หินอัคนีและการเกิดแร่ดีบุกในบริเวณเกาะภูเก็ต
โดยเน้นหนักที่บริเวณเหมืองเจ้าฟ้าและเหมืองท่อสูง

นาย ปัญญา จารุศิริ

001711

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๓

I16542377

IGNEOUS COMPLEXES AND TIN MINERALIZATION IN PHUKET ISLAND, WITH SPECIAL REFERENCE TO CHAO FA AND TOR SOONG MINES

Mr. Punya Charusiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Geology

Graduate School

Chulalongkorn University

1980

Thesis Title	Igneous Complexes and Tin Mineralization in Phuket Island, with Special Reference to Chao Fa and Tor Soong Mines
By	Mr. Punya Charusiri
Department	Geology
Thesis Advisor	Assistant Professer Wasant Pongsapich, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

S. Bunnag ..... Dean of Graduate School

(Associated Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

Nopadon Muangnoicharoen ..... Chairman

(Nopadon Muangnoicharoen, Ph.D.)

..... Member

(Professor W.F. Beeser, Geol. Drs.)

Wasant Pongsapich ..... Member

(Assistant Professor Wasant Pongsapich, Ph.D.)

S. Suensilpong ..... Member

(Sanam Suensilpong, Ph.D.)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	หินอัคนีและการเกิดแร่ตีบุกในบริเวณเกาะภูเก็ตโดยเน้นหนัก ที่บริเวณ เหมืองเจ้าฟ้าและเหมืองท่อสูง
ชื่อนิสิต	นาย ปัญญา จารุศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ พงศ์พิชญ์
ภาควิชา	ธรณีวิทยา
ปีการศึกษา	2523

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

บริเวณที่ทำการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 210 ตารางกิโลเมตรบนเกาะภูเก็ตและประมาณ 60% ของบริเวณที่ศึกษานี้ประกอบไปด้วยหินแกรนิต ของภูเก็ตพลูตอน ซึ่งมีอายุอยู่ระหว่างยุคครีเทเชียส์ถึงเทอเชียรี่ หินแกรนิตดังกล่าวเกิดอยู่เป็นพลูตอนวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้โดยเฉลี่ย จากการศึกษาทางภาคสนามอาจแบ่งหินแกรนิตนี้ออกเป็น 5 ชนิด ซึ่งเรียงจากลำดับอายุแก่กว่าไปยังอ่อนกว่าได้ดังนี้

ไบโอไทต์แกรนิตชนิดเนื้อหยาบมีลักษณะเนื้อลายตอก (G-1)

ไบโอไทต์แกรนิตชนิดเนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลาง (G-2)

ไบโอไทต์ มัสโคไวท์แกรนิตชนิดเนื้อหยาบถึงหยาบปานกลางมีลายตอกพอมองเห็นได้บ้าง (G-3)

ไบโอไทต์ มัสโคไวท์แกรนิตชนิดเนื้อละเอียดถึงหยาบปานกลางมีลายตอกบ้างบางส่วน (G-4)

ไบโอไทต์ มัสโคไวท์ และทัวมาลีนแกรนิตชนิดเนื้อละเอียด (G-5)

บริเวณ 40% ที่เหลือปกคลุมด้วยหินตะกอนของชุดภูเก็ตในยุคเปอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัสซึ่งประกอบไปด้วยหินมัดสโตน ลามิเนทเตทมัดสโตน ไดอะมิกไทต์ ซิลท์สโตน และหินทราย ซึ่งยังมีบางส่วนของหินชุดนี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นหินแปร ซึ่งมีสาเหตุมาจากแรงดัน และ/หรือความร้อนที่มากระทำต่อหินในขณะที่มีการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก และการดันตัวของหินแกรนิต โดยทั่วๆ ไปหินตะกอนชุดภูเก็ตมีแนวในทางเหนือ-ใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และมีมุมเอียงเทต่ำ

ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาในบริเวณนี้ ทั้งหินแกรนิตและหินตะกอนในบริเวณนี้มีการเคลื่อนตัว และโก่งงอตัว ทำให้มีรอยแตกเกิดขึ้น การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกนี้คาดว่าเกิดในมหายุคพาลีโอโซอิคตอนปลายถึงยุคเทอร์เชียรี่ และบางส่วนอาจจะมีอิทธิพลมาจากการเกิดหินอัคนีเองก็ได้

จากการศึกษาทางด้านส่วนประกอบและลักษณะของหิน หินแกรนิตชนิด G-1 ประกอบไปด้วยแร่แพลจิโอเคลส์ (An_{26}-An_{36}) แร่ไบโอไทต์สีน้ำตาลแกมเขียว แร่ไมโครคลาย แร่ควอทซ์ และแร่ประกอบย่อย ทั้งนี้ในแร่ประกอบย่อยนั้นมีแร่สฟีน และแร่อลาไนท์ หินแกรนิตชนิด G-2 ซึ่งไม่มีลายดอกนั้น ประกอบด้วยแร่คล้ายๆ กับชนิด G-1 หินแกรนิตชนิด G-3 นั้นมีลักษณะแกรโนไฟริค และการเกิดวงรอบของแร่แพลจิโอเคลส์ (An_{10}-An_{27}) ไม่ชัดเจนนัก แร่ที่เกิดอยู่ร่วมในหินชนิด G-3 นี้ได้แก่ แร่มัสโคไวท์ แร่ทัวมาลีน และแร่การ์เนต ที่กล่าวมาแล้วเป็นลักษณะที่แตกต่างไปจากหินแกรนิตชนิด G-1 และ G-2 อาจกล่าวได้ว่าหินแกรนิตชนิด G-4 และ G-5 นั้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับหินแกรนิตชนิด G-1 แต่พวกแร่แพลจิโอเคลส์ไม่มีการวงรอบ ลักษณะเด่นของหินแกรนิตชนิด G-4 และ G-5 ได้แก่มี แร่มัสโคไวท์, แร่ทัวมาลีน และแร่ไมโครคลายพบอยู่เป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นยังมีแร่ฟลูออไรด์อยู่ด้วยบ้าง การมีร่องรอยของขบวนการเปลี่ยนแปลงแบบเมตาโซมาติก และ นิวมาโตลิติกในหินก็เป็นลักษณะชี้บอกของหินแกรนิต G-4 และชนิด G-5 ได้เช่นกัน

การศึกษาจากการวิเคราะห์เคมีของหิน 24 ตัวอย่างและการวิเคราะห์ปริมาณโดยการนับเม็ดแร่นั้น ปรากฏว่าหินแกรนิตทั้งหมดนี้จัดอยู่ในกลุ่มแคล-อัลคาไลน์โดยเฉพาะหินแกรนิตชนิด G-4 นั้นจะมีการแยกส่วนช่วงตกผลึกอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีอิทธิพลของไกรเซ่นไนเซชั่นรุนแรง

จากข้อมูลที่รวบรวมและศึกษานั้นอาจกล่าวได้ว่าหินแกรนิตชนิด G-4 และอาจรวมทั้งชนิด G-3 และชนิด G-5 เป็นหินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุก ส่วนหินแกรนิตชนิด G-1 และชนิด G-2 จัดอยู่ในพวกแกรนิตที่ไม่ให้แร่ดีบุก อาจกล่าวได้ว่าหินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุกจะแสดงลักษณะของการเปลี่ยนแปลงและการแยกส่วนช่วงตกผลึกมากกว่า ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เช่น SiO_2, K_2O, Rb, Nb และ Sn ก็มีปริมาณมากกว่า ธาตุบางธาตุเช่น Ba, Sr จะลดน้อยลงไป ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้จะตรงกันข้ามกับหินแกรนิตที่ไม่ให้แร่ดีบุกนอกเหนือจากนี้ค่าของดัชนีของดิฟเฟอเรนติเอชั่น ซึ่งมากกว่า 85 และค่าดัชนีของเปทโตรโลสี่ซึ่งน้อยกว่า 4 จะเป็นตัวชี้บอกได้ว่า หินแกรนิตชนิดนั้นๆ จะเป็นหินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุก

การเกิดแร่ดีบุกในบริเวณที่ศึกษาพบว่า มักจะเกิดอยู่ในบริเวณตะวันออกและตอนกลางของพื้นที่ แหล่งแร่ดีบุกทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่จะพบอยู่ในหินไกรเซ่นไนล์แกรนิต และ หินครา เหมืองแร่ดีบุกส่วนใหญ่จะทำอยู่ในบริเวณที่ละลมตัวของตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว และเหมืองดีบุกหลายแห่งสามารถขุดเจาะลงไปถึงชั้นหินดินดาน ซึ่งเป็นพวกหินครา และหินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุก แนวของหินครา ที่ให้แร่ดีบุกจะอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ เป็นส่วนใหญ่ แนวเหล่านี้จะอยู่ในแนวใกล้เคียงกับแนวการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนใหญ่ซึ่งเกิดขึ้นทางภาคใต้ของประเทศไทย

Thesis Title	Igneous Complexes and Tin Mineralization in Phuket Island, with Special Reference to Chao Fa and Tor Soong Mines
Name	Mr. Punya Charusiri
Thesis Advisor	Assistant Professor Wasant Pongsapich, Ph.D
Department	Geology
Academic Year	1980

ABSTRACT

The area studied covers approximately 210 km^2 in the Phuket Island. At least 60 percent of the area are granitic rocks of the Phuket Plutons. The ages of the granites range from Cretaceous to Tertiary. The granites form composite plutons of elongate shape in the N-S direction. They have been divided, based upon field observation, into 5 types : from the older to the younger as coarse-grained porphyritic biotite granites (G-1), fine-to medium-grained biotite granites (G-2), medium-to coarse-grained biotite granite slightly porphyritic (G-3), fine-to-medium-grained biotite-muscovite granites locally porphyritic (G-4), and fine-grained biotite-muscovite-tourmaline granites (G-5).

The Permo-Carboniferous sedimentary rocks of the Phuket Group are wholly clastic and composed mainly of mudstone, laminated mudstone, diamictite, siltstone and sandstone. The stratified rocks are slightly metamorphosed due to tectonic effects and granitic intrusions. The general strike of the Phuket Group is from N-S to NE-SW with gentle dip.

Structurally, both granitic and sedimentary rocks are considered principally to be faulted, folded, and fractured by the tectonic episode developed from late Paleozoic to Tertiary and locally by igneous activities.

Petrographically, the G-1 granites are composed of plagioclase (An_{26}-An_{36}), greenish brown biotite, microcline, quartz and accessories, including primary sphene and allanite. The non-porphyritic G-2 granites are petrographically similar to the porphyritic G-1 granites. The G-3 granites are distinguished from the G-1 and G-2 granites by the granophyric texture, faint zoning of plagioclase (An_{10}-An_{27}) deep brown biotite and the presence of muscovite, tourmaline, and garnet. The G-4 and G-5 granites are petrographically similar to the G-3 granites, but plagioclase (An_{7}-An_{23}) lacks zoning. Abundance of muscovite, tourmaline, and microcline, included fluorite is the main characteristic feature. Intense effects of metasomatic and pneumatolytic alterations are also additional charactertistics of these G-4 and G-5 granites.

Chemical and modal analyses, as well as norms of the granites were determined. A total of 24 samples of the chemically analized granites follow the calc-alkaline trend. The G-4 granites are considered to be highly fractionated particularly at the eastern part of the area where the effect of greisenization is strong.

From the petrological and geochemical evidence, it is believed that the G-4, and probably G-3 and G-5, granites are supposed to be tin-bearing granites. The G-1 and G-2 granites, on the contrary, are regarded as tin-barren granites. The tin-bearing granites are different

from the tin-barren varieties by showing intense degrees of alteration and fractionation, higher contents of SiO_2, K_2O, Rb, Nb, and Sn and lower in other oxides (except Na_2O) and Sr as well as Ba contents. The differentiation index (>85) and petrological index (<4) allow distinguishing the tin-bearing from the tin-barren as well.

Tin mineralization is restricted to the central and eastern parts of the area. The economic tin deposits are mainly found in greisenized granites and pegmatites. Most of the tin mines in the area are operating in the unconsolidated deposits and several mines can be excavated to the bed rocks of tin-bearing pegmatites and granites. The Tertiary tin-bearing pegmatites trend in the NE-SW to NNE-SSW directions which follow the regional direction of large scale faults of the southern Thailand.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his sincere gratitude to Assistant Professor Dr. Wasant Pongsapich for his encouragement, valuable time and effort in supervising the present research program. The author is also greatly indebted to Mr. Veerote Daorerk for some valuable suggestions and critical review of the manuscript.

Grateful acknowledgements are extended to the head and co-researcher of the Granite Research Project, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Dr. S. Suensilpong and Mr. P. Putthapiban for their generous help which made this work possible. The author is particularly grateful to Mr. N. Mantajit, Mr. W. Tantiwanit and Mr. L. Raksasakulwong for discussion on various aspects of sedimentary rocks of the Phuket Group and to Mr. S. Vedchakarnchana and Mr. M. Tayaqupt for fruitful discussion on some aspects of geochemistry.

Thanks are due to the following persons who helped the author to conduct the fieldwork in the study area. Valuable advice was given by Mr. A. Tantitamsophon from the Mineral Resources Centre II. A great deal of useful facilities were kindly provided by Mr. P. Saetan, Mrs. M. Saetan and Mr. T. Puengpiriyakiet which is deeply appreciated.

For the experimental work, the author is grateful to Mr. S. Pimchan from the office of The Atomic Energy for Peace for his advice and training on X-ray fluorescence analyses. Throughout the work, Miss B. Suwanvej has consistently assisted in the preparation of the first draft manuscript and in the cartographic work which is deeply appreciated by the author.

Finally, thanks go to the Department of geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University for the permission of this research to be carried out and to Chulalongkorn-Amoco Geological Fund and Chulalongkorn University Alumni Fund for the financial support of the study. Special thanks go to Miss W. Phadung-eam, Mrs. A. Wongjesda and Mrs. S. Pisaipan who kindly typed this thesis.

CONTENTS

	Page
ABSTRACT (IN THAI)	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH)	vii
ACKNOWLEDGEMENTS	x
LIST OF TABLES	xv
LIST OF FIGURES	xvii
LIST OF PHOTOGRAPHS AND PHOTOMICROGRAPHS	xxi
MAPS	(in plates)

CHAPTER

I.	INTRODUCTION	1
	1.1 Location	1
	1.2 Physiography	1
	1.3 Climate	4
	1.4 Accessibility and Communication	4
	1.5 Previous Work	5
	1.6 Scope of Investigation and Method of Study	7
II.	REGIONAL GEOLOGIC SETTING	11
III.	PHUKET GROUP	15
IV.	GEOLOGY	20
	4.1 Introduction	20
	4.2 Classification	21
	4.3 Geology of Phuket Plutons	21
	4.4 Minor Intrusions	33
	4.5 Geochronology	40

Page

V. STRUCTURAL GEOLOGY 45

VI. PETROGRAPHY 50

6.1 Coarse-grained Porphyritic Biotite Granites (G-1) 50

6.2 Fine-to Medium-grained Biotite Granites (G-2) 57

6.3 Medium-to Coarse-grained Muscovite-biotite Granites Slightly Porphyritic (G-3) 61

6.4 Fine-to Medium-grained Biotite-muscovite Granites, Locally Porphyritic (G-4)..... 68

6.5 Fine-grained Biotite-muscovite-tourmalene Granites (G-5) 76

VII. GEOCHEMISTRY 78

7.1 Introduction 78

7.2 Major-oxide and Trace-element Geochemistry ... 102

7.3 Differentiation Trends of Phuket Plutons 116

VIII. TIN-BEARING AND TIN-BARREN GRANITES A DISCUSSION ... 125

8.1 Temporal and Spatial Aspects 126

8.2 Mineralogical Aspects 127

8.3 Petrological Aspects 131

8.4 Major Element Geochemical Characterization 136

8.5 Minor-and Trace-element Geochemical Characterization 140

8.6 Sn Characterization 144

8.7 Miscellaneous 147

Page

IX. TIN MINERALIZATION 156

9.1 Types of Tin Deposits 157

9.2 Relationship between Tin-mineralization and Granites 162

9.3 Model for Tin-granites and Mineralization 164

9.4 Source of Tin Metal and Its Relation to Plate-tectonic Reconstruction 168

9.5 Guide-line for Further Tin-prospecting by Geochemical Exploration 173

X. CONCLUSION 176

REFERENCES 177

APPENDICES 197

VITA 208

LIST OF TABLES

Table		Page
1.	Compilation of radiometric age determination on granitic rocks in the studied area and its adjacent	42
2a.	Major-oxide values (weight %), CIPW norms and differentiation index (D.I.) of granites of Phuket Plutons.....	80
2b.	Major-oxide values (weight %), CIPW norms and differentiation index (D.I) of granites of Phuket Plutons	81
2c.	Major-oxide values (weight %), CIPW norms and differentiation index (D.I) of granites of Phuket Plutons	82
3a.	Trace-element concentration (ppm) and elemental ratios of granites of Phuket Plutons	83
3b.	Trace-element concentration (ppm) and elemental ratios of granites of Phuket Plutons	84
3c.	Trace-element concentration (ppm) and elemental ratios of granites of Phuket Plutons	85
4a.	Ranges and averages of major-oxide concentrations (weight %) of granites of Phuket Plutons	86
4b.	Ranges and averages of trace-element concentration (ppm) of granites of Phuket Plutons	87
5.	Average major oxide values (in weight percent) of some granitic rocks.	88

Table Page

6. Average trace-element values (in ppm) of some granitic rocks. 89

7. Ranges and averages of Sn concentration in tin-bearing and -barren granites. 145

8. Production of some ores in concentrates (in metric tons) in Phuket 157

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1.	Location of the studied area.	2
2.	Geologic map of southern Thailand (modified after Mantajit, et al., 1979).	12
3a.	Plot of modal compositions (quartz, alkali feldspar and plagioclase) of granites of Phuket Plutons on a QKP variation diagram used by the IUGS subcommision on the systematics of igneous rocks (Streickeisen, 1973).	22
3b.	Main classification of IUGS.	22
4.	¶ diagram of 637 jonits in granites (A), 560 joints in sedimentary rocks (B), 74 pegmatites & quartz veins (C), and 184 foliation (D).	46
5.	Frequency distribution of major oxides (weight %) of granites of Phuket Plutons.	92
6.	Frequency distribution of trace elements (ppm) of granites of Phuket Plutons.	93
7.	Frequency distribution of elementtal ratios of granites of Phuket Plutons.	94
8.	Variation of TiO_2 against SiO_2 for granites of Phuket Plutons.	95
9.	Variation of Al_2O_3 against SiO_2 for granites of Phuket Plutons.	96
10.	Variation of FeO(t) against SiO_2 for granites of Phuket Plutons.	97
11.	Variations of MgO and MnO against SiO_2 for granites of Phuket Plutons.	98
12.	Variation of CaO against SiO_2 for granites of Phuket Plutons.	99

Figure | Page

13. Variations of Na_2O and K_2O against SiO_2 for granites of Phuket Plutons. 100

14. Variation of P_2O_5 against SiO_2 for granites of Phuket Plutons. 101

15. Variations of Rb and Sr against SiO_2 for granites of Phuket Plutons. 106

16. Variations of Zr and Y against SiO_2 for granites of Phuket Plutons. 107

17. Variations of Ba and La against SiO_2 for granites of Phuket Plutons. 108

18. Variations of Ce and Nd against SiO_2 for granites of Phuket Plutons. 109

19. Variations of Nb and Sn against SiO_2 for granites of Phuket Plutons. 110

20. Alkalinity ratio variation diagram for granites of Phuket Plutons. 117

21. Variations of K_2O versus Rb (a) and CaO versus Sr (b) for granites of Phuket Plutons. 118

22. Variations of Sr versus Rb (a) and K_2O/CaO versus Rb/Sr (b) for granites of Phuket Plutons. 119

23. Rb-Ba-Sr variation diagram (after El Bouseily & El Sokkary, 1975). 120

24. Rb, V, Sr plot showing that the 2 chemical groups fail along a smooth trend. Noted that chemical groups can be distinguished from this diagram and comparision with calc-alkaline Suites from Medicine Lake Highlands. (dashed line) (Nockolds, 1954). 121

Figure Page

25a. Variation diagrams of Al_2O_3, TiO_2 and FeO (t) versus differentiation index (D.I.) of granites of Phuket Plutons. 132

25b. Variation diagrams of MnO,MgO,CaO and P_2O_5 versus differentiation index (D.I.) for granites of Phuket Plutons 133

25c. Variation diagrams of Na_2O, K_2O and SiO_2 versus differentiation index (D.I.) for granites of Phuket Plutons. 134

26. Termary system SiO_2 - (CaO + MgO + FeO) - (Na_2O + K_2O + Al_2O_3) for granites of Phuket Plutons compared with tin-bearing and tin-barren New England Granites. (Juniper & Kleeman, 1979). 137

27. System (Na + K) - Fe - Mg for granites of Pluket Plutons compared with tin-bearing and tin-barren New England Granites (Juniper & Kleeman, 1979) 138

28. System Na - K - Ca for granites of Phuket Plutons compared with tin-bearing and tin-barren rocks of New England Granites (Juniper & Kleeman, 1979) 138

29. FAM diagram showing groups of calc-alkaline affinities for granites of Phuket Plutons 139

30. Plot of Ca against Sr for granites of Phuket Plutons compared with Elizabeth Creek Granites and Herbert River Granites (Sheraton & Labonne, 1978) 141

31. Plot of K against Rb of granites of Phuket Plutons..... 142

32. Plot of Ba against Rb for granites of Phuket Plutons..... 142

33a. The trends for change in normative composition of granites according to the indicated postmagmatic alteration processes (Stemprok & Skvor, 1974)..... 149

Figure | Page

33b. Normative Q - Ab - Or diagram for granites of Phuket Plutons showing quartz feldspar field boundaries at 500 & 3,000 bars P H_2O and position of quaternary isobaric minima (after Tuttle & Bowen, 1958). 150

34. Normative Ab - Or - An diagram for granites of Phuket Plutons showing part of the liquidus surface of quartz saturated feldspar system at 1,000 bars P H_2O projection on to the Ab - Or - An of the tetrahedron (after James & Hamilton, 1969). 151

35. Oxidation ratio in terms of percentage of $Fe^{+3}/(Fe^{+2}+Fe^{+3})$. 152

36. Model for tin mineralization (after Groves and McCarthy, 1978). 165

LIST OF PHOTOGRAPHS AND PHOTOMICROGRAPHS

Photograph Page

1. Southwesterly gentle dipping laminated mudstone of the Phuket Group at the northern part of Ko Sire. 17

2. Feldspar phenocryst alignment in coarse-grained porphyritic biotite granite (G-1) at top of Khao Kwan Wa. 25

3. Xenolith (9 x 4 cm) showing alternate bands of dark and light colors of probably sedimentary origin in fine-grained biotite-muscovite granite (G-4) at Khao Nai Grang. 25

4. Medium-grained biotite granite (G-2) showing locally faint foliation approximately along the pen (at Ko Maprao). 26

5. Fine-grained leucocratic biotite-muscovite granite (G-4) at Khao Nai Grang. 26

6. Coarse-grained porphyritic biotite granite (G-1) cut by younger fine-grained biotite-muscovite granite (G-4) at Khao Nai Grang. 27

7. The same coarse-grained biotite granite (G-1) as in Photograph 6 occuring as an autolith in younger fine grained biotite-muscovite granite (G-4) at Khao Nai Grang. 27

Photomicrograph

1. Primary wedged-shaped sphene fractured and filled by quartz. Microcline in contact with sphene showing the reaction rim. (G-1 at Kathu Fall) (x-nicol, 25x) 56

2. Typical oscillatory zoning and fractured plagioclase in G-2. The core is altered into sericite and shows inclusions of opaque mineral (at Khao Pan Thu Rat) (x-nicol, 25x) 56

Photomicrograph Page

3. Granopyric quartz in slightly sericitized microcline perthite phenocryst (G-3 at Khao Pak Bang) (x-nicol, 25x) 66

4. Crystal aggregates of biotite with inclusions of long slender-shaped apatite and zircon with pleochroitic haloes. Perthite indicated by albite lamella (G-3 at Khao Tritrang) (x-nicol, 25x) 66

5. Typical characteristics of G-4, i.e. sericitization of plagioclase, chloritization of biotite, cataclastic texture (Khao To Sae) (x-nicol, 25x) 75

6. Microcline partly surrounded by subhedral quartz and altered plagioclase. Plagioclase replaced by later minerals, i.e., tourmaline, muscovite (G-5 at Ko Maprao) (x-nicol, 25x) 75