

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

(既存資料解析)

第 1 年 次

平成 3 年 2 月

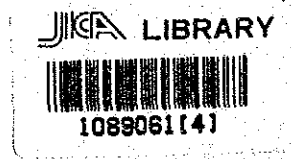
国際協力事業団
金属鉱業事業団

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

(既存資料解析)

第 1 年 次



22123

平成 3 年 2 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



国際協力事業団

22123

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年次とする調査の初年次にあたり、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して平成2年10月から平成3年3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既存資料解析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。

最後に、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。

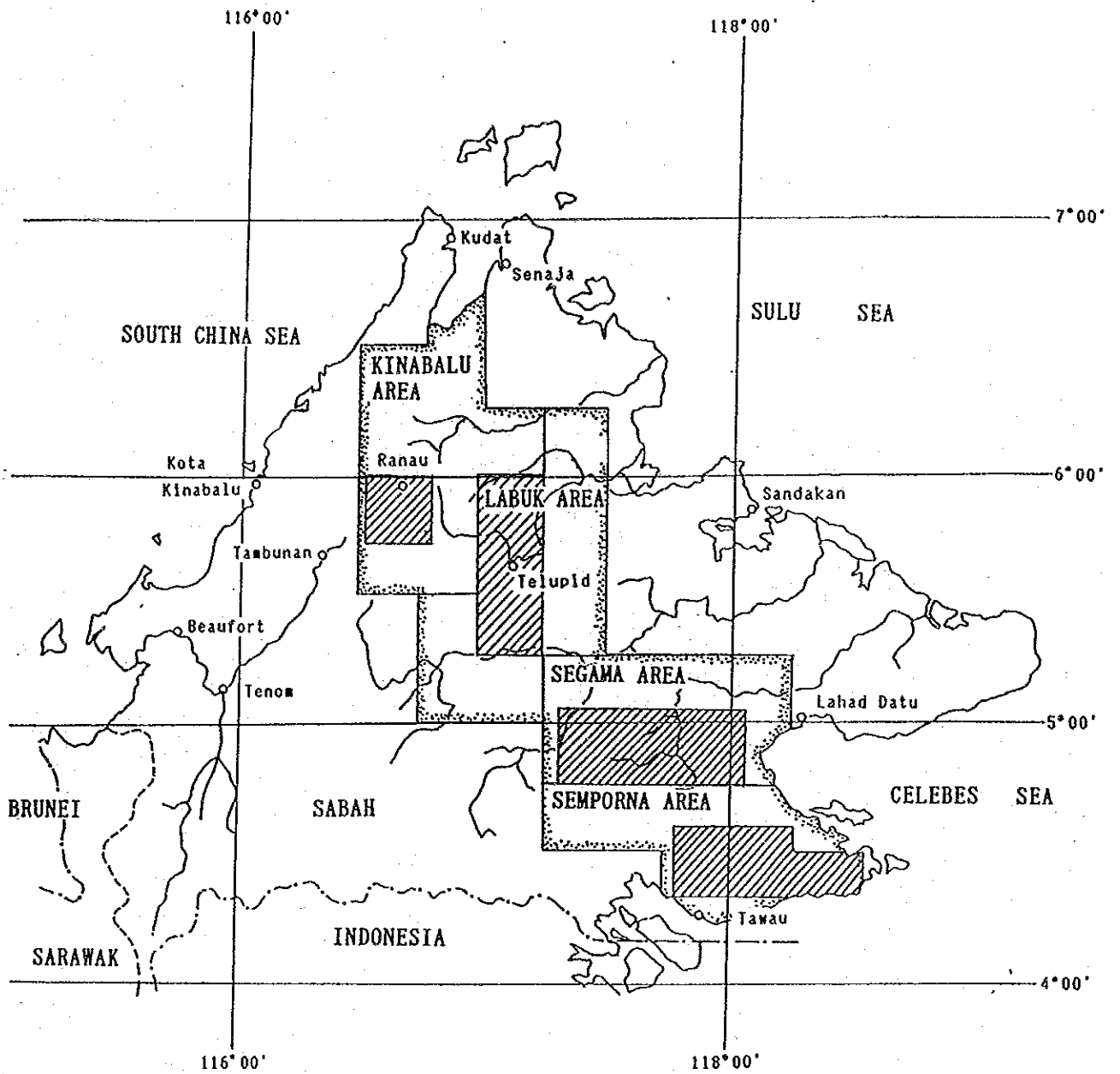
平成3年2月


国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理 事 長 福 原 元 一




 調査地域


 精査区域

(既存資料解析範囲及び
 50万分の1地形図・地質図)
 デジタル化範囲

(5万分の1地形データ)
 デジタル化範囲

図1 調査位置図

要 約

マレーシア国政府の要請に応じ、同国サバ州で実施されることになったマレーシア国サバ州鉱物資源基本図調査の第1年次の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、鉱床調査、各種探鉱の既存資料の収集、コンパイル、解析並びに調査区域の地形図及び地質図のデジタル化、デジタル化した地形データと地質データの重合鳥観図及び地形データとランドサット画像データとの重合鳥観図の作成を1990年10月から1991年2月にかけて実施した。

既存資料の収集、コンパイル及び解析のための現地調査は地質技師1名により、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。

収集した既存資料は日本で収集したものと合わせて出典別に9つに分け、それぞれ収集資料一覧表を作成した。

次に上記資料の内容をみて、これらを(A)一般地質、(B)鉱物資源、鉱徴、鉱床、及び(C)探鉱の3分野に分類し、それぞれの分野ごとに収集資料一覧表を作成した。

次いで上記3分野に分類した種類別収集資料一覧表のうち、(B)及び(C)に属するものの内容を検討した上で、必要部分を抜粋して既知鉱徴地一覧表(List of known mineral deposits and mineral occurrences)及び既存資料調査結果総括表(List of prospecting results of mineral deposits and mineral occurrences)を作成した。さらに1976年にマレーシア地質調査所が作成した縮尺50万分の1のサバ州鉱物分布図に1977年以降発見された鉱徴地及び鉱床を補足記入した。

地形図及び地質図のデジタル化については次の如く実施した。

- 1) サバ州の縮尺50万分の1の地形図のうちの調査範囲(約26,500km²)をデジタル入力したが、等高線は原図と同じく、500フィート(約150m)間隔とした。
- 2) サバ州の縮尺50万分の1の地質図のうちの調査範囲(約26,500km²)をデジタル入力した。
- 3) 精査地域(約8,000km²)の主要な地形データ(縮尺5万分の1)を500メートル・メッシュにてデジタル入力した。
- 4) 精査地域内の特定地域(2,250km²)の主要な地形データ(縮尺5万分の1)を50メートル・メッシュにてデジタル入力した。
- 5) 上記1)及び2)で入力した地形データと地質データとの重合鳥観図を作成した。
- 6) 上記4)で入力された地形データとデジタル化済のランドサット画像データとの重合鳥観図を作成した。

既存資料を検討した結果、サバ州で鉱床賦存の可能性の高い金属鉱床は、先ず Bidu Bidu Hills 地域の West-Sualog 鉱床に類似せるキプロスタイプの含銅塊状硫化物鉱床と思われる。West-Sualog 鉱床は1982年にボーリングにより発見され、白亜紀-始新世の“Chert-Spilite

Formation” に属するオフィオライト質岩石に伴われている。

次に可能性のあるのは Semporna 半島のPock山地域およびMantri山-Wullersdorf山地域で、関係ある酸性～中性の貫入岩とともに潜頭しているかも知れない斑岩銅鉱床タイプの鉱床と思われる。

しかしながら、これまでに本地域において多数の探鉱が実施されており、多くの有望地が抽出されているものの、手法・精度が様々であり、統一的に評価することが困難である。従って、先ず第1に本地域を総合的に評価するために、同一規準による地化探を実施することを提言する。地化探の結果を有効に解析するために地化探を実施する際に地質調査を同時に行うことが望まれる。次段階として抽出された有望地での詳細な探鉱の実施が望まれる。現時点ではオフィオライトを伴うChert-Spilite Formation の分布している地域及び Semporna 半島のPock山周辺・Mantri-Wullersdorf山地域が有望と推察される。

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 調査目的	1
1.2 調査内容	1
1.3 調査団の編成	2
1.4 現地調査工程	3
第2章 調査地域の地理及び既存情報	4
2.1 サバ州の地形及び気候	4
2.2 サバ州の地質	7
2.3 サバ州の鉱床	17
2.4 サバ州の金属鉱業の現況	17
2.5 マレーシア国の鉱業関係政府機構	21
第3章 調査結果の総合検討	26
3.1 地質構造, 鉱化作用の特性と鉱化規制について	26
3.2 (期待鉱床) 賦存のポテンシャルについて	26
第4章 結論及び提言	27
4.1 既存資料の解析結果に基づく結論	27
4.2 今後の調査に対する提言	27
第Ⅱ部 各 論	29
第1章 既存資料の収集, コンパイル, 解析	29
1.1 既存資料の収集	29
1.2 収集資料の分類	49
1.3 既知鉱微地一覧表の作成	77
1.4 既存資料調査結果総括表の作成	91
1.5 鉱物分布図の補足	107
1.6 サバ州で実施された地化学探鉱の概要	108

第2章	地形データ及び地質データのデジタル化	113
2.1	調査地域の縮尺50万分の1の地形図データの入力	113
2.2	調査地域の縮尺50万分の1の地質図データの入力	113
2.3	精査地域の主要な地形データ(縮尺5万分の1)の入力	113
2.4	特定地域の主要な地形データ(縮尺5万分の1)の入力	113
2.5	地形図と地質図の重合鳥観図の作成	113
2.6	地形データとランドサット画像の重合鳥観図の作成	114
第Ⅲ部	結論及び提言	115
第1章	既存資料の解析結果に基づく結論	115
第2章	今後の調査に対する提言	115

図・表表題一覧表

図面：	頁
図1 調査位置図	巻頭
図2 サバ州地形区分図	5
図3 Geological Map of Sabah, Brunei, and Part of Sarawak	9
図4 サバ州地質層序対比図	11
図5 マレーシアの行政組織図	22
図6 第一次産業省機構図	23
図7 地質調査局機構図	24
図8 地質調査局本部・センター・支所の位置図	25
図9 Mineral Distribution Map of Sabah (Annex 1)	袋中
図10 サバ州地化学探鉱実施位置図	110
図11-1 マレーシア・サバ州地質鳥瞰図(地質, Annex 2)	袋中
図11-2 マレーシア・サバ州地質鳥瞰図(地質構造, Annex 3)	"
図12 マレーシア・サバ州・ラナウ地域ランドサット画像鳥瞰図(Annex 4)	"
表：表1 現地調査行程表	3
表2 Mineral and Constrcnctional Material Production in Sabah, 1974 to 1988	19
表3 I. Annual Report of Geological Survey of Malaysia	30~38
表4 II. Memoir, Report or Bulleting of Geological Snrvey oe Malaysia	39
表5 III. Proceeding and Geological Papers of Geological Survey of Malaysi	40~41
表6 IV. Bulletin of Geological Society of Malaysia	42
表7 V. Theses (unpublished)	43~44
表8 VI. Joint Malaysian-German Mineral Exploration Project in Sabah (unpublished)	45
表9 VII. Joint Molaysia-Japan Mineral Exploration Program in the Kinabalu Area (unpublished)	46
表10 VIII. Other Unpublished Report	46
表11 IX The Otherss (collected in Japan)	47~48

表12	A	General Geology	50~63
表13	B	Mineral Resources, Mineral Occurrence, Mineral Deposit.....	64~70
表14	C	Prospecting or Exolration	71~76
表15		List of Known Mineral Occurrences and Mineral Deposits	79~90
表16		List of Prospecting Results of Mineral Deposits and Mineral Occurrences	93~106
表17		Joint Malaysian-German Mineral Exploration Project Analytical work performed dnring Phase 1 (Sep. 1980-Aug. 1981).....	111

第 I 部 総論

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論

1.1 調査目的

本調査はマレーシア・サバ州における金属鉱床賦存状況を把握するために、調査地域内でこれまでに実施された地質鉱床調査及び各種探鉱の既存資料の収集、コンパイル及び解析を行うとともに、調査地域の地形データ（縮尺50万分の1及び5万分の1）及び地質データ（縮尺50万分の1）をデジタル入力し、次年度以降の探鉱に有効に活用することを目的とする。

1.2 調査内容

1.2.1 既存資料の収集、コンパイル及び解析

既存資料の収集、コンパイル及び解析は、1990年10月7日から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にあるマレーシア地質調査所サバ事務所で実施した。

これまで調査地域内で行われた地質調査、鉱床調査及び探鉱の結果が報告されている各種文献、報告書並びに未公表の卒論、学位論文及び報告書を事務所内の図書室で収集した。また日本の地質調査所などにおもに収集したサバ州の地質及び構造運動に関する文献をも、収集資料の中に加えて現地調査における資料のコンパイルを補完した。これらの収集された既存資料を日本で収集されたものと合わせて出典別に9つに分け、それぞれ収集資料一覧表 (Table 3~Table 11) を作成した。次にこれらの資料の内容をみて、これらを (A) 一般地質 (B) 鉱物資源、鉱徴、鉱床及び (C) 探鉱の3分野に分類し、それぞれの分野ごとに収集資料一覧表 (Table 12~Table 14) を作成した。

次いで上記3分野に分類した分野別収集資料一覧表のうち、(B) 及び (C) に属するものの内容を検討した上で、必要部分を抜萃して既知鉱徴地一覧表 (List of known mineral deposits and mineral occurrences) 及び既存資料調査結果総括表 (List of prospecting results of mineral deposits and mineral occurrences) を作成した。

さらに1976年現在でマレーシア地質調査所が作成した縮尺50万分の1のサバ州鉱物分布図に、1977年以降に発見された鉱徴地及び鉱床の位置、鉱種及び鉱床・鉱徴地(prospect)名を記入した。

1.2.2 地形データ及び地質データのデジタル化

地形データ及び地質データのデジタル化は日本国内において次の如く実施した。

- (1) サバ州の縮尺50万分の1の地質図のうちの調査地域 (約26,500km²) をデジタル入力したが、等高線は原図と同じ500フィート (約150m) 間隔とした。
- (2) サバ州の縮尺50万分の1の地質図のうちの調査地域 (約26,500km²) をデジタル入力した。
- (3) 調査地域内の精査地域 (約8,000km²) の主要な地形データ (縮尺5万分の1) を500メートル・メッシュにてデジタル入力した。

- (4) 精査地域内の特定区域（2,250km²）の主要な地形データ（縮尺5万分の1）を50メートル・メッシュにてデジタル入力した。
- (5) 上記(1)及び(2)でデジタル入力された地形データと地質データとの重合鳥観図を作成した。
- (6) 上記(4)でデジタル入力された地形データとデジタル化済のラッドサット画像データとの重合鳥観図を作成した。

1.3 調査団の編成

本年次調査計画の策定及び折衝並びに第1年次の現地調査に参加した調査団員は次の通りである。

1.3.1 調査計画策定及び折衝

(1) マレーシア側

Yin Ee Heng	マレーシア地質調査所, クアラルンプール
Fateh Chand	" , "
Wong Yew Choong	" , イポー
Shu Yeoh Koon	" , クアラルンプール
Lim Peng Siong	" , サバ
Wan Mazlan	第1次産業省 , クアラルンプール
Mohd Irwan Serigar	Economic Planning Unit, "

(2) 日本側

磯部 隆	通商産業省
川崎 幸俊	"
喜多 律夫	外務省
池田 肇	国際協力事業団
岡本 信行	"
小山 恭一	金属鉱業事業団
増田 信行	"
梶谷 雄司	"
縄田 透	"
霜鳥 洋	"
升田 健蔵	"

1.3.2 調査団員

(1) マレーシア側

Lim Peng Siong	Project manager, マレーシア地質調査所, サバ
----------------	---------------------------------

(2) 日本側

松橋 秀郎

海外鉱物資源開発株式会社

1.4 現地調査行程

現地調査は表1の如く実施された。

表1 現地調査行程表

	1990		
	10月	11月	12月
移動	3 6 └──┘		
資料収集コンパイル 解析 (於コタキナバル市)	7 └──────────┘		5 └──┘
移動			6 9 └──┘

第2章 調査地域の地理及び既存情報

2.1 サバ州の地形及び気象

2.1.1 地形

サバは地形上、西部低地、西部山脈、中部高地、東部低地、の4地域に分けることができる。西部低地は Crocker山脈より西の山脈の麓の小丘、平地及び島よりなっている。西部山脈は西海岸に平行な幅約80kmの山岳地帯で、Crocker, Trusmadi, Witti, Maligan の各山脈及び山脈間の平地と谷からなっている。Crocker 山脈はサバの地理上の特徴で、東南アジアで一番高い山である標高 4,101mのKinabalu山で頂点に達する。中部高地は西部山脈より東の広範囲の山地で、Labuk, Kuamut, Segama及びTawau 高地よりなっている。東部低地は北がBengkoka半島から南はSemporna半島までまたがり、中程度～低い丘陵の広がった地域、Sugut, Labuk, Kinabatangan 及びSegama川などの巾広い谷及び広汎な三角州からなっている。

2.1.2 気 候

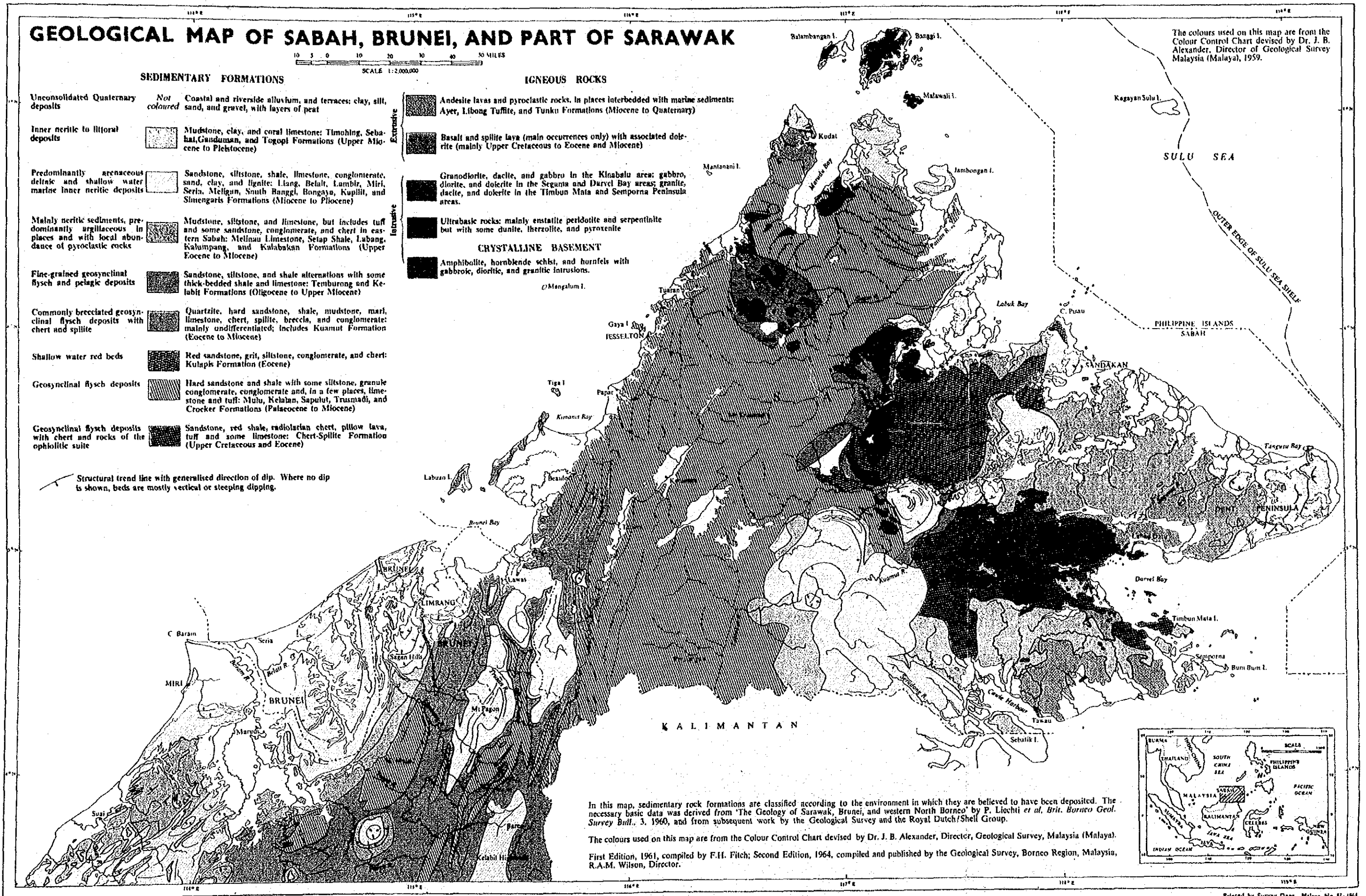
気候は年中暑く、湿気がある。サバは台風ベルトの外側に位置しているが、海岸地域はしばしば猛烈な熱帯の嵐の影響を受ける。平均年間降雨量は約 1,780mm乃至約 3,800mmである。最も降雨量の多いのは南西部 (Beaufort及びLabuan) で最も少ないのが内陸部 (Tenom, Keningau 及びTambunan) 及び南東海岸のTawau である。地域的に降雨量が異なるのは2主要シーズンのためである。すなわち北東モンスーンは11月に始まり3月まで続き、このシーズンの間は北東海岸地域に最も雨が降る。南西モンスーンは一般に5月から9月までである。気温は季節により少し変化するが、海拔0m付近では平均27℃である。内陸部の地表温度は標高が増すにつれて300mにつき約1.5℃の比率で低下する。従って標高約1,200m以上では熱帯多雨気候から温帯多雨気候に変化する。温帯多雨気候は標高1,200m以上の Crocker及びTrusmadi山脈の多くに影響を与えている。気候データは非常に限られているが、通常の記録はLabuan, Kota Kinabalu, Kudat, Beaufort, Tenom, Sandakan, Tawau及びTambunanで入手可能である。

2.2 サバ州の地質

2.2.1 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、いくつかの広域的地域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海岸にみられる。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はSemporna半島、Segama川上流及びKinabalu地域にみられる。

FIGURE 3



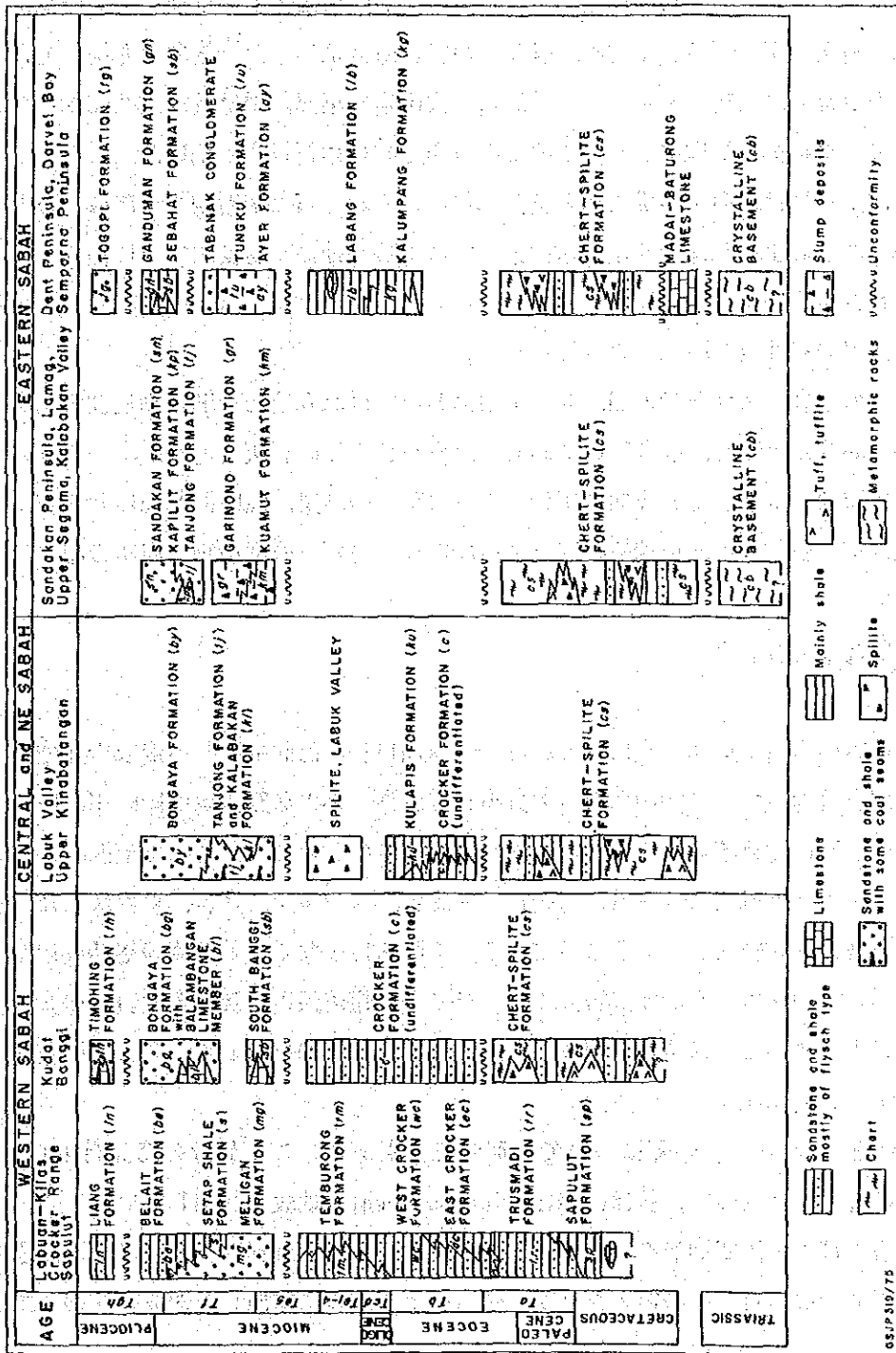


図4 サバ州層序対比図

(Annual Report of Geological Survey of Malaysia, 1988) の "Regional Geology of Sabah" より引用

2.2.2 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、厚い碎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。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物の証拠はない。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碎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。

2.2.3 一般地質及び地質層序

(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に亘って分布しており、小さな露出はLabuk川、Kinabalu山地、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、片麻岩、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。これらは少なくとも2度の褶曲作用及び変形作用を蒙っている。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。

“Crystalline Basement”の起源については別の意見もある。ごく最近の意見はHutchison (1975)により提起されたもので、彼はCrystalline Basementは地表に露出してない古い大陸の岩石の上に衝き上げた大洋底地殻を表していると考えた。Coleman(1977)は変成岩と超塩基性岩は古い島弧の下で形成され、その後オプダクションにより地表に露出した変成帯を表していると示唆した。

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。

(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Crystal-

line 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。Baturong及びMadai の再結晶石灰岩は浅海及び深海棲タイプの有孔虫類及び藻類を含んでいる。浅海棲の腹足類も沢山見出されている。放散虫チャートは通常深海環境を示している。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。

過去においてはChert-Spilite Formation の時代について混乱があった。時代は石灰岩中の白亜紀の有孔虫類の発見及びAgob-Dabaran地域における泥質層中の後期白亜紀の有孔虫類の発見により解決された。Sapulut Formation は後期白亜紀乃至始新世後期の時代の石灰質で, 深海底棲の有孔虫類を沢山含有している。その他の化石は砂質有孔虫類, 藻類, 貝形類, 苔虫類, 軟体動物などである。

(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リッシュ・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。個々の層の厚さは数cmから10mであるが, 稀には50mに達するものもある。Crocker Formation の砂岩は灰色で, あまり淘汰されていない角ばった乃至多少角ばった石英, 岩片, 長石及び雲母よりなっている。級化層理, 斜層理, リップルマーク (漣痕), ソールマーク (流痕) などの如き初生の構造が通常みられ, 岩石が部分的に混濁流により堆積したことを示している。

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)。これらの岩石の時代が始新世であることは西方の始新世の岩石との共存により立証された。

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。

(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。

A. 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。中新世後期時代の有孔虫は泥質の地層中に見出されている。

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、及び三角洲乃至海浜である。泥質の地層中には有孔虫と同様軟体動物及び植物の破片も多い。薄い炭層も存在する。

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。この堆積物の上部は軟体動物及び有孔虫群により示される如く鮮新世—更新世の時代と信じられている。

B. 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。

C. 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。

(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。

2.2.4 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 ± 3 Ma (前期三疊紀) 乃至 87 ± 2.5 Ma (白亜紀後期) なる数値が得られている。この数値は最も早い変成作用は前期三疊紀に起こり、ひき続いて一部で熱変成作用を受けたことを示している。

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。スレート劈開及び石英脈がこれらの岩石中に発達している。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侵入したKinabaluバソリスの周囲に発達している。

2.2.5 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キナバル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Crystal-

line 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。

2.2.6 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-Spilitic 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。葉片状の変斑れい岩、粗粒玄武岩及び超苦鉄質岩は多分前期三疊紀の変成作用以前の貫入であらう。

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、単一の弓形のオフィオライトベルトよりも多分、複雑なあるいは複合的な構造運動上の出来事を表している。Darvel湾-Segama 川上流地域のオフィオライトは変成した基盤と共生しているので、その時代は少なくとも三疊紀であるのに対し、Labuk 川及びKinabalu山地域のオフィオライトは後期白亜紀乃至中新世の出来事と伴っているなのでその進入の時期は多分始新世あるいは中新世であらう。

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キナバル山におけるパソリス-サイズの花崗岩貫入が起こった。Semporna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山の大きな花崗岩パ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レ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”より引用)

2.3 サバ州の鉱床

サバ州の大部分の金属鉱床及び鉱徴は、Banggi及びMalawaliの北方諸島からTaritipan, Kinabalu山, Labuk川を経てSegama川上流-Darvel湾地域及びSemporna半島へと伸びる中央ベルトに沿って分布している。唯一の操業中の鉱山であるMamut斑岩銅鉱床はこのベルトに位置している。おもに石灰岩, シリカ, 粘土及び建設用砕石よりなる工業用鉱物はおもにこのベルトの外側で見出される。石油及び天然ガスは東海岸及び西海岸の沖合で見付かっている。石炭は第三紀の堆積盆でみられる。

鉱化作用は4主要岩石グループ, すなわち古い“Crystalline Basement”, オフィオライト, 若い火山岩及び半深成岩, 並びに花崗岩質貫入岩に伴っている。

銅の硫化物はSegama川上流地域内の三疊紀以前のCrystalline Basement内で見出され, 銀の鉱化作用はCrystalline Basementの片状の粗粒玄武岩質岩石に伴って見出されている。砂金はいくつかの川, 特にCrystalline Basementの岩石が分布している地域を流れるSegama川及びDiwata川に産する。Segama川の金を含んだ沖積層はまた自然白金片を含有している。金の供給源はCrystalline Basement内の酸性貫入岩体と考えられる。

ニッケル, クローム, 鉄, 磁硫鉄鉱及び黄銅鉱はSegama川上流-Darvel湾地域, Labuk川, Kinabalu山周辺, Taritipan及び北部諸島に分布している白亜紀-中新世のオフィオライト質岩石に伴っている。とくに1982年から1984年にかけてLabuk川地域のBidu Bidu Hillsで試錐により発見されたWest-Sualog及びKiabauのキプロスタイプ含銅塊状硫化物鉱床は白亜紀-始新世の“Chert-Spilite Formation”に属するオフィオライトの玄武岩と頁岩との間に胚胎している。白金グループ金属はオフィオライトの塩基性火成岩に伴って見出されるクロム鉄鉱中に含有物として見出される。ボーキサイトは所々でこれらの岩石から生成された。Mansan川ではボーキサイトは斑れい岩から生成された。

鉛-亜鉛-銅鉱化作用はSemporna半島の鮮新世火山岩及び共生する半深成岩中にみられる。Mamut及びNungkok山の斑岩銅鉱床はKinabalu地域の中新世-鮮新世の花崗岩貫入と密接な関係がある。

モンモリロナイト粘土はSandakan, Dent半島及びTawau地域の中新世の火山-堆積岩中に見出される。(“Annual Report of Geological Survey of Malaysia, 1988”の“Mineral Resources of Sabah”より引用)

2.4 サバ州の金属鉱業の現況

サバ州で現在操業している金属鉱山はMamut Copper Mining Sdn. Bhd.のMamut鉱山のみであり, 表2-1の1975年以降の銅, 金, 銀の生産はMamut鉱山のみからのものである。表2-1からも明らかなように, サバ州の鉱業生産としては石油とMamut鉱山からの銅・金・銀だけである。生産額としては石油がはるかに大きく, 1988年を例にとると, 石油生産額のM\$ 1,362.4millionに

対し、Mamut 鉱山の銅・金・銀の生産額はM\$173.2millionで、石油生産額の約8分の1にすぎない。

Mamut 鉱山の1990年4月1日現在の生産状況は次の通りである。

粗鉱生産量	540,000t/月
ズリ：鉱石比	3.7：1
粗鉱品位	Cu 0.460%
銅実収率	86%
銅生産量	2,077t/月
銅精鉱生産量	8,838 "
銅精鉱品位	Au 15g/t, Ag 120g/t, Cu 23.5%
生産開始以来の生産粗鉱量	83,000,000 t (Cu 0.57%)
ズリ量	53,000,000m ³
ズリ／鉱石比	1.74
残存可採鉱量	45,000,000 t (Cu 0.5%, Au 0.5g/t)

当初の計画では1990年で終掘になる予定だったが、RTZがピットの最下底部を当初計画の-150m から-250m まで下げて、ピットデザインをやり直した結果、1997年まで操業可能となった。

従業員数 1,094 人

年間平均降雨量 (1976以降) 2,823 mm

金属鉱床に対する民間会社の探鉱は現在、キプロスタイプ含銅塊状硫化物鉱床を対象にLabuk川地域のBidu Bidu Hills 及び亜鉛・鉛・銅鉱化作用を対象にSemporna半島のWullersdorf 山及びPock山地域で行われているにすぎない。

Table 2 Mineral and Constructional Material Production in Sabah, 1974 to 1988

Product Year	Oil (Crude)		Copper		Gold		Silver		Stone		Sand		Coral		Clay Brick		Total
	Production	Value	Production	Value	Production	Value	Production	Value	Production	Value	Production	Value	Production	Value	Production	Value	Value
	Barrels	M\$	Tonnes	M\$	Grams	M\$	Grams	M\$	yds ³ , m ³	M\$	yds ³ , m ³	M\$	yds ³ , m ³	M\$	Pieces	M\$	M\$
1974	214,000	6,420,000*	Nil	Nil	-	-	-	-	371,600	8,840,000	-	-	-	-	4,231,800	680,000	15,940,000
1975	3,561,276	76,838,000*	21,190	18,572,000	-	-	-	-	800,000	8,780,600	-	-	-	-	10,600,000	1,110,000	105,250,000
1976	16,672,843	533,946,800*	18,369	59,797,624	1,686,467	17,326,485	8,658,987	3,093,090	601,845	6,047,450	-	-	-	-	3,175,500	415,860	620,627,309
1977	26,999,170	930,962,000*	23,148	64,018,683	1,940,904	23,598,412	10,854,577	4,014,422	1,265,335	11,773,000	13,651	105,470	5,698	55,990	7,752,340	970,740	1,035,498,717
1978	29,781,499	964,466,000*	24,977	57,636,567	1,999,649	26,270,133	4,014,422	4,974,035	1,176,000	10,331,878	83,402	349,858	6,519	59,422	9,568,134	1,231,847	1,065,319,720
1979	28,460,413	1,311,902,934	24,370	96,254,500	1,842,807	41,938,400	12,273,011	10,313,200	1,852,855	12,807,118	85,693	482,720	5,990	54,100	7,454,890	1,139,644	1,474,892,616
1980	23,356,012	1,803,514,650	27,073	99,133,973	1,897,245	76,050,967	13,645,944	17,060,294	1,509,427	11,771,269	64,379	475,825	3,493	38,040	12,130,023	2,382,767	2,010,427,785
1981	18,233,901	1,504,568,000	28,522	87,000,700	2,163,660	68,365,700	14,462,600	9,882,200	1,880,000	8,370,000	160,000	780,000	N.A.	N.A.	6,450,000	1,830,000	1,680,796,600
1982	27,364,802	981,026,070	30,907	80,408,420	2,631,786	69,353,348	16,202,169	8,429,563	1,170,200	19,592,070	95,100	538,230	2,000	12,680	8,815,930	1,900,390	1,161,260,771
1983	30,504,520	2,013,321,000	29,019	79,109,000	2,225,039	72,063,000	13,755,433	11,246,000	1,549,300	35,568,600	149,300	538,200	3,000	12,680	25,425,500	1,900,400	2,213,758,880
1984	30,747,430	2,092,900,000	29,112	67,773,050	2,521,732	64,124,680	14,602,957	7,845,900	1,267,400	23,225,240	187,100	348,910	N.A.	N.A.	11,371,900	2,341,680	2,258,559,460
1985	28,494,540	1,951,685,100	30,513	77,843,000	2,451,024	57,940,000	16,213,241	6,955,000	970,500	15,218,240	156,650	1,063,232	1,800	14,400	3,326,100	532,176	2,111,251,148
1986	30,613,500	1,178,274,000	28,304	64,833,380	2,216,513	64,219,470	14,064,890	5,630,960	837,000	12,160,000	N.A.	N.A.	300	2,700	10,178,000	596,800	1,325,717,330
1987	31,900,000	1,465,800,000	29,855	93,615,060	2,712,990	93,459,030	15,479,928	7,903,250	555,300	9,571,030	60,930	522,710	1,497	13,250	9,496,580	1,881,640	1,672,765,970
1988	34,100,000	1,362,400,000	22,097	106,421,400	1,772,510	61,704,870	10,490,460	5,080,100	1,629,200	25,570,000	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	6,287,800	897,560	1,562,073,930

(Taken from "Mineral Resources of Sabah" in "Annual Report of Geological Survey of Malaysia," 1974-1988)

Note * : Estimated value

-, N.A. : Not available

Unit of Stone, Sand and Coral: 1974~1979 - cubic yards (yds³)1980~1988 - cubic metres (m³)

2.5 マレーシア国の鉱業関係政府機構

2.5.1 マレーシアの行政組織

鉱業関係は23省のうちの第一次産業省 (Ministry of Primary Industries)(図5中※印) が担当している。

(図5 マレーシアの行政組織図参照)

2.5.2 第一次産業省の機構

鉱物資源の調査・研究を担当しているのは地質調査局 (Geological Survey Department, 図6中※1印) であり、鉱物資源基本図調査のカウンターパートである。鉱山局 (Mines Department, 図6中※2印) は、鉱業活動に係わる許認可の一部、技術指導、鉱業統計等を担当している。

(図6 第1次産業省機構図参照)

2.5.3 地質調査局 (Geological Survey Department) の機構

マレーシア地質調査局はマレーシア地質調査所 (Geological Survey of Malaysia)とも呼ばれている。本部 (Head Office)はクアラルンプール (Kuala Lumpur) にあり、オペレーション・センター及び研究所は3ヶ所あり、それぞれ半島マレーシアではペラ (Perak)州イポ (Ipoh) 市に、サラワク (Sarawak)州ではクチン (Kuchin) 市、サバ (Sabah)州ではコタキナバル (Kota Kinabalu)市に配置されている。本部は管理部門を主とし、実際の調査・研究活動の中心は、オペレーションセンター及び研究所である。

(図7 地質調査局機構図及び図8 地質調査局本部・センター・支所の位置図参照)

ORGANISATION CHART OF MINISTRY OF PRIMARY INDUSTRIES

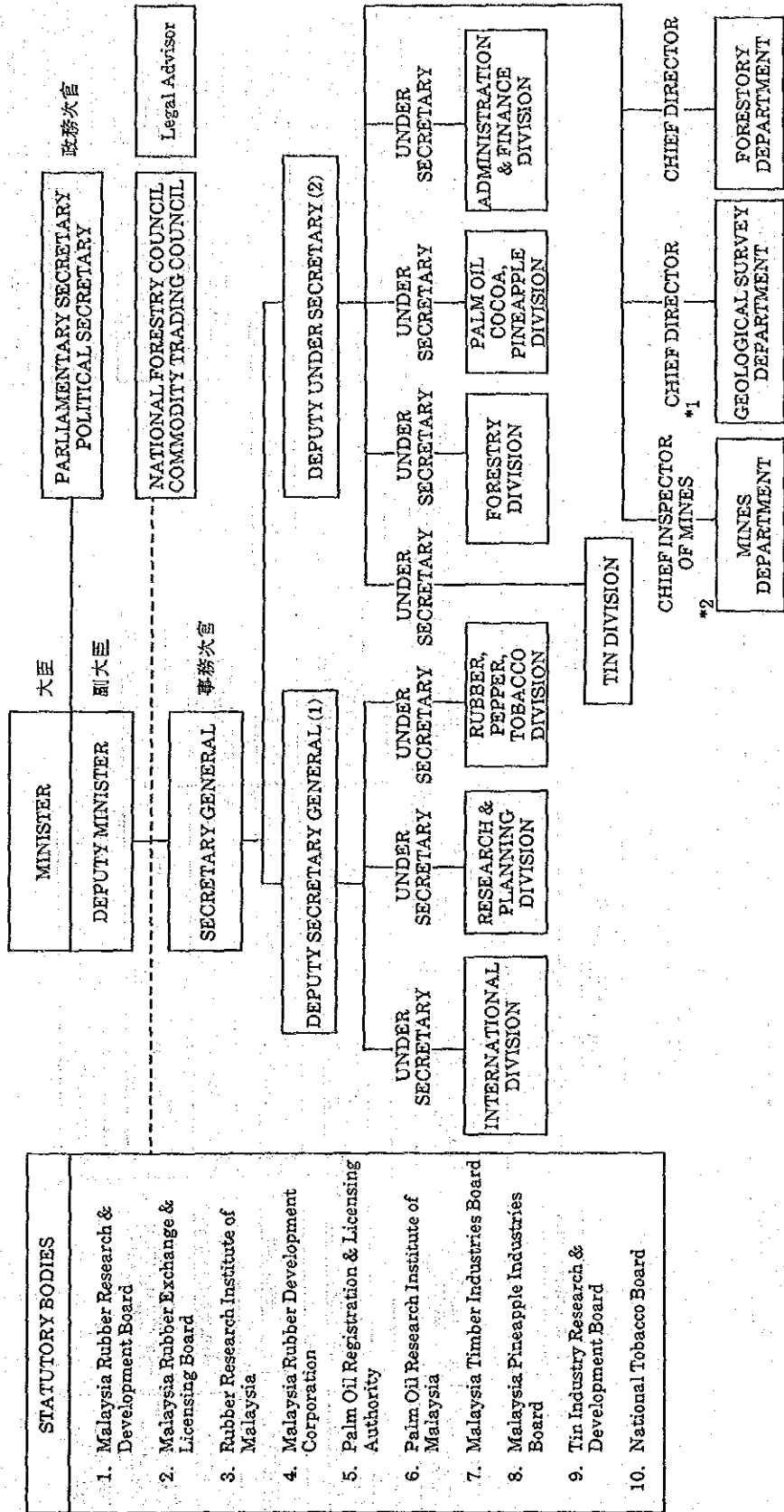


图6 第一次産業省機構図

(金属鉱業事業団, “海外鉱業情報, 1990.7, P15” より引用)

ORGANIZATION OF THE GEOLOGICAL SURVEY DEPARTMENT

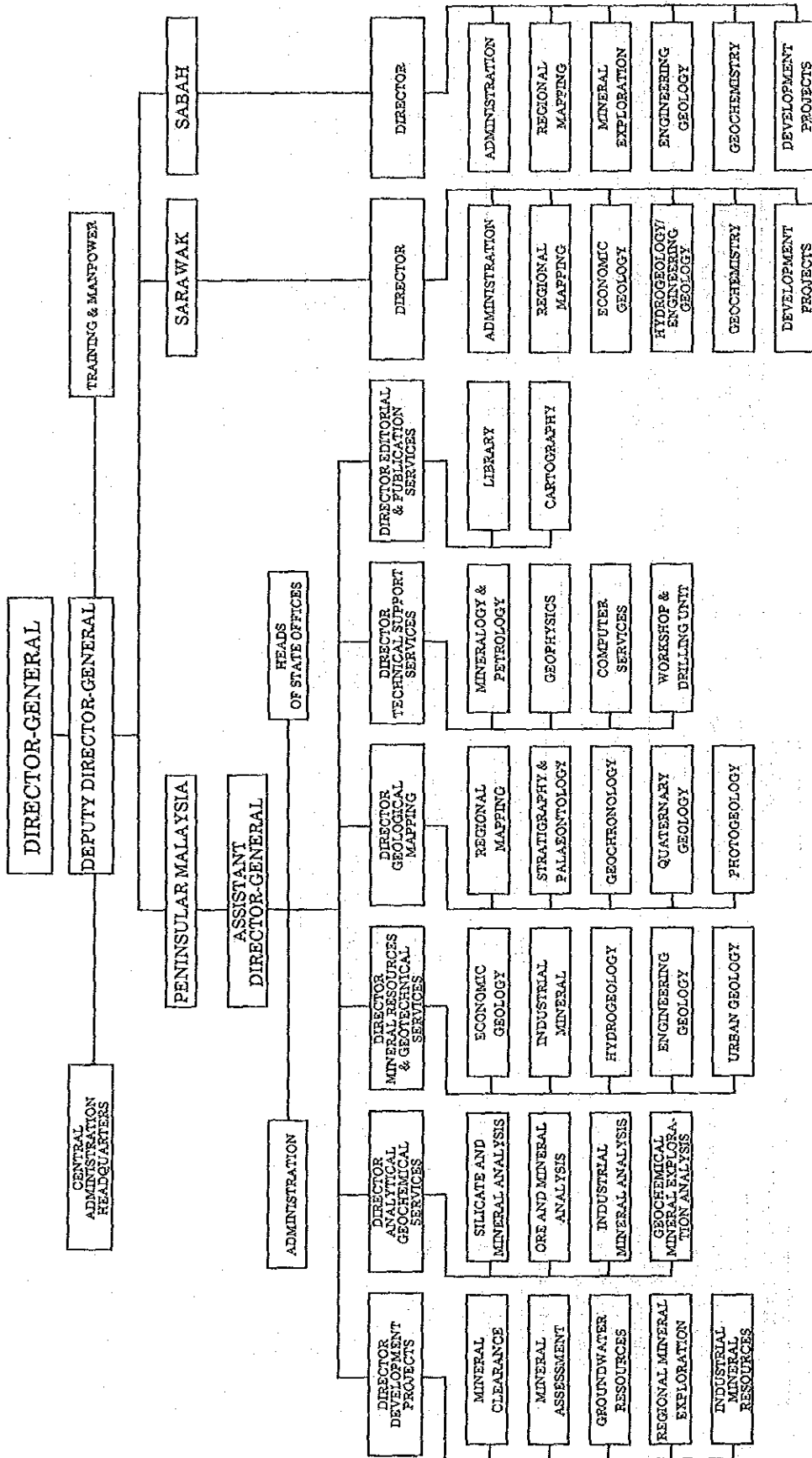


図7 地質調査局機構図 (金屬鈳業事業団, “海外鈳業情報, 1990.7, P17” より引用)

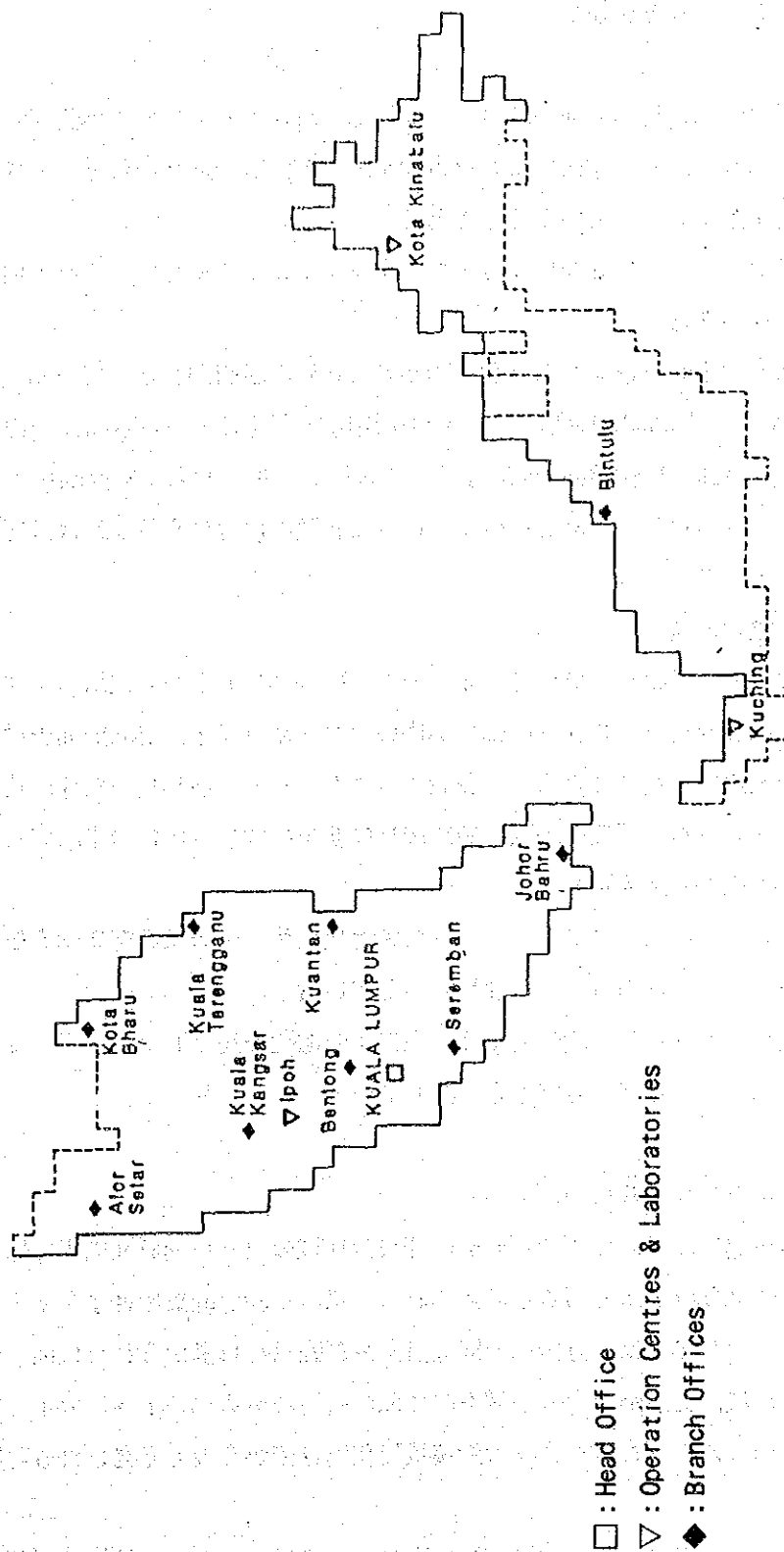


図8 地質調査局本・センター・支所の位置図
 (金属鉱業事業団, “海外鉱業情報, 1990.7, P18” より引用)

第3章 調査結果の総合検討

3.1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制

3.1.1 地質構造の特性

サバの主要な構造的特徴はCrystalline Basement, Chert-Spilite Formation, 塩基性岩及び超塩基性岩の分布しているベルトがサバ西部では北東方向を示すが、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。

このベルトは海洋底地殻がサブダクションに伴うオブダクションにより衝き上げられて地表に露出したメランジェの可能性がある。

主要な断層としては北乃至北東系及び北西乃至北北西系の2系統の断層が発達している。北西系統に属す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。おもにSegema川上流—Darvel湾地域に分布しているCrystalline Basement中には変成岩類の片理に平行またはほぼ平行な東西方向の断層が発達している。

3.1.2 鉍化作用の特性と鉍化規制

主要な鉍化作用は主要な火成活動に伴っている。すなわち、Bidu Bidu Hills地域のキプロスタイプ含銅塊状硫化物鉍床はChert-Spilite Formation中のオフィオライト、Kinabalu山付近の斑岩銅鉍床は中新世末期乃至鮮新世初期に貫入した花崗岩質岩石、Semporna半島のPock山及びWullersdorf山付近の銅—亜鉛—鉛—石英の細脈—微細脈は鮮新世の酸性—中性の半深成岩の貫入あるいは石英安山岩質火山活動と関係がある。

Bidu Bidu Hills地域のWest-Sualog キプロスタイプ含銅塊状硫化物鉍床は層準規制を受けて熱水変質された枕状玄武岩とその上盤の頁岩との間に胚胎している。

Semporna半島のPock山及びWullersdorf山付近の銅—亜鉛—鉛鉍化作用は石英安山岩—安山岩中に発達している珪化帯を初めとする熱水変質帯と共生している。

3.2 (期待鉍床) 賦存のポテンシャルについて

サバ州で鉍床賦存の高い金属鉍床は、先ず Bidu Bidu Hills地域の West-Sualog鉍床に類似せるキプロスタイプの含銅塊状硫化物鉍床であると考えられる。West-Sualog鉍床はオフィオライトに伴われているが、オフィオライトは北方諸島のBanggi島及びMalawali島からTaritipan地域、Kinabalu山地域、Labuk川地域、Segema川上流地域を経てDarvel湾に至るベルト内に分布しているので、オフィオタイトに伴ったキプロスタイプ含銅塊状硫化物鉍床が今後も発見される可能性はあると思う。

次に可能性のあるのはSemporna半島のPock山周辺及びMantri山-Wullersdorf山地域の石英安山岩—安山岩中の銅—亜鉛—鉛—石英よりなる細脈—微細脈及び強い珪化帯を初めとする熱水変質帯が分布している地域の下部に潜頭しているかも知れない斑岩銅鉍床と思われる。

第4章 結論及び提言

4.1 既存資料の解析結果に基づく結論

既存資料を検討した結果サバ州で今後発見される可能性のある金属鉱床は、先ず第1に白亜紀—始新世のChert-Spilite Formation に属するオフィオライトに伴われるキプロスタイプの含銅塊状硫化物鉱床と考えられる。

次に可能性のあるのはSemporna半島のPock山周辺及び Manti山-Wullersdorf山地域の強い珪化作用を初めとする熱水変質作用及び銅—亜鉛—鉛鉱化作用のみられる地域の下部に潜頭しているかも知れない斑岩銅鉱床と考えられる。

4.2 今後の調査に対する提言

本地域において多数の探鉱が実施され、多くの有望地が抽出されているものの、手法・精度が様々であり、統一的に評価することが困難である。従って、先ず第1に全地域を総合的に評価するために、同一規準による地化学探鉱の実施を提言する。その際、解析を効果的に行うため、地化学探鉱を実施した地域の地質調査を同時に行うことが望ましい。

次段階として、抽出された有望地での詳細な探鉱の実施が望まれる。現地点では、オフィオライトを伴うChert-Spilite Formation の分布している地域及び Semporna 半島の Pock 山周辺・Mantri-Wullersdorf山地域が有望と推察される。

