

中國和同... 增刊

中國和同... 增刊

第四卷

第四卷

國際協定... 增刊

MIT  
CR 4  
1951



チリ共和国アイセン地域  
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

JICA LIBRARY



1088928151

22106

平成 3 年 2 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団



## は し が き

日本国政府はチリ共和国政府の要請に応え、同国の南部に位置するアイセン地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査など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、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、平成元年度を第1年次とする2年次にあたり、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成して平成2年9月25日から平成2年12月13日まで現地に派遣した。

現地調査は、チリ共和国政府機関である鉱山省鉱業地質局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたチリ共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在チリ共和国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。

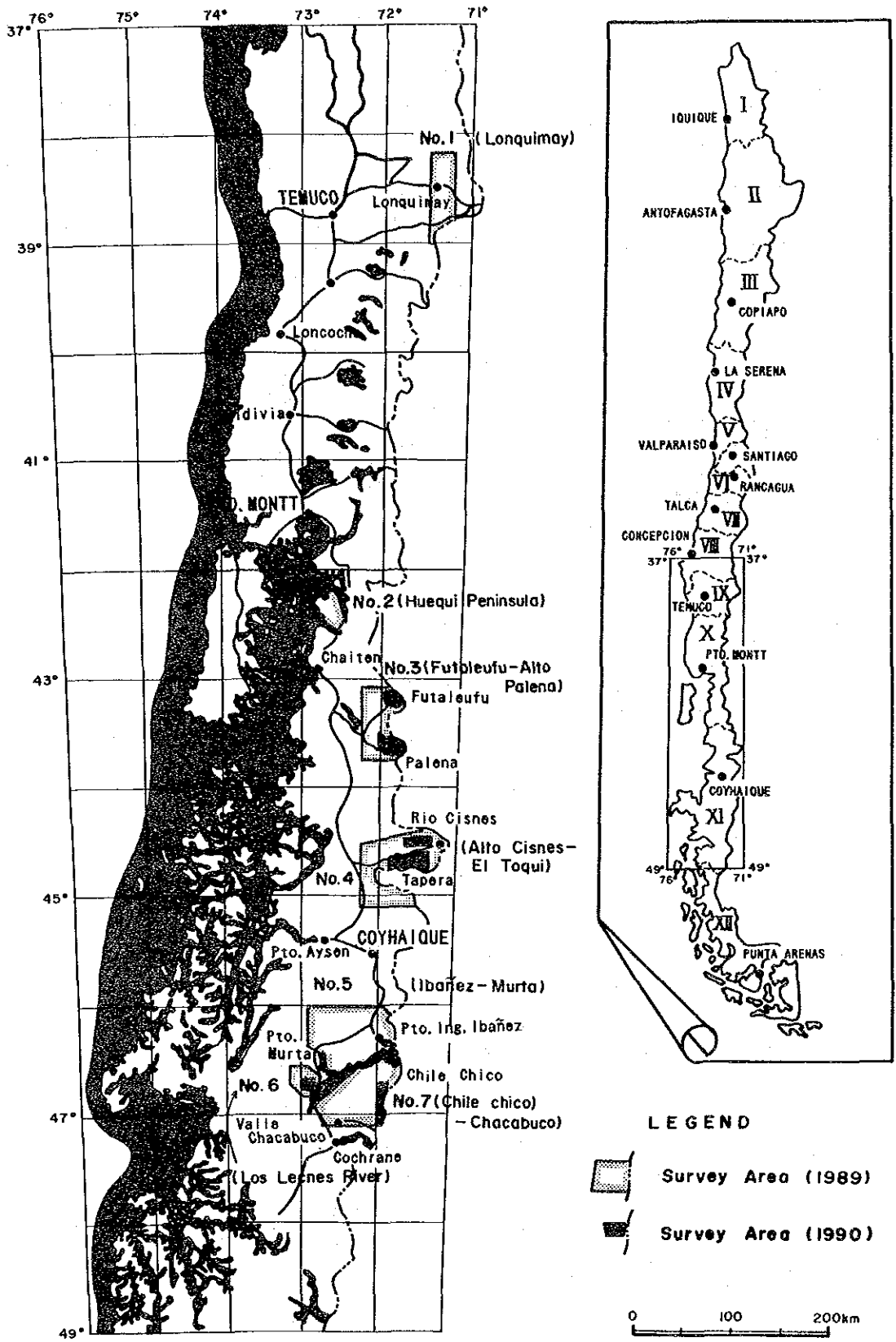
平成3年2月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団

理事長 福原元一



第 I-1 図 調査地域位置図

## 要 約

本調査は、チリ共和国アイセン(Aysen)地域における資源開発基礎調査の第2年次に当たる。第2年次は、第1年次調査の結果に基づき、本地域の探査ターゲットをラグナヴェルデ(Laguna Verde)鉱床で代表される浅成金-銀鉱床とエルトキ(El Toqui)鉱床で代表される鉛-亜鉛の交代鉱床に置き調査を実施した。

前者の金-銀鉱床探査としては、イ)第1年次で検出されたAu, Ag地化学異常の追跡とロ)衛星画像による鉱化変質帯の抽出,等を実施することとした。イ)の対象地域としてフタレウフーアルトパレナ地区のフタレウフ準地区及びロスレオネス川地区を、また、ロ)の対象地域としてフタレウフーアルトパレナ地区以南の東側を選定した。

後者の鉛-亜鉛鉱床探査として、フタレウフーアルトパレナ地区のアルトパレナ準地区とアルトシスネス-エルトキ地区を選定して調査を行った。なお、この両地区については現地調査に先立ち航空写真解析を行った。

### A. 調査結果

これらの調査結果の概要は次の通りである。

#### (1) 衛星画像解析結果

ランドサット5号によって得られたCCT(Computer Compatible Tape), 9サブシーンのTM(Thematic Mapper)画像を使用して4, 5, 7のTMバンドデータの組合わせによる解析を行い、170箇所及び変質帯を抽出した。なお、同変質帯の教師としてラグナヴェルデ鉱床に伴った変質帯を選んだ。

これらの変質帯のうち、約80%が南緯46°以南のヘネラルカレラ湖(Lago General Carrera)を中心とした地域に集中している。このうち、ラグナベルデ鉱床の南にN-S方向に配列している16箇所の変質帯について現地調査を実施し、次のような結果を得た。

変質帯の位置や形状は、小スケールで見るとやや異なるが、大局的には90%以上の的中率で熱水変質帯を捕捉することができた。現地で確認された変質帯数は大小合わせて21箇所であった。それらのうち、3変質帯においてppmオーダー(最大値:6.7ppm)の含金鉱化帯を把握した。同鉱化帯の1つには1.1%のPbも随伴していた。

また、ラグナヴェルデ鉱床の北部、直距離65kmに約10箇所の変質帯(No. 5-4~5-13)を抽出しており、上記の成果を勘案すると含金鉱化帯の期待がもたれてくる。同変質帯は規模が大きく、かつ、鉱化・変質帯の配列を規制していると考えられるN-S構造線の延長上に位置しており、付近には酸性花崗岩質岩株の発達もみられる、等のことからラグナヴェルデ鉱床に類似した金鉱床の賦存が期待される。

#### (2) 写真地質解析結果

アルトパレナ準地区では4つの成層単元と2つの貫入単元、アルトシスネス-エルトキ地区で

は4つの成層単元と2つの貫入単元に各々区分された。両地区とも地質構造、特に線構造は現地調査結果と極めてよく一致していた。岩相区分については、板状節理の発達した花崗岩類を火山岩類と区別が困難であり、現地調査では写真解析より花崗岩類の分布が広がった。対象地域のような氷河地帯では、氷河地形が水系パターンによる岩相判読のノイズとなり適正な判読を困難にしている場合がある。

### (3) 地質調査・地化学探査結果

#### 1) フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)

本地区は、ジュラ紀後期の安山岩質火山噴出物からなるイバニェス層とこれを貫く白亜紀後期の花崗岩質貫入岩から構成されており、同貫入岩の進入にともなう接触変成作用に起因した黄鉄鉱や黄銅鉱などの鉱微地がイバニェス層の安山岩中に多数発達している。しかし、これらの鉱微地はいずれも小規模かつ低品位で好転の兆候は認められない。また、地化学探査でAu, Pb, Zn, As等の異常を数箇所検出したが、広い範囲に分散しておりまとまっていない。以上の点から本地区における金、銅鉱床賦存の可能性は低いものと判断される。従って、本地区に対し今後更に詳細な調査・探鉱を行う必要性は低いものと判断される。

#### 2) フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)

花崗岩類の進入にともなう接触変成作用に起因した銅、鉛、亜鉛などの脈状ないし鉱染状鉱微地がコジャイケ層の頁岩及び安山岩質火山岩類中に数箇所発達している。これらの鉱微地は局部的には高品位を示しているが連続性に乏しく、かつ、小規模であり好転の兆候は認められない。また、Pb, Zn, As等の地化学異常を花崗岩類の東部周辺部のコジャイケ層安山岩質火山岩類およびディヴィサデロ層に数箇所まとまって把握しており、従って、同周辺部に鉛-亜鉛の鉱脈型鉱床の賦存の可能性はあるが、石灰岩質岩類の発達が期待できないことからするとエルトキ鉱床と同タイプの大規模交代鉱床賦存の可能性は低いと判断される。

従って、本地区に対し今後更に詳細な調査・探鉱を行う必要性は低いものと判断される。

#### 3) アルトシスネスーエルトキ地区

本地区の地質は、主にジュラ紀後期のイバニェス層とこれを貫く白亜紀後期の花崗岩類から構成されており、同花崗岩類の周辺部では褐鉄鉱、石英の網状脈を伴った珪化変質帯が広く発達している。

鉱石分析結果では有用金属成分の含有量は低かったが、試料数が十分ではなく、また、地化学探査において同変質帯に由来したと推定されるAu, Pb, Zn等の異常を検出しており、また、変質の特徴がラグナヴェルデ鉱床に類似していることから同タイプの金鉱床の賦存が期待される。

#### 4) ロスレオネス川地区

本地区の地質は、古生代の白雲母片岩と緑色片岩からなる変成岩類と中間組成～フェルシク貫入岩から構成されている。この貫入火成活動に関連して銅(-銀)の鉱化帯及び変質帯が発達しているがいずれも劣勢である。地化学探査ではAu, Pb, Zn等の異常が比較的まとまって貫入岩の周辺部に検出されているが分析値自体が低レベルであり、優勢な鉱床を反映したもの



とは考えにくい。以上の点から新鉱床賦存の可能性は低いと判断される。

#### 5) チレチコーチャカブコ地区

衛星画像によって16箇所の変質帯を抽出し、現地調査を行った結果、ほぼ判読された位置で21箇所に及ぶ変質帯を把握した。これらの変質帯は、地域別にA～Iの9変質帯に大別される。これらのうち、C変質帯においては鉱石分析の結果、Au:6.7ppm、Pb:1.1%を示し、また、試料も得られており、地化学探査においてもAu、Ag、Pb、Zn、As等の異常が検出されている。変質帯の規模も大きく(2.5×1.5km)、金鉱床賦存の可能性が最も高い変質帯である。D変質帯は、鉱石分析の結果ではいずれの成分も低品位であったが、Au、Ag、Pb、As等の地化学異常が集中して検出されており、また、珪化が比較的強いこと、褐鉄鉱の網状脈が密であること、等を考え合わせるとC変質帯に次いで金鉱床が期待される変質帯である。

その他の変質帯では鉱石分析あるいは地化学探査の結果、有望示徴が得られていない、あるいは変質帯の規模が小さいこと、または、変質度が低いこと、等から鉱床賦存の可能性は低いものと判断される。

#### B. 第3年次調査への提言

以上の本年次調査の結論に基づき第3年次調査として次の事項を提言する。

- (1) TM画像解析によって抽出されたイバニェス(Ibanez)ームルタ(Murta)地区の5-4～5-13変質帯群に対する地質調査及び地化学探査。
  - (2) アルトシスネスーエルトキ地区のA、B、C変質帯に対する地質精査及び地化学探査精査。
  - (3) チレチコーチャカブコ地区のC及びD変質帯に対する地質精査及び地化学探査精査。
  - (4) 以上の変質帯調査の結果に基づき有望視される変質帯に対する物理探査(IP法)の実施。
- なお、以上の地域の他に第1年次に提言されている通り、イバニェスームルタ(Murta)地区(No. 5地区)のイバニェス川とアベジャノ川(Rio Avellano)に囲まれた地域が探鉱余地として残されている。

## 目 次

はしがき	
調査位置図	
要 約	1
目 次	4
図表一覧	7

### 第 I 部 総 論

第 1 章 序論	11
1-1 調査の経緯	11
1-2 第1年次調査の結論と提言	11
1-2-1 第1年次調査の結論	11
1-2-2 第1年次調査の提言	12
1-3 第2年次調査の概要	13
1-3-1 調査地域	13
1-3-2 調査目的	14
1-3-3 調査方法	14
1-3-4 調査団の編成	17
1-3-5 調査期間	17
第 2 章 調査地域の地理	17
2-1 位置及び交通	17
2-2 地形及び水系	18
第 3 章 一般地質	19
第 4 章 調査結果の総合検討	20
4-1 地質構造, 鉍化作用の特性と鉍化規制について	20
4-2 地化学異常と鉍化作用との関係	21
4-3 鉍床賦存のポテンシャル	22
第 5 章 結論及び提言	23
5-1 結論	23
5-2 第3年次調査への提言	25

### 第 II 部 各 論

第 1 章 衛星画像解析	27
--------------	----

1-1	解析範囲	27
1-2	使用データ	27
1-3	バンド選択	30
1-4	解析方法	31
1-5	解析結果	41
1-5-1	地質単元	41
1-5-2	変質帯の抽出	46
1-6	現地調査結果との比較	48
第2章	写真地質解析	49
2-1	調査地域	49
2-2	解析方法	49
2-2-1	使用データ	49
2-2-2	解析手順	51
2-3	解析結果	51
2-3-1	地質単元区分	51
2-3-2	地質構造	55
2-4	現地調査結果との比較	55
2-4-1	フタレウフーアルトパレナ地区	55
2-4-2	アルトシスネスーエルトキ地区	56
第3章	フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)(No. 3地区)	56
3-1	地質	56
3-1-1	層序	56
3-1-2	貫入岩類	60
3-1-3	地質構造	61
3-2	鉱床	62
3-3	地化学探査	62
3-4	考察	67
第4章	フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)(No. 3地区)	67
4-1	地質	67
4-1-1	層序	71
4-1-2	貫入岩類	76
4-1-3	地質構造	77
4-2	鉱床	78
4-3	地化学探査	78
4-4	考察	85

第 5 章 アルトシスネスーエルトキ地区(No. 4 地区)	85
5-1 地質	85
5-1-1 層序	85
5-1-2 貫入岩類	95
5-1-3 地質構造	95
5-2 鉱床	95
5-3 地化学探査	97
5-4 考察	101
第 6 章 ロスレオネス川地区(No. 6 地区)	102
6-1 地質・地質構造	102
6-1-1 地質	102
6-1-2 地質構造	107
6-2 鉱床	108
6-3 地化学探査	109
6-4 考察	112
第 7 章 チレチコーチャカブコ地区(No. 7地区)	117
7-1 変質帯調査	117
7-2 地化学探査	125
7-3 考察	129

### 第Ⅲ部 結論及び提言

第 1 章 結論	131
第 2 章 第3年次調査への提言	133
引用文献	134
巻末資料	135

付図一覧表

第 I-1 図	調査地域位置図
第 II-1-1図	ランドサット画像位置図
第 II-1-2図	衛星軌道と観測パターン図
第 II-1-3図	フタレウフ付近フォールスカラー画像
第 II-1-4図	ヘネラルカレーラ湖北部フォールスカラー画像
第 II-1-5図	ヘネラルカレーラ湖南部フォールスカラー画像
第 II-1-6図	雲, 雪及び植生の輝度ヒストグラム
第 II-1-7図	変質帯及び非変質帯の輝度ヒストグラム
第 II-1-8図	ランドサット画像解析図
第 II-1-9図	鉄酸化物の分光反射率
第 II-1-10図	短波長赤外域における粘土鉱物及び炭酸塩鉱物のスペクトル特性
第 II-2-1図	写真地質解析範囲図
第 II-3-1図	フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)地質図
第 II-3-2図	フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)模式地質層序図
第 II-3-3図	フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)地化学探査元素別度数分布図及び累積度数分布曲線
第 II-3-4図	フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)総合解析図
第 II-4-1図	フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)地質図
第 II-4-2図	フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)模式地質層序図
第 II-4-3図	ペドレゴソ川露頭スケッチ
第 II-4-4図	パレナ西方露頭スケッチ
第 II-4-5図	フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)地化学探査元素別度数分布図及び累積度数分布曲線
第 II-4-6図	フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)総合解析図
第 II-5-1図	アルトシスネスーエルトキ地区地質図
第 II-5-2図	アルトシスネスーエルトキ地区地質断面図
第 II-5-3図	アルトシスネスーエルトキ地区模式地質層序図
第 II-5-4図	アルトシスネスーエルトキ地区地化学探査元素別度数分布図及び累積度数分布曲線
第 II-6-1図	ロスレオネス川地区地質図
第 II-6-2図	ロスレオネス川地区模式地質層序図
第 II-6-3図	ロスレオネス川地区地化学探査元素別度数分布図及び累積度数分布曲線
第 II-6-4図	ロスレオネス川地区総合解析図

- 第Ⅱ-7-1図 チレチコーチャカブコ地区現地調査検討図  
 第Ⅱ-7-2図 チレチコーチャカブコ地区地化学探査元素別度数分布図及び累積度数分布曲線

#### 付表一覧

- 第Ⅰ-1表 試験・分析件数一覧表  
 第Ⅱ-1-1表 使用TMデータ一覧表  
 第Ⅱ-1-2表 TMバンドの一般的特徴  
 第Ⅱ-1-3表 ランドサット画像判読結果一覧表  
 第Ⅱ-2-1表 使用写真一覧表  
 第Ⅱ-2-2表 フタレウフーアルトパレナ地区航空写真判読結果一覧表  
 第Ⅱ-2-3表 アルトシスネスーエルトキ地区航空写真判読結果一覧表

#### 巻末資料

- 資料 1 第1年次地化学探査沢砂の再分析  
 第 1 表 ランドサット画像により抽出された変質帯一覧表(1)～(6)  
 第 2 表 地化学探査基本統計値一覧表  
 第 3 表 地化学探査元素間相関係数一覧表  
 第 4 表 地化学探査固有ベクトルおよび固有値一覧表(1)～(2)  
 第 5 表 鉱徴地一覧表(1)～(11)  
 第 6 表 鉱石分析結果一覧表(1)～(4)  
 第 7 表 全岩化学分析及びノルム分析結果一覧表  
 第 8 表 パンニング地化学探査分析結果一覧表(1)～(5)  
 第 9 表 沢砂地化学探査分析結果一覧表(1)～(2)  
 第 10 表 沢砂地化学探査分析結果一覧表(再分析分)(1)～(9)  
 第 11 表 岩石薄片顕微鏡観察結果一覧表(1)～(8)  
 第 12 表 鉱石研磨片顕微鏡観察結果一覧表  
 第 13 表 X線回折結果一覧表(1)～(2)  
 第 14 表 絶対年代測定結果一覧表

#### 添付図

- PL. 1 衛星画像解析結果図 1/500,000  
 PL. 2 フタレウフーアルトパレナ地区写真地質解析結果図 1/100,000  
 PL. 3 フタレウフーアルトパレナ地区写真地質再解析図 1/100,000  
 PL. 4 アルトシスネスーエルトキ地区写真地質解析結果図 1/100,000(その1)

- PL. 5 アルトシスネスーエルトキ地区写真地質解析結果図 1/100,000(その2)
- PL. 6 アルトシスネスーエルトキ地区写真地質再解析図 1/100,000
- PL. 7 フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)地質図 1/50,000
- PL. 8 フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)地質図 1/50,000
- PL. 9 アルトシスネスーエルトキ地区ルート地質図 1/50,000
- PL. 10 アルトシスネスーエルトキ地区ルート地質断面図 1/50,000
- PL. 11 ロスレオネス川地区地質図 1/50,000
- PL. 12 チレチコーチャカブコ地区現地調査検討図 1/50,000
- PL. 13 フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)総合解析図 1/50,000
- PL. 14 フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)総合解析図 1/50,000
- PL. 15 ロスレオネス川地区総合解析図 1/50,000
- PL. 16 フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)鉍微地分布図 1/50,000
- PL. 17 フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)鉍微地分布図 1/50,000
- PL. 18 アルトシスネスーエルトキ地区鉍微地分布図 1/50,000
- PL. 19 ロスレオネス川地区鉍微地分布図 1/50,000
- PL. 20 フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)地化学探査解析結果図  
1/50,000
- PL. 21 フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)地化学探査解析結果図  
1/50,000
- PL. 22 アルトシスネスーエルトキ地区地化学探査解析結果図 1/50,000
- PL. 23 ロスレオネス川地区地化学探査解析結果図 1/50,000
- PL. 24 フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)試料採取位置図 1/50,000
- PL. 25 フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)試料採取位置図 1/50,000
- PL. 26 アルトシスネスーエルトキ地区試料採取位置図 1/50,000
- PL. 27 ロスレオネス川地区試料採取位置図 1/50,000
- PL. 28 チレチコーチャカブコ地区試料採取位置図 1/50,000





# 第 I 部 總 論



## 第 I 部 総 論

### 第 1 章 序 論

#### 1-1 調査の経緯

チリ共和国アイセン地域の資源開発協力基礎調査は、同地域における金属鉱床賦存の可能性を検討し、探鉱有望地域の抽出を主な目的として平成元年度に開始され、本年度はその2年次にあたる。本地域は、地下資源的に古くから注目されていながら地理的ならびに気候的条件に制約され、その開発が遅れていた。しかし、最近、道路の開発が急速に進み探査活動が活発化して、ラグナベルデ(Laguna Verde)金鉱床の発見等、その成果が逐次挙げられてきている。

対象地域は第1図に示した通り7地区に分かれている。第1年次は、広域的な地質・鉱床特性の把握を目的として、全地域を包括した範囲に対して衛星画像解析(ランドサットMSS画像)を行い、同時に既存データコンパイルを行い、かつ、各地区の代表的な鉱床・鉱徴地について現地調査を実施した。また、地化学特性を把握するためパンニングおよび沢砂による地化学探査概査をも合わせて実施した。

それらの調査によって次章に述べるような結果が得られた。

#### 1-2 第1年次調査の結論と提言

##### 1-2-1 第1年次調査の結論

###### ・ロンキマイ(Lonquimay)地区(No. 1地区)

本地区の鉱化作用は、金および銅で特徴づけられる。金鉱床には、脈状ないし網状の初生鉱床とこれを母鉱床とした二次成の漂砂鉱床がある。前者は白亜系を母岩として賦存しており、局部的には数g~数10g/tの金を含有している脈もあるが規模が小さい。

後者は、ビオビオ(Bio Bio)川流域に分布している氷河堆積物中に堆積した漂砂鉱床で、同鉱床の一部は小規模採掘が現在でも行われているが、鉱床規模が小さい。これらの金鉱床の規模が今後拡大する可能性は低い。

沢砂による地化学探査で地域北部のマラビージャ(Maravilla)山とビオビオ川に囲まれた地域でAu, Agの異常が比較的まとまって検出された。

###### ・ウエキ(Peninsula Huequi)半島地区(No. 2地区)

本調査においてウエキ半島北部のコマウ(Comau)山麓で花崗岩類に貫かれた超塩基性岩の存在を確認した。しかし同岩体の分布、規模などは未確認である。また、沢砂による地化学探査で地域西部にAuの異常を検出した。

###### ・フタレフーアルトパレナ(Futaleufu-Alto Palena)地区(No. 3地区)

本地区は、パタゴニア底盤の東縁部に当り、かつ、アイセン地域における鉱床胚胎層準である中生代の火山岩類や石灰質海成層(イバニェス(Ibañez)層、コジャイケ(Coyhaique)層およびディヴィサデロ(Divisadero)層)が分布しており、かつ、フタレウフ町北西部にAu, Agの地化学異常を検出しており、また、アルトパレナ町付近ではPbのまとまった地化学異常を検出している。

従って、上記の中生界分布域は、金、銀、鉛、亜鉛等の鉱床賦存の可能性が高い。

・アルトシスネスーエルトキ(Alto Cisnes-El Toqui)地区(No. 4地区)

本地区はパタゴニア底盤の東縁部に当たっており、中生界が地域の東部に広く分布している。この中生界の石灰質岩を交代してエルトキやセロエスタトゥア(Cerro Estatuas)等の大型高品位鉛-亜鉛鉱床が形成されている。また、本地区にはカッターフェルド(Katterfeld)鉱床で代表される金鉱脈鉱床も発達している。

これらの鉛-亜鉛鉱床および金鉱床は規模、品位とも優勢であり、これらと同タイプの鉱床は、今後の探査のターゲットになり得る。

・イバニェスームルタ(Ibañez-Murta)地区(No. 5地区)

本地区には古生代の変成岩類および中生界が広く分布しており、これらを母岩として70数箇所及ぶ鉱床・鉱徴地が発達しているが、多くは小規模である。本地区北部のアベジャノ(Avellanos)川とイバニェス川に囲まれた地域は、地理的条件に制約されて探査活動が遅れているが、この地域には古生界、中生界が広大に分布しており、かつそれらを貫いて花崗岩質岩株が多数発達している。更に、アベジャノ川下流域には金の鉱徴も認められている。従って、本地区北部にはシルバ(Silva)型やエルトキ型の鉛-亜鉛鉱床やカッターフェルド型の金鉱床が期待される。

本地区における地化学探査の結果では有望異常は得られていない。

・ロスレオネス(Los Leones River)川地区(No. 6地区)

本地区は、パタゴニア底盤と古生界からなる。ロスレオネス川流域およびエルカナル(El Cañal)川流域でAu, Asの地化学異常が、比較的まとまって検出されたが、有望鉱徴の把握には至らなかった。

・チレチコーチャカブコ(Chile Chico-Chacabuco)地区(No. 7地区)

本地区は古生界、中生界、新生界および花崗岩質岩株、岩脈等から構成されている。鉱床・鉱徴地は約20箇所存在しているが、注目されるのはラグナヴェルデ鉱床タイプの金鉱床とラポサ(La Poza)タイプの鉛鉱床である。

ラグナヴェルデ鉱床は、イバニェス層中に胚胎した浅成鉱脈鉱床で、広範囲に及ぶ熱水変質帯を伴っている。ラポサ鉱床は、イバニェス層中に胚胎した海底噴気堆積性鉱床の可能性があり、鉱況の好転が期待される。

本地区南部のアビレス(Rio Aviles)川および同支流域にAu, AgおよびAsの地化学異常がまとまって検出されており、しかも同異常域の上流域に褐鉄鉱を伴った熱水変質帯が発達している。従ってこの異常域は注目に値するものである。

## 1-2-2 第1年次調査の提言

(1) No. 3 地区からNo. 7 地区までの範囲におけるパタゴニア底盤東縁からアルゼンチンとの国境までの地域に対するTM画像解析による変質帯の抽出、および同変質帯に対する地質調査。

(2) No. 3および4地区の中生界分布域に対する航空写真解析, および現地確認調査。なお, 鉱床把握のため, 地化学探査を併用。

(3) No. 3地区北部におけるAu, Ag地化学異常追跡のための地質調査および地化学探査

(4) No. 6地区におけるAu, Ag地化学異常追跡のための地質調査および地化学探査

(5) No. 7地区のラボサ及びラパウリナ鉱床に対する地質精査

### 1-3 第2年次調査の概要

#### 1-3-1 調査地域

本年次の調査対象地域は次の通り調査手法別に異なっている。

##### (1) 衛星画像(TM)解析

本解析は, 次の緯経度に囲まれた範囲で, フタレウフ地区からチレチコーチャカブコ地区までに及ぶ地域(9サブシーン)に対して実施された(第II-1-1図)。

北限	南緯43°00′
南限	南緯47°26′
東限	アルゼンチンとの国境
西限	西経73°26′

##### (2) 写真地質解析

本解析は, フタレウフーアルトパレナ地区南部(アルトパレナ準地区)およびアルトシスネスーエルトキ地区の2地区に対して行われた(詳細な範囲は2-1参照)。

##### (3) 地質調査・地化学探査

本調査は, 次の4地区において実施された(第II-1-1図)。それらの範囲は下記の通りである。

##### 1) フタレウフーアルトパレナ地区

本地区は次の2つの準地区に細分される。

- ・フタレウフ準地区
- ・アルトパレナ準地区

##### 2) アルトシスネスーエルトキ地区

##### 3) ロスレオネス川地区

##### 4) チレチコーチャカブコ地区

	フタレウフ準地区	アルトパレナ準地区	アルトシスネスーエルトキ地区
北限	43°06′	43°30′	44°25′
南限	43°13′	43°38′	アルゼンチ国境
東限	71°50′	アルゼンチ国境	71°22′
西限	72°00′	72°03′	71°49′

	ロスレオネス川地区	チレチコーチャカブコ地区
北限	46°42'	46°40'
南限	46°49'	47°10'
東限	72°47'	アルゼンチン国境
西限	73°01'	72°08'

### 1-3-2 調査目的

#### (1) 衛星画像解析

ラグナベルデ鉱床で代表される温泉型金-銀鉱床の早期発見を目的として、同鉱床に随伴している熱水変質帯と同タイプの変質帯を早期に捕捉するためランドサットTM(Thematic Mapper)画像による解析を行った。

#### (2) 写真地質解析

現地調査に先駆けて地域の地質及び地質構造の概要を把握し、効率的な現地調査を行うため、航空写真による写真地質学的判読を実施した。特に鉛-亜鉛交代鉱床であるエルトキ及びセロエスタトラス(Cerro Estatuas)鉱床胚胎層準(コジャイケ層)の追跡を航空写真上でを行い、地質調査・地化学探査の重点地域を把握する目的で本解析を実施した。

#### (3) 地質調査・地化学探査

##### 1) フタレウフ準地区およびロスレオネス川地区

第1年次調査の結果、これらの地区において比較的まとまったAu, Ag地化学異常が検出された。それらの異常追跡を主目的として本調査を実施した。

##### 2) アルトシスネス-エルトキ地区

本地区北部におけるエルトキ鉱床胚胎層準追跡を目的として本調査を実施した。なお、本地区の調査は、上記の航空写真解析の結果に基づいて重点ルート(5ルート)を選定して行った。同地区南部にはエルトキ鉱山をはじめとした大手民間企業の鉱区が密集しているため、現地調査の対象から除外した。

##### 3) チレチコーチャカブコ地区

上記の衛星画像解析の結果、ラグナベルデ鉱床の南延長線上に熱水変質帯と判読される地帯が南北方向に配列して発達しているのが把握された。この変質帯の確認を目的として現地調査を実施した。

なお、第1年次調査報告書で提言されたラポサ(La Posa)及びラパウリーナ(La Paulina)鉱床調査は、外国資本公司、オートクンプ・チリ(Outokump Chile)社により地質調査、ボーリング調査が実施されている。

### 1-3-3 調査方法

#### (1) 衛星画像解析

本解析では、ランドサット5号のThematic Mapper(略称 TM)によって取得されたCCT(Computer Compatible Tape)から得られたフォールスカラー画像(縮尺25万分の1)を用いて地質単元の区分、地質構造の判読及び変質帯の抽出等を行った。バンドの組み合わせは、変質帯の抽出に最適とされている4, 5, 7のバンド組み合わせによった。なお、教師としてラグナベルデ鉱床に発達している熱水変質帯を採用した。判読結果は、縮尺25万分の1地形図にまとめた。

なお、詳細については第Ⅱ部第1章に述べた。

## (2) 航空写真解析

市販の航空写真(白黒, 縮尺約1/68, 000)を実体視して地質単元の区分、地質構造の判読を行った。その際、エルトキ及びゼロエストゥアス鉱床地帯の地層区分を基準として、地質単元区分を行った。解析結果は縮尺10万分の1の写真地質図にまとめた。また、現地調査を行った範囲については確認データを導入して再解析を行い精度の向上に努めた。なお、詳細については第Ⅱ部第2章に述べた。

## (3) 地質調査・地化学探査

### 1) 調査方法

#### イ) フタレウフーアルトパレナ地区及びロスレオネス川地区

踏査に当たっては縮尺5万分の1の地形図を縮尺2万5千分の1に拡大してルートマップとした。調査結果は縮尺5万分の1の地質図にまとめた。

フタレウフ準地区及びロスレオネス川地区は、金-銀鉱床の賦存が期待されることから地化学探査ではパンニング試料を採取した。アルトパレナ準地区には鉛-亜鉛鉱床が期待されるので-30メッシュの沢砂を採取した。

#### ロ) アルトシスネス-エルトキ地区

上記の写真地質解析の結果に基づいて、鉱床胚胎層準であるコジャイケ層が広く分布している地域において構造に直交するようなルートを5ルート選定して調査を行った。踏査にあたっては、縮尺5万分の1の市販地形図を縮尺1/25, 000に拡大してルートマップとして使用し、ルート地質図を作成した。調査対象地域の露頭の少ないことを勘案して地化学探査を併用し、鉱床発見の確率を高めるよう努めた。主対象鉱種が鉛-亜鉛であるため沢砂を採取した。

#### ハ) チレチコーチャカブコ地区

変質帯確認調査は、縮尺5万分の1地形図を利用して行った。調査に際しては鉱化変質帯の状況を詳細に観察し、かつ、鉱化作用の有無・種類等を検討するため鉱石分析用試料を採取した。

なお、地形急峻のため、観察及び試料の採取が不可能な変質帯については同変質帯を流れている河川の下流において転石及びパンニング試料の採取を行った。

### 2) 調査量

本年次の調査量及び試験・分析件数は第Ⅱ-1 表の通りである。

試驗・分析件数一覽表

第 I -1 表

A R E A	Pan Concentrate (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, As)	Stream Sediment		Ore Assay (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, )	Whole rock Analysis	Thin Section	Polished Section	X - Ray diffraction	Dating (K-Ar)
		Phase II	Phase I						
Futaleufu- Alto Palena Area									
Sub-Area Futaleufu	131	-	-	23	8	23	8	6	2
Sub-Area Alto Palena	-	104	-	4	4	16	3	2	1
Los Leones River Area	216	-	-	18	1	19	5	6	2
Chile Chico- Chacabuco Area	57	-	-	51	-	2	4	34	-
Alto Cisnes- El Toqui Area	-	107	-	8	2	14	-	5	-
Re-analysed samples of phase I	-	-	273	-	-	-	-	-	-
T O T A L	404	211	273	104	15	76	20	53	5

\* Stream sediment samples taken at the work of the Phase I were re-analyzed by the Chemex Labs. Canada as well as them listed above.  
 \*\* Pan concentrated geochemical samples taken in this area were assayed for same elements as them for the Ore Assaying.



### 1-3-4 調査団の編成

本年度の調査に従事した技術者は次の通りである。

日本側

氏名	担当業務	所属
鈴木哲夫 古川雄也	企画・調整 技術責任者, 衛星画像解析, 航空写真解析 地質調査・地化学探査	金属鉱業事業団 日鉱探開株式会社
菊地秀也	地質調査・地化学探査	同上
武田 進	衛星画像解析, 航空写真解析	同上
吉江 隆	航空写真解析, 地質調査・地化学探査	同上
佐藤健二	地質調査・地化学探査	同上

チリ側

氏名	担当業務	所属
Carlos Portigliati Sonia Vogel	技術責任者, 地質調査・地化学探査 地質調査・地化学探査	SERNAGEOMIN 同上

SERNAGEOMIN : Servicio Nacional de Geología y Minería(チリ鉱業地質局)

### 1-3-5 調査期間

本年度の作業別調査期間は次の通りである。

- 衛星画像解析 : 平成2年 8月25日～同年9月20日
- 航空写真解析 : 平成2年 8月25日～同年9月20日
- 地質調査・地化学探査: 平成2年 9月25日～同年12月13日
- 解析・報告書作成 : 平成2年12月14日～平成3年2月25日

## 第 2 章 調査地域の地理

### 2-1 位置及び交通

#### 1) フタレウフーアルトパレナ地区

両地区とも, 第X州の南東部に位置する。最大の集落はフタレウフ及びアルトパレナであり, いずれも2,000人程度の国境の町である。両地区に至る主要ルートは次の通りである。

(飛行機) (車両)

サンチャゴ——コジャイケ——フタレウフ及びアルトパレナ

(1,600km) (430km)

また, チャイテン(Chaiten)と両地区を結ぶ小型飛行機の定期便もある。なお, 北にあるフタレウフと南のアルトパレナは約70km離れている。なお, 第XI州の首都, コジャイケからの車道は

95%未舗装であり、カーブや起伏に富んでいるので、両地区への所要時間は約10時間である。

#### 2) アルトシスネスーエルトキ地区

本地区は、第XI州の北部に位置しており、アルゼンチン領のフォンタナ(Fontana)湖を挟んで南北に分かれている。北部のアルトシスネス地区はコジャイケの北約100kmにあり、南部のエルトキ地区は同60km程度である。本地区西部をアウストラル(Carterra Austral)幹線道路が縦断しており、また、アルトシスネス及びエルトキを通った横断道路が東西にアルゼンチンまで通じている。

#### 3) ロスレオネス川地区

本地区は、コジャイケ市の南南西約320kmに位置している。主な集落は人口5~600のプエルトグアダル(Puerto Guadal)であり、同部落にはアウストラル道路を通過して車両でコジャイケより約6時間を要する。また、同部落にも小型飛行機用の滑走路があり、チャーター便がコジャイケとの間を運行している。本地区を通過している車道はアウストラル幹線道路だけであるが、馬道は比較的密である。

#### 4) チレチコーチャカブコ地区

本地区は第XI州のほぼ中央のアルゼンチンとの国境近くに位置している。付近にある最大集落は人口約2,000のチレチコ市である。コジャイケ市から同市に至るにはヘネラルカレーラ湖(Lago General Carrera)をフェリーで渡る必要がある。コジャイケからの所要時間は車、フェリー共約2時間半合計5時間である。なお、上記のグアダルを経由してチレチコに通じる車道が現在建設中である。また、チレチコ、コジャイケ間には小型飛行機定期便がある。本地区に敷設されている車道はチレチコよりヘイニメニ(Lago Jeinimeni)湖まで(約60km)と本地区南部のチャカブコからアルゼンチンまで東西に横断している道路だけである。また、本地区には馬道も少なくアクセスは極めて悪い。

### 2-2 地形及び水系

#### 1) フタレウフーアルトパレナ地区

アルゼンチンとの国境に近いアンデス山脈に沿った山岳地帯で、氷河地形で特徴づけられる。すなわち、U字谷、氷河湖、カール地形等が至るところに発達しており、谷幅が数100m~1,000mあり、両斜面は絶壁に近い壁となっている。氷河作用により水系は一般的に直線的であり、水系があまり地質を反映していないため写真地質判読を困難にしている。

山稜の標高は1,000~2,500m程度でありさほど高くないが、尾根部は狭く鋸状にギザギザと切り立っている場合が多い。

#### 2) アルトシスネスーエルトキ地区

本地区の西部は上記のフタレウフーアルトパレナ地区と類似の氷河地形で特徴づけられているが、東部はアンデス山脈の後背地に広がった平原状地形をなしている。そこでは谷は狭く、尾根部は平坦な台地状をなす。標高は1,000~2,000m程度で西から東に向かって低くなる。主

な水系は東から西に収斂した樹枝状を示す。

### 3) ロスレオネス川地区

本地区にもいたるところに氷河湖やカール地形の発達した典型的な氷河地形をなす。本地区西部には現在でも氷河が見られ、時折湖や河川に流入している。本地区の西部から太平洋岸にかけて広大な氷河地帯が発達している。標高は1,000~2,500mで西に向かって高さを増している。

ロスレオネス川を始めとした主要河川はE-W性を示すが、これに直交した支流はN-S系が卓越しておりしかも短い河川が多い。

### 4) チレチコーチャカブコ地区

本地区も典型的な氷河地形をなす。谷は広くU字形を呈し、山稜は急峻で至るところに滝が形成されており、山頂に到達することが至難な山が多い。尾根部は狭く鋸状をなす。また、いたるところに氷河湖が発達しており美しい景観を呈している。標高は2,000m級が多い。

河川はN-S系が卓越しており、かつ平行水系をなす。

## 第3章 一般地質

アイセン地域は、南アメリカ台地の西縁に沿って形成されているアンデス造山帯のうち、Gansser(1973)の区分による中部アンデスの南端部に位置している。

本地域の地質は、古生界の変成岩類を基盤としてジュラ系、白亜系、第三系、第四系およびジュラ紀から第三紀初期にかけて活動した花崗岩類(パタゴニア底盤)等から構成されている。基盤岩類は、南緯47°以北では主として西側に分布しており、緑色片岩、千枚岩、石英片岩、雲母片岩、変砂岩、マール、石灰質片岩等の変成岩類より構成されており、著しく変形している。原岩の堆積時期はデボン-石炭紀とされている(Skarmeta et al., 1984)。ジュラ系は、パタゴニア底盤の東側にN-Sに細長く伸びて分布している。同系は、主として中-酸性の火山岩および火砕岩からなる。本系の堆積時期は、ドッガー統一マールム統とされている(Skarmeta et al., 1984)。

白亜系もパタゴニア底盤の主として東側に分布しており、下部の海成層、中-酸性火山岩、火砕岩と上部の火山岩類および陸成層からなる。

第三系は、パタゴニア底盤の両側に発達している。本系は海成堆積物、陸成層および火山岩類からなる。第三紀の末期から第四紀前期にかけて活発な安山岩質ないし玄武岩質火山活動がパタゴニア底盤地帯を中心に起こり、その活動の一部は現在まで続いている。

ホーン岬からコロンビアまで、南アメリカの西縁に沿って中生代から新生代前期の底盤(アンデス底盤)が貫入しているが、このうち南緯39°以南の部分をパタゴニア底盤と呼称している。この底盤の周辺部、特に東縁部では同底盤と同一起源と考えられている岩株が中生界に貫入している。貫入時期は、ジュラ紀中期から漸新世とされている。岩相は、花崗岩からかんらん岩まで認められ、化学組成が西から東に向かって塩基性から酸性へ移り変わっている(Skarmeta

et al., 1984)。

古生代の基盤岩類は激しい変形作用を受けており、かつソレイアイト質の変塩基性岩の存在からサブダクションによるメランジェが形成されていたことが想定されている (Skarmeta et al., 1984)。大陸の西縁では中生代においてもサブダクションに起因した活発な火成活動が行われており (Skarmeta et al., 1984)、その活動は、本地域ではジュラ紀中期～後期に開始され、その一部は現在でもなお活動を続けている。

本地域の大構造は断裂系にしる褶曲構造にしるN-S方向が卓越している。この方向は古生界から現世に至るまで一貫している。褶曲構造は、古生界中では複雑な引きずり褶曲を伴った複合褶曲をなし、その褶曲軸はほぼN-S方向を示している。中生界に発達している褶曲構造は非常に緩やかな波状褶曲をなしている。新生界には褶曲構造はみられない。これらのことから、古生代および中生代の構造運動は水平運動で特徴づけられ、新生代のそれは垂直運動で特徴づけられる。

## 第4章 調査結果の総合検討

### 4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

#### (1) フタレウフーアルトパレナ地区

フタレウフ準地区には脈状及び鉱染状の鉱徴地、並びに熱水変質帯が発達しているが構造規制は明瞭でない。これらの鉱徴地や変質帯は、フタレウフーパレナ底盤周辺の非貫入岩中に形成されており、母岩には多量の緑れん石、緑泥石、方解石及び少量の陽起石が生成している。従ってこれらの鉱化・変質帯は同底盤の進入にともなう接触変成作用によって形成されたものと考えられる。

アルトパレナ準地区に発達している鉱化・変質帯も上記底盤の周辺部に発達しており、同活動と鉱化作用が密接していることを示唆している。なお、鉱化作用の構造規制は明瞭でない。

#### (2) アルトシスネスーエルトキ地区

本地区には今までに金-銅及びモリブデンの脈状鉱床と、褐鉄鉱と網状石英を伴った変質帯を確認している。これらのうち、金-銅鉱脈と変質帯は花崗岩質バソリス周辺の被貫入岩中で、かつ、小規模な酸性斑岩岩脈の近傍に発達している。

本地区の構造はN70°E方向が卓越しており、斑岩や変質帯の伸長方向もこの方向に平行しており、これらはN70°E方向の構造規制を受けているように見受けられる。なお、金-銅鉱脈であるサンタテレサ鉱床のように、N50°W方向に延びており主構造に直交した裂隙に胚胎している場合も見られる。モリブデン鉱脈は明らかに花崗岩バソリスの節理あるいは節理に沿って動いた小断層等に規制されて形成されている。

#### (3) ロスレオネス川地区

本地区には次のような鉱化規制がみられる。

- i) 閃緑岩岩株の縁辺部 ……………石英-黄鉄鉱(-黄銅鉱-赤鉄鉱)網状脈
- ii) 花崗岩類内部の単脈 ……………石英-黄鉄鉱脈

iii) フェルサイト, 安山岩岩脈……石英-黄鉄鉱(-銀-銅)鉱染状-網状脈

#### (4) チレチコーチャカブコ地区

N-S性構造が, アイセン地域の主要構造であることは前章でも述べたとおりであるが, 本地区の主要な断層, 褶曲軸共にN-S性を示している。一方, 衛星画像及び現地で確認された鉱化変質帯もN-S方向に配列しており, 個々の鉱化変質帯の伸長方向にしても大局的にはN-S性を示している。従って, 本地区に発達している鉱化変質帯はN-S性の構造規制を受けて形成されたものと考えられる。

これらの鉱化変質帯は白亜紀後期の石英安山岩質火山岩中の自破碎角礫部および節理に主として胚胎している。これらの鉱化変質帯と同型のラグナヴェルデ鉱床では鉱床上部に金-銀帯, 下部で鉛-亜鉛帯が形成されており, 垂直的な鉱化ゾーニングが存在すると言われているが, 本地区の鉱化変質帯のゾーニングについては未だ不明である。

### 4-2 地化学異常と鉱化作用との関係

#### (1) フタレウフーアルトパレナ地区

フタレウフ準地区の金属元素は, 相関性からAu-Mo群とAg-Cu-Pb-As群に分けられるが, このうち, 前者の挙動は花崗岩質底盤の分布と正の相関あるように見受けられる。このことからしてAu及びMoの鉱化の場合は底盤内部に規制されているものと推察される。一方, 後者の高異常域は同底盤の周辺部の非貫入岩地域に分布している。上記の通り, 同底盤の周辺部には緑泥石-緑れん石帯が形成されており還元環境下であり, Cu, Pb, Zn等の沈殿が促進されたものと推察される。

アルトパレナ準地区の地化学特性もフタレウフと類似しておりCu-Pb-Zn元素で特徴づけられそれらの高異常域は花崗岩質底盤の周辺部に分布しており同底盤と鉱化作用との関連性が伺える。

#### (2) アルトシスネスーエルトキ地区

Au, Pb及びZnの地化学異常域はブイトレラ川流域に発達している変質帯の下流2, 3kmの位置に分布しており, 変質帯中におけるそれらの鉱化作用の存在を示唆しているように思われる。

#### (3) ロスレオネス川地区

Auの異常域は石英モンゾニ岩の下流域に分布している傾向がみられ, 金の鉱化作用と同岩との関連性を暗示している。Pbの異常域は変成堆積岩の分布域に一致しており, 鉱徴地との関連性は認められない。Cuの異常域は, 安山岩やフェルサイトなどの小規模岩脈に伴う鉱化を反映した分布を示している。

#### (4) チレチコーチャカブコ地区

本地区に発達している鉱化変質帯における鉱化作用の特徴については未だ十分解明されていないため言明はできないが, C変質帯では地化学異常と鉱化作用の間に明瞭な相関が認められる。特に, Au及びPbにおいて相関が高くなっている。

一方、DやI 変質帯ではAu, Ag, Pb等の地化学異常が検出されているにもかかわらず野外観察及び鉱石分析では地化学異常に対応した結果が得られていない。恐らく試料不足によるものと思われる。

#### 4-3 鉱床賦存のポテンシャル

(1) ラグナヴェルデ鉱床を始め、その南に発達している熱水変質帯はN-S性の構造に規制されてN-Sに帯状に配列している。今般、TM画像解析で抽出された変質帯:No. 5-4~5-13は、このN-Sゾーンの北部延長線上に位置しており、しかも変質帯の規模が大きく、かつ多数まとまって発達している。これらのことから、上記の変質帯にもラグナヴェルデ鉱床に類似した大規模な浅成金鉱床の賦存可能性が十分考えられる。

##### (2) フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)(主要鉱種:金-銅)

本地区に対しては今般かなりの密度で調査を行い、かつ、既往調査もあるにもかかわらず、微弱な鉱徴地及び変質帯の把握にとどまっている。また、今般の地化学探査では異常の数が少なく、かつ分散している。また、裂罅系の発達が少ないこと、石灰質岩層の分布は認められない、等の理由から本地区における金-銅鉱床賦存のポテンシャルは低いと判断される。

##### (3) フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)(主要鉱種:鉛-亜鉛)

本地区でこれまでに確認された鉱化作用はいずれも鉱脈型であり、一部の脈には局部的にAg, Cu, Pb, Zn等の高品位部がみられるが、連続性に乏しく規模が小さい。また、石灰岩の分布がみられず、従ってエルトキ鉱床に類似した大規模交代鉱床は期待できない。地化学探査でも検出された地化学異常は数が少なく、かつ、まとまっていない。

以上の理由から本地区における鉛-亜鉛鉱床賦存のポテンシャルは低いと判断される。

##### (4) アルトシスネスーエルトキ地区(主要鉱種:金-鉛-亜鉛)

本地区には高品位金-銅の鉱脈鉱床であるサンタテレサ鉱床が発達していること、褐鉄鉱-石英の網状脈を伴った大規模な珪化変質帯が多数発達していること、同変質帯から由来した推定されるAu, Pb, Znの地化学異常がまとまって検出されていること、酸性火成活動が活発であり酸性斑岩の分布が所々にみられること、等の理由から本地区では金を主体とした鉱床の賦存ポテンシャルはかなり高いものと判断される。

##### (5) ロスレオネス川地区(主要鉱種:金-銅)

本地区には活発な酸性火成活動もみられ、かつ、鉱床の器としての割れ目の生成に適した地質環境にあるにもかかわらず銅(-銀)の弱鉱化帯にとどまっていることからすると、本地区の鉱化作用は本来劣勢であったものと想定される。従って、現在確認されている鉱徴地が深部で好転する可能性は低いものと判断される。

また、今般得られた地化学データでは、いずれの元素もバックグラウンドの金属含有量とほぼ同じレベルにあり、かつ、サンプル密度もかなり高い、等のことを考慮すると新鉱床発見の可能性も低いと考えられる。

##### (6) チレチコーチャカブコ地区(主要鉱種:金-鉛)

衛星画像解析によって抽出された変質帯の現地確認調査を行い21箇所の変質帯を確認したが、このうち、C及びD変質帯には、Au, Pb, Znの有望鉱徴が認められ、また、同変質帯に由来したと考えられるAu, Pb, Znの地化学異常も検出されており、かつ、珪化も比較的強く、酸化帯が広範囲に及んでおり、従って、金-鉛-亜鉛鉱床の賦存ポテンシャルが高いと判断される。

## 第5章 結論及び提言

### 5-1 結論

#### (1) 衛星画像解析結果

ランドサット5号のTM画像の4, 5, 7の3バンドの組合わせによる解析を行い、170数箇所に及ぶ変質帯を抽出した。このうち、ラグナベルデ鉱床の南に分布している16箇所の変質帯について現地調査を実施し、次のような結果を得た。

変質帯の位置や形状は、小スケールでみるとやや異なるが、大局的には90%以上の的中率で熱水変質帯を捕捉することができた。現地で確認された変質帯数は大小合わせて21箇所であった。それらのうち、3変質帯においてppmオーダー(最大値:6.7ppm)の含金鉱化帯を把握した。同鉱化帯の1つには1.1%のPbも随伴していた。

また、ラグナベルデ鉱床の北部、直距離65kmに約10箇所の変質帯(イバニエスームルタ地区: No. 5-4~5-13)を画像によって抽出しており、上記の成果を勘案すると含金鉱化帯の期待がもたれる。これらの変質帯は規模が大きく、かつ、鉱化・変質帯の配列を規制していると考えられるN-S構造線の延長上に位置している、等のことから同鉱床に類似した金鉱床の賦存が期待される。

#### (2) 写真地質解析結果

アルトパレナ準地区及びアルトシスネスーエルトキ地区に対し航空写真解析及びグラントゥールスを行った。その結果、地質構造、特に線構造は現地調査結果と極めてよく一致していた。岩相区分については、板状節理の発達した花崗岩類と火山岩類において写真解析と現地調査は一致せず現地調査では花崗岩類の分布が広がった。対象地域のような氷河地帯では、氷河地形が水系パターンによる岩相判読のノイズとなり適正な判読を困難にしている場合がある。

しかし、現地調査に先立った地質概要の把握という点では極めて有効であった。特に線構造調査とって本解析は現地調査より優れている。

#### (3) 地質調査・地化学探査結果

##### 1) フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)

本地区は、ジュラ紀後期の安山岩質火山噴出物からなるイバニエス層とこれを貫く白亜紀後期の花崗岩質貫入岩から構成されており、同貫入岩の進入にともなう接触変成作用に起因した銅、金などの鉱徴地がイバニエス層の安山岩中に多数発達している。しかし、これらの鉱徴地はいずれも小規模かつ低品位で好転の兆候は認められない。また、地化学探査でAu, Pb, Zn, As等の異常を数箇所検出したが、広い範囲に分散しておりまとまっていない。以上の点から本地区における鉱床賦存の可能性は低いものと判断される。従って、本地区に対し今後更に詳細な

調査・探鉱を行う必要性は少ないものと判断される。

#### 2) フタレウフーアルトパレナ地区(アルトパレナ準地区)

花崗岩類の進入にともなう接触変成作用に起因した銅、鉛、亜鉛などの脈状ないし鉱染状鉱徴地がコジャイケ層の頁岩及び安山岩質火山岩類中に数箇所発達している。これらの鉱徴地は局部的には高品位を示しているが連続性に乏しく、かつ、小規模であり好転の兆候は認められない。なお、地化学探査によってPb, Zn, Asの異常を花崗岩類の東部周辺部のコジャイケ層安山岩質火山岩類およびディヴィサデロ層に数箇所まとまって把握しており、従って、同周辺部に鉛-亜鉛の鉱脈型鉱床の賦存は期待できないこともないが、母岩が安山岩質火山岩類であることからエルトキ鉱床と同タイプの大規模鉱床賦存の可能性は低いと判断される。

従って、本地区に対し今後更に詳細な調査・探鉱を行う必要性は低いものと判断される。

#### 3) アルトシスネス-エルトキ地区

本地区の地質は、主にジュラ紀後期のイバニェス層とこれを貫く白亜紀後期の花崗岩類から構成されており、同花崗岩類の周辺部では褐鉄鉱、石英の網状脈を伴った珪化変質帯が広く発達している。

鉱石分析結果では有用金属成分の含有量は低かったが、試料数が十分ではなく、また、地化学探査において同変質帯に対応したAu, Pb, Zn等の異常を検出しており、また、変質の特徴がラグナヴェルデ鉱床に類似していることから同タイプの金鉱床の賦存が期待される。

#### 4) ロスレオネス川地区

本地区の地質は、古生代の変成岩類と、それを不整合に覆うイバニェス層及び中間組成からフェルシクな組成の貫入岩からなる。この貫入岩の周辺部を中心に銅、銀等の鉱化帯や変質帯が発達しているがいずれも劣勢であり、好転の兆候は認められない。また、今般得られた地化学データではいずれの元素もバックグランド値に近いものであり、従って、新鉱床発見の可能性は低いと判断される。

#### 5) チレチコーチャカブコ地区

衛星画像によって16箇所の変質帯を抽出し、現地調査を行った結果、ほぼ判読された位置で21箇所にあぶ変質帯を把握した。これらの変質帯は、地域別にA~Iの9変質帯に区分される。

これらのうち、C 変質帯ではAu:6.7ppm, Pb:1.1%を示した試料もあり、地化学探査においてもAu, Ag, Pb, Zn, As等の異常が検出されており、変質帯の規模も大きく、金鉱床賦存の可能性が最も高い変質帯である。D 変質帯は、鉱石分析の結果ではいずれの成分も低品位であったが、Au, Ag, Pb, As等の地化学異常が集中して検出されており、また、珪化が比較的強いこと、褐鉄鉱の網状脈が密である、等を考え合わせるとC 変質帯に次いで金鉱床が期待される変質帯である。

その他の変質帯では鉱石分析あるいは地化学探査の結果、有望示徴が得られていない、あるいは変質帯の規模が小さい、または、変質度が低い、等から鉱床賦存の可能性は低いものと判断される。



## 5-2 第3年次調査への提言

以上の本年次調査の結論に基づき第3年次調査として次の事項を提言する。

- (1) TM画像解析によって抽出された5-4～5-13変質帯群に対する地質調査及び地化学探査。
- (2) アルトシスネスーエルトキ地区のA, B, C変質帯に対する地質精査及び地化学探査精査。
- (3) チレチコーチャカブコ地区のC及びD変質帯に対する地質精査及び地化学探査精査。
- (4) 以上の変質帯調査の結果に基づき有望視される変質帯に対する物理探査(IP法)の実施。

なお、以上の地域の他に第1年次に提言されている通り、イバニエスムルク地区のイバニエス川とアベジャノ川に囲まれた地域が探鉱余地として残されている。



## 第 II 部 各 論



## 第 II 部 各 論

### 第 1 章 衛星画像解析

#### 1-1 解析範囲

本解析範囲は、チリ共和国の南部の第 II-1-1図に示す地域である。

#### 1-2 使用データ

本解析に使用した画像データは、ランドサット5号Thematic Mapper(以下TMと記す)によって取得された、CCT (Computer Compatible Tape) 4シーンであり、雲及び積雪の最も少ないシーンを選択した。

使用データの入手先はEOSAT (Earth Observation Satellite Company : c/o, EROS Data Center, Sioux Falls, South Dakota 57198, USA) である。

データの明細は第 II-1-1表の通りである。

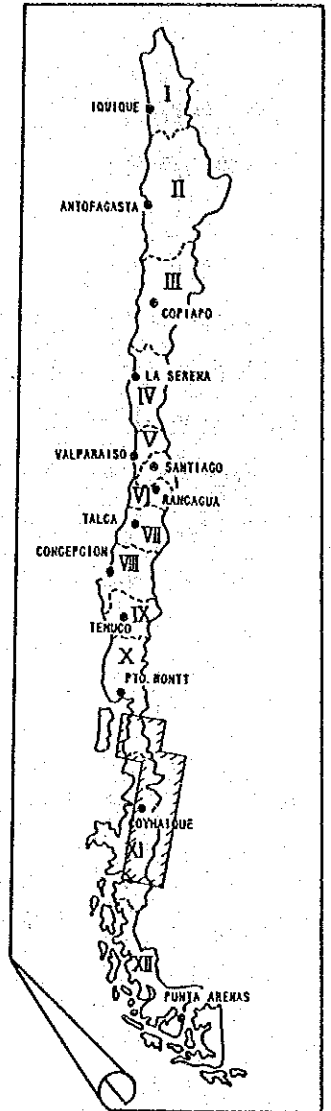
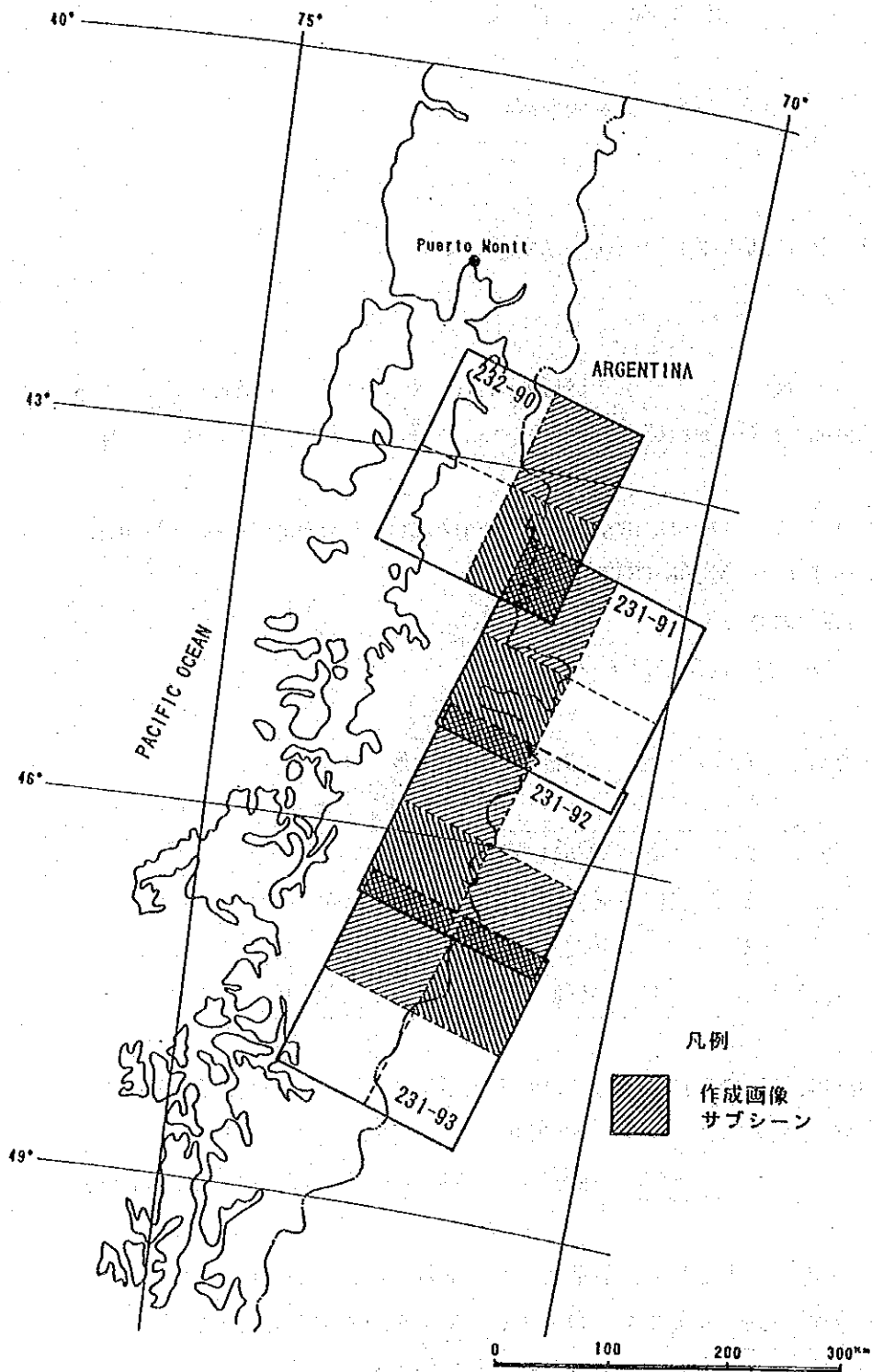
第 II-1-1表 使用TMデータ一覧表

PATH	ROW	観測年月日	雲量%	ID番号	画像の中心点	
					南緯	西経
231	91	1985. 1. 27	20	Y5036413545X0	44° 37'	71° 10'
231	92	1985. 1. 27	10	Y5033213551X0	46° 02'	71° 41'
231	93	1985. 1. 27	20	Y5033213554X0	47° 27'	72° 13'
232	90	1987. 1. 24	20	Y5105913501X0	43° 10'	72° 16'

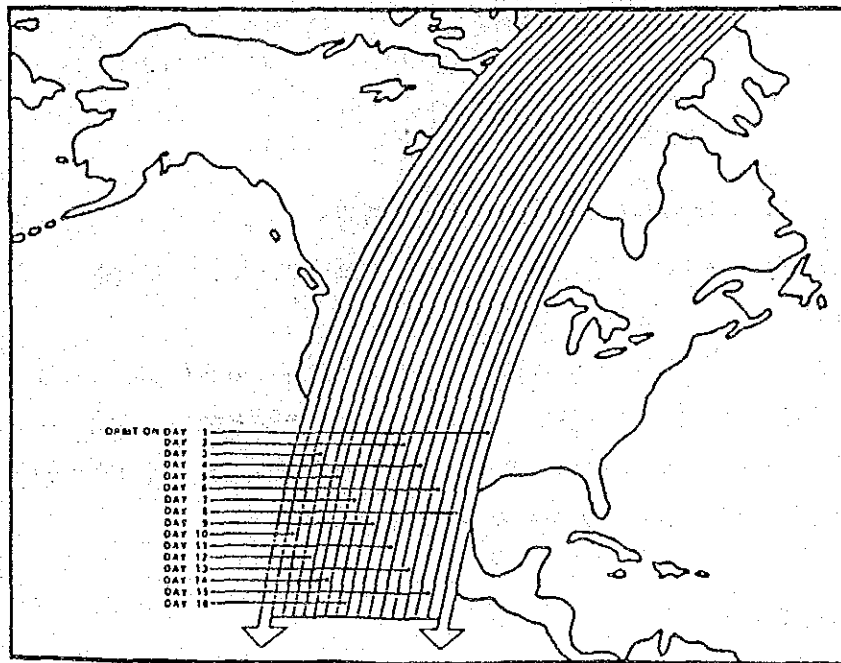
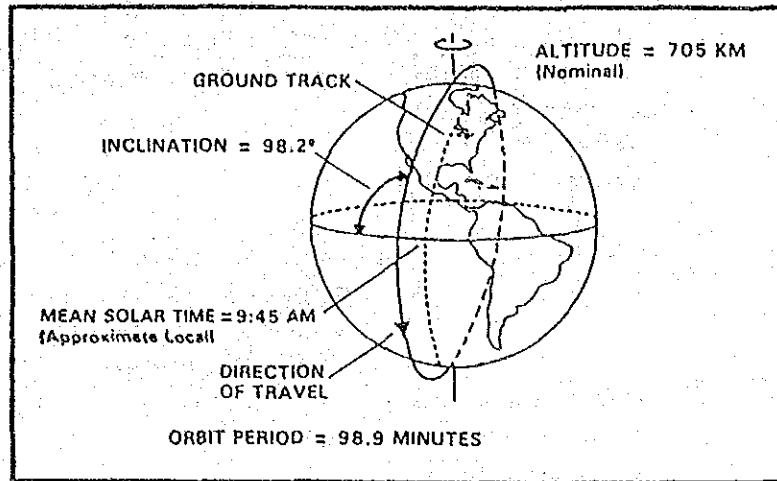
ランドサット5号は、1984年3月18日に打ち上げられた人工衛星であり、飛行高度約700Kmで太陽同期軌道を周回し、16日で元の軌道に回帰する(第 II-1-2図参照)。搭載しているセンサーにはTMセンサーの他に、ランドサット1号から採用しているMSS (Multispectral Scanner) センサーがある。

一般にTMデータはMSSデータと比較して分解能、バンド数、波長帯域等の点で異なる。例えば、MSSデータの公称分解能が80mであるのに対し、TMデータの公称分解能は30mである。従って、TM画像ではMSS画像よりも詳細な判読が可能である。

また、MSSが4バンドであるのに対し、TMの場合は7バンドでありスペクトル情報も多い(第 II-1-2表)。



第II-1-1図 ランドサット画像位置図



第 II - 1 - 2 図 衛星軌道と観測パターン図

第II-1-2表 TMバンドの一般的特徴

バンド	バンドの波長域	特 徴	主な利用分野	備 考
TM 1	0.45~0.52 $\mu\text{m}$	海岸水域の区別や落葉樹と針葉樹の判別等への応用ができる。波長が短いため大気散乱の影響を受けやすい	・大気の情報 ・海洋環境	可視域の青-緑色に対応
TM 2	0.52~0.60 $\mu\text{m}$	陸域と水域との区別がよくできる	・植生の区分と活性度評価 ・植生の分類	TM2の可視域の緑色, TM3
TM 3	0.63~0.69 $\mu\text{m}$			赤色に対応し, 各々MSS4 (0.5~0.6 $\mu\text{m}$ ), 5 (0.6~0.7 $\mu\text{m}$ )と相関が高い
TM 4	0.76~0.90 $\mu\text{m}$	植物からの反射が大きいため, 植物量の調査に有用である。海と陸の輝度差がはっきりしている。	・地形区分 ・土地利用区分 (土壌, 植生, 地質)	近赤外域
TM 5	1.15~1.75 $\mu\text{m}$	植物・土壌などの水分含有量の推定及び雲と雪の判別ができる。	・地表の含水量推定 ・植生区分	バンド4と比較すると雲は白く, 雪は黒ずんで見える。
TM 7	2.08~2.35 $\mu\text{m}$			熱水変質地域の識別に適している。
TM 6	10.4~12.5 $\mu\text{m}$	地表から輻射熱量に感応し, 地表温度が高くなるにしたがって, 画像データの輝度値は大きく(地表からの輻射大きく)なる。	・地熱分布 ・岩石・土壌の熱特性 ・自然環境特性	遠(熱)赤外域 他のバンドに比べ, 瞬間視野が4倍の120mである

ただし, 解析に供するカラー画像を作成する場合, 7つのバンドから3つのバンドを選択しなければならない。本解析では, 各バンドの特徴及び推定情報量を考慮し, かつ, 後述する研究結果を参考にバンドの組み合わせを選んだ。

なお, 使用したTMのシーンは第II-1-1表のとおりであるが, これらはいずれもフルシーンのデータである。しかし本地域は, 東部はアルゼンチンと接し, 西部の一部は対象外にあたることを考え, 1シーンをさらに4つのサブシーンに分割し, 第II-1-1図に示すとおり対象地域をカバーする9つのサブシーンのデータを使用した。

### 1-3 バンド選択

1-2項で述べたように, TMデータは, 従来のMSSデータに比べそのバンド数が増し, 波長域も広がっている。そのためフォールスカラー画像を作成する場合には, 7つのバンドから3つのバンドを選択する方法が取られるが, 実際には6番目のバンド(熱赤外域)は他のバンドと波長帯域や分解能が大きく異なるため, このバンドを除いた6つのバンドを選択の対象とする。6つのバンドから3つのバンドを選択する場合, 各バンドの色の割り当てを考えなくても



6C<sub>3</sub>=30とおりの組み合わせが考えられる。

そこで本選択では、1982年以降金属鉱業事業団(METAL MINING AGENCY OF JAPAN : MMAJ)・資源観測解析センター(EARTH RESOURCES SATELLITE DATA ANALYSIS CENTER : ERSDAC)により進められている研究成果の中から、鉱床と関係する変質帯を抽出する方法、さらにまた第1年次調査で確認されている変質帯が最も明瞭に抽出される組み合わせを幾つか試みた結果、バンド4, 5, 7の組み合わせを選択し、第II-1-3~II-1-5図に示すような、4(青:B), 5(緑:G), 7(赤:R)の組み合わせのフォールスカラー画像を作成した

それらの画像で特徴的な色調を示す雲、雪、植生、変質帯および非変質帯についてバンド4, 5, 7における輝度のヒストグラムを作成し、第II-1-6図、第II-1-7図に示した。

第II-1-6図に見られるとおり、雲はどのバンドも輝度が最も高いので白色を示す。雪や氷河はバンド5及び7が極端に低くバンド4で中程度の輝度を示すため青色が強調されて表現されている。また、植生も雪に似たような輝度を示している。

変質帯の輝度については第II-1-7図に示した。同図の上段は後述の変質帯No. 7-39(現地調査No. C変質帯)、中段図はラグナヴェルデ金鉱床に随伴した熱水変質帯である。両変質帯とも珪化が強くかつ網状あるいは鉱染状の褐鉄鉱を伴っており変質帯全体が茶褐色を呈している。このような変質帯における輝度は、どのバンドも比較的高く特にバンド4及び5が高いため淡黄色を呈している。なお、比較するために非変質帯の輝度を同図下段に示したが、同図からわかる通り非変質帯の輝度はいずれのバンドも低い輝度を示している。

以上の通り、変質帯の輝度とその他の輝度との間にコントラストが見られる。

#### 1-4 解析方法

資源探査のための資源衛星データの解析作業については、1982年以降金属鉱業事業団・資源観測解析センターにより研究がすすめられている。その成果の1つに1987年にランドサットTM画像を用いたチリ共和国のアントファガスタ南部地域での研究がある。その研究では4, 5, 7バンドの組み合わせによるB. G. R. 画像が変質帯の抽出、地質構造及び地質単元区分に極めて有効である、とされている。特に変質帯の抽出の有効性については、同一地域における資源開発協力基礎調査(1985)の現地調査で実証されている。これらのことから本地域においても4, 5, 7バンドの組み合わせによるフォールスカラー画像により変質帯の抽出を行った。

更に、写真地質学上の判読要素である写真的特徴(色調、きめ)及び地形的特徴(水系パターン、水系密度、岩石の抵抗度、ベディングの有無)により地質単元(岩相)区分やリニアメント、褶曲構造等の判読をも合わせて行った。

リニアメントは断裂を暗示する地形現象であり、その判定基準の主なものとしては次のような事項が挙げられる。

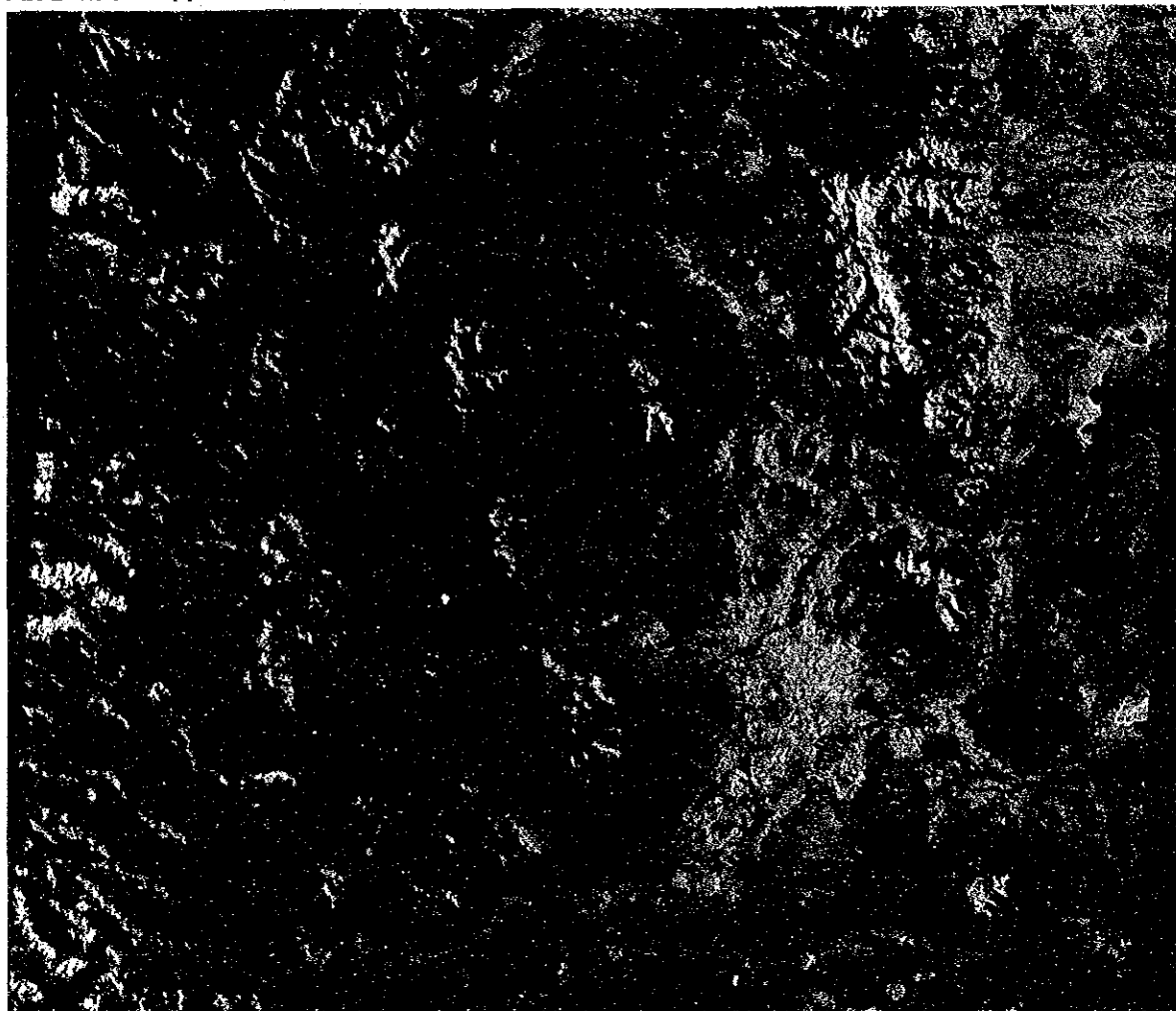
- a) 断層崖(fault scarp)の存在
- b) 直線的な谷(断層谷: fault valley)の存在



LANDSAT 5 TM  
P232-R90 Upper Right

Chile

4 5 7



Observation date: 24-JAN-1987

0 10 20 40km

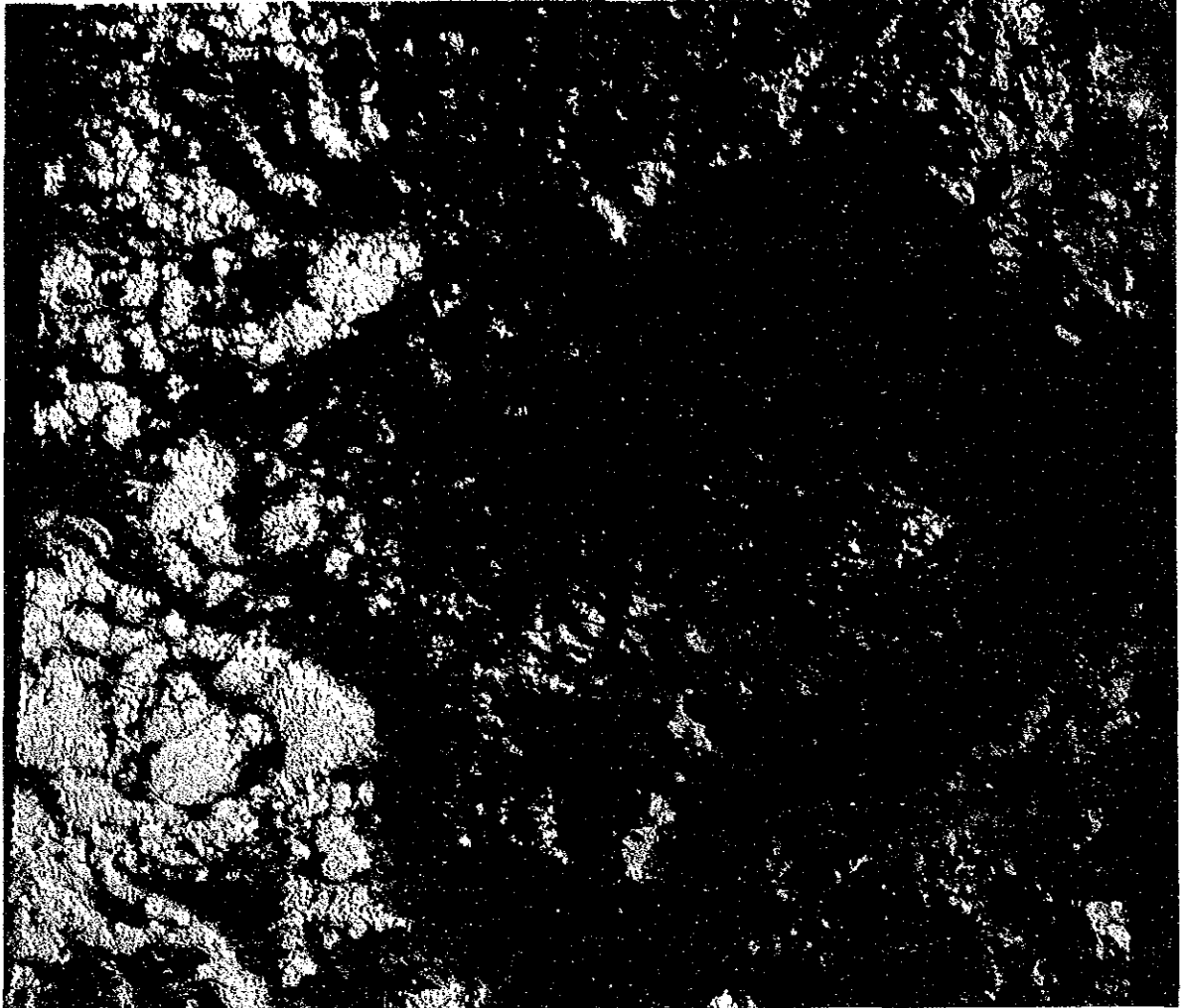
第II-1-3図. フタレウフ付近フォールスカラー画像



LANDSAT 5 TM  
P231-R92 Lower Left

Chile

4 5 7



Observation date: 27-JAN-1985

0 10 20 40km

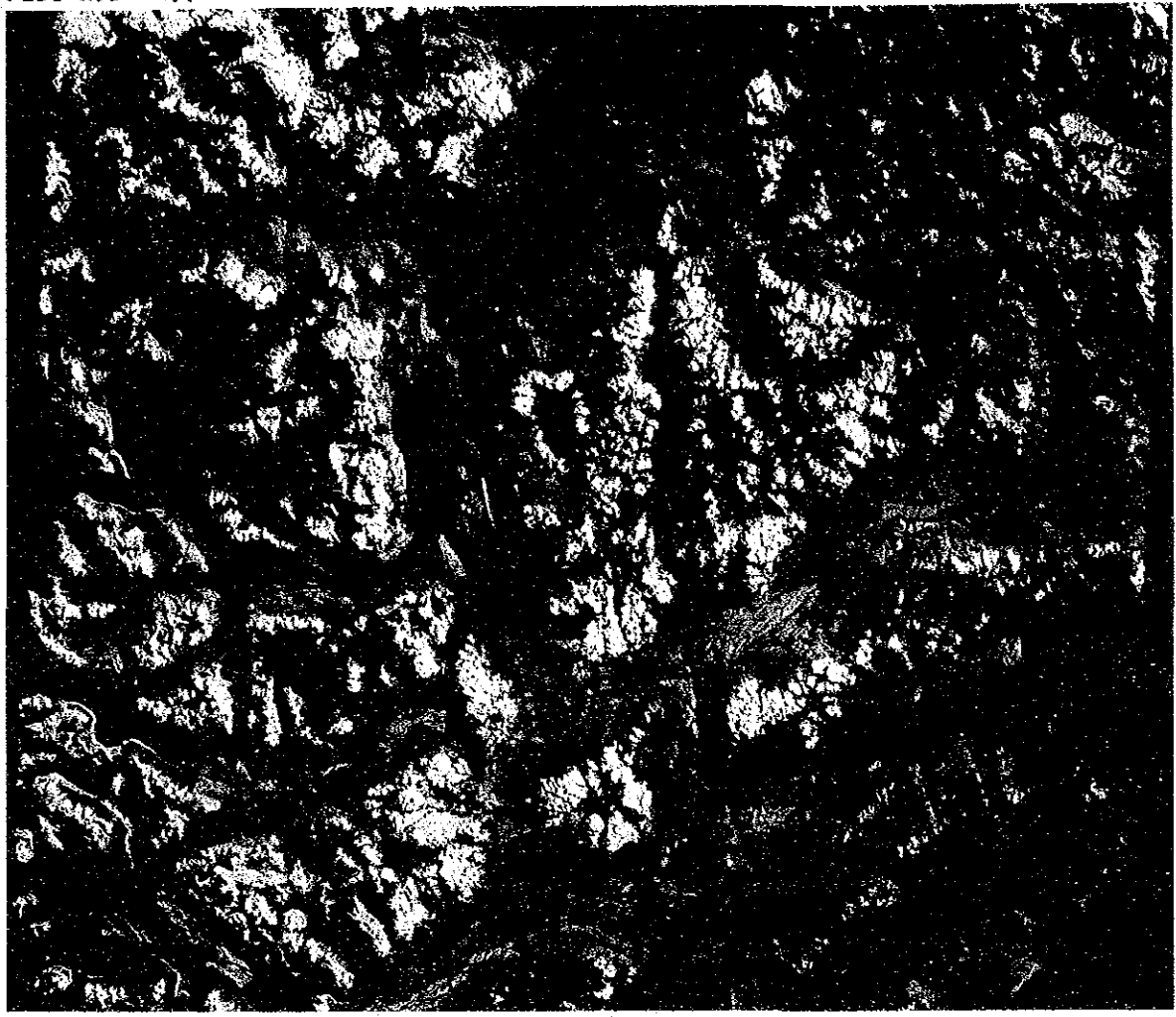
第II-1-4図 ヘネラルカレーラ湖北部フォールスカラー画像



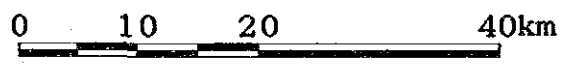
LANDSAT 5 TM  
P231-R93 Upper Left

Chile

457



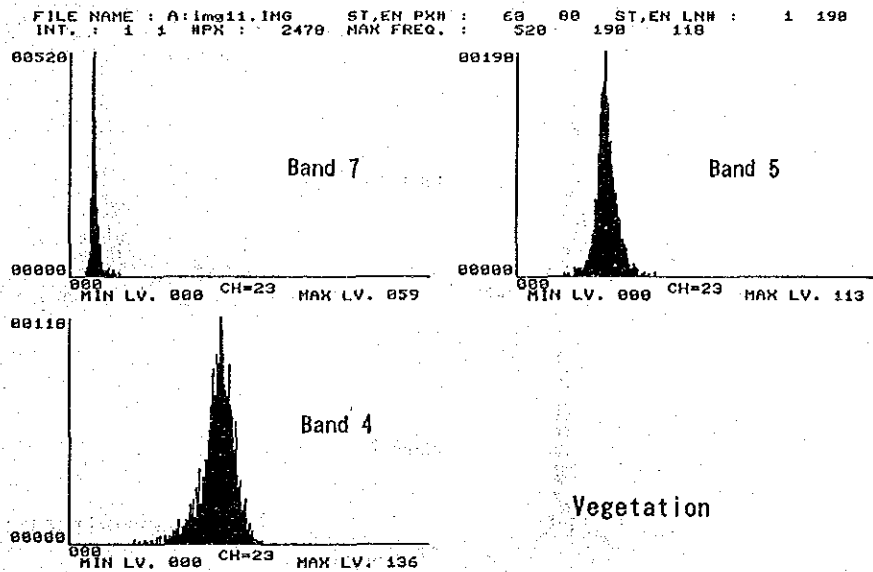
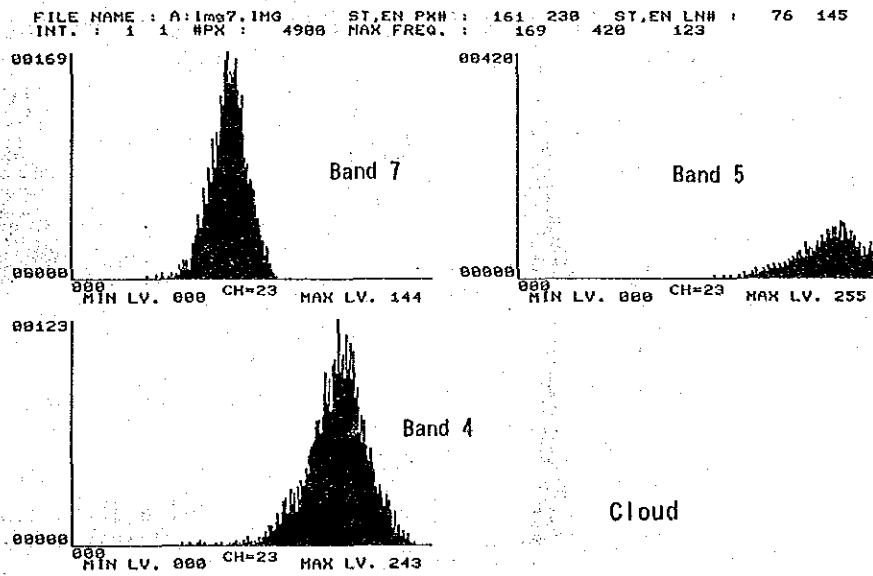
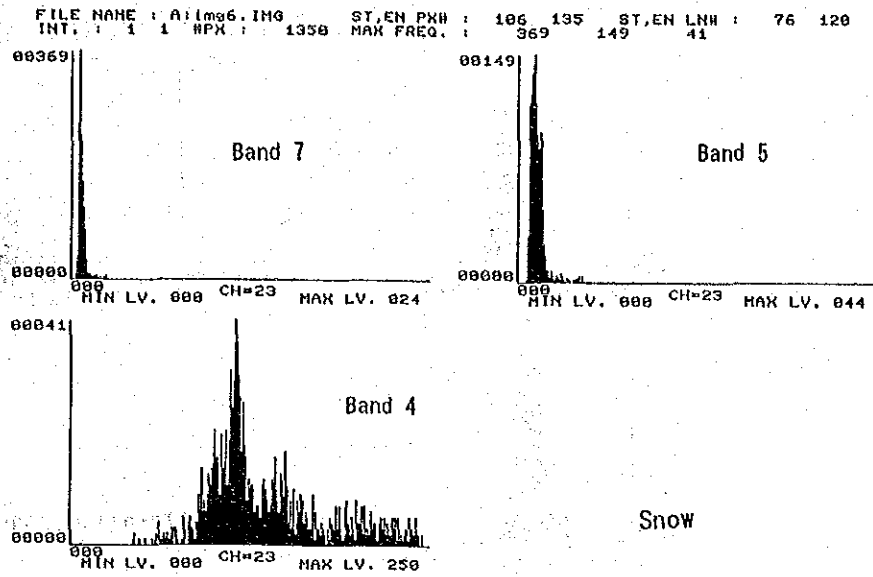
Observation date: 27-JAN-1985



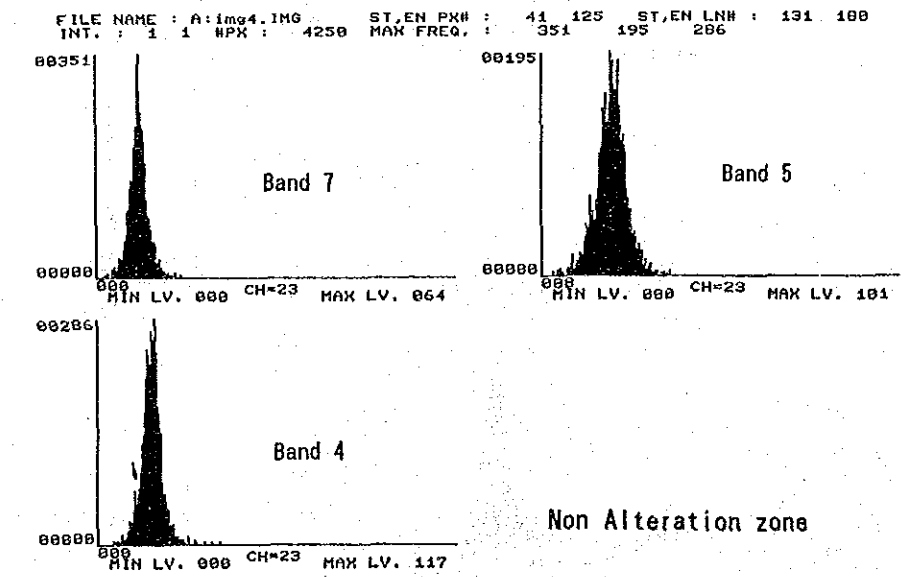
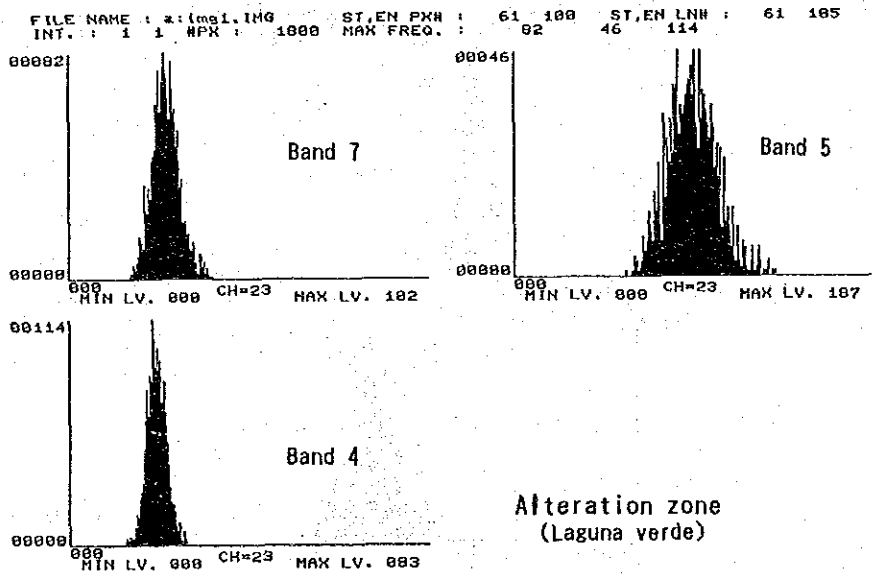
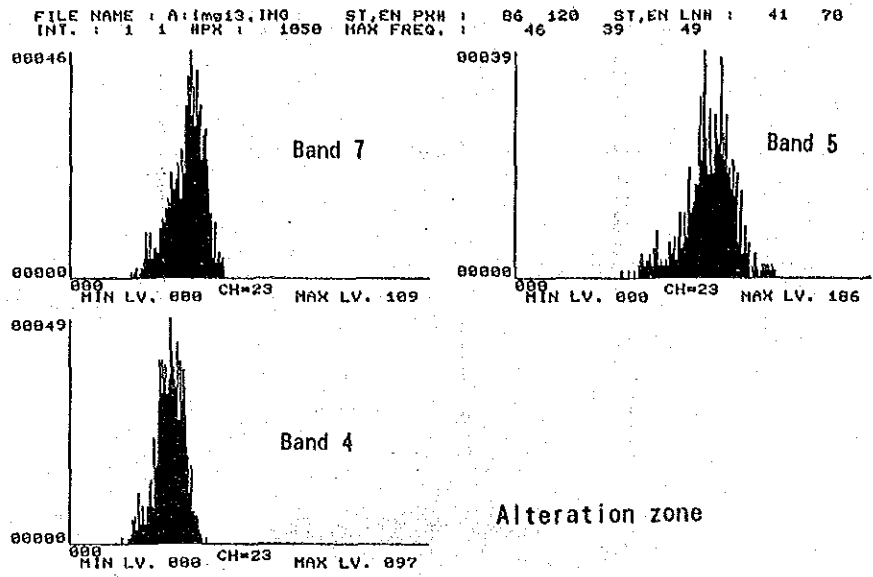
第II-1-5図 ヘネラルカレーラ湖南部フォールスカラー画像







第II-1-6図 雲,雪及び植生の輝度ヒストグラム



第II-1-7図 変質帯及び非変質帯の輝度ヒストグラム

c) 河川の流路が著しく直線状を示す場合

d) 断層鞍部(ケルンコル:kerncol), 断層突起(ケルンバット:kernbut)の存在

e) 山腹斜面の傾斜変換点(break point of slope)が直線的に連続する場合

これらの地形現象は、判読対象地域を構成する地質や地質構造、または岩石の地質時代によって地域性があり、発達度に必ずしも普遍性はないが、経験的にはこれらの地形現象でリニアメントの大半が説明される。

## 1-5 解析結果

### 1-5-1地質単元

本画像から判読される地質単元は、第Ⅱ-1-8図に示す通り8単元に区分される。各単元の特徴は次の通りである。なお、判読結果の要約を第Ⅱ-1-3表に示した。

#### (1)単元A

本地域の南部に分布する。写真的特徴をなす「色調」は淡青色、青色、一部黄土色を呈する。青色の部分は、比較的高地に位置し、植生の密な地域にあたる。淡青色の部分は地形的に低い所に多く牧草地のような地域、黄土色の部分は露岩地帯に対応される。

地形的特徴では、比較的起伏量に小さい緩やかな地形を形成し、ベディングまたは片理を示唆する地形現象が判読される。地域によってはちりめん状の縞状を示す所もある。

#### (2)単元B

本地域の中央部から南部に分布する。「色調」は青色、淡茶色を呈する。青色の部分は植生、淡茶色の部分は露岩地帯を表現しているものと思われる。

地形的特徴は、ヘネラルカレーラ湖北部からイバニェス川流域では起伏量の小さい緩やかな地形を示すが、中央部では起伏量の大きい急峻な地形を形成する。また、イバニェス港付近ではベディングを示唆する地形現象も判読されるが中央部では塊状を呈する。

#### (3)単元C

本地域の中央部から北部に分布する。「色調」は青～淡青色を呈し、淡青色部は地形的に高位に、青色部は下位に分布する。地形的特徴は、全般に起伏量の小さい、比較的低い山地を形成している。

#### (4)単元D

本地域中央部のアルゼンチンとの国境付近に分布する。「色調」は淡青色から淡茶色を呈する。色調から判断して全体に植生が少ない地域と思われる。

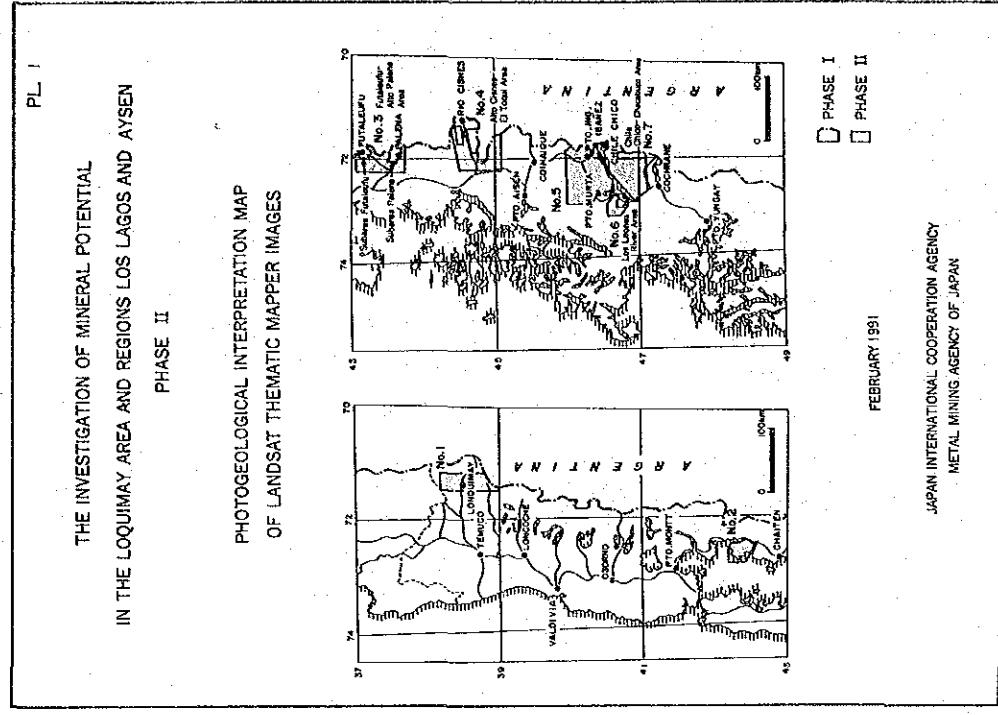
地形的特徴は、抵抗度は小さく、緩やかでなだらかな山稜を形成している。一部ベディングを示唆する地形現象が判読される。

#### (5)単元G

本地域の中央部からやや北部のアルゼンチンとの国境付近に分布する。「色調」は淡黄色を呈する。地形的特徴は、抵抗度は高く、起伏量の大きい地形を形成している。雲に覆われる

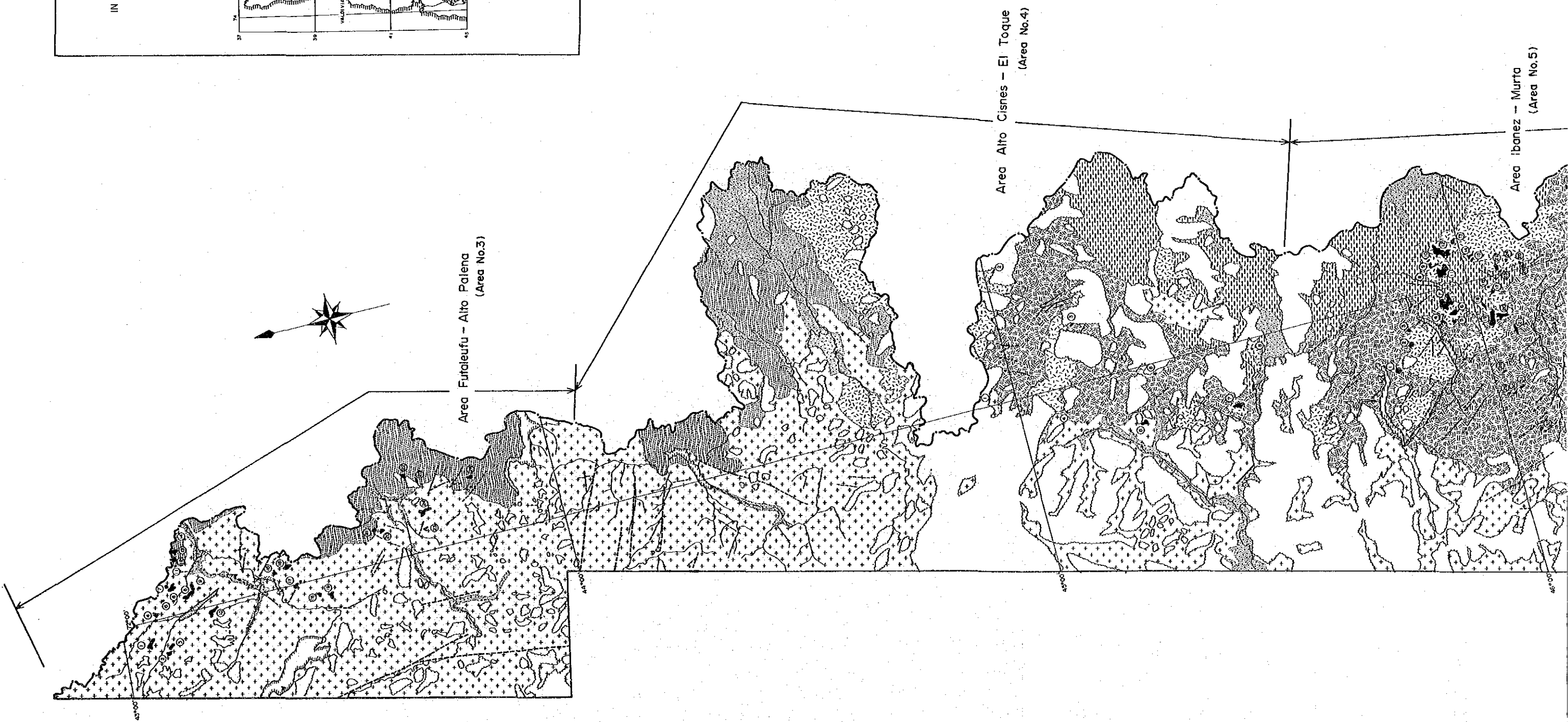


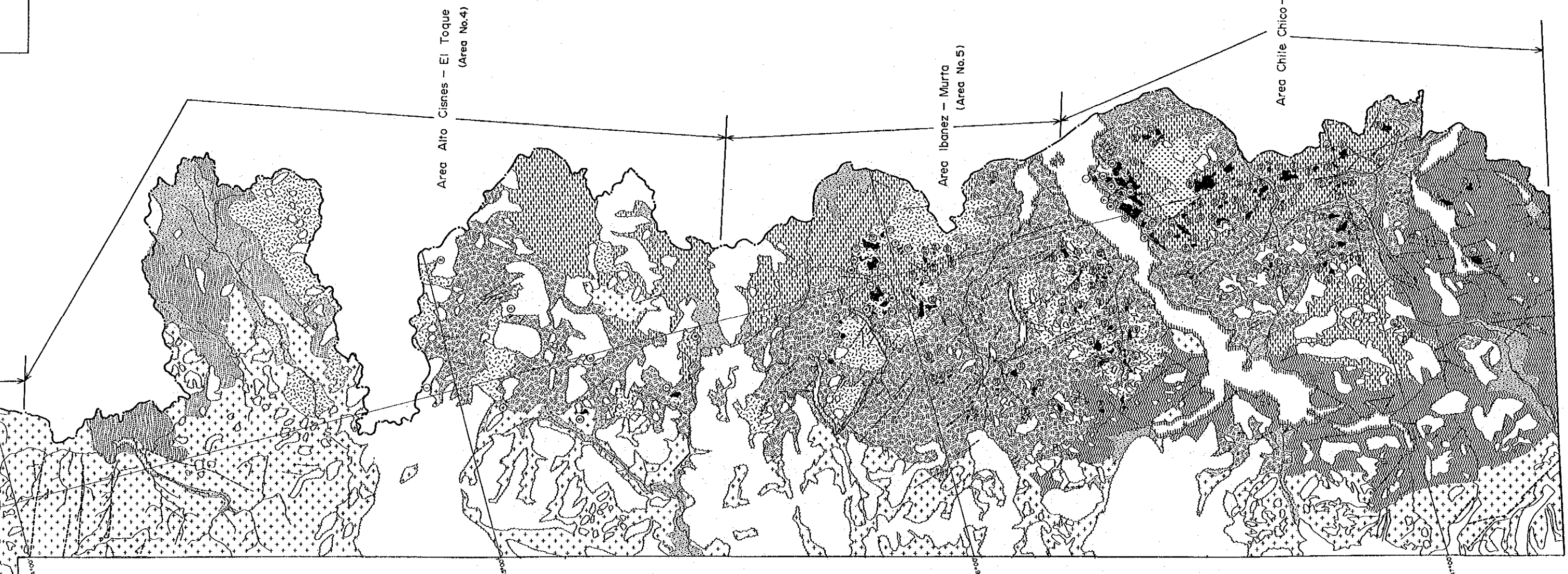
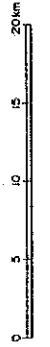




LEGEND

- Alluvium, Talus, Terrace
- Volcanic Rocks
- Volcanic Rocks
- Sedimentary Rocks, Volcanic Rocks
- Volcanic Rocks
- Volcanic Rocks, Sedimentary Rocks
- Metamorphic Rocks
- Intrusive Rocks





LEGEND









- Alluvium, Talus, Terrace
- Volcanic Rocks
- Volcanic Rocks
- Sedimentary Rocks, Volcanic Rocks
- Volcanic Rocks
- Volcanic Rocks, Sedimentary Rocks
- Metamorphic Rocks
- Intrusive Rocks
- Alteration Zone
- Lineament
- Bedding trace
- Drainage
- Cloud
- Snow
- Lake

第II-1-8図 ランドサット画像解析図





第II-1-3表 ランドサット画像判読結果一覧表

Unit	Photo-Characteristics		Morphological-Expression					Cover		Conclusion	
	Tone	Texture	Drainage		Rock Properties			Vegetation	Probable Lithology	Existing Geological data	
			Pattern	Density	Resistance	Cross Section	Bedding				
A	light blue ~ blue	coarse	dendritic	high medium	high low		well bedded	very dense	metamorphic rocks	metamorphic rocks (Paleozoic)	
B	red partly whitish gray	fine	dendritic	medium	medium		well bedded	dense-sparse	volcanic rocks sedimentary rocks	volcanic rocks (Jurassic)	
C	light blue ~ blue	coarse	dendritic	low	low		partly bedded	dense	volcanic rocks	volcanic rocks, sedimentary rocks (Cretaceous)	
D	light blue	fine	dendritic parallel	low	medium~low		very well bedded	dense	sedimentary rocks	sedimentary rocks (Cretaceous)	
G	light yellow	fine	dendritic parallel	medium	high		massive	moderate	volcanic rocks	volcanic rocks (Pliocene)	
H	dark brown	fine	parallel	very low	medium		very massive	moderate	volcanic rocks	basic volcanic rocks (Quaternary, Tertiary)	
J	yellowish brown	fine	dendritic meandering	low	very low		none	dense	sediments	alluvium, talus terrace (Quaternary)	
K	blue, yellowish gray~gray	coarse	dendritic	high	very high		massive	very dense	intrusive rocks	granitic rocks	

箇所が多く全体を把握できない。

#### (6) 単元 H

南部のヘネラルカレーラ湖の南に小分布する。地形的に高位に分布する。「色調」は茶～暗褐色を呈する。地形的特徴は、起伏量の小さい緩やかな山稜を形成する。

#### (7) 単元 J

全域の各所に小分布する。ほとんどが河川沿いに発達することが多い。「色調」は青、淡青色、淡褐色等さまざまな色調を呈する。分布が河川沿いに限られ地形的特徴は、抵抗度は小さく、平坦である。

#### (8) 単元 K

本地域の北から南まで広範囲に分布する。中央部から南部では広く雲に覆われている。「色調」は北部の地形的に高い所は淡青色～淡黄色を呈するが、ほとんどは青色である。

地形的特徴は、抵抗度が高く、起伏量の大きい急峻な地形を形成している。

#### 1-5-2 変質帯の抽出

全域を通して雲量や雪が多く、かつ山間部では海拔1500m付近の高さまでは植生に覆われているため白色あるいは青色系統に富んだ画像が得られた。

変質帯の抽出に当たっては、第1年次の現地調査によって確認されているラグナヴェルデ鉱床に伴っている変質帯やチャカブコ川北方に発達している変質帯を教師とした。

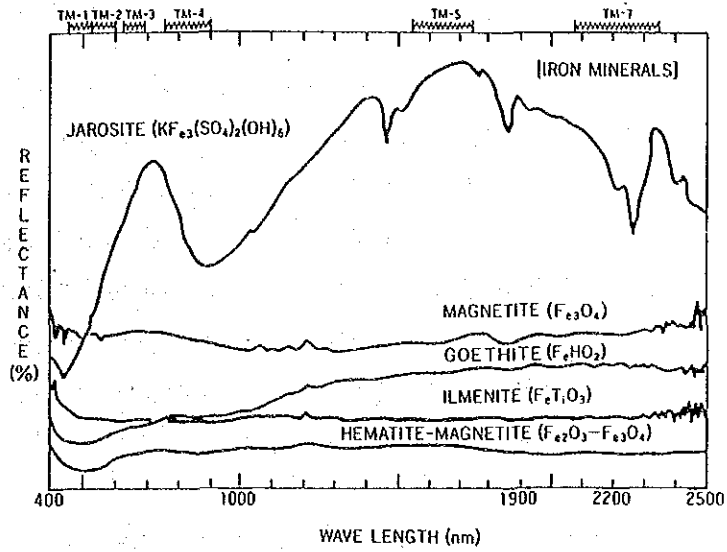
ラグナヴェルデ鉱床は、地域南部のヘネラルカレーラ湖南岸に面しており、現在探鉱中の浅成鉱脈型金鉱床である。同鉱床に伴っている変質帯は石英安山岩質火山岩類を母岩としており、強珪化、弱カオリン化の酸性変質帯であり、その規模は3x5km程度である。同変質帯中には脈状ないし網状の赤鉄鉱、褐鉄鉱、黄鉄鉱、石英などが生成しており、変質帯全体が茶褐色を呈している。

この地域は寒冷多雨地帯で、標高1500m付近までは針葉樹林となっており、それより高くなるとまばらな灌木を伴った裸岩地帯となっている。標高1500m以下では被覆土が比較的厚く平野部では草原となっている。変質帯一帯は標高200mの低地であるが被覆土の少ない裸岩地帯で、灌木がまばらに生育している。

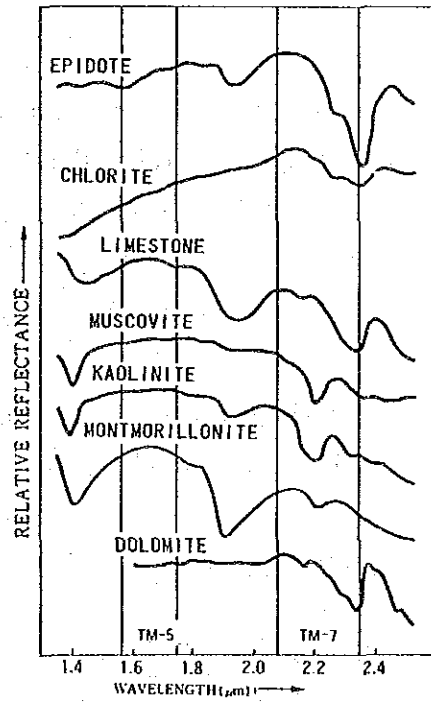
以上のような条件下にある変質帯は上記のバンド組み合わせと加色合成によるフォールスカラー画像上では『淡黄色』を示した。

なお、金属鉱業事業団・資源観測センターの研究によると、ゴールドフィールド鉱床(アメリカ合衆国ネバダ州)やポーフィリー銅型のエスコンディーダ鉱床(チリ北部)に発達している変質帯のように乾燥した裸岩地帯では、同一バンドの組み合わせでも淡緑色系を示している。

ゴールドフィールド鉱床帯もそうであるが、一般的にのように鉄酸化物が多く(第II-1-9図)、かつカオリン鉱物(第II-1-10図)を多産している変質帯ではバンド5に反射率のピークがあり、バンド7で低くなっているところではバンド5の緑色が強調されて淡緑色を示すと考えられている。抽出された変質帯の数は、フタレウフ-アルトパレナ地区では26ヶ所、アルトシスネス-



第 II-1-9図 鉄酸化物の分光反射率



第 II-1-10図 短波長赤外域における粘土鉱物  
及び炭酸塩鉱物のスペクトル特性

エルトキ地区で8箇所、イバネス-ムルタ地区で63箇所およびチレチコ-チャカブコ地区で76箇所の合計173箇所であった。変質帯の分布は第II-1-8図に、また、各変質帯の特徴は巻末第1表に示した。

同図の通り、変質帯の分布はイバネス-ムルタ地区からチレチコ-チャカブコ地区の東部に密集しており、かつ南北に配列している。変質帯の規模は、1x1km程度のものが多かった、中には2x5km大のものもあった。これらは、単元A、B、C、D及びK等を母岩としているが、単元B及びDがもっとも多い。文献によると単元Bはジュラ紀後期のイバネス層(石英安山岩質ないし安山岩質火山岩類)に対比され、また、単元Dは白亜紀前期のコジャイケ層(海成層及び中性火山岩類)に対比される。また、貫入岩である単元Kに発達している変質帯は地域の北端部に偏在している。

中部地域に分布が少ないのは主要母岩である単元B及びDの発達が少ないことのもよるが、雲量が多く抽出が不可能であったことのもよる。また、南部の変成岩地帯(単元A)では非常に少ない。

要約すると、本地域の変質帯はジュラ紀後期から白亜紀前期の中間組成ないしフェルシクな火山岩類および一部の海成層中に主として発達しており、それらは地域南部のコジャイケからチレチコ南部にかけて集中している、といえる。また、それらは構造線や母岩の伸長方向に規制されてN-S方向に配列している。

#### 1-6 現地調査結果との比較

抽出された173箇所の変質帯のうち、もっともまとまって分布している16箇所の変質帯について現地調査を実施した。それらはラグナヴェルデ鉱床の南約17kmを北端として南のチャカブコ川までの間に南北に配列している。現地調査の対象となった変質帯は次の通りである。

7-29, -30, -38, -39, -41, -42, -43, -44, -49, -50, -52, -53, -54, -55, -56, -58

詳細な調査結果については第7章に記載したが、概略次の通りである(第II-7-1図)。

7-29 : 本変質帯については全体の確認にまで至らなかったが位置や形状についてはほぼ一致していた。

7-30 : 位置は一致していたが規模が判読よりも2倍程あった。

7-38 : 未確認

7-39 : 所在地点は一致していたが積雪のため全貌未確認。

7-41 : 存在していなかった。付近は針葉樹林であった。

7-42 : 所在地が500mほど西にずれていた。尚、判読された箇所付近一帯は淡緑色の凝灰岩よりなる裸岩地帯であった。

7-43 : 所在地が2km程北にずれており、かつ、細かく分散していた。

7-44 : 未確認

7-49 : 存在していなかった。付近一帯は灰白色を呈した裸岩地帯(岩相は未確認)であった。

7-50 : 所在地点はほぼ一致していたが、規模が半分程度であった。

7-52 : ほぼ同一地点に存在しており、周りに衛星的小変質帯が2箇所あった。

7-53, -54, -55, -56 : 1km以内のずれでいずれも存在していたが、いずれも小規模であった。

7-58 : 同一地点にあり、かつ規模は3倍程あった。

これらのうち、7-39変質帯ではAu-Pbの鉱化作用(Au:6.7ppm, Pb:1.1%)も認められた(詳細第7章参照)。また、直径1km以内の小規模変質帯は位置、形状とも異なっている場合が多かった。また、淡緑色凝灰岩のような淡緑色裸岩地帯は変質帯と見誤る場合がある。

## 第2章 写真地質解析

### 2-1 調査地域

対象地域は、フタレウフ-アルトパレナ地区のアルトパレナ準地区及びアルトシスネス-エルトキ地区である。解析範囲は第II-2-1図に示すとおりである。

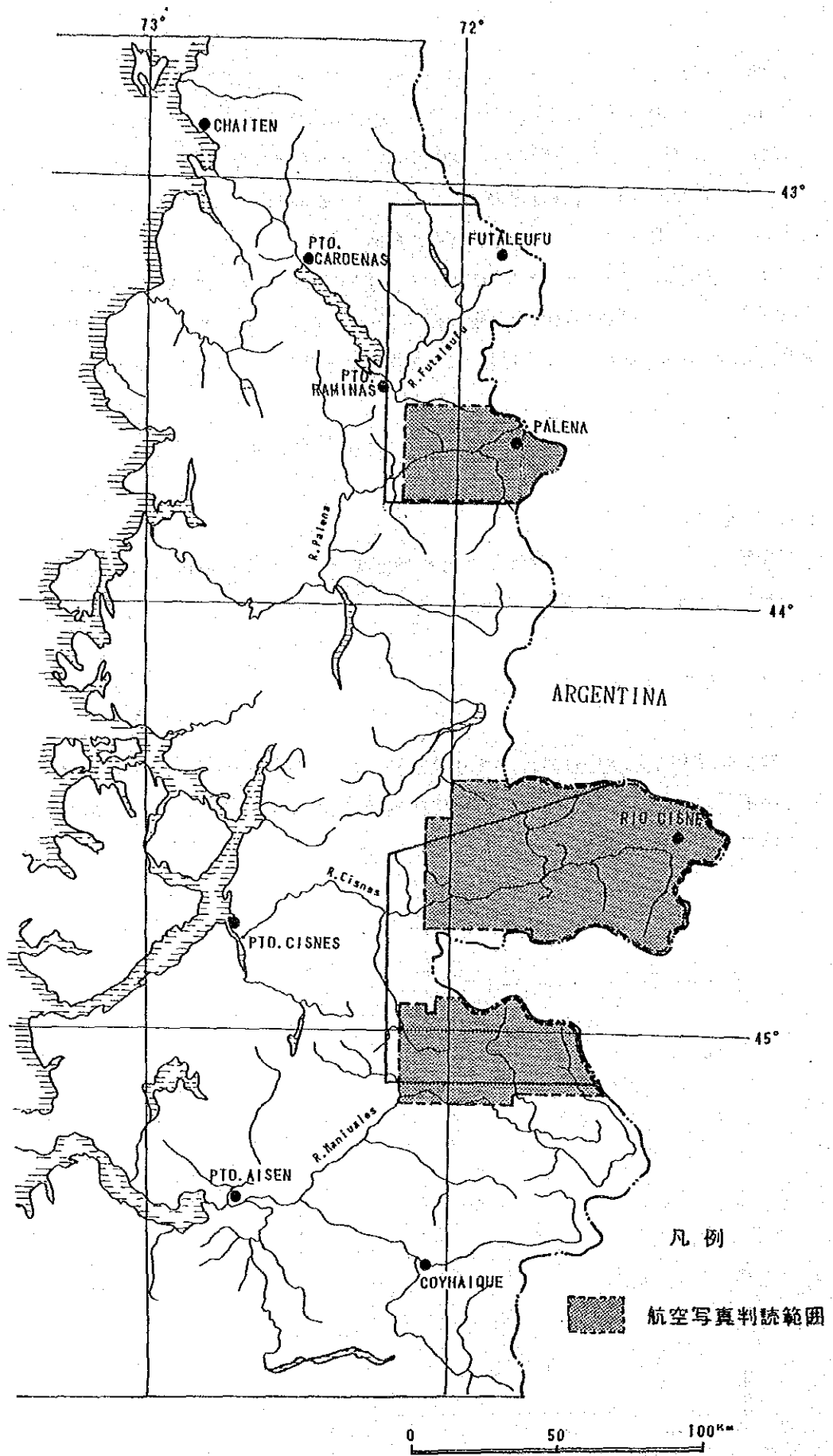
### 2-2 解析方法

#### 2-2-1 使用データ

本解析に使用した空中写真は、チリ陸軍地理院(INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR DE CHILE)発行の縮尺約1:68,000白黒印画で、使用総枚数は3地域合計89枚である。使用写真は第II-2-1表に示すとおりである。

第2-1表 使用写真一覧表

地域名	写真番号	枚数
フタレウフ-アルトパレナ区	11604~11609	6
	11659~11662	4
アルトシスネス-エルトキ地区 (北部)	11622~11628	7
	11640~11647	8
	11703~11709	7
	12402~12409	8
	12435~12440	6
	12449~12455	7
	12466~12474	9
	12488~12491	4
(南部)	18516~18518	3
	18593~18596	4
	12928~12933	6
	1300813012	5
	1301913023	5
		89



第 II-2-1 圖 写真地質解析範圍圖

## 2-2-2 解析手順

写真地質学的な判読・解析作業は、一般に以下の手順で行われる。

- ①計画・準備（使用データの購入、写真標定、既往調査資料の収集等）
- ②地質判読及び解析図の作成
- ③現地調査
- ④再判読（フィードバック）および総合解釈

判読にあたっては、写真地質学上の判読要素である写真的特徴（色調、肌合い）と地形的特徴（水系の形態・密度、岩石の抵抗度、起伏量、山稜形態、ベディングの有無・密度、フォトリニアメントの方向・規模）および植生等の被覆の諸性質に着目し、地質単元区分やフォトリニアメントの抽出を行う。基本的には前述の衛星画像の解析方法と同じである。

## 2-3 解析結果

### 2-3-1 地質単元区分

本解析から判読される地質単元は、フタレウフ-アルトパレナ地区は6単元(Plate 2)、アルトシスネス-エルトキ地区では11単元(Plate 4,5)に区分される。各々の写真的特徴および地形的特徴は第Ⅱ-2-2表、第Ⅱ-2-3表に示すとおりである。各単元の主な特徴は以下のとおりである。

#### (1) フタレウフ-アルトパレナ地区

##### ①単元A

アルトパレナ町の北部に小分布する。単元Bの分布域に判読されるが、単元Bは極めて急峻な地形を呈するのに対し、本単元は、小高い丘陵地を形成し抵抗度が低いことで区別される。

##### ②単元B

北部から東部のアルゼンチンとの国境付近に分布する。おもに山腹に分布し、極めて急峻な地形を形成する。抵抗度は高く、起伏量も大きい。

##### ③単元C

北部から東部の、主に山頂部に分布する。単元Bは比較的広い山稜を形成するのに対し、本単元は、尖鋭で急峻な地形を形成する。一部に層理を示唆する判読要素が認められる。

##### ④単元D

主に山腹の山裾に小規模に分布する。本単元で山腹が急に緩傾斜になり、他の単元と不調和な分布形態を示す。

##### ⑤単元E

大きな河川沿いに分布する。分布が低地の河川沿いに限られ、平坦地を形成することから、あきらかに現世の堆積物からなる。

##### ⑥単元F

北東部から南部に広範囲に分布する。急峻な地形を形成し、尖鋭な山稜を呈する。本地域で

第II-2-2表 フタレワフアーアルトパレナ地区航空写真判読結果一覧表

Unit	Photo-Characteristics		Morphological-Expression						Cover		Conclusion	
	Tone	Texture	Drainage	Density	Registance	Cross Section	Bedding	Vegetation	Probable Lithology	Existing Geological data		
E	dark	fine	meandering	low	low		none	sparse.	Alluvium	Alluvium		
D	dark	fine	subparallel	low	low		low	sparse	Terrace	Terrace		
C	dark~ dark gray	fine	dendritic parallel	medium	high		medium	moderate~ sparse	Volcanic rocks Sedimentary rocks	Volcanic rocks		
B	medium gray	fine~ coarse	dendritic parallel	medium	high		medium	moderate~ dense	Volcanic rocks	Sedimentary rocks		
A	dark	coarse	parallel	low	medium		low	moderate	Volcanic rocks	Volcanic rocks	-	
F	medium gray -light gray	rough	dendritic parallel	high	very high		high	sparse~ moderate	Intrusive rocks	Granitic rocks		



第II-2-3表 アルトシスネスーエルトキ地区航空写真判読結果一覧表

Unit	Photo-Characteristics		Morphological-Expression						Cover		Conclusion	
			Drainage		Rock Properties		Bedding	Vegetation				
			Pattern	Density	Resistance	Cross Section						
G	medium gray light gray	fine, smooth	meandering	-	very low		none	sparse.	Alluvium	Alluvium, fluvial		
F	light gray	fine, smooth	meandering parallel	low	low		none	sparse.	Terrace	Terrace		
E	medium gray	smooth	dendritic	low	low		none	sparse.	Sedimentary rocks	Volcanic rocks		
D	medium gray	fine	dendritic parallel	medium	high		bedded	moderate	Sedimentary rocks	Volcanic rocks Sedimentary rocks		
C	dark grey	coarse	parallel	medium	high		massive	moderate	Volcanic rocks	Volcanic rocks Sedimentary rocks		
B	dark	rough	dendritic	low	medium		partly bedded	moderate dense.	Sedimentary rocks	Sedimentary rocks		
A	dense	rough	dendritic partly angular	high	medium		very well bedded	moderate- dense	Sedimentary rough	Volcanic rocks Sedimentary rocks		
H	light gray	fine	-	-	medium		none	none	Dyke	-		
I	light gray	rough	radial	low	high		massive	sparse	Intrusive rocks	Granitic rocks		
J	dark	coarse	annular	medium	high		massive	dense	Intrusive rocks	Granitic rocks		
K	dark gray	coarse	dendritic parallel	high	very high		massive	moderate	Intrusive rocks	Granitic rocks		

最もフォトリニアメントの発達が著しい。

## (2) アルトシスネス-エルトキ地区

### ①单元A

北部域、南部域ともにほぼ中央部に広範囲に分布する。北部ではやや塊状を呈するが、南部では極めて顕著にベディングが判読される。また、リニアメントが非常におおく発達する单元である。

### ②单元B

南部地域のエルトキ鉱山付近に小分布する。中程度の抵抗度でややゴツゴツした小丘を形成しする。一部傾斜の緩いベディングを示唆する構造が認められる。

### ③单元C

北部域ではほぼ北東-南西方向、南部域では中央部に北西-南東方向で分布する。主として山腹を形成して分布し、急傾斜を呈する。ほとんどベディングが認められず、塊状を呈する。

### ④单元D

北部域、南部域ともに地形的に高位の各所に広く分布する。急峻な地形を形成し、山腹の傾斜変化で下位の单元と区別される。また、各所にベディングを示唆する縞状模様が認められる。

### ⑤单元E

北部域の東部、南部域のアルゼンチン国境付近および中央部の山頂に分布する。いずれも緩くなだらかな丸味を帯びた地形を形成し、肌合いが非常に滑らかである。

### ⑥单元F

北部域では中央部から東部に、南部域では各所に小分布する。ほとんどが山腹もしくは山裾及び河川沿いに認められる。山腹あるいは山裾では山腹斜面の途中から傾斜が緩やかになること、河川沿いのものは現河川の岸に形成され、段状の平坦な地形を示すことで区別される。

### ⑦单元G

北部域、南部域ともに河川沿いに分布する。单元Fより低位に位置し、現河川沿いに分布することらあきらかに現世の堆積物と判断される。

### ⑧单元H

北部域の東部に東西方向を示して小分布する。非常に明るい色調を示し、他の单元との境界が非常に明瞭である。分布形態が伸長することから岩脈類の可能性はある。

### ⑨单元I

北部域の東部及び中央部に小さな単位で各所に分布する。山頂がゴツゴツもしくは明るい色調を呈し、他の単位より若干突き出た形態を示し、不調和であることから岩脈類の可能性はある。

### ⑩单元J

北部域の西部に広く分布する。比較的抵抗度は高いが、急峻で高い地形を示さず、比較的低い山地を形成している。ベディングはほとんど判読されず、塊状の岩体からなる。

## ①単元K

北部域では、南西部から中央部へ北東-南西方向を示し、南部域では西部に広く分布する。抵抗度は極めて高く、急峻な地形を形成する。尖鋭な山稜からなりゴツゴツしている。また、リニアメントが非常に多く発達する。いずれも塊状である。

## 2-3-2 地質構造

### (1) リニアメント

#### ①フタレウフ-アルトパレナ地区

本地区のリニアメントはPlate 2に示すとおり、地質単位によりおおきな差が認められる。単元Fに極めて顕著に発達し、他の単位では非常に少ない傾向にある。リニアメントの方向性は北西-南東方向及び東-西方向が卓越する。

#### ②アルトシスネス-エルトキ地区

本地区のリニアメントはPlate 4及び5に示すとおり、北部域、南部域ともに単元A、J、Kの分布域で極めて多く抽出されている。北部域では北東-南西方向が顕著で、かつ、連続性に富む傾向にある。その他の単元J、Kでは多方向を示し、分布形態に大きな特徴を示さない。これらは一般に連続性に欠ける。一方、南部域では、単元A、Kで多くのリニアメントが判読される。単元Aでは多方向を示すが、連続性では北西-南東方向及び南-北方向が若干連続性に富む。単元Kでは北西-南東方向が卓越し、かつ、連続性に富む。また、単元Kでは、節理を暗示する細かいリニアメントが判読される。

### (2) 褶曲構造

#### ①フタレウフ-アルトパレナ地区

本地区には褶曲構造を示唆するベディングが非常に少なく、明瞭な褶曲構造は判読されない。

#### ②アルトシスネス-エルトキ地区

北部域では各所に若干のベディングが判読される程度で、明瞭な褶曲構造は判読されない。しかし、各単元の分布形態から判断すると、中央部の東西に流れるシスネス川を境に新しい地質単位が南部および北部に分布することから、この川沿いに背斜構造が発達していることが考えられる。南部域では、単元A、Cに非常に多くのベディングが判読される。

単元Aでは、ほとんどが植生に覆われているため、ベディングを追跡しての褶曲構造は判読されないが、各所に判読される流れ盤(Dipslope)および受け盤(Cuestaslope)等からの分布から、本単元内には小規模の褶曲構造が発達するものと思われる。単元Cではいずれも地形的に高位に判読されるが、その分布形態から向斜構造を形成しているものと考えられる。

## 2-4 現地調査結果との比較

### 2-4-1 フタレウフ-アルトパレナ地区

単元Aは火山岩類と判読したが、現地調査では砂岩・頁岩互層からなる海成層であった。尚、分

布はほぼ一致していた。単元B及びCは安山岩質火山岩類からなり判読結果と一致したが、地域西部に分布しているこれらの単元の一部は花崗岩類であった。

単元D及びEは判読結果と極めてよく一致していた。花崗岩類である単元Fの分布は判読結果よりも広がった。花崗岩類でも板状節理が発達している場合は成層岩との区別が困難である。

尚、現地調査で得られた情報を取り入れて再解析した結果をPlate 3に示した。

#### 2-4-2 アルトシスネスーエルトキ地区

現地調査を行ったのは地域の北東部に限られている。判読結果と大きく異なった点は次のような点である。

① シスネス川の南支流であるモロ川及びペドレゴソ川において判読された単元B、C及びDが、現地調査では花崗岩類であった。花崗岩類と火山岩類では抵抗度に差があるため、地形にその差が現れるのが普通であるが、本地区のようにほぼ全域が氷河作用の影響を受けている地域では通常の地形的特徴が消されて両者の区別を困難にしているものと考えられる。

② 単元J及びKは共に貫入岩であるが、Kの方がフラクチャーの発達が著しいため時代的に差があるものと考え両単元を区別したが、現地調査では両者とも石英モンゾニ岩であり、同一岩体であった。

尚、現地調査を行った範囲について、以上のような現地情報を加味して再解析した。その結果をPlate 6に示した。

### 第3章 フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)

#### 3-1 地質

本地区の地質は中性の火山岩類とこれを貫く花崗岩類によって特徴づけられる(第II-3-1図)。

##### 3-1-1 層序

本地区の層序は、下位より上部ジュラ系、上部白亜系及び第四系からなる。基盤岩類の分布はない。模式地質層序図を第II-3-2図に示した。

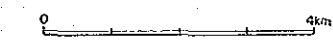
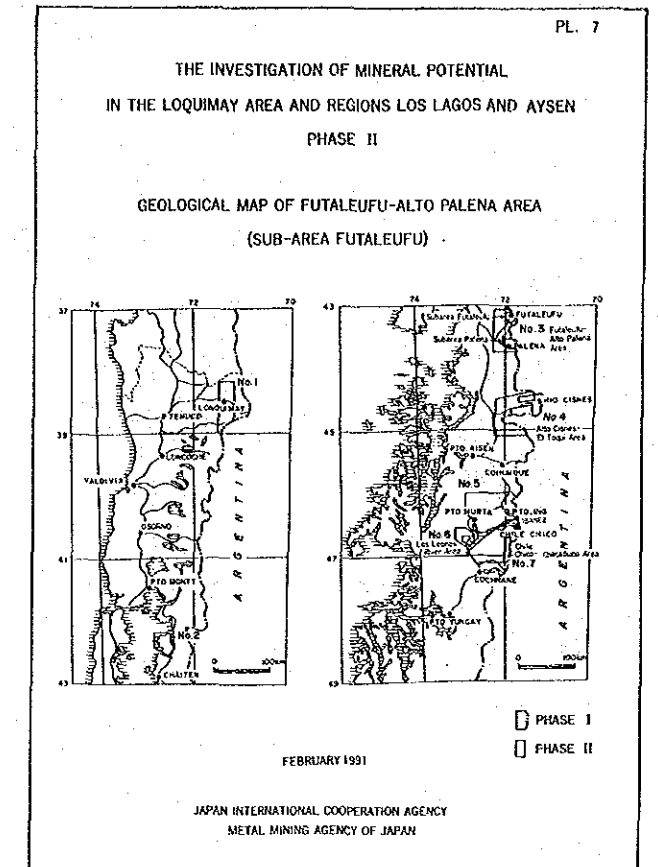
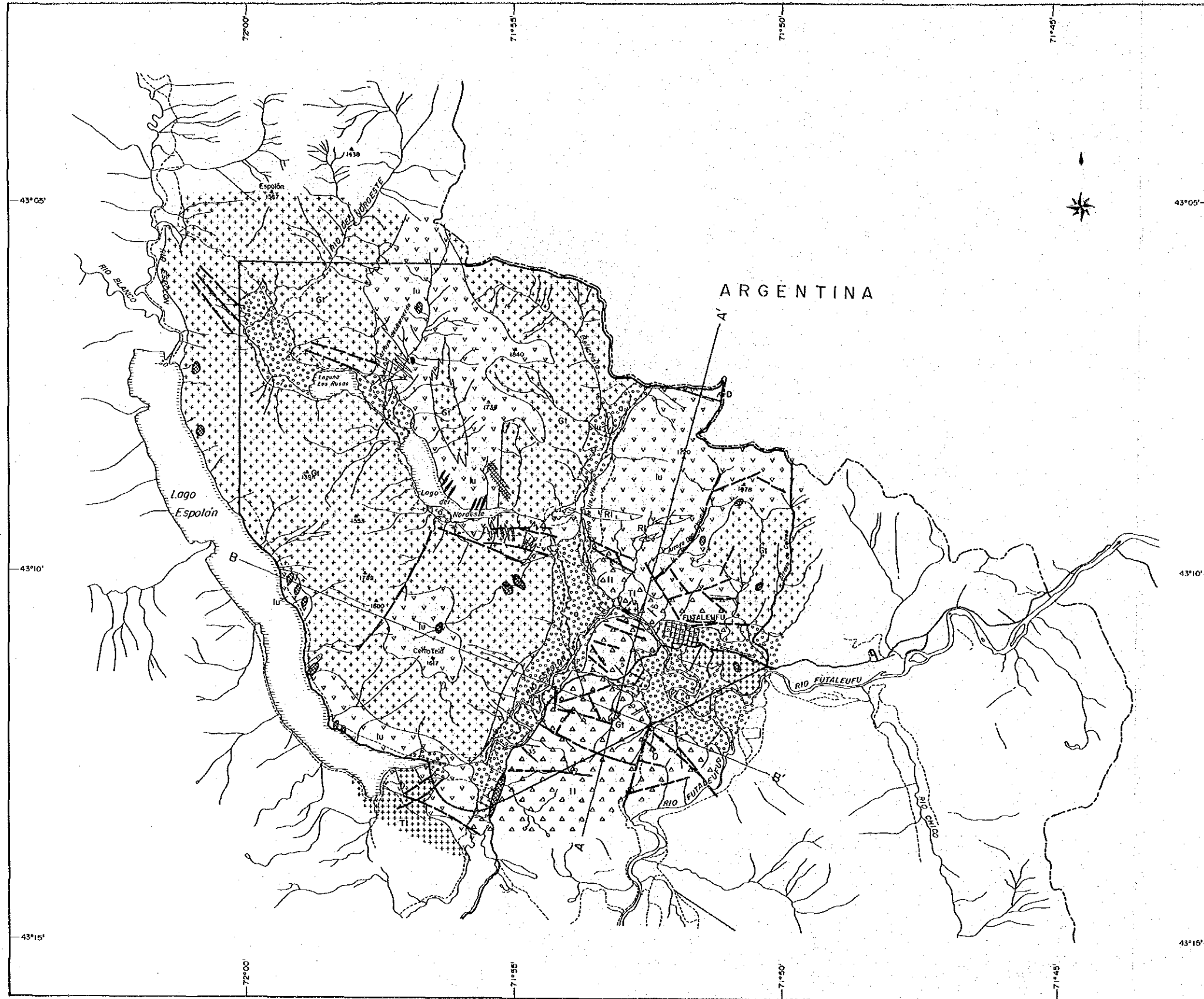
##### (1) 上部ジュラ系

本系は主として安山岩質火山噴出物からなり、主に火砕岩類からなる下部層と熔岩流からなる上部層に2分される。

下部層は、地域の南東部、フタレウフ町付近からその南にかけて分布している。上部層は、それ以外の地域に広く分布している。下部層の下限は確認されていないため全層厚は不明であるが、1,000m(+)は推定される。上部層の層厚は上限が未確認であるが、1,700m(+)見込まれる。

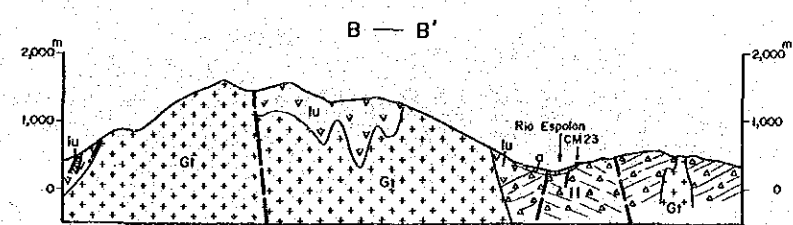
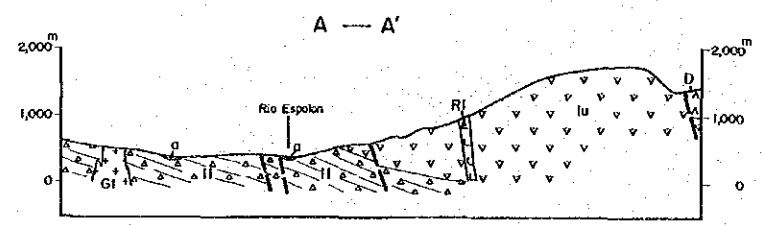
下部層を構成している岩相は、火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩が卓越しており、安山岩熔岩、細粒凝灰岩、凝灰質砂岩、凝灰質頁岩等の薄層を挟在している。火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩は一般に堅硬で、緑色、黄緑色、緑褐色などを呈し、2～5cm大の角礫ないし亜角礫の安山岩質の同質礫からなる。安山岩熔岩は、暗緑色の堅硬な岩質で、斑状を呈する。砂岩は黄緑色の中粒～粗粒で、凝灰質である。頁岩は灰色ないし緑灰色の凝灰質で、分布は極めて限られており、フタレウフ





**LEGEND**

Quaternary	Alluvium, Terrace and Moraine		a
Late Cretaceous	Divisadero Formation		D
Late Jurassic	Ibañez F.		Iu
			II
Intrusive Rocks			
Rhyolite			Ri
Lonconao Stock			II
Futaleufu-Palena Batholith			Gt
	Fault		
	Bedding		
	Vein		
	Hydrothermal Alteration		
	Mineralization		



第II-3-1図

フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)地質図



Geologic Age	Formation	Thickness (m)	Columnar Section	Rock facies	Igneous activity	Mineralization
Quaternary	Alluvial and Moraine Deposits	50		Gravels and Sands		
Tertiary				Andesitic lavas Andesitic pyroclastic rocks		
Cretaceous	Late	400(+)		Andesite lavas Tuff breccia	Andesite Rhyolite Granitoid	Au?, Cu
	Early			Andesite lavas Tuff breccia		
Jurassic	Upper Member	1,700(+)		Andesite lavas Tuff breccia		
	Lower Member	1,000(+)		Andesite Tuff breccia Shale		

第II-3-2図 フタレウフアーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)模式地質層序図



町の北西約700mに火山礫凝灰岩に挟まれて薄く発達しているに過ぎない。

上部層は安山岩熔岩が圧倒的に多く、下位で安山岩質火砕岩(主として火山礫凝灰岩)を挟む。安山岩は、堅硬な暗緑色の斑状ないしはピロタキシチック組織をもつ岩相である。

本系は全般的に緑泥石化作用を強く受けており、花崗岩類の近傍では特に同作用が強くなり、緑れん石、絹雲母を伴う。

後述の通り、本系を貫いている花崗岩類が109Ma及び112Maの固結年代を示していることからその噴出時期は、先白亜紀後期ではあろうが、更に限定するようなデータは得られなかった。なお、Thiele et al. (1978)は、広域的なデータから本系をジュラ紀後期と考えており、イバニェス層に対比している。本系の堆積環境は主として陸域と解されるが下部層堆積時には準水域下に置かれていたものと想定される。

## (2) 上部白亜系

本系は地域東端のアルゼンチンとの国境付近(パソアロヨウエムル(Paso Arroyo Huemul)東部)に小分布をなす地層で、主としてアルゼンチン側に広く分布している。本系の上限は未確認であるため全層厚は不明であるが、確認された部分だけで400m有する。

本系は、安山岩質火山噴出物からなり熔岩と火砕岩の互層から構成されている。熔岩は緑灰色、堅硬、緻密な岩質を示す。火砕岩は、一般に黄緑色を呈し細粒凝灰岩から凝灰角礫岩までが薄く互層をなし良好な層理を呈する。ほぼ水平な構造をなして上部ジュラ系を不整合に被覆している。

本系の噴出時期を示した得られていないが、岩相及び構造がコジャイケ付近のディヴィサデロ層に類似していることから同層に対比され、従ってその噴出時期は、白亜紀後期と考えられる。

## (3) 第四系

本系は現河川に沿って分布した河床堆積物、段丘堆積物、扇状地堆積物等からなる。岩相は未固結の砂礫である。層厚は50m前後である。

### 3-1-2 貫入岩類

本地区には貫入岩類として花崗岩、トーナル岩、流紋岩等が広く分布している。特に、花崗岩の分布が地域の60%近くを占めている。Thiele et al. (1978)は、この花崗岩をフタレウフーパレナ底盤と、トーナル岩をロンコナオ(Lonconao)岩株と、各々呼称している。これらの他に流紋岩質岩脈が小分布をなしている。

#### (1) フタレウフーパレナ底盤

本岩体が、貫入岩の大部分を占めている。岩質は、一般に灰白色ないし緑灰色、堅硬で、比較的粗粒結晶からなる半自形粒状組織を呈する。主な有色鉱物は黒雲母と角閃石である。花崗岩から石英-モンゾニ岩まで変化する。主成分鉱物として石英、斜長石、等が認められる。

化学組成でみても変化に富んでいる(巻末第7表)が代表的な岩体の値は、次の通りである。

単位:%

	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>	BaO
YR311	64.60	0.62	15.26	1.85	1.92	0.03	1.44	2.42	3.49	3.47	0.17	0.04

上記の化学組成の場合, FeO/MgO:2.48, Na<sub>2</sub>O/CaO:1.44, K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:0.93, D. I.: 73.7等の値を示しており, かなり結晶作用の進んだ岩体である。

本岩体は, 上部ジュラ系上部層を貫いており, 同岩体との接触部付近の被貫入岩は強い熱変成を受けており, 脈状及び鉱染状の緑れん石や緑泥石が生成している。

また, K-Ar法による絶対年代測定結果では巻末第14表の通り, 109±4Maの値が得られ, 従って本岩体の固結年代は白亜紀半ばと考えられる。

### (2) ロンコナオ岩体

この岩体は地域の南部に岩株をなして数岩体小分布をなしている。Thiele et al. (1978)はこのうち, エスポロン湖の南端部に発達している岩体をロンコナオ(Lonconao)岩株と呼称している。岩質は, 堅硬, 緻密質で暗緑色ないし緑色を呈する。総じて細粒質であり, トーナル岩の岩相を示す部分が一般的である。主な有色鉱物は角閃石である。

本岩体の代表的化学組成は次の通りである。

単位:%

	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>	BaO
YR306	57.51	0.96	17.88	4.22	3.43	0.19	3.33	5.03	4.99	2.02	0.25	0.06

上記の化学組成の場合, FeO/MgO:2.17, Na<sub>2</sub>O/CaO:0.99, K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:1.06, D. I.: 59.8等の値を示している。

本岩体は, 上部ジュラ系を貫いており, また, 絶対年代測定の結果, 112±3の値が得られており, 固結年代は白亜紀前期の後半と考え, フタレウフーパレナ岩体よりもやや古い。

### (3) 流紋岩

本岩は, セラニアノルテ(Serrania Norte)山の南斜面に3岩体上部ジュラ系を貫いて発達している。いずれも岩脈でE-Wに伸長している。岩質は, 緻密質で, 赤褐色ないし灰褐色を呈し, 細かい流理構造が発達している。

## 3-1-3 地質構造

上部ジュラ系下部層は層理の発達が比較的良好で構造も明瞭である。大局的にはN60°W/30-50°Nを示すが, 地域南部では多くの小規模断層で走向, 傾斜とも変化している。同系上部層は塊状の熔岩が殆どであるため構造は不明瞭であるが, 同層下部に挟在している火山礫凝灰岩の層理面は下部層の大局的方向にはほぼ平行している。

本地区には数kmの延長をもつ線構造が比較的顕著である。同構造はE-W系とN-S系が卓越し

ており、両系ともジュラ系下部層に密に発達している。このうちのあるものは地層を転位させており断層の性格をもっている。

なお、本地区西部を南から北に流れるエスポロン川とこれに合流する南北性の沢を結んだN-S方向に直線的に延びた谷部を形成しており、断層谷の可能性もある。また、その西にNW-SE方向で並走した直線的な溝状の2つの湖(エスポロンおよびノルオエステ(Noroeste)湖)があるが、これらも構造谷の可能性が強い。

### 3-2 鉱床

本地区には現在あるいは過去に稼行された、あるいはボーリングや抗道探鉱がなされた鉱床や鉱徴地は知られていない。しかし、鉱徴地は巻末第5表に示した通り、20数箇所にとんでおり、それらのうち、3-a~3-gは第1年次調査あるいは既存データによるものであり、FM303以下の鉱徴地は今般の調査で確認したものである。それらの位置はPlate 16に示した。

これらの鉱徴地の産状は、脈状、鉱染状、網状、等がある。主要構成鉱物は、褐鉄鉱、赤鉄鉱(稀に鏡鉄鉱)、黄鉄鉱、黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱等であるが、黄鉄鉱の褐鉄鉱に終わっている場合が多い。脈石鉱物は、石英が多いが、稀に方解石、緑泥石の場合もある。

脈状鉱徴地は、主としてノルオエステ湖岸に発達しており、脈幅は0.2~0.5mが多い。主要構成鉱物は、褐鉄鉱、黄鉄鉱、稀に少量の黄銅鉱、酸化銅鉱を伴っている。母岩はイバニェス層の安山岩が殆どである。弱い節理性の裂隙を充填している場合が殆どである。代表的試料の分析結果は、巻末第6表に示したとおり殆どの試料はいずれの成分も低品位に終わっているが、次の鉱徴地ではAu及びCuがやや高い。ただし、いずれも脈幅は小さい。

FM327 Au 200ppb Cu 4.30%(脈幅:0.3m)

KM311 Au 2.4ppm Cu 1.26%(脈幅:0.05m)

FM327はノルオエステ湖岸にあり、KM311はフタレウフ町の南西約4kmの国道沿いに位置している。脈の方向は、N-S性が卓越している。

網状や鉱染状の鉱徴地は、第II-3-1図の通り、花崗岩類の内部及び周辺部に発達している。幅は0.5~20mである。構成鉱物は、褐鉄鉱及び黄鉄鉱が殆どであるが、稀に石英や方解石及びごく微量の黄銅鉱を伴っている。網状や鉱染状の鉱徴地は、しばしば弱い珪化あるいは粘土化変質帯を伴っており、同変質帯も含めると200~300m×200~300mの規模の場合もある。変質作用は概して弱く、変質鉱物には絹雲母が多いが、少量のカオリン鉱物や緑泥石も稀に随伴している。

網状及び鉱染状鉱徴地の方向性はあまり明瞭でない。同鉱徴地の品位は巻末第6表にまとめたが、同表にみられる通りいずれの成分も低い。

### 3-3 地化学探査

主な対象鉱種がAu、Agであるためバンニング試料による地化学探査を実施した。

(1) 試料の採取および分析

試料は、金粒の沈澱しやすい岩盤や粘土層の直上を選んで採取した。8~10kgの沢砂をパンニングして約20gの重鉍物を分析試料とした。採取試料数は、131個であった。採取位置はPlate 24に示した。

試料は、SERNAGEOMINの分析所で分析された。分析成分は、Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Asの7成分である。なお、検出限界品位及び分析方法は次の通りである。

Element	Digenstion and method	Lower limit	Upper limit
Au	AAS-MIBK extraction	20ppb	20,000ppb
Ag	AAS	0.1ppm	100ppm
Cu	AAS	1ppm	10,000ppm
Pb	AAS	1ppm	5,000ppm
Zn	AAS	1ppm	10,000ppm
As	AAS	2ppm	10,000ppm
Mo	AAS	1ppm	10,000ppm

AAS : Atomic Absorption Spectrometry

MIBK : Metil Isobutil Keton

(2) 統計処理

1) 基本統計量

後背地の地質的類似性から本地区を1母集団とした。一般にある母集団に属する地化学データは、一般に対数正規分布に近い分布をすることが知られている。従って、各分析値の自然対数を取り統計量を計算した。なお、分析値が検出限界以下の場合は検出限界値の1/2の値を代入して計算した。

巻末第8表に各元素の分析値を示した。また、巻末第2表には元素別の基本統計値を示した。各元素の分析値の特徴は次の通りまとめられる。

Au

最大値 27ppm, 最小値 <20ppb, 平均値 20ppbで、ppmオーダーを示した試料が3個, 100ppb以上1,000ppb未満が14個であった。検出限界以下が76%もあった。

Ag

最大値 15ppm, 最小値 <0.1, 平均値 0.3ppm, 検出限界以下は4個(3%)しかなかったが全般的に極めて低い値であった。

Cu

最大値 766ppm, 最小値 3.3ppm, 平均値 24.5ppmであった。検出限界以下は0%であったが、

100ppm以上を示した試料は12%であり、パンニング試料としては極めて低い値である。

#### Pb

最大値 404ppm, 最小値 <1ppm, 平均値 5.1ppmであった。検出限界以下が16%あり, 93%が100ppm以下でありパンニング試料としては極めて低い値である。

#### Zn

最大値 290ppm, 最小値 20ppm, 平均値 79ppmであった。検出限界以下は1個もなかったが, 全般的に低い。

#### Mo

最大値 34ppm, 最小値 <1ppm, 平均値 1ppmであった。検出限界以下が約50%あり, 極めて低い値であった。

#### As

最大値 100ppm, 最小値 <2ppm, 平均値 1.6ppmであった。約80%が検出限界以下であり, 全般的に極めて低い。

### 2) 分析値頻度分布

第II-3-3図に元素別度数分布及び累積度数分布曲線を示した。これらの頻度分布から分布パターンの類似したAu-As-Mo元素群とPb-Zn-Cu-Ag元素群の2グループに分けられる。前者は複数の母集団からなり, 異常母集団とバックグラウンド母集団が比較的明瞭に分かれている。後者は, 正規分布に近い1つの母集団からなり, 異常母集団とバックグラウンド母集団の識別が困難である。

### 3) 元素間の相関

巻末第3表に成分間の相関係数を示した。これらのうち, 絶対値0.5以上の相関を示した成分を高い順に並べると次の通りである。

Pb-As : 0.61984

Cu-Pb : 0.61733

Cu-As : 0.60639

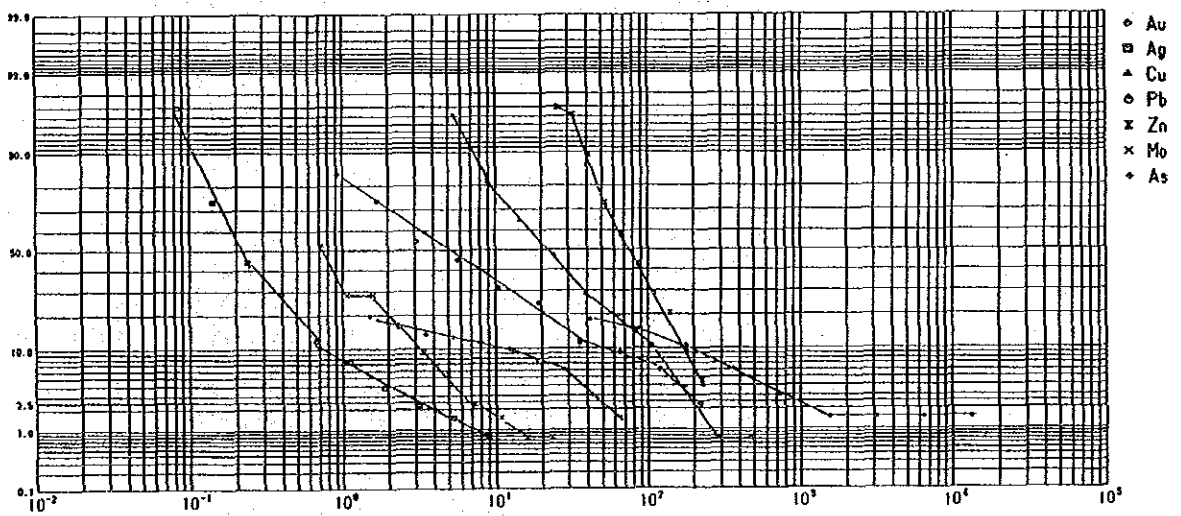
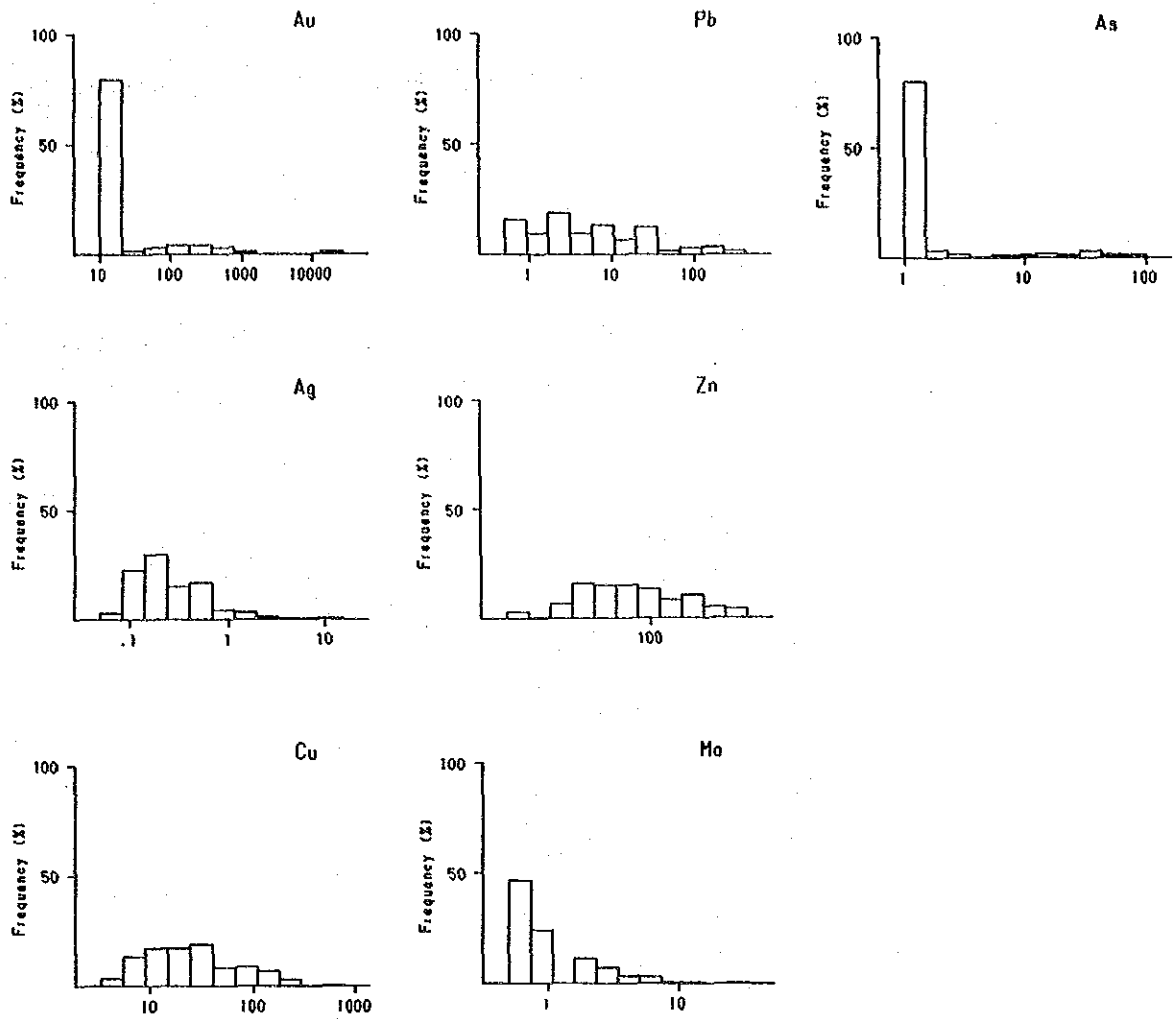
Cu-Ag : 0.51176

一般に高い相関を示すPb-Znが本地区では極めて低い相関(0.18431)を示しているのが興味深い。恐らく, 本地区にみられる鉱化作用はPb-Znで特徴づけられるものではないことを示唆しているものと解せられる。このことは次に述べる主成分分析の結果でも想定される。

### 4) 主成分分析

分析値のもつ意味を要約し, 地質・鉱床との相関や分析値の解釈を容易にするため主成分分析を行った。その結果を巻末第4表に示した。主成分と変量との相関を表す固有ベクトルを用いて各主成分の特徴を要約すると次の通りとなる。

第1主成分ではPb, Cu, As, Agの変動が表現されており, これは本地区の鉱化作用の特徴を要約しているものと考えられる。第2主成分ではAu及びZnの変動が, また, 第3主成分ではZnと負のA



第II-3-3図 フタレウフーアルトパレナ地区(フタレウフ準地区)地化学探査元素別度数分布図及び累積度数分布曲線

uの変動が各々表現されている。これらは鉱化作用とは無関係な岩石中の金属量の特徴を表現しているものと解される。

### (3) 地化学異常値および異常域

#### 1) しきい値の設定

累積度曲線の屈折点はいずれの元素も高いので、本調査ではいずれの元素もしきい値は  $M+2\sigma$  とした。元素別のしきい値は次表の通りである。

元素別しきい値

元 素	しきい値
Au	389ppb
Ag	1.7ppm
Cu	191.1ppm
Pb	151ppm
Zn	252ppm
Mo	5ppm
As	14ppm

#### 2) 地化学異常域

上記のしきい値に基づいて検出された元素別の異常値数は次の通りである。

元素別異常値数

元素	異常値
Au	8
Ag	6
Cu	3
Pb	6
Zn	2
Mo	7
As	12

以上の異常地点の分布をPlate 20 に示した。主な異常は次の通りである。

#### i) Au

地域西部の花崗岩地帯に偏在しているが、まとまった分布を示さず分散している。