

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 2 年 次

平成 4 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

(鉱徴地調査)

第 2 年次

平成 4 年 2 月

113
66.1
MPN
LIBRARY
CR(4)
02-000

鉱計資
CR (4)
92-050

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 2 年 次

JICA LIBRARY



1097975(5)

23824

平成 4 年 2 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

23824

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2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3年7月から平成4年1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4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

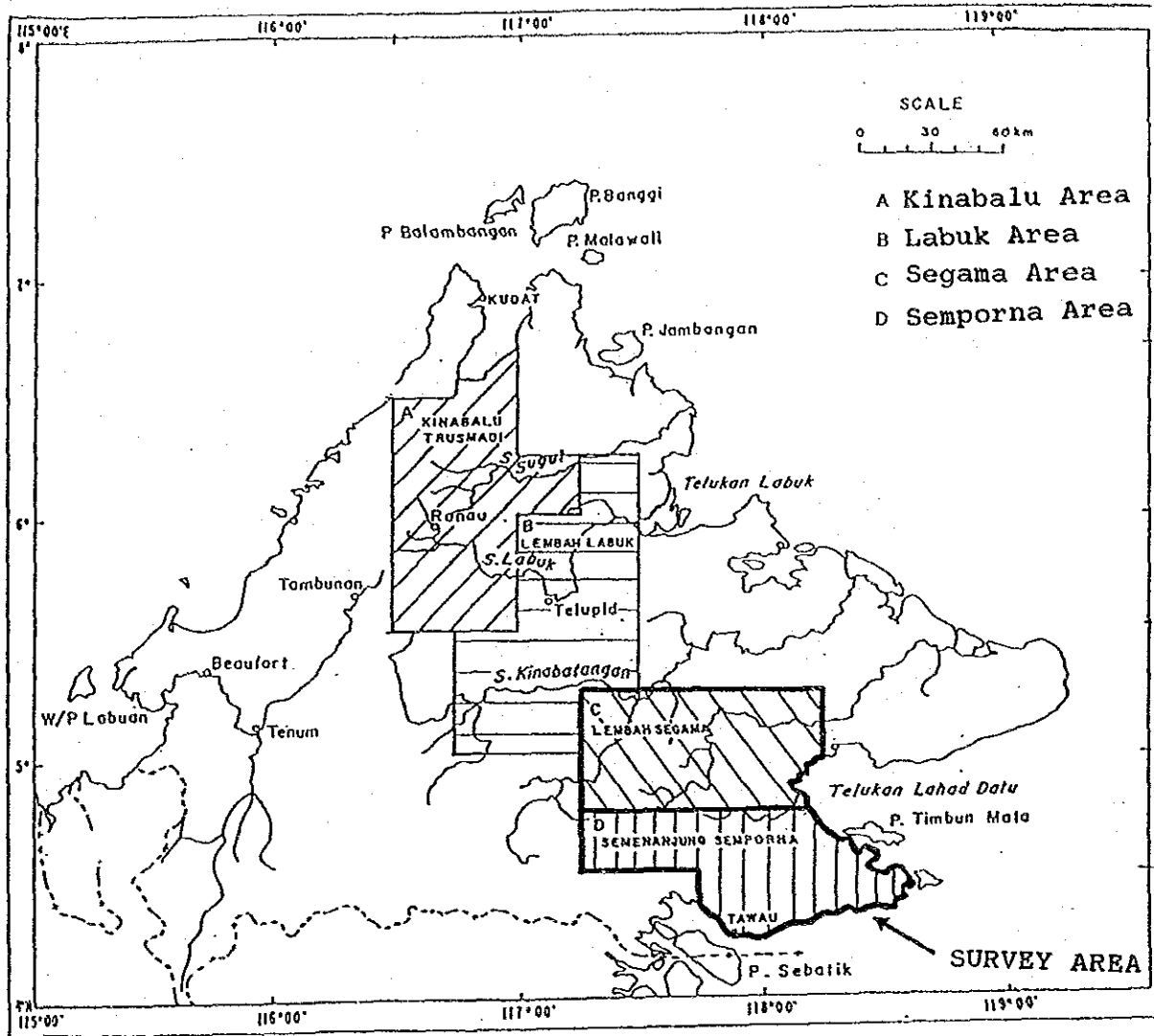


Figure 1 Location Map of Survey Area

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2年次の調査作業の一部として、鉍微地調査及び鉍微地調査の際採取した試料の各種室内試験・化学分析を1991年8月から1992年2月にかけて実施した。

鉍微地の現地調査は地質技師1名により1991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1991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）内に分布する鉍微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微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. 鉍微地現地調査

セガマ地区で9鉍微地、セムボルナ地区で46鉍微地、計55鉍微地を調査した。

2. 各種室内試験・化学分析

(1) 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試料及び主要鉍微地の代表的母岩20試料、計40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40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55鉍微地のうちの47鉍微地で採取した鉍石50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50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（セムボルナ地区のみ）

熱水変質帯の熱水変質鉍物を同定するため、鉍微地及びその近くの熱水変質せる母岩40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（セムボルナ地区のみ）

金を含むと思われる石英の生成温度を知るため、20鉍微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。

以上の鉍微地現地調査及び各種室内試験・化学分析の結果、セムボルナ地区のMantri地域及び

Nagos 地域の一部において低品位の金を含んだ石英脈または石英網状脈、セガマ地区の Silam 地域で、一般にキプロス型含銅塊状硫化物鉱体の下部に伴うとされているストックワーク鉱体の示徴と思われる鉱化作用及び超苦鉄質岩中に胚胎したクロム鉄鉱石が確認された。

以上の調査結果から、セガマ地区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まず第1にセムボルナ地区の第三紀中新世後期～鮮新世の火山活動に関係した熱水系に伴う浅熱水成含金石英脈であり、次に可能性のあるのはセガマ地区の Silam 地域に分布する Chert-Spilite Formation の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胚胎が予想されるキプロス型含銅塊状硫化物鉱体であると考えられる。

第2年次にセガマ及びセムボルナ地区で鉱徴地調査及び各種室内試験・化学分析を行った結果、セガマ地区でキプロス型含銅塊状硫化物鉱体の示徴と思われる鉱徴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属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方法で調査を行うことを提言する。

次に第2年次の調査結果から近い将来まずセムボルナ地区で金属鉱床を対象に次の調査・探鉱を行うことを提言する。

- (1) Mantri 地域及び Nagos 地域の鉱化帯の下部をボーリングにより探鉱する。
- (2) 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碎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。次に熱水変質帯で第2年次にセムボルナ地区で行ったのと同じ各種室内試験・化学分析及び土壌地化探を行う。

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-Spilite 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。

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1年次調査の結論と提言	1
1-2-1 第1年次調査の結論	1
1-2-2 第1年次調査の提言	2
1-3 第2年次調査の概要	2
1-3-1 調査地域	2
1-3-2 調査目的	2
1-3-3 調査団の編成	2
1-3-4 調査方法及び結果	3
1-3-5 調査期間	16
第2章 調査地域の地理	23
2-1 地形及び水系	23
2-2 気候及び植生	29
第3章 一般知識	31
第4章 調査結果の総合検討	41
4-1 地質構造, 鉍化作用の特性と鉍化規制について	41
4-2 (期待鉍床) 賦存のポテンシャルについて	41
第5章 結論及び提言	43
5-1 結 論	43
5-2 提 言	43
第Ⅱ部 各 論	45
第1章 セガマ地区	45
1-1 調査方法	45
1-2 地 質	48

1-3 調査結果	52
1-5 考 察	75
第2章 セムボルナ地区	76
2-1 調査方法	76
2-2 地 質	85
2-3 調査結果	95
2-4 鉍石分析結果	145
2-5 考 察	149
第Ⅲ部 結論及び提言	151
第1章 結 論	151
第2章 提 言	152
2-1 第3年次調査への提言	152
2-2 将来への提言	152
REFERENCES	155

ILLUSTRATIONS

Figures:

- Figure 1 Location Map of the Survey Area
- Figure I-1 Location Map of the Survey Area
- Figure I-2 Physiographic Sub-regions of Sabah
- Figure I-3 Geological Map of Sabah, Brunei, and Part of Sarawak
- Figure I-4 Stratigraphy of Sabah
- Figure II-1-1 Geologic Map with Locality of Mineral Occurrence
of Silam Area, Segama-Darvel Bay Region, Sabah
- Figure II-1-2 Sample Locality Map with Geology
of Segama-Darvel Bay Region, Sabah
- Figure II-1-3 Geological Sketch Map of the Upper Segama
Valley-Darvel Bay Area
- Figure II-1-4 Sketch of S-7 Outcrop
- Figure II-1-5 Sketch of S-9 Outcrop
- Figure II-1-6 Sketch of S-21 Outcrop
- Figure II-1-7 Q-Kf-Pl Trigonal Diagram of Altered Mafic Rock
in Segama-Darvel Bay Region
- Figure II-1-8 Na₂O+K₂O-SiO₂ Diagram of Altered Mafic Volcanic Rock
in Segama-Darvel Bay Region
- Figure II-1-9 FeO+Fe₂O₃-Na₂O+K₂O-MgO Trigonal Diagram
(MFA Diagram) of Altered Mafic Volcanic Rock
in Segama-Darvel Bay Region
- Figure II-2-1 Geologic Map with Locality of Mineral Occurrence
of Bt. Mantri Area, Semporna Peninsula Region, Sabah
- Figure II-2-2 Geologic Map with Locality of Mineral
Occurrence of G. Wullersdorf Area,
Semporna Peninsula Region, Sabah

- Figure II-2-3 Geologic Map with Locality of Mineral Occurrence of G. Pock Area, Semporna Peninsula Region, Sabah
- Figure II-2-4 Geologic Map with Locality of Mineral Occurrence of G. Nagos Area, Semporna Peninsula Region, Sabah
- Figure II-2-5 Sample Locality Map with Geology of Mantri-Wullersdorf Area, Semporna Peninsula Region, Sabah
- Figure II-2-6 Sample Locality Map with Geology of G. Pock and G. Nagos Areas, Semporna Peninsula Region, Sabah
- Figure II-2-7 Geological Sketch Map of the Wullersdorf Area
- Figure II-2-8 Cenozoic Volcanoes, Semporna Peninsula
- Figure II-2-9 Sketch of M-4 Outcrop
- Figure II-2-10 Sketch of M-16 Outcrop
- Figure II-2-11 Sketch of M-19 Outcrop
- Figure II-2-12 Sketch of M-20 Outcrop
- Figure II-2-13 Sketch of M-22 Outcrop
- Figure II-2-14 Sketch of M-23 Outcrop
- Figure II-2-15 Sketch of M-25 Outcrop
- Figure II-2-16 Sketch of M-27 Outcrop
- Figure II-2-17 Route Map of the Mantri Area
- Figure II-2-18 Route Map of the Area between Mantri and Wullersdorf
- Figure II-2-19 Sketch of W-4 Outcrop
- Figure II-2-20 Sketch of P-10 Outcrop
- Figure II-2-21 Sketch of P-13 Outcrop
- Figure II-2-22 Sketch of N-1 Outcrop
- Figure II-2-23 Sketch of N-3 Outcrop
- Figure II-2-24 Sketch of N-4 Outcrop
- Figure II-2-25 Sketch of N-10 Outcrop
- Figure II-2-26 Route Map of the Nagos Area

- Figure II-2-27 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ Diagram of Andesite, Andesitic Tuff and Basalt in Semporna Peninsula Region
- Figure II-2-28 $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}$ Trigonal Diagram (MFA Diagram) of Andesite, Andesitic Tuff and Basalt in Semporna Peninsula Region
- Figure II-2-29 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri Area (M-Q-1, M-Q-3, M-Q-4)
- Figure II-2-30 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri Area (M-Q-5, M-Q-6, M-Q-8)
- Figure II-2-31 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri Area (M-Q-9, M-Q-10A, M-Q-10B)
- Figure II-2-32 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri Area (M-Q-12, M-Q-13, M-Q-14)
- Figure II-2-33 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Mantri and Wullersdorf Areas (M-Q-16, W-Q-2)
- Figure II-2-34 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Pock Area (P-Q-2, P-Q-4, P-Q-5)
- Figure II-2-35 Homogenization Temperature of Fluid Inclusions in Quartz from the Nagos Area (N-Q-2, N-Q-4)

Tables:

- Table I-1 Quantity of the Survey
- Table I-2 Result of Investigation of Localities of Mineral Occurrence in Segama-Darvel Bay and Semporna Peninsula Regions
- Table I-3 List of Samples taken in Segama-Darvel Bay and Semporna Regions
- Table I-4 Statistics of Temperature and Rainfall

Table II-1-1	List of Samples taken in Segama-Darvel Bay Region
Table II-1-2	Stratigraphy of the Upper Segama Valley- Darvel Bay Region
Table II-1-3	Result of Investigation of Localities of Mineral Occurrence in Silam Area, Sigama-Darvel Bay Region
Table II-1-4	Result of K-Ar Dating of Rock Samples taken in Segama-Darvel Bay Region
Table II-1-5	Assay Result and C.I.P.W. Norm of Rock Samples taken in Segama Darvel Bay Region
Table II-1-6	Result of Microscopic Observation of Thin Sections of Rock Samples taken in Segama-Darvel Bay Region
Table II-1-7	Result of Microscopic Observation of Polished Sections of Ore Samples taken in Segama-Darvel Bay Region
Table II-1-8	List of Assay Result of Ore Samples taken in Segama- Darvel Bay Region
Table II-2-1	List of Samples taken in Semporna Peninsula Region
Table II-2-2	Stratigraphy of the Wullersdorf Area
Table II-2-3	Stratigraphy of the Gunung Pock Area
Table II-2-4	Result of Investigation of Localities of Mineral Occurrence in Semporna Peninsula Region
Table II-2-5	Result of K-Ar Dating of Rock Samples taken in Semporna Peninsula Region
Table II-2-6	Assay Result of Rock Samples taken in Semporna Peninsula Region
Table II-2-7	Calculation Result of C.I.P.W. Norm from Assay Result of Rock Samples taken in Semporna Peninsula Region
Table II-2-8	Result of Microscopic Observation of Thin Sections of Rock Samples taken in Semporna Peninsula Region
Table II-2-9	Result of Microscopic Observation of Polished Sections of Ore Samples taken in Semporna Peninsula Region
Table II-2-10	Result of X-ray Diffraction of Hydrothermally Altered Host Rock in Semporna Peninsula Region

Table II-2-11 List of Assay Result of Ore Samples taken
in Semporna Peninsula Region

Plates:

- Plate -1 Distant view of the S-7 outcrop
- Plate -2 Chromite ore at the S-7 outcrop
- Plate -3 Orebody at the S-9 outcrop
- Plate -4 Metabasalt near the S-9 outcrop
- Plate -5 Orebody at the S-21 outcrop
- Plate -6 Amphibolite at the S-16 locality
- Plate -7 Serpentinite at the quarry about 7 km west
of Silam Harbour
- Plate -8 Metagabbro at the old quarry about 9 km west
of Silam Harbour
- Plate -9 Distant view of Mt. Silam (2,898 feet)
- Plate -10 Hydrothermally altered rock at the M-2 locality
- Plate -11 Limonite-secondary hematite-bearing quartz veinlet
at the M-3 outcrop
- Plate -12 Gold-limonite-hematite-bearing quartz vein
at the M-4 outcrop
- Plate -13 Pyrite-limonite-hematite-bearing quartz vein
at the M-16 outcrop
- Plate -14 Quartz vein at the M-18 outcrop
- Plate -15 Gold-hematite-bearing quartz veinlet
at the M-19 outcrop
- Plate -16 Gold-lead-limonite-hematite-bearing quartz veinlet
at the M-20 outcrop
- Plate -17 Hematite-limonite-bearing quartz lens
at the M-21 outcrop
- Plate -18 Gold-hematite-limonite-bearing quartz vein
at the M-22 outcrop

- Plate -19 Gold-hematite-limonite-bearing quartz vein
at the M-23 outcrop
- Plate -20 Hematite-limonite-bearing quartz veinlet
at the M-25 outcrop
- Plate -21 Hematite-limonite-bearing quartz vein
at the M-26 outcrop
- Plate -22 Hematite-limonite-bearing quartz vein
at the M-27 outcrop
- Plate -23 Hematite-limonite-bearing quartz vein
at the M-28 outcrop
- Plate -24 Limonite-hematite-bearing quartz network at the trench
about 130 m south of M-28 outcrop
- Plate -25 Pale purplish gray hydrothermally altered andesitic tuff
at the trench near the M-23 outcrop
- Plate -26 Trachy andesite at the M-17 locality
- Plate -27 Drilling site of the No. 5 hole (Longyear 38)
in the Mantri area
- Plate -28 Upper camp of Wullersdorf Services Sdn. Bhd.
in the Mantri area
- Plate -29 Base camp of Wullersdorf Services Sdn. Bhd.
in the Mantri area
- Plate -30 Quartz-clay mineral-pyrite vein at the W-4 outcrop
- Plate -31 Hematite-limonite-bearing quartz vein
- Plate -32 Mudstone and tuff of the Kalumpang Formation about 1.5 km
northeast of Mt. Wullersdorf
- Plate -33 Hydrothermally altered andesitic agglomerate (gray)
and tuff (white) at the road-cut about 6.5 km south-southeast
of Mt. Wullersdorf
- Plate -34 Distant view of Mt. Wullersdorf from Tawau-Kunak road
- Plate -35 Quartz-pyrite-clay mineral vein at the P-10 outcrop
- Plate -36 Pyrite-sphalerite-galena-quartz-clay mineral vein
at the P-13 outcrop

- Plate -37 Distant view of the P-14 and P-15 outcrops
- Plate -38 Andesitic agglomerate near the P-3 locality
- Plate -39 Andesite at the P-4 locality
- Plate -40 Andesitic agglomerate at the P-5 locality
- Plate -41 Mt. Pock and the Timbangan R. dam
- Plate -42 Clay mineral-bearing quartz vein at the N-1 outcrop
- Plate -43 Hematite-limonite-bearing quartz vein
at the N-3 outcrop
- Plate -44 Hydrothermally altered andesitic tuff
near the N-3 outcrop
- Plate -45 Quartz-hematite-limonite-clay mineral vein
at the N-4 outcrop
- Plate -46 Limonite-hematite-clay mineral-bearing quartz vein
at the N-5 outcrop
- Plate -47 Hematite-limonite-bearing quartz network
at the N-8 outcrop
- Plate -48 Limonite-bearing quartz-clay mineral vein
at the N-10 outcrop
- Plate -49 Gold-limonite-hematite-bearing quartz vein
at the N-12 outcrop
- Plate -50 Hematite-limonite-bearing quartz-clay mineral vein
at the N-13 outcrop
- Plate -51 Eastern Ridge of the Mt. Nagos
- Plate -52 Nagos Peak and Bajau Ridge (foreground)
- Plate -53 Microscopic picture of thin section of sample M-T-1
- Plate -54 Microscopic picture of thin section of sample M-T-5
- Plate -55 Microscopic picture of thin section of sample M-T-6
- Plate -56 Microscopic picture of thin section of sample M-T-8
- Plate -57 Microscopic picture of thin section of sample M-T-9
- Plate -58 Microscopic picture of thin section of sample M-T-10
- Plate -59 Microscopic picture of thin section of sample M-T-11

Plate -60	Microscopic picture of thin section of sample M-T-12
Plate -61	Microscopic picture of thin section of sample M-T-14
Plate -62	Microscopic picture of thin section of sample M-T-15
Plate -63	Microscopic picture of thin section of sample W-T-2
Plate -64	Microscopic picture of thin section of sample W-T-3
Plate -65	Microscopic picture of thin section of sample W-T-5
Plate -66	Microscopic picture of thin section of sample W-T-8
Plate -67	Microscopic picture of thin section of sample P-T-1
Plate -68	Microscopic picture of thin section of sample P-T-2
Plate -69	Microscopic picture of thin section of sample P-T-3
Plate -70	Microscopic picture of thin section of sample P-T-4
Plate -71	Microscopic picture of thin section of sample P-T-5
Plate -72	Microscopic picture of thin section of sample P-T-6
Plate -73	Microscopic picture of thin section of sample P-T-7
Plate -74	Microscopic picture of thin section of sample P-T-9
Plate -75	Microscopic picture of thin section of sample P-T-11
Plate -76	Microscopic picture of thin section of sample P-T-12
Plate -77	Microscopic picture of thin section of sample P-T-13
Plate -78	Microscopic picture of thin section of sample P-T-14
Plate -79	Microscopic picture of thin section of sample P-T-15
Plate -80	Microscopic picture of thin section of sample N-T-2
Plate -81	Microscopic picture of thin section of sample N-T-4
Plate -82	Microscopic picture of thin section of sample S-T-1
Plate -83	Microscopic picture of thin section of sample S-T-8
Plate -84	Microscopic picture of thin section of sample S-T-10
Plate -85	Microscopic picture of thin section of sample S-T-11
Plate -86	Microscopic picture of thin section of sample S-T-12
Plate -87	Microscopic picture of thin section of sample S-T-13
Plate -88	Microscopic picture of thin section of sample S-T-16

Plate -89	Microscopic picture of thin section of sample S-T-17
Plate -90	Microscopic picture of thin section of sample S-T-18
Plate -91	Microscopic picture of thin section of sample S-T-19
Plate -92	Microscopic picture of thin section of sample S-T-20
Plate -93	Microscopic picture of polished section of sample S-P-1
Plate -94	Microscopic picture of polished section of sample S-P-3
Plate -95	Microscopic picture of polished section of sample S-P-4
Plate -96	Microscopic picture of polished section of sample S-P-5
Plate -97	Microscopic picture of polished section of sample S-P-6
Plate -98	Microscopic picture of polished section of sample S-P-8
Plate -99	Microscopic picture of polished section of sample S-P-9
Plate -100	Microscopic picture of polished section of sample S-P-9
Plate -101	Microscopic picture of polished section of sample S-P-10
Plate -102	Microscopic picture of polished section of sample S-P-13
Plate -103	Microscopic picture of polished section of sample S-P-13
Plate -104	Microscopic picture of polished section of sample M-P-2
Plate -105	Microscopic picture of polished section of sample M-P-2
Plate -106	Microscopic picture of polished section of sample M-P-2
Plate -107	Microscopic picture of polished section of sample M-P-4
Plate -108	Microscopic picture of polished section of sample M-P-5
Plate -109	Microscopic picture of polished section of sample W-P-1
Plate -110	Microscopic picture of polished section of sample W-P-2
Plate -111	Microscopic picture of polished section of sample W-P-3
Plate -112	Microscopic picture of polished section of sample P-P-1
Plate -113	Microscopic picture of polished section of sample P-P-5
Plate -114	Microscopic picture of polished section of sample P-P-5
Plate -115	Microscopic picture of polished section of sample P-P-6
Plate -116	Microscopic picture of polished section of sample P-P-6
Plate -117	Microscopic picture of polished section of sample P-P-6

第 I 部 総 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鉱物資源賦存の可能性を評価するため、鉱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鉱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、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。

1-2 第1年次調査の結論と提言

1-2-1 結 論

既存資料を調べた限りでは、サバ州で最もベースメタルの鉱床賦存の可能性のあるのは、1982年ボーリングにより発見されて以来試錐探鉱が行われ、現在フィーズビリティ・スタデーを実施中のサバ州中央部の Bidu Bidu Hills地域の West-Sualogのキプロスタイプ含銅塊状硫化物鉱床と同タイプの鉱床と考えられる。West-Sualog 鉱床は白亜紀-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おり、鉱体の下盤は玄武岩、上盤は頁岩である。Chert-Spilite Formation はサバ州に比較的広く分布しているので、Chert-Spilite Formation に属するオフィオライト質岩石に伴った West-Sualogタイプの塊状硫化物鉱床の賦存の可能性は未だあると思う。

次に可能性のあるのは、斑岩銅鉱床タイプの鉱床と考える。Mamut 鉱床周辺のKinabalu地域では、斑岩銅鉱床の探鉱がかなり行われたが、その他の地域ではあまり行われていない。Kinabalu地域に次いで斑岩銅鉱床タイプの鉱床賦存の可能性のあるのはSemporna半島のPock山及びMantri山-Wullersdorf山の両地域と考える。これら両地域では斑岩銅鉱床そのものの露頭はないが、亜鉛-鉛-銅-石英よりなる細脈～微細脈が珪化された鮮新世の石英安山岩及び安山中にみられる。Pock山地域では微花崗岩が石英安山岩中に貫入している。石英安山岩及び安山岩には珪化作用の他、緑泥石化、緑簾石化、炭酸塩化、絹雲母化、黄鉄鉱化、カオリン化などの熱水変質作用がみられる。

緑泥石、緑簾石、炭酸塩鉱物の鉱物組み合わせは緑泥石、緑簾石、炭酸塩鉱物、氷長石、曹長石よりなり、斑岩銅鉱床に伴う熱水変質帯のうちの最も外側に発達しているPropylitic帯、石英、カオリン、緑泥石の鉱物組み合わせはPropylitic帯の内側に発達するArgillic帯、石英、絹雲母、黄鉄鉱の組み合わせはPropylitic帯及びArgillic帯の内側に発達する Phyllic帯を示唆している可能性がある。

鉛-亜鉛-銅-石英よりなる細脈～微細脈は黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、金、銀よりなり、斑岩銅鉱床の周辺部の最も外側に発達する鉱脈帯あるいはその内側の細脈帯に相当する可能性がある。

以上から、斑岩銅鉱床は関連する貫入岩とともに潜頭している可能性があり、亜鉛・鉛・銅の鉱化作用及び熱水変質作用は潜頭する斑岩銅鉱床の上部或いは周辺の徴候を示唆しているのではないかと考えられる。

1-2-2 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、同一基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-Spilitic Formationの分布している地域及びSemporna半島Pock山周辺・Mantri-Wullersdorf山地域が有望と推察される。

1-3 第2年次調査の概要

1-3-1 調査地域 (Fig. I-1 参照)

第2年次(平成3年度)の調査はFig. I-1に示すセガマ地区及びセムボルナ地区で行われた。

1-3-2 調査目的

本調査はマレーシア国サバ州セガマ地区及びセムボルナ地区内に分布する鉱徴地の地質及び鉱化作用の実態を把握することにより、両地区内の鉱化作用の特性を明らかにし、両地区内の鉱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

(I) 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 Geologist, Geological Survey of Malaysia, Sabah

日本側

升田 健 蔵 金属鉱業事業団

(2) 現地調査団

マレーシア側

Lim Peng Siong Coordinator, Geological Survey of Malaysia

Alexander Yan Sze Wah Chief of Counterpart, Geological Survey of Malaysia

Jadda Bin Suhaimi Counterpart, Geological Survey of Malaysia

日本側

松 橋 秀 郎 海外鉱物資源開発株式会社

1-3-4 調査方法及び結果

第2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。

Table I-1 Quantity of the Survey

Contents of the survey	Quantity
[Investigation of locality of mineral occurrence]	55 localities
[Indoor experiments · chemical analyses]	
1. K-Ar Age determination	20 samples
2. Chemical analysis of rock	
(A) Semporna region (19 constituents: SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI, Ag, Au, Cu, Mo, Pb, S, Zn)	29 samples (551 constituents)
(B) Segama region (19 constituents: SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , LOI, Ag, Au, Co, Cr, Cu, Ni, S)	11 samples (209 constituents)
3. Microscopic observation of thin section of rock	40 samples
4. Chemical analysis of ore	
(A) Semporna region (7 constituents: Ag, Au, Cu, Mo, Pb, S, Zn)	42 samples (294 constituents)
(B) Segama region (9 constituents: Ag, Au, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pt, S)	8 samples (72 constituents)
5. Microscopic observation of polished section of ore	
6. X-ray diffraction examination	40 samples
7. Measurement of homogenization temperature of fluid inclusion in quartz	20 samples

(1) 鉍徴地調査

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態を把握し、調査地域内の鉍化作用の特性を解明するために、セガマ地区において9鉍徴地、セムボルナ地区においては含金石英脈又は網状脈が賦存しているかも知れない46鉍徴地（Mantri地域19, Wullersdorf 地域4, Pock地域9, Nagos 地域14）、計55鉍徴地を調査した。

地区毎の鉍徴地の調査結果は次の通りである。

(A) セガマ地区

調査結果はTable I-2に要約されている。また鉍徴地の位置及び鉍徴地付近の地質は巻末のFig. II-1-1に示されている。

Silam 地域の海岸及びDarvel湾内の小島にみられる蛇紋岩化せる超苦鉄質岩中に胚胎したクロム鉄鉍徴体は何れも規模が小さいようである。

Silam 港南の小島にみられる Chert-spilite Formationのスプライト中の4鉍徴地は鉍物組合せ・母岩などからキプロス型の含銅硫化物塊状鉍体の下部に伴われるストックワーク鉍体の示徴と考えられる。

(B) セムボルナ地区

調査結果はTable I-2に要約されている。また鉍徴地の位置及び鉍徴地付近の地質は巻末のFig. II-2-1, Fig. II-2-2, Fig. II-2-3及びFig. II-2-4に示されている。

調査した鉍徴地はMantri地域19, Wullersdorf 地域4, Pock地域9, Nagos 地域14, 系46鉍徴地である。

調査した4地域でみられる鉍床は第三紀中新世-鮮新世の火山活動に関係した熱水溶液からもたらされた浅熱水成の含金・硫化物石英脈及び石英網状脈で、硫化物（大部分が黄鉄鉍）の大部分は天水による酸化作用を受けて褐鉄鉍及び赤鉄鉍に変わっている。

調査した鉍徴地のうち、金が1.0t/t以上含まれている鉍徴地はMantri地域の6鉍徴地（Au 1.16~3.42g/t）と Nagos地域のN-12鉍徴地（Au 1.18g/t）である。

さらに1オンス/t以上の銀が含まれているのがMantri地域のM-10鉍徴地（Ag 53.4g/t）、鉛または亜鉛が0.5%以上含まれているのがMantri地域のM-6鉍徴地（Zn 0.70%）、M-20鉍徴地（Pb 1.02%）、M-29鉍徴地（Pb 0.86%）及びPock地域のP-13鉍徴地（Pb 0.74%及びZn 2.38%）である。

以上の如く、金または鉛/亜鉛を低品位ながら比較的多く含む鉍徴地はMantri地域に集中している。

金を含む石英脈または網状脈をなす石英脈の脈巾は単独脈で0.2~1.5m程度、網状脈をなす細脈は1~6cmで非常に細い。

石英脈及び石英網状脈が胚胎している裂かば、比較的脈幅の広い脈は破碎帯に、それ以外は節理に、網状脈をなす細脈は節理に沿って胚胎している。

脈の走行は北東方向及び北～北北西方向が多く、東西方向がこれに次いでいるが、地域別にみると、Mantri地域では北東方向が、Nagos 地域では北～北北西方向が卓越している。

Lim (1981)及び Lee (1988)によると Wullersdorf及びPock地域には北東、南北及び北西方向の断層が発達している。

母岩の熱水変質作用としては、4地域ともに珪化作用が最も強く、ついでMantri地域では粘土化作用（絹雲母化作用、カオリン化作用）、カリ長石化作用および黄鉄鉱化作用、Wullersdorf 南東部及びPock地域ではプロピライト化作用（緑泥石化作用、曹長石化作用、炭酸塩化作用、黄鉄鉱化作用）及び絹雲母化作用、Nagos 地域では粘土化作用（カオリン化作用、絹雲母化作用、モンモリロナイト化作用）及び明ばん化作用を蒙っている。

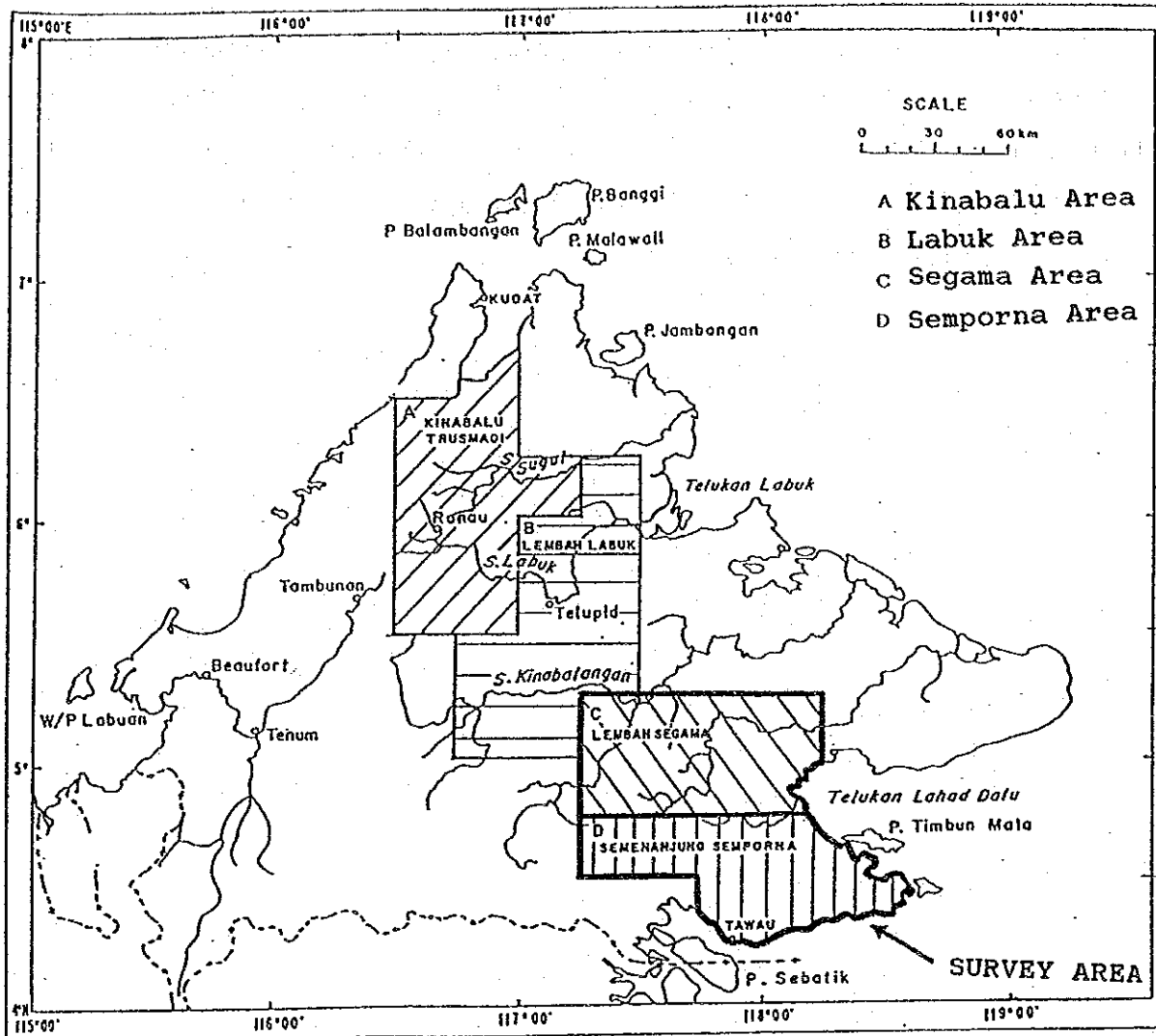


Figure I-1 Location Map of Survey Area

Table I-2 Result of Investigation of Localities of Mineral Occurrence in Segama-Darvel Bay and Semporna Peninsula Regions

Region	Area	Location	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Scale (m)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Nature of Vein Fissure
Segama	Silam	S-1	chromite	lenticular	N60°W-70°N	L=0.6, W=0.17	serpentinite	serpentinization	
"	"	S-5	chromite	lenticular & banded		L=0.15, T=0.15	serpentinite	serpentinization	
"	"	S-6	chromite	lenticular & banded	N25E	L=0.25, W=0.12	serpentinite	serpentinization	
"	"	S-7	chromite	lenticular & banded		L=4.0, T=2.0	serpentinite	serpentinization	
"	"	S-8	chromite	banded		H=1.0+, W=0.2	serpentinite	serpentinization	
"	"	S-9	mal, az, cc, qz, cal	lenticular or vein	N40°E-60°SE	L=0.8, W=0.07	metabasalt	albitization, chloritization, epidotization	
"	"	S-19	lim	lenticular or vein	N25°E-90°	L=1.6+, W=0.35	metabasalt	albitization, chloritization, epidotization	
"	"	S-20	qz+lim	vein	N20°E-54°W	L=1.7, W=0.02~0.05	metabasalt	albitization, chloritization, epidotization	joint
"	"	S-21	qz+py·cp·mal	vein	N27°E-56°W	L=5.0, W=0.01~0.18	metabasalt	albitization, chloritization, epidotization	joint
Semporna	Mantri	M-1	qz+lim	vein	N18°E-52°E	H=2.0+, W=0.2	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	joint
"	"	M-3	qz·lim·hm	network		W=0.06	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization (sericitization)	joint
"	"	M-4	qz+lim·hm	vein	N5°W-90°	H=1.5+, W=0.25	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization kaolinization	brecciated zone
"	"	M-6	qz+py·sp	lenticular		L=0.35, W=0.08	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	
"	"	M-8	qz·lim	vein	N75°E-45°S	H=2.0+, W=0.06	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	joint
"	"	M-10	qz+lim·hm	vein	N75°E-65°N	L=4.0+, W=0.05~0.1	hydrothermally altered trachy andesite	silicification, sericitization, kaolinization	joint
"	"	M-16	qz+py·lim·hm	vein & network	N80°W-80°N	H=2.0+, W=0.4~0.5	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	joint
"	"	M-18	qz	vein & network	N82°W-70°S	L=4.0+, W=0.02~0.1	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	joint
"	"	M-19	qz	vein & network	N42°E-70°W	H=2.0+, W=0.02~0.06	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization (kaolinization)	joint
"	"	M-20	qz+lim·hm·gn	network		H=2.0+, W=0.01~0.05	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization (kaolinization)	joint
"	"	M-21	qz+hm·lim	lenticular & network		W=0.05	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization (kaolinization)	joint
"	"	M-22	qz+hm·lim	vein	N5°E-80°E	H=1.2+, W=0.2~0.25	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization (kaolinization)	joint
"	"	M-23	qz+hm·lim	vein	N43°E-90°	H=3.0+, W=0.8~1.0	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	brecciated zone
"	"	M-24	qz+hm·lim	vein	N22°W-85°N	H=1.0+, W=0.5	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	joint

Region	Area	Location	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Scale (m)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Nature of Vein Fissure
Semporna	Mantri	M-25	qz+hm·lim	network	N40°E·90°	H=2.0+, W=0.04	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization, kaolinization	joint
"	"	M-26	qz+hm·lim	vein	N64°E·68°S	H=2.0+, W=0.12~0.3	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization, kaolinization	brecciated zone
"	"	M-27	qz+hm·lim	vein & network	N40°E·63°E	H=2.0+, W=0.1~0.15	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization	joint
"	"	M-28	qz+hm·lim	vein	N35°E·90°	H=2.0+, W=1.5	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization, kaolinization	brecciated zone
"	"	M-29	qz+hm·gn	vein	N65°E·70°S	H=2.0+, W=0.02~0.08	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization, (sericitization)	joint
"	Wullersdorf	W-1	py	dissemination			propylite	silicification, chloritization, albitization, (sericitization)	
"	"	W-3	py	dissemination	N73°E	W=1.4	propylite	silicification, albitization, chloritization, sericitization	
"	"	W-4	qz·py·cm	vein & dissemination	N72°E·90°	W=0.6	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	brecciated zone
"	"	W-11	qz+hm·lim	vein	E-W	L=5.0+, W=2.5	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization, kaolinization	brecciated zone
"	Pock	P-10	qz·py·cm	vein	N20°E·60°W	L=1.4+, W=0.25	hydrothermally altered rock	silicification, chloritization, sericitization	joint
"	"	P-13	qz·py·sp·gn·cm	vein	N14°W·90°	H=0.6+, W=0.05~0.08	propylite	silicification, chloritization, sericitization	joint
"	"	P-14	qz+lim	network & massive			strongly silicified rock	silicification (sericitization)	joint
"	"	P-15	qz+lim·hm	vein & network	N50°E·90°	H=2.5+, W=0.35	strongly silicified rock	silicification (sericitization)	joint
"	"	P-16	qz+lim·hm·cm	lenticular		H=0.6, W=0.35	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization	
"	"	P-20	qz·py·cm	vein	N66°E·85°N	H=1.7+, W=0.2~0.3	propylite	silicification, chloritization, sericitization	joint
"	"	P-21	qz·lim·py	lenticular		H=0.8, W=0.4	propylite	silicification, albitization, chloritization	
"	"	P-22	qz	vein	N32°W·90°	L=2.0+, W=0.06	propylite	silicification, albitization, chloritization, sericitization	joint
"	"	P-23	qz+py·lim	vein	N4°W·74°E	H=0.8+, W=0.2~0.25	propylite	silicification, albitization, chloritization, sericitization	joint
"	Nagos	N-1	qz+cm	vein	N10°W·90°	L=2.5+, W=1.3	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	joint
"	"	N-2	qz·hm·lim	vein	N33°E·48°E	L=2.0+, W=0.15	hydrothermally altered rock	silicification, sericitization, kaolinization	joint
"	"	N-3	qz+hm·lim	vein	N80°W·70°S	H=1.6+, W=0.6	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, sericitization, kaolinization	joint
"	"	N-4	qz·hm·lim	vein	N14°W·90°	H=2.0+, W=4.0	hydrothermally altered rock	silicification	brecciated zone
"	"	N-5	qz+lim·hm·cm	vein	N20°W·90°	H=4.0+, W=3.0	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	brecciated zone

Region	Area	Location	Mineral Assemblage	Occurrence	Strike & Dip	Scale (m)	Host Rock	Alteration of Host Rock	Nature of Vein Fissure
Semporna	Nagos	N-6	qz·cm	vein	N4°W·47°E	H=2.0+, W=7.0	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	brecciated zone
"	"	N-7	qz·cm	lenticular		H=1.2, W=0.35	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	
"	"	N-8	qz+hm·lim	network		4.0 (L) × 3.0 (W) × 2.0 (H)	strongly silicified rock	silicification	joint
"	"	N-9	qz+hm·lim·cm	network		L=4.5, W=1.5	hydrothermally altered rock	silicification, alunization, kaolinization	joint
"	"	N-10	qz·cm+lim	vein	N4°W·70°E	H=3.0+, W=0.55	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, alunization, kaolinization	fault
"	"	N-11	qz+lim·hm·py	network		W=4.0	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	joint
"	"	N-12	qz+lim·hm	network	N35°E·90°	W=1.5	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	joint
"	"	N-13	qz·cm+hm·lim	vein	N12°W·80°E	H=2.0+, W=1.25	hydrothermally altered rock	silicification, kaolinization	brecciated zone
"	"	N-14	qz·cm+hm·lim	vein	N12°W	H=1.0+, W=0.5	hydrothermally altered andesitic tuff	silicification, kaolinization	brecciated zone

Abbreviations:

mal : malachite, az : azurite, qz : quartz, cal : calcite, py : pyrite, cp : chalcopyrite
lim : limonite, hm : hematite (secondary), sp : sphalerite, gn : galena, cc : chalcocite, cm : clay mineral
L : horizontal length, T : thickness, H : vertical height, W : width

(2) 試料採取

後記の各種室内試験・分析を行うために調査した各鉱徴地の鉱石、母岩、熱水変質岩、石英及び変質していない各地域の代表的火成岩を採取した。採取試料の内訳は次の通りであり、詳細はTable I-3に示してある。

i) 年代測定 (K-Ar法) 用火成岩試料 (20試料)

セガマ地区でOphiolite Series中の変玄武岩1ヶ、変安山岩1ヶ、変斑れい岩2ヶ、セムボルナ地区のMantri-Wullersdorf地域で玢岩1ヶ、粗面安山岩1ヶ、安山岩2ヶ、安山岩質凝灰岩2ヶ、玄武岩1ヶ及び強珪化岩1ヶ、Pock地域で閃緑岩1ヶ、玢岩1ヶ及び安山岩6ヶを採取した。

ii) 全岩化学分析用岩石試料 (40試料)

年代測定用に採取した20試料と同じものの他に主要鉱徴地の代表的母岩を20試料、計40試料採取した。

iii) 岩石薄片作成用岩石試料 (40試料)

全岩化学分析用に採取したのと同じものを採取した。

iv) 化学分析用鉱石試料 (50試料)

調査した55鉱徴地 (セガマ地区9, セムボルナ地区46) のうちの47鉱徴地 (セガマ地区7, セムボルナ地区40) で50試料 (セガマ地区10, セムボルナ地区40) 採取した。

v) 鉱石研磨片作成用鉱石試料 (30試料)

化学分析用に採取した50試料のうち、代表的とみられるもの30試料と同じものを鉱石研磨片作成用試料として採取した。

vi) X線回折試験用熱水変質岩試料 (40試料)

セムボルナ地区において鉱徴地又はその近くの熱水変質せる母岩を採取した。

vii) 流体包有物試験用石英試料 (20試料)

セムボルナ地区の46鉱徴地のうち、20鉱徴地の石英脈から、一般に流体包有物を多く含むとされているなるべく透明に近い結晶質の石英を採取した。

viii) 標本用岩石及び鉱石試料 (40試料)

上記各種室内試験・分析に供するために採取した240試料のうち、代表的な岩石及び鉱石の標本として同じものを40試料採取した。

(3) 室内試験・化学分析

(A) セガマ地区

i) K-Ar年代測定

測定結果は第II部のTable II-1-4に示す如く、変斑れい岩が $158 \pm 30\text{Ma}$ (ジュラ紀後期) 及び $210 \pm 20\text{Ma}$ (ジュラ紀初期), Chert-Spilitic Formation中の変塩基性火山岩が $55.8 \pm 28.3\text{Ma}$ (古第三紀暁新世) 及び $67.5 \pm 19.9\text{Ma}$ (白亜紀後期) を示した。変斑れい岩の年代

はCrystalline Basementの緑簾石角閃岩(140 ± 20 Ma), トーナライト(150 ± 6 Ma), ホルンフェルス(160 ± 8 Ma) 及びトーナライト(210 ± 3 Ma) の年代とほぼ同じである。

ii) 岩石試料全岩分析

採取した岩石試料11ケの全岩分析値及びこれより計算したC. I. P. W. ノルムは第II部のTable II-1-5に示されている。

変塩基性火山岩3試料の全岩分析値の SiO_2 及び $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ を $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ ダイアグラム上にプロットすると第II部のFig. II-1-8の如くとなり、久野によるアルカリ岩と非アルカリ岩との境界線付近に位置していることが判った。次に同じ3試料の全岩分析値の $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, Na_2O 及び K_2O 及び MgO をMFA三角ダイアグラム上にプロットすると、第II部のFig. II-1-9の如くとなり、3試料ともカルクアルカリ岩系列に属していることが判った。

iii) 岩石顕微鏡観察

全岩化学分析に供した岩石試料11ケの薄片を作成し、顕微鏡観察を行った。観察結果は第II部のTable II-1-6に示されている。

iv) 鉍石試料化学分析

採取した鉍石試料10ケの化学分析結果は第II部のTable II-1-8に示されている。クロム鉄鉍鉍石にはかなりのクロムが含まれている。(19.32~32.42% Cr)以外にキプロス型含硫化鉄のS-9露頭の鉍石には銅が6.54%含まれている。

v) 鉍石試料顕微鏡観察

化学分析に供した鉍石試料10ケの研磨変を作成し、反射顕微鏡観察を行った。

観察結果は第II部のTable II-1-7に示されている。

クロム鉄鉍鉍体の5露頭の鉍石鉍物はすべてクロム鉄鉍である。キプロス型含銅硫化鉍の鉍石鉍物は孔雀石、輝銅鉍、黄銅鉍及び銅藍よりなっている。

(B) セムボルナ地区

i) K-Ar年代測定

Mantri, Wullersdorf 及びPock地域で採取した岩石16試料の全岩によるK-Ar年代測定結果は第II部のTable II-2-5に示されている。Mantri地域のQuoin山の若い玄武岩(0.20 ± 0.12 Ma)を除くと、Mantri地域の安山岩及び安山岩凝灰岩の年代は $9.09 \pm 0.52 \sim 11.05 \pm 2.55$ Ma(中新世後期), Pock地域の安山岩の大部分は 7.75 ± 1.06 Ma(中新世後期)~ 13.3 ± 0.5 Ma(中新世中期), Wullersdorf 地域の中性貫入岩が 8.38 ± 0.70 Ma(中新世後期), Pock地域の中性貫入岩が 9.52 ± 0.23 Ma(中新世後期)及び 13.9 ± 3.1 Ma(中新世中期)を示し、地域及び岩種による年代の差はあまり認められなかった。

ii) 岩石試料全岩化学分析

Mantri, Wullersdorf, Pock 及び Nagosの4地域で採取した安山岩, 安山岩質凝灰岩, 粗面安山岩, 玄武岩, 玢岩, 熱水変質母岩など29ケの試料の全岩化学分析値及びこれより計算

したC. I. P. W. ノルムは第Ⅱ部のTable II-2-6及びTable II-2-7にそれぞれ示されている。これらのうち、変質していない Mantri 地域の安山岩及び安山岩質凝灰岩4試料、玄武岩1試料、Pock地域の安山岩6試料、及び Nagos地域の安山岩質凝灰岩1試料、計12試料の全岩分析値のうちSiO₂及びNa₂O+K₂OをNa₂O+K₂O-SiO₂ダイヤグラムにプロットすると、第Ⅱ部のFig. II-2-27の如くとなり、これらの岩石が久野(1966)による非アルカリ岩系列に属していることが判った。

次に同じ12試料のFeO+Fe₂O₃、Na₂O+K₂O及びMgOの値をMFA三角ダイヤグラム上にプロットすると第Ⅱ部のFig. II-2-28の如くとなり、Pock地域の安山岩はIrvine and Barager (1971)によるソレイト系列にMantri及び Nagos地域の安山岩及び安山岩質凝灰岩はカルクアルカリ系列に属することが判った。

iii) 岩石試料顕微鏡観察

全岩化学分析に供した29岩石試料の薄片を作成し、顕微鏡観察を行った。観察結果は第Ⅱ部のTable II-2-8に示されている。

iv) 鉱石試料化学分析

40鉱徴地、すなわちMantri地域19、Wullersdorf 4、Pock 7、Nagos 10で採取した鉱石試料40ヶの化学分析値は第Ⅱ部のTable II-2-11に示されている。

上記1-3-3-(1)-(B)に記載の如く、Mantri地域の6鉱徴地及び Nagos地域の1鉱徴地の露頭では低品位の金(1.16~3.42g/t)が含まれている他にMantri地域のM-10鉱徴地では銀が53.4g/t、Mantri 地域の3鉱徴地では鉛または亜鉛が少量(0.70~1.02% Pb or Zn)、Pock地域のP-13鉱徴地では低品位の鉛及び亜鉛(0.74% Pb and 2.38% Zn)が含まれている。

v) 鉱石試料顕微鏡観察

化学分析に供した鉱石試料40ヶのうち、20試料の研磨片を作成し、反射顕微鏡観察を行った。観察の結果は第Ⅱ部のTable II-2-9に示されている如く、Mantri及び Nagos地域の主成分鉱物はおもに石英、針鉄鉱及び二次生成赤鉄鉱よりなるのに対し、Pock及びWullersdorf 南東部地域の試料はおもに石英(または母岩)及び黄鉄鉱よりなっている。

随伴鉱物としてはMantri地域のM-P-2試料には少量の閃亜鉛鉱、微量の黄銅鉱、輝銅鉱、銅藍及び方鉛鉱、Wullersdorf 地域のW-P-1試料には微量の黄銅鉱、Pock地域のP-P-2試料には微量の閃亜鉛鉱、P-P-5試料には微量の黄銅鉱及び閃亜鉛鉱、P-P-6試料には微量の黄銅鉱が認められた。

vi) X線回折試験

鉱徴地及び鉱徴地近くの熱水変質岩40試料、すなわちMantri 18、Wullersdorf南東部4、Pock 10、Nagos 8、のX線回折試験結果は第Ⅱ部のTable II-2-10に示されている。

Table II-2-10から、鉱徴地及びその付近の熱水変質帯の鉱物組合せが地域により異なる

ることが判った。すなわち、Mantri地域の熱水変質鉱物組合せは多量の石英、多量～中量のカリ長石、中量～微量の絹雲母、カオリン及び黄鉄鉱、Wullersdorf 南東部及びPock地域では多量の石英、多量～中量の斜長石（曹長石）、中量の緑泥石、中量～微量の絹雲母及び少量～微量の黄鉄鉱、Nagos 地域では多量の石英、中量～少量のカオリン、多量～中量の明ばん石及び中量～微量のモンモリロナイトからなっている。

従ってMantri地域の鉱床母岩は中性乃至アルカリ性の熱水溶液による珪化作用、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を受けており、Wullersdorf 南東部及びPock地域では珪化作用、プロピライト化作用（緑泥石化作用、曹長石化作用、黄鉄鉱化作用）及び絹雲母化作用を受けている。一方 Nagos地域では酸性の熱水溶液による珪化作用、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）及び明ばん石化作用を受けている。

vii) 石英中の流体包有物の均質化温度の測定

20鉱徴地の石英脈から採取した石英20試料のうち19試料（1試料は流体包有物を含まないため測定不能）、すなわちMantri地域13、Wullersdorf地域1、Pock地域3、Nagos 地域2、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Fig. II-2-29～Fig. II-2-35に示されている。

Mantri地域の13試料の均質化温度は 140° ～ 260°C、Wullersdorf 地域の1試料は 200° ～ 290°Cを示している。一方Pock地域の3試料は175°C～385°Cでばらついており、Nagos 地域の2試料は230° ～ 340°Cで、かなり高い均質化温度を示している。

Wullersdorf、Pock 及び Nagos地域については、測定試料が少ないので、均質化温度を云々できないが、Mantri地域の均質化温度は、環太平洋地域に分布している浅熱水成金鉱床の大部分を占め、火山活動に関係した熱水系に伴う浅熱水成金鉱化作用の一つである Hedenquist (1987) の Low Sulfidation型金鉱床の生成温度(170° ～ 270°C)に近い。

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3年8月13日～8月18日
鉱徴地現地調査 : 平成3年8月19日～10月5日
現地解析 : 平成3年10月6日～10月12日
移 動 : 平成3年10月13日～10月15日

Table I-3 List of Samples taken in Segama-Darvel Bay and Semporna Peninsula Regions

Location	Analysis of Rock	Thin Section	Dating	Analysis of Ore	Polished Section	X-ray Diffraction	Fluid Inclusion	Specimen
M-1	M-R-1-A	M-T-1		M-O-1-A		M-X-1	M-Q-1	
M-2						M-X-2		
M-3				M-O-3-A	M-P-1	M-X-3		
M-4				M-O-4-A		M-X-4		
M-5						M-X-5		
M-6				M-O-5-A	M-P-2		M-Q-3	M-Q-3-S
M-7						M-X-6		
M-8				M-O-6-A				
M-9						M-X-7		
M-9'	M-R-2-A	M-T-5				M-X-8		
M-10	M-R-3-A	M-T-6		M-O-7-A	M-P-3	M-X-9	M-Q-4	M-O-7-A-S
M-11	M-R-5-A	M-T-8	M-D-1					M-D-1-S
M-12	M-R-6-A	M-T-9	M-D-2					M-D-2-S
M-13	M-R-7-A	M-T-10	M-D-3					
M-14	M-R-8-A	M-T-11	M-D-4					M-D-4-S
M-15	M-R-9-A	M-T-12	M-D-5					
M-16				M-O-8-A	M-P-4	M-X-10	M-Q-5	
M-17	M-R-10-A	M-T-14	M-D-6			M-X-11		M-D-6-S
M-18				M-O-9-A		M-X-12	M-Q-6	M-O-9-A-S
M-19				M-O-10-A				
M-20				M-O-11-A			M-Q-8	
M-21				M-O-12-A		M-X-13	M-Q-9	
M-22				M-O-13-A				
M-23				M-O-14-A		M-X-14	M-Q-10	
M-24				M-O-15-A	M-P-5			
M-25				M-O-16-A		M-X-15	M-Q-12	
M-26				M-O-17-A			M-Q-13	
M-27				M-O-18-A		M-X-17	M-Q-14	
M-28				M-O-19-A	M-P-6		M-Q-15	
M-29				M-O-20-A	M-P-7	M-X-16	M-Q-16	
M-30	M-R-11-A	M-T-15	M-D-7					M-D-7-S
M-31						M-X-19		
Sub Total	10	10	7	19	7	18	13	8

Location	Analysis of Rock	Thin Section	Dating	Analysis of Ore	Polished Section	X-ray Diffraction	Fluid Inclusion	Specimen
W-1				W-O-1-A	W-P-1	W-X-1		
W-3	W-R-2-A	W-T-2		W-O-2-A	W-P-2	W-X-3		W-R-2-A-S
W-4	W-R-3-A	W-T-3		W-O-3-A	W-P-3	W-X-4		W-O-3-A-S
W-8	W-R-5-A	W-T-5	W-D-1					W-R-5-A-S
W-11				W-O-5-A	W-P-4		W-Q-2	W-O-5-A-S
W-12	W-R-8-A	W-T-8				W-X-9		W-R-8-A-S
Sub Total	4	4	1	4	4	4	1	5
P-1	P-R-1-A	P-T-1	P-D-1			P-X-1		P-D-1-S
P-2	P-R-2-A	P-T-2	P-D-2					
P-3	P-R-3-A	P-T-3	P-D-3			P-X-3		P-D-3-S
P-4	P-R-4-A	P-T-4	P-D-4					P-D-4-S
P-5	P-R-5-A	P-T-5	P-D-5					P-D-5-S
P-6	P-R-6-A	P-T-6	P-D-6					
P-7	P-R-7-A	P-T-7	P-D-7					P-D-7-S
P-9	P-R-9-A	P-T-9	P-D-8					
P-10				P-O-1-A	P-P-1	P-X-6		P-O-1-A-S
P-12	P-R-11-A	P-T-11				P-X-8		
P-13	P-R-12-A	P-T-12		P-O-2-A	P-P-2	P-X-9		P-R-12-A-2 P-O-2-A-S
P-14				P-O-3-A	P-P-3	P-X-10	P-Q-2	P-O-3-A-S
P-17	P-R-13-A	P-T-13						
P-19	P-R-14-A	P-T-14				P-X-15		P-R-14-A-S
P-20	P-R-15-A	P-T-15		P-O-6-A	P-P-5	P-X-16		P-O-6-A-S
P-21				P-O-7-A	P-P-6	P-X-17	P-Q-4	
P-22				P-O-8-A		P-X-18	P-Q-5	
P-23				P-O-9-A				
Sub Total	13	13	8	7	5	10	3	11

Location	Analysis of Rock	Thin Section	Dating	Analysis of Ore	Polished Section	X-ray Diffraction	Fluid Inclusion	Specimen
N-1				N-O-1-A		N-X-1		N-O-1-A-S
N-2				N-O-2-A	N-P-1	N-X-2		
N-3				N-O-3-A	N-P-2	N-X-3	N-Q-2	N-O-3-A-S
N-4				N-O-4-A	N-P-3	N-X-4		
N-5				N-O-5-A		N-X-5		
N-8				N-O-8-A	N-P-4		N-Q-4	
N-9				N-O-9-A		N-X-9		
N-10	N-R-2-A	N-T-2		N-O-10-A		N-X-10		
N-11				N-O-11-A			N-Q-7	N-O-11-A-S
N-12				N-O-12-A				
N-15	N-R-1-A	N-T-4				N-X-15		N-R-1-A-S
Sub Total	2	2	-	10	4	8	3	4
S-1	S-R-1-B	S-T-1		S-O-1-B	S-P-1			S-R-1-B-S
S-5				S-O-3-B	S-P-3			
S-5				S-O-4-B	S-P-4			
S-6				S-O-5-B	S-P-5			
S-6				S-O-6-B	S-P-6			
S-7	S-R-8-B	S-T-8		S-O-7-B	S-P-7			S-R-8-B-S S-O-7-B-S
S-7				S-O-8-B	S-P-8			S-O-8-B-S
S-8				S-O-9-B	S-P-9			
S-9	S-R-10-B	S-T-10	S-D-3	S-O-10-A	S-P-10			S-D-3-S S-O-10-A-S
S-10	S-R-11-B	S-T-11	S-D-4					S-D-4-S
S-11	S-R-12-B	S-T-12	S-D-5					
S-12	S-R-13-B	S-T-13						
S-15	S-R-16-B	S-T-16						S-R-16-B-S
S-16	S-R-17-B	S-T-17						S-R-17-B-S
S-17	S-R-18-B	S-T-18	S-D-7					S-D-7-S
S-18	S-R-19-B	S-T-19						
S-21				S-O-13-A	S-P-13			S-O-13-A-S
S-23	S-R-20-B	S-T-20						S-R-20-B-S
Sub Total	11	11	4	10 (8+2)	10	-	-	12
Total	40 (29+11)	40	20	50 (42+8)	30	40	20	40

Abbreviations; M: Mantri, W: Wullersdorf, P: Pock, N: Nagos, S: Segama

第2章 調査地域の地理

2-1 地形及び水系

サバ州はFig. I-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主要地帯に分けることができる。

2-1-1 Segama地区 (Upper Segama Valley and Darvel Bay Region)

本地区は地形上、2主要地帯、すなわち中部高地及び東部低地に分けられる。

Segama高地は地区の4分の3以上を占め、Kuamut高地は地区の西部をしめている。他のSegama谷及びSemporna低地はそれぞれ北東部及び南東部に位置している。(Fig. I-2)

Segama高地 (Segama Highlands)

Segama高地は種々の火成岩、変成岩及び堆積岩で作られている岩だらけの地域からおもになっている。東西方向が卓越しているこれらの高地は大概の場合、急崖で境されているが、急崖の多くは断層崖のようである。大部分の山は、例えば Tribulation山 (海拔 4,200フィート)のように、急斜面、巾の狭い尾根、尖った頂上を有している。海拔 2,000乃至 3,000フィートの山頂は普通であり、峡谷、急流及び滝も数多い。

しかし本高地には侵食された平らな高原が存在する。顕著な地勢は急崖で境された面積約10平方マイル、海拔 1,500フィートのOrchid Plateauである。他の平坦地は Talewas川中流および Malubuk川の源流地域にみられる。海拔80乃至 100フィートの河岸段丘が Silam地域でみられる。

Kuamut高地 (Kuamut Highlands)

Kuamut高地は大部分が海拔 1,000フィート以上の岩だらけの地域である。盆地様をなす同心円状の砂岩の尾根が最も顕著にみられる。急傾斜の尾根が泥岩層を侵食した谷と交互している。

Segama谷 (Segama Valley)

Segama Valley はSegama川の下流およびその支流からなっている。Segama地区内では、Segama Valley は沖積層に覆われた広いパッチを伴った低地が主であり、高地は Tempadong及び Guan Estateの石灰岩丘とSegama川の北の北東方向の凝灰質堆積岩の尾根を含んでいる。

Semporna低地 (Semporna Lowlands)

Segama地区内では、Semporna低地の最も顕著な地勢は海拔約 1,650フィートの Madai石灰岩丘である。Mostynの第四紀溶岩よりなる台地様の地域及びTingkayu川地域の沖積世湖成層もまた顕著な地勢である。

Segama地区の水系パターンは東流する川にほぼ直角か、地区の構造の方向に平行かまたはこれと交差する南北方向を示す。本地区を流れる河川は主としてSegama川およびその主要支流であるDanum, Bole, Kawag及び Telewas川である。西部地区ではSegama及び Danumの両河川は東

流し、次いで北流し、再び東流している。主要支流のBole川及び Kawag川は本来北流している。

Brassely山脈 (Brassely Range) の北東部山地はSegama川へ流入する川とKinabatangan川へ流入する川との分水嶺となっている。Kinabatangan川へ流入するKuamut川, Malubuk川及び Malua川とBilong川は本来この地域の北東方向の構造にほぼ平行に北東流している。Bangan川及び Malubuk川下流の水系パターンはこの地域に分布する Tanjong Formationの盆地状の層理構造をはっきり反映している。

Beeston川及び Surprise川の源流と南の Cowie港に注ぐBang川及び Umas Umas川の源流とを低い分水嶺が分離している。Upper Beeston, Surprise, Bang, Umas Umas, Tingkayuの諸河川は準平原化した地域を流れている。この準平原地帯では谷を下刻する河川の若返りはそれぞれの源流部まで未だ達していない。

(K.M. leong著 "The geology and mineral resources of the Upper Segama Valley and Darvel Bay area, Sabah, Malaysia", 1974 の "Geography" を部分修正)

2-1-2 Semporna地区 (Semporna Peninsula Region)

半島はその種々の地質構造のため複雑な地形を呈している。広義には半島は地形学上 (i) 半島の脊梁を形成する数グループの火山, (ii) おもに半島の西部及び北部を占める内陸の細かく切られた起伏の多い地域, (iii) 海岸沿いの低地, (iv) 島しょ群。

本地区の最高峰である Magdalena山 (海拔約 4,200フィート) は半島の中央部の高い火山群の中心をなしている。一連の火山の高峰は Magdalena山から南に伸びて Lucia (3,940フィート), Maria山 (約 3,400フィート) を形成して、さらに南へ伸び、Kinabutan Besar山 (1,356フィート), Kinabutan Kechil山及び Andrassy山よりなっている。東には Magdalena山山塊から大きく離れて、Wullersdorf山 (2,500フィート) を中心とする小火山群がある。半島の端の近くでは火山群が Pock山-Sigalong山山系 (高さ約 2,000フィート) を形成し、Sempornaの南西には低い丘陵グループがある。

特に顕著な山のない広い起伏の多い地域は Magdalena山塊の西及び北で半島の内陸部を形成し、おもに堆積岩で覆われている。この地域には非常に数少ない突出した峰があり、かつ山脈状の小山の山頂は奥地に向かって次第に高さを増し、Umas Umas川及び Binuang川の源流域では平均約 1,500 フィートに達する。

海岸沿いの低地は広範で (半島の面積の約 4分の1), 半島の南側によく発達している。海岸低地は Kalumpang川下流, Umas Umas, Merutai Besar, Balung, 及び Sipit川のおもに沼沢地よりなる幅の広い氾濫原と Apas川と Kalumpang川の間, Sipit Valleyの中及び Kunakの近くの北西海岸の低い小山を伴った水系の多い広い地域とを包含している。

島しょ群は半島の周りに一様には分布していない。最大の島である Sebatik島は南側では唯一の顕著な島であり、一方北側には多数の島が Darvel湾の海岸近く及び沖に分布している。Darvel湾内では大きな島の多くは山が多く、海岸沿いの平坦地は非常に局所的か全くないかである。こ

これらの島のうち、Timbun Mata 島はとび抜けて大きく、海面からそびえ立った島の頂上 (Tanna Batu山 1,954フィート、Sidongal山 1,605フィート) は顕著な目じるしとなっている。

半島の大部分には Kalumpang, Tingkayu, Umas Umas, Balung, Merutai Besar川及びこれらの支流が流れている。小さな川の流域のうち、Merutai Kechil, Tawau, Apas, Sipit川の流域が重要である。

半島の水系としては流路の長さが60マイル以上で流域の広さが半島の面積の約3分の1を占める Kalumpang川が顕著である。Malati及びMantri川を含む上流域の主要支流は半島の中心部の Magdalena 山, Wullerdorf山及び隣接の小山の北斜面に源を発している。これらが合流して本流となり、本流は上流域では東に流れている。本流の下流部分15マイル間は広い谷のいたる所にある広い氾濫原を横切ってゆっくりと南に流れて南海岸の中間で海に達する。

Umas Umas 川は半島地域の北西部の遠隔地にある丘陵地帯を流れるTingkayu-Binuang川水系と分水嶺を共有している。この川は比較的川幅の広い上流部を流れた後、川幅のせばまった中流域の丘陵地帯を南流し、下流部では海岸沿いの広い氾濫原を蛇行している。Balung川の支流群は Magdalena 山及び Maria山の東斜面に源を発し、Quoin Hill の北の長さ6マイル以上の沖積層で覆われた広い谷を流れている。Kawa Hill では川は滝の連続した狭い峡谷を流れた後、海岸低地を7マイル以上蛇行して Cowie Harlourで海に注ぐ。Magdalena 山及び隣接する丘陵地帯から流れ出た Merutai Besar川は比較的広い谷を通過してほとんど真南に流れ、Cowie Harbour に注いでいる。Merutai Besar 川の源流部と Kalumpang及び Binuang川の源流部の分水嶺は非常に低い (約500フィート) ので、谷は半島の内陸部の重要な道筋となっている。

Semporna半島地域内のほんの一部を流れるTingkayu川及びその南の主要支流であるBinuang 川は半島の北部の大部分を流れている。Tingkayu及び Binuang川は Binuang山の近くのSegama Valleyに隣接した岩だらけの地域に源を発している。Binuang 川は曲がりくねった狭い上流の谷を流れた後、Baturong山の近くの広い沖積平地を東流してTingkayu川に合流する。この川幅の広い中流部より下流では、Tingkayu川は再び流路が狭くなって低い岩山の間を急流となって北東流し、半島地域のすぐ北で海岸沿いの氾濫原及び三角州に到達する。

(“The geology and mineral resources of the Semporna Peninsula, North Borneo”, by H. J. C. Kirk, 1962の “Topography and geomorphology” を簡略化)

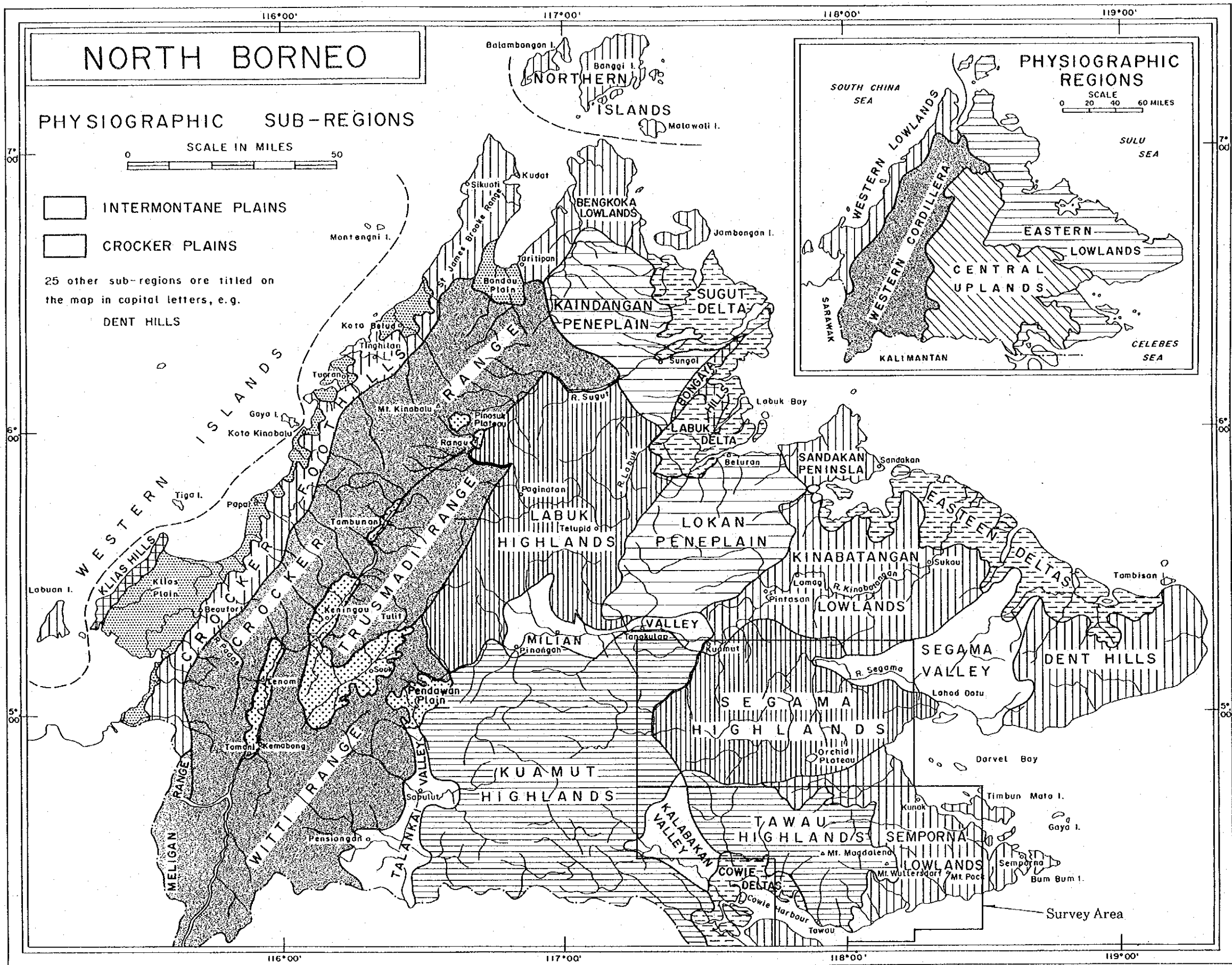


Figure I-2 Physiographic Sub-regions of Sabah (After Collenette P., 1962)

2-2 気候及び植生

サバ州は熱帯モンスーン地帯に位置するため、一年中高温多湿である。北東モンスーンは10月下旬または11月上旬に始まり3月頃に終り、南西モンスーンは5月に始まり9月頃まで続く。従って西海岸では南西モンスーンの間が雨期となり、東海岸では北東モンスーンの間が雨が多い。平均年間降雨量は内陸山間部で1,500~2,000mm、海岸あるいは山岳地方で3,000mmを越すことが多い。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

平成3年度の調査地域であるセガマ地区とセムボルナ地区は東海岸に面しているため北東モンスーンの間が雨が多い。

気温は季節的な変化がなく、年間を通じて海岸地方では24°~34°C、平均27°Cを示すが、山間部の地表温度は標高が増すにつれて300mにつき約1.5°Cの比率で低下し、12~22°C程度である。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化する。

Table I-4に西海岸の州都Kota Kinabaru、北東海岸のSandakan及び東南海岸のTawauの月別最低・最高気温及び降雨量を示す。

植生は丘陵・山岳地帯はいわゆるジャングルであり、海岸部の湿地帯にはマングローブが広く繁茂している。

ジャングルはまだ人での入っていない初生ジャングル(原始ジャングル)と大木の伐採が終っている二次ジャングルとに分類される。全体的に見ると二次ジャングルの方が広い範囲を占めており、初生ジャングルはKinabalu地区の縁辺部、Labuk地区の北部と南部及びSegama地区の西部にみられるのみである。

Segama及びSemporna地区の海岸沿いでは大規模なプランテーションが広い範囲を占め、ココヤシ、カカオ、ゴムなどが栽培されている。

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

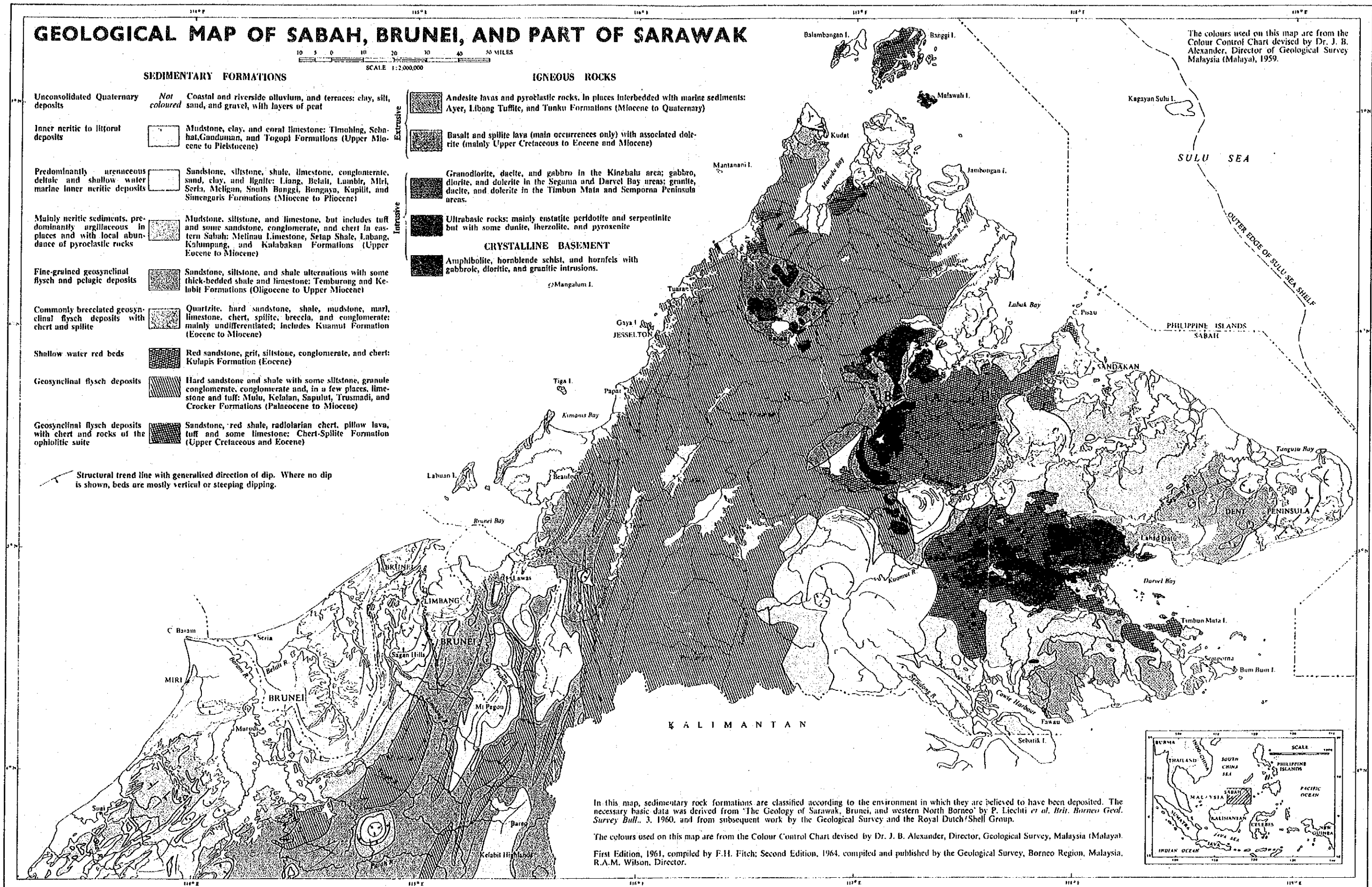
Rainfall: average of last 10 years (1981 - 1990)

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



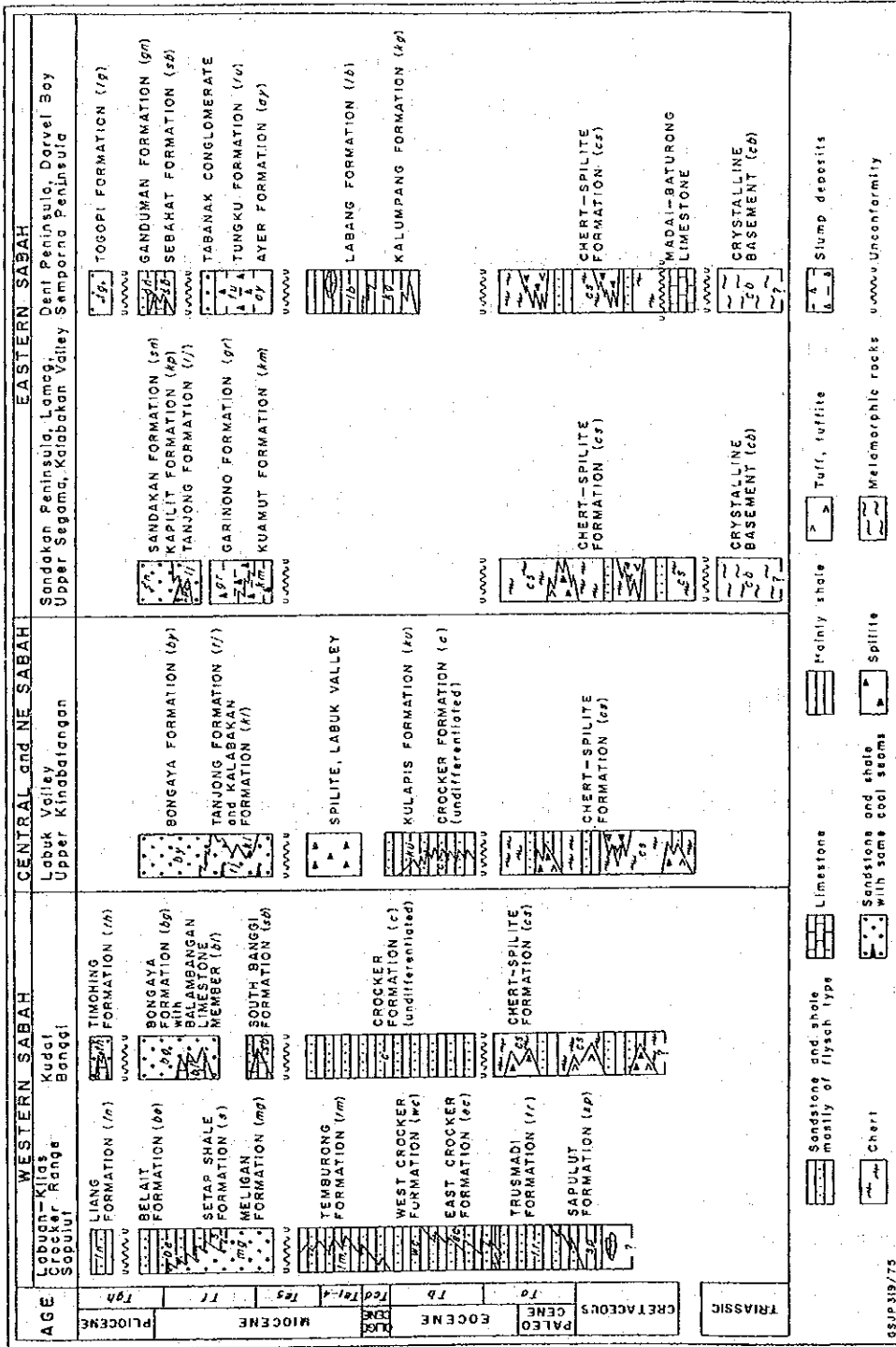


Figure 1-4 Stratigraphy of Sabah

(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バソリスの侵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。

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。

3-3-4 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 ± 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。

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侵入した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いろ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、ハルツパーチャイト、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、鉍化作用の特性と鉍化規制

4-1-1 セガマ地区

(1) 超苦鉄質岩中のクロム鉄鉍鉍体

クロム鉄鉍は蛇紋岩化せる超苦鉄質岩中に塊状、レンズ状、縞状などの形状をなして胚胎している。縞状及びレンズ状の鉍石は超苦鉄質岩の葉理にほぼ平行している。鉍体の規模は非常に小さく、調査した鉍徴地の中で最も大きいS-7鉍徴地の露頭で長さ約4m、厚さ約2m程度にすぎない。過去(1962~63)に探鉍(トレンチング及び試錐)されたSilam山の北東のHitam Prospectでも鉍体の規模は約長さ13m、幅7m、厚さ60cm程度である。

鉍化作用を規制した構造規制は特に認められない。

(2) キプロス型含銅塊状硫化物鉍床

Silam 港南方の無名の小島にみられる Chert-Spilitic Formation のスピライト中の4鉍徴地は一般にキプロス型含銅塊状硫化物鉍床の下部に伴われるストックワーク鉍体の示徴と思われる。

ストックワーク鉍体の上部に賦存が予想される塊状鉍体は Labuk 川流域の Bidu Bidu Hills 地域の West Sualog 鉍床の例から推して、スピライトとその上位のチャートまたは頁岩との境界付近にほぼ層理または流理に沿って胚胎していると推定される。

4-1-2 セムボルナ地区

Semporna 半島地区の金鉍床は第三紀中新世後期~鮮新世の火山活動に関係した熱水系に伴う浅熱水成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。

鉍化作用を規制している構造は本地区に発達している北東、北西、南北及び東西方向の断層と考えられる。

火山岩及び火山砕屑岩の化学分析値から推して本地域の金鉍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ある。

本地区の金鉍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鉍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 地域にみられるように、一般に金銀鉍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、絹雲母作用、モンモリロナイト作用)及び明ばん石化作用を蒙っている。

4-2 (期待鉍床) 賦存のポテンシャルについて

4-2-1 セガマ地区

Silam 港南方の無名の小島には、一般にキプロス型含銅塊状硫化物鉍床の下部に伴われるストックワーク鉍体の示徴と思われる鉍石が Chert-Spilitic 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、ストックワーク鉱体の上部に賦存が予想される塊状鉱体が近くにある可能性はなくはないが、露頭が海上の小島に位置しているため付近の調査・探鉱を行うことは不可能である。

陸上部で Chert-Spilitic Formation に属するスピライトが分布している所で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の含銅塊状硫化物鉱体の存在する可能性はあると考えられる。

4-2-2 セムボルナ地区

Mantri 地域の金鉱床は全体的にみると低品位 (Au 1.0~3.0g/t 位) のストックワーク (ネットワーク) 型であるので、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であるので、そ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、これらの岩類が Mantri 地域または Nagos 地域と類似せる熱水変質作用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。

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、可能性はさらに高まると考えられる。

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、ポテンシャルティー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-Spilitic 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ると考えられる。

5-2 提 言

5-2-1 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

域内の鉍化作用を解明するために、鉍微地調査及び、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、鉍石化学分析、鉍石顕微鏡観察、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鉍鉍体の示徴と思われる鉍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鉍床は主として中性-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、鉍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鉍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) 鉍微地調査

(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) 鉍石の化学分析
- e) 鉍石研磨片の鉍石顕微鏡観察
- 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）

5-2-2 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、金鉍床を対象に下記の調査・探鉍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鉍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鉍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（鉍脈型）の金鉍床を探鉍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碎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鉍、熱水変質帯の鉍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鉍物の同定、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碎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。以上により金鉍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鉍床の示徴をつかむために、先ず Silam地域において Chert-Spilite 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。

第Ⅱ部 各 論

第Ⅱ部 各 論

第1章 セガマ地区

1-1 調査方法

1-1-1 鉱徴地調査

セガマ地区内に分布する鉱徴地の地質及び鉱化作用の実態を把握し、セガマ地区内の鉱化作用の特性を解明するためにセガマ地区の代表的鉱化作用と思われる超苦鉄質岩中のクロム鉄鉱鉱化作用及び Chert-Spilite Formationに属するスピライト中のキプロス型含銅硫化鉄鉱化作用の両者が分布している Silam地域及びDarvel湾内の島において蛇紋岩化した超苦鉄質岩中のクロム鉄鉱鉱徴地を5ヶ所(S-1, S-5, S-6, S-7, S-8), スピライト中の銅を含んだ鉱徴地を4ヶ所(S-9, S-19, S-20, S-21), 計9鉱徴地を調査した。9鉱徴地の位置は巻末のFig. II-1-1に示されている。

1-1-2 試料採取

セガマ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下記の試験及び化学分析を行なうことを目的として、各鉱徴地の鉱石及びセガマ地区の代表的岩石を採取した。採取した試料の内訳は次の通りであり、その詳細はTable II-1-1, 採取位置は巻末のFig. II-1-2に示されている。

(1) 年代測定(K-Ar法)用火成岩試料(4試料)

オフィオライトを構成している Chert-Spilite Formation中の変玄武岩を1ヶ(S-D-3), 変安山岩を1ヶ(S-D-7), 変斑れい岩を2ヶ(S-D-4, S-D-5)計4試料を採取した。

(2) 全岩化学分析用岩石試料(11試料)

年代測定に供したのと同じ4試料(S-R-10-B, S-R-11-B, S-R-12-B, S-R-18-B)の他に変安山岩1試料(S-R-19-B), 変斑れい岩2試料(S-R-13-B, S-R-20-B), 蛇紋岩化した超苦鉄質岩3試料(2-R-1-B, S-R-8-B, S-R-16-B)及び角閃岩1試料(S-R-17-B)合計11試料を採取した。

(3) 岩石薄片用岩石試料(11試料)

全岩化学分析に供したのと同じ11試料(S-T-1, S-T-8, S-T-10, S-T-11, S-T-12, S-T-13, S-T-16, S-T-17, S-T-18, S-T-19, S-T-20)を採取した。

(4) 化学分析用鉱石試料(10試料)

蛇紋岩化した超苦鉄質岩中のクロム鉄鉱の鉱徴地5ヶ所(S-1, S-5, S-6, S-7, S-8)から採取したクロム鉄鉱鉱石8試料(S-O-1-B, S-O-3-B, S-O-4-

B, S-O-5-B, S-O-6-B, S-O-7-B, S-O-8-B, S-O-9-B) 及び Chert-Spilite Formation に属する Spilite 中のキプロス型鉍床の鉍徴地 4 ヶ所 (S-9, S-19, S-20, S-21) のうちの 2 徴地 (S-9, S-21) で採取した 2 試料 (S-O-10-A, S-O-13-A), 計 10 試料を採取した。

(5) 鉍石研磨片作成用鉍石試料 (10 試料)

鉍石化学分析に供したものと同一のもの 10 試料を採取した。(S-P-1, S-P-3, S-P-4, S-P-5, S-P-6, S-P-7, S-P-8, S-P-9, S-P-10, S-P-13)

(6) 標本用代表的岩石及び鉍石試料 (12 試料)

上記の各種試験・化学分析用に採取した 46 試料のうち、代表的と思われるもの 12 試料と同じもの、すなわちスピライト 2 ケ (S-D-3-S, S-D-7-S), 斑れい岩 2 ケ (S-D-4-S, S-R-20-B-S), 蛇紋岩化せる超苦鉄質岩 3 ケ (S-R-1-B-S, S-R-8-B-S, S-R-16-B-S), 角閃岩 1 ケ (S-R-17-B-S), 蛇紋岩化せる超苦鉄質岩中のクロム鉄鉍石 2 ケ (S-O-7-B-S, S-O-8-B-S) 及び Chert-Spilite Formation に属する Spilite 中の Cyprus タイプ含銅硫化物鉍石 2 ケ (S-O-10-A-S, S-O-13-A-S) を上記のものと同じ場所で採取した。

Table II-1-1 List of Samples taken from Segama-Darvel Bay Region, Sabah

Location	Analysis of Rock	Thin Section	Dating	Analysis of Ore	Polished Section	Specimen
S-1	S-R-1-B	S-T-1		S-O-1-B	S-P-1	S-R-1-B-S
S-5				S-O-3-B	S-P-3	
S-5				S-O-4-B	S-P-4	
S-6				S-O-5-B	S-P-5	
S-6				S-O-6-B	S-P-6	
S-7	S-R-8-B	S-T-8		S-O-7-B	S-P-7	S-R-8-B-S, S-O-7-B-S
S-7				S-O-8-B	S-P-8	S-O-8-B-S
S-8				S-O-9-B	S-P-9	
S-9	S-R-10-B	S-T-10	S-D-3	S-O-10-A	S-P-10	S-D-3-S, S-O-10-A-S
S-10	S-R-11-B	S-T-11	S-D-4			S-D-4-S
S-11	S-R-12-B	S-T-12	S-D-5			
S-12	S-R-13-B	S-T-13				
S-15	S-R-16-B	S-T-16				S-R-16-B-S
S-16	S-R-17-B	S-T-17				S-R-17-B-S
S-17	S-R-18-B	S-T-18	S-D-7			S-D-7-S
S-18	S-R-19-B	S-T-19				
S-21				S-O-13-A	S-P-13	S-O-13-A-S
S-23	S-R-20-B	S-T-20				S-R-20-B-S
Total	11	11	4	10 (8+2)	10	12

1-2 地 質

(1) 層 序

本地区の層序はTable II-1-2に要約されている。Upper Segama及びDarvel地区の層序及び地質の概要は下記の通りであり、岩石の分布は地質概略図 (Fig. II-1-3) に示されている。

最も古い岩石類は“Crystalline Basement”と言われている火成岩及び変成岩の複合体であり、本地区の大半の地域に分布している。

組成が花崗岩からトーナライトに亘っている火成岩類は変成岩類中に貫入しており、放射能年代決定によると、その年代は三疊紀前期(210±5 Ma) 或いはそれ以前と思われる。造構運動及び(或いは)熱作用はジュラ紀及び白亜紀にCrystalline Basementの岩石類に影響を与えた。変成岩類はほとんど三疊紀及び多分古生代後期よりも古いと思われる火成岩起源のものであり、少なくとも1回広域変形作用及び変成作用を蒙っている。変成作用の変成度は緑色片岩相から角閃岩相に亘っている。

“Chert-Spilite Formation”はおもに優地向斜の環境下で典型的に存在するスピライト、放散虫チャート、凝灰集塊岩、及びその他の火山岩類からなっており、非常に厚いと思われる。本累層は以前には地向斜に堆積したものとみなされていたが、最近の調査では特有の地向斜または深い堆積盆を確認していない。現在の証拠はセガマ地区に分布する本累層の多くは少なくとも浅海環境下で堆積したと示している。Chert-Spilite Formationの時代-層序上の範囲は未だ十分に解明されていないが、白亜紀後期から第三紀初期の間と考えられている。本累層は第三紀の造山運動及び重カスランピングの際にはげしく破壊され、角礫化された。

Kuamut Formationで覆われている広い地域の下には Chert-Spilite Formationがあると思われる。

多くの超苦鉄質及び苦鉄質岩体は白亜紀後期乃至第三紀初期に貫入した。これらの超苦鉄質岩体のうちの或るものは Chert-Spilite Formation中に貫入し、残りは断層に沿っている。超苦鉄質岩類はほとんど蛇紋岩化しており、苦鉄質岩類はおもに斑れい岩及び粗粒玄武岩からなっている。超苦鉄質岩及び苦鉄質岩の多くはアルプスタイプの橄欖岩-斑れい岩複合岩体の特徴と同じような岩石学的、構造的、化学的性質を有している。

Lower Malubuk 地域のLabang Formationは急斜した砂岩、頁岩及びレンズ状石灰岩よりなっている。本累層は北-北東方向に細長い舟状海盆に堆積したと思われる。本累層中の石灰岩中の大きな有孔虫に基いて決められた漸新世後期 (Te₁₋₄)なる本累層の年代は暫定的なものである。

中新世 (Te-Tf) の地層は4累層 (formation), すなわち Kuamut, Tanjong, Ayer及び Tabanak Conglomerateと1部層 (member), すなわちAyer FormationのTempadong Limestone Memberよりなっている。Kuamut Formationは主として本地区の南部ではスランプ角礫堆積物及びこれに挟まれた砂岩及び泥岩, Malua-Bilong, mid-Danum 及びBeatrice地域並びにLimau-Mostyn 地域では凝灰岩層よりなっている。おもに砂岩と泥岩の互層及び稀に礫岩よりなるTanjong Formationは Sungai Kuamut地域ではKuamut Formationを整合的に覆っているように思われる。

本累層は3つの亜円形の盆地、すなわちBangan, Tangkong及びMalua-Latangan盆地に分布している。

Ayer Formationも又、部分的にはKuamut Formationに類似せるスランプ角礫堆積物からなっている。Ayer FormationとKuamut Formationの地質境界は不定であり、両累層の層序関係は漸移的である。凝灰質堆積岩は通常みられるが、Kuamut Formation中よりも、Ayer Formation中に比較的多くみられる。Mensuli地域のレンズ状石灰岩層はAyer FormationのTempadong Limestoneであると指摘されている。石灰岩は凝灰質堆積岩中に大きなレンズとして存在していると思われる。Tabanak Conglomerate Formationは主としてCrystalline Basementの岩片よりなっている円礫(pebble)、大礫(cobble)及び巨礫(boulder)礫岩からなっている。本累層の最上部の年代は多分鮮新世であろう。

(2) 地域的構造

Upper Segama Valley及びDarvel Bay地区には多分中生代以前に起きたCrystalline Basementの変形に始まり、蛇紋岩化した超苦鉄質岩体の第四紀の本質的に垂直な変動に至るまでの長いかつ複雑な構造の歴史がある。強い断層運動はほとんどの岩層に影響を及ぼした。即わち断層運動の最も激しかった時期は後期漸新世(Te_{1-4})または前期中新世(Te_5)及び後期中新世(上部Tf)または前期鮮新世(Tg)だったと思われる。後者の時期には堆積岩層及び火山岩層の褶曲も断層運動に伴って生じた。

Crystalline Basementの変成岩の葉状構造は東西方向が卓越している。この葉状構造はCrystalline Basement及びその上位の岩石(中生代後期乃至第三紀)が葉状構造の方向にほぼ平行な東西方向の多数の第三紀の断層の影響を受けている本地区中央部の弱線ゾーンの生成をもたらした。蛇紋岩化した超苦鉄質岩体はCrystalline Basement中の構造的弱線である東西方向の葉理面に沿って生じた可能性があり、このことで超苦鉄質の数岩体の東西方向の伸長を説明できる。Crystalline Basementの既知の分布域の外側の本地区の南部及び南東部では、主要な断層は南東-北西方向である。しかし、北西方向の断層は、Crystalline Basementが分布している所では西に方向を変えているように思われる。

(“The Geology and mineral resources of the Upper Segama Valley and Darvel Bay area, Sabah, Malaysia”, by K. M. Leong, 1974を簡略化)

Table II-1-2 Stratigraphy of the Upper Segama Valley and Darvel Bay Region

AGE	TERTIARY STRATIFICATION (after Adams, 1970)	SEDIMENTARY - VOLCANIC ROCKS	IGNEOUS ROCKS AND ACTIVITY	PALAEOGEOGRAPHY AND DIASTROPHISM
HOLOCENE		RECENT ALLUVIUM - Coastal and fluvial alluvium including mangrove and buff coloured sandstone; OLDER ALLUVIUM - Inland and lake-bed deposits; terrace and raised-beach deposits; COLLUVIUM - ultramafic rock debris	Calcrete deposited by hot springs Olivine basalt lava	Erosion; hot springs, salt spring and mud volcano activity Uplift, faulting and erosion
PLIOCENE	T _h	NON - DEPOSITION	Microtonalite porphyry, andesite porphyry	Uplift, folding and faulting
	T _g	TANJONG FORMATION: Grey and buff coloured sandstone; grey well-bedded mudstone, containing limonitic nodules, plant fragments and leaf fossils in mudstone and sandstone, rare chert-pegble conglomeration and minor coal seams KIAMUT FORMATION: Tuff, tuffite, slump breccia, volcanic breccia, tuffaceous sandstone, tuffaceous shale and rare conglomerate Tembedong Limestone Member: Grey and pink limestone, fossiliferous including coral and foraminifera	Volcanic activity associated with the Tebenak Conglomerate Formation Re-emplacement (?) of ultramafic rocks	Basin formation and deposition - peralic to detritic environment
MIOCENE	T ₁₋₃	LABANG FORMATION: Grey sandstone, mudstone, shale, calcarenite, and probably including some limestone LANGUSAN BEDS: Limestone breccia, tuff and tuffaceous shale	Extrusive igneous rocks associated with the Ayer and Kuamut Formations	Gravity sliding and slumping contemporaneous with or following uplift, faulting and volcanic activity
	T ₅	UNCONFORMITY AND/OR FAULT CONTACT ?	Volcanic activity	Uplift, folding and faulting
OLIGOCENE	T ₁₋₄	UNCONFORMITY AND/OR FAULT CONTACT ?		Infilling of probably elongated trough; indications of tectonic and probable deep marine environment
EOCENE	T _{cd}	UNCONFORMITY AND/OR FAULT CONTACT ?		Erosion and reworking of older fossils Towards Top time indication of neritic marine environment
	T _b	UNCONFORMITY AND/OR FAULT CONTACT ?		
PALAEOCENE	T _a	CHERT - SPILITE FORMATION: Sandstone, shale, mudstone, conglomerate, limestone, limestone breccia, calcarenite, calcituff, ophiolite, chert, volcanic breccia, ophiolite, spilite, keratophyre, basalt including pillow lava, tuff, epidote hornfels, some argillite, altered volcanic rocks and dolerite	Large bodies of intrusive ultramafic and mafic rocks including peridotite, gabbro, and dolerite Volcanic keratophyre suite associated with the Chert-Spilite Formation	Eugeosynclinal type of deposits with associated radiolarian chert and basic and spilite volcanic rocks Faulting, uplift of Crystalline Basement and erosion
	T _o	MADAI - BATURONG LIMESTONE: Predominantly massive, oolite limestone with some pisolitic and oolitic layers		Limestone formation on shoal areas; Crystalline Basement probably submerged mainly at shallow depths
UPPER CRETACEOUS		NON - DEPOSITION		A tectonic/thermal event affecting the Crystalline Basement probably occurred at this time
LOWER CRETACEOUS		CRYSTALLINE BASEMENT: Tonolite, granodiorite, granite, biotite, hornblende, garnet-andalusite (schistose) and calc-silicate hornfels, some schistose, minor pegmatite, apilite and tourmaline-quartz veins; fine-grained amphibole, epidote amphibole, actinolite schist; medium to coarse-grained gneiss amphibolite, hornblende-plagioclase gneiss, pyroxene gneiss, quartz-feldspathic gneiss, quartz-mica schist, chlorite schist, metabasite, metabasalt, micaceous, migmatite and catroctesites including augen-mylonite and faser gneiss. Possibly include the ultramafic rocks on the Darvel Bay islands and along the Silem Coast and also the large approximately concordant ultramafic bodies surrounded by the amphibolite or gneissic amphibolite in the Upper Segama Valley		Emplacement, folding and regional metamorphism of mainly mafic igneous rocks and possibly including some ultramafic rocks. The emplacement of the granodiorite-tonalite bodies was probably synchronous with regional deformation
JURASSIC UPPER		UNCONFORMITY AND/OR FAULT CONTACT ?		
JURASSIC LOWER		UNCONFORMITY AND/OR FAULT CONTACT ?		
PRE-TRIASSIC		UNCONFORMITY AND/OR FAULT CONTACT ?		
	unconformity: ~~~~~ not definitely known	unconformity: ~~~~~ not definitely known	relationship not known: ~~~~~	probable gradational contact: ~~~~~

GSJP 304/70

(Taken from "The geology and mineral resources of the Upper Segama Valley and Darvel Bay area, Sabah, Malaysia", by K.M. Leong, 1974)

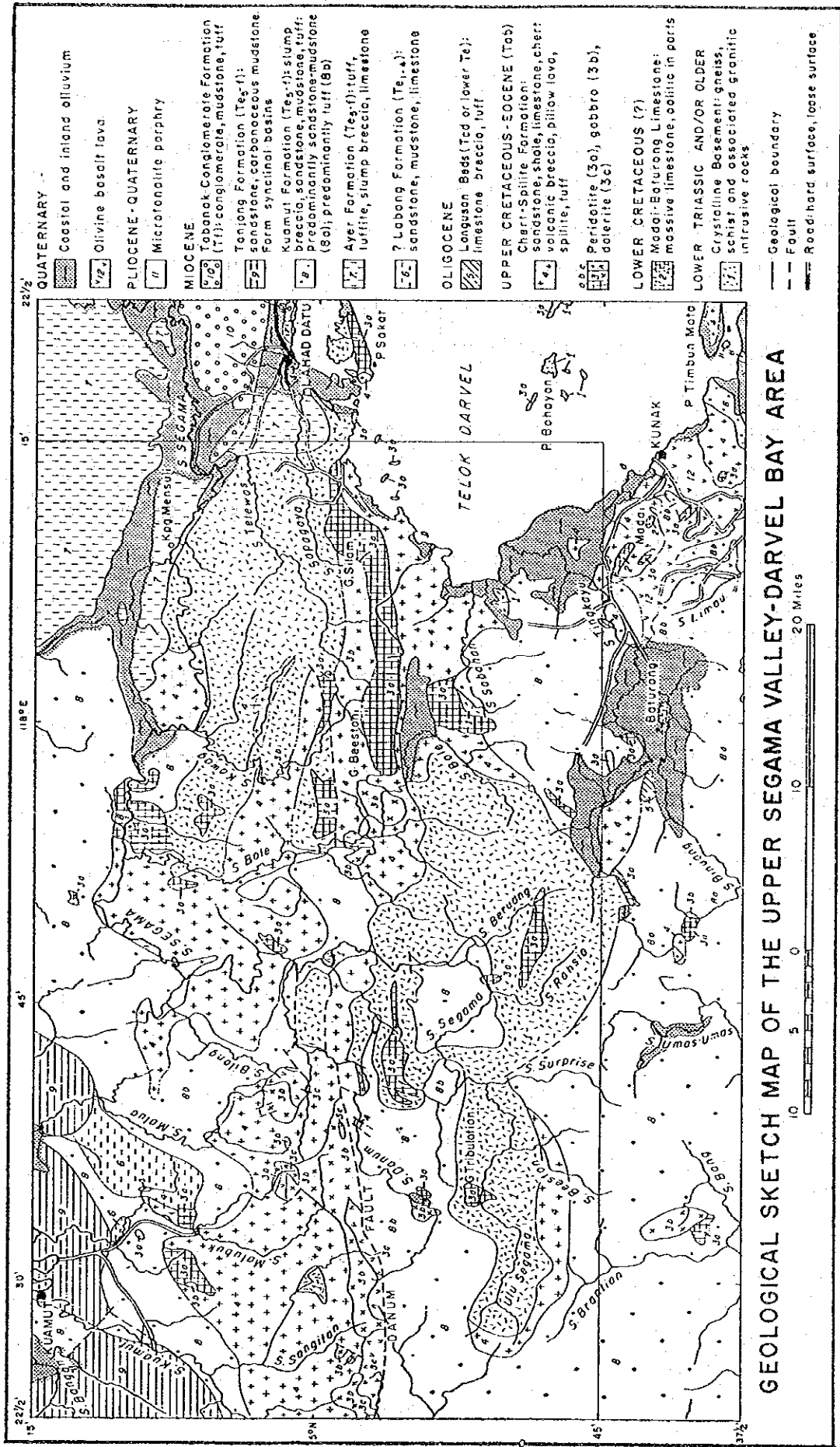


Figure II-1-3 Geological Sketch Map of the Upper Segama Valley-Darvel Bay Area
 (Taken from "The geology and mineral resources of the Upper Segama Valley and Darvel Bay area, Sabah, Malaysia"
 by K.M. Leong, 1974)

1-3 調査結果

1-3-1 鉍徴地調査

Segama-Darvel 湾地区においては、蛇紋岩化した超苦鉄質岩中に胚胎したクロム鉄鉍の鉍徴地 5ヶ所、すなわち Silam部落の南西方約 2.5kmの海岸の S-1 鉍徴地、Saddle島南東端の S-5、Laila 島南西端の S-6、Laila 島の南東隣の無名の小島北端の S-7 及び Katung Kalungan島南西端の S-8 並びに Silam港の南方約 1 kmの無名の小島でみられるスピライト中のキプロス型の含銅硫化鉍の鉍徴地 4ヶ所、すなわち S-9、S-19、S-20 及び S-21、を調査した。

調査した鉍徴地の位置及び Silam地域の地質は巻末の Fig. II-1-1-1 に示されている。鉍徴地の調査結果は Table II-1-3、採取した 10ヶの鉍石試料の分析結果は後述の 1-4 項の Table II-1-8 に示す如くである。

調査したクロム鉄鉍の 5 鉍徴地の露頭でみられるクロム鉄鉍鉍石は Fig. II-1-4 の S-7 露頭スケッチにみられる如く、塊状、レンズ状、縞状、不規則状などの種々の形状を呈している。調査した 5 鉍徴地のクロム鉄鉍鉍体の規模は何れも非常に小さく、最大の S-7 鉍徴地の露頭でも、鉍体全体の規模は長さ約 4 m 厚さ約 2 m 程度にすぎない。

キプロス型の含銅硫化鉍の 4 鉍徴地のうち、2 鉍徴地 (S-9、S-19) の鉍体は Fig. II-1-5 の露頭スケッチにみられる如くレンズ状を呈する含銅硫化鉍であるが、残りの 2 鉍徴地 (S-20、S-21) は Fig. II-1-6 の露頭スケッチにみられる如く含銅・黄鉄鉍石英脈である。S-9 鉍徴地の露頭部では黄銅鉍が酸化した孔雀石、藍銅鉍及び輝銅鉍、S-21 鉍徴地では少量の黄銅鉍及び孔雀石がみられるが、銅を多く含むのは S-9 (6.54% Cu) のみである。鉍体は規模は何れも非常に小さく、最大の S-21 の露頭で長さ 5 m、巾 1~18 cm 程度である。

Table II-1-3 Result of Investigation of Localities of Mineral Occurrence in Silam Area, Segama Darvel Bay Region

Locality	S-1	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-19	S-20	S-21
Mineral Assemblage	chromite	chromite	chromite	chromite	chromite	mal, az, cc, qz, cal	lim	qz+lim	qz+py·cp·mal
Occurrence	lenticular	lenticular & banded	lenticular & banded	lenticular & banded	banded	lenticular or vein	lenticular or vein	vein	vein
Strike & Dip	N60°W·70°N					N40°E·60°SE	N25°E·90°	N20°E·54°W	N27°E·56°W
Scale (m)	L=0.6, W=0.17	max. L=0.15 T=0.15	max. L=0.25 W=0.12	L=4.0+, T=2.0	H=1.0+, W=0.2	L=0.8, W=0.07	L=1.6+, W=0.35	L=1.7 W=0.02~0.05	L=5.0 W=0.01~0.18
Host Rock	serpentinite	serpentinite	serpentinite	serpentinite	serpentinite	metabasalt	metabasalt	metabasalt	metabasalt
Alteration of Host Rock	serpentinization	serpentinization	serpentinization	serpentinization	serpentinization	albitization chloritization epidotization	albitization chloritization epidotization	albitization chloritization epidotization	albitization chloritization epidotization
Number of Ore Sample	S-O-1-B	S-O-3-B, S-O-4-B	S-O-5-B, S-O-6-B	S-O-7-B, S-O-8-B	S-O-9-B	S-O-10-A			S-O-13-A

Abbreviations:

mal : malachite,

az : azurite,

qz : quartz,

cal : calcite,

py : pyrite,

cp : chalcopyrite

lim : limonite,

cc : chalcocite,

L : horizontal length,

T : thickness,

H : vertical height,

W : width

Figure II-1-6 Sketch of S-21 Outcrop

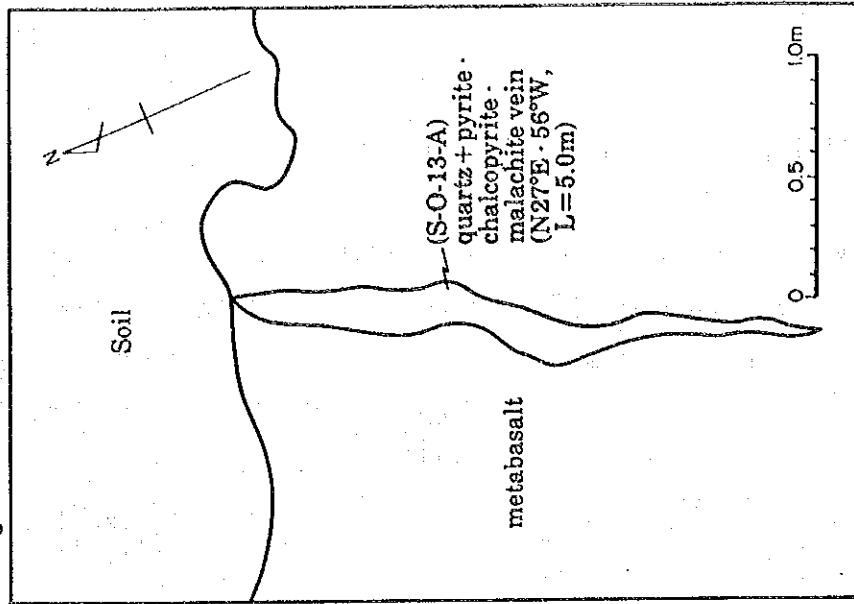


Figure II-1-5 Sketch of S-9 Outcrop

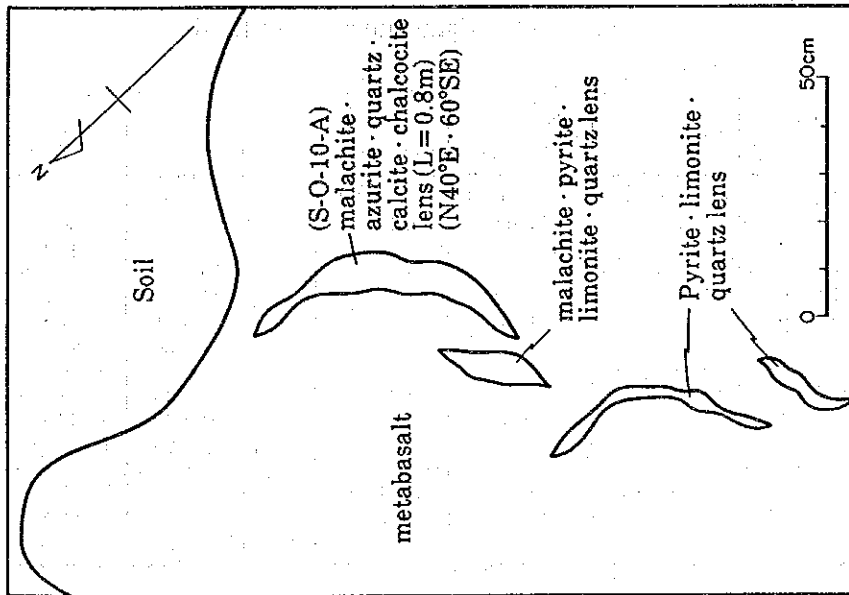
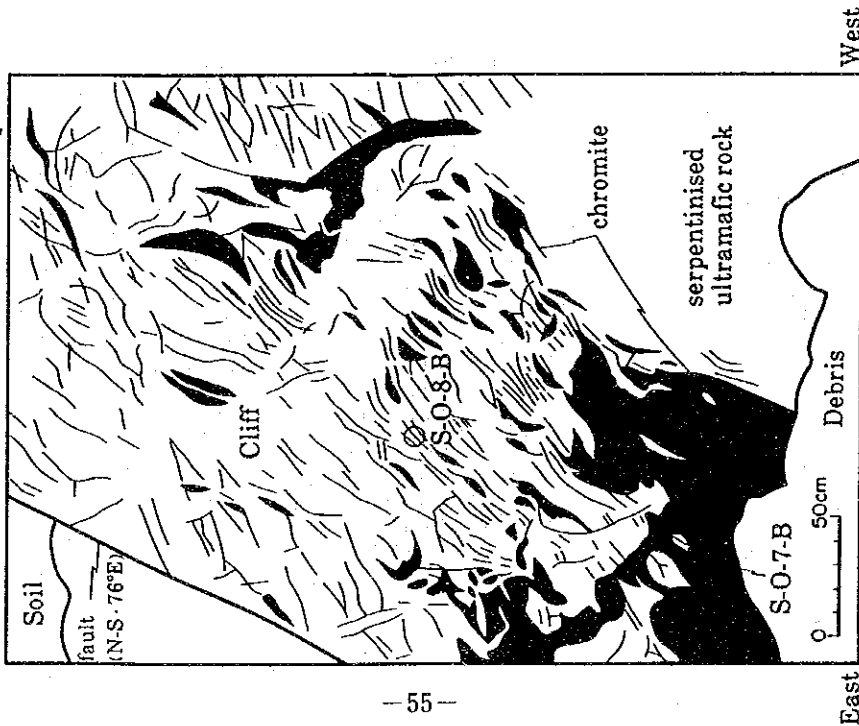


Figure II-1-4 Sketch of S-7 Outcrop



1-3-2 室内試験・化学分析

(1) K-Ar年代測定 (4試料)

セガマ地区の Silam地域で採取した変斑れい岩 2 試料, 変玄武岩 1 試料及び変安山岩 1 試料, 計 4 試料の全岩による K-Ar年代の測定結果は Table II-1-4 に示されている。その結果, K-Ar年代は変斑れい岩が平均 158 ± 30 Ma (ジュラ紀後期) 及び平均 210 ± 20 Ma (ジュラ紀初期), 変玄武岩が平均 67.5 ± 19.9 Ma (白亜紀後期) 変安山岩が平均 55.85 ± 28.3 Ma (古第三紀暁新世) を示した。変斑れい岩の年代は K. M. Leong (1974)による Crystalline Basementの緑簾石角閃岩 (140 ± 20 Ma) トーナライト (150 ± 6 Ma), ホルンフェルス (160 ± 8 Ma) 及びトーナライト (210 ± 20 Ma) の年代とほぼ同じである。

Table II-1-4 Result of K-Ar Dating of Rock Samples taken in Segama-Darvel Bay Region

Sample Number	Numbers in Laboratory	Sample Type	Potassium (K wt %)	Rad. ^{40}Ar (10^{-8} cc/g)	K-Ar Age (Ma)	Air Cont. (%)	Rock Name
S-D-3	SH-4-281 -282	Whole Rock	0.06 ± 0.02	15.9 ± 0.5 16.1 ± 0.6	67.2 ± 19.8 67.8 ± 20.1 avg. 67.5 ± 19.9	47.9 50.4 49.1	Metabasalt
S-D-4	SH-4-283 -284	Whole Rock	0.19 ± 0.04	121 ± 2 123 ± 2	157 ± 30 159 ± 31 avg. 158 ± 30	31.5 32.5 32.0	Metagabbro
S-D-5	SH-4-285 -286	Whole Rock	0.31 ± 0.03	269 ± 5 268 ± 5	211 ± 20 210 ± 20 avg. 210 ± 20	37.2 37.1	Metagabbro
S-D-7	SH-4-287 -288	Whole Rock	0.02 ± 0.01	5.1 ± 0.4 3.7 ± 0.6	64.4 ± 32.1 47.3 ± 24.5 avg. 55.85 ± 28.3	78.9 83.8 81.3	Metaandesite

(2) 岩石試料全岩化学分析 (11試料)

セガマ地区で採取した11岩石試料, すなわち蛇紋岩 3 試料, 変斑れい岩 4 試料, 変安山岩 2 試料, 変玄武岩 1 試料, 角閃岩 1 試料の全岩化学分析結果及びこれより計算したC. I. P. W. ノルムは Table II-1-5 に示されている。

ノルム計算した試料のうち, 苦鉄質火成岩 7 試料, すなわち変安山岩 2 試料, 変玄武岩 1 試料, 変斑れい岩 4 試料の Q, or, pl を Streckeisen の石英-カリ長石-斜長石三角ダイヤグラム上にプロットすると Fig. II-1-7 の如くとなり, 何れも閃緑岩 (安山岩) 及び斑れい岩 (玄武岩) の領域内に入っている。

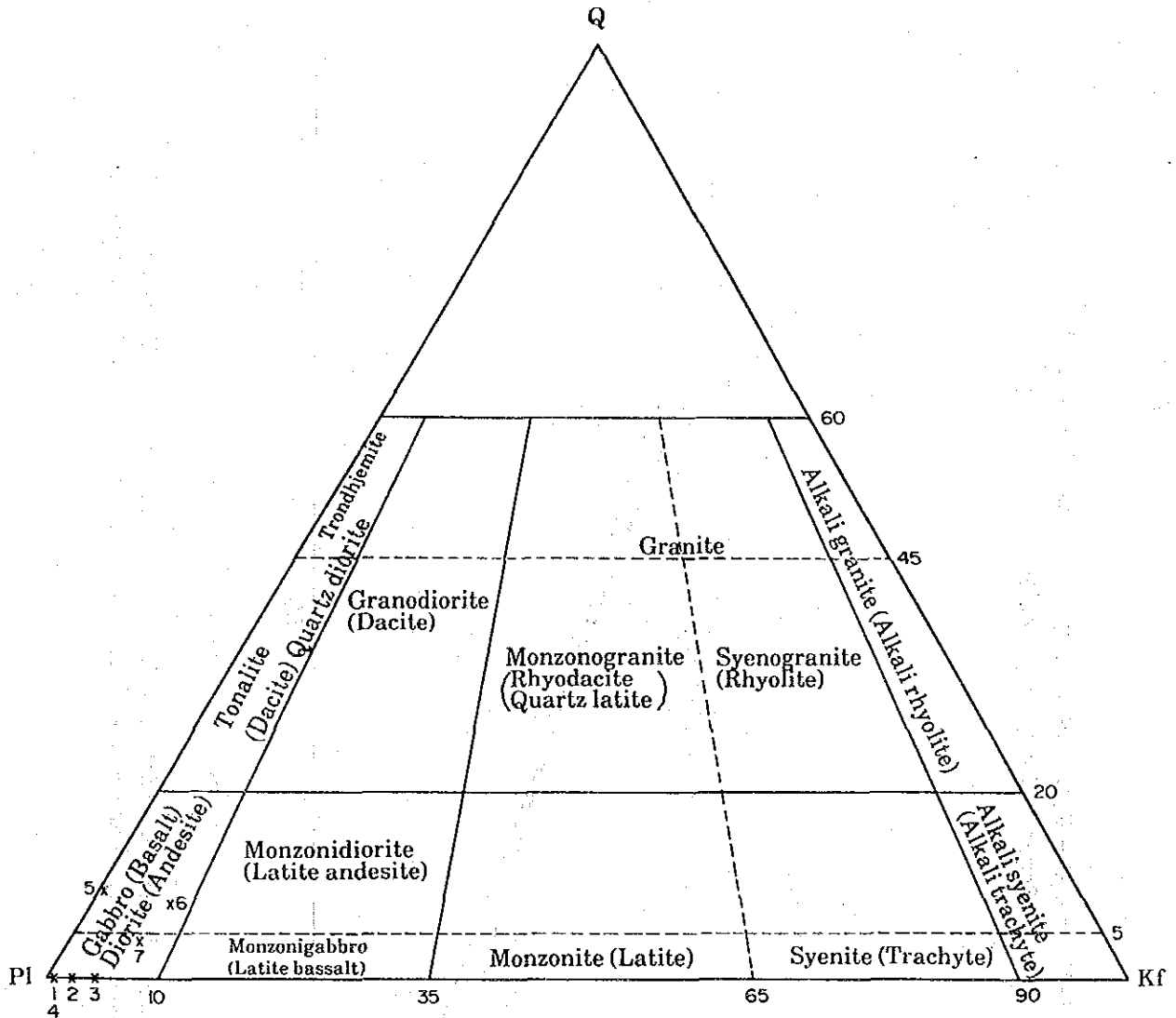
次に変質した苦鉄質火山岩 3 試料, すなわち変安山岩 2 試料及び変玄武岩 1 試料の全岩分析値のうち SiO_2 及び $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ の分析値を $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ ダイヤグラム上にプロットすると, Fig. II-1-8 の如くとなり, 久野 (1966) によるアルカリ岩と非アルカリ岩の境界線付近に位置していることが分かった。

さらに上記の変質した苦鉄質火山岩 3 試料の全岩分析値のうち $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 及び MgO を MFA 三角ダイヤグラム上にプロットすると, Fig. II-1-9 の如くとなり, 何れもカルクアルカリ岩系列に属していることが判った。

Table II-1-5 Assay Result and C.I.P.W. Norm of Rock Samples taken in Segama-Darvel Bay Region

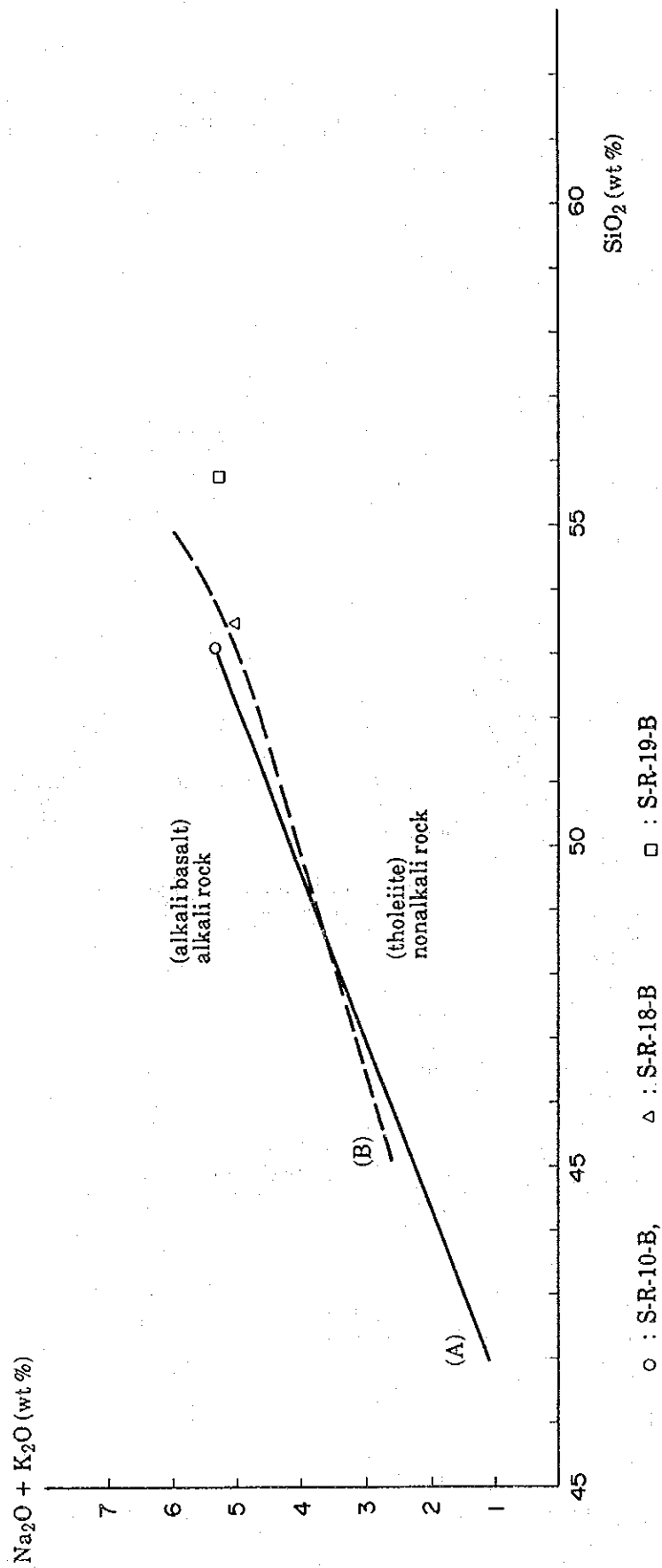
Locality	S-1	S-7	S-9	S-10	S-11	S-12	S-15	S-16	S-17	S-18	S-23
Sample Number	S-R-1-B	S-R-8-B	S-R-10-B	S-R-11-B	S-R-12-B	S-R-13-B	S-R-16-B	S-R-17-B	S-R-18-B	S-R-19-B	S-R-20-B
Rock Name	Serpentinite	Serpentinite	Metabasalt	Metagabbro	Metagabbro	Metagabbro	Serpentinite	Amphibolite	Metaandesite	Metaandesite	Metagabbro
[Major Element]											
SiO ₂ %	39.61	46.71	53.05	41.30	46.15	45.66	40.30	48.51	53.47	55.78	51.30
TiO ₂ %	0.02	0.02	0.72	0.96	1.54	1.44	0.03	0.95	1.35	1.07	0.67
Al ₂ O ₃ %	0.27	0.11	15.75	19.59	16.57	14.38	1.47	15.66	15.84	15.20	18.27
Fe ₂ O ₃ %	10.95	4.92	2.95	6.53	3.72	3.82	4.92	2.23	4.70	3.53	3.73
FeO %	0.73	2.35	5.17	6.25	7.72	7.59	2.61	7.08	6.25	5.54	5.17
MnO %	0.13	0.06	0.21	0.23	0.16	0.20	0.12	0.18	0.11	0.17	0.18
MgO %	30.54	25.59	6.99	7.50	9.02	9.34	37.97	7.20	5.72	3.67	4.57
CaO %	0.39	0.02	7.06	12.11	10.16	12.70	1.61	11.78	3.49	5.77	8.83
Na ₂ O %	0.33	0.31	5.33	1.68	2.52	2.11	0.02	3.12	5.01	5.05	3.50
K ₂ O %	0.04	0.03	0.07	0.22	0.42	0.05	<0.01	0.11	0.03	0.28	0.74
P ₂ O ₅ %	0.04	0.03	0.09	0.31	0.20	0.06	0.03	0.18	0.18	0.16	0.25
I.L. %	15.44	11.54	1.89	2.62	1.30	2.00	10.01	2.47	3.37	3.22	2.27
Total %	98.49	91.69	99.28	99.30	99.48	99.35	99.10	99.47	99.52	99.44	99.48
[Minor Element]											
Au ppb	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	<1	<1
Ag ppm	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Co ppm	120	74	33	46	55	51	85	39	35	30	30
Cr ppm	4,718	39,691	137	161	418	171	1,831	178	49	56	60
Cu ppm	8	6	247	112	74	45	5	47	5	42	127
Ni ppm	1,280	2,504	49	61	189	71	1,598	57	22	30	24
S %	0.047	0.027	0.047	0.310	0.189	0.191	0.057	0.068	0.026	0.116	0.056
[Norm]											
Q	-	6.727	-	-	-	-	-	-	6.180	5.467	2.719
or	0.236	0.177	0.414	1.300	2.482	0.295	0.030	0.650	0.177	5.200	4.373
ab	1.166	0.399	45.101	14.216	21.323	17.854	0.169	26.400	42.393	42.732	29.616
an	-	-	18.843	45.262	32.660	29.618	3.906	28.400	16.138	16.207	31.955
ac	1.433	1.960	-	-	-	-	-	-	-	-	-
wo-di	0.699	0.041	6.511	5.340	6.863	13.777	1.622	12.052	-	4.748	4.266
en-di	0.604	0.035	4.418	3.893	4.565	9.251	1.392	7.349	-	2.767	2.677
fs-di	0.000	0.000	1.588	0.949	1.795	3.489	0.013	4.029	-	1.757	1.326
en-hy	48.801	63.703	5.127	1.030	4.416	1.957	28.900	1.693	14.247	6.375	8.705
fs-hy	0.000	0.888	1.842	0.251	1.737	0.738	0.275	0.928	5.568	4.048	4.313
fo-ol	18.684	-	5.511	9.640	9.451	8.448	45.046	6.231	-	-	-
fa-ol	0.000	-	2.182	2.589	4.097	3.511	0.473	3.764	-	-	-
mt	2.717	6.151	4.277	9.468	5.393	5.538	7.132	3.233	6.814	5.118	5.407
hm	8.580	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
il	0.038	0.038	1.367	1.823	2.925	2.735	0.057	1.804	2.564	2.032	1.272
ap	0.093	-	0.209	0.718	0.463	0.139	0.070	0.417	0.417	0.371	0.579
e	-	-	-	-	-	-	-	-	0.177	-	-
Total	83.050	80.120	97.390	96.480	98.170	97.350	89.085	96.950	96.150	96.820	97.210

Figure II-1-7: Q-Kf-Pl Triangle Diagram of Basic Rock in Segama-Darvel Bay Region



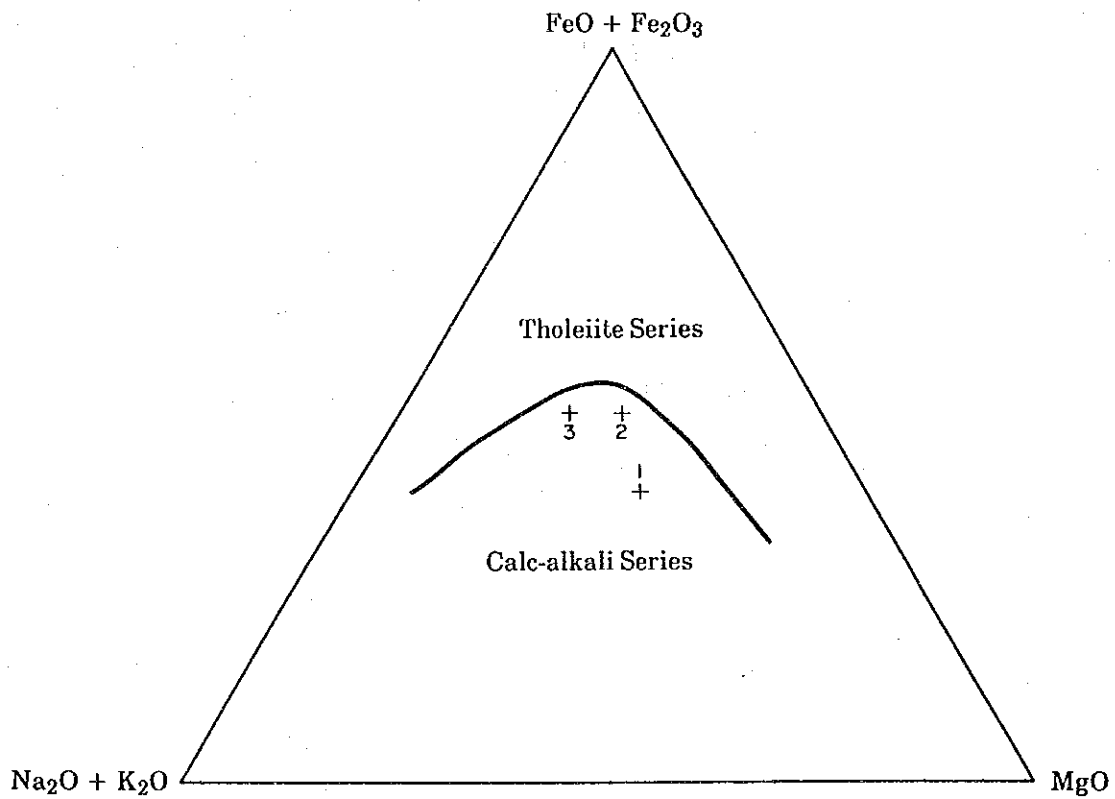
- 1: S-R-10-B, 2: S-R-11-B, 3: S-R-12-B, 4: S-R-13-B
 5: S-R-18-B, 6: S-R-19-B, 7: S-R-20-B, (): volcanic rocks

Figure II-1-8 Na₂O + K₂O - SiO₂ Diagram of Basic Volcanic Rock
in Segama-Darvel Bay Region



(A) Boundary line between alkali basalt and tholeiite in Hawaii after Macdonald and Katsura (1964)
(B) Boundary line between alkali rock and nonalkali rock of volcanic rock in Japan after Kuno (1966)

Figure II-1-9 FeO + Fe₂O₃ - Na₂O + K₂O - MgO Trigonal Diagram (MFA Diagram) of Altered Mafic Volcanic Rock in Segama-Darvel Bay Region



1: S-R-10-B, 2: S-R-18-B, 3: S-R-19-B

Solid line is boundary between tholeiite series and calc-alkali series after Irvine and Barager (1971)

(3) 岩石顕微鏡観察（11試料）

全岩化学分析に供した11岩石試料の薄片を作成し，顕微鏡観察を行った。観察結果はTable II-1-6に示されている。

Table II-1-6 Result of Microscopic Observation of Thin Sections of Rock Samples taken in Segama-Darvel Bay Region

Locality	S-1	S-7	S-9	S-10	S-11	S-12	S-15	S-16	S-17	S-18	S-23
Sample Number	S-T-1	S-T-8	S-T-10	S-T-11	S-T-12	S-T-13	S-T-16	S-T-17	S-T-18	S-T-19	S-T-20
Rock Name	Serpentinite	Serpentinite	Metabasalt	Metagabbro	Metagabbro	Metagabbro	Serpentinite	Amphibolite	Metaandesite	Metaandesite	Metagabbro
Texture	mesh	mesh	decussate	hypidiomorphic	hypidiomorphic	granoblastic	mesh	granoblastic	aphyric	aphyric	hypidiomorphic
[Primary Minerals]											
Plagioclase				⊙	⊙	⊙		○	⊙	⊙	⊙
Quartz											
Olivine							△				
Orthopyroxene					○						
Clinopyroxene	•				○	○	△				
Hornblende				⊙		⊙					
Others											
[Metamorphic or Alteration Minerals]											
Plagioclase			⊙								
Quartz				△	△	○			○	○	△
Hornblende					⊙			⊙			
Cummingtonite				○							○
Actinolite			⊙	○	△						○
Epidote			○	○		○		△	○	⊙	△
Chlorite			○		△	○			⊙	⊙	○
Serpentine	⊙	⊙					⊙			△	
Calcite	•							△		○	△
Tremolite						○		○			
Sericite								△			○
Others		△*			△*						
[Accessory Minerals]											
Opaque				○	○	○	△		△	△	△
Sphene			○				○	⊙	△		△
Chromite		△	○								
Hematite		△	△								•
Others											
[Remarks]		* Brucite	metamor- phosed mafic rock		* Talc		serpentinised wehrlite		aphyric metaandesite	aphyric metaandesite	

[Notes] ⊙: Abundant, ○: Medium, △: Little, •: Trace

(4) 鉍石試料化学分析 (10試料)

採取した10鉍石試料の化学分析結果は後記の1-4項のTable II-1-8に示されている。

(5) 鉍石顕微鏡観察 (10試料)

化学分析に供した10鉍石試料の研磨片を作成し、反射顕微鏡観察を行った。

Table II-1-7にみられる如く、S-1, S-5, S-6, S-7, S-8 鉍微地の鉍石露頭の鉍石鉍物はクロム鉄鉍である。キプロス型含銅硫化物鉍体であるS-9 露頭の鉍石鉍物は中量の孔雀石、少量の輝銅鉍及び微量の黄銅鉍であり、S-21 露頭の鉍石鉍物は微量の黄銅鉍、輝銅鉍、銅藍及び黄鉄鉍よりなっている。

Table II-1-7 Result of Microscopic Observation of Polished Sections of Ore Samples taken in Segama-Darvel Bay Region

Locality	Sample No.	Occurrence	Chalcopyrite	Chalcoelite	Covellite	Sphalerite	Galena	Pyrite	Pyrrhotite	Malachite	Hematite	Goethite	Chromite	Gangue	Remarks
S-1	S-P-1	Chromite ore						•					⊙	⊙	Pyrite inclusion in chromite
S-5	S-P-3	Foliated chromite ore				•		•					⊙	⊙	
S-5	S-P-4	Chromite ore							•				⊙	⊙	Pyrrhotite veinlets in chromite
S-6	S-P-5	Massive chromite ore											⊙	○	
S-6	S-P-6	Banded chromite ore											○	⊙	
S-7	S-P-7	Massive chromite ore											⊙	○	
S-7	S-P-8	Banded chromite ore											○	⊙	
S-8	S-P-9	Foliated chromite ore							•				⊙	⊙	Pyrrhotite veinlets in chromite
S-9	S-P-10	(Oxidized) chalcopyrite dissemination	•	●						○				⊙	
S-21	S-P-13	(Chalcopyrite)-quartz vein	•	•	•			•						⊙ Q	Q: Quartz

[Notes]

⊙: Abundant, ○: Medium, ●: Little, •: Trace

1-4 鉍石分析結果

Segama-Darvel Bay 地区の Silam地域及び Darvel 湾内の小島の7鉍徴地で採取した鉍石試料10ケの分析結果はTable II-1-8に示す通りである。

Chert-Spilite Formation に属する Spilite中に胚胎したCyprusタイプの含銅硫化物鉍体の鉍徴地(S-9)で採取した試料(S-O-10-A)は孔雀石, 藍銅鉍, 石英, 方解石及び褐鉄鉍よりなり, 銅が6.54%含まれているが, 露頭の鉍体は幅7cm, 長さ80cmのレンズ状で非常に規模の小さいものである。

Table II-1-8 List of Assay Result of Ore Samples taken in Segama-Darvel Bay Region

Locality	Sample Number	Au ppb	Ag ppm	Co ppm	Cr %	Cu ppm	Fe %	Ni ppm	Pd ppb	Pt ppb	S %	Pb ppm	Zn ppm	Occurrence of ore
S-1	S-O-1-B	<2	0.2	47	29.07	24	10.67	1,042	<2	10	0.022	-	-	massive chromite in serpentised ultramafic rock
S-5	S-O-3-B	<2	0.3	30	22.97	16	10.00	1,003	<2	10	0.018	-	-	foliated chromite in serpentised ultramafic rock
"	S-O-4-B	<2	0.2	38	21.96	50	13.86	672	<2	<5	0.021	-	-	massive chromite in serpentised ultramafic rock
S-6	S-O-5-B	<2	<0.1	39	31.60	19	9.96	730	<2	5	0.015	-	-	massive chromite in serpentised ultramafic rock
"	S-O-6-B	<2	<0.1	35	21.37	8	7.99	1,239	2	<5	0.024	-	-	banded chromite in serpentised ultramafic rock
S-7	S-O-7-B	<2	<0.1	40	32.42	12	9.72	826	<2	<5	0.016	-	-	massive chromite in serpentised ultramafic rock
"	S-O-8-B	<2	0.2	33	19.32	7	7.53	1,774	2	10	0.021	-	-	banded chromite in serpentised ultramafic rock
S-8	S-O-9-B	<2	0.4	33	22.19	10	8.63	1,116	2	<5	0.024	-	-	foliated chromite in serpentised ultramafic rock
S-9	S-O-10-A	<0.01 g/t	<0.1	-	-	65,443	-	-	-	-	0.054	10	561	mal · az · qz · cal · cc-lens in spilite
S-21	S-O-13-A	<0.01 g/t	<0.1	-	-	1,535	-	-	-	-	0.288	3	28	py-cp-mal-bearing quartz vein in spilite

Abbreviations; mal: malachite, az: azurite, qz: quartz, cal: calcite, lim: limonite, py: pyrite, cp: chalcopyrite, cc: chalcocite

