

สมบัติทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ในบางแหล่งของประเทศไทย
Magnetic Properties of Basalts from Selected Locations in Thailand

จिरพันธุ์ ศรีเทียม

Jirapan Sritiam

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาธรณีฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Geophysics
Prince of Songkla University**

2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ สมบัติทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ในบางแหล่งของประเทศไทย
ผู้เขียน นายจิรพันธุ์ ศรีเทียม
สาขาวิชา ธรณีฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไตรภพ ผ่องสุวรรณ)

.....ประธานกรรมการ
(ดร.กำแหง วัฒนเสน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไตรภพ ผ่องสุวรรณ)

.....
(Dr.Helmut Duerrast)

.....กรรมการ
(Dr.Helmut Duerrast)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิมล โลหะวิจารณ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธรณีฟิสิกส์

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์คารา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	สมบัติทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ในบางแหล่งของประเทศไทย
ผู้เขียน	นายจิรพันธุ์ ศรีเทียม
สาขาวิชา	ธรณีฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาสมบัติทางด้านแม่เหล็กของหินบะซอลต์จากแหล่งหิน บริเวณต่างๆ ของประเทศไทยจำนวน 32 จุดเก็บตัวอย่าง เพื่อศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดของพลาสมา คอรัลด์ม ในประเทศไทย โดยทำการทดสอบหาค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและ พารามิเตอร์แอนไอโซทรอปีของค่าสภาพรับไว้ได้ ทางแม่เหล็ก ค่าแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ ทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับแร่แม่เหล็กที่เป็นแร่ประกอบในหิน วิเคราะห์หาธาตุประกอบในตัวอย่างหิน

จากการศึกษาพบว่าตัวอย่างหินบะซอลต์ส่วนใหญ่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงในระดับ 10^{-3} SI แสดงกลุ่มแร่เฟอร์โรแมกเนติก เป็นแร่องค์ประกอบหลัก ในหิน โดยมีแร่แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) และแร่กลุ่มไททาโนแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x}Ti_xO_4$) เป็นแร่แม่เหล็ก โดยตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งหินที่เคยมีประวัติสัมพันธ์กับแหล่งพลาสมา จะมีแร่ไททาโนแมกนีไทต์ ชนิดไททาเนียมสูง (TM60) เป็นแร่แม่เหล็ก หลัก ส่วนตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งหินที่ไม่เคยมีประวัติสัมพันธ์กับแหล่งพลาสมา จะมีแร่แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) เป็นแร่แม่เหล็ก หลัก ค่าแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติของตัวอย่างหิน ส่วนใหญ่มีค่าสูง ส่งผลให้มีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูง ซึ่งหินสามารถรักษาแมกนีไทเซชันตกค้างเอาไว้ได้ดี ส่วนค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี (Pj-T) ของตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งหินที่เคยมีประวัติสัมพันธ์กับแหล่งพลาสมาจะมีค่า Pj สูงถึง 1.12 หรือมีสภาพแอนไอโซทรอปีสูงถึง 12% จากผลของแร่แม่เหล็กประกอบในตัวอย่าง หินและผลของค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างหินที่มีแร่ ไททาโนแมกนีไทต์ ชนิดไททาเนียมสูง เป็นแร่แม่เหล็ก และมีค่า Pj ค่อนข้างสูง คาดว่าน่าจะเป็นตัวอย่างหินบะซอลต์ที่มีความสัมพันธ์กับการกำเนิดของพลาสมาในประเทศไทย

Thesis Title	Magnetic Properties of Basalts from Selected Locations in Thailand
Author	Mr. Jirapan Sritiam
Major Program	Geophysics
Academic Year	2010

Abstract

Magnetic properties of basalts collected from 32 sites at selected locations in Thailand are examined. Measurements of the magnetic susceptibility (k), the anisotropy of the magnetic susceptibility (AMS), and the natural remanent magnetization (NRM) are performed and analyses of the magnetic minerals and elemental composition of the rocks are made. The aim of this study is to utilize the magnetic properties of basalt rocks to be a reliable indicator for corundum-bearing basalt in Thailand.

The results of rock magnetic analyses show that the high magnetic susceptibilities of the basalt samples in an order of 10^{-3} SI indicate ferromagnetic material present in the rocks. Magnetite (Fe_3O_4) and titanomagnetites ($\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$) are found to be the main magnetic minerals in the studied basalts. Magnetic minerals in corundum-bearing basalts are Ti-rich titanomagnetites (TM60) and in non-corundum-bearing basalts magnetites (Fe_3O_4). The high intensity values of the natural remanent magnetization indicate a high stability of the remanence. The AMS values of corundum-bearing basalts show a high anisotropy degree (P_j) with 1.12 (12%). In summary, the corundum-bearing basalts in Thailand are characterized by the presence of Ti-rich titanomagnetites (TM60) with a high degree of the AMS.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(9)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ชนิดของหินบะซอลต์	1
1.2 พื้นที่ศึกษา	5
1.3 ธรณีวิทยาทั่วไป	14
1.4 ทฤษฎีพื้นฐาน	23
1.5 การตรวจเอกสาร	29
1.6 วัตถุประสงค์	36
2. วิธีการวิจัย	37
2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	37
2.2 วิธีการทดลอง	37
3. ผลและการอภิปรายผล	45
3.1 ผลการวิจัยสมบัติแม่เหล็ก	45
3.1.1 ผลการวิจัยสมบัติแม่เหล็กขั้นต้นของตัวอย่างหิน	45
3.1.2 เสถียรภาพทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ที่ศึกษา	48
3.1.3 ทิศทางของ AMS และพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี Pj-T	48
3.1.4 ทิศทางการไหลของลาวาขั้นต้นจากผลของค่า AMS	56
3.1.5 ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ	66
3.1.6 ผลการลบล้างแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติด้วยสนามแม่เหล็กสลับ	66
3.1.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีด้วย SEM-EDS	70
3.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย	75
3.2.1 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดนครราชสีมา (NR)	75
3.2.2 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดบุรีรัมย์ (BR)	76
3.2.3 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดสุรินทร์ (SR)	78

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.4 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดอุบลราชธานี-ศรีสะเกษ (UB)	79
3.2.5 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากเด่นชัย (DC)	81
3.2.6 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากวิเชียรบุรี (WB)	82
3.2.7 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากบ่อพลอย (BP)	84
3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปีของหินบะซอลต์ที่ศึกษา	86
4. สรุปผล	88
4.1 สรุปผล	88
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	96
ก สมบัติทางแม่เหล็ก	
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์	105
ประวัติผู้เขียน	119

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างและชนิดของหินบะซอลต์	13
1.2 แสดงอายุของหินบะซอลต์ในประเทศไทย	22
3.1 ค่าเฉลี่ยสมบัติแม่เหล็กของตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งต่างๆที่ศึกษา	45
3.2 The mean maximum and minimum axes of susceptibility ellipsoids	64
3.3 แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุประกอบ (ในหน่วย%) ทั้งหมดของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษาบางแหล่งด้วยระบบ SEM-EDS	70

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 แสดงลักษณะ โครงสร้างรอยแยกรูปเสา บริเวณอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์และ บริเวณอำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์	4
1.2 แหล่งหินบะซอลต์ในบริเวณต่างๆของประเทศไทย	6
1.3 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์นครราชสีมา	7
1.4 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์บุรีรัมย์และแหล่งหินบะซอลต์สุรินทร์	8
1.5 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์ศรีสะเกษ-อุบลราชธานี	9
1.6 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์เด่นชัย	10
1.7 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์วิเชียรบุรี	11
1.8 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์บ่อพลอย	12
1.9 ผลระหว่างการเหนี่ยวนำจากสนามภายนอกกับอำนาจแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่เกิดในแต่ ละระนาบของผลึกแร่แมกนีไทต์แบบลูกบาศก์	24
1.10 แสดงการวางตัวของเกรนแม่เหล็กภายใต้สนามแม่เหล็กภายนอกในทิศทางต่างกัน	25
1.11 แบบจำลองรูปทรงรีซึ่งภายในประกอบด้วยแกน 3 แกน	26
1.12 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับสภาพแม่เหล็กอิ่มตัวของแร่แมกนีไทต์และแร่ฮีมาไทต์	27
1.13 สภาพแม่เหล็กอิ่มตัวและอุณหภูมิคูรีของไททานิอแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x}Ti_xO_4$) ซึ่ง ขึ้นอยู่ กับปริมาณของไทเทเนียม(x) ที่เป็นส่วนประกอบ	28
2.1 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างหินชนิดวัดการวางตัว (Oriented rock sample)	38
2.2 แสดงเครื่องตัด แต่งตัวอย่างหิน (บน) และตัวอย่างหินที่ได้จากการเจาะเก็บแกน และ ชิ้นตัวอย่างมาตรฐานจากการตัดแต่งขนาด 2.25 เซนติเมตร (ล่าง)	40
2.3 เครื่องแมกนีโทมิเตอร์แบบหมุนยี่ห้อ AGICO รุ่น JR-6	41
2.4 เครื่องวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก ยี่ห้อ AGICO รุ่น KLY-3S Kappabridge	42
2.5 เครื่องลบล้างอำนาจแม่เหล็กแบบสนามสลับ ยี่ห้อ Molspin	43
3.1 การกระจายของค่า k จากตัวอย่างหินบะซอลต์แหล่งต่างๆ ที่ศึกษา	47
3.2 กราฟค่า k, NRM และ Q-value จากตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา	49
3.3 กราฟ Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา	50

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.4 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดนครราชสีมา (NR)	51
3.5 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์วิเชียรบุรี (WB)	51
3.6 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดบุรีรัมย์ (BR)	52
3.7 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดสุรินทร์ (SR)	53
3.8 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานี - ศรีสะเกษ (UB)	54
3.9 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์เด่นชัย (DC)	55
3.10 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์บ่อพลอย (BP)	55
3.11 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์จังหวัดนครราชสีมา	56
3.12 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณ ภูพระอังคาร จังหวัดบุรีรัมย์	57
3.13 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณเขากระโดง จังหวัดบุรีรัมย์	58
3.14 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณเขาพนมสวาย จังหวัดสุรินทร์	59
3.15 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณจังหวัดอุบลราชธานี-ศรีสะเกษ	60
3.16 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณอำเภอเด่นชัย	61
3.17 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณอำเภอวิเชียรบุรี	62
3.18 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณอำเภอบ่อพลอย	63
3.19 กราฟแสดงผลการทดสอบ thermo-magnetic ของหินบะซอลต์ที่ศึกษา	67
3.19 (ต่อ)กราฟแสดงผลการทดสอบ thermo-magnetic ของหินบะซอลต์ที่ศึกษา	68
3.20 กราฟแสดงการลบล้าง NRM ด้วยสนามแม่เหล็กสลับของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา	69
3.21 ภาพรังสีเอกซ์เรืองแสงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากนครราชสีมา (S3-04)	71

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.22 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรื่องของธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากนครราชสีมา (S3-04)	71
3.23 ภาพรังสีเอกซ์เรื่องแสดงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากบุรีรัมย์ (S12-06)	72
3.24 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรื่องของธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากบุรีรัมย์ (S12-06)	72
3.25 ภาพรังสีเอกซ์เรื่องแสดงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากวิเชียรบุรี (N6-10)	73
3.26 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรื่องของธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากวิเชียรบุรี (N6-10)	73
3.27 ภาพรังสีเอกซ์เรื่องแสดงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากบ่อพลอย (N15-02)	74
3.28 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรื่องของธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากบ่อพลอย (N15-02)	74
3.29 ค่า Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ไม่สัมพันธ์กับแหล่งพลอย	86
3.30 ค่า Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่สัมพันธ์กับแหล่งพลอย	87
3.31 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่คาดว่าจะให้พลอย (เส้นประหนา) กับไม่ให้พลอย (เส้นประบาง)	87

บทที่ 1

บทนำ

หินบะซอลต์ (Basalt) เป็นหินอัคนีพุ (Extrusive rocks) หรือหินภูเขาไฟชนิดหนึ่ง (Volcanic rocks) ที่มีความสำคัญทั้งในด้านวิชาการและทางด้านเศรษฐกิจ เพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการเป็นตัวนำพาแร่หรือน้ำแร่ชนิดต่างๆ จึงเป็นหินต้นกำเนิดของพลอยคอร์ันดัม (Corundum) พวกไพลิน (Sapphire) ทับทิม (Ruby) และพลอยสปิเนล (Spinel) นอกจากนี้ยังเป็นหินประดับได้อีก รวมทั้งมีลักษณะ โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เด่นชัด เฉพาะตัวหาได้ยาก มีรูปร่างแปลกและสวยงาม นำศึกษาเป็นแหล่งอ้างอิงทางวิชาการ แหล่งวิจัย เป็นแหล่งมีค่าทางภูมิศาสตร์ เป็นเอกลักษณ์หรือสัญลักษณ์ของท้องถิ่น ซึ่งเป็นมรดกธรรมชาติทางธรณีวิทยา เหมาะสม ที่จะพัฒนาเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่ควรได้รับการอนุรักษ์มากกว่าให้ผู้ลงไปตามธรรมชาติ (ต่อศักดิ์ ประสมทรัพย์, 2548)

1.1 ชนิดของหินบะซอลต์

หินบะซอลต์เป็นหินอัคนีพุเทียบเท่ากับหินอัคนีแทรกซอน (Intrusive rocks) ชนิดหินแกบโบร (Gabbro) เกิดจากลาวาหรือหินหนืดที่พุ่งขึ้นเปลือกโลกขึ้นมา แล้วแข็งตัวอยู่บนผิวโลก หินบะซอลต์จะแข็งตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 °C การเย็นตัวของหินหนืดจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ผลึกแร่เม็ดละเอียดหรือเนื้อดอก หินบะซอลต์มีสีเทา-เทาดำ มักพบมีรูพรุน ซึ่งอาจจะมีแร่ทุติยภูมิเกิดในรูพรุนหรือไม่มีก็ได้ จัดเป็นหินชนิดเบส (basic rock) ประกอบด้วยแร่หลักคือ แร่แพลจิโอเคลส (Plagioclase) ((Na, Ca)(Si, Al)AlSi₃O₈) ไพรอกซีน (Pyroxenes) ((Ca, Na)(Mg, Fe, Al)(Al, Si)₂O₆) และเหล็กออกไซด์ (Iron oxide) (Fe₂O₃, Fe₃O₄, Fe₂TiO₃) อาจพบโอลิวีน ((Mg, Fe)₂SiO₄) หรือไม่มีก็ได้ บางทีพบแก้วภูเขาไฟ (volcanic glass) ในเนื้อหิน เรียกชื่อตามส่วนประกอบของแร่ที่พบ เช่น หินโอลิวีนบะซอลต์ หินแอลคาไลน์บะซอลต์ เป็นต้น

หินบะซอลต์จำแนกได้เป็น 4 ชนิด ตามองค์ประกอบทางเคมีของหินโดยใช้ส่วนประกอบของพวกด่าง (alkaline) เช่น ธาตุโซเดียมและโพแทสเซียม (Nockolds และคณะ, 1978) ดังนี้คือ

- 1.) หินแอลคาไลน์บะซอลต์ (alkaline basalt)
- 2.) หินบะซอลต์โทเลียอิต (tholeiitic basalt)
- 3.) หินแคลก์แอลคาไลน์บะซอลต์ (calc-alkaline basalt) ที่เกิดร่วมกับหินแอนดีไซต์ที่สัมพันธ์กับบริเวณที่เกิดภูเขา (orogenic region) และหมู่เกาะรูปโค้ง (island arc)

4.) หินบะซอลติกโคมาทีไอต์ (basaltic komatiite)

หินแอลคาไลบะซอลต์

เนื้อหินมักเป็นแบบเนื้อดอก intergranular และ ophitic ประกอบด้วยแร่โอลิวีน เป็นส่วนใหญ่พบทั้งผลึกดอกและเนื้อพื้น แร่แพลจิโอเคลสที่มีแคลเซียมสูงชนิดแลบราโดไลต์ แอนดิซีน และแร่ไพรอกซีนพวกออกไซด์ที่มีไทเทเนียมและอลูมิเนียม และพบเนเฟลิโนในค่าปริมาณมาตรฐาน (norm) เช่น หินบะซาไนต์ (basanite) หินบะซานิทอยด์ (basanitoid) หินเนเฟลิไนต์ (nephelinite) หินฮาวายไอต์ (hawaiite) และหินมูเกียไรต์ (mugearite) เป็นต้น

หินบะซาไนต์ เป็นหินอัคนีหรือหินภูเขาไฟ ในกลุ่มหินแอลคาไลบะซอลต์ เนื้อละเอียดคล้ายแอลคาไลโอลิวีนบะซอลต์ (แต่พบเนเฟลิโนในค่าปริมาณมาตรฐานมากกว่า) เป็นพวกที่มีซิลิกาไม่อิ่มตัว (undersaturated silica) ประกอบด้วยแร่หลัก เป็นแพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ชนิดแลบราโดไรต์และไบโทว์ไนต์

หินบะซานิทอยด์ เป็นหินอัคนีเหมือนหินบะซาไนต์ แต่ประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์ทอยด์มากกว่า 10% โดยปริมาตร แร่โอลิวีนและแร่ไพรอกซีน พบในปริมาณพอสมควร แต่หินมีส่วนประกอบเป็นแก้วภูเขาไฟที่มีโซเดียมสูงแทนแร่เฟลด์สปาร์ทอยด์

หินเนเฟลิไนต์ เป็นหินอัคนีในกลุ่มหินบะซอลต์เป็นหินที่มีแร่สีเข้ม (mafic rock) จัดเป็นพวกมีซิลิกาน้อย มีแร่เนเฟลิโนมากกว่าหินบะซาไนต์ ประกอบด้วยแร่หลัก เป็นแร่เฟลด์สปาร์ทอยด์ มักเป็นแร่เนเฟลิโน ไพรอกซีน (มี Na-Ti-Al rich clinopyroxene) โอลิวีน อาจพบแร่เฟลด์สปาร์ชนิดแพลจิโอเคลสประมาณร้อยละ 10 และแก้วภูเขาไฟแร่ส่วนน้อย (accessory mineral) เป็นเหล็ก-ไทเทเนียมออกไซด์

หินฮาวายไอต์ เป็นหินอัคนีในกลุ่มหินบะซอลต์ ประกอบด้วยแร่หลัก เป็นแร่โอลิวีน ไพรอกซีน (แร่ออกไซด์) เฟลด์สปาร์เป็นแพลจิโอเคลสชนิดแอนดิซีน ส่วนประกอบจะมีปริมาณซิลิกาค่อนข้างสูงกว่าหินบะซอลต์ชนิดอื่นๆบางที่เรียก andesitic basalt

หินมูเกียไรต์ เป็นหินอัคนีในกลุ่มหินบะซอลต์ ประกอบด้วยแร่หลักคือ แร่โอลิวีน ไพรอกซีน (แร่ออกไซด์) เฟลด์สปาร์เป็นแพลจิโอเคลสชนิด โอลิโอเคลส ส่วนประกอบจะมีปริมาณซิลิกาค่อนข้างสูงกว่าหินบะซอลต์ชนิดอื่นๆบางที่เรียก andesitic basalt

หินบะซอลต์โทลีโอต์ หรือ subalkaline basalt

หินบะซอลต์โทลีโอต์ ประกอบด้วยแร่โคลโนไพรอกซีนที่มีแคลเซียมต่ำ ซึ่งมักเป็นแร่ออกไซด์และพิจิอไนต์ แร่ออกไซด์เกิดเป็นแร่ดอก ส่วนแร่พิจิอไนต์เกิดเป็นเนื้อพื้น อาจพบแร่โอโทไพรอกซีนพวกไฮเปอร์สทีนซึ่งมักเกิดเป็นเนื้อดอก แร่แพลจิโอเคลสที่มีแคลเซียมสูงชนิดไบโทว์ไนต์แลบราโดไลต์พบทั้งผลึกดอกและเนื้อพื้น เนื้อพื้นมักเป็นแท่งของแร่แลบราโดไลต์ ไม่

พบแร่โอลิวีนหรืออัครามีก็จะมีปริมาณน้อย แร่เหล็กมักเป็นแมกนีไทต์ (Fe_3O_4) หรืออิลเมไนต์ (FeTiO_3) เนื้อพื้นมักพบแก้วภูเขาไฟสีน้ำตาล ในค่าปริมาณมาตรฐานไม่พบพวกเฟลด์สปาร์ทอยด์ มีเหล็กและซิลิกาสูงเมื่อเทียบกับพวกหินบะซอลต์ชนิดต่าง มักเกิดระเบิดหรือพุดขึ้นเป็นบริเวณพื้นที่กว้างใหญ่

หินแคลก์แอลคาไลบะซอลต์

หินแคลก์แอลคาไลบะซอลต์เกิดร่วมกับหินแอนดีไซต์ที่สัมพันธ์กับบริเวณที่เกิดภูเขาและหมู่เกาะรูปโค้ง พวกหินแอนดีไซต์ เดไซต์และไรโอเดไซต์ จะคล้ายหินโทลีโอต์บะซอลต์ทางด้านวิทยาแร่ แต่จะมีแร่ไพรอกซีนน้อยกว่าและแร่แพลจิโอเคลสมากกว่า พบแร่ออร์โทไพรอกซีนค่อนข้างมากกว่าโอลิวีน ซึ่งพบเป็นส่วนประกอบส่วนน้อยไม่พบเป็นแร่หลัก ในเนื้อพื้นมักเป็นแร่ออร์โทไพรอกซีน มากกว่าแร่ฟิชีอไนต์ หินแคลก์แอลคาไลบะซอลต์มักเกิดระเบิดหรือพุดขึ้นเป็นบริเวณเล็กๆ

หินบะซอลติกโคมาทิไอต์

หินบะซอลติกโคมาทิไอต์เป็นกลุ่มลาวาของพวก เมฟิกและอัลตราเมฟิก เกิดเป็นผนังแทรกชั้น (sill) หินบะซอลติกโคมาทิไอต์มักพบว่ามีการสลายตัวและถูกแปรสภาพไป แต่ยังพบที่มีลักษณะเนื้อหินหรือโครงสร้างเดิม เช่น ลาวารูปหมอน (pillow lava) องค์ประกอบเป็นแร่ไพรอกซีน พวกแร่ไดออพไซด์ที่มีอะลูมิเนียมสูงและมีโครเมียมด้วย แร่แพลจิโอเคลส โอลิวีน เหล็กออกไซด์ และแก้วภูเขาไฟ

ประโยชน์ของหินบะซอลต์

หินบะซอลต์มีความสำคัญทั้งในด้านวิชาการและทางเศรษฐกิจ เช่น เป็นหินต้นกำเนิดของพลอยคอร์ันดัม พวกไพลิน ทับทิม พลอยสปิเนลและนิล ปัจจุบันยังมีการทำเหมืองพลอยแซปไฟร์ ที่จังหวัดจันทบุรี กาญจนบุรี แพร่ เป็นต้น หินบะซอลต์ยังใช้เป็นหินก่อสร้าง และหินประดับในบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์ สระแก้ว นำไปสร้างถนนและอาคารสิ่งก่อสร้าง

จากลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินบะซอลต์ที่เด่นชัดเฉพาะตัว มีรูปร่างแปลกและสวยงาม บางทีอาจเป็นเอกลักษณ์หรือสัญลักษณ์ของท้องถิ่น จึงเป็นแหล่งวิจัยและอ้างอิงทางวิชาการ เป็นแหล่งมีค่าทางภูมิศาสตร์ เป็นมรดกธรรมชาติทางธรณีวิทยา ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรณีวิทยา เช่น เป็นปล่องภูเขาไฟ โครงสร้างรอยแยกรูปเสา (ภาพประกอบ 1.1) ลาวารูปหมอนหรือลักษณะการไหลของลาวาแบบเกลียวเชือก เช่น ปล่องภูเขาไฟ คอกหินฟู ปล่องภูเขาไฟจำปา แดด จังหวัดลำปาง ภูเขาพระอังคาร เขาพนมรุ้ง จังหวัดบุรีรัมย์ และโครงสร้างรอยแยกรูปเสาที่อำเภอ

วิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่วัดแสนคู่ม อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด ที่อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นต้น



ภาพประกอบ 1.1 แสดงลักษณะ โครงสร้างรอยแยกรูปเสา (columnar jointing) บริเวณอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ (บน) และบริเวณอำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ (ล่าง)

1.2 พื้นที่ศึกษา

หินบะซอลต์เป็นหินอัคนีพุมหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic Extrusive Rocks) เกิดขึ้นในบริเวณต่างๆของประเทศไทย เช่น บริเวณที่สูงภาคเหนือและภาคตะวันตก บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือและบริเวณด้านใต้ของที่ราบสูงโคราช ดังภาพประกอบ 1.2 โดยในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างหินบะซอลต์แบบเก็บแกนและวัดมุมการวางตัว (Oriented core sampling) ในบริเวณต่างๆดังนี้

แหล่งหินบะซอลต์นครราชสีมา (NR) (3 Sites; S1, S2 และ S3) ในบริเวณอำเภอโชคชัยและอำเภอนองบุญนาค ลักษณะเป็นเหมืองหิน (quarry) เพื่อการอุตสาหกรรมซึ่งยังเปิดทำการอยู่

แหล่งหินบะซอลต์บุรีรัมย์ (BR) (7 Sites) แบ่งเป็นสอง บริเวณ คือ บริเวณเขากระโดง ในเขตอำเภอเมือง (5 Sites; S11, S12, N9, N10 และ T2) และบริเวณเขาภูพระอังคาร (3 Sites; T1, S4 และ S5) ในเขตอำเภอเฉลิมพระเกียรติ โดยมีลักษณะ เป็นเหมืองหินเพื่อการอุตสาหกรรมซึ่งยังเปิดทำการอยู่

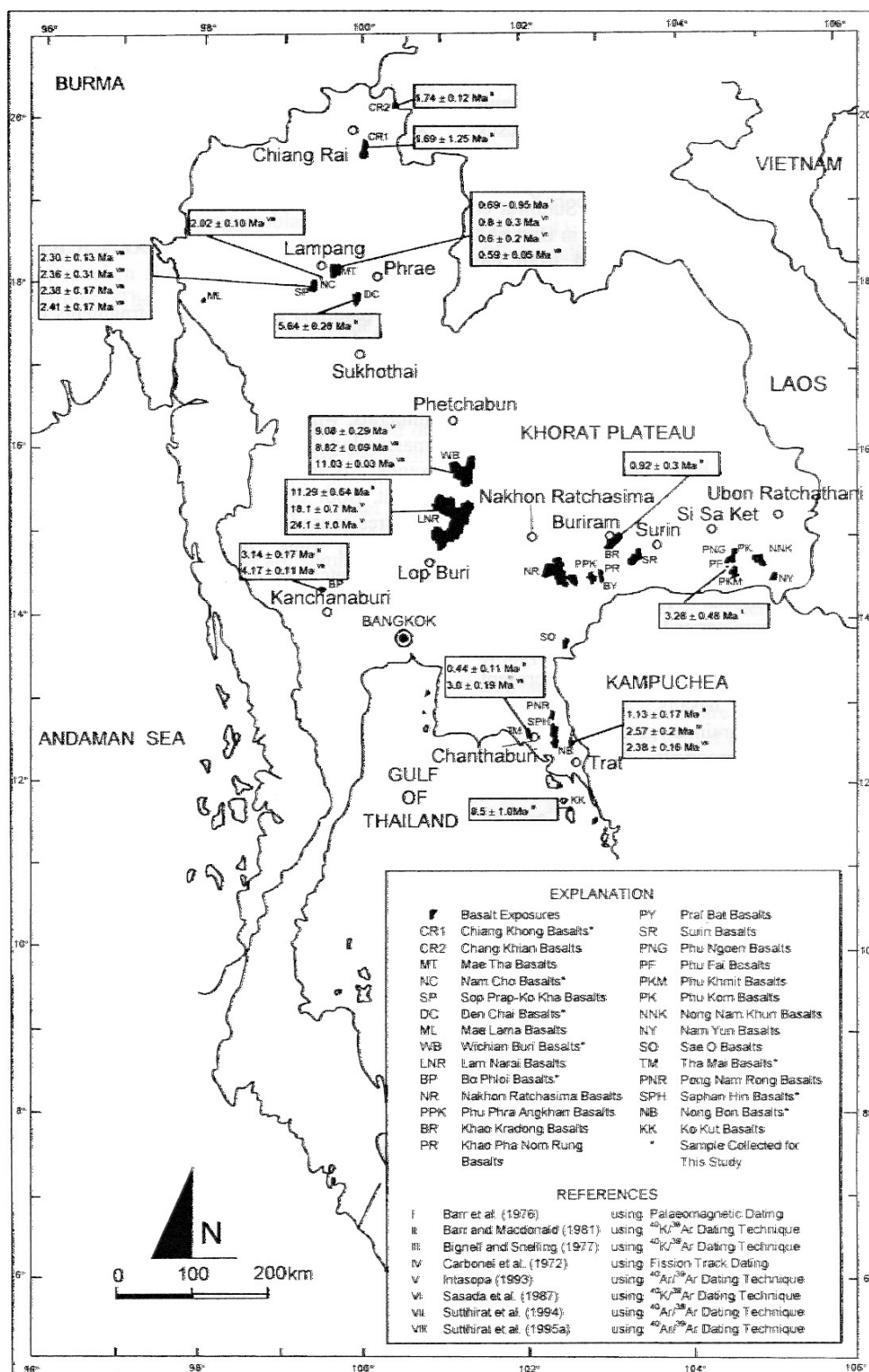
แหล่งหินบะซอลต์สุรินทร์ (SR) (5 Sites; N11, N12, N13, T3 และ T4) ในบริเวณเขาพนมสวาย เขตอำเภอเมืองและอำเภอปราสาท ลักษณะเป็นเหมืองหินเพื่อการอุตสาหกรรมซึ่งยังเปิดทำการอยู่

แหล่งหินบะซอลต์อุบลราชธานี-ศรีสะเกษ (UB) (7 Sites) แบ่งเป็นสองบริเวณ คือ ในเขตบริเวณอำเภอน้ำยืนและอำเภอน้ำขุ่น จังหวัดอุบลราชธานี (6 Sites; S6, S7, S8, S9, S10 และ T6) และในบริเวณอำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ (Sites T5) ลักษณะเป็นเหมืองหินเพื่อการอุตสาหกรรมซึ่งส่วนใหญ่ยังเปิดทำการอยู่

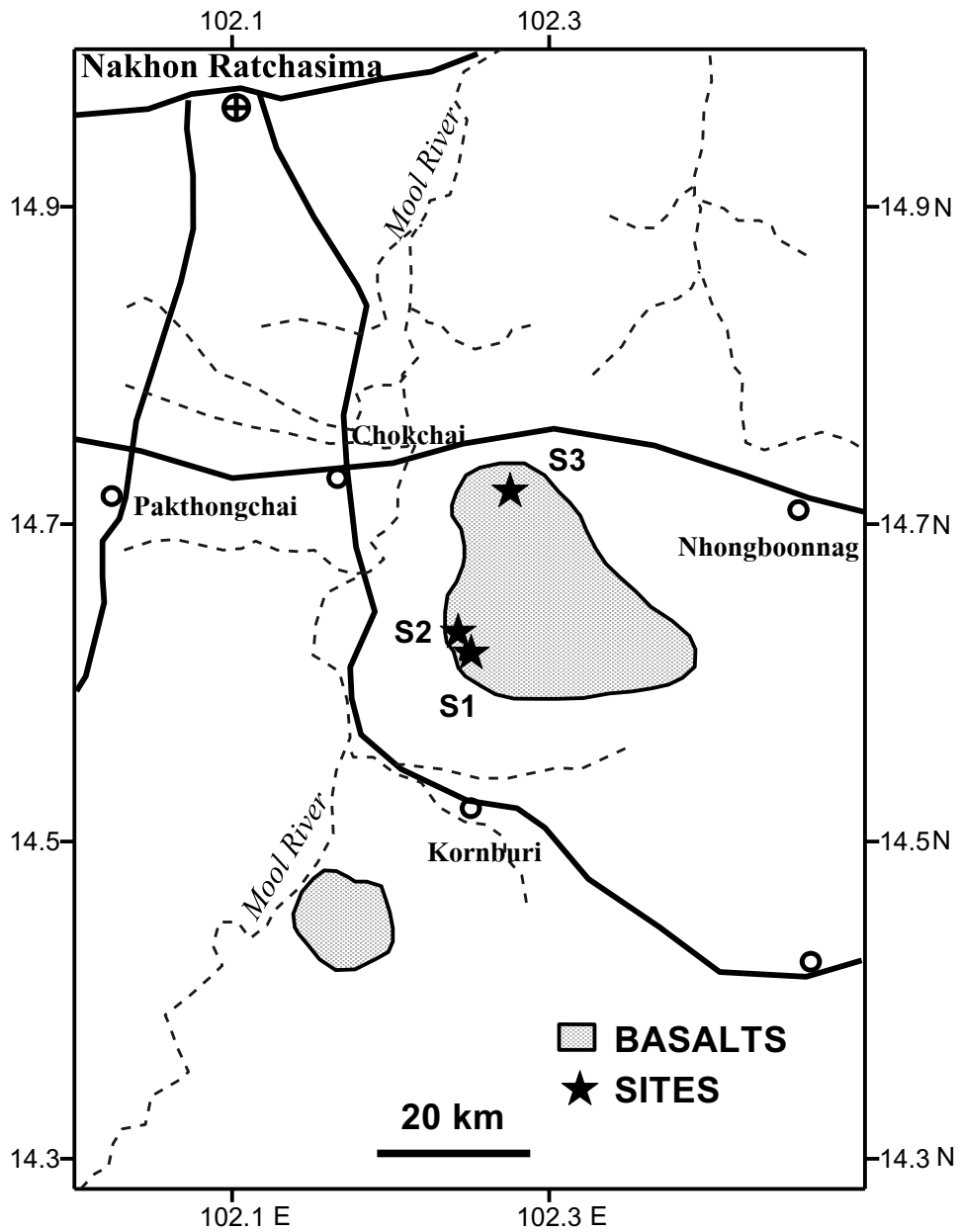
แหล่งหินบะซอลต์เด่นชัย (DC) (5 Sites; N1, N2, N3, N4 และ N5) บริเวณเส้นทางหลวงสายสุโขทัย-เด่นชัย ในเขตอำเภอวังชิ้นและอำเภอเด่นชัย ลักษณะเป็น หินที่เกิดจากการตัดถนนพาดผ่าน (roadcut)

แหล่งหินบะซอลต์วิเชียรบุรี (WB) (3 Sites; N6, N7 และ N8) ในเขตอำเภอวิเชียรบุรี มีลักษณะเป็นหินที่เกิดจากการตัดถนนพาดผ่าน (roadcut) และเป็นหิน โผล่ (outcrop rock)

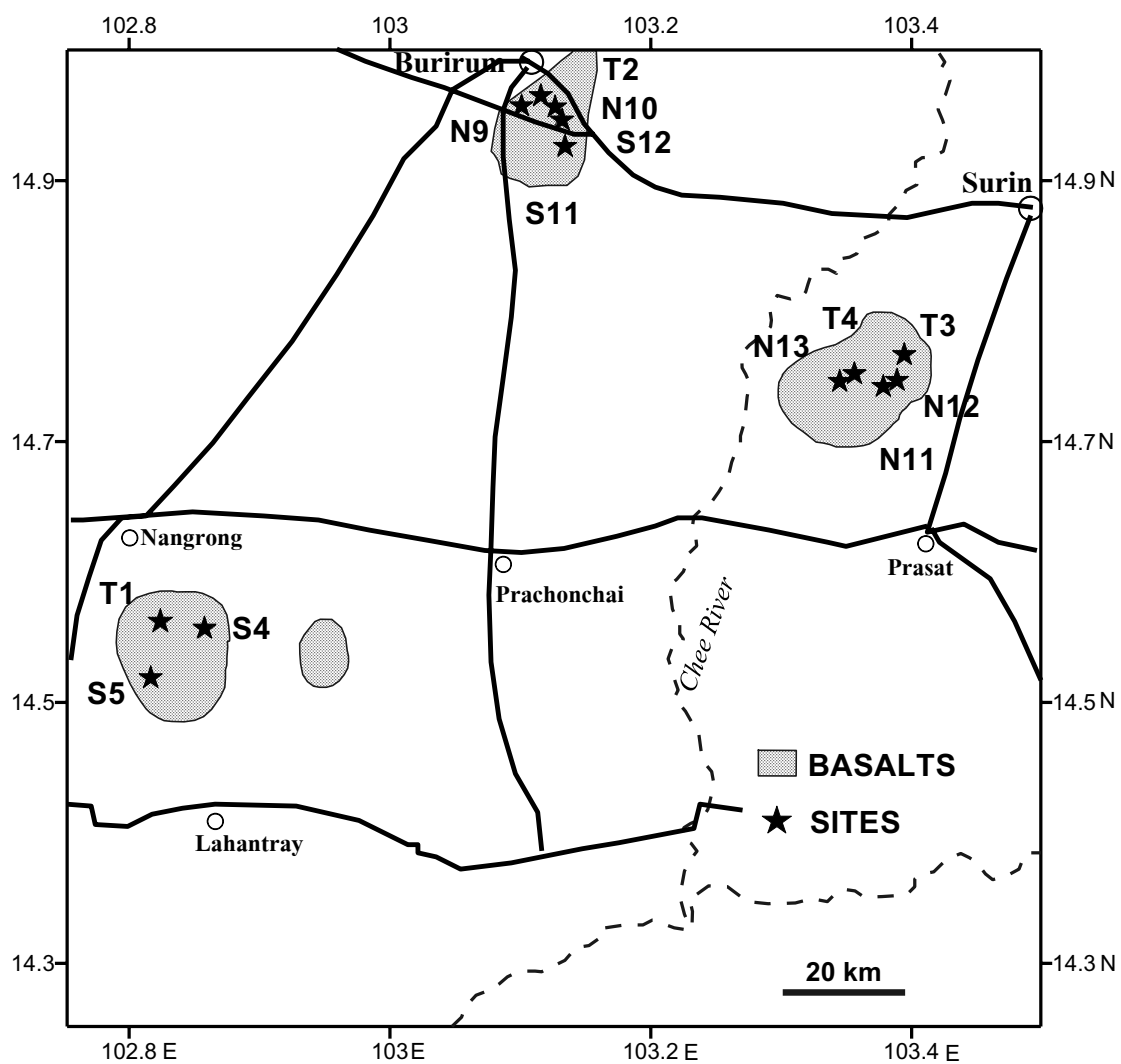
แหล่งหินบะซอลต์บ่อพลอย (BP) (2 Sites; N14 และ N15) ในเขตอำเภอบ่อพลอย มีลักษณะเป็นหิน โผล่ (outcrop rock) แบบลานลาวา



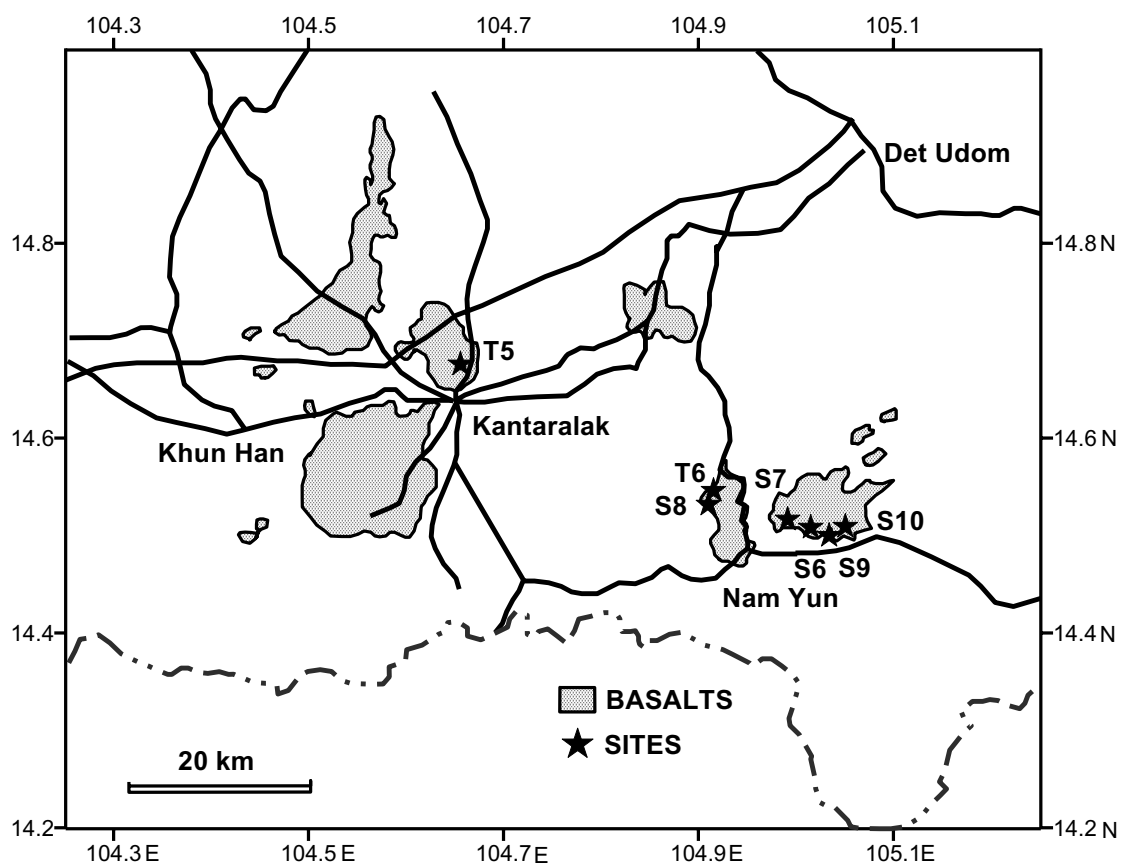
ภาพประกอบ 1.2 แหล่งหินบะซอลต์ในบริเวณต่างๆของประเทศไทย (Jungyusuk and Khositant, 1992)



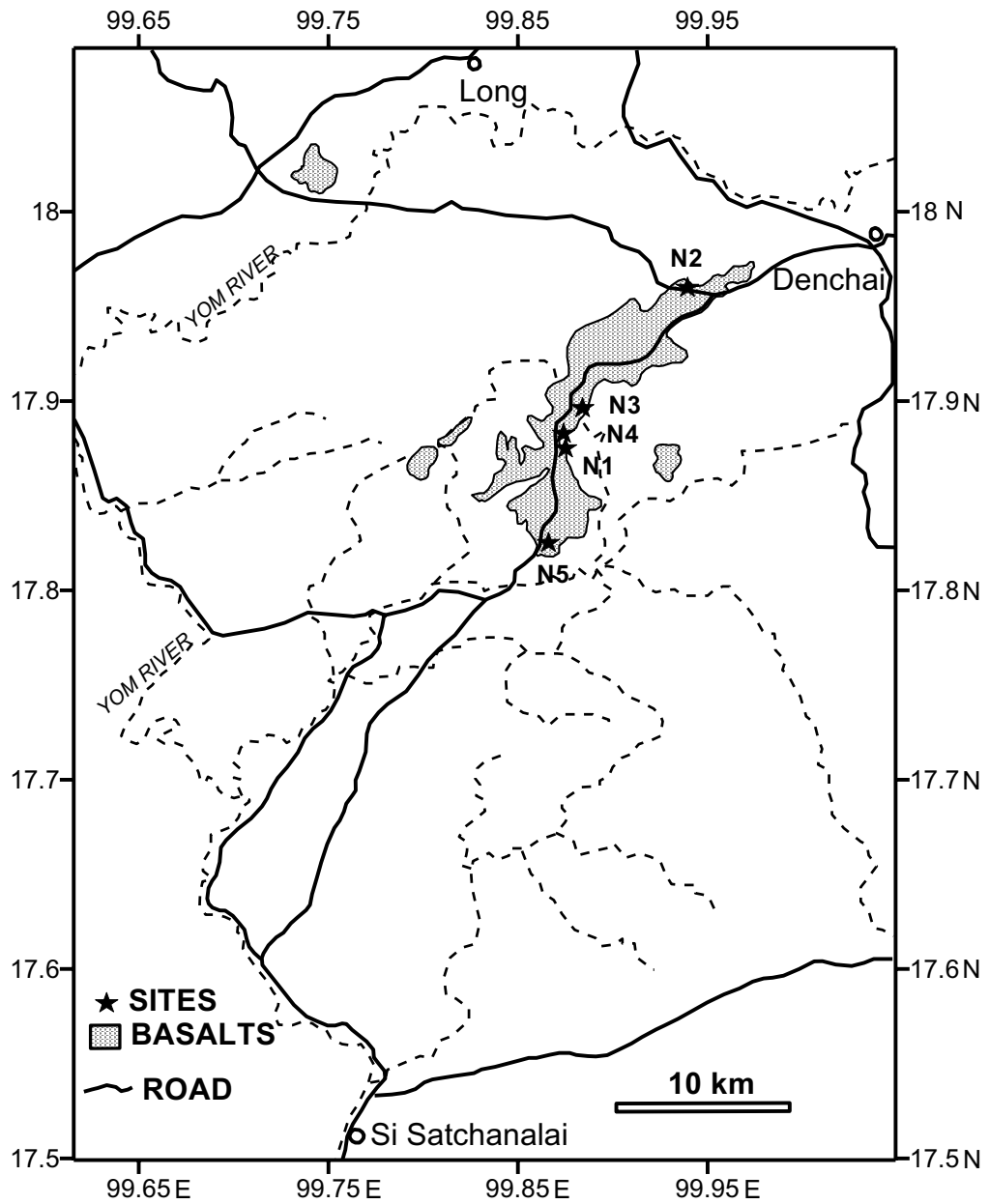
ภาพประกอบ 1.3 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์นครราชสีมา



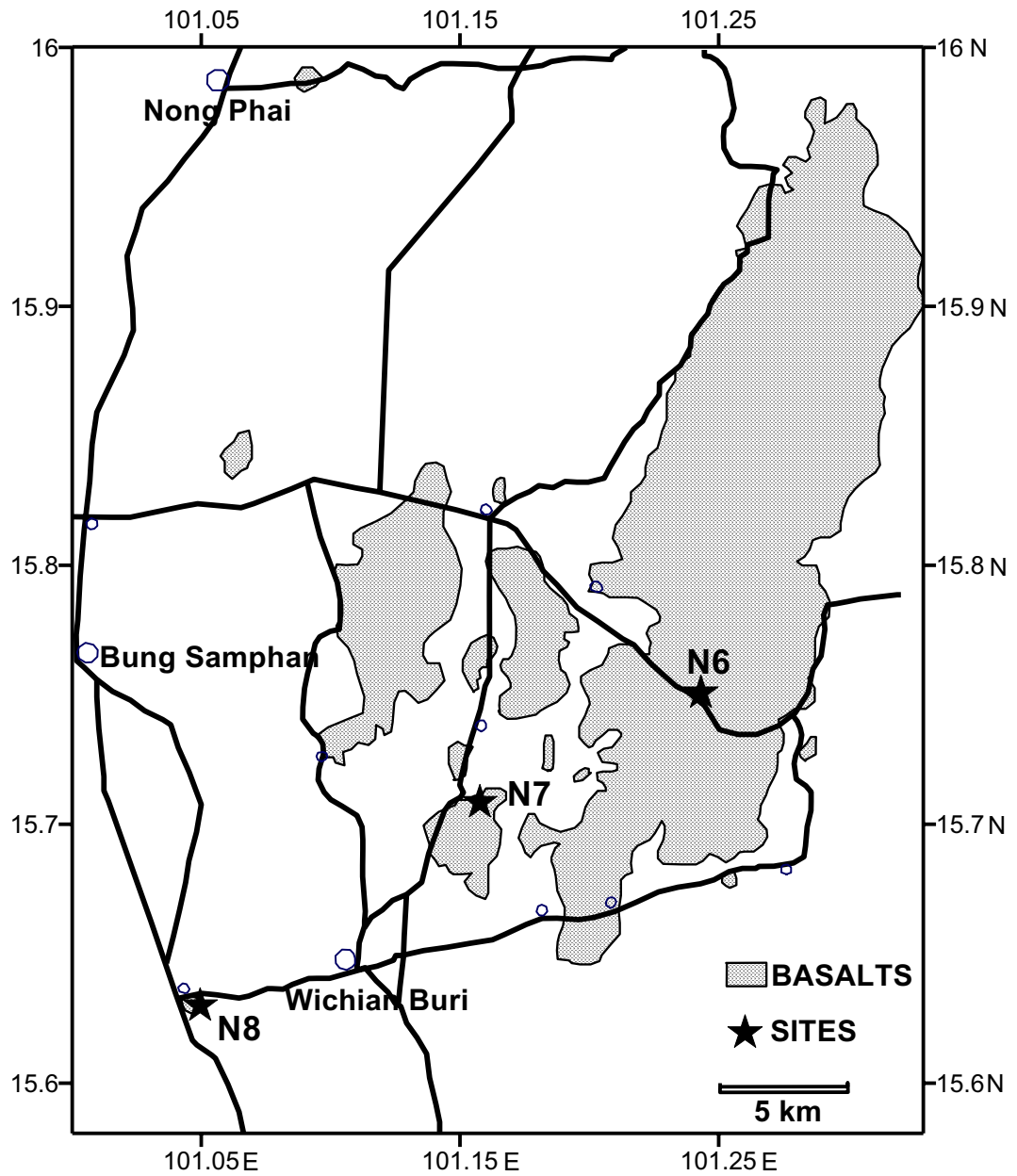
ภาพประกอบ 1.4 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์บุรีรัมย์และแหล่งหินบะซอลต์สุรินทร์



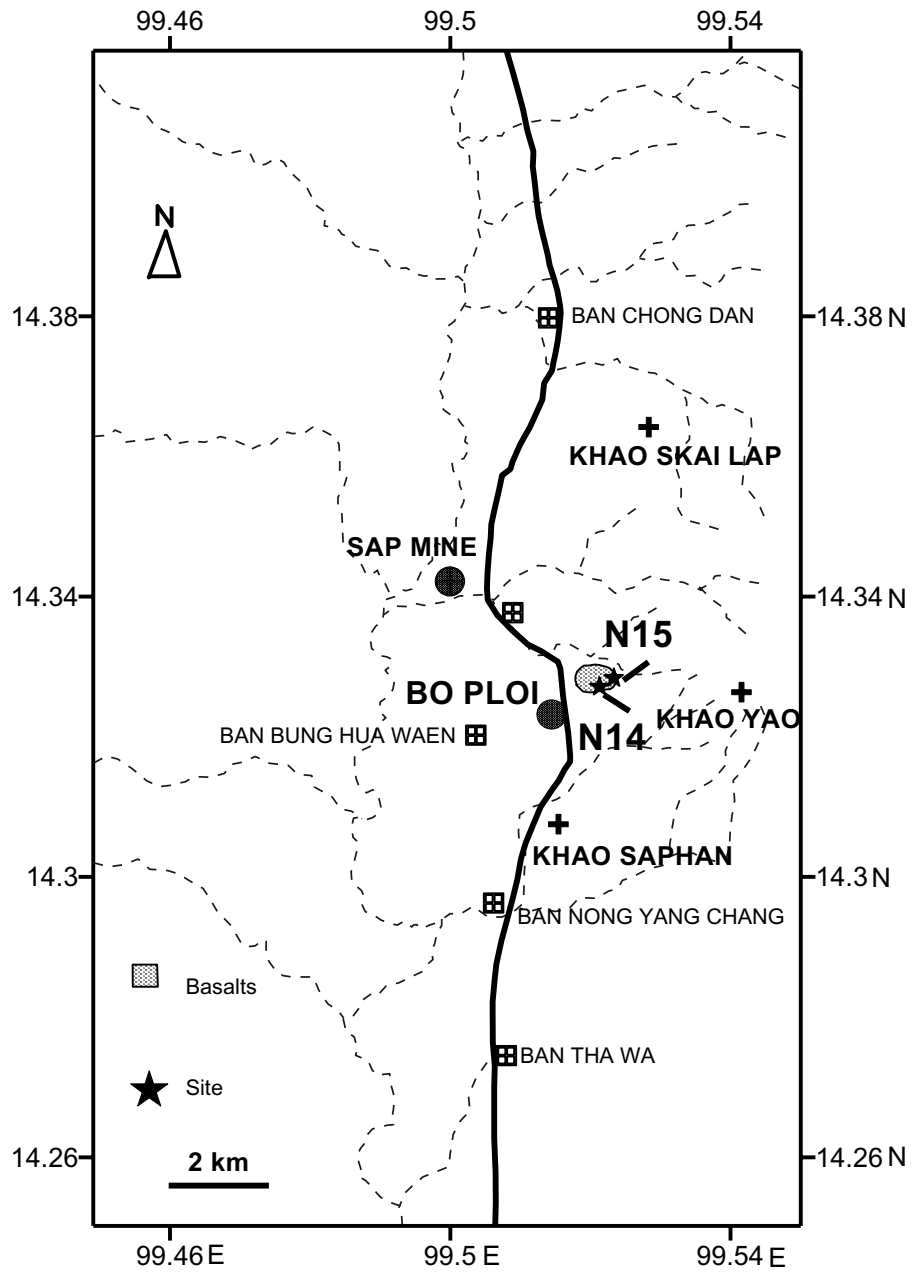
ภาพประกอบ 1.5 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์ศรีสะเกษ-อุบลราชธานี



ภาพประกอบ 1.6 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์เด่นชัย



ภาพประกอบ 1.7 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์วิเชียรบุรี



ภาพประกอบ 1.8 จุดเก็บตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์บ่อพลอย

ตาราง 1.1 แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างและชนิดของหินปะชอลต์ (Saminpanya, 2000)

จุดเก็บตัวอย่าง (Site)	ละติจูด/ลองจิจูด (N/E)	ชนิดของตัวอย่างหิน	
นกรราชสีมา (NR)	S1	14.620 / 102.234	
	S2	14.625 / 102.235	Hawaiiite
	S3	14.724 / 102.275	
S4	14.556 / 102.848		
บุรีรัมย์ (BR)	S5	14.520 / 102.806	
	S11	14.927 / 103.132	
	S12	14.949 / 103.126	Hawaiiite
	N9	14.958 / 103.105	
	N10	14.956 / 103.125	
	T1	14.568 / 102.810	
	T2	14.962 / 103.118	
N11	14.747 / 103.384		
N12	14.751 / 103.391		
สุรินทร์ (SR)	N13	14.746 / 103.345	Hawaiiite
	T3	14.769 / 103.392	
	T4	14.754 / 103.355	
	S6	14.514 / 105.015	
	S7	14.526 / 104.995	
อุบลราชธานี- ศรีสะเกษ (UB)	S8	14.549 / 104.912	Hawaiiite, Alkali olivine basalt
	S9	14.506 / 105.028	
	S10	14.512 / 105.033	
	T5	14.676 / 104.647	
	T6	14.544 / 104.911	
	N1	17.879 / 99.877	
เด่นชัย (DC)	N2	17.953 / 99.961	Transition hawaiiite, hawaiiite, basanite, basaltic andesite of calc- alkali affinities
	N3	17.899 / 99.890	
	N4	17.886 / 99.878	
	N5	17.831 / 99.870	

วิเชียรบุรี	N6	15.757 / 101.245	Alkali olivine basalt,
(WB)	N7	15.717 / 101.157	hawaiite
	N8	15.639 / 101.047	
บ่อพลอย	N14	14.328 / 99.522	Nepheline hawaiite,
(BP)	N15	14.328 / 99.524	basanitoid

1.3 ธรณีวิทยาโดยทั่วไป

หินอัคนีพุมहाยุคซีโนโซอิก (Cenozoic Extrusive Rocks) หินภูเขาไฟที่เกิดขึ้นในบริเวณต่างๆของประเทศไทยในช่วงหลังสุดนั้น มีส่วนประกอบเป็นหินบะซอลต์ โดยเกิดเป็นบริเวณเล็กๆ กระจุกกระจายในบริเวณที่สูงภาคเหนือ และภาคตะวันตก บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ บริเวณภาคตะวันออกและบริเวณด้านใต้ของที่ราบสูงโคราช โดยทั่วไปหินบะซอลต์ยุคหลังนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม (Barr and Macdonald, 1978) คือ กลุ่มหินบะซอลต์ที่เกี่ยวข้องกับแร่พลอย (Gems bearing) ได้แก่ หินบาซานิตอยด์บะซอลต์ (basanitoid basalts) ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหินเนเฟลิไนต์ (nephelinite) หินบาซานิต (basanite) หินเนเฟลิินฮาวายไอต์ (nepheline hawaiite) และหินเนเฟลิินเมอเกียร์ไรต์ (nepheline mugearite) และกลุ่มหินบะซอลต์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับแร่พลอย (Gems barren) ได้แก่ ฮาวายไอต์บะซอลต์ (hawaiite basalts) ซึ่งได้แก่หินแอลคาไลน์โอลิวินบะซอลต์ (alkali olivine basalt) หินฮาวายไอต์ (hawaiite) และหินเมอเกียร์ไรต์ (mugearite) ส่วนหินโทเลอิติกบะซอลต์ (tholeiitic basalts) พบเป็นบริเวณเล็กๆอยู่บ้าง (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

บริเวณภาคเหนือ (The Northern Region)

หินบะซอลต์ที่เกิดในพื้นที่ภาคเหนือ พบในหลายบริเวณตามจังหวัดต่างๆ ได้แก่ จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดเชียงราย และบริเวณหมู่บ้านแม่ลามา จังหวัดแม่ฮ่องสอน

หน่วยหินบะซอลต์เชียงราย (Chiangrai basalts) หินบะซอลต์ในบริเวณจังหวัดเชียงราย พบเป็นพื้นที่เล็กๆ กลุ่มพื้นที่ประมาณ 50 ตารางกิโลเมตร ที่บริเวณบ้านช่างเคียน อำเภอเทิง หินบะซอลต์นี้ไหลปิดทับหินตะกอนประเภทหินทราย หินดินดาน และหินปูนยุคเพอร์เมียน ไทรแอสซิก ลักษณะหินบะซอลต์มีเนื้อละเอียด สีเทาอ่อน และมักจะมีรูพรุน เมื่อมองดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบแร่ประกอบหินคือ แร่แพลจิโอเคลสแท่งเล็กๆ แร่โคลโนไฟรอกซีน แร่แมกนีไทต์ แร่โอลิวิน และแร่คลอไรต์เพียงเล็กน้อย หินบะซอลต์บริเวณบ้านช่างเคียนถูกจัดให้อยู่ในพวกโทเลอิติกบะซอลต์ (Barr and Macdonald, 1978)

หน่วยหินบะซอลต์ลำปาง (Lampang basalts) หินบะซอลต์ที่พบในเขตจังหวัดลำปางคลุมพื้นที่สองบริเวณคือ บริเวณทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดลำปาง ประมาณ 12 กิโลเมตร ได้แก่ บริเวณอำเภอแม่ทะ ซึ่งหินบะซอลต์ไหลปกคลุมพื้นที่ประมาณ 20 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเรียกหินบะซอลต์บริเวณนี้ว่า แม่ทะบะซอลต์ (Mae Tha basalt) ส่วนบริเวณที่สองอยู่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดลำปาง ประมาณ 33 กิโลเมตร บริเวณเส้นทาง หลวงสายลำปาง- สบปราบ ซึ่งหินบะซอลต์ไหลปกคลุมพื้นที่ประมาณ 90 ตารางกิโลเมตร เรียกหินบะซอลต์บริเวณนี้ว่า สบปราบบะซอลต์ (Sop Prap basalt)

หินบะซอลต์แม่ทะ (Mae Tha basalts) ไหลปกคลุมพื้นที่บริเวณบ้านผาลาด และตามเส้นทางบ้านผาลาด- บ้านแม่มะ หินบะซอลต์ไหลออกมาจากปล่องภูเขาไฟลูกเล็กๆ 2 ลูกคือ ปล่องภูเขาไฟผาคอกหินฟู และปล่องภูเขาไฟผาคอกจำป่าแดด ซึ่งภูเขาไฟทั้งสองลูกนี้เรียงตัวกันในแนวเหนือใต้ หินบะซอลต์ไหลปกคลุมหินภูเขาไฟยุคเพอร์เมียน- ไทรแอสซิก หินปูนยุคเพอร์เมียน และหินตะกอนยุคเทอร์เชียรี และบริเวณฝั่งน้ำแม่จาง หินบะซอลต์ไหลปิดทับ ชั้นกรวดของยุคควอเทอร์นารี ลักษณะหินแม่ทะบะซอลต์มีเนื้อละเอียด สีเทาดำถึงดำ มีรูพรุนมาก บริเวณใกล้ๆ ปากปล่องภูเขาไฟจะพบรูพรุนมาก (scoriaceous และ vesicular) หินบะซอลต์ประกอบด้วยผลึกของแร่โอลิวิน ฝังตัวในเนื้อหินประกอบด้วยแร่แคลซิโอเคลสเกิดเป็นแท่งเล็ก ๆ แร่โคลโนไฟรอกซีน แร่แมกนีไทต์ และแก้ว ส่วนประกอบทางเคมีของหิน บะซอลต์ เป็นพวก บาชานด์ (Barr and Macdonald, 1978)

หินบะซอลต์สบปราบ (Sop Prap basalt) มีลักษณะการไหลเป็นชั้นๆ อยู่หลายชั้น สีเทาดำถึงดำ มีรูพรุนมาก เวลาผุจะให้สีน้ำตาลแดง พวกที่มีรูพรุนมากมักจะพบบริเวณ ช่วงบนของชั้นและพบหินเพริโดไทต์ และเลอซูลต์ เป็นชั้นเล็กๆ ในหินสบปราบบะซอลต์ และหินแม่ทะบะซอลต์ (Vichit และคณะ, 1978) Barr and Macdonald (1978) ได้จำแนกหินบะซอลต์บริเวณนี้เป็นพวกฮาวายไอต์ แต่ Panjasawatwong (1983) จำแนกหินบะซอลต์บริเวณนี้เป็นพวกบะซอลติกแอนดีไซต์

หน่วยหินบะซอลต์เด่นชัย (Denchai basalts) หินบะซอลต์ไหลคลุมพื้นที่ประมาณ 70 ตารางกิโลเมตร บริเวณทิศใต้ของอำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ มีลักษณะรูปร่างแคบ และยาวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ หินบะซอลต์ไหลคลุมปิดทับหินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงยุคเพอร์เมียน Barr and Macdonald (1979) ได้ทำการศึกษารายละเอียดของหินบะซอลต์บริเวณนี้ พบว่าหินบะซอลต์มีด้วยกัน 7 ชั้น โดยพบว่าตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 เป็นพวกทรานสิชันฮาวายไอต์ (transition hawaiiite) พวกชั้นที่ 5 และ 6 เป็นพวกฮาวายไอต์และชั้นที่ 7 ซึ่งเป็นชั้นบนสุดเป็นพวกบะซาลินด์ บริเวณส่วนบนๆของแต่ละชั้นจะเป็นพวกมีรูพรุนมาก และแนวสัมผัส

ระหว่างชั้นจะเห็นชัด และเป็นลักษณะแบบ ไหลปิดทับกันแบบต่อเนื่อง หินบะซอลต์ชั้นล่างสุด (ชั้นที่ 1) ไหลปิดทับหินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัสและยุคเพอร์เมียน

หินบะซอลต์ตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 6 เป็นพวกเนื้อละเอียด ประกอบด้วยแร่โอลิวินจำนวนมาก แร่แพลจิโอเคลสเป็นแท่งเล็กๆ แร่โคลโนไพรอกซีนและแร่ทึบแสงพวกหินส่วนอัลตราเมฟิก (spinel lherzolite) พบสะสมตัวอยู่ในชั้นที่หนาประมาณ 1 เมตรบริเวณส่วนล่างของชั้นที่ 6

หินบะซอลต์ชั้นบนสุด ชั้นที่ 7 มีสีดำ เนื้อแน่นและเนื้อละเอียดมาก มักจะแสดงลักษณะ โครงสร้างรอยแยกรูปเสา (columnar jointing) มีเศษหินส่วนของอัลตรา เมฟิก (spinel lherzolite) ที่ประกอบด้วยแร่โอลิวิน มินัส แร่โคลโนไพรอกซีนและแร่สปิเนลสีดำ ผลึกขนาดใหญ่จำนวนมาก หินบะซอลต์ประกอบด้วยผลึกของแร่โอลิวินแก้วสีน้ำตาลแดง แร่โคลโนไพรอกซีน แร่แพลจิโอเคลส (แลบราโดไรต์) และแร่ทึบแสง Barr and Macdonald (1979) อธิบายว่าหินบะซอลต์ชั้นที่ 7 เป็นหินบะซอลต์ที่ให้แร่พลอยที่สะสมตัวอยู่ในแหล่งพลอยบริเวณนี้

หน่วยหินบะซอลต์แม่ลาม่า (Mae Lama basalts) หินบะซอลต์เกิดเป็นบริเวณแคบๆที่บ้านแม่ลาม่า จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากการศึกษาตัวอย่างหินบะซอลต์โดย Barr and Macdonald (1979) ซึ่งเก็บตัวอย่างหินบะซอลต์บริเวณน้ำแม่ยม พบว่าหินบะซอลต์กลุ่มนี้มีลักษณะรูพรุนสูง (amygdaloidal) และประกอบด้วยผลึกของแร่โอลิวิน แร่แพลจิโอเคลส แร่โคลโนไพรอกซีนและแร่ทึบแสง และจากส่วนประกอบทางเคมี จัดให้หินแม่ลาม่าบะซอลต์เป็นพวกโทเลไอต์

บริเวณภาคตะวันตก (The Western Region)

หินบะซอลต์ที่พบในบริเวณด้านตะวันตกของประเทศไทยพบอยู่เป็นบริเวณเล็กๆ ที่อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี ตัดแทรกหินแปรเกรดกรีนชีสต์ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน

หน่วยหินบะซอลต์บ่อพลอย (Bo Phloi basalt) เป็นหินบะซอลต์ที่เป็นตัวนำพลอยสีน้ำเงิน (blue sapphire) ขึ้นมาจากส่วนลึกใต้ผิวโลก หินบะซอลต์ไหลปกคลุมพื้นที่บริเวณที่ต่ำในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ หินบะซอลต์ไหลขึ้นมาตามแนวแตกขนาดใหญ่ในหินควอร์ตไซต์ หมวดหินบ่อพลอย (Bo Phloi Formation) ซึ่งอยู่ในยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน และจัดเป็นพวกเนฟิลินโอลิวินบะซอลต์ (Bunopas and Bunjitradula, 1975) ต่อมา Barr and Macdonald (1978) และ Yaemniyom (1982) ได้ทำการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมและจัดอยู่ในพวกเนฟิลินฮาวายไอต์ (nepheline hawaiiite) ลักษณะของหินบะซอลต์เป็นพวกเนื้อละเอียด เนื้อแน่นสีดำและเนื้อเป็นดอก มักจะพบหินส่วนของหิน อัลตราเมฟิก (spinel lherzolite) ที่มีแร่โคลโนไพรอกซีน แร่สปิเนล แร่ซานิตินและแร่โอลิวิน ผลึกขนาดใหญ่ (megacrysts) จำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของหิน

บ่อพลอย บะซอลต์ เนื้อหิน บะซอลต์ประกอบด้วย ผลึกของแร่โคลโนไฟรอกซีน ผลึกแร่ โอลิวิน ผลึกแร่ซานิตินและผลึก แร่แพลจิ โอเคลส ส่วนเนื้อหินละเอียดประกอบด้วย แร่โคลโนไฟรอกซีน แร่โอลิวินและแร่ทึบแสง

บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ (Phetchabun ranges)

หินบะซอลต์ พบบริเวณที่ราบเนินเขาทางด้านตะวันตกของที่ราบสูงโคราช โดยพบว่าหินบะซอลต์ไหลปกคลุมพื้นที่ อำเภอโคกสำโรง และอำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ซึ่งเรียกหินบะซอลต์บริเวณนี้ว่าหน่วยหินบะซอลต์ลำนารายณ์ (Lam Narai basalt) และบริเวณอำเภอวิเชียรบุรี อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งจัดอยู่ในหน่วยหินบะซอลต์วิเชียรบุรี (Wichian Buri basalt)

หน่วยหินบะซอลต์ลำนารายณ์ (Lam Narai basalt) หินบะซอลต์ไหลคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 70 ตารางกิโลเมตร โดยไหลปกคลุมพื้นที่ราบด้านตะวันออกของเทือกเขาภูเขาไฟยุคเก่า หินบะซอลต์ไหลปิดทับหินไรโอไลต์ และเกิดเป็นหินพ่นแทรกเข้าไปในหินไรโอไลต์ หินบะซอลต์บริเวณนี้ส่วนใหญ่จะผุเป็นดินสีดำ ลักษณะของหินบะซอลต์เป็นพวกเนื้อละเอียด สีเทาเข้มถึงดำ เป็นรูพรุนและมักจะมีแร่มาตกผลึกภายหลัง นอกจากนี้ยังพบหินบะซอลต์ซึ่งวางตัวอยู่ใต้ชั้นหินไรโอไลต์ และได้ชั้นหินภูเขาไฟ (pyroclastic flows) โดยพบชิ้นส่วนของหินบะซอลต์ขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่ 1-2 เซนติเมตร ไปจนถึงขนาด 1 เมตร โดยสะสมตัว เป็นจำนวนมาก บริเวณส่วนล่างของชั้นหินภูเขาไฟ ลักษณะของหินบะซอลต์ส่วนนี้มักจะมีสีเทาถึงเขียวอมเทา ส่วนที่ผุ จะให้สีน้ำตาลอมแดง ส่วนประกอบของหินบะซอลต์นี้ประกอบด้วยผลึกของแร่แพลจิโอเคลสเป็นแท่งเล็กๆ ซึ่งมักจะมีการเรียงตัวแร่โคลโนไฟรอกซีน และแร่แมกนีไทต์

หน่วยหินบะซอลต์วิเชียรบุรี (Wichian Buri basalt) หินบะซอลต์บริเวณ อำเภอวิเชียรบุรี ไหลคลุมพื้นที่เป็นเนินเขาสูง ครอบคลุมพื้นที่ ประมาณ 200 ตารางกิโลเมตร หินบะซอลต์ไหลปิดทับหมวดหินเขาลวกซึ่งประกอบด้วยหินดินดาน หินบะซอลต์ มักจะแสดงลักษณะการแตกเป็นเสาแท่ง ความกว้างของหน้าตัดของเสาหินมีตั้งแต่ 30-50 เซนติเมตร อาจเป็นรูปสี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม หรือหกเหลี่ยมก็ได้ แต่ที่พบบ่อยที่สุดจะเป็นหน้าตัดหกเหลี่ยม ซึ่งแต่ละด้านหากดูใกล้ๆ อาจเห็นเป็นเส้นตรง แต่เมื่อดูไกลๆจะเห็นชัดว่า ผิวแต่ละด้านนั้นไม่เรียบ และหินแต่ละด้านหรือแต่ละแท่งมีขนาดไม่เท่ากัน เสาหินมีสีเทาหรือเทาเข้ม มีรูพรุนบ้างเล็กน้อยและมักมีนิล (spinel) ขนาดผลึก 2-3 มิลลิเมตร ลักษณะเป็นเส้นสีดำ มีประกายแบบแก้ว ผังประอยู่ในเนื้อหินทั่วไป นอกจากนี้ยัง พบชิ้นส่วนของหินอัลตราเมฟิกและแร่สปิเนล

บริเวณภาคตะวันออก (The Eastern Gulf)

หินบะซอลต์ส่วนใหญ่พบอยู่ในบริเวณ จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด มักจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับแหล่งแร่ พลอย หินบะซอลต์ไหลตามที่ราบลุ่ม วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ นอกจากบริเวณเขาพลอยแหวน อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี เป็นเนินเขาสูงเนื่องจากเป็นภูเขาไฟเก่าที่เหลืออยู่ หินบะซอลต์บริเวณภาคตะวันออกพอที่จะจัดกลุ่มออกได้ตามพื้นที่ๆพบดังนี้

หน่วยหินบะซอลต์จันทบุรี ได้แก่ หินบะซอลต์บริเวณเขาพลอยแหวน เขาหัว อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี หินบะซอลต์บริเวณนี้เป็นพวกเนื้อละเอียด สีดำ มักจะพบชิ้นส่วนของหินอัลตราเมฟิก และผลึกขนาดใหญ่ของแร่สปีเนล แร่ไพรอกซีน และแร่โอลิวีน Barr and Macdonald (1978) จำแนกหินบะซอลต์บริเวณเขาพลอยแหวนเป็นพวกเนเฟลิไนต์ (nephelinite)

หินบะซอลต์บริเวณทางด้านตะวันออกของจังหวัดจันทบุรี ไหลปกคลุมพื้นที่เป็นเนินเล็กๆ ในแนวเหนือ-ใต้ บริเวณบ้านบ่อเวฬุ บ้านอ่างเอ็ด บ้านบ่ออี แรม บ้านสี่เสียด บ้านสะพานหินและคลองอีดัก แหล่งแร่พลอยที่พบอยู่ในบริเวณหินบะซอลต์บ้านบ่อเวฬุ บ้านอ่างเอ็ดและบ้านบ่ออีแรม ลักษณะของหินบะซอลต์บริเวณที่พบพลอยกับบริเวณที่ไม่พบพลอยค่อนข้างจะแตกต่างกัน Vichit และคณะ (1978) ได้อธิบายลักษณะที่แตกต่างกันของหินบะซอลต์ทั้ง 2 กลุ่มนี้ ดังนี้

หินบะซอลต์ที่สะพานหิน มีลักษณะเนื้อคอกถึงเนื้อแน่น (porphyritic to glomeropos-phyritic texture and holocrystalline) โดยประกอบด้วยผลึกแร่โอลิวีนจำนวนมากและผลึกแร่โคลโนไพรอกซีนบ้างเล็กน้อยอยู่ในหิน ส่วนเนื้อละเอียดประกอบด้วยแร่โคลโนไพรอกซีน แร่เฟลด์สปาร์ และแร่ทึบแสง โดยจัดหินบะซอลต์เป็นพวกแอลคาไล โอลิวีนบะซอลต์ หินบะซอลต์ที่สะพานหินแบ่งได้ 2 หน่วย ซึ่งมีความหนาประมาณ 40 เมตร หินหน่วยล่างเป็นพวกพิลโลลาวา (pillow lava) เนื้อเป็นแก้ว ส่วนหินหน่วยบนเป็นชั้นหนามีรูพรุนและจัดอยู่ในพวกฮาวายไอดี

Sirinawin (1981) ได้แบ่งหินบะซอลต์ที่คลองอีดักมักจะพบ ชิ้นส่วนของหินควินต์ ส่วนประกอบของหินบะซอลต์บริเวณนี้ประกอบด้วยผลึกแร่โอลิวีนอยู่ในเนื้อหิน ส่วนเนื้อละเอียดมากซึ่งประกอบด้วยแร่ไพรอกซีนแก้วสีน้ำตาลและมีแร่โอลิวีนและแร่ทึบแสงบ้างเล็กน้อย

หน่วยหินบะซอลต์โป่งน้ำร้อน หินบะซอลต์ไหลปกคลุมพื้นที่บริเวณด้านตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ หินบะซอลต์มีลักษณะเนื้อแน่นสีเทาถึงดำ ประกอบด้วยผลึกของแร่โอลิวีน และผลึกแร่โคลโนไพรอกซีน อยู่ในหินเนื้อแน่น ซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจีโอเคลส เกิดเป็นแท่งเล็กๆ แร่โคลโนไพรอกซีนเป็นผลึกเล็กๆ แร่ทึบแสงและแก้ว Barr and Macdonald (1978) จำแนกหินบะซอลต์บริเวณนี้เป็นพวกบะซาไนต์

หน่วยหินบะซอลต์ตราด ได้แก่ หินบะซอลต์ที่พบบริเวณบ้านหนองบอน บ้านบ่อไร่ อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด หินบะซอลต์ไหลคลุมพื้นที่บริเวณหุบเขาในแนวเหนือ-ใต้ ไหลปิดทับ

หินทราย และหินดินดานของยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียน หินบะซอลต์ตราดมีลักษณะเฉพาะคือ มักจะพบผลึกขนาดใหญ่ของแร่คาร์เนต แร่โคลโนไพรอกซีน แร่สปิเนล แร่โอลิเมนไนต์และชิ้นส่วนของหินอัลตราเมฟิก หินบะซอลต์หน่วยนี้จัดอยู่ในพวกโอ ลิวิน เนเฟลิ นไนต์ (olivine nephelinite)

หน่วยหินบะซอลต์เกาะกูด หินบะซอลต์บริเวณเกาะกูดซึ่งอยู่ทางด้านใต้ของจังหวัดตราด พบทางด้านตะวันตก ของเกาะ หินบะซอลต์ไหลปิดทับหินทรายยุคจูแรสซิก ลักษณะของหินบะซอลต์เป็นพวกเนื้อละเอียดสีเทาอมดำและมีลักษณะรูพรุน ประกอบด้วยผลึกของแร่โอลิวินเป็นจำนวนมากและมีผลึกแร่โคลโนไพรอกซีนบ้าง ผังตัวในเนื้อหินซึ่งประกอบด้วยแร่ แพลจิโอเคลส แร่โคลโนไพรอกซีน แร่โอลิวินและแร่ทึบแสง

หน่วยหินบะซอลต์บ้านแซอ หินบะซอลต์เกิดเป็นบริเวณเล็กๆ ทางด้านใต้ของที่ราบสูงโคราช บริเวณบ้านแซอ อำเภอรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว หินส่วนใหญ่จะผุให้ดินสีน้ำตาลแดง กลุ่มพื้นที่ประมาณ 8 ตารางกิโลเมตร ลักษณะของหินบะซอลต์เป็นพวกเนื้อละเอียด สีเทาดำ มีรูพรุน มักจะมีแร่โอปอลชนิดไฮยาไลต์ ตกผลึกตามรูพรุน หินบะซอลต์ ประกอบด้วยผลึกแร่โอลิวิน ซึ่งมักจะเปลี่ยนไปเป็นแร่เอ็ดดิงไซด์อยู่ ในเนื้อหินซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส แร่โคลโนไพรอกซีนและแร่แมกนีไทต์

บริเวณที่ราบสูงโคราช (The Khorat Plateau)

หินบะซอลต์พบกระจายเป็นบริเวณเล็กบนที่ราบสูงโคราชได้ ตั้งแต่ จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษและอุบลราชธานี หินบะซอลต์บริเวณนี้ กล่าวไหลปกคลุมพื้นที่ทำให้เกิดเป็นเนินที่ราบ และในหลายบริเวณยังคงมีลักษณะภูเขาไฟเก่าเหลืออยู่

หน่วยหินบะซอลต์นครราชสีมา หินบะซอลต์ที่คลุมพื้นที่มากที่สุด ในกลุ่มหินบะซอลต์บริเวณที่ราบสูงโคราช หินส่วนใหญ่จะผุให้ดินสีน้ำตาลแดง หินบะซอลต์ไหลปิดทับหินทรายหมวดโคกกรวด บริเวณด้านตะวันออกเฉียงใต้ของ จังหวัดนครราชสีมา เป็นพื้นที่ประมาณ 1400 ตารางกิโลเมตร ลักษณะของหินบะซอลต์เป็นพวกเนื้อละเอียดสีเทาดำ มีรูพรุน มีส่วนประกอบพวกผลึกแร่โอลิวิน ซึ่งอยู่ในเนื้อหินที่ประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส (แอนดีซีน) แร่โคลโนไพรอกซีนและแร่ ทึบแสง ส่วนประกอบทางเคมีของหินจัดอยู่ในพวกฮาวายไอต์ (hawaiiite) (Barr and Macdonald, 1978; นิคม จิงอยู่สุข และ ธนาวุฒิ ศิรินาวิน, 2525)

หน่วยหินบะซอลต์บุรีรัมย์ หินบะซอลต์บริเวณจังหวัดบุรีรัมย์ มีลักษณะของปล่องภูเขาไฟเก่าเหลืออยู่ เกิดเป็นภูเขาสูงโดยหินบะซอลต์ไหลปกคลุมพื้นที่ราบรอบเขา เช่นเขากระโดง เขาพนมรุ้ง เขาภูพระอังคารและเขาไพบูลย์ หินบะซอลต์บริเวณปล่องภูเขาไฟจะเป็นพวกที่มีรูพรุน

มาก และเขาซึ่งเป็นพวกสกอเรีย (scoria) และพบพวกบอมบ์ (bombs) ขนาดต่างๆกัน ตั้งแต่ 1-2 เซนติเมตร ไปจนถึง 50 เซนติเมตร โดยมีรูปร่างเป็นก้อนขาวรี ลักษณะของหินบะซอลต์บุรีรัมย์เป็น หินเนื้อละเอียดสีเทาถึงเทาดำ ประกอบด้วยผลึกแร่โอลิวีน ผลึกแร่แพลจิโอเคลสและผลึกแร่ไคลโน ไพรอกซีนบ้างเล็กน้อย อยู่ในเนื้อหินที่ละเอียดกว่าประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส ซึ่งเป็นแท่งเล็ก ๆ มีการเรียงตัวค่อนข้างขนานกัน เนื่องจากการไหลของลาวา แร่ไคลโนไพรอกซีน แร่โอลิวีนและแร่ แมกนีไทต์ มักพบผลึกของแร่อะพาไทต์อยู่ในผลึกของแร่แพลจิโอเคลส หิน บะซอลต์บุรีรัมย์จัดให้อยู่ในพวกฮาวายไอต์ (hawaiite) (Barr and Macdonald, 1981)

หน่วยหินบะซอลต์สุรินทร์ หินบะซอลต์บริเวณจังหวัดสุรินทร์ พบบริเวณเขาพนมสวายและพื้นที่รอบเขา คลุมพื้นที่ประมาณ 55 ตารางกิโลเมตร หินบะซอลต์มีสีเทาดำ เนื้อละเอียด เป็นรูพรุน ประกอบด้วยผลึกของแร่โอลิวีนจำนวนมากและผลึกแร่ไคลโนไพรอกซีนบ้างเล็กน้อย อยู่ในหินเนื้อละเอียด ซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลสเป็นแท่งเล็ก ๆ มีการเรียงตัว ขนานกัน แร่ไคลโนไพรอกซีน แร่โอลิวีนและแร่แมกนีไทต์ Barr and Macdonald (1978) จัดให้หินสุรินทร์บะซอลต์เป็นพวกเมอเกียไรต์ (mugearite)

หน่วยหินบะซอลต์ศรีสะเกษ หินบะซอลต์พบทางด้านใต้ของ จังหวัดศรีสะเกษ บริเวณอำเภอกันทรลักษณ์และอำเภอนาเยีย โดยพบกระจายอยู่ในบริเวณภูเงิน ภูก่อมและภูขมิ้น หินส่วนใหญ่มักจะผุและกลายเป็นดินสีน้ำตาลแดงปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ไว้ จะเห็นหินบะซอลต์ อยู่บริเวณตอนกลางของเนิน นอกจากนี้บริเวณภูฝ้ายพบหินโคอะเบส ซึ่งเป็นหินบะซอลต์ที่ยึดตัว ได้ผิวโลกโผล่ให้เห็นเป็นเนินเขา มีความยาวประมาณ 1 กิโลเมตร โดยเนินเขาวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ หินบะซอลต์ประกอบด้วยผลึกแร่โอลิวีน และผลึกแร่ไคลโนไพรอกซีน อยู่ในเนื้อหิน ส่วนละเอียด ซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส แร่ไคลโนไพรอกซีนและแร่แมกนีไทต์ หินบริเวณนี้เป็นพวกฮาวายไอต์ถึงพวกเนเฟลินฮาวายไอต์ (nepheline hawaiite) (ต่อศักดิ์ ประสมทรัพย์, 2548)

หน่วยหินบะซอลต์อุบลราชธานี หินบะซอลต์บริเวณทิศใต้ของจังหวัดอุบลราชธานี เกิดอยู่ 2 บริเวณคือ บริเวณบ้านหนองน้ำขุ่นและบริเวณเขาน้อย อำเภอน้ำยืน ลักษณะหินบะซอลต์มีรูพรุน (vesicular basalt) โดยมีแร่แคลไซต์และแร่ซีโอไลต์ตกผลึกอยู่ตามโพรง พวกนี้แน่นอนเป็นพวกเนื้อละเอียดสีเทาดำ ประกอบด้วยผลึกของแร่โอลิวีนและแร่ไคลโนไพรอกซีน (ไททินอใจต์) อยู่ในส่วนเนื้อละเอียดซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส แร่ไคลโนไพรอกซีน แร่แมกนีไทต์และอาจพบแร่สปิเนล หินบะซอลต์บริเวณ อำเภอน้ำยืน เป็นพวกแอลคาไลน์ โอลิวีนบะซอลต์ (alkali olivine basalt) (ต่อศักดิ์ ประสมทรัพย์, 2548)

อายุของหินบะซอลต์ยุคซีโนโซอิก

การวัดและคำนวณหาอายุหินบะซอลต์กลุ่มนี้โดยวิธี K/Ar, Ar/Ar และ Fission Track และวิธี Paleomagnetic นั้นได้กระทำกันในหลายๆบริเวณ

หินบะซอลต์บริเวณที่มีปล่องภูเขาไฟ คงสภาพอยู่เป็นพวกที่มีอายุอ่อน เช่น ที่เขาพลอยแหวน จังหวัดจันทบุรี 0.44 ± 0.11 ล้านปี (Barr and Macdonald, 1981) ที่แม่ทะ จังหวัดลำปาง 0.6 ± 0.2 และ 0.8 ± 0.3 ล้านปี (Sasada และคณะ, 1987) และที่เขาระโดง จังหวัดบุรีรัมย์ 0.92 ± 0.03 ล้านปี (Barr and Macdonald, 1981)

สำหรับหินบะซอลต์ในบริเวณที่มีความสัมพันธ์กับแหล่งแร่พลอยมีอายุแตกต่างกันออกไป เช่น ที่บริเวณอำเภอขลุ้ง 0.44 ± 0.11 ล้านปี บริเวณจังหวัดตราด 1.13 ± 0.17 ล้านปี บริเวณบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี 3.14 ± 0.17 ล้านปี และบริเวณเด่นชัย จังหวัดแพร่ 5.64 ± 0.28 ล้านปี (Barr and Macdonald, 1981)

หินบะซอลต์ในที่ราบสูงโคราช พวกที่คงสภาพอยู่ลักษณะปล่องภูเขาไฟจะเป็นพวกที่มีอายุอ่อน เช่น ที่เขาระโดง จังหวัดบุรีรัมย์ ในขณะที่พวกที่ผุกลายเป็นเนินดินสีแดง และพวกที่เย็นตัวได้ผิวโลก เช่น หินไดอะเบส ที่ภูฝ้าย จังหวัดศรีสะเกษ จะมีอายุแก่กว่า มีอายุ 3.28 ± 0.48 ล้านปี (Barr and Macdonald, 1981) แสดงว่าหินบะซอลต์บนที่ราบสูงโคราชมีช่วงอายุของการเกิดต่าง ๆ กัน โดยหินบะซอลต์บริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และศรีสะเกษ มีอายุอ่อนกว่าหินบะซอลต์ในบริเวณอื่นๆ อายุของหินบะซอลต์จากแหล่งต่างๆ แสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 แสดงอายุของหินบะซอลต์ในประเทศไทย

ตำแหน่งตัวอย่าง	อายุ (ล้านปี)			
	K/Ar	Ar/Ar	Fission Track	Paleomag.
บ้านข้างเคียน(เชิงทราย)	1.69 \pm 1.25 ^A			
เชิงของ(เชิงทราย)	1.74 \pm 0.18 ^A			
แม่ทะ(ลำปาง)	0.8 \pm 0.3 ^F 0.6 \pm 0.2 ^F	0.59 \pm 0.05 ^G		0.69 \pm 0.95 ^B
เด่นชัย(แพร่)	5.64 \pm 0.28 ^A			5.62 \pm 6.06 ^A
วิเชียรบุรี(เพชรบูรณ์)		9.08 \pm 0.29 ^E 8.82 \pm 0.09 ^G 11.03 \pm 0.03 ^G		
ลำน้ำราชนัน(ลพบุรี)	11.29 \pm 0.64 ^A	18.1 \pm 0.7 ^E 24.1 \pm 1.0 ^E		
บ่อพลอย(กาญจนบุรี)	3.14 \pm 0.17 ^A	4.17 \pm 0.11 ^G		
เขาพลอยแหวน(จันทบุรี)	0.44 \pm 0.11 ^A			
บ้านบ่อเวฬุ(จันทบุรี)			2.57 \pm 0.2 ^D	
เขาแก้ว(จันทบุรี)		3.00 \pm 0.19 ^G		
หนองบอน(ตราด)	1.13 \pm 0.17 ^A	2.38 \pm 0.16 ^G		
เกาะกูด	8.5 \pm 1.0 ^C			
เขากระโดง(บุรีรัมย์)	0.92 \pm 0.03 ^A	1.11 \pm 0.26 ^H		
ภูฝ้าย(ศรีสะเกษ)	3.28 \pm 0.48 ^A			

อ้างอิง

- A : Barr and Macdonald, 1981 B : Barr และคณะ, 1976 C : Bignell and Sneling, 1977
D : Carbonnel และคณะ, 1972 E : Intasopa, 1993 F : Sasada และคณะ, 1987
G : Sutthirat และคณะ, 1995 H : Charusiri และคณะ, 2004

1.4 ทฤษฎีพื้นฐาน

1.4.1 ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (Magnetic susceptibility)

ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก เป็นสมบัติทางฟิสิกส์ อย่างหนึ่งของวัสดุ (Butler, 1992) ซึ่งสามารถใช้ในการจำแนกชนิดของแร่แม่เหล็ก (Magnetic Minerals) ที่มีอยู่ในหินหรือดินได้ การวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กแบบ low field จะทำการวัดภายใต้สนามแม่เหล็กที่ใส่เข้าไป (Applied magnetic field) ที่มีค่าต่ำกว่า 1 mT หรือ 800 A/m ทั้งในสนามชนิด สนามแม่เหล็กตรง (Direct field) หรือสนามแม่เหล็กสลับ (Alternating field) ซึ่งค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กในที่นี้ นิยามด้วยสมการ

$$\vec{M} \mid k\vec{H}$$

เมื่อ M คือ ผลรวมของ โมเมนต์ไดโพลแม่เหล็กต่อมวลหรือปริมาตรของตัวอย่าง

H คือ สนามแม่เหล็ก

k คือ สภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก

ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสามารถแยกออกได้เป็นสองชนิดคือ

1. Volume susceptibility (k) ในการวัดค่าจะมีการกำหนดให้ปริมาตรของตัวอย่างที่จะวัดมีค่าคงที่ทั้งหมด สามารถนิยามด้วยสมการ

$$M_v \mid kH$$

M_v = Volume magnetization (Am^{-1}) คือ ผลรวมของ โมเมนต์ไดโพลแม่เหล็กต่อปริมาตรของตัวอย่าง

H = Applied field (Am^{-1}) คือ สนามแม่เหล็ก

2. Mass susceptibility (θ) ในการวัดค่าจะมีการกำหนดให้มวลของตัวอย่างที่จะวัดมีค่าคงที่ทั้งหมด สามารถนิยามด้วยสมการ

$$J \mid \theta H \mid \frac{\theta}{\sigma} B$$

J = Mass magnetization ($\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$) คือ ผลรวมของ โมเมนต์ไดโพลแม่เหล็กต่อมวลของตัวอย่าง

B = Applied field (Wb.m^{-2}) คือ สนามแม่เหล็ก

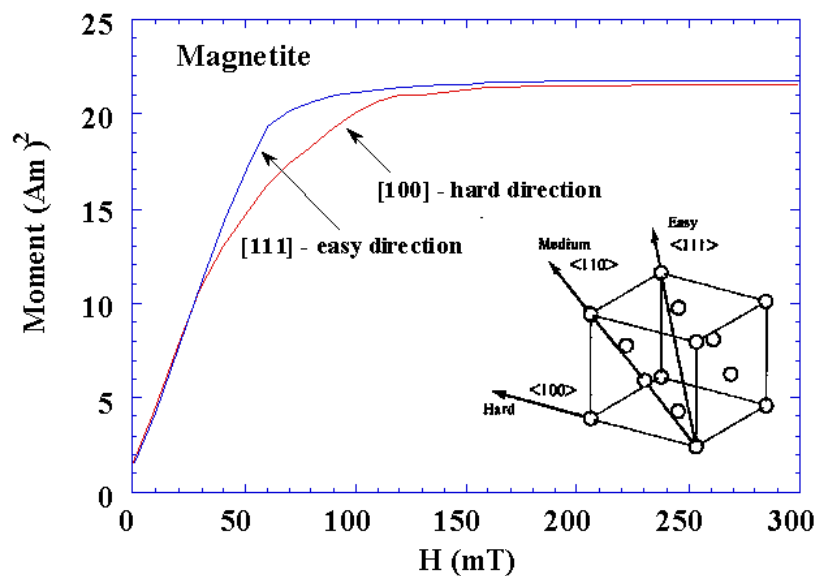
σ = magnetic permeability คือ สภาพซึมซาบทางแม่เหล็ก

ค่า k จะไม่มีหน่วยในระบบ SI แต่ค่า θ มีหน่วยเป็น m^3kg^{-1}

1.4.2 แอนไอโซทรอปีเชิงแม่เหล็ก (Magnetic Anisotropy)

แอนไอโซทรอปีเชิงแม่เหล็กของหิน หมายถึง คุณสมบัติทางแม่เหล็ก (เช่น ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก หรือค่าแมกนีไทเซชันในตัวอย่างหิน) ที่แตกต่างกันเมื่อทำการทดสอบในทิศทางที่ต่างกัน โดยเกิดจากธรรมชาติในตัวอย่งหิน ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น โครงสร้างของผลึก รูปร่างของเกรน ความเครียด เป็นต้น

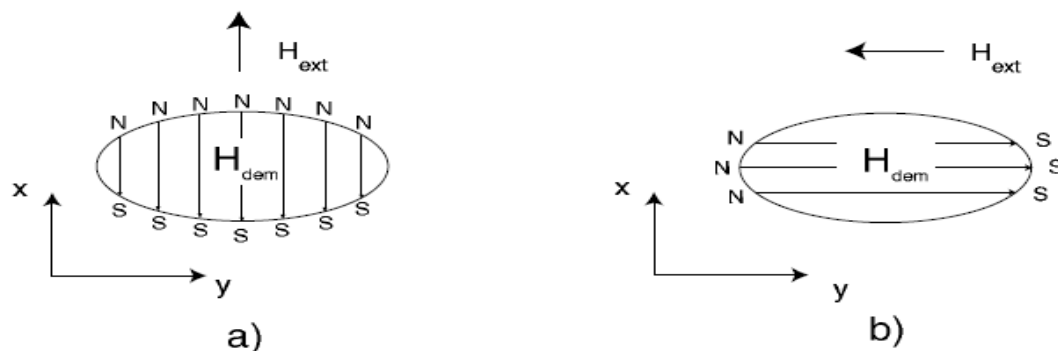
โครงสร้างของผลึก (crystallographic structure) แอนไอโซทรอปีของ โครงสร้างของผลึกจะขึ้นอยู่กับรูปร่างทางเรขาคณิตภายในของแต่ละผลึก ซึ่งโครงสร้างของผลึกก็จะมีรูปร่างที่ต่างกันอาจเป็นแบบสมมาตรหรือไม่สมมาตรก็ได้ เมื่อทำการทดสอบในทิศทางที่ต่างกัน ส่งผลให้มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กที่ต่างกันด้วย



ภาพประกอบ 1.9 ผลระหว่างการเหนี่ยวนำจากสนามภายนอกกับอำนาจแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่เกิดในแต่ละระนาบของผลึกแร่แมกนีไทต์แบบลูกบาศก์ (Moskowitz, 1992)

ตัวอย่างเช่น ลักษณะโครงสร้าง ผลึกเดี่ยวของแร่แมกนีไทต์แบบลูกบาศก์ เมื่อถูกเหนี่ยวนำจากสนามภายนอกในทิศทางที่ต่างกัน ทำให้อำนาจแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นก็จะแตกต่างกัน โดยใน ทิศทาง [111] จะเกิดการเหนี่ยวนำได้ง่ายกว่า (easy direction) ส่วนในทิศทาง [100] จะเกิดการเหนี่ยวนำได้ยากกว่า (hard direction) ดังภาพประกอบ 1.9

รูปร่างของเกรน (grain shape) ในกรณีของเกรนแม่เหล็กที่ไม่เป็นแบบทรงกลม เช่น แบบทรงรี เมื่อวางเกรนแม่เหล็กภายใต้สนามแม่เหล็กภายนอกในทิศทางที่ต่างกัน จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กเหนี่ยวนำที่ต่างกันด้วย



ภาพประกอบ 1.10 แสดงการวางตัวของเกรนแม่เหล็ก ภายใต้สนามแม่เหล็กภายนอก ในทิศทางต่างกัน (Fatima, 2002)

เมื่อนำเกรนแม่เหล็กมาวางในสนามภายนอก (H_{ext}) จะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดการแยกขั้วไดโพลแม่เหล็กขึ้น ส่งผลให้เกิดสนามแม่เหล็กกลับข้างภายในเกรนแม่เหล็ก (H_{dem}) ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการวางตัวของเกรน เช่น เมื่อวางเกรนดังภาพประกอบ 1.10a ซึ่งทิศของสนามภายนอกขนานกับแกน x จะทำให้เกิด สนามแม่เหล็ก กลับข้างภายในเกรนแม่เหล็ก (H_{dem}) มากกว่าเมื่อเทียบกับ เกรนที่วางดังภาพประกอบ 1.10b ซึ่งทิศของสนามภายนอกขนานกับแกน y เพราะฉะนั้น ค่าแมกนีไทเซชัน (M) หรือค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (k) ก็จะต่างกัน ($M_x > M_y$ หรือ $k_x > k_y$)

ความเครียด (strain) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผลึกจากเดิม ซึ่งอาจเกิดมาจากสนามแม่เหล็กภายนอก ที่มากระทำ หรืออาจเกิดมาจากแรงภายนอกที่มากระทำ เช่น แรงที่เกิดจากกระบวนการแปรสัณฐาน (Tectonic) จนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไป

1.4.3 สภาพแอนไอโซทรอปีของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (Anisotropy of Magnetic Susceptibility, AMS)

ปกติค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กจะคงที่โดยขึ้นอยู่กับอำนาจแม่เหล็กเหนี่ยวนำ และขึ้นกับสนามแม่เหล็กภายนอกที่ให้ไป นอกจากนี้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กยังมีค่าที่แตกต่างกันเมื่อทำการให้สนามภายนอกในทิศทางที่ต่างกัน ด้วยเหตุนี้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กจึง

ถูกอธิบายในรูปแบบของปริมาณที่เรียกว่า เทนเซอร์ อันดับที่ 2 (second-order tensor) (Hrouda, 1982) แสดงอยู่ในรูปสมการ

$$\vec{M} = \underline{k} \vec{H} = \begin{pmatrix} k_{xx} & k_{xy} & k_{xz} \\ k_{yx} & k_{yy} & k_{yz} \\ k_{zx} & k_{zy} & k_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \\ H_z \end{pmatrix}$$

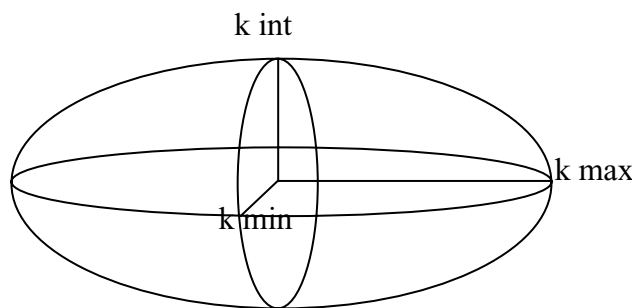
เมื่อ \vec{M} คือ อำนาจแม่เหล็กเหนี่ยวนำ (induced magnetization)

\vec{H} คือ สนามแม่เหล็กภายนอก (external magnetic field)

\underline{k} คือ สภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (susceptibility tensor)

โดยที่ x, y และ z อยู่ตั้งฉากกันในระบบพิกัดฉาก สำหรับการวัดค่า สภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กแบบภายใต้สนามความเข้มต่ำ (น้อยกว่า 1 mT) และที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้ค่า k เป็นเทนเซอร์แบบสมมาตร โดยที่ $k_{xy} = k_{yx}$, $k_{xz} = k_{zx}$, $k_{yz} = k_{zy}$

ทั้งขนาดและทิศทางที่ต่างกันของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก สามารถอธิบายโดยใช้แบบจำลองรูปทรงรี (Ellipsoid) ซึ่งประกอบด้วยแกน 3 แกน แทนทิศทางที่มีค่า k มากที่สุด (k_{max}) ทิศทางที่มีค่า k ปานกลาง (k_{int}) และทิศทางที่มีค่า k น้อยที่สุด (k_{min}) เป็น k_1, k_2 และ k_3 ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 1.11



ภาพประกอบ 1.11 แบบจำลองรูปทรงรีซึ่งภายในประกอบด้วยแกน 3 แกน

สำหรับค่า AMS parameter โดยทั่วไปจะมีหลายพารามิเตอร์ที่จะกำหนดรูปทรงรี (Susceptibility ellipsoid) แต่พารามิเตอร์ที่นิยมใช้คือ anisotropy degree (P_j) และค่า shape factor (T) (Jelinek, 1981).

Anisotropy degree (P_j) คือตัวแปรที่ใช้แสดงความเป็นแอนไอโซทรอปีของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก คำนวณค่า P_j จากสมการ

$$P_j = \frac{\Psi}{\xi_1} \sqrt{\frac{4\xi_2^2 - 4\xi_m^2}{\xi_3^2 - 4\xi_m^2}}$$

และ shape factor (T) คือตัวแปรที่แสดงลักษณะรูปร่างความรีของ magnetic susceptibility สามารถคำนวณจากสมการ

$$T = \frac{1/2\xi_2 + 4\xi_1 + 4\xi_3}{\xi_1 + 4\xi_3}$$

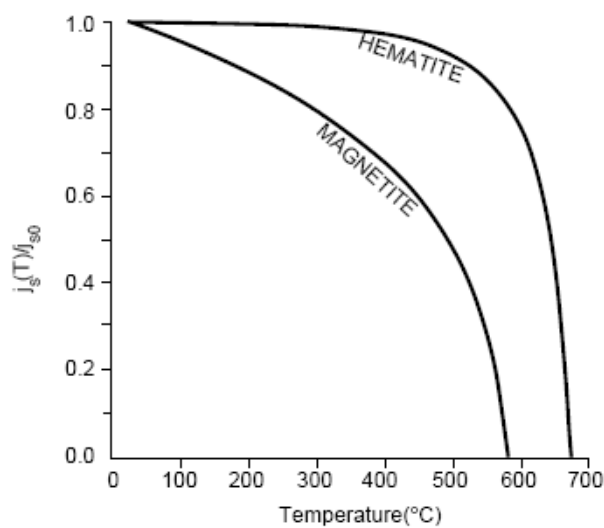
เมื่อ $\xi_1 \propto \ln k_1$; $\xi_2 \propto \ln k_2$; $\xi_3 \propto \ln k_3$ และ $\xi_m \propto \sqrt[3]{\xi_1 \xi_2 \xi_3}$

โดยถ้า $T > 0$ แสดงว่ามีรูปร่างแบนที่ขั้ว (oblate or plate-like ellipsoid)

$T < 0$ แสดงว่ามีรูปร่างยาวรี (prolate or rod-shaped ellipsoid) (Jelinek, 1981)

1.4.4 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อพฤติกรรมทางแม่เหล็ก

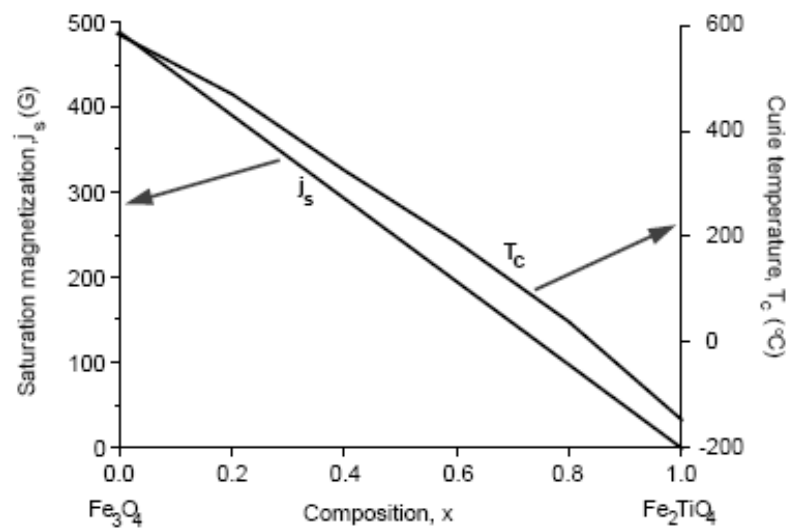
เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ออมพลิจูดการสั่นสะเทือนของอะตอมในของแข็งเพิ่มขึ้น และเนื่องจากโมเมนต์แม่เหล็กในอะตอมมีอิสระที่จะหมุนในทิศทางต่างๆ ได้ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการเคลื่อนที่(สั่น)ของอะตอมที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากความร้อน จึงมีแนวโน้มจะทำให้ทิศทางของโมเมนต์แม่เหล็ก ที่อาจเรียงตัวดีแล้วเกิดการกระเจิงทำให้ทิศทางเปลี่ยนแปลงไป



ภาพประกอบ 1.12 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับสภาพแม่เหล็กอิมิตัวของแร่แมกนีไทต์ และแร่ฮีมาไทต์ (Butler, 1992)

สำหรับวัสดุที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กแบบเฟอร์โรแมกเนติก แอนติเฟอร์โรแมกเนติก และเฟอร์ริแมกเนติก การสั่นของอะตอมเนื่องจากความร้อนจะไปแทรกแซงแรงคู่ควบระหว่างโมเมนต์ของไดโพลในอะตอมที่อยู่ข้างเคียงกัน ส่งผลให้เกิดการเรียงตัวผิดทิศทางไปจากเดิม โดย

ไม่สนใจว่าจะมีสนามภายนอกหรือไม่ก็ตาม จึงทำให้วัสดุแม่เหล็กชนิดเฟอร์โรแมกเนติกและเฟอร์ริแมกเนติกมีค่าสภาพทางแม่เหล็กอ้อมตัวลดลง ค่าสภาพทางแม่เหล็กอ้อมตัวสูงสูงที่อุณหภูมิ 0 K ซึ่งมีการสั่นสะเทือนจากความร้อนน้อยที่สุด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสภาพทางแม่เหล็กอ้อมตัวจะค่อยๆลดลง และจะลดลงเหลือศูนย์อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิหนึ่งที่เรียกว่า อุณหภูมิคูรี (T_C) แรงคู่ควบที่ทำให้โมเมนต์จากการหมุนรอบตัวเองเรียงตัวเป็นทิศทางเดียวกันถูกทำลายอย่างสิ้นเชิง ทำให้ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิคูรีขึ้นไป วัสดุที่เดิมมีสภาพแม่เหล็กแบบเฟอร์โรแมกเนติกและ เฟอร์ริแมกเนติกกลายเป็นแบบพาราแมกเนติกไปทั้งหมด ค่าของอุณหภูมิคูรีในวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น ในเหล็กมีอุณหภูมิคูรี 770 °C แมกนีไทต์มีอุณหภูมิคูรี 580 °C และฮีมาไทต์มีอุณหภูมิคูรี 680 °C (ดังภาพประกอบ 1.12)



ภาพประกอบ 1.13 สภาพแม่เหล็กอ้อมตัวและอุณหภูมิคูรีของไททาโนแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x}Ti_xO_4$) ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของไทเทเนียม(x) ที่เป็นส่วนประกอบ (Butler, 1992)

จากภาพประกอบ 1.13 ที่แสดงถึงการแปรผันของปริมาณไทเทเนียม (Ti) ที่เป็นส่วนประกอบในแร่ไททาโนแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x}Ti_xO_4$) (โดยที่ x เป็นปริมาณของไทเทเนียม) ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพแม่เหล็กอ้อมตัวและอุณหภูมิคูรีของกลุ่มแร่แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) และกลุ่มแร่ ulvo-spinel (Fe_2TiO_4) ตัวอย่างเช่นที่อุณหภูมิคูรีประมาณ 200 °C จะมีปริมาณของไทเทเนียม 60% เป็นส่วนประกอบในแร่ไททาโนแมกนีไทต์ (TM60) เป็นต้น

1.5 การตรวจเอกสาร

ทับทิมและแซปไฟร์ เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยกระบวนการทางธรณีวิทยา เช่น กระบวนการเกิดหินอัคนี (Igneous rock) หรือกระบวนการเกิดหินแปร (Metamorphic rock) ทั้งนี้ อาจพบพลอยในลักษณะเป็นผลึกที่ฝังอยู่ในเนื้อหินแหล่งกำเนิด หรือ เกิดเป็นแร่ประกอบหินของ หินต้นกำเนิด (สุพร อินทโสภา, 2544) ซึ่งพอจะจำแนกชนิดหินสำคัญที่เป็นแหล่งกำเนิดของทับทิม และแซปไฟร์ได้ ดังนี้

1. หินอัคนีพุ (Extrusive igneous rock) หรือหินภูเขาไฟ ได้แก่ หินแอลคาไลน์บะชอลต์
2. หินอัคนีแทรกซอน (Intrusive igneous rock) ได้แก่ หินเพกมาไทต์ หินจำพวกแกรนิต หินไซอิไนต์ หินอัลตราเมฟิก
3. หินแปร (Metamorphic rock) ได้แก่ หินอ่อน หินสการ์น หินแอมฟิโบลิต หินชีสต์ หินไนส์ หินมิกมาไทต์

สำหรับพลอยคอร์ันดัม มีการกำเนิดสัมพันธ์ เกี่ยวกับหินภูเขาไฟ ชนิดแอลคาไลน์บะชอลต์อันเป็นแหล่งกำเนิดชนิดเดียวเท่าที่สำรวจพบในประเทศไทย พบในจังหวัด กาญจนบุรี จันทบุรี ตราด แพร่ สุโขทัย เพชรบูรณ์ อุบลราชธานีและศรีสะเกษ (Aranyakanon and Vichit, 1983; พงศ์ศักดิ์ วิจิต, 2531) สำหรับแหล่งพลอยคอร์ันดัม ที่เกิดจากการผุพังทำลายของหินภูเขาไฟ พบในประเทศกัมพูชา ลาว เวียดนามตอนใต้ ออสเตรเลีย ในจิริเรีย รวันดาและมาดากัสการ์ตอนเหนือและตอนกลาง เป็นต้น ส่วนแต่มีความเกี่ยวข้องกับหินภูเขาไฟชนิดบะชอลต์ กล่าวคือมักจะพบแหล่งพลอยแซปไฟร์และทับทิม (คอร์ันดัม) เกิดขึ้นในบริเวณหินบะชอลต์หรือบริเวณใกล้เคียง จากการสำรวจพบหลักฐานพลอยแซปไฟร์ฝังอยู่ในเนื้อหินบะชอลต์ในพื้นที่แหล่งพลอยแซปไฟร์บริเวณเขาถ้ำทม อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี (โพยม อรรถกานนท์, 2531) และบริเวณบ้านบ่อแก้ว อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ (Vichit, 1992) ทำให้เชื่อแน่ว่าแหล่งพลอยคอร์ันดัมของไทย เกิดมาจากการผุพังทำลายของหินบะชอลต์ที่มีพลอยคอร์ันดัมฝังอยู่ จากการศึกษาหินบะชอลต์ในประเทศไทย พบว่า หินบะชอลต์ที่มีคอร์ันดัม (corundum-bearing basalt) จะมีส่วนประกอบทางเคมีเป็นพวกแอลคาไลน์ค่อนข้างสูง สามารถจำแนกเป็นหินบะชอลต์ที่อยู่ในกลุ่มบะชานิตอยด์ (basanitoid) โดยทั่วไปจะมีปริมาณซิลิกาต่ำและมีไทเทเนียมสูงอันเป็นคุณสมบัติของหินบะชอลต์ที่เกิดในที่ลึก (Vichit, 1975; Jungyusuk and Khositanont, 1992; Sutthirat, 1995)

Suttherland และคณะ (1998) ได้ศึกษาการกำเนิดของพลอยคอร์ันดัมที่สัมพันธ์กับหินบะชอลต์และสรุปว่าแร่คอร์ันดัมนี้ นตกผลึกมาจาก felsic alkaline melt ที่ได้มาจากการหลอมละลายของการแปรสภาพสัมผัสแบบแทนที่ธรณีภาคชั้นนอก (metasomatized lithosphere) โดย

กระบวนการแปรสภาพสัมผัส (contact metamorphism) ส่วน Guo และคณะ (1994) ศึกษาการกำเนิดของแร่คอร์รันดัมที่สัมพันธ์กับหินแอลคาไลน์บะซอลต์จาก อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี และจากแหล่งอื่นในประเทศต่างๆ ผลสรุปว่าแร่คอร์รันดัมเหล่านั้นเกิดมาจากปฏิกิริยาที่ซับซ้อนของการผสมผสานกันระหว่างหินหนืดที่มีส่วนประกอบเป็นพวก silicic magma และ carbonatitic melts ก่อนที่จะถูกนำขึ้นมาสู่พื้นผิวโดยหินหนืดแอลคาไลน์บะซอลต์

ผลการศึกษาของ สุพร อินทโสภา (2544) ได้ข้อบ่งชี้ว่าแร่คอร์รันดัมที่มีการเกิดสัมพันธ์อยู่กับหินแอลคาไลน์บะซอลต์นั้น ไม่ได้เกิด มาจากการตกผลึกจากหินหนืดบะซอลต์ นั้น แต่เกิดมาจากหินหนืดชนิดอื่น ที่มีส่วนประกอบที่มีธาตุเหล็ก แอลคาไลน์และ อะลูมินาในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ในที่ลึก ๓ อุณหภูมิและความดันสูง โดยหินหนืดต้นกำเนิดเหล่านี้ อาจมีการกำเนิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรสภาพสัมผัสหรือการแปรสภาพสัมผัสแบบแทนที่ และหรือ กระบวนการหลอมละลายและการปนเปื้อน จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบของมลทินของไหลในแซปไฟร์ สามารถบ่งบอกได้ว่าพลอยคอร์รันดัมนั้นตกผลึกในสภาพแวดล้อมที่มีการเย็นตัวอย่างช้าๆ และถูกพาขึ้นมาสู่ผิวโลกพร้อมๆกับการระเบิดของภูเขาไฟแอลคาไลน์บะซอลต์ที่เกิดขึ้นภายหลัง

Vichit (1975) เสนอแนวทางการกำเนิดคอร์รันดัมในหินบะซอลต์อย่างละเอียดและน่าสนใจไว้หลายแบบ แต่กรณีในประเทศไทยได้สนับสนุนแนวความคิดที่ว่า พลอยคอร์รันดัมน่าจะเกิดเป็นผลึกแร่ขนาดใหญ่ ในหินบะซอลต์ จากการศึกษาหินบะซอลต์บริเวณเขาลั่นทม อำเภอบ่อพลอยของ Yaemniyom (1982) กล่าวว่าหินบะซอลต์บริเวณดังกล่าวน่าจะเกิดมาจากหินหนืดปฐมภูมิ (primary magma) และพลอยคอร์รันดัมที่พบเกิดเป็นผลึกแร่ขนาดใหญ่ ในหินบะซอลต์ น่าจะมีความสัมพันธ์กับการเกิด ผลึกแร่ขนาดใหญ่ต่างๆ เช่น ไพรอกซีนและสปิเนล ภายใต้ความดัน ไม่ต่ำกว่า 15-20 กิโลบาร์

ธนวุฒิ ศิรินาวิน (2524) ได้ทำการศึกษาหินบะซอลต์ชนิดโอลิวีนเนฟิลิไนต์ ในพื้นที่แหล่งพลอยคอร์รันดัม (ทับทิม) ที่บริเวณหนองบอน จังหวัดตราด สรุปว่าพลอยคอร์รันดัมบริเวณดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์ทางการกำเนิดกับหินโอลิวีนเนฟิลิไนต์โดยตรง และสันนิษฐานว่าพลอยคอร์รันดัมถูกนำขึ้นมาโดยหินบะซอลต์ดังกล่าว จากระดับความลึกที่มีสภาวะความดันประมาณ 20 กิโลบาร์หรือสูงกว่า ซึ่งอยู่เหนือระดับที่ มีการเกิดหินหนืด โอลิวีนเนฟิลิไนต์ แต่มีได้กล่าว ถึงรายละเอียดเกี่ยวกับต้นกำเนิดของพลอยคอร์รันดัมว่ามีกระบวนการกำเนิดมาได้อย่างไร

Levinson และ Cook (1994) เสนอสมมุติฐานการกำเนิดพลอยคอร์รันดัมในหินแอลคาไลน์บะซอลต์ว่า ทั้งพลอยคอร์รันดัมและหินแอลคาไลน์บะซอลต์ ไม่ได้มีความสัมพันธ์ทางการกำเนิดต่อกันเลย แต่การที่พบพลอยคอร์รันดัมฝังอยู่ในหินแอลคาไลน์บะซอลต์นั้นสามารถ

อธิบายได้เป็น 2 ขั้นตอน ตามหลักทฤษฎีของแผ่นธรณีแปรสัณฐาน (plate tectonic theory) โดยขั้นตอนแรกเป็นการกำเนิดพลอยคอร์นัคมจากหินตะกอนที่มีอะลูมิเนียมสูง เช่น หินดินดานหรือวัสดุพวกไฮดรอะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้อย่างกว้างขวางในเขตเมืองร้อน หินตะกอนและวัสดุเหล่านี้ถูกพาหลงสู่ใต้แผ่นเปลือกโลกบริเวณเขตมุดตัวของเปลือกโลก (subduction zone) ภายใต้อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมสามารถทำให้แร่ประกอบหินดินดานที่มีอะลูมิเนียมสูง ซึ่งเป็นพวกไฮดรอะลูมิเนียมออกไซด์ เปลี่ยนแปลง เป็นคอร์นัคมโดยกระบวนการแปรสภาพ การเปลี่ยนแปลงนี้สามารถเกิดขึ้นได้ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 24-50 กิโลเมตร หรือที่ความดันประมาณ 8-17 กิโลบาร์ ซึ่งเป็นส่วนล่างของเปลือกโลก (lower crust) สำหรับขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนการนำพาพลอยคอร์นัคมขึ้นมาสู่พื้นผิวโลกโดยหินหนืดแอลคาไลน์บะซอลต์ ซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับลึกกว่าเขตการเกิดพลอยคอร์นัคม คือระดับลึกไม่ต่ำกว่า 50 กิโลเมตร หรือที่ความดันสูงไม่ต่ำกว่าประมาณ 17 กิโลบาร์ อันเป็นส่วนบนของชั้นแมนเทิล (upper mantle) ของโลก เมื่อหินหนืดแอลคาไลน์บะซอลต์ปะทุขึ้นมาจะนำพลอยคอร์นัคมขึ้นมาสู่ผิวโลกได้

อภิเชษฐ บุญสูง (2540) ได้ศึกษาธรณีเคมีและศิลาวิทยาของหินบะซอลต์แม่ทะ จังหวัดลำปาง หินบะซอลต์แม่ทะประกอบด้วยหินลาวาหลากบนบกเป็นส่วนมาก หินลาวาหลากได้น้ำ และกองเศษหินชิ้นภูเขาไฟเล็กน้อย หินลาวาหลากบนบกประกอบด้วยหินลาวาหลากอย่างน้อย 6 ชั้น โดยแต่ละชั้นมีความหนาตั้งแต่ประมาณ 1 เมตรถึงมากกว่า 12 เมตร ในแง่ของศิลาวรรณนา หินบะซอลต์แม่ทะเปลี่ยนสภาพน้อยที่สุด มีเนื้อดอกถึงเนื้อจูลดอก แร่ดอกและจูลแร่ดอก ส่วนใหญ่เป็นโอลิวีน แร่ดอกและจูลแร่ดอกที่พบบ้างเล็กน้อย ได้แก่ แพลจิโอเคลส ไคลโนไพรอกซีน เหล็ก-ไทเทเนียมออกไซด์และโครเมียมสปิเนล ในแง่ของเคมีหินบะซอลต์มีต้นกำเนิดจากหินหนืดเดียวกันและอยู่ในหินหนืดชุดแอลคาสิก หินหนืดต้นกำเนิดของหินบะซอลต์ แม่ทะอาจเกิดจากการหลอมเป็นบางส่วนในระดับต่ำของแมนเทิลอุดมสมบูรณ์ ในภาวะความดันมากกว่า 10 กิโลบาร์ (ความลึกมากกว่า 35 กิโลเมตร) เล็กน้อย และเคลื่อนตัวขึ้นมาสะสมในแหล่งกักเก็บหินหนืดในระดับตื้น (ความดันประมาณ 5 กิโลบาร์หรือความลึก 17-18 กิโลเมตร) ก่อนที่จะปะทุขึ้นมาสู่ผิวโลกและทำให้เกิดกลุ่มหินบะซอลต์แม่ทะ

จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ (2537) ได้ศึกษาศิลาเคมีของหินบะซอลต์บริเวณอำเภอสบปราบ และอำเภอเกาะคาจังหวัดลำปาง ลักษณะทางธรณีวิทยาของหินบะซอลต์ในพื้นที่แบ่งออกเป็น 2 บริเวณ คือ หินบะซอลต์ทางตอนเหนือ (น้ำใจบะซอลต์) และหินบะซอลต์ทางตอนใต้ (สบปราบ-เกาะคาบะซอลต์) น้ำใจบะซอลต์บริเวณนี้แสดงการไหลลงตามความชันของเขา ส่วนหินสบปราบ-เกาะคาบะซอลต์แบ่งออกเป็น 5 ชั้นธารไหล น้ำใจบะซอลต์และ สบปราบ-เกาะคาบะซอลต์สามารถแบ่งแยกจากกันได้โดยลักษณะทางธรณีเคมีอย่างชัดเจน ในความแตกต่างของ

ทั้งธาตุหลัก และธาตุรองรอย น้ำโจ้บะซอลต์ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มบาชานด์ ขณะที่สบปราบ- เกาะคาบะซอลต์ จัดอยู่ในประเภทอัลคาไลน์โอลิวีนบะซอลต์ อาจสรุปได้ว่าหินบะซอลต์ 2 บริเวณกำเนิดมาจากหินหนืดปฐมภูมิ ที่ผ่านขบวนการคล้ายกัน คือ การตกผลึกของแร่ในหินหนืด แต่แหล่งกำเนิดอยู่ที่ระดับความลึกต่างกัน ในชั้นแมนเทิลตอนบน ด้วยลำดับการหลอมละลายบางส่วน คำ ร่องรอยพลอยแซปไฟร์ในพื้นที่ โดยเฉพาะบริเวณน้ำโจ้บะซอลต์ น่าจะแสดงความสัมพันธ์ของพลอยแซปไฟร์และการกำเนิดอย่างใกล้ชิดกับการกำเนิดของหินบะซอลต์ เช่นเดียวกับหินบะซอลต์ที่ให้พลอยทั่วไป เป็นไปได้ว่าพลอยแซปไฟร์อาจจะมีกำเนิดเริ่มต้นแบบผลึกแร่ขนาดใหญ่ที่ตกผลึกจากหินหนืดปฐมภูมิของน้ำโจ้บะซอลต์ ที่ความลึกและความดันสูงกว่า 20 กิโลเมตร สปีเนลเลอร์โซไลท์ที่ติดมาในหินน้ำโจ้บะซอลต์ปฐมภูมิแสดงให้เห็นว่า หินหนืดเกิดจากการหลอมละลายบางส่วนในชั้นแมนเทิลตอนบนที่ความดันต่ำกว่า 25 กิโลเมตร

Zhou และ Mukasa (1997) ได้ศึกษาธรณีเคมี (Geochemical) ของหินบะซอลต์จากที่ราบสูงโคราชในประเทศไทย ซึ่งหินมีอายุ 0.9 ล้านปี (ใช้วิธีวัด K-Ar หาอายุของหินตัวอย่างที่เขากระโดง) โดยแบ่งหินเป็นหินกลุ่มที่ 1 ซึ่งเก็บมาจาก นครราชสีมา และ ภูวน ส่วนกลุ่ม ที่ 2 เก็บมาจาก เขากระโดง เขาไปรบัด ภูพระอังคาร และเขาพนมรุ้ง ผลจากการศึกษาไม่สามารถที่จะระบุชนิดของหินบะซอลต์ในที่ราบสูงโคราชได้อย่างชัดเจน เพราะว่าธาตุที่เป็นองค์ประกอบของหินที่ศึกษามีในหินบะซอลต์เกือบทุกชนิด และสำหรับธาตุที่เป็นองค์ประกอบของหินทั้งสองกลุ่มที่ตัวเชื่อมโยกับสมบัติทางแม่เหล็กที่มีอยู่ในหิน ได้ก็คือ ธาตุจำพวกเหล็กที่อาจจะเป็นส่วนประกอบของแร่ฮีมาไทต์และแมกนีไทต์ ซึ่งเป็นแร่ที่มีสมบัติทางแม่เหล็กเป็นพวกเฟอร์โรแมกเนติก

Charusiri และคณะ (2004) ได้ศึกษาธรณีวิทยาและศิลาเคมีของหินบะซอลต์ที่เขากระโดงในจังหวัดบุรีรัมย์ เป็นเขาหินบะซอลต์ขนาดเล็กรูปกรวยคลุมพื้นที่ประมาณ 30 ตารางกิโลเมตร โดยมีธารหินละลายทะเล็กไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จากการหาอายุหินทั้งก้อนด้วยวิธี Ar/Ar พบว่ามีอายุที่พอเชื่อถือได้ประมาณ 1 ล้านปี ภายในเนื้อหินบะซอลต์มีสีดำปนเทาถึงสีน้ำตาลเนื้อแน่นและมีผลึกที่มองไม่เห็น จากการศึกษาศิลาวรรณาของหินบะซอลต์จากชั้นล่างขึ้นชั้นบนแสดงให้เห็นว่าหินบะซอลต์หลายๆชั้นมีแร่วิทยาและหินที่คล้ายคลึงกัน โดยมีแร่แมกนีไทต์ (magnetite) ที่เป็นแร่สำคัญในการศึกษาสมบัติทางแม่เหล็ก ผลการศึกษาทางธรณีเคมีแสดงว่าหินบะซอลต์ที่เขากระโดงเป็นหินบะซอลต์ ชนิดแอลคาไล น้ต่ำจนถึงปานกลาง ทั้งผลของศิลาวรรณาและธรณีเคมี ซึ่งให้เห็นว่าหินบะซอลต์ที่เขากระโดงอยู่ระหว่างหินบะซอลต์ชนิดฮาวยไต์ (Hawaiite) จนถึงโอลิวีนแอลคาไลน์ (Olivine alkaline)

Bhongsuwan และ Elming (2000) ศึกษาสมบัติแม่เหล็กของหินและลักษณะแม่เหล็กบรรพกาลของหินบะซอลต์จากภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย โดยได้เก็บ

ตัวอย่างหินบะซอลต์มาจากแหล่งหิน 5 แห่ง ได้แก่ แหล่งหินบะซอลต์ล้านารายณ์ แหล่งหินบะซอลต์วีเชียรบุรี แหล่งหินบะซอลต์เด่นชัย แหล่งหินบะซอลต์สบปราบและแหล่งหินบะซอลต์แม่ทะ โดยนำมาวัดค่า แมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก ค่า AMS และลบล้างอำนาจแม่เหล็กโดยใช้ความร้อนและใช้กระแสสลับ ผลการศึกษาพบว่าหินบะซอลต์ประกอบด้วยแร่แมกนีไทต์และแร่ไททาโนแมกนีไทต์เป็นส่วนใหญ่ โดยพบแร่แม่เหล็กพวก Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ในแหล่งหินสบปราบ แหล่งหินแม่ทะและบางจุดของแหล่งหินเด่นชัย ส่วน Ti-poor ไททาโนแมกนีไทต์ พบในแหล่งหินล้านารายณ์ แหล่งหินวีเชียรบุรี แหล่งหินบะซอลต์เด่นชัย สำหรับค่า Q-Value พบว่าตัวอย่างหินส่วนใหญ่มีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูง จึงเป็นไปได้ว่าหินสามารถรักษาแมกนีไทเซชันตกค้างเอาไว้ได้ดี ในส่วนของสภาพแอนไอโซ ทropic แม่เหล็กพบว่าส่วนใหญ่มีค่า P_j ที่ต่ำกว่า 10% แสดงว่าแอนไอโซ ทropic มีผลน้อยมากต่อทิศทางของแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ นอกจากนี้หินยังมีค่า foliated มากกว่าค่า lineated ซึ่งพบโดยทั่วไปในลาวาหลาก แสดงว่ารูปทรงของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก ค่อนข้างที่จะเป็นแบบแบนที่ขั้ว (oblate ellipsoid)

Zhang และคณะ (2008) ได้ศึกษาคุณสมบัติแม่เหล็กและสภาพแอนไอโซ ทropic แม่เหล็กของพนักแทรกชั้น (sill) และหินบะซอลต์หลาก จากหินภูเขาไฟไทมีร์ เขตเพนินซูลาทางตอนเหนือของรัสเซีย พบว่ามีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงด้วยกันสองชนิด โดยพนักแทรกชั้นมีค่าเฉลี่ย 3.7×10^{-3} SI ส่วนหินบะซอลต์มีค่าสูงกว่า 5.3×10^{-3} SI ส่วนขนาดของเกรนแม่เหล็กที่มีผลต่อเสถียรภาพของค่าแมกนีไทเซชันตกค้างในหิน โดยเกรนแม่เหล็กที่มีขนาดเล็กจะส่งผลมากกว่าเกรนแม่เหล็กที่มี ขนาดใหญ่ และจาก ผลการศึกษาแอนไอโซ ทropic ของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก พบแร่แม่เหล็กในกลุ่มเฟอร์โรแมกเนติก โดยในพนักแทรกชั้นพบแร่แม่เหล็ก Ti-poor ไททาโนแมกนีไทต์ ที่มีขนาดเกรนละเอียด (PSD และ SD) และแร่แมกนีไทต์ที่มีขนาดเกรนหยาบกว่า (PSD หรือ MD) ส่วนในหินบะซอลต์หลากพบแร่แม่เหล็ก Ti-poor หรือ Ti-medium ไททาโนแมกนีไทต์ ที่มีขนาดเกรนหยาบ (PSD หรือ MD)

Endale และ Marcia (1999) ได้ศึกษาโครงสร้างแม่เหล็กของหินบะซอลต์ยูคิมิโซโซอิก ในเขตปาราน่า ทางตอนใต้ของประเทศบราซิล เพื่อศึกษาทิศทางการไหลของลาวาในอดีต และเพื่อหาตำแหน่งที่เกิดการปะทุของลาวา โดยใช้ข้อมูลการศึกษาค่าแอนไอโซ ทropic ของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก จาก 5 จุดเก็บตัวอย่าง ใน 3 บริเวณที่แตกต่างกัน คือ บริเวณทางตะวันออกเฉียงใต้ 2 จุด (BV และ CV) บริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้ 1 จุด (JS) และในบริเวณทางตอนกลาง 2 จุด (IC และ PA) โดยพบว่าจากจุด BV และ CV มีทิศทางการไหลในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ / ตะวันตกเฉียงใต้ และจากจุด JS มีทิศทางการไหลในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ / ตะวันออกเฉียงใต้

และจากจุด IC และ PA มีทิศทางการไหลในแนวตะวันออก- ตะวันตก โดยใช้ค่า k_{max} (k_1) และจากตัวอย่างหินทั้งหมดแสดง ให้เห็นถึงค่า k_{min} (k_3) ที่อยู่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหลของลาวา นอกจากนี้ในส่วนของการศึกษาสมบัติของแร่แม่เหล็กในหินพบว่า มีแร่แมกนีไทต์ขนาดเกรน PSD จนถึง MD และแร่ Ti-poor ไททาโนแมกนีไทต์เป็นแร่ประกอบในตัวอย่างหินด้วยเช่นกัน

Rixiang และคณะ (2003) ได้ศึกษาแอนไอโซทรอปีของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและคุณสมบัติแม่เหล็กของหินบะซอลต์ Hannuoba ทางตอนเหนือของประเทศจีน เพื่อที่จะหาตำแหน่งของปล่องภูเขาไฟ จากการวิเคราะห์ทางเคมีของหินบะซอลต์ที่ศึกษาพบว่าเป็นชนิด แอลคาไลน์บะซอลต์ (alkali basalt) และหินโทเลอิติกบะซอลต์ (tholeiitic basalts) มีอายุเฉลี่ยประมาณ 21.4 ล้านปี และจากการ วัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ ของตัวอย่างหินบะซอลต์ พบว่ามีอุณหภูมิคูรีประมาณ 560-585 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิคูรีของแร่แมกนีไทต์ และจากการศึกษาเพื่อหาขนาดของเกรนแม่เหล็ก พบว่าอยู่ใน ช่วง Pseudo-Single Domain (PSD) ส่วนผลของแอนไอโซทรอปีของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กแสดงให้เห็นถึงทิศทางของแกน k_{max} ซึ่งขนานไปกับทิศทางการไหลของลาวา ส่วนแกน k_{min} จะมีทิศตั้งฉากกับการไหลของลาวา และเมื่อนำกลุ่มของตัวอย่างหินทั้งหมดจากจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่โดยรอบของปล่องภูเขาไฟมาเปรียบเทียบกับทิศทางของแกน k_{max} ที่ขนานไปกับทิศทางไหลของลาวานั้นก็สามารถที่จะหาตำแหน่งของปากปล่องภูเขาไฟได้

Mattsson และ Elming (2001) ได้ศึกษาแอนไอโซทรอปีของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินแกรนิต Ratan ในเขต TIB ตอนกลางของประเทศสวีเดน พบว่ามีแร่แมกนีไทต์และหรือ ไททาโนแมกนีไทต์ เป็นแร่แม่เหล็กในหินตัวอย่าง และจากการศึกษา AMS แสดงให้เห็นลักษณะโครงสร้างทางแม่เหล็กที่ต่างกัน 3 เขตคือ เขตทางด้านตะวันออก เขตตอนกลางและเขตด้านตะวันตก ซึ่งผลที่ได้ในเขตตะวันออก แสดงทิศทางของแกน k_3 อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงใต้- ตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนแกน k_1 และ k_2 กระจายโดยรอบในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ- ตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งขนานไปกับแนวรอยต่อของเขตพลูตอนหินแกรนิต ส่วนในเขตตะวันตกทิศทางของแกน k_3 อยู่ในแนวตะวันออก- ตะวันตก ส่วนแกน k_1 และ k_2 กระจายโดยรอบในแนวเหนือ- ใต้ ซึ่งขนานไปกับแนวรอยต่อของเขตพลูตอนหินแกรนิตเช่นเดียวกัน ส่วนในเขตตอนกลางจะมีลักษณะที่ต่างออกไปคือ ทิศทางของแกน k_3 จะอยู่ในแนวตั้ง ส่วนแกน k_1 และ k_2 กระจายอยู่โดยรอบในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ- ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจากผลดังกล่าวในเขตด้านตะวันออกและด้านตะวันตกทำให้เชื่อว่าเป็นผลมาจากความเค้นตลอดแนวรอยต่อของเขตพลูตอนหินแกรนิตนั่นเอง

Salminen และ Pesonen (2007) ศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กของหินมอนโซไดออไรต์และหินไซอีไนต์ ซึ่งเป็นกลุ่มหินอัคนีบนเกาะ Valaam ในประเทศรัสเซีย ผลจากการทดสอบค่า

ความหนาแน่น ค่า k ค่า NRM และค่า Q-value พบว่าหิน มอนโซไดอไรต์มีค่าความหนาแน่นมากกว่าหิน ไชอีไนต์ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากแร่โลหะที่ประกอบอยู่ในหิน นอกจากนี้ค่า NRM และค่า k ของหินมอนโซไดอไรต์ก็ยิ่งสูงกว่าหิน ไชอีไนต์ ส่วนค่า Q-value นั้นไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ในส่วนของการทดสอบหาแร่ประกอบในหินด้วยวิธีความร้อน พบว่ามีแร่กลุ่มเฟโรแมกเนติกเป็นแร่ประกอบในหิน โดยหินมอนโซไดอไรต์มีอุณหภูมิคูรีประมาณ 535-560 °C ซึ่งแสดงลักษณะของแร่ไททาโนแมกนีไทต์ที่มีไทเทเนียมประกอบอยู่เล็กน้อย และมีเพียงบางตัวอย่างหิน ไชอีไนต์ที่มีอุณหภูมิ 325-355 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิคูรีของแร่ ไททาโนแมกนีไทต์ ที่มีไทเทเนียมประกอบอยู่ค่อนข้างมาก และจากการศึกษา AMS พบว่ามีค่า P_j อยู่ในช่วง 1-6% ซึ่งเป็นค่าที่น้อยและไม่ส่งผลต่อค่าทิศทางแมกนีไทเซชันในตัวอย่างหิน โดยหินมอนโซไดอไรต์มีค่า P_j -T ที่มากกว่าหิน ไชอีไนต์เล็กน้อย

Lipka และคณะ (1988) ได้ทำการศึกษาแร่ไททาโนแมกนีไทต์ในหินบะซอลต์จากประเทศไนจีเรีย โดยตัวอย่างหินบะซอลต์เป็นชนิด เนฟิลีนบะซาไนต์ และชนิดโอลิวีนบะซอลต์ ตัวอย่างหินทั้งหมดให้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ยในระดับ 20×10^{-3} SI และทำการทดสอบด้วยความร้อนเพื่อหาอุณหภูมิคูรี พบว่าจากตัวอย่างหินเนฟิลีนบะซาไนต์มีอุณหภูมิ คูรีประมาณ 80-130°C และจากการทดสอบด้วยรังสีเอ็กซ์เรย์เพื่อ ตรวจสอบปริมาณของธาตุไทเทเนียมที่เป็นส่วนประกอบในแร่ไททาโนแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x} Ti_x O_4$) พบว่ามีปริมาณไทเทเนียม (x) ประมาณ 0.7 หรือ 70% ส่วนตัวอย่างหินชนิดโอลิวีนบะซอลต์มี อุณหภูมิคูรีอยู่ในช่วง 450-500 °C พบว่ามีปริมาณไทเทเนียม (x) ที่น้อยกว่า 0.2 หรือน้อยกว่า 20% โดยปริมาณของไทเทเนียม ($Ti, 0 \leq x \leq 1$) ที่ต่างกันจะส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มแร่จาก แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) ไปเป็นกลุ่มแร่ ulvospinel (Fe_2TiO_4)

Bascou และคณะ (2005) ศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กกับโครงสร้างทางผลึกในหินบะซอลต์หลาก ในบริเวณ Monts Ramus ทางตอนใต้ของประเทศฝรั่งเศส อายุประมาณ 0.7 ล้านปี (หาอายุด้วยวิธี K-Ar) โดยมีลักษณะชั้นหินบะซอลต์แบ่งเป็น 3 ชั้น ผลจากการวิเคราะห์ทางด้านแม่เหล็ก k -T curves และจากการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x} Ti_x O_4$) ที่อุณหภูมิคูรีประมาณ 150 °C แสดงถึงปริมาณไทเทเนียม (Ti) 60% ($x=0.6$) ในหินบะซอลต์ชั้นบน ส่วนใน หินชั้นล่างและชั้นกลางของหินบะซอลต์หลาก แสดงอุณหภูมิคูรีที่ต่ำกว่า 150 °C แสดงถึงปริมาณไทเทเนียมที่มากกว่า 60% ($x>0.6$) หรืออาจจะมีธาตุ Al และ Mg ผสมอยู่ในแร่ไททาโนแมกนีไทต์

Tugui และคณะ (2009) ศึกษาคุณสมบัติทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ยุคควอเทอร์นารีจากโรมาเนีย โดยใช้การทดสอบหาค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงเมื่อให้ความ

ร่อนเพื่อหาอุณหภูมิกุ้รี พบแร่ที่เป็นองค์ประกอบในหินแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรก เป็นแร่แมกนีไทต์ (อุณหภูมิกุ้รี 580 °C) กลุ่มที่สอง เป็นแร่ไททาโนแมกนีไทต์ที่มีปริมาณของไทเทเนียมในปริมาณที่มาก (อุณหภูมิกุ้รีอยู่ในช่วง 100-200 °C) และกลุ่มที่สาม เป็นแร่ไททาโนแมกนีไทต์ ที่มีปริมาณของไทเทเนียมในปริมาณที่ต่างกัน (อุณหภูมิกุ้รีอยู่ในช่วง 100-200 °C และ 500-600 °C) โดยกลุ่มที่มีอุณหภูมิกุ้รีระหว่าง 100-200 °C จะมีปริมาณของไทเทเนียม 40-60% เป็นองค์ประกอบในแร่ไททาโนแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x}Ti_xO_4$) (x อยู่ในช่วง 0.4-0.6) ซึ่งเป็นกลุ่มแร่ในตระกูล ulvospinel

1.6 วัตถุประสงค์

- 1.) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ สมบัติทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ในบางแหล่งของประเทศไทย ที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดพลอยคอร์นด์มในประเทศไทย
- 2.) เพื่อพัฒนาเป็นวิธีการทางธรณีฟิสิกส์อย่างง่าย ในการทดสอบหินบะซอลต์ในประเทศไทย

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) ตัวอย่างหินบะซอลต์ชนิดวัดการวางตัว (Oriented rock samples)
- 2) เครื่องเจาะเก็บตัวอย่างหินแบบเก็บแกน (Portable core-drilling machine)
- 3) เครื่องวัดการวางตัว (Orienting fixture)
- 4) เข็มทิศสุริยะ (Sun compass)
- 5) เข็มทิศแม่เหล็ก (Magnetic compass)
- 6) เครื่องระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS)
- 7) เครื่องตัดหิน สำหรับเตรียมตัวอย่างหิน
- 8) เครื่องแมกนีโทมิเตอร์แบบหมุน (Spinner magnetometer) ยี่ห้อ AGICO รุ่น JR-6
- 9) เครื่องวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (Spinning Specimen Magnetic Susceptibility Anisotropy Meter) รุ่น KLY-3S Kappabridge
- 10) เครื่องล้างอำนาจแม่เหล็กแบบสนามสลับ ยี่ห้อ Molspin
- 11) เต้าเผาสำหรับเครื่อง KLY-3S รุ่น CS-3 ยี่ห้อ AGICO

2.2 วิธีการทดลอง

การเก็บตัวอย่างหิน

การเก็บตัวอย่างหิน ชนิดวัดการวางตัว oriented sample มีขั้นตอนที่ซับซ้อนละเอียดอ่อน จึงนิยมเก็บตัวอย่างประเภทนี้เมื่อต้องการที่จะใช้กรอบอ้างอิงภูมิศาสตร์ (Geographic reference coordinate) ในการวัดทิศทางของปริมาณเวกเตอร์ที่เป็นสมบัติกายภาพของ หินนั้น เช่น ทิศทางของแมกนีไทเซชันคงค้างธรรมชาติ (Direction of Natural Remanent Magnetization, NRM) ในหิน หรือการวางตัวของ susceptibility ellipsoids ในหิน เป็นต้น



ภาพประกอบ 2.1 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างหินชนิดวัดการวางตัว (Oriented rock sample)

การเก็บตัวอย่างหินชนิดวัดการวางตัว oriented sample มีขั้นตอนดังนี้

- 1) เลือกจุดหินโพลที่เหมาะสมที่จะเก็บตัวอย่าง
- 2) เจาะเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องเจาะแบบหัวเจาะเพชร ชนิดเก็บแกน (Portable core-drilling machine) โดยระวังไม่ให้แกนตัวอย่างหักใน เจาะลึกประมาณ 3-4 นิ้ว
- 3) ใช้เครื่องวัดการวางตัว (Orienting fixture) เสียบลงในรอยเจาะรอบแกนตัวอย่าง ตั้งระนาบด้วยลูกน้ำ แล้วอ่านค่ามุมเทของแกนตัวอย่าง วัดมุม strike ด้วยเข็มทิศแม่เหล็ก และเข็มทิศสุริยะ (กรณีที่มีแสงแดด) ซึ่งการใช้เข็มทิศทั้ง 2 แบบร่วมกันจะช่วยลดความผิดพลาดกรณีวัดในพื้นที่ที่มีสนามแม่เหล็กรบกวนมาก จากนั้นก็บันทึกวันที่ เวลาและค่าเส้นรุ้ง-เส้นแวงของจุดเก็บตัวอย่าง
- 4) จีจโรยดินสอสีบนแกนตัวอย่างลงในร่องที่สวมแกนตัวอย่างอยู่
- 5) ถอนเครื่องวัดการวางตัวออก
- 6) ใช้แท่งทองแดงที่มีปลายรูปปลีมแทงลงในรอยเจาะ แล้วมัดให้แท่งตัวอย่างหักที่โคน
- 7) ใช้ปากกาเคมีกันน้ำ จีจซ้ำตรงรอยดินสอสี แล้วเขียนหมายเลขกำกับลงบนแกนตัวอย่าง
- 8) ใต้แกนตัวอย่างแบบ oriented sample

หินตัวอย่างที่ทำการศึกษาถูกเก็บมาจากแหล่งหินบะซอลต์ที่กระจายอยู่ในหลายบริเวณต่างๆในประเทศไทย โดยทำการเก็บจากจุด (site) ที่พิจารณาแล้วว่าเหมาะสมกับงานวิจัย ซึ่งจุดที่ทำการเก็บส่วนใหญ่จะเป็นหินที่สดและยังไม่เกิดการผุกร่อนของหิน เพราะหากเกิดการผุกร่อนของหินนั้นก็จะทำให้สมบัติทางแม่เหล็กของหินนั้นเปลี่ยนแปลงไป หินตัวอย่างบริเวณทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ส่วนใหญ่เก็บมาจากเหมืองหิน (quarry) ที่กำลังเปิดดำเนินการอยู่ทั้งในจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษและอุบลราชธานี ส่วนในบริเวณภาคเหนือตอนล่างและบริเวณภาคกลาง คือจังหวัดแพร่และเพชรบูรณ์ จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างหินจะเป็นบริเวณที่มีการตัดถนนผ่านแหล่งหินบะซอลต์ (road cut) ซึ่งจะทำให้ได้หินตัวอย่างที่มีความสดอยู่ ส่วนในจังหวัดกาญจนบุรีจะเป็นบริเวณลานลาวาซึ่งจะมีหินบะซอลต์แผ่กระจายอยู่ในบริเวณกว้าง

การเตรียมตัวอย่าง

เนื่องจากความจริงที่ว่า แมกนีไทเซชันคงค้างธรรมชาติ (NRM) ในหินแต่ละที่อาจเกิดที่เวลาแตกต่างกันเล็กน้อย(สเกลทางธรณีวิทยา) เช่น หินอัคนี ส่วนของหินที่เย็นตัวผ่านอุณหภูมิคูรีก่อนก็จะรับเอา NRM ไว้ก่อนหินที่ยังร้อนอยู่ หรือ หินตะกอนที่อยู่ส่วนล่าง จะรับเอา NRM ก่อนหินที่อยู่ส่วนบน ช่วงเวลาที่แตกต่างกันนี้สนามแม่เหล็กโลกอาจมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางไปเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก secular variation ของสนามแม่เหล็กโลกเอง หรือเนื่องมาจากแผ่นเปลือกโลกเกิดการเคลื่อนที่หรือ หมุนตัว ดังนั้นในการเก็บตัวอย่างหินเพื่อวัดสมบัติแบบนี้ จำเป็นต้องใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยและทราบความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยนั้น จึงทำให้จุดเก็บตัวอย่างหนึ่งๆ (sites) ควรจะเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 5-10 ตัวอย่าง (samples) และแต่ละตัวอย่างยังสามารถตัดแบ่งออกได้เป็นชิ้นงาน 1-3 ชิ้นงาน (specimens) เพื่อนำค่าที่ได้จากการวัดแต่ละชิ้นงานเหล่านี้มาเฉลี่ยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด

แท่งตัวอย่างที่เก็บจาก site ต่างๆจะต้องนำมาตัดเป็น ชิ้นตัวอย่างรูปทรง กระบอกสูง 2.25 เซนติเมตร ก่อนที่จะนำไปวัดด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆ เครื่องตัดหินเป็นเครื่องที่สร้างขึ้นเองที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็น เครื่องเป็นชนิดใช้มอเตอร์ขนาด 1/2 แรงม้า ใช้ใบตัดหินชนิดเปียก



ภาพประกอบ 2.2 แสดงเครื่องตัด แต่งตัวอย่างหิน (บน) และตัวอย่างหินที่ได้จากการเจาะ เก็บแกนและชิ้นตัวอย่างมาตรฐานจากการตัดแต่งขนาด 2.25 เซนติเมตร (ล่าง)

การทดลองในห้องปฏิบัติการ

งานที่ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการวิจัยอำนาจแม่เหล็กของหินและอำนาจแม่เหล็กบรรพกาล ที่ภาค วิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยทำการศึกษาสมบัติทางแม่เหล็กของหิน ได้แก่ ค่าแมกนีไทเซชัน ตกค้างธรรมชาติ (Natural Remanent Magnetization, NRM) ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก ชนิดสนามต่ำ (low field susceptibility) และพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี และค่า Q-value ทำการศึกษาอำนาจแม่เหล็กโดยการลบล้างแมกนีไทเซชันในตัวอย่างหินโดยใช้สนามแม่เหล็กสลับ (Alternating field demagnetization, AF) และหรือการลบล้างแมกนีไทเซชันในตัวอย่างหินด้วยวิธีความร้อน (Thermal demagnetization)

1) เครื่องแมกนีโทมิเตอร์แบบหมุน (Spinner magnetometer) ของยี่ห้อ AGICO รุ่น JR-6 จากประเทศสาธารณรัฐเช็ก โดยใช้วัดความเข้มและทิศทางของแมกนีไทเซชันคงค้างของตัวอย่างหินขนาดไม่เกิน 1 นิ้ว ตัวเครื่องมีความไว 2.4×10^{-6} A/m ตัวอย่างหินจะหมุนรอบแกนตั้งภายในขดลวดรับสัญญาณ โดยที่ภายนอกจะมีกำบังแม่เหล็กอยู่ 3 ชั้นทำด้วยโลหะผสม mu-metal และเครื่องมือเชื่อมโยงต่อกับ เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี และควบคุมด้วยโปรแกรมควบคุมการทำงานพร้อมประมวลผลหลังจากการวัดครบ 6 ตำแหน่ง ค่าความเข้มและทิศทางของ NRM จะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติและแสดงบนจอคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 2.3 เครื่องแมกนีโทมิเตอร์แบบหมุนยี่ห้อ AGICO รุ่น JR-6

2) เครื่อง วัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก Spinning Specimen Magnetic Susceptibility Anisotropy Meter รุ่น KLY-3S Kappabridge ผลิตโดยบริษัท AGICO, INC ประเทศ สาธารณะรัฐเซีย ตัวเครื่องมีความถี่ที่ใช้ 870 Hz ความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ใช้ 300 A/m ช่วงการ วัดถึง 0.1 SI ความไว 3×10^{-8} SI ความถูกต้อง ๐ 3% ใช้งานเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์และ ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม SUSAM และโปรแกรม SUSAR เพื่อศึกษาสภาพแอนไอโซ ทรอปี้ ของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหิน



ภาพประกอบ 2.4 เครื่องวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กยี่ห้อ AGICO รุ่น KLY-3S Kappabridge

3) เครื่องลบล้างอำนาจแม่เหล็กแบบสนามสลับ ยี่ห้อ Molspin ของประเทศอังกฤษ เครื่องล้างอำนาจแม่เหล็กแบบ AF ประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ คือ (1) ขดลวด ล้างแม่เหล็กและ อุปกรณ์ผลิตสนามแม่เหล็ก (2) มอเตอร์ปรับความเร็ว (3) holder สำหรับใส่ตัวอย่างพร้อมระบบ tumbler และ (4) ชุดก้ำบังแม่เหล็ก ภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมด้วย tumbler แบบ 2 แกน ถูกวางตรง กึ่งกลางขดลวดล้างแม่เหล็ก ในก้ำบังแม่เหล็กที่ลด สนามแม่เหล็กโลกเหลือเพียงต่ำกว่า 10 nT อุปกรณ์ tumbler ต่ออยู่กับมอเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็วปรับได้ สนามแม่เหล็กถูกสร้างโดย AC variometer ซึ่งสามารถผลิตสนามความเข้มสูงสุดประมาณ 95 mT



ภาพประกอบ 2.5 เครื่องลบล้างอำนาจแม่เหล็กแบบสนามสลับ ยี่ห้อ Molspin

การวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก และค่า Anisotropy of magnetic susceptibility

การวัดจะใช้เครื่อง Kappabridge ที่มีค่าความละเอียด 3×10^{-8} SI ซึ่งลักษณะของเครื่องประกอบด้วยตัวเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานและส่วนที่เป็น holder ใช้สำหรับวางตัวอย่างหิน เพื่อทำการ วัดและอุปกรณ์ตัวจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องวัด ในส่วนขั้นตอนของการวัด เริ่มจากการ เปิดเครื่อง เพื่ออุ่นตัวเครื่อง อย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้เครื่อง มีเสถียรภาพ จากนั้นปรับเทียบเครื่องโดยใช้ตัวอย่างมาตรฐาน (Calibration) เพื่อความถูกต้อง และเริ่มทำการวัด โดยวางตัวอย่างหินตามตำแหน่งต่างๆซึ่งมีอยู่คือ ตำแหน่งในแกน X แกน Y แกน Z จนครบทุกตำแหน่ง หลังจากนั้นทำการใส่ค่า พารามิเตอร์ ต่างๆของตัวอย่างหิน ได้แก่ ข้อมูล Site, Specimen, ค่ามุม Strike และมุม Dip หลังจากนั้นเครื่องจะทำการประมวลผล ให้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กและค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปีของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก

การวัดค่าแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ

การวัดค่าแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ (NRM) โดยการนำตัวอย่างหินที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างทางด้านแม่เหล็กมาทำการวัดด้วยเครื่อง JR-6 Spinner magnetometer โดยตัวอย่างหินแต่ละชิ้นจะมีค่ามุม Strike และมุม Dip ของแต่ละตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างมาจัดวางในทิศทางของลูกศรบนตัวอย่าง ให้ตรงกับแต่ละตำแหน่งของเครื่องมีวัด เพื่อวัดค่าในแนว แกน X แกน Y และแกน Z โดยตัวอย่างจะหมุนรอบแกนแนวตั้งภายในขดลวดรับสัญญาณ เครื่องมือเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์พีซี ควบคุมด้วยโปรแกรมการทำงาน Rema6.exe และประมวลผลหลังวัดครบ 4 ตำแหน่ง ได้ค่าความเข้มและทิศทางของแมกนีไทเซชันคงค้างจะถูกคำนวณโดยอัตโนมัติ

การลบล้างอำนาจแม่เหล็กในหินตัวอย่าง

ในการศึกษาจะนำตัวอย่างหินมาลบล้าง อำนาจแม่เหล็กเป็นขั้นๆ (Progressive stepwise demagnetization experiment) ซึ่งรวมทั้งหมดมี 13 ขั้น ด้วยวิธีสนามสลับ การลบล้างด้วยสนามสลับมีการเพิ่มขึ้นของค่าสนาม ดังนี้ 3, 4.5, 6, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 และ 60 mT ตามลำดับ โดยหลังจากการลบล้างแต่ละครั้ง ตัวอย่างหินจะถูกนำมาวัดด้วยเครื่อง JR-6 Spinner magnetometer ซึ่งจะได้ค่าความเข้มและทิศทางของแมกนีไทเซชันคงค้างแต่ละครั้งที่ทำการลบล้าง ตั้งแต่เริ่มต้นจนครบค่าสนามที่ต้องการ (60 mT)

การวิเคราะห์ธาตุประกอบในหินตัวอย่าง

ในการศึกษาจะนำชิ้นตัวอย่างหินบาง มาทำการวิเคราะห์หาธาตุซึ่งเป็นธาตุประกอบในตัวอย่างหิน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) ของ JSM รุ่น 5800 LV ร่วมกับเครื่อง เรืองรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-ray Spectrometer: EDX) ของ Oxford รุ่น ISIS 300 ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทที่ 3

ผลและการอภิปรายผล

3.1 ผลการวิจัยสมบัติแม่เหล็ก

3.1.1 ผลการวิจัยสมบัติแม่เหล็กขั้นต้นของตัวอย่างหิน

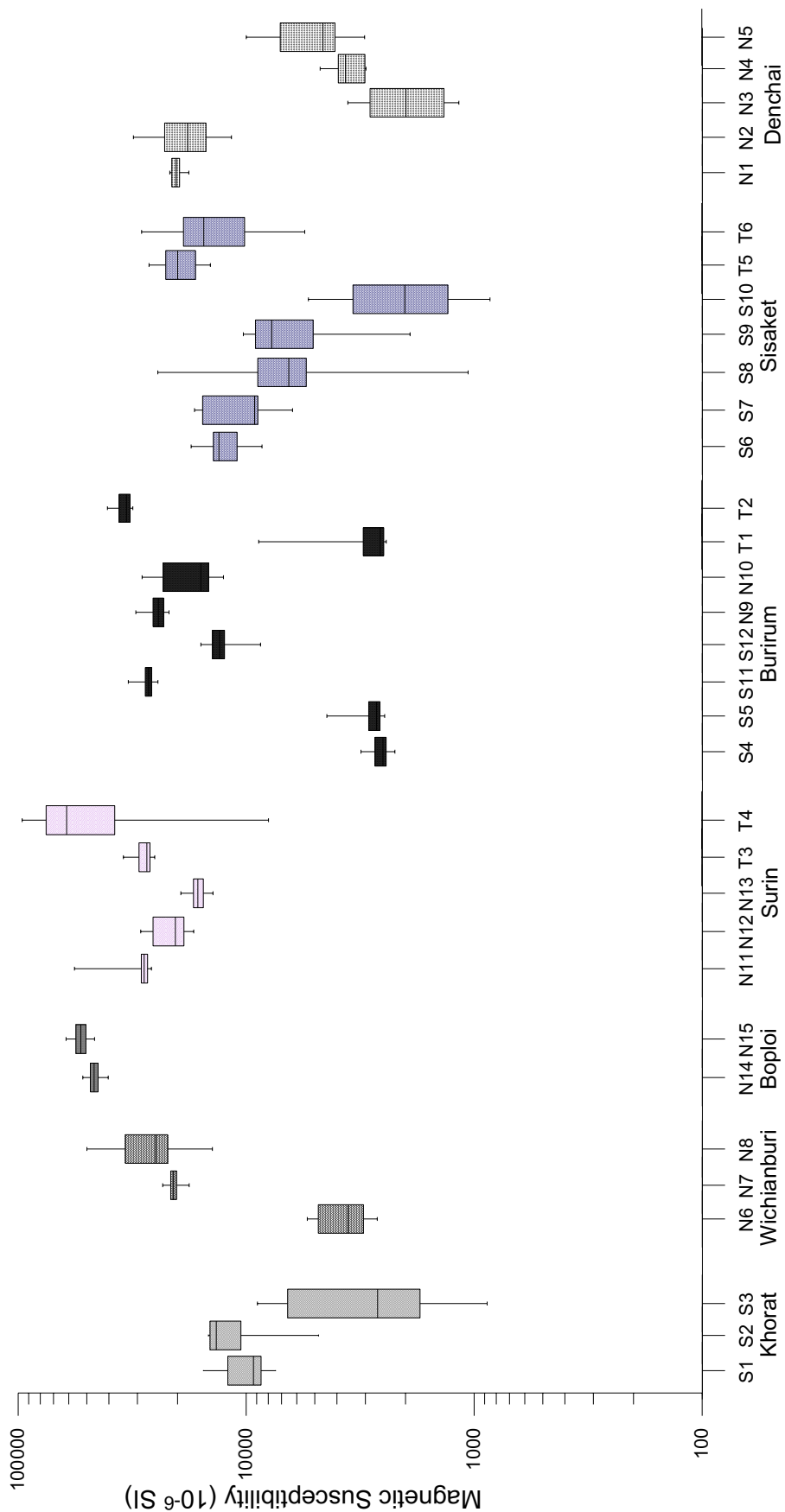
สมบัติทางแม่เหล็กขั้นต้นของหินบะซอลต์ที่ศึกษาประกอบด้วย ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (Magnetic susceptibility, k) ค่าแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ (Natural Remanent Magnetization, NRM) ค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปีและค่า Koenigsberger ratio (Q-value) ของตัวอย่างหิน โดยค่าเฉลี่ยต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยสมบัติแม่เหล็กของตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งต่างๆที่ศึกษา

Site	N	K_m ($\times 10^{-6}$ SI)	NRM (mA/m)	Q-value	Pj	T
นครราชสีมา (NR)						
S1	21	10096 \div 2043	1599 \div 803	3.96	1.011	0.109
S2	14	11869 \div 3662	1778 \div 836	3.75	1.013	0.375
S3	19	4088 \div 2871	6848 \div 3835	41.88	1.026	-0.486
บุรีรัมย์ (BR)						
S4	29	2579 \div 232	223 \div 45	2.16	1.010	0.234
S5	30	2922 \div 576	164 \div 41	1.40	1.044	0.582
S11	23	27120 \div 1931	2753 \div 280	2.54	1.035	0.654
S12	49	13045 \div 1606	3095 \div 228	5.93	1.015	0.892
N9	33	24615 \div 2003	3428 \div 492	3.48	1.015	0.867
N10	37	18734 \div 4816	6397 \div 865	8.54	1.008	-0.454
T1	19	3350 \div 1981	425 \div 102	3.51	1.012	-0.366
T2	16	34436 \div 2803	3601 \div 523	2.61	1.016	-0.062
สุรินทร์ (SR)						
N11	36	29496 \div 5922	445 \div 156	0.38	1.010	0.281
N12	31	22064 \div 3540	1171 \div 684	1.33	1.017	0.133

Site	N	K_m ($\times 10^{-6}$ SI)	NRM (mA/m)	Q-value	Pj	T
N13	31	16256 @ 1278	643 @ 137	0.99	1.033	0.797
T3	21	27937 @ 2326	514 @ 149	0.46	1.027	0.738
T4	21	55623 @ 26781	1042 @ 585	0.47	1.016	0.563
อุบลราชธานี-ศรีสะเกษ (UB)						
S6	40	12582 @ 2072	5077 @ 690	10.09	1.069	0.031
S7	13	10901 @ 3439	4122 @ 719	9.45	1.035	-0.231
S8	35	8275 @ 5826	1897 @ 1133	5.73	1.028	0.025
S9	27	6734 @ 2647	10487 @ 3030	38.93	1.038	-0.539
S10	23	2374 @ 1314	4139 @ 1828	43.58	1.013	0.457
T5	18	19837 @ 3696	4060 @ 280	5.12	1.003	0.111
T6	17	14849 @ 6673	1952 @ 814	3.29	1.026	0.192
เด่นชัย (DC)						
N1	19	20111 @ 1134	3111 @ 563	3.87	1.045	-0.014
N2	13	18647 @ 5338	1821 @ 456	2.44	1.024	0.234
N3	19	2063 @ 773	5372 @ 2611	65.10	1.010	0.586
N4	8	3646 @ 581	2480 @ 1307	17.00	1.009	-0.438
N5	22	5728 @ 2233	1137 @ 309	4.96	1.022	0.763
เวียงจันทน์ (WB)						
N6	16	3848 @ 846	3605 @ 2359	23.41	1.016	0.361
N7	37	20748 @ 1155	820 @ 244	0.99	1.030	0.241
N8	17	27809 @ 9113	633 @ 712	0.57	1.054	-0.014
บ่อพลอย (BP)						
N14	26	46536 @ 2699	6704 @ 2177	3.60	1.017	-0.120
N15	13	52959 @ 4005	12572 @ 7612	5.93	1.056	-0.317

เมื่อ N คือจำนวนชั้นตัวอย่าง, K_m คือค่าสภาพปรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย, NRM คือค่าแมกนีไทเซชันคงค้างธรรมชาติ, ค่า Q-value และ ค่า Pj และ T เป็นพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี (Jelinek, 1981)



ภาพประกอบ 3.1 การกระจายของค่า k จากตัวอย่างหินบะซอลต์แหล่งต่างๆ ที่ศึกษา

3.1.2 เสถียรภาพทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ที่ศึกษา

คำนวณค่า Koenigsberger ratio หรือค่า Q-value ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา โดยคำนวณจากสมการ $Q - Value = \frac{NRM}{40000k}$ โดย NRM คือ แมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติในหน่วย mA/m และค่า k คือค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (ในระบบ SI ไม่มีหน่วย) ค่า Q-value จะแสดงเสถียรภาพของแมกนีไทเซชันตกค้าง โดย $Q > 1$ แสดงแมกนีไทเซชันตกค้างในหินมีเสถียรภาพสูงสามารถเก็บรักษาอำนาจแม่เหล็กตกค้างไว้ได้นาน (Collinson, 1983) กราฟของค่า Q-value จากตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา แสดงไว้ในภาพประกอบ 3.2

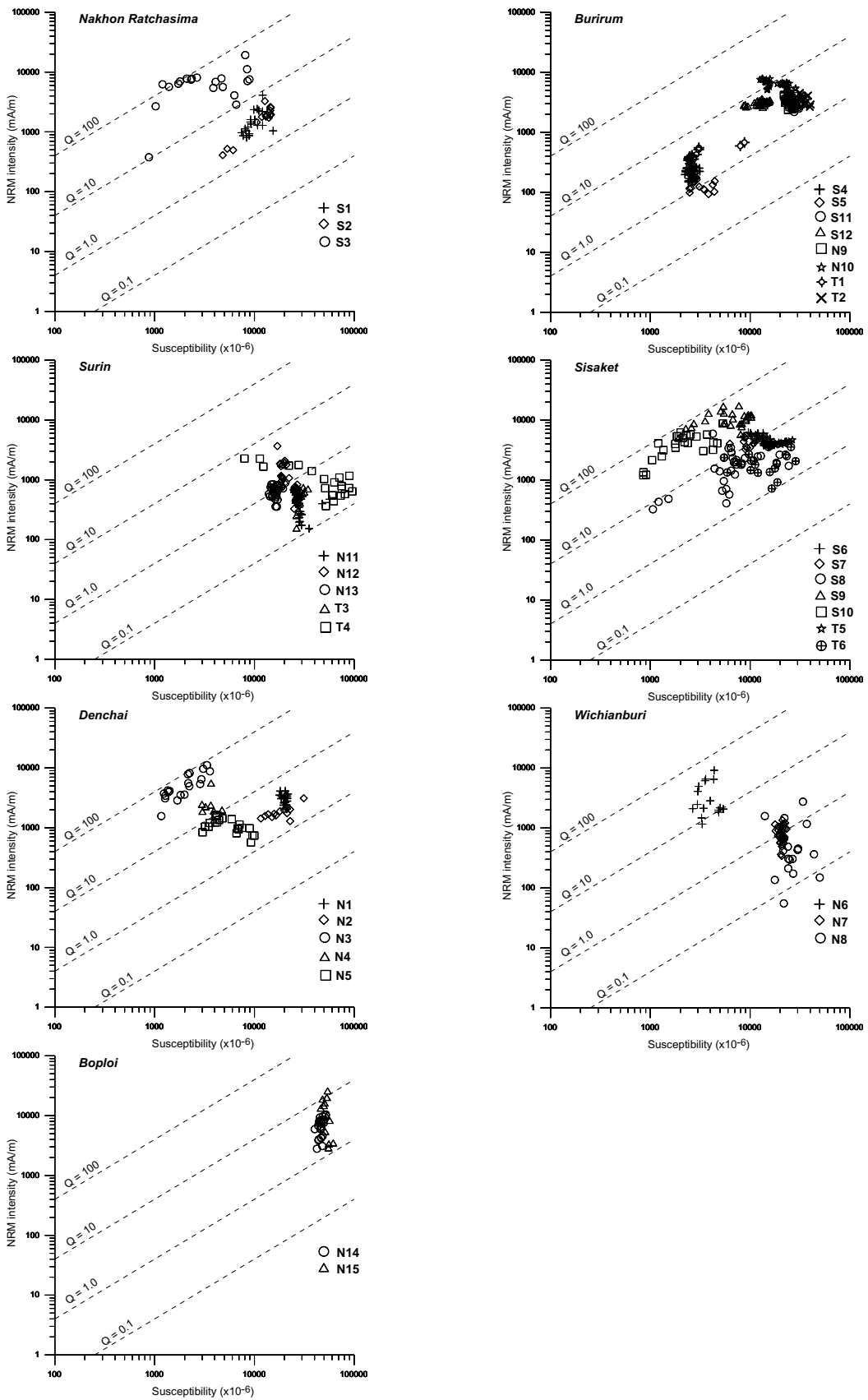
3.1.3 ทิศทางของ AMS และพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี Pj-T

ทิศทางการวางตัวของ AMS แสดงการกระจายทิศทางของค่า k_{max} (■), k_{int} (▼) และ k_{min} (●) ของตัวอย่างหินที่ทำการเก็บด้วยวิธี oriented sampling โดยที่ค่า k_{max} , k_{int} และ k_{min} เป็นขนาดของค่า k ที่เป็นแกนหลัก (principal axis) ของทรงรีแสดงขนาดของค่า k (magnitude ellipsoid) ทิศทางการวางตัวของค่า k_{max} , k_{int} และ k_{min} เมื่อแสดงในกราฟสเตอริโอกราฟิกอาจจะสัมพันธ์กับข้อมูลทางธรณีวิทยาที่สำคัญ เช่น แสดงทิศทางการไหลของลาวาในอดีตขณะเย็นตัวเป็นหิน แสดงทิศทางแรงดึงแรงดันที่กระทำกับหิน เป็นต้น

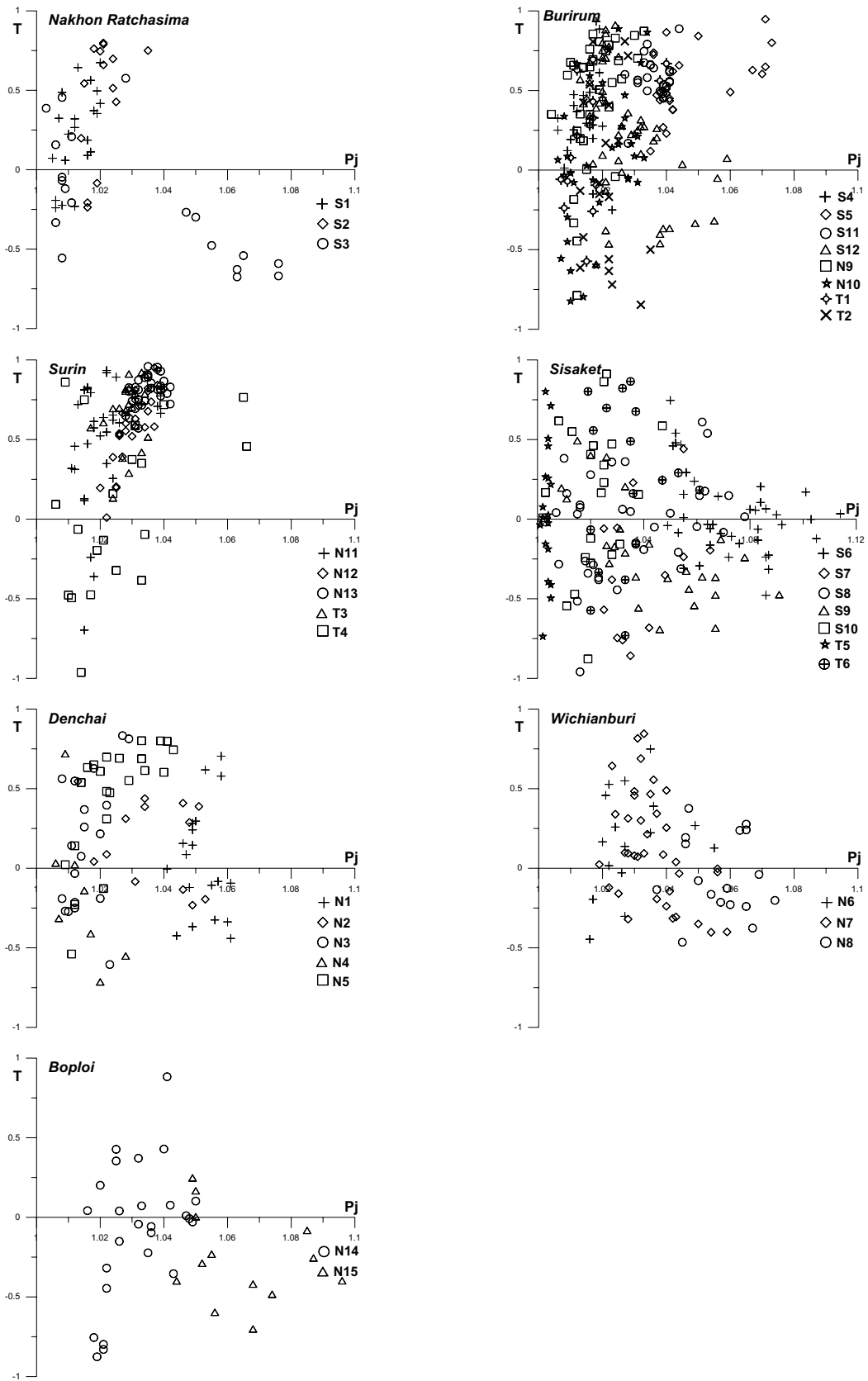
กรณีที่ค่า $k_{max} = k_{int} = k_{min}$ แสดงทรงรีชนิดทรงกลม นั่นคือค่า k เป็น ไอโซทรอปีกทุกทิศทาง ส่วนกรณีที่ค่า k มีสภาพแอนไอโซทรอปีก เช่น กรณีที่ค่า $k_{max} = k_{int} > k_{min}$ แสดงทรงรีเป็นแบบแบนที่ขั้ว (oblate ellipsoid) และกรณีที่ค่า $k_{max} > k_{int} = k_{min}$ แสดงทรงรีเป็นแบบยาวรี (prolate ellipsoid) การวิเคราะห์ลักษณะทรงรีสามารถดูได้จากค่า T หรือ shape factor ในขณะที่ค่า Pj จะแสดงความเป็น anisotropy degree หากค่า Pj มากแสดงถึงสภาพแอนไอโซทรอปีก่อนข้างสูงซึ่งอาจจะสัมพันธ์กับ

- (1) การปรากฏของแร่บางชนิดที่มีค่า Pj สูงตามธรรมชาติ (magneto-crystalline anisotropy)
- (2) รูปร่างของเกรนแม่เหล็ก (shape anisotropy) เช่น เกรนรูปเข็ม เกรนรูปแผ่น เป็นต้น
- (3) แอนไอโซทรอปีที่เกิดจากแรงกระทำ เช่น แรงเทกโทนิกส์ (tectonic stress-induced anisotropy)

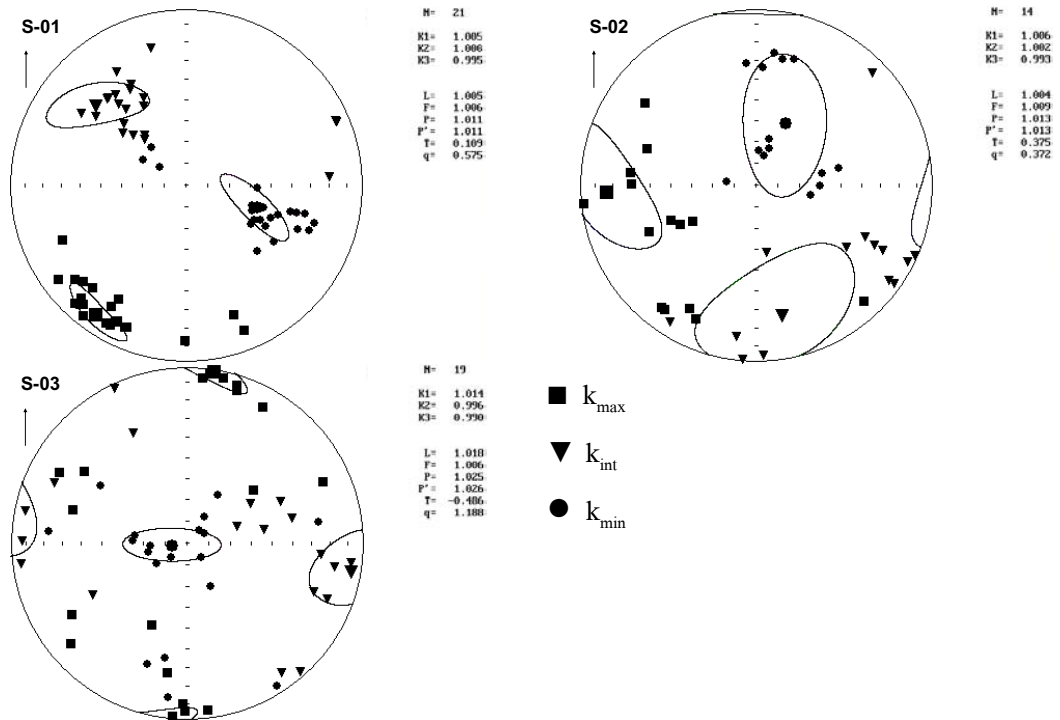
กราฟ Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษาแสดงไว้ในภาพประกอบ 3.3 และทิศทางการวางตัวของ AMS แสดงไว้ในภาพประกอบ 3.4 - 3.10



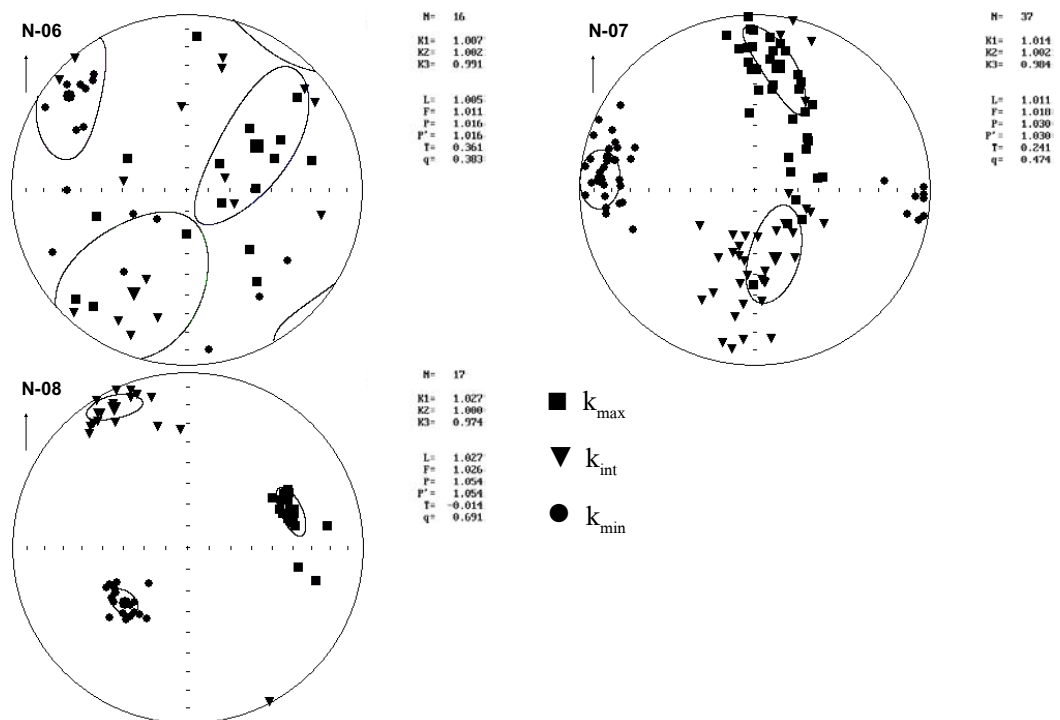
ภาพประกอบ 3.2 กราฟค่า k, NRM และ Q-value จากตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา



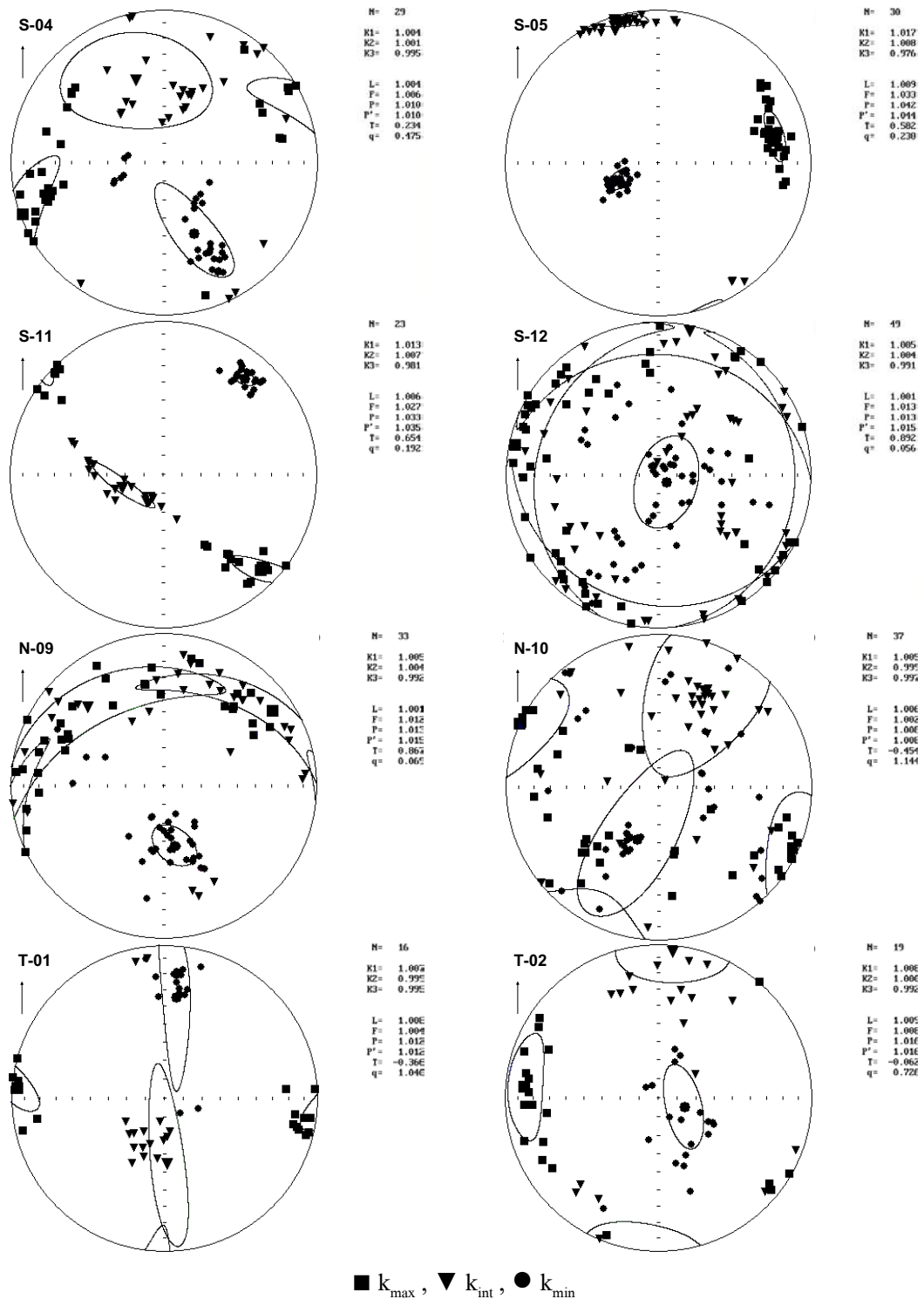
ภาพประกอบ 3.3 กราฟ Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา



ภาพประกอบ 3.4 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดนครราชสีมา (NR)

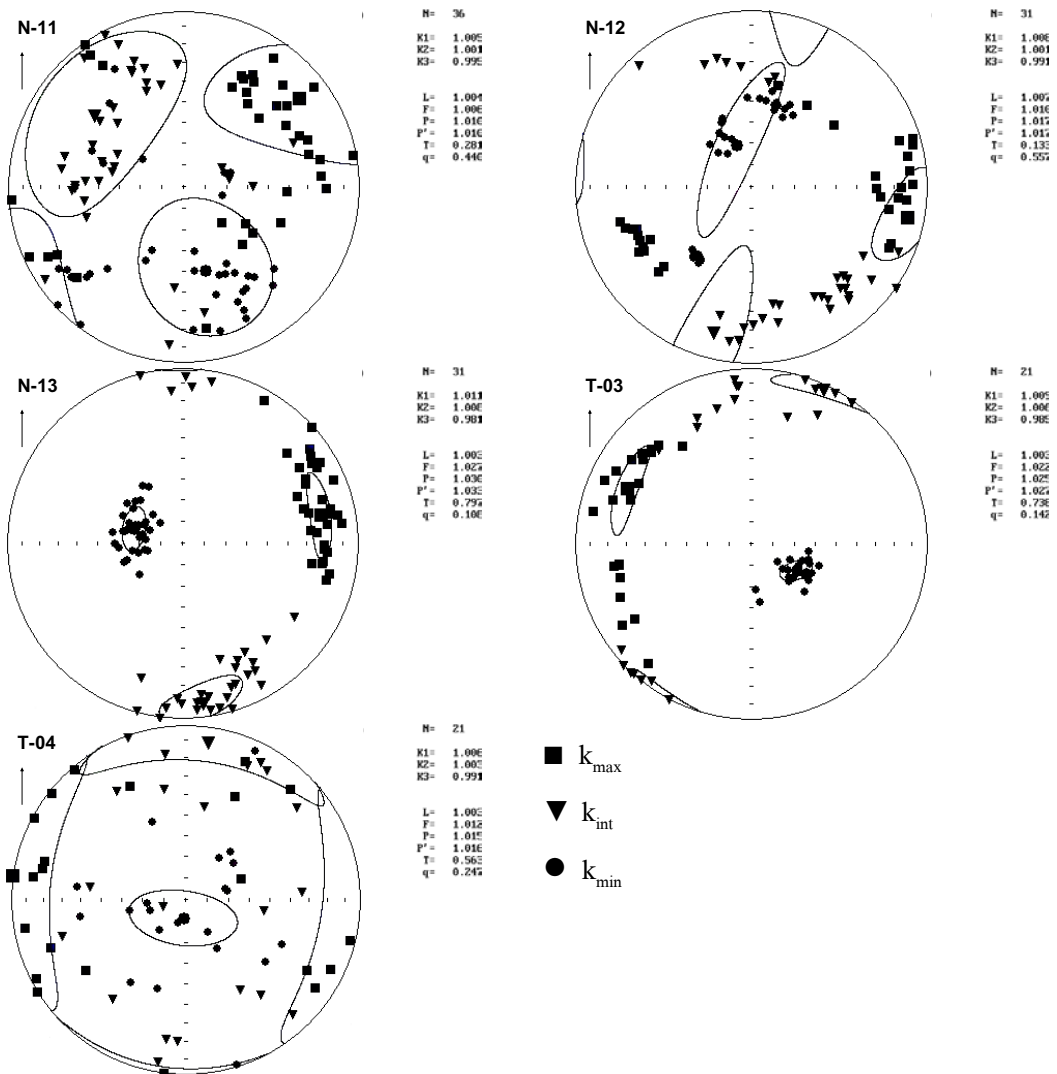


ภาพประกอบ 3.5 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์วิเชียรบุรี (WB)



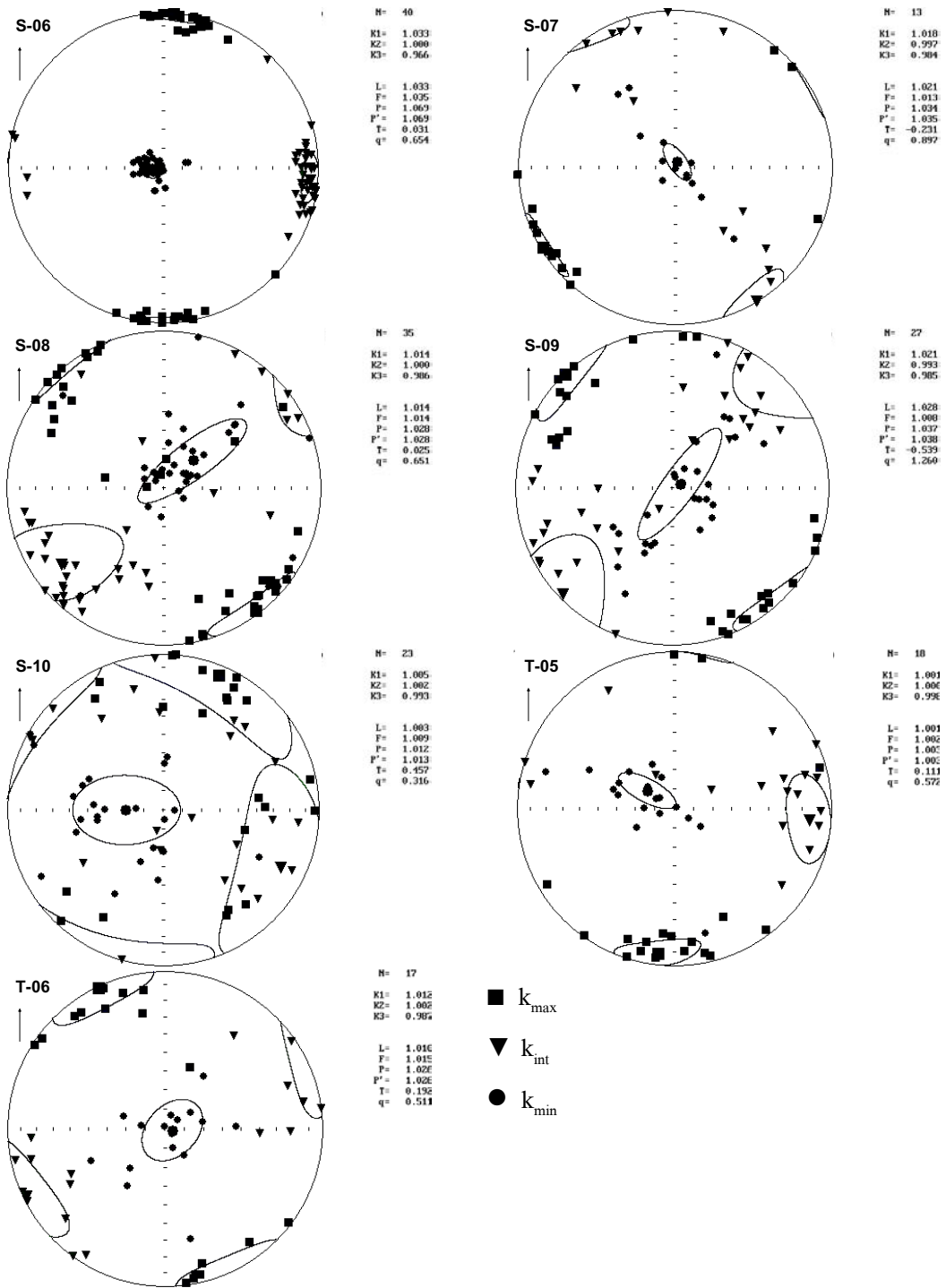
ภาพประกอบ 3.6 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดบุรีรัมย์

(BR)

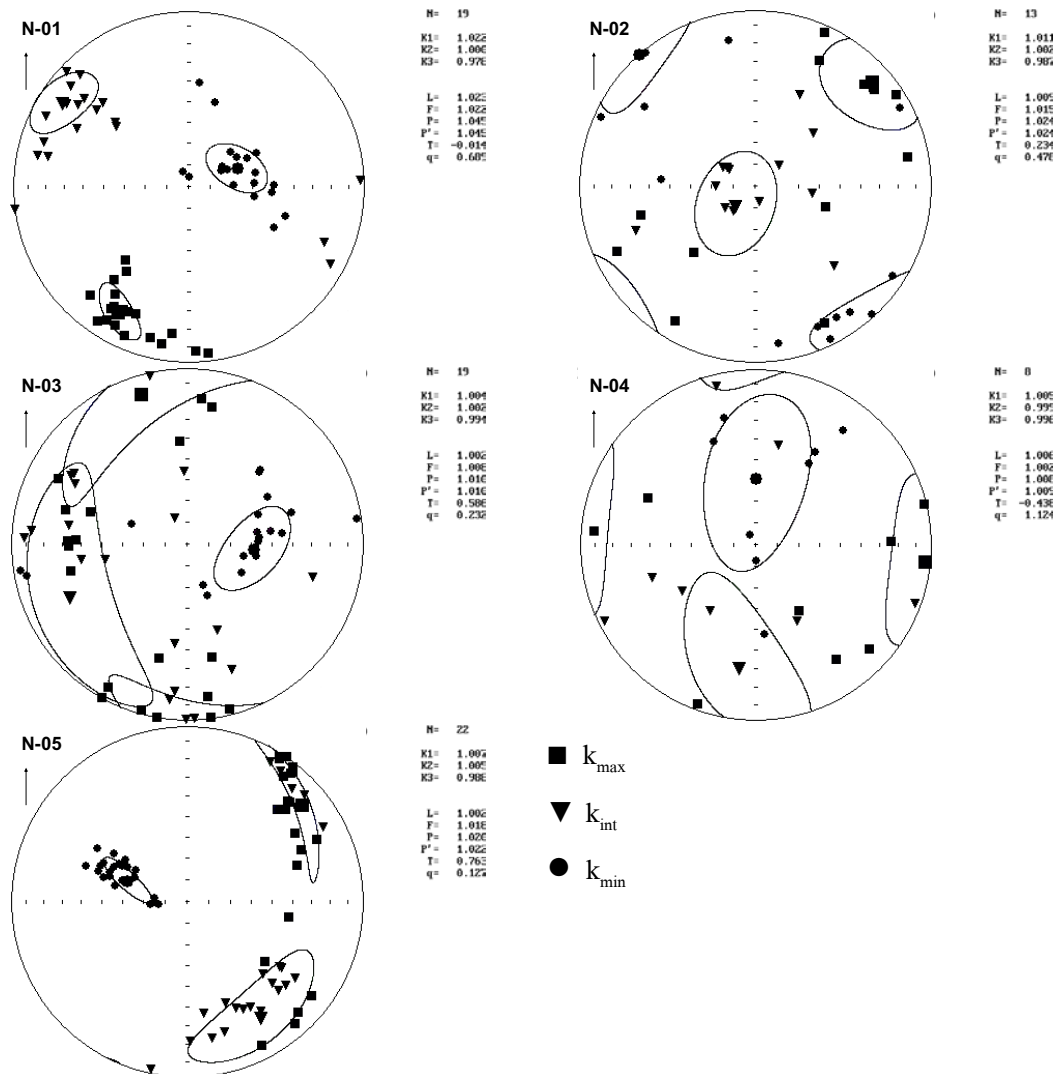


ภาพประกอบ 3.7 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดสุรินทร์

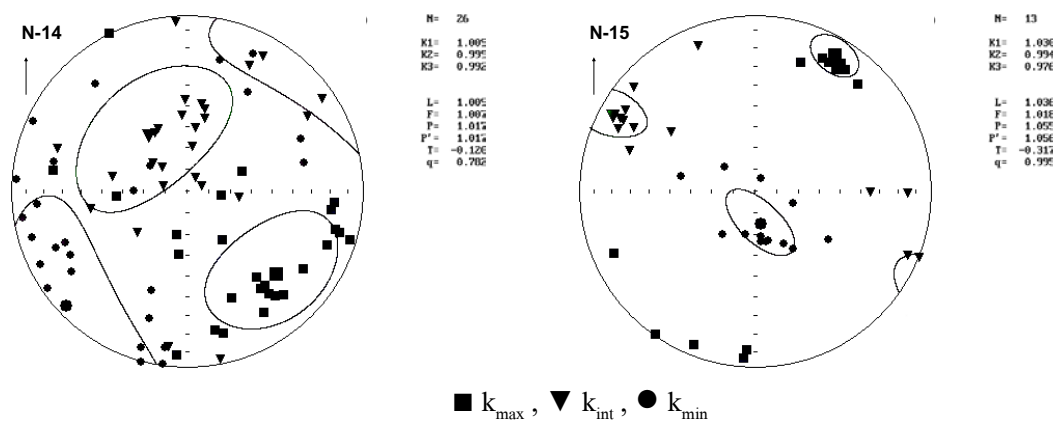
(SR)



ภาพประกอบ 3.8 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัด อุบลราชธานี - ศรีสะเกษ (UB)



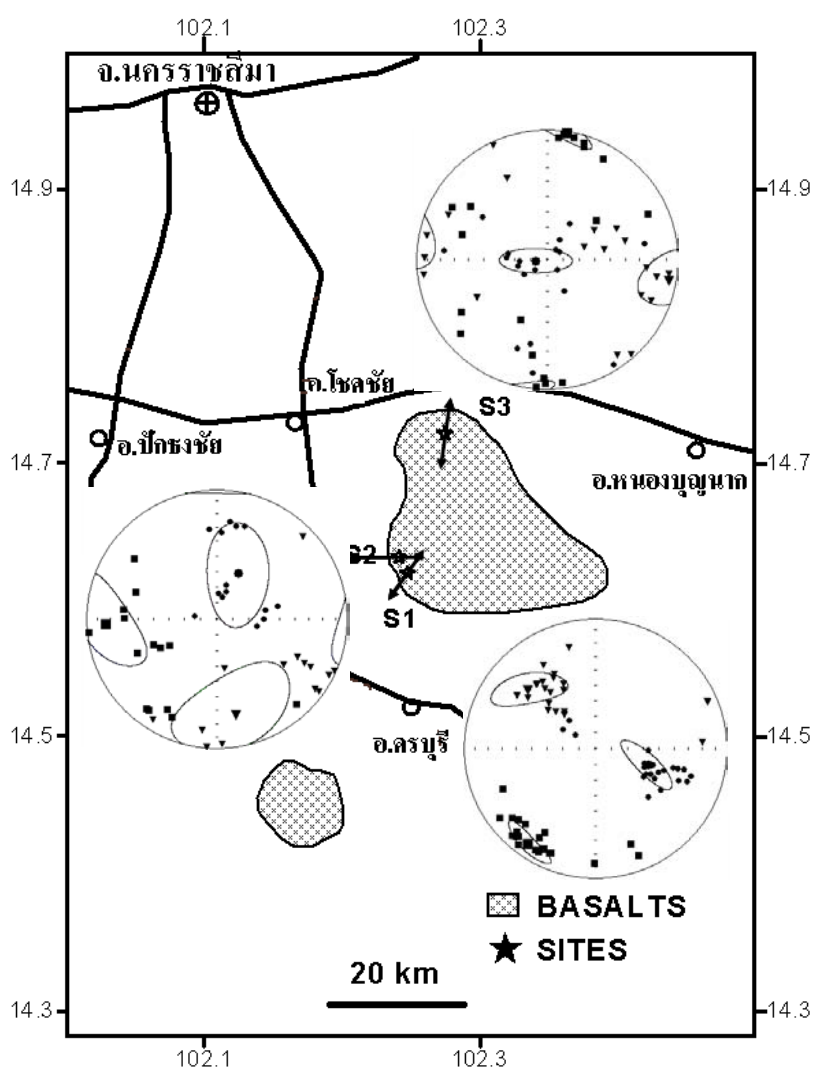
ภาพประกอบ 3.9 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์เด่นชัย (DC)



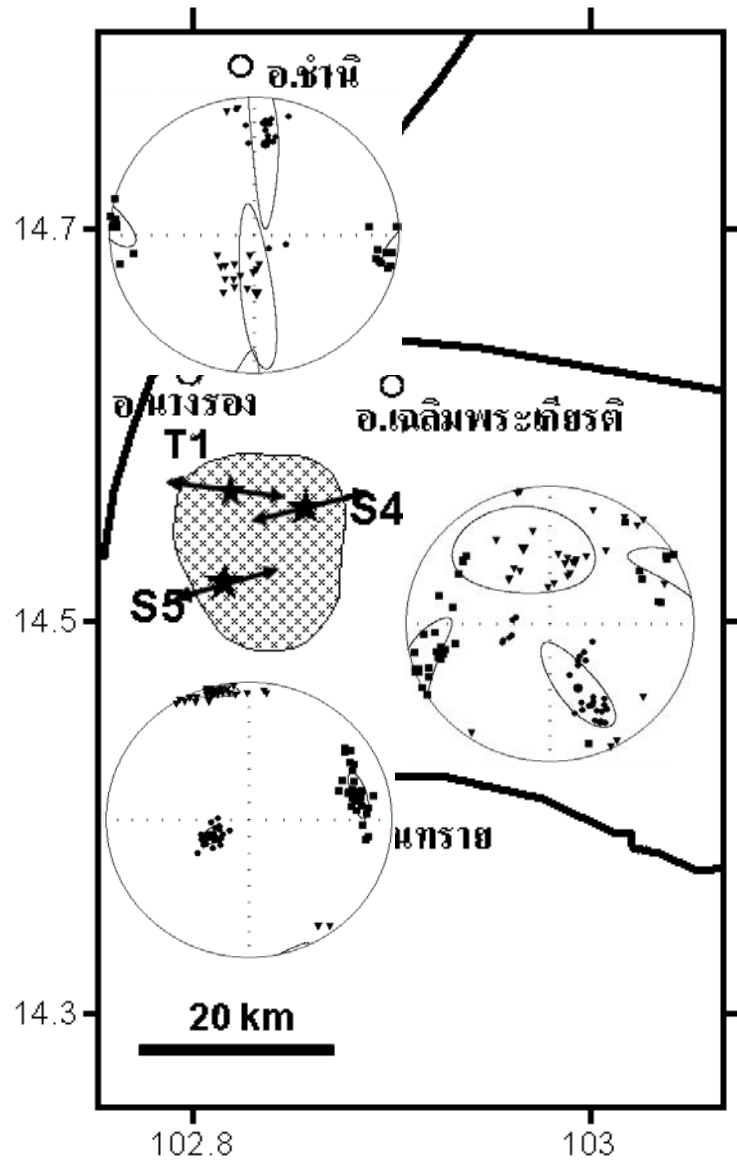
ภาพประกอบ 3.10 การกระจายทิศทางทรงรี AMS ของตัวอย่างหินบะซอลต์บ่อพลอย (BP)

3.1.4 ทิศทางการไหลของลาวาเริ่มต้นจากผลของค่า AMS

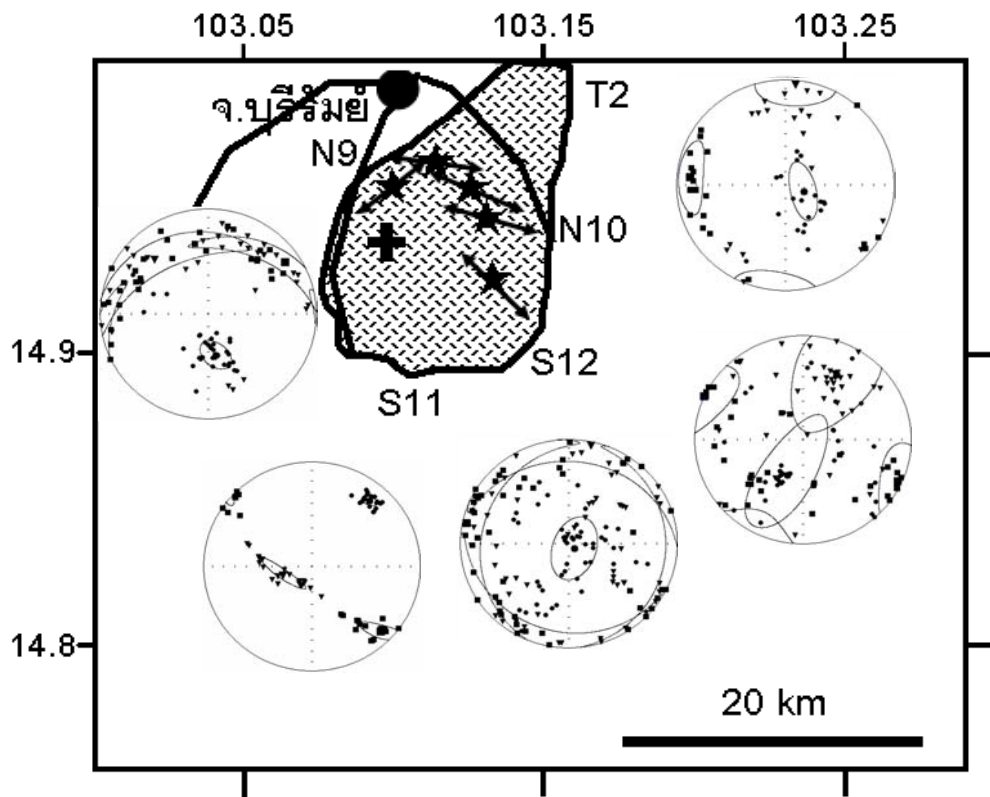
ทิศทางการวางตัวของ AMS สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายขั้นต้นถึงทิศทางการไหลของลาวาจากตัวอย่างหินบะซอลต์ โดยทั่วไปใช้ทิศของแกน k1 แสดงทิศทางที่ลาวาไหล ส่วนแกน k3 จะอยู่ในทิศตั้งฉากกับระนาบของการไหลของลาวา (Endale และ Marcia, 1999., Rixiang และคณะ, 2003) ภาพประกอบ 3.11 - 3.18 แสดงทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์ที่ศึกษา และตารางที่ 3.2 แสดงค่าของมุมบ่ายเบนและมุมเทของแกน k1 และ k3 ในแต่ละแหล่งของหินบะซอลต์ที่ศึกษา



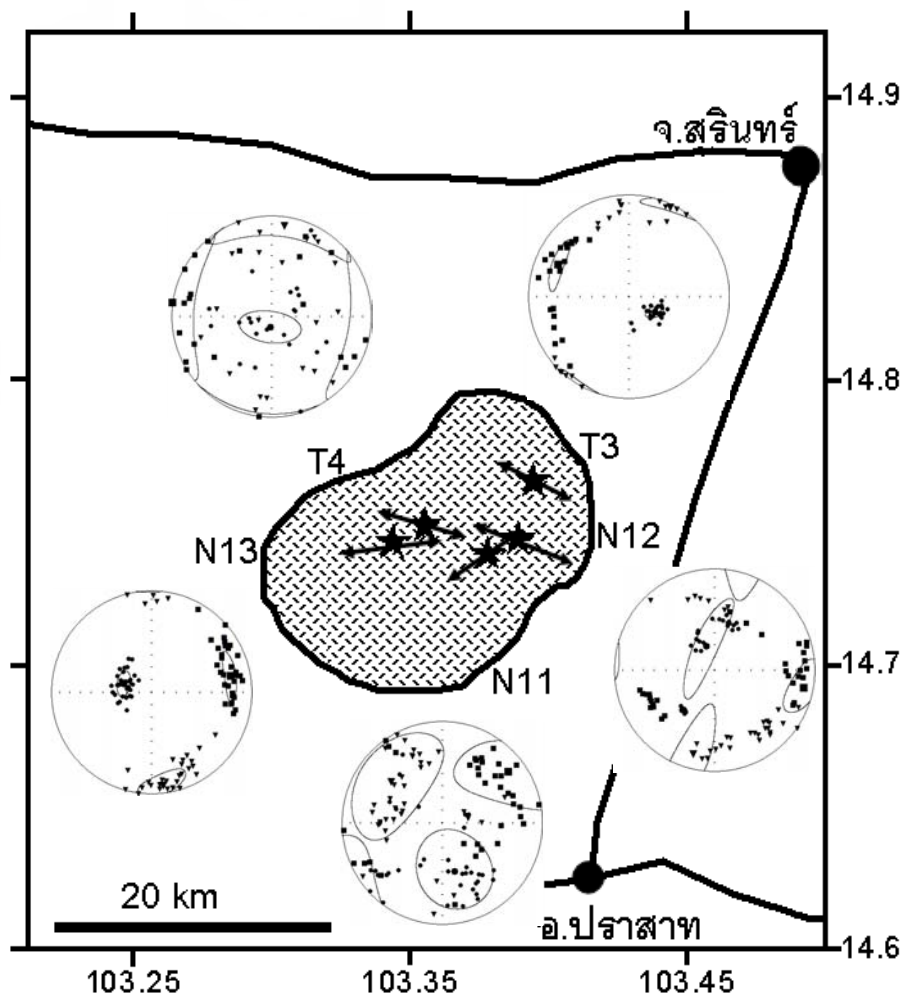
ภาพประกอบ 3.11 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์จังหวัดนครราชสีมา (ลูกศรใช้แทนทิศทางของการไหล)



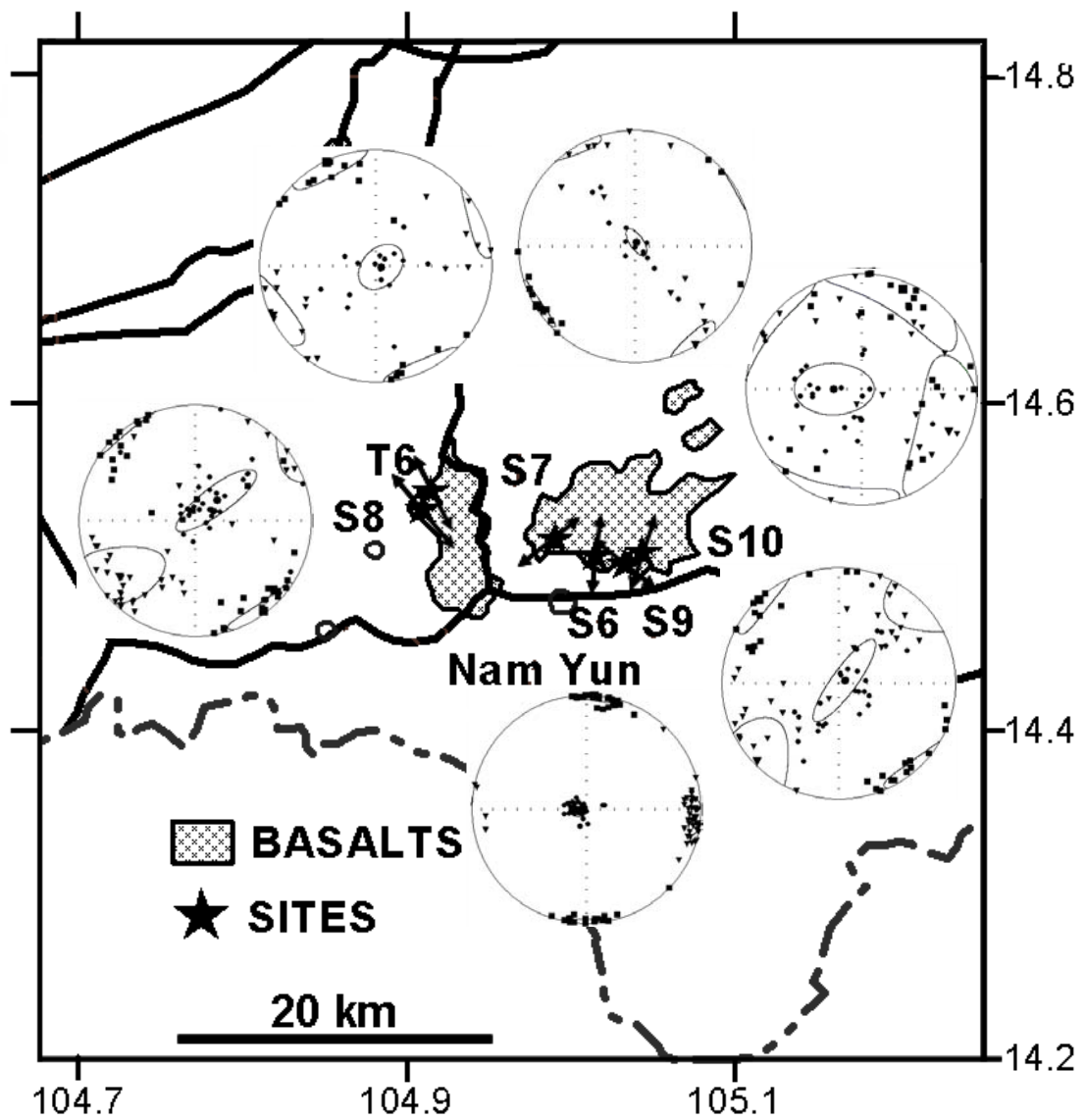
ภาพประกอบ 3.12 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณ
ภูพระอังคาร จังหวัดบุรีรัมย์ (ลูกศรชี้แทนทิศทางของการไหล)



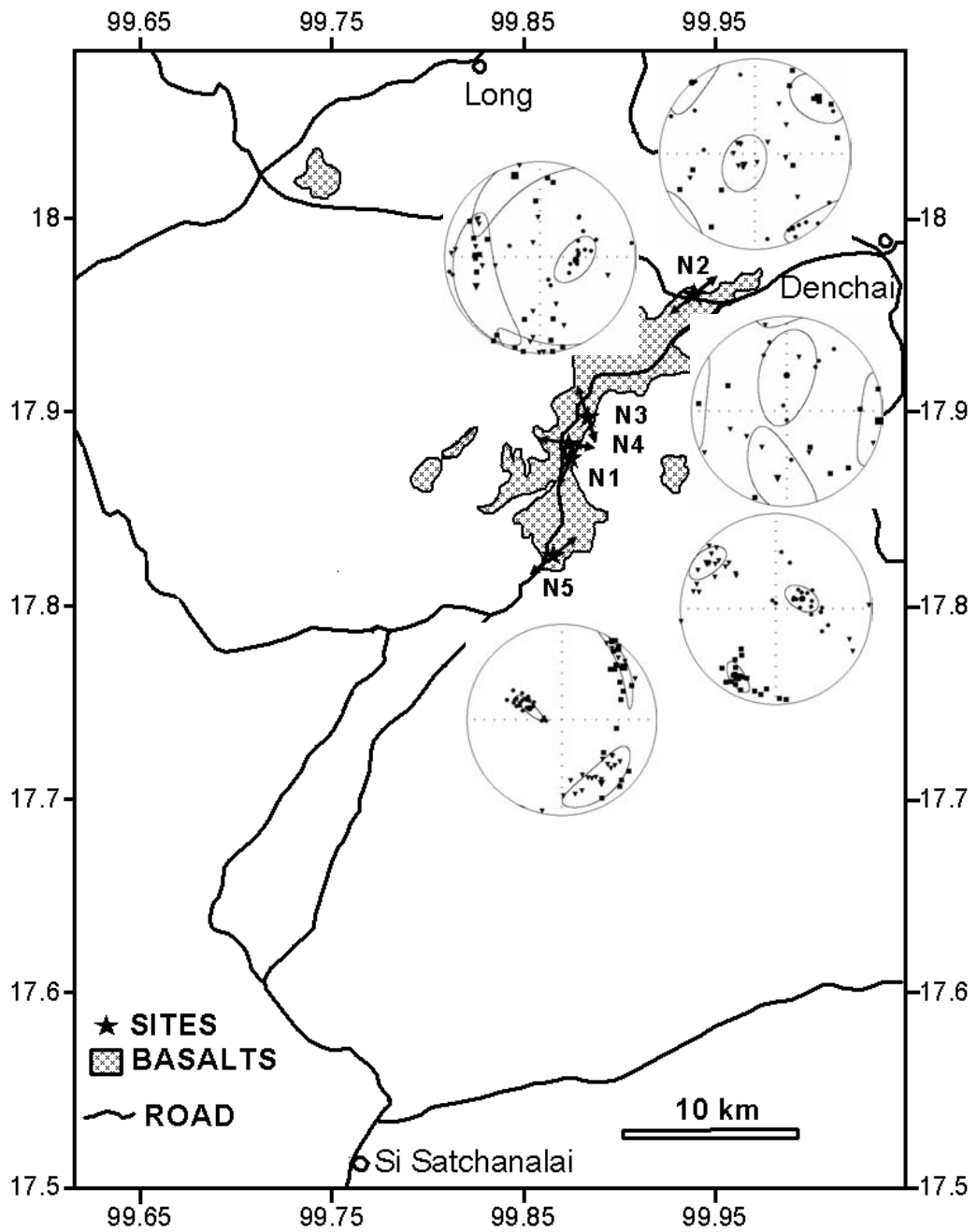
ภาพประกอบ 3.13 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณ
เขาระโดง จังหวัดบุรีรัมย์ (ลูกศรใช้แทนทิศทางของการไหล)



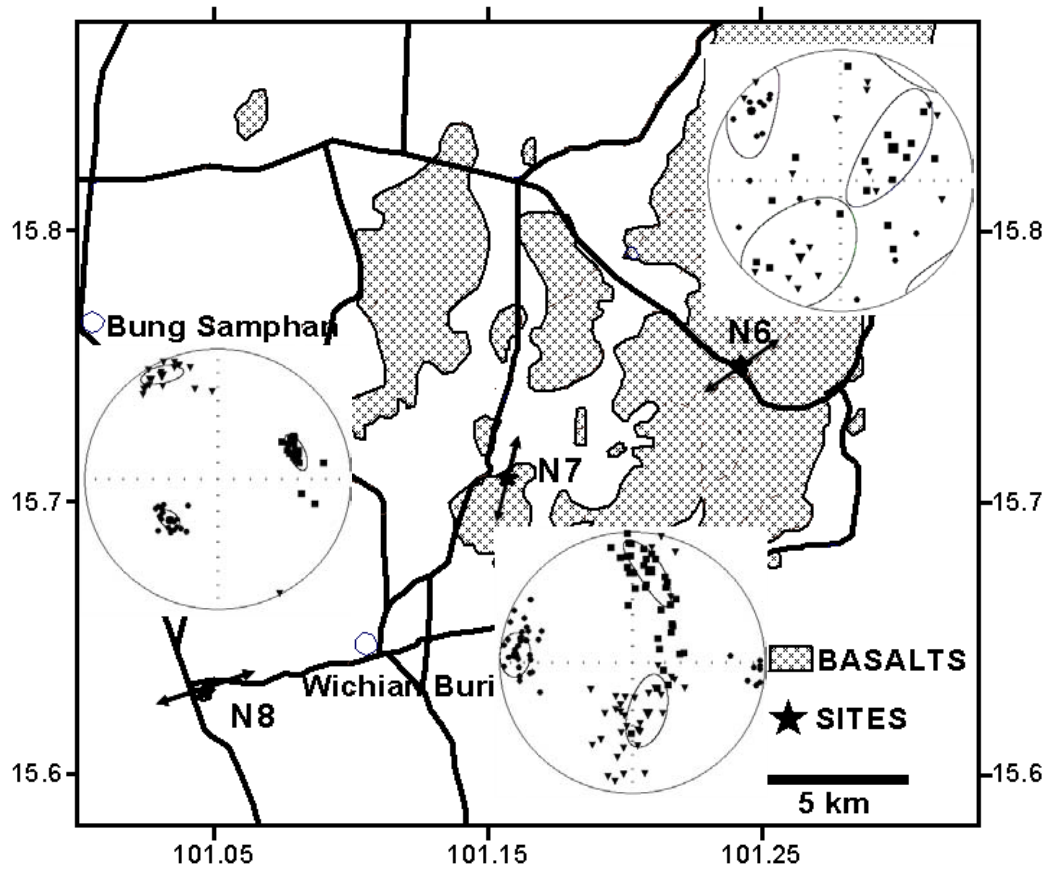
ภาพประกอบ 3.14 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณ เขาพนมสวาย จังหวัดสุรินทร์ (ลูกศรชี้แทนทิศทางของการไหล)



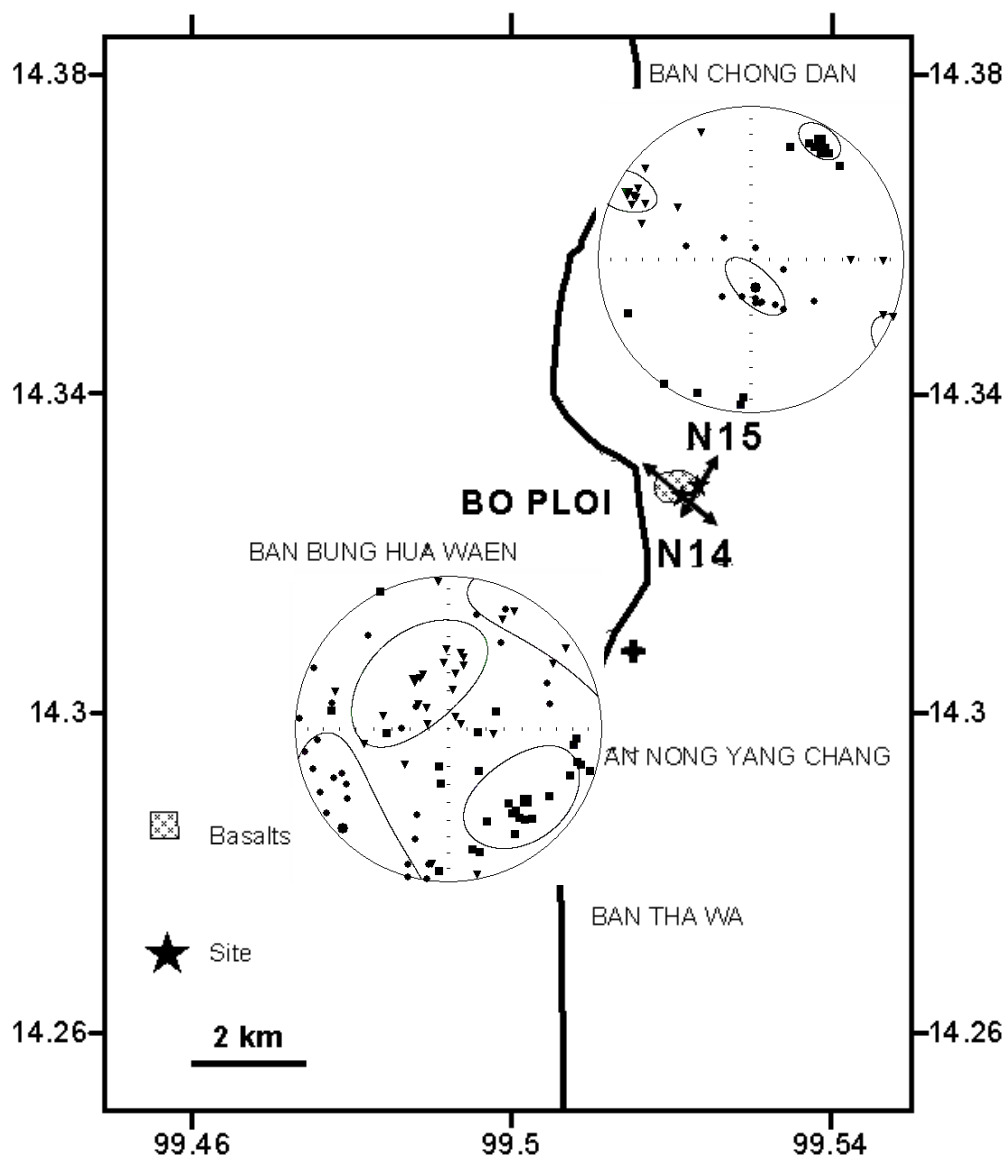
ภาพประกอบ 3.15 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณ
จังหวัดอุบลราชธานี-ศรีสะเกษ (ลูกศรชี้แทนทิศทางของการไหล)



ภาพประกอบ 3.16 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณอำเภอเด่นชัย (ลูกศรชี้แทนทิศทางของการไหล)



ภาพประกอบ 3.17 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณ อำเภอวิเชียรบุรี (ลูกศรชี้แทนทิศทางของการไหล)



ภาพประกอบ 3.18 ทิศทางการไหลของลาวาจากผลของค่า AMS ของหินบะซอลต์บริเวณอำเภอปอพลอย (ลูกศรชี้แทนทิศทางของการไหล)

ตารางที่ 3.2 The mean maximum and minimum axes of susceptibility ellipsoids.

Site	n	Maximum axes (k1)			Minimum axes (k3)		
		Dec (°)	Inc (°)	conf.angle(°)	Dec (°)	Inc (°)	conf.angle(°)
นครราชสีมา							
S1	21	214.9	11.6	14.8 / 5.5	107.4	55.7	21.8 / 6.1
S2	14	267.2	16.3	31.7 / 16.1	25.2	58.1	34.2 / 18.8
S3	19	9.0	1.9	14.6 / 5.6	263.4	82.9	22.8 / 7.6
บุรีรัมย์							
S4	29	249.8	2.2	36.9 / 9.1	157.4	48.2	33.0 / 10.3
S5	30	77.2	22.0	11.7 / 5.3	246.0	67.6	5.9 / 3.8
S11	23	134.4	11.7	20.2 / 4.3	40.3	19.0	5.2 / 3.9
S12	49	281.8	5.1	84.1 / 16.3	132.2	84.0	25.2 / 16.4
N9	33	55.4	15.0	66.4 / 8.1	169.9	57.1	13.6 / 8.7
N10	37	294.4	0.9	27.4 / 18.7	202.9	59.8	53.5 / 19.2
T1	16	273.7	4.4	16.5 / 6.6	6.7	33.8	52.2 / 6.5
T2	19	274.7	14.0	22.7 / 11.6	109.3	75.6	22.9 / 9.6
สุรินทร์							
N11	36	52.9	18.5	44.5 / 23.7	165.6	49.1	35.7 / 28.0
N12	31	101.2	10.6	20.3 / 12.4	340.7	69.8	45.1 / 9.6
N13	31	78.7	21.0	16.9 / 5.9	286.3	66.6	10.1 / 5.4
T3	21	293.9	24.2	18.7 / 5.8	120.9	65.6	7.8 / 4.2
T4	21	277.9	0.1	48.0 / 23.2	187.2	81.2	25.4 / 12.7
ศรีสะเกษ-อุบลราชธานี							
S6	40	4.0	1.1	10.0 / 4.6	263.6	84.2	5.9 / 4.8
S7	13	238.5	2.4	14.2 / 4.6	24.3	87.1	10.9 / 4.7
S8	35	142.9	2.4	20.1 / 7.9	46.8	68.9	35.2 / 9.4
S9	27	316.6	1.8	20.5 / 10.3	68.6	85.2	35.5 / 8.6
S10	23	22.6	7.9	44.2 / 20.2	269.6	70.4	28.7 / 17.8
T5	18	186.1	7.8	17.8 / 8.2	303.2	73.2	16.7 / 5.9
T6	17	334.9	2.4	21.2 / 13.6	102.2	86.0	18.1 / 12.9

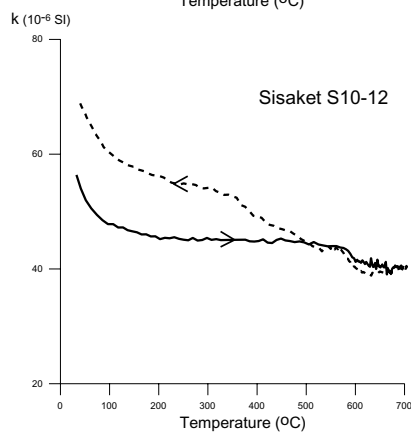
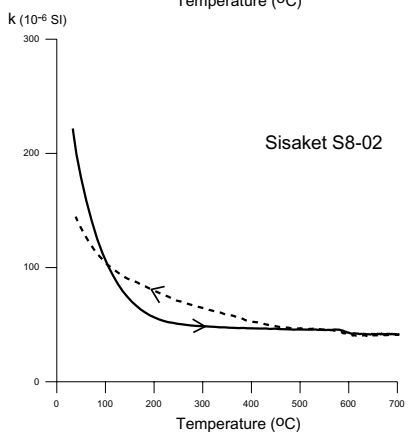
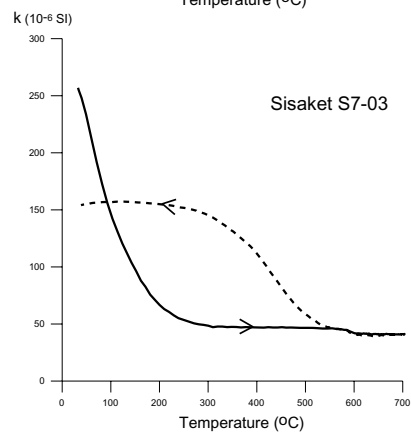
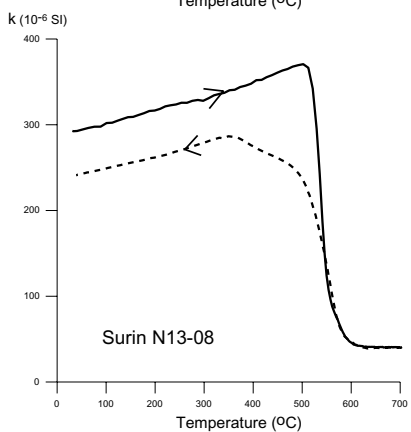
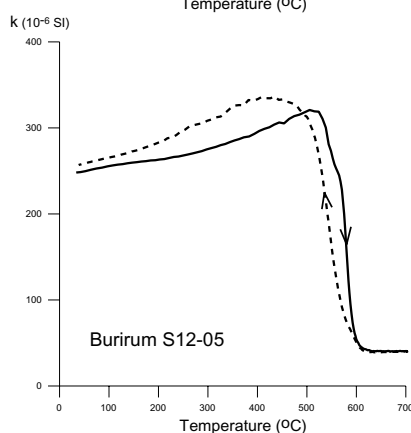
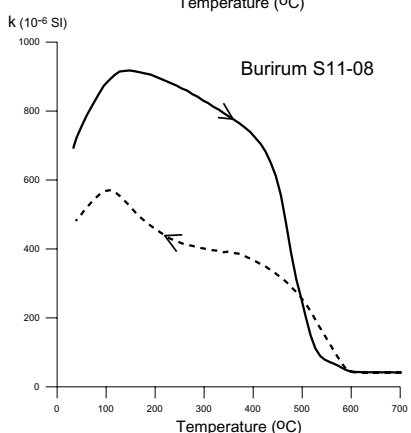
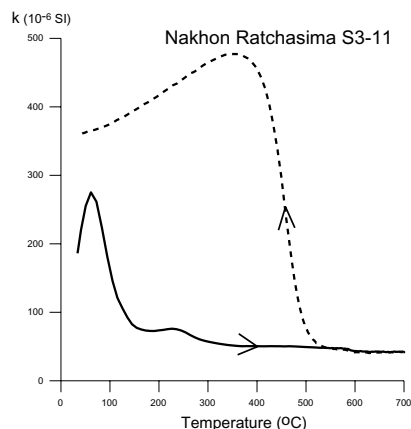
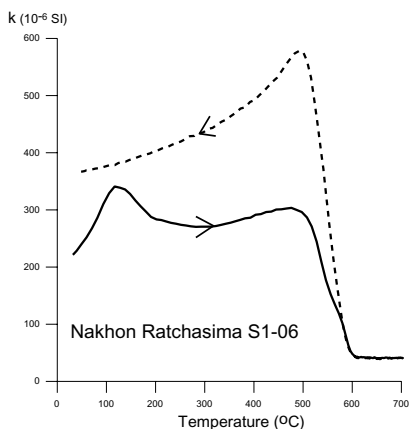
เด่นชัย							
N1	19	209.0	19.0	14.3 / 6.7	69.0	65.7	15.5 / 9.5
N2	13	48.6	12.2	24.4 / 19.3	318.5	0.3	23.8 / 14.7
N3	19	343.1	12.6	54.0 / 15.2	94.7	58.8	22.9 / 12.6
N4	8	95.9	3.4	29.7 / 20.3	0.2	59.0	44.1 / 22.7
N5	22	50.0	16.0	31.7 / 4.4	289.5	60.6	15.2 / 4.0
วิเชียรบุรี							
N6	16	58.3	51.0	44.4 / 16.0	308.5	15.3	27.7 / 15.6
N7	37	10.9	29.3	24.9 / 7.3	273.7	12.6	11.9 / 10.6
N8	17	70.9	37.4	11.0 / 5.5	229.3	50.6	6.8 / 5.1
บ่อพลอย							
N14	26	133.1	31.6	31.0 / 25.0	226.9	6.1	43.7 / 26.1
N15	13	30.5	11.6	10.5 / 9.4	170.9	75.1	20.0 / 9.3

3.1.5 ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ

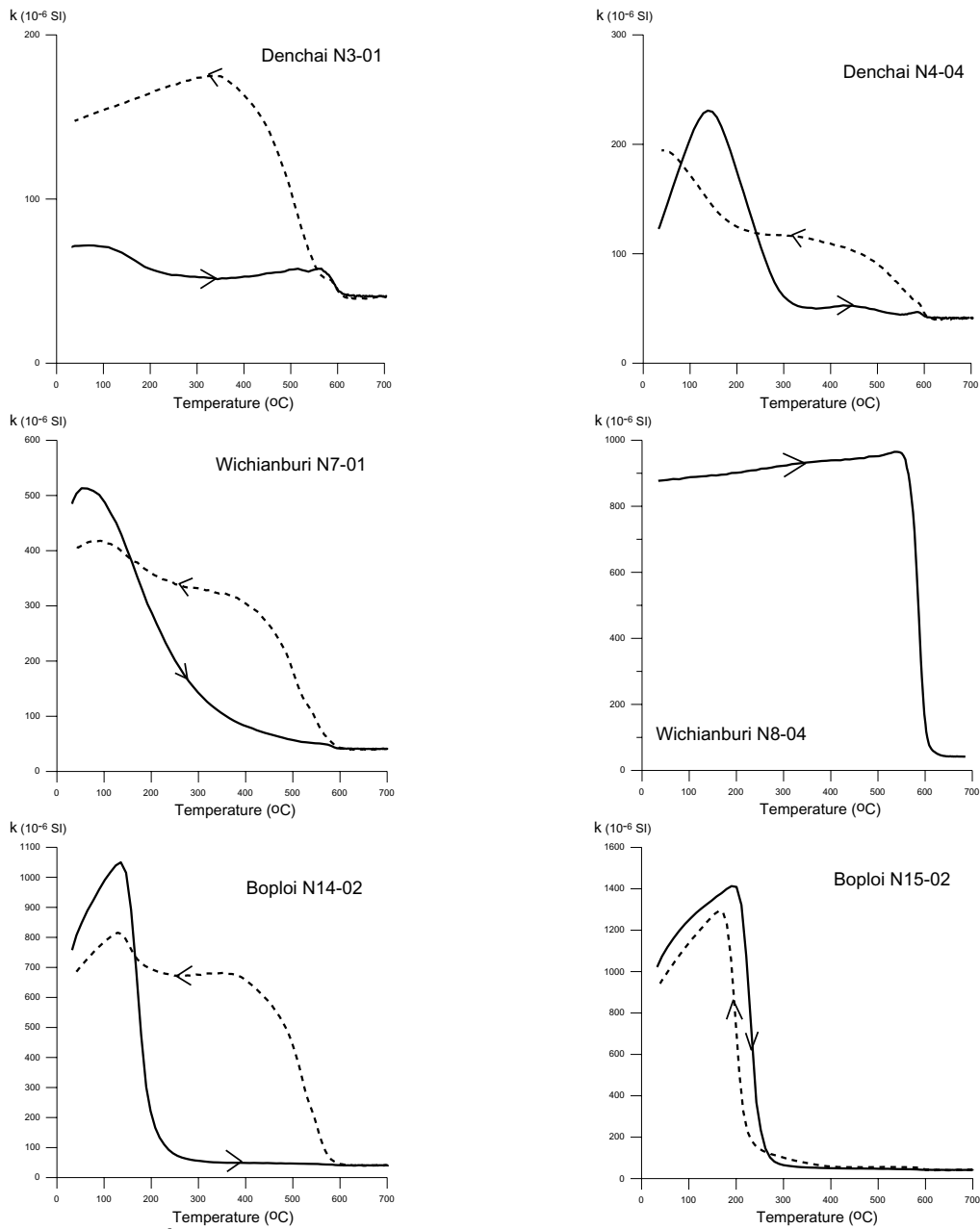
ทำการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหินผง ที่อุณหภูมิเผาตั้งแต่ 25 - 700 °C (heating cycle) และวัดขณะปล่อยให้หินเย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้องอีกครั้ง (cooling cycle) โดยวัดค่า k อย่างต่อเนื่องที่เรียกว่า thermo-magnetic experiment ซึ่งจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิคูรีของแร่เฟอร์โรแมกเนติกชนิดต่างๆที่ประกอบอยู่ในหิน และสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลง ของแร่เฟอร์โรแมกเนติกจากกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน ในระหว่างการเผาจากอุณหภูมิคูรีที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเย็นตัวกลับมาที่อุณหภูมิห้อง ดังภาพประกอบที่ 3.19 แสดงผลการทดสอบ thermo-magnetic ของหินบะซอลต์ที่ศึกษา โดยเส้นที่บจะแสดงผลในช่วงระหว่างการเผา (heating cycle) ส่วนเส้นประแสดงผลในช่วงระหว่างการปล่อยให้หินเย็นตัว (cooling cycle)

3.1.6 ผลการลบล้างแม่เหล็กไนเซชันตกค้างธรรมชาติด้วยสนามแม่เหล็กสลับ

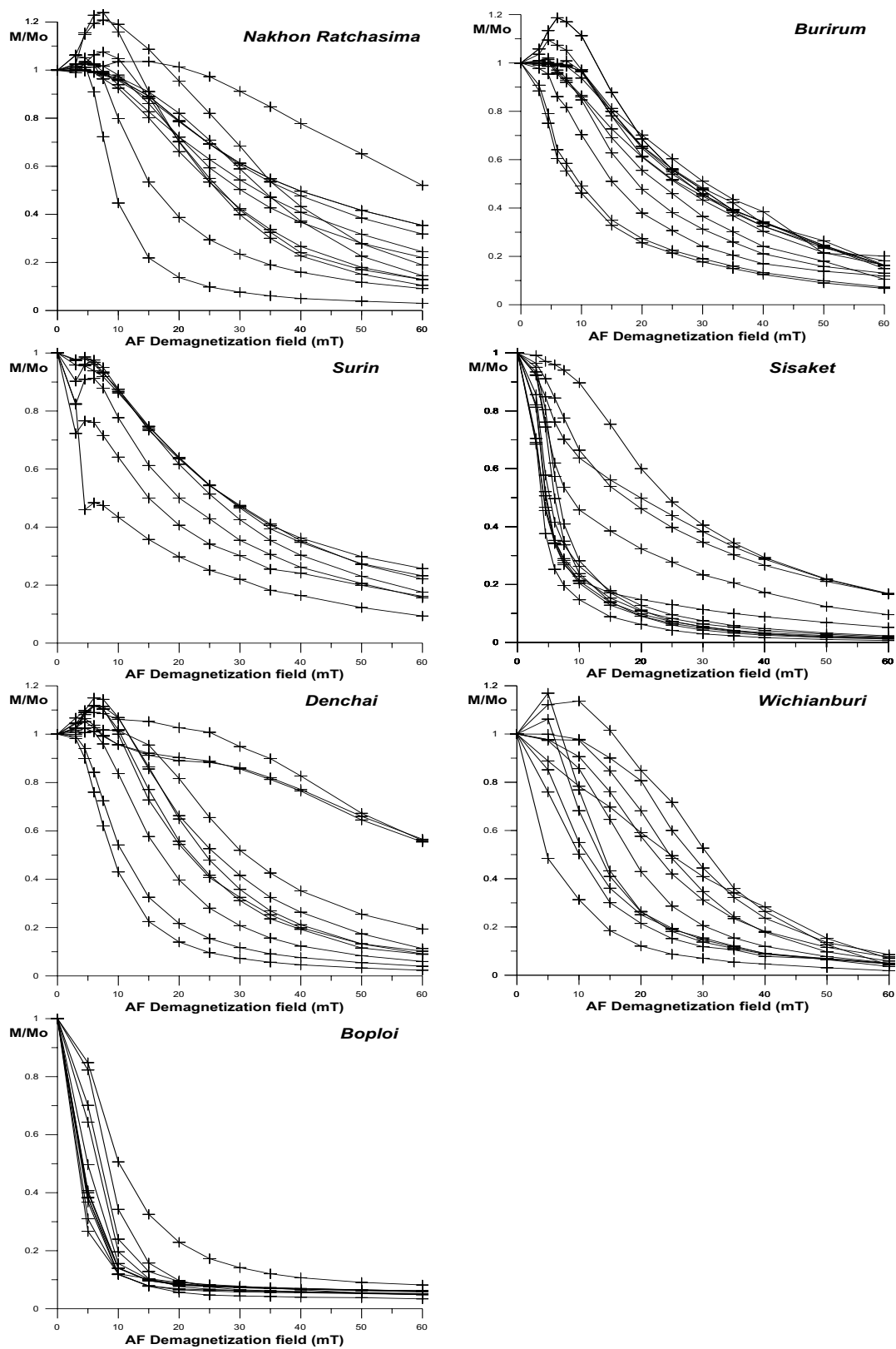
ผลการลบล้างแม่เหล็กไนเซชันตกค้างธรรมชาติหรือ NRM ของหินตัวอย่างจากแหล่งหินบะซอลต์ที่ศึกษาแสดงค่า Median Destructive Field (MDF) ซึ่งเป็นค่าความเข้มสูงสุดของสนามแม่เหล็กสลับที่ใช้ลบล้าง NRM ให้เหลือครึ่งหนึ่ง (50%) ผลการศึกษาพบว่าค่า MDF ของตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งต่างๆมีค่ากระจายระหว่าง 5 – 40 mT ซึ่งแสดงการกระจายของโดเมนแม่เหล็กตั้งแต่ขนาดเกรนระดับนาโน ได้แก่ โดเมนเดี่ยวเสถียร (SSD, stable single domain) ซึ่งมีค่า MDF สูงระดับ 40 mT ไปจนถึงเกรนแม่เหล็กระดับไมโคร ชนิดหลายโดเมน (MD, multidomain) ที่มีค่า MDF ต่ำระดับ 5 mT ซึ่งเป็นเรื่องปกติธรรมชาติของสารแม่เหล็กในหินบะซอลต์ที่จะมีขนาดเกรนแม่เหล็กกระจายกว้างขวาง เนื่องจากอิทธิพลของเวลาของการเย็นตัวช้าหรือเย็นตัวเร็ว ภาพประกอบที่ 3.20 แสดงการลบล้าง NRM ด้วยสนามแม่เหล็กสลับของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา



ภาพประกอบที่ 3.19 กราฟแสดงผลการทดสอบ thermo-magnetic ของหินปะชอลต์ที่ศึกษา



ภาพประกอบที่ 3.19 (ต่อ) กราฟแสดงผลการทดสอบ thermo-magnetic ของหินบะซอลต์ที่ศึกษา



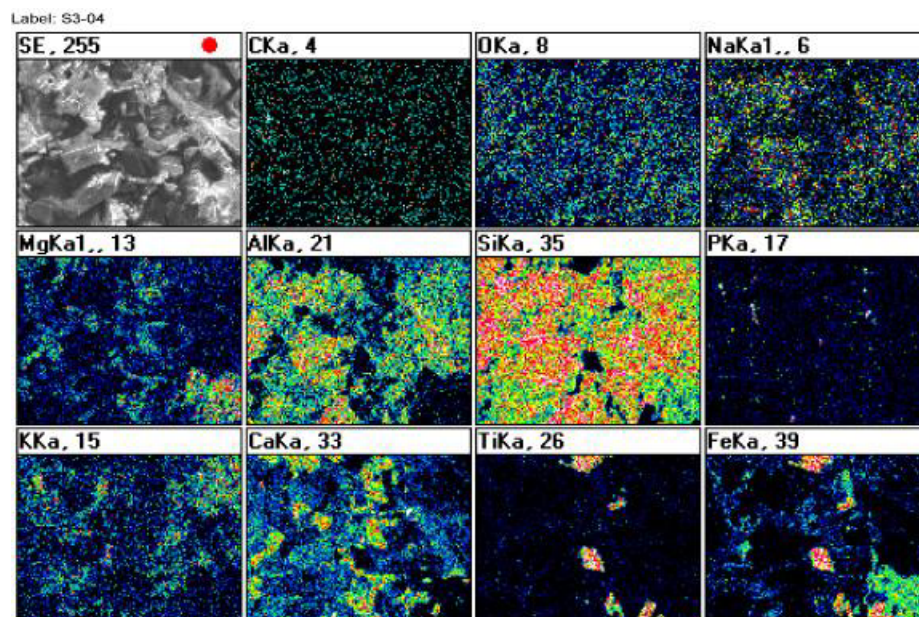
ภาพประกอบ 3.20 กราฟแสดงการลดลง NRM ด้วยสนามแม่เหล็กสลับของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษา

3.1.7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีด้วย SEM-EDS

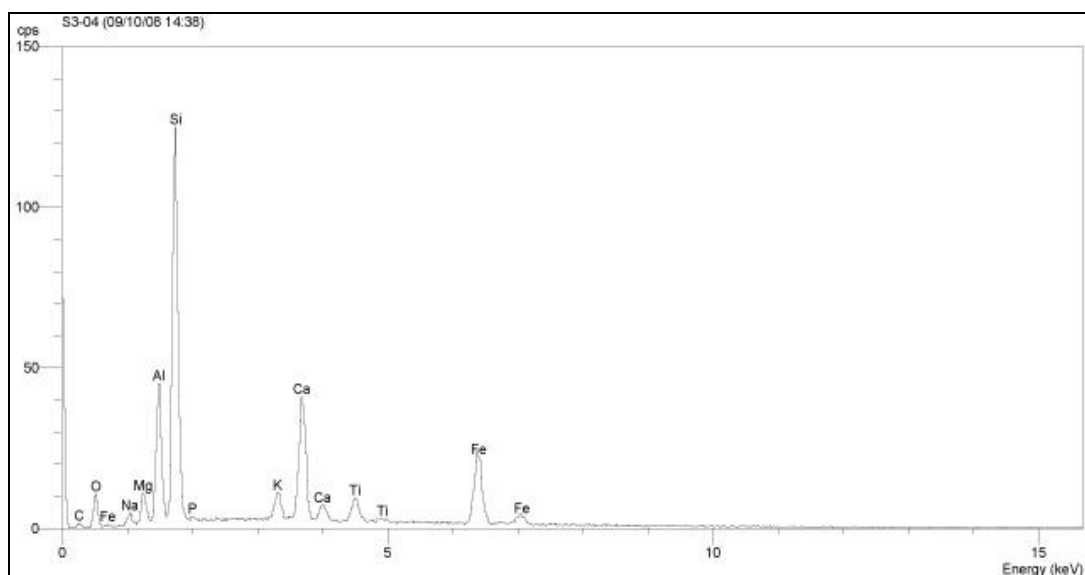
เตรียมตัวอย่างหินจากแหล่งหินบะซอลต์ที่ศึกษา เพื่อทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) และวิเคราะห์ปริมาณธาตุประกอบในหินตัวอย่างที่ระดับกำลังขยายสูงด้วยเทคนิครังสีเอกซ์เรืองด้วยระบบ SEM-EDS การวิเคราะห์ปริมาณธาตุประกอบหลักใช้เทคนิควิเคราะห์แบบกึ่งเชิงปริมาณ (semi-quantitative) เนื่องจากต้องการยืนยันการปรากฏของธาตุสำคัญบางชนิดเท่านั้น เช่น ธาตุไทเทเนียม (Ti) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแร่เฟร์โรแมกเนติกกลุ่มไททาโนแมกนีไทต์ ($\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$) ที่พบได้ทั่วไปในหินบะซอลต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีรายงานว่าหินบะซอลต์ที่สัมพันธ์กับพลอยมักจะมีปริมาณของ Ti สูง Levinson และ Cook (1994) ตารางที่ 3.3 แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุประกอบทั้งหมดในตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษาบางแหล่ง ด้วยระบบ SEM-EDS ส่วนภาพรังสีเอกซ์เรืองแสดงธาตุประกอบของผลึกแร่และภาพสเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองของธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากชั้นเดียวกัน ได้แสดงไว้ในภาพประกอบ 3.21-3.28

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุประกอบ (ในหน่วย%) ทั้งหมดของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ศึกษาบางแหล่งด้วยระบบ SEM-EDS

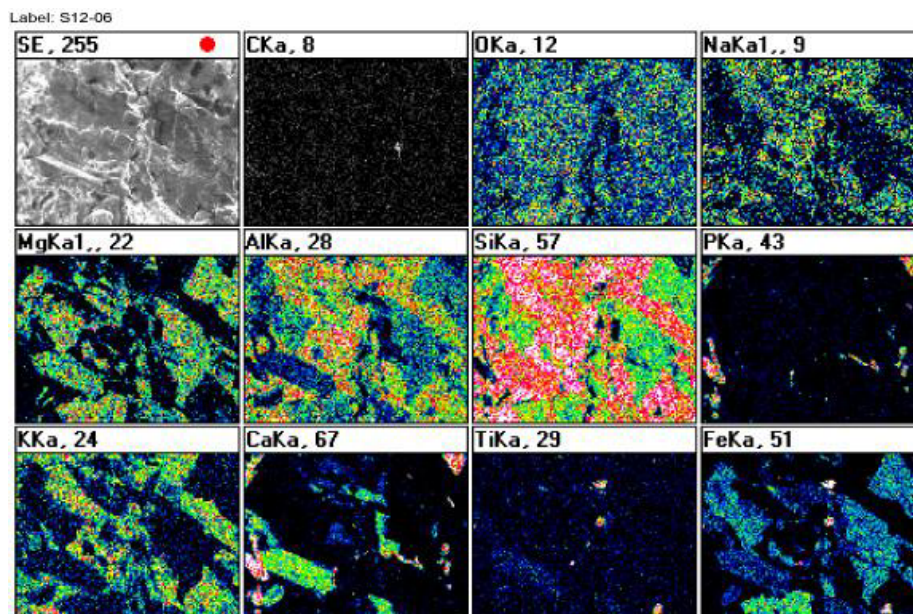
Specimen		C	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Fe
NR	S2-08	7.14	17.34	2.14	1.85	11.31	30.07	0.35	3.60	14.58	1.01	10.61
	S3-04	5.72	15.62	1.36	2.35	9.31	27.87	0.29	2.59	12.65	3.25	18.98
BR	S5-11	11.54	14.73	2.27	1.57	9.18	32.12	0.37	4.23	8.28	1.81	13.91
	S11-06	7.35	13.44	2.04	0.89	9.32	27.70	0.77	4.37	17.55	2.84	13.71
	S12-06	6.05	17.84	1.87	4.41	8.77	31.19	1.38	4.82	7.93	0.63	15.11
UB	S6-02	10.21	16.49	2.11	1.22	10.56	28.80	1.21	5.96	12.20	1.22	10.02
	S8-02	6.93	14.16	1.23	4.71	7.77	27.60	0.63	3.70	7.42	2.57	23.29
	S9-13	4.68	15.64	1.42	2.01	9.48	27.93	0.68	4.62	14.08	2.72	16.74
SR	N13-02	11.28	17.98	2.57	1.78	9.60	31.54	0.87	4.10	7.79	1.96	10.52
DC	N3-03	8.58	14.10	1.85	1.00	10.15	28.47	0.49	5.05	13.25	3.25	13.81
	N4-03	5.88	18.12	2.12	2.33	10.44	29.38	0.37	4.91	8.77	2.70	14.97
WC	N6-10	5.23	15.98	1.41	5.86	10.05	29.43	0.36	0.92	13.85	1.72	15.20
	N8-03	6.26	14.76	1.96	1.96	11.36	29.71	0.32	0.73	14.06	1.42	17.45
BP	N14-06	7.88	15.72	1.90	2.07	8.59	29.52	0.18	12.83	10.82	1.72	8.76
	N15-02	6.80	16.42	1.89	1.34	8.54	23.48	0.57	10.92	17.93	1.77	10.34



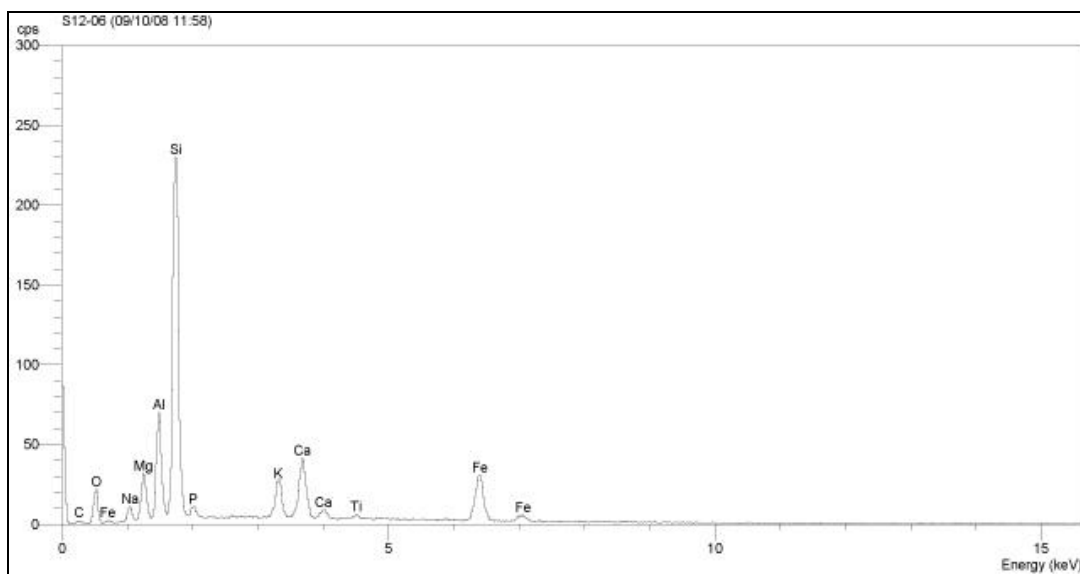
ภาพประกอบ 3.21 ภาพรังสีเอกซ์เรืองแสงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จาก นครราชสีมา (S3-04)



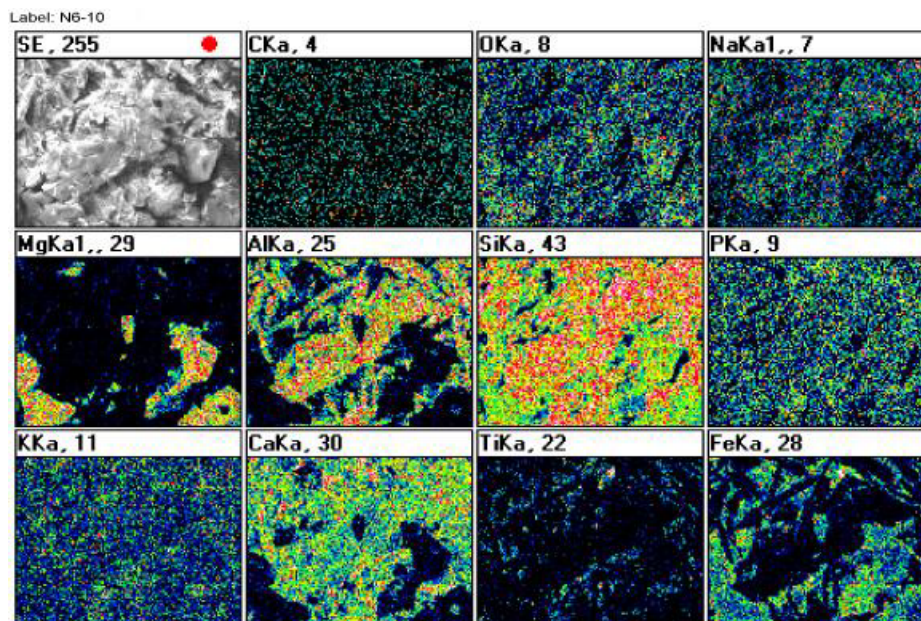
ภาพประกอบ 3.22 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองแสงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จาก นครราชสีมา (S3-04)



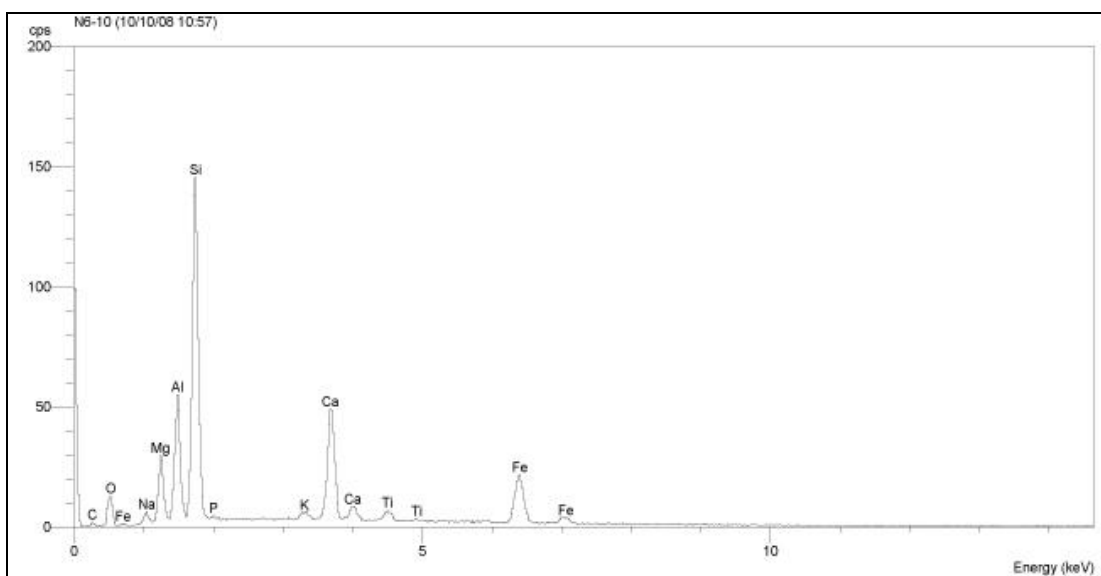
ภาพประกอบ 3.23 ภาพรังสีเอกซ์เรืองแสงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากบุรีรัมย์ (S12-06)



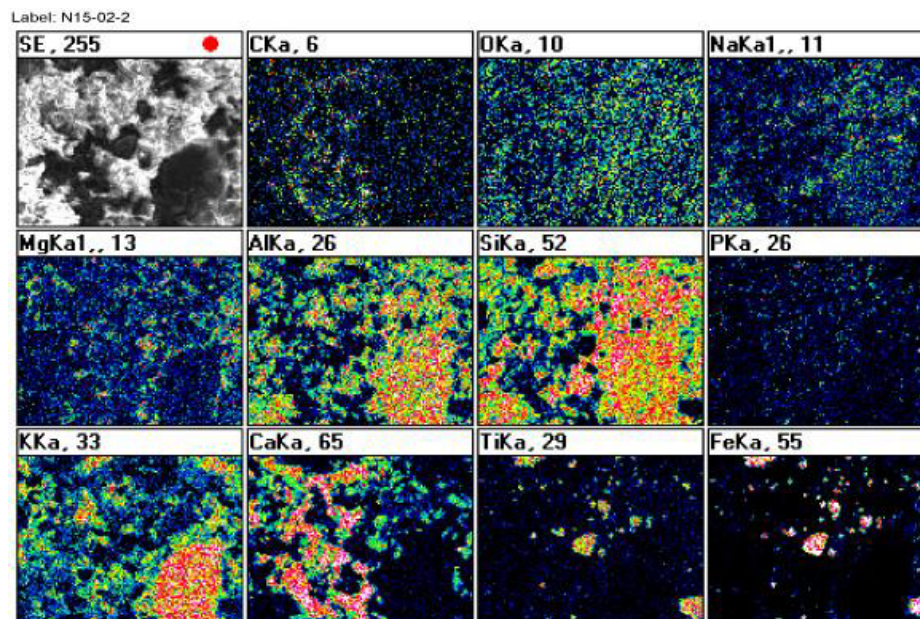
ภาพประกอบ 3.24 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองแสงของธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากบุรีรัมย์ (S12-06)



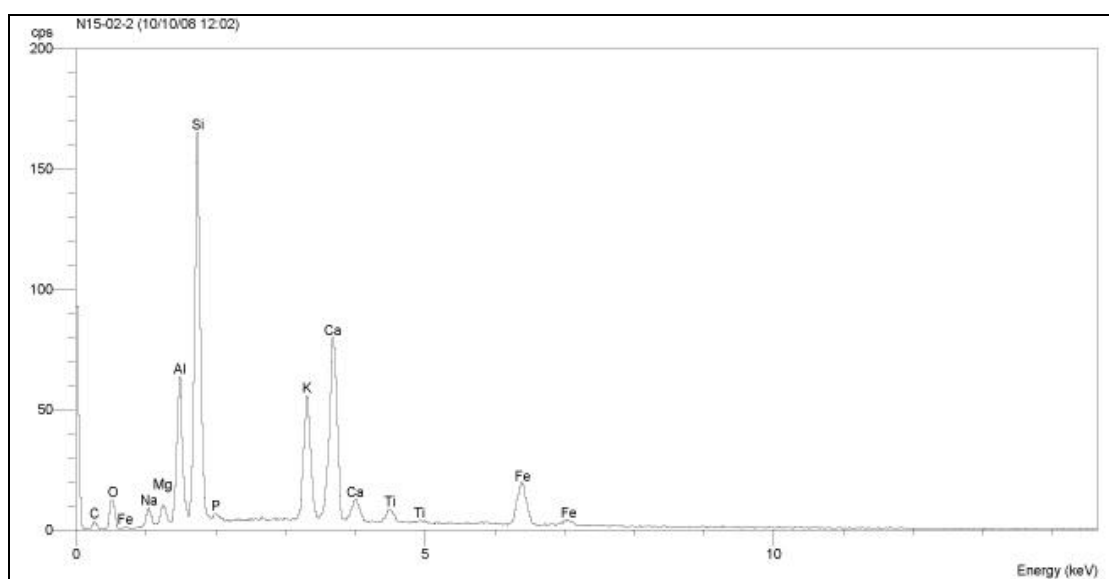
ภาพประกอบ 3.25 ภาพรังสีเอกซ์เรืองแสงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จาก
วิเชียรบุรี (N6-10)



ภาพประกอบ 3.26 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองแสงของธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์
จากวิเชียรบุรี (N6-10)



ภาพประกอบ 3.27 ภาพรังสีเอกซ์เรืองแสงธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากบ่อพลอย (N15-02)



ภาพประกอบ 3.28 สเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองแสงของธาตุประกอบของผลึกแร่ในตัวอย่างหินบะซอลต์จากบ่อพลอย (N15-02)

3.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย

3.2.1 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดนครราชสีมา (NR)

ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย (k_m) จากทั้ง 3 site (S1, S2 และ S3) มีค่าเป็น 10096, 11869 และ 4088 ($\times 10^{-6}$ SI) ตามลำดับ ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่สูงในระดับ 10^{-3} SI แสดงกลุ่มแร่เฟอร์โรแมกเนติกเป็นแร่องค์ประกอบหลักในหิน (Elming และคณะ, 2009) ซึ่งจากการกระจายของค่า k ที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัดของตัวอย่างหินจาก site S1 และ S2 กับตัวอย่างหินจาก site S3 (ภาพประกอบ 3.1) สอดคล้องกันกับค่าเฉลี่ยของค่าความหนาแน่น NRM โดยตัวอย่างจาก site S3 มีค่า NRM 6848 mA/m สูงกว่าอีก 2 site (S1 และ S2) คือ 1599 และ 1778 mA/m จึงทำให้ค่า Q-value แตกต่างกันด้วย ตัวอย่างทั้งหมดแสดงค่า Q-value สูง โดย site S1 มีค่า 3.96 และ site S2 มีค่า 3.75 ส่วนตัวอย่างจาก site S3 นั้นมีค่ามากกว่าสองจุดแรกคือ 41.88 ซึ่งทั้งหมดมีค่ามากกว่า 1 (Q-value >1) แสดงถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูง (high stability of NRM)(ภาพประกอบ 3.2)

ค่าแอนไอโซทรอปีของสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (ภาพประกอบ 3.3) ตัวอย่างหินจากนครราชสีมา มีค่า P_j เฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.01 - 1.03 หรือ 1-3% แสดงถึงความเป็นแอนไอโซทรอปีที่ต่ำ ส่วนค่า Shape factor T ที่ใช้แสดงลักษณะทรงรีของ AMS ตัวอย่างจาก site S1 และ site S2 ส่วนใหญ่จะมีค่ามากกว่าศูนย์ ($T > 0$) ซึ่งจะแสดงลักษณะทรงรีของ AMS แบบแบนที่ขี้ (oblate ellipsoid) ส่วนใน site S3 ตัวอย่าง 74% แสดงทรงรีของ AMS แบบยาวรี ($T < 0$, prolate ellipsoid) ทิศทางการวางตัวของทรงรีของค่า k (susceptibility ellipsoid) ของแต่ละชิ้นตัวอย่างโดยการแสดงทิศทางของแกนหลัก 3 แกน คือ k_{max} (■), k_{int} (▼) และ k_{min} (●) บนกราฟสเตอริโอกราฟิก จากภาพประกอบ 3.4 ทรงรี AMS ของตัวอย่างหินจาก site S1 แสดงลักษณะการกระจายตัวเฉพาะแบบ 3 แกน (triaxial) คือ ค่าแต่ละแกนหลักจับกลุ่มกันอย่างดีและแยกออกจากกันอย่างชัดเจน (Tarling and Hrouda, 1993) โดยในตัวอย่างนี้มีทิศทางของแกนหลักของค่า k จับกลุ่มกันดี โดยมีขอบเขตวงรีที่แสดงระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ไม่โตมากนัก มีทิศทางเฉลี่ยแกน k_{max} อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และทำมุมขนานกับแนวราบเล็กน้อย แสดงลักษณะการไหลของลาวา ในทิศ NE-SW คาดว่าจะอยู่ห่างจากบริเวณปล่องศูนย์กลาง (vent) ก่อนที่จะเย็นตัว ส่วนตัวอย่างจาก site S2 และ S3 มีทิศทางแกนหลักของค่า k ค่อนข้างกระจายตัว

จากชิ้นตัวอย่าง site S2 เมื่อทำการลบล้างด้วยวิธี AF พบว่าสามารถลบล้างความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างได้ครึ่งหนึ่งหรือ 50% (median destructive fields, MDF) ที่สนามแม่เหล็กสูงประมาณ 25-40 mT ซึ่งถือว่ามีค่า coercivity (H_c) ในระดับปานกลางถึงสูง (ภาพประกอบ 3.20) และยังคงเหลือความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างอีก 20% แม้จะใช้สนามที่

60 mT แล้วก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับค่า Q-value จากตัวอย่างหิน site S2 ที่มีค่าสูงจึงทำให้มีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูงเช่นกัน จากการลบสิ่งความเข้มของแมกนีไทเทซันดค้ำ (MDF=25-40 mT) แสดงถึงลักษณะของโดเมนแม่เหล็กแบบโดเมนเดี่ยว (single domain grain, SD) หรือแบบโดเมนเดี่ยวเทียม (pseudo-single domain, PSD) (Dunlop and Özdemir, 1997) ซึ่งตัวอย่างหินจาก site S1 เมื่อทดสอบ thermo-magnetic ปรากฏว่าค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กจะค่อยๆลดลงที่อุณหภูมิประมาณ 200 °C และลดลงอีกช่วงหนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 580 °C (ภาพประกอบ 3.19) ซึ่งทำให้คาดว่าแร่แม่เหล็กที่เป็นแร่ประกอบในตัวอย่างหิน น่าจะมีแร่ไททาโนแมกนีไทด์และแร่แมกนีไทด์ (Fe_3O_4) (Dunlop and Ozdemir, 1997) ซึ่งจากอุณหภูมิคูรีประมาณ 200 °C นี้ น่าจะมีแร่ไททาโนแมกนีไทด์ ($\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$) ที่ค่า $x=0.5$ (Dunlop and Özdemir, 1997) และจากกราฟจะเห็นว่าระหว่างการเย็นตัวของหินค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขององค์ประกอบของแร่ประกอบในหินตัวอย่างอันเกิดจากความร้อนจึงทำให้มีแร่แม่เหล็กเกิดขึ้นใหม่ ส่วนตัวอย่างหินจาก site S3 ค่า k ลดต่ำลงที่อุณหภูมิคูรีประมาณ 150 °C แสดงว่าเป็นแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทด์ ($\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$) ที่ค่า $x=0.6$ (TM60) และจากภาพรังสีเอกซ์เรือง (ภาพประกอบ 3.21) แสดง Fe และ Ti ในผลึกแร่เดียวกัน ข้อมูลรังสีเอกซ์เรือง (ตารางที่ 3.3) แสดงปริมาณ Ti ในหินตัวอย่างเท่ากับ 3.25% และระหว่างการเย็นตัวค่า k เพิ่มขึ้นแสดงการเกิดแร่แมกนีไทด์จากการออกซิเดชันของ TM60 แหล่งหินบะซอลต์นครราชสีมาไม่เคยมีประวัติที่สัมพันธ์กับแร่พลอย

สรุปแหล่งหินบะซอลต์นครราชสีมาจากทั้ง 3 sites แสดงสมบัติของแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทด์และแร่แมกนีไทด์ เป็นแร่เฟอร์โรแมกเนติกหลักในหินบะซอลต์

3.2.2 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดบุรีรัมย์ (BR)

ตัวอย่างหินจากแหล่งหินในบุรีรัมย์เก็บจากสองบริเวณที่ต่างกันคือ บริเวณภูพระอังคาร 3 sites (S4, S5 และ T1) ตัวอย่างหินบริเวณภูพระอังคารแสดงลักษณะหินบะซอลต์แบบโครงสร้างรูปเสาเหลี่ยม (columnar) และอีกบริเวณคือเขากระโดงจำนวน 5 sites (S11, S12, N9, N10 และ T2) ผลการทดสอบตัวอย่างหินจาก site S4, S5 และ T1 ให้ค่า k เฉลี่ยอยู่ในช่วง 2579 ถึง 3350 ($\times 10^{-6}$ SI) ซึ่งมีค่าที่น้อยกว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างหินบริเวณเขากระโดง ที่มีค่า k เฉลี่ยอยู่ในช่วง 13045 ถึง 34440 ($\times 10^{-6}$ SI) นอกจากนี้ค่าเฉลี่ย NRM ก็มีค่าที่ต่างกันด้วยโดยตัวอย่างหินบริเวณภูพระอังคาร site S4, S5 และ T1 มีค่าน้อยเช่นกัน คือ มีค่า 223, 164 และ 425 mA/m ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างหินจากเขากระโดงมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2753 ถึง 6397 mA/m ในส่วนของค่า Q-value ของตัวอย่างหินมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.40 ถึง 8.54 จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่จะมีค่าที่มากกว่า 1 ซึ่ง

แสดงถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูง (high stability of NRM) เช่นกัน ยกเว้นบางชิ้นตัวอย่าง จาก site S5 ที่มีเสถียรภาพทางแม่เหล็กต่ำ ($Q\text{-value} < 0$) (ภาพประกอบ 3.2)

ในส่วนของกราฟ Pj-T ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดบุรีรัมย์ (ภาพประกอบ 3.3) ส่วนใหญ่จะแสดงลักษณะทรงรีของ AMS แบบแบนที่ขี้ว (oblate ellipsoid) ($T > 0$) โดย 100% ของตัวอย่างหินจาก site S5 และ S11 มีค่า $T > 0$ ส่วนตัวอย่างจาก site N10, T1 และ T2 มีค่าส่วนใหญ่ที่น้อยกว่าศูนย์จึงแสดงลักษณะทรงรีของ AMS แบบยาวรี (prolate ellipsoid) ส่วนค่าเฉลี่ย Pj ของตัวอย่างหินเกือบทั้งหมดมีค่าที่น้อยกว่า 4% ($P_j < 1.04$) ยกเว้นเพียง 5 ชิ้นตัวอย่างของหินจาก site S5 ที่มีค่า Pj มากกว่า 6% ทิศทางการวางตัวของทรงรี AMS ของหินบะซอลต์จากบุรีรัมย์ (ภาพประกอบ 3.6) แสดงลักษณะเฉพาะแบบส้อมในตัวอย่างจาก site S4, S12, N10, T1 และ T2 ตัวอย่างหินจาก site S5 แสดงลักษณะเฉพาะแบบ 3 แกน (triaxial) โดยทิศทางของแกนหลักของค่า k จับกลุ่มกันดี โดยมีขอบเขตวงรีที่แสดงระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ไม่โตมากนัก มีทิศทางเฉลี่ยแกน k_{\max} อยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก และทำมุมขนานกับแนวราบเล็กน้อย แสดงลักษณะการไหลของลาวาในทิศ E-W คาดว่าจะอยู่ห่างจากบริเวณปล่องศูนย์กลาง (vent) ก่อนที่จะเย็นตัว ส่วนตัวอย่างจาก site S11 และ N9 แสดงลักษณะແຈກແຈງแบบ girdle โดย k_{\max} และ k_{\min} กระจายตัวผสมกันอย่างดีในแนวเส้นรอบวงกลม ขณะที่ k_{\min} จับกลุ่มกันอย่างดีและมีทิศตั้งฉากกับแกน k_{\max} และ k_{int} (Tarling and Hrouda, 1993) โดยตัวอย่างจาก site S11 ทิศทางเฉลี่ยแกน k_{\min} อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และแกน k_{\max} และ k_{int} อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ แสดงลักษณะการไหลของลาวาในแนว NW-SE ส่วนตัวอย่างจาก site N9 ทิศทางเฉลี่ยแกน k_{\min} อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ และทำมุมประมาณ 60 องศา กับแนวราบ แสดงลักษณะการไหลของลาวาไม่ไกลจากบริเวณปล่องศูนย์กลางมากนัก (ภาพประกอบ 3.12 และ 3.13)

ตัวอย่างหินจาก site S12 เมื่อนำมาทดสอบ thermo-magnetic ปรากฏว่าค่า k ค่อยๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแล้วลดลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ภาพประกอบ 3.19) ซึ่งคาดว่าแร่แม่เหล็กประกอบในตัวอย่างหินน่าจะเป็นแร่แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หาธาตุประกอบในตัวอย่างหินที่พบธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (ภาพประกอบ 3.21) และเมื่อทำการลบล้างด้วยวิธี AF พบว่าตัวอย่างหินบะซอลต์จาก site S12 มีค่า MDF ที่สนามแม่เหล็กสูงประมาณ 30-40 mT ซึ่งถือว่ามีค่า coercivity (Hc) ในระดับปานกลางถึงสูง (ภาพประกอบ 3.20) และเมื่อใช้สนามที่ 60 mT ก็ยังคงเหลือความเข้มของแมกนีไทต์ขนาดค้างอีก 10% แสดงถึงลักษณะของโดเมนแม่เหล็กแบบโดเมนเดี่ยว (SD) หรือแบบโดเมนเดี่ยวเทียม (PSD) (Dunlop and Özdemir, 1997) และเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Q-value จากตัวอย่างหิน site S12 คือ 5.93 ที่มีค่าสูง

เช่นกันจึงทำให้มีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูง (high stability of remanence) ส่วนตัวอย่างจาก site S11 เมื่อทดสอบ thermo-magnetic มีค่า k ค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเล็กน้อยจนถึงค่าสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ แล้วค่อยๆลดลงอย่างช้าๆจนถึงอุณหภูมิ $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ภาพประกอบ 3.19) แสดงอุณหภูมิคูรีของแร่ไททานอแมกนีไทต์ TM0-TM60 และค่า k ลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงค่าต่ำสุดที่อุณหภูมิประมาณ $580\text{ }^{\circ}\text{C}$ แสดงอุณหภูมิคูรีของแร่แมกนีไทต์ ข้อมูลรังสีเอกซ์เรือง (ตารางที่ 3.3) แสดงปริมาณ Ti ในหินตัวอย่างเท่ากับ 2.84% โดยปรากฏ Fe และ Ti อยู่ในผลึกแร่เดียวกัน ยืนยันการปรากฏของแร่ไททานอแมกนีไทต์ ในระหว่างการเย็นตัวค่า k เพิ่มสูงขึ้นที่อุณหภูมิคูรีของแร่แมกนีไทต์ ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) ประมาณ $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยค่า k ตลอดช่วงการเย็นตัวจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง แสดงว่าไททานอแมกนีไทต์เกิดการออกซิเดชันไปเป็นแมกนีไทต์ แหล่งหินบะซอลต์จังหวัดบุรีรัมย์ไม่เคยมีประวัติที่สัมพันธ์กับแร่พลอยไพไรซ์ สุทธาภรณ์ และคณะ (2533)

สรุปแหล่งหินบะซอลต์บุรีรัมย์ แสดงสมบัติของแร่ Ti-poor ไททานอแมกนีไทต์ และแร่แมกนีไทต์ เป็นแร่เฟอร์โรแมกเนติกหลักในหินบะซอลต์

3.2.3 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดสุรินทร์ (SR)

ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย (k_m) ของตัวอย่างหินบะซอลต์จากบริเวณเขาพนมสวายจังหวัดสุรินทร์ (5 sites) มีค่าที่ค่อนข้างสูง คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 16260 ถึง 55620 ($\times 10^{-6}$ SI) และการกระจายตัวของค่า k ก็อยู่ในช่วงใกล้เคียงกันทั้งหมด ยกเว้นที่ site T4 ที่มีช่วงการกระจายค่อนข้างกว้าง ส่วนค่า NRM อยู่ระหว่าง 445 ถึง 1171 mA/m ตัวอย่างส่วนใหญ่จะมีค่า k ที่ค่อนข้างสูงแต่ค่า NRM ค่อนข้างต่ำ จึงทำให้ค่า Q-value น้อยกว่า 1 คือ 0.38 ถึง 0.99 ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กที่ค่อนข้างต่ำ (low stability of NRM) ยกเว้นตัวอย่างจาก site N12 ที่ให้ค่า Q-value เท่ากับ 1.33

ตัวอย่างหินจากจังหวัดสุรินทร์ส่วนใหญ่จะแสดงลักษณะทรงรีของ AMS แบบแบนที่ขี้ว (oblate ellipsoid) โดยเฉพาะตัวอย่างทั้งหมด (100%) จาก site N12, N13 และ T3 ที่ให้ค่า $T > 0$ ยกเว้นชิ้นตัวอย่างหินบางส่วนของ site N11 (8%) และ T4 (48%) ที่ให้ค่า $T < 0$ แสดงลักษณะทรงรี AMS แบบยาวรี (prolate ellipsoid) ในส่วนของค่าเฉลี่ย P_j ตัวอย่างเกือบทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 3% (< 1.03) มีเพียง 2 ชิ้นตัวอย่างจาก site T4 ที่มีค่ามากกว่า 1.06 ทิศทางการวางตัวของทรงรี AMS ของหินบะซอลต์สุรินทร์ (ภาพประกอบ 3.7) แสดงลักษณะเฉพาะแบบส้มในตัวอย่างจาก site N11, N12 และ T4 ส่วนตัวอย่างจาก site N13 และ T3 แสดงลักษณะແຈກແຈງแบบ girdle โดย k_{\max} และ k_{\min} ผสมกันอย่างดีเป็นเส้นรอบวงกลม ขณะที่ k_{\min} จับกลุ่มกันอย่างดี โดยใน site N13 ทิศทางแกน k_{\max} อยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก และทำมุมขนานกับแนวราบเล็กน้อย แสดงลักษณะการไหล

ของลาวาในทิศ E-W ไกลจากบริเวณปล่องศูนย์กลางก่อนที่จะยื่นตัว ส่วนใน site T3 ทิศทางแกน k_{max} อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ และทำมุมขนานกับแนวราบเล็กน้อย แสดงลักษณะการไหลของลาวาในทิศ NW-SE ไกลจากบริเวณปล่องศูนย์กลาง (ภาพประกอบ 3.14)

เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธี AF พบว่ามีค่า coercivity (H_c) ในระดับปานกลางถึงสูง โดยตัวอย่างหินบะซอลต์จาก site N13 สามารถลบสิ่งความเข้มของแม่เหล็กไนเซชันตกค้างได้ 50% (MDF) ที่สนามแม่เหล็กสูงประมาณ 25-30 mT และเหลือความเข้มของแม่เหล็กไนเซชันตกค้างอีก 25% แม้ว่าจะใช้ค่าสนามแม่เหล็กที่สูงกว่า 60 mT (ภาพประกอบ 3.20) แสดงถึงลักษณะของโดเมนแม่เหล็กแบบโดเมนเดี่ยว (SD) หรือแบบโดเมนเดี่ยวเทียม (PSD) (Dunlop and Özdemir, 1997) และเมื่อทำการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กขณะทำการเผาตัวอย่างหิน ปรากฏว่าค่า k ค่อยๆ เพิ่มขึ้นแล้วลดลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ 580 °C ซึ่งน่าจะมีแร่แม่เหล็กไนท์ (Fe_3O_4) เป็นแร่แม่เหล็กที่ประกอบในตัวอย่างหิน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลรังสีเอกซ์เรือง (ตารางที่ 3.3) ที่แสดงปริมาณ Fe ในหินตัวอย่างเท่ากับ 10.52% เช่นเดียวกับตัวอย่างหินจากบุรีรัมย์ นอกจากนี้ในระหว่างการเย็นตัวของหินมีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่ลดลงจากเดิมประมาณ 20% ซึ่งคาดว่าน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากความร้อน (ภาพประกอบ 3.19) โดยแร่แม่เหล็กไนท์เกิดการออกซิเดชันกลายเป็นแร่แมกนีไซต์ (Bhongsuwan and Elming, 2000) ทำให้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่วัดได้ลดลงจากเดิม ไพรัช สุทธาภรณ์ และคณะ (2533) รายงานไว้ว่าแหล่งหินบะซอลต์จังหวัดสุรินทร์ไม่เคยมีประวัติที่สัมพันธ์กับแร่พลอย

สรุปแหล่งหินบะซอลต์จังหวัดสุรินทร์แสดงสมบัติของแร่แม่เหล็กไนท์เป็นแร่เฟอร์ไรแมกเนติกหลักในหินบะซอลต์

3.2.4 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดอุบลราชธานี-ศรีสะเกษ (UB)

ค่าเฉลี่ย NRM ของตัวอย่างหินบะซอลต์จากจังหวัดอุบลราชธานี-ศรีสะเกษ มีค่าอยู่ระหว่าง 1897.1 ถึง 10487.0 mA/m และค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย (k_m) ของตัวอย่างหินนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 2374 ถึง 19840 ($\times 10^{-6}$ SI) จาก 173 ชิ้นตัวอย่างและมีการกระจายตัวของค่า k ค่อนข้างกว้าง ในส่วนของค่า Q-value ตัวอย่างหินทั้งหมดแสดงค่าที่สูง (3.29-43.58) แสดงให้เห็นถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กที่สูง

ค่า P_j เฉลี่ยของตัวอย่างหินบะซอลต์จาก site S6, S7, S8, S9, S10, T5 และ T6 มีค่า 1.069, 1.035, 1.028, 1.038, 1.013, 1.003 และ 1.026 ตามลำดับ แสดงค่า AMS ในระดับปานกลาง 1-7% ซึ่งสูงกว่าหินบะซอลต์จากนครราชสีมา บุรีรัมย์และสุรินทร์ ส่วนลักษณะของทรงรี AMS ของตัวอย่างหินจาก site S6, S8, S10, T5 และ T6 แสดงค่าเฉลี่ย T ที่มากกว่าศูนย์ แสดงทรงรีแบบ

แบนที่ขั้ว ส่วนตัวอย่างหินจาก site S7 และ S9 ค่าเฉลี่ย T เท่ากับ -0.231 และ -0.539 ตามลำดับ ซึ่งแสดงลักษณะทรงรีของ AMS แบบยาวรี (ดังภาพประกอบ 3.3) ทิศทางทรงรี AMS ของหินบะซอลต์อุบลราชธานี-ศรีสะเกษ (ภาพประกอบ 3.8) จาก site S8, S9, S10, T5 และ T6 แสดงลักษณะเฉพาะแบบส้ม ตัวอย่างจาก site S6 แสดงลักษณะเฉพาะแบบ 3 แกนโดยทิศทางของแกนหลักของค่า k จับกลุ่มกันดีโดยมีขอบเขตวงรีที่แสดงระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ไม่โตมากนัก ทิศทางเฉลี่ยของ k_{max} อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ขณะที่ k_{min} จับกลุ่มกันได้ดีตั้งฉากกับแนวราบ แสดงทิศทางการไหลของลาวาในทิศ N-S และขนานไปกับแนวราบ คาดว่าน่าจะอยู่ห่างจากบริเวณปล่องศูนย์กลาง (vent) ส่วนตัวอย่างจาก site S7 แสดงลักษณะແຈງແຈງแบบ girdle โดย k_{min} และ k_{int} ผสมกันได้ดีเป็นเส้นรอบวงกลม ขณะที่ k_{max} จับกลุ่มกันได้ดีชี้ไปในแนว NE-SW และทำมุมขนานกับแนวราบเล็กน้อย แสดงลักษณะการไหลของลาวาในทิศ NE-SW ไกลจากบริเวณปล่องศูนย์กลางก่อนที่จะเย็นตัว (ภาพประกอบ 3.15)

ตัวอย่างหินจาก site S7 เมื่อทำการลบล้างด้วยวิธี AF พบว่าสามารถลบล้างความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างได้ครั้งหนึ่ง (MDF) ที่สนามแม่เหล็กประมาณ 5-20 mT ซึ่งถือว่ามีค่า coercivity (H_c) ในระดับต่ำถึงปานกลาง และสามารถลบล้างความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างได้เกือบหมดด้วยสนามแม่เหล็กประมาณ 40 mT (ภาพประกอบ 3.20) แสดงถึงลักษณะของโดเมนแม่เหล็กแบบหลายโดเมน (MD) (Dunlop and Ozdemir, 1997) กราฟ k - T ของตัวอย่างหินจาก site S7, S8 และ S10 แสดงค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กจะลดลงอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิประมาณ 100-200 °C แล้วค่า k คงที่ไปจนถึงอุณหภูมิประมาณ 580 °C (ภาพประกอบ 3.19) ทำให้คาดว่าแร่แม่เหล็กที่เป็นแร่ประกอบในตัวอย่างหินน่าจะเป็นแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์และแร่แมกนีไทต์ ซึ่งจากอุณหภูมิคูรีประมาณ 100-200 °C นี้่าจะมีแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x}Ti_xO_4$) จะให้ค่า $x=0.6-0.7$ (TM60-TM70) เป็นแร่ประกอบในตัวอย่างหิน (Lipka และคณะ, 1988) ข้อมูลรังสีเอกซ์เรือง (ตารางที่ 3.3) แสดงปริมาณ Ti ในหินตัวอย่าง S8 เท่ากับ 2.57% โดยปรากฏ Ti และ Fe อยู่ในผลึกแร่เดียวกันยืนยันการปรากฏของแร่ไททาโนแมกนีไทต์ ในระหว่างการเย็นตัวค่า k เพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิคูรีของแร่แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) ประมาณ 550 °C โดยค่า k ตลอดช่วงการเย็นตัวจะมีค่าสูงกว่าค่าตั้งต้น แสดงว่าแร่ไททาโนแมกนีไทต์เกิดการออกซิเดชันไปเป็นแร่แมกนีไทต์

สรุปแหล่งหินบะซอลต์อุบลราชธานี-ศรีสะเกษ แสดงสมบัติของแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ TM60-TM70 เป็นแร่เฟอร์โรแมกเนติกหลักในหินบะซอลต์ และเป็นแหล่งหินบะซอลต์ที่มีประวัติที่สัมพันธ์กับแร่พลอย

3.2.5 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากเค้นชัย (DC)

ตัวอย่างหินบะซอลต์จากอำเภอเค้นชัย มีค่า k_m น้อยสุดที่ site N3 (2063×10^{-6} SI) และมีค่ามากที่สุดที่ site N1 (20110×10^{-6} SI) และมีการกระจายตัวของค่า k ใน site N1 และ N2 ใกล้เคียงกัน ซึ่งต่างจาก site N3, N4 และ N5 ที่กระจายตัวใกล้เคียงกัน ในส่วนของค่าเฉลี่ย NRM ของตัวอย่างหินจากเค้นชัย มีค่าอยู่ระหว่าง 1136.7 ถึง 5372.0 mA/m ตัวอย่างหินทั้งหมดแสดงค่า Q-value ที่มากกว่าศูนย์ โดยเฉพาะตัวอย่างหินจาก site N3 ที่มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 65.10 ซึ่งต่างจาก site อื่นๆ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2.44 ถึง 17.00 (ภาพประกอบ 3.2) อย่างไรก็ตามตัวอย่างทั้งหมดก็แสดงให้เห็นถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กที่สูงเหมือนกัน Bhongsuwan and Elming (2000) ได้เก็บตัวอย่างจากแหล่งหินบะซอลต์เค้นชัยจำนวน 7 sites พบว่าค่า k_m อยู่ในช่วง 3705 ถึง $25734 (x10^{-6}$ SI) ซึ่งเกิดจากแร่แม่เหล็กที่เป็นแร่ประกอบในตัวอย่างหินที่ต่างกัน ส่วนค่า NRM ของตัวอย่างหินเค้นชัยมีค่าอยู่ระหว่าง 494 ถึง 4188 mA/m และค่า Q-value ส่วนใหญ่ก็แสดงถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กที่สูงเช่นกัน

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างค่า P_j -T ของตัวอย่างหินบะซอลต์จากเค้นชัย ส่วนใหญ่แสดงค่าเฉลี่ย P_j อยู่ในช่วง 1-5% สูงกว่าหินบะซอลต์จากนครราชสีมา บุรีรัมย์และ สุรินทร์เล็กน้อย ส่วนลักษณะของทรงรีของ AMS ตัวอย่างส่วนใหญ่จาก site N2, N3 และ N5 มีค่า 0.234, 0.586 และ 0.763 ตามลำดับ แสดงลักษณะทรงรีแบบแบนที่ขั้ว (oblate ellipsoid) ขณะที่ตัวอย่างจาก site N1 และ N4 แสดงลักษณะทรงรีของ AMS แบบยาวรี (prolate ellipsoid) ด้วยค่า T เท่ากับ -0.014 และ -0.438 ทิศทางทรงรี AMS ของหินบะซอลต์เค้นชัย จาก site N2, N3 และ N4 แสดงลักษณะเฉพาะแบบส้ม (ภาพประกอบ 3.9) ตัวอย่างจาก site N1 แสดงลักษณะเฉพาะแบบ 3 แกนโดยทิศทางของแกนหลักของค่า k จับกลุ่มกันไม่ค่อยดีนัก ทิศทางเฉลี่ยของ k_{max} อยู่ในแนว NE-SW ขณะที่ k_{min} จับกลุ่มกันเกือบตั้งฉากกับแนวราบ แสดงทิศทางการไหลของลาวาในทิศ NE-SW และเกือบขนานไปกับแนวราบ คาดว่าน่าจะอยู่ไม่ห่างจากบริเวณปล่องศูนย์กลาง ส่วนตัวอย่างจาก site N5 แสดงลักษณะແຈກແຈງแบบ girdle โดย k_{max} และ k_{int} ผสมกันแต่ไม่ค่อยดีนัก ขณะที่ k_{min} จับกลุ่มกันอย่างดีโดยมีขอบเขตวงรีที่แสดงระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ไม่โตมากนักชี้ไปในแนว NW-SE และทำมุมประมาณ 60 องศากับแนวราบ แสดงลักษณะการไหลของลาวาไม่ไกลจากบริเวณปล่องลาวามากนัก (ภาพประกอบ 3.16)

ตัวอย่างหินจากเค้นชัย site N5 พบว่าค่าความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างลดลงครึ่งหนึ่ง (MDF) เมื่อทำการลบล้างด้วยวิธี AF ที่สนามแม่เหล็กสูงประมาณ 25-30 mT ซึ่งถือว่ามีค่า coercivity (Hc) ในระดับปานกลางถึงสูงและยังคงเหลือความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างอีก 10% แม้จะใช้สนามแม่เหล็กที่ 60 mT แล้วก็ตาม (ภาพประกอบ 3.20) ซึ่งสอดคล้องกับค่า Q-value จาก

ตัวอย่าง site N5 คือมีค่า Q-value เท่ากับ 4.96 ที่มีค่าสูงจึงทำให้มีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูงเช่นกัน โดยแสดงถึงลักษณะของโดเมนแม่เหล็กแบบโดเมนเดี่ยว (SD) หรือแบบโดเมนเดี่ยวเทียม (PSD) และจากรายงานของ Bhongsuwan and Elming (2000) ได้ทำการลบล้างความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างของตัวอย่างหินบะซอลต์เด่นชัย พบว่ามีค่า MDF ประมาณ 20-40 mT แสดงถึงลักษณะของโดเมนแม่เหล็กแบบโดเมนเดี่ยวเทียม (PSD)

จากการทดสอบ thermo-magnetic ของหินตัวอย่างหินจาก site N3 และ N4 พบว่าค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กจะค่อยๆลดลงที่อุณหภูมิประมาณ 150-300 °C และจะลดลงอีกช่วงหนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 580 °C (ภาพประกอบ 3.19) ซึ่งทำให้คาดว่าแร่แม่เหล็กที่เป็นแร่ประกอบในตัวอย่างหินน่าจะมีแร่ Ti-rich ไททานอแมกนีไทต์ (TM50-TM60) และแร่แมกนีไทต์ (O'Reilly, 1984) และจากภาพรังสีเอกซ์แสดงการปรากฏของธาตุ Fe และ Ti ในผลึกแร่เดียวกัน ข้อมูลรังสีเอกซ์เรือง (ตารางที่ 3.3) แสดงปริมาณ Ti ในหินตัวอย่างจาก site N3 และ N4 เท่ากับ 3.25 และ 2.70 ตามลำดับ นอกจากนี้ในกราฟระหว่างการเย็นตัวของหินค่า k มีการเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มสูงขึ้นที่อุณหภูมิคูรีของแร่แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) ประมาณ 550 °C โดยค่า k ตลอดช่วงการเย็นตัวมีค่าสูงกว่าค่าตั้งต้น แสดงว่าแร่ไททานอแมกนีไทต์เกิดการออกซิเดชันไปเป็นแร่แมกนีไทต์

สรุปแหล่งหินบะซอลต์เด่นชัย แสดงสมบัติของแร่ Ti-rich ไททานอแมกนีไทต์ TM50-TM60 เป็นแร่เฟอร์โรแมกเนติกหลักในหินบะซอลต์และเป็นแหล่งหินบะซอลต์ที่มีประวัติที่สัมพันธ์กับแร่พลอย

3.2.6 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากวิเชียรบุรี (WB)

ค่าเฉลี่ย k_m จากทั้ง 3 site คือ N6, N7 และ N8 มีค่าเป็น 3850.0, 20750.0 และ 27810.0 ($\times 10^{-6}$ SI) ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของค่าความหนาแน่น NRM จาก site N6 (3605.0 mA/m) มีค่าสูงกว่า site N7 และ N8 (820.3 และ 633.0 mA/m) ในส่วนของค่าเฉลี่ย Q-value แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยใน site N6 ตัวอย่างหินทั้งหมดมีค่าที่มากกว่าหนึ่ง (Q-value=23.41) ซึ่งแสดงถึงเสถียรภาพทางแม่เหล็กมีอยู่สูง ส่วนในตัวอย่างหินบะซอลต์จาก site N7 และ N8 มีค่า 0.99 และ 0.57 ซึ่งแสดงถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กต่ำ จากรายงานของ Bhongsuwan and Elming (2000) ได้แสดงค่า NRM ของตัวอย่างหินบะซอลต์วิเชียรบุรีมีค่า 417 mA/m ส่วนค่า Q-value มีค่าน้อยเช่นกันคือมีค่า 0.4 และค่า k มีค่า 32990×10^{-6} SI

ส่วนกราฟ Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์จากวิเชียรบุรี แสดงค่าเฉลี่ย Pj ของตัวอย่างหินจาก site N6, N7 และ N8 มีค่า 1.016, 1.030 และ 1.054 ตามลำดับ แสดงค่า AMS ปานกลาง 2-5 % ใกล้เคียงกับหินบะซอลต์เด่นชัย ส่วนค่า shape factor T เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจาก site

N6 และ N7 มีค่า 0.361 และ 0.241 แสดงลักษณะทรงรีของ AMS แบบแบนที่ขี้ (T>0, oblate ellipsoid) ขณะที่ตัวอย่างจาก site N8 มีค่า - 0.014 แสดงลักษณะทรงรีแบบยาวรี (T<0, prolate ellipsoid) ทิศทางทรงรี AMS ของหินบะซอลต์วีเชียรบุรี (ภาพประกอบ 3.5) จาก site N6 แสดงลักษณะเฉพาะแบบส้ม ในขณะที่ตัวอย่างจาก site N7 แสดงลักษณะແຈກແຈງแบบ girdle โดย k_{max} และ k_{int} ผสมกันแต่ไม่ค่อยคั่นกันในแนวเหนือ-ใต้ ขณะที่ทิศทาง k_{min} จับกลุ่มกันอย่างดีขึ้นไปในแนวตะวันออก-ตะวันตก และทำมุมกับแนวราบเล็กน้อย แสดงลักษณะการไหลของลาวาในแนวเหนือ-ใต้ ไม่ไกลจากบริเวณปล่องลาวามากนัก ส่วนตัวอย่างจาก site N8 แสดงลักษณะเฉพาะแบบ 3 แกน โดยทิศทางของแกนหลักของค่า k จับกลุ่มกันอย่างดีโดยมีขอบเขตวงรีที่แสดงระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ไม่โตมากนัก ทิศทาง k_{max} ขึ้นไปในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และทำมุมกับแนวราบประมาณ 40 องศา แสดงลักษณะการไหลของลาวาในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ไม่ไกลจากบริเวณปล่องลาวามากนัก (ภาพประกอบ 3.17)

เมื่อทำการลบล้างตัวอย่างหิน site N6 ด้วยวิธี AF พบว่าความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างลดลงได้ 50% (MDF) ที่สนามแม่เหล็กสูงประมาณ 20-25 mT ซึ่งถือว่ามีค่า coercivity (Hc) ในระดับปานกลางถึงสูง (ภาพประกอบ 3.20) ซึ่งสอดคล้องกับค่า Q-value จากตัวอย่างหิน site N6 ที่มีค่า Q-value เท่ากับ 23.41 แสดงถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูง จากรายงานของ Bhongsuwan and Elming (2000) ได้ทำการลบล้างความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างของตัวอย่างหินบะซอลต์วีเชียรบุรี พบว่ามีค่า MDF ประมาณ 15-40 mT แสดงถึงลักษณะของโดเมนแม่เหล็กแบบโดเมนเดี่ยว (SD) หรือโดเมนเดี่ยวเทียม (PSD) ขึ้นตัวอย่างหินจาก site N7 เมื่อนำมาทำการทดสอบ thermo-magnetic ปรากฏว่าค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กมีการลดลงสองช่วงคือลดลงที่อุณหภูมิประมาณ 100-300 °C ซึ่งทำให้คาดว่าน่าจะมีแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ (ภาพประกอบ 3.19) ข้อมูลดังกล่าวชี้ว่าแร่เฟอร์โรแมกเนติกที่ประกอบในตัวอย่างหิน เป็นแร่ไททาโนแมกนีไทต์ TM50-TM60 นอกจากนี้กราฟการเย็นตัวของหินค่า k มีการเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มสูงขึ้นที่อุณหภูมิคูรีของแร่แมกนีไทต์ (Fe₃O₄) ประมาณ 580 °C โดยค่า k ตลอดช่วงการเย็นตัวจะมีค่าสูงกว่าค่าตั้งต้น แสดงว่าแร่ไททาโนแมกนีไทต์เกิดการออกซิเดชันไปเป็นแร่แมกนีไทต์ ในขณะที่ตัวอย่างหินจาก site N8 ปรากฏว่าค่า k ก่อนข้างคั้งที่จากอุณหภูมิห้องไปจนถึงค่าสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 550 °C และลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงค่าต่ำสุดที่อุณหภูมิประมาณ 580 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิคูรีของแร่แมกนีไทต์ (Fe₃O₄) (ภาพประกอบ 3.19) ข้อมูลดังกล่าวชี้ว่าแร่แมกนีไทต์เป็นแร่เฟอร์โรแมกเนติกหลักในตัวอย่างหินจาก site N8

สรุปแหล่งหินบะซอลต์วีเชียรบุรี แสดงสมบัติของแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ TM50-TM60 และแร่แมกนีไทต์เป็นแร่เฟอร์โรแมกเนติกหลักในหินบะซอลต์ หินบะซอลต์วีเชียรบุรี เป็นแหล่งหนึ่งที่มีประวัติสัมพันธ์กับแร่พลอย

3.2.7 ตัวอย่างหินบะซอลต์จากบ่อพลอย (BP)

ค่าเฉลี่ยแมกนีไทเซชันคงค้างธรรมชาติของตัวอย่างหินจากบ่อพลอย site N14 และ N15 มีค่า 6704.0 และ 12572.0 mA/m ตามลำดับ และค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย (k_m) ของตัวอย่างหินนั้นมีค่า 46540 และ 52960 ($\times 10^{-6}$ SI) ซึ่งเฉลี่ยแล้วค่า k จากแหล่งหินบะซอลต์บ่อพลอยมีค่าสูงกว่าแหล่งหินบริเวณอื่นๆ Bascou และคณะ (2005) รายงานค่า k ในช่วง 20000×10^{-6} SI ถึง 40000×10^{-6} SI จากหินบะซอลต์ทางตอนใต้ของฝรั่งเศส โดย ปรากฏว่ามีแร่ไททาโนแมกนีไทต์เป็นแร่ประกอบในตัวอย่างหินเช่นกัน ในส่วนของค่า Q-value ตัวอย่างหินบะซอลต์บ่อพลอย ทั้งหมดแสดงค่าที่สูง โดยมีค่า 3.60 และ 5.93 แสดงให้เห็นถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กที่สูงเช่นกัน (ภาพประกอบ 3.2)

ตัวอย่างหินบะซอลต์จาก site N14 และ N15 มีค่าเฉลี่ย P_j เท่ากับ 1.017 และ 1.056 แสดงค่า AMS ปานกลาง 2 - 6% ใกล้เคียงกันกับหินบะซอลต์อุบลราชธานี-ศรีสะเกษ ค่า shape factor T เฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมีค่า -0.120 และ -0.317 ตามลำดับ แสดงลักษณะทรงรีของ AMS แบบยาวรี (prolate ellipsoid, $T < 0$) ทิศทางทรงรีของ AMS ของตัวอย่างจาก site N14 แสดงลักษณะเฉพาะแบบส้ม (ภาพประกอบ 3.10) ในขณะที่ตัวอย่างจาก site N15 แสดงลักษณะเฉพาะแบบ 3 แกน โดยทิศทางของแกนหลักของค่า k จับกลุ่มกันได้ดีโดยมีขอบเขตวงรีที่แสดงระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ไม่โตมากนัก โดย k_{min} และ k_{int} แสดงลักษณะແຈກແຈງแบบ girdle ผสมกันแต่ไม่ค่อยดีนัก ขณะที่ k_{max} จับกลุ่มกันได้ดีชี้ไปในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และทำมุมกับแนวราบเล็กน้อย แสดงลักษณะการไหลของลาวา ไกลจากบริเวณปล่องลาวา โดยลาวา ไหลไปในทิศทาง NE-SW (ภาพประกอบ 3.18)

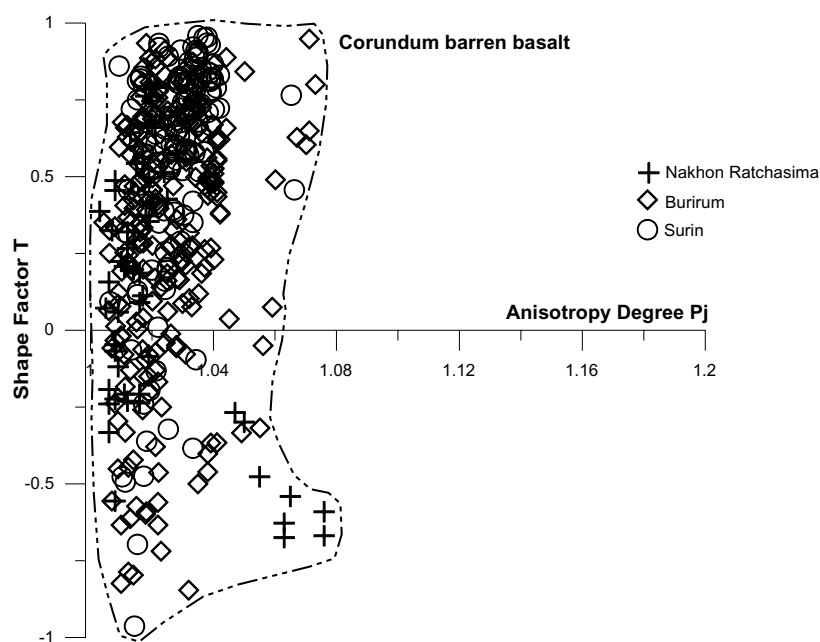
ชิ้นตัวอย่างหินจากบ่อพลอยเกือบทั้งหมด มีค่า coercivity (H_c) ในระดับที่ต่ำเมื่อทำการลบล้างด้วยวิธี AF โดยพบว่าสามารถลบล้างความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้างได้ครึ่งหนึ่งที่สนามแม่เหล็กประมาณ 5-10 mT และเมื่อใช้สนามแม่เหล็กประมาณ 25 mT ก็สามารถลบล้างแมกนีไทเซชันตกค้างได้เกือบหมดคือลบล้างได้ประมาณ 95% และเหลืออีกเพียงประมาณ 5% (ภาพประกอบ 3.20) จากการลบล้างความเข้มของแมกนีไทเซชันตกค้าง ($MDF=5$ mT) แสดงถึงลักษณะของโดเมนแม่เหล็กแบบหลายโดเมน (MD) และเมื่อนำตัวอย่างหินจาก site N15 มาทำการทดสอบ thermo-magnetic ปรากฏว่าค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กจะลดลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ

ประมาณ 200-250 °C และจะคงที่ไปตลอด (ภาพประกอบ 3.19) และจากภาพรังสีเอกซ์แสดงการปรากฏของธาตุ Ti และ Fe ในผลึกเดียวกัน (ภาพประกอบ 3.27) ซึ่งจากอุณหภูมิประมาณ 200-250 °C นี้ น่าจะมีแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ ($\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$) TM50-TM60 เป็นแร่ประกอบในตัวอย่างหิน ส่วนตัวอย่างหินจาก site N14 ปรากฏว่าค่า k ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ 150-200 °C และจากภาพรังสีเอกซ์แสดงการปรากฏของธาตุ Ti และ Fe ในผลึกเดียวกันแต่มีปริมาณเล็กน้อยกว่า site N15 ข้อมูลดังกล่าวชี้ว่าแร่เฟร์โรแมกเนติกที่ประกอบในตัวอย่างหินเป็นแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ TM60-TM70 และจากข้อมูลรังสีเอกซ์เรือง (ตารางที่ 3.3) แสดงปริมาณธาตุ Ti ในหินบะซอลต์จาก site N14 และ N15 เท่ากับ 1.72% และ 1.77% ตามลำดับ นอกจากนี้ในกราฟระหว่างการเย็นตัวของหินจาก site N14 ค่า k มีการเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มสูงขึ้นที่อุณหภูมิของแร่แมกนีไทต์ (Fe_3O_4) ประมาณ 580 °C โดยค่า k ตลอดช่วงการเย็นตัวจะมีค่าสูงกว่าค่าตั้งต้น แสดงว่าแร่ไททาโนแมกนีไทต์เกิดการออกซิเดชันไปเป็นแร่แมกนีไทต์

สรุปแหล่งหินบะซอลต์บ่อพลอย แสดงสมบัติของแร่ Ti-rich ไททาโนแมกนีไทต์ TM60 เป็นแร่เฟร์โรแมกเนติกหลักในหินบะซอลต์ หินบะซอลต์บ่อพลอยเป็นแหล่งหนึ่งที่มีประวัติสัมพันธ์กับแร่พลอย โดยมีแหล่งแร่พลอยขนาดใหญ่และมีผลผลิตพลอยปริมาณมาก

3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปีของหินบะซอลต์ที่ศึกษา

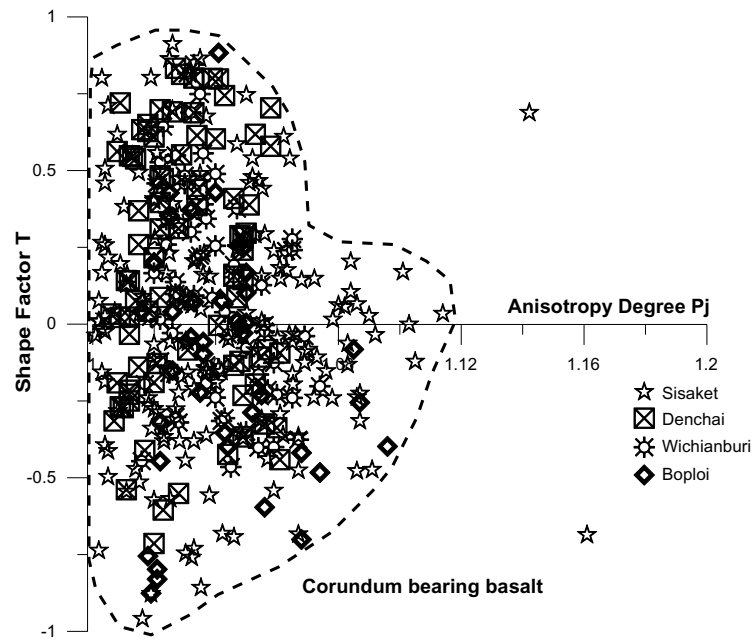
จากภาพประกอบ 3.29 แสดงค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งต่างๆ ที่ไม่เคยมีประวัติสัมพันธ์กับแหล่งพลอย โดยขึ้นตัวอย่างจะมีค่า Pj ที่น้อยกว่า 1.06 หรือน้อยกว่า 6% ในช่วงที่มีค่า shape factor T อยู่ระหว่าง -0.5 ถึง +0.5 และมีไม่กี่ชิ้นตัวอย่างที่มีค่า Pj ที่มากกว่า 1.06 ในช่วงที่มีค่า T > 0.5 และ T < -0.5



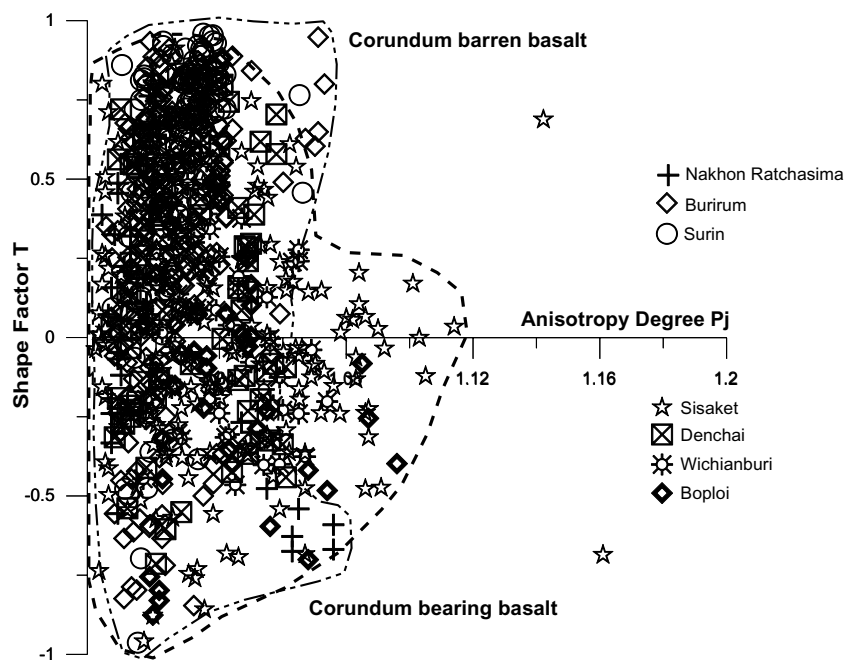
ภาพประกอบ 3.29 ค่า Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ไม่สัมพันธ์กับแหล่งพลอย

ส่วนตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งต่างๆ ที่เคยมีประวัติสัมพันธ์กับแหล่งพลอย (ภาพประกอบ 3.30) จะเห็นว่าแม้ขึ้นตัวอย่างจะมีค่า shape factor T อยู่ในช่วง -0.5 ถึง +0.5 แต่อาจจะมีค่า Pj สูงถึง 1.12 นั่นคือมีสภาพแอนไอโซทรอปีสูงถึง 12% ทำให้เชื่อได้ว่า เกิดจากการที่ในหินบะซอลต์ตัวอย่างมีเศษหินแปรกลปอม (Xenolith) ซึ่งเป็นหินที่กำเนิดจากระดับลึกปะปนอยู่ เช่น เศษหินแปรกลปอมจากชั้นแมนเทิล ซึ่งเคยอยู่ในระดับลึกและมีความดันสูงมากในชั้นแมนเทิลมาก่อน โดยมีรายงานการพบเศษหินแปร กลปอมจากชั้นแมนเทิลในหินบะซอลต์ที่สัมพันธ์กับพลอยในหลายแหล่ง (สุพร อินทโสภา, 2542; Guo และคณะ, 1994) จึงทำให้ขึ้นหินตัวอย่างดังกล่าวมีค่า Pj ที่ค่อนข้างสูง

อย่างไรก็ตามค่า Pj-T ของตัวอย่างหินส่วนใหญ่ก็ยังคงซ้อนทับกันอยู่ในพื้นที่เดียวกัน (ภาพประกอบ 3.31)



ภาพประกอบ 3.30 ค่า Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่สัมพันธ์กับแหล่งพลอย



ภาพประกอบ 3.31 แสดงการเปรียบเทียบ ค่า Pj-T ของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่คาดว่าจะให้พลอย (เส้นประหนา) กับไม่ให้พลอย (เส้นประบาง)

บทที่ 4

สรุปผล

4.1 สรุปผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สมบัติทางแม่เหล็กของหินบะซอลต์ในบางแหล่งของประเทศไทย ที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดของพลอยในประเทศไทย โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างหินบะซอลต์ยุคซีโนโซอิกจาก 32 จุดเก็บตัวอย่าง ในบริเวณอำเภอโชคชัยและอำเภอหนองบุญนา จังหวัดนครราชสีมา อำเภอเฉลิมพระเกียรติและอำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ อำเภอปราสาทและอำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ อำเภอน้ำยืนและอำเภอน้ำขุ่น จังหวัดอุบลราชธานี อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ และอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการทดสอบสมบัติทางแม่เหล็กของตัวอย่างหิน ได้แก่ ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก ค่าแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ ค่า Q-value และพารามิเตอร์ของแอนไอโซทรอปีของค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก ทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับแร่แม่เหล็กที่เป็นแร่ประกอบในหิน ได้แก่ การทดสอบอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก การทดสอบการลบล้างอำนาจแม่เหล็กด้วยวิธีการลบล้างในสนามแม่เหล็กแบบกระแสสลับ ทำการวิเคราะห์หาธาตุประกอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ร่วมกับเครื่องเรืองรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงานเพื่อหาธาตุประกอบในตัวอย่างหิน

ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างหินส่วนใหญ่ให้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงในระดับ 10^{-3} SI และมีช่วงของการกระจายของค่าดังกล่าวที่ต่างกัน เช่นตัวอย่าง ในบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ และในอำเภอบ่อพลอย มีช่วงของการกระจายที่แคบ แสดงถึงปริมาณกลุ่มแร่ที่เป็นแร่ประกอบในหินมีความสม่ำเสมอ ต่างจากตัวอย่างในแหล่งอื่นๆที่มีการกระจายของค่าที่กว้าง แสดงถึงความไม่สม่ำเสมอของปริมาณกลุ่มแร่ที่เป็นแร่ประกอบในหินบะซอลต์ ส่วนค่าแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติของตัวอย่างหินก็มีค่าสูงเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่า Q-value โดยพบว่า บริเวณที่มีค่าแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติสูงก็จะให้ค่า Q-value ที่สูงเช่นเดียวกัน ซึ่งค่านี้จะส่งผลถึงความมีเสถียรภาพทางแม่เหล็ก (stability of NRM) โดยตัวอย่างหินส่วนใหญ่มีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูง จึงเป็นไปได้ว่าหินสามารถรักษาแมกนีไทเซชันตกค้างเอาไว้ได้ดี

ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับแร่แม่เหล็กที่เป็นแร่ประกอบในหิน พบว่า กลุ่มแร่เฟอร์โรแมกเนติกในตัวอย่างหินโดยส่วนใหญ่ มีแร่แมกนีไทต์และแร่ไททานอแมกนีไทต์เป็นองค์ประกอบหลัก โดยตัวอย่างหินในจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดสุรินทร์ มีแร่แมกนีไทต์เป็นแร่แม่เหล็กใน

ตัวอย่างหิน ส่วนตัวอย่างหินในแหล่งอื่นๆเช่น ตัวอย่างหิน ในจังหวัดนครราชสีมาและอำเภอวิเชียรบุรี มีแร่ Ti-rich ไททานอแมกนีไทต์และแร่แมกนีไทต์เป็นแร่แม่เหล็กในตัวอย่างหิน ส่วน ตัวอย่างหินจากจังหวัดอุบลราชธานี-ศรีสะเกษ จากอำเภอเด่นชัยและตัวอย่างหินในอำเภอบ่อพลอยมีแร่ Ti-rich ไททานอแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x}Ti_xO_4$) (x ประมาณ 0.5-0.6) เป็นแร่แม่เหล็กในตัวอย่างหิน ส่วนขนาดของโดเมนแม่เหล็กนั้น ตัวอย่างหินจากจังหวัดอุบลราชธานี-ศรีสะเกษและอำเภอบ่อพลอยแสดงลักษณะโดเมนแม่เหล็กแบบหลายโดเมน (MD) ส่วนตัวอย่างหินจากแหล่งอื่นๆ แสดงลักษณะโดเมนแม่เหล็กแบบโดเมนเดี่ยว (SD) หรือแบบโดเมนเดี่ยวเทียม (PSD) นอกจากนี้ขนาดของโดเมนแม่เหล็กนั้นยังสัมพันธ์กับค่า coercivity (Hc) อีกด้วย โดยโดเมนแม่เหล็กแบบ SD/PSD จะมีค่า coercivity (Hc) ในระดับปานกลางถึงสูง ส่วนโดเมนแม่เหล็กแบบ MD จะมีค่า coercivity (Hc) ในระดับต่ำ ส่วนค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี P_j -T ของตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งต่างๆ ที่ไม่เคยมีประวัติสัมพันธ์กับพลอยจะมีค่า P_j ที่น้อยกว่า 1.06 หรือน้อยกว่า 6% ส่วนตัวอย่างหินที่เคยมีประวัติสัมพันธ์กับแหล่งพลอยจะมีค่า P_j สูงถึง 1.12 หรือมีสภาพแอนไอโซทรอปีสูงถึง 12% เกิดจากการที่ในหินบะซอลต์ตัวอย่างมีเศษหินแปรกลบกลม (Xenolith) ที่เคยอยู่ในระดับลึกและมีความดันสูงจากชั้นแมนเทิลปะปนอยู่ โดยในหินบะซอลต์ที่สัมพันธ์กับแหล่งพลอยในหลายแหล่งของประเทศไทยมักพบเศษหินแปรกลบกลมปะปนอยู่

จากผลของแร่แม่เหล็กประกอบในตัวอย่างหินและผลของค่าพารามิเตอร์แอนไอโซทรอปี แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างหินที่มีแร่ Ti-rich ไททานอแมกนีไทต์ ($Fe_{3-x}Ti_xO_4$) (TM60) (Lipka และคณะ, 1988; Tugui และคณะ, 2009) เป็นแร่แม่เหล็กในตัวอย่างหิน และมีค่า P_j ค่อนข้างสูง คาดว่าน่าจะเป็นตัวอย่างหินบะซอลต์ที่มีความสัมพันธ์กับการกำเนิดของพลอยในประเทศไทย

บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี, 2550. ธรณีวิทยาประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง. โดยกรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , 628 หน้า.
- จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ , 2537. ศิลาเคมีของหินบะซอลต์บริเวณอำเภอสบปราบและอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง . วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาธรณีวิทยา , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 158 หน้า.
- ชนวุฒิ ศิรินาวิน , 2524. สภาพธรณีเคมีและการกำเนิดของหินบะซอลต์ซึ่งเป็นแหล่งรัตนชาติ ในบริเวณจังหวัดจันทบุรี-ตราด: การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ . ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาธรณีวิทยา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 87 หน้า.
- ต่อศักดิ์ ประสมทรัพย์ , 2548. ศิลาบรรณและโครงสร้างของหินบะซอลต์ในประเทศไทย . กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรธรณี, 51 หน้า.
- นิคม จึงอยู่สุข และ ชนวุฒิ ศิรินาวิน , 2525. ศิลาบรรณและธรณีเคมีของหินบะซอลต์ในที่ราบสูงโคราช บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย . กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 88 หน้า.
- พงศ์ศักดิ์ วิจิต , 2531. แหล่งพลอยทับทิม- แซปไฟร์ในประเทศไทย . ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ กองเศรษฐกิจและเผยแพร่, กรมทรัพยากรธรณี, 78 หน้า.
- โพยม อรรถยกานนท์ , 2531. แหล่งพลอยอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี : ฐานเศรษฐกิจฉบับพิเศษ, เดือนธันวาคม 2531, หน้า 25-37.
- ไพรัช สุทธากรณ์ , พัทธระ จริยาวัฒน์ และ สุรพล อุดมพรวิรัตน์ , 2533. การสำรวจธรณีวิทยาหินบะซอลต์และแนวโน้มของศักยภาพของพลอยทับทิม- แซปไฟร์ บริเวณ เขาพนมรุ้ง ภูพระอังคาร เขากระโดง เขาไปรบัด จังหวัดบุรีรัมย์และเขาพนมสวาย จังหวัดสุรินทร์ . กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 31 หน้า.
- สุพร อินทโสภา , 2544. การกำเนิดพลอยทับทิมและแซปไฟร์ . เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง “พลอยมาดากัสการ์ : นวัตกรรมของผู้ประกอบการไทย”, 15 กุมภาพันธ์ 2544 , กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ, หน้า 23-32.
- อภิเชษฐ์ บุญสูง , 2540. ธรณีเคมีและศิลาวิทยาของหินบะซอลต์แม่ทะ จังหวัดลำปาง . วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาธรณีวิทยา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- Aranyakanon, P. and Vichit, P., 1983. The Gem Deposits of Thailand, The Conference on Geology & Mineral Resources of Thailand, Dept. Mineral. Res., Bangkok, 19-28 November 1983, 11 p.
- Barr, S.M. and James, D.E., 1990. Trace element characteristics of Upper Cenozoic basaltic rocks of Thailand, Kamphuchea and Vietnam. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol. 4, pp. 233-242.
- Barr, S.M. and Macdonald, A.S., 1978. Geochemistry and petrogenesis of late Cenozoic alkaline basalts of Thailand. *Geol. Soc. Malaysia Bull.*, V.10, pp. 25-52.
- Barr, S.M. and Macdonald, A.S., 1979. Paleomagnetism, age and geochemistry of the Denchai basalts, northern Thailand. *Earth Planet Sci. Lett.*, V.46, pp. 113-124.
- Barr, S.M. and Macdonald, A.S., 1981. Geochemistry and geochronology of late Cenozoic basalts of Southeast Asia. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Part II, V.92, pp. 1069-1142.
- Barr, S.M., Macdonald, A.S., Haile, N.S. and Reynolds, P.H., 1976. Paleomagnetism and age of the Lampang basalts (northern Thailand), and the age of the underlying pebble tools. *J. Geol. Soc. Thailand*, 2, pp. 1-10.
- Bascou, J., Camps, P. and Dautria, J. M., 2005. Magnetic versus crystallographic fabrics in a basaltic lava flow. *Jour. Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 145, pp. 119-135.
- Bhongsuwan, T. and Elming, S.-A., 2000. Rock magnetic and palaeomagnetic study of some Cenozoic basalts of central and northern Thailand. In Bhongsuwan, T., Division of Applied Geophysics, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden, Ph.D. thesis.
- Bignell, J.D. and Snelling, N.J., 1977. K-Ar ages on some basic igneous rocks from peninsular Malaysia and Thailand. *Geol. Soc. Malaysia Bull.*, V.8. pp. 88-93.
- Bunopas, S. and Bunjitradulya, S., 1975. Geology of Amphoe Bo Ploi, North Kanchanaburi, with special notes on the "Kanchanaburi Series". *Jour. Geol. Soc. Thailand*, V.1, pp. 51-67.
- Butler, R.F., 1992. *Paleomagnetism*. Blackwell Scientific, Cambridge, 319 p.
- Carbonnel, J.P., Selo, H. and Paupeau, G., 1972. Fission track age of the gem deposit of Pailin (Cambodia) and recent tectonic in the Indochina province: *Modern Geology*, V.4, pp. 61-64.

- Charusiri, P., Sutthirat, C., Plathong, C. and Pongsapich, W., 2004. Geology and Petrochemistry of Basaltic Rocks at Khao Kradong, Burirum, NE Thailand: Implications for Rock Wool Potentials and Tectonic Setting *J. Sci. Res. Chula. Univ.*, 29 (2004).
- Collinson, D.W., 1983. *Methods in Rock Magnetism and Palaeomagnetism: Techniques and Instrumentations*, Chapman and Hall, New York, 503 pp.
- Dunlop, D.J. and Özdemir, Ö., 1997. *Rock Magnetism: Fundamentals and frontiers*. Cambridge University Press. 573 pp.
- Elming, S.-A., D'Agrella-Filho, M. S., Page, L. M., Tohver, E., Trindade, R. I. F., Pacca, I. I. G., Geraldès, M. C. and Teixeira, W., 2009. A palaeomagnetism and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ study of late precambrian sills in the SW part of the Amazonian craton: Amazonia in the Rodinia Reconstruction, *J. Geophys. Int.* 178, 106–122.
- Endale, T. and Marcia, E., 1999. Magnetic fabric and rock-magnetic character of the Mesozoic flood basalts of the Parana Basin, Brazil. *Journal Geodynamics*, Vol. 28, pp. 419-437.
- Fatima, M. H., 2002. Determination of fundamental magnetic anisotropy parameters in rock-forming minerals and their contributions to the magnetic fabric of rocks. Ph.D. Thesis, Universidad Complutense de Madrid, Spain, 197 p.
- Guo, J., O'Reilly, S.Y. and Griffin, W.L., 1994. A cobalt-rich spinel inclusion in a sapphire from Bo Ploi, Thailand. *Mineral. Mag.*, V.58, P.247-258.
- Hoke, L. and Campbell, H.J., 1995. Active Mantle melting beneath Thailand. *Proceedings of International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of Indochina*, Khon Kaen, Thailand, pp. 13-22.
- Hrouda, F., 1982. Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics. *Geophys. Surv.*, 5, pp. 37-82.
- Intasopa, S., 1993. Petrology and geochronology of the volcanic rocks of the central Thailand volcanic belt (PhD thesis), University of New Brunswick, 242 p.
- Jelinek, V., 1981. Characterization of the magnetic fabric of rocks. *Tectonophysics*, V.79, p.63-67.
- Jungyusuk, N., and Sirinawin, T., 1983. Cenozoic Basalts of Thailand. *Conference on Geology and Mineral Resources of Thailand* 9p.

- Jungyusuk, N., and Khositant, S., 1992. Volcanic rocks and associated mineralization in Thailand: In Proceedings, National Conference on Geologic Resources of Thailand, supplementary volume: Bangkok, Thailand, p.528-532.
- Kaewbaidhoon, S., and Pothisat, S., 1974. Deposit at Bo-Ploi, Kanchanaburi: Sapphire (in Thai). Dept. Mineral Resources, Bangkok, Thailand, pp. 43-47.
- Levinson, A.A., and Cook, F.A., 1994. Gem Corundum in alkaline basalt: origin and occurrence: *Gems & Gemology*, v.30, no.4, p.253-262.
- Lipka, J., Madsen, M.B., Orlicky, D., Koch, C.J.W. and Morup, S., 1988. A Study of Titanomagnetites in Basaltic Rocks from Nigeria. *Jour. Physica Scripta*, Vol.38, pp 508-512.
- Mattsson, H., and Elming, S.-A., 2001. A paleomagnetic and AMS study of the Ratan granite of the TIB, central Sweden. In Mattsson, H., Division of Applied Geophysics, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden, Ph.D. thesis.
- Moskowitz, B.M., 1992. Rock Magnetism Laboratory Note. University of Minnesota, Minneapolis, MN, 40 pp.
- Nockolds, S. R., Knox, R. W. O'B. and Chinner, G.A., 1978. *Petrology for student*: Cambridge, Cambridge University Press, 435 p.
- O'Reilly, W., 1984. *Rock and Mineral Magnetism*, Blackie, Glasgow, 230 pp.
- Panjasawatwong, Y., 1983. Chemical variation with in a single basalt flow at Denchai, Phrae. Proceedings on Annual Technical Meeting, Department of Geological Sciences, Chiang Mai University, Thailand.
- Rixiang, Z., Caidong, S. and Qingsong, L., 2003. Anisotropy of magnetic susceptibility of Hannuoba basalt, northern China: Constraints on the vent position of the lava sequences. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 30, No. 2.
- Salminen, J., Pesonen, L.J., 2007. Paleomagnetic and rock magnetic study of the Mesoproterozoic sill, Valaam island, Russian Karelia. *Precambrian Research*, Vol. 159, pp. 212-230.
- Saminpanya, S., 2000. Mineralogy and origin of gem corundum associated with basalt in Thailand (Ph. D. Thesis): Manchester, University of Manchester, United Kingdom, 395 p.

- Sasada, M., Ratanasathien, B., and Soponpongpiat, P., 1987. New K/Ar ages from the Lampang basalt, Northern Thailand, Bull of the Geological Survey of Japan, V. 38, No. 1, p.13-20.
- Sirinawin, T., 1981. Geochemistry and genetic significance of gem-bearing basalt in Chantaburi-
Trat area: Chiang Mai University, unpublished M.Sc. thesis.
- Suttherland, F.L., Hoskin, P.W.O., Fanning, C.M. and Coenraads, R.R., 1998. Model of corundum origin from alkali basaltic terrains: a reappraisal, Contrib. Mineral Petrol., V.133, P.356-372.
- Sutthirat, C., Charusiri, P., Pongsapich, W., Farrar, E. and Landgridge, R., 1995. A late Pliocene Ko Kha-Sop Prab and Nam Cho basaltic eruption, Northern Thailand: Evidences from geology and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. Proceedings of International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of Indochina, Khon Kaen, Thailand, pp. 247-253.
- Sutthirat, C., 1995. Petrochemistry of Basalts in Amphoe Sop Prab and Amphoe Ko Kha, Changwat Lampang: M.S. thesis, Department of Geology, Chulalongkorn University, 158 p.
- Tarling, D. and Hrouda, F., 1993. The Magnetic Anisotropy of Rocks. Chapman and Hall, London, 217 pp.
- Tian, L.L., Zhu, R.X. and Pan, Y.X., 2002. Rock Magnetic Properties of Hannuoba basalts, Zhangbei, China. Chinese Journal of Geophysics, Vol. 45, No. 6, pp. 872-878.
- Tugui, A., Necula, C. and Panaiotu, C., 2009. Preliminary Rock Magnetic Properties of Quaternary Basalts from The Persani Mountains (ROMANIA). Romanian Reports in Physics, Vol. 61, No. 3, P. 730–739.
- Vichit, P., 1975. Origin of corundum in basalt: Independent study, New Mexico Institute of Mining and Technology, U.S.A., 165 p.
- Vichit, P., Vudhichaitivanich, S., and Hansawek, R., 1978. The distribution and some characteristics of corundum-bearing basalt in Thailand. Jour. Geol. Soc. Thailand, V.3, pp. M4 1-38.
- Vichit, P., 1992. Gemstones in Thailand: In Proceedings, National Conference on Geologic Resources of Thailand, supplementary volume: Bangkok, Thailand, p.124-150.

- Yaemniyom, N., 1982. The petrochemical study of corundum-bearing basalts at Bo Ploi district, Kanchanaburi: Chulalongkorn University, unpublished M.Sc. thesis.
- Zanariri, I. and Kondopoulou, D., 2004. Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) in volcanic formations: Theory and Preliminary results from recent volcanics of Broader Aegean: In Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, pp. 1308-1315.
- Zhang, S.W., Walderhaug, H.J., and Yang, Y.J., 2008. Rock magnetism and magnetic anisotropy in folded sills and basaltic flows: A case study of volcanics from the Taimyr Peninsula, Northern Russia. *Chinese Science Bulletin*, V. 53, No.5, pp. 759-767.
- Zhou, P. and Mukasa B.S., 1997. Nd-Sr-Pb isotopic, and major and trace – element geochemistry of Cenozoic lava from the Khorat Plateau, Thailand : Source and petrogenesis. *Chemical Geology* 137. pp 175-193.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สมบัติทางแม่เหล็ก

นิยามของวัสดุต่างๆทางแม่เหล็กและแร่แม่เหล็ก

เมื่อพิจารณาสมบัติทางแม่เหล็กโดยการพิจารณาค่า k ของวัสดุหรือค่าความยากง่ายของการเกิดแม่เหล็กไนเซชันของวัสดุ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1) วัสดุไดอะแมกเนติก (Diamagnetic) เป็นวัสดุที่แสดงคุณสมบัติแม่เหล็กในเชิงต้านกับสนามแม่เหล็กภายนอก ไม่มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวรในโครงสร้างอะตอม โดยที่เมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกมากระทำต่ออะตอมของวัสดุ จะทำให้อิเล็กตรอนที่เคลื่อนเป็นวงโคจรโคจรรอบนิวเคลียสของอะตอมเสียสมดุลเกิดขั้วแม่เหล็กขนาดเล็กขึ้นในอะตอม ขั้วแม่เหล็กจะต้านกับสนามแม่เหล็กภายนอก ทำให้เกิดผลในเชิงลบ วัสดุจำพวกนี้มีคุณสมบัติค่า k เป็นลบ และเมื่อนำสนามแม่เหล็ก ภายนอกออกไป แม่เหล็กไนเซชันเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นก็จะกลับสู่ค่าเป็นศูนย์อีก (reversible) ตัวอย่างแร่ที่มีคุณสมบัติแม่เหล็กประเภทนี้ ได้แก่ ควอตซ์ เหล็กหิน แคลไซต์ เป็นต้น

2) วัสดุพาราแมกเนติก (Paramagnetic) เป็นวัสดุที่เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กภายนอกจะถูกเหนี่ยวนำให้มีสภาพเป็นแม่เหล็ก นั่นคือ ใน โครงสร้างอะตอมของวัสดุจำพวกนี้มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวรประกอบอยู่ แต่การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นเมื่อถูกเหนี่ยวนำจึงมีการเรียงตัวของโมเมนต์แม่เหล็กไปตามสนามแม่เหล็กที่เหนี่ยวนำ การเรียงตัวจะไม่เป็นระเบียบอย่างสมบูรณ์ และเมื่อนำสนามแม่เหล็กภายนอกออกไป วัสดุนั้นก็จะไม่มีความเป็นแม่เหล็กอีกต่อไป วัสดุจำพวกนี้มีคุณสมบัติค่า k เป็นบวกแต่น้อยมาก มีค่าอยู่ระหว่าง 10^{-6} ถึง 10^{-2} วัสดุที่มีคุณสมบัติแม่เหล็กจำพวกนี้ได้แก่ วัสดุทุกชนิดที่ไม่ใช่วัสดุจำพวกไดอะแมกเนติก

3) วัสดุเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) เป็นวัสดุที่เมื่อถูกเหนี่ยวนำจากสนามแม่เหล็กภายนอกจะมีสภาพความเป็นแม่เหล็ก และเมื่อนำสนามแม่เหล็กภายนอกออกไปวัสดุนั้นก็ยังคงสภาพความเป็นแม่เหล็กเหลืออยู่ นั่นคือวัสดุมีโมเมนต์แม่เหล็กถาวรในโครงสร้างอะตอม แต่สภาวะเฟอร์โรแมกเนติกนี้จะหายไป และกลายเป็นสภาวะพาราแมกเนติกทันทีที่อุณหภูมิสูงเกินกว่าอุณหภูมิคูรี (Curie temperature, T_c) วัสดุจำพวกนี้มีคุณสมบัติค่า k เป็นบวกและมีค่ามากกว่า 100 ขึ้นไป หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นวัสดุจำพวกพาราแมกเนติกที่มีค่า k มากกว่า 100 แร่ที่จัดว่าเป็นจำพวกเฟอร์โรแมกเนติก คือแร่ที่ประกอบด้วยธาตุเหล็ก (Fe) โคบอลต์ (Co) นิกเกิล (Ni) กาโดไล

นีียม (Gadolinium, Gd) และไดสพรอเซียม (Dysprosium, Dy) วัสดุจำพวกเฟอร์โรแมกเนติกแบ่งย่อยได้ 3 ประเภท คือ

3.1) เฟอร์โรแมกเนติกบริสุทธิ์ (Pure Ferromagnetism) วัสดุที่จัดในประเภทนี้จะมีทิศทางของโมเมนต์แม่เหล็กถาวรที่เรียงในโดเมนทุกๆ โดเมน เรียงเป็นแนวขนานตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก ทำให้มีค่า k สูงและมีค่าบวก ในธรรมชาติส่วนใหญ่ ัญพบได้เฉพาะในธาตุเหล็ก นิกเกิลและโคบอลต์ (กาโดไลเนียมและไดสพรอเซียมพบน้อยมาก โดยไดสพรอเซียม อยู่ในสภาวะก๊าซ ส่วนกาโดไลเนียมสภาพความเป็นแม่เหล็กถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิห้องจึงไม่นำมาพิจารณา) ถ้าในหินมีเพียง ส่วนประกอบของธาตุ เหล็ก นิกเกิล หรือโคบอลต์ จะไม่จัดเป็นประเภทเฟอร์โรแมกเนติกบริสุทธิ์

3.2) แอนติเฟอร์โรแมกเนติก (Antiferromagnetism) เป็นวัสดุที่แม้ว่าจะมีโมเมนต์แม่เหล็กถาวรประกอบอยู่ในวัสดุ แต่ทิศทางการเรียงตัวของโมเมนต์แม่เหล็กถาวรภายในแต่ละโดเมน มีการเรียงตัวในทิศทางตรงกันข้ามและมีขนาดเท่ากัน จึงหักล้างกันหมดทำให้ค่า k เป็นศูนย์ แร่ที่มีคุณสมบัติประเภทนี้คือ แร่ฮีมาไทต์

3.3) เฟอร์ริแมกเนติก (Ferrimagnetism) เป็นวัสดุที่มีโมเมนต์แม่เหล็กถาวรประกอบอยู่ในวัสดุ และทิศทางการเรียงตัวของโมเมนต์แม่เหล็กถาวรภายในแต่ละโดเมน มีการเรียงตัวในทิศทางตรงกันข้ามแต่มีขนาดไม่เท่ากัน จึงทำให้มีอำนาจแม่เหล็กและมีค่า k เป็นบวก วัสดุที่มีคุณสมบัติประเภทนี้คือ แร่จำพวกเฟอร์ไรต์ มีสูตรทางเคมีคือ $XOFe_2O_3$ เมื่อ X คือ Mn, Co, Ni, Cu, Mg, Zn เป็นต้น

แมกเนติกโดเมน (Magnetic domain)

หลักการของแมกเนติกโดเมนสามารถอธิบายได้จากเกิดขึ้นเองของแมกนีไทเซชันในวัสดุมากมาย ซึ่งมีการแบ่งแยกขอบเขตของไดโพลแม่เหล็กภายในวัสดุ ออกเป็นโดเมนจำนวนมาก โดเมนที่พบอาจจะมืองค์ ประกอบของไดโพลแม่เหล็กที่มีการวางตัวในทิศเดียว หรืออาจจะมีการวางตัวในทิศทางแบบสุ่ม ดังภาพประกอบ โดยผลรวมของแมกนีไทเซชันของโดเมนจะเท่ากับศูนย์ เนื่องจากการหักล้างกันหมดทางเวกเตอร์ของค่าแมกนีไทเซชันที่เกิดขึ้น ความหนาของผนังโดเมนมีค่าขึ้นอยู่กับจำนวนไดโพลแม่เหล็กในที่มีการสร้างอำนาจชักจูงของโมเมนต์แม่เหล็กในแต่ละโดเมนที่อยู่ติดกัน ทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลง การหมุน ของแม่เหล็ก (magnetic spin) ระหว่างโดเมน ดังภาพประกอบ โดยการเปลี่ยนแนวการวางตัวของ โดเมน บริเวณผนังมีผลให้พลังงาน 2 ชนิดเปลี่ยนแปลงไปด้วยคือ พลังงานแลกเปลี่ยน (exchange energy) กับพลังงานแมกนีโทคริสตัลไลน์แอนไอโซทรอปี (magneto crystalline anisotropy energy)

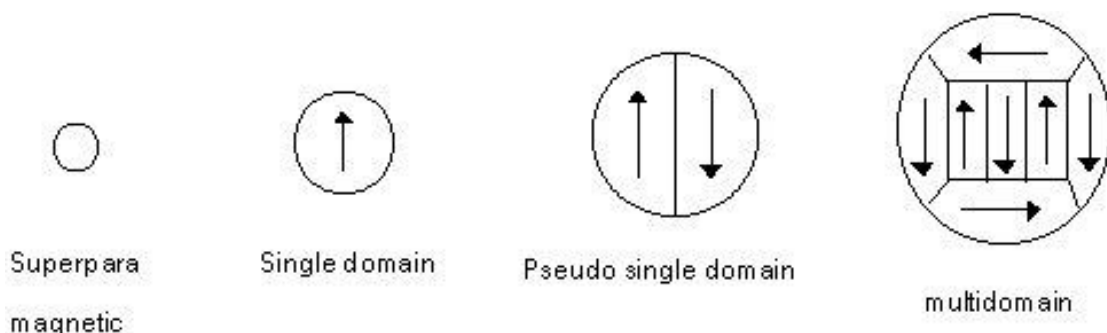
สมบัติต่างๆทางแม่เหล็กของวัสดุ และแมกนีไทเซชันตกค้างในวัสดุใดๆจะขึ้นอยู่กับขนาดของเกรนแม่เหล็ก ซึ่งเกี่ยวข้องกับ โดเมนแม่เหล็กของวัสดุ เราจำแนกประเภทของโดเมนแม่เหล็กออกเป็นซูเปอร์พาราแมกเนติกโดเมน โดเมนเดี่ยว โดเมนเดี่ยวเทียมและมัลติโดเมน

ซูเปอร์พาราแมกเนติกโดเมน (Superparamagnetic, SPM) เกิดจากการก่อดั้วของโมเลกุลแม่เหล็ก 1 โมเลกุล ภายใต้สนามแม่เหล็กจนเกิดเป็นวัสดุแม่เหล็กซึ่งมีค่า แมกนีไทเซชันตกค้างที่ไม่เสถียรจนเข้าสู่สภาวะที่เป็นซูเปอร์พาราแมกเนติก ซึ่งมีพฤติกรรมที่เกิดจากการวางตัวในสนามแม่เหล็กคล้ายกับวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก แต่มีค่า Relaxation time ที่น้อยกว่าเฟอร์โรแมกเนติกมากมีค่าอยู่ในระดับวินาที รวมทั้งมีค่า แมกนีไทเซชันและค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กที่มากกว่าวัสดุพาราแมกเนติก โดยวัสดุซูเปอร์พาราแมกเนติก จะมีขนาดเม็ดตะกอนเล็กมาก รวมทั้งค่าแมกนีไทเซชันจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีขนาดเม็ดตะกอนที่ใหญ่ขึ้น แต่ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กจะลดลงเมื่อมีขนาดเม็ดตะกอนที่ใหญ่ขึ้น โดยขนาด เม็ดตะกอน จะโตขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง จากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงจากซูเปอร์พาราแมกเนติกกลายเป็นโดเมนเดี่ยวดังภาพประกอบ

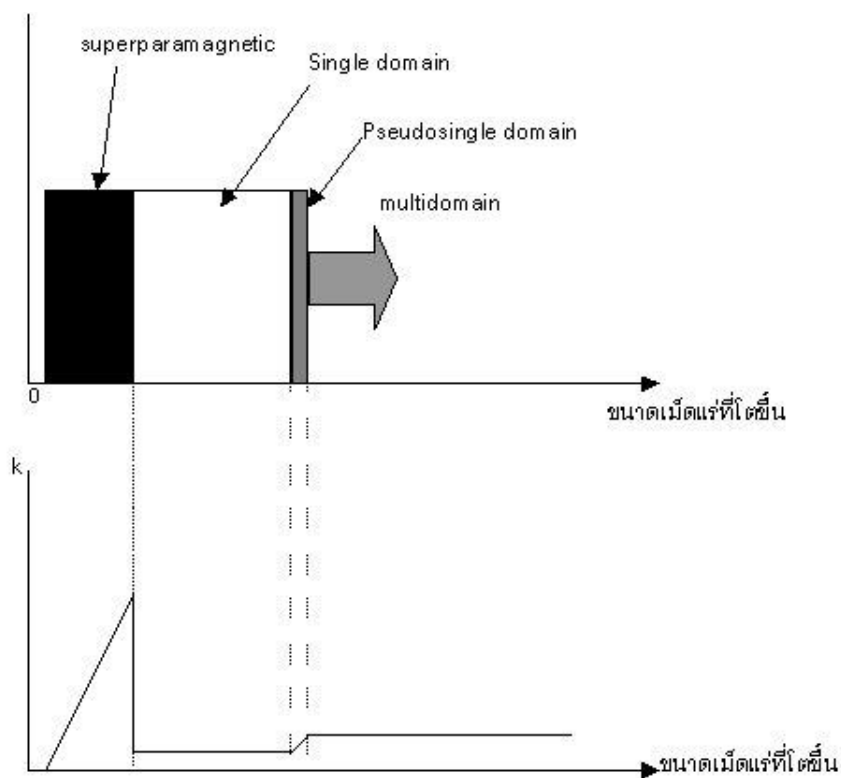
โดเมนเดี่ยว (Single-domain, SD) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของ เม็ดตะกอนของซูเปอร์พาราแมกเนติก ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีการเกิดขั้ว ไดโพล ขึ้นใน โดเมน ดังภาพประกอบ โดย ไดโพลโมเมนต์แม่เหล็ก ที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นจะมีทิศของ ไดโพลเพียงทิศทางเดียว ค่าแมกนีไทเซชันตกค้างเริ่มมีค่าเสถียรมากขึ้น

โดเมนเดี่ยวเทียม (Pseudo-single domain, PSD) เกิดจากการโตขึ้นของโดเมนเดี่ยวเป็นคู่โดเมนเทียม มีทิศทางของโมเมนต์ไดโพลแม่เหล็ก ที่ตรงกันข้ามกัน ดังภาพประกอบ โดยมีผนังโดเมนเป็นตัวกั้นระหว่างไดโพลทั้งสอง ค่าความเป็นแม่เหล็ก จะมีน้อยมากๆ เนื่องจาก ไดโพลโมเมนต์แม่เหล็กมีทิศทางตรงกันข้ามกัน

มัลติโดเมน (Multidomain, MD) เกิดจากการโตขึ้นของโดเมนเทียม และมีการจับตัวกันเป็นหลายๆ โดเมน จนมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น โดยการวางตัวของคู่ ไดโพล จะมีลักษณะที่เป็นระเบียบและไม่เป็นระเบียบปะปนกัน โดยมีผนังโดเมนเป็นตัวกั้นระหว่าง ไดโพลทั้งหมดดังภาพประกอบ ซึ่งค่าความเป็นแม่เหล็กของมัลติโดเมนจะเป็นค่าลัพธ์ของทั้งระบบ



ภาพประกอบ ขนาดของโดเมนประเภทต่างๆ ลูกศรแสดงลักษณะของโมเมนต์แม่เหล็กในแต่ละโดเมน (O'Reilly, 1984 : 95)



ภาพประกอบ ความแตกต่างของ Magnetic grains ประเภทต่างๆ (O'Reilly, 1984 : 95)

ความแตกต่างระหว่างโดเมนประเภทต่างๆเป็นความแตกต่างของขนาดโดเมน ดังภาพประกอบ โดยทั่วไปเมื่อเม็ดแร่กำเนิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี เริ่มจาก 1 ไมโครล (สมมติเป็น 1 ไดโพล) เป็นหลายๆไมโครลหรือหลายๆไดโพล เข้าสู่สภาวะซูเปอร์พาราแมกเนติก คือมีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงแต่ไม่มีอำนาจแม่เหล็กถาวร จากสภาวะซูเปอร์พาราแมกเนติก เม็ดโดเมนโตขึ้นเข้าสู่ย่านโดเมนเดี่ยว ซึ่งตรงนี้ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก จะลดลงแต่ยังคงมีค่าอยู่และเริ่มแสดงอำนาจแม่เหล็กถาวรหรืออำนาจแม่เหล็ก ตกค้าง (remanent magnetization) ซึ่งเราสามารถใช่

คุณสมบัติเฉพาะทางแม่เหล็กไม่ว่าจะเป็น ค่า Saturation Isothermal Remanent Magnetization (SIRM) ค่า Coercivity of remanence (H_c) และค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (k) ในการจำแนกชนิดของ grain size

แมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ (Natural remanent magnetization)

แมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ หรือเรียกย่อๆว่า NRM เมื่อพิจารณาแบ่งตามเวลาในการเกิด พบว่ามี 2 แบบก็คือ

1. อำนาจแม่เหล็กปฐมภูมิ (Primary NRM) เป็นแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติที่หินรับไว้ตอนที่มันเริ่มเกิดครั้งแรก หินเริ่มเกิดขึ้นในความหมายทางธรณีวิทยา คือเมื่อหินอัคนีเย็นตัว และแข็งตัวแล้วในครั้งแรก หรือเมื่อดินตะกอนจับตัวกันแน่นเป็นหิน ก่อนที่จะมีกิจกรรมทางธรณีอื่นใดเกิดตามมา แมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ จะยังคงรักษาทิศทางเดิมไว้ได้หรือไม่ ขึ้นกับกิจกรรมทางเคมีกายภาพของหินตัวนั้นที่ตามมาภายหลัง

2. อำนาจแม่เหล็กทุติยภูมิ (Secondary NRM) เป็นแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติที่หินรับไว้หลังจากที่หินรับเอา อำนาจแม่เหล็กปฐมภูมิไว้ก่อนแล้วช่วงเวลาหนึ่ง อำนาจแม่เหล็กทุติยภูมิ เกิดจากกิจกรรมทางธรณีวิทยาอื่นใดทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อค่าแมกนีไทเซชันตกค้าง (Remanent magnetization) ของหินภายหลังที่รับเอา อำนาจแม่เหล็กปฐมภูมิแล้ว กิจกรรมธรณีที่เป็นตัวก่อให้เกิดอำนาจแม่เหล็กทุติยภูมิได้แก่

(1) การที่หินได้รับความร้อนครั้งใหม่หลังจากเย็นตัวครั้งแรกแล้ว

(2) การที่แร่แม่เหล็กที่รักษาอำนาจแม่เหล็กปฐมภูมิไว้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้เกิดการฟอร์มตัวของแร่ใหม่

ถ้าหากว่าแบ่ง แมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ ตามกระบวนการที่เกิดขึ้นในธรรมชาติที่ทำให้หินนั้นเกิดความเข้มของการเป็นแม่เหล็กตกค้างจะแบ่งได้หลายแบบดังนี้คือ

1.) Thermo remanent magnetization (TRM) แม่เหล็กตกค้างแบบนี้เกิดขึ้นกับ หินอัคนีในธรรมชาติเมื่อมันเย็นตัวแล้วตกผลึกภายใต้สนามแม่เหล็กโลก ซึ่งจะได้รับ โดยการเย็นตัวจากอุณหภูมิสูงผ่านอุณหภูมิล็อกกิง ของแร่แม่เหล็กชนิดต่างๆไม่ได้รับที่อุณหภูมิคูรีทั้งหมด แต่ยังคงได้รับต่อเนื่องจากอุณหภูมิกูรีจนถึงอุณหภูมิในสิ่งแวดล้อม สัดส่วนของแมกนีไทเซชันตกค้าง อาจพิจารณาว่าถูกบดบังอยู่ในระหว่างช่วงอุณหภูมิหนึ่ง

2.) Chemical remanent magnetization (CRM) เป็นแมกนีไทเซชันที่ได้รับเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี แล้วเกิดแร่แม่เหล็กตัวใหม่หรือเปลี่ยนจากรูปเคมีหนึ่งไปเป็นอย่างอื่นและเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำในสิ่งแวดล้อม

3.) Detrital remanent magnetization (DRM) เกิดขึ้นจากเม็ดแร่ที่มี TRM หรือ CRM ชนิดปฐมภูมิทำตัวเป็นเม็ดตะกอนซึ่งจะจัดวางตัวเองในทิศทางสนามแม่เหล็กโลกในระหว่างการตกตะกอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อขนาดของอนุภาคที่เล็กมากทำให้ใช้เวลาในการ รวมตัวที่นาน เม็ดตะกอนสามารถรับแมกนีไทเซชันชนิดนี้ได้

4.) Isothermal remanent magnetization (IRM) เกิดขึ้นเมื่อหินอยู่ในสนามแม่เหล็กขนาดแรงมากแบบชั่วขณะ ซึ่งอาจขึ้นสูงสุดหรืออิ่มตัว ในส่วนที่เกิดขึ้นใน นธรรมชาติ เช่น ฟาฟา เป็นต้น

5.) Viscous remanent magnetization (VRM) เป็นแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลของสนามแม่เหล็กโลกปกติ ในสิ่งแวดล้อมเป็นระยะเวลาอันยาวนาน เช่น หินอัคนีที่เย็นตัวครั้งแรกเมื่อ 100 ล้านปีก่อน ก็ตกอยู่ในอิทธิพลของสนามแม่เหล็กโลก นับจากเวลานั้นมาจนถึงเวลาปัจจุบันนี้ มีการเปลี่ยนแปลงของ ทิศทางของสนามแม่เหล็กโลกและการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก ในระหว่างเวลานั้นจนมาถึงปัจจุบันมีผลทำให้หินมีเวกเตอร์ของอำนาจแม่เหล็กพหุขุมหลายอันซึ่งรวมกันแบบเวกเตอร์ ค่าที่ได้ก็จะเป็นทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์

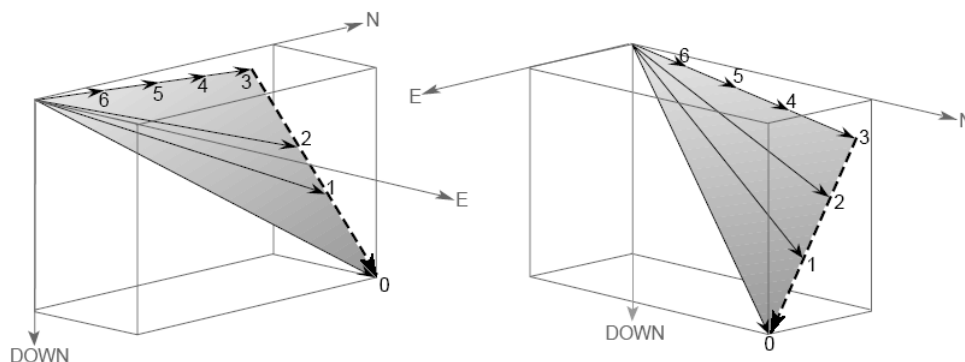
การลบล้างอำนาจแม่เหล็ก

การลบล้างอำนาจแม่เหล็กพหุขุม หรือ แมกนีไทเซชันตกค้าง หลังจากการเย็นตัวครั้งแรกแล้วด้วยสนามแม่เหล็กสลับ โดยการทำให้วัสดุตัวอย่างหมุนรอบตัวเองใน 3 ทิศทาง อยู่ในอิทธิพลของสนามแม่เหล็กสลับ ซึ่งจะต้องเพิ่มค่าความแรงของสนามแม่เหล็กขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นแมกนีไทเซชันตกค้างในวัสดุตัวอย่างที่มีค ความแข็งแรงน้อยกว่าสนามแม่เหล็กสลับที่จ่ายให้ ก็จะถูกลบล้างไป ส่วนแมกนีไทเซชันตกค้างที่แข็งแรงกว่าสนามแม่เหล็กสลับที่จ่ายให้ ก็จะยังคงอยู่ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็น อำนาจแม่เหล็กปฐมภูมิ แต่จะถูกลบล้างได้เหมือนกัน ถ้าหากจ่ายสนามแม่เหล็กสลับที่แข็งแรงกว่าเข้าไป

ในการใช้สนามแม่เหล็กมาลบล้างข้อมูลออกไปนั้น แร่ทางแม่เหล็กแต่ละชนิดนั้น จะถูกลบล้างไปด้วยความแรงของสนามแม่เหล็กที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะแสดงความแข็งแรงของแมกนีไทเซชันในหินแต่ละชนิด แต่ถ้าหากเป็นแร่ชนิดเดียวกันการใช้สนามแม่เหล็กในการลบล้างในพวก เกรนแม่เหล็กชนิดโดเมน เดียวจะใช้สนามแม่เหล็กที่มีความแรงมากกว่า พวกแร่ที่เป็นเกรนแม่เหล็กชนิดหลายโดเมน

จุดประสงค์ในการลบล้างอำนาจแม่เหล็ก ก็เพื่อที่จะต้องการทราบทิศทางของอำนาจแม่เหล็กปฐมภูมิ ซึ่งจะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กโลกในขณะนั้น อำนาจแม่เหล็กปฐมภูมิ หรือ Primary NRM สามารถแสดงได้ถึงความสัมพันธ์ข้างล่าง

$$\text{NRM} = \text{PrimaryNRM} + \text{SecondaryNRM}_1 + \text{SecondaryNRM}_2 + \text{SecondaryNRM}_3 + \dots$$



ภาพประกอบ เวกเตอร์ของ แมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ ของ 3 องค์ประกอบ (เวกเตอร์ 0 แทน เวกเตอร์ลัพธ์ของแมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติที่วัดค่าความเข้มได้ในเวลาปัจจุบัน ซึ่งประกอบ ด้วยอำนาจแม่เหล็กปฐมภูมิ (เวกเตอร์ 3-6) ส่วนเวกเตอร์ 1 และ 2 เป็น อำนาจแม่เหล็กทุติยภูมิ (Butler, 1992)

Median Destructive Field (MDF)

เป็นค่าสนามแม่เหล็กสลับในหน่วย milli-Tesla (mT) ที่สามารถทำลายแมกนีไทเซชันตกค้างให้เหลือเพียงครึ่งหนึ่ง (50%) ค่านี้จะแสดงความแข็งแรงของแมกนีไทเซชันตกค้างที่อยู่ในวัสดุ ในแร่แม่เหล็กชนิดเดียวกัน เกรนแม่เหล็กชนิดโดเมนเดี่ยว (single domain grain, SD) จะมีค่า MDF สูงกว่าเกรนแม่เหล็กชนิดหลายโดเมน (multidomain grain, MD) สำหรับสารแม่เหล็กต่างชนิดกัน สาร Fe_2O_3 (hematite) จะมีค่า MDF สูงกว่าสาร Fe_3O_4 (magnetite)

Koenigsberger

เทอมนี้ไม่ได้เป็น แมกนีไทเซชันตกค้างธรรมชาติ แต่เป็นตัววัดเสถียรภาพของแมกนีไทเซชันในหิน ซึ่งนิยามขึ้นโดย Koenigsberger เป็นอัตราส่วนระหว่างความแรงของ TRM (J) ที่รับเอาไว้เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็ก $H = \frac{B}{\sigma_0}$ ในหินอักษิ กับความเข้มของสนามเหนี่ยวนำในสนามขนาดเดียวกัน ที่ 20°C และในเวลาต่อมาได้นิยามใหม่ว่า

$$Q - \text{Value} = \frac{\text{NRM}}{40000k}$$

เมื่อ NRM คือ ความแรงของแมกนีไทเซชันที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ (m Am^{-1})

40000 เป็นความเข้มของสนามแม่เหล็กโลก (m Am^{-1})

k เป็นค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (SI)

หินที่มีค่า Q-value มากกว่า 1 มีแนวโน้มที่จะมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กสูงและเป็นแถบบันทึกแม่เหล็กที่ดีของสนามแม่เหล็กโลกบรรพกาล ขณะที่หินที่มีค่า Q-Value ต่ำ (ต่ำกว่า 1) จะมีเสถียรภาพทางแม่เหล็กต่ำ ค่านี้โดยทั่วไปจะสะท้อนให้เห็นถึงโครงสร้างโดเมนแม่เหล็ก สำหรับค่า Q-Value -1 แสดงการปรากฏของเม็ดโดเมนเดี่ยว (single domain grain, SD) ที่ทำให้มีแมกนีไทเซชันตกค้างที่มีเสถียรภาพสูง ขณะที่ค่า Q-Value -0.5 แสดงการปรากฏของเม็ดโดเมนชนิดหลายโดเมนที่มีเสถียรภาพต่ำในสัดส่วนที่สูง (Collinson, 1983)

ตาราง แสดงสมบัติทางแม่เหล็กของแร่เฟอร์โรแมกเนติกบางชนิด (Tarling and Hrouda, 1993)

Mineral	Curie/Neel Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Saturation magnetization ($\text{A m}^2/\text{kg}$)	Mass susceptibility ($\times 10^{-8} \text{ SI/kg}$)	Density (kg/m^3)	Pj	T
Magnetite	575	90-93	578	5200	1.18	-0.3
Maghaemite	350	80-85	500	4800	-	-
Haematite	680	0.2-0.5	25	5300	>100	1.0
Goethite	120-130	0.001-1	0.5-1.5	4300	-	-
Pyrrhotite	320	1-2	0.1-20	4600	3-400	0.8
Franklinite	60	0.006-3	-	5340	-	-
Jacobsite	300	0.7-3	-	4870	-	-
Chromite	-84	0.003-0.007	-	5090	-	-
Cobaltite	-	0.0005-0.2	-	6300	-	-

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล

นายจิรพันธุ์ ศรีเทียม

รหัสประจำตัวนักศึกษา

4910220024

วุฒิการศึกษา

วุฒิ

ชื่อสถาบัน

ปีที่สำเร็จการศึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2545

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ประเภททุนเชื่อมโยงกับบัณฑิต ประจำปีงบประมาณ 2550

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Sritiam, J., Bhongsuwan, T. and Duerrast, H., 2008. "Magnetic Anisotropy of Basalt from Twenty-Seven Locations in Thailand", Proceeding of the Conference on "Proceedings of The International Conference On Applied Geophysics (Geophysics Chiang Mai 2008)", 12nd-13rd Nov 2008, Chiang Mai, Thailand