

# Petrography and Geochemistry of Basalt in Ban Don Ngeun, Loung Phrabang, Loa PDR

Mr. Suppachai Choosawat

ID 493 27291 23

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF GEOLOGY  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2009

ศิลปะวรรณคดีและศิลปะเคมีของหินปะชอลล์  
บริเวณบ้านดอนเงิน หลวงพระบาง ประเทศลาว

นายศุภชัย ชูสวัสดิ์  
รหัสนิสิต 493 27291 23

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
พุทธศักราช 2552

## ศิลาพรรณและธรณีเคมีของหินบะซอลต์ บริเวณบ้านดอนเงิน

### หลวงพระบาง ประเทศลาว

นายศุภชัย ชูสวัสดิ์

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร: 0-8965-96664, e-mail: s.choosawat@gmail.com

#### บทคัดย่อ

หินบะซอลต์ที่แผ่ปกคลุมในพื้นที่บ้านดอนเงินซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของจังหวัดหลวงพระบาง ได้ถูกศึกษาเนื่องจากพบหินโผล่กระจายตามเส้นทางถนนหมายเลข 13 เป็นระยะทางประมาณ 12 ตารางกิโลเมตรจากบริเวณบ้านห้วยขวางไปจนถึงบ้านดอนเงิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นการบรรยายศิลาพรรณ การวิเคราะห์ธรณีเคมี และการเปรียบเทียบกับหินบะซอลต์ในบริเวณแนวตะเข็บธรณีน่านและแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์

หินบะซอลต์บ้านดอนเงินเกิดร่วมกับหินปูนยุคเพอร์โมคาร์บอนิเฟอรัส จึงได้ศึกษาภาคสนามและจำแนกหินบะซอลต์ออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะโครงสร้างหินภูเขาไฟ ชนิดแรกเป็นบะซอลต์มวลหนา (massive basalt) และชนิดที่สองเป็นบะซอลต์ที่ปรากฏโครงสร้างรูปหมอน (pillow basalt) ซึ่งทำให้คาดคิดว่าหินบะซอลต์นี้เกิดแข็งตัวในสภาวะแวดล้อมใต้น้ำ หินที่สดจำนวน 18 ตัวอย่างถูกคัดสรรเพื่อนำมาทำการศึกษาทางศิลาพรรณและธรณีเคมี

จากการศึกษาศิลาพรรณพบว่าหินบะซอลต์ในที่ศึกษาเป็นหิน olivine porphyric basalt ที่มีแร่องค์ประกอบหลักคือแร่ pyroxene olivine และ Ca-plagioclase เป็น phenocryst และมีเนื้อหินเป็นพวก trachytic, porphyritic, glomeroporphyritic และ subophitic โดยมีเนื้อพื้นเป็นแร่ Ca-plagioclase, clinopyroxene และ volcanic glass

จากการศึกษาธรณีเคมีโดยวิธี X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) พบว่าออกไซด์ธาตุหลักและธาตุพบน้อยของหินบะซอลต์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่กำหนดให้เป็น tholeiite basalt โดยมี  $K_2O$  0.15 – 1.33 wt%,  $Na_2O$  1.65 – 3.53 wt%,  $TiO_2$  1.06 – 1.74 wt% และ Zr 27.10-173.74 ppm

ในแง่ธรณีแปรสัณฐานจากการศึกษาศิลาเคมีของหินในพื้นที่พบมีความใกล้เคียงกับหินบะซอลต์ที่เกิดในลักษณะสันเขากลางสมุทร (MORB) ที่พบทางตอนเหนือของประเทศอัลเบเนีย นอกจากนี้อัตราส่วนของ Ti/V อยู่ระหว่าง 20-50 ซึ่งแสดงถึงการเกิดของหินแบบ oceanic flood basalt อีกทั้งธรณีเคมีของหินบะซอลต์นี้เมื่อเปรียบเทียบกับหินอัคนีภูเขาไฟบริเวณอื่น พบว่าหินบะซอลต์บริเวณ

บ้านดอนเงินส่วนใหญ่เป็นหิน tholeiite basalt ที่เกิดในสภาพการแปรสัณฐานคล้ายกับสันเขากลางสมุทร และจากการศึกษาธรณีเคมีทำให้ทราบว่าแตกต่างจากหินบะซอลต์ในบริเวณแนวตะเข็บธรณีนาน แต่จะมีลักษณะใกล้เคียงกับหินบะซอลต์บริเวณบ้านหาดงา ทางเหนือของหลวงพระบาง และแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ บริเวณพื้นที่ทางตอนใต้ของจังหวัดเลย

II

**คำสำคัญ:** Basalt, Loung Phrabang, Lao PDR, Petrography, Geochemistry

Petrography and Geochemistry of Basalt in Ban Don Ngeun,  
Loung Phrabang, Loa PDR

Suppachai Choosawat

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University;

Tel: 0-8965-96664 , e-mail: s.choosawat

**Abstract**

Basalt is spread in Ban Don Ngeun where located in north of Loung Phrabang. We found basaltic outcrops along highway number 13 from Ban Houykang to Ban Don Ngeun. Objectives of this study are petrography description, geochemistry, and compare with Nan suture volcanic rocks and Loei-Petchabun volcanic rocks.

Ban Don Ngeun basalt occurred with permo-carboniferous limestone. According to field geology, basalt can be separate into 2 types; massive basalt and pillow basalt that show pillow structure and indicate the marine environment. So we were collected 18 sample of basalt to study petrography and geochemistry.

From petrography study, the olivine porphyritic basalt has dominant mineral such as pyroxene olivine and Ca-plagioclase in phenocryst and show distinguish igneous texture are porphyritic glomeroporphyritic, subophitic and trachitic. Groundmass are Ca-plagioclase, clinopyroxene and volcanic glass

Chemically analysis from X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF), Ban Don Ngeun basalt is Tholeiite Basalt and has  $K_2O$  0.15 – 1.33 wt%,  $Na_2O$  1.65 – 3.53 wt%,  $TiO_2$  1.06 – 1.74 wt% Zr 27.10-173.74 ppm .

From tectonics setting interpretation, Ban Don Ngeun basalt is tholeiite basalt that occurred in mid-oceanic ridge environment and also similar to that of mid-oceanic ridge basalt in northern Albania. Ti/V ratio is 20-50 and that show Ban Don Ngeun basalt is flood oceanic basalt. The Ban Don Ngeun basalt relate with Ban Had Nga, Loung Phrabang and Loei-Petchabun volcanic belt especially basalt from southwest area of Loei but different from Nan

**Keyword:** Basalt, Loung Phrabang, Lao PDR, Petrography, Geochemistry

### กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้เขียนขอขอบณ รศ.ดร.ปัญญา จารุศิริ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่ง ที่คอยดูแลให้คำแนะนำรวมถึงคำสั่งสอนต่างๆ ขอขอบคุณ ผศ.วิโรจน์ ดาวฤกษ์ ทำวแก้วและคณาจารย์จากวิทยาลัยเหมืองแร่ ประเทศลาวที่ได้ให้ความรู้และดูแลในช่วงการออกภาคสนาม ผศ.ดร.ฐาสินีย์ เจริญจิตร์รัตน์ และอ.มาละตี ทัยคุปต์ที่คอยช่วยเหลือในด้านความรู้และวิชาการรวมถึงคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อนุญาตและคำแนะนำสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบคุณ นายประจัน ทองประชุม นางจิระประภา เนียมปานและ นางบรรจง พวงทอง สำหรับการช่วยเหลือในการเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาซิลิคาพรรณนาและธรณีเคมี พี่วัชชัย เชื่อเหลือว่านิชสำหรับคำแนะนำในการศึกษาธรณีเคมี นายนิติรัฐ อุตระสินธุ์ ที่คอยช่วยเหลือในการทำการศึกษามาตั้งแต่ต้น รวมถึงทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่คอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

## สารบัญรูป

	หน้า
รูป 1.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนในการศึกษา	6
รูป 1.2 แผนที่ดัชนี (Index map) จังหวัดหลวงพระบางแสดงเส้นทางการเดินทางจากตัวเมืองหลวงพระบาง	8
รูป 1.3 แผนที่ภูมิประเทศแสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาในบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว	9
รูป 2.1 แผนที่ธรณีวิทยา (Geological Map)แสดงพื้นที่ทางตอนเหนือของประเทศลาว	15
รูป 2.2 แผนที่ธรณีวิทยา (Geological Map)แสดงพื้นที่ทางตอนกลางของประเทศลาว	16
รูป 2.3 แผนที่ธรณีวิทยา(Geological Map) แสดงพื้นที่ทางตอนใต้ของประเทศลาว	17
รูป 2.4 สัญลักษณ์ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาประเทศลาว	18
รูป 2.5 แผนที่ธรณีวิทยา (Geological Map) บริเวณจังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว	21
รูป 2.6 สัญลักษณ์ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาบบริเวณจังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว	22
รูป 3.1 แผนที่ภูมิประเทศแสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาในบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว	25
รูป 3.2 แผนที่ธรณีวิทยาที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น	26
รูป 3.3 แผนที่ภูมิประเทศแสดงจุดเก็บตัวอย่างจากการออกภาคสนามในพื้นที่ศึกษาบบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว	28
รูป 3.4 ก. หินโคลนข้างถนนหมายเลข13แสดงลักษณะหิน slaty shale ที่ปรากฏแนวการวางตัวของชั้นหินและแนวคดโค้ง ข.ตำแหน่งรูป ก. ในแผนที่ภูมิประเทศ	29
รูป 3.5 ก. ลักษณะหินปูนที่แสดงแนวการวางตัวแนว289/35 ข.ลักษณะรอยเลื่อนที่พบมีการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีระนาบ ประมาณ 70 องศาในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ค. ตำแหน่งรูป ก. และ ข. ในแผนที่ภูมิประเทศ	30
รูป 3.6 ก. หินโคลนข้างถนนหมายเลข13 แสดงลักษณะหิน pillow basalt ที่พบ ข. ลักษณะโครงสร้างรูปหมอน (pillow) ในหินบะซอลต์ ค. ตำแหน่งรูป ก. และ ข. ในแผนที่ภูมิประเทศ	31
รูป 3.7 ก. หินโคลนข้างถนนหมายเลข13 แสดงลักษณะหิน massive basalt ที่พบ ข. ลักษณะการไหล (flow texture) ในหินบะซอลต์ ค. ตำแหน่งรูป ก. และ ข. ในแผนที่ภูมิประเทศ	32



## สารบัญรูป

	หน้า
รูป 3.8 แสดงแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว	33
รูป 4.1 ตัวอย่างแผ่นหินอัดเรียบของหินบะซอลต์ที่แสดง ก. เนื้อพื้นแบบ aphaneritic (ตัวอย่าง DNG06 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง) และ ข. เนื้อผลึกดอกขนาด 2-5 มิลลิเมตร (ตัวอย่าง DNG03 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)	35
รูป 4.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อพื้นแบบ subophitic (ตัวอย่าง DNG19 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)	36
รูป 4.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อพื้นแบบ Glomeroporphyritic (ตัวอย่าง DNG18 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)	37
รูป 4.4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อพื้นแบบ Porphyritic และ Trachytic นอกจากนี้ยังแสดงแร่ pyroxene ที่มีรูปร่างแบบแท่ง (lath) (ตัวอย่าง DNG08 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)	38
รูป 4.5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อพื้นแบบ embayment (ตัวอย่าง DNG13 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)	39
รูป 4.6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อพื้นแบบ branching (ตัวอย่าง DNG03 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)	40
รูป 4.7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดง groundmass ที่ประกอบไปด้วย แร่ Olivin, Clinopyroxene, Plagioclase และ Chlorite (ตัวอย่าง LP03 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)	41
รูป 4.8 แผนที่ภูมิประเทศแสดงจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างหินบะซอลต์จากการออกภาคสนามในพื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว	43
รูป 5.1 Total Alkali-SiO <sub>2</sub> Discrimination diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ของบะซอลต์พวก subalkali/tholeiite (กราฟจาก Le Bas et al, 1986)	45
รูป 5.2 AFM Variation Triangular Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินซึ่งอยู่ในพื้นที่ของ tholeiite (กราฟจาก Irvin and Baragar, 1971)	45
รูป 5.3 MnO <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Discrimination Triangular ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ IAT (กราฟจาก Mullen, 1983)	46

## สารบัญรูป

	หน้า
รูป 5.4 FAM Triangular Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่เป็น oceanic ridge and floor (กราฟจาก Pearce, 1977)	46
รูป 5.5 Ti-Zr Discrimination Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973)	47
รูป 5.6 Ti-Zr-Sr Discrimination Triangular Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973)	48
รูป 5.7 Ti-V Discrimination Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน(กราฟจาก Shervais, 1982)	48
รูป 6.1 Ti-Zr-Y Discrimination Triangular Diagram (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973) แสดงให้เห็นว่าหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน บ้านหาดงาและบริเวณพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของเลยมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในพื้นที่ IAT และ MORB แต่จะแตกต่างจากหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในอ.ท่าลี่ จังหวัดเลยซึ่งเป็น CAB เช่นเดียวกับผลจาก Ti-Zr-Sr Discrimination Triangular (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973)	53
รูป 6.2 Ti-Zr Discrimination Diagram แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน บ้านหาดงาและบริเวณพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของเลยที่อยู่ในพื้นที่ของ IAT และ MORB แตกต่างจากหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในอ.ท่าลี่ จังหวัดเลยที่อยู่ในพื้นที่ CAB (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973)	54
รูป 6.3 FAM Triangular Diagram เปรียบเทียบหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน, บ้านหาดงา (นิติรัฐ อุตตรสินธุ์, 2553) ตะวันตกเฉียงใต้ของเลย ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่เป็น oceanic ridge and floor กับหินอัคนีภูเขาไฟที่เกิดในลักษณะ orogenic ในอำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย (Charusiri et al, 1995) (กราฟจาก Pearce, 1977)	55
รูป 6.4 Ti-V Discrimination Diagram (กราฟจาก Shervais, 1982) พบว่าหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน บ้านหาดงา(นิติรัฐ อุตตรสินธุ์, 2553) ตะวันตกเฉียงใต้ของเลย และหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในอ.ท่าลี่ จังหวัดเลยมีค่า Ti/V อยู่ในช่วงเดียวกัน แต่หินอัคนีภูเขาไฟท่าลี่จะมีธาตุ Ti และ V ต่ำกว่า	56

**สารบัญตาราง**

	หน้า
ตาราง 5.1 Major-oxide and some trace element analyse of basalt from Ban Don Ngeun, Loung Phrabang, Lao PDR.	49

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
Abstract	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 แนวคิดเหตุผล และทฤษฎีสำคัญ	1
1.2 การตรวจสอบเอกสาร	1
1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย	4
1.4 ขั้่นตอนงานวิจัย	4
1.5 วิธีดำเนินการศึกษาและวิจัย(โดยละเอียด)	5
1.6 ขอบเขตการศึกษา	7
1.7 สมมติฐานงานวิจัย	7
1.8 พื้นที่ศึกษาและการเดินทาง	7
บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป	
2.1 ธรณีวิทยาบริเวณไพศาล	10
2.2 ธรณีวิทยาในพื้นที่	20
บทที่ 3 ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา	
3.1 การแปลภาพถ่ายดาวเทียม	24
3.2 การออกภาคสนามและการเก็บตัวอย่างหิน	27
บทที่ 4 ศิลาวรรณนา	
4.1 ศิลาวรรณนา	34
4.2 การจำแนกชนิดหิน	42
บทที่ 5 ธรณีเคมี	
5.1 ธาตุองค์ประกอบหลัก	44
5.2 ธาตุพบน้อย	47

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 6 อภิปรายผล	
6.1 อภิปรายผลการศึกษาสัณฐานวิทยา	50
6.2 อภิปรายผลการศึกษาฤทธิ์เคมี	51
6.3 การแปลความหมายลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน	51
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา	57
รายการอ้างอิง	58
ภาคผนวก	60

## บทนำ

- 1.1 แนวคิดเหตุผล และทฤษฎีสำคัญ
- 1.2 การตรวจสอบเอกสาร
- 1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย
- 1.4 ขั้นตอนงานวิจัย
- 1.5 วิธีดำเนินการศึกษาและวิจัย(โดยละเอียด)
- 1.6 ขอบเขตการศึกษา
- 1.7 สมมติฐานงานวิจัย
- 1.8 พื้นที่ศึกษาและการเดินทาง

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 แนวคิดเหตุผล และทฤษฎีสำคัญ

ประเทศลาวตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยตั้งอยู่ทางตอนเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประเทศลาวเป็นประเทศที่ยังคงมีความอุดมสมบูรณ์ทางทรัพยากรธรรมชาติหลายอย่าง โดยเฉพาะทรัพยากรแร่ธาตุ ได้แก่ ทองคำ ทองแดง สังกะสี นอกจากนี้ยังพบชั้นถ่านหินอีกด้วย ในปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้มีการศึกษาและสำรวจแหล่งแร่ต่างๆในพื้นที่ของประเทศ รวมถึงการพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมเหมืองแร่ ซึ่งสังเกตได้จากการเข้าไปศึกษาและลงทุนทำเหมืองในหลายบริเวณโดยเฉพาะบริเวณภาคกลางและภาคใต้ของประเทศ

บ้านดอนเงินตั้งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดหลวงพระบาง โดยมีแม่น้ำฮู่ไหลผ่านและไหลลงสู่แม่น้ำโขงทางใต้ของพื้นที่ศึกษา

บริเวณหลวงพระบางมีการกระจายตัวของหินยุคเพอร์เมียนโดยเฉพาะหินตะกอนที่เกิดในทะเล นอกจากนี้ยังพบการกระจายตัวของหินอัคนีภูเขาไฟได้แก่หินแอนดีไซต์ และเดไซต์รวมทั้งยังพบหินบะซอลต์ในบางพื้นที่ (ESDD, 1990) แต่ในปัจจุบันยังมีการศึกษาหินอัคนีภูเขาไฟในพื้นที่ รวมถึงความสัมพันธ์ต่อหินที่อยู่ใกล้เคียงยังมีไม่มากนัก ทำให้ข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่ละเอียดเพียงพอ

การศึกษานี้เน้นศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่โดยอาศัยการแปลความจากภาพถ่ายดาวเทียม และศึกษาตัวอย่างหินบะซอลต์ที่พบในบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง โดยศึกษาทั้งทางซิลิคาไรต์และธรณีเคมีเพื่อหาองค์ประกอบทางแร่ธาตุของบะซอลต์ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวที่ยังไม่มีการศึกษา ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลหินอัคนีภูเขาไฟในบริเวณใกล้เคียง โดยเฉพาะข้อมูลหินที่พบในบริเวณแนวชั้นหินคดโค้งปากเล-หลวงพระบาง (Pak Lay- Loung Prabang Fold Belt) ข้อมูลจากแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย์-เพชรบูรณ์ (Loei-Petchabun Volcanic Rock) และสามารถนำไปประยุกต์หรือทำการศึกษาในด้านอื่นๆต่อไปได้ในอนาคต

#### 1.2 การตรวจสอบเอกสาร

Du Bois (1985) ศึกษาแนวชั้นหินคดโค้งปากเล-หลวงพระบาง (Pak Lay – Loung Prabang Fold Belt) และแนวชั้นหินคดโค้งเลย์-เพชรบูรณ์ (Loei-Petchabun Fold Belt) พบหินยุคซิลลูเรียน-คาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายที่มีลักษณะการคดโค้งอย่างรุนแรงและแสดงลักษณะความไม่ต่อเนื่องโดย

ถูกปิดทับด้วยหินปูนที่มีการคดโค้งและหินดินดาน การเกิดการเปลี่ยนลักษณะ (deformation) ในยุค ไทรแอสซิกตอนกลางหรือตอนปลายเป็นตัวการทำให้เกิดการคดโค้งอย่างรุนแรงของหินยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัสเกิดเป็นแนวชั้นหินคดโค้งทั้งสองแห่ง นอกจากนี้แล้วบริเวณตามแนวชั้นหินคดโค้งยังเป็นแนวแสดงความไม่ต่อเนื่องระหว่าง Pre-Indo-Sinian Strata กับ Red-Bed Formation ที่วางตัวอยู่ด้านบนและหาอายุได้ในยุคไทรแอสซิกตอนบน

Environment and Sustainable Development Division (ESDD) (1990) รายงานการศึกษา การกระจายตัวของหินอัคนีภูเขาไฟในประเทศลาว พบว่าทางตอนเหนือของประเทศโดยเฉพาะบริเวณ พื้นที่ปากเล-หลวงพระบางและพื้นที่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือบริเวณเมืองโป่งสาส์ไปจนถึงชายแดน ลาว-พม่า มีการเกิดและกระจายตัวของหินอัคนีภูเขาไฟซึ่งเชื่อว่าอยู่ในยุคเพอร์เมียน และเชื่อว่าเกิด จากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกซึ่งก่อให้เกิดกระบวนการทางภูเขาไฟขึ้น หินอัคนีที่พบส่วนใหญ่ เป็นหินแอนดีไซต์ และเดไซต์รวมทั้งยังพบหินบะซอลต์ในบางพื้นที่ นอกจากนี้ยังพบการกระจายตัว ของหินไรโอไลต์และเดไซต์ในบริเวณพื้นที่สามเหนือซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศลาว ซึ่งเชื่อว่ามียุคอยู่ในยุคไทรแอสซิกตอนกลางถึงตอนปลาย นอกจากนี้แล้วการศึกษากการกระจายตัว และความสัมพันธ์ของหินอัคนีภูเขาไฟกับชั้นหินอื่นที่อยู่โดยรอบรวมถึงซิลิการรณายังมีน้อย ทำให้มี ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการศึกษาเพิ่มเติม

Stokes et al. (1996) ศึกษาแนวชั้นหินคดโค้งปากเล (Pak Lay Fold Belt) ในบริเวณจังหวัด ไชยบุรี ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศลาว เพื่อหาช่วงเวลาการชนของจุลทวีปฉานไท่กับจุล ทวีปอินโดจีนจากหลักฐานใหม่ในพื้นที่ จากข้อมูลการลำดับชั้นหินตามชีวภาพของหินปูนในบริเวณ ปากเลให้อายุเพอร์เมียนโดยศึกษาจากฟอสซิลเฟอรา จากการหาอายุสัมบูรณ์ของหินอัคนีภูเขาไฟ พบว่าเป็นหินที่เกิดในยุคเพอร์เมียนถึงไทรแอสซิก นอกจากนี้ยังพบหิน alkali basalt ที่มีอายุอยู่ในยุค จูแรสซิก จากการหาอายุสัมบูรณ์ของหินแกรนิตเป็นหินยุคไทรแอสซิกและมีการกระจายตัวเป็น บริเวณกว้างในบริเวณแนวชั้นหินคดโค้งปากเลและแนวชั้นหินคดโค้งเลย การศึกษาลักษณะธรณี โครงสร้างพบว่าหินอัคนีภูเขาไฟเกิดลักษณะรอยชั้นไม่ต่อเนื่องอยู่บนหินตะกอนมหายุคพาลีโอโซอิก แต่มีความต่อเนื่องกับกลุ่มหินโคราช นอกจากนี้หินอัคนีภูเขาไฟชนิดบะซอลต์และแอนดีไซต์ยังมีการ กระจายตัวลงไปยังทางใต้เป็นแนวเดียวกับแนวหินอัคนีภูเขาไฟเพชรบูรณ์ (Bunopas & Vella, 1983: cited in Stokes et al., 1996) ทำให้สรุปว่าเกิดกระบวนการเกิดภูเขาไฟซึ่งเกี่ยวข้องกับการมุดตัวของ แผ่นทวีปฉานเนื่องมาจากการชนกันในยุคไทร แอสซิกถึงจูแรสซิก และทำให้หินตะกอนมหายุคพาลีโอ โซอิกเปลี่ยนลักษณะ (deform) ในช่วงท้ายยุคจูแรสซิก



Fontaine (2002) รายงานพบหินยุคเพอร์เมียนมีการกระจายตัวตั้งแต่บริเวณโป่งสาส์ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศลาวไปจนถึงสาร์วันทางตอนใต้ พบลักษณะการสะสมตัวของตะกอนพื้นที่ราบที่สำคัญทางตอนเหนือของประเทศลาวรวมถึงบริเวณโป่งสาส์ รวมทั้งชั้นถ่านหินซึ่งมีความหนาไม่เกิน 1 เมตรในบริเวณที่แม่น้ำอุ้ไหลผ่านไปจนถึงแม่น้ำโขง

แม้หินยุคเพอร์เมียนที่พบโดย Fontaine (2002) มีการกระจายที่กว้างขวาง แต่ก็พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นหินในบริเวณพื้นที่ระหว่างแม่น้ำอุ้ตอนบนกับชายแดนที่ติดกับประเทศพม่า ซึ่งประกอบไปด้วยหินดินดาน หินทราย หินปูน และหินอัคนีภูเขาไฟจำพวกหินแอนดีไซต์ การกระจายตัวของหินดังกล่าวพบได้ไปจนถึงบริเวณหุบเขาทางตอนล่างที่แม่น้ำอุ้ไหลผ่านไปจนถึงเมืองอยซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของหลวงพระบาง

Manaka et al. (2008) ศึกษาการสะสมตัวของทองแดงและทองคำทางภาคเหนือของประเทศลาวในบริเวณบ้านห้วยไทร ภูขาม และล่องเชียงซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเวียงจันทน์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการสะสมตัวกับแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Loei Fold Belt) และแนวชั้นหินคดโค้งตรวงสง (Truongson Fold Belt) โดยศึกษาจากหินตะกอนภูเขาไฟและหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ทั้งทางธรณีภาควิทยาและทางธรณีเคมีตรวจพบว่าแร่ทองแดงและทองคำมีการสะสมตัวในยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายจนถึงเพอร์เมียนตอนต้นจากหินอัคนีภูเขาไฟและหินอัคนีบาดาลในบริเวณหมู่เกาะรูปโค้งแห่งทวีป ซึ่งมีองค์ประกอบเป็น calc-alkali basalt ทำให้แตกต่างจากแนวชั้นหินคดโค้งเลยแต่มีความใกล้เคียงกับแนวชั้นหินคดโค้งตรวงสง

Panjasawatwong et al. (2006) ศึกษาธรณีเคมีของแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย (Loei Volcanic Rock) ในตอนกลางบริเวณพื้นที่ปากชม จังหวัดเลย พบว่าเกิดในช่วงยุคเดโวเนียนตอนปลายถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น และแบ่งประเภทตามกลุ่มของหินชนิดได้เป็น transitional tholeiitic basalt, tholeiitic microgabbro และ calc-alkali basalt/andesite ซึ่งแสดงว่า เกิดในบริเวณเทือกเขากลางสมุทรและหมู่เกาะรูปโค้งกลางมหาสมุทร

Khositanont et al. (2008) ศึกษาหินอัคนีภูเขาไฟและหินอัคนีบาดาลที่อยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ (Loei- Petchabun Fold Belt) ในจังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดเลย พบว่าหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในจังหวัดเพชรบูรณ์มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นหินบะซอลต์และหินแอนดีไซต์ ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ทางตอนเหนือของเลยที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นหินไรโอไลต์ เมื่อรวมกับผลการหาอายุจาก U-Pb Zircon สรุปได้ว่าทางตอนเหนือของแนวชั้นหินคดโค้งเลย-เพชรบูรณ์ในประเทศไทยแสดงลักษณะของพื้นมหาสมุทรในมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลายและหมู่เกาะรูปโค้งกลางมหาสมุทรในมหายุคมีโซโซอิกตอนต้น และการเปลี่ยนแปลงของหินอัคนีภูเขาไฟและหินอัคนีบาดาลบริเวณ back

arc ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์น่าจะเกิดจากการชนและเชื่อมกันของจุลทวีปฉานไทยและอินโดจีนที่เกิดในยุคไทรแอสซิกตอนปลาย

Phajuy et al. (2005) ศึกษาหินอัคนีในบริเวณปางมะเยา อำเภอพัวไร่ จังหวัดเชียงใหม่ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแนวชั้นหินคดโค้งเชียงราย-เชียงใหม่ (Chiang Rai-Chiang Mai Volcanic Belt) พบว่าสามารถจำแนกหินอัคนีภูเขาไฟด้วยวิธีทางธรณีเคมีโดยแยกตามองค์ประกอบของกลุ่มหินชนิดได้เป็นสองชนิดคือ subalkali basalt ซึ่งเกิดในบริเวณเทือกเขากลางสมุทร และ alkali basalt ที่เกิดจากหมู่เกาะรูปโค้งกลางสมุทร

Yang et al. (2008) ศึกษาหินบะซอลต์และหินเทิร์ตในบริเวณแนวตะเข็บน่าน (Nan suture zone) ทางตอนเหนือของประเทศไทยพบว่า หินบะซอลต์ที่พบเป็น alkali basalt ที่เกิดในบริเวณหมู่เกาะรูปโค้งกลางสมุทร และแนวตะเข็บน่านในบริเวณจังหวัดน่านมีอายุอยู่ในยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงยุคเพอร์เมียน

### 1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่และส่วนประกอบทางซิลิคาอรรธนาและธรณีเคมีของหินบะซอลต์ที่พบในบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว

### 1.4 ขั้นตอนงานวิจัย

การวิจัยประกอบด้วย 8 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ (ดูรูป 1.1)

- 1.4.1. ศึกษางานวิจัยและรายงานเก่า
- 1.4.2. แปลความหมายทางโทรสัมผัสและภาพถ่ายดาวเทียม
- 1.4.3. วางแผนการสำรวจภาคสนามและทำการสำรวจภาคสนาม
- 1.4.4. เตรียมตัวอย่างแผ่นหินบาง (Thin section) และตัวอย่างฝุ่นผง (Rock powder)
- 1.4.5. ทำแผ่นหินบางและศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ (Polarizing microscope)
- 1.4.6. เตรียมตัวอย่างหินเพื่อวิเคราะห์ธรณีเคมี
- 1.4.7. รวบรวมผล วิเคราะห์ และตีความข้อมูล
- 1.4.8. สรุป เตรียมเสนอผลงาน จัดทำเป็นรูปเล่ม และส่งผลงานการวิจัย

## 1.5 วิธีดำเนินการศึกษาและวิจัย (โดยละเอียด)

### 1.5.1 ศึกษางานวิจัยและรายงานเก่า

1.5.1.1 ศึกษารายงานและการวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว เกี่ยวกับลักษณะทางธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่บ้านดอนเงิน หรือในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง รวมถึงข้อมูลหินบะซอลต์ที่มีการศึกษาทั้งในประเทศไทยและในประเทศลาว

1.5.1.2 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากรายงานเก่าแล้วนำมาวางแผนงานวิจัยในการศึกษาครั้งนี้และบางส่วนสำหรับการวิจารณ์ผลในอนาคต

### 1.5.2 แปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียม

แปลความหมายแนวเส้นโครงสร้าง (structural lineament) แนวรอยแตก รอยแยกของแผ่นเปลือกโลก ธรณีสัณฐานโดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์แผนที่แนวเส้นโครงสร้างเพื่อแสดงความสัมพันธ์ต่อแนวหินอัคนีภูเขาไฟอื่นๆที่อยู่ในพื้นที่

### 1.5.3 วางแผนการสำรวจภาคสนามและทำการสำรวจภาคสนาม

เก็บตัวอย่างหินเพื่อทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการต่อไป

### 1.5.4 เตรียมตัวอย่างสำหรับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1.5.4.1 แผ่นหินบางสำหรับการศึกษาศิลาวรรณนา

1.5.4.2 ตัวอย่างฝุ่นผงสำหรับการศึกษาวิเคราะห์ธรณีเคมี

### 1.5.5 การศึกษาศิลาวรรณนาจากแผ่นหินบาง

ทำแผ่นหินบางและศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ แล้วถ่ายรูปแผ่นหินบางเพื่อศึกษาโครงสร้างและแร่องค์ประกอบแต่ละชนิดในห้องปฏิบัติการ

### 1.5.6 การวิเคราะห์ธรณีเคมีจากผงตัวอย่างหิน

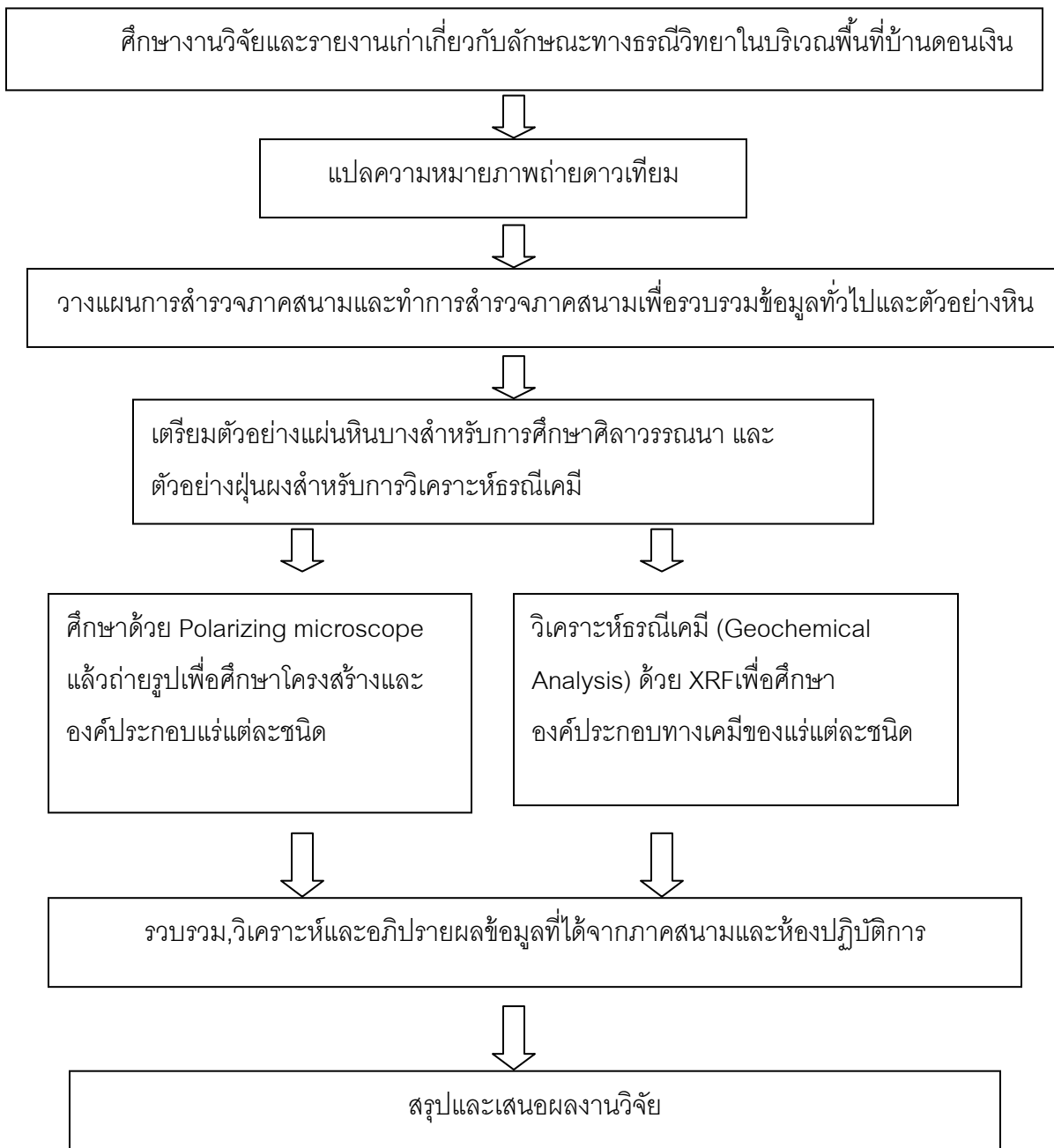
ทำผงตัวอย่างหินเพื่อวิเคราะห์ธรณีเคมีด้วย XRF เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแร่แต่ละชนิดในห้องปฏิบัติการ

### 1.5.7 รวบรวมผล วิเคราะห์ และอภิปรายผล ข้อมูลจากภาคสนามและจากห้องปฏิบัติการ

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียมและจากภาคสนาม และข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพจากห้องปฏิบัติการ มาวิเคราะห์และอภิปรายผลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างหินบะซอลต์ในพื้นที่ศึกษากับแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์

### 1.5.8 สรุป เตรียมเสนอผลงาน จัดทำเป็นรูปเล่ม และส่งผลงานการวิจัยตามกำหนดเวลาที่วางไว้

### ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



รูป 1.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนในการศึกษา

## 1.6 ขอบเขตการศึกษา

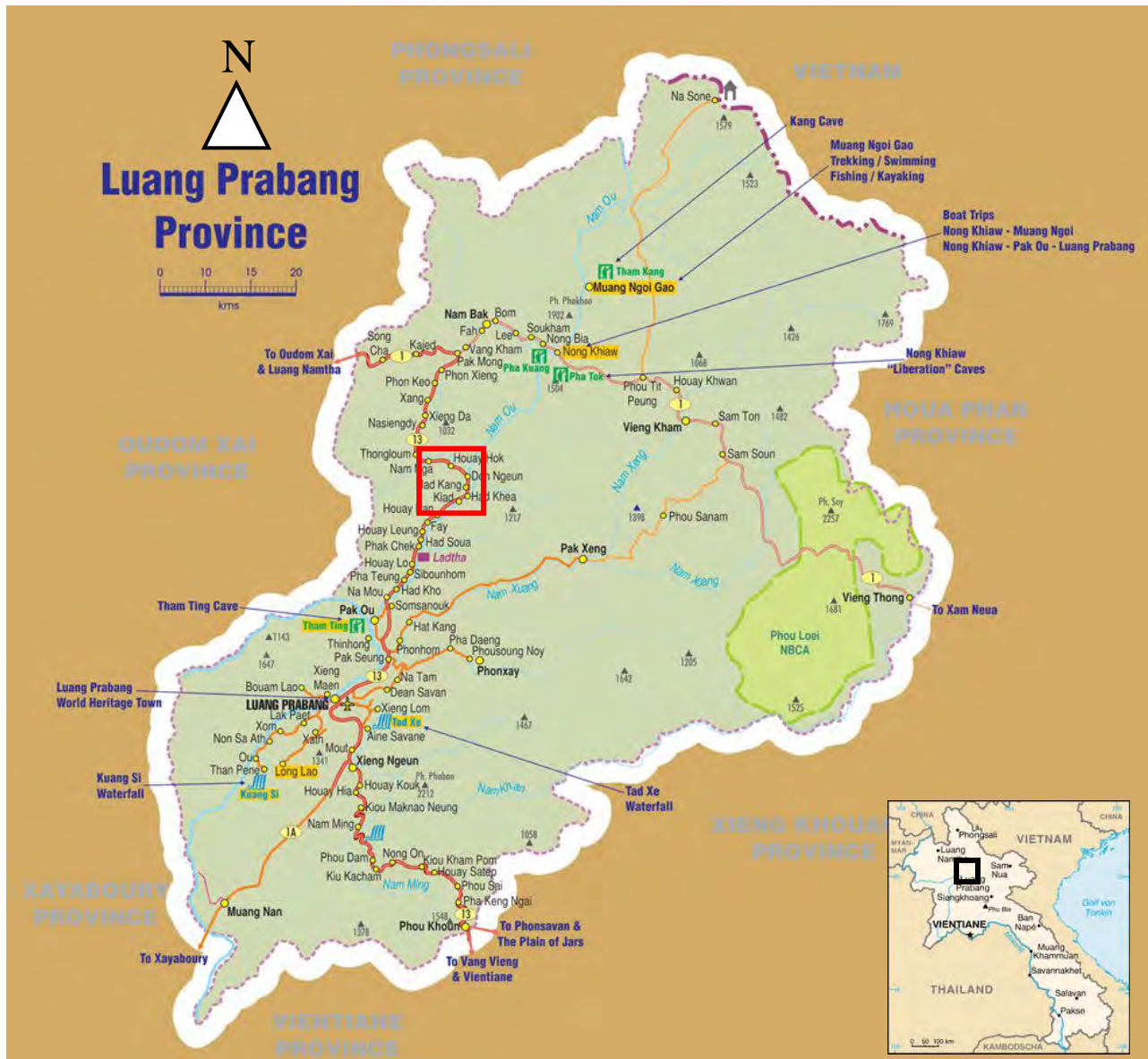
ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่บ้านดอนเงิน หลวงพระบาง ประเทศลาวโดยอาศัยการแปลความหมายทางโทรสัมผัสและภาพถ่ายดาวเทียม รวมถึงการศึกษาตัวอย่างหินบะซอลต์ที่พบในพื้นที่ศึกษาโดยวิธีการทางศิลาวรรณนา (Petrography) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพราไลต์ และการวิเคราะห์ธรณีเคมี (Geochemical analysis) ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

## 1.7 สมมติฐานงานวิจัย

หินบะซอลต์ที่พบในบริเวณบ้านดอนเงินน่าจะมีส่วนประกอบทางศิลาวรรณนาและธรณีเคมีคล้ายหินอัคนีภูเขาไฟที่อยู่ในแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์

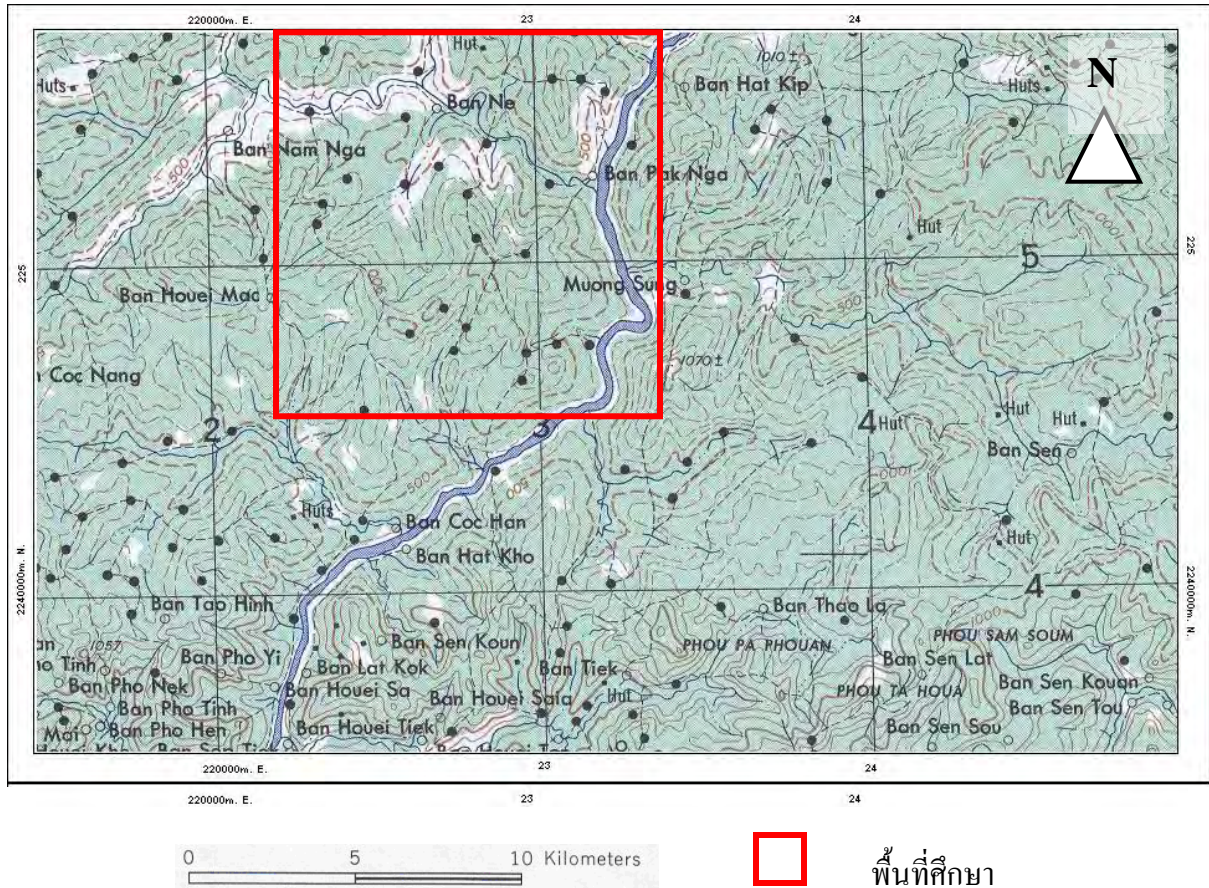
## 1.8 พื้นที่ศึกษาและการเดินทาง

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณบ้านดอนเงินซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดหลวงพระบางและอยู่ห่างจากตัวเมืองเป็นระยะทาง 60-70 กิโลเมตร โดยมีถนนหมายเลข 13 ตัดผ่าน พื้นที่ศึกษาแสดงไว้ในรูป 1.2 และ 1.3



จังหวัดหลวงพระบาง
  พื้นที่ศึกษาย่านคอนเงิน
  ถนนหมายเลข 13

รูป 1.2 แผนที่ดัชนี (Index map) จังหวัดหลวงพระบางแสดงเส้นทางการเดินทางจากตัวเมืองหลวงพระบาง ([http://www.ecotourismlaos.com/images/map/lpq/lpq\\_bg.jpg](http://www.ecotourismlaos.com/images/map/lpq/lpq_bg.jpg))



รูป 1.3 แผนที่ภูมิประเทศแสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาในบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัด  
หลวงพระบาง ประเทศลาว (Series L 509, Sheet NF 48-12 Edition 1-AMS)

## กรณีศึกษาทั่วไป

- 2.1 กรณีศึกษาบริเวณไพศาล
- 2.2 กรณีศึกษาในพื้นที่



## บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป

### 2.1 ธรณีวิทยาบริเวณไพศาล

#### 2.1.1 การลำดับชั้นหิน

ลักษณะทางธรณีวิทยาโดยทั่วไปในประเทศลาวมีลักษณะคล้ายกับประเทศเพื่อนบ้านเช่น พม่า ไทย และเวียดนาม โดยมีหน่วยงานที่ได้ทำการศึกษาและสำรวจลักษณะทางธรณีวิทยาในประเทศลาว ได้แก่ Environment and Sustainable Development Division (ESDD) ซึ่งเป็นหน่วยงานย่อยของ United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) และ Department of Geology and Mine ของประเทศลาว โดยเริ่มทำการสำรวจในปี พ.ศ. 2533 และได้ถูกเผยแพร่ขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 2541 จากการสำรวจพบว่ามีหินอายุเก่าแก่ตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียนไปจนถึงอ่อนที่สุดคือควอเทอร์นารีและได้สรุปไว้ดังนี้

##### 2.1.1.1 หินมหายุคพรีแคมเบรียนและพาลีโอโซอิก

การศึกษาหินมหายุคพรีแคมเบรียนไม่สามารถศึกษาโดยตรงจากหลักฐานทางลักษณะชั้นหินหรือธรณีกาลวิทยา แต่ศึกษาจากหินแปรชั้นสูงซึ่งพบได้ในบริเวณพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเชื่อว่าเป็นหินบรมยุคโปรเทอโรโซอิก สำหรับหินยุคแคมเบรียนจะพบในหุบเขาหรือบริเวณแม่น้ำมาทางตะวันออกเฉียงเหนือใกล้กับชายแดนระหว่างประเทศลาวและประเทศเวียดนามและกระจายตัวเข้าไปยังพื้นที่ในประเทศเวียดนามทางตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้

หินที่พบประกอบไปด้วยหินปูนที่ถูกแปรสภาพเล็กน้อย หินดินดาน หินกรีนชีสต์ หินทราย หินควอร์ตไซต์ และหินกรวดมน ซึ่งพบหินที่มีลักษณะคล้ายกันนี้ในบริเวณชายแดนที่ติดกับประเทศเวียดนามทางตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งถูกกำหนดเป็นหินยุคแคมโบร-ออร์โดวิเซียน ทางตอนกลางของประเทศลาวพบหินแปรซึ่งมีอายุนีโอโปรเทอโรโซอิกถึงแคมเบรียนตอนล่างมีการกระจายตัวอย่างจำกัดทางตอนเหนือในบริเวณแขวงขามเซต จังหวัดบริขามชัย และถูกจัดให้อยู่ในชุดหินสบพาน

หินยุคออร์โดวิเซียนถึงไซลูเรียนส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนทะเลได้แก่ หินปูน, หินดินดานและหินทราย มีการกระจายตัวอยู่ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงของประเทศลาว เช่นในบริเวณภูเขาทางตอนเหนือของเมืองโป่งสวรรค์ในจังหวัดเชียงของ และตามแนวเขตแดนลาว-เวียดนามตั้งแต่ภาคตะวันออกเฉียงไปจนถึงภาคตะวันออกเฉียงใต้ของลาว

หินยุคเดโวเนียนส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนทะเลเช่นเดียวกับยุคออร์โดวิเซียน-ไซลูเรียน พบกระจายตัวอยู่หลายพื้นที่ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงของประเทศ อย่างไรก็ตามหินที่มีอายุตั้งแต่ยุคออร์โดวิเซียนจนถึงเดโวเนียนมักพบในบริเวณด้านตะวันออกเฉียงของแม่น้ำชีโขงหรือตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศ

ช่วงเวลาคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียนส่วนใหญ่เกิดเป็นหินตะกอนทะเลโดยมีหินหลักๆ ได้แก่ หินดินดาน, หินทราย และหินปูน ต่อมามีการพัฒนาลักษณะโครงสร้างเกิดเป็นภูมิประเทศแบบคาสต์ (karst topography) ขึ้น มีการกระจายตัวบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่าหินบางส่วนมีการสะสมตัวจากตะกอนบกและมีถ่านหินอยู่ด้วย เช่นในพื้นที่จังหวัดเวียงจันทน์, สาร์วัน และโป่งสาดี

### 2.1.1.2 กระบวนการการเกิดภูเขาไฟยุคเพอร์โม-ไทรแอสซิก

ในบริเวณภาคเหนือของประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวบริเวณปากเล-หลวงพระบางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไปจนถึงเขตแดนลาว-พม่า พบว่ามีการกระจายตัวของหินภูเขาไฟเป็นบริเวณกว้างโดยเชื่อว่าส่วนใหญ่เป็นหินยุคเพอร์เมียนที่มีความเกี่ยวเนื่องกับการชนกันและมุดตัวของเปลือกทวีป หินที่พบส่วนใหญ่ได้แก่หินแอนดีไซต์, หินเดไซต์ และหินบะซอลต์

ในพื้นที่บริเวณอำเภอสามเหนือซึ่งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศเป็นหินในยุคไทรแอสซิก ประกอบด้วยหินภูเขาไฟชนิดไรโอไลติกและเดไซต์

นอกจากนี้ยังมีหินไรโอไลต์และหินที่พ่นกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ในแนวหุบลำธารซึ่งไปจนถึงประเทศกัมพูชา เชื่อกันว่ามีอายุอยู่ในช่วงไทรแอสซิก

### 2.1.1.3 หินตะกอนทะเลมหายุคมีโซโซอิก

การตกสะสมของหินตะกอนทะเลเริ่มมีตั้งแต่ปลายยุคเพอร์เมียน และถูกจำกัดอยู่ในช่วงไทรแอสซิกที่มีลักษณะการสะสมภายในแอ่งสะสมตะกอน ต่อมาในช่วงตอนกลางถึงตอนปลายของยุคไทรแอสซิกได้มีการตกสะสมของตะกอนทะเล เช่นหินปูน, หินทรายและหินทรายแป้ง เป็นต้น กระจายตัวอยู่ในบริเวณอำเภอสามเหนือ จังหวัดหัวพาน คาดว่าน่าจะสะสมตัวต่อเนื่องจากหินภูเขาไฟชนิดไรโอไลต์และเดไซต์ นอกจากนี้ยังพบว่าหินตะกอนทะเลในยุคนี้ยังมีการกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้บริเวณหุบเขาแม่น้ำชีซึ่งไปจนถึงในเขตกัมพูชาอีกด้วยหินตะกอนทะเลในยุคนี้เป็นชั้นหินที่มีอายุอ่อนที่สุดที่พบภายในประเทศลาว

### 2.1.1.4 หินตะกอนพื้นทวีปมหายุคมีโซโซอิก

ในช่วงปลายไทรแอสซิกได้มียกตัวขึ้นของแผ่นดินจนเกิดเป็นแนวภูเขาและมีการผุพังและกัดกร่อนของหินอย่างรุนแรง ส่งผลให้หลายบริเวณถูกปกคลุมโดยตะกอน จนพัฒนากลายเป็นชั้นหินตะกอนพื้นทวีปชนิดหินทรายและหินกรวดมนชั้นตั้งแต่ปลายไทรแอสซิกจนถึงครีเตเชียสตอนกลางจึงเริ่มมีการกัดกร่อนและผุพังของตะกอนทวีปลดลง และมีการกระจายตัวของหินตะกอนเนื้อโคลน หินทรายแป้ง และหินทรายเนื้อละเอียด ที่มีสีแดงละม้ายคล้ายกลุ่มหินโคราชในประเทศไทย

### 2.1.1.5 หินมหายุคซีโนโซอิก

ในประเทศลาวยังไม่มีหลักฐานของหินในยุคพาลีโอจีน การตกสะสมของตะกอนแม่น้ำมากมายทั้งในช่องระหว่างแนวเขาทางตอนเหนือของลาวเป็นหินตะกอนที่สะสมในช่วงนีโอจีน หินส่วนใหญ่เป็นหินทรายและหินดินดาน นอกจากนี้ยังมีหินดินมาร์ลและถ่านหินลิกไนต์อยู่ในบางพื้นที่ ในตอนปลายของยุคซีโนโซอิกนั้นมีการยกตัวและผุพังอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในพื้นที่สูงทางตอนเหนือโดยเฉพาะบริเวณแม่น้ำโขงและแม่น้ำสายหลักๆหลายสายมักพบตะกอนทางน้ำมีขนาดตั้งแต่เม็ดทรายถึงเม็ดกรวดมน ส่วนรอบข้างริมแม่น้ำบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงได้ถูกปกคลุมด้วยหินตะกอนเนื้อละเอียดและขยายเป็นวงกว้างขึ้น แต่สะสมตัวเป็นชั้นบางและไม่ต่อเนื่อง ส่วนตะกอนควอเทอร์นารีมีการกระจายตัวแตกแยกออกไปในแต่ละพื้นที่ของตอนเหนือของลาวในบริเวณที่ราบและแอ่ง

### 2.1.1.6 กระบวนการเกิดภูเขาไฟยุคควอเทอร์นารี

บริเวณที่ราบสูงโบโลเวนส์ซึ่งอยู่ทางตะวันออกของเมืองปากเส และที่สูงอื่นๆทางตะวันออกและทางตะวันตกเฉียงใต้ของลาว เกิดจากการทะลักของลาวาชนิดบะซอลต์ซึ่งอยู่บนของหินทรายในมหายุคมีโซโซอิก หินชนิดที่พบมีลักษณะที่คล้ายกันกับหินชนิดที่พบในเวียดนาม กัมพูชาและไทย คือเป็นหินที่มีอายุในช่วงไพลสโตซีน และยังมีความคล้ายคลึงกับหินบะซอลต์ที่พบใกล้บริเวณบ้านห้วยทราย แต่มีการกระจายตัวเป็นพื้นที่เล็กๆ

### 2.1.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างและหินอัคนีแทรกซอน

ธรณีวิทยาโครงสร้างของประเทศลาวมีการศึกษาเป็นบริเวณกว้างๆเท่านั้น ในบริเวณพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงเหนือพบการกระจายตัวของหินไนส์และหินแกรนิตที่เกี่ยวข้องกันในบริเวณแม่น้ำโขงซึ่งเป็นชายแดนธรรมชาติระหว่างประเทศลาวและประเทศพม่า นอกจากนี้ยังพบหินที่มีลักษณะคล้ายกันนี้กระจายตัวเข้าไปยังประเทศพม่าและประเทศไทยทางตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ เชื่อกันว่าหินเหล่านี้เป็นหินฐานเนื้อผลึกตลอดบรมยุคฟาเนอโรโซอิกและเป็นขอบทวีปบริเวณที่เป็นแอ่งสะสมตะกอนในมหาสมุทร ในยุคไซลูเรียนถึงไทรแอสซิก ตะกอนที่สะสมตัวในแอ่งเกิดการคดโค้งและแอ่งมีการปิดตัวในยุคไทรแอสซิก เกิดแนวชั้นหินคดโค้งในประเทศลาวจากทางตะวันตกไปจนถึงทางเหนือและทางตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังพบในพื้นที่ทางตะวันตกตั้งแต่ลองจิจูดที่ 103 องศา แนวชั้นหินคดโค้งเหล่านี้มีการกระจายตัวไปทางตอนใต้เข้าสู่ประเทศไทยทางตอนเหนือ ตอนกลาง และทางตะวันออก เชียงเหนือ กระจายตัวขึ้นไปทางตอนเหนือเข้าสู่จังหวัดยูนนานในประเทศจีน ลักษณะการคดโค้งอย่างรุนแรงที่พบในหินจำพวกหินทรายที่มีอายุแก่กว่ายุคไทรแอสซิก ทำให้เชื่อว่าการเกิดการคดโค้งครั้งรุนแรงครั้งสุดท้ายน่าจะอยู่ในสมัยนอเรียนซึ่งอยู่ในยุคไทรแอสซิกตอนปลาย

หินในแนวชั้นหินคดโค้งที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดที่สามารถหาอายุได้มีอายุอยู่ในยุคเดโวเนียน พบชั้นหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสและเพอร์เมียนกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างตลอดแนวชั้นหินคดโค้ง แต่หินตะกอนจากทะเลยุคไทรแอสซิกกลับพบเป็นเพียงบริเวณแคบๆ พบหินแปรชั้นต่ำ ได้แก่ หินฟิลไลต์ หินกรีนชีสต์ และหินควอร์ตไซต์ ซึ่งเชื่อว่าเกิดมาจากหินยุคเดโวโน-คาร์บอนิเฟอรัสเนื่องจากไม่พบหลักฐานการแปรสภาพแม่ไพศาลของหินยุคเพอร์โม-ไทรแอสซิก

ในพื้นที่ปากเลพบการแทรกซอนของหินแกรนิตไดโอรไรต์ในยุคไทรแอสซิกตอนต้นเป็นบริเวณเล็กๆ อย่างไรก็ตามยังมีหินแกรนิตและหินแกรนิตไดโอรไรต์บางบริเวณที่ยังไม่สามารถหาอายุได้ พบหินแกบโบรใกล้กับจังหวัดไชยะบุรี พบหินอัคนีภูเขาไฟที่มีองค์ประกอบเป็นแอนดีไซต์และเดไซต์กระจายเป็นบริเวณกว้าง แต่มีการศึกษาการกระจายตัว ความสัมพันธ์ต่อหินข้างเคียง และซิลิการรณาเพียงเล็กน้อย ทราบแต่เพียงว่าหินเหล่านี้มีอายุในยุคเพอร์เมียน

ในบริเวณทางตอนเหนือและตอนกลางของประเทศลาวพบการกระจายตัวของชั้นหินคดโค้งยุคออร์โดวิเซียนถึงคาร์บอนิเฟอรัส หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก หินฐานไนส์ พบการกระจายไปทางตะวันออกเฉียงใต้จนถึงชายแดนประเทศเวียดนาม โดยมีการวางตัวของโครงสร้างในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เป็นแนวเดียวกันไปจนถึงตอนกลางของประเทศเวียดนาม เชื่อกันว่าเป็นผลที่เกิดจากการคดโค้งในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้นมากกว่าจะเกิดจากการยกตัวหรือทรุดตัว

การกระจายตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือของแนวชั้นหินคดโค้งน่าจะเกิดจากกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานและกระบวนการหินหนืดบางอย่างและเป็นบริเวณกว้างในช่วงมหายุคมีโซโซอิกซึ่งยังไม่สามารถหาคำตอบได้ เนื่องจากพบหินยุคเดโวเนียนที่มีการคดโค้งเพียงเล็กน้อยทางตะวันออกของประเทศลาว แต่เชื่อกันว่าหินแกรนิตและหินแกรนิตไดโอรไรต์มีการแทรกซอนขึ้นมาในช่วงไทรแอสซิกเช่นเดียวกับบางส่วนในประเทศเวียดนาม หินแกรนิตในบริเวณพื้นที่ใกล้กับสามเหนือและตะวันออกของเมืองท่าแขก เชื่อว่ามีอายุอยู่ในยุคครีเทเชียสตอนปลายไปจนถึงพาลีโอจีน นอกจากนี้ยังพบแนวรอยเลื่อนที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้กระจายตัวไปจนถึงประเทศเวียดนาม

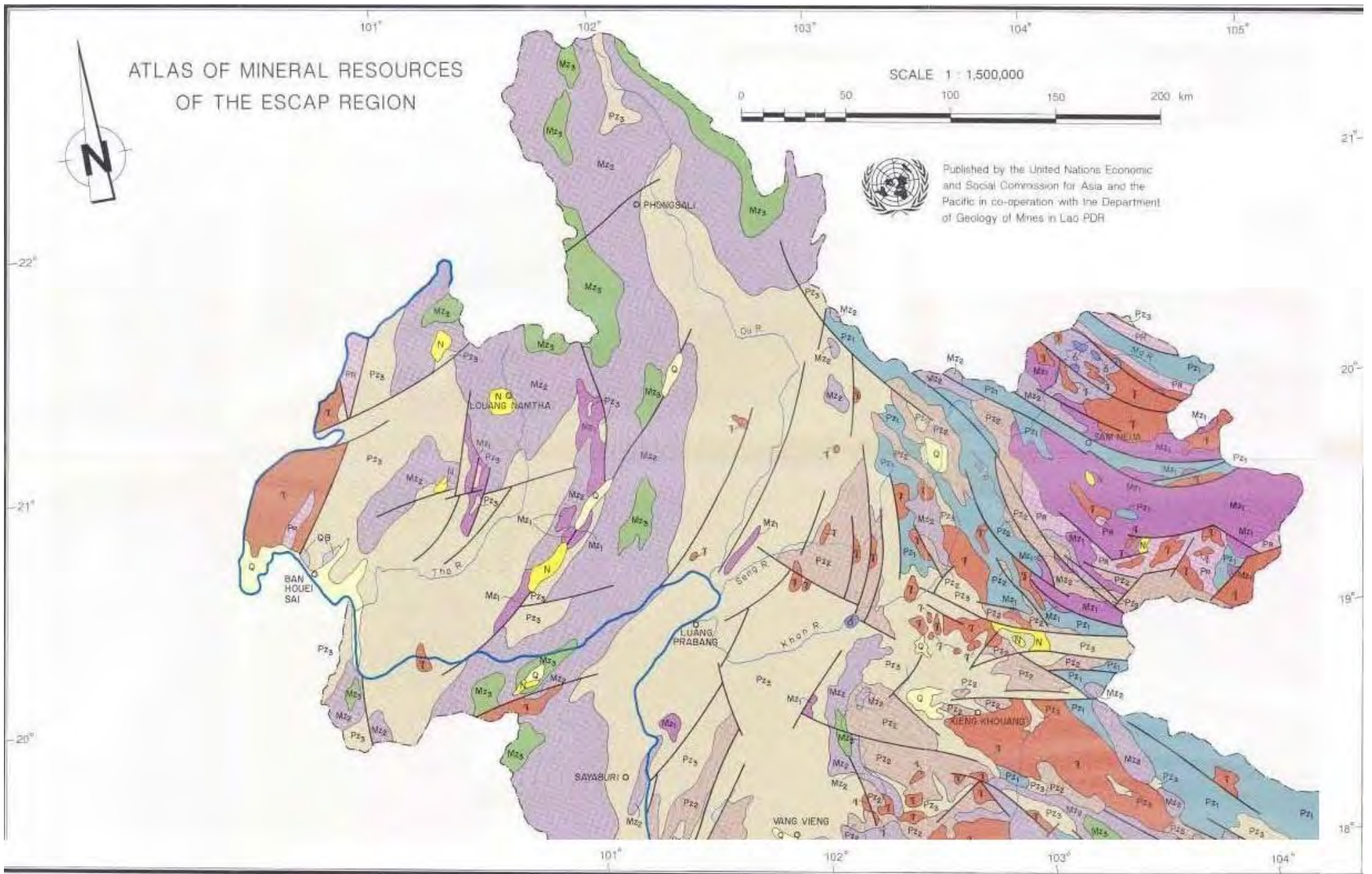
แอ่งสะสมตะกอนมหายุคมีโซโซอิกในบริเวณสามเหนือซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศลาวเกิดมาจากรอยเลื่อนจำนวนมากในยุคไทรแอสซิก เชื่อว่าเป็นแอ่งสะสมตะกอนที่เกิดบนแผ่นทวีปและอยู่เหนือชั้นหินคดโค้งที่เกิดในมหายุคพาลีโอโซอิก โดยเกิดมาจากการยกตัวของแผ่นทวีป ทำให้เกิดการกระจายตัวของหินอัคนีภูเขาไฟจำพวกไรโอไลต์ ไรโอเดไซต์ และบะซอลต์

ทางตะวันออกเฉียงเหนือของสามเหนือ บางส่วนของแนวชั้นหินคดโค้งมหายุคพาลีโอโซอิกตอนต้น พบความไม่ต่อเนื่องระหว่างหินเบสิกกับหินอัลตราเบสิกเกิดขนานไปกับแกนของแนวชั้นหินคดโค้งเป็นแนวรอยต่อระหว่างแผ่นทวีป

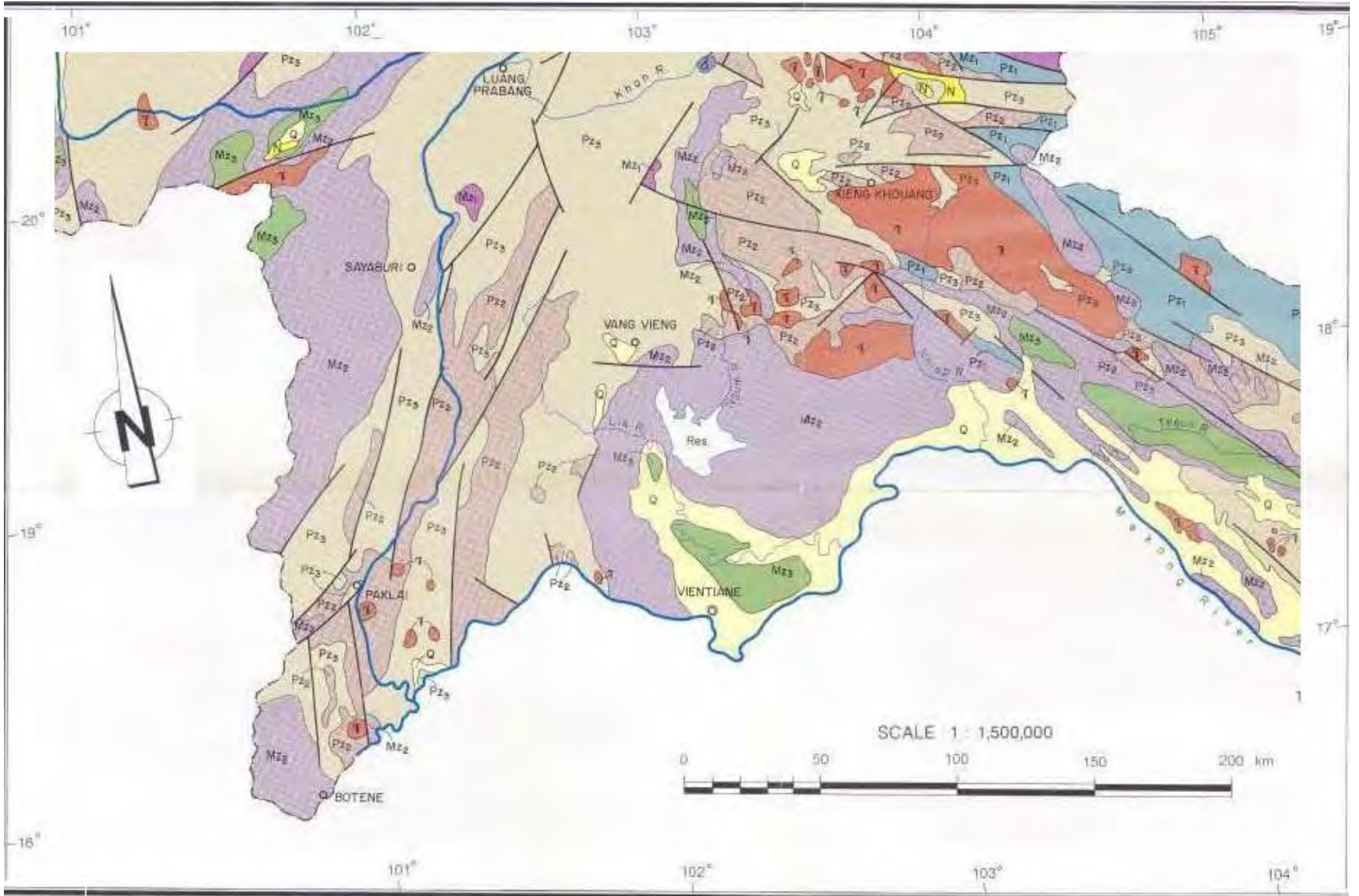
สำหรับพื้นที่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศลาวพบการกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างของหินที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพเพียงเล็กน้อย หินเหล่านี้ประกอบไปด้วยหินที่มาจาก การสะสมตัวของตะกอนทวีปใน

มหายุคมีโซโซอิก แนวชั้นหินคดโค้งมหายุคพาลีโอโซอิก และวางตัวบนหินฐานบางอย่างซึ่งน่าจะมีอายุ  
มหายุคพรีแคมเบรียนตอนต้น

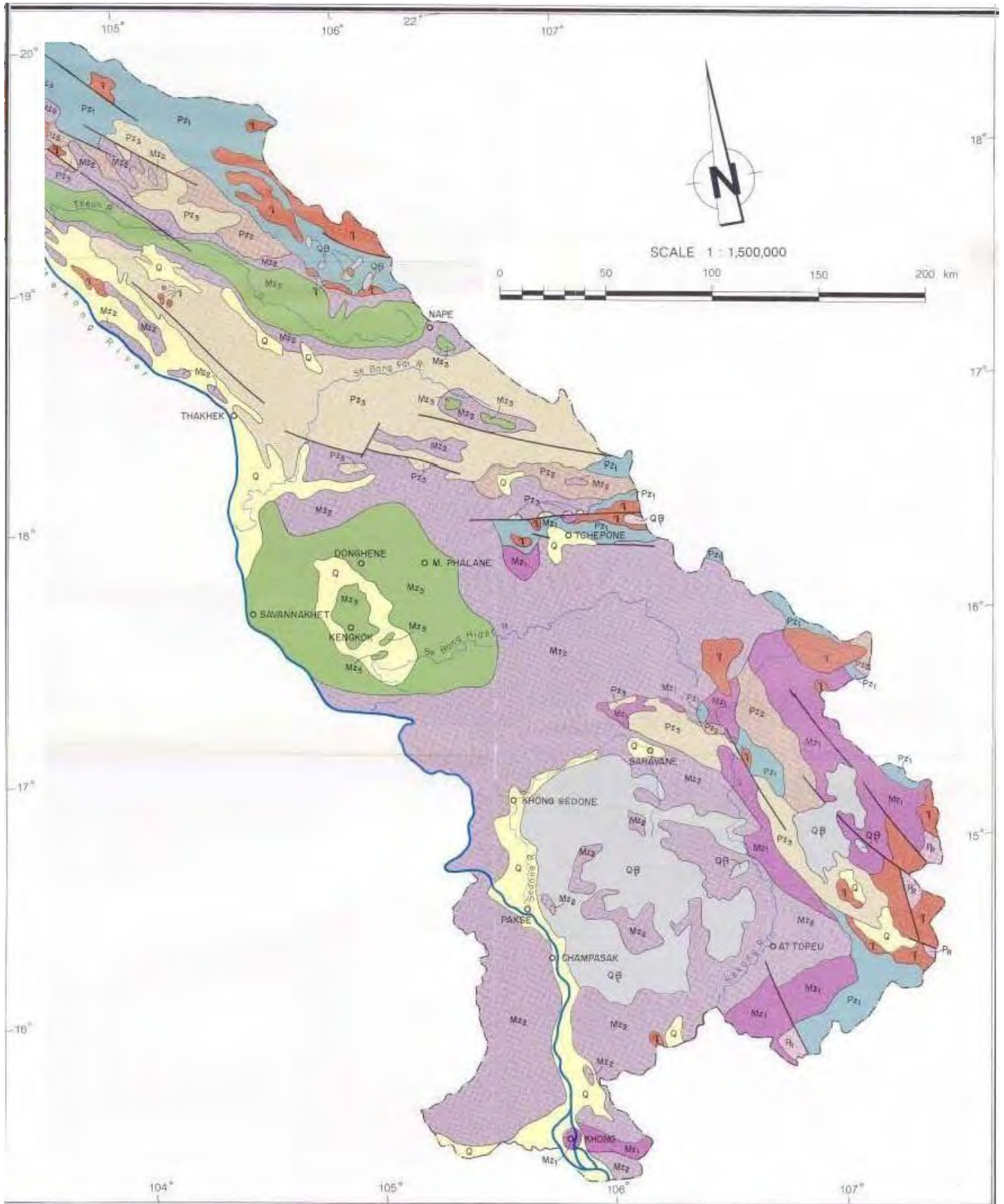
ในบางพื้นที่ทางตอนใต้ของประเทศลาวพบหลักฐานการเกิดการคดโค้งอย่างรุนแรงของหินยุคคาร์  
บอนิเฟอรัสทางตะวันออกของจังหวัดสาระวัน พบชั้นหินคดโค้งยุคคาร์บอนิเฟอรัสที่มีถ่านหินและหินปูน  
ยุคเพอร์เมียนแทรกอยู่



รูป 2.1 แผนที่ธรณีวิทยา (Geological Map)แสดงพื้นที่ทางตอนเหนือของประเทศลาว (Modified from Environment and Sustainable Development Division (ESDD), 1990)



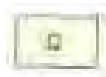
รูป 2.2 แผนที่ธรณีวิทยา (Geological Map)แสดงพื้นที่ทางตอนกลางของประเทศลาว (Modified from Environment and Sustainable Development Division (ESDD),



รูป 2.3 แผนที่ธรณีวิทยา(Geological Map) แสดงพื้นที่ทางตอนใต้ของประเทศลาว  
(Modified from Environment and Sustainable Development Division (ESDD), 1990)



### Legend



Quaternary. Alluvial deposits of the Mekong river and its tributaries.



Quaternary (possible also Neogene in part) basalt including alkali varieties (basanite, limburgite etc.).



Neogene. Terrestrial deposits preserved in intermontane valleys, some lignite.



Late Mesozoic, mainly Mid-Late Cretaceous, lower part mainly sandstones, predominantly line-grained toward the top with thick evaporates, especially rock salt and gypsum.



Mid-Mesozoic, mainly Late Triassic to Early Cretaceous, predominantly terrestrial sediments, mainly sandstones. Thin coals in places. Marine Late Triassic occurs in the NE and the NW. Marine Triassic is found in the SE.



Early Mesozoic, mainly Early-Mid Triassic. Mainly marine terrestrial in certain areas. Mostly clastic sediments, some limestone. Volcanic rock, mainly acidic (rhyolite, dacite, tuff) widespread in N and SE



Late Paleozoic (mainly Middle Carboniferous-Permian, some undifferentiated Early Triassic in the NW). Mainly marine, terrestrial in certain areas with coal in the east, limestone are the dominant rocks of the marine facies. In the west and south clastic rock dominate with subsidiary limestone. Volcanic rocks, mainly intermediate (andecite-dacite) are widespread and of various ages, especially Permian.



Mid-Paleozoic (mainly Devonian-Early Carboniferous, some Silurian) mainly marine rocks, in places weakly metamorphosed. Limestones commonly occur, and may be more or less recrystallized to marble.



Early Paleozoic (Cambrian-Silurian) with probable Proterozoic. Some undifferentiated Lower Devonian in NE, less generally metamorphosed to phyllites and schists and marble. Some basic meta-volcanics. Ultramafic lenses occur in a narrow belt in the NE.



Proterozoic gneiss and schist

NB The age of the Paleozoic formation is uncertain in many areas in the absence of detailed mapping. The subdivisions Pz 1,2,3 are therefore only a general indication of overall relative ages. The range extends into the Triassic above, and probably the Proterozoic below in places as noted.



Granite and lesser granodiorite and quartz diorite of Carboniferous, Permian, Triassic (dominant) and Paleogene age.



Ultrabasic rocks, peridotite and serpentinite of uncertain age, with associated gabbro etc.

#### Geological Boundaries



Approximate position

#### Faults



Approximate position

รูป 2.4 สัญลักษณ์ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย (Environment and Sustainable Development Division (ESDD), 1990)

## 2.2 ธรณีวิทยาในพื้นที่

ลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่บริเวณจังหวัดหลวงพระบางในประเทศลาว จากการสำรวจลักษณะทางธรณีวิทยาโดย Environment and Sustainable Development Division (ESDD) ซึ่งเป็นหน่วยงานย่อยของ United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific และ Department of Geology of Mine ของประเทศลาว โดยเริ่มทำการสำรวจขึ้นในปี พ.ศ. 2533 และได้ถูกเผยแพร่ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2541 พบว่าประกอบไปด้วยกลุ่มหิน 5 กลุ่ม คือ

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนกลาง (ยุคเดโวเนียนถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้นเป็นส่วนใหญ่) หินที่พบส่วนใหญ่เกิดในทะเล พบหินปูนที่มีการแปรสภาพเล็กน้อยไปจนถึงหินอ่อนที่เกิดจากการตกผลึกใหม่

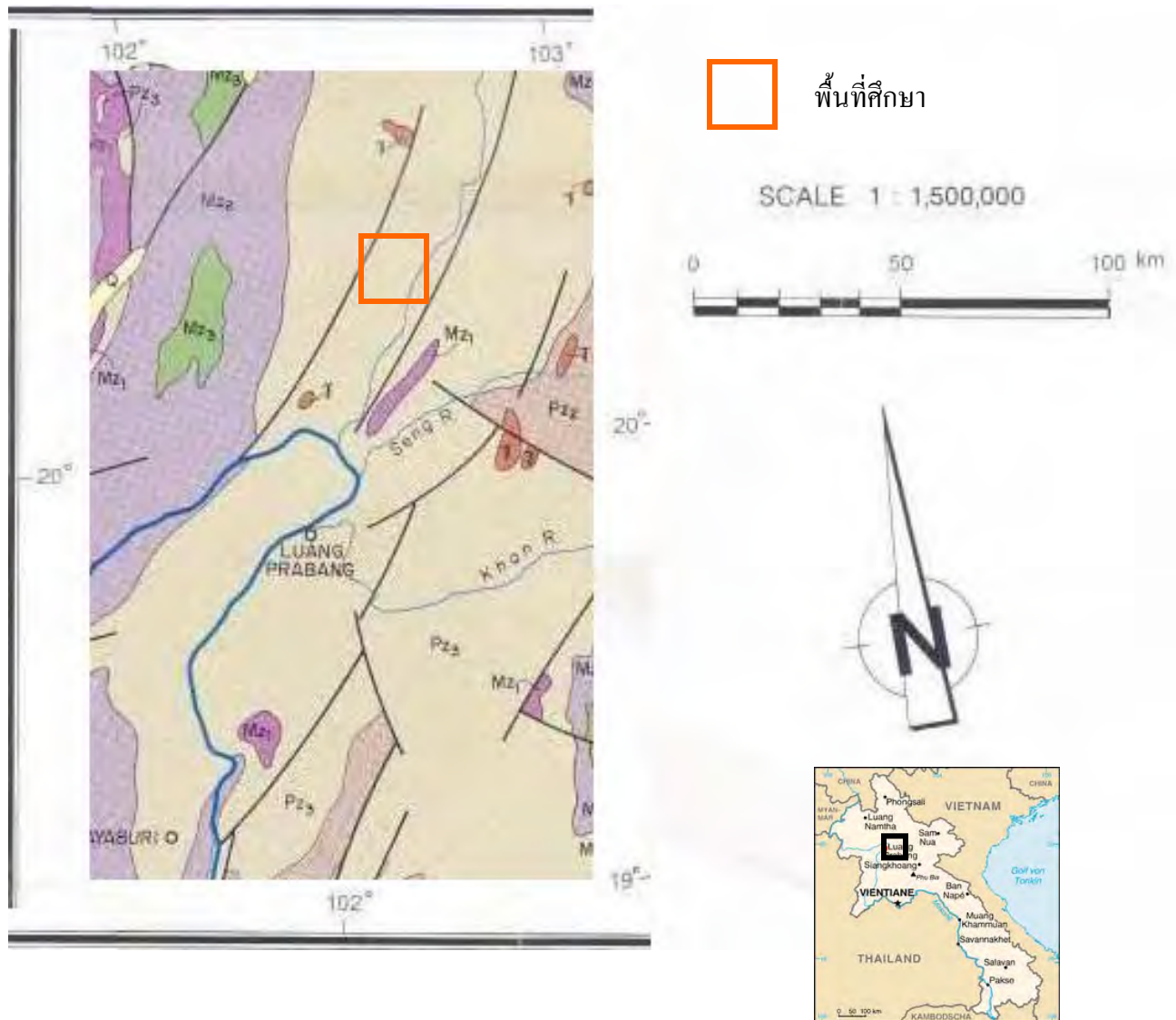
หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย (ยุคกลางคาร์บอนิเฟอรัสตอนกลางถึงเพอร์เมียนเป็นส่วนใหญ่) หินตะกอนที่พบเป็นหินที่เกิดจากการสะสมของตะกอนจากทะเลเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะหินปูน พบหินอัคนีภูเขาไฟจำพวกแอนดีไซต์ถึงเดไซต์กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างและมีอายุหลากหลาย โดยเฉพาะยุคเพอร์เมียน

หินมหายุคมีโซโซอิกตอนต้น (ยุคไทรแอสซิกตอนต้นถึงตอนกลาง) พบหินที่เกิดในทะเลโดยส่วนใหญ่เป็นหินตะกอนเนื้อประสม พบหินปูนเล็กน้อย และพบหินอัคนีภูเขาไฟจำพวกไรโอไลต์ เดไซต์ และหินแก้วภูเขาไฟ

หินมหายุคมีโซโซอิกตอนกลาง (ยุคไทรแอสซิกตอนปลายถึงครีเตเชียสตอนต้น) พบหินตะกอนที่มาจากตะกอนบกเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะหินทราย

หินมหายุคมีโซโซอิกตอนปลาย (ยุคครีเตเชียสตอนกลางถึงตอนปลาย) พบหินทรายและหินกลุ่มเกลือระเหยโดยเฉพาะหินเกลือและหินยิปซั่ม

นอกจากนี้ยังพบการกระจายตัวของหินแกรนิต หินแกรนิตไดโอไรต์ และหินควอตซ์ไดโอไรต์ยุคคาร์บอนิเฟอรัส เพอร์เมียน ไทรแอสซิก และนีโอจีน



รูป 2.5 แผนที่ธรณีวิทยา (Geological Map) บริเวณจังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว (Modified from Environment and Sustainable Development Division (ESDD), 1990)

### Legend



Late Mesozoic, mainly Mid-Late Cretaceous, lower part mainly sandstones, predominantly line-grained toward the top with thick evaporates, especially rock salt and gypsum



Mid-Mesozoic, mainly Late Triassic to Early Cretaceous, predominantly terrestrial sediments, mainly sandstones. Thin coals in places. Marine Late Triassic occurs in the NE and the NW. Marine Triassic is found in the SE



Early Mesozoic, mainly Early-Mid Triassic. Mainly marine terrestrial in certain areas. Mostly clastic sediments, some limestone. Volcanic rock, mainly acidic (rhyolite, dacite, tuff) widespread in N and SE



Late Paleozoic (mainly Middle Carboniferous-Permian, some undifferentiated Early Triassic in the NW) Mainly marine, terrestrial in certain areas with coal in the east, limestone are the dominant rocks of the marine facies, in the west and south clastic rock dominate with subsidiary limestone. Volcanic rocks, mainly intermediate (andecite-dacite) are widespread and of various ages, especially Permian.



Mid-Paleozoic (mainly Devonian-Early Carboniferous, some Silurian) mainly marine rocks, in places weakly metamorphosed. Limestone commonly occur, and may be more or less recrystallized to marble.



Granite and lesser granodiorite and quartz diorite of Carboniferous, Permian, Triassic (dominant) and Paleogene age

#### Geological Boundaries



Approximate position

#### Faults



Approximate position

รูป 2.6 สัญลักษณ์ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณจังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว  
(Modified from Environment and Sustainable Development Division (ESDD), 1990.)

## ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา

- 3.1 การแปรสภาพถ่ายดาวเทียม
- 3.2 การออกภาคสนามและการเก็บตัวอย่างหิน

## บทที่ 3

### ธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา

#### 3.1 การแปลภาพถ่ายดาวเทียม

จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมโดยโปรแกรม google earth ดังรูป 3.2 พบว่าพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงประกอบไปด้วยหิน 3 unit ประกอบไปด้วย Unit A, Unit B และ Unit C

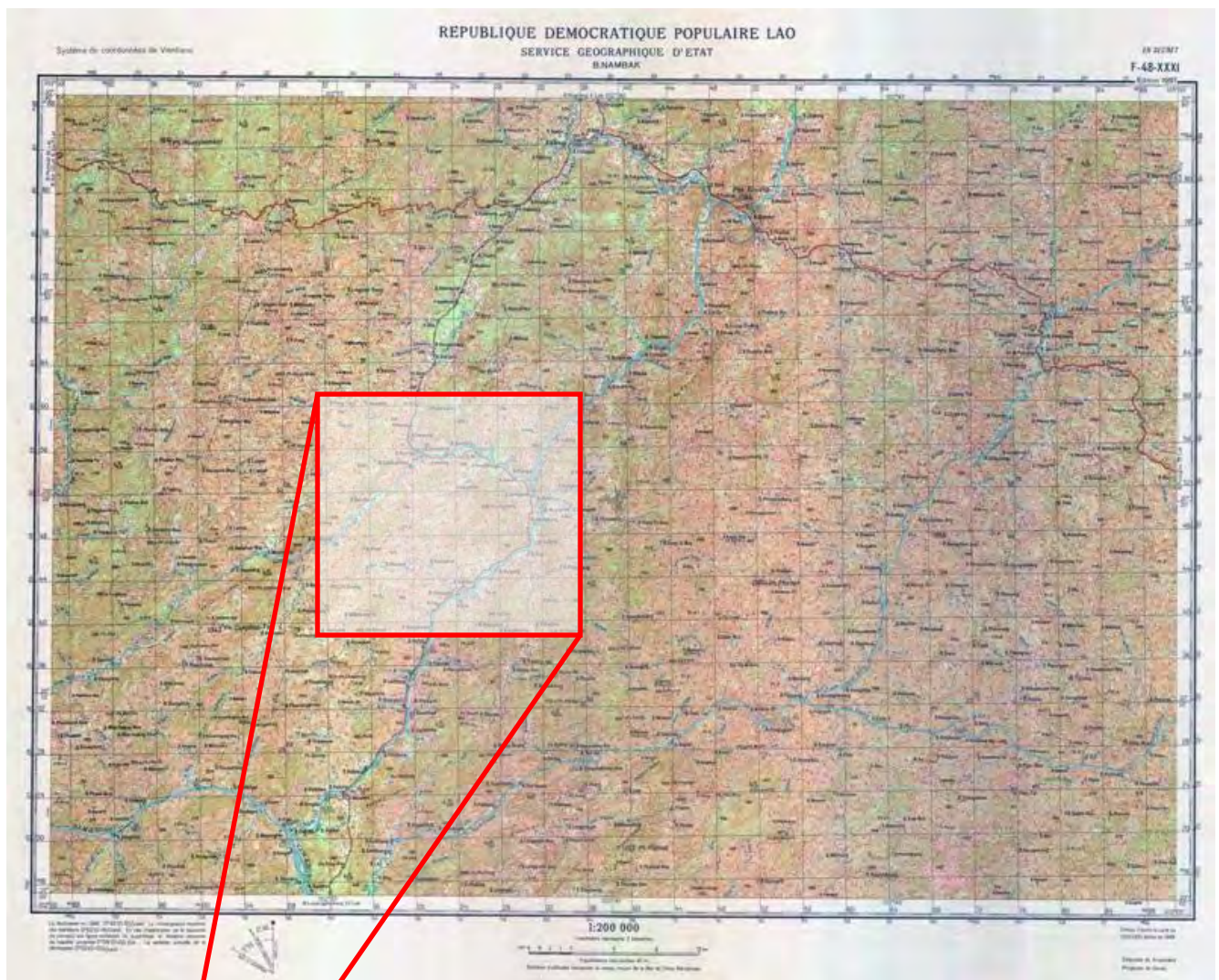
Unit A มีพื้นที่อยู่ทางทิศตะวันตกของบ้านดอนเงินเป็นพื้นที่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะที่พบจากการแปลภาพถ่ายคือ บริเวณนี้มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ไม่สูงชันมาก พื้นผิวดินค่อนข้างเรียบ ทางน้ำที่พบแสดงลักษณะแบบกึ่งไม้ มีแนวการวางตัวของเขาในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

Unit B มีพื้นที่อยู่ทางตอนกลางและทางตะวันออกของบ้านดอนเงินเป็นพื้นที่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สูงชัน พื้นผิวดินค่อนข้างขรุขระ รูปแบบทางน้ำเป็นแบบขนาน แนวการวางตัวของภูเขาค่อนข้างใกล้เคียงกับ Unit A คือวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

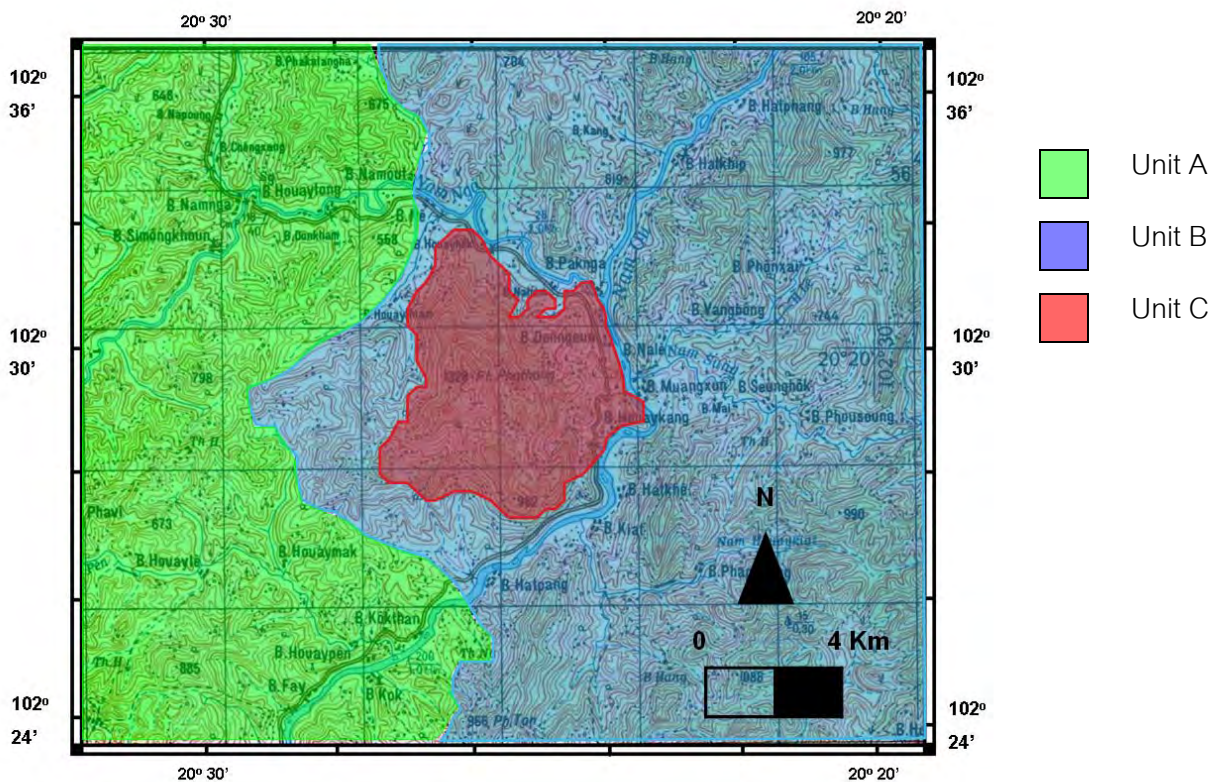
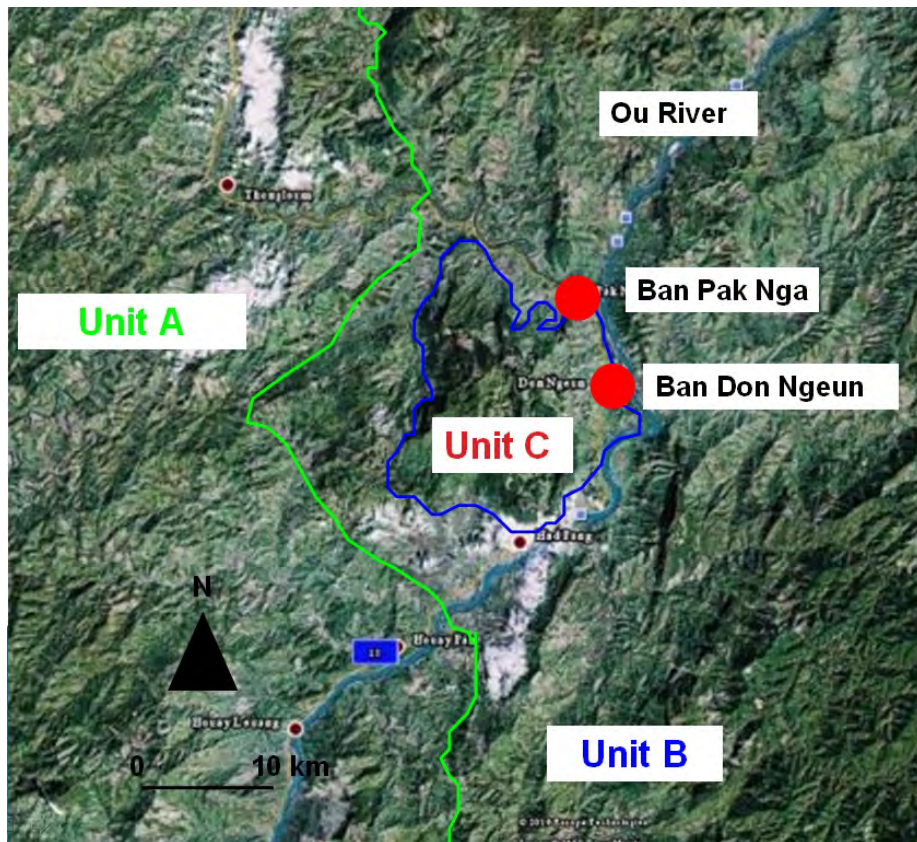
Unit C มีพื้นที่ทางตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ลักษณะเด่นของพื้นที่คือแสดงลักษณะ circular texture มีพื้นที่สูงชันมากแตกต่างจากพื้นที่โดยรอบ

จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและการศึกษาข้อมูลเก่าทำให้สามารถสร้างแผนที่ธรณีวิทยาดังรูป 3.3 สำหรับการศึกษากาตสนามในขั้นตอนนี้ต่อไป





รูป 3.1 แผนที่ภูมิประเทศแสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาในบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว



รูป 3.2 แผนที่ธรณีวิทยาที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

### 3.2 การออกภาคสนามและการเก็บตัวอย่างหิน

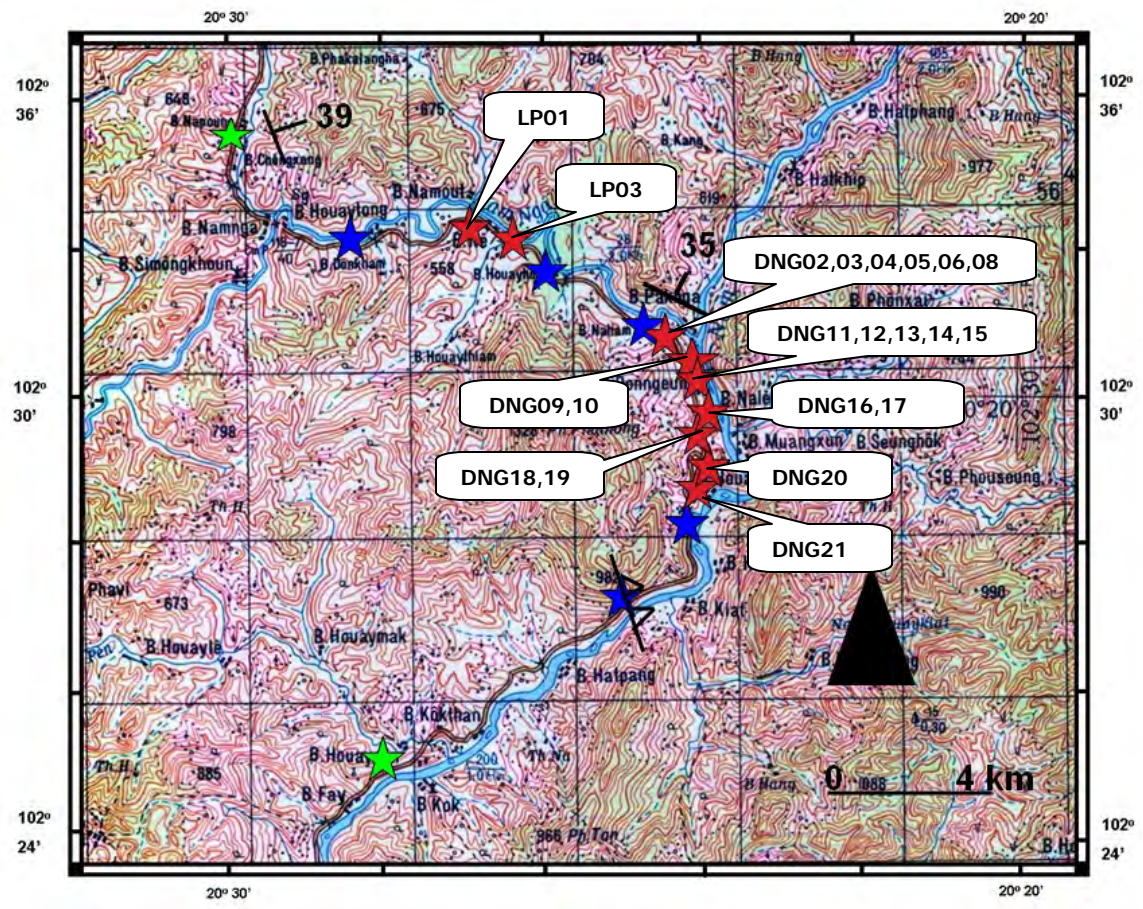
ทำการศึกษภาคสนามและเก็บตัวอย่างหินที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษาดังรูป 3.3 โดยมีพื้นที่ทำการศึกษาระมาณ 26 ตารางกิโลเมตรตามเส้นทางถนนหมายเลข13 โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 23 ตัวอย่าง หินที่พบในพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียงประกอบไปด้วยหิน 3 ชนิด คือ หินslaty shale limestone และ basalt

หินโผล่ Slaty shale ที่พบมี 2 จุดที่มีการทำการเก็บตัวอย่างคือ บริเวณทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ หินโผล่ปรากฏข้างถนนหมายเลข13 ลักษณะหินที่พบในพื้นที่เป็นหินสีเทาถึงดำ เนื้อละเอียด มีแนวการวางตัวแนว138/39 นอกจากนี้ยังพบลักษณะ fissillityและแนวคดโค้ง(fold)อีกด้วย(ดูรูป 3.4)

หินโผล่ limestone ที่พบและทำการเก็บตัวอย่างมีทั้งหมด 5 จุดศึกษา ลักษณะที่พบเป็นหินโผล่ที่เกิดจากการตัดถนน ลักษณะหินที่พบเป็นหินปูนเนื้อสดีเทา พบลักษณะrecrystallize แนวการวางตัวของชั้นหิน 289/35 (ดูรูป 3.5)

หินโผล่ basalt ที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างมีทั้งหมด 18 ตัวอย่าง หินโผล่ที่พบเกิดจากการตัดถนน ลักษณะหินบะซอลต์ที่พบในภาคสนามแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นหินบะซอลต์ที่ปรากฏโครงสร้างรูปหมอน (pillow lava) โดยส่วนใหญ่มีขนาดหินโผล่สูงประมาณ 3-4 เมตร (ดูรูป 3.6) อีกชนิดเป็น massive basalt พบลักษณะเป็นหินโผล่ขนาดใหญ่ สูงกว่า10เมตร แสดงลักษณะการไหล (ดูรูป 3.7)หินบะซอลต์ทั้งสองชนิดมีเนื้อสีเทาถึงดำ เนื้อพื้นละเอียด พบผลึกดอกขนาด 2-5 มิลลิเมตร

จากการศึกษาภาคสนามทำให้สามารถแก้ไขแผนที่ธรณีวิทยาได้ใหม่ดังรูป 3.8 โดยพื้นที่บ้านดอนเงินประกอบไปด้วยหินสามชนิด คือหินดินดานซึ่งอยู่ทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษาและเป็นหินที่มีอายุแก่ที่สุด หินปูนที่มีอายุน้อยรองลงมาอยู่ทางตอนกลางและทางตะวันออกของพื้นที่ โดยมีหินบะซอลต์ปรากฏเพียงเล็กน้อยบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษาเป็นหินที่มีอายุน้อยที่สุด

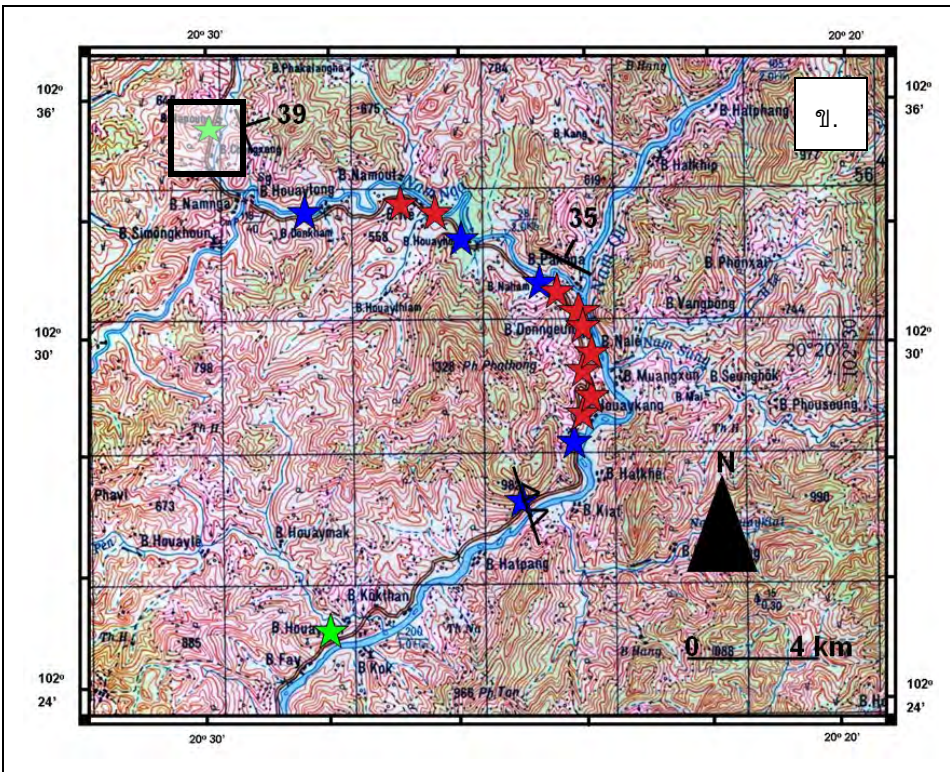


-  หินบะซอลต์
-  หินดินดาน
-  หินปูน

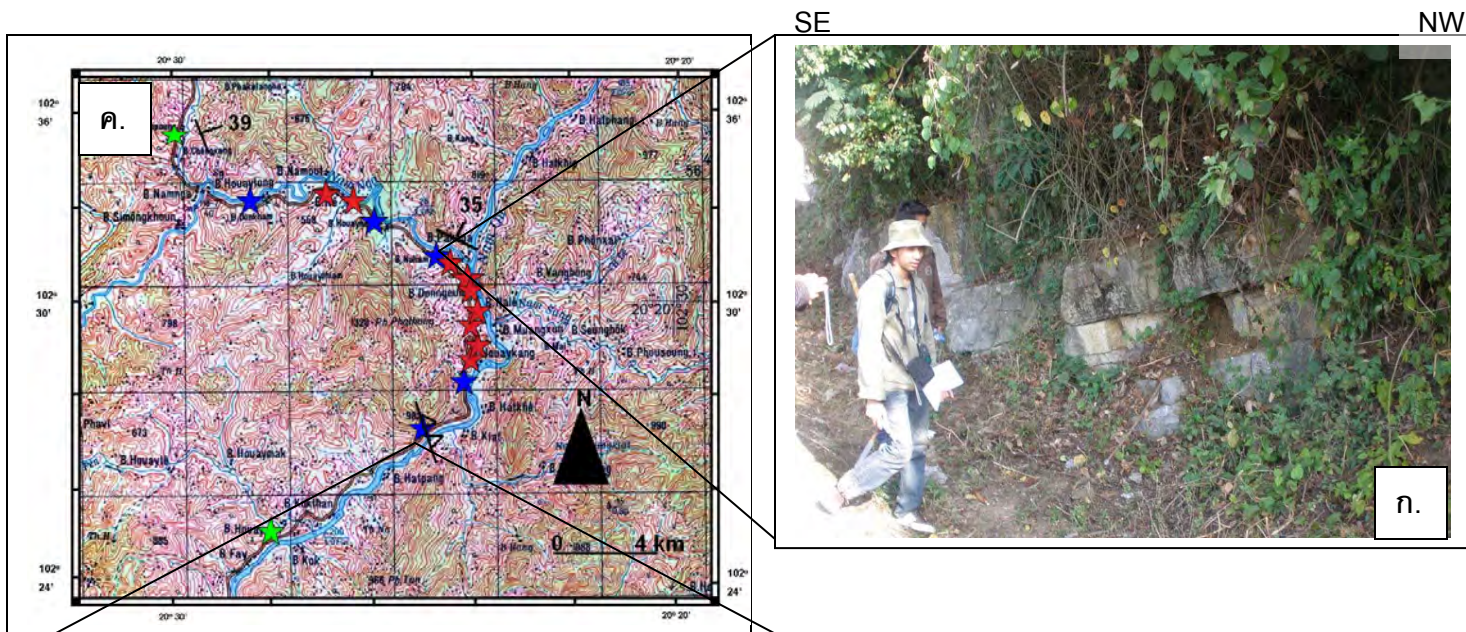
รูป 3.3 แผนที่ภูมิประเทศแสดงจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างจากการออกภาคสนามในพื้นที่ศึกษาริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว

S

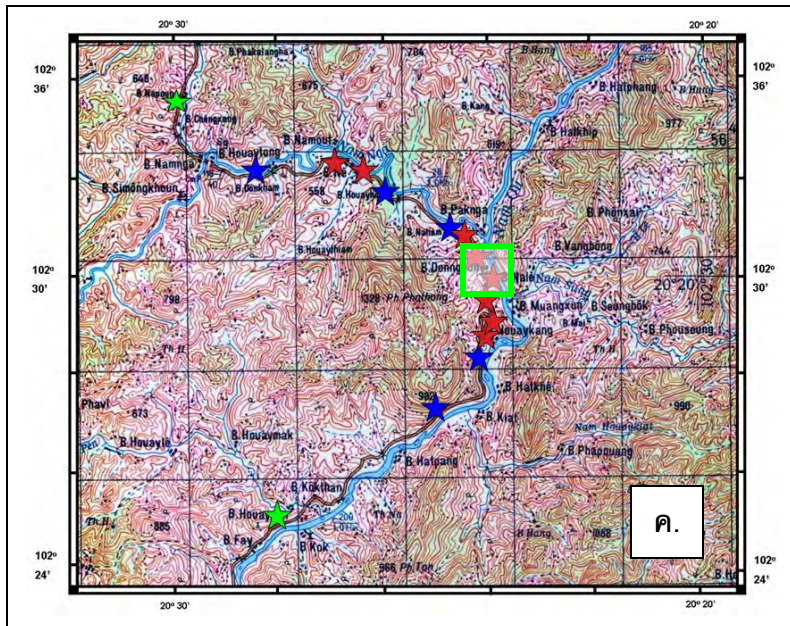
N



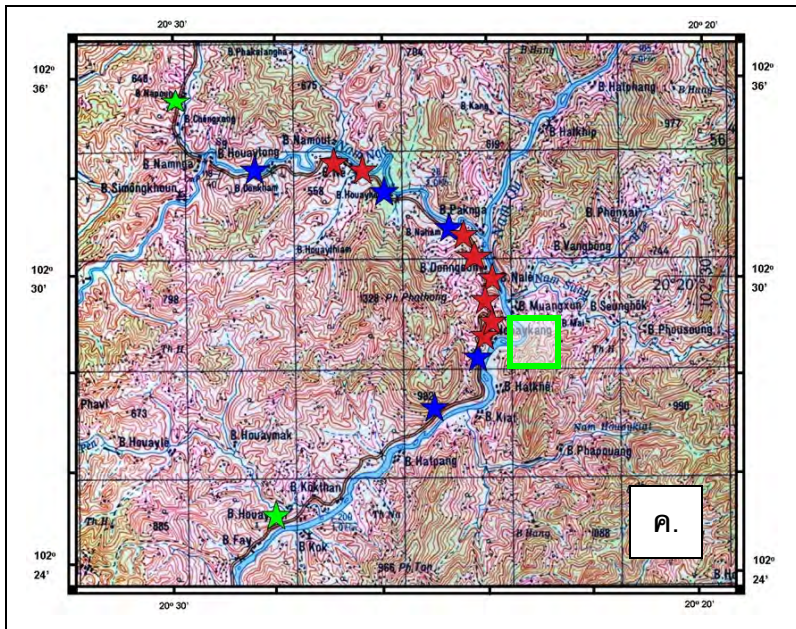
รูป 3.4 ก. หินโคลนข้างถนนหมายเลข13 แสดงลักษณะหิน slaty shale ที่ปรากฏแนวการวางตัวของชั้นหินและแนวคดโค้ง ข.ตำแหน่งรูป ก. ในแผนที่ภูมิประเทศ



รูป 3.5 ก. ลักษณะหินปูนที่แสดง  
 แนวการวางตัวแนว 289/35 ข. ลักษณะรอย  
 เลื่อนที่พบมีกรวางตัวในทิศตะวันตกเฉียง  
 เหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีระนาบ  
 ประมาณ 70 องศาในทิศตะวันออกเฉียง  
 เหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ค. ตำแหน่งรูป ก.  
 และ ข. ในแผนที่ภูมิประเทศ

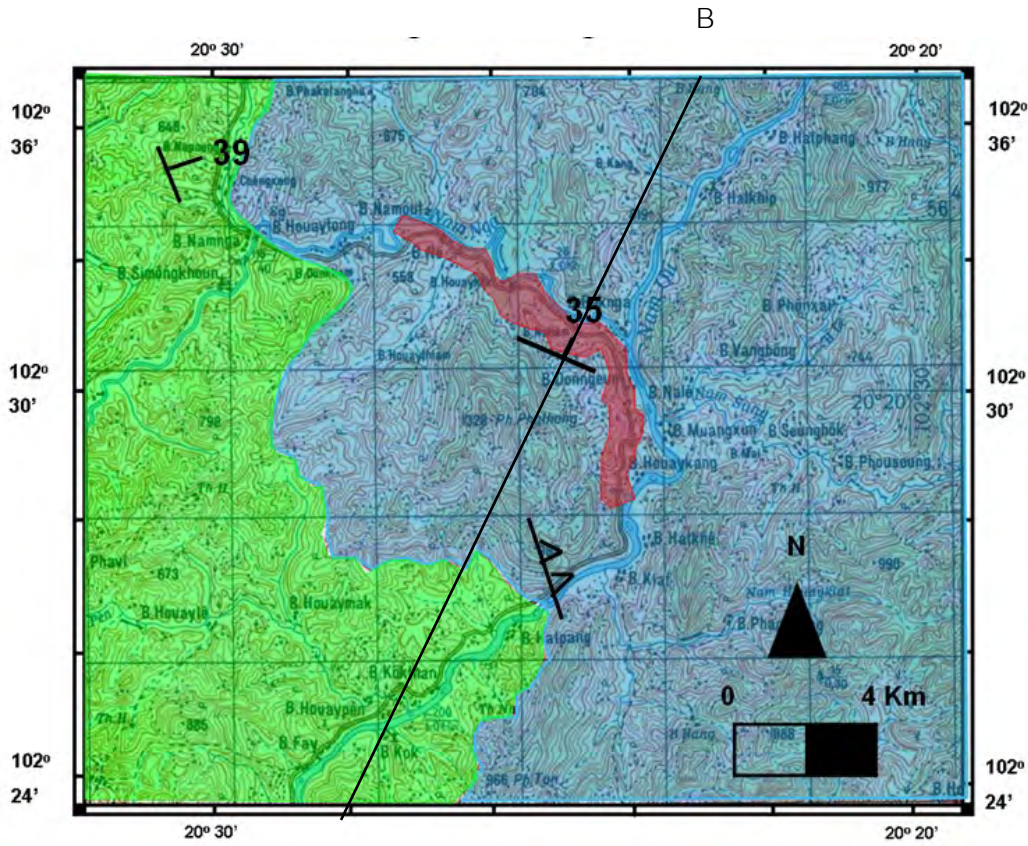


รูป 3.6 ก. หินโคล์ข้างถนนหมายเลข13 แสดงลักษณะหิน pillow basalt ที่พบ ข. ลักษณะโครงสร้างรูปหมอน (pillow) ในหินบะซอลต์ ค. ตำแหน่งรูป ก. และ ข. ในแผนที่ภูมิประเทศ



รูป 3.7 ก. หินโคล่ข้างถนนหมายเลข13 แสดงลักษณะหิน massive basalt ที่พบ ข. ลักษณะการไหล (flow texture) ในหินบะซอลต์ ค. ตำแหน่งรูป ก. และ ข. ในแผนที่ภูมิประเทศ





EXPLANATION FOR BAN DON NGEUN AREA

SEDIMENTARY ROCKS

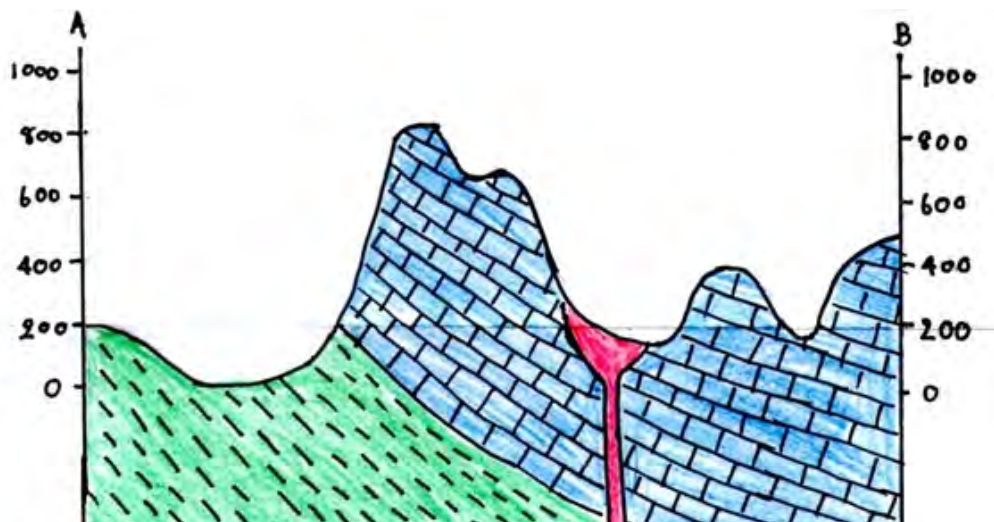
- LIMESTONE
- SHALE

- IGNEOUS ROCKS
- BASALT

SYMBOLS

- ATTITUDE OF BEDDING
- BOUNDARY
- FAULT

A



รูป 3.8 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณบ้านดอนเงิน  
จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว

## ศึลลวรรณนล

- 4.1 ศึลลวรรณนล
- 4.2 การจ้ลนลกชนึลลลน

## บทที่ 4

### ศิลาวรรณนา

#### 4.1 ศิลาวรรณนา

หินตัวอย่างที่ได้มาจากการเก็บในภาคสนามจะนำมาเตรียมตัวอย่างเป็นแผ่นหินบาง และทำการศึกษาศิลาวรรณนาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพราไลซ์เพื่อดูแร่องค์ประกอบและโครงสร้างของหินบะซอลต์ที่ได้คัดเลือกตัวอย่างมาศึกษาเป็นจำนวน 15 ตัวอย่าง

จากตัวอย่างแบบ Hand specimen และแผ่นหินอัดเรียบ พบว่าหินบะซอลต์ที่พบมีเนื้อสีเทาถึงดำในหน้าผุ และมีสีดำในหน้าสด พบลักษณะเนื้อพื้นแบบ aphaneritic มีphenocrystขนาด 2-5 mm (ดูรูป 4.1)

จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพราไลซ์พบว่า ตัวอย่างส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยอัตราส่วนระหว่าง phenocryst และ groundmass ประมาณ 30 : 70 แร่เด่นที่พบได้แก่ plagioclase, clinopyroxene, orthopyroxene, olivin และ volcanic glass

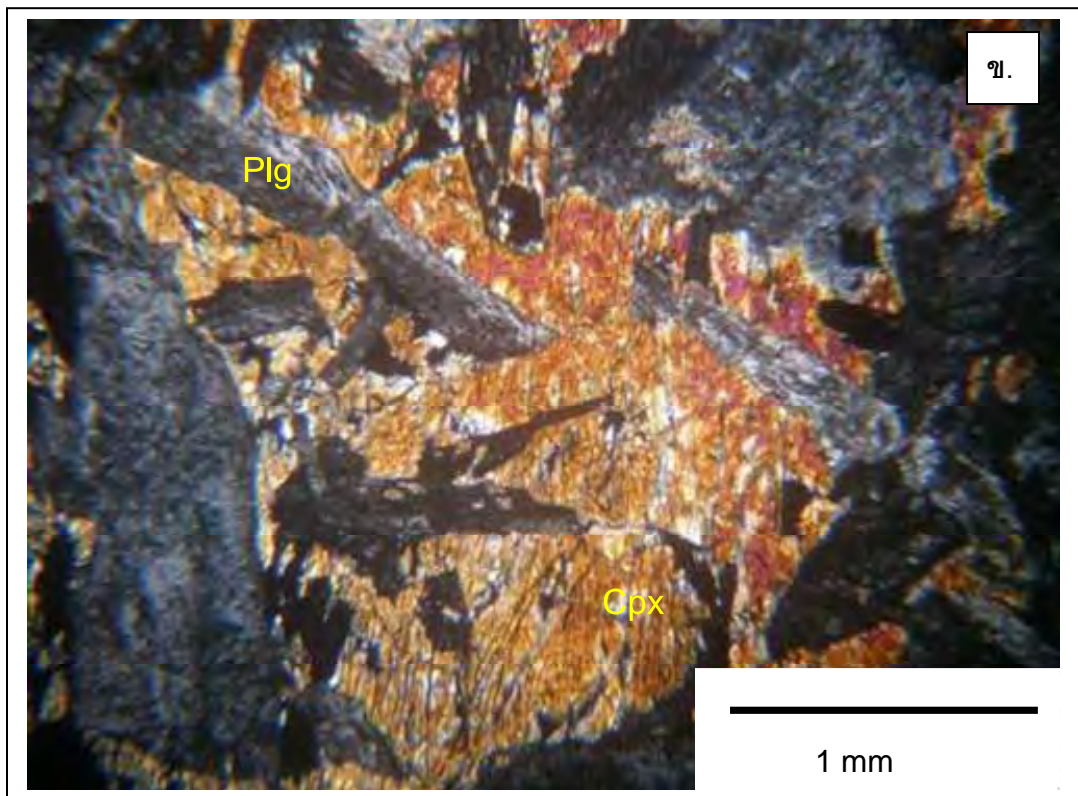
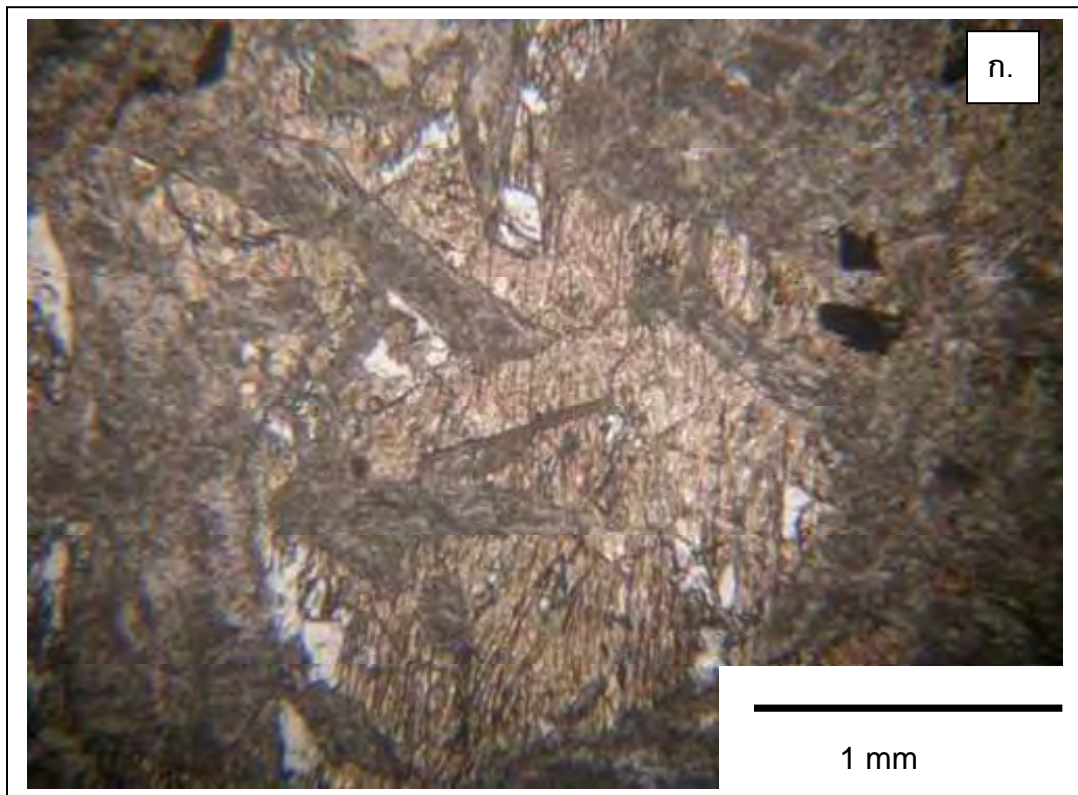
Phenocryst มีลักษณะแบบ subhedral-anhedral มีแร่เด่นคือ plagioclase ที่มีรูปร่างแบบแท่ง (lath) (ดูรูป 4.4) และมี An content อยู่ระหว่าง 61-75 ซึ่งจัดเป็น bytownite แร่ pyroxene ที่พบส่วนใหญ่เป็น Clinopyroxene พบ orthopyroxene บ้างเล็กน้อย พบแร่ olivine กระจายเป็นจำนวนมาก และ ยังพบแร่ chlorite ที่เป็นแร่ทุติยภูมิ (ดูรูป 4.3)

ลักษณะเนื้อพื้นเด่นๆที่พบได้แก่ supohitic texture ที่มีแร่ pyroxene จำพวก clinopyroxene อมแร่ plagioclase เคาไว้ (ดูรูป 4.2) พบ Glomeroporphyritic texture (ดูรูป 4.3) และ porphyritic texture (ดูรูป 4.4) เป็นผลึกดอกที่ประกอบไปด้วยแร่จำพวก plagioclase, clinopyroxene และ olivine ล้อมรอบไปด้วยผลึกแร่จำพวก plagioclase, clinopyroxene, volcanic glass และ chlorite ซึ่งเป็นแร่ทุติยภูมิ มีลักษณะการไหลไปในทิศทางเดียวกัน แสดงลักษณะการไหลของหินหนืด (trachitic texture) พบลักษณะการกัดเข้าไปในเนื้อผลึกแร่ orthopyroxene และ clinopyroxene แสดงลักษณะ embayment texture (ดูรูป 4.5) นอกจากนี้ในบางตัวอย่างยังพบผลึกแร่ clinopyroxene มีการเรียงตัวในทางเดียวกันแสดง branching texture (ดูรูป 4.6)

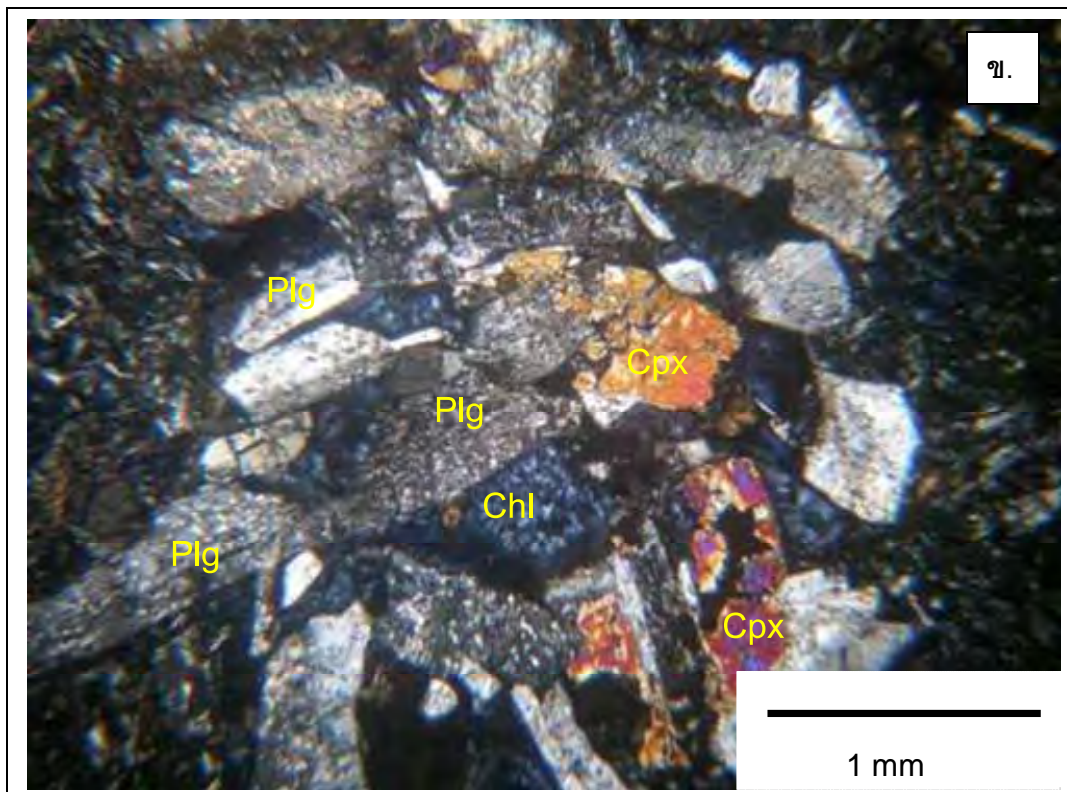
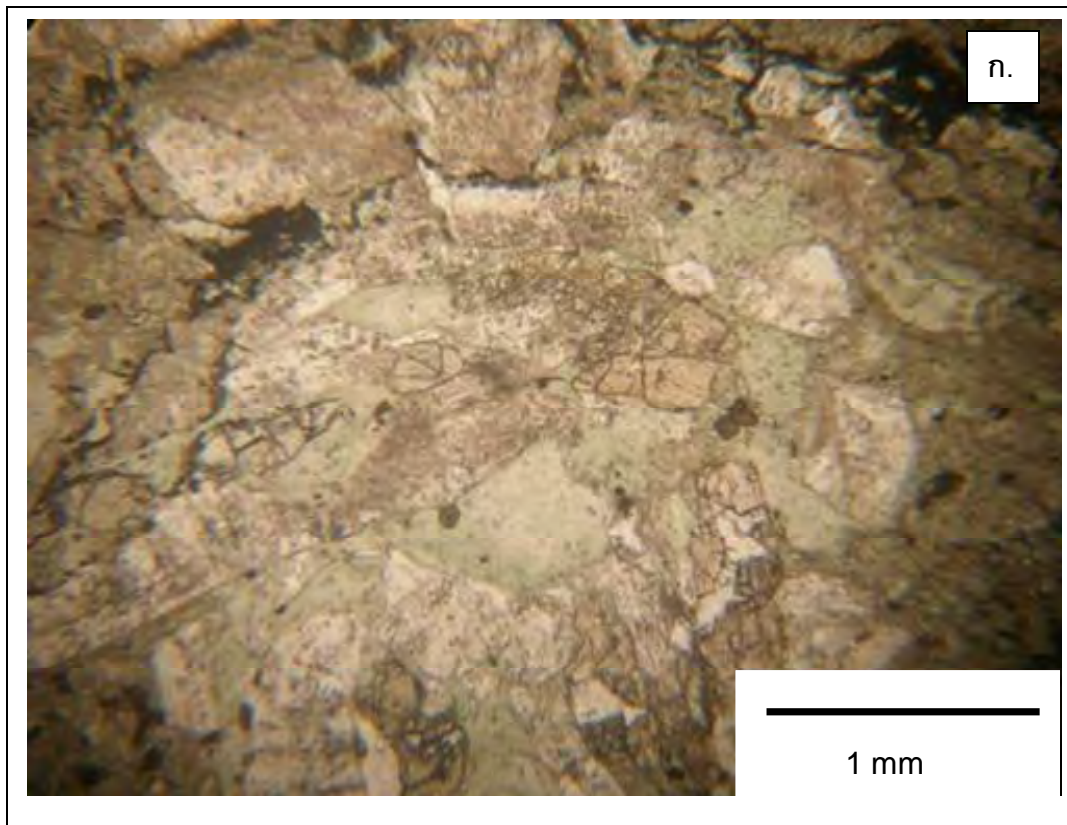
Groundmass ที่พบประกอบไปด้วยแร่ plagioclase, clinopyroxene, olivine, volcanic glass โดยมีแร่ทุติยภูมิเป็นแร่ chlorite (ดูรูป 4.7) พบลักษณะเนื้อพื้นแบบ trachytic แสดงลักษณะการไหลของหินหนืด (ดูรูป 4.4)



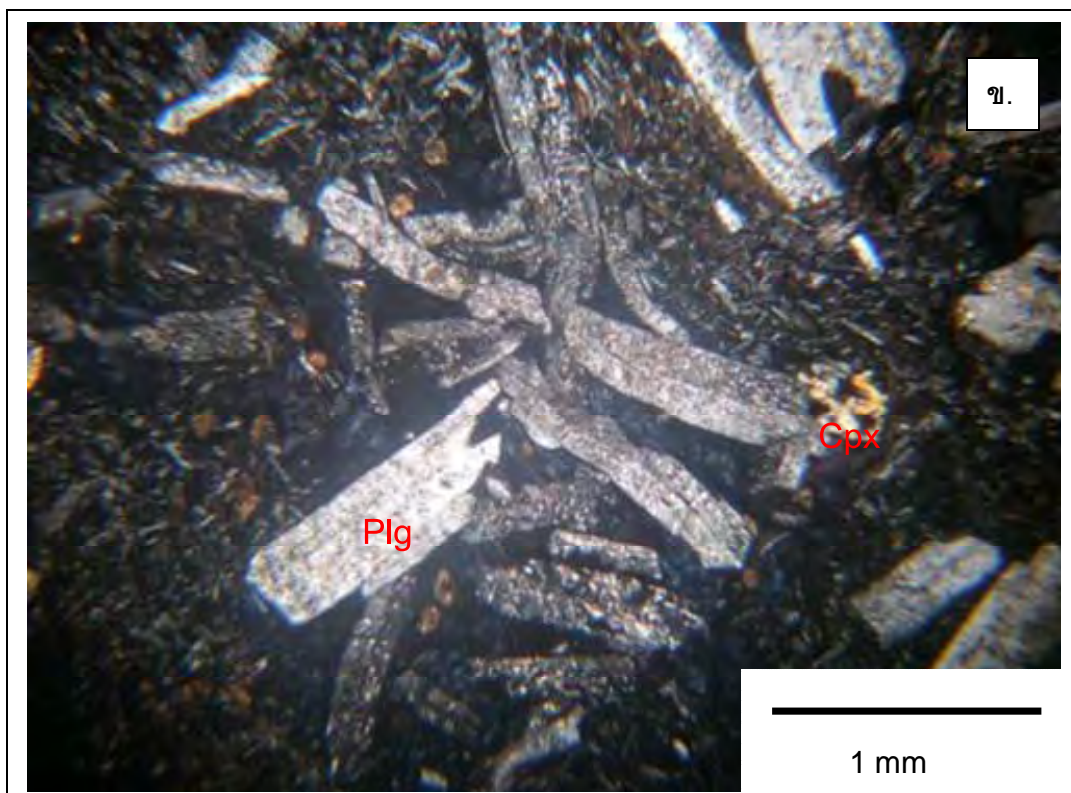
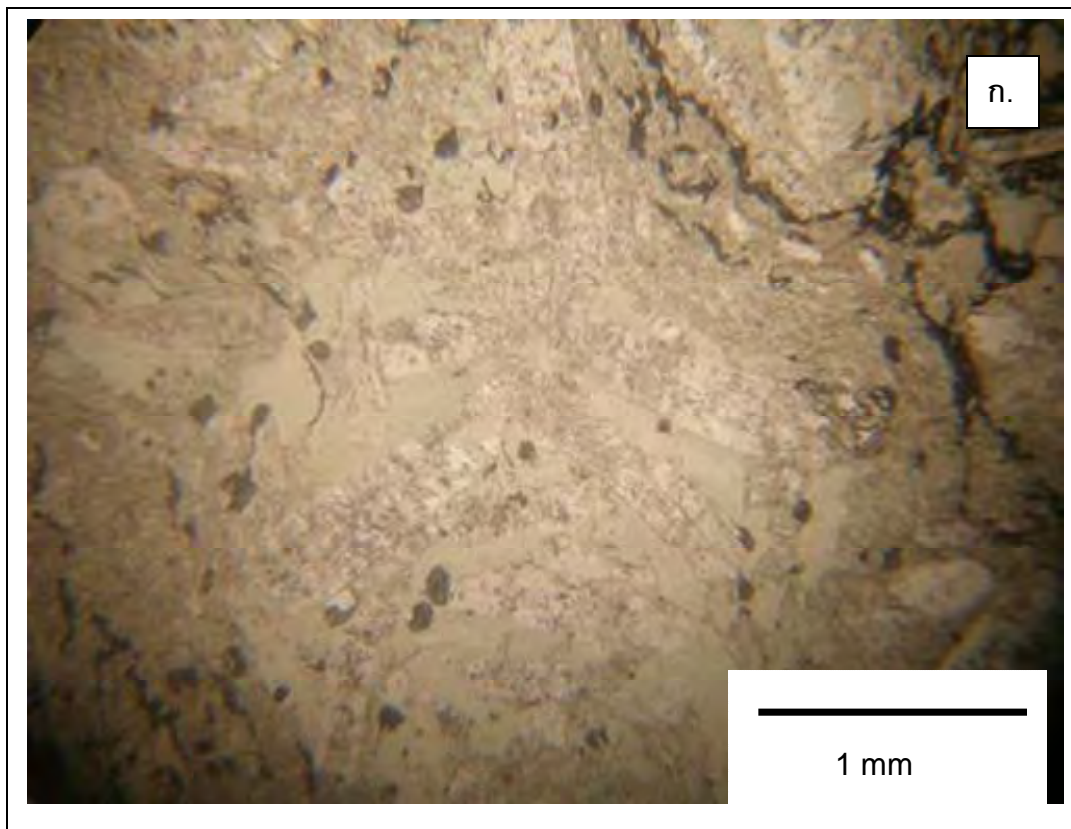
รูป 4.1 ตัวอย่างแผ่นหินอัดเรียบของหินบะซอลต์ที่แสดง ก. เนื้อพื้นแบบ aphaneritic (ตัวอย่าง DNG06 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง) และ ข. เนื้อผลึกดอกขนาด 2-5 มิลลิเมตร(ตัวอย่าง DNG03 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)



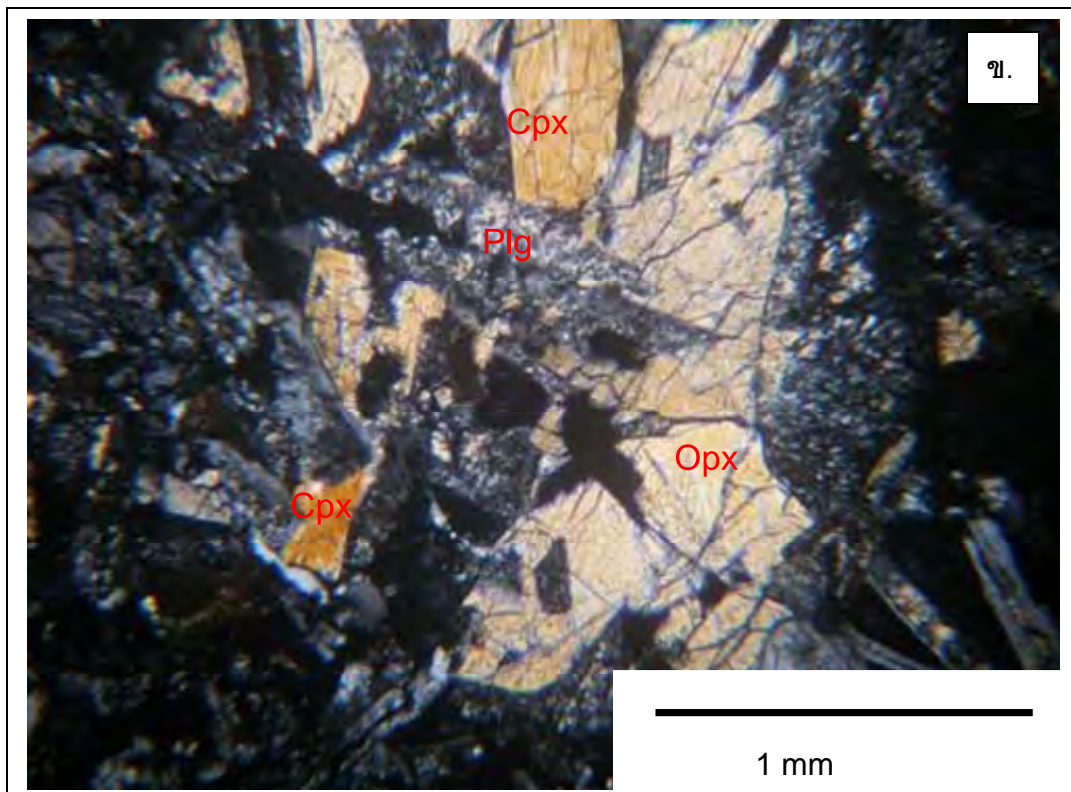
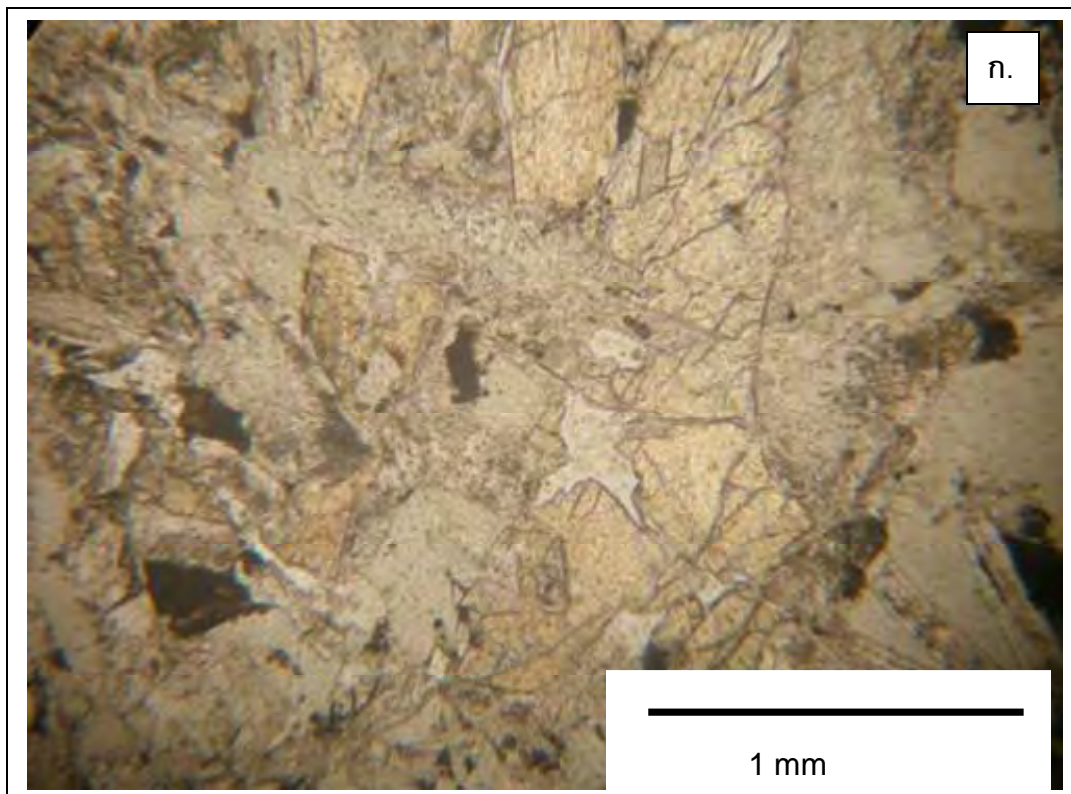
รูป 4.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อพื้นแบบ subophitic (ตัวอย่าง DNG19 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)



รูป 4.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อหินแบบ Glomeroporphyritic (ตัวอย่าง DNG18 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)

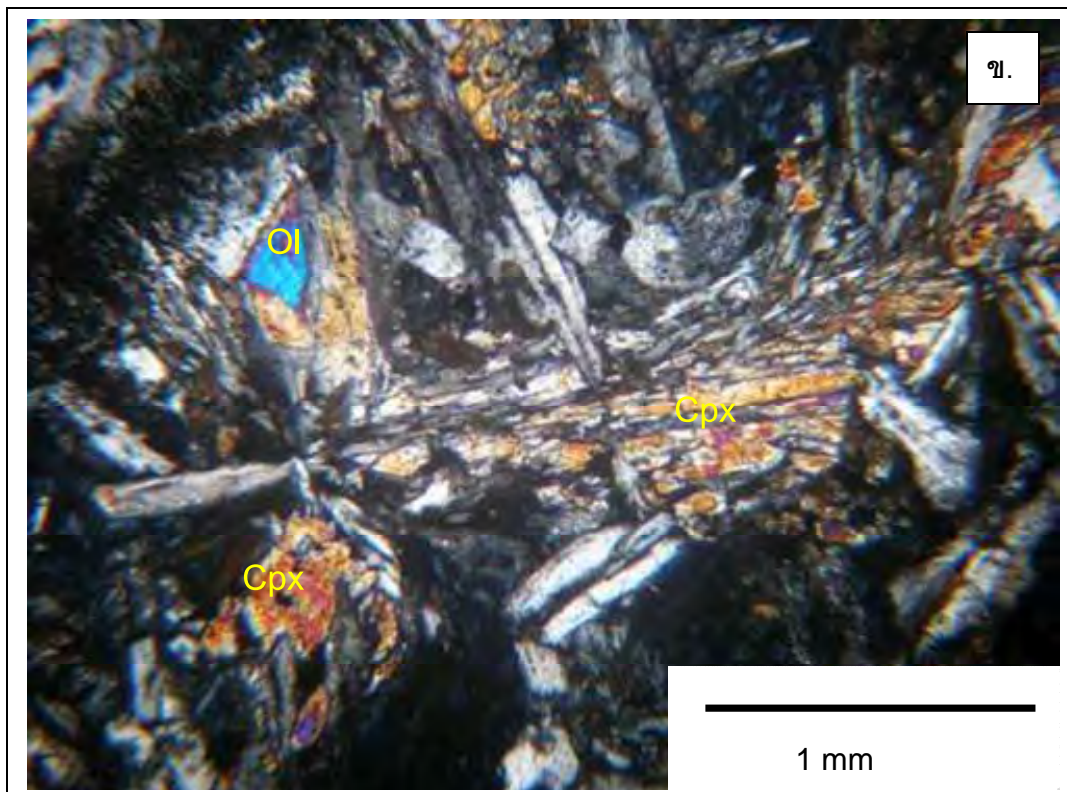
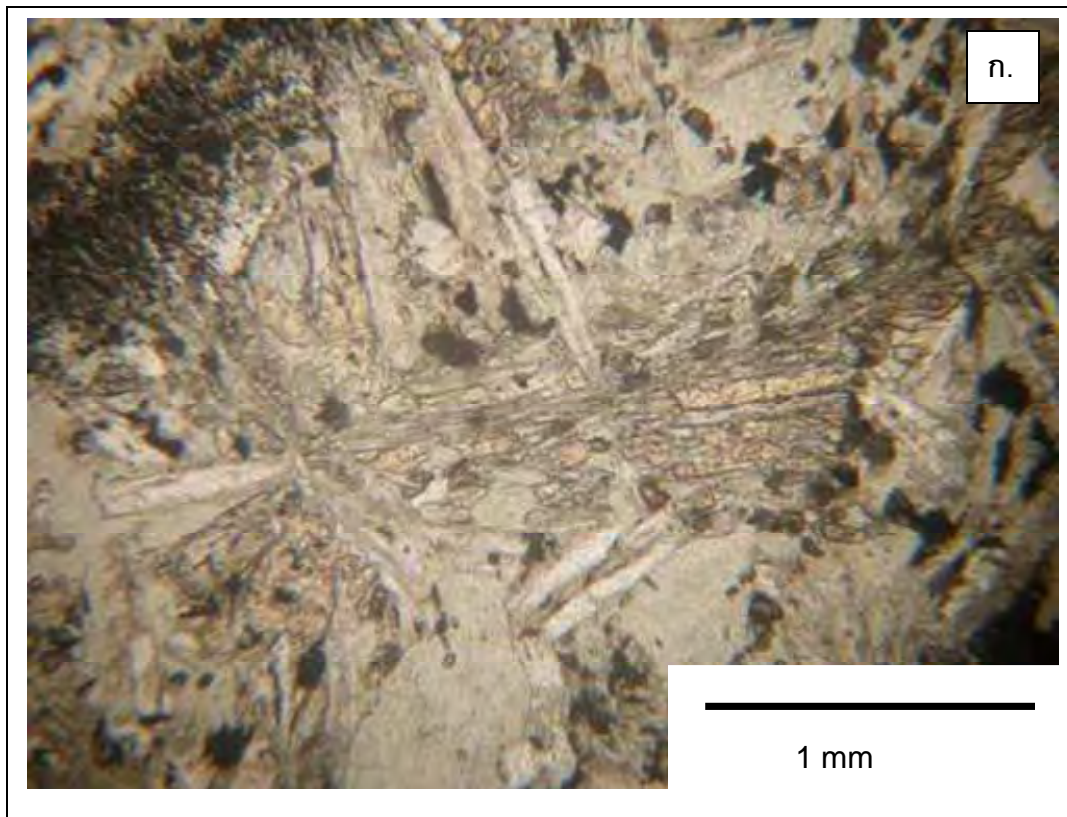


รูป 4.4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อพื้นแบบ Porphyritic และ Trachytic นอกจากนี้ยังแสดงแร่pyroxeneที่มีรูปร่างแบบแท่ง (lath) (ตัวอย่าง DNG08 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)

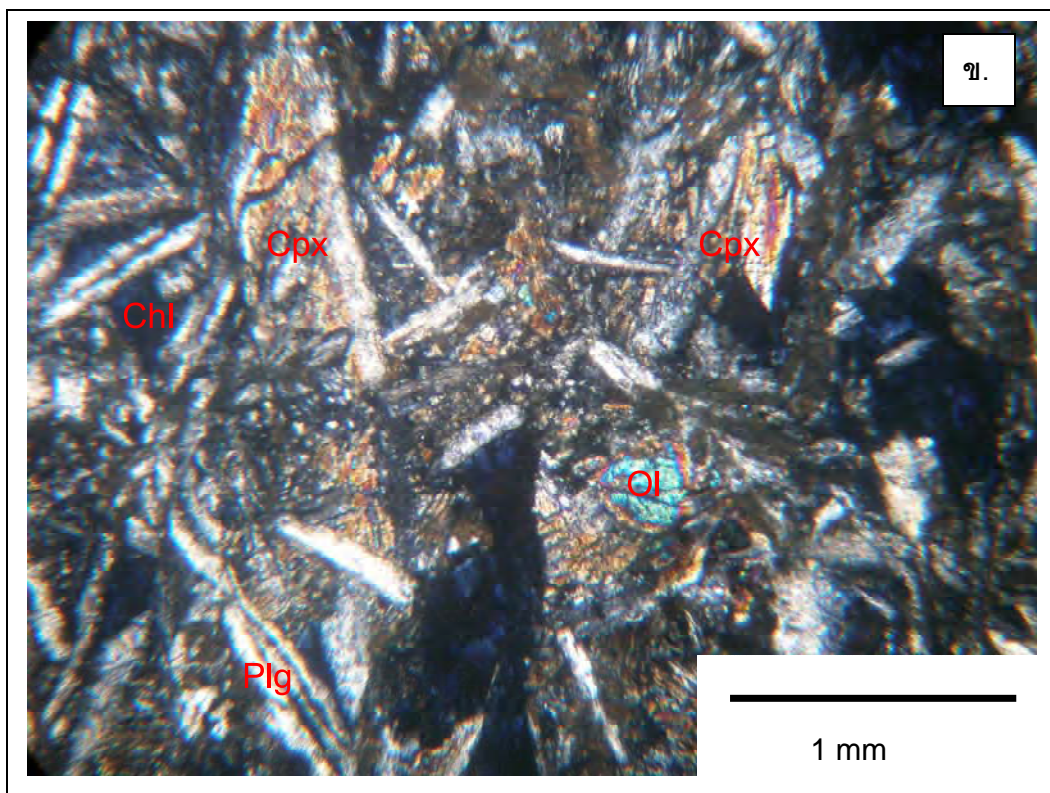
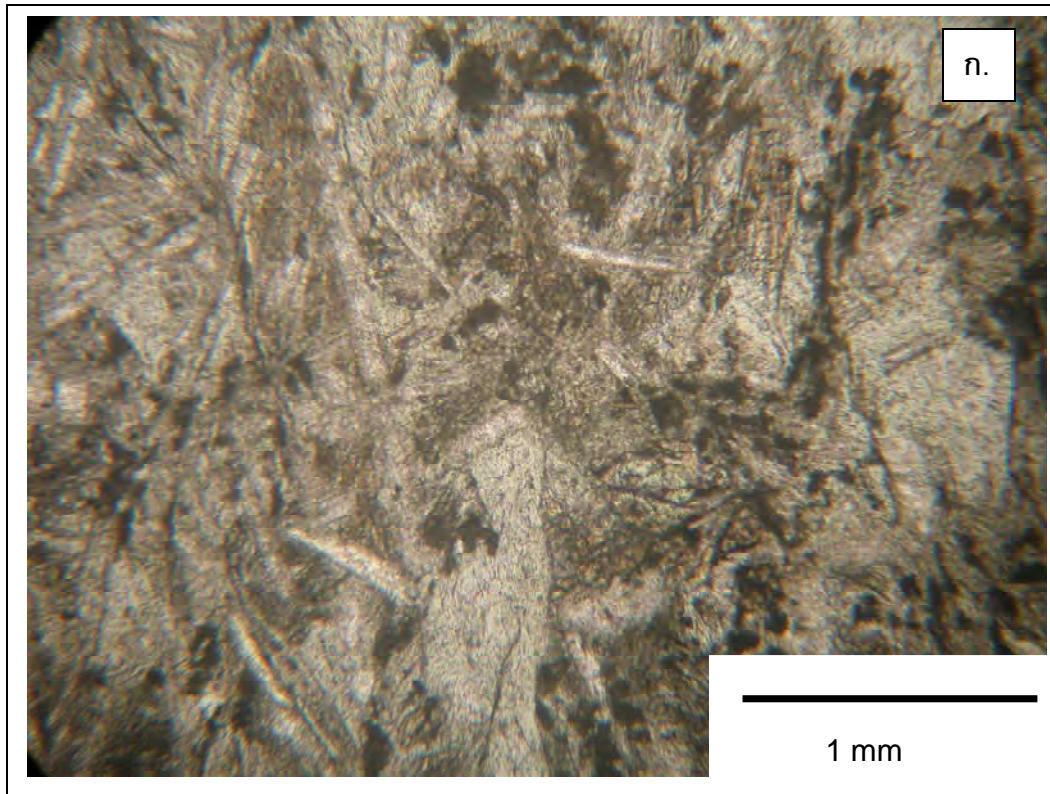


รูป 4.5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อพื้นแบบ embayment (ตัวอย่าง DNG13 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)





รูป 4.6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดงเนื้อหินแบบ branching (ตัวอย่าง DNG03 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)

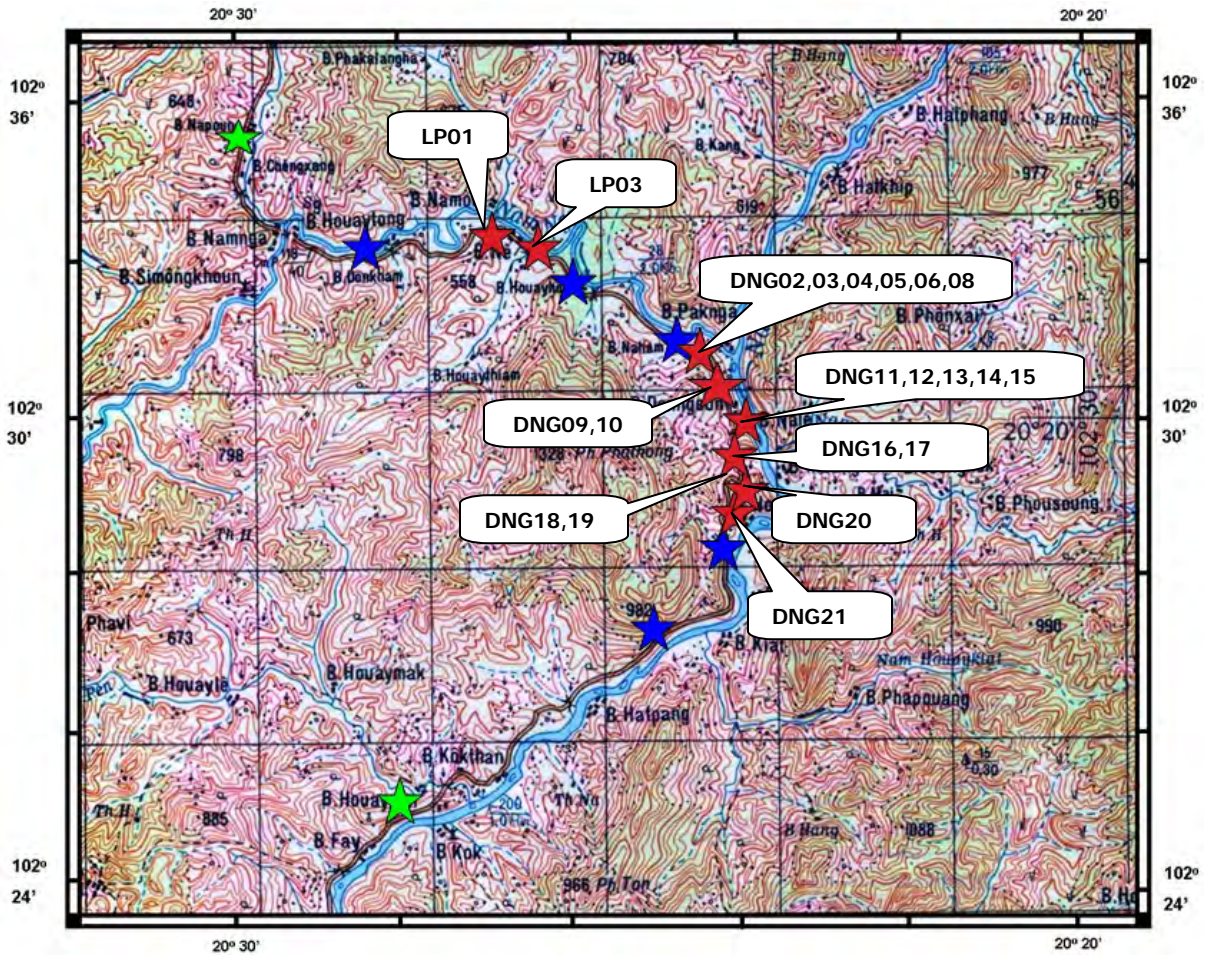


รูป 4.7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์แสดง groundmass ที่ประกอบไปด้วยแร่ Olivin, Clinopyroxene, Plagioclase และ Chlorite (ตัวอย่าง LP03 : ดูรูป 4.8 สำหรับที่ตั้ง)

#### 4.2 การจำแนกชนิดหิน

จากลักษณะแร่องค์ประกอบแล้ว แร่องค์ประกอบหลักจะเป็น plagioclase ที่เป็นแร่ bytownite นอกจากนี้ยังพบ Olivin ที่กระจายทั่วไป และ Clinopyroxene แสดงว่าหินที่ทำการศึกษาคือ เป็นหินจำพวกเมฟิก ลักษณะเนื้อพื้นแบบ tracytic และ embayment แสดงให้เห็นว่าหินที่ศึกษาเป็น หินอัคนีภูเขาไฟและเป็นหินบะซอลต์เพราะพบแร่จำพวก pyroxene จำพวก clinopyroxene มากกว่า orthopyroxene ประกอบกับพบเนื้อพื้นแบบ subophitic ที่มีแร่ clinopyroxene อมแร่ plagioclase ทั้งยังพบเนื้อพื้นแบบ Glomeroporphyritic และ porphyritic

ดังนั้นหินบะซอลต์ที่พบในบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาวคือ olivine porphyritic basalt



- ★ หินปะชอลต์
- ★ หินดินดาน
- ★ หินปูน
- DNG21 ตำแหน่งและตัวอย่าง

รูป 4.8 แผนที่ภูมิประเทศแสดงจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างหินปะชอลต์จากการออกภาคสนามในพื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว

## กรณีศึกษา

- 5.1 วัตถุประสงค์ประกอบหลัก
- 5.2 วัตถุประสงค์ย่อย

## บทที่ 5

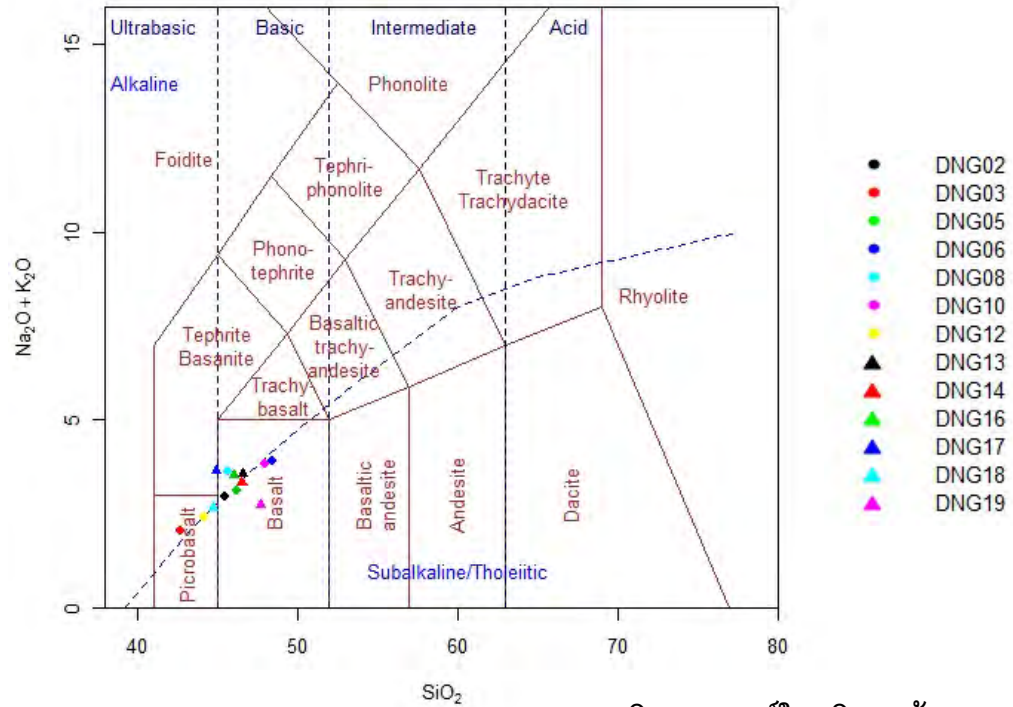
### ธรณีเคมี

การศึกษาธรณีเคมีด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) จะได้อัตราส่วนขององค์ประกอบหลักทางเคมี ได้แก่  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , และ  $\text{P}_2\text{O}_5$  ในเวลาเดียวกัน โดยใช้หลักการ Wavelength Dispersive X-ray โดยที่ลำรังสีเอกซ์จากเครื่องจะถูกส่งไปยังชิ้นงานตัวอย่างเพื่อให้เกิดอันตรกิริยากับธาตุต่างๆกับชิ้นงานทดสอบ แล้วเกิด X-ray Fluorescence ไปกระทบกับ crystal แล้วส่งไปยังชุดตรวจวัดรังสี (Detector) โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นชุดประมวลผลและควบคุมการทำงาน ชนิดและจำนวนของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์พร้อมกันนั้น

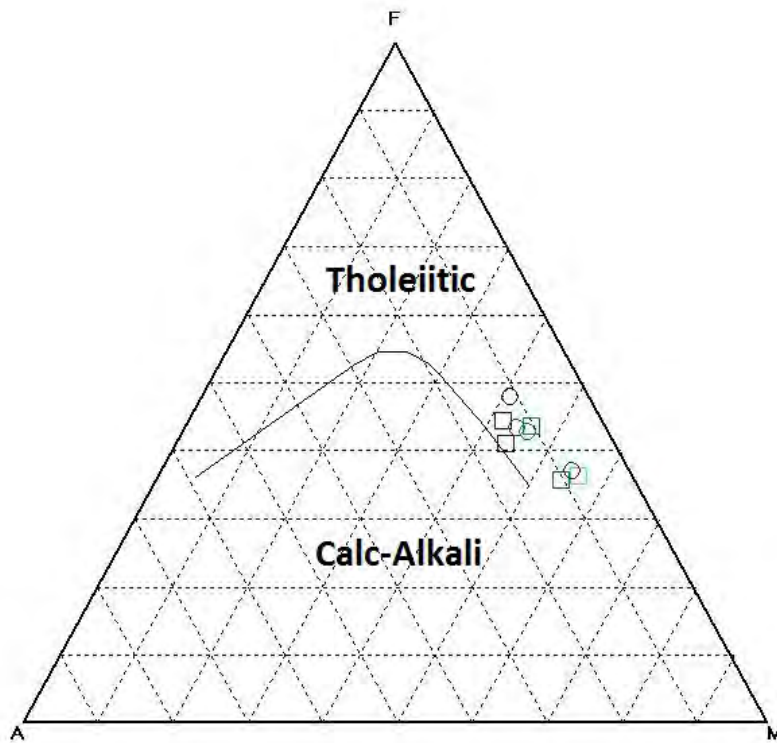
#### 5.1 ธาตุองค์ประกอบหลัก (Major oxide)

จากการคัดเลือกตัวอย่างหินบะซอลต์จำนวน 13 ตัวอย่างมาศึกษาธรณีเคมี พบว่ามีธาตุองค์ประกอบหลัก ดังนี้  $\text{SiO}_2$  41.15 – 46.84 %,  $\text{TiO}_2$  1.06 – 1.74 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  11.98 – 15.41 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  9.78 – 14.08 %,  $\text{CaO}$  3.01- 10.07 %,  $\text{K}_2\text{O}$  0.15 – 1.33 %,  $\text{MgO}$  11.05 – 23.09 %,  $\text{MnO}$  0.18 – 0.26 %,  $\text{Na}_2\text{O}$  1.65 – 3.53 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  0.06 – 0.24 % ซึ่งมีค่า Ti และ Zr ต่ำใกล้เคียงกับหินบะซอลต์ชนิด MORB ที่พบทางตอนเหนือของประเทศอัลเบเนีย (Diek et al, 2008) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ TAS diagram (Le Bas et al., 1986) พบว่า ตัวอย่างหินบะซอลต์ในพื้นที่ศึกษาบ้านดอนเงินเป็นหินบะซอลต์หินพิโครบะซอลต์ และหินเทไฟรต์บะซอลไนต์ นอกจากนี้ยังสามารถหินบะซอลต์ส่วนใหญ่จะเป็นหิน subalkali/tholeiite basalt จึงนำมาเปรียบเทียบกับ AFM Diagram ของ Irvin และ Baragar ในปี 1971 (รูป 5.2) จะพบว่าหินบะซอลต์ที่ศึกษามีความสัมพันธ์กับกลุ่ม tholeiite

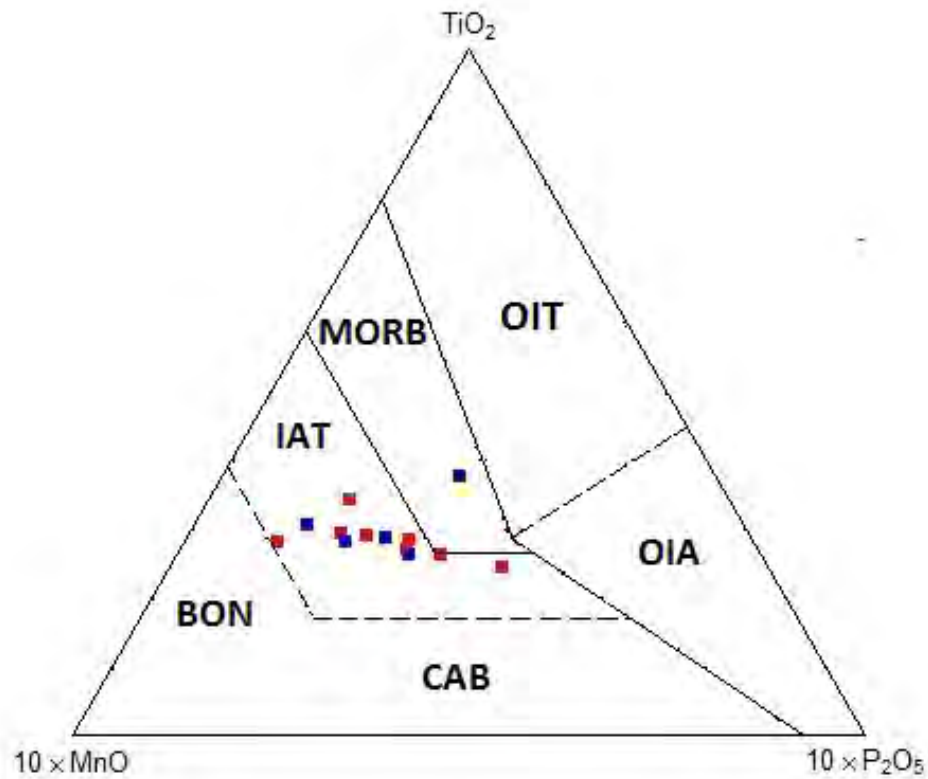
เมื่อเทียบกับ  $\text{MnO}_2\text{-TiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$  Discrimination Diagram ของ Mullen ในปี 1983 (ดูรูป 5.3) พบว่า หินตัวอย่างเป็น Island-Arc Tholeiite และ Mid-Oceanic Ridge Basalt เช่นเดียวกับ FAM Triangular Diagram ของ Pearce ในปี 1977 (ดูรูป 5.4) ที่แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างทั้งหมดตกในพื้นที่ที่เป็น Oceanic-ridge และ floor



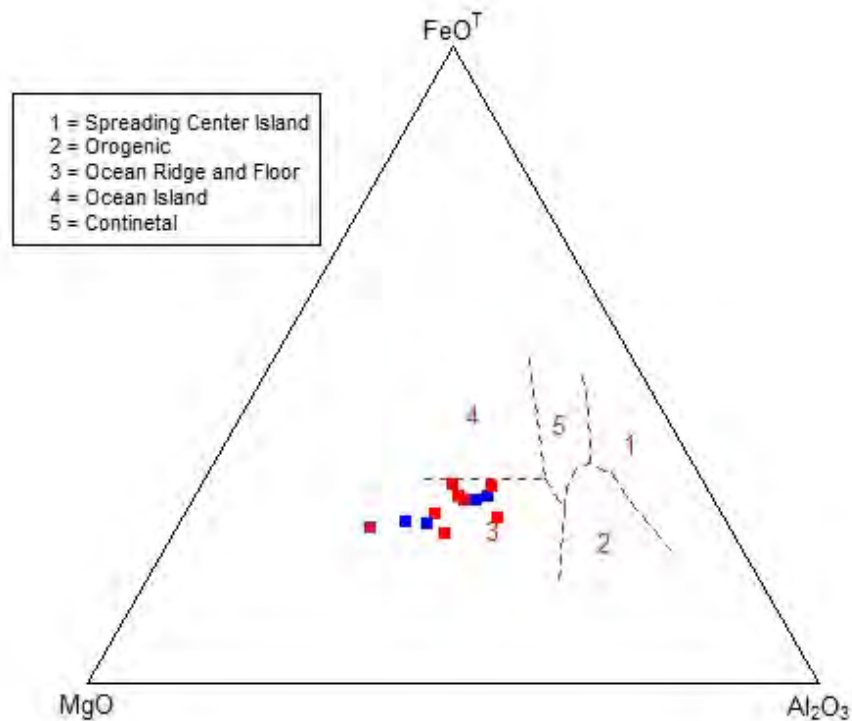
รูป 5.1 Total Alkali-SiO<sub>2</sub> Discrimination diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ของบะซอลต์พวกsubalkali/tholeiite (กราฟจากLe Bas et al, 1986)



รูป 5.2 AFM Variation Triangular Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินซึ่งอยู่ในพื้นที่ของ tholeiite (กราฟจาก Irvin and Baragar, 1971)



รูป 5.3  $\text{MnO}_2$ - $\text{TiO}_2$ - $\text{P}_2\text{O}_5$  Discrimination Triangular ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ IAT (กราฟจาก Mullen, 1983)

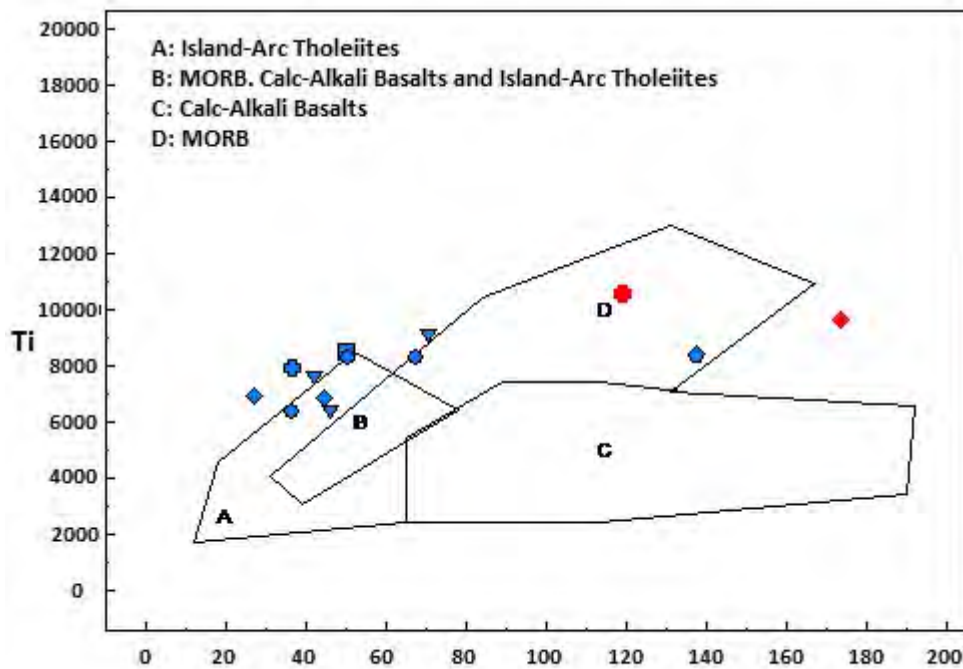


รูป 5.4 FAM Triangular Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่เป็น oceanic ridge and floor (กราฟจาก Pearce, 1977)

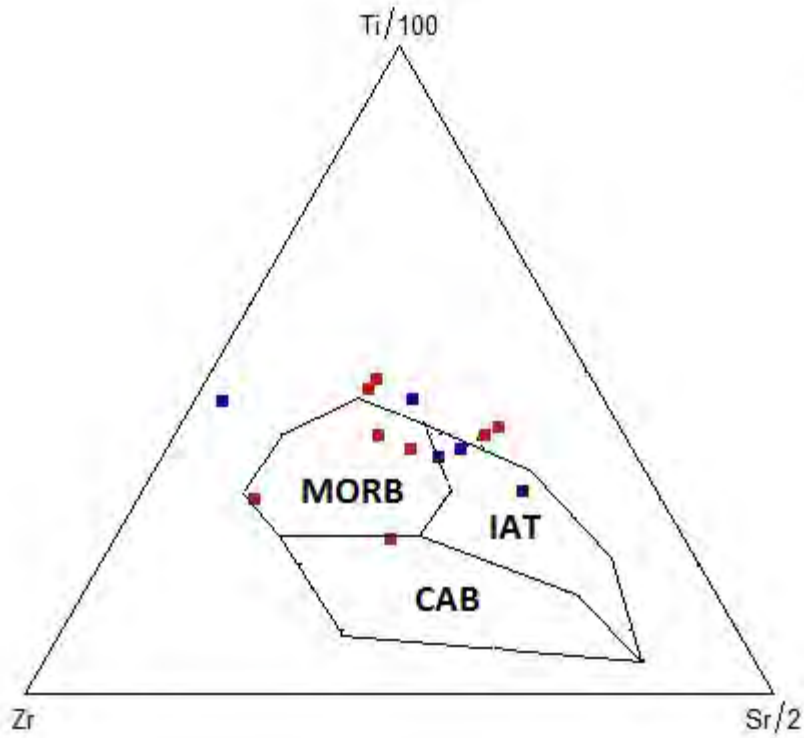


## 5.2 ธาตุพบน้อย (Trace element)

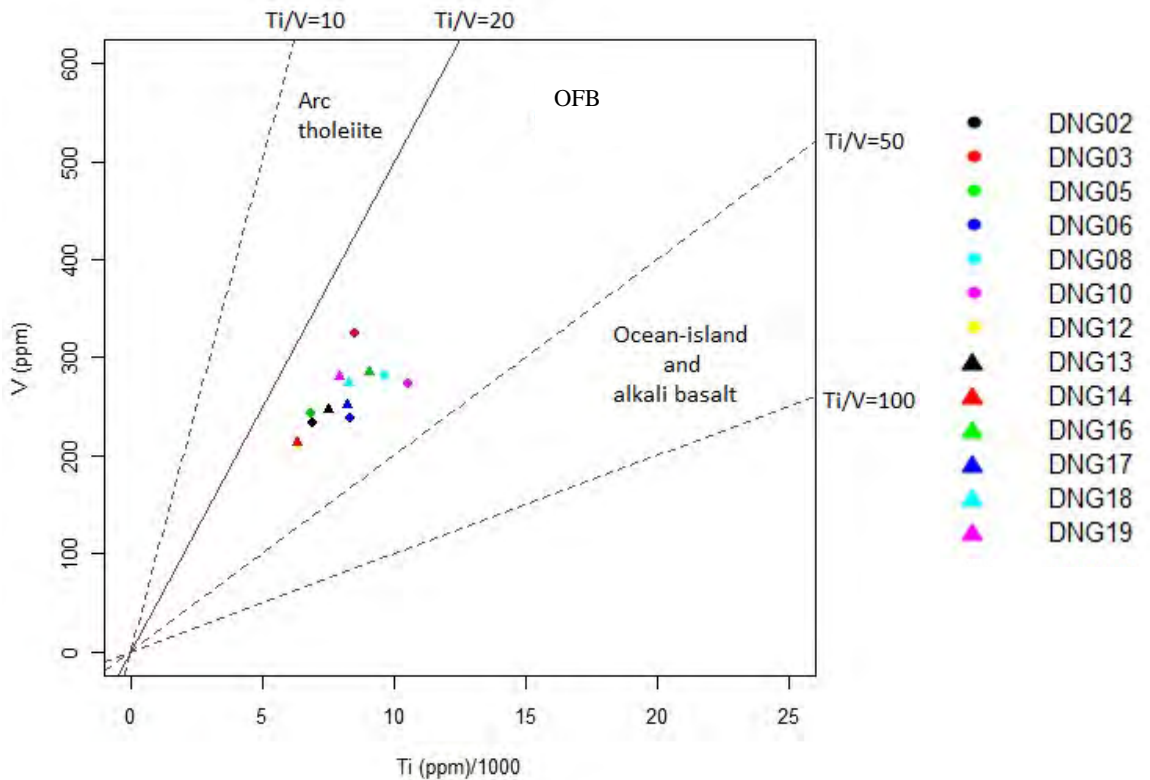
การศึกษา trace element จากเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) พบว่าหินบะซอลต์มีธาตุ Ti, V, Sr, Zr และพบ Cr, Ni, Cu ในบางตัวอย่าง (ดูตาราง 5.1) จากรูป 5.5 และ 5.6 จะพบว่าหินบะซอลต์ที่ศึกษาส่วนใหญ่ตกในพื้นที่ที่เป็น Island-arc Tholeiite และ MORB เมื่อเทียบใน Ti-Zr Discrimination Diagram เช่นเดียวกับผลที่ได้จาก Ti-Zr-Sr Discrimination Triangular Diagram ซึ่งทั้งของสองไดอะแกรมเป็นของ Pearce และ Cann ในปี 1973 และมีอัตราส่วนระหว่าง Ti/V ช่วง 20-50 ที่เกิดในลักษณะแบบ oceanic flood basalt (Shervais, 1982)



รูป 5.5 Ti-Zr Discrimination Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านคอนเงิน (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973)



รูป 5.6 Ti-Zr-Sr Discrimination Triangular Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973)



รูป 5.7 Ti-V Discrimination Diagram ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน(กราฟจาก Shervais, 1982)

ตาราง 5.1 Major-oxide and some trace element analyse of basalt from Ban Don Ngeun, Loung Phrabang, Lao PDR.

Sample	DNG02	DNG03	DNG05	DNG06	DNG08	DNG10	DNG12	DNG13	DNG14	DNG16	DNG17	DNG18	DNG19
Major oxides (wt%)													
SiO <sub>2</sub>	43.33	41.15	42.82	46.84	42.54	45.60	42.36	44.37	43.93	43.66	42.18	42.24	45.5
TiO <sub>2</sub>	1.15	1.40	1.14	1.38	1.59	1.74	1.06	1.25	1.06	1.49	1.36	1.37	1.31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.88	12.46	13.46	15.41	13.90	14.48	11.98	14.39	13.88	13.72	13.82	13.81	13.31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.78	12.84	12.16	10.33	14.08	11.73	10.95	11.88	11.88	11.64	11.81	11.35	11.43
MnO	0.16	0.30	0.19	0.19	0.26	0.15	0.19	0.20	0.18	0.23	0.24	0.25	0.20
MgO	14.76	23.09	12.83	11.05	13.91	11.06	16.94	12.04	12.73	12.49	15.66	16.68	9.76
CaO	9.36	3.01	7.09	7.51	3.25	6.52	10.07	7.57	7.44	7.97	5.30	6.07	11.10
Na <sub>2</sub> O	1.65	1.82	2.06	3.53	2.68	3.30	2.08	2.49	2.42	2.53	2.10	2.20	2.48
K <sub>2</sub> O	1.17	0.15	0.83	0.24	0.69	0.33	0.24	0.89	0.73	0.83	1.33	0.31	0.14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.06	0.09	0.24	0.17	0.14	0.05	0.11	0.12	0.19	0.09	0.10	0.13
LOI	5.78	4.67	4.23	4.99	5.23	4.55	4.18	5.43	4.12	4.23	4.51	4.74	4.11
TOTAL	101.08	100.95	96.90	101.71	98.30	99.60	100.10	100.62	98.49	98.98	98.40	99.12	99.47
Trace element (ppm)													
Ti	6881.97	8483.94	6840.61	8358.67	9638.79	10562.58	6343.64	7520.3	6336.67	9030.91	8214.39	8248.33	7893.18
V	234.13	325.34	243.71	238.84	281.77	273.71	211.09	246.59	214.03	285.54	252.35	273.4	280.41
Cr	361.31	345.54	322.04				436.88				346.07	290.91	431.96
Ni	238.52						309.62		166.53		239.15	168.04	
Cu	81.27	83.80						72.16			76.90	72.31	68.30
Sr	144.18	80.60	65.67	260.14	101.21	19.29	207.88	96.11	129.81	156.8	112.76	173.08	164.08
Zr	27.10	50.31	44.69	137.81	173.84	119.36	36.51	42.19	46.10	70.72	67.53	50.53	36.66

## อภิปรายผล

- 6.1 อภิปรายผลการศึกษาศิลาวรรณนา
- 6.2 อภิปรายผลการศึกษากรณีเคมี
- 6.3 การแปลความหมายลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน

## บทที่ 6

### อภิปรายผล

#### 6.1 อภิปรายผลการศึกษาศิลาบรรณนา

จากการศึกษาทางศิลาบรรณนาพบว่า หินบะซอลต์ที่พบในพื้นที่เป็นหิน olivine porphyritic basalt ที่มีลักษณะเป็นผลึกเนื้อดอกที่ขนาดเนื้อดอกตั้งแต่ 1-5 มิลลิเมตร ประกอบไปด้วยแร่ plagioclase จำพวก bytownite ที่มีลักษณะ subhedral ถึง anhedral พบ pyroxene โดยส่วนใหญ่เป็น clinopyroxene มากกว่า orthopyroxene นอกจากนี้ยังพบ olivine, volcanic glass และแร่ทุติยภูมิได้แก่ chlorite และมีลักษณะคล้ายกับหินบะซอลต์ที่พบในพื้นที่บ้านหาดงา (นิติรัฐ อุตรสินธุ์, 2553) ซึ่งอยู่ทางใต้ของพื้นที่ศึกษาบ้านดอนเงินประมาณ 20-30 กิโลเมตร และประกอบไปด้วยหินบะซอลต์ 2 ชนิด คือ olivine porphyritic basalt, plagioclase phyric basalt

จากการศึกษาของนิติรัฐ อุตรสินธุ์, 2553 ในบริเวณพื้นที่หาดงา พบว่าหินบะซอลต์เป็นหินจำพวก olivine phyric basalt ที่มีแร่หลักเป็นแร่ plagioclase เป็น phenocryst แร่ microlite micropyrroxene และ opaque mineral เป็นเนื้อพื้น พบลักษณะ texture แบบ trachytic และ amygdaloidal หินอีกชนิดคือ phyric basalt ที่มีแร่หลักเป็น olivine และ plagioclase เป็น phenocryst เนื้อพื้นเป็นแร่ plagioclase โดยมี texture แบบ subophitic และพบแบบ trachytic บ้างเล็กน้อย

จากการศึกษาแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ตอนบน (Intasopa, 1993) พบว่า หินบะซอลต์เป็นพวก tholeiite ซึ่งมีแร่หลักได้แก่ augite และ plagioclase ที่มี texture เป็น poikilitic และถูก alteration เล็กน้อยจึงพบแร่จำพวก chlorite นอกจากนี้ยังพบหินบะซอลต์อีกชนิดคือ spilite ที่มีแร่หลักเป็น microlite แสดงลักษณะ trachytic texture และพบ vesicular texture ถูกแทนที่ด้วย chlorite

จากลักษณะดังกล่าวทำให้คาดคิดว่าหินบะซอลต์ในพื้นที่ศึกษามีลักษณะทางศิลาบรรณนาคล้ายคลึงกับหินบะซอลต์ที่พบในบริเวณบ้านหาดงาและบริเวณแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์

## 6.2 อภิปรายผลการศึกษารณีเคมี

จากการศึกษารณีเคมีของ major oxide และ trace element พบว่าหินที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นหินบะซอลต์ที่อยู่ในกลุ่มของ tholeiite basalt เช่นเดียวกับหินบะซอลต์ที่พบในบ้านหาดงา (นิติรัฐ อุตตรสินธุ์, 2553) โดยมี  $K_2O$  0.15 – 1.33 wt%,  $Na_2O$  1.65 – 3.53 wt%,  $TiO_2$  1.06 – 1.74 wt%  $K_2O$  0.15 – 1.33 wt% และ  $Ti/V = 20-50$  ซึ่งแสดงถึงการเกิดของหินแบบ oceanic flood basalt นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมียังมีความใกล้เคียงกับหินบะซอลต์ที่เกิดในลักษณะเทือกเขากลางสมุทร (MORB) ที่พบทางตอนเหนือของประเทศอัลเบเนีย (Dlek et al., 2008)

จากงานศึกษาเปรียบเทียบหินบะซอลต์ใน 2 บริเวณคือ แนวตะเข็บธรณีหนานและแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ปรากฏว่า แนวตะเข็บธรณีหนานมีค่า  $Ti, P, K$  สูง ( $TiO_2 = 2.14-4.70$ ,  $P_2O_5 = 0.24-1.30$ ,  $K_2O = 0.1-1.87$ ) (Yang et al., 2008) และมี  $Ti/V$  สูงกว่า 50 (Panjasawatwong and Yaowanoyothin, 2003) ส่วนหินบะซอลต์ในแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์มีค่า  $Ti, P$  ต่ำและ  $Na$  ใกล้เคียงกับหินที่ศึกษาบริเวณบ้านดอนเงิน ( $TiO_2 = 0.10-2.72$  wt%,  $P_2O_5 = 0.07-0.21$  wt%,  $P_2O_5$  0.06 – 0.24 wt%  $Na_2O = 1.90-4.23$  wt%) และมีอัตรา  $Ti/V$  ระหว่าง 20-50 (Intasopa, 1993; Charusiri et al, 1995) นอกจากนี้การกำหนดจุดของธาตุ major oxide และ trace element โดยไดอะแกรมของ Pearce and Cann, (1973) และ Shervais, (1982) พบว่าหินบะซอลต์ในบริเวณพื้นที่บ้านดอนเงินส่วนใหญ่เป็นหินบะซอลต์ชนิด tholeiite basalt ซึ่งเหมือนกับหินบะซอลต์ที่พบในจังหวัดเลย (Intasopa, 1993)

จากข้อมูลทางธรณีเคมีทำให้คาดคิดว่าหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินมีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกับหินบะซอลต์ที่พบในบริเวณบ้านหาดงาและบริเวณแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์มากกว่าหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในแนวตะเข็บธรณีหนาน

## 6.3 การแปลความหมายลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน

จากการกำหนดจุดของธาตุ major oxide และ trace element ของหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินจะพบว่าเป็นหิน tholeiite basalt ที่เกิดในสภาพแวดล้อมแบบเทือกเขากลางสมุทร (MORB) เช่นเดียวกับหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านหาดงาทางตอนใต้ของพื้นที่บ้านดอนเงิน ตามรายงานของนิติรัฐ อุตตรสินธุ์, 2553 ซึ่งได้ศึกษา Geochronology จากการหาอายุโดยวิธี  $Ar^{40}/Ar^{39}$  ได้อายุอยู่ในช่วงไทโรแอสซิกตอนปลาย

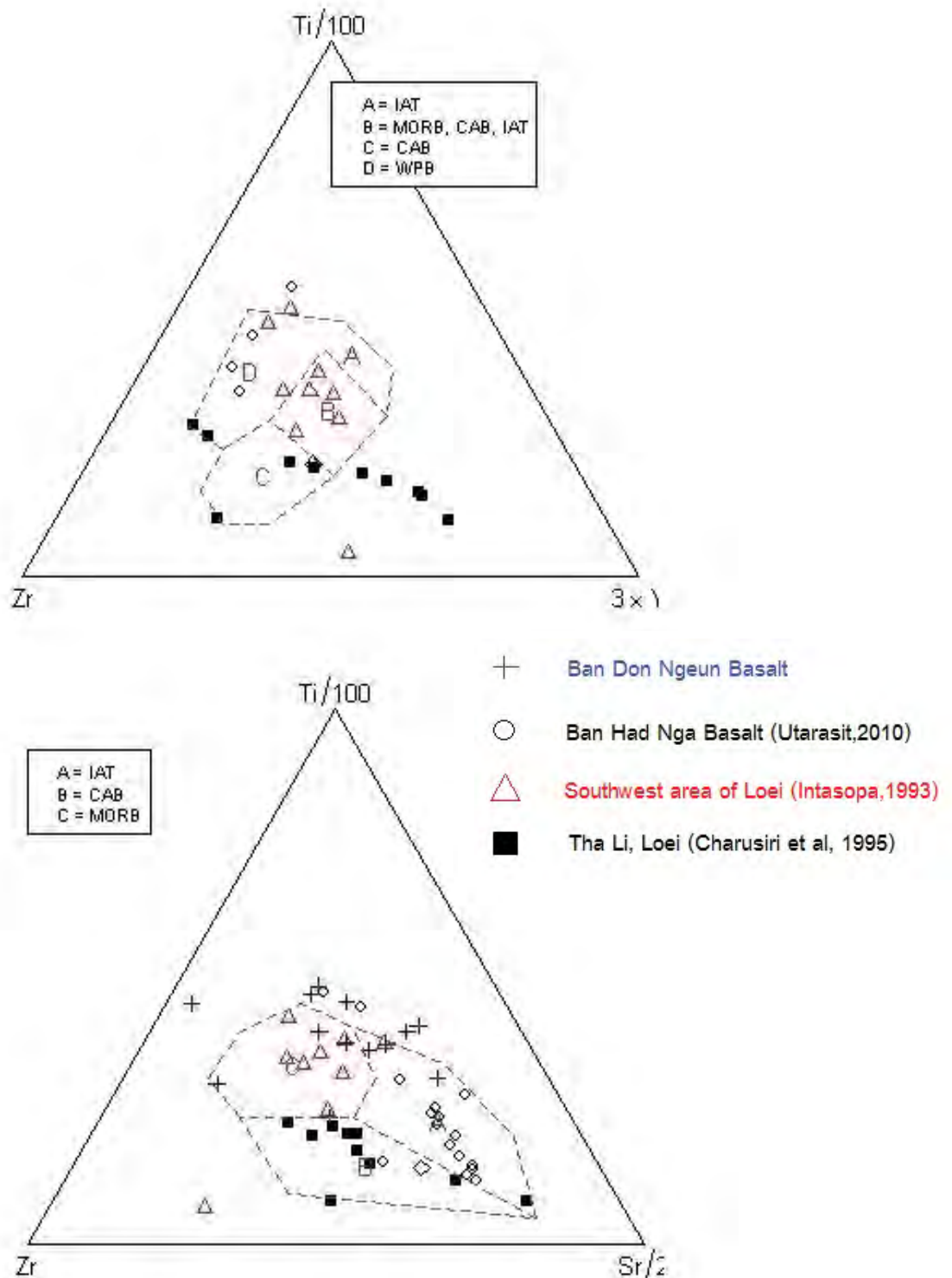
Yang และคณะได้รายงานในปี 2008 ระบุว่าหินบะซอลต์ในบริเวณแนวตะเข็บหนาน (Nansuture zone) ทางตอนเหนือของประเทศไทยเป็นหินบะซอลต์ชนิด alkali basalt ที่เกิดในบริเวณหมู่

เกาะรูปโค้งกลางสมุทร ซึ่งมีความแตกต่างจาก Tholeiite basalt ซึ่งอยู่ในบ้านดอนเงินที่เกิดในสภาพแวดล้อมแบบเทือกเขากลางสมุทร(MORB)

จากการศึกษาหินอัคนีภูเขาไฟบริเวณอำเภอท่าลี่ จังหวัดเลยของ Charusiri และคณะในปี 1995 พบว่าหินอัคนีภูเขาไฟเหล่านี้เป็นหิน cal-alkali volcanics ที่เกิดสัมพันธ์กับการมุดตัวของแผ่นทวีปกระตุ้นให้เกิดการปะทุของภูเขาไฟขึ้น แต่ Intasopa, 1993 ได้รายงานการศึกษาหินบะซอลต์บริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดเลยพบว่า เป็นหิน tholeiite basalt และ spilite ที่เกิดในลักษณะสันเขากลางมหาสมุทร

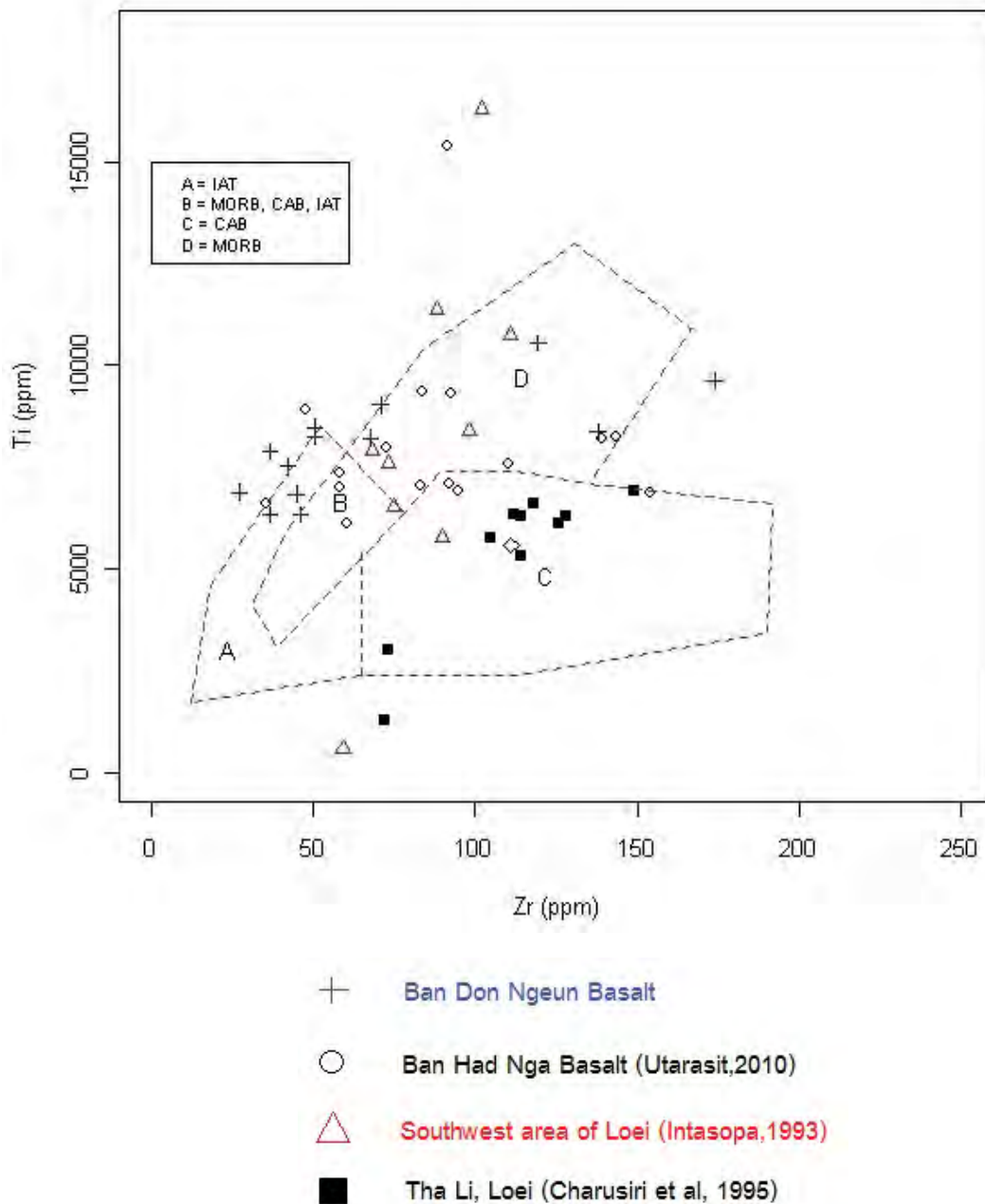
จากรูป 6.1, 6.2 และ 6.3 ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างหินบะซอลต์ที่พบในบ้านดอนเงิน, บ้านหาดงา, พื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของเลย และหินอัคนีภูเขาไฟในอำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย จะพบว่าหินอัคนีที่พบในบริเวณอำเภอท่าลี่เป็นหิน cal-alkali volcanics และเกิดแบบ orogenics แตกต่างจากหินบะซอลต์ที่พบในบริเวณบ้านดอนเงินและทางตอนใต้ของจังหวัดเลยซึ่งเป็น tholeiite basalt ที่เกิดในสภาพ oceanic ridge และ floor นอกจากนี้ (Pearce and Cann, 1973; Pearce, 1977) นอกจากนี้เมื่อเทียบอัตรา Ti/V แม้จะมีอัตราอยู่ในช่วงเดียวกันแต่หินอัคนีภูเขาไฟท่าลี่จะมี Ti และ V น้อยกว่า

การแปลความหมายลักษณะทางธรณีแปรสัณฐานพบว่าหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงินเกิดลักษณะแบบ Mid-oceanic ridge และมีความสัมพันธ์กับแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์ มากกว่าแนวตะเข็บธรณีน่านซึ่งเกิดแบบ oceanic island

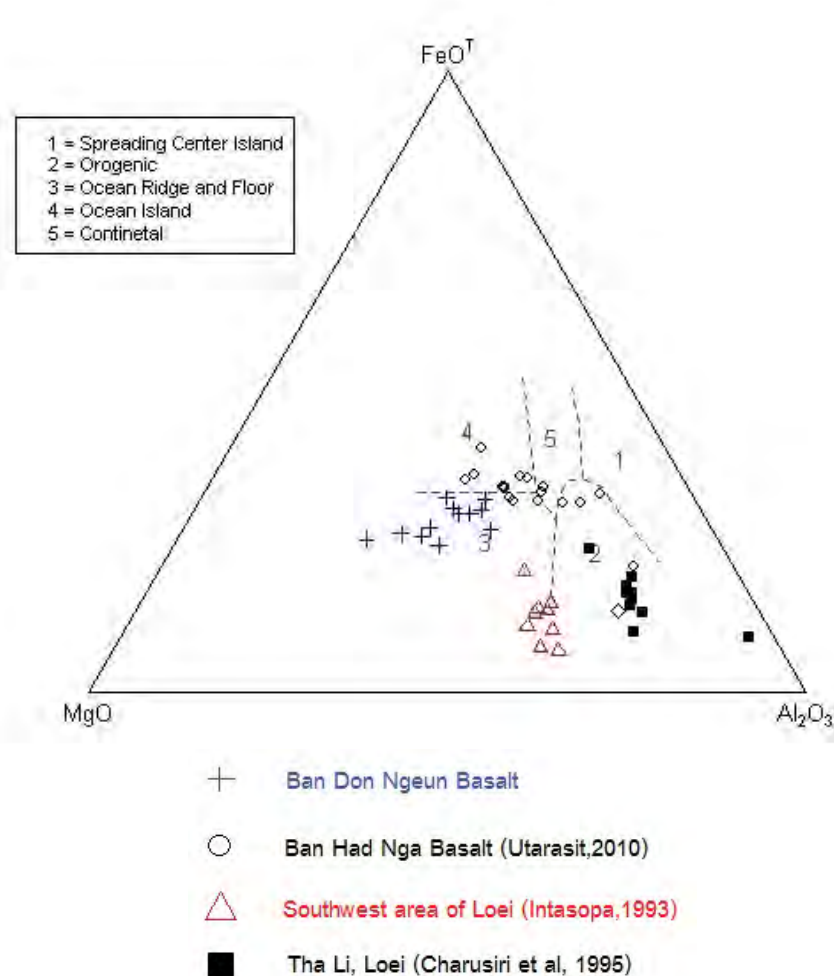


รูป 6.1 Ti-Zr-Y Discrimination Triangular Diagram (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973) แสดงให้เห็นว่าหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน บ้านหาดงาและบริเวณพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของเลยมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในพื้นที่ IAT และ MORB แต่จะแตกต่างจากหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในอ.ท่าลี่ จังหวัดเลยซึ่งเป็น CAB เช่นเดียวกับผลจาก Ti-Zr-Sr Discrimination Triangular (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973)

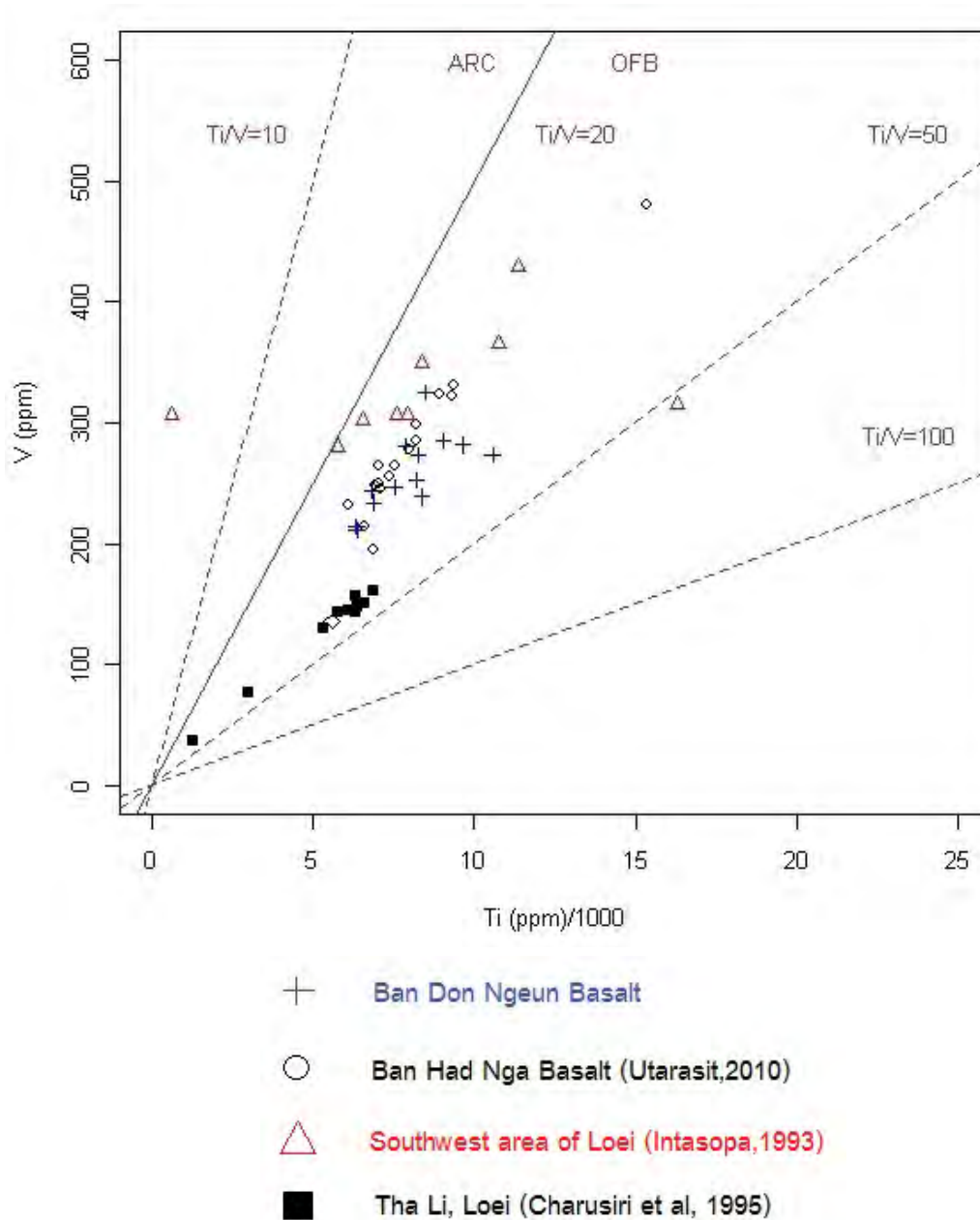




รูป 6.2 Ti-Zr Discrimination Diagram แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน เงิน บ้านหาดงาและบริเวณพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของเลย ที่อยู่ในพื้นที่ของ IAT และ MORB แตกต่างจากหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในอ.ท่าลี่ จังหวัดเลยที่อยู่ในพื้นที่ CAB (กราฟจาก Pearce and Cann, 1973)



รูป 6.3 FAM Triangular Diagram เปรียบเทียบหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน, บ้านหาดงา (นิติริฐ อุตรสินธุ์, 2553) ตะวันตกเฉียงใต้ของเลย ซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่เป็น oceanic ridge and floor กับหินอัคนีภูเขาไฟที่เกิดในลักษณะ orogenic ในอำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย (Charusiri et al, 1995) (กราฟจาก Pearce, 1977)



รูป 6.4 Ti-V Discrimination Diagram (กราฟจากShervais, 1982) พบว่าหินบะซอลต์ในบริเวณบ้านดอนเงิน บ้านหาดงา(นิติรัฐ อุดรสินธุ์, 2553) ตะวันตกเฉียงใต้ของเลย และหินอัคนีภูเขาไฟที่พบในอ.ท่าลี่ จังหวัดเลยมีค่า Ti/V อยู่ในช่วงเดียวกัน แต่หินอัคนีภูเขาไฟท่าลี่จะมีอัตรา Ti และ V ต่ำกว่า

# สรุปผลการศึกษา

## บทที่ 7

### สรุปผลการศึกษา

หินบะซอลต์ที่พบในบริเวณบ้านดอนเงิน จังหวัดหลวงพระบาง ประเทศลาว เป็นหิน olivine phyric basalt จากการศึกษาดารรณนา โดยมีแร่องค์ประกอบหลักคือแร่ clinopyroxene olivine และ Ca-plagioclase เป็น phenocryst และมีเนื้อพื้นเป็นแร่ Ca-plagioclase, clinopyroxene และ volcanic glass แสดงลักษณะ trachytic texture นอกจากนี้ในการศึกษาภาคสนามยังพบลักษณะสำคัญคือโครงสร้างรูปหมอนแสดงถึงสภาวะการเกิดที่เกิดการระเบิดและแข็งตัวในทะเล จากการศึกษารรณีเคมีพบว่าหินบะซอลต์ส่วนใหญ่ที่พบเป็นหิน tholeiite basalt ที่มีธาตุเด่นคือ  $K_2O$  0.15 – 1.33 wt%,  $Na_2O$  1.65 – 3.53 wt%,  $TiO_2$  1.06 – 1.74 wt%  $K_2O$  0.15 – 1.33 wt% ซึ่งสอดคล้องกับ tholeiite basalt ทั่วไปโดยเกิดในสภาพการแปรสัณฐานคล้ายกับเทือกเขากลางสมุทร (MORB) และมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับแนวหินอัคนีภูเขาไฟเลย์-เพชรบูรณ์

รายการอ้างอิง

### รายการอ้างอิง

- นิติรัฐ อุตริสินธุ์, 2552. ศิลาบรรณและธรณีเคมีของหินบะซอลต์บริเวณบ้านหาดงา, เมืองหลวงพระบาง, ภาคเหนือของประเทศไทย. โครงการงานวิทยาศาสตร์, ภาควิชาธรณีวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 56 หน้า.
- Du Bois, E.P., 1985. A review of certain major tectonic features of the Southeast Asian Mainland. *Energy*. 10, 3/4, 353-358.
- Environment and Sustainable Development Division (ESDD), 1990. *Atlas of Mineral Resources of the ESCAP Region: Lao People's Democratic Republic*. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. 7, 19.
- Fontaine, H., 2002. Permain of southeast asia : an overview. *Journal of asian earth sciences*. 20, 567-588.
- Intasopa, S., 1993. Petrology and geochronology of the volcanic rocks of the Central Thailand volcanic belt, unpublished Ph.D. Thesis, University of New Brunswick, Canada, 242 p.
- Khositanont, S., Panjasawatwong, Y., Ounchanum, P., Thanasuthipitak, T., Zaw, K., Meffre, S., 2008. Petrochemistry and zircon age determination of Loei-Phetchabun volcanic rock. *Preceeding of the International Symposia on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2008)*. Bangkok, 272-278.
- Manaka, T., Zaw, K., and Meffre, S., 2008. Geological and tectonic setting of Cu-Au deposit in northern Lao PDR. *Preceeding of the International Symposia on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2008)*. Bangkok, 254-257.
- Panjasawatwong, Y., Yaowanoyothin, W., 2003. Petrochemical study of post-Triassic basalts from the Nan suture, northern Thailand. *Journal Southeast Asian Earth Sciences*, 8, nos. 1-4, p. 147-158.
- Panjasawatwong, Y., Zaw, K., Chantaramee, S., Limtrakun, P., and Pirarai, K., 2006. Geochemistry and tectonic setting of the Central Loei volcanic rocks, Pak Chom area, Loei, northeastern Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences*. 26, 77-90.
- Phajuy, B., Panjasawatwong, Y., and Osataporn, P., 2005. Preliminary geochemical study of

volcanic rocks in the Pang Mayao area, Phrao, Chiang Mai, northern Thailand:

Tectonic setting of formation. *Journal of Asian Earth Sciences*. 24, 765-776.

Stokes, R.B., Lovatt Smith, P.F., and Soumphonphakdy, 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

Yang, W., Feng, Q. and Shen, S., 2008. Permian radiolarians, chert and basalt from the Nan suture zone, northern Thailand. *Proceeding of the International Symposium on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2008)*, Bangkok, 172-173.



ภาคผนวก

ภาคผนวก

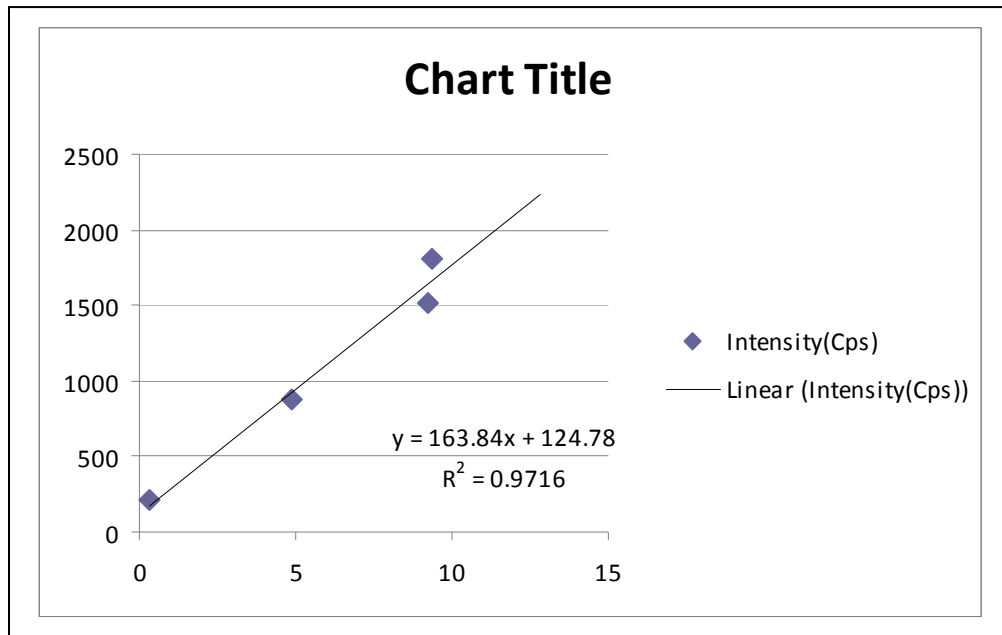
ผลวิเคราะห์เคมีออกไซด์ธาตุหลัก (Major Oxide)

Sample	DNG02	DNG03	DNG05	DNG06	DNG08	DNG10	DNG12	DNG13	DNG14	DNG16	DNG17	DNG18	DNG19
SiO <sub>2</sub>	43.33	41.15	42.82	46.84	42.54	45.60	42.36	44.37	43.93	43.66	42.18	42.24	45.50
TiO <sub>2</sub>	1.15	1.40	1.14	1.38	1.59	1.74	1.06	1.25	1.06	1.49	1.36	1.37	1.31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.88	12.46	13.46	15.41	13.90	14.48	11.98	14.39	13.88	13.72	13.82	13.81	13.31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.78	12.84	12.16	10.33	14.08	11.73	10.95	11.88	11.88	11.64	11.81	11.35	11.43
MnO	0.16	0.30	0.19	0.19	0.26	0.15	0.19	0.20	0.18	0.23	0.24	0.25	0.20
MgO	14.76	23.09	12.83	11.05	13.91	11.06	16.94	12.04	12.73	12.49	15.66	16.68	9.76
CaO	9.36	3.01	7.09	7.51	3.25	6.52	10.07	7.57	7.44	7.97	5.30	6.07	11.10
Na <sub>2</sub> O	1.65	1.82	2.06	3.53	2.68	3.30	2.08	2.49	2.42	2.53	2.10	2.20	2.48
K <sub>2</sub> O	1.17	0.15	0.83	0.24	0.69	0.33	0.24	0.89	0.73	0.83	1.33	0.31	0.14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.06	0.09	0.24	0.17	0.14	0.05	0.11	0.12	0.19	0.09	0.10	0.13
LOI	5.78	4.67	4.23	4.99	5.23	4.55	4.18	5.43	4.12	4.23	4.51	4.74	4.11
TOTAL	101.08	100.95	96.90	101.71	98.30	99.60	100.10	100.62	98.49	98.98	98.40	99.12	99.47



Standard	Conc.(%)	Intensity(Cps)
JB-1b	9.24	1512.978
JG-2	0.33	208.001
GSP-2	4.9	871.259
SDO-1	9.34	1807.919

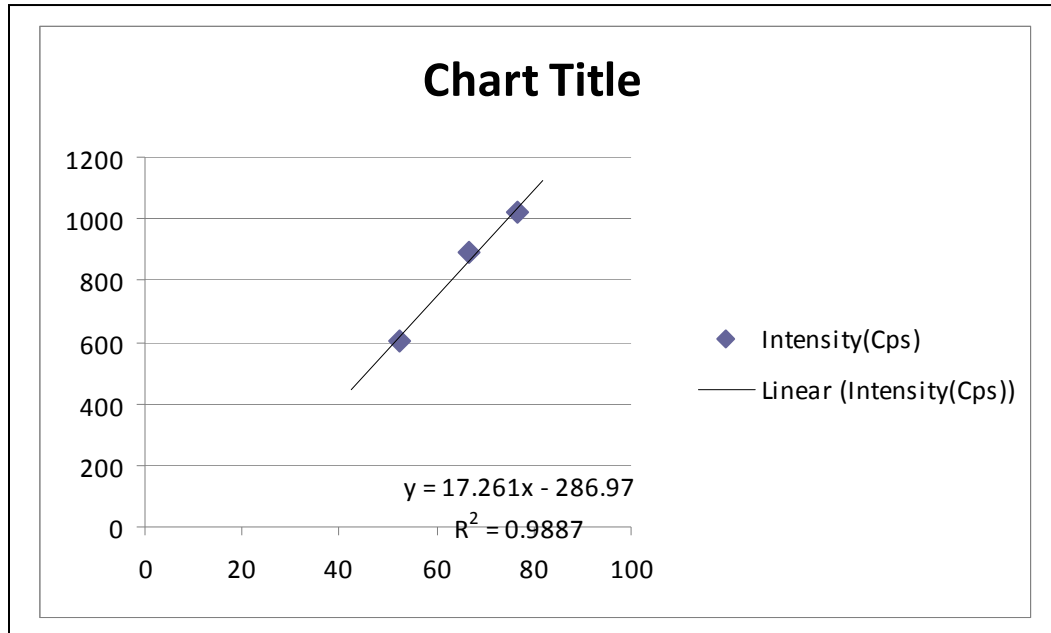
Sample	conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	9.775415039	1726.384
DNG03	12.84147339	2228.727
DNG05	12.15764771	2116.689
DNG06	10.33262939	1817.678
DNG08	14.07727661	2431.201
DNG10	11.72896729	2046.454
DNG12	10.95038452	1918.891
DNG13	11.88499146	2072.017
DNG14	11.87528076	2070.426
DNG16	11.64026489	2031.921
DNG17	11.81233521	2060.113
DNG18	12.35374756	2148.818
DNG19	11.43457642	1998.221





Standard	Conc. (%)	Intensity(Cps)
JB-1b	52.26	604.232
JG-2	76.83	1023.975
GSP-2	66.6	888.777

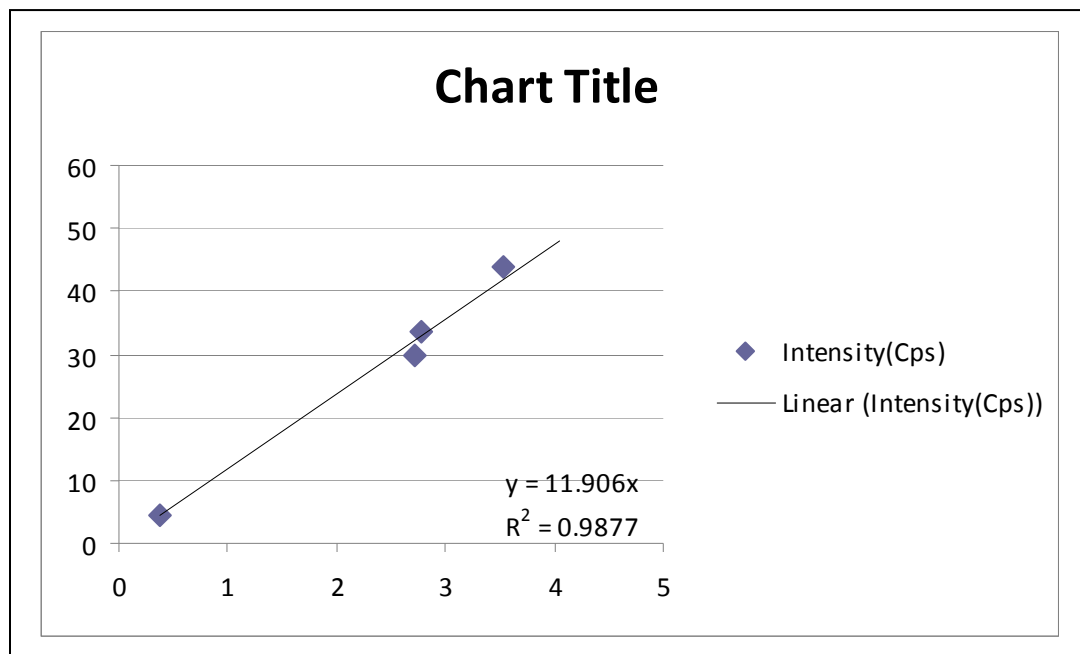
Sample	Conc. (%)	Intensity(Cps)
DNG02	43.32558948	460.873
DNG03	41.1521928	423.358
DNG05	42.82040438	452.153
DNG06	46.84131858	521.558
DNG08	42.54197323	447.347
DNG10	45.60066045	500.143
DNG12	42.35548346	444.128
DNG13	44.37141533	478.925
DNG14	43.92729274	471.259
DNG16	43.66270784	466.692
DNG17	42.17913215	441.084
DNG18	42.23758763	442.093
DNG19	45.50031864	498.411



Na<sub>2</sub>O

Rock Standard	Conc. (%)	Intensity(Cps)
JB-1b	2.72	29.706
JG-2	3.54	43.88
GSP-2	2.78	33.536
SDO-1	0.38	4.362

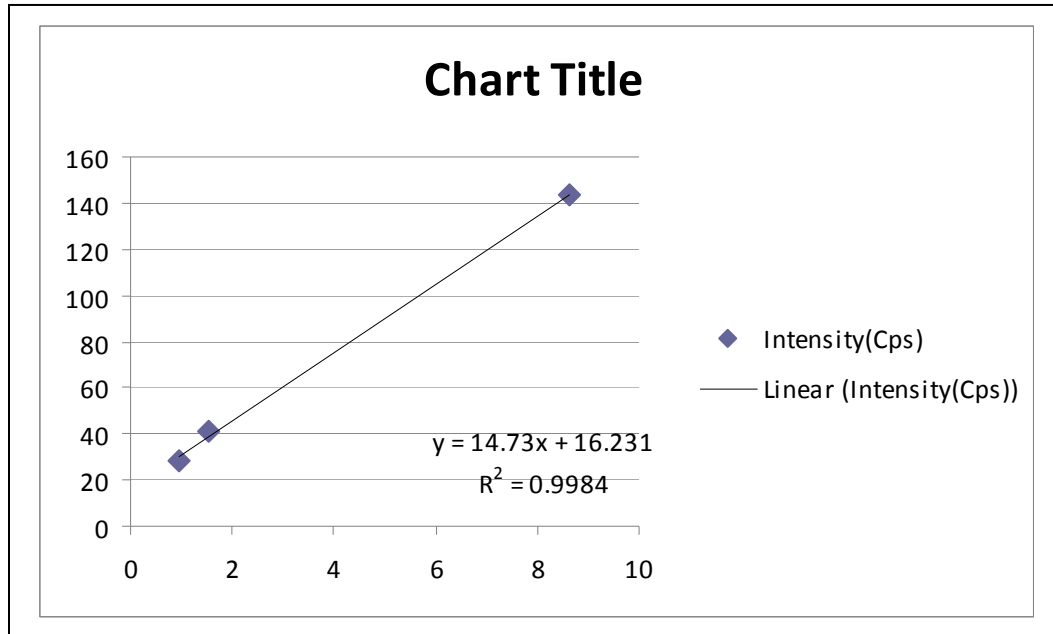
Sample	Conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	1.647908618	19.62
DNG03	1.821434571	21.686
DNG05	2.061145641	24.54
DNG06	3.531748698	42.049
DNG08	2.679825298	31.906
DNG10	3.300940702	39.301
DNG12	2.080883588	24.775
DNG13	2.493952629	29.693
DNG14	2.424407862	28.865
DNG16	2.526877205	30.085
DNG17	2.096002016	24.955
DNG18	2.195783639	26.143
DNG19	2.478834201	29.513



MgO

Standard	Conc.(%)	Intensity(Cps)
JB-1b	8.63	143.154
GSP-2	0.96	27.966
SDO-1	1.54	41.517

Sample	Conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	14.75607604	233.588
DNG03	23.0934148	356.397
DNG05	12.82586558	205.156
DNG06	11.04820095	178.971
DNG08	13.91418873	221.187
DNG10	11.07528853	179.37
DNG12	16.94168364	265.782
DNG13	12.04243041	193.616
DNG14	12.73441955	203.809
DNG16	12.48940937	200.2
DNG17	15.66184657	246.93
DNG18	16.67576375	261.865
DNG19	9.758452138	159.973





\

Standard	Conc. (%)	Intensity(Cps)
JB-1b	14.63	242.781

Sample	Conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	13.87812	230.304
DNG03	12.45888	206.752
DNG05	13.4575	223.324
DNG06	15.41156	255.751
DNG08	13.90017	230.67
DNG10	14.47849	240.267
DNG12	11.98065	198.816
DNG13	14.38617	238.735
DNG14	13.87517	230.255
DNG16	13.72434	227.752
DNG17	13.71903	227.664
DNG18	13.80641	229.114
DNG19	13.3071	220.828



Standard	Conc. (%)	Intensity(Cps)
JB-1b	0.244	3.471

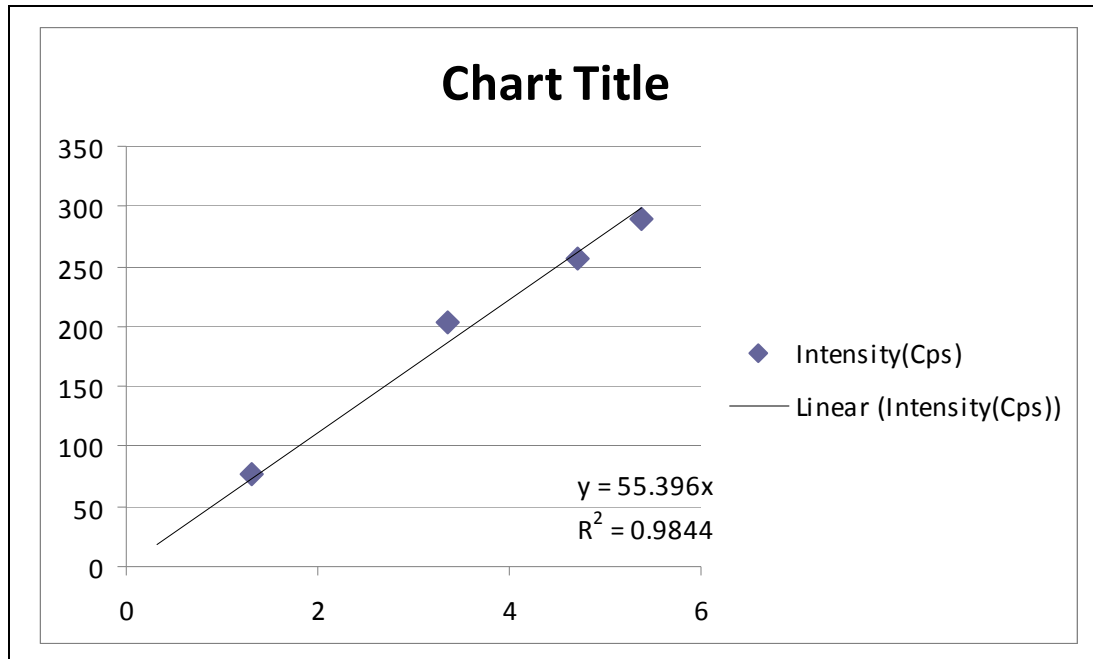
Sample	Conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	0.063759379	0.907
DNG03	0.05531868	0.918
DNG05	0.08508712	1.412
DNG06	0.23603842	3.917
DNG08	0.17481426	2.901
DNG10	0.13847748	2.298
DNG12	0.05085944	0.844
DNG13	0.11051684	1.834
DNG14	0.1208213	2.005
DNG16	0.18614314	3.089
DNG17	0.09177598	1.523
DNG18	0.0961147	1.595
DNG19	0.12546132	2.082



K<sub>2</sub>O

Standard	Conc. (%)	Intensity(Cps)
JB-1b	1.32	76.341
JG-2	4.71	256.64
GSP-2	5.38	289.883
SDO-1	3.35	203.4

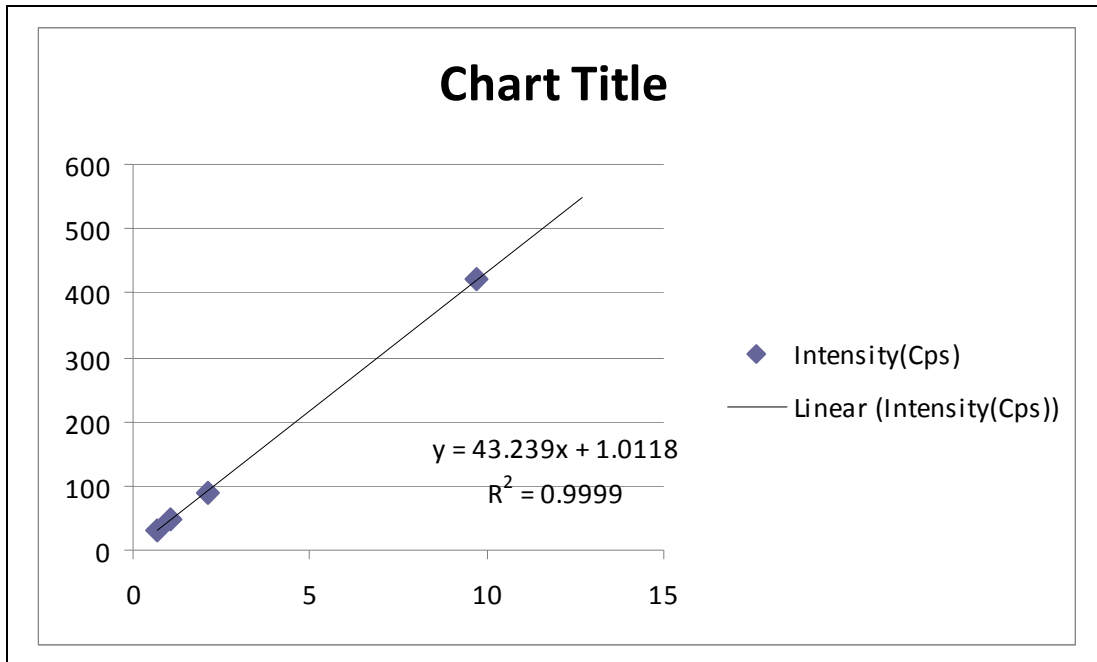
Sample	Conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	1.167864106	64.695
DNG03	0.148133439	8.206
DNG05	0.828164488	45.877
DNG06	0.23669579	13.112
DNG08	0.68649361	38.029
DNG10	0.332171998	18.401
DNG12	0.243284714	13.477
DNG13	0.892338797	49.432
DNG14	0.732182829	40.56
DNG16	0.828200592	45.879
DNG17	1.328308903	73.583
DNG18	0.312369124	17.304
DNG19	0.13708571	7.594



CaO

Standard	Conc. (%)	Intensity(Cps)
JB-1b	9.69	420.271
JG-2	0.7	30.899
GSP-2	2.1	89.473
SDO-1	1.05	48.866

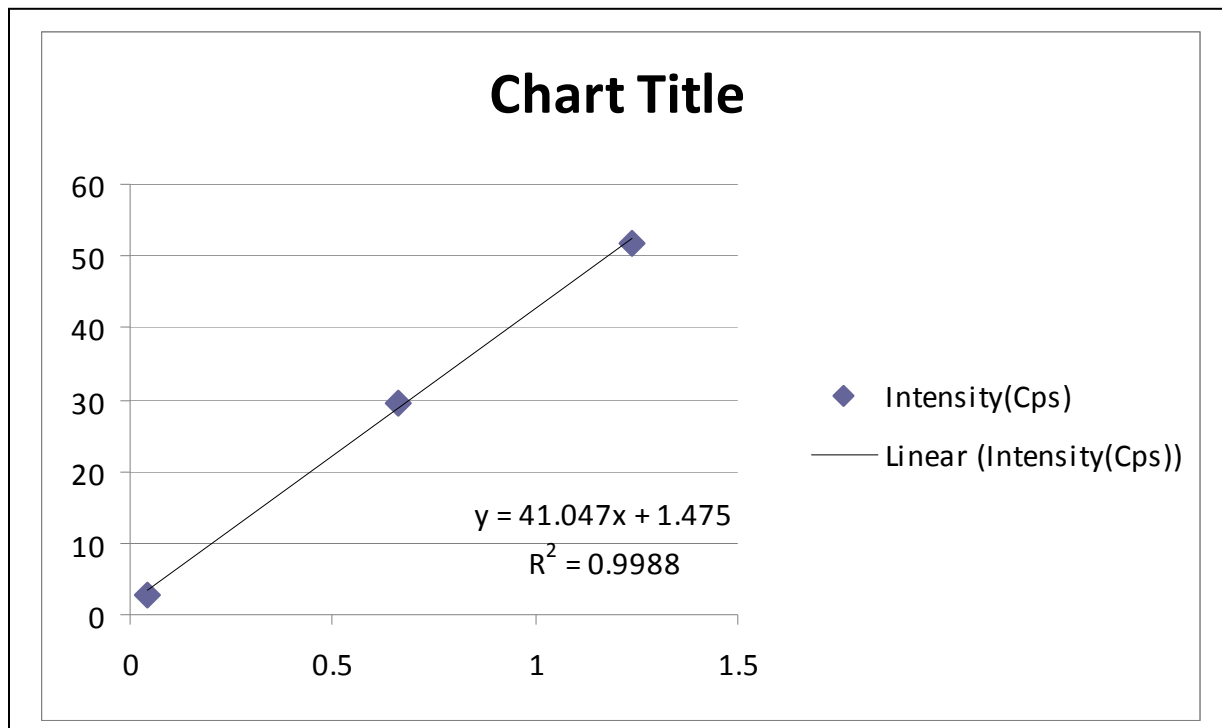
Sample	Conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	9.358708573	405.673
DNG03	3.007451606	131.051
DNG05	7.091542358	307.643
DNG06	7.509706515	325.724
DNG08	3.251305534	141.595
DNG10	6.515788987	282.748
DNG12	10.0710516	436.474
DNG13	7.569259234	328.299
DNG14	7.439746525	322.699
DNG16	7.972460048	345.733
DNG17	5.304035709	230.353
DNG18	6.068854506	263.423
DNG19	11.09864243	480.906



TiO<sub>2</sub>

Standard	Conc. (%)	Intensity(Cps)
JB-1b	1.24	51.866
JG-2	0.044	2.803
GSP-2	0.66	29.552

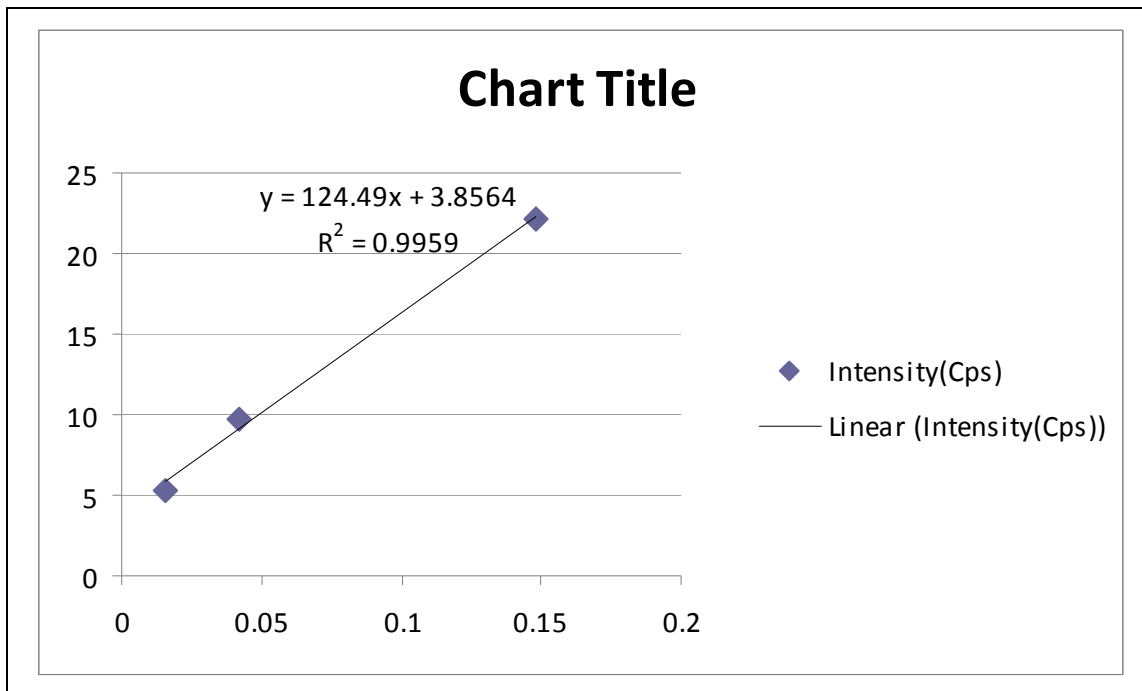
Sample	Conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	1.146686	48.543
DNG03	1.404268	59.116
DNG05	1.140035	48.27
DNG06	1.383804	58.276
DNG08	1.589958	66.738
DNG10	1.738495	72.835
DNG12	1.060126	44.99
DNG13	1.249324	52.756
DNG14	1.059006	44.944
DNG16	1.492216	62.726
DNG17	1.360928	57.337
DNG18	1.366385	57.561
DNG19	1.30928	55.217



MnO

Standard	Conc. (%)	Intensity(Cps)
JB-1b	0.148	22.161
JG-2	0.016	5.357
SDO-1	0.042	9.697

Sample	Conc.(%)	Intensity(Cps)
DNG02	0.157342758	23.444
DNG03	0.299635312	41.158
DNG05	0.192670897	27.842
DNG06	0.192719094	27.848
DNG08-2	0.255390794	35.65
DNG10	0.154812435	23.129
DNG12	0.191650735	27.715
DNG13	0.202278095	29.038
DNG14	0.180268295	26.298
DNG16	0.226480842	32.051
DNG17	0.245807695	34.457
DNG18	0.245389991	34.405
DNG19	0.202631537	29.082

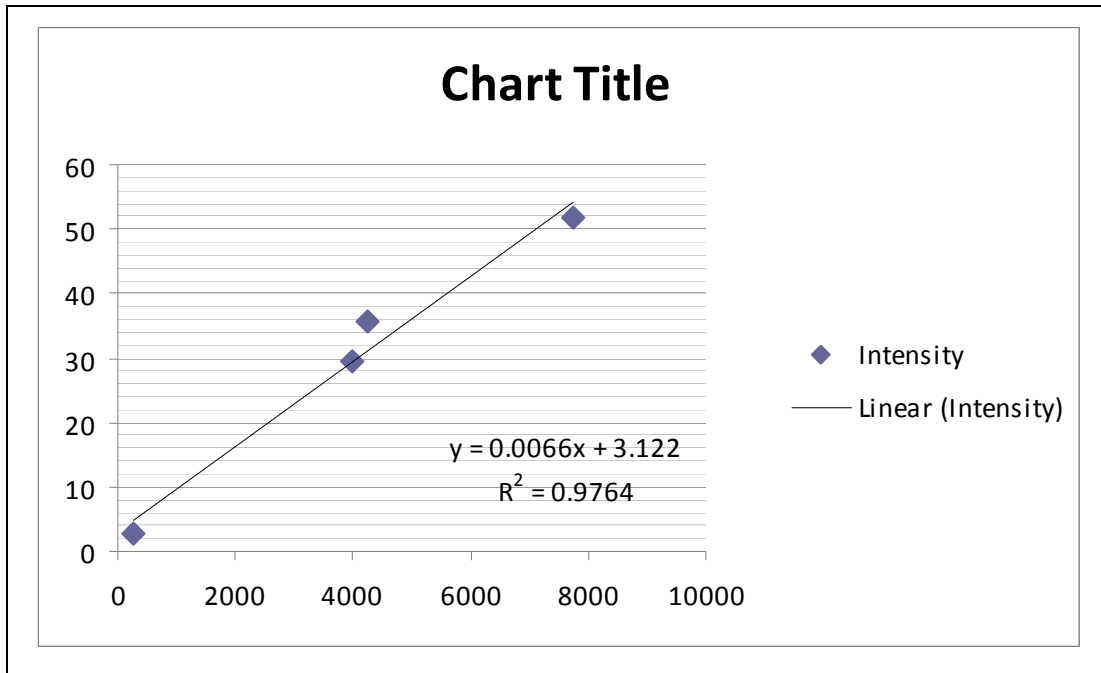


**ผลวิเคราะห์ธาตุพบน้อย(Trace element)**

Sample	Ti	V	Cr	Ni	Cu	Sr	Zr
DNG02	6881.97	234.13	361.31	238.52	81.27	144.18	27.1
DNG03	8483.94	325.34	345.54		83.8	80.6	50.31
DNG05	6840.61	243.71	322.04			65.67	44.69
DNG06	8358.67	238.84				260.14	137.81
DNG08	9638.79	281.77				101.21	173.84
DNG10	10562.58	273.71				19.29	119.36
DNG12	6343.64	211.09	436.88	309.62		207.88	36.51
DNG13	7520.3	246.59			72.16	96.11	42.19
DNG14	6336.67	214.03		166.53		129.81	46.1
DNG16	9030.91	285.54				156.8	70.72
DNG17	8214.39	252.35	346.07	239.15	76.9	112.76	67.53
DNG18	8248.33	273.4	290.91	168.04	72.31	173.08	50.53
DNG19	7893.18	280.41	431.96		68.3	164.08	36.66

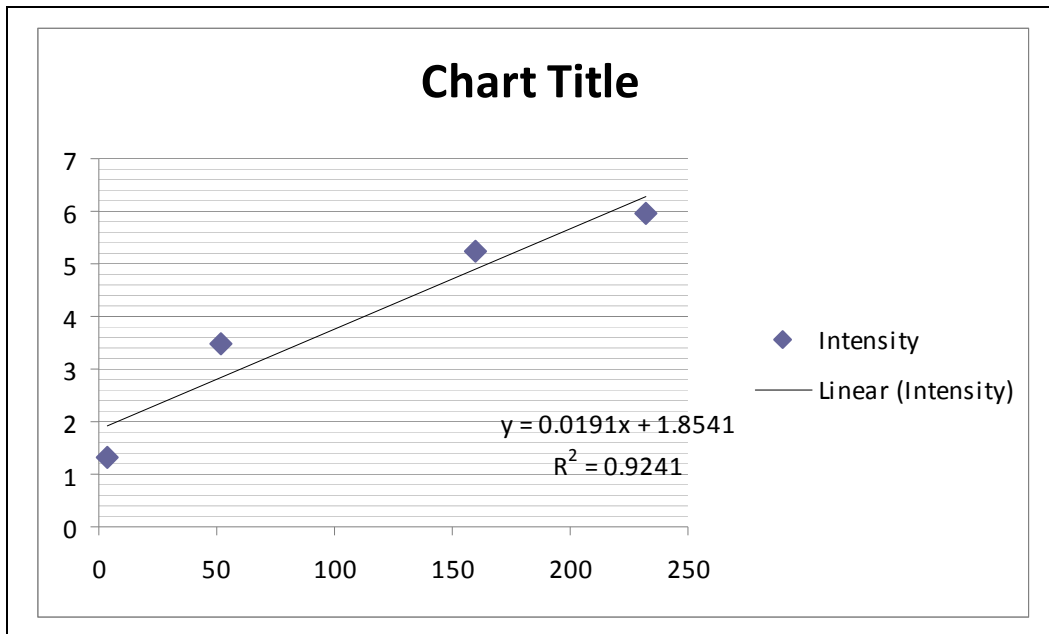
Standard	Conc.(ppm)	Intensity
GSP-2	4000	29.552
JB-1b	7733.55	51.866
JG-2	263.78	2.803
SDO-1	4256.5	35.692

Sample	Conc.(ppm)	Intensity
DNG02	6881.969697	48.543
DNG03	8483.939394	59.116
DNG05	6840.606061	48.27
DNG06	8356.666667	58.276
DNG08	9638.787879	66.738
DNG10	10562.57576	72.835
DNG12	6343.636364	44.99
DNG13	7520.30303	52.756
DNG14	6336.666667	44.944
DNG16	9030.909091	62.726
DNG17	8214.393939	57.337
DNG18	8248.333333	57.561
DNG19	7893.181818	55.217



Standard	Conc.(ppm)	Intensity
GSP-2	52	3.474
JB-1b	232	5.944
JG-2	3.78	1.334
SDO-1	160	5.229

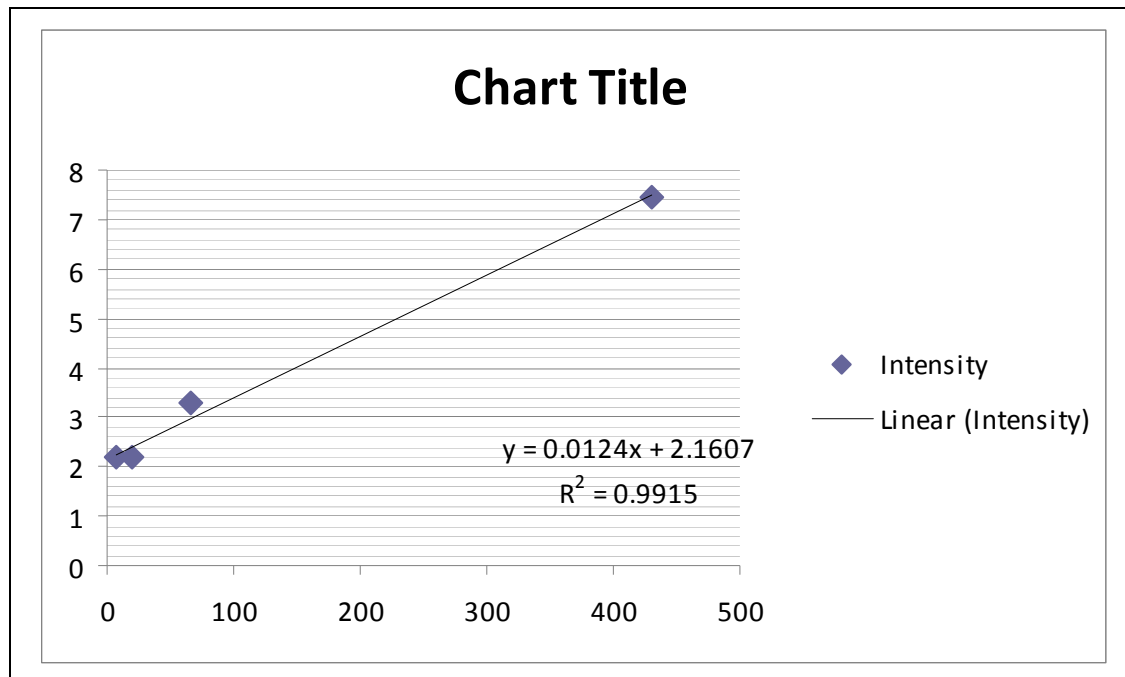
Sample	Conc.(ppm)	intensity
DNG02	234.1308901	6.326
DNG03	325.3350785	8.068
DNG05	243.7120419	6.509
DNG06	238.8429319	6.416
DNG08	281.7748691	7.236
DNG10	273.7120419	7.082
DNG12	211.0942408	5.886
DNG13	246.591623	6.564
DNG14	214.026178	5.942
DNG16	285.5445026	7.308
DNG17	252.3507853	6.674
DNG18	273.3979058	7.076
DNG19	280.4136126	7.21



Cr

Standard	Conc.(ppm)	Intensity
GSP-2	20	2.175
JB-1b	430	7.454
JG-2	6.37	2.192
SDO-1	66.4	3.303

Sample	Conc.(ppm)	Intensity
DNG02	361.3145161	6.641
DNG03	354.5403226	6.557
DNG05	322.0403226	6.154
DNG06		
DNG08		
DNG10		
DNG12	436.8790323	7.578
DNG13		
DNG14		
DNG16		
DNG17	346.0725806	6.452
DNG18	290.9112903	5.768
DNG19	431.9596774	7.517

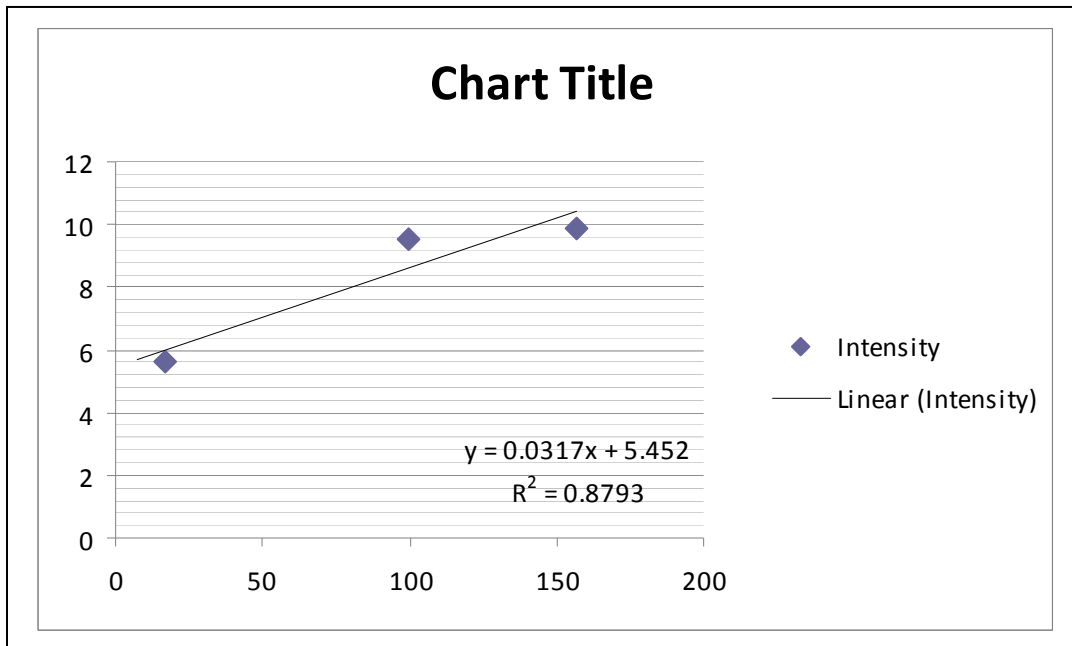




Ni

Standard	Conc.(ppm)	Intensity
GSP-2	17	5.601
JB-1b	157	9.869
SDO-1	99.5	9.555
JG-2	4.35	nd

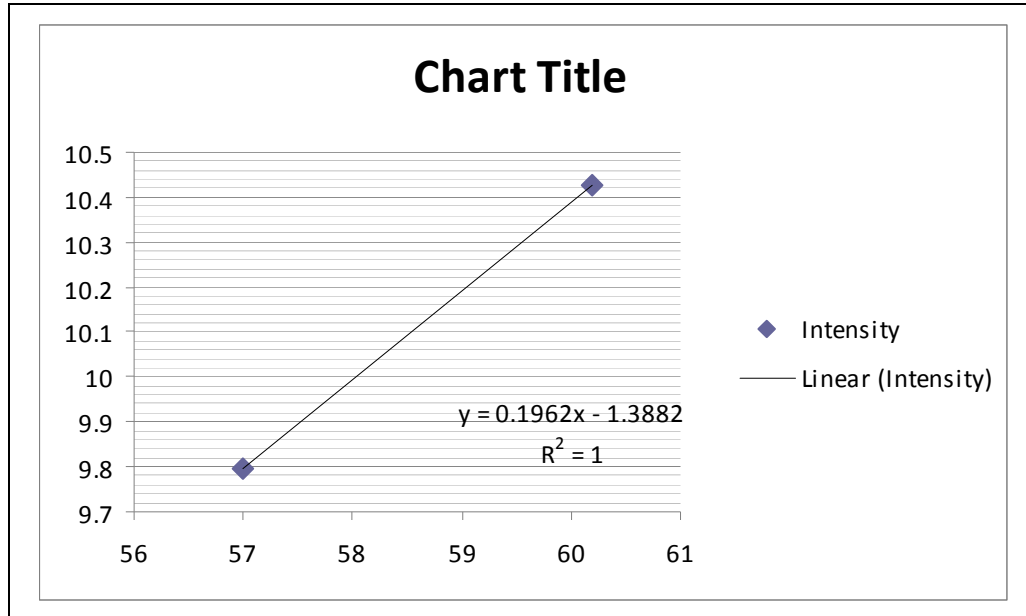
Sample	Conc.(ppm)	Intensity
DNG02	238.5173502	13.013
DNG03		
DNG05		
DNG06		
DNG08		
DNG10		
DNG12	309.6214511	15.267
DNG13		
DNG14	166.5299685	10.731
DNG16		
DNG17	239.148265	13.033
DNG18	168.044164	10.779
DNG19		



Cu

Standard	Conc.(ppm)	Intensity
JB-1b	57	9.798
SDO-1	60.2	10.426
GSP-2	47	11.554
JG-2	0.49	nd

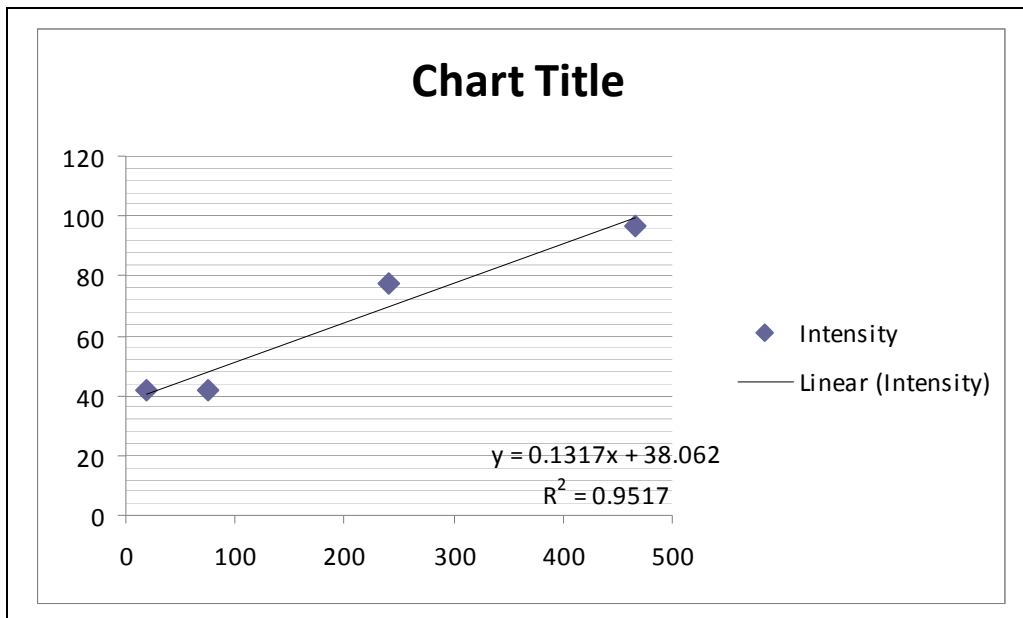
Sample	Conc.(ppm)	Intensity
DNG02	81.26503568	14.556
DNG03	83.79816514	15.053
DNG05		
DNG06		
DNG08		
DNG10		
DNG12		
DNG13	72.16207951	12.77
DNG14		
DNG16		
DNG17	76.90214067	13.7
DNG18	72.31498471	12.8
DNG19	68.29867482	12.012



Sr

Standard	Conc.(ppm)	Intensity
GSP-2	240	77.359
JB-1b	467	96.563
JG-2	17.9	41.85
SDO-1	75.1	41.869

Sample	Conc.(ppm)	Intensity
DNG02	144.1837509	57.051
DNG03	80.59984814	48.677
DNG05	65.67198178	46.711
DNG06	260.1366743	72.322
DNG08	101.2148823	51.392
DNG10	19.29384966	40.603
DNG12	207.881549	65.44
DNG13	96.11237661	50.72
DNG14	129.8101746	55.158
DNG16	156.7957479	58.712
DNG17	112.7638573	52.913
DNG18	173.0827639	60.857
DNG19	164.0774487	59.671



Zr

Standard	Conc.(ppm)	Intensity
GSP-2	550	172.304
JB-1b	124	68.531
JG-2	97.6	75.409
SDO-1	165	72.638

Sample	Conc.(ppm)	Intensity
DNG02	27.09691252	48.942
DNG03	50.31303602	54.356
DNG05	44.68696398	53.044
DNG06	137.8087479	74.76
DNG08	173.8379074	83.162
DNG10	119.3610635	70.458
DNG12	36.51372213	51.138
DNG13	42.19125214	52.462
DNG14	46.09777015	53.373
DNG16	70.7161235	59.114
DNG17	67.53430532	58.372
DNG18	50.53173242	54.407
DNG19	36.66380789	51.173

