

フィリピン共和国ルソン北西部地域
資源開発協力基礎調査報告書

第三年次

昭和 56 年 11 月

金属鉱業事業団
国際協力事業団

フィリピン共和国ルソン北西部地域
資源開発協力基礎調査報告書

第三年次

JICA LIBRARY



104663811

昭和 56 年 11 月

金属鉱業事業団
国際協力事業団

國際協力事業團	
貸付 564.18.270	7118
貸付	5663
登録No. 104022	MPN

は し が き

日本国政府はフィリピン共和国政府の要請に応え、同国ルソン島の北西部に位置するルソン北西部地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸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および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は昭和55年度が第三年次にあたり、金属鉱業事業団は13名からなる調査団を編成して、昭和55年11月5日から昭和56年3月31日まで、現地に派遣した。

現地調査はフィリピン共和国政府関係機関、特に天然資源省鉱山地球科学局の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第三年次の調査結果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御協力をいただいたフィリピン共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在フィリピン日本大使館および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和56年9月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理 事 長 西 家 正 起

11

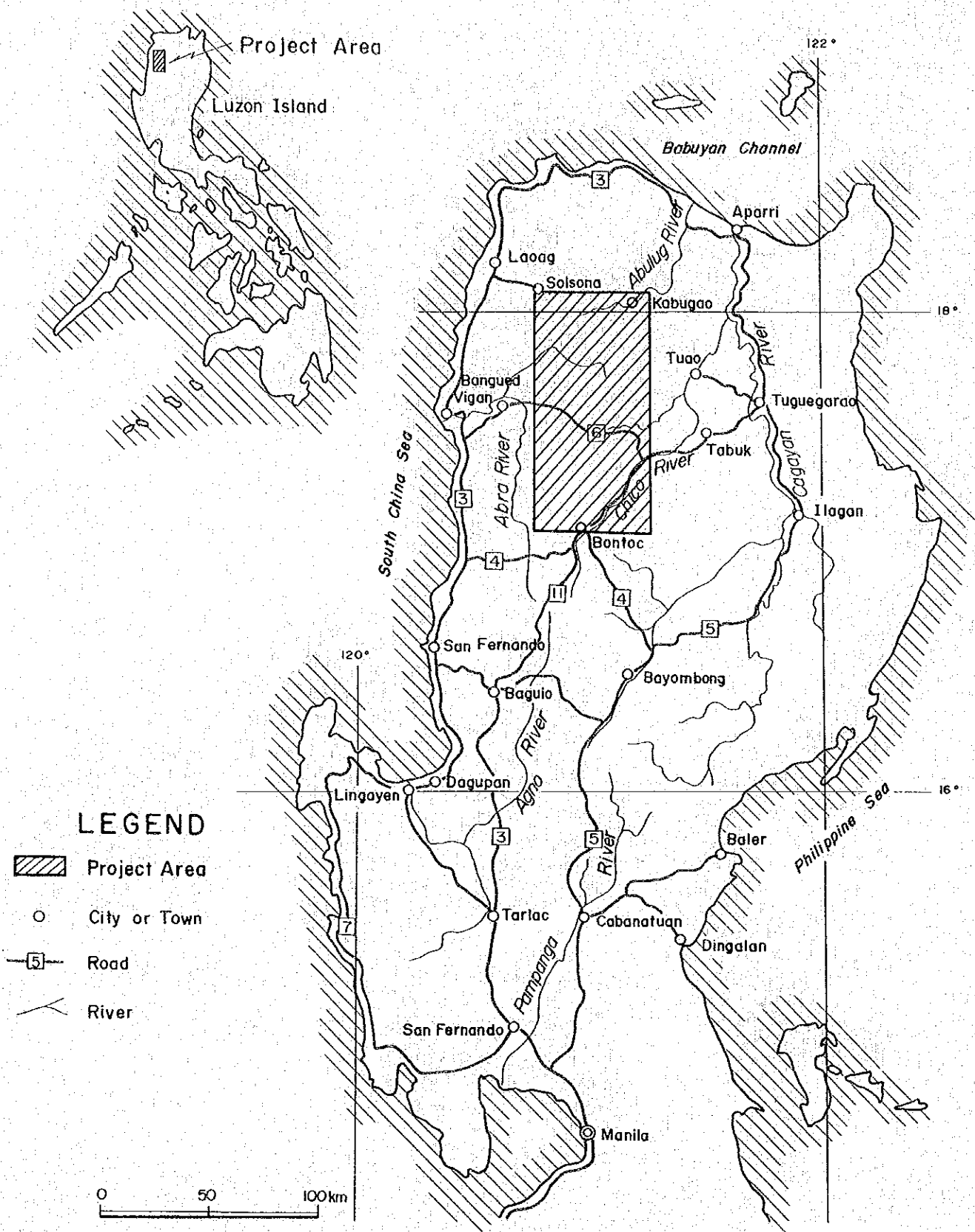


Fig. 1 Location Map of Project Area

目 次

はしがき
位置図
目次
要約

総 論

第1章 調査の概要	1
1-1 調査の経緯および目的	1
1-2 調査の内容	1
1-3 調査地域の概要	3
1-4 調査団の編成	4
1-5 参考文献	5
第2章 総合検討	7
2-1 調査地域の地質的位置づけ	7
2-2 地質構造・火成活動・鉍化作用の相互関係	7
2-3 地化学探査結果と鉍化帯との関係	9
2-4 物理探査結果と鉍化帯との関係	10
2-5 試錐探査結果と鉍化帯との関係	12
2-6 総合検討	12
第3章 結論および将来への展望	14
3-1 結 論	14
3-2 将来への展望	16

三
年

各 論

I 地質調査

第1章 総 説	18
第2章 地 質	19
2-1 概 説	19
2-2 層序および貫入岩類	19
2-3 貫入岩の化学組成と絶対年代	24
2-4 変質作用	25
2-5 地質構造	27
第3章 鉍 床	30
3-1 概 説	30
3-2 マニクベル地域の鉍化帯	30
3-3 ラヤカン地域の鉍化帯	41

II 地化学探査

第1章 総 説	46
第2章 探査の概要	47
2-1 試料の採取および分析	47
2-2 分析結果の処理	47
第3章 異常帯の分布	49
3-1 マニクベル地域	49
3-2 ラヤカン地域	49
第4章 結果の要約	51

III 物理探査

第1章 総 説	52
第2章 探査要項	53
2-1 測定機器	53
2-2 測 量	54
2-3 地質概要	55
第3章 探査方法	56
3-1 IP法電気探査概要	56

3-2	スペクトルIP法電気探査概要	57
第4章	結果解析	59
4-1	IP法結果解析	59
4-2	スペクトルIP法結果解析	62
第5章	結果の要約	71
5-1	IP法電気探査	71
5-2	スペクトルIP法電気探査	72

IV 試錐探査

第1章	総説	74
第2章	試錐工法および使用機械	75
第3章	試錐作業	76
3-1	設営作業	76
3-2	移設作業	76
3-3	撤収作業	77
3-4	コアリングと孔内保持	77
3-5	掘進状況	77
第4章	試錐結果	79
4-1	概説	79
4-2	RPJ-1孔	79
4-3	RPJ-2孔	81
4-4	RPJ-3孔	82
4-5	結果の要約	83

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1 Location Map of Project Area
- Fig. 2 Location Map of Survey Area in Phase III
- Fig. 3 Relation Map between Geochemical Anomalies and Mineralized Zones in Manikbel Area
- Fig. 4 Relation Map between Geochemical Anomalies and Mineralized Zones in Layacan Area
- Fig. 5 Relation Map between IP Anomalies and Mineralized Zones in Manikbel Area
- Fig. 6 Relation Map between Geochemical Anomalies and Drilling Sites
- Fig. I-1 Geological Map of Manikbel Area
- Fig. I-2 Geological Map of Layacan Area
- Fig. I-3 Distribution Map of Mineralized Zones in Manikbel Area
- Fig. I-4 Sketch of MA-6 Mineralized Outcrop
- Fig. I-5 Sketch of MA-7 Mineralized Outcrop
- Fig. I-6 Sketch of MB-3 Mineralized Outcrop
- Fig. I-7 Sketch of MB-4 Mineralized Outcrop
- Fig. I-8 Distribution Map of Veins in MA-1 Mineralized Subzone
- Fig. I-9 Distribution Map of Mineralized Zones in Layacan Area
- Fig. I-10 Distribution Map of Veins in LA-1 and LA-2 Mineralized Subzones
- Fig. I-11 Distribution Map of Veins in LA-3 Mineralized Subzone
- Fig. II-1 Cumulative Frequency Distribution Diagram of Cu in Manikbel and Layacan Areas
- Fig. II-2 Distribution Map of Geochemical Anomalies in Manikbel Area
- Fig. II-3 Distribution Map of Geochemical Anomalies in Layacan Area
- Fig. III-1 Plotting Method
- Fig. III-2 Block Diagram of Terrain Correction
- Fig. III-3 Block Diagram of CR System
- Fig. III-4-1 IP Profile (Line A)
- Fig. III-4-2 IP Profile (Line B)
- Fig. III-4-3 IP Profile (Line C)
- Fig. III-4-4 IP Profile (Line D)
- Fig. III-4-5 IP Profile (Line E)

Fig. III-4-6	IP Profile (Line F)
Fig. III-4-7	IP Profile (Line G)
Fig. III-4-8	IP Profile (Line H)
Fig. III-5-1	CR Profile (Line C)
Fig. III-5-2	Spectral Profile (Line C)
Fig. III-5-3	CR Profile (Line D)
Fig. III-5-4	Spectral Profile (Line D)
Fig. III-5-5	CR Profile (Line E)
Fig. III-5-6	Spectral Profile (Line E)
Fig. III-6-1	Apparent Polarization Map (n = 1)
Fig. III-6-2	Apparent Polarization Map (n = 3)
Fig. III-6-3	Apparent Polarization Map (n = 5)
Fig. III-6-4	Spectral Type Map (n = 1)
Fig. III-6-5	Spectral Type Map (n = 3)
Fig. III-6-6	Spectral Type Map (n = 5)
Fig. III-7	Correlation of Resistivity with FE
Fig. III-8-1	IP Model Calculation (Line C)
Fig. III-8-2	IP Model Calculation (Line D)
Fig. III-8-3	IP Model Calculation (Line E)
Fig. IV-1	Location Map of Drilling Sites
Fig. IV-2-A	Drilling Progress of Each Hole : RPJ-1
Fig. IV-2-B	Drilling Progress of Each Hole : RPJ-2
Fig. IV-2-C	Drilling Progress of Each Hole : RPJ-3

Table 1	Outline of Field Survey in Phase III
Table I-1	Generalized Stratigraphic Section of Survey Area
Table I-2	Result of Chemical Analysis and Normative Mineral Composition of Intrusive Rocks
Table I-3	Result of K-Ar Dating
Table I-4	Summary of Mineralized Outcrops in Manikbel Area
Table I-5	Summary of Mineralized Zones in Layacan Area
Table III-1	List of Survey Line
Table III-2	Resistivity and FE of Rock Samples

Table III-3	Result of Chemical Analysis for Rock Samples
Table III-4	CR Measurements on Rock Samples
Table IV-1	Drilling Equipments and Consumed Materials
Table IV-2	Details of Moving Operation
Table IV-3-A	Summary Record of Drilling Result : RPJ-1
Table IV-3-B	Summary Record of Drilling Result : RPJ-2
Table IV-3-C	Summary Record of Drilling Result : RPJ-3
Table IV-4	Generalized Drilling Result

LIST OF APPENDICES

Fig. A-1	Microphotography of Thin Section	
Fig. A-2	Microphotography of Polished Section	
Fig. A-3	Chart of X-ray Diffractive Analysis	
Fig. A-4	Core Log and Assay (1:200)	
Table A-1-1	List of Microscopic Observation (Plutonic Rocks)	
Table A-1-2	List of Microscopic Observation (Lava and Dykes)	
Table A-1-3	List of Microscopic Observation (Pyroclastic Rocks)	
Table A-1-4	List of Microscopic Observation (Ore)	
Table A-2-1	List of X-ray Diffractive Analysis in Manikbel Area	
Table A-2-2	List of X-ray Diffractive Analysis in Drilling Core	
Table A-2-3	List of X-ray Diffractive Analysis in Layacan Area	
Table A-3	Metal Content of Ore Samples	
Table A-4	Metal Content of Geochemical Soil Samples	
PL. I-1-1	Geological Map of Manikbel Area	(1:10,000)
PL. I-1-2	Geological Profiles of Manikbel Area	(1:10,000)
PL. I-1-3	Geological Map and Profiles of Manikbel Mineralized Area	(1:5,000)
PL. I-1-4	Map Showing the Relationship between Mineralized Zones and Geological Structure in Manikbel Area	(1:10,000)
PL. I-1-5	Location Map of Analyzed Rock Samples of Manikbel Area	(1:10,000)
PL. I-2-1	Geological Map of Layacan Area	(1:10,000)
PL. II-2-2	Location Map of Geochemical Soil Samples of Layacan Area	(1:10,000)
PL. III-1	Location Map (IP and CR)	(1:10,000)
PL. III-2-1	Equi-Frequency Effect Map (n = 1)	(1:10,000)
PL. III-2-2	Equi-Frequency Effect Map (n = 3)	(1:10,000)
PL. III-2-3	Equi-Frequency Effect Map (n = 5)	(1:10,000)
PL. III-3-1	Apparent Resistivity Map (n = 1)	(1:10,000)
PL. III-3-2	Apparent Resistivity Map (n = 3)	(1:10,000)
PL. III-3-3	Apparent Resistivity Map (n = 5)	(1:10,000)
PL. III-4	General Interpretation Map	(1:10,000)

PL. II-2-2	Location Map of Geochemical Soil Samples of Layacan Area	(1:10,000)
PL. III-1	Location Map (IP and CR)	(1:10,000)
PL. III-2-1	Equi-Frequency Effect Map (n = 1)	(1:10,000)
PL. III-2-2	Equi-Frequency Effect Map (n = 3)	(1:10,000)
PL. III-2-3	Equi-Frequency Effect Map (n = 5)	(1:10,000)
PL. III-3-1	Apparent Resistivity Map (n = 1)	(1:10,000)
PL. III-3-2	Apparent Resistivity Map (n = 3)	(1:10,000)
PL. III-3-3	Apparent Resistivity Map (n = 5)	(1:10,000)
PL. III-4	General Interpretation Map	(1:10,000)

要 約

フィリピン共和国ルソン北西部地域における第三年次の調査は、第二年次の調査結果にもとづいて鉱床賦存の可能性の最も高い地域として抽出されたマニクベル地域、および鉱床賦存の可能性が高いため、より詳細な調査を必要とするラヤカン地域において、鉱床の形成の場、規模、品位、諸性質をより詳細に解明することによって鉱床の総合的評価を図り、併せて探鉱・開発の基本方針を確立することを目的として実施された。この目的を果すため、マニクベル地域では地質・地化学調査、物理探査および試錐探査が、ラヤカン地域では地質・地化学調査がそれぞれ実施された。

地質調査の結果、マニクベル地域では非硫化銅鉱物と黄鉄鉱を主とする鉱染状～網状鉱床が東西1.5 km、南北1.1 kmの範囲を占めて石英閃緑岩の最外縁部に薄い皮殻状として形成されていることが明らかにされた。ラヤカン地域では石英閃緑斑岩の内部および周辺部の被貫入岩中に黄鉄鉱を主とする粘土質脈が多数分布し、一部には多量の硫化銅鉱物を含む脈が存在することが明らかにされた。

Cuを指示元素とする土壌地化学探査の結果、上記両鉱床の分布する範囲とよく調和したCu 800 ppm以上の高異常帯が得られ、特にマニクベル地域では露頭の分布とほぼ一致したCu 800 ppm以上の高異常帯が得られた。この結果から、銅鉱物を伴う鉱床分布域では土壌の地化学探査は鉱床の分布範囲の限定と鉱化作用の強さを推定する上で極めて効果的であることが再確認された。

物理探査は、マニクベル地域において地質調査によって明らかにされた鉱床の平面的および垂直的の広がりを確認するため、IP法およびスペクトルIP法電気探査が実施された。IP法電気探査の結果、FE5%以上のIP異常帯が鉱床分布範囲および地化学異常帯の東・西両側に分布し、鉱床と地化学異常帯が分布する範囲はFE5%以下の低FE帯をなすことが明らかにされた。これは鉱床が、露頭では非硫化銅鉱物を主とすること、鉱床が皮殻状であって深部に連続しないことなどによると推定された。本年度はこのほか、IP法で検出した高異常帯にスペクトルIP法電気探査を行い、IP高異常帯をもたらした硫化物濃集部を構成する鉱物の判別を試みた。結果はIP高異常帯での黄銅鉱の量が少なく満足すべきものではなかったが、黄銅鉱に富む鉱床では十分な成果が収められるものと期待される。

試錐探査はマニクベル地域の鉱床の深部への連続性およびIP高異常帯の実態把握を目的として3孔・計93.2.20 mが実施され、その結果、鉱床は少量の黄銅鉱を伴う黄鉄鉱鉱染帯で、露頭分布域の南縁は想定されていた以上の急角度で南東へ傾斜することが判明した。また、IP高異常帯は安山岩中に発達する黄鉄鉱のフィルム状～毛状微細脈網状帯によって生じたものであることが確認された。

以上の調査結果を総合的に検討した結果、マニクベルの鉱床については未だ若干の探鉱余地はあるものの、鉱床の形態・品位から判断して現状では開発の可能性は薄いと結論づけられ、

またラヤカン地域の鉱床については今後試錐等によって鉱床の水平的・垂直的連続性と品位変化を明らかにする必要があるとの結論を得た。

総論

第1章 調査の概要

1-1 調査の経緯および目的

本年度の調査は、フィリピン共和国ルソン北西部地域における資源開発協力基礎調査の第三年次にあたり、第二年次までの調査によって鉱床賦存の可能性の非常に高い区域として抽出された鉱化帯を含む3つの区域、すなわちマニクベル地域 (Manikbel, 15 Km²) ; マリブコン地域 (Malibcong, 10 Km²) ; ラクブ地域 (Lacub, 5 Km²) において実施される予定で、昭和55年11月よりマニクベル地域の地質・地化学精査および物理探査が開始された。しかしながら、マニクベル地域の野外作業がほぼ終了する頃よりマリブコン・ラクブ両地域の治安が急激に悪化し、両地域の調査は実施不可能となった。このため、既成の調査計画を再検討した結果、両地域に代えてポントック西方に位置するラヤカン (Layacan) 鉱化帯を含む区域 (10 Km²) の精査を実施することとなった。

このような経緯から、本年度はマニクベル地域において地質・地化学精査、物理探査、試錐探査が、またラヤカン地域において地質・地化学精査がそれぞれ実施された。

本年度の調査は、マニクベル・ラヤカン両地域内に分布する鉱床の規模・品位・性状を明らかにすることによって鉱床形成の場の解明と鉱床の総合的な評価を図り、併せて今後の探鉱・開発の指針を確立することを目的とした。

1-2 調査の内容

上述の目的を達成するため、当初の計画では抽出されたマニクベル・マリブコン・ラクブの3地域に対して

- 1) マニクベル地域：地質・地化学 (土壌) 精査、物理探査 (IP法・スペクトルIP法) および試錐探査 (2孔、計600m)
- 2) マリブコン地域：地質・地化学 (土壌) 精査および物理探査 (IP法)
- 3) ラクブ地域：地質・地化学 (土壌) 精査

の調査が予定されていた。しかしながら、マリブコン・ラクブ両地域の調査が中止され、これに代ってラヤカン地域の地質・地化学 (土壌) 精査が実施されることに伴い、マニクベル地域の試錐探鉱は3孔、計900mに変更された。

第三年次の地質精査は、簡易測量によって $1/5,000$ 地質ルートマップを作成し、鉱床露頭の詳細な観察とそれらの連続関係の把握、鉱床形成に関係あると考えられる貫入岩類の分布と形態の解明、変質鉱物の種類とその分布状態などを明らかにすることを主眼とした。そして調査結果は $1/10,000$ および $1/5,000$ (主要鉱化帯周辺) の地質鉱床図としてまとめられた。

地化学精査は、マニクベル地域については第二年次において土壌による地化学精査が実施さ

れているため、地質調査ルートに沿って60試料/Kmの採試密度で、またラヤカン地域については土壤地化学精査が実施されていないため、32試料/Kmの採試密度でそれぞれ実施された。この結果、マニクベル地域では191個の試料が採取され、全試料はマニラにおいてCuの分析が実施され、分析結果は試錐地選定の参考に供された。ラヤカン地域では320試料が採取され、この試料は日本においてCuの分析が行われた。

物理探査としては、マニクベル地域において鉱床の下部への連続性を明らかにするためIP法電気探査が実施され、さらにフィリピンにおいて初の試みとしてスペクトルIP法(CR法とも言う)も実施された。IP法は測線延長26.5km、測線間隔250m、電極間隔100mで、またスペクトルIP法はIP測線を利用して、延長1.6mの測線3本、計4.8kmについてそれぞれ実施された。IP法の測定結果は現地で直ちに簡易解析され、試錐地選定のための重要な判断基準として利用された。

試錐探査はマニクベル地域の地質・地化学精査および物理探査の結果を総合的に検討し、主として深部で得られた強いIP異常に対して3孔、合計延長932.20mが実施された。

Table 1は第三年次の現地調査の概要を示したものである。

Table 1 Outline of Field Survey in Phase III

	Name of Survey Area	Survey Period	Area	Amount of Survey Work	Number of Geochemical Sample
Preparatory Survey		Nov. 5 ~ Nov. 19, 1980			
Geological and Geochemical Detailed Survey	Manikbel	Nov. 20 ~ Dec. 30, 1980	15 Km ²	Length of Survey Route 110.2 Km	Soil 191 pcs.
	Layacan	Feb. 5 ~ Mar. 20, 1981	10 Km ²	162.8 Km	Soil 320 pcs.
Geophysical Survey				Length of Measured Line	
	IP Method	Nov. 20 ~ Dec. 30, 1980		26.5 Km	
	CR Method	Jan. 3 ~ Feb. 7, 1981		4.8 Km	
Drilling Exploration	Manikbel	Jan. 6 ~ Mar. 31, 1981		RPJ-1 310.00 m RPJ-2 310.90 m RPJ-3 311.30 m Total 932.20 m	

地質・地化学精査ならびに物理探査の結果の概略的な解析・検討は調査の進行に応じてベースキャンプで行われたほか、野外作業終了後マニラにおいて両国調査員によって実施された。詳細な解析作業は、持ち帰った各種試料の分析・測定が終了したあと日本側調査員によって実施され、その結果は研修のため来日した2名のフィリピン側調査員によって総合的に検討され、本報告書としてとりまとめられた。

本報告書の作成にあたり、秋田大学松隈寿紀・本多朔郎両教授より鉱石鉱物、変質鉱物等に関して、それぞれ有益な御助言を賜った。ここに明記し、深謝の意を表します。

1-3 調査地域の概要

本年度調査の対象となったマニクベル地域およびラヤカン地域の位置はFig. 2に示す通りである。

マニクベル地域はアブラ(Abra)州に属し、第二年次の精査地域の1つであるボクロック(Bucloc)地域内の北部、マニクベル川の上流部にあり、面積15Km²の区域である。本地域は標高400mから900mの山岳地帯で、特に地域内北東部は急峻な地形を示している。本地域への交通はアブラ州の州都バングッド(Bangued)から地域西端より約7km西方のサラバダン部落(Barrio Sallapadan)までジープの通行可能な道路(バングッドより約2時間)があり、サラバダン部落より地域内のウドゥディアオ部落(Barrio Ud-Udiao)までの7km間には車道はなく、マニクベル川沿いに設けられた山道を徒歩により約1時間を要する。このように本地域は交通の便が極めて悪く、このため物理探査の機器類は全て人力にて運搬し、試錐探査の重機材類はあとで述べるようにヘリコプターによって運搬された。

ラヤカン地域はプロジェクト地域の南西端、ラヤカン川下流部にあり、マウンティンプロビンス(Mountain Province)州とイロコススル(Ilocos Sur)州との境界部に位置する面積10Km²の区域である。本地域も標高450mから1,000mまでの急峻な山岳地形を呈し、ラヤカン川からの各支流はいずれも多くの急崖を形成している。地域内には車道はなく、本地域に至るにはマウンティンプロビンス州の州都ポントック(Bontoc)よりベサオ(Besao)の西方カテガン部落(Barrio Categan)まで約30km間はジープを利用し、カテガン部落より地域内までは山道を徒歩で3時間余を必要とする。

なお、マニラからバングッドまでは舗装された国道3号線および6号線(マニラより40.9km)が、またポントックまではバギオ(Baguiο)市より部分舗装の国道11号線が連絡している(マニラより39.6km)。

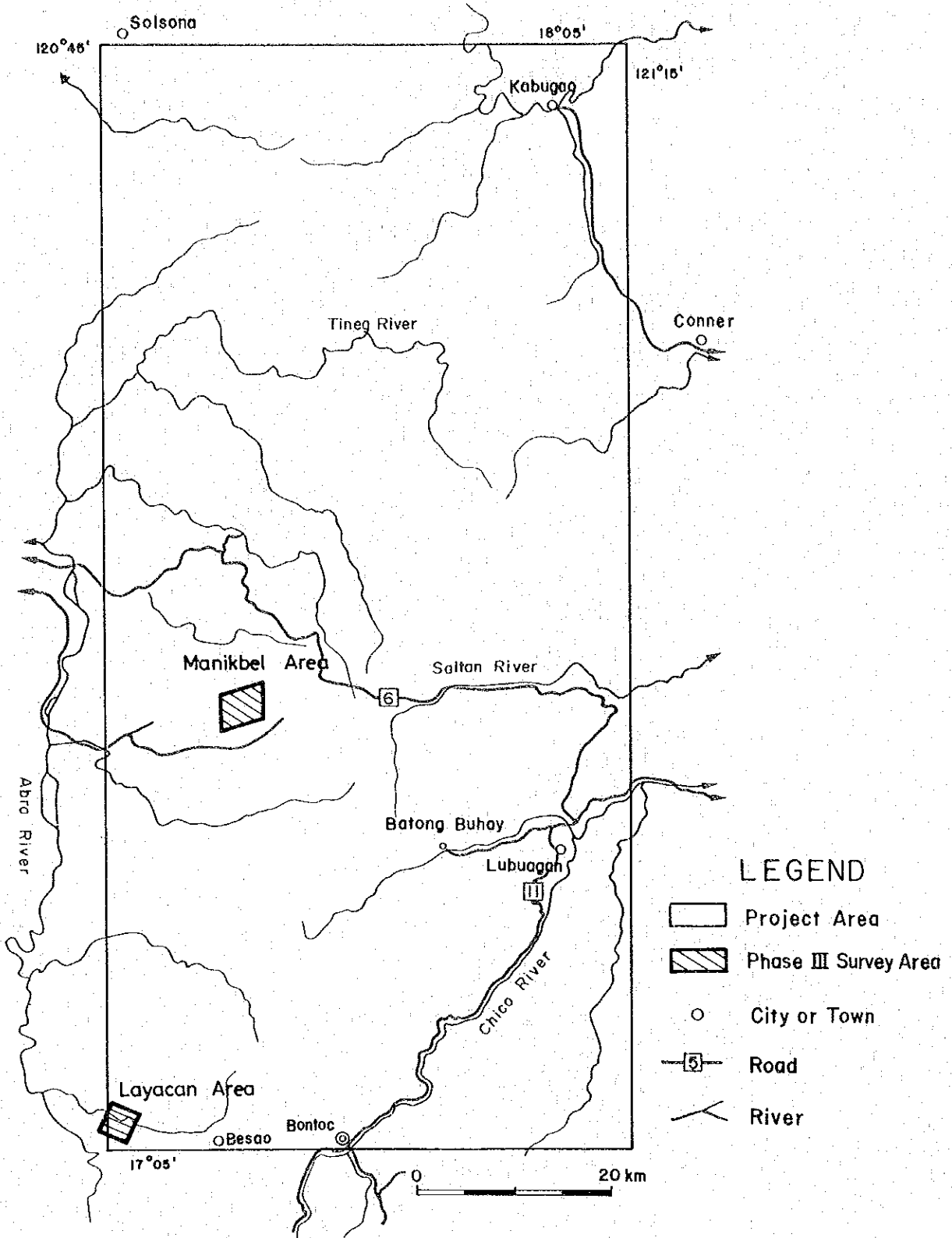


Fig. 2 Location Map of Survey Area in Phase III

1-4 調査団の編成

本年度調査のための現地折衝および現地調査に参加した調査員は次の通りである。

1) 計画・折衝

日 本 側	沢 田 賢 治 (Kenji SAWADA)	金属鉱業事業団
	谷 口 洋 文 (Hirofumi TANIGUCHI)	大手開発株式会社
フィリピン側	Oscar A. CRISPIN	鉱山地球科学局
	Leonardo R. ANTONIO	"

2) 現地調査

日 本 側	団長 (総括)	谷口洋文 (Hirofumi TANIGUCHI)	大手開発株式会社
	団員 (地質・地化学)	林 育 浩 (Ikuhiro HAYASHI)	"
	" (")	武 山 真 (Atsushi TAKEYAMA)	"
	" (")	林 克 己 (Katsumi HAYASHI)	"
	" (物理探査)	佐々木 進 (Susumu SASAKI)	"
	" (")	横川勝美 (Katsumi YOKOKAWA)	金属鉱業事業団
	" (")	藤本俊昭 (Toshiaki FUJIMOTO)	大手開発株式会社
	" (")	田中富雄 (Tomio TANAKA)	"
	" (")	児玉 晃 (Akira KODAMA)	"
	" (試 錐)	加藤明男 (Akio KATO)	"
	" (")	畠山利男 (Toshio HATAKEYAMA)	"
	" (")	熊野初雄 (Hatsuo KUMANO)	"
フィリピン側	団員 (地質・地化学)	Donno G. CUSTODIO	鉱山地球科学局
	" (")	Rene B. DELOS SANTOS	"
	" (")	Jessie S. MIGUEL	"
	" (物理探査)	Orland M. PINEDA	"
	" (")	Elias C. NACALIO	"
	" (試 錐)	Cesar L. LUCERO	"
	" (")	Dionesio M. ALERIA	"

1 - 5 参考文献

- Almogela, D. (1977) The porphyry copper deposit in the Philippines.
First National Mines Research Congress.
- Balce, G. et al. (1978) Geology of Baguio District and its implication : On the
tectonic development of Luzon Central Cordillera.
Geology and palaeontology of Southeast Asia Symposium,
Tsukuba, 78. p.115-116.
- Baptista, A. (1972) Verification of copper mineralization within a portion of the
Central Cordillera Forest Reservation at Ud-Udiao, Sallapadan,
Abra covered by prospecting permit of Ud-Udiao Mining Cp.,
Bureau of Mines.
- Bureau of Mines (1974) Preliminary report on the diamond drilling exploratory project
at Ud-Udiao, Sallapadan.
- Bureau of Mines (1976) Geology and mineral resources of Abra Province.
- Kenneth L. Zonge (1980) The complex resistivity method.
Zonge Engineering & Research Organization.
- Lepeltier, C. (1969) A simplified statistical treatment of geochemical data by
graphical representation.
Econ. Geol. Vol. 64, p.538-550.
- MMAJ & JICA (1977) Report on geological survey of Northeastern Luzon
(consolidated report).
- MMAJ & JICA (1979) Report on geological survey of Northwestern Luzon (Phase I).
- MMAJ (1979) Report on Spectral IP method. (in Japanese)

- MMAJ & JICA (1980) Report on geological survey of Northwestern Luzon (Phase II).
- Motegi, M. (1977) Porphyry copper deposits in the Philippines – Their tectonic setting and present status of development.
Min. Geol. Japan, Vol. 27, p.221–230 (in Japanese).
- Santiago, N. & Velasques, C. (1978) Geological verification for lease of 26 claims in the Bully Bueno Project of Tirad Minerals in Bo. Cacaupan, Marcos, Ilocos Norte.
Bureau of Mines.
- S.E.G. (1976) Mining Geophysics Vol. I and II.
- Summer, J.S. (1976) Principles of induced polarization for geophysical exploration, elsevier.
- Velasques, C. (1977) Geological verification of mineralization of mining claims in Maliblibeg, Cacaupan, Ilocos Norte.
Bureau of Mines.
- Wait, J.R. (1959) Discussion on a theoretical study of induced electrical polarization.
Geophysics, vol. 24, p.144–154.

第2章 総合検討

2-1 調査地域の地質的位置づけ

第三年次調査の対象となった2地域のうち、マニクベル地域は第二年次調査の結果から鉱床賦存の可能性の最も高い区域の1つとして選び出された地域であり、一方のラヤカン地域も第二年次までの調査結果から有望順位の第4位にランクされている区域で、いずれも特徴的な地質環境を示している。

本プロジェクト地域は、第一・二年次の報告書で述べた通り、コルディレラセントラル (Cordillera Central) 隆起帯の中核部を占めており、始新世およびそれ以降の累層中にはほぼ南北方向に侵入した漸新世～中新世の大規模な深成岩類、半深成岩類の旺盛な活動によって特徴づけられた地域である。深成岩類は岩体と被貫入岩との境界部が一般に緩傾斜であること、および大規模な岩体を形成していることから底盤をなすと考えられる。

しかしながら、地域内での深成岩岩体の分布は地形の影響もあるが極めて不規則で、変化に富んでいる。すなわち、プロジェクト地域の南西端からNNE-SSWのトレンドをもって同地域中央部まで伸びる延長40km、最大幅16kmの石英閃緑岩-花崗閃緑岩底盤はマニクベル川付近を境として見掛上の分布形態を急激に変え、小規模な露出面積をもつ複数の岩体に分かれ、かつトレンドをN-Sに変えている。さらにその北部では、隆起帯の中軸部には深成岩体は露出せず、東・西両翼部にのみ化学組成の異なる深成岩体が分布している。

マニクベル地域は底盤状大岩体の北端部にあり、底盤状岩体はその分布形態を急変させる変転部に位置している。ここでは、石英閃緑岩と被貫入岩との境界は不規則に入り組んだ形をとり、この部分に岩株状花崗閃緑岩と多数の小規模な岩株状～岩脈状石英閃緑斑岩が貫入している。本調査地域では、広い露出範囲を占める底盤状岩体の内部には鉱化作用はほとんど認められず、多数の小岩株・岩脈に縦横に貫かれ、不規則な境界を示す岩体の縁辺部および周囲の被貫入岩中に鉱化作用が集中している。このようにマニクベル地域は広域的地質の上から極めて特徴的な環境下にあるといえる。

一方、ラヤカン地域は上述の底盤状大岩体の南端部付近に位置しており、地域内には岩体は分布しないが、岩体の形状から比較的浅い部分に岩体が潜在することが想定されている。しかも地域内には小規模な石英閃緑斑岩岩株があり、主要な鉱化帯の大部分はこの岩株の内部および周辺部に認められる。このようなことから、ラヤカン地域は被貫入岩の岩質および時代のうえでマニクベル地域とは異なるが、構造的には全く同じ環境下にあるものと考えられる。

2-2 地質構造・火成活動・鉱化作用の相互関係

第三年次の調査が実施されたマニクベル・ラヤカン両地域は、分布する地層と深成岩類の露

出状況に差はあるものの、地質構造的には同一環境下にあると考えられ、ともにNNE-SSWないしN-S系およびこれにほぼ直交する、WNW-ESEないしNW-SE系の2つの構造に支配されている。

マニクベル地域にみられる貫入岩類と地質構造は、PL. I-1-1で明らかな通り、NNE-SSW方向に進入した底盤状石英閃緑岩岩体、この底盤状岩体の縁辺部に岩体と平行に貫入した花崗閃緑岩岩株、これらの岩体の貫入方向に直交するNW-SEないしWNW-ESE方向の多数の石英閃緑斑岩-石英安山岩岩脈、NW-SEないしNNW-SSE方向の断層などで示される。そしてこれらの構造要素はいずれも基本的にはNNE-SSW系およびWNW-ESE系構造に規制されている。

一方、ラヤカン地域には深成岩類は露出せず、PL. I-2-1に示されるように、WNW-ESEないしNW-SE方向に貫入した石英閃緑斑岩岩株、岩株とほぼ同じ貫入方向をもつ石英安山岩ほかの岩脈、NNE-SSW系の断層などが主な構造要素となっている。そしてこれらもマニクベル地域と同様NNE-SSW系とWNW-ESE系との組合せである。なお、深成岩類は露出してはいないが地域の北方には石英閃緑岩の底盤状大岩体があり、地域西端部から西方にかけての比較的浅い部分に同岩体が潜在しているものと考えられる。

本年度の調査地域内にみられる鉍化作用としては、PL. I-1-4およびPL. I-2-4に示される通り、マニクベル地域では少量の黄銅鉍を伴う黄鉄鉍鉍染鉍化帯および黄銅鉍-黄鉄鉍-石英脈が、ラヤカン地域では黄鉄鉍を主とする緑泥石-方解石-石英脈がそれぞれ卓越しており、前者のうち鉍染型のものは石英閃緑岩岩体と被貫入岩である安山岩溶岩との境界部付近の岩体内で、かつ岩体を貫く花崗閃緑岩岩株の周辺に集中的に分布する。前者のうちの鉍脈型の鉍化帯は石英閃緑岩・安山岩双方にみられるが、数としては多くない。後者の脈は主として石英閃緑斑岩岩株の内部および周辺に発達している。このような事実から、マニクベル地域の鉍化作用は花崗閃緑岩岩株に密接な関係を有し、ラヤカン地域の鉍化作用は石英閃緑斑岩に密接に関係していると言える。

以上のことから、調査地域内の地質構造・火成活動・鉍化作用の相互関係を考察すると、(1)プロジェクト地域内で最も支配的なN-SないしNNE-SSW系の構造規制を受けながら石英閃緑岩-花崗閃緑岩が底盤状に進入し、進入に伴って岩体と平行および直交する構造を形成、(2)これらの構造のうち、岩体に平行なNNE-SSW系構造に後深成活動として花崗閃緑岩が岩株状に貫入し、同時に直交するWNW-ESE系の構造を増幅・拡大させた。次いで(3)既成WNW-ESE系構造に沿ってマニクベル地域ではより後期の石英閃緑斑岩-石英安山岩岩脈が、ラヤカン地域では石英閃緑斑岩が岩株状にそれぞれ貫入し、(4)マニクベル地域では火成活動は終期に入り、NNW-SSE系の断層を生じながら安定化へと向い、ラヤカン地域でも最後期の石英安山岩岩脈等の貫入を経て火成活動は終息し、NNE-SSW系の大規模な断層

運動を繰り返しながら安定化へと移行したという地質構造・火成活動の発達過程が考えられる。鉍化作用としては、マニクベル地域においては底盤状岩体の進入によって安山岩中に形成された多数の割目に黄鉄鉍を主とする前駆的鉍化作用が行われ、花崗閃緑岩岩株の貫入に伴って銅を伴う主鉍化作用が底盤状岩体および岩株中に鉍染状鉍化帯を形成した。石英閃緑斑岩-石英安山岩岩脈の活動期では鉍化作用は衰退期に入っており、局部的な黄鉄鉍の鉍染~微細脈としてみられるにすぎない。ラヤカン地域では石英閃緑斑岩岩株の貫入に伴って黄鉄鉍を主とする鉍脈型の鉍化作用が行われたが、規模は小さく、銅の濃集も強くはない。岩脈類の活動期には鉍化作用も終期となり、粘土化と局地的な金銀の沈澱を生ずる程度となっている。

2-3 地化学探査結果と鉍化帯との関係

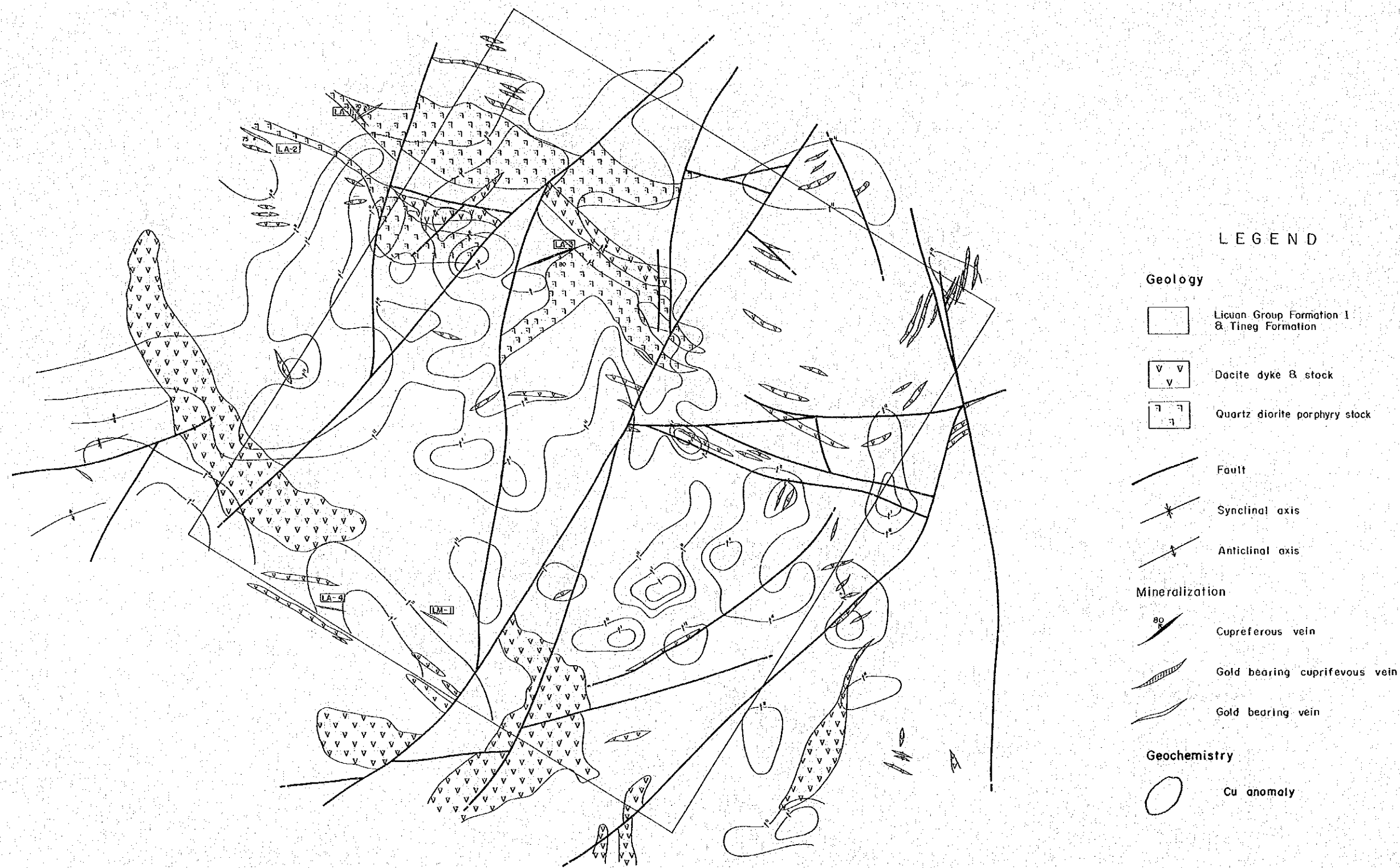
本年度はCuを指示元素とした土壌の地化学探査がマニクベル・ラヤカン両地域において実施され、マニクベル地域においては小範囲ながら強い異常帯が、またラヤカン地域では広範囲中程度の異常帯がそれぞれ得られた。

Fig. 3はマニクベル地域のCu地化学異常帯と鉍化帯の関係を示したものである。この図から明らかな通り、ウドウディアオ部落北方マミシング沢流域には孔雀石と少量の黄銅鉍を伴う黄鉄鉍鉍染帯が多数露出しており、東西1.5km・南北1.1kmの規模のCu地化学異常帯がこれらの露頭の分布域をほぼ完全に覆うように検出された。特に、マミシング沢東側流域に露出するMA-2・MA-3・MA-4・MA-7各露頭が分布する範囲にはCu 800 ppmを超える強い異常帯が得られ、鉍化帯の分布をよく表している。Cu 800 ppmを超える異常帯はMA-4露頭の北部にも分布しているが、ここでは厚い植生のため露出はなく、鉍化帯の存在は確認されていない。しかしながら、異常の強さからMA-4露頭はかと同質の鉍化帯の賦存が期待される。この異常帯内の西側では鉍山地球科学局が実施したBM・163, BM・164, BM・166の3孔の試錐地があり、BM・163孔ではCuの良好な鉍化作用が認められている。

ウドウディアオ部落から北北東方向に伸びるマミシング沢・マニクベル川分水界の東部ではごく小範囲の孤立した幾つかの異常帯が得られたが、まとまった異常帯は検出されていない。この区域では、露出状況が悪いこともあるが、顕著な鉍化帯は認められていない。

一方、ラヤカン地域ではFig. 4に示す通り、調査地域の中央部から北西に広がる広範囲の異常帯が得られた。しかしながら、異常の程度はマニクベル地域に比較すると低く、マニクベル地域の異常(Cu 300 ppm以上)と同程度の異常(Cu 200 ppm)域をとりあげると、その範囲はバラシアン川南岸沿いと地域西縁部とに分布する2つの異常帯に絞られる。

バラシアン川沿いの異常帯帯中には幅はせまいが斑銅鉍・黄銅鉍に富む脈を含むLA-3鉍化帯が含まれ、この鉍化帯の南西延長部にはCu 800 ppm以上の異常点が存在する。また、この異常帯は鉍化作用をもたらしたと考えられている石英閃緑斑岩岩株の分布と調和している。



LEGEND







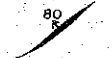



- Geology**
-  Licuan Group Formation I & Tineg Formation
 -  Dacite dyke & stock
 -  Quartz diorite porphyry stock
 -  Fault
 -  Synclinal axis
 -  Anticlinal axis
- Mineralization**
-  Cupiferous vein
 -  Gold bearing cupriferous vein
 -  Gold bearing vein
- Geochemistry**
-  Cu anomaly

Fig. 4 Relation Map between Geochemical Anomalies and Mineralized Zones in Layacan Area

調査地域西縁の異常帯はリクアン層群1層の玄武岩—塩基性安山岩とティネグ層の石英安山岩質火山砕屑岩が分布する区域に検出されたもので、異常帯の内部には鉍化帯は分布していない。

LA-1・LA-2両鉍化帯はいずれも黄鉄鉍—粘土脈で銅鉍物を含まず、顕著な異常帯は認められない。LA-4・LM-1各露頭は強珪化岩中の粘土脈で少量の銅鉍物を伴うが、小範囲かつ中程度の地化学異常が得られたにすぎない。このように、ラヤカン地域の異常帯は一般に中～低異常であり、鉍化帯とも必ずしも一致しているとはいえない。これは鉍化帯が主として黄鉄鉍よりなり、銅鉍物を含む脈が極めて少ないことによると考えられる。

以上のことから、Cuを指示元素とする土壤地化学探査は銅鉍物を伴う鉍化帯の分布範囲を限定し、鉍化作用の強さを推定する上で極めて効果的であると言える。特に、植生の厚い区域ではより一層の効果が期待される。

2-4 物理探査結果と鉍化帯との関係

第三年次調査における物理探査は、マニグベル地域内に分布する鉍化帯、特にマミング沢流域に露出する鉍染型の黄鉄鉍鉍化帯の平面的・垂直的の広がりを明らかにする目的で実施された。採用された方法はIP法電気探査およびスペクトルIP法電気探査である。

IP法電気探査の結果、Fig.5に示される通り、調査地域の東部・中央部・西部の3箇所にてFE値7%以上の強IP異常が確認された。東部異常帯と中央部異常帯はともに北側において異常が強く、南側に向って次第に弱くなっている。西部異常帯は前記2異常帯に比較して規模が小さく、測線Line-C・D付近に中心があつて北方に向って異常の程度が弱くなっている。また、これらの異常帯は共通して、 $1,000\Omega m$ 以下の低比低抗域とほぼ一致し、本地域のIP異常帯はいわゆる高FE・低比低抗型を示している。

IP異常帯と地質との関係では、東部異常帯は石英閃緑岩体中にあり、中央部異常帯は主として安山岩溶岩の分布域にあるが、北西部では岩株状花崗閃緑岩を覆っている。この部分の異常帯は花崗閃緑岩の分布に沿って南西に伸び、東部異常帯に連続している。西部異常帯の中心から北東部は花崗閃緑岩岩株の分布と、南西部では安山岩溶岩の分布とそれぞれ一致している。

マニグベル地域の鉍化帯は主として石英閃緑岩の縁辺部でかつ花崗閃緑岩岩株の周辺部に形成された黄鉄鉍の鉍染ないし微細脈網状帯で、少量の黄銅鉍を伴い、露頭部では孔雀石、藍銅鉍が多く認められ、また、地域北西部では黄鉄鉍を伴う脈状露頭も知られている。地域の中央から東部では諸所に黄鉄鉍の鉍染～微細脈網状帯がみられるほかLB-2、LD-1などの脈状の露頭が確認されているが、いずれも極めて局所的である。

IP異常帯と鉍化との関係を見ると、東部異常帯は石英閃緑岩分布域にあつて、この石英閃緑岩は諸所に小規模な黄鉄鉍鉍染帯を生じており、IP異常はこれらの鉍染状黄鉄鉍によつても

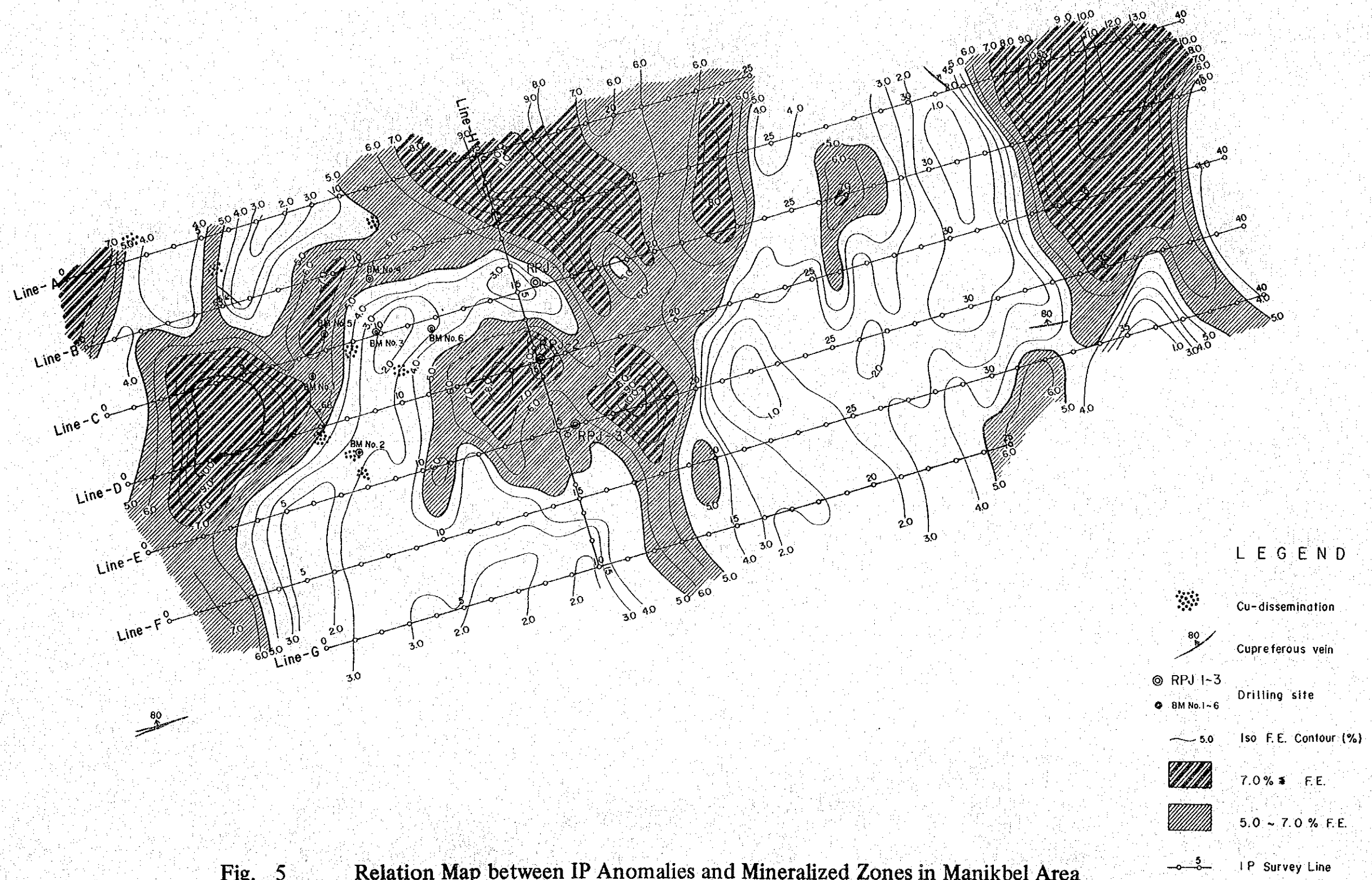



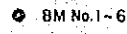






Fig. 5 Relation Map between IP Anomalies and Mineralized Zones in Manikbel Area

LEGEND

-  Cu-dissemination
-  Cupreferous vein
-  RPJ 1-3
-  Drilling site
-  5.0 Iso F.E. Contour (%)
-  7.0% F.E.
-  5.0 ~ 7.0 % F.E.
-  IP Survey Line

たらされたものであると考えられる。中央部異常帯は北西部を除けば安山岩溶岩の分布域にはほぼ一致している。この安山岩には無数の微小割目が発達し、割目に沿ってフィルム状～毛状の黄鉄鉱を生じていることが野外観察と試錐の結果から明らかにされ、大規模なI P異常はこれらの黄鉄鉱微細脈によって生じたものと考えられる。この中央異常帯は深部($n=5$)まで連続しており、このことは試錐の結果ともよく一致している。中央部異常帯北西部分と西部異常帯とは岩株状花崗閃緑岩の分布と一致しており、岩体中にみられる著しい黄鉄鉱の鉱染がF E異常をもたらしたものと考えられる。西部異常帯は浅部で強く、深部では劣勢となっている。

中央部異常帯と西部異常帯との中間の低F E帯(F E 5%以下)には前に述べた銅を伴う鉱化帯が分布している。これらの鉱化帯は銅鉱物として孔雀石、藍銅鉱および少量の黄銅鉱を含むが、分析結果では銅の品位に比較してS品位が非常に低く、従って銅はその大部分が非硫化銅鉱物に由来していることが明らかである。しかしながら、孔雀石・藍銅鉱は銅の硫化物から二次的に生成したものであって、これら鉱化帯は初生的には黄銅鉱-黄鉄鉱の鉱物組成であったと考えてよい。

鉱化帯の分布する区域で高F Eが得られなかった理由としては(1)鉱化帯が主として二次生の銅鉱物からなり、硫化物に乏しい、(2)鉱化帯は初生的には黄銅鉱-黄鉄鉱の組合せであるが、鉱染鉱床では黄銅鉱-黄鉄鉱帯は黄鉄鉱帯に比較して総硫化物が少ない、(3)I P現象は鉱染状より網状の方が強いことが物性測定の結果から明らかであり、鉱化帯はむしろ鉱染状に相当する、(4)鉱化帯の厚さは比較的薄く、深部までは連続していないと推定される(鉱山地球科学局の試錐結果から)などが考えられる。この低F E帯は少なくとも地表下300m付近($n=5$)まで連続している。なお、この低F E帯は強いCu地化学異常帯とよく一致しているが、これは主として銅の二次鉱物による高異常と考えられる。

上述のように、非硫化銅鉱物を主とする鉱化帯分布域では高いI P異常は得られなかったが、黄鉄鉱のフィルム状～毛状微細脈が発達する区域では高いI P異常が平面的にも垂直的にも検出され、総硫化物とI P異常との密接な相関関係が確認された。

スペクトルI P法は、I P法で確認された硫化銅濃集部の構成鉱物の判定-黄銅鉱と黄鉄鉱の判別-を目的として、I P測線Line-C・D・Eについて実施された。その結果、I P法による中央部異常帯と同一区域で硫化物の鉱染～網状帯を検出し、中央部・西部両異常帯の間の低F E帯は低硫化物分布域であることが確認された。しかしながら、目的とした高硫化物分布域における黄銅鉱と黄鉄鉱の判別については明快な結果は得られなかった。その理由として黄銅鉱の絶対量が低いこと(第三年次の試錐結果から)があげられ、もし黄銅鉱に富む良好な鉱化帯が存在すればより明快な結果が得られたであろうと考えられる。スペクトルI P法は得られたデータの解析方法が未だ十分に確立されておらず、種々の方法が試みられている段階である。解析方法の開発により新たな結果が得られる可能性は十分に残されている。

2-5 試錐探査結果と鉍化帯との関係

試錐探査はマニクベル地域のマミシング沢に分布する鉍化帯の深部への連続性および鉍化帯の東側で得られた深部まで連続する顕著なIP異常帯の実態把握を目的として、Fig. 6に示される3箇所において実施された。試錐地の選定に際しては、鉍化帯が石英閃緑岩と安山岩溶岩の境界部に形成されており、この石英閃緑岩は比較的浅いところで東部に分布する石英閃緑岩岩体と連続するため、これらの位置から300mの試錐を実施すれば確実に境界部を捕捉できるであろうということが考慮された。また、鉍化帯およびCu地化学異常帯が分布する範囲では深部にIP異常が検出されておらず、さらにこの範囲において既に鉍山局が試錐を実施しているため、本年度の試錐地から除外された。

試錐の結果、RPJ-1孔においては深度19250mより260mの間で、地表で確認されている鉍化帯の延長部とみられる少量の黄銅鉍を伴う黄鉄鉍鉍染帯が捕捉された。しかしながら、PPJ-2孔では深度26390mまでが安山岩溶岩部分であり、かつ石英閃緑岩との境界部分は広い範囲にわたって多数の貫入岩が縦横に貫き、RPJ-1孔でみられるような鉍化帯は確認されていない。RPJ-3孔は孔底まで安山岩で占められ、ここでもRPJ-1孔のような鉍化部分は捕捉されていない。

このように、安山岩と石英閃緑岩との境界に最も近いRPJ-1孔ではほぼ予想された境界が得られたが、RPJ-2および3孔では境界は予想よりはるかに急な傾斜を示し、かつ境界部付近を中心に著しい岩脈類の活動があり露頭の延長部は確認できなかった。RPJ-1孔で確認された露頭の延長部は当然のことながら銅の二次富化はなく、銅品位は低い。しかしながら、黄鉄鉍の鉍染は岩脈部分を除けば深部まで旺盛で、特に安山岩中ではフィルム状～毛状の細脈として多量に産し、このため高いIP異常が検出されたものと考えられる。

3-6 総合検討

第三年次調査として実施された地質・地化学調査、物理探査および試錐探査の結果とそれらの相互関係を述べてきたが、これらを「鉍化帯の総合的評価」という観点から総括的に検討すると次のようにまとめられる。

マニクベル地域には孔雀石・藍銅鉍を主とし少量の黄銅鉍を伴う黄鉄鉍鉍染露頭群と、同質の脈状鉍化帯が分布するが、脈状鉍化帯は小規模かつ低品位で探鉍価値はない。ウッドディアオ部落西方には銅に富む脈が存在するが脈勢不安定でかつマニクベル川本流に沿って胚胎しており、地形的条件から今後の探鉍・開発の対象とはなり難い。

マミシング沢流域に分布する鉍染型の露頭群に対しては地化学精査、物理・試錐探査が実施されたが、それらの結果および鉍山地球科学局の過去の探鉍結果を総合すると、この露頭群も現状では開発の検討の対象とはなり難い。すなわち、これらの露頭群は石英閃緑岩岩体の最外

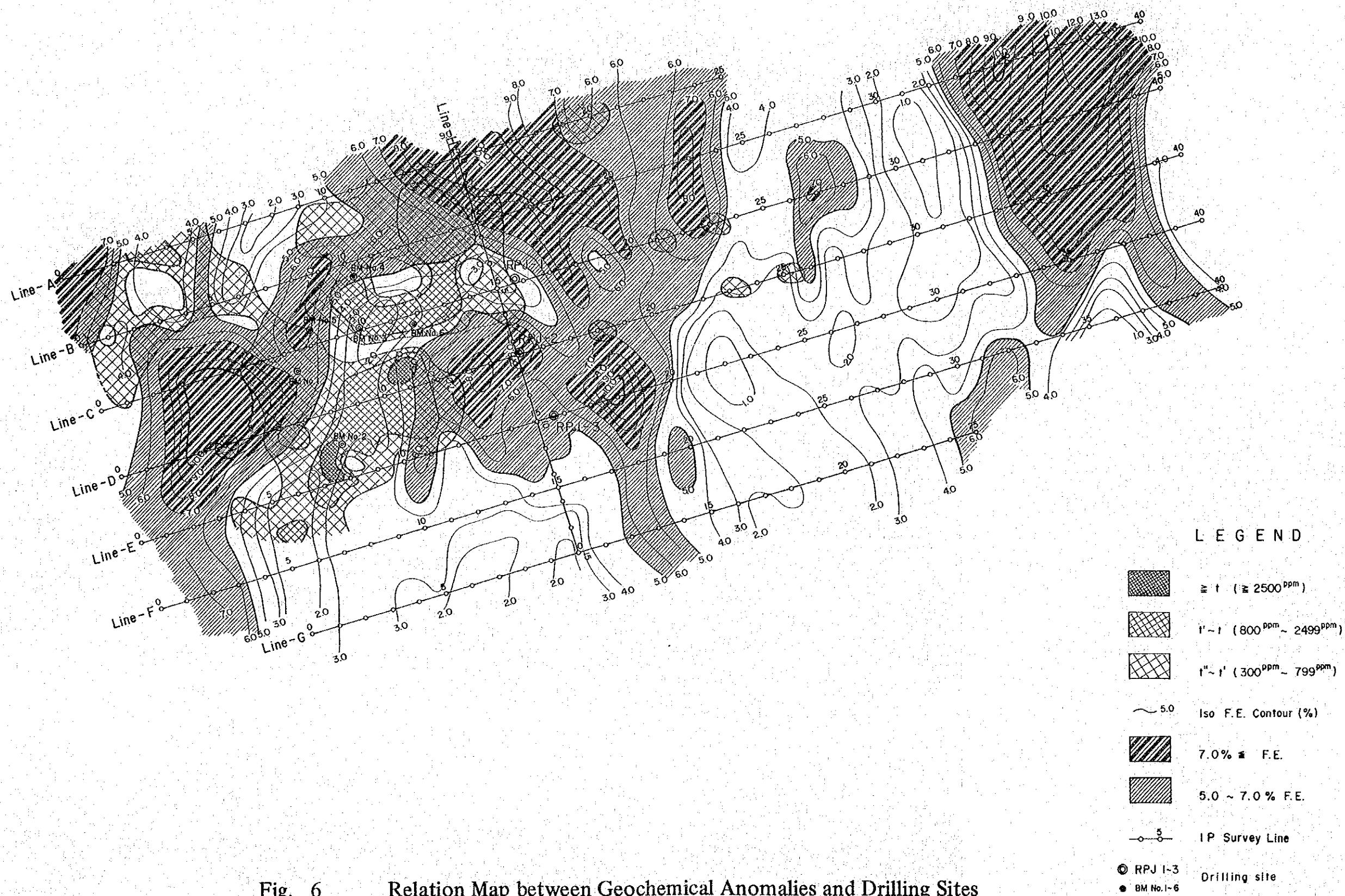


Fig. 6 Relation Map between Geochemical Anomalies and Drilling Sites

縁部に形成されたもので、露頭群分布域から北西部は広く岩体が露出するため探鉱の余地は残されていない。東南部については本年度の試錐によって岩体が急傾斜で落ち込み、R P J - 3 孔では地表下 300 m でも岩体は捕捉されない。従って、銅の鉱化作用が連続していても賦存深度には開発上問題が多い。一方、この露頭群はいわゆるポーフイリーカッパー型鉱床のように広い範囲にほぼ一様に連続するものと考えられていたが、物理探査および試錐探査の結果から、岩体の外縁に沿った薄い皮殻状をなしていることが明らかにされた。また、銅品位も露頭部では二次富化によって高品位部分が存在するが、試錐の結果では初生銅鉱物は少なく、コアの 3 m 区切りの分析結果では銅品位は 0.1~0.2% で、最高でも 0.43% である。

以上のことから、この鉱化帯は、北東および南西方向への連続性の解明が今後の探鉱余地として残されており、探鉱の結果によっては有望鉱床へと発展する可能性はあるが、現在までの探鉱結果から開発の可能性を評価すれば、立地条件の不利もあって期待は薄いと云わざるを得ない。

ラヤカン地域には黄鉄鉱を主とする粘土脈群と金銀を含む粘土質珪化帯の 2 つのタイプの鉱化作用がある。前者は主としてバランアン川沿いに分布し、一部硫化銅鉱物に富む脈もあるが、全体としては銅鉱物に乏しい脈である。後者は主として調査地域の南縁部に分布するが、いずれも小規模かつ不安定な脈で、探鉱価値は薄い。

この地域ではポーフイリーカッパー型の鉱化作用は期待できないため、硫化銅鉱物に富む脈が存在する L A - 3 鉱化帯付近について試錐を主とする鉱脈型鉱床の探鉱が進められるべきである。

第3章 結論および将来への展望

3-1 結 論

本プロジェクトの最終年度にあたる本年度は、第一、二年次の調査の結果にもとづいて、鉍床賦存の可能性の最も高い区域として選出されたマニクベル地域において地質・地化学精査、物理探査および試錐探査が、また鉍床賦存の可能性が高いためより精度の高い調査が必要と考えられるラヤカン地域において地質・地化学精査が、それぞれ実施された。

本年度調査の目的は両地域内に分布する鉍化帯の規模、品位、諸性質を明らかにすることによって鉍化帯の形成の場を解明し、鉍化帯の総合的な評価と探鉍・開発の指針を確立することにあった。

本年度の調査結果から得られた結論は次の通りである。

1. 調査地域内の層序は、第二年次までの調査によって確立されたものを踏襲したが、本年度の調査地域が10～15kmとせまく、従来の層序区分を変更しなければならないような新事実はなかった。従って、第二年次までに確立された層序区分を本プロジェクト地域の最終的な層序区分と考えてよい。
2. 貫入岩類の化学組成および絶対年代に関しては、本年度3試料の分析・測定データが追加された。化学組成ではマニクベル地域の石英閃緑岩および石英安山岩、ラヤカン地域の石英安山岩が検討され、分析結果ではいずれもカルクアルカリ系列に属し、第二年次までに検討された多くの貫入岩類と同様の組成をもつことが明らかとなった。従って、本プロジェクト地域にみられる多数の貫入岩類は底盤状深成岩類の進入に始った一連の火成活動の産物であると言える。化学分析を行った3個の試料についてK-Ar法による絶対年代の測定を行い、石英閃緑岩が $15.9 \pm 0.8 \text{ m.y.}$ 、両地域の石英安山岩岩脈が $10.5 \pm 1.1 \text{ m.y.}$ および $9.8 \pm 2.0 \text{ m.y.}$ という結果が得られた。これらの測定結果は第二年次までに得られた $26.3 \pm 1.8 \text{ m.y.}$ ～ 9.8 m.y. の範囲に入り、岩種別にみても従来の測定結果とよく調和した時代を示している。
3. 地質構造については両地域とも調査範囲がせまく、構造の全貌は把握し難いが、基本的には両地域ともNNE-SSW系およびこれと直交するWNW-ESE系の構造の組合せによって特徴づけられる。すなわち、(1)NNE-SSW系の構造に沿って底盤状深成岩の進入が生じ、(2)進入に伴って形成されたNNE-SSWおよびWNW-ESE両系の構造に沿って岩株状深成岩-半深岩の貫入が起った。これらの貫入に伴って(3)両系の構造はさらに増幅・拡大され、多数の岩脈の貫入の場となり、(4)岩脈類の貫入によって火成活動は終息し、NNE-SSW系、NNW-SSE～NW-SE系などの多く断層運動を繰り返しながら安定化へと移ったという火成活動と地質構造の発達過程が考えられた。両地域にみられるNNE-SSW系構造はプロジェクト地域を支配する基本的な大構造の1つである。

4. 地質精査の結果、マニクベル地域には非硫化銅鉱物な主とする鉱染状ないし網状鉱化帯と少量の黄銅鉱を伴う脈状鉱化帯が存在し、ラヤカン地域では黄鉄鉱を主とする鉱脈および硫化銅物をほとんど含まない珩化粘土脈が存在することが明らかにされた。マニクベル地域の主要鉱化帯は非硫化銅鉱物を主要鉱石鉱物とする鉱染～網状鉱化帯で、地表での平面的な広がり東西1.5 km、南北1.1 kmである。この鉱化帯は石英閃緑岩と安山岩溶岩との境界付近でかつ花崗閃緑岩岩株周辺の主として石英閃緑岩中にあり、その形状は塊状ではなく、石英閃緑岩岩体の表層部に沿って薄く形成された皮殻状の鉱化帯である。ラヤカン地域の主要鉱化帯は岩株状石英閃緑斑岩の内部およびその周辺に形成された黄鉄鉱粘土脈で、一部硫化銅鉱物に富む脈もあるが全般には銅鉱物に乏しく、露頭においても二次生銅鉱物はほとんど認められない。このように、両地域にみられる鉱化帯は、タイプは異なるが、形成の場としてはともに深成岩に成因的に密接な関係をもつ岩株状深成岩～半深成岩岩体の内部および周辺に限られており、第二年次までの調査によって指摘されている「鉱床形成の場」の特徴が再確認された。
5. Cuを指示元素とする土壌の地化学精査が両地域で実施され、マニクベル地域では鉱化帯の分布とよく一致したCuの高異常帯が得られた。しかしながらラヤカン地域では、銅鉱物に乏しいことから異常の程度はマニクベル地域に比較して非常に低く、かつ異常帯の分布と鉱化帯の分布が必ずしも一致しない部分もあった。しかし全般的には土壌の地化学探査は鉱化帯の分布範囲を限定し、鉱化の強度を把握する上で最も直接的かつ効果的な方法であることが確められた。
6. 物理探査としては、マニクベル地域においてIP法およびスペクトルIP法電気探査が実施された。IP法電気探査の結果3箇所FE5%以上の異常帯が得られたが、鉱化帯分布域はFE5%以下の低FE帯となっており、第二年次のIP法電気探査結果とは異なる結果となった。また、Cu地化学異常帯の分布とも合致していない。このような結果はマニクベル地域の鉱化帯が既に述べたように非硫化銅鉱物を主要鉱石鉱物としていること、鉱化帯の形状が薄い一種の皮殻状であること、鉱化帯が初生的に黄銅鉱-黄鉄鉱の組合せである場合黄銅鉱-黄鉄鉱帯は黄鉄鉱帯よりも総硫化銅物量が少ない、などの理由によるものと考えられた。IP高異常帯の一部は試錐によって深部が確められ、主として安山岩中に生じた黄鉄鉱のフィルム状～毛状微細脈の網状帯によって高異常を生じたことが明らかにされた。

スペクトルIP法はIP法で確認された硫化銅物濃集部の構成鉱物の判定-黄鉄鉱と黄銅鉱の判別-を目的として実施されたが、黄銅鉱の絶対量が少なかったこともあって良好な結果が得られたとは言えない。今後測定データの解析法について検討を重ね、より効果的な解析結果が得られるよう努める必要がある。
7. 試錐探査はマニクベル地域の主要鉱化帯の深部への連続性および鉱化帯の東縁部にみられ

る I P 高異常帯の実態把握を目的として 3 孔・総掘進延長 932.20 m が実施された。その結果、RPJ-1 孔では露頭部の延長とみられる少量の黄銅鉱を伴う黄鉄鉱染帯が深度 192.50 m から 260.00 m まで認められたが、RPJ-2 孔では深度 263.90 m にて安山岩と石英閃緑岩との境界は確認されたものの、境界付近は岩脈類の貫入が著しく鉱化帯は認められなかった。RPJ-3 孔では孔底まで安山岩が連続しており、露頭部の延長は捕捉されていない。また、I P 異常帯は主として安山岩中に発達する黄鉄鉱のフィルム状～毛状細脈の網状帯によることが試錐結果から明らかにされた。

8. これらの調査結果から、両地域の鉱化帯を総合的に検討すると、マニクベル地域の鉱化帯は石英閃緑岩岩体の表層部に沿って皮殻状に形成された黄鉄鉱染ないし網状帯で、露頭部では二次富化のため銅品位の高い部分があるが、初生の硫化銅鉱物は少なく低品位である。また、石英閃緑岩は露頭の南東部では急傾斜で落ち込み、もし鉱化帯が連続していても急激に深くなるため開発上問題が多い。従って、この鉱化帯に対しては未だ若干の探鉱余地は残されているが、総合的にみると立地条件の不利も加って現段階では開発の可能性は薄いと考える。ラヤカン地域の鉱化帯については、露頭部では一部の脈を除けば銅鉱物はほとんど認められず、また大部分の脈が石英に乏しい粘土質であるため現状では開発を検討することは困難である。今後さらに試錐を主とした探鉱によって既知露頭の水平的・垂直的連続性と品位変化を確認し、それらのデータを基に鉱化帯の評価を行うべきである。
9. 本年度の調査は、当初の計画では第二年次の調査によって鉱床賦存の可能性が最も高いとして抽出されたマニクベル・マリブコン・ラクブの 3 鉱化帯に対して実施される予定であった。マリブコン地域は過去の探鉱実績のない処女地域であり、ラクブ地域は断片的な探鉱は実施されていたが、不十分であり、一方鉱床はカリ変質を伴う典型的なポーフィリーカップー型鉱床で、いずれも第三年次調査の結果が期待されていた。マリブコン・ラクブ両域が治安上の問題で調査の実施が不可能となったことは誠に遺憾である。

3-2 将来への展望

これまで述べてきた通り、マニクベル地域の鉱化帯についてはほぼ実態が明らかにされたが、同鉱化帯の北東および南西部に対しては未だ探鉱余地が残されており、またラヤカン地域の鉱化帯では今年度の調査では露頭部分が明らかにされたのみで、延長部および深部については未探鉱の状態である。一方、本年度の調査が実施されなかった地域にも有望な鉱化帯が存在しており、今後これらの探鉱を早急に実施する必要がある。それらを列記すると次の通りである。

1. マニクベル地域の鉱染ないし網状鉱化帯は本年度の種々の調査によってその実態はほぼ明らかにされた。しかしながら、鉱化帯の北東部および南西部への連続性については未確認である。両延長部は地質的には石英閃緑岩と安山岩との境界が存在し、また I P 異常帯が連続

して得られている。この地域の鉍化帯は石英閃緑岩岩体の最外縁部に胚胎されるため、北東部ではIPの中央部異常帯の北縁部、IP測線Line-AのNo.16~17またはLine-BのNo.17~18付近で試錐を行い、また西部異常帯の西南端、Line-EのNo.0~1付近で試錐をそれぞれ実施して鉍化帯の規模・形状・品位の確認を図ることが望まれる。

2. ラヤカン地域の鉍化帯については、今年度の調査で露頭部が明らかにされたため、今後は多量の硫化銅鉍物を含む脈が存在するLA-3鉍化帯を中心に、主として試錐によって鉍化帯の水平的・垂直的広がりを確認すべきである。この場合、鉍化帯は石英閃緑斑岩岩株の内部および周辺部に集中的に分布するため、岩株の分布を明らかにすることも探鉍の主要なテーマとされるべきである。
3. 本年度の調査対象地域として選出されながら、治安問題によって調査の実施が不可能となったマリブコンおよびラクブ両地域は、鉍床賦存のポテンシャルはラヤカン地域よりも高いため、治安が回復次第詳細な調査を行い、鉍床の規模、品位の確認と開発の可否の検討がなされることを期待する。
4. 本プロジェクトの開始に当って、治安上の理由から削除されたチコ川流域はその後治安の回復が得られず、最終年度となった本年度調査においても同区域への立入は不可能であった。この区域にはバトンプハイ鉍山をはじめ有望な鉍床・鉍徴が知られており、調査結果には大きな期待が寄せられている。また、この区域は文献によって地質図が作成されており、不明確な点が多い。早急な治安の回復は望めないが、でき得る限り早い時期に現地踏査がなされ、地質・鉍床の実態が明らかにされることが望ましい。