

マレーシア国 鉍物資源基本図調査

資源開発協力基礎調査報告書

サバ地域

(地化学探査及び
地質調査)

第 4 年 次

平成 6 年 3 月

国際協力事業団
金属鉍業事業団

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

(地化学探査及び
地質調査)

第 4 年 次

JICA LIBRARY



1120154181

27846

平成 6 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

27846

はしがき

日本国政府は、マレーシア国政府の要請に応え、同国東部に位置するサバ州の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、衛星画像解析、地化学探査、空中物理探査などの鉱物探査に関する基本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いう専門分野に属することから、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4年次で最終年次にあたり、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成し、平成5年6月から平成5年9月まで現地に派遣した。

現地調査は、マレーシア国一次産業省地質調査所サバ支所の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年度の調査で実施した地化学探査及び地質調査をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたマレーシア国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在マレーシア国日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成6年3月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団

理事長 石川 丘

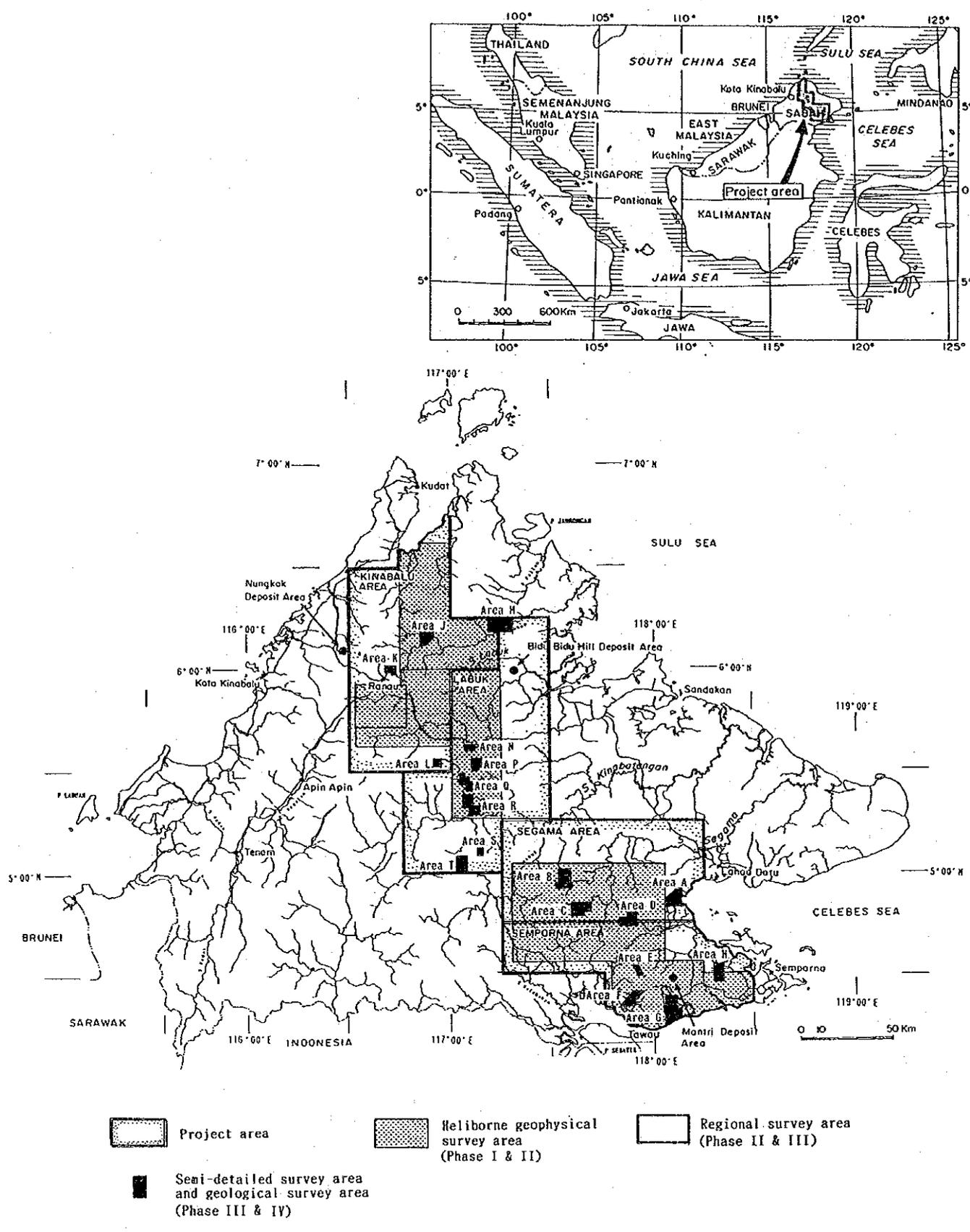


Fig. 1 Location map of the project area

要 約

本調査は、日本政府とマレーシア政府との間で平成2年8月1日に締結された作業協定に基づき、同国サバ州地域において鉱物資源賦存の可能性を調査することを目的とする。本調査は、平成2年度を初年度とする4か年で行う計画であり、本年度はその4年度目で最終年度にあたる。

本年次の調査では、地化学探査及び地質調査の2手法を実施した。地化学探査は、第3年次に実施したキナバル地区及びラブク地区に対する河床堆積物による広域地化学探査の結果抽出された有望地10か所に対し、土壌及び河床堆積物による地化学探査の準精査を行った。この調査に加えて、本年次の調査では、第3年次の地化学探査準精査の結果鉱化作用の確認されたセガマ地区のB地区に対し地質調査を行った。

キナバル地区及びラブク地区の10か所に対して実施した地化学探査の準精査の結果、ラブク地区の南端に位置するT地区において顕著なAs、Au、Cu、Hg、S、Znの異常帯が抽出され、その異常帯分布域内に金の鉱化帯を確認した。転石も含めた試料の鉱石分析の結果、Au 9.4~18.4 g/t及びAg 115.7~931.4 g/tと高い値を示す試料が存在する。

キナバル地区のK地区及びラブク地区のN地区では、超塩基性岩類の分布域に発達するラテライト質土壌中にNiの濃集が確認され、鉱石分析の結果でも幾つかの試料がNi 1.00%以上の値を示す。更に、Niの濃度は深部でより高い傾向が認められる。また、K地区よりN地区の方がNiがより濃集している。

ラブク地区中央南部に位置するQ地区では、Au、Cu、Niの異常帯が確認され、ゴッサンの転石試料を分析した結果ではAu 4.1 g/tの品位が得られた。本地区に対しては、これまでに銅及びニッケルを対象として調査が実施されている。

以上の地区を除くJ、L、M、P、R、Sの各地区では、著しい異常帯及び鉱徴地の存在は確認できず、大規模な鉱化帯の賦存する可能性が低いことを示す。

セガマ地区のB地区で実施した地質調査の結果、本地区の地質は斑れい岩、粗粒玄武岩、玄武岩より成るオフィオライト系列の岩石とクワム層より構成され、前者が北から南への衝上断層により後者の上位に衝上している。主要な鉱徴地はほとんど粗粒玄武岩中に見られ、脈状、網状、鉱染状を呈し、典型的なキプロス型鉱床の形態は示さない。鉱徴地は、NW-SE方向に配列して散在する。鉱石分析の結果では、Cu 2~10%、Ag 4.0~31.2 g/tと局所的に高い品位を示す。

本調査の結果確認されたT地区の鉱化帯は、顕著な金銀の鉱化帯であり、今後南方延長部も含めたその全貌を解明するための精査が望まれる。ニッケル鉱床の期待されるK地区及びN地区に対しては、一般にこの種のニッケル鉱床では深部の基盤岩との境界部付近でもっとも濃集することが知られているので、引き続き更に深部の探査も含めた精査が望まれる。Q地区では、銅及びニッケルに加えて金の鉱化作用の存在する可能性が考えられることから、引き続き精査を実施すべきである。セガマ地区のB地区では、局部的に高品位を示す箇所も確認されていることから、今後更に詳しい調査が望まれる。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

目 次

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 第 1、2、3 年次の調査結果	1
1-3 第 4 年次の調査範囲及び作業の概要	3
1-4 調査団の編成	3
1-5 調査期間	4
第 2 章 調査地域の地理	7
2-1 位置及び交通	7
2-2 地形及び水系	7
2-3 気候及び植生	8
第 3 章 調査地域の既存地質情報	11
3-1 一般地質	11
3-2 鉱化作用及び鉱業略史	11
第 4 章 調査結果	17
4-1 地化学探査準精査	17
4-2 地質調査	23
第 5 章 結論及び提言	25
5-1 結 論	25
5-2 提 言	26

第 II 部 各 論

第 1 章 地化学探査準精査	29
1-1 調査の概要	29
1-1-1 調査方法	29
1-1-2 作業量	31
1-1-3 解析手法	32
1-2 室内試験結果	32
1-3 J地区	38
1-3-1 地質及び鉍化作用	38
1-3-2 土壌地化学探査	38
1-4 K地区	49
1-4-1 地質及び鉍化作用	49
1-4-2 土壌地化学探査	51
1-5 L地区	55
1-5-1 地質及び鉍化作用	55
1-5-2 河床堆積物地化学探査	57
1-6 M地区	61
1-6-1 地質及び鉍化作用	61
1-6-2 土壌地化学探査	61
1-7 N地区	76
1-7-1 地質及び鉍化作用	76
1-7-2 土壌地化学探査	76
1-8 P地区	82
1-8-1 地質及び鉍化作用	82
1-8-2 河床堆積物地化学探査	84
1-9 Q地区	93
1-9-1 地質及び鉍化作用	93
1-9-2 土壌地化学探査	95
1-9-3 河床堆積物地化学探査	105
1-10 R地区	113
1-10-1 地質及び鉍化作用	113
1-10-2 土壌地化学探査	117

1-10-3	河床堆積物地化学探査	127
1-11	S地区	135
1-11-1	地質及び鉍化作用	135
1-11-2	土壤地化学探査	135
1-11-3	河床堆積物地化学探査	145
1-12	T地区	153
1-12-1	地質及び鉍化作用	153
1-12-2	土壤地化学探査	158
第2章	地質調査 (B地区)	167
2-1	調査内容	167
2-2	調査結果	167
2-2-1	地質	167
2-2-2	鉍化作用	178
第3章	考察	185
3-1	地化学探査準精査	185
3-2	地質調査	188

第III部 結論及び提言

第1章	結論	189
第2章	将来への提言	191
参考文献	References	193
図表一覧	List of figures, tables, plates and appendices	194
巻末	Appendices	

第 I 部 總 論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯及び目的

本調査は、日本政府とマレーシア政府との間で平成2年8月1日に締結された作業協定 (Scope of Work) に基づきマレーシア国サバ地域において実施した鉱物資源基本図調査である。調査地域として抽出された範囲 (Fig.1) は、サバ州において鉱物資源の鉱徴が多く知られており、金属鉱床賦存の可能性の最も高い地域である。本調査は平成2年度を初年度とし、4か年で実施の計画であり、本年度の調査はその最終年次に当たる。

本調査の目的は、マレーシア国における鉱物資源開発の長期計画に資するため、本調査地域における鉱物資源賦存の可能性を調査することである。この目的を達成するため、本年度の調査では、第3年次にキナバル及びラブクの両地区に対して実施した広域地化学探査の結果抽出された有望地区10地区に対し地化学探査の準精査及び第3年次の調査で確認されたセガマ地区のB地区に対し地質調査を行った。

1-2 第1、2、3年次の調査結果

第1年次は、衛星画像解析 (TM、MSS)、既知鉱床に対する予察地化学探査及び空中物理探査の測定を実施した。これらの調査結果より以下の結論が得られた。

(1) 第1年次の調査結果

1) 衛星画像解析

- ① キナバル地区のラナウ周辺で抽出された環状構造及びラナウ東方に分布するN-S系の断層群は、鉱化作用を伴う貫入岩と密接な関係が認められる。
- ② ラナウ周辺以外の地区においても多くの環状構造が認められ、金属鉱床探査上重要な構造と考えられる。

2) 予察地化学探査

- ① 本調査で採用した試料種 (河床堆積物、土壌及びパンニング試料) は、いずれも地化学探査上有効な試料種である。
- ② 広域の地化学探査に最も有効な試料種は河床堆積物である。土壌による地化学探査は、より狭い範囲の精査に適する。
- ③ 試料の採取密度としては、河床堆積物で2 km²当たり1試料、土壌試料の場合0.5 km²当たり1試料が必要である。
- ④ 試料の採取位置としては、河床堆積物の場合流れの縁辺部、土壌試料の場合B層の上部が最も有効である。

- ⑤ 有効な指示元素として抽出された元素は、As、Au、Ba、Cr、Cu、Mn、Mo、Pb、S、U、W、及び Zn の 12 元素である。

(2) 第2年次の調査結果

第2年次の調査では、セガマ地区及びセンボルナ地区に対する主として河床堆積物による広域地化学探査、ヘリコプターによる空中物理探査（空中磁気法、空中放射能法）の測定及びキナバル地区北部を除く空中物理探査範囲に対する解析を行った。これら調査の結果、セガマ地区及びセンボルナ地区において以下の地区が有望地区として抽出された。

- ① セガマ地区東部のサバハン川及びデワタ川周辺
- ② セガマ地区中央南部のセガマ川上流域
- ③ セガマ地区西部のダヌン川上流域
- ④ セガマ地区東部のサイラム部落周辺
- ⑤ センボルナ地区中央部のバルング川とカルンバング川の間
- ⑥ センボルナ地区南東部ナゴス周辺
- ⑦ センボルナ地区東部のシビット川上流域
- ⑧ センボルナ地区中央部のカルンバング川の最上流部
- ⑨ センボルナ地区中央南部のアバス川流域
- ⑩ センボルナ地区南部のタワウ・ヒル周辺

これら有望地区の内①、②、③はキプロス型銅鉛床賦存の可能性の高い地区である。④の箇所は、クロム鉛床が対象となる。センボルナ地区より抽出された⑤～⑩の箇所は、いずれも浅熱水成金鉛床の有望地である。

(3) 第3年次の調査結果

第3年次の調査では、キナバル地区及びラブク地区に対する主として河床堆積物による広域地化学探査、キナバル地区北部地域に対するヘリコプターによる空中物理探査（空中磁気法、空中放射能法）の測定結果の解析を行った。これら調査の結果、キナバル地区及びラブク地区において以下の地区が有望地区として抽出された。

- ① キナバル地区東部のスグット川下流域
- ② キナバル地区中央部のスグット川中流域
- ③ キナバル地区ラナウの東方
- ④ キナバル地区南東部のカラマック川最上流域
- ⑤ ラブク地区南部のイムバック川支流
- ⑥ ラブク地区南部のイムバック川中流域
- ⑦ ラブク地区南部のカラマック川下流域
- ⑧ ラブク地区南部のカラマック川中流域

- ⑨ ラブク地区南部のカラマック川とミリアン川の間
- ⑩ ラブク地区中部のテルピド南方マイロ川流域
- ⑪ ラブク地区北部のスグット川流域
- ⑫ ラブク地区中央部のテルピド西方地域

これらの有望地のうち①、②及び⑩は、斑岩型銅鉛床の有望地である。③及び⑫は、ラテライト質土壤中のニッケル品位が高い（最高値 1.08 %）地区である。④は、採取した河床堆積物が高いTiの値 (51.07 %) を示すチタン鉛床の可能性の高い地区である。⑤、⑥及び⑦は、その地化探異常の特性より金鉛床の有望地である。⑧はクロム鉛床及び銅鉛床の有望地、⑨は銅鉛床の有望地である。⑩はクロム鉛床の可能性が期待される地区である。

1-3 第4年次の調査範囲及び作業の概要

本調査では、第3年次キナバル地区及びラブク地区で実施した広域地化学探査の結果抽出された有望地区10地区（J地区、K地区、L地区、M地区、N地区、P地区、Q地区、R地区、S地区、T地区）に対し地化学探査による準精査を実施した。第3年次セガマ地区のB地区で確認された顕著な鉛化作用の見られた区域については、引き続き地質調査を行った。本調査を実施した範囲をFig. 1に示す。本調査で実施した地区別の作業量を Table I-1に、室内試験の数量を Table I-2 に示す。

本年度の調査の重点課題は、地化学探査の準精査（キナバル地区、ラブク地区）により鉛床賦存有望地区を抽出するとともに、地質調査によりセガマ地区のB地区で確認された鉛床の評価を行うことである。

本調査の広域地化学探査は、キナバル地区中央のラナウ (Ranau) にベースキャンプを設け調査基地とした。実際の調査の大部分は、各調査地区にキャンプを設置し実施した。

1-4 調査団の編成

本調査の調査計画策定、折衝及び現地調査に参加した団員は、以下の通り。

(1) 調査計画策定及び折衝

日本国側			マレーシア国側		
辻本 崇史	金属鉛業事業団	Fatch Chand	Director General	GSM	
両角 春寿	金属鉛業事業団	David T.C. Lee	Director	GSM	
五十嵐吉昭	金属鉛業事業団	Lim Peng Siong	Principal Geologist	GSM	

GSM: Geological Survey of Malaysia

(2) 現地調査

日 本 国 側		マ レ イ シ ア 国 側	
南野 正彦	団長、地化学探査 大手開発(株)	Lim Peng Siong	Principal geologist GSM
岡崎 正次	地化学探査、地質調査 大手開発(株)	Joanes Muda	Geologist GSM
		Paulus Godwin	Geologist GSM
後藤 求	地化学探査、地質調査 大手開発(株)	Cleafos Totu	Geologist GSM
		Salleh Adanan	Geologic Assist. GSM
川村 淳	地化学探査 大手開発(株)	Japili Samin	Geologic Assist. GSM
		Jolouis Supilin	Geologic Assist. GSM

GSM: Geological Survey of Malaysia

1-5 調 査 期 間

本調査に伴う現地調査の期間は、以下の通り。

地化学探査及び地質調査現地調査 平成5年6月21日 ～ 平成5年8月28日

地化学探査及び地質調査現地解析 平成5年8月25日 ～ 平成5年9月7日

Table I-1 Summary of work amounts

(1) Semi-detailed geochemical survey

Method	Samples	Area J	Area K	Area L	Area M	Area N	Area P	Area Q	Area R	Area S	Area T	Total
Coverage	km ²	38	30	20	119	21	26	42	75	12	70	453
Stream sediments	Samples	—	—	80	—	—	105	85	150	25	—	445
Soil	Samples	150	240	—	476	170	—	85	150	25	280	1,576
Ore	Samples	0	3	0	0	2	0	2	0	0	13	20

(2) Semi-detailed geological survey

Method	Samples	Area B
Coverage	km ²	32
Traverse length	km	48
Ore	Samples	46

Table I-2 Work amounts of laboratorial studies

Study item	Semi-detailed geochemical survey	Semi-detailed geological survey	Total
(1) Thin section	12 samples	5 samples	17 samples
(2) Polishes section	10 samples	13 samples	23 samples
(3) X-ray diffraction analyses	10 samples	10 samples	20 samples
(4) Chemical analyses			
stream sediments(2 elements)	80 samples 160 elements	—	80 samples 160 elements
stream sediments(5 elements)	105 samples 525 elements	—	105 samples 525 elements
stream sediments(21 elements)	260 samples 5,460 elements	—	260 samples 5,460 elements
Soil(5 elements)	410 samples 2,050 elements	—	1,902 samples 39,942 elements
Soil(21 elements)	1,166 samples 24,486 elements	—	131 samples 2,751 elements
Ore(7 elements)	20 samples 140 elements	46 samples 322 elements	66 samples 462 elements

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

マレーシア国は、マレー半島に位置する西部マレーシアとボルネオ島北西部に位置する東部マレーシアより構成される。西部マレーシア及び東部マレーシアを合わせた総人口は、約 1,650 万人で、その面積は約 33 万 km²である。人種は、マレー人を主とし中国人、インド人の他多くの少数民族より構成される多民族国家である。

東部マレーシアは、サバ(Sabah)州、サラワク(Sarawak)州の2州より構成される。本調査地域はサバ州中央部の広い範囲を占め、その総面積は 26,500 km²であり、北西より南東方向にキナバル(Kinabalu)地区、ラブク(Labuk)地区、セガマ(Segama)地区及びセンボルナ(Semporna)地区の4地区(Fig. 1)より構成される。

サバ州の州都は、コタ・キナバル(Kota Kinabalu)で西海岸に位置する。コタ・キナバルには国際空港があり、国外よりの交通は至便である。サバ州内の主要な町には、コタ・キナバルより国内定期便が発着している。主要道路は、コタ・キナバルよりラナウ(Ranau)、テルピド(Telupid)を経由して東海岸のサンダカン(Sandakan)へ至る道路と、サンダカンよりラハッド・ダーツ(Lahad Datu)を経て南海岸のタワウ(Tawau)へ至る道路である。この道路はキナバル地区及びラブク地区の中央部を、セガマ地区及びセンボルナ地区の東部を走る。キナバル地区は、ラナウの町を中心として比較的道路網が発達しているが、同地区の南部では限られる。ラブク地区では、中心部のテルピドより数条の木材運搬用の道路が南北に走っているのみである。セガマ地区での道路網は、東側の海岸沿いに限られる。地区の中央部より西部に通じる道路は無く、河川の利用のみが唯一の交通手段である。センボルナ地区では、西部及び中央部を除けばプランテーション用の農道が発達しており、比較的交通は至便である。

2-2 地形及び水系

サバ州の地形は、西海岸と平行に走る北北東方向の急峻な山岳地形、東側の丘陵地形、南部の火山地形及び主要河川に沿って分布する平坦地とに特徴付けられる。本調査地域の北西部キナバル地区の西端には、東南アジア最高峰のキナバル山(標高 13,455 フィート)があり、この地区の地形は、特に急峻である。ラブク地区は、全般に丘陵地形を示すが、東部では主要河川に沿って平坦な湿地帯が広範囲を占めており、さらに河川も著しく蛇行している。セガマ地区では丘陵地形が東端の海岸線まで達するが、地区の北部では河川に沿って平坦地が広がっている。また、各河川の上流部では深い溪谷が発達する。センボルナ地区では、東部及び中央部は、火山地形を示し比較的急峻であるが、これ以外の地区は比較的平坦な丘陵地形を示す。

調査地域を流れる主要河川は、ペガラン(Pegalan)川、スグット(Sugut)川、ラブク(Labuk)

川、キナバタンガン (Kinabatangan) 川、セガマ (Segama) 川、テインカユ (Tingkayu) 川、カルンパング (Kalumpang) 川、カラバカン (Kalabakan) 川等である。これらの河川の内ベガラン川は南シナ海に、スグット川、ラブク川、キナバタンガン川、セガマ川及びテインカユ川はスール (Sulu) 海に、カルンパング川及びカラバカン川は南のセレベス (Celebes) 海に注いでいる。これらの河川は上流部で溪谷を造り、下流部では著しく蛇行する場合が多く、最下流部ではマングローブの生い茂る湿地帯を構成する。

2-3 気候及び植生

本調査地域は熱帯モンスーン気候の範囲に位置するため、8月より1月にかけての比較的雨の多い季節と、2月より7月にかけての雨の少ない季節とがある。気温は、年間を通じてほとんど変化無く22~33℃の範囲にある。サバ州の西海岸に位置するコタ・キナバルと東海岸のサンダカン及び南海岸に位置するタワウの月別最低及び最高気温と月別降雨量をTable I-3 に示す。この表で明らかのように、東海岸と西海岸とでは月別降雨量に地域性が見られ、東海岸側の方が降雨量が多い傾向を示す。

本調査地域の大部分は、ジャングル地帯が占める。ジャングルは、まだ人手の入っていない初生ジャングルと、既に大木の伐採が終わっている二次ジャングルとに区分されるが、本調査地域のジャングルの大部分は、二次ジャングルである。調査地域の東部及び南部ではプランテーションが広く分布し主としてカカオ、パームヤシが栽培されている。

Table I-3 Statistics of temperature and rainfall

Month	Kota Kinabalu			Sandakan			Tawau		
	Temperature (°C)		Rainfall	Temperature (°C)		Rainfall	Temperature (°C)		Rainfall
	Max.	Min.	(mm)	Max.	Min.	(mm)	Max.	Min.	(mm)
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

Temperature: 1989 and 1990

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

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 一般地質

本調査地域は、サバ州の北西部より南東部にかけての広い範囲を占め、既知の金属資源の鉱微地の大部分がこの範囲に位置する。

本地域の地質は、基盤をなす三畳紀以前の結晶質岩類(Cb)、北西ボルネオ地向斜の形成初期(白亜紀～始新世)に堆積したスピライトの噴出を伴う堆積岩類(K、KP)、これに続くフィリシュタイプの堆積岩を特徴とする堆積岩類(P₁、P₂、P₃、P₄)の堆積(始新世～中新世中期)及び造山活動(中新世中期～鮮新世)とこの時期からの堆積岩類(N₁、N₂、N₃、N₄、N₅)の堆積(中新世前期～更新世)により形成されている。

火山活動としては、白亜紀の超塩基性岩類の侵入、造山活動及びその後の深成岩類の侵入及び鮮新世より完新世にかけての石英安山岩、安山岩、玄武岩などの噴出岩類の活動が挙げられる。

本調査地域を含むサバ州の地質図(Heng Y.E., 1985)をFig. I-1に示す。この図で明らかのように基盤をなす片岩、片麻岩などの結晶質岩と堆積岩類は、主としてセガマ地区に分布する。スピライトの噴出を伴う堆積岩類は、ラプク及びセガマの両地区の広い範囲を占めて分布する。超塩基性岩類は、キナバル、ラプク、及びセガマの3地区で主として見られ、スピライトの噴出を伴う堆積岩類と密接な関係をもって分布する。キナバル地区は、アダメロ岩、花崗閃緑岩などの侵入(中新世後期～鮮新世)により特徴付けられる。センボルナ地区では石英安山岩、安山岩、玄武岩などの火山岩類が特徴的に分布し、この火山帯は北東方向へ伸びフィリピン南部まで連続する。

3-2 鉱化作用及び鉱業略史

本調査地域で見られる主要な金属鉱床は、深成岩類と密接な関係を示す斑岩型銅鉱床、スピライトの噴出に関係するキプロス型の塊状硫化鉄床及び火山岩類の噴出と密接な関係を持つ熱水性の金銀鉱床である。以上の他、超塩基性岩に伴われるクロムや白金の鉱床、ラテライト質土壌に伴われるアルミやニッケルなどの風化残留鉄床、堆積岩類に伴われたマンガン鉄床などが知られている。調査地域の主要な既知の鉄床及び鉄微地の分布図(Leong K.M., 1976)を、Fig. I-2に示す。

調査地域で現在操業中の金属鉱山は、キナバル地区のラノウ北方に位置する斑岩型銅鉄床のマムート(Mamut)鉄山のみである。マムート鉄山は、国連による地化学探査の結果発見された銅鉄床である。1968年日本の海外鉄物資源開発(株)(OMRD)が国際入札により探鉄権を取得し、1968年より1972年までの間探鉄を実施した後1973年開発に着手、1975年5月に操業を開始した。現在の操業規模は、粗鉄日産約20千トン、Cu 0.47%であり、Mamut Copper Mining社により、

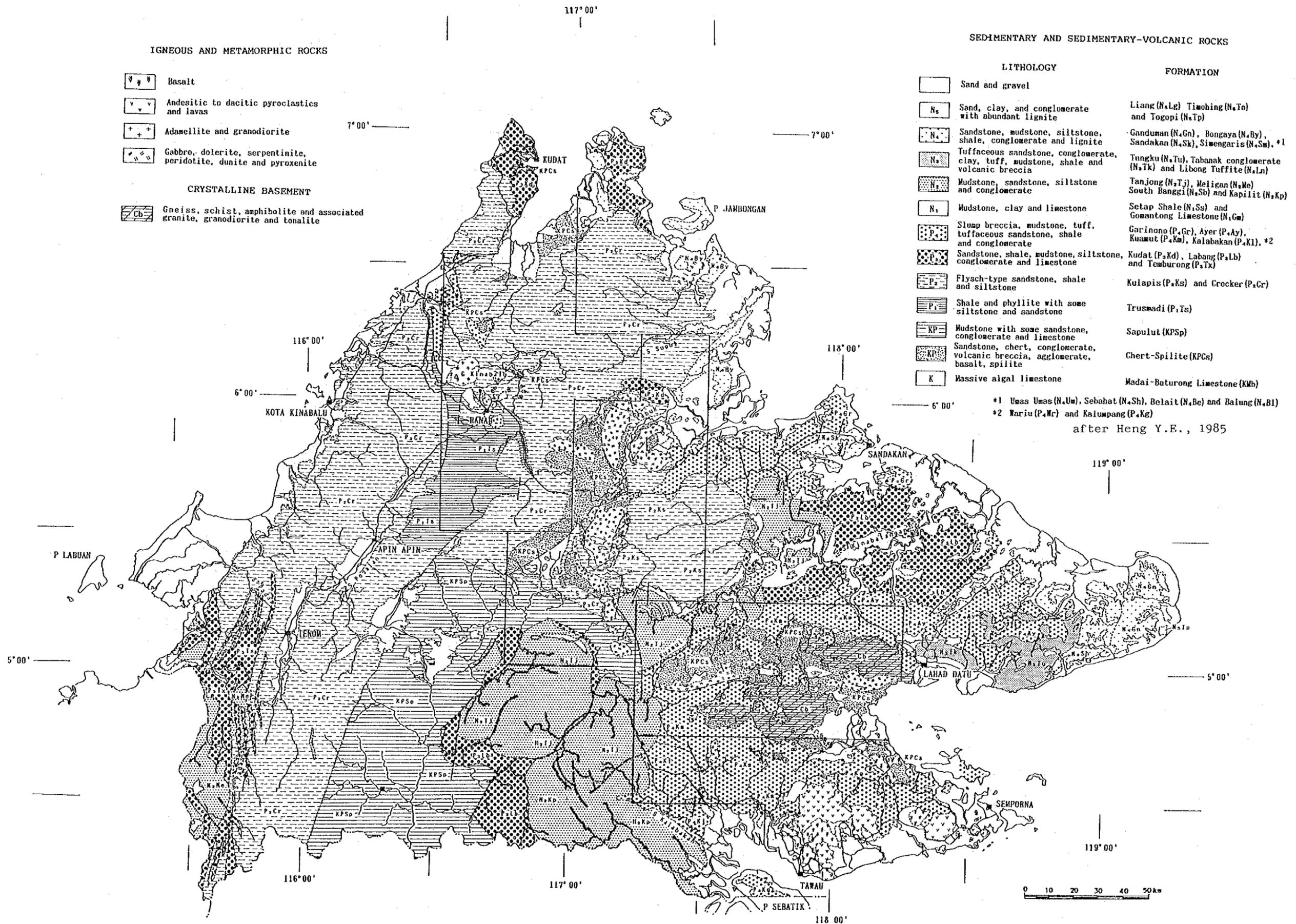


Fig. I-1 Geologic map of Sabah, Malaysia

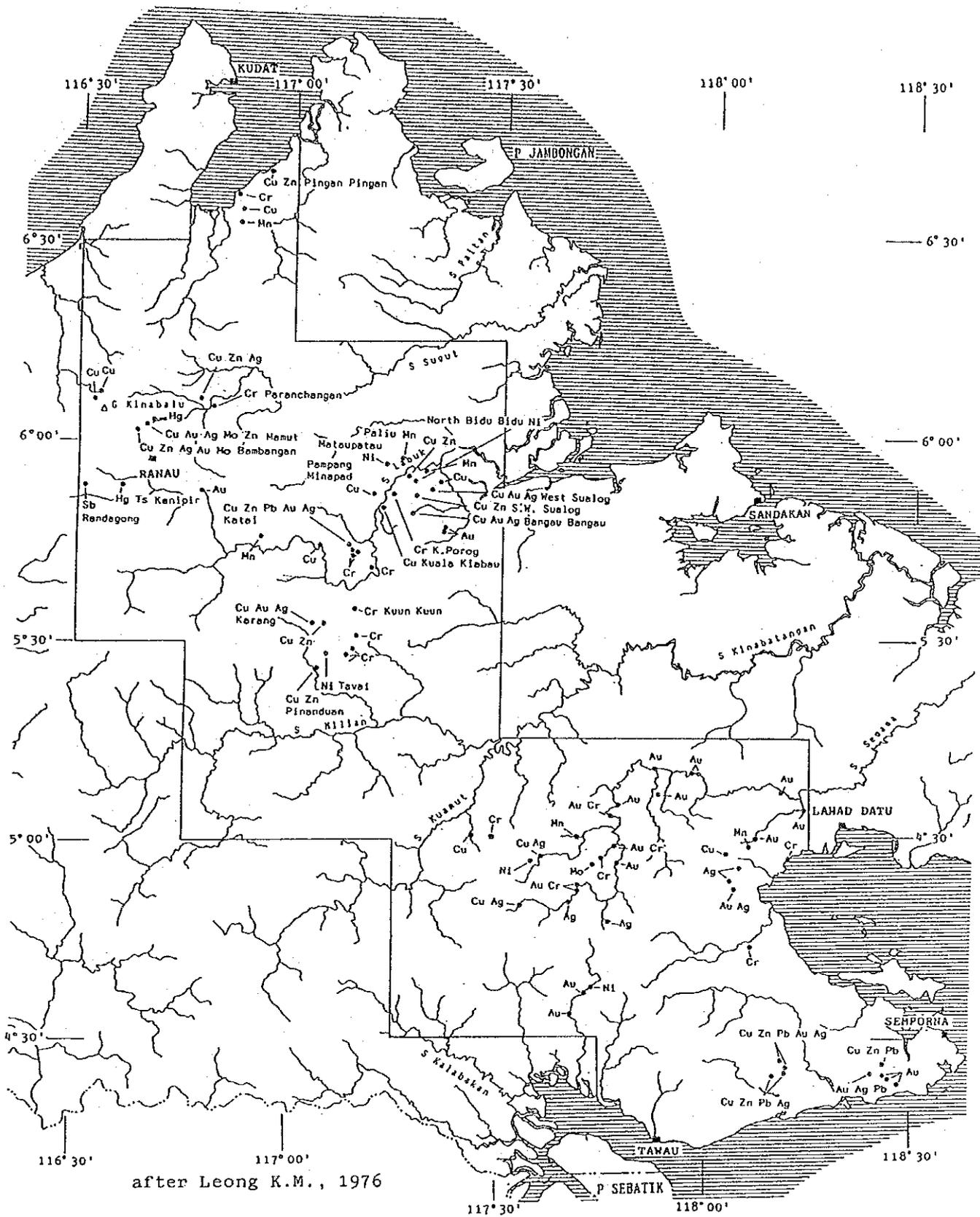


Fig. I-2 Distribution of mineral occurrences in the project area

人員約1,300名で操業している。

探鉱作業がほぼ終了して開発待ちの鉱床としては、ラプク地区の西部に位置するピドゥピドゥヒル鉱床が挙げられる。本鉱床は、スピライト質噴出岩中に賦存するキプロス型の塊状硫化鉱床で、Leadstar SDN BHDにより探鉱が実施されている。これまでに実施したボーリング調査の結果（約40,000 m）では、鉱量 360万トン、Cu 3.6 %、Au 1~2 g/t、Ag 8 ~15 g/tが計上されておりその開発が計画されている。

調査地域南部のセンボルナ地区では、同地区の火山岩類中に賦存する金銀鉱床の探査がZamia SDN BHDにより実施されている。この会社による調査は、東方に位置するセンボルナの西側よりタワウの北方までの広範囲に及んでいる。調査は、主として土壌による地化学探査及びトレンチで、ボーリングによる調査はマンツリィ地区で実施されているのみである。

第4章 調査結果

4-1 地化学探査準精査

第3年次にキナバル地区及びラブク地区で実施した広域地化学探査の結果、有望地として抽出されたJ地区～T地区の10か所 (Fig. II-2-1) に対して地化学探査による準精査を実施した。本調査の概要及びその調査結果は、以下の通り。

(1) 採用試料種

本調査では、対象となる鉱床及び調査地区の地形状況より、以下の試料を地化学探査の試料種として採用した。

J地区、K地区、M地区、N地区、T地区	: 土壌
L地区、P地区、	: 河床堆積物
Q地区、R地区、S地区	: 土壌及び河床堆積物

(2) 採用元素

本調査で採用した元素と試料種及び対象地区の関係は以下のとおり。

- ① 分析元素 (2元素) : Fe、Ti
試料種及び対象地区 : 河床堆積物 (L地区)
- ② 分析元素 (5元素) : Al、Co、Fe、Cr、Ni
試料種及び対象地区 : 河床堆積物 (P地区)、土壌 (K地区、N地区)
- ③ 分析元素 (21元素) : As、Au、Ba、Co、Cr、Cu、Hg、K、Mg、Mn、Mo、Na、Ni、Pb、S、Sb、Sr、Ti、U、W、Zn
試料種及び対象地区 : 河床堆積物 (Q地区、R地区、S地区)、土壌 (J地区、M地区、Q地区、R地区、S地区、T地区)

①の元素はチタン鉱床の対象地域に、②はクロム及びニッケル鉱床の対象地域、③は金及び銅などの金属鉱床の対象地域である。

(3) 解析手法

解析は、統計処理結果に基づき濃度分布図を作成し、各元素の濃度の分布傾向を明らかにするとともに、単変量及び多変量の両手法による解析を行った。単変量解析の手法としてはEDA (Exploratory Data Analysis)法 (Kurzi H., 1988)を、多変量解析の手法としてはクラスター分析法及び因子分析法を採用した。

EDA法は、単成分データの分散の型に関係せず、統計的な数値処理によってしきい値 (異常値) を抽出する手法である。多変量解析手法として採用したクラスター分析法は、各単成分間の

相関係数により関係の深い成分ごとにグループ（クラスター）分けをする手法である。因子分析は、各成分間の関係より、その関係の原因となる因子を統計的に抽出する手法である。

（４）調査結果

J 地 区

本地区は、キナバル地区中央部のスグット川中流域に注ぐミラリ（Mirali）川流域に位置する。第3年次の広域地化学探査の結果 Au、Cu、Hgの異常帯が抽出されたことから、斑岩型銅鉱床を対象として土壌試料による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、第三紀始新世～漸新世のクロッカー層より成り、砂岩及び泥岩が分布する。中央部では、ミラリ川両岸に沖積層が広い範囲に分布する。地表踏査の結果では、鉱化帯及び変質帯は確認できなかった。

土壌地化学探査の結果では、指示元素はいずれも低い値（Cu の最高値：133 ppm）を示す。本地区中央部西方のミラリ川西岸の沖積層分布域においてAu、Cu、Hg、Sbの異常帯が重複する区域が見られる。これら異常帯のしきい値は、他の地区と比較して低い値を示す。因子分析の結果と鉱化作用の関係は、不明瞭である。地化学探査の結果では、本地区に大規模な鉱化作用の存在する可能性が低いことを示す。また、異常帯が沖積層に近接して見られることから、上流に位置するマムート鉱床などよりもたらされた鉱化作用を伴う砂、礫の影響も考えられる。

K 地 区

K地区はキナバル地区の中央部ラナウの東方に位置する。本地区北部を東方に向かってルハン（Luhan）川が流れる。ラテライト質ニッケル鉱床賦存の可能性を明らかにするため土壌試料による地化学探査を実施した。試料は、同一地点の2か所（深度50 cm及び深度150 cm）より240試料を採取した。

本地区の地質は、中央部に広く、主にハルツバージャイトおよびその中に層状で存在するダナイトからなる超塩基性岩体が分布する。本地域東部および西部には、その超塩基性岩体と断層で隔てられて、砂岩および泥岩からなる第三紀始新世～漸新世のクロッカー層が分布する。地区北部のルハン川流域及び南東部には、段丘堆積物が分布する。

本地区の超塩基性岩体の分布域には赤褐色のラテライト質土壌の他、黄緑色のサブロライトが見られる。このサブロライトより3試料を採取し鉱石分析を行った結果、それぞれ、Ni 0.50 %、1.50 %、1.44%の高い値が得られた。

土壌地化学探査の結果、Ni及びFeともに高濃度を示し、深度50 cmの試料では、最大値は、それぞれ、Ni 8,636 ppm、Fe 47.01 %である。深度150 cmの試料は、最大値Ni 10,136 ppm、Fe 47.29 %を示す。Ni及びFeの異常帯の分布は、深度50 cm、150 cmの試料とも重複して、超

塩基性岩体の東部、中央部及び西部に分布する。

通常、かんらん石のNiの含有量は、0.3～0.4%であるので、本地区のラテライトでは明らかにNiが濃集している。一般にラテライト型のニッケル鉱床は、その基盤岩周辺で最もニッケルが濃集するが、本調査の結果でも深部の方が高い値を示しており、引き続きさらに深い箇所に対する調査が望まれる。

L 地 区

L地区はキナバル地区南部のカラムック (Karamuak) 川の最上流域に位置する。本地区は、チタン鉱床の可能性が推定されたことから、河床堆積物試料による地化学探査を実施した。本地区の大半は、超塩基性岩、斑れい岩及び枕状構造を持つ玄武岩により占められ、これらの岩石と衝上断層で隔てられて、その北部に第三紀始新世～漸新世のクロッカー層が分布する。

地化学探査の結果、Tiの濃度は、最大値 12.40%、平均値 0.83% で、第3年次の調査で得られたような高濃度 (51.07%) を示す試料は確認できなかった。FeおよびTiの異常帯は重複して斑れい岩の分布域に見られる。Ti 10.00% 以上の値を示した試料は、1試料のみである。FeとTiは良い相関を示す。斑れい岩の分布域において、通常の斑れい岩よりFe、Tiともにかなり高い値を示すことから斑れい岩中にチタン鉄鉱の濃集部が存在するか、斑れい岩や玄武岩より供給されたチタン鉄鉱が河床堆積物中で洗われ濃集した可能性が考えられる。地化学探査の結果では、規模の大きい濃集部が認められないことから、大規模な鉱床の賦存する可能性は低いと考えられる。

M 地 区

M地区は、キナバル地区東部からラブク地区北部にかけてのスグット川の下流域に位置する。斑岩型銅鉱床の可能性を明らかにするため、土壌による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、全域に広く分布する第三紀始新世～漸新世のクロッカー層とスグット川に沿って分布する河岸段丘の段丘堆積物よりなる。地表踏査では、鉱化作用及び変質作用は認められなかった。

土壌地化学探査の結果では、Auは最大値で 57 ppb、Cuは最大値 498 ppm、平均値 10.7 ppm で全般に低い値を示す。本地区北東部のスグット川に沿う段丘堆積物の分布域において As、Au、Cu、Hg、S の異常帯が甚しく重複して見られる、それ以外には著しい異常帯の分布は見られない。因子分析の結果も鉱化作用と関係すると思われる因子の因子得点の高い地域は、上記の異常帯の重複する地域にみられ、段丘堆積物の分布域と密接な関係を示す。段丘堆積の分布域に異常帯が認められることから、上流に位置するマムート鉱床などより供給された鉱化作用を伴う砂、礫の影響が考えられる。本地区北東部のスグット川に沿う地域以外には、鉱化作用と関係付けら

れる地化学的現象は見られないことから、本地域に大規模な鉍化帯の存在する可能性は低いと判断される。

N 地 区

N地区はラブク地区のほぼ中央部テルピド (Telupid) の西方に位置する。本地区を北東方向に向かってラブク (Labuk) 川の支流であるタパン (Tapang) 川、テルピド (Telupid) 川、マイロ (Mailo) 川が流れる。ラテライト質ニッケル鉍床賦存の可能性を明らかにするため土壤試料による地化学探査を実施した。試料は、K地区と同様同一地点より深度の異なる2試料を採取した。

本地区の地質は、主にハルツバージャイトからなる超塩基性岩が3岩体に分かれて分布し、それらを取り巻くように断層で隔てられて、チャート、玄武岩、ドレライトからなるチャート・スピライト層が分布する。さらに、平坦地は段丘堆積物に覆われる。ラブク川及びテルピド川沿岸には、沖積層が発達する。

本地区の超塩基性岩体の分布域一帯には、赤褐色のラテライト質の土壤が分布する。本地域の北部に分布する風化の著しい超塩基性岩試料を2個試料採取し鉍石分析を行った。この結果、Niの品位はそれぞれ、0.80%、1.32%を示した。

土壤地化学探査の結果、Ni及びFeともに高濃度を示し、深度50cmの試料では、最大値がNi 13,114 ppm、Fe 46.17%、深度150cmの試料では、最大値はNi 14,497 ppm、Fe 43.29%を示した。Ni、Fe、Coの異常帯の分布は、深度50cmの試料、深度150cmの試料ともに、ほぼ重複して、中央部の超塩基性岩体の分布に沿って見られ、特にその岩体の北部で著しい。

通常、かんらん石のNiの含有量は、0.3~0.4%であるので、本地区のラテライトでは明らかにNiが濃集している。一般にラテライト型のニッケル鉍床は、その基盤岩周辺で最もニッケルが濃集するが、本調査の結果でも深部の方が高い値を示しており、引き続きさらに深い箇所に対する調査を実施すべきと考えられる。

P 地 区

P地区は、ラブク地区の中央部、マイロ (Mailo) 川流域に位置する。本地区ではクロム鉍床を対象として河床堆積物による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、主にハルツバージャイトから成る超塩基性岩類が占め、それぞれ、断層で隔てられて北西部に斑れい岩が、北東部に小規模にチャートが分布する。地表踏査の結果、クロム鉄鉍の露頭は、見いだされなかった。

河床堆積物地化学探査の結果、Crは最大値10.73%、平均値2.85%と高濃度を示す。Crの異常帯はNi及びCoの異常帯と重複して本地域南西部及び北東部に見られる。これらの区域に対する今後の調査が望まれる。但し、クロム鉄鉍の転石も確認できなかったことからすると、大規模

なクロム鉱床の賦存する可能性は低いようである。

Q 地 区

Q地区は、ラプク地区中央南部のカラマック川中流域に位置する。本地区ではクロム鉱床及び銅鉱床を対象として土壌及び河床堆積物による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、主としてハルツバージャイトより成る超塩基性岩類と、これに衝上断層で接する第三紀始新世～漸新世のクロッカー層より構成される。超塩基性岩中には小規模な斑れい岩の貫入岩体が見られるが、この岩体に伴う少量の銅を伴う磁硫鉄鉱の存在が報告されている。尚、北西部の山頂部はタヴァイ・プラトウ (Tavai Plateau) と呼ばれる地域で、広くラテライト化した超塩基性岩が分布する。本地区南西部の沢で採取したゴッサンの転石試料を鉱石分析した結果Au 4.1 g/tを示した。

地化学探査の結果では、土壌及び河床堆積物の両試料ともAu、Co、Cr、Cu、Hg、Ni等の元素が高濃度を示す。異常帯の分布は、土壌および河床堆積物ともに、本地区中央部のピナンドアン (Pinanduan) 川流域に沿って、Au、Cu、Niが重複して見られる。Crの異常帯は、本地区南部で見られる。因子分析の結果では、本地区の鉱化作用に関係すると思われる因子 (土壌試料：第4因子Au-Cu、河床堆積物試料：第4因子 Au-Cu-Hg) が抽出された。これらの因子の高因子得点部は、ピナンドアン川に沿って分布する。本地区では、過去に銅及びニッケルを対象に探査が行われているが、顕著なものが確認出来なかったことから放置されていた。今回の調査により銅及びニッケル加えて金の鉱化作用の可能性も考えられることから、今後の調査が望まれる。

R 地 区

R地区は、ラプク地区中央南部のカラマック川とミリアン川との間に位置する。第3年次に実施した広域地化学探査の結果では、本地区において Au 及び Cu の高濃度帯が抽出されたことから、金及び銅の鉱化作用を対象として土壌及び河床堆積物による地化学探査を実施した。

本地区では、中央部の広い範囲に主として超塩基性岩より成り斑れい岩及び玄武岩を伴う岩石が分布する。この岩体は、衝上断層で第三紀始新世～漸新世のクロッカー層の上位にのる。衝上断層付近には、角閃岩及び緑色片岩が分布する。地表踏査の結果では、鉱化帯及び変質帯の確認はできなかった。

地化学探査の結果、土壌及び河床堆積物ともに鉱化作用に関連すると思われる As、Au、Cu、Hg、Ni、Pb、S などの指示元素の濃度は、低い値を示す。異常帯の分布は、東部の超塩基性岩類の分布域に集中する。土壌試料では、Au、Cu、Ni、S の異常帯が近接ないしは重複して分布し、河床堆積物試料では、Cr、Cu、Hg、Ni、Znがほぼ重複して分布する。因子分析の結果、鉱化作用に関連すると思われる因子の高因子得点部は、本地区東部に分布する。

鉍化作用に関連すると思われる指示元素の濃度が低いこと、地表踏査で顕著な鉍化帯及び変質帯が確認できなかったことなどより、本地区に大規模な鉍床の賦存する可能性は低いと判断される。

S 地 区

S地区は、ラプク地区中央南部に位置し、イムバック川の支流域である。第3年次の広域地化学探査では、本地区よりAu、Hgの高濃度帯が抽出されたことから、熱水型金鉍床を対象として土壌及び河床堆積物による地化学探査を実施した。

本地区には、砂岩及び泥岩よりなる白亜紀後期～第三紀始新世後期のサプルット (Sapulut) 層が広く分布する。東部では、衝上断層によりこれと隔てられて超塩基性岩類が分布する。

地化学探査の結果、土壌及び河床堆積物ともに鉍化作用に関連すると思われる、As、Au、Cu、Hg、Pb、Sなどの指示元素の濃度は低い。Cr及びNiが比較的高い濃度を示す試料が存在するが、これらの試料は東部の超塩基性岩類の分布域に限られる。東部の超塩基性岩類の分布域にAs、Cu、Hg、Znの異常帯がみられるが、そのしきい値はいずれも低い値を示す。因子分析の結果では、鉍化作用に関連付けられる因子は抽出されなかった。

鉍化作用に直接関連すると思われる指示元素の濃度が低いこと、地表踏査では顕著な鉍化帯及び変質帯が確認できなかったことから、本地区に鉍床の賦存する可能性は低いと判断される。

T 地 区

T地区は、ラプク地区南部のインバック川支流域である。第3年次の広域地化学探査で本地区においてAu、Hgの高濃度帯が抽出されたことから、金の鉍化作用を対象にして土壌による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、主に、泥岩と砂岩からなる、漸新世のラバング (Labang) 層及び中新世前期～後期のタンジョング (Tanjong) 層から成る。タンジョング層中には、数十 mの幅で閃緑斑岩が貫入する。さらに、本地区南部の河川沿いに沖積層が分布する。本地区の鉍化帯及び変質帯は、南部の上流域に限られて分布する、閃緑斑岩の貫入する付近の泥岩は珪化し黄鉄鉍の鉍染を伴い、石英の細脈が発達する場合がある。貫入岩も程度の異なる変質作用を受けており、白色粘土化したものからほぼ新鮮なものまである。上流域では、硫化物を伴い、著しく酸化しゴッサン化した転石も見られる。転石も含めて鉍石分析を行った結果、3試料より高品位 (Au 9.0 g/t Ag 278.3 g/t、Au 18.4 g/t Ag 115.7 g/t、Au 15.4 g/t Ag 931.4 g/t) の分析値が得られた。これらの試料の研磨片を観察した結果では、銀鉍物として紅銀鉍、含銀四面銅鉍、輝銀鉍などが同定された。金に比較して銀の含有が高いこと、低温で生成したと考えられる銀鉍物を伴うことより判断すると、確認された鉍化帯は斑岩型銅鉍床の縁辺部あるいは最上部の可能性も考えられ

る。

地化学探査の結果、As、Au、Hg、S等の元素は、他の堆積岩の分布する地域に比べて高い値を示す。異常帯は、南部でAs、Au、Cu、Hg、S、Znが重複して分布し、それ以外の地域では、小規模のものが散在する。因子分析の結果、本地区の鉱化作用に関連すると思われる因子（第2因子As-Au-Pb）が抽出され、この因子の高因子得点を持つ試料が本地区南部に集中して分布する。

地化学探査及びそれに伴う地表踏査の結果、本地域南部に、金の鉱化作用が存在することが、確認された。さらに、この鉱化帯は、本地域南部から南方につながって延長している可能性があり、今後、南方延長部を含めた精査が望まれる。

4-2 地質調査

セガマ地区のB地区の地化学探査準精査により確認された銅の鉱微地に対して、地質精査を実施した。調査地域は、セガマ地区東部のダヌン（Danum）川上流域に位置する。

本地区の地質は、漸新世～中新世中期の、砂岩及び泥岩から成る、クワム（Kuamut）層及びその上位に衝上断層で覆い被さるオフィオライト系列の岩石より成る。オフィオライト系列の岩石は、粗粒玄武岩を主体としその下位に、一部層状構造を持つ斑れい岩が分布する。さらに、粗粒玄武岩中に玄武岩質の枕状溶岩が分布する。

鉱微地は粗粒玄武岩中に見られ、NW-SE方向に配列して散在する。鉱微地では3種類の異なる産状が識別される。これらは黄鉄鉱及び黄銅鉱を伴う石英脈、黄鉄鉱及び黄銅鉱を伴う不規則な細脈が集合する網状帯、黄鉄鉱及び黄銅鉱の粗粒玄武岩中の鉱染である。もっとも規模の大きい鉱化帯は本地区中央部に見られ、幅6mにわたって、幅1m～数cmの黄鉄鉱及び黄銅鉱を伴う石英脈が分布する。銅の分析値は幅6mで0.03%と低いが、局部的には、脈幅60cmの石英脈でCu 2.66%を示した。網状帯及び鉱染帯に対する鉱石分析の結果では、数十cmの試料採取幅でCu 2～10%の値が得られた。

本調査の結果、本地区の鉱化帯は粗粒玄武岩中に賦存する脈状及び網状の産状を示す銅の鉱化帯であることが明らかとなり、前年度の調査で想定された枕状溶岩に伴う典型的な塊状硫化物鉱床（キプロス型鉱床）ではないことを示す。しかしながら鉱微地が方向性を持って散在しており、局所的に銅品位の高い部分も認められることから、今後さらに、詳しい調査によりその可能性を明らかにすることが望まれる。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

第4年次に当たる本調査では、第3年次にキナバル地区及びラブク地区に対し実施した広域地化学探査の結果抽出された有望地10か所に対し、土壌及び河床堆積物による地化学探査の準精査を行った。これに加えて第3年次に実施したセガマ地区のB地区における地化学探査の準精査の結果確認された鉍化帯に対して地質調査及び鉍微地調査を行った。

地化学探査の準精査を実施した10地区に対する調査の結果では以下の結論が得られた。

- J地区：大規模な銅の鉍化帯の賦存する可能性は低い。広域調査で確認された地化探異常帯は、上流より供給された鉍化作用を伴う沖積層中の砂、礫の影響が考えられる。
- K地区：超塩基性岩類の分布域に発達するラテライト質土壌では、ニッケルの濃集が認められ、ニッケル鉍床賦存の可能性を示す。鉍石分析の結果では最大値 1.50 % のニッケル品位を示す。また、深部の方が高いニッケルの濃度を示す傾向が認められる。
- L地区：チタン鉄鉍の濃集は認められるが、余り顕著でないことから、開発の対象となるチタン鉍床賦存の可能性は低いと判断される。
- M地区：地化探異常帯は段丘堆積物による影響が考えられることから、斑岩型銅鉍床の賦存の可能性は低い。異常帯は、上流より供給された砂、礫の影響が考えられる。
- N地区：K地区よりも高いニッケルの濃集が見られ、深部でのニッケル鉍床賦存の可能性が高いと判断される。
- P地区：異常帯の分布が小範囲に限られており、大規模なクロム鉍床賦存の可能性は低い。
- Q地区：Au、Cu、Niの異常帯が確認され、ゴッサン転石の鉍石分析の結果でもAu 4.1 g/tのを示す。この地区に対するこれまでの調査でも銅の鉍化帯が確認されており、金及び銅の鉍化帯賦存の可能性が考えられる。
- R地区：顕著な異常帯が確認できなかったこと及び地表調査で鉍微地が認められなかったことから、大規模な金又は銅鉍床賦存の可能性は低いことを示す。
- S地区：全般に指示元素の濃度が低く、鉍微地も確認できなかったことから大規模な金鉍床賦存の可能性は低いことを示す。
- T地区：顕著な地化学異常帯が確認され、その異常帯分布域に金銀の鉍化帯が確認された。転石も含めた試料の鉍石分析の結果、Au 9.4~18.4 g/t及びAg 115.7~931.4 g/tと高い値を示しており、その可能性は高いと判断される。

準精密調査を実施した10地区のうち、その可能性が高い地区としては、K地区、N地区、Q地区及びT地区が挙げられる。このうち最もその可能性の高い地区は、T地区である。

セガマ地区のB地区に対し実施した地質調査の結果、鉍化帯は粗粒玄武岩中に賦存する脈状、網状及び鉍染状の銅の鉍化帯で、典型的なキプロス型銅鉍床と異なる産状を示す。確認された鉍化帯が方向性を持って散在すること、局所的にCu 2~10 %の高い品位を示すことから、その可能性は高いと判断される。

5-2 提 言

本調査で実施した準精密調査では、試料採取密度を原則として1 km² 当たり4試料として実施した。このため本調査では鉱化帯の概要が確認できたのみであるので、キナバル地区及びラブク地区で確認された有望な異常帯及び鉱化帯に対しては、これらの鉱化帯の全貌を解明するための調査を実施すべきである。セガマ地区のB地区で実施した地質調査の結果も加えると、将来優先的に調査を実施すべき箇所及び調査手法として以下が提言される。

- ①ラブク地区最南端のT地区 : 地質精査、トレンチ、物理探査 (IP法)
- ②ラブク地区テルピド西方のN地区 : 地質精査、ピット、トレンチ
- ③ラブク地区のカラマック川中流のQ地区 : 地質精査、物理探査 (IP法)
- ④セガマ地区ダヌン川上流のB地区 : トレンチによる地質精査
- ⑤キナバル地区ラナウ東方のK地区 : 地質精査、ピット、トレンチ

これらの箇所の内T地区は金鉱床を、N地区及びK地区はニッケル鉱床、Q地区は銅及び金鉱床、B地区では銅鉱床がそれぞれ対象となる。将来調査を実施する場合の優先順位としては、上記の順位が提言される。これらの地区の位置をFig. I-3に示す。尚、上記の調査を実施しにより確認された有望箇所に対しては、引き続きボーリング調査による探査が必要である。

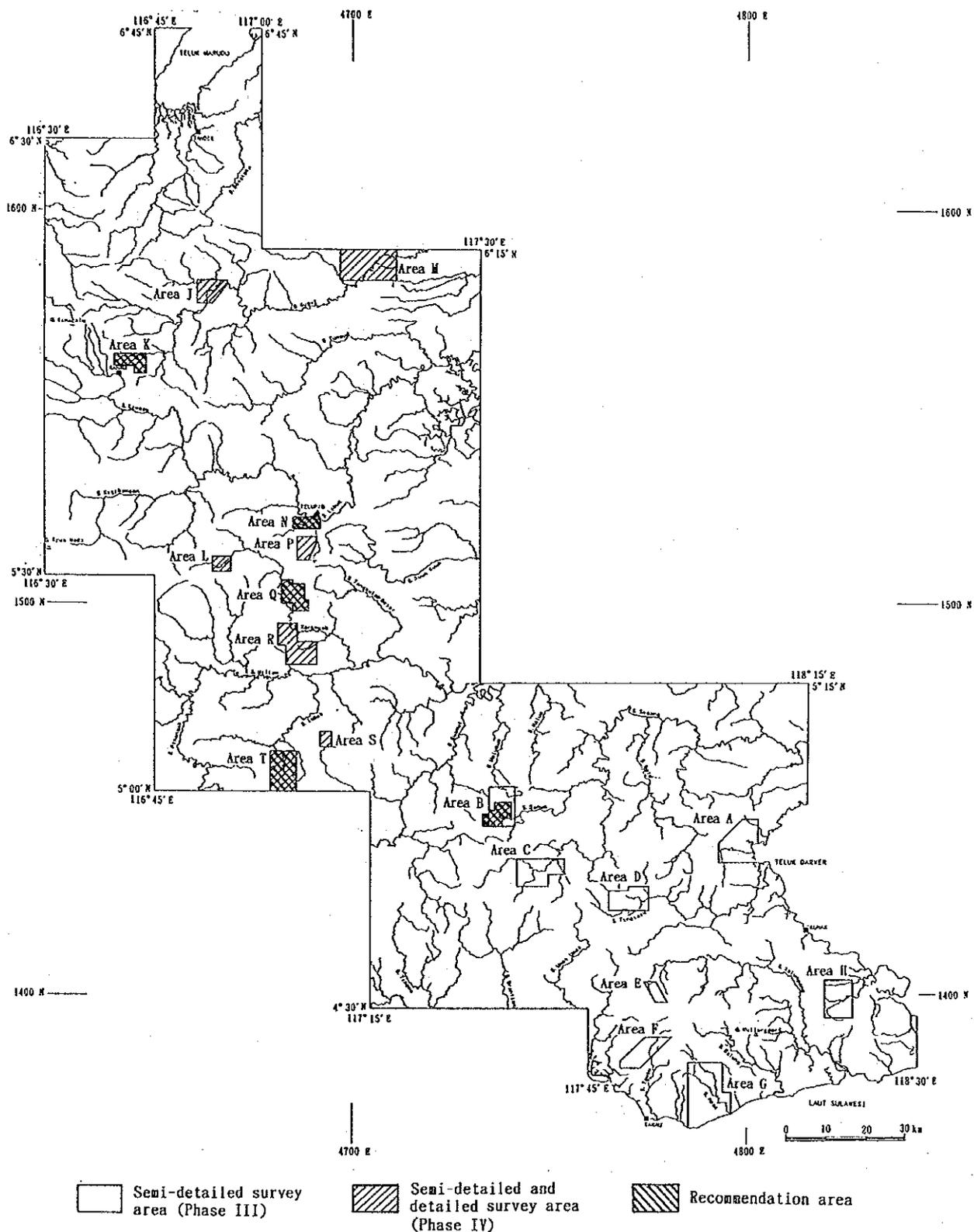


Fig. I-3 Recommendation for future work

第Ⅱ部 各論

第 1 章 地化学探査準精査

1-1 調査の概要

1-1-1 調査の方法

本調査では、第3年次にキナバル地区及びラブク地区に対して実施した広域地化学探査の結果、有望地区として抽出された下記10地区に対し地化学探査の準精密調査を実施した。

番号	地区名	調査箇所	対象鉱床
①	J地区 (キナバル地区)	スグット川中流域	斑岩型銅鉱床
②	K地区 (キナバル地区)	ラノウ東方	ニッケル鉱床
③	L地区 (キナバル地区)	カラマック川最上流域	チタン鉱床
④	M地区 (キナバル地区)	スグット川下流域	斑岩型銅鉱床
⑤	N地区 (ラブク地区)	テルピド西方	ニッケル鉱床
⑥	P地区 (ラブク地区)	マイロ川流域	クロム鉱床
⑦	Q地区 (ラブク地区)	カラマック川中流域	キプロス型銅鉱床
⑧	R地区 (ラブク地区)	カラマック川とミリアン川の間	キプロス型銅鉱床
⑨	S地区 (ラブク地区)	インバック川中流域	熱水型金鉱床
⑩	T地区 (ラブク地区)	インバック川支流	熱水型金鉱床

これら調査地区の位置図を Fig. II-1-1に示す。

調査の試料種としては、J地区、K地区、M地区、N地区及びT地区に対しては土壌試料を、L地区及びP地区では河床堆積物試料を、Q地区、R地区及びS地区に対しては土壌試料及び河床堆積物試料を採用した。地化学探査の踏査ルートに沿っては、地質調査を実施するとともに室内試験のための試料を採取し、その結果に基づき総合的な解析を行った。土壌試料の採取地点では、風化残留鉱床の対象地域であるK地区及びN地区を除き、第1年次の予察結果に基づきB層の上部より採取した。風化残留鉱床の対象地域では、深度50 cm 及び1.50 mの2か所より試料を採取した。河床堆積物試料は、流れの縁辺部より、-60メッシュの篩別試料を採取した。試料の採取密度は、1 km² 当たり4試料を原則として実施した。

各試料の採取地点では、試料ごとに記載を行い試料リストを作成した。土壌試料は1 kg を、河床堆積物は、150 gを目安として試料の採取を行った。採取した土壌試料は、自然乾燥した後-80メッシュの篩別試料とした。これらの試料は秤量し分析試料及び保管試料とに区分した。保管試料は、マレイシア地質調査所サバ支所に保管することにした。分析試料は、日本及びカナダの分析所へ送付した。各分析所では、これらの試料を化学分析に供した。

これらの地区の現地調査は、調査地区内にキャンプを設営し実施した。キャンプより離れた箇所については移動キャンプで実施した。

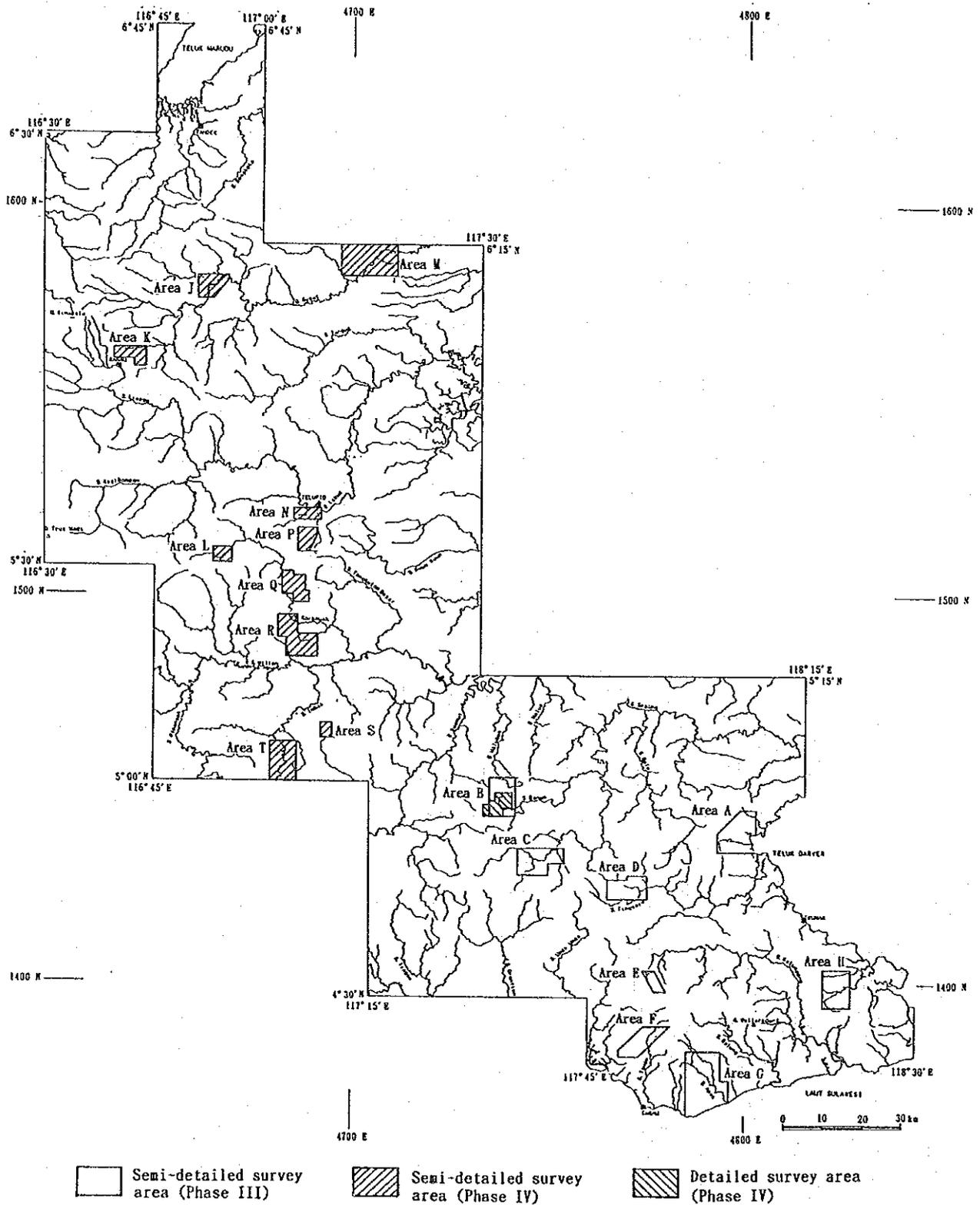


Fig. II-1-1 Location map of semi-detailed survey areas

1-1-2 作 業 量

本調査で実施した地区別の作業量は以下の通りである。

地区名	地 化 学 探 査		室 内 試 験			
	土 壤	河床堆積物	薄 片	研 磨 片	X線回折	鉍石分析
J地区	150 試料	— 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
K地区	240 試料	— 試料	0 試料	0 試料	0 試料	3 試料
L地区	— 試料	80 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
M地区	476 試料	— 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
N地区	170 試料	— 試料	0 試料	0 試料	0 試料	2 試料
P地区	— 試料	105 試料	1 試料	0 試料	0 試料	0 試料
Q地区	85 試料	85 試料	0 試料	0 試料	0 試料	2 試料
R地区	150 試料	150 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
S地区	25 試料	25 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
T地区	280 試料	— 試料	11 試料	10 試料	10 試料	13 試料
計	1,576 試料	445 試料	12 試料	10 試料	10 試料	20 試料

地化学探査試料の分析元素とその検出限界は、以下のとおり。

元素名	検出限界	元素名	検出限界	元素名	検出限界
Al	0.01 %	Hg	10 ppb	S	0.001 %
As	1 ppm	K	0.01 %	Sb	0.2 ppm
Au	1 ppb	Mg	0.01 %	Sr	1 ppm
Ba	10 ppm	Mn	5 ppm	Ti	0.01 %
Co	1 ppm	Mo	1 ppm	U	0.2 ppm
Cr	2 ppm	Na	0.01 %	W	2 ppm
Cu	1 ppm	Ni	1 ppm	Zn	1 ppm
Fe	0.01 %	Pb	2 ppm		

鉍石分析の成分及び検出限界は以下のとおり。

元素名	検出限界	元素名	検出限界	元素名	検出限界	元素名	検出限界
Au	0.1 g/t	Cu	1 ppm	Pb	1 ppm	Zn	1 ppm
Ag	0.1 g/t	Fe	0.01 %	Pd	2 ppb		
Co	1 ppm	Mo	1 ppm	Pt	3 ppb		
Cr	2 ppm	Ni	1 ppm	S	0.01 %		

本調査の地化学探査に採用した分析元素は、第1年次に実施した予察地化学探査の結果及び広域地化学探査の結果に基づいて決定した。

1-1-3 解析手法

地化学探査試料（土壌及び河床堆積物）の分析結果は、データの統計処理のためコンピュータに入力した。この入力データを用い統計処理、単変量解析及び多変量解析を行った。

単変量解析では、各元素ごとのヒストグラム、累積頻度図を作成するとともに各元素の統計値を計算した。計算には、コンピュータを使用した。検出限界以下の値を示す試料については検出限界値の半分の値を用い計算した。計算した平均値は幾何平均値である。この統計値に基づき各元素の濃度分布図を作成した。この場合の濃度のランク分けは、以下の5ランクとした。

B	以下	B ; 幾何平均値 (後背値)
B	~ B + S D	S D ; 標準偏差
B + S D	~ B + 2 S D	
B + 2 S D	以上	

濃度分布図の作成に先立って、調査地区の水系をデジタイザーを用いコンピュータに入力し、コンピュータ処理により濃度図を作成した。各元素間の関係は相関係数を計算し検討した。各元素の異常値の抽出には、EDA (Exploratory Data Analysis) 法 (Kurzl H.; 1988) を採用した。この手法は、単成分データの分布の型に関係せず、統計的な数値処理によってしきい値（異常値）を抽出する手法である。

多変量解析としては、因子分析法を採用した。因子分析法は、各成分間の関係よりその関係の原因となる因子を抽出する手法である。

各試料種の解析には、その地区の地質が重要な要素となるので、既存資料と本調査の結果に基づいて作成した地質図によりその解析を実施した。

1-2 室内試験結果

本調査では踏査ルートに沿って地質調査を実施するとともに、調査地区の解析に供するため室内試験用の岩石試料を採取した。これらの試料の採取位置を、各地区の地質図中に示す。

本調査で実施した室内試験は、岩石試料に対する薄片観察、鉍石試料に対する研磨片観察、変質を明らかにするためのX線回折試験及び鉍石分析である。

これら室内試験結果のうち薄片試料の観察結果をTable II-1-1、研磨片の観察結果をTable II-1-2に、X線回折試験結果をTable II-1-3に示す。各調査地区で確認された鉍化帯より鉍石分析に供するための試料を採取した。これらの鉍石試料のリストとその分析結果をTable II-1-4に示す。

Table II-1-3 Results of X-ray diffraction analyses in the semi-detailed geochemical survey areas

Ser. No.	Sample No.	Area	Coordinates		Descriptions	Detected mineral										Remarks		
			N	E		quartz	plagioclase	chlorite	sericite	pyrite	chalcopyrite	arsenopyrite	scordite	magnetite	hematite			
1	M715	T	1453.97	4681.03	sili., argil. diorite porphyry	⊙	⊙	○	○									
2	M717	T	1453.97	4681.03	py. veinlet in diorite porphyry	⊙		○	○									
3	M718	T	1453.97	4681.03	strongly sili., argil. rock	⊙		○	○									
4	M723	T	1453.53	4682.15	strongly sili., argil. rock, (diorite porphyry)	⊙		○	○									
5	M724	T	1453.12	4682.07	strongly sili., argil. rock, (diorite porphyry)	⊙		○	○									
6	M725	T	1453.00	4682.08	py. veinlet in sili. rock	⊙		○	○						○			float
7	M728	T	1452.32	4682.02	qz. veinlet with py. in sili. rock	⊙								○				
8	M729	T	1453.48	4681.60	sili., argil. diorite porphyry	⊙		○	○						○			
9	M730	T	1454.03	4682.65	altered diorite porphyry with py. dissm.	⊙		○	○									
10	M731	T	1453.15	4682.38	strongly sili., argil. rock, (diorite porphyry)	⊙		○	○									

⊙: abundant ○: common ○: a little •: rare

Table II-1-4 List of ore samples and assay results of the semi-detailed geochemical survey areas (1)

Ser. No.	Sample No.	Area	Coordinates		Descriptions	Assay results							Remarks and sampling width (m)
			N	E		Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S (%)	
1	N712	T	1461.75	4680.50	qz. veinlet in sili. sandstone	0.2	1.0	23	< 1	45	30	0.06	float, w.0.4
2	M717	T	1453.97	4681.03	py. veinlet in diorite porphyry	< 0.1	1.2	37	< 1	8	70	0.34	w.0.03
3	M718	T	1453.97	4681.03	sili., argil. rock	< 0.1	0.3	28	< 1	26	62	0.05	w.0.2
4	M722	T	1453.65	4682.08	sili. rock with py. & sph. dissm.	< 0.1	23.8	393	< 1	346	12,020	6.33	float, w.0.5
5	M723	T	1453.53	4682.15	sili., argil. diorite porphyry	< 0.1	0.4	386	< 1	31	109	0.44	w.0.5
6	M724	T	1453.12	4682.07	sili., argil. diorite porphyry	< 0.1	2.4	22	< 1	250	140	0.09	w.0.5
7	M725	T	1453.00	4682.08	py. veinlet in sili. rock	< 0.1	6.6	55	< 1	247	176	4.82	float, w.0.1
8	M727	T	1452.50	4682.10	qz. veinlet with py. & apy.	9.0	278.3	4,458	< 1	338	162	14.51	float, w.0.1
9	M728	T	1452.32	4682.02	qz. veinlets in sili. rock	18.4	115.7	412	< 1	168	31	6.82	w.0.1
10	M730	T	1454.03	4682.65	sili. diorite porphyry with py.	< 0.1	0.2	52	< 1	28	342	0.26	w.0.5
11	M731	T	1453.15	4682.38	sili., argil. diorite porphyry	< 0.1	2.4	31	< 1	133	60	0.30	w.3.5
12	P707	T	1455.85	4682.55	quartz vein in sili. sandstone	< 0.1	10.3	95	< 1	55	21	1.76	float, w.0.4
13	P708	T	1456.70	4683.20	qz. vein with py. and apy.	15.4	931.4	2,740	< 1	9,860	316	3.04	float, w.0.1

Table II-1-4 List of ore samples and assay results of the semi-detailed geochemical survey areas (2)

Ser. No.	Sample No.	Area	Coordinates		Descriptions	Assay results							Remarks and sampling width (m)
			N	E		Au (ppb)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Fe (%)	Ni (ppm)	Pd (ppb)	Pt (ppb)	
14	N701	K	1560.30	4642.00	yellow green saprolite	120	104	3,010	8.02	5,003	6	5	w.1.0
15	N715	K	1561.30	4642.77	yellow green saprolite	44	152	4,524	10.06	15,038	8	10	w.1.0
16	N716	K	1561.30	4642.77	yellow green saprolite	336	159	4,736	10.06	14,414	< 2	< 5	w.1.0
17	N717	N	1521.78	4688.60	weathered peridotite	< 2	100	850	5.57	8,043	2	5	w.0.8
18	N718	N	1521.65	4688.65	weathered peridotite	< 2	116	897	6.80	13,187	10	10	w.0.8
19	M709	Q	1501.80	4683.60	reddish brown gossan	4,050	121	1,300	57.66	691	4	< 5	float, w.0.3
20	M710	Q	1505.50	4684.90	reddish brown gossan	12	172	35,948	43.81	3,461	12	< 30	float, w.0.3

1-3 J 地 区

1-3-1 地質及び鉍化作用

(1) 調査地区

第3年次に実施した広域地化学探査の結果、その地化探異常帯の分布及び地質より斑岩型銅鉍床賦存の可能性が推定されたことから、引き続き土壌試料による地化学探査の準精査を実施した。

J地区はキナバル地区の中央東部に位置し、スグット (Sugut) 川中流のミラリ (Mirali) 川流域にあたる。主要な河川は調査地域中央部を北方あるいは北東方に流れるミラリ川と調査地域北西部をかすめて流れるカプアカン (Kapuakan) 川である。地形は、全体的に緩やかな丘陵地形をなし最大標高約 400 m である。なお、調査地域南部のミラリ川流域には、平坦地が広がる。植生は一般に二次ジャングルで、ミラリ川流域の平坦地では、小規模な耕作が行われている。

(2) 地 質

本地区の地質は、第三紀始新世から漸新世のクロッカー層 (P_2Cr) とミラリ川及びカプアカン川流域に分布する沖積層 (Q_2) より構成される。本地区の地質図をFig. II-1-2 に示す。

クロッカー層 (P_2Cr) は、本地区全域に分布し淡灰色の砂岩及び泥岩より成る。構造は、一般に走向 NW-SE、傾斜 40° NE前後であるが、北東部では褶曲構造が見られる。沖積層 (Q_2) は、砂礫より成り南部のミラリ川沿いに広く発達し、北東部のカプアカン川沿いに小規模に見られる。

(3) 鉍 化 作 用

本調査地域では、北西部のクロッカー層 (P_2Cr) 中に石英の細脈が小規模に見られる所があるが、鉍化作用及び変質作用は確認できなかった。

1-3-2 土 壌 地 化 学 探 査

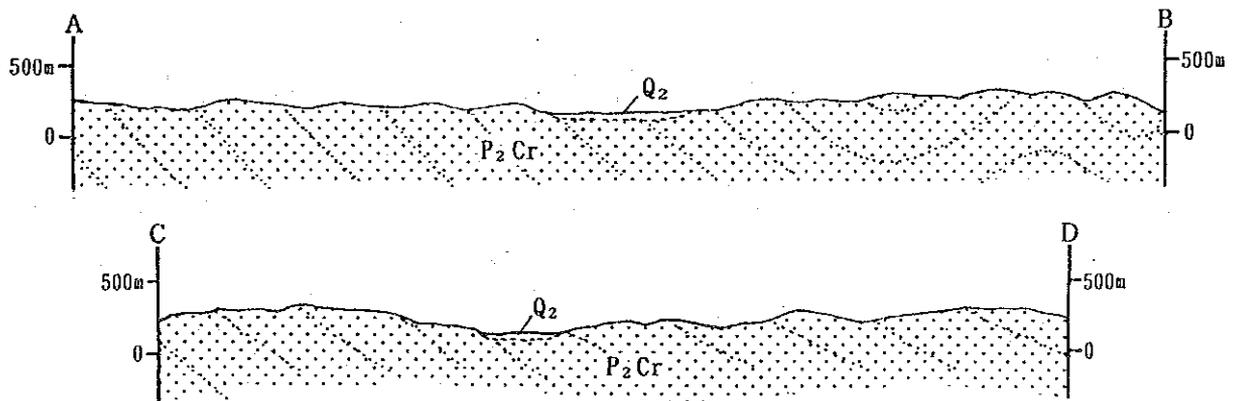
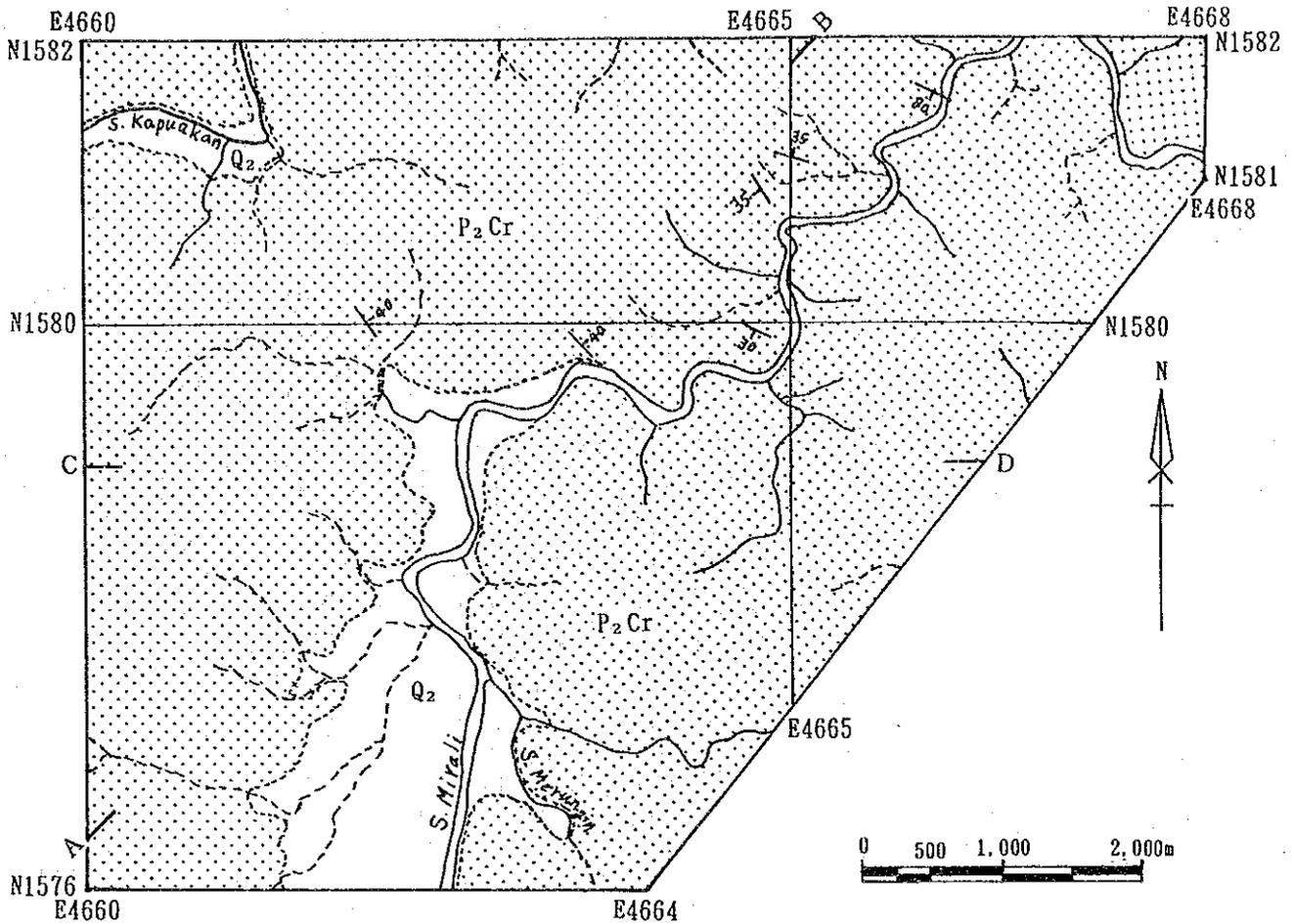
(1) 試 料 採 取

本調査では、土壌を地化学探査の試料種として採用した。本調査で採取した試料の採取位置をFig. II-1-3 に示す。本地区の調査で採取した土壌試料の一覧を Appendix 1 に示す。採取した土壌試料は乾燥後篩別し -80メッシュの試料を分析試料とした。

(2) 統計処理結果

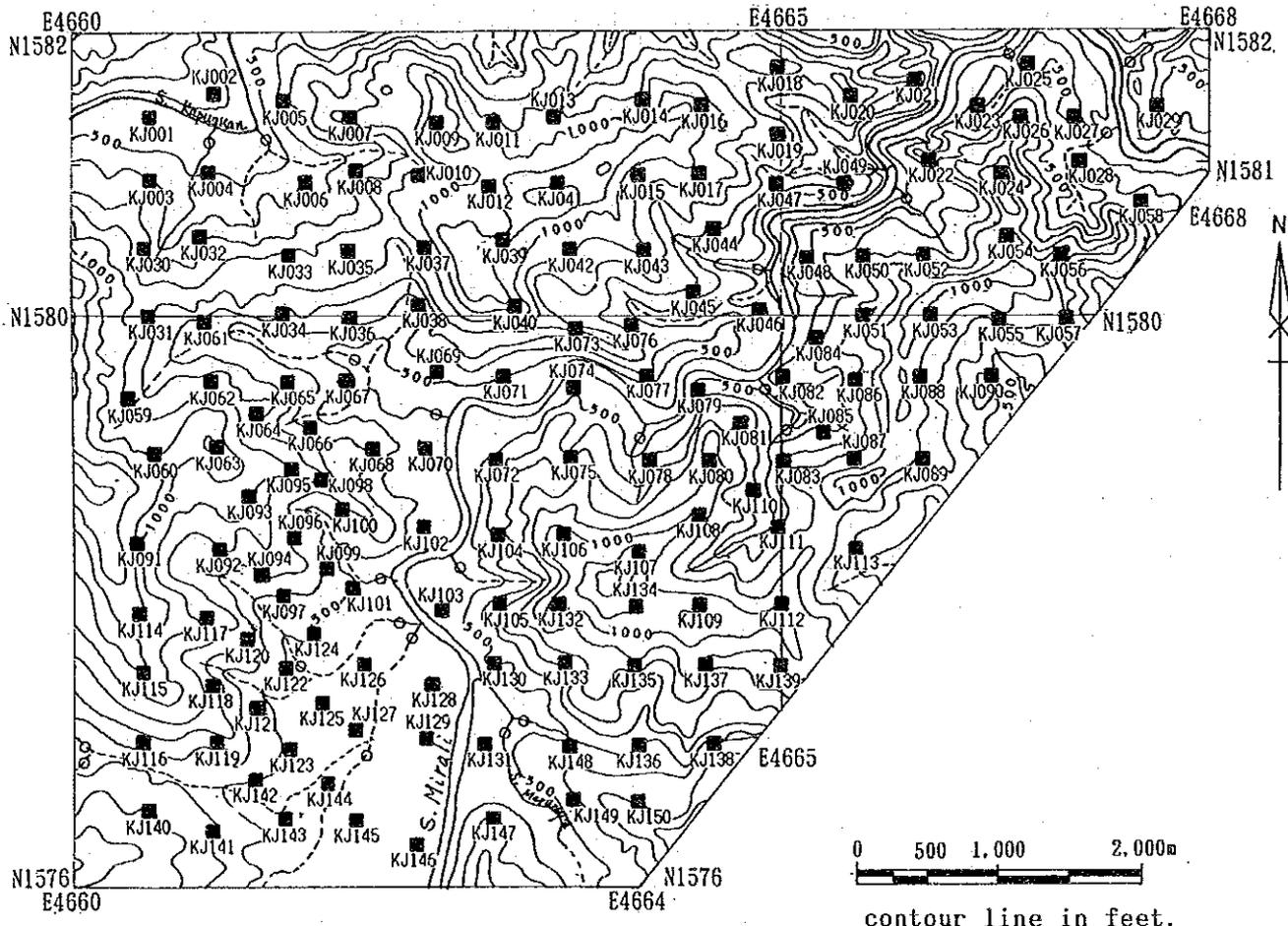
採取した土壌試料の分析結果を Appendix 2 に示す。これらの分析の結果をコンピュータに入力し統計処理を行った。統計処理の結果をTable II-1-5に示す。

統計処理の結果得られた平均値 (幾何平均値) を他地区の値と比較すると、以下の傾向が認め



Recent	Q₂	Riverine alluvium.
Eocene- Oligocene	P₂Cr	Crocker Formation: sandstone and mudstone.

Fig. II-1-2 Geologic map and cross sections of Area J



- KJ001 Location of soil samples and sample number.
- Location of stream sediment samples collected in phase III.

Fig. II-1-3 Location map of geochemical samples in Area J

Table II-1-5 Statistics of soil geochemical survey in Area J

Element	Statistics										EDA method**4		
	Below detection limit (%)	Maximum value	Minimum value	Mean*1 value (b)	Standard*2 deviation	b + 2S.D.*3	Median	Upper Whisker	Upper Fence				
As (ppm)	36.7	13	< 1	1.9	0.503	—	2.0	7.0	—				
Au (ppb)	76.0	4	< 1	0.6	0.199	1.6	0.5	1.0	0.5				
Ba (ppm)	—	325	26	125.6	0.176	282.2	117.0	180.0	—				
Co (ppm)	18.7	85	< 1	3.4	0.514	35.8	4.0	9.0	45.8				
Cr (ppm)	—	401	19	54.5	0.247	170.1	47.0	78.0	162.8				
Cu (ppm)	—	133	3	11.1	0.240	33.5	11.0	17.0	38.5				
Hg (ppb)	—	194	37	71.1	0.110	117.8	70.5	86.0	123.9				
K (%)	—	2.31	0.08	0.580	0.233	1.693	0.580	0.920	2.249				
Mg (%)	—	2.11	0.08	0.369	0.219	1.014	0.355	0.570	1.138				
Mn (ppm)	—	2,925	22	142.8	0.492	1,374.0	115.5	444.0	—				
Mo (ppm)	86.7	5	< 1	0.6	0.165	1.2	0.5	0.5	0.5				
Na (%)	—	1.62	0.01	0.129	0.394	0.789	0.105	0.320	—				
Ni (ppm)	—	324	5	17.9	0.380	103.0	15.0	33.0	109.0				
Pb (ppm)	1.3	30	< 2	12.5	0.208	—	14.0	18.0	—				
S (%)	—	0.025	0.007	0.015	0.104	0.025	0.015	0.019	—				
Sb (ppm)	40.0	13.9	< 0.2	0.64	0.727	—	0.90	4.10	—				
Sr (ppm)	—	73	10	28.5	0.176	64.1	27.0	43.0	—				
Ti (%)	—	1.37	0.16	0.286	0.104	0.461	0.280	0.320	0.428				
U (ppm)	—	3.2	0.2	1.97	0.116	—	2.00	2.20	2.97				
W (ppm)	99.3	2	< 2	1.0	0.025	1.1	1.0	1.0	1.0				
Zn (ppm)	—	238	9	35.5	0.200	88.9	35.0	49.0	102.3				

*1: geometric mean *2: shown in logarithm *3: background value + 2 x standard deviation

*4: Exploratory Data Analysis (Kurzl H., 1988)

られた。

高い値を示す元素：Ba

低い値を示す元素：As、Co、Cr、Cu、Mg、Ni

最大値は、As、Au、Cu、Hg、Pb等の元素が低く、本地域が砂岩および泥岩で覆われている点及び地表では鉱化・変質作用はほとんど認められない点を反映している。特に、Mo及びWの2元素については、その絶対値が低く殆どの試料で検出限界以下の値を示す。

各元素間の関係を明らかにするため相関係数を計算した。この結果良い相関関係（相関係数0.700以上）を示す元素の関係は以下の通り。

Ba-K, Ba-Mg, Ba-Na, Ba-Sr, Co-Cu, Co-Mn, Co-Ni, Co-Zn, Cu-K, Cu-Mg,
Cu-Mn, Cu-Zn, K-Mg, K-Na, K-Zn, Mg-Na, Mg-Sr, Mg-Zn,
Mn-Ni, Na-Ni, Na-Sr, Sr-Zn

この様に、良い相関関係を示す元素の組み合わせの数が多く、Ba、Co、Cu、Na、Mg、Ni、Sr、Znなどの元素は互いに良い相関を示す。

(3) 単変量解析結果

各成分の統計処理結果に基づきEDA法によりしきい値を決定した。このしきい値とメディアン値を用い Appendix 3 に示す濃度分布図を作成した。この分布図より各元素の分布傾向は、以下に要約される。

As: 高濃度部はミラリ川流域に散在する傾向があるが、全体的に見るとあまり顕著な傾向は示さず、またその絶対値も低い。

Au: 高濃度及び異常値を示す試料の分布は点在しており、その濃度も低い。

Ba: 異常帯の分布は、ほぼミラリ川に沿って見られる。

Co: 高濃度帯及び異常値を示す試料の分布は、ほぼ本地区南部のミラリ川流域で見られ、その濃度は低い。

Cr: 高濃度帯及び異常帯の分布は、ミラリ川流域及びカプアカン川沿いで見られ、その濃度は低い。

Cu: 高濃度帯及び異常帯の分布は、ミラリ川流域で見られ、その濃度は低い。

Hg: 高濃度帯及び異常帯は、北東部及び南西部のミラリ川流域に分布する。

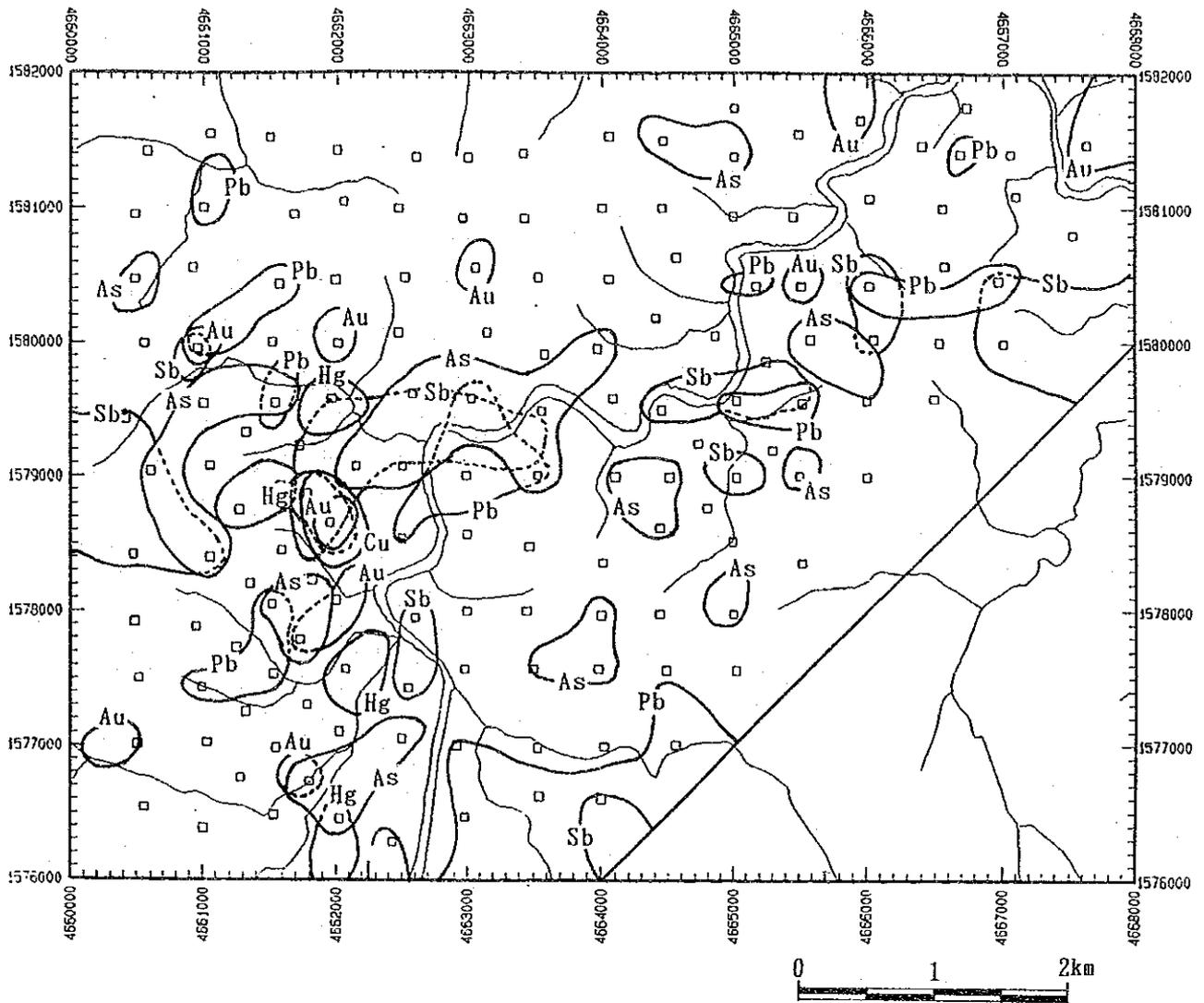
K: 高濃度帯がミラリ川の西岸域及び一部東岸域に分布する。

Mg: Co、Cr、Niとほぼ同様の分布傾向を示し、高濃度帯がミラリ川流域に分布する。濃度は低い。

Mn: 南部のミラリ川西岸域に高濃度帯が分布し、それ以外では高濃度の試料が散在する。

Mo: 全試料の濃度が低く、濃度分布の傾向を把握するのは不可能である。

Na: 高濃度帯及び異常帯は、ミラリ川西岸域の平坦地を中心に分布する。



As > 7 ppm	Hg > 124 ppb
Au > 1.5 ppb	Pb > 18.0 ppm
Cu > 39 ppm	Sb > 4.1 ppm

Fig. II-1-4 Distribution of geochemical anomalous zones in Area J

Ni: 高濃度帯及び異常帯は、ミラリ川流域に分布するがその濃度は低い。

Pb: 高濃度帯及び異常帯は地区全域に散在し、特徴的な濃度分布傾向は認められない。

S: 高濃度帯は地区全域に散在し、特徴的な濃度分布の傾向は認められない。

Sb: 高濃度帯及び異常帯は、中央をE-W方向に横断するように分布するが、その濃度は低い。

Sr: 異常帯は、ミラリ川に沿って西岸域に分布する。

Ti: 高濃度帯及び異常帯は、ミラリ川に沿って南部、中央部、北東部に分散して分布する。

U: 高濃度帯及び異常帯は地区全域に散在し、特徴的な濃度分布傾向は認められない。

W: 全般に濃度が低く検出限界異常の値を持つのは一試料のみである。

Zn: 高濃度帯及び異常帯は、ミラリ川西岸域に分布し、一部小規模のものがミラリ川東岸域に分布する。

各元素の濃度分布図より、本地区の探査に有用と考えられる主要元素の異常帯の分布をFig. II-1-4に示す。Au、Cu、Hg、Sbの異常帯が中央部のミラリ川西岸で重複して見られるが、それ以外では、異常帯は散在する。

(4) 多変量解析結果

多変量解析の手法としては、因子分析法を採用した。因子分析の結果をTable II-1-6に示す。抽出された因子と各元素の関係は以下の通り。

第1因子: Ba - Co - Cu - K - Mg - Mn - Na - Ni - Sr - Zn

第2因子: Pb - U

第3因子: As - Sb

第4因子: Mo

第5因子: Cr - Ni

第6因子: Na - (S)

第7因子: (Hg) - (S) - (Ti)

各因子と元素の関係を見ると、第1因子は多くの元素が関係する因子である。第2因子は、堆積岩との関係が考えられる。第3、4、5の各因子は不明瞭で、特定の関係は認められない。これらの因子のうち3個の因子を選び、各因子に特定の色を付け、これをコンピュータで合成して因子得点分布図を作成した。この因子得点分布図をFig. II-1-5に示す。この合成図での色と因子との関係は以下の通り。

第1因子: 青、 第2因子: 黄、 第3因子: 赤

この合成図より各因子の分布傾向は、以下に要約される。

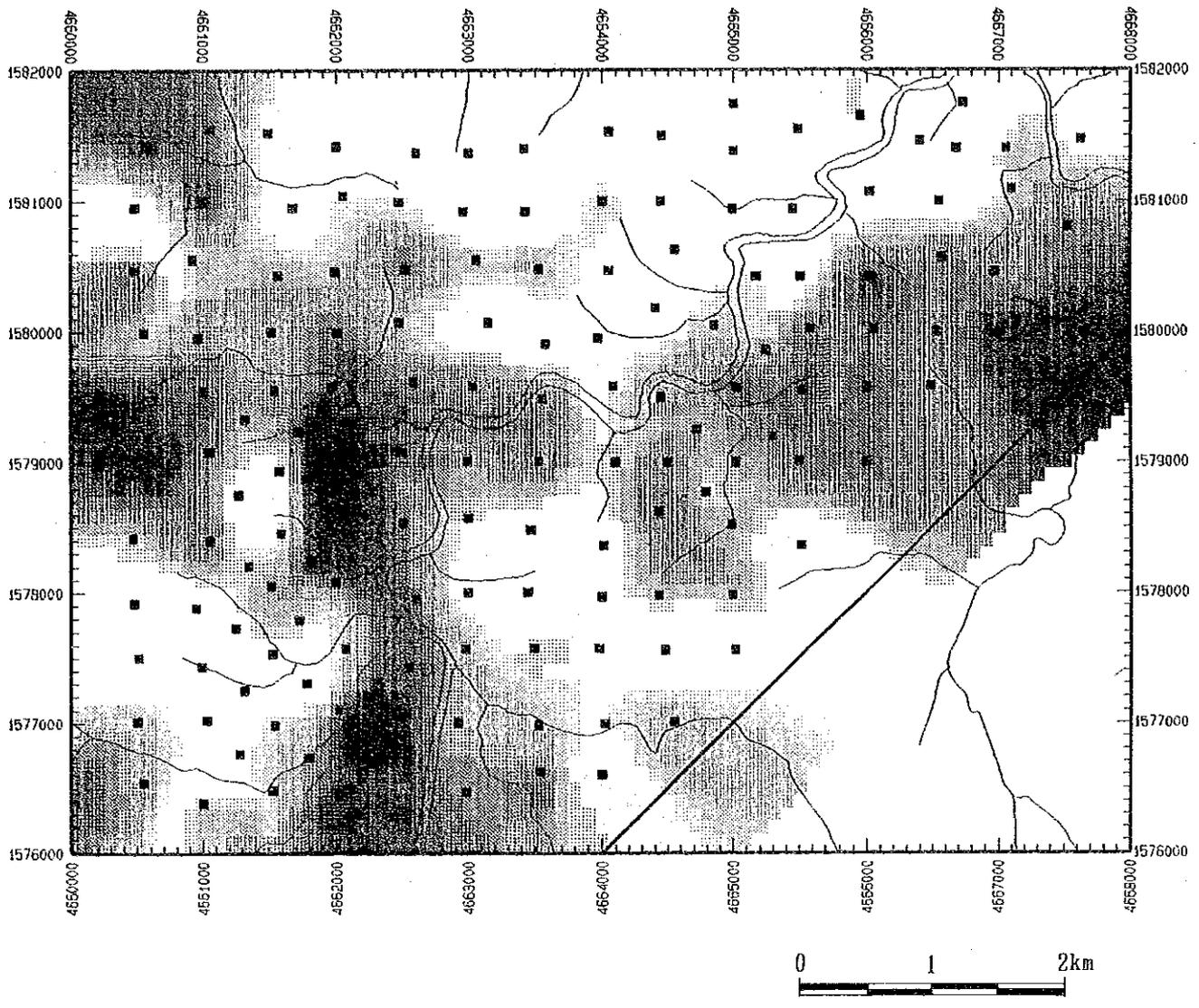
第1因子: 高因子得点の分布は、ミラリ川の西岸の沖積層からなる地域及びカプアカン川沿に見られ、この因子が沖積層に影響された因子であることが考えられる。

第2因子: やや高い因子得点を持つ試料が散在する。

Table II-1-6 Results of factor analyses for soil samples in Area J

Element	Factor loading (Varimax rotation)							Communi- nality
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	
As	0.005	0.072	-0.583	0.052	-0.012	-0.012	0.095	0.3575
Au	0.060	-0.080	0.084	0.047	0.033	0.256	0.000	0.0858
Ba	0.704	0.422	-0.032	0.047	0.155	0.387	-0.093	0.8634
Co	0.868	-0.095	-0.239	-0.046	0.160	-0.062	0.032	0.8514
Cr	0.438	-0.164	-0.018	0.070	0.796	0.149	-0.125	0.8959
Cu	0.788	-0.082	-0.089	0.417	0.187	0.074	-0.218	0.8977
Hg	0.025	-0.366	-0.173	0.047	0.294	0.207	-0.350	0.4187
K	0.631	0.459	-0.100	0.383	0.061	0.326	-0.178	0.9072
Mg	0.782	0.113	-0.107	0.373	0.205	0.245	-0.127	0.8490
Mn	0.901	-0.127	-0.018	-0.054	0.061	-0.007	0.077	0.8414
Mo	0.141	-0.290	-0.162	0.517	0.029	0.054	-0.082	0.4080
Na	0.718	-0.025	-0.072	0.121	0.248	0.510	0.027	0.8589
Ni	0.703	-0.045	-0.001	0.029	0.649	0.058	0.050	0.9492
Pb	0.147	0.733	-0.105	-0.154	-0.080	-0.224	-0.045	0.6514
S	0.401	0.032	-0.033	-0.167	0.051	0.494	-0.327	0.5447
Sb	0.346	-0.102	-0.570	0.154	0.080	-0.172	-0.046	0.5166
Sr	0.743	0.145	-0.039	0.068	0.097	0.376	-0.065	0.7339
Ti	0.286	-0.349	-0.111	0.461	0.029	-0.016	-0.370	0.5662
U	-0.069	0.804	0.007	-0.115	-0.056	0.054	0.049	0.6735
W	0.000	-0.007	-0.047	-0.042	-0.009	-0.011	0.238	0.0607
Zn	0.808	0.000	-0.042	0.377	0.123	0.130	-0.139	0.8485
F.C. *1	47.1 %	14.7 %	6.2 %	8.8 %	10.0 %	8.8 %	4.4 %	—

*1: Factor contribution



Factor 1 factor score : Blue
 Factor 2 factor score : Yellow
 Factor 3 factor score : Red

Fig. II-1-5 Distribution of factor scores in Area J

第3因子：高因子得点部は、中央をE-W方向に横断するように分布する。

因子分析の結果、最も顕著な因子は第1因子であり沖積層の影響が考えられる。

1-4 K 地 区

1-4-1 地 質 及 び 鉍 化 作 用

(1) 調 査 地 区

本地区は、第3年次に実施した超塩基性岩の分布域周辺における土壌試料の分析調査の結果、ラテライト質ニッケル鉍床賦存の可能性が推定されたことから、引き続き土壌試料による地化学探査の準精査を実施した。

調査地区は、キナバル地区の中央部ラノウ東方に位置する。調査地域中央部をラノウ-テルピドを結ぶ主要道路が通り、北部を東方に向かってルハン (Luhan) 川が流れる。地形は、特に超塩基性岩の分布域において急峻で、北西部では山頂部は 1,300 mに達し、中央部では約 700 mの稜線がE-W方向に延びる。平坦地は北東部のルハン川沿い及び南西部に見られ段丘堆積物により覆われる。植生は、二次ジャングルを主とする。

(2) 地 質

本地区の地質は、白亜紀より第三紀にかけての超塩基性岩類 (Pr)、それに断層で隔てられる第三紀始新世から漸新世のクロッカー層 (P₂Cr)、段丘堆積物 (Q₂) よりなる。本地区の地質図を Fig. II-1-6に示す。

超塩基性岩類 (Pr) は、地区の中央部に広く分布し、主にハルツバー-ジャイトからなり、その中に一部層状のダナイト (Dn) が見られる。南東部及び南西部には、砂岩、泥岩及びこれらの互層よりなるクロッカー層が超塩基性岩類と断層で隔てられて分布する。段丘堆積物は、砂・礫より成り、北東部のルハン川沿い及び南部に分布する。

(3) 鉍 化 作 用

本調査地区には、超塩基性岩類の分布域を中心に広く、暗褐色～褐色のラテライト質土壌が発達し、その厚さは数 m以上である。さらに黄褐色のラテライト質土壌は、一部東部のクロッカー層の分布域にも見られる。本地区中央部及び中央南部において、超塩基性岩が強度の風化を受け黄緑色を呈し、サブロライト様の岩石が形成されている露頭が見られ、計3試料を採取し鉍石分析を行った (Table II-1-4)。Niの含有量は、中央南部の試料 (N701) ではやや低く 0.5 %を示したが、中央部の試料 (N715、N716) では 1.50 % 及び 1.44% と比較的高い品位を示した。

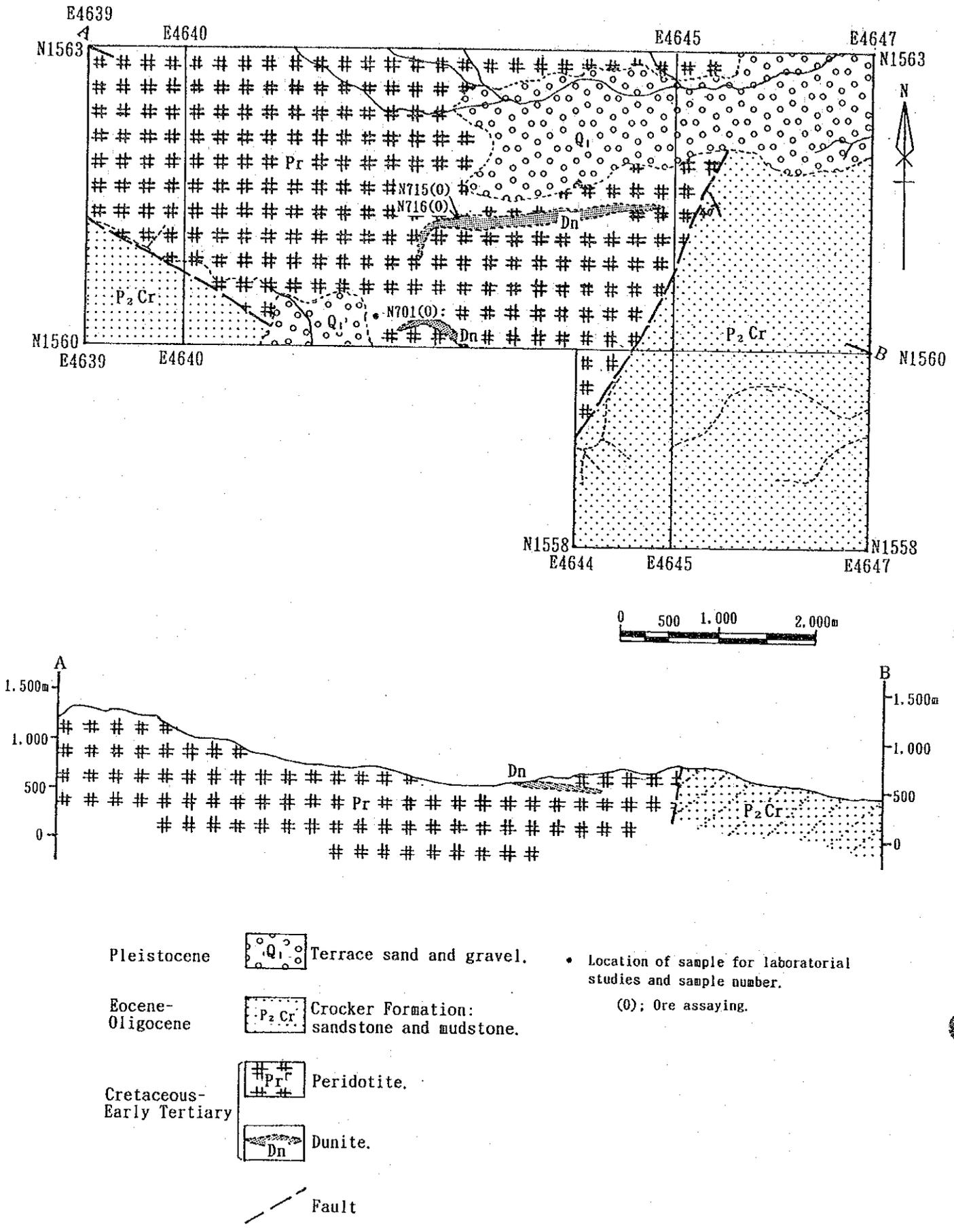


Fig. II-1-6 Geologic map and cross sections of Area K

1-4-2 土 壤 地 化 学 探 査

(1) 試 料 採 取

本調査では、超塩基性岩の分布域を中心に 120 地点で 240 個の試料を採取した。採取位置図をFig. II-1-7 に、採取した土壌試料の一覧を Appendix 4 に示す。試料の採取にあたって、ハンドオーガーを使用し、同一地点で深度50 cm 及び150 cmの2 試料を採取する事を基本とした。土壌試料一覧表に示すように、ほとんどの場合B層は 150 cm 以深まで発達していたがまれに 150 cm 以浅でC層に達することがあり、その場合はその時点で試料を採取した。採取した土壌試料は乾燥後篩別し -80メッシュの試料を分析試料とした。

(2) 統 計 処 理 結 果

採取した土壌試料の分析結果を Appendix 5 に示す。これらの分析の結果をコンピュータに入力し統計処理を行った。統計処理の結果をTable II-1-7に示す。

それぞれの元素の特徴は以下の様にまとめられる。

Al: 深度50 cm の試料と深度150 cmの試料では、最大値及び平均値は、それぞれ 12.60 %、7.49 %及び 13.49 %、6.73 % で、平均値は深度150 cmの試料でやや低い。一般にNi高濃度の試料ではAlは低い。

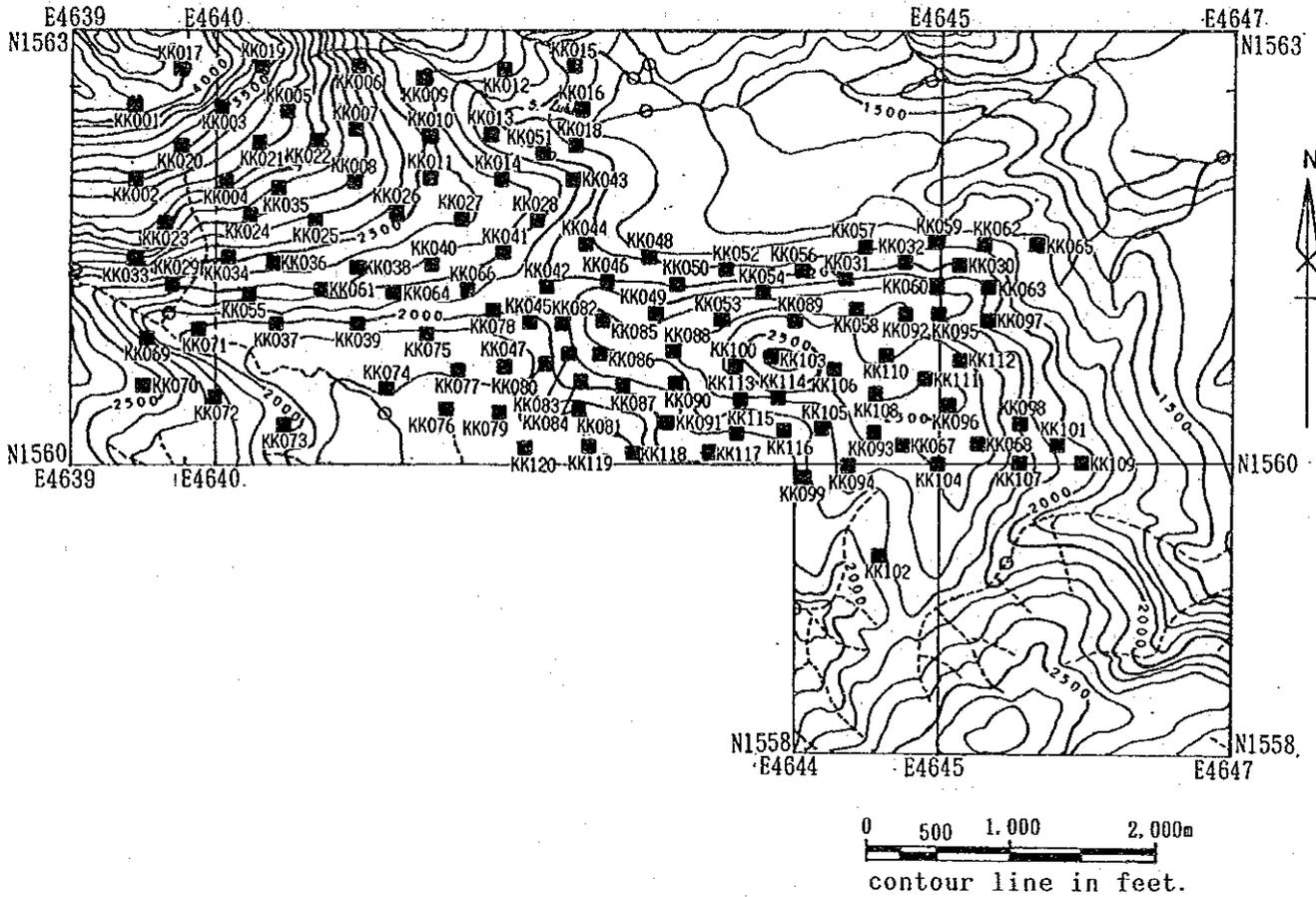
Co: 通常の超塩基性岩の含有量である 100 ppm前後よりかなり高い値を示し、深度50 cm の試料及び深度150 cmの試料で最大値、平均値は、それぞれ、816 ppm、216 ppm および 1,543 ppm、225 ppmで、深度150 cmの試料でやや高い。さらに、Ni高濃度の試料ではCoも高い傾向がある。

Cr: 通常の超塩基性岩の含有量である 3,000 ppm前後よりかなり高い値を示し、深度50 cm の試料及び深度150 cmの試料で最大値、平均値は、それぞれ、12,196 ppm、5,481 ppm 及び 11,315 ppm、4,842 ppm で、深度150 cmの試料でやや低い。

Fe: 深度50 cm の試料と深度150 cmの試料でほとんど差異は認められず、通常の超塩基性岩の含有量よりかなり高く、最大値及び平均値はそれぞれ 47 % 及び 25 % 前後である。

Ni: 最大値及び平均値は、深度50 cm の試料で 8,636 ppm、2,564 ppm 深度150 cmの試料で 10,136 ppm、2,627.4 ppmと深度150 cmの試料でやや高い。カンラン石中のNiの含有量は、通常3,000 ~ 4,000 ppmと考えられている。この点から風化作用の過程でNiが土壌中に濃集した可能性のある試料として Ni 5,000 ppm 以上の試料を拾いあげると、深度50 cmの試料では12個、深度150 cmの試料では20個に達する。

ラテライト質ニッケル鉱床の一般的な例では、上部のラテライト質土壌、サブロライト、ガーニエライトを伴う変質した超塩基性岩からなる中間部、新鮮な超塩基性岩の層状の構造をなす (Guilbert and Charles, 1985)。Ni は、Coと共に中間部に濃集し、Cr、Al、Feは上部のラテライト質土壌に濃集する。



- Location of augering site and soil sample number at depth of 0.5 m, soil sample number at depth of 1.5 m is not shown.
- Location of stream sediment samples collected in phase III.

Fig. II-1-7 Location map of geochemical samples in Area K

Table II-1-7 Statistics of soil geochemical survey in Area K

(50 Cm)

Element	Statistics						EDA method**4		
	Below detection limit (%)	Maximum value	Minimum value	Mean*1 value (b)	Standard*2 deviation	b + 2S.D.*3	Median	Upper Wisker	Upper Fence
Al (%)	—	12.60	1.61	7.487	0.172	—	8.460	10.000	—
Co (ppm)	0.8	810	< 1	216.3	0.488	—	251.5	477.0	—
Cr (ppm)	—	12,196	43	5,480.9	0.476	—	7,645.0	9,180.0	—
Fe (%)	—	47.01	2.74	25.697	0.233	—	30.530	36.520	—
Ni (ppm)	—	8,636	10	2,564.0	0.484	—	3,346.5	4,429.0	—

*1: geometric mean *2: shown in logarithm *3: background value + 2 x standard deviation

*4: Exploratory Data Analysis (Kurzi H., 1988)

(150 Cm)

Element	Statistics						EDA method**4		
	Below detection limit (%)	Maximum value	Minimum value	Mean*1 value (b)	Standard*2 deviation	b + 2S.D.*3	Median	Upper Wisker	Upper Fence
Al (%)	—	13.49	1.72	6.726	0.198	—	7.875	9.600	—
Co (ppm)	—	1,543	3	225.3	0.450	—	257.0	466.0	—
Cr (ppm)	—	11,315	25	4,842.1	0.493	—	7,098.5	8,515.0	—
Fe (%)	—	47.29	2.58	24.324	0.245	—	30.630	34.940	—
Ni (ppm)	—	10,136	7	2,627.4	0.504	—	3,534.5	4,565.0	—

*1: geometric mean *2: shown in logarithm *3: background value + 2 x standard deviation

*4: Exploratory Data Analysis (Kurzi H., 1988)

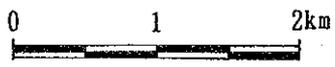
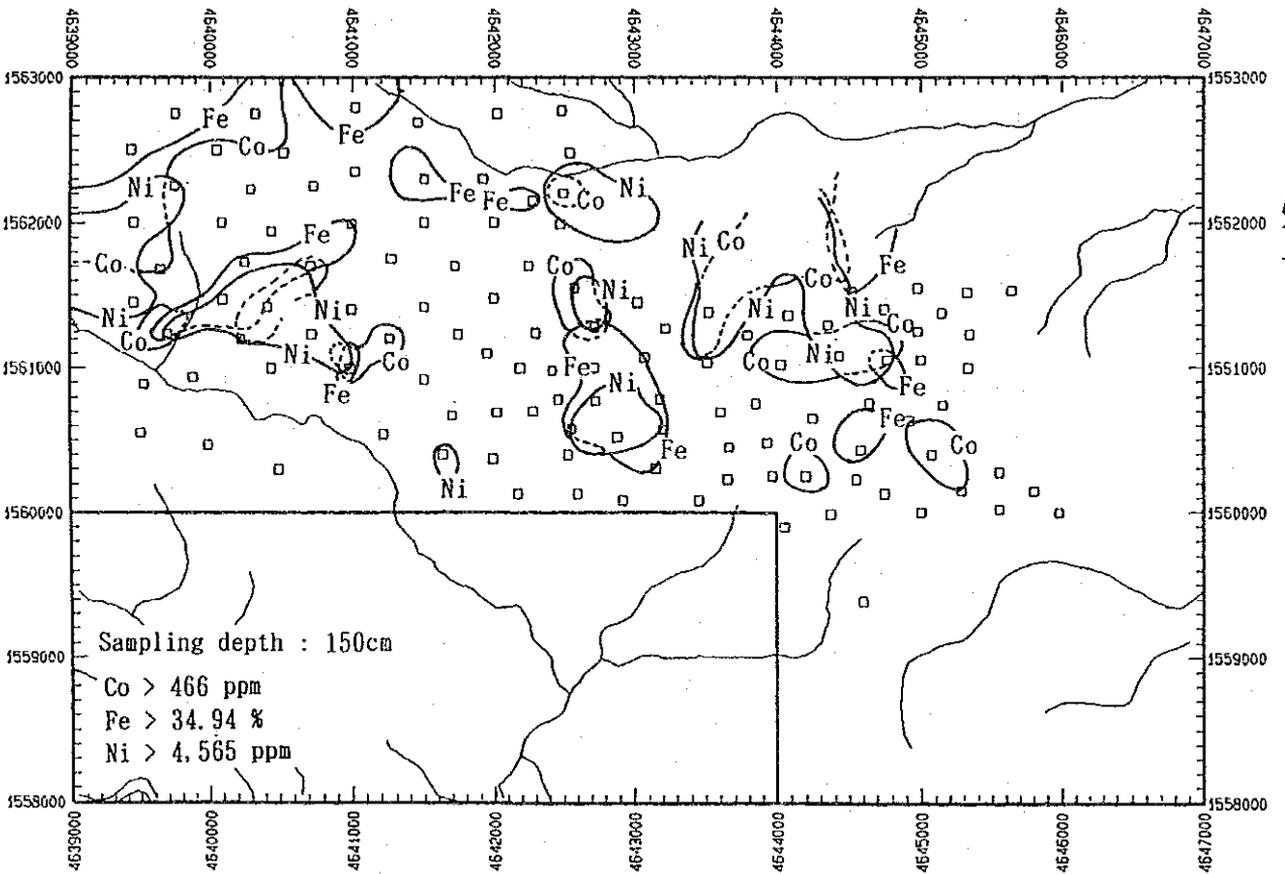
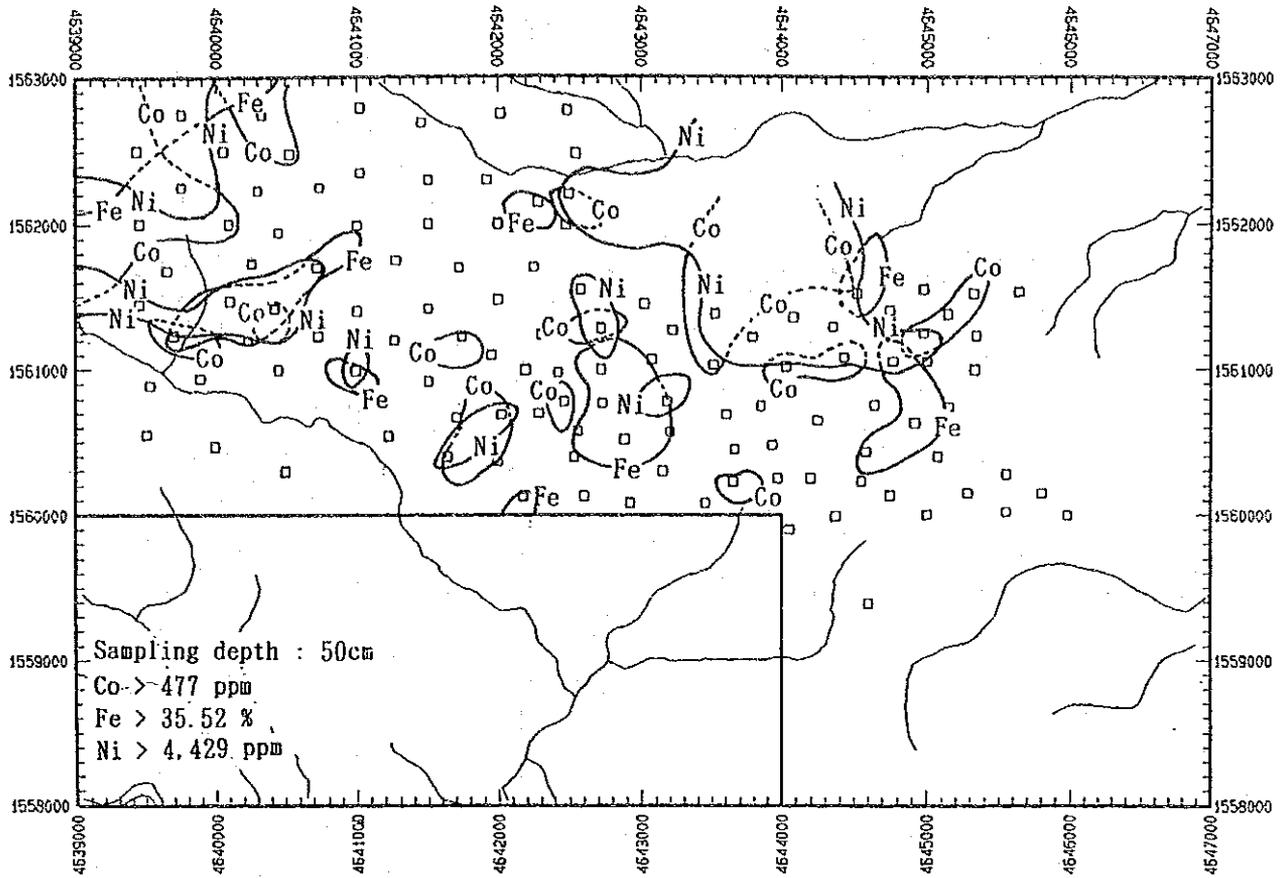


Fig. II-1-8 Distribution of geochemical anomalous zones in Area K

本調査でも、NiはCoと共により深部の深度150 cmの試料で濃集し、より浅部の深度50 cmの試料でAl、Crが濃集する傾向が見られる。

(3) 単変量解析結果

各成分の統計処理結果に基づきEDA法によりしきい値を決定した。このしきい値とメディアン値を用いAppendix 6に示す濃度分布図を作成した。各元素の分布傾向は、深度50 cmの試料及び深度150 cmの試料共に同様の傾向を示し、以下に要約される。

Al: 異常帯及び高濃度帯は、北西部の超塩基性岩体の分布域及び東部のクロッカー層の分布域に分布する。

Co: 余り顕著な分布傾向は見られず、異常値を持つ試料が超塩基性岩体の分布域に散在する。

Cr: 異常帯は、ほぼ超塩基性岩体の中央部に見られ、異常値を持つ試料が、超塩基性岩体の西部及び東端部に分布する。

Fe: Crと同様の傾向を示し、異常帯及び高濃度帯は超塩基性岩のほぼ中央部、北西部、東端部に分布する。より南西部にかけて分布する。

Ni: 異常帯及び高濃度帯は、超塩基性岩体の中央部から東部にかけてと西部に分布する。

濃度分布図より、Co、Fe、Niの3元素について異常帯の分布をFig. II-1-8に示す。深度50 cm及び150 cmの試料においてほぼ同様の傾向を示し、超塩基性岩体東部の段丘堆積物に近接する付近及び中央部、西部でCo、Fe、Niの異常帯が重複ないしは近接して分布する。

1-5 L 地区

1-5-1 地質及び鉍化作用

(1) 調査地区

第3年次に実施した広域地化学探査の結果、チタン鉍床賦存の可能性が推定されたことから、引き続き河床堆積物試料による地化学探査の準精査を実施した。

L地区は、キナバル地区南端部に位置し、カラマック(Karamuak)川の最上流域に当たる。調査地区の地形はやや急峻で、山岳地形をなし最大標高700 mに達する。本地区中央部をカラマック川が西から東に向かって流れ、河床堆積物試料は主に、カラマック川の本流及びこの南側及び北側の支流より採取した。なお、調査は地区内にキャンプを設定し行った。

(2) 地質

本地区の地質は、白亜紀より第三紀にかけての超塩基性岩(Pr)、斑れい岩(Gb)、玄武岩(Gsba)と、それらと衝上断層で接する始新世から漸新世のクロッカー層(P₂Cr)より構成される。本地区の地質図をFig. II-1-9に示す。

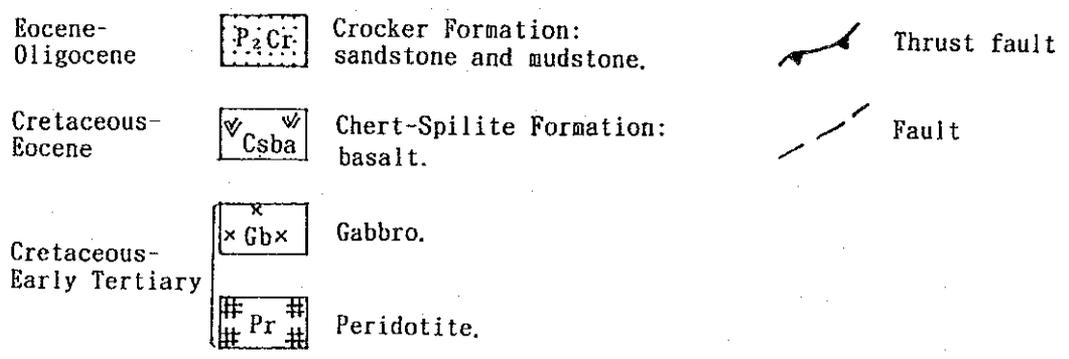
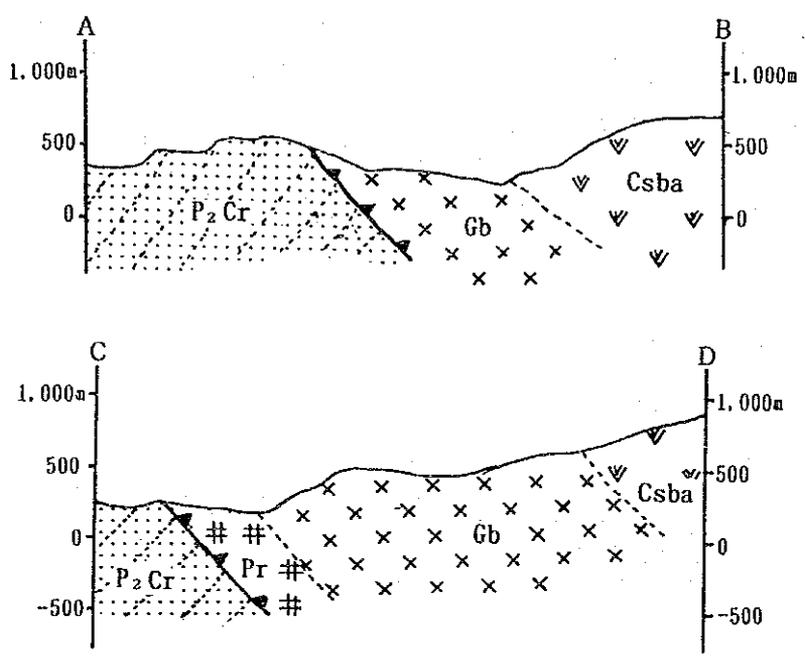
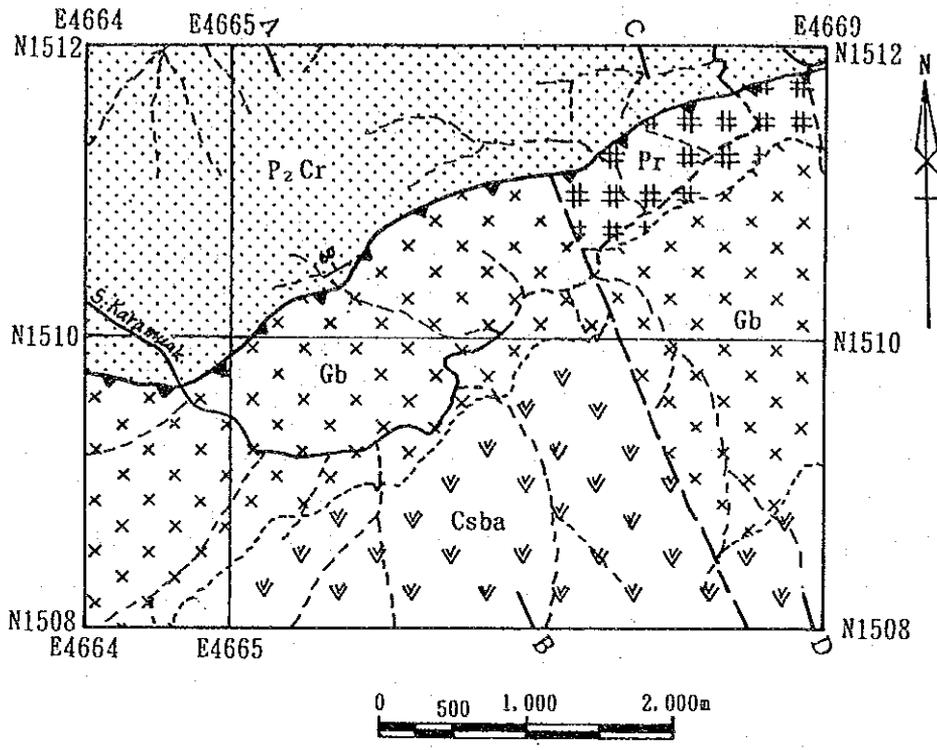


Fig. II-1-9 Geologic map and cross sections of Area L

南傾斜の衝上断層を隔てて下位より超塩基性岩 (Pr)、斑れい岩 (Gb)、玄武岩 (Csba) の順に分布する。超塩基性岩 (Pr) は、東北部のカラマック川沿いに分布し、蛇紋岩化した暗灰色～暗緑灰色のかんらん岩より成る。斑れい岩 (Gb) は、東部のカラマック川南岸及び中央部から西部にかけてカラマック川沿いに分布する。暗灰色、中粒の岩石で一部層状構造をなす部分が見られる。玄武岩 (Csba) は、カラマック川南岸の斜面に分布し、暗緑灰色の岩石で細粒の輝石及び斜長石の斑晶を持つ。直径 50 cm 前後の枕状構造が随所で見られた。クロッカー層 (P₂Cr) は、北部及び北西部に分布し砂岩及び泥岩より成る。

(3) 鉍 化 作 用

本地区調査の結果では、鉍化・変質帯として玄武岩中に見られる緑泥石化及びそれに伴う弱い黄鉄鉍の鉍染以外には、鉍徴は確認できなかった。

1-5-2 河床堆積物地化学探査

(1) 試 料 採 取

本調査では河床堆積物を対象に地化学探査を行った。採取した河床堆積物試料の採取位置を Fig. II-1-10 に示す。また、採取した試料の一覧を Appendix 7 に示す。採取した試料は乾燥後分析試料とした。

(2) 統 計 処 理 結 果

採取した河床堆積物試料の分析結果を Appendix 8 に示す。これらの分析の結果をコンピュータに入力し統計処理を行った。統計処理の結果を Table II-1-8 に示す。

Fe の最大値及び平均値は、17.13 % 及び 4.38 % でやや高い値を示す。一方、Ti の最大値及び平均値は、12.40 % 及び 0.83 % で高濃度である。クロッカー層の分布域の試料を含むため、平均値は、著しく高くないが、Fe、Ti 共に通常の塩基性岩の分布域の試料より高い値を示す。Fe と Ti の間の相関係数は、0.829 と非常に良い。

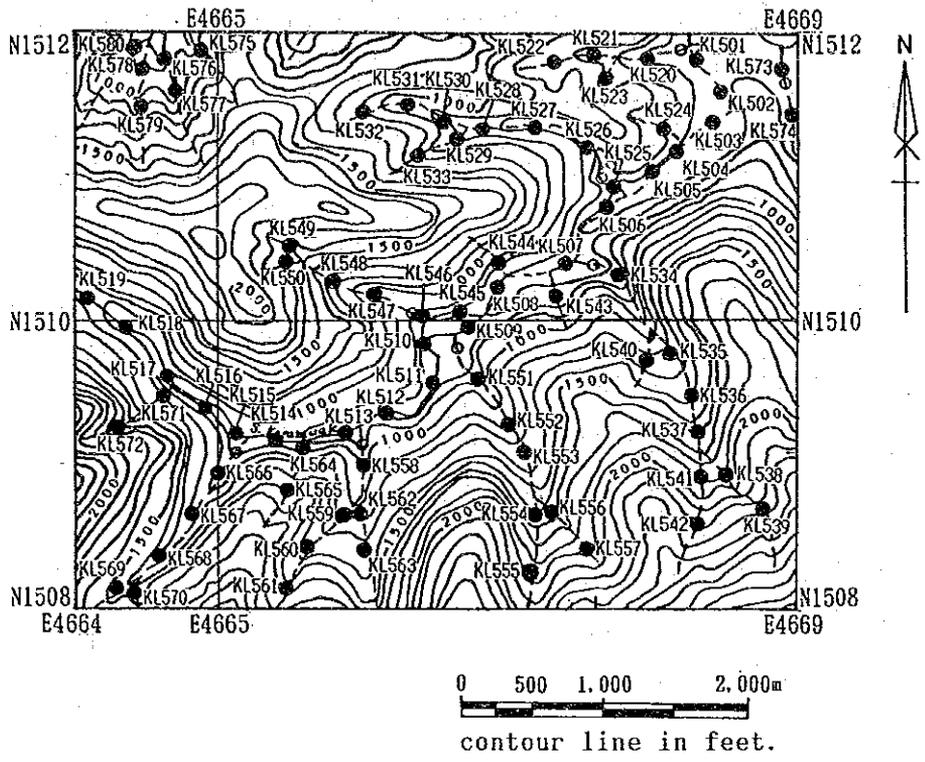
(3) 単 変 量 解 析 結 果

各成分の統計処理結果に基づき EDA 法によりしきい値を決定した。このしきい値とメディアアン値を用い Appendix 9 に示す濃度分布図を作成した。この分布図より各元素の分布傾向は、以下に要約される。

Fe: 10.21 % 以上の異常値を示す試料は地区の南東部の斑れい岩から玄武岩の分布域に見られ、それ以外にもカラマック川沿いの斑れい岩の分布域に散在する。

Ti: 1.93 % 以上の異常値を示す試料は、斑れい岩の分布域に散在する。

濃度分布図より、Fe 及び Ti の異常帯の分布を Fig. II-1-11 に示す。この図で見られるように異



- KL501- Location of stream sediment samples and sample number
- Location of stream sediment samples collected in phase III.

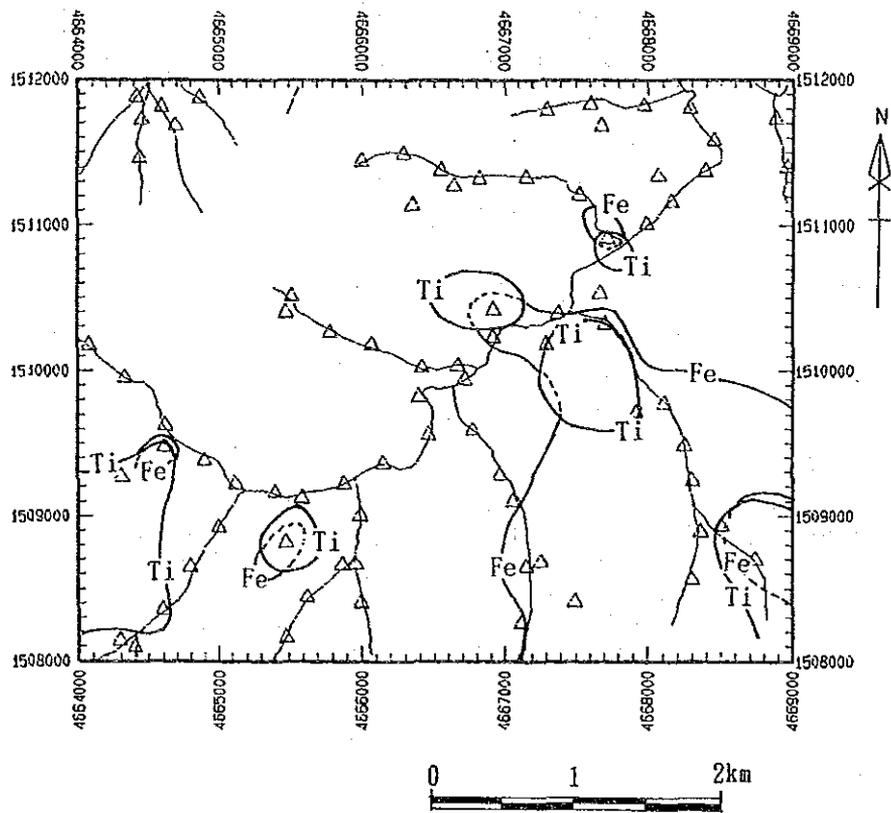
Fig. II-1-10 Location map of geochemical samples in Area L

Table II-1-8. Statistics of stream sediments geochemical survey in Area L

Element	Statistics							EDA method**4		
	Below detection limit (%)	Maximum value	Minimum value	Mean*1 value (b)	Standard*2 deviation	b + 2S.D.*3	Median	Upper Whisker	Upper Fence	
Fe (%)	---	17.13	0.84	4.377	0.344	---	4.359	10.210	---	
Ti (%)	---	12.40	0.19	0.825	0.404	5.310	0.890	1.930	---	

*1: geometric mean *2: shown in logarithm *3: background value + 2 x standard deviation

*4: Exploratory Data Analysis (Kurzl H., 1988)



Fe > 10.21 %

Ti > 1.93 %

Fig. II-1-11 Distribution of geochemical anomalous zones in area L

常帯の分布は、カラマック川沿い及びその南側の支流の斑れい岩の分布域にFe及びTiが重複して見られる。

FeとTiは良い相関を示し、異常帯も重複する点から斑れい岩中にチタン鉄鉱の濃集部が存在する可能性が考えられる。

1-6 M 地 区

1-6-1 地 質 及 び 鉍 化 作 用

(1) 調 査 地 区

第3年次に実施した広域地化学探査の結果、その地化探異常帯の分布及び地質より斑岩型銅鉍床賦存の可能性が推定されたことから、引き続き土壌試料による地化学探査の準精査を実施した。

M地区はキナバル地区東部からラプク地区北部にかけてのスグット川の下流域に位置する。主要な河川は、調査地域のほぼ中央部を南西から北東方向に蛇行して流れるスグット川である。このスグット川へ東西両側から支流が流入する。地形は全体的に緩やかで、北東部及びスグット川流域は標高 30 m から100 m の平坦な地形をなす。西部では丘陵地形から山岳地形をなし北西部では最大標高は 500 m に達する。スグット川沿いには集落が散在し、その近傍では小規模な耕作地が見られるが、それ以外はすべて二次ジャングルで覆われる。

(2) 地 質

本地区の地質は、第三紀始新世から漸新世のクロッカー層 (P_2Cr) とスグット川本流及びその支流に沿って分布する沖積層 (Q_2) より構成される。本地区の地質図をFig. II-1-12に示す。

クロッカー層 (P_2Cr) は、本地区全域を広く被って分布し、黄褐色、塊状無層理の砂岩を主体とし、それに灰色で層理の発達した泥岩が伴う。沖積層 (Q_2) は砂礫より成り、その分布はスグット川本流を中心とし、一部その支流にも見られる。構造は、一般に走向NW-SE 南傾斜で $70^\circ \sim 80^\circ$ を示す。地区北部を中心に背斜及び向斜構造が見られ、その軸はNW-SE からE-W である。

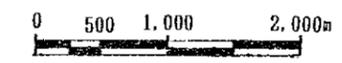
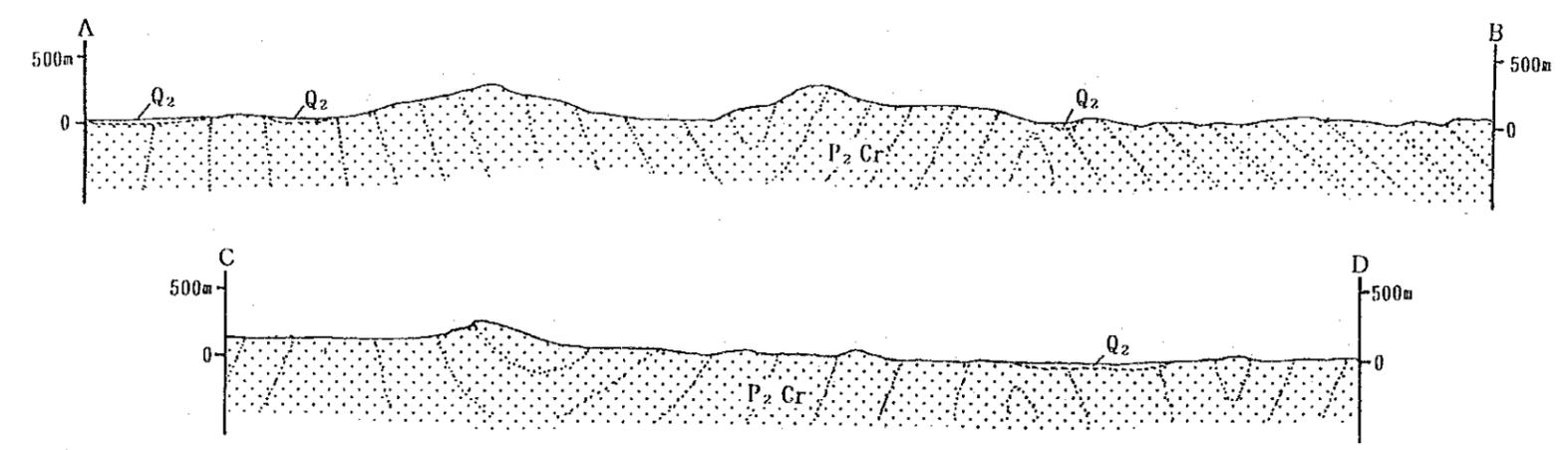
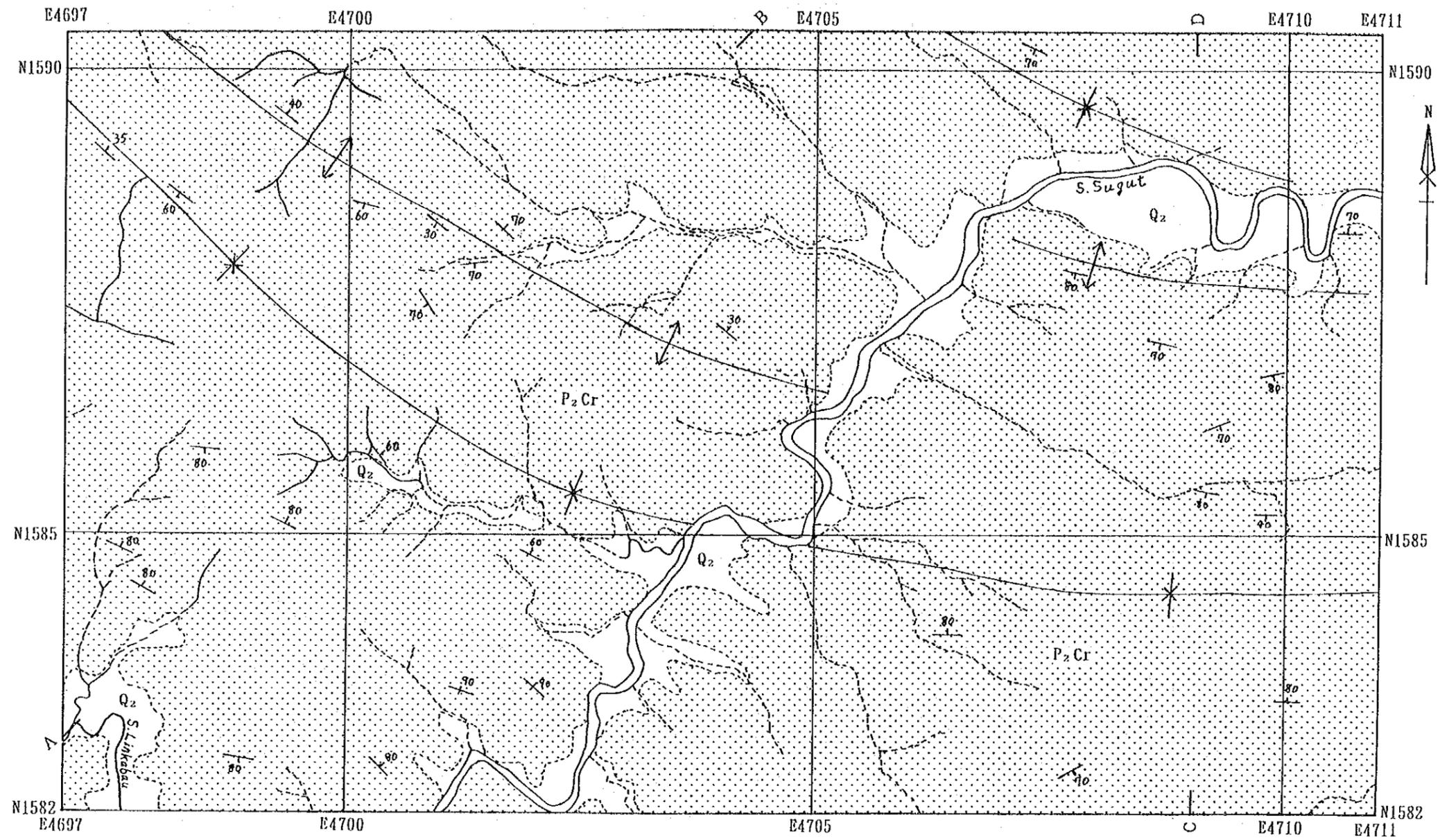
(3) 鉍 化 作 用

本調査地域内では、著しい鉍化作用及び変質作用は認められない。

1-6-2 土 壤 地 化 学 探 査

(1) 試 料 採 取

本調査では、土壌を地化学探査の試料種として採用した。本調査で採取した試料の採取位置を



- Recent Q₂ Riverine alluvium.
- Eocene-Oligocene P₂ Cr Crocker Formation: sandstone and mudstone.
- Synclinal axis
- Anticlinal axis
- Dip and strike

Fig. II-1-12 Geologic map and cross sections of Area M

Fig. II-1-13に示す。本地区の調査で採取した土壌試料の一覧を Appendix 10に示す。採取した土壌試料は乾燥後篩別し -80メッシュの試料を分析試料とした。

(2) 統計処理結果

採取した土壌試料の分析結果を Appendix 11に示す。これらの分析の結果をコンピュータに入力し統計処理を行った。統計処理の結果をTable II-1-9に示す。

統計処理の結果得られた平均値（幾何平均値）を他地区の値と比較すると、以下の傾向が認められた。

高い値を示す元素：Ba

低い値を示す元素：As、Co、Cr、Cu、Hg、Mg、Ni

これらは、本地域が砂岩及び泥岩で覆われている点及び地表では鉱化・変質作用はほとんど認められない点を反映している。Au及びCuの最大値はやや高く、それぞれ 57 ppb と 498 ppmである。W は、その絶対値が低くほとんどの試料で検出限界以下の値を示す。

各元素間の関係を明らかにするため相関係数を計算した。この結果良い相関関係（相関係数 0.600 以上）を示す元素の関係は以下の通り。

Ba-K, Ba-Na, Ba-Sr, Co-Mg, Co-Mn, Co-Ni, Co-Zn, Cr-Ni, Cu-Mg, Cu-Mn, Cu-Ni
Cu-Zn, K-Mg, K-Na, K-Sr, K-Zn, Mg-Mn, Mg-Na, Mg-Ni, Mg-Sr, Mg-Zn, Mn-Na,
Mn-Ni, Mn-Zn, Na-Sr, Na-Zn, Ni-Zn, Sr-Zn

この様に、Co、Cu、K、Mn、Na、Ni、Zn等の元素は、互いに良い相関関係を示す。更に、AuとCuは良い相関（相関係数 0.517）を示す。

(3) 単変量解析結果

各成分の統計処理結果に基づきE D A法によりしきい値を決定した。このしきい値とメディアン値を用い Appendix 12 に示す濃度分布図を作成した。この分布図より各元素の分布傾向は、以下に要約される。

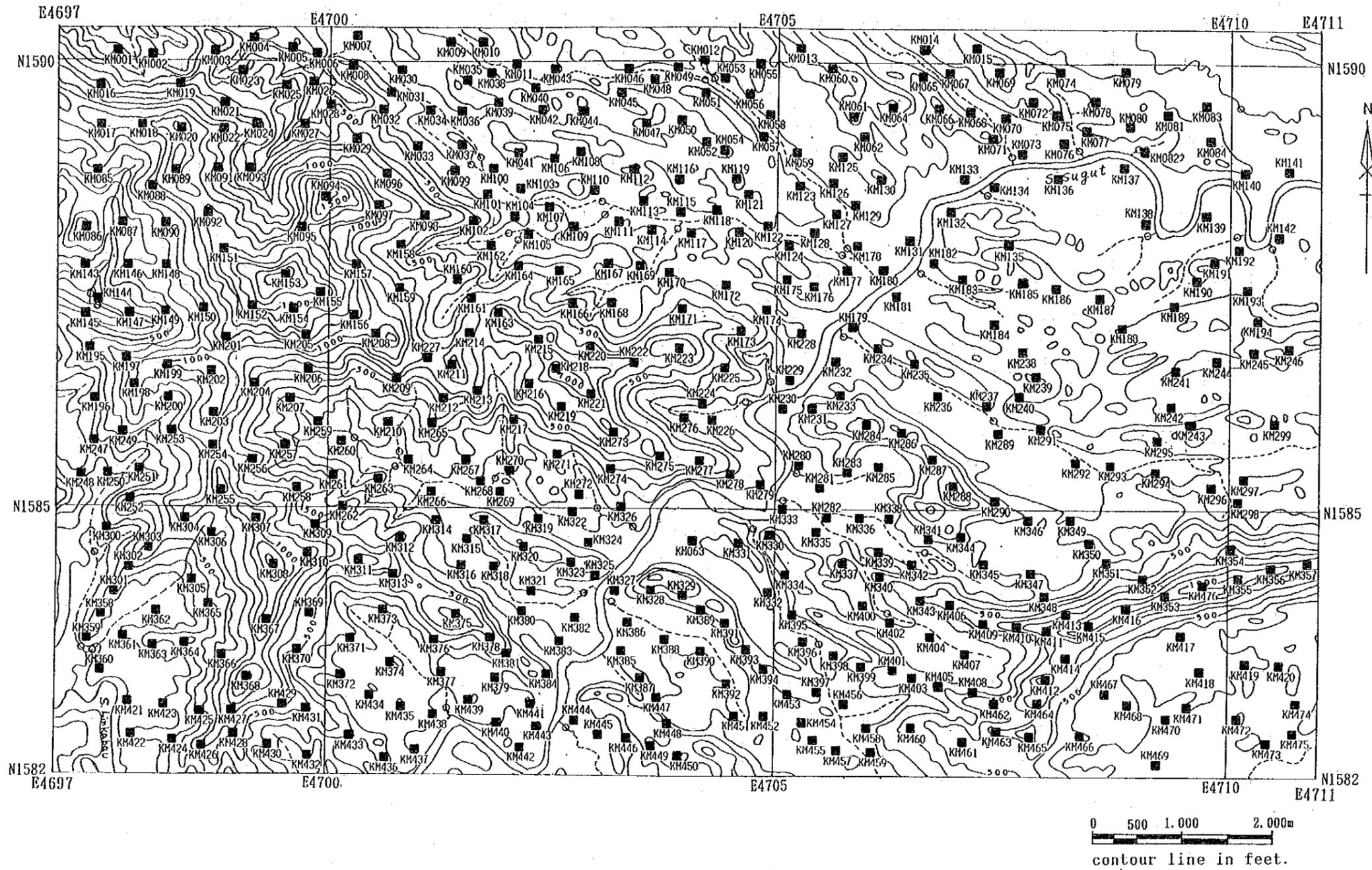
As: 全体的にあまり顕著な分布傾向は見られないが、高濃度帯が中央部で東西方向に帯状に分布する傾向がわずかに見られる。

Au: 高濃度帯の分布は東北部のスグト川下流域に見られ、それ以外は高濃度の試料が西部及び東部に点在する。

Ba: 高濃度帯及び異常帯の分布は、スグト川を挟み中央東部及び西部にややまとまって分布する。

Co: 高濃度帯及び異常値を示す試料の分布は、スグト川流域、特にその下流域に見られ、それ以外は地区全体に散在する。

Cr: 高濃度及び異常値を示す試料の分布は、ほぼ地区東部に限られ、スグト川本流及びその東側の支流に沿って見られる。



- Location of soil samples and sample number.
- Location of stream sediment samples collected in phase III.

Fig. II-1-13 Location map of geochemical samples in Area M

Table II-1-9 Statistics of soil geochemical survey in Area M

Element	Statistics							EDA method**4		
	Below detection limit (%)	Maximum value	Minimum value	Mean*1 value (b)	Standard**2 deviation	b + 2S.D. **3	Median	Upper Whisker	Upper Fence	
As (ppm)	27.1	43	< 1	2.9	0.548	36.1	4.0	9.0	—	
Au (ppb)	85.3	57	< 1	0.6	0.298	2.5	0.5	0.5	0.5	
Ba (ppm)	—	1,469	35	158.2	0.285	588.8	140.5	259.0	762.4	
Co (ppm)	20.0	27	< 1	2.3	0.425	16.1	2.0	5.0	—	
Cr (ppm)	—	447	20	52.7	0.234	154.9	47.0	74.0	163.8	
Cu (ppm)	—	498	2	10.7	0.341	51.4	10.0	16.0	47.1	
Hg (ppb)	—	400	15	59.0	0.198	146.6	59.0	82.0	172.5	
K (%)	—	2.13	0.10	0.519	0.244	1.598	0.525	0.870	—	
Mg (%)	—	3.01	0.06	0.249	0.253	0.799	0.240	0.380	0.893	
Mn (ppm)	—	1,651	12	53.4	0.396	330.5	41.5	102.0	231.7	
Mo (ppm)	59.7	6	< 1	0.8	0.259	2.5	0.5	1.0	2.8	
Na (%)	—	1.27	0.02	0.100	0.277	0.358	0.100	0.170	0.499	
Ni (ppm)	—	269	5	17.0	0.327	76.5	14.0	30.0	89.2	
Pb (ppm)	2.3	173	< 2	10.9	0.284	40.4	12.0	18.0	45.3	
S (%)	—	0.105	0.007	0.013	0.148	0.026	0.013	0.017	0.028	
Sb (ppm)	32.1	14.3	< 0.2	0.75	0.667	—	1.40	3.00	—	
Sr (ppm)	—	114	8	26.6	0.165	56.9	27.0	36.0	75.4	
Ti (%)	—	0.52	0.17	0.290	0.074	0.408	0.290	0.330	0.437	
U (ppm)	—	3.0	1.4	2.14	0.059	2.82	2.20	2.40	—	
W (ppm)	97.3	5	< 2	1.0	0.068	1.4	1.0	1.0	1.0	
Zn (ppm)	—	114	8	27.0	0.201	68.2	26.0	40.0	93.1	

*1: geometric mean *2: shown in logarithm *3: background value + 2 x standard deviation

**4: Exploratory Data Analysis (Kurzi H., 1988)

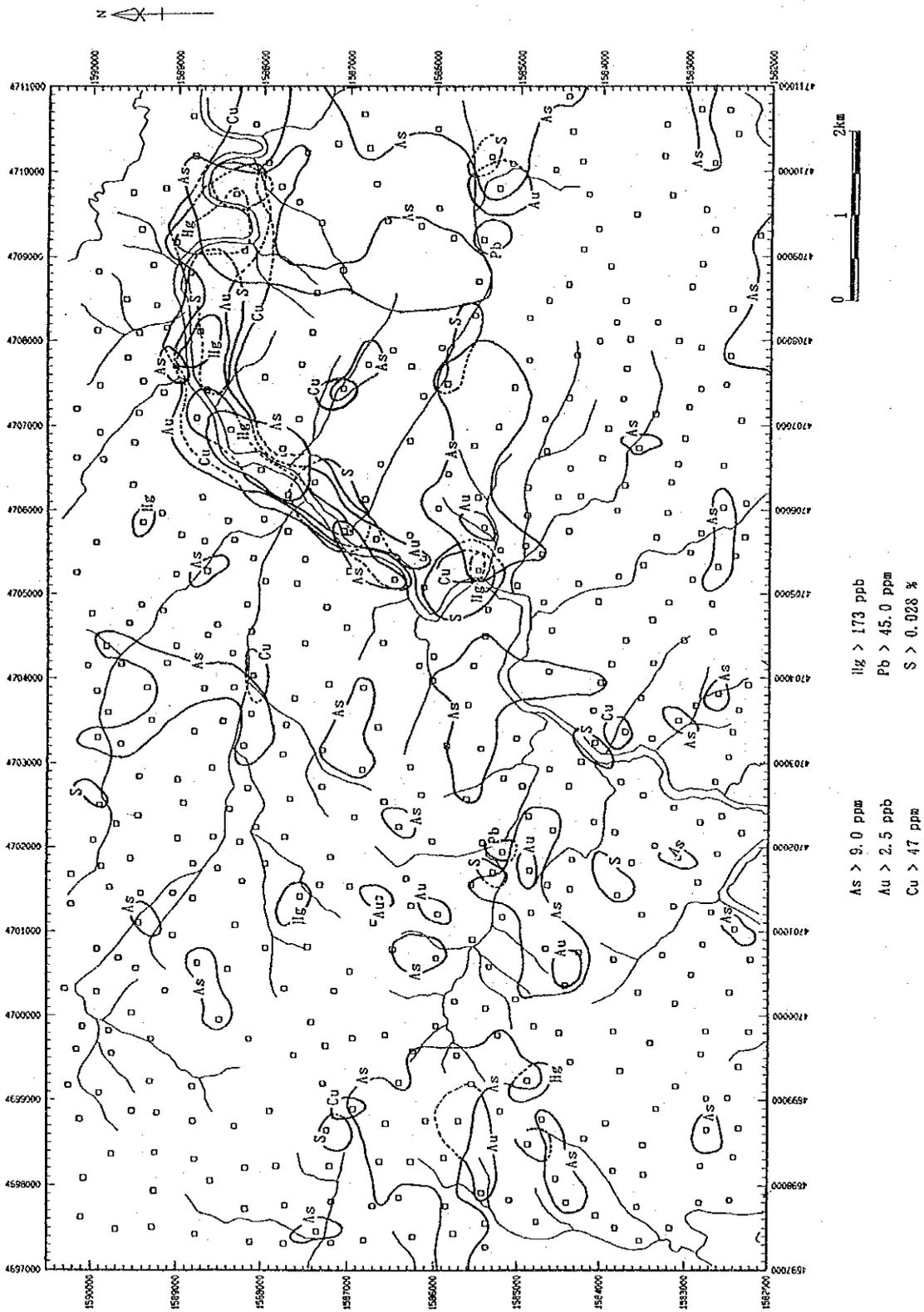


Fig. II-1-14 Distribution of geochemical anomalous zones in Area M

Cu: 異常帯の分布は顕著に東北部のスグト川下流域に見られ、それ以外では高濃度及び異常値を持つ試料が北東部のスグト川支流域に散在する。

Hg: 高濃度帯及び異常帯は、顕著に東北部のスグト川下流域に見られ、それ以外は小規模の物が地区全域に散在する。

K: 特徴的な分布傾向は見られず高濃度帯及び異常帯が地区全域に散在する。

Mg: 高濃度帯及び異常帯は、顕著に東北部のスグト川下流域に見られ、それ以外では高濃度の試料が地区内に散在する。

Mn: 異常帯の分布は顕著に東北部のスグト川下流域に見られ、小規模な高濃度帯及び異常帯が地区全域に散在する。

Mo: 異常値を持つ試料が東北部のスグト川下流域に分布するが、その絶対値は低い。

Na: 高濃度帯及び異常帯は、東北部のスグト川下流域及び西部に分散して分布する。

Ni: 高濃度帯及び異常帯は、顕著に東北部のスグト川下流域に見られ、それ以外では東側及び西側の支流域に小規模に散在するが、その絶対値は低い。

Pb: 高濃度帯及び異常帯は、主に地区南部で東西方向に帯状に分布し、小規模に東北部のスグト川下流域でも見られる。

S: 高濃度帯及び異常帯は、主にスグト川本流沿いに分布し、高濃度及び異常値を示す試料が支流沿いに散在する。

Sb: 高濃度及び異常値を持つ試料は、スグト川本流沿いに分布し、それ以外にも地域内に広く散在するがその絶対値は低い。

Sr: 高濃度帯は、東北部のスグト川下流域及び西部に分布する。

Ti: 高濃度及び異常値を持つ試料が地域内に散在し、はっきりした分布傾向を示さない。

U: あまり顕著な分布傾向は見られないが、高濃度帯及び異常帯が南部に集合する傾向がある。

W: ほとんどの試料が検出限界以下を示し、最大値も 5 ppmで低い。

Zn: 高濃度帯が東北部のスグト川下流域を含め地区全域に散在する。

各元素の濃度分布図より、本地区の探査に有用と考えられる主要元素の異常帯の分布をFig. II-1-14 に示す。As、Au、Cu、Hg、Pb、S の異常帯が東北部のスグト川下流域の沖積層(Q₂)分布域に重複して見られ、それ以外では、小規模な異常帯が地区内に散在する。

(4) 多変量解析結果

多変量解析の手法としては、因子分析法を採用した。因子分析の結果をTable II-1-10 に示す。抽出された因子と各元素の関係は以下の通り。

第1因子: Ba - Co - K - Mg - Mn - Na - Sr - Zn

第2因子: Cr - Ni

第3因子: Ti - U

Table II-1-10 Results of factor analyses for soil samples in Area M

Element	Factor loading (Varimax rotation)								Communi- nality
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	
As	0.084	-0.127	0.014	-0.510	-0.030	-0.041	0.017	-0.074	0.2919
Au	0.156	-0.194	-0.009	-0.149	-0.161	-0.273	0.086	-0.560	0.5054
Ba	0.721	-0.004	0.140	-0.383	0.186	-0.083	-0.122	0.009	0.7429
Co	0.597	-0.390	-0.020	0.231	-0.176	-0.161	0.306	-0.050	0.7155
Cr	0.156	-0.793	0.185	-0.332	-0.129	-0.234	0.037	-0.116	0.8843
Cu	0.458	-0.406	0.045	-0.136	-0.542	-0.135	0.129	-0.391	0.8764
Hg	0.107	-0.221	-0.151	0.004	-0.067	-0.542	-0.078	-0.246	0.4481
K	0.838	-0.112	0.314	0.009	-0.108	0.005	0.098	-0.114	0.8476
Mg	0.646	-0.288	0.225	-0.042	-0.465	-0.157	0.146	-0.294	0.9016
Mn	0.622	-0.374	-0.126	0.140	-0.176	-0.320	0.257	-0.116	0.7754
Mo	0.060	-0.092	0.025	-0.063	-0.543	-0.279	0.057	-0.079	0.3988
Na	0.795	-0.236	0.241	-0.120	0.048	-0.208	0.008	-0.062	0.8100
Ni	0.358	-0.787	0.055	-0.139	-0.145	-0.211	0.178	-0.180	0.8990
Pb	0.164	-0.297	0.314	-0.192	-0.123	-0.020	0.460	-0.138	0.4966
S	0.144	-0.334	-0.089	-0.094	0.002	-0.586	0.138	-0.079	0.5172
Sb	0.139	-0.105	0.022	-0.379	-0.185	-0.312	0.239	-0.020	0.3634
Sr	0.813	-0.056	0.094	-0.247	-0.184	0.044	0.033	-0.066	0.7749
Ti	0.368	-0.067	0.600	0.052	-0.249	-0.001	-0.082	0.061	0.5749
U	0.165	-0.041	0.678	-0.059	0.078	0.066	0.122	-0.013	0.5168
W	-0.005	0.018	0.052	-0.041	-0.130	-0.349	0.001	-0.009	0.1436
Zn	0.649	-0.313	0.345	-0.114	-0.275	-0.099	0.313	-0.160	0.8607
F.C. *1	35.5 %	17.2 %	10.2 %	7.0 %	9.2 %	10.1 %	5.1 %	5.7 %	—

*1: Factor contribution

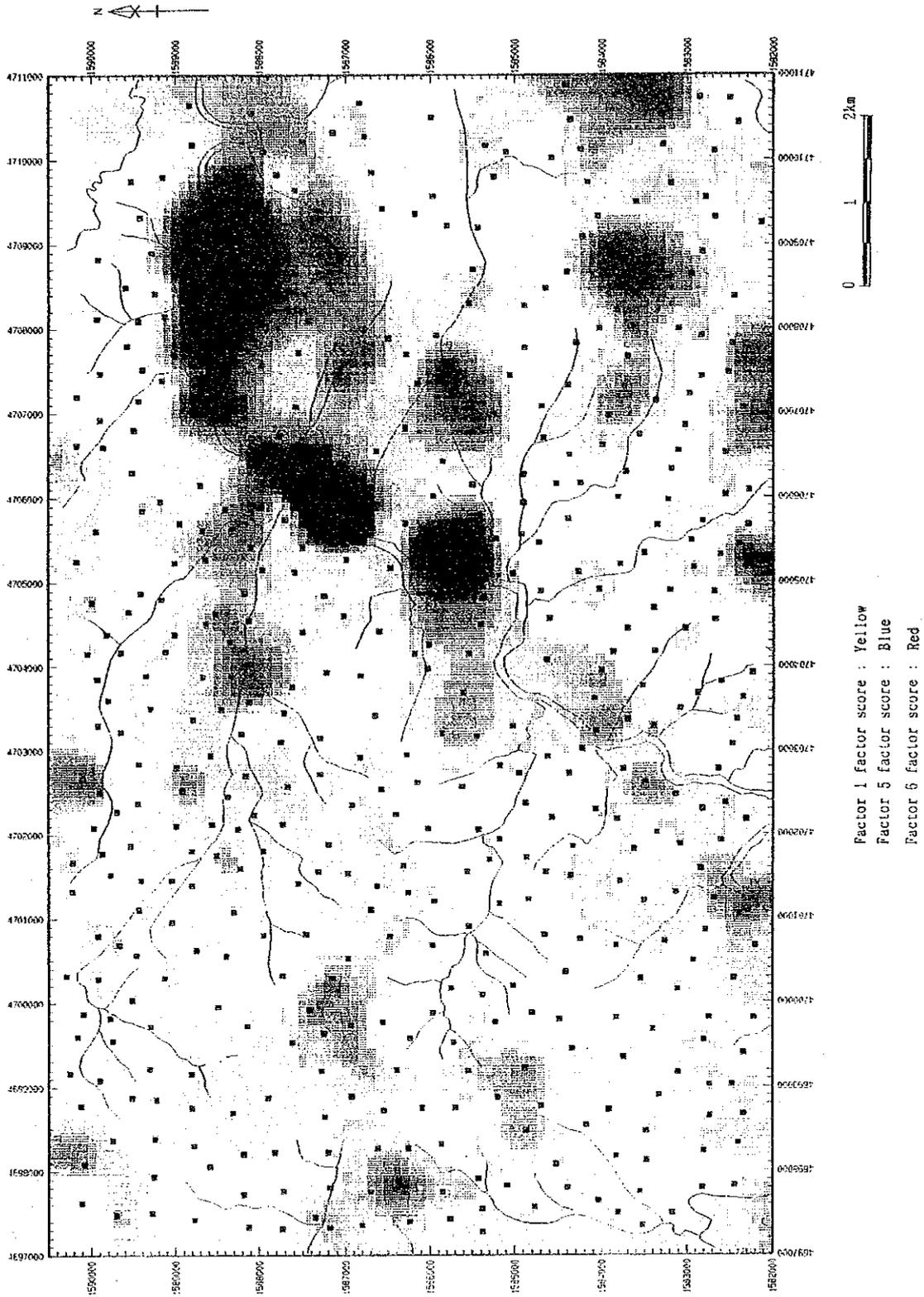


Fig. II-1-15 Distribution of factor scores in Area M

第4因子： As

第5因子： Cu - Mo

第6因子： Hg - S

第7因子： (Pb)

第8因子： Au

各因子と元素の関係を見ると、第1因子は多くの元素との関係が認められることから後背地を示す因子と考えられる。第2、4、8の因子に関係づけられる元素は、本地区の試料では濃度が低い。第7因子と元素の関係は、不明瞭である。このため後背地と鉱化作用に若干の関係が推定される第1、5、6の因子を選び、各因子に特定の色を付け、これをコンピュータで合成して因子得点分布図を作成した。この因子得点分布図をFig. II-1-15 に示す。この合成図での色と因子との関係は以下の通り。

第1因子： 黄 第5因子： 青、 第6因子： 赤

この合成図より各因子の分布傾向は、以下に要約される。

第1因子： 高因子得点の分布は顕著な傾向を示さず、地区西部を中心に散在する。

第5因子： 高因子得点の分布は、地区北東部、スグト川下流域の沖積層 (Q_2) の分布域に顕著に見られる。

第6因子： 高因子得点の分布は、スグト川下流域の沖積層 (Q_2) の分布域に第5因子の高因子得点域と重複して顕著に見られる。それ以外にも、やや高い因子得点を示す試料が散在する。

抽出された因子の内、鉱化作用に関係すると考えられる第5及び第6因子の高因子得点を示す試料は地区北東部、スグト川下流域の沖積層 (Q_2) の分布域で重複して見られ、これらの因子に関しては沖積層との関係が推定される。

1-7 N 地 区

1-7-1 地質及び鉍化作用

(1) 調査地区

本地区では、第3年次に超塩基性岩類の分布域周辺より採取した土壌試料を分析した結果、ラテライト質ニッケル鉍床賦存の可能性が推定されたことから、引き続き土壌による地化学探査の準精査を実施した。

調査地区は、ラプク地区の中央部テルピド西方に位置する。地区内は全般に標高 100 m 前後の緩い丘陵地形をなす。中央部及び南東部には、それぞれ一列の山体が連なりその最大標高は 450 m に達する。地区内を三河川が南西から北東方向に横断する。それらはタパング (S. Tapang) 川、テルピド (S. Telupid) 川、マイロ (S. Mailo) 川でいずれもラプク川の支流である。地区西部のテルピド川に添ってラナウ-テルピドを結ぶ主要道路が通る。植生は、全般に二次ジャングルである。

(2) 地 質

本地区の地質は、白亜紀～第三紀の超塩基性岩類 (Pr)、チャート・スピライト層 (KPCs)、第四紀の段丘堆積物 (Q_1) 沖積層 (Q_2) より成る。本地区の地質図を Fig. II-1-16 に示す。

超塩基性岩類 (Pr) は、地区の北西部、中央部、南東部の三つの岩体に別れて分布し、主にハルツバ-ジャイト及びそれが蛇紋化した岩石からなる。超塩基性岩類と断層及び衝上断層で隔てられてチャート・スピライト層が平坦地に分布する。チャート・スピライト層は、チャート及び玄武岩からなるが、本地区ではこれらの露出が悪く両者の詳しい分布状況は不明である。北部の平坦な地域に広く、砂及び礫から成る段丘堆積物が分布する。テルピド川流域に沿っては、沖積層が分布する。

(3) 鉍 化 作 用

本調査では、超塩基性岩類の分布域を中心に広く、暗褐色～褐色のラテライト質土壌が発達し、その厚さは数 m 以上である。このラテライト質土壌は、一部チャート・スピライト層の分布域にも見られる。本地区中央北部で風化した超塩基性岩の露頭が見られ、2 試料を採取し鉍石分析を行った (Table II-1-4)。分析の結果 Ni 品位は、0.80 % 及び 1.32 % と比較的に値を示す。

1-7-2 土 壤 地 化 学 探 査

(1) 試 料 採 取

本調査では、超塩基性岩類の分布域を中心に 85 地点で 170 個の試料を採取した。採取位置

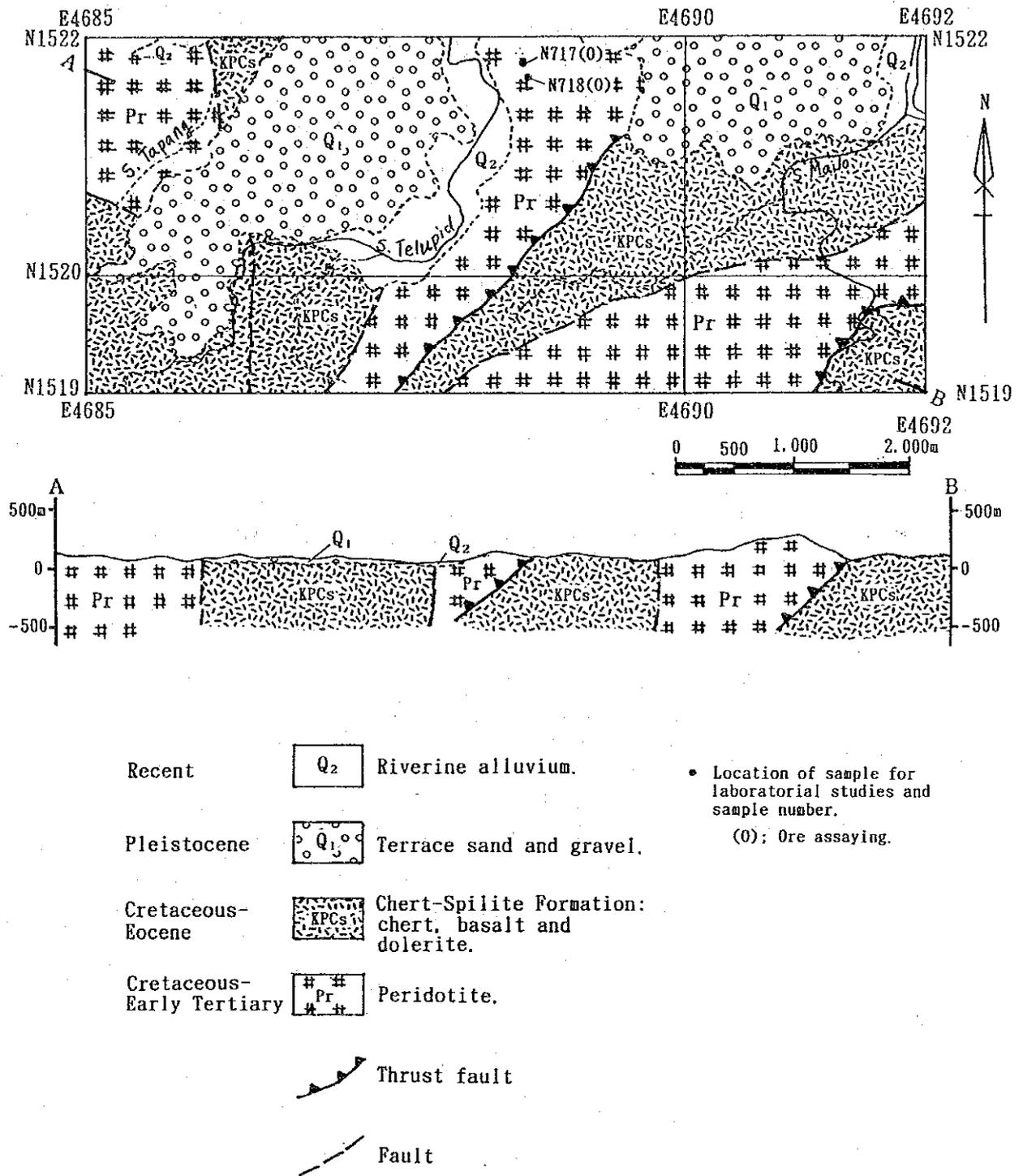


Fig. II-1-16 Geologic map and cross sections of Area N

図をFig. II-1-17に、採取した土壌試料の一覧を Appendix 13に示す。試料の採取地点では、同一地点より深度50 cm 及び150 cmの2試料を採取する事を原則とした。土壌試料一覧表に示すように、ほとんどの場合B層は150 cm 以深まで発達していたが、希に150 cm 以浅でC層に達することがあり、その場合はその時点で試料を採取した。採取した土壌試料は乾燥後篩別し-80メッシュの試料を分析試料とした。

(2) 統計処理結果

採取した土壌試料の分析結果を Appendix 14に示す。これらの分析の結果をコンピュータに入力し統計処理を行った。統計処理の結果をTable II-1-11 に示す。

それぞれの元素の特徴は以下の様にまとめられる。

Al：深度50 cm の試料と深度150 cmの試料では、最大値及び平均値は、それぞれ 17.27 %、6.92 %及び 18.72 %、 7.13 % で、一般に深度150 cmの試料でやや高い傾向を示す。Niの含有量の高い試料ではAlは著しく低く、Niが 5,000 ppm 以上の試料ではAlは 1.00 % ~ 4.00 %である。

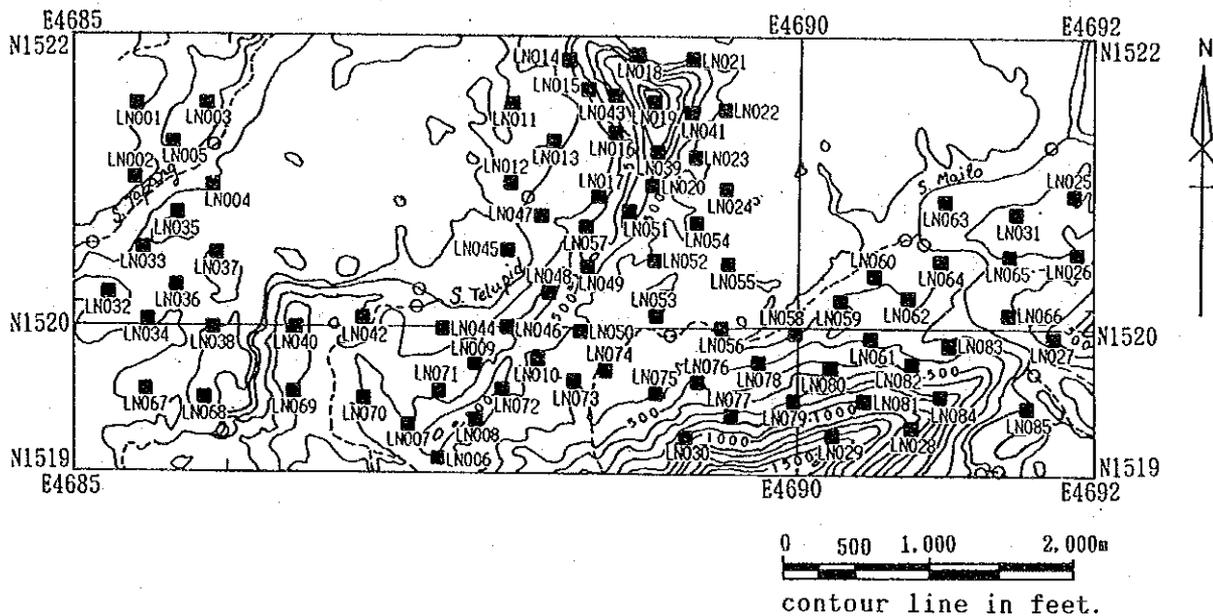
Co：通常の超塩基性岩の含有量である 100 ppm前後よりかなり高い値を示し、深度50 cm の試料及び深度150 cmの試料で最大値、平均値は、それぞれ、1,046 ppm、114 ppm および 997 ppm、133 ppm で、一般に深度150 cmの試料でやや高い。さらに、Ni高濃度の試料ではCoも高い傾向がある。

Cr：通常の超塩基性岩の含有量である 3,000 ppm前後よりかなり高い値を示し、深度50 cm の試料及び深度150 cmの試料で最大値、平均値は、それぞれ、13,357 ppm、2,110 ppm 及び 11,876 ppm、1,981 ppm で、深度150 cmの試料でやや低い。

Fe：通常の超塩基性岩の含有量よりかなり高く、深度50 cm の試料と深度150 cmの試料で最大値及び平均値はそれぞれ 46.17 %及び 19.02 %、43.29 % 及び19.27 % である。深度50 cmの試料と深度150 cmの試料でほとんど差異は認められない。

Ni：最大値及び平均値は、深度50 cm の試料で13,114 ppm、886 ppm 深度150 cmの試料で 14,497 ppm、 1,035 ppmと深度150 cmの試料でやや高い。かんらん石中のNiの含有量は、通常3,000 ~ 4,000 ppmと考えられている。この点から風化作用の過程でNiが土壌中に濃集した可能性のある試料として Ni 5,000 ppm 以上の試料は、深度50 cm の試料で17個、深度150 cmの試料で21個に達し、この数はK地区よりも多い。

ラテライト質ニッケル鉱床の一般的な例では、上部のラテライト質土壌、サブロライト・ガーニエライトを伴う変質した超塩基性岩からなる中間部、新鮮な超塩基性岩が層状の構造をなす (Guilbert and Charles, 1985)。Ni は、Coと共に中間部に濃集し、Cr、Al、Feは上部のラテライト質土壌に濃集することが知られている。本地区でもこの傾向は見られ、Ni はCoと共により深部の深度150 cmの試料で高く、より浅部の深度50 cm の試料でCrがより濃集する傾向が見られた。



- LN001 Location of augering site and soil sample number at depth of 0.5 m, soil sample number at depth of 1.5 m is not shown.
- Location of stream sediment samples collected in phase III.

Fig. II-1-17 Location map of geochemical samples in Area N