

ペルー共和国オヨン地域
資源開発協力基礎調査報告書

第3年次



昭和57年3月

金属鉱業事業団
国際協力事業団

國際協力事業團	
登録 84.87215	7090
登録No. 143422	66.12 MPN

は し が き

日本政府はペルー共和国政府の要請に応え、同国の中部に位置するオヨ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、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本年度調査は第3年次で最終年度にあたり、金属鉱業事業団は14名から成る調査団を編成して、昭和56年5月22日から昭和56年11月7日まで、現地に派遣した。

現地調査はペルー共和国政府関係機関、特に地質鉱物冶金研究所の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第3年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力をいただいたペルー共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ペルー日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和57年2月









国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 西 家 正 起

LEGEND

-  Surveyed area (1979)
-  Surveyed area (1980)
-  Surveyed area (1981)
-  Capital of prefecture
-  City
-  Rail way
-  Road
-  River

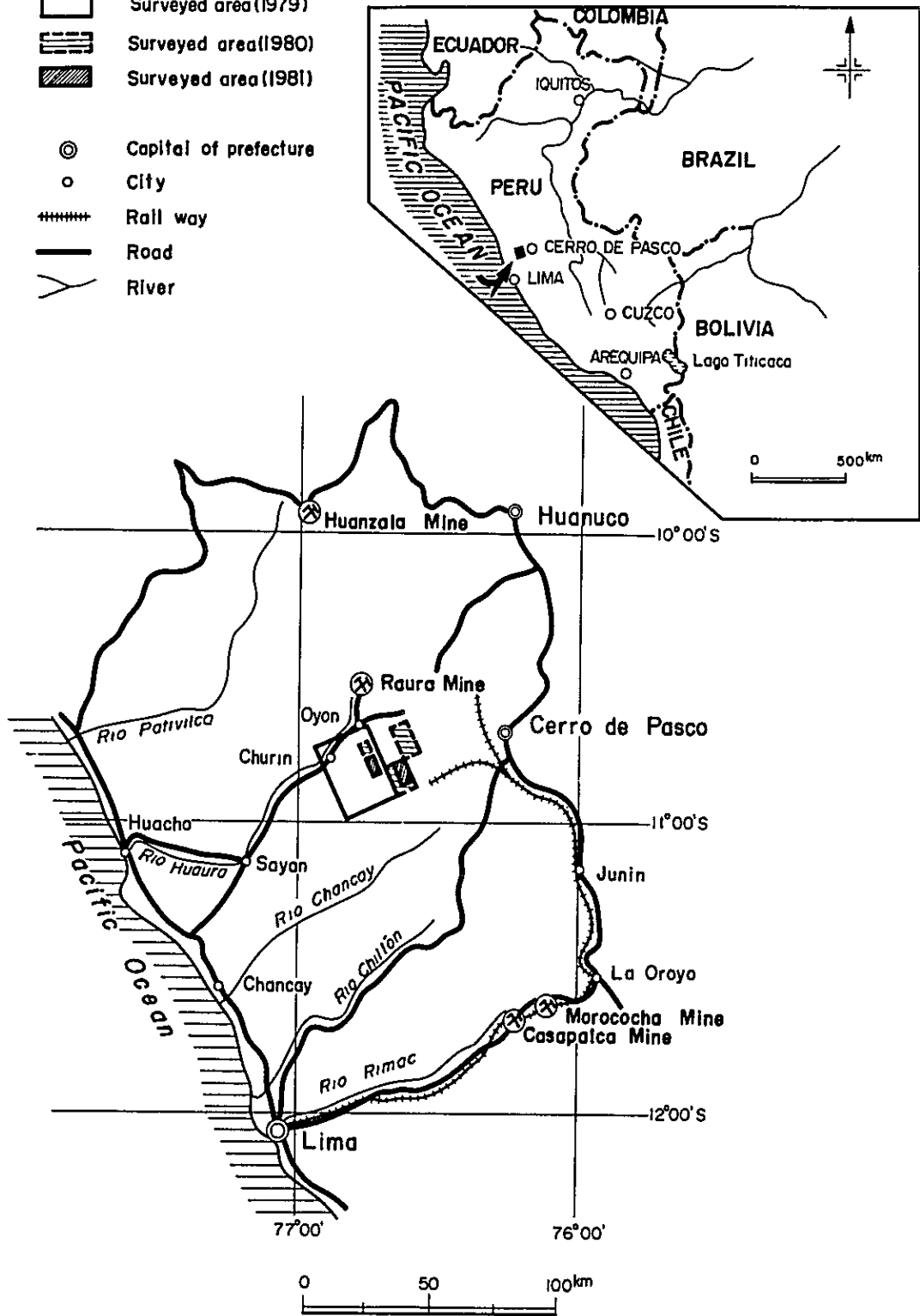


Fig. 1. Index Map

要 約

本調査は、ペルー共和国オヨン地域における鉍物資源開発のための協力基礎調査、第3年次の調査として実施された。調査の目的は、地質構造と鉍化作用の関連性を解明し、次段階の探査活動に有益な指針を得ることにある。

第1年次、O地区の地質概査により、鉍物資源賦存の有望区域として、Isca Cruz 地区が抽出された。

第2年次は、A地区およびB地区の地質概査により、B地区 Cochaquillo-Chagapata 地区の鉍化示徴帯が抽出された。

又、Isca Cruz地区面積約40Km²に対しては、地質精査、物理探査、およびボーリング調査が並行実施され、鉍化帯の性格が明らかにされるとともに、顕著な物探異常帯が検出された。ボーリング調査は、2個所で、孔数3本、掘進長計564mが実施され、硫化鉄鉍体中の鉛・亜鉛高品位鉍床および菱鉄鉍層中の鉛・亜鉛鉍染鉍床が捕捉された。

今年度、B地区面積約40Km²に対して地質調査が実施され、Isca Cruz 地区に対しては露頭調査、物理探査、およびボーリング調査が継続実施された。現地調査は、1981年5月22日より1981年11月7日に至る170日間にわたり、各々の調査日数は、道路建設32日間、地質調査82日間、物理探査44日間、ボーリング工事160日間であった。物理探査の測定量は、IP法7測線、測線延長計10.5Km、EM法8測線、測線延長計10Kmである。ボーリング調査の工事量は、9個所で孔数9本、掘進長計2090mである。

オヨン地域はアンデス西部山脈の分水嶺付近の高地に位置し、急峻な山岳より成る。本地域には白亜紀堆積岩類が広く分布し、アンデス方向NNW-SS Eを軸とする著しく折畳まれた複合褶曲構造を造っている。上記堆積岩類は第三紀火山岩類に不整合で覆われ、これらの岩類は第三紀以後の貫入岩類に貫かれている。

Isca Cruz地区には、層厚40mから80mのSanta層石灰質岩中に、延長12Kmにわたって鉍化示徴が断続的に発達している。鉍化示徴としては、鉛・亜鉛を濃集する塊状硫化鉍床、菱鉄鉍層中の鉛・亜鉛鉍染鉍床などがある。これらは酸性貫入岩を中心に累帯配列しているように見受けられ、一連の鉍化帯を形成している。

Isca Cruz地区では、本年度の露頭調査により、鉍化変質帯の胚胎状況、断層の発達状況とこれによるSanta層の転移状況などがより明瞭となった。IP法物理探査により、最南端のAntapampa区域の伏在FE異常帯が、延長1,500m以上にわたって南北に連続し、南方へ深度を増すことが明らかとなった。又EM法物理探査により、新期堆積物に覆われたTinyag-Cunsha Punta 区域で、Santa層の伏在が推定された。Santa層は鉍化変質を受けていることが期待される。

Iscay Cruz 地区のほぼ中央に位置する Limpe 区域で、3本のボーリングが実施され、いずれも高品位鉱石部に着鉱した。なかでも DDH-5 で捕捉された富鉱部は、着鉱巾 23 m で、品位は、Ag 163 g/t, Pb 292 ‰, Zn 27.15 ‰ に達している。Tinyag 区域のスカルン露頭下で実施された DDH-7 では、114 m にわたってスカルン帯が捕捉され、そのうち高品位部の着鉱巾は 2 箇所合計 26 m で、平均品位 Cu 23.8 ‰, Zn 19.58 ‰ である。他に、Cunsha Punta 区域で 3 本、Antapampa 区域で 2 本のボーリングが実施され、DDH-8 を除き、いずれも鉱化変質帯の存在を確認した。

B 地区の地質精査では、Cochaquillo 鉱床の鉱況が明らかとなった。Cochaquillo 鉱床は、大規模なスカルン帯を有するが、全体的に低品位である。高品位部は小規模かつ偏在しており、銀と鉛に富むのが特徴である。本鉱床については、鉱化変質帯周辺部下方での鉱況展開に興味があるもので、将来調査再開を検討することが望ましい。

本調査は、期間 3 年で計画され、今年度は第 3 年次、最終年度にあたる。

3 年間にわたる各種調査の結果、Iscay Cruz 地区については、高品位鉱床の胚胎を確認することにより、当初の目標は完全に達成された。本地区は、鉱量的にも大きな期待が持てるので、今後、開発に見合う経済的鉱量の獲得を目的とする次段階のより精度の高い調査・探鉱に移行することが望ましい。

総 合 目 次

は し が き
位 置 図
要 約

総 論

第1章 序 論	3
第2章 調査地域の一般事情	6
第3章 ベルーの鉱業事情	9
第4章 調査結果の概要	11
第5章 結論および将来への展望	16

各 論

第Ⅰ部 地 質 調 査	I - 1
第Ⅱ部 物 理 探 査	II - 1
第Ⅲ部 ボーリング調査工事	III - 1

付 帯 資 料

Geological Data

Drilling Data

付 帯 図 面 (別巻)

Geological Maps

Geophysical Maps

Drilling Maps

總論

総 論

第1章 序 論	3
1-1 調査の目的	3
1-2 調査の概要	3
1-3 調査団の編成	4
第2章 調査地域の一般事情	6
2-1 位置および交通	6
2-2 地 形	6
2-3 気象および植生	7
2-4 住民および産業	7
第3章 ベルーの鉱業事情	9
第4章 調査結果の概要	11
4-1 地質調査結果	11
4-2 物理探査結果	12
4-3 ボーリング調査結果	13
第5章 結論および将来への展望	16
5-1 結 論	16
5-2 将来への展望	17

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1 Index map.
- 2 Location map of the surveyed area
- 3 Access map of the surveyed area
- 4 Schematic profile of the Central Andes area
- I-6 Mineralized zone of the Iscay Cruz area
- I-8 Mineralized zone in the Cochaquillo area

第 1 章 序 論

1-1 調査の目的

本調査は、調査対象であるオヨン地域において、地質調査、物理探査およびボーリング調査を実施し、地質構造の解明および鉱床の賦存が期待される地質環境や鉱床示徴地を把握することにより、次段階の探査活動に有益な指針を得ることを目的とする。

本調査は、ペルー共和国地質鉱物冶金研究所 (Instituto Geologico, Minero y Metalurgico ; 略称 INGEMMET) と共同で実施され、調査結果の解析にあたっては、調査対象地域やその周辺の稼動鉱山の既存資料もあわせて検討された。

1-2 調査の概要

1) 調査の経緯

本調査の対象であるオヨン地域は、西部アンデス山脈の分水嶺付近およびその西側に位置し、A地区、B地区およびC地区の3地区より成る (Fig. 1 参照)。第1年次調査として、C地区面積約700Km²に対して、地質調査および地化学探査が実施され、Iscay Cruz (イスカイ・クルス) 鉱化帯の存在が確認された。

第2年次調査として、Iscay Cruz 地区40Km²に対して地質精査、物理探査およびボーリング調査が実施され、A地区およびB地区合計160Km²に対して地質概査が実施された。その結果、Iscay Cruz 鉱化帯の概要が判明し、中部から南部にかけて顕著なFE (frequency effect) 異常およびAR (apparent resistivity) 異常が検出され、北部で菱鉄鉱層中の鉛・亜鉛鉱染鉱床の存在が、中部で硫化鉄鉱に伴う鉛・亜鉛塊状鉱床の存在が確認された。又、B地区ではCochaquillo (コチャキイジョ) およびChagapata (チャガパタ) 鉱化帯の存在が確認された。

本年度調査は第3年次に当り、Iscay Cruz 地区での調査・探鉱が強化され、さらに詳細にわたる露頭調査、物理探査およびボーリング調査が継続実施された。又、B地区40Km²に対して地質精査が実施された (Fig. 2 参照)。

2) 地質調査

Iscay Cruz 地区の鉱徴は、延長12Kmにわたって南北に断続する。高品位鉛・亜鉛鉱の賦存が期待される中・南部の全露頭に対して露頭調査が実施された。又、B地区面積40Km² およびその周辺域に対して地質精査が実施された。

露頭調査では、各露頭の内部構造と鉱化の特徴を把握することに重点が置かれ、地質精査では、地質構造と鉱化作用との関係を解明することに主眼が置かれた。地質調査と平行して、鉱石および岩石試料が採取され、化学分析が実施されたほか、顕微鏡による検討、X線回折、岩石生成年

代の測定，EPMAによる解析などが実施された。

3) 物理探査

第2年次，Antapampa（アンタパンパ）区域で捕捉されたFEおよびAR異常帯に対して，その形態，規模，深度などの細部解明のため，IP法による物理探査が実施された。又，新期堆積物に覆われたCunsha Punta（クンシャ・プンタ）およびChinchaycocha（チンチャイコチャ）区域で，EM法による測定が実施された。

IP法の測線延長は10.5kmで，鉱微帯に平行する主測線とこれとほぼ直交するクロス測線6本が測定された。

EM法の測線延長は10kmで，8本のクロス測線が測定された。

4) ボーリング調査

地表下の地質構造と鉱化作用の状況を確認するため，Isca Cruz 中部および南部域の9個所で，9本，合計延長2090mのボーリングが実施された。得られた岩芯は鑑定され，鉱石部については半量又は1/4量が採取され分析に供されたほか，必要に応じて顕微鏡による観察およびX線回折などが実施された。なお，工事に際しては，器材および資材運搬のため，山内道路約12kmが延長建設された。

1-3 調査団の編成

日本側調査計画および折衝

田所久造	金属鉱業事業団
小泉俊夫	"
北善次	"
及川準之助	三井金属エンジニアリング株式会社

ペルー側調査計画および折衝

Francisco Sotillo	地質鉱物冶金研究所
Gregorio Flores	"
Augusto Zelaya	"

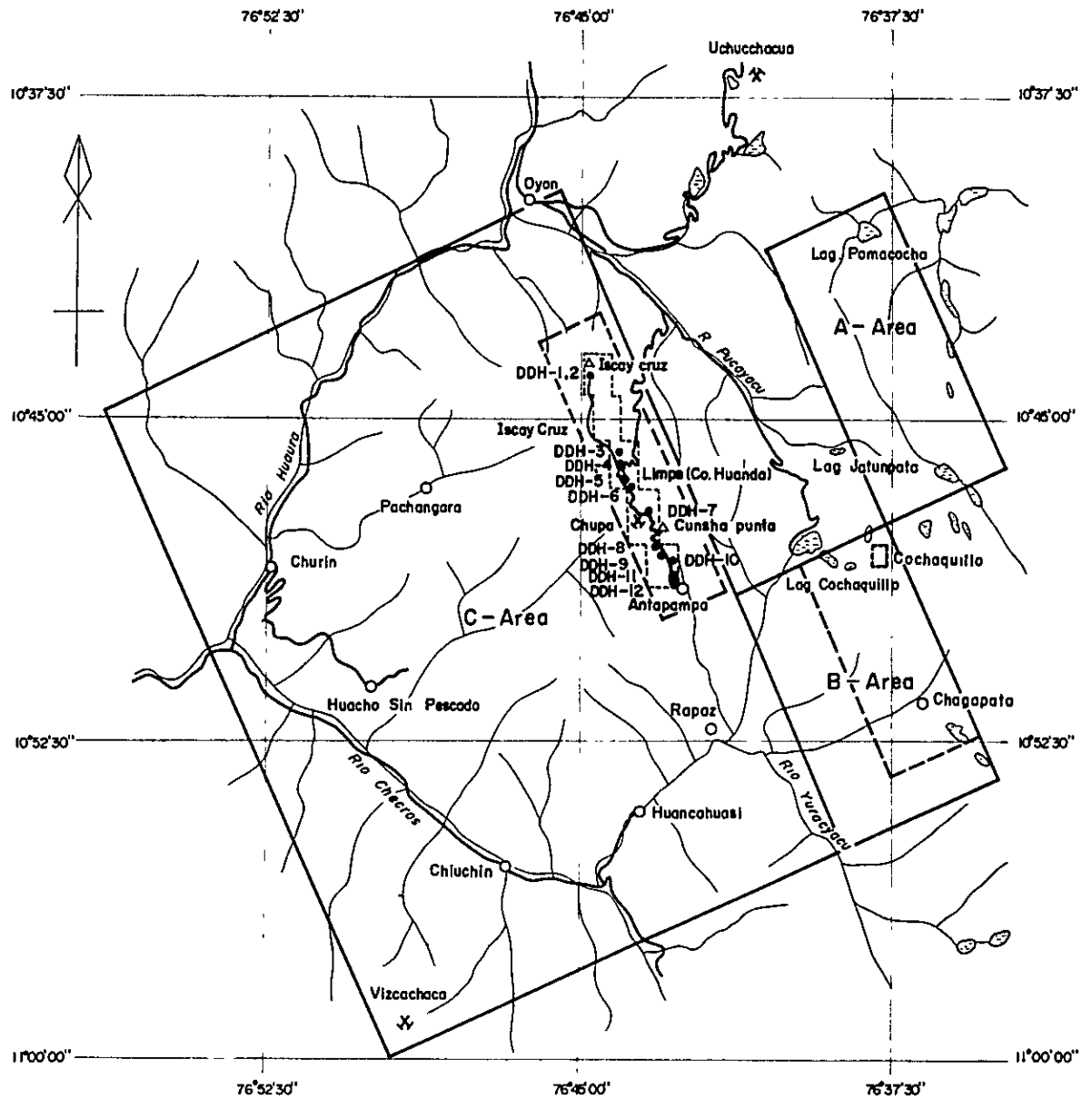
日本側調査団

中村仁一	団長（総括）	三井金属エンジニアリング株式会社
田上勇吉	団員（地質）	"
菅原一安	" "	"
田中栄治	団員（物探）	"
立川三郎	" "	"
松久保和人	" "	"

山 本 延 彦	団員(試錐)	三井金属エンジニアリング株式会社
関 口 茂 男	" "	"
津 田 孝 行	" "	"
神 成 総 二	" "	"
吉 田 徹 男	" "	"
形 部 雄 二	" "	"
中 坪 栄 二	" "	"
谷 川 勝 政	" "	"

ペルー側調査団

Fernando Llosa	(総括)	地質鉱物冶金研究所
Cesar Vilca	(地質)	"
Emilio Rojas	(物探)	"



LEGEND.











- | | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------------|
|  | Area of regional survey |  | Road |
|  | Area of detailed survey |  | River |
|  | Area of specially detailed survey |  | Lake |
|  | Mine/abandoned mine |  | Ridge |
|  | Town and village |  | Drilling hole |

Fig. 2. Location Map of the Surveyed Area

第2章 調査地域の一般事情

2-1 位置および交通

調査の対象であるオヨン地域は、首都Limaの北方約100kmの距離にある。

Limaより現地に至るには、Huacho(ワチャ)を経由するルートと、Chancay(チャンカイ)から短絡路を通して直接Sayán(サヤン)に至るルートの2通りがある(Fig.3参照)。Huachoまでは2車線完全舗装のパンアメリカン・ハイウェイが通じている。HuachoよりSayánまでは舗装されているが、Chancayからの短絡路はほとんど未舗装である。LimaからSayánまで、前者のルートで178km、後者で137kmであるが、時間的にはほとんど差異はなく、両者とも3時間10分~20分を要する。

Sayánからは、Rio Huaura(ウアウラ川)に沿った溪谷を縫う悪路となり、Churín(チュリン)まで61kmで約2時間を要する。ChurínからOyonまでは32km、約1時間20分である。Isca Cruz 精査地区に入るには、OyonからPampahuay(パンパワイ)まで約10km、車で30分、PampahuayよりIsca Cruzまでは新設された運搬道路約20km、車で1時間30分、合計約2時間を要する。この新設道路は標高約5,000mの峠を通過しており、道床が未だ不安定のため常時保修が必要であり、その通行には危険が伴う。

2-2 地 形

本調査地域は、アンデス山系の西側の主列である西部山脈にあり、太平洋岸水系に属するRio Huauraの原流部に位置し、急峻な山岳地形を呈する。

標高は谷底の海拔2,300mから山頂の5,300mまで変動し、その標高差は3,000mに達する。海拔4,200mから4,800mにかけて、ブナ地表(la Superficie Puna)として知られる比較的平坦な部分が発達しており、この平坦部を境に、上下の地形に著しい差異がある(Fig.4参照)。これより上部は氷河地形が発達し、海拔4,800m以上は急峻な岩壁より成る岩峯となる。下部は深い溪谷に刻まれた壮年期地形を呈している。

精査対象となったIsca Cruz地区およびCochaquillo地区の標高は最低部でも4,600mである。分水嶺付近は常時積雪があり、4,800m以上は氷河に覆われている。

本地域の地形および水系は地質構造を明瞭に反映している。すなわち、塊状石灰岩より成るJumasha(フマーシャ)層がNNW-SSE方向に連なる最も高い岩峯を形成し、次に珪岩より成るChimu(チム)層が中位の山塊を、頁岩および砂岩よりなるCarhuaz(カルワス)層が鞍部を形成している。水系としては、NNW-SSE方向と、これと直交するENE-WSW方向が顕著に発達している。NNW-SSE系は褶曲構造と地層の分布および褶曲構造に平行して発達する衝上断層を反映し、ENE-WSW系は断層系を反映している。

2-3 気象および植生

1) 気 象

高地の気象は、いわゆるアンデス高山性で、日中は20℃以上に達するが、夜間は0℃以下に降り、気温の日変化が大きいのが特徴である。年間を通じての気象は、アマゾン側からの季節風の盛衰に左右され、5月～9月の乾季と、10月～4月の雨季に分けられる。分水嶺付近では常に強風がある。分水嶺から15～30kmの範囲では、雨季にはかなりの降雨があり、海拔4,000m以上の高所では降雪となる。西方へ高度を減ずるに従い、降雨は減少し温暖な乾燥気候に移行する。

2) 植 生

本地域の植生の種類は、気候が乾燥又は寒冷のため、限定されている。低地は乾燥気候のため植生の生育には川筋に限られている。3,000～4,000mの高地では、Huacro（ワクロ）、Chuco（チュコ）、Viscayna（ビスカイナ）などのサボテン類が主で、4,000m以上では、Ichu o Paja（イチュ、パハ）、Piriulla（ピリウジャ）、Chapcha（チャプチャ）などの特殊な高山性草本類のみとなる。

2-4 住民および産業

1) 住 民

本地域は、行政区画上、Departamento Lima（リマ県）Provincia Cajatambo（カハタンボ郡）に属している。住民はインディオを主とし、古くインカ時代より谷筋の盆地や山の中腹に集落を造って、前近代的な農耕牧畜にたよる自給自足の生活を送っている。集落間の交通は、道路が通じている場合もあるが、主に馬および徒歩に頼っている。

本地域は地形急峻なうえに、高地は寒冷であり、低地は乾燥しており、農耕の適地は限られている。山間の傾斜地に水路をめぐらし、小規模な農耕が行われているが、農耕は標高4,000mが限度であり、標高4,000m以上の高地では、草原の放牧が営まれているにすぎない。

2) 産 業

Oyonの周辺には、Raura（ラウラ）鉱山、Uchucchacua（ウチュクチャクア）鉱山、Chanca（チャンカ）鉱山などの近代的な鉱山が稼働されている。操業規模は、各々、1,100t/d、200t/d（現在500t/dに増産中）、および200t/dであり、従業員数は各々、800人、200人および450人である。いずれも金属鉱山として中小規模であるが、家族を含め直接鉱山に生計をたよる人口は合計1万人に達している。これら鉱山の開発は、本地域の生産活動の核となり、急峻な山岳地帯に位置し前近代的な農耕牧畜にたよる本地域の経済に、多大なインパクトと活気をもたらし、地域社会に安定した富をもたらしめている。

本地域では古くから石炭の採掘が行われて来たが、これらはいずれも小規模で手工業の域を出ず、地域経済への寄与は大きくない。なお、Churin および Chiuchin(チュウチン)には温泉があり、保養地として知られ、観光業が栄えている。

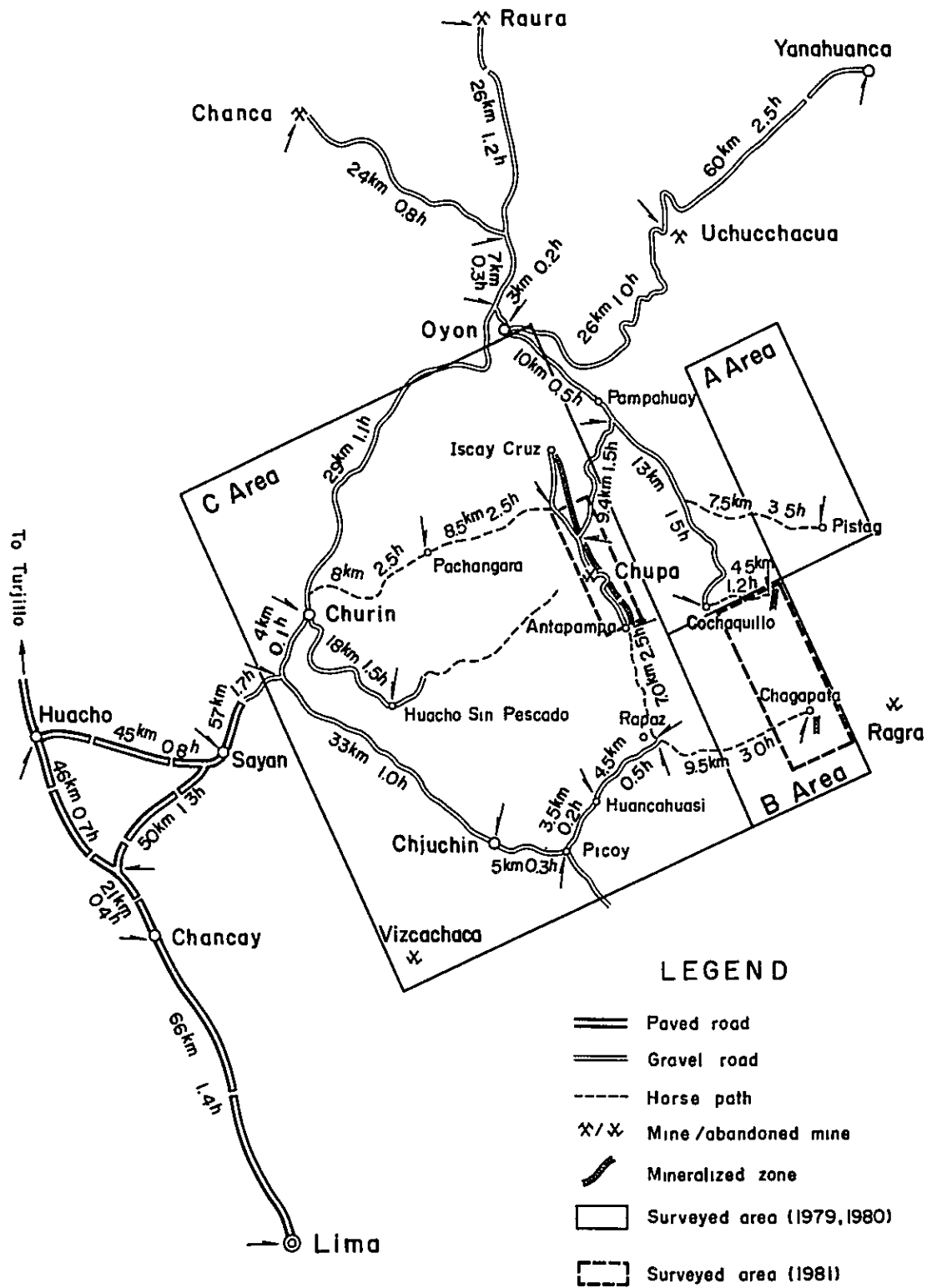


Fig. 3. Access Map of the Surveyed Area

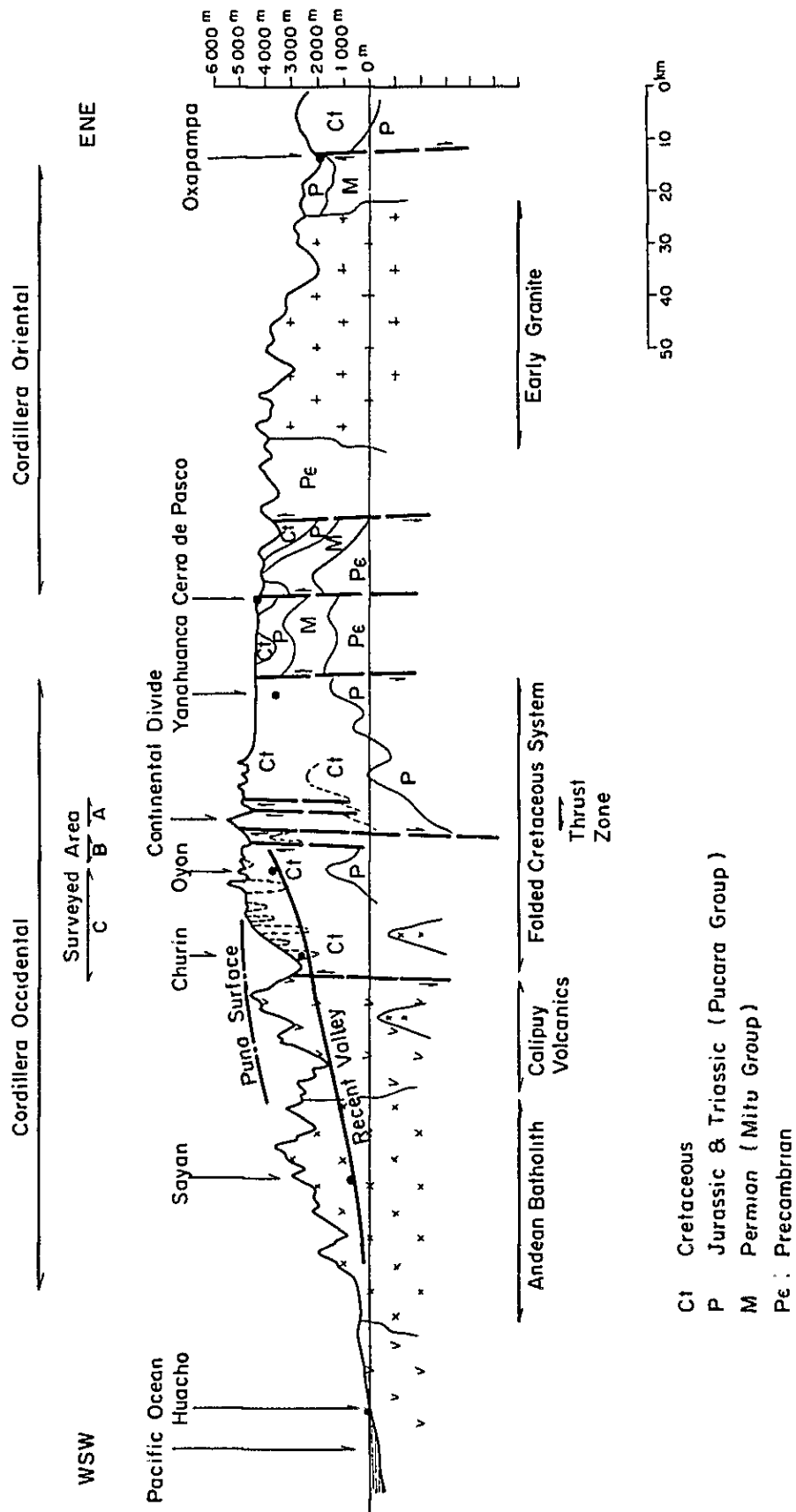


Fig. 4. Schematic Profile of the Central Andes Area

第3章 ペルーの鉱業事情

ペルーは金・銀・銅・鉛・亜鉛・鉄鉱石など豊富な鉱物資源に恵まれており、古くから鉱業立国として知られている。

ペルー経済に占める鉱業部門の比率は、国際価格の変動や消費国の需要動向により相当変動するが、通常、GDP（実質国内総生産）の10%弱であり、鉱業部門への就業率は2%前後である。鉱業部門のペルー経済に占める地位は、GDPや就業率といった面からみると低いものの、国際収支の面からみると、鉱業部門はペルー経済において極めて重要な役割を担っている。即ち、石油を含めた鉱産物の輸出額は、同国の総輸出額の50%以上を占めており、最近ではこの比率は60%にも達している。これによって得られた外貨は、国内の開発に必要な機械類など資本財の購入にあてられ、近代化への貴重な資源となっている（次表参照）。

ペルーの貿易収支と項目別輸出入額（単位100万ドル）

	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>
◇輸出							
水産物	259	208	201	215	238	331	289
農産物	330	387	282	337	281	362	258
鉱産物	723	547	690	901	912	1,458	1,755
原油・石油類	28	44	53	52	181	646	810
その他	165	105	133	221	330	677	751
総計	<u>1,505</u>	<u>1,291</u>	<u>1,359</u>	<u>1,726</u>	<u>1,941</u>	<u>3,474</u>	<u>3,863</u>
◇輸入							
消費材	155	199	176	173	104	170	615
原材料・半製品	919	1,172	1,032	1,050	734	894	928
資本金材	610	782	675	469	458	744	934
その他	223	238	217	472	305	283	619
総計	<u>1,908</u>	<u>2,390</u>	<u>2,100</u>	<u>2,164</u>	<u>1,601</u>	<u>2,091</u>	<u>3,096</u>
◇貿易収支	<u>△403</u>	<u>△1,099</u>	<u>△741</u>	<u>△438</u>	<u>340</u>	<u>1,383</u>	<u>767</u>

（ Banco Central de Reserva del Peru, 他による ）

ペルーの鉱産物品別輸出額（単位100万ドル）

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
銅	301	156	227	392	408	668	675
鉄 鋳 石	75	52	63	90	74	85	94
鉛	57	42	64	173	207	389	105
銀	140	146	145	82	90	145	568
亜 鉛	150	151	191	164	133	171	193
鉱産物 計	<u>723</u>	<u>547</u>	<u>690</u>	<u>901</u>	<u>912</u>	<u>1,458</u>	<u>1,635</u>

（ Banco Central del Reserva del Peru, 他による ）

ペルーの鉱産物輸出数量

	単 位	1977	1978	1979	1980
銅	1,000MT	331	344	373	351
鉄 鋳 石	1,000LT	6,122	4,778	5,749	3,782
銀	1,000OZ	39,910	41,628	41,880	34,991
鉛	1,000MT	172	176	164	152
亜 鉛	1,000MT	434	437	418	470
原油・石油類	1,000BL	4,104	13,775	23,570	22,600

（ Banco Central del Reserva del Peru, 他による ）

ペルーの国際収支は、上表にみるとおり、1974年以后世界的不況による輸出の伸び悩みと、主要輸出品目である鉱産物の国際価格の低迷により、経常収支は赤字を続けたが、1978年以後は鉱産物国際価格回復にともない急速に改善されている。

ペルーにおける鉱業は、日本を始めとする西側工業国への鉱業産品供給源として、又ペルーにとっては国内開発のための資金、資本財および技術の獲得源として、今後益々その重要性を高めて行くものと思われる。

第4章 調査結果の概要

4-1 地質調査結果

1) B地区地質精査

B地区は衝上断層帯の西側に隣接し、白亜系下部のOyon層から白亜系上部のJumasha層までが、NNW-SSE方向を軸とする複合褶曲構造を造って分布する。地形的高所では、これら白亜紀堆積岩類を不整合に覆って第三紀のCalipuy火山岩類が分布する。衝上断層と平行するNNW-SSE系逆断層やこれとはほぼ直行するENE-WSW系およびE-W系断層が発達し、閃緑岩、花崗閃緑岩、花崗岩などの岩株および岩脈が多数貫入している。貫入岩体の周辺には、スカルン鉱床や鉱脈鉱床が多数胚胎し、銀・銅・鉛・亜鉛・鉄などを濃集している。

本地区の代表的鉱床がCochaquillo鉱床である。本鉱床は、逆転構造を示すPariahuanca(パリアワンカ)層石灰岩およびChulec(チュレク)層石灰岩の一部を交代したスカルン鉱床で、鉱化帯の規模は300m×500mに達する。鉱化帯南部が、鉱化作用の中心部に位置したと思われるざくろ石スカルンで、磁鉄鉱を濃集し黄鉄鉱を鉱染している。南側は断層関係でCalipuy(カリプイ)火山岩類と接している。ざくろ石スカルンの北部周辺部では、磁鉄鉱に代って黄鉄鉱が増加し、銀の含有を増す。北側は無鉱化石灰岩となるが、ざくろ石スカルンと石灰岩との漸移帯には、緑色スカルンが脈状に発達し、方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱を鉱染し、銀を伴っている。露頭部でのチャンネル・サンプリング品位は次のとおりであり、銀・鉛に富んでいる(Fig.1-8参照)。

	サンプル数	総延長(m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
緑色スカルン	42	91	102	0.11	3.92	2.41
黄鉄鉱・ざくろ石スカルン	23	78	141	0.17	1.31	0.82
磁鉄鉱・ざくろ石スカルン	32	116.5	56	0.23	0.20	0.13

Cochaquillo鉱床以外では、北部のJatunpata(ハトゥンパタ)区域のPirihuya(ピリウヤ)およびYanacocha(ヤナコチャ)の銀・鉛・亜鉛脈鉱床、南部Chagapata区域のChalgoac(チャルゴアク)およびUchucumachay(ウチュクマチャイ)の銀・鉛・亜鉛スカルン鉱床などがあるが、いずれも小規模である。

2) Iscay Cruz地区地質精査

Iscay Cruz地区の鉱徴は、Santa(サンタ)層石灰岩中に胚胎し、Santa層に沿って延長12kmにわたって断続的に分布し、一連の鉱化帯を形成している。本地区のSanta層は、層厚40mないし80mで、東側の急崖を造るChimu層珪岩および西側の鞍部を造る

Carhuaz 層 頁岩・砂岩に挟れ、NNW-SSE 方向に細長く分布する。Santa 層の傾斜は、北部および最南端で西へ急傾斜するが、中部から南部にかけては逆転し東へ急傾斜する。

本地区中南部の Cunsha Punta 峠 付近には、Santa 層東側の Oyon 層砂岩および Chimu 層珪岩中に、10 数本の酸性火成岩脈が岩床状に貫入している。本岩は、自身およびその周囲に、著しい変質作用、角礫化作用および黄鉄鉱の鉱染をもたらしており、本地区の鉱化作用は本岩の活動に起因するものと考察される。

Cunsha Punta 峠の南側区域では、Chimu 層と Carhuaz 層の間に、2 組の逆断層群、走向 NS 傾斜 $75^{\circ}E$ および走向 $N30^{\circ}W$ 傾斜 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}E$ 、が発達し、Santa 層の層厚に変化を起こさせている。さらに緩傾斜の衝上断層が発達し、Santa 層などに最大 $300m$ ないし $400m$ の転移を起こしていることが、この区域で実施されたボーリング、DDH-9 および DDH-10 により確認された。Antapampa 区域では、Santa 層と Carhuaz 層の内部構造が整合的でなく、両累層の間に走向方向の逆断層が発達することが推定された。

Iscay Cruz 鉱化帯中の鉱徴としては、微粒の方鉛鉱・閃亜鉛鉱を鉱染するマンガニ菱鉄鉱層およびその酸化産物である黒色ゴッサン、方鉛鉱・閃亜鉛鉱を濃集する塊状黄鉄鉱鉱体、黄銅鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・磁鉄鉱を濃集するスカルン鉱体などがある。Cunsha Punta 峠の酸性貫入岩の周辺には、Chupa, Tinyag などの銅・亜鉛に富むスカルン鉱床が胚胎し、その外側の Limpe 峠付近および Cunsha Punta 峠の南側には、亜鉛に富む硫化鉱体が位置している。最外側の Iscay Cruz 峠付近および Antapampa 区域には、鉛・亜鉛を鉱染しマンガニ成分に富む黒色ゴッサン又は菱鉄鉱が発達している。これらの多様な鉱床群は前記の火成活動にもとづく交代鉱床であると推察されるが、火成活動の中心は 1 個所ではなく、鉱化作用は ENE-WSW 系断層群および NNW-SSE 層面系断層群にも影響されている。鉱床の成因は単一ではなく、鉱体の賦存様式は単純ではない。鉱体は Santa 層中に断続的に胚胎し、鉱体内の品位分布は変化に富むであろうと推察される (Fig. 1-6 参照)。

4-2 物理探査結果

1) IP 法

大規模な黒色ゴッサンが露出する Antapampa 区域で、クロス測線による IP 法探査を実施することにより、本区域の FE (frequency effect) および AR (apparent resistivity) 異常帯の規模と特徴が明らかとなった。本異常帯はほぼ Santa 層の分布に対応しており、Santa 層に沿って南北方向に $1500m$ 以上の規模を有し、FE 値は $4\sim 7\%$ 、AR 値は $5\sim 100\Omega m$ を示す。深部でより優勢となり、南部で増々深くなるのが本異常帯の特徴である。

2) EM 法

Cunsha Punta および Chinchaycocha 両区域で、地表部を覆う新期堆積物下部の地質状況を推定するため、V L F (very low frequency) 電波を利用した EM 法探査が実施され、次の結果を得た。

- (1) Cunsha Punta 峠の北側では、Santa 層相当部に良導体の存在を示す明瞭な同相 (in-phase) 成分曲線が得られた。これにより、Santa 層が新期堆積物下に伏在することが確認され、さらに Santa 層は鉍化変質を受けていることが期待される。なお、東側の Oyon 層および Chimu 層中の酸性火成岩貫入部にも EM 異常を認められた。
- (2) Cunsha Punta 峠南側では、Santa 層からさらに東側の Chimu 層内にかけて、EM 異常が確認された。
- (3) Chinchaycocha 区域では、Farrat 層相当部および Chimu 層と Carhuaz 層を分ける逆断層延長部に、弱い EM 異常が捕捉された。

4-3 ボーリング調査結果

Limpe (リンペ), Tinyag (ティンヤグ), Cunsha Punta および Antapampa 4 区域で、9 箇所 9 本、総延長 2,090 m のボーリングが実施され、Limpe および Tinyag 区域で高品位鉍石部を、Cunsha Punta および Antapampa 区域では強い鉍化作用の存在を確認した。

1) Limpe 区域

強い FE 異常が検出された Limpe 区域で、DDH-4, DDH-5, および DDH-6, 3 本のボーリングが実施され、昨年度実施された DDH-3 も含め、各孔とも高品位鉍石部に着鉍した。確認された主要鉍石部とその分析値は次のとおりである。

	深度(m)	間隔(m)	サンプル数	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	実巾(m)
DDH-3	104.6~108.6	4.0	4	89	0.03	6.74	14.17	2.57
DDH-4	61.3~76.1	14.8	15	13	0.07	0.04	14.49	7.40
"	84.9~104.7	19.8	16	10	0.10	0.30	7.78	9.90
DDH-5	95.6~99.6	4.0	3	32	1.64	4.38	20.09	2.07
"	181.0~204.0	23.0	23	163	0.14	2.92	27.15	11.91
DDH-6	194.4~200.4	6.0	6	29	0.33	0.03	39.36	3.01
"	209.0~215.3	6.3	6	24	0.08	0.59	10.07	3.16
孔別加重平均		<u>19.5</u>	<u>73</u>	<u>64</u>	<u>0.20</u>	<u>1.57</u>	<u>18.35</u>	<u>10.0</u>

いずれの鉱石部も黄鉄鉱塊中に閃亜鉛鉱を濃集したもので、局部的に方鉛鉱および黄銅鉱を鉱染している。

2) Tinyag 区域

Lags. Tinyag 南方約 300 m のスカルン露頭下部探査のため実施された DDH-7 では、延長 114 m にわたって強い鉱化作用を伴うスカルンの連続を確認した。スカルン中にはほぼ全面的に閃亜鉛鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱・磁鉄鉱の鉱染を認めたと、主な高品位鉱石部とその分析値は次のとおりである。

	深度(m)	間隔(m)	サンプル数	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	実巾(m)
DDH-7	56.0 ~ 63.0	7.0	5	5	0.21	0.01	19.71	4.43
#	116.0 ~ 135.0	19.0	15	9	3.18	tr	19.53	12.03
孔別加重平均		<u>26.0</u>	<u>20</u>	<u>8</u>	<u>2.38</u>	<u>tr</u>	<u>19.58</u>	<u>16.5</u>

3) Cunsha Punta 区域

強い鉱化作用を受けた Santa 層 露頭下部の探査のため、DDH-8, DDH-9, および DDH-10 が実施されたが、いずれも緩傾斜の衝上断層が出現し、これによる転移のため露頭下で Santa 層は捕捉されず、Carhuaz 層を捕捉したにとどまった。Carhuaz 層は強い鉱化作用を受けており、各所に閃亜鉛鉱・黄鉄鉱の網状鉱脈および鉱染を認めたと、東方の Chimu 層下に伏在を予想される Santa 層には大きなポテンシャルが期待できることが明らかとなった。Carhuaz 層中の主な鉱石部は次のとおりである。

	深度(m)	間隔(m)	サンプル数	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	タイプ
DDH-9	9.5 ~ 11.1	1.6	1	10	0.05	0.10	3.90	(頁岩中のスカルン)
DDH-10	59.2 ~ 64.2	5.0	3	11	0.04	0.06	3.11	(砂岩中の鉱染)
#	65.9 ~ 70.0	4.1	4	13	0.08	0.05	5.38	(頁岩中の網状鉱)

4) Antapampa 区域

地表部の黒色ゴッサン下部および物理探査で把握された伏在 FE 異常帯探査のため、DDH-11 および DDH-12 が実施された。DDH-11 では、地表部の黒色ゴッサン下部はマンガン成分に富む菱鉄鉱およびドロストーンであること、従って黒色ゴッサンはマンガン菱鉄鉱およびドロストーンの酸化産物であること、マンガン菱鉄鉱とドロストーンは 3% 程度の亜鉛を微粒の閃亜鉛鉱の形で含むことなどが明らかとなった。

DDH-12 では、地表部より深部へ向って、次のような鉱化変質帯の累帯配列を認めたと。

(上部)無鉱化石灰岩 — ドロマイト・菱鉄鉱 — Zn・Cu・赤鉄鉱
 — 黄鉄鉱 — Cu・赤鉄鉱・黄鉄鉱 — Cu・スカルン(下部)

主な鉱石部は次のとおりで、他個所と比較して銅に富むのが特徴であり、特に下部で銅品位が上昇している。銅・亜鉛は赤鉄鉱塊中に濃集する傾向が強い。

	深度(m)	間隔(m)	サンプル数	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	鉱質
DDH-12	1228~1281	5.3	2	12	0.12	0.10	4.89	(Zn-Hm)
"	1374~1416	4.2	2	16	0.52	0.15	3.35	(Zn-Cu-Hm)
"	1424~1448	24	1	34	1.89	tr	0.20	(Cu-Hm)
"	2375~2472	9.7	5	94	3.08	0.01	0.33	(Cu-Hm)
"	2812~2854	4.2	2	35	2.73	tr	0.40	(Cu-スカルン)

第5章 結論および将来への展望

5-1 結論

1) Iscay Cruz 地区

第1年次の地質概査により、有望な鉛・亜鉛鉱化示徴を示す地区として、Iscay Cruz 地区が抽出された。第2年次は、本地区に対して地質精査および物理探査が実施され、ボーリングによる探鉱が開始された。その結果、強い鉱化示徴は、NNW-SSE方向に延びる Santa 層中に断続的に胚胎し、その全延長は12 Kmにおよぶことが明らかとなり、本地区に鉛・亜鉛塊状鉱床が賦存する可能性が益々濃厚となった。

本年度は、Iscay Cruz 地区に対して、地質精査および物理探査が継続され、本格的なボーリングによる探鉱が実施された。その結果、Limpe 区域では高品位の鉛・亜鉛塊状硫化鉱床が胚胎すること、又 Tinyag 区域では高品位の銅・亜鉛スカルン鉱床が胚胎することが確認された。さらに、Cunsha Punta 区域および Antapampa 区域で強い鉱化作用の存在が確認された。

Iscay Cruz 地区の鉱床は、Santa 層中に胚胎し、酸性火成岩の活動に関連して生成した石灰質岩中の交代鉱床であると考察される。鉱化帯の中央部に銅・亜鉛を濃集するスカルン鉱床、その周囲に鉛・亜鉛を濃集する塊状硫化鉱床、最外部にマンガン成分に富む菱鉄鉱層中の鉛・亜鉛、又は銅の鉱染鉱床が発達し、一連の鉱化帯を形成している。成因的には、後マグマ期(post-magmatic stage)の接触交代作用(contact metasomatism)と熱水期(hydrothermal stage)の熱水交代作用(hydrothermal replacement)が共存している。なお、鉱床を胚胎する地質構造は Huanzala 鉱山に類似し、硫化鉱床の鉱質は Huanzala 鉱山や Cerro de Pasco 鉱山の鉱質に類似している。

これまでに実施された地質調査、物理探査およびボーリング調査の結果を総合すれば、本 Iscay Cruz 地区には、かなりの規模の高品位銅・鉛・亜鉛鉱床の賦存を期待し得ると推察される。

2) B 地区

B 地区は分水嶺を形成する衝上断層帯の西側に隣接位置している。本地区には、第2年次の地質概査により、銀・鉛・亜鉛の鉱化示徴が広範囲に存在することが確認された。本年度、地質精査が継続実施され、Cochaquillo および Chagapata のスカルン鉱床、Jatunpata の鉱脈鉱床などの鉱況が明らかとなった。これらのうち最も大きなポテンシャルを有するのが Cochaquillo 鉱床であり、全鉱化帯の規模は300 m × 500 m に達している。しかし、その大部分が低品位不毛ざくろ石スカルンで、高品位部は、ざくろ石スカルンの周辺部に脈状に発達する緑色スカルン中に小規模レンズ状に胚胎するのみでまとまりに欠く。地表状況

からは、今直ちに調査・探鉱を強化すべき対象とは考え難いが、ざくろ石スカルン周縁部および緑色スカルンの下部での鉱況展開に興味をもてるので、将来の調査再開を検討すべきであろう。

5-2 将来への展望

Iscay Cruz 地区については、Limpe および Tinyag 両区域で銅・鉛・亜鉛高品位鉱床の胚胎を確認したことにより、当初の目標を完全に達成した。本地区については、開発に見合う経済的鉱量の獲得を目的とする次段階のより精度の高い調査・探鉱に移行することが望ましい。

1) Limpe 区域

延長 730 m の範囲で 4 本のボーリングが実施され、いずれも鉛・亜鉛高品位鉱石部が捕捉された。今後は、既存ボーリングの中間部および南北延長部に対して、地表からの規則的なボーリングを継続するとともに、鉱床の中央部に対して坑道探鉱および坑内試錐を行うことにより、品位分布の性格および鉱体の連続性と立体的形態を解明することが望ましい。

2) Tinyag 区域

本区域で実施されたボーリングは 1 本のみであり、捕捉された銅・亜鉛高品位鉱体の今後の発展余地は大きい。南北両延長部に対して、地表からのボーリングを継続実施することが望ましい。

3) Antapampa 区域

2 本のボーリングが実施され、銅を主とする強い鉱化作用の存在が確認された。本区域では銅帯の外側に鉛・亜鉛帯の賦存が期待されるので、物理探査により広範囲に捕捉された伏在 F E 異常帯に対してボーリングを計画することが望ましい。

4) Cunsha Punta 区域

本区域には 3 本のボーリングが実施され、鉱化層準である Santa 層は、衝上断層により、東方の Chimu 層下に転移していることが判明した。本区域は、酸性火成活動の中心部に近く、Santa 層のみならず、Carhuaz 層や Chimu 層中にも強い鉱化作用が認められる。地質環境よりみて本区域にはかなりのポテンシャルが期待され、将来の探鉱域として極めて重要なので、地質構造の細部解明のため地質精査や物理探査の実施を考慮すべきであろう。

5) Iscay Cruz 北部区域

Lag. Quellaycocha より Canaypata に至る延長 5.4 km の区間は、主として黒色ゴッサンが断続的に分布するが、本区間では Iscay Cruz 峠付近で 2 本のボーリングが実施されたにとどまっている。黒色ゴッサンの下部は、通常、少量の鉛・亜鉛を伴うマンガン菱鉄鉱である。一方 Antapampa では黄鉄鉱および赤鉄鉱塊が発達し銅を伴っている。

17/2/20

又、鉍化作用の中心は1個所ではなく、鉍化変質帯の果帯配列が不規則となる場合も考えられるので、本区域に対しても地質構造を検討しつつボーリング調査を実施すべきであろう。

6) Ohupa 鉍床

最下部坑道、4,560 m 準以下について、鉍体下底の探鉍を実施することが望ましい。

7) 鉍床学のおよび鉍物学的研究の実施

Limpe 地区で、黄鉄鉍鉍体に伴う鉛・亜鉛の強い鉍化作用の存在が、ボーリングにより確認されたが、地表部の鉍徴は、珪化変質岩中の赤鉄鉍鉍染、マンガン菱鉄鉍の酸化産物である黒色ゴッサン、ドロストーン中微量の方鉛鉍・閃亜鉛鉍鉍染などを主とする。地表部に広く分布する赤鉄鉍や黒色ゴッサンは、黄鉄鉍の酸化産物であるとは考え難く、両者は初生的 (primary) に異っていたと推察される。地表部の弱い鉍徴と地下の強い鉍化作用との関係を究明することは、今後効果的な探鉍を進める上で重要である。このための鉍床学のおよび鉍物学的研究をより一層強化することが望ましい。

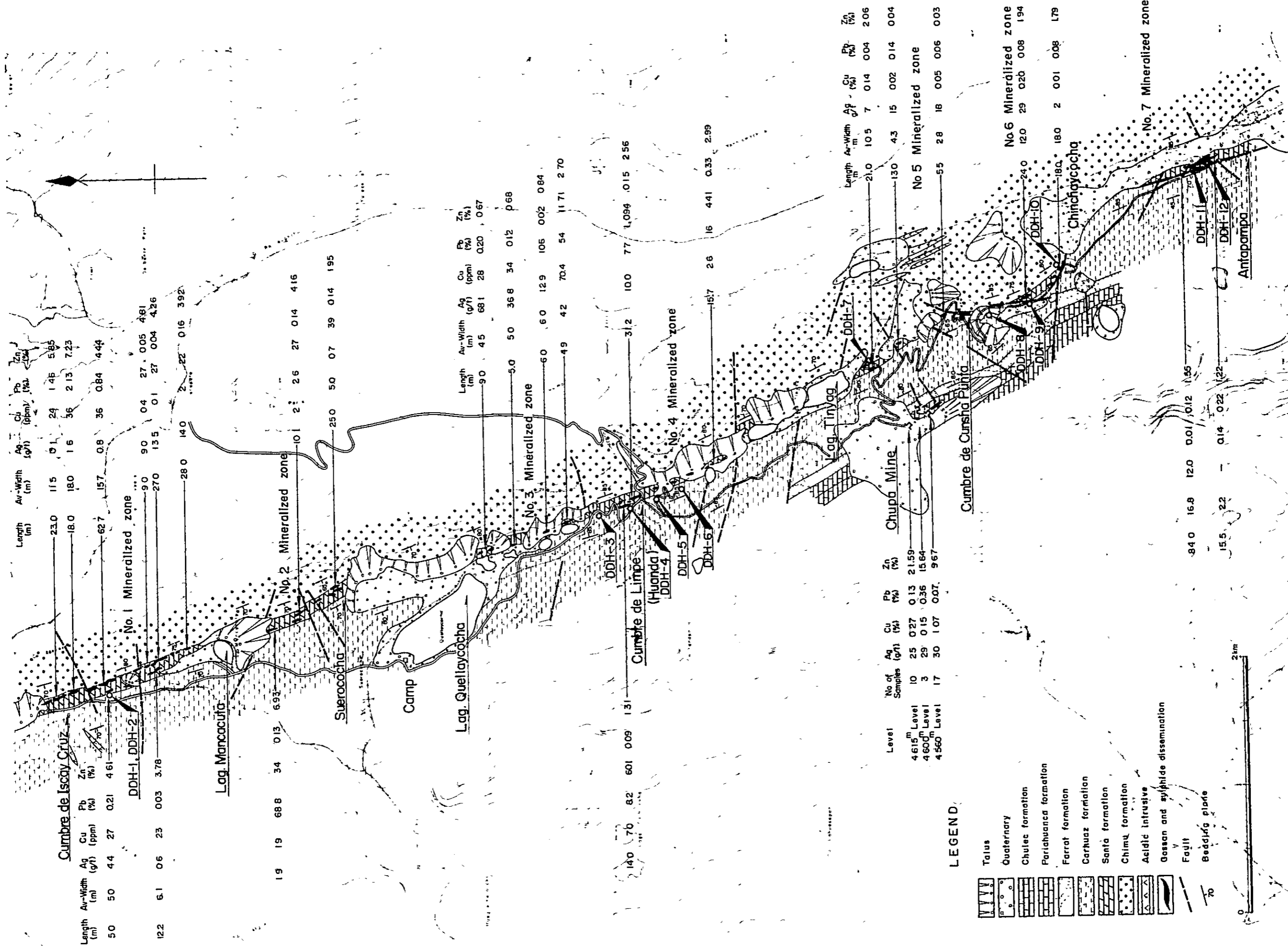


Fig. I-6. Mineralized Zone of the Iscay Cruz Area

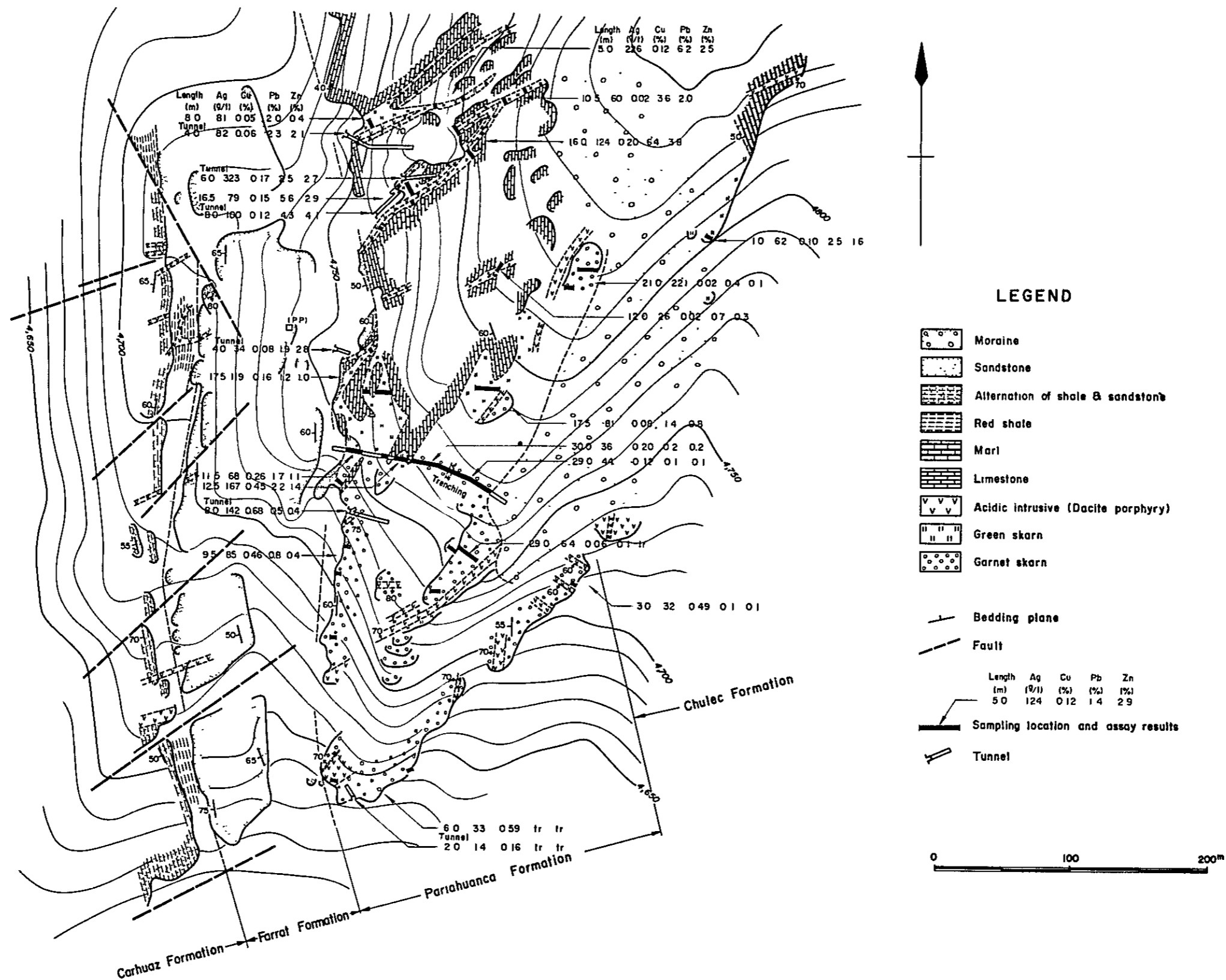


Fig. I-8. Mineralized Zone of the Cochaquillo Area

各 論

第I部 地質調查

第 I 部 地 質 調 査

第 1 章 調査の概要	I - 5
1 - 1 調査の目的	I - 5
1 - 2 調査の範囲および期間	I - 5
1 - 3 調査方法	I - 5
1 - 4 解析方法	I - 6
第 2 章 地 質	I - 8
2 - 1 地質概要	I - 9
2 - 2 堆積岩類	I - 10
2 - 3 Calipuy 火山岩類	I - 13
2 - 4 貫入岩類	I - 14
2 - 5 地質構造	I - 15
第 3 章 鉍 床	I - 18
3 - 1 鉍床概要	I - 18
3 - 2 Iscay Cruz 鉍化帯	I - 19
3 - 3 Chupa 鉍床	I - 24
3 - 4 Cochaquillo 鉍床	I - 25
3 - 5 B地区の鉍化帯	I - 26
第 4 章 Iscay Cruz 鉍化帯の総合的検討	I - 29
4 - 1 地質構造と鉍化作用との関係	I - 29
4 - 2 火成活動と鉍化作用との関係	I - 29
4 - 3 母岩の変質	I - 29
4 - 4 鉍石鉍物と脈石鉍物の累帯分布	I - 30
4 - 5 物理探査結果の検討	I - 31
4 - 6 ボーリング結果の検討	I - 31
4 - 7 露頭状況と鉍化作用	I - 32
4 - 8 鉍床成因の考察	I - 32
参 考 文 献	I - 33

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. I-1 Relation between geological structure and mineralization in the Oyon area
- I-2 Geological profile of the Oyon area
- I-3 Geological column and igneous activity in the surveyed area
- I-4 Q-Kf-Pl diagram for normatic composition of igneous rocks
- I-5 MFA diagram for magmatic differentiation of igneous rocks
- I-6 Mineralized zone of the Iscay Cruz area
- I-7 Geological survey map of the Chupa mine
- (1) 4,615 m Level
- (2) 4,560 m Level
- (3) Section, WSW - ENE
- I-8 Mineralized zone of the Cochaquillo area
- I-9 Triangular diagram for Cu-Ag-Pb·Zn ratio in the Cochaquillo area
- I-10 Geological sketch of mineral indications in the B area
- (1) Pirihuya
- (2) Yanacocha
- (3) Chalgoac
- (4) Uhcumachay
- I-11 Summary of X-ray diffraction test
- I-12 Summary of microscopic observation of the thin section
- I-13 Summary of microscopic observation of the polished section
- I-14 Variation diagram for chemical components of the carbonate rocks of the Santa formation in the Iscay Cruz area
- I-15 Triangular diagram for Cu-Pb-Zn ratio in the Iscay Cruz area
- I-16 Triangular diagram for Cu-Pb-Zn ratio in the drilled core

LIST OF TABLES

Table I-1	Assay values and normative composition of igneous rocks
I-2	Isotopic age of igneous rocks
I-3	List of mineralized zones in the surveyed area
I-4	Assay results of rock-forming elements

LIST OF APPENDICES

A. I-1	List of rock and ore samples
A. I-2	Microscopic observation of the thin section
A. I-3	Microscopic observation of the polished section
A. I-4	Photomicrographs of rock and ore samples
4-1	Thin section
4-2	Polished section
4-3	EPMA analysis
A. I-5	Charts of X-ray diffraction test
A. I-6	Assay results of ore samples

LIST OF PLATES

- PL. I-1 Geological map of the surveyed area, scale 1/50,000
- 1-1 Northern part
 - 1-2 Southern part
 - 1-3 Profile
- PL. I-2 Geological map of the detailed survey area, scale 1/10,000
- 2-1 Jatunpata area
 - 2-2 Cochaquillo area
 - 2-3 Chagapata area
 - 2-4 Profile
- PL. I-3 Location map for sampling in the surveyed area, scale 1/50,000
- PL. I-4 Geological sketch and geochemical assay map of the Iscay Cruz area, scale 1/2,000
- 4-1 Central part
 - 4-2 Southern Central part
 - 4-3 Southern part
- PL. I-5 Geological sketch and geochemical assay map of the Cochaquillo area, scale 1/2,000
- PL. I-6 Detailed sketch map of the Iscay Cruz area, scale 1/500
- 6-1 Quellaycocha area
 - 6-2 Limpe area
 - 6-3 Tinyag area
 - 6-4 Cunsha Punta area
 - 6-5 Chinchaycocha area
 - 6-6 Antapampa area

第1章 調査の概要

1-1 調査の目的

調査対象であるオヨン(Oyon)地域内には、本格的に開発された鉱山はないが、これまでの調査により、Iscay Cruz(イスカイ・クルス)鉛・亜鉛鉱化帯、Chupa(チュパ)亜鉛鉱床、Cochaquillo(コチャキイジョ)銀・鉛・亜鉛鉱化帯などの鉱化示徴が確認された。なお、隣接地域には、Raura(ラウラ)、Uchucchacua(ウチュクチャクア)、Chanca(チャンカ)などの諸鉱山が稼動している。

本年度調査は、Iscay Cruz地区およびCochaquillo、Chagapata(チャガパタ)を含むB地区において、詳細な地質調査を実施することにより、鉱化帯の特徴を明らかにし、鉱化作用と地質構造の関係を解明し、鉱物資源賦存の可能性を追求するための次段階の探査活動に有益な指針を得ることを目的とした。

1-2 調査の範囲および期間

1) 調査位置および調査範囲

調査対象のオヨン地域は、首都Lima(リマ)の北方約100Km、Rio Huaura(ウァウラ川)の上流に位置し、アンデス山脈の脊梁部を構成し、大陸分水嶺を包含している。

本年度地質精査の対象となったCochaquillo-Chagapata地区(B地区)は、Oyonの南東20Kmから30Kmにあり、Rio Huauraの支流Rio Checras(チェクラス川)の源流部に当り、大陸分水嶺に接した面積40Km²の区域である。車を通ずるのはHuancahuasi(ウアンカワシ)までで、現地に達するには溪谷に沿い約15Kmのキャラバンを必要とする。

露頭調査の対象となったIscay Cruz地区は、Oyonの南南東約12Kmに位置する。本年度の調査対象はIscay Cruz鉱化帯中の中央部から南部にかけての延長約8Km、面積約2Km²の範囲である。本地区には第2年次、標高5,000mの峠越しの運搬道路が建設され、入山は容易となった。

2) 調査期間

調査期間は次のとおりであり、現地作業82日間、解析作業159日間である。

現地調査	1981年	6月15日	～	1981年	9月	4日
解析作業	1981年	9月	5日	～	1982年	2月10日

1-3 調査方法

Limaにおいて、日本人技師3名、ペルー人技師2名より成る調査団が編成され、Churin(チュリン)に現場事務所、Oyonにベース・キャンプが設置された。Churinにおいて3班

の調査班が編成され、調査を分担した。各班は、日本人およびペルー人1～2名、調査人夫2～4名、馬方1名より構成された。

Iscay Cruz地区およびB地区ともアンデス山脈の中心部に位置し、急峻な山岳より成り、最も低い野营地でも標高4,600mである。この高度になると、常に高山病の危険にさらされ、頭痛・倦怠感・食欲不振・睡眠不足に悩まされる。このため、健康維持と高地順応に最善の配慮と準備期間が必要である。高地対策用酸素ボンベは必需品である。

両地区とも、集落から隔離された奥地にあり、わずかに馬道を通ずるのみで、ほとんどの区域が人跡未踏である。Iscay Cruz地区には昨年度道路が開設されたが、さらに調査地に入るにはキャラバンが必要であり、調査はすべて移動キャンプ方式により実施された。キャンプの移動、資材の運搬、調査活動などには多数の馬匹が使用され、馬匹の活用がなければ調査活動は困難であった。

B地区の地質精査では縮尺1/10,000の地形図が使用され、Cochaquillo 鉍化帯についてはポケット・コンパスによる縮尺1/2,000の測量・調査が実施された。Iscay Cruz地区では、主要露頭およびその周辺に対してポケット・コンパスによる縮尺1/500の露頭調査が実施された。

地質精査では、地表の主要露頭を踏査し、各露頭の岩相や構造、各地層の分布状況や相互関係などが調査され、地層間の対比と地質構造の解析が行われた。露頭調査では、鉍化示徴を示す各露頭の分布状況、形態、構造、鉍物学的特徴などが調査され、今後の試錐計画に資するための構造解析が実施された。主要鉍石露頭については、分析試料を得るため、巾10cm、採取長通常2～4mのチャンネル・サンプリングが実施され、同時に、各種試験に供するため鉍石塊が採取された。又、鉍石露頭の周辺部について、母岩の状況と鉍化作用の連続性を確認するため、両地区で合計200mのトレンチが実施された。

1-4 解析方法

現地調査に引続き、採取された各種の試料および地質などの資料について、分析と解析作業が行われた。分析・解析作業は、一部が現地で行われたほか、大部分は日本において行われた。

実施された分析・解析作業の主要なものおよびその個数は次のとおりである。

(1) 岩石薄片顕微鏡観察	20個
(2) 鉍石研磨片顕微鏡観察	10個
(3) 鉍石部の分析 (Ag, Cu, Pb, Zn)	157個
(4) X線回析	20個
(5) X線マイクロアナリシス	3個

- | | |
|---|------|
| (6) 岩石生成年代測定 | 3 個 |
| (7) 岩石完全分析 | 4 個 |
| (8) 岩石構成成分分析 (Ca, Mg, Mn, Fe, Ba, Sr, Co, Si) | 10 個 |

第2章 地 質

2-1 地 質 概 要

2-1-1 オヨン地域の地質概要

オヨン地域は、層序の上では、Cobbing (1973) による白亜紀堆積盆地帯 (Zona de la Cuenca Cretacea) 内に在り、地質構造上、Wilson (1967) による褶曲-衝上断層帯 (Zona de Plieques y Sobreescurrecimientos) に位置している。

本地域には白亜紀の堆積岩類が広く厚く分布している。下部と上部とでは著しく岩相を異にし、下部は主に珪質砂岩、頁岩などより成る碎屑岩類、上部は泥灰岩と頁岩を伴う石灰岩類、最上部が赤色層となる。このことは白亜紀の堆積盆の進化を表わしており、大陸性から海洋性さらに大陸性への堆積環境の輪廻に対応している。

本報告書では、白亜系の層序区分および各果層の名称は、Cobbing および Wilson に従った。下部の碎屑岩類は、下位より Oyon (オヨン)、Chimu (チムー)、Santa (サンタ)、Carhuaz (カルワス) および Farrat (ファラット) の各果層に区分される。上部の石灰岩類は、下位より、Pariahuanca (パリアワンカ)、Chulec (チュレック)、Pariatambo (パリアタンボ)、Jumasha (フマーシャ) および Celendin (セレンディン) の各果層に区分される。最上部が Casapalca (カサバルカ) 赤色層である。

これらの白亜紀堆積岩類は、第三紀の Calipuy (カリプイ) 火山岩類に不整合に覆れ、さらに第三紀以後のトータル岩、石英安山岩、花崗斑岩などに貫入されている (Fig. I-1 参照)。

白亜紀堆積岩類は、アンデス造山運動に伴う激しい構造運動を蒙り、NNW-SSE 方向を軸とする複合褶曲構造を造っている。通常、2~3 Km の周期で、時に数 10 m の周期で、背斜および向斜を繰返しており、同一の地層が何回も地表に露出する。軸部の構造は通常鋭角であり、上位の地層が下位の地層中に折り畳まれ、下位の地層が上位の地層中にプラグ状に挟み込まれている場合が多い。造山運動の中軸部では、褶曲軸に平行する衝上断層が発達する。約 2 Km の間隔で平行に発達する主断層 2 本の垂直方向合計転移量は 1,500 m に達し、西側のブロックが東側のブロックに伸上げ、この部分が大陸分水嶺を構成している。衝上断層の東側区域では、同系統の断層が 1~2 Km 間隔で発達し、覆瓦構造を造っている (Fig. I-2 参照)。

2-1-2 A・B・C 各地区の地質概要

1) A 地 区

A 地区は、本地域の大陸分水嶺を造る Cordillera Rumi Cruz (ルミ・クルス山系) とその東側の山岳地帯に位置し、主に Jumasha 層および Celendin 層 が分布する。Rumi Cruz 山系の両側には衝上断層が走り、本地域の地質構造を東西に分けている。本地区は大背斜構造の西翼に当り、上記両果層は西へ傾斜するが、衝上断層と同系統の NNW-SSE

系断層が規則的に発達し、両果層は覆瓦構造を造っている。

2) B 地区

B地区は、Rumi Cruz 山系および上記衝上断層の南延長部を構成する Cordillera Callejon (カジェホン山系)の西側に隣接する。Oyon 層から Jumasha 層までの白亜紀堆積岩類が複合褶曲構造を造って分布し、Calipuy 火山岩類がこれらの各果層を不整合に覆っている。

本地区の東縁部、Callejon 山系の西縁に沿って、NNW-SS E 方向の衝上断層が走り、Chimu 層など主に下部白亜系より成る西側のブロックが Jumasha 層など上部白亜系の東側ブロックに押し上げこれと接している。Callejon 山系の東縁にも同系統の衝上断層が平行して走り、断層を境に、Jumasha 層が上位の Celendin 層や Casapalca 層に接している。

衝上断層帯の西側に沿う本地区には、ENE-WSW 系、E-W 系などの断層・裂か群が複雑に発達している。又、火成活動も活発で、花崗閃緑岩などの岩株・岩脈が断続的に貫入している。これらの貫入岩類の一部は鉍化作用を伴っており、Cochaquillo や Chagapata などの鉍化帯を形成している。

3) C 地区

C地区は、衝上断層帯および大陸分水嶺の西側に位置し、オヨン地域の大半を占める。Isca Cruz の鉛・亜鉛鉍化帯は、本地区の東端に沿い主に Santa 層中に胚胎している。

C地区には、Oyon 層から Jumasha 層に至る白亜系が広く分布し、これらの各果層は NNW-SS E 方向を軸とする複合褶曲構造を造っている。本地区の西端には、第三紀の Calipuy 火山岩類が、白亜系とは断層関係をもって分布している。火成活動としては、トータル岩、石英安山岩、石英斑岩、玢岩脈などが主要なものである。

2-1-3 オヨン地域の地史概要

オヨン地域は、中部アンデス山系を構成する西側の主列である西部山脈 (Cordillera Occidental) の中軸部に位置し、主として激しく褶曲した白亜紀の堆積岩類が分布する。本地域の東側には、主に古生代の堆積岩類および先カンブリア紀の変成岩類より成る東部山脈が走っている。本地域の西側には、第三紀の火山岩類が連続分布し、これにアンデス・バソリスが巨大な面積を占めて貫入している (Fig. 4 参照)。

オヨン地域の地質活動が本活化したのは、白亜紀に入ってからである。白亜紀に、南アメリカ大陸を縁取って堆積した古生界や三疊系およびジュラ系の西縁に、外洋から隔離した細長い船底状盆地が発達した。ここに多様な岩相を持つ堆積岩が集積した。白亜紀初期には東側の陸地より大量の碎屑物が運ばれ、石炭を挟在する碎屑岩類が堆積した。白亜紀中期には海進が進み石灰岩の厚層が形成された。白亜紀後期には海退に伴い陸化が進み、赤色層が堆積した。

白亜紀末になると、この堆積盆地の西縁に火山活動が始り、その活動は第三紀に頂点に達し

た。長大な火山弧が形成され、大量の安山岩質溶岩と火山灰流が噴出し、その下部に大量の深成岩体が貫入した。第三紀火山岩類の分布は、延長2,000 Kmにわたって、ペルー国土を南北に縦断している。その西側に、太平洋岸に沿って分布する巨大なアンデス・バソリスは、以後の侵食によって火山の土台が露出したもので、かつて西部山脈の脊柱を造っていたと考えられる。

地表で火山活動を起すマグマが、地表下に侵入すれば深成岩体を造る。第三紀の激しい火山活動は、アンデス造山帯の特徴であり、大量の溶岩の噴出と深成岩体の貫入をもたらした。その結果、地殻が著しく膨脹し、強大な圧縮力と上昇力を生じた。これが東方へ伝わり、東部山脈や西部山脈の厚い堆積岩地帯に、著しい褶曲と隆起を引起す原動力となったと考えられる。プレート・テクトニクスの解釈によれば、マグマはサブダクションするプレートの部分融解によって継続的に供給されたと考えられる。

2-2 堆積岩類

オヨン地域の過半を構成する白亜系の概要は次のとおりである (Fig. 1-3 参照)。

2-2-1 下部碎屑岩類

1) Oyon 層

本地域の最下位を構成するのが白亜系最下位のOyon層である。Oyon層は、背斜構造の軸部に沿い、Chimu層の下位に、NNW-SSE方向に細長く露出する。本層は主として暗灰色の砂岩・頁岩互層より成り、上部に石炭層を挟んでいる。本層はジュラ紀のPucara (ブカラ)層群を不整合に覆っていると推定されるが、露出がないため下部の状況は明らかでない。本層の砂岩・頁岩は細粒で淘汰が悪いこと、石炭を挟むことなどよりみて、本層は湖沼の堆積と推定される。

2) Chimu 層

Chimu層は、上位のCarhuaz層およびJumasha層とならんで、本地域に最も広く分布する。NNW-SSE方向に延びる背斜軸に沿い、帯状あるいは紡錘状に細長く分布する。本層は、主として、白色～淡灰色、細粒～中粒の珪質砂岩ないし珪岩より成り、細粒砂岩や頁岩の薄層を挟む。層厚は600～700 mである。

本層はその硬質・塊状の岩質のため、常にデコボコの多い荒々しい山塊を形成し、地形上他累層とは識別される。

本層中には植物化石の破片が見出されるのみであり、本層の砂岩中には斜層理 (cross bedding) やリップルマーク (ripple mark) が認められる。本層はその岩質、堆積構造、植物化石などからみて、デルタあるいは氾濫原の堆積物と推定される。

3) Santa 層

Santa 層は、Chimu 層の上位に細長く帯状に分布する。本層は主に細かに成層した青灰色の石灰岩より成り、泥灰岩、頁岩、砂質石灰岩を伴っている。しばしばチャートのノジュールを含み、ドロストーンや石膏を伴うこともある。

本層の層厚は100～150m程度であり、通常Chimu層の珪岩が造る岩壁に接して急崖をなすが、上位のCarhuaz層中にプラグ状に挟み込まれた分布を示すこともある。本層は深海性の生物化石を欠き、貝殻の破片を多量に含むことから、海浜の堆積と推定される。

4) Carhuaz 層

Carhuaz 層は、Chimu層とJumasha層が造る山塊および山嶺の鞍部に沿って広く分布する。本層の主体は砂岩・頁岩互層であり、石灰岩の薄層を数枚挟んでいる。本層の中部および最上部には赤紫色の頁岩が発達しており、野外調査の際の鍵層として有効である。本層は軟弱で変形し易い岩質を有するため、その層厚は、褶曲構造上の位置により著しく変動するが、通常500～800mである。本層の堆積環境は、植物化石を含み炭質部を挟在することから、海辺の流れのある湖沼であったと推定される。

5) Farrat 層

Farrat 層は、下位のCarhuaz層赤紫色頁岩と上位のPariahuanca層塊状石灰岩とに挟まれて細長く帯状に分布する。本層は下位の優白色細粒珪質砂岩と上位の淡灰色中粒石灰質砂岩より成り、斜層理の発達が著しく、デルタあるいは氾濫原の堆積物と推定される。層厚は100～120mである。

2-2-2 上部石灰岩類

1) Pariahuanca 層

Pariahuanca 層は、暗灰色の塊状石灰岩より成り、下位のFarrat層に接してJumasha層が造る山嶺を取り巻く形で細長く分布する。本層は地形上の小突起部を造り、これが帯状によく連続するので、航空写真解析の際の有効な鍵となる。層厚は100～200mである。本層は遠洋性の化石を産出せず、含まれる化石がほとんど破片化していることから、沿海に堆積したものと推定され、Albian（オーブ）階の大規模な海進の始まりを示している。

2) Chulec 層

Chulec 層は、上位のPariatambo層とともに、Jumasha層が造る山嶺を取り巻いて分布し、地形上Jumasha層とPariahuanca層の窪地を造っている。本層は淡褐色～淡灰色の泥灰岩を主とし、その層厚は約200mである。本層の化石動物群は、下部は海浜相ないし浅海相を、上部はやや深い相を示しており、この時期に西方からの海進が進み、この方向に海が深くなったことを示している。

3) Pariatambo 層

Pariatambo 層は、山嶺を造る Jumasha 層に接して、これを取り囲んで分布する。本層は石灰岩、泥灰岩および頁岩の薄層互層より成り、これらはいずれも炭質物を含み、暗灰色～黒色を呈する。通常、厚さ数cmの石灰岩と数mmの泥灰岩あるいは頁岩が互層し、層理に直交する割目が発達し、レンガ状構造を呈している。向斜軸の付近では層内褶曲を繰返している。層厚は約150mである。本層の岩質および化石動物群よりみて、当時の海は東方へ浅くなっており、本層は嫌気性環境下に堆積したものと推定される。

4) Jumasha 層

Jumasha 層は、NNW-SS E方向に延びる向斜軸に沿って分布し、明灰色に輝く急峻な山嶺を造っている。本層が造る山嶺は、Chimu 層が造るゴツゴツした山塊とは対象的な姿を呈し、本地域の景観を变化に富むものとしている。

本層は暗灰色の塊状石灰岩の連続帯であるが、下底より150m付近に層厚数10mの泥灰岩を挟在している。Jumasha 層は、衝上断層の東側に、大陸分水嶺を構成し広く分布する。

A地区調査結果によれば、上位の Celendin 層と下位の Pariatambo 層との関係より、その層厚は少なくとも1,400mと推定される。本層の堆積環境は、岩質および化石動物群よりみて、弱い潮流のある沖合であったと推定される。

5) Celendin 層

Celendin 層は衝上断層帯を境に、その東側に分布する。本オヨン地域に限って言えば、衝上断層の西側では本層は完全に剝離され、その分布はみられない。本層は淡黄色～炭褐色の泥灰岩を主体とし、石灰岩の薄層およびパッチを挟んでいる。本層は風化作用に弱く、地表で容易に軟弱化し、侵食され易い性質を有する。このため、断層による陥没部や盆地構造部に、Jumasha 層に付着した形で分布する。A地区における本層の層厚は200m程度である。

Celendin 層は、下位の Jumasha 層と整合関係で累重し、上位を大陸性堆積環境を示す Casapalca 赤色層に被覆される。Celendin 層は、Pariahuanca 層より連続する石灰岩帯の最上部を占め、西部アンデス一帯の海成堆積作用が終結に向う時期を代表しており、産出する化石動物群は浅海性環境を示している。

2-2-3 Casapalca 層

Casapalca 層は、A地区の南端部、A地区の北東方、B地区の東方など衝上断層帯以東に分布している。本層は風化・侵食に対する抵抗力弱く、地塊の上昇部では完全に剝離され、地塊の陥没部に残留しており、通常 Celendin 層とともに山間の盆地および平原を造っている。

Casapalca 層は、通常、礫岩、砂岩、頁岩、泥灰岩、石灰岩などより成る赤色層を特徴とするが、A地区南端からB地区の東方にかけて分布する本層は、石灰岩および泥灰岩が卓越し

ている。本地区における Casapalca 層は、地質構造解析により層厚 1,000 m 以上と推定される。

Casapalca 層およびこれに相当する赤色層は、西部アンデス全域に広く分布するが、その岩相・層厚は各地域によりかなりの差異がある。これらの赤色層は、Santonian (サントン) 階以後、海成の環境が終結し、陸成の環境が始まったこと、それに伴って堆積盆地が各地に分断され局地化したことを示している。

Casapalca 層は、B 地区の東方で Jumasha 層以下の累層を不整合に覆っており、上部は第三紀の Calipuy 火山岩類に不整合に被覆される。下位の Celendin 層とは軽度の不整合関係を有すると推定される。

2-3 Calipuy 火山岩類

(1) 分布： Calipuy 火山岩類は、白亜紀堆積岩類を覆って、西部アンデスの太平洋側に沿い、広大な地域を占め分布している。

オヨン地域における本岩類の分布は、C 地区の西端部および B 地区に限られている。下位の堆積岩類との関係は、C 地区が主に断層関係、B 地区が主に不整合関係である。

(2) 層序： 本火山岩類は主として、安山岩質溶岩、角礫凝灰岩、集塊岩などで構成される。B 地区、Cerro San Camilo (サン・カミロ山) 区域で明らかとなった本火山岩類の層序は、上位より次のとおりである。

上部	150 m +	安山岩および角礫凝灰岩
	150 m	安山岩
	200 m	集塊岩・角礫凝灰岩・凝灰質砂岩頁岩互層
下部	400 m ±	集塊岩、一部角礫凝灰岩および熔結凝灰岩

(3) 構造および層厚： 本火山岩類は緩やかな褶曲構造を呈し、激しく褶曲した白亜紀堆積岩類とは対象的である。下位の堆積岩類との関係は、堆積岩類の侵蝕地形に規制され、アバット関係である。本火山岩類の層厚は、B 地区では 900 m 以上で上部が剝離されており、C 地区西端部では見掛上の層厚が 3,000 m に達している。

(4) 岩石生成年代測定結果： Cerro San Camilo の山頂近くで採取された互層帯直上の安山岩質熔岩 (NO-625) の K-Ar 法による生成年代は、 9.5 ± 0.5 百万年である (Table 1-2 参照)。これは新第三紀鮮新世に相当し、本岩の形成は非常に若い年代となる。

本岩は緑灰色を呈し、斜長石および角閃石の斑晶を有するが、鏡下で有色鉱物は変質し、緑泥石および緑れん石に交代されているので、本岩の同位体比の測定は全岩でなされた。このため、上記測定年代は実際の生成年代より若くなった可能性も考えられるが、Calipuy 火山岩類として一括されたものの中には古いものから新しいものまで長期間にわたる火山活

動の産物が包有されており、本岩がCalipuy 火山岩類末期の火山活動を代表すると解釈するのが妥当であろう。

2-4 貫入岩類

オヨン地域の貫入岩類としては、トータル岩ないし花崗閃緑岩、石英斑岩ないし流紋岩、石英安山岩、花崗斑岩、玢岩などが主要なものである。本報告書ではB地区の貫入岩について詳述する。

2-4-1 Cochaquillo 地区の花崗閃緑岩および閃緑岩

- (1) 形態および規模： Lag. Cochaquillo の東方約2 Kmに、Carhuaz 層およびCalipuy 火山岩類下部の集塊岩中に貫入している。規模は0.8 Km×1.8 Kmで、形態は岩株状である。両岩は漸移関係を有し、同一岩体を構成している。
- (2) 岩質： 花崗閃緑岩は粗～中粒、鏡下で斜長石を主に石英・カリ長石・角閃石を伴う。閃緑岩は中～細粒で角閃石の比率を増す。
- (3) 全岩分析結果： 全岩分析値より計算したノルム値 (Table I-1 参照) を、石英-カリ長石-斜長石三角図表 (Fig. I-4 参照) にプロットすると、花崗閃緑岩 (NO-633) の珪長質 (salic) ノルム鉱物の含有比は、Bateman 他 (1976) の分類による花崗閃緑岩と石英モンゾニ岩の境界部付近に、閃緑岩 (NO-373) は花崗閃緑岩と閃緑岩の境界部付近にプロットされる。
- (4) 生成年代測定結果： 花崗閃緑岩 (NO-633) の分離した角閃石を用いてのK-Ar 法による生成年代は18.4 ± 3.7百万年である (Table I-2 参照)。他方閃緑岩 (NO-373) の全岩による生成年代は11.1 ± 0.6百万年である。この差は同一岩体での固結年代の差異を示すとも考えられるが、後者の変質による若がえりに起因する可能性が高い。

2-4-2 Chagapata 地区の花崗閃緑岩および花崗斑岩

- (1) 形態および規模： 花崗閃緑岩は、主にChimu層中に岩株状をなして貫入し、規模は0.8 × 2.3 Kmである。花崗斑岩は白亜紀堆積岩類およびCalipuy火山岩類中の岩脈である。
- (2) 岩質： 花崗閃緑岩は中粒で黒雲母と角閃石の斑晶を有する。鏡下で、斜長石、石英、正長石、黒雲母、角閃石を主とし、完晶質で斑状組織を呈する。正長石は斜長石結晶を包有し、角閃石は緑泥石に交代されている。花崗斑岩は粗粒で斜長石と黒雲母の斑晶を有する。鏡下で、斜長石、正長石、石英、黒雲母を主とし、石基 (groundmass) は隠微晶質 (cryptocrystalline) である。
- (3) 全岩分析結果： 全岩分析値より求めた花崗閃緑岩 (NO-350) および花崗斑岩 (NO-652) のノルム値は、両者とも花崗閃緑岩の領域にプロットされるが、後者はより石英モンゾニ岩との境界に近い位置を占める。

(4) 生成年代に測定結果： 分離した黒雲母を使用してのK-Ar法による岩石生成年代は、花崗閃緑岩(NO-350)が 9.0 ± 0.5 百万年、花崗斑岩(NO-652)が 6.2 ± 0.3 百万年である。これは本オヨン地域での最も若い年代を示している。

2-4-3 火成岩の岩石系列

オヨン地域の貫入岩および火山岩の全岩分析値をMFA [$MgO - (FeO + Fe_2O_3) - (Na_2O + K_2O)$]三角図表にプロットすると、本地域の火成岩類は、2~3の例外を除き、ほぼ一線上に分布している(Fig. I-5参照)。このことは、各岩体各々に、岩石組成、貫入形態および貫入時期が異っていても、ほぼ同種のマグマ(magma)に由来し、規則的な結晶分化作用(crystallization differentiation)をたどり、組成変化を起したことを示している。

これら火成岩のたどった軌跡は、典型的なカルクアルカリ系列(calc-alkalic series)に属する。即ち、分化作用の進行にともない、残液中の $Na_2O + K_2O$ (および SiO_2)が増加する一方で、 $FeO + Fe_2O_3$ が一貫して減少している。

例外として、古い時期の貫入に属する石英安山岩(SO-176)と安山岩(AO-116)があり、これらはソレアイト系列(tholeiitic series)に近い組成を示すが、サンプル数が少く不確実である。又、溶結凝灰岩(NO-652)もソレアイト系列に属するようであるが、これは堆積岩の影響を受けているので除外すべきである。

2-5 地質構造

オヨン地域の地質構造は、著しく折り畳まれた褶曲構造と、褶曲軸に平行して走る衝上断層、軸に斜交する共役剪断層および軸に直交する破断断層により、特徴づけられている。これらは、アンデス造山運動に伴い、地殻の強大な圧縮力と地塊の上昇力に由来したものと考察される(Fig. I-1, 2参照)。

2-5-1 褶曲構造

本地域の白亜紀堆積岩類は、NNW-SSE方向を軸とする複合褶曲構造を造っており、主として、Chimu層が背斜部を、Jumasha層が向斜部を構成している。

褶曲の周期は、通常2~3kmで向斜と背斜を繰返すが、時に褶曲の周期が数10mとなることもある。軸の落しはほぼ水平であり、褶曲軸の伸びは、Cobbing(1973)によれば、通常100km以上にわたって連続する。軸面の傾斜は、通常西へ $80^\circ \sim 70^\circ$ 傾斜するが、局部的に東へ傾斜する場合もある。軸部の構造は、通常鋭角であり、向斜部では上位の地層が下位の地層中に折り畳まれ(Pachangara地区など)、背斜部では下位の地層が上位の地層中にブラグ状に挟み込まれている場合もある(Churin東方約2km, Oyon西方約5kmなど)。

Chimu層などコンピーテント(competent)な地層には、フレキシユラル・スリップ褶曲

(flexural-slip folding)が発達し、層面に平行する断層が発達している。Chimu層の珪質砂岩に挟まれた細粒砂岩および砂質頁岩は、著しく破碎されており、この破碎化作用は層面断層によるものと判断される。これに対し、Pariatambo層などのインコンピーテントな地層には、フレキシユラル・フロー褶曲(flexural-flow folding)が発達し、褶曲構造の形と褶曲構造上の位置に応じて、地層の層厚が著しく変動している。褶曲の周期が短く、軸部の形態が鋭角である場合、層厚は著しく変化する。地層の層厚は通常、褶曲の翼部で薄化し、褶曲の軸部で厚化する。

2-5-2 断 層

本地域の断層としては、褶曲軸に平行して発達するNNW-SSE系、これと斜交するNE-SW系およびWNW-ESE系、褶曲軸と直交する方向のENE-WSW系などがある。

1) NNW-SSE系

A地区西端部およびB地区の東側で、各々分水嶺を造るRumi Cruz(ルミ・クルス)およびCallejon(カジェホン)両山系を挟んで、2列の衝上断層、Rumi Cruz 西衝上断層およびRumi Cruz 東衝上断層が走っている。間隔は約2Km、両断層の垂直転移量は合計1,500mに達する。両断層を境に、Chimu層などの下部層より成る西側ブロックが、Jumasha層、Celendin層あるいはCasapalca層などの上部層に伸上げている。両衝上断層の両側には、同系統の断層が発達している。Ruco(ルコ)断層、Cutacocha(クタコチャ)断層、Picoy(ピコイ)断層などがこの系統に属する。

なお、Rumi Cruz 東衝上断層の東側の地区では、同系統の断層が規則的に発達し、覆互構造(imbricate structure)を造っている。

2) NE-SW系およびWNW-ESE系

褶曲軸に斜交して発達する両系列の断層は、水平方向の移転を特徴とする。代表的なNE-SW系断層としては、Oyon 北西約10KmのShapra(シャブラ)断層、Oyon 南東約5KmのOtuto(オット)断層などがある。WNW-ESE系断層としては、Oyon 南西3KmのViroc(ビロク)断層、Oyon 南東約13KmのCuchpanga(クチパンガ)断層などがある。

これらの断層は、水平方向の転移を主とし、東側のブロックを西方へ移動させており、見掛上の転移量は最大1Kmである。両系列の断層は、典型的な共役剪断断層(conjugate shear faults)であり、本地域の褶曲構造の発達と密接な関連を有している。なお、Viroc断層は雁行状に発達し、地層に引摺りを起している。

3) ENE-WSW系

本系統の断層は、褶曲軸に直交する方向で、雁行配列して発達する。本系統の断層は破断断層(tension fracture)の性格を有し、転移の方向はまちまちである。

代表的なものに Cochaquillo (コチャキイジョ) 断層がある。この系統の割目は、岩脈類の貫入とも関連を有し、又鉍化作用とも関連がある。

4) 層面断層

褶曲による地層の折畳みが激しく、フレキシユラル・スリップ褶曲が発達する個所では、多数の層面断層が発達している。個々の転移量は僅かでも、全体としてかなり大きな転移を起していると考えられる。このため、褶曲の軸部は鋸状を呈することが多い。

本地域の層面断層の傾斜は、通常垂直ないし急傾斜であるが、これとほぼ直交する水平に近い割目が、数10 mないし数100 mの間隔で発達し、数m程度の転移を与えている。

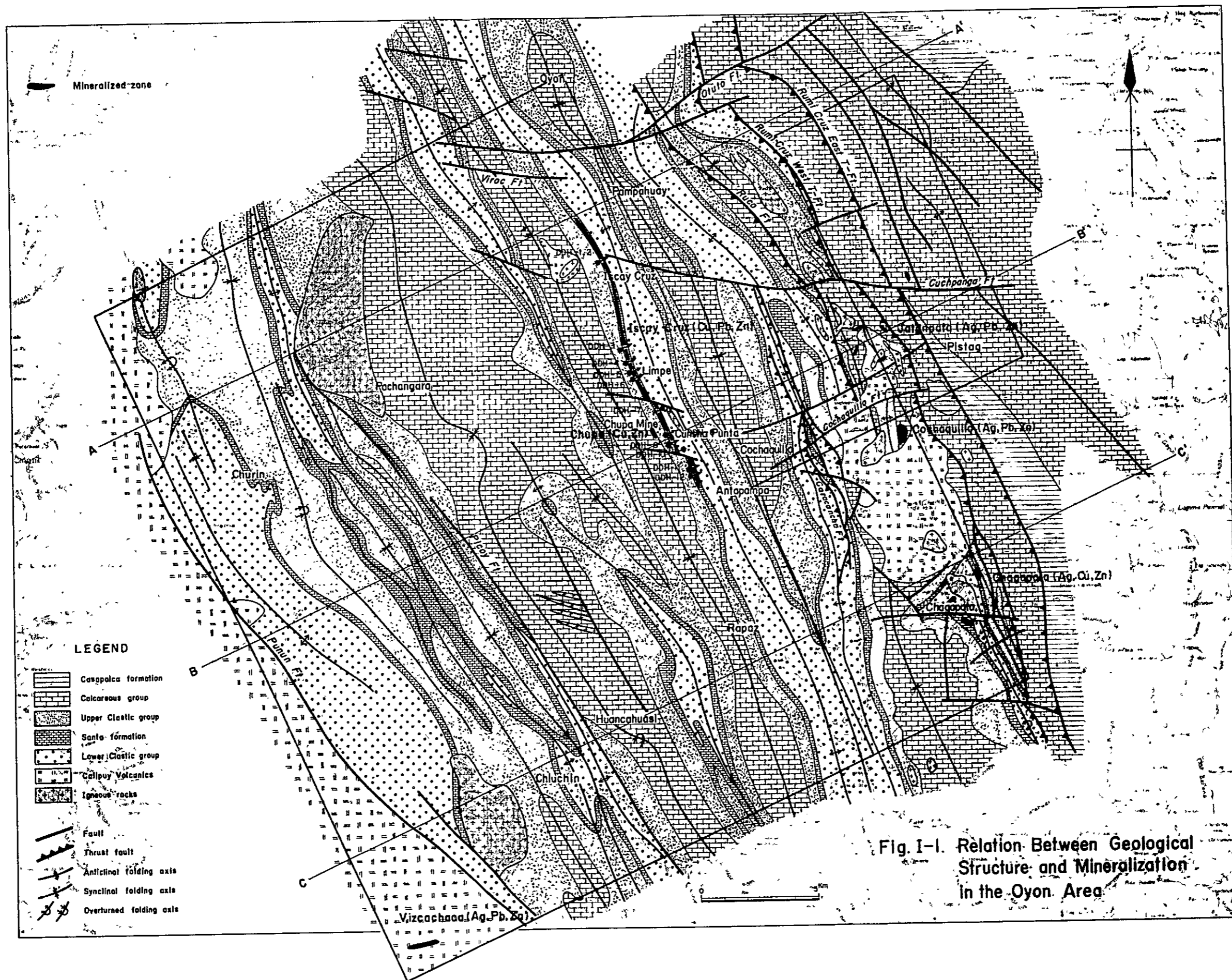
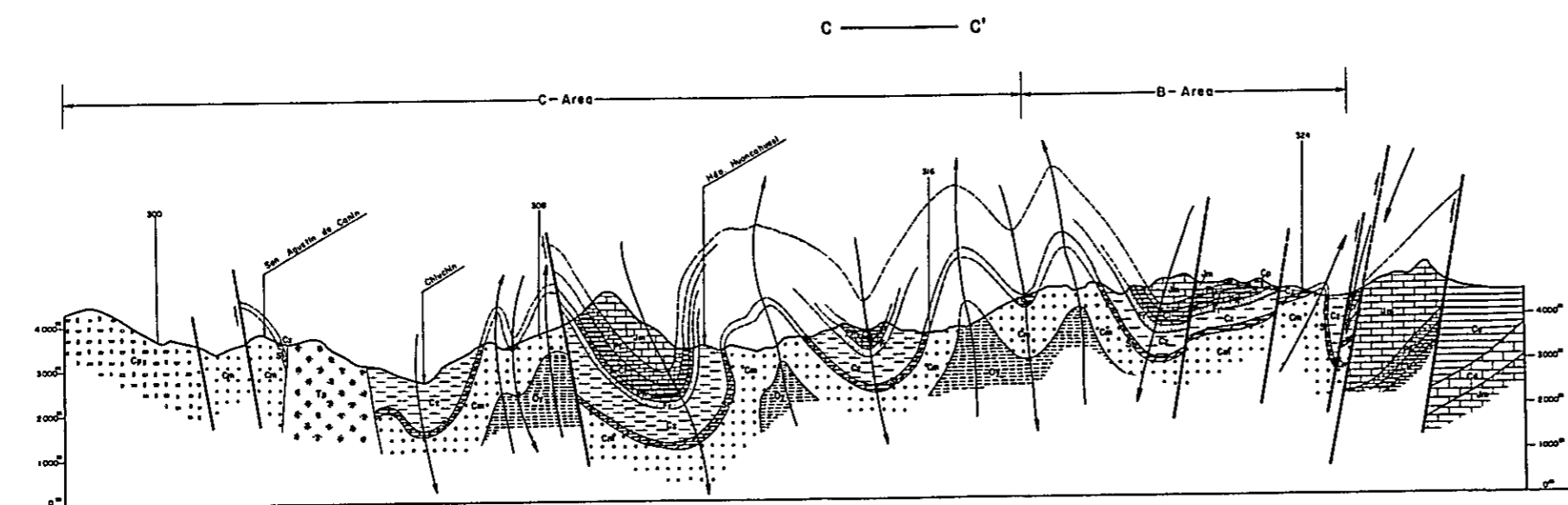
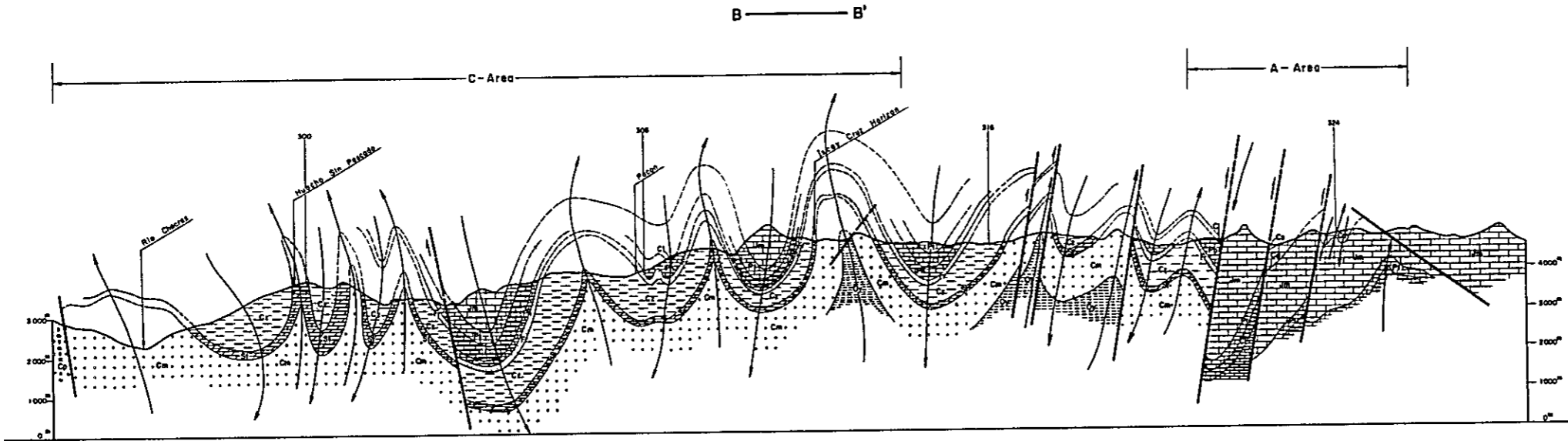
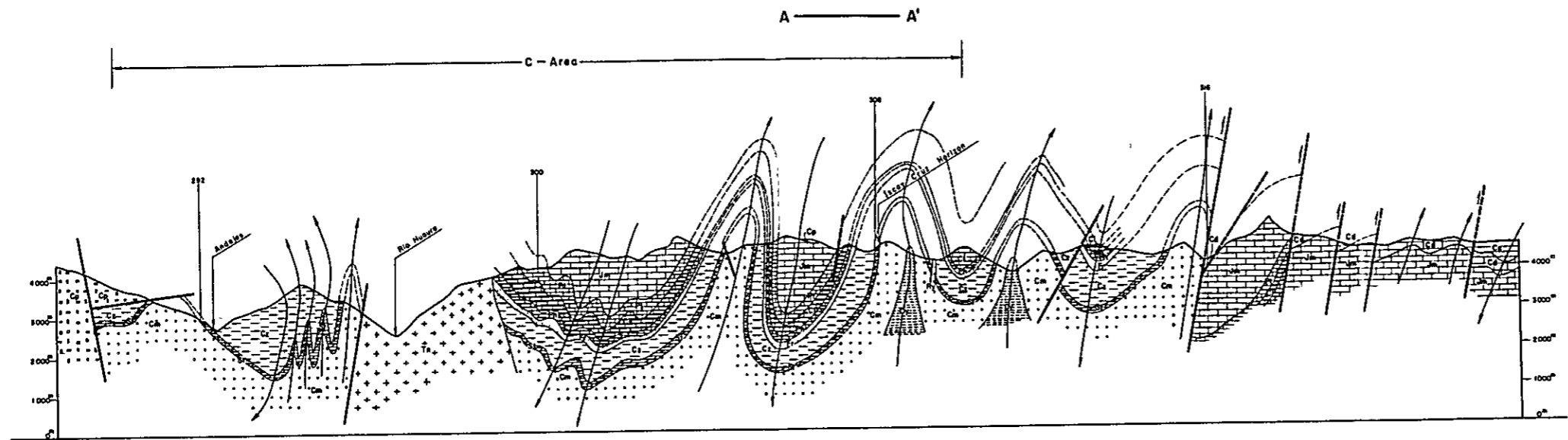
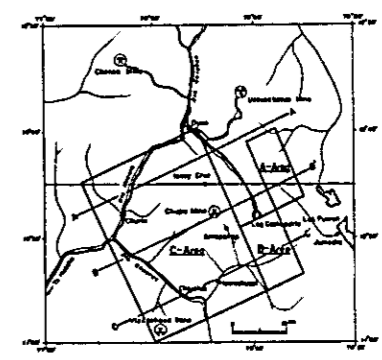


Fig. I-1. Relation Between Geological Structure and Mineralization in the Oyon Area



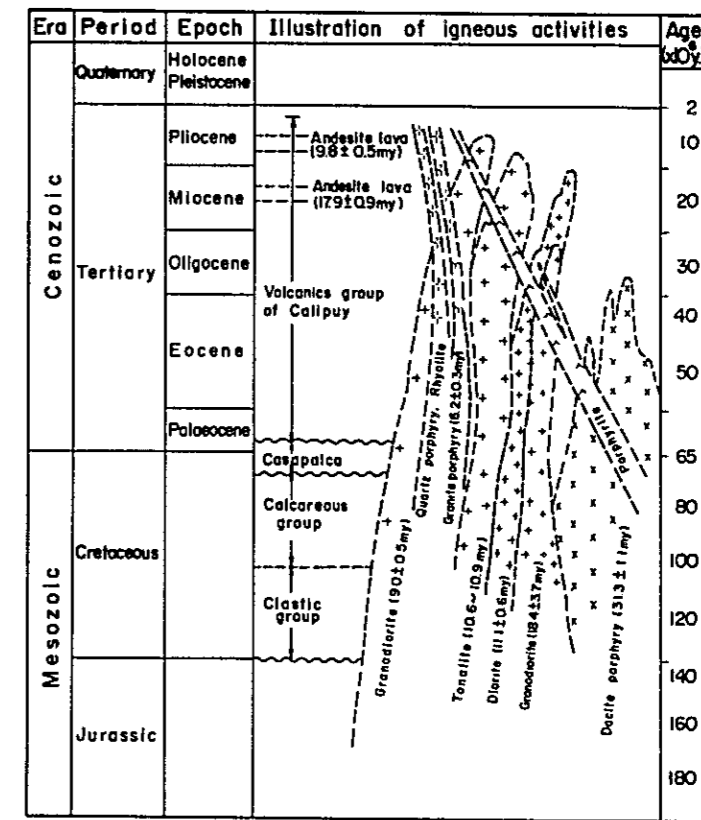
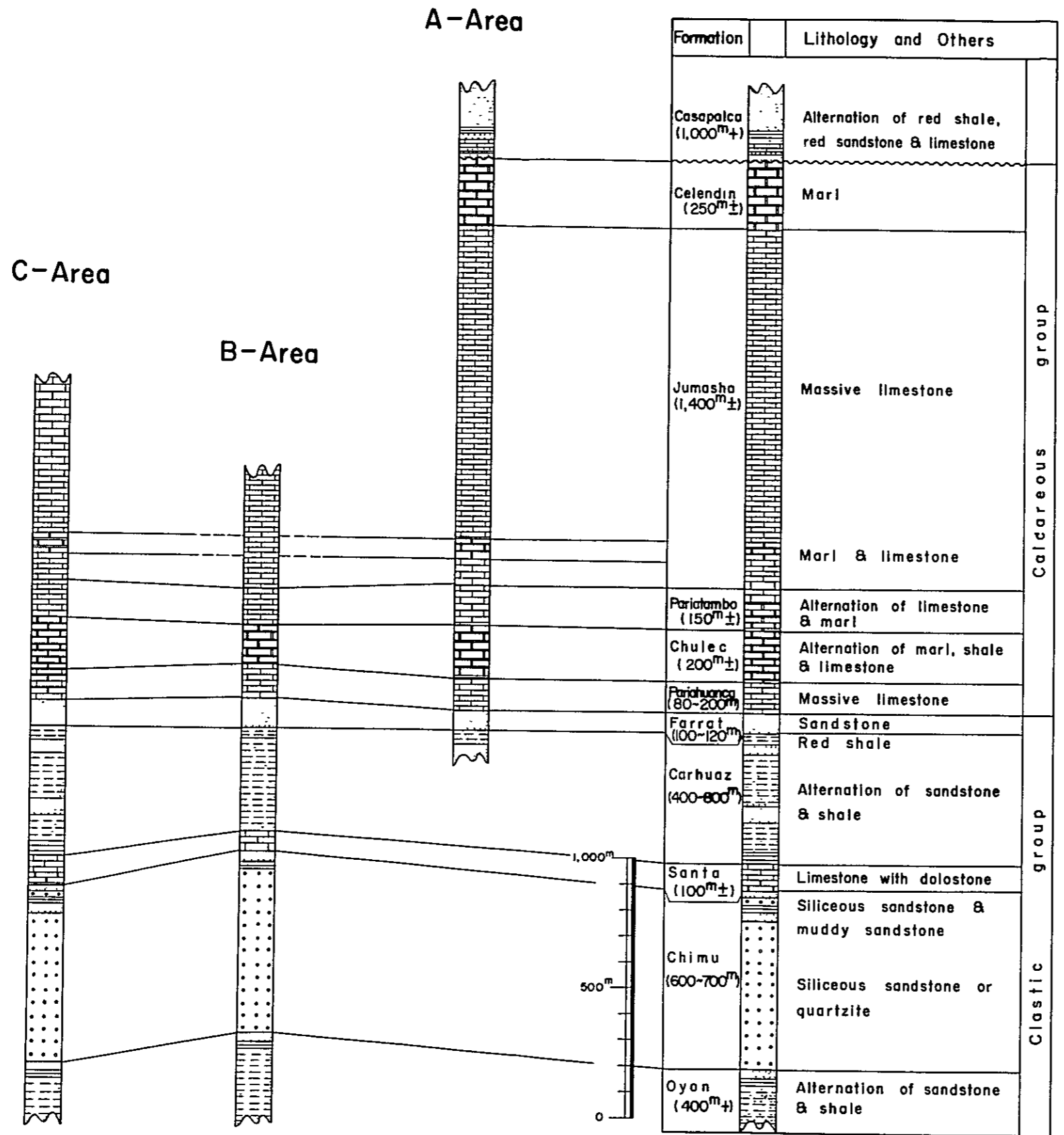
INDEX



LEGEND

SEDIMENTARY ROCK	
Quaternary	Q Alluvium
Tertiary	Cs Casapisa formation
	Ce Colandia formation
	Jm Jumashu formation
	Pa Paratambo formation
	Ch Chulo formation
Cretaceous	Pa Parashanca formation
	Fr Ferrol formation
	Ca Carhuaz formation
	So Sonta formation
	Ch Chimu formation
	Oy Oyon formation
IGNEOUS ROCK	
Ry Qz	Rhyolite Quartz porphyry
Tp	Tonalite porphyry
Tn	Tonalite
Co	Colapay volcanic
Fault	
Anticlinal folding axis	
Synclinal folding axis	
A Geological section line	

Fig.I-2 Geological Profile of the Oyon Area



Schematic Correlation of Igneous Activity and Sedimentary Rocks

LEGEND

- Shale
- Red shale
- Alternation of shale & sandstone
- Sandstone
- Siliceous sandstone or quartzite
- Marl
- Limestone
- Dolostone
- Unconformity trap

Fig. 1-3. Geological Column and Igneous Activity in the Surveyed Area

Table I-1 Assay Values and Normative Composition of Igneous Rocks

Sample No. Rock Name		NO-625 Andesite	NO-633 Granodiorite	NO-647 Welded tuff	NO-652 Granite por.
Component					
Assay Values	SiO ₂	60.82 (%)	67.32 (%)	68.84 (%)	67.97 (%)
	TiO ₂	0.86	0.60	0.39	0.23
	Al ₂ O ₃	17.38	16.73	16.17	16.62
	Fe ₂ O ₃	2.38	1.63	0.96	0.83
	FeO	3.09	2.03	1.08	2.78
	MnO	0.10	0.03	0.03	0.03
	MgO	3.03	1.30	0.56	0.36
	CaO	4.40	1.76	2.75	3.42
	Na ₂ O	3.10	2.95	3.47	2.53
	K ₂ O	3.02	3.08	4.35	3.22
	P ₂ O ₅	0.24	0.16	0.10	0.13
	H ₂ O ⁺	2.03	1.13	0.23	0.90
	H ₂ O ⁻	0.41	0.23	0.18	1.08
	Total	100.86	98.95	99.11	100.10
Normative Composition	Q	17.11	33.26	25.63	32.18
	C	1.61	5.87	1.01	3.12
	Or	18.13	18.65	26.04	19.39
	Ab	26.65	25.58	29.75	21.82
	An	20.58	7.88	13.16	16.43
	Sub-Total	84.09	91.23	95.58	92.93
	En-Hy	7.67	3.32	1.41	0.91
	Fs-Hy	2.51	1.48	0.61	4.17
	Mt	3.51	2.42	1.41	1.23
	Il	1.66	1.17	0.75	0.45
Ap	0.56	0.38	0.23	0.31	
Sub-Total	15.91	8.77	4.42	7.07	
Ratio	Q	20.75	38.97	27.10	35.83
	Or	21.98	21.85	27.54	21.59
	Ab+An	57.27	39.19	45.37	42.58

Table I-2 Isotopic Age of Igneous Rocks

	Field No. (Rock Name)	Location	Mineral	Isotopic Age (m.y.)	Ar ⁴⁰ /gm x 10 ⁻⁵	%Ar ^{40R}	%K
1979	AO-116 (Andesite)	G3	whole rock	17.9±0.9	0.113 0.108	52.1 55.3	1.57 1.59
	CO-121 (Tonalite)	G1	biotite	10.9±0.5	0.215 0.225	43.8 51.0	5.17 5.16
	CO-122 (Tonalite)	G1	biotite	10.6±0.5	0.267 0.258	56.6 47.8	6.36 6.32
	SO-176 (Dacite por.)	G1	biotite	31.3±1.6	0.133 0.129	39.2 36.2	1.09 1.04
1980	NO-350 (Granodiorite)	G4	biotite	9.0±0.5	0.162 0.164	45.3 43.8	4.60 4.66
	NO-373 (Diorite)	G4	whole rock	11.1±0.6	0.101 0.102	31.9 35.8	2.33 2.35
	NO-376 (Granite por.)	G2	whole rock	22.4±1.1	0.457 0.463	75.2 72.2	5.24 5.28
	NO-334 (Rhyolite)	G4	whole rock	- *	-	-	-
1981	NO-625 (Andesite)	G4	whole rock	9.8±0.5	0.088 0.089	33.9 35.6	2.31 2.32
	NO-633 (Granodiorite)	G4	hornblende	18.4±3.7	0.037 0.038	14.8 9.1	0.52 0.52
	NO-652 (Granite por.)	G4	biotite	6.2±0.3	0.172 0.175	37.6 42.7	7.21 7.24

Constants used

$$\lambda_{\beta} = 4.962 \times 10^{-10} / \text{year}$$

$$\lambda_{\beta} = 0.581 \times 10^{-10} / \text{year}$$

$$K^{40} = 1.167 \times 10^{-4} / \text{atom/K}$$

Notes

Ar^{40R} : Radiogenic Ar⁴⁰

m.y. : million years

Analyses were performed by Teledyne Isotopes, Westwood, New Jersey, U.S.A.

* Cleaning remains are not enough for measurement.

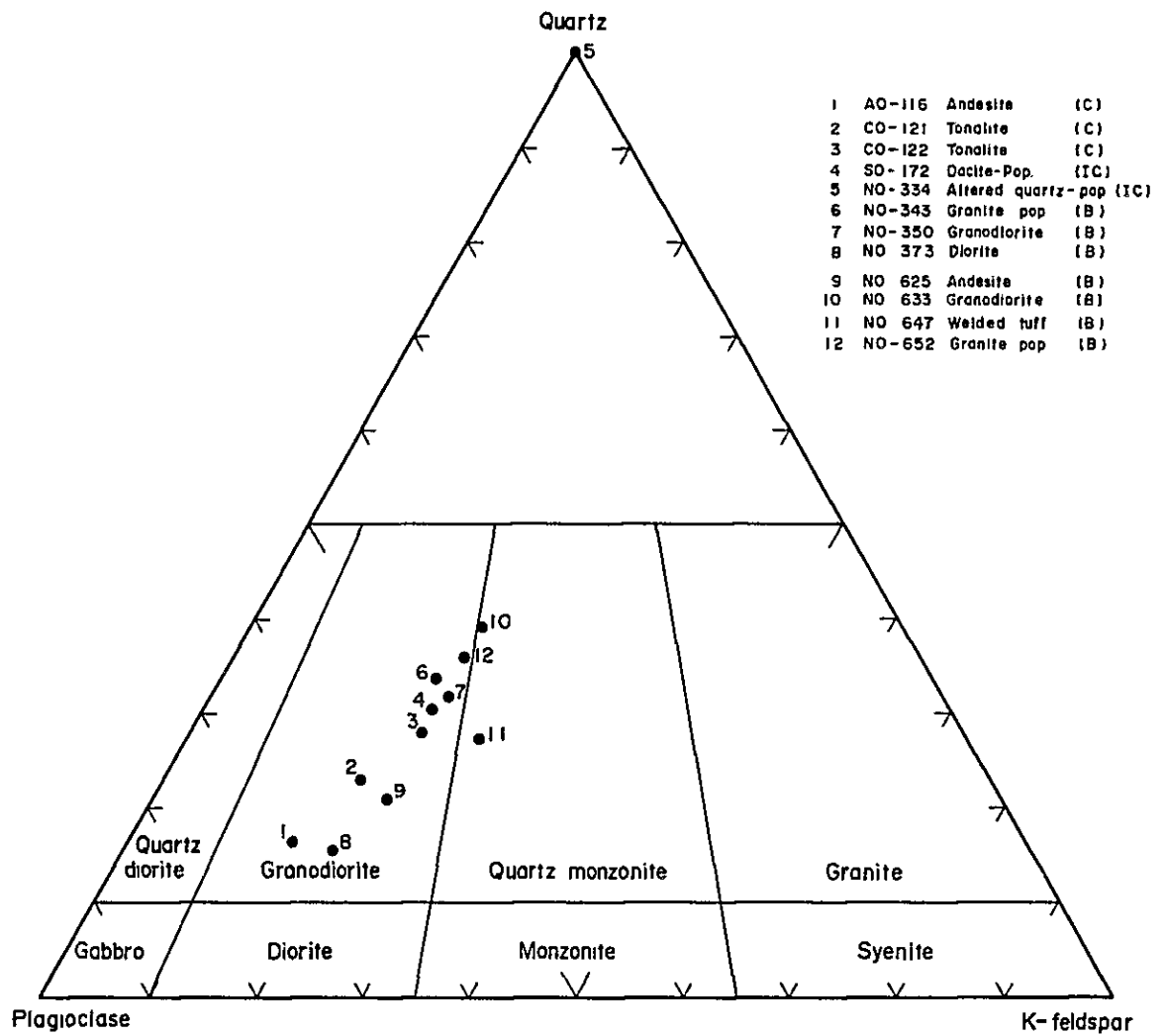


Fig. I-4. Q-Kf-Pl Diagram for Normatic Composition of Igneous Rocks

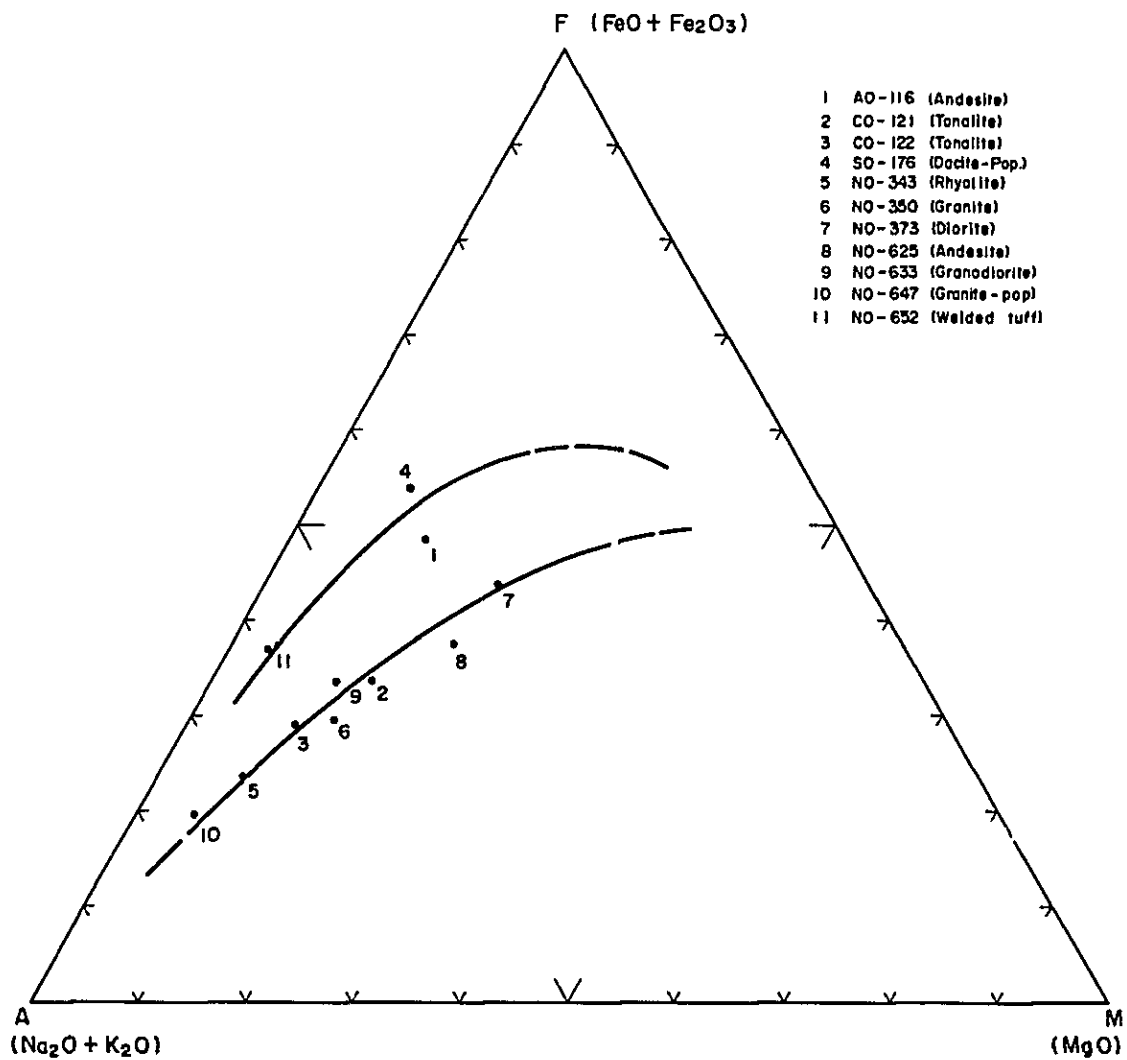


Fig. I-5. MFA Diagram for Magmatic Differentiation of Igneous Rocks

第 3 章 鋳 床

3-1 鋳床概要

オヨン地域は、Bellidoほか(1972)による、西部アンデス鋳床生成区(Provincia Metalogenica Andina Occidental)内の高原台地の多金属鋳床生成亜区(Sub-Provincia Polimetálica del Altiplano)に位置する。本地域の北方にはHuanzala(ワンサラ)鋳山, Raura鋳山など, 東側にはCerro de Pasco(セロ・デ・パスコ)鋳山, 南方にはHuaron(ウアロン)鋳山, Santander(サントアンデル)鋳山などが知られており, 鋳産地帯に取囲まれている。本地域の北方に隣接して, Raura鋳山, Uchucchacua鋳山, Chanca鋳山などがあり, これらは現在稼動中である。

オヨン地域には, Iscay Cruz, Chupa(チュパ), Cochaquillo, Viscachaca(ヴィスカチャカ)などの鋳床あるいは鋳徴地が知られているが, いずれも本格的な開発に至っていない。これら鋳床ないし鋳徴地の現在の状況は次のとおりである(Table I-3参照)。

- (1) Iscay Cruz 地区には, 大規模な鋳徴が存在するが, いずれも低品位であり, 富鋳部の捕捉に至らず調査・探鋳は中止された。
 - (2) Chupa 鋳床は, かつて坑道探鋳が実施され, 高品位部が捕捉されたが小規模のため放棄された。
 - (3) Cochaquillo 鋳床は, かつて小規模な坑道探鋳が実施されたが, 富鋳部の捕捉に至らず, 探鋳は中断されている。周辺地区には多くの鋳徴地が存在する。
 - (4) Viscachaca 鋳山は, かつて小規模に採掘されたが, 富鋳部の捕捉に至らず放棄された。
- オヨン地域およびその隣接地域の鋳床は, その鋳種, 形態および成因により, 次のように分類される。

- (1) 白亜紀石灰岩類中に形成された銅・鉛・亜鉛高温交代鋳床

Raura鋳床の一部, Chupa鋳床, Iscay Cruz鋳床の一部, Cochaquillo鋳床

- (2) 白亜紀石灰岩類中の銀・鉛・亜鉛裂か充填鋳床

Uchucchacua鋳床, Raura鋳床の一部

- (3) 第3紀火山岩類および貫入岩体中の銀・鉛・亜鉛裂か充填鋳床

Chanca鋳床, Raura鋳床の一部

- (4) 白亜紀石灰岩中に胚胎した鉛・亜鉛・黄鉄鋳塊状熱水性交代鋳床

Iscay Cruz鋳床

3-2 Iscay Cruz 鉱化帯

3-2-1 概 況

Iscay Cruz 地区の鉱徴は、Oyon 南々東約 6 Km の Canaypata (カナイパタ) より、Oyon 南々東約 18 Km の Antapampa (アンタパンパ) にかけて、延長約 12 Km にわたって断続分布する (Fig. 1-6 参照)。鉱徴は、Oyon 層および Ohimu 層を軸部とする背斜構造西翼の Santa 層石灰質岩中に胚胎する。Santa 層は、層厚 40 m ないし 80 m で、東側の Ohimu 層珪岩が造る急崖に接して、NNW-SSE 方向に帯状に延びている。Santa 層の傾斜は垂直に近く、北部および最南端では西へ急傾斜するが、中部から南部にかけて逆転し東へ急傾斜する。

鉱徴としては、鉛・亜鉛を含有する黒色ゴッサン (gossan)、塊状黄鉄鉱に伴う方鉛鉱・閃亜鉛鉱、スカルン中の閃亜鉛鉱、ドロストーン中の方鉛鉱・閃亜鉛鉱の鉱染などがある。本地区は、主に珪岩塊から成る崖錐堆積物や氷河堆積物の発達が著しく、上記の鉱床露頭は、通常崖錐および氷河堆積物中に島状に断続露出している。

鉱床母岩の変質としては、珪化、菱鉄鉱化、ドロマイト化、粘土化、角礫化などが著しい。鉱化作用と関係ありと推定さえる火成岩には、石英斑岩ないし流紋岩とみられる酸性貫入岩があり、それ自身著しく変質しているほか、周辺の岩石に強い角礫化、黄鉄鉱化、絹雲母化、珪化などの変質を与えている。断裂系としては、褶曲軸に直交する方向の WNW-ESE 系の発達が著しく、地層に数 m から 10 数 m の転移を与えている。この系統の断裂は、破断断層であり、鉱化作用と関連を有すると推定される。又、地層と平行する方向の衝上断層および層面断層が発達し、鉱床母岩である Santa 層の層厚に著しい変動を与えている。

本鉱化帯の特徴と各露頭の状況については、第 2 年次報告書で詳述したので、ここでは、今年度の新知見をもとに、その概要を述べるにとどめる。

3-2-2 Iscay Cruz 北部鉱化帯

Canaypata より Cumbre de Iscay Cruz (イスカイ・クルス峠) を経て Lag. Quellaycocha (ケジャイコチャ湖) に至る延長 5.4 Km の区間である。この区間での鉱徴の主体は、石灰岩およびドロストーン中の黒色ゴッサンである。Iscay Cruz 峠 から Lag. Mancacuta (マンカクタ湖) にかけて、Iscay Cruz 鉱化帯中最大規模の黒色ゴッサン露頭がある。

1) Canaypata

Iscay Cruz 峠の北方約 2 Km の Canaypata には、Santa 石灰岩中に巾 1~2 m のドロマイト質ゴッサン数層が胚胎し、本鉱化帯の北限となっている。4 ヶの岩石サンプルの分析値は次のとおりである。

	サンプル数	Cu(ppm)	Pb(%)	Zn(%)
岩石サンプル	4	3	0.06	0.51

2) Cumbre de Iscay Cruz (第1 鉱徴)

Iscay Cruz 峠から Mancacuta 湖にかけて、Santa 層中に発達するゴッサン露頭は、平行して発達する 2 列より成り、延長 1.2 Km にわたって断続分布する。露頭巾は下盤側（東側）が最大 25 m、上盤側が最大 7 m である。

黒色ゴッサンは、主として針鉄鉱 (goethite)、石英およびカオリン (kaolinite) より成り、菱鉄鉱 (siderite)、重晶石 (barite)、方解石などを伴っている。鉱石鉱物としては含水フランクリン鉱 (chalcophanite) が主要なもので、少量の硫化鉱物を伴っている。高品位部は峠付近にあり、Pb 1% 台、Zn 6% 台に達している。総延長 194.9 m のチャンネル・サンプリングによる全露頭の平均品位は次のとおりである。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag(g/t)	Cu(ppm)	Pb(%)	Zn(%)
平均品位	194.9	13.0	3	30	0.71	4.76

第 2 年次、本区域で実施されたボーリングにより、地表に分布する黒色ゴッサンは、微細な方鉛鉱・閃亜鉛鉱を鉱染する Mn 成分に富む菱鉄鉱の酸化生成物であることが確認された。

3) Suerococha (第 2 鉱徴)

Mancacuta 湖から Suerococha (スエロコチャ) の峠にかけて、石灰岩およびドロストーン中に、黒色ゴッサンおよびドロマイト質ゴッサンが、約 0.6 Km にわたって点在分布している。ゴッサンの規模は、おおむね数 m × 数 10 m であり、その品位は次のとおりである。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag(g/t)	Cu(ppm)	Pb(%)	Zn(%)
6 露頭平均	37	6.2	5	35	0.14	2.55

3-2-3 Iscay Cruz 中北部鉱化帯 (Limpe 区域)

Quellaycocha 湖より Cumbre de Limpe (リンベ峠) を経て Lags. Tinyag (ティンヤク湖) に至る延長 3.3 Km の区間である。この区間での鉱徴には、赤鉄鉱の濃集、方鉛鉱・閃亜鉛鉱を伴う塊状黄鉄鉱体の存在、石灰岩およびドロストーン中の方鉛鉱・閃亜鉛鉱の鉱染などがある。最も強い鉱徴は Limpe 峠付近にある。

1) Limpe 北部 (第 3 鉱徴)

Quellaycocha 湖南方の小湖沼群の東岸に沿って、黒褐色ゴッサンおよびドロマイト質

ゴッサンの小露頭が点在分布する。本区域は、東側の Quellaycocha 山坡からの珪岩崖錐堆積物の発達著しく、露頭は6個所に分断され、堆積物中弧島状を呈している。露頭の規模は数mから10数mである。ドロマイト中には閃亜鉛鉱の鉱染が認められ、黒褐色ゴッサンは一部に方鉛鉱・閃亜鉛鉱を濃集する塊状黄鉄鉱体を胚胎している。これらの鉱徴部の分析結果は次のとおりである。

	総延長(m)	平均巾(m)	Ag(g/t)	Cu(ppm)	Pb(%)	Zn(%)
5 露頭平均	24.2	4.8	48	49	2.24	1.06

第2年次、本区域の最南端、Limpe 峠の北方約400mの位置で、ボーリングDDH-3が実施され、地表下約80mで、高品位のPb・Znを濃集する塊状硫化鉄床の賦存が確認された。硫化鉄床は主に黄鉄鉱と磁硫鉄鉱より成り、方鉛鉱と閃亜鉛鉱を濃集している。鉄石部の延長は14.3mで、その間の平均品位はAg 48g/t, Pb 2.76%, Zn 7.24%であり、このうち高品位部の4m間をとれば、Ag 89g/t, Pb 6.74%, Zn 14.17%に達している。

2) Cumbre de Limpe (第4鉄徴)

Limpe 峠を中心に、ドロマイト質、赤鉄鉱質および菱鉄鉱質ゴッサンが、延長350mにわたって分布する。ゴッサン露頭は2層あり、巾は各々10m前後である。本区域のゴッサンは鏡鉄鉱(specularite)質赤鉄鉱に富み、磁鉄鉱を伴うのが特徴である。部分的に、黄銅鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱の鉱染が認められる。鏡下の観察では、閃亜鉛鉱は黄銅鉱ドット(dots)を包有し、離溶構造(exsolution structure)が発達している。本鉄徴部の平均品位は次のとおりである。

	総延長(m)	平均巾(m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
平均品位	45.2	9.0	8	0.09	0.13	2.17

本区域の Santa 層は層厚およそ70m、東へ80°~90°傾斜し逆転構造を造っている。Santa 層の下盤側に沿って、厚さ10m前後の角礫帯が発達している。この角礫帯は変質著しく、大量の赤鉄鉱に鉱染されている。原岩の性格は明らかでないが、変質した長石斑晶を有し、流理構造(fluidal structure)が認められることから、これは石英斑岩ないし流紋岩の活動に関係して生じたもので、本区域の鉄化作用と関連を有していると推察される。

3) Limpe 南部

崖錐堆積物中に、小規模な露頭が数個所に点在する。露頭の一部には、黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・

白鉄鉱 (marcasite) が胚胎し、方鉛鉱・閃亜鉛鉱を伴っている。X線回折によれば、酸化鉱物として含水フランクリン鉱のほか、菱亜鉛鉱 (smithsonite) の含有 (JCO-802) が認められた。4 露頭の平均品位は次のとおりである。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
4 露頭平均	15.7	3.1	16	0.21	0.33	2.99

3-2-4 Iscay Cruz 中南部鉱化帯 (Gunsha Punta 区域)

Tinyag 湖より Cumbre de Cunsha Punta (クンシャ・プンタ峠) を経て Chinchaycocha (チンチャイコチャ) に至る延長 2 Km の区間である。本区間の鉱徴には、Tinyag 湖南方の黄銅鉱・閃亜鉛鉱を鉱染するスカルン、Cunsha Punta 峠 南方の閃亜鉛鉱・黄鉄鉱を鉱染する黒褐色ゴッサンなどがある。本区間では逆転構造が発達し、Santa 層は東へ 75°~85° 傾斜し、Santa 層の東側に下位の Ohimu 層 珪岩が見掛上の上位を占めて分布している。

1) Tinyag 南部 (第 5 鉱徴)

Tinyag 湖の南方 0.3 Km の位置にスカルンの露頭がある。露頭の規模は 25 m × 40 m であり、周辺は氷河堆積部に覆われている。スカルンは陽起石-透角閃石、ざくろ石、緑れん石、石英などから成り、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、磁鉄鉱などを鉱染している。本スカルンの分析結果は下記のとおりであり、高品位部は 10 % 台の Zn を含んでいる。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
2 箇所平均	21	10.5	7	0.14	0.04	2.06

2) Cunsha Punta 北部

上記スカルン露頭から Cunsha Punta 峠 にかけての間は、氷河堆積物および崖錐堆積物が地表を覆い、露出は著しく悪く、2 箇所に小規模な茶褐色ゴッサンの露出を認めるのみである。これらゴッサンは溶脱され多孔質であり、主に石英より成る。本ゴッサンの分析結果は次のとおりである。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
2 露頭平均	18.5	3.1	16	0.03	0.12	0.03

なお、本露頭群の西方約 0.6 Km には Chupa 鉱床があり、東側約 0.6 Km には 10 数本の酸性火成岩脈が Oyon 層および Ohimu 層中に貫入している。東側の Ohimu 層 珪岩は珪化および

絹雲母化作用を強く受けており、西側の Carhuaz 層砂岩・頁岩は黄鉄鉱あるいは褐鉄鉱を広く鉱染している。

3) Cunsha Punta 南部 (第 6 鉱徴)

Cunsha Punta 峠の南方約 0.5 Km 付近に黒褐色ゴッサンの露頭がある。露頭規模は巾 20 m, 延長 130 m である。一部に、閃亜鉛鉱・黄鉄鉱が濃集しており、その規模は径数 m でレンズ状を呈する。なお、峠から本露頭に至る区間は崖錐堆積物が発達しており、Santa 層の露出は認められない。本露頭の平均品位は下記のとおりであるが、高品位部の品位は Zn 30% に達している。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
2 箇所平均	24	12	29	0.20	0.08	1.94

本年度露頭調査の結果、本区域の Santa 層に沿って衝上断層が存在することが確認された。衝上断層は、地層の走向と平行する NNW-SSE 系とこれと斜交する N-S 系の 2 系統から構成され、Santa 層の層厚に著しい変動を与えている。両系統の断層とも東へ 60°~75° 傾斜し、Santa 層を切断・転移させている。このため、本露頭の南方約 1 Km では、Santa 層が消滅し、Chimu 層と Carhuaz 層が断層を境に直接接している。

4) Chinchaycocha

前記 Cunsha Punta 露頭の南方約 0.3 Km に、黒色ゴッサンの露頭がある。ゴッサンは巾 30 m, 延長 50 m の範囲に点在しており、角礫化著しく、稀に閃亜鉛鉱を鉱染している。本露頭の北部は石灰岩であるが、石灰岩中 E-W 系の裂かが発達し、これは小規模な鉱化作用を伴っている。露頭品位は次のとおりである。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
平均品位	18	18	2	0.01	0.08	1.79

3-2-5 Iscay Cruz 南部鉱化帯 (Antapampa 区域, 第 7 鉱徴)

Antapampa の西山腹に、巾 30 m, 延長 250 m の規模の黒色ゴッサンが発達し、Iscay Cruz 鉱化帯の最南端を構成している。本ゴッサンは主に石英・針鉄鉱より成り、赤鉄鉱を伴っている。地表部での品位は次のとおりである。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
平均品位	99.5	11.1	12	0.03	0.14	1.50

ゴッサン中には、2層の黒褐色の帯が走っており、これは硫化鉱物の存在を示すものである。本区域の Santa 層は西へ75°~85°と急傾斜するが、西側の Carhuaz 層は西へ30°~60°と緩傾斜となる。このため Santa 層ゴッサンと Carhuaz 層の間に衝上断層の存在が推定される。

3-3 Chupa 鉱床

Chupa 鉱床は、Isca Cruz 鉱化帯中のスカルン露頭（第5鉱徴）の西方約600mに位置し、Pariahuanca 層石灰岩の一部を交代したスカルン鉱床であり、主に亜鉛・銅を伴う。本鉱床は、かつて2レベルで坑道探鉱が行われ、各々富鉱部が捕捉されたが、小規模のため開発に至らず放棄された（Fig. 1-7 参照）。

鉱床母岩である Pariahuanca 層は、層厚約100mの塊状石灰岩より成り、西側の Jumasha 層を軸部とする向斜構造の東翼に位置する。走向はNNW-SSW方向で、75°~85°東へ傾斜し、逆転構造をとっている。東側には見掛上上位の Farrat 層砂岩が、西側には見掛上下位の Chulec 層泥灰岩・石灰岩が分布する。鉱床付近には、ENE-WSW系断裂群の発達著しく、これが雁行状に発達し、地層に数m程度の転移を与えている。本断裂群は鉱床付近で、その走向をE-W方向に変えている。

鉱化作用はこの断裂系に強く規制されている。鉱体は層準規制を受け、地層の走向方向へも伸長するが、富鉱部は断裂系に沿って、その近辺に胚胎している。鉱体の規模は、およそ次のとおりである。

地表部（標高4,680m付近）	20m×70m
上部坑道（標高4,615m）	80m×20m
下部坑道（標高4,560m）	18m×90m

他に4,600m準で、上記主鉱体の北方100mの位置に、10m×20m程度の小鉱体が捕捉されている。

スカルン鉱物は、透角閃石、灰鉄輝石、石英および菱鉄鉱が主で、緑泥石、絹雲母、緑れん石、珪灰鉄鉱（lievrite）などを伴っている。鉱石鉱物は、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、磁鉄鉱が主で、他に黄銅鉱、磁硫鉄鉱が認められ、X線マイクロアナリシスにより、輝蒼鉛鉱（bismuthinite）の含有も確認された。鏡下の観察によれば、閃亜鉛鉱は点滴状および格子状の黄銅鉱を包有し、離溶構造を造っている。両坑準でランダムに採取された、2mチャンネルサンプリング試料の分析結果は次のとおりである。

	サンプル数	サンプリング 延長 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
4,615 m坑準	10	20	25	0.27	0.13	21.59
4,600 m坑準	3	6	29	0.15	0.36	15.64
4,560 m坑準	17	34	30	1.07	0.07	9.67

本鉱床の近辺には火成岩は発見されていないが、本鉱床の生成は、Isca Cruz 鉱化帯と同一の鉱化作用にもとづくもので、酸性火成岩の活動に由来すると推定される。

3-4 Cochaquillo 鉱床

Cochaquillo 鉱床は、B地区の北東端、Lag. Cochaquilloの東方約3Km、大陸分水嶺の西側斜面の標高4,800mに位置する大型のスカルン鉱床である。鉱化帯の規模は300m×500mに達し、両側は断層関係でCalipuy 火山岩類に接しており、地表に露出するのは鉱体北半部のみと推定される。本鉱床は、かつて小規模な坑道探鉱が実施されたが、富鉱部の捕捉に至らず、探鉱は中止されている（Fig. 1-8参照）。

鉱床母岩は、主にPariahuanca層石灰岩で、一部にChulec層泥灰岩も含まれる。これらの果層は、西方のCarhuaz層を軸部とする背斜構造の東翼に位置し、走向N-Sで、西へ50°~60°傾斜する逆転構造を造っており、西側には下位のFarrat層珪質砂岩が見掛上の上位に分布している。鉱床付近は、NE-SW系およびE-W系断層群の発達著しく、地層に数m程度の転移を与えている。又、この方向に多数の岩脈が貫入している。岩脈類は変質著しく原岩の性格は不明確であるが、石英安山岩質斑岩と推定される（SO-514, NO-630）。本鉱床の西方約1Kmには、Carhuaz層およびCalipuy火山岩類中に、花崗閃緑斑岩および閃緑斑岩が岩株状、一部岩脈状に貫入している（NO-633およびNO-373）。本斑岩類は、付近にホルンフェルス化など熱変成作用を与え、自身も変質を蒙り黄鉄鉱を鉱染している。

鉱床の中心部は、露頭南部に大規模に分布するざくろ石スカルンである。ざくろ石スカルンは多量の磁鉄鉱又は黄鉄鉱を鉱染する（CQ-386, CQ-391他）。全般的にみて、磁鉄鉱に富む所では銅品位が高く、黄鉄鉱に富む所では銀品位が高くなる傾向がある。

北部は無鉱化石灰岩となるが、ざくろ石スカルンの周辺部、石灰岩との漸移部には緑色スカルンが脈状に発達し、方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱を濃集し、高品位の銀を伴う（CQ-301, CQ-353, CQ-356他）。緑色スカルンは、酸性岩脈に規制され、その盤際に沿い、数個所に発達している。脈の方向はNE-SW、脈巾は変化に富むが通常3~8m、延長は100m程度である。緑色スカルンの品位は、通常Pb+Zn 15%以上に達する数m規模の高品位部をパッチ状に胚胎している。X線回折および顕微鏡観察によれば、本帯の主要スカルン鉱物は、灰鉄輝石・透角閃石・緑泥石・緑れん石・石英などである（CQ-301, CQ-

356など)。サンプルCQ-356のX線マイクロアナリシスでは、酸化鉱物である白鉛鉱 (cerussite) が検出された。

各ゾーン毎にまとめた露頭部のチャンネルサンプリング品位は次のとおりであり、Cu・Zn に比し Ag と Pb に富んでいる。

	サンプル数	総延長 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
北部緑色スカルン	42	91	102	0.11	3.92	2.41
中部Py-Gaスカルン	23	78	141	0.17	1.31	0.82
南部Mt-Gaスカルン	32	116.5	56	0.23	0.20	0.13

Fig. 1-9は、各個所毎にまとめた分析値を、Cu - Ag - (Pb + Zn) 三角図表にプロットしたものである。本図表より、スカルン鉱物の分布とCu・Ag・Pb・Zn品位の上から、次の3帯の鉱石帯が区分できる。

- (1) 鉱化の中心部： 磁鉄鉱に富むざくろ石スカルンがCuを濃集する。
- (2) 中間部： 黄鉄鉱に富むざくろ石スカルンがAgを濃集する。
- (3) 鉱化の外側部： 緑色スカルンがAg・Pb・Znを濃集する。

鉱化帯の南部および東部で、本鉱化帯を覆って分布するCalipuy火山岩類には、強い変質と黄鉄鉱の鉱染が認められ、又多数の斑岩岩脈に貫かれている。斑岩自身も著しい熱水変質を蒙っており、X線回折により濁沸石 (laumontite) が検出された (NO-629)。

3-5 B地区の鉱化帯

B地区は衝上断層帯の西側に隣接位置している。本地区は火成活動が活発で、花崗閃緑岩・花崗斑岩・石英安山岩質斑岩など多くの貫入岩が白亜紀堆積岩中に貫入しており、貫入岩体の周辺にはスカルンや鉱脈などが形成されている。前述したCochaquillo鉱床が本地区の代表的鉱床であるが、ここではその他の主要な鉱徴について記述する。

1) Pirihuya (Fig. 1-10 (1) 参照)

Pirihuya (ピリウヤ) の鉱徴は、Lag. Jatunpata (ハトゥンパタ湖) の南方約0.6 Kmに位置し、花崗閃緑岩に貫かれたPariahuanca層石灰岩中の破砕脈中に生じた鉱脈で、方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱を主とする。鉱脈は方向NS、傾斜80°E、断続的に発達し脈巾最大0.5 m、延長110 mにわたって追跡される。分析品位は次のとおり。

	サンプル数	総延長 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
露頭	2	0.9	158	0.01	4.68	13.52

2) Yanacocha (Fig. I-10 (2) 参照)

Yanacocha (ヤナコチャ) の鉱徴は, Carhuaz 層 頁岩・砂岩互層中の鉱脈であり, Lag. Jatunpata の南東約 1.2 Km に位置する。主要脈石鉱物は菱マンガン鉱 (rhodochrosite) ・石英であり, 鉱石鉱物は方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱である (SO-504) 。鉱脈の走向は N 45°E, N 70°E, EW と変動し, 傾斜は 55°~75°S である。脈巾は最大 1.5 m に達するが, 通常 0.5~0.2 m で, 延長 70 m にわたって追跡される。分析品位は次のとおり。

	サンプル数	総延長 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
露頭	5	14.0	73	0.12	2.81	5.51

3) Chalgoac (Fig. I-10 (3) 参照)

Chalgoac (チャルゴアク) 鉱徴は, Chagapata の北方約 0.6 Km に位置し, 緩傾斜の Santa 層 石灰岩を交代したスカルン鉱床である。主要スカルン鉱物は白雲母・透角閃石・緑泥石・ドロマイト・石英である。鉱石鉱物は閃亜鉛鉱・黄鉄鉱を主とするが, X線回折により, 菱亜鉛鉱・異極鉱 (hemimorphite) ・亜鉛華 (hydrozincite) などの酸化亜鉛鉱物の含有が確認された (NO-656, NO-657, NO-658) 。

本区域における Santa 層 の走向は N 10°~30°E, 傾斜は 20°~30°E であり, 鉱床の南東約 200 m には花崗閃緑岩が貫入している。露頭直下で坑道 13 m が開さくされている。坑内および露頭状況よりみて, 本鉱床は形態複雑であるが, 厚さ 3~4 m, 10 m × 10 数 m の規模を有するものと推定される。坑内サンプリングの結果は次のとおり。

	サンプル数	総延長 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
坑内	8	24.5	50	0.36	0.08	9.77

4) Uchucumachay (Fig. I-10 (4) 参照)

Uchucumachay (ウチュクマチャイ) 鉱徴は, Chagapata の南東約 1.3 Km にあり, Santa 層 石灰岩を交代したスカルン鉱床である。Santa 層の走向は略 NS, 傾斜は 20°~30°E である。鉱床は頁岩との境界部に沿って胚胎しており, 走向方向に約 20 m, 厚さ約 2 m の規模を有する。露頭部にピット跡がある。スカルン鉱物はざくろ石・緑れん石・石英を主とし, 鉱石鉱物は方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱を主とする。ピット内および貯鉱のサンプリング結果は次のとおり。



	サンプル数	総延長 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
ビット	4	4.0	627	0.26	7.15	1.78
貯 鉱	2		1,645	0.66	18.60	7.20

上記鉱体の周辺には、小規模な鉱徴が数箇所にあるが、いずれも $0.3\text{ m} \times 1.0\text{ m}$ 程度のレンズである。

	総延長 (m)	平均巾 (m)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
4 露頭平均	26	0.65	147	0.99	5.18	5.67

本区域には石英安山岩質のシート状岩脈が多数貫入しており、又西方約 200 m には花崗閃緑岩の岩株がある。

Table I-3 List of Mineralized Zones in the Surveyed Area

Area	Zone	Location	Kind of Orea	Host Rock		Type of Mineralization	Mode of Occurrence	Scale of Mineralized Zone	Scale of Unit Orebody		Direction	Grade of Ore	Ore Minerals	Gangue Minerals	Remarks
				Formation	Lithology				Length	Width					
C	Iscay Cruz	IC-No.1	Pb,Zn	St	Ls,Do	rep	dis	1,200m	140m	25m	NNW-SSE	Cu 30ppm Pb 0.71% Zn 4.76%	Zn-Ox, Sp, Gl	Ge,Qt, Sid,Dm	Low grade Pb,Zn dis ore in siderite is confirmed by drilling
		IC-No.2	Pb,Zn	St	Ls,Do	rep	dis	650m	50m	23m	NNW-SSE	Cu 35ppm Pb 0.14% Zn 2.81%	Zn-Ox, Sp,Gl	Ge,Qt, Sid,Dm	
		IC-No.3	Pb,Zn	St	Ls,Do	rep	mas	800m	30m	5m	NNW-SSE	Cu 49ppm Pb 2.24% Zn 1.06%	Sp,Gl, Py,Po	Dm,Sid, Qt,Ge	High grade Pb,Zn ore is confirmed by drilling
		IC-No.4	Pb,Zn	St	Ls,Do	rep	mas	1,000m	80m	12m	NNW-SSE	Cu 0.20% Pb 0.13% Zn 2.17%	Sp,Gl, Py,Po	Hm,Sid, Qt,Ge	High grade Zn ore is confirmed by drilling
		IC-No.5	Pb,Zn	St	Ls	skarn	dis	100m	100m	20m	NNW-SSE	Cu 0.14% Pb 0.04% Zn 2.06%	Sp, Py,Mt	Tr,Ga, Qt	Cu,Zn dis in skarn mas is confirmed by drilling
		IC-No.6	Cu,Zn	St	Ls,Do	rep	mas	450m	100m	20m	NNW-SSE	Cu 0.65% Pb 0.18% Zn 1.94%	Cp,Sp, Py	Qt,Ge	Dislocation of St formation by thrust is clarified
		IC-No.7	Pb,Zn	St	Ls,Do	rep	diss	300m	250m	24m	NNW-SSE	Cu 0.03% Pb 0.14% Zn 1.50%	Zn-Ox	Ge,Qt, Hm, Sid	Cu dis in Hm, Py and skarn bodies are confirmed by drilling
		Chupa	Cu,Zn	Ph	Ls	skarn	mas	170m	90m	22m	NNW-SSE E-W	Cu 0.68% Pb 0.10% Zn 15.63%	Cp,Sp, Py,Po	Tr,Hd, Qt	Explored by tunnelling.
Chiu-chin	Vizcachaca	Ag, Pb,Zn	Cp	Volc	fr-fil	vein	100m	50m	1m	N80°E	Cu 0.05% Pb 7.6 % Zn 11.0 %	Gl,Sp	Qt	Abandoned	
B	Jatunpata	Pirihuya	Ag, Pb,Zn	Ph	Ls	fr-fil	vein	110m	110m	0.5m	N-S	Ag 158g/t Pb 4.68% Zn 13.52%	Gl,Sp, Py	Qt,Cal	
		Yanacocha	Ag, Pb,Zn	Cz	Sh,Ss	fr-fil	vein	70m x 50m	70m	0.5m	ENE-WSW	Ag 73g/t Pb 2.81% Zn 5.51%	Gl,Sp, Py	Rdc,Qt	
	Cochaquillo	North	Ag, Pb,Zn	Ph(Cl)	Ls	skarn	mas, dis	200mx300m	100m	8m	NE-SW	Ag 102g/t Pb 3.92% Zn 2.41%	Gl,Sp, Py	Hd,Tr, Chl,Qt	Surveyed by pitting
		Middle	Ag, Pb,Zn	Ph(Cl)	Ls	skarn	mas, dis	100mx300m	100m	200m	N-S	Ag 141g/t Pb 1.31% Zn 0.82%	Gl,Sp, Py	Ga,Tr, Chl,Qt	
		South	Ag,Cu	Ph(Cl)	Ls	skarn	mas, dis	200mx300m	200m	200m	N-S	Ag 56g/t Cu 0.23% Pb 0.20%	Cp,Py, Mt	Ga	
	Chagapata	Chalgoac	Ag,Zn	St	Ls	skarn	mas	100m	20m	4m	NNE-SSW	Ag 50g/t Cu 0.36% Zn 9.77%	Sp,Py, Zn-Ox	Tr,Mus, Chl,Qt	
Uchcunmachay		Ag,Pb	St	Ls	skarn	mas	300mx200m	20m	2m	N-S	Ag 627g/T Pb 7.15% Zn 1.78%	Gl,Sp, Py	Chl,Qt, Ga		

St: Santa Ls: Limestone rep: replacement Zn-Ox: Zn-Oxides Po: Pyrrhotite Ge: Goethite Tr: Tremolite
Cz: Carhuaz Do: Dolostone fr-fil: fracture-filling Sp: Sphalerite Mt: Magnetite Qt: Quartz Hd: Hedenbergite
Ph: Pariahuanca Sh: Shale mas: massive orebody Gl: Galena Tet: Tetrahedrite Dm: Dolomite Ga: Garnet
Cl: Chulec Ss: Sandstone dis: dissemination Cp: Chalcopyrite Hm: Hematite Sid: Siderite Rdc: Rhodocrosite
Cp: Calipuy Volc: Volcanics Py: Pyrite

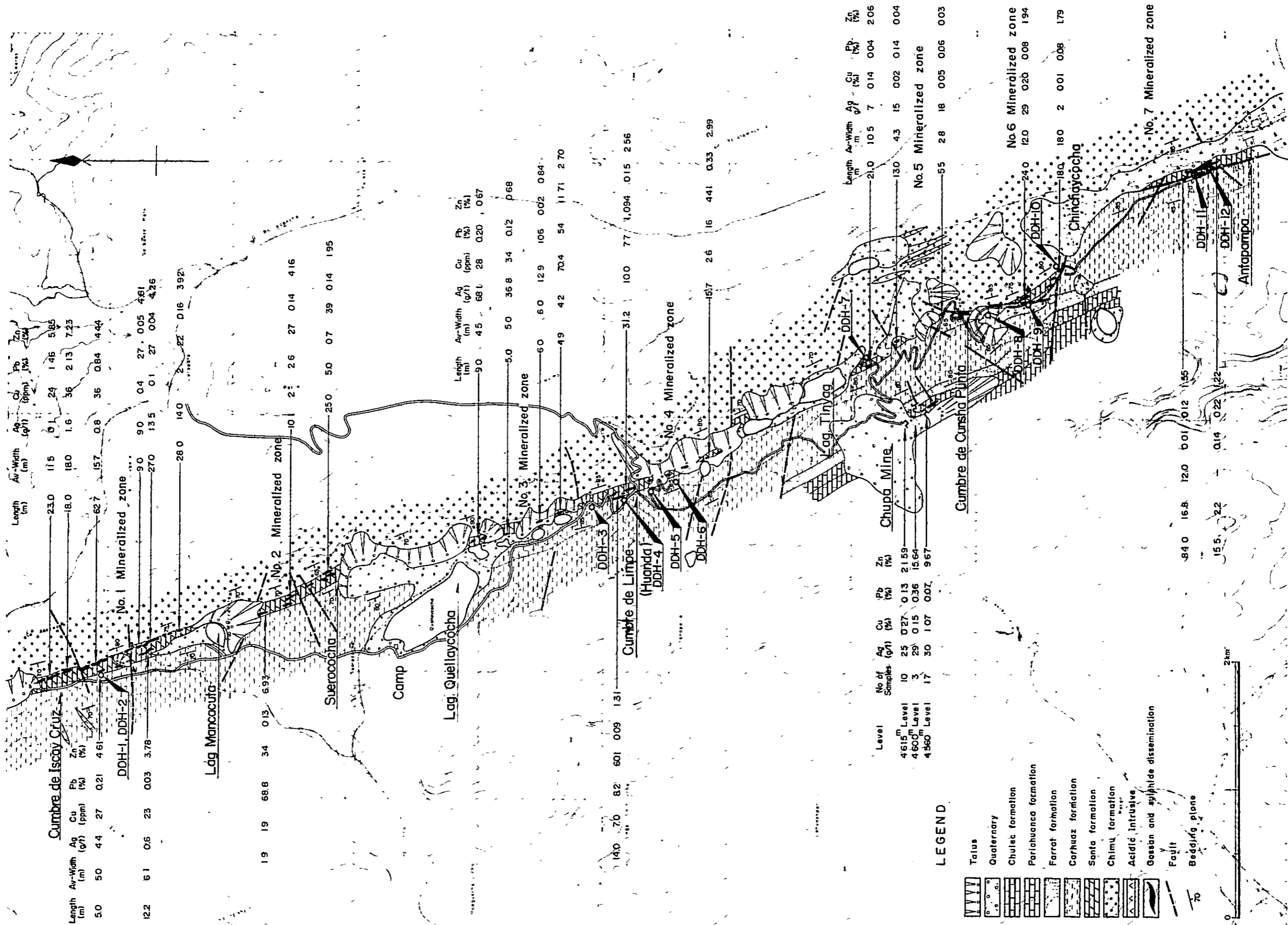


Fig. I-6. Mineralized Zone of the Iscay Cruz Area

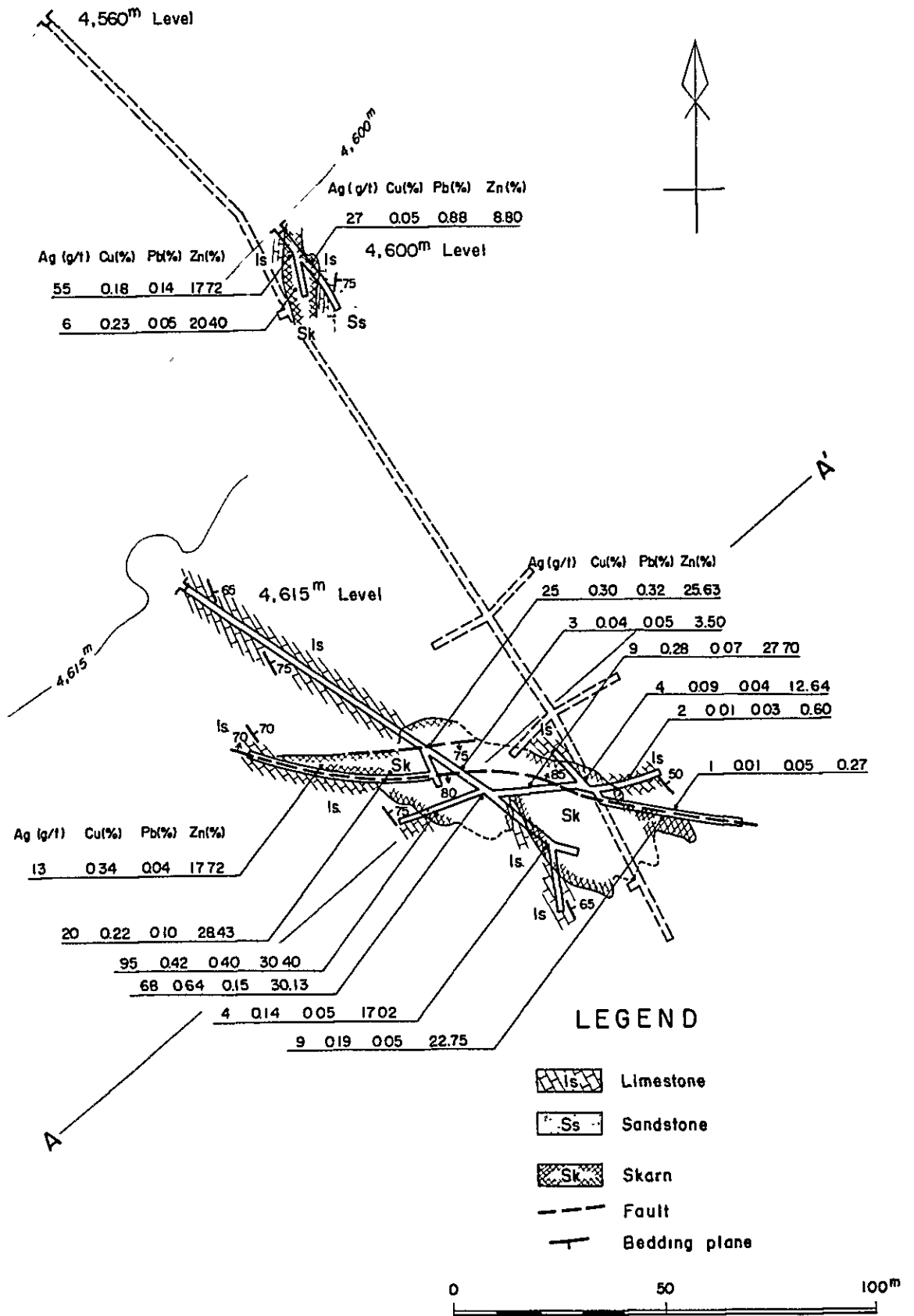


Fig. I-7. Geological Survey Map of the Chupa Mine

(1) 4,615^m Level

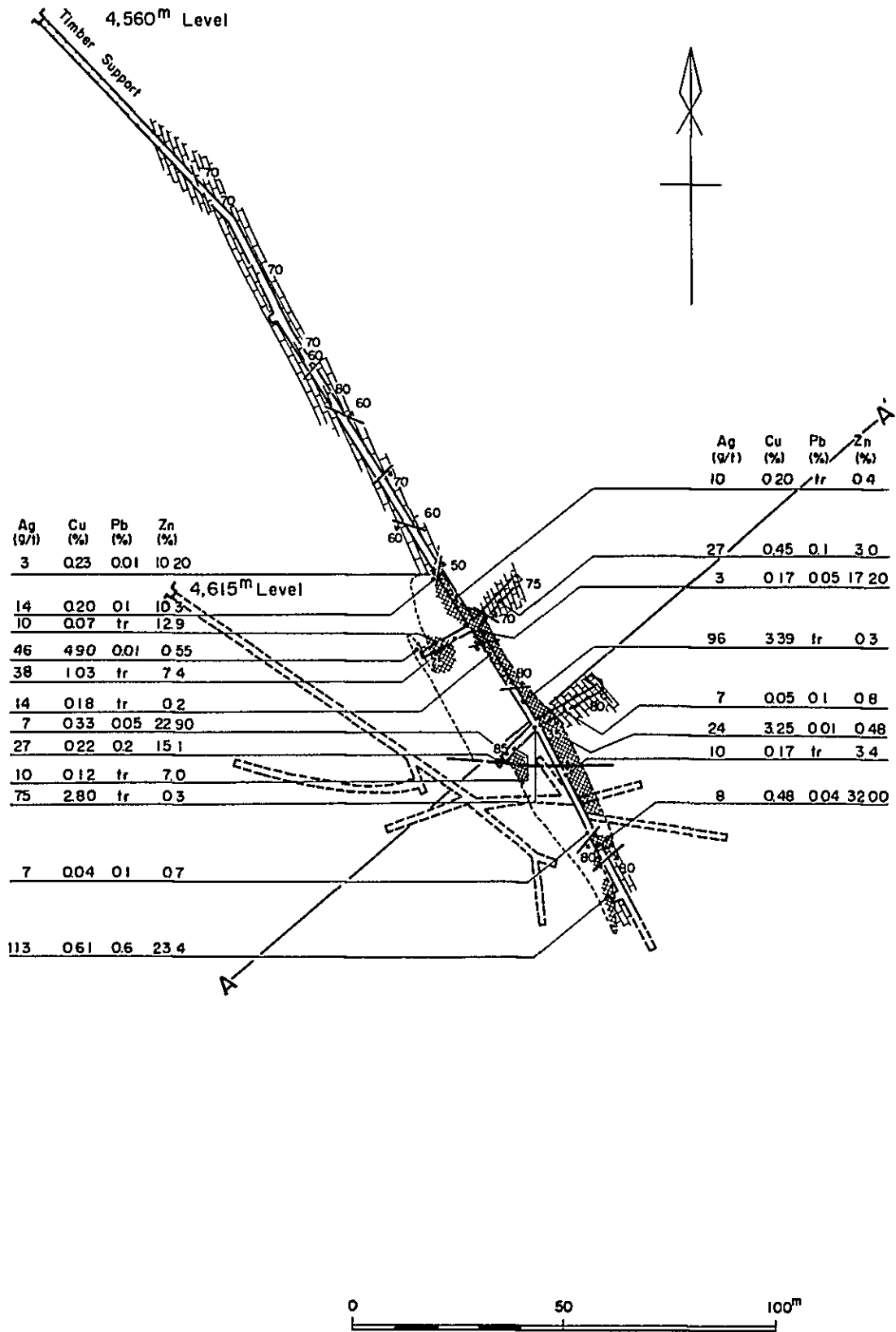
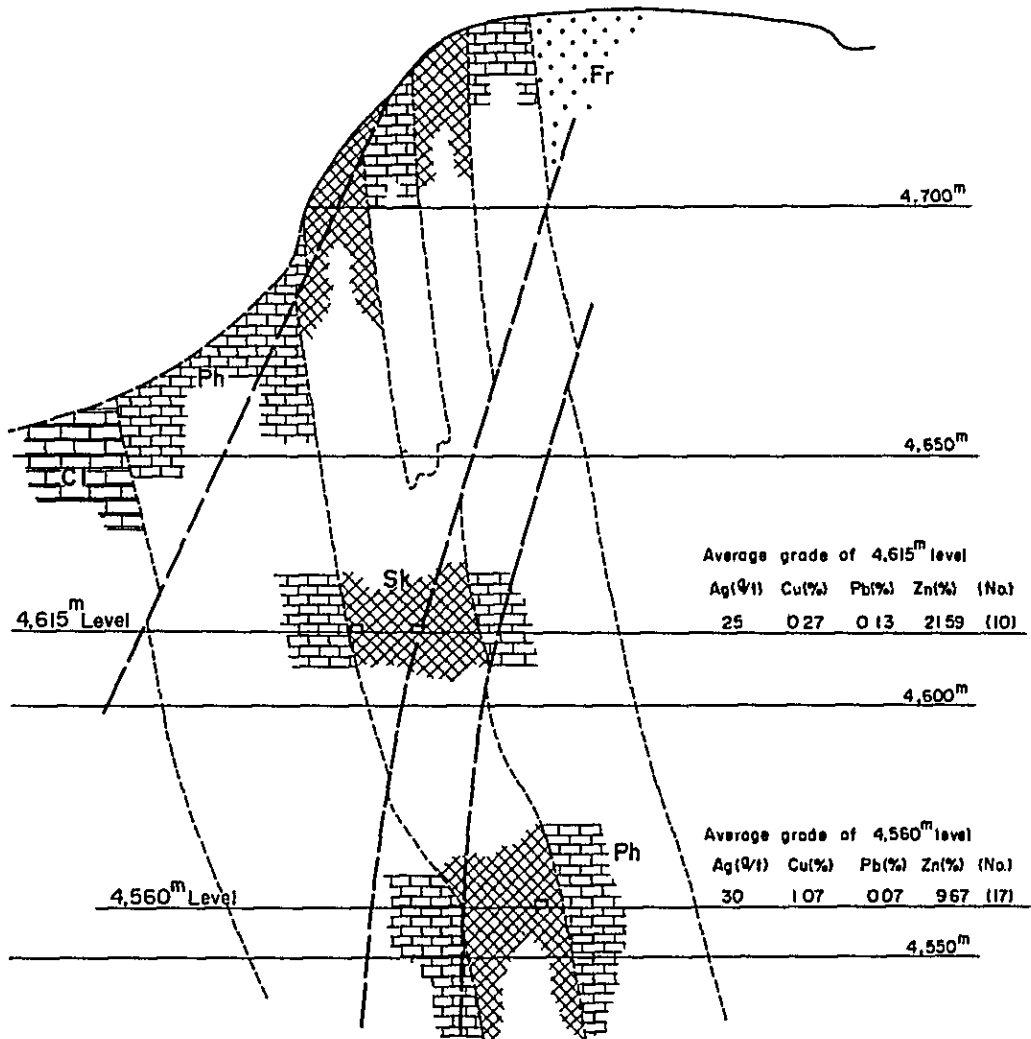


Fig. I-7. Geological Survey Map of the Chupa Mine


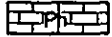


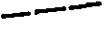
(2) 4,560^m Level



A—A' Section



LEGEND

-  Chufec formation
-  Parlahuanca formation
-  Ferrat formation
-  Skarn
-  Fault

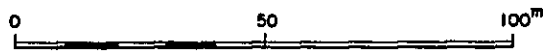


Fig. 1-7. Geological Survey Map of the Chupa Mine

(3) Section, WSW - ENE

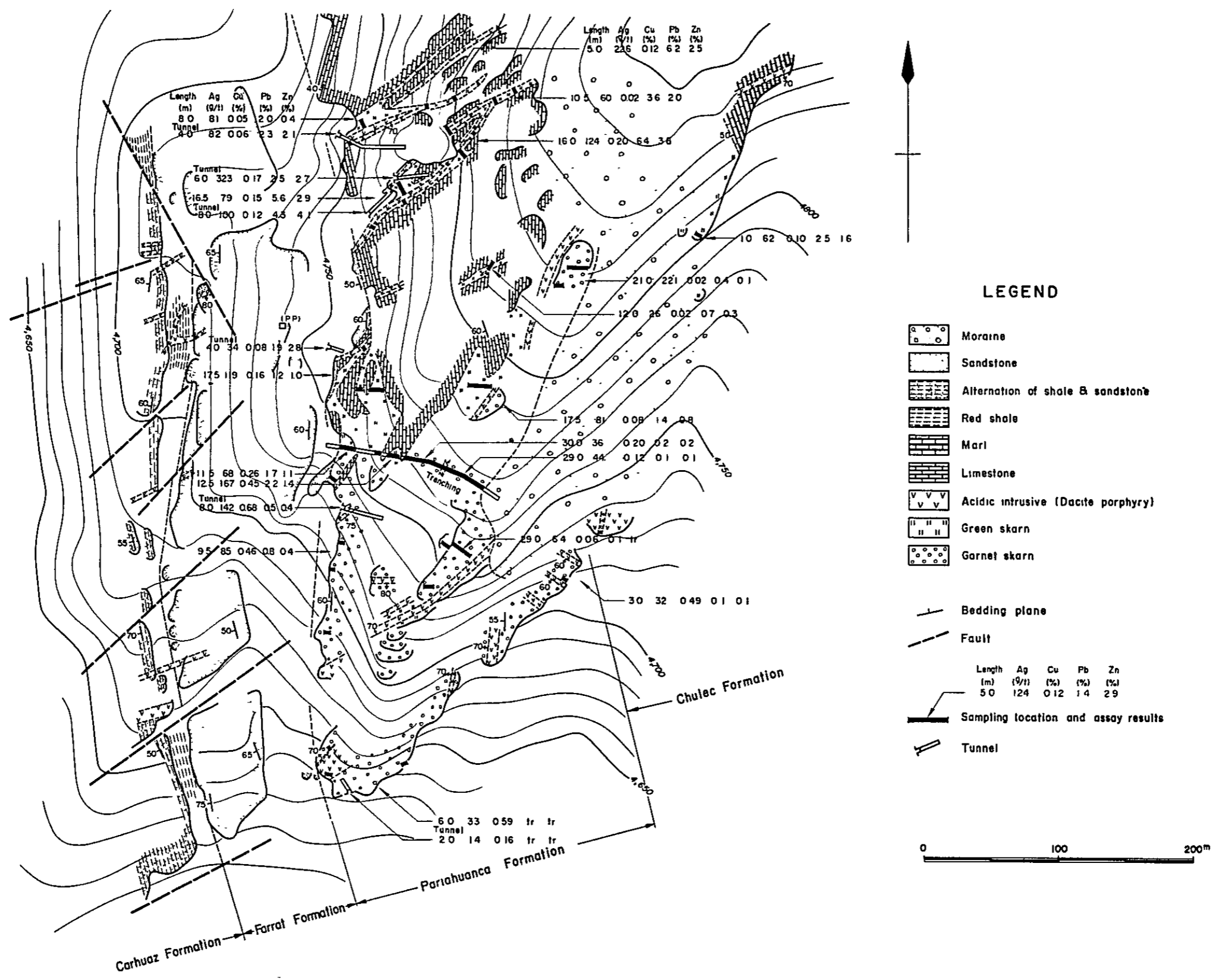
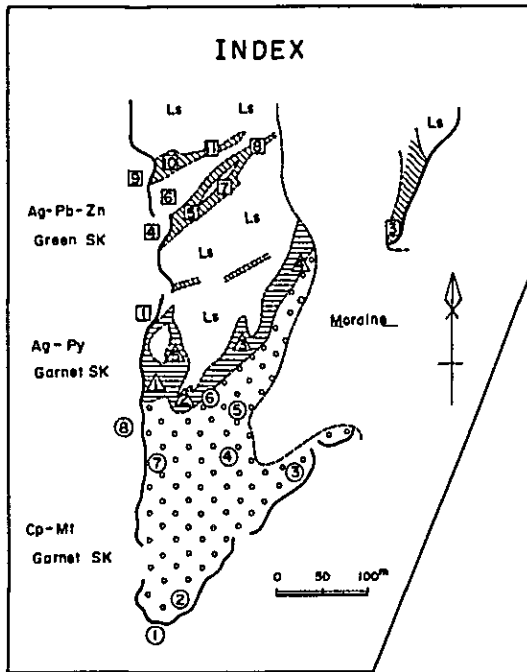


Fig. I-8. Mineralized Zone of the Cochaquillo Area



Used data are from Fig I-8

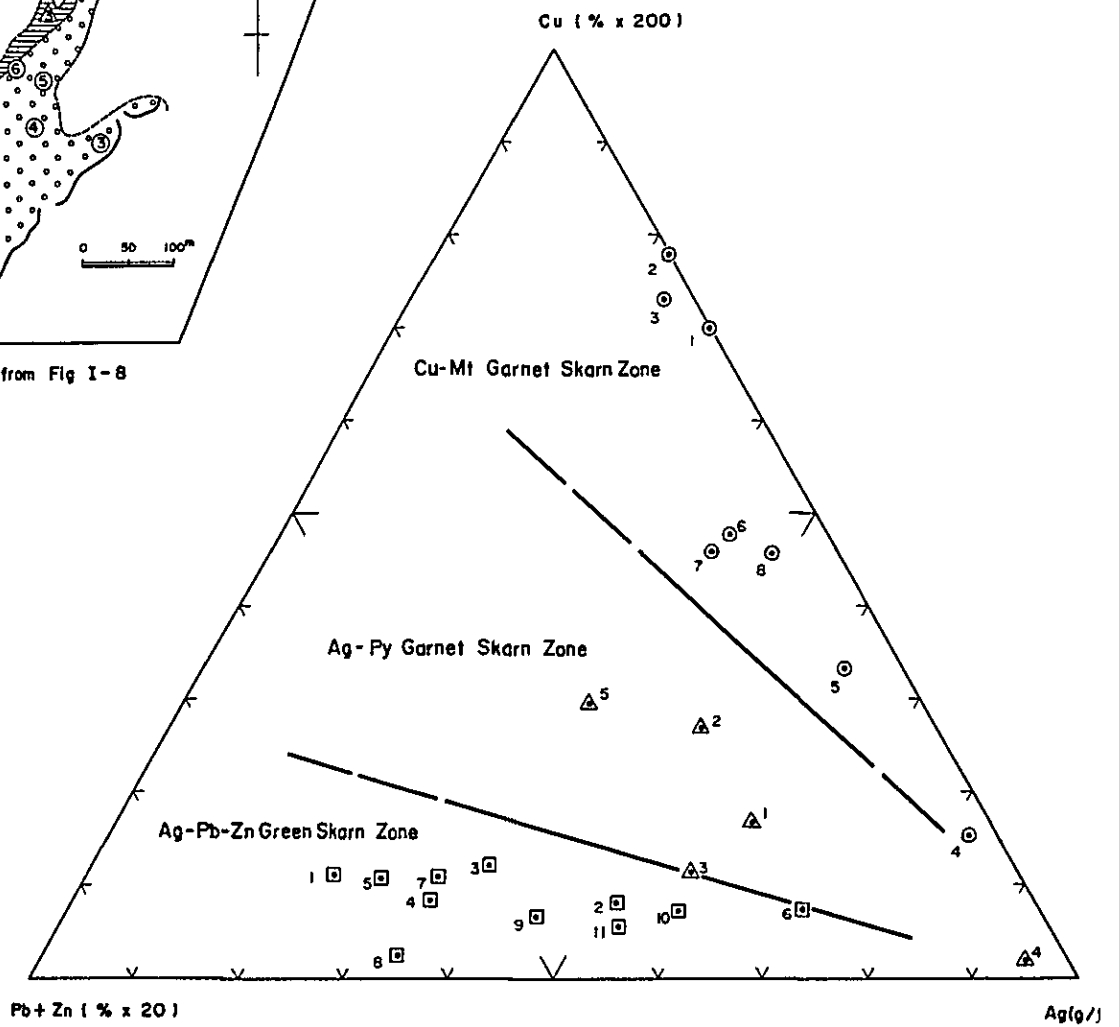


Fig. I-9. Triangular Diagram for Cu-Ag-Pb-Zn Ratio in the Cochaquillo Area

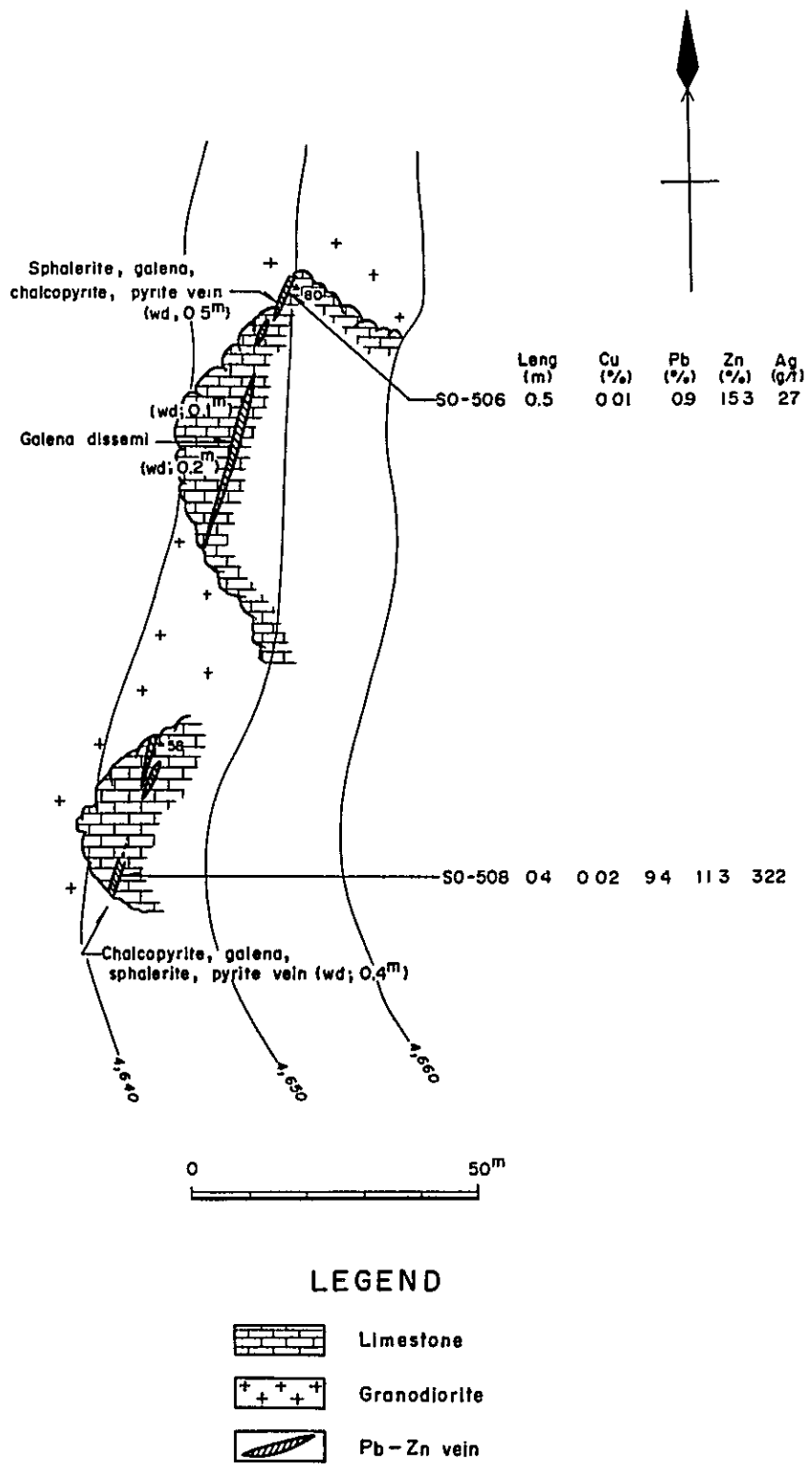
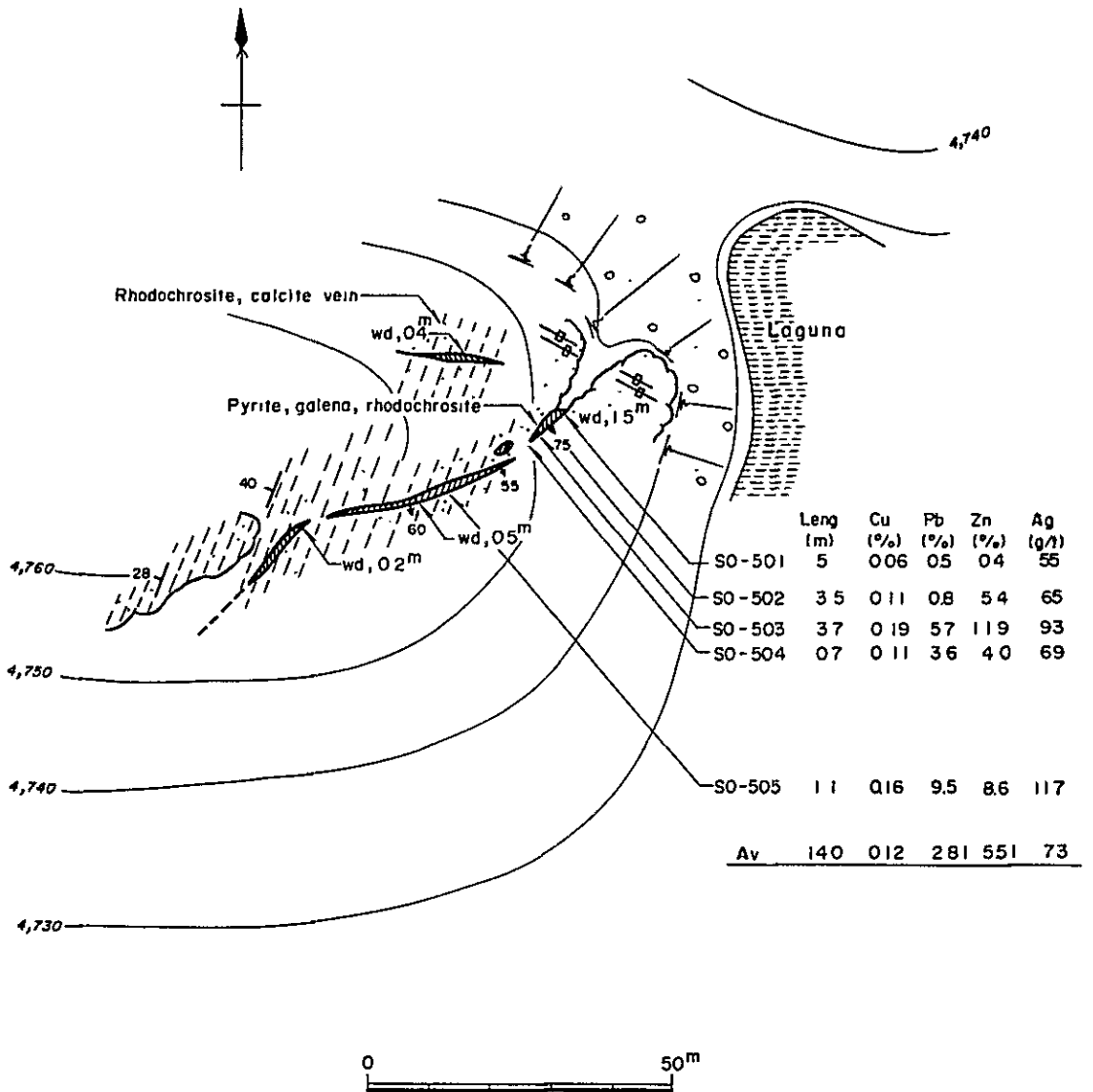
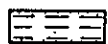


Fig. 1-10. Geological Sketch of Mineral Indications in the B Area (I) Piriuhuya



LEGEND

 Alternation of sandstone & shale


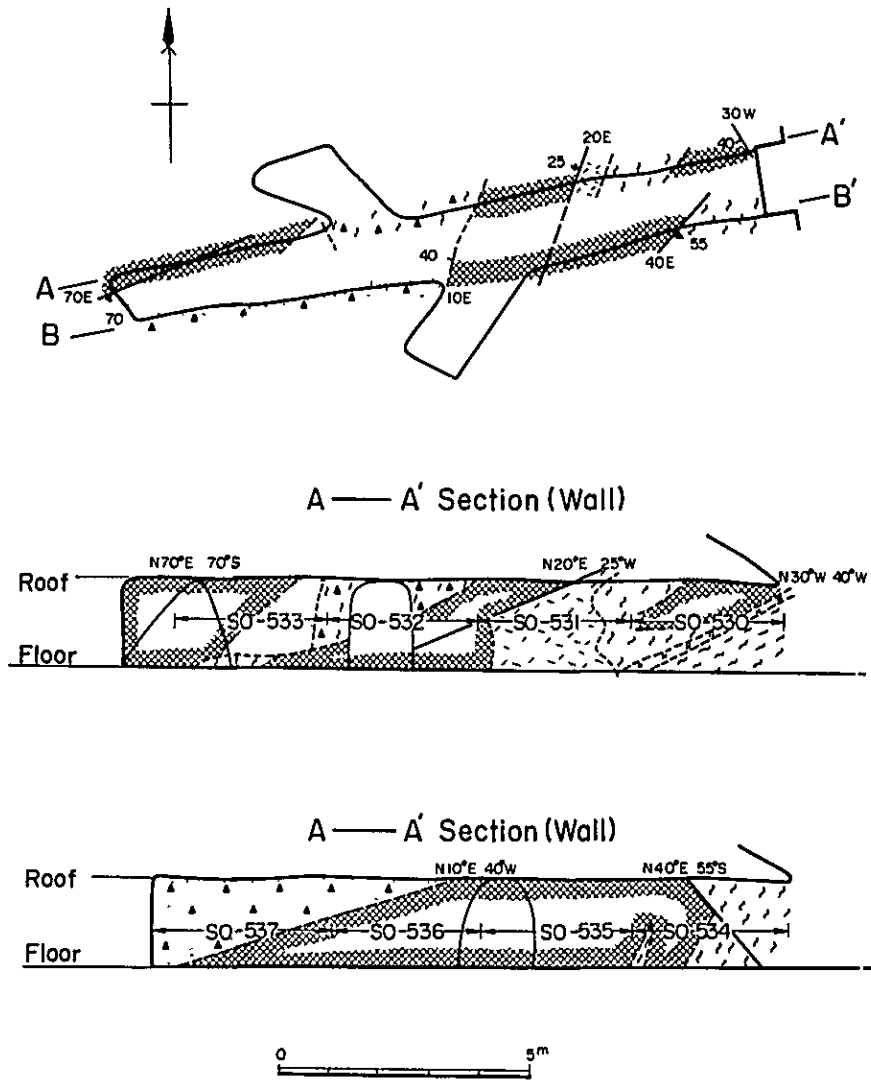
 Cu, Pb, Zn vein

Fig. I-10. Geological Sketch of Mineral Indications in the B Area
(2) Yanacocha

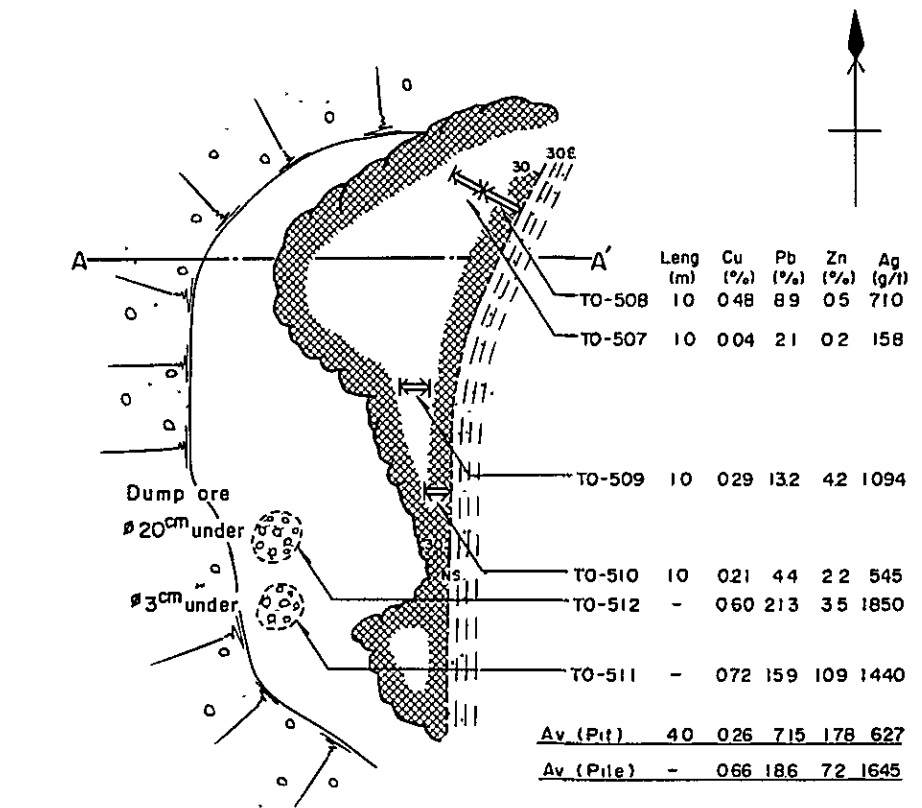


LEGEND

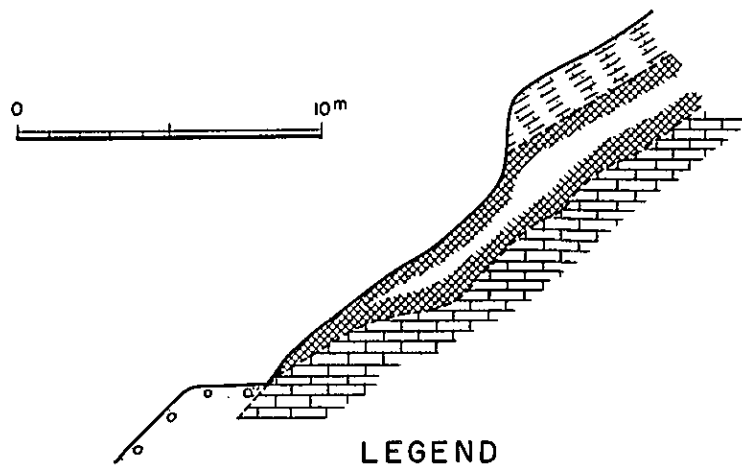
- White silicified rock
- Argillized zone
- Oxidized zone
- Muscovite, actinolite skarn
- Zn, pyrite siderite ore
- Dissemination ore

Sample No.	Leng (m)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (Wt)
SO-530	3	0.20	tr	38	7
SO-531	3	1.22	tr	72	55
SO-532	3	0.21	tr	139	147
SO-533	3	0.21	tr	11	14
SO-534	3	0.21	0.1	71	21
SO-535	3	0.17	0.1	89	31
SO-536	3	0.47	0.2	111	103
SO-537	3.5	0.24	0.2	22.9	175
Av	24.5	0.36	0.08	97.7	71

Fig. I-10. Geological Sketch of Mineral Indications in the B Area
(3) Chalcoac



A—A' Section



LEGEND

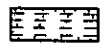
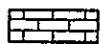

-  White argillized shale
-  Limestone
-  Cu, Pb, Zn, Pyrite ore

Fig. I-10. Geological Sketch of Mineral Indications in the B Area
(4) Uchcumachay

Fig. I-12 Summary of Microscopic Observation of the Thin Section

Sample No.	Mineral																							
	Qz	Pl	Kf	Ms	Bi	Hb	Act	Cpx	Opx	Gar	EP	Chl	Ser	Cal	Car	Br	Cla	Sph	Zr	Ap	Opq	Sp	Others	
NO-613	○	⊙									△						○		△					○
NO-624	○	○										○	○		○						△	○		
NO-625	○	⊙				○		○			△	○			○					△	△	○		
NO-630	⊙	○									○					○				△				
NO-633	○	⊙	○								○	○	○							△		△		
NO-643	○									⊙	○	○		○						△			○	
NO-647	○	○				○		○				○						○		△		△		○
NO-652	○	⊙	○			△														△		△		
SO-514	○	○						△			○	△								△	△			
SO-518	⊙	⊙										△	○		○						△	△		
SO-523	○	⊙	○		○							○						△		△	△			
SO-529	○			△									○							△		△		○
TO-513	○	⊙	○								○	○	△		○		○					○		
IC-706	⊙												△									△		
IC-901	⊙												⊙											
IC-902	⊙												○		△		○		△		△			
CQ-332	○									○		○		⊙								○		
CQ-353	○							⊙				○			○									
CQ-386	○									○		○			⊙								△	
TP-304	○						⊙					○			○							○		

⊙ Abundant
 ○ Common
 ○ A little
 △ Rare

Fig. I-13 Summary of Microscopic Observation of the Polished Section

Sample No.	Minerals																	
	Mt	Hm	Py	Mar	Po	Asp	Hyd	Sp	Smi	Gl	Cer	Cp	Cc	Cv	Tet	Bi-Pb	Arg	Mo
NO-643			○				⊙			○		○						
TO-506			○				⊙			○		○	△	△				
IC-705		⊙				○	○					⊙	○		○	○	△	
IC-802	△	△	○				○	○	△			○						
IC-806	○	○					○					○				○		△
CQ-306			⊙				○		○	○		○						
CQ-356			⊙		△		⊙	△	○	○	○	○	△	△				
CQ-372			○				⊙		○			△						
TP-307	⊙		○		○							○						
TP-312	○		○	△	○		⊙											

- ⊙ Abundant
- Common
- A little
- △ Rare

Table I-4 Assay Results of Rock-forming Elements

No.	Field No.	Location	Rock Type (Formation)	Ca (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mg (%)	Ba (%)	Sr (%)	SiO ₂ (%)	Co (%)
1	NO-606	G-4	Sk (Ph)	21.8	10.8	1.93	0.66	<0.001	0.012	24.18	0.002
2	NO-616	G-4	Ls (Jm)	26.0	0.04	2.08	1.32	0.006	0.012	18.21	<0.001
3	NO-617	G-4	Ls (Ph)	35.7	0.08	1.11	1.26	<0.001	<0.001	1.97	<0.001
4	NO-620	G-4	Ls (Ph)	33.5	<0.01	0.36	0.32	0.004	0.053	5.63	<0.001
5	NO-621	G-4	Ls (Ph)	36.6	0.02	0.40	0.31	<0.001	<0.001	1.93	<0.001
6	NO-654	G-4	Ls (Cl)	34.2	0.02	1.16	0.50	0.002	0.013	4.84	<0.001
7	NO-655	G-4	Ls (Ph)	32.3	0.00	0.36	0.44	0.008	0.020	12.11	<0.001
8	CB-04-055	IC-3	Ml (St)	8.22	0.20	3.66	7.52	0.001	<0.001	40.22	<0.001
9	CB-04-119	IC-3	Sh (St)	0.17	0.00	0.77	0.54	0.042	0.021	75.10	<0.001
10	CB-07-052	IC-4	Sk (St)	4.46	0.14	11.4	13.2	<0.001	<0.001	29.95	<0.001

Geological Unit

Jm ... Jumasha formation
 Cl ... Chulec formation
 Ph ... Pariahuanca formation
 St ... Santa formation

Abbreviation

Ls ... Limestone
 Ml ... Marl
 Sh ... Shale
 Sk ... Skarn
 Drilled core

CB-07-055

Depth (m)

DDH No.

第4章 Iscay Cruz 鉍化帯の総合的検討

4-1 地質構造と鉍化作用との関係

Iscay Cruz の鉍徴群は Santa 層 石灰質岩中に胚胎する。Santa 層は褶曲の翼部に位置し、激しい折疊褶曲のため、その傾斜はほぼ垂直で一部で逆転構造が発達しており、その層厚は 40 m から 80 m まで変動する。

Limpe 区域、Cunsha Punta 区域、Chupa 鉍床などの顕著な鉍化帯は、すべて地層が逆転し、下位の Chimu 層珪岩が一 Chupa 鉍床の場合は Farrat 層 珪質砂岩が、見掛上の上位を占めて分布している。鉍液に対して化学的反応性に富む石灰岩に対して、化学的に安定した珪岩類が遮蔽岩として働き、鉍石鉍物濃集の役割をはたしたと推察される。

Iscay Cruz 地区には、褶曲軸に直交する方向の ENE-WSS 系破断断層および裂か群が高密度で発達している。Chupa 鉍床の鉍化作用は、この系統の断層・裂か群の発達に強く規制されている。本系統の裂か群は、鉍液の通路として、又鉍石鉍物濃集の場の提供の意味で、本地区の鉍化作用と密接な関連を有すると推察される。本系統の裂か群の発達状況は、NNW-SS E 系層面断層の発達と相俟って、鉍体の連続性にも影響を与えていると推察される。

4-2 火成活動と鉍化作用との関係

Iscay Cruz 峠の西方約 1 Km に、石英安山岩質斑岩の岩株状貫入がある。本岩は、変質微弱で周囲の石灰岩に弱いスカルン化作用を与えているのみであり、鉍化作用との関係を有しないと推察される。又、玢岩脈も認められるが、これは鉍化作用後の貫入である。

Cunsha Punta 峠の東側の Oyon 層および Chimu 層中に、十数本の酸性岩脈が貫入している。本岩は岩脈自身およびその周辺に、珪化、絹雲母化、葉ろう石化などの著しい熱水変質作用と黄鉄鉍あるいは褐鉄鉍の鉍染をもたらしている。又、岩脈の周辺で著しい角礫化作用を伴い、一部に角礫脈を形成している。本岩の活動は、断片的ではあるが、背斜軸に沿い、Iscay Cruz 全域にわたっており、Limpe 峠では Santa 層中に直接貫入している。本岩は、その強い変質作用と鉍化帯との距離的關係などよりみて、本地区の鉍化作用と関係する火成活動を示すものと推察される。本岩は変質著しく原岩の組成は不明瞭であるが、稀に石英および長石の斑晶が認められることから石英斑岩であろうと推定される。

4-3 母岩の変質

鉍床の母岩は、泥灰岩および頁岩を挟在する Santa 層石灰岩である。本地区の Santa 層石灰岩は、他地区と比較すると、著しく泥質で不純物が多いように見受けられるが、もともと泥質であったのか、あるいは珪化、ドロマイト化、菱鉄鉍化などの変質作用の結果泥質の見掛を

呈するの明らかでない。

Cunsha Punta 峠の北方ではスカルンを生じ、スカルン中に銅・亜鉛を濃集している。Limpe 峠 北側で確認した塊状硫化鉱体では、大量の黄鉄鉱・磁硫鉄鉱が直接石灰岩を交代している。鉱体の中石およびその周辺では、珪化、絹雲母化、菱鉄鉱化、ドロマイト化などの変質作用が顕著である。Isca Cruz 峠 付近では珪化した菱鉄鉱が広範囲に発達し、鉛・亜鉛を鉱染している。鉱床周辺の頁岩・泥灰岩中には広く黄鉄鉱の鉱染が認められる。高品位部では母岩の角礫化が顕著である。鉱化作用に伴う変質として、菱鉄鉱化作用と珪化作用が著しく、化学成分の上では鉄・マンガン・シリカの添加が大きいのが本鉱化帯の特徴であり、これは熱水作用にもとづくものと推察される。

Fig. 1-14 は、熱水変質作用に伴う主要元素の移動を明確にするため、Isca Cruz 地区の Santa 層中より採取した未変質石灰岩、鉱体周辺のドロストーンおよび菱鉄鉱の主要成分分布範囲をグラフ化したものである。これによれば、石灰岩は純度の高い CaCO_3 より成るが、ドロストーンでは Ca の約半量が溶脱し、Mg, Fe, Mn などに置換されており、菱鉄鉱では Ca が完全に溶脱し Fe および Mn に置換され、さらに Si の添加を受けている。

4-4 鉱石鉱物と脈石鉱物の累帯分布

本鉱化帯は主に Santa 層に沿って、延長 1.2 Km にわたって分布しており、鉱石鉱物濃集の程度は局地的であり断続的である。しかし、全体的にみると、酸性火成岩の活動の中心に最も近い位置にある Cunsha Punta 峠北方にスカルン鉱床が生成し、黄銅鉱・閃亜鉛鉱・磁鉄鉱・黄鉄鉱・磁硫鉄鉱を濃集している。スカルン鉱床は本鉱化帯の中心部を占めていると解せられる。その北南両外側の Limpe 峠付近および Cunsha Punta 峠の南側には、塊状硫化鉱床が形成され、黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱を濃集している。さらに、最外郭の Isca Cruz 峠 付近および Antapampa 区域には、マンガン成分に富む菱鉄鉱層中の鉛・亜鉛鉱染鉱床が胚胎している。これら各タイプの鉱床は酸性火成岩を中心に累帯分布し、一連の鉱化帯を形成していると考察される。

Fig. 1-15 は、Fig. 1-6 に示された露頭部のチャンネル・サンプリング分析結果から Cu - Pb - Zn 成分比を求め、これを三角図表にプロットしたものである。なお、Cu および Pb の含有量は Zn に比し相対的に少量なので、計算単位を Zn は分析値そのまま、Pb は分析値の 10 倍、Cu は分析値の 100 倍として成分比を算定した。本図表によれば、Cu - Pb - Zn 成分比は各区域ごとによく分帯されており、Isca Cruz 区域が Pb・Zn で特徴付けられる外側帯を、Limpe 区域が Cu・Pb・Zn 3 成分で特徴付けられる中間帯を、Antapampa 区域および Chupa 鉱床は前 2 帯の間に挟まる漸移帯を、さらに Tinyag を含む Cunsha Punta 区域は高い Cu 含有比で特徴付けられる内側帯に位置している。このような明

瞭な金属成分の累帯配列は、鉍液自身の分化作用 (differentiation) と鉍石鉍物沈澱時の母岩 (host rock) の物理化学的条件との相互作用に起因すると推察される。

4-5 物理探査結果の検討

- (1) Iscay Cruz 鉍化帯全域をカバーして実施された I P 法による物理探査結果によれば、ほぼ Lag. Quellaycocha を境に、北と南で対象的な物性を示している。即ち、北部は低 F E、高 A R で、物理探査結果からは、大規模な黄鉄鉍鉍体の賦存は予測できない。このことは D D H-1 および D D H-2 で実証された。
- (2) 高 F E および低 A R 異常帯は、鉍化帯ほぼ中央に位置する Limpe 区域以南に偏在しており、なかでも Limpe 区域が最も顕著な異常を示す。この異常は伏在する鉛・亜鉛・黄鉄鉍鉍体に起因することが、D D H-3 以下4本のボーリングにより実証された。
- (3) 次に強い高 F E、低 A R 異常帯は、最南端の Antapampa 区域で検出された。本異常帯は一部を除き伏在しており、南方へ深くなる傾向がある。異常の原因は、菱鉄鉍鉍層中に胚胎した銅を伴う赤鉄鉍・黄鉄鉍鉍体によることが、D D H-11 および D D H-12 より証明された。
- (4) 第3クラスの高 F E 異常帯は、Cunsha Punta 区域、Tinyag スカルン露頭区域、および Lags. Tinyag 周辺で観測された。このうち Cunsha Punta 区域の高 F E 異常は伏在しており、これは測線位置が鉍体から離れて設定されたためとも考えられる。Tinyag スカルン露頭付近では弱い F E 異常が観測されたが、これは測線との距離的關係のほか、スカルン鉍床が比較的黃鉄鉍に乏しく、閃亜鉛鉍と磁鉄鉍に富む鉍質を有するのが原因であろう。Lags. Tinyag 周辺の高 F E 異常は湖辺に堆積した褐鉄鉍に起因する可能性も考えられる。なお、Lags. Tinyag から Cunsha Punta 時にかけて、低 A R 帯と Iscay Cruz 地区最強・最大の高 M F (metal factor) 異常帯が検出された。
- (5) 以上に述べたとおり、I P 法による物理探査により、本地区の探査上極めて有益かつ貴重なデータが提供された。

4-6 ボーリング結果の検討

昨年度より本年度にかけて実施された12本のボーリングのうち、D D H-8を除く各孔で鉍石部の捕捉に成功した。ボーリングにより捕捉された主要鉍石部の Cu - Pb - Zn 成分比を、三角図表にプロットすると Fig. I-16 となる。

本図表によれば、北部に位置する D D H-1、D D H-2、および D D H-3 の大部分の鉍石部が、相対的に Pb に富む外側帯を構成し、D D H-4、D D H-5、および D D H-6 など Limpe 地区の鉍石部が、Zn に富む中間帯を構成している。

Cu・Znに富む内側帯には、DDH-7のスカルン鉱体がプロットされるのは当然としても、最南端に位置するDDH-12の鉱石部もプロットされている。この原因は、恐らく、鉱化作用の中心が単1でなく、鉱化の中心が複数個存在したための部分的な乱れによるものであろうと考えられる。

4-7 露頭状況と鉱化作用

Limpe区域で、高品位鉛・亜鉛・黄鉄鉱鉱体が、広範囲に、地表下に伏在することが、ボーリングにより確認された。Limpe区域の露頭部は、全Isca Cruz 鉱化帯のうち最も鉱徴優勢であるのにも拘わらず、珪化変質岩中の赤鉄鉱鉱染、マンガン菱鉄鉱の酸化産物である黒色ゴッサン、ドロストーン中微量の方鉛鉱・閃亜鉛鉱鉱染などが主で、黄鉄鉱塊の露出は小規模かつ稀である。地表部に広く分布する赤鉄鉱や黒色ゴッサンが、黄鉄鉱塊の酸化産物であるとは考え難く、両者は初生的(primary)に異っていたと推察される。鉛・亜鉛・黄鉄鉱鉱体の大部分は潜頭鉱床であり、地表部のゴッサンや変質岩は、鉱体上部あるいは周辺の変質帯を構成していたのではないかと考察される。

4-8 鉱床成因の考察

火成活動の中心に最も近いところにスカルン鉱床が胚胎し、その周辺に熱水性交代鉱床が胚胎しており、後マグマ期(post-magmatic stage)の接触交代作用(contact metasomatism)と熱水期(hydrothermal stage)の熱水交代作用(hydrothermal replacement)が共存するのが本鉱化帯の特徴である。このような性格は、Peterson(1965)によるCordilleranタイプの鉱床と共通していると考察される。

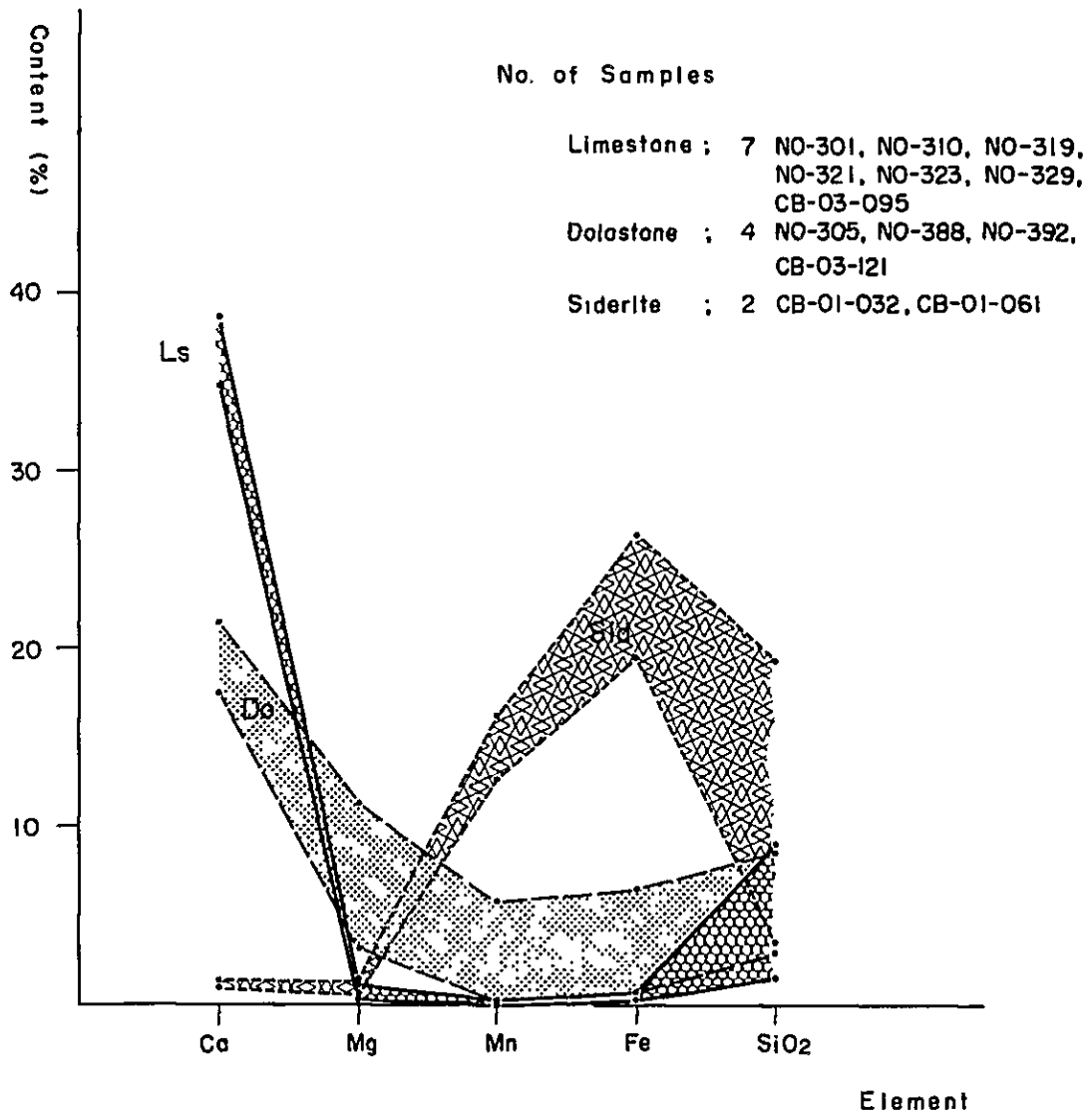


Fig. I - 14 Variation Diagram for Chemical Components of the Carbonate Rocks of the Santa Formation in the Iscay Cruz Area

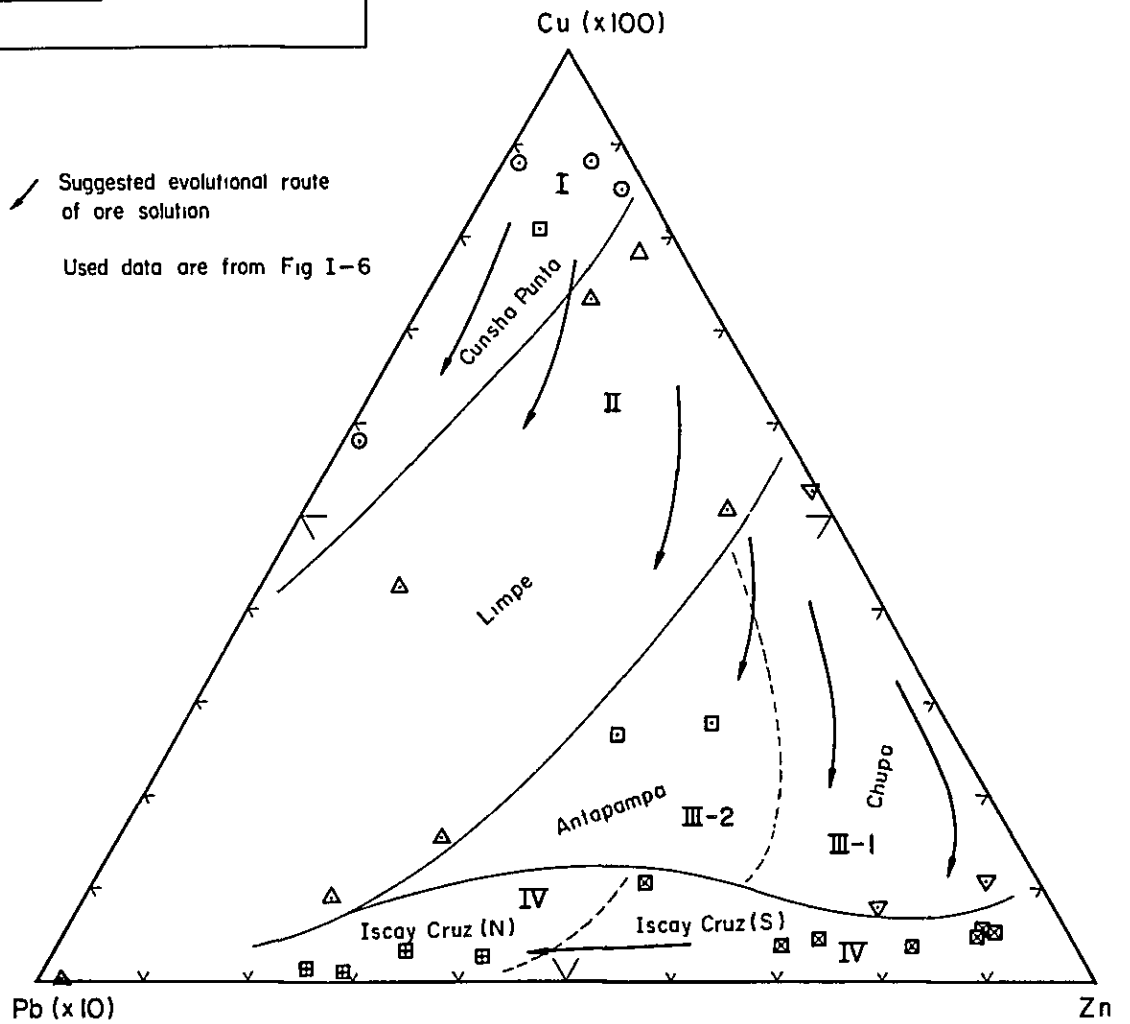
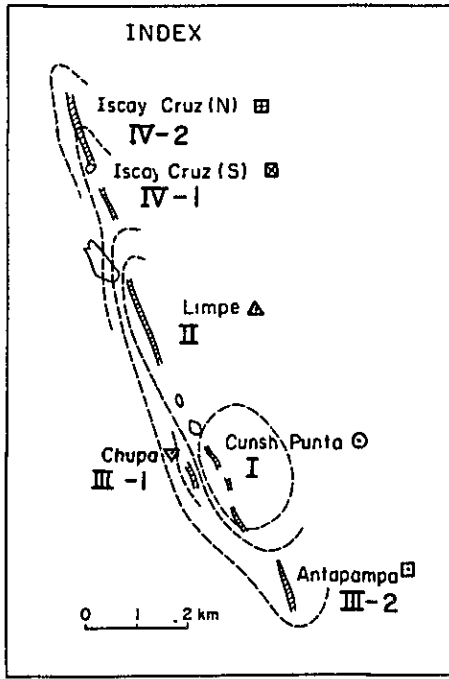


Fig. I-15. Triangular Diagram for Cu-Pb-Zn Ratio in the Iscay Cruz Area

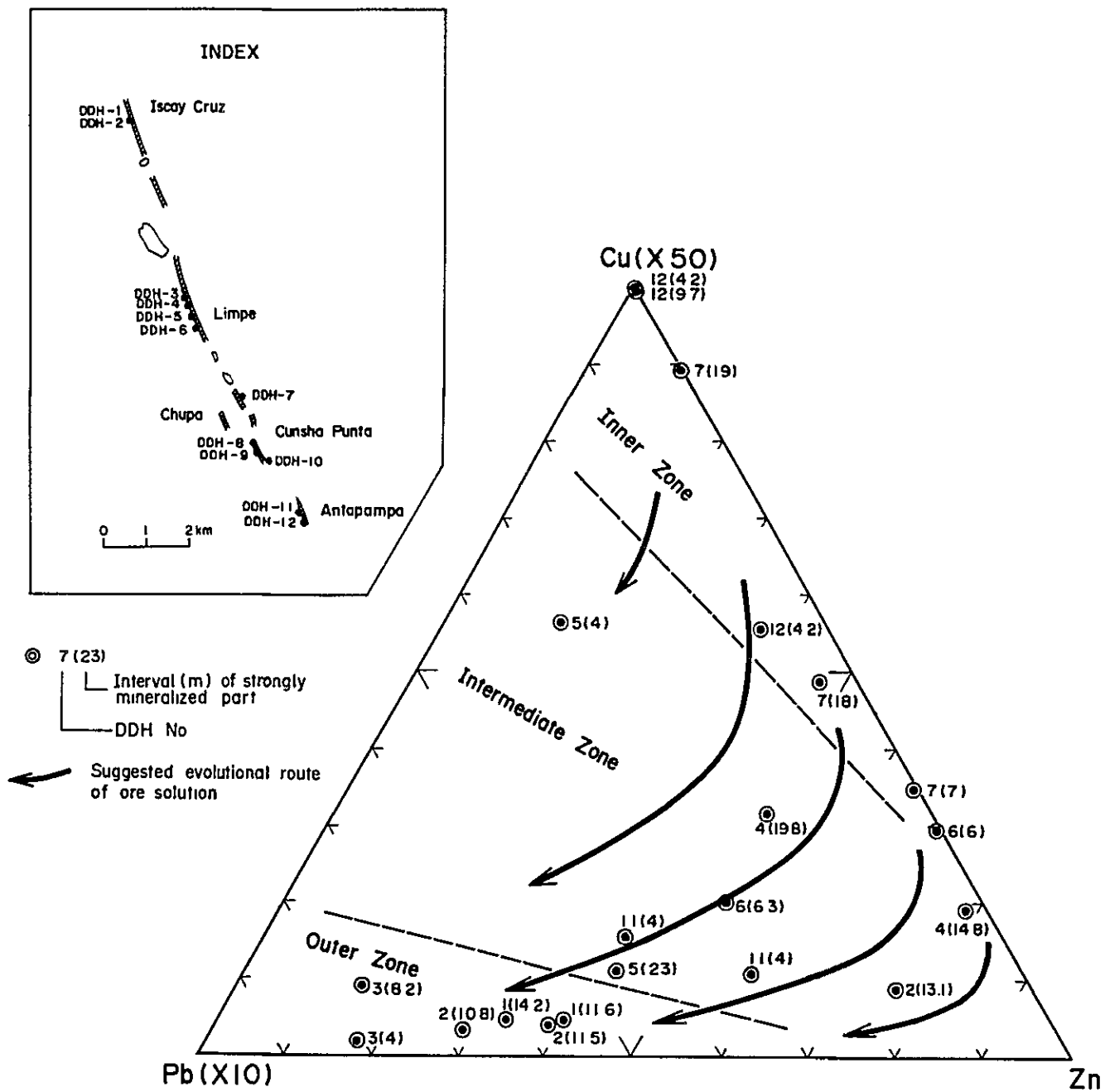


Fig. I - 16. Triangular Diagram for Cu-Pb-Zn Ratio in the Drilled Core

REFERENCES

- Bellido, B.E. (1969)
Sinopsis de la geología del Perú.
Serv. Geol. Min., Perú, Bol. 22.
- Bellido, B.E., Luis de Montreuil, D. y Girard, P.D. (1956)
Aspectos generales de la metalogenia del Perú.
Serv. Geol. Min., Perú.
- Benavides, V. (1956)
Cretaceous system in Northern Peru.
Amer. Mus. Hist. Bull., v.108, p.252-494.
- Cobbing, J. (1973)
Geología de los cuadrangulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho,
Huaral y Canta. Ser. Geol. Min., Perú, Bol.26.
- Coney, P.J. (1971)
Structural evolution of the Cordillera Huayhuash, Andes of Perú.
Geol. Soc. Amer. Bull., v.82, p.1863-1884.
- Cossio, A. (1964)
Geología de los cuadrangulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa.
Com. Carta Geol. Nac., Bol.8.
- Cristi, J.M. (1956)
Chile, Handbook of South American Geology.
Geol. Soc. Amer. Memoir. 65, p.187-214.
- Einaudi, M.T. (1977)
Environment of ore deposition at Cerro de Pasco, Perú.
Econ. Geol., v.72, p.893-924.
- Evans, R.B. and Greenwood, P.G. (1968)
Electromagnetic surveys for metalliferous mineral deposits in

selected areas of Central Peru.

Institute of Geological Science, Report No. 9, p.11-17.

Fukahori, Y., Aikawa, K. and Kawasaki, M. (1980)

Geology and ore deposit of the Huanzala mine - Mineralogical Study. (in Japanese). Min. Geol. Japan, v.30, p.103-118.

Hamilton, W. (1969)

The volcanic central Andes, a modern model for the Cretaceous batholiths and tectonics of western North America.

Oregon Dept. Geol. Min. Ind. Bull., v.65 p.175-184.

Harrison, J.V. y Wilson, J.J. (1960)

Geologia de la region comprendida entre Huacho y Vinchos.

Soc. Geol. Peru, Tomo 35.

Horita, A., Oikawa, J. and Tagami, Y. (1973)

Geological features of the Huanzala ore deposits, Peru.

(in Japanese). Min. Geol. Japan, v.23, p.265-274.

James, D.E. (1971)

Plate tectonic model for the evolution of the Central Andes.

Geol. Soc. Amer. Bull., v.82, p.3325-3346.

Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan

(1978-1979), Report on geological survey of the Cordillera

Oriental, Central Peru. Vols. 6-8.

Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan

(1980-1981), Report on geological survey of the Oyon area.

Phase I., Phase II.

Jenks, W.F. (1948)

Geology of the Arequipa quadrangle.

Inst. Geol., Peru, Bol. 9.

- Jenks, W.F. (1956)
 Peru, Handbook of South American Geology.
 Geol. Soc. Amer., Memoir, 65, p.215-247.
- Jenks, W.F. (1979)
 Geology of South America, Geology of the World. (in Japanese)
 Iwanami, Tokyo, p.143-172.
- Kross, G. and Nunez, J. (1979)
 Un concepto genetico para el yacimiento de zinc y plomo
 "el extrano" y su importancia para la mineria. Bol. Soc. Geol.
 Peru. Tomo 63, p.205-216.
- Lewis, R.W. y Harvaez, S. (1921)
 Los depositos minerales de la Provincia de Cajatambo.
 Congreso Nacional de la Industria Minera, Lima, Tomo 4, p.25-43.
- Lipertier, C. (1969)
 A simplified stratistical treatment of geochemical data by
 graphical representation. Econ. Geol., v.64, p.538-550.
- Mclaughlin, D.H. (1924)
 Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Departaments
 of Junin and Lima. Geol. Soc. Amer. Bul., v. 35, p.591-632.
- Miyashiro, A. and Kushiro, I. (1975)
 Petrology II, Petrographical and genetical classification.
 (in Japanese). Kyooritsu, Tokyo, p.1-109.
- Miyashiro, A. (1979)
 Orogenesis based on the plate tectonics, the Transitional Earth.
 (in Japanese). Iwanami, Tokyo, p.35-144.
- Petersen, U. (1965)
 Regional geology and major ore deposits of Central Peru.
 Econ. Geol., v.60, p.407-475.

- Petersen, U. (1970)
Metalogenetic provinces of South America.
Geol. Rundschau, v.59, p.834-897.
- Samiego, A. and Amstutz, G.C. (1979)
Yacimientos estratoligados de Pb, Zn (Ag, Cu) en el Cretaceo inferior del Peru Central. Bol. Soc. Geol. Peru, Tomo 62, p.192-224.
- Santolalla, M. (1921)
El carbon el Peru, Hulleras Oyon.
Congreso Nacional de la Industria Minera, Lima, Tomo 4, p.196-200.
- Sato, H. and Saito, N. (1977)
Pyrite zones and zonal distribution of Cu-Pb-Zn ores in Huanzala mine, Peru. (in Japanese).
Min. Geol. Japan, v.27, p.133-144.
- Stewart, J.W., Evernden, J.F. and Snelling, N.J. (1974)
Age determination from Andean Peru : a reconnaissance survey.
Geol. Soc. Amer. Bull., v.85, p.107-116.
- Jurekian, K.K. and Wedepohl, K.H. (1961)
Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Geol. Soc. Amer. Bull., v.72, p.175-192.
- Wilson, J.J. (1963)
Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru.
Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v.47, p.1-34.
- Wilson, J.J., Reyes, L. y Garayer, J. (1967)
Geologia de los cuadrangulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Cuarhuaz y Huari.
Serv. Geol. Min., Peru, Bol.16.

各 論

第Ⅱ部 物理探査

第Ⅱ部 物理探査

第1章 物理探査の概要	Ⅱ - 5
第2章 探査方法・解析方法	Ⅱ - 7
第3章 調査結果	Ⅱ - 8
3-1 物理探査地域の地質	Ⅱ - 8
3-1-1 Iscay Cruz 鉱床付近の地質および地質構造	Ⅱ - 8
3-1-2 Iscay Cruz 鉱床	Ⅱ - 8
3-2 Dipole-dipole 電極配置によるIP測定結果	Ⅱ - 8
3-2-1 AR (見掛比抵抗)測定結果	Ⅱ - 9
3-2-2 FE (周波数効果)測定結果	Ⅱ - 12
3-2-3 MF (金属係数)測定結果	Ⅱ - 15
3-3 EM測定結果	Ⅱ - 16
3-4 In situ および室内測定結果	Ⅱ - 19
3-4-1 In situ 測定結果	Ⅱ - 19
3-4-2 室内測定結果	Ⅱ - 20
第4章 解析結果	Ⅱ - 21
4-1 Dipole-dipole 電極配置によるIP測定の解析	Ⅱ - 21
4-1-1 電磁カノプリング効果の影響	Ⅱ - 21
4-1-2 Antapampa のFE異常の解析	Ⅱ - 21
4-2 EM測定の解析	Ⅱ - 22
4-2-1 Dipole-dipole 電極配置によるAR測定結果と VLF探査法によるEM測定結果の対比	Ⅱ - 22
4-2-2 Chupa Mine, Cunsha Punta およびAntapampa の EM異常の解析	Ⅱ - 23
4-3 試錐調査結果との対比	Ⅱ - 24
第5章 物理探査 (IP法, EM法) 結果と地質との対比	Ⅱ - 26
第6章 結論および今後の探査指針	Ⅱ - 27

6-1 結 論	II -27
6-2 今後の探査指針	II -27
参 考 文 献	II -29

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. II-1 Location map of the surveyed area
- Fig. II-2 Explanatory map of the surveyed area
- Fig. II-3 Profiles of electromagnetic field curves on Line-M
- Fig. II-4 Correlation between AR and FE of laboratory measurements
- Fig. II-5 Correction of EM coupling on Line-U
- Fig. II-6 Field results and results of computer modeling on Line-O
- Fig. II-7 Field results and results of computer modeling on Line-S
- Fig. II-8 Relationship between geology and the location of the IP and EM anomalies

LIST OF TABLES

- Table II-1 Results of in situ measurement
- Table II-2 Results of laboratory measurement

LIST OF PLATES

PL. II-1	Location of the IP and EM survey lines	1:20,000
PL. II-2-1	Profiles of induced polarization Line-O	1:5,000
PL. II-2-2	Profiles of induced polarization Line-P	1:5,000
PL. II-2-3	Profiles of induced polarization Line-Q	1:5,000
PL. II-2-4	Profiles of induced polarization Line-R	1:5,000
PL. II-2-5	Profiles of induced polarization Line-S	1:5,000
PL. II-2-6	Profiles of induced polarization Line-T	1:5,000
PL. II-2-7	Profiles of induced polarization Line-U	1:5,000
PL. II-3-1	Contour map of frequency effect n=1	1:20,000
PL. II-3-2	Contour map of frequency effect n=3	1:20,000
PL. II-3-3	Contour map of apparent resistivity n=1	1:20,000
PL. II-3-4	Contour map of apparent resistivity n=3	1:20,000
PL. II-3-5	Contour map of metal factor n=1	1:20,000
PL. II-3-6	Contour map of metal factor n=3	1:20,000
PL. II-4-1	Profiles of electromagnetic field curves Line-I,J,K,L	1:10,000
PL. II-4-2	Profiles of electromagnetic field curves Line-M,N,O,S	1:10,000
PL. II-5-1	Panel diagram of AR and FE in Antapampa	1:10,000
PL. II-5-2	Panel diagram of IP response bodies assumed with the geology in Antapampa	1:10,000
PL. II-6	Correlation between IP and EM method on Line-O,S	1:10,000

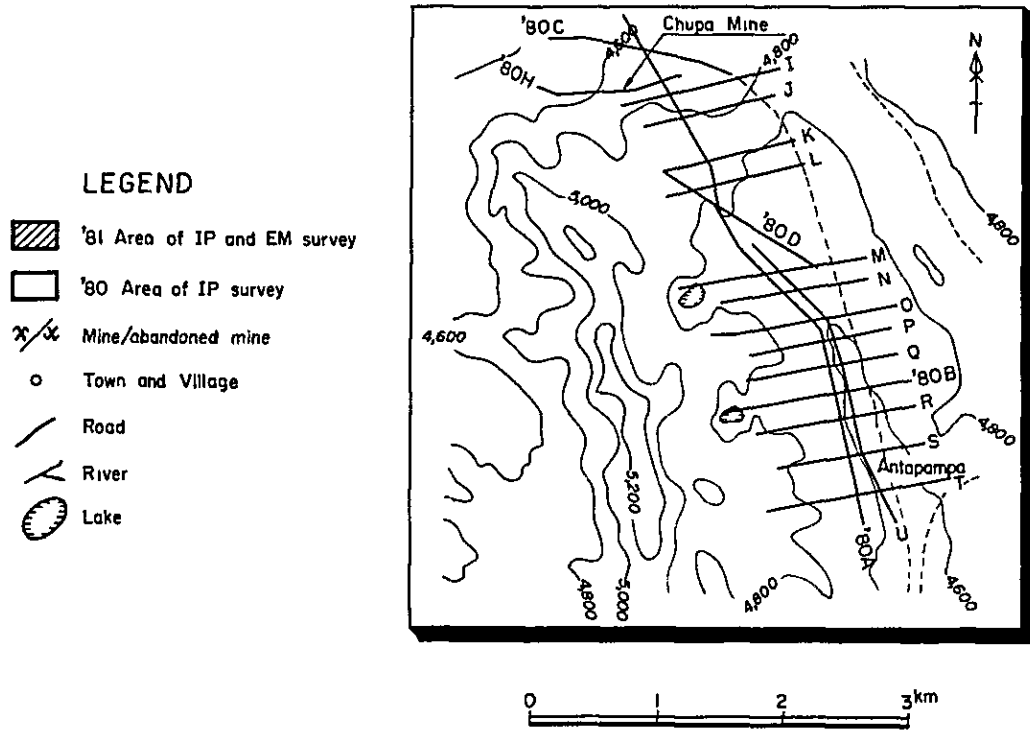
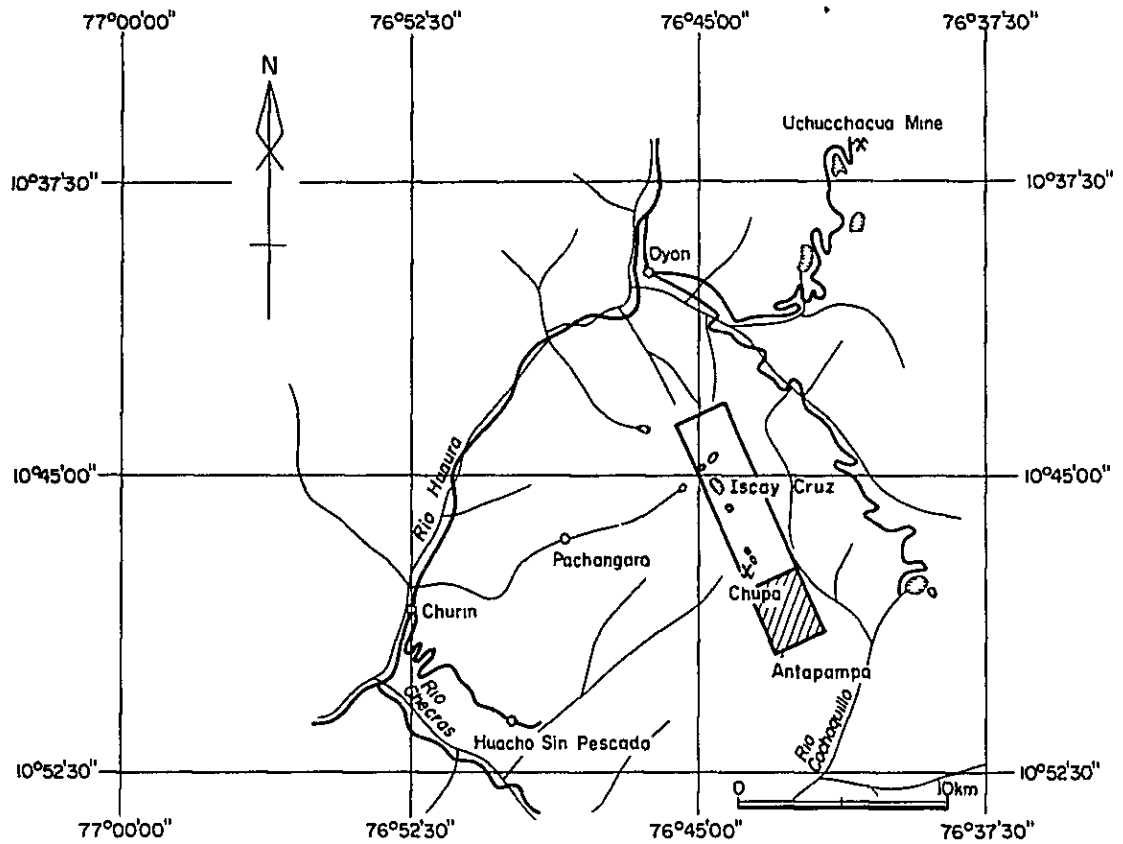


Fig.II-1 Location map of the surveyed area

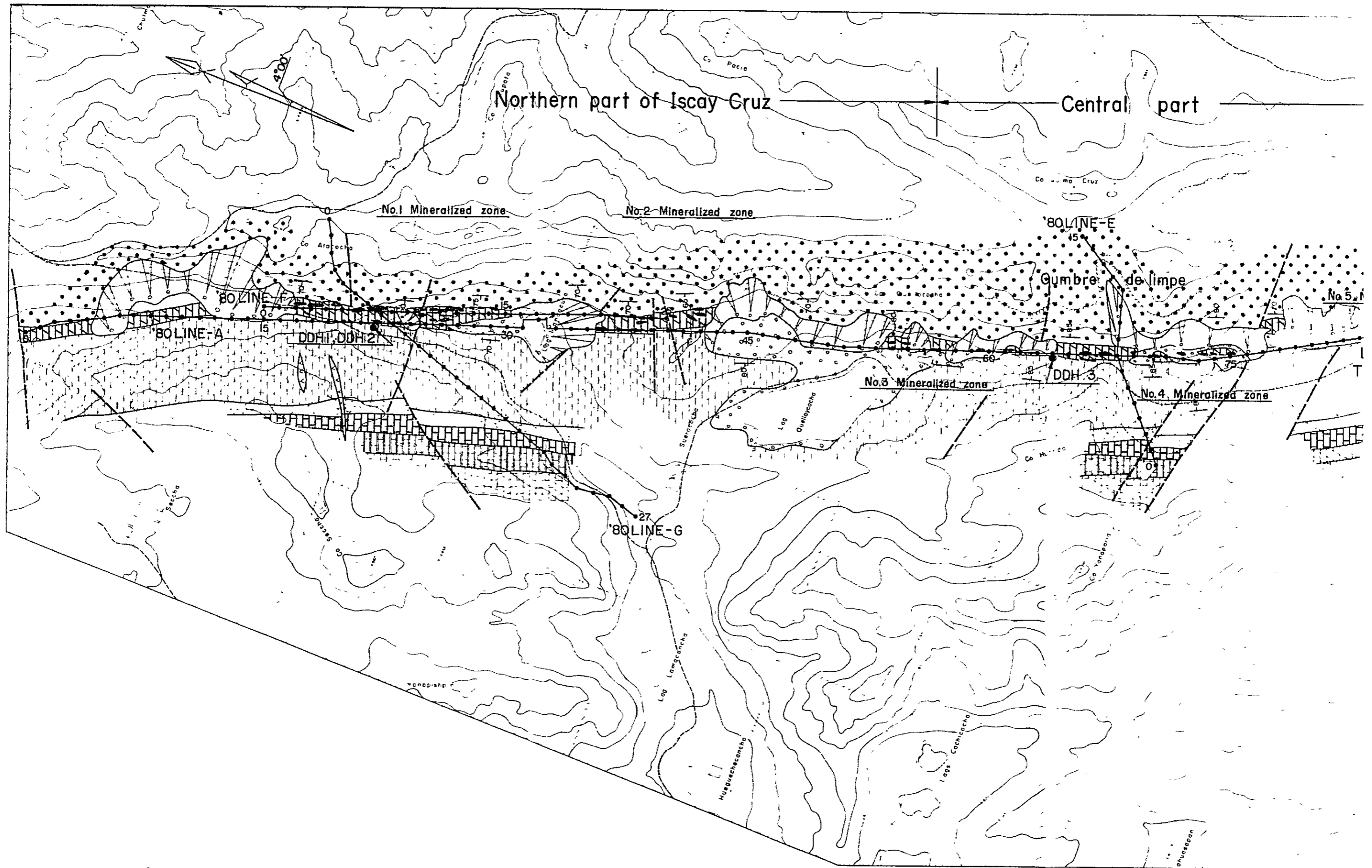
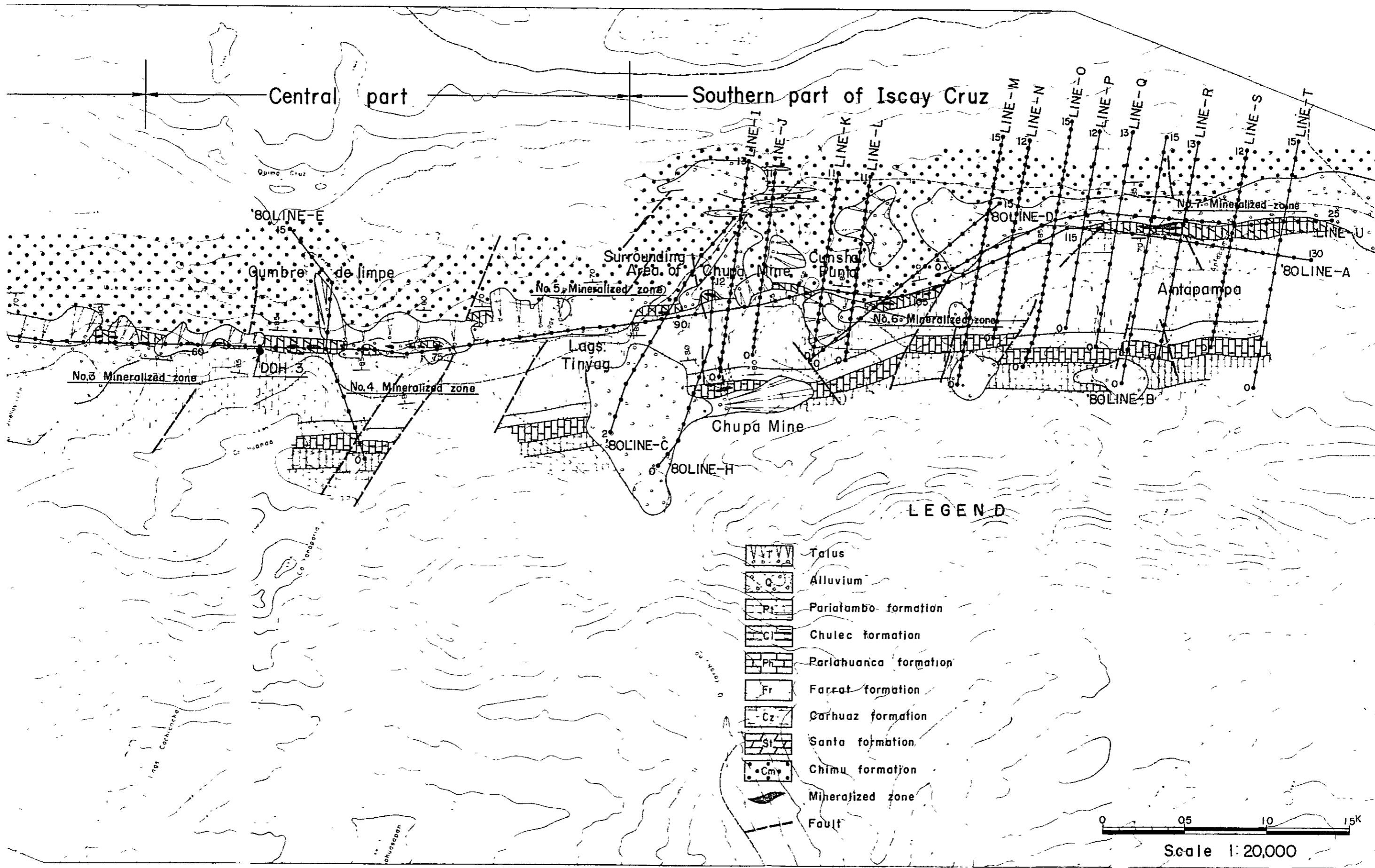


Fig.II-2 Explanatory map of the surveyed area



planatory map of the surveyed area

第 1 章 物理探査の概要

(Fig. II - 2 参照)

Iscay Cruz 鉱床は、Santa (サンタ) 層の石灰岩類を母岩とする熱水性交代鉱床である。

鉱床は鉛・亜鉛を含有する鉄・石英ゴッサン、鉱染状鉛・亜鉛硫化物などで構成されている。その延長 1.2 Km の間に第 1 から第 7 鉱徴まで認められる。そのうち第 5 鉱徴の西側、約 400 m の Pariahuanca (パリアワンカ) 層に Chupa (チュパ) 鉱床がある。

上述の全域にわたり、昨年度は、Dipole-dipole 電極配置による強制分極法 (Induced polarization method ; IP 法と呼ぶ) が実施された。このほか一部の測線については、誘導電磁法 (Induction method) と VLF 探査法 (VLF method) による電磁法 (Electromagnetic method ; EM 法と呼ぶ) が実施された。その結果 Cumbre de Limpe の A61 異常帯、Surrounding Area of Chupa Mine の A62 異常帯、および Antapampa の A63 異常帯の 3 つの注目すべき FE (周波数効果) 異常帯が抽出された。これらの異常帯のうち、次の地域については、さらに物理探査を行う必要が認められ、今年度の調査が実施された。

- 1) Chupa Mine から Cunsha Punta の間の A62 異常帯について、IP 法を行うには地表が崖錐堆積物に覆われていること、地形的に制約されることなどの不利な条件がある。したがってここでは良導体を確認するために EM 法を実施した。
- 2) Antapampa の A63 異常帯は、地表には無鉱化石灰岩、およびその南部に黒色ゴッサンが認められるのみであり、測線設定が粗いこともあって地表下にどの程度の規模の鉱化帯が予想できるか明確でなかったため、鉱化体の細部を明らかにするために Santa 層に交叉する測線などによる IP 法および EM 法を実施した。

IP法、およびVLF探査法によるEM法を実施した測線は以下の通りである。

測線名	測線長	I P 法		E M 法		記 事
		測点間隔	隔離係数	測点間隔	測定点数	
I	1.3 Km			50 m	27	№ 2 Anomaly zone N72° 30' E
J	1.1			"	23	"
K	1.1			"	23	"
L	1.1			"	23	"
M	1.5			"	31	№ 3 Anomaly zone N72° 00' E
N	1.2			"	25	"
O	1.5	a=100 m	n=1~5	"	31	"
P	1.2	"	"			"
Q	1.3	"	"			"
R	1.3	"	"			"
S	1.2	"	"	50 m	25	"
T	1.5	"	"			"
U	2.5	"	"			" Santa 層に沿う。
計	17.8	IP法 10.5 Km		EM法 10 Km		

このほかM測線において誘導電磁法によるEM法、0.65 Kmを実施した。配置はin lineであり送受信間隔は200フィートである。

第 2 章 探査方法・解析方法

本調査に採用された探査方法並びに解析方法は、昨年度の調査に採用されたものと同じであり、昨年度の報告書に詳述されているので重複をさけ省略する。

第3章 調査結果

3-1 物理探査地域の地質 (Fig. II-2 参照)

3-1-1 Iscay Cruz 鉱床付近の地質および地質構造

Iscay Cruz 地域には白亜紀の堆積岩類が分布している。下部砕屑岩類は Oyon (オヨン), Chimu (チムー), Santa (サンタ), Carhuaz (カルワス) および Farrat (ファラット) の各累層に区分される。上部の石灰岩類は下位より, Pariahuanca (パリアワンカ), Chulec (チュレック), Pariatambo (パリアタンボ), Jumasha (フマーシャ), Celendin (セレンディン), および Casapalca (カサバルカ) 赤色層の各累層に区分される。これらを含めて石英斑岩, 石英安山岩および玢岩などが岩株状または岩脈状に分布している。堆積岩類は, 概ね NNW-SSE の走向をとり, 傾斜は $70^{\circ}W$ から $80^{\circ}E$ の間で変化している。

3-1-2 Iscay Cruz 鉱床

Iscay Cruz 鉱床は Chimu 層を軸部とする背斜構造の西翼の Santa 層に胚胎している。

Santa 層の層厚は 40 m ないし 80 m である。

断層裂か系としては地層の走向と同一方向のものと, 地層に交叉するものがある。

鉱床は炭酸塩岩中に胚胎する鉄・石英ゴッサン, 鉱染状鉛・亜鉛硫化物, スカルンなどより構成され, 北端の第1鉱徴から南端の第7鉱徴まで断続的に発達している。

このうち今年度の調査範囲である第6, 第7鉱徴について述べる。

第6鉱徴は Cunsha Punta 峠の南方 0.5 Km から 0.6 Km にわたって黒褐色ゴッサンの露頭がある。このゴッサンには閃亜鉛鉱, および黄鉄鉱の濃集が認められる。この露頭の南方に 0.4 Km 離れた位置に角礫化が著しい黒色ゴッサンがあり, 両露頭の間は小規模なゴッサンを挟む石灰岩およびドロストーンが断続的に連らなっている。

第7鉱徴は Antapampa の西山腹に黒色ゴッサンが巾 30 m, 延長 250 m にわたって発達し, Iscay Cruz 鉱化帯の最南端を構成している。このゴッサンは石英, 針鉄鉱よりなり赤鉄鉱を伴っている。このゴッサンの北部は, 小規模なゴッサンを挟在する石灰岩となり, 地層と平行する方向の断層に切断されている。この断層に沿って新期の礫岩が Santa 層上に発達している。

3-2 Dipole-dipole 電極配置による IP 測定結果

調査結果として捕捉された AR (見掛比抵抗), FE (周波数効果), MF (金属係数) を各測線別にまとめて PL. II-2-1 ~ PL. II-2-7 に示す。

3-2-1 AR (見掛比抵抗) 測定結果

見掛比抵抗は約 $1 \Omega m$ から $9,000 \Omega m$ 以上の値を示し、これを下表の様に解析の都合のよい適当な等値線により区分した。

10 Ωm 40 Ωm 150 Ωm 650 Ωm				
UL	VL	L	M	H

各測線において捕捉された見掛比抵抗について以下に説明する。

(1) O 測線 (PL. II - 2 - 1 参照)

低見掛比抵抗 (L) 以下が測点 10 付近の浅部を中心に「ハの字」型に捕捉された。これは極超低見掛比抵抗 (UL) を含む極端に低い見掛比抵抗帯である。55 年度に調査された A 測線の測点 65 から測点 70 付近に捕捉された低見掛比抵抗帯よりもさらに数分の 1 の低い値を示す。

この低見掛比抵抗帯を挟んで東西に中見掛比抵抗 (M)、高見掛比抵抗 (H) が捕捉された。

低見掛比抵抗帯は第四紀堆積物が地表に分布する範囲を中心に捕捉された。地質調査の結果、第四紀堆積物の西側および下部は Santa 層の石灰岩が存在していると考えられる。中～高見掛比抵抗帯は Chimu 層、Carhuaz 層、および Farrat 層に対応すると考えられる。

(2) P 測線 (PL. II - 2 - 2 参照)

この測線で捕捉された見掛比抵抗は O 測線のそれと類似する。

低見掛比抵抗 (L) 以下が測点 7 付近の浅部を中心に「ハの字」型に捕捉された。

この低見掛比抵抗帯を挟んで東西に中見掛比抵抗 (M) が捕捉された。

低見掛比抵抗帯の範囲は O 測線よりもやや深くなる。地表には Santa 層の石灰岩、第四紀堆積物が分布する。第四紀堆積物は地表付近にのみ分布すると考えられるので、低見掛比抵抗帯は Santa 層の石灰岩およびその周辺に対応すると考えられる。中見掛比抵抗帯は Chimu 層、Carhuaz 層に対応すると考えられる。

(3) Q 測線 (PL. II - 2 - 3 参照)

低見掛比抵抗 (L) 以下が測点 5 から測点 9 付近に捕捉された。しかし超低見掛比抵抗 (VL) が捕捉された範囲は O 測線、P 測線に比べてより深部であり規模は半分位である。

この低見掛比抵抗帯を挟んで東西に中見掛比抵抗 (M) が捕捉された。

低見掛比抵抗帯は、Santa 層を中心に Chimu 層、Carhuaz 層、および第四紀堆積物が分

布する範囲に対応する。中見掛比抵抗帯は Chimu 層, Carhuaz 層と対応すると考えられる。

(4) B測線(昨年度報告書, PL. II - 2 - 2 参照)

この測線は昨年度に調査されたが,今年度調査のQ測線とR測線の中央に位置する。今年度の調査結果を解析するに当って, B測線の調査結果も参照すべく,昨年度の報告書の内容を一部分再記する。

全般的にみれば低見掛比抵抗(L)が広く分布する。その中であって測点3~4付近,測点5~6付近の地表浅部,および測点13~14付近には中見掛比抵抗(M)以上が分布する。測点4付近以西の中~低見掛比抵抗(M~L)はFarrat層, Pariahuanca層などに対応する。測点4以東の低見掛比抵抗はCarhuaz層, Santa層およびChimu層に対応して分布するが測点13~14付近の中見掛比抵抗は地表にみられる珪岩の露岩とほぼ位置的に一致するので,この付近のChimu層に対応するものと考えられる。なお測点9~10付近でSanta層中にスカン帯および黒色ゴッサンが確認されている。

(5) R測線(PL. II - 2 - 4 参照)

この測線で捕捉された見掛比抵抗はO測線, P測線のそれと類似する。

低見掛比抵抗(L)が測点4から測点11付近の深部に捕捉された。

この低見掛比抵抗帯を挟んで東西に中見掛比抵抗(M), 高見掛比抵抗(H)が捕捉された。

このほか極超低見掛比抵抗(UL)が測点5付近の浅部に局部的に捕捉された。

低見掛比抵抗帯はCarhuaz層, Santa層, Chimu層が地表に分布する範囲の深部に捕捉されSanta層が分布する範囲では浅部にまで及ぶ。この低見掛比抵抗帯は, Santa層およびその周辺の狭い範囲を含めて, 垂直板状の低比抵抗構造によると考えられる示徴を示す。これはO測線, P測線についても同様に云える。

中~高見掛比抵抗帯はChimu層, Carhuaz層に対応するものと考えられる。

(6) S測線(PL. II - 2 - 5 参照)

この測線で捕捉された見掛比抵抗はB測線のそれと類似する。

低見掛比抵抗(L)が測点2付近および測点5から測点6付近の浅部に捕捉されたほか, 深部ではほぼ一様に捕捉された。

中見掛比抵抗(M)が測線西端, 測点4付近浅部, および測点7から測線東端の浅部に捕捉された。

低見掛比抵抗帯は測点5から測点6のCarhuaz層中に垂直板状の低比抵抗構造によると考えられる示徴を示す。Santa層は測点7から測点8付近に分布するが, この付近の見掛比抵抗は浅部で高く, 深部で低いので深部に低比抵抗応答体の存在が示唆される。

(7) T測線 (PL. II - 2 - 6 参照)

この測線で捕捉された見掛比抵抗は B 測線, S 測線のそれと類似する。

低見掛比抵抗 (L) が測点 8 付近の浅部から測点 6 ~ 測点 1 2 付近の深部に捕捉された。

この低見掛比抵抗帯を挟んで東西に中見掛比抵抗 (M) が捕捉された。

低見掛比抵抗帯の分布から Santa 層と接する Carhuaz 層の東側に垂直板状の低比抵抗構造の存在が考えられる。中見掛比抵抗帯は Chimu 層, Carhuaz 層などに対応すると考えられる。Santa 層は測点 1 0 から測点 1 1 付近に分布するが, この付近の見掛比抵抗は浅部で高く, 深部で低いので深部に低比抵抗応答体の存在が示唆される。

(8) U測線 (PL. II - 2 - 7 参照)

この測線は 5 5 年度に調査された A 測線の一部とほぼ平行して Santa 層上に設定された。

O 測線から T 測線までの 7 本の測線とはおのおのほぼ中央で交叉する。

極超低見掛比抵抗 (UL) を含む低見掛比抵抗帯が測点 5 から測点 1 1 付近に捕捉された。

この低見掛比抵抗帯を挟んで南北に中見掛比抵抗 (M) が捕捉された。

測点 7 付近から南側ほど見掛比抵抗が高く, また低見掛比抵抗が捕捉された範囲は深度を増す傾向が見られる。この調査結果は O 測線から T 測線について南側の測線ほど見掛比抵抗が高く, しかも低見掛比抵抗が捕捉された範囲が深くなっている事実と整合的である。

5 5 年度に調査された A 測線の見掛比抵抗分布と類似する。しかし A 測線に比べて, 低見掛比抵抗帯のうち超低見掛比抵抗 (VL), 極超低見掛比抵抗 (UL) が捕捉された範囲は広い。

地層の走向にほぼ平行する U 測線の見掛比抵抗に比べて, 地層の走向に交叉する O 測線から T 測線の見掛比抵抗の絶対値の傾向は若干相違している。この理由として捕捉された低比抵抗構造の走向は地層の走向と関連する為, 地層の走向に交叉する測線とほぼ平行して設定された測線では, 低比抵抗応答体の捕捉状況に差があるものと考えられる。

上述の見掛比抵抗測定結果について全体の傾向を知るためパネルダイアグラムとして PL. II - 5 - 1, 見掛比抵抗平面図として PL. II - 3 - 3, PL. II - 3 - 4 を示す。Antapampa における見掛比抵抗の傾向は, O 測線から T 測線まで比較的類似する。特に O 測線, P 測線, R 測線の見掛比抵抗分布が類似し, また B 測線, S 測線, T 測線の分布が類似する。いずれも測線中央部付近に Chimu 層の一部, Santa 層, および Carhuaz 層の一部に対応すると考えられる低見掛比抵抗帯 (以下 1/3 中央部 A R 異常帯と呼ぶ) が捕捉され, この低見掛比抵抗帯をはさんで東西に Chimu 層, Carhuaz 層に対応すると考えられる中 ~ 高見掛比抵抗帯が捕捉された。また O 測線から T 測線まで低見掛比抵抗帯の深度が順に深くなり南側の測線ほど見掛比抵抗の値が高い傾向を示す。この調査結果は A 測線, U 測線とも整合的である。

3-2-2 FE (周波数効果) 測定結果

FEの測定値は最高10%以上の値を示し、これを下表の様に解析の都合のよい適当な等値線により区分した。

	2%	3%	4%	5%	6%
Back ground	W	M	S	S	VS

各測線において捕捉されたFEについて以下に説明する。

(1) O測線 (PL. II - 2 - 1 参照)

強FE異常(S)を含む、中FE異常(M)が測線中央部の測点6の深部から測点9の浅部を中心に捕捉された。このFE異常の捕捉された範囲は $10\ \Omega m$ 以下の低見掛比抵抗帯に略一致するが、やや西側に広がっている。

弱FE異常(W)が測線東側に捕捉された。

測線中央部のFE異常帯は第四紀堆積物、およびCarhuaz層の一部が地表に分布する範囲に捕捉された。地質調査の結果、第四紀堆積物の西側および下部にSanta層が存在していると考えられているので、このFE異常帯はSanta層、Carhuaz層に対応すると考えられる。

測線東側の弱いFE異常帯は、第四紀堆積物およびChimu層が地表に分布する範囲に捕捉された。この異常はChimu層および第四紀堆積物下部に存在すると考えられるOyon層の局部的な変質などによるものか、またはI測線、J測線付近で見られるようにChimu層中に貫入した火成岩に伴う異常によるものか、O測線付近には露頭がないため明らかでない。

(2) P測線 (PL. II - 2 - 2 参照)

超強FE異常(VS)が測線中央部の測点6付近の浅部に捕捉された。この異常を含んで強FE異常(S)、中FE異常(M)が測点3から測点9付近の深部まで捕捉された。このFE異常の範囲はO測線のそれに比べて小さい。

中FE異常(M)が測線東端に捕捉された。

測線中央部のFE異常帯は、 $10\ \Omega m$ 以下の低見掛比抵抗帯の位置とよく一致する。したがって低比抵抗で強いFE値を有する応答体が存在すると考えられる。このFE異常帯はSanta層を中心に第四紀堆積物、およびCarhuaz層が地表に分布する範囲に捕捉され、Santa層、Carhuaz層の一部に対応すると考えられる。

測線東端の弱いFE異常帯は第四紀堆積物およびChimu層が地表に分布する範囲に捕捉された。

(3) Q測線 (PL. II - 2 - 3 参照)

強FE異常(S)を含む中FE異常(M)が測線中央部の測点4から測点10付近に捕捉

された。このF E異常の広がり、P測線のそれと同程度である。

弱F E異常(W)が測線東端に捕捉された。

測線中央部のF E異常帯はChimu層の一部、Santa層およびCarhuaz層の一部が地表に分布する範囲の深部に捕捉された。Santa層が分布する範囲では浅部にまで及んでいる。このF E異常帯の分布は、Santa層、およびその周辺の狭い範囲を含めて、垂直板状の強F E構造によると考えられる示徴を示す。

測線東端の弱いF E異常がChimu層が地表に分布する範囲に捕捉された。

(4) B測線(昨年度報告書, PL. II - 2 - 2 参照)

強F E異常(S)を含む中F E異常(M)が測線中央部の測点6から測点10付近に捕捉された。

また測線東側の測点13付近にも小規模ながら強F E異常(S)を含む中F E異常(M)が捕捉された。このF E異常はO測線, P測線, Q測線のそれに比べて強い。

測線中央部のF E異常帯は地表でSanta層, Carhuaz層の一部が露出する範囲に捕捉され、測線東側のF E異常帯は地表がChimu層に覆われた範囲に捕捉された。この2つのF E異常帯は接近して捕捉されたので両異常帯が一体か別のものであるかの判定はむずかしい。

地質調査の結果、測点9から測点10付近のSanta層に小規模なスカルンと黒いゴッサンの露頭が確認されている。測線中央部のF E異常帯は、このスカルンおよびゴッサンとも対応すると考えられる。

(5) R測線(PL. II - 2 - 4 参照)

超強F E異常(VS)を含む強F E異常(S), 中F E異常(M)が測線西側から中央部の測点4から測点9付近に捕捉された。測点5付近の強F E異常(S)は極超低見掛比抵抗と対応しており、地表近くの局所的な異常と考えられる。

弱F E異常(W)が測線東端に捕捉された。

測線西側から中央部のF E異常帯はSanta層, Carhuaz層が地表に分布する範囲に捕捉された。このF E異常帯はSanta層よりもCarhuaz層の中に中心を持ち、主にCarhuaz層と対応すると考えられる。

測線東端の弱いF E異常は地表がChimu層に覆われた範囲に捕捉された。

(6) S測線(PL. II - 2 - 5 参照)

弱F E異常(W)以上のF E異常が測点4の深部から測線東端まで広い範囲に捕捉された。このF E異常は測線中央部の測点6から測点7付近の深部に超強F E異常(VS)を含む強F E異常(S)を含有し、測線東端の浅部に強F E異常(S)をも含む。

このF E異常はChimu層, 第四紀堆積物, Santa層, およびCarhuaz層が地表に分布する範囲に捕捉された。強F E異常(S)以上の強いF EはSanta層の深部, およびChimu

層に対応すると考えられる。

(7) T測線 (PL. II - 2 - 6 参照)

超強 F E 異常 (V S) を含む強 F E 異常 (S) , 中 F E 異常 (M) が測線中央部の測点 5 から測点 1 3 付近まで広い範囲に捕捉された。

この F E 異常は地表が Chimu 層, 第四紀堆積物, Santa 層および Carhuaz 層に覆われた範囲に捕捉され, 各累層に対応すると考えられる。

O 測線から S 測線まで, 測線東端に捕捉された F E 異常については, この測線では測線中央部の F E 異常に含まれているか, 測線のさらに東側に移行しているか, または消滅しているのか, 区別はつげがたい。

(8) U 測線 (PL. II - 2 - 7 参照)

強 F E 異常 (S) , 中 F E 異常 (M) を含む弱 F E 異常 (W) が測線北端から測線南側の測点 2 2 付近まで捕捉された。

この測線の F E 分布は 5 5 年度に調査された A 測線のそれと類似する。しかし A 測線に比べて F E 値がやや弱い。

この測線の F E 分布と, 交叉する 7 本の測線の F E 分布を比較すると, O 測線, P 測線, Q 測線については各測線の交叉する箇所で F E 値はほぼ一致している。しかし B 測線, R 測線, S 測線および T 測線については, 各測線の交叉する箇所で F E 値は U 測線の方が小さい値を示す傾向にある。これは F E 構造に交叉する測線と, 平行する測線では, 応答体の捕捉状況に差があるためと考えられる。

上述の F E 測定結果について全体の傾向を知るため, パネルダイアグラムとして PL. II - 5 - 1, F E 平面図として PL. II - 3 - 1, PL. II - 3 - 2 を示す。Antapampa での F E の傾向は, O 測線から T 測線まで比較的類似した F E が捕捉された。

いずれも測線中央部付近に Chimu 層の一部, Santa 層, および Carhuaz 層の一部に対応すると考えられる強 F E 異常帯 (以下 A63 中央部 F E 異常帯と呼ぶ) が捕捉され, 測線東端に Chimu 層および Oyon 層の局所的な変質などによるものか, またはこの中に貫入する火成岩によるものと考えられる弱 F E 異常帯 (以下 A63 東部 F E 異常帯と呼ぶ) が捕捉された。

中央部 F E 異常帯の F E 値は北側の O 測線から南側の T 測線まで変化に富んでいるが, 等値線の型により考察すると, 北側の O 測線, P 測線は地表近くまで F E 応答体の存在が示唆される。その他の測線ではいずれも深部に F E 応答体の存在が示唆される。B 測線の測点 9 から測点 1 0 付近, および R 測線の測点 8 付近の Santa 層には小規模なスカルンと黒色ゴッサンの露頭が確認されているが, この付近の浅部の F E 値は中 F E 異常 (M) 程度であり深部により強い F E が捕捉された。この事実は深部ほど鉍化および変質作用が強いためであると考えられる。

3-2-3 MF（金属係数）測定結果

MFの測定値は最高4,000以上の値を示し、これを下表の様に解析の都合のよい適当な等値線により区分した。

	10	50	100	200	500
Back ground	W	M	S	VS	VS

各測線において捕捉されたMFについて以下に説明する。

(1) O測線（PL. II - 2 - 1 参照）

超強MF異常（VS）を含むMF異常が測線中央部から測線東端に捕捉された。MFが1,000以上の値を示す範囲も広く、調査地域全体のうち最も優勢である。これは強いFE異常と低い見掛比抵抗が対応することによるもので、硫化物の存在が示唆される。

(2) P測線（PL. II - 2 - 2 参照）

超強MF異常（VS）を含む弱MF異常（W）以上のMF異常が測線中央部に中心を持ち東西に広く捕捉された。500以上の超強MF異常は、強FE異常と極超低見掛比抵抗の「ハの字」型と対応した形で捕捉された。

(3) Q測線（PL. II - 2 - 3 参照）

弱MF異常（W）が測点6から測点7付近に中心を持ち東西に広く捕捉された。中MF異常（M）以上のMFが測点6付近から測線東端に捕捉された。

(4) B測線（昨年度報告書, PL. II - 2 - 2 参照）

測点8付近から11付近にかけて強FE異常（S）と低見掛比抵抗（L）に対応して、地表約200m下に小規模な強MF異常（S）が捕捉された。

測点9付近の地表にはスカルの露頭が確認されている。

(5) R測線（PL. II - 2 - 4 参照）

強MF異常（S）、中MF異常（M）が測点4から測点9の深部に捕捉された。この測線中央部に捕捉されたMF異常はQ測線、B測線と同程度の規模である。

測点5付近の強MF異常（S）は、強FE異常と極超低見掛比抵抗による局所的異常によるものである。

(6) S測線（PL. II - 2 - 5 参照）

中MF異常（M）が測点5から測点9付近の深部に捕捉された。

(7) T測線（PL. II - 2 - 6 参照）

中MF異常（M）が測点8から測点10付近の深部に捕捉された。

(8) U測線（PL. II - 2 - 7 参照）

超強MF異常（VS）を含む強MF異常（S）、中MF異常（M）が測点4から測点12

付近に捕捉された。

この測線のMF分布と、交叉する測線のMF分布を比較すると、O測線、P測線、Q測線については各測線の交叉する箇所でMF値はほぼ一致している。しかしながらB測線、R測線、S測線、およびT測線については、各測線の交叉する箇所でMF値はU測線の方が小さい値を示す傾向にある。

上述のMF測定結果について全体の傾向を知るため、MF平面図としてPL. II - 3 - 5, PL. II - 3 - 6を示す。MFの傾向はO測線、P測線で超強MF異常を含む強いMFが捕捉され、南側の測線ほどMFの値が小さくなり、T測線では中MF異常が小規模に捕捉されたのみである。この傾向はFEよりも見掛比抵抗の差に基くものであり、南側の測線ほど見掛比抵抗が高いことと対応する。

3 - 3 EM測定結果

VLF探査法の調査結果として捕捉された同相成分 (I N - P H A S E) , 離相成分 (O U T O F P H A S E) をPL. II - 4 - 1 およびPL. II - 4 - 2 に示す。

この探査法では利用する送信局は、予想される良導体の走向方向に存在することが望ましい。今回の調査に当って数局からの信号電波をいくつかの測線で受信して予備測定を行った結果、NAA局 (アメリカ合衆国, 17.8 KHz) を選択した。

各測線において捕捉された同相成分および離相成分について以下に説明する。

(1) I 測線 (PL. II - 4 - 1 参照)

同相成分は測線西側で+20%から+30%を超える正の応答、測線中央で-49%の極小値を含む負の応答を示し、測線東側では測点10において+63%の極大値を含む正の応答から、さらに東側の負の応答へと移行する。このほか測点4から測点4.5付近に小規模な負の応答および正の応答を得た。

離相成分は一般に応答の変化が小さいが、測点3.5、測点4.5、測点12付近に同相成分の正負応答の反転に対応して離相成分にも反転がある。

上述の結果、測点3.5から測点4.5付近、および測点12付近に良導体の存在が推定される。

(2) J 測線 (PL. II - 4 - 1 参照)

同相成分、および離相成分ともにI測線のそれと類似する。

同相成分は測線西側で+20%を超える正の応答、測線中央で-41%の極小値を含む負の応答、測線東側では測点9.5において+54%の極大値を含む正の応答から、さらに東側の負の応答へと移行する。このほか測点4付近に負の応答ながら負から正の方向への応答を得た。

離相成分は応答の変化が小さいが、測点 2.5、測点 1.1 付近に同相成分の正負応答の反転に対応して離相成分にも反転があり、同相成分の応答に対して明瞭な対をなしている。

上述の結果、測点 1.5 から測点 4 付近および測点 1.1 付近に良導体の存在が推定される。

(3) K測線 (PL. II - 4 - 1 参照)

同相成分は測点 7.5 付近を境にして、測線の西側では負の応答、東側では正の応答を得た。特徴的な応答として、測点 4 から測点 5.5 付近において負の応答ながら -7% の極大値から -32% の極小値を得た。

離相成分は測点 3.5 付近で負の応答から正の応答への反転がある。

上述の結果、測点 4 から測点 5.5 付近に良導体の存在が推定される。

(4) L測線 (PL. II - 4 - 1 参照)

同相成分、および離相成分ともに K測線のそれと類似する。

同相成分は測点 7.5 付近を境にして、測線の西側では負の応答、東側では正の応答を得た。特徴的な応答として、測点 3.5 から測点 5.5 付近において負の応答ながら 0% の極大値から -38% の極小値を得た。

離相成分は測点 2.5 付近で負の応答から正の応答への反転、および測点 4 付近で正の応答から負の応答への反転がある。

上述の結果、測点 3.5 から測点 5.5 付近に良導体の存在が推定される。

(5) M測線 (PL. II - 4 - 2, および Fig. II - 3 参照)

この測線の中央部付近は Santa 層その他が第四紀堆積物に広く覆われ露頭がない。したがってこの測線については VLF 探査法のほか誘導電磁法による EM 法を実施し、有用なデータの数を増した。

Fig. II - 3 に VLF 探査法による測定値、およびとなり合う西側の測定値との変化、および誘導電磁法による測定値を示す。

VLF 探査法の同相成分は I, J, K, L 測線に比べて短い周期で変化している。同相成分、および同相成分の変化より次の異常箇所が指摘される。

測点 4 から測点 6 付近の正の応答から負の応答への反転箇所。測点 9 から測点 9.5、測点 10.5 から 12.5、および測点 1.3 から測点 1.4 の正の応答ながら測線の西側に極大値、東側に極小値を得た範囲である。

離相成分は測点 3.5 から測点 5、測点 12.5 および測点 13.5 から測点 1.4 付近で負の応答から正の応答への反転が存在する。また測点 9 から測点 9.5 付近で負の応答ながら測線の西側に極小値、東側に極大値が存在する。

水平ループシステムによる誘導電磁法の同相成分は、測点 3.5、測点 6、および測点 9.5 に極小値を得た。離相成分は測点 3.5、測点 6 から測点 6.5、測点 7.5、および測点 10.5

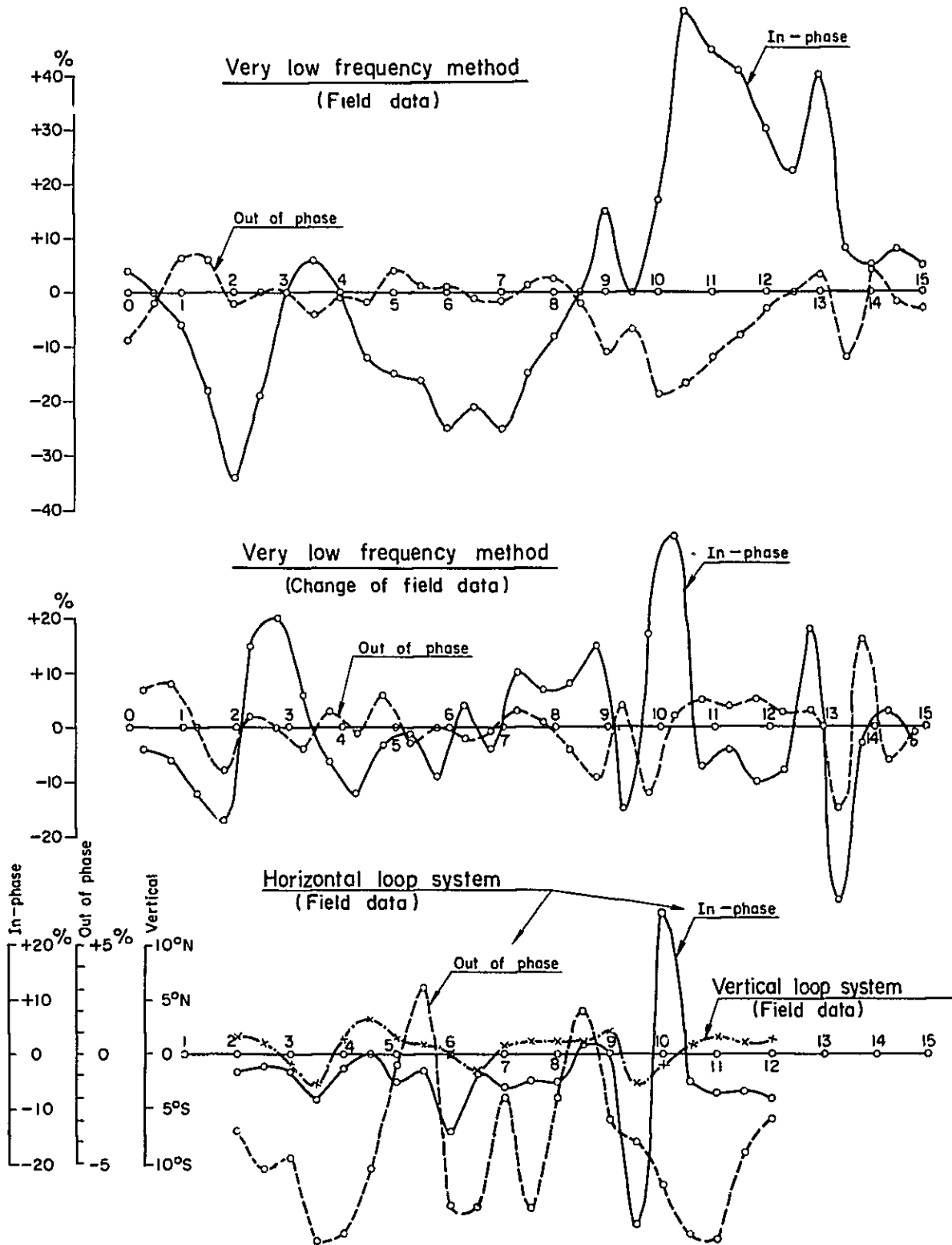


Fig. II-3 Profiles of electromagnetic field curves on Line - M

から測点 1 1 に極小値を得た。垂直ループシステムでは、測点 3 付近、測点 4 付近、測点 6 付近、測点 7 付近、測点 9 付近、および測点 10.5 付近に傾斜方向の変化が認められる。

上述の結果、測点 3.5 から測点 4.5 付近、および測点 9 から測点 9.5 付近は V L F 探査法誘導電磁法ともに異常を示し、この付近に良導体の存在が推定される。このほか測点 10.5 から測点 12.5 付近、測点 1 3 から測点 1 4 付近は V L F 探査法により、また測点 6 から測点 7 付近は誘導電磁法により良導体の存在が推定される。

(6) N 測線 (PL. II - 4 - 2 参照)

同相成分は M 測線のそれと同様に短い周期で変化している。同相成分の異常として次の箇所が指摘される。

測点 1 付近、および測点 10.5 付近を中心に測線の西側から東側への正の応答から負の応答への反転、測点 7 から測点 7.5 付近、測点 8 から測点 8.5 付近の正の応答ながら測線の西側に極大値、東側に極小値を得た範囲である。このほか測点 1 付近から測点 6.5 までの負の応答の中にも小規模ながら測線の西側に極大値、東側に極小値を得た範囲がある。

離相成分は測点 4 付近、測点 10.5 付近に応答の反転がある。測点 7 から測点 7.5 付近、測点 8 から測点 8.5 付近は同相成分の応答と同様の傾向を示した。

上述の結果、測点 1 付近、測点 7 から測点 7.5 付近、測点 8 から測点 8.5 付近、および測点 10.5 付近に良導体の存在が推定される。

このほか測点 2 から測点 2.5、測点 3 から測点 3.5、測点 4 から測点 4.5 付近にも小規模ながら良導体の存在が推定される。

(7) O 測線 (PL. II - 4 - 2 参照)

同相成分の異常として次の箇所が指摘される。

測点 2.5 付近、測点 1 0 付近、および測点 1 3 から測点 14.5 付近の測線の西側から東側への正の応答から負の応答への反転、測点 8 付近の負の応答ながら測線の西側に極大値、東側に極小値を得た範囲である。

離相成分は測点 7 付近、測点 9 付近、測点 1 3 付近、および測点 1 4 付近に応答の反転がある。このうち測点 1 4 付近における測線の西側から東側へ負の応答から正の応答への反転は同相成分と対をなしている。

上述の結果、測点 2.5 付近、測点 8 付近、測点 1 0 付近、および測点 1 3 から測点 14.5 付近に良導体の存在が推定される。

(8) S 測線 (PL. II - 4 - 2 参照)

同相成分は測線中央部に負の応答を得、その西側、および東側には正の応答を得た。同相成分の異常として次の箇所が指摘される。

測点 1.5 付近の測線の西側から東側への正の応答から負の応答への反転、このほか測点 5