

第4章 インバック川地区南部

4-1 調査の概要

4-1-1 調査の経緯

インバック川地区南部は、基本図調査のラプク地域の南限よりさらに南方に延びた地域であり、地質の情報が十分得られていない地域で、全体的に第三紀の堆積岩類が分布するとされていた。

鉱物資源基本図調査におけるT地区の地化学探査において地区南部に金及び銀の鉱化作用が存在することが確認され、この鉱化作用はT地区南部から南方につながって延長している可能性があることが指摘された。従って、T地区南部とその南方に延長した地区を含めてインバック川地区とし、T地区南部をインバック川地区北部とし、その南方に延長した70.0km² (NS10km×EW7km)の地域をインバック川地区南部とした。このインバック川地区南部において、第1年次の調査で、インバック川地区北部の地化探の異常帯を南へ追跡するため土地化学探査を実施し、更に、第2年次においては、第1年次に抽出した有望地域を含む45.5km²の地域に地質準精査を実施した。

4-1-2 調査地区の概要

本地区は、インバック川地区北部と稜線で隔てられ、クアムー川 (S. Kuamut) の支流のクリ川 (S. Kuli) の支流域にあたる。地区内の水系は、地区のほぼ中央部をNNW-SSEの方向で連なる稜線を境として、その西側ではNW方向に、その東側ではW方向に流れクリ川に注ぐ。地域内の河川は一般に急流で、多くの滝を伴う。

地区内の地形は、全体に急峻で、標高1,200m以上を成す稜線が地区内をNNW-SSE方向に縦断し、最大標高は1,527mに達する。標高1,386mのクリ山 (Gunong Kuli) が、この稜線に存在する。

本地区の植生はすべて初生のジャングルで、耕作あるいは林業等の人為的な活動の形跡は認められない。アクセスは悪く、地区内には林道等の道路は一切存在せず、調査はすべて移動キャンプで行った。

4-1-3 調査量

第1年次は、インバック川地区北部の金及び銀の鉱化作用の南方への連続性を把握する目的で土地による地化学探査を実施した。調査量は、調査面積70 km²の地域内で283個の土壌試料を採取した。引き続き、第2年次は、第1年次の調査で捕捉した土地化学探査の異常帯と鉱化作用の関係を明らかにすることを目的として地質調査 (準精査) を行った。調査量は、調査面積 45.5 km²の地区内において調査ルート長77 kmである。なお、鉱化作用に伴う化学的ハローを確認するため、地質調査と平行して岩石試料を採取し、岩石地化学探査をおこなった。採取試料数は300個である。

4-2 土地化学探査

インバック川北部地区の鉍化帯を南に追跡するために土地化学探査を行った。

4-2-1 調査方法

鉍物資源基本図調査で行ったのと同じ手法で、インバック川地区南部において土地化学探査を実施した。調査面積70 km²で、試料の採取密度は、1 km² 当たり4試料を原則として、283個の試料を採取した。試料はB層の上部より採取し、自然乾燥した後-80メッシュの篩別試料を分析用試料とした。分析元素は鉍物資源基本図調査と同様の21元素 (As、Au、Ba、Co、Cr、Cu、Hg、K、Mg、Mn、Mo、Na、Ni、Pb、S、Sb、Sr、Ti、U、W、Zn) である。

地化学探査試料の分析結果は、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。尚、各元素の異常値の抽出には、EDA (Exploratory Data Analysis) 法 (Kurzi H.; 1988) を採用した。

4-2-2 調査結果

地化学探査の異常帯分布図を地質図とともにFig. II-4-1に、高因子得点分布図をFig. II-4-2にそれぞれ示す。

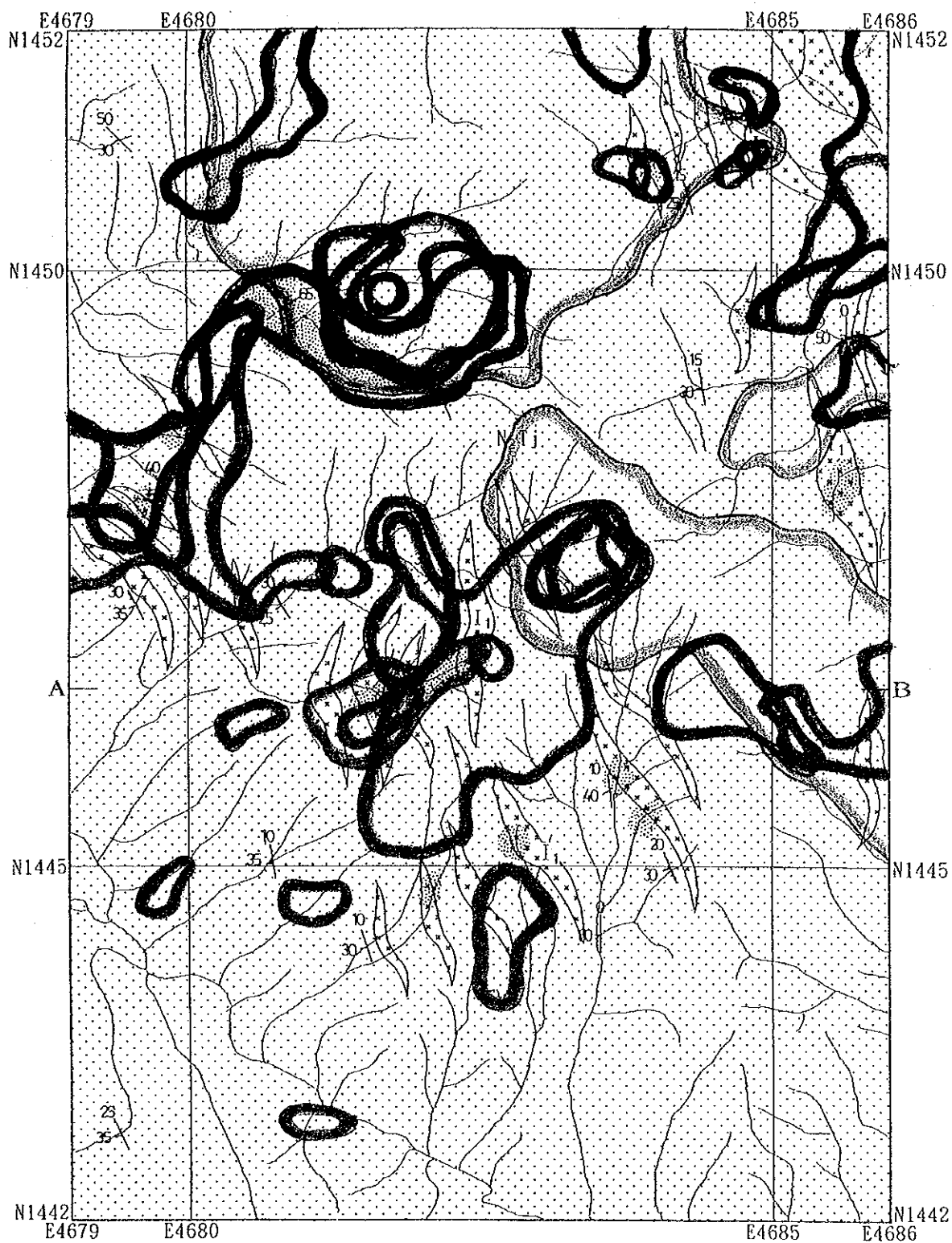
閃緑斑岩は地区中央部を横断する山脈の山腹に多数の貫入岩体としてみられ、今回の調査で初めて確認された。閃緑斑岩の年代測定値は、インバック川地区北部と同様の値を示し、鮮新世前期である。更に、これらの貫入岩体周辺部の堆積岩中には珪化・黄鉄鉍鉍染帯が見られ、最も顕著なものは、地区北西部及び中央部で、中央部では黄銅鉍に鉍染する閃緑斑岩も見られ、黄銅鉍中に細粒の自然金が確認された。すなわち、インバック川地区北部の鉍化作用が山脈沿いに南へ延長することを示唆している。地化学探査の結果、本地区では、鉍物資源基本図調査のT地区の土地化学探査の結果よりやや高いAs、Au、Cu、Hgの値を示す。地区北西部及び中央部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯の分布域は、Au、Cu、Hg、S等の異常帯及び高濃度帯に覆われる (Fig. II-4-1)。因子分析の結果 (Fig. II-4-2)、第2因子 (Au、Cu、Sb、W) 及び第6因子 (As、Au、Hg、S) が本地区の鉍化作用を反映していると考えられ、これらの高い因子得点を持つ試料が分布する地区北西部及び中央部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯を含む地域が鉍床賦存の可能性が高い地域と考えられる。






4-3 地質調査

第2年次において、第1年次の土地化学探査によって確認した珪化・黄鉄鉍鉍染帯及び土地化学探査の異常帯を中心に東西7km、南北7kmでやや変形をなした面積45.5km²の地域を設定し、本地区の鉍化作用を明らかにするため、地質調査 (準精査) を行った。

4-3-1 調査方法

本調査は、既存の5万分の1地形図を基にして作成した地形図を拡大して5千分の1とし、ル

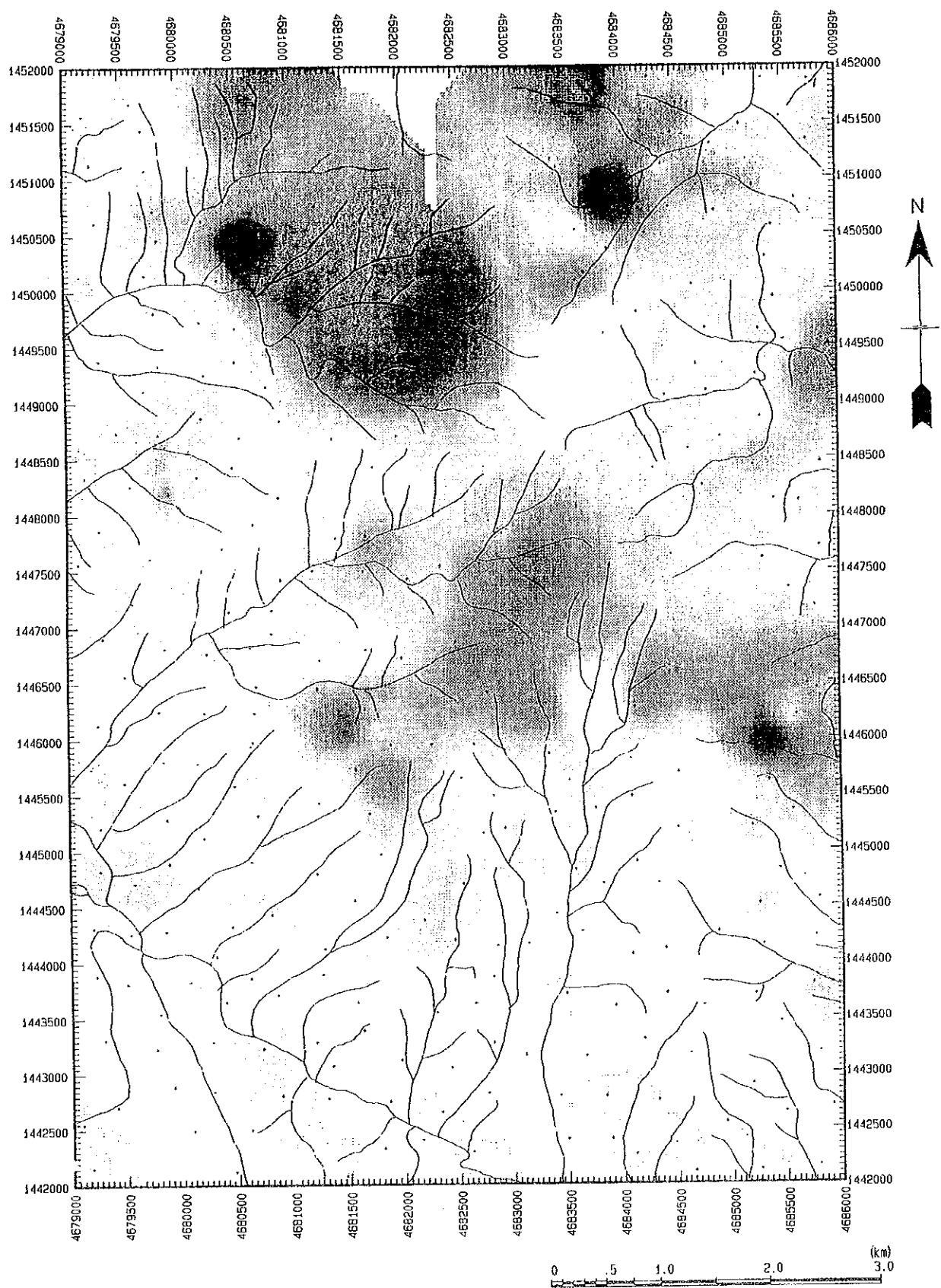


-  Au > 16 ppb
-  Cu > 10 ppm
-  S > 0.31 %
-  As > 37 ppm
-  Hg > 94 ppb

0 500 1,000 2,000m

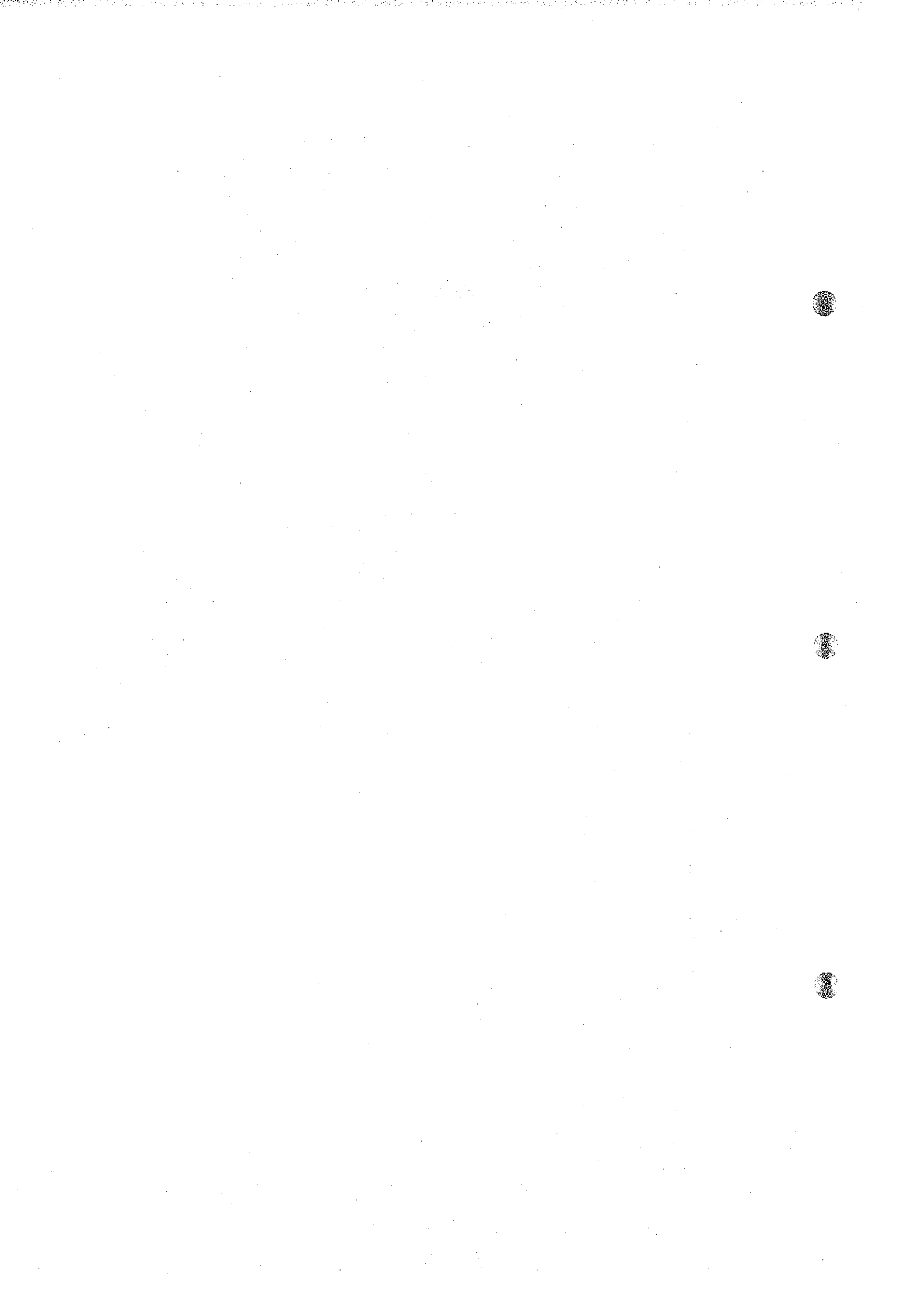
Fig. II -4-1 Distribution of geochemical anomalous zone in S. Imbak Sub-area South





Factor 2 factor score: Blue
 Factor 3 factor score: Yellow
 Factor 6 factor score: Red

Fig. II -4-2 Distribution of factor scores in S. Imbak Sub-area South



ートマップとして使用した。代表的な岩石試料及び鉍石試料については、岩石薄片及び鉍石研磨片を作成した。鉍化作用を伴う露頭では試料を採取し、鉍石分析 (Ag、Au、Cu、Mo、Pb、S、Zn) を行った。さらに、鉍化作用の温度を推定するため、石英脈より石英を採取し流体包有物の充填温度を測定した。

鉍化作用に伴う化学的ハローを確認するため、地質調査と平行して岩石試料を採取し、岩石地化学探査をおこなった。採取試料数は300個である。分析元素は、第1年次のインバック川地区北部の岩石地化学探査と同様の15元素 (Ag、As、Au、Ca、Cu、Hg、K、Na、Mg、Pb、Rb、S、Sb、Sr、Zn) である。岩石試料の分析結果は、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。解析にはインバック川地区北部から南部に渡って分布する鉍化帯の全体像を把握するため、第1年次にインバック川地区北部で採取した201個の試料と、今年度にインバック川地区南部で採取した300個の試料とあわせて501個で行った。

岩石地化学探査で採取した300個の試料の内、55個に対してX線回折試験を実施し、鉍化作用に伴う変質ハローの確認及び地化学探査の異常帯と変質の関係を検討した。

4-3-2 地質

本地区の地質は、前期～中期中新世のタンジュン(Tanjong)層 (N_2Tj) とそれに貫入する閃緑斑岩 (I_1) から成り、閃緑岩の貫入岩が多く分布する地域では、タンジュン層の砂岩、泥岩は珪化し、黄鉄鉍の鉍染を伴う岩石が分布する。本地区の地質図及び断面図をFig. II-4-3に示す。

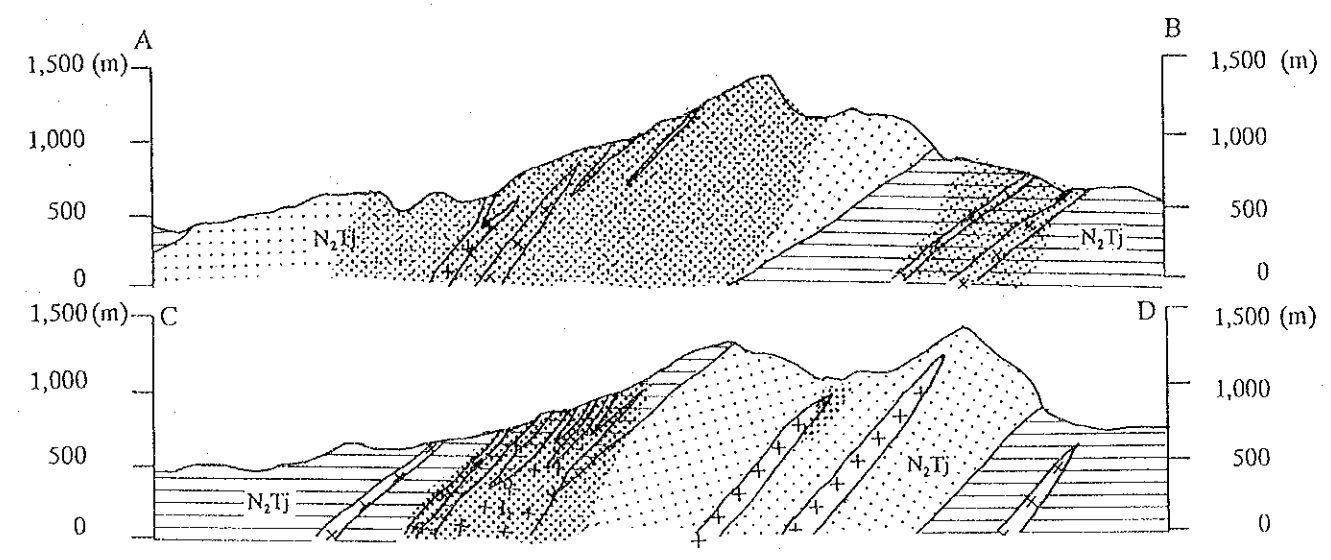
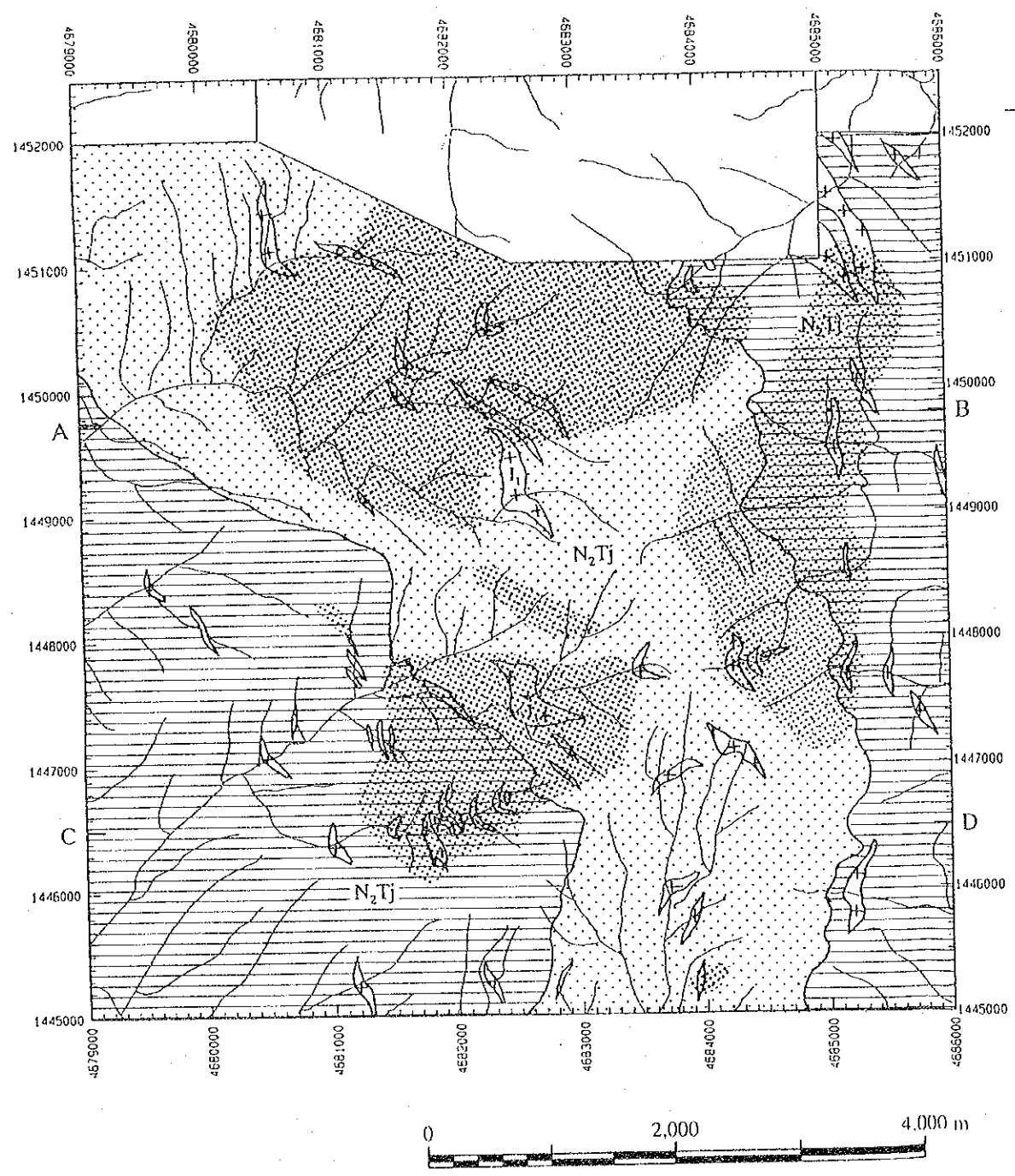
タンジュン層は、本地区全体にわたって分布し、下位より泥岩層、砂岩層及びその上位の泥岩層からなる。堆積岩類は、SW傾斜の単斜構造を成すため、東から西に向かって、下位の泥岩層、砂岩層、上位の泥岩層の順に分布し、泥岩層は稜線両側の比較的地形の緩い地域に分布し、砂岩層は稜線部の比較的地形の高い所に分布する。これらの堆積岩類に閃緑斑岩が貫入し、稜線の両側の斜面に多くみられる。

泥岩層は、調査地域東部の稜線の東斜面の900mより高度の低い地域に分布する。泥岩は、暗灰色から黒色でやや軟質の岩石で、砂岩層の境界付近では、泥岩に数cmから数10cmの砂岩層が互層し、砂岩層に移化する。閃緑斑岩の貫入岩体に近接する泥岩は一般に珪化し、黄鉄鉍の鉍染が見られる。一部、数cmのノジュール状の黄鉄鉍を含むものも見られる。

砂岩層は、調査地区中央部を山脈部の稜線に沿って分布し、急峻な地形を形成する。岩質は灰色から暗灰色の細粒ないしは中粒の塊状で硬質な岩石である。調査地域中央北部からでは砂岩層中に、褐色ないしは、珪化して灰色をなす礫岩がレンズ状に分布する。稜線部に分布する砂岩はやや脱色して淡灰色で、やや軟質となる。閃緑斑岩の貫入岩体が多く見られる付近では、砂岩は珪化し、黄鉄鉍の鉍染を伴う。特に顕著なのは、地区北東部と中央部の稜線の東斜面である。

堆積岩の構造は、地区全体に渡って単斜構造をなし、走行はN-SからWNW-ESE (45° から 70° W) で、傾斜は 20° ~ 40° SW が主体である。全体的な傾向として、南部及び東部では、走行はN-





LEGEND

- | | | |
|----------------|--|---|
| Early Miocene | | Tanjong Formation
Mudstone |
| | | Tanjong Formation
Sandstone |
| | | Tanjong Formation
Conglomerate |
| Middle Miocene | | Diorite Porphyry |
| | | Silicification and/or
pyrite dissemination |

Fig. II-4-3 Geological map and cross section of S. Imbak Sub-area South

SからNNW-SSE (0° から30° W) が主体であるが、北西部に向かって、稜線に沿うように徐々に西方に転じ、NW-SE (40° から60° W) となる。傾斜は、地域および岩相による相違は認められず全域に渡って、20° から40° SWが主体をなす。泥岩がやや破碎しているところが見られたり、小断層も随所で見られるが、地質図に表すような主要断層は確認できなかった。

閃緑斑岩は灰色をなし、数mmの斜長石及び角閃石の斑晶を持つ中性の斑状岩である。新鮮な岩石から粘土化して、灰色のやや軟質になっているものまで、いろいろな変質程度のものが存在する。まれに、細粒の基質を持つ安山岩様の岩石の場合もある。貫入岩体は、稜線に沿って、山腹部を中心に分布し、特に地区中央部の稜線西側に多い。貫入幅は数mから数10mで、堆積岩に調和的ないしは、やや斜交して貫入する岩体である。貫入岩周辺の堆積岩に対する熱変成はほとんど見られず、一箇所で少量の黒雲母が生成されているのが認められたのみであるが、珪化したり、黄鉄鉱の鉱染を伴う場合が多い。中央南部では、弱い黄鉄鉱及び黄銅鉱の鉱染を伴う閃緑斑岩が見られる。

第1年次のK-Ar法による年代測定の結果、本地区の閃緑斑岩は、インバック川地区北部のものと同年代を示し、貫入時期は第三紀鮮新世前期である。

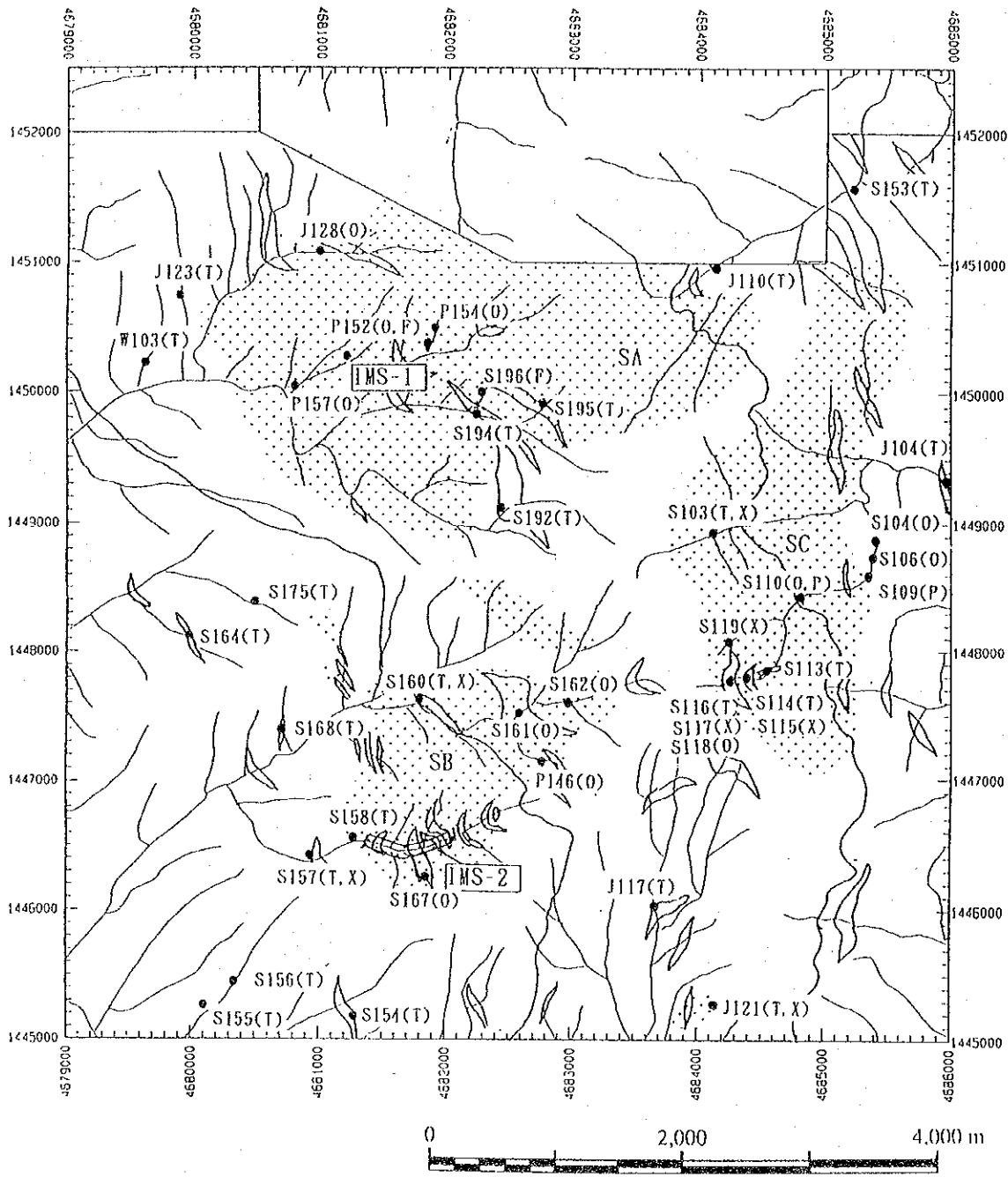
4-3-3 鉱化作用

本地区の主要な鉱化・変質作用は、稜線の両側の山腹に分布する堆積岩及び閃緑斑岩の見られる珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に見られる。これら珪化・黄鉄鉱鉱染帯は地区中央北部(SA)、中央部の稜線の西側山腹(SB)及び、東部の東側山腹(SC)を中心に分布する。このような地域では、閃緑斑岩の貫入岩体が多く見られ、閃緑斑岩の貫入と関連した鉱化・変質作用と考えられる。珪化・黄鉄鉱鉱染帯では砂岩および泥岩は硬質となり、細粒の黄鉄鉱の弱い鉱染がみられ、小さなフラクチャー及び壁開を黄鉄鉱が満たしている。これらの現象は閃緑斑岩の貫入する周辺域でよく見られる。主要な鉱徴地の分布、記載を、Fig. II-4-4 及びTable II-4-1に、それらのスケッチをFig. II-4-5に示す。

1. 北西部の鉱化帯(SA)

北西部の鉱化帯は砂岩層中に南北1.5km、東西2kmの広がりを持って分布し、さらに稜線を越えてインバック川北部に続くと考えられる珪化・黄鉄鉱鉱染帯である。黄鉄鉱の鉱染は堆積岩中にも閃緑斑岩中にも認められる。この鉱化帯内には黄鉄鉱を伴う石英脈が発達し、その多くは砂岩中に見られる幅数cmの細脈である。これらの脈の方向性の一般的特徴は見られず、堆積岩の層理と斜交するものと層理面に沿っているものがある。今回観察された最大の脈は、堆積岩を切る幅35cmの石英-黄鉄鉱-黄銅鉱脈である(IMS-1)。

IMS-1: 急傾斜をなす沢沿いに延長150mに渡って珪化し、黄鉄鉱に鉱染した砂岩中に石英-黄鉄鉱-黄銅鉱脈が散在する(Fig. II-4-5)。堆積岩の構造を切るものと堆積岩の構造に調和的



IMS-1 IMS-2

- | | |
|---------------|---------------|
| P164(O) | P136(O) |
| S198(O, P) | P137(O) |
| S199(F) | P138(O) |
| S200(O) | P139(O) |
| S201(O) | P140(O) |
| S202(O, P) | P141(O) |
| S203(O) | P142(O) |
| S204(O, P, F) | P143(O) |
| | P144(O) |
| | P145(O) |
| | S159(T) |
| | S169(P, T) |
| | S171(O, P, F) |
| | S172(T) |
| | S173(F) |
| | S174(P) |

- | | |
|-------|-------------------------------------|
| (O): | Ore assaying |
| (P): | Polished section |
| (T): | Thin section |
| (X): | X-ray diffraction |
| (F): | Fluid inclusion filling temperature |
| IMS-1 | Mineral showing |

Fig. II-4-4 Location of mineral showings in S. Imbak Sub-area South

Table II-4-1 Mineral showings of S. Imbak Sub-area South

Mineral Showing No.	Descriptions of Mineralization	Host Rock	Alteration	Assay				Results			
				Sample No.	Sampling width (m)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	
IMS-1	Quartz - sulfides (pyrite, chalcopyrite) veins, 1cm to 35cm wide cutting or concordant to bedding of sandstone. The largest one trends N35° E, dips 85° E and extends more than 35m across the outcrop. (Sketch IA, IB, IC)	sandstone	silicification	P164	0.35	0.4	61.9	22,154	48	282	
				S198	1.00	0.1	122.9	58,888	39	594	
				S200	0.30	0.3	155.0	37,097	71	621	
				S201	1.00	0.1	129.6	39,868	82	776	
				S202	1.00	0.9	158.0	46,864	51	855	
				S203	1.00	1.1	506.7	77,192	2,001	5,751	
				S204	1.00	0.4	295.0	93,736	78	2,198	
				IMS-2	Dissemination of pyrite and chalcopyrite and some thin veins in diorite porphyry and mudstone. The main part of the mineralization occurs in the area 500m x few hundred meters. (Sketch 2)	mudstone and diorite porphyry	silicification	P136	1.00	<0.1	0.4
P137	1.00	<0.1	<0.1					338	29	38	
P138	1.00	<0.1	<0.1					370	34	38	
P139	1.00	<0.1	0.3					253	124	107	
P140	1.00	<0.1	0.6					936	40	85	
P141	1.00	<0.1	0.2					1,249	54	55	
P142	1.00	<0.1	2.7					211	62	371	
P143	1.00	<0.1	0.7					1,950	34	42	
P144	1.00	<0.1	1.7					759	82	56	
P145	1.00	<0.1	1.3					1,136	63	104	
SI71	grab	<0.1	1.8					1,558	62	73	



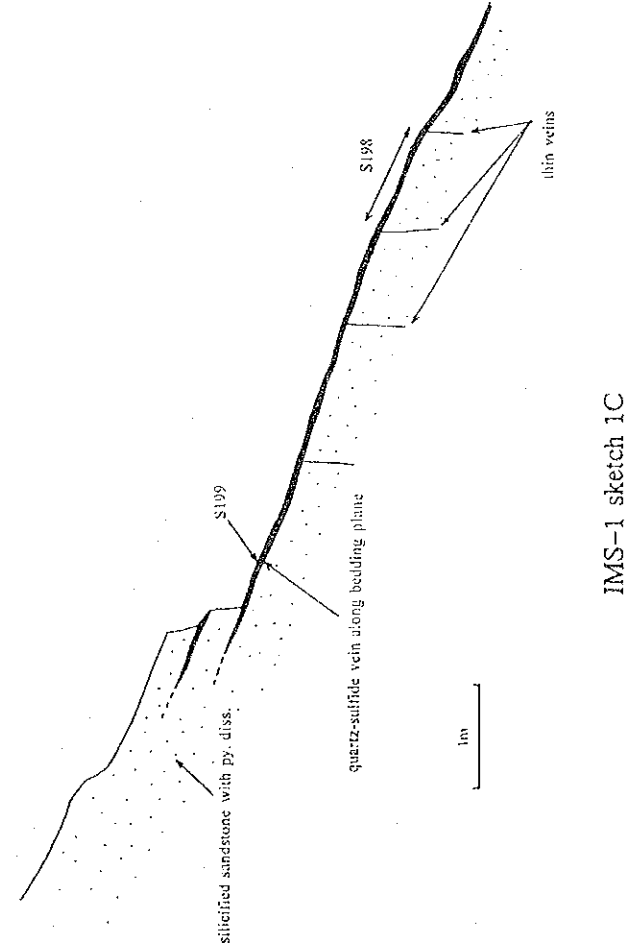
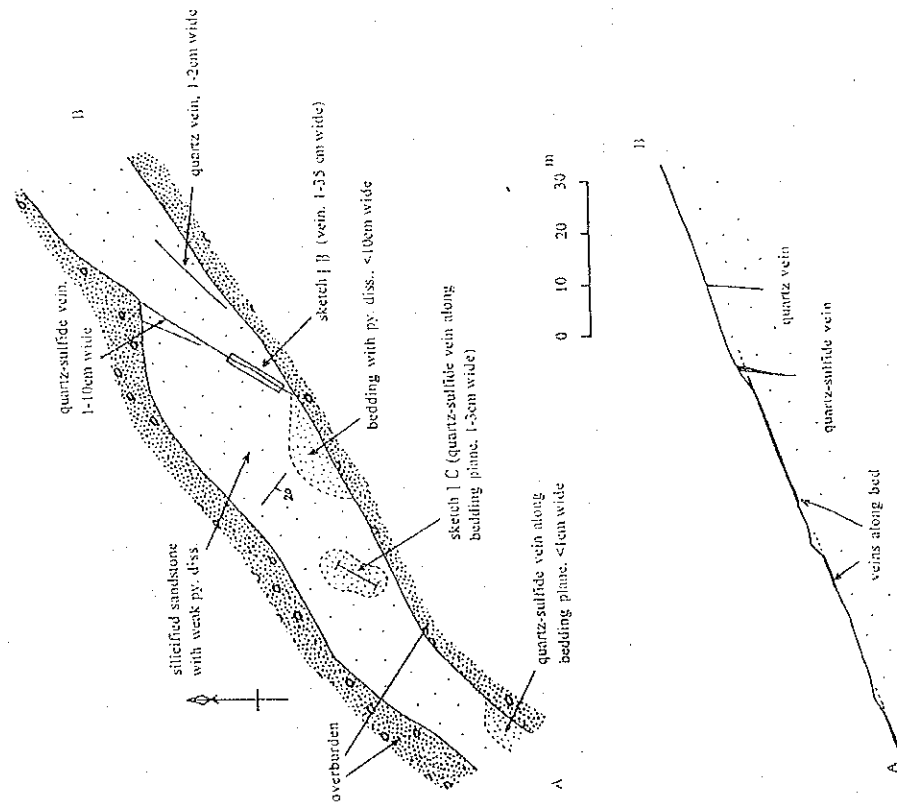
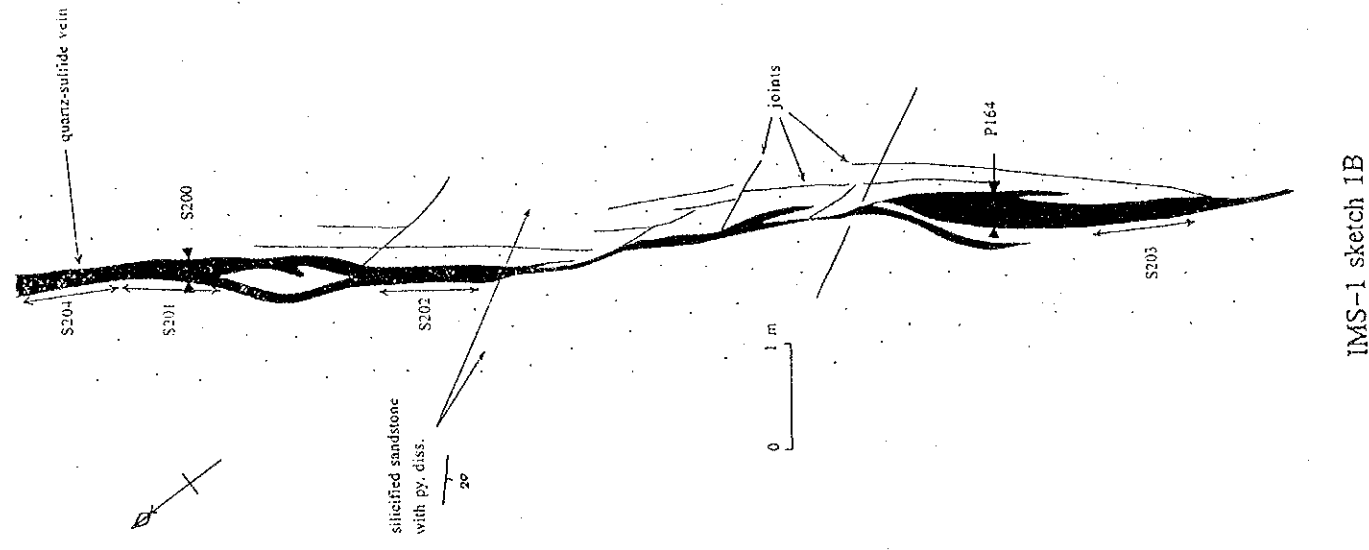
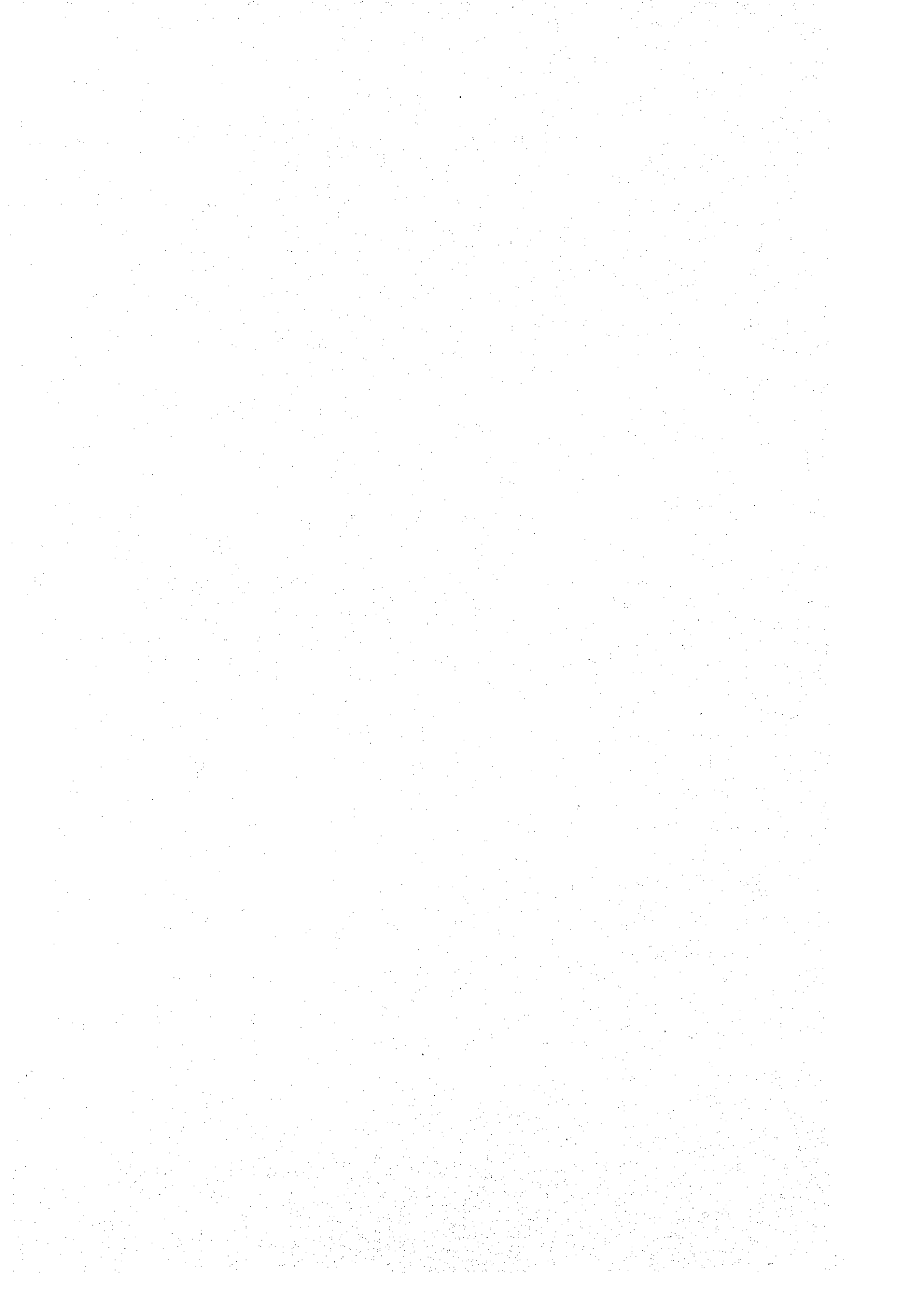


Fig. II -4-5 Sketch of mineral showings in S. Imbak sub-area South (1)



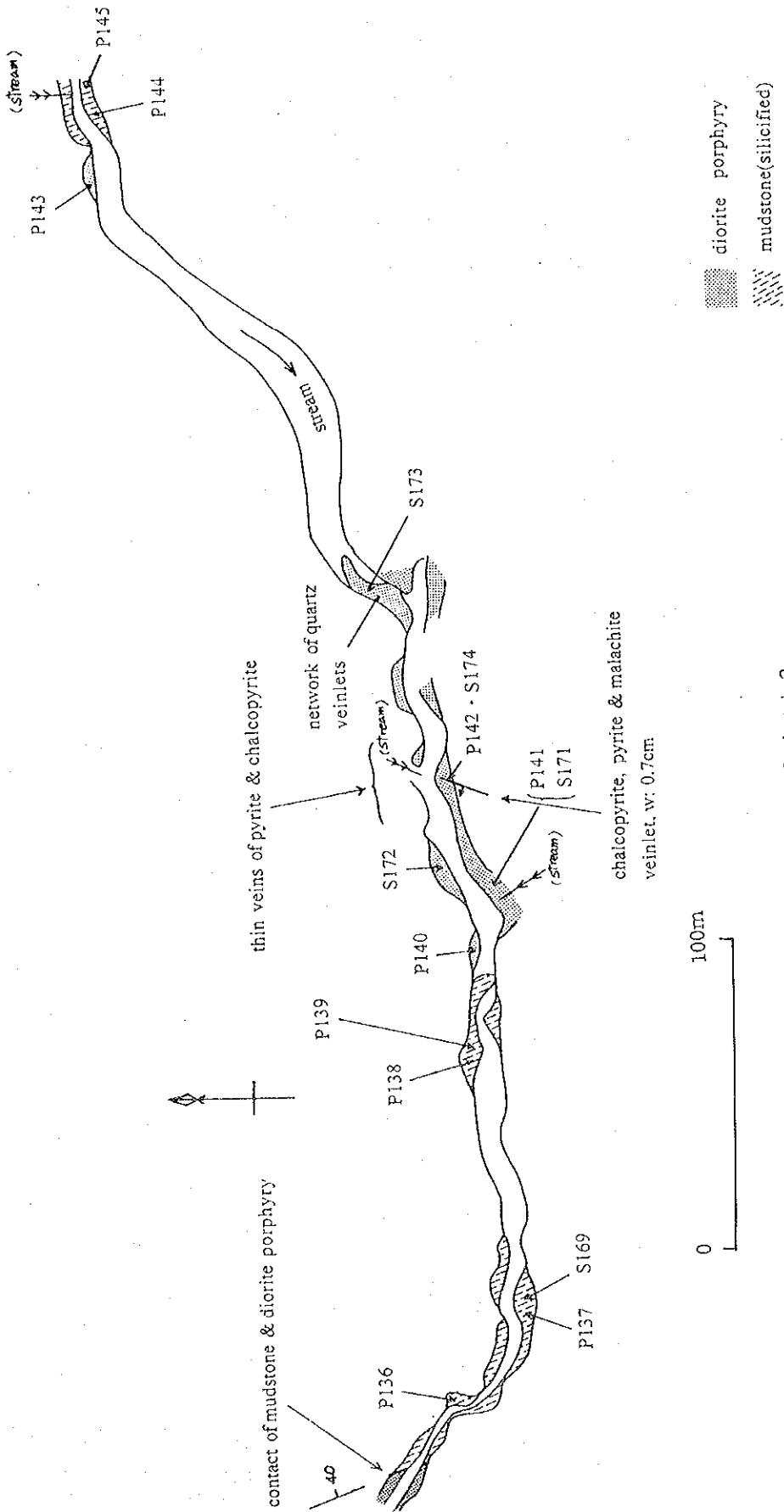


Fig. II-4-5 Sketch of mineral showings in S. Imbak sub-area South (2)

なものとある。最大のものは、幅は変化するが最大35cmに達する。それ以外では、幅数cmのものが主体をなす。鉱石分析の結果、主要脈も幅数cmのものも似た品位を示し、銅及び銀に富み、それぞれ、Cu2.21%から9.37%、Ag61.9g/tから509.7g/tである。金は少量ふくまれ、Au0.1g/tから1.1g/tで、亜鉛及び鉛はほとんど含まれない。

北東部の鉱化帯に分布する上記以外の幅数cmの石英-黄鉄鉱脈は、銀をAg5.1g/tから37.8g/t含み、金はすべて検出限界以下、Cu0.1%前後でPb、Znは一般にほとんど含まない。インバック川地区北部のタイプ②の脈と類似する。

2. 中央部の鉱化帯 (S B)

中央部の鉱化帯は南北約1km、東西約1.5kmの広がりをもつ泥岩、砂岩及び閃緑斑岩が珪化・黄鉄鉱鉱染した地帯である。泥岩は強く珪化し白色を呈する。鉱染は主として黄鉄鉱であり、黄銅鉱や銅の酸化鉱物が認められることがある。鉱染は堆積岩と閃緑斑岩の両方に認められるが、見かけ上閃緑斑岩の方が強い。まれに石英-黄鉄鉱の細脈が認められるが、発達程度は弱い。鉱化帯の中心部 (IMS-2) は、鉱化帯の南西部の沢に見られる。

IMS-2: 沢に沿って、黄鉄鉱及び黄銅鉱に鉱染した泥岩、閃緑斑岩が、500m×数100mで分布する。その一部をFig. II-2-5に示す。泥岩中に閃緑斑岩が貫入し、泥岩は珪化して白色をなし黄鉄鉱及び黄銅鉱に弱く鉱染し、これらの鉱物が小さなフラクチャー及び壁開を満たしている。閃緑斑岩は、黒雲母の斑晶を伴うやや酸性のもので、珪化し二次石英及び絹雲母を多く伴い、黄鉄鉱及び黄銅鉱に弱く鉱染する。鉱染の程度は泥岩より閃緑斑岩でやや強い。採取幅1mの試料の鉱石分析を行った結果、品位は閃緑斑岩で、泥岩より高く、銅は0.1%から0.2%で、銀は0.2g/tから2.7g/tである。一方、泥岩においては、銅は、最大で0.1%前後である。両者において、金、鉛、亜鉛はいずれも低品位である。

3. 東部の鉱化帯 (S C)

稜線の東斜面にほぼ南北に分布する。珪化・黄鉄鉱鉱染帯で砂岩および泥岩は硬質となり、細粒の黄鉄鉱の弱い鉱染がみられ、小さなフラクチャー及び壁開を黄鉄鉱が満たしている。閃緑斑岩の貫入岩体付近の堆積岩では、珪化・黄鉄鉱鉱染はやや強くなる傾向がある。さらに、これら堆積岩中に幅数cmの石英-硫化物脈が存在する。顕微鏡観察の結果、これらの脈の硫化物は、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、閃亜鉛鉱、閃亜鉛鉱よりなる。鉱石分析の結果、Ag8.8g/t、Pb0.37%、Zn0.43%で、インバック川地区北部のタイプ③に含まれる脈である。

鉱化帯(S A)は、インバック川地区北部から連続する鉱化帯と考えられ、珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に石英-硫化物脈が分布する。鉱徴地IMS-1のように銀及び銅に富む特異な脈が存在するが、そ

れ以外はインバック川地区北部のタイプ②の銀を含む脈である。鉍化帯(SB)は、閃緑斑岩を中心として、黄鉄鉍、黄銅鉍の鉍染を伴い、銅の品位はやや低いが、斑岩銅鉍床に類似した鉍化作用である。鉍化帯(SC)からは、著しい鉍化作用を伴う鉍徴地、品位の高い試料等は確認できなかった。

4. 流体包有物充填温度測定

インバック川地区南部においては、6試料の砂岩或いは閃緑斑岩中に見られる石英-硫化物脈の石英の流体包有物の温度測定を行った。6試料の内、4試料は鉍化帯(SA)から採取した試料であり、2試料は鉍化帯(SB)から採取した試料である。それぞれの試料の平均温度は、319.5°Cから364.3°Cと比較的類似した温度を示し、浅熱水性の鉍床などのものと比べるとかなり高い。

鉍化帯(SA)から採取した4試料の内、2試料は鉍徴地IMS-1の石英-黄鉄鉍-黄銅鉍脈より採取したもので、他の2試料はインバック川地区北部の②のAg>Auタイプの脈に類似した脈から採取したものである。前者のものでは、測定温度の範囲も狭く、平均温度は高く351.5°C及び364.3°Cである。一方、後者のものは、前者と比べて測定温度の範囲は広く、平均温度は333.3°C及び336.4°Cと低い。鉍化帯(SB)の黄鉄鉍及び黄銅鉍に鉍染した閃緑斑岩中の脈から採取した2試料の平均温度は、それぞれ319.5°C及び355.2°Cである。

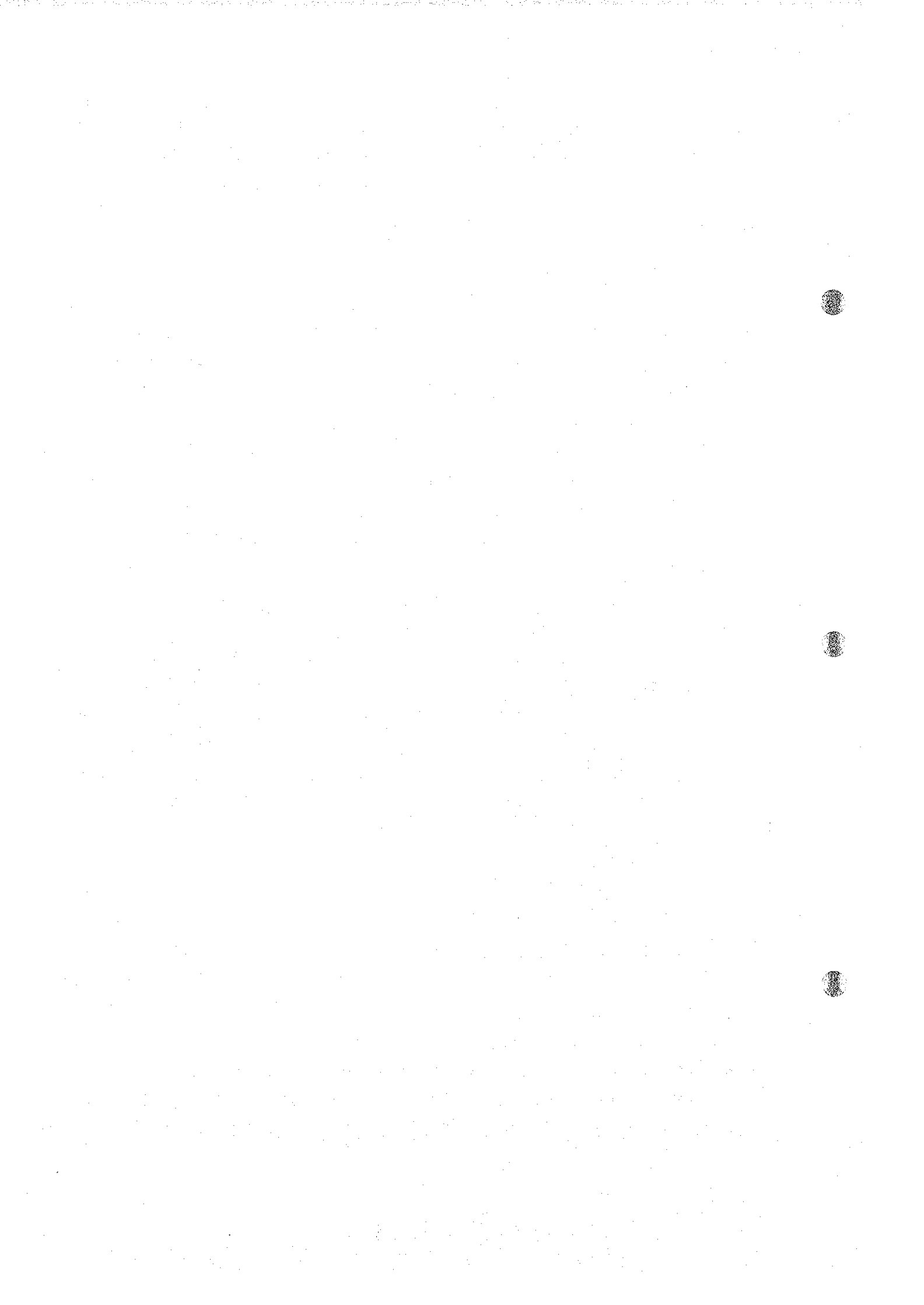
4-3-4 岩石地化学探査及び変質帯

インバック川地区南部地域の地質調査に伴い、岩石試料による地化学探査を実施した。採取試料数は300個である。インバック川地区南部は、インバック川地区北部に接し南へ連続した地域であり、北部と南部をあわせたインバック川地区全体の地化学異常の把握及び鉍化作用の全体像を把握するため、第1年次にインバック川地区北部で行った201個の岩石試料による地化学探査の結果と合わせて解析を行った。なお、採取した300試料の内から55試料を選び、X線解析試験を行い、鉍化作用に伴う変質ハローの確認及び地化学探査の異常帯と変質の関係を検討した。

(1) 岩石地化学探査

各元素間の相関係数を計算した結果、Au-As、Ag-As、Cu-S-Zn、Pb-Zn等の元素は良い相関を示し、本地区の鉍化作用を特徴付けていると思われる。

本地区の探査に有効と推定されるおもな元素の異常帯あるいは高濃度帯の分布をFig. II-4-6に示す。この図で明らかなようにAg、As、Au、Cuの異常帯あるいは高濃度帯は、インバック川地区北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯(NA)から南部の鉍化帯(SA)の稜線の西側にかけてを覆うように重複して分布する。南部の鉍化帯(SB)の鉍徴地IMS-2周辺は、Au及びCuの高濃度帯に覆われ、鉍化帯SCでは、As、Au、Cuの高濃度の試料が散在するのみである。従って、インバック川北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯(NA)及びそれと連続するインバック川地区南部の鉍化帯SAは、Au、As及びCuで特徴付けられ、これにPb、Sが伴う。一方、鉍化帯(SB)の黄銅鉍の鉍染を伴う鉍徴地I



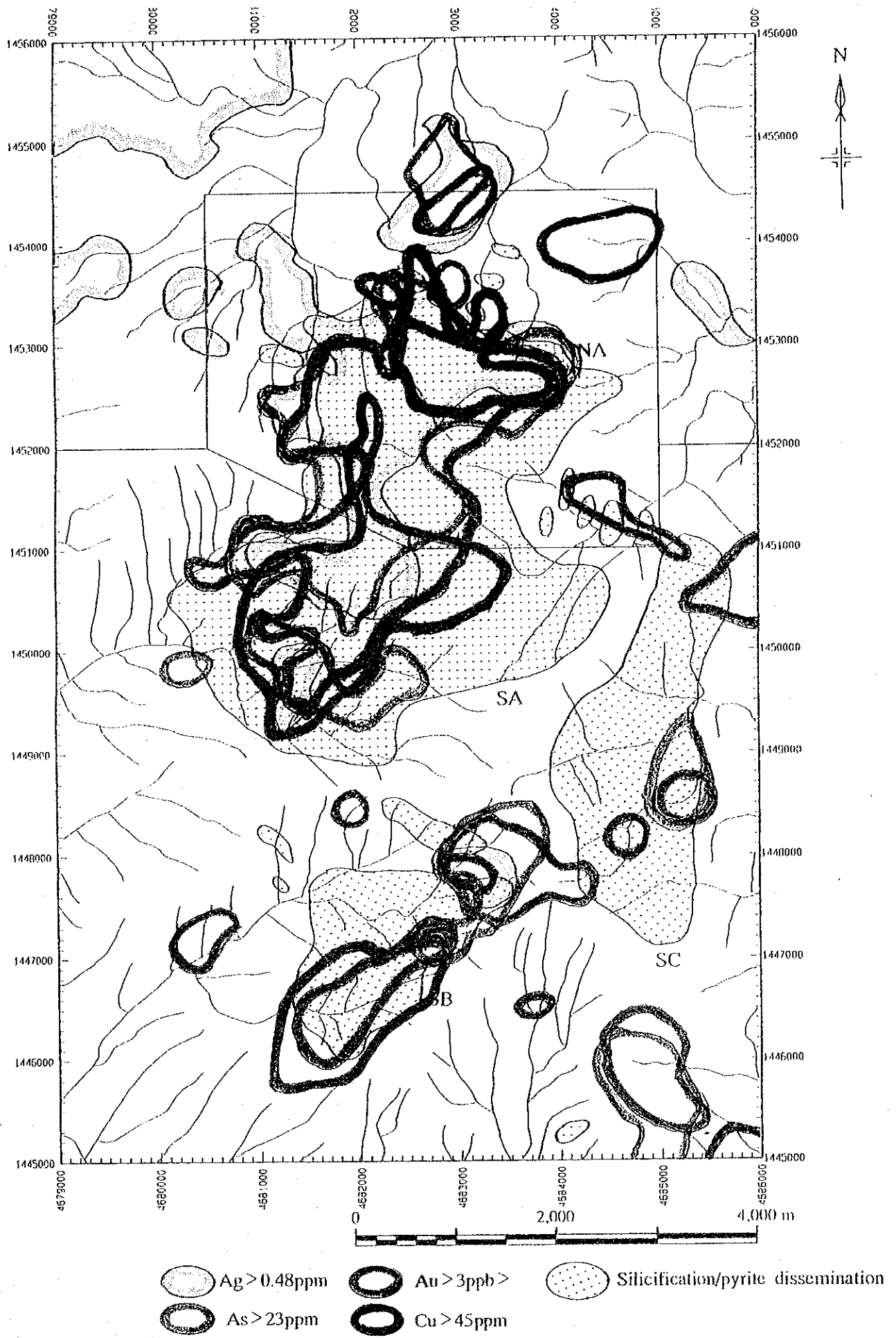


Fig. II-4-6 Distribution of geochemical anomalous zone in S. Imbak Sub-area



MS-2周辺は、これと異なり、Cu、Au、Sで特徴付けられる。Znは、異常値あるいは高濃度の試料が鉍化帯内に散在し、広がりを持つ化学的ハローを示さない。銅の高濃度帯は、珪化・黄鉄鉍鉍染帯以外でも粘土化していない閃緑斑岩の分布域にみられる。

珪化・黄鉄鉍鉍染帯で、Ca、Mg、Na、Srが明らかに低いことは、変質作用によりこれらの元素が取り去られた事を示唆しており、北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯（NA）では鉍化作用に伴いKおよびRbがやや濃集している可能性がある。

因子分析の結果、第1因子、第2因子、第4因子は本地区の鉍化作用及び変質作用を反映した因子であると考えられる。

第1因子： -As、(-Au)、Ca、Mg、Na、Sr、Zn

第2因子： (Ag)、(As)、Au、Cu、Pb、S、(Zn)

第4因子： -K、-Rb

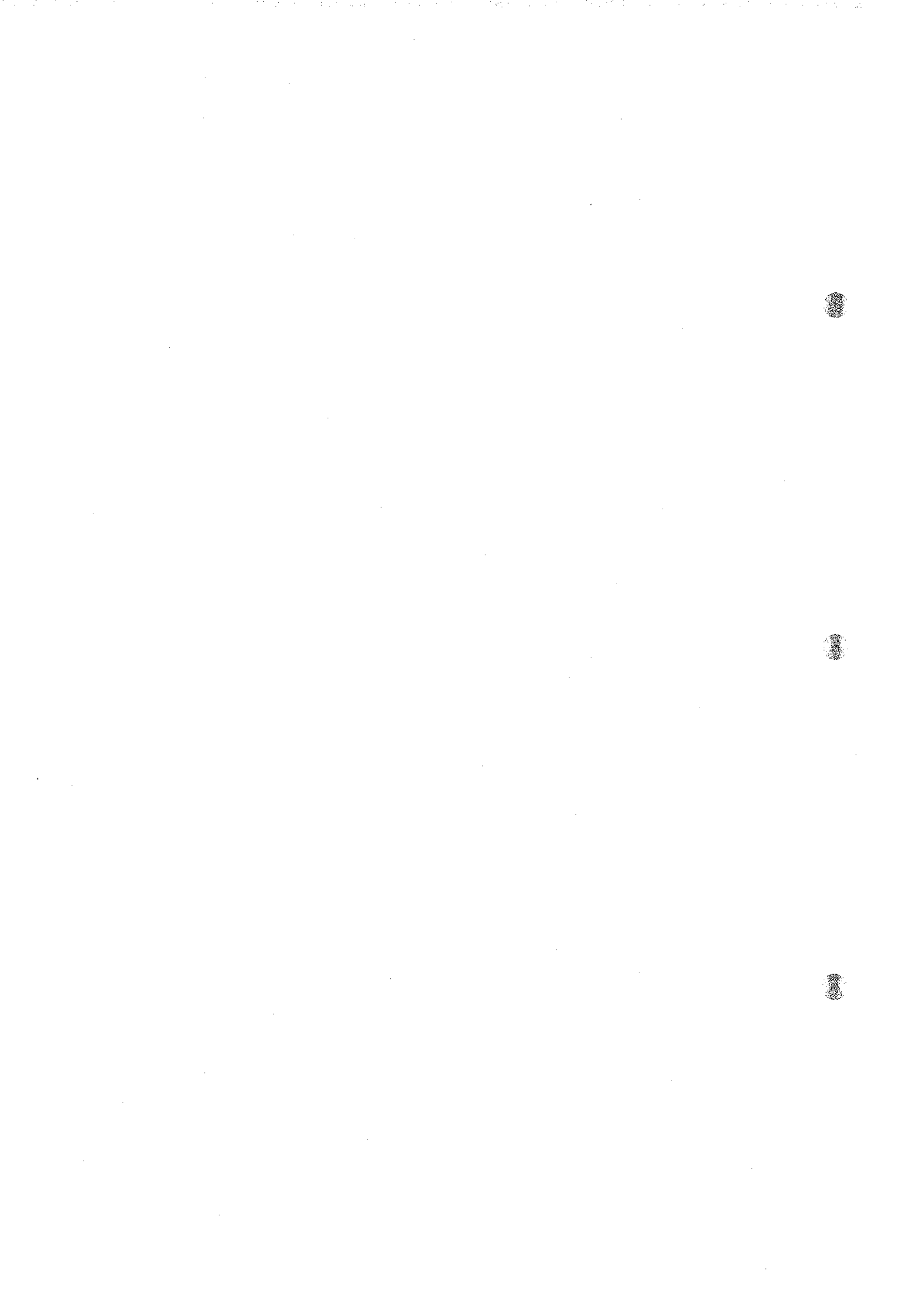
これらの因子に対して、因子得点分布の合成図をFig. II-2-7に示す。なお、第1因子及び第4因子は、負の因子得点の高いものを着色（第1因子：青、第2因子：赤、第4因子：黄）して示した。各因子の因子得点の分布傾向は以下に示す。

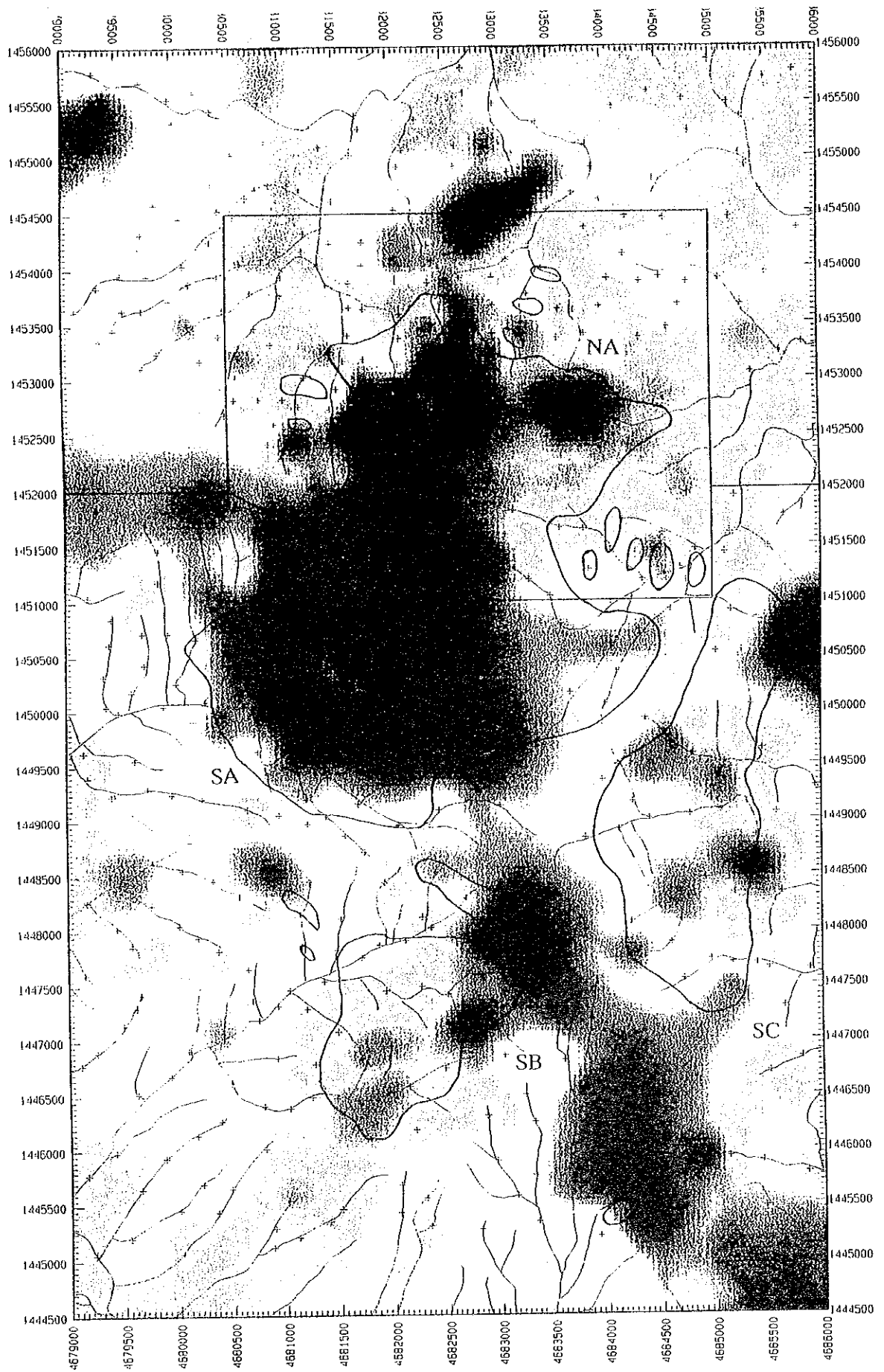
第1因子：負の高い因子得点を示す試料の分布域は、北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯（NA）から南部の鉍化帯SAにかけての地域に広く顕著に分布し、さらに、稜線に沿ってNNW-SSW方向に分布する。

第2因子：高因子得点の分布は、北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯（NA）内の北東部に単独でやや強く表れるが、第1因子の負の高い因子得点の地域と重複して、北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯（NA）から南部の鉍化帯SAの稜線の西側に連なる。鉍化帯SBの鉍徴地IMS-2周辺にも、高因子得点域が分布し、鉍化帯SBの上流域では高因子得点のものが第1因子の負の高因子得点の高い地域と重複する。さらに、南部の鉍化帯SCの南部にも、高因子得点域が見られる。

第4因子：負の高い因子得点の分布は、北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯（NA）内に分布し、第1因子の負の高い因子得点帯及び第2の高因子得点帯と重複する。しかし、これと連続する南部の鉍化帯SAでは高因子得点を持つ試料は見られない。南部の鉍化帯SB及びSCは負の高い因子得点の地域により覆われる。

第1因子は、As-Auの本地域の鉍化作用を特徴付ける元素と、それに反する変質作用と共に減少する元素であるCa、Mg、Na、Srの組み合わせである。第2因子は、Ag-As-Auとそれに加えてCu-Pbの組み合わせである。これらの因子は、本地区の鉍化・変質作用を特徴付ける因子であると考えられ、高因子得点の分布する地域が鉍床賦存の可能性の高い地域と考えられる。第3因子は、





Factor 1: Blue
 Factor 2: Red
 Factor 4: Yellow

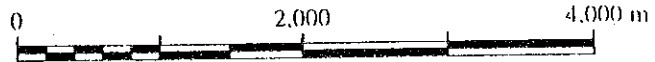


Fig. II-4-7 Distribution of high factor scores in S. Imbak Sub-area



変質作用に伴うKの濃集を示すと思われ、北部の珪化・黄鉄鉱染帯（NA）及び南部の鉍化帯SBでは負の高い因子得点帯により覆われる。

（2）変質作用

本地区の変質帯のハローを抽出する目的で、岩石地化学探査に使用した試料より55個を選び、X線回折試験を実施し、その結果を薄片観察の結果と併せて解析した。インバック川地区の北部及び南部の全体像を把握するため、第1年次に行った結果も併せてFig. II-4-8に示す。

岩石地化学探査の試料に見られる鉍物組み合わせは、ほとんどの岩石で石英-絹雲母-カオリナイトを普遍的に含み、それらに緑泥石及びSe/Mo（絹雲母/モンモリロン石混合層鉍物）が伴うものと、伴わないものがある。更に、インバック川地区南部では、Se/Moを含む試料が北部に比べて少なく、緑泥石を含む試料が多く、堆積岩で黒雲母を含む試料が存在する。カオリナイトを含む試料は、北部に比べて南部で少ない。

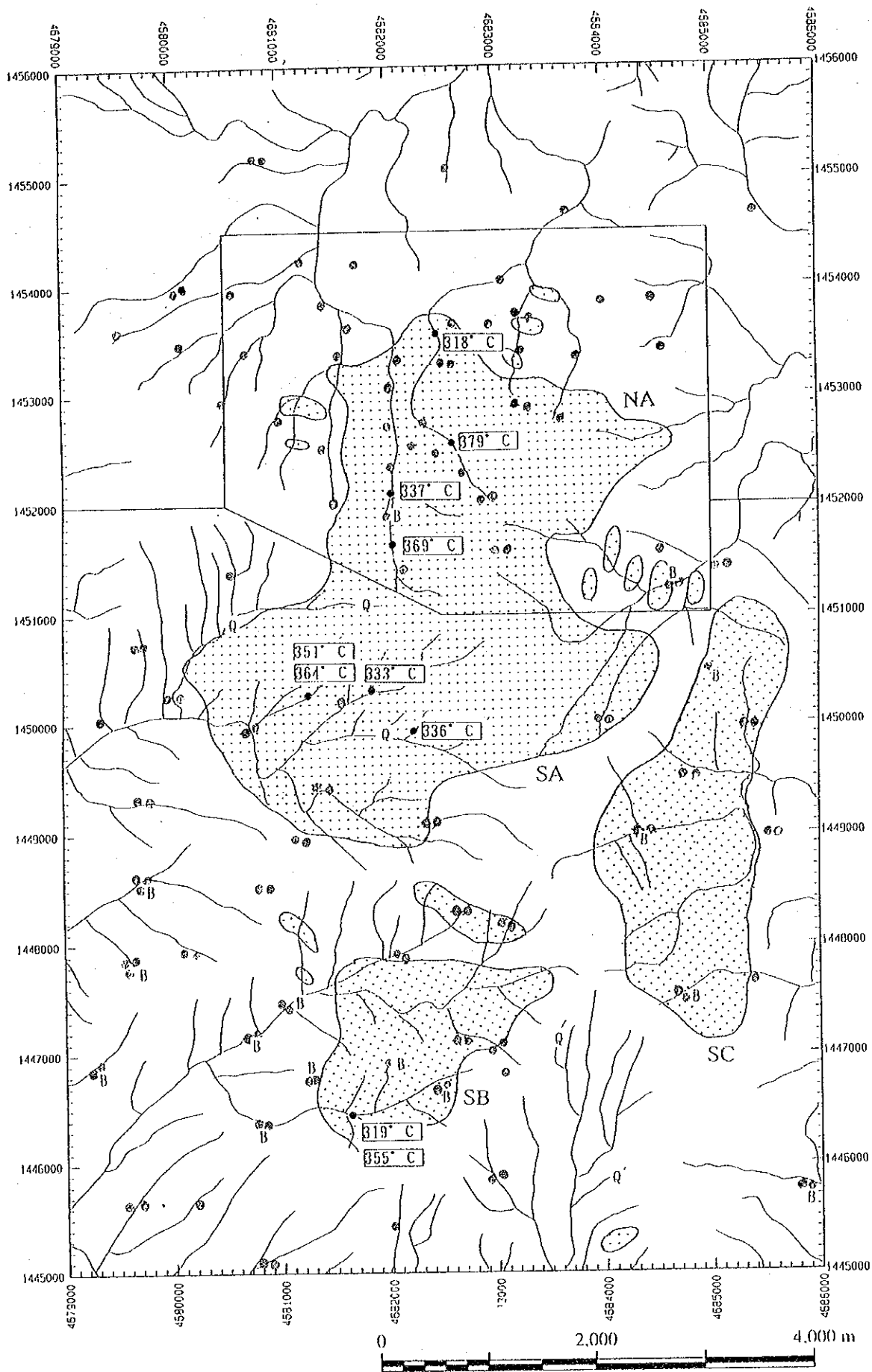
変質帯区分の基準は、インバック川地区北部と同じ基準で行った。すなわち、絹雲母の量を指標として存在度が微量以上の試料、緑泥石が存在する試料、Se/Moが存在する試料である。すでに第3章で述べた様に、これら3つの要素の分布域は、インバック川地区北部では、ゾーニングをなして分布する。すなわち、珪化・黄鉄鉱染帯（NA）を中心にして外側から内側に向かって、Se/Mo帯、緑泥石帯、絹雲母帯の同心円状の配列をなす。これらの帯状配列は、前者から後者に向かって変質の強度および温度が増すと考えられる。すなわち、珪化・黄鉄鉱染帯（NA）内で変質の強度は最大となり、鉍床賦存の可能性が高い。

インバック川地区南部では、北部地区の様なはっきりした傾向が見られず、Se/Moを含む試料はほとんど存在せず、多くの試料が緑泥石と微量以上の絹雲母を含む。鉍化帯SAでは、北部の珪化・黄鉄鉱染帯での様に絹雲母を微量以上含む試料はほとんど存在せず、微量の絹雲母と多量の石英からなる。さらに、インバック川地区南部においては、鉍微地SB及びSCの内側及びその周辺部で黒雲母が形成されているものがあり、これらはほとんど閃緑斑岩の貫入体に近接する試料で、貫入に伴う、熱変成の可能性が考えられる。

典型的な斑岩銅鉍床の変質帯区分では、鉍床の中心部から外側に向かって、カリウム質変質帯（カリ長石、黒雲母、白雲母）、フィリック変質帯（絹雲母、石英、黄鉄鉱）、粘土化変質帯（カオリナイト、モンモリロン石）、プロピライト化変質帯（緑泥石、緑レン石、方解石）に分帯される。

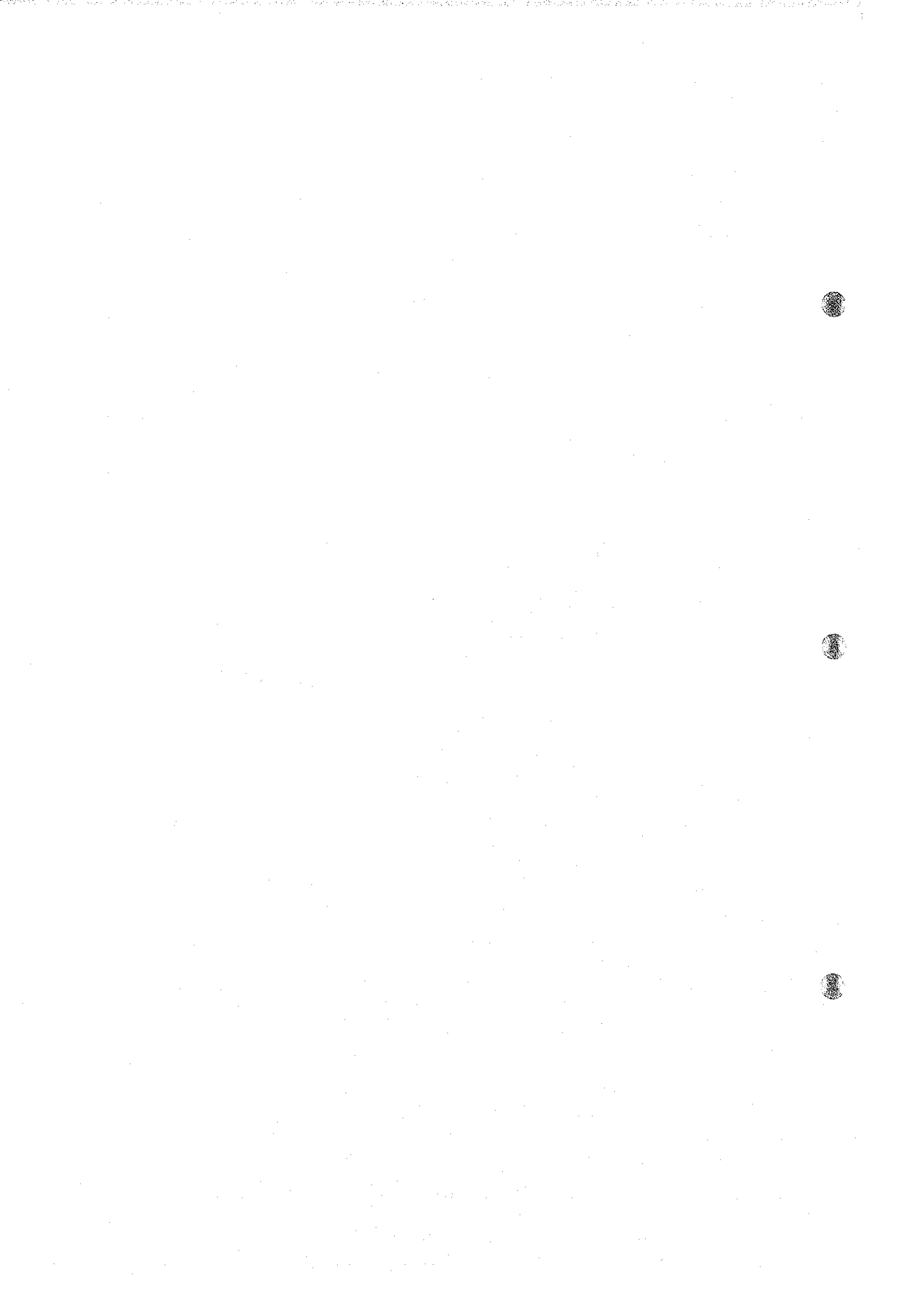
インバック川地区北部では、珪化・黄鉄鉱染帯（NA）の西側を中心として絹雲母が多く発達するフィリック帯が分布すると思われ、その外側に緑泥石を伴うプロピライト化帯が分布し、その西側では、粘土化帯に属すると思われる。インバック川地区南部では、あまりはっきりした傾向が見られず、緑泥石と絹雲母の組み合わせの試料が多く分布し、プロピライト化帯からフィリック帯への漸移帯に相当すると思われる。更に、鉍化帯SAではその中央部で石英を多量に伴う試料が存在し、鉍化帯SBでは絹雲母に富む試料が存在するため、一部、フィリック帯に含ま





- Sericite more than trace
- ⊙ Chlorite
- ⊗ Se/Mo mixed layer
- Q: Quartz
- B: Biotite
- 318° C : Fluid inclusion filling temperature

Fig. II-4-8 Distribution of alteration mineral assemblages



れる部分もあると思われる。Fig. II-4-8に示す流体包有物の温度測定の結果、北部の珪化・黄鉄鉱染帯（NA）の西側では平均充填温度は最大であり、南部の鉱化帯SA及びSCではそれよりやや低い。斑岩銅鉱床の例では、一般にフリック帯の生成温度は300から400°Cと考えられており、本調査で測定した10試料の平均温度は、318.1から379.7°Cである。

4-4 考察

第1年次の土壌地化学探査により、インバック川地区南部ではその北部と同様に、山脈の両側の山腹に多くの閃緑斑岩の貫入岩体を確認した。これらの年代測定値は、インバック川地区北部と同様の値で、鮮新世前期である。更に、これらの貫入岩体周辺部の堆積岩中には珪化・黄鉄鉱染帯が伴い、地区北西部及び中央部で顕著である。閃緑斑岩中には黄銅鉱に鉱染するものも見られた。すなわち、インバック川地区北部の鉱化作用が山脈沿いに南へ延びていることが確認された。地化学探査の結果では地区北西部及び中央部の珪化・黄鉄鉱染帯の分布域が、Au、Cu、Hg、S等の異常帯及び高濃度帯に覆われる。

第2年次に地化学探査の異常帯及び珪化・黄鉄鉱染帯を中心にして行った地質調査により、インバック川地区南部の鉱化・変質作用が更に明らかとなった。

主要な鉱化・変質作用は、稜線の両側の山腹に分布する堆積岩及び閃緑斑岩に見られる珪化及び黄鉄鉱染帯中に見られる。これら珪化・黄鉄鉱染帯は地区中央北部（SA）、中央部の稜線の西側山腹（SB）及び、東部の東側山腹（SC）を中心に分布する。このような地域では、閃緑斑岩の貫入岩体が多く見られ、閃緑斑岩の貫入と関連した鉱化・変質作用と考えられる。

鉱化帯SAは、インバック川地区北部の鉱化帯（NA）から連続する鉱化帯と思われ、珪化・黄鉄鉱染帯中に石英-硫化物脈が分布する。鉱徴地IMS-1のように銀及び銅に富む脈が存在するが、それ以外インバック川地区北部のタイプ②の銀を含む脈である。鉱化帯SBは、閃緑斑岩を中心として、黄鉄鉱、黄銅鉱の鉱染を伴い、銅の品位はやや低いが、斑岩銅鉱床に類似した鉱化作用である。鉱化帯SCからは、著しい鉱化作用を伴う鉱徴地及び品位の高い試料等は確認できなかった。

岩石地化学探査の結果、インバック川地区北部の珪化・黄鉄鉱染帯（NA）及びそれと連続するインバック川地区南部の鉱化帯SAは、Au、As及びCuで特徴付けられ、これにPb、Sが伴う。一方、鉱化帯SBの黄銅鉱の鉱染を伴う鉱徴地IMS-2周辺は、これと異なり、Cu、Au、Sで特徴付けられる。鉱化帯SCでは、As、Au、Cuの高濃度の試料が散在するのみである。Znは、異常値あるいは高濃度の試料が鉱化帯内に散在し、広がりを持つ化学的ハローを示さない。因子分析の結果、第1因子（-As、(-Au)、Ca、Mg、Na、Sr、Zn）と第2因子（(Ag)、(As)、Au、Cu、Pb、S、(Zn)）は、本地区の鉱化作用を特徴付ける因子であると考えられる。第1因子の負の高い因子得点を示す試料の分布域は、北部の珪化・黄鉄鉱染帯（NA）から南部の鉱化帯SAにかけての地域に広く顕著に分布する。第2因子の高因子得点の分布は、北部の珪化・黄鉄鉱染帯（NA）内の北東部に単独でやや強く表れるが、第1因子の負の高い因子得点の地域と重複して、北部の

珪化・黄鉄鉱染帯から南部の鉍化帯（NA）の稜線の西側に連なる。鉍化帯NBの鉍徴地IMS-2周辺にも、高因子得点域が分布し、鉍化帯（NB）の上流域では高因子得点のものが第1因子の負の高い因子得点の地域と重複する。

インバック川地区北部では、珪化・黄鉄鉱染帯（NA）の西側を中心にフィリック帯、その外側に緑泥石を伴うプロピライト化帯が分布し、その西側では、粘土化帯に属すると思われる。インバック川地区南部では、あまりはっきりした傾向が見られず、緑泥石と絹雲母の組み合わせの試料が多く分布し、プロピライト化帯からフィリック帯への漸移帯に相当すると思われるが、鉍化帯（SA）ではその中央部で石英を多量に伴う試料が存在し、鉍化帯（SB）では絹雲母に富む試料が存在し、一部、フィリック帯に含まれる部分もあると思われ、それぞれインバック川地区南部の変質帯の中心を成すと思われる。

流体包有物の温度測定の結果、北部の珪化・黄鉄鉱染帯（NA）の西側では平均充填温度は最大であり、南部の鉍化帯（SA）及び（SB）ではそれよりやや低い。斑岩銅鉍床の例では、一般にフィリック帯の生成温度は300から400°Cと考えられており、本調査で測定した10試料の平均温度は、318.1から379.7°Cである。

以上の点から、インバック川地区全域で、北部の珪化・黄鉄鉱染帯（NA）の西側は、鉍化・変質作用の中心と考えられる。一方、南部の鉍化帯（SA）及び（SB）は、鉍化帯の中心部のやや上部層と考えられ、地表下に鉍床賦存の可能性が考えられる。従って、インバック川地区南部における、鉍床賦存の可能性の高い地区として、鉍化帯（SA）地区及び鉍化帯（SB）地区が考えられる。

第Ⅲ部 結論及び提言



第1章 結 論

(1) テルピド西方地区

本地区のラテライト土壌は、典型的Niラテライト鉱床の地域に類似した土壌の層序及び化学的性質を示す。Niの品位は深度と共に増加し、品位は数100ppmから2.0%に達するものまで非常に広い値を示す。さらに、それぞれのオーガー地点で、Ni品位の垂直的な変化はあるが、その変化は少なく、それぞれの地点が特有のNi品位を持つなどの点から、本地区の風化作用の程度は十分な鉱量のNiラテライト土壌を形成する程度に至っていないと考えられる。

Ni0.8%以上のやや高い濃度を示すものは中央部の丘陵地域に分布するが、これらの地点では土壌の発達状況は悪く厚さは2mから3mである。一方、平坦地では、土壌の発達は5m以上に達するが、Niの濃度は数100ppmから数1,000ppmで低い。従って、本地域には、Ni濃度の高いラテライト土壌も存在するが、その発達する深度は浅く、その分布面積も狭いので、開発を考慮した場合、鉱量は不十分と考えられる。

(2) ピナンドアン地区

地質調査により確認された鉱化・変質帯は、ハンレイ岩の貫入岩体の周辺部に見られるカンラン岩の弱い変質帯で、鉱物資源基本図調査のAu、Cu、Ni異常帯を反映するような顕著な鉱化帯は確認できなかった。

本地区で捕捉されたIP異常は、鉱物資源基本図調査の地化学異常帯(Cu)の分布範囲とほぼ調和的であった。一方、地質調査で確認されたハンレイ岩に伴う弱い鉱化・変質帯とははっきりした関係は見いだされなかった。地区南西部、ピナンドアンカチール川下流の、過去の調査で黄銅鉱を伴う硫化物脈が確認されている地点(B測線南部)ではやや強いIP異常を示しており、地下に硫化物が存在することが推定される。また、今回の調査では、さらに強いIP異常が地区南西部から地区北東部(B測線北部、D測線中央部、E測線北部、F測線南部、及びG測線中央部)に捕捉された。これらIP異常の分布域の地表には顕著な鉱化・変質帯は認められなかったことから、IP異常源は潜頭性の貫入岩に伴う硫化物の鉱染あるいは鉱脈によるものと推定される。

地化学異常帯の存在、及び地区中央北部でこれと重複する顕著なIP異常の存在する点からこの地区の詳しい調査が望まれる。

(3) インバック川地区北部

本地区の鉱化作用は、中央南部に約3km(EW)×2km(NS)の広がり分布する珪化・黄鉄鉱鉱染帯で、この珪化・黄鉄鉱鉱染帯中に石英-硫化物脈が発達する。これらの脈は主として堆積岩中に発達し、脈幅は数cmから25cmで、高品位のAu、Ag(Au最大72g/t、Ag最大196g/t)を

示すものがある。これらの石英-硫化物脈は、① $Au \geq Ag$ のタイプ、② $Ag > Au$ タイプ、③Pb、Znタイプの3つのタイプに区分される。①及び②は、少量のCuを伴い、珪化・黄鉄鉱染帯の西側の調査地区中央部よりやや西側に見られ、③は中央部からやや東よりに分布する。

ボーリング調査の結果、MJSI-2、MJSI-4、MJSI-5、MJSI-6、MJSI-7の5孔で、堆積岩類に閃緑斑岩が貫入するのを確認した。地表の地質調査の結果では、堆積岩類と閃緑斑岩の境界は調和的な場合が多いが、地表下では斜交する場合が多く、閃緑斑岩の分布は地下で広がり、今まで推定していたより大きな体積を持つことが想定される。

ボーリング各孔において、ほぼ全体的に弱い黄鉄鉱-磁硫鉄鉱-(黄銅鉱)の鉱染が見られ、さらに、幅数cmの石英-硫化物脈が散在する。鉱化作用は、地表の地質調査の結果と異なり、閃緑斑岩中で周りの堆積岩より強く、MJSI-4で、閃緑斑岩中に閃亜鉛鉱-(黄銅鉱)のネットワーク状脈が見られ、約15mに渡って亜鉛の品位はZn0.4%から1.0%で、更にもうその中で約3mに渡って銀(Ag37.2g/tから90.5g/t)に富む石英-硫化物脈及びパッチが見られる。MJSI-7孔では、磁硫鉄鉱-黄鉄鉱-黄銅鉱の鉱染に加えて、黄鉄鉱-硫批鉄鉱-黄銅鉱からなる硫化物の細脈(幅1cmから1mm)のネットワークが見られる。品位の最も良い部分は、ほぼ3m(275.15mから278.00m)に渡ってAu 0.3-4.3g/t、Ag 1.6-17.7g/t及びCu 0.04-0.12%の値が得られた。

本地区の鉱化作用はAu-Ag、Cu、Znに特徴付けられ、閃緑斑岩の火成活動と密接に関係した鉱化作用である。火山岩類を全く伴わない等の地質状況、斑岩銅鉱床の地帯に類似した変質帯が確認される点、流体包有物の充填温度(300°Cから400°C)から浅熱水性とは考えられない。しかし、流体包有物の充填温度、やや低温で生成されたと考えられる銀鉱物(輝銀鉱、硫銀鉱)を伴う点、Auに比べてAgの含有量の高い試料が存在することなどから、火成活動の中心に接した鉱化作用ではないと考えられる。この様な点から、本地区に見られる鉱化作用は、斑岩銅鉱床に類似した鉱化作用の縁辺部の可能性が考えられる。珪化・黄鉄鉱染帯では、典型的な斑岩銅鉱床の変質分帯で言えばフィリック帯に対応し、その外側にプロピライト帯が伴う。

IP法による物理探査で本地区における20 mV/V以上の中～高分極率異常域の分布が明らかとなった。異常域は、ほぼ2km(NS)×2km(EW)の広がり持ち、東に開いた「C」の字の形をなして、珪化・黄鉄鉱染帯および地化学探査のAg、As、Au、Cu等の異常帯を覆って分布する(Fig. III-1-1)。

この高IP異常を対象に第2年次のボーリングを実施した結果、著しい鉱化作用は補足出来なかった。この高IP異常は、地表浅部の黄鉄鉱脈及び鉱染を象徴しているものと思われる。

「C」の字の形のIP異常帯は典型的な斑岩銅鉱床帯で見られ、鉱化帯の中心部は、この円形状の高異常帯の内部に存在する例が知られている。従って、斑岩銅鉱床に類似した鉱床を仮定した場合、異常タイプ1(低比抵抗・高分極率)よりは、地区中央部から地区南東部に至る地区及び地区中央東部の異常タイプ2の分布域である「C」の字形のIP異常帯の中心部が有望なターゲットと成りうると思われる。第3年次のボーリング調査のターゲットとして「C」の字形のより中心部に位置する、やや低いIP異常の地帯を選定した。しかし、ボーリング予定地点が、

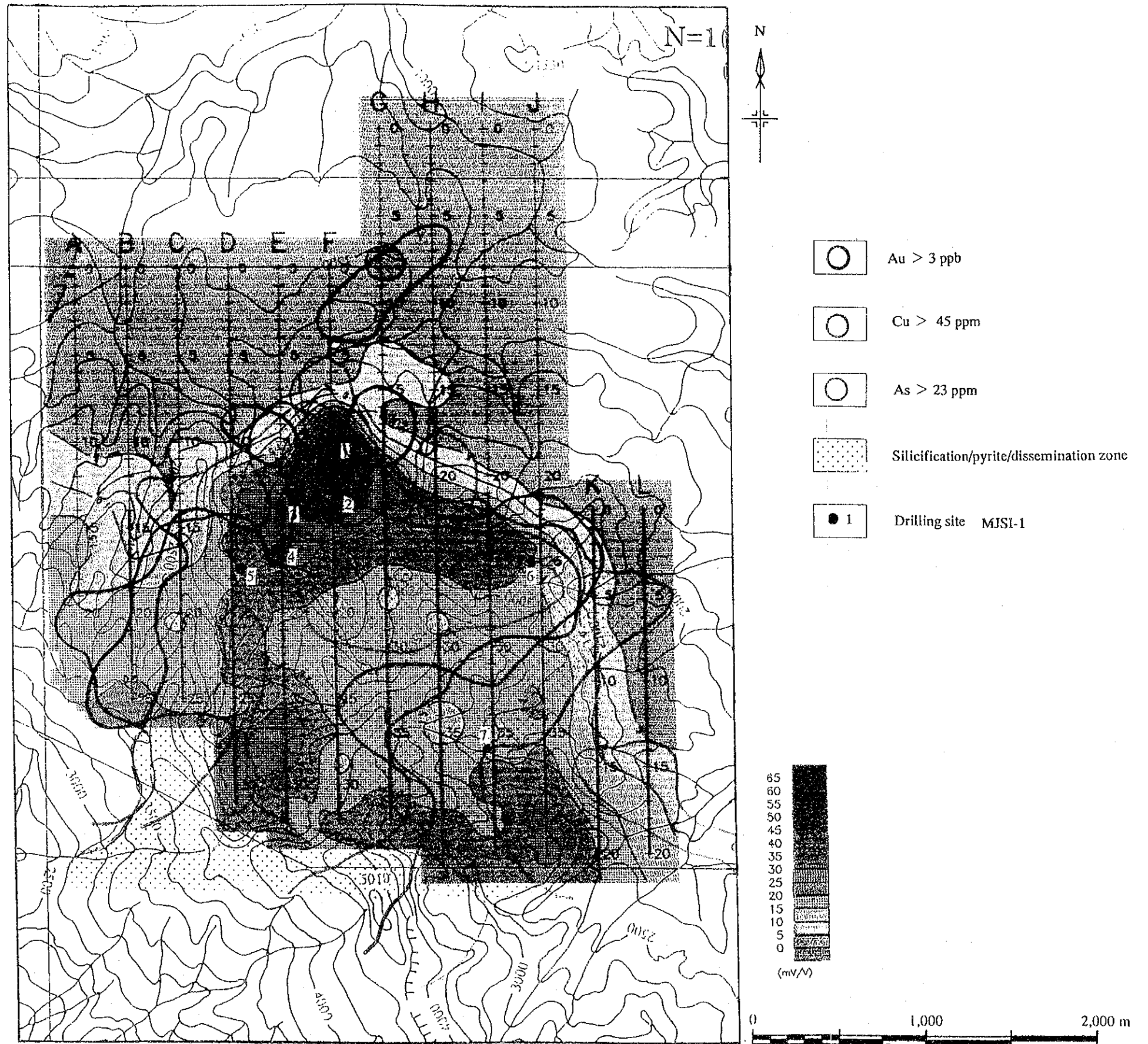


Fig.III-1-1 Compilation of survey results in S. Imbak Sub-area North

保安原生林 (Reserved Virgin Jungle) に指定されているため、木材の伐採は禁止されており、ヘリポートの造成あるいは運搬路の造成は不可能であり、ボーリング予定地点を移動せざるを得なかった。従って、それより東側の予定地点と同じ性質のIP異常を示す地点にボーリング地点を移動し、第3年次のボーリング調査を実施したが、その結果、顕著な鉍化帯を把握するには至らなかった。しかし、本地域においては、斑岩銅鉍床タイプの鉍化作用を想定した場合、「C」の字形のIP異常帯の中心部が最も有望と考えられる。

(4) インバック川地区南部

第1年次の土壌地化学探査により、インバック川地区南部の地質状況は、インバック川地区北部と類似しており、閃緑斑岩の貫入に伴い、その周辺部の堆積岩中には珪化・黄鉄鉍鉍染帯が存在することが確認された。この珪化・黄鉄鉍鉍染帯は地区北西部及び中央部に分布し、インバック川地区北部の鉍化作用が山脈沿いに南へ延びいると考えられる。更に、これらの珪化・黄鉄鉍鉍染帯はAu、Cu、Hg、S等の異常帯及び高濃度帯に覆われる。

第2年次により、インバック川地区南部の鉍化・変質作用が更に明らかとなった。これら珪化・黄鉄鉍鉍染帯は地区中央北部(SA)、中央部の稜線の西側山腹(SB)及び、東部の東側山腹(SC)を中心に分布し、このような地域では、閃緑斑岩の貫入岩体が多く見られ、閃緑斑岩の貫入と関連した鉍化・変質作用と考えられる。鉍化帯SAは、インバック川地区北部の鉍化帯(NA)から連続する鉍化帯と思われ、珪化・黄鉄鉍鉍染帯中に石英-硫化物脈が分布する。鉍徴地IMS-1のように銀及び銅に富む脈が存在するが、それ以外インバック川地区北部のタイプ②の銀を含む脈である。鉍化帯(SB)は、閃緑斑岩を中心として、黄鉄鉍、黄銅鉍の鉍染を伴い、銅の品位はやや低い、斑岩銅鉍床に類似した鉍化作用である。鉍化帯(SC)からは、著しい鉍化作用を伴う鉍徴地及び品位の高い試料等は確認できなかった。

岩石地化学探査の結果、インバック川地区北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯(NA)及びそれと連続するインバック川地区南部の鉍化帯(SA)は、Au、As及びCuで特徴付けられ、これにPb、Sが伴う。一方、鉍化帯(SB)の黄銅鉍の鉍染を伴う鉍徴地IMS-2周辺は、これと異なり、Cu、Au、Sで特徴付けられる。鉍化帯(SC)では、As、Au、Cuの高濃度の試料が散在するのみである。

変質帯分帯はあまりはっきりした傾向が見られず、プロピライト化帯からフィリック帯への漸移帯に相当すると思われるが、鉍化帯(SA)ではその中央部で石英を多量に伴う試料が存在し、鉍化帯(SB)では絹雲母に富む試料が存在し、一部、フィリック帯に含まれる部分もあると思われる、それぞれインバック川地区南部の変質帯の中心を成すと思われる。

流体包有物の温度測定の結果、北部の珪化・黄鉄鉍鉍染帯(NA)の西側では平均充填温度は最大であり、南部の鉍化帯(SA)及び(SB)ではそれよりやや低い。斑岩銅鉍床の例では、一般にフィリック帯の生成温度は300から400°Cと考えられており、本地区の試料は(318.1から379.7°C)すべてこの温度範囲である。

以上の点からインバック川地区南部における、鉍床賦存の可能性の高い地区として、鉍化帯

(S A) 地区及び鉱化帯 (S B) 地区が考えられ、今後、さらに、これらの地区に詳細な調査が行われることが望ましい。

第2章 将来への提言

(1) テルピド西方地区

Ni品位の高いラテライト土壌及びサポロライトが存在するが、その発達する深度は浅く、分布面積も狭いため本地区においては十分な鉱量が期待できないと考えられる。本地区の周辺地域で本地区に類似した地質環境の地域が散在するが、今後、これらの地域も調査を行うことが必要である。

(2) ピナンドアン地区

ピナンドアンバサル川上流の顕著なIPの異常源を確認するためボーリング調査が必要である。ボーリング調査に先立ち、IP異常帯を中心に地質精査(3km×3km)、岩石地化学探査及びIP法による精査を実施し、ボーリングのターゲットを決定する。

(3) インバック川地区北部

インバック川地区北部に、斑岩型銅鉱床に類似した鉱化作用が存在すると仮定すると、今まで行われたボーリング調査は、鉱化帯の中心からやや外れた周辺部で実施されたこととなる。従って、鉱化帯の中心部は、「C」の字形のIP異常帯の中心部に存在すると想定され、この地点に深度300m以上のボーリング調査を実施し、鉱化作用を明らかにする必要がある(Fig. III-2-1)。

(4) インバック川地区南部

二つの鉱化帯、(SA)地区(北西部の鉱化帯)及び(SB)地区(南西部の鉱化帯)に対して地質精査及び物理探査(IP法)を実施し、その結果に基づき、有望地点に対してボーリング調査を実施する(Fig. III-2-2)。

SA地区

調査面積：3.15 km² (1.5 km×2.1 km)

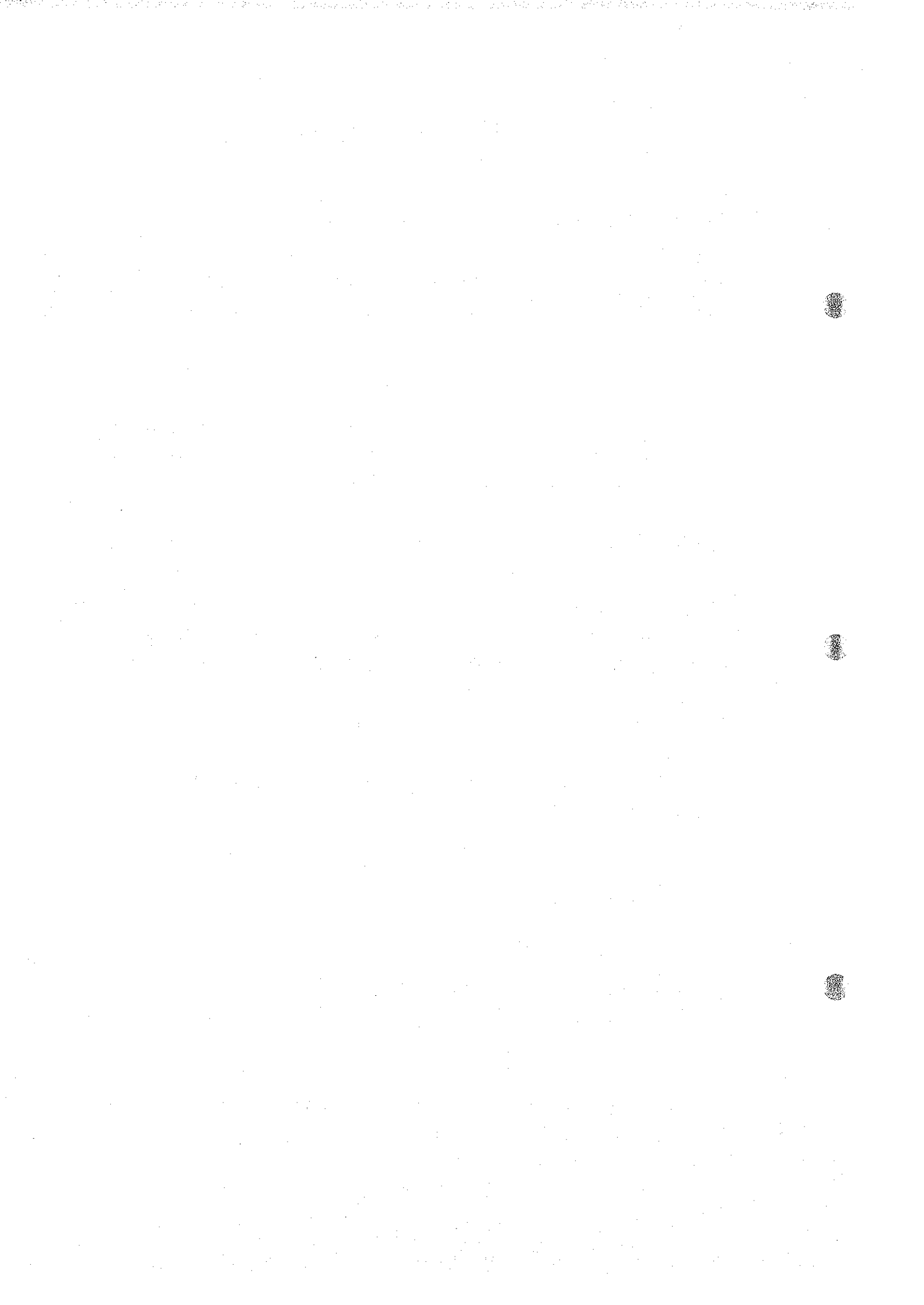
物探測線：12km(1.5 km×8 lines)

SB地区

調査面積：4.20 km² (2.0 km×2.1 km)

物探測線：16 km(2.0 km×8 lines)

インバック川地区北部及びインバック川地区南部の鉱化作用は、一連の類似した鉱化作用であ



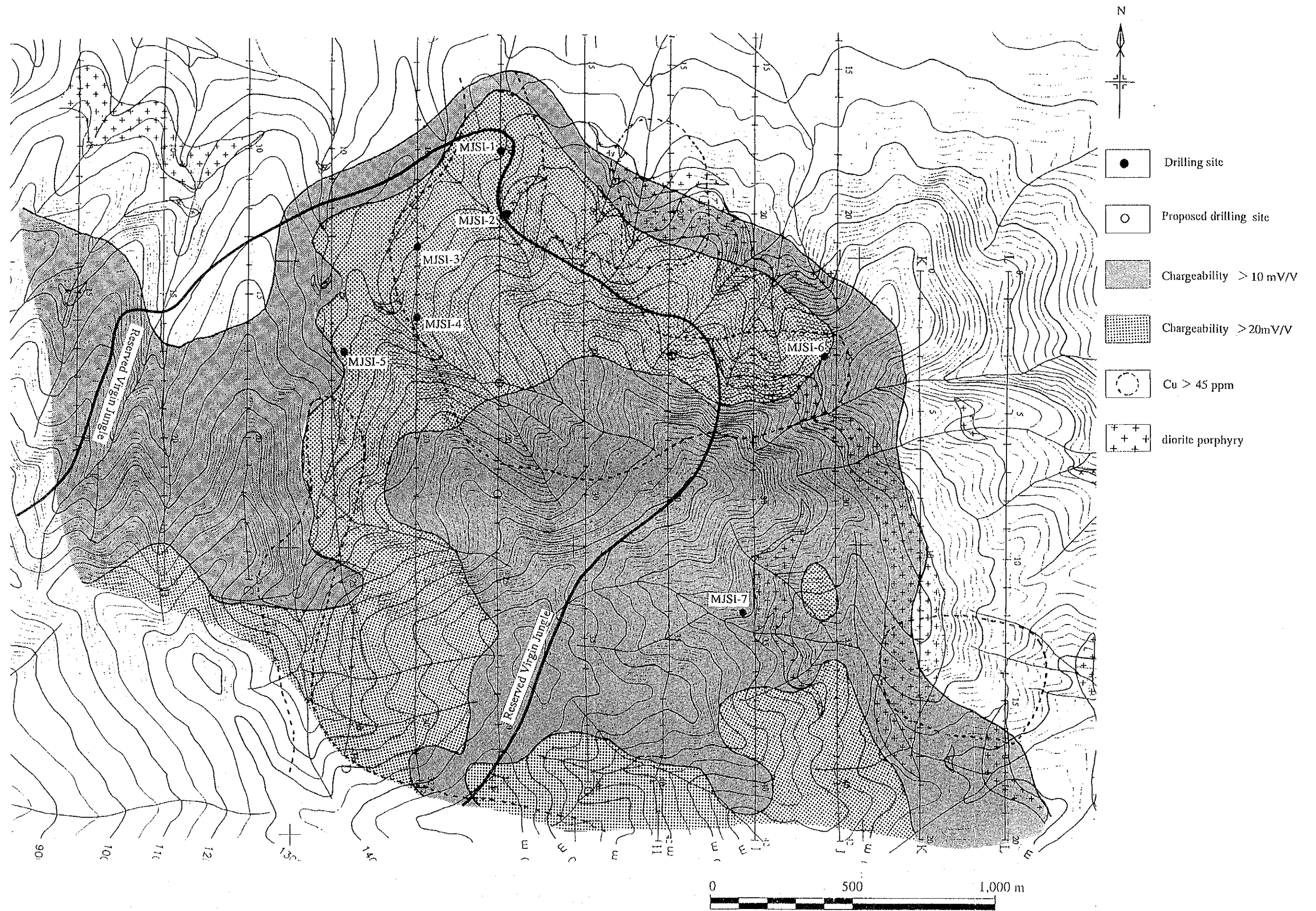


Fig. III-2-1 Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area North

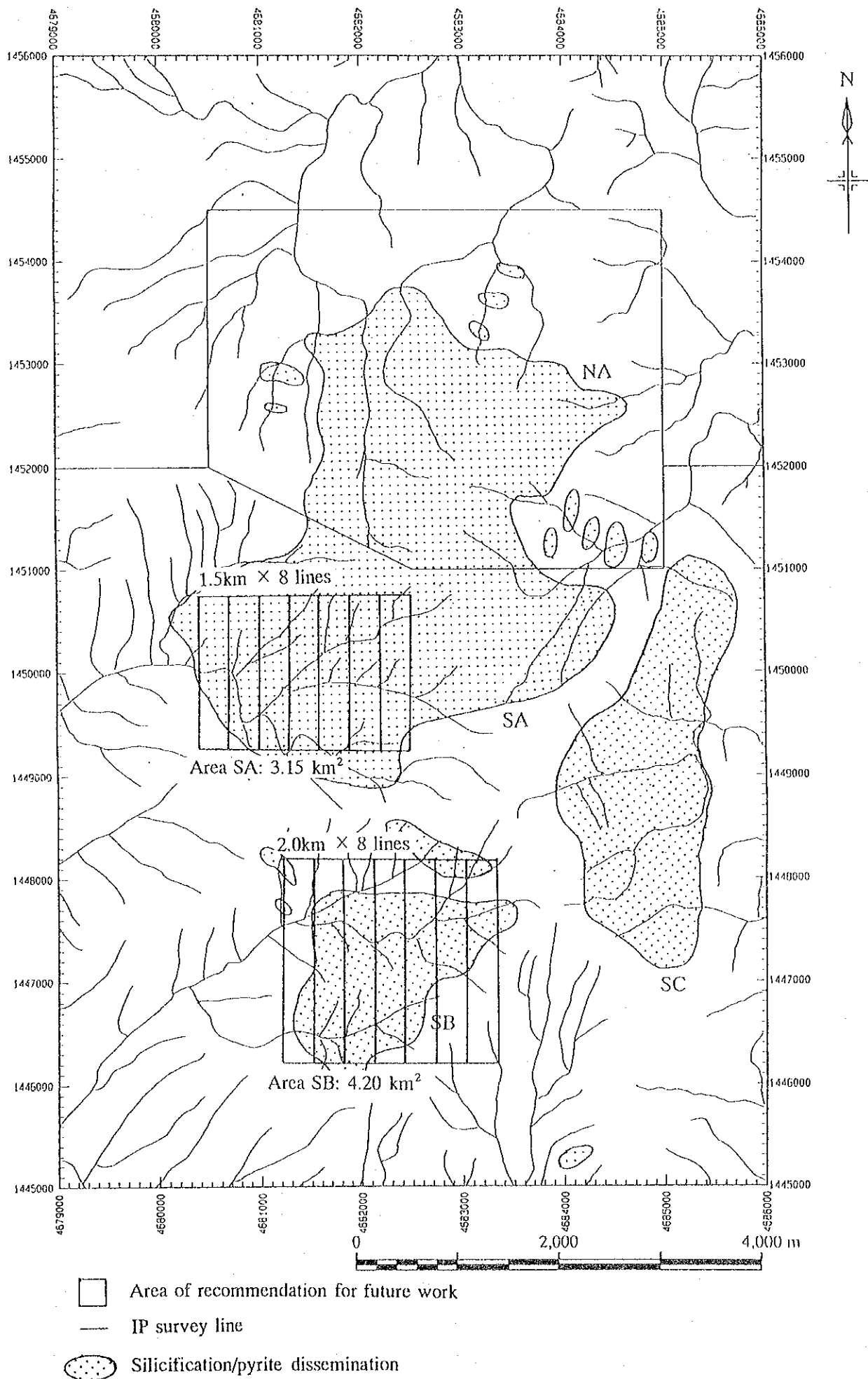


Fig.III-2-2 Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area South

り、更に類似する鉱徴地の存在がサバ中央地域に隣接してその南にも確認されている。これらの鉱徴地は、一連の山脈に沿って分布する。インバック川地区からその南にかけてのこれら鉱徴地の分布する山脈帯は、金、銅の鉱物資源ポテンシャルの高い地域と考えられ、今後、詳しい調査が行われることが望ましい。

References

- Akiyama Y. (1984): A case history – exploration, evaluation and development of the Mamut porphyry copper deposit, Geol. Soc. Malaysia, Bull. 17, pp.217–225
- Benard F., Muller C., Letouzey J., Rangin C., Tahir S. (1991): Evidence of multiphase deformation in the Rajang–Crocker Range (northern Borneo) from Landsat imagery interpretation: Geodynamic implications, Tectonophysics, 183, pp.321–339
- 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
- Heng E. H. (1985): Geological Map of Sabah, Third Edition, Geological Survey of Malaysia
- JICA and MMAJ (1994) : Report on the mineral exploration: Supra–regional survey in Central Sabah , Malaysia (PHASEIV)
- JICA and MMAJ(1995): Report on the mineral exploration in Central Sabah Area, Malaysia, (PHASE I)
- JICA and MMAJ(1996): Report on the mineral exploration in Central Sabah Area, Malaysia, (PHASE II)
- JICA and MMAJ(1997): Report on the mineral exploration in Central Sabah Area, Malaysia, (PHASE III)
- 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

Lcong 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.

Pelton W. H. and Smith P. K. (1976): Mapping porphyry copper deposits in the Philippines with IP. Geophysics, Vol. 41, pp.106-122

Ragin C., Bellon H., Bernard F., Letouzey J., Muller C., Sanudin T. (1990): Neogene arc-continent collision in Sabah Borneo (Malaysia), Tectonophysics, 183, pp. 305-319

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	Location of the Central Sabah Area	2
Fig. I -2	Flow chert of the project	3
Fig. I -3	S. Imbak Sub-area	5
Fig. I -4	Geological map of Sabah, Malaysia	19
Fig. I -5	Distribution of mineral occurrences in Sabah, Malaysia	22
Fig. I -6	Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area North	35
Fig. I -7	Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area South	37
Fig. II -1-1	Location of auger and pit sites	41
Fig. II -1-2	Sketch and analytical results of pit	43
Fig. II -1-3	Distribution of Ni in Telupid West Sub-area	45
Fig. II -2-1	Geological map of Pinanduan Sub-area	49
Fig. II -2-2	Flow chart of IP data analysis	53
Fig. II -2-3	Plan map of apparent resistivity in Pinanduan Sub-area	55
Fig. II -2-4	Plan map of chargeability in Pinanduan Sub-area	57
Fig. II -2-5	Results of model simulation in Pinanduan Sub-area	61
Fig. II -2-6	Compilation of survey results in Pinanduan Sub-area	65
Fig. II -3-1	Geological map and cross section of S. Imbak Sub-area North	69
Fig. II -3-2	Location of mineral showings in S. Imbak Sub-area North	73
Fig. II -3-3	Sketch of the mineral showings in S. Imbak Sub-area North	79
Fig. II -3-4	Occurrence of gold	83
Fig. II -3-5	Distribution of geochemical anomalous zone in S. Imbak Sub-area North	87
Fig. II -3-6	Distribution of high factor scores in S. Imbak Sub-area North	89
Fig. II -3-7	Results of X-ray diffraction analysis in S. Imbak Sub-area	93
Fig. II -3-8	Plan map of apparent resistivity in S. Imbak Sub-area North	97
Fig. II -3-9	Plan map of chargeability in S. Imbak Sub-area North	99
Fig. II -3-10	Results of model simulation in S. Imbak Sub-area North	103
Fig. II -3-11	Location of drilling site	107

Fig. II -4-1	Distribution of geochemical anomalous zone in S. Imbak Sub-area South	117
Fig. II -4-2	Distribution of factor scores in S. Imbak Sub-area South	119
Fig. II -4-3	Geological map and cross section of S. Imbak Sub-area South	123
Fig. II -4-4	Location of mineral showings in S. Imbak Sub-area South	126
Fig. II -4-5	Sketch of mineral showings in S. Imbak sub-area South	129
Fig. II -4-6	Distribution of geochemical anomalous zone in S. Imbak Sub-area	135
Fig. II -4-7	Distribution of high factor scores in S. Imbak Sub-area	139
Fig. II -4-8	Distribution of alteration mineral assemblages	143
Fig. III-1-1	Compilation of survey results in S. Imbak Sub-area North	149
Fig. III-2-1	Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area North	155
Fig. III-2-2	Recommendation for future work in S. Imbak Sub-area South	157

List of Tables

Table I -1	Summary of work amounts	8
Table I -2	Work amounts of laboratory studies	9
Table I -3	Statistics of temperature and rainfall	15
Table II -3-1	Mineralization showings of S. Imbak Sub-area North	74
Table II -3-2	Specification of IP survey in S. Imbak North	95
Table II -3-3	Specification of drill holes	106
Table II -4-1	Mineral showings of S. Imbak Sub-area South	127

JICA