


1951

中國銀行
總行設在上海
分行遍設各埠
本行辦理一切
銀行業務

中國銀行

中國銀行

JICA LIBRARY



J 1137810(6)

中國銀行

1951
14(9)
97-102

資源開発協力基礎調査報告書

地域開発計画調査

エクアドル共和国

インバオエステ地域

中間報告書

平成9年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1137810(6)

0

0

0

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。本調査は平成8年度を初年度とし、金属鉱業事業団は9名の調査団を編成して平成8年11月4日から平成9年2月10日まで現地に派遣した。

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るものである。

平成9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 清瀧 昌三郎



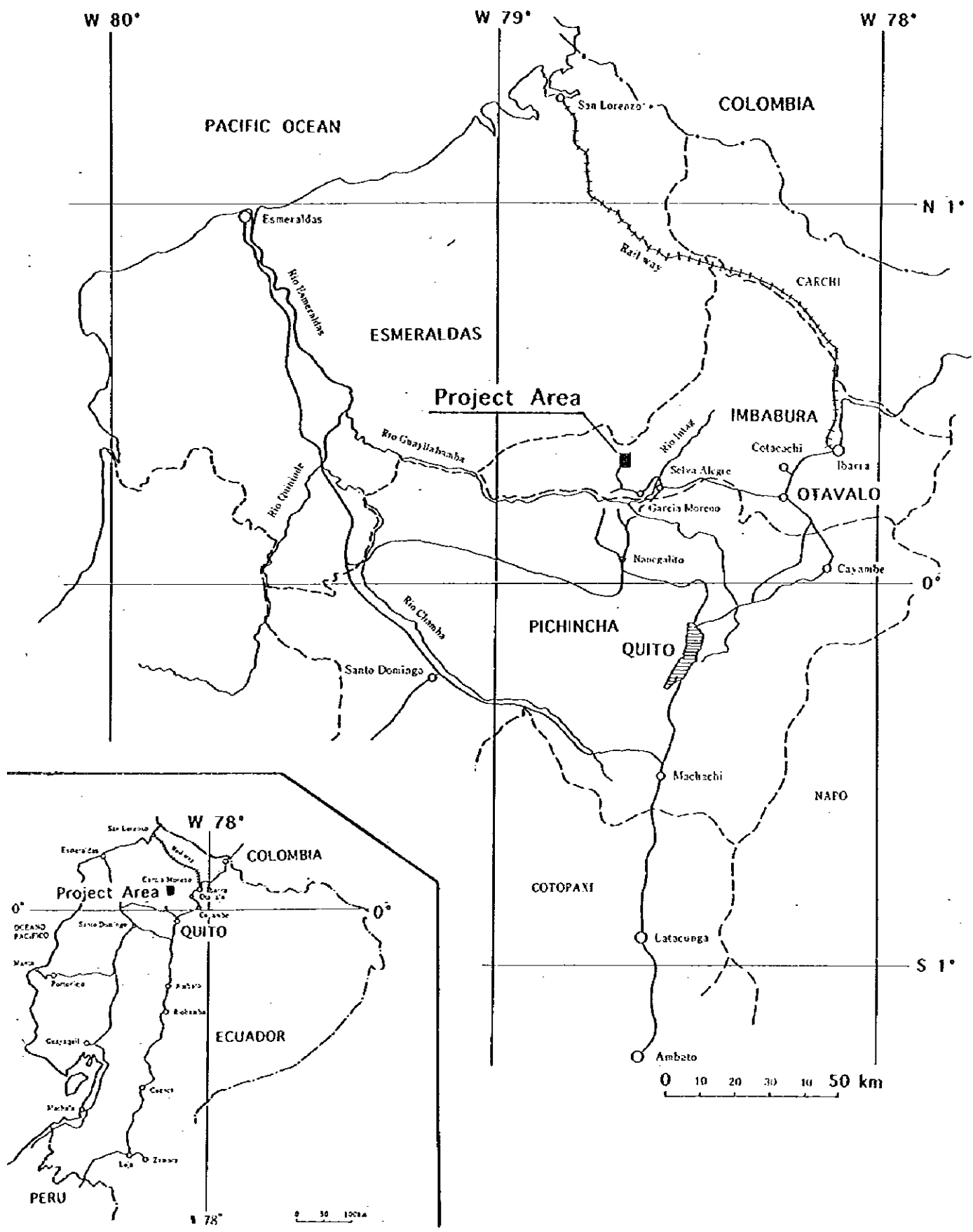


图1 調查地域位置图

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日に決められたインバオエステ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、地質状況及び鉍化作用を解明し、鉍床賦存状況を明らかにすることにより、高品位鉍量の獲得を計るとともに、調査結果に基づき鉍山開発の可能性について評価することである。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50kmのインバプラ(Imbabura)州西部に位置する(図1)。本地域を含む範囲で、1991年度から1993年度までの間に資源開発協力基礎調査フニン(Junin)地域として調査が実施され、また1994年度から1995年度まで地域開発計画調査フニン・コジャッヘ(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、鉍染状の銅・モリブデン鉍化作用が知られ、有望な鉍床の賦存が期待されている。

本年度調査として、地質調査、物理探査及びボーリング調査を実施し、また鉍山開発計画調査のための資料収集を行った。日本側及びエクアドル側の調査員により現地調査を平成8年11月4日から平成9年2月10日までの間に実施した。調査結果の概要は、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の多数の花崗閃緑斑岩の岩脈が分布することが判明し、これらの岩脈は岩相変化に富むものである。また、走向ENE-WSW、傾斜SSEの断層、走向N-S、傾斜Eの断層があり、鉍化と関連する可能性がある。

鉍化は、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、黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が鉍染状に、また細脈網状に認められるものである。また、コントロベルシア沢中流の鉍化帯(幅:324m, Cu:0.33%, Mo:0.003%)及びリカ沢上流の鉍化帯(幅:116m, Cu:0.39%, Mo:0.005%)は、MJJ-19孔、MJJ-20孔及びMJJ-27孔の鉍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している。

(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、鉍化帯と250Ωm以下の低-中比抵抗が良い相関を示している。これに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、本地域で良好な銅鉍化が期待できる低-中比抵抗帯は、浅部では弱変質、中硫化鉍物、深部では強変質、中硫化鉍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、銅鉍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鉱化の存在が期待される。

(3) ボーリング調査

コントロールベシア沢、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を示した。しかし、北部向けの MJJ26 孔の鉱化は弱いことが判明した。銅品位の分布を検討した結果、コントロールベ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。

1)MJJ-25	深度 4.60 m-602.58 m、コア長 597.98 m、	Cu: 0.43 %、Mo: 0.011 %
2)MJJ-26	深度 4.88 m-502.00 m、コア長 497.12 m、	Cu: 0.25 %、Mo: 0.005 %
3)MJJ-27	深度 5.79 m-602.58 m、コア長 596.79 m、	Cu: 0.56 %、Mo: 0.017 %
4)MJJ-28	深度 5.79 m-602.58 m、コア長 596.79 m、	Cu: 0.45 %、Mo: 0.015 %
5)MJJ-29	深度 4.70 m-601.98 m、コア長 597.28 m、	Cu: 0.74 %、Mo: 0.041 %
6)MJJ-30	深度 4.60 m-602.56 m、コア長 597.96 m、	Cu: 0.63 %、Mo: 0.014 %

本ボーリング調査の化学分析結果は、本地区の鉱山開発について検討する可能性を高めたものとする。

(4) 鉱山開発計画調査

本年度調査では、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、また現地状況調査を行った。

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、開発及び操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

本年度の調査では、気象データの収集を行い、気温、湿度、降雨量、風向、風速のデータを得た。気象データの収集は、1年間継続して行う。

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。

本年度の鉱山開発計画調査では、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が、今後行うべきプレF/Sの具体的作業内容を検討した。

本年度の調査結果から、コントロベルシア沢、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、鉱山開発の可能性が高まったと考える。今後は、鉱量計算のため、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及びボーリング調査の実施が考えられる。また、本年度調査地区北部のベルデ沢鉱化帯に対しても、鉱化状況の詳細を把握するため地質調査、物理探査及びボーリング調査の実施が望まれる。これらの調査結果に基づく鉱山開発計画調査（プレF/S）を行う場合、調査地域の北部にコタカチ・カヤパス（Cotacachi-Cayapas）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考慮した鉱山開発計画が必要であり、環境影響評価調査の実施が重要である。

目 次

はしがき
調査位置図
要 約
目 次
図表一覧

I部 総 論	1
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	4
1-2-4 調査量	4
1-2-5 調査団の構成	4
1-2-6 調査期間	6
第2章 調査地域の地理	7
2-1 位置及び交通	7
2-2 地形及び水系	7
2-3 気候及び植生	7
第3章 調査地域の一般地質及び鉱床	8
3-1 一般地質	8
3-2 鉱 床	8
第4章 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	12
4-3 ボーリング調査	15
4-4 鉱山開発計画調査	19
第5章 調査結果の総合検討	21
5-1 鉱化作用と地質	21
5-2 鉱化帯	21
5-3 プレF/S	29
第6章 調査の結論及び提言	30
6-1 結 論	30
6-2 提 言	33

II部 各 論	35
第1章 地質調査	35
1-1 調査目的	35
1-2 調査方法	35
1-3 調査結果	35
1-3-1 地質及び地質構造	35
1-3-2 鉍化作用及び鉍化状況	37
1-3-3 変質作用	38
1-3-4 地質、鉍化、変質の関係	38
1-3-5 室内試験結果	39
1-4 結 論	39
第2章 物理探査	47
2-1 調査目的	47
2-2 調査方法	47
2-2-1 CSAMT法の概要	47
2-2-2 測定方法	48
2-2-3 使用機器	50
2-2-4 室内物性試験	50
2-2-5 解析方法	53
2-3 調査結果	54
2-3-1 室内物性試験	54
2-3-2 見掛比抵抗曲線	54
2-3-3 見掛比抵抗分布	58
2-3-4 一次元解析	61
2-3-5 二次元解析	61
2-4 結 論	62
第3章 ボーリング調査	71
3-1 調査目的	71
3-2 調査方法	71
3-3 掘削作業	71
3-4 コア調査	73
3-5 調査結果	73
3-5-1 MJJ-25 孔	73
3-5-2 MJJ-26 孔	77
3-5-3 MJJ-27 孔	78
3-5-4 MJJ-28 孔	80
3-5-5 MJJ-29 孔	81
3-5-6 MJJ-30 孔	82

3-5-7	室内試験結果	84
3-6	結 論	85
第4章	鉾山開発計画調査	89
4-1	調査目的	89
4-2	調査方法	89
4-3	調査結果	89
4-3-1	地質鉾床と鉾量	89
4-3-2	採 鉾	89
4-3-3	選 鉾	93
4-3-4	インフラストラクチャー	95
4-3-5	操業形態・組織及び人員計画	98
4-3-6	開発スケジュール	98
4-3-7	鉾山開発・操業に関する諸法律及び権利	99
4-3-8	その他必要検討事項	99
4-3-9	経済的評価	100
4-3-10	環 境	100
4-4	資料収集概要	102
4-4-1	エクアドル一般鉾業情勢	102
4-4-2	セルバ・アレグレ石灰石鉾山及びセメント工場	102
4-4-3	エスメラルガス港	103
4-4-4	エクアドル電力事情	103
4-5	今後の取り組み	104
III部	結論及び提言	105
第1章	結 論	105
1-1	地質調査	105
1-2	物理探査	106
1-3	ボーリング調査	107
1-4	鉾山開発計画調査	108
第2章	提 言	110
参考文献	一 覧	111

図表一覧

図 I-1-1	地質調査、物理探査、ボーリング調査位置図	2
図 I-1-2	鉱山開発計画調査位置図	3
図 I-3-1	エクアドルの地質構造及び鉱床区	9
図 I-5-1	インバオエステ地域中央地区調査結果総合図	23
図 I-5-2	インバオエステ地域中央地区鉱化帯品位分布図	25
図 I-6-1	インバオエステ地域の調査提案図	34
図 II-1-1	地質調査位置図	36
図 II-1-2	インバオエステ地域中央地区地質図	41
図 II-1-3	インバオエステ地域中央地区地質断面図	43
図 II-1-4	インバオエステ地域中央地区地質調査結果総合解析図	45
図 II-2-1	インバオエステ地域中央地区物理探査調査位置図	49
図 II-2-2	インバオエステ地域中央地区物理探査測点位置図	51
図 II-2-3	CSAMT 法概念図	48
図 II-2-4	解析フローチャート	53
図 II-2-5	地形補正前後の見掛比抵抗曲線	55
図 II-2-6	見掛比抵抗平面図 (4,096Hz)	59
図 II-2-7	一次元解析比抵抗断面図	63
図 II-2-8	一次元解析比抵抗平面図	65
図 II-2-9	二次元解析比抵抗断面図 (C断面、D断面)	67
図 II-2-10	物理探査調査結果総合解析図	69
図 II-3-1	ボーリング調査位置図	72
図 II-3-2	ボーリング調査地質断面図	74
図 II-3-3	ボーリング調査総合解析図	87
図 II-4-1	鉱山開発計画調査位置図	90
図 II-4-2	鉱山建設施設検討図	92
図 II-4-3	既設道路調査図	96
図 II-4-4	コタカチ・カヤバス自然保護区位置図	101
表 I-1-1	調査量一覧表	5
表 I-3-1	エクアドルの地質構造及び鉱床区	10
表 II-2-1	CSAMT 法測定機器一覧表	50
表 II-2-2	岩石試料物性測定結果一覧表	57
巻末 1	インバオエステ地域ルートマップ	別添
巻末 2	インバオエステ地域中央地区地質図	別添
巻末 3	インバオエステ地域中央地区地質断面図	別添

卷末 4	インバオエステ地域地質調査中央地区試料採取位置図	別添
卷末 5	地質調査岩石薄片鑑定結果一覧表	A-1
卷末 6	地質調査鉍石研磨片鑑定結果一覧表	A-3
卷末 7	地質調査X線回折試験結果一覧表	A-5
卷末 8	地質調査流体包有物温度測定結果一覧表	A-7
卷末 9	地質調査鉍石分析結果一覧表	A-11
卷末 10	地質調査年代測定結果	A-21
卷末 11	地質調査顕微鏡写真	A-23
卷末 12	見掛比抵抗一周波数曲線集	A-27
卷末 13	見掛比抵抗平面図 (地形補正前: 4096Hz)	A-51
卷末 14	見掛比抵抗平面図 (地形補正後: 4096Hz)	A-53
卷末 15	見掛比抵抗平面図 (地形補正前: 1024Hz)	A-55
卷末 16	見掛比抵抗平面図 (地形補正後: 1024Hz)	A-57
卷末 17	見掛比抵抗平面図 (地形補正前: 256Hz)	A-59
卷末 18	見掛比抵抗平面図 (地形補正後: 256Hz)	A-61
卷末 19	見掛比抵抗断面図 (A断面、B断面、C断面、D断面)	A-63
卷末 20	一次元解析比抵抗断面図 (A断面、B断面)	A-65
卷末 21	一次元解析比抵抗断面図 (C断面、D断面)	A-67
卷末 22	一次元解析比抵抗平面図 (標高 1,800m)	A-69
卷末 23	一次元解析比抵抗平面図 (標高 1,650m)	A-71
卷末 24	一次元解析比抵抗平面図 (標高 1,500m)	A-73
卷末 25	二次元比抵抗構造断面図 (A断面、B断面)	A-75
卷末 26	二次元比抵抗構造断面図 (C断面、D断面)	A-77
卷末 27	物理探査調査結果総合解析図 (標高 1,800m)	A-79
卷末 28	物理探査調査結果総合解析図 (標高 1,650m)	A-81
卷末 29	物理探査調査結果総合解析図 (標高 1,500m)	A-83
卷末 30	ボーリング掘進実績表及び工程図	A-85
卷末 31	使用機器一覧表及び消耗品	A-89
卷末 32	ボーリングコア地質柱状図	A-91
卷末 33	ボーリング調査岩石薄片鑑定結果一覧表	A-169
卷末 34	ボーリング調査鉍石研磨片鑑定結果一覧表	A-171
卷末 35	ボーリング調査X線回折試験結果一覧表	A-173
卷末 36	ボーリング調査流体包有物温度測定結果一覧表	A-177
卷末 37	ボーリング調査鉍石分析結果一覧表	A-187
卷末 38	ボーリング調査化学分析結果図	A-221
卷末 39	ボーリング調査年代測定結果一覧表	A-229
卷末 40	ボーリング調査顕微鏡写真	A-231
卷末 41	鉍山開発計画調査収集資料一覧表	A-237
卷末 42	気象測定結果一覧表	A-239

I 部 總 論

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鉛床帯が縦走している。本調査地域は、この斑岩銅鉛床帯の中に位置する。

1981年から1982年までDGGM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、有望鉛化帯を抽出したが、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、1991年から1993年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・モリブデン鉛化帯の存在が確認された。

更に、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、1994年から1995年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、コントロベルシア沢付近に有望な銅・モリブデン鉛化帯が捕捉された。

上記の調査結果に基づき、エクアドル共和国政府は、1996年8月インバオエステ(Imbaoste)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)及び金属鉛業事業団(MMAJ)の調査団を1996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日地質鉛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される。金属鉛業事業団は、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、現地調査を実施した。

インバオエステ地域の調査範囲を図1、図I-1-1及び図I-1-2に示す。

1-2 調査の概要

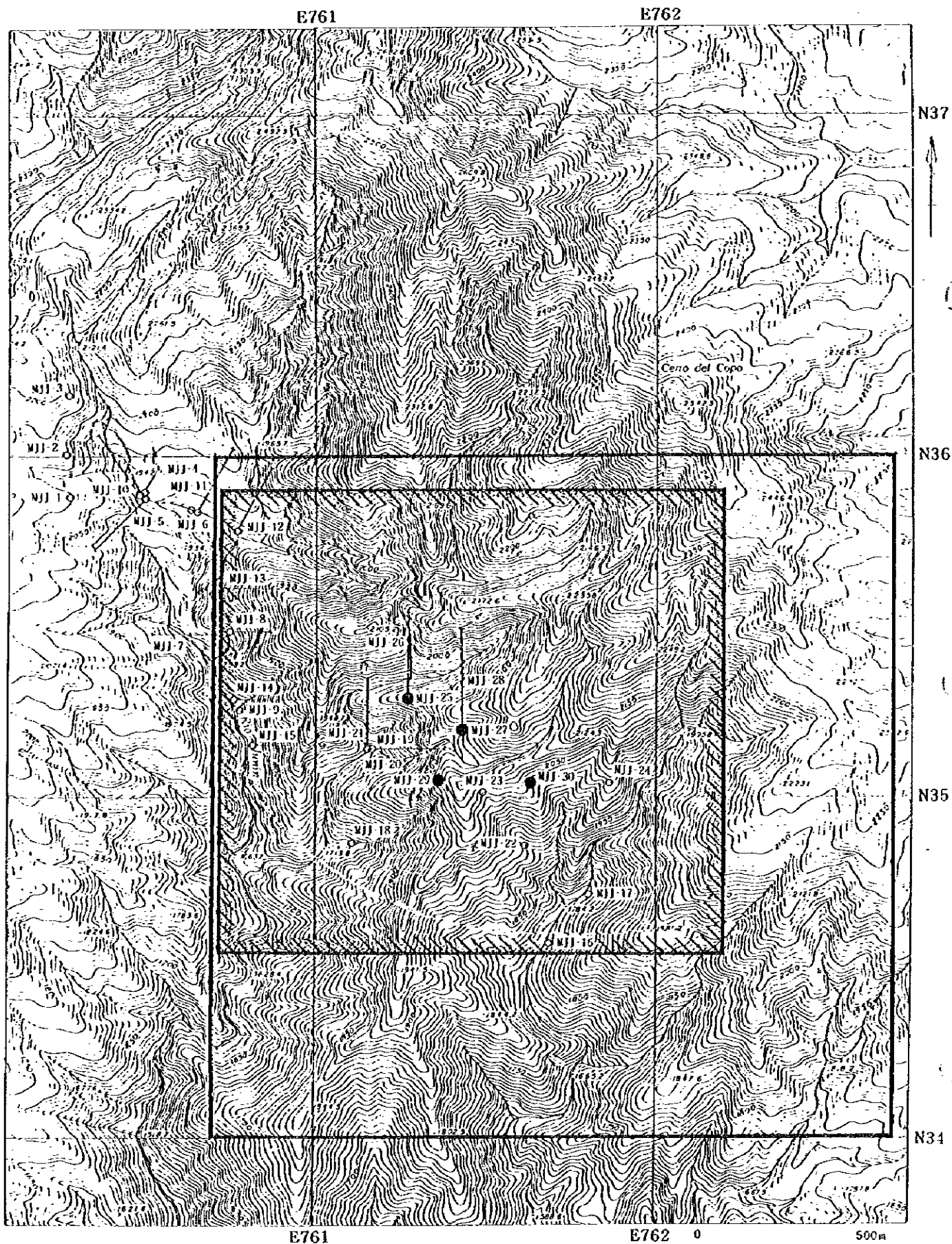
1-2-1 調査地域

調査地域は、インバブラ(Imbabura)州の西部に位置する面積12Km²の範囲である(図1、図I-1-1及び図I-1-2)。

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、地質状況及び鉛化作用を解明し、鉛床賦存状況を明らかにすることにより、高品位鉛量の獲得を計り、また調査結果に基づき鉛山開発の可能性について評価することである。

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 I-1-1 地質調査, 物理探査, ボーリング調査位置図

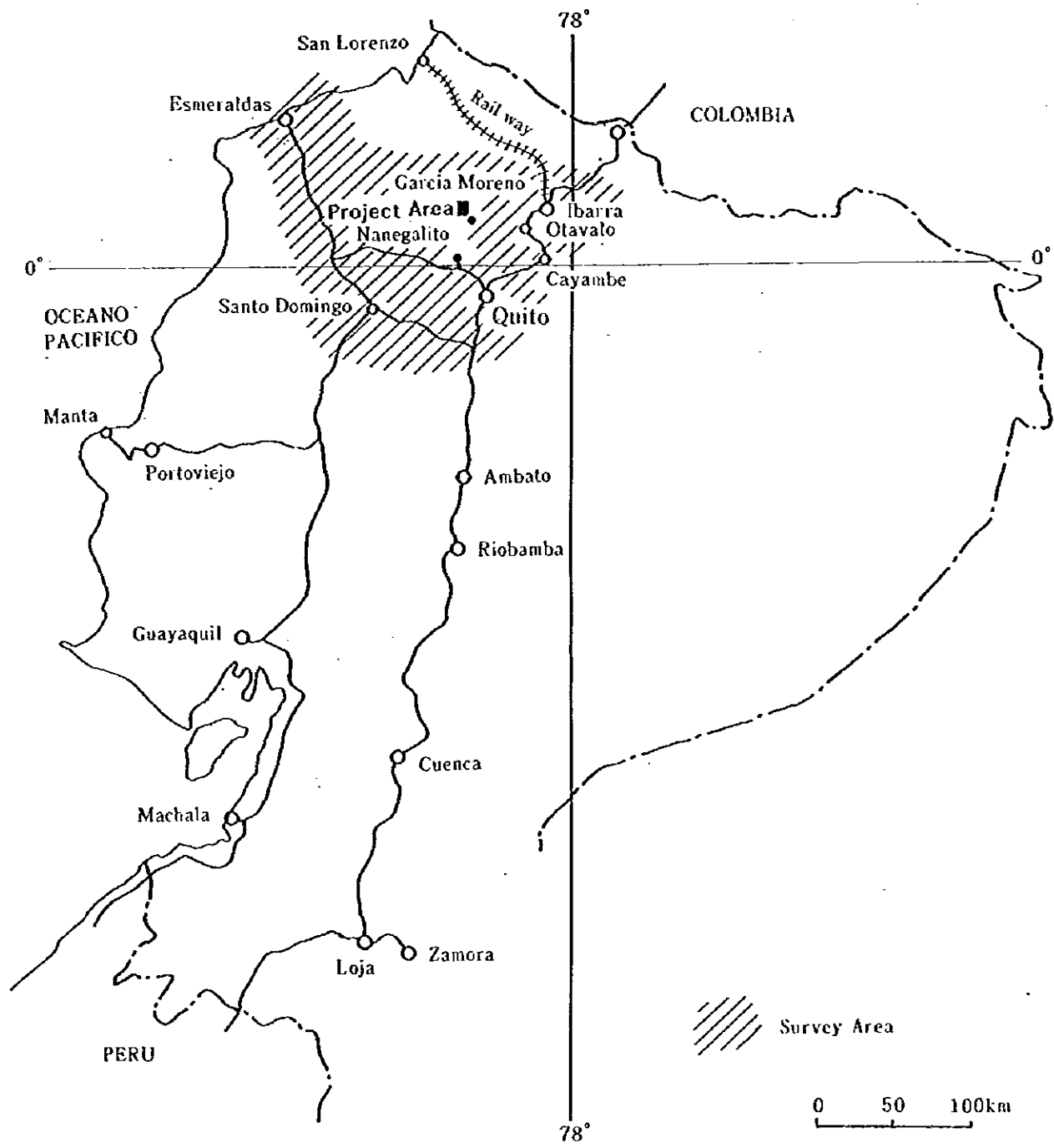


图 I-1-2 鉱山開発計画調査位置图

1-2-3 調査方法

本調査では、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。

1-2-4 調査量

本調査で実施した調査量を、表 I-1-1 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された。調査団の構成は、下記のとおりである。

(1) 事前調査及び協定折衝

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) 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 聖吉	鉱山開発計画調査 (経済・法律)	BEC

表 I-1-1 調査量一覽表

(1) 調査量

(1) 地質調査						
調査面積						2 km ²
踏査ルート長						9 km
(2) 物理探査						
調査面積						5 km ²
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
鉍石研磨片							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
鉍石研磨片	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

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 Pence	鉱山開発計画調査（環境）	CODIGEM
Miguel Flores	鉱山開発計画調査（経済）	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

1-2-6 調査期間

調査期間は、下記のとおりである。

事前調査及び協定折衝	平成 8 年 9 月 31 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

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。調査範囲は、下記の緯距、経距で囲まれ、面積は 12 Km² である。

N 38.000, E 760.000 N 38.000, E 763.000

N 34.000, E 760.000 N 34.000, E 763.000

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 200 km、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 22 km、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 10 km、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。これに2級以下の河川が 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である。

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1-3-1)。

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。

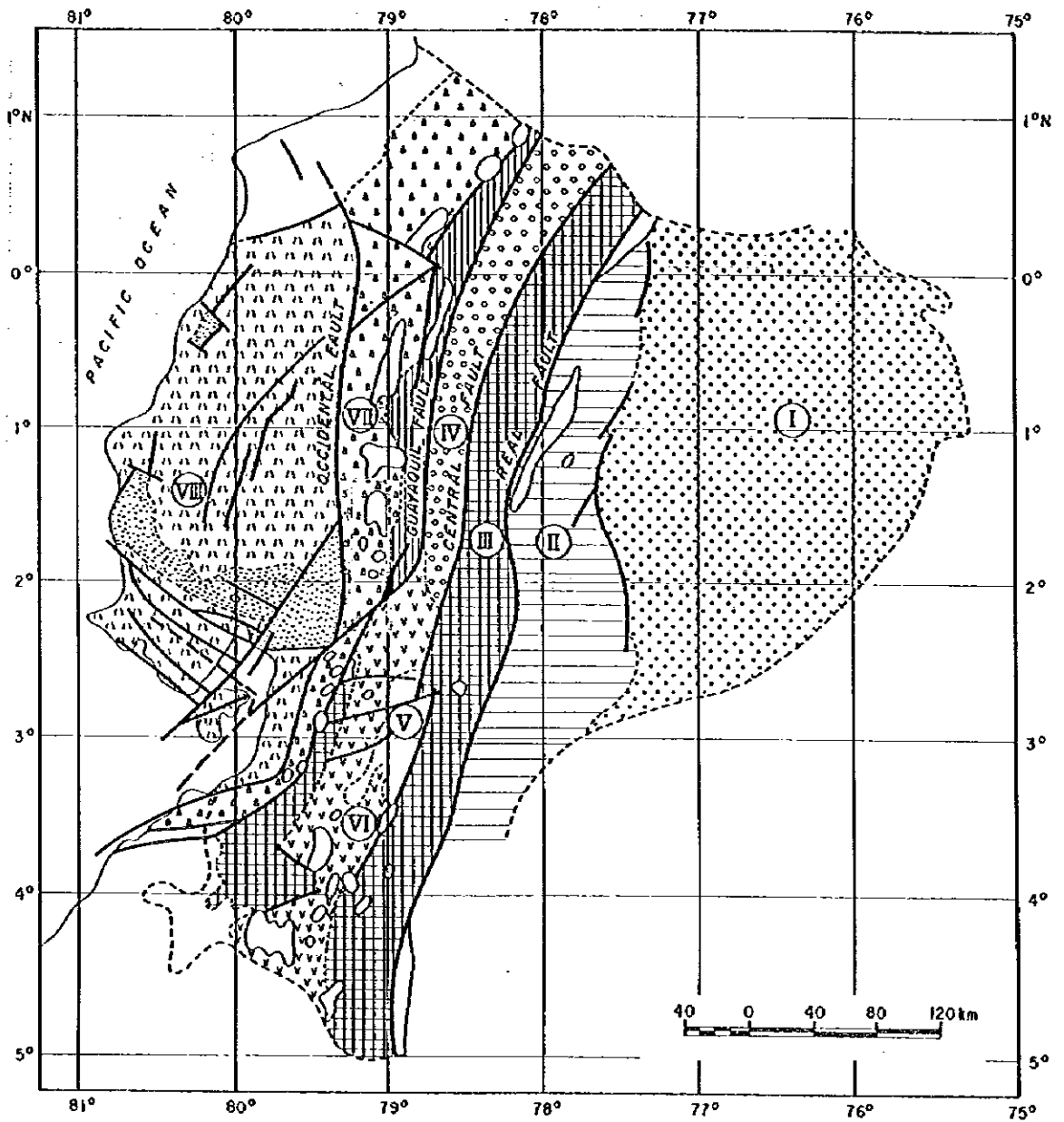
インバオエステ地域は西部山脈に属し、白亜紀のマクチ層に貫入した中性～酸性の火成岩類からなる地質であり、地域東方では第四紀の溶岩及び各種火山噴出物が分布する(MRNE/DGGM,1982)。調査地域は全て花崗岩類からなり、その花崗岩類の時代についてパソリス状の花崗閃緑岩岩体から13～15 Ma、ストック状の斑岩類から6～11 MaのK-Ar放射年代が得られている(JICA/MMAJ,1992)。主要な構造は、アプエラ(Apuela)ーナネガル(Nanegal)花崗閃緑岩パソリスの分布に代表されるN-S方向～NNE-SSW方向である。

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1-3-1、表1-3-1)。

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ー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ンチャ(Piedrañcha)鉱床に、南はエクアドルのテリンベラ(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キジャイ(Michiquillay)鉱床にまで連続する。ピエド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ている。



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 | | | Anticlinal and Synclinal Axis |
| VI | | Calamayo Synclinorium Graben | | | |

図 I-3-1 エクアドルの地質構造及び鉱床区

表 1-3-1 エクアドルの地質構造及び鉱床区

Topography		Geology	Metallogenetic Province	Metallogenic Zone	Metallogenic Sub-Province
Galapagos Islands		Pliocene ~ Quaternary			Cu-Ni-Co Sub-Province of Ocean Floor (Quaternary)
Coast		Pre-Cretaceous ~ Pleistocene (Pinlon Formation)	Occidental (Ocean Crust, Eugeosyncline)	VIII. Coastal Zone	Fe-Ti-Pt Sub-Province of Coast (Jura ~ Early Cretaceous)
Mountain Range	Occidental Cordillera	Cretaceous ~ Paleocene (flysh) (Macuchi Formation)		VII. Anticlinorium-Synclinorium of Occidental Cordillera	Cu Sub-Province of Occidental Cordillera (Cretaceous ~ Miocene)
	Interandean Depression	Neogene ~ Holocene		VI. Calamayo Synclinorium Graben	Polymetallic Sub-Province of High Plateau (Paleocene ~ Quaternary)
				V. Azuay Basin	
	Real Cordillera	Metamorphic Rocks of Paleozoic and Mesozoic	IV. Quito Graben		
Orient		Carboniferous ~ Cretaceous	Oriental (Continental Crust, Miogeosyncline)	III. Anticlinorium of Real, Moromoto and Mulkepungo Cordillera	Sn-W-U Sub-Province of Real Cordillera (Later Paleozoic)
		Tertiary ~ Quaternary		II. Oriental Pre-Andean Zone	Au Sub-Province of Orient Basin (Mesozoic ~ Cenozoic)
				I. Iquitos Basin	

第4章 インバオエステ地域の調査結果の概要

4-1 地質調査

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、図 II-1-1 に示す。踏査は、間縄及びポケットコンパスを用い、沢、尾根、ボーリング運搬道路に沿って行った。調査結果は、縮尺 1:2,000 の地質図にまとめた（巻末 2）。

(1) 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、アプエラ-ナネガルパソリスに属する。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。

本年度調査地域内には、花崗閃緑岩中に多数の花崗閃緑斑岩の岩脈が分布する。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 の断層が認められる。前者はコントロールベルシア沢中流で認められ、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ことが考えられる。

(2) 鉱化作用及び鉱化状況

調査地区は、風化により硫化鉱物が褐鉄鉱化しているが、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、斑銅鉱が細脈網状及び鉱染状に認められるのである。また輝水鉛鉱も認められる。顕微鏡観察の結果では、ダイジェナイト、銅藍、輝銅鉱も認められる。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。

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。

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。

フォルツナ沢上流：鉱化（試料採取幅：322 m、Cu：0.18%、Mo：0.003%）は、黄鉄鉱を主とし、銅の鉱化は弱い、分布範囲の広いものである。

フォルツナ沢支流：鉱化（試料採取幅：34 m、Cu：0.06%、Mo：0.004%）は、黄鉄鉱に著しく富むものであるが、銅の鉱化は弱い。

フォルツナ沢下流：鉱化（試料採取幅：88 m、Cu：0.17%、Mo：0.001%）は、部分的には良好部があるが、黄鉄鉱に富む小規模なものである。

(3) 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。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組み合わせが中央部の尾根に小規模な分布を示す。

(4) 地質、鉍化、変質の関係

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

鉍化は、コントロールシア沢中流、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、鉍化作用が花崗閃緑斑岩の活動に関連したものと考える。従って、鉍化帯の範囲は、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、コントロールシア沢支流では走向 ENE-SWS の断層付近に銅鉍化を認め、断層が鉍化作用に関係していることが推定される。また、鉍化付近は石英-絹雲母-緑泥石を特徴とする鉍物組み合わせの変質があり、特に珪化及び絹雲母化変質が鉍化作用と関係深いものとする。石英-絹雲母-緑泥石を特徴とする鉍物組み合わせの分布範囲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、鉍化作用の範囲は、かなり広いことが推定される。

顕微鏡観察の結果、硫化鉍物は黄鉄鉍、黄銅鉍を主とし、黄銅鉍の周辺及び割れ目に沿って銅藍、輝銅鉍を認めた。銅藍、輝銅鉍は、コアで見られるような離溶組織を示さないことから、黄銅鉍の風化による二次的硫化鉍物である。

流体包有物温度測定の結果、均質化温度 180.3℃-372.8℃を得た。強い鉍化を示すコントロールシア沢中流、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。

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)は鉍化帯付近のものであり、変質の影響を受けたものと考えられる。 $5.93 \pm 0.13\text{Ma}$ (石英斑岩質)は、変質の影響を受けた試料とほぼ同じ年代を示し、この試料も変質の影響の可能性がある。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。他のものは、変質による若返りの可能性がある。

4-2 物理探査

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。

(1) 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 100 Ω 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 k Ω 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 調査結果

室内物性試験：岩石試料の比抵抗値は 243~75,200 Ω m、分極率は 1.3~45.4m/V 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になる。

見掛比抵抗曲線：見掛比抵抗の分布形状から、下記の 3 グループに分類した。

A グループ；平均見掛比抵抗曲線との相関が高く、高周波側から高-低-高の見掛比抵抗パターンを示す。

B グループ；相関が低く、中-低-高の見掛比抵抗パターンを示す。

C グループ；負の相関を示し、低-低-高の見掛比抵抗パターンを示す。

見掛比抵抗分布：東西方向の 4 見掛比抵抗断面図を作成した。尾根で低見掛比抵抗、沢で高

見掛比抵抗を示し、地形の影響を反映したものである。北から南に向かって、低比抵抗化する傾向を認める。周波数 256、1,024、4,096Hz の3周波数について比抵抗平面図を作成した。低見掛比抵抗は、調査地区の北部に E-W 方向で、西部に N-S 方向で、測定点 21 付近の中心部に NE-SW 方向で、フォルツナ沢及びその東部に NE-SW 方向で分布している。前2者は、断層に伴う破碎帯及び鉱化帯を反映し、後者3つの低見掛比抵抗異常は鉱化帯を反映していると考えられる。高見掛比抵抗は、尾根に分布し、尾根部の水分に乏しい風化部を反映していると考えられる。

一次元解析：4断面に沿って解析結果図を作成した。また、標高 1,800m、1,650m、1,500m の比抵抗値を抽出して平面図を作成した。全断面とも地表から高-低-高比抵抗の3層構造を示す。250 Ω m 以下の中間低比抵抗層は、厚さ 200m~600m で、南に向かって深く厚くなる傾向を示す。中間低比抵抗層は、分布形状から下記の4帯に分類される。

北部低比抵抗帯；測定点 3 から 26 に E-W 方向に分布する。この付近に E-W 方向及び ENE-WSW 方向の断層が確認されており、断層破碎帯に関連したものと考える。

西部低比抵抗帯；フニン川沿いに N-S 方向に分布する。フニン川沿いの断層破碎帯を反映したものと考える。北部では低比抵抗で、厚く、南に向かって高抵抗化し、薄くなる傾向がある。

中央部低比抵抗帯；調査地区中央部の測定点 33 付近に分布し、SSW に向かってより低比抵抗化で、深く、厚くなり、ENE に向かって浅く、薄くなる傾向を示す。

フォルツナ沢低比抵抗帯；フォルツナ沢沿いに NE-SW 方向で分布する。沢では薄く、東に向かって深く、厚くなる傾向を示す。

二次元解析：東西断面について二次元解析を行った。東西断面では、南北方向の尾根や沢による地形の影響を考慮して解析することはできるが、東西方向の尾根や沢の地形の影響を解析することはできない。本地区は地形が急峻であり、二次元解析を行っても、東西方向の地形の影響が残った結果しか得られない。従って、二次元解析結果は、高-低-高の3層構造を示し、一次元解析結果と類似したものとなった。

(5) 考察

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 Ω m 以下の低-中抵抗が良い相関を示している。これに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、本地区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定義される。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、下記の結果を得た。

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、MJJ-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、化学分析結果から良好な銅鉱化の存在する可能性が高い。

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、中変質で弱い鉱化を示す。深部では低 Cu、低 S、高 Na で高い比抵抗であり、弱変質、弱い鉱化を示す。本帯の低比抵抗は ENE-WSW 方向と E-W 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鉱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、良好な銅鉱化の存在を示していないが、東方深部に潜在する鉱化帯の西端を示すものかもしれない。

本調査から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と考えられる。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。

4-3 ボーリング調査

コントロールシヤ沢中流からフォルツナ沢間の地下深部の鉱化作用及び鉱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。6 孔の位置を図 II-3-1 に示す。6 孔の調査結果の概要は、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 0 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 0 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。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著しい。断層が深度 166.90m-169.40m 間に存在する。

鉱化：深度 60m までは、酸化帯である。銅鉱化は、花崗閃緑斑岩及び付近の花崗閃緑岩にあり、深度 60m-140m 間、深度 300m-350m 間、深度 380m-420m 間、深度 460m-602.58m 間

で良好な鉍況を示す。モリブデン鉍化は、深度 60m--130m 間に認められる。良好な鉍化部では強い珪化・絹雲母化変質である。深度 105m-140m 間及び深度 225m-250m 間に石英脈の発達著しい。化学分析結果は、下記のとおりである。

深 度	コア長	Cu 品位	Mo 品位
平 均：4.60m-602.58m	597.98m	0.43%	0.011%
良好部：60.00m-140.00m	80.00m	0.64%	0.038%
良好部：300.00m-350.00m	50.00m	0.73%	0.012%
良好部：380.00m-420.00m	40.00m	0.52%	0.009%
良好部：460.00m-602.58m	142.58m	0.59%	0.008%

(2) M J J - 2 6

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。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。断層が多数あり、顕著なものは深度 87.65m-90.90m、深度 105.45m-106.50m、深度 175.70m-176.20m、深度 256.00m-261.20m、深度 475.00m-478.00m に認められる。

鉍化：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、斑銅鉍が共にある。銅鉍化は、弱いが深度 80m から孔底まで認められる。モリブデン鉍化は、深度 80m-110m 間、深度 440m-480m 間を除き極めて弱い。良好な鉍化部は、断層の付近であり、断層が鉍化と関係していることが考えられる。深度 270m-315m 間及び深度 445m-460m 間に石英脈の発達著しい。化学分析結果は、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%
良好部：84.00m-92.00m	8.00m	0.99%	0.034%
良好部：246.00m-262.00m	16.00m	0.64%	0.012%
良好部：354.00m-358.00m	4.00m	0.75%	0.009%
良好部：370.00m-378.00m	8.00m	0.74%	0.009%
良好部：466.00m-480.00m	14.00m	0.56%	0.020%

(3) M J J - 2 7

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、それ以深では認められない。珪化、絹雲母化が深度 70m-460m 間に広く発達する。緑泥石化、緑簾石化は、深度 20m-250m 間、深度 450m-600m 間に発達する。断層が深度 150.30m-150.60m、深度 306.00m-360.20m、深度 315.70m-316.30m、深度 563.20m-568.00m 間に存在する。

鉍化：深度 20m まで酸化帯である。銅鉍化は、70m-470m 間の花崗閃緑斑岩及び付近の花崗閃緑岩に認められる。また深度 563m の断層付近にも銅鉍化が認められる。モリブデン鉍化は、深度 70m-270m 間に認められる。化学分析結果は、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%
良好部：66.00m-456.00m	390.00m	0.67%	0.022%
良好部：560.00m-602.58m	42.58m	0.79%	0.008%

(4) MJ J-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。断層が多数あり、深度50.20m-50.30m、深度178.60m-180.50m、深度217.50m-218.50m、深度232.80m-233.00m、深度368.60m-370.10m、深度380.20m-382.40m、深度386.55m-391.00m間に認められる。

鉍化：深度20mまでは、酸化帯である。銅鉍化は、花崗閃緑斑岩及び付近の花崗閃緑岩に認められ、良好部は深度50.00m-178.00m、深度360.00m-402.00mに存在する。深度360.00m-402.00mの鉍化部には断層が発達しており、断層と鉍化の関係が推定される。モリブデン鉍化は、深度50m-260m、深度380m-400m間に認められる。深度425m-455m間に石英脈の発達が著しい。化学分析結果は、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	0.45%	0.015%
良好部：50.00m-178.00m	128.00m	0.90%	0.044%
良好部：368.00m-402.00m	34.00m	0.85%	0.017%

(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。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間にそれぞれ認められる。断層は、深度246.00m-247.00m、深度527.70m-528.10m、深度528.80m-529.40m間に認められる。

鉍化：深度90mまでは、酸化帯である。銅鉍化は、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から孔底まで認められる。モリブデン鉍化は深度150mから孔底まで良好である。化学分析結果は、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%
良好部：90.00m-601.98m	511.98m	0.85%	0.047%

(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。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 間にそれぞれ認められる。断層は、深度 232.50m-232.55m 間に認められる。

鉍化：深度 30m までは、酸化帯である。銅鉍化は、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 から孔底まで認められるが、品位の変動が激しく深度 300m-390m 間及び深度 480m-550m 間は Cu 品位 1%以上を示す。また、深度 350m まで黄鉄鉍が黄銅鉍より多いことが特徴である。モリブデン鉍化は深度 300m から孔底まで良好である。化学分析結果は、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%
良好部：190.00m-602.56m	412.56m	0.79%	0.018%

(7) 地質、鉍化、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。

コントロールシア沢より北部では、斑岩の発達は少ないと考えられる。また、MJJ-25 孔、MJJ-26 孔、MJJ-27 孔、MJJ-28 孔の各孔で認められた多数の断層は、コアでは傾斜 40-60° を示し、コントロールシア沢中流で認めた走向 ENE-WSW の断層と類似の走向・傾斜の断層と考えられる。

鉍化は、花崗閃緑斑岩の多い MJJ-29 孔及び MJJ-30 孔で顕著であり、斑岩の少ない MJJ-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られる。従って、鉍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られる。また、断層付近で鉍化が認められることから鉍化は断層とも密接な関係にあると考えられる。

銅鉍化は、主として斑岩及び花崗閃緑岩中の割れ目にある黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍、輝銅鉍、ダイジェナイト、砒四面銅鉍からなる。この割れ目付近には石英及び絹雲母があることから、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、これらの硫化鉍物が鉍染状に認められ高い品位を示す。モリブデン鉍化について、輝水鉛鉍が石英脈に伴うこともあるが、顕微鏡観察の結果、黄銅鉍、斑銅鉍が鉍染状に認められる部分では輝水鉛鉍も鉍染状に存在することが明らかとなった。従って、銅鉍化とモリブデン鉍化は、ほぼ同じ時期にあったものと考えられる。銅品位の分布を検討した結果、コントロールシア沢支流沿いの 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が見られる。また、断層付近で高い品位を示す。

鉍化帯は、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 II-1-4)。

顕微鏡観察では、黄銅鉍及び斑銅鉍が単独で産することもあるが、斑銅鉍、輝銅鉍、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、黄銅鉍の二次的富化作用により形成されたものではなく、比較的高温の初成鉍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。良好な鉱化の認められる 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。

4-4 鉱山開発計画調査

本年度調査では、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、また現地状況調査を行った。

(1) 鉱山開発計画策定のための基礎資料

採掘方法、鉱山施設等の検討のために現地調査を行い、また調査地域の東部に位置する石灰石鉱山にて関係資料の収集を行った。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、品位を早急に確定する必要があるが指摘される。また、開発対象の鉱床をポーフィリーカップー鉱床であると想定すると坑内掘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ことが考えられる。

(2) インフラストラクチャーの整備状況

道路、電力、用水、通信について現状調査を行った。調査の結果、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、開発及び操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ヘ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。調査の結果、下記のようなデータを得た。尚、気象データの収集は、1年間継続して行う。

- 1) 気温は、最高 23.0℃、最低 13.0℃である。
- 2) 湿度は、90%以上を示すことが多く、最低で 67%であった。
- 3) 降雨量は、乾期から雨期への移行時期であり、余り多くないが、11月では日平均 0.8mm、12月では日平均 4.5mm、1月では日平均 12.2mmを示した。1日当たりの降雨量は、最大 34.0mmを記録した。
- 4) 最多風向は、昼間 S、夜間 NNW であった。
- 5) 最大風速は、5.20m/sec であった。

(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。

本年度の調査では、インパ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、今後行うべきプレ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)選鉱施設の設計
- 9)ずり、選鉱尾鉱からの酸性排水発生可能試験
- 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)起業費の見積もり
- 14)操業費の見積もり
- 15)採算性の検討

上記の作業実施項目のうち、1)、2)、3)、4)、7)及び 11)は特に重要であり、早急に行うべきであると考ええる。

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 調査結果の総合検討

5-1 鉱化作用と地質

本地域は、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ヤ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ヤ沢中流で確認し、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。

鉱化は、初成鉱化作用として銅鉱化とモリブデン鉱化があり、いずれも花崗閃緑岩及び花崗閃緑斑岩中に認められる。地表踏査及びボーリングコア調査の結果から、鉱化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、生成時期もほぼ同時期と推定される。本年度調査で走向 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（図 1-5-2）、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、断層は鉱化の前に存在し、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 つの断層とも鉱化に関係する可能性がある。

本地域の鉱化作用は、花崗閃緑斑岩の活動に伴って、生成した割れ目を中心に形成されている。従って、鉱化の対象となる割れ目の発達する位置は、花崗閃緑斑岩と付近の花崗閃緑岩である。また、既にある断層も鉱化の対象となったと考えられることから、断層による鉱化の規制について検討する必要がある。

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、銅藍が存在すると考えられる。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、二次富化帯は小さいものであろう。

本鉱化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、ポタシック変質に、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られる。変質帯の分布と鉱化帯との関係を見ると、ポタシック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、ポタシック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られる。

鉱化の時期は、花崗閃緑斑岩の活動の後であると考えられる。

5-2 鉱化帯

ボーリング調査によりコントロールシヤ沢中流付近、リカ沢下流付近の地下で良好な鉱化が

()

()

()

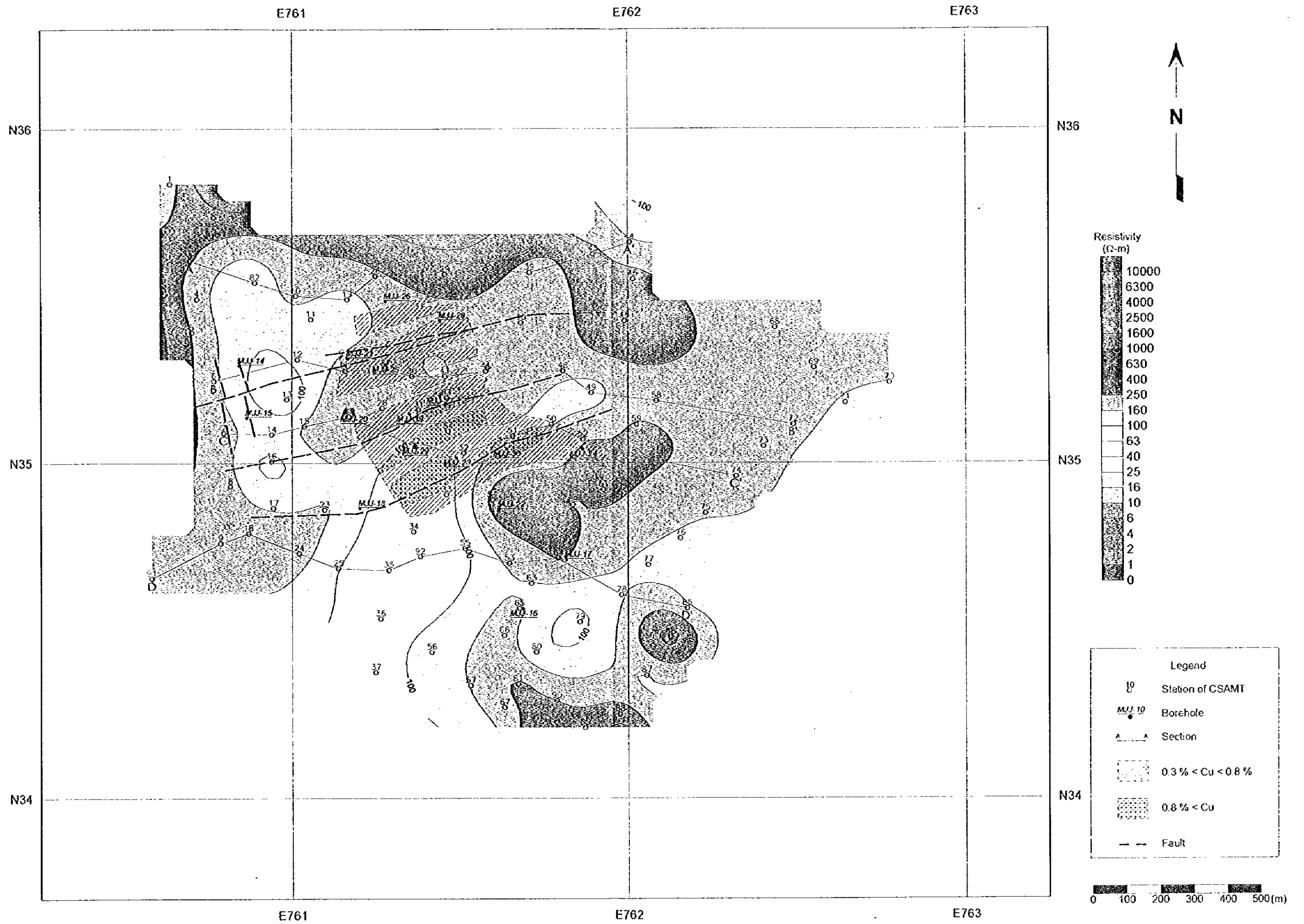


図 I-5-1 インバオエステ地域中央地区調査結果総合図
- 23 ~ 24 -

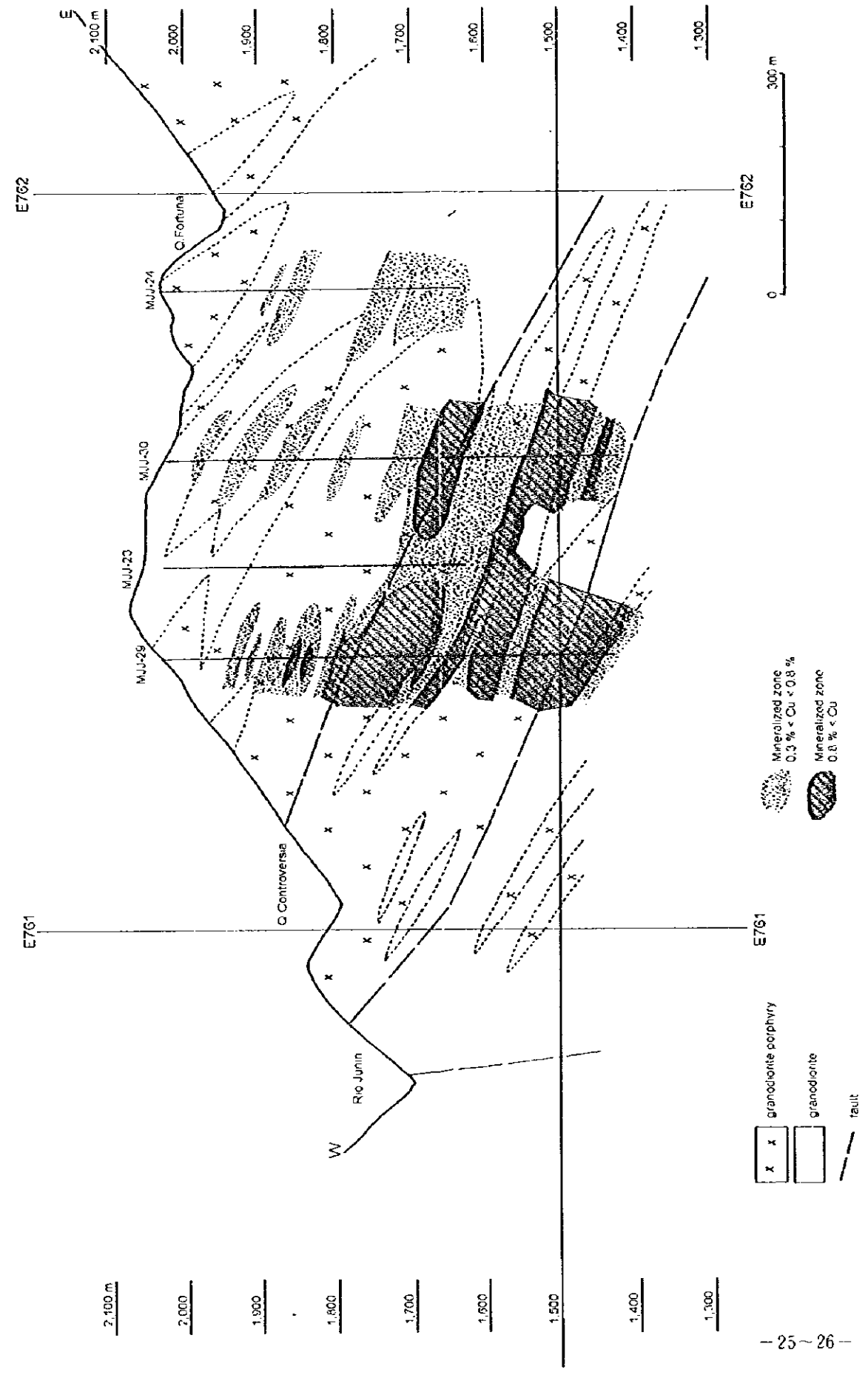
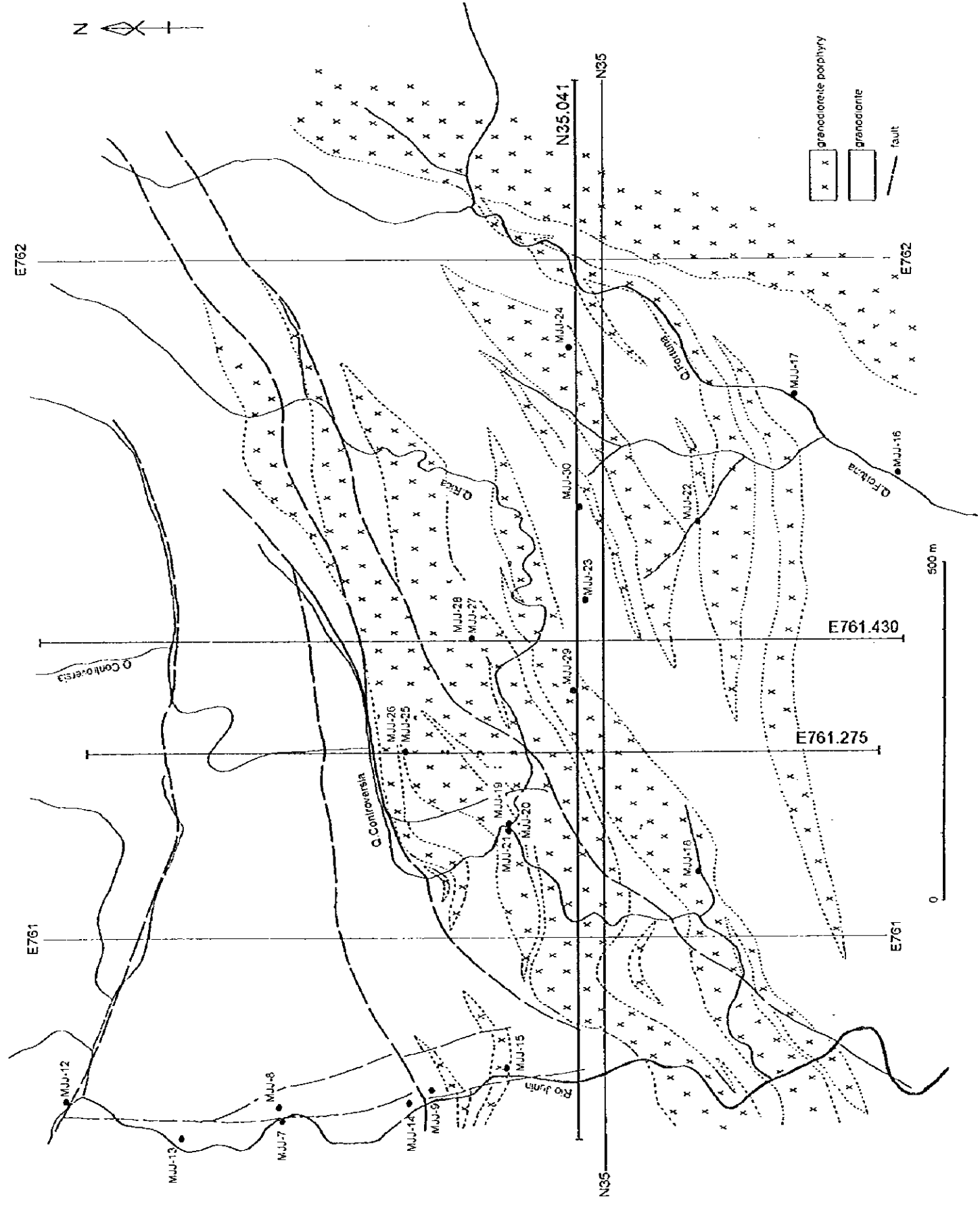


図 I-5-2 インバオエステ地域中央地区斑化帯品位分布図 (1)

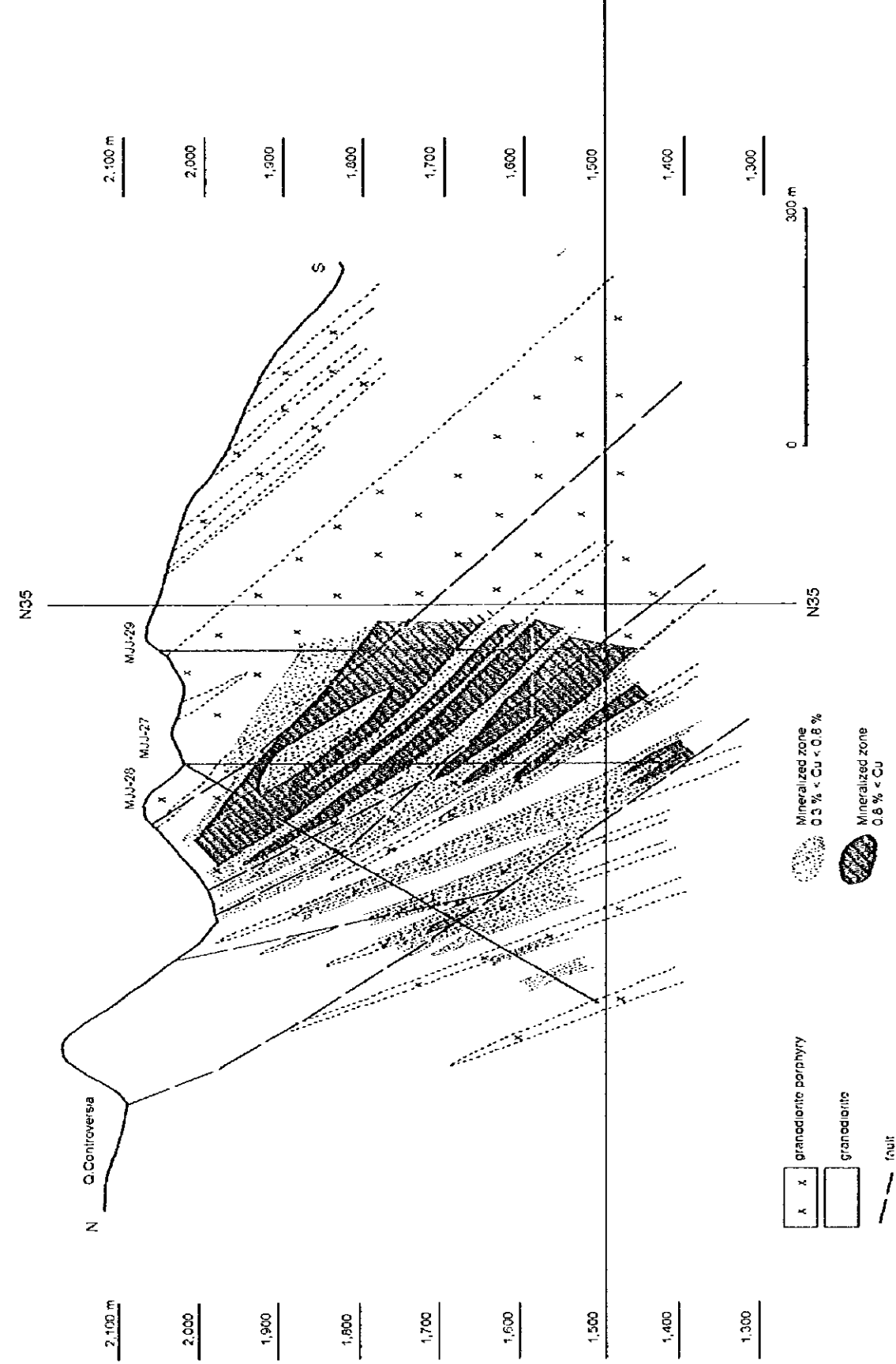
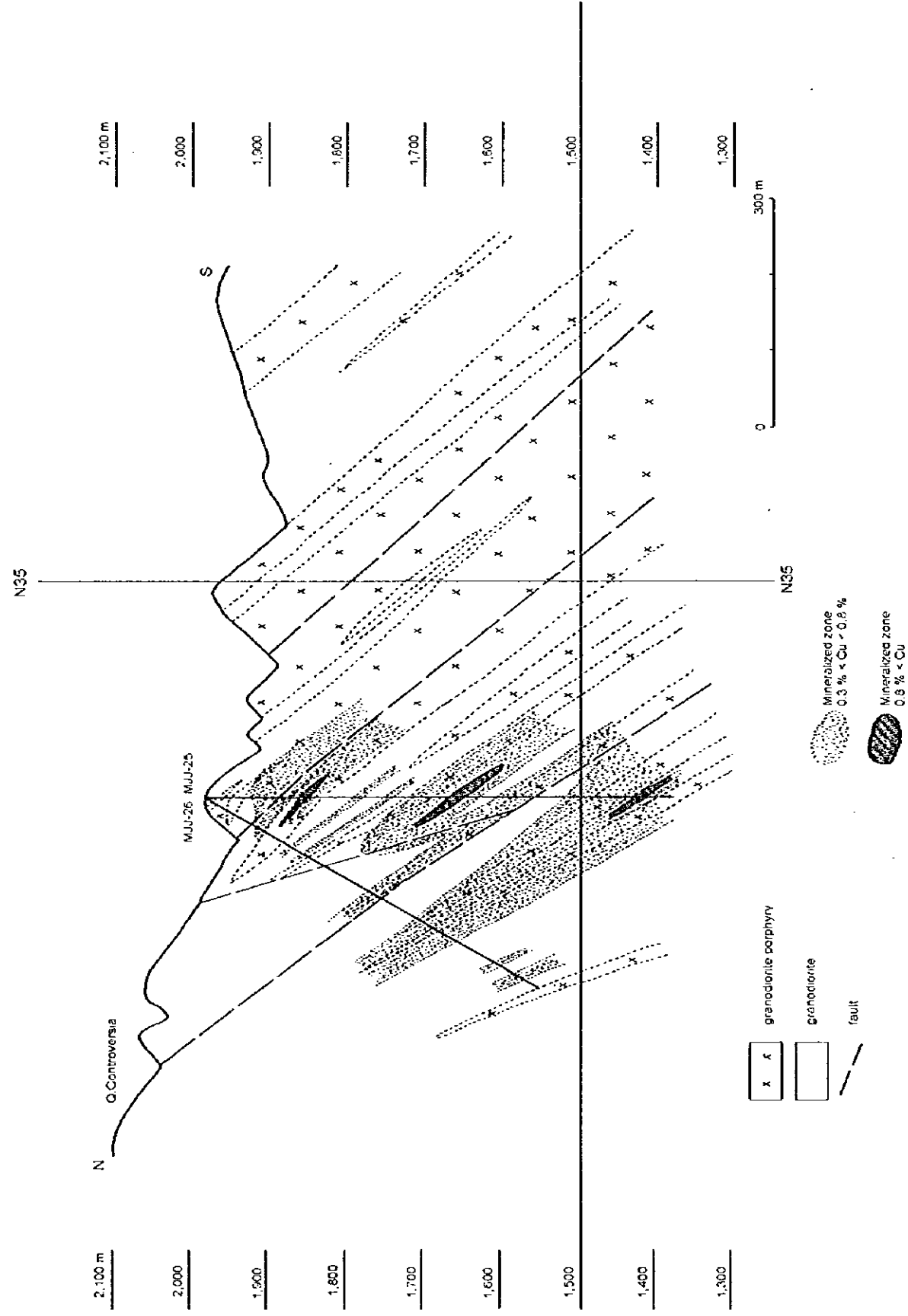


図 I-5-2 インバオエス子地域中央地区鉱化帯品位分布図 (2)



得られている。その鉱化の伸長方向は、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（図 1-5-1）。従って、鉱化の範囲は中央部低比抵抗帯の分布から更に東北東方向に、また南南西の方向に伸びる可能性がある（図 1-5-1）。東北東方向（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。南南西方向（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、最重要区域はリカ沢中流から上流と MJJ-29 孔の南部～MJJ-22 孔の南西部であろう。

5-3 プレF/S

本年度の調査まででは、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。鉱量、品位の確定、鉱化帯の形態の確定、密度測定などを最初に行い、選鉱試験、詳細コスト調査などにより開発設計が必要となる。更に、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 5 km）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も必要であると考えられる。

第6章 調査の結論及び提言

6-1 結論

調査結果の結論は、下記のとおりである。

(1) 地質調査

本年度調査により、花崗閃緑岩中に走向 ENE-WSW、傾斜 SSE の多数の花崗閃緑斑岩の岩脈が分布することが判明した(図II-1-2)。これらの岩脈は、石英斑岩質、花崗閃緑斑岩質、ひん岩質と岩相変化に富むものである。また、走向 ENE-WSW、傾斜 SSE の断層、走向 N-S、傾斜 E の断層が確認され、鉍化と関係している可能性がある。

鉍化は、下記の地区に分布し、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、黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が鉍染状に、また細脈網状に認められるものである(図II-1-4)。

1) コントロベルシア沢中流

鉍石試料採取幅：412 m、Cu: 0.28%、Mo: 0.005%

鉍化：鉍況の良かった MJJ-19 孔及び MJJ-20 孔の延長部と考えられる。

2) コントロベルシア沢支流

鉍石試料採取幅：60 m、Cu: 0.48%、Mo: 0.006%

鉍化：ENE-WSW 方向の断層付近のもので断層と鉍化の関連性を示すものである。

3) リカ沢上流

鉍石試料採取幅：116 m、Cu: 0.39%、Mo: 0.005%

鉍化：良好なものであり、MJJ-27 の鉍化の北東方向の延長部に相当する可能性を示す。

4) フォルツナ沢上流

鉍石試料採取幅：322 m、Cu: 0.18%、Mo: 0.003%

鉍化：分布範囲の広いものであるが、黄鉄鉍を主とし銅の鉍化は弱いものである。

5) フォルツナ沢支流

鉍石試料採取幅：34 m、Cu: 0.06%、Mo: 0.004%

鉍化：黄鉄鉍に富むものであるが、多くの滝のため試料採取が十分に行われていない。

6) フォルツナ沢下流

鉍石試料採取幅：88 m、Cu: 0.17%、Mo: 0.001%

鉍化：部分的には良好部があるが、黄鉄鉍に富む小規模なものである。

二次的硫化鉍物として、銅藍及び輝銅鉍が顕微鏡観察により認められた。

フィリック変質帯に相当する石英-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分布し、鉍化帯の範囲はかなり広いことが考えられる。また、プロピライト変質帯に相当する石英-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組み合わせが中央部の尾根に小規模な分布を示す。

(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、鉍化帯と 250 Ωm 以下の低-中抵抗が良

い相関を示している。これに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定義される。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、下記の結果を得た（図 I-5-1、図 II-2-10）。

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、MJJ-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。東北東方向に伸びる低比抵抗帯は、化学分析結果から良好な銅鉱化の存在する可能性が高い。

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、中変質で弱い鉱化を示す。深部では低 Cu、低 S、高 Na で高い比抵抗であり、弱変質、弱い鉱化を示す。本帯の低比抵抗は ENE-WSW 方向と N-S 方向の断層破砕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鉱化の存在が推定される。N-S 方向の断層破砕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、良好な銅鉱化の存在を示していないが、東方深部に潜在する鉱化帯の西端を示すものかもしれない。

本調査から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と考えられる。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

コントロールシヤ沢、リカ沢及びフォルツナ沢周辺の地下深部の鉱化帯の範囲及び鉱化状況を把握することを目的として実施した 6 本のボーリング調査（総掘進長、3,514.28m）の結果、花崗閃緑岩、花崗閃緑斑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、輝銅鉱及び揮水鉛鉱からなる鉱化を捕捉した。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の産状が多く認められ、コア長約 600m で平均 Cu 品位 0.5%以上を示す良好な鉱化が得られた。しかし、北部向けの MJJ26 孔の鉱化は弱いことが判明した。また、断層付近で高品位部を捕捉し、断層が鉱化を規制している可能性がある。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

なる傾向が見られる（図 I-5-2）。また、断層付近で高い品位を示す（図 I-5-2）。各孔別に下記のような鉛石分析の結果を得た。

1)MJJ-25	深度 4.60 m—602.58 m、コア長 597.98 m、	Cu: 0.43 %、Mo: 0.011 %
2)MJJ-26	深度 4.88 m—502.00 m、コア長 497.12 m、	Cu: 0.25 %、Mo: 0.005 %
3)MJJ-27	深度 5.79 m—602.58 m、コア長 596.79 m、	Cu: 0.56 %、Mo: 0.017 %
4)MJJ-28	深度 5.79 m—602.58 m、コア長 596.79 m、	Cu: 0.45 %、Mo: 0.015 %
5)MJJ-29	深度 4.70 m—601.98 m、コア長 597.28 m、	Cu: 0.74 %、Mo: 0.041 %
6)MJJ-30	深度 4.60 m—602.56 m、コア長 597.96 m、	Cu: 0.63 %、Mo: 0.014 %

本ボーリング調査の化学分析結果は、本地区の鉛山開発について検討する可能性を高めたものと考えられる。

(4) 鉛山開発計画調査

本年度調査では、インパオエステ地域の鉛山開発を検討するため、鉛山、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、また現地状況調査を行った。

1) 鉛山開発計画策定のための基礎資料

探鉛調査が不十分であり、鉛床の形態及び鉛量、品位を早急に確定する必要がある。また、開発対象鉛床が斑岩銅鉛床であり、坑内掘より露天掘探掘法が考えられる。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、鉛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、開発及び操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、気象データの収集を行い、気温、湿度、降雨量、風向、風速のデータを得た。尚、気象データの収集は、1年間継続して行う。

4) 経済・法律関係

鉛業法等の鉛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。

本年度の調査では、インパオエステ地域の鉛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、今後行うべきプレ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)鉛量計算

- 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)選鉱施設の設計
- 9)すり、選鉱尾鉱からの酸性排水発生可能試験
- 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)起業費の見積もり
- 14)操業費の見積もり
- 15)採算性の検討

上記の作業実施項目のうち、1)、2)、3)、4)、7)及び11)は特に重要である。

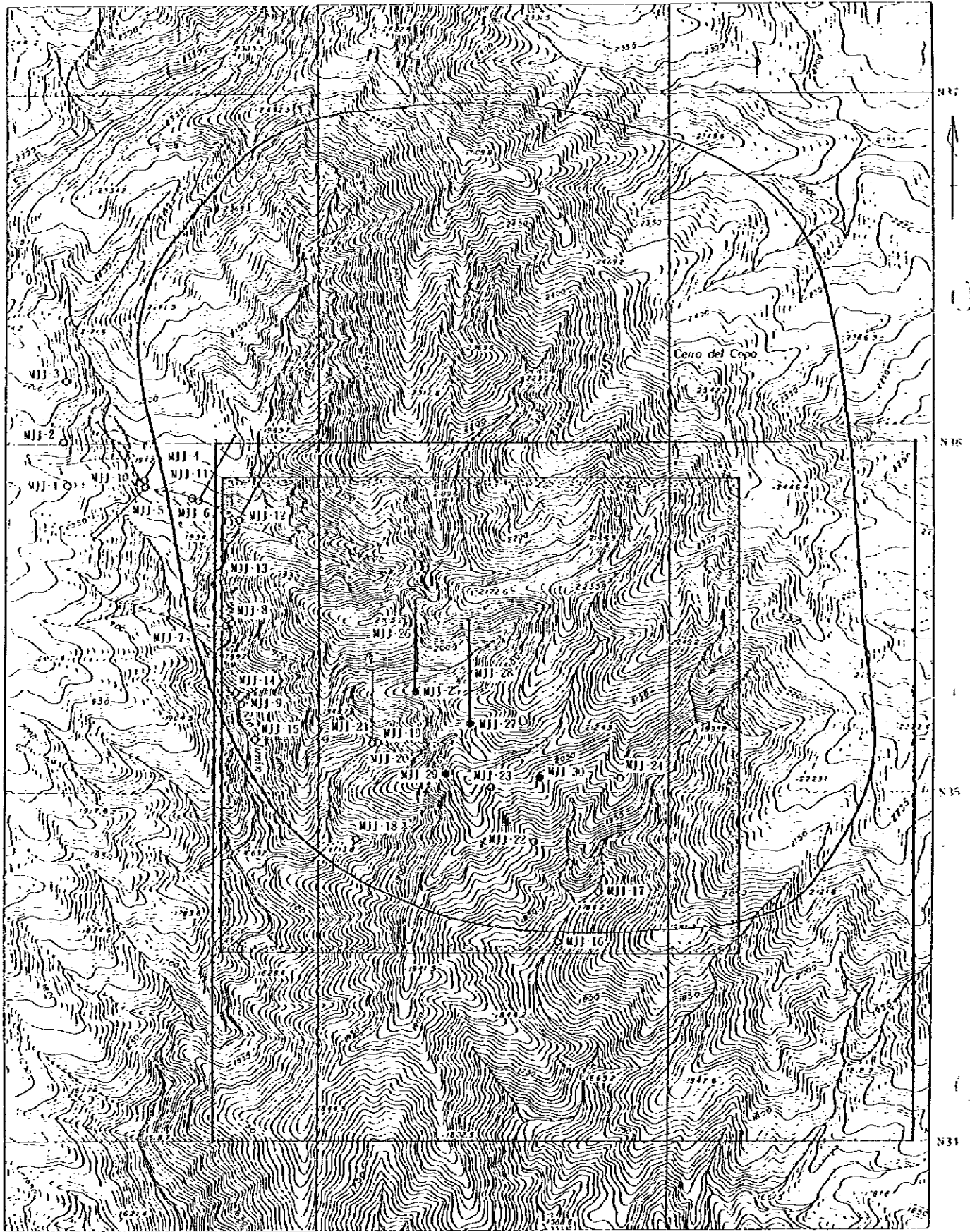
また、環境影響評価調査については、平成7年度に現況調査が行われ、それに対する影響評価が行われた。調査地域の北部には、コタカチ・カヤパス自然保護区があり(図II-4-4)、鉱山開発対象区域は緩衝帯の外側に位置しているが、鉱山開発による環境への影響について十分考慮した鉱山開発計画が必要である。従って、今後はより具体的な鉱山開発計画に基づき鉱山施設、道路、港湾施設などにおける粉塵、排水、騒音等についての影響評価を行う必要がある。

6-2 提言



本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、鉱山開発の可能性が高まったと考える。今後は、鉱量計算のため、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及びボーリング調査の実施が考えられる。また、本年度調査地区北部のベルデ沢に鉱化帯が既に知られており、この鉱化状況の詳細を把握するための地質調査、物理探査及びボーリング調査の実施が望まれる。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・カヤパ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り、環境影響評価調査の実施も重要である。

本年度の調査結果から、インバオエステ地域における今後の調査として下記のことを提言する(図I-6-1)。

- 1)地質調査：コントロールシア沢、リカ沢、フォルツナ沢、ベルデ沢にてトレンチを併用した地質精査
- 2)物理探査：ベルデ沢を含む本年度調査地域の北部及び北東部を対象としたCSAMT法
- 3)ボーリング調査：フニン川東部、コントロールシア沢中流、リカ沢中流から上流、フォルツナ沢西部
- 4)プレF/S
- 5)環境影響評価調査



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

-  Geological Survey Area (1996)
-  Geophysical Survey Area (1996)

-  Recommendation Area for Exploration

図1-6-1 インバオエステ地域の調査提案図

II部 各 論

Ⅱ部 各 論

第1章 地質調査

1-1 調査目的

調査地域は、インバオエステ地域中央部に位置し、その位置を図Ⅰ-1-1、図Ⅱ-1-1に示す。

1-2 調査方法

地質踏査は、間縄及びポケットコンパスを用い、沢、尾根、ボーリング運搬道路に沿って行った。調査結果は、縮尺 1:2,000 の地質平面図（巻末2）及び地質断面図（巻末3）にまとめた。

1-3 調査結果

1-3-1 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、アプエラ-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。

本年度調査地域内には、花崗閃緑岩中に多数の花崗閃緑斑岩の岩脈が分布する。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）、斑晶が少量で粗粒の石基を示す岩相（ひん岩質）がある。各岩相の関係は、地表では風化及び変質などにより不明な場合が多い。顕微鏡観察の結果は、下記の通りである。

石英斑岩質岩相（試料番号 Y96003）

組織：斑状組織

斑晶：石英＝斜長石＞黒雲母。石英、斜長石共に多く、大きさ 3mm～5mm を示す。

石基：石英、斜長石、絹雲母

変質鉱物：絹雲母、緑泥石、緑簾石

花崗閃緑斑岩質岩相（試料番号 Y96038）

組織：斑状組織

斑晶：斜長石＞石英＞黒雲母＝角閃石。斜長石が多い。

石基：石英、斜長石、絹雲母、緑簾石

変質鉱物：絹雲母、緑簾石

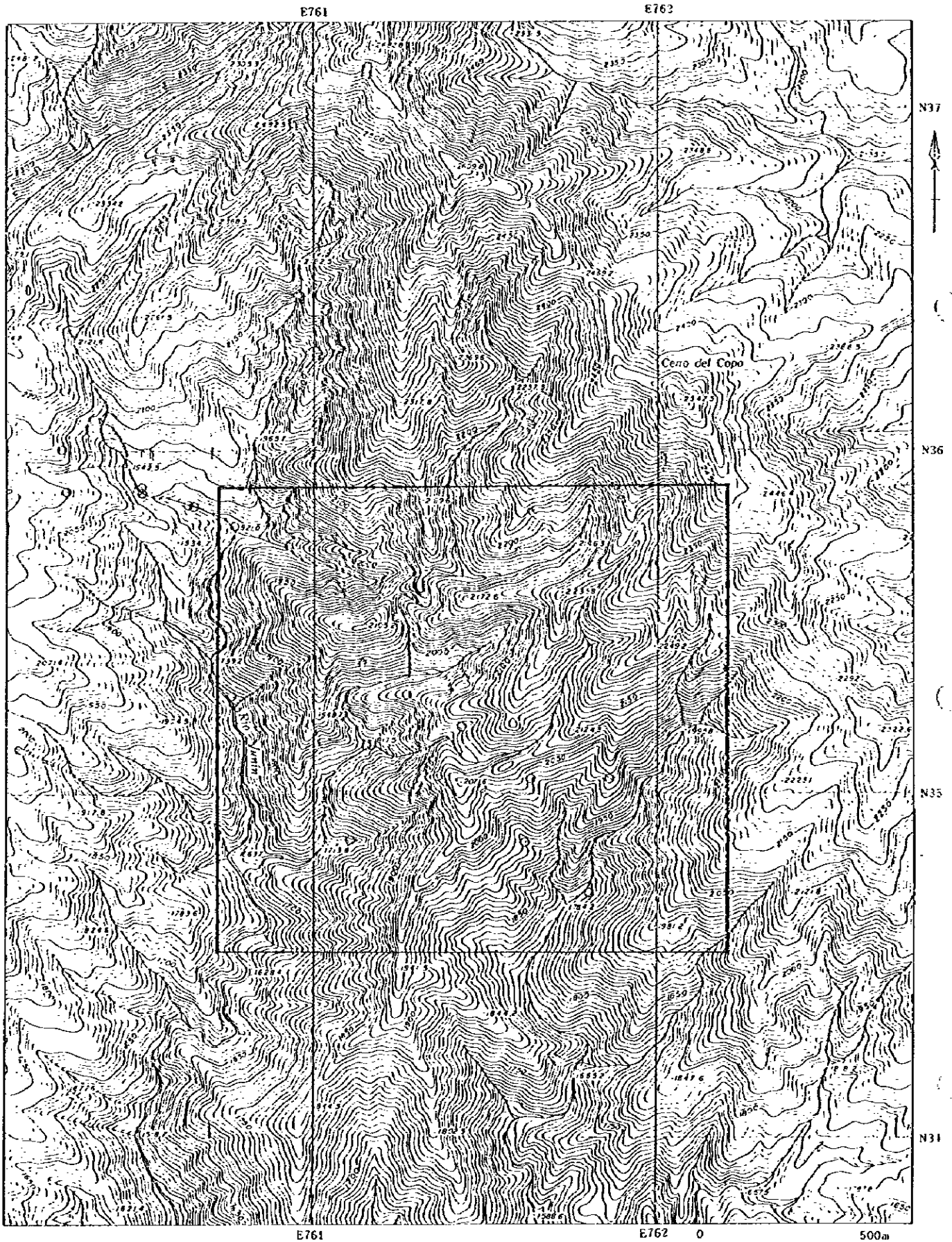
ひん岩質岩相（試料番号 Y96004）

組織：斑状組織

斑晶：斜長石＞石英。斑晶が少ない。

石基：石英、斜長石、絹雲母、緑簾石、緑泥石。粗粒である。

変質鉱物：石英、絹雲母、緑泥石、緑簾石




 Geological Survey Area

圖 II-1-1 地質調查位置圖

走向 ENE-WSW、傾斜 SSE の断層、走向 N-S、傾斜 E の断層が認められる。前者はコントロールシヤ沢中流で認められ、また後者はフニン川沿いに認められる。

1-3-2 鉍化作用及び鉍化状況

鉍化は、コントロールシヤ沢中流及び支流、リカ沢上流、フォルツナ沢上流、支流及び下流に認められた。各鉍化帯では、風化により硫化鉍物が褐鉄鉍化していることが多いが、鉍化は珪化、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鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が細脈網状及び鉍染状に認められものである。また、輝水鉛鉍も認められる。各鉍化帯の特徴は下記のとおりである。鉍石分析結果も下記する。

(1) コントロールシヤ沢中流

鉍化：斜面部を除き良好（幅：324 m、Cu：0.33%、Mo：0.003%）であり、鉍況の良かった MJJ-19 及び MJJ-20 孔の延長と考える。

母岩：花崗閃緑斑岩、花崗閃緑岩

産状：細脈網状及び鉍染状

鉍物：黄銅鉍、黄鉄鉍、銅藍、斑銅鉍、磁鉄鉍。顕微鏡観察の結果、銅藍、斑銅鉍は二次的生成である。

鉍石分析結果：試料採取幅：412 m、Cu：0.28%、Mo：0.005%

(2) コントロールシヤ沢支流

鉍化：ENE-WSW 方向の断層付近のもので断層と鉍化の関連性を示すものである。

母岩：花崗閃緑岩及び断層

産状：鉍染状

鉍物：輝銅鉍、斑銅鉍、輝水鉛鉍、孔雀石。顕微鏡観察の結果、斑銅鉍が輝銅鉍に代わっており、輝銅鉍は二次的生成である。

鉍石分析結果：試料採取幅：60 m、Cu：0.48%、Mo：0.006%

(3) リカ沢上流

鉍化：良好なものであり、MJJ-27 孔の鉍化の北東方向の延長部に相当する可能性を示す。

母岩：変質花崗閃緑岩及び変質花崗閃緑斑岩

産状：鉍染状

鉍物：黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍、輝水鉛鉍。黄鉄鉍に富む。顕微鏡観察の結果、ダイジエナイト、銅藍、輝銅鉍を認める。銅藍、輝銅鉍は、二次的生成の産状を示す。

鉍石分析結果：試料採取幅：116 m、Cu：0.39%、Mo：0.005%

(4) フォルツナ沢上流

鉍化：分布範囲の広いものであるが、黄鉄鉍を主とし銅の鉍化は弱い。

母岩：変質花崗閃緑岩及び変質花崗閃緑斑岩

産状：細脈網状、鉍染状

鉍物：黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍、輝水鉛鉍。黄鉄鉍に著しく富む。顕微鏡観察の結果、銅藍、輝銅鉍が認められ、これらは二次的生成の産状を示す。

鉍石分析結果：試料採取幅：322 m、Cu：0.18%、Mo：0.003%

(5) フォルツナ沢支流

鉍化：黄鉄鉍に富むものであるが、多くの滝のため試料採取が十分に行われていない。

母岩：花崗閃緑岩及び変質花崗閃緑斑岩

産状：鉍染状

鉍物：黄鉄鉍に著しく富む。顕微鏡観察の結果、僅かに黄銅鉍が認められる。

鉍石分析結果：試料採取幅：34 m、Cu：0.06%、Mo：0.004%

(6) フォルツナ沢下流

鉍化：部分的には良好部があるが、黄鉄鉍に富む小規模なものである。

母岩：変質花崗閃緑岩

産状：細脈網状、鉍染状

鉍物：黄鉄鉍、斑銅鉍。黄鉄鉍に富む。顕微鏡観察の結果、僅かに黄銅鉍、碲四面銅鉍が認められる。

鉍石分析結果：試料採取幅：88 m、Cu：0.17%、Mo：0.001%

1-3-3 変質作用

肉眼観察及び粉末X線回折試験の結果、特徴的な鉍物の組み合わせとして 1)石英-絹雲母-緑泥石、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。

(1) 石英-絹雲母-緑泥石

調査地域の中央部から北部及び北東部に広く分布する。この鉍物組み合わせは、フィリック変質帯に相当するものと考えられる。

(2) 石英-斜長石-緑泥石-緑簾石

調査地域の西部から南西部に主として分布し、更に東部にも分布する。小規模な分布がリカ沢上流及びフォルツナ沢支流にある。この鉍物組み合わせは、プロピライト変質帯に相当するものと考えられる。

(3) 石英-斜長石-カオリナイト-モンモリロナイト

調査地域の尾根に小規模な分布を示す。この組み合わせは、風化によるものと考えられる。

1-3-4 地質、鉍化、変質の関係

調査地区内には、多数の走向 ENE-SWS の花崗閃緑斑岩岩脈が花崗閃緑岩中に貫入している(図II-1-2、図II-1-3)。

鉍化は、コントロールシア沢中流、リカ沢上流及びフォルツナ沢下流～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、鉍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、鉍化帯の範囲は、花崗閃緑斑岩の分布に規制されることが考えられる。また、コントロールシア沢支流では走向 ENE-SWS の断層付近に銅鉍化を認め、断層が鉍化作用に関係していることが推定される。

鉍化付近は、石英-絹雲母-緑泥石を特徴とする鉍物組み合わせがみられ、珪化及び絹雲母化変質が鉍化作用と関係深いものと考えられる。石英-絹雲母-緑泥石を特徴とする鉍物組み

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、鉍化作用の範囲は、かなり広いことが推定される（図Ⅱ-1-4）。

1-3-5 室内試験結果

室内試験として、岩石薄片観察（巻末5）、鉍石研磨片観察（巻末6）、粉末X線回折試験（巻末7）、流体包有物温度測定（巻末8）、鉍石分析（巻末9）及び年代測定（巻末10）を実施した。

岩石薄片観察の結果、花崗閃緑岩、花崗閃緑斑岩共に変質しており、変質鉍物として石英、絹雲母、緑泥石、緑簾石が認められた。

鉍石研磨片観察の結果、硫化鉍物は黄鉄鉍、黄銅鉍を主とし、黄銅鉍の周辺及び割れ目に沿って銅藍、輝銅鉍が認められた（巻末11）。銅藍、輝銅鉍は、コアで見られるような離溶組織を示さないことから、黄銅鉍の風化による二次的生成の硫化鉍物である。

流体包有物温度測定の結果、均質化温度 180.3℃～372.8℃を得た。良好な鉍化を示すコントロールベルシア沢中流、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。

年代測定の結果、花崗閃緑岩では $7.51 \pm 0.17\text{Ma}$ が得られた。この花崗閃緑岩は薄片観察により変質鉍物として石英、絹雲母が認められ、年代値は若返りの可能性がある。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）、 $5.81 \pm 0.13\text{Ma}$ （花崗閃緑斑岩質）が得られた。花崗閃緑斑岩の年代は2つに分類されるが、 $5.81 \pm 0.13\text{Ma}$ （花崗閃緑斑岩質）は鉍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）は、変質の影響を受けた試料とほぼ同じ年代を示し、この試料も変質の影響の可能性がある。 $7.88 \pm 0.25\text{Ma}$ （石英斑岩質）は、花崗閃緑岩の $7.51 \pm 0.17\text{Ma}$ とほぼ同じ年代であるが、変質による若返りの可能性がある。今回の年代測定では、いずれの試料も変質が認められ、年代の若返りが考えられるが、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。

1-4 結論

調査結果の結論は、下記のとおりである。

本年度調査により、花崗閃緑岩中に走向 ENE-WSW、傾斜 S の花崗閃緑斑岩の岩脈が多数分布することが判明した。これらの岩脈は、石英斑岩質、花崗閃緑斑岩質、ひん岩質と岩相変化に富むものである。

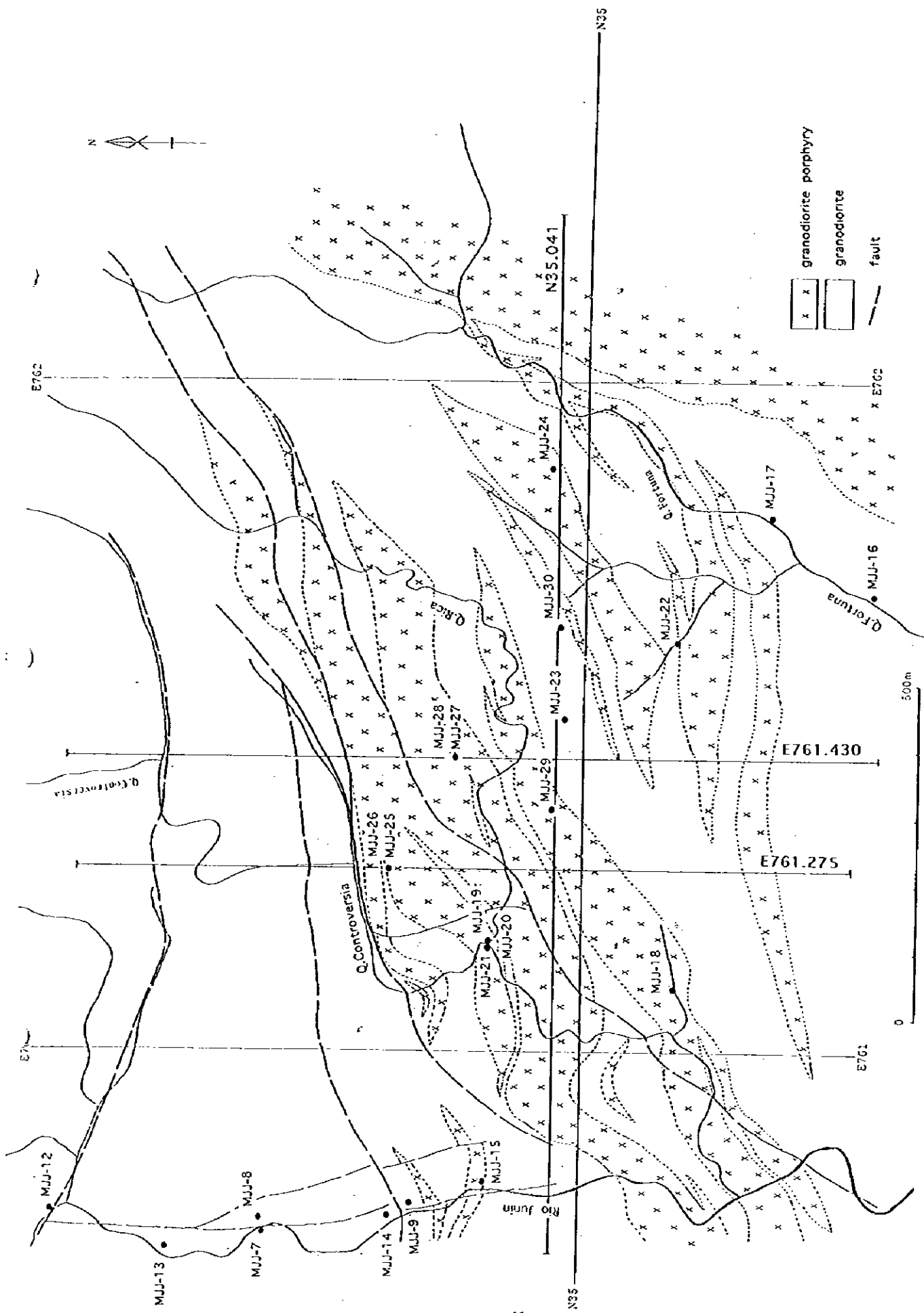
また、走向 ENE-WSW、傾斜 SSE の断層、走向 N-S、傾斜 E の断層が確認され、鉍化と関係している可能性がある。

鉍化は、コントロールベルシア沢中流及び支流、リカ沢上流、フォルツナ沢上流、支流及び下流に分布し、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、黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍が鉍染状に、また細脈網状に認められるものである。コントロールベルシア沢中流の鉍化（幅：324 m, Cu: 0.33%, Mo: 0.003%）及びリカ沢上流の鉍化（幅：116 m, Cu: 0.39%, Mo: 0.005%）は、比較的良好であり、MJJ-19 孔、MJJ-20 孔及び MJJ-27 孔の鉍化部の延長部と考えられる。フォルツナ沢上流、支流及び下流の鉍化は黄鉄鉍に富み、銅鉍化は弱いものである。

顕微鏡観察の結果、二次的硫化鉱物として、銅藍及び輝銅鉱を認めたことから、二次富化作用の可能性はあるが、ボーリング調査で認められないことなどから、二次富化帯の発達は大規模なものと考えられる。

フィリック帯に相当する石英-斜長石-絹雲母の組み合わせが、調査地区の中央部から北部及び北東部に広く分布し、鉱化帯の範囲はかなり広いことが推定される。また、プロピライト帯に相当する石英-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組み合わせが中央部の尾根に小規模な分布を示す。

年代測定の結果では、試料が変質を受けていることから、年代値の若返りが考えられ、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。

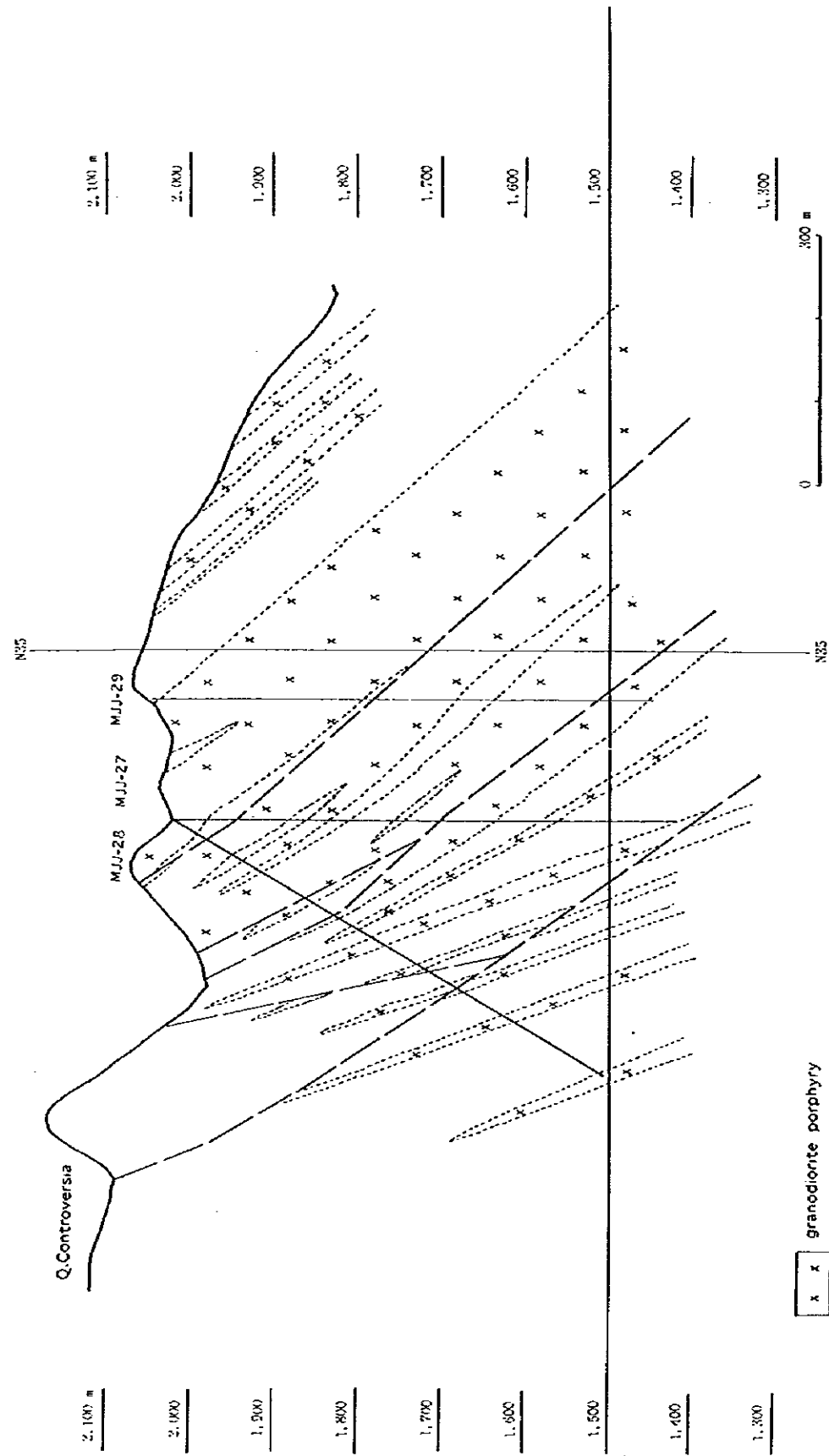


図II-1-2 インバオエステロ中央地区地質図

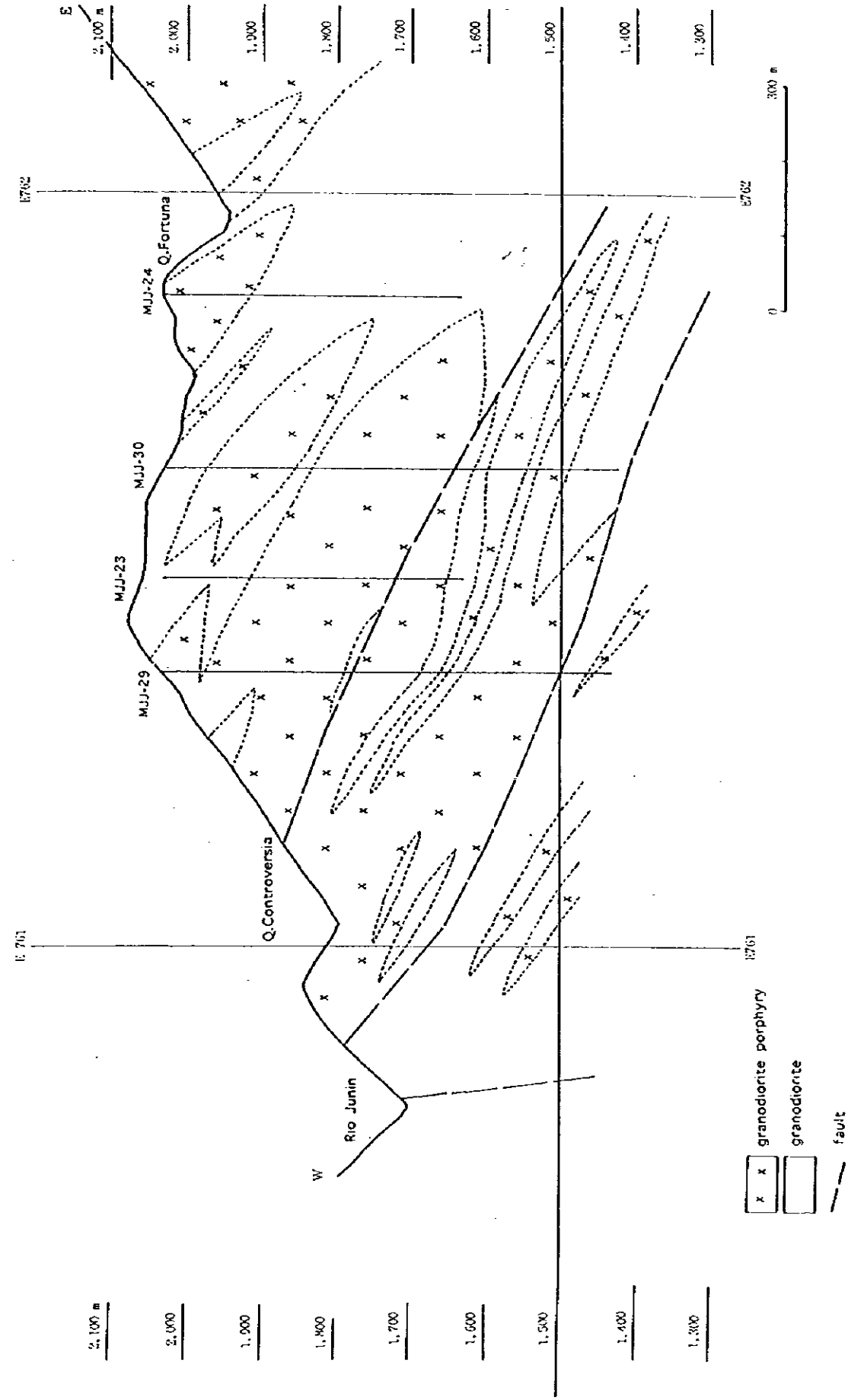
()

()

()

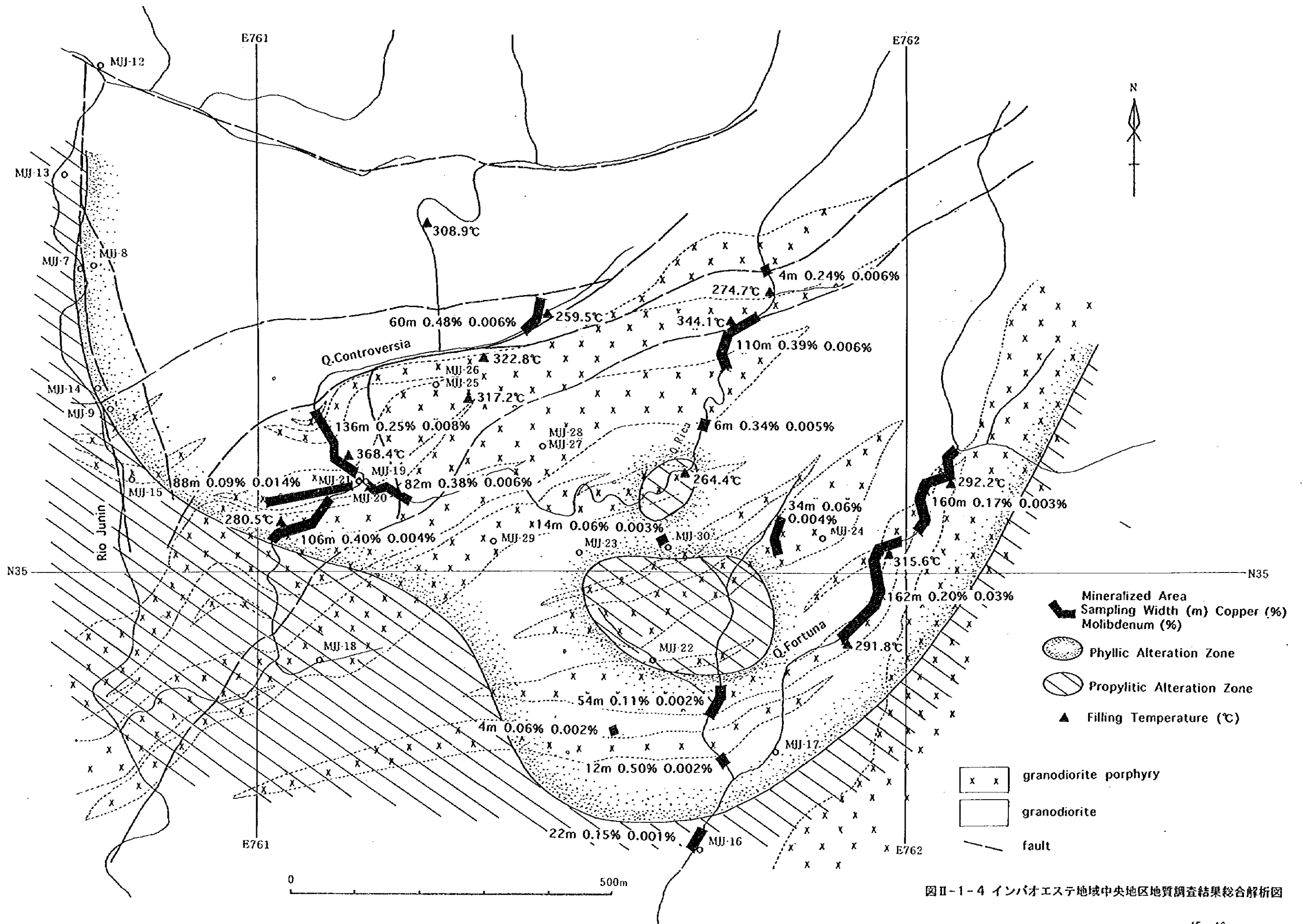


E761.430 断面図



図II-1-3 インバオエスチ地域中央地区地質断面図

N35.041 断面図



図II-1-4 インバオエステ地域中央地区地質調査結果総合解析図

