

# マレーシア国 鉱物資源基本図調査 資源開発協力基礎調査報告書

## サバ地域

(鉱徴地調査)

第 3 年 次

平成 5 年 3 月

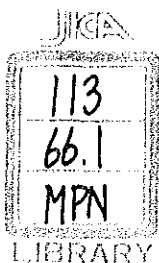
国際協力事業団  
金属鉱業事業団

マレーシア国 鉱物資源基本図調査  
資源開発協力基礎調査報告書

サバ地域 (鉱徴地調査)

第 3 年次

平成 5 年 3 月



CR(4)  
93-044

鉱調資  
CR(4)  
93-044

マレーシア国 鉍物資源基本図調査  
資源開発協力基礎調査報告書

サバ地域

(鉍徴地調査)

第 3 年 次

JICA LIBRARY



1103498101

24740

平成 5 年 3 月

国 際 協 力 事 業 団  
金 属 鉍 業 事 業 団

国際協力事業団

24740

## は し が き

日本国政府はマレーシア国政府の要請に応え、同国サバ州において鉱物資源賦存の可能性を確認するため、鉱物資源基本図調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査と言う専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、平成2年度を第1年次とする調査の第3年次にあたり、金属鉱業事業団は7名の調査団を編成して平成4年7月から平成4年12月まで現地に派遣した。現地調査はマレーシア国政府機関、第一次産業省地質調査局（地質調査所）の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は本年次の調査のうちの鉱徴地調査の結果をとりまとめたもので、最終報告の一部となるものである。

終りに、本調査の実施に当って、ご協力いただいたマレーシア政府関係機関、日本国外務省、通商産業省、在マレーシア日本国大使館、在コタキナバル日本国領事館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成5年3月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理 事 長 石 川 丘



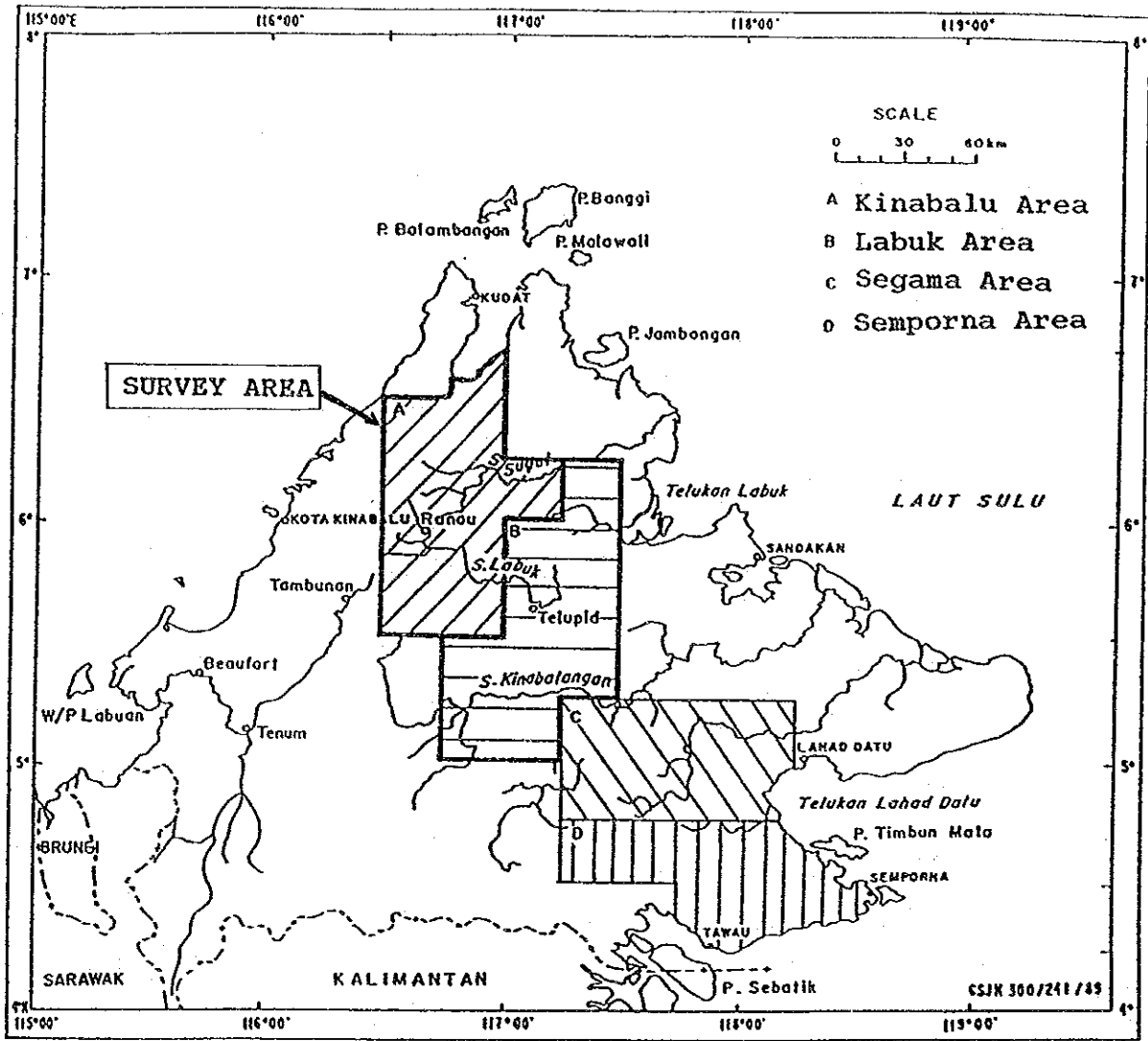


Fig.1 LOCATION MAP OF SURVEY AREA



## 要 約

マレーシア政府の要請に応じ、1990年から同国サバ州で実施されているマレーシア国サバ州鉱物資源基本図調査の第3年次の調査作業の一部として、鉍徴地調査及び鉍徴地調査の際採取した試料の各種室内試験・化学分析を1992年8月から1993年2月にかけて実施した。

鉍徴地の現地調査は地質技師1名により1992年8月7日から9月23日までサバ州のキナバル地区及びラブク地区で、現地解析は1992年9月24日から9月30日までサバ州コタキナバル市のマレーシア地質調査所サバ事務所内で行われた。

調査地域（キナバル地区及びラブク地区）内に分布する鉍徴地の地質及び鉍化作用の実体を把握することにより、両地区内の鉍化作用の特性を明らかにし、両地区内の鉍床賦存の可能性を探ることを目的として行われた鉍徴地調査及び各種室内試験・化学分析の内容は下記の通りである。

### 1. 鉍徴地現地調査

キナバル地区で12鉍徴地、ラブク地区で28鉍徴地、計40鉍徴地を調査した。

### 2. 各種室内試験・化学分析

#### (1) 岩石のK-Ar年代測定

両地区内に分布する代表的火成岩20試料のK-Ar法による年代測定を行った。

#### (2) 岩石全岩化学分析

K-Ar年代を測定した20試料及び主要鉍徴地の代表的母岩30試料、計50試料の化学分析を行った。

#### (3) 岩石薄片の顕微鏡観察

全岩化学分析に供した岩石50試料の薄片を制作し、顕微鏡観察を行った。

#### (4) 鉍石化学分析

調査した40鉍徴地で採取した鉍石48試料及び含クローム・ニッケルラテライト12試料、計60試料の化学分析を行った。

#### (5) 鉍石研磨片の反射顕微鏡観察

化学分析に供した鉍石48試料のうち、代表的な30試料の研磨片を作成し、反射顕微鏡観察を行った。

#### (6) X線回折試験（キナバル地区のみ）

熱水変質帯の熱水変質鉍物を同定するため、鉍徴地及びその近くの熱水変質せる母岩15試料のX線回折試験を行った。

#### (7) 石英中の流体包有物の均質化温度測定（キナバル地区のみ）

金或いはアンチモンを含むと思われる石英の生成温度を知るため、10鉍徴地の石英脈から採取した石英中の流体包有物の均質化温度を測定した。

以上の鉍徴地現地調査及び各種室内試験・化学分析の結果、既知の鉍床及び鉍徴地以外に、キ



ナバル地区では、Bt. Tampang山麓の熱水変質帯中の金及び少量のアンチモンと水銀を含み、石英及び少量の黄鉄鉱と褐鉄鉱よりなる細脈状、網状、あるいは鉱染状の鉱化帯及びBt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中の鉛及び少量の亜鉛、銅、銀を含み、褐鉄鉱及び石英を伴った脈状の熱水変質帯、ラブク地区ではキプロス型含銅硫化鉄鉱床に属するSungai Telupid鉱化帯、Kg. Porog鉱化帯、S. Tungud鉱化帯、Telupid 鉱化帯、及びS. Ensuan鉱化帯が確認された。

以上の鉱化帯のうち、有望なものはBt. Tampang鉱化帯、Sungai Telupid鉱化帯、Kg. Porog鉱化帯、及びS. Tungud鉱化帯と考えられる。

従ってこれら有望鉱化帯に対して今後下記のフォローアップ調査・探鉱を行うことを提言する。

#### 1. Bt. Tampang 鉱化帯

(1) Bt. Tampangの山麓及び山腹においては地質精査、鉱化帯のsystematic samplingと化学分析、熱水変質帯の熱水変質鉱物同定（X線回折試験）、石英脈中の流体包有物の均質化温度と塩濃度の測定、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar年代測定、鉱石試料の反射顕微鏡観察、及び土地地化探を行う。

(2) Bt. Tampangの西北西の丘、Bt. Tampang北方のBt. Kotud, Bt. Tambiau, Bt. Tu'us, 及びBt. Kalarakanの山麓及び山腹においては土地地化探を除いた上記の各種調査・試験を行う。

#### 2. Sungai Telupid 鉱化帯

鉱化帯の systematic samplingと化学分析、鉱石試料の反射顕微鏡観察、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar年代測定、鉱化帯周辺の地質精査、及び土地地化探を行う。

#### 3. Kg. Porog 鉱化帯

露頭部周辺の地質精査、鉱石試料の化学分析と反射顕微鏡観察、母岩の顕微鏡観察、化学分析、及びK-Ar年代測定、及び土地地化探を行う。

#### 4. S. Tungud 鉱化帯

鉱化帯周辺の地質精査、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar年代測定、鉱化帯のsystematic samplingと化学分析、鉱石の反射顕微鏡観察、及び土地地化探を行う。

次にキナバル地区のBt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中の熱水変質脈が斑岩銅鉱床の上部に伴われたものであるか否かを解明するために、地質精査、熱水変質脈の顕微鏡観察・化学分析・X線回折試験、熱水変質脈中の褐鉄鉱・石英脈の化学分析と反射顕微鏡観察、及び石英中の流体包有物の均質化温度と塩濃度の測定を行うことを提言する。

# 目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

	頁
第Ⅰ部 総 論 .....	1
第1章 序 論 .....	1
1-1 調査の経緯 .....	1
1-2 第2年次調査の結論と提言 .....	2
1-2-1 結 論 .....	2
1-2-2 提 言 .....	2
1-3 第3年次調査の概要 .....	4
1-3-1 調査地域 .....	4
1-3-2 調査目的 .....	4
1-3-3 調査団の編成 .....	4
1-3-4 調査方法及び結果 .....	4
1-3-5 調査期間 .....	11
第2章 調査地域の地理 .....	25
2-1 地形及び水系 .....	25
2-2 気候及び植生 .....	31
第3章 一般地質 .....	37
第4章 調査結果の総合検討 .....	47
4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制について .....	47
4-2 (期待鉍床) 賦存のポテンシャルについて .....	49
第5章 結論及び提言 .....	52
5-1 結 論 .....	52
5-2 第4年次調査への提言 .....	54
第Ⅱ部 各 論 .....	55
第1章 キナバル地区 .....	55
1-1 調査方法 .....	55
1-2 地 質 .....	61

1-3	調査結果	68
1-4	鉍石分析結果	101
1-5	考 察	105
第2章	ラブク地区	107
2-1	調査方法	107
2-2	地 質	113
2-3	調査結果	115
2-4	鉍石分析結果	145
2-5	考 察	150
第Ⅲ部	結論及び提言	153
第1章	結 論	153
第2章	第4年次調査への提言	156
REFERENCES		157

## ILLUSTRATIONS

Figures:	Page
Figure I-1	Location Map of Survey Area ..... 12
Figure I-2	Physiographic Sub-regions of Sabah ..... 29
Figure I-3	Geological Map of Sabah, Brunei, and part of Sarawak ..... 39
Figure I-4	Stratigraphy of Sabah ..... 41
Figure II-1-1	Locality Map of Mineral Occurrence in Ranau Area, Kinabalu Region ..... 卷末
Figure II-1-2	Locality Map of Mineral Occurrence in Pingan Pingan Area, Kinabalu Region ..... 卷末
Figure II-1-3	Location Map of Samples in Ranau Area, Kinabalu Region ..... 卷末
Figure II-1-4	Location Map of Samples in Pingan Pingan Area, Kinabalu Region ..... 卷末
Figure II-1-5	Geological Map of the Bt. Tampang-Bt. Luminantai Area, Kinabalu Region, Sabah ..... 卷末
Figure II-1-6	Geological Sketch Map at Mineral Occurrences along Road between Kg. Bangkud and Kg. Togis, Bt. Tamkpang Area, Kinabalu Region, Sabah ..... 卷末
Figure II-1-7	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region ..... 81
Figure II-1-8	$\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$ Trigonal Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region ..... 82
Figure II-1-9	$\text{SiO}_2-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region ..... 83
Figure II-1-10	$\text{FeO}^*-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region ..... 84
Figure II-1-11	$\text{TiO}_2-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ Diagram of Volcanic to Hypabyssal Rock in Kinabalu Region ..... 85
Figure II-1-12	Histgrams of Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from Bt. Tampang Area (T-1-Q-1, T-1-Q-2, T-3-Q, T-10-Q) ..... 98

Figure II-1-13	Histograms of Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from Kg. Randagong Area (R-1-Q, R-2-Q, R-3-Q) .....	99
Figure II-1-14	Histograms of Homogenization Temperature of Fluid Inclusions from Kg. Randagong and Bt. Luminantai Areas (R-4-Q, R-5-Q, Lu-3-Q) .....	100
Figure II-2-1	Locality Map of Mineral Occurrence in Labuk Region, Sabah .....	卷末
Figure II-2-2	Location Map of Samples in Labuk Region, Sabah .....	卷末
Figure II-2-3	Geological Map, Central Part of the Bidu Bidu Ophiolite Complex .....	卷末
Figure II-2-4	Geological Map of the Telupid Area, Labuk Region, Sabah .....	卷末
Figure II-2-5	Geological Sketch Map at Mineral Occurrences along Sungai Telupid, Telupid Area, Labuk Region, Sabah .....	卷末
Figure II-2-6	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region .....	129
Figure II-2-7	$\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$ Trigonal Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region .....	130
Figure II-2-8	$\text{SiO}_2-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region .....	131
Figure II-2-9	$\text{FeO}^*-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region .....	132
Figure II-2-10	$\text{TiO}_2-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region .....	133
Figure II-2-11	$\text{TiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ Diagram of Basalt and Dolerite of Ophiolite Complex in Labuk Region .....	134

Tables:

Table I-1	Quantity of the Survey .....	13
Table I-2	List of Localities of Mineral Occurrence Investigated in Kinabalu and Labuk Regions .....	15
Table I-3	List of Samples taken in Kinabalu and Labuk Regions for Laboratory Work .....	19

Table I-4	Statistics of Temperature and Rainfall .....	33
Table I-5	Temperature and Rainfall Statistics for Rumidi Estate 1965-1966 .....	34
Table I-6	Rainfall Statistics for Pamol (Tungud) Estate 1961-1966 .....	35
Table I-7	Rainfall Statistics for the Upper Kinabatangan Area .....	36
Table II-1-1	List of Samples taken in Kinabalu Region for Laboratory Work .....	57
Table II-1-2	Stratigraphy of the Kinabalu Region .....	62
Table II-1-3	List of Localities of Mineral Occurrence Investigated in Kinabalu Region .....	71
Table II-1-4	Result of K-Ar Dating of Rock Samples in Kinabalu Region .....	75
Table II-1-5	Assay Result of Rock Samples in Kinabalu Region .....	79
Table II-1-6	Result of Microscopic Observation of Thin sections of Rock Samples taken in Kinabalu Region .....	87
Table II-1-7	Result of Microscopic Observation of Polished Sections of Ore Samples from Kinabalu Region .....	91
Table II-1-8	Result of X-ray Diffraction of Hydrothermally Altered Rock in Kinabalu Region .....	95
Table II-1-9	List of Assay Result of Ore Samples taken in Kinabalu Region .....	103
Table II-2-1	List of Samples taken in Labuk Region for Laboratory Work .....	109
Table II-2-2	Stratigraphy of the Bidu-Bidu Hills Area .....	114
Table II-2-3	List of Localities of Mineral Occurrence Investigated in Labuk Region .....	117
Table II-2-4	Result of K-Ar Dating of Basic Igneous Rock in Labuk Region ...	123
Table II-2-5	Assay Result of Rock Samples in Labuk Region .....	127
Table II-2-6	Result of Microscopic Observation of Thin Sections of Rock Samples taken in Labuk Region .....	137
Table II-2-7	Result of Microscopic Observation of Polished Sections of Ore Samples from Labuk Region .....	143
Table II-2-8	List of Assay Result of Ore Samples taken in Labuk Region .....	147

Table II-2-9 List of Assay Result of Laterite Samples taken  
in Labuk Region ..... 149

# 第 I 部 總 論





# 第 I 部 総 論

## 第 1 章 序 論

### 1-1 調査の経緯

マレーシア国政府の要請に応え日本国政府は、同国サバ州における鉍物資源賦存の可能性を評価するため、鉍物資源基本図調査を平成2年度から4年間実施することにし、その実施を国際協力事業団及び金属鉍業事業団に委託した。第1年次にあたる平成2年度には、調査作業の一部として調査地域内でこれまで実施された地質調査、鉍床調査、各種探鉍の既存資料の収集、コンパイル、解析並びに調査地域の地形図（縮尺50万分の1及び5万分の1）及び地質図（縮尺50万分の1）のデジタル化、デジタル化した地形データ（縮尺50万分の1）と地質データの重合鳥観図及び地形データ（縮尺5万分の1）とランドサット画像データとの重合鳥観図の作成を平成2年10月から平成3年2月にかけて実施した。このうち既存資料の収集、コンパイル及び解析のための現地作業は平成2年10月7日から同年12月5日までの計60日間、マレーシア国サバ州コタキナバル市のマレーシア地質調査所サバ事務所内で行われた。

第2年次の平成3年度には調査作業の一部として、鉍徴地調査及び鉍徴地調査の際採取した試料の各種室内試験・化学分析を平成3年8月から平成4年2月にかけて実施した。

鉍徴地の現地調査は地質技師1名により平成3年8月19日から10月5日までサバ州のセガマ地区及びセムボルナ地区で、現地解析は平成3年10月6日から10月12日までサバ州コタキナバル市のマレーシア地質調査所サバ事務所内で行われた。

調査地域（セガマ地区及びセムボルナ地区）内に分布する鉍徴地の地質及び鉍化作用の実体を把握することにより、両地区内の鉍化作用の特性を明らかにし、両地区内の鉍床賦存の可能性を探ることを目的として行われた鉍徴地調査及び各種室内試験・化学分析の内訳は下記の通りである。

#### 1. 鉍徴地現地調査

セガマ地区で9鉍徴地、セムボルナ地区で46鉍徴地、計55鉍徴地を調査した。

#### 2. 各種室内試験・化学分析

- (1) K-Ar年代測定（20試料）
- (2) 岩石全岩化学分析（40試料）
- (3) 岩石薄片作成及び顕微鏡観察（40試料）
- (4) 鉍石化学分析（50試料）
- (5) 鉍石研磨片作成及び顕微鏡観察（30試料）
- (6) X線回折試験（セムボルナ地区のみ、40試料）
- (7) 石英中の流体包有物の均質化温度測定（セムボルナ地区のみ、20試料）

## 1-2 第2年次調査の結論と提言

### 1-2-1 結 論

第2年次に調査したセガマ及びセムボルナ地区内で今後発見される可能性のある金属鉱床は先ず第1にセムボルナ地区の金鉱床と考えられる。

セムボルナ半島地区の金鉱床は、Mantri地域で見られるように、第三紀中新世後期～鮮新世の火山活動に関係した熱水系に伴う浅熱水性の含金石英脈及び石英網状脈で、火山岩及び火山砕屑岩中に胚胎している。

本地区の金鉱化作用をもたらした熱水溶液は主体が中性乃至アルカリ性で、Mantri地域にみられる如く、強い珪化作用、粘土化作用（絹雲母化作用、カオリン化作用）、カリ長石化作用及び黄鉄鉱化作用よりなる熱水変質を母岩に与えているが、一部では Nagos地域で見られるように、一般に金銀鉱脈上部の地表付近によく認められる酸性熱水溶液による強い珪化作用、粘土化作用（カオリン化作用、絹雲母化作用、モンモリロナイト化作用）を蒙っている。

Mantri地域の金鉱床は全体的にみると低品位（Au 1.0～3.0g/t程度）のストックワーク（ネットワーク）鉱体であるので、この下部にボナンザ型（鉱脈型）の含金石英脈が存在する可能性がある。

また Nagos地域では地表で見られるのは塊状の珪化・粘土化・明ばん石化酸性変質帯が主体であるので、この下部にストックワーク型、さらにボナンザ型の存在する可能性がある。

セムボルナ半島地区には Mantri, Wullersdorf, Pock及び Nagos地域以外にも第三紀中新世～鮮新世の火山岩及び火山砕屑岩が分布しているので、これらの岩石がMantri地域または Nagos地域と類似せる熱水変質を蒙っている地域には金鉱床賦存の可能性があると考えられる。

本地区の金鉱化作用はカルクアルカリ岩系の火山活動と関係がある可能性が考えられるので、熱水変質を受けた火山岩及び火山砕屑岩がカルクアルカリ岩系列に属していれば、ポテンシャルはさらに高まると考えられる。

次に鉱床賦存の可能性があるのはセガマ地区のキプロス型含銅塊状硫化物鉱床と考えられる。Silam 港南方の小島には、一般にキプロス型含銅塊状硫化物鉱床の下部に伴われるストックワーク鉱体の示徴と思われる鉱石が Chert-Spilite Formationに属するスピライト中に胚胎していることから推して小島近くの陸上部の Silam地域でスピライトが分布している所にはスピライト中またはスピライトとその上位のチャートまたは頁岩との境界に沿ってキプロス型含銅塊状硫化物鉱床が賦存する可能性はありとされる。

### 1-2-2 提 言

#### 1. 第3年次調査への提言

第2年次においては調査地域内に分布する鉱徴地の地質及び鉱化作用の実体を把握し、調査地域内の鉱化作用を解明するために、鉱徴地調査及び、調査の際採取した試料の各種室内試験・化学分析（K-Ar年代測定、岩石化学分析、岩石顕微鏡観察、鉱石化学分析、鉱石顕微鏡観察、X線

回折試験、流体包有物の均質化温度測定)を行った結果、セガマ地区でキプロス型含銅塊状硫化鉱体の示徴と思われる鉱微地を確認したこと及びその母岩のK-Ar年代が分ったこと、セムボルナ地区の金属鉱床は主として中性-アルカリ性の熱水溶液に伴われた浅熱水性の含金石英脈及び網状脈であること、鉱化作用に伴われた熱水変質作用は地域により異なること、含金石英脈・網状脈の石英の生成温度は環太平洋地域の多くの浅熱水性金鉱床のそれに近いことなどが明らかになり、一応の成果が得られたので、第3年次の調査が予定されているKinabalu及びLabuk地区においても、同じ手法の下記の調査を行うことを提言する。

- (1) 鉱微地調査
- (2) 各種室内試験・化学分析
  - a) 代表的岩石の年代測定
  - b) 岩石の全岩化学分析
  - c) 岩石薄片の顕微鏡観察
  - d) 鉱石の化学分析
  - e) 鉱石研磨片の鉱石顕微鏡観察
  - f) 熱水変質岩のX線回折試験(Kinabalu地区)
  - g) 石英中の流体包有物の均質化温度測定(Kinabalu地区)

## 2. 将来への提言

第2年次の調査結果から、近い将来先ずセムボルナ地区において、金鉱床を対象に下記の調査・探鉱を行うことを提言する。

- (1) Mantri地域においては現在地表にみられる低品位のストックワーク鉱体の下部に期待されるボナンザ型のより高品位の含金石英脈を探鉱するためのボーリングを行う。
- (2) Nagos 地域においては、現在地表にみられる珪化帯の下部に期待されるストックワーク型またはボナンザ型(鉱脈型)の金鉱床を探鉱するためのボーリングを行う。
- (3) Mantri, Wullersdorf, Pock 及び Nagos地域以外の第三紀中新世-鮮新世の火山岩及び火山砕屑岩が分布している地域の詳細な地質調査を行い熱水変質帯をピックアップする。次に熱水変質帯上の土壌を対象にした地化学探鉱、熱水変質帯の鉱物組合せを明らかにするためのX線回折試験による熱水変質鉱物の同定、熱水変質帯中に石英脈があれば、その生成温度を知るための石英中の流体包有物均質化温度の測定、熱水変質を受けた火山岩または火山砕屑岩の原岩の化学組成及び生成年代を知るための全岩化学分析及びK-Ar年代測定を行う。以上により金鉱床賦存の可能性が予想された場合はトレンチングを行う。

次にセガマ地区においてキプロス型含銅塊状硫化物鉱床の示徴をつかむために、先ず Silam地域において Chert-Spilitic Formationの分布している地域の詳細な地質調査を行うことを提言する。

### 1-3 第3年次調査の概要

#### 1-3-1 調査地域 (Fig. I-1 参照)

第3年次(平成4年度)の調査はFig. I-1に示すキナバル地区及びラブク地区で行われた。

#### 1-3-2 調査目的

第3年次の調査はマレーシア国サバ州キナバル地区及びラブク地区内に分布する鉍徴地の地質及び鉍化作用の実態を把握することにより、両地区内の鉍化作用の特性を明らかにし、両地区内の鉍床賦存の可能性を探ることを目的とする。

#### 1-3-3 調査団の編成

##### (1) 調査計画及び折衝

###### マレーシア側

D. Lee Tian Choi	Director, Geological Survey of Malaysia, Sabah
Lim Peng Siong	Principal Geologist, Geological Survey of Malaysia, Sabah
Alexander Yan Sze Wah	Senior Geologist, Geological Survey of Malaysia, Sabah

###### 日本側

升田 健 蔵	金属鉍業事業団
両角 春 寿	金属鉍業事業団

##### (2) 現地調査団

###### マレーシア側

Lim Peng Siong	Project Manager, Geological Survey of Malaysia
Alexander Yan Sze Wah	Senior Geologist, Geological Survey of Malaysia
Amin, A. Y. Basimin	Counterpart, Geological Survey of Malaysia

###### 日本側

松橋 秀郎	海外鉍物資源開発株式会社
-------	--------------

#### 1-3-4 調査方法及び結果

第3年次調査の調査方法及び調査結果は下記の通りであり、調査数量はTable I-1に示されている。

##### (1) 鉍徴地調査

調査地域(キナバル地区及びラブク地区)内に分布する鉍徴地の地質及び鉍化作用の実態を把握し、鉍化作用の特性を明らかにすることにより、調査地域内の鉍床賦存の可能性を探るために、キナバル地区内において12鉍徴地(転石のみのL-1以外は露頭)、ラブク地区で28鉍徴地(ほとんど露頭に近い転石である3鉍徴地以外は露頭)、計40鉍徴地を調査した。調査結果はTable I-2に要約されているが、各地区毎の調査結果は次の通りである。

###### A. キナバル地区

調査した鉍徴地の位置は巻末のFig. II-1-1及びFig. II-1-2, Bt. Tampang-Bt.

Luminantai地域の地質はFig. II-1-5, 及びBt. Tampang西麓の道路沿いの地質はFig. II-1-6に示されている。

- (a) Bt. Tampang の西麓及び南麓には熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩及び火山屑岩が分布しており, この中に石英及び少量の黄鉄鉱・褐鉄鉱よりなる細脈状 (脈幅1～5 cm), 網状, 或いは鉱染状の鉱化帯がみられる。この鉱化帯の一部には金 (2.68g/t), アンチモン (0.13%), または水銀 (22.05ppm, 22.45ppm) が含まれていること, 母岩は主として珪化作用, 絹雲母化作用, カオリン化作用, 緑泥石化作用を受けていること, 及び石英細脈の石英中の流体包有物の均質化温度が1試料 (278°～284°C) を除き218°～259°Cであることから推して, 本鉱化帯は火山作用に関係した中性～弱アルカリ性の熱水系に伴われる浅熱水性金鉱床の上部に該当するものと思われる。
- (b) Bt. Luminantai 周辺の石英モンソニ岩斑岩中には, 多数の平行節理に沿って褐鉄鉱及び局部的に石英を伴った脈状の熱水変質帯 (幅1～30cm) がみられる。本熱水変質脈に伴われる褐鉄鉱・石英脈の一部には Pb(2.46%), Zn(0.13%), Cu(0.10%), Ag(11.1g/t), 及びAu (0.10g/t) が含まれていること, 熱水変質脈はおもに石英, 緑泥石, カオリナイト, カリ長石, 及び絹雲母からなっていて斑岩銅鉱床の上部に伴われるSCC変質帯 (絹雲母-粘土-緑泥石) の熱水変質鉱物組み合わせに類似していること, 及び熱水変質脈に伴われる褐鉄鉱・石英細脈の石英中の流体包有物の均質化温度が350°～417°Cで斑岩銅鉱床に伴われる石英脈のその温度範囲内に入ることから推して, 本熱水変質脈は斑岩銅鉱床上部に伴われるSCC変質帯に該当する可能性はあるが, 化学分析用鉱石試料 (2試料), X線回折試験用試料 (3試料), 及び均質化温度測定用石英試料 (1試料) の数が少ないこと及び熱水変質脈間の母岩が熱水変質を受けていないことを考慮すると, 現時点では断定的なことは言えない。
- (c) サバ州北部のMarudu湾沿いの Kg. Pingan Pinganの東方約2 kmにある旧坑には ophiolite complex の枕状玄武岩中の黄鉄鉱及び微量の閃亜鉛鉱・孔雀石よりなるキプロス型網状～鉱染状含銅硫化鉄鉱の鉱化帯がみられるが, 鉱化帯の範囲が小さく, 鉱化帯には亜鉛が0.62% 含まれているものの銅がほとんど含まれていないことから推して, 本鉱化帯をもたらした鉱化作用は弱かったものと考えられる。
- (d) Kg. Randagong地域のSamalang流域にはTrusmadi Formationの砂岩と頁岩の互層 (砂岩≫頁岩) 中の断層に胚胎した含褐鉄鉱石英脈の4露頭及びR-5露頭付近の高品位輝安鉱の転石がみられる。4露頭で採取した試料は化学分析の結果, アンチモンのみならず有用金属をほとんど含んでいなかった。従って含褐鉄鉱石英脈中の褐鉄鉱は黄鉄鉱が酸化して生成されたものであり, 高品位輝安鉱の転石は黄鉄鉱・石英脈中の局部的輝安鉱濃集部からのものと考えられる。

## B. ラブク地区

調査した鉱徴地の位置は巻末のFig. II-2-1, Bidu Bidu Hill地域中央部の地質はFig. II-2-3, Telupid地域の地質はFig. II-2-4, 及びTelupid川沿いの鉱徴地の地質はFig. II-2-5に示されている。

(a) Telupid町の西北西直距約6kmのTelupid川の両岸に露出している ophiolite complexの玄武岩及び一部粗粒玄武岩中に主として黄鉄鉱, 褐鉄鉱, 石英及び黄銅鉱よりなり, 所により斑銅鉱, 輝銅鉱, 銅藍, 孔雀石, 閃亜鉛鉱, あるいは磁鉄鉱を随伴した亜塊状, レンズ状, 網状, 鉱染状のキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯が川沿いに約160mに亘ってみられる。

鉱化帯の中の11鉱徴地のうち6鉱徴地で採取した試料中には銅が0.5%以上(0.88~11.05%)含まれている。

鉱化帯の母岩である玄武岩及び一部粗粒玄武岩は緑泥石作用及び一部緑簾石化作用を蒙っている。

本鉱化帯は鉱化帯全体としては, 北東方向の長さ約155m, 幅15m位の銅を含んだ比較的規模の大きい網状鉱体とみなし得る。

(b) Bidu Bidu Hills 地域のKg. Kiabauの北の Kg. Porog付近には褐鉄鉱及び赤鉄鉱よりなる massive gossanの露頭(Po-2, Po-3)及びほとんど露頭とみなし得る転石(Po-1)がみられる。

これらのmassive gossanは鉄を55.58~58.34%, 溶出した後残った銅分を未だ0.11%~0.40%含んでいる。

3鉱徴地のmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱床であるBidu Bidu Hills 地域の West Sualog及びKiabau鉱体の地表部で特徴的にみられるmassive gossanに肉眼観察, 反射顕微鏡観察, 及び化学分析の結果がよく類似している。

以上からこれらのmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱体の地表部付近が酸化して生成されたものと考えられるので露頭部およびその延長部の下部に酸化していない塊状含銅硫化鉄鉱体が賦存している可能性があると考えられる。

(c) Tungud川の右岸の支流である Unsadan川の川沿い(Telupid町の北北西直距約30km)に露出している ophiolite complexの変粗粒玄武岩中に長さ20m以上, 高さ8m以上に亘って, 黄鉄鉱, 褐鉄鉱, 石英, 及び少量の黄銅鉱よりなる亜塊状, 網状, 鉱染状のキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯(Tg-1)がみられる。

本鉱化帯の鉱石は銅を0.27%含んでいる。

Bt. Luminintong 地域で以前(1980-1984, 1986-1990)行われた川砂による地化学探鉱の結果, 本鉱化帯を含む Unsadan川の上流域にCu・Znの高アノーマリーが出ていることから推して, 本鉱化帯の近くにもっと規模の大きい, かつ銅品位の高い鉱体が存在する可能性及び Unsadan川上流域には本鉱化帯以外にもキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯が存在する可能

性があると考えられる。

(d) Telupide町の森林訓練会館建設現場では ophiolite complexの玄武岩中に石英、黄鉄鉱、及び黄銅鉱よりなる細脈（脈幅2～5cm）及び黄鉄鉱の鉱染した鉱染鉱が散在したキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯（TE-1）がみられる。

本鉱化帯の鉱脈から採取した鉱石試料は銅を4.63%含んでいる。

本鉱徴地では細脈及び鉱染鉱が散在しており、Sungai Telupid及び S. Tungudの鉱化帯に比べて鉱化作用が弱かったものと考えられる。

(e) Labuk川の支流であるEnsuan川の上流の右岸沿いの道路端（Teupid町の北北西直距約24km）には ophiolite complexの枕状玄武岩中に黄鉄鉱、褐鉄鉱、石英、及び少量の黄銅鉱よりなる礫状（15cm×10cm）、垂塊状、及び鉱染状のキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯がみられるが、鉱化帯全体の形状はレンズ状（最大幅1.5m、長さ2.2m）である。

礫状部分の鉱石は、有用金属として銅を1.27%含んでいる。

本鉱徴地の鉱化帯はレンズ状のもの一つのみであり、本鉱徴地における鉱化作用は弱かったものと考えられる。

## (2) 室内試験・化学分析

下記の各種室内試験に供した試料のリストはTable I-3に示されている。

### A. キナバル地区

#### i) 岩石のK-Ar年代測定

9岩石試料の年代測定結果は第II部の1-3-2-(1)項のTable II-1-4に示されているように、Kg. TagapからBt. Kamunsuにかけてほぼ南北に配列している酸性～中性の侵入岩（5試料）が $6.85 \pm 0.17 \sim 7.47 \pm 0.20$ Ma（中新世後期）、ophiolite complexの玄武岩（2試料）が $17.0 \pm 0.65$ Ma（中新世後期）及び $44.9 \pm 9.3$ Ma（始新世中期）、斑れい岩が $57.0 \pm 11.45$ Ma（暁新世後期）、Bt. Tampang山麓の砂岩が $70.8 \pm 2.2$ Ma（白亜紀後期）を示した。

#### ii) 岩石化学分析

代表的岩石18試料の全岩化学分析結果は第II部の1-3-2-(2)項のTable II-1-5に示されている。

化学分析を行った18試料のうち、ophiolite complexの玄武岩3試料、Kg. Merungin地域の閃緑玢岩2試料、Bt. Tampang山麓の流紋岩1試料、石英安山岩1試料、及び粗面岩質凝灰岩1試料、計8試料の化学分析値を各種ダイアグラム上にプロットして岩石学的検討を行った結果、玄武岩は $TiO_2 - FeO^*/MgO$ 図から生成場所としては中央海嶺玄武岩（MORB）系に属するが、岩系としてはアルカリ玄武岩系列、ソレイト系列、カルクアルカリ岩系列のいずれに属するのかわかりしなかった。閃緑玢岩は $TiO_2 - FeO^*/MgO$ 図から生成場所としては島弧ソレイト（IAT）系に属し、岩系としては $FeO^* - FeO^*/MgO$ 図からカルクアルカリ岩系列に属していることが明らかになった。流紋岩、石英安山岩、及び粗面岩質凝灰岩は生成



場所としては $TiO_2-FeO^*/MgO$  図から概ね島弧ソレイトに属するが、岩系としては $FeO^*-FeO^*/MgO$  図から石英安山岩がカルクアルカリ岩系列に、流紋岩及び粗面岩質凝灰岩は高アルカリソレイト系列に属していることが分った。

### iii) 岩石薄片顕微鏡観察

全岩化学分析に供したのと同じ18試料の薄片の岩石顕微鏡観察結果は第II部の1-3-2-(3)項のTable II-1-6に示されている。

### iv) 鉍石試料化学分析

調査せる12鉍徴地で採取した14ケの鉍石試料の化学分析結果は第II部の1-4項のTable II-1-9に示されている。

Bt. Tampang 山麓の熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩及び火山碎屑岩中の石英及び少量の黄鉄鉍・褐鉄鉍よりなる細脈状、網状、あるいは鉍染状の鉍化帯のうち細脈状のものの一部には金 (2.68g/t), アンチモン (0.13%), または水銀 (22.05ppm, 22.45ppm) が含まれていることが明らかになった。

Bt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中の多数の平行節理に沿った熱水変質脈に伴われる褐鉄鉍・石英細脈の一部にはPb (2.46%), Zn (0.13%), Cu (0.10%), Ag (11.1g/t), 及びAu (0.10 g/t) が含まれていることが分った。

サバ州北部のMarudu湾沿いの Kg. Pingan Pinganの東方直距約2 kmにある旧坑の黄鉄鉍及び微量の閃亜鉛鉍・孔雀石よりなるキプロス型網状～鉍染状含銅硫化鉄鉍の鉍化帯には亜鉛が0.62%含まれているものの銅がほとんど含まれていなかった。

Kg. Randagong 地域のSamalang川流域にみられるTrusmadi Formation中の含褐鉄鉍石英脈にはアンチモンのみならず有用金属はほとんど含まれていないが、露頭付近の高品位輝安鉍の転石にはSbが23.79%含まれていることが分った。

Lingangah 川のキプロス型塊状含銅硫化鉄鉍の転石には Au (2.63g/t), Ag (216.8g/t), 及び Cu (36.58%) 含まれているのが判明した。

### v) 鉍石研磨片顕微鏡観察

化学分析に供した14鉍石試料のうちから代表的と思われるもの7試料の研磨片を作成し、反射顕微鏡観察を行った。観察結果は第II部の1-3-2-(5)項のTable II-1-7に示す通りで、BT. Tampang 山麓の熱水変質帯中のT-3鉍徴地の鉍化帯は少量の黄銅鉍、黄鉄鉍、及び微量の閃亜鉛鉍よりなっており、Lingangah 川のキプロス型塊状含銅硫化鉄鉍の転石は黄銅鉍、斑銅鉍、輝銅鉍、銅藍、黄鉄鉍、及び微量の閃亜鉛鉍よりなっていることが分った。Kg. Randagong 地域の高品位輝安鉍の転石は輝安鉍及び微量の黄鉄鉍よりなっていることが分った。

### vi) 熱水変質岩のX線回折試験

Bt. Tampang 山麓の熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩、火山碎屑岩、及び堆積岩から

採取した12試料及びBt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中の熱水変質脈から採取した3試料, 計15試料のX線回折試験結果は第Ⅱ部の1-3-2-(6)項のTable II-1-8に示されている。Bt. Tampang 山麓の熱水変質帯はおもに多量の石英, 少量~微量のカオリナイト, 微量の緑泥石及び絹雲母からなっているが, 一部の試料には中量~少量のカリ長石, 微量のスメクタイト, 黄鉄鉱, 赤鉄鉱, または磁鉄鉱が随伴していることが明らかになった。一方Bt. Luminantai周辺の熱水変質脈は多量の石英, 中量~微量のカリ長石, 少量~微量の絹雲母, 微量のカオリナイト及び緑泥石からなっていることが分った。

Bt. Tampang 山麓の熱水変質帯及びBt. Luminantai周辺の熱水変質脈の熱水変質鉱物組み合わせは水長石-絹雲母型または還元硫黄系 (low sulfidation system) の中性乃至アルカリ性の溶液による浅熱水性含金石英脈に伴われる熱水変質帯上部或いは斑岩銅鉱床の上部に伴われるSCC (絹雲母, 粘土, 緑泥石) 変質帯のそれに類似している。

#### vii) 石英中の流体包有物の均質化温度の測定

Bt. Tampang 山麓の熱水変質帯中の含(金)・黄鉄鉱・褐鉄鉱石英細脈から4試料, Bt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中の熱水変質脈に伴った含褐鉄鉱石英細脈から1試料, Kg. Randagong 地域のTrusmadi Formation中の含褐鉄鉱石英脈から4試料, 石英脈から1試料, 計10試料の石英を採取して, その生成温度を調べるために, 石英中の流体包有物の均質化温度を測定した。測定した均質化温度のヒストグラムは第Ⅱ部の1-3-2-(7)項のFig. II-1-12, II-1-13, 及びII-1-14に示されている。

Bt. Tampang 山麓の4試料の均質化温度は218°~284°Cで, 環太平洋地域の火山作用に関係した熱水系に伴われる金鉱床の酸化硫黄系 (high sulfidation system) に属する鉱床の石英中の流体包有物の均質化温度200°~300°Cの温度範囲内に入ること或いは西太平洋島弧の金鉱床の水長石-絹雲母型鉱床の流体包有物均質化温度133°~349°Cまたは酸性硫酸塩型の120°~320°Cの温度範囲内に入ることが分った。

Kg. Randagong地域の5試料の均質化温度は155°~217°CでBT. Tampang地域の4試料のそれよりも低く, かつ温度範囲も狭い。

Bt. Luminantai地域の1試料の均質化温度は350°~417°Cで斑岩銅鉱床に伴われる石英脈のそれ (Mamut 鉱床の場合300°~480°C) の温度範囲内に入るが, 測定試料数が1試料のみであるので断定的なことは言えない。

## B. ラブク地区

### i) 岩石のK-Ar年代測定

Bidu Bidu Hills 及び Telupid地域の鉱徴地及びその近くで化学分析用及び顕微鏡観察用に採取した32ケのうち, 代表的なもの11ケ, すなわち ophiolite complexの玄武岩4ケ, 粗粒玄武岩5ケ, 及び斑れい岩2ケ, の全岩試料によるK-Ar法年代測定を行った。測定結果は第Ⅱ部の2-3-2-(1)項のTable II-2-4に示されている通りで, 玄武岩及び粗粒玄武

岩は玄武岩 1 試料 ( $123 \pm 63\text{Ma}$ ) を除き  $26.6 \pm 8.1\text{Ma}$  (漸新世後期) ~  $40.5 \pm 4.2\text{Ma}$  (始新世後期) で、比較的似た年代を示しているが、斑れい岩は  $13.1 \pm 2.0\text{Ma}$  (中新世中期) 及び  $248.5 \pm 116\text{Ma}$  (二疊紀末期) を示し年代に大きな開きがある。

#### ii) 岩石化学分析

K-Ar年代測定に供したのと同じ11試料の他に ophiolite complexの玄武岩 7 試料, 粗粒玄武岩 3 試料, 斑れい岩 2 試料, 及び超塩基性岩 9 試料, 計32試料の全岩化学分析結果は第II部の 2-3-2-(2)項のTable II-2-5に示されている。

化学分析を行った32試料のうち, 玄武岩11試料及び粗粒玄武岩 8 試料の化学分析値を各種ダイアグラム上にプロットして岩石学的検討を行った結果, ophiolite complex を構成し, キプロス型塊状, 網状, 鉍染状含銅硫化鉄鉍の鉍化帯の母岩となっている玄武岩及び粗粒玄武岩のほとんどは生成場所としては $\text{TiO}_2\text{-FeO}^*/\text{MgO}$  ダイアグラム上で中央海嶺玄武岩 (MORB)に属し, 岩系としては $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ダイアグラム, MFA三角ダイアグラム,  $\text{SiO}_2\text{-FeO}^*/\text{MgO}$ ダイアグラム, 及び $\text{FeO}^*-\text{FeO}^*/\text{MgO}$ ダイアグラムからアルカリ玄武岩系列, ソレライト系列, 及びカルクアルカリ岩系列からなっていることが分かった。

#### iii) 岩石薄片顕微鏡観察

全岩化学分析に供したのと同じ32試料, すなわち ophiolite complexを構成している玄武岩11試料, 粗粒玄武岩 8 試料, 斑れい岩 4 試料及び超塩基性岩 9 試料, の薄片の岩石顕微鏡観察結果は第II部の 2-3-2-(3)項のTable II-2-6に示されている。

#### iv) 鉍石試料化学分析

Bidu Bidu Hills 及び Telupid地域で採取した46試料, すなわちキプロス型塊状, 網状, 鉍染状含銅硫化鉄鉍の28鉍徴地で採取した鉍石試料34ヶ及び超塩基性岩が風化して生成された含クロム・ニッケルラテライト試料12ヶ, の化学分析結果は第II部の 2-4項の Table II-2-8及びTable II-2-9に示されている。

Table II-2-8にみられる如く, Telupid町の西北西約 6 kmのTelupid川の両岸にみられる ophiolite complexの玄武岩及び一部粗粒玄武岩中の主として黄鉄鉍, 褐鉄鉍, 石英, 及び黄銅鉍よりなり, 所により斑銅鉍, 輝銅鉍, 銅藍, 孔雀石, 閃亜鉛鉍, あるいは磁鉄鉍を随伴した亜塊状, レンズ状, 脈状, 網状, 鉍染状のキプロス型含銅硫化鉄鉍の鉍化帯の11鉍徴地のうち, 6 鉍徴地の鉍石試料には銅が0.5%以上 (0.88~11.05%) 含まれていることが分かった。

Telupid町の森林訓練会館建設現場でみられるophiolite complexの玄武岩中の石英, 黄鉄鉍, 及び黄銅鉍よりなる細脈状及び鉍染状のキプロス型含銅硫化鉄鉍の鉍化帯のうち, 細脈 (脈幅 2 ~ 5 cm) には銅が4.63%ふくまれていることが分かった。

Labuk川の支流であるEnsuan川の上流の右岸沿いの道路端にみられるophiolite complexの枕状玄武岩中の黄鉄鉍, 褐鉄鉍, 石英, 及び少量の黄銅鉍よりなる礫状, 亜塊状, 及び鉍染

状のキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯のうち、礫状部分（15cm×10cm）には銅が1.27%含まれていることが判明した。

West Sualog, Kiabau, Porog, 及びKarangのmassive limonite-hematite gossanには鉄が46.29～58.34%及び溶出した残りの銅が未だ0.11～0.40%含まれていることが分った。

超塩基性岩が風化してできたラテライト試料にはクロームが1.11～2.22%及びニッケルが0.40～0.95%含まれているものが多く、概してクローム含有量の多いラテライトにはニッケルも多く含まれていることが明らかになった。

#### v) 鉱石研磨片顕微鏡観察

キプロス型塊状～亜塊状～網状～脈状～鉱染状含銅硫化鉄鉱の鉱化帯の28鉱徴地で化学分析用に採取した34試料のうち、23鉱徴地の鉱石試料の研磨片を作成し、反射顕微鏡観察を行った。観察結果は第Ⅱ部の2-3-2-(5)項のTable II-2-7に示す通りで、塊状～亜塊状～脈状～網状～鉱染状含銅硫化鉄鉱はおもに石英、黄鉄鉱、及び黄銅鉱よりなり、一部に磁鉄鉱、赤鉄鉱、及び微量の斑銅鉱、輝銅鉱、銅藍、閃亜鉛鉱を随伴している。

一方massive gossanはほとんど褐鉄鉱、石英、及び微量の赤鉄鉱よりなっており、一部には微量の黄鉄鉱を随伴している。

#### 1-3-5 調査期間

本調査の現地調査期間は次の通りである。

移 動： 平成4年8月2日～8月6日

鉱徴地現地調査： 平成4年8月7日～9月23日

現地解析： 平成4年9月24日～9月30日

移 動： 平成4年10月1日～10月3日

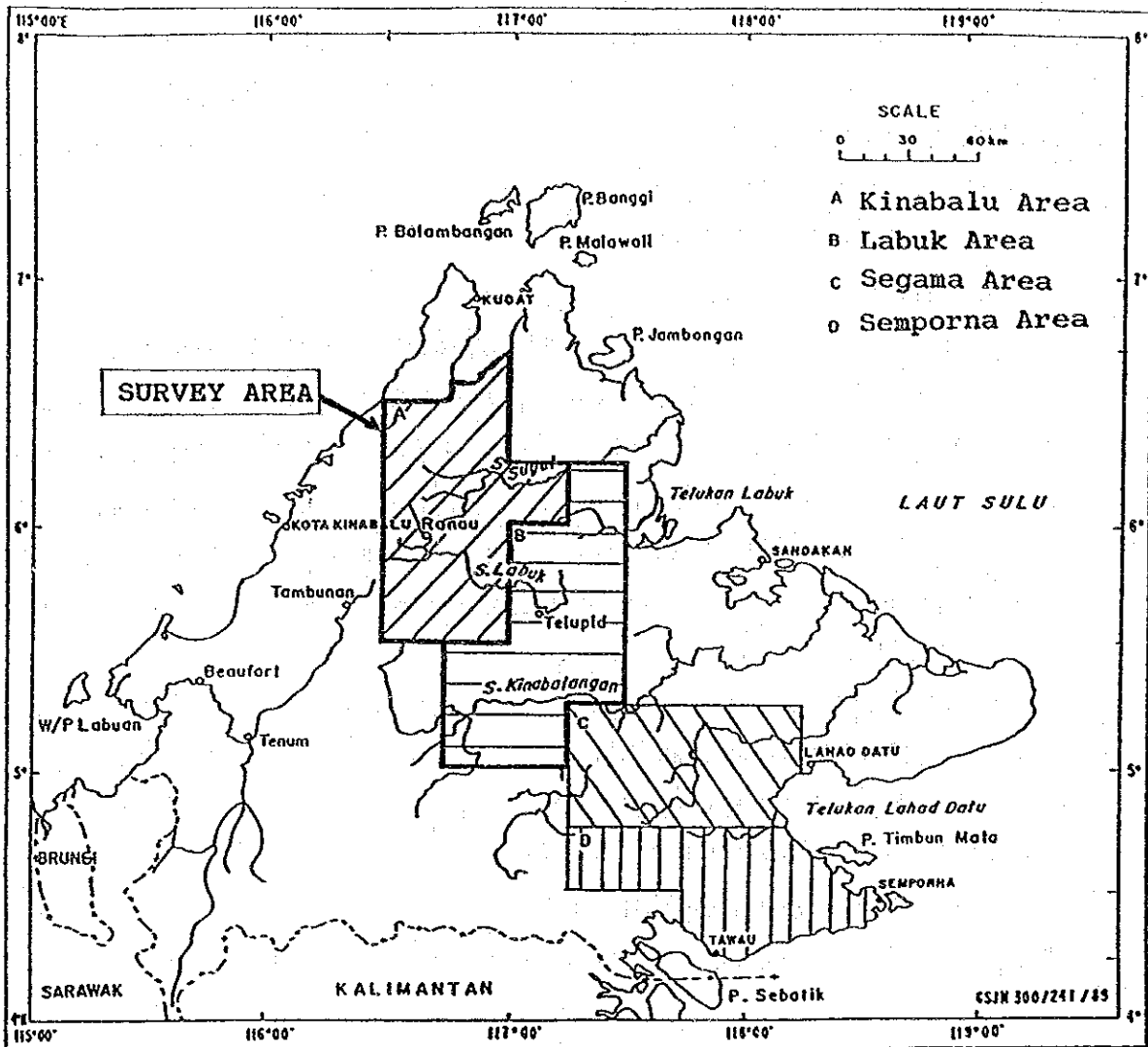


Figure I-1 Location Map of Survey Area

Table I-1 Quantity of the Survey

Contents of the Survey	Quantity
[Investigation of locality of mineral occurrence]	40 localities
[Laboratory work]	
1. K-Ar Age determination	20 samples
2. Chemical analysis of rock 22 constituents: SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MnO, MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI, Ag, Au, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, S, Zn	50 samples (1100 constituents)
3. Microscopic observation of thin section of rock	50 samples
4. Chemical analysis of ore - Sample (A) (10 constituents: Ag, Au, Cu, Fe, Hg, Mo, Pb, S, Sb, Zn)	48 samples (480 constituents)
- Sample (B) (8 constituents: Au, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pt)	12 samples (96 constituents)
5. Microscopic observation of polished section of ore	30 samples
6. X-ray diffraction examination	15 samples
7. Measurement of homogenization temperature of fluid inclusion in quartz	10 samples



Table I-2 List of Localities of Mineral Occurrence Investigated in Kinabalu and Labuk Regions

1/2

Region	Locality Name	Locality Number	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Size of Orebody (in meter)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Sample No.
Kinabalu	Lingangah	L-1*	Py·cp·bo·hm·lim+mal	boulder of massive ore	—	max. 3.0×1.3×1.3	—	—	L-1-0
"	Luminantai	Lu-2	lim·gn	stockwork	E-W·90°	L=6.0+, W=17.0	quartz monzonite porphyry	silicification, kaolinization, chloritization, sericitization	Lu-2-0
"	"	Lu-3	lim·qz	stockwork	N60°W·90°	L=6.0+, W=40.0	quartz monzonite porphyry	silicification, chloritization, sericitization, kaolinization	Lu-3-0
"	Pingan Pingan	PP-2	lim·py·qz+mal	stockwork	N-S·90°	L=5.0+, W=3.0	pillow basalt	chloritization, silicification, epidotization	PP-2-0
"	Randagong	R-1	qz·lim	vein along fault	N86°W·48°N	L=2.7, W=0.05~0.14	sandstone, shale	none	R-1-0
"	"	R-2	qz+lim	vein along fault	N60°W·70°N	H=2.0+, W=2.0	sandstone, shale	none	R-2-0
"	"	R-3	qz+lim	vein along fault	N3°W·70°W	L=1.0, W=0.1~0.15	sandstone, shale	none	R-3-0
"	"	R-5	sb·qz·py	vein along fault	N14°E·70°W	L=3.0+, H=2.0, W=0.25	sandstone, shale	none	R-5-0-1
"	Tampang	T-1	qz+py·lim	stockwork	N45°W·86°N	H=2.0+, W=1.0	dacitic tuff breccia	silicification, sericitization, kaolinization, chloritization	T-1-0-1 T-1-0-2
"	"	T-3	qz+lim·py	lenticular	—	L=0.25, W=0.1	rhyolitic tuff breccia	silicification, sericitization, kaolinization, chloritization	T-3-0
"	"	T-7	py·lim	disseminated~lenticular	—	L=0.3, W=0.15	trachytic tuff breccia	silicification, sericitization, kaolinization, chloritization	T-7-0
"	"	T-10	qz+lim	vein along joint	N20°E·80°W	L=0.8, W=0.01~0.15	tuff	silicification, chloritization, sericitization, kaolinization, montmorillonitization	T-10-0
Labuk	East Sualog	ES-3	py·lim	semi-massive~disseminated	—	L=3.6, H=1.5	pillow basalt	chloritization	ES-3-0
"	Ensuan	E-1	py·lim+qz·cp	massive~semi-massive~disseminated	—	L=2.2, W=0.1~1.5	pillow basalt	chloritization	E-1-0
"	Karang	Kg-2	lim	semi-massive	N50°E·75°S	H=3.0+, W=2.6	pillow basalt	chloritization	Kg-2-0
"	Kiabau	KB-1**	hm+lim	boulder of massive gossan	—	max. D=0.5	—	—	KB-1-0
"	"	KB-3	qz+lim	vein along joint	N70°E·75°N	L=1.2, W=0.02~0.06	dolerite	chloritization	KB-3-0
"	Porog	Po-1**	hm	boulder of massive gossan	—	max. 1.0×0.5	—	—	Po-1-0
"	"	Po-2	hm·lim	massive gossan	N10°W·60°E	L=5.0+, W=6.0	?	?	Po-2-0
"	"	Po-3	hm·lim	massive gossan	N50°W·?	L=71.0+, W=5.5+	?	?	Po-3-0



Region	Locality Name	Locality Number	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Size of Orebody (in meter)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Sample No.
Labuk	Southwest Sualog	SW-1	qz+hm·lim·py·cp	vein~lenticular~disseminated	N45°E·?	L=4.8, W=0.1~0.75	basalt	chloritization	SW-1-0
"	"	SW-5	py·lim+qz	disseminated~lenticular	—	0.15×0.10×0.10	pillow basalt	chloritization, silicification	SW-5-0
"	"	SW-6	qz+py·lim·sp+cp	stockwork	N22°W·?	L=5.0, W=0.2~0.45	pillow basalt	chloritization	SW-6-0-1 SW-6-0-2
"	Sungai Telupid	ST-2	py·lim+qz	vein	N20°E·90°	L=4.5, W=0.06~0.1	pillow basalt	chloritization, epidotization	ST-2-0
"	"	ST-3	py·lim·qz	stockwork & lenticular	—	L=3.9+, W=5.0	pillow basalt	chloritization, epidotization	ST-3-0-1 ST-3-0-2
"	Sungai Telupid	ST-4	qz+lim·py	vein	N50°E·?	L=1.0, W=0.05~0.25	pillow basalt	chloritization	ST-4-0
"	"	ST-5	py·lim+qz·cp	lenticular	—	L=1.0, W=0.7	pillow basalt	chloritization	ST-5-0
"	"	ST-6	py·lim+qz·cp·bo	vein	N40°E·76°W	L=1.8, W=0.05~0.1	pillow basalt	chloritization	ST-6-0
"	"	ST-9	py·lim+cp·qz	stockwork	N16°~26°E·90°	L=5.5, W=0.5~1.3	metadolerite	chloritization, epidotization	ST-9-0
"	"	ST-10	py+qz·lim+cp	vein~lenticular	N60°E·90°	L=2.5, W=0.05~0.4	basalt	chloritization	ST-10-0
"	"	ST-11	lim·py·qz	vein	N60°E·90°	L=4.0, W=0.1~0.2	basalt	chloritization	ST-11-0-1
"	"		py·lim+cp·qz	vein	N60°E·90°	L=9.5, W=0.05~0.2	basalt	chloritization	ST-11-0-2
"	"	ST-12	py·lim+qz+cp	stockwork & lenticular	N50°E·?	L=20.0, W=0.2~5.0	basalt	chloritization	ST-12-0-1
"	"		py·lim+qz	stockwork & lenticular					ST-12-0-2
"	"	ST-13	qz+lim·py·cp·mal	stockwork	N40°E·?	L=13.5, W=2.0~4.5	basalt	chloritization, epidotization	ST-13-0
"	"	ST-15	qz+mt·lim·py·cp·bo·mal	stockwork	E-W·?	L=10.0, W=1.0~4.0	basalt	chloritization, epidotization	ST-15-0
"	Telupid	TE-1	qz+py·cp	vein and disseminated	N12°W·72°E	L=0.8, W=0.02~0.05	basalt	chloritization	TE-1-0
"	Tungud	Tg-1	py·lim·cp	stockwork, semi-massive, disseminated	N60°W·?	L=20.0+, H=8.0+	metadolerite	chloritization	Tg-1-0-1 Tg-1-0-2
"	Ulu West Sualog	UWS-2	qz+py·lim·cp	stockwork	E-W·?	L=6.5, W=1.5	altered pillow basalt	chloritization, epidotization	UWS-2-0
"	West Sualog	WS-3	py·lim	lenticular	—	L=0.2, W=0.1	pillow basalt	chloritization	WS-3-0
"	"	WS-4**	hm·lim	boulder of massive gossan	—	max. 3.0×2.0×1.0	—	—	WS-4-0
"	"	WS-5	hm+lim	massive gossan	N30°E·?	L=18.0, W=1.3~3.0	—	—	WS-5-0

## Abbreviations:

\*: boulder of gossan, \*\*: boulder of gossan nearly in situ, py: pyrite, cp: chalcopyrite, bo: bornite, hm: hematite, lim: limonite, mal: malachite, qz: quartz, sb: stibnite, gn: galena, sp: sphalerite, mt: magnetite, max.: maximum, L: length, W: width, H: height, D: diameter, 6.0+: 6.0 and over

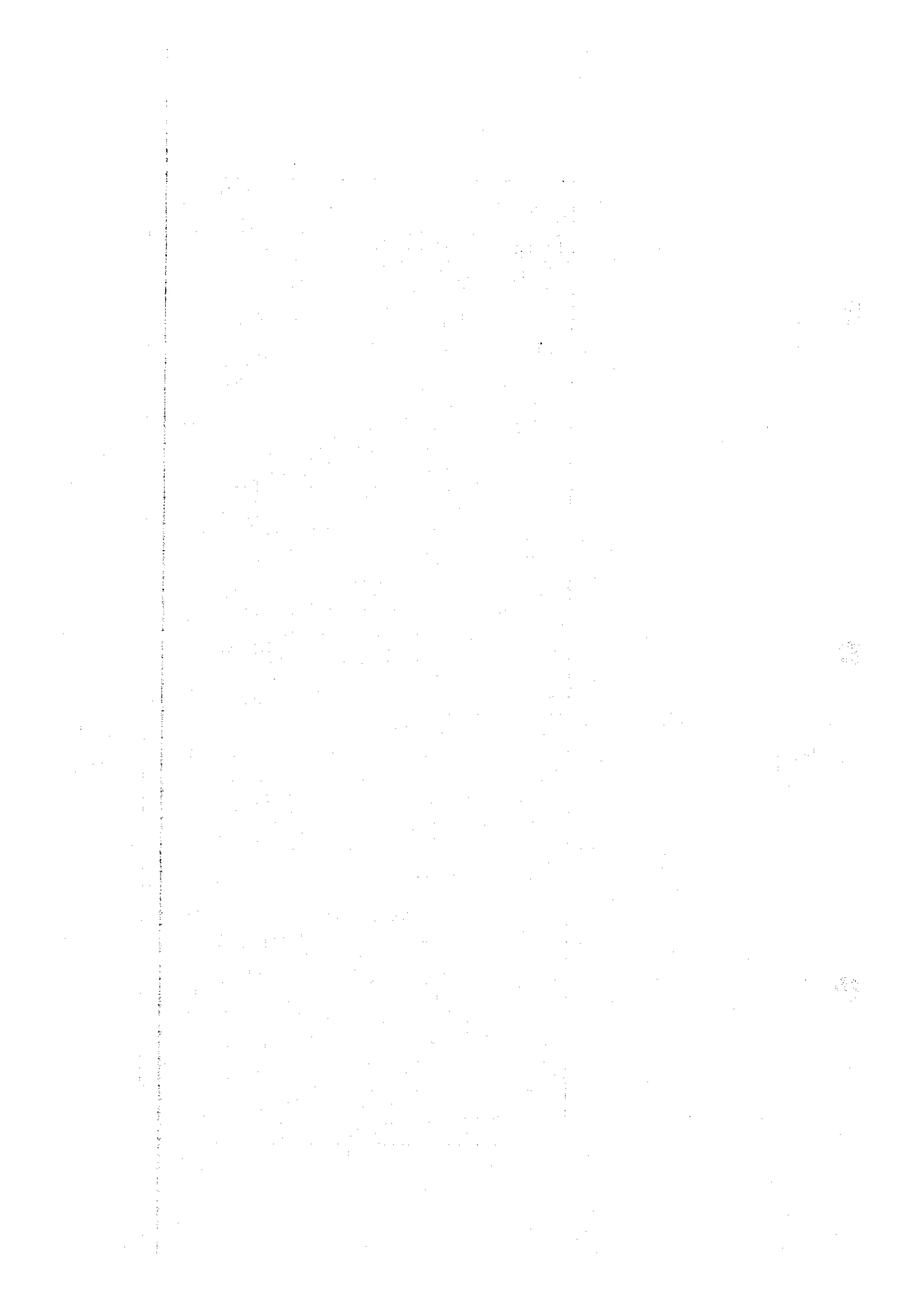
Table I-3 List of Samples taken in Kinabalu and Labuk Regions

1/3

Region	Locality Name	Locality Number	Dating	Analysis of Rock	Thin Section	Assay of Ore	Polished Section	X-ray Defraction	Fluid Inclusion	Specimen
Kinabalu	Bambangan	B-1		B-1-R	B-1-T					
"	Kamunsu	Km-1	Km-1-D	Km-1-R	Km-1-T					Km-1-D-S
"	Kiapako	K-1	K-1-D	K-1-R	K-1-T					K-1-D-S
"	Lingangah	L-1				L-1-0	L-1-P			L-1-0-S
"	Luminantai	Lu-1	Lu-1-D	Lu-1-R	Lu-1-T					Lu-1-D-S
"	"	Lu-2				Lu-2-0		Lu-2-X		
"	"	Lu-3		Lu-3-R	Lu-3-T	Lu-3-0		Lu-3-X	Lu-3-Q	
"	"	Lu-4		Lu-4-R	Lu-4-T					
"	"	Lu-5						Lu-5-X		
"	Mankadau	M-1	M-1-D	M-1-R	M-1-T					M-1-D-S
"	"	M-2		M-2-R	M-2-T					M-2-R-S
"	Morouporou	Mo-1	Mo-1-D	Mo-1-R	Mo-1-T					Mo-1-D-S
"	Pingan Pingan	PP-1		PP-1-R	PP-1-T					
"	"	PP-2	PP-2-D	PP-2-R	PP-2-T	PP-2-0	PP-2-P			PP-2-D-S
"	Poring Road	P-1		P-1-R	P-1-T					P-1-R-S
"	Randagong	R-1				R-1-0	R-1-P		R-1-Q	
"	"	R-2				R-2-0	R-2-P		R-2-Q	
"	"	R-3				R-3-0			R-3-Q	
"	"	R-4							R-4-Q	
"	"	R-5				R-5-0-1			R-5-Q	
"	"	"				R-5-0-2	R-5-P			R-5-0-3-S
"	Sasapan	S-1	S-1-D	S-1-R	S-1-T					S-1-D-S
"	Tagap	Ta-2	Ta-2-D	Ta-2-R	Ta-2-T					Ta-2-D-S
"	Tampang	T-1		T-1-R	T-1-T	T-1-0-1	T-1-P	T-1-X	T-1-Q-1	
"	"	"				T-1-0-2			T-1-Q-2	
"	"	T-2						T-2-X		
"	"	T-3		T-3-R	T-3-T	T-3-0	T-3-P	T-3-X	T-3-Q	T-3-0-S
"	"	T-4	T-4-D	T-4-R	T-4-T			T-4-X		T-4-D-S
"	"	T-5						T-5-X		
"	"	T-6						T-6-X		
"	"	T-7		T-7-R	T-7-T	T-7-0		T-7-X		
"	"	T-8						T-8-X		
"	"	T-9						T-9-X		
"	"	T-10				T-10-0		T-10-X	T-10-Q	

Region	Locality Name	Locality Number	Dating	Analysis of Rock	Thin Section	Assay of Ore	Polished Section	X-ray Defraction	Fluid Inclusion	Specimen
Kinabalu	Tampang	T-11						T-11-X		
"	"	T-12						T-12-X		
Sub-Total			9	18	18	14	7	15	10	14
Labuk	Boto	Bo-1				Bo-1-0-L				
"	Chromite	Cr-1		Cr-1-R	Cr-1-T					
"	East Sualog	ES-1	ES-1-D	ES-1-R	ES-1-T					ES-1-D-S
"	"	ES-2		ES-2-R	ES-2-T					
"	"	ES-3		ES-3-R	ES-3-T	ES-3-0	ES-3-P			ES-3-0-S
"	Ensuan	E-1	E-1-D	E-1-R	E-1-T	E-1-0	E-1-P			E-1-D-S
"	"	"								E-1-0-S
"	Gambaran	Ga-1		Ga-1-R	Ga-1-T	Ga-1-0-L				
"	"	Ga-2				Ga-2-0-L				
"	Karamuak	Kr-1		Kr-1-R	Kr-1-T	Kr-1-0-L				
"	Karang	Kg-1	Kg-1-D	Kg-1-R	Kg-1-T					Kg-1-D-S
"	"	Kg-2				Kg-2-0	Kg-2-P			
"	Kiabau	KB-1				KB-1-0	KB-1-P			KB-1-0-S
"	"	KB-2	KB-2-D	KB-2-R	KB-2-T					KB-2-D-S
"	"	KB-3		KB-3-R	KB-3-T	KB-3-0				
"	Northeast Sualog	NE-1				NE-1-0-L				
"	Porog	Po-1				Po-1-0	Po-1-P			
"	"	Po-2		Po-2-R	Po-2-T	Po-2-0	Po-2-P			Po-2-0-S
"	"	Po-3				Po-3-0	Po-3-P			Po-3-0-S
"	Pumadagan	Pm-1		Pm-1-R	Pm-1-T	Pm-1-0-L				
"	Ruku Ruku	Rk-1				Rk-1-0-L				
"	Southwest Sualog	SW-1		SW-1-R	SW-1-T	SW-1-0	SW-1-P			SW-1-0-S
"	"	SW-2	SW-2-D	SW-2-R	SW-2-T					SW-2-D-S
"	"	SW-3		SW-3-R	SW-3-T					
"	"	SW-4		SW-4-R	SW-4-T					
"	"	SW-5		SW-5-R	SW-5-T	SW-5-0	SW-5-P			SW-5-0-S
"	"	SW-6		SW-6-R	SW-6-T	SW-6-0-1				
"	"	"				SW-6-0-2	SW-6-P			SW-6-0-2-S
"	"	SW-7		SW-7-R	SW-7-T	SW-7-0-L				
"	Sualog/Pari	SP-1	SP-1-D	SP-1-R	SP-1-T					

Region	Locality Name	Locality Number	Dating	Analysis of Rock	Thin Section	Assay of Ore	Polished Section	X-ray Defraction	Fluid Inclusion	Specimen
Labuk	Sungai Telupid	ST-1	ST-1-D	ST-1-R	ST-1-T					ST-1-D-S
"	"	ST-2				ST-2-0				
"	"	ST-3				ST-3-0-1	ST-3-P			ST-3-0-1-S
"	"	"				ST-3-0-2				
"	"	ST-4				ST-4-0				
"	"	ST-5				ST-5-0				
"	"	ST-6				ST-6-0	ST-6-P			
"	"	ST-7		ST-7-R	ST-7-T					
"	"	ST-8		ST-8-R	ST-8-T					
"	"	ST-9		ST-9-R	ST-9-T	ST-9-0	ST-9-P			
"	"	ST-10				ST-10-0				
"	"	ST-11				ST-11-0-1				
"	"	"				ST-11-0-2	ST-11-P			
"	"	ST-12				ST-12-0-1	ST-12-P			ST-12-0-1-S
"	"	"				ST-12-0-2				
"	"	ST-13				ST-13-0	ST-13-P			ST-13-0-S
"	"	ST-14		ST-14-R	ST-14-T					
"	"	ST-15				ST-15-0	ST-15-P			ST-15-0-S
"	Tangkunap	TP-1				TP-1-0-L				
"	Telupid	TE-1	TE-1-D	TE-1-R	TE-1-T	TE-1-0	TE-1-P			TE-1-0-S
"	"	TE-2				TE-2-0-L				
"	"	TE-3				TE-3-0-L				
"	Tungud	Tg-1	Tg-1-D	Tg-1-R	Tg-1-T	Tg-1-0-1	Tg-1-P			Tg-1-D-S
"	"	"				Tg-1-0-2				Tg-1-0-1-S
"	Ulu Pari	UP-1		UP-1-R	UP-1-T	UP-1-0-L				
"	Ulu West Sualog	UWS-1	UWS-1-D	UWS-1-R	UWS-1-T					UWS-1-D-S
"	"	UWS-2		UWS-2-R	UWS-2-T	UWS-2-0	UWS-2-P			UWS-2-0-S
"	West Sualog	WS-1				WS-1-0	WS-1-P			WS-1-0-S
"	"	WS-2	WS-2-D	WS-2-R	WS-2-T					WS-2-D-S
"	"	WS-3		WS-3-R	WS-3-T	WS-3-0	WS-3-P			
"	"	WS-4				WS-4-0				
"	"	WS-5				WS-5-0	WS-5-P			WS-5-0-S
Sub Total			11	32	32	46 (34+12)	23			26
Total			20	50	50	60 (48+12)	30	15	10	40



## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 地形及び水系

サバ州はFig. 1-2にみられるように、地形上西部低地 (Western Lowlands)、西部山脈 (Western Cordillera)、中部高地 (Central Uplands)、及び東部低地 (Eastern Lowlands) の4主要地形区に分けることができる (Collenette, P., 1963による)。1992年に調査予定のKinabalu地区はおもに西部山脈及び中部高地、Labuk地区はおもに中部高地及び東部低地からなっている。

#### 2-1-1 Kinabalu地区

Kinabalu地区は西部山脈を構成するCrocker山脈 (Crocker Range)及びTrusmadi山脈 (Trusmadi Range)の北東部地域と中央高地の北部を占めるLabuk高地 (Labuk Highlands)とからおもになっているが、残りはKinabalu山の南東にあるPinosuk台地 (Pinosuk Plateau)、Ranau付近のRanau平原 (Ranau Plain)、Marudu湾に面したBandau平原 (Bandau Plain)及びBengkoka低地 (Bengkoka Lowlands)からなっている。

Sabah州の主要な地理的特徴の一つはCrocker山脈で、西海岸に近くかつ平行な山脈である。Crocker山脈の約3分の1は調査地域内に位置している。山の平均高度は600m乃至900mであるが、中央脊梁部では1,200m以上に達する。本山脈の北東端にそびえているのがKinabalu山 (海拔4,101m)で東南アジアで最も高く、周囲の山よりも約3,000m高い。

Trusmadi山脈はCrocker山脈の東方に位置し、Kinabalu山塊外では最も高い峰々を擁している。山脈の山々は数地点で2,400mを越えている。

Pinosuk台地と呼ばれる珍しい台地がKinabalu山の南東方にみられ、大量の岩屑が約40平方キロに亘って台地を覆っている。

Panau平原は面積約23平方キロ、長さ約8キロ×幅約3キロ、を占めている。Liwagu川が西から平原に流入し、南から流れ出ており、さらに小さな河川が周囲の丘陵から平原に流入してLiwagu川に合流している。平原は川の水面より僅かに高くかつ少し起伏があり、一般に氾濫原を伴う平坦地を有していない。少なくとも4段の段丘面が平原の西部及び南部にみられる。

Ranau平原の北方にはLohan川平原と呼ばれる小さな平原がLohan川及びSilad部落の近くにみられる。本平原はRanau平原と異なり、ほんの少ししか開墾・耕作されていないが、多分周囲の超塩基性岩起源の土壌が肥沃でないためであろう。

Sabahの東海岸と西海岸の分水嶺はKinabalu山の頂上から南西へCrocker山脈に沿ってAlab山を通り、さらに南東に向きを変えてTrusmadi山脈に至っている。主要な河川はSulu海に注ぐLabuk川とSugut川である。Kinabalu山の西斜面及び北斜面をKadamaian川とWariu川が流れているが、両川は合流して北方の支那海に注いでいる。Kinabalu山の西斜面及び南斜面を流れる河川はRanau平原を通してLabuk川に合流し、東方Sulu海に注いでいる。Kinabalu山の東側では

Langanan川及びMankadau川が岩のごろごろした接近不能の山麓の丘陵に源を發し、合流して Sugut 川となってSulu海に注いでいる。(Collenette, P., 1954 及び1958を簡略化)

## 2-1-2 Labuk 地区

Labuk 地区は中部高地の北部及び中央部を占める Labuk高地及びKuamut高地, Labuk 高地と Kuamut高地間を流れるMilian川沿いの沖積平地であるMilian谷 (Milian Valley), 東部低地の西部を占める Lokan準平原 (Lokan Penneplains), 調査地域の北東部に位置し, 東部低地の一部をなす Labuk三角州 (Labuk Delta)の西半分及びKaindangan準平原 (Kaindangan Penneplains)の南東部分からなっている。

おもに Labuk川の中流部及び Kinabatangan-Milian川の北側に1支流であるKaramuak川が流れる Labuk高地並びにMilian川の南側の支流群が流れるKuamut高地は丘陵及び山岳地域である。

Labuk 高地は主として超塩基性岩及び玄武岩質岩より構成されているが, 両岩類はそれぞれ特徴的地形を呈している。超塩基性岩は四主要山地を形成している。すなわち, (a) Karamuak 川の西及び南のBungug山からTingka山に伸びる狭い山脈, (b) Karamuak と Labuk川岸のMalawali部落の間にあり, Tavai 山が最高峰の山塊, (c) Labuk川の西のMeliau山を含む幅広い山脈, 及び (d) Labuk川と Trusan Sapiの間の Bidu-Bidu Hillsである。

玄武岩質岩石よりなる山地はKaramuak川の源流付近及び Labuk川の北にみられるが, 準平原化されている。

Labuk 川の北ではMeliau山脈の北東部は Masasau山で Bidu-Bidu Hills地域の最高点の海拔 837 mに達する。Meliau山脈は深く刻まれた谷及びしばしば地滑りが発生している急傾斜の山腹を伴った若い山脈である。

Labuk 川の南と東かつ Labuk川と Trusan Sapiの間には Bidu-Bidu Hillsがある。Bidu-Bidu Hills は自然地理学上三つ, すなわちNorthern Hills, Southern Hills及び Bangau-Bangau Hills にわけられている。Northern Hillsは海拔約 450mのほとんど水平な侵食面までは山腹が急傾斜で, 侵食面より上部は数少ない峰が徐々に海拔 600mの少し上までそびえている。流れの速い小川が侵食面及び山腹を深く開析している。Southern Hills及び Bangau-Bangau HillsはMeliau山脈に似た若い様相を呈するが, 標高は低く, 約 600mまでである。

Milian川の南のKuamut高地のKaramuak部落とKuamut部落間には北に面し, 傾斜が逆の断崖を伴った弓形の山脈が Sabahでよく発達している中新世後期の盆地の一つを形成している。

Labuk 川下流部とKinabatangan川間には広い Lokan準平原があり, その西半分は調査地域に含まれている。Lokan 準平原は多分高さ15m以下の急斜面により分離されている一連の準平原よりなる混成の準平原である。Lokan 準平原の頂上の多くは, 海拔約 300mに達するKinabatangan下流部近くの南部を除き, おもに海拔90m乃至 120mである。

Southern Bidu-Bidu Hillsの南では砂岩及び頁岩よりなる準平原より一段高い丘陵は海拔約 360 mに達し, 周辺の侵食面は海拔 150乃至 165m, 120 乃至 135m, 及び 105mを示している。

Labuk 川, Karamuak川, 及びさらに上流のTongot部落付近のMilian川に沿って狭い隆起した準平原が伸びている。準平原化した地域が広いこと及び連続せる浸食面同士の境界が不規則であることは準平原が多分周期的に隆起し、かつ多少傾いた開析された海成浸食台地であることを示している。準平原が未だよく保存されていることから、主たる準平原化作用は比較的新しい時期に行われたに違いない。

Milian Valley と呼ばれるPinangah部落からkuamut部落までのKinabatangan沿いの沖積平地は支流の下流部沿いの狭い低地と一緒にしている場所を除いて、連続性がなく、一般に幅1マイル以下である。

Labuk 三角州の合流せる支流群は岸沿いの潮の作用を受ける湿地に生えているニッパやし及びマングローブを伴った泥深い潮の影響を受ける水路である。

大部分の調査地区内には Kinabatangan-Milian川, Labuk 川及び両河川の支流群が流れている。

Labuk 川は調査地区西縁のSipazo峡谷を出た後, Lokan 準平原の隆起部に沿って, 次いで Rundun部落から Bilai部落までの準平原の西縁とその西にそびえているMeliau山脈の間を深さ約15mの水路を開析して流れている。次いで Labuk川は Labuk三角州の第1の支流であるTrusan Sapiの最上流部のParanchangan部落に向かって東へ方向を変えるまでは Melian 山脈と Bidu-Bidu Hillsの間の狭い沖積平地を通過して流れている。Klangan 部落はLidong川として知られる主水路のはるか下流の川の中の島の上に位置している。Lidong川と Trusan Sapiは再び合流して主河口を形成している。Lidong川は沈泥でふさがれ, Trusan Sapi が Labuk川の主水路になったと言われている。Labuk 川の潮の干満の影響は Trusan Sapiの源より上流約半マイルまで顕著であるが, これより上流では川は早く流れ, 多くの砂州を形成している。

川のレベルは予想できないほど著しく変動する。洪水は1月及び2月には普通であり, 一方9月及び10月には川は数ヶ所で浅瀬を歩いて渡れる。Trusan Sapi の源より下流の潮の作用を受ける流域では Labuk川は幅広い蛇行部を流れ, 一部が埋積した馬てい形の湖がそばに形成されている。この付近での川の流路は急速に変化している。潮の作用を受ける下流域は網の目状の支流群からなっており, 最大の支流は Trusan Sapi及びKlangan川である。

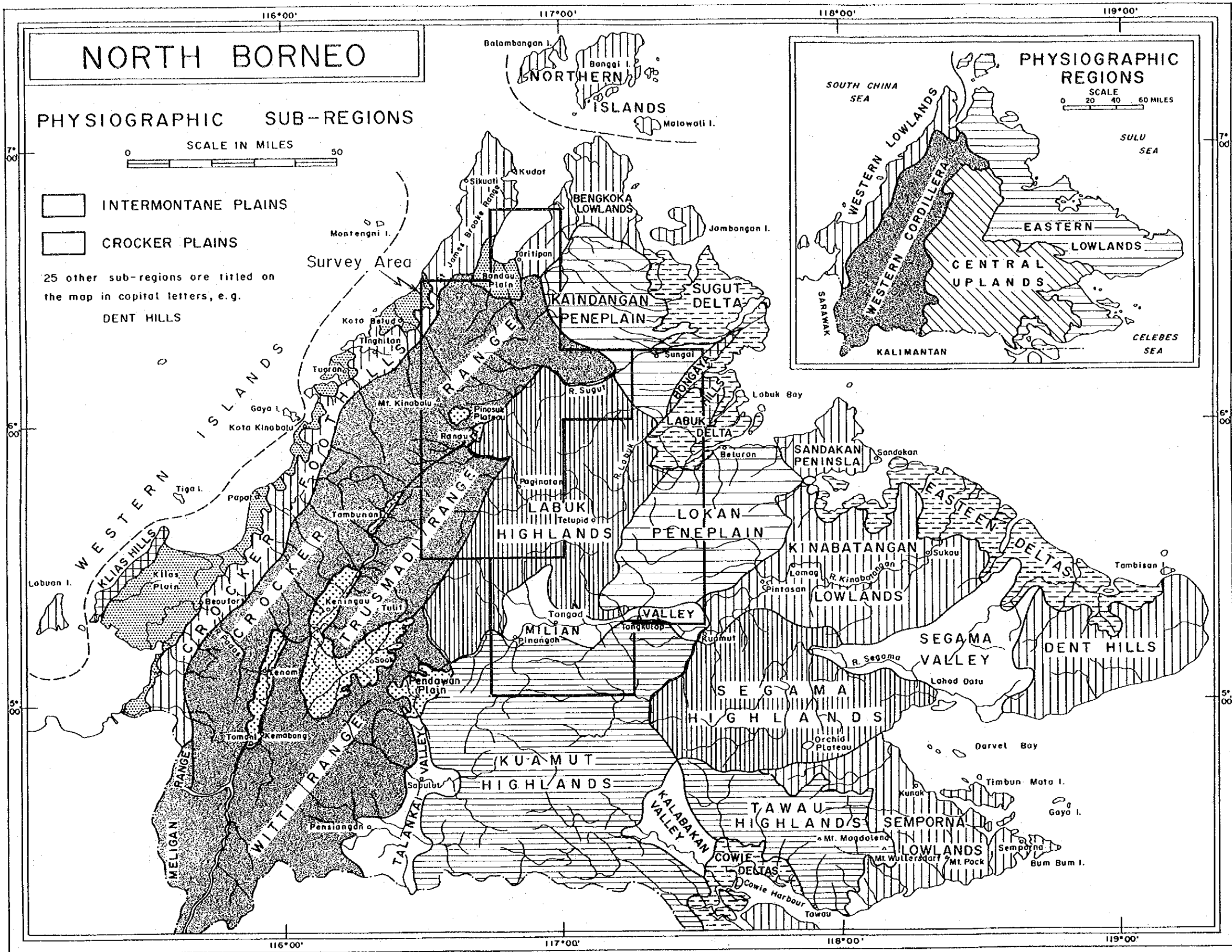
Kuamut部落より上流はMilian川として知られるKinabatangan川はサバ州の最大の川であり, 西では調査地区の南部の丘陵の間を通過して流れているが, Tangkulap 部落より下流ではすべて沖積平地を通過している。調査地区内の Kinabatangan-Milian川の最大支流は西からKaramuak川, Tangkulap 川, 及び Lokan川である。

Lokan 準平原の主要な準平原化地域における水系パターンは一定せず著しく変化しているのは疑いないが, 準平原化作用は多分初めは Lobuk川がSegaliud川の現在の流路を通過して海に達した時の Labuk川と共に生じたと思われる。その後 Labuk川はRundun部落からLuan Poroi川に流入し, 次いでTroyan部落までは Lokan川を通り, さらに Longmanis部落で北東に方向を変えて現在の Segaliud川に流入した。さらにKuun-Kuun (Lokan) 川の最上流はLuan Poroi川に流入した。



Labuk 川の現在の河口に流下した川はRumidi部落から流れる 1 支流, すなわち Labuk川の南流する 1 支流で占められているRumidi部落とRundun部落間の Labuk川, を伴ったTungud川であった。

Lokan 準平原の水系の著しい変化には時間がかかったと思われる。準平原を横切る川が準平原を開析して流入したと言うことは浸食の現在のベースレベルは準平原の形成時よりも低いことを示している。準平原は海水面が現在よりも約45m高かった更新世以前に形成されたと言うこと及び水系の変化は更新世の海水面の低下のため, 川の浸食力の変化によって始まったと言うことが最もあり得ると思われる。(Fitch, F.H., 1958; Wilford, G.E., 及びNewton-Smith, J., 1967を編集)



### PHYSIOGRAPHIC REGIONS

SCALE 0 20 40 60 MILES

Figure 1-2 Physiographic Sub-regions of Sabah (After Collette P., 1962)



## 2-2 気候及び植生

サバ州は熱帯モンスーン地帯に位置しているので、その気候は1年中暑く湿潤である。北東モンスーンは10月下旬または11月上旬に始まり3月下旬まで続く。南西モンスーンシーズンは5月に始まり9月に終る。従って西海岸では雨期は南西モンスーンシーズン中続き、東海岸では北東モンスーンシーズン中大量の雨が降る。平均年間降雨量は内陸山間部で1,500~2,000ミリ以上である。

気温は季節により少し変化する。海岸部では気温は24~34℃、年間平均で27℃であるが、内陸部の気温は12~22℃で標高が300m高くなるごとに1.5℃の割合で低下する。従って標高1,200m以上では熱帯多雨気候から温帯多雨気候に変わっている。

内陸部の丘陵及び山岳地域はジャングルであるが、海岸地域の湿地帯は広くかつ密にマングローブで覆われている。ジャングルは二つのタイプに分けられる。すなわち自然のままの原始ジャングル及び大きな木が切り倒された第2期のジャングルである。

### 2-2-1 Kinabalu地区

気候は多湿熱帯型であるが、気温は標高によって変化する。Kundasang(1,371m)では毎月の最高気温は27~31℃、最低気温が10~16℃を記録した。Bundu Tuhan(標高約1,060m)では気温の変化は13~27℃である。Kinabalu山の詳細な気温の記録はないが、Panar Laban(3,350m)では毎日の平均が日中で約16℃、夜間で4℃である。頂上の台地では夜の気温がしばしば氷点下まで低下する。水たまりは凍結し、時折降雪が記録されている。

Kundasangでは平均年間降雨量が約2,000ミリで、その大部分は年の後半に降っている。Tenompok(1,615m)近くの国立公園本部では平均年間降雨量が約3,000ミリ、Bundu Tuhanでは約3,800ミリである。Kambarangah(2,377m)では年間平均で約4,500ミリで、月間では最大760ミリに達する。調査地区の東部の降雨記録はないが、年間降雨量は約2,000~3,000ミリと考えられる。一般に最も雨の少ない月は2月、3月、及び4月で、最も多い月は5月、6月、9月、10月、及び11月である。

Kinabalu山は変化に富む珍しい植物で著名である。多くの植物種は山特有のものである。フタバガキ科の高木の雨林は標高1,200m以上では山カシ林に負けている。地衣類の林は標高1,650~2,800mにみられる。2,800m以上では、植生はコケの少ないカシ林で、3,300m以上ではRhododendron-Leptospermumの低木が岩蔭にみられる。

(Collenette, P., 1958及びJacobson, G., 1970より抜粋)

### 2-2-2 Labuk地区

気候は年間平均降雨量約3,810ミリ、気温21~34℃の多湿な熱帯性である。湿度は30~100%、平均約85%である。調査地区に近いSandakan及び調査地区内のBidu-Bidu Hills地域のRumide Estateの気温及び降雨量の統計はそれぞれ表I-4及び表I-5に示されている。Labuk川下流地域のPamol(Tungud) Estate及びKinabatangan上流地域の降雨量の統計は表

I-6及び表I-7にそれぞれ示されている。

調査地区はシュロ及びココア栽培園のため開墾されている Labuk川近くの低地を除いては原始及び二次の熱帯雨林で覆われている。

(Fitch, F.H., 1958 及びNewton-Smith, J., 1967より抜粋)

Table I-4 Statistics of Temperature and Rainfall

Month	Kota Kinabalu			Sandakan			Tawau		
	Temperature (°C)		Rainfall (mm)	Temperature (°C)		Rainfall (mm)	Temperature (°C)		Rainfall (mm)
	Max.	Min.		Max.	Min.		Max.	Min.	
January	30.5	22.4	95.1	29.7	24.2	398.2	31.4	22.2	161.4
February	31.6	22.5	61.6	30.5	23.6	229.9	31.9	22.3	132.4
March	31.8	22.8	47.1	31.0	23.8	120.0	32.4	22.6	107.7
April	32.5	23.4	137.5	32.2	23.8	87.5	32.6	22.8	101.3
May	32.5	23.9	287.9	32.5	24.3	110.8	32.8	23.5	113.6
June	31.7	23.3	248.7	32.8	23.6	209.3	32.3	23.0	185.5
July	31.6	23.0	257.2	32.4	23.5	214.5	31.6	22.7	226.3
August	31.7	23.3	263.4	32.9	23.5	183.6	31.3	22.6	217.7
September	31.8	23.2	315.8	32.3	23.5	241.2	31.7	22.5	196.9
October	32.0	23.5	292.9	31.8	23.6	271.9	31.9	22.8	188.1
November	31.4	23.2	314.6	31.2	24.0	324.8	32.4	23.1	174.0
December	31.3	22.7	149.7	29.8	24.4	453.0	32.4	22.4	135.3
Total			2,471.5			2,844.7			1,940.2

Temperature: 1989 and 1990      Rainfall: average of last 10 years (1981 - 1990)

Table I-5 Temperature and Rainfall Statistics for Rumidi Estate 1965 - 1966

Month	1965				1966			
	Rainfall		Mean Temperature		Rainfall		Mean Temperature	
	mm	Rain days	Max. °C	Min. °C	mm	Rain days	Max. °C	Min. °C
January	332.0	13	29.9	21.4	400.8	24	30.3	22.4
February	565.4	22	29.6	21.7	282.4	17	30.9	22.2
March	496.1	24	30.6	22.2	218.7	15	32.3	23.1
April	240.3	13	32.6	22.5	116.3	14	33.6	23.3
May	496.1	21	32.8	—	329.4	26	33.2	23.4
June	351.3	23	31.8	22.6	200.2	18	32.8	22.8
July	240.0	19	32.1	22.1	273.6	20	32.3	22.7
August	276.1	19	32.4	22.3	524.0	24	32.4	22.8
September	426.5	21	31.8	22.5	230.9	20	32.9	22.7
October	370.3	21	31.9	22.6	251.0	20	32.0	22.8
November	379.0	26	31.7	22.6	240.3	19	31.6	22.8
December	414.3	26	30.3	22.7	211.1	21	31.3	22.7
Total	4,587.0	248	—	—	3,278.6	238	—	—

Figures provided by the Manager, Rumidi Estate.

Table I-6 Rainfall Statistics for Pamol (Tungud) Estate 1961 - 1966

Month	1961		1962		1963		1964		1965		1966	
	mm	Rain days	mm	Rain days	mm	Rain days	mm	Rain days	mm	Rain days	mm	Rain days
January	360.9	21	923.0	31	1,365.8	30	189.0	23	349.3	14	416.1	21
February	289.8	12	396.0	24	509.0	25	336.6	24	529.3	24	299.5	15
March	194.1	14	519.7	27	409.7	21	200.7	20	519.9	21	172.7	15
April	54.6	16	340.9	17	73.9	7	219.2	25	196.1	12	74.9	5
May	533.4	—	161.3	23	167.1	12	128.8	21	417.3	18	307.1	18
June	148.8	22	336.0	17	263.7	11	339.6	24	456.2	14	172.7	13
July	237.0	19	177.5	19	405.4	17	89.7	11	237.7	16	203.2	9
August	224.0	20	211.6	21	285.0	20	315.0	17	358.9	19	306.8	19
September	287.3	18	571.5	26	240.5	19	236.5	20	458.5	15	271.0	12
October	325.6	23	240.3	21	360.2	21	205.5	19	245.4	20	175.3	12
November	158.8	18	279.1	23	142.7	18	161.5	18	290.3	21	129.3	14
December	464.8	24	677.9	29	262.4	23	308.9	21	317.0	24	208.8	17
Total	3,279.1	—	4,834.9	278	4,485.4	224	2,730.8	243	4,375.9	218	2,737.4	170

Figures provided by the Manager, Pamol Estate.



Table I-7 Rainfall Statistics for the Upper Kinabatangan Area

Place	Monthly Average												Yearly Average
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	
Tangkulap	254.3	316.7	88.6	113.3	176.5	195.1	186.9	197.9	328.9	212.1	272.8	219.2	2,562.4
Pinangah	194.6	195.6	97.5	165.1	178.1	204.2	160.3	213.9	262.4	287.8	231.4	228.1	2,418.8
Kuamut	95.0	80.8	26.2	41.1	62.7	81.3	85.3	109.5	94.5	61.0	67.8	106.7	911.9

Average rainfall given in Millimeters; information supplied by the Civil Aviation and Meteorological Service Department

Remarks: Tangkulap ... average over 5 years  
Pinangah ... average over 5 years  
Kuamut ... average over 4 years

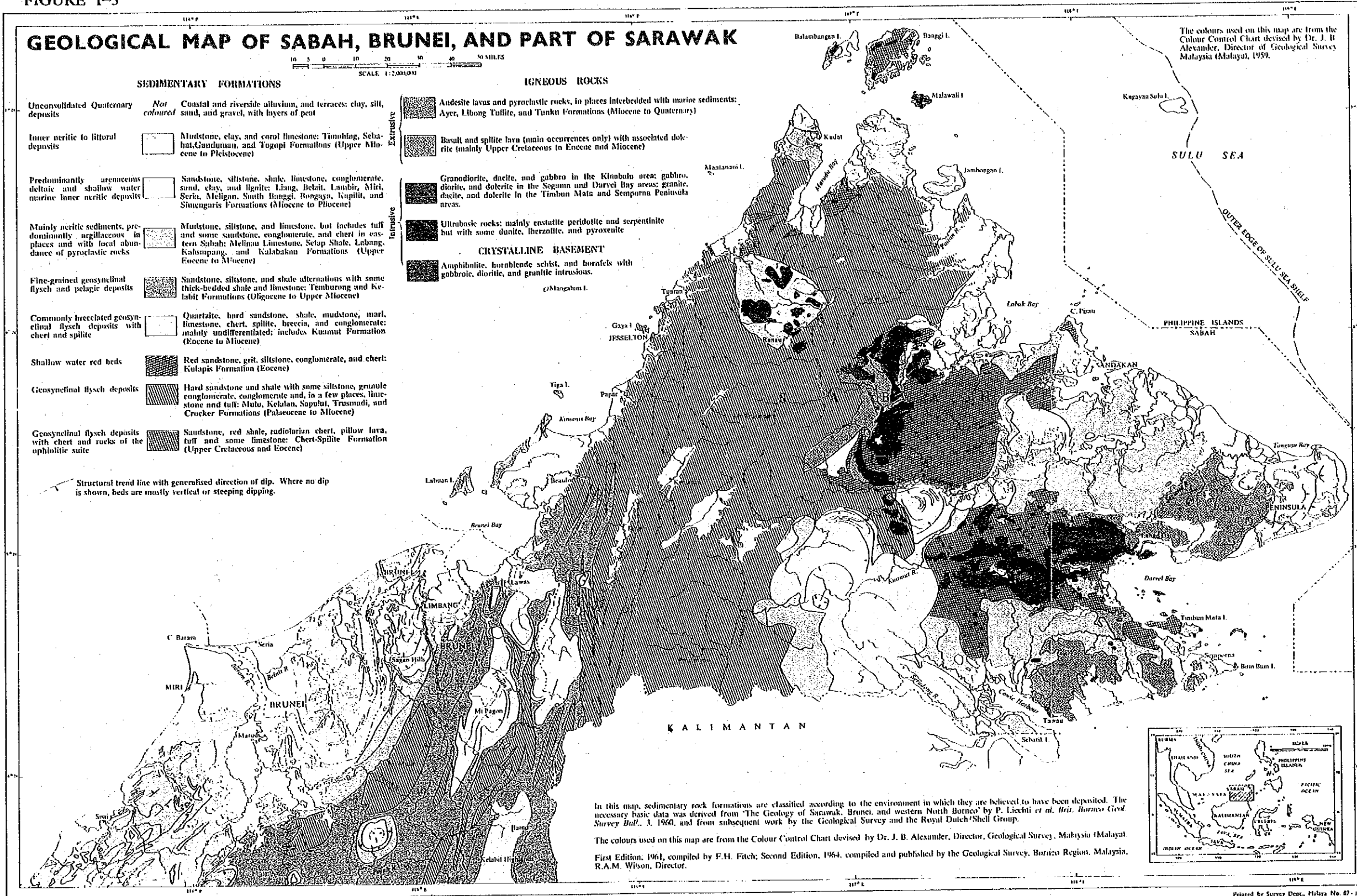
### 第3章 一般地質（サバ州の地質）

#### 3-1 序 論

ボルネオ島の北部に位置しているサバは複雑な地質的歴史を持っていて、いくつかの広域的な構造上の方向がサバで交わっている。北東方向の Palawan-Balabac 島弧は北部の Banggi 及び Balambangan 諸島で止っている。北東方向を示す三日月形の“北西ボルネオ地向斜”は Kinabalu 山付近で南東方向に屈曲しているように思われる。Sulu 列島の火山列はサバ南東部の Semporna 半島につながっている。いわゆる“Crystalline Basement”と言われているサバで最も古い岩石は東部にみられる。塩基性及び超塩基性岩並びにこれらに伴うオフィオライト系のチャート、スピライト、斑れい岩は東海岸の Darvel 湾から Segama 川上流を経て Labuk 川上流、Kinabalu 山と伸び、さらに北東へ曲って Marudu 湾及び北部諸島に至る弧に沿って分布している。少なくとも三つの時期の火成活動の産物である酸性乃至塩基性の火成岩が Semporna 半島、Segama 川上流及び Kinabalu 地域にみられる。



FIGURE I-3





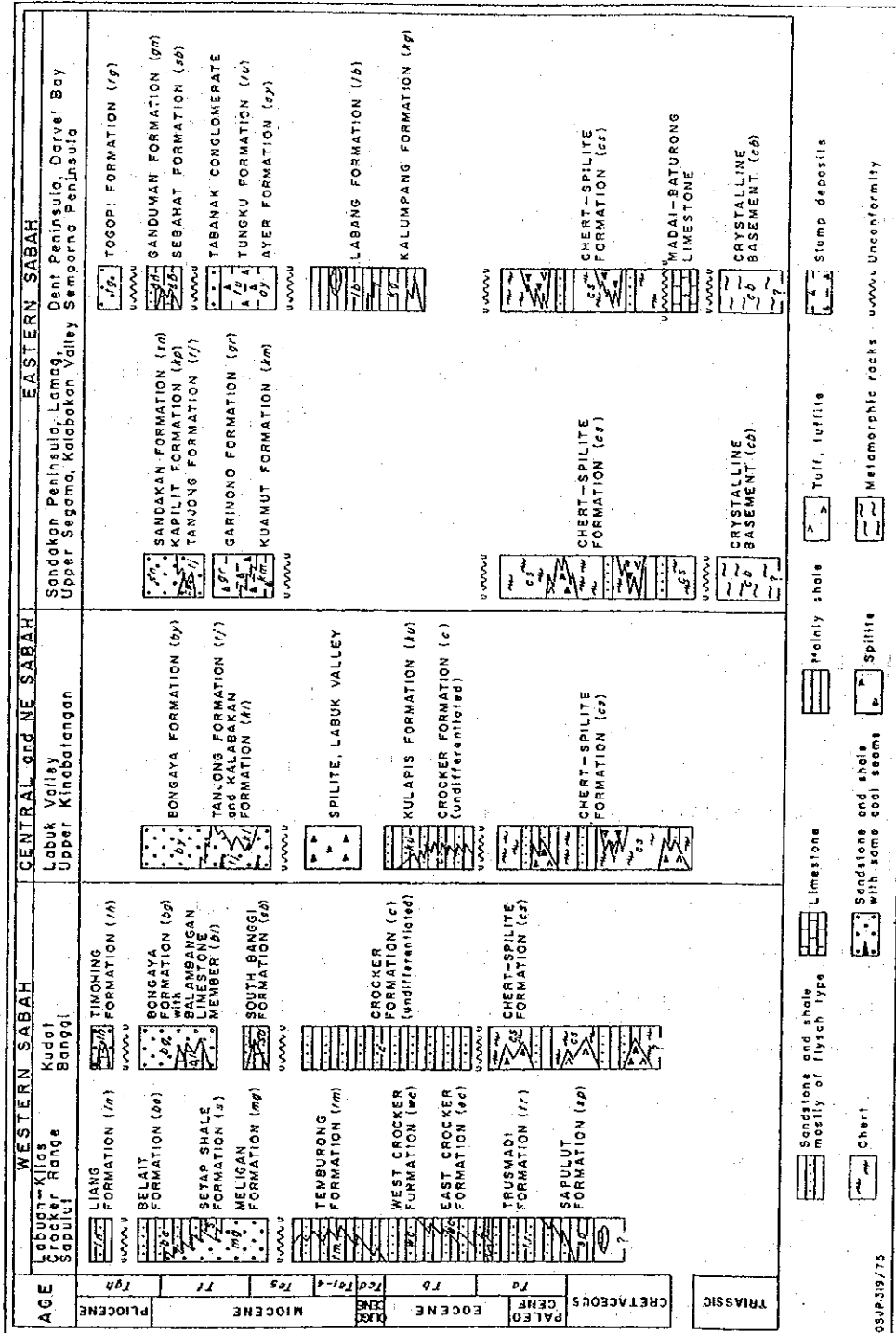


Figure I-4 Stratigraphy of Sabah

(Taken from "Regional Geology of Sabah" in "Annual Report of Geological Survey of Malaysia, 1988")

### 3-2 堆積盆地及び構造運動についての要約

“Crystalline Basement”の形成が最盛期だった白亜紀以前の堆積史はあまり知られていない。火山岩と互層をなす泥質及び石灰質の堆積物には多分火山島弧の環境下で堆積したものもあろう。前期白亜紀には、石灰岩がサバ東部に現れた基盤上の数ヶ所に堆積した。後期白亜紀までには、厚い砕屑性及び石灰質の堆積物、チャート、石灰岩、火山岩が東部、中部及び南西部サバの大部分及び北部サバの一部に亘って堆積したがこの堆積は第三紀の始新世まで続いた。

西部及び南西部サバには白亜紀の堆積の証拠はみられない。しかし第三紀初期までには、カリマンタンとの国境から西部および北部サバに至る北東方向に細長く伸びた海盆がすでに存在していて、厚い一連の砂岩及び泥岩の堆積が後期中新世まで連続して行われたが、Kinabaluバソリスの進入を伴った後期中新世の褶曲及び隆起により終結した。

この後期中新世の主要な造構運動の間、サバ東部においては海底地滑り堆積物及び火山砕屑物がいくつかの深い海盆に堆積し、ひき続いて砂岩、泥岩及び少量の石灰岩と石炭が一続きの円形乃至半円形の浅い海盆に堆積した。後期中新世の急速な隆起の結果、Lahad Datuにおいては礫岩が形成され、堆積が中断したが、東端部のDent半島は例外で鮮新世の堆積物が海岸の湿地及び浅海で沈澱した。

### 3-3 一般地質及び地質層序

#### 3-3-1 三疊紀

サバにおける最古の岩石は東部サバにみられる“Crystalline Basement”の変成岩類である。これらはSegama川上流地域で約500km<sup>2</sup>に亘って分布しており、小さな露出はLabuk川、Kinabalu山地域、Taritipan及び北部諸島にみられる。Segama川地域においては、岩石は東西方向の強い葉理構造を有している。変成岩類はおもに角閃岩、スカルン、珪岩、変凝灰岩及び変火山岩、変斑れい岩及び変粗粒玄武岩からなっている。花崗岩、花崗閃緑岩、トーナライト、超苦鉄質岩及び苦鉄質岩の大きな岩体の変成岩中に貫入している。超苦鉄質岩体ははっきりと細長く伸びており、変成岩の葉理の方向に沿って通常東西方向に配列している。

変成岩及び火成岩の放射性元素に基づく年代はこれらの岩石の形成は前期三疊紀(210±3 Ma)頃だったろうことを示している。

#### 3-3-2 白亜紀-始新世

白亜紀-始新世の岩石は東部及び南部-中部サバに広く分布しており、大きな露出はCrystalline Basementと接してSegama川及びPensiangan-Pinangah地域にみられる。小さな露出はLabuk川、Kinabalu山の近く、Taritipan及び北部諸島でみられる。白亜紀-始新世の岩石は二つの累層すなわちChert-Spilite Formation及びSapulut Formationにより代表される。Chert-Spilite Formationは石灰岩、放散虫チャート、砂岩、礫岩、スピライト、火山角礫岩、凝灰集塊岩、枕状玄武岩及び共存する粗粒玄武岩とケラトファイアーにより特徴づけられる。いろいろ

なタイプの岩石は不安定な海盆、地塊断層運動により現れた基盤などにおける複雑な堆積環境を示唆している。Sapulut Formation はおもに泥質層及び少量の泥質石灰岩、礫岩、チャート、砂岩よりなっている。

超苦鉄質岩及び苦鉄質岩を伴った Chert-Spilite Formationの岩石組み合わせは一連のオフィオライトの一部と考えられるが、これに対して Sapulut Formationは海盆の中央部に堆積したと信じられる。

### 3-3-3 始新世-漸新世

始新世乃至漸新世時代の岩石は西部及び北部サバの全域を占めており、砂岩、シルト岩、泥岩、頁岩及び少量の石灰岩よりなる非常に厚いフレッシュ・タイプの Crocker Formationと粘板岩、千枚岩、珪岩、石灰岩、チャート及び凝灰岩よりなる Trusmadi Formationとからなっている。

始新世の岩石は西海岸の海岸沿い及び地層の走向を切っている多数の川沿いによく露出している。化石は少なく、或る頁岩のサンプルは始新世乃至前期中新世時代の砂質有孔虫類を含有している。一つの石灰岩のサンプルは中期始新世の時代を示す化石の組合せを有している。

中部サバの所々では、始新世の岩石が赤色及び紫色の砂岩、シルト岩及び頁岩からなっている (Kulapis Formation)。

漸新世乃至前期中新世時代の岩石は分布が限られており、南西サバのサラワクとの国境付近にのみみられる。ここでは漸新世の地層はおもに頁岩と泥岩であり (Temburong Formation), 沢山の砂質有孔虫類を含有している。

### 3-3-4 中新世-鮮新世

中新世-鮮新世時代の岩石はおもに東部サバに分布しているが、北部及び南西部にもみられる。  
(1) 東部サバ

東部サバにおいては、前期中新世の堆積物はおもに泥質物、火山碎屑物及び不安定な堆積状態を反映したスランプ角礫からなっている。泥質の海成堆積物は Kalabakan川の南東部に分布し (Kalabakan Formation), 泥岩、頁岩、凝灰岩及びタフアイトは Binuang地域及び Kalumpang川にみられる (Kalumpang Formation)。Hamilton (1979) によりメランジェ (melange)として言及されたスランプ堆積または破壊された地層は Sandakan半島 (Garinono Formation), Dent半島 (Labang and Ayer Formation), 及び Kinabatangan川上流地域 (Kuamut Formation) にみられる。チャート、石灰岩、斑れい岩、砂岩及び蛇紋岩の如き古い岩石の大きな岩塊がスランプ堆積物の無層理の灰色の泥質基質の中に含有されている。よく成層した凝灰岩、タフアイト及び凝灰質堆積物もみられる。成層した地層中の化石組合せは堆積が深海で行われたことを示している。

これらの前期中新世のスランプ堆積物の時代は有孔虫群により示されている。

後期中新世の岩石はよく成層した砂岩及び泥岩よりなり、Kalabakan-Kuamut-Kinabatangan川に沿って分布している (Tajung and Sandakan Formation)。堆積環境は浅海、潟、及び三角州乃至海浜である。



中新世—鮮新世の堆積物 (Dent Group) は石灰岩層を少し伴った浅海成の堆積岩により代表されている。露出はおもにDent半島の東部にみられる。この岩石のグループは時代が後期中新世から鮮新世に亘っており、有孔虫群を多く含有している。

#### (2) 北部サバ

中新世の地層は Kudat半島, Begkoka 半島, Banggi諸島, 及びSungut半島の海岸部分に分布している。下位の地層は厚い無層理砂岩, シルト岩及び少量の頁岩, 石灰岩, 石灰砂岩よりなっている。泥質岩, 石灰岩及び石灰砂岩は中新世の有孔虫群を多く含有している。

上位の地層は成層した, 淡青色の厚い石英砂岩及び頁岩からなっている (Bongaya and Kudat Formations)。泥質の地層は後期中新世末期の有孔虫群を含有している。

#### (3) 南西サバ

サラワクに隣接する南西サバにおいては, 中新世の岩石 (Meligan Formation)は Kudat半島の中新世の岩石とよく類似しており, 砂岩は石英質で, 色が淡青色, 少量の頁岩層及び石灰岩を伴っているが無層理である。

### 3-3-5 鮮新世及び第四紀

鮮新世までにサバの大部分は完全に隆起し, 東海岸では火山活動が盛んであった。堆積作用は海岸地域に限定された。Dent半島及びSemporna半島ではおもに石灰岩, 石灰質砂岩, 粘土及び褐炭よりなる堆積物が蓄積した。

堆積物は鮮新世—更新世の有孔虫類, 軟体動物群及びウニ類を多く含有している。南西部のSipitang半島及びKulias半島では, 鮮新世の堆積物 (Liang Formation)は粘土, 砂, 褐炭質粘土及び礫岩よりなり, 古い地層の上に不整合に載っている。

第四紀の堆積物は海岸沿いに堆積した粗礫, 砂, シルト, 粘土, 泥炭及びさんごよりなっており, 現在は Tenom, Klias, Padas川及び Sook-Keningau平野などにおいて, 高位の段丘及び内陸部の平野でみられる。

### 3-4 変成作用

最も強く変成された岩石は "Crystalline Basement" の変成岩であり, 緑色片岩相及び角閃岩相までの広域変成作用を受けている。熱変成作用も, Crystalline Basementに貫入した大きな花崗岩侵入岩体の周辺で起きており, 例えばLitok Klikog及びBabaisでは接触部の周囲にホルンフェンスが発達している。

変成岩のカリウム—アルゴンによる年代測定では  $210 \pm 3$  Ma (前期三疊紀) 乃至  $87 \pm 2.5$  Ma (白亜紀後期) なる数値が得られている。

変成作用はサバ西部の暁新世—始新世のTrusmadi Formationの厚い地層にも影響を及ぼし, 変成岩は粘板岩, 千枚岩及び珪岩よりなっている。弱い変成作用は多分深く埋積されたための広域的現象であろう。

ホルンフェルスは中新世時代の厚い堆積岩中に進入したKinabaluバソリスの周囲に発達している。

### 3-5 構造

サバの主要な構造的特徴は、サバ西部では北東方向を示す構造がKinabalu山付近で大きく屈曲し、中部及び東部では南東方向を示していることである。2系統の主要断層すなわち北乃至北東系及び北西乃至北北西系統が明らかである (Wilford, 1967; Tokuyama & Yoshida, 1974; Lee, 1980)。サバ西部では北～北東系が一般に堆積岩層の主要走向に平行または斜交しているのに対し、北西乃至北北西系統は地層の走向を切っている。サバ南部では両系統の断層が発達している。

大きな横ずれ断層“Kinabalu断層”はサバを横切り、北西海岸からKinabalu山及び Labuk川を経て、Cowie 港とDarvel湾の間の南東海岸まで達している (Tokuyama & Yoshida, 1974)。本断層は北西系統に属し、その地形への反映が不鮮明であることから、2系統のうちでは多分古い方であろう。

“Crystalline Basement” 中では、東西方向の主断層が明白である。これらの断層はCrystalline Basement の岩石中に発達している主たる片理に平行または平行に近く、Segama川地域の大きな隆起が起った中新世時代に多分形成されたものであろう。

サバ西部の堆積岩層は後期中新世に、厚い砂岩と頁岩の互層中の同心褶曲から薄い地層中の等斜褶曲までいろんな程度の褶曲をしている。小さな褶曲が一般的であり、大きな褶曲は認められない。海岸地域では褶曲軸は一般に北東方向を示すが、Trusmadi地域では褶曲軸は北西方向を示している。Kudat 半島では小さな褶曲軸は一般に南東方向である。Dent半島では、中新世及び鮮新世の地層は東西方向の褶曲軸を持つ褶曲をしているのに対し、Semporna半島及び Kalabakan地域では、地層は南東方向の褶曲軸を持つ褶曲をしている。

### 3-6 火成活動

サバの火成岩は組成及び起源がいろいろである。少なくとも3主要火成活動期が確認し得る。最も早い時期の活動は三疊紀以前の基盤岩と伴うトーナライト、花崗閃緑岩、トロニェマイト及び花崗岩貫入を生ぜしめた。2番目の時期の活動は塩基性-超塩基性岩、スピライト及び玄武岩により代表され、後期白亜紀の Chert-Spilite Formationと関係がある。第三の時期の活動は後期中新世乃至第四紀に起こり、Kinabalu山及びSemporna半島に分布する造山運動後の貫入岩及び噴出岩により代表される。

Darvel湾-Segama川上流地域では、花崗閃緑岩、トロニェマイト、花崗岩及びトーナライト (石英閃緑岩) が前期三疊紀時代に貫入し、ひき続き晩期のペグマタイト及びアプライトが貫入した。

蛇紋岩、ハルツバージャイト、輝岩、斑れい岩及びダナイトよりなり、チャート及びスピライ

トを伴ったオフィオライトはDarvel湾 -Segama川上流地域, Labuk 川 -Kinabalu山地域及び北部諸島に分布している。

中新世後期から第四紀にかけてはSemporna半島に沿った広範囲の火山活動及びこれに伴う浅い貫入活動並びにKinabalu山におけるバソリスーサイズの花崗岩貫入が起こった。Semporna半島で噴出した構造運動後の火山岩は典型的な太平洋島弧のカルク・アルカリタイプで, Na-Ca 長石に富み, 一般にKが少ない。早期の噴出はおもに安山岩, 石英安山岩及び玄武岩である。いくつかの火山円錐丘が認められ, 火山活動の遺物である温泉が半島にいくつか分布している。

Kinabalu山の大きな花崗岩バソリス及びいくつかの小さな岩株は後期中新世に厚いフリッシュ堆積物中に貫入した。貫入岩は組成が対応するSemporna半島の火山岩に比べてKが多い。

(“Annual Report of Geological Survey of Malaysia, 1988”の“Regional Geology of Sabah”を簡略化)

## 第4章 調査結果の総合検討

### 4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

#### 4-1-1 キナバル地区

##### (1) Bt. Tampang地域

Bt. Tampang の西麓及び南麓には熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩と火山砕屑岩及び堆積岩が分布しているが、火山岩及び火山砕屑岩中には局部的に金 (2.68g/t)、鉛 (0.16%)、アンチモン (0.13%)、及び水銀 (22.05ppm, 22.45ppm) を伴い、石英及び少量の黄鉄鉱・褐鉄鉱よりなる細脈状、網状、あるいは鉱染状の鉱化帯がみられる。

熱水変質せる母岩の熱水変質鉱物の組み合わせはおもに多量の石英、少量～微量のカオリナイト、微量の緑泥石及び絹雲母よりなっており、一部に中量～少量のカリ長石及び微量のスメクタイトを随伴している。この変質鉱物組み合わせは水長石-絹雲母型(Hayba et al., 1986; Heald et al., 1987) または還元硫黄系 (low sulfidation system, Hedenquist, 1987) の浅水性金鉱床に伴われる熱水変質帯上部或いは日本の九州の浅熱水性金鉱床の熱水変質帯の下部の雲母・緑泥石帯から上部のカオリナイト・雲母帯のそれと類似している。

鉱化帯の石英細脈の石英中の流体包有物の均質化温度は1試料 (278° ~ 284°C) を除き218° ~ 259°Cで、環太平洋地域の火山作用に関係した熱水系に伴われる酸化硫黄系(high sulfidation system) の金鉱床の石英の均質化温度 (200° ~ 300°C, after Hedenquist, 1987) の範囲内、或いはSillitoe (1988) の西太平洋島弧地域の金鉱床の水長石-絹雲母型鉱床の流体包有物均質化温度133° ~ 349°Cまたは酸性硫酸塩型の120° ~ 320°Cの範囲内に入っている。

以上から本鉱化帯は多分中新世～鮮新世と思われる火山作用に関係した中性～弱アルカリ性の熱水系に伴われた浅熱水性金鉱床の上部に該当すると思われる。

鉱化作用を規制している構造は現時点では特に見当たらない。

##### (2) Bt. Luminantai地域

Bt. Luminantai周辺の石英モンゾニ岩斑岩中には多数の平行節理に沿い、褐鉄鉱及び局部的に石英を伴った脈状の熱水変質帯がみられる。この熱水変質脈の幅そのものは1~30cmで狭いが、Lu-2 鉱徴地では幅17m間に平行せる節理 (走向E-W, 傾斜90°) に沿った35条の熱水変質脈、Lu-3 鉱徴地では幅40m間に平行節理 (走向N60° W, 傾斜90°) に沿った46条の熱水変質脈が発達しており、両鉱徴地とも熱水変質脈群が全体としてはストックワーク状を呈している。しかし熱水変質脈の間の石英モンゾニ岩斑岩は熱水変質していない。

本熱水変質脈に伴われる褐鉄鉱・石英脈の一部には Pb(2.46%), Zn(0.13%), Cu(0.10%), Ag (11.1g/t), 及び Au(0.10g/t)が含まれていること、熱水変質脈はおもに石英、緑泥石、カオリナイト、カリ長石、及び絹雲母からなっていて斑岩銅鉱床の上部に伴われるSCC変質帯 (絹雲母-粘土-緑泥石) の熱水変質鉱物組み合わせに類似していること、及び熱水変質脈に伴われ

る褐鉄鉱・石英細脈の石英中の流体包有物の均質化温度が  $350^{\circ} \sim 417^{\circ}\text{C}$  で斑岩銅鉱床に伴われる石英脈のその温度範囲内に入ることから推して、本熱水変質脈は斑岩銅鉱床上部に伴われる SCC 変質帯に該当する可能性はあるが、化学分析用鉱石試料（2 試料）、X 線回折試験用試料（3 試料）、及び均質化温度測定用石英試料（1 試料）の数が少ないこと及び熱水変質脈間の母岩が熱水変質を受けていないことを考慮すると、現時点では断定的なことは言えない。

本熱水変質脈群は石英モンゾニ岩斑岩の岩体周縁部の節理に沿って発達しているように思われる。

### (3) Kg. Pingan Pingan 地域

サバ州北部の Marudu 湾沿いの Kg. Pingan Pingan の東方約 2 km の旧坑には、ophiolite complex の枕状玄武岩中の黄鉄鉱及び微量の閃亜鉛鉱・孔雀石よりなる網状及び鉱染状の鉱化帯がみられる。本鉱化帯は幅が約 3 m で、南北方向に延びている。

本鉱化帯は、その母岩及び鉱物組成から判断して、キプロス型網状含銅硫化鉄鉱体と考えられるが、鉱化帯の範囲が小さく、鉱化帯には亜鉛が 0.62% 含まれているものの銅がほとんど含まれていないことから推して、本鉱化帯をもたらした鉱化作用は弱かったものと考えられる。

### (4) Kg. Randagong 地域

Kg. Randagong 地域の Samalang 川流域には Trusmadi Formation の砂岩と頁岩の互層（砂岩 ≫ 頁岩）中の断層に胚胎した含褐鉄鉱石英脈の 4 露頭及び R-5 露頭付近の高品位輝安鉱の転石がみられる。4 露頭で採取した試料は化学分析の結果、アンチモンのみならず有用金属をほとんど含んでいなかった。従って含褐鉄鉱石英脈中の褐鉄鉱は黄鉄鉱が酸化して生成されたものであり、高品位輝安鉱の転石は黄鉄鉱・石英脈中の局部的輝安鉱濃集部からのものと考えられる。

含褐鉄鉱石英脈中の石英の流体包有物均質化温度は  $155^{\circ} \sim 217^{\circ}\text{C}$  で、Bt. Tampang 地域の含（金）・褐鉄鉱・黄鉄鉱石英細脈のそれよりも低く、かつ温度範囲が狭い。

含褐鉄鉱石英脈は南北方向、東西方向、及び北西方向を示す断層に沿って胚胎している。

## 4-1-2 ラブク地区

### (1) Sungai Telupid 地域

Telupid 町の西北西直距約 6 km の Telupid 川の両岸にはおもに黄鉄鉱、褐鉄鉱、石英、及び黄銅鉱よりなり、所により斑銅鉱、輝銅鉱、銅藍、孔雀石、閃亜鉛鉱、あるいは磁鉄鉱を随伴した亜塊状、レンズ状、脈状、網状、あるいは鉱染状の鉱化帯が川沿いに約 160m に亘ってみられるが、鉱化帯全体としては北東方向の長さ約 155m、幅 15m 位の比較的規模の大きい網状鉱体とみなし得る。本鉱化帯の一部をなす網状のものは走向  $N20^{\circ} \sim 60^{\circ} E$  を示している。

母岩は ophiolite complex の玄武岩及び一部粗粒玄武岩で、緑泥石化作用及び所により緑簾石化作用を受けている。

本鉱化帯は鉱物組成、産状、及び母岩から判断して、キプロス型網状含銅硫化鉄鉱体と考えられる。

## (2) Kg. Porog地域

Bidu Bidu Hills 地域のKg. Kiabauの北のKg. Porog付近には褐鉄鉱及び赤鉄鉱よりなる massive gossanの露頭及びほとんど露頭とみなし得る転石がみられる。

これらのmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱床である Bidu Bidu Hills地域のWest Sualog及びKiabau鉱体の地表部で特徴的にみられるmassive gossanに、肉眼観察、反射顕微鏡観察、及び化学分析の結果がよく類似している。

従って Kg. Porog地域にみられるmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱体の地表部付近が酸化して生成されたものと考えられる。

## (3) S. Tungud地域

Bt. Luminintong地域のTungud川の右岸支流たるUnसान川の川沿いに長さ20m以上、高さ8m以上に亘って、黄鉄鉱、褐鉄鉱、石英、及び少量の黄銅鉱よりなる亜塊状、網状、及び鉱染状の鉱化帯がみられるが、鉱化帯全体としては亜塊状に近い。

母岩は緑泥石化作用、緑簾石化作用、及び炭酸塩化作用を受けた変粗粒玄武岩である。

本鉱化帯は鉱物組成、産状、及び母岩から判断してキプロス型亜塊状含銅硫化鉄鉱体と考えられる。

以上の他に今回調査したBidu Bidu Hills地域の既知鉱徴地群、Ensuan川上流のE-1鉱徴地、及びTelupid町の森林会館建設現場のTE-1鉱徴地もophiolite complexの玄武岩あるいは粗粒玄武岩中のキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯と考えられる。

Bidu Bidu Hills 及び Telupid地域でみられるキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯は ophiolite complex を構成している玄武岩、粗粒玄武岩、斑れい岩、及び超塩基性岩が断層により錯綜して分布している地域、特に超塩基性岩体に挟まれた地域の斑れい岩と相伴っている玄武岩または粗粒玄武岩中に胚胎しているように思われる。Bidu Bidu Hills地域、Bt. Luminintong地域、及びTelupid町からS. Karangにかけての地域がかかる地質条件を満たしていると考えられる。

一般にキプロス型含銅硫化鉄鉱の網状鉱体は塊状鉱体の下位に伴われると言われているが、Bidu Bidu Hills及びTelupid地域の断層の発達が顕著で地質が錯綜している所では、それぞれが単独に、或いは両方が同一深度に伴って賦存している可能性があると考えられる。

## 4-2 (期待鉱床) 賦存のポテンシャルについて

### 4-2-1 キナバル地区

#### (1) Bt. Tampang地域

Bt. Tampang の西麓及び南麓の熱水変質帯中にみられる含(金)・黄鉄鉱石英鉱化帯はその鉱物組成及び相伴う熱水変質帯の変質鉱物組み合わせから推して、火山作用に関係した中性～弱アルカリ性の熱水系に伴われる浅熱水性金鉱床の上部に該当すると思われるので、本鉱化帯の下部

にボナンザ型（鉍脈型）の含金石英脈が存在する可能性があると思われる。

またかかる鉍化帯は今回調査で確認した Bt. Tampang の西麓及び南麓のみならず、東麓、及び麓から頂上にかけての山腹にも存在する可能性があると考えられる。

Fitch (1954) によると、Bt. Tampang の北の Bt. Kotud 及び Bt. Tambiau は安山岩の岩株で、これらの北方の Bt. Kalarakan 及び Bt. Tu'us も地形的にみて同じ安山岩岩株の可能性があるとされており、Collenette (1958) によると、Bt. Kotud 及び Bt. Tambiau は安山岩乃至流紋石英安山岩の岩株で Bt. Kalarakan 及び Bt. Pu'us も写真地質的に同種のものであるとされている。

若しこれらの山が岩株ではなく、安山岩乃至流紋石英安山岩の溶岩及び火山砕屑岩で構成されておるならば、Bt. Tampang の山麓で見られるような熱水変質帯を伴った含（金）・黄鉄鉍・石英鉍化帯が発達している可能性があると考えられる。

さらに Bt. Tampang から西北西に連なっている丘も Bt. Tampang と同種の岩石からなっている可能性が考えられるので、若しそうであれば矢張り熱水変質帯を伴った含（金）・黄鉄鉍・石英鉍化帯が賦存している可能性があると考えられる。

## (2) Bt. Luminantai

Bt. Luminantai 周辺の石英モンゾニ岩斑岩中には、多数の平行節理に沿い、褐鉄鉍及び局部的に石英を伴った、全体としては網状を呈する熱水変質脈がみられる。本熱水変質脈に伴われる褐鉄鉍・石英脈の一部には Pb(2.46%), Zn(0.13%), Cu(0.10%), Ag(11.1g/t) 及び Au(0.10g/t) が含まれていること、熱水変質脈はおもに石英、緑泥石、カオリナイト、カリ長石、及び絹雲母からなっていて、斑岩銅鉍床の上部に伴われる S C C 変質帯（絹雲母—粘土—緑泥石）の熱水変質鉍物組み合わせに類似していること、及び熱水変質脈に伴われる褐鉄鉍・石英細脈の石英中の流体包有物の均質化温度が 350° ~ 417°C で斑岩銅鉍床に伴われる石英脈のその温度範囲内に入ることから推して、本熱水変質脈は斑岩銅鉍床の上部に伴われる S C C 変質帯に該当する可能性はあるが、化学分析用鉍石試料（2 試料）、X 線回折試験試料（3 試料）、及び均質化温度測定用試料（1 試料）の数が少ないこと及び熱水変質脈の間の母岩が熱水変質を受けていないことを考慮すると、現時点では断定的なことは言えない。

従って本熱水変質脈が斑岩銅鉍床に伴われたものであるか否かの結論を出すためには、今後さらに地質精査、鉍石試料の化学分析、熱水変質脈の X 線回折試験、及び石英の流体包有物の均質化温度及び塩濃度の測定試験を行う必要があると考える。

### 4-2-2 ラブク地区

本地区で鉍床賦存の可能性のあるのはキプロス型含銅硫化鉄鉍の塊状鉍体または網状鉍体であるが、Bidu Bidu Hills 地域の既知の鉍床及び鉍徴地を除いた地域で鉍床賦存の可能性のあるのは下記の通りである。

#### (1) Sungai Telupid 鉍化帯

Telupid 川の両岸に露出している ophiolite complex の玄武岩及び一部粗粒玄武岩中に胚胎し

本鉍化帯は個々の鉍徴地ではそれぞれ亜塊状、レンズ状、脈状、網状、または鉍染状を呈しているが、鉍化帯全体としては北東方向の長さ約 155m、幅15m位の網状鉍体とみなし得る。鉍化帯全体を一つの網状鉍体とみなした場合、鉍石の分布密度が小さく銅品位の低いものになるが、本鉍化帯の近くにもつと銅品位の高い網状鉍体または塊状鉍体が賦存する可能性はあると考えられる。

## (2) Kg. Porog鉍化帯

露頭部及び転石の褐鉄鉍および赤鉄鉍よりなるmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉍床であるBidu Bidu Hills地域のWest Sualog及びKiabau鉍体の地表部で特徴的にみられるmassive gossanに、肉眼観察、反射顕微鏡観察、及び化学分析の結果がよく類似している。従って本鉍化帯のmassive gossanはキプロス型塊状含銅硫化鉄鉍体の地表部付近が酸化して生成されたものと考えられるので、露頭部及びその延長部の下部に酸化していない塊状含銅硫化鉄鉍体が賦存している可能性があると考えられる。

## (3) S. Tungud鉍化帯

本鉍化帯は場所により亜塊状、網状、または鉍染状を呈し、鉍化帯全体（長さ20m以上、高さ8 m以上）としては亜塊状に近いが銅品位は低い(Cu 0.27%)。

本鉍化帯を含む Bt. Luminintong地域で以前(1980-1984, 1986-1990)実施された川砂による地化学探査では、本鉍化帯を含む Unsadan川の上流域に銅・亜鉛の高アノーマリーが出ているので、本鉍化帯の近くにもつと規模の大きいかつ銅品位の高い鉍体が存在する可能性及び Unsadan 川上流域には本鉍化帯以外にもキプロス型含銅硫化鉄鉍の鉍化帯が存在する可能性があると考えられる。



## 第5章 結論及び提言

### 5-1 結論

本年度調査したキナバル地区及びラプク地区内で今後発見される可能性のある金属鉱床はキナバル地区ではBt. Tampang地域の金鉱床、ラプク地区ではSungai Telupid鉱化帯、Kg. Porog鉱化帯、及びS. Tungud鉱化帯のキプロス型含銅硫化鉄鉱床と考えられる。

Bt. Tampangの西麓及び南麓には熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩及び火山碎屑岩が分布しており、この中に石英及び少量の黄鉄鉱・褐鉄鉱よりなる細脈状、網状、あるいは鉱染状の鉱化帯がみられる。

本鉱化帯の一部には金(2.68g/t)、アンチモン(0.13%)、あるいは水銀(22.05ppm, 22.45ppm)が含まれていること、母岩の熱水変質鉱物組合わせは石英-絹雲母-カオリナイト-緑泥石が主で一部にカリ長石及びスメクタイトを随伴すること、及び石英細脈の石英中の流体包有物の均質化温度が1試料(278°～284°C)を除き218°～259°Cであることから推して、本鉱化帯は多分中新世乃至鮮新世と思われる火山作用に関係した中性～弱アルカリ性の熱水系に伴われた浅熱水性金鉱床の上部に該当するものと思われる。

従って本鉱化帯の下部にボナンザ型(鉱脈型)の含金石英脈が賦存している可能性があると思われる。またかかる鉱化帯は本年度の調査で確認したBt. Tampangの西麓及び南麓のみならず、東麓、北麓及び麓から頂上にかけての山腹にも存在する可能性があると考えられる。さらにBt. Tampangから西北西に連なっている丘、Bt. Tampang北方のBt. Kotud, Bt. Tambiau, Bt. Tu'us, 及びBt. KalarakanもBt. Tampangと同じ酸性～中性の火山岩及び火山屑岩で構成されている可能性がある。若しそうであれば、これらの山の山腹及び山麓にはBt. Tampangの山麓でみられるような熱水変質帯を伴った含(金)・黄鉄鉱・石英鉱化帯が発達している可能性があると考えられる。

ラプク地区のBidu Bidu Hills及びTelupid地域でみられるキプロス型含銅硫化鉄鉱の鉱化帯はophiolite complexを構成している玄武岩、粗粒玄武岩、斑れい岩、及び超塩基性岩が断層により錯綜して分布している地域、特に比較的大きな超塩基性岩体に挟まれた地域の斑れい岩と相伴っている玄武岩または粗粒玄武岩中に胚胎しているように思われる。Bidu Bidu Hills地域、Bt. Luminintong地域、及びTelupid町からS. Karangにかけての地域がかかる地質条件を満たしていると考えられる。

一般にキプロス型含銅硫化鉄鉱の網状鉱体は塊状鉱体の下位に伴われると言われているが、Bidu Bidu Hills及びTelupid地域の断層の発達が顕著で、地質が錯綜している所では、それぞれが単独に、或いは両方が同一深度に伴って賦存している可能性があると考えられる。

ラプク地区でキプロス型含銅硫化鉄鉱床賦存の可能性のあるのは、上記の地質条件及び本年度

の調査結果から判断すると、Bidu Bidu Hills 地域の既知の鉱床及び鉱徴地を除いて、Sungai Telupid 鉱化帯、Kg. Porog 鉱化帯及び S. Tunaud 鉱化帯と考えられる。Telupid 川の両岸に露出している ophiolite complex の玄武岩及び一部粗粒玄武岩中に胚胎した Sungai Telupid 鉱化帯は主として黄鉄鉱、褐鉄鉱、石英、及び黄銅鉱よりなり、所により斑銅鉱、輝銅鉱、銅藍、孔雀石、閃亜鉛鉱、あるいは磁鉄鉱を随伴している。本鉱化帯は個々の鉱徴地ではそれぞれ亜塊状、レンズ状、脈状、網状、または鉱染状を呈しているが、鉱化帯全体としては北東方向の長さ約 155m、幅 15m 位の網状鉱体とみなし得る。鉱化帯全体を一つの網状鉱体としてみた場合鉱石の分布密度が小さく、銅品位の低い網状鉱体となるが、本鉱化帯の近くにもっと銅品位の高い網状鉱体または塊状鉱体が賦存する可能性はあると考えられる。

Kg. Porog 鉱化帯は褐鉄鉱及び赤鉄鉱よりなる massive gossan の 2 露頭及びほとんど露頭とみなし得る転石からなっている。これらの massive gossan はキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱床である Bidu Bidu Hills 地域の West Sualog 及び Kiabau 鉱体の地表部で特徴的にみられる massive gossan に、肉眼観察、反射顕微鏡観察、及び化学分析の結果がよく類似している。従って本鉱化帯の massive gossan はキプロス型塊状含銅硫化鉄鉱体の地表部付近が酸化して生成されたものと考えられるので、露頭部及びその延長部の下部に酸化していない塊状含銅硫化鉄鉱体が賦存している可能性があると考えられる。

Bt. Luminintong 地域の Tungud 川の右岸支流たる Unsadan 川の川沿いに長さ 20m 以上、高さ 8 m 以上に亘ってみられる S. Tungud 鉱化帯は黄鉄鉱、石英、及び少量の黄銅鉱よりなっており、場所により亜塊状、網状、または鉱染状を呈するが、鉱化帯全体としては亜塊状に近い。

本鉱化帯を含む Bt. Luminintong 地域で以前 (1980-1984, 1986-1990) 実施された川砂による地化学探査では、本鉱化帯を含む Unsadan 川の上流域に銅・亜鉛の高アノーマリーが出ているので、本鉱化帯の近くにもっと規模の大きいかつ銅品位の高い鉱体が存在する可能性及び Unsadan 川上流域には本鉱化帯以外にもキプロス型含銅硫化鉄鉱体が存在する可能性があると考えられる。

以上の他に、キナバル地区の Bt. Luminantai 周辺の石英モンゾニ岩斑岩中には、多数の平行節理に沿って褐鉄鉱及び局部的に石英を伴った、全体としては網状を呈する熱水変質脈がみられる。本熱水変質脈に伴われる褐鉄鉱・石英脈の化学分析結果及び石英の流体包有物均質化温度の測定結果並びに熱水変質脈の X 線回折試験結果から推して、本熱水変質脈は斑岩銅鉱床の上部に伴われる SCC 変質帯 (絹雲母-粘土-緑泥石) に該当する可能性はあるが、化学分析、X 線回折試験、及び均質化温度測定試験に供した試料の数が少ないこと及び熱水変質脈の間の石英モンゾニ岩斑岩が熱水変質を受けていないことを考慮すると、現時点では断定的なことは言えない。

従って本熱水変質脈が斑岩銅鉱床上部に伴われたものであるか否かの結論を出すためには、今後さらに地質精査、鉱石試料の化学分析、熱水変質脈の X 線回折試験、及び石英の流体包有物の

均質化温度及び塩濃度の測定試験を行う必要があると考える。

## 5-2 第4年次調査への提言

「5-1 結論」の項で述べた如く、本年度調査したキナバル地区及びラブク地区内で今後発見される可能性のある金属鉱床はキナバル地区では Bt. Tampang 鉱化帯の金鉱床、ラブク地区では Sungai Telupid 鉱化帯、Kg. Porog 鉱化帯、及び S. Tungud 鉱化帯のキプロス型含銅硫化鉄鉱床と考えられる。

従ってこれら有望鉱化帯に対して今後下記のフォローアップ調査・探鉱を行うことを提言する。

### 1. Bt. Tampang 鉱化帯

(1) Bt. Tampang の山麓及び山腹においては地質精査、鉱化帯の systematic sampling と化学分析、熱水変質帯の熱水変質鉱物同定（X線回折試験）、石英脈中の流体包有物の均質化温度と塩濃度の測定、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar 年代測定、鉱石試料の反射顕微鏡観察、及び土壌地化探を行う。

(2) Bt. Tampang の西北西の丘、Bt. Tampang 北方の Bt. Kotud, Bt. Tambiau, Bt. Tu'us, 及び Bt. Kalarakan の山麓及び山腹においては土壌地化探を除いた上記の各種調査・試験を行う。

### 2. Sungai Telupid 鉱化帯

鉱化帯の systematic sampling と化学分析、鉱石試料の反射顕微鏡観察、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar 年代測定、鉱化帯周辺の地質精査、及び土壌地化探を行う。

### 3. Kg. Porog 鉱化帯

露頭部周辺の地質精査、鉱石試料の化学分析と反射顕微鏡観察、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar 年代測定、及び土壌地化探を行う。

### 4. S. Tungud 鉱化帯

鉱化帯周辺の地質精査、母岩の顕微鏡観察・化学分析・K-Ar 年代測定、鉱化帯の systematic sampling と化学分析、鉱石の反射顕微鏡観察、及び土壌地化探を行う。

次にキナバル地区の Bt. Luminantai 周辺の石英モンソニ岩斑岩中の熱水変質脈が斑岩銅鉱床の上部に伴われたものであるか否かを解明するために、地質精査、熱水変質脈の顕微鏡観察・化学分析・X線回折試験、熱水変質脈中の褐鉄鉱・石英脈の化学分析と反射顕微鏡観察、及び石英中の流体包有物の均質化温度と塩濃度の測定を行うことを提言する。

## 第Ⅱ部 各 論



## 第Ⅱ部 各 論

### 第1章 キナバル地区

#### 1-1 調査方法

##### 1-1-1 鉱徴地調査

キナバル地区に分布する鉱徴地の地質及び鉱化作用の実態を把握し、その特性を解明するために、Bt. Tampang 地域において中新世～鮮新世と思われる酸性～中性の火山岩及び火山砕屑岩中に胚胎した浅熱水性含金・黄鉄鉱・褐鉄鉱石英細脈の鉱徴地4ヶ所、Bt. Luminantai地域において酸性の侵入岩中に胚胎した褐鉄鉱・石英網状脈及び褐鉄鉱網状脈の鉱徴地2ヶ所、Kg. Randagong 地域において暁新世～始新世のTrusmadi Formationに属する砂岩と頁岩の互層（砂岩>>頁岩）中の断層に胚胎した石英・褐鉄鉱脈及び輝安鉱・石英・黄鉄鉱・褐鉄鉱脈の鉱徴地4ヶ所、Kg. Pingan Pingan 地域において Chert-Spilitic Formationに属する枕状玄武岩中に胚胎したキプロス型含銅硫化鉄網状脈の鉱徴地（旧坑）1ヶ所、およびMankadai川の左岸の1支流たるLingangah 川でみられるキプロス型含銅塊状硫化鉄の鉱徴地（転石）1ヶ所、計12鉱徴地を調査した。調査した鉱徴地の位置は巻末のFig. II-1-1及びFig. II-1-2に示されている。

##### 1-1-2 室内試験・化学分析

キナバル地区内に分布する鉱徴地の鉱化作用の実態と鉱徴地及びその周辺の地質を把握するために、各鉱徴地の鉱石、母岩、熱水変質岩、石英、及び鉱徴地近くの代表的岩石を採取して、下記の各種試験、化学分析、及び顕微鏡観察を行った。採取した試料の内訳はTable II-1-1に、採取位置は巻末のFig. II-1-3及びFig. II-1-4に示されている。

##### (1) 岩石のK-Ar年代測定（9試料）

Bt. Kimudu～Bt. Kamunsu 間の酸性侵入岩3試料、Kg. Merungin西方の閃緑岩<sup>斑</sup>2試料、オフィオライトを構成している枕状玄武岩2試料、斑れい岩1試料、及び Bt. Tampang山麓の凝灰質砂岩1試料、計9試料を採取して、全岩試料によるK-Ar法年代測定を行った。

##### (2) 岩石化学分析（18試料）

K-Ar年代測定に供したのと同じ9試料の他にBt. Luminantai付近の酸性侵入岩2試料、オフィオライトを構成している超塩基性岩3試料、玄武岩1試料、及び Bt. Tampang山麓の石英安山岩1試料、流紋岩1試料、粗面岩質凝灰岩1試料、計18試料を採取して全岩化学分析を行った。

##### (3) 岩石薄片顕微鏡観察（18試料）

全岩化学分析に供したのと同じ18試料を採取して薄片を作成し、岩石顕微鏡観察を行った。

##### (4) 鉱石化学分析（14試料）

調査した12鉱徴地で14ヶの鉱石試料を採取し、化学分析を行った。

(5) 鉍石研磨片顕微鏡観察 (7 試料)

化学分析用に採取した鉍石試料14ケのうちの半分の7試料, すなわち Lingangah川のキプロス型塊状含銅硫化鉍の転石 (L-1-P), Kg. Pingan Pingan 地域のキプロス型含銅硫化鉍網状脈 (PP-2-P), Kg. Randangong地域の石英・褐鉄鉍脈 (R-1-P, R-2-P) 及び輝安鉍・石英・黄鉄鉍脈 (R-5-P), Bt. Tampang 山麓の熱水変質岩中の含黄鉄鉍・褐鉄鉍石英細脈 (T-1-P, T-3-P) の研磨片を作成し, 鉍石顕微鏡観察を行った。

(6) 熱水変質岩のX線回折試験 (15試料)

Bt. Luminantaiを構成する酸性の進入岩体中の熱水変質脈から3試料, Bt. Tampang 山麓の熱水変質帯から12試料, 計15試料の熱水変質粘土及び岩石を採取して, 粘土鉍物同定のためのX線回折試験を行った。

(7) 石英中の流体包有物の均質化温度測定 (10試料)

Bt. Luminantaiの酸性の進入岩体中の含褐鉄鉍石英細脈から1試料 (Lu-3-Q), Bt. Tampang 山麓の熱水変質帯中の含黄鉄鉍・褐鉄鉍石英細脈から4試料 (T-1-Q-1, T-1-Q-2, T-3-Q, T-10-Q), Kg. Randangong 地域のTrusmadi Formation中の含褐鉄鉍石英脈から3試料 (R-1-Q, R-2-Q, R-3-Q), 輝安鉍・石英・黄鉄鉍脈から1試料 (R-5-Q), 石英脈から1試料 (R-4-Q), 計10試料の石英を採取して, その生成温度を調べるために石英中の流体包有物の均質化温度を測定した。

Table II-1-1 List of Samples taken in Kinabalu Region for Laboratory Work

1/2

Locality Name	Locality Number	Dating	Analysis of Rock	Thin Section	Assay of Ore	Polished Section	X-ray Defraction	Fluid Inclusion	Specimen
Bambangan	B-1		B-1-R	B-1-T					
Kamunsu	Km-1	Km-1-D	Km-1-R	Km-1-T					Km-1-D-S
Kiapako	K-1	K-1-D	K-1-R	K-1-T					K-1-D-S
Lingangah	L-1				L-1-0	L-1-P			L-1-0-S
Luminantai	Lu-1	Lu-1-D	Lu-1-R	Lu-1-T					Lu-1-D-S
"	Lu-2				Lu-2-0		Lu-2-X		
"	Lu-3		Lu-3-R	Lu-3-T	Lu-3-0		Lu-3-X	Lu-3-Q	
"	Lu-4		Lu-4-R	Lu-4-T					
"	Lu-5						Lu-5-X		
Mankadau	M-1	M-1-D	M-1-R	M-1-T					M-1-D-S
"	M-2		M-2-R	M-2-T					M-2-R-S
Morouporou	Mo-1	Mo-1-D	Mo-1-R	Mo-1-T					Mo-1-D-S
Pingan Pingan	PP-1		PP-1-R	PP-1-T					
"	PP-2	PP-2-D	PP-2-R	PP-2-T	PP-2-0	PP-2-P			PP-2-D-S
Poring Road	P-1		P-1-R	P-1-T					P-1-R-S
Randagong	R-1				R-1-0	R-1-P		R-1-Q	
"	R-2				R-2-0	R-2-P		R-2-Q	
"	R-3				R-3-0			R-3-Q	
"	R-4							R-4-Q	
"	R-5				R-5-0-1			R-5-Q	
"	"				R-5-0-2	R-5-P			R-5-0-3-S



Locality Name	Locality Number	Dating	Analysis of Rock	Thin Section	Assay of Ore	Polished Section	X-ray Defraction	Fluid Inclusion	Specimen
Sasapan	S-1	S-1-D	S-1-R	S-1-T					S-1-D-S
Tagap	Ta-2	Ta-2-D	Ta-2-R	Ta-2-T					Ta-2-D-S
Tampang	T-1		T-1-R	T-1-T	T-1-O-1	T-1-P	T-1-X	T-1-Q-1	
"	"				T-1-O-2			T-1-Q-2	
"	T-2						T-2-X		
"	T-3		T-3-R	T-3-T	T-3-O	T-3-P	T-3-X	T-3-Q	T-3-O-S
"	T-4	T-4-D	T-4-R	T-4-T			T-4-X		T-4-D-S
"	T-5						T-5-X		
"	T-6						T-6-X		
"	T-7		T-7-R	T-7-T	T-7-O		T-7-X		
"	T-8						T-8-X		
"	T-9						T-9-X		
"	T-10				T-10-O		T-10-X	T-10-Q	
"	T-11						T-11-X		
"	T-12						T-12-X		
Total		9	18	18	14	7	15	10	14

1. The first part of the document is a list of names and addresses, which appears to be a directory or a list of contacts. The names are listed in a column, and the addresses are listed in a column next to them. The names are: [Illegible names]

[The rest of the page contains extremely faint and illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the document. It appears to be a list of names and addresses, similar to the first part.]

## 1-2 地 質

キナバル地区の層序はTable II-1-2に要約の通りである。最古の岩石は断層により衝き上げられた中生代またはそれ以前のCrystalline Basementの断片である。調査地域の大部分は主に始新世と思われる堆積岩である。火成岩にはその貫入時期が2回または多分3回あり、最初のは超塩基性岩体、次が酸性貫入岩体でキナバル山が最も著明である。Paranchanganの西方の安山岩岩株は多分キナバル貫入岩体の半深成岩相またはそれより新しいであろう。

### 1-2-1 堆積岩類

堆積岩類は下記の4累層に分けられている。即ち

- (a) 中新統
- (b) Crocker Formation (始新世)
- (c) Trusmadi Formation (始新世)
- (d) Chert-Spilite Formation (始新世, しかし多分白亜紀後期の岩石をも含むであろう)

中新世の岩石は含有せる微生物の化石からのみしか識別できないが、他の古い3累層は識別可能な岩石的特徴を有している。

#### (1) Chert-Spilite Formation

Molengraaff (1900)は Sarawakで堆積岩及び火山岩よりなる典型的な優地向斜の一連の地層を地質図に記載した。彼はこれらの岩石が白亜紀以前と考えて「Danau Formation」と名付けた。一方 Sabahで多くの geologistにより Danau Formationとして地質図にのっていた Sarawakと類似の堆積岩及び火山岩類は白亜紀後期の証拠を持っていたFitch (1953)により Chert-Spilite association と再命名されたが、Fitch はその後地層名を Chert-Spilite Formationに変えた (Fitch, 1955) その後の調査はこれらの岩石が白亜紀後期から始新世前期に亘っていることを示している。

#### (2) Trusmadi Formation

'Trusmadi Formation'なる名前はTrusmadi山脈にみられる粘土質岩が卓越した岩石を記載するのに採用された。Trusmadi Formationは丘陵及び山岳地域の幅約40kmの幅広い地帯を占め、Trusmadi山脈の南端から北北東のLiwagu川にまで亘って分布している。

Trusmadi Formationの特徴は暗色の粘土質岩が卓越していることであり、シルト岩及び砂岩の層がこれに次いでいる。Trusmadi山脈の西側では粘土質岩が軽い広域変成作用を蒙って、いくぶん光沢のある千枚岩質頁岩になっており、層理に沿ってたやすく石板に分れている。東側では粘土質岩は通常硬くなっているが、変成はしていない。

Table II-1-2 Stratigraphy of the Kinabalu Region

AGE	TERTIARY LETTER CLASSIFICATION	SEDIMENTARY ROCKS	IGNEOUS ROCKS	ABSOLUTE AGE M.Y.	PALAEOGEOGRAPHY AND DIASTROPHISM
HOLOCENE		RECENT ALLUVIUM: boulder gravel			Erosion
PLEISTOCENE	Th	PINOSUK GRAVELS clayey to sandy boulder gravel	Uplift of Kinabalu pluton	15	Glacial and periglacial erosion and re-deposition Uplift and differential warping
	Tg	Non-deposition	Intrusion of the Kinabalu batholith, mainly adamellite	7-9	Peneplanation
MIOCENE	Tf	(WARIU FORMATION: slump breccia)	Emplacement of ultrabasic rocks by faulting		Gravity sliding and slumping following uplift
	Te5	Non-deposition			Strong folding, faulting, and uplift
OLIGOCENE	Tej-4	CROCKER FORMATION: sandstone, siltstone, red and grey shale and mudstone		26	Infilling of eugeosynclinal trough
	Tcd			38	
EOCENE	Tb	TRUSMADI FORMATION: gray and dark grey argillite, siltstone and sandstone	Intermittent spilite lavas	54	Eugeosynclinal, flysch-type deposition
	Ta	(CHERT-SPILITE FORMATION: chert, graywacke, limestone)		65	
UPPER CRETACEOUS			Intrusion of ultrabasic rocks at depth	100	Initiation of eugeosynclinal trough
LOWER CRETACEOUS		Non-deposition		136	Deposition, folding, and metamorphism of the Crystalline Basement. Possibly two cycles of intrusion
	TRIASSIC-JURASSIC OR OLDER	CRYSTALLINE BASEMENT: schist, gneiss			

(taken from Jacobson, G., 1970)

規則正しく互層しているシルト岩及び泥岩はしばしばTrusmadi Formation中にみられる独特の岩層である。一般に、規則正しく互層しているシルト岩及び泥岩はTrusmade Formationの境界近くに位置しているようであり、岩石学的にはTrusmadi Formationと Crocker Formationの粘土質相の漸移相である。石英脈はTrusmadi Formation中、特に広域変成作用を受けた岩石中に普通にみられる。石英脈は一般に厚さ1インチ以下でむしろ直角に交わる網状脈をなしている。厚い脈、Zug、または金属鉱物は認められない。

変成していない粘土質岩からの3サンプル及びシルト岩と泥岩の互層からの5サンプルが微生物の化石を含有しているのが、Shell Company of North Borneo Limitedにより見つかり、これらは始新世を示唆している。

### (3) Crocker Formation

Crock Formation なる名前は Crocker山脈を構成しているフレッシュ様堆積岩類に対して提言された。これらの岩石は塊状灰色砂岩、層理が密に発達した灰色砂岩と頁岩、及び灰色、赤色、緑色、黒色の泥岩と頁岩である。Crocker Formation の層厚は不明であるが、多分 6,000メートル以上であろう。

Crocker 山脈でみられる岩石に類似せる堆積岩類はキナバル地域の東縁に沿って分布し、砂岩、シルト岩、泥岩及び頁岩よりなっている。Shell Company of North Borneo Limited は12サンプル中に有孔虫類を見出し、時代を次のように決定した。

4 サンプルは始新世と決定された。

3 サンプルは多分(十中八、九)始新世であろうと決定された

3 サンプルは恐らくは始新世かも知れないと決定された

2 サンプルは始新世かも知れないが疑わしいとされた。

### (4) 中新世層

中新世堆積層の Outlierが Ranauの約2マイル南及びLiwagu川及びKegibangan川の合流点で地質図に載っている。これら2箇所からの頁岩サンプルは中新世の微生物化石を含有しているが、その岩石は周囲の始新世の堆積岩類とは岩石学的に区別できない。Outlier の範囲は不明であるが、多分2箇所ともそれぞれ1平方マイルを超えないであろう。化石を含む頁岩及び隣接した地層の傾斜は周囲の始新世の地層と同じく急である。2累層(中新世層及び周囲の始新世層)は一緒に褶曲しているように思われる。このことはキナバル地域に影響を与えたはげしい運動のうち少なくとも或るものは中新世後期または中新世以降であることを示唆している。

### (5) Chert-Spilite Formation とTrusmadi粘土質岩石の相対的年代

Chert-Spilite Formation とTrusmadi粘土質岩の相対的年代は判然としない。下記の如き間接的証拠は Chert-Spilite Formationは多分Trusmadi Formationより古いであろうと示唆している。しかし以前の GeologistはTrusmadi Formationが Chert-Spilite Formationより古いかまたは同じ時代と考えていた(Collenette, 1954)。キナバル地域の Chert-Spilite

Formation の頁岩のサンプルからは始新世及び始新世前期の生物化石が産し、一方Segama川及び Darvel 湾地域 (Fitch, 1955) 並びに Kota Belud 及び Kudat 地域 (Stephens, 1956) では Chert-Spilite Formation からの化石組合わせは白亜紀後期乃至始新世前期の時代を示した。Trusmadi Formation の頁岩のサンプルからは始新世の化石組合わせが見付き、石灰岩の 1 サンプルは始新世中期を示した。

Spilite を含む礫岩は Melaut 川では典型的 Trusmadi Formation の岩石と伴っているのが M. Bowen により発見された。玄武岩を含むグリットが Kegibangan 川で転石として発見されたが、Trusmadi Formation の岩石の分布地域に由来すると思われる。噴出岩は多分 Chert-Spilite Formation に由来すると思われる。従って Chert-Spilite Formation は Trusmadi Formation より古いと思われる。

Chert-Spilite Formation は一般に小さな貫入火成岩に切られているが、Trusmadi 粘土質岩中には貫入火成岩はみられない。この相違は単なる地域的分布の違いかもしれないが、一方小さな貫入火成岩が Trusmadi Formation より古いせいかもしれない。Trusmadi 粘土質岩中に通常みられる石英脈が Trusmadi は石英脈の分布の少ない Chert-Spilite Formation を含む他の堆積岩よりも古いと年代を決めていると言うことが時々示唆されている。しかしこの堆定は Trusmadi Formation の石英脈が熱水からの沈澱によるとは思われないうこと、厚い石英脈, Zug, または金属鉱物がみられないこと、及び石英脈は多分砂岩・シルト岩層からの石英の再沈澱によると思われることから根拠が確実とは考えられない。

### 1-2-2 火成岩

火成岩は Kadamaian 川より東にのみみられる。酸性岩及び超塩基性岩が最も重要なタイプであり、一方中性及び塩基性岩はあまり普遍的でない。

最大の火成岩体はキナバル山の大きなアダメライト岩体である。岩体の上及び周りの岩石は浸食で削剥されてしまっている。本岩体に伴った小さな貫入岩体はキナバル山の周辺、特に東側にみられる。またキナバル山を取り巻いているのは酸性岩よりも古い超塩基性岩体である。安山岩と流紋岩の小さな露頭がキナバル山と Paranchangan 間にみられ、さらにスピライト、玄武岩、粗粒玄武岩、及び斑れい岩の塩基性岩の小岩体が散らばっている。

#### (1) 超塩基性岩

超塩基性顕晶質岩は少なくとも 100 平方キロ以上に亘って分布している。8 岩体が知られているが、その産出場所は

##### (a) Marai Parai:

Marai Parai として知られる木の生えていない山の突出部の近くでキナバル山の西に接する大きな超塩基性岩体

##### (b) Kamaranga:

長い、狭い超塩基性岩体がキナバル山の南麓を形成している。

(c) Pinosuk Plateau:

Pinosuk台地を形成している岩屑を貫いて突き出た小さな超塩基性岩のinlierである。

(d) Sungai Lohan:

低い丘陵を形成する不規則な岩体がRanauとHot Springsとの間でみられる。

(e) Kampong Paring:

本超基性岩体中にはいくつかの小さな酸性貫入岩がみられる。

(f) Sungai Mankadau:

超塩基性岩が Mankadau 川の北岸に長さ約 8 キロメートルの尾根を形成している。

(g) Sungai Meramuk:

Meramuk 川の北の超塩基性岩の丘は平坦な幾らか傾斜した地表面を有し、衝上断層面を示唆している。

(h) Kampong Tuhan:

超塩基性岩はLanganan川とMankadau川の間でTuhan部落の南約3.2kmでみられる。

3 岩体 (Kambaranga, Sungai Lohan, Sungai Mankadau) はほぼ N 100° E 方向に伸びており、完全ではないが、平均走向が N 120° E の周囲の堆積岩の広域的走向と一致している。他の岩体は不規則で卓越した方向を有していないように思われる。

超塩基性岩はダナイト、ハルツバージャイト、角閃石橄欖岩、及び蛇紋岩よりなり、沢山の岩体で伴ってみられる。

超塩基性岩の新鮮な露出面は暗青色で、しばしばいくぶん緑色のろうのような外観を呈している。風化すると岩石の表面には厚さが通常半インチ以下で堅くざらざらしたさび色-褐色の薄い膜が発達する。

超塩基性岩は風化には抵抗力があり、かつ新鮮な岩石と完全に変質した粘土との間の中間的な段階はほとんどない。砂岩またはもっと酸性の火成岩上でみられるような軟かい腐った物質の厚いゾーンもない。従って超塩基性岩上の風化帯の深さは深くなく、川では通常岩石の露頭がみられる。風化帯が浅い結果、山腹ではしばしば漂石がみられる。土壌の色は独特で、新鮮な時は明るい赤褐色を呈し、永く露出するとゆっくりと明るくないさび色になる。

(2) 塩基性貫入岩

塩基性貫入火成岩は Paginatan bridle path と Liwagu 川 との間で標高約 900m に達する急峻な丘陵地帯中の Ranau の東 8 km でみられる。最も顕著な山は Morouporou 山 である。岩体はおもに斑れい岩よりなっているが、しばしば剪断され、かつ変質し、少量の超塩基性岩を伴っている。広さ約 30 平方キロメートルのこの地帯は、土壌が深くかつ良質のようであるので農業に適しているかも知れない。

(3) 酸性顕晶質岩

キナバル山貫入岩体は古い岩石の複合帯中にダイアピル状に進入した普通角閃石アダメライト

を主とする深成岩体である。本岩体は本地域の下にある大きなバソリスの一部であり、約 900 万年前に進入した。バソリスの中央部は多分更新世前期に断層により隆起して現在の山容を形成したものである。

キナバル岩体中の節理が空中写真で認められ、節理のパターンはほぼ山の中心部を焦点とした概略放射状である。西翼の北端部では垂直な板状構造が顕著で、その方向はほぼ  $N 120^{\circ} E$  である。同様な構造は東翼の南東部で見られ、その方向は  $N 10^{\circ} W$  から  $N 20^{\circ} E$  まで変化している。これら両翼の間では節理はあまり顕著でない。Low's Peak の南東では節理の方向はほぼ  $N 80^{\circ} E$  で、その付近のアプライトの主たる方向と一致している。

酸性顕晶質岩はおもにアダメライト及び花崗閃緑岩であるが、モンゾニ岩及び花崗岩はあまり多くみられない。共生する細粒の岩石は微アダメライト及び微モンゾニ岩である。アダメライトは最も普通の岩石タイプで、自形の普通角閃石 (20%)、斜長石 (30%)、他形の正長石 (40%)、及び石英 (10%)、よりなる中粒乃至粗粒の優白質岩石である。鉱物の割合は典型的サンプルから概算した。黒雲母は稀であり、主要な隋伴鉱物は磁鉄鉱と黄鉄鉱である。長さ 4 cm に達する正長石の大きな斑晶は或るサンプル、特に Kadamaian 川及びその支流の転石のサンプルにみられる。他の岩石タイプは同じ鉱物からなっており、含有鉱物の比率が異なるだけである。

酸性顕晶質岩は超塩基性岩よりも新しく、このことは Meramuk 川ではつきり示されている。川はほぼ橄らん岩とモンゾニ岩との接触部に沿って流れており、そこでは橄らん岩の小さな捕獲岩がモンゾニ岩中にみられる。堆積岩の捕獲岩もそこでみられるが、或るものは部分的に変質したのみで未だ層理がみられるのに対し、他のものは再結晶してモンゾニ岩中の暗色細粒結晶質捕獲岩のように見える。

#### (4) 酸性及び中性の非顕晶質岩

酸性及び中世の非顕晶質岩はキナバル山の東にみられる。

##### (a) Kotud山及び近接の丘陵：

Mankadan 川及び Langanan 川の間には 4 つの小さな円錐形の丘があり、そのうちの二つすなわち Kotud 山と Tambian 山は安山岩の岩株として知られている。一方他の二つすなわち Pu' us 山及び Kalarakan 山は形態が前記二つに似ており、多分同様に安山岩の岩株と思われる。

##### (b) Luminantai山-Kimundu山地域：

微花崗岩閃緑岩貫入岩体は Kimundu 山、Kiapako 山、Luminantai 山、及び Dumarun 山で見られる。Kimundu 山及び Kiapako 山を構成する普通角閃石微花崗閃緑岩貫入岩体は強く剪断され、黒色頁岩及びその中の破碎された砂岩よりなる Trusmadi Formation 中に貫入しており、Luminantai 山、Dumarun 山、及び近くの小山を構成する中粒斑状灰色の普通角閃石微花崗閃緑岩は Crocker Formation のシルト岩、砂岩、灰色及び赤色の頁岩中に貫入している。堆積岩と微花崗閃緑岩の接触部は鮮明で、被貫入岩はいくぶん変成している。



#### (5) キナバル貫入岩体中のアプライト

アプライトはキナバル貫入岩体中に通常みられるが、周囲の岩石及び他の酸性深成貫入岩体中ではまれである。アプライト脈は厚さが約5 cmから60 cmまで変化し、周囲の火成岩との境界は鮮明である。アプライトが多分節理に沿ってマグマとして貫入したこと及びアプライトが交代変成型でないことは明らかである。

アプライト脈はキナバル山の頂上台地に特にみられ、木の生えてない岩石を横切って何メートルもはっきり追跡できる。方向はいろいろであるが、Low's Peakの南東では卓越せる方向はN80° Eであることが確認されている。方向を測った19アプライト脈のうち11脈はこの方向を示し、節理の方向と思われている方向と一致している。

#### (6) 超塩基性岩中のペグマタイト及びアプライト

ペグマタイト脈及び数本のアプライト脈が超塩基性岩中に貫入しているのがParanchanganの近くでみられる。これらの脈が由来するとみられる唯一の露出せる酸性岩はキナバル花崗岩閃緑岩及び随伴する小貫入岩体である。

1957年に N. Wongにより発見されたペグマタイトは Paranchangan の北東約 1,200メートル、クロム鉄鉱床の近くにある。露出は約30m×60mの広さで、概略長円形で、超塩基性岩により完全に取り囲まれている。ペグマタイトは時々本状の白雲母及び小さな普通角閃石の結晶を伴った粗粒の石英及び長石の表面の塊まりが目立っている。

アプライト塊は Panugaranから Tagisへの小径の3ヶ所でみられる。露岩そのものは未だ確認されていないが、塊まりは多分やや原地性に近いと思われる。産出地は完全に超塩基性岩に取り囲まれている。

#### 1-2-3 構造

西海岸から Kadamaian川までの地域の堆積岩中の褶曲には卓越せる2方向がある。褶曲軸は北東方向で南東傾斜が優勢であるが、一方さらに内陸では岩石は東南東方向の軸の褶曲をしており、大部分は南南西傾斜である。

Kadamaian 川より東の岩石は時代がすべて始新世であるが以西の岩石よりは古いということ及び2累層は異なる構造運動を蒙ったとすることはあり得ると考えられる。過褶曲がTogopとKelawat間で観察されている。このことは南東傾斜が卓越し、北西傾斜がまれなこととともにCrocker山脈が等斜褶曲をしているかも知れないということを示唆している。(Collenette, P., 1954, 1957, 及びJacobson, G., 1970より抜粋)

### 1-3 調査結果

#### 1-3-1 鉍徴地調査

キナバル地区においては Bt. Tampang 地域の中新世～鮮新世と思われる熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩及び火山砕屑岩中に胚胎した浅熱水性含(金)黄鉄鉍・褐鉄鉍石英細脈の鉍徴地 4ヶ所, Bt. Luminantai 地域において石英モンゾニ岩斑岩中に胚胎した褐鉄鉍・石英網状脈及び褐鉄鉍網状脈の鉍徴地 2ヶ所, Kg. Randagong 地域において暁新世～始新世の Trusmadi Formation に属する砂岩と頁岩の互層(砂岩>>頁岩)中の断層に胚胎した石英・褐鉄鉍脈の鉍徴地 4ヶ所, Kg. Pingan Pingan 地域において ophiolite complex の枕状玄武岩中に胚胎したキプロス型網状含銅硫化鉍の鉍徴地(旧坑) 1ヶ所, 及び Mankadau 川の左岸の 1 支流たる Lingangah 川でみられるキプロス型塊状含銅硫化鉍の鉍徴地(転石) 1ヶ所, 計 12 鉍徴地を調査した。

鉍徴地の調査結果は Table II-1-3, 鉍徴地の位置は巻末の Fig. II-1-1 及び Fig. II-1-2, 鉍徴地で採取した鉍石試料の化学分析結果及び反射顕微鏡観察結果は, 後述の 1-4 項の Table II-1-9 及び 1-3-2-(5) 項の Table II-1-7, 鉍徴地及び付近の代表的岩石の化学分析結果及び偏光顕微鏡観察結果は後述の 1-3-2-(2) 項の Table II-1-5 及び 1-3-2-(3) 項の Table II-1-6, Bt. Tampang 及び Bt. Luminantai 地域の鉍徴地の熱水変質岩の X 線回折結果は 1-3-2-(6) 項の Table II-1-8, Bt. Tampang 及び Bt. Luminantai 地域の鉍徴地の熱水変質岩中の含黄鉄鉍・褐鉄鉍石英細脈及び Kg. Randagong 地域の鉍徴地の含褐鉄鉍石英脈から採取した石英中の流体包有物の均質化温度の測定結果は 1-3-2-(7) 項の Fig. II-1-12~Fig. II-1-14 にそれぞれ示されている。

主要な鉍徴地の調査結果をまとめると下記のごとくとなる。

#### (1) Bt. Tampang 地域

熱水変質(珪化作用, 絹雲母化作用, カオリン化作用, 緑泥石化作用, 及び一部モンモリロナイト化作用)を受けた酸性～中性の火山岩, 火山砕屑岩及び堆積岩が Bt. Tampang の西麓及び南麓に分布しており, この中に石英及び少量の黄鉄鉍・褐鉄鉍よりなる脈状(脈幅 1~10cm), 網状, あるいは鉍染状の鉍化帯がみられる。Bt. Tampang 西麓の道路沿いの地質は巻末の Fig. II-1-6 に示されている。

これらの鉍徴地で採取した 5 試料の化学分析の結果 T-10-0 サンプルには金が 2.68g/t, T-1-0-2 には鉛が 0.16% 及び水銀が 22.05ppm, T-1-0-1 にはアンチモンが 0.13%, T-3-0 には水銀が 22.45ppm 含まれていることが分かった。

水銀及びアンチモンは砒素と共に金鉍化作用の上部に伴われる微量成分とされている。

次に熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩, 火山砕屑岩, 及び堆積岩から採取した 12 試料の X 線回折試験の結果, これらの熱水変質帯はおもに多量の石英, 少量～微量のカオリナイト, 微量の緑泥石及び絹雲母からなっており, 一部に中量～少量のカリ長石及び微量のスメクタイトを随伴していることが分かった。これらの熱水変質鉍物の組み合わせは氷長石-絹雲霧型または還元硫