

Fig. II-3-2 Total field magnetics of the survey area



平均対地高度 180 mの測定データに、2.37 (Total Count), 2.77 (K), 2.67 (U) 及び2.23 (Th)の倍率をかけて、約 145 mの平均センサー対地高度へ補正した。

補正済データを秋間のスプライン法で内挿計算し、格子間隔 200 mのデータを作成した。

作成した全放射線図をFig. II-3-3に示す。

#### (4) 放射線合成図

放射線合成図は、カリウム、ウラニウム及びトリウムの3元素の格子データを利用して作成した。各元素にそれぞれ赤、黄及び青の色が割り当てられ、各格子セルの色の強さは、相対的な強さによって変化し、例えば、カリウムの最高カウントは最も濃い赤が、最低カウントには最も薄い赤（ほとんど白）が割り当てられる。カリウム、ウラニウム及びトリウムのカウント数に比例した色の濃淡にしたがった3色を混合して作成したのが放射線合成図である。

色の濃さの変化は全放射線図と同様であるが、色調の変化は3放射性元素の強さに対応している。赤味、黄味及び青味を帯びた地域は、それぞれカリウム、ウラニウム及びトリウムが比較的高い地域であり、灰色～黒色は3元素がそれぞれ相対的に同じ強さの場合に対応する。

作成した放射線合成図をFig. II-3-4に示す。

### 3-4 調査結果

#### (1) 物性測定結果

第1年次に実施した106地点の測定結果を24岩種に分類し、各岩種ごとに帯磁率、放射線強度の平均値を算出した。測定の結果では、斑れい岩、蛇紋岩、玄武岩、安山岩、角閃岩、ホルンフェルス、アダメライト、花崗閃緑岩及び凝灰岩が $10^{-3}$  CGSemu以上の高磁性を示し、これらの岩石の分布する地区は振幅の大きな磁気異常が観測されるものと考えられる。石灰岩・凝灰岩を除く砂岩、頁岩等の堆積岩類、ホルンフェルス、アダメライト、花崗閃緑岩などは全放射線が高カウントを示し、これらの岩石の分布する地区では高カウントの全放射線異常が予想される。

高磁性・高放射線カウントを示す岩石は、ホルンフェルス、アダメライト及び花崗閃緑岩であり、これらの岩石の分布する地区では振幅の大きな磁気異常と高カウント全放射線異常が重複して現れると考えられる。

第2年次には、セガマ地区及びセンボルナ地区より102個の岩石試料を採取し、第1年次と同様の物性測定を行った。帯磁率測定結果は、第1年次の調査結果とほぼ同様の結果が得られ、角閃岩、頁岩、片麻岩、花崗閃緑岩、粗粒玄武岩、斑れい岩、安山岩及び玄武岩は $10^{-3}$ CGSemu以上の高磁性を示した。これらの岩石が分布する地区では大振幅の磁気異常が観測されるものと考えられる。また、砂岩及び凝灰岩は時代によって磁性の高低があり、堆積環境の違いを反映してい



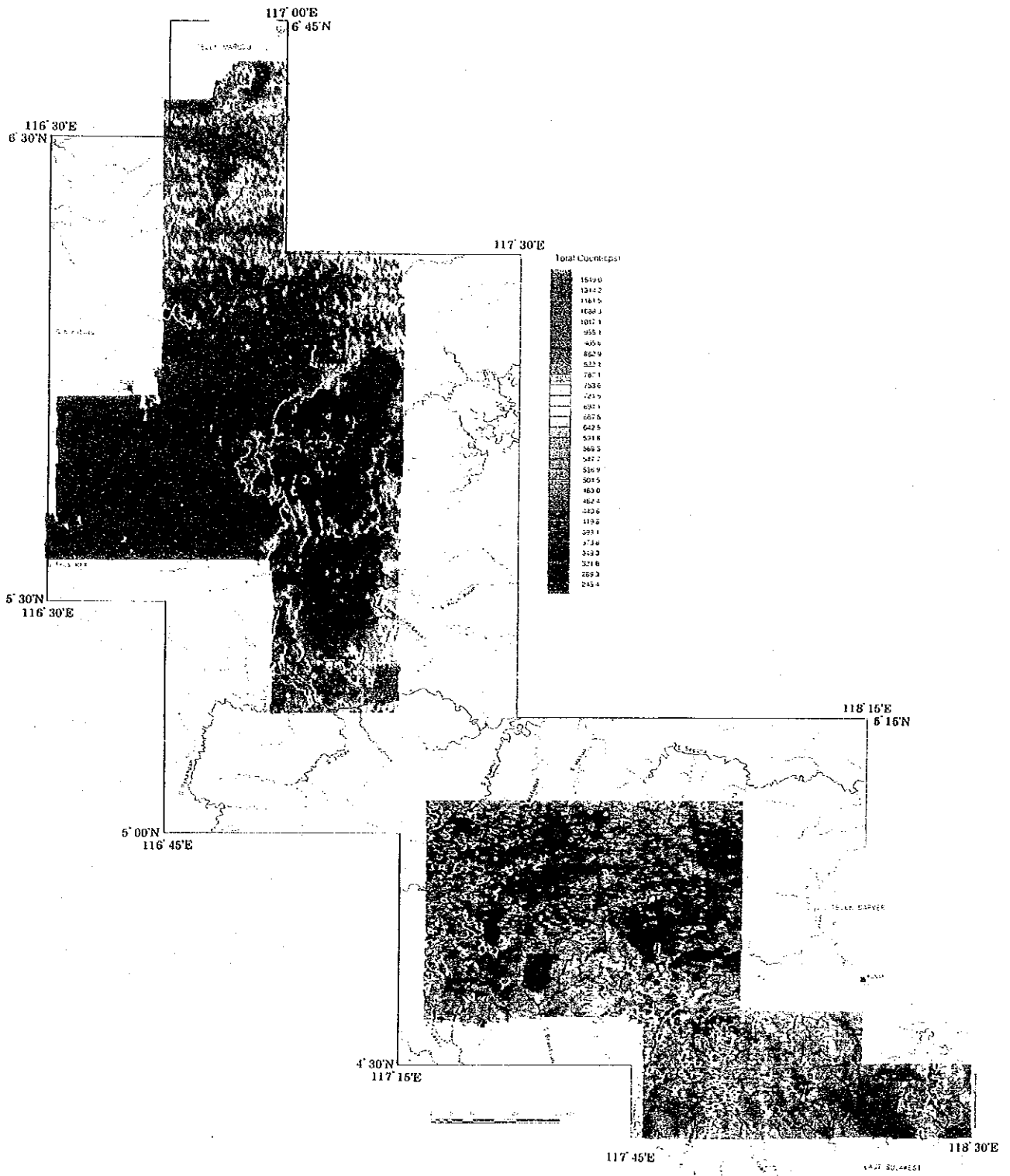


Fig. II-3-3 Radiometric total count of the survey area



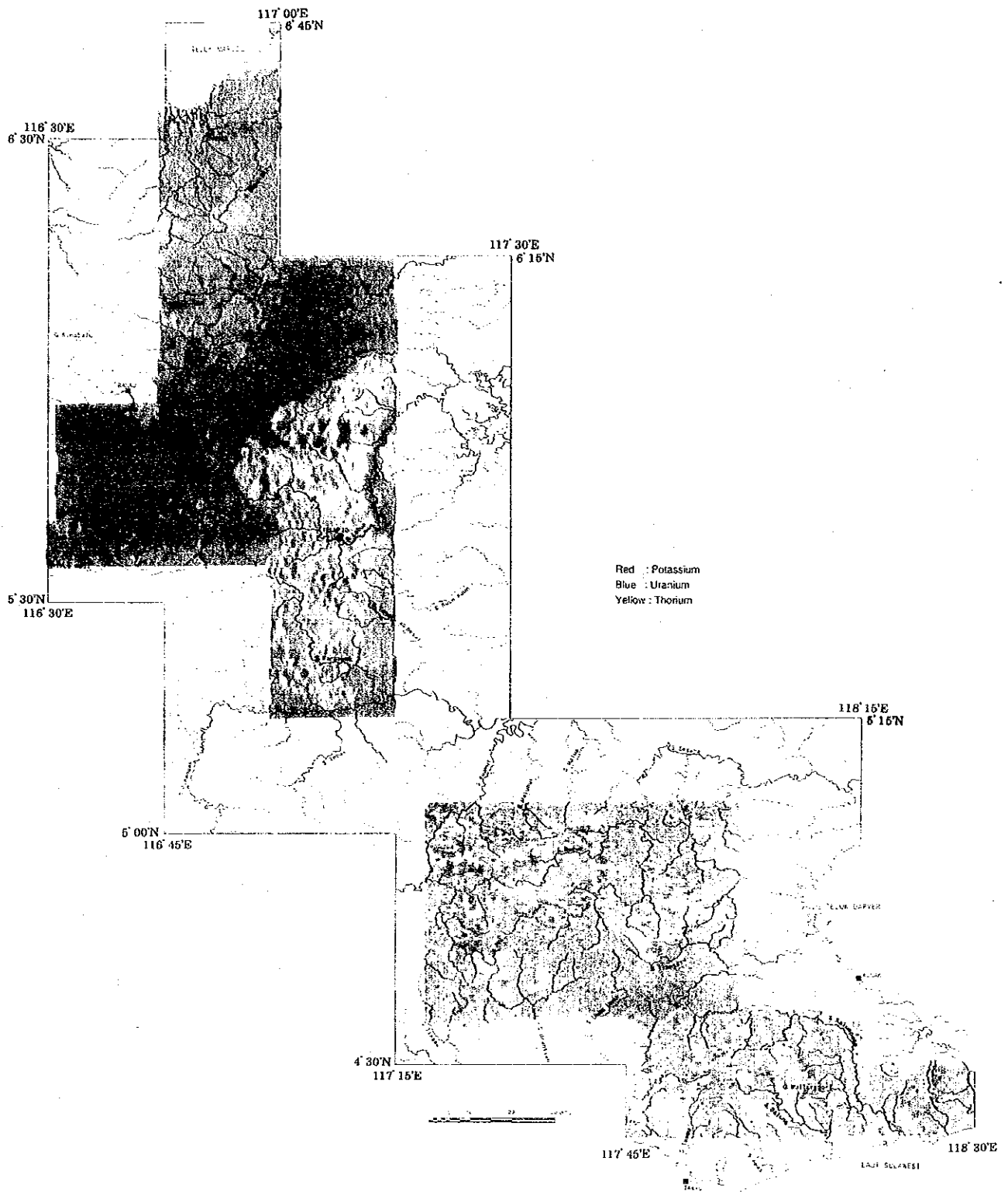


Fig. II-3-4 Radiometric ternary map of the survey area





るものと考えられる。さらに、高磁性を示す岩石試料でも変質、特に熱水変質を強く受けた岩石は低磁性を示している。放射線強度測定結果は、野外における測定結果ほど岩種による違いを示していない。これは採取試料の体積が十分大きくなかったためと考えられる。

## (2) 磁気探査結果

磁気異常図には、全磁力図から定性及び定量解析によって推定される高磁性岩体の分布域と、断層または岩質境界に対応する磁気不連続線を示した。磁気異常図をFig. II-3-5に示す。

### キナバル地区北部

キナバル地区北部の北部では、E-W及びENE-WSW方向に大振幅・短波長磁気異常群が多数配列し、ENE-WSW系の大きな低磁気異常を形成しており、地表付近または地下浅所に高磁性岩体の存在が推定される。これらの高磁性岩体の南北はE-W系及びENE-WSW系の磁気不連続線で境されており、また、これらに斜交するN-S系の磁気不連続線でブロック化されている。本地区の高磁性岩体には、地表付近に分布するチャート・スピライト層(KPcs)が対応している。

北部から中央部にかけては、西端に長波長で比較的大振幅の低磁気異常が見られる他は、ほぼ全域で小振幅で比較的短波長の磁気異常群が多数分布し、全体としては広範囲の低磁気異常部を呈している。本地区には、N-S系及びこれと斜交するNW-SE系の磁気不連続線が多数分布している。長波長・比較的大振幅の低磁気異常は、磁気異常の規模から推定すると、地下深部に潜在する超塩基性岩類に対応している。

南西部では、比較的短波長の大振幅磁気異常群がNW-SE方向に雁行しており、地表付近に高磁性岩体の存在が考えられる。これらの高磁性岩体は、南北両端をNW-SE系の磁気不連続線で限られており、これらと斜交するN-S系の不連続線でブロック化されている。大振幅磁気異常群は、地表付近または地下浅所にある超塩基性岩類、アダメライト、花崗閃緑岩及びチャート・スピライト層に対応している。

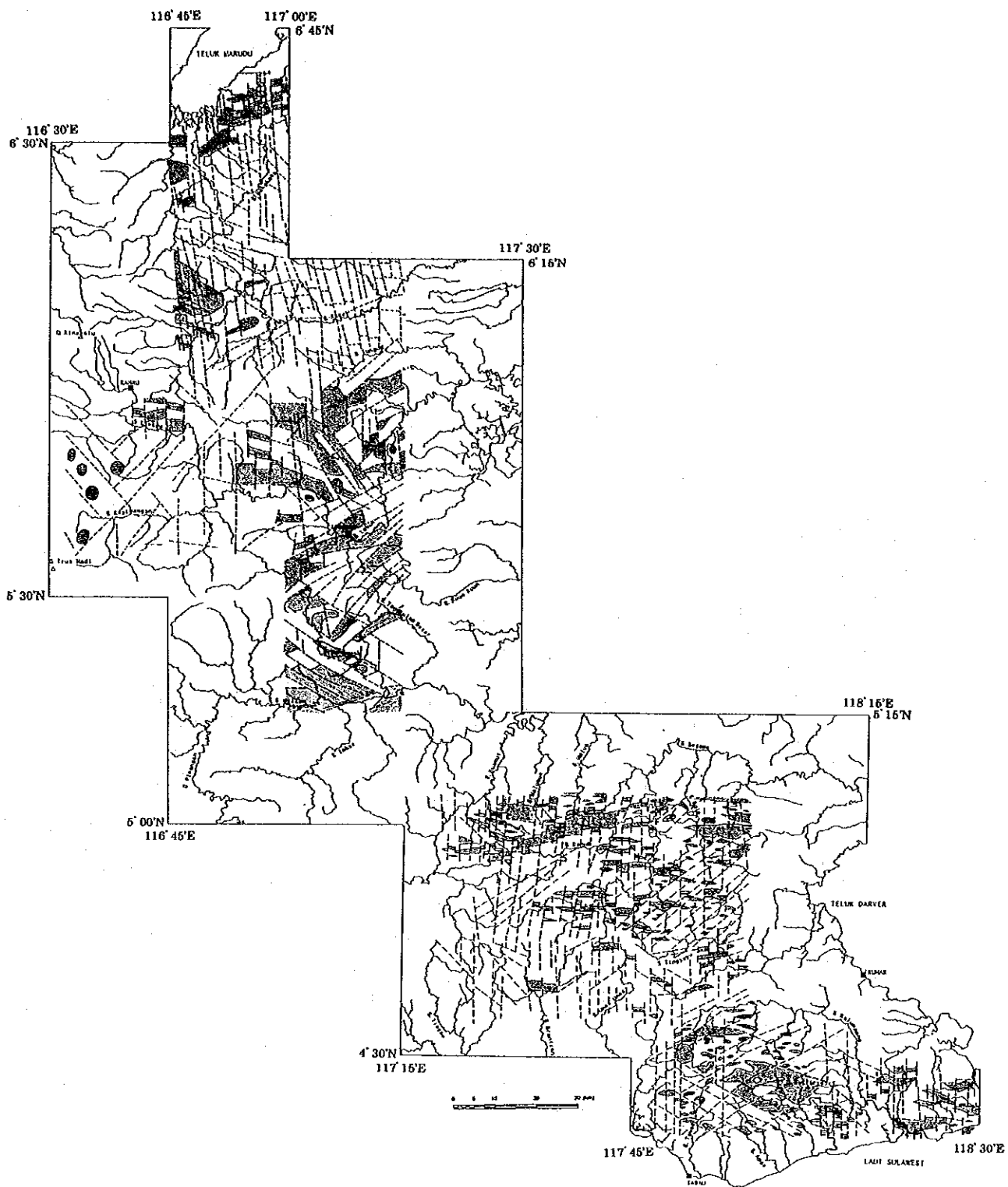
さらに、南部中央から南東部にかけての地区は、全体として高磁気異常部を呈しており、磁性の低い堆積岩類が主に分布する地区であることを反映している。本地区でも、南西部地区と同様にNW-SE～WNW-ESE方向の磁気不連続線とこれに斜交するN-S系の磁気不連続線が多数分布している。南東部地区では、ラブク地区の北部で優勢なNE-SW系の不連続線が多数分布する。

### キナバル地区南部

キナバル地区南部の高磁気異常域は、南東に向かうほど全磁力値が増加しており、磁性の低い岩石-砂岩-泥岩-が広く分布していることを示唆している。

本高磁気異常域では、全体としてN-S方向の等磁力線が卓越しておりその地質構造を反映し








 Shallower highly magnetized rock    
  Deeper highly magnetized rock  
 Magnetic discontinuity lineament

Fig. II-3-5 Magnetic anomaly map of the survey area



ていると考えられる。この他に、NE-SW 方向の等全磁力線が見られ、西部ではNW-SE 方向、北部～中央部ではN-S ～ NNW-SSE方向、また、中央部～南部ではE-W 方向の全磁力線がそれぞれ卓越している。

比較的長波長で小振幅の磁気異常群が、西部ではNW-SE 方向、中央部～南東部ではN-S 方向、また、南部ではE-W 方向に配列する傾向が見られる。これらの小磁気異常群は深部での砂岩・泥岩への貫入岩体の存在を示唆しており、曲線照合法による定量解析結果では、これらの小磁気異常群は地表下 1～2 km に上面があり、帯磁率が  $0.2\sim 0.7\times 10^{-3}$  CGSemu のやや磁性の高い岩体によって誘起されている。帯磁率から推定すると、石英安山岩または斑れい岩に対応すると考えられる。

高磁気異常域の北側には大規模な長波長低磁気異常の一部が分布するほか、北西端には大振幅短波長磁気異常が分布している。後者は、地表あるいは地下浅所の高磁性岩体－斑れい岩及び超塩基性岩類－により引き起こされたと考えられる。

### ラ ブ ク 地 区

ラブク地区では、キナバル地区南部とは対照的にブロック化した短波長低磁気異常群が卓越し高磁性の岩石－チャート、スピライト層、超塩基性岩類－が広範囲に分布していることを示唆している。

これらの磁気異常群は、中央北部ではNNW-SSE ～ NW-SE方向、北東部ではNE-SW 方向、中央部ではNE-SW、ENE-WSW方向、南部ではNW-SE ～ WNW-ESE方向というように地区ごとに特有の方向性をもって配列している。これらの方向性は各地区の地質構造を直接反映していると考えられる。

北西部では、比較的大振幅の短波長磁気異常群がNNW-SSE ～ NW-SE方向に配列し、地表付近～地下浅所に高磁性岩体が同じ方向に分布していることを示しており、高磁性岩体の両側に同じ方向性をもつ磁気不連続線の存在が想定される。さらに、高磁性岩体は、これらの方向に斜交する南北方向の磁気不連続線でブロック化された分布を示している。

一方、北東部では、磁気異常群は比較的振幅が小さく、NE-SW 方向に配列している。本地区で想定される磁性岩体の磁性はキナバル地区南部地区よりも弱いと考えられる。また、磁気異常群が配列する方向に磁気不連続線の存在が考えられる。キナバル地区南部と同様に、高磁性岩体はNE-SW 方向と斜交する南北方向の磁気不連続線でブロック化されている。

中央部では、比較的大振幅の低磁気異常群が、北側ではNW-SE 方向に、南側ではNE-SW ～ ENE-WSW方向に分布しており、比較的大規模な高磁性岩体の存在が予想される。一方、東側では、高磁気異常部がやや卓越し、短波長で小振幅の磁気異常群がENE-WSW 方向の配列を示しており、西側より磁性が低く、ブロック化された磁性岩体の存在が推定される。

南部では、NW-SE ～ WNW-ESE方向に短波長磁気異常群が配列する。これは高磁性岩体が地表付近～地下浅所に賦存し、これらの高磁性岩体の境界を示すようなNW-SE ～ WNW-ESE方向及びこれに斜交するN-S ～ NE-SW方向の磁気不連続線の存在を示す。

また、南端では、比較的大規模な低磁気異常が分布し、地表付近～地下浅所に比較的大規模な高磁性岩体の存在が予想される。

本地区での高磁性岩体には超塩基性岩類が、磁性がこれよりやや低い岩体にはチャート・スピライト層が対応している。

### セガマ地区

本地区では、北部にE-W系の大振幅低磁気異常群が、西部及び東部にE-W系の小振幅の小規模磁気異常群が、さらに、南東端には長波長の高磁気異常が分布している。これらの磁気異常群は、地表付近に分布する超塩基性岩類によって誘起されたものであり、調査地区全域に卓越して分布するN-S系とNE-SW系の磁気不連続線でブロック化した分布を示している。

また、西部～南西部には長波長の高磁気異常が卓越して分布しており、非磁性の堆積岩類の分布地域であることを反映している。また、南西部地区では高磁気異常域内に小振幅で比較的短波長の磁気異常群が多数分布し、地下浅所（地表～地表下500m）に潜在する高磁性岩体（超塩基性岩類等の貫入岩体）群の存在を示唆している。これらの潜在磁性岩体はN-S及びNE-SW系の磁気不連続線でブロック化されている。

### センボルナ地区北部

本地区では、地区全体が高磁気異常域であり、磁性の低い堆積岩類がほとんどの地区を占めていることを反映している。また、地区全体としてN-S系の磁気不連続線が卓越して分布し、西側ではNW-SE系、中央部～東部ではNE-SW～ENE-WSW系の磁気不連続線が見られ、いずれも地質構造を反映していると考えられる。

中央部から東部にかけての地区では、地下浅所に潜在する高磁性岩体群（超塩基性岩類の貫入岩体）の存在を示唆する比較的長波長の小振幅磁気異常群が多数分布しており、これらの高磁性岩体群はNE-SW～ENE-WSW系の磁気不連続線でブロック化されている。

### センボルナ地区南部

本地区の南西部では、北側にセンボルナ地区北部の高磁気異常の南端を対応する高磁気異常が広く分布している。その南側の南に開いた環状の地区には、長～短波長低磁気異常群が多数分布し、地表付近に高磁性岩体が広く分布することを示している。また、西端は全磁力値の変化が最も小さく、磁性の低い岩石（堆積岩類）が広く分布することを示唆している。

本地区には、N-S系の他に、NW-SE及びNE-SW方向の磁気不連続線が多数分布している。環状

の地区の北端はNW-SE 及びNE-SW 方向の磁気不連続線で限られており、その南側に分布する長～短波長低磁気異常群は地表付近に分布する高磁性岩体（安山岩）により誘起されたものと考えられる。また、この高磁性岩体の分布域は南東方向に伸びており、南西側ではその分布域は極めて小規模なものになる。さらに、地質図によれば、環状構造の内側には安山岩が広く分布しているが、磁気異常図で推定される高磁性岩体は虫食い状に分布しており、虫食いの地区では磁性を消失させるような変質の存在が考えられる。

南東部地区では、E-W 系の大振幅低磁気異常群が多数分布し、地表付近に分布するE-W 方向の高磁性岩体（安山岩）の存在を示唆している。これらの磁性岩体は、N-S 系の磁気不連続線でブロック化された分布を示している。

### (3) 放射能探査結果

放射線異常図には、全放射線図及び放射線合成図から推定される、高カウント異常分布域と、断層または岩質境界に対応する放射線不連続線を表現した。放射線異常図をFig. II -3-6に示す。

#### キナバル地区北部

キナバル地区北部の高カウント域はほぼ全域に分布しているが、カリウム(K) による寄与が最も大きい。特に、北部の高カウント域はほとんどカリウムによるものである。また、高カウント域内には低カウント域が虫食い状に分布し、さらに、非常に高カウントの異常群が南西部及び南東部に点在している。これらの非常に高カウントの異常群はウラン(U) とトリウム(Th)による寄与が大きく、低磁気異常域に位置している。

後述するラプク地区と同様に、N-S 方向に配列する高カウント異常群が卓越しており、さらに、これに斜交するNW-SE 方向とNE-SW 方向に配列する高カウント異常群が分布している。

#### キナバル地区南部

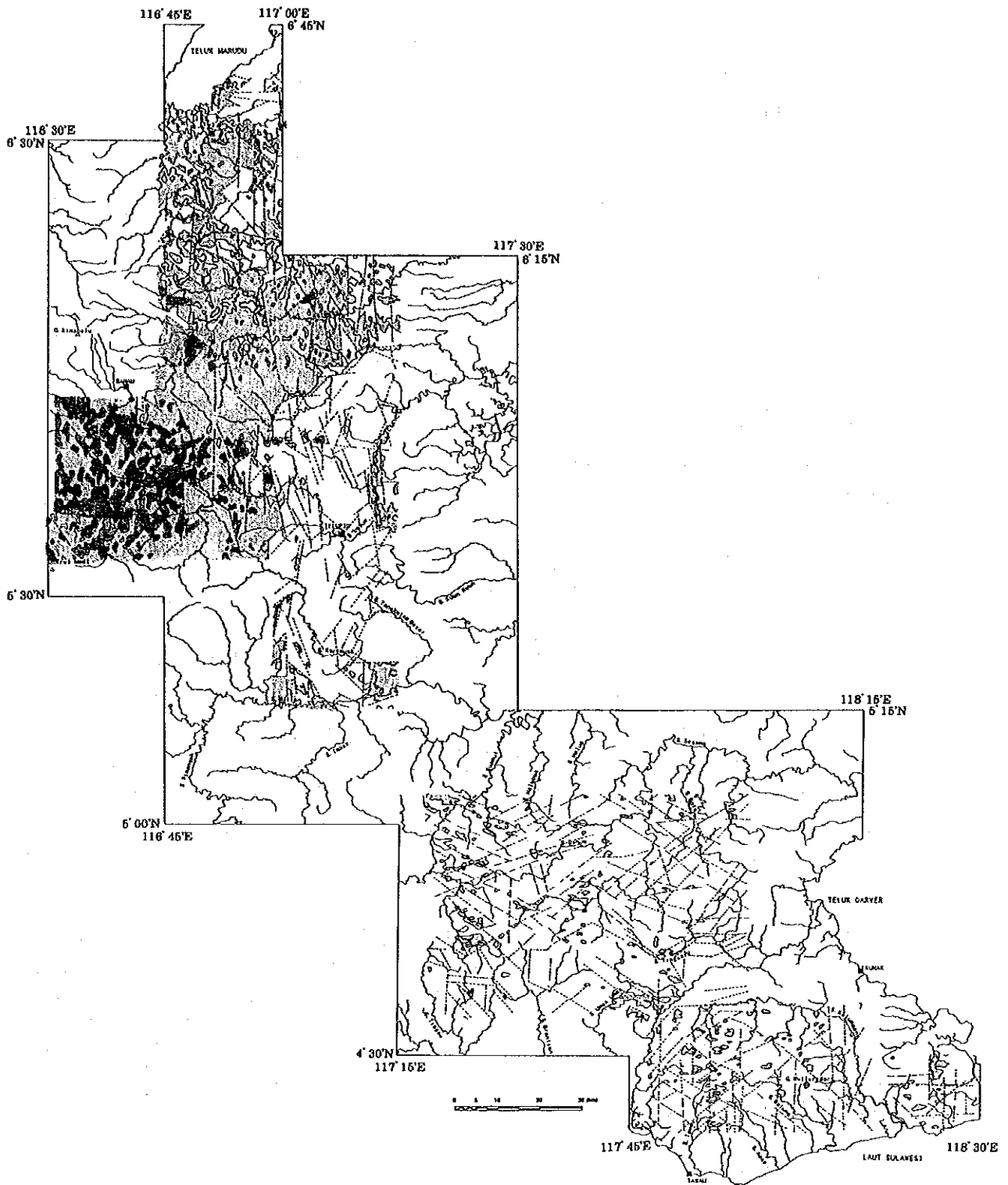
キナバル地区南部の高カウント域の中には、さらに非常に高カウントの異常群が中央部から南西部にかけて分布している。本地区内では、地区全体として高カウントを示すために、放射線不連続線を推定することは困難であった。

カリウム(K) の高カウント異常域は、全放射線図の高カウント異常域及び非常に高いカウントの異常域とほぼ一致しており、キナバル地区南部全体で全放射線はカリウムによる寄与が最も大きいことを示している。

ウラン(U) の高カウント異常は地区全体に点在して分布しているが、その中で比較的まとまった分布を示す異常域として、中央部から南西部にかけての地区が挙げられ、この地区では全放射線に対して小規模ながらもウランが寄与していることを示している。










 Very high total count (T.C.) zone    
  High total count (T.C.) zone  
 Radiometric discontinuity lineament

Fig. II-3-6 Radiometric anomaly map of the survey area



## ラ ブ ク 地 区

一方、低カウント域が優勢なラブク地区では、全放射線の高カウント域は、北東端、南部東西端及び南端でやや広範囲に分布するほか、地区中央部で主に南北の方向性を示して小規模に点在している。南端に分布する高カウント異常を除いては、NNW-SSE ~ N-S ~ NNE-SSW方向に高カウント異常が配列している。この配列方向は、キナバル地区南部では主要な構造線の方向であり、しかも本地区では主要な磁気異常の配列方向に斜交する方向で、高磁性岩体をブロック化する方向にほぼ一致している。

カリウム(K) 高カウント異常は、北部東端及び南端にやや広範囲に分布しており、両地区では全放射線高カウント異常はカリウムによる寄与が最も大きいと考えられる。

ウラン(U) 高カウント異常は、広範囲な分布は示さず、点在するのみである。中央部に点在するウラン高異常は、トータル・カウント高異常に一致しており、これらの地点ではカリウムの他にウランの寄与も大きいと考えられる。

トリウム(Th)の高カウント異常が南部東西端に主に分布していることから、これらの地区では全放射線高カウント異常はトリウムによる寄与が大きいと考えられる。

## セ ガ マ 地 区

本地区では、西端を除いて全体として低カウント域で、小規模な高カウント異常が点在するのみであり、全放射線はほとんどカリウムによるものである。NW-SE ~ WNW-ESE及びNE-SW ~ ENE-WSW系の放射線不連続線が多数分布している。

一方、西端では、比較的まとまった全放射線高カウント異常群がNW-SE ~ WNW-ESE系の放射線不連続線に規制されて分布している。この西端地区の放射線異常の特徴は、ウランの高カウント異常が全放射線異常にほとんど一致していることで、全放射線に対してウランの寄与が極めて大きいことを示している。このウラン高カウントの傾向は、センボルナ地区北部の西側まで連続している。

### センボルナ地区北部

本地区では、地区全体に広く分布する堆積岩類を反映して、全放射線が地区全体で高カウント域である。この高カウント域の中では、中央部ではNW-SE系、東部ではE-W、NW-SE及びN-S系の放射線連続線が分布している。また、地表に露出または地下浅所に超塩基性岩類等の高磁性岩体の存在が推定される箇所では、虫食い状に低カウント域が見られる。さらに、西側を除いては、ウラン高カウント異常は全放射線高カウント域で点在するのみであり、中央部地区の全放射線はカリウムによる寄与が最も大きい。

### センボルナ地区南部

南西部地区では、全放射線高カウント異常は、西側では環状の磁気不連続線の北側に環状に分布する他、同不連続線の南側では磁性岩体の分布と一部重複して広く分布している。N-S、NW-SE 及びNE-SW 系の放射線不連続線が、これらの高カウント異常の伸長方向を規制して分布している。また、全放射線に対する寄与はカリウムが最も大きく、ウランの高カウント異常は小規模なものが点在するのみであるが、放射線合成図によれば南端から南方に向かってウランが比較的高くなる傾向が見られる。

南東部地区は、低カウント域で南西部地区と分離されている。南東部地区では磁性岩体（安山岩）の分布と一部重複して高放射性岩体が分布している。磁気不連続線と同様、E-W 及びN-S 系の放射線不連続線が卓越している。全放射線に対する寄与は南西部地区と同様にカリウムが最も大きく、ウランの高カウント異常は小規模なものが点在するのみである。

## 第4章 広域地化学探査

### 4-1 調査範囲

広域地化学探査は、Fig. 1に示す調査地域の全域(26,500 km<sup>2</sup>)に対し河床堆積物及びパンニング試料による調査を行った。本調査地域は、北西部より南東部にかけてキナバル地区、ラブク地区、セガマ地区及びセンボルナ地区の4地区より構成される。

### 4-2 調査方法及び作業量

#### (1) 調査方法

本調査では、第1年次に実施した予察地化学探査の結果に基づき、キナバル地区、ラブク地区、セガマ地区及びセンボルナ地区の4地区に対して広域地化学探査のための試料の採取を行った。広域地化学探査の試料種としては、調査地域全域より河床堆積物を、主要河川に対しパンニング試料を採用した。更に、後背地の地化学的な特性を明らかにするため調査地区を代表する岩石試料を採取した。ラテライト質土壤の発達する場所では、風化残留鉱床の可能性を明らかにするため、土壌試料を採取した。地化学探査の踏査ルートに沿っては、地質の概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実施した。

河床堆積物の試料採取は、第1年次の予察結果に基づき、流れの縁辺部より採取した。採取試料は、-60メッシュの篩別試料とした。試料の採取密度は、平坦地を除き2 km<sup>2</sup>当たり1試料、平坦地は4 km<sup>2</sup>当たり1試料を原則として実施した。キナバル地区のキナバル山及びトルスマディ山の周辺、ラブク地区のラブク川最上流域は、山岳地帯のため試料の採取が困難であった。ラブク地区の北東部より東部にかけて及びセンボルナ地区の東部では、湿地帯のため試料の採取ができなかった。調査地域中央部のミリアン川とクワムット川の間は、アクセスが確保できず試料の採取を断念した。

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。試料の採取は、各試料とも150 gを目安として行い、これを乾燥後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、これらの試料を粉碎後化学分析に供した。

河床堆積物試料の採取に並行して、主要な河川ではパンニング試料の採取を行った。試料は、パン5杯(約25リットル)の河床堆積物をパンニングにより選別した重鉱物試料である。試料の採取密度は40 km<sup>2</sup>当たり1試料を原則とした。採取した試料は、乾燥後秤量しその重量を明らかにした。採取した試料の重量が10 g以下の試料は全量を、10 g以上の試料は10 gに縮分し、構

成鉱物の定量分析 (Qualitative Mineral Examination)を行った。試料は最終的に、マレイシア地質調査所サバ支所に保管することにした。

岩石試料は、調査地区に分布する代表的な岩石を採取し、河床堆積物と同じ元素の化学分析を行った。採取した試料は150グラム程度を分析試料とし、残量を地質調査所サバ支所に保管した。土壌試料は、超塩基性岩類及び塩基性岩類の分布域より採取した。試料はB層の最上部より採取した。試料の採取密度は、3 km<sup>2</sup>当たり1試料を原則とした。採取した試料は、乾燥後篩別し-80メッシュの篩別試料を分析に供した。

本調査の試料採取は、キャンプ及び移動キャンプで実施した。

## (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。

	キナバル地区	ラプク地区	セガマ地区	セボルナ地区	合計
地化学探査試料					
河床堆積物試料	3,342 試料	2,974 試料	2,740 試料	2,580 試料	11,636 試料
パンニング試料	193 試料	169 試料	175 試料	160 試料	697 試料
岩石試料	52 試料	70 試料	51 試料	50 試料	223 試料
土壌試料	48 試料	225 試料	74 試料	17 試料	364 試料
室内試験					
薄片	5 試料	1 試料	12 試料	10 試料	28 試料
研磨片	1 試料	2 試料	5 試料	5 試料	13 試料
X線回折	0 試料	0 試料	5 試料	5 試料	10 試料
鉱石分析	6 試料	5 試料	5 試料	5 試料	21 試料

河床堆積物試料及び岩石試料の分析元素と(21元素)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
As	1 ppm	K	0.01 %	S	0.001 %
Au	1 ppb	Mg	1.01 %	Sb	0.2 ppm
Ba	10 ppm	Mn	5 ppm	Sr	1 ppm
Co	1 ppm	Mo	1 ppm	Ti	0.01 %
Cr	2 ppm	Na	0.01 %	U	0.2 ppm
Cu	1 ppm	Ni	1 ppm	W	2 ppm
Hg	10 ppb	Pb	2 ppm	Zn	1 ppm

土壌試料の分析元素(6元素)及びその検出限界は以下のとおりである。

元素名	検出限界	元素名	検出限界	元素名	検出限界
Al	0.01 %	Cr	2 ppm	Ni	1 ppm
Co	1 ppm	Fe	0.01 %	Pt	5 ppb

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	1 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に基づいて決定した。

#### 4-3 解析手法

河床堆積物試料の分析結果は、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。

濃度分布図は、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 (Kurz 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、クラスター分析及び因子分析の2手法を採用した。クラスター分析は、各単成分間の相関係数より、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抽出する手法である。

パンニング試料は、磁選により磁鉄鉍とチタン鉄鉍を選別した後、双眼顕微鏡下の観察により構成鉍物を同定し、各鉍物ごとの容積比を算出した後、各鉍物の比重を基に構成鉍物ごとの重量パーセントを計算した。

岩石試料及び土壌試料については、その試料数が少なく統計処理の数値が余り意味をなさないことから、試料ごとの分析結果に基づいて検討を行った。

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。



## 4-4 調査結果

### 4-4-1 地質及び鉱化作用

#### (1) 地質

調査地域の地質は、基盤をなす先三畳系の結晶質岩類、白亜紀～第三紀の超塩基性～塩基性岩類及び第三紀暁新世以降の堆積岩類及び鮮新世～完新世の火山岩類よりなる。既存資料 (Y. E. Heng; 1985) を基に、本調査の結果に基づき一部修正した地質図をFig. I-2 に示す。

結晶質岩類 (Cb) は、セガマ地区の東部及び南部よりセンボルナ地区の北端部にかけての広い範囲に分布するほか、キナバル地区の中央東部ツングッド川 (Sungai Tungud) 沿いの小範囲に分布する。本岩類は、主として片麻岩、片岩及び角閃岩からなり、トナライト、花崗閃緑岩、花崗岩などの貫入岩類が認められる。

セガマ地区の北東部には、先白亜系の石灰岩が小範囲に分布する。

セガマ地区では基盤岩の周辺に、キナバル地区、ラブク地区及びセンボルナ地区では基盤をなし白亜紀～第三紀の超塩基性～塩基性岩類 (Ub) が分布する。最も顕著な分布は、ラブク地区で見られ、同地区の中央部に南北方向で分布しており、その幅は10 km ~ 30 kmである。本岩類は蛇紋岩、蛇紋岩化したかんらん岩及び角閃岩よりなる。塩基性岩はドレライト、斑れい岩からなる。これらの岩石は、互いに密接な関係をもって分布する。

これらの超塩基性岩及び塩基性岩の周辺には玄武岩の噴出を伴う堆積岩類のチャート・スピライト層 (KPCs) が分布する。チャート・スピライト層は、白亜紀～始新世に堆積したもので、砂岩、チャート、玄武岩質枕状溶岩、玄武岩質火山砕屑岩類より成る。

ラブク地区の南部には、白亜紀後期～始新世後期に堆積したとされるサプルト (Sapulut) 層 (KPSp) が西北西方向に分布する。本層は、泥岩を主とし砂岩、チャート、礫岩をともなう。

キナバル地区南部の広い範囲には、暁新世より始新世のトルスマディ (Trusmadi) 層 (P<sub>1</sub>Ts) が分布する。本層は千枚岩及び頁岩を主としシルト岩及び砂岩の薄層を挟む。本層の分布する河川では一般に溪谷をつくる場合が多い。

ラブク地区東部の広い範囲には、始新世～漸新世に堆積したクラピス (Kulapis) 層 (P<sub>2</sub>Ks) が分布する。本層は、主として塊状の砂岩より構成される。クラピス層の上位には、始新世より漸新世にかけて堆積したクロッカー (Croker) 層 (P<sub>2</sub>Cr) が分布する。本層はキナバル地区の広い範囲、ラブク地区の北部より東部にかけて分布する。本層は主として砂岩より構成され、頁岩やシルト岩を挟む。

始新世～漸新世の堆積物の上位には、漸新世のラバング (Labang) 層 (P<sub>3</sub>Lb) とクダット (Kudat) 層 (P<sub>3</sub>Kd) が分布する。ラバング層は、ラブク地区の南西端及びセガマ地区北西部の小範囲に分布

し、砂岩、シルト岩、頁岩、泥岩、礫岩などの堆積岩類より構成される。クダット層は、ラブク地区北部よりキナバル地区にかけての小範囲に分布する。岩相はラバング層と同様で、砂岩、シルト岩、頁岩、泥岩、礫岩などの堆積岩類より構成される。

漸新世～中新世中期の堆積層としては、キナバル地区北西部の小範囲にワリウ (Wariu) 層 (P<sub>4</sub>Wr) が、ラブク地区中央東部にガリノノ (Garinono) 層 (P<sub>4</sub>Gr) が分布する。セガマ地区では、北東端にアヤール (Ayer) 層 (P<sub>4</sub>Ay) が、地域の広い範囲を占めてクアム (Kuamut) 層 (P<sub>4</sub>Km) が分布する。センボルナ地区でも、東部より西部にかけての広い範囲に同時期の堆積層が分布しており、カラバカン (Kalabakan) 層 (P<sub>4</sub>K1)、クアム層、カルンパン (Kalumpang) 層 (P<sub>4</sub>Kg) に区分されている。ワリウ層は、主として砂岩及び泥岩より構成され、凝灰岩の挟在も報告されている。ガリノノ層は、スランプ・プレッチャーの堆積物が特徴的にみとめられ泥岩、凝灰岩、砂岩、頁岩などより構成される。アヤール層は、凝灰岩、スランプ・プレッチャー、泥岩、砂岩からなり、一部に石灰岩を挟む。クアム層は、スランプ・プレッチャーを特徴とし、礫岩、砂岩、シルト岩よりなる。カラバカン層は、砂岩、シルト岩、泥岩及び頁岩よりなる。カルンパン層は、凝灰質の堆積岩を特徴とし、凝灰岩、凝灰質砂岩、頁岩、泥岩などより構成される。

ラブク地区南部よりセガマ地区の西部、センボルナ地区の西部にかけての広い範囲には、中新世初期より中期にかけて堆積したタンジョン (Tanjong) 層 (N<sub>2</sub>Tj) が分布する。本層は、泥岩、砂岩、シルト岩、礫岩などより構成される。センボルナ地区西部の小範囲には、タンジョン層と同時期のカピリット (Kapilit) 層 (N<sub>2</sub>Kp) が分布する。本層は、主として泥岩及びシルト岩より構成される。

ラブク地区の北東端の小範囲には、中新世中期～鮮新世に堆積したボンゴヤ (Bongoya) 層 (N<sub>4</sub>By) が分布する。本層は、砂岩、泥岩、シルト岩、礫岩などより構成される。センボルナ地域の中央部の小範囲には、ボンゴヤ層と同時期のウマス・ウマス (Umas Umas) 層 (N<sub>4</sub>Um) が分布する。本層は、砂岩、頁岩及び泥岩よりなる。センボルナ地区東部のバルング (Balung) 川中流域の小範囲にも同時期のバルング (Balung) 層 (N<sub>4</sub>B1) が分布する。本層は、火山灰、凝灰岩、泥岩、頁岩より構成される。

センボルナ地区の南中央部より南東部にかけての広い範囲には、鮮新世の火山岩類 (I<sub>1</sub>) 及び更新世～完新世の火山岩類 (I<sub>2</sub>) が分布する。鮮新世の火山岩類は、安山岩の卓越する部分と石英安山岩の卓越する部分とに区分される。更新世～完新世の火山岩類は、石英安山岩、玄武岩及びこれらと同質の火山砕屑岩類より構成される。

キナバル地区中央部のラノウ周辺では、漸新世より中新世後期にかけて貫入したとされているアダメロ岩、花崗閃緑岩、安山岩ポーフイリー、石英安山岩ポーフイリーの幾つかの小岩体 (I<sub>1</sub>) が認められる。ラブク地区最南端のタンジョン層の分布域には、鉍化変質を伴う鮮新世の閃緑

斑岩の小岩体 ( $I_1$ ) が貫入する。センボルナ地区の火山岩分布域にも鮮新世の細粒閃緑岩及び細粒花崗閃緑岩の小岩体 ( $I_1$ ) が分布する。

更新世の段丘堆積物 ( $Q_1$ ) が河川沿いに、また海岸及び河川沿いには沖積層 ( $Q_2$ ) が分布する。センボルナ地区の中央南部より南東部にかけては、段丘が発達する。

断層は、キナバル地区ではN-S方向のものが最も顕著で、これ以外にはENE-WSW方向、NE-SW方向及びNNW-SSE方向 (Y. E. Heng; 1985) のものがある。これに対しラブク地区では、NE-SW方向のものが最も顕著でN-S方向、NNW-SSE方向のものも認められる。セガマ地区では幾つかの方向を示す断層が見られ、その構造は複雑である。センボルナ地区の構造は、ENE-WSW方向の火山岩類の分布に特徴付けられる。断層構造としては、NNW-SSE方向及びNNE-SSW方向のものが卓越する。火山岩類の分布域の縁辺では、カルデラ様の環状構造が見られる。

## (2) 鉍 化 作 用

本地区の鉍化作用としては、キナバル地区中央部のラナウの北方に位置するマムート鉍床が既知の鉍化帯としては最大規模である。本鉍床は漸新世より中新世後期に貫入したアダメライトに伴われた斑岩型の銅鉍床である。これ以外の顕著な鉍徴地としては、ラブク地区のビドゥ・ビドゥヒル鉍床及びセンボルナ地区のマンツリィ山に周辺で探鉍されている熱水性金鉍床が挙げられる。ビドゥ・ビドゥヒル鉍床は、チャート・スピライト層中に賦存するキプロス型の銅鉍床であり、この種の鉍徴地はチャート・スピライト層の分布域で幾つか知られている。クロムの鉍徴は超塩基性岩中に認められるが、確認されているものはいずれも小規模である。調査地域で見られる超塩基性岩の分布域では、風化作用によりラテライトが発達する。このラテライト中には風化残留によるニッケルの鉍徴地が幾つかの地域で確認されている。

本調査の結果、セガマ地区中央部のダヌン川上流域で確認された鉍化作用は、キプロス型の銅鉍床に類似する。ラブク地区の最南端の貫入岩に伴って見られる鉍化作用は、熱水性金鉍床の可能性が高い。

### 4-4-2 試 料 採 取

地化学探査に用いた河床堆積物及びパンニング試料の採取は、河川に沿ってまた岩石及び土壌試料の採取は河川及び道路沿いでそれぞれ実施した。

河川堆積物の各試料採取地点では、付近の地質、河川の状況及び採取試料の色調、粒度などの記載を行い一覧表を作成した。試料採取位置を Fig. II-4-1に示す。

パンニング試料の各採取地点でも付近の地質、河川の状況、粒度及び採取した試料の重量などの記載を行った。

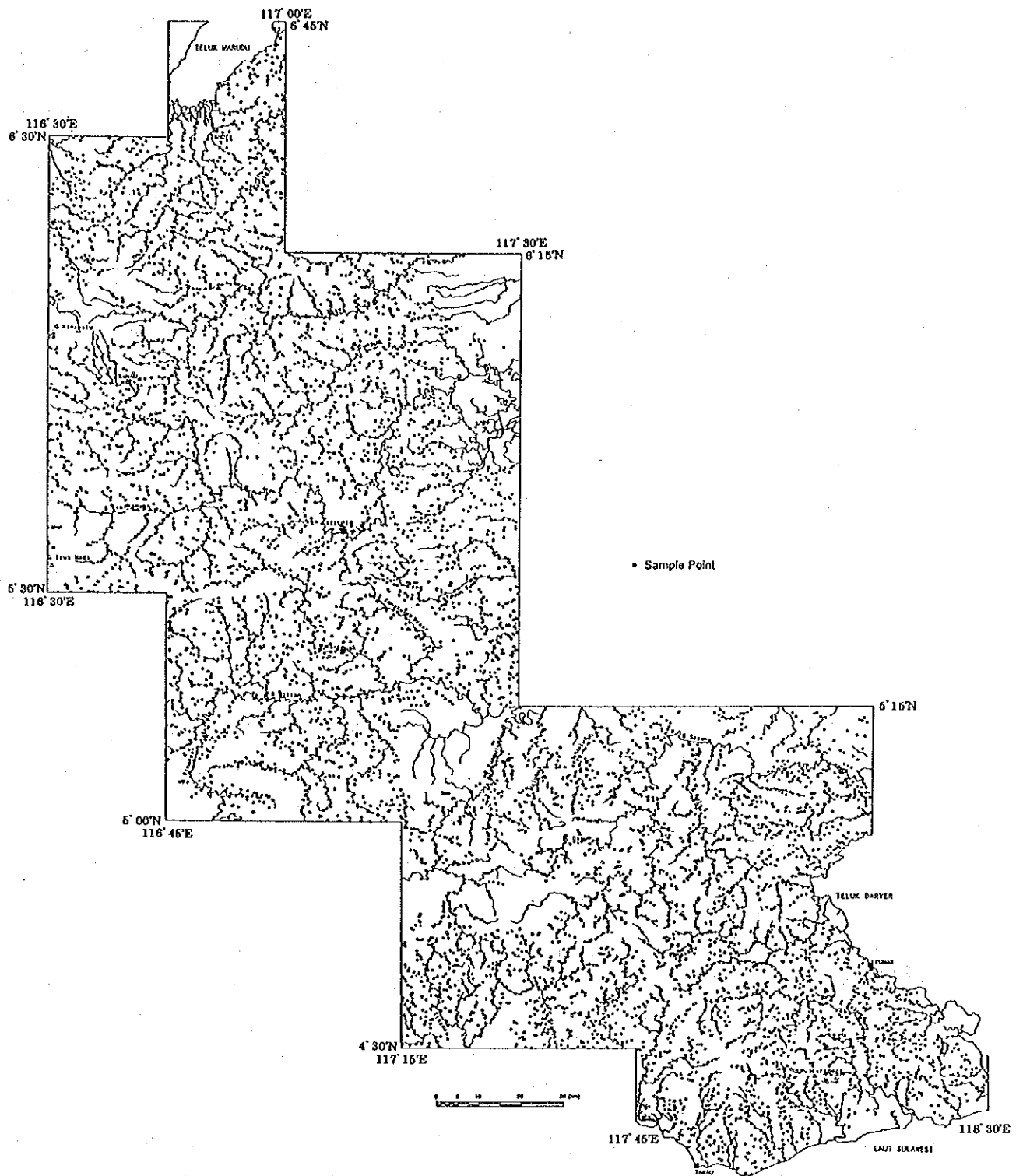


Fig. II-4-1 Location map of stream sediment samples in the survey area

岩石試料の採取は、調査地区を代表的する岩石を採取した。岩石試料の採取地点での U T M 座標、付近の地質などの記載を行い一覧表を作成した。

土壌試料の採取は、主として超塩基性岩～塩基性岩 (Ub) の分布する範囲で実施した。土壌試料の採取地点での U T M 座標、付近の地質、地形、試料の色調などの記載を行い一覧表を作成した。

バンニング試料、岩石試料、土壌試料の一覧表及び各試料の採取位置は、第 2 年次及び第 3 年次の報告書に示す。

以上の地化学探査の試料採取と並行して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た。本調査で実施した室内試験は、薄片観察、研磨片観察及び鉍石分析である。

#### 4-4-3 河床堆積物地化学探査

##### (1) 指 示 元 素

本地区で採取した試料に対し 21 元素の化学分析を行った。全試料による統計処理結果を Table II-4-1、に示す。この表で明らかなように Mo (81.1 %)、W (90.0 %) の 2 元素については、大部分の試料で検出限界以下の値を示した。各元素の最高値を見ると、Au (9,320 ppb)、Cr (11.75 %) Hg (24,736 ppb)、Sb (3,488.0 ppm)、Ti (51.07 %) などの元素が一般の地化学探査で得られる数値に比較してかなり高い値を示している。

各元素間の関係を明らかにするため、各元素間の相関係数を計算した。各元素間の相関表を Table II-4-2 に示す。元素間で良い相関 (相関係数 0.600 以上) 示す元素の組み合わせは、以下の通りである。

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

これらの組み合わせのうち、特に高い相関を示す元素組み合わせは、Ba-K (0.800)、Co-Mg (0.860)、Cr-Ni (0.841)、Na-Sr (0.809) である。Au と高い相関を示す元素は得られていない。Cu と高い相関 (0.500 以上) を示す元素には Mg、Mn、Na、Ni、S、Zn などの元素である。

##### (2) 単 変 量 解 析

第 1 年次に実施した予査調査の結果、河床堆積物の場合鉍床より 2 km の範囲まで地化学的な影響が及ぶことが確認された。この結果に基づき調査地域を 500 m x 500 m のメッシュに切り、各メッシュの中心より 2 km の範囲に位置する試料の分析値を用いて、距離の 2 乗に反比例する加重平均値を求めた。この求められた数値をそのメッシュを代表させることにより濃度分布図を作成した。しきい値 (異常値) の抽出には E D A 法を採用した。E D A 法による処理結果を

Table II-4-1 Statistics of stream sediment geochemical survey

Element	Statistics							EDA method**		
	Below detection limit (%)	Maximum value	Minimum value	Mean* <sup>1</sup> value (b)	Standard deviation	b + 2S.D. * <sup>2</sup>	Median	Upper Whisker	Upper Fence	
As (ppm)	53.5	929	< 1	1.7	0.533	32.1	0.5	10.0	366.7	
Au (ppb)	81.9	9,320	< 1	0.8	0.539	9.5	0.5	0.5	0.5	
Ba (ppm)	2.1	1,478	< 2	81.8	0.383	477.8	88.0	164.0	589.1	
Co (ppm)	4.6	1,088	< 1	10.2	0.579	146.8	10.0	32.0	352.7	
Cr (ppm)	—	117,538	43	338.2	0.549	4,245.7	244.0	569.0	1,013.9	
Cu (ppm)	0.2	3,632	< 1	13.9	0.338	66.1	13.0	27.0	124.7	
Hg (ppb)	26.5	24,736	< 10	19.7	0.520	216.4	18.0	48.0	744.8	
K (%)	3.2	4.95	< 0.01	0.271	0.527	3.068	0.330	0.700	3.655	
Mg (%)	0.6	21.00	< 0.01	0.486	0.636	9.103	0.490	1.910	31.342	
Mn (ppm)	10.9	13,316	< 1	168.0	0.902	10,707.0	243.0	1,160.0	70,268.4	
Mo (ppm)	81.1	54	< 1	0.6	0.219	1.7	0.5	1.0	0.5	
Na (%)	1.5	6.53	< 0.01	0.178	0.598	2.788	0.200	0.590	8.619	
Ni (ppm)	0.0	6,778	< 1	48.2	0.570	665.0	37.0	114.0	669.8	
Pb (ppm)	44.0	789	< 2	2.9	0.476	26.2	3.0	8.0	129.6	
S (%)	—	6,128	0.003	0.025	0.333	0.118	0.024	0.046	0.174	
Sb (ppm)	10.9	3,488.0	< 0.2	2.92	0.705	75.12	3.60	9.40	76.12	
Sr (ppm)	0.9	1,207	< 1	31.2	0.459	258.6	29.0	67.0	350.5	
Ti (%)	—	51.07	0.01	0.333	0.442	2.548	0.250	0.900	4.729	
U (ppm)	4.8	49.2	< 0.2	1.10	0.353	5.60	1.40	2.00	5.09	
W (ppm)	90.5	112	< 2	1.1	0.160	2.3	1.0	1.0	1.0	
Zn (ppm)	5.6	747	< 1	32.6	0.604	526.4	42.0	91.0	703.6	

\*<sup>1</sup>: geometric mean \*<sup>2</sup>: background value + 2 x standard deviation \*\*<sup>3</sup>: Exploratory Data Analysis (Kurzl H., 1988)

Table II-4-2 Coorelation matrix of elements for stream sediments

	As	Au	Ba	Co	Cr	Cu	Hg	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Sb	Sr	Ti	U	W	Zn
As	1.000																				
Au	.093	1.000																			
Ba	.160	.062	1.000																		
Co	-.212	.004	-.192	1.000																	
Cr	-.097	.051	-.515	.611	1.000																
Cu	-.072	.129	.209	.648	.214	1.000															
Hg	.195	.207	.228	.149	.003	.310	1.000														
K	.179	.044	.800	-.200	-.451	.238	.255	1.000													
Mg	-.214	-.006	-.104	.860	.552	.688	.117	.070	1.000												
Mn	-.267	.014	-.109	.765	.399	.579	.051	.196	.742	1.000											
Mo	.084	.116	.172	-.015	-.067	.177	.231	.172	-.032	.045	1.000										
Na	-.203	-.036	.307	.478	.012	.591	.047	.354	.631	.501	.001	1.000									
Ni	-.102	.036	-.337	.794	.841	.502	.109	-.272	.793	.577	-.050	.282	1.000								
Pb	.256	.142	.293	-.302	-.261	-.110	.145	.216	-.359	-.274	.227	-.259	-.270	1.000							
S	-.026	.013	.175	.424	.030	.602	.166	.153	.486	.371	.125	.526	.282	-.015	1.000						
Sb	-.117	.050	-.241	.571	.543	.353	.087	-.242	.530	.495	.053	.223	.563	-.227	.209	1.000					
Sr	-.216	-.033	.466	.220	-.314	.454	-.008	.369	.354	.357	.012	.809	-.060	.151	.477	.053	1.000				
Ti	-.339	.009	.045	.512	.029	.457	.027	-.109	.484	.643	-.026	.527	.176	.208	.413	.344	.627	1.000			
U	.232	.052	.565	-.512	-.538	-.242	.158	.529	-.524	-.426	.133	-.214	-.547	.416	-.143	-.407	.003	-.213	1.000		
W	.033	.068	.082	-.032	-.048	.045	.129	.091	-.024	-.048	.203	-.032	-.024	.149	.041	.015	.000	-.025	.102	1.000	
Zn	-.132	.004	.000	.749	.396	.521	.080	-.033	.736	.641	.040	.488	.582	-.168	.455	.424	.306	.504	-.329	-.011	1.000

Table II-4-1 に示す。しきい値は、原則としてアッパーフェンスの値としたが、最高値がアッパーフェンスの値より低い場合には、アッパーウイスカの値を採用した。また、この手法でしきい値の得られなかった元素については、後背値プラス2倍の標準偏差の値を採用した。作成した元素ごとの濃度分布図は別添のアトラス中に示す。各元素の濃度分布の特徴は、以下の通りである。尚、ここで言う高濃度帯とは、原則として後背値プラスの標準偏差の値以上の濃度を示す範囲とする。更に、異常帯とは、異常値以上の値の分布域を示す。

As：最も顕著な異常帯は、ラブク地区最南端のイムバック (S. Imbak) 川の支流に見られる。この区域では、閃緑斑岩の貫入岩とその周辺に熱水変質帯が確認されている。これに次ぐ顕著な異常帯は、センボルナ地区のカルンバング (S. Kalumpang) 川の最上流部で見られる。この区域も著しい熱水変質が見られ粘土化が顕著である。センボルナ地区のウラストルフ (Wullersdorf) 山周辺にも高濃度帯が分布する。この区域には金の鉍化帯が知られている。キナバル地区では、異常帯がラナウ北方のスグット (Sugut) 川沿いに認められる。この異常帯はマムート鉍山の位置に一致する。キナバル地区のトルスマディ層 (P<sub>1</sub>Ts) の分布域も高濃度を示す。

Au：顕著な異常帯は、ラブク地区南部のイムバック川の流域、センボルナ地区のウラストルフ山周辺に集中する。高濃度を示す試料は、キナバル地区のマムート鉍山周辺及びセガマ地区の基盤岩の分布域に散在する。ラブク地区南部の異常帯には閃緑斑岩の貫入が見られ、鉍化作用も認められることから、今後の調査が期待される。センボルナ地区のものは、これまで金の探査が実施されている。Auの濃度分布図をFig. II-4-2に示す。

Ba：高濃度を示す試料は、キナバル地区のリワグウ (S. Liwagu) 川に沿ったトルスマディ層の分布域、キナバル山周辺、センボルナ地区の火山岩の分布域にみられる。ラブク地区やセガマ地区の超塩基性岩類の分布域では特徴的に低濃度を示す。

Co：高濃度及び異常を示す試料は、明瞭に超塩基性岩～塩基性岩の分布域に見られる。地質と密接な関係を示す。センボルナ地区の火山岩分布域も比較的高い濃度を示す。

Cr：高濃度及び異常を示す試料の分布傾向は Co と同様で、明瞭に超塩基性岩～塩基性岩の分布域と一致する。最も顕著な異常帯は、ラブク地区のテルピドの北方及び南方に見られ、調査地域の範囲で最もクロム鉍床賦存の可能性が高いことを示す。

Cu：最も顕著な異常を示す試料はマムート鉍山周辺に分布する。Cuの最高値 (3,632 ppm) を示す試料もこの範囲にある。ラブク地区北部のビドゥ・ビドゥヒル鉍床も本調査の結果では銅の顕著な異常帯として抽出されている。ラブク地区テルピドの南南西方のカラマック川 (S. Karamuak) 流域でも顕著な異常帯が抽出された。地表調査で鉍化帯の確認されたセガマ地区のダヌン川 (S. Danum) 上流域においても異常帯が確認されたが、前記の3か所と比較するとあまり顕著でない。一般にチャート・スピライト層とセンボルナ地区の火山岩分布域で高濃度を示す傾向が認められる。Cuの濃度分布図をFig. II-4-3に示す。





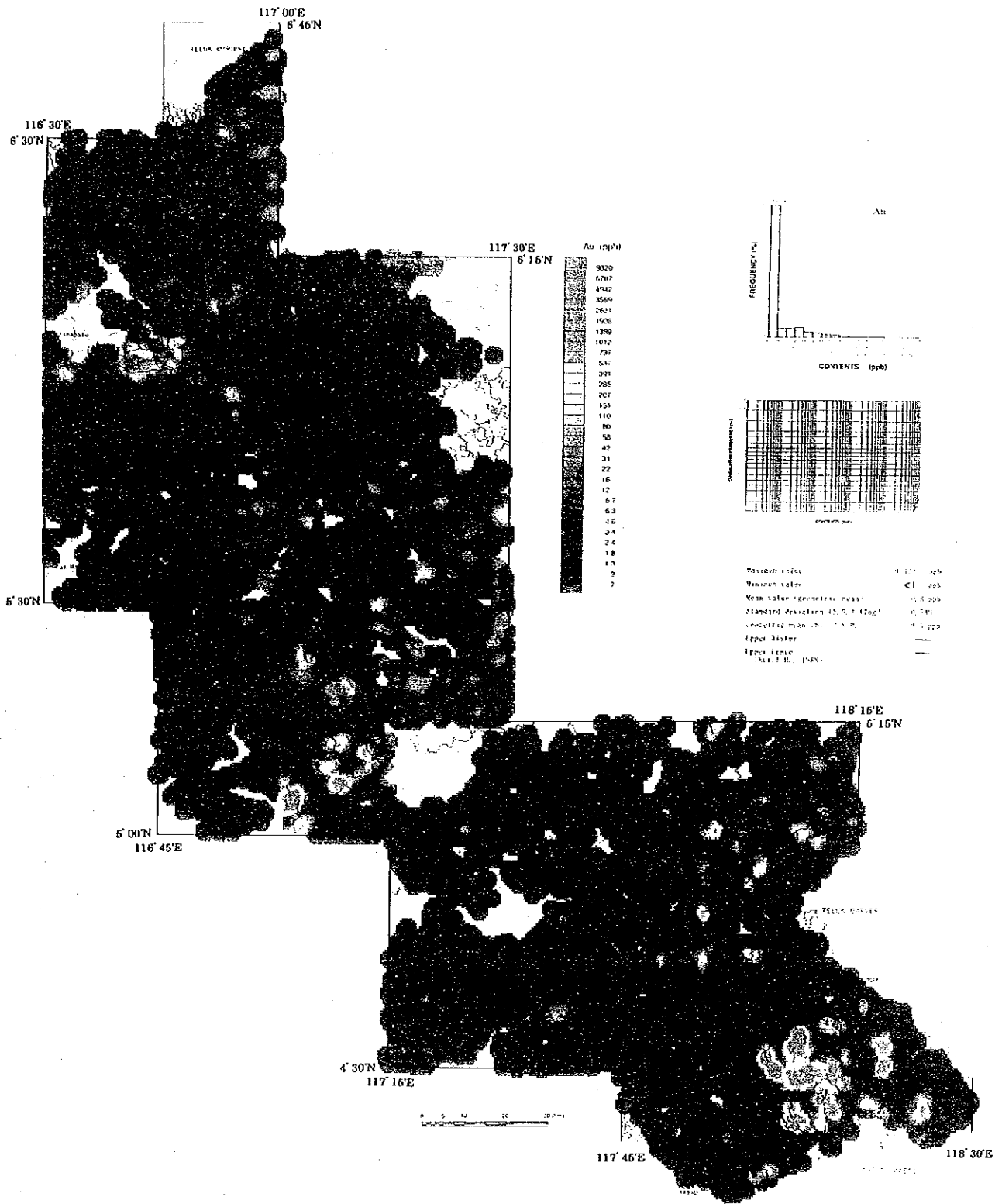


Fig. II-4-2 Distribution map of Au in the survey area



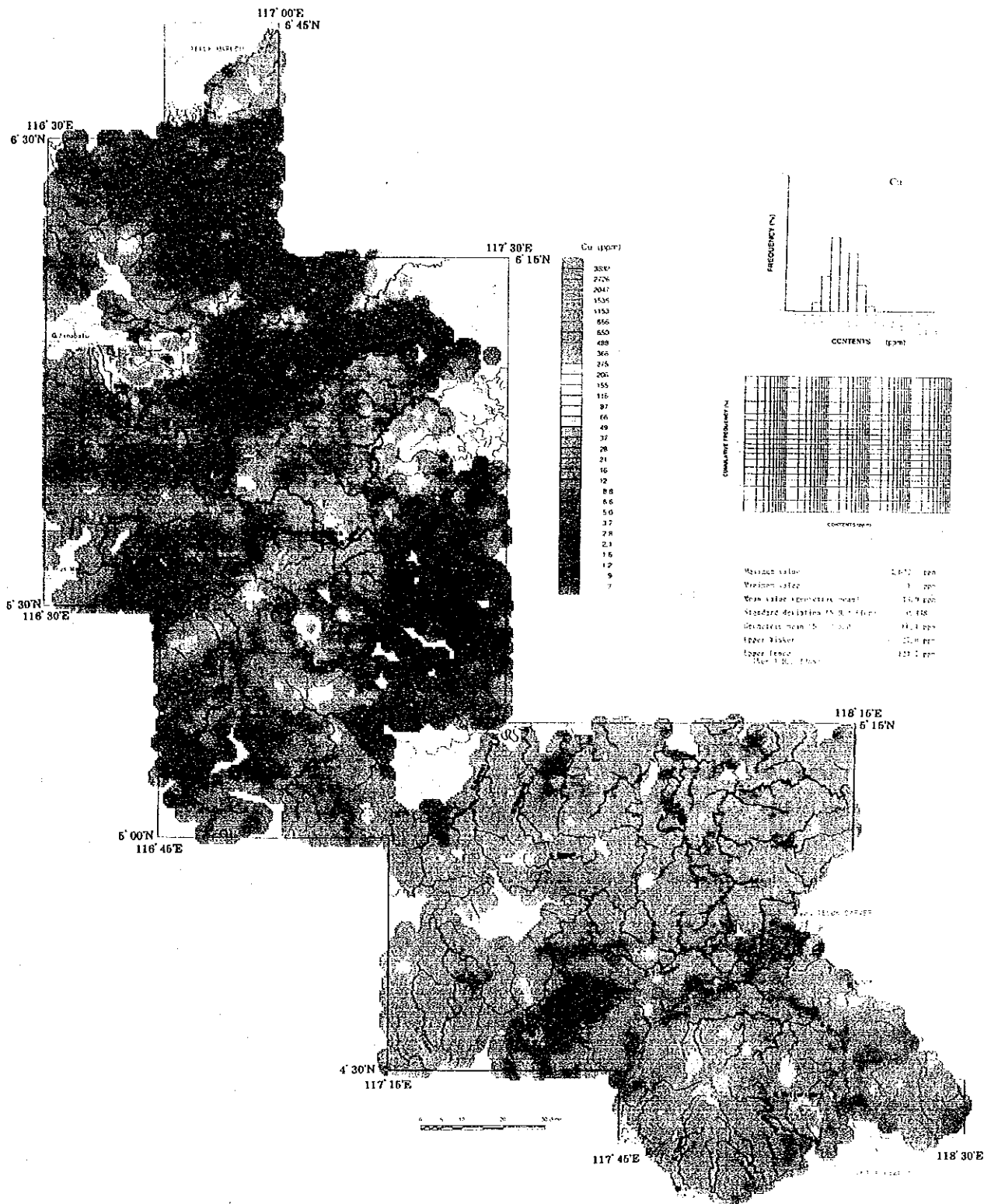


Fig. II-4-3 Distribution map of Cu in the survey area



- Hg：顕著な異常帯は、キナバル地区中央部のマムート鉱山周辺、キナバル地区南西部のトルスマディ層の分布域キナバル山の北東方のキナラム (Kinaram) 川の上流部及びラプク地区南端部のイムバック川流域に認められる。セガマ地区及びセンボルナ地区には顕著な異常帯は認められないが、火山岩類の分布域で確認された変質帯の周辺では高い濃度を示す傾向がある。
- K：高濃度を示す試料の分布は、トルスマディ層など堆積岩類の分布域及び火山岩類の分布域と良く一致する。超塩基性岩の分布域では、著しく低い値を示す傾向が認められる。
- Mg：Mgの高濃度を示す試料の分布は、明瞭に超塩基性岩～塩基性岩の分布域に一致する。センボルナ地区の火山岩類の分布域でも高い濃度を示す箇所がある。
- Mn：異常帯の分布は、チャート・スピライトの分布域と比較的良く一致する。高濃度を示す試料は、超塩基性岩～塩基性岩類の分布域、主としてセガマ地区に分布するの基盤岩類及びセンボルナ地区の火山岩類の分布域に比較的良く一致する。チャート・スピライト層を除くと堆積岩の分布域では、低い濃度を示す。
- Mo：Moについては検出限界以下の値を示す試料が多い。最も顕著な異常帯は、マムート鉱山周辺で見られる。センボルナ地区の南東部でも2か所で顕著な異常帯が確認された。高濃度を示す範囲は散在しており、地質との関係は不明瞭である。
- Na：Naの高濃度を示す試料は、超塩基性岩～塩基性岩類、チャート・スピライト層、トルスマディ層、基盤岩類及び凝灰質堆積岩の分布域に比較的良く一致する。
- Ni：異常帯及び高濃度帯の分布は Co 及び Cr と同様の分布傾向を示し、明瞭に超塩基性岩～塩基性岩類との関係が認められる。
- Pb：最も顕著な異常帯は、センボルナ地区東部で金の鉱化作用が確認されているウラズドルフ山周辺にみられる。規模は小さいが顕著な異常帯は、ラプク地区の最南端とカラマック川の上流域、キナバル地区のリワグウ川の中流域などで見られる。マムート鉱山周辺も比較的高い濃度を示す。
- S：最も顕著な異常帯は、マムート鉱山周辺で見られる。高濃度を示す試料は、調査地域全域に散在するが、その大部分は変質帯の分布域か泥質堆積岩の分布域に一致する。地表調査では、泥質堆積岩中に初生の黄鉄鉱が多く、箇所で確認されている。
- Sb：顕著な高濃度及び異常を示す試料はラプク地区に集中し、塩基性岩～超塩基性岩の分布域に一致する。これ以外の異常帯は、キナバル地区のリワグウ川中流域と最上流域、キナバル山の北東域及びセンボルナ地区の東端部に認められる。
- Sr：異常帯の分布は、セガマ地区の基盤岩の分布域に比較的一致する。センボルナ地区の火山岩類の分布域にも高濃度帯及び異常帯が散在する。キナバル地区では、ラナウの周辺に高濃度帯が認められる。ラプク地区では、全般に低い濃度を示す。
- Ti：高濃度を示す試料の分布は、塩基性岩類、チャート・スピライト層、基盤岩、火山岩類の

分布域と一致する傾向を示す。最も顕著な異常帯は、キナバル地区南端部のカラマック川最上流部に位置し、その分析結果では最高値が51.07 %を示す。

U : 異常値を示す試料は、キナバル地区中央部のキナバル山周辺とセンボルナ地区の南部で見られる。これらの異常帯及びその周辺には、貫入岩及び火山岩類が分布する。キナバル地区のトルスマディ層の分布域では比較的高い濃度を示す。、全般的に見るとその絶対値の濃度は低い。

W : W については、検出限界以下を示す試料が多く、また高い値が地区全域に分散して見られるなど、その分布傾向は不明瞭である。

Zn : 高濃度を示す試料の分布は、超塩基性岩～塩基性、チャート・スピライト層、トルスマディ層、基盤岩、火山岩類の分布域に比較的良好く一致する。この分布傾向はCo、Ni、Tiなどの分布傾向に類似する。

各元素で高濃度を示す試料の分布傾向を総合すると、地質と比較的良好に対応した分布傾向を示す元素とそうでない元素とがある。特に、超塩基性岩～塩基性岩分布域ではCo、Cr、Mg、Mn、Ni、Sb、Znが高い値を示しBa、Kが低い値を示す。泥質の堆積岩類（トルスマディ層）が分布する区域では、Ba、K、Sが高い値を示す。チャート・スピライト層では、Mn、Na、Ti、Znの値が高い傾向を示す。火山岩類はBa、Tiが高く、基盤岩類はSr、Ti、Znが高い値を示す傾向が認められる。As、Au、Cu、Hg、Mo、Pbの異常を示す範囲は、鉱徴帯や変質帯と密接な関係を示す。

### (3) 多変量解析

各元素間の関係を明らかにするため多変量解析の一手法であるクラスター分析を行った。分析の方法としては、単年度で実施した結果良い結果が得られていることから、ワード(Ward)法を採用した。この分析の結果得られたデンドログラムをFig. II-4-4に示す。このデンドログラムで見られるようにワード法による結果では、以下の元素の組み合わせによるクラスターを構成する。

U-Ba-K, As-Pb, Au-W-Hg-Mo, Cu-S, Ti-Na-Sr, Zn-Mn-Co-Mg, Sb-Cr-Ni

関係するこれらの元素は互いに同様な分布傾向を示し、濃度分布図からもその傾向が読み取れる。クラスターを構成する各元素の組み合わせによれば、U-Ba-Kは火山岩類と堆積岩類に、As-Pbは変質帯に、Au-W-Hg-Moは金の鉱化作用に、Cu-Sは銅の鉱化作用に、Ti-Na-Srは基盤岩類に、Zn-Mn-Co-MgとSb-Cr-Niは超塩基性岩に関係したクラスターであると推定される。

クラスター分析に加えてバリマックス法による因子分析を行った。因子分析の結果をTable II-4-3に示す。この因子分析の結果では6個の因子が抽出された。抽出された因子とその因子に密接な関係を示す元素は以下の通りである。

第1因子 : Co - Cr - (Cu) - Mg - Mn - Ni - (Sb) - Zn

第2因子 : Ba - K

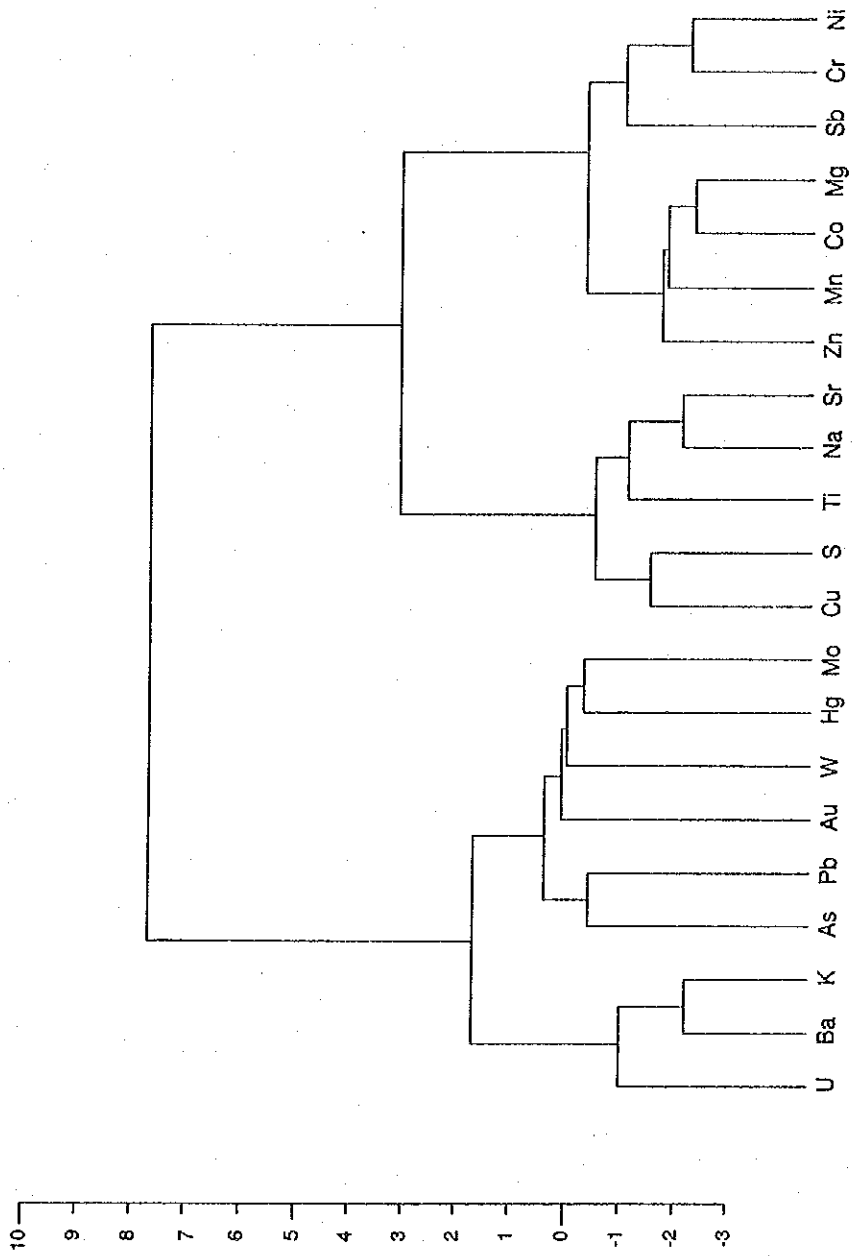


Fig. II-4-4 Dendrogram of elements for stream sediments



Table II-4-3 Results of factor analyses for stream sediments

Element	Factor loading (Varimax rotation)						Communality
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	
As	0.095	0.126	-0.194	-0.447	-0.011	0.129	0.2790
Au	-0.051	0.015	-0.355	-0.010	0.046	0.019	0.1313
Ba	0.200	0.837	-0.197	0.050	-0.148	0.126	0.8198
Co	-0.860	-0.085	-0.002	0.258	-0.245	0.052	0.8764
Cr	-0.793	-0.368	0.021	-0.141	0.192	-0.140	0.8404
Cu	-0.564	0.225	-0.261	0.193	-0.503	-0.012	0.7279
Hg	-0.160	0.201	-0.469	-0.109	-0.071	0.057	0.3059
K	0.154	0.857	-0.180	-0.117	-0.161	-0.085	0.8368
Mg	-0.831	0.029	0.057	0.233	-0.356	-0.130	0.8927
Mn	-0.661	-0.053	0.030	0.509	-0.212	0.118	0.7583
Mo	0.025	0.071	-0.460	-0.045	-0.098	0.033	0.2298
Na	-0.336	0.403	0.107	0.412	-0.546	-0.289	0.8377
Ni	-0.905	-0.183	0.007	-0.087	-0.087	-0.117	0.8820
Pb	0.272	0.147	-0.361	-0.233	0.020	0.342	0.3977
S	-0.273	0.098	-0.150	0.129	-0.689	0.052	0.5999
Sb	-0.597	-0.200	-0.178	0.242	0.011	-0.105	0.4980
Sr	0.004	0.440	0.069	0.589	-0.535	-0.157	0.8567
Ti	-0.269	0.005	-0.004	0.718	-0.330	0.120	0.7112
U	0.478	0.489	-0.209	-0.136	0.148	0.254	0.6155
W	0.046	0.012	-0.348	0.000	-0.016	-0.026	0.1242
Zn	-0.688	0.062	0.026	0.226	-0.363	0.233	0.7148
F. C. *1	39.7 %	18.5 %	8.5 %	14.7 %	14.8 %	3.7 %	—

\*1: Factor contribution

第3因子：(Au) - (Hg) - (Mo)

第4因子：(Mn) - (Sr) - Ti

第5因子：(Cu) - (Na) - S - (Sr)

第6因子：—

これらの因子のうち第1、第3、第5は上記の元素と負の関係を示している。( )で表示した元素は、その関係があまり強くないことを示す。抽出された因子とその因子に関係した元素とその元素の分布傾向より判断すると、第1因子は超塩基性岩～塩基性岩類及び銅の鉱化作用と若干の関係が認められる因子、第2因子は火山岩類及び堆積岩類に関係する因子と考えられる。第3因子は、関係する元素より鉱化作用及び変質に関連した因子である。第4因子は、チャート・スピライト層、火山岩類との関係が推定される因子である。第5因子はS と強い関係を示しており泥質堆積岩及び火山岩類との関係が推定される因子である。第6因子は、元素との関係が不明瞭である。第3因子の因子得点分布図をFig. II-4-5に示す。

これらの因子の因子得点の分布傾向は、以下の通りである。

第1因子 関係の深い元素と負の関係を示すことから、因子得点が負の値でその絶対値が大きいものを高因子得点とした。最も顕著な高因子得点を示す試料は、ラブク地区の中央部に南北方向を持って広い範囲に分布する。この範囲は超塩基性岩の分布範囲に一致する。この高因子得点部の周辺やキナバル山周辺、セガマ地区及びセンボルナ地区の一部には、高因子得点を示す箇所がある。これらの範囲は、チャート・スピライト層や塩基性岩類の分布域にほぼ一致する。堆積岩類の分布域では、高因子得点部は限られる。

第2因子：高因子得点部は、主に堆積岩の分布域及びセンボルナ地区の火山岩類の分布域に見られる。負の因子得点を示す範囲は、超塩基性岩～塩基性岩の分布域にほぼ一致する。

第3因子：この因子も関係する元素と負の関係にあることから負の値でその絶対値が高いものを高因子得点とする。この因子は鉱化帯及び変質帯に関係する因子と推定されるが高因子得点の分布傾向も既知の鉱化帯及び変質帯を抽出している。最も顕著な高因子得点部は、キナバル地区のマムート鉱山周辺にみられる。これに次ぐ顕著な高因子得点部は、ラブク地区の南端部イムバック川の支流、センボルナ地区のウラドルフ山周辺、カルンバング川の最上流部に分布する。これらの3か所では鉱化帯または変質帯が確認されている。これ以外の高因子得点の分布は、ラブク地区北端部

第4因子：高因子得点の分布域は、ラブク地区のチャート・スピライト層の分布域、セガマ地区の基盤岩類の分布域、センボルナ地区の火山岩類の分布域に一致する。



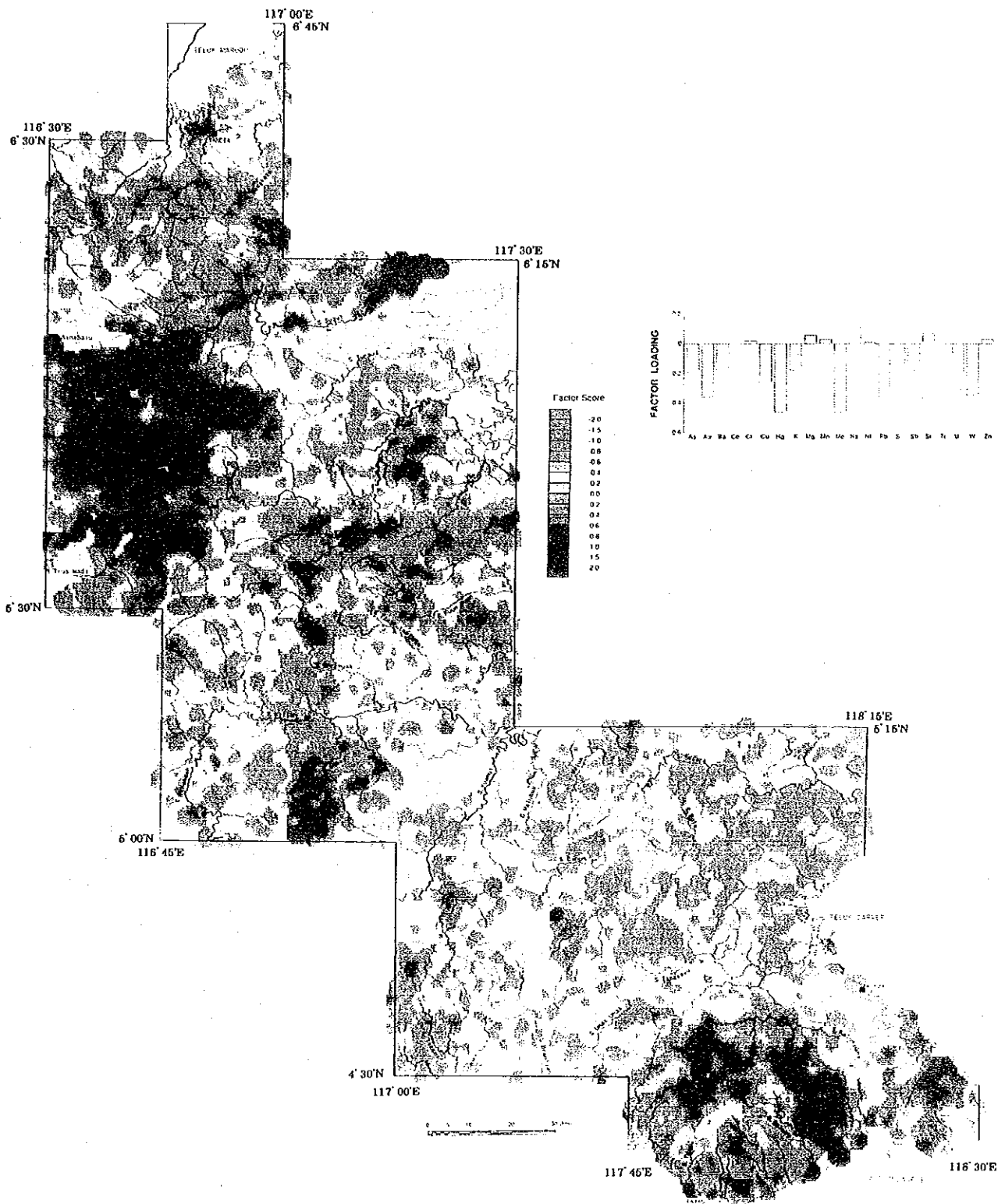


Fig. II-4-5 Distribution map of Factor 3 factor scores



第5因子：この因子も関係する元素と負の関係にあることから負の値でその絶対値が高いものを高因子得点とする。高因子得点部は、キナバル地区のマムート鉱山周辺、ラブク地区の最南端のイムバック川流域、セガマ地区のダヌン川の最上流域などの鉱化帯の確認されている箇所で見られるほか、泥質堆積岩類の分布域にも高因子得点部が認められる。

第6因子：高因子得点部は、主としてセンボルナ地区の火山岩類の分布域に集中する。

因子分析の結果では、第3因子が鉱化帯及び変質帯を抽出しており、この因子の高因子得点部が有望地と考えられる。

#### 4-4-4 パンニング試料定量分析

##### (1) 試料

調査地域全域の主要河川よりパンニング試料を採取した。採取した試料の採取位置及び各試料の記載は、各単年度報告書に示す。

試料の採取では、各試料の採取地点でパン5杯の砂礫（約25リットル）を採取し、パンニングを行った。採取した重鉱物を主とする試料は秤量したが、超塩基性岩の分布域では多量の試料が採取されたのに対し、堆積岩の分布域では、一般に微量の試料しか採取できなかった。

##### (2) Q M E 分析

パンニング試料を構成する重鉱物の定量分析を行うため、Q M E分析 (Qualitative Mineral Examination)を行った。Q M E分析の結果、主要重鉱物としては、磁鉄鉱、クロム鉄鉱、赤鉄鉱、チタン鉄鉱、針鉄鉱、黄鉄鉱、ジルコンが見られ、このほか少量の白チタン石、金紅石、モナズ石、電気石、自然金も確認された。また、輝石類、角閃石類が多量に含まれる試料もある。採取した試料が少量の場合には、多量の石英及び長石が混入した。主な構成鉱物の分布と地質の関係は以下のとおりである。

**磁鉄鉱**：磁鉄鉱は、大部分の試料で認められた。超塩基性岩～塩基性岩及びチャート・スピライト層の分布するラブク地区中央部やセガマ地区の河川で多くの磁鉄鉱が認められた。

**クロム鉄鉱**：クロム鉄鉱は、その上流域あるいは付近に超塩基性岩が分布する河川で認められ、特にラブク地区及びセガマ地区で顕著であり、超塩基性岩の分布と密接な関係を示す。

**チタン鉄鉱**：チタン鉄鉱は、微量ではあるが多くの試料で出現する。比較的多く認められるのは塩基性岩～超塩基性岩の分布域及びセンボルナ地区の火山岩類の分布域である。

**針鉄鉱**：針鉄鉱は半数以上の試料で認められ、キナバル地区やセンボルナ地区などの堆積岩

の分布域で多い傾向を示す。

黄鉄鉱：黄鉄鉱は、極少量であるが堆積岩類及びチャート・スピライト層の分布域で認められる。マムート鉱山周辺の河川では比較的多量の黄鉄鉱が出現する。

ジルコン：ジルコンは、多くの試料で認められる。堆積岩類の分布域で多い傾向を示す。

自然金：自然金は、セガマ地区及びセンボルナ地区で確認された。セガマ地区で確認された箇所は、マログ川 (S. Malog)、セガマ川中流、ダヌン川上流、東部のサイラム部落の4か所である。センボルナ地区では、金の鉱化作用の確認されているマンツリイ山の周辺の河川より採取した4試料で確認された。

採取された試料は、同一箇所より採取した河床堆積物の分析結果より推定される鉱物組合せと良く一致する。

#### 4-4-5 岩石地化学探査

後背地の地化学的特性を明らかにするため、調査地域より採取した223個の代表的な岩石試料に対して河床堆積物地化学探査で採用した元素と同じ21元素の化学分析を行った。採取した試料の一覧、試料採取位置及びその分析結果は、各単年度の報告書に示す。

分析の結果、As、Au、Hg、Mo、Pbなどの元素については、大部分の試料が検出限界以下の値を示した。各元素と岩石との関係は、以下の通りである。

As：最高値29 ppmは、堆積岩で得られている。一般に高い値は頁岩などの堆積岩より得られた。センボルナ地区では、火山岩類の分布域で見られる変質岩の一部が高い値を示す。

Au：センボルナ地区の火山岩分布域で見られる変質岩で高い値（最高値23 ppb）を示す試料が確認された。これ以外の試料では最高値が4 ppb程度で、大部分の試料は検出限界以下の値を示す。

Ba：貫入岩類が高い値を示す（最高値1,636 ppm）を示し、火山岩類、堆積岩類がこれに次ぐ。塩基性～超塩基性岩類は、一般に100 ppm以下の低い値を示す。

Co：最高値337 ppmは、鏡鉄鉱試料より得られた。100 ppm以上の値を示す試料は、超塩基性岩に限られる。一般に堆積岩類は、低い値を示す。

Cr：最高値2,795 ppmは、かんらん岩で得られた。1,000 ppm以上の高い値を示す試料は、超塩基性岩に限られる。斑れい岩や玄武岩などの塩基性岩も比較的高く200 ppm～500 ppmの値を示す。

Cu：最高値173 ppmは、火山角礫岩より得られた。塩基性岩及び貫入岩類が比較的高い値を示す傾向がある。センボルナ地区の火山岩分布域で見られる変質岩の一部も高い値を示す試料がある。

Hg：最高値の2,905 ppbはセンボルナ地区で採取した変質岩で得られた。火山岩類の変質岩は高

い値を示す。キナバル地区南部に分布するトルスマディ層（千枚岩を主とする）も高い値（最高値 2,142 ppb）を示す。一般に泥質の堆積岩は高い値を示す傾向が見られる。

K：最高値5.23 %は変質岩より得られた。これは熱水変質によるカリ長石などが生成したためと考えられる。一般に中性～酸性の貫入岩類及び堆積岩類が高い値を示す傾向がある。超塩基性岩の値は著しく低い。

Mg：最高値25.21 %は、かんらん岩で得られた。著しい高い値を示す試料は、超塩基性岩に限られる。

Mn：最高値16,148 ppmを示した試料は、ラブク地区より採取したチャートである。一般に堆積岩で高い値を示す試料があるが、その傾向は明瞭でなく、検出限界(5 ppm)以下の値を示す砂岩も多い。

Mo：最高値は5 ppmと低く、特定の岩石との関係は明らかでない。

Na：最高値4.65 %を示した試料は、玄武岩である。斑れい岩及び玄武岩の大部分は、2.00 %以上の値を示し、変質岩及び超塩基性岩の大部分は0.20 %以下の低い値を示す。

Ni：最高値3,177 ppmは、蛇紋岩で得られた。高い値を示す試料は、超塩基性岩に限られる。

Pb：最高値51 ppmは、キナバル地区南部で採取した千枚岩で得られた。堆積岩類が高い値を示す傾向がある。センボルナ地区で採取した変質岩も比較的高い値（最高値 6 ppm）を示す。

S：最高値7.944 %は、センボルナ地区で採取した変質岩より得られた。この地区より採取された変質岩は、いずれも3 %以上の著しく高い値を示す。一般に千枚岩や頁岩などの堆積岩類が高い値を示す傾向がある。斑れい岩の一部も比較的高い値を示す試料がある。

Sb：ラブク地区より採取した鏡鉄鉱が最高値の37.4 ppmを示した。一般に斑れい岩や玄武岩などの塩基性岩で高い値を示すものが多い。塩基性岩以外の岩石との関係は明瞭でない。

Sr：最高値1,216 ppmは片麻岩で得られた、調査地域の基盤を構成する片麻岩や花崗岩が高い値を示す。斑れい岩やセンボルナ地区の火山岩類が比較的高い値を示す。超塩基性岩は低い値を示す場合が多い。

Ti：最高値2.24 %はセガマ地区で採取した火山角礫岩で得られた。斑れい岩や玄武岩などの塩基性岩で高い値を示す。超塩基性岩では低い傾向が見られる。これら以外の岩石との関係は不明瞭である。

U：最高値8.8 ppmは、セガマ地区より採取した火山角礫岩より得られた。貫入岩や火山岩でも高い値を示すものがあるが、一般に堆積岩類の値が高い傾向を示す。超塩基性岩の値は低い。

W：最高値1,044 ppmは、セガマ地区で採取したチャートの試料である。一般に砂岩や頁岩などの堆積岩類が高い値を示す傾向がある。

Zn：最高値250 ppmは、かんらん岩で得られた。100 ppm以上の高い値を示す試料の大部分は、超塩基性岩である。貫入岩の一部にも高い値(233 ppm)を示す試料がある。



各元素と各岩石との関係を総合すると、Co、Cr、Mg、Ni、Znは超塩基性岩類で高い値を示し、Cu、Sb、Tiは塩基性岩類で高い値を示す傾向がある。As、Hg、Pb、S、Uは砂岩、頁岩など堆積岩と深い関係を示す傾向がある。貫入岩類や変質岩では、特殊な元素の濃集が認められ、熱水作用の影響が推定される。尚、これらの元素と岩石との関係は、一般的に知られている岩石中の元素の傾向と同様である。

#### 4-4-6 土 壌 地 化 学 探 査

本調査で採取した364 試料に対して 6元素 (Al、Co、Cr、Fe、Ni、Pt) の化学分析を行った。土壤試料は、ラテライト化の著しい主として超塩基性岩及び塩基性岩の分布域より採取した。採取した試料の層準はB層の上部である。採取した試料の一覧及び分析結果は、各単年度の報告書に示す。分析の結果、各元素の最低値及び最高値は以下のとおり。

元素	最低値	最高値
Al	0.26 %	16.86 %
Co	5 ppm	2,173 ppm
Cr	28 ppm	17,305 ppm
Fe	0.68 %	48.24 %
Ni	19 ppm	10,797 ppm
Pt	< 5 ppb	105 ppb

#### キナバル地区

ラノウの北東方 4 km の位置で採取した試料では、Niが 10,797 ppm、Coが 1,212 ppmの高い値を示し、ニッケルの風化残留鉱床の可能性を示す。キナバル地区の北西部でも1 試料が高いNiの値 (7,229ppm)を示した。Crの高い値を示す試料はキナバル地区北部で見られる。この区域より採取された6 試料の Cr の値は7,932 ppm ~ 13,594 ppm の範囲にある。この区域では Fe も 31.96%~45.78 % の高い値を示す。

#### ラプク地区

テルピドの西方 2 km の蛇紋岩の分布域で採取した試料では、Coが高い値 (2,173 ppm) を示した。この試料はラテライト化が進んでおり Fe (46.37 %)、Ni (9,024 ppm) も高い値を示す。Feが高い値 (48.24 %) を示す試料は、ラプク地区北部のラプク川西岸で採取した試料で、Crは高い値 (12,432 ppm)を示すが Ni の値 (3,734 ppm) は余り高くない。Niが高い値 (10,587 ppm)を示す試料もテルピド西方約 3 km の蛇紋岩分布域に位置する。この試料は、Cr (11,382 ppm)、Fe (45.52 %) とも高い値を示す。ラプク地区より採取した試料では、Niが 5,000 ppm以上の高い値を示す試料が多い。

#### セガマ地区

セガマ地区東端部に位置するサイラム部落北西方の超塩基性岩分布域より採取した試料ではCrが高い値(17,305 ppm)を示した。この超塩基性岩の分布域より採取した試料では、Niが3,000 ppm以上の値を示す幾つかの試料があるが、キナバル地区やラブク地区の分析結果と比較するとNiの値は低くラテライトの発達は良くない。地区の中央部より西部にかけて分布する超塩基性岩に伴われるラテライトの分析結果は、Ni、Coとも高い値は示さない。

#### センボルナ地区

センボルナ地区の超塩基性岩の分布域より採取した試料は、いずれもNiが2,000 ppm以下の値を示しラテライトの発達は良くない。

### 4-4-7 室内試験結果

#### (1) 薄片鑑定

##### キナバル地区

キナバル地区中央部のラノウ及びキナバル山周辺より採取した貫入岩試料 5試料に対し薄片鑑定を行った。検鏡の結果これらの火成岩はいずれも酸性～中性の貫入岩である。トルスマディ層より緑色片岩試料を採取し薄片鑑定を行った。検鏡の結果では変成作用をかなり受けていることを示す。この変成作用は試料の採取地点がキナバル山を構成する花崗岩体の近くであることから、この岩体の侵入によると考えられる。

##### ラブク地区

ラブク地区最南端のイムバック川支流に分布するタンジョン層中の貫入岩の薄片鑑定を行った。鑑定の結果では、この貫入岩は閃緑斑岩で熱水変質を受けていることを示す。

##### セガマ地区

セガマ地区で採取した試料の薄片鑑定結果では、かんらん岩、ダナイト及び斑れい岩に層状構造が認められた。また、超塩基性岩類は、蛇紋岩化を受けている。チャート・スピライト層より採取した試料は、緑泥石化作用を受けている。ダヌン川上流の黄鉄鉱帯より採取した試料では、強い珪化作用を受けていることが確認された。

##### センボルナ地区

センボルナ地区より採取した斑れい岩試料も層状構造を示す。チャート・スピライト層より採取した凝灰岩試料では、緑泥石化作用が見られる。更新世～完新世の火山岩類の検鏡結果では、緑泥石、モンモリロナイト、沸石などの変質鉱物が確認された。

## (2) 研磨片鑑定

### キナバル地区

キナバル地区では、地区の北端部に分布するチャート・スピライト層中の玄武岩中に認められた石英脈試料に対し研磨片の鑑定を行った。検鏡結果では、黄鉄鉱の他に少量の黄銅鉱が認められた。

### ラブク地区

ラブク地区では、ラブク川の南岸に分布するチャート・スピライト層中で確認された鉱化作用を示す試料と本地区最南端の貫入岩周辺で採取した試料の2試料に対し研磨片による鑑定を行った。鑑定の結果、前者では銅鉱物として黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱が認められた。後者の鑑定結果では、黄鉄鉱、褐鉄鉱、針鉄鉱などのほか孔雀石が認められた。

### セガマ地区

セガマ地区より採取した研磨片試料では、セガマ川上流で採取した試料で鉱染状黄鉄鉱のほか極少量の黄銅鉱、銅藍、閃亜鉛鉱、磁硫鉄鉱が、ダヌン川上流で採取した試料で鉱染状黄鉄鉱、閃亜鉛鉱のほか少量の銅藍と斑銅鉱が認められた。

### センボルナ地区

センボルナ地区で研磨片鑑定に供した試料は、鮮新世の火山岩類中の鉱徴及び変質帯より採取した試料である。鑑定の結果では、黄鉄鉱のほか針鉄鉱及び軟マンガン鉱が確認された。バルング川の北側で採取したゴッサン試料では、多量の軟マンガン鉱が確認された。

## (3) 粉末X線回折試験

セガマ地区及びセンボルナ地区より採取した試料に対して粉末X線回折試験を行った。

### セガマ地区

セガマ川上流で確認された鉱化帯より採取した試料では、絹雲母を伴う試料と緑泥石、石英、葡萄石を伴う試料とがある。ダヌン川上流の顕著な鉱化帯より採取した試料では、石英、絹雲母、モンモリロナイトが同定され、同一区域の別の鉱化帯の試料では、石英、緑泥石が変質鉱物として同定された。

### センボルナ地区

センボルナ地区の火山岩分布域の変質帯より採取した試料のX線回折試験結果では、変質鉱物としてモンモリロナイト、カオリナイト、ハロイサイト、緑泥石、絹雲母、クリストバル石、石英、カリ長石が同定された。これら以外には斜長石、黄鉄鉱が同定された。これらの変質鉱物の

組み合わせによれば、酸性～中性の熱水による変質作用が存在したことを示す。

#### (4) 鉱石分析

地化学探査の試料採取に平行して実施した地質調査で確認された鉱化帯より採取した試料に対し鉱石分析を行った。

##### キナバル地区

キナバル地区より採取した試料は、泥質岩中の黄鉄鉱2試料、石英脈4試料である。分析の結果ではいずれも品位が低く、顕著な結果は得られなかった。

##### ラブク地区

ラブク地区では、5試料を採取した。Au及びAgの分析結果は、いずれも検出限界以下の値を示した。チャート・スピライト層中の粗粒玄武岩で見られた鉱染帯の試料では、最高686 ppmのCuの値を示した。ラブク地区の最南端イムバック川の支流の貫入岩の周辺より採取したゴッサン試料ではZnが177 ppmの値を示した。

##### セガマ地区

セガマ川上流の鉱化帯より採取した試料は、Cu、Znとも低い値を示した。ダヌン川で採取した転石試料のうち、直径3 m大の転石はAu 1.2 g/t、Ag 42.6 g/t、Cu 0.9 %、Zn 3.9 %を、直径10 cmの転石はAu 0.4 g/t、Ag 15.0 g/t、Cu 5.1 %を示した。

##### センボルナ地区

センボルナ地区で採取した5試料の分析結果では、顕著な値を示す試料は確認されなかった。



## 第5章 準精密地化学探査及び地質調査

### 5-1 調査範囲

広域地化学探査の結果、有望地区として抽出された18地区に対し地化学探査及び地質調査による準精密調査を行った。調査地区と対象とした鉱床との関係は以下の通り。

#### セガマ地区

A地区（サバハン川－デワタ川周辺）	キプロス型銅鉱床
B地区（ダヌン川上流域）	キプロス型銅鉱床
C地区（セガマ川上流域）	キプロス型銅鉱床
D地区（テンカユ川流域）	キプロス型銅鉱床

#### センボルナ地区

E地区（カルンバング川最上流域）	熱水型金鉱床
F地区（タワウ・ヒル周辺）	熱水型金鉱床
G地区（アバス川流域）	熱水型金鉱床
H地区（シッピト川流域）	熱水型金鉱床

#### キナバル地区

J地区（スグット川中流域）	斑岩型銅鉱床
K地区（ラナウ東方）	ラテライト型ニッケル鉱床
L地区（カラマック川最上流域）	チタン砂鉱床
M地区（スグット川下流域）	斑岩型銅鉱床

#### ラブク地区

N地区（テルピド西方）	ラテライト型ニッケル鉱床
P地区（マイロ川流域）	クロム鉱床
Q地区（カラマック川中流域）	クロム鉱床・銅鉱床
R地区（カラマック川－ミリアン川間）	脈状～鉱染状銅鉱床
S地区（イムバック川支流域）	熱水型金鉱床
T地区（最南端イムバック川支流域）	熱水型金鉱床

これら調査地区の位置図を Fig. II-5-1に示す。

### 5-2 調査方法及び作業量

本調査では、土地化学探査、河床堆積物地化学探査及び地質調査を行った。各調査地区と採用した調査手法との関係は、以下のとおり。

A地区：	土地化学探査
B地区	河床堆積物地化学探査、土地化学探査、地質調査
C地区	河床堆積物地化学探査、土地化学探査
D地区	土地化学探査
E地区	土地化学探査



F 地区	土壌地化学探査
G 地区	土壌地化学探査
H 地区	土壌地化学探査
J 地区	土壌地化学探査
K 地区	土壌地化学探査
L 地区	河床堆積物地化学探査
M 地区	土壌地化学探査
N 地区	土壌地化学探査
P 地区	河床堆積物地化学探査
Q 地区	河床堆積物地化学探査、土壌地化学探査
R 地区	河床堆積物地化学探査、土壌地化学探査
S 地区	河床堆積物地化学探査、土壌地化学探査
T 地区	土壌地化学探査

土壌試料及び河床堆積物試料は沢沿いで採取した。地化学探査の踏査ルートに沿っては、地質の概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、第1年次の予察結果に基づきB層の上部より採取し、河床堆積物試料については広域地化学探査と同様流れの縁辺部より、-60メッシュの篩別試料を採取した。土壌試料の採取密度は、1 km<sup>2</sup> 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。

本調査を実施をした18地区のうち、K地区、L地区、N地区及びP地区を除く14地区より採取した試料については、広域地化学探査と同様21元素の分析を行った。K、L、N及びP地区に対しては、下記の元素を採用した。

K地区及びN地区（土壌）

Al, Co, Fe, Cr, Ni （5元素）

L地区（河床堆積物）

Fe, Ti （2元素）

P地区（河床堆積物）

Al, Co, Fe, Cr, Ni （5元素）



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	岩 石	薄 片	研 磨 片	X線回折	鉍石分析
A地区	340 試料	0 試料	2 試料	2 試料	1 試料	2 試料	2 試料
B地区	144 試料	140 試料	12 試料	10 試料	7 試料	4 試料	8 試料
C地区	140 試料	140 試料	7 試料	6 試料	2 試料	2 試料	5 試料
D地区	221 試料	0 試料	4 試料	3 試料	0 試料	0 試料	2 試料
E地区	72 試料	0 試料	1 試料	1 試料	0 試料	1 試料	1 試料
F地区	122 試料	0 試料	1 試料	1 試料	1 試料	2 試料	2 試料
G地区	581 試料	0 試料	2 試料	2 試料	1 試料	3 試料	1 試料
H地区	282 試料	0 試料	1 試料	1 試料	0 試料	1 試料	0 試料
J地区	150 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
K地区	240 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	3 試料
L地区	0 試料	80 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
M地区	476 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
N地区	170 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	2 試料
P地区	0 試料	105 試料	0 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	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	0 試料
S地区	25 試料	25 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料	0 試料
T地区	280 試料	0 試料	0 試料	11 試料	10 試料	10 試料	13 試料

### 5-3 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、コンピュータを使用し各元素の統計値を計算した。検出限界以下の値を示す分析値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検討した。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、広域地化学探査と同様、EDA (Exploratory Data Analysis) 法 (Kurzl H.; 1988) を採用した。

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。

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。

本調査で実施した室内試験は、採取した代表的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及び変質を明らかにするためのX線回折試験である。これらの結果も含め総合解析を行った。

## 5-4 調査結果

### 5-4-1 セガマ地区

#### (1) A 地区

A地区はセガマ地区の東部に位置する。本地区では、キプロス型鉍床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。

調査地区の地質は、基盤を成す結晶片岩及び石灰岩と鉍床賦存の可能性のあるチャート・スピライト層及び新期の堆積岩（クワム層）より構成される。

土壌地化学探査の結果では、Cu、Znなど鉍床と関係の深い元素の高濃度及び異常値を示す試料は散在する。サバハン川の上流域のクワム層の分布域には、黄鉄鉍の鉍染が認められる。この箇所より採取した試料の分析結果では、Cu(107 ppm)、Zn(117 ppm)を示し、研磨片の観察結果でも微量ながら黄銅鉍及び閃亜鉛鉍が確認された。

本調査の結果、チャート・スピライト層の分布域で抽出された地化探異常帯は顕著でないことから、地下浅所でのキプロス型鉍床賦存の可能性は低いことを示す。クワム層の分布域で鉍化作用の存在が確認されたが、地化探の異常帯としては、その規模が小さい。

#### (2) B 地区

本地区はセガマ地区の中央部ダヌン川の上流域に位置する。本地区もキプロス型銅鉍床賦存の可能性のが考えられた区域である。B地区の調査には、土壌試料及び河床堆積物試料を用いた。調査は、地形が急峻なことから沢沿いに実施した。

本地区の地質は、基盤を成す超塩基性岩～塩基性岩と、これに接するチャート・スピライト層及び新期のクワム層より構成される。

土壌地化学探査の結果では、Cu及びZnの顕著な異常帯が地区の中央部及び南西部のチャート・スピライト層の分布域に認められる。河床堆積物試料による地化学探査の結果でも、土壌による結果と同じ箇所で顕著な異常帯が捕捉された。更に因子分析の結果でも銅の鉍化作用に関係すると推定される因子がこの範囲を明瞭に抽出している。

地表調査の結果では、この異常が確認された範囲で網状及び鉍染状の銅の鉍化帯が確認されており、その規模は5 km x 2 kmの広がりを示す。この鉍化帯より採取した試料の鉍石分析の結果

では、その最高値が Cu 2.12 %、Zn 3.04 %を示した。またこの鉍化帯では、強度の珪化、緑泥石化が認められ、角礫化している。

第3年次の調査の結果顕著な鉍化帯が確認されたことから、引き続き第4年次の調査で抽出された鉍化帯の範囲に対し地質調査による準精密調査を行った。

地質調査の範囲には、漸新世～中新世中期の砂岩及び泥岩から成るクワム層、および、その上に衝上断層で覆い被さる塩基性岩類が分布する。塩基性岩類は、粗粒玄武岩を主としその下位に、一部層状構造を持つ斑れい岩が分布する。粗粒玄武岩中には、玄武岩質の枕状溶岩が認められる。本調査の結果作成した地質図をFig. II-5-2に示す。

鉍徴地は、粗粒玄武岩中に見られ、NW-SE 方向に配列して散在する。3種類の鉍化作用のタイプが識別される。これらは、黄鉄鉍と黄銅鉍を伴う石英脈、黄鉄鉍と黄銅鉍を伴う不規則な網状帯及び黄鉄鉍と黄銅鉍の鉍染帯である。もっとも規模の大きい鉍化帯は、本地区中央部に見られ、幅6 m間に、最大幅1 mの黄鉄鉍及び黄銅鉍を伴うレンズ状石英脈が分布する。このレンズ状の石英脈を分析した結果では、最も銅品位の高い箇所では脈幅60 cmでCu 2.66 %を示した。網状帯及び鉍染帯の試料では、局部的にCu 2～10 %の高い値を示す。

確認された鉍石化帯は、枕状溶岩を伴うキプロス型鉍床ではなく、粗粒玄武岩中を母岩とする石英脈及び網状の鉍化作用であった。鉍徴地が散在すること及び局所的に銅品位の高い部分が認められることなどより、今後さらに詳しい調査が望まれる。

### (3) C 地 区

C地区はセガマ地区中央南部に位置し、セガマ川の上流域に当たる。本地区も銅鉍床の可能性が推定されたことから、土壤試料及び河床堆積物試料による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、先三畳紀の千枚岩質片岩及び緑色片岩、白亜紀より第三紀にかけての超塩基性岩、塩基性岩、チャート・スピライト層及び始新世より中新世のクワム層より構成される。

地化学探査の結果では、銅などの異常帯は緑色片岩の分布域に主として認められる。地表調査の結果では、この緑色片岩中に黄鉄鉍などの鉍染帯が認められており、地化学探査の結果と一致する。土地化学探査の結果では、地区中央南端部のクワム層分布域にCu、Pb、S、Znの異常帯の重なる部分があり、何らかの鉍化作用を反映すると推定される。

本地区で見られる鉍化作用は、緑色片岩中の破碎帯に主として認められ、その地質より判断するとキプロス型銅鉍床の可能性は低く基盤岩類中の弱い鉍染状の鉍化作用と考えられる。中央南端のクワム層の分布域で確認された異常帯は、広がりはないが顕著な異常を示すことから、今後何らかの調査が望まれる箇所である。

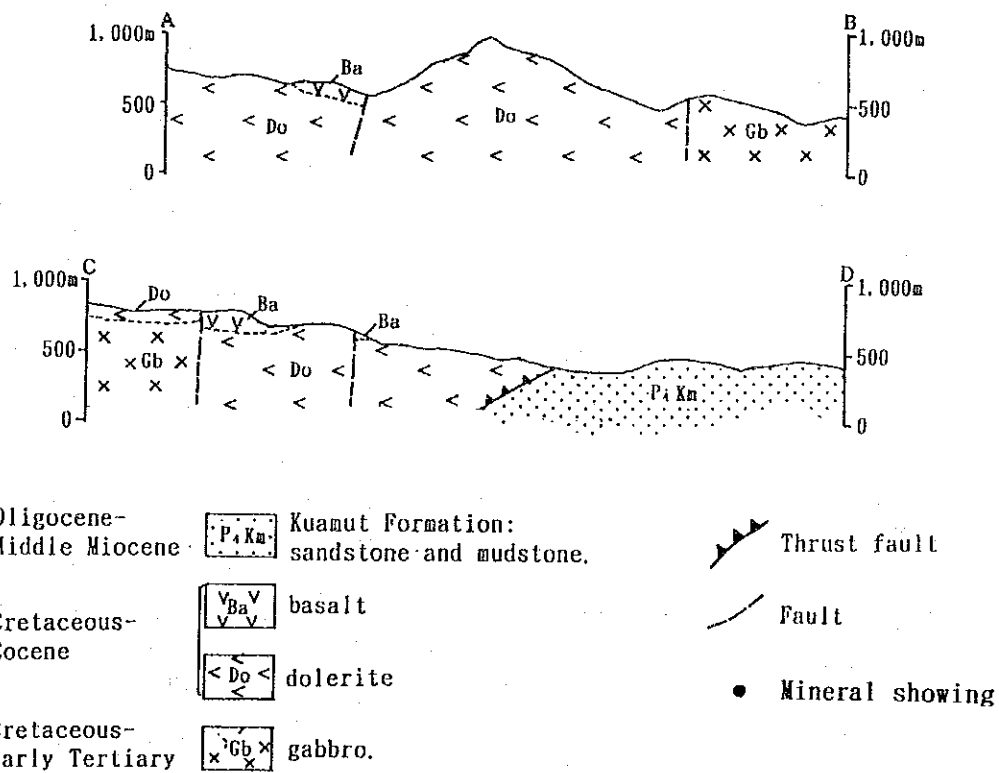
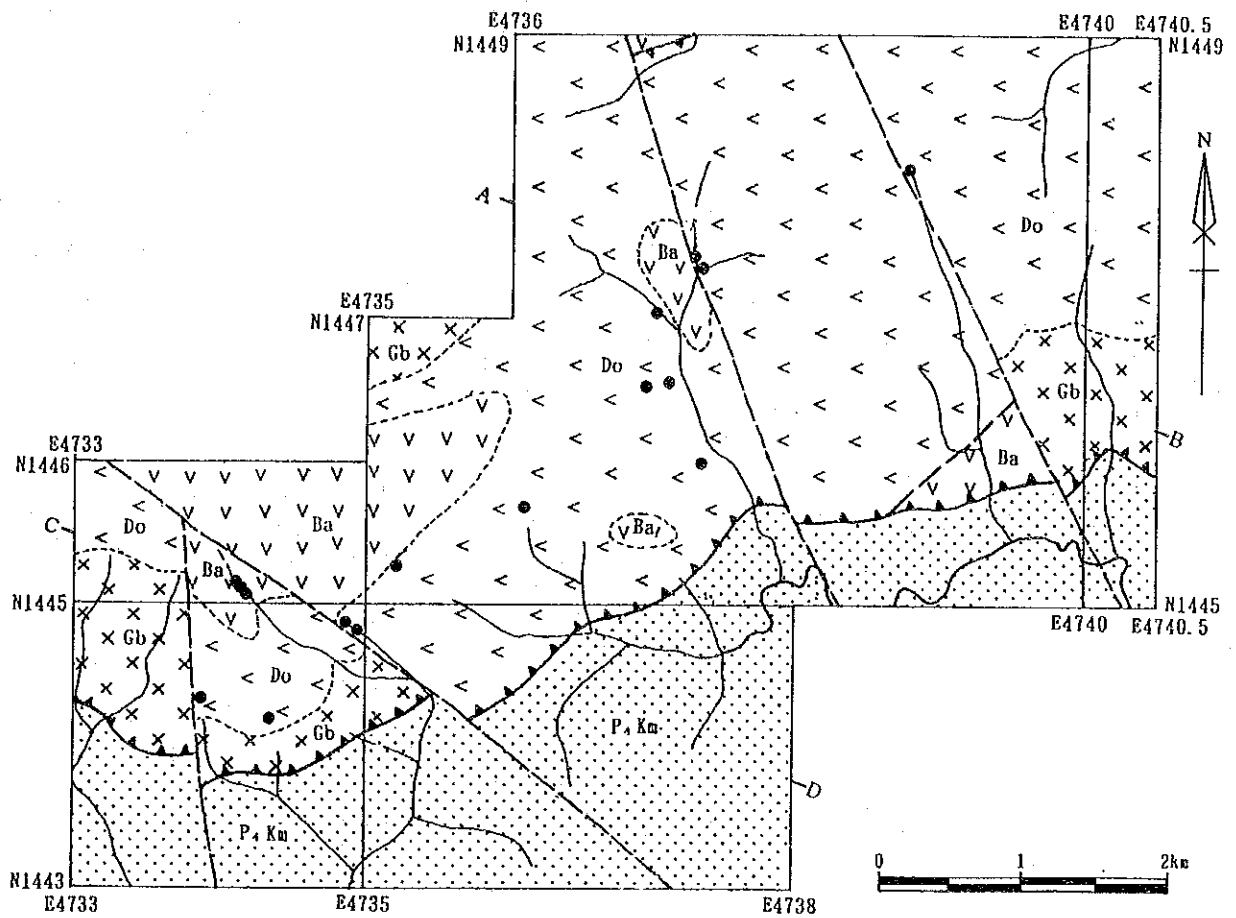


Fig. II-5-2 Geological map of Area B

#### (4) D 地 区

D地区は、セガマ地区の中央南端部、テンカユ(Tingkayu)川の中流域に位置する。本地区もキプロス型銅鉛床を対象として、土壌による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、先三畳紀の角閃石片岩及び緑色片岩、白亜紀より第三紀にかけての超塩基性岩～塩基性岩、チャート・スピライト層、始新世より中新世にかけて堆積したクワム層、角閃石片岩を貫く安山岩ポーフイリより構成される。本地区での地表調査の結果では、不毛石英脈の存在を除けば顕著な鉛化作用又は変質作用は認められなかった。

地化学探査の結果では、抽出された異常帯はいずれも小規模で散在しており、有望な鉛化帯賦存の可能性が低いことを示した。更に、鉛床母岩となるチャート・スピライト層の分布が小範囲に限られていることから、地質的にもキプロス型銅鉛床賦存の可能性が低いことを示す。

#### 5-4-2 センボルナ地区

##### (1) E 地 区

E地区は、センボルナ地区の中央部、カルンバン(Kalumpang)川の最上流域に位置する。本地区では浅熱水成の金鉛床を対象として土壌による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、始新世より中新世にかけてのクワム層及び漸新世の安山岩類より構成される。

土壌地化学探査の結果では地区の南東部でAs、Au、Cu、Hg、Mo、Pbなどの異常帯が重なる箇所が抽出された。因子分析の結果でもこの箇所は明瞭に抽出されている。地表調査の結果では、この箇所に珪化作用が確認されており、この箇所に顕著な熱水変質があったことを示す。しかしながら地表調査及び鉛石分析の結果などでは、顕著な鉛化作用は確認されていないので、温泉に伴う熱水変質の可能性が強いと判断される。

##### (2) F 地 区

F地区は、センボルナ地区中央南部に位置し、タワウ(Tawau)川の上流域に位置する。本地区に対しても、浅熱水成の金鉛床を対象として土壌による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、鮮新世(安山岩)及び更新世(石英安山岩、玄武岩)の火山岩類より構成される。

土壌地化学探査の結果では、地区北部の安山岩分布域でAs、Au、Cu、Hg、Pb、Sなどの元素の異常帯が重複する箇所がある。この箇所では地表調査の結果、黄鉄鉛の鉛染を伴う珪化・粘土化帯が数か所で認められており、温泉の湧出も確認されている。因子分析の結果は、この変質帯を明瞭に抽出している。抽出された異常帯は、その関係する元素などより判断すると、E地区のもの

のと同様で、温泉に伴う熱水の影響が強いものと判断される。

### (3) G 地 区

G地区は、センボルナ地区中央南部に位置し、アパス (Apas) 川の流域にある。本地区ではE、及びF地区と同様、浅熱水成の金鉱床を対象として土壌による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、鮮新世の安山岩類、更新世の安山岩類及び石英安山岩類より構成される。地区の南東部には鮮新世と考えられる、花崗閃緑斑岩の小岩体が貫入する。地区の中央部より東部にかけての広い範囲には、凝灰岩、砂、シルト、火山灰が分布する。この源岩が残された組織より主として石英安山岩質凝灰岩より成ると推定されることから、更新世の堆積物と考えられる。

地化学探査の結果では、地区の南東部及び南西部に各元素の異常帯が重複する部分がある。このうち南東部で見られるものは花崗閃緑斑岩の分布域及びその周辺である。南西部のものは、著しい粘土化を受けた安山岩の分布域に一致する。調査地区の北西部の安山岩の分布域においても変質帯が確認されており、As、Au、Pbなどの異常が重複している。因子分析の結果では、これらの変質帯が明瞭に抽出されている。

地表調査の結果では、顕著な鉱化帯は確認されていないのはっきりしないが、地化学探査の結果によれば有望地区としては変質帯周辺及び花崗閃緑斑岩の分布域の周辺に限られる。

### (4) H 地 区

H地区は、センボルナ地区東部に位置し、シビット (Sipit) 川の流域にある。本地区ではE、F及びG地区と同様、浅熱水成の金鉱床を対象として土壌による地化学探査を実施した。

本地区の地質は、地区の北部に分布する漸新世～中新世のカルンバング層と地区の南部に分布する鮮新世の安山岩類より主として構成される。地区北東部の小範囲には、チャート・スピライト層が分布する。

土壌地化学探査の結果では、地区北東部のチャート・スピライト層の分布域及び南端部の安山岩の分布域で各元素の異常帯が重なっている。これ以外の異常帯は散在しており明瞭な傾向は示さない。従って、調査地区の中では、各元素の異常帯が重なる北東部及び南端部の2か所が最も有望と考えられる。地表調査の結果では、これらの箇所でも顕著な鉱化帯は確認されていないので、全体的にみると鉱床賦存の可能性は低いと予想される。

### 5-4-3 キナバル地区

#### (1) J 地区

本地区は、キナバル地区中央部のスグット川中流地域のミラリ (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スグット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。因子分析の結果と鉱化作用の関係は、不明瞭である。本地区に大規模な鉱物化作用の存在する可能性は低い。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。

#### (2) 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、黄緑色のサブプロライトが見られる。このサブプロライトより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、カンラン石のNiの含有量は、0.3～0.4%であるので、明らかに濃集している。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。

### (3) L 地 区

L地区はキナバル地区南部に位置し、カラマック (Karamauak) 川の最上流域に当たる。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。

### (4) 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地域において 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る。異常帯が段丘堆積物の分布域と密接な関係を示すことから、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、礫の影響が推定される。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、本地区に大規模な鉱化帯の存在する可能性は低いと判断される。



#### 5-4-4 ラブク地区

##### (1) N 地区

N地区はラブク地区のほぼ中央部に位置し、テルピド (Telupid) の西方にあたる。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。K地区と同様、同一地点において深度の異なる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。ラブク川およびテルピド川沿岸には、河床堆積物が発達する。

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壌が分布する。本地域の北部において風化の著しい超塩基性岩の試料を2個採取し鉱石分析を行った結果、Niの含有量はそれぞれ、0.80%、1.32%であった。

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50cmの試料では、最大値は、それぞれ、Ni 13,114 ppm、Fe 46.17%、平均値は、それぞれ、Ni 886 ppm、Fe 19.02%であり、深度150cmの試料では、最大値は、それぞれ、Ni 14,497 ppm、Fe 43.29%、平均値は、それぞれ、Ni 1,035 ppm、Fe 19.27%である。K地区と比較して最大値は高いが平均値が低いのは、基盤岩がチャート・スピライト層の土壌が含まれているためである。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、Ni 0.5%以上を示す試料を、風化作用などの過程でNiが濃集した可能性がある試料と考えると、深度50cmの試料では17試料、深度150cmの試料で21試料で、一般に、深度150cmの試料の方が深度50cmの試料より高いNi含有量を示す。

##### (2) 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。本地区ではクロム鉱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、クロム鉄鉱の露頭は、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、クロム鉄鉱の転石も確認できなかったことからすると、大規模なクロム鉄鉱床の賦存する可能性は低いようである。

### (3) Q 地 区

Q地区は、ラブク地区中央南部のカラマック川中流域に位置する。本地区ではクロム鉄鉱床及び銅鉄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試料からAu 4.1 g/tの分析値が得られた。タヴァイ・プラトウより採取したゴッサン試料は、Ni 0.3% の低い値を示した。

地化学探査の結果では、土壌および河床堆積物ともに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およ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。

### (4) R 地 区

R地区は、ラブ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、著しい鉱化作用及び変質作用は確認できなかった。

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、東部の超塩基性岩の分布域に集中する。土壌試料においては、Au、Cu、Ni、S 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、鉍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。

#### (5) 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。

#### (6) 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。タンジュン層中には、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。転石も含めて鉱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) の分析地が得られた。これらの試料の研磨片を観察した結果では、銀鉱物として紅銀鉱、含銀四面銅鉱、輝銀鉱などが同定された。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鉱物を伴うことより判断すると、確認された鉱化帯は斑岩型銅鉱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。



## 第 6 章 鉱徴地調査

### 6-1 調査の概要

本調査では、既存資料を収集と既知鉱徴地の調査を実施するとともに、この調査の結果抽出された有望地に対する調査を行った。本調査は、第1年次にあたる平成2年度より平成5年度までの4年間に渡って実施した。各年度で実施した調査の内容は以下のとおり。

第1年次 既存資料の収集及びコンパイル、地形及び地質データによる重合鳥観図作成、地形及び衛星画像データによる重合鳥観図作成

第2年次 セガマ地区9鉱徴地の調査及びセンボルナ地区46鉱徴地の調査

第3年次 キナバル地区12鉱徴地の調査及びラブク地区28鉱徴地の調査

第4年次 キナバル地区タンパング (Bt. Tampang) 地区の調査

### 6-2 作業量

本調査では、鉱徴地に対する地質調査を実施するとともに各種の室内試験を行った。調査量及び室内試験に供した試料数は以下のとおり。

Table II-6-1 Work amounts of mineral showing investigation

Item	Phase II	Phase III	Phase IV	Total
Investigation of mineral showings	55 showings	40 showings	50 km <sup>2</sup>	95 showings 50 km <sup>2</sup>
Laboratorial studies				
K-Ar dating	20 samples	20 samples	10 samples	50 samples
Whole rock and minor element analyses	40 samples	50 samples	40 samples	130 samples
Thin section	40 samples	50 samples	50 samples	140 samples
Ore assaying	50 samples	60 samples	65 samples	175 samples
Polished section	30 samples	30 samples	30 samples	90 samples
X-ray diffraction	40 samples	15 samples	50 samples	105 samples
Fluid inclusion	20 samples	10 samples	20 samples	50 samples

### 6-3 調査結果

#### (1) 第1年次調査

第1年次の調査では、マレーシア地質調査所サバ支所において既存資料の収集及び収集した資料のコンパイルを行った。この結果に基づき、調査の必要な鉱徴地の抽出を行った。抽出された

鉱徴地に対しては、第2年次及び第3年次に現地調査を行った。

## (2) 第2年次調査

第2年次の調査では、セガマ地区及びセンボルナ地区の両地区に対し鉱徴地の調査を実施した。調査を行った鉱徴地は、セガマ地区9か所、センボルナ地区46か所の計55か所である。

本調査の結果を要約すると以下のとおり。

- ① セガマ及びセンボルナの両地区において、今後発見の可能性が最も高い金属鉱床としては、センボルナ地区の金鉱床が挙げられる。
- ② センボルナ地区の金鉱床はマンツリィ地区で見られる鉱床に代表され、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賦存する。
- ③ マンツリィ地区で金の鉱化作用をもたらした熱水溶液は中性～アルカリ性で、珪化作用、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及ぼしている。鉱床は、全体的に見ると低品位(Au 1.0 ~ 3.0 g/t)の網状鉱床であるので、その下部にポナンザ型(鉱脈型)の含金石英脈の賦存の可能性が考えられる。
- ④ センボルナ地区東部ナゴス(Nagos)地区で見られる鉱化帯の一部では、酸性熱水溶液による可能性が考えられる珪化作用及び粘土化作用が見られる。一般にこの種の変質作用は、鉱脈型金銀鉱床の上部の地表付近に認められる。地表では、珪化、粘土化、明ばん石化酸性変質帯が主体であるので、この下部に網状型、さらにポナンザ型金鉱床賦存の可能性が考えられる。
- ⑤ 本地区の金の鉱化作用は、カルクアルカリ岩系の火山活動に関連する可能性が考えられるので、熱水変質を受けた火山岩及び火山砕屑岩がカルクアルカリ岩系列に属していれば、ポテンシャルは更に高いと考えられる。
- ⑥ セガマ及びセンボルナ地区において浅熱水性金鉱床に次いでその可能性の高い鉱床は、チャート・スピライト層に賦存するキプロス型含銅塊状硫化鉄鉱床である。
- ⑦ セガマ地区東端部のサイラム(Silam)部落南方の小島には、キプロス型含銅塊状硫化鉄鉱床の下部に伴われた網状鉱化帯の可能性が考えられる鉱徴がスピライト中に認められる。サイラム部落の周辺には、チャート・スピライト層の分布が認められるので、キプロス型含銅塊状硫化鉄鉱床の可能性が推定される。

## (3) 第3年次調査

第3年次の調査では、キナバル地区及びラブク地区の両地区に対し鉱徴地の調査を実施した。調査を行った鉱徴地は、キナバル地区12か所、ラブク地区28か所の計40か所である。

調査の結果を要約すると以下のとおり。

- ① キナバル及びラブク地区の既知鉱徴地40か所を調査した結果、金属鉱床発見の可能性の高い地区としては、キナバル地区のタンバング山 (Bt. Tampang) 地区、ラブク地区のテルピド川 (Sungai Telupid) 流域、ポログ部落 (Kg. Porog) 周辺及びツングッド川 (Sungai Tungud) 地区の4か所が挙げられる。これらの箇所の内タンバング山地区は、金鉱床が対象となり、残り3地区は、キプロス型含銅硫化鉄鉱床の可能性が考えられる地区である。
- ② タンバング山地区では、タンバング山の西麓及び南麓に熱水変質を受けた酸性～中性の火山岩及び火山砕屑岩が分布する。この変質帯中には、石英及び少量の黄鉄鉱・褐鉄鉱よりなる細脈状、網状あるいは鉱染状の鉱化帯が認められる。鉱化帯より採取した試料の鉱石分析結果では、金 (最高値 2.68 g/t)、アンチモン (最高値 0.13 %) 及び水銀 (最高値 22.45 ppm) が比較的高い値を示す。変質鉱物の組合せは、石英-絹雲母-カオリナイト-緑泥石で少量のカリ長石及びスメクタイトを随伴する。石英中の流体包有物の均質化温度は、218 °C～259 °Cを示す。以上より判断すると、本鉱化帯は中新世～鮮新世の火山活動に関連した中性～弱アルカリ性の熱水系に伴われた浅熱水性金鉱床上部の可能性が考えられる。
- ③ テルピド川流域では、テルピド川の両岸に露出する玄武岩及び粗粒玄武岩中に鉱化帯が認められる。この鉱化帯は、黄鉄鉱、褐鉄鉱、石英及び黄銅鉱よりなり、少量の斑銅鉱、輝銅鉱、銅藍、孔雀石、閃亜鉛鉱及び磁鉄鉱を随伴する。鉱化帯では、亜塊状、レンズ状、脈状、網状及び鉱染状を呈する。鉱化帯全体としては、北東方向に広がる長さ約155 m 幅15 m程度の網状鉱化帯とみなし得るがその銅品位は低い。本地区の地質より判断すると本鉱化帯の近くに銅品位の高い網状鉱体又は塊状鉱体の賦存の可能性は依然残されていると考えられる。
- ④ ポログ部落周辺で見られる鉱化帯は、褐鉄鉱及び赤鉄鉱よりなる塊状ゴッサンの2露頭及び殆ど露頭とみなし得る転石よりなる。この塊状ゴッサンの鉱石分析結果では、Fe 55.58～58.34 %、Cu 0.11～0.40 %を示す。この塊状ゴッサンは、キプロス型含銅硫化鉄鉱床とされているピドゥ・ピドゥヒル地区のウエスト・スワログ (West Sualog) 鉱体及びキャバウ (Kiabau) 鉱体の地表部で特徴的に見られる塊状ゴッサンに肉眼観察、反射顕微鏡観察及び化学分析結果が類似する。従って、本鉱化帯の塊状ゴッサンは、キプロス型含銅硫化鉄鉱床の地表部付近が酸化して生成された可能性が考えられるので、露頭部及びその延長部下部の調査が望まれる。
- ⑤ ツングッド川の支流のウンサダン川 (Sungai Unsadan) に沿って長さ20 m以上、高さ8 m以上の範囲に鉱化帯が認められる。この鉱化帯では、黄鉄鉱、石英及び少量の黄銅鉱よりなり、亜塊状、網状及び鉱染状を呈するが、鉱化帯全体としては亜塊状に近い産状を示す。



鉍石分析の結果では、Cu 0.27 % を示した。本鉍化帯を含む範囲では、以前(1980-1984、1986-1990)に実施した地化学探査の結果では、Cu、Znの顕著な異常帯が報告されている。従って、本鉍化帯の周辺に有望な鉍化帯の賦存する可能性が考えられる。

#### (4) 第4年次調査

第3年次の調査でキナバル及びラブルク地区より抽出された4地区のうちその可能性が最も高いと考えられたタンパング山地区に対し鉍微地調査を行った。調査範囲をFig. II-6-1に示す。

本調査の結果を要約すると以下のとおり。

- ① 調査地域中央北部のポーリン(Poring)部落以東には、熱水変質を受けた砂岩、泥岩、酸性～中性火山岩類及び火山砕屑岩類が分布し、この中に少量の褐鉄鉍、黄鉄鉍と局部的に赤鉄鉍や黄銅鉍を随伴した石英細脈、石英網状脈、脈状珪化帯及び珪化・粘土化帯の露頭が認められる。露頭より採取した試料の分析結果では、金0.1 g/t 以上(0.10 ~ 2.48 g/t) 銅 0.10 % 以上(0.22 ~ 0.64 %)、砒素が1,000 ppm 以上含まれている試料はいずれも地区東部のタンパン山(Bt. Tampang)の南斜面及び東斜面に集中する。これらの試料では水銀も高い値(1,399~38,785 ppb)を示す。
- ② タンパン山の南斜面で見られる鉍微地では、黄鉄鉍を伴う石英細脈、石英網状脈及び脈状珪化帯が見られる。全体的に見るとこれらの鉍微は、大きな石英網状脈の一部をなす。母岩は、熱水変質(主として珪化作用、絹雲母化作用及びカオリン化作用)を強く受けた珪長質凝灰岩、強熱水変質岩及び砂岩より成る。熱水変質帯の鉍物組合せは、浅熱水性金鉍床に伴われた熱水変質を示すと考えられる。
- ③ 砂岩はクロカー層に属し、珪長質凝灰岩は不整合関係でクロカー層の上位に載る。酸性～中性火山岩及び火山砕屑岩の全岩分析結果では、いずれもカルクアルカリ岩系に属していることを示す。
- ④ 以上の結果より、タンパン山の南斜面及び東斜面に見られる金の鉍化帯は、中新世後期のカルクアルカリ岩系の火山活動に関連した中性の熱水に伴われた浅熱水含金石英網状脈と考えられる。

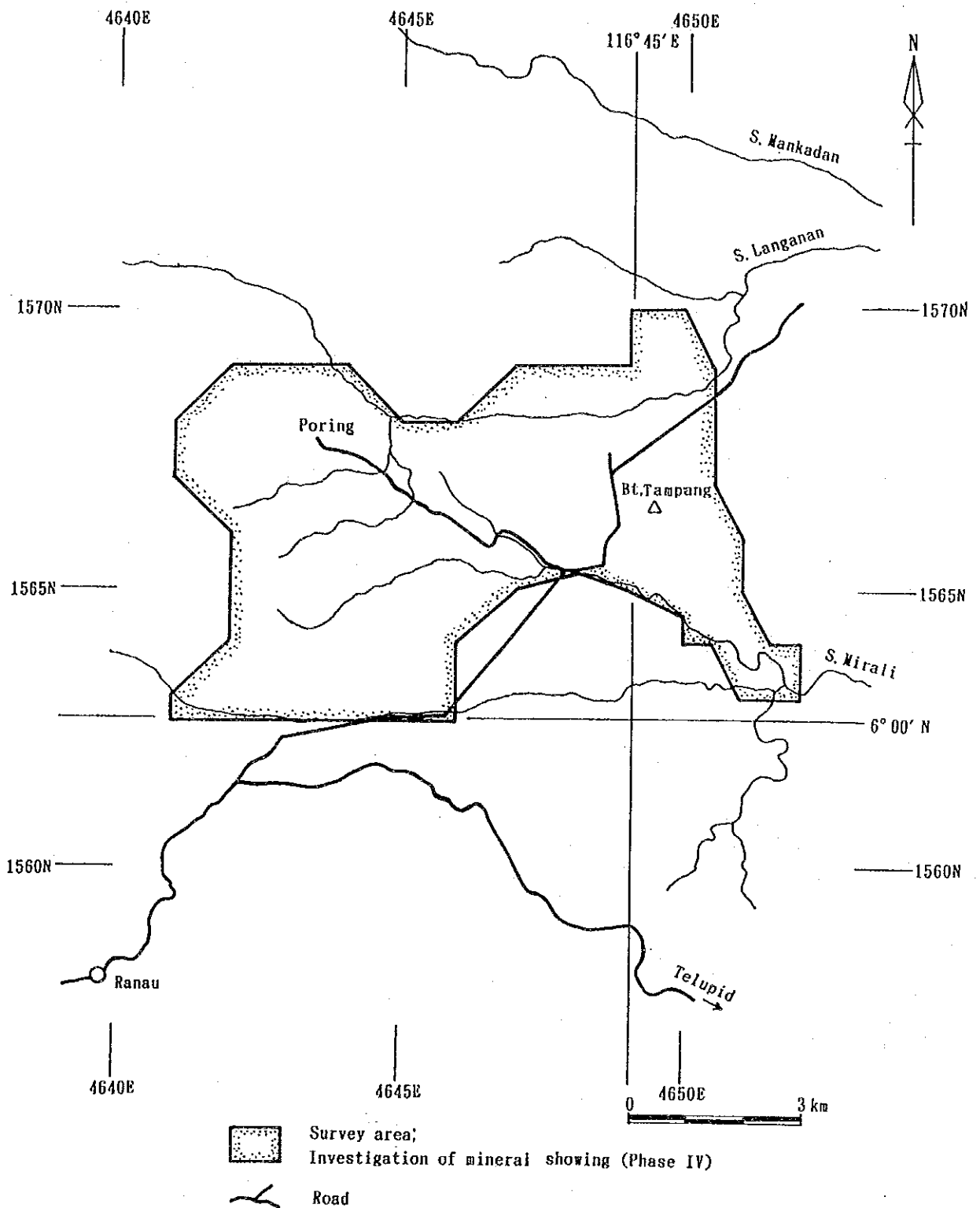


Fig. II-6-1 Location map of Bt. Tampang area



### 第Ⅲ部 結論及び提言



## 第 1 章 結 論

本調査は、1990年10月より1994年2月までの4年度にわたり実施した。調査は、第1年次の既存資料収集及び地化学探査の予察調査に始まり、衛星画像解析、空中物理探査、広域地化学探査、地化学探査を主とする準精密調査及び鉱徴地調査を行った。これらの調査の結果得られた主要な結論としては、以下が挙げられる。

### 地化学探査予査調査

- ① 予査調査の結果に基づき決定された調査手法で、本地域の広域地化学探査及び準精密地化学探査を実施した。これらの調査結果では、既知の鉱化帯を含む有望な鉱徴地を明瞭に捕捉しており、採用した調査手法が適切であったことを示す。

### 衛星画像解析

- ① 解析の結果は、既存の地質図と良く一致する。
- ② これに加えて、これまで知られていなかったキナバル地区のN-S系の断層群や多くの環状構造の存在を確認しており、本地域の大構造を含む地質構造の解析に衛星画像解析が有効であることを示す。

### 空中物理探査

- ① 解析の結果作成した磁気異常図及び放射線異常図では、調査地域の地質及び地質構造を良く反映している。更に、キナバル地区では、N-S系の不連続線が卓越するのに対してラプク地区ではNE-SW系が卓越するなど、地区による構造の差を明瞭に抽出している。
- ② センボルナ地区の火山岩類の分布域で認められる変質帯は、磁性が低く且つ放射線強度が高い箇所として抽出が可能である。
- ③ キナバル地区の南部では地下深部に高磁性を示す岩体が、センボルナ地区の北部では地下浅所に高磁性を示す岩体の存在が推定される。

### 広域地化学探査

- ① 本探査の結果では、マムート鉱床、ピドゥ・ピドゥヒル鉱床などの既知の鉱徴地を明瞭に抽出しており、本調査が有効であることを示す。
- ② 抽出された鉱化帯と指示元素との関係を見ると、マムート鉱床周辺ではCu、Hg、Mo、Sが濃集し、センボルナ地区の金の鉱徴地ではAs、Au、Pb、Sが高い濃度を、更に火山岩の分布域で見られる顕著な変質帯では、AsとHgが濃集するなど鉱化作用、変質作用の違いにより異なった元素の組合せによる濃集が見られる。従って、濃集する元素の組合せよりその鉱化作用の特徴を推定することが可能である。

- ③ 調査を広範囲に実施したことから、地域全域に対する元素の分布傾向が明らかとなり、調査の対象となる区域の相対的な評価が可能となった。このことは、今後の金属資源探査を効率的に進める上で重要な指針となる。

#### 準精密調査

広域調査の結果に基づき抽出された有望地18か所に対して準精密調査を実施した。この結果以下の地域が有望地として抽出された。

- |   |                    |                |
|---|--------------------|----------------|
| ① | ラブク地区最南端のT地区       | : 金及び斑岩型銅鉱床    |
| ② | ラブク地区テルピド西方のN地区    | : ラテライト型ニッケル鉱床 |
| ③ | ラブク地区カラマック川中流域のQ地区 | : 脈状-鉱染状銅鉱床    |
| ④ | セガマ地区ダヌン川上流のB地区    | : 脈状-鉱染状銅鉱床    |
| ⑤ | キナバル地区ラノウ東方のK地区    | : ラテライト型ニッケル鉱床 |

抽出された地区のうち最も顕著なものはT地区で確認された鉱化帯で、採取した試料の鉱石分析結果では、その最高値が Au 18.4 g/t、Ag 931.4 g/tの値を示した。ラテライト型のニッケル鉱床を対象としたN及びK地区では、1.00 %以上の値を示す試料が確認されている。一般にこの型のニッケル鉱床は深部の基盤岩周辺で最も濃集することが知られているが、本調査では、地表下1.50 mまでしか調査されていない。地化学探査の結果得られた異常帯を調査した結果、B地区では黄銅鉱及び黄鉄鉱の鉱化帯が確認された。Q地区では銅を伴う磁硫鉄鉱の鉱化帯が過去の調査で報告されており、本調査でも比較的高い金品位 (Au 4.1 g/t) が確認されている。

#### 鉱徴地調査

- ① セガマ地区及びセンボルナ地区の両地区において、今後発見の可能性が最も高い金属鉱床としては、センボルナ地区の浅熱水性金鉱床が挙げられる。金鉱床に次いで可能性の高い金属鉱床としては、チャート・スピライト層中に賦存するキプロス型の銅鉱床が考えられる。
- ② キナバル地区及びラブク地区では、可能性の高い地区としてキナバル地区のタンバング山周辺（金鉱床を対象）とラブク地区でキプロス型銅鉱床を対象とするテルピド川流域、ポログ部落周辺及びツングッド川周辺が挙げられる。
- ③ 鉱徴地調査の結果その可能性が最も高いと考えられたタンバング山周辺に対して地表精査を行った。この結果では、中新世後期のカルクアルカリ岩系の火山活動に伴われた中性熱水による浅熱水性含金石英網状脈と考えられる鉱化帯が確認された。但し、鉱石分析の結果では、比較的低い値 (Au 0.10 ~2.48 g/t) を示す。

## 第2章 将来への提言

4年度にわたって実施した本調査の結果を総合すると、本地域の今後の調査として以下が提言される。

- (1) 衛星画像解析の結果では、キナバル地区のN-S系断層群や環状構造が確認された。衛星画像は全体的な地質及び地質と鉱化作用との関係の解明に有効な手法であるので、今後の調査では、本調査で作成した画像の有効利用が望まれる。
- (2) 空中物理探査の結果では、地質及び地質構造を良く反映している。また、変質帯の分布域では低磁性を示すなど、変質帯も抽出されている。従って、今後の調査では、この物理探査結果を有効に活用し、より精度の高い地質構造の解明などに資することが望まれる。
- (3) 広域地化学探査の結果では、調査地域全体の地球化学的な傾向が明らかとなった。本調査で実施した準精密調査では、広域地化学探査で抽出された主要な異常帯や高濃度帯の調査を行ったのみであるので、準精密調査の範囲に含まれなかった箇所についても今後の調査や検討が必要である。
- (4) 本調査で実施した準精密調査では、試料の採取密度を原則として1 Km<sup>2</sup>当たり4試料とし実施した。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、引き続き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。本調査の結果に基づけば、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挙げられる。

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 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        |

これらの調査を実施した後、確認された有望箇所に対しては、引き続きボーリングによる調査が必要である。

- (5) 本調査で取得された膨大な空中物理探査及び地化学探査データは、フォーマット化されテープに入力されている。これに加えて水系データも5万分の1の地形図を基に入力してあるので、必要な範囲の必要なデータを随時取り出して再解析することが可能である。ひとつの地域に対し、このような膨大な基礎データが得られているので、このデータを有効に活用することは、今後の調査を効果的に進める上で重要である。従って、このデータを利用するためのソフトの取得及びオペレーターの教育を早急に実施すべきである。





## References

Akima H. (1978): A Method of Bivariate Interpolation and Smooth Surface Fitting for Irregularly Distributed Data Points. ACM Trans. Math. Software 4, pp.148-159

Akiyama Y. (1984): A case history - exploration, evaluation and development of the Mamut porphyry copper deposit, Geol. Soc. Malaysia, Bull. 17, pp.217-225

Chung S.K. (1971): Geological Map of the Upper Segama Valley and Darvel Bay Area. Geological Survey of Malaysia.

Chung S.K. (1984): Annual Report 1982, Geological Survey of Malaysia, Ministry of Primary Industry.

Collenette P. (1965): Prospecting in Sabah by Borneo Mining Limited 1959 - 1963. Borneo Reg., Geological Survey of Malaysia Annual Report for 1964, pp.57-61

David T.C.Lee(1988): Gunung Pock area, Semporna Peninsula, Sabah Malaysia, Explanation of Sheet 4/118/10. Report 9, Geological Survey of Malaysia.

Fitch F.M. (1961): The geology and mineral resources. of the Semporna Peninsula, Northern Borneo. Geological Survey Memoir 14, Geological Survey Dept., Malaysia.

Guilbert J.M. & Park C.F.Jr. (1986): The Geology of Ore Deposits. W.H. Freeman and Company/New York.

Heng E.H. (1985): Geological Map of Sabah, Third Edition, Geological Survey of Malaysia

JICA and MMAJ(1988): Report on the mineral exploration in Sabah, Malaysia. Consolidated Report.

Kurzl H. (1988): Exploratory data analysis: recent advances for the interpretation of geochemical data. Journal of Geochemical Exploration, vol. 30 pp. 309-322.

Hail N.S. (1968): The northwest Borneo geocyncline in its geotectonic setting. Geolo. Soc. Malaysia Bull. 1, p.59

Lewis D.E. (1964): Case History of a Geochemical Anomalous Copper Zone at Pinanduan, Sabah, Malaysia. Borneo Reg. Malaysia Geol. Survey Ann. Rept, 1964 pp.163-175.

Lim P.S. (1981): Wullersdorf Area, Sabah Malaysia. Report 15, Geological Survey of Malaysia.

Leong K.M. (1976): Mineral distribution map of Sabah, 1st edition. Geological Survey of Malaysia.

Newton-Smith J. (1967): Bidu Bidu Hill area, Sabah, East Malaysia. Exploration of

Sheet 5-117-2 and part 5-117-1. Geological Survey of Malaysia.

Willson R. A. M. (1964): Annual Report of the Geological Survey, Borneo, Malaysia, Geological Survey of Malaysia.

## List of figures

Fig. 1	Location map of the project area	2
Fig. I-1	Work flowchart of the project .....	2
Fig. I-2	Geologic map of the project area .....	11
Fig. I-3	Distribution map of mineral occurrences in the project area .....	13
Fig. I-4	Recommendation map of surveys .....	34
Fig. II-2-1	Index map of Landsat data .....	42
Fig. II-2-2	False color image of TM data .....	43
Fig. II-2-3	Interpretation map of Landsat images of MSS data .....	48
Fig. II-2-4	Geological structure map of MSS images .....	51
Fig. II-2-5	Interpretation map of Landsat images of TM data .....	53
Fig. II-2-6	Geological structure map of TM images .....	57
Fig. II-3-1	Location map of heliborne geophysical survey area .....	62
Fig. II-3-2	Total field magnetics of the survey area .....	67
Fig. II-3-3	Radiometric total count of the survey area .....	71
Fig. II-3-4	Radiometric ternery map of the survey area .....	73
Fig. II-3-5	Magnetic anomaly map of the survey area .....	77
Fig. II-3-6	Radiometric anomaly map of the survey area .....	83
Fig. II-4-1	Location map of stream sediment samples in the survey area .....	93
Fig. II-4-2	Distribution map of Au in the survey area .....	99
Fig. II-4-3	Distribution map of Cu in the survey area .....	101
Fig. II-4-4	Dendrogram of elements for stream sediments .....	105
Fig. II-4-5	Distribution map of Factor 3 factor scores .....	109
Fig. II-5-1	Location map of semi-detailed syrvey areas .....	120
Fig. II-5-2	Geological map of Area B .....	125
Fig. II-6-1	Location map of Bt. Tampang area .....	139

## List of tables

Table I-1	Summary of work amounts .....	4
Table I-2	Summary of laboratorial studies .....	5
Table I-3	Statistics of temperature and rainfall .....	8
Table II-2-1	List of Landsat data used .....	41
Table II-2-2	Photogeological interpretation chart of MSS data .....	46
Table II-2-3	Photogeological interpretation chart of TM data .....	47
Table II-3-1	Specification of heliborne geophysical survey instruments .....	63
Table II-4-1	Statistics of stream sediment geochemical survey .....	95
Table II-4-2	Coorelation matrix of elements for stream sediments .....	96
Table II-4-3	Results of factor analyses for stream sediments .....	106
Table II-6-1	Work amounts of mineral showing investigation .....	135

JICA