



รายงานการวิจัย

การประเมินทรัพยากรหินปูนบริเวณอำเภอปากช่องจังหวัดนครราชสีมา Assessment of Limestone Resources of Pak Chong Area, Changwat Nakhon Ratchasima

ผู้วิจัย

นายจงพันธ์ จงด้กษมณี
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2543-2544

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2548

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2543-2544 ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายกิจษณะ มลิตา น.ส.จรรยา หลอดกระโทก น.ส.ปริมล พรหมกลาง นายมงคล อุดชาชน และนายนิธิพนธ์ น้อยเผ่า ผู้ช่วยวิจัยที่ได้ช่วยงานภาคสนาม งานวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและการจัดทำรายงาน ทำให้งานศึกษาวิจัยในครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณ น.ส.รัชณี หอมกลาง ที่ได้ช่วยเหลืองานด้านธุรการและการจัดพิมพ์รายงานการวิจัยนี้

ผู้วิจัย

มีนาคม 2548

บทคัดย่อ

หินปูนเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น วัตถุดิบของปูนซีเมนต์ ปูนบดและปูนขาว ใช้เป็นหินก่อสร้างและหินประดับ หินปูนในรูปปูนใช้เป็นตัวเติมเพิ่มเนื้อสารในอุตสาหกรรมเคมี สีกระดาษและพลาสติก ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล เหล็ก และแก้ว และใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรด ด่าง ของดินและน้ำ (Harrison, 1992) หินปูนในที่นี้ยังรวมถึงหินคาร์บอเนตอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น หินอ่อน และโดโลไมต์ เป็นต้น (Folk, 1959, Dunhams, 1962) หินปูนมีส่วนประกอบทางเคมี ภายภาพ และเชิงกลต่างกันไป ปัจจุบันมีการใช้หินปูนกันอย่างแพร่หลาย แต่เป็นการใช้หินไม่ถูกต้อง และสมค่าตามคุณสมบัติของมัน ดังนั้นการจำแนก และการประเมินศักยภาพทรัพยากรหินปูนจึงมีความสำคัญ เพื่อให้การใช้ทรัพยากรของประเทศเป็นไปอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

กลุ่มหินสระบุรีอายุเพอร์เมียนที่พบตั้งแต่อำเภอวกเหล็กจังหวัดสระบุรี และอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จนถึงอำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ สามารถจำแนกหน่วยหินออกได้เป็นเขต Khao Khwang Platform- Basin Belt และ เขต Phetchabun Fold Belt กลุ่มหินสระบุรีที่อยู่ในเขต Khao Khwang Platform- Basin ประกอบด้วย 5 หมวดหิน ได้แก่ หมวดหินเขาขวาง หมวดหินเขาแผงม้า และหมวดหินضبบอน ที่อยู่ในเขตย่อย Platform และหมวดหินหนองโป่ง และหมวดหินปางอโศก ที่อยู่ในเขตย่อย Slope-Basin

ส่วนกลุ่มหินสระบุรีที่อยู่ในเขต Phetchabun Fold Belt ประกอบด้วย 2 หมวดหิน ได้แก่ หมวดหินน้ำาดู (หรือ pelagic และ flysch facies) และหมวดหินน้ำหนาว (หรือ molasse facies)

พื้นที่ศึกษาวิจัย กลุ่มบริเวณอำเภอวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี และบริเวณอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา หินปูนในกลุ่มหินสระบุรี ที่พบในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย หมวดหินเขาขวาง และหมวดหินเขาแผงม้า หมวดหินเขาขวาง มี 2 lithofacies ได้แก่ thin - to thick - bedded bioclastic limestone and dolomite องค์ประกอบทางแร่ พบว่าส่วนใหญ่เป็นแร่ calcite เกือบทั้งหมด บางส่วนมีการตกผลึกใหม่ ซึ่งทำให้หินมีค่า purity สูง แต่บางส่วนถูกแทนที่ด้วย เซิร์ต หรือมีเนื้อปูน dolomite ทำให้มีค่า purity ต่ำลง ส่วนอีก Lithofacies ได้แก่ coral-algal boundstone ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย ปะการังและสาหร่ายเนื้อปูน บางส่วน เป็นหินปูนชนิด floatstone และ rudstone มีลักษณะชั้นปานกลางถึงหนามาก หรือเป็นปื้น หมวดหินเขาแผงม้า ประกอบด้วย Crinoidal limestone, micritic limestone and shale หินปูนมักมีลักษณะเป็น lenticular และแสดงรอยชั้นขวาง hummocky องค์ประกอบทางแร่เป็นพวก calcite แต่เนื่องจากการแทรกสลับด้วยหินดินดาน ทำให้องค์ประกอบโดยรวม มีปริมาณแร่ดิน (argillaceous)

ปนอยู่ค่อนข้างมาก ทำให้มีค่า purity ค่อนข้างต่ำ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ค่าความขาวสว่างและคุณสมบัติเชิงกลและวิศวกรรม สามารถประเมินศักยภาพหินปูนบริเวณที่ศึกษาได้ ดังนี้ การใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง พบว่าหินปูนของหมวดหินเขาขวางและหมวดหินเขาแผงม้า มีความต้านทานแรงสูง สามารถนำไปใช้เป็นหินบด หินสร้างทางได้ดี หินปูนจากหมวดหินเขาขวาง โดยเฉพาะจากพื้นที่เขาหนองหอย มีชั้นที่หนามาก หรือเป็นปื้น ซึ่งสามารถตัดเป็น บล็อกขนาดใหญ่ได้ และมีรอยแตกร้าวน้อย มีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นหินประดับได้ การใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมซีเมนต์ พบว่า หินปูนจากหมวดหินเขาขวาง มีค่า CaO สูงแต่บางตัวอย่างมีค่าซิลิกาสูง และ MgO สูงกว่ากำหนด หินปูนจากเขาแผงม้า มีปริมาณ CaO ค่อนข้างต่ำ แต่มี MgO อยู่ในเกณฑ์ดี อาจสามารถใช้ผลิตปูนซีเมนต์ โดยการนำไปผสมกับหินปูนคุณภาพสูงกว่าได้ หินปูนของหมวดหินเขาขวาง มีซิลิกาต่ำ มีศักยภาพที่จะนำไปใช้เป็นฟลักซ์ในขบวนการหลอมเหล็กกล้า ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า ในอุตสาหกรรมเคมีได้ นอกจากนี้หินปูนในบริเวณที่ศึกษาของหมวดหินเขาขวางและหมวดหินเขาแผงม้า มีศักยภาพในการใช้บำบัดน้ำเสียได้แต่ควรเลือกหินปูนที่มีเชิร์ตปนอยู่น้อย เพื่อสามารถบดเป็นผงละเอียดได้ง่าย การใช้ประโยชน์ในลักษณะของตัวเติมเพิ่มเนื้อสารพบว่าหินปูนในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดไม่มีศักยภาพในการใช้เป็นตัวเติมเพิ่มเนื้อสาร เนื่องจากมีความสว่างต่ำ ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีมลทินเหล็กในเนื้อหินปูนสูง

Abstract

Limestones are used as the raw materials in various industries, e.g., cement, powdered limes and quick limes. They are also used as construction rocks and dimension stones. The powdered limes are used as filler in chemical, paint, papery and plastic, as well as, in sugar, iron and glass industries. They are also used for acid and basic conditioning of soil and water (Harrison, 1992). Limestone resources also include other related carbonate rocks, e.g., marble and dolomite (Folk, 1959; Dunhams, 1962). Although limestone are composed of the same carbonate (CaCO_3) minerals, but their chemical, physical and mechanical properties are different. Limestones are widely used at present, but they have not been used properly according to their properties. So the classification and assessment of limestone resources are important for proper uses of the country natural resources. The Permian Saraburi Group, distributed from Amphoe Muak Lek of Changwat Saraburi and Amphoe Pak Chong of the Changwat Nakhon Ratchasima to Amphoe Lom Sak of Changwat Phetchabun, can be classified as belonging to the Khao Khwang Platform-Basin Belt and the Phetchabun Fold Belt. The Saraburi Group of Khao Khwang Platform-Basin consists of 5 rock units namely, Khao Khwang, Khao Phaeng Ma and Sap Bon Formations in the platform area, and Nong Pong and Pang Asok Formations in the Slope-Basin area. It comprises, in Phetchabun Fold Belt, 2 rock units, namely, the Nam Duk (or pelagic and flysch facies) and the Nam Nao (or molasses facies) Formations.

The study area covers parts of Amphoe Muak Lek, Changwat Saraburi and Amphoe Pak Chong, Changwat Nakhon Ratchasima. The limestones of the Saraburi Group in the study area belong to the Khao Khwang Formation and consist of 2 lithofacies. The first lithofacies is thin - to thick-bedded bioclastic limestone and dolomite. The limestones are high purity and composed mainly of calcite and are partly recrystallized. Parts of limestones are lower purity because of the replacement of calcite by chert or dolomite. The second lithofacies is coral-algal boundstone which is composed mainly of coral and calcareous algae. Other lithologic types are medium - bedded to thick- bedded to massive floatstone and rudstone. The Khao Phang Ma Formation consists of crinoidal limestone, micritic limestone and shale. The limestones are lenticular and hummocky cross-bedded, consisting mainly of calcite. But they are rather low in purity due to the interbedded shale beds. The assessment of limestone resources of the study area is based on the

chemical analysis, brightness analysis, and mechanical analysis of the collected limestone samples. The limestones of both Khao Khwang and Khao Phaeng Ma Formations are high strength rocks and are suitable for use as aggregate for road construction. The limestones of the Khao Khwang Formation are thick - bedded to massive and can be cut to big blocks and contain with minor fractures. They are good potential to be used as a dimension stone. The limestones of the Khao Khwang Formation contain high CaO, but some samples also have high silica and MgO. The limestones of Khao Phaeng Ma Formation contain low CaO, but have suitable MgO. They can be used as raw materials for cement industry by blending with high quality limestones. The limestones of Khao Khwang Formation contain low silica and have good potential to be used as flux in iron industry. In addition the limestones of both the Khao Khwang and Khao Phaeng Ma Formations have high potential for use in waste water treatment, but the limestones used should contain low chert for the ease of crushing and pulverization. The limestones in the study area have no potential for use as filler since they have low brightness due to high iron contamination.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ง
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 พื้นที่ศึกษาวิจัย.....	1
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	1
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	2
บทที่ 2 กลุ่มหินสระบุรี.....	3
2.1 ลำดับชั้นหินของกลุ่มหินสระบุรี.....	3
2.2 ตัวอย่างหินปูนที่นำมาศึกษา.....	13
บทที่ 3 การวิเคราะห์หินปูน.....	16
3.1 การศึกษาสีดาวรรณา.....	16
3.2 การวิเคราะห์ทางเคมี.....	26
3.3 การวิเคราะห์ค่าความขาวสว่าง.....	28
3.4 การวิเคราะห์ทางเชิงกล.....	29
บทที่ 4 การประเมินศักยภาพหินปูน.....	31
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	36
บรรณานุกรม.....	38
ประวัติผู้วิจัย.....	41

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การจัดจำแนกกลุ่มหินปูนสระบุรีที่สะสมตัวในบริเวณต่างๆ ของจังหวัดสระบุรี และพื้นที่ใกล้เคียง.....	4
ตารางที่ 2 การจำแนก Biostratigraphy โดยอาศัย Fusulinids ที่พบในกลุ่มหินสระบุรี.....	6
ตารางที่ 3 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษาแยกตาม Locality..	19
ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะ Lithofacies ของการสะสมตัวของหินปูนในพื้นที่ศึกษากับ Standard Microfacies Type (Flügel, 1982) และการแปลความหมายของสภาพแวดล้อมบรรพกาล (Paleoenvironments) แยกตาม Locality...	25
ตารางที่ 5 แสดงผลวิเคราะห์ Major oxide จากเครื่องมือ WD-XRF และความบริสุทธิ์ (Purity) โดยใช้เกณฑ์ของ BSG Classification of limestone by purity ของตัวอย่างหินปูนในพื้นที่ศึกษาแยกตาม Locality.....	27
ตารางที่ 6 แสดงผลวิเคราะห์ค่าความขาวสว่าง ของตัวอย่างหินปูนในพื้นที่ศึกษาแยกตาม Locality.....	28
ตารางที่ 7 แสดงผลวิเคราะห์ค่า Point load testing และการประเมินคุณภาพเบื้องต้นของตัวอย่างหินปูนในพื้นที่ศึกษาแยกตาม Locality.....	30
ตารางที่ 8 สรุปการประเมินผลศักยภาพของหินปูนในบริเวณที่ศึกษา.....	36

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา ซึ่งอยู่บริเวณอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา.....	2
รูปที่ 2 ภาพแสดงลำดับชั้นหินของหมวดหินเขาแผงม้า.....	8
รูปที่ 3 ภาพแสดงลำดับชั้นหินหมวดหินหนองไผ่และหมวดหินปางอโศก.....	11
รูปที่ 4 แสดงลักษณะทั่วไปของชั้นหินในหมวดหินเขาขวาง ที่สะสมตัวในสภาพแวดล้อม ที่เป็น open to restricted platform โดยชั้นหินมักมีชั้นหนาปานกลางถึงหนามาก และมักมีกระเปาะเชิร์ต (A).....	20
รูปที่ 5 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน SB-8 ซึ่งเป็น algal-fusuline packed biomicrite แสดงลักษณะเศษซากค็อดำบรรพ์จำพวกสาหร่ายเนื้อปูน (A) ใน micritic mud matrix (M) แบบ grain supported.....	20
รูปที่ 6 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน NH-3 ซึ่งเป็น fusuline- wackestone แสดง shell fragments (S) ใน micritic mud matrix (M) แบบ matrix supported.....	21
รูปที่ 7 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน NH-3 ซึ่งเป็น fusuline- wackestone แสดง fusulinids (F) ใน micritic mud matrix (M) แบบ matrix supported.....	21
รูปที่ 8 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน NH-5 ซึ่งเป็น coral-algal boundstone แสดงซากค็อดำบรรพ์สาหร่ายเนื้อปูน (A) ในลักษณะล้อมรอบ (bounded) ด้วย calcite needles (B).....	22
รูปที่ 9 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน NH-5 ซึ่งเป็น coral-algal boundstone แสดงซากค็อดำบรรพ์ปะการัง (C) และช่องว่างที่ถูก filled up ด้วย calcite needles เป็นชั้นๆ (V).....	22
รูปที่ 10 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน PC-4 ซึ่งเป็น crinoid- wackestone แสดงเศษซากค็อดำบรรพ์หลายชนิด ใน micritic mud matrix.....	23
รูปที่ 11 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน SB-7 ซึ่งเป็น encrinite grainstone แสดงเศษซากค็อดำบรรพ์ crinoids ขนาดใหญ่ (C) มีความกลมมนดี และบริเวณ ขอบมีร่องรอยการกัดกร่อน แสดงถึงลักษณะการ transportation และ micritic mud matrix (M).....	23

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 12 แสดงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอย่างหิน PC-1 ซึ่งเป็น fusuline-algal wackestone แสดงเศษซากคึกค้ำบรรพ์หลายชนิด ที่ถูก deformed โดย stress ซึ่งเป็นลักษณะที่พบบ่อยในหินกลุ่มนี้..... 24

รูปที่ 13 แสดงลักษณะทั่วไปของชั้นหินในหมวดหินเขาแผงม้า ที่สะสมตัวในสภาพแวดล้อมที่เป็นในช่วงถัดจาก shelf ที่ต่อกับ slope โดยชั้นหินมักมีชั้นบางถึงชั้นหนาปานกลาง และอาจแทรกสลับด้วยหินดินดานชั้นบางๆ..... 24

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

หินปูน(Limestone) เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น วัตถุดิบของปูนซีเมนต์ ปูนบดและปูนขาว ใช้เป็น หินก่อสร้าง (aggregate) หินประดับ (dimension stone) หินปูนในรูปป่นใช้เป็น filler ในอุตสาหกรรมเคมี สี กระจก และพลาสติก และยังใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล เหล็ก และแก้ว และใช้ในการปรับสภาพความเป็นกรด ด่างของดิน และน้ำ (Harrison, 1992)

หินปูน ในที่นี้ยังรวมถึงหินคาร์บอเนต (Carbonate rocks) อื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่นหินอ่อน (marble) และโดโลไมต์ (dolomite และdolostone) เป็นต้น (Folk, 1959; Dunhams, 1962) หินปูนมีส่วนประกอบทางเคมี เป็นแร่ CaCO_3 เหมือนกัน มีคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และเชิงกลต่างกันไป ปัจจุบันมีการใช้หินปูนกันอย่างแพร่หลาย แต่เป็นการใช้หินไม่ถูกทาง และสมค่าตามคุณสมบัติของมัน ดังนั้นการจำแนก และการประเมินศักยภาพทรัพยากรหินปูนจึงมีความสำคัญ เพื่อการใช้ทรัพยากรของประเทศเป็นไปอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

พล เชาว์ดำรง และคณะ (1998) ได้พัฒนารูปแบบการสำรวจและประเมินค่าหินปูนและโดโลไมต์ในบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งพบว่าเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วและประหยัด ผู้เสนอโครงการเห็นว่าบริเวณอำเภอปากช่องจังหวัดนครราชสีมาที่มีหินปูนเกิดอยู่แพร่หลายสมควรที่จะทำการศึกษาและประเมินค่า เพื่อให้สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินค่าหินปูนในพื้นที่ศึกษาว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะพัฒนานำไปใช้ในงานใด เพื่อให้เกิดประโยชน์และคุณค่าสูงสุด

1.3 พื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่ศึกษาวิจัยอยู่บริเวณอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมาซึ่งเป็นบริเวณที่แหล่งหินปูนอยู่ใกล้ตัวจังหวัดนครราชสีมาที่สุด (รูปที่ 1)

1.4 ขอบเขตการวิจัย

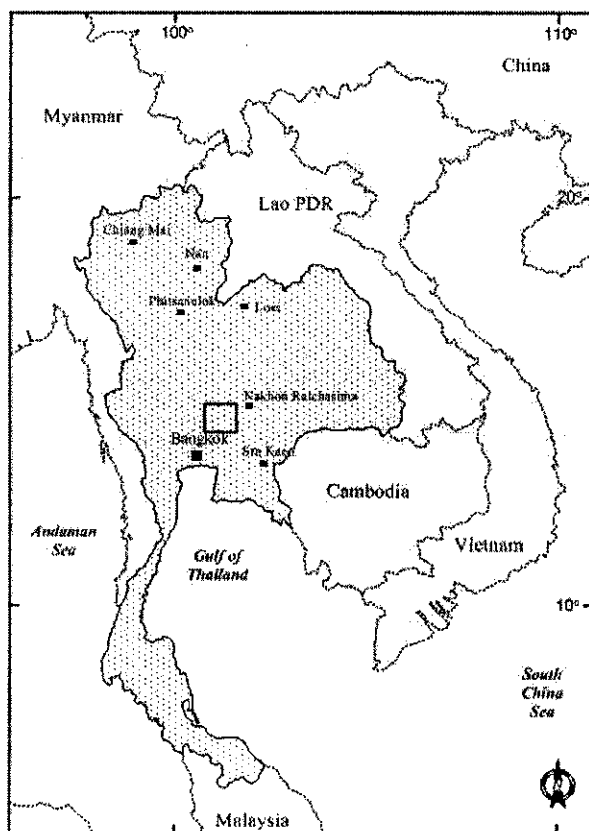
พื้นที่สำรวจและวิจัยส่วนใหญ่อยู่ในเขตอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปรากฏในแผนที่ระวางฉบับน้อย (S338II) มาตราส่วน 1:50,000 ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 500 ตารางกิโลเมตร

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1.5.1 สํารวจและศึกษาลําดับชั้นหินและวิทยาการตะกอนของหินปูนที่เปิดเผยให้เห็นดี
ในบริเวณต่างๆ ของพื้นที่ศึกษา
- 1.5.2 จําแนกหินปูนตามลําดับชั้นหินและชนิดหินออกเป็นหน่วยต่างๆ
- 1.5.3 วิเคราะห์ตัวอย่างหินในห้องปฏิบัติการทางศิลาวรรณนา ส่วนประกอบทางเคมี
คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติทาง brightness ของหินปูน
- 1.5.4 ประเมินคุณภาพของหินปูนเพื่อใช้งานด้านต่างๆ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย

ผลจากการทำวิจัยในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานราชการที่ควบคุม
และดูแลทรัพยากรธรณีของประเทศ เพื่อการบริหารและการจัดการทรัพยากรธรณีให้เกิดประโยชน์
สูงสุด และยั่งยืน ตามคุณภาพของหินปูนในแต่ละแหล่ง



รูปที่ 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา ซึ่งอยู่บริเวณอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

บทที่ 2

กลุ่มหินสระบุรี

2.1 ลำดับชั้นหินของกลุ่มหินสระบุรี

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

จากผลการสำรวจและศึกษาลำดับชั้นหินและ Facies ของกลุ่มหินสระบุรีในบริเวณสระบุรี – ปากช่อง ครั้งนี้ ทำให้สามารถสรุปถึงความสัมพันธ์ของ Facies และหินหน่วยต่าง ๆ ที่ได้มีผู้รายงานไว้และได้ปรับปรุงการจำแนกกลุ่มหินสระบุรีขึ้นใหม่ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 บริเวณตามลักษณะภูมิศาสตร์บรรพกาลได้แก่

Khao Khwang Platform – Basin Belt

กลุ่มหินสระบุรี บริเวณจังหวัดสระบุรีและอำเภอปากช่องสามารถแบ่งแยกออกได้ 5 หมวดหินดังนี้

บริเวณ Platform ประกอบด้วย 3 หมวดหินเรียงจากล่างขึ้นบนดังนี้ หมวดหินเขาขวาง (Khao Khwang Formation) หมวดหินเขาแผงม้า (Khao Phaeng Ma Formation) และหมวดหินซับบอน (Sap Bon Formation)

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

Phetchabun Fold Belt

หินยุคเพอร์เมียน บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ประกอบด้วยตะกอนที่มีความแตกต่างจากที่พบในจังหวัดสระบุรีซึ่ง Chonglakmani and Sattayarak (1976) เรียกชื่อหน่วยหินนี้ว่าหมวดหินน้ำคูก (Nam Duk Formation) มีลักษณะปรากฏเป็นหิน geosynclinal ซึ่งต่อมาก Helmcke and Lindenberk

(1983) สามารถแยกหน่วยหินนี้ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Pre-flysch, Flysch และ Molasse sequences ซึ่งบ่งถึงการเกิด Orogeny ที่สำคัญในยุคเพอร์เมียนของประเทศไทยและทวีปเอเชียอาคเนย์โดยรวม

ตารางที่ 1 การจำแนกกลุ่มหินสระบุรีที่สัมพันธ์กันในบริเวณต่างๆของจังหวัดสระบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง

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

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 อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี มีจุดพิกัดที่ 530560 และ 450500 แผนที่มีมาตราส่วน 1:50,000 ระวังบ้านชัยม่วง (52381)

การแพร่กระจายและความหนา หมวดหินเขาขวางแพร่กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณเทือกเขาด้านตะวันตกของแอ่งโคราช ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและสระบุรี และขยายตัวคลุมพื้นที่จังหวัดลพบุรีและเพชรบูรณ์ ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือและด้านเหนือ หินปูนเพอร์เมียนที่พบ

แพร่กระจายอยู่ในจังหวัดเลยที่เรียกว่าหมวดหินน้ำมโหฬาร เทียบเคียงกับหมวดหินเขาขวางนี้ หมวดหินนี้มีความหนาทั้งหมดไม่สม่ำเสมอ โดยทั่วไปมีความหนาไม่ต่ำกว่า 500 เมตร

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน ลักษณะหินโดยทั่วไปประกอบด้วยหินปูนสีเทาถึงเทาเข้ม เนื้อละเอียด ช่วงล่างและช่วงกลางมักมีเนื้อปน dolomitic จนเป็นหินโดโลไมต์ ช่วงบนมีหินปูน กรวดมนแทรก ความหนาของชั้นมีขนาดปานกลางถึงชั้นหนา และจนถึงลักษณะเป็นปื้น (massive) โดยปกติหินปูนมักมีหินเชิร์ตแทรกเป็นกระเปราะ (nodule) หรือเป็นชั้นขนานกับชั้นหิน บริเวณที่ศึกษาไม่พบว่าหมวดหินเขาขวางวางตัวอยู่บนหินหมวดใด แต่พบว่าวางตัวอยู่ใต้หมวดหินห้วยหินลาด (Huai Hin Lat Formation) แบบมีรอยผิดปกติ (unconformity)

อายุและซากดึกดำบรรพ์ ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหมวดหินเขาขวาง โดยเฉพาะ fusulinids สามารถกำหนดอายุหินได้ว่า มีอายุจากเพอร์เมียนล่างสุด Asselian จนถึงส่วนล่างของ Capitanian อย่างไรก็ตามบางบริเวณมีหลักฐานทางซากดึกดำบรรพ์ว่า ส่วนล่างของหมวดหินเขาขวางมีอายุแก่ถึง Carboniferous (ตอนบน)(Altermann, 1981)

หินปูนของหมวดหินเขาขวางที่มีอายุ Asselian พบที่เขาสมโภชน์ (Wielchowsky and Young, 1985; Altermann, 1981) ประกอบด้วยซากดึกดำบรรพ์ดังนี้ Triticites cf. samaricus, Bradyina vana, Paleotextutavia sp., Texrataxis sp., Deckerlla sp., Paradagmarita sp., Tubiphytes sp. และ algal fragments ซากดึกดำบรรพ์กลุ่มนี้จัดอยู่ใน Triticites ozawai-Paraschwagerina yanagidai zone ที่ปรากฏในตารางที่ 2 มีอายุ Asselian หินปูนอายุ Asselian พบอยู่ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น เพชรบูรณ์ (เขาชนไก่, บ้านโตก) เลย (ถ้ำน้ำมโหฬาร, บ้านน้ำหล่ม, ผาเค็ม) และอุดรธานี (Ingavat, 1984) โดยเฉพาะที่เขาชนไก่และบ้านโตก พบ fusulinids ชนิด Pseudoschwagerina sphaerica (Rauser and Schwelten), Quasifusulina tenuissima (Schellwien), Rugososchwagerina sp. และ Pseudofusulina sp. นอกจากนี้ยังพบ foraminifera จำพวกอื่นๆ ด้วย

Hinthong and others (1981) รายงานการพบซากดึกดำบรรพ์ในหมวดหินเขาขวางบริเวณจังหวัดสระบุรี ได้แก่ fusulinids, brachiopod, trilobite, bivalve, bryozoan, crinoid stem, algae และ fusulinids ที่พบมีอายุแก่สุดในช่วง Sakmarian ได้แก่ Pseudoschwagerina (Zellia) turbida kahler, Paraschwagerina sp., Charaloschwagerina or Paraschwagerina sp. หินปูนอายุ Sakmarian พบแพร่หลายทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสะสมตัวต่อเนื่องขึ้นมาจากหินปูนอายุ Asselian เช่นที่จังหวัดขอนแก่น (ผาดอกจิก) จังหวัดเลย อุดรธานี และชัยภูมิ (Ingavat, 1981) โดยเฉพาะที่ผาดอกจิกพบ fusulinids 16 ชนิด รวมถึงชนิด Triticites pseudosimplex Chen T. cf. arctica (schellwien), Pseudofusulina exigua (Schellwien), Chusenella cervicalis (Lee) ซึ่งบ่งถึงอายุ Sakmarian

ส่วนที่เขาโปร่งปราบ ส่วนล่างของหินปูนหมวดเขาขวาง นับจาก *Misellina otai* - *M. cf. termieri* zone ถึง *Maklaya saraburiensis* zone Toriyama and others (1974) กำหนดอายุไว้ใน Artinskian ซึ่งในรายงานฉบับนี้ให้อยู่ในช่วง Kungurian (ตารางที่ 2) ในบริเวณจังหวัดเลย ที่ห้วยชำป๋อด (Pitakpaivan, 1965) รายงานการพบ *Parafusulina loeyensis* Pitakpaivan, *P. parva* Pitakpaivan, *P. methikuli* Pitakpaivan และอื่นๆ และอายุไว้ใน Yahtashian (หรือ Artinskian) เมื่อเทียบกับหินอายุอื่น หินปูนอายุ Artinskian พบไม่แพร่หลายนักเนื่องจากเป็นช่วงน้ำทะเลถดถอยตรงตาม relative coastal onlap curve ของ Vail and others (1977)

ตารางที่ 2 การจำแนก Biostratigraphy โดยอาศัย fusulinid ที่พบในกลุ่มหินสระบุรี (Toriyama and others, 1974; Ingavat, 1984)

Ma				Fusulinid Generic Zones		Fusulinid Assemblage Zone
Triassic	250	Lower	Griesbachian			
			Permian	260	Lopingian	Changxingian
Wuchiapingian	<i>Codonofusiella</i>					
Permian	270	Guadalupian	Capitanian	<i>Lepidolina Yabeina</i>		<i>Lepidolina multiseptata</i> <i>Colania douvillei</i> - <i>Verbeckina</i>
			Wordian	<i>Neoschwagerina</i>		<i>Neoschwagerina haydeni</i> <i>Afghanella schencki</i> <i>Presumatrina schellwieni</i> <i>Neoschwagerina simplex</i>
	280	Cis-Uralian	Roadian	<i>Cancellina</i>		<i>Malakya sethaputi</i> <i>Malakya pamirica</i> <i>Malakya saraburiensis</i>
			Kungurian	<i>Parafusulina</i>	<i>Misellina</i>	<i>Misellina confragaspira</i> <i>Misellina otai</i> - <i>M.cf. termieri</i>
			Artinskian	<i>Pseudo-fusulina</i>	<i>Chalaroschwagerina</i>	<i>Pseudofusulina vulgaris</i> - <i>Charatoschwagerina</i>
			Sakmarian		<i>Robustoschwagerina</i> <i>Paraschwagerina</i>	<i>Pseudoschwagerina cf. robusta</i> - <i>Robustoschwagerina tumida</i>
290	Asselian	<i>Pseudoschwagerina</i>		<i>Triticites ozawai</i> - <i>Paraschwagerina yanagidai</i>		
300	Upper	Gzhelian				

Toriyama and others (1974) ได้จัดตั้งชั้นหินอ้างอิงพื้นที่เขาโปร่งปราบและเขาขาว บริเวณเขาพระพุทธรบาท จังหวัดสระบุรี ประกอบด้วย fusulinids 8 zones มีอายุจาก Yahtashian (หรือ Artinskian) ตอนล่าง ถึง Murgabian (หรือ Wordian) ตอนบนซึ่งในรายงานฉบับนี้ได้ปรับอายุให้อยู่ในช่วง Kungurian ตอนล่าง ถึง Wordian ตอนบน ตามการเปรียบเทียบอายุ fusulinids ที่ใช้กันอยู่ใน

ปัจจุบัน fusulinid zones มีลำดับจาก Misellina otai – M. cf. haydeni Zone ที่อยู่ล่าง จนถึง Neoschwagerina haydeni zone ที่อยู่บนสุด (ตารางที่ 2)

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, Sumatrina 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.

หมวดหินเขาแฝงม้า (Khao Phaeng Ma Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น หมวดหินเขาแฝงม้าได้จัดตั้งขึ้นใหม่จากชื่อเขาแฝงม้า อำเภอววกเหล็ก จังหวัดสระบุรี เป็นบริเวณที่มีหินหมวดนี้โผล่ให้เห็นได้ดี วางตัวอย่างต่อเนื่องขึ้นมาจากหมวดหินเขาขวาง และวางตัวอยู่ใต้หมวดหินضبอน Hinthong and others (1981) ได้ตั้งชื่อหมวดหินเขาขาด (Khao Khad Formation) มีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่เขาขาด ซึ่งมีทางหลวงสาย สระบุรี-หล่มสัก ตัดผ่านเทือกเขาเขียว ในจังหวัดสระบุรี ประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนมาก มักมีชั้นหินเชิร์ต หินดินดาน และหินทรายแทรก ในรายงานฉบับนี้ ได้จัดแบ่งหมวดหินเขาขาดเป็น 2 ส่วน ส่วนล่างเป็นหินปูน ส่วนบนเป็นหินปูนที่มีชั้นหินเชิร์ต หินดินดาน และหินทรายแทรกสลับ ชั้นหินส่วนบนเทียบได้กับหมวดหินเขาแฝงม้าที่ได้ตั้งขึ้นใหม่และชั้นหินส่วนล่างเทียบได้กับหมวดหินเขาขวาง

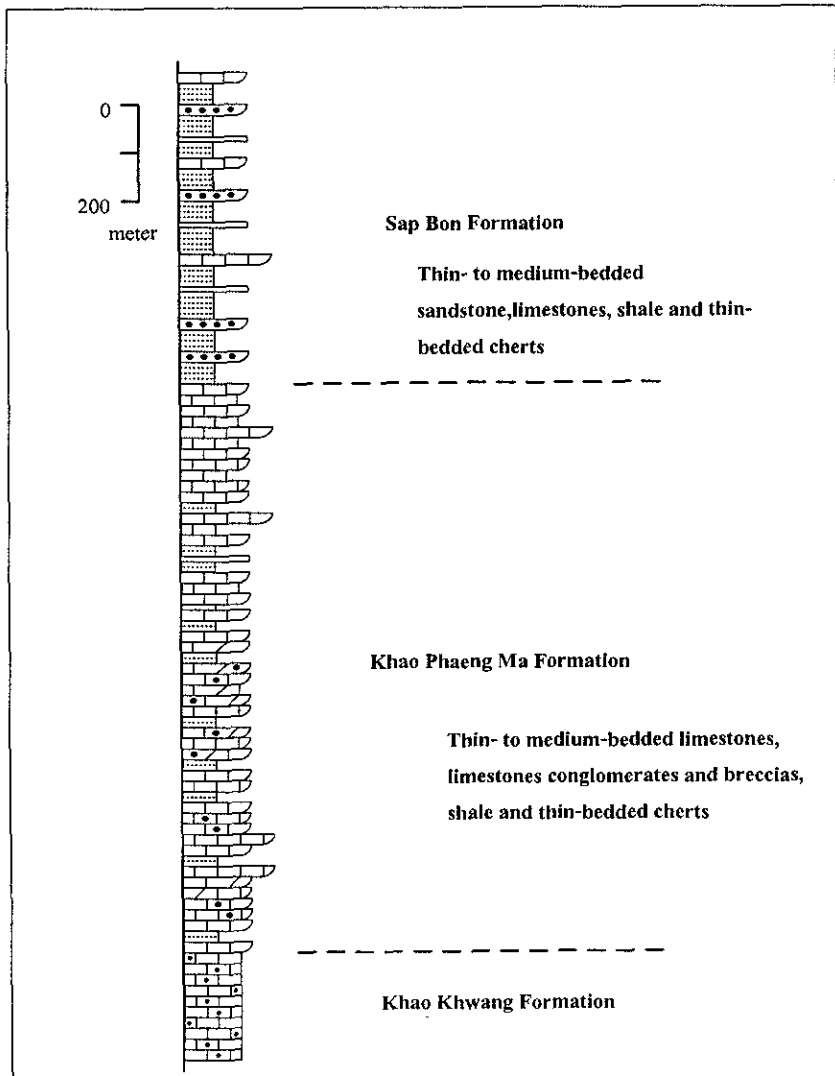
ชั้นหินแบบฉบับ อยู่ที่เขาแฝงม้า อำเภอววกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ปรากฏในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ระวังอำเภอแก่งคอย (5238 III)

การแพร่กระจายและความหนา หมวดหินเขาแฝงม้าพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณจังหวัด สระบุรี ลพบุรี และนครราชสีมา บริเวณอำเภอทับทิม จังหวัดสระบุรี หินหมวดนี้มีความหนาทั้งสิ้น 1,200 เมตร

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน หมวดหินเขาแฝงม้าประกอบด้วยหินปูนเป็นส่วนมาก มีสีขาวเทา จนถึงเทาดำ ลักษณะเป็นชั้นบางถึงชั้นหนา มีชั้นหินดินดานและชั้นหินเชิร์ตชั้นบางๆ แทรก หินปูนมีลักษณะเด่นที่แตกต่างจากหินปูนหมวดหินเขาขวาง คือมีลักษณะชั้นดี มักแสดง hummocky cross-bedding และ graded bedding บ่งถึงการสะสมตัวโดยมีพายุเป็นตัวกระทำ ที่พบบ่อยหินปูนมีลักษณะคัดขนาดไม่ดี ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของ debris flow deposit และ limestone

conglomerate ก็เป็นชนิด paraconglomerate ที่ไม่มีการคัดขนาด ในหินดินดานบางแห่งพบ block ของหินปูนอยู่ด้วย หินกรวดมนดังกล่าวจัดเป็น slump deposit ซึ่งเกิดในช่วง slope ของแอ่ง เซิร์ตที่พบเป็นชั้นบางๆ มีสีชมพูจนถึงเทา บางแห่งพบซากดึกดำบรรพ์ radiolarian อยู่มาก ลำดับชั้นหินโดยละเอียดศึกษาได้จากรูปแสดงลำดับชั้นหินรูปที่ 2

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



รูปที่ 2 ภาพแสดงลำดับชั้นหินของหมวดหินเขาแผงม้า

หมวดหินซัปบอน (Sap Bon formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น Hinthong and others (1981) ตั้งชื่อหน่วยหินนี้ตามชื่อบ้านซัปบอน อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี เป็นหมวดหินหนึ่งของหินเพอร์เมียน ประกอบด้วย หินดินดาน สลับกับหินทรายแป้งและหินทราย วางตัวอยู่บนหมวดหินเขาขาด แบบ transitional contact และวางตัวอยู่ใต้หินภูเขาไฟและหินอัคนีระดับลึก ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบรอยสัมผัสด้านบนของหมวดหินซัปบอน แต่พบว่ามี การวางตัวแบบต่อเนื่องบนหมวดหินเขาแผงม้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของหมวดหินเขาขาดของ Hinthong and other (1981)

ชั้นหินแบบฉบับ Hinthong and others (1981) ได้ตั้งชั้นหินแบบฉบับของหมวดหินซัปบอน ที่บ้านซัปบอน ช้างถนนมิตรภาพ ประมาณหลักกิโลเมตรที่ 134 นอกจากนี้ยังรวมชั้นหินที่บ้านโสกลึกและบ้านห้วยซัปได้ ประกอบเป็นชั้นหินแบบฉบับด้วย ปรากฏในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ระวังอำเภอแก่งคอย (5238III) มีจุดพิกัดที่ 280290 และ 180190

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

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน หมวดหินซัปบอนส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินดินดาน สลับกับหินทรายแป้งและหินทราย สีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาแกมน้ำตาล หลายแห่งมีชั้นหินปูนสีเทาถึงสีเทาดำชั้นบางถึงชั้นหนาแทรกและพบชั้นหินเจิร์ดแทรกสลับอยู่บ้าง รายละเอียดลำดับชั้นหินได้แสดงไว้ในรูปที่ 2

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

หมวดหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น Hinthong and others (1981) ให้ชื่อหมวดหินนี้ตามชื่อท้องถิ่นหนองโป่ง ในเขตพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ความสัมพันธ์ของหมวดหินหนองโป่งกับหน่วยหินชั้นล่างยังไม่เป็นที่ทราบชัด แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า รอยสัมผัสของหมวดหินหนองโป่งกับหมวดหินเขาขวาง เกิดจากรอยเลื่อน ดังนั้นตามลำดับที่แท้จริง หมวดหิน

หนองโป่งจึงมิได้วางตัวอยู่บนหมวดหินเขาขวาง ตามรายงานของ Hinthong and others (1981) หมวดหินหนองโป่งวางตัวอยู่ใต้หมวดหินปางอโศกแบบต่อเนื่อง

ชั้นหินแบบฉบับ Hinthong and others (1981) ให้ชั้นหินบริเวณบ้านหนองโป่ง ในเขตอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปรากฏในแผนที่ระวางบ้านซำม่วง (5238I) ระหว่างพิกัด 560600 และ 440470

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

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน ประกอบด้วยหินปูนสลับกับหินดินดาน หินปูนมีลักษณะเด่นคือ มีสีเทาถึงเทาดำ ลักษณะเป็นชั้นบางๆ (banded or laminated) เนื้อหินแสดง graded bedding บ่งถึงการสะสมตัวโดย turbidity current บางแห่งมีหินเชิร์ตชั้นบางๆ แทรกสลับ รายละเอียดลำดับชั้นหินได้แสดงไว้ในรูปที่ 3

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

หมวดหินปางอโศก (Pang Asok Formation)

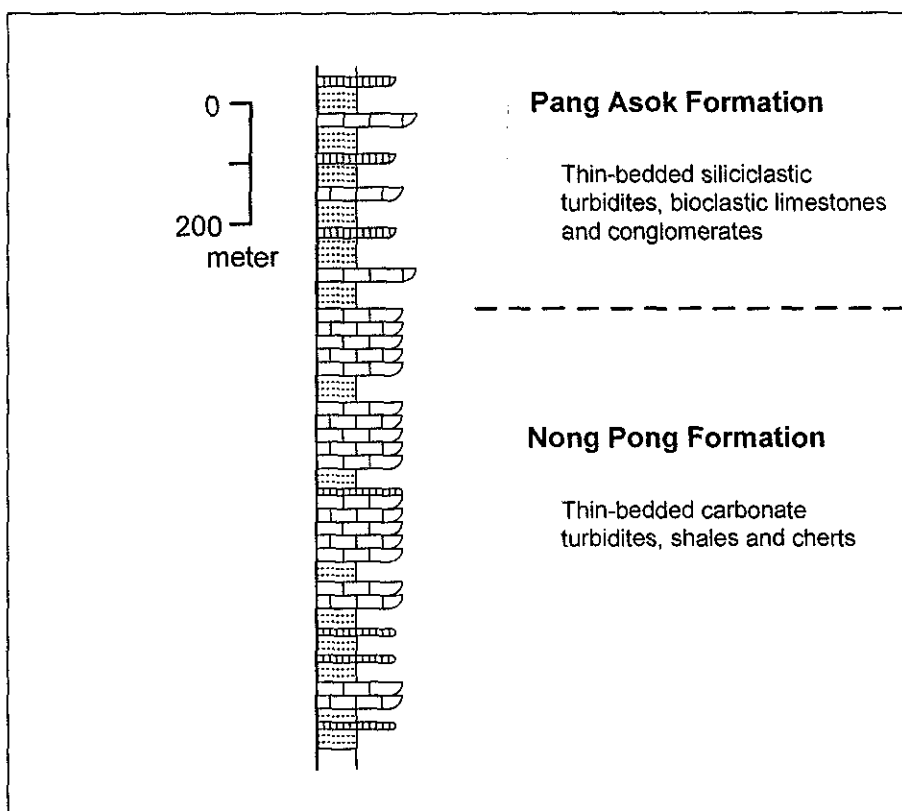
ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น หมวดหินปางอโศกตั้งโดย Hinthong and others (1981) ตามชื่อหมู่บ้านปางอโศก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา วางตัวต่อเนื่องขึ้นมาจากหมวดหินหนองโป่ง รอยสัมผัสด้านบนกับหน่วยหินอื่นเป็นแบบรอยเลื่อน

ชั้นหินแบบฉบับ Hinthong and others (1981) ได้กำหนดชั้นหินหลายจุดบริเวณ อำเภอมหากเหล็กเป็นชั้นหินแบบฉบับ ได้แก่ จุดเหนือบ้านไร่กลางดง อำเภอมหากเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณทิศเหนือของทางหลวงสายมิตรภาพ โกลัสถานีรถไฟปางอโศก และบริเวณเขาบันไดม้า ตรงข้ามวัดชิวราลงกรณ์วราราม ปรากฏในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ระวางอำเภอปากช่อง (5238II)

การแพร่กระจายและความหนา หมวดหินปางอโศกพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไป บริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอปากช่อง และอยู่ต่อจากหมวดหินหนองโป่งลงมาทางใต้ วางตัวประมาณตะวันออก-ตะวันตก

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน หมวดหินปางอโศกส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินดินดาน สีน้ำตาลจนถึงสีเทา และมักถูกแปรสภาพเป็นหินดินดานกึ่งชนวน (slaty shale) หินดินดานบางบริเวณมักมีชั้นหินทราย graywack แทรก บางบริเวณมีหินปูนหรือหินปูนกรวดมน ลักษณะเป็นเลนส์แทรกบ้างเล็กน้อย หินปูนหรือหินปูนกรวดมนนี้เกิดจากการเลื่อนไถล (slump) มาจาก shelf และ slope ลงสู่ basin รายละเอียดลำดับชั้นหินได้แสดงไว้ในรูปที่ 3

อายุและซากดึกดำบรรพ์ หมวดหินปางอโศกมักไม่พบซากดึกดำบรรพ์ การกำหนดอายุจึงอาศัยความสัมพันธ์ของชั้นหินที่วางตัวอยู่บนหมวดหินหนองโป่ง และได้กำหนดให้มีอายุ Wordian



รูปที่ 3 ภาพแสดงลำดับชั้นหินหมวดหินหนองโป่งและหมวดหินปางอโศก

หมวดหินน้ำดุก (Nam Duk Formation)

ชื่อและความสัมพันธ์กับหน่วยหินอื่น หมวดหินน้ำดุกตั้งโดย Chonglakmani and Sattayarak (1976) ตามชื่อห้วยน้ำดุก อยู่ในเขตอำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ไม่เห็นความสัมพันธ์กับหน่วยหินที่อยู่ข้างล่าง แต่วางตัวอยู่ใต้หมวดหินน้ำหนาว (Nam Nao Formation)

แบบมีรอยเลื่อนคั่น หมวดหินน้ำหนาวตั้งโดย Altermann (1983) โดยได้แยกชั้นหินที่มีลักษณะ molasses ออกจากหมวดหินน้ำคูก

ชั้นหินแบบฉาบ หมวดหินน้ำคูกมีชั้นหินแบบฉาบอยู่ที่เส้นทางหลวง สายหล่มสัก-ชุมแพ ระหว่าง กิโลเมตรที่ 16- 21.5

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

ลักษณะหินและลำดับชั้นหิน หมวดหินน้ำคูกแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนล่าง หรือ pelagic facies และ ส่วนบน หรือ flysch facies หินทั้งสองส่วนมีรอยคดโค้งและรอยเลื่อนมาก 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 flute cast ซึ่งเกิดจาก 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, Sumatrina sp., Yangchienia sp. และ Neoschwagerina sp. อายุ Wordian

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 อำเภอ้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ หมวดหินน้ำหนาวแยกจากหมวดหินน้ำคู้ที่อยู่ล่างโดยรอยเลื่อน และมีหมวดหัวหินลาด (Huai Hin Lat Formation) วางตัวอยู่บนโดยมี angular unconformity คั่น

ชั้นหินแบบฉบับ อยู่ที่เส้นทางหลวงสายหล่มสัก-ชุมแพ หลักกิโลเมตรที่ 34.095 ถึง 42.180

การแพร่กระจายและความหนา หมวดหินน้ำหนาวแพร่กระจายจากบริเวณชั้นหินแบบฉบับขึ้นไปทางเหนือและใต้ ด้านเหนือจรดแม่น้ำโขง ทางตะวันตกของอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย บริเวณศึกษาหมวดหินน้ำหนาวเทียบเคียงได้กับหมวดหินซำบอน หมวดหินน้ำหนาวมีความหนาทั้งสิ้น 1,000 เมตร

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

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

2.2 ตัวอย่างหินปูนที่นำมาศึกษา

การวิเคราะห์เพื่อประเมินศักยภาพของหินปูนในการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้วิธีการสำรวจเพื่อจัดจำแนกชั้นหินอายุเพอร์เมียนออกเป็นหมวดหมู่ตามลักษณะและชนิดหิน (Lithofacies) และเก็บ

ตัวอย่างหินจากชั้นหินปูนของหมวดหินต่างๆที่ได้จักจำแนกไว้ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติที่แตกต่างกันและทำการประเมินคุณค่าของทรัพยากรหินปูนในพื้นที่ศึกษาในภาพรวม

วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อนำตัวอย่างหินมาทดสอบหาคุณสมบัติด้านต่างๆในห้องปฏิบัติการจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อให้เป็นตัวแทนของหน่วยหินทั้งหมด การเก็บตัวอย่างหินจากหลุมเจาะ จะแสดงลำดับชั้นหินและการเปลี่ยนแปลงของ Lithofacies ได้ดี แต่มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน ดังนั้นการสำรวจนี้จึงใช้การเก็บตัวอย่างจากบนพื้นผิวที่มีค่าใช้จ่ายน้อยและทำได้รวดเร็วซึ่งเหมาะสมกับการประเมินศักยภาพในเบื้องต้น โดยรูปแบบการเก็บตัวอย่างในสนามมี 2 ลักษณะคือ

2.2.1 การเก็บตัวอย่างก้อน (Lump samples) การเก็บตัวอย่างลักษณะนี้ ใช้ในการศึกษาสิลาวรรณภา การวิเคราะห์ทางเคมี และหาค่าความขาวสว่าง โดยจะเก็บตัวอย่างเป็นก้อนขนาดเท่ากำมือ

2.2.2 การเก็บตัวอย่างปริมาณมาก (Bulk samples) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกลจะใช้ตัวอย่างขนาดใหญ่ น้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัมต่อตัวอย่าง

ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมทุกส่วนของลำดับชั้นหิน ตัวอย่างหินต้องมีความสด หรือผุพังน้อยที่สุด และลักษณะเนื้อหินและลักษณะทางกายภาพทั่วไป ต้องเป็นตัวแทนของชั้นหินทั้งหมดได้ดี

ในบริเวณพื้นที่ศึกษาหินปูนที่พบและมีศักยภาพ สามารถนำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมและด้านอื่นๆประกอบด้วยหินปูนของหมวดหินเขาขวาง และหมวดหินเขาแผงม้า เนื่องจากลักษณะโดยทั่วไปมักประกอบด้วยหินปูนที่มีชั้นหนาและแทรกสลับด้วยหินอื่น เช่น หินดินดานและหินเชิร์ต น้อยกว่าหมวดหินอื่นๆ อันเนื่องมาจากการเกิดในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันจึงทำให้ลักษณะของหินและลำดับชั้นหินแตกต่างกันด้วย ตัวอย่างหินปูนของสองหมวดหิน ที่นำมาศึกษาและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย

ก. หมวดหินเขาแผงม้า

ตัวอย่างหินปูนของหมวดหินเขาแผงม้าที่นำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้ ได้แก่ตัวอย่างหินหมายเลข PC-1, PC-1-A, PC2, PC-2-3, PC-2-4, PC-5, PC-6 และ PC-7 ซึ่งทำการเก็บมาจากเขาไทรสาย์ฉน์ อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา และตัวอย่างหินหมายเลข SB-7 และ SB-9 ที่เก็บมาจากชั้นหินแบบฉบับของหมวดหินเขาแผงม้าบริเวณเทือกเขาด้านตะวันตกของอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี

ข. หมวดหินเขาขวาง

ตัวอย่างหินปูนของหมวดหินเขาขวางได้แก่ตัวอย่างหินหมายเลข NH-1, NH-2, NH-3, NH-4, NH-5 ซึ่งทำการเก็บมาจากเขาหนองหอย บริเวณบ้านหนองหอย อำเภอแมกเหล็ก จังหวัดสระบุรี และ ตัวอย่างหินหมายเลข SB-8 ที่เก็บมาจากบริเวณเขาด้านตะวันตกของอำเภอแมกเหล็ก จังหวัดสระบุรี

บทที่ 3

การวิเคราะห์หินปูน

หินปูนเป็นทรัพยากรทางธรณีชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงมาก เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆมากมาย การประเมินศักยภาพของหินปูนเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ นั้น จึงต้องพิจารณาจากคุณสมบัติของหินที่นำมาใช้ประโยชน์เป็นสำคัญ แต่ใน โดยภาพรวมแล้วอาจแบ่งการใช้ประโยชน์หินปูนออกเป็น 2 ลักษณะ ตามคุณสมบัติจำเพาะที่นำมาใช้ประโยชน์ได้แก่

1. การใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติทางกายภาพของหินปูน เช่น การใช้เป็นหินประดับ (Dimension stone) เป็นวัสดุก่อสร้างเช่นหินย่อย (Aggregate) หินถนน (Roadstone) หินพื้นทางรถไฟ (Railway ballast) หรือใช้เป็นตัวเติม (Fillers) เพิ่มเนื้อสาร เป็นต้น ซึ่งการประเมินศักยภาพจะใช้คุณสมบัติทางกายภาพของหินขึ้นมาพิจารณาเป็นหลัก

2. การใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติทางเคมีของหินปูน เช่นผลิตปูนซีเมนต์ (Cement) การใช้เป็น ฟลักซ์ (Flux) ในอุตสาหกรรมเหล็กและแก้ว การผลิตโซดาแอช (Na_2CO_3) และการใช้คุณสมบัติของ Lime (CaCO_3) ในการใช้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างและจับสารมลทิน (Impurity) เช่น ในอุตสาหกรรมน้ำตาล และการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ซึ่งการประเมินศักยภาพจะใช้คุณสมบัติทางเคมีของหินขึ้นมาพิจารณาเป็นหลัก

คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นสามารถทราบได้ จากการนำตัวอย่างหินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการและเครื่องมือที่แตกต่างกันออกไป ตามคุณสมบัติที่ต้องการในการใช้ประโยชน์แต่ละประเภท ซึ่งในงานวิจัยนี้แบ่งการวิเคราะห์หินปูนในห้องปฏิบัติการออกเป็น 4 วิธีการ ได้แก่

1. การศึกษาสีลาบรรณา (Petrographic study)
2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Chemical properties analysis)
3. การวิเคราะห์ค่าความขาวสว่าง (Brightness analysis)
4. การประเมินคุณสมบัติเชิงกลและวิศวกรรม (Mechanical and engineering properties)

3.1 การศึกษาสีลาบรรณา (Petrographic study)

การศึกษาคีลาบรรณาของตัวอย่างหินปูนในห้องปฏิบัติการ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโดยทั่วไปของเนื้อหิน (textures and fabrics) เพื่อการจัดจำแนกชนิด และประเมินคุณลักษณะทางกายภาพในเบื้องต้นของตัวอย่างหินปูนที่นำมาศึกษา เช่น ความพรุน (porosity) รอยแตกร้าว

(fracture) และมลทิน (impurity) เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถประเมินคุณสมบัติทางเคมีเบื้องต้น จากคุณสมบัติทางแร่วิทยา (mineralogical properties) ของตัวอย่างหินได้อีกทางหนึ่ง

การศึกษาศิลาวรรณาสามารถศึกษาได้หลายวิธี เช่น โดยตาเปล่าจากแผ่นหินและหน้าตัดหิน (Rock slices and cut faces) และศึกษาจากแผ่นหินบาง (Thin sections) โดยผ่านกล้องจุลทรรศน์ซึ่งจะให้รายละเอียดสูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคทางเคมีอื่นเข้าร่วม เช่น การเทคนิคย้อมสี (Chemical staining technique) ซึ่งจะช่วยให้สามารถจำแนกองค์ประกอบทางแร่เบื้องต้นได้อีกด้วย

จากการศึกษาศิลาวรรณา สามารถแบ่งหินหินปูนที่ศึกษาตามลักษณะปรากฏหิน (Lithofacies) ได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

3.1.1 Thin to thick – bedded bioclastic limestone and dolomite

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วย หินปูนชั้นบางจนถึงชั้นหนามากหรือเป็นปื้น (Massive) (รูปที่ 4) ชนิด Wackestone, Mudstone, Packstone และ Grainstone มีซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด เช่น Fusulinids, Calcareous algae, Brachiopods และ Bryozoa เป็นจำนวนมาก (Abundant) มักมีกระเปาะเชิร์ต (Chert nodules) (รูปที่ 5,6 และ 7) และแสดงวางชั้นเฉียงระดับ (cross-bedding) ในบางบริเวณหินปูนมีสีเทาดำ เนื้อละเอียด (dark micritic limestone) หรือลักษณะเป็นชั้นบาง (laminated) และมีซากดึกดำบรรพ์น้อยหรือบางช่วงเป็นเนื้อปื้น dolomite ซึ่งบ่งถึงการสะสมตัวใน open to restricted platform (ตารางที่ 4)

หิน lithofacies นี้ พบมากบริเวณเขาหนองหอย (NH-1, NH-2 และ NH-3) ทางตะวันตกของมวกเหล็กบริเวณใกล้รอยต่อกับหมวดหินปางอโศก (SB-8) ซึ่งหินในกลุ่มนี้จัดให้อยู่ในหมวดหินเขาขาว

ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของหินในกลุ่มนี้มักมีความพรุน (Porosity) สูงพบมากในหิน Packstone และ Grainstone ที่มีช่องว่างระหว่างรอยต่อของ Bioclastic grains มาก แต่ในส่วน Wackestone, Mudstone และ Dolomite จะมีช่องว่างน้อยและค่าความพรุนต่ำ ส่วนรอยแตกร้าวพบปานกลางถึงน้อยและส่วนใหญ่มีขนาดเล็กพบเห็นได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

องค์ประกอบทางแร่เบื้องต้นพบว่าส่วนใหญ่เป็นแร่ Calcite เกือบทั้งหมด บางส่วนมีการตกผลึกใหม่ ซึ่งทำให้หินมีค่า purity สูง เนื่องจากมลทินถูกกำจัดออกไปในระหว่างที่มีการตกผลึกใหม่ แต่ในบางส่วนถูกแทนที่ด้วยเชิร์ต ซึ่งส่วนใหญ่เป็นลักษณะกระเปาะ (nodules) หรือมีเนื้อปื้น Dolomite ซึ่งเป็นมลทิน ทำให้มีค่า purity ต่ำลง

3.1.2 Coral-algal boundstone

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วย boundstone ซากดึกดำบรรพ์ของปะการัง (corals) และสาหร่ายเนื้อปูน (calcareous algae) เป็นหลัก (รูปที่ 8 และ 9) บางส่วนเป็นชนิด floatstone และ rudstone มีลักษณะชั้นปานกลางถึงหนาหรือเป็นปื้น (massive) ไม่มี shale แทรกสลับและไม่ค่อยพบกระเปาะเชิร์ต (chert nodules) หินปูนดังกล่าวแสดงการสะสมตัวบริเวณใกล้กับแนวฟีดปะการัง (ตารางที่ 4) หินกลุ่มนี้พบในบริเวณเขาหนองหอย (NH-4 และ NH-5) และจัดให้อยู่ในหมวดหินเตาขาว

ลักษณะทางกายภาพทั่วไปพบว่ามีความพรุนสูง เนื่องจากเนื้อหินมีช่องว่างมาก และไม่ถูก filled ด้วย micritic mud matrix และหินมีชั้นหนาจึงพบรอยแตกร้าวค่อนข้างน้อย

องค์ประกอบทางแร่เบื้องต้นพบว่าประกอบด้วยแร่ calcite เกือบทั้งหมด มีมลทินน้อย ทำให้มีค่า Purity สูง

3.1.3 Crinoidal limestone, fragmental micritic limestone and shale

หิน lithofacies นี้ประกอบด้วย crinoidal limestone หรือ fragmental limestone ของเศษซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด (รูปที่ 10, 11 และ 12) ลักษณะชั้นมักเป็น lenticular และแสดงรอยชั้นขวาง hummocky micritic limestone มีลักษณะชั้นบางถึงปานกลางและมักแสดง graded bedding (รูปที่ 13) หินปูนดังกล่าวอาจมีหินดินดานคั่นเป็นบางช่วง ลักษณะของ lithofacies นี้บ่งถึงการสะสมตัวในช่วงมีพายุหรือเป็น storm deposit และอยู่ในช่วงถัดจาก shelf ที่ต่อกับ slope (ตารางที่ 4)

หิน lithofacies นี้พบมากบริเวณตะวันตกของมวกเหล็ก (SB-7 และ SB-9) และบริเวณเขาทรสชัยน้ (PC-1, PC-1-A, PC-2, PC-2-3, PC-2-4, PC-5, PC-6 และ PC-7) หินกลุ่มนี้จัดให้อยู่ในหมวดหินเขาแผงม้า

ลักษณะทางกายภาพทั่วไปพบว่ามีความพรุนสูง เนื่องจาก grain มีขนาดใหญ่มีช่องว่างระหว่าง grain มากและบางส่วนยังพบเป็น conglomeratic limestone รอยแตกร้าวมีค่อนข้างมาก เนื่องจากมีลักษณะเป็นชั้นบางทำให้เกิดการคดโค้ง โกงงอมากและทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นมาก

องค์ประกอบทางแร่เบื้องต้นพบว่าในหินปูนเป็นแร่ calcite ที่มีมลทินน้อย แต่เนื่องจากการแทรกสลับด้วยหินดินดานในบางช่วงจึงทำให้องค์ประกอบโดยรวมแล้วมีปริมาณแร่ดิน (argillaceous) ปนอยู่ค่อนข้างมากทำให้มีค่า purity ค่อนข้างต่ำ

ลักษณะทางศิลาวรรณของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษา ที่นำมาศึกษาใน
ห้องปฏิบัติการทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะทางศิลาวรรณของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษาแยกตาม Locality (PC=เขาไทร
сайนต์, SB=บริเวณตะวันตกของ อ.มวกเหล็ก และ NH=เขาหนองหอย)

หมายเลขตัวอย่าง	Petrographic characteristic
PC-1	Fusuline-algal wackestone
PC-1-A	Deformed fusuline-crinoidal wackestone
PC-2-2	Deformed fusuline-ostracods wackestone
PC-2-1	Dolomitized biomicrite with bioclasts relicts
PC-4	Crinoid wackestone
PC-5	Crinoidal-foraminiferal packed biosparite
PC-6	Recrystalline biomicrite with bioclasts relicts
PC-7	Dolomitized biomicrite with bioclasts relicts
SB-7	Recrystalline algal biomicrite
SB-8	Algal-fusuline packed biomicrite with coral fragments
SB-9	Encrinite / crinoidal grainstone
NH-1	Recrystalline crinoidal-algal packstone
NH-2	Recrystalline limestone
NH-3	Fusuline wackestone
NH-4	Coral boundstone with ostracods
NH-5	Coral-algal boundstone



รูปที่ 4 แสดงลักษณะทั่วไปของชั้นหินในหมวดหินเขาขวาง ที่สะสมตัวในสภาพแวดล้อมที่เป็น open to restricted platform โดยชั้นหินมักมีชั้นหนาปานกลางถึงหนามาก และมักมีกระเปาะซีริร์ต(A)



รูปที่ 5 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณของตัวอย่างหิน SB-8 ซึ่งเป็น algal-fusuline packed biomicrite แสดงลักษณะเศษซากคึกค้ำบรรพ์จำพวกสาหร่ายเนื้อปูน (A) ใน micritic mud matrix (M) แบบ grain supported



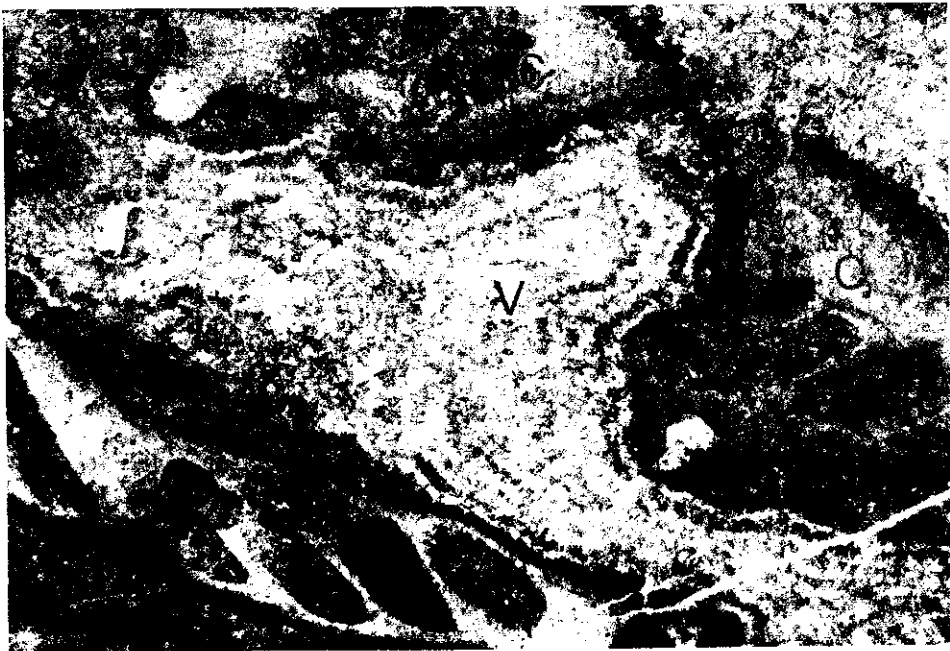
รูปที่ 6 แสดงลักษณะทางสีถาวรของตัวอย่างหิน NH-3 ซึ่งเป็น fusuline wackestone แสดง shell fragments (S) ใน micritic mud matrix (M) แบบ matrix supported



รูปที่ 7 แสดงลักษณะทางสีถาวรของตัวอย่างหิน NH-3 ซึ่งเป็น fusuline wackestone แสดง fusulinids (F) ใน micritic mud matrix (M) แบบ matrix supported



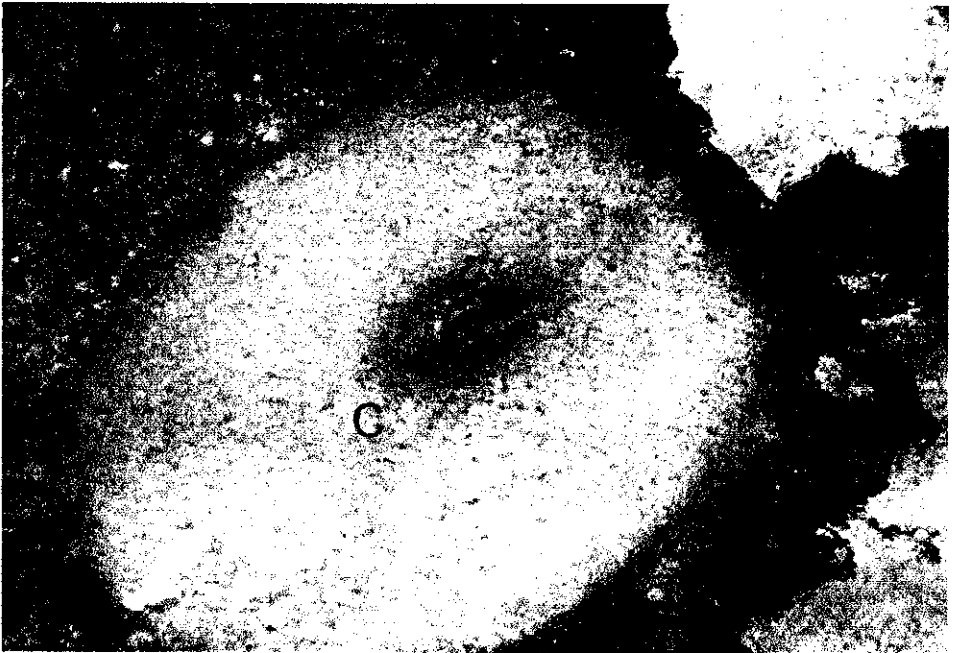
รูปที่ 8 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน NH-5 ซึ่งเป็น coral-algal boundstone แสดงซากคัลค้ำบรรพ์สาหร่ายเนื้อปูน (A) ในลักษณะล้อมรอบ (bounded) ด้วย calcite needles (B)



รูปที่ 9 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณาของตัวอย่างหิน NH-5 ซึ่งเป็น coral-algal boundstone แสดงซากคัลค้ำบรรพ์ปะการัง (C) และช่องว่างที่ถูก filled up ด้วย calcite needles เป็นชั้นๆ (V)



รูปที่ 10 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณของตัวอย่างหิน PC-4 ซึ่งเป็น crinoids wackestone แสดงเศษซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด ใน micritic mud matrix



รูปที่ 11 แสดงลักษณะทางสีลาบรรณของตัวอย่างหิน SB-7 ซึ่งเป็น encrinite grainstone แสดงเศษซากดึกดำบรรพ์ crinoids ขนาดใหญ่ (C) มีความกลมมนดี และบริเวณขอบมีร่องรอยการกัดกร่อน แสดงถึงลักษณะการ transportation และ micritic mud matrix (M)



รูปที่ 12 แสดงลักษณะทางศิลาวรรณของตัวอย่างหิน PC-1 ซึ่งเป็น fusuline-algal wackestone แสดงเศษซากดึกดำบรรพ์หลายชนิด ที่ถูก deformed โดย stress ซึ่งเป็นลักษณะที่พบบ่อยใน หินกลุ่มนี้



รูปที่ 13 แสดงลักษณะทั่วไปของชั้นหินในหมวดหินเขาแผงม้า ที่สะสมตัวในสภาพแวดล้อมที่เป็น ในช่วงถัดจาก shelf ที่ต่อกับ slope โดยชั้นหินมักมีชั้นบางถึงชั้นหน่าปานกลาง และอาจ แทรกสลับด้วยหินดินดานชั้นบางๆ

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะ lithofacies ของการสะสมตัวของชั้นหินปูนในพื้นที่ศึกษากับ Standard Microfacies Type (Flügel, 1982) และการแปลความหมายของสภาพแวดล้อมบรรพกาล (Paleoenvironments) แยกตาม Locality (PC=เขาไทรสาข์ณ์, SB=บริเวณตะวันตกของ อ.มวกเหล็ก และ NH=เขาหนองหอย)

หมายเลข ตัวอย่าง	Standard Microfacies Type (SMF)	Depositional environments
PC-1	9	Foreslope, neritic open marine bioclastic wackestone
PC-1-A	9	Foreslope, neritic open marine bioclastic wackestone
PC-2-2	9	Foreslope, neritic open marine bioclastic wackestone
PC-2-1	9	Foreslope, neritic open marine bioclastic wackestone
PC-4	9	Foreslope, neritic open marine bioclastic wackestone
PC-5	11+12	Winnowed platform, slope and shelf edges
PC-6	9	Foreslope, neritic open marine bioclastic wackestone
PC-7	9	Foreslope, neritic open marine bioclastic wackestone
SB-7	9	Foreslope, neritic open marine bioclastic wackestone
SB-8	18	Tidal bar and channels of lagoons
SB-9	4	Foreslope talus, resedimented limestone
NH-1	18	Tidal bar and channels of lagoons
NH-2	*	*
NH-3	8	Shelf lagoon with circulation; low-energy below wave base
NH-4	7	Reef, often found on platform margin
NH-5	7	Reef, often found on platform margin

* can not be determined as the limestone sample is highly recrystalline

3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Chemical properties analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหินปูนมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ เช่น ปริมาณมลทิน ปริมาณแร่และธาตุองค์ประกอบ เพื่อใช้ในการประเมินศักยภาพการใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติทางเคมีของหินปูนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการใช้ประโยชน์หินปูนในรูปของวัสดุทางเคมีนั้น ต้องการหินปูนที่มีความบริสุทธิ์ (purity) สูง และมีค่ามลทินซึ่งหมายถึงมีปริมาณแร่อื่นที่ไม่ใช่ CaCO_3 อยู่ต่ำ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีสามารถทำได้หลายวิธีทั้งในลักษณะที่เป็น Semi-qualitative method เช่น การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ XRD (X-ray diffractometry) โดยผลที่ได้จะเป็นปริมาณของแร่องค์ประกอบ หรือในลักษณะที่เป็นแบบ Qualitative method เช่น การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ XRF (X-ray fluorescence spectrometry) โดยผลที่ได้จะเป็นปริมาณของ Major oxide ที่เป็นองค์ประกอบ สำหรับการประเมินศักยภาพ เราสามารถจัดจำแนกคุณภาพของหินปูนจากองค์ประกอบทางเคมี แบบกว้างๆ โดยใช้เกณฑ์ของค่าร้อยละของ CaCO_3 ในองค์ประกอบของหิน โดยเกณฑ์นี้กำหนดขึ้น โดย BGS (British Geological Survey) ดังนี้

CATEGORY	% CaCO_3	% Equivalent CaO
Very high purity	>98.5	>55.2
High purity	97.0-98.5	54.3-55.2
Medium purity	93.5-97.0	52.4-54.2
Low purity	85.0-93.5	47.6-52.4
Impure	<85.0	<47.6

* ที่มา BSG Classification of limestone by purity (Cox et al., 1977)

สำหรับการวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ WD-XRF เนื่องจากมีความรวดเร็วและให้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำกว่า ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลวิเคราะห์ Major oxide จากเครื่องมือ WD-XRF และความบริสุทธิ์ (purity) โดยใช้เกณฑ์ของ BSG Classification of limestone by purity ของตัวอย่างหินปูนในพื้นที่ศึกษาแยกตาม Locality (PC = เขาทรสชัยณ์, SB = บริเวณตะวันตกของ อ.มวกเหล็ก และ NH=เขาหนองหอย)

หมายเลข ตัวอย่าง	% SiO ₂	% TiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% MnO	% MgO	% CaO	% K ₂ O	% P ₂ O ₅	% LOI	Purity
PC-1-A	9.78	<0.05	1.65	0.42	<0.05	0.50	47.64	0.10	<0.05	39.65	LOW
PC-A	2.97	<0.05	0.76	0.24	<0.05	1.33	51.57	<0.05	0.06	42.76	LOW
PC-5	7.64	<0.05	0.91	0.59	0.06	<0.10	50.39	0.08	<0.05	40.11	LOW
PC-6	0.62	<0.05	0.64	0.13	<0.05	9.69	44.35	<0.05	<0.05	44.28	IMPURE
PC-7	1.01	<0.05	0.85	0.13	<0.05	0.72	53.84	<0.05	<0.05	43.02	MEDIUM
PC-1	1.18	<0.05	0.74	0.17	<0.05	1.12	53.41	<0.05	<0.05	43.19	MEDIUM
PC-2	20.32	<0.05	1.41	0.39	<0.05	1.46	41.37	0.21	0.21	34.45	IMPURE
PC-2-1	2.25	<0.05	1.26	0.22	<0.05	1.40	51.99	0.09	<0.05	42.44	LOW
PC-2-5	4.45	<0.05	0.75	0.13	<0.05	1.06	51.60	<0.05	<0.05	41.76	LOW
SB-2	0.96	<0.05	0.63	0.20	<0.05	<0.10	54.70	<0.05	<0.05	42.96	HIGH
SB-7	4.82	<0.05	1.58	0.44	<0.05	1.20	49.98	0.18	<0.05	41.31	LOW
SB-8	26.89	<0.05	1.18	0.49	0.10	0.47	38.50	0.09	<0.05	31.84	IMPURE
NH-1	0.34	<0.05	0.63	0.11	<0.05	1.11	54.32	<0.05	<0.05	31.84	HIGH
NH-2	1.50	<0.05	0.39	0.10	<0.05	0.30	54.64	<0.05	<0.05	42.74	HIGH
NH-3	2.15	<0.05	1.35	0.26	<0.05	3.68	49.45	0.14	<0.05	42.63	LOW
NH-4	3.79	<0.05	1.22	0.31	<0.05	2.54	49.19	<0.05	<0.05	42.40	LOW
NH-5	2.01	<0.05	0.86	0.47	0.20	3.03	49.79	0.01	0.07	42.72	LOW

3.3 การวิเคราะห์ค่าความขาวสว่าง (Brightness analysis)

ค่าความขาวสว่าง (Brightness) เป็นคุณสมบัติหนึ่งของหินปูนที่ใช้ในการประเมินศักยภาพของหินปูน เนื่องจากอุตสาหกรรมบางประเภทจำเป็นต้องใช้หินปูนในรูปแบบของวัสดุเติม (Filler) เพื่อเพิ่มเนื้อสาร โดยทั่วไปแล้วจะต้องการหินปูนที่มีค่าความขาวสว่างสูง เพื่อให้วัสดุที่เติมลงไปแล้วมีความขาว ซึ่งหินปูนที่มีค่าความขาวดีจะต้องมีมลทิน (Impurity) ต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลทินจำพวกเหล็กออกไซด์และสารประกอบอินทรีย์ซึ่งอาจผสมอยู่ในเนื้อของหินปูนและทำให้หินปูนมีค่าความขาวลดน้อยลง

การวิเคราะห์ค่าจะใช้ค่าเป็นร้อยละ เมื่อเทียบกับสีขาวที่มีค่าการสะท้อนแสงกลับเท่ากับ 100 % โดยผลการวิเคราะห์หินปูนในพื้นที่ศึกษาแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลวิเคราะห์ค่าความขาวสว่าง ของตัวอย่างหินปูนในพื้นที่ศึกษาแยกตาม Locality (PC = เขาไทรสาข์เหนือ, SB = บริเวณตะวันตกของ อ.มวกเหล็ก และ NH=เขาหนองหอย)

หมายเลขตัวอย่าง	ค่าความขาวสว่าง (Brightness) เป็นร้อยละ
PC-1	55.3
PC-1-4	29.4
PC2-1	43.5
PC2-2	23.1
PC2-3	32.8
PC-5	57.0
PC-6	58.7
PC-7	54.4
PC-A	39.5
NH-1	62.5
NH-2	55.7
NH-3	53.8
NH-4	37.2
NH-5	42.5
SB-7	47.8
SB-8	53.6
SB-9	60.3

3.4 การประเมินคุณสมบัติเชิงกลและวิศวกรรม (Mechanical and engineering properties)

การใช้ประโยชน์หินปูนบางประเภทโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้หินปูนในงานก่อสร้างหรือเป็น Construction materials จำเป็นต้องใช้หินปูนที่มีคุณลักษณะทางกายภาพดี เช่น สามารถในการรับแรงกดสูง ไม่แตกร้าว ความหนาแน่นสูง หรือการซึมน้ำต่ำ ซึ่งเหล่านี้เป็นคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมของหินที่ต้องนำมาพิจารณาในการประเมินศักยภาพของหินปูน

ในการศึกษาในครั้งนี้เน้นการใช้ประโยชน์ของหินปูนในทางด้านการใช้เป็นหินบดในงานก่อสร้างจึงทำการวิเคราะห์ความสามารถในการรับแรงกดของหินปูน โดยวิธีวิเคราะห์ค่า Point load testing ซึ่งผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพเบื้องต้นนั้นแสดงดังในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงผลวิเคราะห์ค่า Point load testing และการประเมินคุณภาพเบื้องต้น ของตัวอย่าง หินปูนในพื้นที่ศึกษาแยกตาม Locality (PC = เขาไทรสาย์ณ์, SB = บริเวณตะวันตก ของ อ.มวกเหล็ก และ NH=เขาหนองหอย)

หมายเลข ตัวอย่าง	Point Load Strength index, Is (Mpa)	Compressive Strength Qu=24 Is (Mpa)	การประเมินเบื้องต้น
PC-1A	4.73	113.45	ปานกลาง-สูง
PC-1	7.16	171.81	สูง
PC2-1	6.83	163.82	สูง
PC2-2	5.78	138.76	สูง
PC2-3	19	455.93	สูงมาก
PC-4	5.41	201.77	สูง
PC-5	7.43	178.20	สูง
PC-6	7.84	188.12	สูง
PC-7	3.68	88.41	ปานกลาง
NH-1	4.11	98.63	ปานกลาง-สูง
NH-2	6.06	145.50	สูง
NH-3	5.79	138.90	สูง
NH-4	4.56	109.46	ปานกลาง-สูง
NH-5	4.97	119.18	ปานกลาง-สูง
SB-7	12.00	287.93	สูงมาก
SB-8	10.52	252.53	สูงมาก

บทที่ 4

การประเมินศักยภาพหินปูน

การประเมินศักยภาพของหินปูน จะคำนึงถึงคุณสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการและนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณภาพของหินปูนที่ใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่ต้องการคุณสมบัติของหินปูนแตกต่างกันไปโดยการอ้างอิงจากเอกสารการใช้ประโยชน์หินปูนทางด้านอุตสาหกรรม ของ BSG (British Geological Survey; Harrison, 1992)

4.1 การใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง (Construction materials)

แบ่งการใช้ประโยชน์ออกเป็น 3 กลุ่มคือ

4.1.1 การใช้เป็นหินสร้างทางและหินบดก่อสร้าง (aggregates)

การใช้ประโยชน์หินปูนในลักษณะหินบดหินปูพื้นผิวทางอาจกล่าวได้ว่ามีปริมาณการใช้คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าการใช้ประโยชน์หินปูนในลักษณะอื่นๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วลักษณะการใช้ปริมาณมากนั้นความใกล้เคียงในการขนส่งหินจากแหล่งสู่ผู้ใช้ถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด นอกเหนือจากนี้คือคุณสมบัติทางกายภาพอื่นเช่น

- คุณลักษณะเชิงกลและวิศวกรรมคือต้องมีความทนทานต่อแรงกดสูงและมีรอยแตกร้าวน้อย
- มีปริมาณ Silica ต่ำเนื่องจากจะทำให้บดง่ายขึ้นและความสึกหรอของเครื่องบดขยอยน้อยกว่า
- มีปริมาณธาตุอัลคาไลน์ต่ำโดยเฉพาะหินบดที่ใช้ผสมคอนกรีต (Concrete aggregates) ซึ่งถ้ามีปริมาณอัลคาไลน์สูงจะทำให้คอนกรีตแตกร้าวและผุกร่อนง่าย

จากการวิเคราะห์ผลจะเห็นได้ว่าหินปูนในพื้นที่ศึกษามีค่าความต้านทานแรงสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างจากบริเวณตะวันตก ของ อ.มวกเหล็ก (SB) เนื่องจากเป็นหินปูนที่มีชั้นหนา แต่สำหรับบางจุดเช่นตัวอย่าง SB-8 และ PC-2 ที่มีค่าซัลไฟสูง ซึ่งอาจเนื่องมาจากหินปูนมีกระเปาะ chert nodules มากซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในการบดขยอย และค่าปริมาณอัลคาไลน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำทุกตัวอย่างยกเว้นตัวอย่าง PC-2 ซึ่งอาจสรุปได้ว่าหินปูนในทั้งสามบริเวณที่นำมาศึกษามีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ในด้านเป็นหินบดหินสร้างทางได้ดี

4.1.2 การใช้เป็นหินประดับ (Dimension stone)

การใช้ประโยชน์หินปูนในลักษณะเป็นหินประดับเช่นใช้ตัดเป็นแผ่นเพื่อปูพื้นผนังนั้น โดยทั่วไป ก็ต้องการคุณสมบัติคล้ายกับหินบดคือมีความทนทานต่อแรงกดสูงและมีรอยแตกร่วนน้อยและมีค่าความชื้นน้ำต่ำ และมีปริมาณซิลิกาต่ำ แต่ต้องมีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติมคือมีความสวยงาม ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะนิยมหินปูนที่มีการตกผลึกใหม่ (Recrystalline limestone) ซึ่งจะมีสีสันทึบกว่า หรืออาจมีองค์ประกอบของเศษซากดึกดำบรรพ์ก็เป็นที่ยอมรับ แต่ที่สำคัญควรมีชั้นที่หนามากถึงเป็นปื้น (Massive) ซึ่งจะสามารถตัดเป็นบล็อกขนาดใหญ่ได้และมีรอยแตกร่วนน้อย ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วหินปูนจากพื้นที่ เขาหนองหอย (NH) เหมาะสมที่สุด ส่วนจากบริเวณอื่นอาจมีศักยภาพน้อยเนื่องจากหินส่วนใหญ่มีชั้นหนาไม่มากพอ

4.1.3 การใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมซีเมนต์

วัตถุดิบในการผลิตซีเมนต์นั้นมีส่วนประกอบโดยประมาณเป็นส่วนผสมของหินปูน 75 % และดินดาน 25 % และอาจผสมยิปซัมเข้าไปภายหลังเล็กน้อยเพื่อชะลอกระบวนการแข็งตัว และมีปริมาณของมลทิน (Impurities) อื่น เช่น Mg, F, P, Zn และ อัลคาไลน์ อยู่ในปริมาณไม่มากเกินไปที่กำหนดที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณสมบัติของซีเมนต์ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติของวัตถุดิบผลิตซีเมนต์พอร์ตแลนด์ (Portland cement; OPC) คือ

- มีปริมาณ MgO น้อยกว่า 6% หรือ น้อยกว่า 3% ในองค์ประกอบของหินปูน
- มีปริมาณ SO₃ และ P₂O₃ น้อยกว่า 1%
- มีปริมาณอัลคาไลน์ น้อยกว่า 0.6%
- ซีเมนต์ขาวต้องมี Fe₂O₃ น้อยกว่า 0.01%

จากผลการวิเคราะห์พบว่าหินปูนจากเขาหนองหอย (NH) มีค่า CaO ค่อนข้างสูงกว่าบริเวณอื่นแต่อาจมีปัญหาเกี่ยวกับตัวอย่างที่มีค่าซิลิกาสูง อันเนื่องมาจากอาจมี chert nodule ปนมากและยังมีค่า MgO สูงกว่ากำหนด

ตัวอย่างจากเขาไทรสาธน์ที่มีปริมาณเฉลี่ย CaO ค่อนข้างต่ำเกินไป แต่มี MgO อยู่ในเกณฑ์ดี อาจสามารถใช้ผลิตปูนซีเมนต์โดยการนำไปผสม (Blend) กับหินปูนคุณภาพสูงกว่าได้

สำหรับการผลิตซีเมนต์ขาวนั้นหินปูนที่นำมาศึกษาทั้งหมดไม่มีศักยภาพเนื่องจากปริมาณเหล็กมีสูงเกินกำหนด ซึ่งเมื่อนำมาผลิตซีเมนต์ขาวจะทำให้ได้ปูนที่มีค่าความขาวสว่างต่ำ

4.2 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเคมี (Chemical uses)

แบ่งการใช้ประโยชน์ออกเป็น 3 กลุ่มคือ

4.2.1 การใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก

หินปูนสามารถใช้ประโยชน์ในรูปของฟลักซ์ (flux) ในอุตสาหกรรมเหล็กในขบวนการหลอมและถลุงสินแร่เหล็ก โดย CaO ในหินปูนจะช่วยจับกับมลทิน (impurity) เช่น ซิลิกา และอลูมินาในน้ำเหล็กและลอยขึ้นมาบนผิวหน้าช่วยทำให้แยกเนื้อเหล็กและมลทินได้ดี หินปูนที่ใช้เป็นฟลักซ์ในขบวนการถลุงสินแร่เหล็กนี้จะต้องมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสและซิลเฟอร์ต่ำ ซึ่งหินปูนส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษามีศักยภาพที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ยกเว้นในบางบริเวณของเขاطราสายนท์ (PC-2) พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสสูง

นอกจากนี้หินปูนยังสามารถใช้เป็นฟลักซ์ในขบวนการหลอมเหล็กกล้าและเหล็ก รูปพรรณอีกด้วย ในขบวนการนี้ CaO จะช่วยในการขจัดซิลิกาและฟอสฟอรัสในเนื้อเหล็กและช่วยลดอุณหภูมิในการหลอม ซึ่งจะต้องใช้หินปูนที่มีมลทินต่ำกว่าที่ใช้ในขบวนการถลุงเหล็ก มีซิลิกาน้อยกว่า 2-5 % และมีซิลเฟอร์น้อยกว่า 0.1 %

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของหินปูนในพื้นที่ศึกษาพบว่าหินปูนบริเวณเขาหนองหอย (NH) มีซิลิกาดต่ำกว่าบริเวณอื่น มีศักยภาพที่จะใช้ได้ แต่ในบริเวณอื่น เช่น เขاطราสายนท์ (PC) และบริเวณตะวันตกของ อ. มวกเหล็ก (SB) ส่วนใหญ่มีซิลิกาสูงอันเนื่องมาจากบางส่วนมีเนื้อ argillaceous ปน และมีหินเชิร์ตเข้ามาแทนที่มากกว่าบริเวณเขาหนองหอย

4.2.2 การใช้ในอุตสาหกรรมผลิตโซดาแอส (Soda ash)

โซดาแอส (NaCO_3) เป็นวัตถุดิบตั้งต้นของอุตสาหกรรมเคมีหลายชนิดและสามารถใช้ในการบำบัดของเสียอุตสาหกรรม จำพวกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย โดยจะทำปฏิกิริยาและรวมตัวเป็นตะกอนแยกตัวออกมา

การผลิตโซดาแอสต้องใช้หินปูนที่มีความบริสุทธิ์สูง (purity) สูงคือมี CaCO_3 มากกว่า 98.5 % (หรือ 55.2 % ของ CaO) ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วหินปูนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาไม่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรมนี้

4.2.3 การใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล

หินปูนสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลในขบวนการทำน้ำตาลให้บริสุทธิ์ (purification process) ซึ่ง CaO ในหินปูน จะช่วยปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตาล และช่วยจับสารมลทินต่างๆ ทำให้น้ำตาลบริสุทธิ์ขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้หินปูนคุณภาพสูง คือมี CaCO_3 ไม่น้อยกว่า 96 % และมีมลทินอื่นๆต่ำ (<1% SiO_2 , <0.35% Al_2O_3 และ <0.3% Fe_2O_3) ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าหินปูนซึ่งหินปูนในบางบริเวณเช่นบริเวณเขาหนองหอย มีปริมาณ CaCO_3

สูงกว่ากำหนดแต่มี ปริมาณ Al_2O_3 สูงกว่ากำหนด หินปูนในพื้นที่ศึกษาทุกบริเวณไม่มีศักยภาพที่จะใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาลได้

4.2.4 การใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแก้ว

แก้วมีองค์ประกอบหลักเป็นส่วนผสมของทรายซิลิกา (silica sand) โซดาแอส (soda ash) และหินปูนหรือโคโลไมต์ ซึ่งหินปูนจะทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ในการลดอุณหภูมิในการหลอมของส่วนผสม ซึ่งเพื่อจะได้แก้วที่มีคุณสมบัติเหมาะสมจำเป็นต้องใช้หินปูนที่มีคุณสมบัติ

- หินปูนมีความบริสุทธิ์สูง ($CaCO_3 > 98.5\%$ หรือ $CaO > 55.2\%$)
- ในการผลิตแก้วใสจะต้องมีปริมาณเหล็กต่ำ ($Fe_2O_3 < 0.02\%$)

ซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบหินปูนในพื้นที่ศึกษาพบว่าหินปูนในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดไม่มีศักยภาพในอุตสาหกรรมผลิตแก้วเนื่องจากมีปริมาณ CaO ต่ำและมีเหล็กสูง

4.2.5 การใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

CaO ในหินปูนเมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายที่เป็นด่าง ซึ่งสามารถใช้ปรับค่า Ph ซึ่งส่วนใหญ่จะมีความเป็นกรดสูง นอกจากนี้ยังช่วยจับของเสียที่แขวนลอยในน้ำเสียได้ ในกรณีนี้สามารถใช้หินปูนได้ทุกชนิดขอเพียงแต่มีค่า CaO ในองค์ประกอบ โดยไม่มีข้อจำกัดของแร่ลทินอื่น หินปูนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาจึงมีศักยภาพใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ แต่ควรเลือกหินปูนที่มีหินเชิร์ตปนอยู่น้อยเพื่อสามารถบดเป็นผงละเอียดได้ง่าย

4.3 การใช้ประโยชน์ในลักษณะของตัวเติมเพิ่มเนื้อสาร (Filler)

หินปูนมีคุณสมบัติที่ดีในการเป็นตัวเติม (filler) เพื่อเพิ่มเนื้อสาร เนื่องจากบดเป็นผงละเอียดได้ง่าย ไม่มีความเป็นพิษ (non-toxic) ไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับสารอื่น และมีสีผงละเอียดค่อนข้างขาว ซึ่งหินปูนสามารถใช้เป็นตัวเติมได้หลายรูปแบบ

- Coarse filler (size >75 micron) ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินเปรี้ยว ใช้ผสมในอาหารสัตว์ ปุ๋ยเคมี และยางมะตอย
- Medium filler (size <50 micron) ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก และพรมปูพื้น
- Fine filler (size <2 micron) ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ยาง พลาสติก สี อาหาร และยา

หินปูนที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินเปรี้ยว สามารถใช้หินปูนได้ทุกชนิดโดยไม่มีข้อจำกัดของแร่ลทินอื่น หินปูนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาจึงมีศักยภาพใช้ในการปรับปรุงดินเปรี้ยวได้ แต่ควรเลือกหินปูนที่มีหินเชิร์ตปนอยู่น้อยเพื่อสามารถบดเป็นผงละเอียดได้ง่าย

ส่วนการใช้ประโยชน์เป็น filler ในลักษณะอื่น จะใช้หินปูนที่มีค่าความขาวสว่างสูง โดยเฉลี่ยคือมีค่าความขาวสว่างมากกว่า 80-82 % แต่โดยเฉพาะ filler ที่ใช้ในการผลิตกระดาด ต้องใช้หินปูนที่มีค่าความขาวสว่างสูงกว่าคือ 80-93%

ซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบหินปูนในพื้นที่ศึกษาพบว่าหินปูนในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดไม่มีศักยภาพในการใช้เป็น filler เนื่องจากมีความขาวสว่างต่ำ ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีเหล็กในองค์ประกอบสูงนั่นเอง

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

ผลการประเมินศักยภาพหินปูนในบริเวณที่ศึกษาของหมวดหินเขาขวางและหมวดหินเขาแผงม้าได้สรุปไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สรุปการประเมินผลศักยภาพของหินปูนในบริเวณที่ศึกษา

ศักยภาพใช้ประโยชน์	เขาหนองหอย (NH)	ตะวันออกของ อ. มวกเหล็ก (SB)	เขาไทรส้ายันท์ (PC)
1. การใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง (construction materials) 1.1 การใช้เป็นหินสร้างทางและหินบดก่อสร้าง (aggregates) 1.2 การใช้เป็นหินประดับ (Dimension stone) 1.3 การใช้เป็นวัสดุคืบในอุตสาหกรรมซีเมนต์ 1.4 การใช้เป็นวัสดุคืบในการผลิตซีเมนต์ขาว	สูง สูง-ปานกลาง (เนื่องจากมีรอยแตกร้าวมากจุด) สูง สูงมาก ต่ำ	ปานกลาง สูงมาก ปานกลาง-ต่ำ ปานกลาง ต่ำ	ปานกลาง สูง ต่ำเนื่องจากมีชั้นไม่หนา สูง (ใช้ผสมกับหินปูนคุณภาพสูงกว่า) ต่ำ
2. การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเคมี 2.1 การใช้ในอุตสาหกรรมการลดเหล็ก 2.2 การใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้าและเหล็กรูปพรรณ 2.3 การผลิต โซดาแอส (soda ash) 2.4 การใช้ในอุตสาหกรรม	ปานกลาง สูง สูง ต่ำ ต่ำ	ต่ำ สูง สูง (SB-2, SB-7) ถึง ต่ำ (SB-8) ต่ำ ต่ำ	ต่ำ สูง (ยกเว้น PC-2) สูง (PC-6, PC-7, PC1, PC-A, PC2-1) ถึง ต่ำ ต่ำ ต่ำ

ศักยภาพใช้ประโยชน์	เขาหนองหอย (NH)	ตะวันออกของ อ. มวกเหล็ก (SB)	เขาทรสายัณห์ (PC)
กรรมผลิตน้ำตาล			
2.5 การใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแก้ว	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
2.6 การใช้ในการบำบัดน้ำเสีย	สูง	สูง	สูง
3. การใช้ประโยชน์ในลักษณะของตัวเติมเพิ่มเนื้อสาร (filler)	ต่ำ (มีความขาวสว่างต่ำ)	ต่ำ (มีความขาวสว่างต่ำ)	ต่ำ (มีความขาวสว่างต่ำ)
3.1 ใช้ปรับปรุงคุณภาพดินเปรี้ยว	สูง	สูง	สูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างหินปูน บริเวณพื้นที่ศึกษาต่อขึ้นไปทางทิศเหนือ เพื่อทำการประเมินศักยภาพของหมวดหินน้ำคูก หมวดหินน้ำหนาว และหมวดหินหนองไผ่ เนื่องจากหินปูนในบริเวณดังกล่าวนี้ มีลักษณะทาง Lithofacies แตกต่างจากหมวดหินเขาขวาง และเขาแผงม้าที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้

บรรณานุกรม

- พล เชาวต์ดำรง, ปรัชญา บำรุงสงฆ์ และ นิคม จิ่งอยู่สุข, 2540, การประเมินศักยภาพแหล่งหินปูน
ระวางปากน้ำท่าทอง (4927 III) ตะวันออกของสุราษฎร์ธานี: การประชุมเสนอผลงานทาง
วิชาการกองธรณีวิทยา
- Altermann, W. 1983. Sedimentology of the Permian Molasse-type strata along the Lom Sak -
Chum Phae highway (Petchabun Province). In: Thanasutipitak, T. (edit.): **Proceedings
Annual Technical Meeting 1982, Chiang Mai, Thailand**, pp.53-63.
- Altermann, W. 1989. **Facies development in the Permian Petchabun basin, central Thailand.**
Verlag für Wissenschaft und Bildung, Berlin, p.236
- 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 26 pp.
- 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.
- 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. 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.
- 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.
- Flügel, E. 1982, **Microfacies analysis of limestone.** Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 633 p.

- Folk, R. L. 1959, Practical petrographic classification of limestones. **American Association of Petroleum Geology Bulletin** 44: 1-38.
- Harrison, D.J. 1992, Industrial Minerals Laboratory manual: Limestone. **British Geological survey Technical Report WG/92/29**. British Geological Survey, Nottingham, 87 p.
- 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, R. and Douglass, R.C. 1981, Fusulinacean fossils from Thailand, part XIV. The fusulinids genus *Monodioxodina* from northwest Thailand. **Geology and Paleontology of Southeast Asia**: 22, pp. 23-34.
- Ingavat, R. 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.
- Pitakpaivan, K. 1965, Fusulinacean fossils from Thailand, Part 1: Fusulines of the Ratburi limestone of Thailand. Faculty of Science, Kyushu 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.
- 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**: 14, pp. 25-48.
- 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.

ประวัติผู้วิจัย

นายจงพันธ์ จงลักษมณี เกิดเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2486 ที่จังหวัด
ฉะเชิงเทรา จบการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาธรณีวิทยาจากคณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2508 และเข้ารับราชการในกรมทรัพยากรธรณี กระทรวง
อุตสาหกรรม 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 ได้ลาออกจากราชการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการพิเศษด้านธรณีวิทยาในปี พ.ศ. 2535 และเข้าทำงานในตำแหน่งนักธรณีวิทยาอาวุโส
บริษัทผาทอง เอ็กพลอเรชั่น แอนด์ ไมนิง จำกัด ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 – 2539 เข้าทำงานในบริษัท
ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) ในตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญธรณีวิทยา และดำรง
ตำแหน่งอาจารย์ประจำอยู่ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2539 จนถึงปัจจุบัน มีความชำนาญพิเศษด้าน
ลำดับชั้นหิน วิทยาการตะกอน บรรพชีวินวิทยา ธรณีวิทยาแปรสัณฐาน และการสำรวจปิโตรเลียม

