

ธรณีวิทยาและศิลาเคมีของหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ
ราชอาณาจักรกัมพูชา

นายศุภชัย นิลดำ

ธรณีวิทยา

2557

ธรณีวิทยาและศิลาเคมีของหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา

นายสุภชัย นิลดำ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557

GEOLOGY AND PETROCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS AT PHANOM JUNJIANG,
SISOPHON, KINGDOM OF CAMBODIA

Mister Suppachai Nindum

A report submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of the Bachelor of Science in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2014

วันที่ส่ง

____/____/____

วันที่อนุมัติ

____/____/____

ลงชื่อ _____

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา จารุศิริ)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย:	ธรณีวิทยาและศิลาเคมีของหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา
นิสิตผู้ทำการวิจัย:	นายศุภชัย นิลดำ
ภาควิชา:	ธรณีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา:	รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา จารุศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม:	อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ซาลัม
ปีการศึกษา:	2557

บทคัดย่อ

แนวหินภูเขาไฟในประเทศไทยมีความสัมพันธ์กับแหล่งแร่ทางเศรษฐกิจ และมีการศึกษาวิจัยทางศิลาเคมีของหินภูเขาไฟกันอย่างแพร่หลาย แต่หินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ทางตอนเหนือของราชอาณาจักรกัมพูชา ยังไม่เป็นที่รู้จักและไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับหินภูเขาไฟ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจธรณีวิทยา มุ่งเน้นการบรรยายศิลาวรรณา ธรณีเคมี และวิเคราะห์ธรณีแปรสัณฐานในบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจธรณีวิทยา และการสำรวจระยะทางไกลจากภาพถ่ายดาวเทียม ส่วนใหญ่พบหินปูนที่มีซากดึกดำบรรพ์อายุเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย และหินตะกอนวางตัวอยู่บนหินภูเขาไฟ จากการศึกษาศิลาวรรณา พบว่าหินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์เนื้อดอก ผลึกดอกประกอบไปด้วยแร่โอลิวีน และแร่แคลเซียมแพลจิโอเคลส เนื้อพื้นส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยเนื้อแก้วสีเข้ม (mafic glass) และผลึกชุย (microlites) จากข้อมูลข้างต้นจึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าหินบะซอลต์วางตัวอยู่ใต้ลานหินปูน (platform limestones)

ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมี บ่งชี้ว่าหินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์ และหินบะซอลติกแอนดีไซต์ โดยเกิดขึ้นจากลำดับชุดแม็กมา (magma series) ประเภท tholeiitic การวิเคราะห์ธรณีแปรสัณฐานจากธรณีเคมีและ REE pattern plot พบว่าหินบะซอลต์เกิดขึ้นในบริเวณภาคพื้นมหาสมุทร ธรณีแปรสัณฐานแบบเทือกเขากลางสมุทร (N-MORB) ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นภาคพื้นมหาสมุทรโบราณ (Paleotethys oceanic crust) ที่ตั้งอยู่ระหว่างแนวรอยตะเข็บธรณีเลย-สระแก้ว

คำสำคัญ: หินภูเขาไฟ, กัมพูชา, ศิลาเคมี, เทือกเขากลางสมุทร, พื้นมหาสมุทร

Project title: GEOLOGY AND PETROCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS AT
PHANOM JUNJIANG, SISOPHON, KINGDOM OF CAMBODIA

Researcher: Mr.Suppachai Nindum

Department: Geology

Advisor: Associate Professor Punya Charusiri, Ph. D.

Co-advisor: Abhisit Salam, Ph.D.

Academic Year: 2014

ABSTRACT

Volcanic rocks have been known as important sources of economic minerals. However the occurrence and petrochemical properties of volcanic rocks, particularly in the Phanom Junjiang, Sisophon in northern Cambodia, are poorly understood. In general the geology in and around this area is poorly recognized. This study is thus aimed to establish petrography and geochemistry of volcanic rocks and to understand tectonic settings of the area.

Based on field geological and remote sensing surveys along with the previous studies, the area under investigation is mainly composed of Middle-Late Permian fossiliferous well bedded limestones with minority of clastic rocks. These sedimentary strata are largely underlain by mafic volcanic rocks. Petrographical investigation indicates that the rocks are basalt porphyry with olivine and Ca plagioclase phenocrysts and groundmass consisting largely of mafic glass and microlites. Field and petrographic investigations reveal that these basalts are interpreted to be underlying the platform limestones.

Geochemical results imply that these mafic volcanic rocks are basalt and basaltic andesite, deriving from tholeiitic magma series. Tectonic discriminations and REE pattern plots display the N-MORB type magma of ocean floor basalts. They are interpreted as parts of Paleotethys oceanic crust situated between Loei and Srakaeo geosutures.

Key Words: Volcanic rocks, Cambodia, Petrochemistry,
MORB (Mid Oceanic Ridge Basalt), Ocean-floor

กิตติกรรมประกาศ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ในโครงการเรื่อง ธรณีวิทยาและศิลาเคมีของหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากไม่มีสถาบันหน่วยงานที่ให้โอกาสและสนับสนุน รวมถึงอาจารย์และบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ โดยมีรายชื่อดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณท่าน รศ.ดร.ปัญญา จารุศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาและภรรยา อาจารย์ ดร. อภิสิริ ซาลัม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่คอยสอนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ผลักดันให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อีกทั้งยังดูแลผู้วิจัยอย่างดีตลอดการออกภาคสนามและการทำงานวิจัย นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณบุคลากรภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ชี้แนะ ในการใช้อุปกรณ์เตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาซิลิคาออร์แกนิกและธรณีเคมี

ขอขอบพระคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านวัสดุอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างแผ่นหินบาง หินผง กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ เครื่องมือวิเคราะห์ XRD XRF และ LOI อีกทั้งบริษัท SGS Thailand จำกัด สำหรับการวิเคราะห์ธรณีเคมีด้วยวิธี ICP-MS ณ สาธารณรัฐประชาชนจีน

ขอขอบคุณ นายลภณ เตชะภิญญาวัฒน์ เพื่อนช่วยออกภาคสนามตลอดทั้ง 2 ครั้ง นายชุตินันท์ สิงห์โตทอง เพื่อนช่วยเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ และนางสาวเจนศริน วิวัฒน์ภิญโญ รุ่นพี่ ป.เอก ที่คอยสอนและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์และอภิปรายผลธรณีเคมี และขอขอบคุณ รุ่นพี่ ป.โท นิสิตปี 2-3 เพื่อนนิสิตธรณีวิทยา รุ่นที่ 55 ทุกคน รวมถึงทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ที่คอยช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ช่วยกันระดมแนวความคิดต่างๆ

ขอขอบคุณผู้ปกครอง ที่คอยให้กำลังใจ ช่วยเหลือ สนับสนุนในการสำรวจทางธรณีวิทยา และการทำงานวิจัยด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมต่อผลงานจนสามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ศุภชัย นิลดำ

1 พฤษภาคม 2558

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	2
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 พื้นที่ศึกษา	4
1.5 การเข้าถึงพื้นที่ศึกษา	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	4
1.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป	6
2.1 สภาพภูมิประเทศกัมพูชา	7
2.2 ธรณีวิทยาทั่วไปประเทศกัมพูชา	8
2.3 โครงสร้างธรณีวิทยาประเทศกัมพูชา	11
2.4 แหล่งทรัพยากรแร่ในประเทศกัมพูชา	12
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	14
3.1 ระเบียบวิธีวิจัย	15
3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	16
3.3 เครื่องมือช่วยในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	17

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา	21
4.1 ธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา	22
4.2 ศิลาวรรณา	32
4.3 ธรณีเคมี	39
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา	46
5.1 อภิปรายผลศึกษาศิลาวรรณา	47
5.2 อภิปรายผลการศึกษาธรณีเคมี	47
5.3 การแปลความหมายลักษณะธรณีแปรสัณฐาน	48
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา	50
เอกสารอ้างอิง	52

สารบัญรูปรูปภาพ

รูป	หน้า
รูป 1.1 พื้นที่ศึกษาพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา	3
รูป 1.2 ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	4
รูป 2.1 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของราชอาณาจักรกัมพูชา	7
รูป 2.2 แผนที่ธรณีวิทยาของราชอาณาจักรกัมพูชา	10
รูป 2.3 แผนที่โครงสร้างทางธรณีวิทยาของราชอาณาจักรกัมพูชา	11
รูป 2.4 แผนที่ทรัพยากรแร่โลหะของประเทศกัมพูชา	12
รูป 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	16
รูป 3.2 กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่าน (Polarizing Microscope)	17
รูป 3.3 ก.เครื่อง XRay Diffractometer (XRD) ข.และระบบการทำงานของเครื่อง	18
รูป 3.4 ก.เครื่อง X-Ray Fluorescence (XRF) ข.เครื่องอัดตัวอย่าง	19
รูป 3.5 เครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS)	20
รูป 4.1 แผนที่ขอบเขตธรณีวิทยาและธรณีโครงสร้างของราชอาณาจักรกัมพูชา	22
รูป 4.2 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาและราชอาณาจักรกัมพูชา	23
รูป 4.3 แผนที่ธรณีวิทยาพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา	24
รูป 4.4 สภาพพื้นที่พนมจัญเจียง A	25
รูป 4.5 สภาพพื้นที่พนมจัญเจียง B	25
รูป 4.6 หินโผล่แสดงลำดับชั้นหินบริเวณพนมจัญเจียง A	26
รูป 4.7 ก.แนวการวางตัวของชั้นหินปูน และ ข.พลับพลึงทะเล บริเวณพนมจัญเจียง A	27
รูป 4.8 ลักษณะชั้นหิน breccia limestone พบเป็น clast ของหินภูเขาไฟประเภท mafic แทรกอยู่ในหินปูน ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-20 เซนติเมตร บริเวณพนมจัญเจียง A	27
รูป 4.9 ก.หลุมที่เกิดจากการหลุดออกของ clast หินภูเขาไฟในหินปูน บริเวณชั้น breccia limestone ข.ลักษณะหินโผล่บริเวณชั้นหินภูเขาไฟเนื้อแน่น (massive volcanic)	27
รูป 4.10 ลำดับชั้นหินบริเวณพนมจัญเจียง B	28
รูป 4.11 ก.ชั้นหิน fossiliferous limestone วางตัวบนชั้นหิน sedimentary rock ข.ชั้นหินทรายวางตัวบนชั้นหินดินดาน และพบลักษณะโครงสร้างแบบ flame structure	29
รูป 4.12 ก.หินโผล่แสดงชั้นถ่านหินสลับกับชั้นหินโคลน ข.ลักษณะหินหล่นของหินตะกอนภูเขาไฟ	29

เรื่อง	หน้า
รูป 4.13 ก.ธรณีโครงสร้าง cross-bedding และ graded bedding ในชั้นหินทราย ข. mud balls และ sand balls ในชั้นหินทรายกับชั้นหินดินดาน ค. ซากดึกดำบรรพ์ ชนิดคดขำวสาร ในชั้นหินดินดาน	30
รูป 4.14 หินโผล่บริเวณพนมจัญเจียง B (รูป 4.5) แสดงแนวการวางตัวของหินตะกอน ที่มีมุมเอียงเทของชั้นหินประมาณ 20° และมุมเอียงเทของรอยแตกมีค่าประมาณ 30°	31
รูป 4.15 หินบะซอลต์ ปิดทับด้วยหิน breccia limestone ที่มี clast เป็นหินบะซอลต์	32
รูป 4.16 mafic pyroclastic rock slab แสดงการกระจายตัวของ rock fragment ของหิน mafic volcanic rock ที่ขนาดใหญ่ที่สุดคือ 7X7 เซนติเมตร	33
รูป 4.17 volcanic clastic rock slab แสดงลักษณะเม็ดตะกอนส่วนใหญ่เป็น หินภูเขาไฟที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 0.2x0.5 เซนติเมตร พบในบริเวณพนมจัญเจียง B	33
รูป 4.18 ภาพจากแผ่นหินบางของหินบะซอลต์ (รูป 4.15)	35
รูป 4.19 ภาพจากแผ่นหินบางหินบะซอลต์ ที่เป็น rock fragment (รูป 4.16)	36
รูป 4.20 ภาพจากแผ่นหินบางหินตะกอนภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง (รูป 4.17)	37
รูป 4.21 ภาพจากแผ่นหินบางของหินบะซอลต์ (รูป 4.15)	38
รูป 4.22 Total Alkali-SiO ₂ Discrimination diagram (Le Bas et al., 1986)	39
รูป 4.23 Zr/TiO ₂ -Nb/Y Discrimination diagram (Revised Winchester and Floyd, 1977)	40
รูป 4.24 AFM Variation Triangular diagram (Irvin and Baragar, 1977)	40
รูป 4.25 Ti/Yb-Nb/Y Discrimination diagram (Pearce, 1982)	41
รูป 4.26 Y-La-Nb Discrimination Triangular diagram (Cabanis and Lecolle, 1989)	42
รูป 4.27 Nb-Zr-Y Discrimination Triangular diagram (Meschede, 1986)	42
รูป 4.28 Chondrite-normalized Rare-earth element (Sun and McDon, 1989-REE)	43
รูป 4.29 primitive-mantle normalized diagram (Sun and McDon, 1989-REE)	44
รูป 5.1 แนวหินภูเขาไฟและแนวรอยตะเข็บธรณีในประเทศไทย	48
รูป 5.2 แบบจำลองการแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลกในบริเวณพื้นที่ศึกษา	49

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 4.1 ธรณีเคมี ธาตุหลัก ธาตุรองรอย และธาตุหายาก จากตัวอย่างหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา	45

บทที่ 1 บทนำ

- 1.1 ที่มาและความสำคัญ
- 1.2 วัตถุประสงค์
- 1.3 ขอบเขตการศึกษา
- 1.4 พื้นที่ศึกษา
- 1.5 การเข้าถึงพื้นที่ศึกษา
- 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ
- 1.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พนม(เขา)จุกูเจียง ตั้งอยู่ในเมืองศรีสะเกษ จังหวัดบ้นเตียเมียนเจย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของราชอาณาจักรกัมพูชา ห่างจากพรมแดนไทย-ราชอาณาจักรกัมพูชา ด้านอำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้วไปทางทิศตะวันออกประมาณ 50 กิโลเมตร ลักษณะทางธรณีวิทยาพนมจุกูเจียงประกอบด้วยหินปูนอายุเพอร์เมียน (Permian) (Nakamura, 1971) และ (UN, 1993) และหินภูเขาไฟ (Morley et al., 2013) แต่ความสัมพันธ์ระหว่างหินปูนกับหินภูเขาไฟยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจน เนื่องจากหินภูเขาไฟยังไม่มีข้อมูลหลักฐานที่แน่ชัดเกี่ยวกับอายุของหิน ดังนั้นหินภูเขาไฟในพื้นที่ศึกษาอาจจะมีคามเนื่องมาจากจากแนวชั้นหินในประเทศไทย โดยแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Phetchabun Volcanic Belt) ส่วนใหญ่พบเป็นหินภูเขาไฟอายุเพอร์โมไทรแอสซิก (Permo-Triassic) (Sone et al., 2012) (Chutakositkanon and Hisada, 2008) มีการกระจายตัวในแนวเหนือ-ใต้ ตั้งแต่จังหวัดเลยจนถึงจังหวัดสระแก้ว ซึ่งอาจจะมีแนวโน้มที่จะต่อเนื่องเข้าไปในราชอาณาจักรกัมพูชา (Charusiri et al., 2011) และ (Morley et al., 2013) นอกจากนี้ยังมีหินภูเขาไฟอายุซีโนโซอิก (Cenozoic) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแหล่งพลอยที่สำคัญในประเทศไทย (Sutthirat, 1999) และในราชอาณาจักรกัมพูชา แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีหลักฐานแน่ชัดที่จะบ่งบอกว่าแนวหินภูเขาไฟดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์หรือหินภูเขาไฟอายุโนโซอิกหรือไม่ อีกทั้งในบริเวณพื้นที่ศึกษาฯยังไม่มีข้อมูลและการศึกษาของหินภูเขาไฟ ดังนั้นจึงประเด็นสำคัญในการศึกษาธรณีวิทยาในบริเวณพนมจุกูเจียง ผู้จัดทำจึงมีความสนใจในการศึกษาธรณีวิทยา และนำตัวอย่างหินจากพื้นที่ศึกษามาวิเคราะห์ซิลิคาแร่ด้วยกล้องจุลทรรศน์ อีกทั้งศึกษาซิลิคาเคมีของหินภูเขาไฟด้วยวิธี X-ray Diffraction (XRD), X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) และ Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในการเกิดหิน และเปรียบเทียบลักษณะธรณีแปรสัณฐานที่เกิดขึ้นอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาธรณีวิทยาและศึกษาซิลิคาเคมีของหินภูเขาไฟบริเวณพนมจุกูเจียง ศรีสะเกษ จังหวัดบ้นเตียเมียนเจย ราชอาณาจักรกัมพูชา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไป โดยการศึกษาภาคสนามธรณีวิทยาบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ จังหวัดบันเตียเมียนเจย ราชอาณาจักรกัมพูชา

1.3.2 เก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง ลำดับชั้นหิน การวางตัวของชั้นหิน ชนิดของหิน และเก็บตัวอย่างหินนำมาวิเคราะห์สีลาวรรณาด้วยกล้องจุลทรรศน์ และธรณีเคมีด้วยวิธี X-ray Diffractometer (XRD), X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) และ Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดของแร่ ธาตุองค์ประกอบ และธาตุหายากในหินตัวอย่าง ตามลำดับ

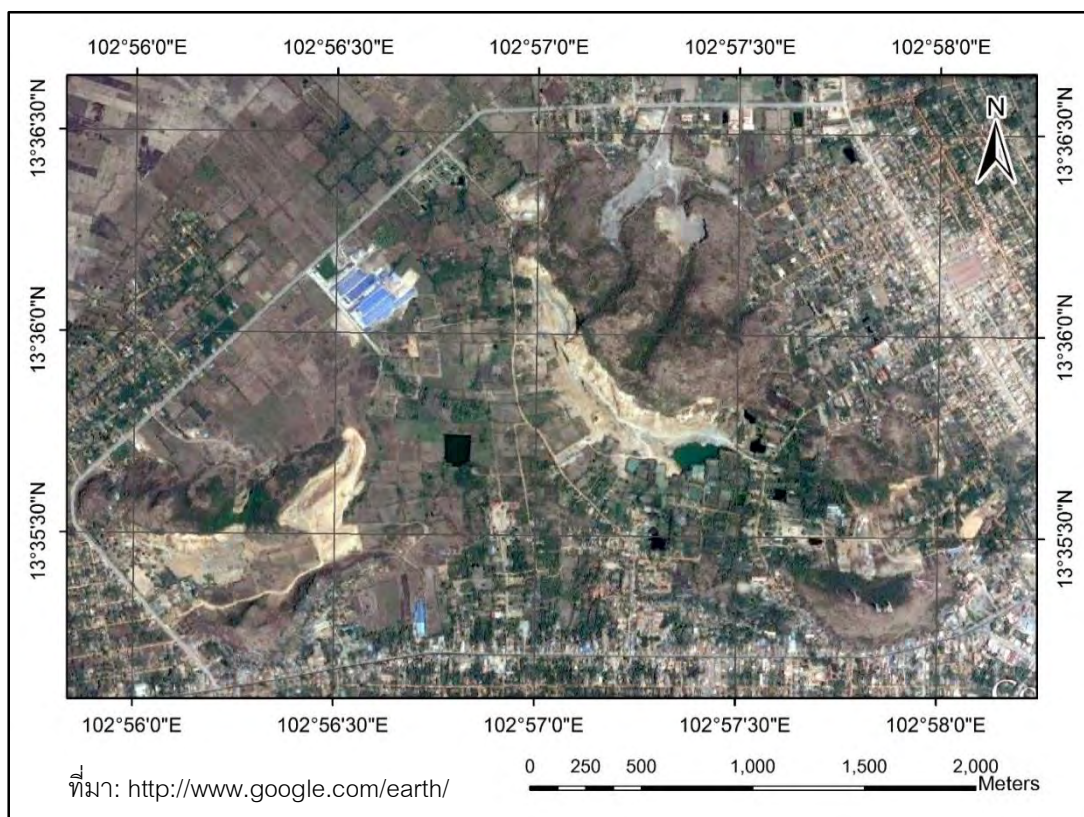
1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษารวมอาณาเขตบริเวณวัดจัญเจียง ซึ่งตั้งอยู่บนพนมจัญเจียง และเหมืองหินพนมกลาโกน ทั้งสองตั้งอยู่ในบริเวณทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเมืองศรีโสภณ จังหวัดบันเตียเมียนเจย ภาคตะวันตกเฉียงเหนือของราชอาณาจักรกัมพูชา พิกัดทางภูมิศาสตร์ ละติจูด 13 องศา 35 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 102 องศา 56 ลิปดาตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่โดยประมาณ 6 ตารางกิโลเมตร (รูป 1.1 และ 1.2)



รูป 1.1 พื้นที่ศึกษาพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา

1.5 การเข้าถึงพื้นที่ศึกษา



รูป 1.2 ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

การเข้าถึงพื้นที่ สามารถเดินทางจากกรุงเทพฯ โดยรถยนต์มุ่งหน้าไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย-ราชอาณาจักรกัมพูชา บริเวณช่องปอยเปต อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ไปสิ้นสุดที่เมืองศรีโสภณ จังหวัดบันเตียเมียนเจย ราชอาณาจักรกัมพูชา รวมระยะทางทั้งหมด 270 กิโลเมตร โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเมืองศรีโสภณ มีทางหลวงเอเชียสาย 1 AH1 (พนมเปญ-ปอยเปต) ผ่านทางตอนใต้พื้นที่ศึกษา และยังมีถนนล้อมรอบพื้นที่ศึกษาทำให้สามารถเดินทางเข้าพื้นที่ได้ทุกทิศทาง จากรูป 1.2 พนมจันเจียงเป็นที่ตั้งของวัดอยู่ทางตะวันตกของแผนที่สามารถเข้าไปถึงเชิงเขาได้สะดวก และพนมกลาโกนอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของแผนที่พบเป็นเหมือนที่มีถนนเข้าถึงพื้นที่หน้าเหมืองได้สะดวกเช่นกัน

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

ทราบธรณีวิทยาทั่วไป ธรณีวิทยาโครงสร้าง การวางตัวของชุดหิน ลำดับชั้นหิน ศิลาวรรณา และธรณีเคมีของหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา เพื่อนำมาวิเคราะห์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ อายุ การเกิด และลักษณะต่างๆกับหินภูเขาไฟในประเทศไทย ธรณีแปรสัณฐาน นำไปสู่การประเมินเพื่อคาดการณ์แหล่งแร่เศรษฐกิจ

1.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Morley et al., 2013 ได้ศึกษาวิวัฒนาการของหมวดหินเขาขวาง ในแนวชั้นหินคดโค้งและรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ ที่มีผลกระทบต่อธรณีฐานบริเวณประเทศไทยและประเทศกัมพูชาช่วงการก่อเทือกเขาอินโดจีนเนียน พบว่าบริเวณทางตอนเหนือของประเทศกัมพูชามีหินภูเขาไฟช่วงอายุ Permo-Triassic กระจายอยู่ตามแนวตะวันออก-ตะวันตก และพบ Stung Treng 'ophiolite' บริเวณจังหวัดเสียมราฐ โดยธรณีเคมีคล้ายกับหินภูเขาไฟในแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ จึงได้สันนิษฐานว่าแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ น่าจะมีแนวโน้มที่จะต่อเนื่องเข้าไปทางตอนเหนือของประเทศกัมพูชาตามขอบที่ราบสูงโคราช

Nakamura, 1971 ศึกษาซากดึกดำบรรพ์ชนิดหอยตะเกียง (Brachiopod) ในหินปูนบริเวณพนมจัญเจียง เมืองศรีโสภณ จังหวัดบันเตียเมียนเจย ราชอาณาจักรกัมพูชา พบว่าหอยตะเกียงมีอายุในช่วงเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Middle-Late Permian) และเรียกหินปูนในบริเวณดังกล่าวเป็นลานหินปูนศรีโสภณ (Sisophon limestone platform)

Panjasawatwong et al., 2006 ทำการศึกษาธรณีเคมีของแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย (Loei Volcanic rock) ในทางตอนกลางบริเวณพื้นที่ปากชม จังหวัดเลย พบว่าเกิดในช่วงยุคดีโวเนียนตอนปลายถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น และแบ่งประเภทของหินชนิดได้เป็น transitional tholeiitic basalt, tholeiitic microgabbro และ calc-alkaline basalt/andesite ซึ่งแสดงว่าเกิดในบริเวณเทือกเขากลางสมุทร (MORB) และหมู่เกาะรูปโค้งกลางมหาสมุทร (volcanic island arc)

บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป

- 2.1 สภาพภูมิประเทศกัมพูชา
- 2.2 ธรณีวิทยาทั่วไปประเทศกัมพูชา
- 2.3 โครงสร้างธรณีวิทยาประเทศกัมพูชา
- 2.4 แหล่งทรัพยากรแร่ในประเทศกัมพูชา

บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป

2.1 สภาพภูมิประเทศกัมพูชา

กัมพูชามีพื้นที่ประมาณ 181,035 ตารางกิโลเมตร ส่วนที่กว้างที่สุดจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก 580 กิโลเมตร จากเหนือจรดใต้ 450 กิโลเมตร มีพรมแดนทิศตะวันตกติดต่อกับประเทศไทย ทิศเหนือติดกับประเทศไทยและลาว ทิศตะวันออกและทิศใต้ติดกับเวียดนาม และทิศตะวันตกเฉียงใต้ติดอ่าวไทย กัมพูชามีลักษณะภูมิประเทศคล้ายสามหรืออ่าง คือตรงกลางเป็นแอ่งทะเลสาบและลุ่มแม่น้ำโขงอันกว้างขวาง มีภูเขาล้อมรอบอยู่ 3 ด้าน ส่วนใหญ่เป็นที่ราบประกอบด้วยที่ราบรอบทะเลสาบเขมร และที่ราบลุ่มแม่น้ำโขง มีทิวเขาล้อมรอบทางเหนือ คือเทือกเขาพนมดงรัก เทือกเขาบรรทัด เทือกเขาอันนัม ภูมิประเทศของประเทศกัมพูชาเป็นลักษณะที่ราบต่ำภาคกลางที่ถูกล้อมรอบด้วยพื้นที่สูงและภูเขาเตี้ยๆ รวมทั้งทะเลสาบขนาดใหญ่



รูป 2.1 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของราชอาณาจักรกัมพูชา

(ที่มา: <http://www.opendevelopmentcambodia.net>)

ที่ราบภาคเหนือของกัมพูชาติดกับหน้าผาหินทรายซึ่งหันหน้าไปทางทิศใต้เป็นแนวทิศ ตะวันออก-ตะวันตกยาว 320 กิโลเมตร และความสูงเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน 180-550 เมตรเหนือ ระดับน้ำทะเลขอบเขตทางใต้ของหน้าผานี้ คือภูเขาพนมดงรัก มีแม่น้ำโขงไหลลงทางใต้ ที่ราบ ทางด้านตะวันออกของแม่น้ำโขงเชื่อมต่อกับที่ราบสูงตะวันออก

ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศกัมพูชามีสองช่วงความสูงที่แตกต่างกันมาก The Kravanh Mountains และ The Damrei Mountains มีพื้นที่สูงนี้เป็นที่กั้นระหว่างตอนกลางกับ อ่าวไทย ในพื้นที่ห่างไกลและไม่มีคนอาศัยอยู่

Phnom Aural เป็นจุดที่สูงที่สุดของกัมพูชา โดยมีระดับชั้นความสูง 1,813 เมตรเหนือ ระดับน้ำทะเล พื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคใต้ติดกับอ่าวไทยเป็นแถบพื้นที่ลุ่มแคบ ป่าหนาทึบ และมี ประชากรเบาบาง ซึ่งถูกแยกออกมาจากที่ราบภาคกลางอย่างโดดเดี่ยว คุณลักษณะทางภูมิศาสตร์ ที่โดดเด่นที่สุดคือ น้ำที่ท่วมจากตอนกลาง ประมาณ 2,590 ตารางกิโลเมตรในช่วงฤดูร้อนและ ในช่วงฤดูฝน พื้นที่จะเพิ่มเป็น 24,605 ตารางกิโลเมตร

(รูป 2.1)

2.2 ธรณีวิทยาทั่วไปประเทศกัมพูชา

ประเทศกัมพูชา อยู่บริเวณทางใต้จนถึงกลางแผ่นอินโดจีน มีแม่น้ำที่สำคัญอยู่ 2 สายหลัก คือ แม่น้ำแม่โขง และแม่น้ำตอนกลาง ซึ่งอยู่ใกล้กับเมืองหลวง พนมเปญ และไหลลงสู่ระบบดิน ดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำในประเทศเวียดนาม ทะเลสาบขนาดใหญ่ถูกขนาบข้างไปด้วยที่ราบ เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งแสดงลักษณะการตกสะสมตัวของตะกอนแบบ alluvial deposits และกระจาย ตัวอย่างกว้างขวางไปจนถึงบริเวณที่เป็นดินเขาของแนวเทือกเขาพนมดงรัก (Dangrek) ซึ่งเป็น พรมแดนกั้นระหว่างไทยและกัมพูชา เนื่องจากแผ่นทวีปมีการเคลื่อนที่ชนและการแยกออกจากกัน ทำให้ที่ราบนี้สูงขึ้น อีกทั้งส่งผลให้เกิดการกัดกร่อนหน่วยหินตะกอนยุคมีโซโซอิก และหินอัคนี แทรกซอน (Sotham, 1997).

ประเทศกัมพูชาเป็นส่วนหนึ่งของบล็อกแผ่นทวีปขนาดใหญ่ที่เรียกว่าอินโดไชนีเยน เนื่องจากเคยเป็นทะเลจนถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัส จึงทำให้เกิดหินเชิร์ต หินดินดาน หินทราย และ กรวด ในยุคดีโวโน-คาร์บอนิเฟอรัส หลังจากนั้นมีการตกสะสมหินปูนยุคเปอร์เมียนต่อ และในยุค ไตรแอสสิกมีการตกสะสมตัวของ fossiliferous clastic sequences บางๆ ตะกอนแข็งตัวเหล่านี้มี ลักษณะหยาบ ถูกกระบวนการเทคโทนิคทำให้จมลงและคดโค้งอย่างรุนแรง ซึ่งสัมพันธ์กับบรรพต รังสรรค์ของแนวเทือกเขาอินโดไชนีเยนในระหว่างตอนกลางถึงตอนปลายยุคไตรแอสสิกและใน ช่วงเวลานี้ก็ยังมีกำเนิดภูมิประเทศแบบได้ทะเล (Tien, 1991)

หน่วยหินตะกอนยุคไทรแอสสิกถูกพบอย่างแพร่หลายในภาคเหนือและภาคใต้ของกัมพูชา ซึ่งพบทั้งลำดับชั้นตะกอนทางบกและลำดับชั้นตะกอนทางทะเล ในตอนปลายยุคไทรแอสสิก จะแสดงลักษณะลำดับชั้นตะกอนทางบก ส่วนลำดับชั้นตะกอนทางทะเลจะประกอบไปด้วย ชั้น basal conglomerate และ breccias, ชั้นหินตะกอนเนื้อแน่นแทรกสลับกับหินดินดาน ชั้นมาร์ล ชั้นหินโคลน และชั้นหินปูนเนื้อมาร์ล โดยอายุตั้งแต่ยุคไทรแอสสิกขึ้นไปพื้นที่ที่เป็นพื้นผิว ถูกกัดกร่อน และมีการตกสะสมตัวอย่างต่อเนื่องและหนาของหินในยุคจูแรสสิกและยุคครีเตเชียส ได้แก่ หินกรวดมนบนบก หินทราย และหินทรายแป้ง (Workman, 1977)

ในประเทศกัมพูชา ในการเกิดบรรพตรังสรรค์ของอินโดจีน มีช่วงเวลาหนึ่งที่แสดงความไม่ต่อเนื่องของหน่วยหินตะกอนที่วางตัวเกือบแนวระดับ ในยุคจูแรสสิกตอนต้นถึงตอนกลาง ซึ่งเรียกหน่วยหินนี้ว่า Terrain Rouge ลำดับชั้นหินนี้พบอย่างแพร่หลายและกระจายในหลายจังหวัด ตั้งแต่จังหวัด Mondoloki และ Ratanakiri และในบริเวณภาคเหนือของประเทศกัมพูชา ในขณะที่ทางภาคกลางและภาคใต้ไม่พบลำดับชั้นหินนี้เลย ลำดับชั้นหินนี้ส่วนใหญ่พบเป็นแบบ หินโคลนเดี่ยวๆ และประกอบไปด้วยหินกรวดมน หินทราย และหินทรายแป้งซึ่งหินเหล่านี้มีต้นกำเนิดจาก sub-continental

ในภาคเหนือของประเทศกัมพูชา หน่วยหินยุคจูแรสสิกถูกปกคลุมไปด้วยหินตอกรอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารี หินทรายยุคจูแรสสิกถูกพบในชั้นหินแม่น้ำ (Riverbeds) ในจังหวัด Siem Reap และ Preah Vihear (Delvert, 1963 และ Moriai, 2001)

การวางตัวของ Terrain Rouge ซึ่งเป็นลำดับชั้นหินทางบกที่หนา เรียกว่า supérieures Gres ตกสะสมตัวระหว่างยุคจูแรสสิกตอนปลายและยุคครีเตเชียสตอนต้น หินทรายและหินกรวดมนในยุคจูแรสสิก ตอนปลายถึงยุคครีเตเชียสพบเป็นบริเวณกว้างในภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศกัมพูชา และรวมถึงขอบทางตอนใต้ของที่ราบสูงโคราช, Phnom Kulen, Tbêng Mountain รวมทั้งหินโคลนในจังหวัดเสียมเรียบและจังหวัดพระวิหาร ลำดับชั้นหินนี้ยังพบในภาคตะวันตกใน Cardamom Mountains ด้วย ซึ่งพบหินตะกอนที่มีแร่ควอร์ตมาก ขนาดตะกอนละเอียดถึงปานกลาง กับหินกรวดมน ซึ่งพบลักษณะนี้เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่เศษหินภูเขาไฟขนาดละเอียดปริมาณมากและตะกอนภูเขาไฟถูกพบในหินด้วย ซึ่งพบได้ในจังหวัดเสียมเรียบและบริเวณที่ราบภาคกลางของแม่น้ำโตนเลสาบ

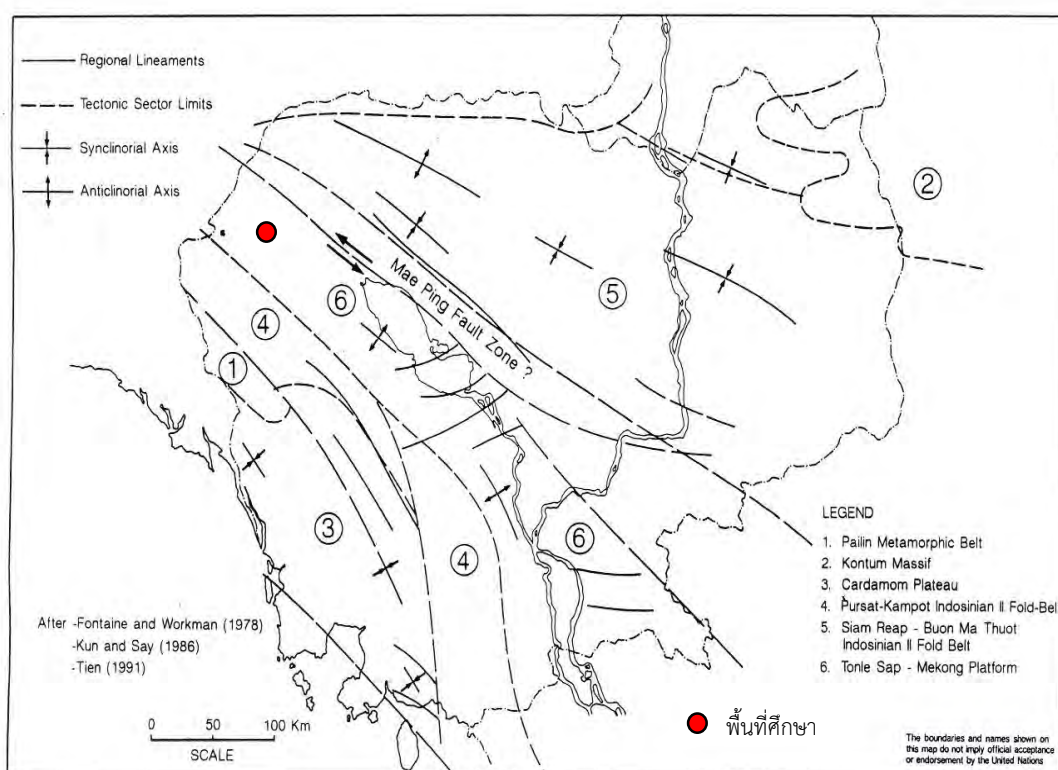
หินยุคครีเตเชียสตอนปลาย และยุคเทอร์เชียรีไม่พบในประเทศกัมพูชา ตะกอนยุคไพลโอซีน และหินบะซอลต์ (Platae) ถูกปกคลุมทั่วไปโดยการตกสะสมของตะกอนแข็งตัวแบบ หลวมๆยุคควอเทอร์นารี และถ้าโคลนขึ้นมาถูกกระบวนการทำให้เป็นลูกรัง

หินตะกอนในยุคไทรแอสสิกและหินที่แก่กว่าจะพบว่ามีการคดโค้งเป็นจำนวนมาก และถูกแปรไปหลายระดับและหลายชนิดจากเหตุการณ์การชนกันของแผ่นอนุทวีปฉานไทย

2.3 โครงสร้างธรณีวิทยาประเทศกัมพูชา

กัมพูชามีลักษณะโครงสร้างที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน เช่น รอยเลื่อนและรอยแตกของหิน ส่วนใหญ่ที่มองเห็นได้ชัดเจนได้แก่ รอยเลื่อนหลักพาดผ่านตอนกลางของประเทศ โชนรอยเลื่อนที่มีชื่อว่า Mae Ping ซึ่งมีทิศทางการวางตัวอยู่ในแนว NW – SE จากการเกิดแนวรอยหลักนี้เองทำให้พื้นที่ข้างเคียงทั้งด้านตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีลักษณะธรณีโครงสร้างบางส่วนเป็นรอยคดโค้ง ชนิดประทุนหงาย (Synclinal) สลับกับชนิดประทุนคว่ำ (Anticlinorial) ซึ่งมีแนวระนาบแกน (Axial plan) ไปในทิศทางเดียวกับรอยเลื่อนหลักคือแนว NW – SE ซึ่งก่อให้เกิดสภาวะการสะสมตัวของแร่ในรูปแบบต่างๆ ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของประเทศกัมพูชาสามารถแบ่งตามภูมิศาสตร์ออกได้เป็น 6 ส่วน คือ

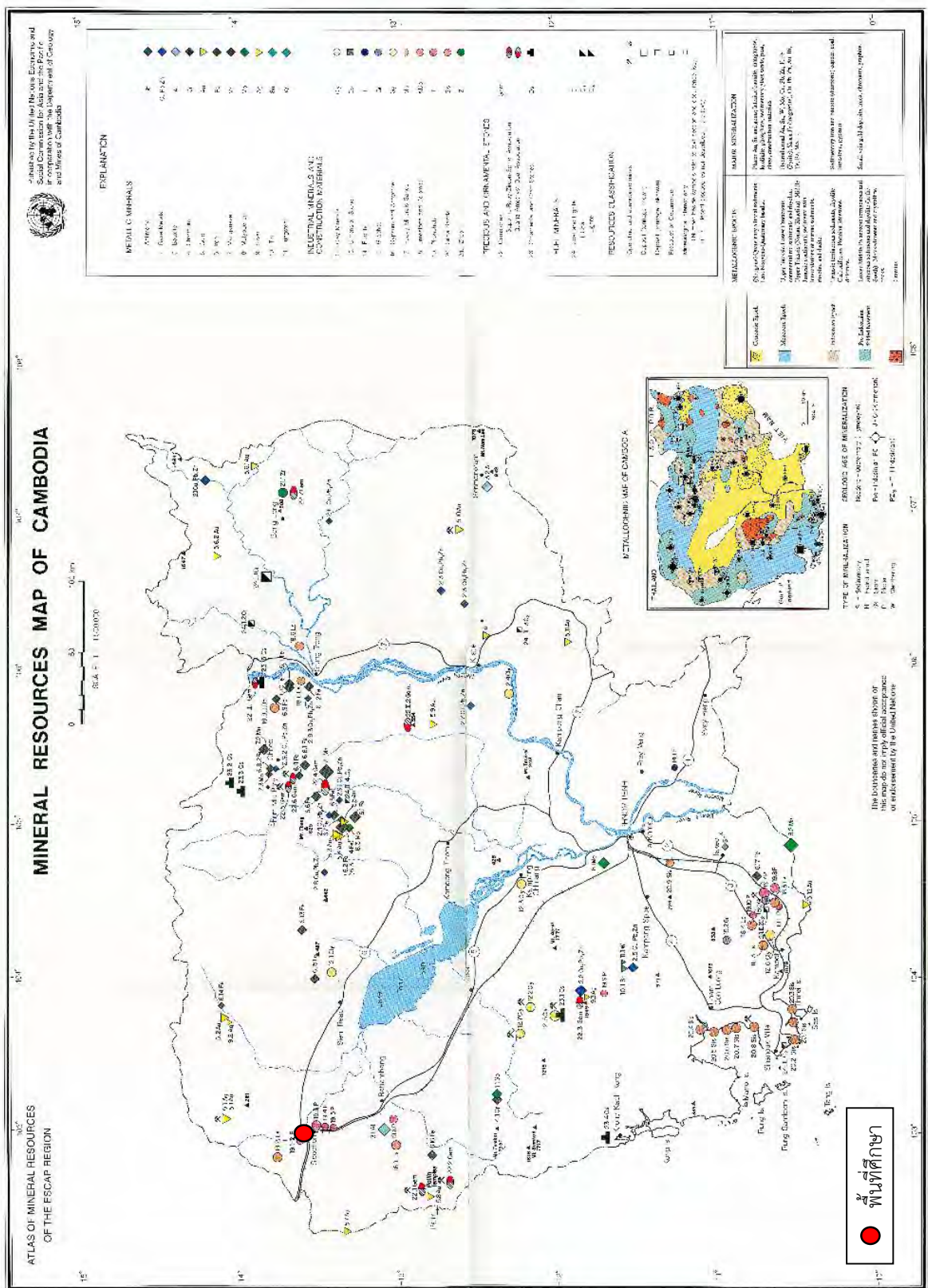
- 1) Pailin Metamorphic Belt
- 2) Kontum Massif
- 3) Cardamom Plateau
- 4) Pursat -Kampot Indosinian II Fold Belt
- 5) Siam Reap-Buon Ma Thuot Indosinian II Fold Belt
- 6) Tonle Sap-Mekong Platform (รูป 2.3)



รูป 2.3 แผนที่โครงสร้างทางธรณีวิทยาของราชอาณาจักรกัมพูชา

(ที่มา: United nations publication, 1993)

2.4 แหล่งทรัพยากรแร่ในประเทศกัมพูชา



รูป 2.4 แผนที่ทรัพยากรแร่โลหะของประเทศกัมพูชา (ที่มา: United nations publication, 1993)

กัมพูชาเป็นประเทศที่มีทรัพยากรแร่มากมาย มีการขุดแร่มาใช้ตั้งแต่สมัยโบราณ จนกระทั่งถึงยุคล่าอาณานิคมที่ฝรั่งเศสเข้ามาทำเหมือง และปัจจุบันก็มีนักลงทุนต่างชาติจำนวนมากที่เข้าไปลงทุนทำเหมืองในประเทศกัมพูชาไม่ว่าจะเป็นชาวจีน หรือแม้แต่คนไทย ปัจจุบันทรัพยากรแร่ที่มีศักยภาพได้แก่ แร่เหล็ก ทองคำ หินปูน และแรรัตนชาติ เป็นต้น

กัมพูชามีทรัพยากรธรรมชาติอุดมสมบูรณ์ มีสินแร่ชนิดต่าง ๆ อยู่ทั่วไป เช่น ทอง ทองแดง แร่เหล็ก แมงกานีส ถ่านหิน วุลแฟรม ฟอสฟอรัส พลอย เงิน ดีบุก ตะกั่ว สังกะสี หินอ่อน ฯลฯ แร่เหล็กพบมากตามเทือกเขาพนมดงรัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดพระวิหาร จังหวัดสตึงแตรง จังหวัดอุดรมีชัย และจังหวัดพระตะบอง แมงกานีสมีมากที่จังหวัดพระวิหาร ถ่านหินส่วนมากอยู่ที่จังหวัดสตึงแตรง พลอย (ทับทิมและไพลิน) ส่วนมากอยู่ที่จังหวัดพระตะบอง พระวิหาร เกาะกง รัตนคีรี และกรุงไพลิน ทอง ค้นพบที่บ่อซีเมนต์รีอบ จังหวัดเสียมเรียบ พนมกำโบร์ จังหวัดอุดรมีชัย พนมแดก จังหวัดพระวิหาร บอกลีไซท์ ค้นพบในจังหวัดพระตะบอง และมณฑลคีรี แร่เงิน มีที่บ่อซีเมนต์รีอบ และพนมกำโบร์ จังหวัดอุดรมีชัย และสำโรง จังหวัดกัมปงสะปือ ทั้งนี้ สินแร่ต่าง ๆ ของกัมพูชามีค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ อาณาบริเวณที่มีสินแร่หลากหลายชนิดกระจุกตัวอยู่คือ ภาคเหนือของจังหวัดสตึงแตรง และเขาพระวิหาร กรุงไพลิน จังหวัดพระตะบอง และจังหวัดโพธิสัต มีพลอยเงิน และทองกระจายอยู่เป็นหย่อม ๆ โดยเฉพาะที่กรุงไพลินมีพลอยไพลินกระจุกอยู่หนาแน่น นอกจากนี้ กัมพูชายังมีน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ โดยกัมพูชามีแหล่งน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติหลายแห่ง โดยเฉพาะบริเวณนอกชายฝั่งด้านตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศ ซึ่งขณะนี้รัฐบาลกัมพูชาได้เปิดประมูลให้มีการขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติทั้งบนชายฝั่งและนอกชายฝั่งแล้วหลายแห่ง และบางแหล่งอยู่ระหว่างการสำรวจ อีกทั้งยังคาดว่าจะพบแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติจำนวนหนึ่งบริเวณโตนเลสาบ (รูป 2.4)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3 เครื่องมือช่วยในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษางานวิจัยเก่าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในบริเวณพื้นที่ศึกษาตลอดจนพื้นที่ใกล้เคียง และรวบรวมข้อมูลในบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ทราบถึงลักษณะโดยรวมของพื้นที่ศึกษา และแนวทางปฏิบัติโดยภาพรวมในการทำวิจัย

2. แปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียม แปลความหมายแนวเส้นโครงสร้าง (structural lineament) แนวรอยเลื่อนที่ใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา รอยแยกของแผ่นเปลือกโลก และธรณีแปรสัณฐานโดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์แผนที่แนวขอบเขตธรณีวิทยาและแผนที่ธรณีวิทยาของประเทศกัมพูชาพร้อมกับภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อแสดงความสัมพันธ์ต่อแนวหินภูเขาไฟในพื้นที่ศึกษากับแนวหินภูเขาไฟในประเทศไทย

3. รวบรวมข้อมูลภาคสนามวางแผนสำรวจทางธรณีวิทยา โดยเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยา โครงสร้าง ลำดับชั้นหิน การวางตัวของชั้นหิน ลักษณะทางกายภาพของหิน และเก็บตัวอย่างหิน เพื่อทำการศึกษาในห้อง ปฏิบัติการต่อไป

4. ศึกษาตัวอย่างหินในห้องปฏิบัติการ

4.1 นำตัวอย่างหินไปเตรียมเป็นแผ่นหินบาง (thin section) ศึกษาสีลวดลายภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แล้วถ่ายรูปแผ่นหินบางเพื่อศึกษาแร่องค์ประกอบหินและลักษณะเนื้อหิน แต่ละชนิด

4.2 เตรียมตัวอย่างหินผง (rock powder) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดของแร่และธาตุองค์ประกอบในแร่จากหินตัวอย่างด้วยวิธี

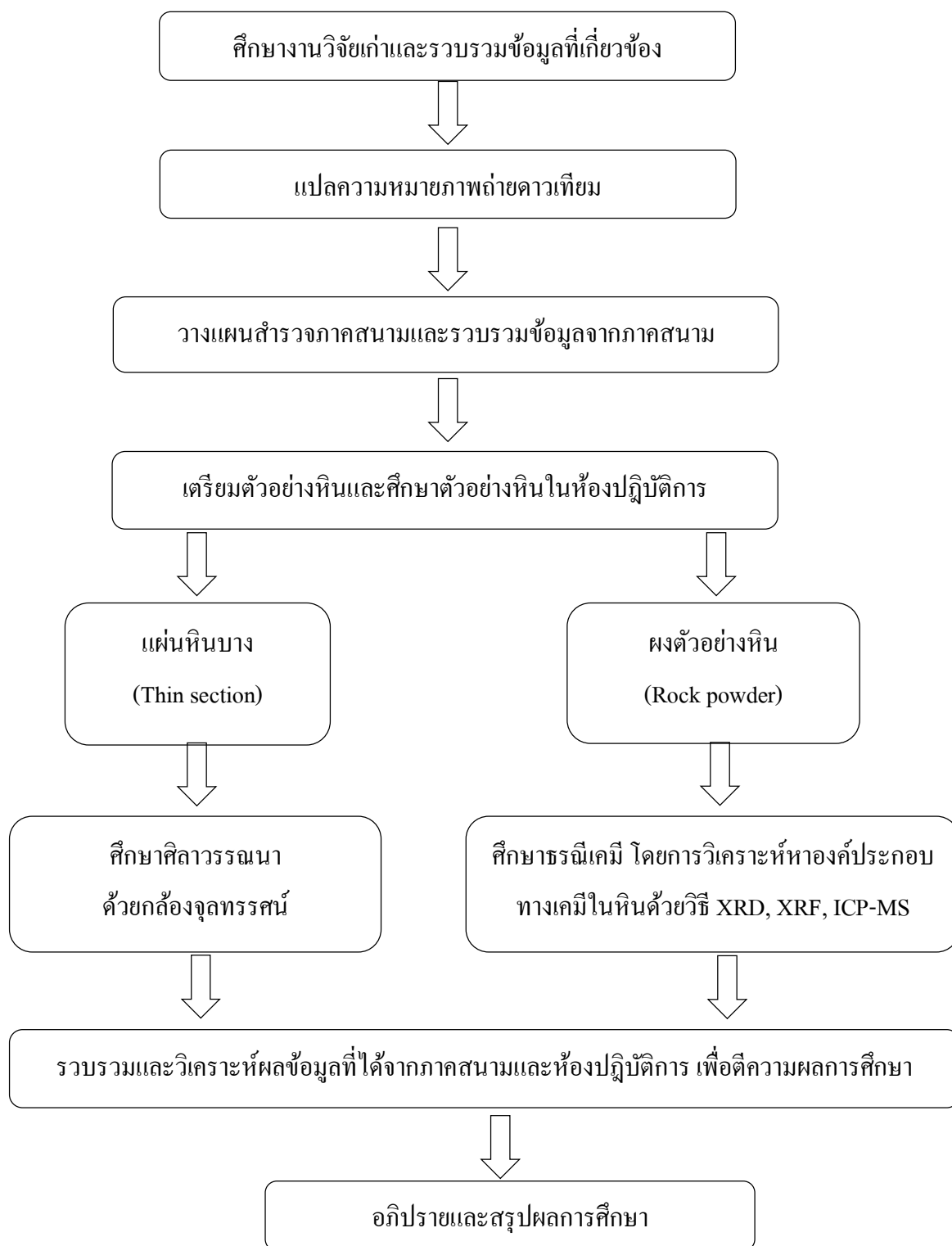
- X-ray Diffractometer (XRD) เพื่อหาชนิดของแร่องค์ประกอบในหิน
- X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) เพื่อวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในหิน
- Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) เพื่อวิเคราะห์ธาตุหายาก (rare-earth element) และธาตุร่องรอย (trace element) ในหิน

5. รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตีความผลการศึกษา

6. อภิปราย และสรุปผลการศึกษา

7. จัดทำรูปเล่มรายงาน และนำเสนองานวิจัย (รูป 3.1)

3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



รูป 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3 เครื่องมือช่วยในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

1. กล้องจุลทรรศน์

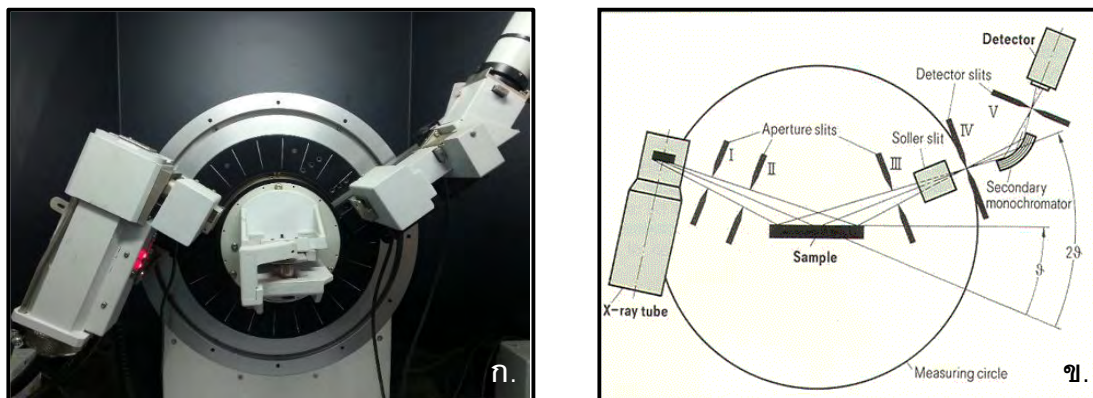
กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่าน (Polarizing Microscope) เพื่อทำการศึกษาศิลาวรรณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเครื่อง Point counting ใช้ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ เพื่อใช้ในการจำแนกชนิดของหินตัวอย่าง (รูป 3.2)



รูป 3.2 กล้องจุลทรรศน์แบบแสงโพลาไรซ์ส่องผ่าน (Polarizing Microscope)

2. X-Ray Diffractometer (XRD)

เพื่อวิเคราะห์หาชนิดของแร่ประกอบในหิน โดยเครื่องใช้หลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์เมื่อผ่านชั้นต่างๆ ของอะตอมหรือโมเลกุลภายในวัสดุหรือสารตัวอย่างนั้น โดยรังสีเอ็กซ์จะเลี้ยวเบนไปตามช่องว่างระหว่างอะตอมภายในผลึกและจะถูกบันทึกค่า แล้วทำการวิเคราะห์ธรรมชาติของโครงสร้างผลึกนั้นๆ โดยระยะห่างระหว่างอะตอมนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการของ Bragg ข้อมูลที่ตรวจวัดได้เมื่อผ่านการแปรผลแล้ว ทำให้สามารถทราบค่า unit cell parameters และลักษณะรูปแบบโครงสร้างผลึกของสารนั้นได้ เป็นการพิสูจน์เอกลักษณ์ (Identification) ในระดับโครงสร้างผลึกของสาร ซึ่งลักษณะการทำงานของเครื่องที่ให้เห็นจะเป็นการยิงลำแสง X-Ray เข้าไปยัง Crystal ซึ่งสามารถที่จะหมุนตัว Crystal ให้อยู่ในมุมที่ต้องการได้ โดยดูผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูลที่แสดงออกมาจะเป็นรูปของโครงสร้างผลึกนั้นๆ (รูป 3.3)



รูป 3.3 ก. เครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) ข. และระบบการทำงานของเครื่อง

หลักการทำงาน

เทคนิคที่ใช้หลักการการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์นี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 เทคนิค ได้แก่ 1. Single-Crystal Methods และ 2. Powder Methods โดยภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นแบบนี้

3. X-Ray Fluorescence (XRF)

เพื่อวิเคราะห์ธาตุหลัก (major Element) และธาตุรอง (minor Element) ในหินตัวอย่าง เป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการของการที่เมื่อรังสี X ที่มีพลังงานสูง ไปกระทบชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานเกิดการปล่อย photon ออกมา เนื่องจาก photon ที่ถูกปล่อยออกมากจากธาตุต่างชนิดในชิ้นงาน จะมีความยาวคลื่นและพลังงานต่างกัน และเนื่องจากปริมาณของ photon ที่เปล่งออกมาขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุนั้นในสารนั้นๆ ข้อมูลนี้จึงสามารถนำมาวิเคราะห์หา ปริมาณของธาตุ และธาตุองค์ประกอบในสารตัวอย่างได้

หลักการทำงาน

เมื่อรังสีเอกซ์ (Primary X-rays) ที่เปล่งออกมาจากหลอดรังสีเอกซ์ไปชนกับวัตถุ วัตถุก็จะเปล่งแสง Fluorescent (Secondary X-rays) ซึ่งจะเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละธาตุที่อยู่ในวัตถุตัวอย่างนั้น เนื่องจากรังสีเอกซ์แต่ละชนิดจะถูกหักเหด้วยผลึก วิเคราะห์โดยอาศัยความยาวคลื่นที่แตกต่างกันซึ่งการวิเคราะห์ธาตุได้นี้ก็อาศัยการวัดมุมที่หักเหนั่นเอง เนื่องจากความเข้มข้นของแต่ละธาตุในวัตถุตัวอย่างเป็นส่วนโดยตรงกับความเข้มของรังสี Fluorescent X-rays ที่เปล่งออกมา ดังนั้นความเข้มข้นของธาตุแต่ละธาตุที่อยู่ในวัตถุตัวอย่างจะสามารถวัดได้โดยวัดความเข้มของรังสีเอกซ์ (Fluorescent X-rays)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง X-ray Fluorescence Spectroscopy (XRFS) มีอยู่ 2 ระบบคือ

ก. ระบบที่วัดเป็นความยาวคลื่น (Wavelength Dispersion System)

ข. ระบบที่วัดเป็นพลังงาน (Kev) (Energy Dispersion System)

ความผิดพลาดที่เกิดจากสิ่งเจือปนในสารตัวอย่างที่ใช้ทำการวิเคราะห์ XRF

ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF มักจะเกิดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากสิ่งเจือปน ทั้งในส่วนของเครื่องบดที่ทำจากทั้งสแตนเลส เครื่องย่อยที่อาจจะมีเศษหินที่ตกค้างอยู่ Sample-holder และเครื่องอัด แม้แต่ตัวเครื่องเองในขณะที่วิเคราะห์ก็มีการปนเปื้อนของ Au ซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้ต้องมีการดูแลอย่างดี มีการล้างทำความสะอาดให้ดี เพื่อป้องกันสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้น เช่น เครื่องบดที่อาจจะต้องมีการล้างให้ดี หรืออาจจะมีการเปลี่ยนไปใช้เครื่องบดที่เป็น Agate แทน เพราะจะมีความแข็งมากกว่า เกิดการแตกหักยากกว่าก็อาจจะมีการปนเปื้อนน้อยกว่า เป็นต้น (รูป 3.4)



รูป 3.4 ก. เครื่อง X-Ray Fluorescence (XRF)

ข. การอัดตัวอย่างด้วยเครื่องอัดตัวอย่าง

4. Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS)

เพื่อวิเคราะห์หาธาตุร่องรอย (trace element) และธาตุหายาก (rare-earth element) ในหินตัวอย่าง เครื่องมือนี้อาศัยแหล่งพลาสมาเป็นแหล่งให้พลังงานและใช้ Mass Spectrometer เป็นเครื่องตรวจวัดปริมาณธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่าง โดยให้ข้อมูลเป็นหน่วยมวลอะตอมหรือไอออนต่อจำนวนประจุไอออนนั้น (m/z) นอกจากนี้เครื่องนี้ยังสามารถให้ข้อมูล Isotope ของธาตุได้

ICP-MS เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุในระดับต่ำ ใช้หลักการวัดมวลสารที่แตกต่างกันของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ โดยใช้พลาสมาในการผลิตไอออนของธาตุ เครื่องมือจะมีแหล่งกำเนิดพลาสมาซึ่งเป็นเปลวความร้อน (6000 – 10000 K) เกิดจากชนกันของอนุภาคอาร์กอนที่แตกตัวโดยการเร่งพลังงานด้วยสนามแม่เหล็กและขดลวดทองแดง (Inductive Coupling) ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่ทำให้ธาตุในตัวอย่างที่ผ่านการสเปรย์ให้เป็นละอองฝอยถูกเผาให้แตกตัวกลายเป็นไอออนประจุ +1 และส่งผ่านไปเพื่อทำการแยกตามน้ำหนักมวลสารในแต่ละธาตุและตรวจวัดหาปริมาณด้วยการเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า

ICP-MS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ในระดับต่ำมาก(Ultra trace Analysis) ที่รวดเร็ว ลักษณะของเทคนิคสามารถวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างไม่ได้มากกว่า 1 ธาตุในการวิเคราะห์แต่ละครั้ง (Multi-Element Analysis) สามารถควบคุมสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นได้โดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ มีช่วงความเข้มข้นของการสร้าง Calibration curve ค่อนข้างกว้าง ทำให้ ICP-MS ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงหลัง สามารถนำไปใช้งานได้ในหลากหลายสายงานเช่น งานทางสิ่งแวดล้อม เกษตรและอาหาร การแพทย์และเภสัชกรรม ธรณีวิทยา งานศึกษาวิจัย งานวัสดุศาสตร์ที่ต้องการความบริสุทธิ์สูง เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเครื่องมือที่ใช้เทคนิค ICP-MS มีราคาสูงมากและมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ค่อนข้างสูง อีกทั้งยังต้องควบคุมสภาพแวดล้อมในการวิเคราะห์เป็นอย่างดี จำเป็นต้องดูแลรักษา มากกว่าเครื่องมือในเทคนิคอื่น ๆ และเป็นเทคนิคที่มีสิ่งรบกวนจากการวิเคราะห์ค่อนข้างมาก ซึ่งจำเป็นต้องเลือกใช้เทคโนโลยีในการกำจัดสิ่งรบกวนให้เหมาะกับงาน ปัจจุบันดังกล่าวข้างต้นจึงต้องนำมาพิจารณาในการเลือกซื้อเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการ

โดยทั่วไปเทคโนโลยีในการกำจัดสิ่งรบกวนอาศัยหลักการการชนกันหรือการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของแก๊สบางชนิดกับโมเลกุลของสิ่งรบกวน ทำให้สิ่งรบกวนถูกกำจัดออกไปได้ เครื่อง ICP-MS ของเพอร์กินเอลเมอรัจะใช้หลักการของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของแก๊สที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาสูงเช่น Methane, Oxygen, Ammonia เป็นต้น เพื่อกำจัด หรือลดสิ่งรบกวน โดยใช้ชื่อว่า Dynamic Reaction Cell (DRC) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงและได้รับการยอมรับทั่วโลกในหลากหลายสายงาน (รูป 3.5)



รูป 3.5 เครื่อง Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS)

บทที่ 4 ผลการศึกษา

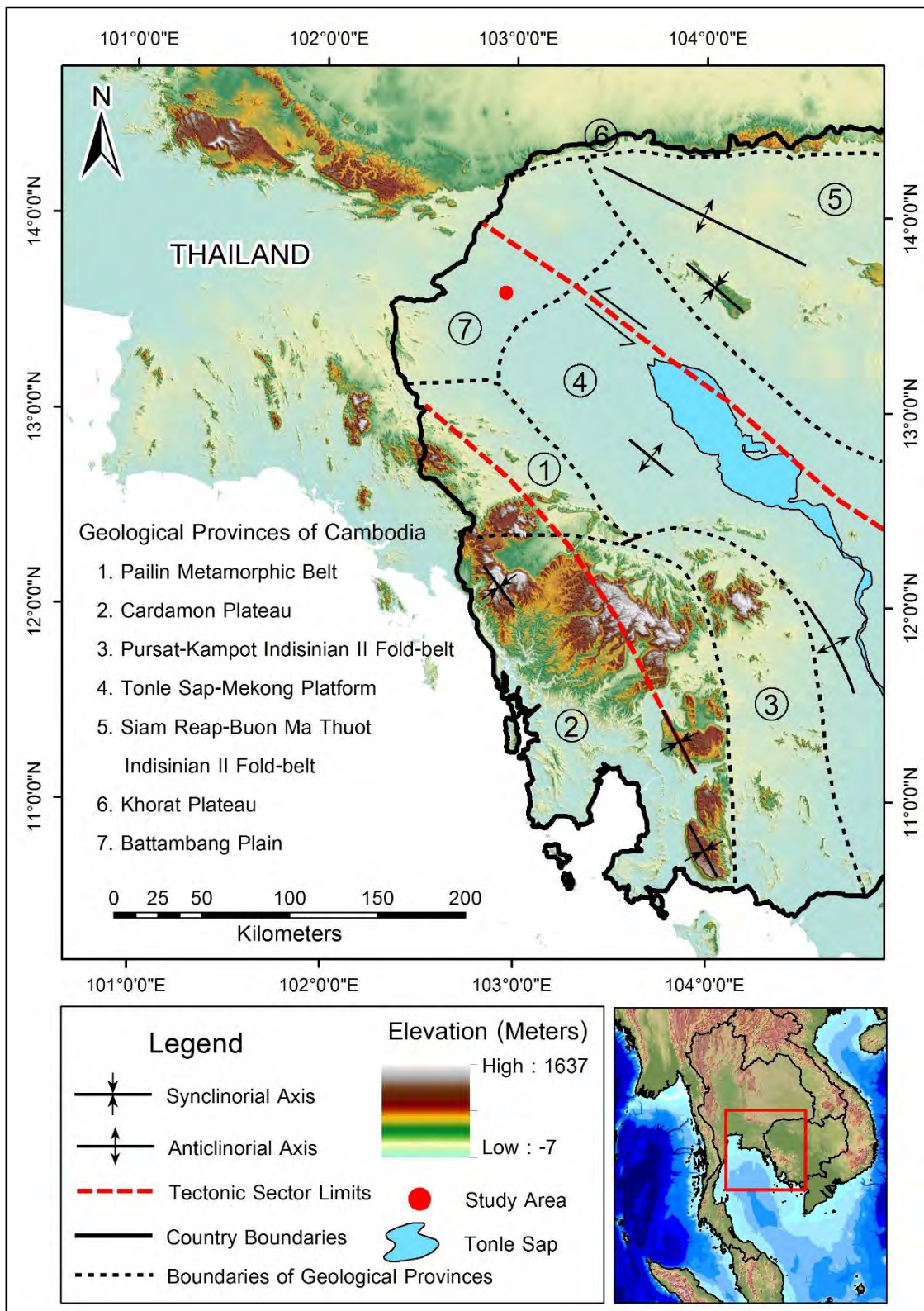
4.1 ธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา

4.2 ศิลาวรรณา

4.3 ธรณีเคมี

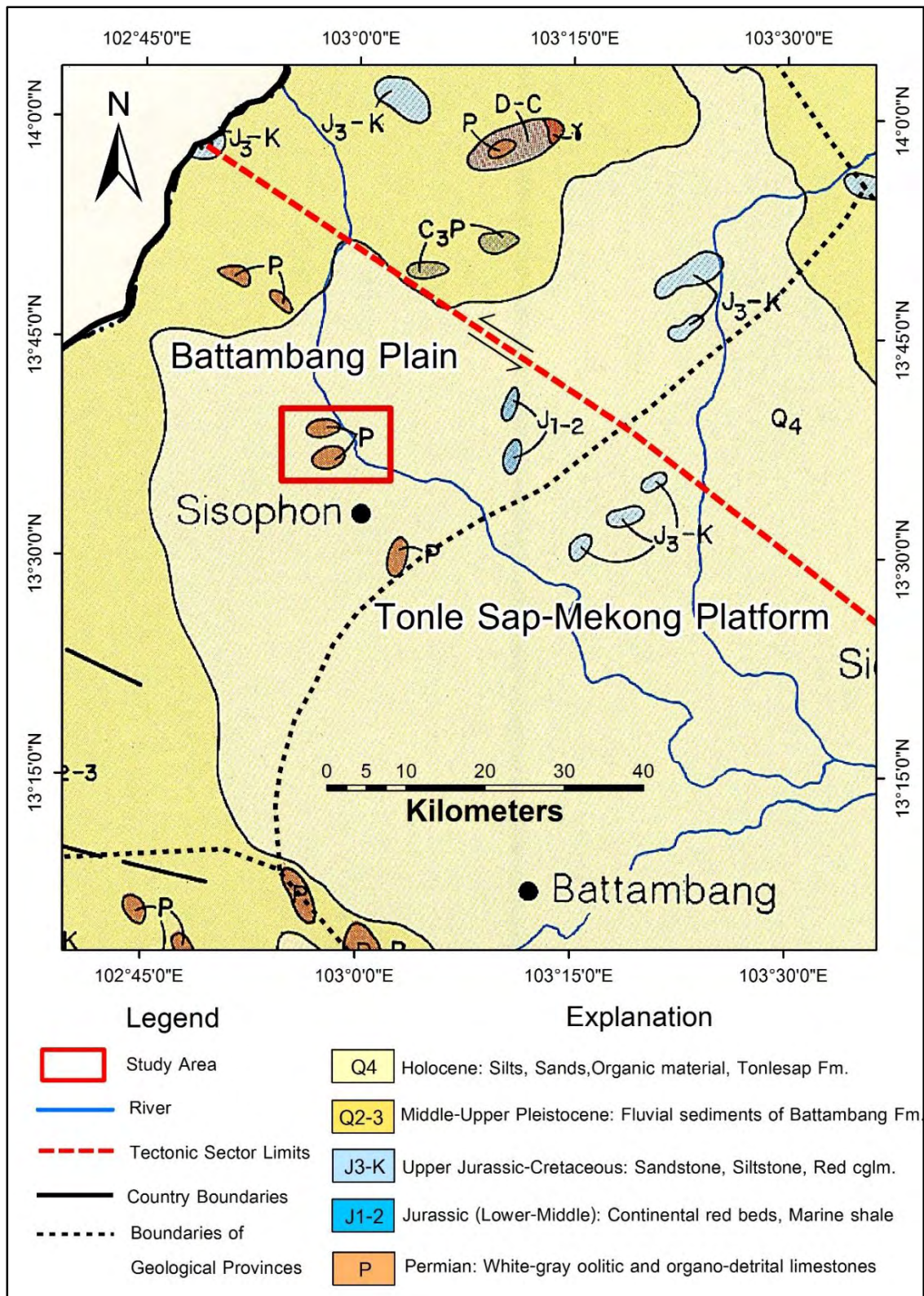
บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา



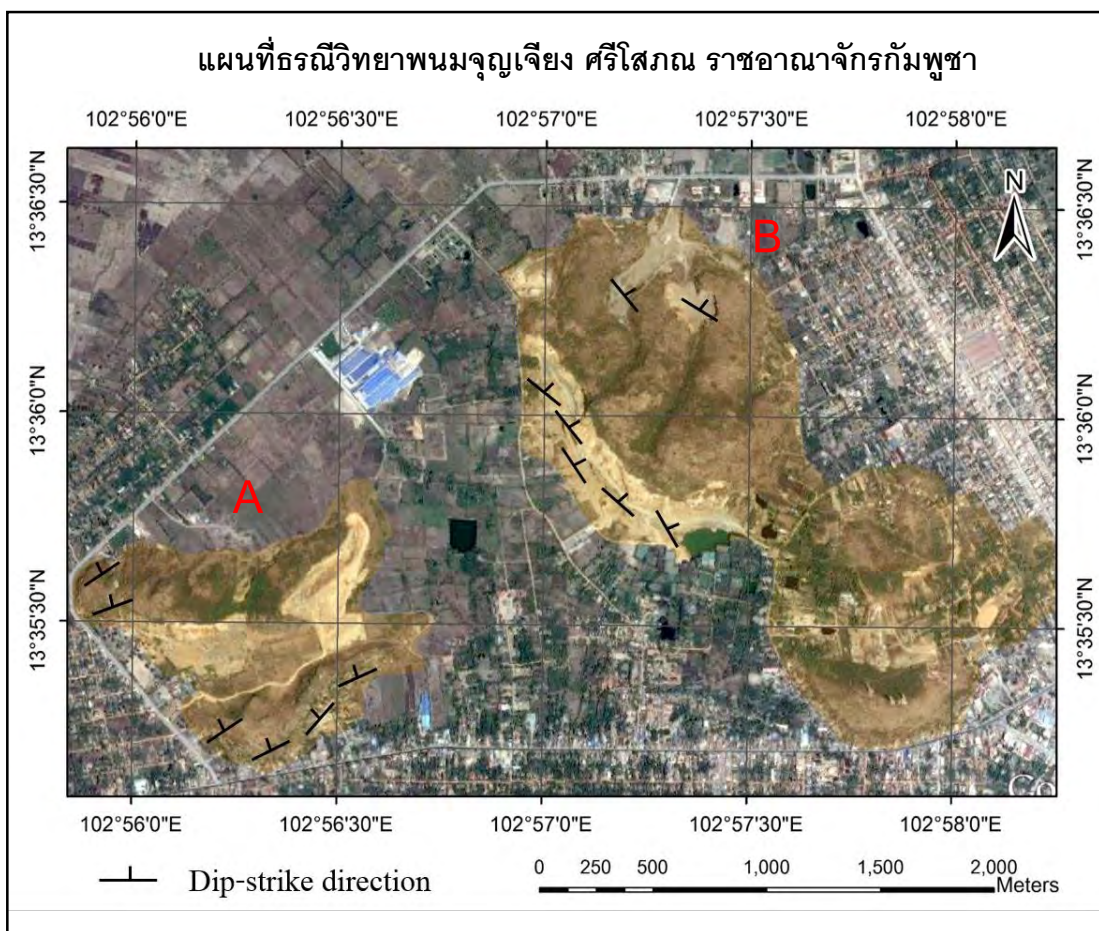
รูป 4.1 แผนที่ขอบเขตธรณีวิทยาและธรณีโครงสร้างของราชอาณาจักรกัมพูชา

Geological map of study area of Cambodia



รูป 4.2 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาและราชอาณาจักรกัมพูชา

จากการแปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับแผนที่ขอบเขตธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างของราชอาณาจักรกัมพูชาจาก United nations publication (1993) พบว่าพื้นที่ศึกษาอยู่ใน Battambang Plain มีรอยเลื่อนแม่ปึงผาดผ่านทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษาประมาณ 30 กิโลเมตร บริเวณ Battambang Plain ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ มีการสะสมตัวของตะกอนน้ำพา (Q4) และตะกอนตะพักลำน้ำ (Q2-3) ยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) (รูป 4.1) แต่จากแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาและราชอาณาจักรกัมพูชา พบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นหินปูนยุคเพอร์เมียน (Permian) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nakamura (1971) ที่พบซากดึกดำบรรพ์ชนิดหอยตะเกียง (Brachiopod) สะสมตัวอยู่ในหินปูน ในบริเวณเดียวกันกับพื้นที่ศึกษาสามารถบ่งบอกถึงอายุเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย (Middle-late Permian) (รูป 4.2)



รูป 4.3 แผนที่ธรณีวิทยาพนมเปญเฉียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา

ธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 2 จุดการศึกษา ได้แก่ พนมเปญเฉียง A และพนมเปญเฉียง B โดยพนมเปญเฉียง A มีแนวการวางตัวของหินปูนไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มีมุมเอียงเทประมาณ 30-40° และพนมเปญเฉียง B มีแนวการวางตัวของหินปูนไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีมุมเอียงเทประมาณ 20-30° (รูป 4.3)

สภาพพื้นที่พนมจัญเจียง A พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $102^{\circ} 56' 30''E$ ละติจูด $15^{\circ} 35' 30''N$ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแบบคาสต์ (karst topography) ซึ่งเป็นลักษณะธรณีฐานของเทือกเขาหินปูนมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 40-80 เมตร เขาวางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตก มีความยาวประมาณ 1,000 เมตร บริเวณเชิงเขาเป็นที่ตั้งของวัดพนมจัญเจียง (รูป 4.4)



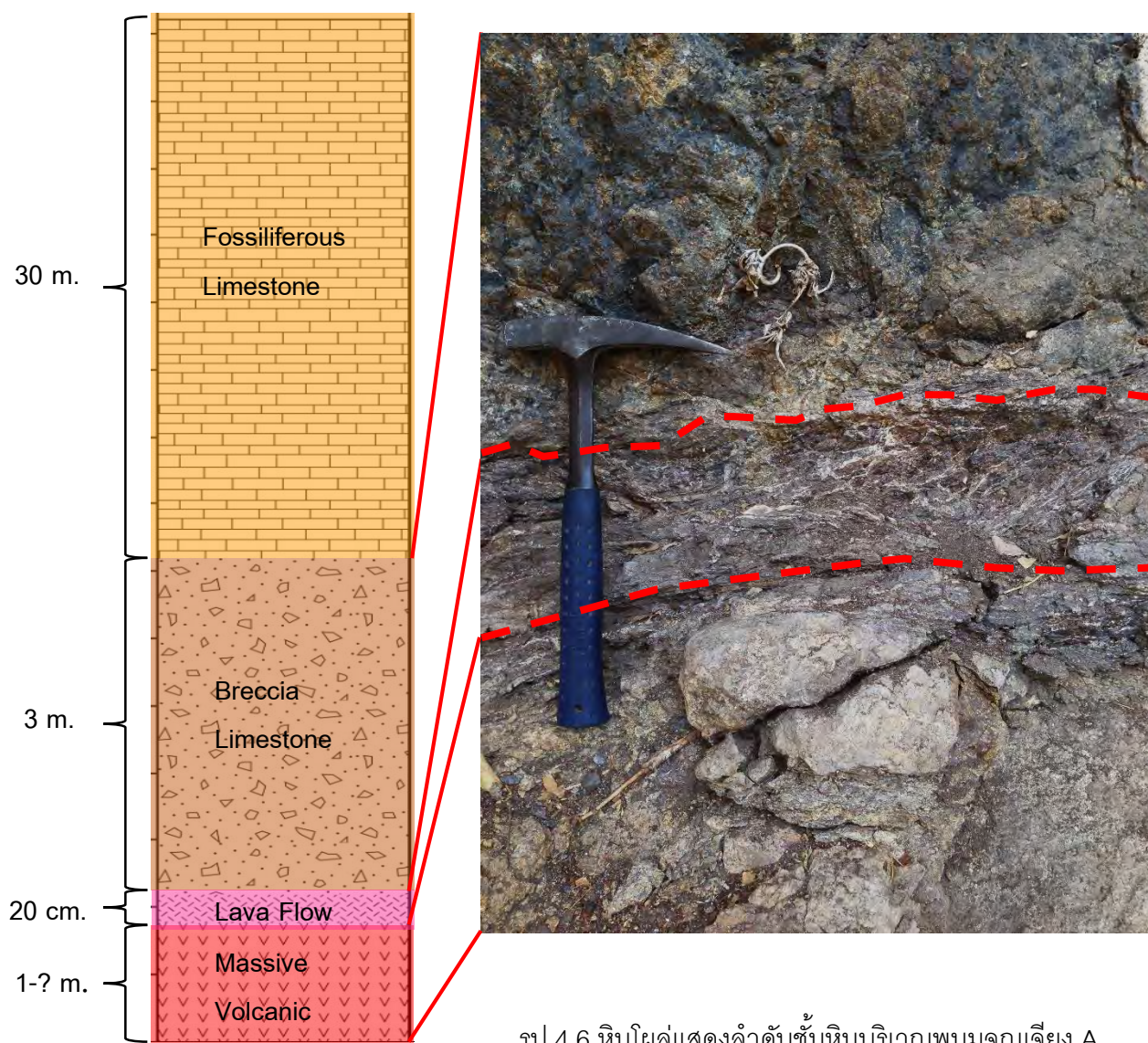
รูป 4.4 สภาพพื้นที่พนมจัญเจียง A

สภาพพื้นที่พนมจัญเจียง B พิกัดภูมิศาสตร์ ลองจิจูด $102^{\circ} 57' 30''E$ ละติจูด $15^{\circ} 36' N$ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแบบคาสต์ เช่นเดียวกับพนมจัญเจียง A และมีลักษณะเป็นเหมือนชุดหน้าดิน เขามีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 40-130 เมตร วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีความยาวประมาณ 2,000 เมตร (รูป 4.5)



รูป 4.5 สภาพพื้นที่พนมจัญเจียง B

ลำดับชั้นหินพนมจัญเจียง A



รูป 4.6 หินโผล่แสดงลำดับชั้นหินบริเวณพนมจัญเจียง A

ลำดับชั้นหินบริเวณพนมจัญเจียง A พบว่าทุกชั้นหินมีแนวการวางตัวไปในทิศทางเดียว และต่อเนื่องกัน โดยชั้นล่างสุดเป็นหินภูเขาไฟเนื้อแน่น (massive volcanic) ตามด้วยชั้นหินลาวา หลาก (lava flow) มีความหนาของชั้นหินประมาณ 15-20 เซนติเมตร เป็นลักษณะเนื้อหินภูเขาไฟ ที่แสดงแนวทิศทาง การไหลของลาวาหลากอย่างชัดเจน ตามด้วยชั้นหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟใน หินปูน (breccia limestone) มีความหนาประมาณ 3 เมตร บริเวณชั้นหินนี้พบทั้งหินภูเขาไฟที่เป็น หินกรวดเหลี่ยม (clast) ประเภทเมฟิก (mafic) แทรกอยู่ในหินปูน ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-20 เซนติเมตร และหินตะกอนภูเขาไฟ (pyroclastic rock) ที่มีตัวเชื่อมประสาน (cement) เป็น หินปูนเช่นเดียวกัน ปิดทับด้านบนสุดด้วยหินปูนที่มีซากดึกดำบรรพ์ (fossiliferous limestone) ได้แก่ พลัปปลิงทะเล (crinoid) คตข้าวสาร (fusulinid) และหอยตะเกียง (brachiopod) มีความ หนาประมาณ 30 เมตร (รูป 4.6-4.9)



รูป 4.7 ก.แนวการวางตัวของชั้นหินปูน และ ข.ปลั้วปลิงทะเล บริเวณพนมจัญเจียง A

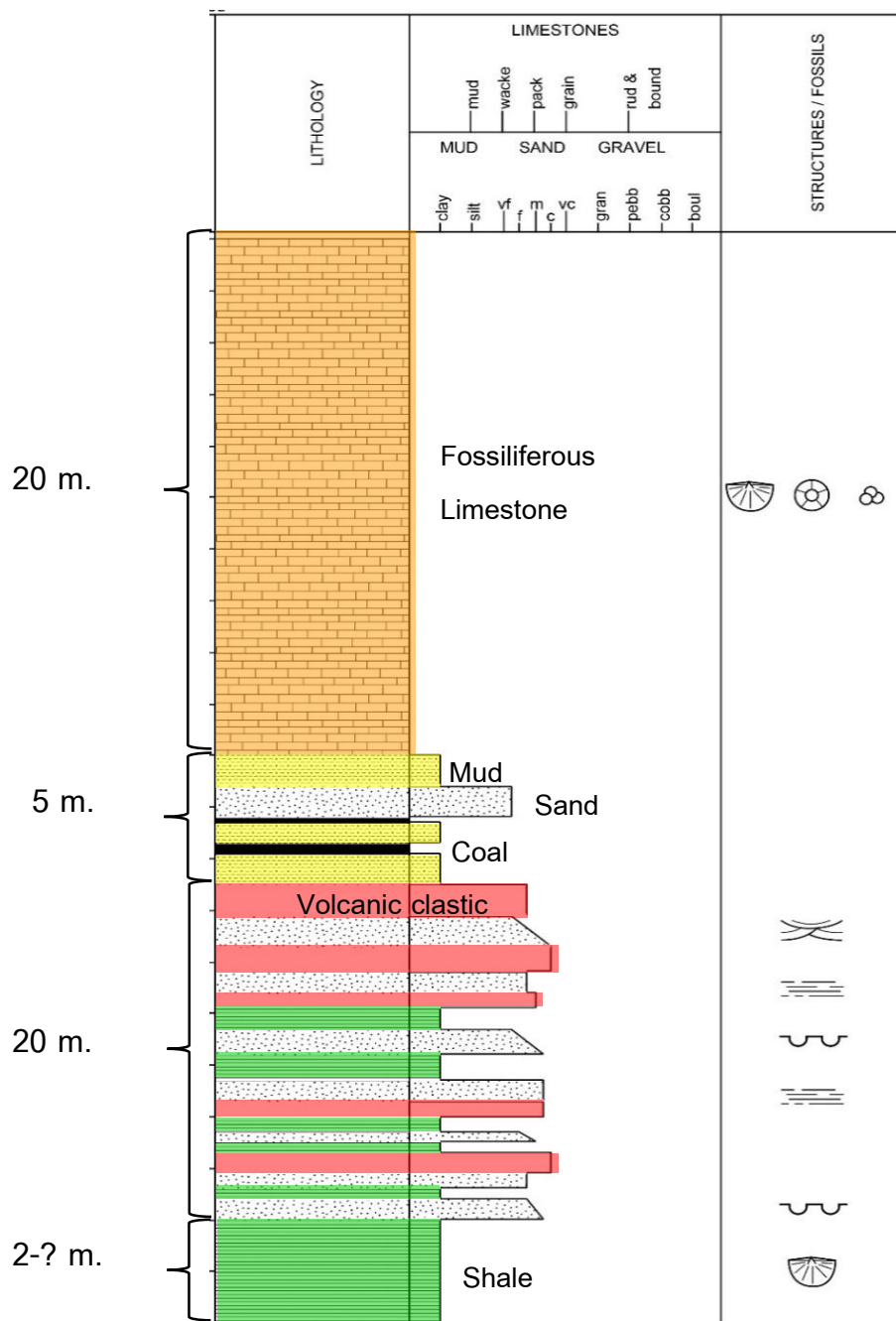


รูป 4.8 ลักษณะชั้นหิน breccia limestone พบเป็น clast ของหินภูเขาไฟประเภท mafic แทรกอยู่ในหินปูน ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-20 เซนติเมตร บริเวณพนมจัญเจียง A



รูป ก. หลุมที่เกิดจากการหลุดออกของ clast หินภูเขาไฟในหินปูน บริเวณชั้น breccia limestone ข. ลักษณะหินโผล่บริเวณชั้นหินภูเขาไฟเนื้อแน่น (massive volcanic)

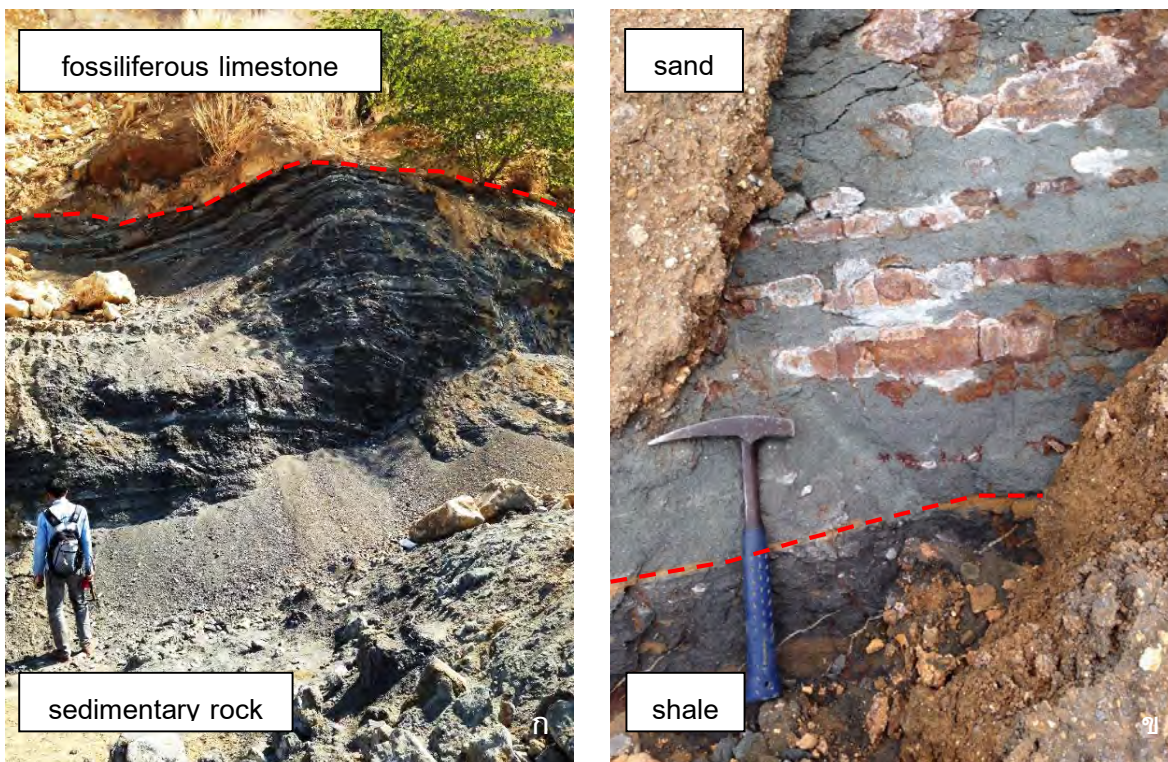
ลำดับชั้นหินพนมจัญเจียง B



รูป 4.10 ลำดับชั้นหินบริเวณพนมจัญเจียง B

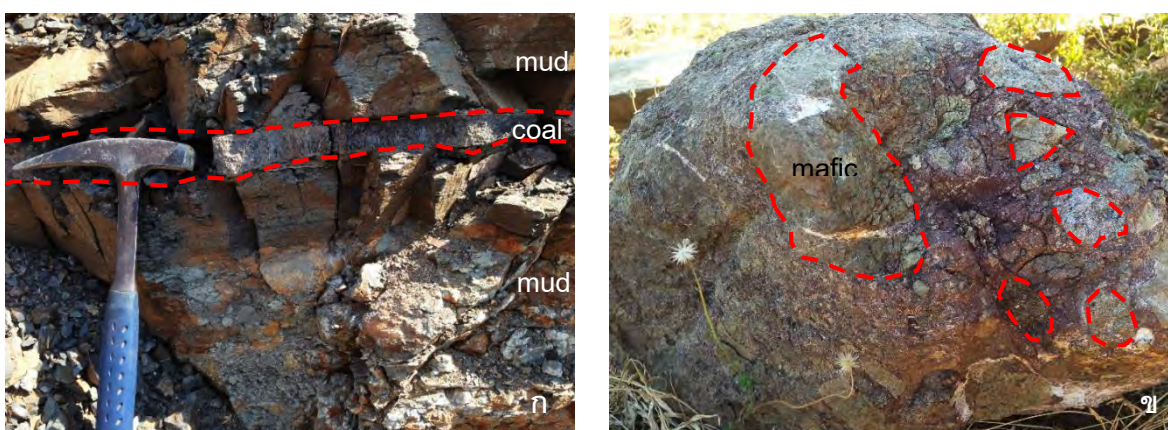
ลำดับชั้นหินบริเวณพนมจัญเจียง B พบว่าทุกชั้นหินมีแนวการวางตัวไปในทิศทางเดียว และต่อเนื่องกัน โดยชั้นหินปูนที่มีซากดึกดำบรรพ์วางทับชั้นหินตะกอน (sedimentary rock) ในชั้นหินปูนพบซากดึกดำบรรพ์ได้แก่ พลั้วปลิงทะเล คดข้าวสาร และหอยตะเกียง เป็นจำนวนมาก ชั้นหินมีความหนาประมาณ 20-30 เมตร เช่นเดียวกับกับพนมจัญเจียง A สำหรับชั้นหินตะกอนประกอบไปด้วย หินทราย (sandstone) หินโคลน (mud) ถ่านหิน (coal) หินดินดาน (shale) และ

หินตะกอนภูเขาไฟ (volcanic clastic rock) สลับกัน โดยชั้นล่างสุดพบเป็นหินดินดานหนาประมาณ 2 เมตรและคาดว่าน่าจะหนาอีกในชั้นหินตะกอนพบซากดึกดำบรรพ์สะสมตัวอยู่ทุกชนิดหิน ได้แก่ พลัปลิงทะเล คดข้าวสาร และหอยตะเกียง หินตะกอนภูเขาไฟ พบหินกรวดเหลี่ยม เป็นหินภูเขาไฟประเภทเมฟิก ไม่พบหินกรวดเหลี่ยมที่เป็นหินปูน (รูป 4.10-4.13)



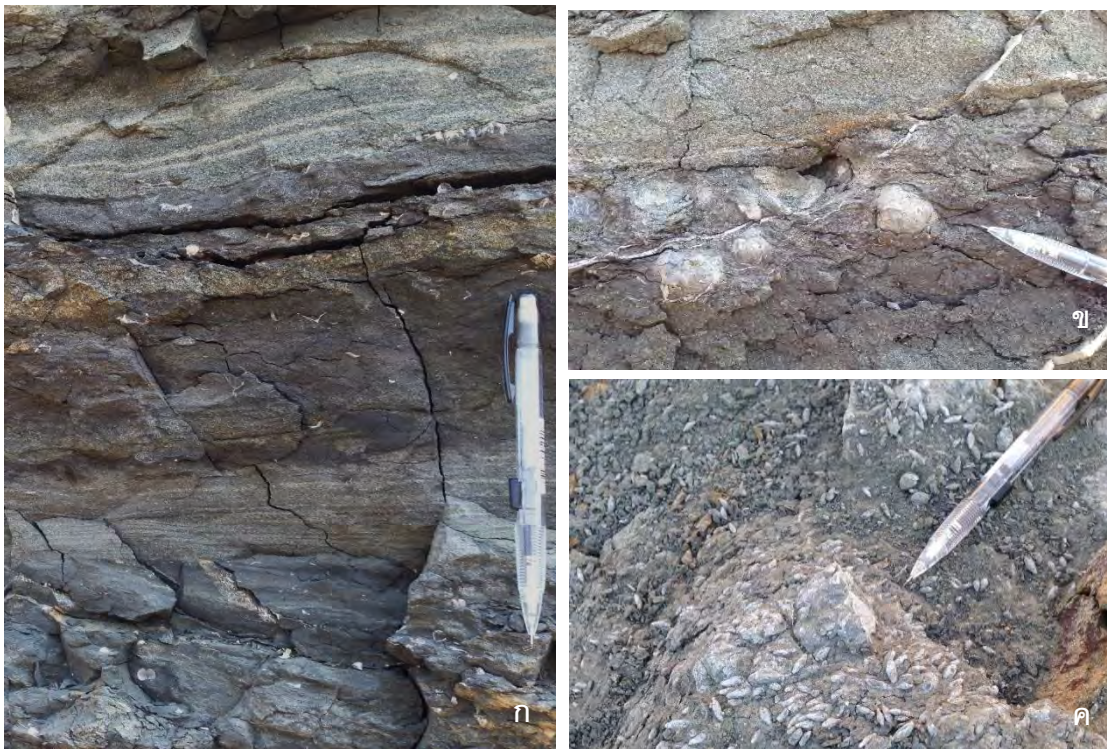
รูป 4.11 ก. ชั้นหิน fossiliferous limestone วางตัวบนชั้นหิน sedimentary rock

ข. ชั้นหินทรายวางตัวบนชั้นหินดินดาน และพบลักษณะโครงสร้างแบบ flame structure



รูป 4.12 ก. หินโคลนแสดงชั้นถ่านหินสลับกับชั้นหินโคลน ข. ลักษณะหินหล่นของหินตะกอนภูเขาไฟ

ลักษณะธรณีโครงสร้างในชั้นหินตะกอนบริเวณพนมจัญเจียง B พบ cross-bedding, graded bedding .ในชั้นหินทราย flame structure, flaser deposit, rip-up clast, cleavage, mud balls และ sand balls ในชั้นหินทรายกับชั้นหินดินดาน รูป 4.10-13



รูป 4.13 ก. ธรณีโครงสร้าง cross-bedding และ graded bedding ในชั้นหินทราย

ข. mud balls และ sand balls ในชั้นหินทรายกับชั้นหินดินดาน

ค. ซากดึกดำบรรพ์ ชนิดคตข้าวสาร ในชั้นหินดินดาน

จากลำดับชั้นหินบริเวณพนมจัญเจียง A และพนมจัญเจียง B สามารถวิเคราะห์ได้ว่า หินภูเขาไฟทั้งในชั้น massive volcanic, lava flow, breccia limestone, pyroclastic rock และ volcanic rock เกิดขึ้นก่อนชั้นหินปูน และอาจจะเกิดการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบทะเลโบราณ (subaqueous environment) เนื่องจากมีการสะสมตัวของหินปูนด้านบนในบริเวณไหล่ทวีป (continental Shelf) หรือบริเวณทะเลน้ำตื้น เพราะพบซากดึกดำบรรพ์ที่อาศัยอยู่ในทะเลน้ำตื้น ส่วนชั้นหินตะกอนบริเวณพนมจัญเจียง B อาจจะเกิดการสะสมตัวบริเวณลาดทวีป (continental slope) หรือบริเวณทะเลที่มีความลาดชันมาก เนื่องจากข้อมูลมุมเอียงเทของชั้นหิน (bedding) มีค่าน้อยกว่ามุมเอียงเทของรอยแตก (cleavage) จึงสามารถบอกได้ว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาไม่มีการ overturn (รูป 4.14)



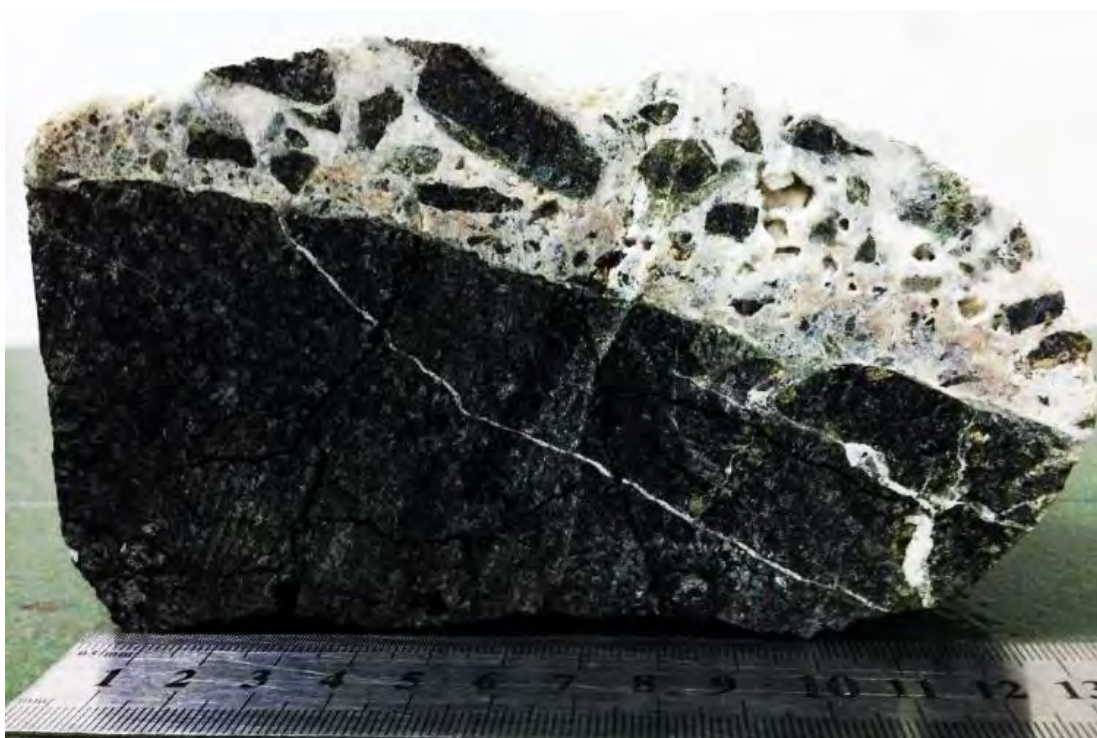
รูป 4.14 หินโผล่บริเวณพนมจัญเจียง B (รูป 4.5) แสดงแนวการวางตัวของหินตะกอนที่มีมุมเอียง
 เทของชั้นหินประมาณ 20° และมุมเอียงเทของรอยแตกมีค่าประมาณ 30°

การเกิดหินภูเขาไฟสามารถเกิดขึ้นได้หลายวิธี ได้แก่ primary magma และ secondary magma เกิดขึ้นได้ทั้งบนภาคพื้นทวีปและภาคพื้นมหาสมุทร ซึ่งจะมีองค์ประกอบทางธรณีเคมีและ
 ศิลาวิทยาที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้จัดทำจึงเลือกหินภูเขาไฟจากชั้นหิน massive volcanic, clast ใน
 ชั้นหิน breccia limestone, volcanic clastic rock และ pyroclastic rock ทั้งในบริเวณ
 พนมจัญเจียง A และพนมจัญเจียง B ที่สดที่สุดเพื่อมาศึกษาศิลาวิทยา และวิเคราะห์หา
 องค์ประกอบทางธรณีเคมี เพื่อนำข้อมูลมาพิสูจน์แหล่งกำเนิดภูเขาไฟในบริเวณพื้นที่ศึกษาต่อไป

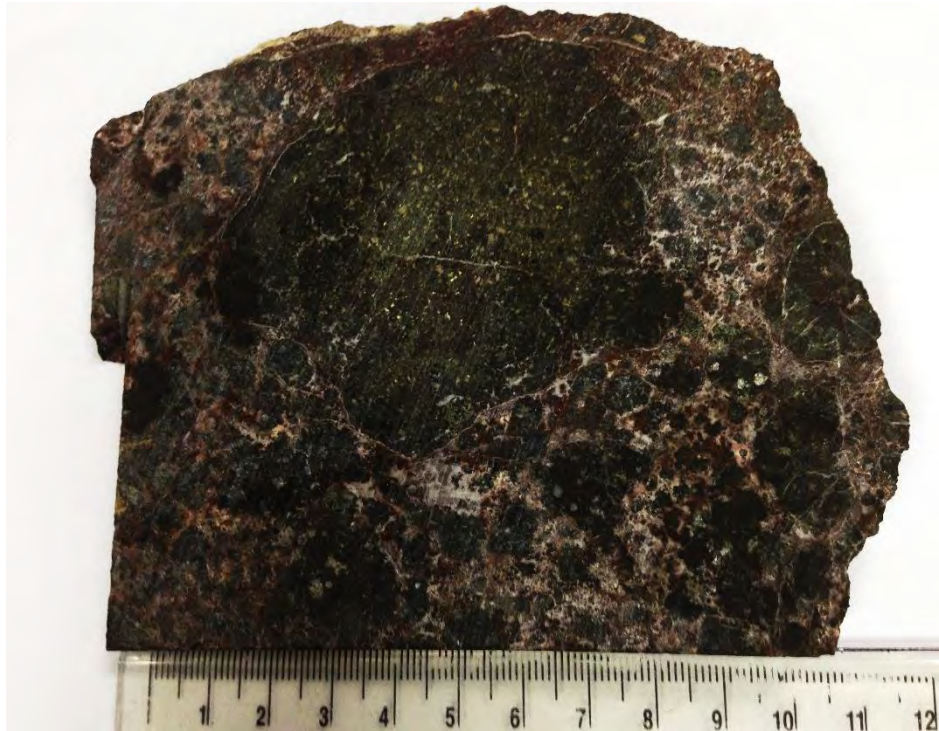
4.2 ศิลาวรรณา

จากหินตัวอย่างที่ได้มาจากการเก็บในภาคสนามได้นำมาเตรียมตัวอย่างเป็นแผ่นหินบาง และทำการศึกษาศิลาวรรณาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพราไลซ์เพื่อดูร่องรอยประกอบและโครงสร้างของหินภูเขาไฟ

จากหินตัวอย่าง (hand specimen) และแผ่นหินอัดเรียบ พบว่าหินภูเขาไฟมีลำเทาเขียวถึงดำในหน้าผุ และสีเทาดำในหน้าสด จัดเป็นพวกเมฟิก พบลักษณะเนื้อพื้นแบบเนื้อเนียน คือไม่สามารถมองเห็นผลึกแร่ได้ด้วยตาเปล่า (aphanitic texture) สำหรับใน pyroclastic rock พบเป็นหินแปลกปลอม (xenolith) ของหินภูเขาไฟประเภทเมฟิก ตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-20 เซนติเมตร และตัวเชื่อมประสาน เป็นแร่ calcite และหิน volcanic clastic เป็นลักษณะเนื้อหินแบบเนื้อผสม (clastic sedimentary rock) ที่มีเม็ดตะกอนส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟประเภทเมฟิก ตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1-1 เซนติเมตร และพบซากดึกดำบรรพ์ด้วย (รูป 4.15-4.16)



รูป 4.15 หินบะซอลต์ ปิดทับด้วยหิน breccia limestone ที่มี clast เป็นหินบะซอลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.5-5 เซนติเมตร. พบ calcite vein แทรกเข้ามาตามรอยแตกในหินบะซอลต์ (รูป 4.6)



รูป 4.16 mafic pyroclastic rock slab แสดงการกระจายตัวของ rock fragment ของหิน mafic volcanic rock ที่ขนาดใหญ่ที่สุดคือ 7X7 เซนติเมตร (รูป 4.9 ข.)



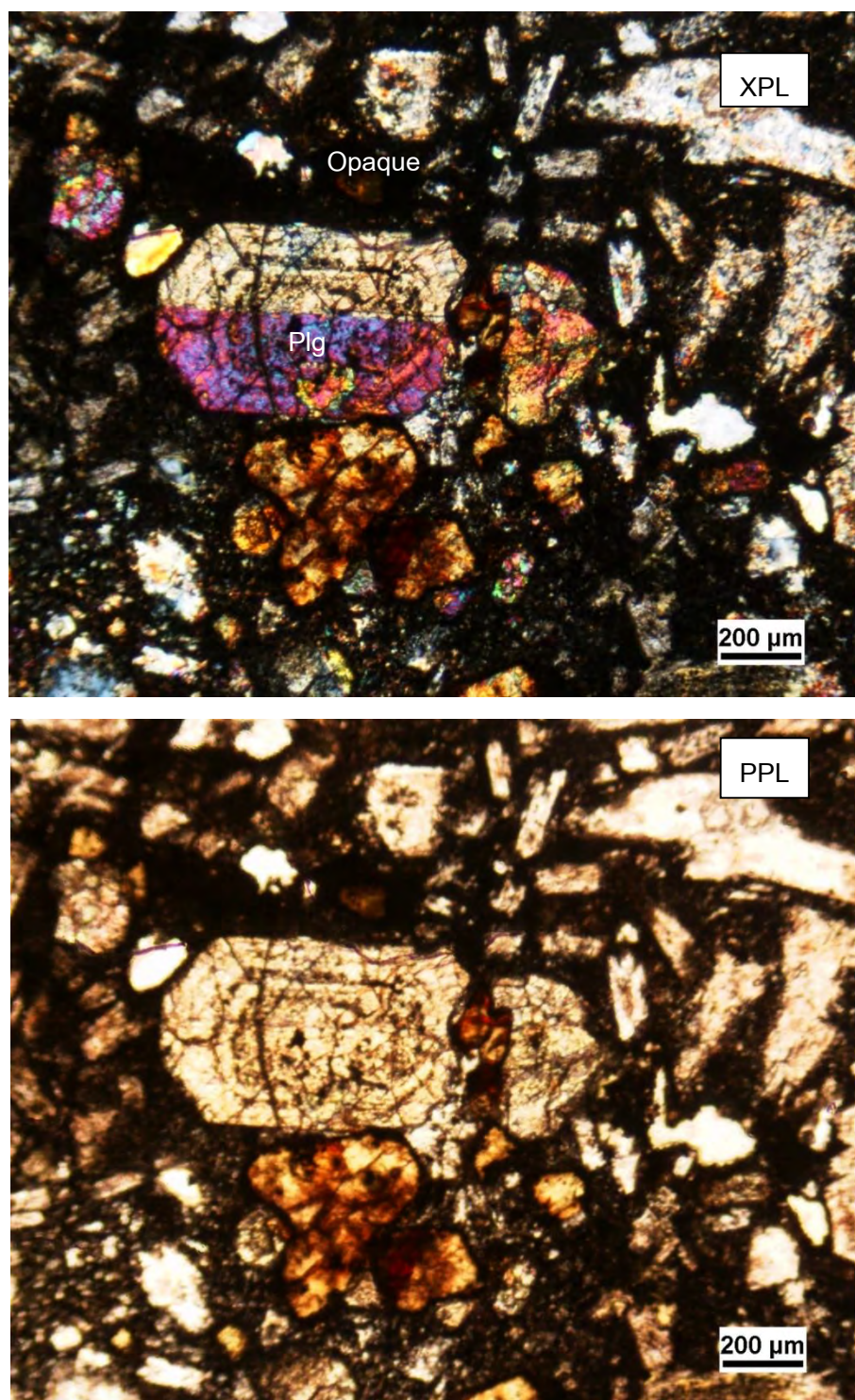
รูป 4.17 volcanic clastic rock slab แสดงลักษณะเม็ดตะกอนส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟ ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 0.2x0.5 เซนติเมตร พบในบริเวณพนมจตุเจียง B (รูป 4.11 ก.)

จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ พบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยอัตรส่วนระหว่างผลึกดอก (phenocryst) และเนื้อพื้น (groundmass) ประมาณ 50:50 แร่เด่นที่พบได้แก่ Plagioclase, Pyroxene, Olivine, Volcanic glass และ Opaque minerals

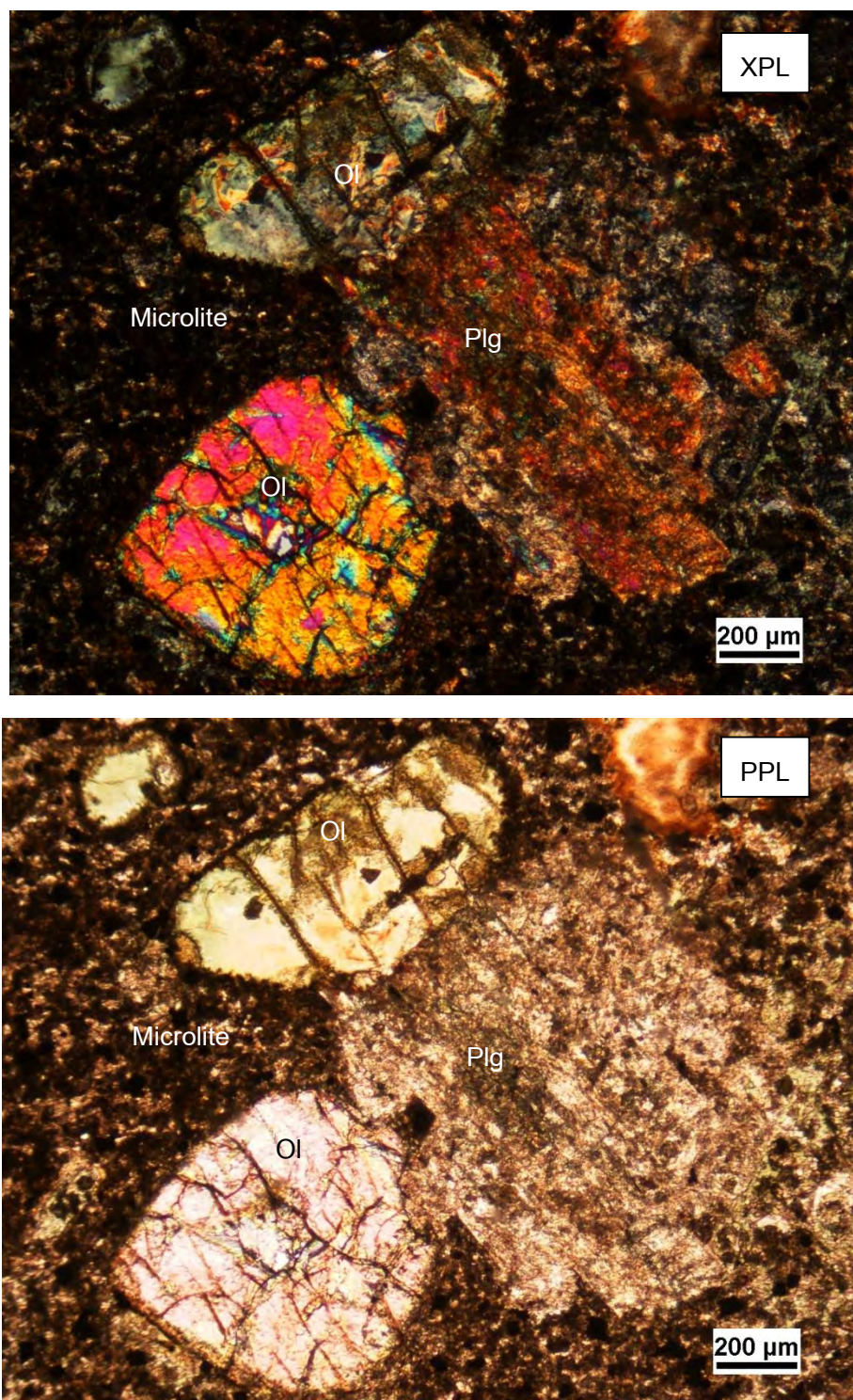
ผลึกดอกมีลักษณะของรูปร่างผลึกแร่ (crystal form) แบบผลึกสมบูรณ (euhedral crystals) ถึงผลึกกึ่งสมบูรณ (subhedral crystals) มีแร่เด่นคือ Plagioclase ที่มีรูปร่างแบบแท่ง (lath) ปะปนกับผลึกแร่ที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายกับรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้า (tabular) และผลึกชุก (microlite) (รูป 4.18) และมี An content อยู่ระหว่าง 61-75 ซึ่งจัดเป็น bytownite แร่ Pyroxene ที่พบส่วนใหญ่เป็น Clinopyroxene พบ Orthopyroxene บ้างเล็กน้อย พบแร่ Olivine กระจายเป็นจำนวนมากเช่นกัน และยังพบแร่ Chlorite ที่เป็นแร่ทุติยภูมิ (secondary mineral) (รูป 4.21)

ลักษณะเนื้อพื้นเด่นๆ ที่พบได้แก่ supolitic texture ที่มีแร่ pyroxene จำพวก Clinopyroxene อมแร่ Plagioclase เอาไว้ รูป พบเป็นเนื้อดอกซ้อน (glomeroporphyritic texture) และผลึกเนื้อดอก (porphyritic texture) (4.19) เป็นผลึกดอกที่ประกอบไปด้วยแร่จำพวก Plagioclase, Pyroxene, Olivine, Volcanic glass และ Chlorite ซึ่งเป็นแร่ทุติยภูมิ มีลักษณะทิศทางการไหลไปในทิศทางเดียวกัน แสดงลักษณะการไหลของหินหนืดเป็นแบบเนื้อผลึกไหล (trachytic texture) เป็นเนื้อหินที่แสดงทิศทางการไหลของผลึกชุก (Plagioclase microlite) (รูป 4.19) พบลักษณะการกัดเข้าไปของเนื้อผลึกแร่ Orthopyroxene และ Clinopyroxene รูป แสดงลักษณะเนื้อกร่อนรูปอ่าว (embayment texture) แสดงลักษณะการเว้าของผลึก และผลึกส่วนใหญ่มีลักษณะขอบทรงกลม (corona texture) ของผลึกแปลกปลอม (xenocryst) ของ Plagioclase, Pyroxene และ Olivine ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาบริเวณขอบผลึกระหว่างแร่ที่ตกผลึกก่อนกับแร่ตกผลึกใหม่ (รูป 4.20)

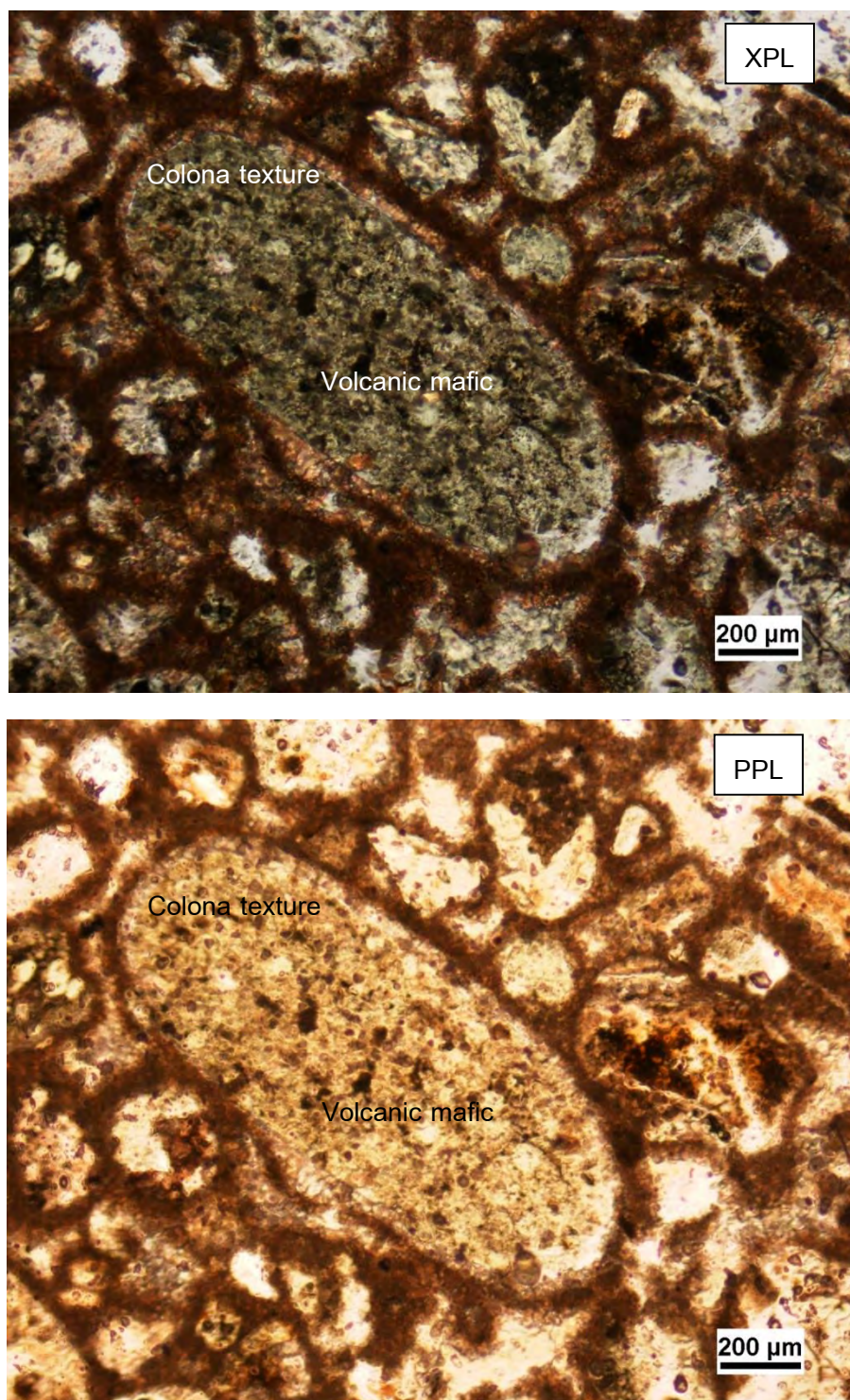
ศิวาวรรณาของหินภูเขาไฟจากบริเวณพนมจัญเจียง A และพนมจัญเจียง B สรุปได้ว่าประกอบไปด้วยแร่ Plagioclase, Pyroxene, Olivine Volcanic glass และ Opaque minerals โดยมีแร่ทุติยภูมิเป็นแร่ Chlorite มีรูปผลึกแร่ แบบผลึกสมบูรณและผลึกกึ่งสมบูรณ มีลักษณะของเนื้อหินเป็นแบบผลึกชุก เป็นเนื้อดอก เนื้อดอกซ้อน และมีลักษณะขอบทรงกลม โดยเนื้อพื้นส่วนใหญ่เป็นแบบแก้วภูเขาไฟ



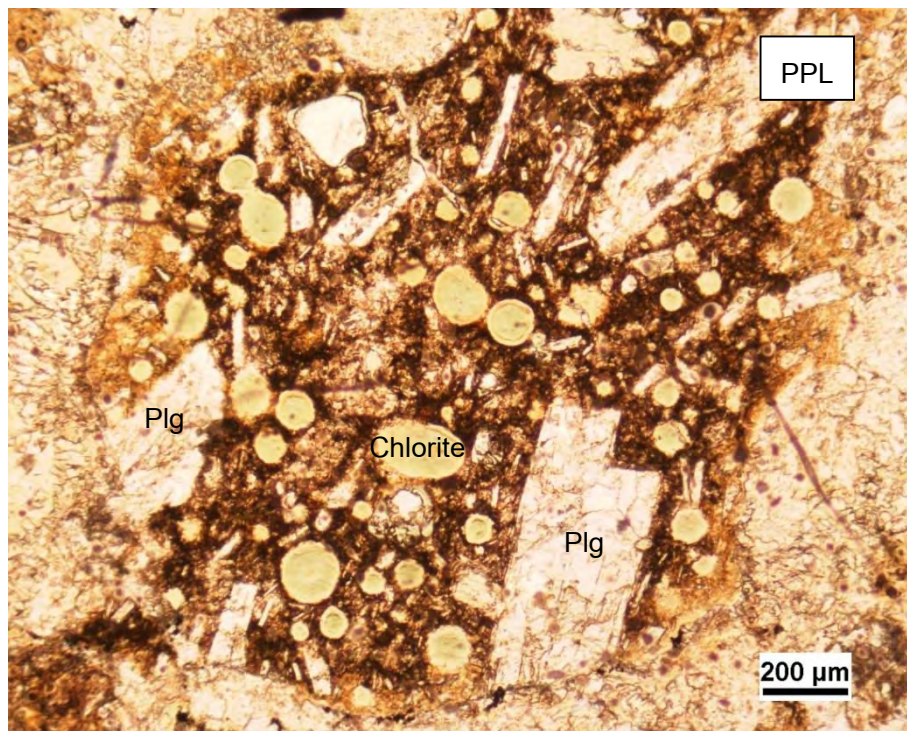
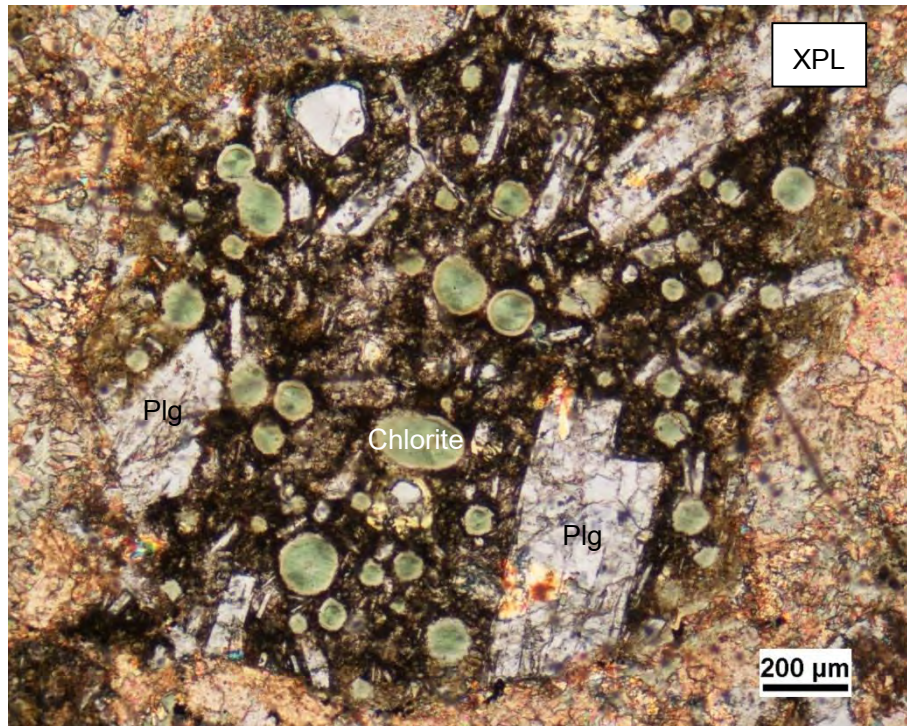
รูป 4.18 ภาพจากแผ่นหินบางของหินบะซอลต์ (รูป 4.15) แสดงลักษณะเนื้อเนียน ผลึกดอกมีลักษณะของรูปผลึกแร่แบบผลึกสมบุรณ์และผลึกกึ่งสมบุรณ์ มีแร่เด่นคือ Plagioclase ที่มีรูปร่างแบบแท่ง ปะปนกับผลึกแร่ที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายกับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีผลึกแฝด (carlsbad twin) แสดง zoning และเนื้อพื้นส่วนใหญ่เป็นแก้วภูเขาไฟสีเข้ม



รูป 4.19 ภาพจากแผ่นหินบางหินบะชอลด์ ที่เป็น rock fragment (รูป 4.16) แสดงลักษณะของเนื้อหินเป็นแบบผลึกซุย และเนื้อดอกซ้อน ประกอบไปด้วยแร่ Plagioclase 45% Pyroxene 20% Olivine 15% และลักษณะเนื้อพื้นเป็น Glassy material 10% Opaque minerals 10%



รูป 4.20 ภาพจากแผ่นหินบางหินตะกอนภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง (รูป 4.17) ผลึกส่วนใหญ่มีลักษณะขอบทรงกลม ในผลึกแปลกปลอมของ mafic volcanic rock ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าผลึกแปลกปลอมมีต้นกำเนิดจากแหล่งเดียวกับ mafic volcanic rock พนมจัญเจียง A

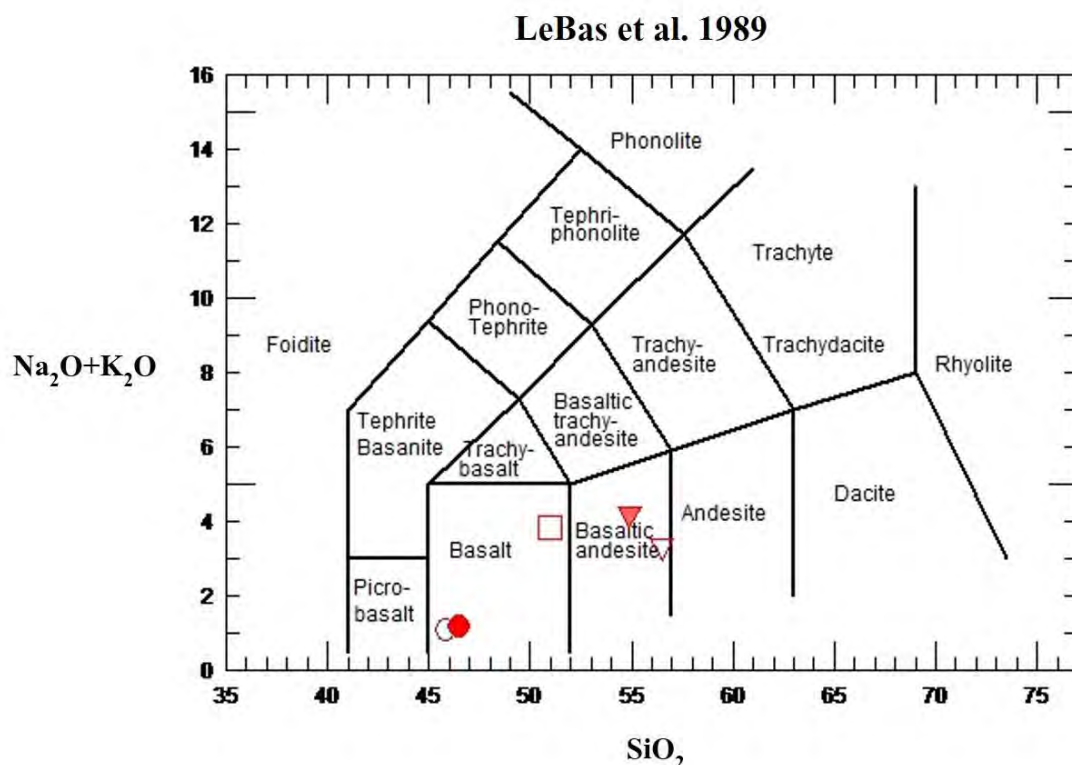


รูป 4.21 ภาพจากแผ่นหินบางของหินบะซอลต์ (รูป 4.15) แสดงเนื้อพื้นแบบ amygdaloidal ที่ประกอบด้วยแร่ Chlorite และแสดงผลึกแปลกปลอมของ Plagioclase เป็นส่วนใหญ่ ตามด้วย Pyroxene และ Olivine ตามลำดับ

4.3 ธรณีเคมี

4.3.1 ธาตุองค์ประกอบหลัก (Major Oxide)

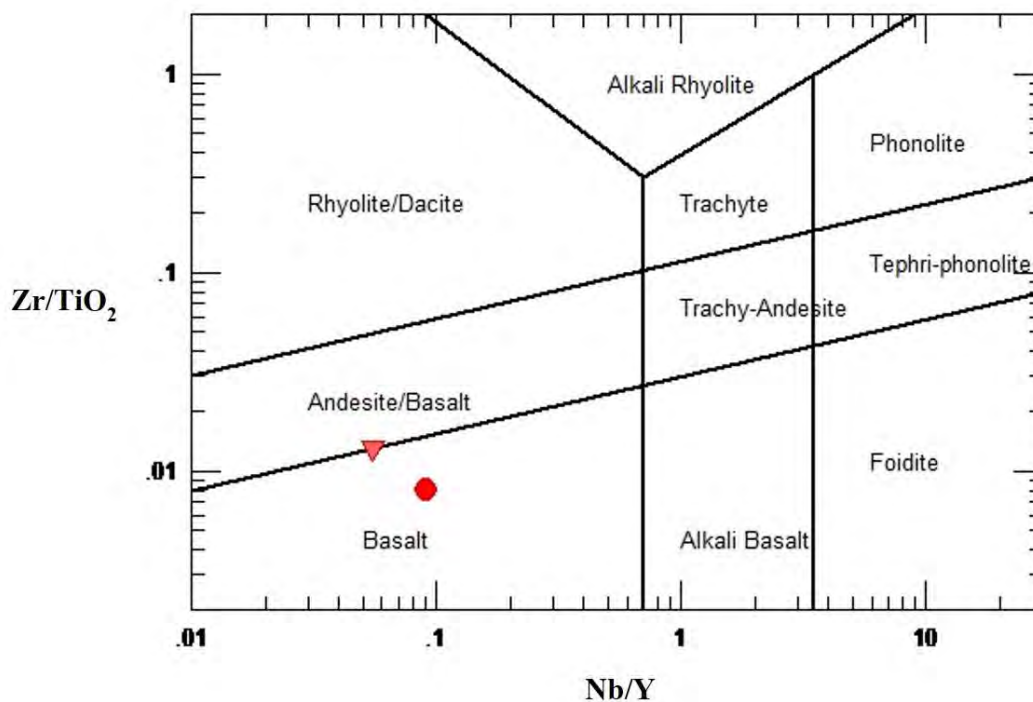
จากการคัดเลือกตัวอย่างหินภูเขาไฟจำนวน 5 ตัวอย่าง (BJA, BJB, BJC, BJD, BJE) มาศึกษาธรณีเคมีด้วยวิธี X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) เพื่อวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบหลัก พบว่ามีธาตุองค์ประกอบหลัก ดังนี้ SiO_2 26.50-46.48%, TiO_2 0.57-1.62%, Al_2O_3 9.22-18.23%, Fe_2O_3 7.42-16.4%, CaO 6.20-10.40, K_2O 0.48-0.75%, MgO 3.31-8.08%, MnO 0.14-0.26%, Na_2O 0.34-3.11% และ P_2O_5 0.06-0.11% (ดังตาราง 4.1) เมื่อนำมาเทียบกับ TAS diagram (Le Bas et al., 1986) พบว่าตัวอย่างหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียงเป็นหินบะซอลต์ (Basalt) และหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์ (Basaltic andesite) (รูป 4.22) เช่นเดียวกับ Zr/TiO₂-Nb/Y diagram (Revised Winchester and Floyd, 1977) พบว่าตัวอย่างหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียงเป็นหินบะซอลต์ และหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์ (รูป 4.23) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ AFM diagram ของ Irvin and Baragar, 1977 พบว่าหินภูเขาไฟมีความสัมพันธ์กับกลุ่ม magma series ประเภท tholeiite (รูป 4.24)



รูป 4.22 Total Alkali-SiO₂ Discrimination diagram (Le Bas et al., 1986)

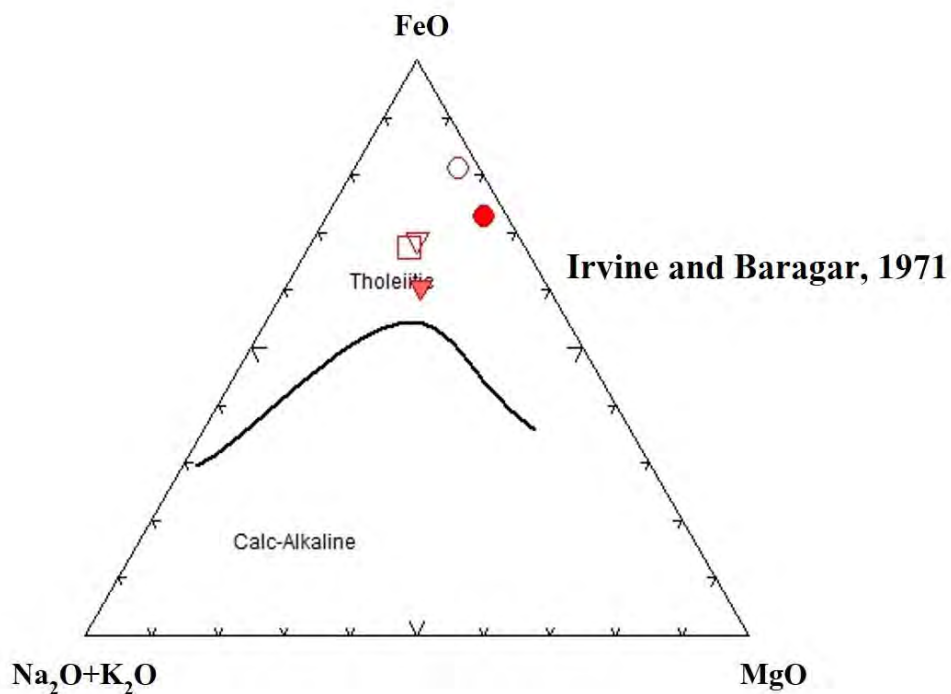
ของหินภูเขาไฟพนมจัญเจียง พบว่าเป็นหินบะซอลต์และหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์

Revised Winchester and Floyd,1977



รูป 4.23 Zr/TiO₂-Nb/Y Discrimination diagram (Revised Winchester and Floyd,1977)

ของหินภูเขาไฟพนมจัญเจียง จัดเป็นหินบะซอลต์และหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์

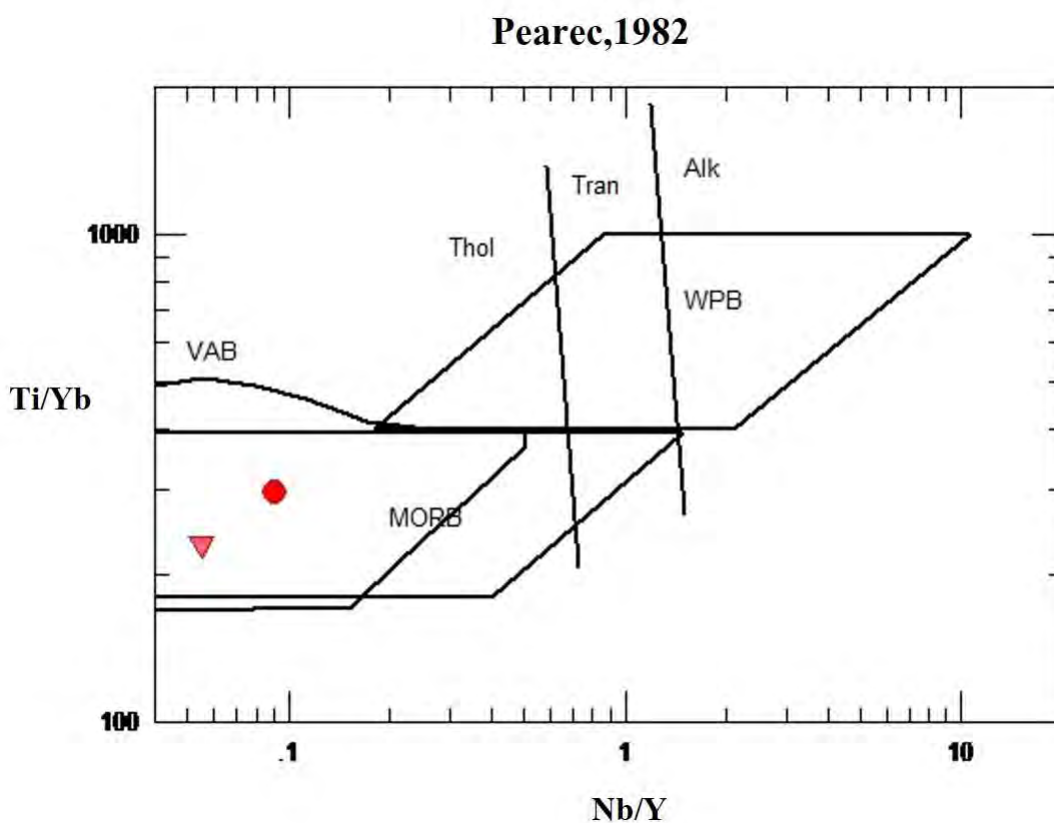


รูป 4.24 AFM Variation Triangular diagram (Irvine and Baragar, 1971)

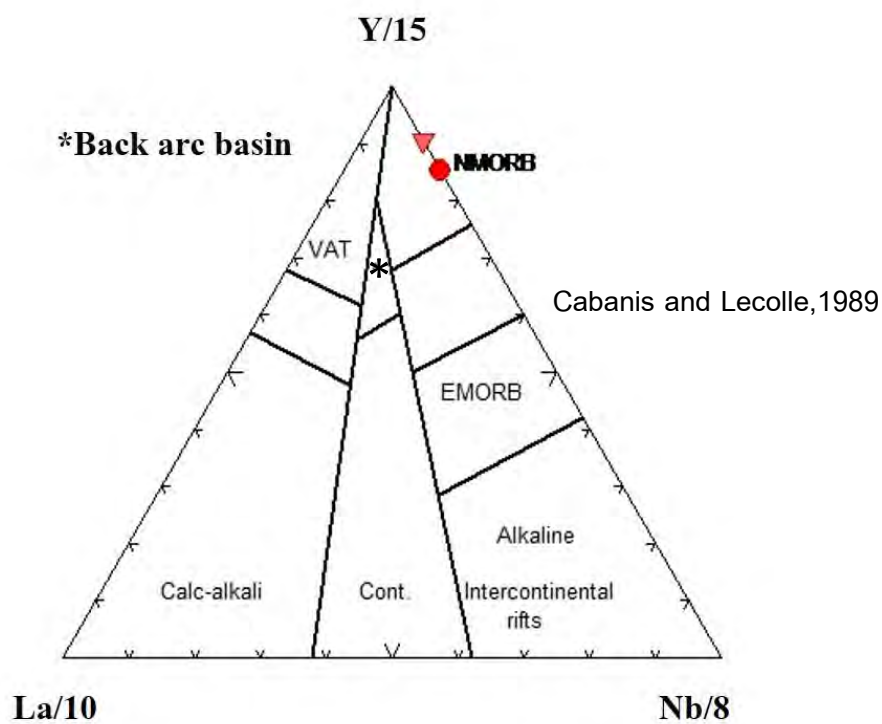
พบว่าหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียงเกิดจาก magma series ประเภท tholeiite

4.3.2 ธาตุร่องรอย (Trace element) และธาตุหายาก (Rare-earth element)

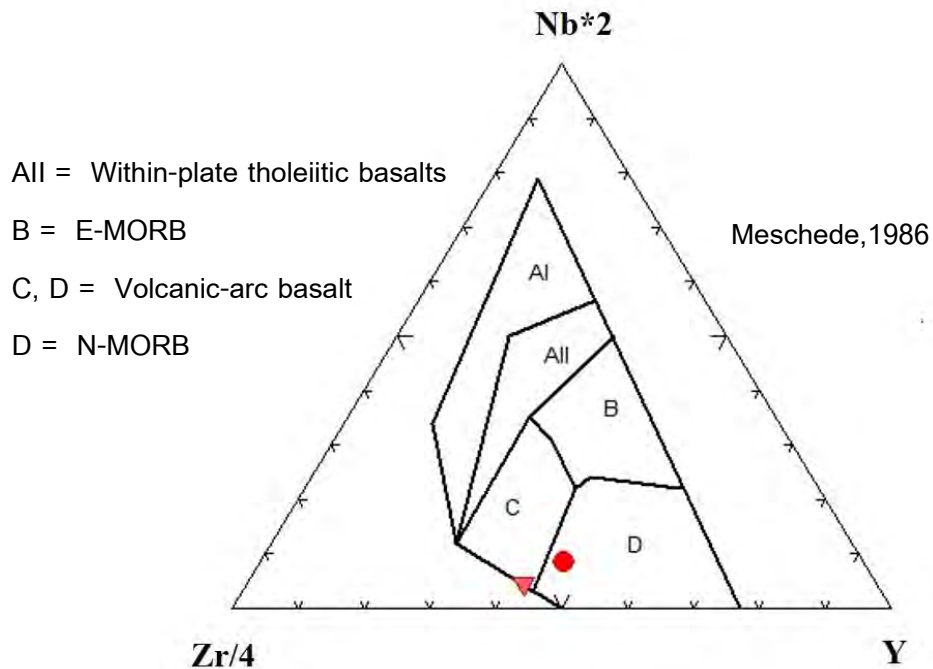
จากการคัดเลือกตัวอย่างหินภูเขาไฟจำนวน 2 ตัวอย่าง (BJA, BJB) มาศึกษาธรณีเคมีด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) เพื่อวิเคราะห์หาธาตุร่องรอย และธาตุหายาก พบว่าหินภูเขาไฟประกอบไปด้วย Al, Ba, Be, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Ni, P, Sc, Sr, Ti, V, Zn, Ag, As, Bi, Cd, Ce, Co, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Ge, Hf, Ho, In, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Pb, Pr, Rb, Sb, Sm, Sn, Ta, Tb, Th, Tl, Tm, U, W, Y, Yb และ Zr โดยสามารถนำธาตุเหล่านี้มากำหนดจุดในไดอะแกรมต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ชนิดของหิน (รูป 4.23) แหล่งกำเนิด และธรณีแปรสัณฐานของหินภูเขาไฟได้ ซึ่งมีความแม่นยำสูงกว่าการวิเคราะห์โดยใช้ธาตุองค์ประกอบหลัก ผลได้ดังต่อไปนี้



รูป 4.25 Ti/Yb-Nb/Y Discrimination diagram (Pearec, 1982) พบว่าหินบะซอลต์บริเวณพรมมจัญเจียงสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในบริเวณเทือกเขากลางมหาสมุทร (Mid Oceanic Ridge Basalt) หรือบริเวณแนวภูเขาไฟรูปโค้ง (Volcanic Arc Basalt) จึงต้องวิเคราะห์หาแหล่งกำเนิดจากไดอะแกรมอื่นเพิ่มเติม

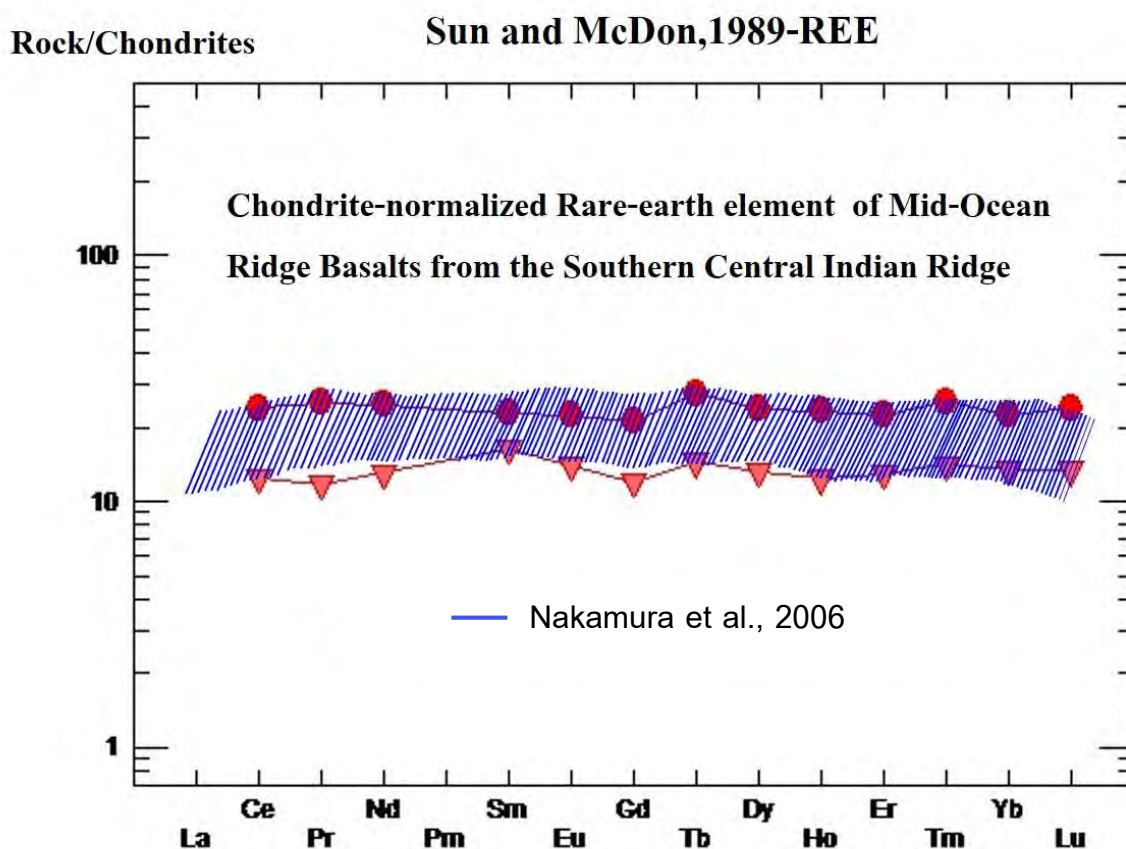


รูป 4.26 Y-La-Nb Discrimination Triangular diagram (Cabanis and Lecolle, 1989)
พบว่าหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียงเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมแบบเทือกเขากลางสมุทร (Normal Mid-Oceanic Ridge Basalt)

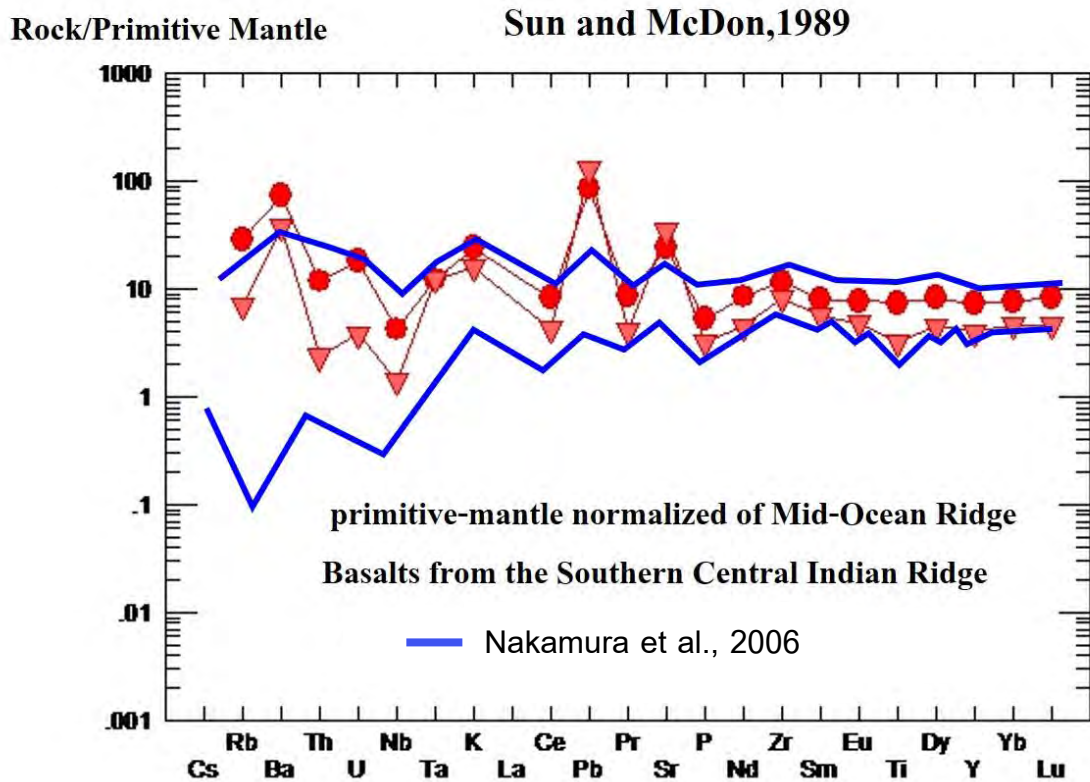


รูป 4.27 Nb-Zr-Y Discrimination Triangular diagram (Meschede, 1986)
พบว่าหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียงเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมแบบเทือกเขากลางสมุทร

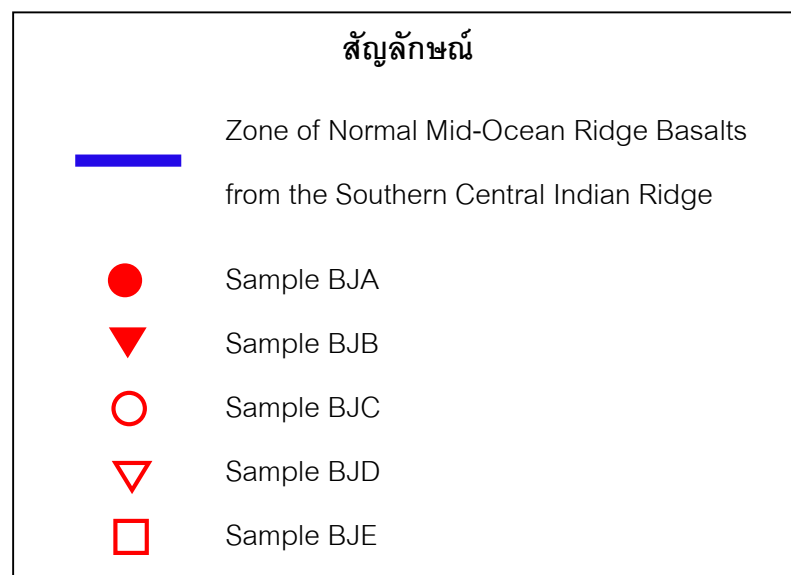
จากไดอะแกรมข้างต้น จึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าหินหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียง เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมแบบเทือกเขากลางสมุทร (N-NORB) เกิดขึ้นจากแม็กมาขั้นต้น (primitive magma) บริเวณที่ตื้น เกิดการหลอมละลายของหินหนืด (lava) บริเวณชั้นเนื้อโลกส่วนบน (upper mantle) แล้วเกิดการดันขึ้นด้านบนส่งผลให้ชั้นเปลือกโลกบางและแยกตัวออกจากกันที่สุดในที่สุด ทำให้แผ่นมหาสมุทรแยกตัวออกจากกันเกิดการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทร และเกิดเป็นเทือกเขากลางสมุทร ดังนั้นจึงนำธรณีเคมี ธาตุหายาก ของเทือกเขากลางสมุทรในปัจจุบันบริเวณมหาสมุทรอินเดียตอนใต้มาเทียบกับพื้นที่ศึกษาจาก Chondrite-normalized Rare-earth element และ primitive-mantle normalized diagram (Sun and McDon,1989-REE) โดยใช้ข้อมูลธรณีเคมีจาก Nakamura et al (2006) พบว่าหินภูเขาไฟบริเวณพนมจัญเจียงมีค่าใกล้เคียงและอยู่ในโซนเดียวกันกับเทือกเขากลางสมุทร บริเวณมหาสมุทรอินเดียตอนใต้ (รูป 4.28-4.29)



รูป 4.28 Chondrite-normalized Rare-earth element (Sun and McDon,1989-REE)



รูป 4.29 primitive-mantle normalized diagram (Sun and McDon,1989-REE)



ตาราง 4.1 ธรรณีเคมี ธาตุหลัก ธาตุรองรอย และธาตุหายาก จากตัวอย่างหินภูเขาไฟบริเวณ
พนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา

Sample No.	BJA	BJB	BJC	BJD	BJE
Major oxides (wt%) by XRF					
SiO ₂	35.85	46.48	26.50	34.90	32.00
TiO ₂	1.62	0.70	1.19	0.74	0.57
Al ₂ O ₃	14.59	18.23	9.22	14.1	11.2
Fe ₂ O ₃	13.74	7.42	16.4	8.16	8.21
MnO	0.21	0.17	0.26	0.17	0.14
MgO	8.08	4.50	5.75	3.37	3.31
CaO	6.72	6.72	6.20	7.63	10.40
Na ₂ O	0.46	3.73	0.34	2.80	3.11
K ₂ O	0.72	0.48	0.75	0.52	0.72
P ₂ O ₅	0.11	0.069	0.09	0.06	0.08
LOI	4.67	3.74	9.48	3.30	4.57
TOTAL	86.77	92.24	76.18	75.75	74.31
Trace element and Rare-earth element Data (ppm) by ICP-MS					
Sample No.	BJA	BJB	Sample No.	BJA	BJB
Ba	508.2	264.8	Pb	6	9
Ce	14.7	7.6	Pr	2.39	1.12
Cs	1.2	0.3	Rb	18.4	4.4
Dy	6.03	3.34	Sr	502.2	718.2
Er	3.70	2.14	Sm	3.5	2.5
Eu	1.30	0.81	Ta	0.5	0.5
Gd	4.33	2.45	Tb	1.03	0.54
Ho	1.32	0.70	Th	1	0.2
K	0.6	0.4	Tl	0.5	0.5
La	4.3	1.4	Tm	0.65	0.36
Lu	0.61	0.34	U	0.38	0.08
Nb	3	1	Y	32.9	18.1
Nd	11.5	6.1	Yb	3.8	2.3
P	0.05	0.03	Zr	129.9	92.1

บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา

5.1 อภิปรายผลการศึกษาศิลาวรรณา

5.2 อภิปรายผลการศึกษากรณีเคมี

5.3 การแปรความหมายลักษณะทางกรณีแปรสัณฐาน

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

5.1 อภิปรายผลการศึกษาศิลาวรรณา

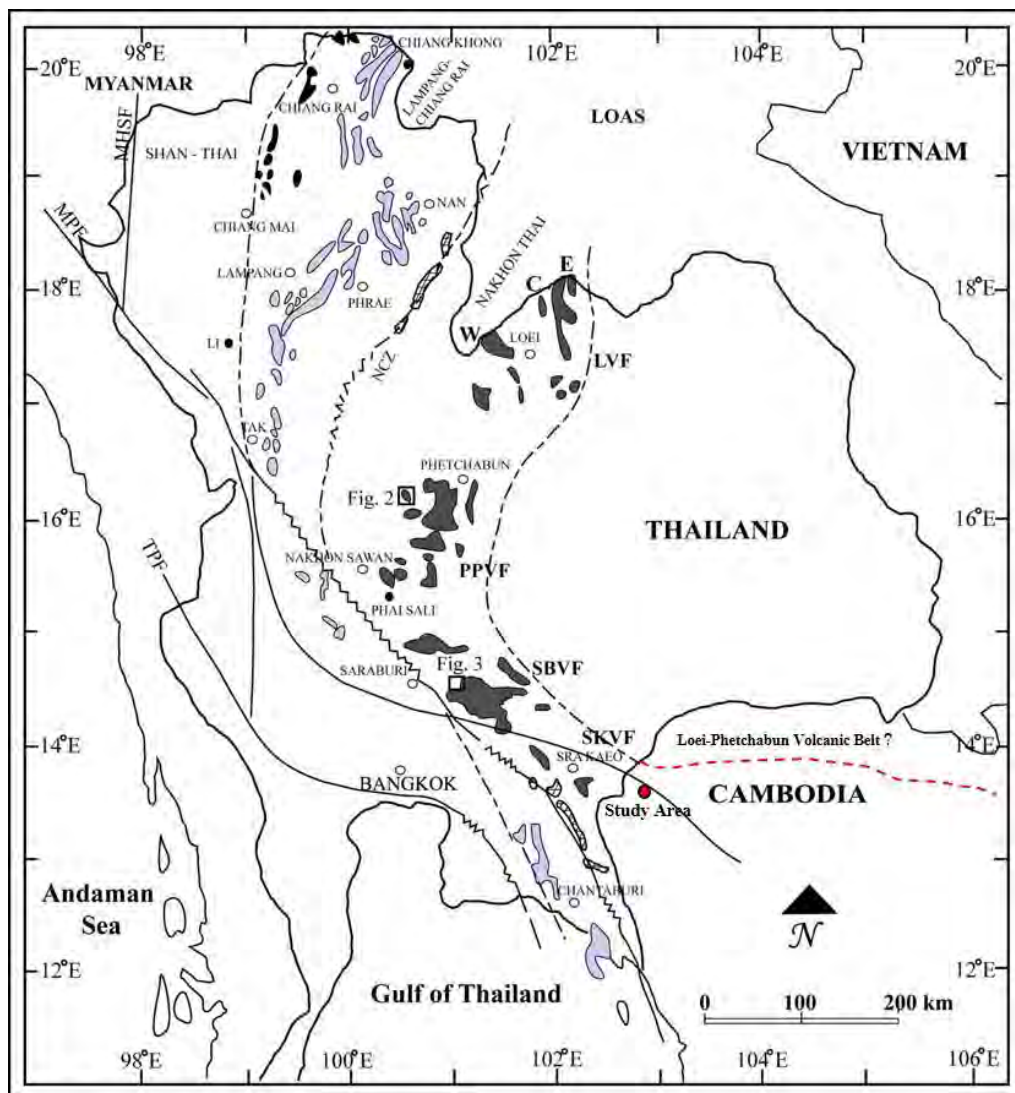
จากการศึกษาศิลาวรรณา พบว่าหินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์เนื้อดอก ผลึกดอกประกอบไปด้วยแร่ plagioclase, pyroxene, olivine, volcanic glass และ opaque minerals โดยมีแร่ทุติยภูมิเป็นแร่ chlorite มีรูปผลึกแร่ แบบผลึกสมบุรณ์ (euhedral crystals) และผลึกกึ่งสมบุรณ์ (subhedral crystals) มีลักษณะของเนื้อหินเป็นแบบผลึกชุก (plagioclase microlite) เป็นเนื้อดอก (porphyritic texture) เนื้อดอกซ้อน (glomeroporphyritic texture) และมีลักษณะขอบทรงกลม (corona texture) โดยเนื้อพื้นส่วนใหญ่เป็นเนื้อแก้วภูเขาไฟสีเข้ม (mafic volcanic glass) โดยมีลักษณะคล้ายกับหินบะซอลต์ในพื้นที่บ้านหาดงา (นิติรัฐและคณะ, 2552) บ้านดอนเงิน (ศุภชัย, 2552) หลวงพระบาง ประเทศลาว ซึ่งพบว่าหินบะซอลต์จำพวก olivine porphyry basalt มีแร่หลักเป็น plagioclase, microlite, micropyroxene และ opaque mineral เนื้อหินพบลักษณะ texture แบบ trachytic และ amygdaloidal อีกทั้งพบ porphyry basalt ที่มีแร่หลักเป็น olivine และ plagioclase เป็น phenocryst เนื้อหินเป็นแร่ plagioclase โดยมี texture แบบ subophitic นอกจากนี้ศิลาวรรณายังมีลักษณะคล้ายคลึงกับหินบะซอลต์บริเวณแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ตอนบน (Intasopa, 1993)

5.2 อภิปรายผลการศึกษาธรณีเคมี

ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมี บ่งชี้ว่าหินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์ และหินบะซอลติกแอนดีไซต์ โดยเกิดขึ้นจากลำดับชุดแม็กมา (magma series) ประเภท tholeiitic เช่นเดียวกับหินบะซอลต์ในแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ บริเวณจังหวัดเลย (Intasopa, 1993) และธาตุหลักมีค่าใกล้เคียงกันกับหินบะซอลต์ที่พบบ้านหาดงา หลวงพระบาง ประเทศลาว (นิติรัฐและคณะ, 2552) โดยมี K_2O 0.15-1.33 wt% Na_2O 1.65-3.53 wt% TiO_2 1.06-1.74 wt% $Ti/V = 20-50$ ซึ่งทั้งสองแห่งแสดงถึงการเกิดของหินบะซอลต์ภาคพื้นมหาสมุทร (ocean floor basalt) จึงคาดว่าน่าจะเกิดจากธรณีแปรสัณฐานแบบเทือกเขากลางสมุทร (MORB) จากการวิเคราะห์โดย Chondrite-normalized Rare-earth element และ primitive-mantle normalized เปรียบเทียบกับธรณีแปรสัณฐานแบบเทือกเขากลางสมุทร บริเวณ Southern Central Indian Ridge (Nakamura et al., 2006) บ่งชี้ว่าธาตุร่องรอยและธาตุหายาก มีค่าใกล้เคียงกันมาก และมีแนวโน้มไปทิศทางเดียวกัน จึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นหินบะซอลต์ภาคพื้นมหาสมุทร ที่เกิดจากเทือกเขากลางสมุทร (N-MORB)

5.3 การแปรความหมายลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน

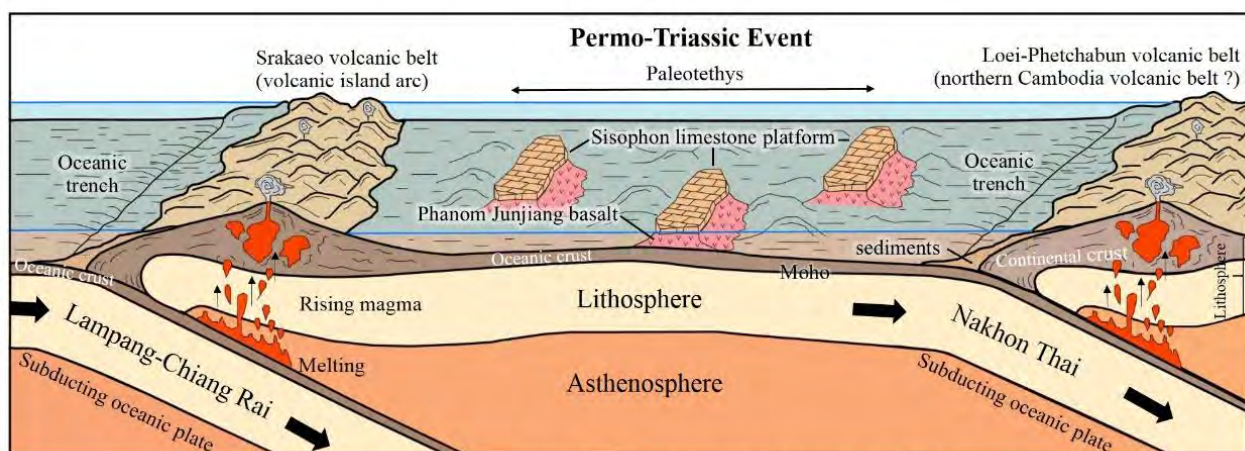
การวิเคราะห์ธรณีแปรสัณฐานจากธรณีเคมีและ REE pattern plot พบว่าหินบะซอลต์เกิดขึ้นในบริเวณภาคพื้นมหาสมุทร ธรณีแปรสัณฐานแบบเทือกเขากลางสมุทร (N-MORB) สันนิษฐานได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นภาคพื้นมหาสมุทรโบราณ (Paleotethys oceanic crust) ที่ตั้งอยู่ระหว่างแนวรอยตะเข็บธรณีเลย-สระแก้ว (Loei - Srakaeo geosutures) (รูป 5.1)



รูป 5.1 แนวหินภูเขาไฟและแนวรอยตะเข็บธรณีในประเทศไทย

(modified from Panjasawatwong et al., 1997 and Barr and Charusiri, 2011)

หินภูเขาไฟพบนมจุกเจียงเกิดจากธรณีแปรสัณฐานแบบเทือกเขากลางสมุทร หินบะซอลต์เกิดขึ้นจากกระบวนการแผ่ขยายพื้นสมุทร (sea floor spreading) เป็นบะซอลต์ภาคพื้นมหาสมุทร อยู่ตรงกลางระหว่างรอยตะเข็บธรณีเดียวกับรอยตะเข็บธรณีสระแก้ว ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าในบริเวณพื้นที่ศึกษาเกิดเทือกเขากลางสมุทร ส่งผลให้เกิดการแผ่ขยายของพื้นสมุทรในแผ่นมหาสมุทรโบราณ ของแผ่นภาคพื้นมหาสมุทรนครไทย (Nakhon Thai) (Charusiri et al., 2002) และ (Sangsomphong et al., 2013) ทำให้แผ่นภาคพื้นมหาสมุทรนครไทยเคลื่อนที่ออกจากกัน และอาจจะเคลื่อนที่ไปมุดตัวแผ่นภาคพื้นทวีปอินโดจีน (Indochina) ทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา ทำให้เกิดเป็นแนวหินภูเขาไฟประเภท cale-alkaline ต่อเนื่องจากแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย์-เพชรบูรณ์ เข้าไปทางตอนเหนือของประเทศกัมพูชา (Morley et al., 2013) ส่วนทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษาเป็นแนวรอยตะเข็บธรณีสระแก้ว เป็นแนวหินภูเขาไฟหมู่เกาะรูปโค้งกลางมหาสมุทร (volcanic island arc) (Sone et al., 2012) บ่งชี้ถึงการชนกันและมุดตัวของแผ่นภาคพื้นมหาสมุทรลำปาง-เชียงใหม่ (Lampang-Chiang Rai) มุดตัวแผ่นภาคพื้นมหาสมุทรนครไทย แต่อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่ของแผ่นภาคพื้นมหาสมุทรนครไทยในบริเวณพื้นที่ศึกษาก็ยังไม่สามารถบอกทิศทางการเคลื่อนที่ได้อย่างแน่ชัด (รูป 5.2)



GEOLOGY AND PETROCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS AT PHANOM JUNJIANG, SISOPHON, KINGDOM OF CAMBODIA (Suppachai Nindum, 2015)

รูป 5.2 แบบจำลองการแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลกในบริเวณพื้นที่ศึกษา

บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

หินภูเขาบริเวณพนมจัญเจียง ศรีโสภณ ราชอาณาจักรกัมพูชา เป็นหินบะซอลต์ และหินบะซอลติกแอนดีไซต์ ลำดับชั้นหินในบริเวณพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 2 จุดการศึกษา ได้แก่ พนมจัญเจียง A พบหินปูนที่มีซากดึกดำบรรพ์อายุเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลายหนาประมาณ 30 เมตร วางตัวอยู่บนชั้นหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟในหินปูน และชั้นล่างสุดเป็นหินภูเขาไฟ สำหรับพนมจัญเจียง B พบหินปูนที่มีซากดึกดำบรรพ์อายุเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลายหนาประมาณ 20 เมตร เช่นเดียวกัน วางตัวอยู่บนชั้นหินตะกอน ที่ประกอบไปด้วย หินทราย หินดินดาน หินโคลน ถ่านหิน และหินตะกอนภูเขาไฟ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าหินภูเขาไฟเกิดขึ้นก่อนหินปูน จากการศึกษาซิลิการรณภาพ พบว่าหินภูเขาไฟเป็นหินบะซอลต์เนื้อดอก ผลึกดอกประกอบไปด้วยแร่โอลิวีน และแร่แคลเซียมแพลจิโอเคลส เนื้อพื้นส่วนใหญ่ประกอบด้วยเนื้อแก้วสีเข้มและผลึกชุก ผลการวิเคราะห์ธรณีเคมี บ่งชี้ว่าหินภูเขาไฟเกิดขึ้นจากลำดับชุดแม็กมาประเภท tholeiitic การวิเคราะห์ธรณีแปรสัณฐานจากธรณีเคมีและ REE pattern plot พบว่าหินบะซอลต์เกิดขึ้นในบริเวณภาคพื้นมหาสมุทร ธรณีแปรสัณฐานแบบเทือกเขากลางสมุทร ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นภาคพื้นมหาสมุทรโบราณ ที่ตั้งอยู่ระหว่างแนวรอยตะเข็บธรณีรอย-สระแก้ว และคาดว่าเป็นแผ่นภาคพื้นมหาสมุทรนครไทย ที่เกิดการแผ่ขยายพื้นมหาสมุทรและเคลื่อนที่เข้าไปมุดตัวแผ่นภาคพื้นทวีปอินโดจีน ทำให้เกิดแนวหินอัคนีภูเขาไฟต่อเนื่องจากเลย-เพชรบูรณ์ เข้าไปทางตอนเหนือของประเทศกัมพูชา

เอกสารอ้างอิง

- นิติรัฐ อุตรสินธุ์, 2552. **ศิลาบรรณและธรณีเคมีของหินบะซอลต์ บริเวณบ้านหาดงา เมืองหลวงพระบางภาคเหนือของประเทศไทย**. โครงการงานวิทยาศาสตร์, ภาควิชาธรณีวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 56 หน้า
- ศุภชัย ชูสวัสดิ์, 2552. **ศิลาบรรณและธรณีเคมีของหินบะซอลต์ บริเวณบ้านดอนเงิน เมืองหลวงพระบางประเทศไทย**. โครงการงานวิทยาศาสตร์, ภาควิชาธรณีวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 59 หน้า
- Barr, S.M., Charusiri, P., 2011. **Volcanic rocks**. In: Ridd, M.F., Barber, A.J., Crow, M.J. (Eds.), *The Geology of Thailand*. Geological Society, London, pp. 415–439.
- Bunopas, S., 1981. **Paleogeographic History of Western Thailand and Adjacent Parts of South-east Asia**. PhD Thesis, Victoria University of Wellington, Wellington. (Reprinted in 1982 as Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Geological Survey Paper No. 5, Special Issue.)
- Burrett C. et al., 2014. **The configuration of Greater Gondwana—Evidence from LA ICPMS, U–Pb geochronology of detrital zircons from the Palaeozoic and Mesozoic of Southeast Asia and China**. International Association for Gondwana Research. Published by Elsevier B.V. All rights reserved.
- Chutakositkanon, V., Hisada, K., 2008. **Tectono-stratigraphy of the Sa Kaeo-Chanthaburi Accretionary Complex, Eastern Thailand: Reconstruction of Tectonic Evolution of Oceanic Plate-Indochina Collision**, Proceeding of the International Symposia on Geoscience Resources and Environment of Asian terranes (GREAT 2008), Bangkok, 330-338 p.
- Chutakositkanon, V., Charoentitirat, T., Charusiri, P., Hisada, K., 2004. **Sa Kaeo–Chanthaburi accretionary complex, eastern Thailand: tectonic evolution of the western margin of Indochina**. In: Charusiri, P., Hisada, K. (Eds.), *Permian–Triassic Sediments in Thailand, Sa Kaeo–Chanthaburi and Phuket*. Field Excursion Guidebook of International Symposium on the Geologic Evolution of East and Southeast Asia – Microcontinental Accretion and Formation of Marginal Sea, Bangkok, pp. 1–50.

- Charusiri P. et al., 2010. **Petrochemistry and Geochronology of Ban Hatnga Basalt, Luang Phrabang, northern Lao PDR, Implication for Tectonic Setting.** Thai-Lao Technical Conference on Geology and Mineral Resources, September 7-8.
- Intasopa, S., 1993. **Petrology and geochronology of the volcanic rocks of the Central Thailand Volcanic Belt.** Unpublished Ph.D. thesis, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.
- John W. Shervais, W., 1982. **Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas.** Department of Geological Sciences, University of California, Santa Barbara, CA 93106 (U.S.A.)
- Metcalf., 2012. **Gondwana dispersion and Asian accretion : Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys,** Department of Earth and Planetary, Macquarie University, NSW, Australia, 33 p.
- Morley C.K., 2013. **Development of the Khao Khwang Fold and Thrust Belt: Implications for the geodynamic setting of Thailand and Cambodia during the Indosinian Orogeny.** *Journal of Asian Earth Sciences* 62 (2013) 705–719.
- Nakamura, K., 1971. **Anidathus and Megousia (Brachiopoda) from the Permian of Japan and Cambodia,** Department of Geology and Mineralogy Faculty of Science, Hokkaido University, Japan, 12 p.
- Nakamura K, Sato H, Sato Y, Ishii T., 2006. **Petrological and geochemical study of the Indian Ocean MORB from the Rodriguez Triple Junction, Indian Ocean.** *EOS Trans AGU* 87(52) Fall Meet Suppl, Abstract B31B–1104.
- Nakamura K, Sato H, Kumagai H, Senda R, Morishita T, Tamura A, Arai S., 2015. **Petrology and Geochemistry of Mid-Ocean Ridge Basalts from the Southern Central Indian Ridge.** In J.-i. Ishibashi et al. (eds.), *Subseafloor Biosphere Linked to Hydrothermal Systems: TAIGA Concept*, 163-175 p.
- Panjansawatwong, Y., Zaw, Khin., Chantaramee, S., Limtrakun, P., Pirarai, K., 2006. **Geochemistry and tectonic setting of eruption of central Loei volcanic rocks, Pak Chom, area, Loei, northeast Thailand.** *Journal of Asian Earth Sciences* 26, 77–90.

- Rollinson H.R., 1993. **Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation**, 352 p.
- Salam, A., Khin Zaw, Mefre, S., Golding, S., McPhie, J., Suphananthi, S., James, S., 2008. **Mineralization and oxygen isotope zonation of Chatree epithermal goldsilver deposit, Phetchabun Province, central Thailand**. In: Proceedings of PACRIM Congress, Gold Coast, Australia, 24–26 November, 2008.
- Sangsomphong A. et al., 2013. **Tectonic blocks and suture zones of eastern Thailand: evidence from enhanced airborne geophysical analysis**. ANNALS OF GEOPHYSICS, 56, 1, 2013, R0102; doi:10.4401/ag-5547 12 p.
- Sone, M., Metcalfe, I., Chaodumrong, P., 2012, **The Chanthaburi terrane of southeastern Thailand : Stratigraphic confirmation as a disrupted segment of the Sukhothai Arc**, Department of Geology, University of Malaya, 16-32 p.
- Stokes, R.B., Lovatt Smith, P., Soumphonphakdy, F.K., 1996. **Timing of the Shan-Thai-Indochina collision : new evidence from the Pak Lay Foldbelt of the Lao PDR**. **Tectonic Evolution of Southeast Asia**, Geological Society Special Publication, 106, 225-232 p.
- Sutthirat, C., Droop, G.T.R., Henderson, C.M.B., and Manning, D.A.C. 1999. **Petrography and mineral chemistry of xenoliths and xenocrysts in Thai corundum-related basalts: Implications for the upper mantle and lower crust beneath Thailand**. Proceedings of Symposium on Mineral, Energy, and Water Resources of Thailand: Towards the Year 2000. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 152-161.