

第4章 鉱山開発計画調査

4-1 調査目的

調査の目的は、鉱山開発のための関係資料・情報の収集及び現地状況調査により今後の鉱山開発計画調査の調査内容を検討することである。

4-2 調査方法

本年度の調査は、鉱山、土木、環境、経済・法律の分野について関係資料・情報の収集を行った。

4-3 調査結果

本年度調査では、十分なデータが得られず、まだ不確定な事項が多いが、現地状況調査及び収集したデータに基づき調査結果を下記のようにまとめた。

4-3-1 地質鉱床と鉱量

(1) 探 鉱

本鉱床は未だ鉱体の輪郭が明確でなく、まず鉱体の規模を明らかにする必要がある。最終的に、当プロジェクトのような斑岩銅鉱床では、鉱体部分において 100m~120m グリッドまでボーリング調査が実施される。その後必要に応じ、探鉱坑道の開削等を実施する。

(2) 鉱量計算

ボーリング調査の結果に基づき、鉱量計算を実施する。現在は地質統計学的手法を用いた鉱量計算方法が主流である。鉱量計算の際予め現地の地形測量及び鉱石の比重計測を実施しておく。

4-3-2 採 鉱

(1) 採掘法の決定

鉱床の規模、形態、賦存状況、品位等により採掘方法を決定する。高品位部が遍在する場合を除けば本鉱床のような斑岩銅鉱床においては通常露天採掘法が最善と考えられる。以下露天採掘法を採用した銅鉱山のF/Sの手順に従い記述する。

(2) ピット設計

カットオフ品位の決定：カットオフ品位は採掘した岩石を鉱石として処理した場合と、ずりとして処理した場合の経済的効果が等しくなる品位として定義される。

ピット角度の決定：地質工学的検討を基にピット角度を決定する。

ピット最適化：上記条件で（一定の銅価・コスト(カットオフ品位)）、それ以上ネット価値が増加しない点までピットを拡大していく。そのピットを基に、現実的に採掘可能な程度にピットをスムーズ化する。その際採掘対象鉱量の内、予想鉱量が10%以下になるよう留意する。

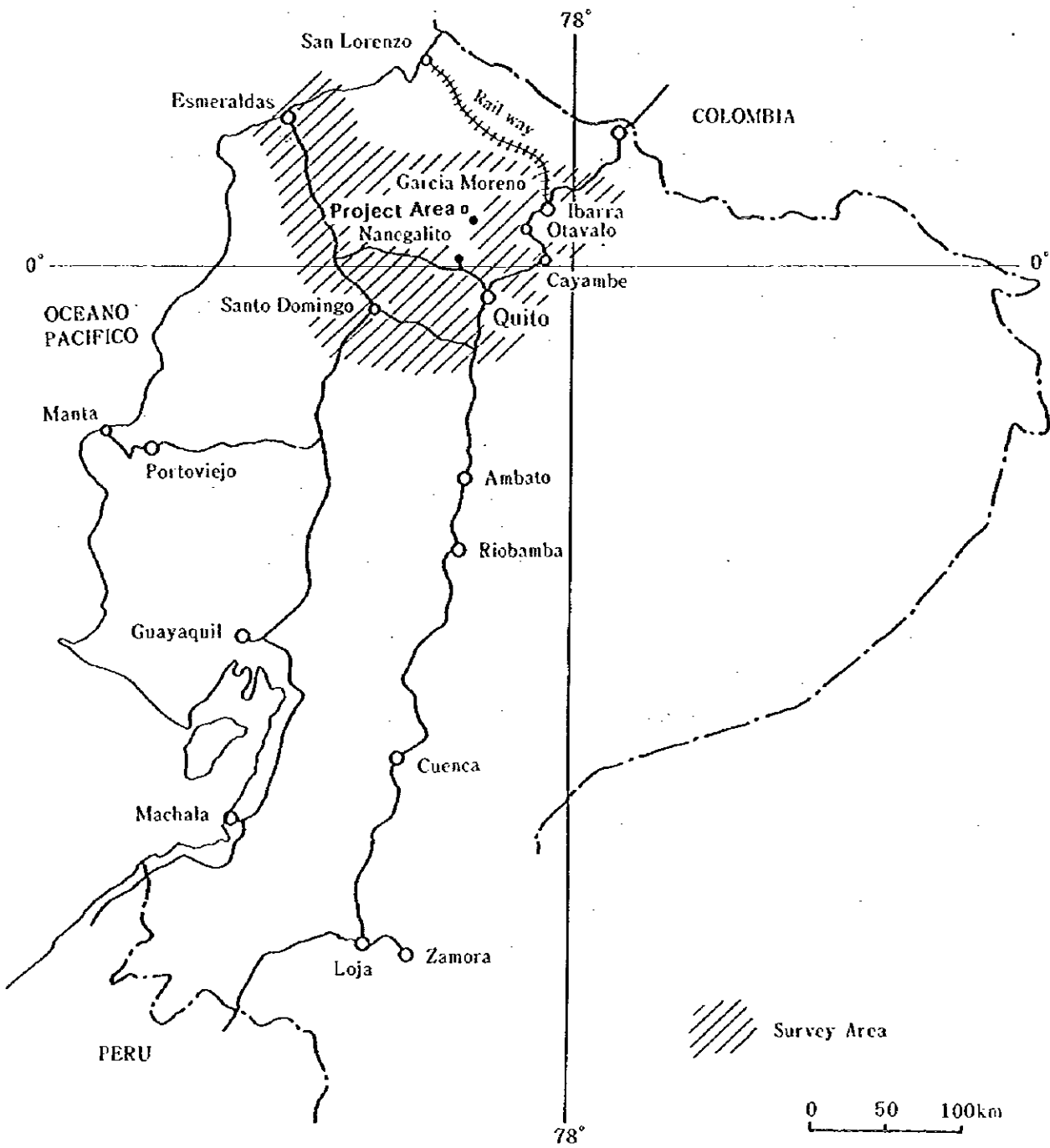


图 II-4-1 铀山开发计划调查位置图

年間鉱石生産量の決定：年間鉱石生産量は可採鉱量、使用可能水量、精鉱販売量、投下可能な資本額及びカントリーリスクを考慮して決定する。

採掘ピットの設計：選定された重機に基づきピットの設計諸元を決定し、最適ピットとあわせ、採掘ピットの設計を行う。

最大ピットの設計：ピット設計におけるカットオフ品位を下げ、もしくは予想鉱量をピット設計に取り入れ、考慮しうる最大ピットを設計する。各インフラストラクチャー／ファシリティは、その外部に配置する。

(3) 採掘スケジュール

設計されたピットを、決定された年間鉱石取扱量で採掘し、NPV（ネットプレゼントバリュー）が最大となるように採掘スケジュールを策定する。通常複数の採掘フェーズで採掘することとなる。

(4) 採鉱操業計画

鑿孔・発破：岩石強度及び使用ドリルより、鑿孔・発破諸元を決定する。また二次破碎のための鑿孔機を準備する。なおエクアドルでは、爆薬は単直轄の会社により専売されている。

積込・運搬：積込機の選定に当たっては、その移動性も重要なファクターとなる。トラックは、積込機のサイズに合わせ、適当なものを選定する。

(5) 重機計画

主要採鉱重機の能力：重機の年間実稼働時間及び実生産能力より各重機の年間生産能力を算定する。

年間必要台数：採掘スケジュール及び年間生産能力より各重機の年間必要台数を算定する。

(6) マイニングファシリティ

最大ピットの外側に Mining Office, Repair Shop 等の必要なマイニングファシリティを設計する。

(7) ずり堆積場

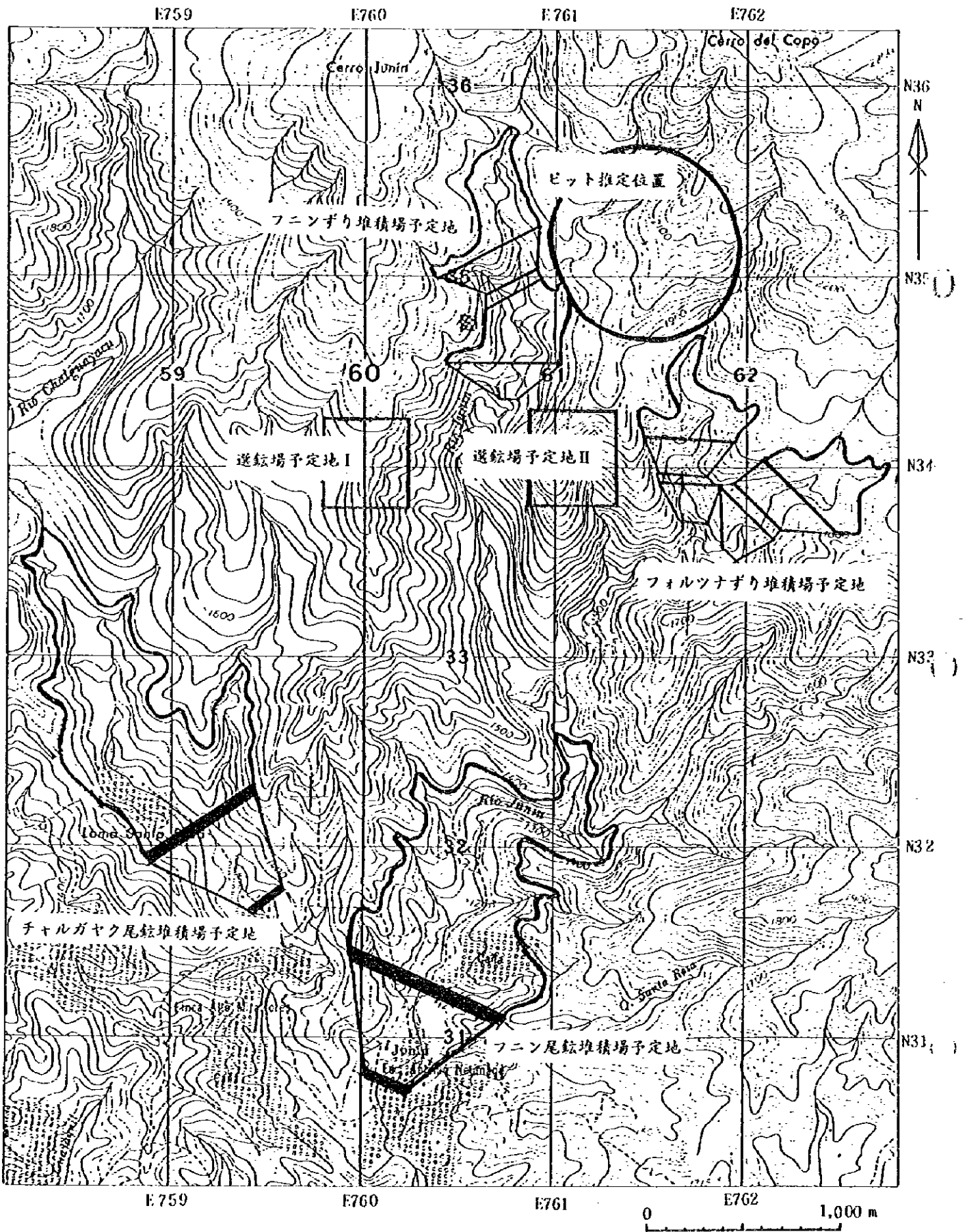
最大ピットの外側にずり堆積場を設計する。ずり堆積場の位置選定の主な条件としてはピットからの距離と地形である。

本地域の場合、地形が急峻であるため候補地は限られる。仮に堆積高さ 200 m、斜面傾斜 1:2.5、乾燥堆積密度 2.0 DMT/m³ で設計すると下記程度の容量を確保できる（図 II-4-2）。

a. フォルツナ沢（2ヶ所）：約 5,800 万トン（設計によりこれ以上可能）

b. フニン川：約 4,100 万トン

雨期には相当の降雨量が予想されるので、排水対策をとる必要がある。



図Ⅱ-4-2 鉱山建設施設検討図

(8) テクニカルサービス

テクニカルサービスとしてピットスタビリティ、ピット排水、重機修理などがある。

重機の修理については、エクアドル国内に重機ディーラーは存在するが、その修理能力は高くないといわれている。鉱山自身で修理する態勢を取る必要がある。

4-3-3 選 鉱

(1) 選鉱試験

選鉱試験を実施し、最適選鉱方法の決定及び選鉱設備を設計するため必要なデータを取る。岩種毎に、出来れば生産時の岩種比率を考慮したコンボジット毎に実施する。鉱物学的な調査検討（主要鉱物組成、鉱物粒子のサイズ）も重要である。当鉱床のような黄銅鉱、斑銅鉱を主要鉱物とする斑岩銅鉱床の場合、通常浮遊選鉱法が採用される。以下浮遊選鉱法を採用した銅鉱山のF/Sの手順に従い記述する。

(2) 選鉱デザインクライテリア

選鉱試験の結果に基づき、以下の選鉱デザインクライテリアを決定する。

- a. 日当たり処理量、稼働日数、年間処理量
- b. 選鉱実収率
- c. 精鉱品位
- d. 最適磨鉱粒度
- e. ワークインデックス
- f. 浮選使用試薬及び使用量
- g. 浮選段数、パルプ濃度及び浮選時間

(3) 選鉱フローシート及び選鉱機器の決定

決定した選鉱デザインクライテリアに基づき、選鉱フローシートを設計する。又年間処理鉱量から使用する選鉱機器の種類及びサイズを決定する。

(4) 選鉱場位置の決定

選鉱施設の必要面積は、選鉱機器及びそのレイアウトによって定まる。一般的に選鉱施設の位置は採掘ピットに出来るだけ近いことが望ましい。当プロジェクトの場合地形が急峻であるため、候補地が限られるが、下記の候補地が考えられる（図II-4-2）。

フニン川とフォルツナ沢間の尾根：ピットの位置によっては鉱石が持ち上げとなる可能性がある。

フニン川とチャルガヤク川間の尾根：運搬距離がやや遠くなる。

フニン川下流の適当な位置：ベルトコンベア等の鉱石輸送設備が必要となる

(5) 選鉱操業計画

破碎、磨鉱、浮選、脱水などについて計画する。

(6) 尾鉱処理

本調査地域の状況から判断して尾鉱を処理する方法としては、周辺の山谷部に尾鉱中のサンド分を分級してサンドダムを築堤し、その中にスライム分を処理する方法が最善と考えられる。ダムに処理する前にシクナーで濃縮するかどうかは、循環水使用の必要性及びダムと選鉱場の位置関係で定まる。また、本地域の地形が急峻であるため尾鉱ダムの候補地は限られる。仮にダム高さ 150 m、ダム斜面傾斜 1:3.5、尾鉱乾燥堆積密度 1.3 t/m³ で設計すると下記程度の容量を確保できる(図II-4-2)。

フニン川 : 約 8,200 万トン

チャルガヤク川 : 約 7,300 万トン

雨期には相当の降雨量が予想されるので、尾鉱ダム内部への雨水の流入を防ぐための山腹水路及び上流からの川を切り替える水路の建設が必要である。

(7) 精鉱輸送方法

以下の3通りの方法が考えられる。

a. トラック輸送

b. トラック輸送及び鉄道輸送

山元→イバラ(Ibarra): トラック輸送(未舗装道路=54 km、舗装道路=55 km)

イバラ→サン・ロレンソ(San Lorenzo): 鉄道輸送(150 km)

キト～イバラ間は15年程前に廃線となっている。イバラ～サン・ロレンソ間も一日1往復のみの運行であり、貨物輸送は行っていない。従って、鉄道輸送を採用する可能性はほとんどない。

c. パイプ流送

当プロジェクトは海岸まで直線距離で150 Kmと比較的短く、生産量によっては有力な方法である。パイプルートについては更に検討する必要がある。

(8) その他検討事項

① モリブデン分離浮選の可能性

当鉱床にはモリブデンが0.01%～0.02%含まれており、モリブデン価格、生産量によってはフォージブルに回収可能であると思われる。その場合にはまず銅・モリブデンパルク精鉱を生産し、それを分離浮選する事になる。

② インピットクラッシャー採用の可能性

ピット内運搬距離、生産量によってはインピットクラッシャーを採用した方が有利な場合がある。

③ SX-EW法採用の可能性

当鉱床には酸化帯は存在せず、また主要鉱物は黄銅鉱、斑銅鉱であり、SX-EW法採用の可能性はない。

④ オンストリームアナライザーの採用

4-3-4 インフラストラクチャー

(1) アクセロード

道路の一般的状況は、ピチンチャ(Pichincha)州が比較的良好なのに対し、インパブラ州特に当プロジェクトの周辺はかなり劣悪である。末端部分は住民の努力により維持されている状態である。従って如何に早くピチンチャ州側の道路に接続するかが一つのポイントとなる。アクセロードとして図Ⅱ-4-1 及び 図Ⅱ-4-3 に示す以下の候補がある。通行速度は非舗装道路で30~40 km/h、舗装道路で60~70 km/h程度と見積られる。

- a. 山元→エルペラド(El Pelado)→オタバロ(Otavalo)→キト→港 (エスメラルダス(Esmaldas)、グアヤキル(Guayaquil)、マンタ(Manta))
 - 山元→エルペラド：非舗装道路建設 (5~10 Km)
 - エルペラド→オタバロ：非舗装道路改修 (10 Km)、非舗装道路 (44 Km)、舗装道路 (28Km)
 - オタバロ→キト→港 (エスメラルダス、グアヤキル、マンタ)
- b. 山元→エルペラド→セルバアレグレ(Selva Alegre)→ナネガリート(Nanegalito)→エスメラルダス港
 - 山元→エルペラド：非舗装道路建設 (5~10Km)
 - エルペラド→セルバアレグレ→ナネガリート：非舗装道路改修 (10 Km)、非舗装道路(64 Km)、橋梁建設 1
 - ナネガリート→エスメラルダス港：舗装道路 (250Km)
- c. 山元→エルペラド→エルパルケ(II. El Prque)農園→インタグ川→ナネガリート→エスメラルダス港
 - 山元→エルペラド：非舗装道路建設 (5~10Km)
 - エルペラド→エルパルケ農園→インタグ川：非舗装道路建設 (2~4Km)、非舗装道路改修 (10 Km)、非舗装道路 (8 Km)、橋梁建設 1
 - インタグ川→ナネガリート→エスメラルダス港：非舗装道路 (43 Km)、舗装道路 (250Km)
- d. 山元→ロマネグラ(Lo,a Negra)→ガジャバンバ(Guayllabamba)川→サンロレンソ(San Lorenzo)部落→ナネガリート→エスメラルダス港
 - 山元→ロマネグラ→ガジャバンバ川：非舗装道路建設及び非舗装道路大改修 (15~20Km)、橋梁建設 1
 - インタグ川→サンロレンソ部落→ナネガリート：非舗装道路建設 (2~4Km)、非舗装道路改修 (13 Km)、非舗装道路 (15 km)
 - ナネガリート→エスメラルダス港：舗装道路 (250Km)
- e. 山元→チョンタルバホ(Chontal Bajo) (ガジャバンバ川) →アルメニア(La Armenia)→エスメラルダス港
 - 山元→チョンタルバホ (ガジャバンバ川)：非舗装道路建設 (15~20Km)、橋梁建設 1
 - チョンタルバホ (ガジャバンバ川) →アルメニア：非舗装道路建設 (1Km)、非

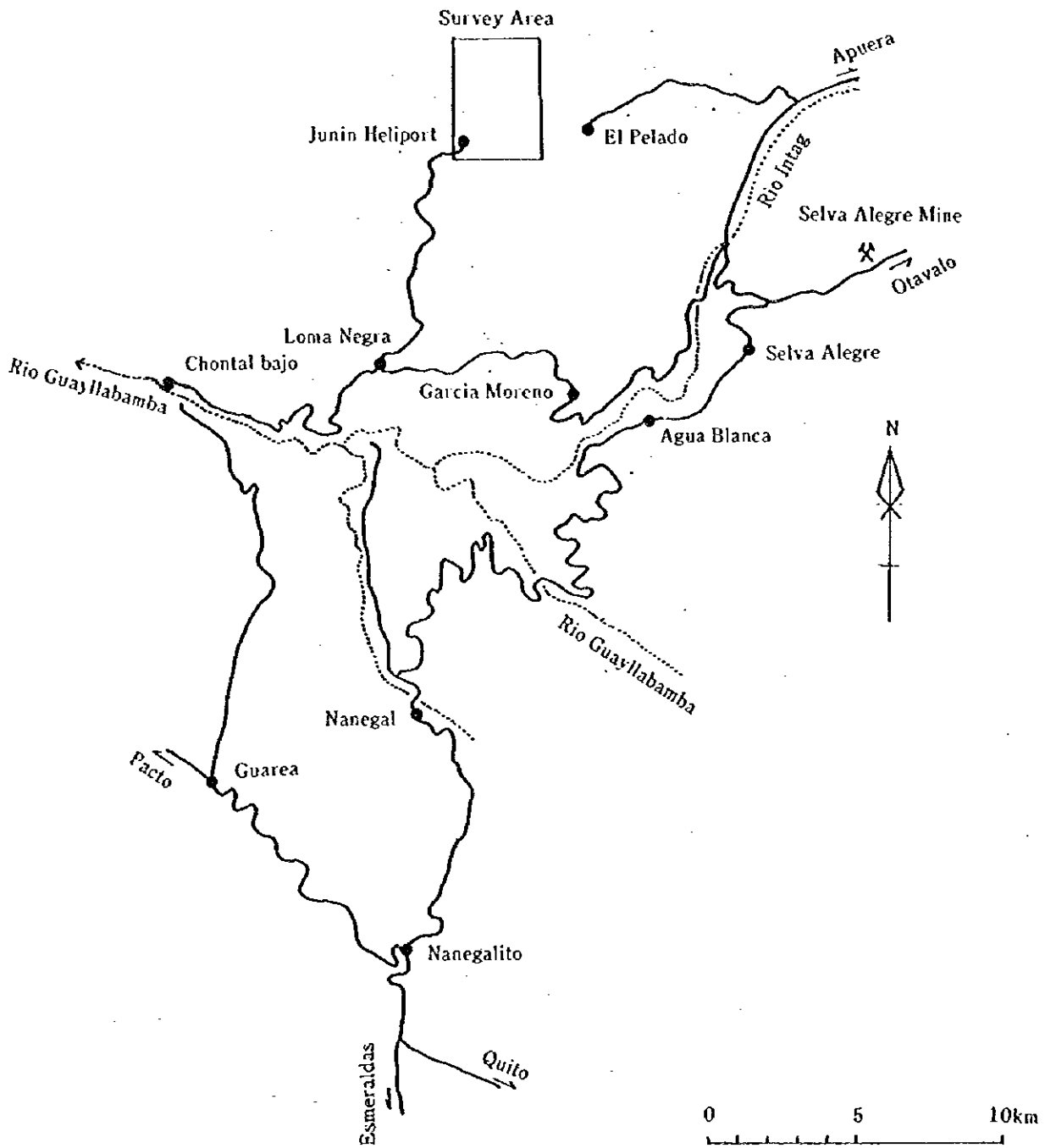


圖 II-4-3 既設道路調查圖

舗装道路改修 (33 Km)

アルメニア→エスメラルダス港：舗装道路 (245Km)

詳細なルートについては更に検討が必要である。

(2) 電力

電力供給方法として、以下の方法が考えられる。

a. ナショナルグリッドに接続して受電

エクアドルの電力供給能力は、かなり不足しており、停電が日常的に起こっている。現在インバブラ州へは、キト地区よりイバラのサブステーション (69 KV : 20 MW、34 KV : 30 MW) に給電し、そこからオタバロのセメント工場まで配電されている。しかし当プロジェクト地区一帯へは、22 KVにてキト地区より直接給電されている。いずれから受電するにしても 60km~100km 程度の送電線の建設 (電力供給会社が建設するのが建て前であるが、資金不足のため受電者が建設し、それを電力コストから差し引くという事になろう。)、サブステーションの建設等が必要となる。

b. インタグ川水力発電所 (計画中) より受電

現在ガルシアモレノ付近のインタグ川に出力 48 MW の水力発電所を建設する計画が進行中であり、順調にいけば二・三年後には発電開始となる予定である。

c. 自家発電

発電規模にもよるが、当プロジェクトの場合石油火力発電が最善と考えられる。最終的には起業費、電力コスト及び電力需要を考慮して最も有利な方法を採用するが、エクアドルの電力事情から判断すると自家発電することが最も無難な選択と思われる。

1) 電力設計諸元

電力需要：年間選鉱処理量 数百万トン規模で 20~30 MW 規模となる。

2) 電力費：

セルバ・アレグレ セメント工場では下記の電力費となっている。

自家発電 220 スクレ / kwh (バンカーオイル)

買電 240 スクレ / kwh (エメリンサ社の情報では US\$ 10/kwh)

3) 電力関係建設単価

送電線 : US \$ 60,000 / Km

サブステーション : US \$ 15 / KVA

(3) 用水

生産規模にもよるが、生産量 1 トン当りの使用水量は 2.5~3.0 m³ 程度となる。当プロジェクト付近の河川流量は豊富で、乾期においても充分需要を賄えると思われるが、今後取水点の決定に当たって取水点における流量を測定する必要がある。

当プロジェクト付近の乾期河川流量

フニン川 (フニン川フォルツナ沢の合流点直上) : 25 m³ / 分

フォルツナ沢 (フニン川フォルツナ沢の合流点直上) : 14 m³ / 分

(4) 港

① 精鉱積出港

以下の候補地がある。

a. エスメラルダス港

当プロジェクトから最も近い港である。精鉱ストックヤード、シッピングロード等の精鉱船積み設備を建設する余地は十分にある。

b. サンロレンソ港

鉄道を用いて精鉱輸送した場合は当港を使用することになる。全くの自然港で、港湾設備はほとんど無いとのこと。使用するにはこれらの建設が必要となる。

c. 新規港建設

当プロジェクトから最も近い海岸にエスメラルダス港があるので、同港が使用可能ならば新たに港湾・船積み設備を建設するメリットはない。

② 資材荷上港

以下の候補地がある。

a. エスメラルダス港

年間取扱量は約 50 万トン、セルバアレグレセメント工場で用いる石膏等の取り扱いをしている。

b. グアヤキル港

年間取扱量は約 500 万トン、セルバアレグレ石灰石鉱山で使用している重機類はここで荷上げされた。

(5) 通信

エクアドルでは現在電話公社 (IMETEL) の民営化が進行中であるが、現状の通信インフラはかなり貧弱であり、改善が見られないならば、独自に何らかの対策をとる必要があると思われる。

(6) キャンプ/ハウジング/福祉施設

当プロジェクトは市街地より遠隔の地にあるのでキャンプまたは社宅及び福祉施設を建設する。

4-3-5 操業形態・組織及び人員計画

操業形態及び組織より必要人員を算定する。コントラクターの必要性及びその能力に応じ、コントラクターの使用も検討する。

4-3-6 開発スケジュール

必要な許認可取得にかかる期間、エンジニアリングに要する期間、主要機器のデリバリータイム及び各建設工事期間を考慮して開発スケジュールを作成する。

4-3-7 鉱山開発・操業に関する諸法律及び権利

(1) 鉱山開発・操業に関する権利関係の確認

① 地表権

本年度調査では、鉱山開発対象区域の土地所有権をコタカチの登記所にて調べたが、土地所有についての登記はなされていない状況である。

② 探鉱権

調査区域は、現在特別鉱業区域(Special mining zone)に設定されている。

③ 鉱業権 (探掘権)

④ その他の諸権利 (インフラ関係施設建設権、使用权、水利権等)

(2) 鉱山開発・操業に必要な許認可

鉱山開発・操業に必要な許認可のリストアップ及び許認可取得に要する期間の調査。

4-3-8 その他必要検討事項

① 金属価格の予測

将来の需給予測及び将来の鉱山生産コスト予測より金属価格を予測する。数組織から銅価格の予測が出されているが、ここ数年間は $\text{€}80 \sim \text{€}90 / 1 \text{ b}$ の低銅価が続き、その後回復していくと予想されている。長期的に見れば、現時点において銅価 $\text{€}90 \sim \text{€}100 / 1 \text{ b}$ で見ておくのが妥当と思われる。

② カントリーリスクの評価

投資国が投資可能な国かどうか判断するため、政治情勢、経済情勢、外資導入策、社会・治安状況につきカントリーリスクの評価を行う。

③ マーケティング

ファイナンスを受けるためには生産量の70%程度のマーケティングが終了していることが必要である。現在世界的に見ると大鉱山の開発が進んでおり、買い手市場といえる。

④ ファイナンス

⑤ 製錬所の建設

当プロジェクトの銅生産量また現在エクアドルでは銅生産がないことを考えると、当プロジェクトで製錬所を建設する可能性は皆無である。

⑥ 鉱業税制

本年度調査で得られた鉱業税制の主なものを下記する。

鉱区税：探鉱権 (期間2年間、2年毎に2回まで延長可能)

1-2年目 1,000 sucre/ha/year

3-4年目 3,000 sucre/ha/year

5-6年目 5,000 sucre/ha/year

探掘権 3,000 sucre/ha/year

鉱産税：年間生産額の3%

輸入税：免税に近い低率

輸出税：免税であるが、FOB 価格の 0.5% を児童保護基金に拠出する。

付加価値税：免税

所得税：25%

4-3-9 経済的評価

生産計画、起業費及び操業費より採算計算を実施し、プロジェクトの経済的評価をする。評価のインディケータとして DCF（ディスカунテッドキャッシュフロー）法の NPV、IRR（内部利益率）や各種の ROI（投資利益率）及びペイバックピリオド等が用いられる。またセンシティブティアナリシスを実施し、各種のパラメータを変化させた場合、経済的評価がどの様に变化するかを検討する。

4-3-10 環境

本地域の北部には、コタカチ・カヤパ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（図 II-4-4）。しかし、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ついて十分考慮した鉱山開発計画を行うことが重要である。従って、今後はより具体的な鉱山開発計画案に基づき、各種の環境基準を準拠した、環境影響評価が必要となる。

（1）本年度調査結果

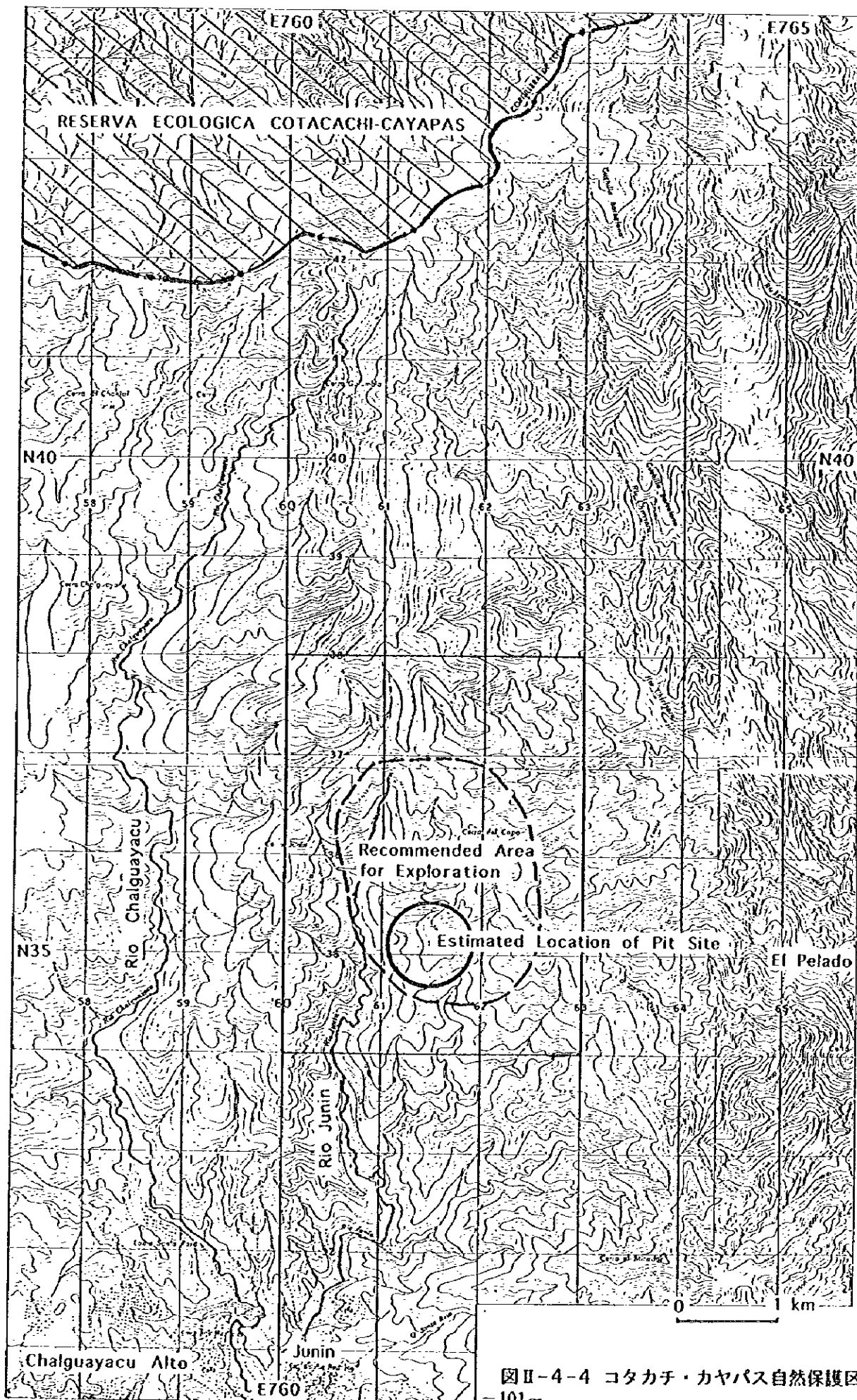
本年度の調査では、フニンヘリポートに気象観測機器を設置し、気温、湿度、降雨量、風向、風速等の気象データの収集を行った。気象データの収集は、1年間継続して行うこととしている。平成 8 年 11 月 20 日から平成 9 年 1 月 10 日までの測定の結果、下記のようなデータを得た。

- a. 気温：最高 23.0℃、最低 13.0℃であった。
- b. 湿度：90%以上の場合が多く、最低で 67%であった。
- c. 降雨量：乾期から雨期への移行期であり、まだ余り多くないが、11月では日平均 0.8 mm、12月では日平均 4.5 mm、1月では日平均 12.2 mm を示した。1日降雨量の最大は 34 mm に達した。
- d. 最多風向：昼間は S、夜間は NNW であった。
- e. 最大風速：5.20 m/sec であった。

（2）今後の影響評価調査

環境調査項目として下記があるが、平成 7 年度調査において、「及び」を除き、事前現状調査がなされている。

- ① 地形
- ② 気象
- ③ 大気質
- ④ 水象
- ⑤ 水質



図II-4-4 コタカチ・カヤパス自然保護区位置図

- ⑥ 土壌質
- ⑦ 騒音
- ⑧ 生物学的背景
- ⑨ 社会的・経済的背景
- ⑩ 歴史・考古学的背景（遺跡の有無）
- ⑪ 住民運動、環境団体等の動向

今後、具体的な鉱山開発計画案に基づき、ピット、尾鉱ダム、精鉱流送パイプ、道路、港湾施設等における粉塵、排水、騒音等の環境への影響を評価し、それへの対策を検討する必要がある。また、住民の鉱山開発に対する意識についても調査する必要がある。

（3）閉山処理

エクアドルでは、ずり堆積場を安定な状態で残すこと以外に、閉山処理については明確に規定されていないが、一般的に閉山後に取らなければならない可能性のある処置は以下である。

- ① 鉱山施設撤去。
- ② ピット、鉱山施設跡、ずり堆積場及び尾鉱ダムの覆土、植栽。
- ③ ピット、ずり堆積場及び尾鉱ダムからの酸性廃水の処理。
- ④ ずり堆積場及び尾鉱ダムを将来にわたり安定した状態にしておくこと。

4-4 資料収集概要

本年度に収集した資料は、巻末 37 に示すが、現地状況調査で下記のような情報を得た。

4-4-1 エクアドル一般鉱業情勢

エクアドルは、以前金、銀の産出国として知られていた。しかし、1970年代以降、石油の開発、生産が脚光を浴び、外貨獲得源としてエクアドル経済を支える重要な柱となった。その後、石油資源の枯渇に備えて、エクアドル政府は金属及び非金属の鉱山の探査・開発にも力を入れることとなり、特に1980年代後半から鉱業法の制定をはじめ、鉱物資源開発への外資参入を促進する政策を続けている。例えば、金の生産は、従来年間10トン程度であったものが、1995年には16トンとなっている。この傾向は現在外資系企業により活発に進められている金鉱床の探鉱により更に強くなると期待されており、GNPの1%に満たない鉱業生産が21世紀初頭にはGNP3%まで伸びると見込まれている。

4-4-2 セルバ・アレグレ石灰石鉱山及びセメント工場

調査地域の東部にあるセルバ・アレグレ石灰石鉱山及びセメント工場において下記の情報を得た。

会社設立：1976年、現在はスペイン資本が51%保有。

探 鉱：カナダ探鉱会社により約3年間、ボーリング調査（8孔）を実施し、3鉱体のうち1鉱体のみで170百万トンを確認した。

生 産：1979年採掘開始。現在、日産1,600トンであり、全量オタパロ坑外の自社セメ

ント工場に供給している。

人 員：鉱山長以下全部で20名。

輸 送：山元から工場間の65 kmを20トンダンプカー（60台）で輸送。ダンプカーによる輸送は個人業者が請け負っている。また、資機材の輸送はエスメラルダス港から500 km、7時間で行っている。

道 路：地方自治体と会社が共同で、年間維持費5－6億スクレで道路の管理を行っている。

電 力：自家発電（335 kW）によっている。1997年から破砕システム変更により自家発電675 kWとなる。セメント工場では買電と自家発電によっているが、インタグ川の水力発電所が完成すれば、ここから買電の予定。

4-4-3 エスメラルダス港

水 深：12.5 m、干満の差は1 m。

埠 頭：2ヶ所。補助埠頭が1ヶ所。同時に2－3隻が接岸可能。最大6万トンの船が入港した実績ある。現在の埠頭の延長及び新規埠頭建設の予定ある。

クレーン：2台（各100トン）。

取扱高：出入荷合計で年間50万トン。石油は別の港。

輸出；バナナ、ユーカリ材、魚。

輸入；セメント、尿素、石膏、自動車、電気製品、肥料、鉄材。

人 員：156名。管理部門を除き、民営化の予定。

用地借用：US\$ 17/m²・月

4-4-4 エクアドル電力事情

エクアドルの電力事情は悪く、乾期の水不足により水力発電所の発電量が低下し、毎年のように停電がある。

現在の発電設備能力：2,700 MW.

水力；1,500 MW

火力；1,200 MW

電力需要：1,800 MW

国营電力会社（INECEL）：2年以内に民営化の予定。

インバブラ州の電力事情：エメルノルテ社が担当。自社の水力発電のほかに、キト電力会社から供給を受け、一部はコロンビアの電力（7 MW）も受け入れている。

インタグ川水力発電計画：

会社名； Empresa Electrica Intag S.A.（エメリンサ社）。

位 置；ガルシアモレノ東方2 kmのアグア・ブランカに発電所を建設。インタグ川北岸に7 kmのトンネルにより導水。

発電量：48 MW。

工事期間：需要先との契約交渉を含め、24ヶ月間。現在交渉中の相手はセルバアレグレ・セメント会社（12 MW）とキト電力会社（36 MW）。

建設費：70百万ドル。

4-5 今後の取り組み

今後プレF/Sを実施するのに必要な作業として以下事項が考えられる。

- ◎① 追加試錐
- ◎② 岩石物性の測定（密度、強度等）
- ◎③ 正確な地形図の作成
- ◎④ 鉱量計算
 - ⑤ 地質工学的スタディ
 - 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 すり及び選鉱尾鉱からの酸性排水発生可能性試験
 - ⑩ インフラストラクチャーの設計
- ◎⑪ 環境影響調査
 - ⑫ 鉱山開発・操業に必要な許認可・権利関係の調査
 - ⑬ 起業費の見積もり
 - ⑭ 操業費の見積もり
 - ⑮ プロジェクト採算性の検討
 - ⑯ その他必要検討事項の調査

◎印は特に重要で早急に実施すべきと考えられる。

III部 結論及び提言

Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論

調査結果の結論は、下記の通りである。

1-1 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 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（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、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（図Ⅱ-1-4）。コントロールベルシア沢中流の鉍化及びリカ沢上流の鉍化は、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。コントロールベルシア沢支流の鉍化は、鉍化が断層と関係していることを示すものと考えられる。

1) コントロールベルシア沢中流

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 及び MJJ-20 孔の延長と考える。

2) コントロールベルシア沢支流

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。

顕微鏡観察の結果、二次的硫化鉍物として、銅藍及び輝銅鉍を認めたことから、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

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、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。

1-2 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、弱変質で黄鉄鉍の多い鉍化の可能性が高い。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鉍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、中変質で弱い鉍化を示す。深部では低Cu、低S、高Naで高い比抵抗であり、弱変質、弱い鉍化を示す。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鉍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、MJJ-17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、良好な銅鉍化の存在を示していないが、東方深部に潜在する鉍化帯の西端を示すものかもしれない。

本調査から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。

1-3 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、輝銅鉱及び輝水鉛鉱からなる鉱化を捕捉した。6本のうち、MJJ-27、MJJ-29及びMJJ-30では強変質を伴う鉱染状の産状を多く認め、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。

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、コントロベ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（図1-5-2）。また、断層付近で高い品位を示す（図1-5-2）。

下記のような鉱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、本地区の鉱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。

鉱化は、花崗閃緑斑岩の多いMJJ-29及びMJJ-30孔で顕著であり、斑岩の少ないMJJ-26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、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られる。また、断層付近で鉱化が認められることから鉱化は断層とも密接な関係にあると考えられる。断層中の際には、鉱化を受けた稜を認めること、また断層中に黄銅鉱の鉱染を認めることから、断層は鉱化作用の前後にあったものと推定される。

銅鉱化は、主として斑岩及び花崗閃緑岩中の割れ目にある黄鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、ダイジェナイト、砒四面銅鉱からなる。変質の著しい部分では、これらの硫化銅物が鉱染状に認められ高い品位を示す。

モリブデン鉱化について、輝水鉛鉱は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考えられる。

粉末X線回折試験の結果、石英-カリ長石-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-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られる。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。

化学分析の結果、鉍化部は Na 1%以下の範囲に一致している。

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、ダイジエ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。良好な鉍化の認められる 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、鉍化が優勢でない MJJ-26 孔、MJJ-28 孔、MJJ-30 孔上部では、300℃以下の温度である（図 II-1-4）。また、MJJ-25 孔の 319.20 m では、固相が観察され。塩濃度 36%~38%を得た。

年代測定の結果、強変質岩では $5.94 \pm 0.13\text{Ma}$ 、花崗閃緑斑岩では $5.88 \pm 0.13\text{Ma}$ がそれぞれ得られた。 $5.94 \pm 0.13\text{Ma}$ は、鉍化作用の年代を示すと推定される。

1-4 鉍山開発計画調査

本年度調査では、インバオエステ地域の鉍山開発を検討するため、鉍山、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) 鉍山開発計画策定のための基礎資料

探鉍調査が不十分であり、鉍床の形態及び鉍量、品位を早急に確定する必要がある。また、開発対象鉍床が斑岩銅鉍床であり、坑内掘りより露天掘採掘法が考えられる（図 II-4-2）。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、鉍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

鉍業法等の鉍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、インバオエステ地域の鉍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として、下記のような作業の実施が考えられる。

- 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) 鉍量計算
- 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。しかし、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、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（図Ⅱ-4-4）、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る。

第2章 提言

本年度の調査結果から、コントロールベシア沢、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、本年度調査地区の北部にはベルデ沢に鉱化帯が知られており、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（ブレ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、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1-6-1）。

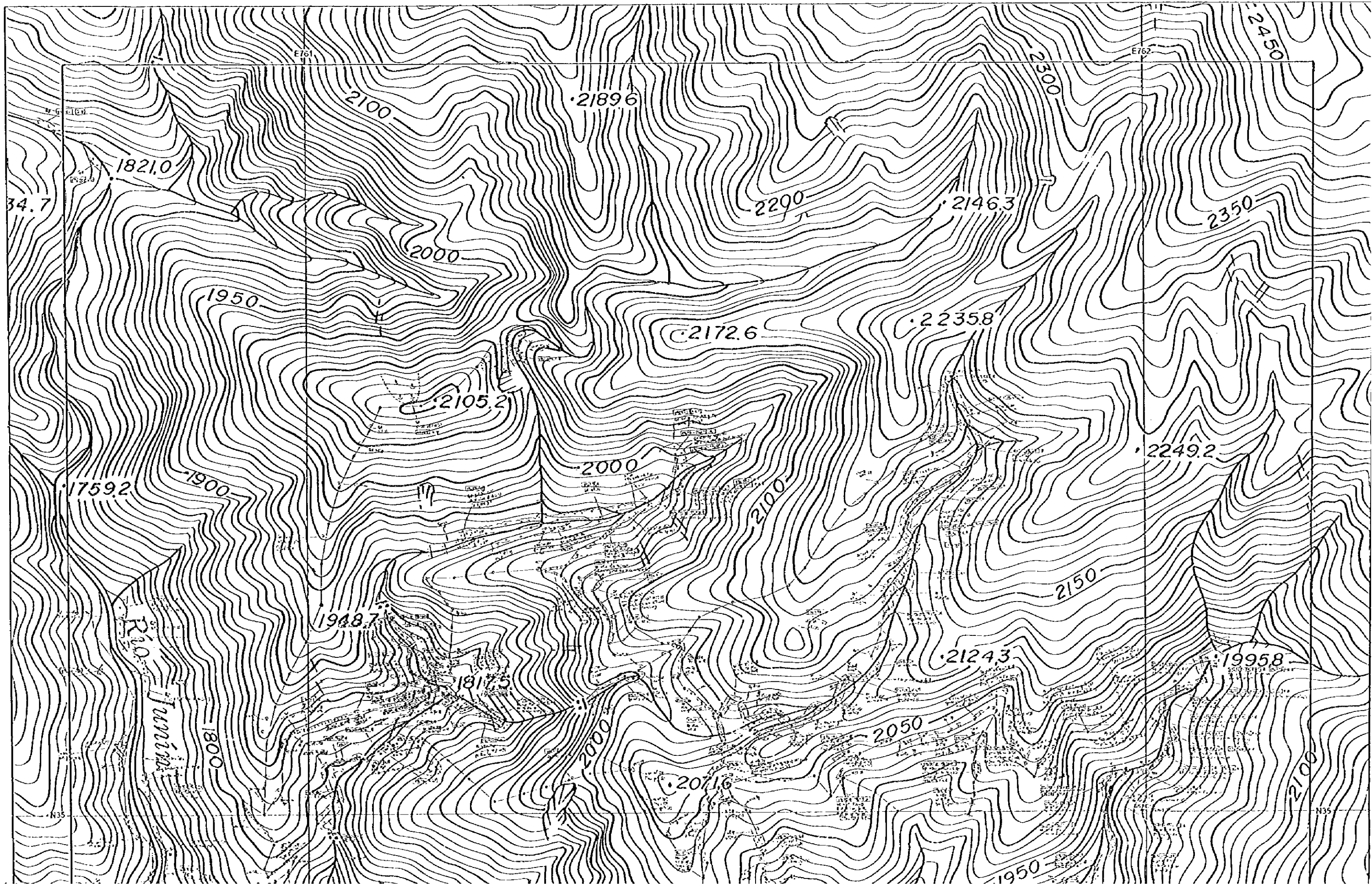
- 1)地質調査：コントロールベシア沢、リカ沢、フォルツナ沢、ベルデ沢にてトレンチを併用した地質精査
- 2)物理探査：ベルデ沢を含む本年度調査地域の北部及び北東部を対象としたCSAMT法
- 3)ボーリング調査：フニン川東部、コントロールベシア沢中流、リカ沢中流から上流、フォルツナ沢西部
- 4)ブレF/S
- 5)環境影響評価調査

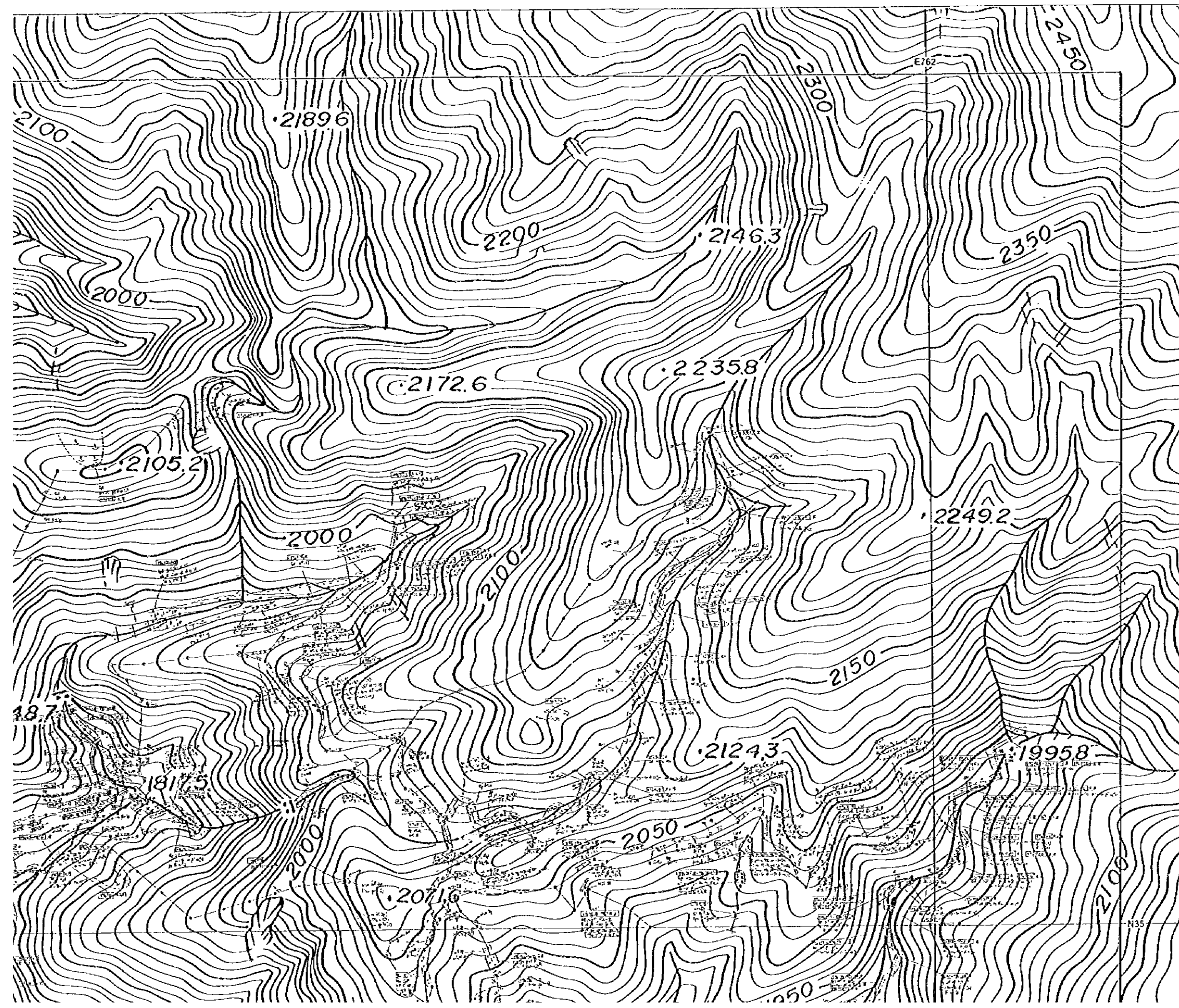
参考文献

- Anderson W.L.(1974): Electromagnetic fields about a finite wire source, U.S.G.S., US Dept of Comm., NTIS.
- Camara de Minería del Ecuador (1991): Ecuadorian Mining Law.
- Gustafson L.B.and Hunt J.P.(1975): The porphyry copper deposit at el Salvador, Chile. Economic Geology Vol.70, No.5.
- Hollister V.F. (1978): Geology of the Porphyry Copper Deposits of the Western Hemisphere, Society of mining engineers.
- INEFAN (1996): Sistema nacional de áreas protegidas del Ecuador.
- INEMIN, AGCD-ABOS (1988): Proyecto desarrollo del sector minero en el Ecuador.
- JICA/MMAJ (1992): Report on the cooperative mineral exploration in the Junin area, Republic of Ecuador.
- JICA/MMAJ (1993): Report on the cooperative mineral exploration in the Junin area, Republic of Ecuador.
- JICA/MMAJ (1995): Report on the cooperative mineral exploration in the Junin and Cuellaje area, Republic of Ecuador.
- JICA/MMAJ (1996): Informe final sobre la exploración mineral de cooperación técnica en las áreas de Junin y Cuellaje, Republica del Ecuador.
- Ministero de Energia y Overseas Development Administration (1993): Mapa geológico de la Republica del Ecuador.
- 内田・小川(1993):平滑化制約付き MT 法 2 次元インバージョンプログラムの開発 ; 工業技術院地質調査所研究資料集

卷 末

卷末1 インバオエステ地域ルートマップ



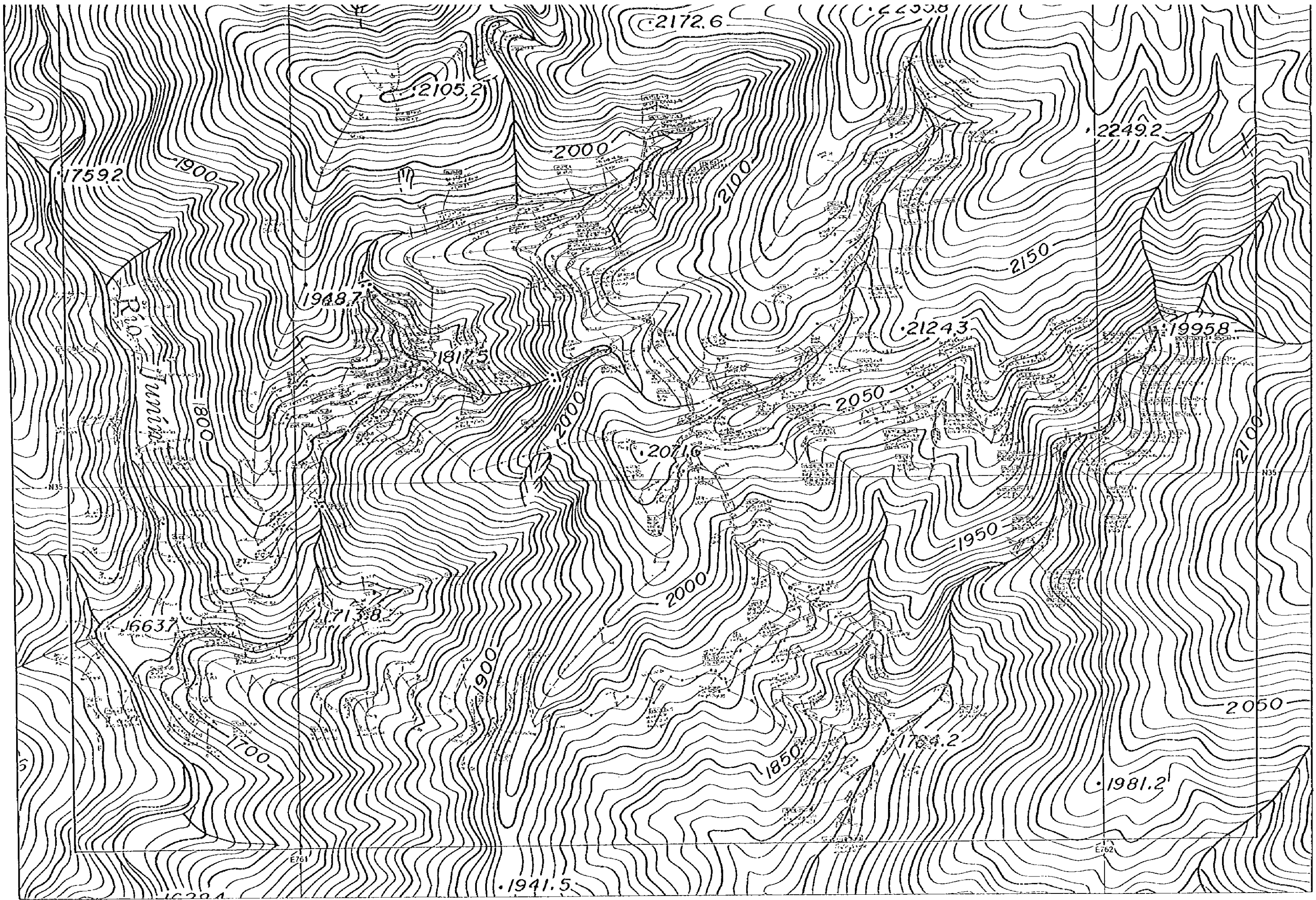


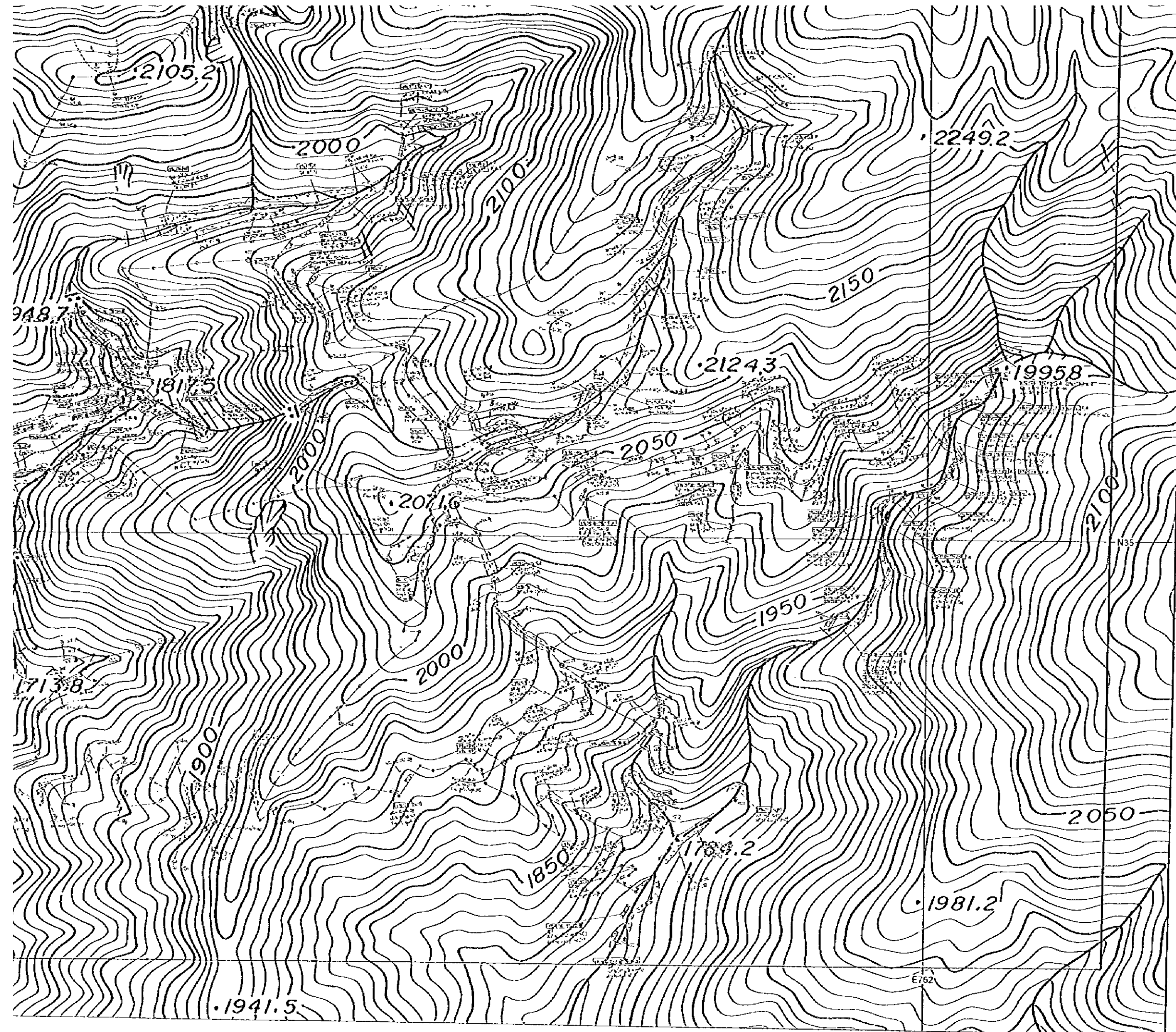
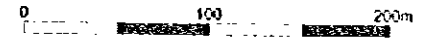
MINERAL EXPLORATION in the IMBAOESTE AREA
REPUBLIC of ECUADOR

**GEOLOGICAL SURVEY MAP
OF THE CENTRAL ZONE
IMBAOESTE AREA
(1:2,000)**

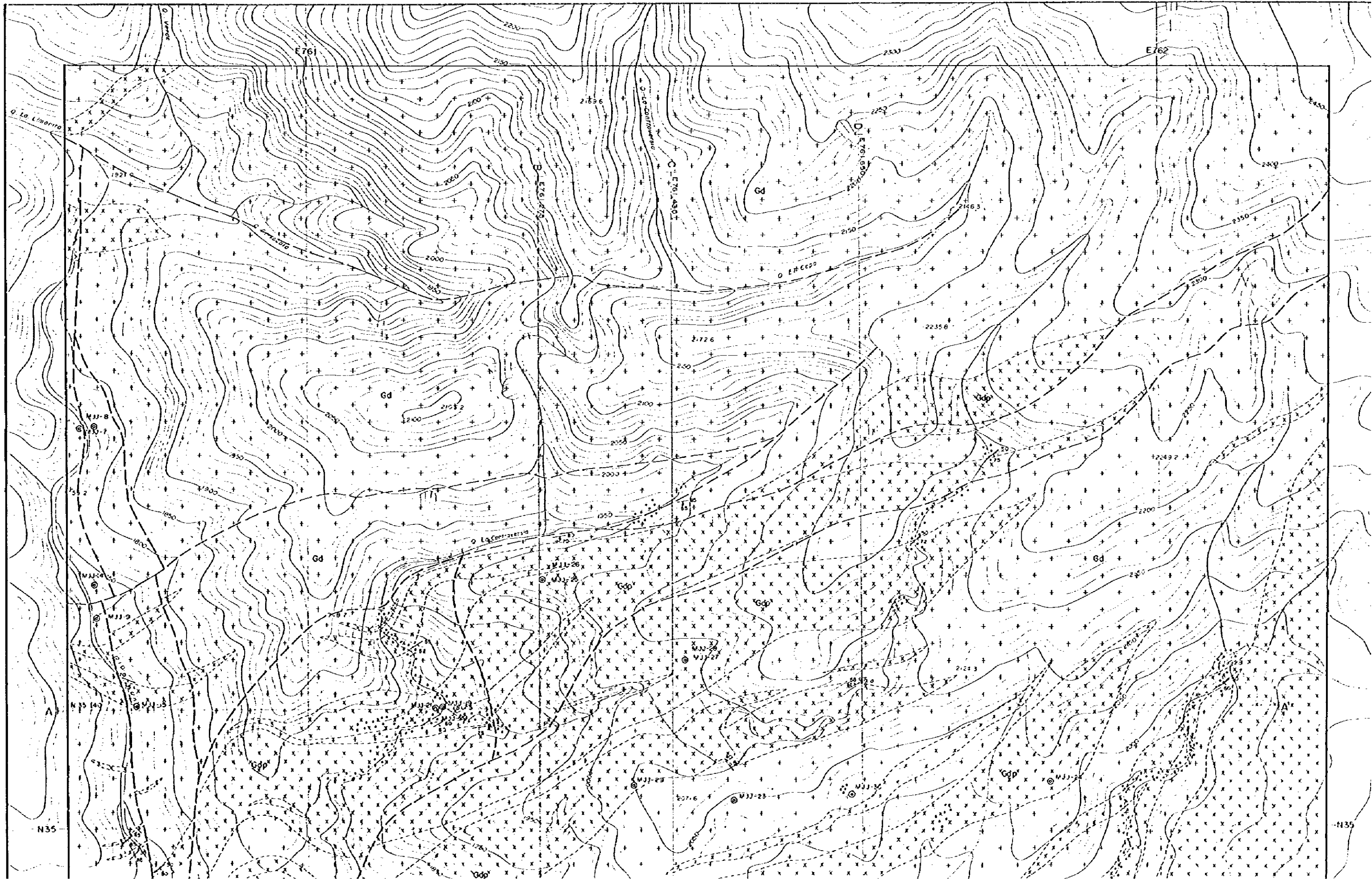
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN
MARCH 1987

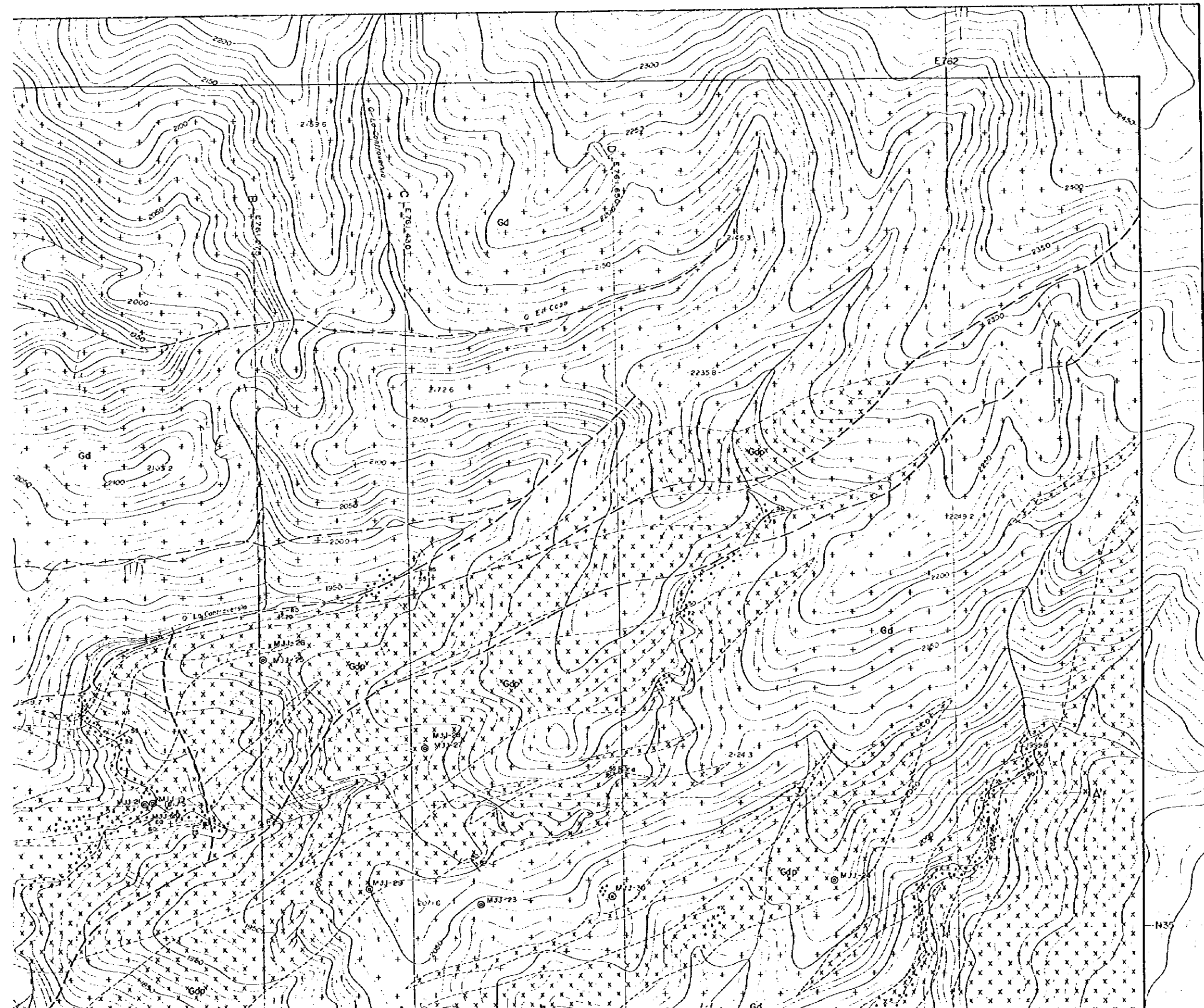






巻末2 インバオエステ地域中央地区地質図

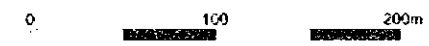




MINERAL EXPLORATION in the IMBAOESTE AREA
REPUBLIC of ECUADOR

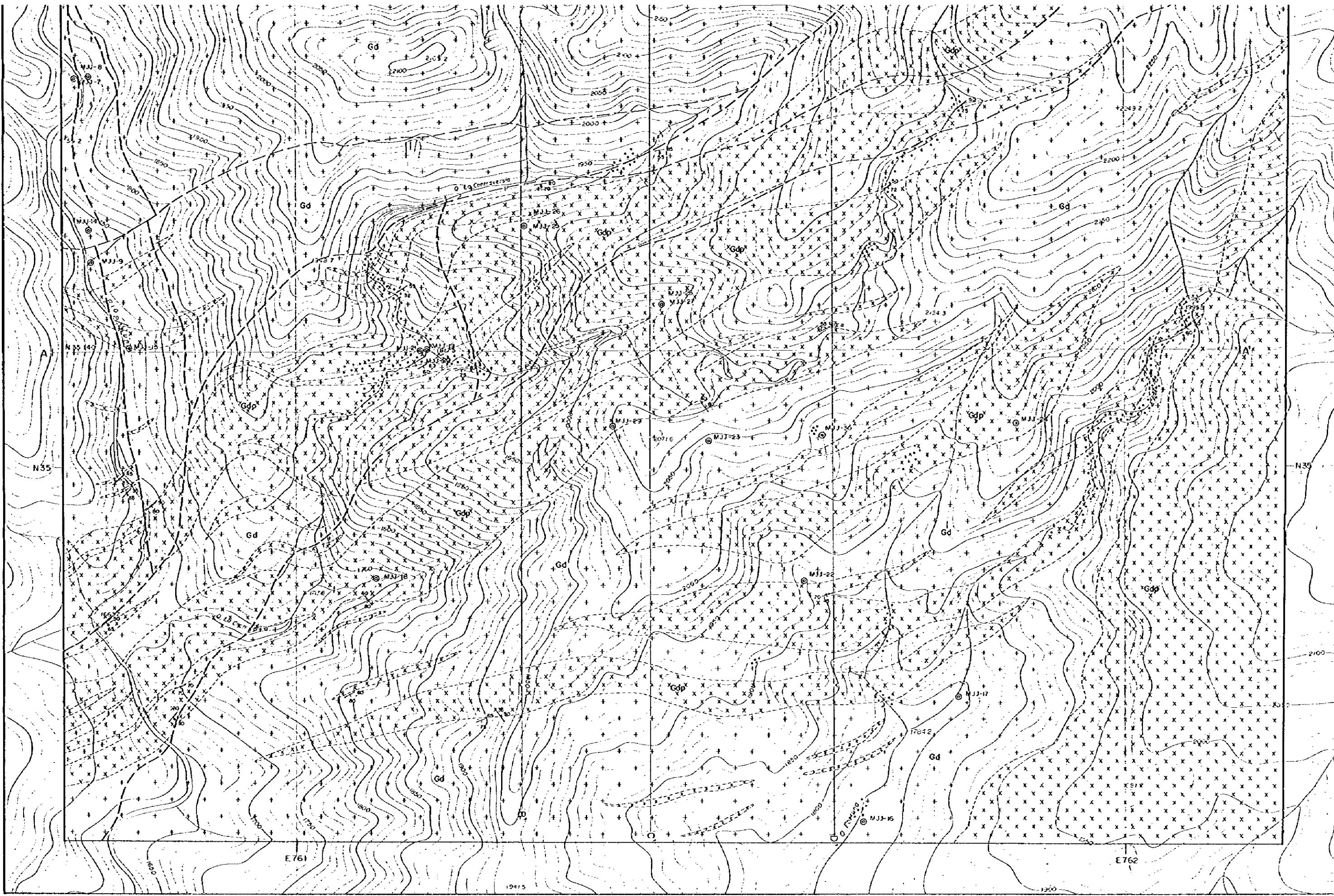
**GEOLOGIC MAP OF THE CENTRAL ZONE
IMBAOESTE AREA
(1:2,000)**

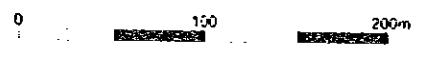
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
METAL MINING AGENCY OF JAPAN
MARCH 1987



LEGEND

- GEOLOGY**
- Gdp Granodiorite porphyry
 - Gd Granodiorite
 - Fault
 - - - Geologic contact
 - ↗ Strike and dip
- MINERALIZATION**
- Copper mineralization
- DRILLING**
- MJ-29 Drill hole and number
 - A—A Geological section line





LEGEND

GEOLOGY

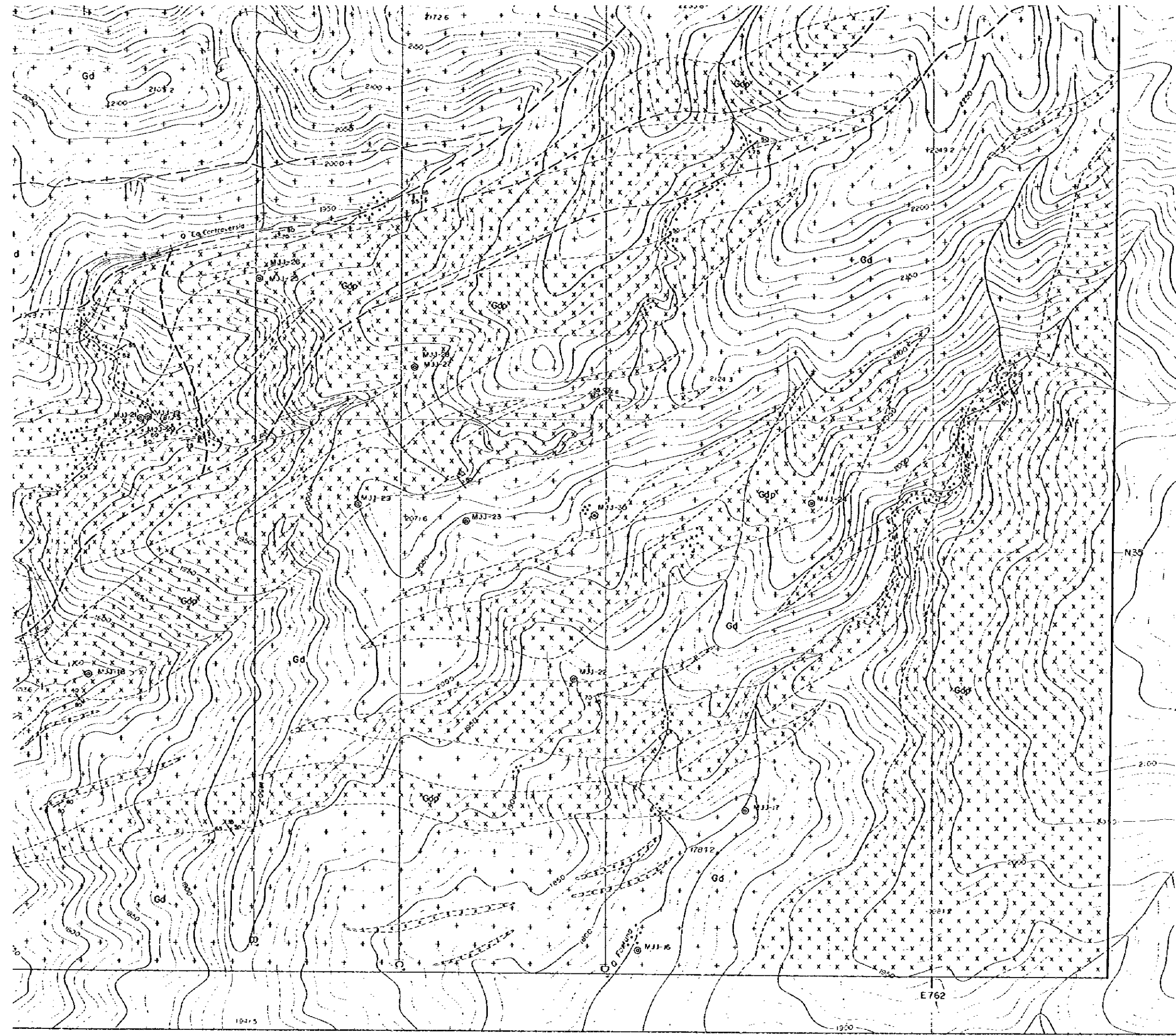
- Gdp Grandiorite porphyry
- Gd Grandiorite
- Fault
- Geologic contact
- Strike and dip

MINERALIZATION

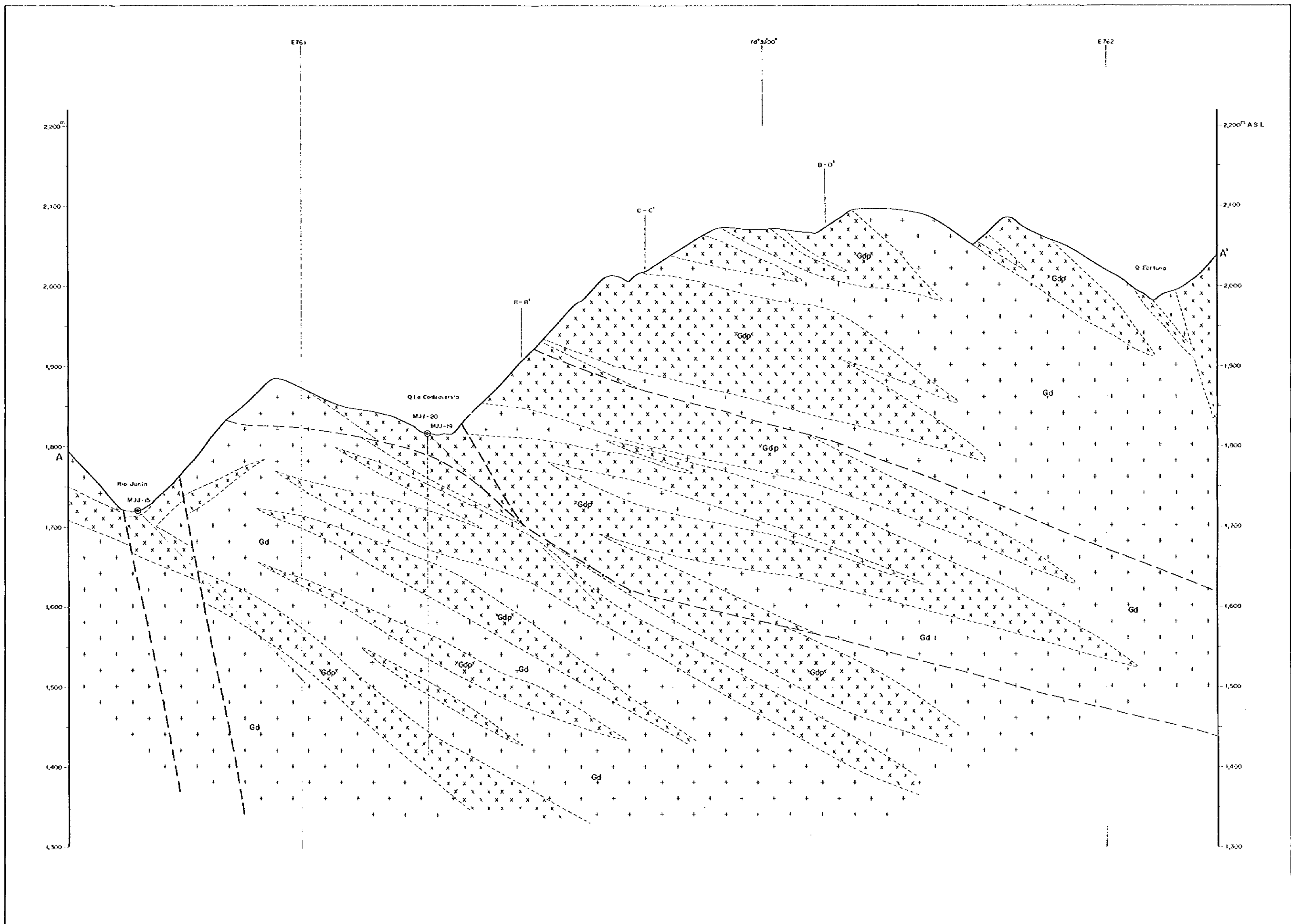
- Copper mineralization

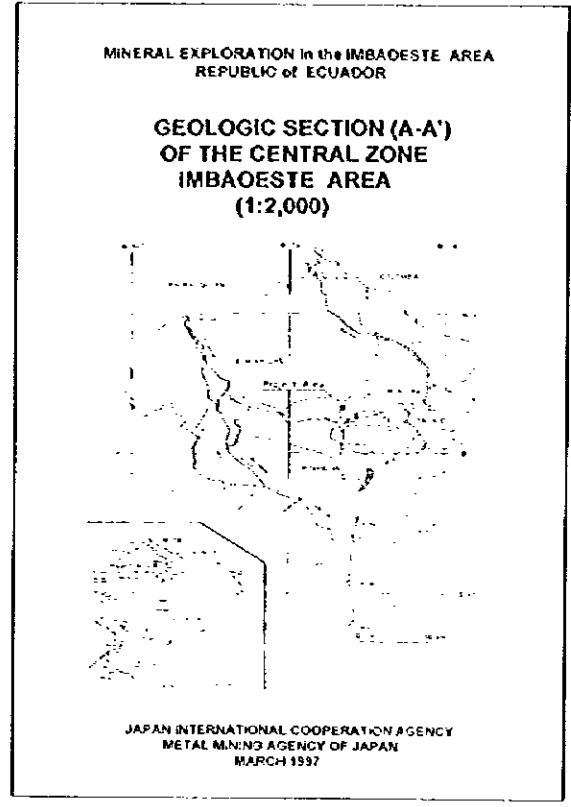
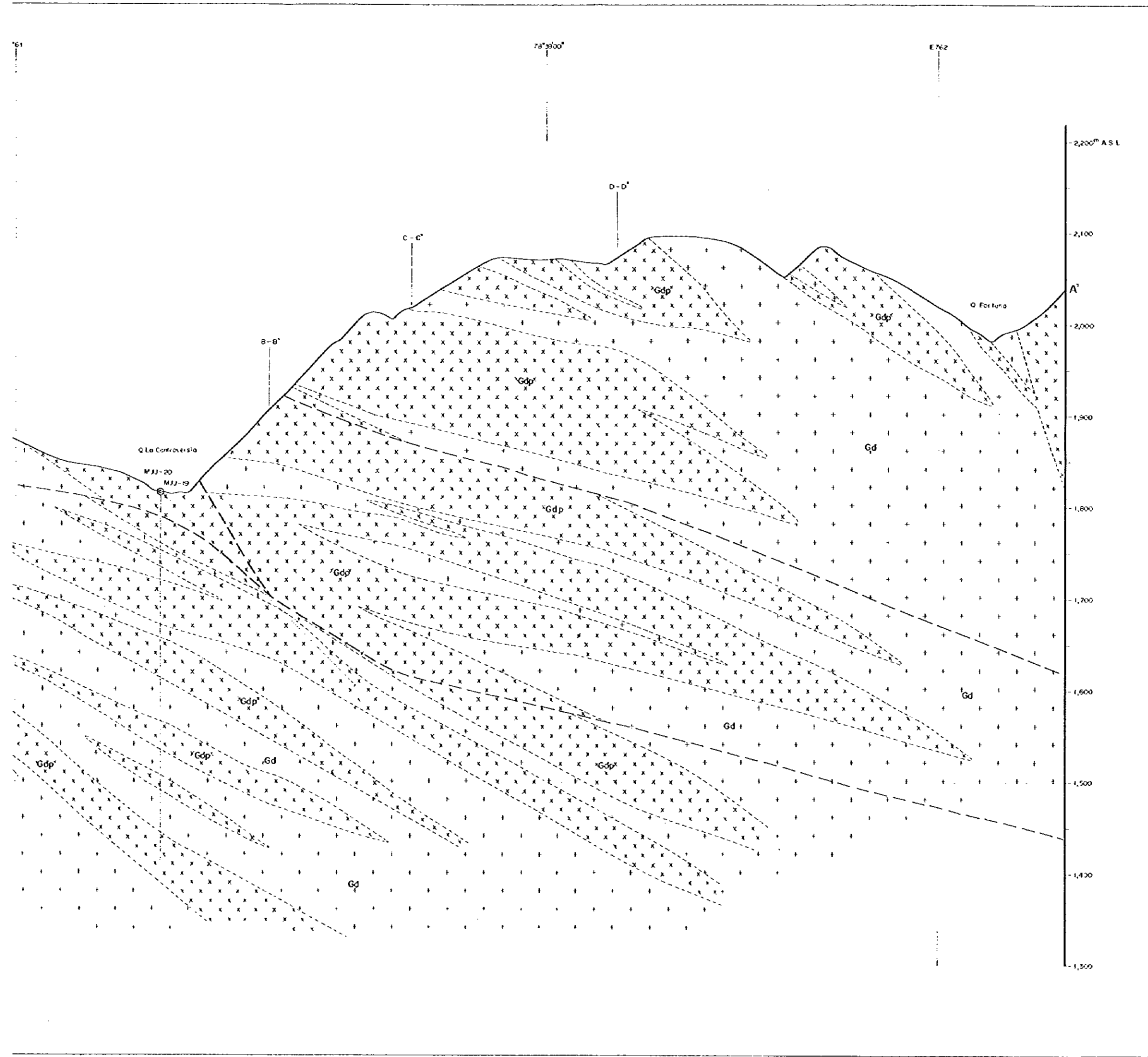
DRILLING

- MJJ-29 Drill hole and number
- A-A Geological section line



巻末3 インパオエステ地域中央地区地質断面図 (A-A')





LEGEND

- GEOLOGY**
- Gdp Granodiorite porphyry
 - Gd Granodiorite
 - Fault
 - - - Geologic contact
- MINERALIZATION**
- Copper mineralization
- DRILLING**
- MJJ-23 Drill hole and number

