาลวก (Khao Luak Formation) ประกอบด้วย fusulinid ชนิด *Pseudofusulina* sp. และ *Triticites* sp. ซึ่งบ่งอายุเพอร์เมียนตอนล่าง แต่ Fontaine และ others (1999) รายงานว่าในชั้นหินปูนที่อยู่สลับกับหินตะกอนภูเขาไฟทางด้านตะวันออกของอำเภอลำานรายณ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหมวดหินเขาลวกมีซากดึกดำบรรพ์ อายุจาก Carboniferous ตอนกลางถึงเพอร์เมียนตอนกลาง

หมวดหินปูนสระบุรี (Saraburi Limestone) หินปูนหมวดนี้มีซากดึกดำบรรพ์จำพวก fusulinid, bryozoa, brachiopod และ coral อยู่ด้วย จาก fusulinid อายุหมวดหินปูนสระบุรีอยู่ในช่วงเพอร์เมียนตอนล่าง (Sakmarian) ถึงเพอร์เมียนตอนกลาง (Wordian หรือ Murgabian) (Borax and Stewart, 1966 ; Toriyama and others, 1974)

หมวดหินดินดานด่านซ้าย (Dan Sai Shale) หินหมวดนี้มีซากใบไม้ *Gigantopteris* sp. (Asama, 1976) ซึ่งเปรียบเทียบกับซากใบไม้ที่พบที่จังหวัดเพชรบูรณ์ มีอายุเพอร์เมียนตอนกลาง Kungurian หรือ Kazanian (เทียบเคียงได้กับ Midian)

Hinthong and others (1981) ได้แบ่งลำดับชั้นหินของหินเพอร์เมียนในบริเวณจังหวัดสระบุรีและพื้นที่ข้างเคียงออกเป็น 6 หมวดหินเรียงลำดับจากล่างขึ้นบนและมีอายุดังนี้

หมวดหินภูเพ (Phu Phe Formation) ประกอบด้วยซากดึกดำบรรพ์จำพวก fusulinid ชนิด *Pseudoschwagerina* cf. *toriyamai*, *Pseudoschwagerina* sp., *Aceroschwagerina* sp., *Monodiexodina* sp., *Pseudoschwagerina* (*Robustoschwagerina*) cf. *toriyamai*, *Paraschwagerina* sp., *Pseudoschwagerina* (*Zellia*) *turibida*, *Triticites* cf. *ellipsoidalis* และ *Pseudoschwagerina* (*Zellia*) sp. มีอายุเพอร์เมียนตอนล่าง (Sakmarian)

หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation) ประกอบด้วย ซากดึกดำบรรพ์จำพวก fusulinid, brachiopod, bivalve, trilobite, bryozoa และ crinoid stem มีอายุเพอร์เมียนตอนล่าง (Sakmarian)

หมวดหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation) ประกอบด้วย ซากดึกดำบรรพ์จำพวก Ammonoid (*Agathiceras* sp.) และ fusulinid มีอายุเพอร์เมียนตอนล่าง (Artinskian ถึง Kungurian)

หมวดหินปางอโศก (Pang Asok Formation) หินหมวดนี้พบซากดึกดำบรรพ์น้อยและไม่สมบูรณ์ เช่น พวก bivalve และซากใบไม้ อายุกำหนดโดยการลำดับชั้นหินและการอนุมาณ โดยให้อยู่ในช่วงเพอร์เมียนตอนล่าง (Artinskian ถึง Kungurian)

หมวดหินเขาขาด (Khao Khad Formation) หินหมวดนี้พบซากดึกดำบรรพ์มากมาย เช่นเดียวกับหินหมวดหินเขาขวางจำพวก fusulinid, brachiopod, gastropod, ammonoid, cephalopod, coral, bryozoa, crinoid, และ algae อายุจาก fusulinid อยู่ในช่วงเพอร์เมียนตอนล่างถึงตอนกลาง (Artinskian ถึง Murgabian หรือ Wordian) (Pitakpaivan, 1965 ; Toriyama and Kanmera, 1968 ; Toriyama and others, 1974).

หมวดหินซำบอน (Sap Bon Formation) หินหมวดนี้พบซากดึกดำบรรพ์บ้าง เช่น ammonoid (*Agathiceras* sp.) fusulinid ชนิด *Pseudofusulina* sp., *Colania* cf. *douvillei* และ *Neoschwageria* cf. *magaritae* บ่งอายุเพอร์เมียนตอนล่างถึงตอนกลาง (Kungurian ถึง Kazanian หรือ Midian)

Chonglakmani and Sattayarak (1984) ได้แบ่ง กลุ่มหินสระบุรี บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ และพื้นที่ข้างเคียงออกเป็น 3 หมวดหิน มีอายุจากล่างขึ้นบนดังนี้

หมวดหินผานกเค้า (Pha Nok Khao Formation) หมวดหินนี้มีซากดึกดำบรรพ์จำพวก fusulinid และ coral มาก บ่งอายุตั้งแต่เพอร์เมียนตอนล่างถึงตอนกลาง

หมวดหินห้วยน้ำคำ (Hua Na Kham Formation) หมวดหินนี้พบซากดึกดำบรรพ์อยู่บ้าง มีอายุเพอร์เมียนตอนกลาง

หมวดหินน้ำดุก (Nam Duk Formation) หมวดหินนี้พบซากดึกดำบรรพ์จำพวก fusulinid และ forminifera ขนาดเล็กมีอายุยุคเพอร์เมียนตอนกลาง

Charoenprawat and others (1984) ได้จัดแบ่งหมวดหินสระบุรีในบริเวณจังหวัดเลยและพื้นที่ใกล้เคียงออกเป็น 3 หมวดหินตามลำดับจากล่างขึ้นบนและมีอายุดังนี้

หมวดหินน้ำมโหฬาร (Nam Mahoran Formation) มีซากดึกดำบรรพ์จำนวนมาก จำพวก fusulinid, brachiopod, algae, coral และ crinoid มีอายุตั้งแต่คาร์บอนิเฟอรัสตอนบน (Gzhelian) ถึง เพอร์เมียนตอนกลาง (Murgabian หรือ Wordian)

หมวดหินอีเลิศ (E-Lert Formation) มีซากดึกดำบรรพ์จำพวก ammonoid (*Agathiceras* sp.), fusulinid (*Parafusulina* sp., *Schwagerina* sp.), foraminifera ขนาดเล็ก และ bryozoa บ่งอายุเพอร์เมียนตอนล่างถึงตอนกลาง

หมวดหินผาเตี๋ย (Pha Dua Formation) หินหมวดนี้พบซากดึกดำบรรพ์อยู่บ้าง เช่น ammonoid (*Agathiceras* sp.) และพืช บ่งอายุเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนบน

Helmcke and Lindenberg (1982) และ Winkel and others (1983) ได้รายงานการพบ fusulinid ชนิด *Pseudoschwagerina* sp., *Pseudofusulina* (*Daixina*) sp., *Schwagerina* sp., *Boutonia* sp., *Parafusulina gigantea*, *Parafusulina* sp., *Pseudodoliolina* sp., *Sumatrana* sp., *Yangchiena* sp., และ foraminifera อื่น ๆ ในหิน pelagic ที่พบตามเส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ และให้อายุเพอร์เมียนตอนล่างถึง

ตอนกลาง (Asselian ถึง Murgabian หรือ Wordian) ในเส้นทางเดียวกันนี้ในหิน molasses Altermann and others (1983) ได้รายงานการพบ fusulinid ชนิด *Codonofusiella* sp., *Rauserella* sp., *Sumatrina* sp., *Verbeekina verbeeki* Geinitz, *Pseudodoliolina* cf. *pseudolepida* Deprat อยู่ร่วมกับ foraminifera อื่น ๆ และ algae บ่งอายุเพอร์เมียนตอนกลาง (Murgabian หรือ Wordian ถึง Midian หรือ Capitanian)

จากการศึกษาซากดึกดำบรรพ์จำพวก fusulinid สรุปได้ว่ากลุ่มหินสระบุรี ไม่ว่าจะเป็นหินที่เกิดสะสมตัวในทะเลน้ำตื้นหรือทะเลน้ำลึกมีอายุต่อเนื่องมาจาก Carboniferous ตั้งแต่ยุคเพอร์เมียนตอนต้น (Asselian) ขึ้นมาถึงปลายยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Capitanian) fusulinid ที่พบอย่างแพร่หลายในกลุ่มหินสระบุรี สามารถแยกหินออกเป็น biostratigraphic zones หรือหน่วยหินตามชีวภาพหรือตามอายุ เพื่อเป็นมาตรฐานในการกำหนดอายุหินดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 2 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนออกเป็น 2 ส่วนในบริเวณต่าง ๆ ของโลก

East Europe		Central Europe		North America		South China		North China				
• Tatarian •	P2	Zechstein	P2	Ochoan	P2	Changxing	P2	Shihchen - feng	P2			
Kazanian				Capitanian						•••••	Wuchiaping (Longtanian)	Upper Shihhotse
Ufimian				Wordian						•••••	•••••	•••••
Kungurian	P1	Upper Rotliegend	P1	Cathedralian	P1	Maokouan	P1	Lower Shihhotse	P1			
Artinskian				Leonardian		•••••				Chisian	Shansi	
Sakmarian				Wolfcampian		•••••						
Asselian				Lower Rotliegend								

ตารางที่ 3 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนออกเป็น 3 ส่วน ในบริเวณต่าง ๆ ของโลก

Ma	East Europe	Central Europe	North America	South China	North China	SE Australia	Ma
PERMIAN	Lower	Vetlugian	Buntsandstein	Dienerian	Griesbachian	Liujiagou	Narrabeen
	Lopingian	Zechstein	Ochoan	Changxingian	Shihchienfeng		
	Guadalupian	Tatarian	Capitanian	Wuchiapingian	Upper Shihhotse	Illawarra	
		<i>Illawarra Reversal</i>	Wordian	Maokouan		Mulbring	
		Kazanian	Roadian		Lower Shihhotse	Nowra	
		Ufimian	Cathedralian	Chisian		Wandrawand	
		Kungurian	Leonardian	Chuanshanian	Shansi	Snapper Point	
		Artinskian	Wolfcampian			Pebble Beach	
		Sakmarian	Virgilian	Gzhelian	Taiyuan	Allandale	
		Asselian	Stephanian			Lochinvar	
CARBONIF.	Upper	Gzhellian			Jinci		CARBONIF.

ตารางที่ 4 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียนเป็น Stage แบบต่าง ๆ

UPPER PERMIAN	Tatarian	Ochoan	Dorashamian	Dorashamian	
			Dzhulfian	Dzhulfian	
			Midian	Abadehian	
MIDDLE PERMIAN	Kazanian	Capitanian	Guadalupian	Murgabian	Pamirian
	Kungurian	Wordian		Kubergandian	Murgabian
				Bolorian	Kubergandian
LOWER PERMIAN	Artinskian	Leonardian	Yahtashian	Artinskian	
	Sakmarian		Sakmarian	Sakmarian	
	Asselian	Wolfcampian	Asselian	Asselian	

ตารางที่ 5 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียน โดย Leven (1981)

Upper Permian	Dorashamian	<i>Paratirolites kittli</i>
		<i>Shevyrevites shevyrevi</i>
		<i>Dzhulfites spinosus</i>
		<i>Iranites transcaucasium</i>
		<i>Phisonites triangularis</i>
	Dzhulfian	<i>Vedioceras ventroplanus</i>
<i>Araxoceras latum</i>		
Midian	<i>Yabeina, Lepidolina</i> (Ammonoid : <i>Timorites</i>)	
Middle Permian	Murgabian	<i>Neoschwagerina margaritae</i> Appearance of <i>Metadoliolina</i> and <i>Kahlerina</i>
		<i>Neoschwagerina cratulifera</i> . Appearance of <i>Sumatrina</i>
		<i>Neoschwagerina simplex</i> . Appearance of <i>Verbeekina</i>
	Kubergandian	<i>Cancellina cutalensis</i> and other species. Appearance of <i>Cancellina</i>
		<i>Armenina, Misellina (Misellina) ovalis</i>
	Bolorian	<i>Misellina (Misellina) parvicostata</i>
<i>Misellina (Brevaxina) dyhrenfurthi</i> . Appearance of <i>Misellina</i>		
Lower Permian	Yahtashian	<i>Chalartoschwagerina vulgaris</i>
		<i>Chalartoschwagerina solita</i>
	Sakmarian	<i>Robustoschwagerina, Paraschwagerina</i>
	Asselian	<i>Schwagerina sphaerica-Pseudofusulina firma</i>
		<i>Schwagerina moelleri-Pseudofusulina fecunda</i>
		<i>Schwagerina vulgaris-S. fusiformis</i>

ตารางที่ 6 การจำแนกหินยุคเพอร์เมียน โดย Jin and others (1997)

SERIES	STAGES	SELETED FOSSIL ZONES			Polarity	Ma
		Ammonoids	Conodonts	Fusulinids		
Triassic	Griesbachian	<i>Ophiceras</i> <i>Otoceras</i>	<i>Hindeodus parvus</i>			251.1 ±3.6
PERMIAN	Lopingian	Changhsingian	<i>Pseudotirotilites</i> <i>Porotirotilites</i> <i>Shevyrevites</i> <i>Ironites-Phisonites</i>	<i>Clarkina changxingensis</i> <i>C. subcarinata</i>	<i>Palaeofusulina sinensis</i>	253.0 ±0.3
		Wuchiaopingian	<i>Araxoceras-Konglingites</i> <i>Andrerssonoceras</i> <i>Roadoceras</i> <i>Doulingoceras</i>	<i>C. orientalis</i> <i>C. leveni</i> <i>C. dukouensis</i> <i>C. postbitteri</i>	<i>Nanlingella simplex</i> <i>Codonofusiella kwangiana</i>	
	Guadalupian	Capitanian	<i>Timorites</i>	<i>Jinogondolella altudaensis</i> <i>J. postserrata</i>	<i>Lepidolina Yabeina</i> <i>Polydiexodina shumardi</i>	
		Wordian	<i>Waagenoceras</i>	<i>J. asserata</i>	<i>Neoschwagerina craticalifera</i>	264.1 ±2.2
		Roadian	<i>Demarezites</i> <i>Stacheoceras dicoidale</i>	<i>J. nankingensis</i>	<i>Praesumatrina neoschwagerinaides</i> <i>Cancellina cutalensis</i> <i>Armenina</i>	Illavarra Riversal
	Cisuralian	Kungurian	<i>Pseudovidrioceras dunbari</i> <i>Propinacoceras busterense</i>	<i>Mesogondolella idahoensis</i> <i>Neostreptognathodus pnevi</i> <i>N. exculptus</i>	<i>Misellina claudiae</i> <i>Brevaxina dyhrenfurhi</i>	
		Artinskian	<i>Uraloceras fedorowi</i> <i>Aktubinskia notabilis</i> <i>Artinskia artiensis</i>	<i>N. pequopenis</i> <i>Sweetognathus whitei</i> <i>M. bisselli</i>	<i>Pamirina</i> <i>Chalaroschwagerina vulgaris</i>	272.2 ±3.6
		Sakmarian	<i>Sakmarites inflatus</i> <i>Svelanoceras strigosum</i>	<i>S. primus</i> <i>Streptognathodus postfusus</i>	<i>Robustoschwagerina schellwini</i> <i>Sphaeroschwagerina sphaerica</i>	280.3 ±2.6
		Asselian	<i>S. serpentinum</i> <i>S. primore</i>	<i>S. constrictus</i> <i>S. isolatus</i>	<i>S. moelleri</i> <i>P. fecunda</i> <i>S. vulgaris</i>	290.6 ±3.0
	Carboniferous	Gzhelian	<i>Shumardites confessus</i> <i>Emilites plummeri</i>	<i>S. wabaunsensis</i> <i>S. elongatus</i>	<i>Daixina robusta</i> <i>D. bosbytaensis</i> <i>T. stuckenbergi</i>	300.3 ±3.2

ตารางที่ 7 การจำแนก Biostratigraphy โดยอาศัย fusulinid ที่พบในกลุ่มหินสหรูรี

(Toriyama and others, 1974 ; Ingavat, 1984)

Ma				Fusulinid Generic Zones	Fusulinid Assemblage Zone	
Triassic	250	Lower	Griesbachian			
		Lopingian	Changxingian	<i>Paleofusulina</i>		
260	Lopingian		Wuchiapingian	<i>Codonofusiella</i>		
		Guadalupian	Capitanian	<i>Lepidolina Yabeina</i>	<i>Lepidolina multiseptata</i> <i>Colania douvillei - Verbeckina</i>	
Wordian	<i>Neoschwagerina</i>		<i>Neoschwagerina haydeni</i> <i>Afghanella schencki</i> <i>Presumatrina schellwieni</i> <i>Neoschwagerina simplex</i>			
Roadian	<i>Cancellina</i>		<i>Malakya sethaputi</i> <i>Malakya pamirica</i> <i>Malaya saraburiensis</i>			
Permian	280	Cis-Uralian	Kungurian	<i>Parafusulina</i> <i>Pseudo - fusulina</i>	<i>Misellina</i>	<i>Misellina confragaspira</i> <i>Misellina otai - M.cf. termieri</i>
			Artinskian		<i>Chalaroschwagerina</i>	<i>Pseudofusulina vulgaris - Charatoschwagerina</i>
	290	Cis-Uralian	Sakmarian	<i>Pseudo - fusulina</i>	<i>Robustoschwagerina</i> <i>Paraschwagerina</i>	<i>Pseudoschwagerina cf. robusta - Robustoschwagerina tumida</i>
			Asselian		<i>Pseudoschwagerina</i>	<i>Triticites ozawai - Paraschwagerina yanagidai</i>
300	Upper	Gzhelian				



บทที่ 4

การวิเคราะห์ด้านวิทยาการตะกอนและสภาวะแวดล้อม การสะสมตัวของกลุ่มหินสระบุรี

4.1 Lithofacies ของกลุ่มหินสระบุรีและสภาวะแวดล้อมการสะสมตัว

4.1.1 Lithofacies ของกลุ่มหินสระบุรี

ในบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกกลุ่มหินสระบุรีออกเป็น 8 lithofacies ซึ่งสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ จากทะเลน้ำตื้นหรือ shelf จนถึงทะเลน้ำลึกหรือ basin รายละเอียดของ lithofacies ต่าง ๆ มีดังนี้

4.1.1.1 Thin to thick – bedded limestone and dolomite

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วย หินปูนชั้นบางจนถึงชั้นหนา ชนิด Wackestone, Mudstone, Packstone และ Grainstone มักมีซากดึกดำบรรพ์มากและแสดงรอยชั้นวาง (cross-bedding) บ่งถึงสะสมตัวใน open platform บางบริเวณหินปูนมีสีเทาเข้ม เนื้อละเอียด (dark micritic limestone) หรือลักษณะเป็นลาย (laminated) และมีซากดึกดำบรรพ์น้อยหรือเป็นเนื้อ dolomite ซึ่งบ่งถึงการสะสมตัวใน restricted platform

4.1.1.2 Boundstone and dolomite

หิน Lithofacies นี้พบเพียงแห่งเดียวที่เขาวาง มักไม่พบรอยชั้นหินเนื่องจากเป็นหินของ Coral และ algal limestone ซึ่งบางช่วงเปลี่ยนเป็น dolomite ปูนหินปูนดังกล่าวเกิดจากการสะสมตัวของพีดปะการัง

4.1.1.3 Sandstone, shale and limestone

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วยหินทรายสลับกับหินดินดานและหินปูน หินทรายมักพบรอยชั้นขวางและ current bedding หินปูนมีซากดึกดำบรรพ์มาก ลักษณะหินบ่งถึงการสะสมตัวในทะเลน้ำตื้น neritic หรือ shelf ในบริเวณ fold และ thrust belt เช่น ตามเส้นทางหลวงหล่มสัก-ชุมแพ หิน lithofacies นี้จัดให้อยู่ใน molasses หรือ late to post-orogenic sequence ตามขั้นตอนของการเกิด orogeny

4.1.1.4 Crinoidal limestone, micritic limestone and shale

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วย Crinoidal limestone หรือ fragmental limestone ลักษณะชั้นบางถึงชั้นหนา มักเป็น lenticular และแสดงรอยชั้นขวาง hummocky micritic limestone มีลักษณะชั้นบางถึงปานกลางและมักแสดง graded bedding หินปูนดังกล่าวอาจมีหินดินดานคั่นเป็นบางช่วง ลักษณะของ lithofacies นี้บ่งถึงการสะสมตัวในช่วงมีพายุหรือเป็น storm deposit และอยู่ในช่วงถัดจาก shelf ที่ต่อกับ slope

4.1.1.5 Limestone conglomerate and breccia

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วยหินปูนกรวดมนและหินปูนกรวดเหลี่ยมที่สะสมตัวตาม fore-reef ของฟีดปะการัง หรือตาม slope ของ shelf หรือ platform เนื้อหินปูนกรวดมนและกรวดเหลี่ยม มักไม่มีการคัดขนาดเม็ดกรวดอาจมีขนาดใหญ่กว่า 1 เมตร และมีซากดึกดำบรรพ์มาก

4.1.1.6 Graywacke and shale

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วยหินทราย graywacke สลับกับหินดินดานมีลักษณะเป็น Bouma sequence ซึ่งเกิดจาก turbidity current ตาม continental slope บริเวณศึกษาพบว่า หินทรายมักเป็น ชั้นไม่หนาและหินดินดานมีสัดส่วนที่มากกว่าต่างจากที่พบตามเส้นทางหลวงหล่มสัก-ชุมแพ ดังนั้น บริเวณสระบุรีจึงเป็นส่วนปลายของ turbidite deposit หิน lithofacies นี้มักไม่พบซากดึกดำบรรพ์ หิน lithofacies นี้ในบริเวณ fold และ thrust belt จัดให้อยู่ใน flysch หรือ synorogenic sequence

4.1.1.7 Shale, chert and shale with limestone block

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วยหินดินดาน และหินเชิร์ตชั้นบาง ๆ เกิดสะสมตัวช่วง ระหว่าง slope ในหินดินดานบางบริเวณพบ block ของหินปูน ซึ่งเกิดจากการเลื่อนไถลมาจากฟีดปะการัง หรือจาก shelf หรือ platform หินปูนมักมีซากดึกดำบรรพ์ หิน lithofacies นี้ในบริเวณ fold และ thrust belt จัดให้อยู่ใน pelagic หรือ pre-orogenic sequence

4.1.1.8 Allodapic limestone, shale and chert

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วยหินปูนชั้นบาง ๆ จนถึงชั้นหนาปานกลาง เนื้อหินแสดง graded bedding ซึ่งเกิดจากการสะสมตัวโดย turbidity current หินปูนมักแทรกสลับด้วยหินดินดาน และ หินเชิร์ตชั้นบาง ๆ หิน lithofacies นี้เป็นลักษณะของชั้นหินที่สะสมตัวในแอ่งหรือ basin-plain หิน lithofacies นี้จัดให้อยู่ใน pelagic หรือ pre-orogenic sequence

4.1.2 สถานะแวดล้อมการสะสมตัว

ผลจากการศึกษา lithofacies ของกลุ่มหินสระบุรี สรุปได้ว่ากลุ่มหินสระบุรีได้สะสมตัวใน สถานะแวดล้อมต่าง ๆ กัน การแปลความหมายอาศัยชนิดและคุณลักษณะของหิน ชนิด ขนาด และความ หลากหลายของซากดึกดำบรรพ์สถานะแวดล้อมที่ชั้นหิน ในกลุ่มหินสระบุรีสะสมตัวจำแนกออกได้ดังนี้

ไหล่ทวีปหรือ shelf ครอบคลุมพื้นที่ที่ตะกอนสะสมตัวจากขอบไหล่ทวีปถึงชายฝั่งจาก lithofacies สามารถจำแนกออกเป็น ไหล่ทวีปส่วนนอกหรือไหล่ทวีปเปิด (open shelf) ซึ่งตะกอนได้รับผลจากการ กระทำของคลื่น ไหล่ทวีปปิด (restricted shelf) โดยมีสันทรายปิดกั้นน้ำทะเลมีสภาพสงบตะกอนถูก ครอบงวนจากการกระทำของคลื่นน้อย และน้ำทะเลมีความเค็มเข้มข้นขึ้น

นอกจากนี้บางบริเวณอาจมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปะการังและสาหร่ายก่อตัว เป็นฟีดปะการัง

แอ่งหรือ basin กลุ่มพื้นที่จากขอบไหล่ทวีปลงสู่ทะเลลึกจาก lithofacies สามารถจำแนกออกเป็นลาดทวีป (slope) หรือบริเวณรอยต่อของไหล่ทวีปและแอ่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่ตะกอนจากไหล่ทวีป ถูกพัดมาและชะลงสะสมตัวเป็นรูปลิ้มอยู่ในตะกอนเม็ดละเอียดที่สะสมตัวตามขอบแอ่ง บริเวณที่มีพีคปะการัง กลางแอ่งหรือ basin center เป็นบริเวณที่มีการสะสมตะกอนน้ำลึก ซึ่งมีลักษณะเด่นคือ เป็นตะกอนเม็ดละเอียด เช่น หินปูน micrite หรือดินดาน และตะกอนมักแสดง graded bedding หรือ slump structure หรือมี block ที่เลื่อนไหลลงมาจากไหล่หรือลาดทวีป

4.2 การจำแนกกลุ่มหินสระบุรี

แต่เดิมนักธรณีวิทยาเชื่อว่า หินตะกอนยุคเพอร์เมียนที่ปกคลุมพื้นที่เอเชียอาคเนย์เกิดสะสมตัวในทะเลน้ำตื้นในช่วงเวลาที่สภาวะแวดล้อมทางเทคโทนิคที่ค่อนข้างสงบ จึงได้เรียกชื่อหน่วยหินนี้ว่าเป็น หมวดหินปูนราชบุรี (Ratburi Limestone) หรือกลุ่มหินราชบุรี (Ratburi Group) ต่อมา Bunopas (1981) มีความเห็นว่า หินเพอร์เมียนและหินปูนบริเวณเทือกเขาตามขอบตะวันตกของที่ราบสูงโคราชมีความแตกต่างจากหินปูนราชบุรี จึงได้ตั้งชื่อ กลุ่มหินสระบุรี (Saraburi Group) แทนหินเพอร์เมียนที่พบในบริเวณสระบุรีและบริเวณใกล้เคียง ได้มีผู้จำแนกกลุ่มหินสระบุรีออกเป็นหมวดหินต่าง ๆ (Sudasna and Veeraburus, 1979 ; Bunopas, 1981 ; Hinthong and others, 1981 ; Chonglakmani and Sattayarak, 1984 ; Charoenprawat and others, 1984)

จากผลการสำรวจและศึกษาลำดับชั้นหินและ facies ของกลุ่มหินสระบุรีในบริเวณสระบุรี - ปากช่อง ครั้งนี้ ทำให้สามารถสรุปถึงความสัมพันธ์ของ facies และหินหน่วยต่าง ๆ ที่ได้มีผู้รายงานไว้และได้ปรับปรุงการจำแนกกลุ่มหินสระบุรีชั้นใหม่ดัง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การจำแนกกลุ่มหินสระบุรีที่สะสมตัวในบริเวณต่าง ๆ ของจังหวัดสระบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง

Ma			Thailand	Khao Khwang Platform - Basin		Phetchabun Fold Belt		
Triassic	Lower	Griesbachian		Saraburi	Pak Chong	Lom Sak		
		250						
Permian	Lopingian	Changxingian	Dorashamian					
		260	Wuchiapingian	Dzhulfian				
	Guadalupian	Capitanian	Midian	Khao Khwang Fm.	Sap Bon Fm.	Nam Nao Fm. (Molasse)		
		270	Wordian		Murgabian	Khao Phaeng Ma Fm.	Pang Asok Fm.	(Flysch)
		Roadian						
	Cis-Uralian	280	Kungurian	Kubergndian		Nong Pong Fm.	(Pelagic)	
				Bolorian				
		290	Artinskian	Yakhtashian				
			Sakmarian	Sakmarian				
			Asselian	Asselian				
Carbonif.	Upper	300	Gzhelian					

Khao Khwang Platform – Basin

กลุ่มหินสระบุรี บริเวณจังหวัดสระบุรีและอำเภอปากช่องสามารถแบ่งแยกออกได้ 5 หมวดหินดังนี้

บริเวณ Platform ประกอบด้วย 3 หมวดหินเรียงจากล่างขึ้นบนดังนี้ หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation) หมวดหินเขาแสงม้า (Khao Phaeng Ma Formation) และหมวดหินซัพบอน (Sap Bon Formation)

บริเวณ Slope – Basin ประกอบด้วย 2 หมวดหินเรียงจากล่างขึ้นบนดังนี้ หมวดหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation) และหมวดหินปางอโศก (Pang Asok Formation)

Phetchabun Fold Belt

หินยุคเพอร์เมียน บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ประกอบด้วยตะกอนที่มีความแตกต่างจากที่พบในจังหวัดสระบุรีซึ่ง Chonglakmani and Sattayarak (1978) เรียกชื่อหน่วยหินนี้ว่าหมวดหินน้ำคูก (Nam Duk Formation) มีลักษณะปรากฏเป็นหิน geosynclinal ซึ่งต่อมา Helmcke and Lindenberg (1983) สามารถแยกหน่วยหินนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Pre-flysch, Flysch และ Molasse sequences ซึ่งบ่งถึงการเกิด Orogeny ในยุคนี้ของประเทศไทยและทวีปเอเชียอาคเนย์โดยรวม

หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น หมวดหินเขาขวางตั้งชื่อโดย Hinthong and others (ใน Sudasna and Pitakpaivan, 1976: 1981) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าได้มีการใช้ชื่อเรียกอื่นๆ แทนหินหมวดเดียวกันนี้ เช่นบางส่วนของหมวดหินเขาขาด (Khao Khad Formation) และหมวดหินภูเพ (Phu Phe Formation)

ชั้นหินแบบฉบับ Hinthong and others (1981) ได้กำหนดชั้นหินแบบฉบับของหมวดหินเขาขวาง ไว้ที่เทือกเขาขวาง จังหวัดสระบุรี มีจุดพิกัดที่ 53560 และ 45500 แผนที่ระวาง 5238 I

การแผ่กระจายและความหนา หมวดหินเขาขวางแพร่กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณเทือกเขาด้านตะวันตกของแอ่งโคราช ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและสระบุรี และขยายตัวคลุมพื้นที่จังหวัดลพบุรีและเพชรบูรณ์ ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือและด้านเหนือ หินปูนเพอร์เมียนที่พบแพร่กระจายอยู่ในจังหวัดเลยที่เทียบเคียงกับหมวดหินเขาขวางนี้ หมวดหินนี้มีความหนาทั้งหมดไม่สม่ำเสมอ โดยทั่วไปมีความหนาไม่ต่ำกว่า 500 เมตร

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน ลักษณะหินโดยทั่วไปประกอบด้วยหินปูนสีเทาถึงเทาดำ เนื้อละเอียด ช่วงล่างและช่วงกลางมักมีเนื้อปน dolomitic จนเป็นหิน โดโลไมต์ ช่วงบนมีหินปูนกรวมมนแทรก ความหนาของชั้นมีขนาดปานกลางถึงชั้นหนา และจนถึงลักษณะเป็นปื้น (massive) โดยปกติหินปูนมักมีหินเชิร์ตแทรกเป็นกระจุก (nodule) หรือเป็นชั้นขนานกับชั้นหิน บริเวณที่ศึกษาไม่พบหมวดหินเขาขวางวางตัวอยู่บนหินหมวดใด แต่พบว่าวางตัวอยู่ใต้หมวดหินห้วยหินลาด (Huai Hin Lat Formation) แบบมีรอยผิควิว (unconformity)

อายุและซากดึกดำบรรพ์ ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหมวดหินเขาขวาง โดยเฉพาะ fusulinids สามารถกำหนดอายุหินได้ว่า มีอายุจากเพอร์เมียนตอนล่าง (ล่างสุด Asselian) จนถึงเพอร์เมียนตอนกลาง (ส่วนล่างของ Capitanian) อย่างไรก็ตามบางบริเวณมีหลักฐานทางซากดึกดำบรรพ์ว่า ส่วนล่างของหมวดหินเขาขวางมีอายุแก่ถึง Carboniferous ตอนบน (Altermann, 1981)

หินปูนของหมวดหินเขาขวางที่มีอายุ Asselian พบที่เขาสมโภชน (Wielchowsky and Young, 1985; Altermann, 1981) ประกอบด้วยซากดึกดำบรรพ์ดังนี้ *Triticites* cf. *samaricus*, *Bradyina vana*, *Paleotextutavia* sp., *Tetrataxis* sp., *Deckerlla* sp., *Paradagmarita* sp., *Tubiphytes* sp. และ algal fragments ซากดึกดำบรรพ์กลุ่มนี้จัดอยู่ใน *Triticites ozawai-Paraschwagerina yanagidai* zone ที่ปรากฏในตารางที่ 7 มีอายุ Asselian หินปูนอายุ Asselian พบอยู่ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่นเพชรบูรณ์ (เขาชนไก่, บ้านโคก) เลย (ถ้ำน้ำมโหฬาร, บ้านน้ำหลุ่ม, ผาเค็ม) และอุดรธานี (Ingavat, 1984) โดยเฉพาะที่เขาชนไก่และบ้านโคก พบ fusulinids ชนิด *Pseudoschwagerina sphaerica* (Rausser and Schten), *Quasifusulina tenuissima* (Schellwien), *Rugososchwagerina* sp. และ *Pseudofusulina* sp. นอกจากนี้ยังพบ foraminifera จำพวกอื่นๆ ด้วย

Hinthong and others (1981) รายงานการพบซากดึกดำบรรพ์ในหมวดหินเขาขวาง บริเวณจังหวัดสระบุรี ได้แก่ fusulinids, brachiopod, trilobite, bivalve, bryozoan, crinoid stem และ algae fusulinids ที่พบมีอายุแก่สุดในช่วง Sakmarian ได้แก่ *Pseudoschwagerina (Zellia) turbida* Kahler, *Paraschwagerina* sp., *Chalaroschwagerina* or *Paraschwagerina* sp. หินปูนอายุ Sakmarian พบแพร่หลายทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสะสมต่อเนื่องขึ้นมาจากหินปูนอายุ Asselian เช่นที่จังหวัดขอนแก่น (ผาดอกจิก) จังหวัดเลย อุรธานี และชัยภูมิ (Ingavat, 1981) โดยเฉพาะที่ผาดอกจิกพบ fusulinids 16 ชนิด รวมถึงชนิด *Triticites pseudosimplex* Chen, *T. cf. arctica* (Schellwien), *Pseudofusulina exigua* (Schellwien), *Chusenella cervicalis* (Lee) ซึ่งบ่งถึงอายุ Sakmarian

ส่วนที่โปร่งปราบ ส่วนล่างของหินปูนหมวดเขาขวาง จาก *Misellina otai* - *M. cf. termieri* zone ถึง *Maklaya saraburiensis* zone Toriyama and others (1974) กำหนดอายุไว้ใน Artinskian ซึ่งในรายงานฉบับนี้ให้อยู่ในช่วง Kungurian (ตารางที่ 7) ในบริเวณจังหวัดเลย ที่ห้วยชำปอด (Pitakpaivan, 1965) รายงานการพบ *Parafusulina loeyensis* Pitakpaivan, *P. parva* Pitakpaivan, *P. methikuli* Pitakpaivan และอื่นๆ และอายุไว้ใน Yahtashian (หรือ Artinskian) เมื่อเทียบกับหินอายุอื่น หินปูนอายุ Artinskian พบไม่แพร่หลายนักเนื่องจากเป็นช่วงน้ำทะเลถอยตรงตาม relative coastal onlap curve ของ Vail and others (1977)

Toriyama and others (1974) ได้จัดตั้งชั้นหินอ้างอิงพื้นที่เขาโปร่งปราบและเขาขวาง บริเวณเขาพระพุทธรบาท จังหวัดสระบุรี ประกอบด้วย fusulinids 8 zones มีอายุจาก Yahtashian (หรือ Artinskian) ตอนล่าง ถึง Murgabian (หรือ Wordian) ตอนบนซึ่งในรายงานฉบับนี้ได้ปรับอายุให้อยู่ในช่วง Kungurian ตอนล่าง Wordian ตอนบน ตามการเปรียบเทียบอายุ fusulinids ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน fusulinid zones มีลำดับจาก *Misellina otai* - *M. cf. haydeni* Zone ที่อยู่ล่าง จนถึง *Neoschwagerina haydeni* zone ที่อยู่บนสุด (ตารางที่ 7)

หินปูนหมวดหินเขาขวางอายุอ่อนสุดที่พบได้แก่หินปูนเขาขาว ที่มี fusulinids ชนิด *Colania douvillei* และ *Verbeekina verbeeki* (Ingavat and others, 1980) มีอายุ Lower Capitanian บริเวณเขาสมโภชน์ Altermann (1989) ได้รายงานการพบหินยุค Lower Capitanian และ Upper Capitanian หินยุค Lower Capitanian ประกอบด้วย ซากดึกดำบรรพ์ *Colania douvillei*, *Sumatrana annae*, *Verbeekina verbeeki*, *Chusenella* sp., *Kamurana* sp., *Climacammina* sp. และ *Calcitosnalla* sp. ส่วนหินอายุ Upper Capitanian ประกอบด้วยซากดึกดำบรรพ์ *Lepidolina multiseptata*, *Verbeekina verbeeki*, *Chusenella* sp., *Cribrogenerina* sp., *Paleotextularia* sp., *Deckerella* sp. และ *Climacammina* sp.

หมวดหินเขาแผงม้า (Khao Phaeng Ma Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น หมวดหินเขาแผงม้าได้จัดตั้งขึ้นใหม่จากชื่อเขาแผงม้า อำเภออมกเหล็ก จังหวัดสระบุรี เป็นบริเวณที่มีหินหมวดนี้โผล่ให้เห็นได้ดี วางตัวอย่างต่อเนื่องขึ้นมาจากหมวดหินเขาขวาง และวางตัวอยู่ใต้หมวดหินซับบอน Hinthong and others (1981) ได้ตั้งชื่อหมวดหินเขาขาด (Khao Khad Formation) มีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่เขาขาด ซึ่งมีทางหลวงสายสระบุรี-หล่มสัก ตัดผ่านที่อกเขาเขียว ในจังหวัดสระบุรี ประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนมาก มักมีชั้นหินเชิร์ต หินดินดาน และหินทรายแทรก ในรายงานฉบับนี้ ได้จัดแบ่งหมวดหินเขาขาดเป็น 2 ส่วน ส่วนล่างเป็นหินปูน ส่วนบนเป็นหินปูนที่มีชั้นหินเชิร์ต หินดินดาน และหินทรายแทรกสลับ ชั้นหินส่วนบนเทียบได้กับหมวดหินเขาแผงม้าที่ได้ตั้งขึ้นใหม่และชั้นหินส่วนล่างเทียบได้กับหมวดหินเขาขวาง

ชั้นหินแบบฉบับ อยู่ที่เขาแผงม้า อำเภออมกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ปรากฏในแผนที่ระหว่าง 5238 III มีจุดพิกัดที่ 340360 และ 180210

การแพร่กระจายและความหนา หมวดหินเขาแผงม้าพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณจังหวัดสระบุรี ลพบุรี และนครราชสีมา บริเวณอำเภอทับกวาง จังหวัดสระบุรี หินหมวดนี้มีความหนาทั้งสิ้น 1,200 เมตร

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน หมวดหินเขาแผงม้าประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนมาก มีสีขาวเทา จนถึงเทาดำ ลักษณะเป็นชั้นบางถึงชั้นหนา มีชั้นหินดินดานและชั้นหินเชิร์ตชั้นบางๆ แทรก หินปูนมีลักษณะเด่นที่โดดเด่นที่แตกต่างจากหินปูนหมวดหินเขาขวาง คือมีลักษณะชั้นดี มักแสดง hummocky cross-bedding และ graded bedding บ่งถึงการสะสมตัวโดยมีพายุเป็นตัวกระทำ ที่พบบ่อย หินปูนมีลักษณะคัดขนาดไม่ดี ซึ่งคุณภาพที่สำคัญของ debris flow deposit limestone conglomerate ก็เป็นชนิด Paraconglomerate ที่ไม่มีการคัดขนาด ในหินดินดานบางแห่งพบ block ของหินปูนอยู่ด้วย หินกรวดมนดังกล่าวจัดเป็น slump deposit ซึ่งเกิดในช่วง slope ของแอ่ง เชิร์ตที่พบเป็นชั้นบางๆ มีสีชมพู จนถึงเทา บางแห่งพบซากดึกดำบรรพ์ radiolarian อยู่มาก ลำดับชั้นหินโดยละเอียดศึกษาได้จากรูปแสดงลำดับชั้นหินรูปที่ 4

อายุและซากดึกดำบรรพ์ หมวดหินเขาแผงม้าเทียบเคียงได้กับ Upper Limestone ของ Borax and Stewart (1966) ที่ประกอบด้วยหินปูนเป็นชั้น (fragment) สี light grey ถึง Tan มีชั้นหินปูนกรวดมนแทรก จากซากดึกดำบรรพ์ fusulinids ที่พบ ให้อายุหินปูนชุดนี้มี Leonardian (หรือ Artinskian) ถึง Capitanian ซึ่งก็ไม่ขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Hinthong and others (1981) ในรายงานฉบับนี้ให้หมวดหินเขาแผงม้า มีอายุจาก Artinskian ถึง Lower Wordian

หมวดหินซับบอน (Sap Bon formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น Hinthong and others (1981) ตั้งชื่อหน่วยหินนี้ตามชื่อบ้านซับบอน อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เป็นหมวดหินหนึ่งของหินเพอร์เมียน ประกอบด้วย

หินดินดาน สลับกับหินทรายแป้งและหินทราย วางตัวอยู่บนหมวดหินเขาขาด แบบ transitional contact และวางตัวอยู่ใต้หินภูเขาไฟและหินอัคนีระดับลึก ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบรอยสัมผัสด้านบนของหมวดหินซับบอน แต่พบว่ามี การวางตัวแบบต่อเนื่องบนหมวดหินเขาแผงม้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหมวดหินเขาขาดของ Hinthong and others (1981)

ชั้นหินแบบฉบับ Hinthong and others (1981) ได้ตั้งชั้นหินแบบฉบับของหมวดหินซับบอน ที่บ้านซับบอน ข้างถนนมิตรภาพ ประมาณหลักกิโลเมตรที่ 134 นอกจากนี้ยังรวมชั้นหินที่บ้านโสกลึกและบ้านห้วยซับใต้ ประกอบเป็นชั้นหินแบบฉบับด้วย

การแพร่กระจายและความหนา หมวดหินซับบอนแพร่กระจายในแนวประมาณ ตะวันออก-ตะวันตก จากอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ถึงด้านใต้อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา มีความยาวมากกว่า 50 กิโลเมตร ความกว้างโดยเฉลี่ยประมาณ 5 กิโลเมตร หมวดหินนี้มีความหนาทั้งหมด 1,000 เมตร

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน หมวดหินซับบอนส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินดินดาน สลับกับหินทรายแป้งและหินทราย สีนํ้าตาลอ่อนหรือสีเทาแกมนํ้าตาล หลายแห่งมีชั้นหินปูนสีเทาถึงสีเทาดำชั้นบางถึงชั้นหนาแทรกและพบชั้นหินเชิร์ตแทรกสลับอยู่บ้าง รายละเอียดลำดับชั้นหินได้แสดงไว้ในรูปที่ 4

อายุและซากดึกดำบรรพ์ หมวดหินซับบอน มีหิน clastic มาก จึงพบซากดึกดำบรรพ์ไม่มากนัก ในหินดินดานพบ *Agathiceras* sp. อยู่หลายบริเวณ พบ fusulinids ในหินปูนบ้าง เช่น *Yabeina* sp., *Neoschwagerina* cf. *magaritae*, *Minojapanella* sp., *Yabeina* sp., *Minojapanella* sp. และ *Colania* cf. *douvillei* Ozawa (Borax and Stewart, 1966; Hinthong and others, 1981) มีอายุจาก Upper Wordian ถึง Lower Capitanian

หมวดหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น Hinthong and others (1981) ให้ชื่อหมวดหินนี้ตามชื่อท้องถิ่นหนองโป่ง ในเขตพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ความสัมพันธ์ของหมวดหินหนองโป่งกับหน่วยหินชั้นล่างยังไม่เป็นที่ทราบชัด แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า รอยสัมผัสของหมวดหินหนองโป่งกับหมวดหินเขาขวาง เกิดจากรอยเลื่อน ดังนั้นตามลำดับที่แท้จริง หมวดหินหนองโป่งจึงมิได้วางตัวอยู่บนหมวดหินเขาขวาง ตามรายงานของ Hinthong and others (1981) หมวดหินหนองโป่งวางตัวอยู่ใต้หมวดหินปางอโศกแบบต่อเนื่อง

ชั้นหินแบบฉบับ Hinthong and others (1981) ให้ชั้นหินบริเวณหนองโป่ง ในเขตอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปรากฏในแผนที่ระวาง 5238 I ระหว่วพิกัด 560600 และ 440470

การแพร่กระจายและความหนา หมวลหินหนองโป่งมีการแพร่กระจายที่กว้างขวางตัวในแนวประมาณตะวันออก-ตะวันตก ยาวไม่ต่ำกว่า 30 กิโลเมตร และกว้างถึง 15 กิโลเมตร อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ของอำเภอปากช่อง มีความหนาทั้งสิ้นมากกว่า 600 เมตร

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน ประกอบด้วยหินปูนสลับกับหินดินดาน หินปูนมีลักษณะเด่น คือ มีสีเทาถึงเทาดำ ลักษณะเป็นชั้นบางๆ (banded or laminated) เนื้อหินแสดง graded bedding บ่งถึงการสะสมตัวโดย turbidity current บางแห่งมีหินเชิร์ตชั้นบางๆ แทรกสลับ รายละเอียดลำดับชั้นหินได้แสดงไว้ในรูปที่ 5

อายุและซากดึกดำบรรพ์ หมวลหินเขาโป่ง พบ fusulinids ในชั้นหินปูนหลายแห่ง มีอายุจาก Artinskian ถึง Kazanian (หรือ Wordian) ช่วงล่างพบ *Thailandina buravasi* และ *Pseudodoliolina* sp., *Neofusulina* sp. ช่วงบนพบ *Verbeekina* sp., *Cancellina* sp., *Pseudodoliolina* sp., *Neofusulinella* sp. และ *Pseudofusulina* cf. *japonica* นอกจากนี้ในหินดินดานยังพบ *Agathiceras* sp. อีกด้วย

หมวลหินปางอโศก (Pang Asok Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น หมวลหินปางอโศกตั้งโดย Hinthong and others (1981) ตามชื่อหมู่บ้านปางอโศก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา วางตัวต่อเนื่องหมวลหินหนองโป่งรอยสัมผัสด้านบนกับหน่วยหินอื่นเป็นแบบรอยเลื่อน

ชั้นหินแบบฉบับ Hinthong and others (1981) ได้กำหนดชั้นหินหลายจุดบริเวณ อำเภอมหากเหล็กเป็นชั้นหินแบบฉบับ ได้แก่ จุดเหนือบ้านไร่กลางคง อำเภอมหากเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณทิศเหนือของทางหลวงสายมิตรภาพ ไกล่สถานีรถไฟปางอโศก และบริเวณเขaban ไคมี ตรงข้ามวัดชิวราลงกรณ์วราราม

การแพร่กระจายและความหนา หมวลหินปางอโศกพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไป บริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอปากช่อง และอยู่ค่อนจากหมวลหินหนองโป่งลงมาทางใต้ วางตัวประมาณตะวันออก-ตะวันตก

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน หมวลหินปางอโศกส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินดินดาน สีน้ำตาลจนถึงสีเทา และมักถูกแปรสภาพเป็นหินดินดานกึ่งชนวน (slaty shale) หินดินดานบางบริเวณมักมีชั้นหินทรายgraywacke แทรก บางบริเวณมีหินปูนหรือหินปูนกรวดมน ลักษณะเป็นเลนส์แทรกบ้างเล็กน้อย หินปูนหรือหินปูนกรวดมนนี้เกิดจากการเลื่อนไถล (slump) มาจาก shelf และ slope ลงสู่ basin รายละเอียดลำดับชั้นหินได้แสดงไว้ในรูปที่ 5

อายุและซากดึกดำบรรพ์ หมวลหินปางอโศกมักไม่พบซากดึกดำบรรพ์ การกำหนดอายุจึงอาศัยความสัมพันธ์ของชั้นหินที่วางตัวอยู่บนหมวลหินหนองโป่ง จึงกำหนดให้มีอายุ Wordian

หมวดหินน้ำคูก (Nam Duk Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น หมวดหินน้ำคูกตั้งโดย Chonglakmani and Sattayarak (1978) ตามชื่อห้วยน้ำคูก อยู่ในเขตอำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ไม่เห็นความสัมพันธ์กับหน่วยหินที่อยู่ข้างล่าง แต่วางตัวอยู่ใต้หมวดหินน้ำหนาว (Nam Nao Formation) แบบมีรอยเลื่อนคั่น หมวดหินน้ำหนาวตั้งโดย Altermann (1983) โดยรอยแยกชั้นหินที่มีลักษณะ molasses ออกจากหมวดหินน้ำคูก

ชั้นหินแบบฉบับ หมวดหินน้ำคูกมีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่เส้นทางหลวง สายหล่มสัก-ชุมแพ ระหว่าง กิโลเมตรที่ 16- 21.5

การแพร่กระจายและความหนา หมวดหินน้ำคูกพบแพร่กระจายไปทางเหนือและใต้จากบริเวณชั้นหินแบบฉบับ ที่อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ทิศเหนือแผ่ไปถึงริมแม่น้ำโขง ที่อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย เข้าสู่ประเทศลาว หมวดหินน้ำคูกทางด้านใต้มีความสลับซับซ้อน และยังสรุปไม่ได้ชัดเจนนัก บริเวณที่ศึกษาส่วนล่างของหมวดหินปางอโศก ประกอบด้วยหินดินดาน มีหินทราย graywacke แทรกบ้าง ซึ่งอาจเทียบเคียงได้กับหมวดหินน้ำคูก หมวดหินน้ำคูกมีความหนาทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 2,000 เมตร

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน หมวดหินน้ำคูกแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนล่าง หรือ pelagic facies และ ส่วนบน หรือ flysch facies หินทั้งสองส่วนถูกรบกวนด้วยรอยคดโค้งและรอยเลื่อนมาก ทำให้จัดลำดับและวัดความหนาที่ถูกต้องได้ยาก หินส่วนล่างประกอบด้วย shale, tuffite, chert และ allodapic limestone ซึ่งแสดงลักษณะของตะกอนที่เกิดจาก turbidity current หินส่วนบนประกอบด้วยหิน clastic ล้วนๆ เป็นหินทราย graywacke สลับกับชั้นหินดินดานสีเทา หินทราย graywacke แสดง graded bedding และ convoluted bedding ด้านล่างชั้นหินทรายมีรอย turbidity current

อายุและซากดึกดำบรรพ์ พบซากดึกดำบรรพ์เฉพาะส่วนล่างที่เป็นหินปูน allodapic ของหมวดหินน้ำคูก (Chonglakmani and Sattayarak, 1976; Altermann, 1989) ประกอบด้วย fusulinids, foraminifera, algae, bryozoa และ fusulinid อายุแก่ที่สุดที่พบ ได้แก่ *Pseudoschwagerina* sp. และ *Boultonia* sp. อายุ Asselian และอายุอ่อนสุดได้แก่ *Pseudodoliolina* sp., *Parafusulina gigantea* Deprat, *Sumatrana* sp., *Yangchienia* sp. และ *Neoschwagerina* sp. อายุ Wordian หรือ flysch facies ของหมวดหินน้ำคูก แม้จะไม่พบซากดึกดำบรรพ์ แต่จากลำดับชั้นหินก็ให้อายุ Wordian เนื่องจากหมวดหินน้ำหนาวที่วางตัวอยู่บนมีอายุจาก Wordian ถึง Capitanian อายุของหมวดหินน้ำคูกที่ยืนยันจากซากดึกดำบรรพ์ fusulinids อยู่ในช่วง Asselian ถึง Wordian อย่างไรก็ตามส่วนล่างสุดของหมวดหินน้ำคูกที่เป็น shale และ tuffite อาจมีอายุแก่ถึง Carboniferous

หมวดหินน้ำหนาว (Nam Nao Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น หมวดหินน้ำหนาวตั้งโดย Altermann (1989) ตามชื่ออุทยานแห่งชาติน้ำหนาว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ หมวดหินน้ำหนาวแยกจากหมวดหินน้ำคอกที่อยู่ล่างโดยรอยเลื่อน และมีหมวดห้วยหินลาด (Huai Hin Lat Formation) วางตัวอยู่บนโดยมี angular unconformity กัน

ชั้นหินแบบฉบับ อยู่ที่เส้นทางหลวงสายหล่มสัก-ชุมแพ หลักกิโลเมตรที่ 34.095 ถึง 42.180

การแพร่กระจายและความหนา หมวดหินน้ำหนาวแพร่กระจายจากบริเวณชั้นหินแบบฉบับขึ้นไปทางเหนือและใต้ ด้านเหนือจรดแม่น้ำโขง ทางตะวันตกของอำเภอเขียงคาน จังหวัดเลย บริเวณศึกษาหมวดหินน้ำหนาวเทียบเคียงได้กับหมวดหินซบบอน หมวดหินน้ำหนาวมีความหนาทั้งสิ้น 1,000 เมตร

ลักษณะหินและลำดับชั้น Altermann (1989) ได้แบ่งแยกหมวดหินน้ำหนาวออกเป็น 2 ส่วน ส่วนล่างประกอบด้วยหินทราย graywacke และหินดินดานสีเทา ส่วนกลางประกอบด้วยหินทราย graywacke สลับกับหินดินดาน และหินปูน ส่วนบนประกอบด้วยหินดินดานและหินทราย จากลักษณะหินและวิทยาการตะกอนของหมวดหินน้ำหนาว แสดงว่าสภาวะแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอนเริ่มจากทะเลน้ำลึก และตื้นเขินเป็นทะเลน้ำตื้น จนถึงสภาพที่เป็นทะเลสาบบนแผ่นดิน

อายุและซากดึกดำบรรพ์ หมวดหินน้ำหนาวมีซากดึกดำบรรพ์มากในหินปูนของ ส่วนกลางของหน่วยหินนี้มีอายุจาก Upper Wordian ถึง Lower Capitanian (Altermann,1983; Altermann,1989) หินปูนอายุ Upper Wordian ประกอบด้วยซากดึกดำบรรพ์ *Pseudodoliolina pseudolepida* Deprat, *Chusenella* cf. *compaeta* (White), *Reichelina* sp., *Verbeekina* cf. *verbeeki*, *Sumatrana* sp., *Schwagerina* sp., *Turbiritina* sp., *Tetrataxis* sp., and *Ungdarella* sp. ส่วนหินปูนอายุ Lower Capitanian ที่อ่อนกว่า ประกอบด้วย *Verbeekina verbeeki* (Geinitz) *Codonofusiella* sp., *Rouserella* sp., *Khalerina* sp., *Pseudoliolina* sp. cf. *pseudolepida* Deprat, *Chusenella* sp., *Sumatrana* sp., *Ozawainella* sp., *Parafusulina* sp., *Cribrogenina* sp., *Pachyphloia* sp., *Tetrataxis* sp., *Climacammina* sp., *Bigenerina* sp., *Tubiphytes* sp. และ *Ungdarella* sp.



รูปที่ 4 ภาพ thick-bedded limestone มี chert nodules, หมวดหินเขาขวาง เขาหนองหอย
อำเภอแมวกเหล็ก



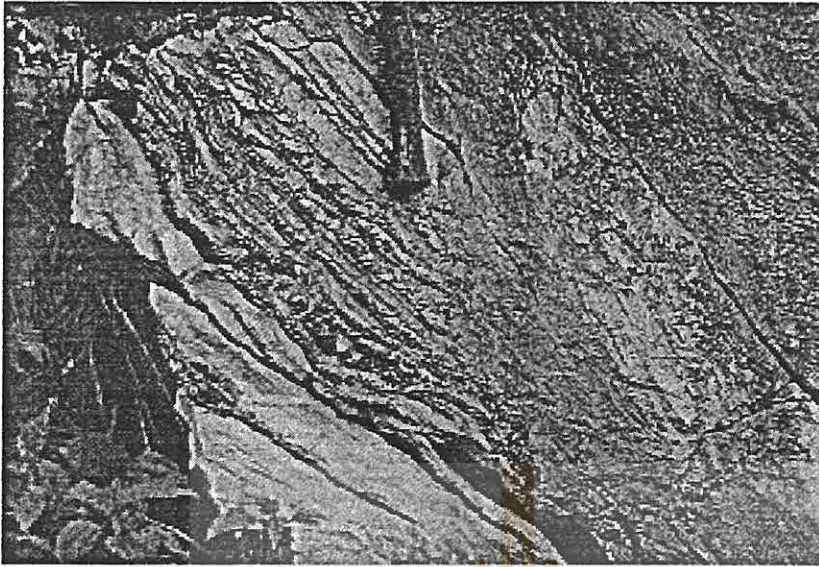
รูปที่ 5 ภาพ thin-to thick-bedded limestone หมวดหินเขาขวางตามเส้นทางหลวงหมายเลข 2273
อำเภอปากช่อง



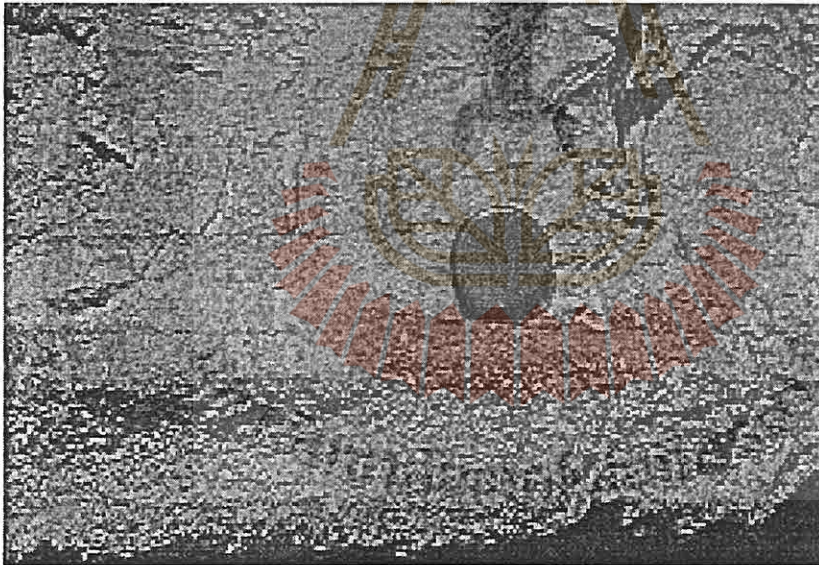
รูปที่ 6 ภาพชั้นหินปูน หมวดหินเขาขวาง มีซากดึกดำบรรพ์พวก coral บ้านซับพลู อำเภอบางบาล



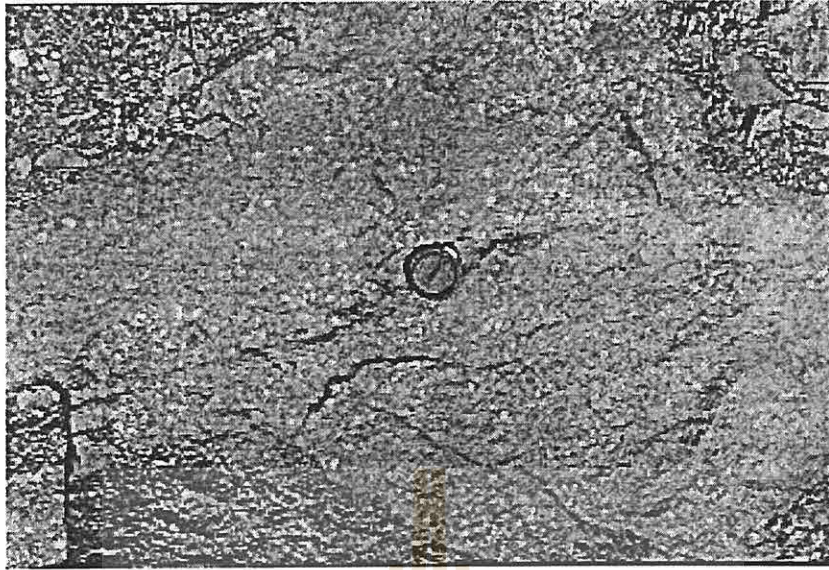
รูปที่ 7 ภาพชั้นหินปูน หมวดหินเขาขวาง มีซากดึกดำบรรพ์ Alatoconcha บ้านซับพลู อำเภอบางบาล



รูปที่ 8 ภาพ thin-bedded limestone หมวดหินเขาขวาง ตามแนวทางหลวง ปากช่อง-มวกเหล็ก



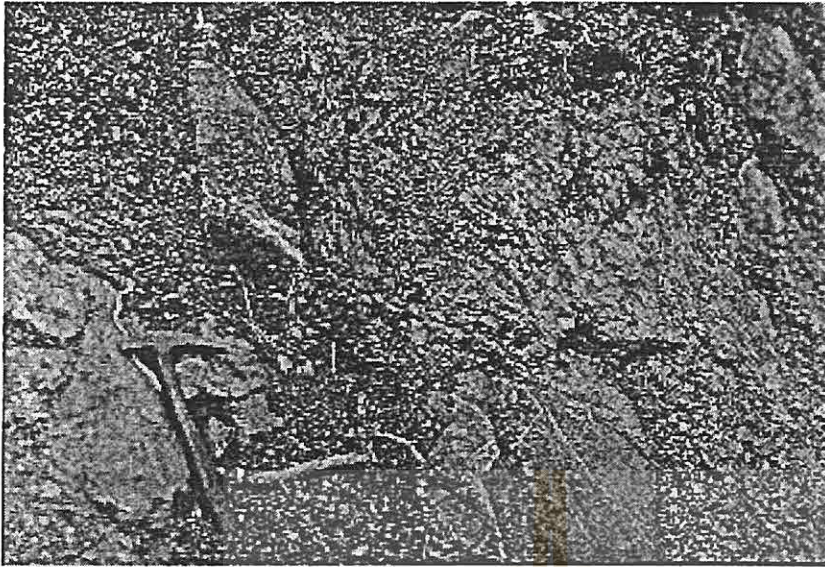
รูปที่ 9 ภาพ bioclastic limestone แสดง graded bedding หมวดหินเขาแผงม้า อำเภอแก่งคอย



รูปที่ 10 ภาพ bioclastic limestone หมวดหินเขาแผงม้า อำเภอแก่งคอย



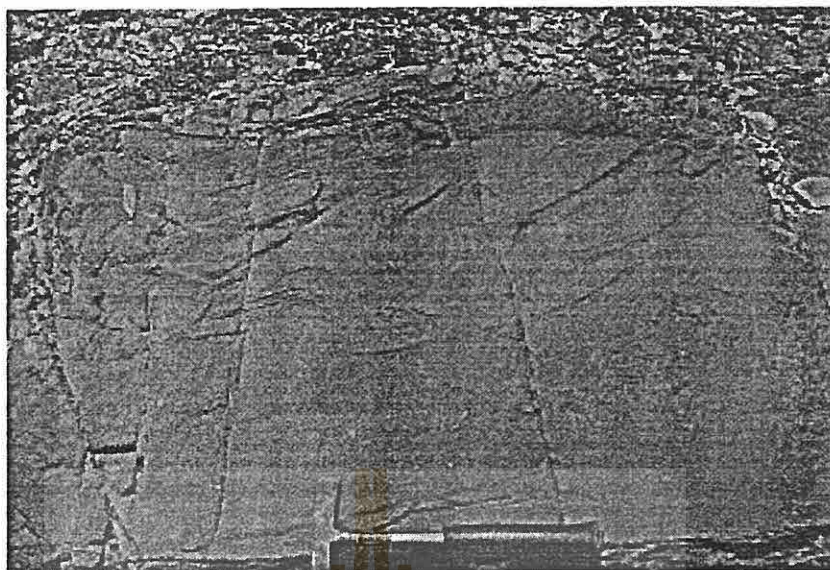
รูปที่ 11 ภาพ limestone conglomerate ใน fore slope deposit หมวดหินเขาแผงม้า อำเภอแก่งคอย



รูปที่ 12 ภาพ limestone conglomerate ใน fore slope deposit หมวดหินเขาแผงม้า อำเภอแก่งคอย



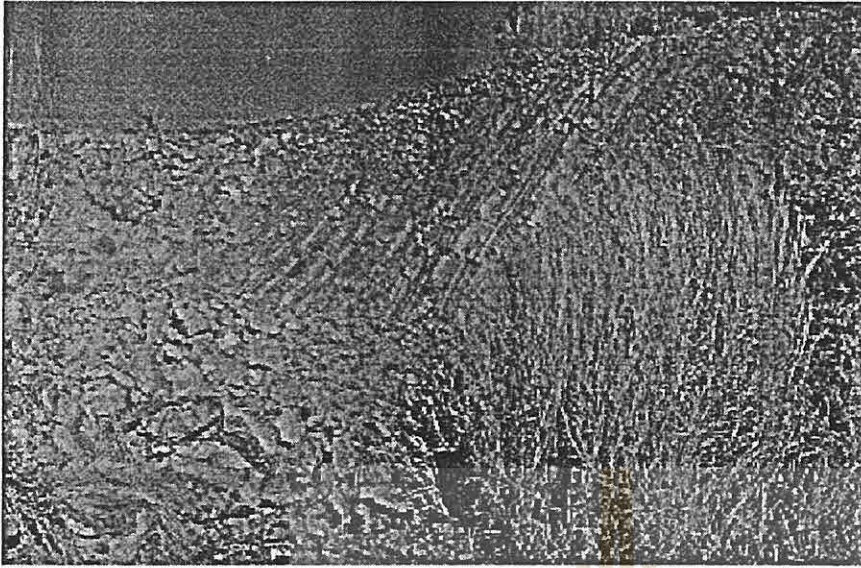
รูปที่ 13 ภาพแสดง fute cast ใน greywacke ของหมวดหินน้ำคุด เส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ



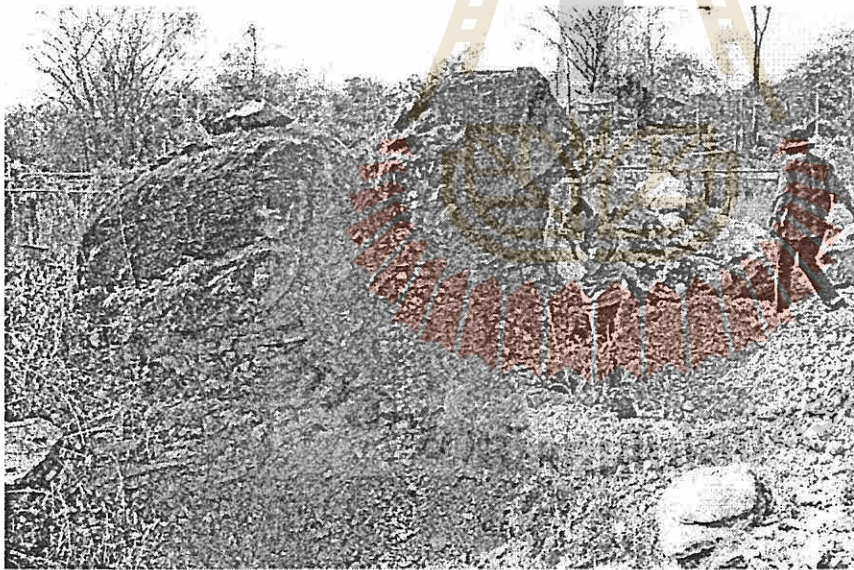
รูปที่ 14 ภาพแสดง graded bedding ใน greywacke ของหมวดน้ำตก เส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ



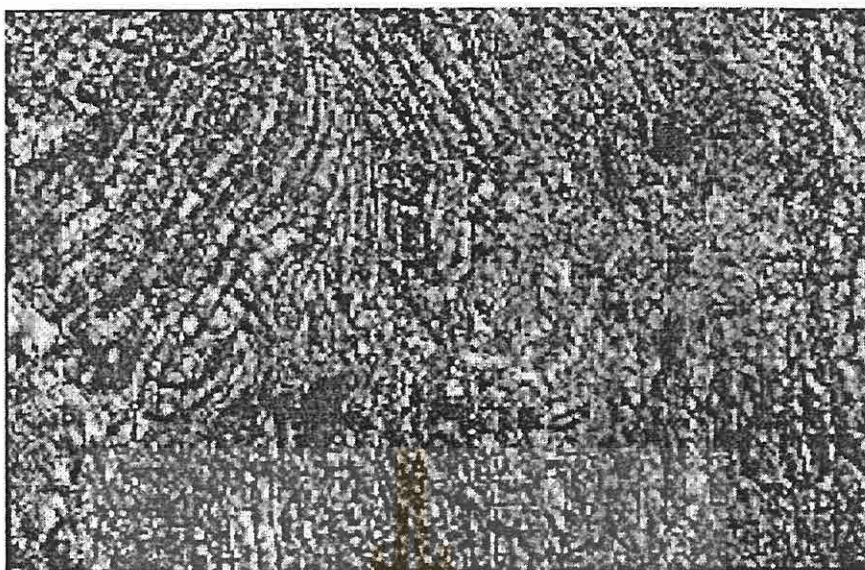
รูปที่ 15 ภาพแสดงชั้น shale ของหมวดหินปางอโศก บ้านหนองขวาง



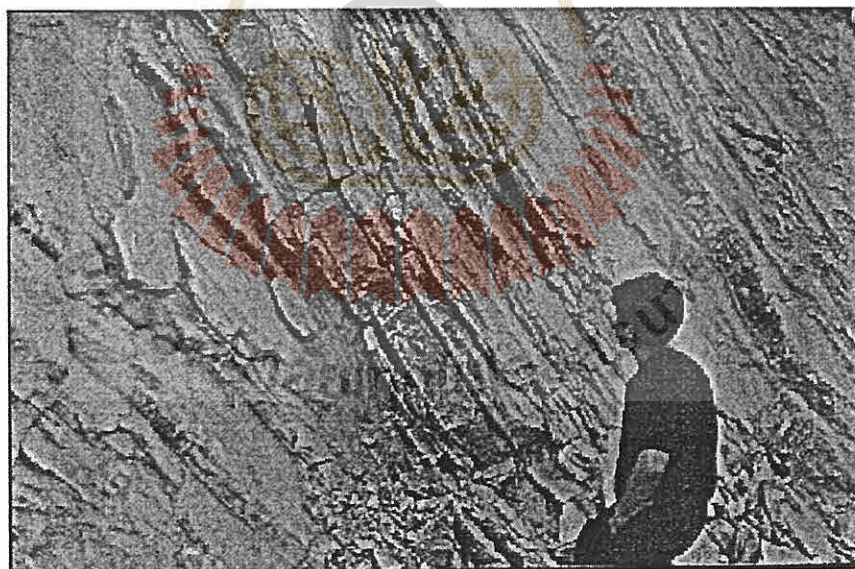
รูปที่ 16 ภาพแสดงชั้น shale สลับ chert หมวดหินปางอโศก บ้านหนองขวาง



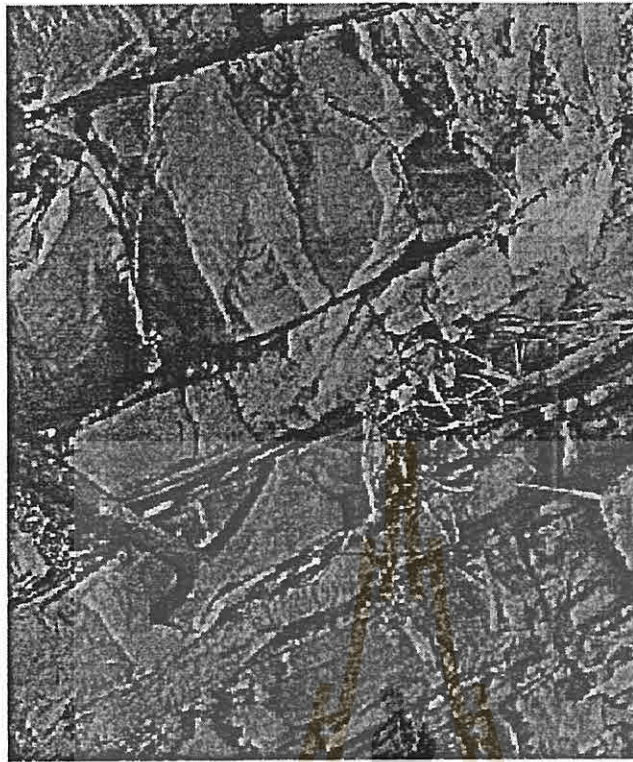
รูปที่ 17 ภาพแสดง limestone block ใน shale หมวดหินปางอโศก อำเภอปากช่อง



รูปที่ 18 ภาพแสดง thin-bedded limestone หมวดหินน้ำคูก เส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ



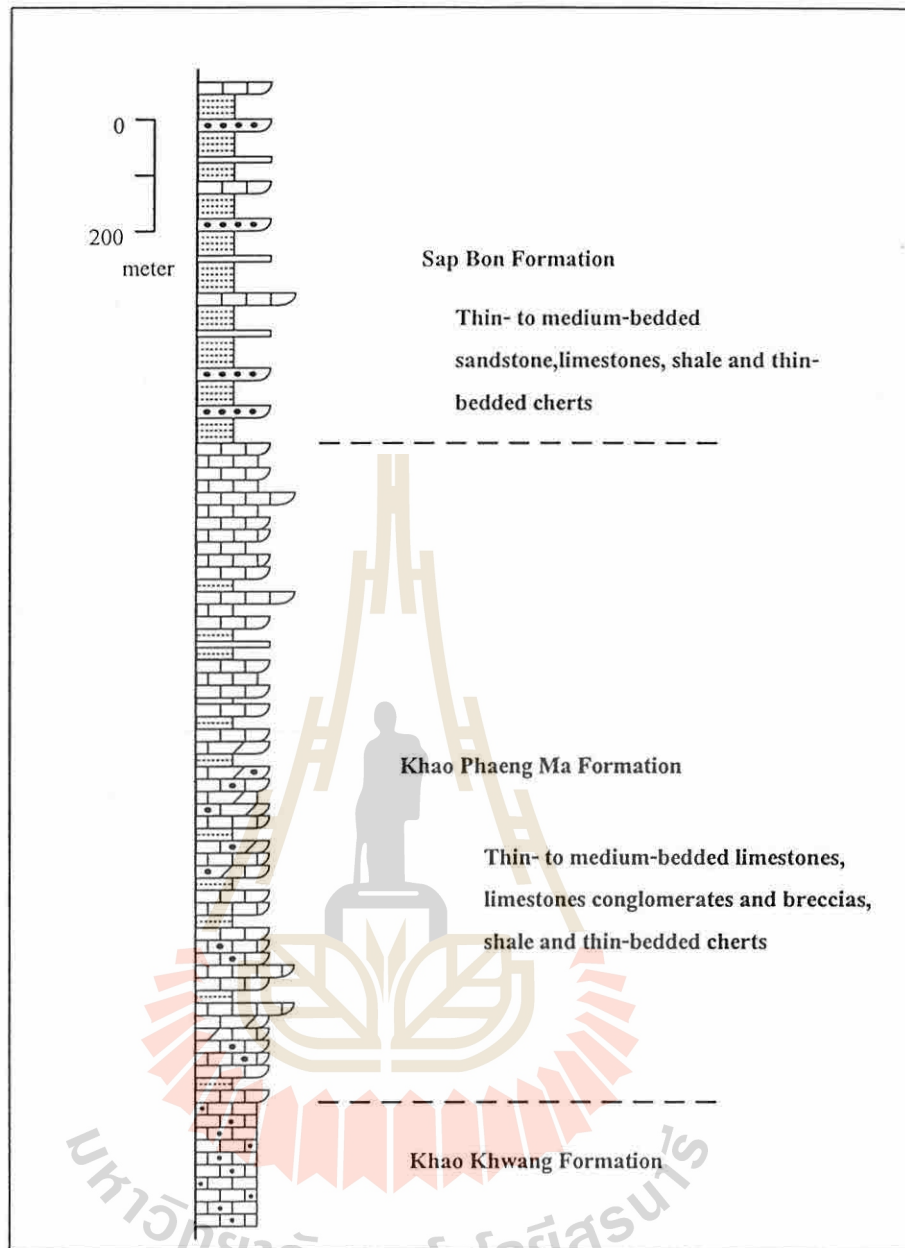
รูปที่ 19 ภาพแสดง thin-bedded limestone หมวดหินหนองโป่ง อำเภอปากช่อง



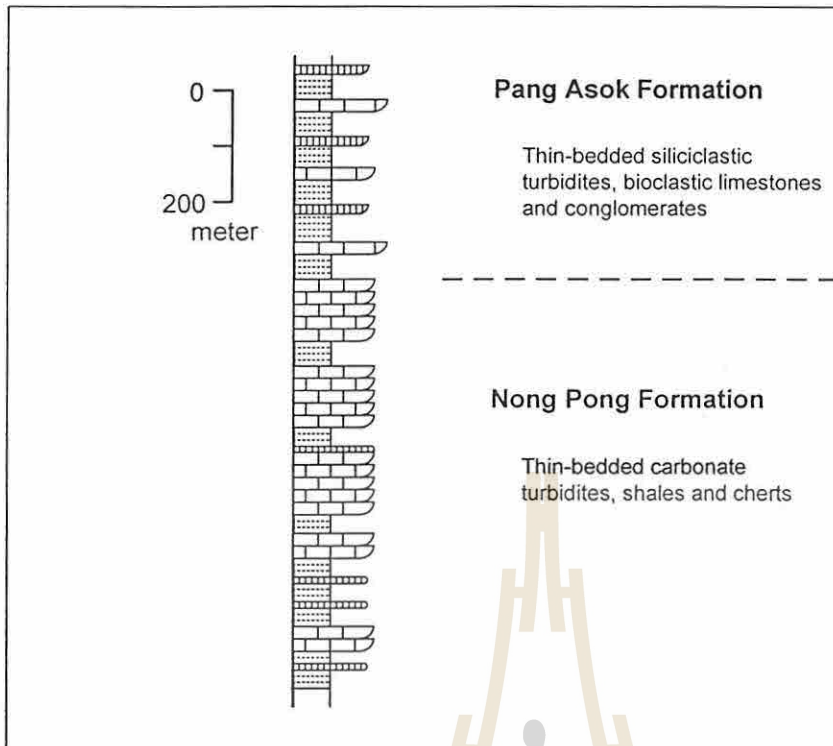
รูปที่ 20 ภาพแสดง thin-bedded limestone หมวดหินหนองโป่ง อำเภอปากช่อง



รูปที่ 21 ภาพแสดง turbidite limestone หมวดหินน้ำคุด เส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ



รูปที่ 22 ภาพแสดงลำดับชั้นหิน หมวดหิน เขาแสงม้า



รูปที่ 23 ภาพแสดงลำดับชั้นหินหมวดหินหนองโป่งและหมวดหินปางอโศก

บทที่ 5

สภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลและวิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย

5.1 สภาพภูมิศาสตร์บรรพกาล

เดิมเป็นที่รับรู้กันว่าประเทศไทยในยุคเพอร์เมียน มีสภาพแวดล้อมที่เป็นทะเลน้ำตื้นและมีการสะสมตัวของหินปูนน้ำตื้นที่เรียกว่าหินปูนราชบุรี (Ratburi Limestone) อยู่ทั่วไป ต่อมาเมื่อมีการศึกษาหินยุคเพอร์เมียนมากขึ้น พบว่าหินปูนในภาคต่าง ๆ ของประเทศมีคุณลักษณะและลำดับชั้นหินที่ไม่เหมือนกัน (Bunopas, 1981) จึงได้แยกเป็นหน่วยหินต่าง ๆ กันดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 Chonglakmani and Sattayarak (1978) ค้นพบว่าหินยุคเพอร์เมียน โดยเฉพาะหินปูนมิได้เกิดจากการสะสมตัวในทะเลน้ำตื้นเท่านั้น แต่มีหินปูนที่เกิดในทะเลน้ำลึกอยู่ในแนวเหนือใต้บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ ดังนั้นสภาพภูมิศาสตร์และสภาวะแวดล้อมยุคเพอร์เมียนในประเทศไทยจึงมีความซับซ้อนขึ้น การเข้าใจถึงสภาพภูมิศาสตร์และสภาวะแวดล้อมที่แท้จริง จะเป็นความรู้ที่นำไปสู่ความเข้าใจถึงความหลากหลายทางชีวภาพ การแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ และการสะสมตัวของทรัพยากรธรณีต่าง ๆ เช่น แร่ และปิโตรเลียม

Wielchowsky and Young (1985) ได้อธิบายถึงสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลยุคเพอร์เมียนตอนต้นและตอนกลางบริเวณเทือกเขาด้านตะวันตกของแอ่งโคราช ซึ่งคลุมพื้นที่ศึกษาด้วยว่าประกอบด้วยเขตภูมิศาสตร์ 3 เขต เขต platform ด้านตะวันตกประกอบด้วยหินปูนน้ำตื้น (Kho Khwang Platform) ส่วนกลางที่เป็นแอ่งประกอบด้วยหินปูนและ Siliciclastic น้ำลึก (Nam Duk Basin) เขต platform ด้านตะวันออกที่ประกอบด้วยหินปูนและ siliciclastic น้ำตื้น (Pha Nok Khao Platform) (ดูรูปที่ 2 และ 3) สภาพภูมิศาสตร์ที่มีแอ่งลึกหรือ geosyncline อยู่กลางและมี platform ขนาบอยู่ 2 ด้านทางตะวันตกและตะวันออก ทำให้การอธิบายถึงการเกิดสะสมตัวและการแพร่กระจายของตะกอนต่าง ๆ มีปัญหา รวมถึงวิวัฒนาการของกระบวนการเกิดเทือกเขาในบริเวณนี้ ดังนั้นสภาพการแพร่กระจายของหินในบางบริเวณ มิได้เกิดจากการสะสมตัวของหินในบริเวณนั้น แต่เกิดจากการเคลื่อนไถลมาจากที่อื่นด้วยรอยเลื่อน ซึ่งพบอยู่ทั่วไปในบริเวณที่เป็น fold and thrust belt Khao Khwang Platform ด้านตะวันตกของ Nam Duk Basin จึงเป็น platform เดียวกันกับ Pha Nok Khao Platform ที่อยู่ด้านตะวันออก แล้วเกิดการเลื่อนตัวมาอยู่ในตำแหน่งปัจจุบัน เมื่ออนุทวีปอินเดียเคลื่อนตัวและชนกับทวีปเอเชียในยุค Tertiary ตอนต้น

เหตุผลที่สนับสนุนว่าเดิม Khao Khawang Platform เป็นส่วนหนึ่งของ Pha Nok Khao Platform มีดังนี้

1. หินปูนทั้งสอง platform มีลักษณะหินอายุและซากดึกดำบรรพ์ที่คล้ายคลึงกัน

2. บริเวณจังหวัดเลย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Pha Nok Khao Platform หิน Lower Carboniferous จนถึง Permian ไม่ถูก deformed และ folding ที่รุนแรง วางตัวผิดปกติ (Unconformity) อยู่บนหิน Devonian ที่ถูก deformed มาก (Altermman and others, 1983) หิน Carboniferous และ Permian บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ (Chonglakmani and others, 1983) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Khao Khwang Platform มีลำดับชั้นหินคล้ายคลึงกับบริเวณจังหวัดเลยมาก และหินไม่ถูก deformed และ folding ที่รุนแรงเหมือนกัน

3. บริเวณศึกษาพบเขาหินปูนหลายแหล่งเป็นหินปูนที่เคลื่อนไถลมาจากที่อื่น (allochthonous) ด้วยรอยเลื่อน เช่น เขาภูเพ อำเภอบ้านผือ เป็นหินอายุเพอร์เมียนตอนล่าง วางตัวอยู่บนหินปูนและหินดินดานอายุเพอร์เมียนตอนกลาง หรือบางบริเวณ เช่น บริเวณเหนืออำเภอบ้านผือ พบหินปูนลักษณะชั้นหนาสะสมตัวในน้ำคั้น วางตัวอยู่บนชั้นหินดินดานของหมวดหินหนองโป่งที่เกิดในน้ำลึก รอยสัมผัสของหินที่เกิดจากการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันมากแสดงว่าเป็นการสัมผัสกันด้วยรอยเลื่อน

5.2 วิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย

ทวีปเอเชียประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลกหลายแผ่นที่มีแหล่งกำเนิดมาจาก Gondwanaland ซึ่งอยู่ทางซีกโลกใต้ Bunopas and Vella (1978, 1992) ได้เสนอวิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทยว่า เกิดการชนกันของเปลือกโลก 2 แผ่นคือ Shan-Thai Craton หรือ Microcontinent (อยู่ด้านตะวันตก มีขอบเขตคลุมด้านตะวันตกของไทย ด้านตะวันออกของพม่าและด้านตกเฉียงเหนือของมาเลเซีย) และ Indochina Craton Microcontinent (อยู่ด้านตะวันออก มีขอบเขตคลุมพื้นที่ด้านตะวันออกของไทย ลาว กัมพูชา และเวียดนาม) โดยมีตะเข็บรอยต่อ (suture) เป็นแนวจากน่านผ่านมาทางอุดรธานี ลงมาทางจันทบุรีผ่านเบตงถึงมาเลเซีย โดยให้ขอบเขตด้านตะวันออกของ Shan-Thai Craton เป็น active margin และมี Sukhothai Fold Belt และ Loei Fold Belt อยู่ด้านตะวันออกของ Shan-Thai และด้านตะวันตกของ Indochina Cratons ตามลำดับ โดยมีแนวตะเข็บรอยต่ออยู่ตรงกลางเป็นตัวแบ่งในยุค Carboniferous และ Permian ลักษณะที่สำคัญของ Shan-Thai Craton คือมีสภาพภูมิอากาศเย็น และมีซากดึกดำบรรพ์คล้ายคลึงกับที่พบใน Gondwanaland แต่ Indochina Craton มีสภาพภูมิอากาศที่ต่างกันคืออบอุ่นและมีซากดึกดำบรรพ์คล้ายคลึงกับที่พบใน Cathaysia

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะ Lithofacies ของกลุ่มหินสระบุรีและสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลดั้งเดิมได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 และในหัวข้อ 5.1 ของบทนี้ ไม่สนับสนุนความคิดของ Bunopas and Vella (1978) ที่ว่า กระบวนการเกิดเทือกเขา (orogeny) ในประเทศไทยเกิดจากการเคลื่อนชนกันของเปลือกโลก 2 แผ่นคือ Shan-Thai และ Indochina Cratons ในยุค Triassic ตอนปลาย ผลการศึกษาสนับสนุนข้อเสนอของ Helmcke and Kraikhong (1982) และ Helmcke and Lindenberg (1983) ที่ว่า

ตะเข้บรอยต่อ Nan-Uttaradit Suture เกิดจากการเคลื่อนชนกันของแผ่นเปลือกโลกในยุคเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลายและเรียกการเกิดเทือกเขานี้ว่า Late Variscan orogeny ซึ่งเป็น main orogenic movement ในประเทศไทย และแผ่นดินของทวีปเอเชียโดยรวม

วิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานของ Phetchabun Fold Belt (ซึ่งแยกออกมาจาก Loei Fold Belt ของ Bunopas and Vella, 1978 เนื่องจากทั้งสอง belts เกิดจาก deformation โดย orogenic movements ที่ต่างวาระกัน) สามารถสรุปได้จากวิวัฒนาการของการสะสมตะกอนของ Nam Duk Formation ใน geosyncline หรือ Nam Duk Basin ตามขั้นตอนดังนี้

ในช่วงเวลา Middle Carboniferous ถึง Roadian แอ่งสะสมตะกอนอยู่ในสภาวะค่อนข้างสงบและเกิดการสะสมตัวของตะกอน pelagic ซึ่งเป็น preorogenic stage ของกระบวนการเกิดเทือกเขา ต่อมาในช่วงเวลา Wordian มีการสะสมตัวของตะกอน flysch ซึ่งอยู่ในช่วงของ main orogenic stage กระบวนการเกิดเทือกเขาลดความรุนแรงลงในช่วงเวลา Late Wordian และสงบลงในช่วงเวลา Early Capitanian ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ใน Late และ Post-orogenic stage (ดูตารางที่ 8)

บริเวณจังหวัดสระบุรี ซึ่งอยู่ทางใต้ของจังหวัดเพชรบูรณ์ facies ที่เทียบเคียงได้กับ pelagic (Nong Pong Formation, Pang Asok Formation) และ molasses (Sap Bon Formation) สะสมตัวอยู่ใกล้เคียงกับ Platforms (ดูตารางที่ 8) ดังนั้นสภาพของการ deformation จึงมีความรุนแรงน้อยกว่าบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์

บทที่ 6

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

6.1.1 กลุ่มหินสระบุรี (Saraburi Group) ประกอบด้วยหิน 8 Lithofacies ดังนี้ Thin – to thick – bedded limestone and dolomite ; Boundstone and dolomite ; Sandstone , shale and limestone ; Crinoidal limestone , micritic limestone and shale ; Limestone conglomerate and breccia ; Graywacke and shale ; Shale, chert and shale with limestone blocks ; and Allodapic limestone, shale and chert

6.1.2 กลุ่มหินสระบุรี เกิดสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ กัน จากไหล่ทวีป (shelf) ที่เป็นไหล่ทะเลปิด (restricted shelf) และไหล่ทวีปเปิด (open shelf) และพีดปะการัง (reef) ต่อลงลาดทวีป (continental slope) และแอ่งทะเลน้ำลึก (basin)

6.1.3 กลุ่มหินสระบุรี สามารถจำแนกออกเป็นหมวดหินย่อย ๆ ตามสภาพแวดล้อมของพื้นที่การสะสมตะกอนดังนี้

บริเวณ platform ประกอบด้วยหมวดหิน 3 หมวดเรียงจากล่างขึ้นบนดังนี้ หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation) หมวดหินเขาแผงม้า (Kho Phaeng Ma Formation) ซึ่งตั้งขึ้นใหม่และหมวดหินซัปบอน (Sap Bon Formation)

บริเวณ slope – basin ประกอบด้วยหมวดหิน 2 หมวด ได้แก่ หมวดหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation) วางตัวอยู่ใต้หมวดหินปางอโศก (Pang Asok Formation)

บริเวณ fold and thrust belt ประกอบด้วย หมวดหิน 2 หมวด ได้แก่ หมวดหินน้ำดุก (Nam Duk Formation) วางตัวอยู่ใต้หมวดหินน้ำหนาว (Nam Nao Formation)

6.1.4 หมวดหินเขาแผงม้า (Khao Phaeng Ma Formation) เป็นหมวดหินที่ตั้งขึ้นใหม่ ประกอบด้วยหินที่มีคุณลักษณะ ต่างจากหินหมวดอื่นดังนี้ หินปูนมีชั้นบางถึงชั้นหนา มักแสดงรอยชั้นขวางแบบ hummocky และ graded bedding เนื้อหินมักไม่มีการกัดขนาดแสดงลักษณะของ debris flow deposit หินปูนมีหินดินดาน หินเชิร์ตชั้นบาง ๆ และหินปูนกรวดมนแทรก

6.1.5 จากการศึกษาซากดึกดำบรรพ์จำพวก fusulinid สรุปได้ว่า กลุ่มหินสระบุรี มีอายุต่อเนื่องมาจาก Carboniferous และยุคเพอร์เมียนเริ่มตั้งแต่ยุคเพอร์เมียนตอนล่าง (Asselain) ขึ้นมาถึงปลายยุคเพอร์เมียน ตอนกลาง (Capitanian)

6.1.6 ผลการศึกษาสรุปได้ว่า Khao Khwang Platform ปัจจุบันอยู่ด้านตะวันตกของ Nam Duk Basin เดิมเป็น platform เดียวกันกับ Pha Nok Khao Platform ที่อยู่ด้านตะวันออก ต่อมาเกิดการเคลื่อนไถล ด้วยรอยเลื่อนมาอยู่ในตำแหน่งปัจจุบัน ดังนั้นสภาพการแผ่กระจายของหินในบางบริเวณมิได้เกิด

จากการสะสมตัวของหินในบริเวณนั้น แต่เกิดจากการเคลื่อนไถลมาจากที่อื่นด้วยรอยเลื่อน ซึ่งพบอยู่ทั่วไปในบริเวณที่เป็น fold and thrust belt

6.1.7 ผลการศึกษาสนับสนุนข้อเสนองานของ Helmcke and Kraikhong (1982) และ Helmcke and Lindenberg (1983) เกี่ยวกับวิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่ตะเข็บรอยต่อ Nan-Uttaradit เกิดจากการเคลื่อนชนกันของแผ่นเปลือกโลกในยุคเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนบนซึ่งเป็นช่วงเวลาของ main orogenic movement ในประเทศไทยและแผ่นดินของทวีปเอเชียอาคเนย์

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 บริเวณจังหวัดสระแก้ว ที่อยู่ใต้พื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณรอยตะเข็บที่ต่อเนื่องมาจากรอยตะเข็บ น่าน-อุตรดิตถ์มีหินปูนและหิน clastics ยุคเพอร์เมียนแผ่กระจายอยู่มาก ควรมีการศึกษารายละเอียดเปรียบเทียบกับผลการศึกษารั้งนี้ และติดตามการกระจายตัวของแอ่งน้ำดุกไปจนถึงรอยตะเข็บสระแก้ว (Sra Kaeo Suture)

6.2.2 บริเวณจังหวัดสระบุรีและจังหวัดนครนายกมีหินภูเขาไฟชนิด acidic อยู่ทั่วไปควรทำการศึกษารายละเอียดของหินภูเขาไฟนี้ว่ามีความสัมพันธ์กับหินยุคเพอร์เมียนอย่างไร ทำการวิเคราะห์หาอายุและ Tectonic setting ของการเกิดหินภูเขาไฟกลุ่มนี้

6.2.3 แอ่งน้ำดุก (Nam Duk Basin) วางตัวอยู่ในแนวเหนือใต้ ด้านเหนือสุดครอบคลุมถึงอำเภอท่าลี่จังหวัดเลยและแผ่ตัวขึ้นเหนือเข้าสู่บริเวณ Pak Lay ของประเทศลาว ควรทำการศึกษาดังลำดับชั้นหินและ Lithofacies ยุคเพอร์เมียนในบริเวณนี้ว่ามีความสัมพันธ์กับบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดสระบุรีอย่างไรเพื่อให้เข้าใจสภาพภูมิศาสตร์บรรพกาลและวิวัฒนาการของธรณีวิทยาแปรสัณฐานได้ดีขึ้น

6.2.4 กลุ่มหินสระบุรีในพื้นที่บางแห่งมีหิน Clastic เช่น หินน้ำดุก หินชันบอนและหินปางอโศก เป็นส่วนประกอบอยู่มาก แต่ข้อมูลที่บ่งถึงแหล่งจ่ายตะกอน (provenance) ยังมีอยู่น้อยมาก ควรจะได้มีการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม เช่น โครงสร้างภายในของหินตะกอน (sedimentary structure) ชนิดและอายุ detrital minerals ที่พบในหินตะกอน และคุณลักษณะของแร่ควอร์ตซ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี cathodoluminescence เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

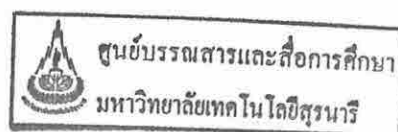
- Altermann, W. 1983. **Sedimentology of the Permian Molasse-type strata along the Lom Sak Chum Phae highway (Petchabun Province)**. In: Thanasutipitak, T. (edit.): Proc. Ann. Technical Meeting 1982, Chiang Mai, Thailand, pp.53-63
- Altermann, W. 1989. **Facies development in the Permian Petchabun basin, central Thailand**. Verlag fur Wissenschaft und Bildung, Berlin, p.236
- Altermann, W., Grammel, S., Ingavat, R., Nakhonsri, N. & Helmcke, D. (1983): **On the evolution of the Paleozoic terrains bordering the northwestern Khorat Plateau**. Conference on Geological Mineral Resource of Thailand, Section A-Geology, Bangkok Nov. 1983, p.5
- Asama, K. 1976, **Gigantopteris in Southeast Asia and its physio- paleo-geographic significance**. Geology and Paleontology of S.E Asia, v.7, pp.191-207, pl.28-30.
- Borax, E. & Stewart, R.D. 1966: **Notes on the Paleozoic Stratigraphy of Northeastern Thailand**. Working party of senior geologists, Economic Comm. Asia and Far East Meeting, Bangkok Aug. 1966, 17pp, & appendix 26pp.
- Brown, G. F., Buravas, S., Charaljavanaphet, J., Jalichandra, N., Johnston, W.D., Sresthaputra, V. and Taylor, G.C. 1951, **Geologic reconnaissance of the mineral deposits of Thailand**. USGS Bulletin 984, 183 p, also as Royal Department of Mines Geological Survey, Memoir 1 (1953).
- Bunopas, S. 1981, **Paleogeographic history of Western Thailand and adjacent parts of Southeast Asia – A plate tectonics interpretation**. Ph.D. thesis, Victoria University of Wellington, New Zealand., 810 p.: reprinted 1982 as Geological Survey Paper no.5, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Bunopas, S., and Vella, P. 1978. **Late Paleozoic and Mesozoic structural evolution of Northern Thailand, a plate tectonics model**, in P. Nutalaya, ed., Proceedings of the Third Regional Conference on Geology and Mineralogy Resources of southeast Asia, Bangkok, pp.133-140.

- Bunopas, S., and Vella, P. 1992, **Geotectonics and geologic evolution of Thailand**, in C. Piancharoen, ed.-in chief, Proceedings of National Conference on Geologic Resources of Thailand: Potential for Future Development, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, Supplementary volume, pp.209-228.
- Charoenprawat, A., Wongwanich, T., Tantivanit, W. and Theetiparivatra, V. 1984, **Geological map of sheet Changwat Loei (NE 47-12)**, scale 1:2500,000, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Chonglakmani, C., Fontaine, H. & Vachard, D. 1983, **A Carboniferous-Lower Permian section in Chon Daen area, central Thailand.**- Proceedings of the Conference Geological Mineral Resource of Thailand, section A-geology. Bangkok, November, 1983, p.5
- Chonglakmani, C. and Sattayarak, N. 1978, **Stratigraphy of the Huai Hin Lat Formation (Upper Triassic) in NE Thailand**, in P. Nutalaya, ed., proceeding of the Third Regional Conference on Geology and Mineralogy Resources of Southeast Asia, Bangkok, pp.739- 762.
- Chonglakmani, C. and Sattayarak, N. 1984, **Geological map of sheet Changwat Petchabun (NE 47-16)**, scale 1:250,000, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Chonglakmani, C., Sattayarak, N., Kanchanapan, P., and Sarapirom, S. 1979. **Geological Map of Thailand 1:250,000 scale: Sheet Udonthani – Wang Vieng (NE 48-9)**. Bangkok: Geological Survey Division, Department of Mineral Resources.
- Dawson, O.T. 1978, **Depositional and diagenetic fabrics of Permian limestone from Saraburi, Central Thailand.** -In: NUTALAYA, P. (edit.): -Proc. GEOSEA III, pp.47-60, Bangkok, 1978
- Dunham, R.J. 1962, **Classification of carbon rocks according to depositional texture**, in W.E. Ham.ed., Classification of carbonate rocks, Mem. AAPG 1, pp.108-121.
- Fontaine, H., Salyapongse, S., and Vachard, D. 1999, **New Carboniferous Fossils found in Ban Bo Nam Area, Central Thailand.** In: Khantaprab, C., et al., (Eds). Symposium on Mineral, Energy, and Water Resources of Thailand: Towards the year 2000. October 28-29. Bangkok. pp. 201-211.

- Gobbett, D. J. 1967, **Paleozoogeography of Verbeekiniidae (Permian Foraminifera)**: C.G. Adama and D.V. Ager (Eds.). Syst. Ass. Publ. No.7; Aspects of Tethyan Biogeography, pp. 77-91.
- Helmcke, D. and Kraikhong, G. 1982, **On the geosynclinal and orogenic evolution of Central and NE Thailand**. Journal of Geological Society of Thailand, v.5, pp.52-74
- Helmcke, D. and Lindenberg, H.G. 1983, **New data on "Indosinian" orogeny from central Thailand**. Geologische Rundschau, Beihefte, v.72, no.1, pp.317-328.
- Hinthong, C., Chuaviroj, S., Kaewyana, V., srisukh, s. and Pholprasit, C. 1981, **Geology and Mineral Resources of the Map Sheet Changwat Phranakhon Sri Ayuthaya (ND.47-8)**. Geological survey Report no.4, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand (in Thai).
- Ingavat, 1984. **On the correlation of the foraminiferal faunas of western, central and eastern provinces of Thailand**. Mem.Soc.Geol.Frances N.S. 147: 93-100.
- Javanaphet, J. C. 1969, **Geological map of Thailand, scale 1:1,000,000**. Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Jin, Y., Wardlaw, B. R., Glenister, B. F., and Kotlyar, G. V. 1997. **Permian Chronostratigraphic Subdivision**. Episodes March: 10-15.
- Nakornsri, N. 1981. **Geological Survey Report Number 3, geology and mineral resources of Amphoe Ban Mi (ND47-4) scale 1:250,000**. Bangkok: Department of Mineral Resources.
- Nakornsri, N. 1976. **Geological Map of Amphoe Ban Mi (ND47-4) scale 1:250,000**. Bangkok: Department of Mineral Resources.
- Pitakpaivan, K. 1965, **Fusulinacean fossils from Thailand, Part 1: Fusulines of the Ratburi limestone of Thailand**. Faculty of Science, Kyushi University, Memoir, Series D, Geology, v.17, pp.1-69.
- Sudasna, P. & Pitakpaivan, K. 1976, **Geological map of Thailand 1:250000, Changwat Phra Nakhon Si Ayutthaya**. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Sudasna and Veeraburus, M. 1979, **Geological Map of Northeastern Thailand, 1:50,000.**, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok, (unpublished).

- Tittirananda, O. 1976, **Aspects of stratigraphy and palaeontology of the Permian Rat Buri limestone of Saraburi, central Thailand**. Thesis, University of London, 190 p., 59 pls.
- Toriyama, R. and Kanmera, K. 1968, **Fusulinacean fossils from Thailand, Part 2, Two new Permian genera from Thailand**, *Geology and Paleontology of Southeast Asia*, v.4, pp.29-44.
- Toriyama, R., Kanmera, K., Khaewbaidhoon, S. and Hongnusunthi, A. 1974, **Biostratigraphic zonation of the Ratburi limestone in the Khao Phlong Pheab area, Saraburi, central Thailand**, *Geology and Paleontology of Southeast Asia*, v.14, pp25-48.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M. jr, Todd, R.G., Widmier, J.M., Thomson, S. III, Sangree, J.B., Bubb, J.N., Hatlelid, W.G., 1977. Seismic stratigraphy of global changes of sea-level. In Payton, C.E. (ed), *Seismic stratigraphy – applications to hydrocarbon exploration*. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem. 26: 49-211.
- Wielchowsky, C.C. and Young, J.D. 1985, **Regional facies variations in Permian rocks of the Phetchabun fold and thrust belt, Thailand**, in P. Thanvarachorn, S. Hokjaroen, and W. Youngme, eds., *Proceedings of the Conference on Geology and Mineral Resources Development of the Northeast Thailand*, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, November, pp.41-55.
- Winkel, R., Ingavat, R. & Helmcke, D. 1983, **Facies and stratigraphy of the Lower-lower Middle Permian strata of the Petchabun Fold Belt in Central Thailand**. Workshop on Stratigraphic Corel. Thailand and Malaysia, v.1, Had Yai Thailand, September, 1983, pp.293-306.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ประวัติผู้วิจัย

นายจงพันธ์ จงลักษมณี เกิดเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2486 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา จบการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาธรณีวิทยาจากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2508 และเข้ารับราชการในกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ตั้งแต่นั้นมาหลังจากนั้นได้รับปริญญา M.S. in Geology จาก South Dakota School of Mines and Technology ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2514 และปริญญา Ph.D.in Geology จาก University of Auckland ประเทศนิวซีแลนด์ ในปี พ.ศ. 2523 ได้ลาออกจากราชการในตำแหน่งผู้ชำนาญการพิเศษด้านธรณีวิทยาในปี พ.ศ. 2535 และเข้าทำงานในตำแหน่งนักธรณีวิทยาอาวุโสบริษัทผาทอง เอ็กพลอเรชั่น แอนด์ ไมนิ่ง จำกัด ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 – 2539 เข้าทำงานในบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ในตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญธรณีวิทยา และดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำอยู่ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2539 จนถึงปัจจุบัน มีความชำนาญพิเศษด้านลำดับชั้นหิน วิทยาการตะกอน บรรพชีวินวิทยา ธรณีวิทยาแปรสัณฐาน และการสำรวจปิโตรเลียม

