

ศิลาเคมีของหินบะซอลต์บริเวณ อำเภอสบปราบ และอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง

นาย จักรพันธ์ สุทธิรัตน์



ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

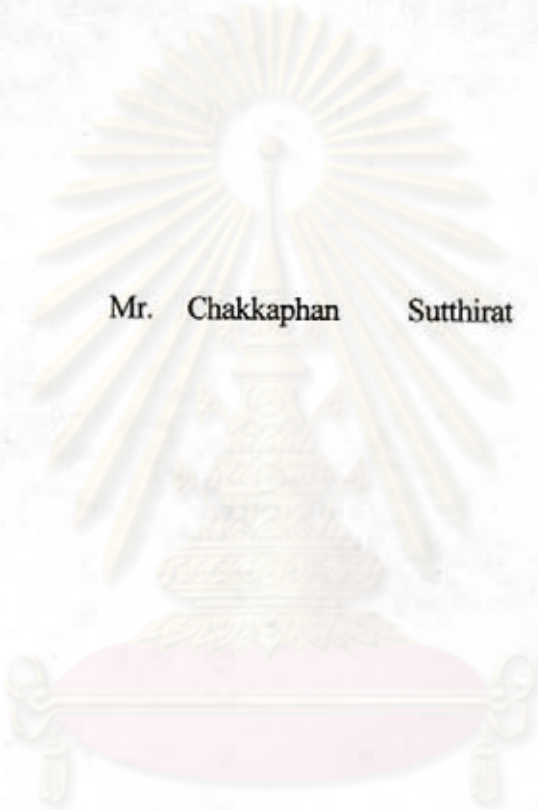
พ.ศ. 2538

ISBN 974 - 631 - 497 - 1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16862685

PETROCHEMISTRY OF BASALTS IN AMPHOE SOP PRAB AND
AMPHOE KO KHA , CHANGWAT LAMPANG



Mr. Chakkaphan Sutthirat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Department of Geology

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974 - 631 - 497 - 1

Thesis Title Petrochemistry of Basalts in Amphoe Sop Prab and Amphoe Ko
 Kha, Changwat Lampang.
By Mr. Chakkaphan Sutthirat
Department Geology
Thesis Advisor Associate Professor Wasant Pongsapich, Ph. D.
 Archan Punya Charusiri, Ph. D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment
of the Requirements for the Master' s Degree

Santi Thoongsuwan

..... Dean of Graduate School
(Associate Professor Santi Thoongsuwan, Ph. D.)

Thesis Committee

Visut Pisutha - Arnod

..... Chairman
(Assistant Professor Visut Pisutha - Arnod, Ph. D.)

Wasant Pongsapich

..... Member
(Associate Professor Wasant Pongsapich, Ph. D.)

Nikom Jungyusuk

..... Member
(Nikom Jungyusuk, M. Sc.)

S. Intasopa

..... Member
(Suporn Intasopa, Ph. D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทกัณฑ์วิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

จักรพันธ์ สุทธิรัตน์: ศิลาเคมีของหินบะซอลต์บริเวณอำเภอสบปราบและอำเภอเกาะคาจังหวัดลำปาง (PETROCHEMISTRY OF BASALTS IN AMPHOE SOP PRAB AND AMPHOE KO KHA CHANGWAT LAMPANG) อ. ศึกษาศาสตร์ : รศ.ดร. วสันต์ พงศาพิชญ์, อ.ดร. บัณฑิตยา จารุศิริ, 158 หน้า ISBN 974-631-497-1

พื้นที่ทำการศึกษาคครอบคลุมประมาณ 300 ตร. กม. ในบริเวณอำเภอสบปราบ อำเภอเกาะคา และอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ทางภาคเหนือของประเทศไทย ลักษณะทางธรณีวิทยาประกอบไปด้วย หินตะกอน (และหินแปร) ในยุคเพอร์เมียน ยุคโทรแอสซิก ยุคเทอร์เชียรี และยุคควอเทอร์นารี ส่วนหินอัคนีประกอบด้วย หินภูเขาไฟ และเถ้าธุลีภูเขาไฟ ในยุคเพอร์โมโทรแอสซิก หินแกรนิตออไรต์ ยุคโทรแอสซิก และหินบะซอลต์ในมหายุคซีโนโซอิก

หินบะซอลต์ในพื้นที่แบ่งออกเป็น 2 บริเวณคือหินบะซอลต์ทางตอนเหนือ (น้ำโจ้บะซอลต์) และหินบะซอลต์ทางตอนใต้ (สบปราบ-เกาะคาบะซอลต์) น้ำโจ้บะซอลต์คลุมพื้นที่ 3 ตร. กม. ในตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ หินบะซอลต์บริเวณนี้แสดงการไหลลงตามความชันของเขาประกอบด้วย ลักษณะเม็ดยืด และเนื้อดอกมักพบหินแปลกปลอมชนิด อัลตราเมฟิก พวกสปิเนล เลอร์โซไลท์ผลึกขนาดใหญ่ของแร่โอลิวีน และไพรอกซีนองค์ประกอบส่วนใหญ่ ประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส ไพรอกซีน โอลิวีน แร่ทึบแสง และแร่ประกอบย่อยอื่นขนาดแร่โดยเฉลี่ยเล็กกว่าหินสบปราบ-เกาะคาบะซอลต์ทางตอนใต้ ส่วนหินสบปราบ-เกาะคาบะซอลต์ แบ่งออกเป็น 5 ชั้นธารไหล คลุมพื้นที่ประมาณ 55 ตร. กม. ในเขตอำเภอสบปราบและอำเภอเกาะคา หินบะซอลต์ทั้ง 5 ชั้น ธารไหลพบรูพรุนเนื้อแน่น ผลึกเนื้อดอกขนาดเล็กถึงเล็กมาก แร่ดอกโอลิวีนพบอยู่โดยทั่วไปในทุกชั้นธารไหลประกอบด้วย แร่แพลจิโอเคลส ไพรอกซีน โอลิวีน แร่ทึบแสง และแร่ประกอบย่อยอื่นเหมือนกัน

น้ำโจ้บะซอลต์ และ สบปราบ-เกาะคาบะซอลต์ สามารถแบ่งแยกจากกันได้โดยลักษณะทางธรณีเคมีอย่างชัดเจน ในความแตกต่างของทั้งธาตุหลัก และธาตุร่องรอย น้ำโจ้บะซอลต์ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มบาซาไนต์ ขณะที่สบปราบ-เกาะคาบะซอลต์ จัดอยู่ในประเภท อัลคาไลน์โอลิวีนบะซอลต์ รูปแบบ คอนโครีทเทอร์มาไลซ์ ของธาตุหายากของทุกกลุ่มแสดงรูปแบบการลดลงจากธาตุเบาไปธาตุหนักเหมือนกัน ค่าแมกนีเซียม แสดงลักษณะขบวนการกำเนิดจากหินหนืดปฐมภูมิ

อาจสรุปได้ว่าหินบะซอลต์ 2 บริเวณมักกำเนิดมาจากหินหนืดปฐมภูมิ ที่ผ่านขบวนการคล้ายกัน คือการตกผลึกของแร่ในหินหนืด แต่หินหนืดบะซอลต์นี้อาจกำเนิดมาจากแหล่งต้นกำเนิดที่ระดับความลึกต่างกัน ในชั้นแมนเทิลคอนบน ด้วยลำดับการหลอมละลายบางส่วนตำร่องรอยพลอยแซปไฟร์ ในพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณน้ำโจ้บะซอลต์น่าจะแสดงความสัมพันธ์ของ พลอยแซปไฟร์ และการกำเนิด อย่างใกล้ชิดกับ การกำเนิดของหินบะซอลต์ เช่นเดียวกับหินบะซอลต์ให้พลอยทั่วไป เป็นไปได้ว่าพลอยแซปไฟร์อาจจะมีการเริ่มต้นแบบผลึกแร่ขนาดใหญ่ ทดผลึกจากหินหนืดปฐมภูมิของน้ำโจ้บะซอลต์ ที่ความลึก และความดันสูงกว่า 20 กิโลเมตร สปิเนล เลอร์โซไลท์ที่ติดตามในหินน้ำโจ้บะซอลต์ปฐมภูมิ แสดงให้เห็นว่า หินหนืดเกิดจากการหลอมละลายบางส่วนในชั้นแมนเทิลคอนบนที่ความดันต่ำกว่า 25 กิโลเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาควิชา ธรณีวิทยา
สาขาวิชา ...ธรณีวิทยา
ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C525750 : MAJOR GEOLOGY
KEY WORD: PETROCHEMISTRY / BASALT / GEMSTONE / LAMPANG

CHAKKAPHAN SUTTHIRAT : PETROCHEMISTRY OF BASALTS IN AMPHOE SOP PRAB AND AMPHOE KO-KHA, CHANGWAT LAMPANG. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. WASANT PONGSAPICH Ph.D., Archan. Punya Charusiri, Ph.D., 158 pp. ISBN 974-631-497-1

The 300 sq.km. basaltic area encompassing parts of Amphoe Sop Prab, Amphoe Ko Kha, and Amphoe Mae Tha in Changwat Lampang, northern Thailand. The area is also occupied by sedimentary (and metamorphic) rocks of Permian, Triassic, Tertiary, and Quaternary ages. Igneous rocks comprise Permo-Triassic volcanic, Triassic granodiorite, and Cenozoic basalt.

Basalts in this area can be geographically subdivided into 2 areas, as the north' basaltic area (Nam Cho basalt) and the south basaltic area (Sop Prab-Ko Kha basalt). The Nam Cho basalt covers approximately 3 sq.km. in Thambon Nam Cho, Amphoe Mae Tha. The basalt occurred as flow layers, that flowed following the hill slope. Petrographically, they are generally present as fine-grained and porphyritic. Ultramafic nodules of spinel lherzolite and megacrysts of olivine, and pyroxene are often found in this basaltic area. The basalt is typically composed of plagioclase, pyroxene, olivine, opaque minerals and other accessories. Average grain size is relatively smaller than the Sop Prab-Ko Kha basalt. The Sop Prab-Ko Kha basalt can be subdivided into 5 flow approximately 55 sq.km. between Amphoe Ko Kha and Amphoe Sop Prab. These 5 basaltic flows are similarly characterized by vesicular, or massive, microporphyritic-porphyritic, fine-grained to aphanitic rocks. Phenocrysts of olivine frequently occur in most flows. These basaltic flows similar contain plagioclase, pyroxene, olivine, opaque minerals, and other accessories.

Geochemically, the Nam Cho basalt and the Sop Prab-Ko Kha basalt can be clearly divided by the different composition of both major and trace elements. The Nam Cho basalt is mainly named as basanite, whereas the Sop Prab-Ko Kha basalt is dominantly alkaline-olivine basalt. Rare earth element always shows the similar chondrite-normalized patterns of most basalt groups. The Mg-values indicate that both basalts were occurred from the primary magma.

Therefore, it is tentatively inferred that basalts from both areas were probably originated from primary, which evolved by similar processes of magma crystallization. But these basaltic magmas would have been originated in the different depth in upper mantle with low degree of partial melting.

The occurrence of sapphire commonly in the area occupied by the Nam Cho basalt may possibly suggest that the sapphire has its genesis in close link with the genesis of the basaltic rock as has been evinced from several corundum-bearing basalts. Hence, the sapphire occurred primarily as a small number of megacryst possibly crystallized from the primary Nam Cho magma at great depth or at pressure greater than 20 kb. The primary Nam Cho basalt incorporated spinel lherzolite may accordingly suggest that the rock was formed by magma partial melted from the upper mantle at pressure not greater than 25 kb.

ภาควิชา..... ธรณีวิทยา
สาขาวิชา..... ธรณีวิทยา
ปีการศึกษา..... 2537

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to express his sincere gratitude to Associate Professor Dr. Wasant Pongsapich and Dr. Punya Charusiri for their willingness in supervision through this thesis study. Thanks are due to Mr. Rak Hansawek, Chief of Gemstone Exploration Section, Mr. Phairat Suthakorn and Mr. Perapong Khuenkong, Tin and Associated Minerals Exploration Section, Economic Geology Division, Department of Mineral Resources (DMR) for their generous helps and many facilities, which help this thesis possible. The author would like to thank Mr. Somsak Sangsila, Mrs. Suchada Sripairojthikoon, and other staffs of Mineral Resources Analysis Division, DMR, for the analysis of major and some trace elements, and Mr. Chanchai Asvavijnijkulchai, Physics Division, office of Atomic Energy of Peace for the analysis of rare earth elements. The author is greatly indebted to staffs of Gemstone Exploration Section, especially to Mrs. Supranee Wichitphant, and Mr. Wimon Ubolphuang, Department of Geology, Chulalongkorn University, for their drawing of all figures. Thanks are also expressed to students of Department of Geology, Chulalongkorn University, specially Mr. Suthisak Thowanich and Mr. Son Wongaraya for their assistances in field mapping. Finally the author is very grateful to Miss Wanida Ra-ngubpit, Mineral Resources Development Division, and Miss Aree Rittipat, Mineral Fuels Division, DMR for their assistances in typing and review the manuscript.

CONTENTS



	Page
ABSTRACT IN THAI.....	IV
ABSTRACT IN ENGLISH.....	V
ACKNOWLEDGEMENTS.....	VI
LIST OF FIGURES.....	XI
LIST OF TABLES.....	XIX
CHAPTER	
I INTRODUCTION.....	1
General statement.....	1
Location.....	1
Accessibility.....	3
Physiography.....	3
Climate and Vegetation.....	5
Previous works.....	6
Purpose.....	7
Methods of Investigation.....	7
II REVIEWS OF LATE CENOZOIC BASALTS IN MAINLAND SOUTHEAST ASIA.....	9
Introduction.....	9
Distribution.....	9
Geology and Petrochemistry.....	11
1. Southern China and northern Vietnam.....	11
2. Northern and central Vietnam and adjacent areas.....	12
3. Bolovens and Kasseng Plateaus.....	12

CHAPTER	Page
4. Bokeo Plateau.....	13
5. Eastern Kampuchea and southern Vietnam.....	13
6. Western Kampuchea and eastern Thailand.....	14
7. Bo Phloi area.....	16
8. Khorat Plateau.....	16
9. Northern Thailand.....	17
10. Malaysian Peninsula.....	18
11. Central Plain of Burma.....	19
Gem-Bearing Basalts in Thailand.....	19
1. Chantaburi-Trat area.....	21
2. Bo Phoi area.....	22
3. Phrae-Sukhothai area.....	23
4. Wichianburi area.....	23
5. Ubon Ratchathani-Sri Sa Ket area.....	24
6. Chiang Khong area.....	25
Chronology of Thai Cenozoic Basaltic Volcanism.....	25
1. Late Oligocene Episode.....	27
2. Early Miocene Episode.....	27
3. Middle to Late Miocene Episode.....	27
4. Early Pliocene Episode.....	29
5. Late Pliocene Episode.....	29
6. Quaternary Episode.....	29
III GEOLOGIC SETTING.....	30
Regional Geology.....	30
1. Silurian-Devonian.....	30
2. Permian.....	32

CHAPTER	Page
3. Permo-Triassic.....	32
4. Triassic.....	32
5. Tertiary.....	34
6. Quaternary.....	34
7. Igneous Rocks.....	35
Geology of the Study Area.....	36
1. Permian metamorphic rocks.....	36
2. Permo-Triassic rocks.....	38
3. Upper Permian-Lower Triassic contact rocks.....	38
4. Triassic sedimentary rocks.....	39
5. Tertiary sedimentary rocks.....	40
6. Quaternary sediments.....	40
7. Granodiorites.....	41
8. Basalts.....	41
Regional Structural Geology.....	42
Sapphire Occurrences.....	42
1. North Basaltic Area.....	47
2. South Basaltic Area.....	47
IV PETROGRAPHY.....	48
The Nam Cho Basalt.....	48
The Sop Prab-Ko Kha Basalt.....	54
1. The First Basaltic Flow.....	56
2. The Second Basaltic Flow.....	61
3. The Third Basaltic Flow.....	65
4. The Fourth Basaltic Flow.....	69
5. The Fifth Basaltic Flow.....	73

CHAPTER	Page
V GEOCHEMISTRY.....	78
Introduction.....	78
Major Element Data.....	78
Trace Element Data.....	102
Rare Earth Element Data.....	108
VI DISCUSSION.....	115
Geologic Setting.....	115
Gem-Bearing and -Barren Basalts.....	116
Petrogenetic Model.....	119
Tectonic Settings.....	122
VII CONCLUSION.....	134
REFERENCES.....	136
APPENDICES.....	146
BIOGRAPHY.....	158

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

Figure	Page
1.1 Index map of Thailand showing locality of the study area in Changwat Lampang, Northern Thailand.	2
1.2 Topographic map of the study and adjacent areas showing some accessibility and physiography (Map sheet index NE 47-7 and NE 47-11).	4
2.1 Map showing the distribution of Cenozoic basalts in parts of mainland Southeast Asia (after Barr and Macdonald, 1981).	10
2.2 Map showing distribution of Cenozoic basalts and locations of ruby and sapphire deposits in Thailand (after Vichit, 1992).	20
3.1 Regional geologic map of the Lampang-Sop Prab area (after Piyasin, 1971 and 1974).	31
3.2 Geologic map of the study area (modified after Charoenprawat et al., 1986).	37
3.3 Volcanic flows of the Sop Prab-Ko Kha basalt (top half) lying on the Triassic rock sequence (bottom half).	43
3.4 The thick basaltic soil covering gravel bed around the south edge of the Sop Prab-Ko Kha basaltic area (grid reference 362854).	43
3.5 Residual weathered basalts overlies gravel deposit of the Triassic rocks at the west edge of the Sop Prab-Ko Kha basaltic area (grid reference 357914).	44
3.6 Characteristic of gravels of the old Mae Nam Wang River at the south edge of the Sop Prab-Ko Kha basaltic area nearby the recent Mae Nam Wang River (grid reference 371856).	44

Figure	Page
3.7 Foldings of the Hong Hoi Formation showing NE-SW fold axis.	45
3.8 Map showing the aerial extent of basalts and locations of sapphire occurrences in the study area (after Sutthirat et al., 1995).	46
4.1 The Nam Cho basalt flows following hill slope of the Phra That Formation to the bottom plain.	49
4.2 Typical location at kms 568 to 569 on the Highway number 1 comprising 5 basaltic flows with total thickness of about 20 m thick of the Sop Prab-Ko Kha basalt.	49
4.3 A specimen of the Nam Cho basalt contains lherzolite nodule and showing general characteristics of this rock.	52
4.4 Photomicrographs of the Nam Cho basalt showing large phenocrysts of olivine (Ol) and pyroxene (Py) in groundmass of plagioclase microlite, pyroxene, and opaque mineral (4.4a: uncross nicols, 4.4b: cross nicols).	52
4.5 Olivine megacryst (Ol) in aphanitic opaque (O), pyroxene (Py), and plagioclase, and showing occurrences of anhedral zeolite in vesicle (4.5a: uncross nicols, 4.5b: cross nicols).	53
4.6 Spinel-lherzolite nodule comprises olivine (Ol), pyroxene (Py), and spinel (Sp), with equigranular, fine-grained holocrystalline (4.6a: uncross nicols, 4.6b: cross nicols).	53
4.7 Characteristic of volcanic bomb occurring in the volcanic crater.	55
4.8 Scoriaceous spatter materials are found in volcanic crater.	55
4.9 Ropy structure is frequently shown in the lower flows of the Sop Prab-Ko Kha basaltic area.	57

Figure	Page
4.10 Pahoehoe flow comprising ropy structures along the slopes in the eastern and western.	57
4.11 A specimen of the first flow of the Sop Prab-Ko Kha basalt showing fine-grained, porphyritic, olivine basalt.	59
4.12 Photomicrographs show olivine phenocryst (Ol) in trachytic plagioclase (P) microlites, interstitial of pyroxene (Py) and opaque, intersertal of glass, and some iddingsite (I) crystals (4.12a: uncross nicols, 4.12b: cross nicols).	59
4.13 Interstitial of anhedral-subhedral pyroxene (Py) in plagioclase (P) lath, interstitial texture of glass (G) skeleton texture of opaque, short prismatic apatite, subhedral olivine (Ol) phenocryst, and iddingsite (I) in the first basaltic flow (4.13a: uncross nicols, 4.13b: cross nicols).	60
4.14 Iddingsite (I), anhedral-subhedral opaque(O), rare prismatic apatite, lath of plagioclase is partially enclosed by pyroxene (Py) forming subophitic texture, with intersertal texture (4.14a: uncross nicols, 4.14b: cross nicols).	60
4.15 A specimen of the second flow of the Sop Prab-Ko Kha basalt showing fine-grained, porphyritic, olivine basalt, with vesicular texture.	63
4.16 Photomicrographs show phenocryst of subhedral olivine (Ol), skeleton opaque (O), with pyroxene (Py) form interstitial between plagioclase (P) laths, and some subophitic texture (4.16a: uncross nicols, 4.16b: cross nicols).	63

Figure	Page
4.17 Iddingsite (I) altered from olivine, anhedral-subhedral pyroxene (Py), subhedral plagioclase (P), which from subophitic and interstitial with some intersertal textures (4.17a: uncross nicols, 4.17b: cross nicols).	64
4.18 Subhedral phenocrysts of olivine (Ol), skeleton opaque, pyroxene groundmass, and glass (G) in vug, those show porphyritic, intersertal, interstitial, and subophitic texture (4.18a: uncross nicols, 4.18b: cross nicols).	64
4.19 A specimen of the third flow of the Sop Prab-Ko Kha basalt showing vesicular, porphyritic, fine-grained, olivine basalt.	67
4.20 Photomicrographs show large olivine (Ol) phenocryst surrounded by plagioclase (P), pyroxene, opaque, and glass (G), and comprising trachytic, intersertal, interstitial textures (4.20a: uncross nicols, 4.20b: cross nicols).	67
4.21 Olivine (Ol) phenocrysts surrounded by pyroxene (Py), plagioclase (P), microlite, glass (G), and opaque, forming mainly interstitial, intersertal, and trachytic textures (4.21a: uncross nicols, 4.21b: cross nicols).	68
4.22 Interstitial of subhedral olivine (Ol), opaque (O), and pyroxene between laths of plagioclase (P), and glass (G) form intersertal texture, with moderate subophitic texture (4.22a: uncross nicols, 4.22b: cross nicols).	68
4.23 Specimen of the fourth flow of the Sop Prab-Ko Kha basalt showing vesicular, fine-grained, microporphyritic, olivine basalt.	71

Figure	Page
4.24 Photomicrographs show engulf texture of olivine (Ol) phenocryst surrounded by plagioclase (P) laths, and interstitial of pyroxene (Py) and iddingsite (I), with intersertal texture (4.24a: uncross nicols, 4.24b: cross nicols).	71
4.25 Subhedral of plagioclase (P) forming lath and microlite forms, pyroxene (Py), opaque (O), and iddingsite(I), with intersertal, interstitial, and microporphyritic textures (4.25a: uncross nicols, 4.25b: cross nicols).	72
4.26 Anhedral olivine (Ol), and iddingsite (I) phenocrysts, with lath of plagioclase (P), opaque (O), and small pyroxene forming interstitial, subophitic, and intersertal textures (4.26a: uncross nicols, 4.26b: cross nicols).	72
4.27 A specimen of the fifth flow of the Sop Prab-Ko Kha basalt showing fine-grained, porphyritic olivine basalt.	75
4.28 Photomicrographs show large olivine phenocryst in aphanitic groundmass of pyroxene (Py), plagioclase (P), and glass (G) and forming trachytic, intersertal, and interstitial textures (4.28a: uncross nicols, 4.28b: cross nicols).	75
4.29 Phenocrysts of olivine (Ol) and iddingsite (I) surrounded by plagioclase (P) microlite, opaque (O) and pyroxene, showing intersertal, interstitial, and porphyritic textures (4.29a: uncross nicols, 4.29b: cross nicols).	76
4.30 Subhedral olivine (Ol) phenocrysts and laths of plagioclase (P) surrounded by pyroxene, opaque, and glass (G) forming trachytic, intersertal, interstitial, and porphyritic textures, with calcite(Ca) occurring in fracture of basalt (4.30a: uncross nicols, 4.30b: cross nicols).	76

Figure	Page
5.1 Harker variation diagrams of major oxides versus SiO_2 for basalts in the study area.	89
5.2 Variation diagrams plotting of MgO versus the other major oxides for the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts.	92
5.3 Variation diagrams plotting of Solidification Index (S. I.) against major oxides for the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts.	95
5.4 Plot of $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ against SiO_2 (fields from Cox et al., 1979).	99
5.5 Total alkaline - SiO_2 plot (TAS) with line separating fields of alkaline and subalkaline magma series (Irvine and Baragar, 1971).	99
5.6 Chemical classification nomenclature using the total alkaline versus silica diagram (after Middlemost, 1985) shows basanite name of the Nam Cho basalt and alkaline olivine basalt of the Sop Prab-Ko Kha basalt.	100
5.7 Plot of CaO and $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ versus SiO_2 (after Peacock, 1931) displays alkaline range of most sample plottings from the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts.	100
5.8 Plot of Alkali Index (A. I.) versus wt.% Al_2O_3 of the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts (fields from Middlemost, 1975).	101
5.9 Variation of Nb versus Zr (ppm) for basalts from the study area.	110

Figure	Page
5.10 Variation of Y/Nb versus Zr/Nb for basalts from the study area and mixing trend line between an enriched MORB source component and a depleted MORB source component (Wilson, 1989).	110
5.11 Chondrite normalized REE patterns of samples from Nam Cho basalt.	112
5.12 Chondrite normalized REE patterns of the fifth basaltic flow from the Sop Prab - Ko Kha area.	112
5.13 Chondrite normalized REE patterns of the fourth basaltic flow from the Sop Prab - Ko Kha area.	113
5.14 Chondrite normalized REE patterns of the third basaltic flow from the Sop Prab - Ko Kha area.	113
5.15 Chondrite normalized REE patterns of the second basaltic flow from the Sop Prab - Ko Kha area.	114
5.16 Chondrite normalized REE patterns of the first basaltic flow from the Sop Prab - Ko Kha area.	114
6.1 Plot of normative hyperstene or nepheline against normative plagioclase composition for the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts (fields from Barr and Macdonald, 1981).	118
6.2 Experimentally determined partial melting characteristics of an enriched lherzolite source (after Jaques and Green, 1980).	121
6.3 Chondrite normalized patterns from calculating model of ranging in degree of partial melting (Rollinson, 1993).	123
6.4 Ternary plot of $Zr/4 - Nb*2 - Y$ of the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts (fields from Meschede, 1986) suggests that these basalts are mainly within plate alkaline and tholeiitic basalts.	125

Figure	Page
6.5 Zr - Ti/100 - Y*3 plot of basalts from the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha areas (fields after Pearce and Cann, 1973).	125
6.6 MnO*10 - TiO ₂ - P ₂ O ₅ *10 variation diagram for the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts (after Mullen, 1983) show that these basalts are mainly plotted in ocean island alkaline field.	126
6.7. Variation diagram of log Ti versus log Zr for the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts (fields after Pearce and Cann 1973)	126
6.8 Plot of log (Zr/Y) against log Zr displays mainly within plate basalt of these samples from the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts (fields after Pearce and Norry, 1979).	127
6.9 The log(Ti/Y) - log(Nb/Y) discrimination diagram for basalt plottings of the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha areas (after Pearce, 1982).	127
6.10 Active versus passive rifting models (after Keen, 1985).	130
6.11 Distribution of major mantle source components in relation to sites of continental and oceanic volcanism (after the Institute of Geological Sciences of England, 1974).	131
6.12 The simplified petrogenetic model of the Nam Cho basalt and the Sop Prab-Ko Kha basalt.	133

LIST OF TABLES

Table		Page
2.1	Age determination of basalts in Thailand (after Sutthirat et al., 1994).	26
5.1	Major element analyses (in percent) of 65 basalt samples for the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts.	79
5.2	CIPW norm of 65 basalt analyses for the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts.	82
5.3	Averages of the major element analyses of each basaltic flow the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts.	87
5.4	Trace element analyses (in ppm) of 65 basalt samples for the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts.	103
5.5	Averages of trace element analyses of each basaltic flow from the Nam Cho and the Sop Prab-Ko Kha basalts.	106
5.6	Rare earth element analyses (in ppm) of 30 selected basalt sample.	109

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย