


1994年10月出版  
第10卷第3期

# 國際發展雜誌

1994年10月第3期

JICA LIBRARY



J 1142357 (1)

國際發展雜誌  
第10卷第3期

1994年10月



エクアドル共和国インバオエステ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

最 終 報 告 書

平成10年3月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団



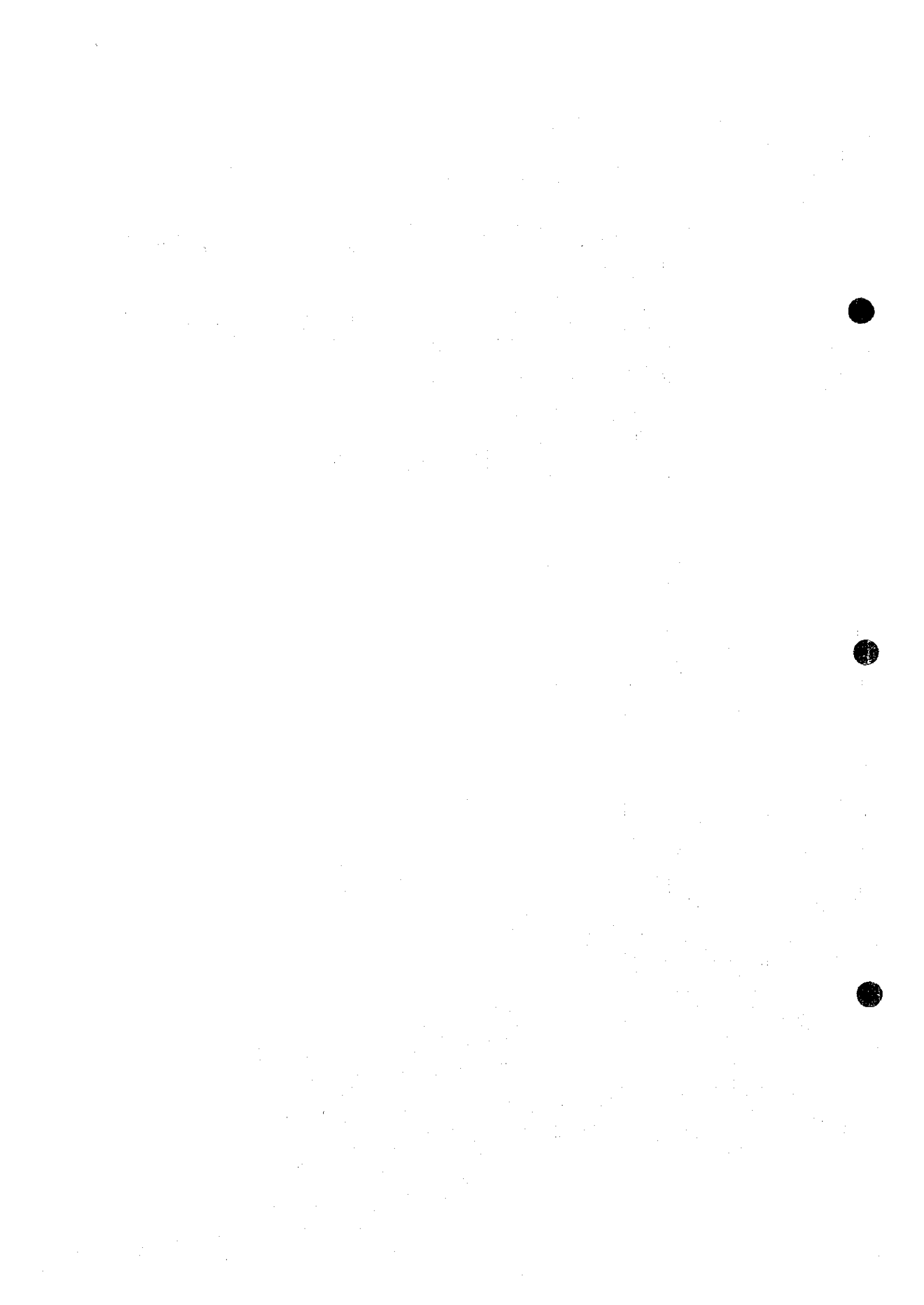
1142357 (1)

エクアドル共和国インバオエステ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

最 終 報 告 書

平成10年3月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団



## はしがき

日本国政府はエクアドル共和国政府の要請に応え、同国の北部に位置するインバオエステ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、物理探査、ボーリング調査及び鉱山開発計画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及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査を金属鉱業事業団に委託することとした。初年度の平成8年度には、金属鉱業事業団は平成8年11月4日から平成9年2月10日まで現地に調査団を派遣した。最終年度の平成9年度には、国内試験及び解析を行い、その結果報告のため調査団を現地に派遣した。

現地調査は、エクアドル共和国政府機関であるエネルギー・鉱山省及び地質・鉱物・冶金調査開発公社の協力を得て計画作業量を全て完了した。

本報告書は、平成8年度及び平成9年度に実施したインバオエステ地域の調査結果をとりまとめた最終報告書である。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力いただいたエクアドル共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在エクアドル日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成10年3月

国際協力事業団

総 裁 藤田 公郎

金属鉱業事業団

理事長 松山 博昭

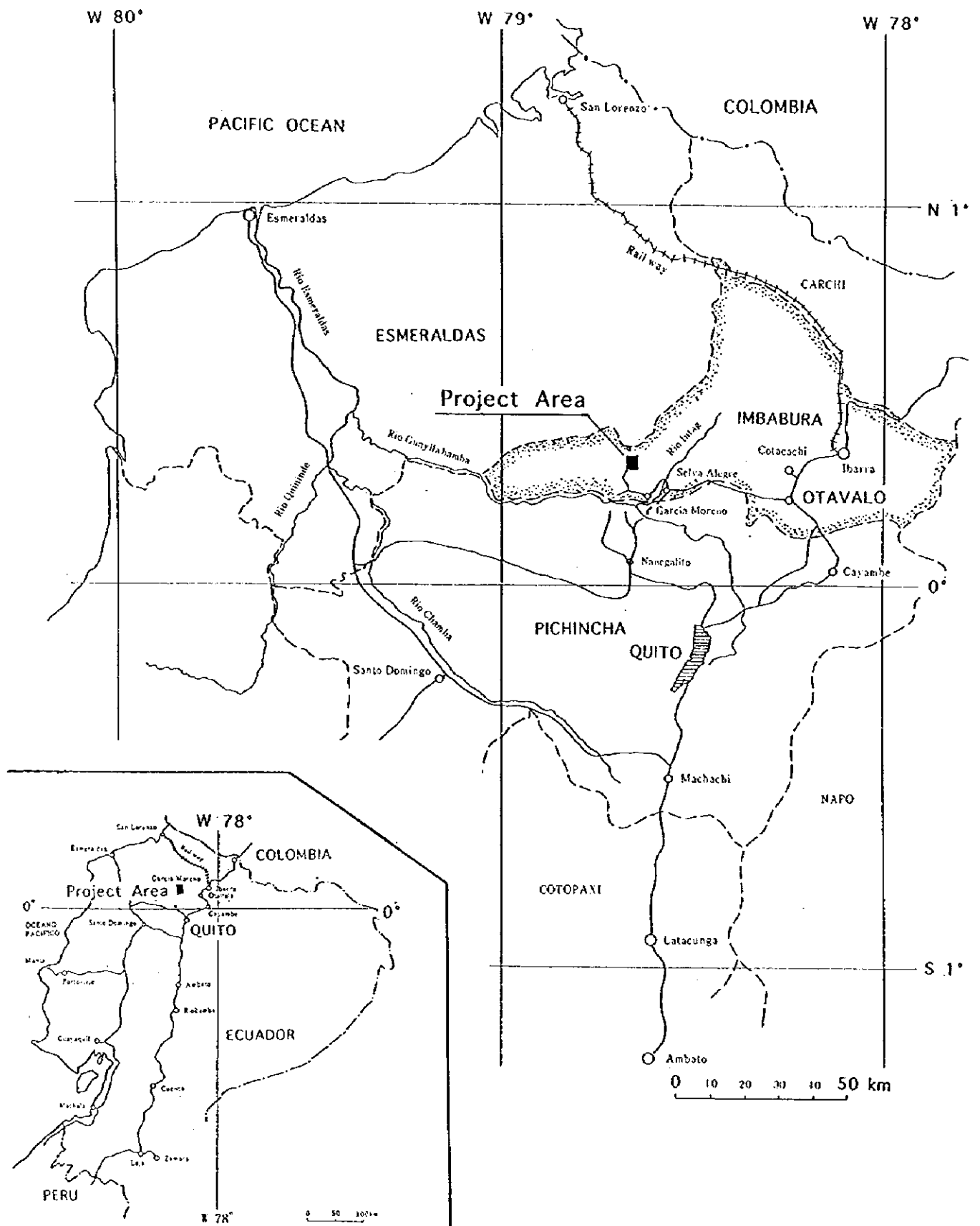


图1 調査地域位置図



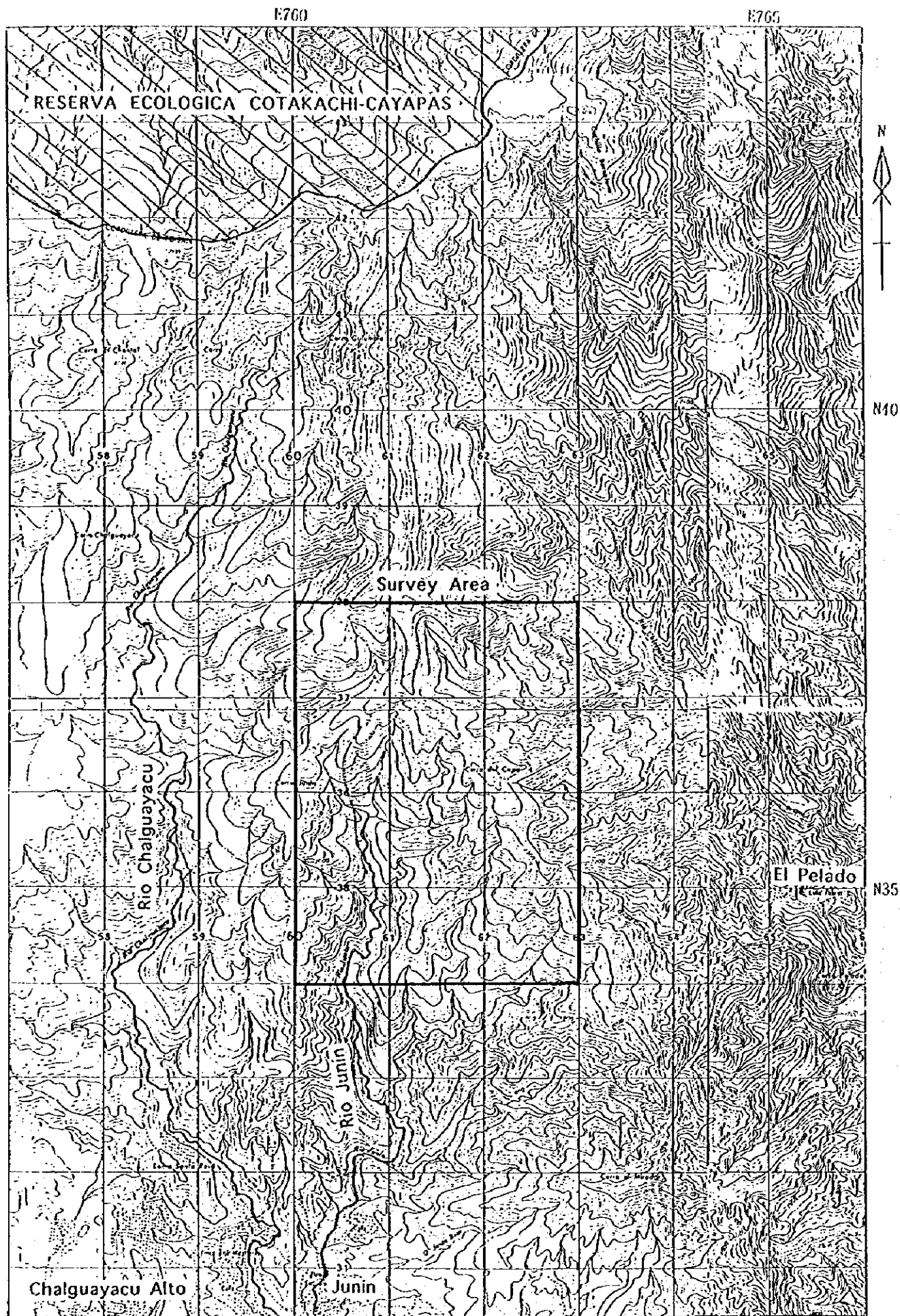


図2 インパオエステ地域位置図 0 1 Km

## 要 約

本調査は、日本国政府とエクアドル共和国政府間で1996年10月2日に取り決められたインバオエステ (Imbaoste) 地域の資源開発協力基礎調査・地域開発計画調査のScope of Work に基づき実施した。

調査の目的は、地質状況及び鉱化作用を解明し、鉱床賦存状況を明らかにすることにより、高品位鉱量の獲得を計るとともに、調査結果に基づき鉱量計算及び選鉱試験を行うことである。さらに、この調査を通じて相手国機関に対して技術移転を図ることを目的とする。

調査地域は、アンデス山脈西縁にあり、首都キト (Quito) の北方約50 kmのインバブラ (Imbabura) 州西部に位置する (図 1)。本地域を含む範囲で、平成3年度から平成5年度まで資源開発協力基礎調査・資源開発調査フニン (Junin) 地域として調査が実施され、また平成6年度から平成7年度まで資源開発協力基礎調査・地域開発計画調査フニン・コジャッヘ (Junin・Cuellaje) 地域として調査が実施された。この結果、花崗閃緑岩、石英斑岩及び閃緑斑岩中に網状、鉱染状の銅・モリブデン鉱化作用が知られ、有望な鉱床の賦存が期待された。

平成8年度調査として、地質調査、物理探査、ボーリング調査及び鉱山開発計画調査のための資料収集を行った。平成9年度調査として、鉱量計算及び選鉱試験を実施した。これら調査の結果は、下記に要約される。

調査地域中央地区には花崗閃緑岩中に主として走向ENE-WSW、傾斜 SSE の多数の花崗閃緑斑岩の岩脈が分布し、これらの岩脈は岩相変化に富み、鉱化作用と密接な関係を示す。

鉱化帯は、コントロベルシア (La Controversia) 沢中流、リカ (Rica) 沢上流、フォルツナ (Fortuna) 沢上流に主として分布する。鉱床の母岩は花崗閃緑岩及び花崗閃緑斑岩で珪化及び絹雲母化変質を伴い、黄銅鉱、斑銅鉱、黄鉄鉱、輝水鉛鉱が鉱染状及び細脈網状に認められる。フィリック帯相当の石英-絹雲母-緑泥石の組み合わせの変質が調査地区の中央部から北部及び北東部に広く分布する。物理探査及びボーリング調査の結果から北東部及び南東部深部に鉱化帯の連続が期待される。

鉱量計算の試算の結果、予想鉱量としてカットオフ品位0.4%Cuで、鉱量318百万トン、平均品位0.71%Cuを得た。選鉱試験結果は、銅精鉱品位39.7%、銅実収率95.8%と良好であった。

今後、鉱山開発の可能性を検討するための鉱山開発計画調査 (プレF/S) が考えられるが、調査地域の北部にコタカチ・カヤバス自然保護区があることから、鉱山開発の検討には環境対策が重要な要素となる。従って、環境影響評価調査を実施し、自然環境について十分配慮した鉱山開発計画の策定の必要がある。

## 目次

はしがき  
調査位置図  
要約  
目次

### I部 総論

第1章 緒言	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 調査の概要	1
1-2-1 調査地域	1
1-2-2 調査目的	1
1-2-3 調査方法	5
1-2-4 調査量	5
1-2-5 調査団の構成	5
1-2-6 調査期間	7
第2章 調査地域の地理	8
2-1 位置及び交通	8
2-2 地形及び水系	8
2-3 気候及び植生	8
第3章 調査地域の一般地質及び鉱床	9
3-1 一般地質	9
3-2 鉱床	9
第4章 平成8年度インバオエステ地域の調査結果の概要	11
4-1 地質調査	11
4-2 物理探査	18
4-3 ボーリング調査	23
4-4 鉱山開発計画調査のための基礎資料	27
第5章 平成9年度インバオエステ地域の調査結果の概要	29
5-1 鉱量計算	29
5-2 選鉱試験	29
第6章 調査結果の総合検討	31
6-1 鉱化作用	31
6-2 鉱量	32
6-3 鉱山開発	32
第7章 調査の結論及び提言	33

7-1 結論	33
7-2 提言	36

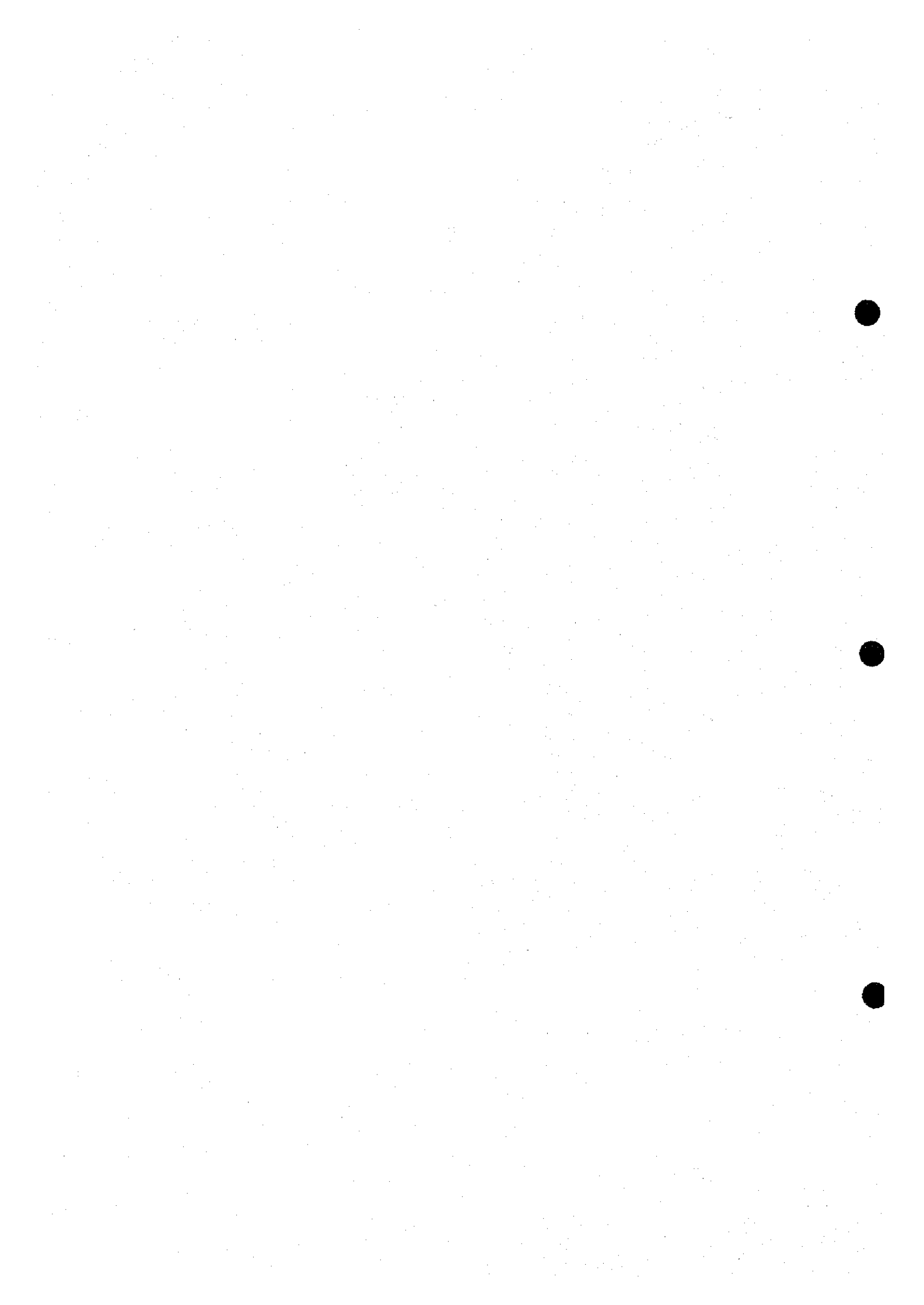
## 目部 各論

第1章 鉍量計算	37
1-1 目的	37
1-2 計算方法	37
1-3 計算結果	42
1-4 結論	49
第2章 選鉍試験	50
2-1 目的	50
2-2 試験方法	50
2-2-1 試料調整	50
2-2-2 原鉍物性試験	51
2-2-3 選鉍基礎試験	51
2-2-4 廃さい・廃水処理試験	54
2-3 試験結果	54
2-3-1 原鉍物性試験結果	54
2-3-2 選鉍基礎試験結果	58
2-3-3 廃さい・廃水処理試験結果	60
2-4 解析	60
2-4-1 浮選フローシート	60
2-4-2 総合フローシート	63
2-4-3 選鉍場概略設計	66
2-5 結論	66

## 目部 結論及び提言

第1章 結論	71
1-1 鉍化作用	71
1-2 鉍量計算	72
1-3 選鉍試験	73
1-4 鉍山開発	74
第2章 提言	75
参考文献 一覧	77
図表 一覧	79

I 部 総論



## 第1章 緒言

### 1-1 調査の経緯

エクアドル共和国の西部アンデス山脈西縁部には、北米から南米に至る斑岩銅鉱床帯が縦走している。本調査地域は、この斑岩銅鉱床帯に位置する。

1981年から1982年までDCGMの北西部プロジェクトとして広域地化学探査が実施され、いくつかの有望地を抽出した。

1984年から1985年までベルギーの協力調査により、地質調査、地化学探査、物理探査が実施され、有望鉱化帯を抽出したが、その後追加調査は実施されなかった。

その後、エクアドル共和国政府から日本国政府への調査要請に基づき、平成3年度から平成5年度まで資源開発調査フニン地域として地質調査、地化学探査、物理探査及びボーリング調査が実施され、有望な銅・モリブデン鉱化帯の存在が確認された。

エクアドル共和国政府から日本国政府への調査要請に基づき、引き続き平成6年度から平成7年度まで地域開発計画調査フニン・コジャッヘ地域フニン地区としてボーリング調査が実施され、コントロールシア沢付近に有望な銅・モリブデン鉱化帯が捕捉された。

上記の調査結果に基づき、エクアドル共和国政府は、平成8年8月インバオエステ(Imbaoeste)地域の調査の要請を日本国政府に行った。日本国政府は、この要請に応じ、国際協力事業団(JICA)及び金属鉱業事業団(MMAJ)の調査団を平成8年9月30日から10月5日までエクアドル共和国に派遣し、同10月2日地質鉱物冶金調査開発公社(CODIGEM)との間で本格調査の内容を定めるScope of Workを結んだ。

本調査は、平成8年度を第1年次とし、平成9年度を最終年次として実施した。金属鉱業事業団は、平成8年度調査として平成8年11月4日から平成9年2月10日まで、地質調査、物理探査、ボーリング調査、鉱山開発のための資料収集からなる現地調査を実施した。

平成9年度調査として、鉱量計算および選鉱試験を行い、最終報告書を取りまとめた。

インバオエステ地域の調査範囲を図1及び図2に示す。

### 1-2 調査の概要

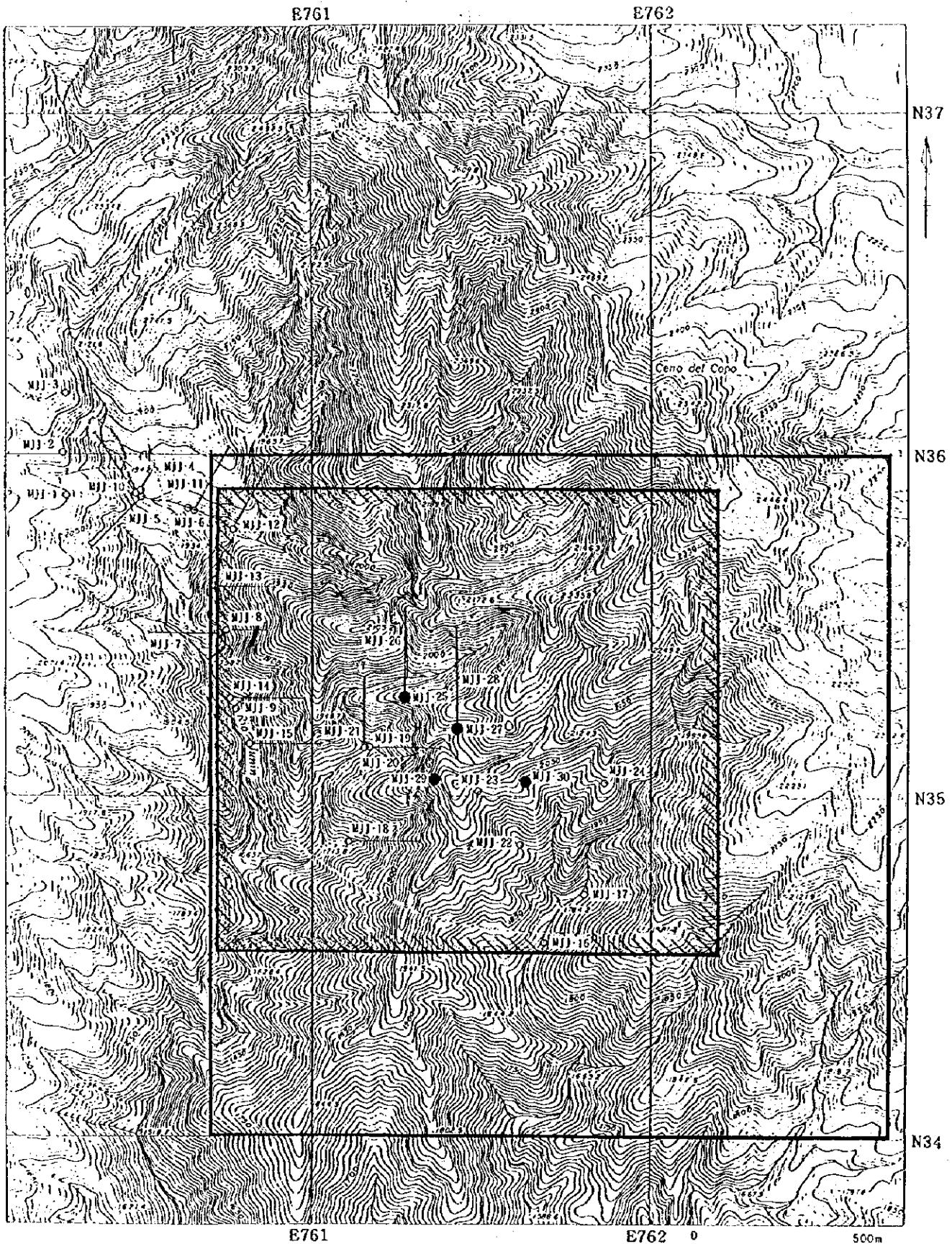
#### 1-2-1 調査地域

調査地域は、インバブラ(Imbabura)州の西部に位置する面積12㎢の範囲である(図1、図2)。

#### 1-2-2 調査目的

本調査の目的は、エクアドル共和国インバブラ州のインバオエステ地域において、地質状況及び鉱化作用を解明し、鉱床賦存状況を明らかにすることにより、高品位鉱量の獲得を計り、また調査結果に基づき鉱量計算および選鉱試験を行うことである。

更に、この調査を通じて相手国機関に対して技術移転を図ることを目的とする。



- Drill Hole (1996)
- Drill Hole (1991-1995)
- Geological Survey Area (1996)
- Geophysical Survey Area (1996)

図1-1 平成8年度地質調査、物理探査、ボーリング調査位置図



表I-1-1 平成8年度調査量一覧表

(1) 調査量

(1) 地質調査						
調査面積						2 km <sup>2</sup>
踏査ルート長						9 km
(2) 物理探査						
調査面積						5 km <sup>2</sup>
測点						91
(3) ボーリング調査						
孔番号	位置		標高(m)	方向	傾斜	深度(m)
MJJ-25	N35.294	E761.275	1,977.44	-	-90°	602.58
MJJ-26	N35.294	E761.275	1,977.44	N 0° E	-60°	502.00
MJJ-27	N35.200	E761.440	2,018.23	-	-90°	602.58
MJJ-28	N35.200	E761.440	2,018.23	N 0° E	-60°	602.58
MJJ-29	N35.050	E761.365	2,034.67	-	-90°	601.98
MJJ-30	N35.041	E761.638	2,012.25	-	-90°	602.56

(2) 室内試験数量

(1) 地質調査							
岩石薄片							42 個
鉱石研磨片							22 個
X線回折試験							74 個
流体包有物均質化温度測定							12 個
年代測定							4 個
化学分析(Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Fe)							420 個
化学分析(Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Fe, Ca, Na, K, Rb, S, Sr)							105 個
(2) 物理探査							
比抵抗測定							34 個
(3) ボーリング調査							
孔番号	MJJ-25	MJJ-26	MJJ-27	MJJ-28	MJJ-29	MJJ-30	計
岩石薄片	6	5	4	5	5	4	29 個
鉱石研磨片	3	6	3	3	4	3	22 個
X線回折試験	11	12	13	13	14	11	74 個
流体包有物均質化温度測定	4	3	4	3	4	4	22 個
年代測定	0	0	0	0	1	1	2 個
化学分析 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Fe)	240	200	240	241	240	239	1,400 個
化学分析 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Fe, Ca, Na, K, Rb, S, Sr)	60	50	60	60	60	60	350 個
化学分析(CODIGEM) (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Fe)	17	15	17	17	17	17	100 個

表I-1-2 平成9年度調査量一覧表

選鉱試験・測定分析内容および数量

試験項目	対象試料	試料数
<b>(1) 原鉱物性試験</b>		
比重測定	原鉱	2 試料
仕事指数測定	原鉱	2 試料
X線回折試験	原鉱 精選精鉱 精選片刃 粗選尾鉱	2 試料 5 試料 2 試料 2 試料
顕微鏡観察	原鉱粒度別 精選精鉱 精選片刃 粗選尾鉱 再摩鉱浮選精鉱	1 2 試料 5 試料 2 試料 2 試料 6 試料
EPMA分析 Cu, Mo, Fe, S, As, Sb, Ag	原鉱	4 試料
<b>(2) 選鉱基礎試験</b>		
1) 粉砕摩鉱試験		
化学分析 Cu, Mo, Fe, S, SiO <sub>2</sub>	原鉱粒度別	2 6 試料
全岩分析 SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MnO, MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , H <sub>2</sub> O-, H <sub>2</sub> O +, S, SO <sub>3</sub> -2, CO <sub>2</sub> , Cu, Mo, As, Zn, Pb	原鉱	2 試料
2) 基礎浮選試験		
化学分析 Cu, Fe, Ca, Mg, Al, As, SiO <sub>2</sub> , Mo, S, Au, Ag	粗選精鉱 粗選尾鉱 精選精鉱 精選片刃 粗選尾鉱	6 試料 6 試料 5 試料 2 試料 2 試料
3) Cu-Mo 総合浮選試験		
化学分析 Cu, Fe, Ca, Mg, Al, As, SiO <sub>2</sub> , Mo, S	原鉱 精選精鉱 精選片刃 粗選尾鉱	2 試料 1 5 試料 1 2 試料 6 試料
<b>(3) 廃さい・廃水処理試験</b>		
1) 沈降試験		
沈降測定	粗選尾鉱スラリー	1 0 試料
2) 廃水試験		
水質分析 As, Ba, Cd, Cu, Cr, Phenol, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, Zn, Fe, pH	精選精鉱ろ過水 精選尾鉱ろ過水 粗選尾鉱ろ過水	2 試料 2 試料 2 試料

### 1-2-3 調査方法

平成8年度調査では、地質調査、物理探査、ボーリング調査を実施し、また鉱山開発計画のための情報収集を実施した。地質調査、物理探査、ボーリング調査の実施位置を図I-1-1に示す。

平成9年度調査では、鉱量計算および選鉱試験を実施した。

### 1-2-4 調査量

平成8年度および平成9年度調査において実施した調査量を表I-1-1及び表I-1-2に示す。

### 1-2-5 調査団の構成

本調査は、日本側及びエクアドル側から各々人員を派遣して実施した。調査団の構成は、下記のとおりである。

#### 1) 平成8年度事前調査

##### 日本側

北畠 多聞	MMAJ
高橋 健一	JICA
西川 信康	MMAJ
大野 克久	MMAJ
下田 仁	MMAJ (リマ事務所)

##### エクアドル側

Arnoldo Alencastro	Subsecretario de Minas, Ministerio de Energia y Minas
Zoilo Angulo	Presidente, CODIGEM
Tito Viteri	Dirección de Minería, CODIGEM
Luis Mosquera	Dirección de Investigación Geológica, CODIGEM
Susana Salvador	Dirección de Ejecutivo y Promoción de Proyectos, CODIGEM
Marlon Ponce	División de Minería y Medio Ambiental, CODIGEM
Gloria Paredes	Dirección de Asesoría Jurídica

#### 2) 平成8年度現地調査

##### 日本側

南野 正彦	団長・総括・ボーリング調査	BEC
山縣 順一	地質調査・ボーリング調査	BEC
賀来 学	物理探査	BEC
佐々木純一	物理探査	BEC
大西 民夫	物理探査	BEC
日下 正人	鉱山開発計画調査(鉱山)	BEC

多田 暁	鉱山開発計画調査 (土木)	BEC
富山 真吾	鉱山開発計画調査 (環境)	BEC
堀尾 堅吉	鉱山開発計画調査 (経済・法律)	BEC
エクアドル側		
Juan Sosa	地質調査	CODIGEM
Ivan Endara	ボーリング調査	CODIGEM
Kleber Silva	地質調査	CODIGEM
Henry Palomino	物理探査	CODIGEM
Carlos Ortiz	鉱山開発計画調査 (鉱山)	CODIGEM
Marlon Ponce	鉱山開発計画調査 (環境)	CODIGEM
Miguel Flores	鉱山開発計画調査 (経済)	CODIGEM

### 3) 平成9年度調査

上木 隆司	調査計画協議	MMAJ
下田 仁	調査計画協議	MMAJ (リマ事務所)
南野 正彦	総括	MMRC
山縣 順一	鉱量計算	MMRC
杉田 隆	鉱量計算	MMRC
近藤 比呂志	鉱量計算	MMRC
松山 弘志	選鉱試験	MMRC
門脇 秀行	選鉱試験	MMRC
根岸 一	選鉱試験	MMRC

### 4) 調査結果報告

#### 日本側

上木 隆司	MMAJ
下田 仁	MMAJ (リマ事務所)
南野 正彦	MMRC

#### エクアドル側

Jorge Sevilla	Subsecretario de Minas, Ministerio de Energia y Minas
Guillermo Aguilera	Presidente, CODIGEM
Luis Mosquera	Direccion de Investigacion Geologica, CODIGEM

JICA;国際協力事業団、MMAJ;金属鉱業事業団、CODIGEM;地質鉱物冶金調査開発公社  
 BEC;大手開発株式会社、MMRC;三菱マテリアル資源開発株式会社 (平成9年11月大手開発株  
 式会社が社名変更)

### 1-2-6 調査期間

調査期間は、下記のとおりである。

#### 1) 平成8年度調査

事前調査	平成 8年 9月30日—平成 8年10月 5日
地質調査	平成 8年12月 2日—平成 9年 1月31日
物理探査	平成 8年11月 4日—平成 8年12月28日
ボーリング調査	平成 8年11月 4日—平成 9年 2月10日
鉱山開発計画調査	平成 8年11月11日—平成 8年12月19日
解析・報告書作成	平成 8年12月20日—平成 9年 3月10日

#### 2) 平成9年度調査

調査計画協議	平成 9年 8月24日—平成 9年 9月14日
鉱量計算	平成 9年12月27日—平成10年 2月27日
選鉱試験	平成 9年12月27日—平成10年 2月27日
解析・報告書作成	平成10年 1月16日—平成10年 3月23日
調査結果説明	平成10年 3月14日—平成10年 3月23日

## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 位置及び交通

調査対象地域であるインバオエステ地域は、首都キト(Quito)の北方50 kmのインバブラ州西部に位置する(図1)。調査範囲は、下記の緯距、経距で囲まれ、面積は12 km<sup>2</sup>である(図2)。

E 760.000, N 38.000

E 763.000, N 38.000

E 760.000, N 34.000

E 763.000, N 34.000

キトから調査の基地ガルシアモレノ(Garcia Moreno)までオタバロ(Otavalo)経由で距離約200km、車で5時間である。ガルシアモレノからチャルグアヤクアルト(Chalguayacu Alto)まで22km、車で1時間30分である。チャルグアヤクアルトから調査地域内のフニンヘリポートまで10km、車で30分である。

### 2-2 地形及び水系

本調査地域は、西部アンデス山脈の西縁部のトイサン(Toisan)山脈の南部に位置し、標高1,500m-2,800m間にあり、地形は急峻である。地域周辺の主な山としては東方のコタカチ(Cotacachi)山(標高4,937m)がある。

本地域付近の主要河川は、アンデス山脈に源を発し、北部のミラ川(Rio Mira)は北西に向かって流れ、南部のグアイジャバンバ川(Rio Guayllabamba)は西に向かって流れ、エスメラルダス川(Rio Esmeraldas)に合流し、太平洋に注ぐ。これら河川の支流はNE-SW方向及びN-S方向の流路方向を以て錯綜する。調査地域は、グアイジャバンバ川上流の支流フニン川上流に位置する。調査地域では、N-S方向のフニン川(Rio Junin)、NE-SW方向のフォルツナ沢(Q. Fortuna)、NW-SE方向のリモニタ沢(Q. Limonita)、クリソコラ沢(Q. Crisocola)等がある。

### 2-3 気候及び植生

本地域の気候は、熱帯高地性多湿気候である。年間の温度は、10℃~24℃である。湿度は75%以上である。年間降水量は2,000mm~3,000mmである。雨期は、12月から4月であり、乾期は5月から11月である。

本地域の植生は、標高1,600m~2,000mより高地では主に熱帯高地性密林であり、低地では畑あるいは牧場として利用されている。

### 第3章 調査地域の一般地質及び鉱床

#### 3-1 一般地質

エクアドルは、南アメリカ北西部にあり、コロンビアとペルーの間に位置する。地質構造的にはギアナ及びブラジルシールドの西側に狭長に形成された、いわゆるアンデス地向斜の変動帯に属し、Eugeosynclineで特徴づけられる断層及び褶曲運動と激しい火山活動を伴う複雑な地質構造を有する地域である。当国の地質は、先カンブリア系から第四系までの地質より構成される。重要な構造は、NNE-SSW方向で、地質構造区は海岸地帯、山岳地帯及び東部地帯の3つに区分され、それぞれ地形上に反映されている(図I-3-1)。

海岸地帯の地質は、中生代の玄武岩質溶岩、凝灰岩、角礫岩等からなる海成層(ピノン(Pinon)層)、砂岩、頁岩、火山岩類からなる第三系及び堆積岩類からなる更新統により構成される。

山岳地帯の地質は、西から東へ西部山脈、アンデス内部低地及び東部山脈の3つの単元に区分される。西部山脈は、主として白亜紀から暁新世の火山岩(マクチ(Macuchi)層)が発達する地域であるが、南西部には古生代及び先カンブリア紀の基盤が分布する。アンデス内部低地には多くの堆積盆地があり、河川や湖沼堆積物及び火山堆積物を伴っている。東部山脈は、時代未詳(先カンブリア紀~中生代)の変成岩類や火山岩類からなる。

東部地帯の地質は、主として堆積岩類の石炭系~第四系よりなる。

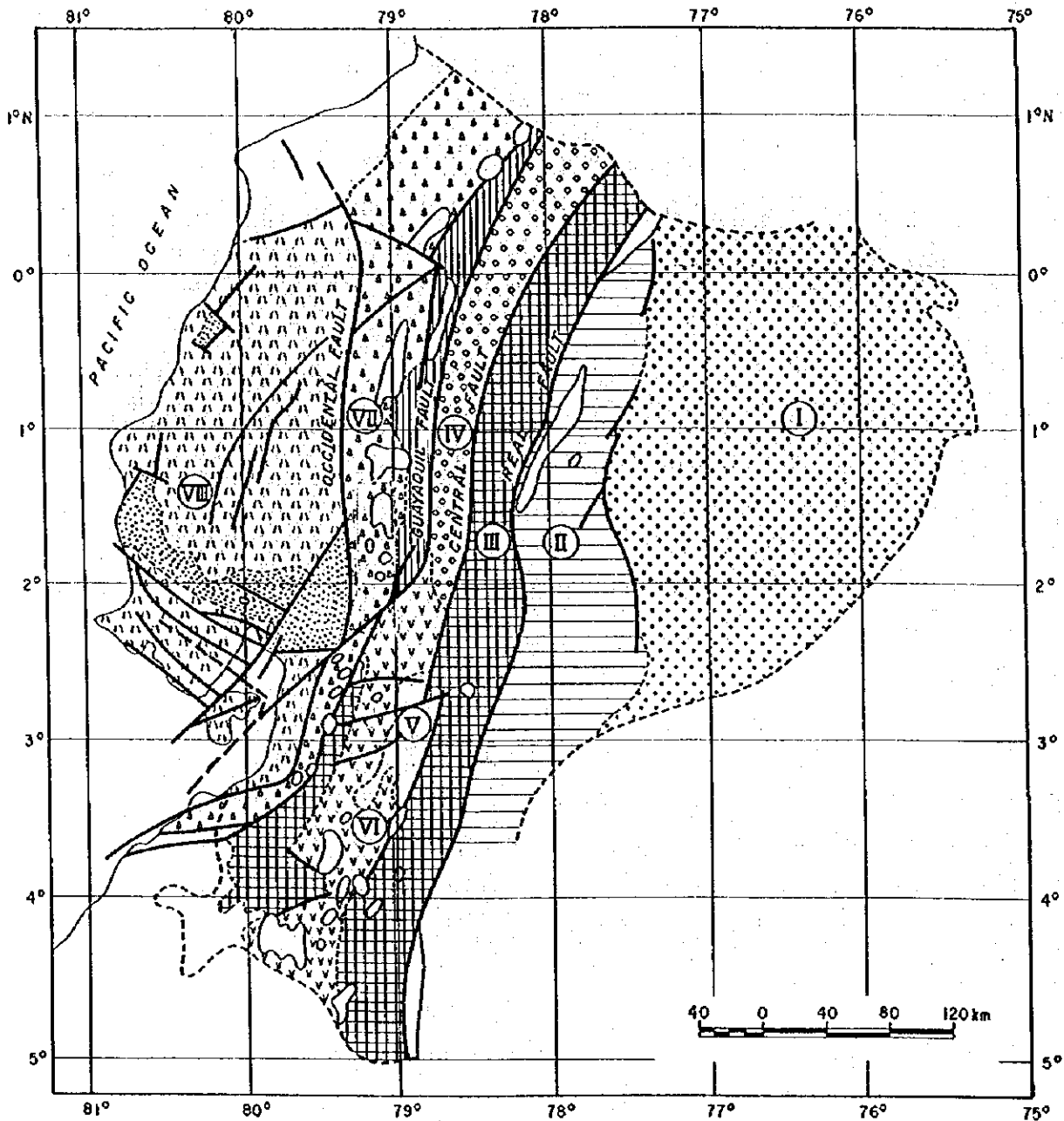
インバオエステ地域は西部山脈に属し、白亜紀のマクチ層に貫入した中性~酸性の火成岩類からなる地質であり、地域東方では第四紀の溶岩及び各種火山噴出物が分布する(MRNE/DGGM, 1982)。調査地域は全て花崗岩類からなり、その花崗岩類の時代についてバソリス状の花崗閃緑岩岩体から13~15 Ma、ストック状の斑岩類から6~11 MaのK-Ar放射年代が得られている(JICA/MMAJ, 1992)。主要な構造は、アプエラ(Apuela)-ナネガル(Nanegal)花崗閃緑岩バソリスの分布に代表されるN-S方向~NNE-SSW方向である。

#### 3-2 鉱床

エクアドルの鉱床区は、東部及び西部の2つの鉱床区に大別され、更にこれら2つの鉱床区は8つの鉱床帯にそれぞれ細分される(INEMIN, 1988、図I-3-1)。

インバオエステ地域は、このうち重要な斑岩銅鉱床帯である西部山脈の複背斜-複向斜鉱床帯に属する。本鉱床帯は、北はコロンビアのピエドラランチャ(Piedorancha)鉱床に、南はエクアドルのテルインベラ(Telimbela)鉱化帯、エル・トルネアド(El Torneado)鉱化帯及びチャウチャ(Chaucha)鉱床、さらにペルーのミチイキジャイ(Michiquillay)鉱床にまで連続する。ピエドラランチャ鉱床近傍には金鉱化作用も重複して認められ、また本地域南方にはラプラタ(La Plata)及びマクチ塊状硫化物鉱床、ポルトベロ(Portovelo)多金属鉱脈鉱床等が存在し、本鉱床帯は斑岩銅鉱床の他にも各種鉱床賦存の可能性の高い地域である。

インバオエステ地域では、花崗閃緑岩、閃緑斑岩及び石英斑岩中に脈状及び鉱染状の銅・モリブデン鉱化作用の存在が確認されており(JICA/MMAJ, 1992)、斑岩銅鉱床の賦存が期待された。



LEGEND

- |     |  |   |      |  |   |
|-----|--|---|------|--|---|
| I   |  | Iquitos Basin   | VII  |  | Anticlinorium-Synclinorium of Occidental Cordillera |
| II  |  | Oriental Pre-Andean Zone                                  | VIII |  | Coastal Zone  |
| III |  | Anticlinorium of Real, Moromoro and Mallepungo Cordillera |      |  | Fault   |
| IV  |  | Quito Graben  |      |  | Intrusive rocks                                     |
| V   |  | Azuay Basin   |      |  | Anticlinol and Synclinol Axis                       |
| VI  |  | Catamayo Synclinorium Graben                              |      |  |   |

図1-3-1 エクアドル地質構造と鉱床区



## 第4章 平成8年度インバオエステ地域の調査結果の概要

### 4-1 地質調査

#### (1) 調査方法

調査地域は、フニン地区中央部に位置し、その調査地域の位置を図I-1-1に示す。踏査は、問縄及びポケットコンパスを用い、沢、尾根、ポーリング運搬道路に沿って行った。

#### (2) 地質及び地質構造

本調査地域及び周辺部の地質は、花崗閃緑岩及び斑岩類からなる。花崗閃緑岩は、アブエラーナネガルバソリスに属する。斑岩類は、岩株状あるいは岩脈状に花崗閃緑岩に貫入し、閃緑斑岩、石英斑岩、花崗閃緑斑岩がある。

調査地域内には、花崗閃緑岩中に多数の花崗閃緑斑岩の岩脈が分布する(図I-4-1)。花崗閃緑斑岩の走向は、ENE-WSW方向とNW-SE方向があるが、ENE-WSW方向が多く、いずれもS傾斜である。また、岩相変化に富み、石英、斜長石の斑晶を多く含む岩相(石英斑岩質)、石英斑晶が少なく、斜長石斑晶の多い岩相(花崗閃緑斑岩質)、石英が微量で粗粒の石基を示す岩相(ひん岩質)からなる。

走向ENE-WSW、傾斜SSEの断層、走向N-S、傾斜Eの断層を認める。前者はコントロールベルシア沢中流で認め、また後者はフニン川沿いにある。これらの断層は、鉱化と関係していると推定される。

#### (3) 鉱化作用及び鉱化状況

調査地区の地表部は、風化により硫化鉱物が褐鉄鉱化しているが、地下深部の鉱化は珪化、絹雲母化変質を伴い花崗閃緑斑岩及び花崗閃緑岩中に黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱及び少量の輝水鉛鉱が細脈網状及び鉱染状に認められるものである(図I-4-2)。顕微鏡観察の結果では、ダイジェナイト、銅藍、輝銅鉱も認める。銅藍、輝銅鉱は二次的生成である。

コントロールベルシア沢中流：鉱化(試料採取幅：412 m、Cu：0.28%、Mo：0.005%)は、良好であり、鉱況の良かったMJJ-19孔及びMJJ-20孔の延長と考える(図I-4-3)。

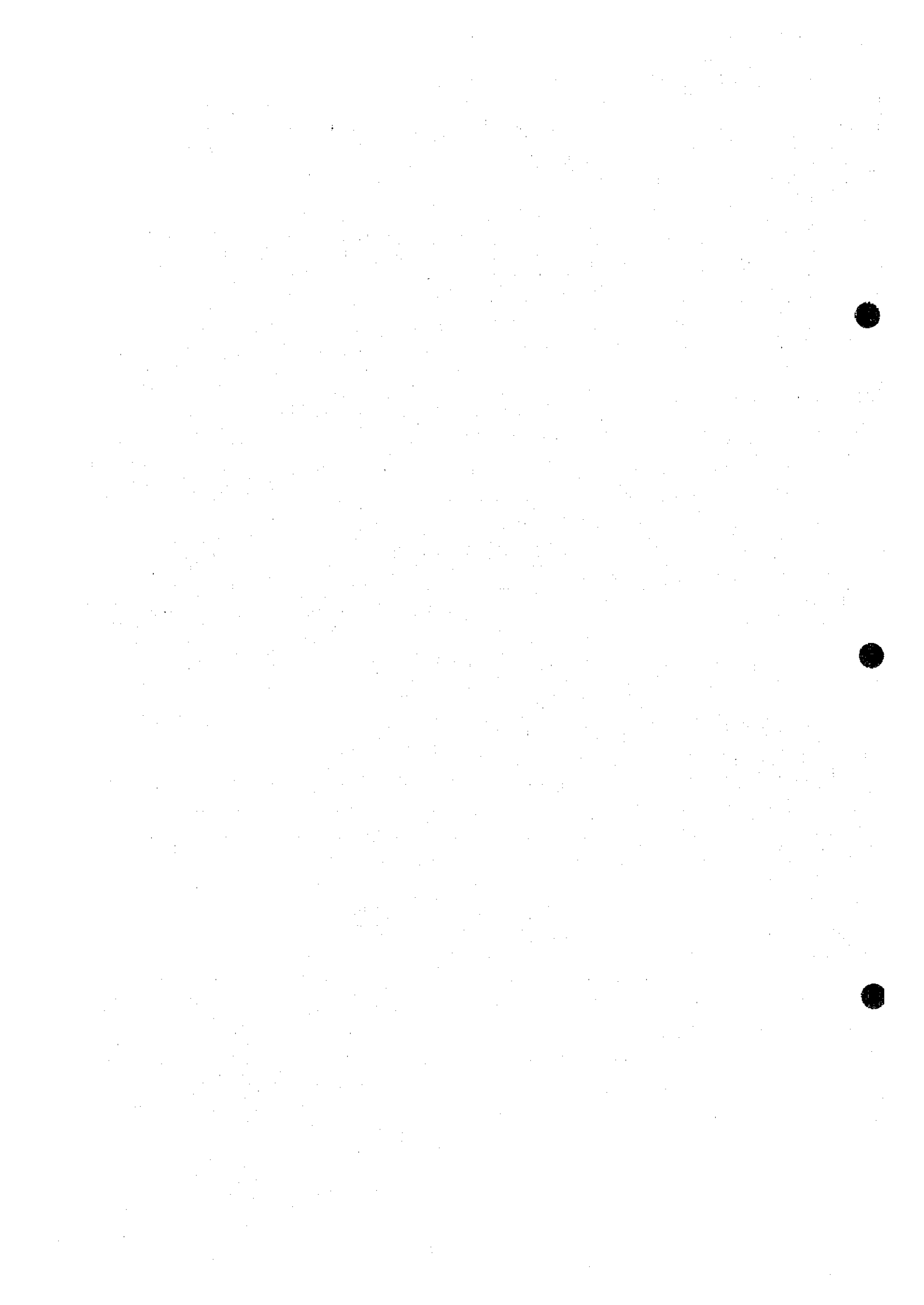
コントロールベルシア沢支流：鉱化(試料採取幅：60 m、Cu：0.48%、Mo：0.006%)は、良好であり、ENE-WSW方向の断層に沿うものであり、断層と鉱化の関連性を示すものである(図I-4-3)。

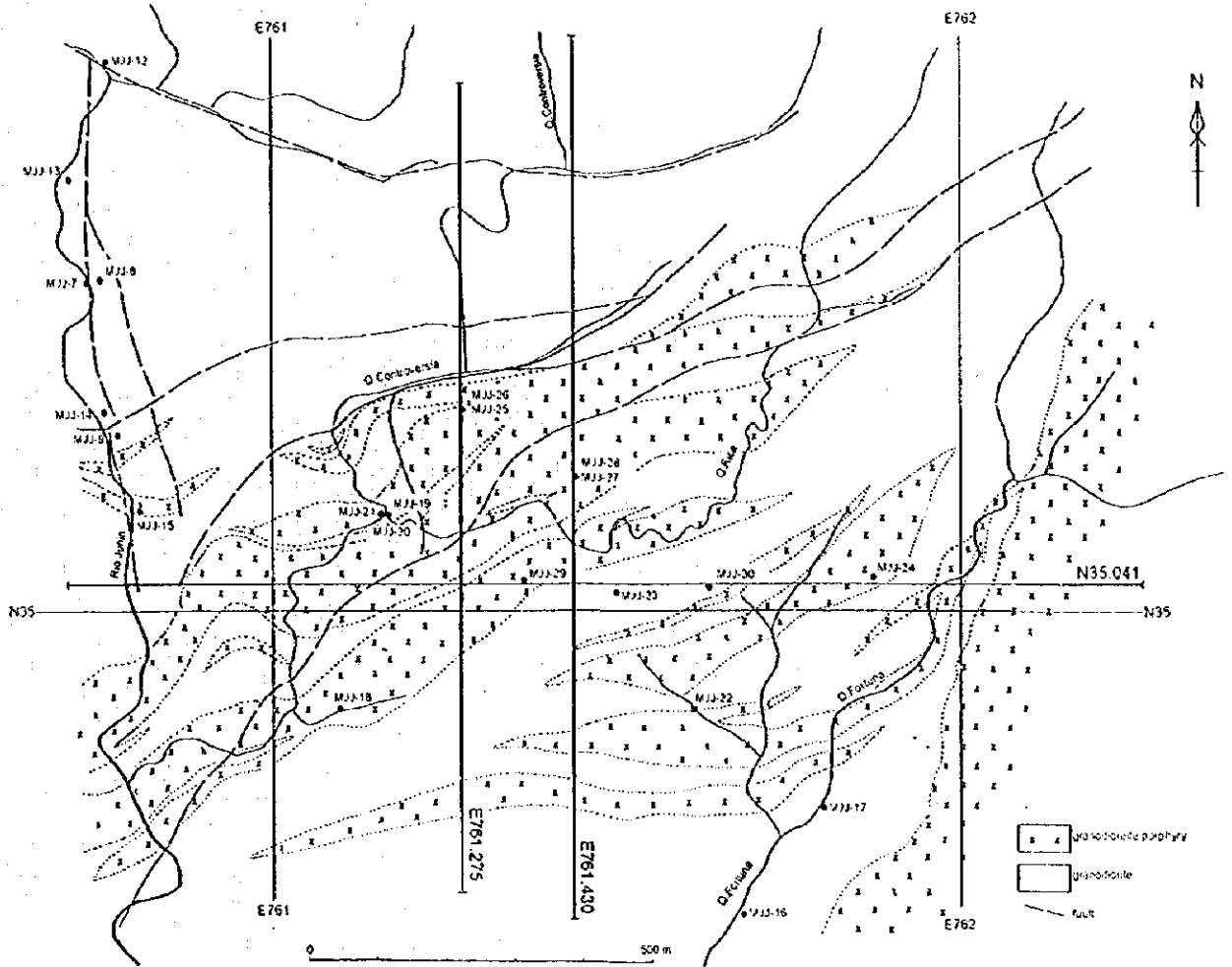
リカ沢上流：鉱化(試料採取幅：116 m、Cu：0.39%、Mo：0.005%)は、良好であり、MJJ-27孔の鉱化の北東方向の延長部に相当する可能性を示す(図I-4-3)。

フォルツナ沢上流、下流及び支流に鉱化を認めるが、黄鉄鉱を主とし、銅の鉱化は弱いものである(図I-4-3)。

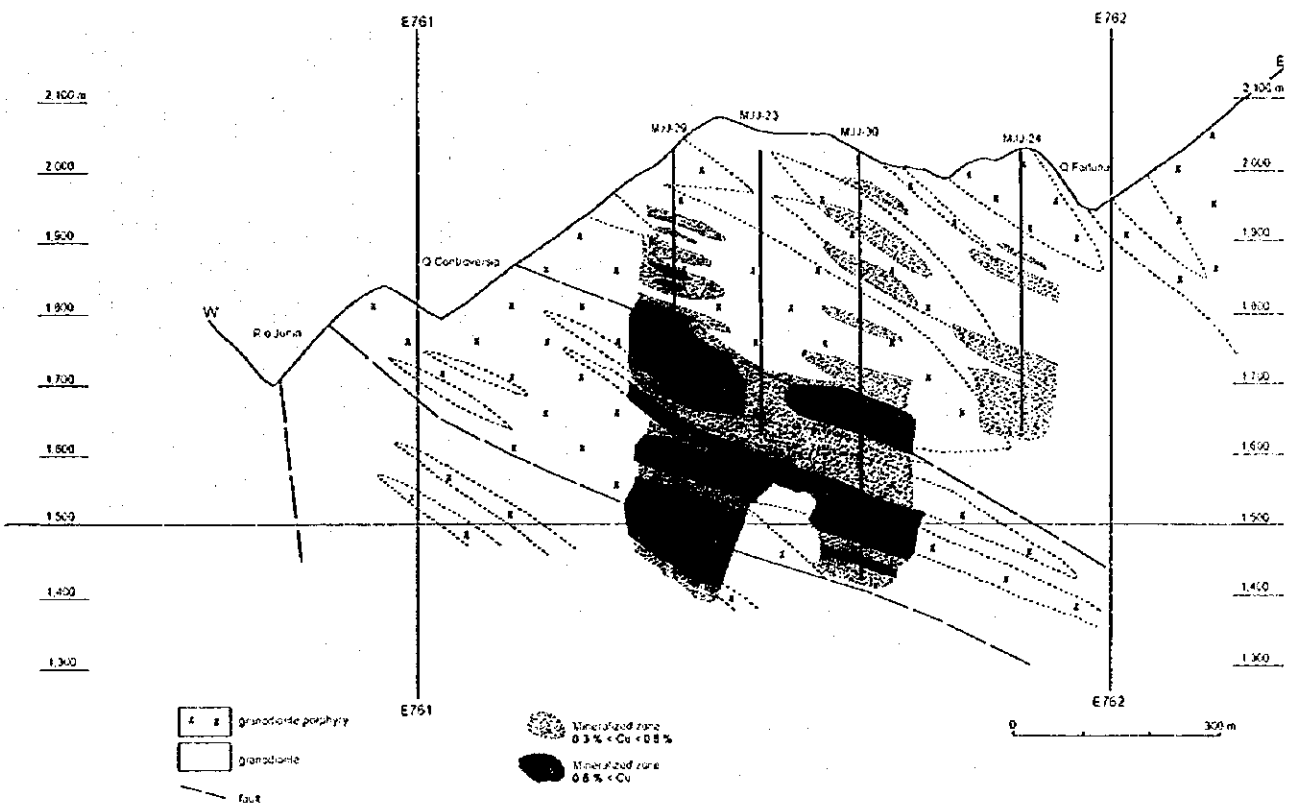
#### (4) 変質作用

肉眼観察及び粉末X線回折試験の結果、特徴的な鉱物の組み合わせとしてフィリック変質帯に相当する1)石英-絹雲母-緑泥石、プロピライト変質帯に相当する2)石英-斜長石-緑泥石-緑簾石及び3)石英-斜長石-カオリナイト-モンモリロナイトの3つに区分される(図I-4-3)。石英-絹雲母-緑泥石の組み合わせは、調査地区の中央部から北部及び北東部に広く分布する。また、石英-斜長石-緑泥石-緑簾石の組み合わせは、主として西部、南西部及び東部に分布している。風化によると考えられるカオリンを主とする石英-斜長石-カオリナイト-モンモリロナイトの組み合わせが中央

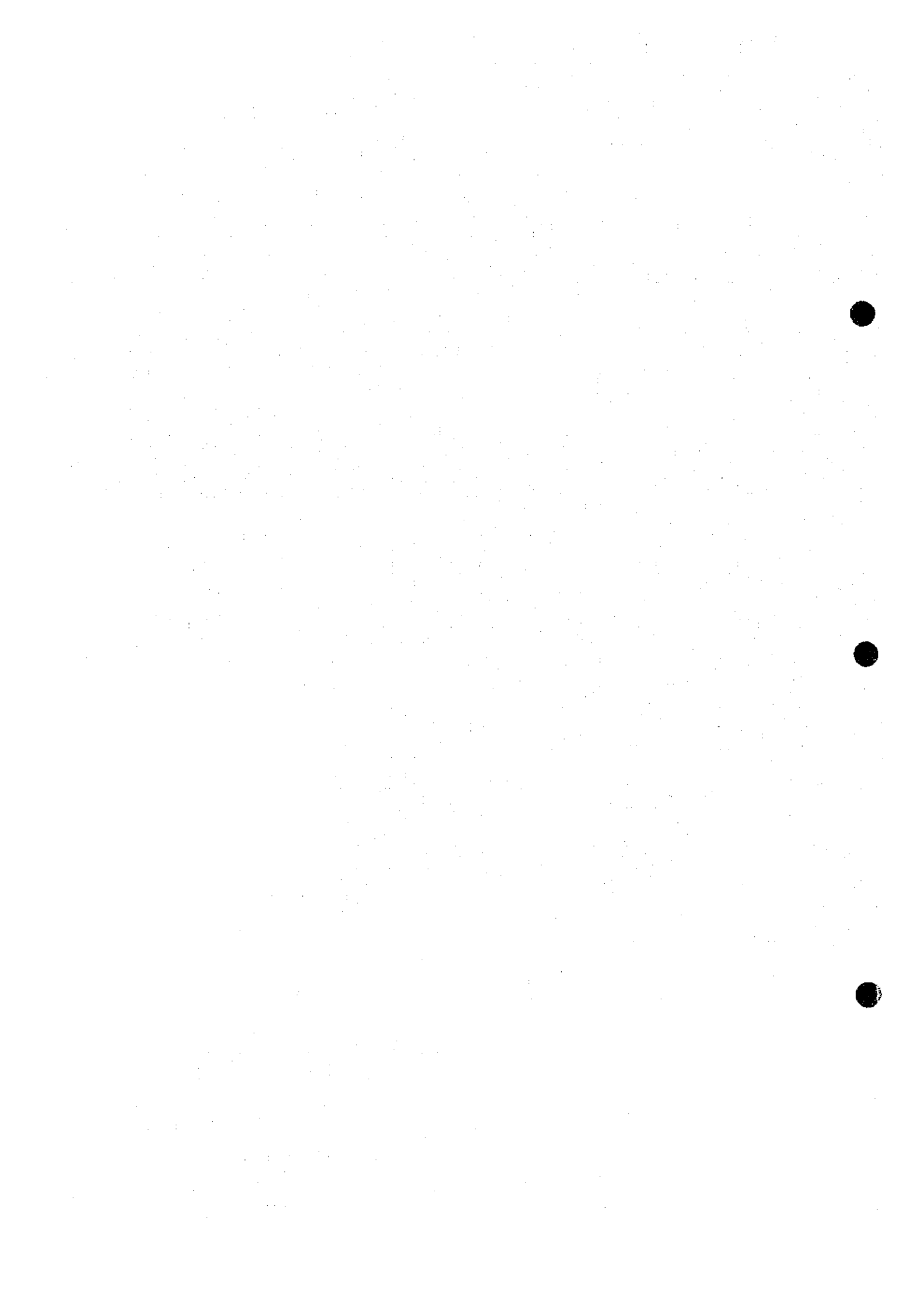


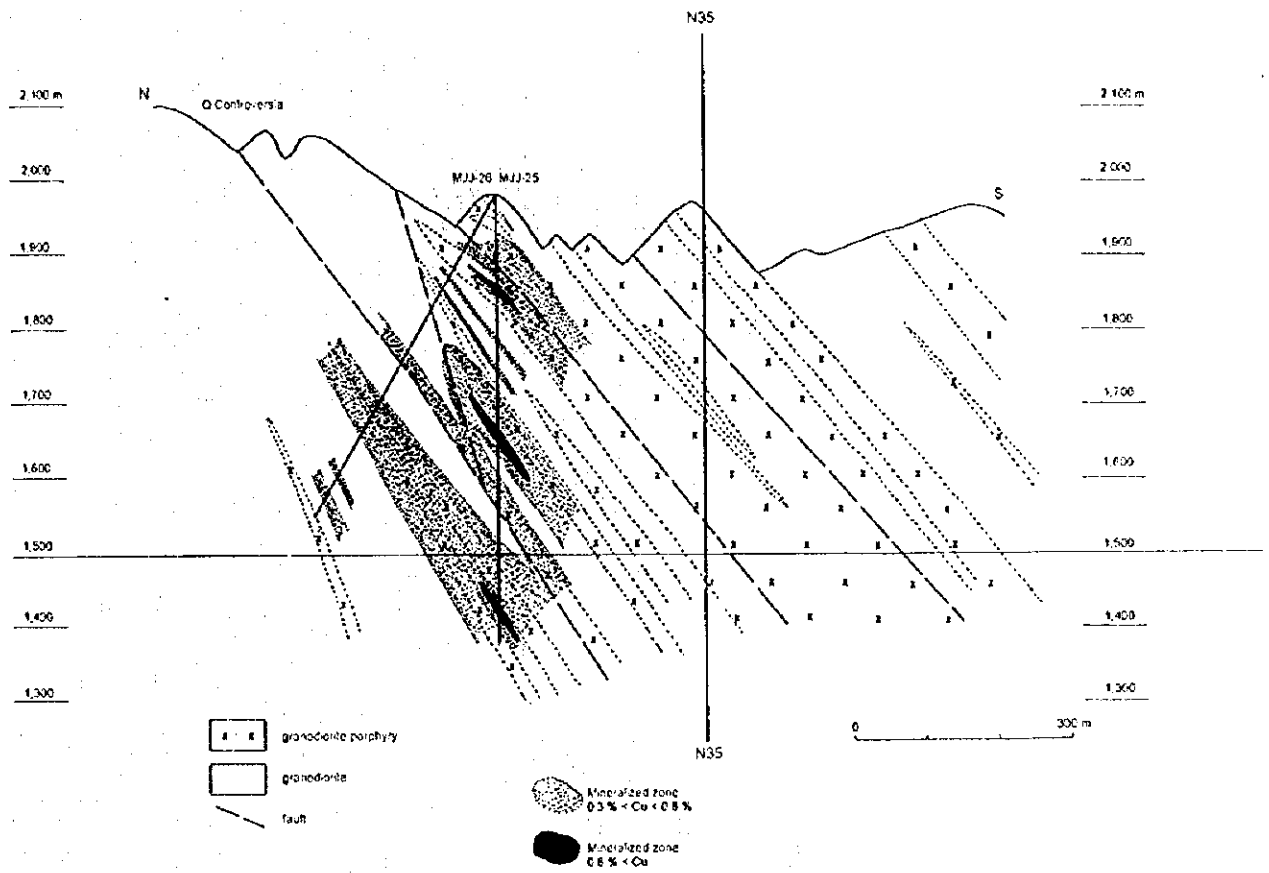


図I-4-1 インバオエステ地域中央地区地質平面図

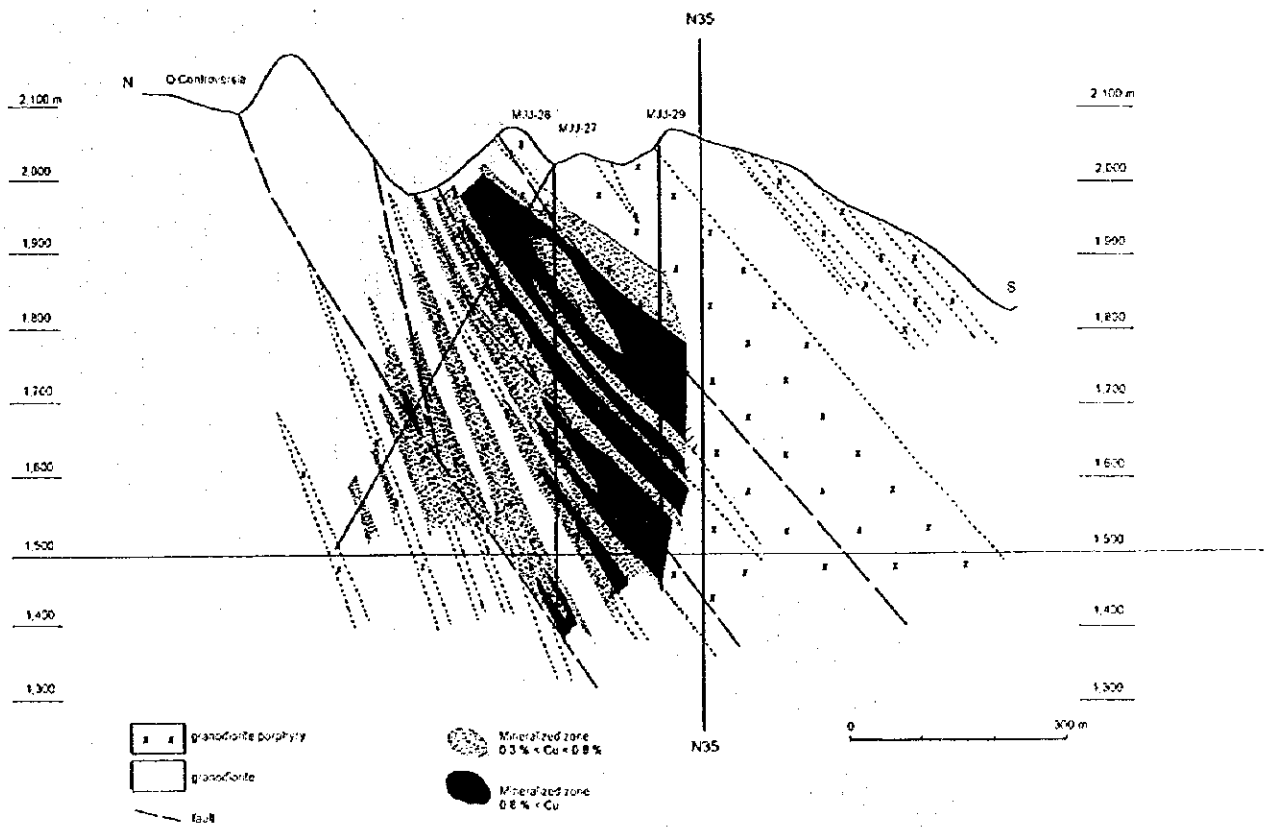


図I-4-2 インバオエステ地域中央地区地質断面図 (1)

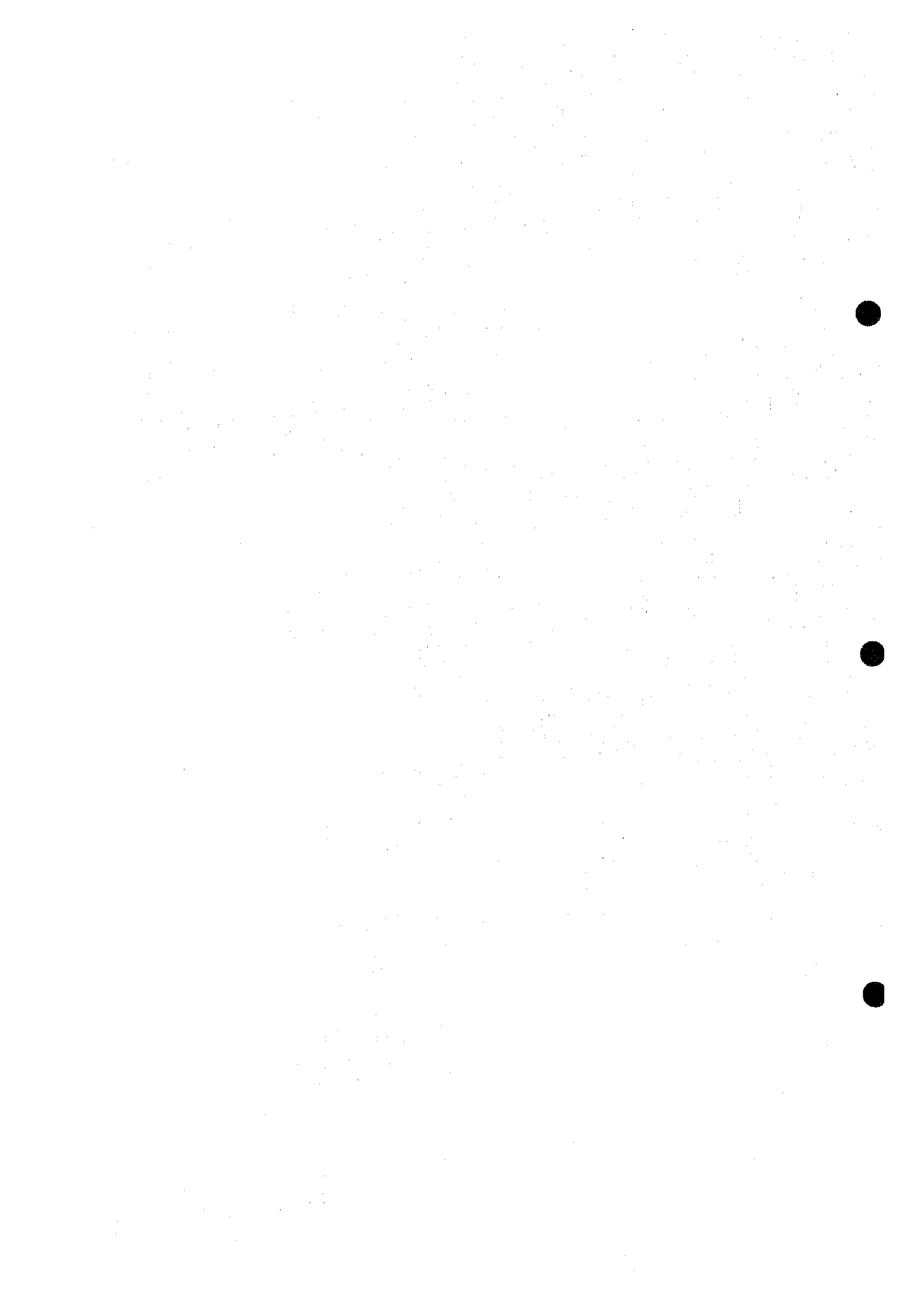




図I-4-2 インバオエステ地域中央地区地質断面図(2)



図I-4-2 インバオエステ地域中央地区地質断面図(3)



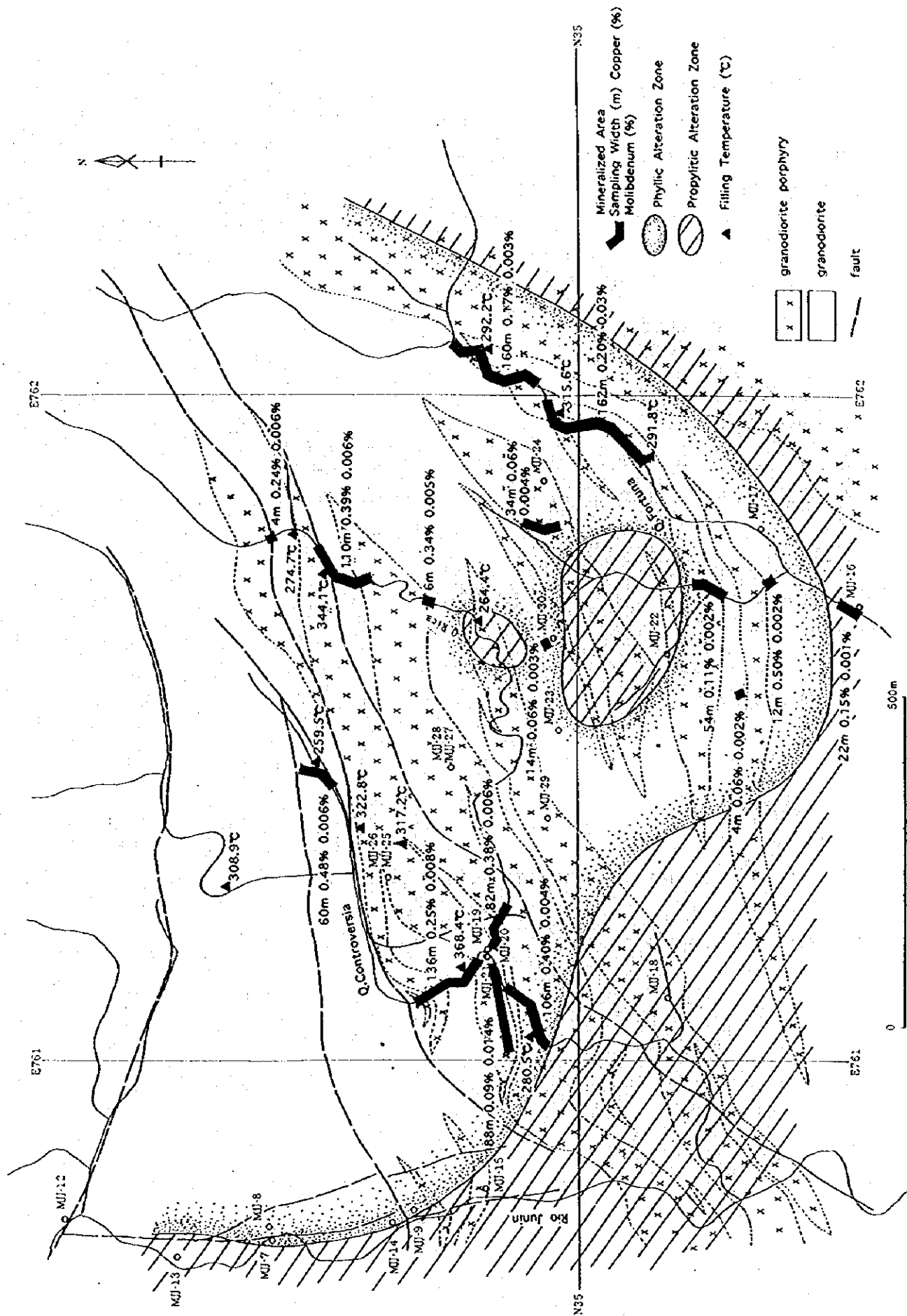


図1-4-3 インバオエスエ地域中央地区地質調査解析図

部の尾根に小規模な分布を示す。

#### (5) 地質、鉱化、変質の関係

調査地区内には、多数の走向ENE-WSWの花崗閃緑斑岩岩脈が花崗閃緑岩中に貫入している。

鉱化作用は、コントロールシヤ沢中流、リカ沢上流及びフォルツナ沢中流～上流の花崗閃緑斑岩及びその付近の花崗閃緑岩中に認められ、鉱化作用が花崗閃緑斑岩の活動に関連したものと考えられる。従って、鉱化帯の範囲は、花崗閃緑斑岩の分布範囲に規制されるものと考えられる。また、コントロールシヤ沢支流では走向ENE-WSWの断層付近に銅の鉱化作用が認められ、断層が鉱化作用に関係していることが推定される。また、鉱化帯付近は石英-絹雲母-緑泥石を特徴とする鉱物組み合わせの変質があり、特に球化及び絹雲母化変質が鉱化作用と関係深いものと考えられる。フィリック変質に相当する石英-絹雲母-緑泥石を特徴とする鉱物組み合わせは中央部から北部及び北東部に広く分布していることから、鉱化作用の範囲は、かなり広いことが推定される。

顕微鏡観察の結果、硫化鉱物は黄鉄鉱、黄銅鉱を主とし、黄銅鉱の周辺及び割れ目に沿って銅藍、輝銅鉱を認めた。銅藍、輝銅鉱は、黄銅鉱の風化による二次鉱物である。

流体包有物温度測定の結果、均質化温度180.3℃～372.8℃を得た。強い鉱化を示すコントロールシヤ沢中流、リカ沢上流及びフォルツナ沢上流では、300℃以上の温度を示す(図1-4-3)。

年代測定の結果、花崗閃緑岩では $7.51 \pm 0.17\text{Ma}$ 、花崗閃緑斑岩では $5.93 \pm 0.13\text{Ma}$ (石英斑岩質)、 $7.88 \pm 0.25\text{Ma}$ (石英斑岩質)、 $5.81 \pm 0.13\text{Ma}$ (ひん岩質)であった。花崗閃緑斑岩の年代は2つに分類されるが、 $5.81 \pm 0.13\text{Ma}$ (ひん岩質)は鉱化帯付近のものであり、変質の影響をうけたものと考えられる。 $5.93 \pm 0.13\text{Ma}$ (石英斑岩質)も変質の影響の可能性はある。花崗閃緑斑岩の一部は、花崗閃緑岩と同じ時期の活動であることが推定される。他の測定結果は、鉱化後の熱水変質による若返りの可能性がある。

## 4-2 物理探査

### (1) 調査方法

急峻な地形を考え、物理探査の手法としてCSAMT法を採用し、調査を実施した(図1-1-1)。

### (2) 測定方法

電流電極：測定点との距離が5 km以上離れるように調査地区の南部チャルグヤクバホに設置した。

電流電極：間隔は、2 kmであり、電極の接地抵抗が100Ω以下になるように、金網・アルミニウム等の良導電体を地表下1 mに埋設した。

流電電流：最大10.8 Aであった。

測定点：調査範囲内に100～150 m間隔で、主として尾根及び沢に91点を配点した。

電場：非分極性の電位電極で受信した。

電極配置：電流電極に対して平行なダイポール配置とし、電極間隔は原則として30 mとした。電極の接地抵抗は、安定した信号を受信するため10 kΩ以下となるようにした。

磁場：磁気センサーで受信した。センサーは、電流電極に対して直交する方向に水平に設置し



た。

測定周波数：本地域では高周波でのS/N比が良いことと、64～128Hz付近からニアフィールド現象が出現することから、8,192、4,096、2,048、1,024、512、256、128、64、32、16Hzの10周波数とした。

測定：各測定点における測定は、原則として3回以上おこなった。高周波数において若干のバラツキが認められたが、全体的に良好なデータを得た。

### (3) 室内物性試験

岩石の電気的特性データを得るため、地表及びボーリングコアから代表的岩石試料34個を採取し、見掛比抵抗及び分極率を測定した。

### (4) 解析方法

下記のような補正、解析方法をおこなった。

スタティックシフト補正：調査地区の地形は非常に急峻であり、測定点が尾根及び沢に設定されているため、測定された見掛比抵抗は地形の影響を受け、尾根では低く、沢では高くなるスタティックシフト現象が顕著である。この地形による影響を少なくするため、スタティックシフト補正を行った。

一次元解析：一次元解析は、実測見掛比抵抗曲線にスタティックシフト補正を行った後、これに最も良く合う理論曲線を与えるような水平多層構造モデルを見いだすシミュレーション法により行った。

二次元解析：二次元解析は、内田・小川(1993)のMT法フォワードインバージョン解析プログラムを使用して行った。インバージョン解析のパラメーターとしては、TMモードにより計算処理を行う。この結果、解析可能な断面は、電流電極と平行な断面に限られ、本調査ではE-W方向の断面となる。

### (5) 調査結果

室内物性試験：岩石試料34個の比抵抗値は243～75,200Ωm、分極率は1.3～45.4mVの範囲を示した。岩石の採取位置から、地下の比抵抗分布を推定すると、地表付近及び地下深部で高く、その中間に低比抵抗帯があることが認められた。

比抵抗分布とボーリング調査の結果を比較すると、鉱化帯と250Ωm以下の低一中抵抗が良い相関を示した。これに加え化学分析結果についても検討した結果、浅部においては高Cu、中S、高Na、低比抵抗であり、深部においては高Cu、中S、低Na、低比抵抗である。このことから、本地域で良好な銅鉱化が期待できる低一中比抵抗帯は、浅部では弱変質、中硫化鉱物であり、深部では強変質、中硫化鉱物であると定義される。これに基づき、本調査で捕捉された低一中比抵抗帯について検討し、下記の結果を得た。物理探査結果と鉱化帯の関係を図I-4-4に示す。

#### 1) 中央部低比抵抗帯

低比抵抗は、中心部から南南西及び東北東に伸びている。南南西方向に伸びる低比抵抗帯は、MJ-18孔の分析結果から、低Cu、高S、高Na、低比抵抗であると考えられ、弱変質で黄鉄鉱の多い鉱化の可能性が高い。東北東方向の伸びる低比抵抗帯は、コアの化学分析結果から良好な銅の鉱化帯の存在



E763

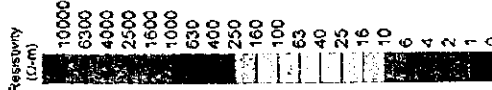
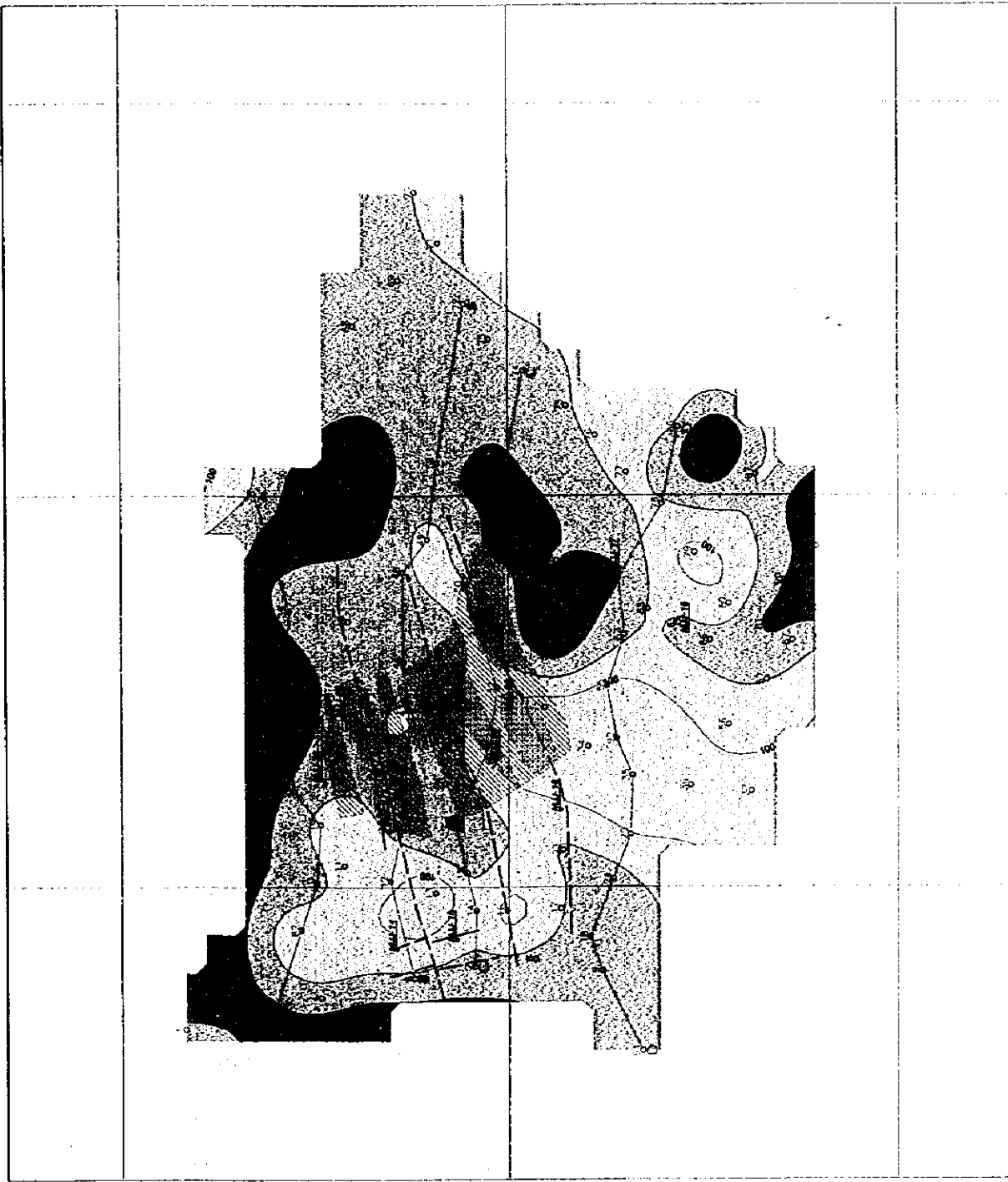
E762

E761

N36

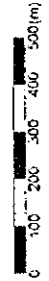
N35

N34



Legend

- Station of CSAMT
- Borehole
- Section
- $0.3\% \leq Cu \leq 0.8\%$
- $0.8\% \leq Cu$
- Fault



E763

E762

E761

図1-4-4 インバオエス子地域中央地区物理探査解析図

1:50000 1:50000 1:50000

人 N 北

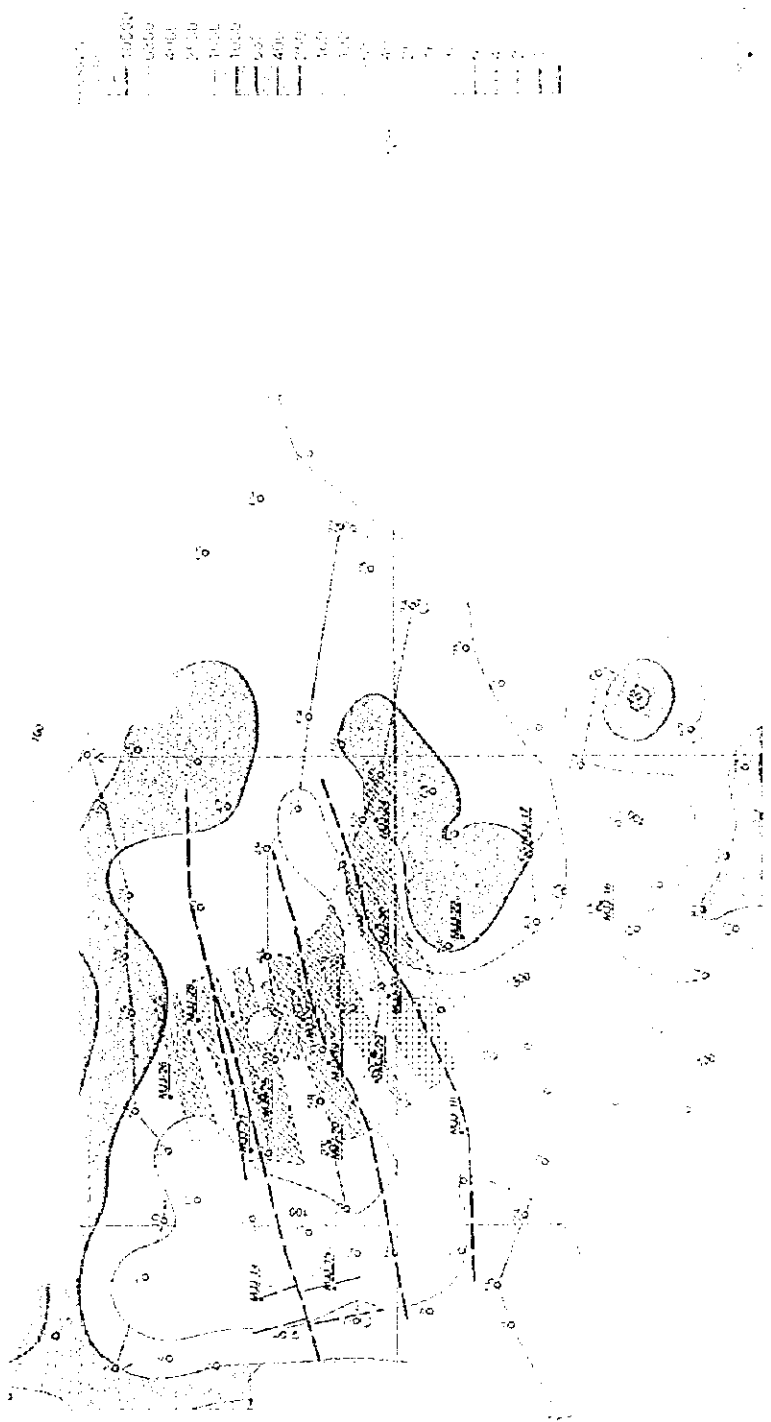
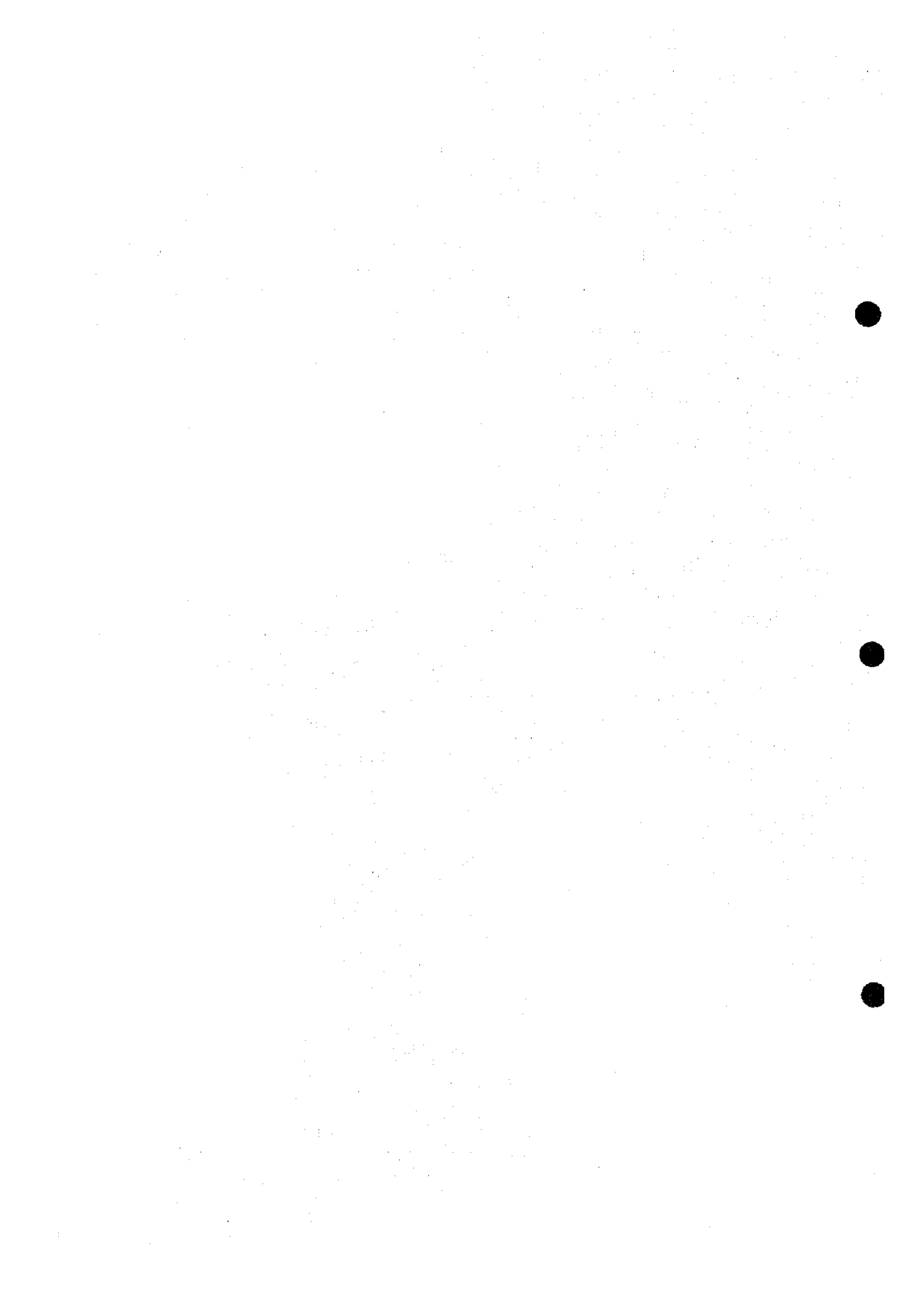


图 3 鄂尔多斯高原中部地区地质勘探解译图



する可能性が高い。

#### 2) 北部低比抵抗帯

低比抵抗は、東西方向で西に伸びている。浅部では、低S、中Naの傾向があり、中変質で弱い鉄化を示す。深部では低Cu、低S、高Naで高い比抵抗であり、弱変質、弱い鉄化を示す。本帯の低比抵抗はENE-WSW方向とN-S方向の断層破碎帯を反映していると考えられる。

#### 3) 西部低比抵抗帯

低比抵抗は、南北に伸びた分布を示す。北部低比抵抗帯と似た傾向を示すが、浅部で北部低比抵抗帯との交点付近に良好な鉄化の存在が推定される。N-S方向の断層破碎帯を反映している可能性もある。

#### 4) フォルツナ沢低比抵抗帯

低比抵抗は、フォルツナ沢から東方深部及び北東に伸びる。MJJ-16孔、MJJ-17孔の化学分析結果から、浅部から深部にかけてCuは変化が少ないが、Sは低下、Naは高化する傾向がある。これは、良好な銅鉄化の存在を示していないが、東方深部に潜在する鉄化帯の西端を示している可能性がある。

本調査から銅鉄化の存在する可能性の高いのは、中央部低比抵抗帯、西部低比抵抗帯、フォルツナ沢低比抵抗帯、北部低比抵抗帯の順であると考えられる。特に、中央部低比抵抗帯は良好な鉄化の存在が期待される。

### 4-3 ボーリング調査

#### (1) 調査方法

コントロールシヤ中流からフォルツナ沢間の地下深部の鉄化作用及び鉄化状況を確認することを目的として6孔のワイヤライン工法によるダイヤモンドコアボーリング（総掘進長3,514.28 m）を実施した。ボーリング孔の位置を図I-1-1に示す。

#### (2) 調査結果

ボーリング調査の結果は、下記のとおりである。

孔番号	位置	標高	深度	方向	傾斜
MJJ-25	N35.294 E761.275	1,977.44m	602.58m	-	-90°
MJJ-26	N35.294 E761.275	1,977.44m	502.00m	N O E	-60°
MJJ-27	N35.200 E761.440	2,018.23m	602.58m	-	-90°
MJJ-28	N35.200 E761.440	2,018.23m	602.58m	N O E	-60°
MJJ-29	N35.050 E761.365	2,034.67m	601.98m	-	-90°
MJJ-30	N35.041 E761.638	2,012.25m	602.56m	-	-90°

#### 1) MJJ-25

地質：花崗閃緑岩が広く存在し、これに花崗閃緑斑岩の岩脈が貫入している（図I-4-2）。斑岩は深度150mまで多いが、それ以深では少ない。珪化、絹雲母化、緑泥石化、緑簾石化が交互に分布す

る。深度150m-350m 間の花崗閃緑岩中に石英脈の発達ที่著しい。断層が深度166.90m-169.40m 間に存在する。

鉍化作用：深度60m までは、酸化帯である。銅鉍化作用は、花崗閃緑斑岩及びその付近の花崗閃緑岩中に認められ、良好部では強い珪化・絹雲母化変質を示す。深度105m-140m間及び深度225m-250m間に石英脈の発達が著しい。コアの鉍石分析結果は、下記のとおりであり。

深 度	コア長	Cu品位	Mo品位
平均：4.60m-602.58m	597.98m	0.43%	0.011%

## 2) MJJ-26

地質：花崗閃緑岩が広く存在し、これに花崗閃緑斑岩の岩脈が貫入している（図I-4-2）。斑岩は深度60m まで多いが、それ以深では少なく、小規模である。珪化、絹雲母化、緑泥石化、緑簾石化が交互に分布する。断層が多数ある。

鉍化作用：深度150m までは、酸化帯である。深度80m-150m間には、褐鉄鉍、酸化銅、黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が共生して認められる。銅鉍化作用は、弱いが深度80m から孔底まで認められる。モリブデン鉍化作用は、深度80m-110m間、深度440m-480m間を除き極めて弱い。良好部は、断層付近にあり、断層が鉍化作用と関係していることが考えられる。コアの鉍石分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu品位	Mo品位
平均：4.88m-502.00m	497.12m	0.25%	0.005%

## 3) MJJ-27

地質：花崗閃緑岩と花崗閃緑斑岩の岩脈からなる。斑岩は深度455mまで多いが、それ以深では認めない。珪化、絹雲母化が深度70m-460m 間に広く発達する（図I-4-2、図I-4-5）。

鉍化作用：深度20m まで酸化帯である。銅鉍化作用は、70m-470m 間の花崗閃緑斑岩及び付近の花崗閃緑岩に認める。また深度563m の断層付近にも銅鉍化作用を認める。モリブデン鉍化作用は、深度70m-270m 間に認める。コアの鉍石分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu品位	Mo品位
平均：5.79m-602.58m	596.79m	0.56%	0.017%

## 4) MJJ-28

地質：花崗閃緑岩が広く分布し、これに貫入する花崗閃緑斑岩の岩脈からなる。斑岩は深度480mまで存在するが、それ以深では認められない。珪化、絹雲母化、緑泥石化、緑簾石化が交互に発達する。断層が多数ある（図I-4-2、図I-4-5）。

鉍化作用：深度20mまでは、酸化帯である。銅鉍化作用は、花崗閃緑斑岩及び付近の花崗閃緑岩に認め、良好部は断層付近にもある。モリブデン鉍化作用は、深度50m-260m、深度380m-400m間に認める。深度425m-455m間に石英脈の発達が著しい。コアの鉍石分析結果は、下記のとおりである。

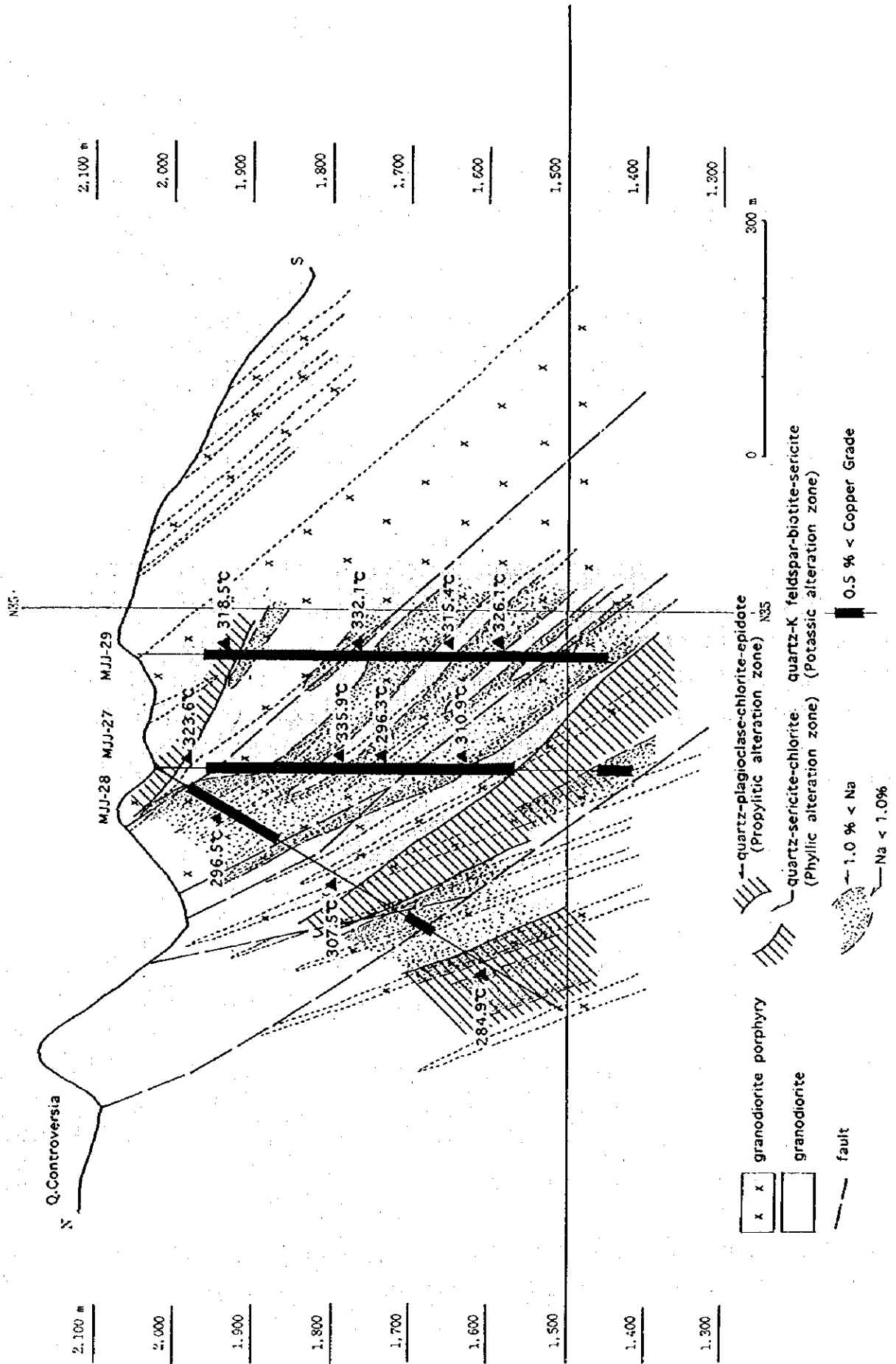


図1-4-5 インバオエス予地域中央地区ボーリング調査解析図



深 度	コア長	Cu品位	Mo品位
平 均：5.79m-602.58m	596.79m	0.45%	0.015%

### 5) MJ J-29

地質：花崗閃緑岩と、これに貫入する花崗閃緑斑岩の岩脈からなる。多数の斑岩が孔底まで発達する（図I-4-2、図I-4-5）。珪化は深度250m-600m間、絹雲母化は50m-600m間、緑泥石化は50m-450m間、緑簾石化は50m-250m間にそれぞれ認める。断層は、深度246.00m-247.00m、深度527.70m-528.10m、深度528.80m-529.40m間に認める。

鉱化作用：深度90mまでは、酸化帯である。銅鉱化作用は、花崗閃緑斑岩及び花崗閃緑岩中に存在し、良好部は深度60mから孔底まで認める。モリブデン鉱化作用は深度150mから孔底まで良好である。コアの鉱石分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu品位	Mo品位
平 均：4.70m-601.98m	597.28m	0.74%	0.041%

### 6) MJ J-30

地質：花崗閃緑岩と、これに貫入する花崗閃緑斑岩の岩脈からなる（図I-4-2）。多数の斑岩が深度530mまで発達する。珪化は深度200m-600m間、絹雲母化は25m-600m間、緑泥石化は30m-150m間、緑簾石化は30m-150m間にそれぞれ認める。断層は、深度232.50m-232.55m間に認める。

鉱化作用：深度30mまでは、酸化帯である。銅鉱化作用は、花崗閃緑斑岩及び花崗閃緑岩中に存在し、良好部は深度190mから孔底まで認めるが、品位の変動が激しい。また、深度350mまで黄鉄鉱が黄銅鉱より多いことが特徴である。モリブデン鉱化作用は深度300mから孔底まで良好である。コアの鉱石分析結果は、下記の通りである。

深 度	コア長	Cu品位	Mo品位
平 均：4.60m-602.56m	597.96m	0.63%	0.014%

### (3) 地質、鉱化、変質の関係

6孔のボーリング調査の結果、花崗閃緑岩中に多数の花崗閃緑斑岩が岩脈状に貫入していることが明らかとなった。地表地質調査の結果から、これらの斑岩は走向ENE-WSW、傾斜SSE50-60°であると推定される（図I-4-2、図I-4-5）。

コントロールベシア沢より北部では、斑岩の発達が少ないと考える。また、MJ J-25孔、MJ J-26孔、MJ J-27孔、MJ J-28孔の各孔で認めた多数の断層は、コアでは傾斜40-60°を示し、コントロールベシア沢中流で認めた走向ENE-WSWの断層と類似の走向、傾斜の断層と考える。

鉱化作用は、花崗閃緑斑岩岩脈の多いMJ J-29孔及びMJ J-30孔で顕著であり、斑岩岩脈の少ないMJ J-26孔で劣勢であることから、花崗閃緑斑岩の活動と密接に関係しているものと考え（図I-4-2、図I-4-5）。従って、鉱化帯の範囲は斑岩の貫入形態あるいは斑岩の分布範囲に規制されるものと考え。また、断層付近で鉱化作用を認ることから鉱化作用は断層とも密接な関係にあると考える。

銅鉱化作用は、主として斑岩及び花崗閃緑岩中の割れ目を充填する黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、黄鉄鉱、ダイジェナイト、砒四面銅鉱からなる。この割れ目付近には石英及び絹雲母が形成されていることから、珪化、絹雲母化変質と密接に関係するものである。珪化、絹雲母化変質の著しい部分では、これらの硫化鉱物が鉱染状に認められ高い品位を示す。モリブデン鉱化作用について、輝水鉛鉱が石英脈に伴うこともあるが、顕微鏡観察の結果、黄銅鉱、斑銅鉱が鉱染状に認められる部分では輝水鉛鉱も鉱染状に存在することが明らかとなった。従って、銅鉱化とモリブデン鉱化は、ほぼ同じ時期にあったものとする。銅品位の分布を検討した結果、コントロールシヤ沢支流沿いのENE-WSW走向の断層とMJJ-27孔付近の間に分布する花崗閃緑斑岩に0.8%以上の高い品位を示す部分が多く、高品位部は南東に向かって深く厚くなる傾向にある。また、断層付近で高い品位を示す。

鉱化帯は、石英-絹雲母-緑泥石組み合わせ及びNa 1%以下の範囲に一致している(図I-4-5)。

顕微鏡観察では、黄銅鉱及び斑銅鉱が単独で産することもあるが、斑銅鉱、輝銅鉱、ダイジェナイトが微細な離溶組織を示すことが多い。この組織は、黄銅鉱の二次的富化作用により形成されたものではなく、比較的高温の初成鉱化作用により形成されたものと推定される。

流体包有物温度測定の結果、均質化温度220.0℃-377.6℃を得た(図I-4-5)。良好な鉱化作用の認められるMJJ-25孔、MJJ-27孔、MJJ-29孔、MJJ-30孔下部では、300℃以上の温度を示すが、鉱化作用が優勢でないMJJ-26孔、MJJ-28孔、MJJ-30孔上部では、300℃以下の温度である。また、MJJ-25孔の319.20mでは、固相が観察され、塩濃度36%~38%を得た。

年代測定の結果、強変質岩は $5.94 \pm 0.13\text{Ma}$ であり、花崗閃緑斑岩は $5.88 \pm 0.13\text{Ma}$ であった。強変質岩の $5.94 \pm 0.13\text{Ma}$ は、鉱化年代を示すと考える。

#### 4-4 鉱山開発計画調査のための基礎資料

平成8年度調査では、インバオエステ地域の鉱山開発を検討するため、鉱山、土木、環境、経済・法律の各分野について関係資料・情報の収集を行い、下記を得た。

##### 1) 鉱山開発計画策定のための基礎資料

調査の結果、まだ探鉱が不十分であり、鉱床の形態及び鉱量、品位に関する十分なデータを取得する必要がある。また、開発対象の鉱床がポーフィリー銅-銅-銅床であると考えられることから、坑内掘りより露天掘採掘法を念頭においた計画策定が考えられる。調査地域の急峻な地形及び河川は、開発計画にかなり影響すると考える。

##### 2) インフラストラクチャーの整備状況

地域のインフラは極めて貧弱であり、特に開発及び採業資機材の搬入及び生産物の輸送のための道路及び橋の整備、電力の供給施設の整備、通信施設の整備等が重要である。

##### 3) 環境関係

本年度の調査では、調査地域内のフニンハリポートに気象観測機器を設置し、気温、湿度、降雨量、風向、風速等の気象データの収集を行ったが、今後もデータ収集が必要である。

##### 4) 経済・法律関係

鉱業法等の鉱山開発に関連した法律資料を収集した。また、権利関係について現地調査を行った。

平成8年度の調査では、インバオエステ地域の鉱山開発を検討するための十分なデータは、まだ得られていない。しかし、現時点で鉱山開発を想定し、今後行うべきゾレF/Sとして、下記のような作業の実施が必要である。

- 1) 地形図（縮尺1:2,000程度）の作成
- 2) 追加ボーリング調査
- 3) 岩石物性測定（密度、強度等）
- 4) 鉱量計算
- 5) 地質工学的検討
- 6) 採掘設計及び採掘計画の作成
- 7) 選鉱試験
- 8) 選鉱施設的设计
- 9) ずり、選鉱尾鉱からの排水試験
- 10) インフラストラクチャーの設計
- 11) 環境影響評価調査
- 12) 鉱山開発に必要な許認可・権利関係調査
- 13) 起業費の見積
- 14) 採業費の見積
- 15) 採算性の検討

また、環境影響調査については、平成7年度に現況調査が行われ、それに対する影響評価が行われた。しかし、調査地域の北部には、コタカチ・カヤバス自然保護区があり、鉱山開発による環境への影響について十分考慮した鉱山開発計画が必要である。従って、今後はより具体的な鉱山開発計画に基づく鉱山施設、道路、港湾施設などにおける粉塵、排水、騒音等についての影響評価を行う必要がある。

## 第5章 平成9年度インバオエステ地域の調査結果の概要

### 5-1 鉱量計算

平成3年度～平成8年度において実施したボーリング調査（孔番号：MJJ-1～MJJ-30、総掘進長：7,029.9m）の結果を用いて現状のデータに基づく埋蔵鉱量とその品位を試算した。

鉱量計算では、ボーリング孔データにより正確な鉱床形態が把握されていないため、地質データから鉱床分布範囲を推定し、この範囲を計算対象とし、鉱画を設定した。鉱画の大きさは、25m、25m、10mである。

鉱画品位については、データの取り込み範囲を150mとし、鉱床の形態面と並行に品位分布をコントロールするZグリッドコントロールを用いたインバースディスタンス法により鉱画品位の割り付けを行った。

計算は、鉱床評価・鉱山設計支援システム（MINEX）を用いて行った。

計算結果によると、カットオフ品位0.4%Cuで、鉱量318百万トン、平均品位0.71%Cu、0.026%Moを、カットオフ品位0.6%Cuで、鉱量171百万トン、平均品位0.91%Cu、0.033%Moを、カットオフ品位0.8%Cuで、鉱量88百万トン、平均品位1.11%Cu、0.040%Moをそれぞれ得た。

これらの鉱量と品位は、十分な地質データに基づいていない条件で計算を行っており、設定された計算対象範囲における予想鉱量に相当するものである。

また、鉱量計算の条件を変え、データの取り込み範囲を50mとして計算を行った結果、カットオフ品位0.4%Cuで、鉱量37百万トン、平均品位0.73%Cuとなった。

従って、今後鉱床の形態を把握するための追加ボーリング調査を行い、十分なデータに基づき鉱量計算を行うことが望まれる。

### 5-2 選鉱試験

ボーリングコアを用いて原鉱物性試験、粉砕摩鉱試験、基礎浮選試験、廃さい・廃水処理試験からなる選鉱試験を行った。

原鉱は、鉱染状あるいは割れ目を充填する斑銅鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱を主とし、赤鉄鉱、輝水鉛鉱を伴い、平均品位は高品位鉱では0.84%Cu、0.0162%Mo、低品位鉱では0.25%Cu、0.0074%Moである。

粉砕摩鉱試験の結果、基礎浮選試験及びCu-Mo総合浮選試験の摩鉱時間として15分（-200mesh分布率：高品位鉱物75.2%、低品位鉱82.4%）を採用した。この値は、一般的な値と比較して大きいので、今後摩鉱時間を短縮した粗い摩鉱サイズにおける試験をする必要がある。高品位鉱と低品位鉱共に-150meshで単体分離度が高くなり、-200meshに粉砕すると片列を10%以下にすることが可能である。

基礎浮選試験の粗選では、高品位鉱及び低品位鉱ともに、エロフロート#3477の添加により精鉱品位の上昇、pHが高い場合、実収率の改善が認められた。

基礎浮選試験の精選では、エロフロート#3477の添加、高いpHの条件に更に脈石を制御するため分散剤CMCを添加した場合、良好な精鉱品位（高品位鉱38.4%、低品位鉱29.2%）及び実収率（高品位鉱94.5%、低品位鉱86.0%）を得た。精鉱は、銅鉱物として黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、砒四面銅鉱で

あり、その他輝木鉛鉱、黄鉄鉱、脈石からなる。

Cu-Mo総合浮選試験の結果、精鉱品位の上昇率が高い再摩鉱時間9分の場合が良好であり、Cu精鉱品位は高品位鉱で39.68%、低品位鉱で31.23%を示し、またCu実収率は高品位鉱で95.75%、低品位鉱で89.09%を示した。これらの精鉱品位及び実収率は良好な値であり、本鉱石の選鉱は容易であるといえる。総合浮選試験結果は、基礎浮選試験結果に比べて実収率が1.1%以上高い傾向となり、再摩鉱の効果があることを示し、また脈石の浮遊性が抑えられたことにより、高いCu実収率を得た。

低品位鉱については、品位、実収率ともに平均的な成績であるが、原鉱品位が低いため浮選の他にもリーチング法等についても検討必要と考える。

Moについては、品位、実収率ともに、良好である。今後CuとMoの分離試験の実施が考えられるが、原鉱のMo品位が低いことから、CuとMoの分離試験の実施が経済的に適切であるかどうかを含めて検討する必要がある。

今後、pH条件、試薬選定など細部の条件についての最適試験を更に行う必要がある。

廃さい廃水処理試験結果、カチオン系凝集剤及びアニオン系凝集剤を添加した場合が検討され、カチオン系凝集剤の方が初期沈降速度は小さく、上澄水は透明であった。上澄水は、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の添加で中性となった。廃水試験の結果、溶存成分濃度はいずれもエクアドル共和国の排水基準値を満たしている。

総合浮選試験結果、再摩鉱の有効性が得られ、浮選フローシートには再摩鉱を含めることとした。

片刃産物の再処理のため、スカベンジャーにて浮選を行い、シンクスは粗選尾鉱とともに最終尾鉱とし、フロスのみ前工程に戻すことが最適であるとして浮選フローシートを作成した。

基礎浮選試験の精選において、単体分離した黄銅鉱が浮上し、次に斑銅鉱が浮き、その後単体分離していない片刃が浮上したものと考察され、粗選フロスのうち単体分離度の高い早期に浮上する部分は直接精選系に送り、残りの単体分離度の低い片刃のみを再摩鉱系に給鉱する浮選フローシートの改善案も作成した。

露天掘法で採掘される場合を仮定し、破碎、摩鉱、精鉱処理、尾鉱処理の各工程を含めた総合フローシートを検討した。

破碎・摩鉱工程は、インピットクラッシャー、セミオートジニアス(SAG)ミル、ボールミルにより行う。ボールミルのオーバーフローが浮選原鉱となる。浮選原鉱は粗選機に供給され、そのフロスが精選系統に送られ、シンクスは清掃機に送られ、更に浮選が行われる。精選系統は3段階の精選機で浮選され、三次精選機のフロスが最終精鉱となる。清掃機のシンクスを最終尾鉱の一部とし、フロスは再摩鉱系統に送られる。再摩鉱工程は、ボールミルとサイクロンにより行う。最終精鉱はシクナーで濃縮後、フィルターで脱水され、精鉱ストックヤードに貯鉱される。最終尾鉱はシクナーで濃縮後、テーリングダムに堆積される。

上記のフローシートは採掘される鉱石がSAGミルを導入することに適していることを前提としているが、鉱石がSAGミルに不適きの場合を考え、従来方式の破碎摩鉱工程のフローシートも作成した。

選鉱場概略設計については、平均処理鉱量10,000 t/d、年間操業日数365日の選鉱場について概略検討した。選鉱場の候補地として2箇所が考えられる。

## 第6章 調査結果の総合検討

### 6-1 鉱化作用

本地域中央部は、花崗閃緑岩と多数の花崗閃緑斑岩からなる。花崗閃緑斑岩は、花崗閃緑岩との境界部に急冷相を有し、岩脈として貫入している。花崗閃緑斑岩の走向は、ENE-WSW方向とNW-SE方向があるが、ENE-WSW方向が多く、いずれもS傾斜である。地表では花崗閃緑斑岩はコントロールシア沢中流に主として分布し、南に向かって深くなる貫入形態である。

走向ENE-WSW、傾斜SSEの断層をコントロールシア沢中流で確認し、また走向N-S、傾斜Eの断層をリカ沢下流及びフニン川沿いで認めた。

鉱化作用は、初成鉱化作用として銅鉱化作用とモリブデン鉱化作用があり、いずれも花崗閃緑岩及び花崗閃緑斑岩中に認める。鉱化作用は花崗閃緑岩に貫入した花崗閃緑斑岩の活動に伴うものと考えられる。銅とモリブデンの分析結果は良く相関しており、鉱染状に共生することから、生成時期も同時期と推定される。平成8年度調査で走向ENE-WSW、傾斜SSEの断層付近で高い品位を示すことが明らかとなり、鉱化作用は断層を通路として行われた可能性がある。従って、断層は鉱化作用前に存在し、花崗閃緑斑岩の活動も規制した可能性がある。断層には、走向ENE-WSW、傾斜SSEのと走向N-S、傾斜Eの2つの断層があるが、低比抵抗の分布から2つの断層とも鉱化作用に関係する可能性がある。

本鉱化作用により生成した銅鉱物は、黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱を主とし、銅藍、砒四面銅鉱、マラカイトなどである。黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱は、顕微鏡観察の結果から、離溶組織があり、初生鉱物と推定される。しかし、地表部では、黄銅鉱が輝銅鉱、銅藍に変わっていることが観察され、二次的に生成した輝銅鉱、銅藍が存在する。地表調査及びボーリング調査では、二次的な輝銅鉱、銅藍の分布は広くないので、二次富化帯は小規模であると考えられる。

本鉱化作用に伴う変質については、石英-カリ長石-黒雲母-絹雲母、石英-絹雲母-緑泥石、石英-斜長石-緑泥石-緑簾石の組み合わせに区分される。石英-カリ長石-黒雲母-絹雲母は、ポタッシュ変質に、石英-絹雲母-緑泥石はフィリック変質に、石英-斜長石-緑泥石-緑簾石はプロピライト変質にそれぞれ相当すると考える。変質帯の分布と鉱化帯との関係をみると、ポタッシュ変質帯が良好な鉱化部に対応し、その周辺にフィリック変質帯、更にその外側にプロピライト変質帯が分布するというパターンが考えられる。本地域の良好な鉱化部は、ポタッシュ変質帯とフィリック変質帯に位置するようであり、2つの変質帯は交互に分布するものと考えられる。即ち、岩脈状斑岩を中心とした変質のパターンと割れ目を中心とした変質パターンが組み合わされていると考える。

鉱化作用の時期は、花崗閃緑斑岩の活動の後あるいはほぼ同時期であると考えられる。

ボーリング調査によりコントロールシア沢中流付近、リカ沢下流付近の地下で良好な鉱化帯が得られている。その鉱化帯の伸長方向は、ENE-WSW方向で傾斜SSE40-60°が推定され、この方向は物理探査で得られた中央部低比抵抗帯によく対応する。従って、鉱化帯の範囲は中央部低比抵抗帯の分布から更にENE方向に、またSSWの方向に伸びる可能性がある。ENE方向（リカ沢中流から上流）には、鉱化帯の浅くなることが予想され、地表下の鉱況を把握することは容易となろう。SSW方向（MJJ-29孔の南部、MJJ-22案の南西部）には、鉱化帯の深くなることが予想されるが、低比抵抗帯が広く、鉱化

帯が拡大する可能性もある。今後の探鉱として、リカ沢中流から上流とMJJ-29孔の南部及びMJJ-22孔の南西部が示唆される。

## 6-2 鉱量

鉱量計算では、ボーリング孔データにより鉱床形態が把握されていないため、地質データから鉱床分布範囲を推定し、この範囲を計算対象とし、鉱画を設定した。北部、東部、南部についてはボーリングデータがなく推定の要素が多く鉱量計算の精度を低下させていると考える。

計算は鉱床評価・鉱山設計支援システム(MINEX)を用いて行い、鉱画品位については、データの取り込み範囲を150mと、鉱床の形態面と並行に品位分布をコントロールするZグリッドコントロールを用いたインバースデイスタンス法により鉱画品位の割り付けを行った。東西断面の品位分布は地質特性とはほぼ一致しているが、南北断面の品位分布が地質の特性と一致していないことと、下部の高品位部が強調されている傾向があり、検討を要する。

今回の計算で得られた鉱量と品位は十分な地質データに基づいていない条件で計算を行っており、設定された計算対象範囲の予想鉱量の試算結果に過ぎない。今後鉱床の形態を把握するための追加ボーリング調査を行い、十分なデータに基づき再度の鉱量計算を行うことが望まれる。

## 6-3 鉱山開発

本年度までの調査では、プレF/Sを実施するための十分なデータが整っていない。特にボーリング調査を行い、鉱量、品位の確定、鉱化帯の形態の確定を行う必要がある。本年度の選鉱試験の結果では、本鉱床の鉱石は良好な選鉱特性を持っていることが判明しており、今後は詳細コスト調査などが必要となろう。

調査地域の北部には、コタカチ・カヤバス自然保護区があり、鉱山開発対象区域は自然保護区の緩衝帯(境界線から5km)の外側に位置するが、鉱山施設は緩衝帯に近接して建設される可能性もあり、自然保護区に対する環境への影響にも十分考慮した鉱山開発計画を行うことが重要である。そのための環境影響評価調査を行うべきである。

## 第7章 調査の結論及び提言

### 7-1 結論

#### 7-1-1 平成8年度調査

平成8年度調査として、地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施し、また鉱山開発計画調査のための資料収集を行った。調査結果の結論は、下記のとおりである。

##### (1) 地質調査

花崗閃緑岩中に主として走向ENE-WSW、傾斜 SSE の岩相変化に富む多数の花崗閃緑斑岩の岩脈が分布する。走向ENE-WSW、傾斜SSEの断層、走向N-S、傾斜Eの断層があり、鉱化作用と関連する可能性がある。

鉱化作用は、コントロベルシア (La Controversia) 沢中流、リカ (Rica) 沢上流、フォルツナ (Fortuna) 沢上流に主として分布し、花崗閃緑岩及び花崗閃緑斑岩中に珪化及び絹雲母化変質を伴い、黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱が鉱染状及び細脈網状に認められるものである。コントロベルシア沢中流の鉱化帯 (幅: 324m, Cu: 0.33%, Mo: 0.003%) 及びリカ沢上流の鉱化帯 (幅: 116m, Cu: 0.39%, Mo: 0.005%) は、MJJ-19孔、MJJ-20孔及びMJJ-27孔の鉱化部の地表延長部と考えられる。フィリック帯相当の石英-絹雲母-緑泥石の組み合わせが調査地区の中央部から北部及び北東部に広く分布する。

##### (2) 物理探査

物理探査として、CSAMT法を実施した。比抵抗分布とボーリング調査の結果を比較すると、鉱化帯と250  $\Omega$ m以下の低-中比抵抗が良い相関を示している。これにコアの化学分析結果についても検討した結果、浅部においては高Cu、中S、高Na、低比抵抗、深部においては高Cu、中S、低Na、低比抵抗である。このことから、本地域で良好な銅鉱化が期待できる低-中比抵抗帯は、浅部では弱変質、中硫化鉱物、深部では強変質、中硫化鉱物であると考えられる。これに基づき、本調査で捕捉された低-中比抵抗帯について検討した結果、銅鉱化の存在する可能性の高いのは、中央部低比抵抗帯、西部低比抵抗帯、フォルツナ沢低比抵抗帯、北部低比抵抗帯の順である。特に、中央部低比抵抗帯は良好な鉱化の存在が期待される。

##### (3) ボーリング調査

コントロベルシア沢、リカ沢及びフォルツナ沢周辺で6本、総掘進長3,514.28mのボーリング調査を行った結果、花崗閃緑斑岩中及びその付近の花崗閃緑岩中に発達する細脈網状及び鉱染状の黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱及び輝水鉛鉱からなる鉱化帯を捕捉した。6本のうち、MJJ-27孔、MJJ-29孔及びMJJ-30孔では強変質を伴う鉱染状黄銅鉱、斑銅鉱を多く認め、コア長約600mで平均Cu品位0.5%以上を示す良好な鉱化作用を示した。しかし、北部向けのMJJ26孔の鉱化作用は弱いことが判明した。銅品位の分布を検討した結果、コントロベルシア沢支流の断層とMJJ-27孔の間の花崗閃緑斑岩が高品位を示し、高品位部が南東に向かって深く厚くなる傾向を示した。また、断層付近に高品位部があり、断層が鉱化作用を規制する可能性があることが判明した。各孔の鉱石分析の結果は、下記のとおりである。



孔番号	着鉱深度	着鉱長	Cu品位	Mo品位
MJJ-25	4.60 m-602.58 m	597.98 m	0.43 %	0.011 %
MJJ-26	4.88 m-502.00 m	497.12 m	0.25 %	0.005 %
MJJ-27	5.79 m-602.58 m	596.79 m	0.56 %	0.017 %
MJJ-28	5.79 m-602.58 m	596.79 m	0.45 %	0.015 %
MJJ-29	4.70 m-601.98 m	597.28 m	0.74 %	0.041 %
MJJ-30	4.60 m-602.56 m	597.96 m	0.63 %	0.014 %

#### (4) 鉱山開発計画調査のための基礎資料

鉱山開発を検討するため、鉱山、土木、環境、経済・法律の各分野について関係資料・情報の収集を行ったが、鉱山開発を検討するための十分なデータが不足していることが明らかとなった。

##### 1) 鉱山開発計画策定のための基礎資料

探鉱調査が不十分であり、鉱床の形態及び鉱量、品位を早急に確定する必要がある。また、開発対象鉱床が斑岩銅鉱床であり、坑内掘りより露天掘採掘法を念頭においた計画策定が考えられる。しかし、調査地域の急峻な地形は、開発計画にかなり影響すると考える。

##### 2) インフラストラクチャーの整備状況

地域のインフラは極めて貧弱であり、鉱山開発のためのインフラストラクチャーの整備が必要である。特に、開発及び採業資機材の搬入及び生産物の輸送のための道路及び橋の整備、電力の供給施設の整備、通信施設の整備等である。

##### 3) 環境関係

気象データの収集のため気温、湿度、降雨量、風向、風速の観測を行ったが、途中で中止する事態となった。気象データの収集は、年間継続して行うことが必要である。

##### 4) 経済・法律関係

鉱業法等の鉱山開発に関連した法律資料を収集した。

### 7-1-2 平成9年度調査

#### (1) 鉱量計算

平成3年度～平成8年度において実施したボーリング調査（孔番号：MJJ-1～MJJ-30、総掘進長：7,029.9m）の結果を用いて埋蔵鉱量とその品位を試算した。

鉱量計算方法については、ボーリング孔データにより正確な鉱床形態が把握されていないため、地質データから鉱床分布範囲を推定し、この範囲を計算対象とし、鉱画を設定した。鉱画品位については、データの取り込み範囲を150mと、鉱床の形態面と並行に品位分布をコントロールするZグリッドコントロールを用いたインバースデイスティクス法により鉱画品位の割り付けを行った。計算は鉱床評価・鉱山設計支援システム（MINEX）を用いて行った。

計算によると、カットオフ品位0.4%Cuで、鉱量318百万トン、平均品位0.71%Cu、0.026%Moを、カットオフ品位0.6%Cuで、鉱量171百万トン、平均品位0.91%Cu、0.033%Moを、カットオフ品位0.8%Cuで、

鉱量88百万トン、平均品位1.11%Cu、0.040%Moをそれぞれ得た。これらの鉱量と品位は現状の地質データに基づいて行った予想鉱量の試算に過ぎない。

鉱量計算の条件を変え、データの取り込み範囲を50mとして計算を行った結果、カットオフ品位0.4%Cuで、鉱量37百万トン、平均品位0.73%Cuとなり、今後鉱床の形態を把握するための追加ボーリング調査を行い、十分なデータに基づき再度鉱量計算を行うことが望まれる。

## (2) 選鉱試験

ボーリングコアを用いて原鉱物性試験、粉砕摩鉱試験、基礎浮選試験、廃さい・廃水処理試験からなる選鉱試験を行った。

原鉱は、高品位鉱(0.84%Cu、0.0162%Mo)及び低品位鉱(0.25%Cu、0.0074%Mo)であり、この2種の原鉱に対して試験を行った。

粉砕摩鉱試験の結果、基礎浮選試験及びCu-Mo総合浮選試験の摩鉱時間として15分を採用した。

基礎浮選試験の精選では、エロフロート#3477の添加、高いpHの条件に更に脈石を制御するため分散剤CMCを添加した場合、良好な精鉱品位(高品位鉱38.4%、低品位鉱29.2%)及び実収率(高品位鉱94.5%、低品位鉱86.0%)を得た。精鉱は、銅鉱物として黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、砒四面銅鉱であり、その他輝水鉛鉱、黄鉄鉱、脈石からなる。

Cu-Mo総合浮選試験の結果、精鉱品位の上昇率が高い再摩鉱時間9分の場合が良好であり、Cu精鉱品位は高品位鉱で39.68%、低品位鉱で31.23%を示し、またCu実収率は高品位鉱で95.75%、低品位鉱で89.09%を示した。これらの精鉱品位及び実収率は良好な値であり、本鉱石の選鉱は容易であるといえる。原鉱品位が低い場合には、浮選の他にもリーチング法等についても検討必要と考える。

Moについては、今後CuとMoの分離試験が考えられるが、原鉱Mo品位が低いことから、CuとMoの分離試験の実施が経済的に適切であるかどうかを含めて検討する必要がある。今後、pH条件、試薬選定など細部の条件についての最適試験を更に行う必要がある。

廃さい廃水処理試験結果、カチオン系凝集剤及びノニオン系凝集剤を添加した場合が検討され、カチオン系凝集剤の方が初期沈降速度は小さく、上澄水は透明であった。上澄水は、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の添加で中性となった。廃水試験の結果、溶存成分濃度はいずれもエクアドル共和国の排水基準値を満たすものであった。

総合浮選試験結果、再摩鉱の有効性が得られ、浮選フローシートには再摩鉱を含めることとした。片刃産物の再処理のため、スカベンジャーにて浮選を行い、シンクスは粗選尾鉱とともに最終尾鉱とし、フロスのみ前工程に戻すことが最適であるとして浮選フローシートを作成した。基礎浮選試験の精選において、単体分離した黄銅鉱が浮上し、次に斑銅鉱が浮き、その後単体分離していない片刃が浮上したものと考察され、粗選フロスのうち単体分離度の高い早期に浮上する部分は直接精選系に送り、残りの単体分離度の低い片刃のみを再摩鉱系に給鉱する浮選フローシートの改善案も作成した。

破碎、摩鉱、精鉱処理、尾鉱処理の各工程を含めた総合フローシートを検討した。破碎・摩鉱工程は、インピットクラッシャー、SAGミル、ボールミルにより行う。ボールミルのオーバーフローが浮選原鉱となる。浮選原鉱は粗選機に供給され、そのフロスが精選系統に送られ、シンクスは清掃機に

送られ、更に浮選が行われる。精選系統は3段階の精選機で浮選され、三次精選機のプロスが最終精鉱となる。清掃機のシンクスを最終尾鉱の一部とし、プロスは再摩鉱系統に送られる。再摩鉱工程は、ボールミルとサイクロンにより行う。最終精鉱はシックナーで濃縮後、フィルターで脱水され、精鉱ストックヤードに貯鉱される。最終尾鉱はシックナーで濃縮後、テーリングダムに堆積される。上記のフローシートは採掘される鉱石がSAGミルを導入することに適していることを前提としているが、鉱石がSAGミルに不適きの場合を考え、従来方式の破碎摩鉱工程のフローシートも作成した。

選鉱場概略設計については、平均処理鉱量10,000 t / d、年間採業日数365日の選鉱場について概略検討した。選鉱場の候補地として2箇所が考えられる。

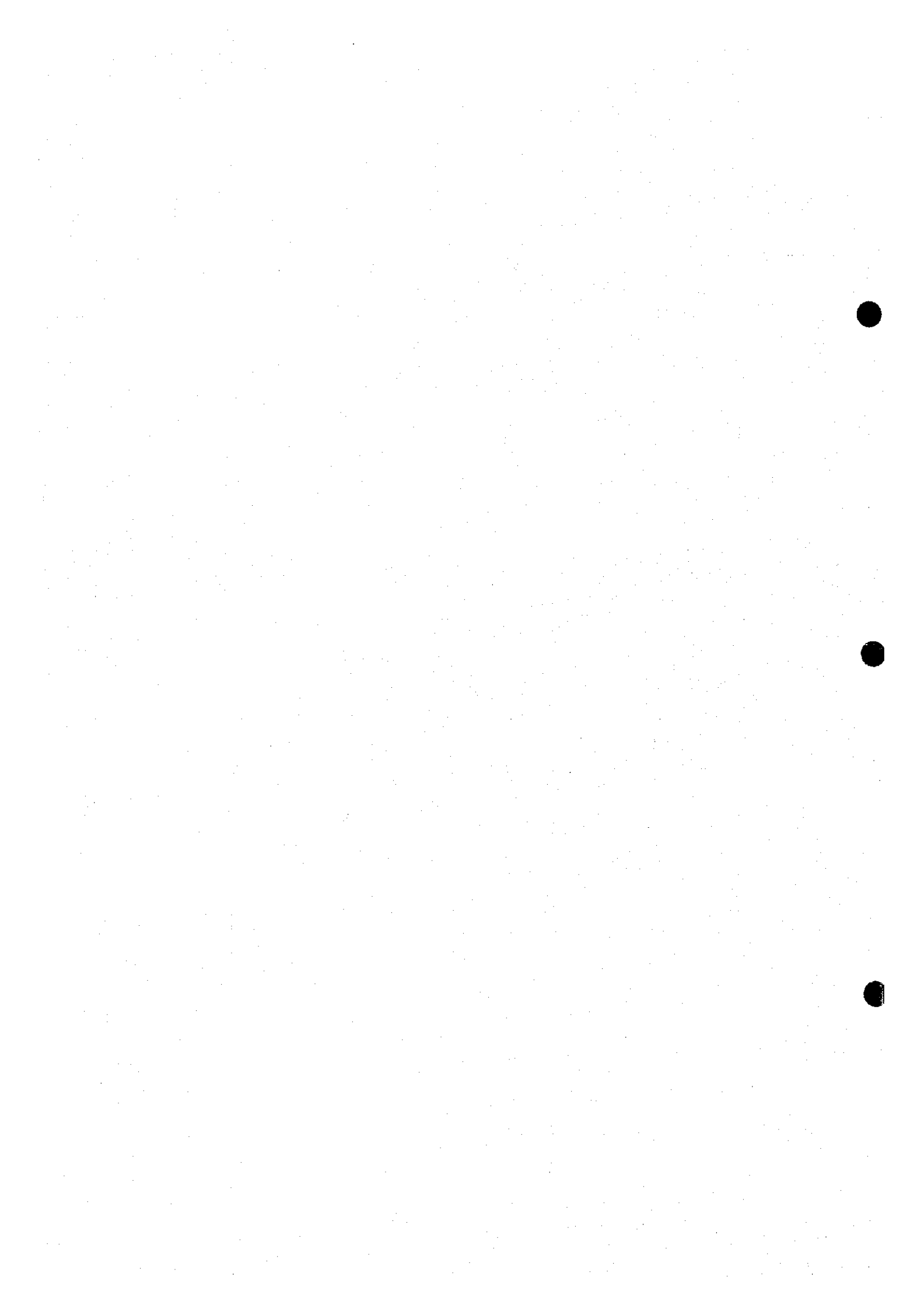
## 7-2 提言

平成8年度の調査結果から、コントロールシア沢、リカ沢及びフォルツナ沢付近の地下深部に良好な銅・モリブデンの鉱化作用が存在することが推定された。平成9年度調査により、予想鉱量としてカットオフ品位0.4%Cuで、地質鉱量318百万トン、平均品位0.71%Cuを、また良好な選鉱試験結果を得た。従って、今後は下記の事項を行い、鉱山開発の可能性を検討する必要があると考える。

1) 鉱量計算の精度を高めるため、鉱化の良好部の確認及び鉱化作用の範囲の把握を目的とする地質調査、物理探査及びボーリング調査の実施を提言する。特に、ボーリング調査が重要である。また、坑道探鉱の実施も考えられる。

2) これらの調査結果に基づく鉱山開発計画調査(プレF/S)の実施を提言するが、調査地域の北部にコタカチ・カヤバス自然保護区があり、境影響評価調査を実施し、鉱山開発による環境への影響について十分考慮する必要がある。

## II部 各論



## 第1章 鉱量計算

### 1-1 目的

鉱量計算の目的は、資源開発調査フニン地域（平成3年度～平成5年度）、地域開発計画調査フニン・コジャッヘ地域（平成6年度～平成7年度）及び地域開発計画調査インバオエステ地域（平成8年度）において実施したボーリング調査（孔番号：MJJ-1～MJJ-30、総掘進長：7,029.9m）の結果を用いて埋蔵鉱量とその品位を試算することである。

### 1-2 計算方法

#### (1) 基礎資料

鉱量計算基礎資料として、地表地質調査結果と30孔のボーリング調査（MJJ-1～MJJ-30、総掘進長7,029.9m）の調査結果を用いる。ボーリング孔の位置、方向、傾斜、深度を表II-1-1に、ボーリング孔位置を図II-1-1に示す。ボーリング地質断面図を巻末1に、ボーリング概略柱状図を巻末2に、分析結果等の鉱量計算のための基礎資料を巻末3にそれぞれ示す。

#### (2) 計算条件

計算は、以下の手順で行った。

##### 1) 鉱石比重

選鉱試験の物性試験において得られた平均真比重2.725（高品位鉱）及び平均真比重2.651（低品位鉱）を参考とし、高品位鉱：低品位鉱＝1：2を仮定し、本鉱床の鉱石比重として2.67を用いて計算することとした。

##### 2) 計算対象範囲

ボーリング調査により鉱床形態が把握されていないため、地質データから鉱床分布範囲を推定し、この範囲を鉱量計算の対象とした。地表地質調査結果と30孔のボーリング調査から地質平面図、地質断面図を作成し、品位分布、花崗閃緑斑岩の分布等により鉱床の形態を推定した。推定された鉱床分布の範囲を図II-1-2に示す。また、垂直方向には地表から標高1,350mまでを計算対象とした。

##### 3) 鉱画

鉱画の大きさは、x2.5m、y2.5m、z1.0mとした。代表的鉱画である1,600mlの鉱画平面図を図II-1-3に示す。

##### 4) 鉱画品位

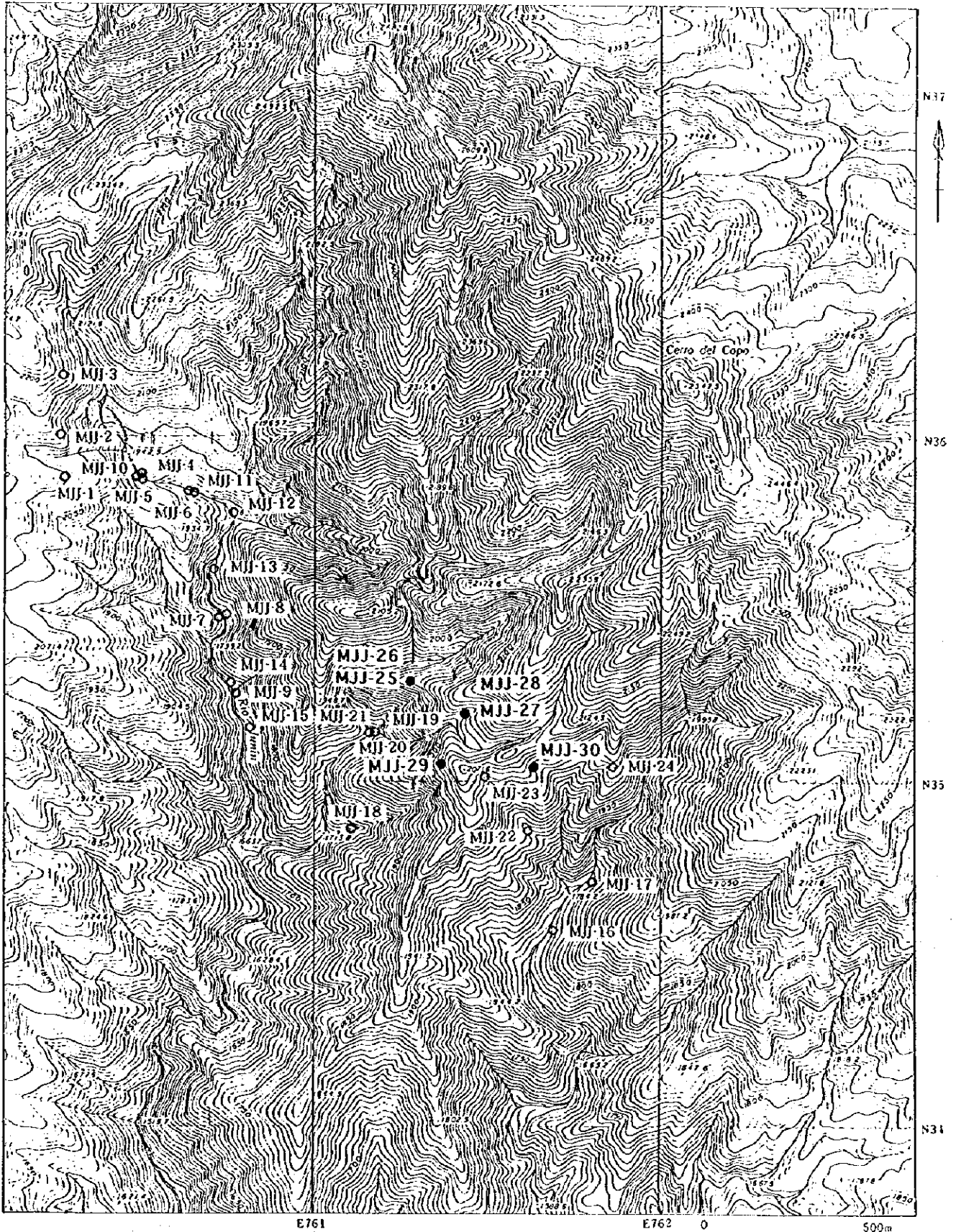
鉱石品位は、コア長1m～2m間隔の分析値であり、鉱量計算にはコア長10mを1データとして用いた。また、分析値は最低0.01%Cuから最高5.00%Cuまでを採用した。鉱画品位については、鉱床の形態面と並行に品位分布をコントロールするZグリッドコントロールを用いたインバースディスタンス

表II-1-1 ボーリング調査総括表

hole No.	Location		Altitude (m)	Direction (°)	Inclination (°)	Depth (m)
	N	E				
MJJ-1	35.880	760.270	2,105	-	-90	151.50
MJJ-2	36.005	760.251	2,123	-	-90	151.50
MJJ-3	36.180	760.271	2,180	-	-90	151.00
MJJ-4	35.895	760.493	1,918	30	-60	148.80
MJJ-5	35.890	760.483	1,918	225	-45	300.00
MJJ-6	35.850	760.631	1,960	-	-90	150.50
MJJ-7	35.480	760.719	1,768	270	-45	300.85
MJJ-8	35.475	760.754	1,772	90	-60	233.45
MJJ-9	35.265	760.773	1,730	-	-90	150.00
MJJ-10	35.890	760.485	1,912	325	-45	301.30
MJJ-11	35.840	760.650	1,857	30	-45	302.50
MJJ-12	35.790	760.765	1,832	30	-45	302.00
MJJ-13	35.615	760.705	1,795	90	-45	270.00
MJJ-14	35.291	760.755	1,737	90	-45	300.58
MJJ-15	35.135	760.805	1,710	90	-45	301.21
MJJ-16	34.570	761.682	1,768	-	-90	150.73
MJJ-17	34.722	761.798	1,796	-	-90	150.25
MJJ-18	34.862	761.095	1,737	90	-45	302.56
MJJ-19	35.146	761.180	1,818	90	-45	301.03
MJJ-20	35.146	761.180	1,818	-	-90	393.14
MJJ-21	35.145	761.162	1,818	0	-45	307.14
MJJ-22	34.862	761.612	1,913	-	-90	304.08
MJJ-23	35.033	761.495	2,044	-	-90	401.68
MJJ-24	35.056	761.870	2,037	-	-90	401.68
MJJ-25	35.294	761.275	1,978	-	-90	602.58
MJJ-26	35.294	761.275	1,978	0	-60	502.00
MJJ-27	35.200	761.440	2,028	-	-90	602.58
MJJ-28	35.200	761.440	2,028	0	-60	602.58
MJJ-29	35.050	761.383	2,049	-	-90	601.98
MJJ-30	35.041	761.638	2,020	-	-90	602.56

E761

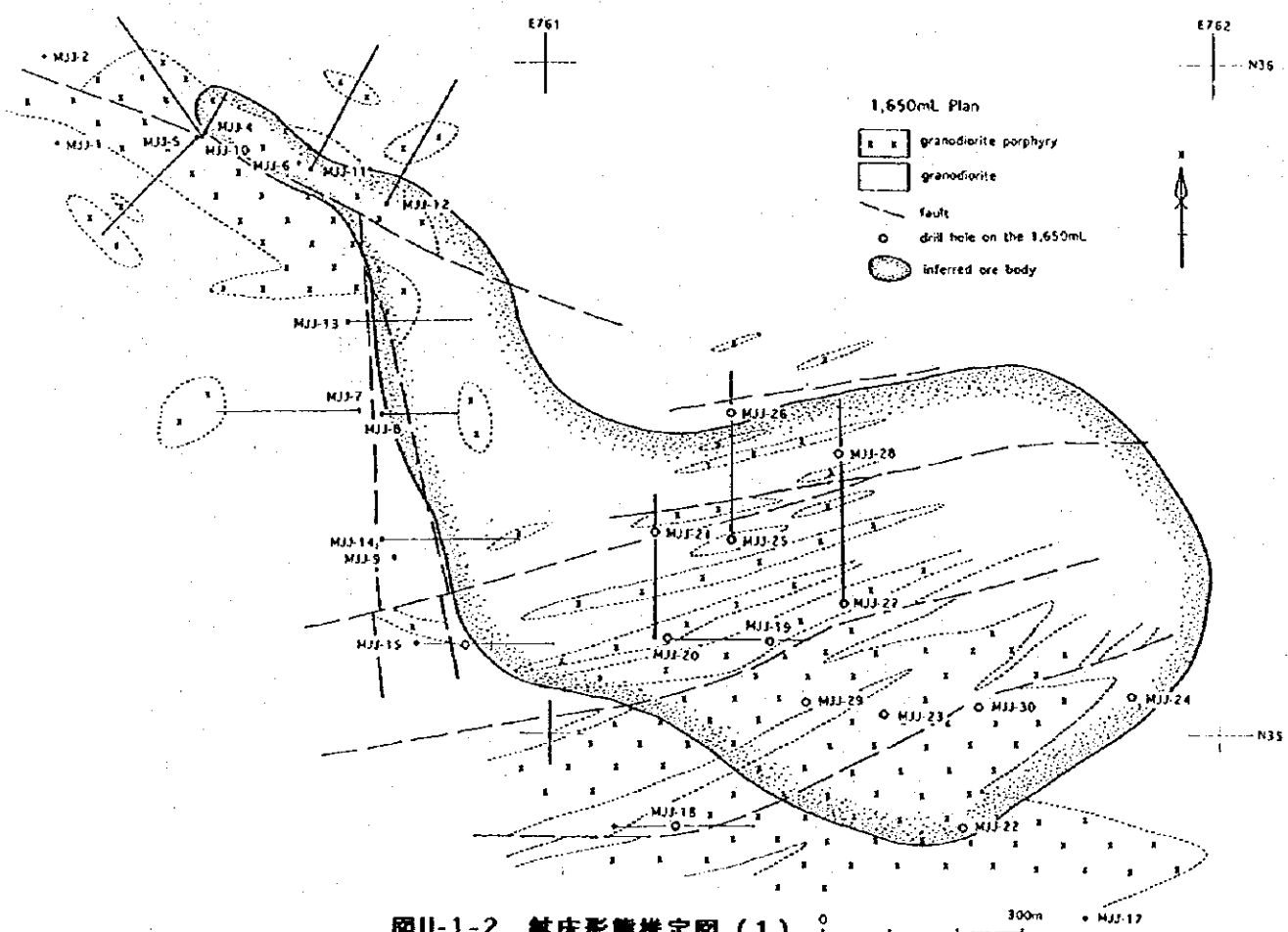
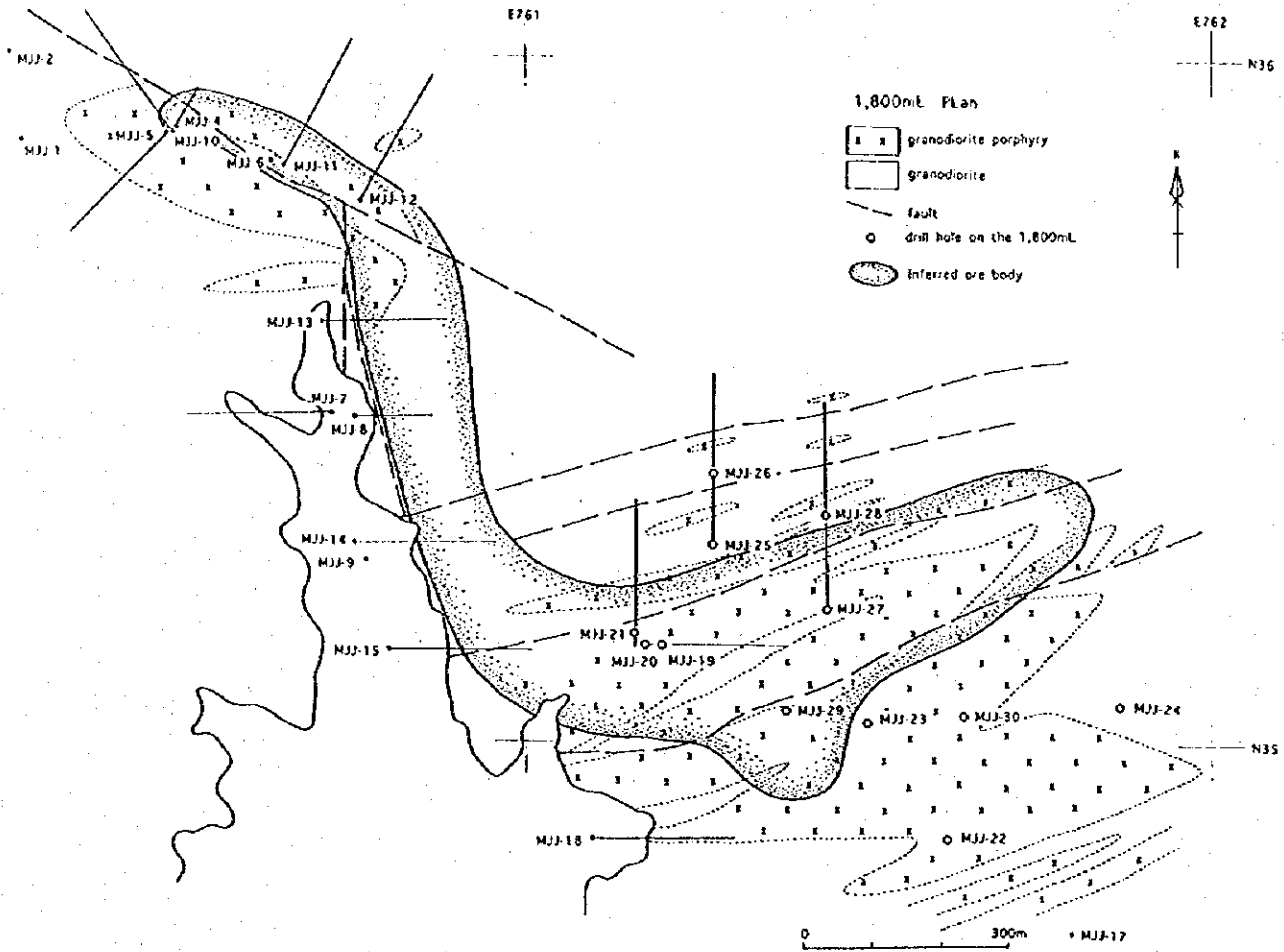
E762



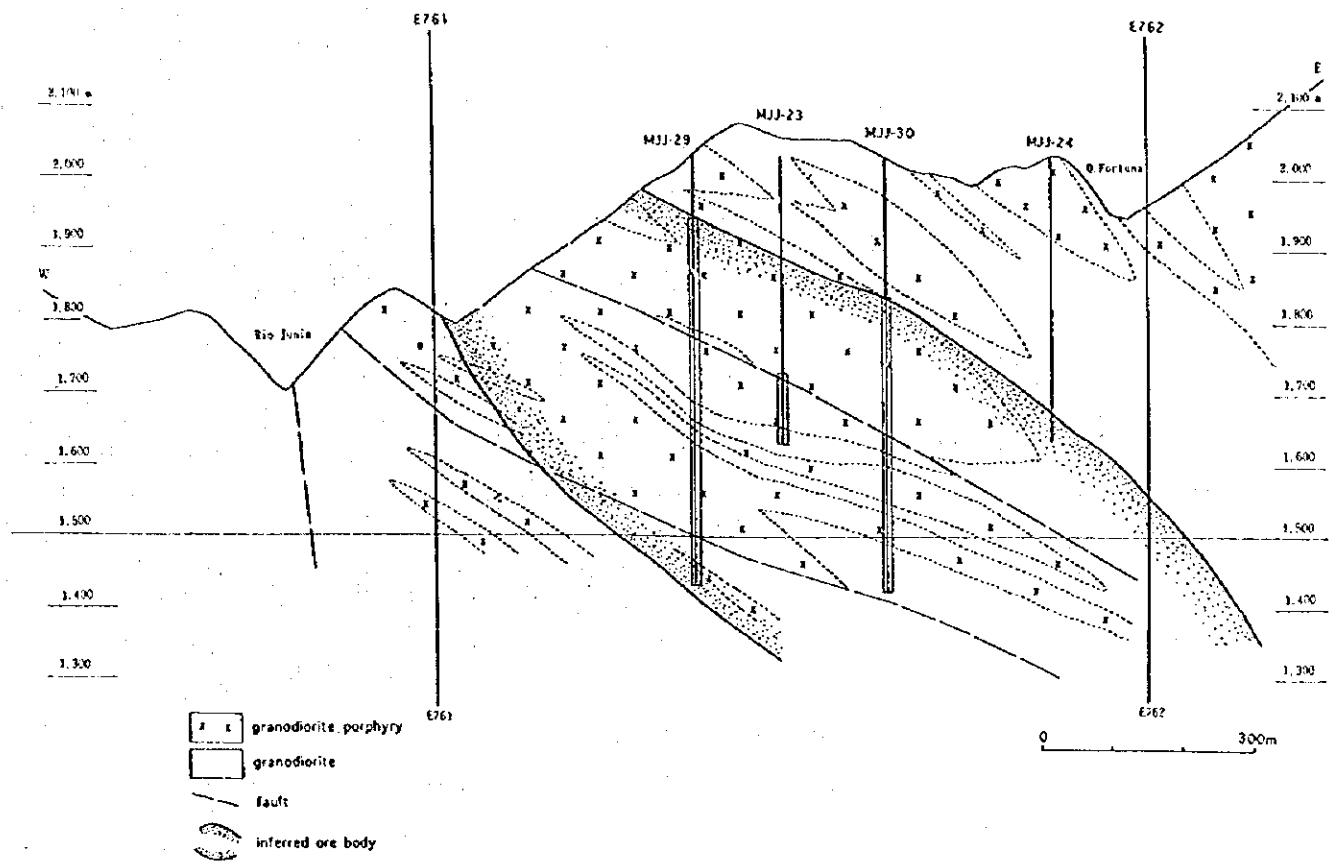
- Drill Hole (1996)
- Drill Hole (1991-1995)

図II-1-1 ボーリング孔位置図

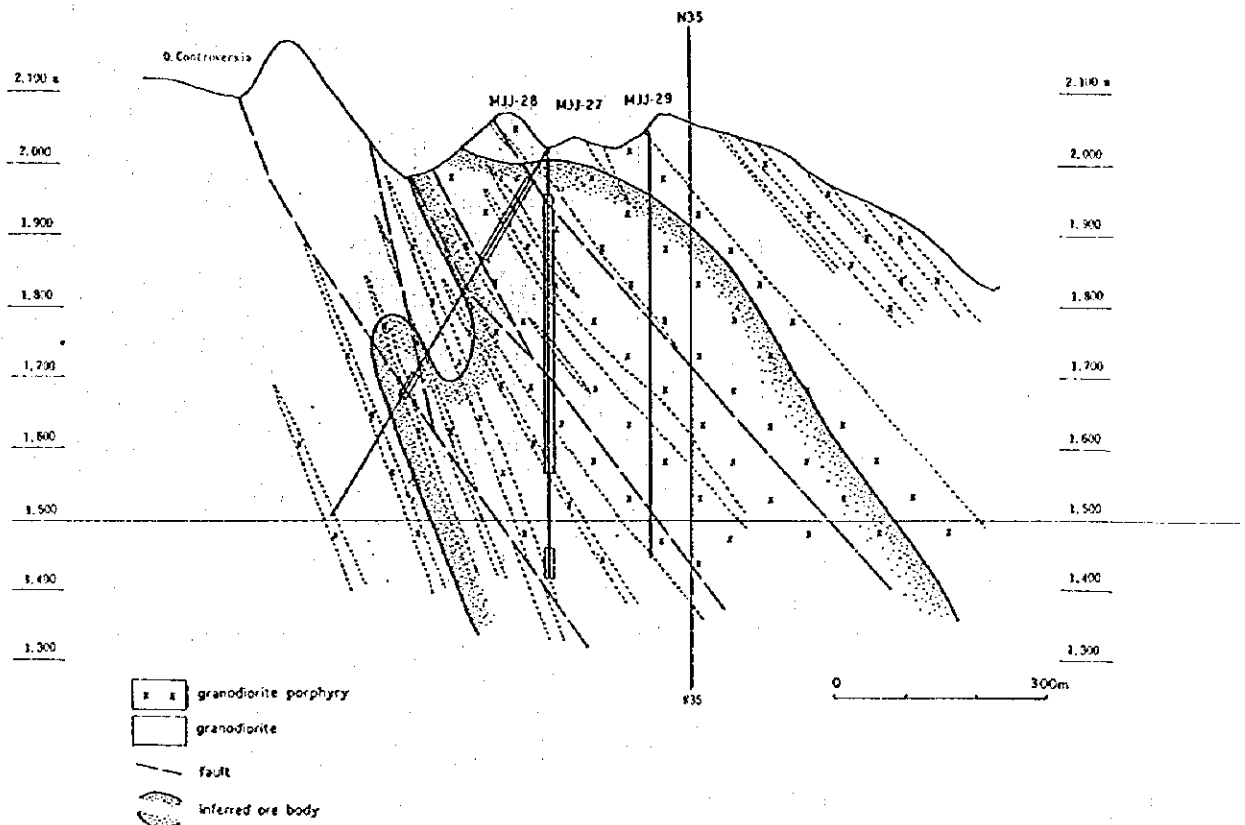




図II-1-2 鉱床形態推定図 (1)



N35.041 断面図



図II-1-2 鉱床形態推定図(2)

法により鉱画品位の割り付けを行った。ボーリング間隔が150m~200mであるためデータの取り込み範囲を150mとした。

### 5) コンピュータによる計算

計算は鉱床評価・鉱山設計支援システム (MINEX) を用いて行い、鉱量及び品位 (Cu、Mo) を求めた。

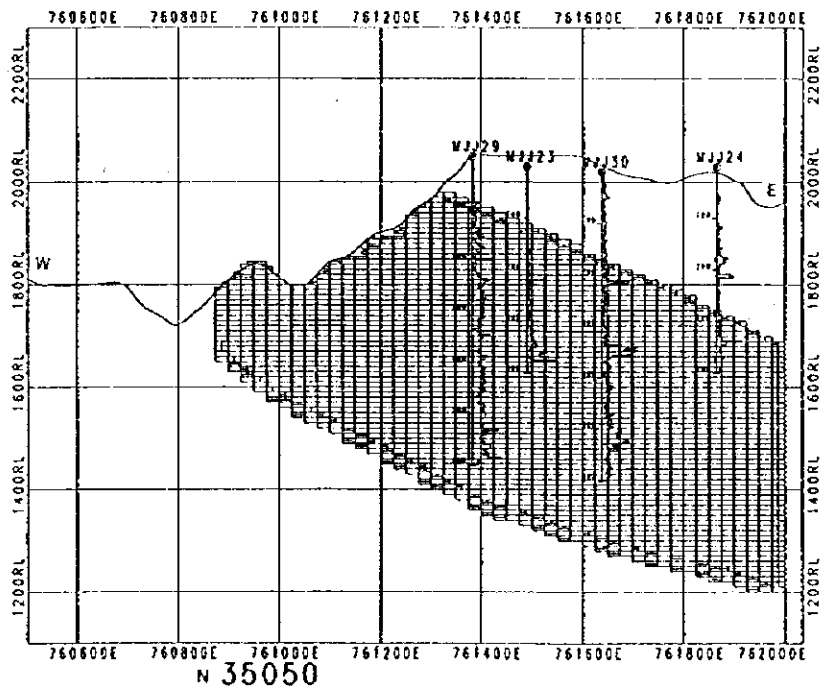
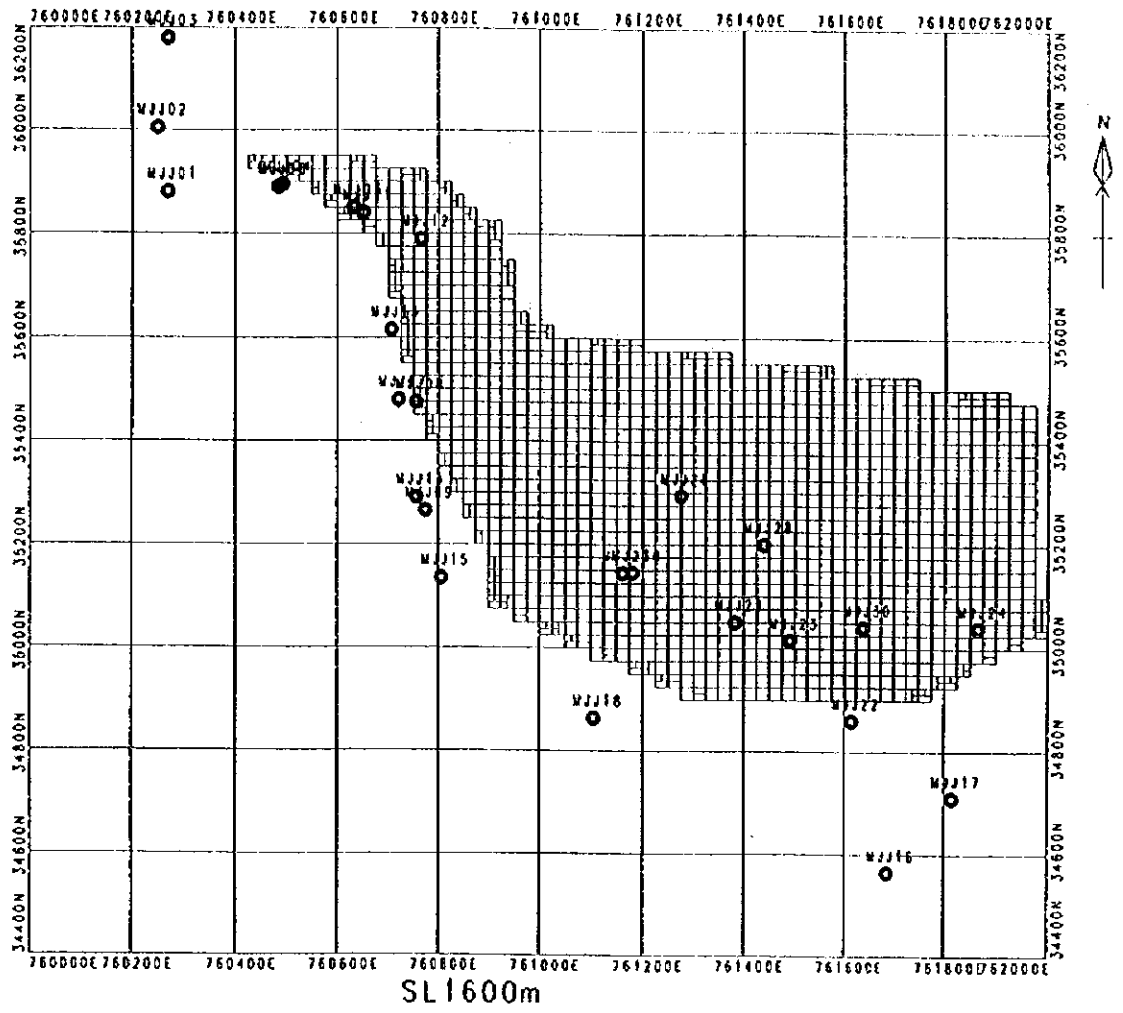
### 1-3 計算結果

計算の結果、得られたCu品位ランク別の鉱量及び品位を表II-1-2に示す。この鉱量と品位は十分な地質データに基づいてない状況で計算を行っており、その精度は低いと考えられ、予想鉱量に相当する地質鉱量である。計算結果によると、カットオフ品位0.4%Cuで、鉱量318百万トン、平均品位0.71%Cu、0.026%Moを、カットオフ品位0.6%Cuで、鉱量171百万トン、平均品位0.91%Cu、0.033%Moを、カットオフ品位0.8%Cuで、鉱量88百万トン、平均品位1.11%Cu、0.040%Moをそれぞれ得た。

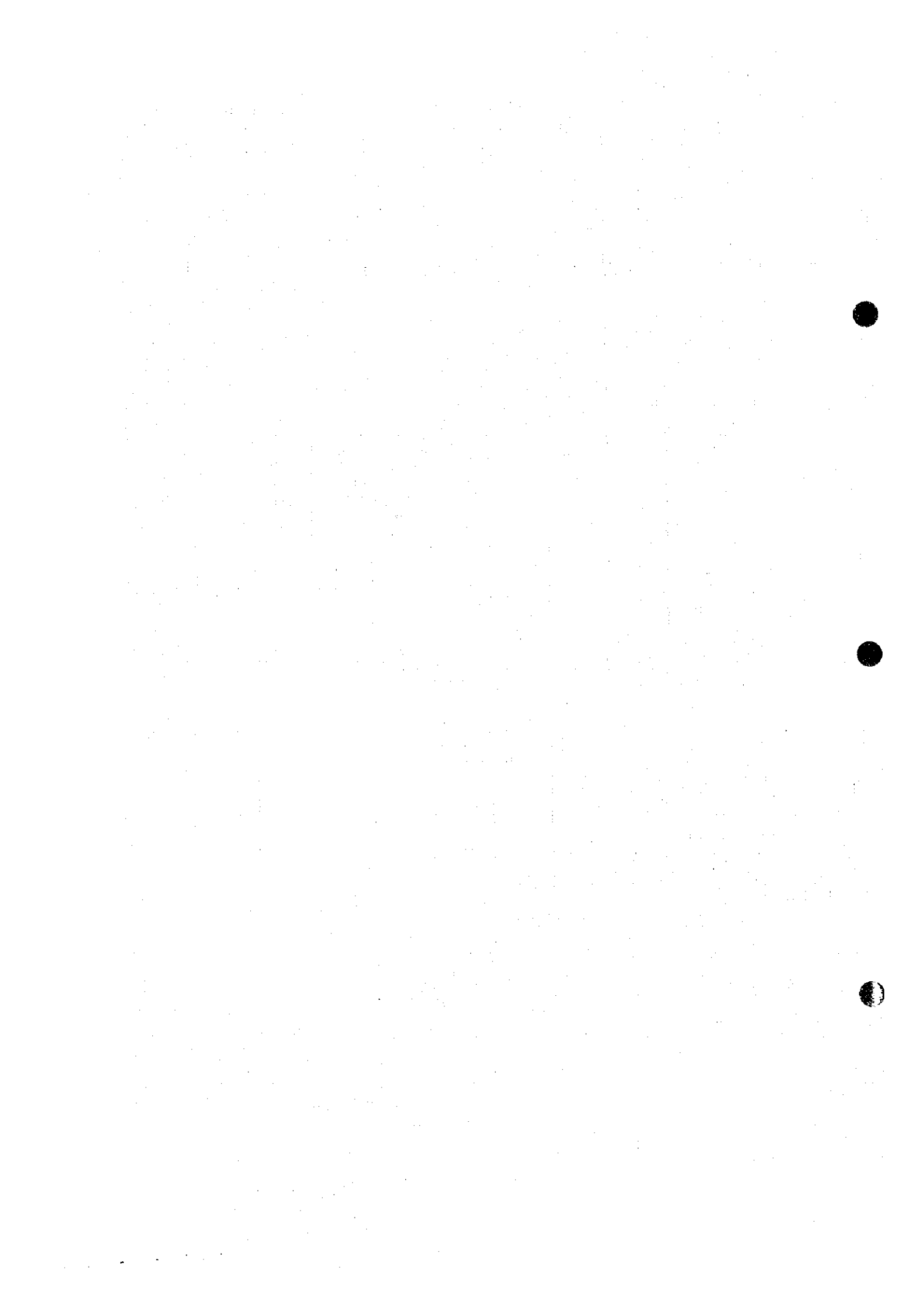
表II-1-2 鉱量計算結果一覧表

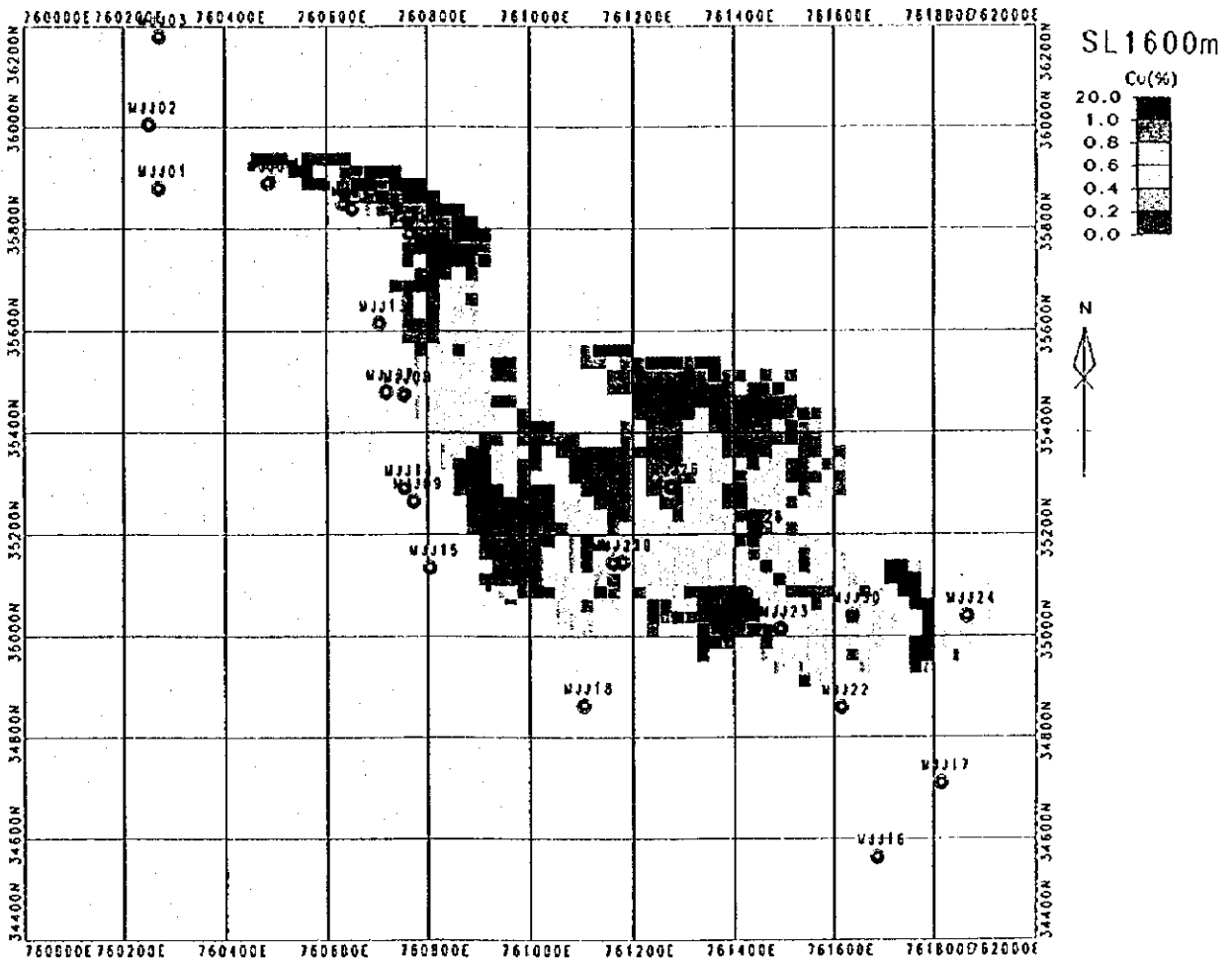
品位ランク (Cu %)	鉱量 (百万トン)	品位		累計鉱量 (百万トン)	累計品位	
		(Cu %)	(Mo %)		(Cu %)	(Mo %)
2.0~	4	2.19	0.083	4	2.19	0.083
1.8~2.0	2	1.88	0.051	6	2.08	0.071
1.6~1.8	3	1.68	0.048	9	1.95	0.063
1.4~1.6	4	1.48	0.051	14	1.80	0.059
1.2~1.4	7	1.30	0.046	21	1.63	0.054
1.0~1.2	18	1.07	0.041	40	1.37	0.048
0.9~1.0	19	0.96	0.036	59	1.24	0.044
0.8~0.9	28	0.83	0.032	88	1.11	0.040
0.7~0.8	37	0.74	0.028	125	1.00	0.036
0.6~0.7	46	0.66	0.025	171	0.91	0.033
0.5~0.6	57	0.55	0.021	229	0.82	0.030
0.4~0.5	89	0.42	0.017	318	0.71	0.026
0.3~0.4	110	0.35	0.013	428	0.62	0.023
0.2~0.3	80	0.24	0.010	509	0.56	0.021
0.1~0.2	36	0.11	0.006	546	0.53	0.020

鉱画の位置を図II-1-3及び巻末4に示す。計算の結果得られた鉱画品位分布の平面及び断面を図II-1-4、図II-1-5及び巻末5、6、7、8、9、10に示す。また、立体的な品位分布を図II-1-6に示す。

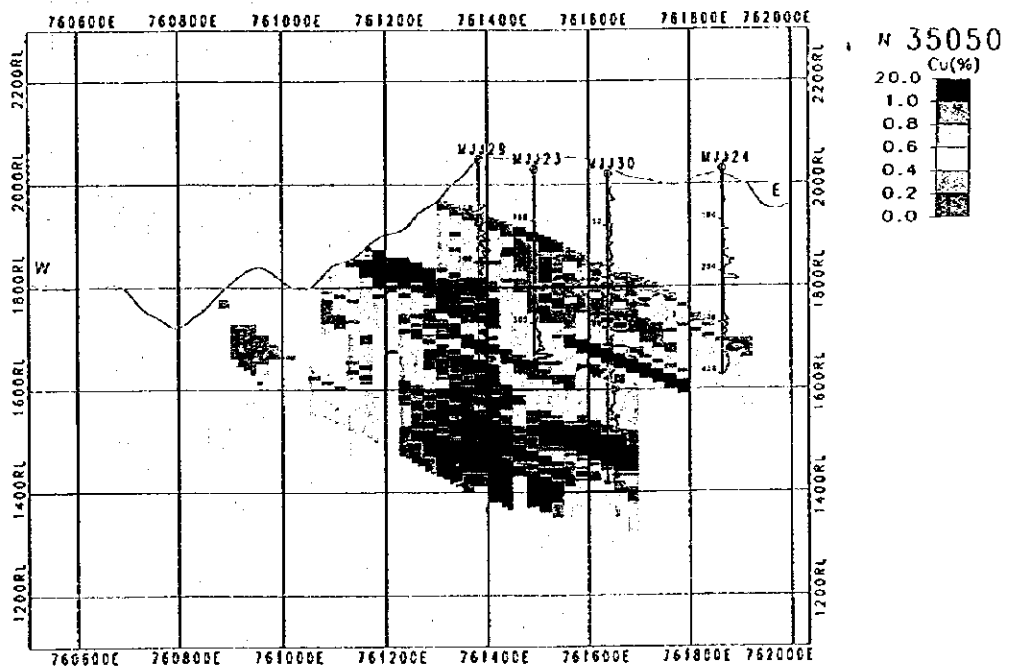


图II-1-3 断面位置图





图II-1-4 鉍西品位分布平面图



图II-1-5 鉍西品位分布断面图

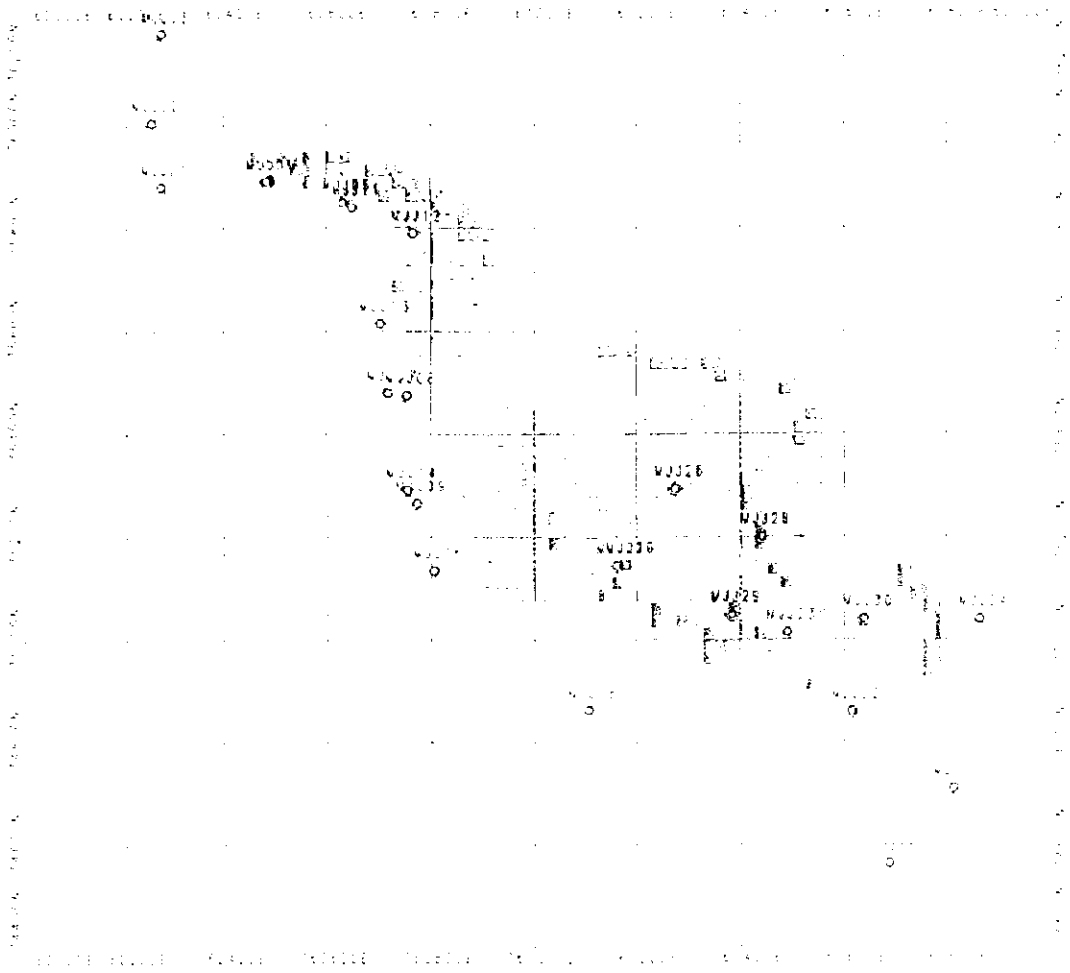


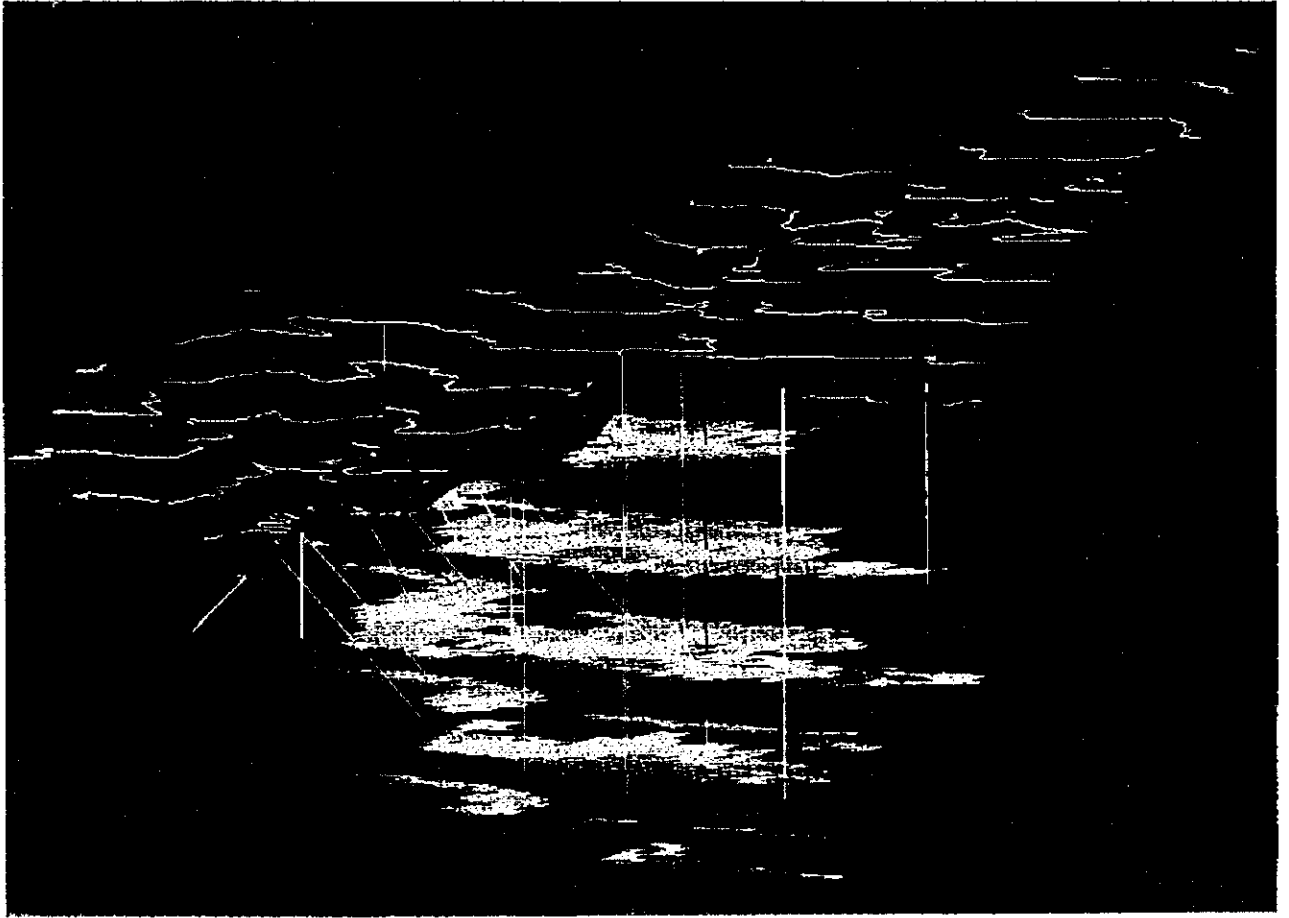
图11-1-4 鉄両品位分布平面図



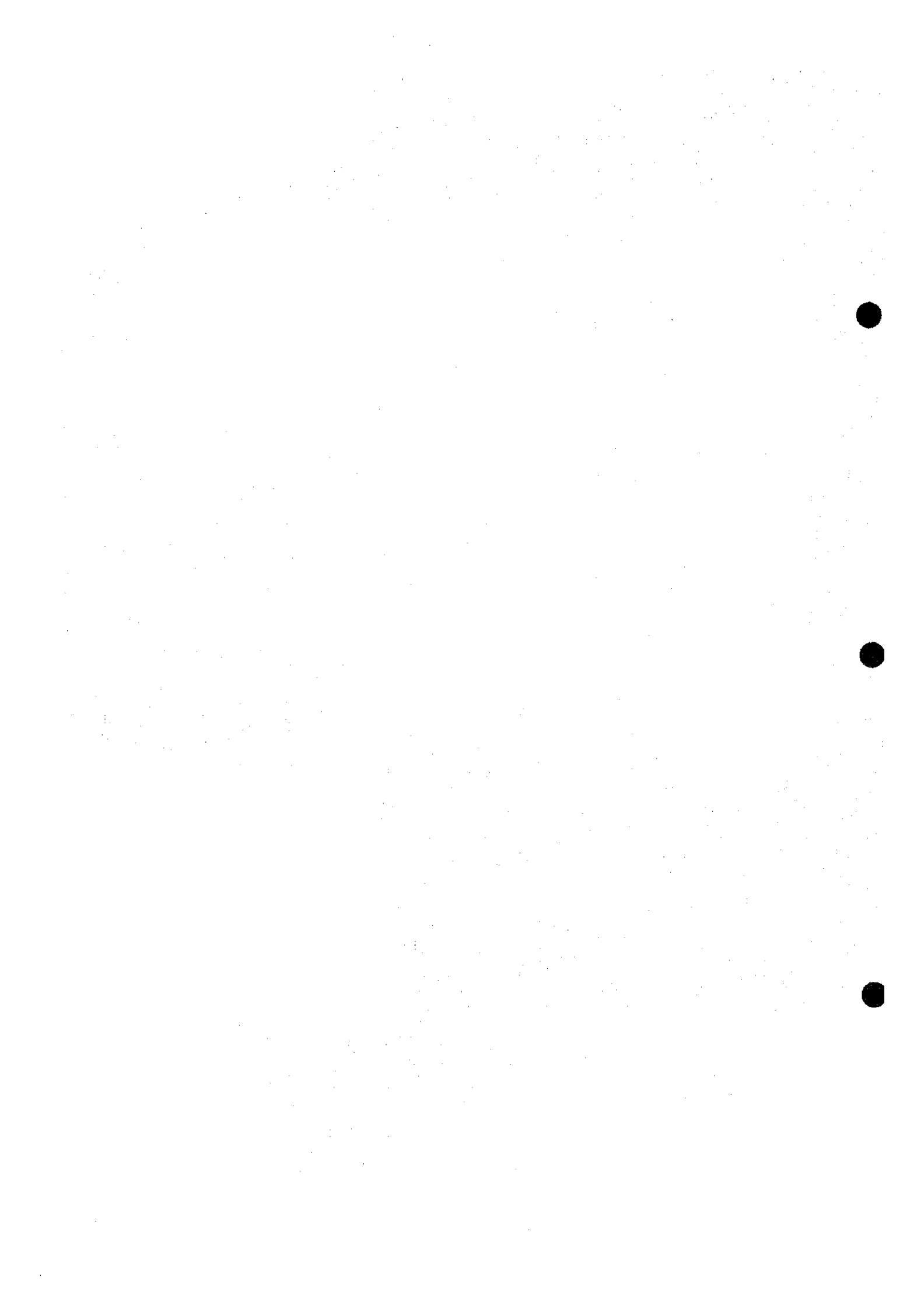
图11-1-5 鉄両品位分布断面図







图II-1-6 品位分布立体图



本年度得られた鉱量は、平成7年度調査において得られた鉱量と比較して大幅に増加しているが、これはフニン川とフォルツナ沢間の計算対象範囲が平面的に拡大したことにより、また深度も地表から標高1,350mまでとしたことによる。しかし、鉱量226百万トンは、品位0.4%Cu以下であり、低品位の鉱量が多いという特徴がある。今回の計算では、図11-1-5に示すように下部の高品位部が強調されている傾向もある。

上記の鉱量計算の条件を変え、データの取り込み範囲を50mとして計算を行った結果、カットオフ品位0.4%Cuで、鉱量37百万トン、平均品位0.73%Cuを、カットオフ品位0.6%Cuで、鉱量20百万トン、平均品位0.93%Cuを、カットオフ品位0.8%Cuで、鉱量10百万トン、平均品位1.13%Cuを得た。

今回ボーリングデータが不十分なため、鉱床の形態を推定するという条件で鉱量計算を行ったが、今後鉱床の形態を把握する追加ボーリング調査を行い、十分なデータに基づき鉱量計算を行うことが望まれる。尚、北東部及び南東部のボーリング調査により高品位鉱量の獲得も期待される。

#### 1-4 結論

平成3年度～平成8年度において実施したボーリング調査（孔番号：MJJ-1～MJJ-30、総掘進長：7,029.9m）の結果を用いて埋蔵鉱量とその品位を試算した。

選鉱試験の比重測定の結果から、比重2.67を採用した。

鉱量計算では、ボーリング孔データにより鉱床形態が把握されていないため、地質データから鉱床分布範囲を推定し、この範囲を計算対象とし、鉱画を設定した。

鉱画品位については、データの取り込み範囲を150mと、鉱床の形態面と並行に品位分布をコントロールするZグリッドコントロールを用いたインバースデスタンス法により鉱画品位の割り付けを行った。

計算は鉱床評価・鉱山設計支援システム（MINEX）を用いて行った。

計算によると、カットオフ品位0.4%Cuで、鉱量318百万トン、平均品位0.71%Cu、0.026%Moを、カットオフ品位0.6%Cuで、鉱量171百万トン、平均品位0.91%Cu、0.033%Moを、カットオフ品位0.8%Cuで、鉱量88百万トン、平均品位1.11%Cu、0.040%Moをそれぞれ得た。

これらの鉱量と品位は現状の地質データに基づいて設定された計算対象範囲における予想鉱量の試算結果に過ぎない。

鉱量計算の条件を変え、データの取り込み範囲を50mとして計算を行った結果、カットオフ品位0.4%Cuで、鉱量37百万トン、平均品位0.73%Cuとなった。

今後鉱床の形態を把握するための追加ボーリング調査を行い、十分なデータに基づき再度鉱量計算を行うことが望まれる。

## 第2章 選鉱試験

### 2-1 目的

選鉱試験の目的は、ボーリングコアを鉱床の代表的試料とし、このコアを試験原鉱として選鉱試験を行い、銅精鉱を回収するための最適プロセスを選定することである。

### 2-2 試験方法

#### 2-2-1 試料調整

##### 1) 原鉱

平成8年度に実施したボーリング調査（孔番号：MJJ-25、MJJ-26、MJJ-27、MJJ-28、MJJ-29、MJJ-30）において採取した下記深度のボーリングコアを試験原鉱とした。

MJJ-25：深度100.00～深度140.00

MJJ-26：深度110.00～深度150.00

MJJ-27：深度320.00～深度340.00、深度344.00～深度364.00

MJJ-28：深度52.00～深度92.00

MJJ-29：深度360.00～深度400.00

MJJ-30：深度320.00～深度370.00

上記のボーリングコアを高い銅品位コア（0.8%Cu以上、採取量58kg、以下高品位鉱と呼ぶ。）と低い銅品位コア（0.8%Cu以下、採取量120kg、以下低品位鉱と呼ぶ。）の二つに区分して選鉱試験原鉱とした。

##### 2) コアの破碎

破碎は、ジョークラッシャー（ギャップ幅10mm）で粗砕し、その産物をジョークラッシャー（ギャップ幅5mm）で更に細かく粗砕した。粗砕した試料は、ロールクラッシャーで更に破碎し、その産物を10.5meshのスクリーンで篩い分けし、網上産物については網下になるまで更にロールクラッシャーで破碎した。

##### 3) 縮分

縮分器を用いて、縮分後の試料重量が2kg/袋になるよう縮分調整した。

##### 4) 粒度分布

破碎調整後の試料をロータップ篩振とう機を使用して分級した。

##### 5) 使用機器

今回の選鉱試験に用いた試験機器を巻末11に示す。