

(1)

ペルー中央アンデス ワイワシ山系

多金属鉱床帯の生成機構

—特にワンサラ鉱床群について—

平成元年 月

深堀康昌

鉱山地質，第40巻，1990年に印刷予定

Genesis of the Polymetallic Ore  
Deposits in the Cordillera Huayhuash,  
Central Andes, Peru.

By

Yasumasa FUKAHORI

Abstract : The Cordillera Huayhuash, situated in the Central part of the Cordillera Occidental of Peru, is one of the famous polymetallic provinces in Peru. The area consists mainly of the Cretaceous sediments and Tertiary volcanics and intrusives.

Major ore deposits in the Cordillera Huayhuash are: from north to south, Huanzala, Pachapaqui, Hilarion, Raura, Chanca, Uchucuchacua and Iscay Cruz.

They have many characteristics in common:

- (1) being of polymetallic (Ag-Pb-Zn-Cu) vein and skarn-type;
- (2) occurring in the Lower to Middle Cretaceous limestone and in Tertiary volcanics;
- (3) having a genetical relation to the Late Miocene felsic rocks intruding into the sedimentary rocks and volcanics;
- (4) having similar ore and gangue mineral assemblages (galena, sphalerite, chalcopyrite, pyrite, pyrrhotite, enar-

gite, tennantite, tetrahedrite, argentite pyrargyrite; quartz, calcite, rhodochrosite; garnet, diopside, epidote); (5) silver and antimony being concentrated in ores hosted by the volcanics.

Of the major polymetallic ore deposits, the Huanzala deposits have been studied in much more detail by the present author. Therefore, the results obtained are summarized as follows.

The Huanzala ore deposits, bedded or lenticular in form, occur mainly in the Lower Cretaceous limestone (Santa Formation). The main ore minerals are galena, sphalerite, chalcopyrite, enargite, tetrahedrite-tennantite series, argentite, pyrite, and pyrrhotite. Silver-bearing minerals are characteristically associated with chalcopyrite and tetrahedrite. The gangue minerals consist mainly of quartz, calcite and sericite with garnet diopside and epidote as skarn silicates. Since sheeted quartz porphyries sometimes occur in the ore horizons, it is indicated that the polymetallic mineralization is genetically related to the Late Miocene quartz porphyry (7.7~9.2Ma).

According to the field and microscopic observations, the mineralization is divided into three stages. The first stage is characterized by pyritization.

The second stage, continued from pyritization, is characterized by zinc, lead and copper mineralization accompanied by skarnization. The last stage is characterized by copper and silver mineralization continued from Shiroji alteration.

Based on textures and mineral compositions, the pyritic ores are grouped into two kinds; one is compact and fine-grained, another is loose and coarse-grained. The zinc ores are grouped into iron-rich sphalerite (red sphalerite) and iron-poor sphalerite (black sphalerite). The iron-rich sphalerite, occurring in the pyritic and skarn ores, includes a few blebs of copper minerals whereas the iron-poor sphalerite, generally accompanied with the Shiroji ores, is characterized by abundant inclusions of copper-bearing minerals such as chalcopyrite and bornite.

The distribution of the loose and coarse-grained pyrite generally coincides spatially with that of the iron-poor sphalerite. The compact and fine-grained pyrite was transformed into the loose and coarse-grained pyrite during the formation of the iron-poor sphalerite. The ore solution responsible for the copper mineralization of the last stage permeated into the grain boundary and cracks of the iron-rich sphalerite

resulting in the formation of the iron-poor sphalerite. The copper ores are composed mainly of chalcopyrite, bornite, chalcocite and tennantite-tetrahedrite series.

The sequence of the mineralization and the related alteration in the Huanzala deposits is considered as follows:

(1) pyritization:

- formation of compact and fine-grained pyrite, nearly simultaneous with quartz: porphyry intrusion.

(2) skarnization and zinc mineralization

- formation of skarn minerals such as garnet, diopside and epidote,
- formation of iron-rich sphalerite (pyritic ores, skarn ores).

(3) Lead and copper mineralization:

- galena and chalcopyrite formation followed by iron-rich sphalerite.

(4) Shiroji alteration (hydrothermal alteration) and zinc mineralization:

- formation of iron-poor sphalerite (Shiroji ores).
- formation of the Shiroji ores (the pyritic and skarn ores changed partly into the Shiroji ores),
- formation of loose and coarse-grained pyrite (alteration of compact and fine-grained pyrite).

(5) Late copper mineralization:

- bornite and chalcocite were disseminated in the pyritic and Shiroji ores,

- veining into the compact and fine-grained pyrite.

(6) Latest copper and silver mineralization:

- characterized by the formation of tennantite and silver-bearing minerals such as canfieldite, argentite and pyrargyrite,

- veining into the pyritic, skarn, Shiroji ores, compact fine-grained, loose coarse-grained pyrite and quartz porphyry sheets.

Although the mineralization and alteration patterns are not simple, zonal distributions of elements and ores related to the paragenetic sequence, are recognized in the Huanzala deposits. Systematic analysis of these data leads to a useful exploration guide. On this basis, many encouraging results have been obtained.

## 目 次

I. 緒 言		9
研究史		9
II. ワイワシ山系多金属鉱床帯		12
II-1 位置・交通・沿革		12
II-2 地質・鉱床概論		12
II-2-1 地質構造		12
II-2-2 鉱化作用		17
II-3 鉱床各論		18
II-3-1 パチャパキ鉱床群		18
II-3-2 イラリオン鉱床群		21
II-3-3 ラウラ鉱床群		26
II-3-4 チャンカ鉱床群		29
II-3-5 ウチュクチャクア鉱床群		31
II-3-6 イスカイクルス鉱床群		34
III. ワンサラ鉱床群		40
III-1 位置・交通・沿革		40
III-2 地質概論		40
III-2-1 地質・層序		45
III-2-2 貫入岩類		47
III-2-3 地質構造		48
III-3 鉱床概論		49
III-3-1 断層・裂か系		49
III-3-2 石英斑岩		53





VI. 鉦床生成機構解明結果の探鉦への応用と成果 .....	88
VII. ま と め .....	90
• 謝 辞 .....	92
• 文 献 .....	93
• 図 版 .....	96

## I. 緒 言

中央アンデスに分布する多金属鉱床群の本格的開発の歴史は古く、1630年セロデパスコ鉱山の開発がその端緒となっている。

中央アンデスはペルーの銀・鉛・亜鉛の主要生産地となっており、セロデパスコ鉱山のほか、ワンサラ鉱山、ミルポ鉱山、アタコチャ鉱山、ラウラ鉱山など多くの鉱山が稼働している。

三井金属鉱業（株）は三井物産（株）と共同でワンサラ鉱山（第1図）を開発操業しているほか、周辺の類似の鉱床の調査研究を実施している。

筆者は1975～1979年の4年間三井金属鉱業（株）ペルー支社に駐在し、ワンサラ鉱山の探査開発と周辺の鉱床の調査研究に従事したが、引き続き現在まで管理指導を行っている。

筆者を中心とするグループは、これまでワンサラ鉱床群の鉱床生成機構の調査研究を行ってきたがその結果、『ワンサラ鉱床群は高温交代（スカルン化）作用と、これに引続く熱水交代（白地化）作用により形成された』ことを明らかにした。

また、『ワンサラ鉱床群を含むワイワシ山系に賦存する多金属鉱床群（第1図）は、その大部分がワンサラ鉱床群と同じ鉱床生成機構を有する』ことを明らかにした。

この論文では、筆者らが1980年に発表したワンサラ鉱床群の生成機構に関する論文を中心に、これまで発表されたいくつかの研究結果、未発表の社内データ、国際協力事業団・金属鉱業事業団の調査結果等を包括して、ワンサラ鉱床群を中心にワイワシ山系に賦存する主要鉱床群の地質構造、鉱石鉱物、脈石鉱物および変質作用についてのべ、それらに基づいて鉱床の生成機構について考察する。

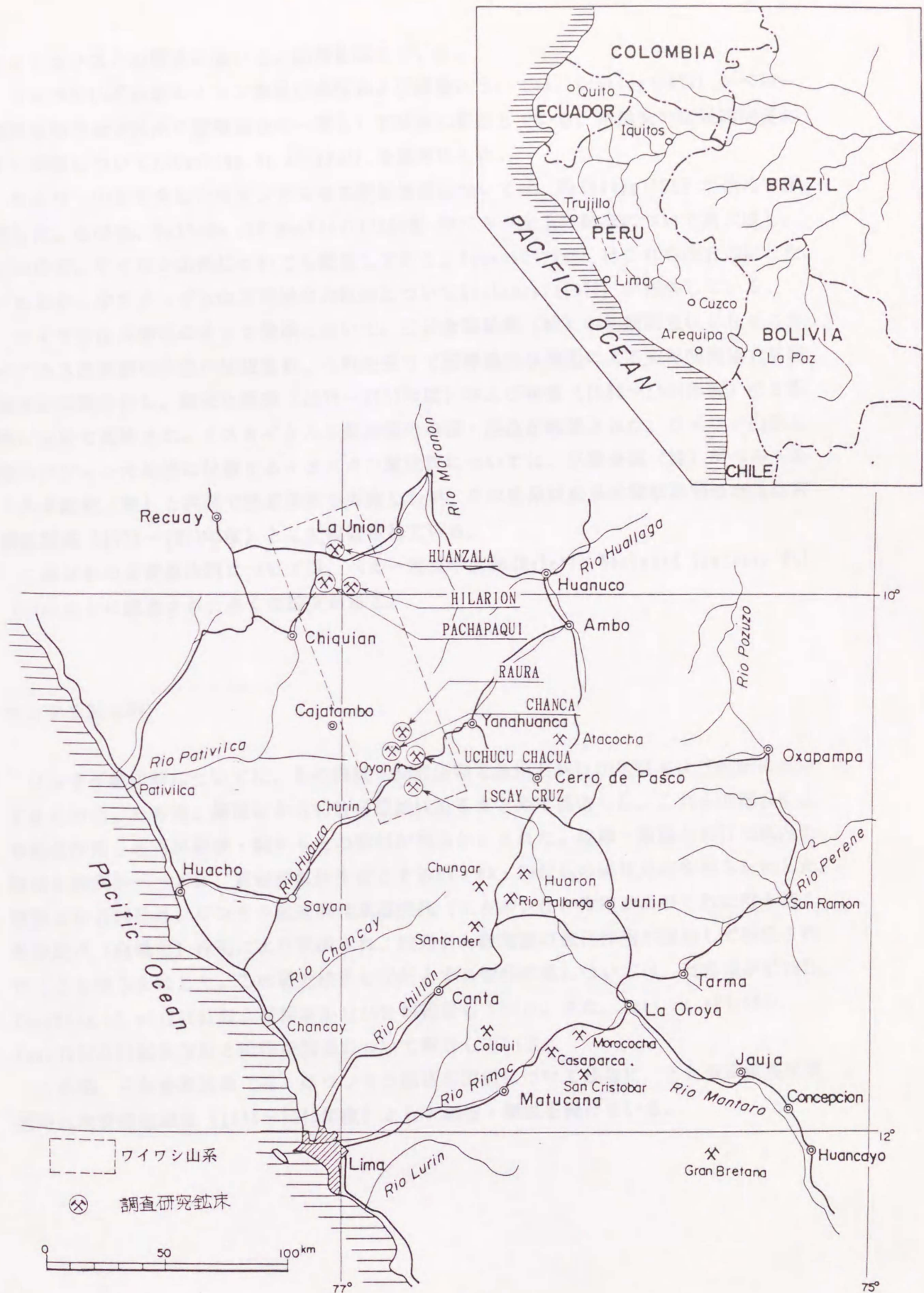
また、鉱床生成機構解明結果の探鉱への応用と成果についてもものべ、皆様のご批判・ご叱正をいただきたいと考えている。

## 研究史

ここでは、ワイワシ山系多金属鉱床帯およびワンサラ鉱床群に分けて、研究史について簡単にのべる。

### ワイワシ山系多金属鉱床帯

中央アンデスの白亜紀堆積岩類の層序はWilson (1963) により初めて明らかにされ、現在でも基本的にはWilsonによる分帯が使用されている。その後Bellido (1969) はペルー全土の地質および構造を集大成し、その中で、ワイワシ山系についても地質および構造を概説している。また、南米大陸全体の地質構造の形成については、James (1971) がプレート・



第1図 鉱床位置図

テクトニクスとの関連において、説明を試みている。

ワイワシ山系南部のオヨン地域の地質および構造については、Cobbing(1973) がペルー地質鉱物冶金研究所の図幅調査の一環として詳細に報告している。本論文の広域的地質および構造についてはCobbing, et al(1981) を参考にした。

ワイワシ山系を含む中央アンデスの主要鉱床群については、Petersen(1965)が始めて総括した。その後、Bellido and Montreuil(1969) はペルー全土の鉱床について集大成し、その中で、ワイワシ山系についても概説している。Ponzoni(1980) はこれを改訂追記した。このほか、中央アンデスの石灰岩中の鉱床についてBorkowski(1975) が報告している。

ワイワシ山系南部のオヨン地域において、三井金属鉱業(株)の初期調査によりイスカイクルス鉱床群の存在が確認され、これを受けて国際協力事業団による資源開発協力基礎調査が実施された。調査は概査(1979~1981年度)および精査(1982~1984年度)の2段階に分けて実施され、イスカイクルス鉱床群の規模・品位が確認された。ワイワシ山系北部のワジャンカ地域に位置するイラリオン鉱床群については、三菱金属(株)がペルーのミルポ鉱業(株)と共同で調査探鉱を実施したが、その成果は金属鉱業事業団の海外地質構造調査(1975~1977年度)として報告されている。

このほかの主要鉱床群については、ペルー地質学会誌(Boletin Sociedad Geologia del Peru)などに発表された多くの論文がある。

#### ワンサラ鉱床群

ワンサラ鉱床群については、その探鉱・開発段階で及川(1968)が地質および鉱床についてまとめた。その後、堀田ほか(1973)は探鉱成果をまとめて報告した。これらの報告により鉱化作用と石英斑岩脈・裂か系との関係が明らかにされた。佐藤・斎藤(1977)は坑内の精密な観察をベースに、黄鉄鉱鉱体を核とするCu・Pb・Zn鉱石の帯状分布を明らかにした。深堀ほか(1980)は、ワンサラ鉱床群は高温交代(スカルン化)作用およびこれに引き続く熱水交代(白地化)作用により形成され、数回また数種類の鉱化作用が重複して形成されたことを明らかにした。この研究成果を指針とする探鉱成果については、斎藤ほか(1981), Tsuchiya, et al(1983)および浜ほか(1986)が報告している。また、Imai, et al(1985), Imai(1986)は鉱化作用と鉱物相関係について報告している。

この間、三井金属鉱業(株)はワンサラ鉱床群周辺について独自に、また金属鉱業事業団海外地質構造調査(1974~1989年度)として調査・探鉱を続けている。

## II. ワイワシ山系多金属鉱床帯

### II-1 位置・交通・沿革

ワイワシ山系はペルー中央アンデスのアンデス西部山脈中に位置し、幅30~50km、延長200kmの規模を有する(第1図)。本山系は3,000~6,000mの急峻な山岳をなし、最高峰はChiquian東方のEl Paja山(6,634m)である。ワイワシ山系には山系の方向に直交する溪谷が発達し、道路は溪谷に沿ってのみ存在する。

本山系に至る道路は、北部を横断するPativilca-Huanuco国道と、南部を横断するHuacho-Cerro de Pasco国道のみである。これらの国道にはいずれも標高5,000m以上の峠があり、国道とは名のみの山岳道路である。

本山系に分布する多金属鉱床群の発見は古く、1630年には本山系の東に隣接するセロデパスコ鉱山が開発されており、本山系中のラウラ鉱山も1600年代末のスペイン植民地時代に開発されている。

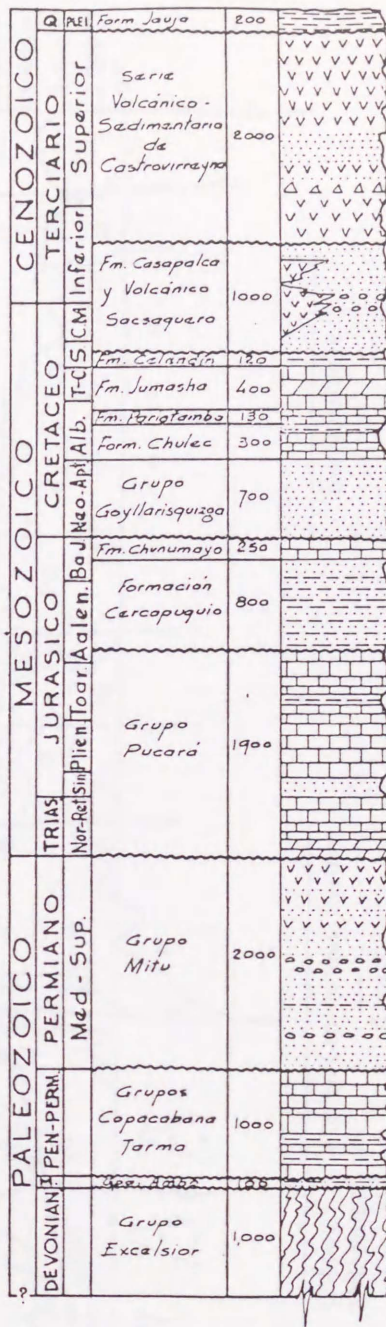
### II-2 地質・鉱床概論

#### II-2-1 地質

第2図に、Bellido(1969)によるペルー中央アンデスの模式地質柱状図を、第3図に国際協力事業団(1985)による同地域の地質構造模式図を示す。第3図から明らかなように、ペルー中央アンデスは、地形的には太平洋側から大陸側へ、Cordillera Occidental(西部山脈)とCordillera Oriental(東部山脈)に分けられ、地質的には、基盤をなす先カンブリア界に加えて、古生界、中生界および新生界から構成される。ワイワシ山系多金属鉱床帯は大部分がワイワシ山系(Cordillera Huayhuash)の西斜面に位置し、行政的にはAncash県、Huanuco県、Lima県の3県に属する(第4図)。

地質的にはその大部分がCobbing(1973)による白亜紀堆積盆地帯に、また、構造上はWilson(1963)による褶曲一衝上断層帯に位置する。

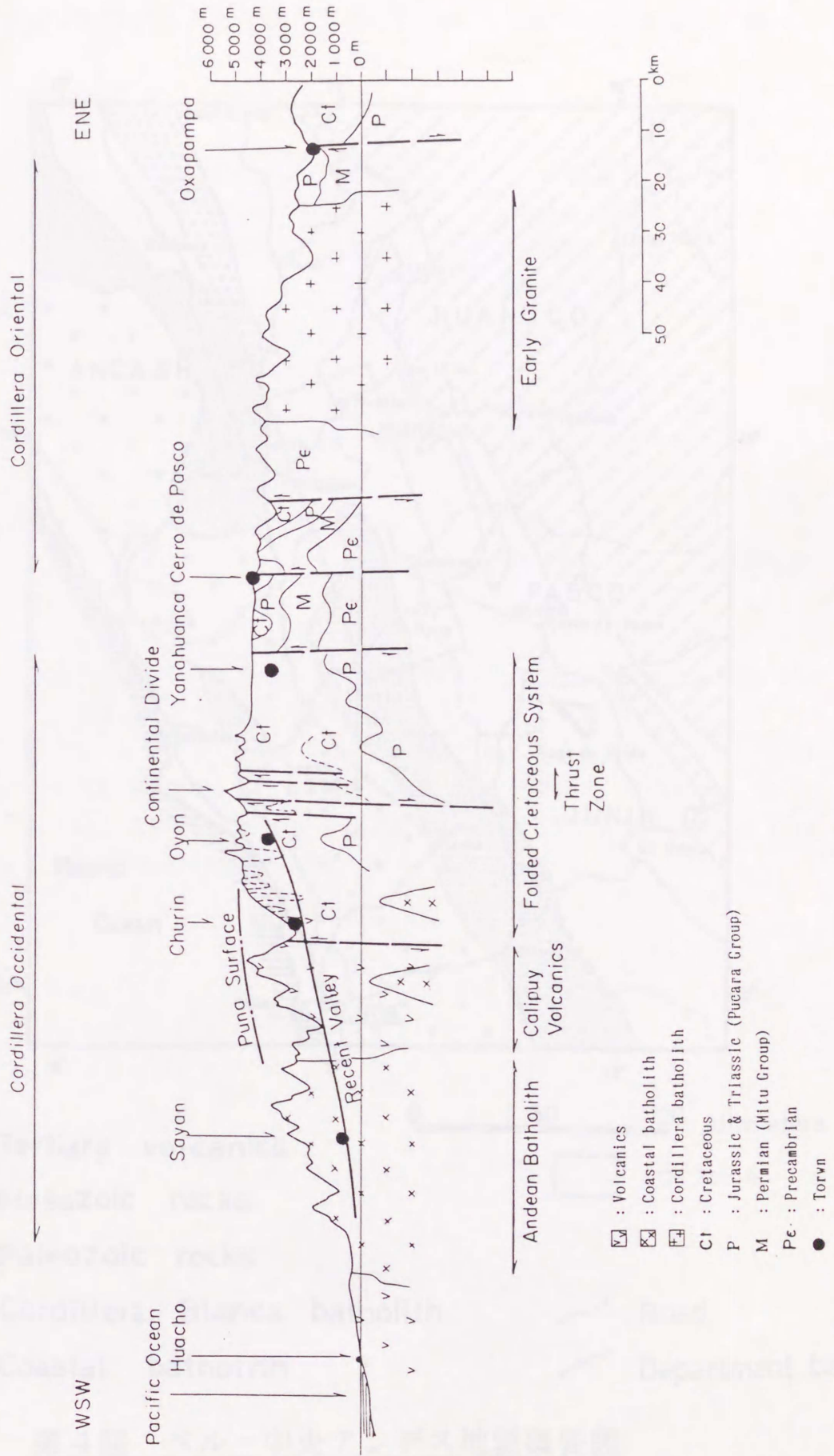
第3図に示すように本鉱床帯の東側には古生代堆積岩類、先カンブリア紀変成岩類よりなる東部山脈があり、西側は第三紀火山岩類が分布し、これに巨大な面積を占めるコストルバソリスが貫入している。



SIERRA CENTRAL  
Megard(1968)

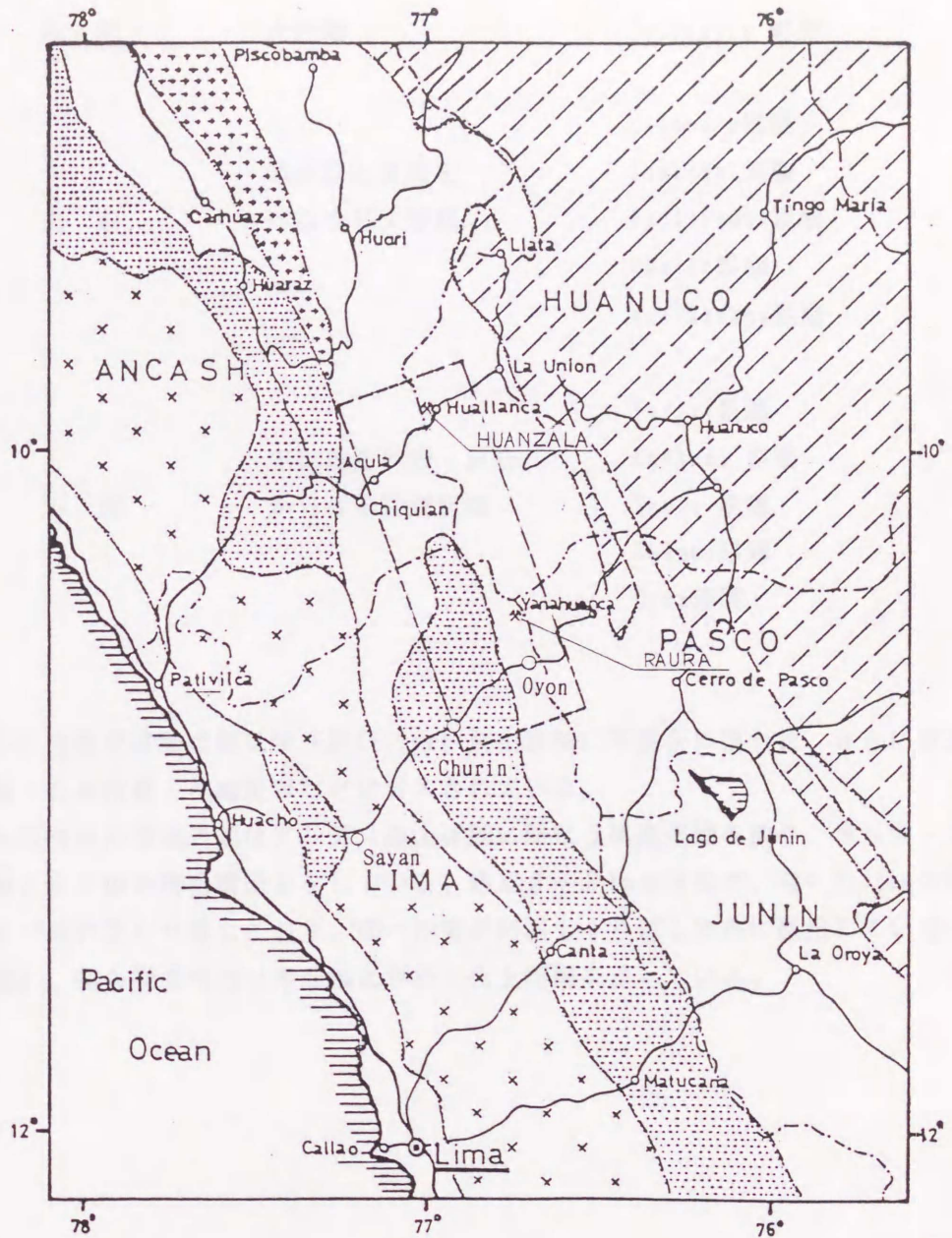
第2図 パルー中央アンデス地質柱状図

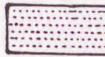
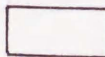
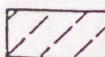
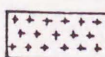
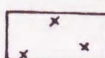



(Bellido(1969) より引用)



第3図 ペルー中央アンデス地質構造模式図

(国際協力事業団(1985)より引用)



-  Tertiary volcanics
-  Mesozoic rocks
-  Paleozoic rocks
-  Cordillera Blanca batholith
-  Coastal batholith
-  ワイワシ山系
-  Road
-  Department boundary

第4図 ペルー中央アンデス地質概要図



本鉱床帯には白亜紀堆積岩類が広く厚く分布するが、その層序は下記のとおりである。

最上部	赤色層	Casapalca 累層
		Celendin 累層
	泥灰岩と頁岩を	Jumasha 累層
上 部	伴なう石灰岩類	Pariatambo 累層
		Chulec 累層
		Pariahunca 累層
		Farrat 累層
	主に珪質砂岩・頁岩	Carhuaz 累層
下 部	からなる碎屑岩類	Santa 累層
		Chimu 累層
		Oyon 累層

これらの白亜紀堆積岩類は第三紀Calipuy 火山岩類に不整合に覆われ、さらに第三紀トナール岩・石英斑岩・花崗斑岩などに貫入されている。

これらの白亜紀堆積岩類はアンデス造山運動に伴なう構造運動を被り、NNW-SSE 方向を軸とする複合褶曲構造をなしている。通常2~3kmの周期で、時に数10kmの周期で背斜および向斜をくり返しており、同一地層が何回もくり返し地表に露出している（例えば第3図）。複合褶曲構造は褶曲軸に平行な衝上断層を伴っている。

## II-2-2 鉍化作用

本鉍床帯に賦存する主要鉍床群は、その大部分がワイワシ山系の西斜面に位置している（第4図）。また、主要鉍床群は、その大部分が白亜紀堆積岩類中に存在し、鉍床区分では中央アンデス多金属鉍床区に含まれる。

本鉍床帯に賦存する鉍床群は、全体に複雑な形態および鉍物組合せをその特徴としている。

形態的には鉍脈状、層状、塊状、鉍染状、ストックワーク状、チムニー状などがあり、これらが同一鉍床群内でも複雑に組合さっていることが多い。

鉍石鉍物としては方鉛鉍、閃亜鉛鉍、黄銅鉍を主とし、硫砒銅鉍、四面銅鉍、濃紅銀鉍、淡紅銀鉍、輝銀鉍などを伴うことがある。

本鉍床帯に賦存する主要鉍床群は、北から南へ、下記のとおりである。

	[鉍床群名]	[現況]	[鉍種]
北	ワンサラ (Huanzala) 鉍床群	操業中	Ag・Pb・Zn (Cu)
↑	パチャパキ (Pachapaqui) 鉍床群	操業中	Ag (Cu・Zn)
	イラリオン (Hilarion) 鉍床群	探鉍中	Pb・Zn (Ag)
	ラウラ (Raura) 鉍床群	操業中	Ag・Pb・Zn (Cu)
	チャンカ (Chanca) 鉍床群	操業中	Ag
↓	ウチュクチャクア (Uchucuchacua) 鉍床群	操業中	Ag
南	イスカイクルス (Iscaicruz) 鉍床群	探鉍中	Pb・Zn (Ag)

## II-3 鉱床各論

### II-3-1 パチャパキ鉱床群

#### (1) 地質構造

パチャパキ鉱床群はパチャパキ (Pachapaqui) 村の東方、Pativilca 川の源流、海拔 4,000 ~ 4,700m に位置する (第1図、第5図)。本鉱床群の地質鉱床図を第5図に示す。

本鉱床群付近には、強い褶曲作用と断裂作用を受けた白亜紀堆積岩類下部層、上部層が広く分布し、これを石英斑岩、花崗斑岩などの酸性火成岩類が岩株状・岩脈状・岩床状に貫いている。岩株は全体に小さく、最大の岩株で 1,000 × 600m 程度である。

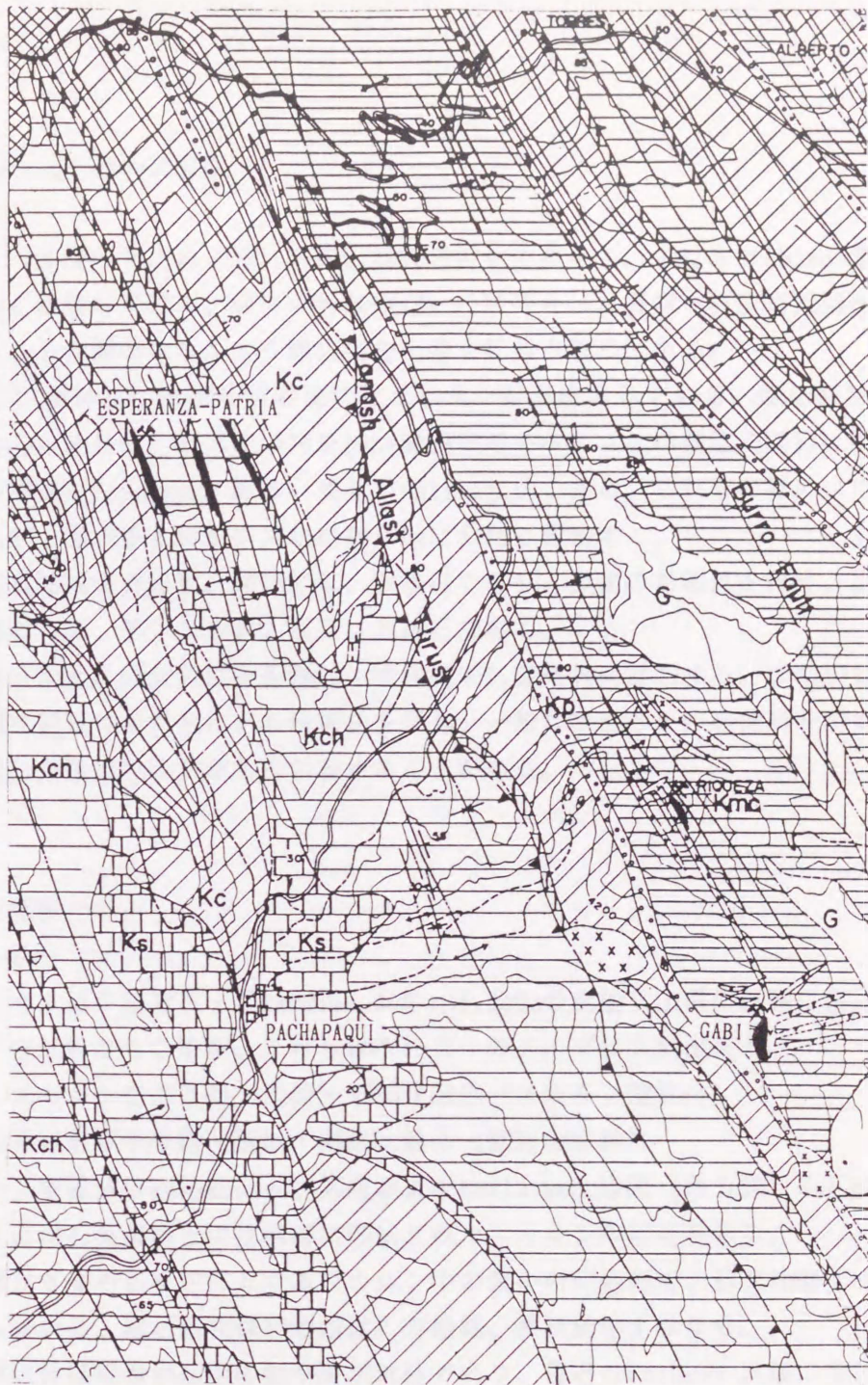
北西部には、火砕質の Calipuy 火山岩類が下位の白亜紀堆積岩類と不整合関係で広く分布する。本鉱床群付近の火山岩類中には鉱化作用は認められない。

本鉱床群付近の白亜紀堆積岩類は下記のとおり分類される。

[累層名]	[層厚]	[岩相]
Pariahuanca 累層	100 m	頁岩をはさむ灰色石灰岩 (鉱床母岩)
Farrat 累層	50 m	珪岩
Carhuaz 累層	400 m	砂岩、頁岩、凝灰岩、珪岩
Santa 累層	80 m	石灰岩および石灰質頁岩 (鉱床母岩)
Chimu 累層	500 m	珪岩、砂岩、頁岩、石炭

#### (2) 鉱化作用

本鉱床群には 18 × 9 km の範囲に種々のタイプの鉱床が散在 (Bernal (1975)) するが、すべての鉱床が多金属浅熱水性ないし中熱水性型に属する。主要鉱床は北部の Esperanza-Patria 鉱床と、南部の Gabi 鉱床である。



第5図 パチャパキ鉬床群地質鉬床図 (金属鉬業事業団(1988)に一部加筆修正)

## ① Esperanza-Patria 鉍床

パチャパキ村の北方約8km、標高4,400m付近に位置する。本鉍床はChimu 累層の上位ないしSanta 累層の下位の、層に平行な幅40m の破碎された頁岩・石灰岩互層を交代した鉍床であり、その層準はワンサラ鉍床群の1号Q 鉍体と同じである。

鉍床の地表付近には多孔質の褐鉄鉍ゴッサンが形成されている。鉍床胚胎層は走向N20° W方向に伸長し、同方向の軸を持つ背斜構造をなし、その構造の両翼に鉍体が存在する。この西翼がEsperanza 鉍体、東翼がPatria鉍体である。これらの鉍体は地層に平行に幅1~4m で層状またはレンズ状に数100mにわたり断続する。

主要鉍石鉍物は方鉛鉍、閃亜鉛鉍、黄鉄鉍であり、少量の黄銅鉍を伴う。脈石鉍物は菱鉄鉍、緑れん石、アンケル石、石英、方解石である。鏡下では方鉛鉍、閃亜鉛鉍が菱鉄鉍、黄鉄鉍中に鉍染状に散在する。また少量の黄銅鉍を伴う。閃亜鉛鉍は黄褐色ないし暗褐色を呈し、一般に半自形または他形を示す。時にその中に離溶した微細粒の黄銅鉍を包有することがある。

## ② Gabi 鉍床

パチャパキ村の東方5~7km 海拔4,200~4,800mの急峻な山岳の斜面に位置する。本鉍床は多くの鉍体からなるが、これらは次の2つのタイプに大別出来る。

(i) スカルンを伴う鉛・亜鉛・銅塊状鉍体 (スカルン型鉍体)

(ii) 堆積岩類中の鉛・亜鉛・銅脈状鉍体 (鉍脈型鉍体)

スカルン型鉍体はPariahuanca 累層およびPariatambo累層 (第5図) の石灰岩と、石英閃緑岩または石英斑岩との接触部に形成されたスカルン中に存在する。

鉍石部はざくろ石を主体とするスカルン中の裂かの交合部で、石英細脈が密集する部分に発達している。鉍石鉍物は閃亜鉛鉍、方鉛鉍、黄鉄鉍等よりなる。

鉍脈型鉍体は堆積岩類中の裂か充填鉍体であり、母岩はCarhuaz 累層の砂岩、Pariahuanca累層 (第5図) の石灰岩・頁岩の互層におよぶが、いずれも石英斑岩岩脈の近くに脈状に分布する。

鉍脈の走向、傾斜はN20~30° W、60~80° SW、ならびにN70~80° E、80~90° SEであり、石英斑岩岩脈の方向とほぼ一致している。

鉍石鉍物は方鉛鉍、閃亜鉛鉍、黄銅鉍からなり、脈石鉍物は石英、方解石、バラ輝石などよりなる。

## II-3-2 イラリオン鉱床群

### (1) 地質構造

本鉱床群はワジャンカ(Huallanca)村南西12kmの海拔4,700～4,800mに位置する(第1図)。付近は氷河地形が発達し、5,000m以上の高山が連なり、5,000m以上の地点は氷河または万年雪に被われている。地形は極めて急峻で、露頭の大部分は氷河直下の急斜面に位置する(第6図)。

本鉱床群は1975～1978年の3年間三菱金属(株)とミルポ鉱業(株)が独自に、また一部は金属鉱業事業団が海外地質構造調査として調査・探鉱を実施した。

第7図に示すように本鉱床群付近は白亜紀Carhuaz 累層の砂岩・頁岩、Pariahuanca 累層の石灰岩およびPariatambo累層(第5図参照)の黒色頁岩・石灰岩互層が分布し、これらの地層は著しい褶曲作用を被っている。

Pariatambo累層は一般に層厚600mとされているが、褶曲や断層による転位などによって極めて複雑な構造を示しており、正確な層厚を把握することは困難である。

本鉱床群付近は広域的にみて火成活動が最も活発に行なわれた地域であり、酸性火成岩類が岩株状、岩脈状に白亜紀堆積岩類中に多数貫入している。岩脈状を示すものは石英斑岩が多いが他に斑状閃長岩、斑状モンゾニ岩も認められ、岩株状をなすものは細粒花崗閃緑岩である。

本鉱床群付近の最も顕著な変質作用は、酸性火成岩類の貫入部周辺における接触変成作用と、この酸性火成岩類の一部と密接に関連して形成されたと見られる熱水変質作用である。

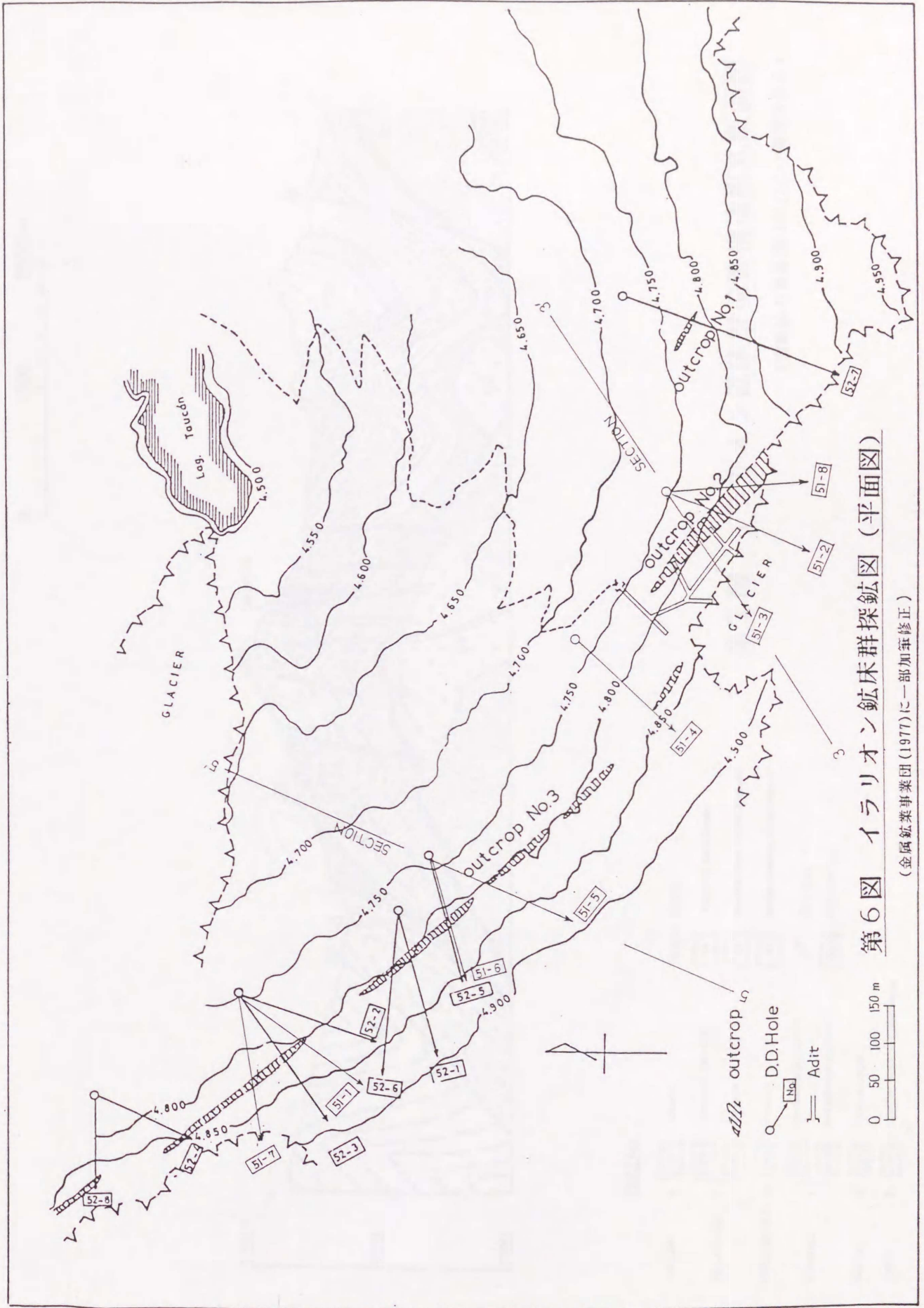
接触変成作用は、一般に堆積岩類に再結晶作用と珪化作用を与えている。変質鉱物としては緑れん石、黒雲母が顕著で緑泥石を伴うなど、スカルン帯と類似の鉱物組合せとなっている。

熱水変質作用は、酸性火成岩類中およびその周辺の堆積岩類に発達する。変質作用は方解石化、緑れん石化、緑泥石化が顕著である。

### (2) 鉱化作用

イラリオン鉱床群の試錐断面図を第8図に示す。本鉱床群の主要鉱床は、石英斑岩の岩株または岩脈に沿って脈状ないし塊状をなす鉛・亜鉛接触交代鉱床である。鉱石鉱物は方鉛鉱、閃亜鉛鉱であり、少量の黄銅鉱と極少量の四面銅鉱を伴う。脈石鉱物は方解石、緑泥石、緑れん石、ざくろ石、カオリン等である。

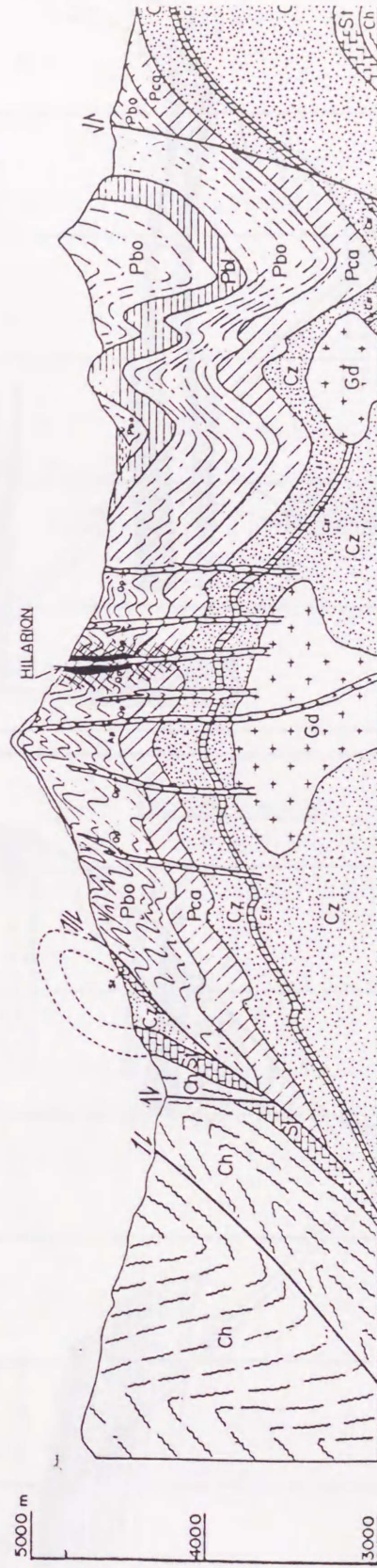
鉱石部は塊状、網状、鉱染状をなして地層に沿って発達することが多いが、一般に黒色頁岩中では網状～鉱染状を呈し低品位であり、石灰岩中では塊状で高品位である。高品位



第6図 イラリオン鉱床群探鉱図 (平面図)

(金屬鉱業事業団(1977)に一部加筆修正)

0 1000 2000 m



LEGEND

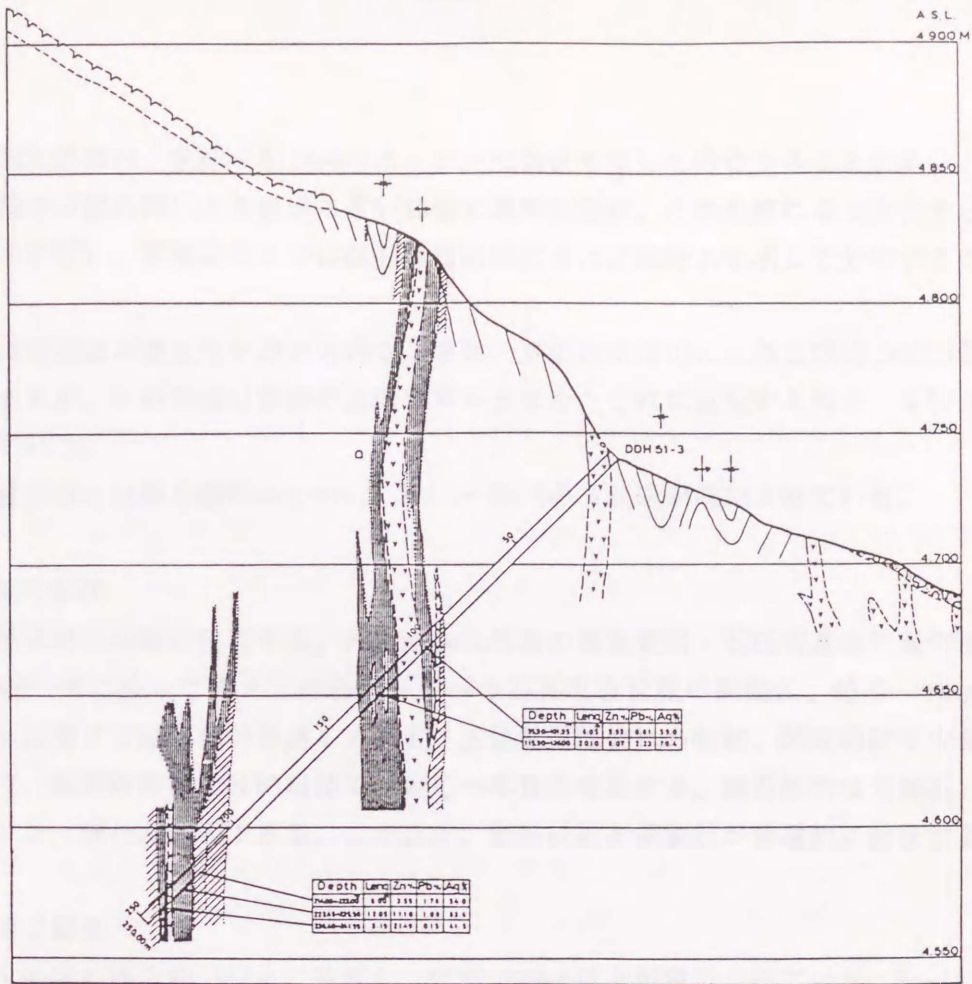
JUMASHA	F.		Limestone	IGNEOUS ROCKS		Admetalic quartz porphyry
PARIATAMBO	F.		Black shale, Limestone		Quartz porphyry, Andalusite-Porphyrile	
			Limestone		Microgranodiorite, Dacite, Rhyolite	
PARIAHUANCA	F.		Limestone		Ore body	
			Sediments, Shale, Quartzite		Mineralized zone	
CARRHUAZ	F.		Red bed (shale/sandstone)			
			Limestone, Shale			
SANTA	F.		Limestone, Sandstone, Black shale			
CHIMU	F.		Quartzite, Sandstone, Black shale			

第7図 イラリオン鉞床群地質構造模式断面図

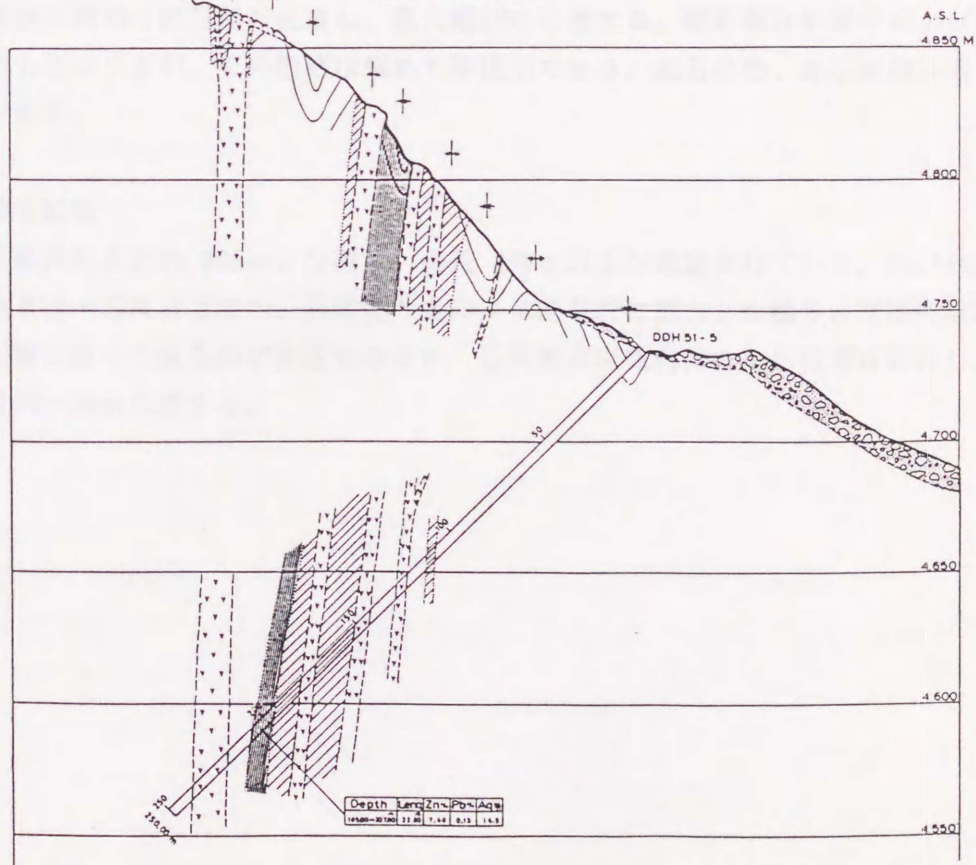
(国際協力事業団(1977)に一部加筆修正)



SECTION 3 - 3



SECTION 5 - 5'



- LEGEND
-  Limestone
  -  Quartz porphyry
  -  Ore body
  -  Mineralized zone
  -  Boring

第8図 イラリオン鉱床群探鉱図 (試錐断面図)

(金属鉱業事業団(1977)より引用)

部と低品位部は、数cm～数10cmのオーダーで縞状を呈して分布することが多い。また、堆積岩類中の鉱石部は石英斑岩に近い部分で優勢となり、これを離れると劣化する傾向がある（第8図）。石英斑岩中では鉱石部は鉱染状または細脈状を示して分布することが多く、

一部に方鉛鉱の濃集部が認められる。また、主要鉱床周辺には極低品位の鉱染状鉱化部が発達するが、その分布は地層の走向NW-S Eと、これに直交するNE-S W方向に規制されている。

本鉱床群には第6図のout crops No.1～No.3の3鉱床が確認されている。

#### ① 第1鉱床

本鉱床群の南部に位置する。Pariatambo累層の黒色頁岩・石灰岩互層の層理面の走向N 30～40° Wに沿って貫入した幅5～8mの石英斑岩岩脈の両側に、幅5～10m、延長数100mに達する鉱石部が発達している。主要鉱石鉱物は方鉛鉱、閃亜鉛鉱で少量の黄銅鉱を伴う。鉱石鉱物は比較的粗粒で、自形～半自形を呈する。脈石鉱物は方解石、緑泥石、カオリン、緑れん石等である。このほか、磁硫鉄鉱と黄鉄鉱が普遍的に存在する。

#### ② 第2鉱床

第1鉱床の西方約200mに位置し、延長250m以上が確認されている。Pariatambo累層の黒色頁岩・石灰岩互層の、層理面の走向にはほぼ平行に貫入した安山岩質f岩および石英斑岩岩脈の両側に鉱石部が発達し、最大幅50mに達する。鉱石部は岩脈中および南部の岩株中にも発達するが、その形態は極めて不規則である。鉱石鉱物、脈石鉱物は第1鉱床と同じである。

#### ③ 第3鉱床

第2鉱床の北方約600mに位置し、延長300m以上が確認されている。Pariatambo累層の黒色頁岩・石灰岩互層の、層理面の走向にはほぼ平行に貫入した幅5m程度の数脈の石英斑岩岩脈に沿って鉱石部が発達するほか、石英斑岩岩脈自体にも鉱石部は存在し、その規模は幅10～30mに達する。

## II-3-3 ラウラ鉍床群

### (1) 地質構造

本鉍床群はオヨン(Oyon)村の北方25km、ワイワシ山系の分水嶺近く海拔4,500~5,700mに位置し、露頭の大半が氷河に被われている(第1図、第9図)。

本鉍床群付近はJumasha 累層およびMachay累層(第5図参照)に属する白亜紀石灰岩類が広く分布し、これに閃緑岩、石英安山岩質斑岩などよりなる複合岩株が貫入している。これらの複合岩株は東西約2km、南北7km以上の規模を有し、周辺の石灰岩に大理石化、珪化、緑れん石化、ざくろ石化などの変質・変成作用を与えている。

本鉍床群は衝上断層帯中にあり、NNW-SSE系の衝上断層が主要断層である。鉍化作用は、密に発達するE-W系の急傾斜の断層・裂かに関係(Tumialan, et al(1980))する。

### (2) 鉍化作用

第9図に示すように主要鉍床にはE-W系の断層・裂かを充填した鉍脈と、石灰岩を交代したスカルン鉍床の2種類がある。鉍脈は貫入岩体中および変質・変成石灰岩中に存在する。

主要鉍床は、南より北へ、Hada, CatuvaおよびFlor de Lotoがあり、鉍床形態および鉍質に著しい差異がある。

#### ① Hada鉍床

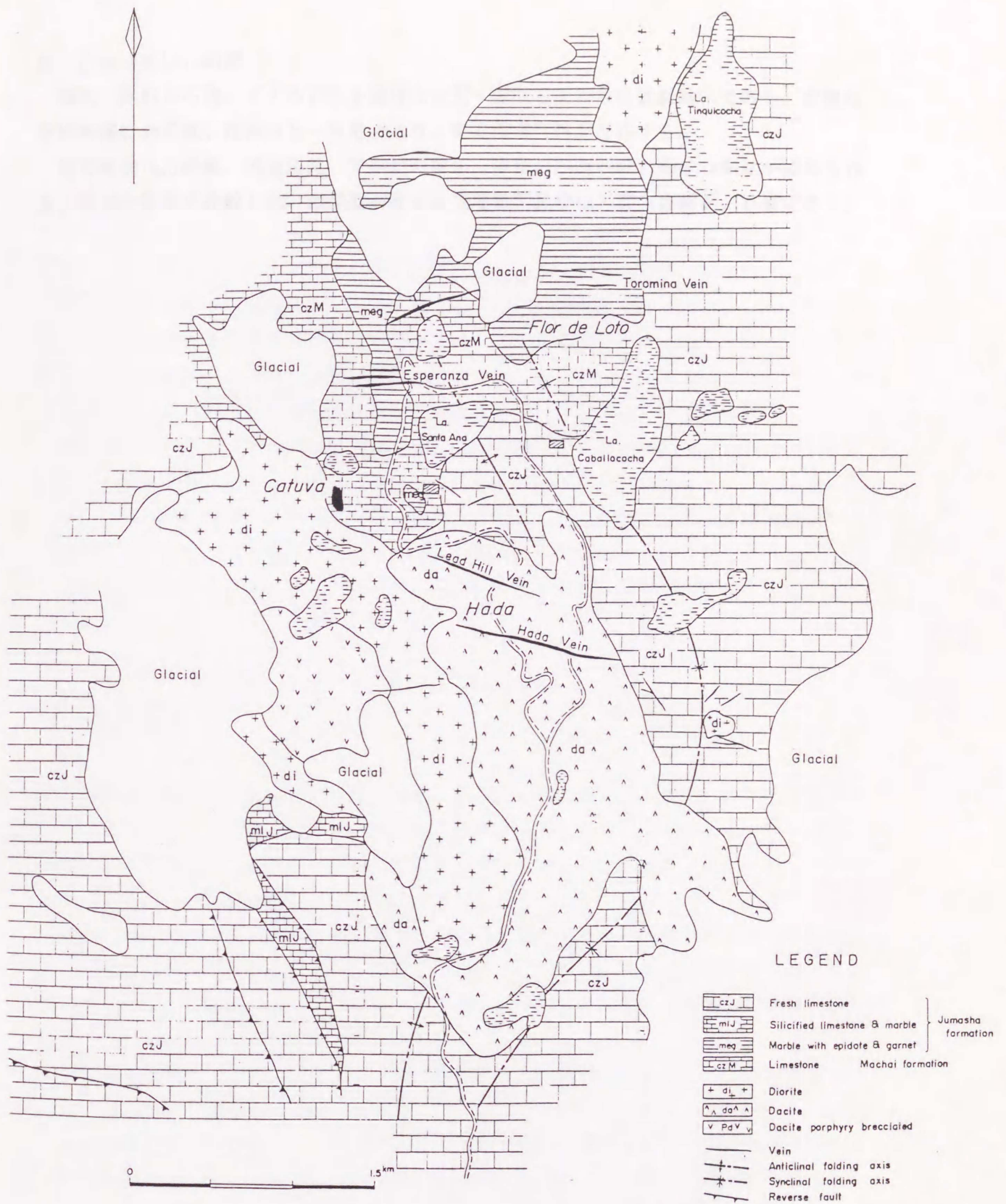
石英安山岩岩脈沿いの鉍脈であり、走向E-W、南へ急傾斜する鉍脈数脈が雁行状に配列する。通常脈幅は1m前後であるが4m程度に達する場合もあり、延長は200~400m程度である。

主要鉍石鉍物は方鉛鉍、閃亜鉛鉍であり、方鉛鉍に富むことが特徴である。脈石鉍物は石英、方解石、菱マンガン鉍を主とし、黄鉄鉍を普遍的に伴う。

#### ② Catuva鉍床

閃緑岩岩株に近接した石灰岩中のスカルン型交代鉍床であり、その規模は長径60m、短径40m、垂直延長300mに達する。

鉍石鉍物は閃亜鉛鉍、方鉛鉍、輝銀鉍であり、閃亜鉛鉍中の鉄含有量が多いのが特徴である。脈石鉍物はざくろ石、緑色スカルン鉍物、石英、方解石などであり、黄鉄鉍を普遍的に伴う。



(ラウラ鉱山(株)資料に一部加筆)

第9図 ラウラ鉱床群地質鉱床図

③ Flor de Loto 鉍床

珪化、緑れん石化、ざくろ石化を受けた変質・変成石灰岩中の鉍脈鉍床である。鉍脈は平均脈幅0.9m程度、走向はE-W系であり、多くの平行脈が存在する。

鉍石鉍物は方鉛鉍、閃亜鉛鉍、黄銅鉍のほか、少量の四面銅鉍、銀ゆう銅鉍が認められる。他の2鉍床に比較し銅、鉛品位が高い。主要脈石鉍物は石英、方解石、石膏である。

## II-3-4 チャンカ鉍床群

### (1) 地質構造

本鉍床群はオヨン村の北西10km、Palivilca 川の源流に近い海拔4,600～4,700mに位置し、付近は一部に氷河地形が発達するが、全体として高原状地形を呈する(第1図)。第10図に示したように本鉍床群付近には第三紀下部のCalipuy 火山岩類に属する安山岩質、石英安山岩質および玄武岩質の集塊岩、角礫凝灰岩、溶岩などが広く分布する。これらの火山岩類は白亜紀堆積岩類を不整合に覆っている。北部にはPariahuanca 累層の石灰岩、Farral累層の砂岩、Carhuaz 累層の頁岩・砂岩が分布しており、火山岩類とはアバット関係で接する。これらに後期の石英安山岩が岩脈状あるいは岩株状に不規則に貫入している。

また、NNW-SSE系の断層がほぼ200m間隔で規則的に発達し、火山岩類にかなりの転移を与えている。これらの断層は、下位の白亜紀堆積岩類の褶曲軸と一致している。従って、これらの断層は下位の堆積岩類の構造を反映し、上位の火山岩類の構造を規制しているだけでなく、後期の石英安山岩の貫入方向をも規制していると推定される。

これらの断層間にはENE-WSW系の裂かが多数発達し、これらに鉍化作用が伴っている。

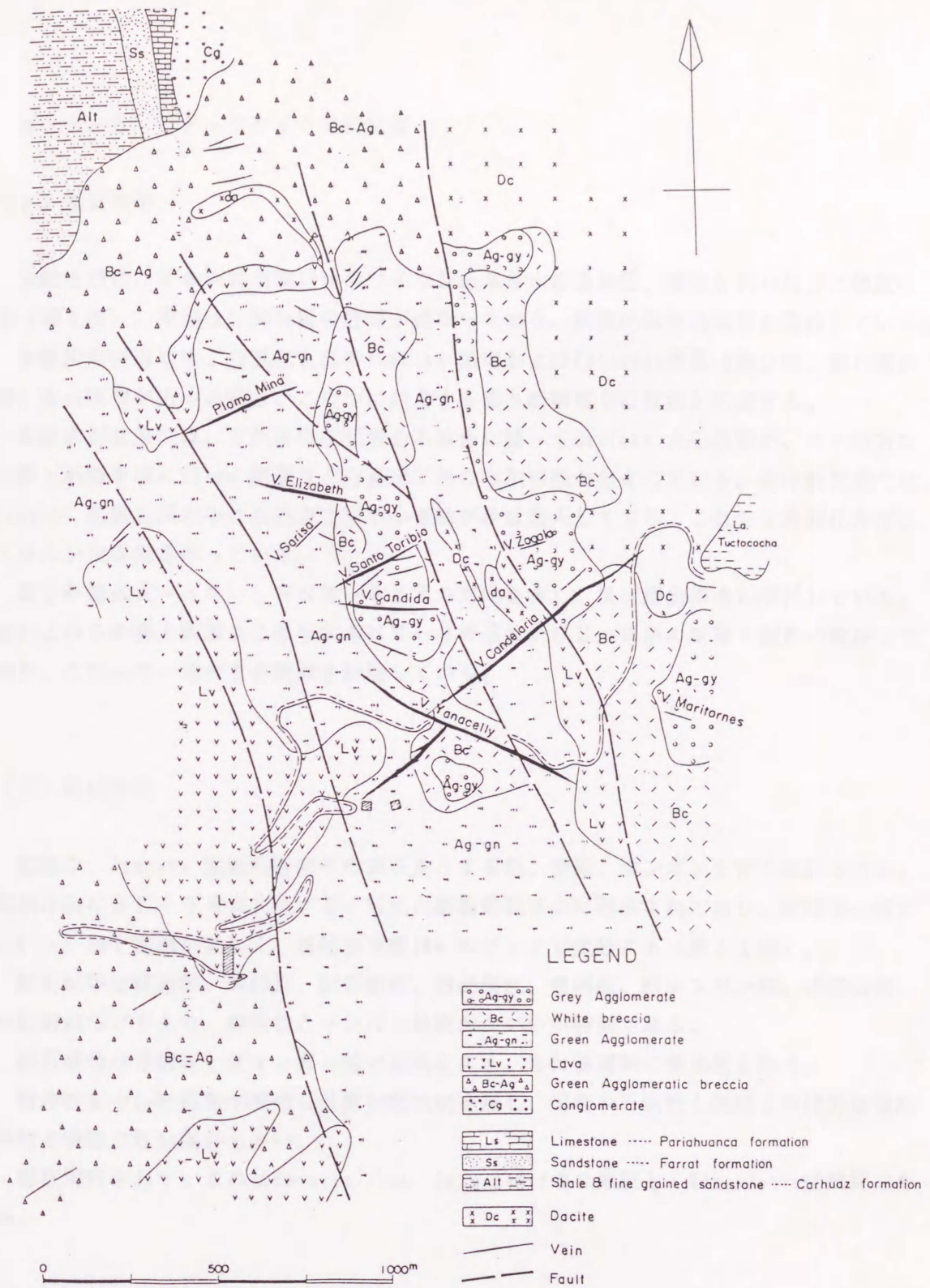
### (2) 鉍化作用

本鉍床群はCalipuy 火山岩類中に胚胎し、銀を主とする鉍脈よりなる。鉍脈の方向は全体的にENE-WSW方向であり、広範囲に分布するが鉍脈が特に密集するのは東西700m、南北200mの範囲である。鉍脈は18脈が記載されているが、この内稼業対象となっているのはCandelaria, Yanacellyなど7脈である(第10図)。

Candelaria脈は延長1,800mにわたるが、この内稼業対象となる高品位部は600mの範囲である。脈幅は最大2mに達するが、通常1.5m以下、平均0.85mであり膨縮が激しい。また、NNW-SSE系断層による100m程度の転移および緩傾斜の割目による数m程度の転移があり、これらが鉍脈の連続性を複雑にしている。

主要鉍石鉍物は方鉛鉍、淡紅銀鉍、濃紅銀鉍、安四面銅鉍であり、脈石鉍物は菱マンガン鉍、ばら輝石、方解石、石英である。

鉍脈は地表付近では酸化溶脱されており、下方は無鉍化脈となっている。鉍脈は垂直方向に400m程度連続し、上部から下部へSb→Ag→Pb・Zn→Cu→Feの帯状分布が認められる。



第10図 チャンカ鉱床群地質鉱床図

(ラウラ鉱山(株)資料)  
に一部加筆

## II-3-5 ウチュクチャクア鉱床群

### (1) 地質構造

本鉱床群は、オヨン村東方10kmのワイワシ山系分水嶺西斜面、海拔4,600m付近に位置する(第1図)。東側は5,000m級の岩峰が連なっており、典型的な氷河地形が発達している。

本鉱床群付近には、白亜紀上部のJumasha 累層およびCelendin累層(第2図、第11図参照)の石灰岩が広く分布し、この中に存在する衝上断層帯中に鉱脈が発達する。

本鉱床群北方には、これらの石灰岩を不整合に覆ってCalipuy 火山岩類が、また西方には衝上断層を境にChimu 累層など白亜紀下部の堆積岩類が分布している。鉱床群付近では、Jumasha 累層石灰岩中に石英安山岩の小岩株が多数貫入しており、これらは角礫化作用とスカルン化作用を伴っている。

衝上断層はN-SないしNNW-SSEの方向を有し、ほぼ褶曲構造に平行している。またこれらの衝上断層より派生するNE-SW系およびE-W系の断層・裂かが発達しており、これらの一部が主要鉱脈を胚胎している。

### (2) 鉱化作用

鉱床は、Jumasha 累層石灰岩中の銀を主とする鉛、亜鉛、マンガンを伴う鉱脈である。鉱脈は主にNE-SW系およびE-W系の断層破碎帯中に形成されており、脈幅は一般に1.0~1.5mで膨縮が激しく、富鉱部は数10mのピッチで変動する(第11図)。

鉱石鉱物は輝銀鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、四面銅鉱、黄銅鉱、軟マンガン鉱、濃紅銀鉱、淡紅銀鉱などであり、銀鉱物とマンガン鉱物が多いのが特徴である。

脈石鉱物は方解石と菱マンガン鉱で石英を欠き、また普遍的に黄鉄鉱を伴う。

破碎帯を中心に鉱脈が発達し外側は鉱染状を呈し、母岩の石灰岩と鉱脈との境界部は漸移的で明瞭でない場合も多い。

現在稼行されているのはSocorro, Luz, Casualidadの3鉱脈と、Zona Nueva鉱脈群である。

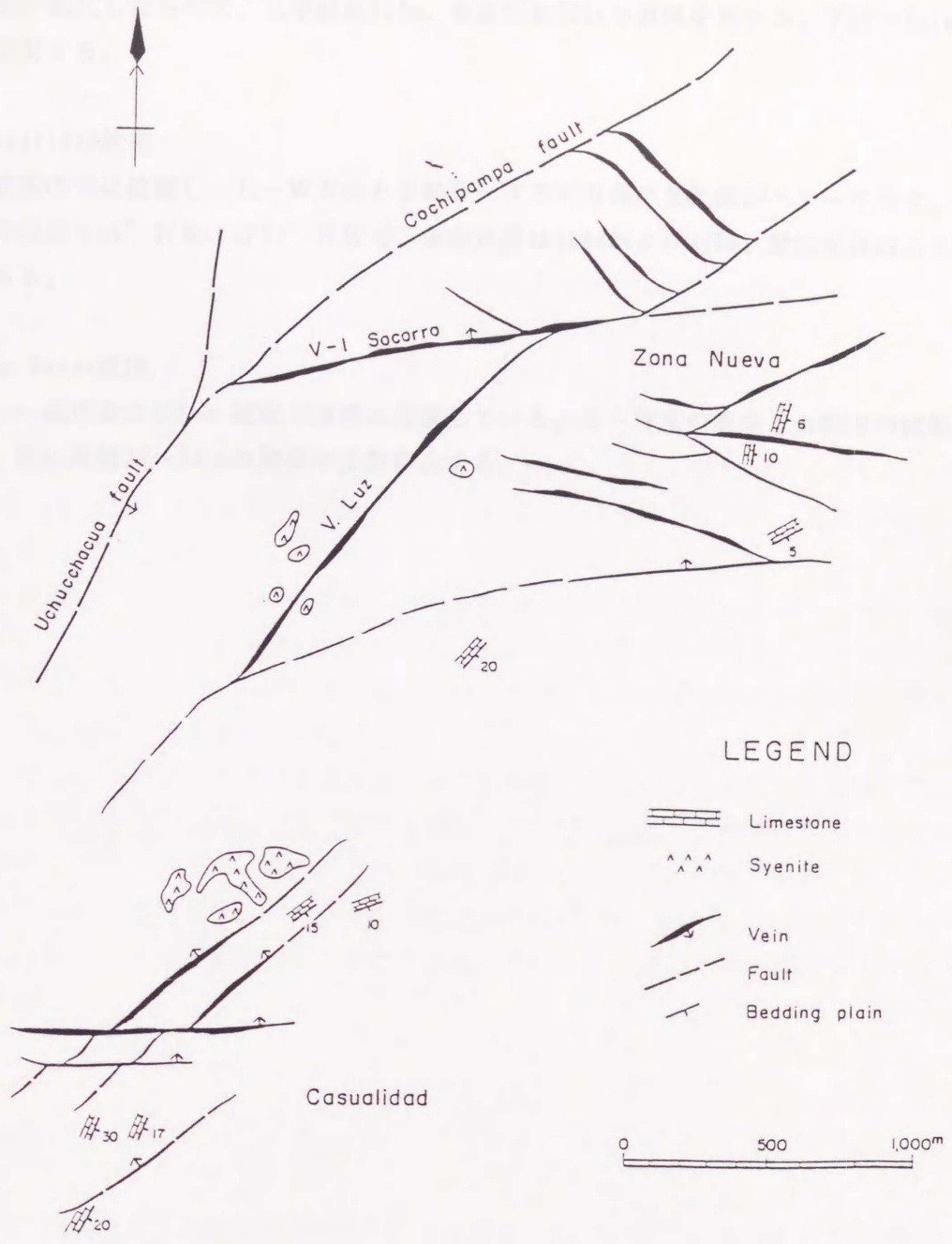
#### ① Socorro 鉱床

NE-SW系のウチュクチャクア断層の南側にあり、走向ENE-WSW、傾斜50~60°NWを示し、水平延長400m、垂直延長300mの規模を有する。

#### ② Luz 鉱床

Socorro 鉱床のすぐ南側に位置し、走向NE-SW、傾斜70°NWのSocorro 断層破碎





第11図 ウチュクチャクア鉱床群地質鉱床図

(フエナベンツラ鉱山(株)資料)  
に一部加筆

帯の一部が鉍化したもので、水平延長700m、垂直延長300mの規模を有する。下部でSocorro脈と交叉する。

③ Casualidad鉍床

Luz 鉍床の南に位置し、E-W方向とENE-WSW方向の2鉍脈がペアーをなす。鉍脈の傾斜は各々 $60^{\circ}$  Nおよび $70^{\circ}$  NWで、走向延長は300mおよび500m、垂直延長はともに300mである。

④ Zona Nueva鉍床

Socorro 鉍床およびLuz 鉍床の東側に位置している。E-W系の脈幅1m程度の数脈からなる。他に脈幅20~30cmの細脈が多数存在する。

## II-3-6 イスカイクルス鉱床群

### (1) 地質構造

本鉱床群はオヨン村南南東10~15km、ワイワシ山系西斜面海拔4,600~5,000m地点に位置する(第1図)。本鉱床群の東側にはNNW-SSE方向の背斜軸があり、白亜紀最下部の砂岩・頁岩互層で石炭層をはさむOyon累層および珪岩または珪質砂岩よりなる層厚600~700mに達するChimu累層(II-2-1参照)が背斜軸に沿って分布し、暗灰色~暗褐色を呈する起伏の大きい荒々しい山塊をつくっている。

本鉱床群の西側にはNNW-SSE方向の向斜軸があり、白亜紀上部の層厚1,400mに達する塊状石灰岩よりなるFumasha累層が分布し、明灰色に輝く急峻な山嶺をなしている。

両山塊の中間部には層厚500~700mで頁岩・砂岩互層よりなるCarhuaz累層が分布し、地形上の鞍部をつくっている。

Chimu累層とCarhuaz累層との間には、よく成層した青灰色の石灰岩よりなる50~100mの層厚を有するSanta累層が細長く分布している。Santa累層は褶曲構造の翼部に位置し、著しい折りたたみ褶曲のためその傾斜はほぼ垂直であり、本鉱床群の中央部Limpe鉱床やLimpe南鉱床では逆転構造をなしている。

火成岩類としては、本鉱床群の北西方6~7kmの向斜軸付近に貫入した石英安山岩質斑岩、これを被う安山岩質火山岩類、西方約10kmのNNW-SSE系断層に規制されて貫入したトナール岩および東南方約0.5kmの背斜軸付近に貫入している複合酸性岩脈がある。

K-Ar法による同位体年代は石英安山岩質斑岩は31.3Ma、安山岩質火山岩類は17.9Ma、トナール岩は10.6~10.9Maを示している。複合酸性岩脈は変質が激しく同位体年代は明らかでない。

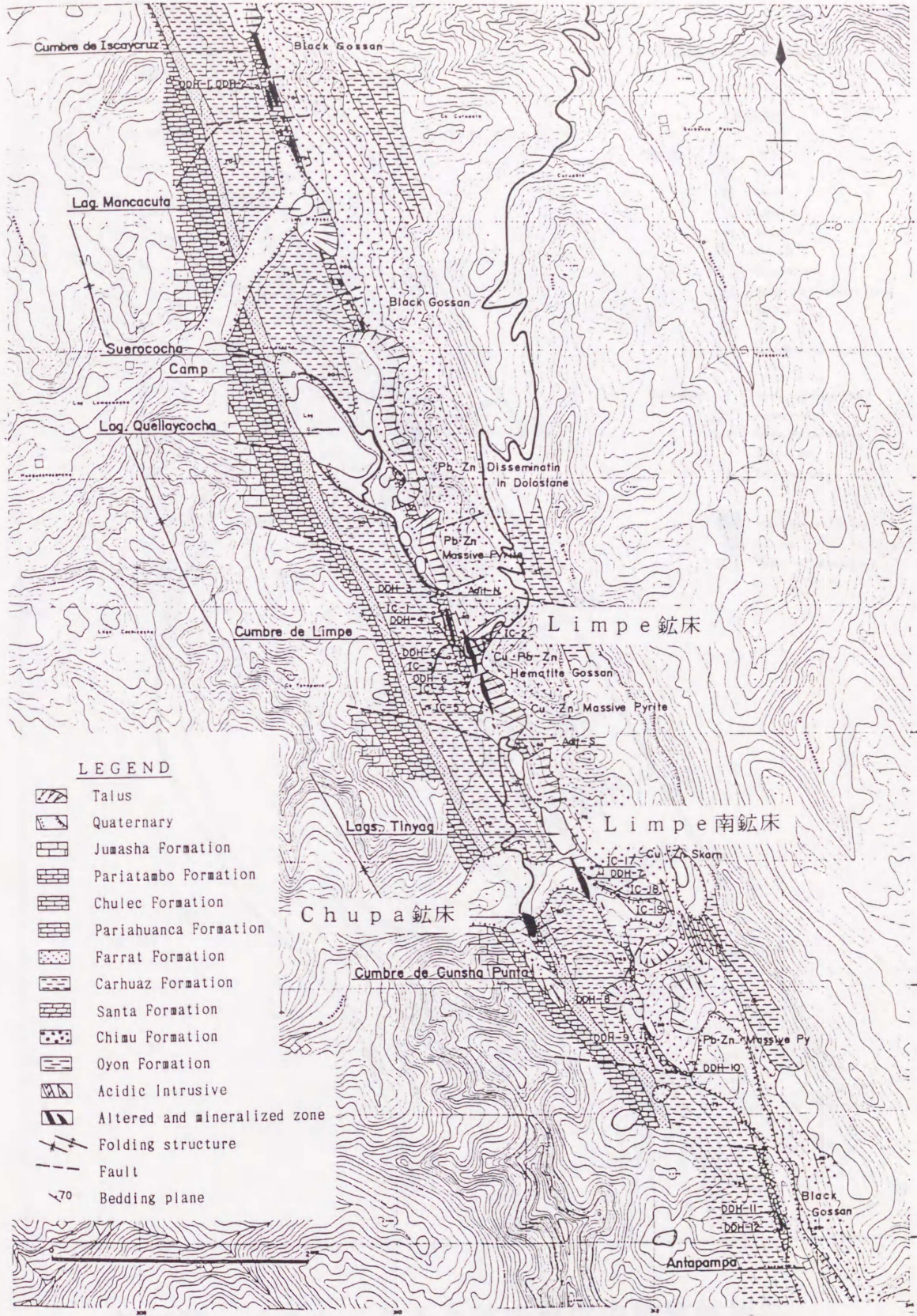
### (2) 鉱化作用

第12図、第13図、第14図に示すように、本鉱床群はSanta累層の石灰岩層中に胚胎するLimpe鉱床、Lim-pe南鉱床およびPariahuanca石灰岩層中に胚胎するChupa鉱床からなる。

#### ① Limpe 鉱床、Limpe 南鉱床

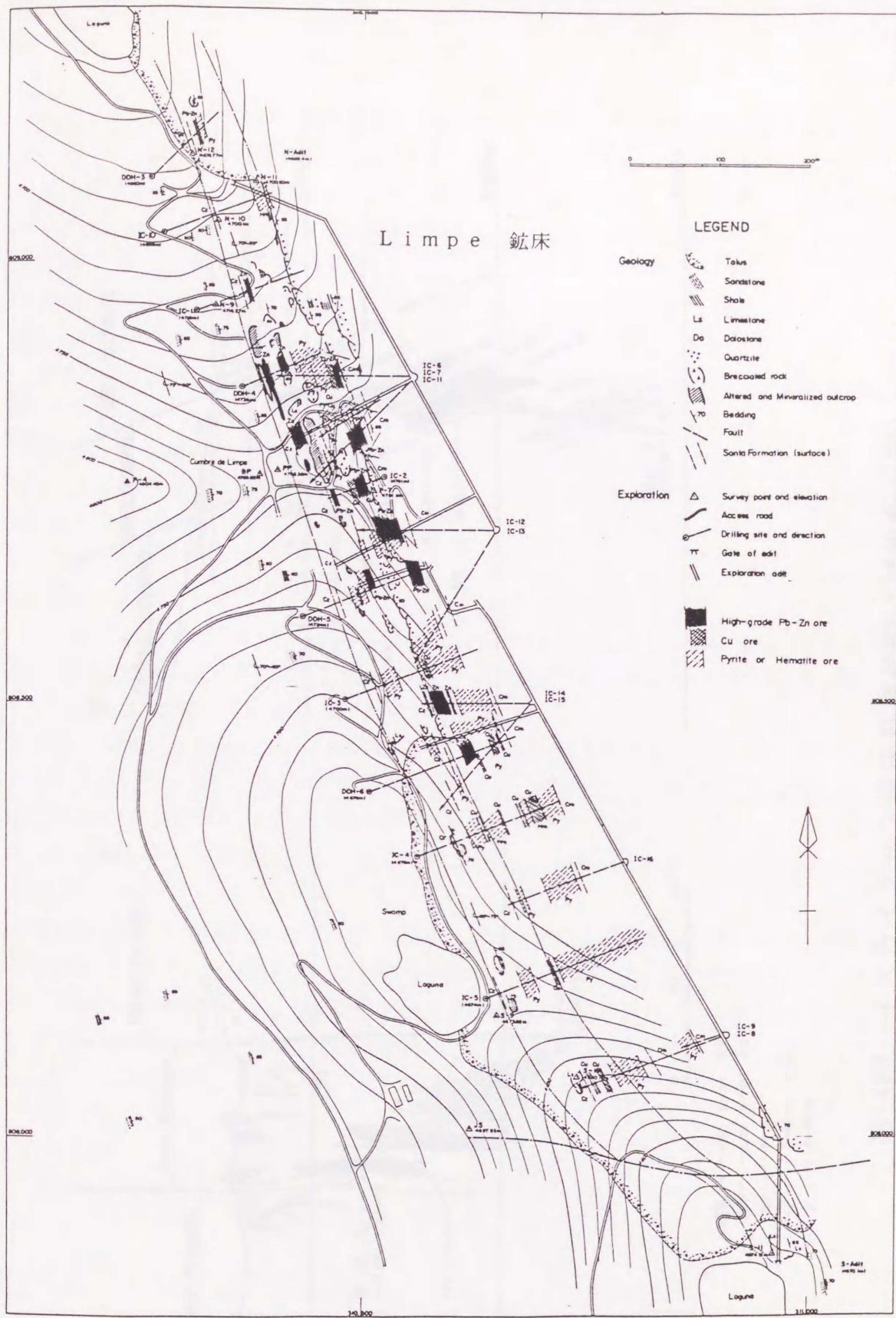
両鉱床を含む鉱化帯は、Santa累層の石灰岩層中に延長12kmにわたり断続的に分布する。鉱石としては、鉛・亜鉛を含有する黒色gossan、方鉛鉱・閃亜鉛鉱を濃集する塊状黄鉄鉱質鉱石、黄銅鉱・閃亜鉛鉱を濃集するスカルン質鉱石、黄鉄鉱鉱体中の方鉛鉱・閃亜鉛鉱の鉱染鉱石などがある。

地表部に広く分布する黒色gossanの構成鉱物は、主として針鉄鉱、石英、カオリナイト



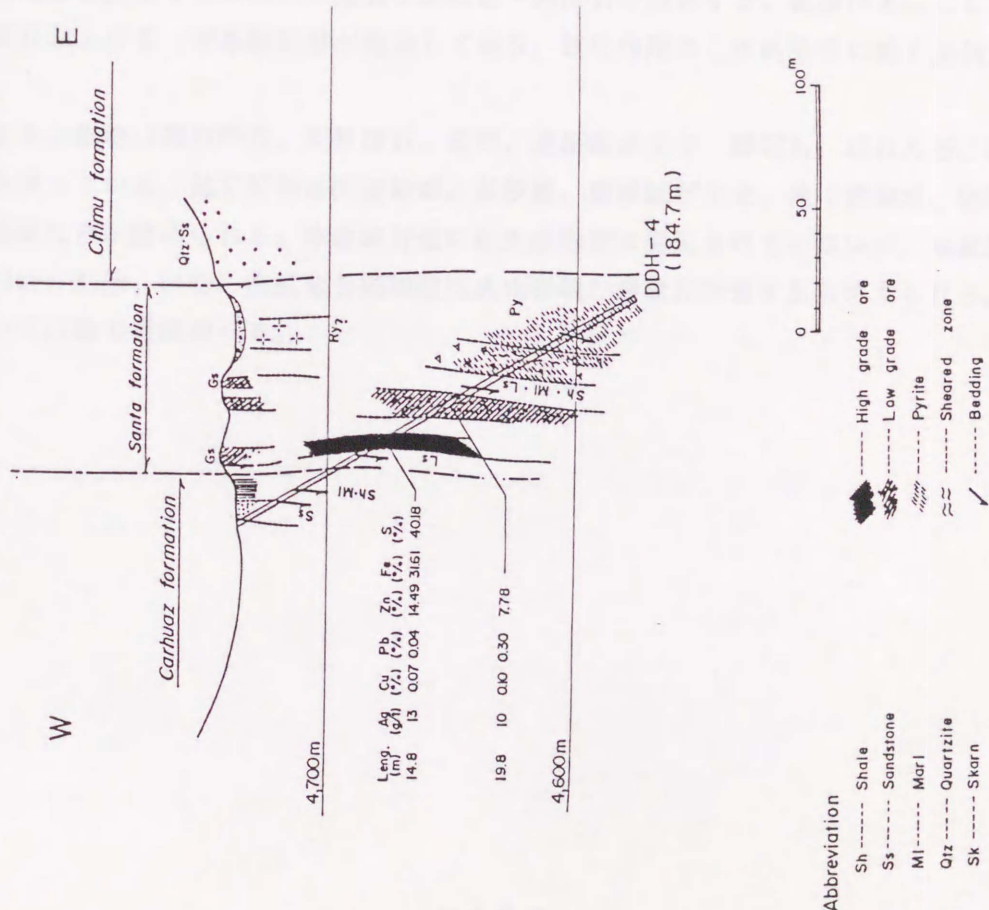
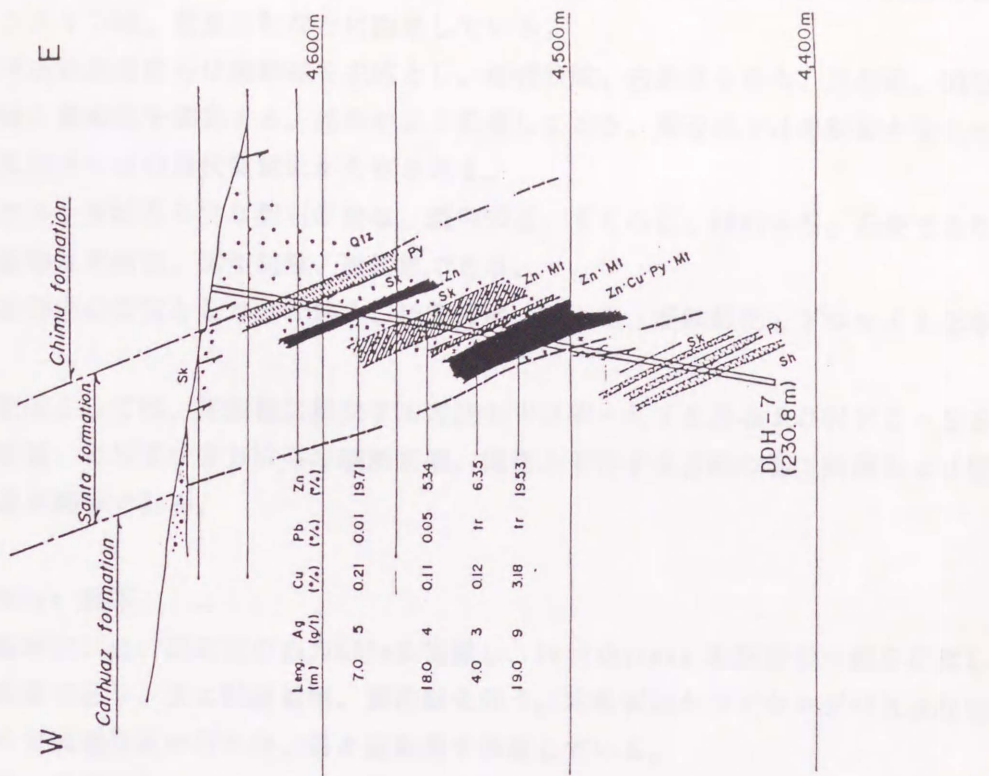
第12図 イスカイクルス鉍床群地質鉍床図

(国際協力事業団(1985)に一部加筆)



第13図 イスカイクルス鉱床群坑内地質鉱床図

(国際協力事業団(1985)に一部加筆)



第14図 イスカイクルス鉱床群探鉱図 (試錐断面図)

(国際協力事業団(1985)より引用)

であり、そのほかにマンガン酸化物および菱鉄鉱を伴う。含有金属成分の大部分は、含水フランクリン鉱、菱亜鉛鉱などに由来している。

塊状黄鉄鉱質鉱石は黄鉄鉱を主体とし、磁硫鉄鉱、白鉄鉱を含み、方鉛鉱、閃亜鉛鉱のほか時に黄銅鉱を濃集する。晶洞がよく発達しており、周辺部では赤鉄鉱が生じている。閃亜鉛鉱中には点滴状黄銅鉱が含有される。

スカルン質鉱石の主な脈石鉱物は、透角閃石、ざくろ石、緑れん石、石英であり、主な鉱石鉱物は黄銅鉱、閃亜鉛鉱、磁鉄鉱である。

鉱床母岩の変質としては、珪化、絹雲母化、粘土化、菱鉄鉱化、ドロマイト化等が著しい。

断裂系としては、褶曲軸に斜交する方向のWNW-ESE系およびNNE-SSW系の剪断断層、ENE-WSW系の破断断層、地層と平行する方向の衝上断層および層面断層の発達が目立つ。

## ② Chupa 鉱床

本鉱床はLimpe 南鉱床の西方600mに位置し、Pariahuanca 石灰岩の一部を交代したスカルン鉱床であり、主に閃亜鉛鉱、黄鉄鉱を伴う。本鉱床はかつてセロデパスコ社により2レベルで坑道探鉱が行われ、各々富鉱部を捕捉している。

鉱床の母岩であるPariahuanca 累層は層厚約100mの塊状石灰岩よりなり、走向NNW-SSW、傾斜75~85°SEで逆転構造をなしている。東側は見掛上位のFarrat累層の砂岩が、西側には見掛下位のChulec累層の泥灰岩・石灰岩が分布する。鉱床付近にはENE-WSW系およびE-W系断裂群が発達しており、鉱化作用はこの断裂系に強く規制されている。

スカルン鉱物は透角閃石、灰鉄輝石、石英、菱鉄鉱が主で、緑泥石、緑れん石、珪灰鉄鉱等を伴っている。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、輝蒼鉛鉱などが認められる。本鉱床付近には火成岩類は発見されていないが、本鉱床の生成はLimpe 鉱床、Limpe 南鉱床と同様酸性火成岩類の活動に由来すると考えられる。これについては後で再度のべる。

### (3) 閃亜鉛鉱および黄鉄鉱の種類

本鉱床群の鉱石部には著しい角礫化作用が認められ、鉱石鉱物は角礫化した母岩を交代しており、さらに角礫化した鉱石塊の間隙を、鉱質の異なる鉱石鉱物がうめて沈澱している。

①本鉱床群の鉱石部の閃亜鉛鉱は次の3種類に分けられる。

- a) 帯緑暗灰色閃亜鉛鉱：離溶構造を示す黄銅鉱の微粒を無数に包有し、高品位閃亜鉛鉱単味鉱体を形成し、Zn品位が30~40%に達する。
- b) 黒褐色閃亜鉛鉱：黄銅鉱・方鉛鉱を斑点状に含有し、Zn品位は20~30%に達する。
- c) 黄色~淡褐色閃亜鉛鉱：淡色で透明度が高くFe含有量が最も少ない。鉱染状または細脈状に分布する。

②本鉱床に産する黄鉄鉱は、産状により次の4種類に分けられる。

- a) 角礫状を呈し、割れ目に沿って閃亜鉛鉱が沈澱、交代している黄鉄鉱
- b) 塊状閃亜鉛鉱中に斑点状に分布し、一部閃亜鉛鉱が溶食、交代している黄鉄鉱
- c) 塊状閃亜鉛鉱中に、樹枝状集合体をなす黄鉄鉱
- d) 方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱などと共に、脈状の産状をなす自形黄鉄鉱

### (4) イスカイクルス鉱床群の特徴

本鉱床群の特徴は下記のとおりまとめることができる。

- a) 鉱化作用の期間中著しい構造運動を被った。
- b) 鉱化作用は少なくとも2~3回のステージがあった。
- c) 比較的低温の状態で鉱石鉱物は比較的短期間に急激に沈澱した。
- d) 角礫化作用および破砕作用が鉱化作用と密接な係り合いを持っていた。

ワイワシ山系多金属鉱床帯には、その最北部にワンサラ鉱床群が存在するが、これについては後章において別に扱う。



### Ⅲ. ワンサラ鉛床群

#### Ⅲ-1 位置・交通・沿革

ワンサラ鉛床群（南緯 9° 53'、西経 77° 00'）はペルーの首都リマ市の北方直距離 250 km、Huanuco 県 Dos de Mayo 郡 Huallanca 村にあり、海拔 3,900 ~ 4,500 m の中央アンデス、ワイワシ山系中に位置する。（第 1 図、第 15 図）

ワンサラ鉛床群には、リマ市よりペルーの太平洋岸を縦断するパンアメリカン道路を約 200 km 北上した、Pativilca 町より Huaraz 市に至るアンデス横断国道を経て、約 220 km で到達する。この間海拔 4,200 m の Conococha 峠と、4,900 m の Yanash Allash 峠を越え、ジープにて約 8 時間を要する。

気候は高地寒冷型であり、10 月より 3 月までの雨期と、4 月から 9 月までの乾期に大別されるが、年度によりこの期間は変動する。雨期にはかなりの降雨量があり、年間降雨量は 1,700 mm 程度である。乾期は日中最高気温が 25°C 程度に達するが、明方は -10°C 程度まで下がるなど温度差は大きい。年間平均気温は 14°C 前後である。

ワンサラ鉛床群の発見は古く、スペイン植民地時代といわれるが、1918 年にはペルー人 Ezzio Piaggio が鉛区を入手し、断続的に探鉛を行なった。1957 年にはセロデパスコ社が探鉛に着手したが、鉛区紛争などで探鉛は中断された。

三井金属鉛業(株)は 1961 年オプション付の買山調査を開始し、1964 年には三井物産(株)との共同事業として現地法人のサントルイサ鉛業(株)を設立、鉛業権の買取オプション契約を結び本格的探鉛作業を開始した。1966 年にはオプションを行使し開発工事に着手、1968 年 6 月日産処理 500t 操業で開山し、以降逐次増産を重ね 1989 年には 1,150t (Cu 0.1%、Pb 4.7%、Zn 10.6%、Ag 6.0oz/st) の処理を行なっている。1988 年末までの産出鉛量は 539 万 t であり、保有埋蔵鉛量は 591 万 t である。

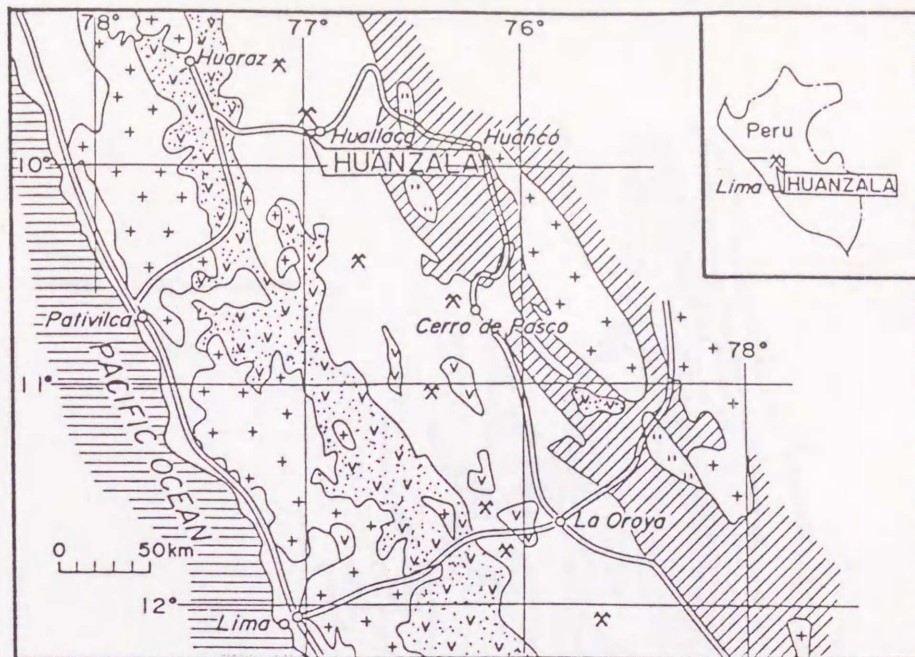
開発・操業は最上部 K 坑準（海拔 4,430 m）から最下部 R 坑準（3,885 m）までの 12 坑準間（高低差 545 m）、水平方向には 3,000 m 間の坑内で行なわれている。

また、水平方向には開発・操業区間の北方 800 m 間と、南方 2,300 m 間については探鉛がすすめられている。第 16 図にワンサラ鉛山施設図を、第 17 図に同坑外施設図を示す。

#### Ⅲ-2 地質概論

第 18 図にワンサラ地域の地質構造図、第 19 図に同地域の模式地質柱状図を示す。

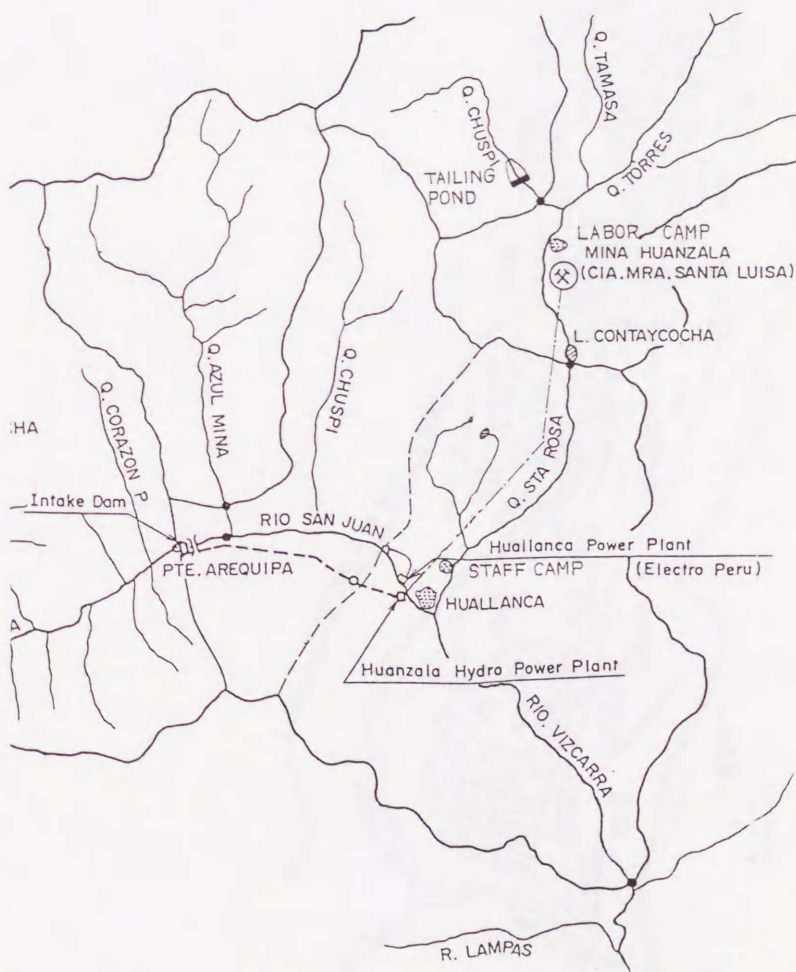
ワンサラ鉛床群を含む本地域にはジュラ紀末期より白亜紀にかけての堆積岩類が分布し、一部に白亜紀末期より第三紀にわたる火山噴出岩類およびこれらを一貫貫ぬく貫入岩類が認められる。



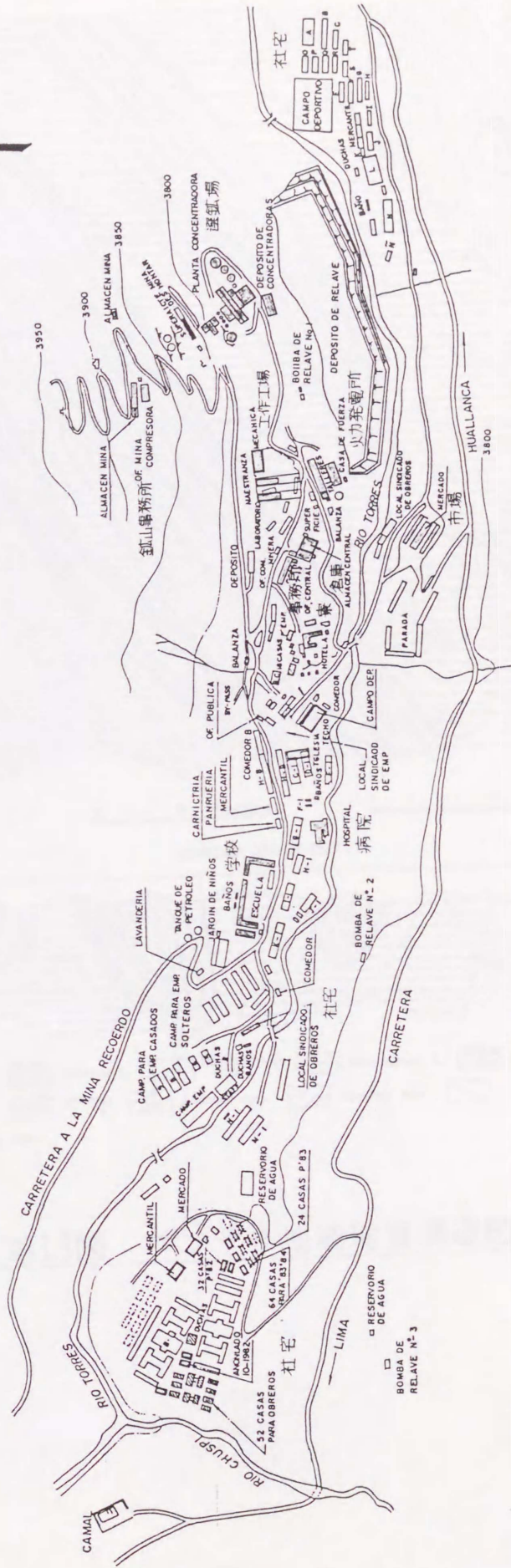
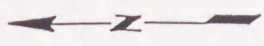
LEGEND

□	MESOZOIC	⋄	VOLCANICS	▨	PALEOZOIC
⊕	GRANITES	⋅	METAMORPHIC ROCKS		

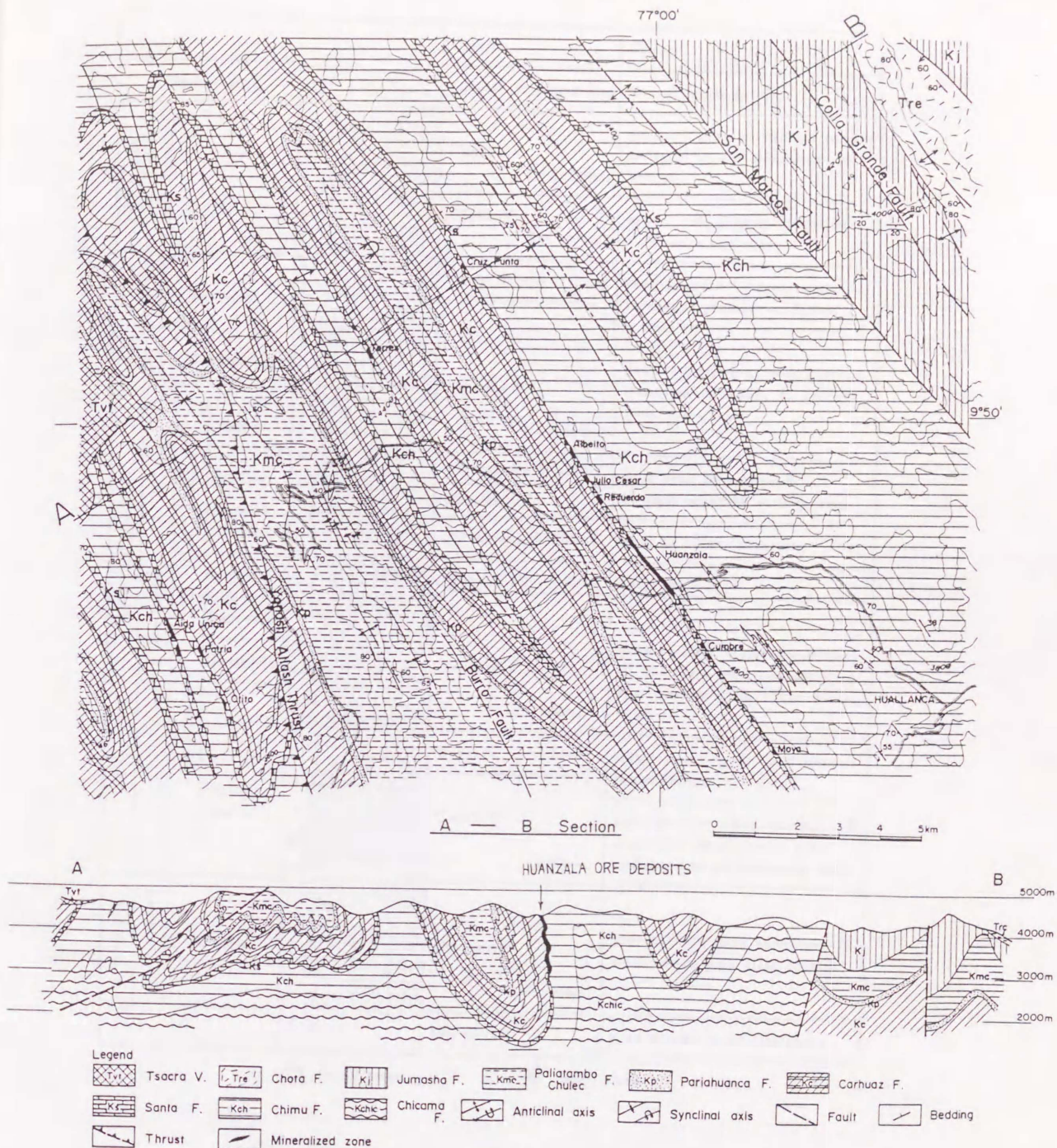
第15図 ワンサラ鉱床群位置図



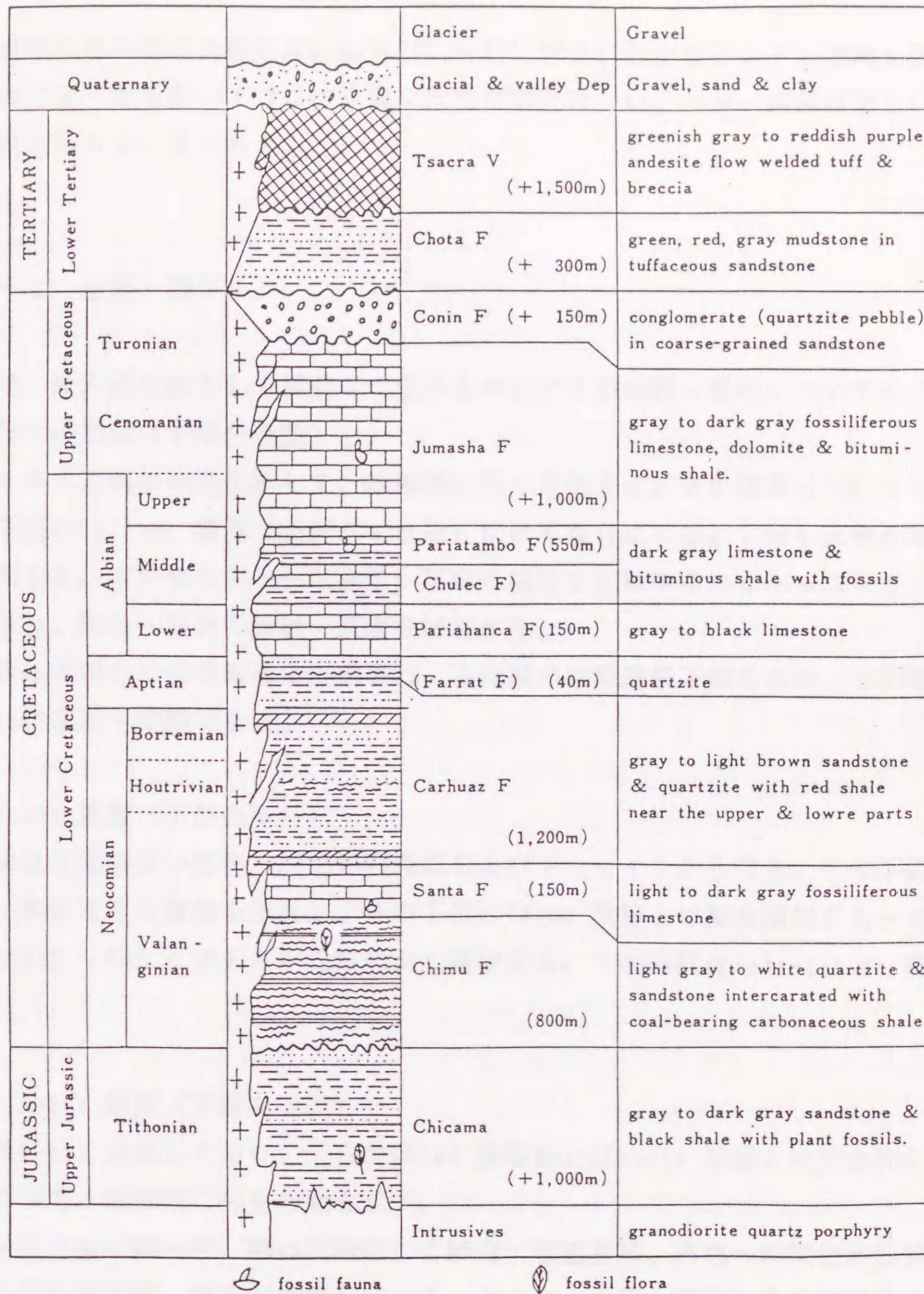
第16図 ワンサラ鉱山施設図



第17図 ワンサラ鉱山坑外施設図



第18図 ワンサラ地域地質構造図



第19図 ワンサラ地域地質柱状図

(金属鉱業事業団(1973)より引用)

堆積岩類の各地層の全般的走向はN20°～40°Wのいわゆるアンデス方向を示しており、局部的なじょう乱を除いてはこの走向に大きな変化はない。一方、傾斜は激しい褶曲や衝上断層のためさまざまである。

### Ⅲ-2-1 地質・層序

本節では、鉱床胚胎層として重要な白亜系を中心にその地質・層序についてのべる。

#### (1) Chimu 累層 (下部白亜系)

NW-S E方向の伸長を示して、本地域に広く分布する。その層厚は100～800 mと変化し、下位のChicama 累層 (上部ジュラ紀) には不整合にのる。しばしば地形的高所を占めて分布する。本累層は主として白色～灰色の細粒または中粒のオーソコーツァイトの厚層からなり、灰色～黒色の砂岩・頁岩を挟在する。

本累層は大陸性の堆積環境で形成され、本地域の白亜系最下部を占め、その時代はValanginian統初期～中期である。

#### (2) Santa 累層 (下部白亜系)

本累層は化石の多い黒色～灰色の石灰岩およびドロマイトからなる。その下位には頁岩・砂岩・珪岩などの薄層を挟在し、その下位のChimu 累層とは整合関係をもって分布する。層厚は100～150 mであるが比較的良好に連続する。その時代はValanginian 統中期である。

#### (3) Carhuaz 累層 (下部白亜系)

本地域に広く分布しており、下位のChimu 累層およびSanta 累層とは整合関係にあり、これらの地層とほぼ同じ分布形態を示す。

下位から上位に向って、概ね規則正しく砂岩・珪岩互層、赤色～赤褐色泥質岩、砂岩、赤色～赤褐色泥質岩、砂岩が堆積している。とくに、上位と下位の赤色泥質岩はいずれも20～40mの厚さであるが、水平的によく連続し、本地域の地質構造解明の鍵層となっている。

本累層全体の厚さは約1,200 mであり、大部分が大陸性の地層である。その時代はValanginian統後期～Aptian統である。

#### (4) Farrat 累層 (中部白亜系)

Carhuaz 累層の上位に整合関係で堆積する厚さ40m程度の白色珪岩層であり、下位のCarhuaz 累層と同じ分布形態を示すが、その層厚が薄いので地質図ではCarhuaz 累層と一括して表わされることが多い。その時代はAptian統である。

(5) Pariahuanca 累層 (中部～上部白亜系)

本累層は、炭質物および化石を含む灰色～黒灰色の石灰岩よりなる。下位の地層とはほぼ整合的な関係にあり、その層厚は50～150 mである。その時代はAlbian統初期である。

(6) Pariatambo累層 (中部～上部白亜系)

本累層は本地域の背陵山地に広く分布する。本累層の下部はChulec累層として分帯されることがある。下部は灰白色石灰岩と砂岩・頁岩の互層よりなり、上部は暗灰色石灰岩と瀝青質頁岩の互層よりなる。層厚は約500 mで、下位のPariahuanca 累層とは整合関係にある。また本累層は極めて化石に富む地層で、黒色石灰質頁岩中からアンモナイト、イノセラムス、魚類の化石が産する。その時代はAlbian統中期である。

(7) Jumasha 累層 (上部白亜系)

本地域の背陵山地の一部に分布し、その層厚は約1,000 mである。灰色～青灰色の極めて化石の多い石灰岩とドロマイトからなっており、一部にはノジュールを持つ黄白色の泥灰岩を挟在する。また、本累層は石灰質のため地形上の突起として存在する。下位のPariatambo 累層とは整合関係にあるが、断層によって他の地層と接することが多い。

本累層に産する化石は腹足類や有孔虫である。その時代はAlbian統後期からTuronian統にわたる。

(8) Conin 累層 (上部白亜系～下部第三系)

本累層は珪質粗粒砂岩、ならびに珪質小礫の多い礫岩よりなる。本累層は下位のChimu累層、Santa 累層、Carhuaz 累層等に対して不整合関係で分布する。礫層の厚さは約30 mで、径10cm以下の珪岩礫のみで構成される。粗粒砂岩はこの上位にあり、厚さ約120 mでほとんど粗粒の石英砂よりなり、ざらざらした外観を示す。

本累層は下位の地層とは明らかに褶曲の波長が異なる。その時代はCampanian ～Donian階のPatacas 層群と対比される。(Bellido (1969))

(9) Chota 累層 (上部白亜系～下部第三系)

本累層は本地域の東部に細長く分布する。赤味をおびたチョコレート色を呈するため赤色層(Capas Rojas) と呼ばれるが、時に緑色ないし青灰色を呈する。主として凝灰岩質の砂岩および泥岩より構成され、薄い石膏層を挟在する。

本累層の層厚は約300 mで、下位のJumasha 累層とは不整合関係にあり、褶曲の波長も下位の地層とは異なる。Conin 層との関係は明らかでない。

#### (10) Tsacra Volcanics (第三系)

本地域の西部に広く分布する。青緑色ないし青褐色を呈し、安山岩質の溶岩、凝灰岩を主体とする極めて厚い火山堆積物である。その層厚は1,500 m以上に達し、堆積後の変動は大きくなく、10~20° 前後の緩傾斜の層理を示し、弱い褶曲作用を受けている。

本層は第三紀中期~後期と見られる花崗閃緑岩により貫かれているので、第三紀中期以前に属すると考えられる。

#### (11) 氷河堆積物、河川堆積物 (第四系)

本地域の各所には氷河によるU字谷が発達し、とくに現在の雪線の直下付近には現世の氷河による堆石が多く、多数の堆石湖が形成されている。また主要河川沿いには、河川や氷河により堆積された砂礫層の段丘が見られる。

### Ⅲ-2-2 貫入岩類

#### (1) 深成岩類

本地域に分布する深成岩はその大部分が花崗閃緑岩類であるが、その産状は径1,000 m程度の岩株であり、閃緑岩~花崗閃緑岩が多い。一般に、これらの岩株は周辺の堆積岩類に微弱な熱変成を与えている。

これらの岩株の貫入時期は比較的新らしいと考えられるが、本地域外北方の花崗閃緑岩のK-Ar法による同位体年代測定結果では9.1 Ma (Giletti and Day (1968)) となっており、これは第三紀中新世末期に相当する。

#### (2) 半深成岩類

本地域の岩脈類は石英斑岩、閃緑岩質石英斑岩、安山岩質玢岩などである。特に斑岩類は鉍床および鉍徴地付近に多い。

ワンサラ鉍床群付近に見られる石英斑岩は最大幅30mで、層理面にほぼ平行して貫入している。肉眼的には白色ないし灰白色の堅硬岩で石英斑晶が認められ、一般に変質を受けている。鏡下では石英、斜長石および黒雲母の斑晶とこれらの鉍物の微細集合体の石基からなる斑状構造が見られる。長石類は絹雲母や炭酸塩鉍物により交代されている。

石英斑岩のK-Ar法による同位体年代測定結果では7.7~9.2Ma (Imai et al. (1985)) となっており、これは第三紀中新世末期に相当する。



### Ⅲ-2-3 地質構造

本地域内の地質構造は、その軸の方向がNNW-SSEを示す激しい褶曲構造と、同方向の衝上断層の発達を特徴とする。

堆積岩類の一般走向はいわゆるアンデス山脈方向といわれるN20~40°Wであり、褶曲軸の方向と堆積岩類の走向はほぼ一致する。これらの褶曲軸は一般に南へ5~10°前後のゆるい落しを持っているので、巨視的には北部から南部へ向って、古い時代の堆積岩類から新しい時代の堆積岩類へ累重する分布を示す。

#### (1) 褶曲構造

本地域内の褶曲構造は各時代の堆積層によって強弱がある。Chimu累層からJumasha累層に至る白亜系の累層は、地層の逆転や衝上を生ずるような強い東西方向の横圧力によって調和的な褶曲構造を示し、多くの褶曲軸を有する複合褶曲帯をつくっている。

Conin累層、Chota累層、Tsacra Volcanicsなどの白亜紀末期から第三紀にかけての各層は比較的ゆるい波状褶曲をなしており、Chimu累層からJumasha累層にいたる地層の褶曲構造とは不調和である。

#### (2) 断層

本地域の地層の一般的な走向はNNW-SSEないしNW-SEであり、断層の中でも、走向断層が多い。

Yanash Allash断層：同名の峠の西を通る西傾斜20~30°の緩傾斜衝上断層である。

Yanash Allash付近では東側のPariahuanca累層に対して、西側のChimu累層、Santa累層が突き上げている。この断層以西では、Chimu累層からJumasha累層までの地層が累重して背斜・向斜をくり返しており、大きな地層の転移は見られない。

Buro断層：Yanash Allash衝上断層の東側に位置する急傾斜の断層で、この断層によって西側のPariahuanca累層、Pariatambo累層と東側のSanta累層が接している。Yanash Allash断層と本断層との間には、主にCarhuazからJumashaまでの累層が分布しているので、この両断層の外側に対して相対的に陥没した関係にある。また、この両断層の内側はこの付近の背陵山地となっている。

San Marcos断層：Huallanca村東方約10kmの地点で、白亜系最下位のChimu累層と最上位のJumasha累層が隣接しており、この間に本断層が存在する。本断層は方向NW-SE、東側に急傾斜し、Buro断層との間は大部分Chimu累層とSanta累層が占め、一部に地層の逆転や激しい引きずり褶曲が見られる。

その他の断層：San Marcos断層以东にはNW-SE系の断層がいくつか存在し、地層を分断して地塊化している。また比較的小さい転移を与える断層として、N60°E系、E-W系の断層がある。

### Ⅲ-3 鉍床概論

後節において詳述するように鉍体は白亜紀下部のSanta 累層およびCarhuaz 累層の母岩層に規制された5層準(1~5号Q)に胚胎しており、その産状は脈状、レンズ状、不規則塊状であり鉛・亜鉛鉍体、銅鉍体からなる(第20図)。鉍体の走向および傾斜は、第21図および第22図にみられるように堆積岩類の層理と同様それぞれN30~50°W、傾斜は50~40°NEである。第23図に、ワンサラ本鉍床の地質断面図を示す。

鉍体の幅は膨縮が激しく、数10cmから10m以上にまで変化する。また延長方向には数100mの連続性を有する場合もある。

鉛・亜鉛鉍体は閃亜鉛鉍・方鉛鉍を主体とし、若干量の黄銅鉍を伴うものであり、脈石の種類、鉍石鉍物組合せ、岩相より、黄鉍質、スカルン質、白地質の3タイプに分類される。

銅鉍体もその産状、鉍物組合せにより、黄鉍質、白地質、脈状の3タイプに分類される。

ワンサラ鉍床群の特徴は、優勢な塊状黄鉄鉍鉍体が発達することである。この黄鉄鉍鉍体は特に1号Q、3号Q母岩層に発達しており、その厚さは最大数10mに達し、延長は3,000mライン<sup>\*1</sup>まで確認されている。この黄鉄鉍鉍体も膨縮変化があり、500m、1,000m、1,500mライン付近では黄鉄鉍化せず石灰岩のままとなっている。2,000mライン以北では黄鉄鉍化は若干弱くなる傾向にあり、とくに3号Qは石灰岩部が多くなっている。一方垂直的にみると、この黄鉄鉍鉍体は深部ほど優勢で、地表にまで達する所は少ない。

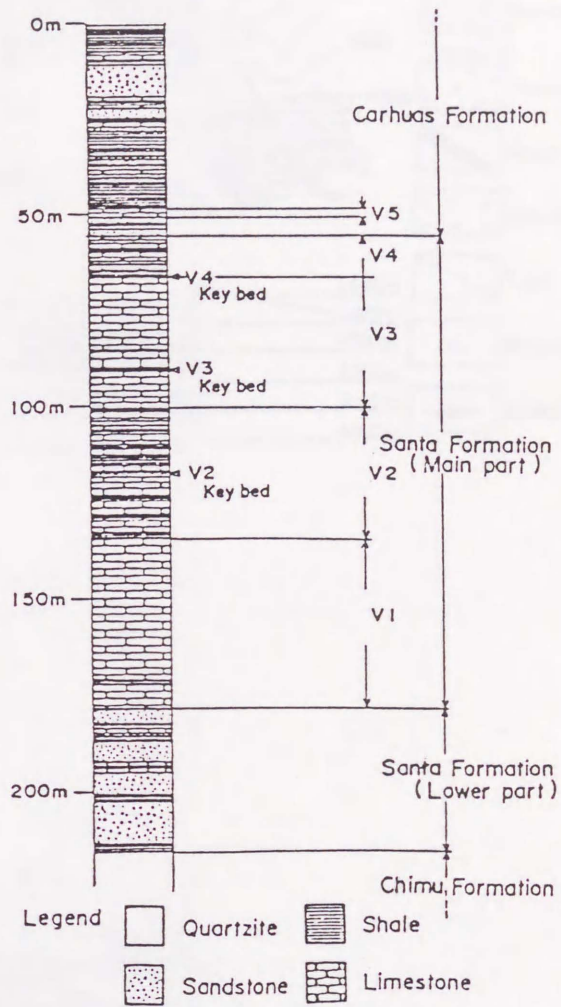
黄鉍質の鉛・亜鉛鉍体および銅鉍体はこの黄鉄鉍鉍体の外縁部または外周部に発達することが多く、黄鉄鉍鉍体の位置は黄鉄質鉍体の胚胎位置を大きく規制している。

脚注 \*1 ワンサラ鉍山ではD坑口付近の測点を通るN48°E方向のベースラインを0mラインと呼称し、これと平行線を引きベースラインからの距離により例えば2,000mラインの如く呼んでいる。

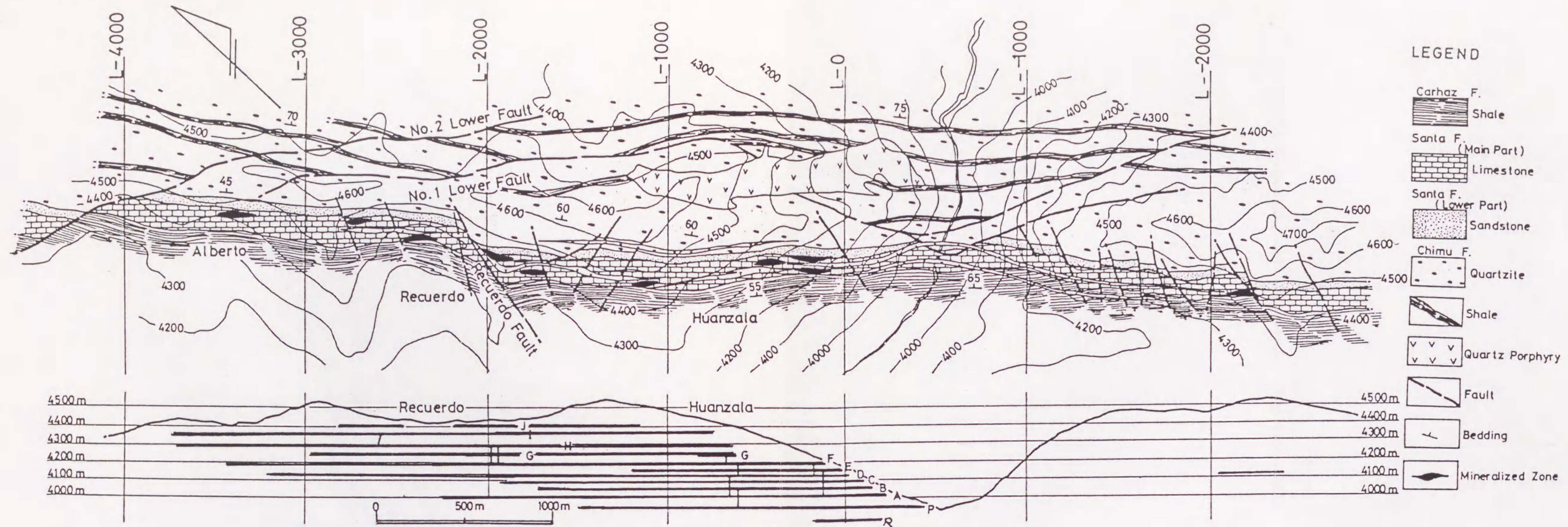
#### Ⅲ-3-1 断層・裂か系

Santa 主部層は約120m以上の層厚を持ち、若干の膨縮および裂か系による転移を繰り返しながら連続する。平均走向はN42°Wで、傾斜は50~70°NEである。

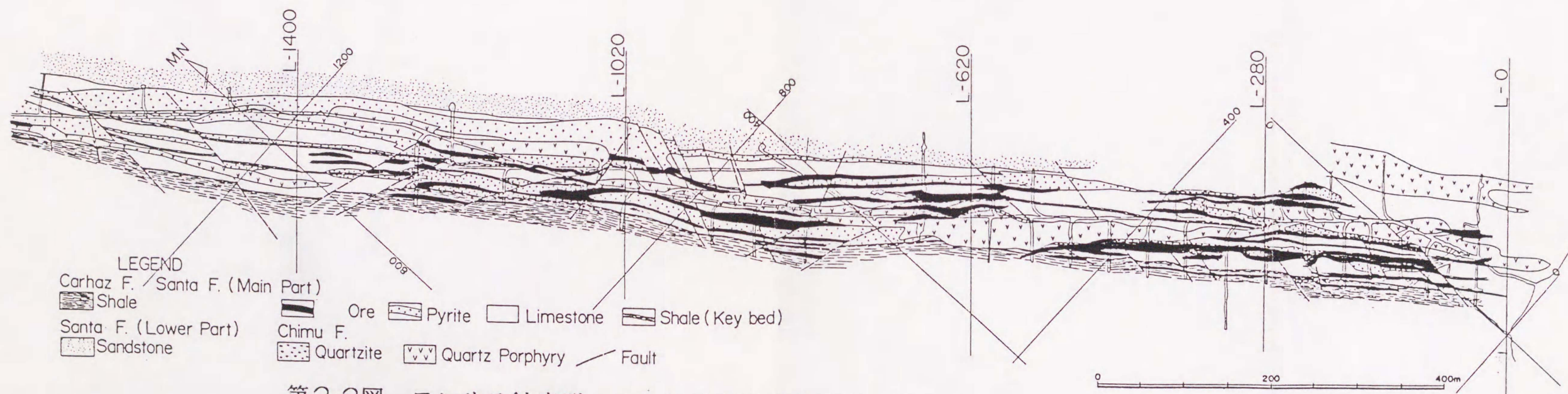
断層・裂か系は3種類に大別できる。1つは下盤断層系のものであり、走向NW-SE、すなわち堆積岩層の層理とほぼ平行して走り、傾斜は40~60°SWの逆断層である。下盤断層は地表ではChimu 累層中に存在するが、坑内ではとくに下部坑準ではSanta 累層中に現われている。この逆断層による垂直転移量は約200mである。



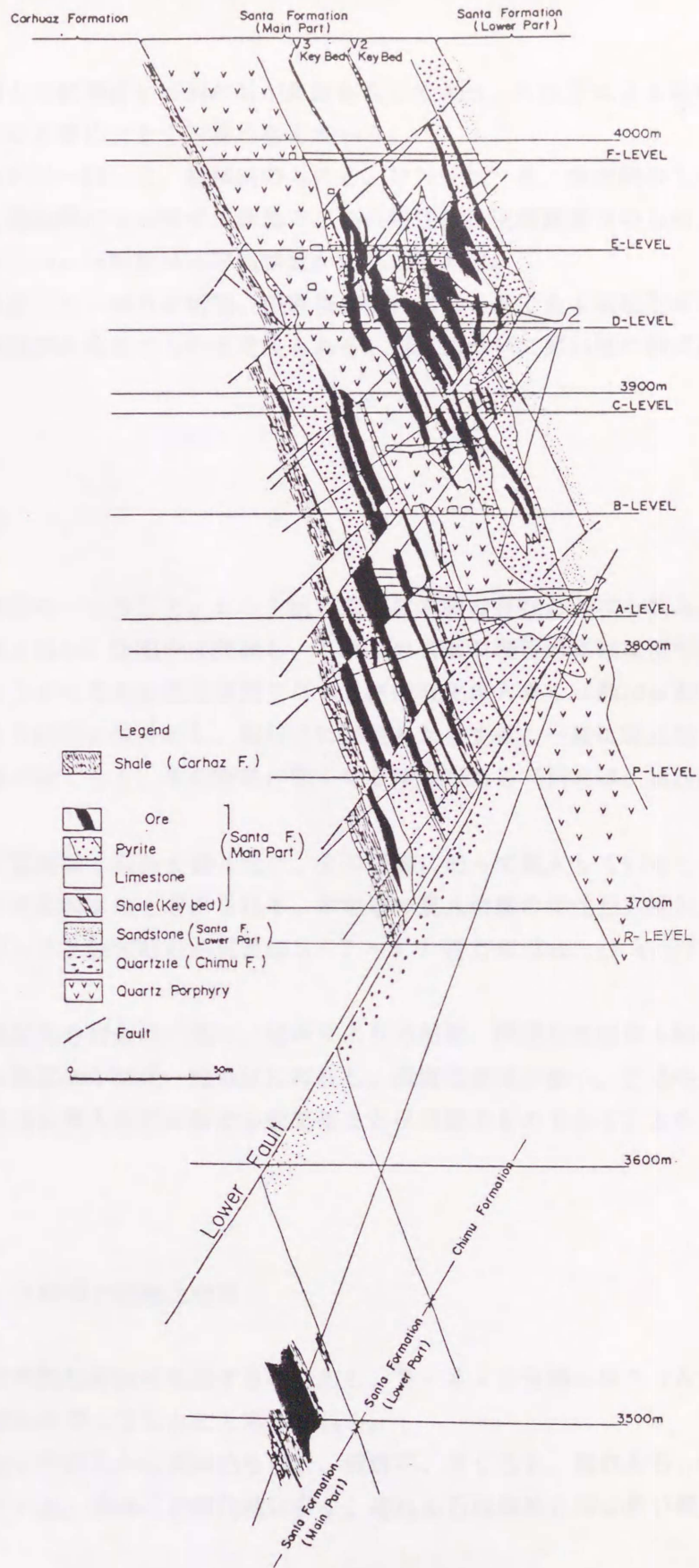
第20図 ワンサラ鉄床群  
鉄床胚胎層地質柱状図



第2 1図 ワンサラ鉱床群 北部地区 地表地質鉱床図 (齊藤信雄ほか(1981)より引用)



第2 2図 ワンサラ鉱床群 ワンサラ本鉱床D坑準 地質鉱床図



第23図 ワンサラ鉱床群 ワンサラ本鉱床 620-685ライン

地質鉱床図 (断面)

さらにこの下盤断層とほぼ平行する裂か系が多数存在しており、それらによる転位が鉍床母岩の位置や、鉍床の形態に大きく影響を与えている。

他の断層・裂か系はN10~20° E, 急傾斜のものと、N70~80° E, 急傾斜のものに大別される。両者とも褶曲作用時の横ずれ断層で、その転移量は下盤断層系のものより小さい。そのうち最大のRecuerdo断層は水平転移量が約60mである。

以上の断層・裂か系はごく一部の小断層、破碎帯を除いてほとんど全て鉍床形成以前のもので、しかも下盤断層が最後期のものと考えられる。以上について第24図に模式的に示した。

### Ⅲ-3-2 石英斑岩

ワンサラ鉍床群の特徴の一つとして、シート状石英斑岩岩脈の存在があげられる。この石英斑岩はSanta 累層とChimu 累層中に発達し、これらの累層の層理的にはほぼ平行して貫入している。しかしながらその形態は単純でなく、膨縮変化が大きく(数10mから2m程度まで)、場所により数枚に枝分れし、雁行状に配列したりする。一般には北部(Recuerdo坑)ほど岩脈の幅が狭くなり、その活動が弱くなる傾向がある(例えば、第21図、第22図)。

貫入時期は岩脈が主要断層・裂かを切ったり、その弱線に沿って貫入していることより、主要断層・裂か系より後期のものと考えられる。本地域の貫入岩類の年代測定結果は全て10百万年より若く、ワンサラ鉍床群の石英斑岩も7.7~9.2百万年(Imai, et al(1985))の値がえられている。

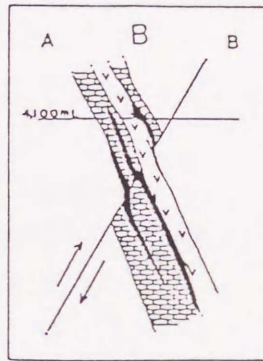
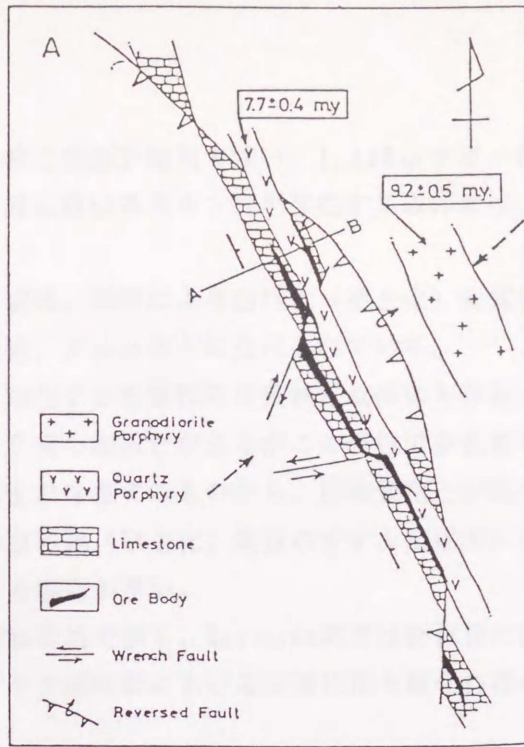
この石英斑岩は黄鉄鉍化を普遍的に受け、場所により方鉛鉍・閃亜鉛鉍鉍染も認められる。さらに本岩帯中に銅鉍物が脈状・鉍染状に存在し、絹雲母変質が強い。後述のようにこれらの事実は石英斑岩の貫入時期が鉍化の前駆時または早期のものであることを示唆している。

### Ⅲ-3-3 スカルン化作用と白地化作用

1号鍾、3号鍾には黄鉄鉍鉍体が発達するのに対し、2・4・5号鍾にはスカルン化が強い。この違いは母岩の岩質によるものと考えられる。

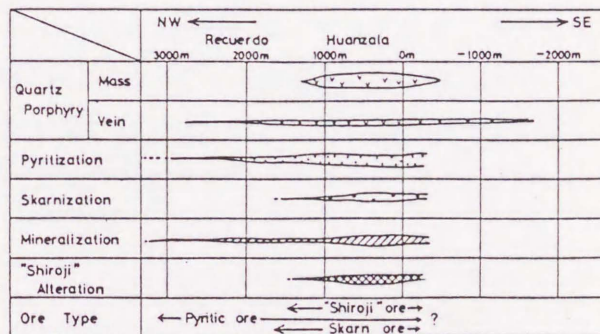
スカルンは細粒緻密で乳白色から淡緑色を呈し、透輝石、ざくろ石、緑れん石、ベスブ石、正長石よりなっている。透輝石は鉍化部に多く、緑れん石は無鉍化部に多い傾向がある。

このスカルン化作用は中央部の本坑で強く、北西方のRecuerdo坑では弱い。本坑では坑



第24図 ワンサラ鉱床群 地質構造模式図

(Imai et al. (1985) より引用)



第25図 ワンサラ鉱床群変質作用  
および鉱化作用模式図

(齊藤信雄ほか(1981)に一部加筆)

口より1,400m付近までの、特に見掛下盤側で強い。1,400mライン以北からRecuerdo坑にかけては、黄鉄鉱体周縁に薄いスカルン帯が存在する以外には、ほとんどスカルンは認められない。

このスカルン化を受けた区域は、場所により白地化(粘土化)変質を受けており、スカルン鉱物が絹雲母、炭酸塩鉱物、タルクなどに交代されている。

一方、白地化(粘土化)に相当する変質作用は黄鉄鉱体にも存在する。黄鉄鉱体には細粒緻密な部分と粗粒で多孔質の部分とがあるがこの粗粒で多孔質な部分には、黄鉄鉱粒の集合部に少量の白地質粘土が存在するものから、白地質粘土が基地で粗粒の黄鉄鉱が点在するものまでである。この白地化(粘土化)変質のすすんだ場所には、白地質鉛・亜鉛鉱体と白地質銅鉱体が共存する場合が多い。

この白地化(粘土化)変質は本坑で強く、Recuerdo坑では割れ目に沿って弱く存在するのみである。第25図に、ワンサラ鉱床群における変質作用と鉱化作用の関係を模式的に示す。



### Ⅲ-4 鉾床各論

#### Ⅲ-4-1 鉾床母岩の層序と特徴

ワンサラ鉾床群には、下部白亜系のChimu 累層、Santa 累層、Carhuaz 累層が整合関係で存在する。しかし、横臥向斜構造のため地層は逆転し、見掛上盤に古いChimu 累層が位置し、見掛上、下盤ほど層序的に新しくなっている。

主な鉾床母岩はSanta 累層であり、この中の数枚の頁岩薄層を鍵層として坑内層序の対比を行なっている（第20図、第22図）。同鉾床群北部地区の主要坑準における鉾床地質図を第26図(1)(2)に、断面図を第27図に示す。

下位（見掛上盤）のChimu 累層は、砂岩・頁岩を挟み主として珪岩よりなる。その上位（見掛下盤）に鉾床母岩のSanta 累層（層厚約160 m）が位置し、上下2層に大別される。下部は下部層と称し、約40mの石灰質砂岩・頁岩の互層である。Chimu 累層との境界は砂岩・頁岩が石灰質になる部分としており、この境界部は地表露頭部において、風化度の差により顕著に地形に表われる。

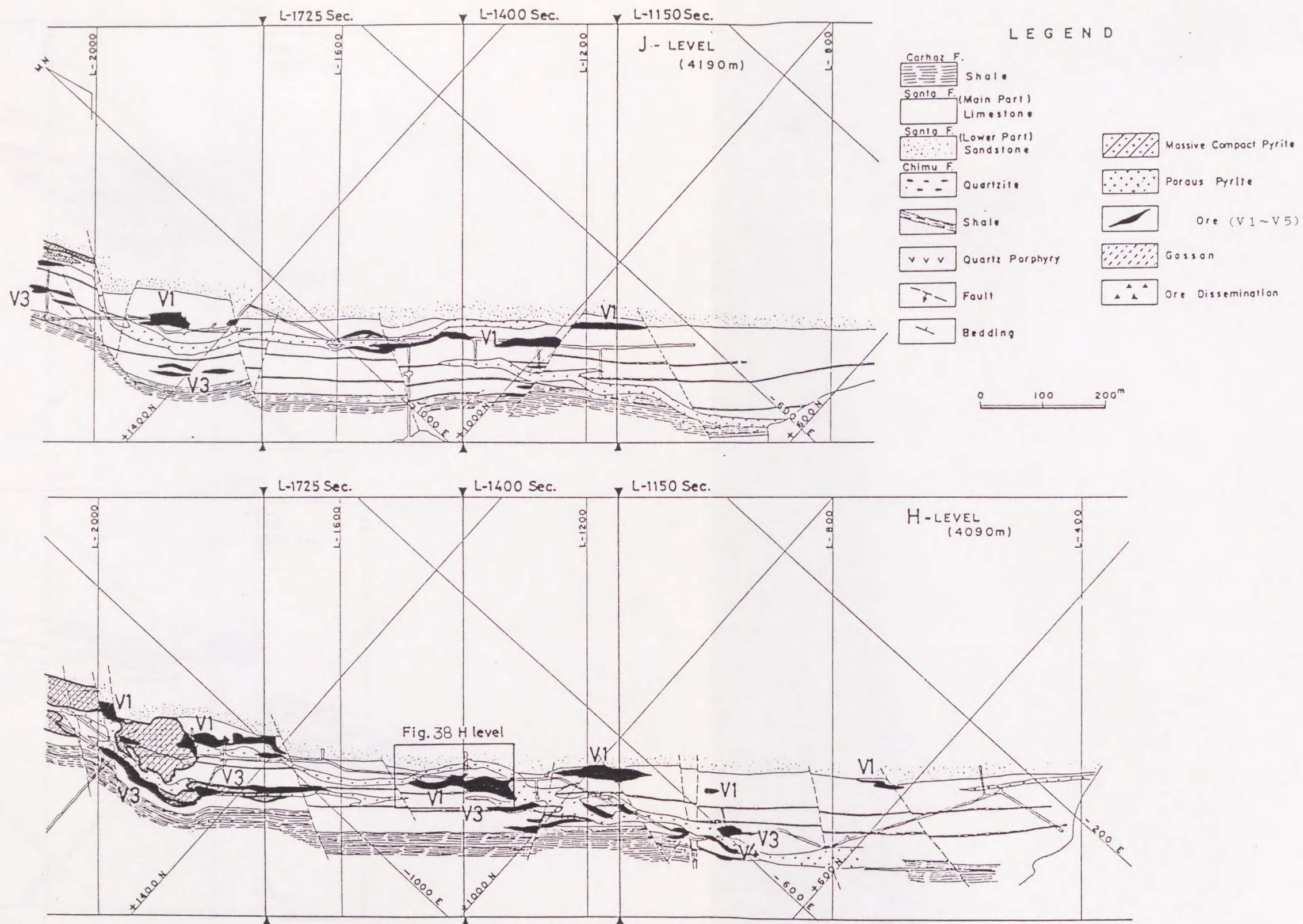
上部は主部層と称し、約120 mの石灰岩を主体としており、4分される。

下位	1号鍾 (V1) 母岩層	石灰岩主体	層厚約44m
↑	2 " (V2) "	石灰岩・頁岩互層	" 33m
↓	3 " (V3) "	石灰岩主体	" 33m
上位	4 " (V4) "	石灰岩・頁岩互層	" 11m

大部分の鉾体はこの母岩内に胚胎し、その位置により、各号鍾に上盤・下盤（見掛上）をつけて呼んでいる。

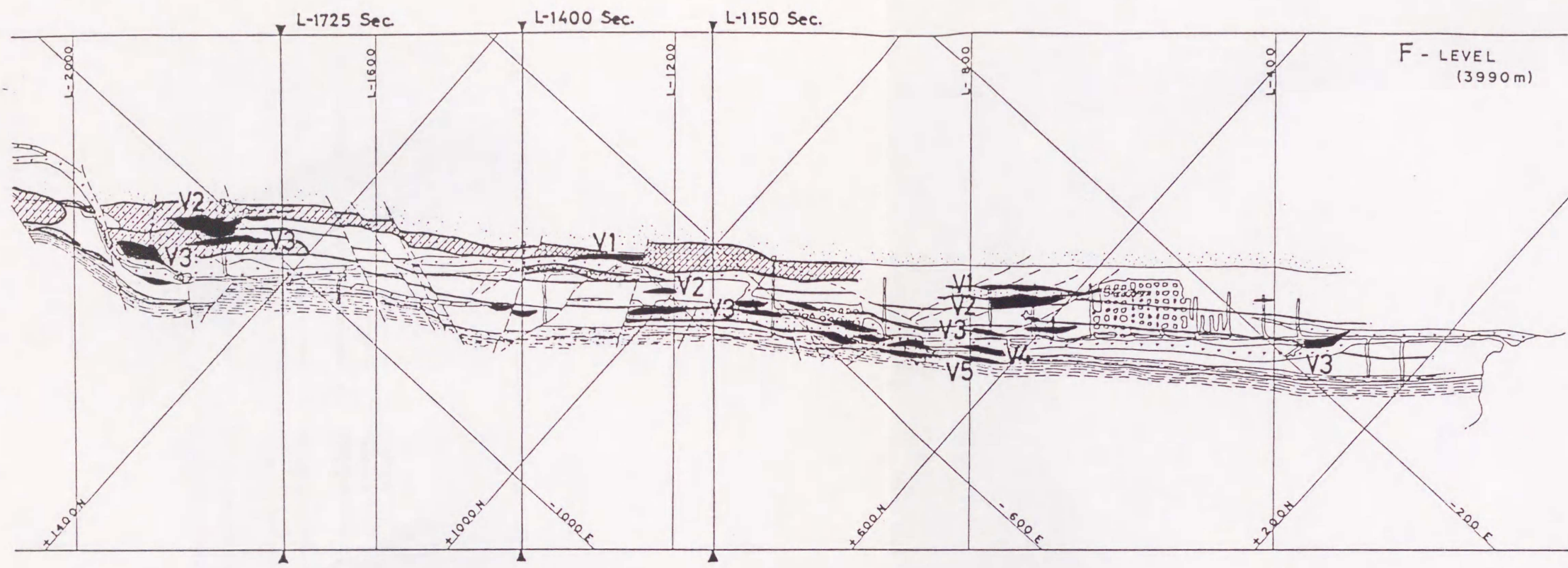
1号鍾、3号鍾母岩層が非常に厚い塊状緻密な石灰岩層であるのに対し、2号鍾、4号鍾母岩層は石灰岩・頁岩の互層であり、しかもそれぞれ泥質石灰岩と石灰質頁岩からなる。この母岩の性質の違いが鉾床生成に重要な役割を与えていると考えられる。

Santa累層の上位にはCarhuaz累層が整合関係で接するが、ラミナの発達した厚い頁岩層（層厚4～5 m）の出現をもってCarhuaz累層としている。Carhuaz 累層は頁岩・砂岩互層よりなり、薄い石灰岩層を挟在する。これらの石灰岩層のうち最下位（見掛最上盤）の薄い石灰岩層（層厚2～3 m）が5号鍾母岩層である。

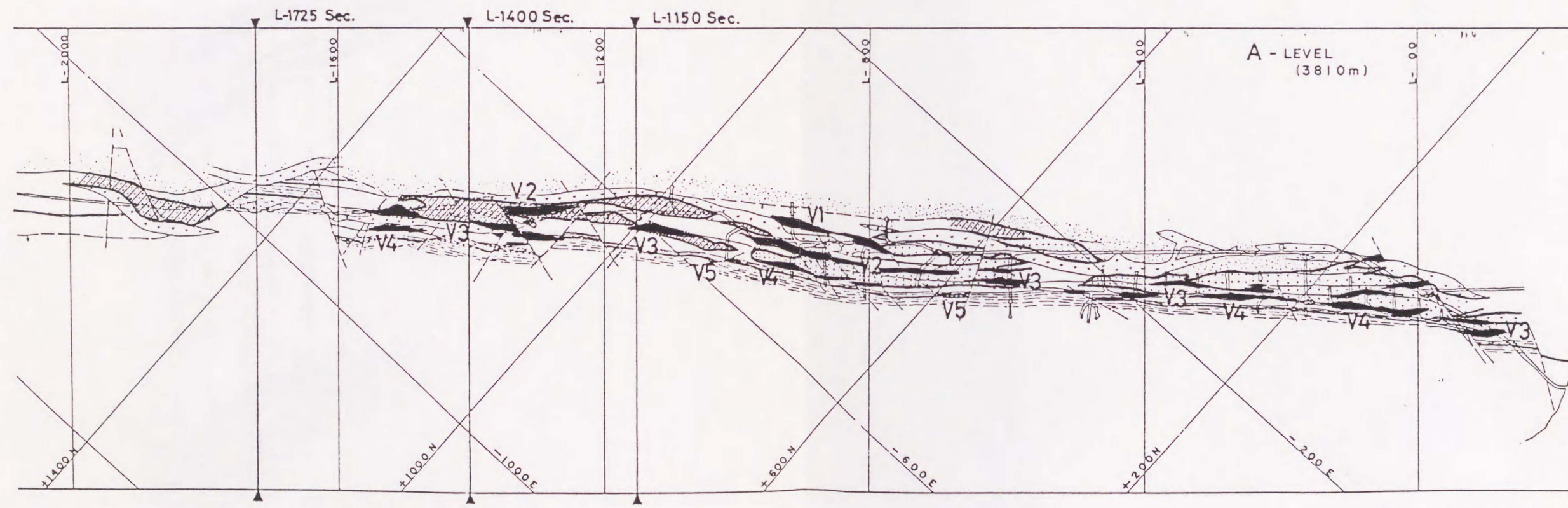


第26(1)図 ワンサラ鉱床群 北部地区 主要坑準地質鉱床図

(濱博也ほか(1986)に一部加筆)



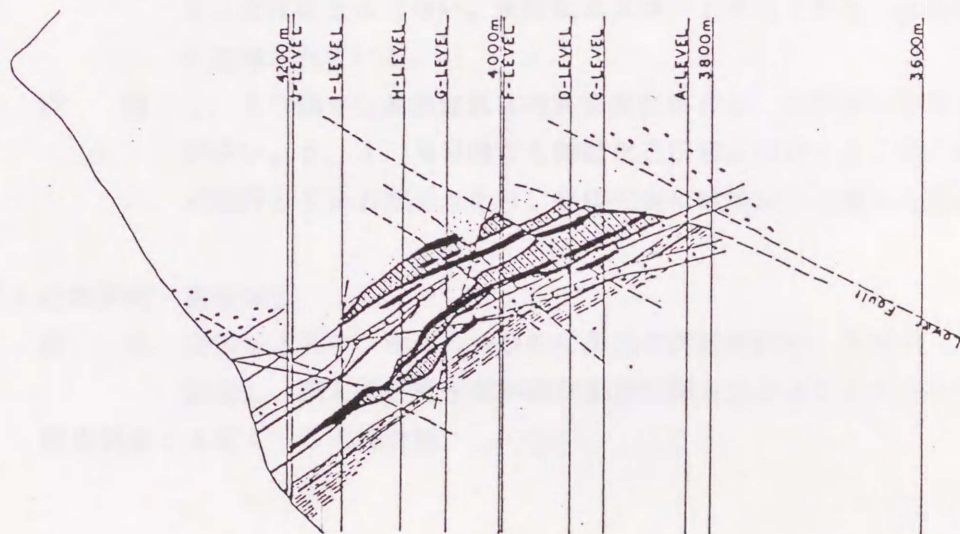
(凡例は第24(1)図に同じ)



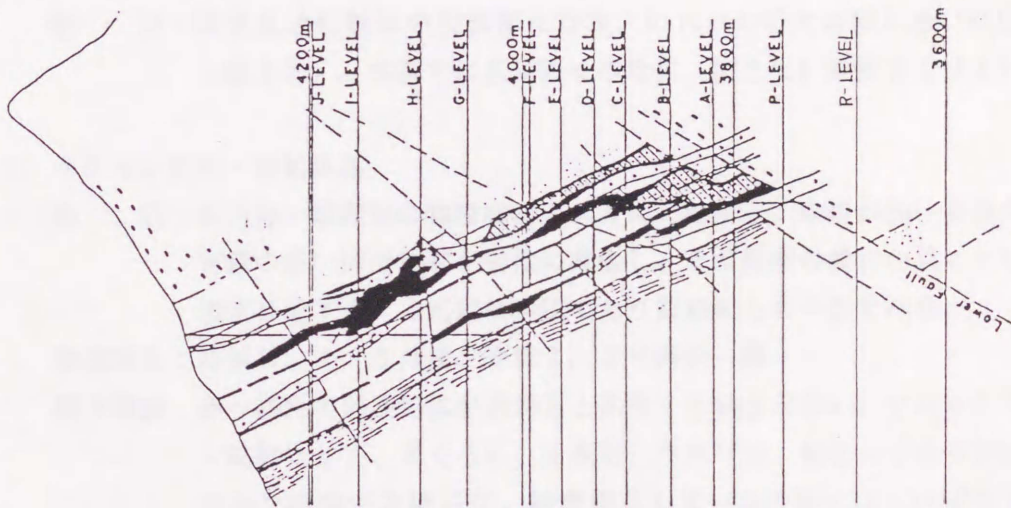
第26(2)図 ワンサラ鉱床群 北部地区 主要坑準地質鉱床図

(濱博也ほか(1986)に一部加筆)

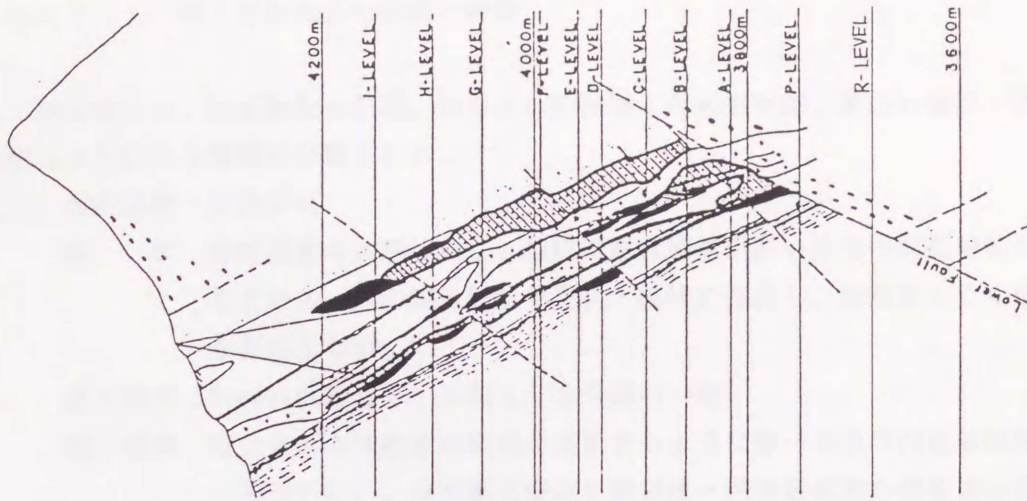
L-1725 Sec.



L-1400 Sec.



L-1150 Sec.



(凡例は第24 (1) 図に同じ)

第27図 ワンサラ鉞床群 北部地区1725, 1400, 1150ライン地質鉞床図 (断面)

(液博也ほか(1986)に一部加筆)

### Ⅲ-4-2 鉍石の種類・特徴・分布

#### Ⅲ-4-2-1 鉛・亜鉛鉍石の種類と特徴

鉛・亜鉛鉍石は、閃亜鉛鉍の色調、銅および鉛鉍物との共生関係、脈石の種類・岩質、産出状況より次の3種類に分類される。

##### (1) 黄鉍質鉛・亜鉛鉍石

産 状：塊状緻密な黄鉄鉍中に、細粒で鉄含有量が多い赤色の閃亜鉛鉍が鉍染している。方鉛鉍は粗粒で斑状・脈状に存在し、黄銅鉍はごく微量しか存在しない。

産出箇所：Recuerdo坑全体、本坑1，3号鍾の一部

鏡下観察：粒状自形の黄鉄鉍の粒間を充填するように赤～褐色の閃亜鉛鉍が存在（写真9-2）。方鉛鉍は脈状に黄鉄鉍・閃亜鉛鉍集合部を切ったり、黄鉄鉍中にドルース状に存在。脈石は石英。

特 徴：塊状黄鉄鉍鉍体の外縁部に存在。Recuerdo坑では裂か沿いに白地化（粘土化）。本坑では広範囲に白地化（粘土化）変質を受けている。

##### (2) スカルン質鉛・亜鉛鉍石

産 状：乳白色～淡緑色の細粒緻密なスカルン鉍物と、中粒の赤～褐色の鉄含有量の多い閃亜鉛鉍が密接に共生し、その両者の量比の差により縞状構造を呈する。方鉛鉍は中粒であり黄銅鉍も若干含まれる。

産出箇所：本坑2，4，5号鍾、本坑1，3号鍾の一部

鏡下観察：赤～褐色の閃亜鉛鉍が透輝石と共生する場合が多い。そのほかスカルン鉍物として、ざくろ石、正長石、ベスブ石、緑れん石等が存在。スカルン鉍物が方解石化、絹雲母化しているのがしばしば観察される（写真6-1）。方鉛鉍、黄銅鉍は閃亜鉛鉍の外縁部に存在し、包有されることはほとんどない。黄鉄鉍はコロドされており、閃亜鉛鉍などに包有されている。

特 徴：1，3号鍾では黄鉄鉍鉍体の外縁部に存在し、石灰岩に移行することが多い。2，4，5号鍾でも無鉍化石灰岩に移行する。縞状に白地化が進行している部分もあり、ほぼ完全に白地化した部分も存在する。

##### (3) 白地質鉛・亜鉛鉍石

産 状：白色粘土質で、中粒の肉眼的に黒色の閃亜鉛鉍や、方鉛鉍、黄銅鉍が鉍染し、脈石部と鉍石部が縞状流理組織を呈することが多い。

産出箇所：本坑1～5号鍾全般

鏡下観察：閃亜鉛鉱が方解石、絹雲母、石英と共生している。スカルン鉱物のレリクトも観察される。閃亜鉛鉱は透過光で無色透明で、無数の斑点状黄銅鉱を包有する（写真7-1, 9-1）。この閃亜鉛鉱は他形の黄鉄鉱、黄銅鉱、方鉛鉱を取り込むことが多く、逆に斑銅鉱、黄銅鉱の脈によって貫かれている。さらに他形で再溶解した黄鉄鉱中に、しばしば赤色閃亜鉛鉱が認められる。

特 徴：黄鉄質鉛・亜鉛鉱石およびスカルン質鉛・亜鉛鉱石を交代したものと考えられる。黄鉄鉱鉱体の周辺緑部で、しかも黄鉄鉱鉱体が白地化（粘土化）変質した部分に多く見られる。縞状に白地とスカルンが互層する部分も観察される。さらに、スカルン質の赤色閃亜鉛鉱の周辺が黒色閃亜鉛鉱化している部分が、顕微鏡的にも肉眼的にも観察される。

以上のべた3種類の鉛・亜鉛鉱石の平面的および立体的な分布を、それぞれ第28図、第29図に示した。

#### Ⅲ-4-2-2 銅鉱石の種類と特徴

銅鉱石は脈石の種類・岩質、産出状況、および構成鉱石鉱物から次の3種類に分類される。

##### (1) 黄鉄質銅鉱石

産 状：黄鉄鉱鉱体中に、鉛・亜鉛鉱石とは独立して存在し、黄銅鉱が脈状、鉱染状、ドルース充填状に存在する。方鉛鉱、閃亜鉛鉱は微量。

産出箇所：Recuerdo坑

鏡下観察：塊状黄鉄鉱のドルース、および割れ目に黄銅鉱が存在（写真12-1, 12-2）。若干の四面銅鉱、鉛-アンチモン鉱物などを含有。閃亜鉛鉱、方鉛鉱は微量。

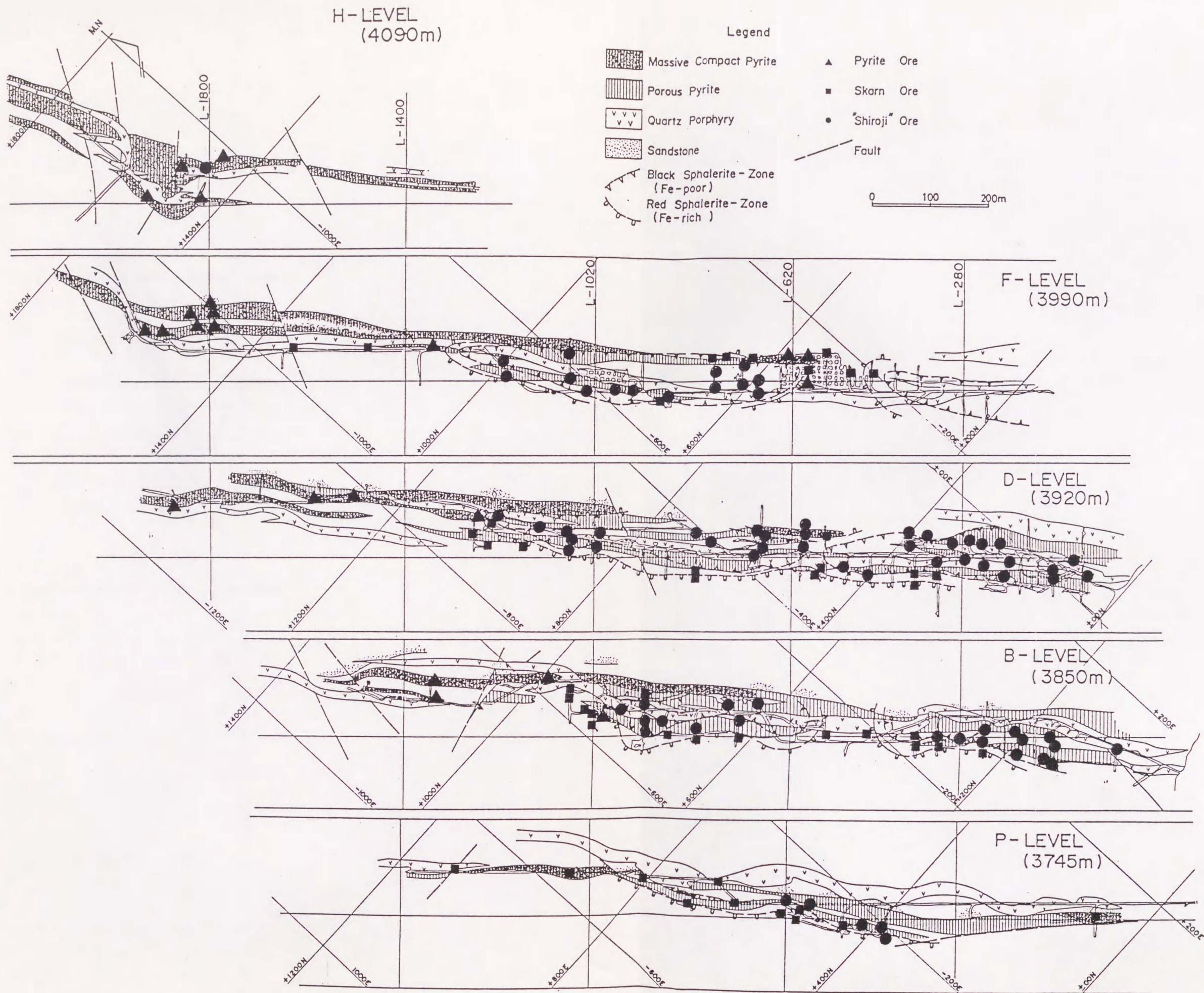
特 徴：鉛・亜鉛鉱石とは独立して存在する。金を含有する場合がある。

##### (2) 白地質銅鉱石

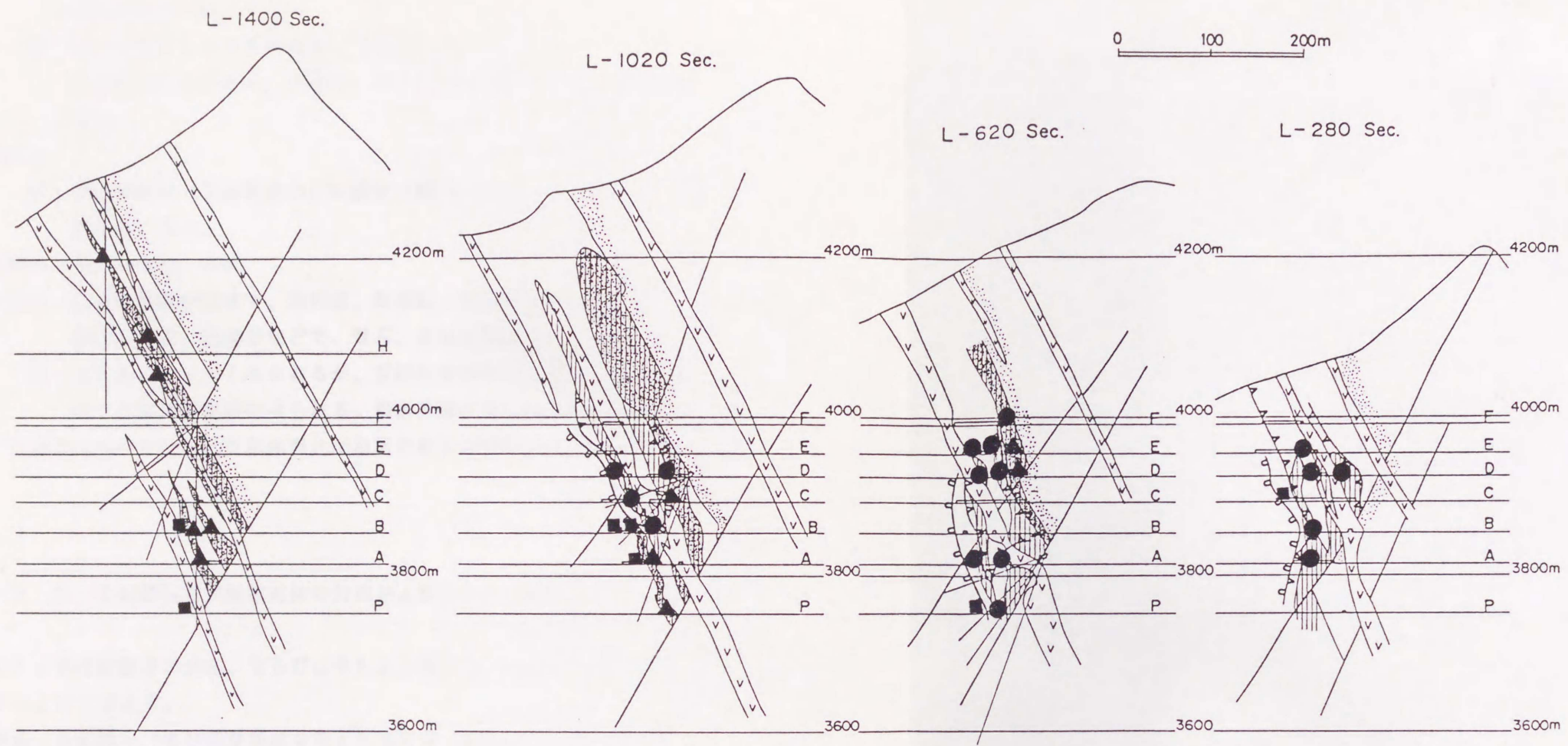
産 状：白色粘土質脈石部に黄鉄鉱とともに黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱等が鉱染した鉱石。方鉛鉱・閃亜鉛鉱は少量。

産出箇所：本坑全体、黄鉄鉱鉱体の周縁部

鏡下観察：脈石は絹雲母の多い部分と、方解石・苦灰石よりなる部分とがある。黄銅鉱は再溶解した黄鉄鉱の割れ目を充填したものが多く、斑銅鉱、輝銅鉱はその黄鉄鉱を取り込むように晶出したものが多い（写真13-1,



第28図 ワンサラ鉛床群 ワンサラ本鉛床 鉛・亜鉛鉛質分布図 (付閃亜鉛鉛分帯)



第29図 ワンサラ鉱床群 ワンサラ本鉱床 鉛・亜鉛鉱石鉱質分布図 (LEGENDは第26図に同じ)



13-2)。砒四面銅鉍も斑銅鉍、輝銅鉍としばしば共生する。亜鉛鉍物は黒色閃亜鉛鉍である。

特 徴：粘土化変質した黄鉄鉍鉍体の周縁部にあり、白地質鉛・亜鉛鉍石に随伴されることが多い。黄鉍質、スカルン質の鉛・亜鉛鉍石とは共存しない。

### (3) 脈状銅鉍石

産 状：黄鉄鉍鉍体、石英斑岩などに脈状（幅 5～30cm）に存在し、砒四面銅鉍を多く含む。

産出箇所：Recuerdo坑、本坑

鏡下観察：砒四面銅鉍が主体で、斑銅鉍、輝銅鉍、黄銅鉍など伴う（写真14-1）。脈石は石英、絹雲母などで、螢石、苦灰石を伴う。

特 徴：石英斑岩中によくみられるが、黄鉄鉍鉍体中にも脈状に存在など、ワンスラ鉍床群全般に見られる。銀含有量が高いのが特徴である。

第1表に、これまでのべたワンスラ鉍床群北部地区の鉍石の性質および品位などを鉍床別に示す。

### Ⅲ-4-2-3 鉛・亜鉛鉍石と黄鉄鉍鉍体の分布およびそれらの関係

鉛・亜鉛鉍石と黄鉄鉍鉍体の分布、ならびにそれらの関係について得られた事実をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 白地質鉛・亜鉛鉍石（黒色閃亜鉛鉍を主とする）は、250mライン付近と800mライン付近の2つの中心がある。垂直的には中間坑準で広がった「たまご型」をしている。中央部には常に石英斑岩が存在している。
- (2) 白地質鉛・亜鉛鉍石の周辺には漸移帯が存在し、見掛上、上盤には黄鉍質鉛・亜鉛鉍石（赤色閃亜鉛鉍を主とする）があり、見掛上、下盤側にはスカルン質鉛・亜鉛鉍石（赤色閃亜鉛鉍を主とする）が存在している。
- (3) Recuerdo坑付近（1,400mライン以北）では、全て黄鉍質の鉛・亜鉛鉍石となっている。
- (4) 粗粒で多孔質な黄鉄鉍鉍体の分布は、白地質の鉛・亜鉛鉍石の分布とほぼ一致する。
- (5) スカルンは白地質鉛・亜鉛鉍石の周辺にあり、その分布は大局的に白地質鉛・亜鉛鉍石と一致している。
- (6) この多孔質黄鉄鉍鉍体、白地質鉛・亜鉛鉍石およびスカルン質鉛・亜鉛鉍石の分布は、石英斑岩の岩脈の存在位置にほぼ一致する。

後述のようにこれらの事実は、石英斑岩がスカルン化、白地化、鉍化などに重要な関連を持つことを示唆している。ワンスラ鉍床群のV1、V3鉍体における、黄鉄鉍鉍体と鉛・亜鉛鉍石の分布を第30図に示す。

Ore-body	Section	Grid line	Ore type	Shape of orebody	Thickness of orebody*	Average grade Cu% Pb% Zn% Ag <sub>oz/st</sub>	$\pi^{**}$ % Ag 10Cu Pb	$\pi^{***}$ % 10Cu Pb Zn	$\frac{Pb}{Pb+Zn}$	$\frac{Ag}{Pb}$
V1	A Huanzala	Southern area from L-1000m	"Shiroji"ore>> Pyritic ore	Bedded	Thin	1.7 5.7 13.5 2.9	11 67 22	47 16 37	30	51
	B El Recuerdo -Sur	L-1000-1600m	Pyritic ore	Massive	Thick	0.2 5.9 14.2 7.2	48 13 39	9 27 64	29	122
	C El Recuerdo	L-1600-2200m	Pyritic ore> "Shiroji"ore	Massive	Thick	0.2 6.2 11.1 8.4	51 12 37	10 32 58	36	135
	D Julio Cesar	L-2200-2800m	Pyritic ore	Massive	Medium	0.1 6.7 14.3 7.0	48 7 45	5 30 65	32	104
	E Alberto	Northern area from L-2800m	Pyritic ore	Massive	Thick	0.1 6.1 11.7 2.7	28 10 62	5 32 62	34	44
V3	A Huanzala	Southern area from L-1000m	"Shiroji"ore>Skarn ore>Pyritic ore	Bedded	Medium	1.4 5.8 15.5 2.7	12 62 26	40 16 44	27	147
	B El Recuerdo -Sur	L-1000-1600m	Pyritic ore> "Shiroji"ore	Bedded	Medium~Thin	0.1 5.4 11.8 6.3	50 8 42	5 30 65	31	117
	C El Recuerdo	L-1600-2200m	Pyritic ore	Massive	Medium	0.1 4.9 12.5 5.0	46 9 45	5 27 68	28	102
	D Julio Cesar	L-2200-2800m	Pyritic ore	Bedded	Medium	0.1 8.2 11.3 12.8	58 5 37	5 40 55	42	156
	E Alberto	Northern area from L-2800m	"Shiroji"ore> Pyritic ore	Bedded	Medium	0.2 6.4 10.6 3.8	31 16 53	10 34 56	38	159

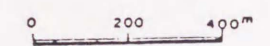
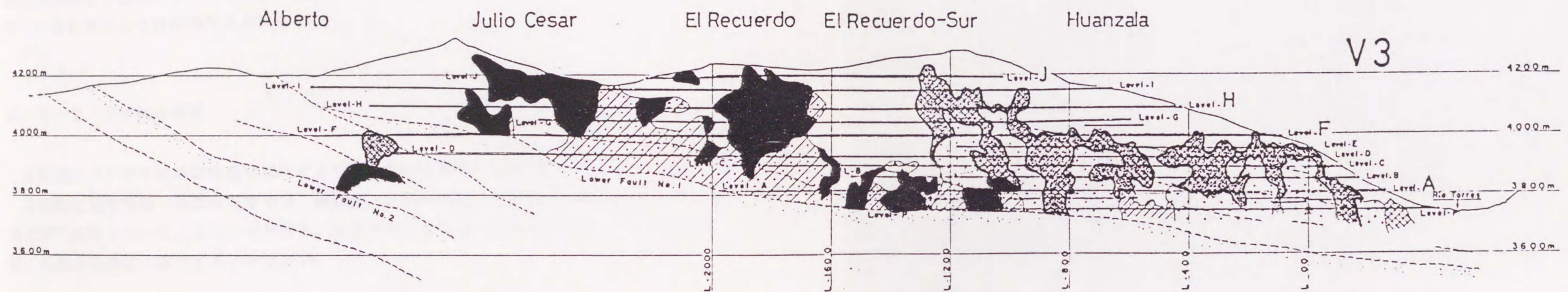
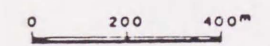
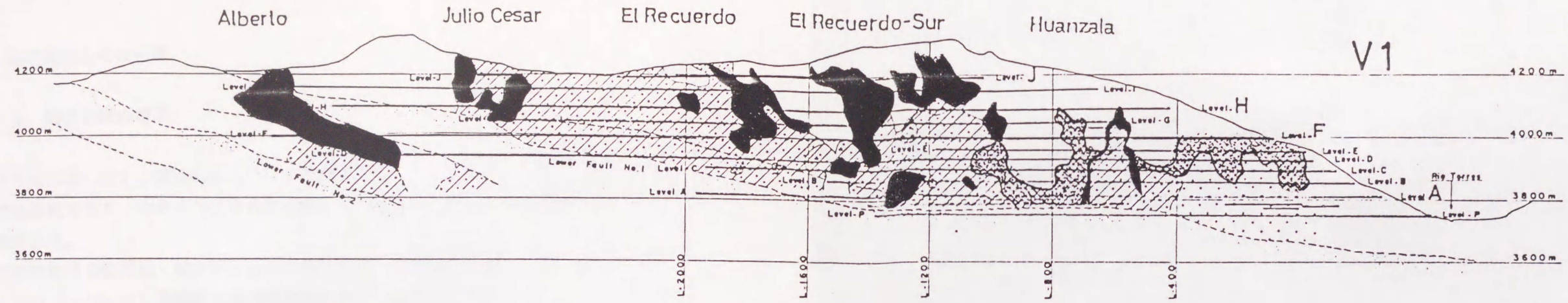
Remarks \* Classification of thickness of orebody: Thick=more than 10m, Medium=4-10m, Thin=less than 4m

\*\* Formula for  $\pi$  calculation:  $\pi Ag = Ag \times 100 / (Ag + 10Cu + Pb)$ ,  $\pi Cu = Cu \times 100 / (Ag + 10Cu + Pb)$ ,  $\pi Pb = Pb \times 100 / (Ag + 10Cu + Pb)$

\*\*\* Formula for  $\pi$  calculation:  $\pi Cu = Cu \times 100 / (10Cu + Pb + Zn)$ ,  $\pi Pb = Pb \times 100 / (10Cu + Pb + Zn)$ ,  $\pi Zn = Zn \times 100 / (10Cu + Pb + Zn)$   
unit: Cu, Pb, Zn = % Ag = oz/st

第1表 ワンサラ鉱床群 北部地区鉱床別鉱質など特性一覧表

(濱博也ほか(1986)に一部加筆)



LEGEND

- |                        |               |               |                   |
|------------------------|---------------|---------------|-------------------|
| Limestone              | Sandstone     | "Shiroji" ore | Pyritic ore       |
| Massive compact pyrite | Porous pyrite | Gossan        | Ore dissemination |
|                        |               |               | Fault             |

第30図 ワンサラ鉱床群 V1, V3鉱体 黄鉄鉱体と鉛・亜鉛鉱質分布図

(濱博也ほか(1986)に一部加筆)

### Ⅲ-5 構成鉱物とその特徴

#### Ⅲ-5-1 閃亜鉛鉱の種類

ワンサラ鉱床群に産する閃亜鉛鉱は、その肉眼的色調により2種類に大別される。1つは赤色閃亜鉛鉱であり、他の一つは黒色閃亜鉛鉱である。第2表に、閃亜鉛鉱のEPMA分析結果を示す。

赤色閃亜鉛鉱は黄鉛質鉛・亜鉛鉱石とスカルン質鉛・亜鉛鉱石に産し、赤～赤褐色で鉄分が多く(Fe 3~10wt%)黄銅鉱の斑点状組織はほとんど認められない。

黄鉛質鉛・亜鉛鉱石に含まれる閃亜鉛鉱は鉄分が多く、鏡下でも赤色が強い。一方、黒色閃亜鉛鉱は白地質鉛・亜鉛鉱石に産し、肉眼的に黒色に見えるが、鏡下では無色透明で斑点状黄銅鉱を多く包有している。第2表に示したように閃亜鉛鉱自体の鉄分は極めて少ない(Fe 0.5wt%程度)。

なお、少量ながら両者の中間的な閃亜鉛鉱も存在する。すなわち、黄褐色の色調で黄銅鉱の斑点を若干包有するものである。しかしながら、閃亜鉛鉱中のMn、Cd含有量については、Fe含有量のような傾向はみられない。

#### Ⅲ-5-2 方鉛鉱の特徴

方鉛鉱はワンサラ鉱床群全般に存在するが、その存在形態に特徴がある。

方鉛鉱は黄鉛質鉛・亜鉛鉱石中では、黄鉄鉱・赤色閃亜鉛鉱の集合部を脈状に切ったり、塊状黄鉄鉱のドルースに晶出したりする。またスカルン質鉛・亜鉛鉱石では、赤色閃亜鉛鉱の結晶の周縁部に存在することが多い。

#### Ⅲ-5-3 銅鉱物の種類

銅鉱物は多種類存在するが、とくに黄銅鉱、斑銅鉱、輝銅鉱、砒四面銅鉱が特徴的に産する。

黄銅鉱は黄鉛質銅鉱石の主要鉱石鉱物で、黄鉛質、スカルン質、白地質鉛・亜鉛鉱石の随伴鉱石鉱物、白地質銅鉱石では斑銅鉱・輝銅鉱と共生する。脈状銅鉱石には少ない。

初生の斑銅鉱・輝銅鉱は白地質鉛・亜鉛鉱石の随伴鉱石鉱物で、白地質銅鉱石では主要鉱石鉱物である。脈状銅鉱石にも砒四面銅鉱と共生して存在する。

砒四面銅鉱は脈状銅鉱石の主要鉱石鉱物で、黄鉛質、白地質銅鉱石にも若干存在する。この砒四面銅鉱には銀分が含有されており、ワンサラ鉱床群の主要な含銀鉱物の一つである。

(wt %)

	Zn	Fe	Mn	Cd	S	Total	
Pyritic ore	Al380 V3	59.9	5.5	1.3	0.2	33.4	100.4 <sup>*</sup>
	I2480 V3	56.8	9.4	0.2	0.4	34.1	100.8 <sup>*</sup>
	Julio cesar	54.1	10.1	0.8	0.2	33.8	99.0 <sup>*</sup>
	Ave.	56.9	8.3	0.8	0.3	33.7	
Skarn ore	P470 V4	61.0	5.4	0.4	0.1	33.7	100.6 <sup>*</sup>
	Cx565W V4	61.9	3.3	1.2	0.2	33.0	99.8
	Dx810W V5	62.2	4.9	1.4	0.3	33.6	102.3
	F590 V4	61.9	4.1	0.8	1.0	32.7	100.5 <sup>*</sup>
Ave.	61.8	4.4	1.0	0.4	33.2		
'Shiroji' ore	Px805W V3	65.7	1.0	0.1	0.2	33.3	100.3 <sup>*</sup>
	Ax235WV2P	64.4	0.6	1.1	0.3	32.9	99.3 <sup>*</sup>
	D006 V3	67.3	0.1	1.1	0.3	33.7	102.5
	Dx235W V2T	64.6	0.3	1.5	0.1	32.6	99.8 <sup>*</sup>
	Fx980W V4	65.4	0.1	0.0	0.2	33.3	99.4 <sup>*</sup>
Ave.	65.5	0.5	0.8	0.2	33.2		
Intermediate	Dx460W V3	61.6	4.1	0.3	0.3	32.9	99.4 <sup>*</sup>
	Fx370W V3	66.8	2.6	0.2	0.4	33.6	103.6
	Ave.	62.4	3.3	0.3	0.3	33.3	

\* Data from Hishinuma (1979) ANALYZED BY EPMA

第2表 ワンサラ鉱床群 北部地区  
 鉱質別閃亜鉛鉱成分表

(wt %)

	Garnet	Diopside
	P580 V4	P625 V4
SiO <sub>2</sub>	39.24	54.64
TiO <sub>2</sub>	0.38	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.17	0.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	* 12.53	
FeO		* 2.83
MnO	0.44	1.09
MgO	0.96	15.26
CaO	33.33	24.86
Na <sub>2</sub> O	0.21	0.49
K <sub>2</sub> O	0.28	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.14
Ign. Loss	1.46	0.47
Total	99.18	99.97

\* Calculated value from Fe

第3表 ワンサラ鉱床群 ワンサラ本鉱床  
 スカルン鉱物成分表

### Ⅲ-5-4 銀鋳物の種類

本節では、ワンサラ鋳床群に産する銀鋳物の記載を行う。

#### (1) 含銀鋳物

ワンサラ鋳床群の含銀鋳物の主体は方鉛鋳であり、総銀量の約60%が方鉛鋳中の固溶銀によるものである。ついで砒四面銅鋳、含銀鉛-蒼鉛鋳物、各種銀鋳物といった順の量比となっている。

#### ① 方鉛鋳

方鉛鋳はワンサラ鋳床群の主要鋳石鋳物であり、全ての鋳石、鋳体に含有されている。鋳石部の鉛品位は本坑では上位坑準ほど高く、さらにRecuerdo坑など、北西側で高くなる傾向がある。

方鉛鋳中の固溶銀量は0.01~0.56wt%の範囲にあり、この値は本坑で多く、北西側Recuerdo坑で少なくなる傾向にある。このことは鋳石の鉛品位とは逆の関係を示す。すなわち、鉛品位が高く方鉛鋳の多い所では、その方鉛鋳中の固溶銀量は相対的に少なく、鉛品位が低く方鉛鋳の少ない所で、方鉛鋳中の固溶銀は相対的に多くなる。

#### ② 砒四面銅鋳

砒四面銅鋳は黄銅鋳、斑銅鋳・輝銅鋳と密接な共生関係を示し、本坑の白地質鋳石に多く認められ、とくに白地質銅鋳石には普遍的に存在する。Recuerdo坑では脈状、ドルース状に産出する。

含銀量はAg 1.6wt%前後でCu 40.4wt%、As 17.0wt%、Sb 5.1wt%、Fe 7.3wt%の組成を持ち、少量のZnを含有する。

#### ③ 含銀鉛-蒼鉛鋳物

この鉛-蒼鉛鋳物は、スカルン質鉛・亜鉛鋳石の赤色閃亜鉛鋳中に細粒斑点状に包有されることが多く、本坑P坑準に多く産出する。すなわち、本坑の下部坑準に多く、Recuerdo坑では認められない。

この鉛-蒼鉛鋳物は、Agを最大5wt%まで包有し、Biは5~53wt%と変化する。若干量のCuを含有することもある。

#### ④ カンフィールドライト

Recuerdo坑の黄鋳質鉛・亜鉛鋳石中に産出し、方鉛鋳の外縁部に方鉛鋳を交代するように存在する。ホカルタイト、黄錫鋳、錫石を伴うことが多い。鏡下において、カンフィールドライトの細脈が方鉛鋳を貫いている状況が観察される。

⑤ 輝銀鉱、銀-アンチモン鉱物

輝銀鉱はRecuerdo坑の黄鉛質鉛・亜鉛鉱石に産出し、方鉛鉱の周縁部に方鉛鉱を交代したように存在する。Recuerdo坑の北部ほど、鉱物粒が粗粒となる傾向がある。

銀-アンチモン系鉱物として濃紅銀鉱、脆銀鉱、雑銀鉱が確認されている。

⑥ エレクトラム

Recuerdo坑に産し、砒四面銅鉱、各種銀鉱物、硫砒鉄鉱などと共生している。金：銀比率は約7：3である。

(2) 銀鉱物の分布

含銀鉱物は下記の4つの含銀鉱物グループに分帯され、それらがP坑準600mライン付近を中心に帯状分布を示す(第31図)。

- ① 含銀鉛-蒼鉛鉱物帯
- ② 砒四面銅鉱帯
- ③ 砒四面銅鉱+銀鉱物帯
- ④ 銀鉱物帯

① 含銀鉛-蒼鉛鉱物帯

本帯は本坑の下部坑準など下部に分布し、帯状分布の中心に位置する。含銀鉛-蒼鉛鉱物はスカルン質鉛・亜鉛鉱石中に多く、Pb品位は相対的に低いが、Ag/Pb比率は高いという特徴を持っている。

② 砒四面銅鉱帯

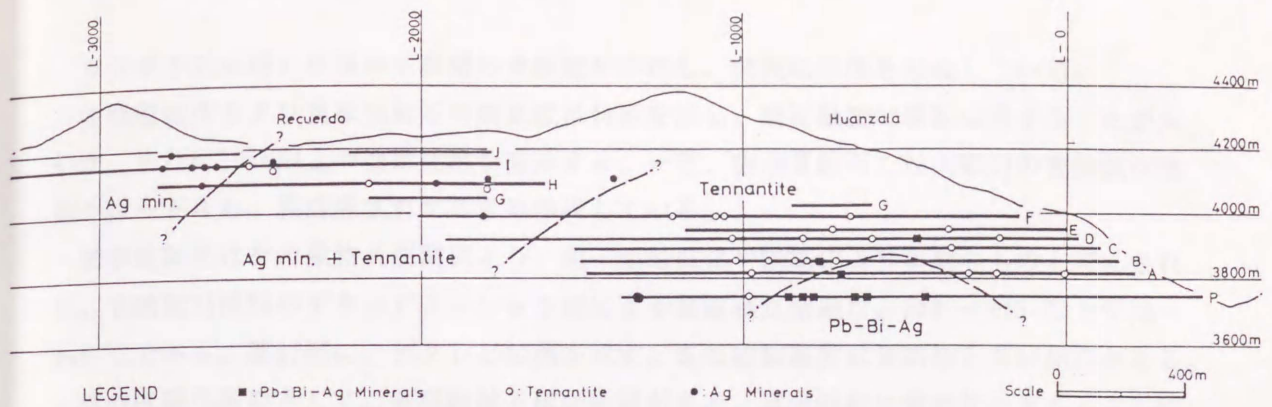
本帯は①帯の外側に位置し、ほぼ本坑全域をカバーする。鉱質は白地質鉱石が主体であり、Ag品位はCu品位にほぼ比例する傾向がある。

③ 砒四面銅鉱+銀鉱物帯

本帯は②の外側に位置し、④帯との漸移帯といえる。本帯の砒四面銅鉱は、②帯のそれが白地質鉱石に鉱染しているのに対して、黄鉄鉱中に脈状、ドルース充填状に産出する。銀鉱物は非常に細粒で、脆銀鉱、カンフィールドライトが主体である。

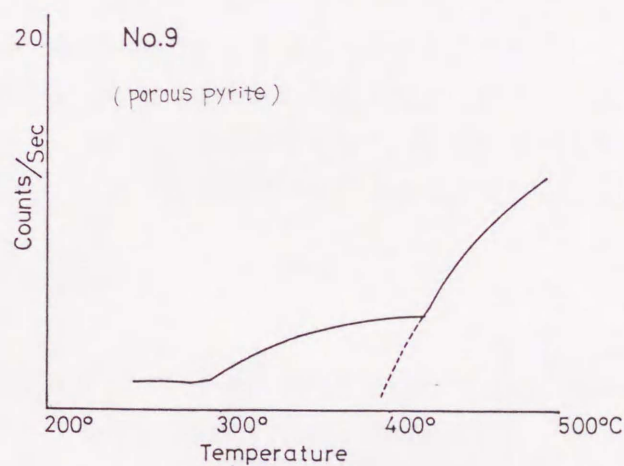
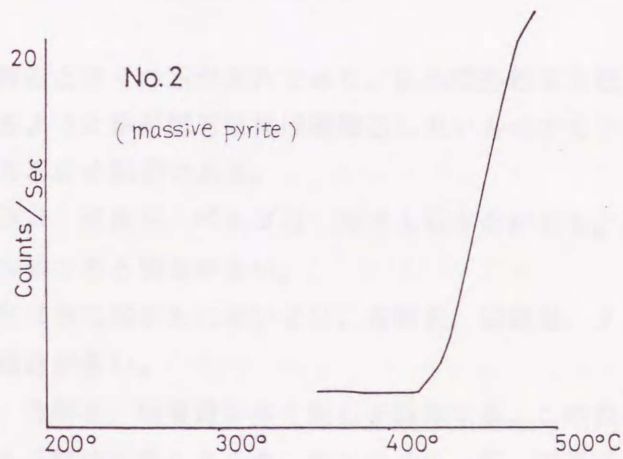
④ 銀鉱物帯

本帯は帯状分布の外殻部に位置し、Recuerdo坑北部に優勢に発達する。銀鉱物は③帯に比べて粗粒で多量になり、カンフィールドライト、濃紅銀鉱、輝銀鉱が主体である。本帯は黄鉛質鉛・亜鉛鉱石中に位置し、Ag・Pb品位共高くなる傾向にある。



第31図 ワンサラ鉱床群 北部地区 銀鉛物の帯状分布

(齊藤信雄ほか(1981)に一部加筆)



第32図 ワンサラ鉱床群 北部地区

黄鉄鉛質別テクレピグラフ

(齊藤信雄ほか(1981)より引用)



### Ⅲ-5-5 黄鉄鉱の種類

ワンサラ鉱床群には極めて多量の黄鉄鉱が存在し、黄鉄鉱鉱体を形成している。

黄鉄鉱鉱体および黄鉄質鉱石の黄鉄鉱は自形を呈し、細粒緻密で塊状に産することが多いが、まれに10cm以上の自形結晶を産出する。一方、白地質鉱石では大部分の黄鉄鉱が他形コロドされ、再溶解されたことを示唆している。

黄鉄鉱鉱化はその鉱物共生関係より、鉛・亜鉛鉱化や銅鉱化より早期のものと考えられる。黄鉄鉱25試料のデクレピテーション法による温度測定結果は、250～445℃で平均350℃である。第32図に、デクレピの例を示す。また破裂温度は深部ほど高い傾向がある。

他の鉄硫化鉱物として、磁硫鉄鉱と硫砒鉄鉱がある。硫砒鉄鉱は黄鉄鉱のドルースに粒状自形で産する。一方、磁硫鉄鉱は黄鉄鉱と他形で共存する。

### Ⅲ-5-6 スカルン鉱物およびその他の脈石鉱物

スカルン鉱物は単斜輝石とざくろ石が主体であり、赤色閃亜鉛鉱と密接に共生する。第3表の分析値にみられるように単斜輝石はほぼ透輝石に近いものであり、ざくろ石は灰鉄ざくろ石と灰ばんざくろ石の中間型である。

その他のスカルン鉱物は、正長石、ベスブ石、緑れん石などがある。無鉱化スカルン部は細粒の緑れん石の集合体である場合が多い。

これらのスカルン鉱物は白地質鉱石においては、方解石、絹雲母、タルク化してレリクトとしてのみ存在する場合が多い。

白地質鉱石には石英、方解石、絹雲母が多く螢石を随伴する。この白地質鉱石、とくに銅鉱にはマグネシウム系鉱物が多くタルク、モンモリロン石、苦灰石、セラアイトなどが知られている。

#### IV 鉍床生成機構

本章においては、鉍床生成のメカニズムについて、ワイワシ山系とワンサラ地域に分けて議論する。

##### IV-1 ワイワシ山系多金属鉍床帯

本節においては、ワンサラ鉍床群を除いたワイワシ山系多金属鉍床帯の成因について考察する。II章において記載したように、これらの鉍床群は地質学的・鉍床学的に類似の性質を有しており、またその中でイスカイクルス鉍床群に関するデータが比較的揃っていることから、ここでは本鉍床群を例にとり、ワイワシ山系多金属鉍床帯の生成機構について議論する。

##### IV-1-1 火成岩類および断裂系の役割

イスカイクルス鉍床群には、その北西6~7kmの向斜軸に沿って貫入した石英安山岩質斑岩、その西約10kmのNNW-SSE系断層に沿ったトナール岩、その東の背斜軸付近に貫入した複合酸性岩脈が見られる。これらの全岩分析値を第4表に、モード組成を第33図に示す。これから明らかなように、これらの火成岩類は鉍物組成的には花崗閃緑岩の領域にプロットされる。また、これらの全岩または黒雲母のK-Ar同位体年代値を第5表に示した。その結果、石英安山岩質斑岩が最も古く31.3Ma、安山岩質火山岩類17.9Ma、トナール岩が10.6~10.9Maで最も新しい。これらの火成岩類と鉍床との直接の関係は見られないが、鉍床群のかなりの部分でスカルンが認められることから、これらの岩体のいずれかが鉍床生成に関与したと考えられる。これについては、現在鉍床構成鉍物の年代測定値がないので関連火成岩を特定できない。しかしながら、後述のワンサラ鉍床群のデータからみて、トナール岩および複合酸性岩脈が関連火成岩として最も可能性が大きい。

そのほか、Santa 累層などの中に形成された断層・裂か（例えばトナール岩の貫入を規制したNNW-SSE系の断層、chupa 鉍床付近のENE-WSW系断層など）ならびにChimu 累層中の層面断層などの断裂系も、鉍床生成上重要な役割を果たしたと見られる。

##### IV-1-2 鉍石の帯状分布

イスカイクルス鉍床群は、前述のように、白亜紀下部のSanta 累層およびPariahuanca 累層の石灰岩層中に胚胎しており、Limpe、Limpe 南およびChupa の3鉍床からなる。

Limpe、Limpe 南鉍床を含む鉍化帯は全長12kmにわたり分布するが、鉍石鉍物の濃集の程度は断続的で変化に富む。全体には、複合酸性岩脈を中心に鉍石の帯状分布が認められ

Field No. Rock Name		AO-116 Andesite	CO-121 Tonalite	CO-122 Tonalite	SO-176 Dacite-Porphry
Assay Values	SiO <sub>2</sub>	57.44 (%)	64.57 (%)	68.22 (%)	63.86 (%)
	TiO <sub>2</sub>	1.02	0.65	0.44	0.61
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.62	17.49	15.67	15.73
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.36	1.53	1.09	1.27
	FeO	3.22	2.87	2.30	6.33
	MnO	0.21	0.09	0.08	0.08
	MgO	1.94	1.96	1.19	1.21
	CaO	4.88	3.54	2.87	4.09
	Na <sub>2</sub> O	4.01	4.05	3.77	2.38
	K <sub>2</sub> O	2.11	2.68	3.33	2.94
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.30	0.20	0.16	0.18
	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.61	0.26	0.53	1.27
	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.47	0.07	0.12	0.23
	Total	100.19	99.96	99.77	100.18
Normative Composition	Q	13.33	19.48	25.05	24.61
	C	1.62	1.98	1.04	1.65
	Or	12.71	15.90	19.85	17.61
	Ab	34.58	34.39	32.18	20.41
	An	22.68	16.31	13.31	19.37
	Sub-Total	84.92	88.06	91.43	83.64
	En-Hy	4.92	4.90	2.99	3.05
	Fs-Hy	1.04	3.11	2.77	9.85
	Mf	6.44	2.23	1.59	1.87
	Il	1.97	1.24	0.84	1.17
Ap	0.71	0.47	0.37	0.42	
Sub-Total	15.09	11.94	8.57	16.36	
Ratio	Q	16.00	22.63	27.71	30.01
	Or	15.26	18.47	21.96	21.47
	Ab+An	68.74	58.91	50.33	48.51

第4表 イスカイクルス鉱床群貫入岩類

全岩分析値及びノルム値

(国際協力事業団(1980)より引用)

Field No. (Rock Name)	Location	Mineral	Isotopic Age (m.y.)	Ar <sup>40R</sup> /gm x 10 <sup>-5</sup>	% Ar <sup>40R</sup>	% K
AO - 116 (Andesite)	G3	whole rock	17.9 ± 0.9	0.113	52.1	1.57
				0.108	55.3	1.59
CO - 121 (Tonalite)	G1	biotite	10.9 ± 0.5	0.215	43.8	5.17
				0.225	51.0	5.16
CO - 122 (Tonalite)	G1	biotite	10.6 ± 0.5	0.267	56.6	6.36
				0.258	47.8	6.32
SO - 176 (Dacite- Porphyry)	G1	biotite	31.3 ± 1.6	0.133	39.2	1.09
				0.129	36.2	1.04

Constants used

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

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

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

Notes

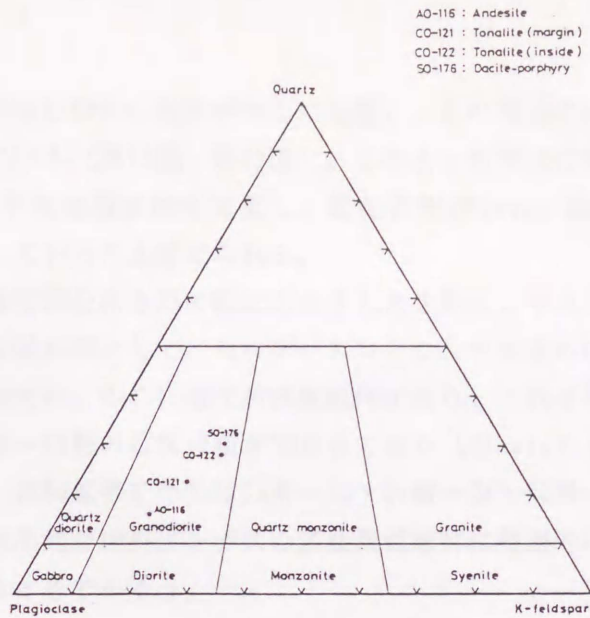
Ar<sup>40R</sup> : Radiogenic Ar<sup>40</sup>

m.y. : million years

Analysis performed at Teledyne Isotopes, Westwood, New Jersey, USA.

第5表 イスカイクルス鉱床群貫入岩類絶対年代測定結果

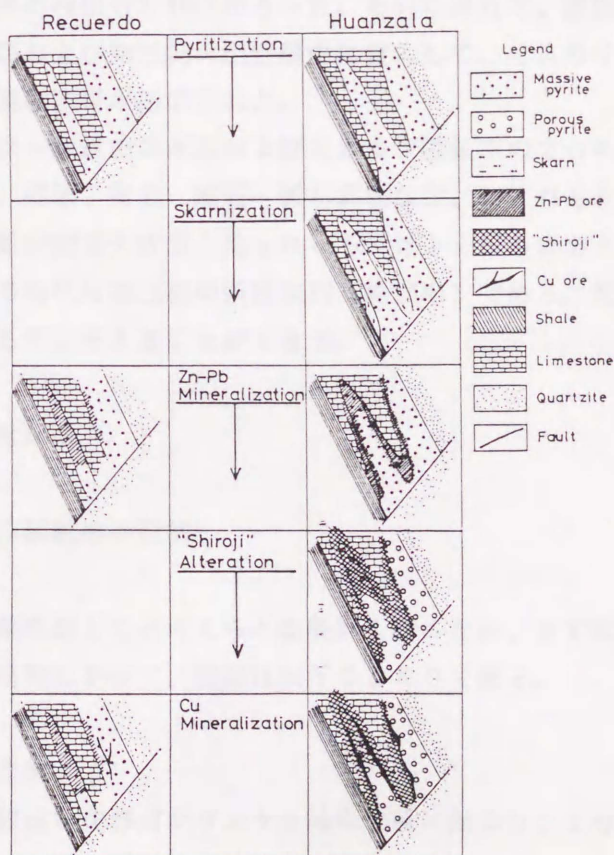
(国際協力事業団(1980)より引用)



第33図 イスカイクルス鉱床群貫入岩類

石英-カリ長石-斜長石三角図

( 国際協力事業団(1980)より引用 )



第34図 ワンサラ鉱床群

鉱化作用・変質作用模式図

( 斉藤信雄ほか(1981)より引用 )

る。全体としてはCuに富むChupa 鉱床が中心に位置し、その周辺にZn帯、さらにその外側にZn・Pb帯が広がっている（第12図、第13図）。このような帯状分布から、Chupa 鉱床付近の潜頭性火成岩体が鉱化帯全体を支配し、鉱化作用がChupa 鉱床→Limpe 南鉱床→Limpe 鉱床へと展開していったと考えられる。

次に、以上のべた帯状分布と他の鉱床群のそれとを比較してみる。

本鉱床群と類似する鉱床群として、セロデパスコとワンサラをあげることができる。

セロデパスコ鉱床群では、中心に塊状黄鉄鉱鉱体があり、これを中心に外側へSn・Cu・Zn帯→Zn帯→Pb・Zn帯→Pb帯の帯状分布が知られており（Einaudi (1977)）、一方ワンサラ鉱床群の場合にも、黄鉄鉱帯を中心にCu帯→Cu・Zn帯→Zn・Pb帯→Pb帯の配列が認められる。このような帯状配列が中央アンデスの多金属鉱床群に普遍的に見られるかどうかは、今後さらに検討されるべきであろう。

#### IV-1-3 鉱床生成史

ワイワシ山系では、白亜紀に海成の石灰岩や砕屑岩を主体とする莫大な量の堆積岩類が形成された。これらには、第三紀に入ってアンデス造山運動により複合褶曲構造や衝上断層などが形成された。古第三紀後半になると、コスタルバソリスの大規模な活動があり、それに伴って石英安山岩質斑岩の貫入(31.3Ma)があった。その後、Tacaza火山岩類に対比される安山岩質火山岩類の噴出(17.9Ma)があった。それに遅れて、酸性火成岩類が白亜紀の石灰岩を含む堆積岩類および第三紀火山岩類中に貫入して、イスカイクルス鉱床群を含むワイワシ山系の多金属鉱床帯が形成された。

鉱床型としては、脈状～塊状の熱水型およびスカルン型鉱床の2つのタイプが見られるが、これらの鉱床群は、成因、母岩、鉱石・脈石鉱物など、いずれもきわめて類似している。火成岩類の中で、鉱床関連火成岩と見られるものはトナール岩および変質の著しい複合酸性岩脈であり、その時代は第三紀中新世末期(約10Ma)である。従って、鉱化作用もこの一連の地質現象としてとらえることができる。

#### IV-2 ワンサラ鉱床群

##### IV-2-1 黄鉄鉱鉱体の役割

鉱床生成の重要な役割を果たしたと考えられる要因を探るため、まず鉱化作用の順序を明らかにした。早期から晩期にかけて、結果は以下のとおりである。

##### (1) 黄鉄鉱鉱化作用

まず莫大な黄鉄鉱鉱化作用がワンサラ鉱床全般に起こり、1号鍾、3号鍾を主体

として緻密黄鉄鉱体が形成された。

(2) スカルン化作用

本坑では、黄鉄鉱体の周縁部にスカルン帯が形成された(2,4号鑛)。一方、Recuerdo坑ではスカルン化作用はおよばなかった。

(3) 鉛・亜鉛鉱化作用

この黄鉄鉱体、スカルン帯を母体として、その周縁部に鉛・亜鉛鉱染が起きた。そして各々が黄鉄質鉛・亜鉛鉱石、スカルン質鉛、亜鉛鉱石となった。

(4) 白地化変質作用

本坑に白地化変質作用が起こった。このため初生の黄鉄質鉱石、スカルン質鉱石の一部は白地化し、白地質鉱石となり、緻密黄鉄鉱体の一部は多孔質黄鉄鉱体となった。さらに、この変質に伴われた鉛・亜鉛鉱化によって、新たな白地質鉱石も形成された。Recuerdo坑には白地化変質はおよばなかった。

(5) 銅鉱化作用

白地化変質作用に引続いて、銅鉱化作用が起こった。銅鉱物は本坑では多孔質黄鉄鉱体により強く鉱染し、白地質鉛・亜鉛鉱石中にも鉱染した。この選択的な鉱染によって見掛け上の帯状分布(黄鉄鉱→Cu→Pb・Zn)が形成された。一方Recuerdo坑の銅鉱化作用は、脈状に黄鉄鉱体を貫いたのみで、黄鉄質鉛・亜鉛鉱石中にはおよばなかった。

以上のべた鉱化作用および変質作用の順序をワンサラ鉱床全体について模式的に第34図、第36図に、鉱体別に第35図に示した。以上のように黄鉄鉱体(一部スカルン)が鉛・亜鉛、銅の胚胎母体であり、この緻密な黄鉄鉱体に鉱染して形成された黄鉄質鉛・亜鉛鉱石が、ワンサラ鉱床群の初生でしかも主体の鉱石である。従来主体と考えられていた白地質鉛・亜鉛鉱石は、黄鉄質鉛・亜鉛鉱石などが局部的に変質したものにすぎない。

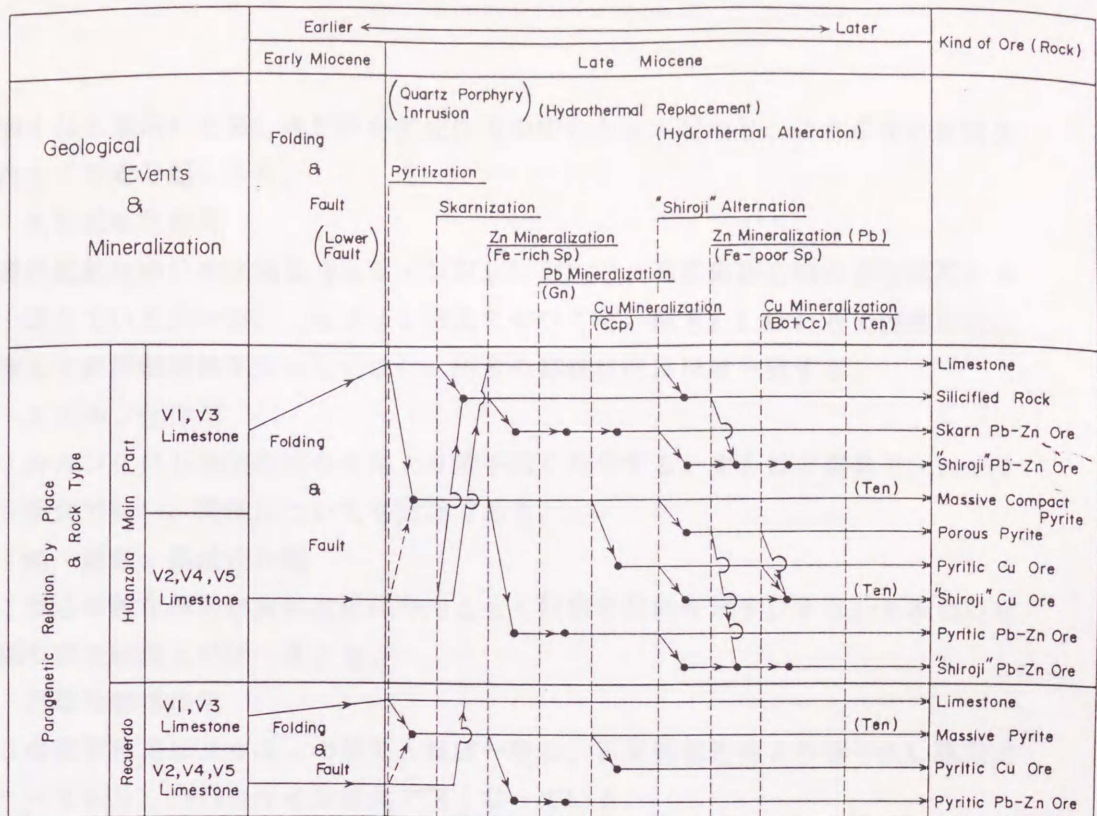
すなわち、従来は『不毛黄鉄鉱体を中心として鉱石の帯状分布があるとして、そのうち白地質鉱石を採鉱ターゲットとした』が、本研究により『ワンサラ鉱床群は前駆的に形成された黄鉄鉱体を鉱床胚胎の場とした鉱床であり、この黄鉄鉱体そのものが重要な採鉱ターゲットである』という見解が新たに得られるに至った。

#### IV-2-2 石英斑岩の役割

本節では関係火成岩と考えられる石英斑岩と鉱化作用との関係について検討する。その結果を以下に要約する。

(1) 石英斑岩の岩体と岩脈

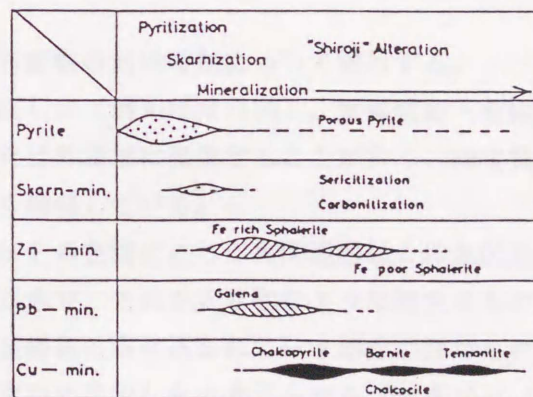
石英斑岩岩体は南北1.8 km (-300~1500mライン)の長楕円形をなして分布する。岩脈は岩体を中心に南北5kmにわたって分布し、その活動は岩体より離れるに従っ



Sp : Sphalerite, Gn : Galena, Ccp : Chalcopyrite, Bo : Bornite, Cc : Chalcocite, Ten : Tennantite

### 第35図

ワンサラ鉱床群 北部地区 鉱床母岩と鉱化作用・変質作用関係図



### 第36図

ワンサラ鉱床群 北部地区 鉱石鉱物の晶出時期

( 齊藤信雄ほか(1981)に一部加筆 )

て弱くなる傾向にある。本岩体が鉍化作用の中心となっており、これを中心に鉍化作用がくり返し起こった。

#### (2) 黄鉄鉍鉍化作用

黄鉄鉍鉍体の分布状況は 0m ライン以北において、石英斑岩岩脈の存在状況にはほぼ一致している。一方、0m ライン以南についても、南方 2.5 km に石英斑岩岩脈に近接して黄鉄鉍鉍体が分布しており、両者の存在状況はほぼ一致する。

#### (3) スカルン化作用

スカルン化は石英斑岩体の分布より若干広く分布する。中心ほど優勢で 1600 m ライン以北で弱い。南部についても同様である。

#### (4) 鉛・亜鉛、銅鉍化作用

これらの鉍化作用は黄鉄鉍鉍化作用と全く同様の傾向を示す。すなわち石英斑岩岩脈の存在状況とほぼ一致する。

#### (5) 白地化変質作用

この変質作用はスカルンの状況とほぼ一致し、石英斑岩岩体より若干広い範囲にわたっており、1400 m ライン以北で弱くなっている。

以上のように、石英斑岩の岩体および岩脈の存在状況（位置と優劣）と黄鉄鉍鉍化作用、スカルン化作用、鉛・亜鉛鉍化作用、銅鉍化作用、白地化変質作用の存在状況（位置と優劣）との間に密接な関係があり、しかも、石英斑岩の岩体がその中心に位置することが明らかになった。

また断層・裂か沿いに変質が認められること、断層を境に鉍化状況が異なることなど、断層・裂かが鉍床生成に大きな役割を果たしていることも判明している。

### IV-2-3 鉍物の晶出順序

本節においては、主な鉍石鉍物の晶出時期について検討する。

最初に細粒の黄鉄鉍が晶出した（例えば第 28 図）。黄鉍質鉛・亜鉛鉍体および銅鉍体は細粒黄鉄鉍鉍体の外縁部または外周部に発達することが多く、細粒黄鉄鉍鉍体の位置は黄鉍質鉍体の胚胎位置を大きく規制している。

前述のように、閃亜鉛鉍はその色調により赤色閃亜鉛鉍と黒色閃亜鉛鉍からなる。両者の関係は、閃亜鉛鉍の核が赤色で、それをとり囲むように黒色のものが成長したり、赤色閃亜鉛鉍の周縁部が黒色閃亜鉛鉍に取り込まれている部分が認められることから、赤色閃亜鉛鉍が黒色閃亜鉛鉍より早期に晶出したと考えられる（写真 10-1, 11-1）。

方鉛鉍は赤色閃亜鉛鉍を切ったり、この空隙を埋めて晶出していることが多いが、黒色閃亜鉛鉍と共生して晶出していることもある。従って方鉛鉍は赤色閃亜鉛鉍より遅れて晶出が始まり、黒色閃亜鉛鉍の晶出時期まで晶出が断続したと考えられる（写真 8-2, 9-1）。

黄銅鉍は黄鉄鉍中に脈状に存在し、それら全体を斑銅鉍・輝銅鉍が貫いたり、これをと



り囲んで晶出していることが多い。さらに砒四面銅鉱はこれらを切って晶出していることが多い。従って銅鉱物は、早期から晩期にかけて、黄銅鉱・斑銅鉱・輝銅鉱、砒四面銅鉱の順に晶出した（写真12-1, 13-1, 14-1）。また黄銅鉱は脈状に赤色閃亜鉛鉱を切ったり、とり囲んだりしていることから、赤色閃亜鉛鉱より後期であり、方鉛鉱と密接に共生することから方鉛鉱とほぼ同時に晶出したと考えられる。

一方、斑銅鉱・輝銅鉱は黒色閃亜鉛鉱を切っていることから、より後期の晶出と見られる。これらの事実から、定性的には、鉱化作用を通じて早期から晩期にかけて温度は下がり、逆にイオウのフガシティ ( $f_{S_2}$ ) は恐らく酸素のそれと共に上昇したと結論される。

含銀鉱物の晶出時期については、方鉛鉱や砒四面銅鉱より後期と考えられる。これについては後節においてより詳しく述べる（写真16-2）。

以上のことから鉱石鉱物の晶出順序は次のように考えることができる。早期から晩期に、赤色閃亜鉛鉱→方鉛鉱・黄銅鉱→黒色閃亜鉛鉱→斑銅鉱・輝銅鉱→砒四面銅鉱→含銀鉱物。ただし各々の晶出時期には幅があり、重複することはあっても逆転することはない。

以上のべたワンサラ鉱床群（北部地区）における鉱化作用と鉱物晶出時期について、第36図および第4表にまとめて示す。

#### IV-2-4 鉱石の帯状分布

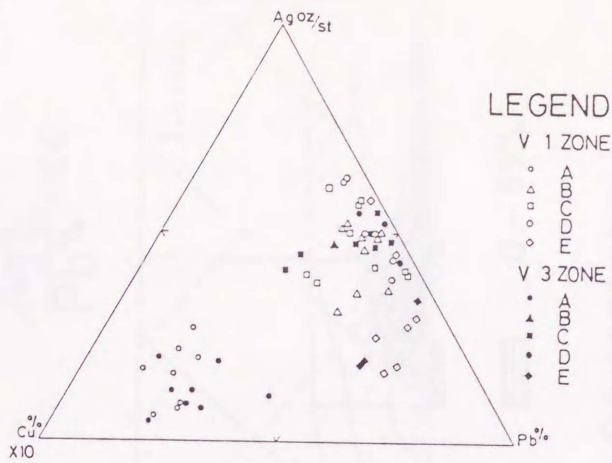
本節では、鉱石の帯状配列の成因について考える。

前節においてのべたように、ワンサラ鉱床群を形成する鉱石鉱物の大局的な晶出順序は黄鉄鉱→亜鉛→鉛→銅→銀である。これは鉱石鉱物の帯状分布（第28図、第29図、ならびに品位分布を示した第37図～第39図を参照）とは一致しない。晶出時期が後期であるにもかかわらず銅は黄鉄鉱と密接な晶出関係を示して、一種の帯状分布を形成したものと解釈される。

鉛・亜鉛の分布についても、後期生成の白地質鉛・亜鉛鉱石が中央部に存在し、早期生成で高温型と考えられる黄鉄質鉛・亜鉛鉱石、スカルン質鉛・亜鉛鉱石が外周部に存在している。これに関しても、既存の鉱化帯（赤色閃亜鉛鉱を主体とする黄鉄質鉱石、スカルン質鉱石）に、石英斑岩を通路とした白地化鉱化変質が、局部的に中央部から外側へ広がったものと解釈される。

通常、帯状分布においては、外側に銀帯の存在が知られているが、ワンサラ鉱床群においても、外側に多くの銀鉱物が認められており、また一部の銀鉱物は、銅鉱石部に多く存在することが確認されている（第31図）。

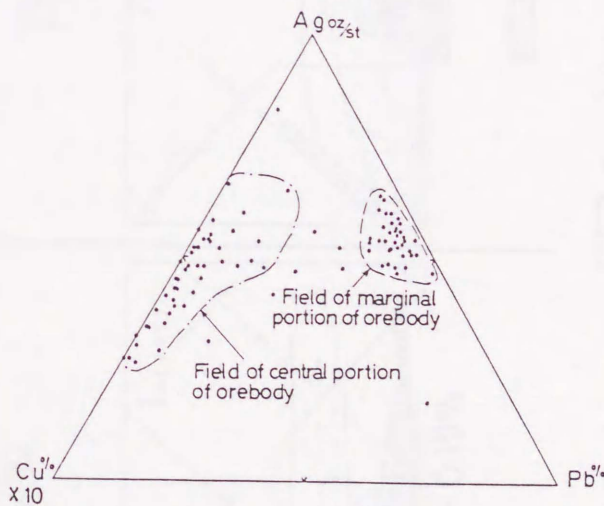
しかしながら、鉱床生成が単一鉱化作用によるものではないことが、銀の存在状況を複雑にしている。



Triangular plot of Cu  $\times$  10: Pb: Ag for V1 and V3 in the various portions of the Huanzala mine. A=Huanzala section, B=El Recuerdo-Sur section, C=El Recuerdo section, D=Julio Cesar section, E=Alberto section

第37図 ワンサラ鉱床群 北部地区  $\pi$  分布図

( 濱博也ほか(1986)より引用 )



Triangular plot of Cu  $\times$  10: Pb: Ag for the V1 adjacent to 1400 m line of the I level.

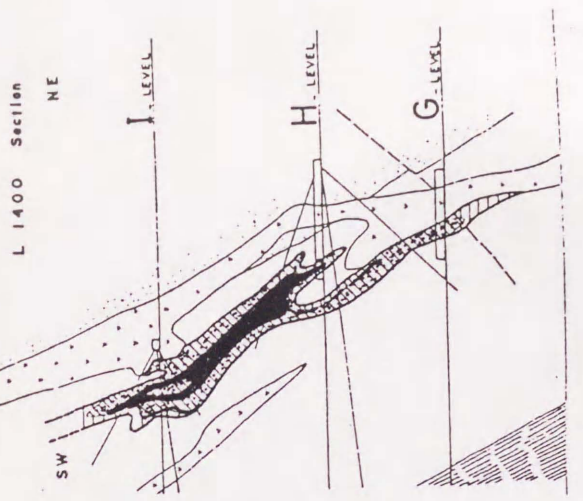
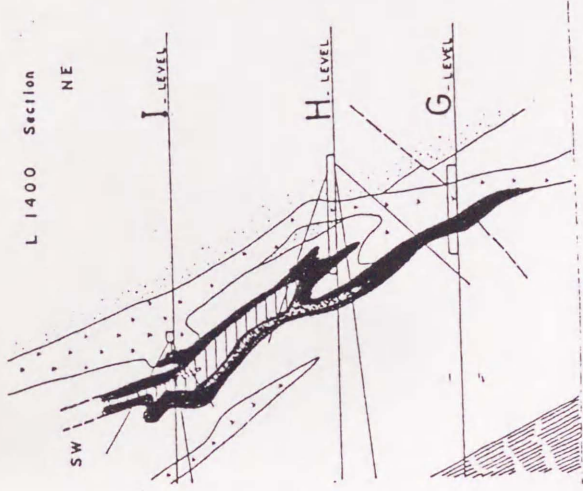
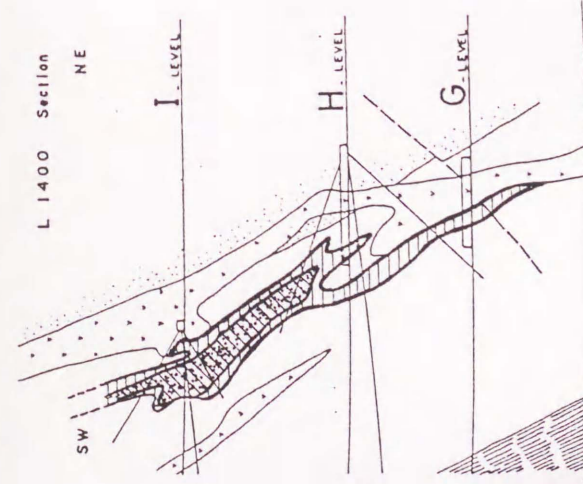
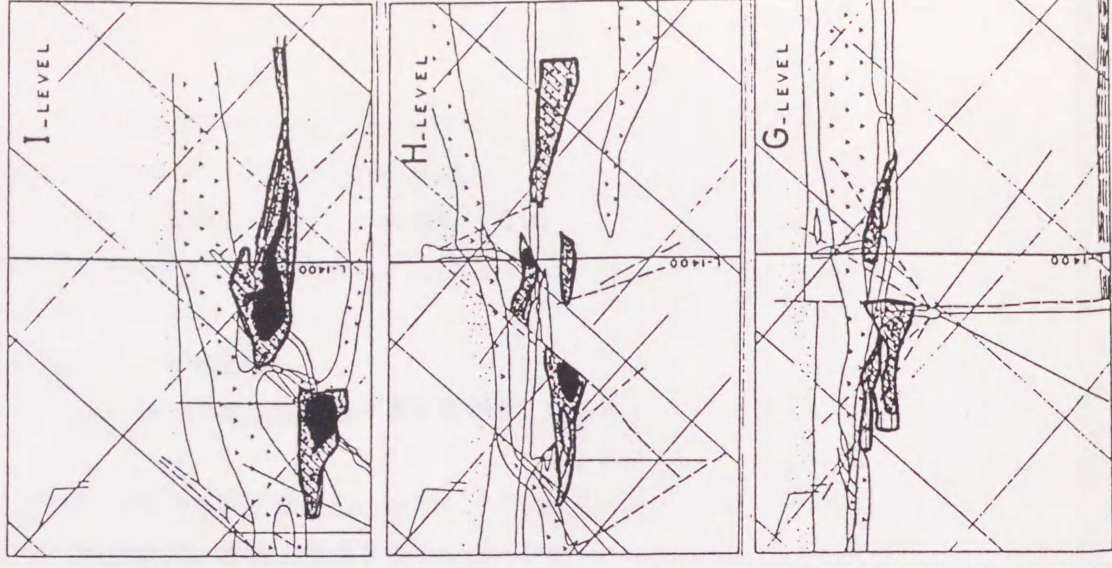
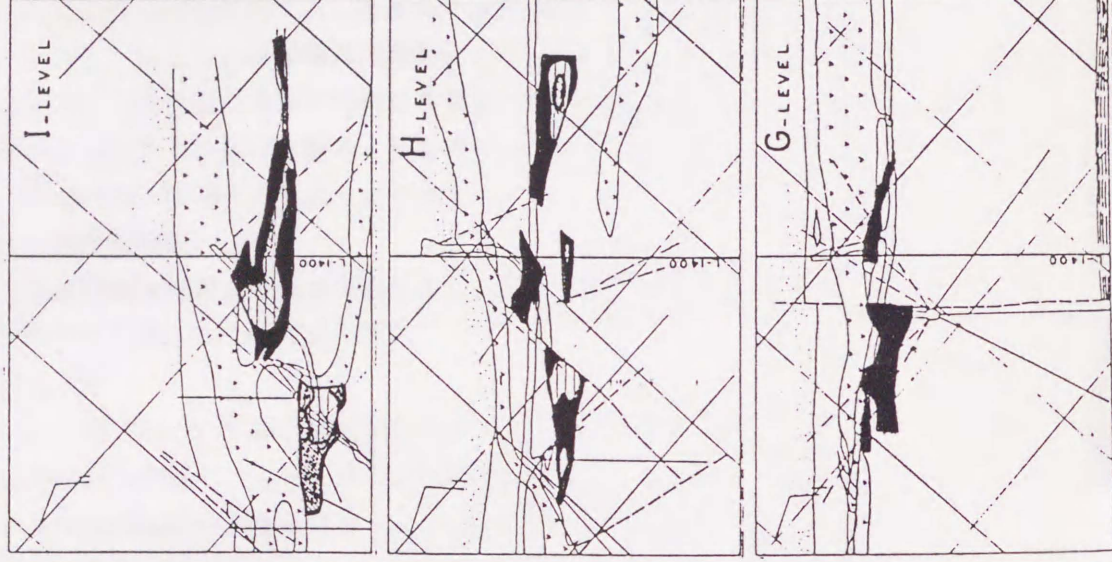
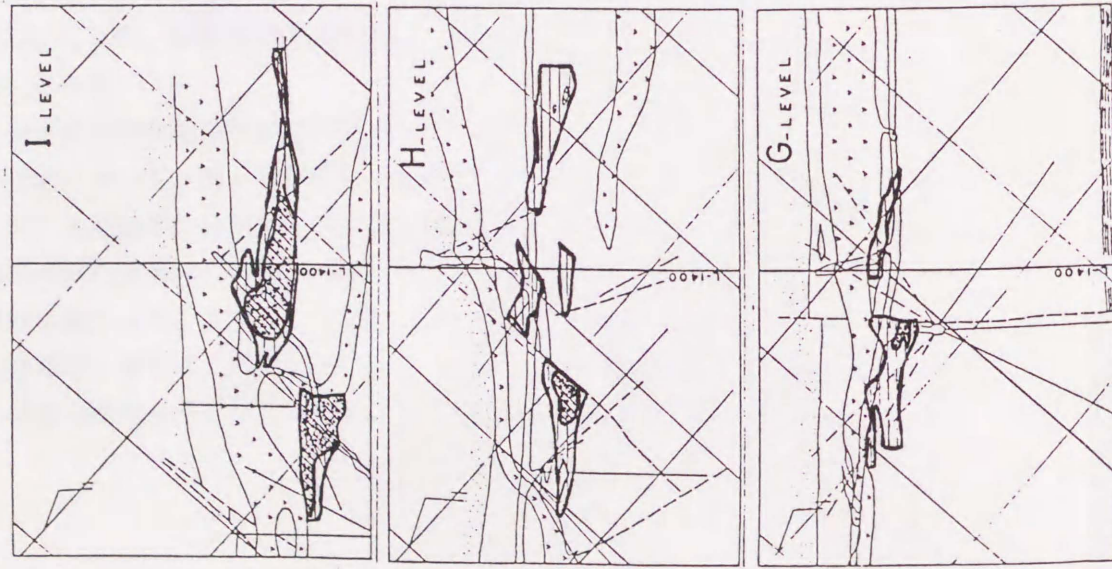
第38図 ワンサラ鉱床群 ワンサラ本鉱床  
V1鉱体1400ラインI坑準  $\pi$  分布図

( 濱博也ほか(1986)より引用 )

Cu%

$\frac{Pb\%}{Pb\%+Zn\%} \times 100$

$\frac{Ag^{oz}}{Pb\%} \times 100$



0.20 ~ 0.79%  
0 ~ 0.19%

30% over  
20 ~ 29%  
0 ~ 19%

200% over  
100 ~ 199%  
0 ~ 99%

Shale

Sandstone

Limestone

Quartz porphyry



第39図 ワンサラ鉍床群 ワンサラ本鉍床 V1鉍体品位および分布図

( 濱博也ほか(1986)に一部加筆 )

#### IV-2-5 銀鉍化作用

ワンサラ鉍山は鉍石鉍物の量から鉛・亜鉛鉍山に分類されているが、生産金額では銀が最も重要である。1980年頃以降のRecuerdo坑からの生産量の増大に伴い、選鉍での銀の採収率が著しく低下してきたが、本研究によって、この原因が銀鉍物の鉍物種・粒度に関係することが判明し、採収率を回復することができた。このような理由から、銀鉍化作用については独立してのべることにする。

##### (1) 鉛鉍化作用と含銀鉛-蒼鉛鉍物

少量のAg・Biを固溶する方鉛鉍と含銀鉛-蒼鉛鉍物は、ともにPb-Bi-Ag-S系に属する。

含銀鉛-蒼鉛鉍物は、本坑下部坑準にのみ分布し、方鉛鉍は鉍床全般に分布する。しかも方鉛鉍中の固溶銀量は、本坑より遠ざかるに従って減少する傾向を示す。

さらに閃亜鉛鉍との共生関係を見ると、含銀鉛-蒼鉛鉍物は閃亜鉛鉍中に微粒包有物として存在するのに対して、方鉛鉍は閃亜鉛鉍と共生関係を示すことが多い。

これらの関係より、方鉛鉍鉍化作用の初期に含銀鉛-蒼鉛鉍物が本坑下部に晶出し、その後方鉛鉍の晶出が引き続いて起こったと考えられる。また、その方鉛鉍中に固溶するAg・Bi量は徐々に減少していったと考えられる。

##### (2) 銅鉍化作用と砒四面銅鉍

砒四面銅鉍の晶出時期は銅鉍化作用の末期であり、鉛鉍化作用の初期に晶出した含銀鉛-蒼鉛鉍物より後期のものと考えられる。

##### (3) 銀鉍物の鉍化作用

銀鉍物(Ag-Sb-S系、Ag-Sn-S系、Ag元素系)はRecuerdo坑のみに産出する。銀鉍物は方鉛鉍の周縁部に分布し、しばしば方鉛鉍を交代するように存在する。また帯状分布における砒四面銅鉍との漸移帯よりも、その外側の銀鉍物帯において、銀鉍物はより粗粒でより多く存在する。

これらの産出状況より、銀鉍物の晶出時期は、方鉛鉍・砒四面銅鉍より後期で低温のものと考えられる。

ワンサラ鉍床群における銀鉍化作用は以下の通りまとめられる。

まず鉛鉍化作用の初期において、鉛-蒼鉛鉍物への固溶という形で銀鉍化作用が本坑下部において始まり、次に方鉛鉍中への固溶という形で周辺に広がった。

これらのPb-Bi-Ag系の鉍化作用に引続き、Cu-As系鉍物への銀の固溶、すなわち砒四面銅鉍の晶出が本坑全般に起こった。さらに、末期において銀主体のAg-Sb-S系、Ag-Sn-S系、Ag元素系の鉍化作用が、本坑より離れたRecuerdo坑に起きた。この一連の鉍化作用の重複されたものが、現在の帯状分布として表われているものと考えられる(第31図、第6表)。

	→ Zn-Pb ore	→ Cu(-Ag-Sn) ore
Pyrrhotite (Fine grained)	Skarn	Chalcopyrite
	Fe-rich sphalerite-(Fe extract)	Bornite
	(Chalcopyrite blebs)	Chalcocite
Pyrrhotite (Hexagonal)	Galena (Ag-Bi rich)	Digenite
	Chalcopyrite	Tennantite
	Ag-Bi-Cu-Pb-S minerals	Enargite
	Bi-Te mineral	Pyrite
		Emplectite
		Wittichenite
	Quartz, calcite	Scheelite (-Kesterite)
	Sericite	Cassiterite
		Tungstenite
		Argentite
		Hessite
		Pyrrhotite
		Polybasite
		Stephanite
		Electrum
		Ferroan sphalerite
		Arsenopyrite (pyrite)
		Pyrrhotite (monoclinic)
		Quartz, calcite
		Chlorite
		Fluorite
		Sellaite
		Talc
		Dolomite
		Sericite
		Kaolinite
		Gypsum
		Montmorillonite
		Native Silver
		Fe-Mn sphalerite → Fe-Mn wurtzite
		Alabandite
		Rhodonite
		Rhodochrosite
		Quartz
		Anhydrite
		Halloysite

第6表 ワンサラ鉱床群 北部地区 鉱化作用と鉱物生成時期

(Imai et al. (1985) より引用)

前節までにのべた事実および解釈に基いて、本節ではワンサラ鉍床群の生成史について総括する。

(1) 地質構造の完成

白亜期前期に堆積したChimu、Santa、Carhuazの各累層は、いわゆるアンデス造山運動に伴う横圧力により褶曲、横ずれ断層、衝上断層などの作用を被り、ほぼ現在の状態になった。

(2) 石英斑岩の貫入と黄鉄鉍鉍化

地質構造がほぼ完成した後、その構造運動によって生じた「開いた目」または弱線にそって、中新世末期に石英斑岩の貫入があった。この石英斑岩の貫入と前後して、膨大な黄鉄鉍鉍化作用が始まった。黄鉄鉍鉍化は選択的に石灰岩層を交代して、層状の黄鉄鉍鉍体が形成された。

(3) スカルン化と赤色閃亜鉛鉍鉍化

黄鉄鉍鉍化を免れた石灰岩層および泥質石灰岩・石灰質頁岩互層部には、引続いてスカルン化作用による細粒スカルンが形成された。このスカルン化に若干遅れて、赤色閃亜鉛鉍の鉍化作用が始まり、黄鉄鉍鉍体およびスカルンに鉍染した。

(4) 方鉛鉍鉍化と黄銅鉍鉍化

赤色閃亜鉛鉍の鉍化作用の末期に、方鉛鉍と、それに若干遅れて黄銅鉍の鉍化作用が始まった。方鉛鉍は黄鉄鉍・閃亜鉛鉍集合部に脈状またはドルース状に生じた。

一方、黄銅鉍は黄鉄鉍と密接な共生関係を示し、黄鉄鉍鉍体中に脈状、ドルース状に生成した。スカルン質閃亜鉛鉍石部においては、方鉛鉍・黄銅鉍はともに赤色閃亜鉛鉍の周縁部に晶出した。

(5) 白地化変質と黒色閃亜鉛鉍鉍化

黄銅鉍化がまだ継続している時に、かなり大規模な白地化変質作用が始まった。この作用に伴って黒色閃亜鉛鉍鉍化が行われた。これらの変質・鉍化作用は、石英斑岩岩脈を通路にして既存の鉍化帯の中央部に起り、周辺へと広がった。白地化変質作用は絹雲母化、方解石化、タルク化より成り、スカルン鉍物の変質をもたらしたほか、黄鉄鉍の再溶解、絹雲母などの充填により多孔質黄鉄鉍を形成した。黒色閃亜鉛鉍はこれらの白地化変質した部分に鉍染したり、既存の赤色閃亜鉛鉍を交代したりして形成された。

(6) 白地化変質の継続と斑銅鉍・輝銅鉍鉍化

黒色閃亜鉛鉍の鉍化作用が一段落して、白地化変質作用がまだ続いている時に、銅鉍化作用の鉍物の主体は斑銅鉍・輝銅鉍に変化した。この斑銅鉍・輝銅鉍を主体とする銅鉍化は、白地化変質した部分に重点的におよんだ。

(7) 砒四面銅鉍鉍化

鉍化・変質作用の末期に、砒四面銅鉍の鉍化があった。この鉍化は脈状に既存の鉍石や母岩中、とくに黄鉄鉍鉍体や石英斑岩中に強くおよんだ。

(8) 銀鉍物鉍化

全ての鉍化・変質作用の最末期に銀主体のAg-Sb-S系、Ag-Sn-S系、Ag元素系の鉍化作用が、本坑より離れたRecuerdo坑に起きた。

## V 地 史

ワイワシ山系およびワンサラ地域はジュラ紀以降の地層により構成されており、下記の堆積環境と構造運動が推定される。

ジュラ紀後期に堆積した海成ないし汽水性のChicama累層は、白亜系下部のChimu累層堆積前に若干の褶曲を形成するような変動を受け、隆起・海退が行なわれた。白亜系の地層は初期ほど陸成の堆積物が多くなる傾向があることから、白亜紀には海進・海退をくり返しながら、徐々に陸成から海成へ堆積環境が変っていった。

白亜紀末期になると、東側から大きな横圧力を受ける褶曲活動が起り、このため下位のChicama累層はさらに激しく褶曲し、白亜系の地層には下位から上位まで調和的なNNW-SSE方向の軸を持つ褶曲構造が形成された。

この運動は一部では衝上運動にまで発展し、地塊運動に伴うNNW-SSE方向のいくつかの断層が形成された。白亜紀後期から第三紀前期にかけては、赤色岩の堆積と火山噴出物の厚い堆積が断続した。これらは、主として陸成～浅海性環境で形成された。

花崗閃緑岩の進入と岩脈類の貫入は第三紀後期と考えられる。また、花崗閃緑岩の進入は地形的な高地化とドーム状構造をもたらした。



## VI 鉍床生成機構解明結果の探鉍への応用と成果

IV章においてのべたワンサラ鉍床群の生成機構を要約すると以下のとおりとなる。

- (1) ワンサラ鉍床群は、黄鉄鉍鉍体（一部スカルン）を胚胎の場とした黄鉍質鉍石が初生の鉍石の主体であり、従来、主体をなす鉍石とされていた白地質鉍石は本坑のみに局在している。
- (2) この黄鉍質鉍石は緻密黄鉄鉍鉍体中に賦存しているので、従来不毛とされていた黄鉄鉍鉍体そのものが重要な探鉍ターゲットである。
- (3) 石英斑岩の岩体が鉍化帯の中心に位置しており、石英斑岩が鉍化作用に重要な関わりをもっている。石英斑岩は本坑付近で優勢に発達するが、北西部においても岩脈状に連続し、Recuerdo鉍床と密接して分布する。南東部についても岩脈状の石英斑岩が連続することが最近の調査により判明し、以下にのべるように、この岩脈周辺にも潜頭性の新鉍床が発見された。

以上の新知見を探鉍活動に応用した結果、次のような成果を得た。

### ① Recuerdo坑における高品位黄鉍質鉍体の発見

当区域はSanta 累層の北西延長部に位置し、石英斑岩岩脈が存在しており、地表には塊状緻密黄鉄鉍の露頭が点在している。

当区域に対し1976年より試錐探鉍を実施した結果、現在までに本坑に匹敵する約300万tの鉍量を獲得した。その品位は本坑より高く、特にAgに富み、鉍質は黄鉍質鉛・亜鉛鉍石である。また、一部に金・銀を含む黄鉍質銅鉍体も補捉されている。

このRecuerdo鉍床に対して急速開発を実施した結果、1988年にはワンサラ鉍山の出鉍量の55%を占めるに至り、ワンサラ鉍山の操業安定の基礎となっており、経営上大きな柱となっている。

### ② 本坑上部坑準における黄鉍質鉍体の発見

本坑における塊状緻密黄鉄鉍鉍体の形態の解明により、見掛け上盤側の1号ヒ相当部は地表付近まで黄鉄鉍鉍体が突出していることが判明した。この黄鉄鉍鉍体に対し、試錐および坑道探鉍を実施したところ、600～1400mライン間の上部坑準で高品位の黄鉍質鉛・亜鉛鉍体を補捉した。

本鉍体の発見は、本坑区域のしかも上部坑準で、開発に有利な区域での鉍量獲得という具体的成果と探鉍余地の拡大をもたらした。

### ③ ワンサラ南東部区域における黄鉍質鉍体の発見

ワンサラ南東部区域は本坑を中心とし、Recuerdo鉍床と対称となる区域であり、石英斑岩岩脈が小規模に分布している。

地表部にはゴッサンや塊状緻密黄鉄鉱が点在しており、この下部延長に対して地表からの試錐探鉱および坑道探鉱を実施中であるが、これまでに大規模な黄鉄鉱鉱体とその一部に優勢な黄鉄質鉛・亜鉛鉱体の存在が確認された。

## Ⅶ ま と め

(1) ワイワシ山系の多金属鉱床帯については、下記のとおりまとめられる。

- ① ワイワシ山系に分布する主要鉱床群は、主に下部白亜系の堆積岩類や第三紀火山岩類中に貫入した酸性火成岩類に関連して生成されており、脈状～塊状の熱水型またはスカルン型鉱床である。
- ② これらの鉱床群の成因、鉱床母岩、構成鉱石・脈石鉱物など、いずれもよい類似性を示す。
- ③ 鉱床生成時期についてはまだ十分なデータは蓄積されていないが、いずれも新期の酸性火成岩類（第三紀中新世末）が周辺に分布することから、これらの鉱床群は一連の火成活動により生成されたと考えられる。

(2) ワンサラ鉱床群については、下記のとおりまとめられる。

- ① 第三紀中新世末に貫入した石英斑岩は鉱化作用と密接な関係を有し、鉱化は石英斑岩の分布域に限って認められる。
- ② 鉱床は主に下部白亜系のSanta 累層中に胚胎し、鉛・亜鉛鉱体と銅鉱体があり、鉱質は黄鉱質、スカルン質、白地質に分類され、各々が特有の鉱石・脈石鉱物の組合せを有している。
- ③ 鉱床胚胎の場合として黄鉄鉱鉱体が重要な役割を果している。富鉱部は黄鉄鉱鉱体の外縁部および外周部に優勢に発達する。
- ④ 鉱化作用は3回に大別され、第1回は主として鉛・亜鉛鉱化作用、第2回は主として銅鉱化作用、第3回目は主として銀鉱化作用である。
- ⑤ 閃亜鉛鉱はその色調により赤色閃亜鉛鉱と黒色閃亜鉛鉱とに分けられる。赤色閃亜鉛鉱は黒色閃亜鉛鉱より早期に晶出し、鉄含有量が多い。一方、黒色閃亜鉛鉱は多量の黄銅鉱微粒を包有する。赤色閃亜鉛鉱は黄鉱質鉱石およびスカルン質鉱石中に存在し、黒色閃亜鉛鉱は白地質鉱石中に存在する。

最後に調査・研究の対象としたワイワシ山系の多金属鉱床群全体について比較・検討した結果を第7表に示す。

第7表 ワイワシ山系多金属鉱床群の概要

鉱床群		ワ ン サ ラ	パ チ ャ パ キ	イ ラ リ オ ン	ラ ウ ラ	チ ャ ン カ	ウ チ ュ ク チ ャ ク ア	イ ス カ イ ク ル ス
鉱床母岩	鉱脈型	Santa 累層石灰岩 Carhuaz 累層石灰岩	Santa 累層石灰岩	Pariatambo累層石灰岩 石英斑岩	石英安山岩 Jumasha 累層石灰岩 Machay累層石灰岩	Calipuy 火山岩類	Jumasha 累層石灰岩	Santa 累層石灰岩
	スカルン型	Santa 累層石灰岩 Carhuaz 累層石灰岩	Pariahuanca 累層石灰岩 Pariatambo累層石灰岩	Pariatambo累層石灰岩	Machay累層石灰岩			Santa 累層石灰岩 Pariahuanca 累層石灰岩
鉱化作用関係火成岩 (同位体年代 百万年)		石英斑岩 (7.7 ~9.2)	石英閃緑岩 石英斑岩	石英斑岩 花崗閃緑岩	閃緑岩 石英安山岩質斑岩	石英安山岩	石英安山岩	トナル岩 (10.6~10.9)
鉱床タイプ								
経済的重要性大◎ 鉱脈型 " 中○ " 小△ 存在しない × スカルン型		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
存在しない × ◎ 閃亜鉛鉱 ○ 方鉛鉱 △ 黄銅鉱 × 銀鉱物		◎	○	◎	◎	△	○	◎
多量に存在 ◎ 普通 " ○ 部分的 " △ 存在しない ×		◎	○	◎	◎	△	○	◎
主要鉱石鉱物		閃亜鉛鉱 方鉛鉱 黄銅鉱 銀鉱物	○ ○ ○ ◎	◎ ○ △ △	◎ ◎ ○ ○	△ ○ △ ◎	○ △ △ ◎	◎ ◎ △ △
主要脈石鉱物	鉱脈型	絹雲母, 炭酸塩 鉱物, (黄鉄鉱)*	石英, 方解石, バラ輝石	方解石, 緑泥石, カオリン, (黄鉄鉱)*	石英, 方解石, 菱マンガン鉱, 石膏	菱マンガン鉱, バラ輝石, 方解石, 石英, 菱鉄鉱	方解石, 菱マンガン鉱, (黄鉄鉱)*	石英, 絹雲母, 菱鉄鉱, マンガン鉱物, (黄鉄鉱)*
	スカルン型	透輝石, ざくろ石, (黄鉄鉱)*	ざくろ石, 石英, 菱鉄鉱, (黄鉄鉱)*	緑れん石, ざくろ石 (黄鉄鉱)*	ざくろ石, 緑色スカルン 鉱物, 石英, 方解石			透角閃石, 灰鉄輝石, 石英, 菱鉄鉱, (黄鉄鉱)*

(黄鉄鉱)\* は操業上の分類により脈石鉱物に含めた。

## 謝 辞

本論文をまとめるにあたり、広島大学 理学部 地質学鉱物学教室 添田 晶教授には拙稿を読んでいただくと同時に、終始ご指導・激励を賜った。沖村 雄二教授、原 郁夫教授、竹野 節夫教授には多くのご指導・激励を賜った。また、渡辺 洵助教授および星野 健一博士には終始ご指導・助言をいただいた。

本論文のうちワンサラ鉱床以外のワイワシ山系多金属鉱床については、その多くが国際協力事業団による資源開発協力基礎調査、および金属鉱業事業団による海外地質構造調査のデータにもとづいている。これらのデータの引用を許可していただいた国際協力事業団・金属鉱業事業団関係者に感謝する。

ワンサラ鉱床については、筆者らの研究のほか、これまでに三井金属鉱業（株）が蓄積したデータを使用した。

また、本論文をまとめるに当り三井金属鉱業（株）資源開発部ならびにペルー支社地質室の探査関係者に種々ご援助にいただいた。

本論文は上記の方々の適切なお指導・援助・意見・協力により完成させることができた。ここに深甚の謝意を表する次第である。

文 献

- Bellido, E. (1969) : Sinopsis de geologia del Peru. Serv. Geol. Min., Peru, vol. 22.
- Bellido, E. and Montreuil, L. (1969) : Aspectos generales de la metalogenia del Peru. Serv. Geol. Min., Peru, vol. 1.
- Bernal, N. (1975) : Geologia de la Region Minera de Pachapaqui. Bol. Sociedad Geologia de Peru. No. 50, 53-64
- Borkowski, E. (1975) : Contral litologico y estratigrafico en la ubicacion de los mantos con sulfuros de metales no ferrosos en las capas carcareas del Peru Central. Bol. Sociedad Geologica del Peru. No. 50, 25-52
- Cobbing, J. (1973) : Geologia de los cuadrangulos de Barranca, Ambar, Oyon, Huacho, Huaral y Canta. Serv. Geol. Min., Peru, vol. 26.
- Cobbing, J., Picker, W., Wilson, J., Baldock, J., Taylor, W., MacCourt, W and Snelling, N. (1981) : The geology of the Western Cordillera of northern Peru. Institute of Geological Sciences, London.
- Einaudi M. (1977) : Environment of ore deposition at Cerro de Posco, Peru. Econ. Geol., vol 72, 893-924
- 深堀康昌、相川 潔、川崎正士(1980) : ワンサラ鉱山の地質と鉱床—その鉱物学的研究—。鉱山地質、vol. 30, 103-118
- Giletti, B. and Day, H. (1968) : Potassium-Argon Ages of Igneous Intrusive Rocks in Peru. Nature. vol. 220, Nov. 9. 570-572
- 浜 博也、相川 潔、土屋義弘、桜井若葉(1986) : ペルーワンサラ鉱山における最近の探鉱成果。鉱山地質、vol. 36, 101-116
- 菱沼晶光(1979) : 東京大学理学部卒業論文

- 堀田敦史、及川準之助、田上勇吉(1973) : ペルーワンサラ鉱山の探査。  
鉱山地質、vol.23, 265-274
- Imai, H., Kawasaki, M., Yamaguchi, M. and Takahashi, M. (1985) :  
Mineralization and Paragenesis of the Huanzala Mine,  
Central Peru. Econ.  
Geol., vol.80, 461-478
- Imai, H. (1986) : Mineralization and Paragenesis of the Huanzala Mine, Central  
Peru, A Reply. Econ. Geol., vol.81, 196-199
- James, D. (1971) : Plate tectonic model for the evolution of the Central  
Andes. Geol. Soc. Amer. Bull., vol.82, 3324-3346
- 金属鉱業事業団(1973) : 海外地質構造調査報告書  
「ペルー南部地域」
- 金属鉱業事業団(1977) : 海外地質構造調査報告書「ペルー北部（イラリオン地区）」
- 金属鉱業事業団(1988) : 海外地質構造調査報告書  
「ペルーワヌコ西部地域（総括）」
- 国際協力事業団(1980) : 資源開発協力基礎調査報告書  
「ペルーオヨン地域、第一巻」
- 国際協力事業団(1985) : 資源開発協力基礎調査報告書  
「ペルーイスカイクルス（オヨン）地域（総括）」
- 及川準之助(1968) : ペルーワンサラ鉱山の地質および鉱床。  
鉱山地質、vol.18, 108-114
- Megard, F. (1968) : Geologia del Cuadrangulo de Huancayo: Serv. Geol. Min.  
No.18, 1-123
- Petersen, U. (1965) : Regional Geology and Major Ore Deposits of Central Peru.  
Econ. Geol., vol.60, 408-472

Ponzoni, S. (1980) : Metalogenia del Peru. Instituto Geologico Minero y Metalurgico, Lima, Peru.

佐藤 弘、齊藤信雄 (1977) : ペルーワンサラ鉱山の黄鉄鉱体とCu, Pb, Zn, 鉱石の帯状分布について。鉱山地質、vol. 27, 133-141

齊藤信雄、川崎正士、相川 潔、日比福二 (1981) : ワンサラ鉱山の生成機構の解明とそれに基づく探鉱の成果。鉱山地質、vol. 31, 421-429

Tsuchiya, Y., Toledo, M., Mendoza, D. Y Soto, R. (1983) : Geologia del Yacimiento Minero de Huanzala. Bol. Sociedad Geologia del Peru. No. 71, 17-40

Tumialan, P., Castillo, J. y Sologuren, W. (1980) : Mineralizacion del yacimiento polimetalico de Raura. Bol. Sociedad Geologia De Peru. No. 67, 205-214

Wilson, J. (1963) : Cretaceous stratigraphy of central Andes of Peru. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Bull., vol. 47, No. 1. 1-34





写真1-1

ワイワシ山系



写真1-2

ワンサラ鉱山  
全景



写真1-3

ワンサラ鉱山

右上  
採鉱事務所  
中央  
選鉱場  
左  
発電所

写真2-1

左：粗粒多孔質

黄鉄鉱

右：細粒緻密質

黄鉄鉱



写真2-2

白地質の部分を含む

黄鉄質鉛・亜鉛鉱



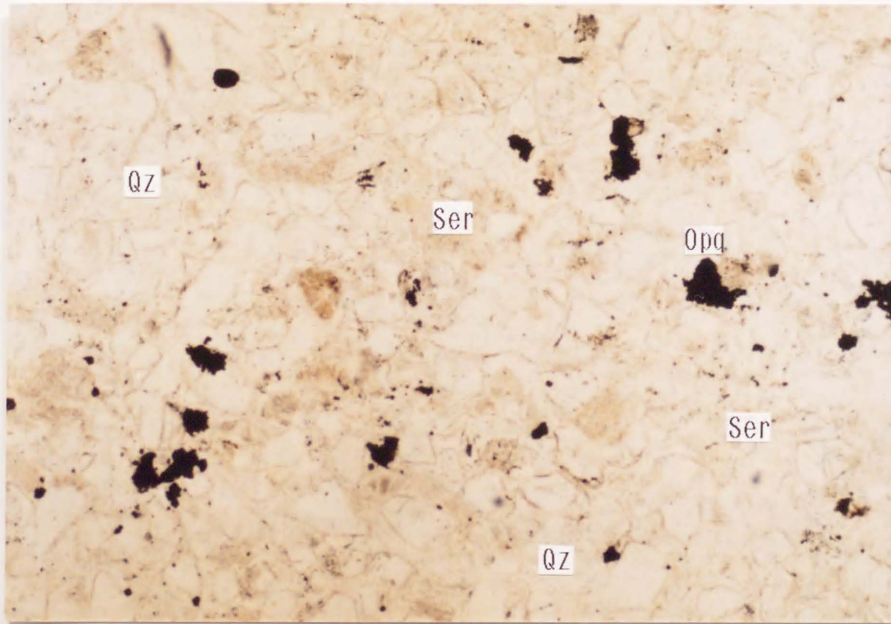
写真2-3

白地質鉛・亜鉛鉱



顕微鏡写真(透過光)

写真3-1



F坑準  
1400mライン  
東部盾入坑道

鉱物名略字凡例  
Opq : 不透明鉱物 (含炭質物)  
Qz : 石英  
Ser : セリサイト

Plain polarized light

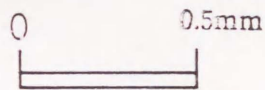
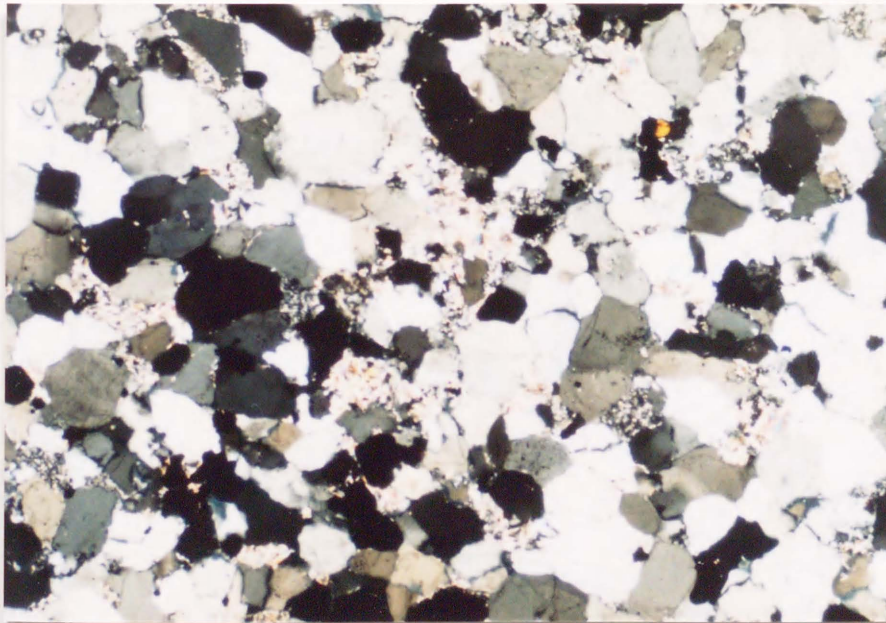
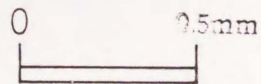


写真3-2



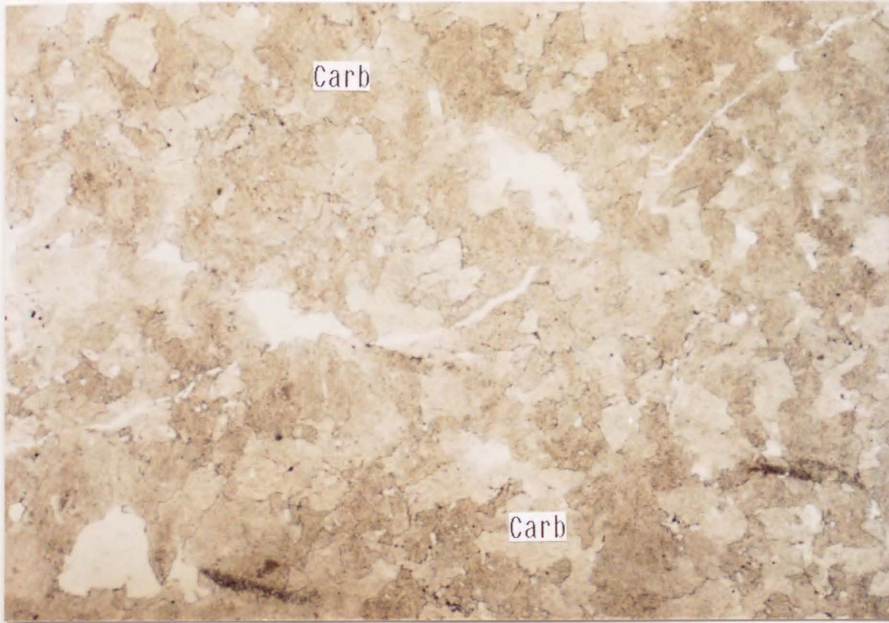
Crossed polarized light



Film No. 0813 - 4.5

顕微鏡写真(透過光)

写真4-1



I 坑準  
2500mライン  
東部盾入坑道

鉱物名略字凡例  
Carb: 炭酸塩鉱物

Plain polarized light

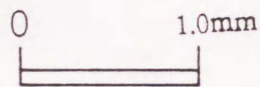
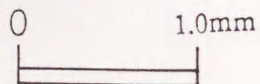


写真4-2

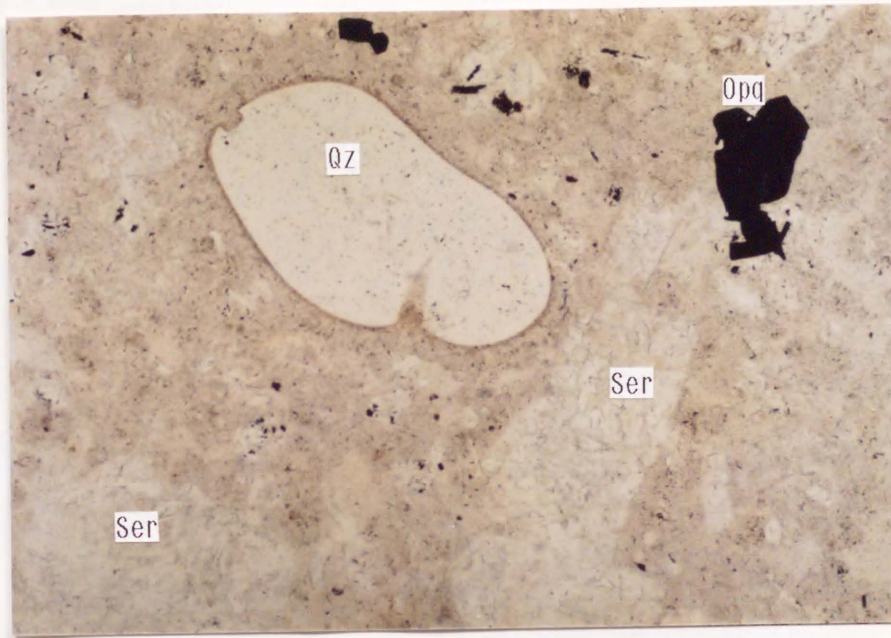


Crossed polarized light



Film No. 0744-4, 5

顕微鏡写真(透過光)



Plain polarized light

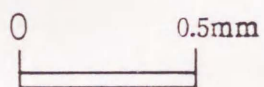


写真5-1

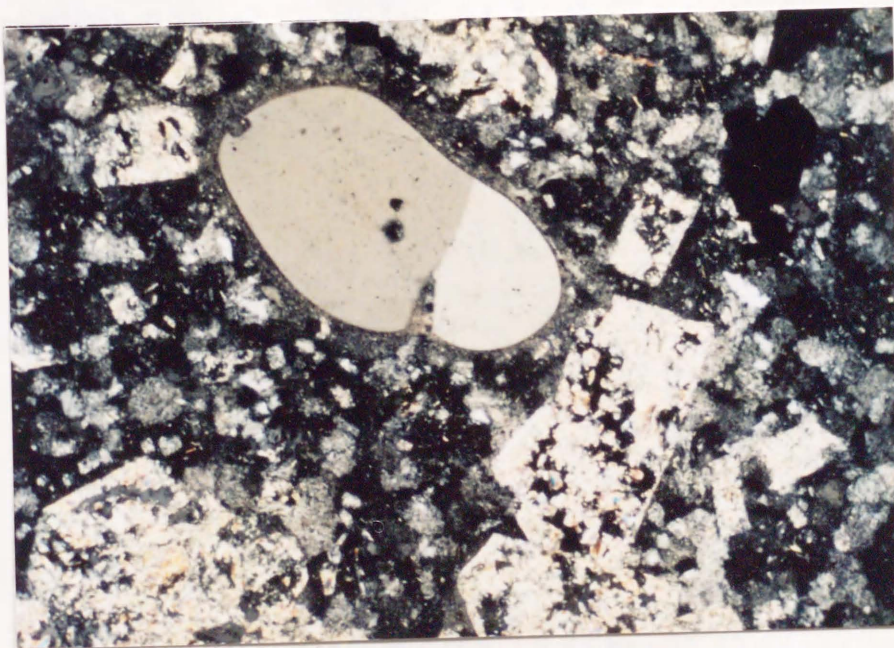
F坑準

1900mライン

3号ヒ鉱体 付近

斑晶の斜長石は強く  
熱水変質(セリサイト化)を  
受けている。

鉱物名略字凡例  
Opq : 不透明鉱物(含炭質物)  
Qz : 石英  
Ser : セリサイト



Crossed polarized light

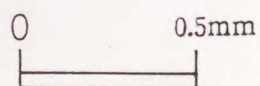
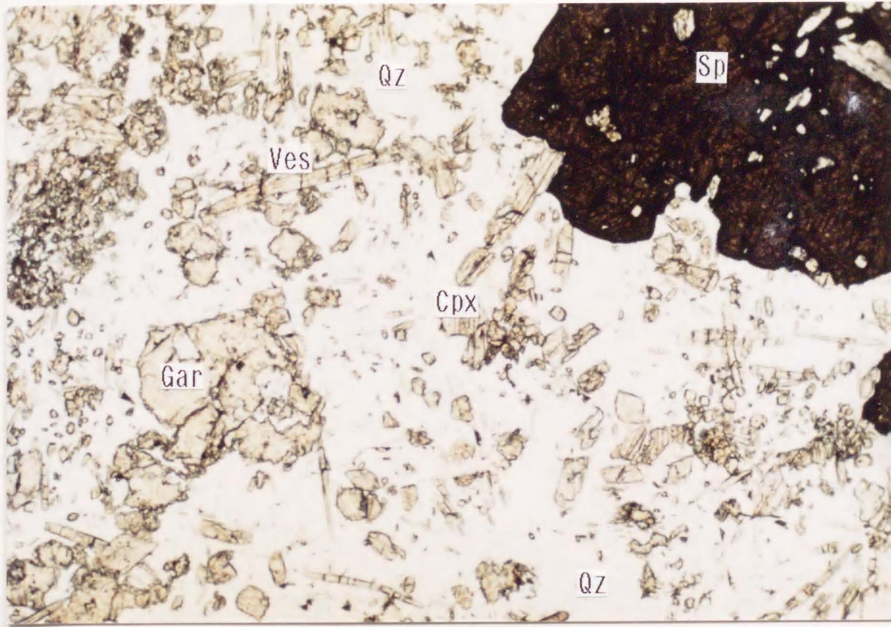


写真5-2

Film No. 0744 - 2, 3

顕微鏡写真(透過光)



Plain polarized light

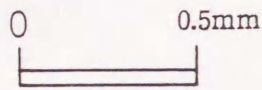


写真6-1

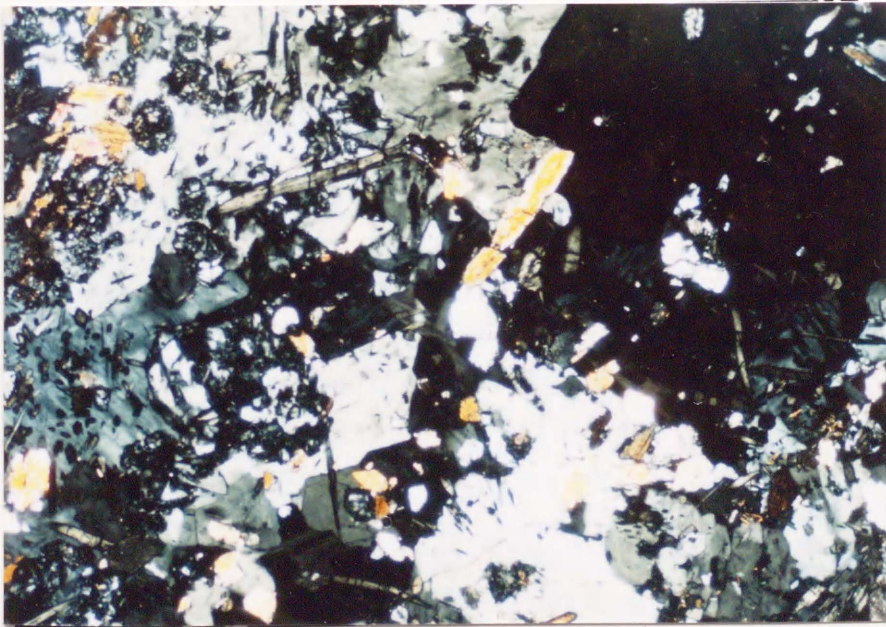
B坑準

1020mライン

5号ヒ鉱体

鉱物名略字凡例

- Cpx : 単斜輝石
- Gar : ザクロ石
- Qz : 石英
- Ves : ベスピアナイト
- Sp : 閃亜鉛鉱



Crossed polarized light

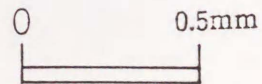
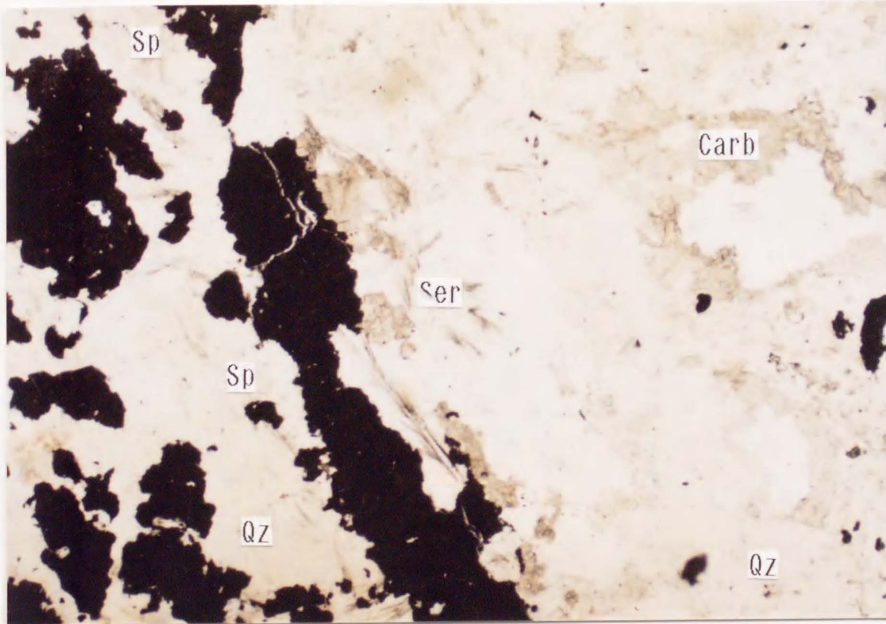


写真6-2

Film No. 0744-12, 13

顕微鏡写真(透過光)

写真7-1



D坑準  
810mライン  
1号ヒ鉱体

鉱物名略字凡例  
Carb: 炭酸塩鉱物  
Qz : 石英  
Ser : セリサイト  
Sp : 閃亜鉛鉱

Plain polarized light

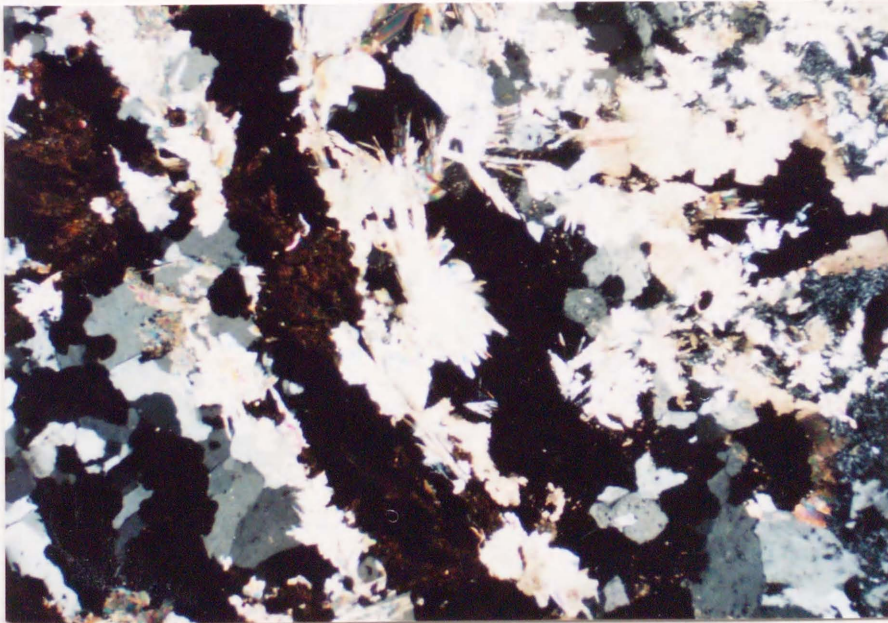
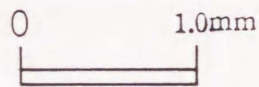
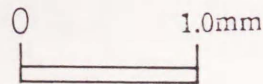


写真7-2

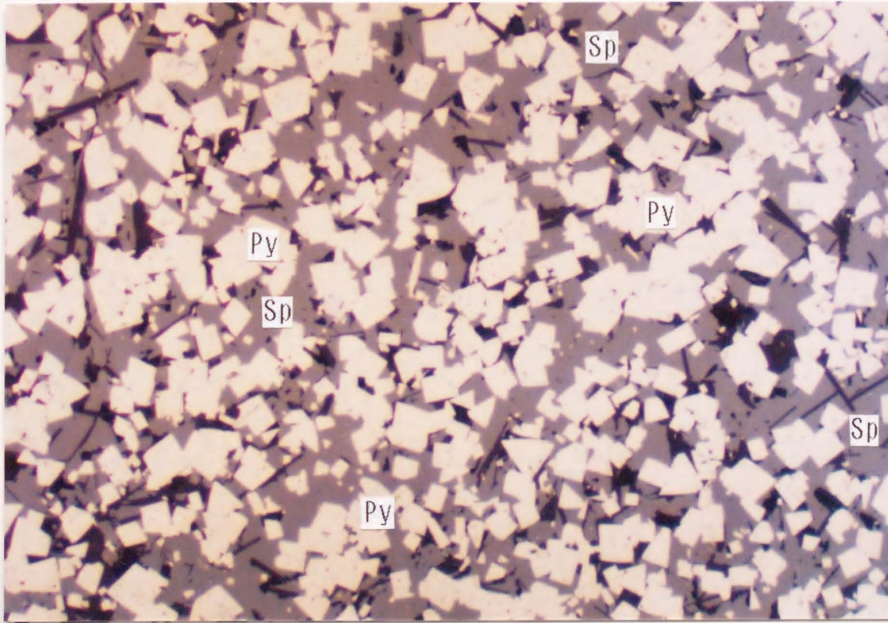
Crossed polarized light



Film No. 0744-18.19

顕微鏡写真(反射光)

写真8-1



F坑準

1700mライン

3号ヒ鉱体

細粒自形を呈する黄鉄鉱

鉱物名略字凡例  
Py : 黄鉄鉱  
Sp : 閃亜鉛鉱

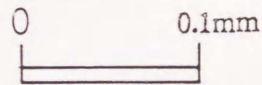
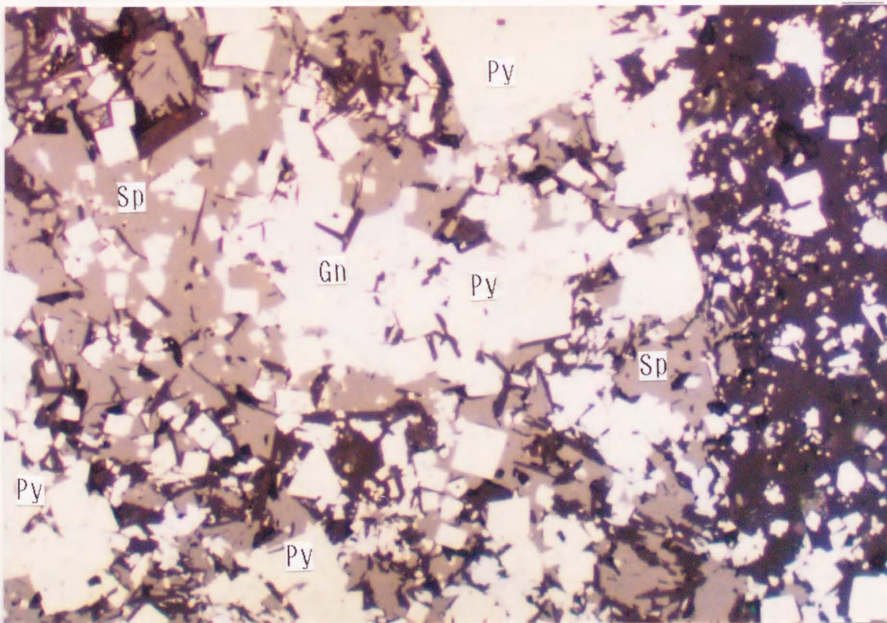
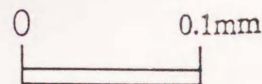


写真8-2

同上



鉱物名略字凡例  
Gn : 方鉛鉱  
Py : 黄鉄鉱  
Sp : 閃亜鉛鉱

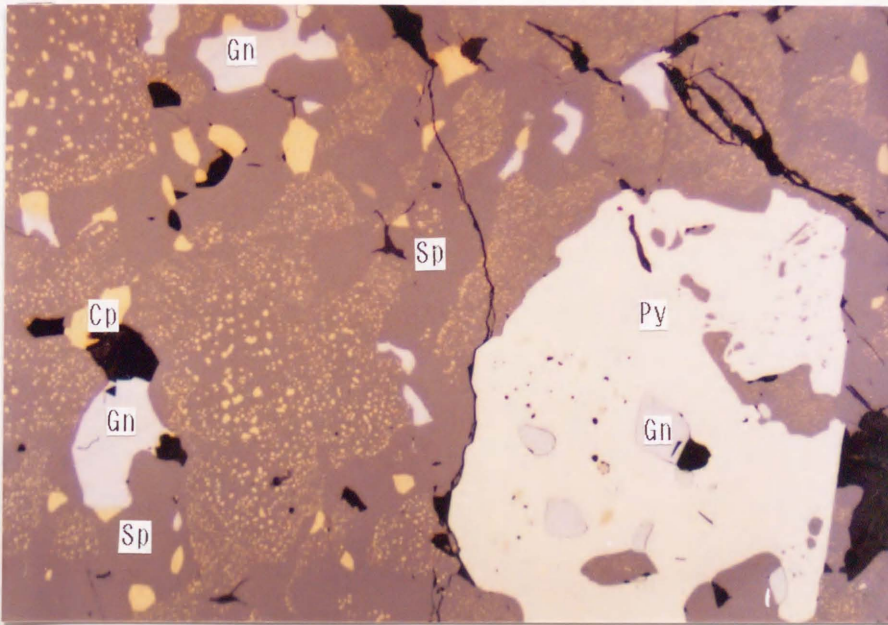


0813-0-1



顕微鏡写真(反射光)

写真9-1



C坑準  
340mライン  
3号ヒ鉱体

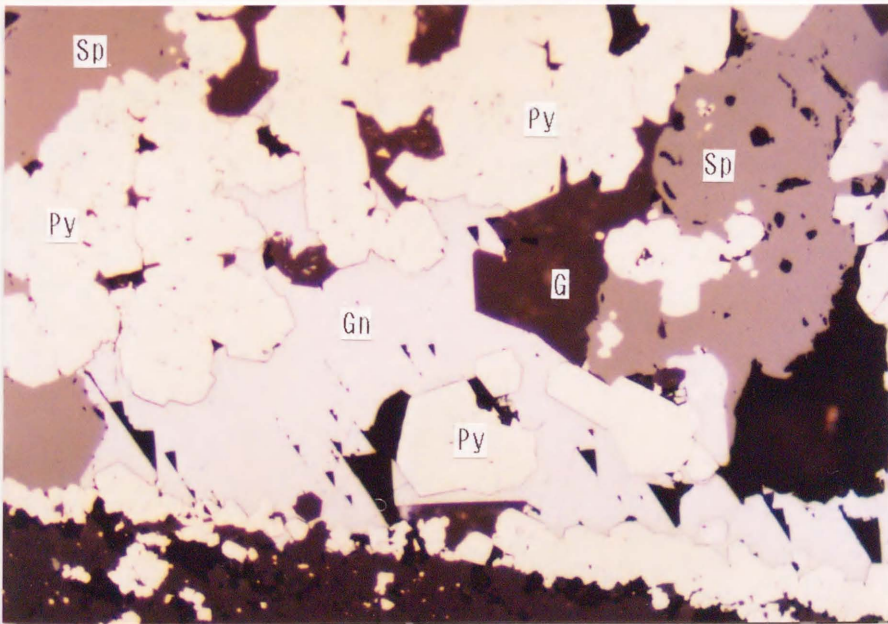
粗粒他形でコロド状を呈する黄鉄鉱

鉱物名略字凡例

- Cp : 黄銅鉱
- Gn : 方鉛鉱
- Py : 黄鉄鉱
- Sp : 閃亜鉛鉱

0 0.2mm

写真9-2



同上

鉱物名略字凡例

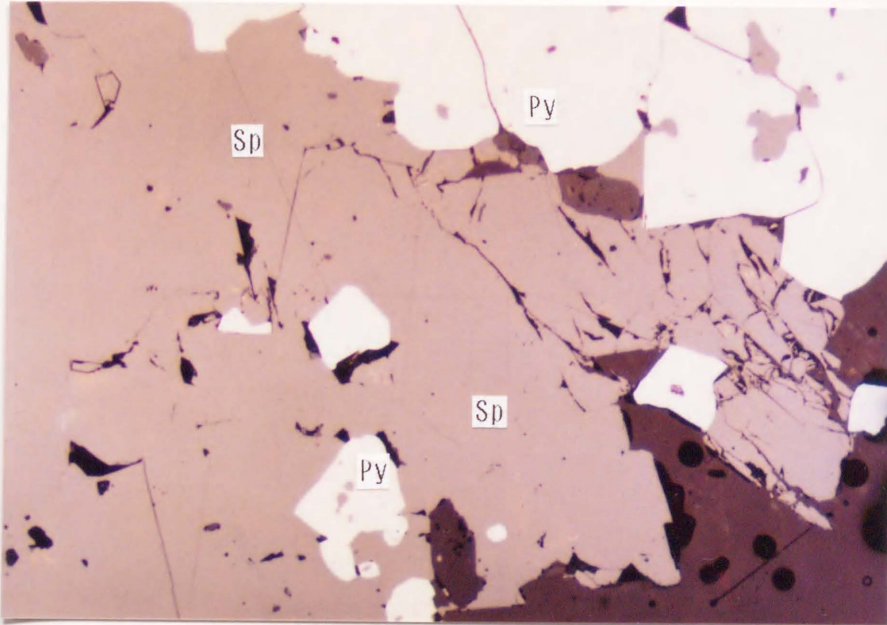
- G : 脈石
- Gn : 方鉛鉱
- Py : 黄鉄鉱
- Sp : 閃亜鉛鉱

0 0.2mm

0813-2.3

顕微鏡写真(反射光)

写真10-1



A坑準

810mライン

5号ヒ鉱体

閃亜鉛鉱は鉄分が多いため  
赤色が強い。

鉱物名略字凡例

Py : 黄鉄鉱

Sp : 閃亜鉛鉱

Plain polarized light

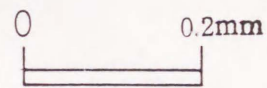
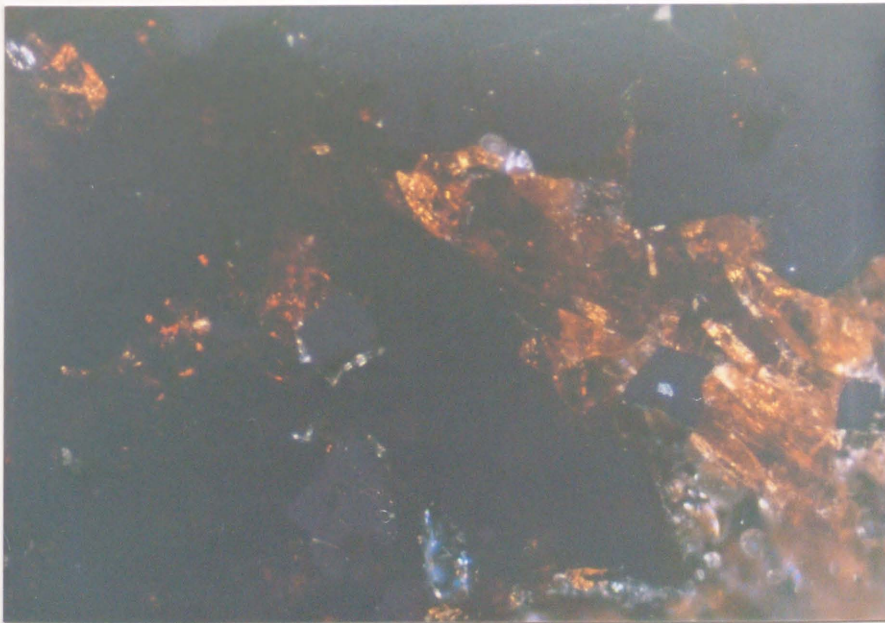
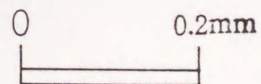


写真10-2



Crossed polarized light



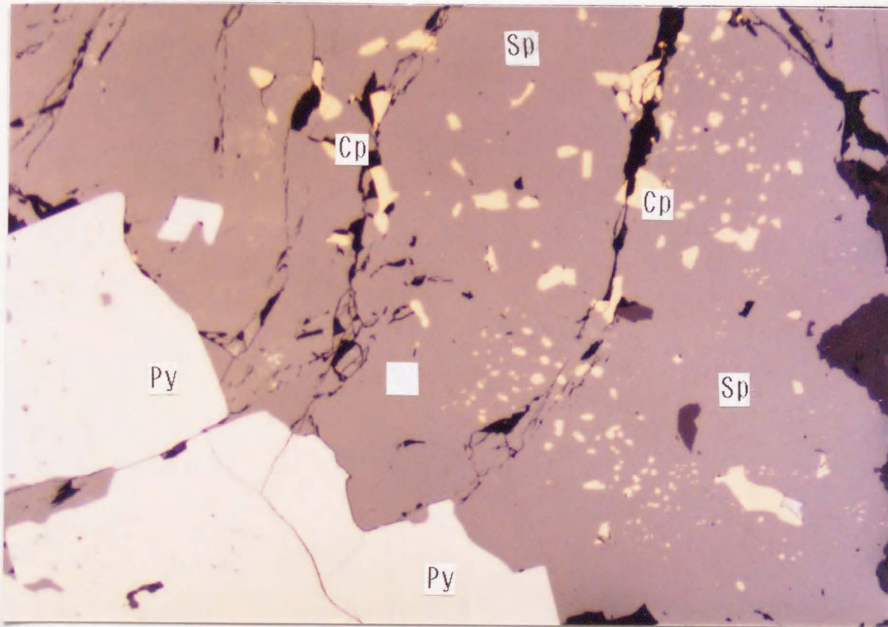
Film No0138 - 3 - 4

顕微鏡写真(反射光)

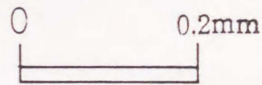
写真11-1

B坑準  
740mライン  
2号ヒ鉱体

閃亜鉛鉱は透明に近く  
斑点状の黄銅鉱を  
多く包有する。

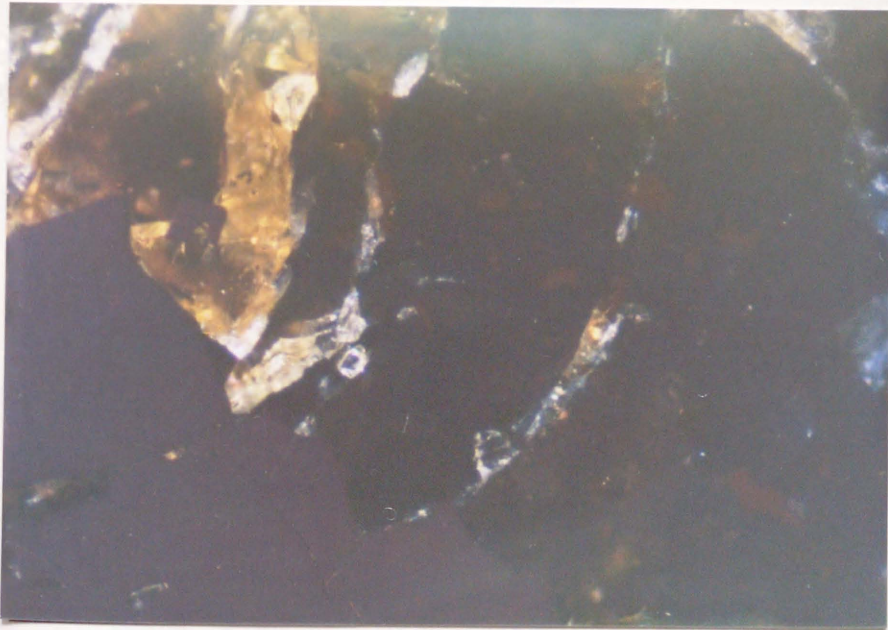


Plain polarized light

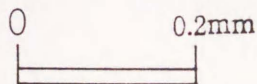


鉱物名略字凡例  
Cp : 黄銅鉱  
Py : 黄鉄鉱  
Sp : 閃亜鉛鉱

写真11-2

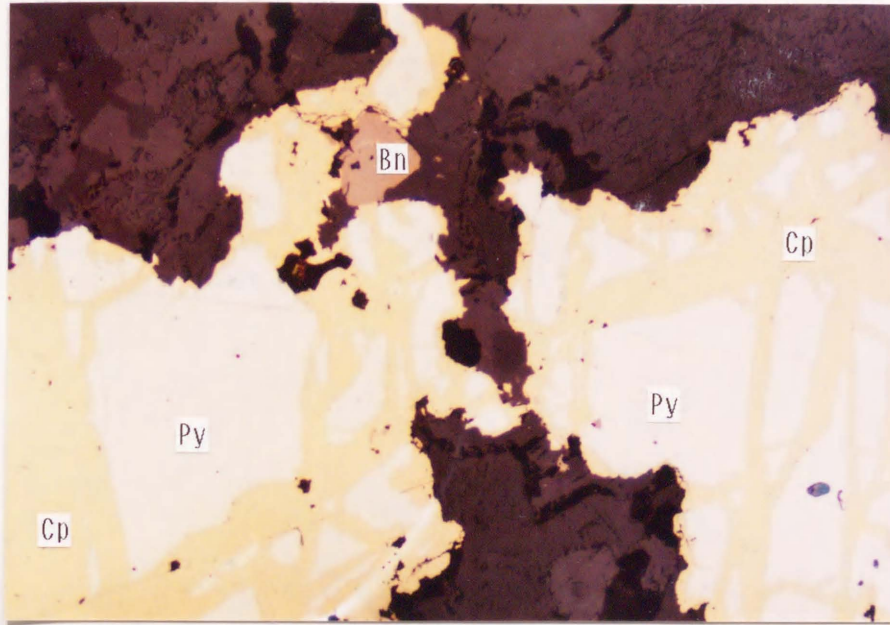


Crossed polarized light



Film No. 0138-5.6

顕微鏡写真(反射光)



0 0.2mm

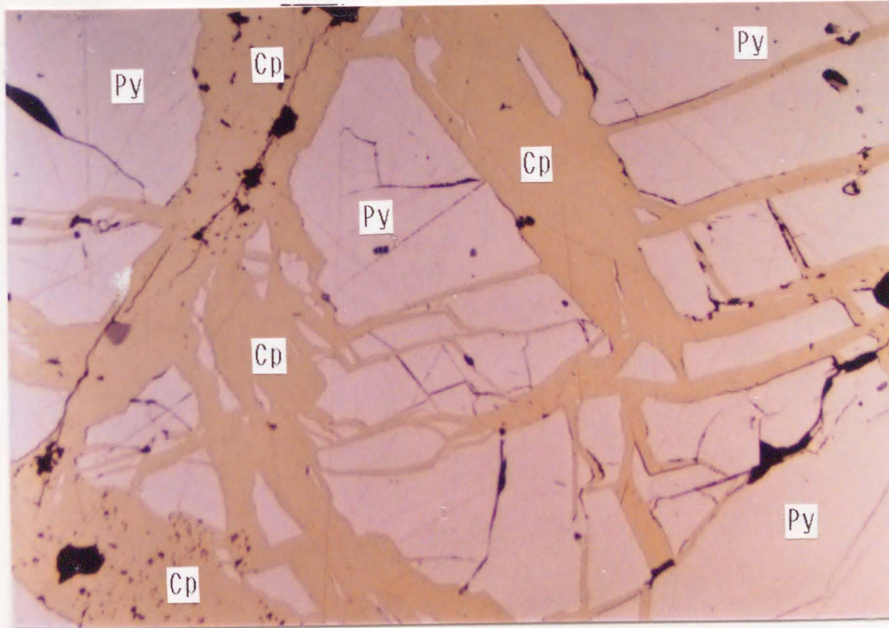
写真12-1

D坑準  
870mライン  
3号ヒ鉱体

黄鉄鉱を細脈状に貫く  
黄銅鉱

鉱物名略字凡例

Bn : 斑 銅 鉱  
Cp : 黄 銅 鉱  
Py : 黄 鉄 鉱



0 0.2mm

写真12-2

D坑準  
810mライン  
1号ヒ鉱体

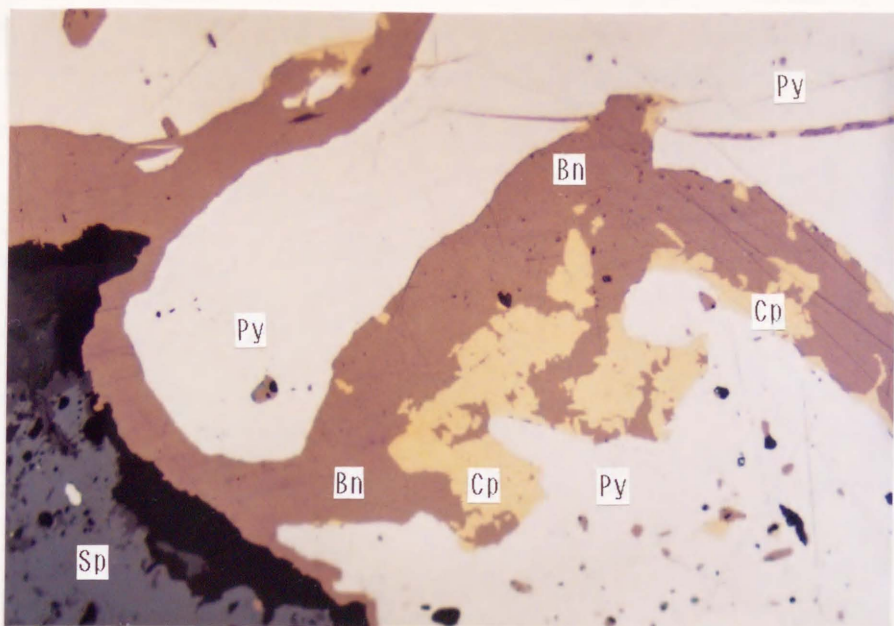
同上

鉱物名略字凡例

Cp : 黄 銅 鉱  
Py : 黄 鉄 鉱

Film No. 0038 - 1.0

写真13-1



B坑準  
675mライン  
1号ヒ鉱体

黄鉄鉱をとりまく斑銅鉱  
及び黄銅鉱

鉱物名略字凡例

Bn : 斑 銅 鉱  
Cp : 黄 銅 鉱  
Py : 黄 鉄 鉱  
Sp : 閃 亜 鉛 鉱

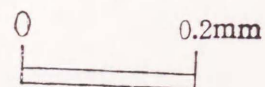
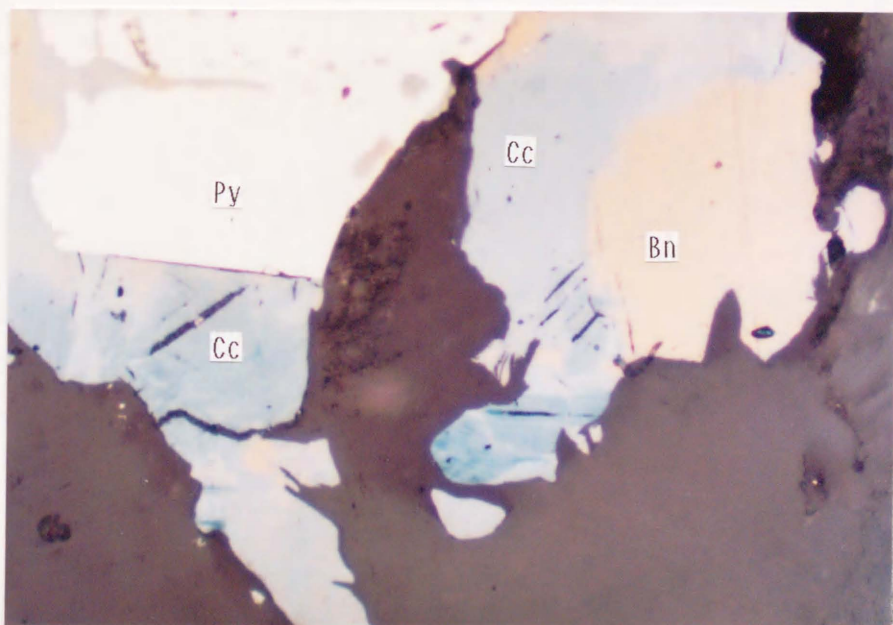


写真13-2



D坑準  
70mライン  
3号ヒ鉱体

斑銅鉱と密接して共生  
する輝銅鉱

鉱物名略字凡例

Bn : 斑 銅 鉱  
Cc : 輝 銅 鉱  
Py : 黄 鉄 鉱

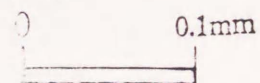
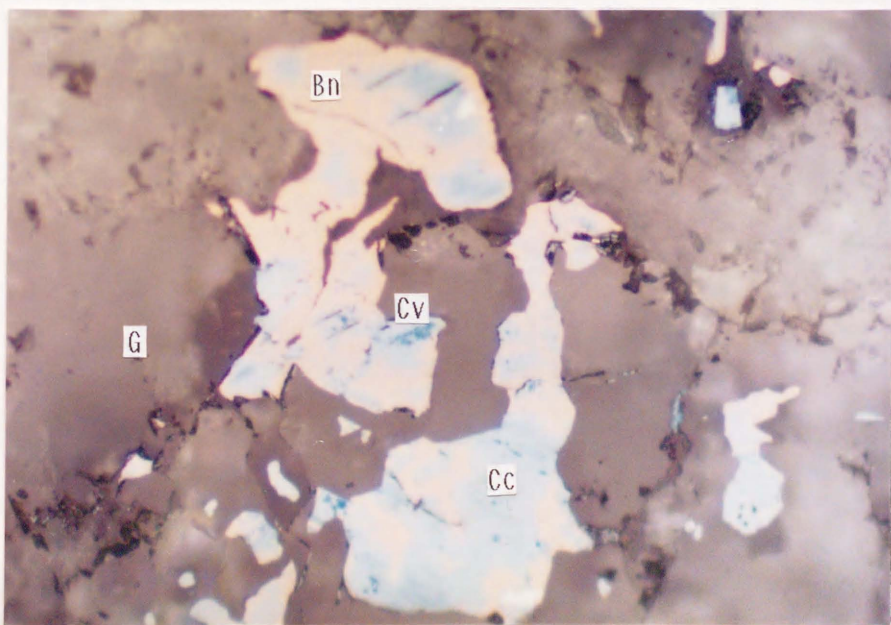


写真13-3

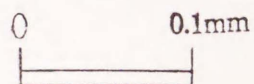


B坑準  
675mライン  
1号ヒ鉱体

輝銅鉱中に認められる  
銅藍

鉱物名略字凡例

Bn : 斑 銅 鉱  
Cc : 輝 銅 鉱  
Cv : 銅 藍  
G : 脈 石



Film No.0138-9.11.10

顕微鏡写真(反射光)

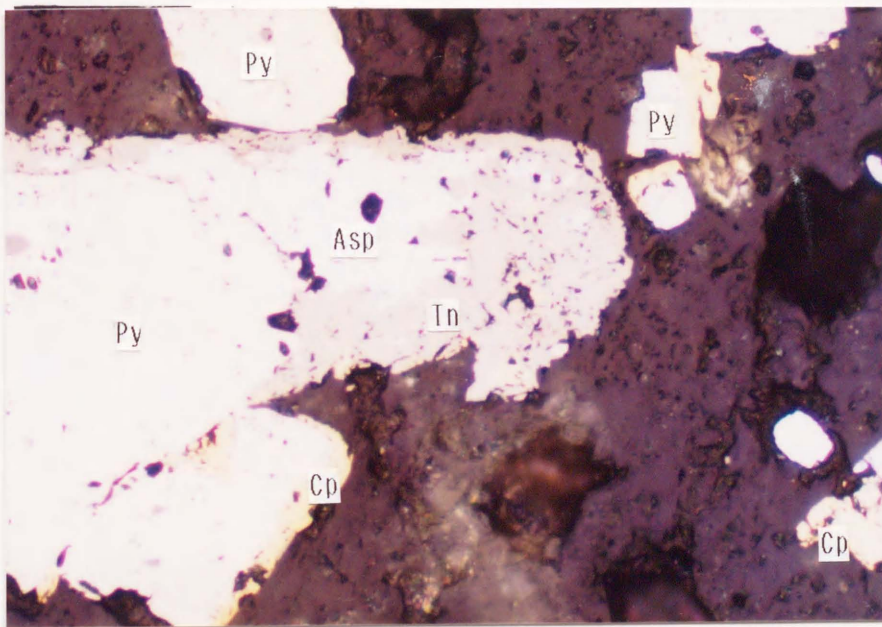


写真14-1

I坑準  
2540mライン  
1号ヒ鉱体

黄鉄鉱・硫砒鉄鉱・黄銅鉱  
と共生する砒四面銅鉱

鉱物名略字凡例  
Asp : 硫 砒 鉄 鉱  
Cp : 黄 銅 鉱  
Py : 黄 鉄 鉱  
Tn : 砒 四 面 銅 鉱

0 0.2mm

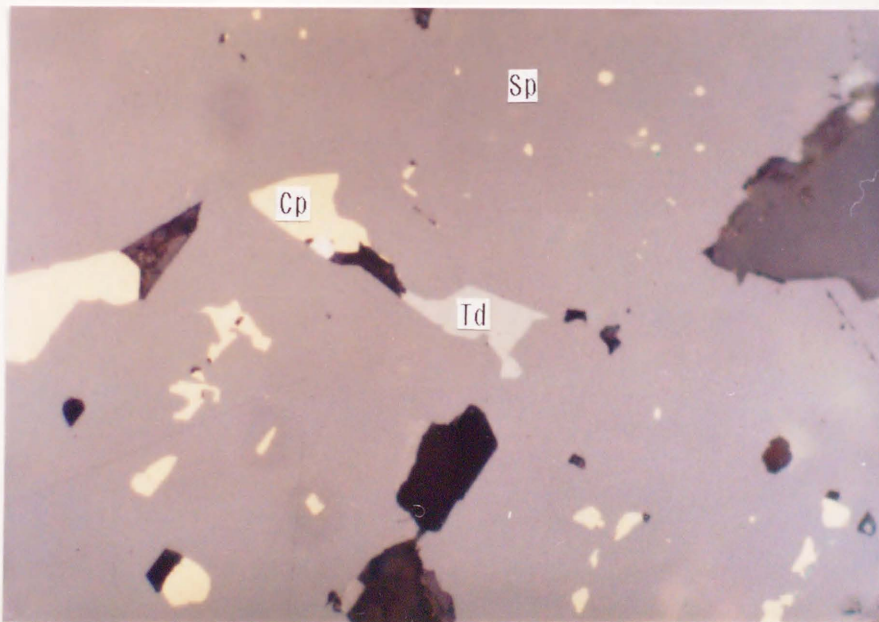


写真14-2

I坑準  
2450mライン  
3号ヒ鉱体

閃亜鉛鉱中に包有される  
黄銅鉱及び四面銅鉱

鉱物名略字凡例  
Cp : 黄 銅 鉱  
Sp : 閃 亜 鉛 鉱  
Td : 四 面 銅 鉱

0 0.02mm

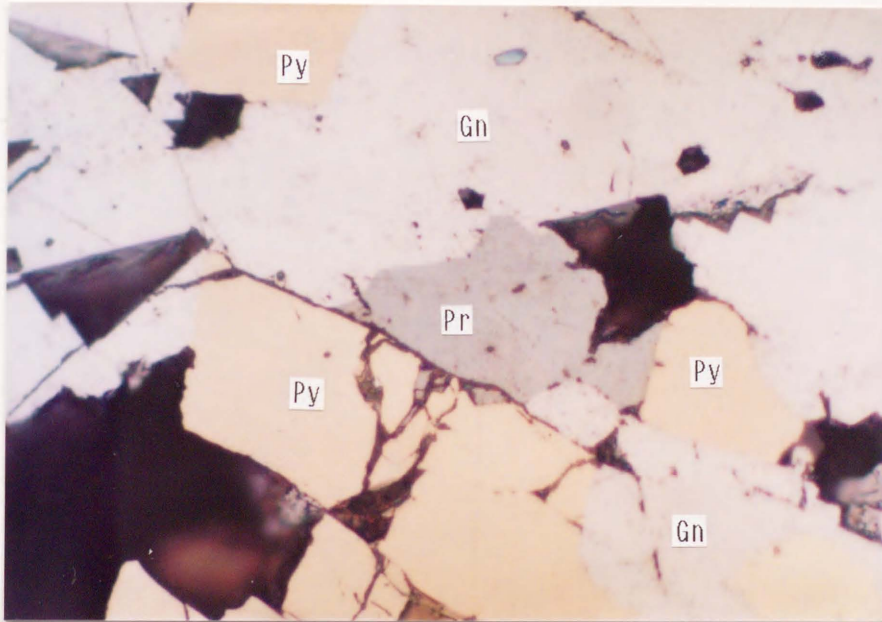
Film No. 138-21.19

顕微鏡写真(反射光)

写真15-1

I 坑準  
2630mライン  
3号ヒ鉱体

濃紅銀鉱は方鉛鉱の  
周縁部にこれを交代する  
ように分布する。



鉱物名略字凡例  
Gn : 方鉛鉱  
Pr : 濃紅銀鉱  
Py : 黄鉄鉱

Plain polarized light

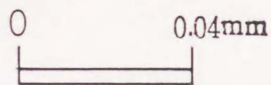
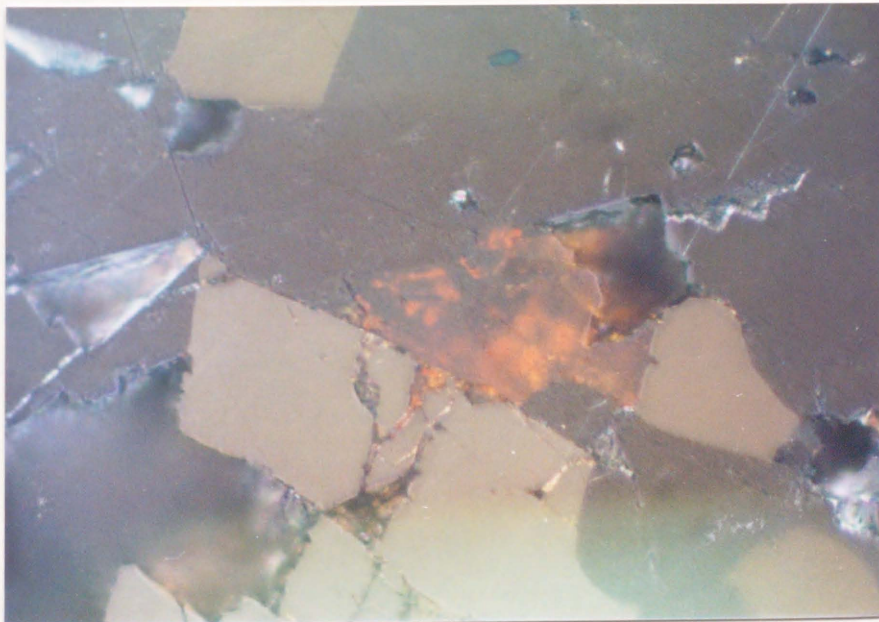
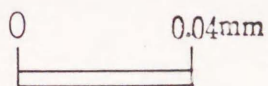


写真15-2

“Rubby red” の  
内部反射を呈する  
濃紅銀鉱

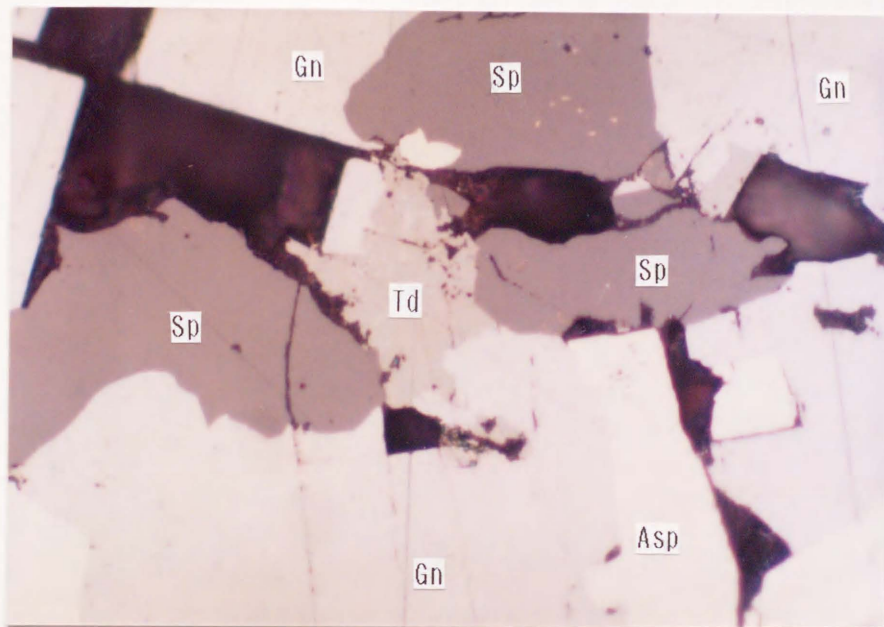


Crossed polarized light



Film No. 138-13-14

顕微鏡写真(反射光)



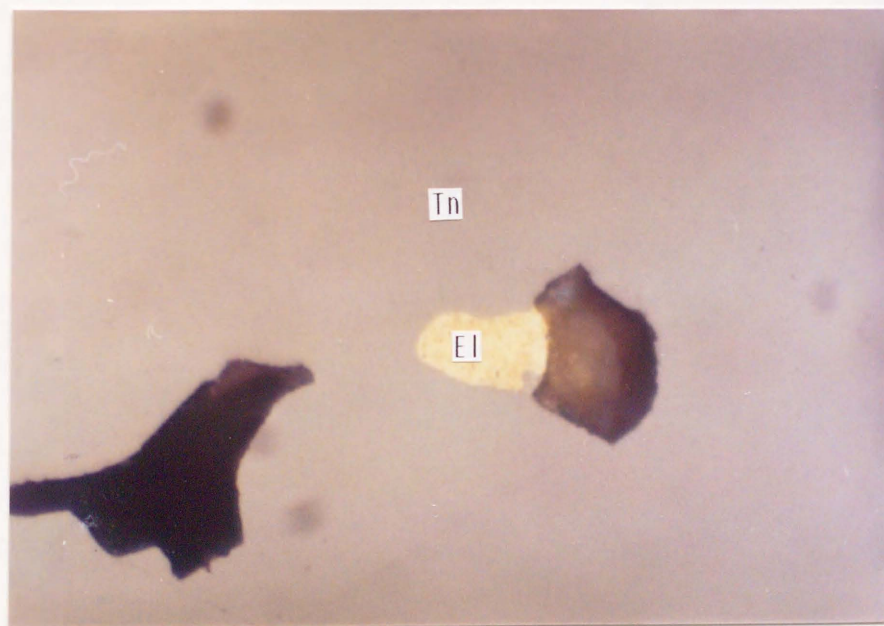
0 0.04mm

写真16-1

I坑準  
2630mライン  
3号ヒ鉱体

方鉛鉱・閃亜鉛鉱中に  
共存する四面銅鉱

鉱物名略字凡例  
Asp : 砒鉄鉱  
Gn : 方鉛鉱  
Sp : 閃亜鉛鉱  
Td : 四面銅鉱



0 0.02mm

写真16-2

H坑準  
2150mライン  
1号ヒ鉱体

砒四面銅鉱中に点在する  
エレクトラム

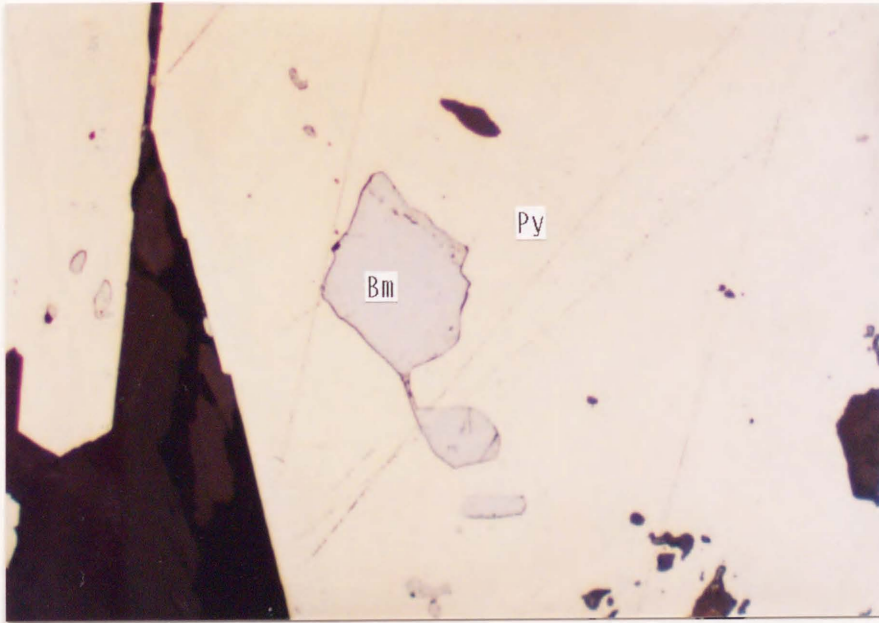
鉱物名略字凡例  
El : エレクトラム  
Tn : 砒四面銅鉱

Film No.0/38-22.20

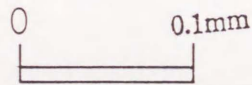


顕微鏡写真(反射光)

写真17-1



Plain polarized light

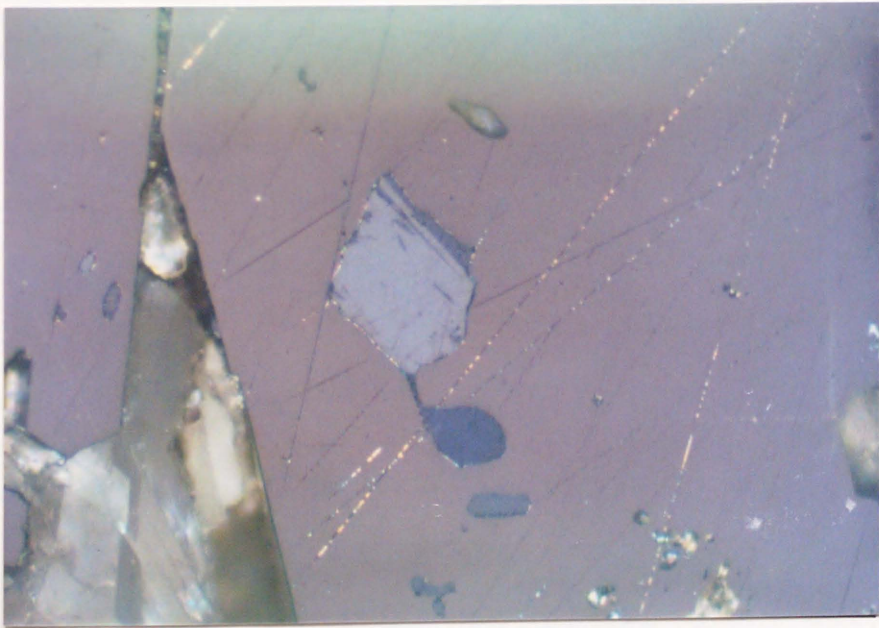


A坑準  
810mライン  
5号ヒ鉱体

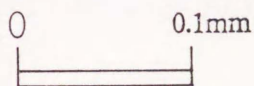
黄鉄鉱中に包有される  
Pb-Bi-S 系鉱物

鉱物名略字凡例  
Py : 黄鉄鉱  
Bm : Pb-Bi-S 系鉱物

写真17-2



Crossed polarized light

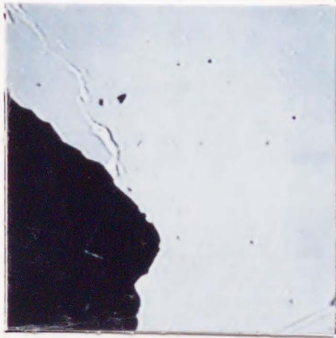


明瞭な異方性を示す  
Pb-Bi-S 系鉱物

Film No. 0138-7-8

試料名：赤色閃亜鉛鉱  
産地：ワンサラ本鉱床 C坑準  
515mライン 4号ヒ

加圧電圧：25kV  
電子線電流：0.2 $\mu$ A  
倍率： $\times 300$



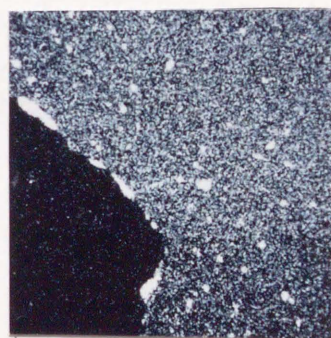
吸収像



Cu X線像



Zn X線像



Fe X線像

ワンサラ本鉞床産

黒色閃亜鉛鉞 XMA試験結果

写真19

試料名：黒色閃亜鉛鉞

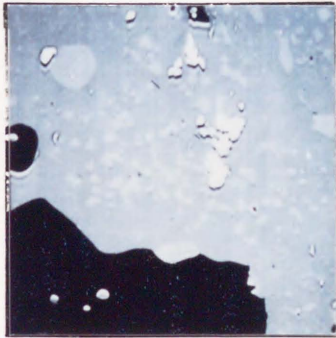
産地：ワンサラ本鉞床 B坑準

810mライン 3号ヒ

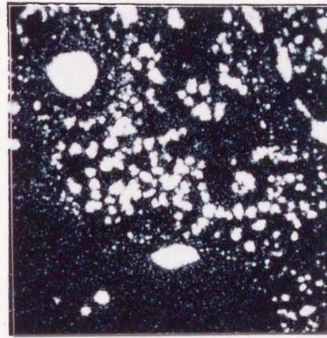
加圧電圧：25kV

電子線電流：0.2 $\mu$ A

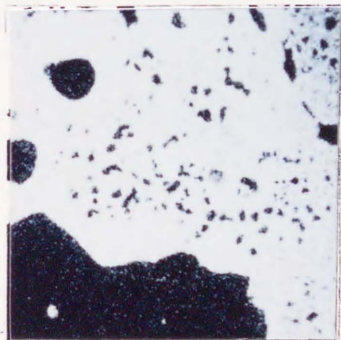
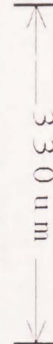
倍率： $\times 300$



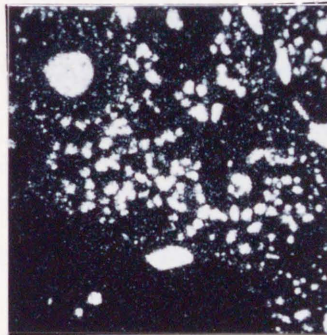
吸収像



Cu X線像



Zn X線像



Fe X線像

参 考 论 文

参考論文目次

1. 新田富也・深堀康昌 (1969) : 神岡鉾山茂住坑下部探査の成果について。  
鉾山地質、19、147 ~ 159。
2. 寺津陽次・新田富也・深堀康昌・三島徹 (1971) : 神岡鉾山茂住坑の探査について。  
鉾山地質、21、348 ~ 354。
3. 新田富也・深堀康昌・三島徹 (1971) : 神岡鉾山茂住坑下部探査の成果について  
(その2)。鉾山地質、21、84~96。
4. 新田富也・深堀康昌・山田毅 (1973) : 神岡鉾山茂住坑の銅鉾について。  
鉾山地質、23、99~110。
5. 深堀康昌・相川潔・川崎正士 (1980) : ワンサラ鉾山の地質と鉾床。  
鉾山地質、30、103 ~ 118。
6. 深堀康昌・西川有司・中村廉・町田稔 (1983) : 中竜鉾山黒当戸鉾床の探査とその  
成果について。鉾山地質、33、73~86。
7. 深堀康昌・高橋幹男・丸谷雅治 (1988) : 串木野鉾山の銀鉾物。  
昭和63年度資源・素材関係学協会合同秋季大会分科研究会資料(C)、13~16
8. FUKAHORI, Y., SAKOGAICHI, K. ( ) : Mineralization characteristics in  
the Cumbre area, Huanzala mining districts, Central Peru.  
鉾山地質 受理、印刷中