

石の斑状組織を示す。また、熱水溶液の通路と考えられる小孔も観察される（深度：140m±）。

(2) 変質・変形

地表からの酸化作用は割れ目沿いに多くみられ、深度約50mにまで達する。また、深度30m～60mでは割れ目に白色粘土を伴う。玄武岩質安山岩溶岩には少量の石英-磁鉄鉱細脈を観察することができる。鉱化変質後に形成された、高角度の走向移動すべり面が観察される。

3. 鉱化作用

(1) 全般

銅鉱化・鉄鉱化作用は、地表部より孔底まで連続してみられる。その特徴は下記のとおりである。

深 度	酸化銅鉱	硫化銅鉱	赤 鉄 鉱	磁 鉄 鉱	黄 鉄 鉱
0.00～ 40.00m	◎ 割れ目		○ 網状脈	◎ 網状脈	
40.00～ 51.00m	△ 割れ目	・ 鉱 染	◎ 網状脈	○ 網状脈	・ 鉱 染
51.00～ 78.00m	・ 割れ目	○ 鉱 染	○ 網状脈	◎ 網状脈	○ 鉱 染
78.00～116.40m		・ 鉱 染		△ 鉱 染	・ 鉱 染
116.00～168.00m		△ 鉱 染		○ 鉱 染	△ 鉱 染
168.00～240.40m		・ 鉱 染		△ 鉱 染	△ 鉱 染

(2) 各論

① 酸化鉱帯

地表部から深度62m(1025mL)間には、孔雀石及び珪孔雀石を主とする酸化銅鉱体が存在する。孔雀石・珪孔雀石は安山岩質角礫の割れ目に細脈状に鉱染しているが、角礫の内部には部分的に鉱染するのみである。赤鉄鉱（鏡鉄鉱）及び磁鉄鉱のいずれとも共存する。深度35m以深では、硫化鉱帯と重複する。

② 硫化鉱帯

深度35～240m(1050-845mL)間には黄銅鉱を主とする硫化銅鉱体が存在し、黄鉄鉱と共存する。深度62m以浅では酸化鉱帯と重複する。“熱水角礫岩”中では、磁鉄鉱を主体とする網状脈中に胚胎するが、安山岩質角礫中には鉱染しない。玄武岩質安山岩溶岩中では石基またはアミグダル中に鉱染する。鉱物組み合わせは、鉱化中心部では（黄銅鉱>黄鉄鉱）<<（磁鉄鉱>>赤鉄鉱）であるが、周縁部に向かって（黄鉄鉱>黄銅鉱）<<<（赤鉄鉱>>磁鉄鉱）に移行する。

#### 4. 鉱石分析結果

Cu品位に基づき4箇所の鉱化帯が捕捉された。それらの区間深度、平均品位及び鉱化タイプは下記のとおりである。

鉱化帯	深 度 (区 間)	TCu%	SCu%	ICu%	TFe%	鉱化タイプ
A	9.00～17.00m( 8.00m)	1.089	0.848	0.241	23.68	酸化鉱帯
B	20.00～37.00m( 17.00m)	0.744	0.335	0.408	24.13	中間帯
C	45.00～51.00m( 6.00m)	1.168	0.312	0.857	38.10	中間帯
D	59.00～74.00m( 15.00m)	0.472	0.014	0.458	28.78	硫化鉱帯
鉱化帯計	( 46.00m)	0.770	0.317	0.454	27.39	
上部合計	0.00～74.00m( 74.00m)	0.616	0.252	0.363	27.11	
深部合計	115.00～172.00m( 57.00m)	0.114	0.002	0.111	18.64	硫化鉱染帯

## 1. 概要

## (1) 実施理由

本孔は鉍化帯1、2、4 (ENAMI, 1991) の中間に位置し、周辺の地表には少量の赤鉄鉍・磁鉄鉍を伴う“熱水角礫岩”が分布する。また地表物理探査 (Geodatos, 1991) では、低抵抗・高IP帯及び高磁気異常帯の東縁に位置する。これらのことから二次富化酸化銅鉍帯及び硫化銅鉍帯の賦存状況を確認することを目的とした。

## (2) 結果の概略

本孔は安山岩質火砕岩類 (深度: 0m~25m)、安山岩質“熱水角礫岩” (深度: 25m~106m)、無斑晶質安山岩溶岩 (深度: 106m~148m) 及び玄武岩質安山岩溶岩 (深度: 148m~205m) から構成され、全体を通して微弱な銅鉍化作用 (品位: 最大0.86%Cu) が認められる。

本孔の座標及び掘進実績は下記のとおりである。

	座標	掘進実績
N:	7,103,080.40	方向: ---
E:	374,309.22	傾斜: -90°
H:	1,166.74	深度: 204.90m

## 2. 地質

## (1) 岩相・層序

## ① 安山岩質火砕岩類 (深度: 0m~25m)

本岩類は凝灰角礫岩及び凝灰岩から構成される。凝灰角礫岩は斜長石斑状安山岩及び凝灰岩の角礫を伴い、一部では小規模な熱水角礫構造を示す。凝灰岩は中粒から細粒の縞状組織を呈し、一部に赤鉄鉍細脈を伴う。

## ② 安山岩質“熱水角礫岩” (深度: 25m~106m)

本岩は安山岩及び安山岩質凝灰岩を石質角礫し、角礫の間隙を赤鉄鉍 (鏡鉄鉍) が網状脈に充填した岩相を呈する。中心部 (深度: 92m±) では緻密質の鉄鉍石様の産状を呈し、周辺部に向かって石質角礫岩片が多くなる。石質角礫は淡緑色~赤褐色に変色しており、原岩組織はほとんど識別困難である。中心部より上方では溶脱した硫化物の痕跡を多く伴う。

## ③ 無斑晶質安山岩溶岩 (深度: 106m~148m)

本岩は灰色~暗灰色の溶岩であり、小規模な“熱水角礫岩”、磁鉄鉍・赤鉄鉍細脈及び磁鉄鉍鉍染を伴う。溶岩流の境界部ではアミゲダル組織及び自破碎組織が見られる。

## ④ 玄武岩質安山岩溶岩 (深度: 148m~205m)

本岩は暗灰色塊状溶岩流の薄層の繰り返して構成され、石基に微粒の磁鉄鉱を多く含むことが特徴である。溶岩流の境界部ではアミグダル組織及び水中自破碎化凝灰岩組織を呈する。本岩は上部・下部において斜長石斑晶を伴う。

(2) 変質・変形

地表からの酸化作用による硫化鉱物の溶脱は、深度約80mにまで達する。鉱化変質後の顕著な変形作用は認められない。

3. 鉱化作用

(1) 全般

銅鉱化・鉄鉱化作用は、地表部より孔底まで連続してみられる。

その特徴は下記のとおりである。

深 度	酸化銅鉱	硫化銅鉱	赤 鉄 鉱	磁 鉄 鉱	黄 鉄 鉱
0.00～ 80.00m	△ 割れ目		○ 網状脈		・ 鉱 染
80.00～105.00m	△ 割れ目		◎ 網状脈		
105.00～125.00m	・ 割れ目	・ 鉱 染	△ 細 脈	△ 細 脈	△ 鉱 染
125.00～150.00m		・ 鉱 染		△ 細 脈	△ 鉱 染
150.00～205.00m		△ 鉱 染		○ 鉱 染	△ 鉱 染

(2) 各論

① 酸化鉱帯

地表部から深度125m(1040mL)間には、孔雀石を主とする微量の酸化銅鉱物が存在する。孔雀石は安山岩質角礫の割れ目に細脈状に鉱染し、赤鉄鉱(鏡鉄鉱)と共存するが、石質角礫の内部には鉱染しない。

② 硫化鉱帯

深度106m(1060mL)以深には非常に微弱な黄銅鉱が連続して存在する。黄銅鉱は黄鉄鉱及び石英と共存し、アミグダル組織や石英-緑泥石細脈中に産する。

#### 4. 鉍石分析結果

上部及び下部の平均品位は、下記のとおりである。

鉍化帯	深 度 (区 間)	TCu%	SCu%	ICu%	TFe%	鉍化タイプ
A	0.00~125.00m(125.00m)	0.227	0.089	0.138	26.95	酸化鉍帯
B	125.00~199.00m( 74.00m)	0.148	0.012	0.137	19.14	硫化鉍帯
鉍化帯計	0.00~199.00m(199.00m)	0.198	0.061	0.137	24.04	

## 1. 概要

## (1) 実施理由

本孔は、白色の変質帯の分布地区に位置し、地表物理探査 (Geodatos, 1991) で捕捉された、低抵抗・高IP帯の北部にあたる。これらのことから推定される“熱水角礫”の発展状況とさらには下部で期待される硫化銅鉱体の賦存状況を確認することを目的とした。

## (2) 結果の概略

本孔を構成する岩石は地表部の変質岩 (supergene 起源、深度：0.00m～15.00m)、無班晶質安山岩溶岩 (深度：15.00m～84.80m) 及びミロナイト化安山岩 (深度：84.80m～216.75m) であり、このミロナイト化安山岩の発達の特徴となっている。

無班晶質安山岩 (深度：50.00m～93.00m) では酸化銅鉱と硫化銅鉱の両者の混合からなる中間帯 (品位：0.548%Cu) が、一方ミロナイト化安山岩 (深度：84.80m～216.75m) では硫化銅鉱帯 (品位：0.451%Cu) が確認された。

本孔の座標及び掘進実績は下記のとおりである。

	座標	掘進実績
N:	7,103,282.50	方向：---
E:	374,088.00	傾斜：-90°
H:	1,123.45	深度：216.75m

## 2. 地質

## (1) 岩相・層序

## ① 変質岩 (深度：0.00m～15.00m)

緑灰色を呈する変質岩である。多分、安山岩を原岩としたものであろうが強い変質作用のために原岩の構造は全く認められない。変質作用は粘土化、珪化及び“supergene”による石膏の生成からなる。本孔では肉眼的には銅鉱化作用の形跡は認められない。

## ② 無班晶質安山岩 (深度：15.00m～84.80m)

緑灰色、塊状で細粒の無班晶質安山岩溶岩であり、中程度の粘土化及び割れ目沿いに石膏の形成が認められる。赤鉄鉱の沈積部分も数箇所認められ、亀裂に沿った酸化作用を部分的に蒙っている。

## ③ ミロナイト化安山岩 (深度：84.80m～216.75m)

暗緑灰色を呈する塊状 (しかし、部分的に圧砕作用によると考えられる鉱物の弱い再配列構造が認められる)、細粒のミロナイト化安山岩である。岩相は上部から下部まで均質であり、斜長

石の班晶がほとんど認められていないこと及び無班晶質安山岩が残留していることから無班晶質安山岩溶岩が原岩と推定される。中部と最下部には、灰褐色を呈する細粒の安山岩質凝灰岩が挟在される。

(2) 変質・変形

地表から深度 80 m 程度までは、“supergene”の酸化作用及び石膏の生成が認められるが、それ以深では肉眼的には変質程度はプロピライト変質程度と推定される。特記される鉱化・変質作用後の変形作用は認められない。

3. 鉱化作用

(1) 全般

酸化銅鉱と硫化銅鉱の混合した中間帯とその下位に続く硫化銅鉱帯が認められる。

各深度における鉱化作用の産状は下記のとおりである。

深 度	酸化銅鉱	硫化銅鉱	赤 鉄 鉱	磁 鉄 鉱	黄 鉄 鉱
0.00～ 50.00m			△ 網状脈		
50.00～ 93.00m	△ 割れ目	△ 鉱 染	○ 網状脈		
93.00～111.00m		○ 鉱 染	・ 網状脈	○ 網状脈	・ 鉱 染
111.00～154.00m		△ 鉱 染		○ 網状脈	・ 鉱 染
154.00～202.00m		・ 鉱 染		○ 網状脈	・ 鉱 染
202.00～216.00m		△ 鉱染～網状脈		○ 網状脈	・ 鉱 染

(2) 各論

① 酸化鉱帯

地表部から深度 50 m (1,120m～1,070m) 間には、ほとんど鉱化作用は認められず、酸化鉱帯は本孔では欠如している。

② 中間帯

深度 50m～ 93 m (1,070m～1,030m) までは酸化銅鉱と硫化銅鉱が混合する中間帯として位置づけることができる。大部分は無班晶質安山岩中に胚胎し、酸化銅鉱は孔雀石、硫化銅鉱は細粒の黄銅鉱である。前者は割れ目を充填し、一方、後者は鉱染状を呈する。

③ 硫化鉱帯

深度 93.00～111.00m (1,030m～1,030m) 間には、黄銅鉱を主とする硫化銅鉱帯が存在する。黄銅鉱は黄鉄鉱と共存し、ミロナイト化安山岩に鉱染状(～細脈状)で胚胎する。構成鉱物の量

比は大方、黄銅鉱>黄鉄鉱であり、磁鉄鉱は母岩であるミロナイト化安山岩の石基の構成鉱物となっている。

(3) 鉱石分析結果

2箇所の鉱化帯が捕捉された。その区間深度、平均品位及び鉱化タイプは下記のとおりである。

鉱化帯	深 度 (区 間)	TCu%	SCu%	ICu%	TFe%	鉱化タイプ
A	50.00~93.00m(44.00m)	0.548	0.249	0.299	15.58	中間帯
B	93.00~111.00m(18.00m)	0.451	0.008	0.443	11.83	硫化鉱帯
鉱化帯計	(62.00m)	0.520	0.179	0.341	14.49	
全孔計	0.00~216.75m(216.75m)	0.197	0.053	0.144	10.02	



## 1. 概要

## (1) 実施理由

本孔は鉍化帯1 (ENAMI, 1992) に位置し、地表には赤鉄鉍を伴う“熱水角礫”が分布する。また、地表物理探査 (Geodatos, 1991) では、高抵抗・高IP帯及び高磁気異常帯に属する。これらのことから酸化銅鉍帯及び硫化銅鉍帯の賦存状況を確認することを目的とした。

## (2) 結果の概略

本孔は安山岩質火砕岩類(深度: 0m~30m)、無斑晶質安山岩溶岩(深度: 30m~130m)及び玄武岩質安山岩溶岩(深度: 130m~160m)から構成され、深度65m以浅に銅鉍化作用(品位: 最大1.59%Cu)が認められる。

本孔の座標及び掘進実績は下記のとおりである。

座標	掘進実績
N: 7,103.5	方向: ---
E: 374,200.	傾斜: -90°
H: 1,178.85	深度: 160.05m

## 2. 地質

## (1) 岩相・層序

## ① 安山岩質火砕岩類(深度: 0m~30m)

本岩類は自破碎溶岩及び凝灰岩から構成される。溶岩は無斑晶質または斜長石斑晶質の灰色安山岩である。凝灰岩は、中粒から細粒の縞状組織を呈する。赤鉄鉍(鏡鉄鉍)細脈・磁鉄鉍細脈及び磁鉄鉍鉍染を伴う。

## ② 無斑晶質安山岩溶岩(深度: 30m~130m)

本岩は無斑晶質暗灰色の溶岩であり、深度40m~50mに“熱水角礫岩”状の産状を呈し、磁鉄鉍の細脈~鉍染を伴う。溶岩流の境界部ではアミグダル組織及び自破碎組織が観察される。また、熱水溶液の通路と考えられる小孔も観察される(深度: 75m±)。

“熱水角礫岩”は、赤鉄鉍(鏡鉄鉍)網状脈を主体とし、周辺部に向かって赤鉄鉍・磁鉄鉍細脈~鉍染へと変化する。中心部より上方では溶脱した硫化物の痕跡を伴う。

## ③ 玄武岩質安山岩溶岩(深度130m~160m)

本岩は暗灰色塊状溶岩流の薄層の繰り返しからなり、石基に微粒の磁鉄鉍を多く含むことを特徴とする。溶岩流の境界部では、アミグダル組織及び水中自破碎化凝灰岩組織を呈する(傾斜約10°)。最下部を除いて斜長石斑晶を伴う。

(2) 変質・変形

地表からの酸化作用による硫化鉱物の溶脱は、深度約50mにまで達する。鉱化変質後には特記すべき変形作用は認められない。

3. 鉱化作用

(1) 全般

銅鉱化作用は、熱水角礫帯を中心として、地表部より深度68mまで連続してみられ、鉱石鉱物の特徴により5帯に区分された。

各深度における鉱化作用の産状は下記のとおりである。

深 度	酸化銅鉱	硫化銅鉱	赤鉄鉱	磁鉄鉱	黄鉄鉱
0.00～17.00m	△ 割れ目		○ 細脈		
17.00～40.00m			・ 細脈	○ 鉱染	
40.00～50.00m	◎ 細脈		◎ 網状脈		・ 鉱染
50.00～68.00m	・ 割れ目		△ 細脈	○ 鉱染	
68.00～160.00m		・ 鉱染		○ 鉱染	・ 鉱染

(2) 各論

① 酸化鉱帯

地表部から深度68m(1110mL)間には、孔雀石及び珪孔雀石を主とする微量の酸化銅鉱物が、割れ目に細脈状に鉱染し、赤鉄鉱（鏡鉄鉱）と共存するが、石質部の内部には鉱染しない。

② 硫化鉱帯

肉眼的には、深度100m(1075mL)以深に、極微量の黄銅鉱が存在するが、鉱床に値する鉱化は形成しない。黄銅鉱は、黄鉄鉱-石英と共存し、アミグダル組織や石英-緑泥石細脈中に産する。

#### 4. 鉍石分析結果

Cu品位に基づき4区分された。その区間深度、平均品位及び鉍化タイプは下記のとおりである。

鉍化帯	深 度 (区 間)	TCu%	SCu%	ICu%	TFe%	鉍化タイプ
A	0.00～ 8.00m( 8.00m)	0.464	0.201	0.263	13.69	酸化鉍帯
B	11.00～ 22.00m( 11.00m)	0.531	0.253	0.278	20.53	酸化鉍帯
C	33.00～ 41.00m( 8.00m)	0.464	0.258	0.206	20.21	酸化鉍帯
D	41.00～ 55.00m( 14.00m)	0.911	0.573	0.338	22.81	酸化鉍帯
鉍化帯計	( 41.00m)	0.635	0.353	0.282	19.91	
全 孔 計	0.00～ 68.00m( 68.00m)	0.479	0.240	0.240	19.00	

## 1. 概要

## (1) 実施理由

本孔の周辺では地表部に白色粘土化変質が広く認められる (ENAMI, 1992)。これに伴う地下深部の鉍化変質状況を確認することを目的とした。

## (2) 結果の概略

本孔では斜長石斑状安山岩、無斑晶質安山岩、閃緑ひん岩及びひん岩が複雑な貫入関係で混在する。銅鉍化作用は深度60m(1040mL)以深に認められるが、極めて微弱である。

本孔の座標及び掘進実績は下記のとおりである。

座標	掘進実績
N: 7,103,5	方向: ---
E: 374,200.	傾斜: -90°
H: 1,	深度: 184.35m

## 2. 地質

## (1) 岩相・層序

## ① 上部 (深度: 0m~45m)

上部は主として緑灰色の斜長石斑状安山岩から構成され、熱水変質による石英方解石脈・白色粘土脈を伴う。

## ② 中上部 (深度: 45.0m~64.5m)

中上部は灰緑色の無斑晶質安山岩を主体とし、ひん岩脈及び珪長質網状脈を伴う。

## ③ 中下部 (深度64.5m~161.0m)

中下部では緑灰色の無斑晶質安山岩と斜長石斑状安山岩が貫入関係~捕獲関係で混在する。白色~橙色の珪長質脈を多く伴う。

## ④ 下部 (深度161m~184m)

下部は緑灰色の無斑晶質安山岩を主体とし、白色~橙色の珪長質脈を多数伴う。

## (2) 変質・変形

本孔においては粘土化変質及び粘土化脈が地表部~深度35mに認められる。また珪長質脈~網状脈が深度45m、60m±、100m±、140m±、160m±、180m±の各所に認められ、これから派生する細脈帯が上下に広がる。

### 3. 鉍化作用

本孔では微弱な銅鉍化作用が認められた。銅鉍物は、黄銅鉍、孔雀石及び珪孔雀石であり、珪長質脈と関連して出現する。一方、鉄鉍石鉍物は出現しない。

各深度における鉍化作用の産状は下記のとおりである。

深 度	酸化銅鉍	硫化銅鉍	赤 鉄 鉍	磁 鉄 鉍	黄 鉄 鉍
0.00～58.00m					
58.00～80.00m	・ 鉍 染	・ 鉍 染			
80.00～161.00m	・ 鉍 染				
161.00～184.00m					

### 4. 鉍石分析結果

Cu品位からは微弱な鉍化部が確認された。その区間深度・平均品位は下記のとおりである。

鉍 化 帯	深 度 (区 間)	TCu%	SCu%	ICu%	TFe%	鉍化タイプ
A	57.00～185.00m(128.00m)	0.060	0.021	0.039	8.72	酸化鉍帯

## 1. 概要

## (1) 実施理由

本孔は鉍化帯1 (ENAMI, 1992) の北東部に位置し、付近の地表には赤鉄鉍を伴う“熱水角礫”が分布する。

また、地表物理探査 (Geodatos, 1991) では、高IP帯及び高磁気異常帯に分類される。これらことから二次富化酸化銅鉍帯及び硫化銅鉍帯の賦存状況を確認することを目的とした。

## (2) 結果の概略

本孔を構成する岩石は、安山岩溶岩・凝灰岩帯 (深度: 0m~61m)、安山岩質“熱水角礫岩” (深度: 61m~124m) 及び安山岩質溶岩 (深度: 124m~188m) である。地表部付近では酸化銅鉍帯 (品位: 最大1.84%Cu) が、熱水角礫部では硫化銅鉍帯 (品位: 最大1.84%Cu) が確認された。

本孔の座標及び掘進実績は下記のとおりである。

座標	掘進実績
N: 7,103.5	方向: ---
E: 374,200.	傾斜: -90°
H: 1,	深度: 187.65m

## 2. 地質

## (1) 岩相・層序

## ① 安山岩溶岩・凝灰岩帯 (深度: 0m~61m)

本岩は、安山岩溶岩及び安山岩質凝灰岩を主体とし、一部に小規模な熱水角礫帯及び赤鉄鉍 (鏡鉄鉍) 細脈帯を伴う。安山岩溶岩は灰色~赤褐色であり、上部では斜長石斑晶を伴うが、下部では無斑晶質である。凝灰岩は中~細粒で緑灰色、灰色、赤褐色を呈する。深度25m以深では強度の破碎を被っており、ほとんどのコアは破碎砂状である。

## ② 安山岩質“熱水角礫岩” (深度: 61m~124m)

本岩は無斑晶質安山岩を石質角礫とした角礫岩であり、間隙を赤鉄鉍 (鏡鉄鉍) 鉍石が網状脈~細脈状に充填している。特に下部 (深度: 105m~124m) で最も赤鉄鉍鉍化が強い。深度93m付近には、溶岩の上端を示すアミグダル構造が観察される。本帯は、深度95m±を除いてすべて破碎砂状である。

## ③ 安山岩質溶岩 (深度: 124m~188m)

本岩は安山岩溶岩を主体とし、一部に自破碎溶岩~水中破碎凝灰岩を伴う。安山岩溶岩は中~上部では暗灰色の塊状無斑晶質溶岩であり、深度145m±の熱水溶液の通路と考えられる小空隙

付近では、熱水の変質により帯濁灰色を呈する。また、深度140m付近には溶岩の下底を示すアミグダル構造も観察される。下部では暗灰色塊状であり、斜長石斑晶を伴う。またアミグダル構造を全体に有し、石英及び黄鉄鉱を伴う。

(2) 変質・変形

深度25m～124m間は、強度に低角の破碎作用を被っており、ほとんどのコアは破碎砂状である。剪断破碎面は、約30°～40°のものが多く観察される。

3. 鉱化作用

(1) 全般

銅鉱化・鉄鉱化作用は、地表部より孔底まで連続しているが、破碎砂状の部分では肉眼的には銅鉱化作用を観察することは出来ない。

各深度における鉱化作用の産状は下記のとおりである

深 度	酸化銅鉱	硫化銅鉱	赤 鉄 鉱	磁 鉄 鉱	黄 鉄 鉱
0.00～39.00m	○ 割れ目	?	○ 網状脈		?
39.00～115.00m		?	◎ 網状脈		?
115.00～124.00m	○ 割れ目	?	◎ 網状脈		?
124.00～188.00m	・ 割れ目	・ 鉱 染		△ 鉱 染	・ 鉱 染

(2) 各論

① 酸化鉱帯

地表部から深度39m(1185mL)間には、孔雀石を主とする酸化銅鉱体が存在する。孔雀石は、安山岩質角礫の割れ目に細脈状に鉱染または凝灰岩質角礫中に鉱染している。共存する鉄鉱物は鏡鉄鉱である。また、深度115m～124mにも孔雀石の鉱染が認められる。

② 硫化鉱帯

肉眼的には、深度39m～115mには硫化物を確認することが出来ない。これは、破碎帯中で硫化鉄の表面が酸化され、破碎された母岩との識別が困難なためと考えられる。深度124m～188m間には、微量の黄銅鉱及び黄鉄鉱が石英と共存してアミグダル中及び石英-鏡鉄鉱細脈中に認められる。

#### 4. 鉍石分析結果

Cu品位の分布により5箇所の鉍化帯に区分される。その区間深度・平均品位は下記のとおりである。

鉍化帯	深 度 (区 間)	TCu%	SCu%	ICu%	TFe%	鉍化タイプ
A	0.00～ 3.00m( 3.00m)	1.170	0.887	0.283	26.67	酸化鉍帯
B	6.00～ 38.00m( 32.00m)	0.454	0.208	0.246	21.63	中間帯
C	55.00～126.00m( 71.00m)	0.407	0.127	0.281	30.35	硫化鉍帯
D	136.00～142.00m( 6.00m)	0.238	0.045	0.194	16.25	硫化鉍帯
	154.00～188.00m( 34.00m)	0.149	0.030	0.120	15.39	硫化鉍帯
鉍化帯計	(146.00m)	0.366	0.134	0.232	24.30	
全孔計	0.00～126.00m(126.00m)	0.392	0.146	0.246	26.61	



### 1-3-13 その他のボーリング孔

本年度のボーリング調査では、30孔(MJCC-1~MJCC-30)のボーリングを実施したが、先に記載した12孔以外のボーリングに関する詳細な記載は、第2年次報告書に載せることとした。

### 1-3-14 調査結果のまとめ

上記の各ボーリング孔において観察される岩石は、基本的には第四紀層白亜紀Cerros Florida層と呼ばれている安山岩質火山岩類、岩脈類、鉍化変質岩類及び構造運動による破碎岩類に区分される。以下に各岩相について特徴的な産状の概略を述べる。

#### (1) 第四紀層

##### ① 崩落層

本層は山腹の緩斜面に分布し、地表部に5mから10mの層厚を有する。本層には山腹の急斜面に由来する赤鉄鉱小礫及び磁鉄鉱小礫が多数含まれ、一般的には赤鉄鉱小礫が卓越する。

#### (2) 白亜紀Los Cerros Florida層

##### ① 安山岩質凝灰岩類

本岩類はLos Cerros Florida山体の山頂付近で実施されたボーリング孔の地表付近に観察される。中粒から細粒の凝灰岩から構成され、一部に縞状構造や級化構造を示す。“熱水角礫岩”帯の付近では、赤鉄鉱鉍染、鏡鉄鉱による縞状交代組織や自形黄鉄鉱鉍染などが観察される。

##### ② 無斑晶質安山岩

本岩は灰色～暗灰色の無斑晶質の安山岩溶岩であり、溶岩境界部ではアミグダル組織や自破碎組織を呈することがある。“熱水角礫岩”帯の付近では赤鉄鉱(鏡鉄鉱)細脈を多数有する。また熱水の通路と考えられる小孔の付近では、熱水変質を被っている。

##### ③ 斜長石斑状玄武岩質安山岩

本岩は暗灰色塊状溶岩であり、斜長石斑晶(1×3mm~2×4mm)を多数伴う。一般には溶岩流の境界付近にアミグダル組織を有することが多い。同一溶岩流の中で斑晶質から無斑晶質に漸移することがある。本岩の石基には多量の磁鉄鉱を伴い、強い磁性を示すことが特徴的であるが、熱水の通路と考えられる小孔付近では磁性を示さない。

##### ④ 凝灰角礫岩

本岩は凝灰岩及び斜長石斑状安山岩の角礫で構成される。本岩は未変質岩として産出することが稀であり、鉄鉍化作用による“熱水角礫岩”に分類される岩石にも多数含まれているものと推定される。

### ⑤ ハイアロクラスタイト

本岩は溶岩流の境界部に1 m前後の薄層として出現し、自破碎溶岩に漸移することもある。本岩の磁性は溶岩類とは対比的に極めて微弱である。

## (3) 岩脈類

### ① 閃緑ひん岩質岩脈類

本岩類はM J C C - 12及びM J C C - 18に産し、走向移動断層による圧砕作用により安山岩類と混在することが多い。岩相は変化に富み、中粒～細粒及び中～優白色の産状を呈する。また本岩と同質のマグマに起因すると考えられる珪長質脈を伴うことが多い。

### ② 安山岩質岩脈類

本岩は無斑晶質または長石斑晶を伴う灰色安山岩であり、磁性が弱いことが特徴的である。

## (4) その他

### ① “熱水角礫” 岩類

本岩はLos Cerros Florida層の各種岩石を石質角礫とし、角礫の間隙を酸化鉄鉱物が網状脈～細脈状に充填する産状を呈する。本調査地区では、既往調査により野外呼称岩石名として“Hydrothermal Breccia”と呼ばれているものである。本報告書も既往報告書に従い便宜上この名称を用いたが、成因的な性質を示すものではない。

本岩類を構成する酸化鉄鉱物は、葉片状赤鉄鉱（鏡鉄鉱）、塊状赤鉄鉱及び磁鉄鉱である。石質角礫は無斑晶質安山岩、斜長石斑状安山岩、凝灰岩等の角礫状岩片である。石質角礫の粒度は変化に富み、巨礫(Boulder)から細礫(Granule)までの角礫が混在する。またジグソーパズル状を呈し、付近の角礫の破断面が合致することが多くみられる。

本岩類の酸化鉄鉱物と石質角礫との量比は変化に富み、緻密質鉄鉱石状のものから酸化鉄鉱物細脈帯まで漸移する。

### ② 剪断破碎岩類

本岩類は走向移動断層帯に産する原岩不明のカタクラスティックな破碎岩である。局部的には原岩組織を残留していることがあるが、一般的には圧砕岩様の組織を呈する。

## 1-4 考 察

### (1) はじめに

ここでは、本報告書に記載した12孔のボーリングデータ(M J C C - 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20)を用いてボーリング断面図を作成し、地質構造や鉱化作用の広がり及びそれらの関連を検討した。なお本報告書では、全ボーリングデータを記載することができなかったため、検討内容も概略的なものであることをあらかじめ断わりたい。さらに検討に際しては地質構造や鉱化帯の形態に対していくつかの解釈を行ったが、これらは中間段階における作

業仮説である。したがって、本報告書の段階においては結論を述べることは差し控え、最終報告書において総合検討ならびに結論を述べることとする。

## (2) ボーリング断面の設定

ボーリング地質断面図は、ボーリング孔を東西及び南北に連続するように配置し、なるべく多くのボーリング孔を表現できるように配慮した。すなわち断面は、断面位置図(Fig. II-1-1)に示したように、東西断面が7本(EW-1~EW-7)、南北断面が6本(NS-1~NS-6)であり、これらの断面図に表示されるボーリング孔は次のとおりである。ただし括弧内のボーリング孔はデータが未到着であり、本報告書では記載しなかったものである。

- |                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| 1)EW-1断面:MJCC-2               |                        |
| 2)EW-2断面:                     | (MJCC-3, 4, 5, 24, 25) |
| 3)EW-3断面:MJCC-6, 7, 8         | (MJCC-26, 27)          |
| 4)EW-4断面:MJCC-10, 11          | (MJCC-9, 28, 29)       |
| 5)EW-5断面:MJCC-12, 13, 14      | (MJCC-30)              |
| 6)EW-6断面:MJCC-16, 17          | (MJCC-15)              |
| 7)EW-7断面:MJCC-18, 20          | (MJCC-19)              |
| 8)NS-1断面:MJCC-6               | (MJCC-3)               |
| 9)NS-2断面:MJCC-12              | (MJCC-9, 15, 24, 26)   |
| 10)NS-3断面:MJCC-7              | (MJCC-1, 2, 4, 28)     |
| 11)NS-4断面:MJCC-10, 13, 16, 18 | (MJCC-25, 27)          |
| 12)NS-5断面:MJCC-8              | (MJCC-5, 29, 30)       |
| 13)NS-6断面:MJCC-11, 14, 17     | (MJCC-19)              |

本報告書では2孔以上のボーリングデータを使用できる東西5断面(EW-3, 4, 5, 6, 7)及び南北2断面(NS-4, 6)についてのみ検討した(巻末付図C, 別添図PL. II-2)。

## (3) Los Cerros Florida層の地質構造

本調査地域の銅鉱床は、白亜紀Los Cerros Florida層及び酸化鉄鉱物を多量に伴う“熱水角礫岩”中に胚胎する酸化銅鉱床及び硫化銅鉱床である。既存調査資料に基づけば、鉱床の賦存形態は胚胎母岩の岩相・組織に規制されており、いわゆる“マント型”銅鉱床と考えられている。したがって鉱床形態及び品位分布を考える上で、胚胎母岩であるLos Cerros Florida層の地質構造を把握することは極めて重要であると考えられる。以下には、本ボーリング調査の結果及び既存調査結果を用いて、Los Cerros Florida層の地質構造について若干の検討を行った結果を述べる。

本調査地域において地質構造を考察する上では、下記の点について考慮することが必要と考えられる。

### ① アタカマ断層による構造運動

アタカマ断層はチリ海岸山脈を南北数百kmにわたって縦断する平均幅3~4kmの左横ズレ断層

帯であり、地殻深部にまで達する大構造線であると考えられている(Instituto de Investigaciones Geologias, 1976)。

本調査地域はこのアタカマ断層帯の東端に位置し、NE-SW系の主断層構造とNS系及びEW系の派生断層構造が推定されている(ENAMI, 1992)。

## ② 閃緑岩類

本調査地域の北西部には主として閃緑岩～花崗閃緑岩からなる白亜紀Sierra Pastenesバソリスが隣接しており、上記のアタカマ断層帯により変位を受けている(Instituto de Investigaciones Geologias, 1976)。

## ③ “熱水角礫”化作用

“熱水角礫岩”及び酸化鉄鉱物の地表分布は、主として上記のNE-SW系の主構造に規制されている(ENAMI, 1992)。

これら構造運動、バソリスの貫入及び“熱水角礫”化作用の活動により、本調査地域の銅鉱床胚胎母岩となっているLos Cerros Florida層の構造は、極めて複雑な変形・ブロック化作用及び変質作用を被っていることが推定される。

以上の各事項を前提とし地質断面の検討を行った結果、本調査地域の地質構造を下記のようにまとめることが可能と考えられる。

### ① Los Cerros Florida断層破碎帯

M J C C - 12及びM J C C - 16には断層による破碎岩が観察され、M J C C - 19付近の地表部に観察される走向移動断層の延長部と考えられる。この断層は既存調査結果(ENAMI, 1992)に示されたLos Cerros Florida断層から南西に枝分かれしており、本調査地域の地質構造を規制する最大の構造線と考えられる。地表における破碎面の観察及び各ボーリング孔における岩相の分布を考慮すると、この断層はアタカマ断層から派生した50m～100mの破碎帯を有する西傾斜の走向移動断層であると推定される。

### ② その他の断層

既存調査結果(ENAMI, 1992)に基づけば、本調査地域には上記断層以外に多数の断層または推定断層が存在する。いくつかの断層は、例えばNS - 6断面のM J C C - 11とM J C C - 14間に見られるように、断層を境界として岩相が著しく異なることがあり、本調査地域の地質構造形成に大きく関与している。特にCentral断層(ENAMI, 1992)から北に分岐する推定断層(ここではCentral分岐断層と呼ぶことにする)を境界として東西の岩相が急変する。

### ③ ブロック構造

本調査地域の地質構造は、上記の各断層により小ブロックに分断されているものと考えられるが、その中でも特に3大ブロックに区分することができ、これらを中央ブロック、西部ブロック及び東部ブロックと呼ぶことにする。

### ④ 中央ブロック

本ブロックは、本調査地域の中央部のNE-SW方向に伸長した細長い構造ブロックであり、Los

Cerro Florida断層破碎帯により西部ブロックと分断され、Central分岐断層により東部ブロックと境界される。ブロック内部は小断層によりサブブロック化されているものと推定されるが、本調査では確認できなかった。なお本ブロックには、M J C C - 6, 7, 10, 13, 14, 17及び20が含まれる。

#### ⑤ 西部ブロック

本ブロックはLos Cerro Florida断層の北西に位置し、断層破碎帯を挟んで中央ブロックと接するが、ここでは断層破碎帯も本ブロックに含めた。したがって、本ブロックにはM J C C - 12、16及び18が含まれる。

#### ⑥ 東部ブロック

本ブロックはCentral分岐断層を境として中央ブロックの南西に分布し、さらにCentral断層によりその南西部と境とされていると考えられるが、さらにブロック内部は小断層によりサブブロック化されていると推定される。なお本ブロックにはM J C C - 8及び11が含まれる。

#### ⑦ ブロック内の地質構造

中央ブロック内では比較的連続して岩相の対比が可能である。例えばEW-5断面及びNS-6断面に示したように、M J C C - 13、14及び17に出現する塊状の玄武岩質安山岩溶岩は、溶岩流に特徴的なアミグダル組織や斜長石斑状組織を鍵として対比することができた。同様の岩相は北部延長としてM J C C - 20の下部に、南部延長としてM J C C - 6及び7の下部に観察されることから、玄武岩質安山岩溶岩は中央ブロックの下部に広く分布していると推定される。また、M J C C - 14、17、及び20の地表付近には安山岩質凝灰岩が出現することから、同凝灰岩類は、Los Cerro Florida山体上部の1100m以上に連続して分布し、北部に向かって緩傾斜で上昇していると推定される。

上記の岩相對比結果を踏まえた上で、M J C C - 13、14及び17の間で断層による変位がなく、連続していると仮定すると、玄武岩質安山岩溶岩はおおよそN25°W15°SWの走向傾斜を有するものと推定される。しかし、実際には大ブロック内においても既存調査結果(ENAMI, 1992)に示されているように、多数の小断層によりさまざまな移動及び傾動運動を受けているものと考えられるべきであろう。

一方、西部ブロック内の岩相對比は非常に困難である。ひとつの理由としては、M J C C - 12及び16は断層破碎帯そのものであり、原岩構造を残留しているコアが少ないことが挙げられる。さらに破碎帯から西方に離れたM J C C - 18では、安山岩類及び閃緑ひん岩類が複雑な貫入関係で産することから対比を困難にしている。

東部ブロック内のM J C C - 8及び11の岩相はいずれも変化に富み、中央ブロックで示したような岩相の対比は行えない。このことは、サブブロック化に伴う移動及び傾動運動によるものと考えられる。

#### (4) “熱水角礫” 化作用

本調査地域には既存調査結果(ENAMI, 1992)に示されているように、地表部に多数の“熱水角礫岩”や酸化鉄鉱物(鏡鉄鉱、塊状赤鉄鉱及び磁鉄鉱)が分布する。これらの分布域はNE-SW方向に連続しており、上記の断層構造に規制されていると考えられる。

##### ① “熱水角礫岩” の形態

地表部と同様に“熱水角礫岩”はボーリングコアでも観察されるが、ボーリングコアの“熱水角礫岩”は「調査結果のまとめ」で述べたようにさまざまな産状を呈し、その分布形態も複雑である。MJCC-7及び10では地表部からボーリング孔の下部まで連続して“熱水角礫岩”が出現し、それぞれ約15.5m及び11.5mの深度範囲に及んでいる。一方、MJCC-13、14では地表下10~25m以深に70~80mの深度範囲で産する。その他のボーリング孔(MJCC-6, 8, 11, 17及び20)でも“熱水角礫岩”は観察されるが、その産出量・酸化鉄鉱物の量比ともに少ない。

以上を総合すると、“熱水角礫岩”は大略的にはMJCC-7及び10を中心とし、周辺部では地表付近で地層と調和的に広がった形状、すなわちロート型の“熱水角礫帯”として分布していると解釈できそうであるが、現時点ではロート型“熱水角礫帯”のネックの所在は明かではない。また北部のMJCC-17及び20付近では断層の構造と調和的な脈状“熱水角礫岩”の形態を示すと推定される。

一方、形態的には“熱水角礫岩”とは異なるが、玄武岩質安山岩溶岩には多量の磁鉄鉱が産することが多く、特に“熱水角礫岩”周辺ではアミグダル組織を示す部分に磁鉄鉱染が顕著に認められる。このことは“熱水角礫”化作用にともなう活動により、アミグダル組織を有するような透水率の比較的大きな場所において鉄鉱染作用があったことを示唆するものである。

##### ② 酸化鉄鉱物の鉱物組成

“熱水角礫岩”及びその周辺母岩中における酸化鉄鉱物は、その酸化状態の違いにより赤鉄鉱(鏡鉄鉱)、磁鉄鉱またはそれらの組み合わせとして産する。これまでのボーリングコア観察から各ボーリング孔における鉄鉱物の分布は下記のように大別される。

ボーリング孔	<=== 下部	中部	上部 ===>
MJCC-7	Mt dis - Mt st -	Mt/Ht st -	Ht st (地表)
MJCC-10	Mt dis -	- Mt/Ht st -	Ht st (地表)
MJCC-11	Mt dis -	Mt/Ht dis/vt -	Ht st (地表)
MJCC-13	Mt dis -	- Mt/Ht st -	Ht st - Ht/Mt st
MJCC-14	Mt dis - Mt vt -	-	Ht st (地表)
MJCC-17	Mt dis -	- Mt/Ht vt -	Ht st - Mt dis/vt
MJCC-20	Mt dis -	-	Ht st - Mt dis - Ht vt

以上の各孔では“熱水角礫帯”の規模はさまざまであるが、“熱水角礫岩”及び周辺母岩における酸化鉄鉱物の分布には下記のような共通点を見いだすことができる。

“熱水角礫帯” 中心部（緻密質鉄鉱石）	赤鉄鉱（鏡鉄鉱）脈
“熱水角礫帯” 周縁部（石質角礫を伴う）	磁鉄鉱 + 赤鉄鉱脈または磁鉄鉱脈
周辺母岩（玄武岩質安山岩溶岩）	磁鉄鉱鉱染
周辺母岩（安山岩質凝灰岩類）	赤鉄鉱鉱染

以上の共通点に基づけば、M J C C - 7、10、11及び14では地表部に“熱水角礫岩”が露出しており、その上部における酸化鉄鉱物の分布は不明であるが、共通点から類推により上部には磁鉄鉱 + 赤鉄鉱が分布していたものと推定される。従って、実際には上記の“熱水角礫帯”中心部は量的には周縁部よりも少ないことが一般的であると考えられる。

以上に示したような酸化鉄鉱物の分布形態は、硫化銅鉱帯を考える上で非常に重要である。すなわち、先にも述べたように酸化鉄鉱物の鉱物組成は周辺の岩石における酸化状態に大きく関与しており、硫化物の生成時の酸素活動度及び硫黄活動度と大きな関連性を有していると考えられる。したがって酸化鉄鉱物の分布は、硫化銅鉱帯の主要構成鉱石鉱物である黄銅鉱・黄鉄鉱の生成を規制した重要な要因の一つと考えられる。

#### （5）銅鉱化作用

本調査地域には、主として孔雀石に代表される酸化銅鉱帯と黄銅鉱に代表される硫化銅鉱帯が確認された。一方、先にも述べたように本調査地域には酸化鉄鉱物を多量に伴う“熱水角礫岩”が広く分布しており、銅鉱化帯の分布形態及びその成因を考える上で重要な要因の一つと考えられる。しかし現段階では“熱水角礫岩”の形態及び酸化鉄鉱物の分布について詳しい解析結果が得られておらず、銅鉱床と“熱水角礫岩”の関係についての詳しい検討を行うことができないので、この問題については第2年次の検討課題としたい。

ここでは銅鉱物の組み合わせとその起源（初生または後生）を考慮して銅鉱化帯を区分したので、その特徴を以下に述べることとする。

銅鉱化帯は構成銅鉱物の種類及び組み合わせにより、次の3種類に区分される。

- 酸化銅鉱帯       : 孔雀石を主とし緑塩銅鉱・珪孔雀石・藍銅鉱を伴う
- 混合帯（中間帯）: 酸化銅鉱帯と硫化銅鉱体の混在部
- 硫化銅鉱帯       : 黄銅鉱

これは銅鉱物の起源を考慮することによりさらに細分することができ、その産状や分布形態に次のような特徴を示す。

##### ① 酸化銅鉱帯

oxides[1]:(exotic type)

このzoneでは、鉱石は孔雀石を主とする酸化銅鉱を伴い、硫化銅鉱を欠如している。また、酸化銅鉱物は天水などの作用により外来的に沈澱したものであり、胚胎母岩を選択せず地表付近に

広く産出する。(M J C C - 7, 17)

oxides[2]:(in situ type)

このzoneは下位に混合帯及び硫化銅鉱帯を伴うものであり、硫化銅鉱中の硫化銅鉱物が天水などの作用により酸化され、その場または近傍(in situ)において沈澱したと考えられる。

(M J C C - 10, 13)

oxides[3]:(tectonic type)

このzoneは酸化銅鉱が破碎帯と調和的に出現するものであり、酸化銅鉱の生成に構造運動が係わっていると考えられる。一般的に酸化銅鉱の品位は低く、破碎帯内部のみにおける局所的な酸化作用であったことが推定される。(M J C C - 8 他)

## ② 混合帯(中間帯)

transition[1]:(exotic type)

理論的には初生硫化銅鉱物と上記oxides[1]のいずれもが産出する混合帯を考えることができるが下記のtransition[2]との区別が困難であり、これまでのところ本調査地域では確認されていない。

transition[2]:(in situ type)

このzoneは下位に硫化銅鉱帯が連続することが特徴であり、酸化銅鉱と硫化銅鉱の両者が産出する。酸化銅鉱は近傍の硫化銅鉱に起因し、天水などの作用によりその場(in situ)で生成され、酸化作用が不十分なため硫化銅鉱が残留していると考えられる。また緑塩銅鉱のようにその生成に地表条件を必要とする酸化銅鉱が出現しないことも特徴であり、本調査地域では比較的地表に近いoxides[2]と硫化銅鉱帯の間の狭い範囲にのみ産する。(M J C C - 6, 7)

transition[3]:(tectonic type)

基本的にはoxides[3]と同様であるが、酸化銅鉱に加えて硫化銅鉱も出現する。これは酸化銅鉱化が不十分であったため硫化銅鉱が残留したと考えられ、本調査地域に深度に関係なく極めて普遍的に産するものである。このことは本調査地域が多数の断層により構造運動を被っており、多数の構造ブロックに分断されていることと調和的である。(M J C C - 8, 11他)

## ③ 硫化銅鉱帯

sulfides[1]:(exotic type)

本zoneは、外来起源の硫化銅鉱物を有する鉱化帯を意味し、一般の銅鉱床では二次富化帯としてしばしば観察されるが、現在のところ本調査地域では確認されていない。

sulfides[2]:(in situ type)

銅鉱物として鉱化作用による初生的な硫化銅鉱物のみを有する鉱化帯であり、胚胎母岩の性質により3細分される。

sulfides[2-1]:(in situ HTB type)

本zoneは硫化銅鉱の産状が“熱水角礫岩”の存在に密接に関係している鉱化帯であり、本調査地域の主要鉱化帯を形成している。鉱化帯の形状は“熱水角礫帯”中心部ではストック型、周辺



部では水平的な広がりを持つマント型の形状を示すものと推定される。銅鉱帯を構成する硫化銅鉱は黄銅鉱を主体とする鉱染状鉱及び細脈状鉱であり、“熱水角礫岩”の酸化鉄鉱物（赤鉄鉱・磁鉄鉱）及び硫化鉄鉱（黄鉄鉱）と共存する。経済的な観点からみれば稼行対象として本zoneが最も有望と考えられる。（M J C C - 7, 10他）

sulfides[2-2]:(in situ VR type)

本zoneは安山岩類を母岩とした硫化銅鉱帯であり、アミグダル溶岩等の原岩組織と調和的に水平的な広がりを持つことから一種のマント型鉱床を形成しているとも見られる。銅化帯を構成する硫化銅鉱は黄銅鉱と黄鉄鉱が共生する鉱染状鉱であり、その量比には黄銅鉱 > 黄鉄鉱または黄銅鉱 < 黄鉄鉱の両方の場合がある。一般には“熱水角礫帯”の下部周辺部に水平的な広がりを持って比較的広範囲に分布する反面、銅鉱物の濃集程度は希薄であり、経済的な観点からみると、本zoneを稼行対象と考える事は困難かもしれない。（M J C C - 6, 8他）

sulfides[2-3]:(in situ fault type)

Los Cerros Florida断層破碎帯（NE-SW系）中のミロナイト化安山岩類を母岩とする硫化銅鉱帯であり、構成硫化銅物として黄銅鉱 > 黄鉄鉱が産するものの、銅化変質作用の規模は軽微であり、銅品位も中程度に留まる。（M J C C - 12, 16他）

sulfides[3]:(tectonic type)

理論的には硫化銅鉱帯が構造運動に支配されて形成されることも考えられるが、現段階では本調査地域には存在していないと考えられる。

以上、銅化帯の分類を試みたが、その他の要因も含めた銅化帯の分布・成因については、第2年次の最終報告書で別途検討する。

## 第2章 鉱量計算

### 2-1 鉱量計算基準

#### 2-1-1 計算に用いた資料、データ

ボーリングコア分析データ 本調査の計30孔のうちの13孔分の分析データ  
(Total Cu品位のみを使用)

ボーリング位置測量データ (うち3孔の座標は位置図より読み取り)

#### 2-1-2 使用した計算機、ソフトウェア

計算機

VAX6310 システム

カラー静電プロッタ、グラフィックディスプレイ等周辺出力装置

SUN4 ワークステーション

ソフトウェア

UNIRAS (画像・図形処理ソフトウェア)

Medsystem (鉱山評価システム、米国製アプリケーションソフト)

MES (鉱山評価システム、自社開発ソフトウェア)

#### 2-1-3 鉱量計算基準

対象範囲：東西1.2km(373,600~374,800)

南北1.6km(7,102,200~7,103,800)

面積1.92平方キロメートル

鉱 画：50m(南北)×50m(東西)×20m(深度)

銅品位：Total Cu品位

比 重：2.7

手 法：① 鉱画ブロックを設定  
② 距離逆二乗法による鉱画品位の割り付け  
③ 埋蔵鉱量の計算

### 2-2 埋蔵鉱量計算

鉱画の大きさの決定についてはボーリング密度、対象面積を考慮して東西、南北それぞれ50mを採用、深度方向にはオープンピット採掘の場合のベンチ高(10~20m)と東西、南北方向の鉱画の大きさを勘案して20mとした。

Total Cu品位の鉱画への割り付けは各ボーリングに対し、20mレベルごとにコンジット品位

を計算して用いた。一例としてNS4断面のTotal Cu品位(1m間隔)及び計算されたコンポジット品位をFig. II-2-1, 2に示した。

各鉱画への品位割り付けの手法は距離逆二乗法、データの取り込みは回転楕円体を用いた。この回転楕円体の形状は、水平方向のみのデータを取り込むように配慮して、深度半径を10mと設定し、半径150mと200mの2種類のケースについて行った。この際、取り込み範囲や方向を検討するためレベルごとに品位分布図を作成したが、対象範囲に対してボーリング間隔が粗いこと、レベルによってはデータ数が非常に少ない(2~3点)ことなどもあり、方向性などを詳細に検討できるような資料は得られなかった。

さらに、取り込みの範囲の一つの目安としてバリオグラムのレンジの値が考えられるため、ボーリングの深度方向及び水平方向のデータについて、数種類のバリオグラムを計算し検討を行った。各ボーリング孔の深度方向のバリオグラムのシル及びレンジは次のとおりである。

# DRILL	Total Cu	Solb. Cu	Insolb. Cu
MJCC- 6	20m 0.015	cns <.001	20m 0.012
MJCC- 7	20m 0.300	10m 0.130	25m 0.180
MJCC- 8	inc 0.020	inc 0.050	inc 0.050
MJCC-10	25m 0.400	25m 0.330	60m 0.180
MJCC-11	cns 0.045	cns 0.023	cns 0.015
MJCC-12	10m 0.140	cns 0.020	10m 0.120
MJCC-13	rsm 0.050	rsm 0.020	30m 0.040
MJCC-14	5m 0.020	5m 0.008	5m 0.008
MJCC-16	ins 0.100	inc 0.060	inc 0.030
MJCC-17	25m 0.080	15m 0.050	ins 0.020
MJCC-18	inc 0.003	cns <.001	cns 0.002
MJCC-20	50m 0.070	inc 0.040	60m 0.020

inc:increasing cns:constant rsm:rhythmic

以上のとおりバリオグラムはレンジ・シルを有するものと、そうでないものがあり、前者のレンジは、TCu(5-50m), SCu(5-25m), ICu(5-60m)と変化に富んでいる。酸化銅鉱を表すsoluble Cuでは、レンジ・シルを示さないことが多く、品位分布に連続性が乏しいことを物語っている。一方、Insoluble Cuはレンジ・シルを有することが多く、品位分布に連続性があることを表している。特に、MJCC-7, MJCC-10では典型的なバリオグラムの形状が得られた(Fig. II-2-3, 4)。

一般的にバリオグラム(Variogram)は、ボーリング方向(一般には垂直方向)には連続データがあるため有効なバリオグラム(ナゲット、レンジ)が得られるが、水平方向ではボーリング間隔が100~200mになると有効なバリオグラムを得ることは期待できない。次善の策として水平方向のナゲットには垂直方向のそれを採用し、水平方向のレンジには、鉱体の長軸/短軸/垂直方

向の規模がそれぞれの方向のレンジに比例するものとし、垂直方向のレンジから求めることで対処できる場合もある。試みに計算した結果では、水平方向に関しては、レンジを推定できるような結果は得られなかった。

今回対象としている銅鉱床は一部ではいわゆるマント型と想定されており、その箇所に限っては鉱体の伸びや品位のトレンドは水平～緩傾斜の平面的形状であることが予想されるので深度方向のバリオグラムは鉱体全体を代表しているとは見なすことはできず、何らかの方法で異方性パラメーターを推定することが必要であろう。

この他、地質・変質、構造などを推定できるデータは十分ではなく、また上記のバリオグラムの検討結果と合わせ、データの取り込みにあたっては地質、品位のトレンドは考慮していない。取り込み範囲については、ボーリング間隔（200m弱）を基準に考えて200m、150mを採用、分析データのコンポジットのみを用いて、上記の計算を行った。

次に、地形データ(DTM:Digital Terrain Model)については、各ボーリング孔の位置データ(測量結果)の標高値を用いて対象地域全域を補間して作成、埋蔵鉱量計算にあたってはこの地形を考慮して行っているが、標高値データは対象地域内に12点と少なく、これらのデータによる補間結果は当地域の地形を正確に反映したものとはいえない。

埋蔵鉱量を計算するにあたっては、DTMは不可欠であり、特に地表付近まで鉱画に品位が割り付けられる場合には、鉱画の中心位置と標高値の関係によるブロックの鉱量比の算出に重要となる。今回の計算においては、上記に述べたように便宜的に地形データを作成したが、より正確な結果を得るには詳細なDTMの作成が必要となる。

### 2-3 計算結果

Total Cu品位割り付け計算後の各ブロックの品位分布は、データ取り込み水平半径が200mの一例をFig. II-2-5, 6に示した。鉱画割り付け品位分布図を概観すると水平方向への伸びが卓越するように見えるが、これはレベルごとに水平方向に取り込み範囲を設定したため、必ずしもボーリングデータの品位トレンドを表したものではない。

平面図でみると、割り当てられた品位の値が同一であるブロックが連続する部分が多く見受けられる。この傾向は特に周辺部において著しく、取り込み範囲内にボーリングデータが1点の場合がいかに多いかを示すものである。同時に周辺部のブロックの取扱いに何らかの措置を講ずる必要があることを示唆している。

埋蔵鉱量の集計結果は取り込み範囲150m、200mそれぞれの場合について埋蔵鉱量計算表に示した。

集計結果によると、取り込み範囲200mの場合150mに比べてかなり鉱量が増加するが、これは周辺部の鉱画へ広く品位が割り当てられるためであり、全ての鉱画に対し取り込み範囲、方向を一定にした場合の一つの特性である。

次に、距離二乗法やKRIGING、トレンドサーフェス法など系統だてで行う埋蔵鉱量計算にとっ

てボーリングデータの密度、ボーリング間隔は計算精度に大きな影響を及ぼす。今回の計算ではボーリングデータは対象地域内約2平方キロ内に12孔と少なく、その間隔も200m弱で、上記に代表される手法の鉱量計算を行うには極めて粗い分布といわざるを得ない。事実、上記に述べたように、割り当てられた品位分布結果には、ボーリングデータの少なさを反映した特徴が顕著に現れている。通常は、ボーリング密度の粗さは、地質構造や、品位分布、鉱床の形態などを考慮したダミーデータの挿入や、データの取り込み方向に関して詳細な検討を加えるということによってこれを補うということになる。しかしながら、データ処理時点では地質構造や鉱床形態に関するデータもほとんどなく、トレンドを加味した計算手法の検討は十分できていない。

ブロック品位推定結果には、これらの問題を反映した特徴が顕著に現れている。現時点ではこのような状況下での品位推定結果から鉱量を集計する段階ではなく、試みに行った集計でも鉱床評価に結びつく値は得ることができなかった。

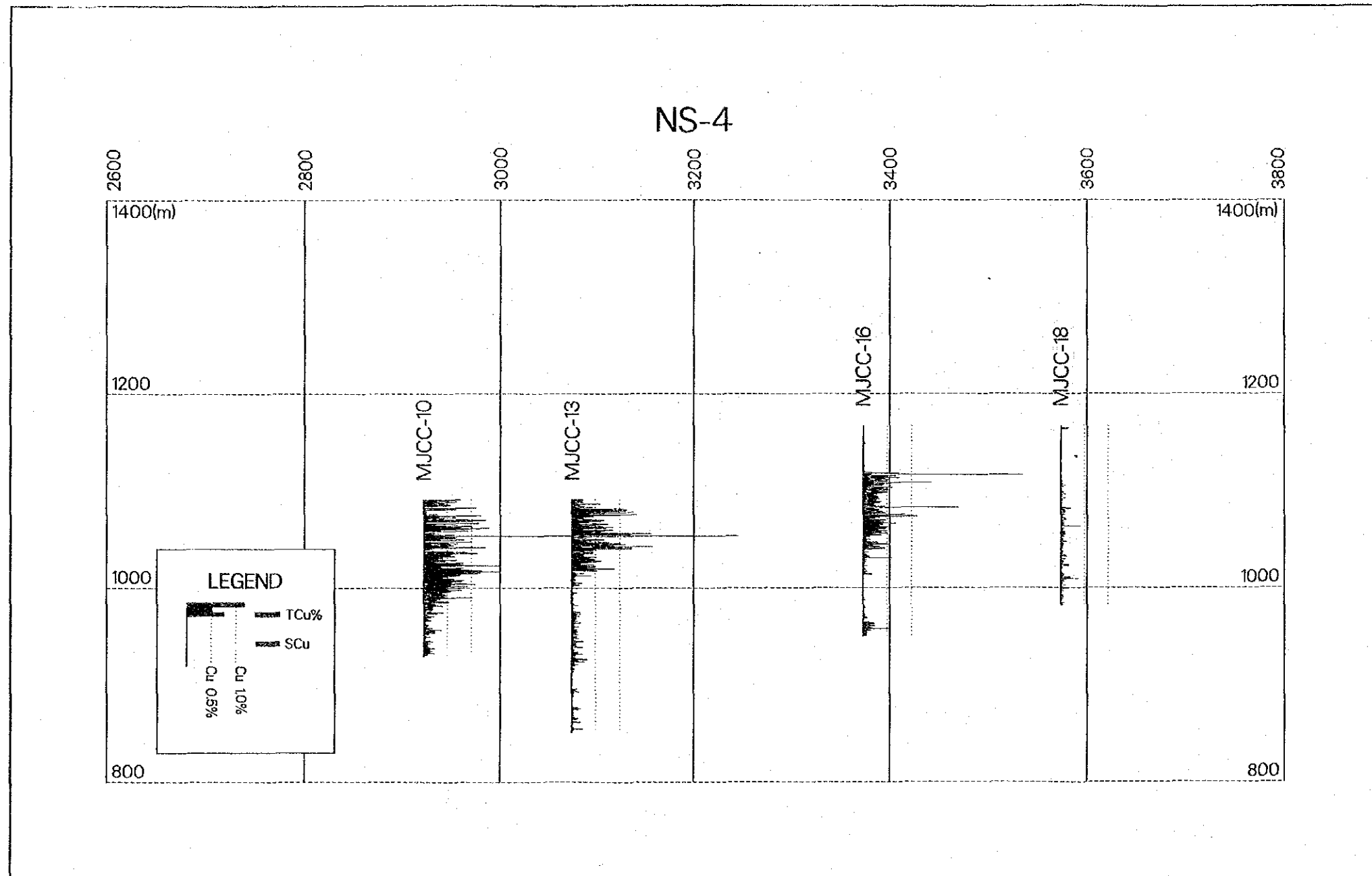


Fig. II-2-1 コア分析品位断面図 (NS-4)



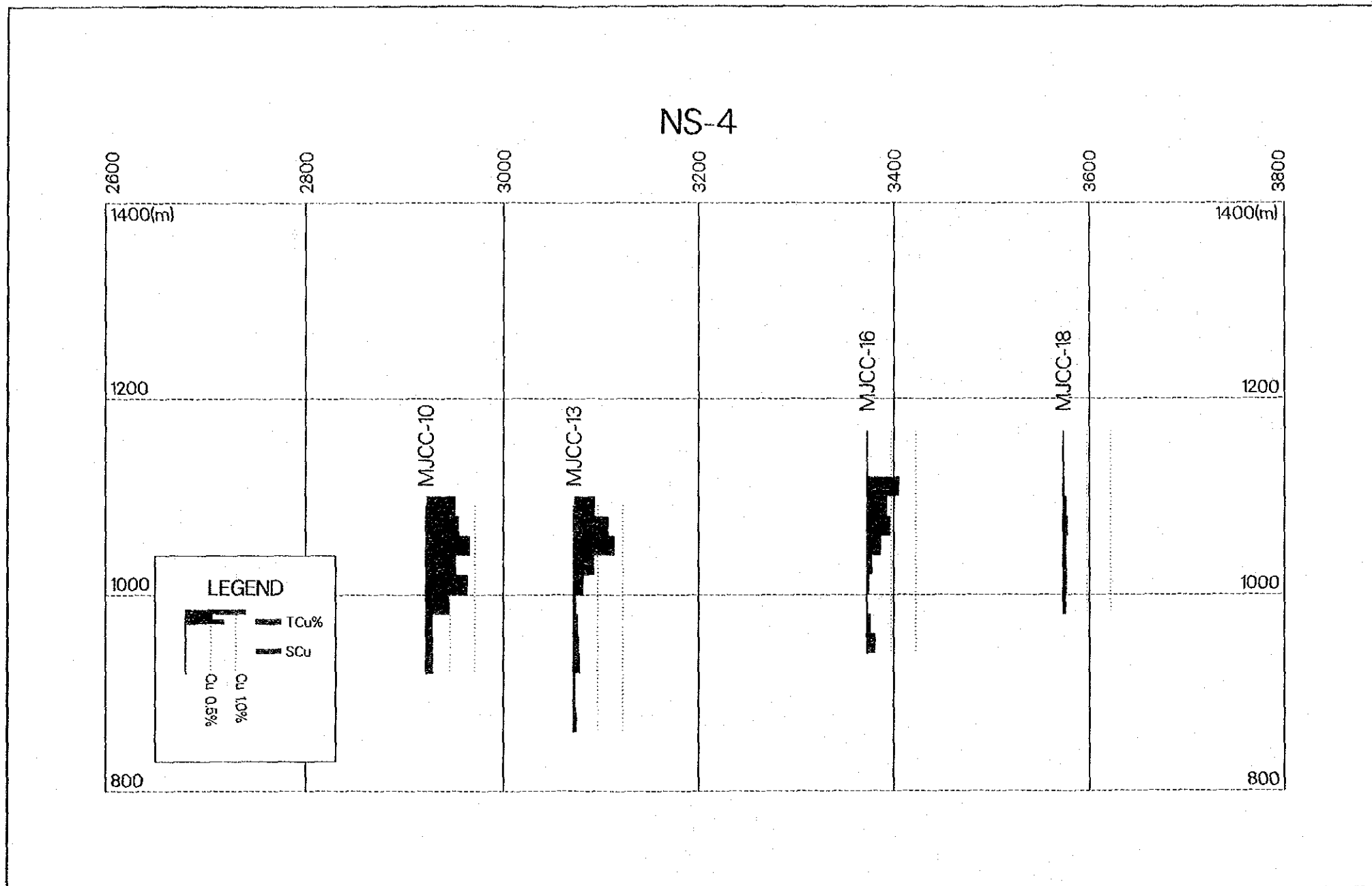


Fig. II-2-2 コンポジット品位図 (NS-4)





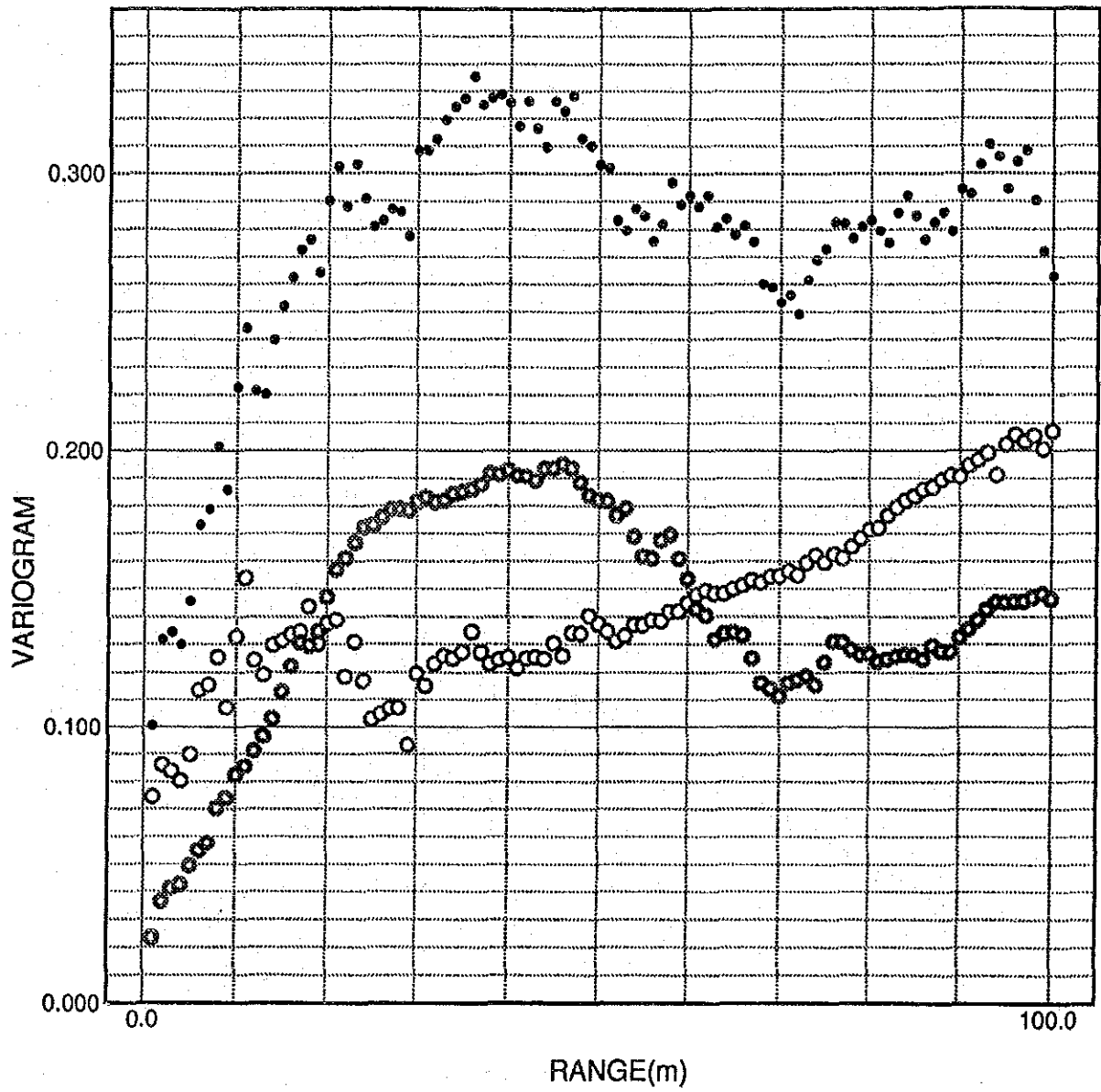


Fig. II-2-3 Cu品位バリオグラム (MJCC-7)

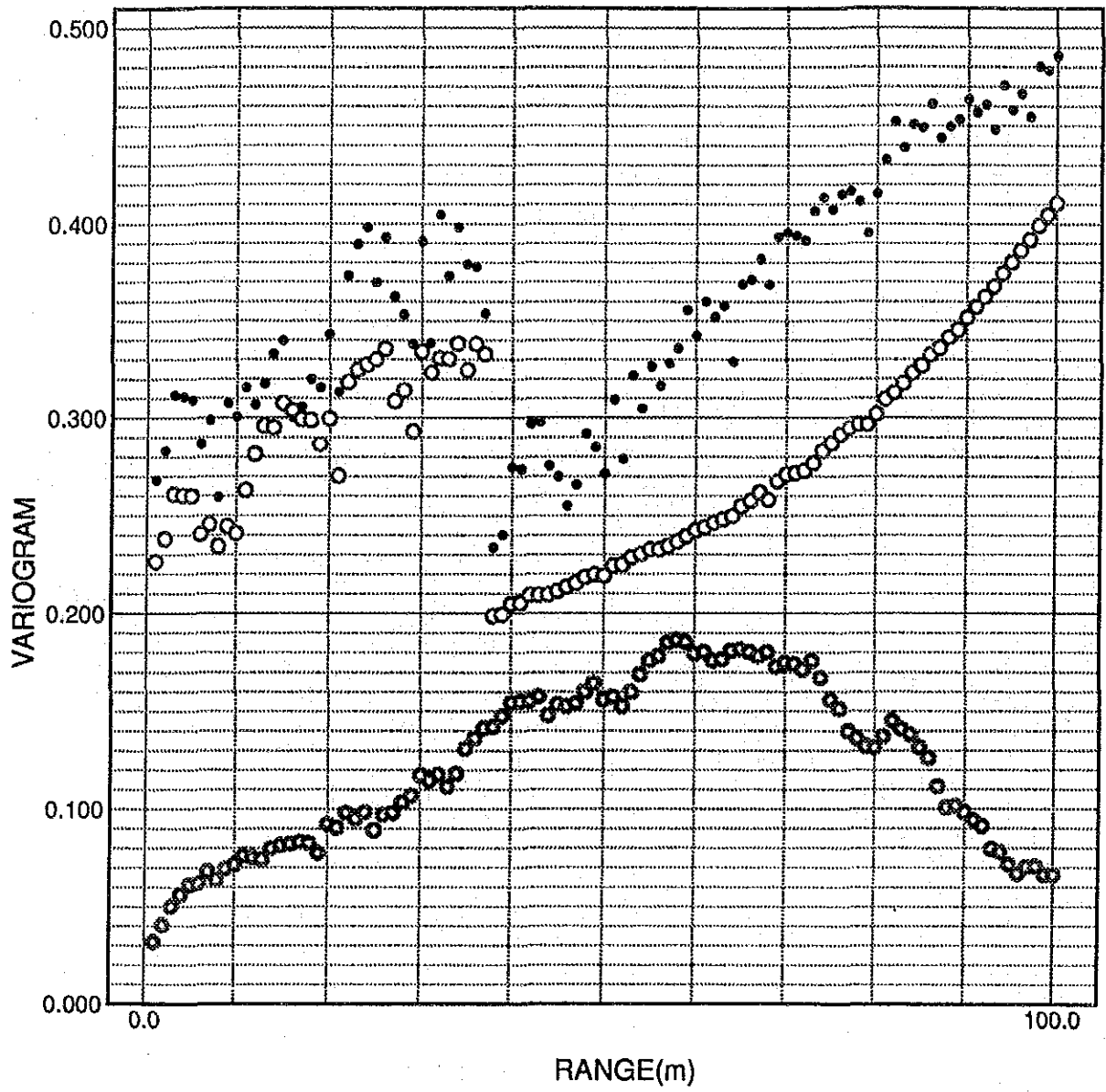


Fig. II - 2 - 4 Cu品位バリオグラム (MJCC-10)

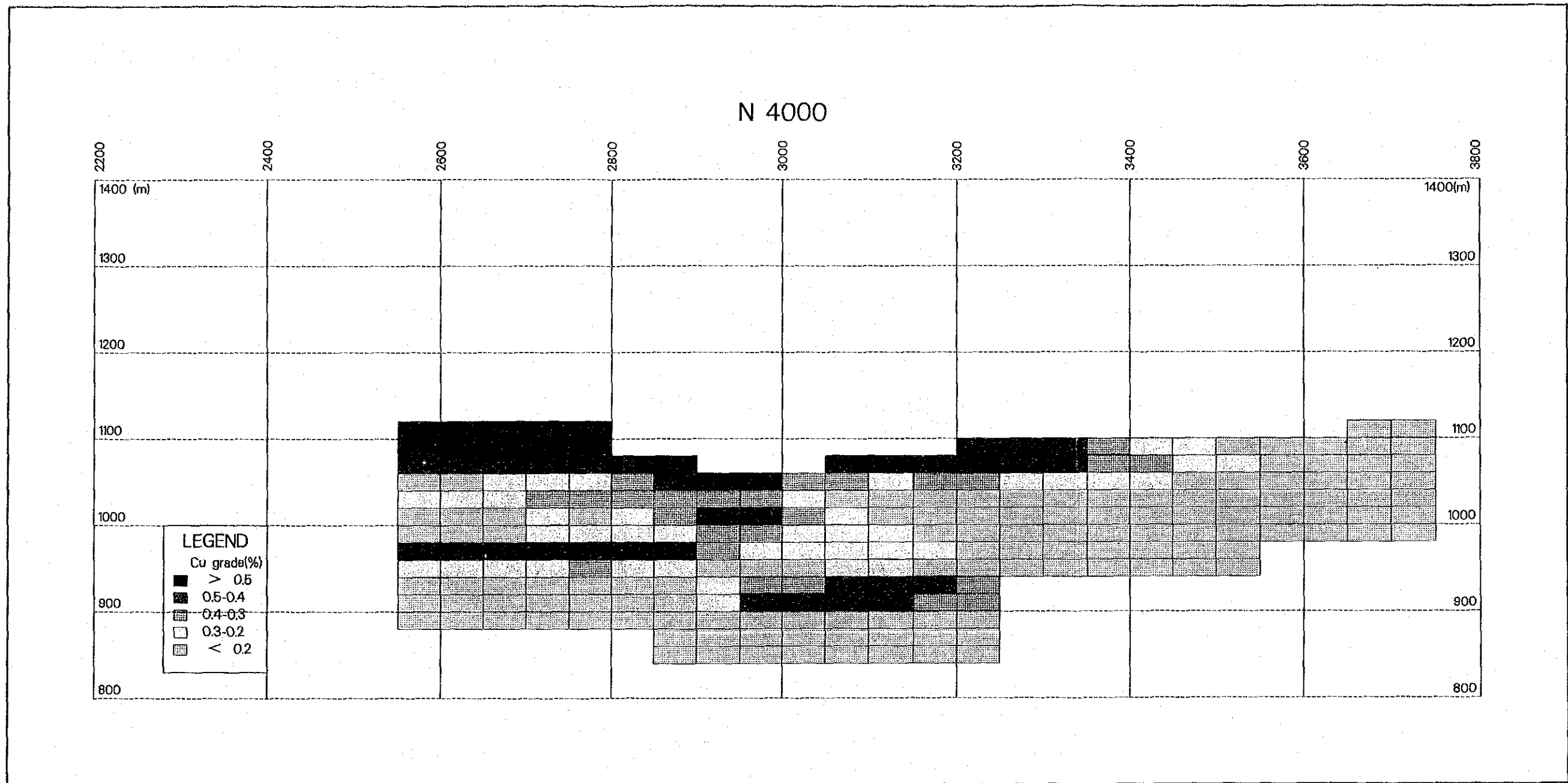


Fig. II-2-5 ブロック品位断面図 (N4000)







### 第3章 既存データ解析

#### 3-1 チリ共和国の銅選鉱・製錬の現状

チリでは鉱業の歴史が経済の歴史といえるほど、重要な地位を占めてきた。現在も依然として銅地金・銅鉱石は重要な外貨収入源である。たとえば、1990年の商品輸出総額83億1千万ドルの55.2%（45億9千万ドル）が各種鉱物（銅、鉄、モリブデン、金、銀、硝石、ヨード等）で占められた。特にこのうち、銅地金・銅鉱石は37億9,500万ドルの輸出で、輸出総額の45.7%を占めた。

主な銅鉱山は国営企業のコデルコ・チレ(Corporacion Nacional del Cobre de Chile)の支配下にある。この主な銅鉱山は、アンディナ、エル・テニエンテ、エル・サルバドル、チュキカマタの4鉱山である。これらの4大鉱山以外の開発については、外資を含む民間企業に委ねる方針が立てられている。

チリ鉱業協会(SONAMI)によると、92年までの鉱業部門への投資額は約30億ドルに達する見通しである。大部分の投資は外資によるもので、代表的なプロジェクトの中には、ラ・エスコンディダ（投資額8.5億ドル、91年操業開始）、ロス・ブロンセス（投資額3億ドル、91年操業開始）などの銅鉱山が含まれる。

チリにおける銅鉱石の生産量は1989年には1,609千トンであり、Table II-3-1に示すようにに世界一の生産量を誇る。1994年には銅鉱石の生産量は1,960千トン、一方製錬能力は1,483千トンと予想されている。1989年の実績では、日本はチリから、63千トンの銅地金相当の銅精鉱と、142千トンの銅地金を輸入している。日本の銅精鉱の輸入先としては、カナダ、アメリカ合衆国、インドネシア、パプアニューギニア、フィリピンに次いで、第6位であった。また、日本の銅地金の輸入先としては、ザンビアに次いで第2位であった。

Table II-3-1 世界の銅の埋蔵量・生産量・消費量

国名	埋蔵量 百万MT	鉱石生産量 kMTPY	電気銅生産量 kMTPY	電気銅消費量 kMTPY
チリ	120(21.2%)	1609.3(17.6%)	1071.0(9.8%)	ND
アメリカ	90	1498.2	1953.5	2211.8
旧ソ連	54	950.0	1355.0	1140.0
オーストラリア	41	295.0	ND	ND
ザンビア	34	510.2	470.1	ND
ペルー	32	364.1	224.3	ND
ザイール	30	440.6	203.8	ND
カナダ	23	731.6	511.2	ND
フィリピン	18	193.1	132.2	ND
ポーランド	15	385.0	390.3	232.8
日本	ND	ND	989.6	2446.6
旧西ドイツ	ND	ND	475.2	854.7
その他	109	2163.9	3101.3	4094.8
合計	566	9141.0	10877.5	10980.7



チリの主要銅鉱山の生産能力、鉱種、採鉱・処理の方法について、Table II-3-2に示す。鉱山のうち大規模の鉱山は、コデルコのチュキカマタ、エルサルバドル、アンディーナ、エルテニエンテと、新しく開発された私企業によるエスコンディータに限られる。コデルコはチリを代表する国営銅公社であるが、もう一つの国営鉱業公社エナミはチリ独特の経営体である。

Table II-3-2 チリの主要銅鉱山

鉱山名	企業名*1	生産能力 (kMTPY)	鉱種*2	採鉱・処理方法*3
CHUQUICAMATA	CODELCO	750	PY, CC, BOR, CP, EN	O/P FLOT., HEAP LEACH SMELTER
EL TENIENTE	CODELCO	369	Porphyry	U/G FLOTATION
LA ESCONDIDA	ESCONDIDA	320	CC, CP, BOR, COV	O/P FLOT., LEACH
EL SALVADOR	CODELCO	130	Porphyry	U/G FLOTATION
ANDINA	CODELCO	126	Porphyry	O/P, U/G FLOTATION
LOS BRONCES	DISPUTADA	120	CP, BOR, PY, EN	O/P, U/G FLOTATION
MANTOS BLANCOS	BLANCOS	100	CC, COV, BOR, CHRY AT	O/P, U/G FLOT., LEACH
EL SOLDAD	DISPUTADA	75	BOR, CP, PY	U/G FLOTATION
LA CASCADA	PUDAHUEL	23*4	CHRY	O/P LEACHING
CAROLINA DE MICHILLA	CAROLINA	20	OXIDE ORE	O/P, U/G LEACH
PAPOSO	CODELCO	20		O/P
OJOS DEL SALADO	OJOS	18		O/P, U/G FLOTATION
CERRO NEGRO	GEOMETAL	8	CC, BOR, CP, PY	
OJANCOS	HOCHSCHILD	6.6	PY, CP, BOR	TO ENAMI
MINA JULIA	PUNTA GRANDE	6	CP, BOR	U/G FLOTATION
TUINA	NORTH LILY	6	CP, BOR, CC, OXIDE	O/P LEACH
CALETA DEL COBRE	PUNTA GRANDE	6		U/G

\*1 CODELCO:CORPORACION NACIONAL DEL COBRE DE CHILE, DISPUTADA:CIA MINERA DISPUTADA DE LAS CONDES SA, BLANCOS: EMPRESA MINERA DE MANTOS BLANCOS SA, PUDAHUEL:SOCIEDAD MINERA PUDAHUEL, HOCHSCHILD: SALI HOCHSCHILD, PUNTA GRANDE: EMPRESA MINERA PUNTA GRANDE, CAROLINA: CIA. MINERA CAROLINA DE MICHILLA, NORTH LILY: NORTH LILY MINING & INTERNATIONAL MAHOGANY, ESCONDIDA: MINERA ESCONDIDA LTD, GEOMETAL: GEOMETAL EXP. A. G. & ANTOFAGASTA HOLDINGS, OJOS: CIA MINERA OJOS DEL SALADO

\*2 PY:Pyrite, CC:Chalcocite, BOR:Bornite, CP:Chlcopyrite, EN:Enargite, COV: Covellite, CHRY:Chrysocolla, AT:Atacamite

\*3 O/P:Open Pit, U/G:Underground, Flot.:Flotation, Leach:Leaching

\*4 実績

エナミは、小鉱業や零細鉱業から鉱石を買い、所有する地域別中央選鉱場で精鉱に仕上げ、更にエナミ所有の2箇所の製錬所で地金にまで仕上げる。エナミの製錬能力には余裕があり、コデルコから委託精製を受けることもある。

チリの主要銅製錬所の年間電解能力を、Table II-3-3に示す。

Table II-3-3 チリの主要銅製錬所と処理能力

製錬所名	会社名	年間電解能力(1000MT)
LAS VENTANAS	ENAMI*1	550
CHUQUICAMATA	CODELCO	370
CALETONES	CODELCO	130
POTRERILLOS	CODELCO	85
PAIPOTE	ENAMI	72
MANTOS BLANCOS	BLANCOS	28 (Fire Refining)
SANTIAGO	PUDAHUEL	15

\*1 EMPRESA NACIONAL DE MINERIA

また別に、エナミの機能として小鉱山や零細鉱山に対して、金融援助や技術援助を行っている。また、エナミ自体も探鉱を行い、ある程度の鉱山開発を行うが、現在では操業は行わず、探鉱段階を終えたところで、国内外に競売に附することが多い。

主要な民間企業としては、エスコンディータ、マントス・ブランコス、ディスプレイータ・デ・ラス・コンデス、プダウエルがあり、技術的にもコデルコに劣らない。

### 3-2 適用が予想される選鉱法

銅鉱石の選鉱法には、

- (1) 高品位銅鉱石の製錬所への直送、
- (2) 可溶性銅鉱物を主とする低品位銅鉱の浸出（リーチング）-沈澱（または溶媒抽出電解採取（SX/EW））法、
- (3) 銅硫化物、自然銅、赤銅鉱、炭酸銅鉱などの低品位鉱に対する浮遊選鉱を中心とした方法
- (4) 浸出法と浮遊選鉱法の組み合わせ、等がある。

現在までに判明している情報によれば、セロネグロ鉱床は、酸化銅鉱（孔雀石、珪孔雀石、藍銅鉱、アタカマイト）及び硫化銅鉱（黄銅鉱、輝銅鉱、銅藍）から成る不規則鉱床である。従って、酸化鉱は浸出-SX/EW法で、硫化鉱は浮遊選鉱で処理するという方法の組み合わせが想定される。

酸化鉱は、酸可溶性銅品位が0.8%あると考えられている。従って、鉱床中に黄鉄鉱が少なく、かつ、酸を消費するアルカリ性母岩の量が少ないことが確認されれば、硫酸によるリーチングに

よって銅を浸出することが経済的に行われる可能性がでてくる。更に、鉱石の粉碎サイズと、銅浸出率の関係を検討し、鉱山付近の岩盤や水理の検討結果を考え併せて、ダンプリーチング、ヒープリーチング、バットリーチングの選択ができるであろう。

ダンプリーチングは、粗いサイズで大部分の銅が浸出でき、適当なダンプエリアが見つければ適用できる。ヒープリーチングは、堆積場を人工的に作ることによって、どちらかといえば粗いサイズで浸出を行う。バットリーチングは、高品位の鉱石を、細かく粉碎した後に容器の中で浸出を行うので、最終浸出率が高いという特長がある。

いずれの方法の場合も、浸出された銅は、旧来の鉄置換沈澱法か、SX/EW法で回収される。沈澱法の場合は、産物が銅品位70%程度の沈澱銅になるので、これをさらに製錬・精製して電気銅を得ることになる。SX/EW法の場合は、最終産物として99.99%Cuの電気銅が得られるので、旧来法に比べコスト的に優れている。

ここでは一般的なヒープリーチングーSX/EW法のフローシートを、Fig. II-3-1に示す。母岩中に十分な量の黄鉄鉱が含有されていれば、バクテリアの機能によって硫酸が生成されるので、硫酸ではなく水のみを添加すれば良い（バクテリアリーチング）。

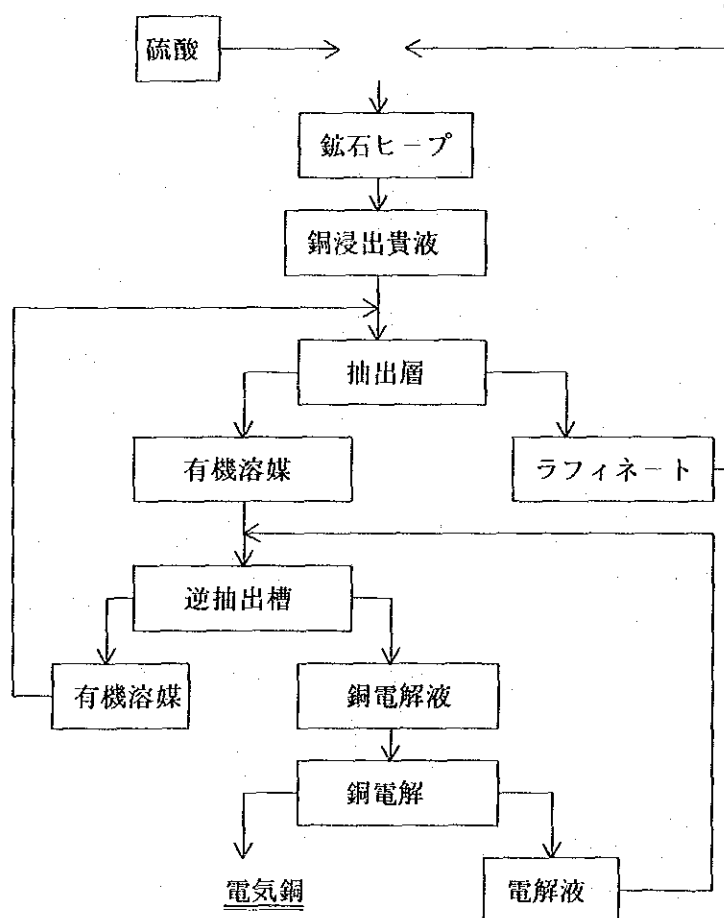


Fig. II-3-1 ヒープリーチングのフローシート

一方硫化鉱は、黄銅鉱、輝銅鉱、銅藍が主要な銅鉱物と考えられているので、通常の浮遊選鉱によって銅精鉱を生産する方法が適しているであろう。酸化銅鉱石類のかなり混合している部分に対しては、鉱物の表面を硫化した後、浮遊選鉱で回収する方法が適していることも考えられる。選鉱場を設計する上での、一般的な選鉱試験の検討項目としては、鉱物の同定、分離方法の選定、フローシート選定、粉碎粒度選定、試薬の種類選定、試薬量の選定、浮選時間の選定、尾鉱と精鉱のサイズ別分析、精鉱の完全分析、Work Indexの測定、尾鉱と精鉱の沈降試験、脱水試験、排水の水質測定等が考えられる。

Fig. II-3-2に、一般的な浮遊選鉱による選鉱場のフローシートを示す。

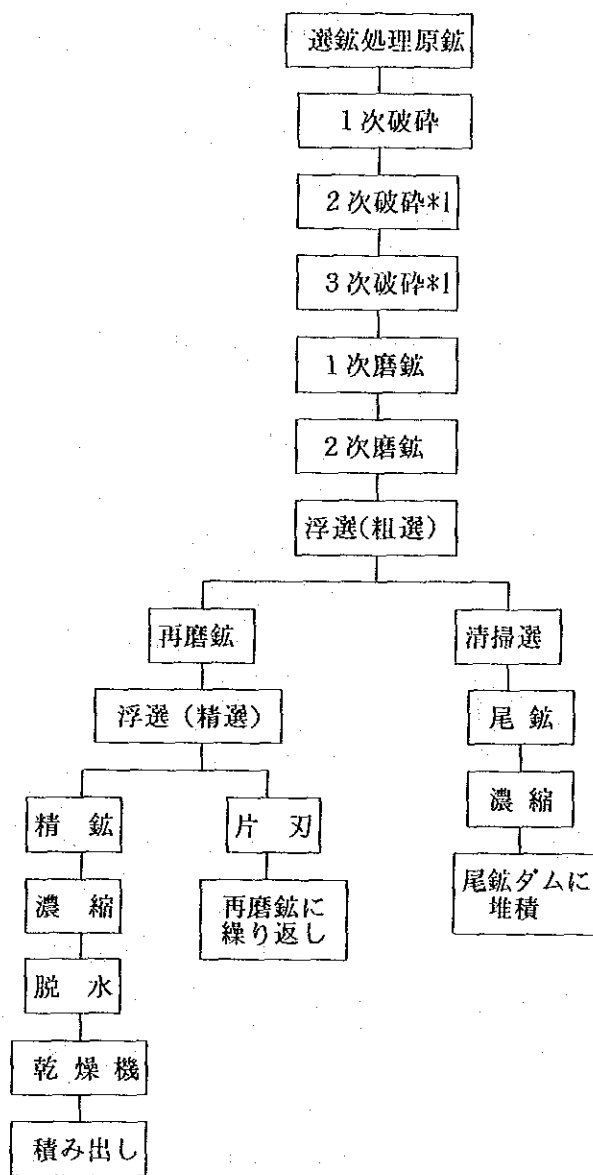


Fig. II-3-2 浮遊選鉱のフローシート

\*1 2次、及び3次破碎機の代わりに、半自生粉碎ミルを採用するケースが増えている。

### 3-3 予想される問題点と対策

今後、鉱山の開発計画を検討していく過程で問題となる可能性のある課題として、次のような項目が考えられる。課題の説明と、それぞれの課題に対処する方法を以下に示す。

(1) 浮選実収率；浮選実収率の、プロジェクトに対する経済的効果は大きい。もし、実収率が不十分な場合には、選鉱試薬の広範囲な検討が必要になる。また、磨鉱粒度、その他の浮選条件の検討が、重要な課題となる。この意味で、どの様な機関で選鉱試験を実施するか判断は、重要である。

(2) リーチング実収率；このプロジェクトの場合、酸化鉱の硫化鉱に対する割合が大きく、また、酸化鉱の銅品位が比較的高いので、リーチング実収率がプロジェクトの経済性に与える影響は大きい。実収率が低い場合、粉碎粒度と浸出率の関係の解明、及び、含有鉱物に関する情報が重要である。

(3) 金・銀の挙動；本鉱石には、比較的高品位の金・銀が含有されていると考えられるので、浮選における金・銀の実収率のプロジェクトの経済性に与える影響は大きい。浮選試薬の選定などによって、金・銀の実収率を向上させる必要がある。

(4) 不純物・精鉱品位；精鉱中に含有される不純物あるいは精鉱品位は、精鉱の販売条件に大きな影響を与えることがある。不純物が多量に含まれる場合は、鉱物試験を初めとした原因調査と、それに基づく浮選条件などの対策をとる必要が出てくる。

(5) SAG MILL・コラムセル・セラミックフィルターなどの新技術の採用；これらの新技術は、建設費及び操業費の削減に効果があるので、採用する方向で検討が必要である。SAG MILLについては、鉱石評価のための独自の試験が必要である。

(6) 環境問題・リハビリテーション；今やこれらの対策を無視しては、鉱山開発は不可能な時代である。総合的な事前調査と、定期的なモニタリング、及びリハビリテーションの計画を作成する必要がある。

(7) 選鉱場、SX/EW工場の立地・尾鉱ダムの立地；現地の調査に基づいた、綿密な計画が必要である。

(8) インフラ（用水、電気、精鉱搬出）；これは第2年次の計画に含まれていると思われるが、選鉱設備建設を考える上で不可欠である。

(9) ブレンドイング・酸化速度；鉱床が小さな鉱体の集合状態である場合には、それらのブレンドイングは、選鉱操業の安定性にとって重要である。また、鉱石の性状として酸化速度が非常に速い場合には、採掘後短時間で処理できる対策を考えるか、酸化した鉱石に対する試薬による対処が必要となる。

(10) 既存工場の拡張、利用の可能性；基本的には新選鉱場の建設を検討するが、今後の調査結果によっては、既存の選鉱場の拡張によって対処することも考えられよう。

### 3-4 チリ共和国の銅選鉱・製錬技術の現状調査結果

上記の問題に対処するため、1993年1月5日より同24日まで、研究施設4箇所、鉱山・選鉱場・製錬所9箇所、及びセロネグロ現地を調査し、知見を得た。

調査対象とした研究所は、来年度に予定される選鉱試験を依頼する場合の能力の評価を中心として以下のように選択した。所在地はFig. II-3-3(1)の地図上に番号で示す。

- (1) CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA (CIMM) (選鉱製錬研究センター)
- (2) INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS DE UNIVERSIDAD DE ATACAMA (アタカマ大学)
- (3) INSTITUTO TECNOLÓGICO (INTEC) (工業技術研究所)
- (4) DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS DE UNIVERSIDAD DE CHILE (チリ大学鉱山学科)

調査対象とした鉱山・選鉱場・製錬所は、セロネグロを鉱山として開発する場合の参考とすることを目的として、以下のように選択し、現状の技術を調査した。所在地をFig. II-3-3(2)に番号で示す。

- (5) MINA DE MANTO VERDE (ANGRO AMERICAN) (マント・ヴェルデ鉱山)
- (6) PLANTA DEL SALVADOR MINE (CODELCO) (エル・サルバドル鉱山選鉱場)
- (7) PLANTA DE OSVALDO MARTINEZ (ENAMI) (エナミ、エル・サラド選鉱場)
- (8) PLANTA DE MINERA LA FLORIDA (S. L. M. "LA FLORIDA") (ラ・フロリダ工場)
- (9) PLANTA DE MANUEL ANTONIO MATTA (ENAMI) (エナミ、マタ選鉱場)
- (10) HERNAN VIDELA LIRA FUNDACION (ENAMI) (エナミ、パイポテ製錬所)
- (11) PLANTA DE MINERA VALLENAR (ENAMI) (エナミ、ヴァジェナール選鉱場)
- (12) MINA DE LA CANDELARIA (MINERA CANDELARIA) (ラ・カンデラリア鉱山)
- (13) PLANTA DE PUDAHUEL (SOCIEDAD MINERA PUDAHUEL) (プダウエル工場)

さらに、探鉱作業中のセロネグロ鉱床現地で、ボーリングコアの観察を行い、鉱石の性状などについて予察調査とした。

以下に各調査結果を述べる。

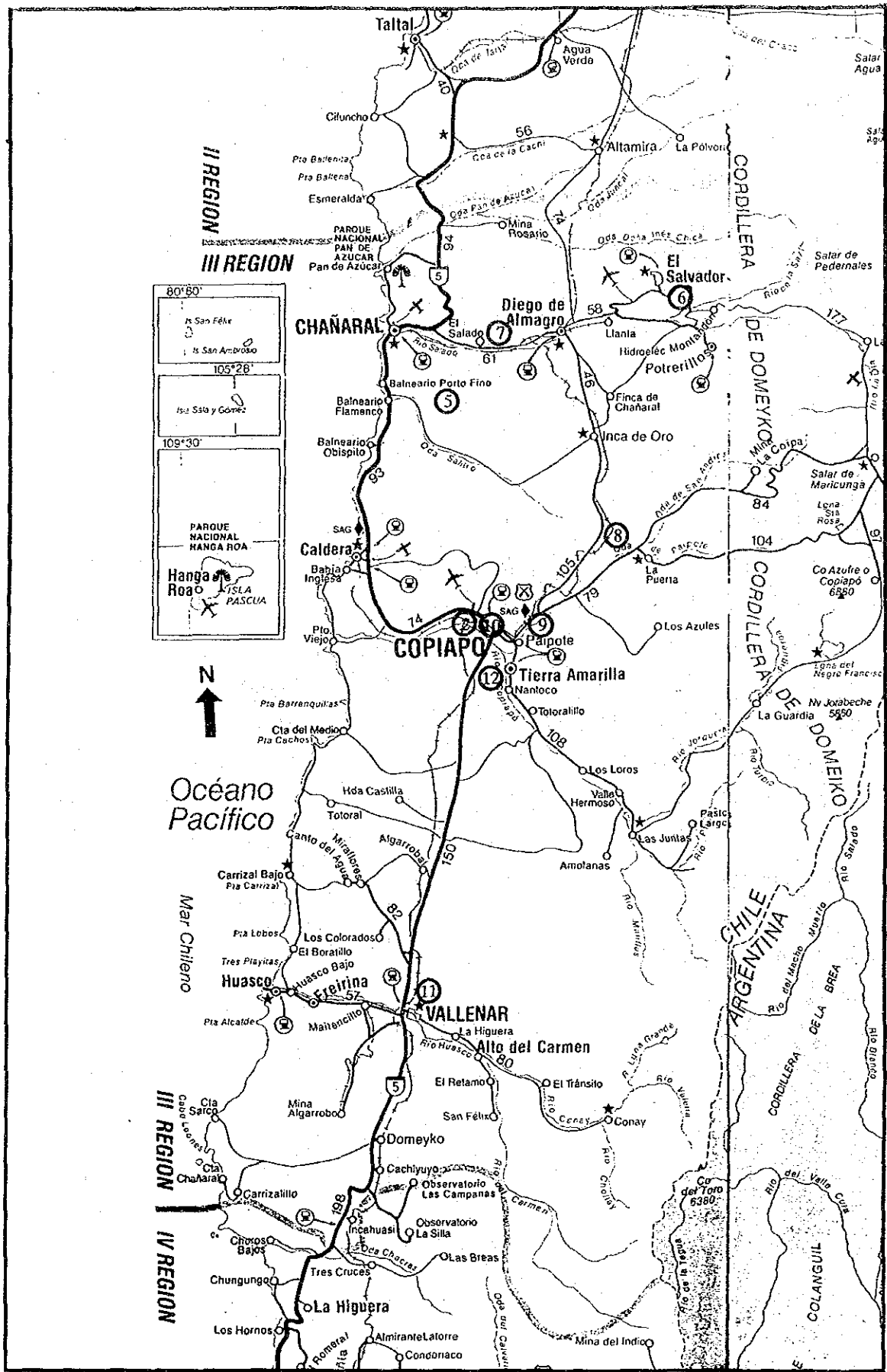


Fig. II - 3 - 3 (i) 研究施設位置

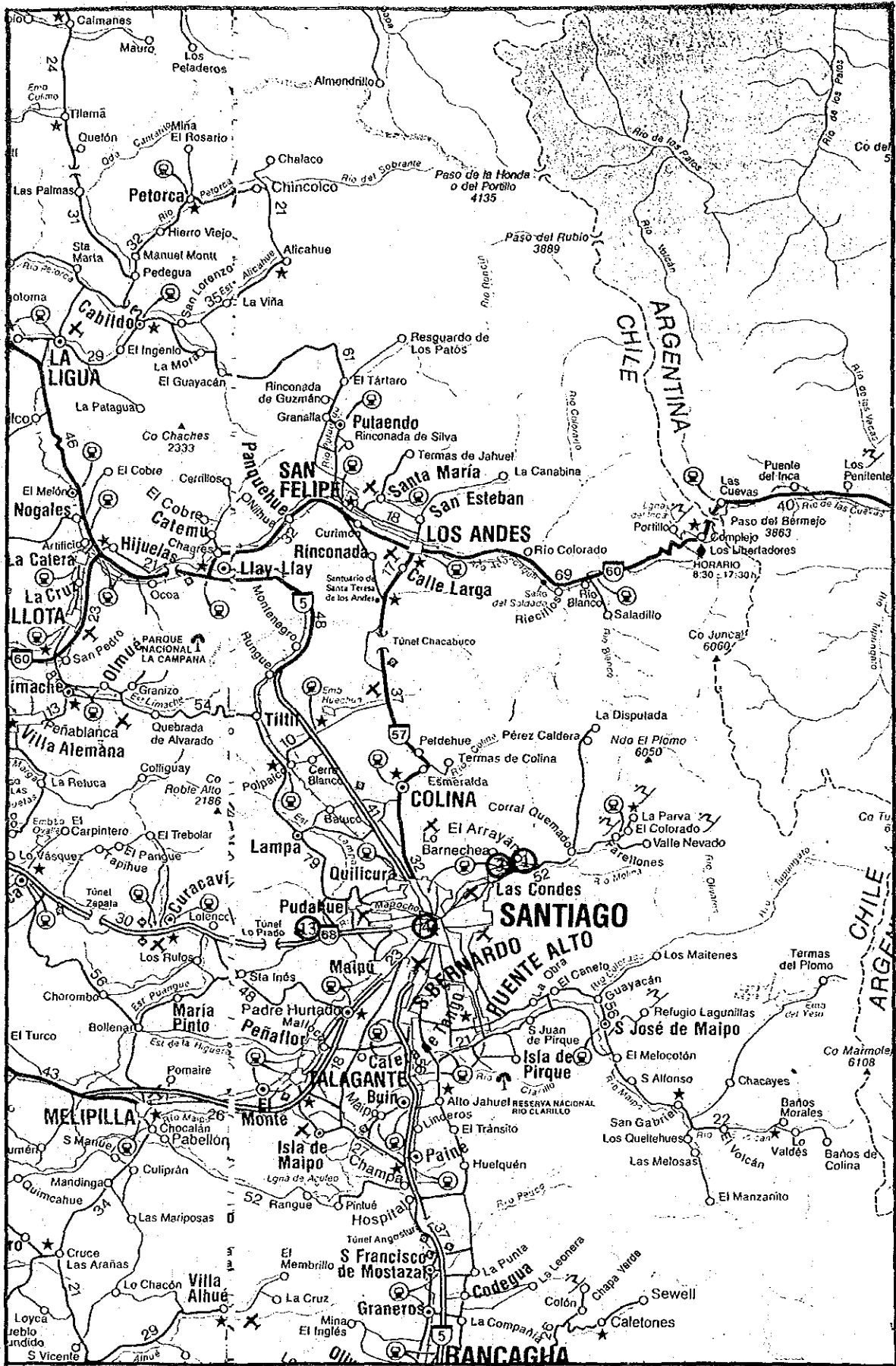


Fig. II - 3 - 3 (2) 鉦山施設位置



3-3-1 CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA (CIMM)(選鉱製錬研究センター)

調査結果

訪問先 ; CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA

サンチャゴ市内から、車で15分。

日時 ; 1993年1月8日15時~18時

面会者 ; DR. HECTOR LEIVA S. HEAD EXTRACTIVE METALLURGY DIVISION

LUIS GUARACHI PEREZ INGENIERO CIVIL DE MINAS DIVISION METALURGIA EXTRACTIVA

HERNAN BRICENO L. JEFE DE PROYECTOS DIVISION METALURGIA EXTRACTIVA

ALEJANDRO JARA COMERCIALIZACION Y DESARROLLO

RODRIGO HERNANDEZ C. JEFE DE PROYECTO DIVISION METALURGIA EXTRACTIVA

JUAN M. REYES PINOCHET STRATEGIC MANAGER

RAUL SOUYRIS

PABLO SOTO LANDA INGENIERO CIVIL METALURGICO, INVESTIGADOR ASOCIADO

ALBERTO TELLO R. HEAD OF PROJECTS DCM (CHEMICAL LAB. & MINERALOGY)

同行者 ; JULIO CHAZARRO ORTIZ GERENTE DE FOMENTO, ENAMI

内容 ;

1) CIMMの概要

CIMMは設立後23年になる採鉱・選鉱・製錬研究センターで、独立採算の非営利研究機関である。設立時の資金は、チュキカマタ、エル・サルバドル、エル・テニエンテの各鉱山(後にCODELCOとなった)の出資と、ENAMI、UNDP(国連開発計画)、UNIDO(国連産業開発機構)、ベルギー政府からの寄付によってまかなわれた。

現在主として3つの基本的方向を目指している。第1に、CODELCOのための戦略的研究、第2に技術移転、第3に技術サービスである。技術移転と技術サービスのため、採鉱DIVISION、鉱物DIVISION、冶金DIVISION、計測自動制御DIVISION、材料DIVISION、環境DIVISION等が設けられている。また地域サービスのため、LA SERENA、ANTOFAGASTA(地質、化学分析、選鉱技術サービスも始めた)、CALAMA(チュキカマタ)に支所を持つ。サンチャゴの本部に約400人、支所に約400人がそれぞれ働いている。鉱物DIVISIONと冶金DIVISIONを合わせて20人の博士、70人のエンジニアを含む120人がいる。

JICAとの関係も古く、何人かの日本人が働いたことがある(現在も1名?)。研究の方法は多様で、装置や人員をまるごと貸したり、顧客のスタッフとチームを組んで共同研究を行うこともある。通常、先ず依頼者側の基本的知見に基づいてプロポーザルを提出し、予算と時間によって、総合的な計画を作り、研究を進める方法を取る。この方法は後に訪問したINTECも同様であった。

2) 鉱物DIVISIONと冶金DIVISIONの能力と実績

・湿式冶金(HYDROMETALLURGY)部門の実績として、これまで4000件くらいあり、QUEBRADA BLA-

NCA, CERRO COLORADO, PUNTA DEL COBRE, MANTO VERDE, SALDIVAR 等、チリ国内以外に、アルゼンチン、ペルー等のプロジェクトもある。同時に30~40プロジェクトの研究が可能で、1エンジニア当たり6~8プロジェクトを担当できる能力を持っている。

リーチングテストは、直径15cm~60cm、高さ2m~10mのカラムを使い、6~12箇月間液を繰り返して、不純物の蓄積を見る。酸の消費量、浸出率等を調べ、研究を展開していく。まとめ、報告に2箇月を要する。必要なサンプル量は2~6トンである。

・選鉱 (comminution, physical concentration) 部門は15年の歴史を持ち、SAGミル (半自生粉砕ミル)、金製錬、スラリー輸送等の特徴ある技術もある。

例えばSAGミルは12年間に200件の実績があり、LOS BRONCES, CHUQUICAMATA, ANDINA, EL TENIENTE, LA ESCONDIDA, QUEBRADA BLANCA, ALUMBRERA (アルゼンチン)、ペルーでも実績がある。

金製錬では、EL INDIOをST JOE社 (エンジニア5名派遣) と混成チームを組み、プラントまるごと貸す形でプロジェクトを進めた。

スラリー輸送では、EL TENIENTEについて、ベクテル社と共同で摩耗や圧力損失の研究を行った。バッチ試験の設備には、8台の浮選試験機 (DENVER, AGITAIR, OUTOKUMPU) がある。

パイロットプラントは、1次のジョークラッシャ、2次のコーンクラッシャ、3次のロールクラッシャ (全体で2~4t/h)、20t/dのSAGミル (6ftφ×2ft)、ボールミル (2ftφ×3ft)、再磨鉱ミル、浮選機 (DENVER #5, #8, AGITAIR) 等があり、12時間の2シフト (最大20名/シフト) で、250kg/hの能力を持つ、フローシート組み変えの容易な設備である。

2ft3inch~3ftのカラム浮選機がある。タワーミルは、以前はあったが現在はない。セラミックフィルターもない。

もし、初期フローシート開発を依頼すれば、必要な期間は2箇月かかるとのことである。

このような依頼試験受注の他に戦略的研究開発テーマとして、画像解析装置によるクラッシャ産物の粒度分布測定、エアースパージャー・サイクロン浮選機などの研究を行っている。

### 3) 分析・鉱物 (CHEMICAL ANALYSIS & MINERALOGY) DIVISION概観

サンプル調整は3人×2シフトで行う。試金分析に6人配置している。

分析機器としては、PHILIPS PW-1400蛍光X線分析装置、同社製X線回折装置 (4-80°)、原子吸光分析装置 (PERKIN-ELMER 3台、島津 1台)、IPC分析装置 (10年前のもの) の他、重量、比色法を行っている。

水質管理用のサンプルは水質サンプル専用室で処理し、原子吸光で測定する。また器具洗浄はまとめて専用室で処理し、全ステンレスのフードを使うなど、環境に良く気を配っている。

鉱物・物性関係の設備として、JEOL製EPMA、顕微鏡関係の、プレス3台 (丸本製1)、研磨機3台 (ビューラー2、丸本1) がある。顕微鏡自体は古いものである。

### 4) 感想とコメント

- ・選鉱、湿式冶金共に、総合的に整った陣容を持ち、実績も豊富な研究所だと判断される。
- ・SX/EWのパイロットプラントがない、分析関係機器、鉱物関係機器に旧式が多い等の欠点がある。

る。

- ・セロネグロの鉱物組成が単純で、リーチング及び浮選条件が平均的なものになる可能性が高い点からみると、このC I M Mの研究設備と能力は十分であろう。
- ・ANTOFAGASTAの設備が、どの程度になるか明かではないが、セロネグロとは地理的に近いので、これを利用できる可能性もある。

### 3-4-2 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS DE UNIVERSIDAD DE ATACAMA (アタカマ大学) 調査結果

訪問先; INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS DE UNIVERSIDAD DE ATACAMA。コピアポ市内。

日時; 1993年1月13日9時~14時30分

面会者; DR. JOSE PALACIOS GUZMAN DIRECTOR DEPTO. METALURGIA

DR. GERMAN CACERES ARENAS PROFESOR TITULAR DEPTO. INGENIERIA METALURGICA  
FACULTAD DE INGENIERIA

内容;

#### 1) 組織

この大学は、1857年にチリ最初の鉱山学校として設立された。現在HUMAN STUDYとENGINEERINGの2学部があり、ENGINEERING 学部にはMETALLURGICAL DEPT. と MINING DEPT. の2学科があり、このINSTITUTOはMETALLURGICAL DEPT. に付属した化学分析、各種試験を行うサービス機関である。

#### 2) INSTITUTOの能力と実績 (含MINING DEPT.)

サービスのメニューとしては、浮選試験 (銅、金、銀)、磨鉱WORK INDEX、標準浮選試験、顕微鏡試験、銅リーチング、(装置は現在無いものの、ENAMIと共同でならEL SALADOで可能) 溶媒抽出・電解採取 (SX/EW) 等である。PUNTA DEL COBRE(FARAH)のSX/EWのパイロットプラントも使用可能とのことであった。

選鉱試験設備としては、先ずサンプル処理1トン/バッチで、ジョークラッシャ、ダブルロールクラッシャ (-10mesh) を持つ。分析サンプルは、パルヴェライザーと振動ミルで粉碎する。更に、ボールミル (1インチボール122個、10kgまたは15mmφボール7.6kg)、DENVERとAGITAIR浮選試験機、アマルガメーション・テスター、リーチング用カラム (ガラスまたはプラスチック製)、4台1組のSXパイロット装置 (ミキサーは4ガロン) 等を保有する。

浮選のパイロットテストは、300-400kg/hのチリ式ミルと浮選機 (ミル2台、浮選機3+1+1セル各19"×19"×80cmH) 3系列を使って、実行可能である。このプラントは賃貸用で、例えばエナミから9US\$/t-oreをもらって鉱石を処理することがあると言う。このプラントには2名の固定オペレータがおり、その他の要員は臨時に雇いながら操業する。賃貸料は、プラント全体1時間当

たり2000ペソ+18% TAXである。

分析方法は、金銀の試金法、湿式は重量法、滴定が中心で、原子吸光装置はあるが、機械の調子は悪そうに見受けられた。ちなみにOXIDE Cu(Sol. Cu)の定義は、通常サンプル5gを50mlの1モルクエン酸に2時間に溶解した銅量である。場合によっては、サンプル5gを50mlの1規定硫酸に12時間に溶解した銅量を使うこともある。

岩石力学部門には、ドイツのミュンスター大学から2名の教授と7名の学生が留学して来ており、フィールドテストをしながら卒論を書いている。EXTENSOMETER (0.0001mm測定)のフィールドテストである。

鉱物学部門にも、ドイツの学者が1名来ており、薄片作製技術が向上してきたと言う。薄片は手磨きで1日4枚程度、研磨片はエポキシ樹脂を使用し、ビューラー社製の研磨機で1日10~15個程度の能力である。2月には、米国ビューラー社製の新しいカッターと研磨機を入手予定で、それによって更に技術が向上すると見込んでいる。

案内をしてくれた DR. J. PALACIOSは、東北大選鉱製錬研究所に留学研究した経験があり、日本語ができる。米国、インディアナの大学で博士号を取得した。

DR. G. CACERESは、SX/EWの専門家で、PUDAHUELのプラント建設に関係した。現在PUNTA DEL C PBREのSX/EWのパイロットテストをコンサルタント中とのことである。彼はまた、バクテリアリーチングの応用研究を開始したと言ったが、実際は部屋を確保しただけの状態であった。

INSTITUTOには、ディレクター1名、教授1名と6人のテクニシャンがいる。

### 3) コメントと感想

- ・全体としては、設備と考え方が古い点が目だった。
- ・テクニシャンには頑固な、経験豊富な者が多い。また、DR. G. CACERESが、SX/EWの専門家である点は、評価できる。
- ・商売熱心であり、エナミとの関係がある点も評価できる。
- ・中小規模のプロジェクトの経験があるが、大規模プロジェクトの経験は少ないと思われる。

### 3-4-3 INSTITUTO TECNOLOGICO (INTEC) (工業技術研究所)

訪問先; INSTITUTO TECNOLOGICO (INTEC)。サンチャゴ市内から、車で15分。

日時; 1993年1月18日 16時~17時30分

対応者; CARLOS MOLINA VERA      INGENIERO CIVIL DE MINAS

JEFE AREA METALURGIA EXTRACTIVA

PATRICIO GONZALEZ B.      INGENIERO CIVIL DE MINAS (U. DE CHILE)

AREA METALURGIA EXTRACTIVA

同行者; JULIO CHAZARRO ORTIZ

内 容 ;

### 1) 組織概要

25年前、Ministry of Economy の CORFO (National Development Corporation) を通じて設立された、非営利の技術サービスの研究機関である。目的はチリ企業の競争力を高めるため技術開発を行い近代化に資することである。

国家機関ではあるが、年間約3MU\$の予算のうち70~80%は受注費用でまかない、残りが国家予算である。

220人の要員のうち、100人のエンジニアを含む70~80%がテクニカルな要員である。

他様な部門から成り立っており、Extractive Metallurgy (選鉱・製錬: 50人)、Environmental Technology (20~30人) の他に、Automation, TQM (Total Quality Management)、Agroindustry; Chemical Industry (石炭を含む)、Micro-biology, Food Industry, Electronics, また Library, Information Centre, Chemical Analysisがあり、さらに外部のエンジニアリング会社やコンサルタント会社も多く利用している。

### 2) Extractive Metallurgy (選鉱・製錬) 部門の実績

#### (1) Andacollo 金プロジェクト (MINERA DAYTON社)

鉱石品位は1.1 g Au/t。16ヶ月間に渡りテストを実施した。ヒープによるシアンリーチングで金を溶解し、メルクロウ法(亜鉛粉末還元)で金を回収する。400の基礎テスト、35のカラムテスト、及びパイロットプラントテストを実施した。その後Bechtel社がF/Rを行った。1993年、10,000t/d、3.5t Au/yで操業開始予定(実際は延期されている)。

#### (2) Collahuasi銅プロジェクト (Falconbridge, Noranda, Shell, Chevron, Anglo American)

チリ北部、Iquique付近の海拔4,000mの高地に存する品位0.94%Cu、10~20億トンの巨大な鉱床である。銅鉱物はChalcociteが主体で、浮選実収率は90%以上が得られた。また50本のカラムでバクテリアリーチングテストも実施中である。高地なのでリーチングの場合の温度は重要なファクターとなろう。鉱山の規模としては30,000~60,000t/dを予定している。

#### (3) Vilacollo 金プロジェクト (Shell)

金のシアンリーチング。8~9t/dのテストを計画している。鉱山は5,000 t/d規模の予定である。

### 3) Extractive Metallurgy 部門の概要

Mineralogy (顕微鏡) 担当者は2名である。クラッシュに始まって製錬までをカバーする技術を持っている。ただしSX/EWにはほとんど力を入れていない。

今後テストを依頼するとしたら5月頃から時間がとれる。費用は1,000~500,000 US\$/testになるだろう。手順としては、依頼者と打ち合わせ→プロポーザル→テスト(基礎テストで約3箇月。サンプル量はリーチングと浮選に各1から4トン)となる。

保有する浮選試験機は、Agitair 2台、Denver 3台、WEMCO 1台である。比重選鉱機にはテーブル(ドイツ製)、ネルソン選鉱機、スパイラル選鉱機、ライチャートコーンのテスト機、BRCMジグ(仏製)、KNUDSENコーン等新しい物が多い。

その他にリーチングカラム40本、活性炭再活性キルン、金電解装置等、米国の新しい技術を採用している。

カラム浮選機とドイツ製ニューマティック浮選機については、現在入荷待ち（EKOF, BAHR, DORFER製）である。SAGミルは無くCIMMに外注する。Larox社製の加圧式脱水機がある。

浮選パイロットプラントがあり、3～6 t/dの能力である。2 ft $\phi$ ×3 ftのボールミル、1 ft $\phi$ ×2 ftの再磨鉱用ボールミル。1 ft<sup>3</sup> Agitair浮選セル6セルと0.5 ft<sup>3</sup>のDenver浮選セル2バンク×4セルから成る。

付帯設備としては、シアンリーチング専用室、プラント（リーチングが主）コントロール用の原吸（PE 3100）、水銀式ポロシティメーター、Fe<sup>2+</sup>分析用比色計、溶存酸素計（0.2 mg O<sub>2</sub>/ℓ 下限）、イオンメーター（CN<sup>-</sup>, Ag<sup>+</sup>, SCN<sup>-</sup>）等、金リーチング装置が揃っている。また環境テスト用Humidity Cell Tester, Lysometerもある。分析装置としてはPE 5000原吸、クロマトグラフが、鉱物関係では、プレス1台、カッター1台、ビューラーのPolimet 4台、Leitz、Ortholux等の顕微鏡がある。EPMAは保有せずに外注している。

#### 4) コメントと感想

- ・金鉱石処理技術に重点を置いているのが特徴で、浮選はまずまずだが、SX-EWは非常に弱いという印象である。
- ・CIMMと比較して、工業全般を対象としており、新技術、新型機械を取り入れている。
- ・鉱山開発という点から見て、規模及び総合性、実績でCIMMに劣る。
- ・とりあえず、顕微鏡試験用サンプルを持って来たらどうだと勧誘があった。

#### 5) 付録:

INTECカタログ1式。

### 3-4-4 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS DE UNIVERSIDAD DE CHILE (チリ大学鉱山学科)

訪問先; UNIVERSIDAD DE CHILE : DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MINAS

サンチャゴ市内。ダウンタウンから車で10分。

日時; 1993年1月19日 10時～11時30分

応対者; AUGUSTO MILLAN URZUA Director, Departamento De Ingenieria  
De Minas

E. ALMENDRAS DE SIEGEL Ingeniero Civil De Minas,  
Characterizacion De Minerales, D. de. I. de M.

PETER SIEGEL Profesor ? ALDO C. CASALI B. I. C. de Minas,  
M. S. in Metalurgy  
(U of Utah) Procesamiento De  
Minerales, D. de. I. de M.

GERARDO E. FUENTES C.

PROFESOR ASOCIADO, METALURGIA

EXTRACTIVA D. DE. I. DE M.

同行者 ; H. TRASLAVINA A.

ENAMI

内 容 ;

### 1) DEPARTAMENTO (学科) の概要

学部内にある13学科の1つ。46名(内14がフルタイム)の学位取得者がいる。他学科の装置(GeologyのEPMA, Physical EngineeringのX線回折等)を利用できる。

「人材が豊富で経験も豊か。値段も安い。他の研究所より給料が高いため若い人も多く働いている。」というのが宣伝文句である。

現在、分析所が忙しく時間が掛かる(4~5日)のが問題。CIMMやSGS等に外注している。

パイロットプラントは持っていない。これまで鉱山開発に係わった経験としては、チリ北部の小規模鉱山の開発、エンジニアリング会社の部分的テスト等がある。

大学は1985年の大地震で建物、設備が破壊され、再建に苦勞した。

### 2) 設備と研究内容(学生用を含む)

(1) 鉱物試験装置としては、カッター、ビューラー研磨機2台、顕微鏡6台(含 Nikon)、

(2) 岩石力学各種試験装置。

(3) 化学分析室にはPEの原吸、LECOのS分析機等があり、1日10時間くらい稼働する。

(4) 選鉱試験用の装置としては、ジョークラッシャ3台、ロールクラッシャ、パルペライザー、篩、ボールミル(含摩耗テスト用、ワークインデックス用)、振動ミル(Humbolt)、浮選機(Denver 4セル連続式)、サイクロン試験機、フィルター試験機等を保有する。SAGミルはなく、専門家をコンサルタントとして雇って対処する。試験機としてその他に、ジグ、テーブル、浮選試験機6台(Denver)、各種試薬、磁選機、静電選鉱機、カラム浮選セル(自家製)を保有する。

(5) 湿式冶金部門では、Roast/Leach/Electrowinning (RLE)プロセスを銅精鉱について試験中であつた。Roaster 800°Cの流動床で焼いた後、水と硫酸でリーチングし、銅の浸出率70%、鉄の浸出率20%が得られている。NaNO<sub>3</sub>を原料としたHNO<sub>3</sub>による銅精鉱のリーチング(60°C)も試験中で、銅、鉄は100%浸出され、元素硫黄が析出する。NO<sub>2</sub>、NO<sub>3</sub>ガスはH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>に吸収してHNO<sub>3</sub>として回収できる。オートクレーブ(120~150°C, 100 PSI, 6h)中で、硫酸による黄銅鉱の浸出。またNH<sub>4</sub>OHを使ったSherrit Gordon法(La Escondidaで使用予定)のテストも行っている。

### 3) コメントと感想

- ・基礎的設備は、浮選関係について整っており、リーチングSX/EWについてはほとんどない。
- ・体制として開かれてはいるが、やはり大学であり、鉱山開発の仕事を依頼するには不向きである。
- ・案内者の1人が、Univ. de Santiagoも能力を持っているので、次の機会には訪問するように、勧めてくれた。

### 3-4-5 MINA DE MANTO VERDE (ANGLO AMERICAN) (マント・ヴェルデ鉱山)

訪問先；MANTO VERDE (ANGLO AMERICAN社)。 チャニャラル東南、車で40分。

日時；1993年1月10日 15時～16時

応対者；LEONARDO HERRERA 責任者

同行者；和田団長

内容；

#### 1) 概要

鉱山開発のため、ヒープリーチング、SX/EWのパイロットプラントを運転中。能力は80kg-Cu/d。期間は1992年5月から93年末までを予定。可採鉱量は0.8%Cuで5千万から1億トンとのことである。

#### 2) テストプラント概要

サンプルを採るため坑道を掘削し、0m～50mレベルから数10種の鉱石100tonずつを採取しパイルしてある。サンプルは調合して0.9%Cuのコンポジットとして試験給鉱としている。

先ず、ジョークラッシャ、コーンクラッシャの2段破碎で3/8～1/2インチに砕き、(最終的には3/4インチになりそう)、硫酸と海水を加えてドラムアグロメレータで団鉱とする。

テストヒープは2種類(1.5m×1.5m×6mH (25ton) 18基と4m×4m×6mH (125ton) 4基、いずれも鉄柵、木柱囲い)で、鉱石投入時は圧密を避けるために、下から少しずつ積み木柱を積んで行く。スプレーは10～15ℓ/h-m<sup>2</sup>にコントロールしながら行うが、最初の24hは熟成のためスプレーせず、最後の3日間は海水のみで洗浄し、ドレインを行う。

適当な水源がないので、海岸のフラメンコから40km海水をパイプ輸送し使う予定で、現在はタンク車で運んでいる。

アグロメレーションによって、浸出速度が速くなり、最初の6日間で45%の銅が溶出し、45日間の全浸出率は85%となっている。ただし125トンパイルの方は4箇月のリーチングを行う予定である。

ヒープの底に埋め込まれたプラスチックパイプから、浸出貴液を回収し、貴液池又は中間液池に流下させる。

貴液のCu濃度は6g/ℓ、中間液は1.5～2g/ℓ、ラフィネート(SX排液)は0.1～0.2g/ℓである。

貴液は、SX(溶媒抽出)プラントに送られ、有機溶媒、電解液、飲料水との混合比率を変化させながらテスト中である。

フローシートはFig. II-3-4のようになっている。



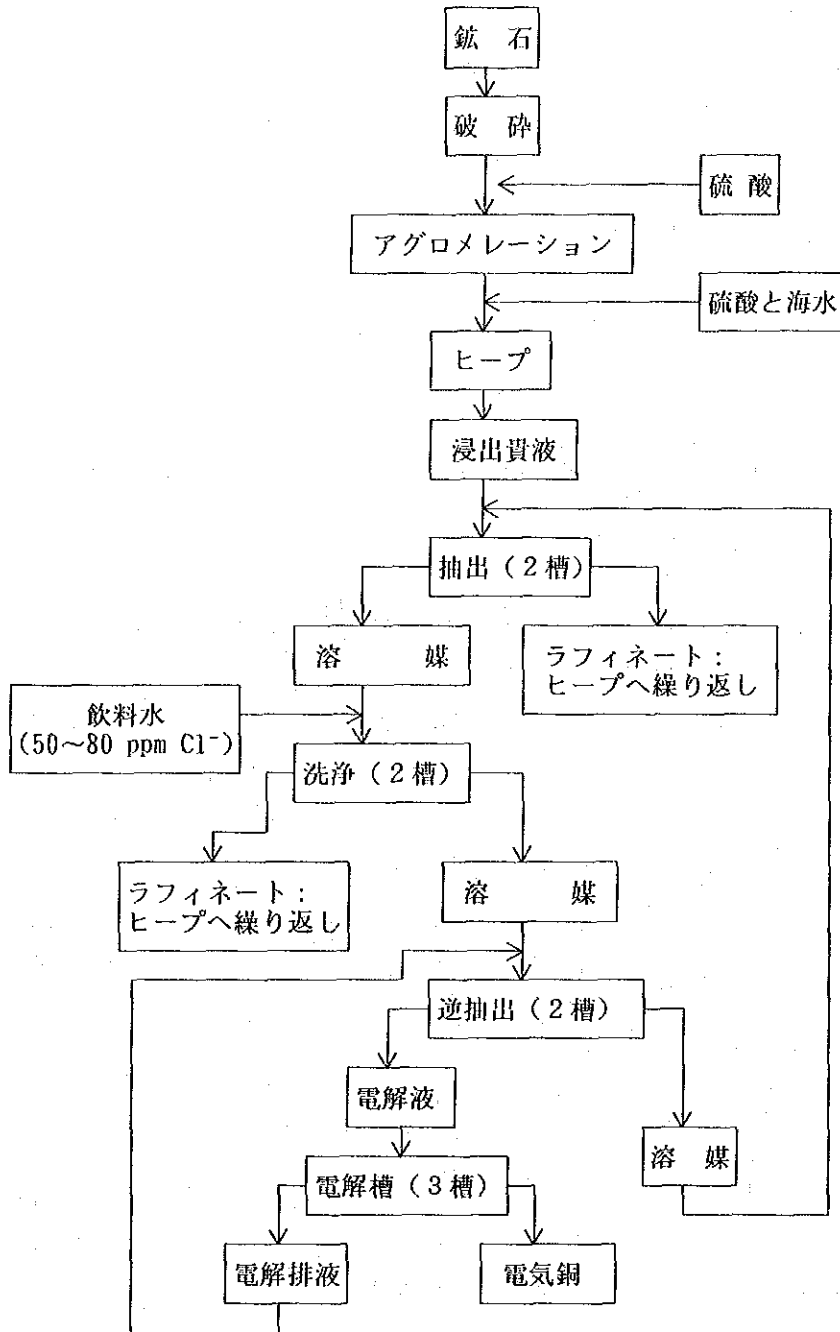


Fig. II-3-4 MANTO VERDE 鉱石処理フローシート

海水を使用しており、製品銅カソード中の塩素含有量を減少させるために、洗浄工程が採用されている。

電解工程へ入る電解液の銅濃度は45g/lである。見学当日は3槽中1槽のみ運転中であった。1槽内には約1m<sup>2</sup>の電極が4組設置され、アノードはPbであった。電力は3V, 1250A。電解サイクルは4~6日で、カソード重量は80kg。カソードの銅品位は96~99%とのことで、不純物としてS, O, Pbを含む。

プラントの建設費は800,000US\$。30~40人が2方交代で働いている。

### 3) コメントと感想

- ・この鉱山の技術の特徴は、海水の使用と、ヒープの高さが高いことである。
- ・電解技術はあまり得意でないらしく、初期の製品はできばえが悪いと、別に保管してあった。
- ・他からの情報によると、カソード品質には問題があり、銅品位は満足しても、塩素含有量が高いらしい。
- ・テストプラントとして、種々な条件(破碎サイズ、ヒープ高さ、スプレー量、SXの諸条件)をコントロールし易いように、また平行してカラムでリーチングを行うなど、うまく運営されていた。
- ・飛び込みで訪問したにもかかわらず、親切に案内してくれた。

### 3-4-6 PLANTA DEL SALVADOR MINE (CODELCO) (エル・サルバドル鉱山選鉱場)

訪問先; PLANTA DEL SALVADOR MINE (エル・サルバドル鉱山選鉱場)。

エルサルバドル市から、車で5分。尾鉱再処理場までは、車で15分。

日時; 1993年1月11日

面会者; MARIO ARREDONDO ZUNIGA	SUPERINTENDENTE CONCENTRADORA
CHRISTIAN	JEFE DE OPERACION
GUILLERMO CHAVEZ	CHIEF OF DAM, DRYING & RETREATMENT PLANT (LOS AMARILLOS)

内容;

#### 1) 選鉱概況

現在の選鉱原鉱品位は0.9~1.3%Cuで、33,000~34,000t/dを処理している。鉱量の約80%は坑内から、20%はオープンピットから出鉱している。主要な銅鉱物はchalcociteで、pyriteが多い。

クラッシャは3セクションに分かれており、#2と3は1959年に設置され、#1は、新しく1989年に増設された。各セクションともにサイモンの7ftスタンダードコーンクラッシャと、ショートヘッドコーンクラッシャから成り立っている。

5セクションある磨鉱回路のうち、4セクションは1959年に設置され、1981年に1セクション増設された。磨鉱回路は、ロッドミル、ボールミル、閉回路のサイクロンとから成り立っている。10,000t/dの新しい磨鉱回路は、1台のロッドミル(13.5φ×18ft, 3000HP)と1台のボールミル(16.5φ×19ft, 4000HP)から、6,000t/dの古い方の各回路は、1台のロッドミル(10φ×14ft)と2台のボールミル(10φ×14ft)から成り立っている。

浮選回路は、250のアジテア-400cu.ftを使用して、粗選、再磨鉱、2段の精選、精選尾鉱の清掃選、及び粗選尾鉱の分級後のサンド浮選から成っている。浮選機が旧式で小さく、能率が悪いので、現在1200万ドルの予算で大型機に置き換える計画を持っており、そのため採用候補のド

ルオリバー1550cu. ft浮選機を清掃選と、サンド浮選系に使用しながらテスト中である。また、精選には2台の2×8 m矩形のカラム浮選機を採用している。

浮選バルク精鉱からは、ANAMOL D(As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Na<sub>2</sub>S)7kg/tを使用した浮選で、モリブデン精鉱を採取している。選鉱給鉱中のモリブデン品位は0.011%Mo、バルク精鉱中のモリブデン品位は、0.4%Moである。

最終銅精鉱(27%Cu, 27-28%Fe)はシックナーで濃縮後、27kmをパイプ流送され天日乾燥設備に送られ、乾燥後ローダーで貨車に積み40km離れたPotrerillosの製錬所に運ばれている。これらに代わる新しい乾燥設備として、2台のセラミックフィルターの導入を計画中である。

鉱山全体の人員は製錬所を含めて約3,800人、そのうち採鉱部門に1,500人、病院、学校を含めた管理部門に1,000人、選鉱場には275人(管理・事務6、技術18、メンテナンス106、操業140)が配置されている。エルサルバドルの町の人口は約10,000人である。

選鉱場のフローシートをFig. II-3-5に示す。

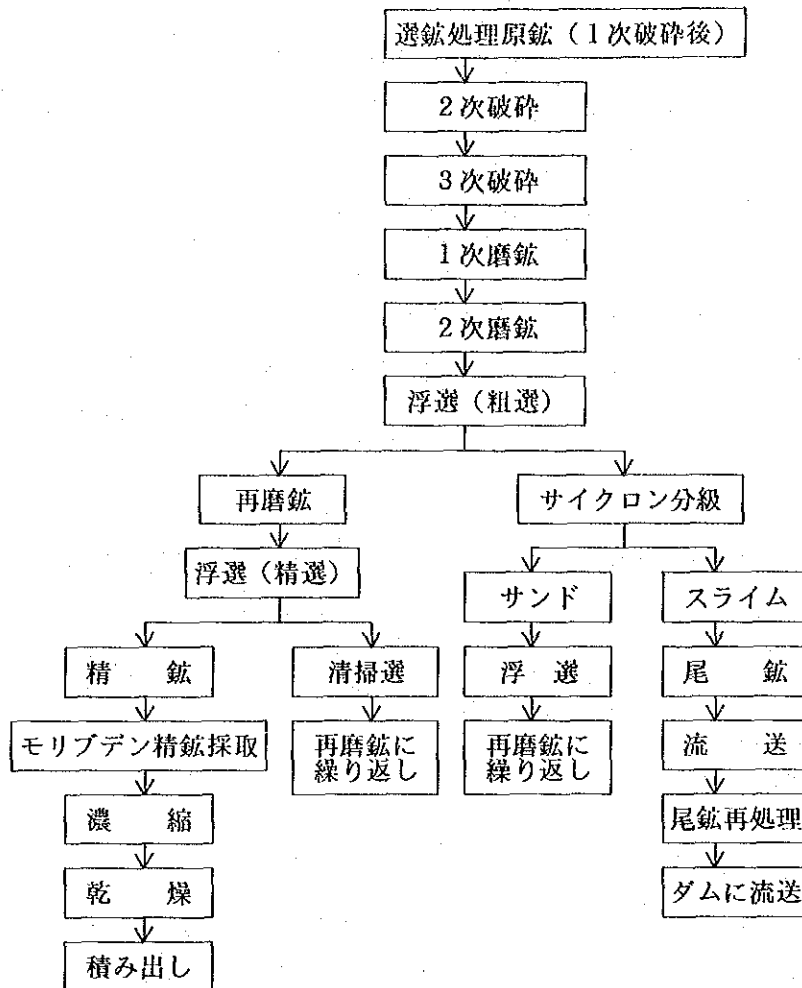


Fig. II-3-5 EL SALVADOR 選鉱場のフローシート

## 2) 浮選条件

浮選時間は、粗選14分、サンド浮選12分、清掃選合計25分等である。

主要補集剤は、中国製ザンセート20g/tとSF-323 (SHELL) 10g/tで、起泡剤はMIBC 22g/t、消石灰 3kg/t、pHは粗選で11.4、精選で12.3である。

## 3) 浮選尾鉱再処理プラント

EL SALVADOR選鉱場の浮選尾鉱は水路を使って海岸まで流送されていたが、環境問題が持ち上がったこともあって、選鉱場から10km程下流で、銅を採取するための再処理プラントを1990年4月に開始した。このプラントの人員は合計43名で、流路に設けた62基のカスケード式浮選機、通常の浮選機と新たに設けた（訪問の前週の木曜日運転開始）カラム浮選機（実収率66%）で、22%Cuの銅精鉱を50t/d産している。水路を流れる浮選尾鉱は0.22%Cu、カスケードで採取されるフロスは0.7%Cuで、これを粗選で3%Cu、カラムで最終精鉱品位22%Cuまで上昇させる。実収率は合計で、EL SALVADOR 選鉱場給鉱に対して2～3%である。このプラントの尾鉱は45km水路を流れて海まで運ばれる。

#### 4) 感想とコメント

- ・選鉱課長と案内してくれた職場長は、共に1年前にMANTOS BLANCOSから移って来たばかりで、はりきって浮選機、フィルター等の新技術の導入に取り組んでいた。
- ・選鉱場の装置は古いものが多く、今後の改善が期待される。
- ・尾鉱再処理工場の対環境効果についてはほとんど無いと思われるが、経済的な効果は大きいのであろう。
- ・この選鉱場の尾鉱ではなく、Potrerillosの製錬所の排出水のせいだとのことであるが、El SALADOを流れる川の兩岸には、銅を含んだ毒々しい緑色の鉱物が折出していた。また、河口のCHANARALは、健康に悪いということで遊泳禁止になっており、過去の環境問題の重大さが感じられた。

#### 3-4-7 PLANTA DE OSVALDO MARTINEZ (ENAMI) (エナミ、エル・サラド選鉱場)

訪問先； EL SALADOのENAMI社OSVALDO MARTINEZ選鉱場。 エルサラド市内。

日 時； 1993年1月12日 9時～13時

応対者； ROLANDO URQUIZA      Administrador

          MANUEL CARMONA      Jefe de Operacion

内 容；

##### 1) 工場概要

1953年に建設された古い選鉱場で、300人の小鉱山業者から買鉱して操業している。

硫化鉱処理能力は10,000t/月で、磨鉱能力の不足と非効率に悩んでいる。磨鉱回路の稼働率90%。処理原鉱品位1.4～1.7%CuでCu実収率が91～94%

酸化鉱はヒープリーチング、沈澱銅採取法で処理し、能力は18,000t/月。処理原鉱品位3%Cuに対し、実収率は78%。

数年前にSX/EW (3ℓ/min.) のパイロットプラントテストを実施し、現在も装置を保有している。計画検討中である。

L a b . では化学分析と簡単な浮選試験、カラムリーチングテストが可能であるが、操業管理に使われており、外部試験の実施は困難。SR. CARMONAは自信が働いていたこともある CIMMをリメンドした。

買鉱の中で12%Cu以上のもの（高品位鉱石）は製錬所に直送する。

工場全体の人員は105名。うちL a b . に6名。

##### 2) 硫化鉱処理概要

受入は、トラックスケール (60t Cap.) で秤量し鉱種ごとにパイルする。計画に従ってクラッシュ (3 stages) で処理、サンプリングされ、その分析値によって対価が支払われる。クラッシュ産物の粒度は1/4インチ。

ボールミルはほぼ同じ大きさの4台のミル (各100kwモーター) からなる。これを1台の大型ミ

ル (280kw) に取替えることを検討中。

浮選はDenver Sub A#24を使い、粗選と2段の精選からなる。捕収剤はP3ゼンセート、起泡剤はM I B C, Pine Oilを使用。最終銅精鉱は26%Cu, 10g・Au/t, 40g・Ag/t、水分は天日乾燥後8～9%。一方浮選尾鉱(0.2%Cu)は、ポンプでダムに送る。

数Km下流の尾鉱ダムは、1991年に築かれた(それ以前は川に放流)もので、後10年の使用が可能。サイクロンアンダーフローで築堤し、オーバーフローは、ダムで沈澱後、上澄を川に放流している。用水再使用はしない。排水の水質は1回/月程度SERNAGROMINがチェックしている。

硫化鉱処理のフローシートをFig. II-3-6に示す。

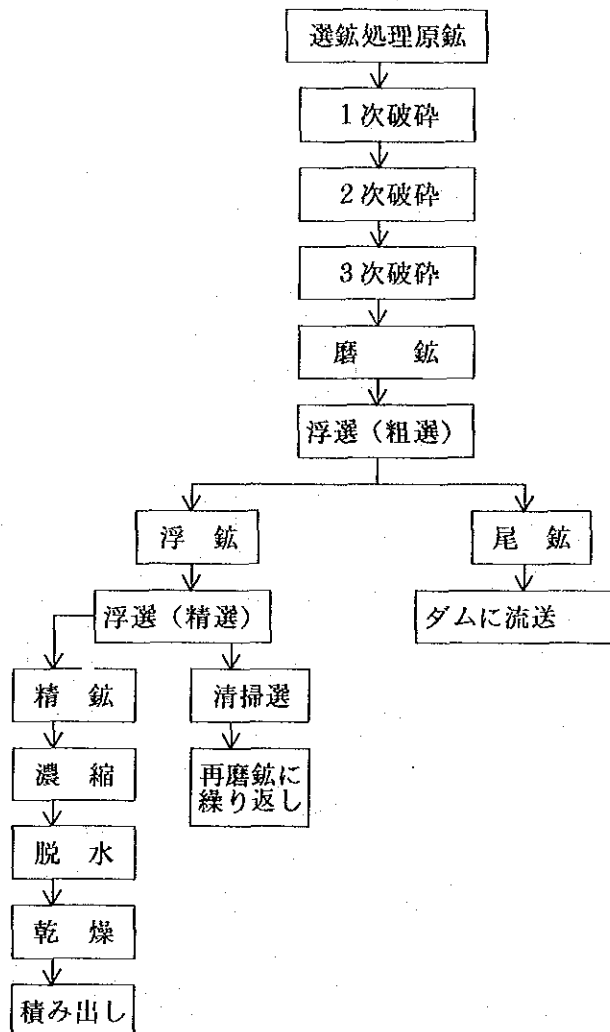


Fig. II-3-6 OSVALDO MARTINEZ 選鉱場 硫化鉱処理のフローシート

### 3) 酸化鉱処理概要

受入とクラッシャ、サンプリングまでは硫化鉱と共通で、酸化鉱ストックパイルから、トラックでアグロメレーション用ホッパーに投入される。

鉱石に、60kg/tの硫酸(60%)と、El Saladoの河川水(60g/l Cl<sup>-</sup>)を団鉱の状態を見なが

ら加えて、ドラムで団鉱を作る。このアグロメレータの能力は100t/h。

鉱石はトラックで運ばれ、1.5m高さのヒープ（Fに強化プラスチックとドレインパイプを敷いてある）に積まれる。リーチング30日間1サイクルで行なわれ、硫酸の消費量は4.5kg/kg-Cuである。浸出液（PLS）は、2種（貴液と中間液）に分けて取扱われ、最終濃度25~30g-Cu/lまで高められる。

最終貴液は4台のドラム型プレシピテータとその後の置換沈澱槽で処理し、鉄スクラップによる置換反応によって、沈澱銅を回収する。鉄スクラップは12時間サイクルでドラムに装入し、全消費量は1.25kg-Fe/kg-Cuである。沈澱銅は重力式フィルター（25%水分）と天日乾燥（10%水分）で処理され、70%CuとしてPaipoteの製錬所に出荷される。廃液は尾鉱ダム近くの蒸発池で処理される。

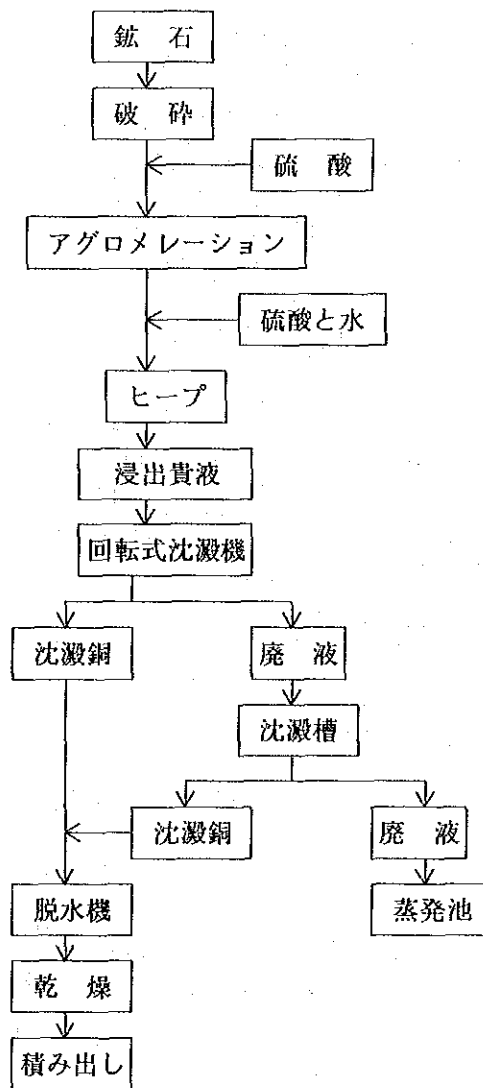


Fig. II-3-7 OSVALDO MARTINEZ 選鉱場 酸化鉱処理のフローシート

#### 4) コメントと感想

- ・このEl Saladoの選鉱場でCerro Negroの選鉱試験ができるという話もあったが、不可能である。
- ・SX/EWのPilot Plantの装置があるので、要員が確保できれば、SX/EWのパイロットプラントは実行可能であろう。他の機関との共同が前提である。分析能力は少し疑問あり？
- ・選鉱場は装置が古く、旧式な点が目立つ。投資計画実現には楽観的でなかった。
- ・硫化鉱処理の磨鉱、浮選、脱水、用水再使用、またSX/EWの採用等、今後改善できる点が多い。

### 3-4-8 PLANTA DE MINERA LA FLORIDA (S.L.M. "LA FLORIDA") (ラ・フロリダ工場)

訪問先; PLANTA DE MINERA LA FLORIDA (ラ・フロリダ工場)

コピアポ市内から、車で40分。

日時; 1993年1月12日 16時~18時

応対者; JUAN GUERRA JEFE PLANTA

内容;

#### 1) 工場概要

この工場では破碎、ヒーリーチングとSX/EWによって、自山(距離15km, UNDER GROUND) 鉱と買鉱を処理し、100~120 t/月の銅カソードを生産している。総人員は58名、うちエンジニアが3名である。工場は1989年に開始した、比較的新しい工場である。アタカマ砂漠にありながら、アンデスからの伏流水という良質の用水(70m DEPTH, 300m×2km) に恵まれている。現在工場能力を2.5倍にするために、クラッシャとSX/EWの拡張計画を持っている。製品はグレードA (99.95~99.987%Cu) の銅カソードである。電力については、4台のディーゼル発電機で1,050 KVAを発電している。分析方法は、銅を重量法で行い、他の不純物を蛍光X線分析で行っている。買鉱時に、Cu, Sol. Cuと酸消費量を分析し価格を決定する。

#### 2) 工場のフローシート

受け入れた鉱石は、1次(16×24INCH JAW; FEED 8INCH, PRODUCT 2.5-4INCH) と2次(SYMON 3FT CONE; PRODUCT 1/2INCH) のクラッシャで破碎し、スクリーン(1/2×5/8INCH OPENING) との閉回路でサイズを整える。

次に60%の硫酸と水(0.8 l/sec) を使用して、団鉱にする。

団鉱はプラスチックライニングの上に107m<sup>2</sup>×2.2mHのヒープとして積み、1日熟成期間を置いた後、33日間サイクルのラフィネート(硫酸を含む) のスプレーを行う。サイクルの最後の2日間は水洗、1日で液抜きを行う。鉱石はリーチング後廃棄する。

浸出貴液はフィルターで固形物を除去後、プラスチックライニングを施した4基のタンク(各49m<sup>2</sup>) で、溶媒抽出、逆抽出を行い、電解液を得る。この時の貴液濃度は7g-Cu/l, 5g-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/l、ラフィネート濃度は0.3g-Cu/l, 15g-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/lであり、銅の実収率は98-99%である。この



プロセスでは液中の銅と硫酸の濃度コントロールが重要だとの説明であった。

電解液は次の電解工程で、鉛またはカルシウム鉛製（5%Ca）のアノードを使用し、銅カソードとして電解採取される。この工程での実収率は96~97%である。カソード用種板はステンレス板を使用して自家生産される。電解サイクルは7日間、電力原単位は4.3kWh/kg-Cuである。カソードの面積は、1.835m<sup>2</sup>、アノードの間隔は110mm、整流器の1次側は、400V, 380A、2次側は、25V, 7800Aである。高品質を得るために、カソードの重量は47.52kg/枚と低密度である。

工場のフローシートを、Fig. II-3-8に示す。

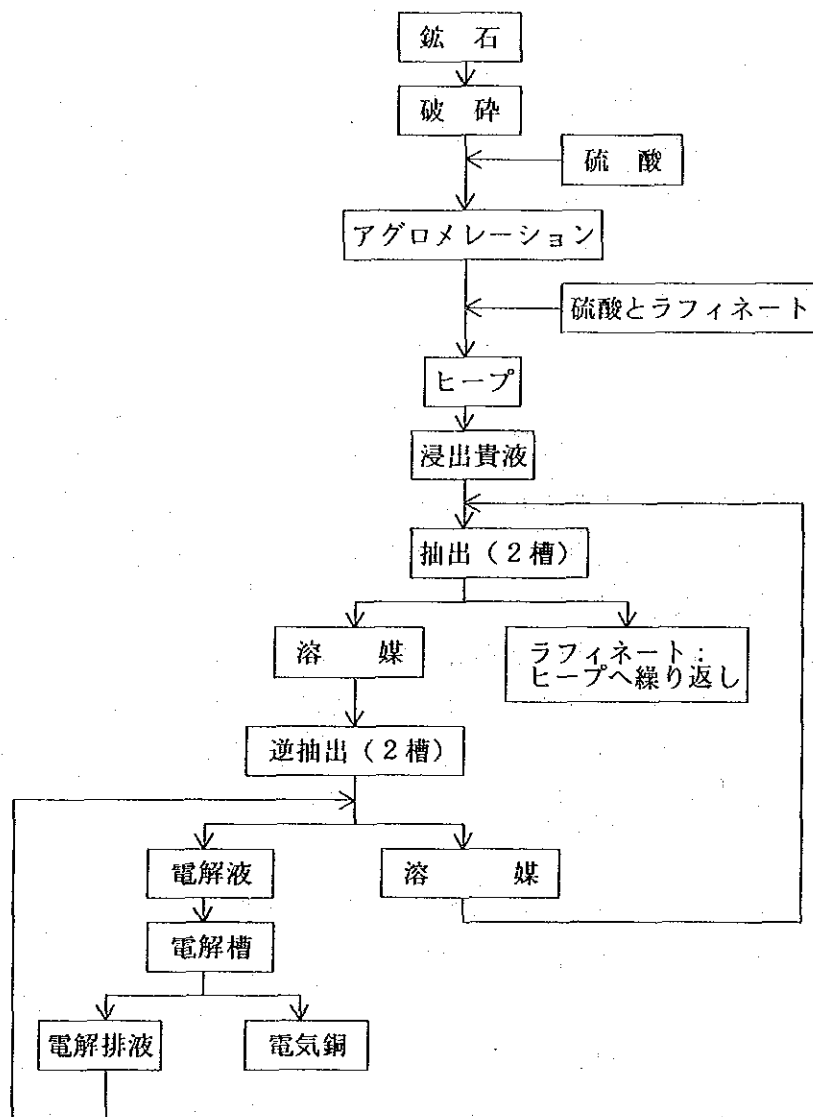


Fig. II-3-8 PLANTA DE MINERA LA FLORIDA 鉱石処理フローシート

### 3) 感想とコメント

- ・新しいプラントであり、よく管理されていた。
- ・銅実収率、製品の品質も高水準であり、案内者は技術に自信を持っているようであった。
- ・この地域としては珍しい豊富な用水に恵まれた、良い立地であった。

3-4-9 PLANTA DE MANUEL ANTONIO MATTA (ENAMI) (エナミ、マタ選鉱場)

訪問先； PLANTA DE MANUEL ANTONIO MATTA (エナミ、マタ選鉱場)

コピアポ市内から、車で10分。

日時； 1993年1月14日 11時～13時

対応者； ORTEMIO HARO ADMINISTRADOR

内容；

1) 工場概要

この工場は1965年、6,500 t/月の規模で設立された。当初の鉱石は、PEDRO AGUIRRE CERDA (OJOS DEL SALADO社)から買鉱していた。その後年々表4のように増強を重ね、現在77,105t/月の能力を持つ。1968年には買鉱施設を設置し、1978年には金銀鉱石の買鉱を始めた。現在の要員は、160人(うちメタラジスト3、メカニック1)である。

Table II-3-4 MANUEL ANTONIO MATTA 選鉱場の拡張

年	能力 (t/月)	ミル台数
1965	6,500	1
66	13,000	2
67	19,500	3
71	35,000	4
80	44,000	5
85	50,000	5
87	55,000	5
89	61,500	6
90	77,105	7

現在の買鉱先は、Table II-3-5 及び Table II-3-6 に示すように、硫化鉱50、酸化鉱39にのぼる。

Table II-3-5 硫化鉱買鉱先

鉱山名	買鉱量 (t/月)	%	鉱種	品位 (%Cu)	距離/金品位	地図上番号
PUNTA DEL COBRE	61,600	85.6	2	1.9	5km	1
LAS PINTADAS	1,500	2.1	2	2.3	25km	2
GALLEGUILLOS	1,100	1.5	1	3.1	4.5g/t(Au)	3
OJANCOS	700	1.0	3			4
CHECO DE COBRE	600	0.8	3	2.5	<1 g/t(Au)	5
その他	6,500	9.0	39			
合計	72,000	100.0	50			

Table II-3-6 酸化鉱買鉱先

鉱山名	買鉱量 (t/月)	%	鉱種	品位 (%Cu)	地図上 番号
SAN MARCOS	150	7.9	1		6
PUNTA DEL COBRE	125	6.6	1		1
ESTANCILLA	100	5.3	1	3.4	7
OJANCOS	80	4.2	1		4
その他	1,445	76.1	35		
合計	1,900	100.0	39		

酸化鉱のリーチング、沈澱銅採取処理は、1992年6月に開始したばかりで、現在周辺鉱山の供給能力について調査中である。

## 2) 硫化鉱処理フローシート

硫化鉱と酸化鉱共通の受け入れは、トラックスケールで秤量し、数値はコンピュータ処理されている。

破碎は、小鉱山用のNO.1と大鉱山用のNO.2に分かれている。NO.1は18×36INCHのジョークラッシャ、4&1/4FT STD, 4&1/4FT SHDのサイモン・コーンクラッシャから成り、10 INCHの給鉱を80% -1/4INCHに砕く。NO.2は、30×55INCH アリスチャルマー・ジャイレイトリークラッシャ、5&1/2 SHD, 5&1/2 SHD+ 4&1/4 SHDサイモン・コーンクラッシャと6×16mm目開きのスクリーンから成り、24 INCHの給鉱を4mmまで砕く。破碎の途中で、鉱種毎のサンプリングを行い、化学分析によって買鉱価格を決める。

磨鉱と浮選も2系列に分かれている。小鉱山用の磨鉱は、NO.1&2(MARCAVEDA 7×7FT)とNO.7(ALLIS-CHALMERS 7×9FT)とサイクロンの組み合わせで、大鉱山用はNO.3(MARCAVEDA 7×7FT), NO.4 &6(PECSON 9×9FT)と、NO.5(PECSON MARCY 8&1/2×9FT)と、サイクロン(KREBS 20型)の組み合わせで、45% -200meshまで粉碎する。フィーダーとして、可変速ベルトフィーダー7台を使用している。

小鉱山用の浮選は、NO.1浮選回路(45 Cub. FT Denver, ROUGHER 4, CLEANER 2, SCAVENGER 22)で、また大鉱山用はNO.2浮選回路(50 Cub. FT Denver, 4系列×16セルと300Cub. FT Dorr-Oliver4系列)と、1992年7月に設置されたカラム浮選機(CONTROL INTERNATIONAL, 8φ×45FTH)で精選が行われ、26%Cu, 60g-Au/tの最終精鉱が銅実収率90%で得られている。主な浮選試薬は、A-208(ACC), SF-115, MIBC, パイン油、消石灰(pH12~13)等である。カラム浮選機の採用によって実収率が2%低下したという(カラム給鉱18%Cu, 尾鉱8~9%Cu)。カラム尾鉱を清掃選で再処理することをリコメンドした。

フィルターはDORR-OLIVERの6×8ディスクフィルターで、水分は15%、更に天日乾燥で水分

10%に仕上げ、PAIPOTEまたはVENTANASの製錬所に送られる。

尾鉱は1500m離れたダムへ送られ、使用水の40%が再使用水である。

1992年9月にコンピュータコントロールを導入し、現在磨鉱と新しい浮選機の制御を行っている。今後、pH制御、潤滑油、トラニオン温度などのコントロールを計画中である。

硫化鉱処理のフローシートをFig. II - 3 - 9に示す。

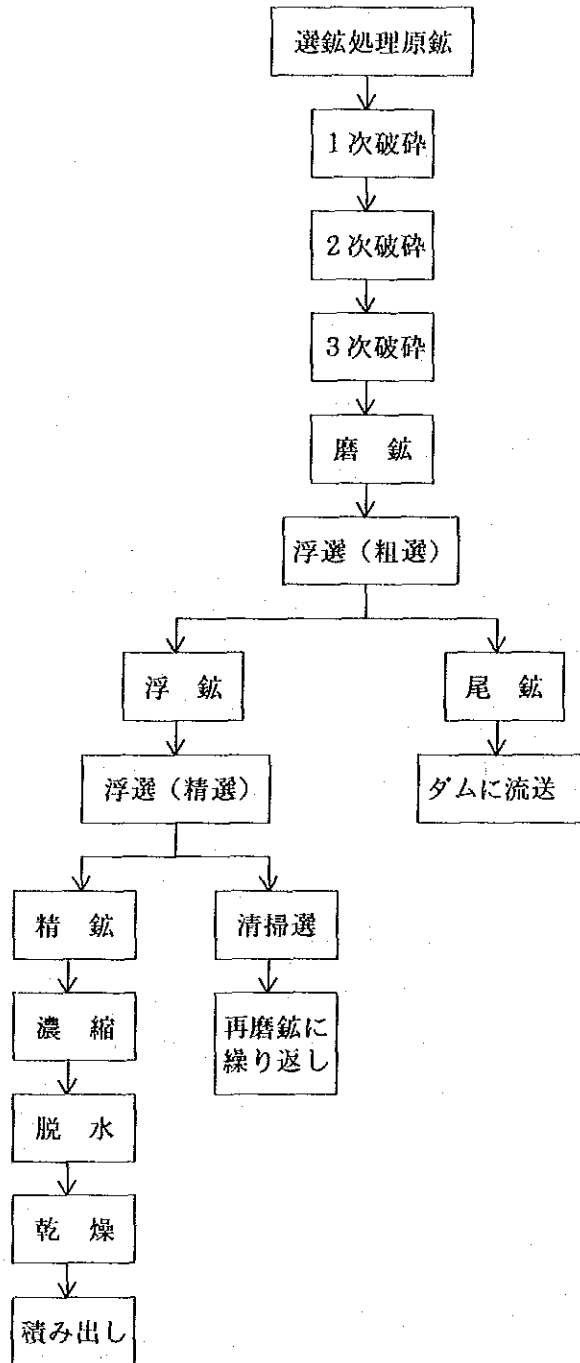


Fig. II - 3 - 9 MANUEL ANTONIO MATTA 選鉱場 硫化鉱処理のフローシート

### 3) 酸化鉍処理のフローシート

酸化鉍はリーチング、沈澱銅回収法で処理しており、能力は最大200t/dである。3.4%Cuの鉍石は破碎後、アグロメレーションを行い28×155m×1.2mのヒープに堆積する。最初の48時間放置後、20日間スプレーを行い、最後の16時間は洗浄を行う。現在は3,000t/月の処理を行っている。

貴液（40g-Cu/l）から、回転式沈澱銅回収装置とそれに続く沈澱池で、沈澱銅を回収し、重力式脱水機と天日乾燥で製品を仕上げる。全体の銅実収率は76%である。

酸化鉍処理のフローシートをFig. II-3-10に示す。

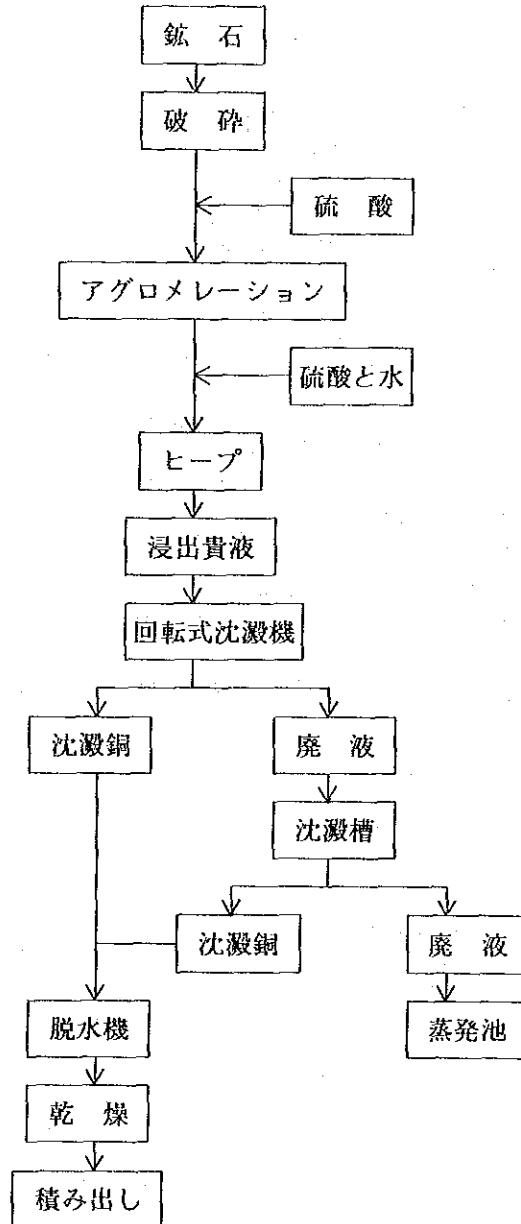


Fig. II-3-10 MANUEL ANTONIO MATTA 選鉍場 酸化鉍処理のフローシート

#### 4) 感想とコメント

- ・次々と能力を拡張してきたので、機械装置が不揃いの点が多い。
- ・新しく導入したカラム浮選機、コンピュータなどを十分使いこなしてない。
- ・酸化亜鉛のリーチング処理については、まだ経験が浅く技術も高くない。
- ・すぐそばに製錬所があり、その操業方針の影響を受け易いのではないだろうか。

#### 3-4-10 HERNAN VIDE LA LIRA FUNDACION (ENAMI) (エナミ、パイポテ製錬所)

訪問先; HERNAN VIDE LA LIRA FUNDACION (ENAMI) (エナミ、パイポテ製錬所)

コピアポ市内から、車で10分。

日時; 1993年1月14日 15時~17時

応対者; DON GUILLERMO TABILO ENGINEER

内容;

##### 1) 工場の概要

製錬所の要員は715人であり、精亜鉛処理量は190,000t/yである。電解工場はなく、カソード銅は購入し、LAS VENTANASまたはCHUQUICAMATA(TOLL)へ送る。1992年の処理実績としては、銅精亜鉛(32%Cu)144,000トン、沈澱銅(65%Cu)41,000トン、高品位亜鉛(12%Cu)6,000トン、石炭50,000トン、カルサイト(カルデラの貝粉)8,000トン、石油、シリカ等である。工場の最終製品は99.96%Cuのアノード銅66,000トン(含金量5TON)である。買亜鉛原料のAs(0.07%), Sb(0.02%)ともに低い。買亜鉛条件としては、T/C100US/t, R/C32US/tで、実収率は金94%、銀95%、銅94%である。昨年OJOS DEL SALADO社との契約をやめたので、現在はANTONIO MATTAが最大の供給源となっている。現在能力拡大のため、エルテニエンテ・プロセスをテスト中(1992年12月28日開始)で、93年11月に、硫酸プラント増強と併せ完成予定である。硫酸は50-60US/tで、近隣亜鉛山に販売しており、今後も1995年までは需要が強いと見ている。

##### 2) 工場のフローシート

製錬所の主要部分のフローシートをFig. II-3-11に示す。

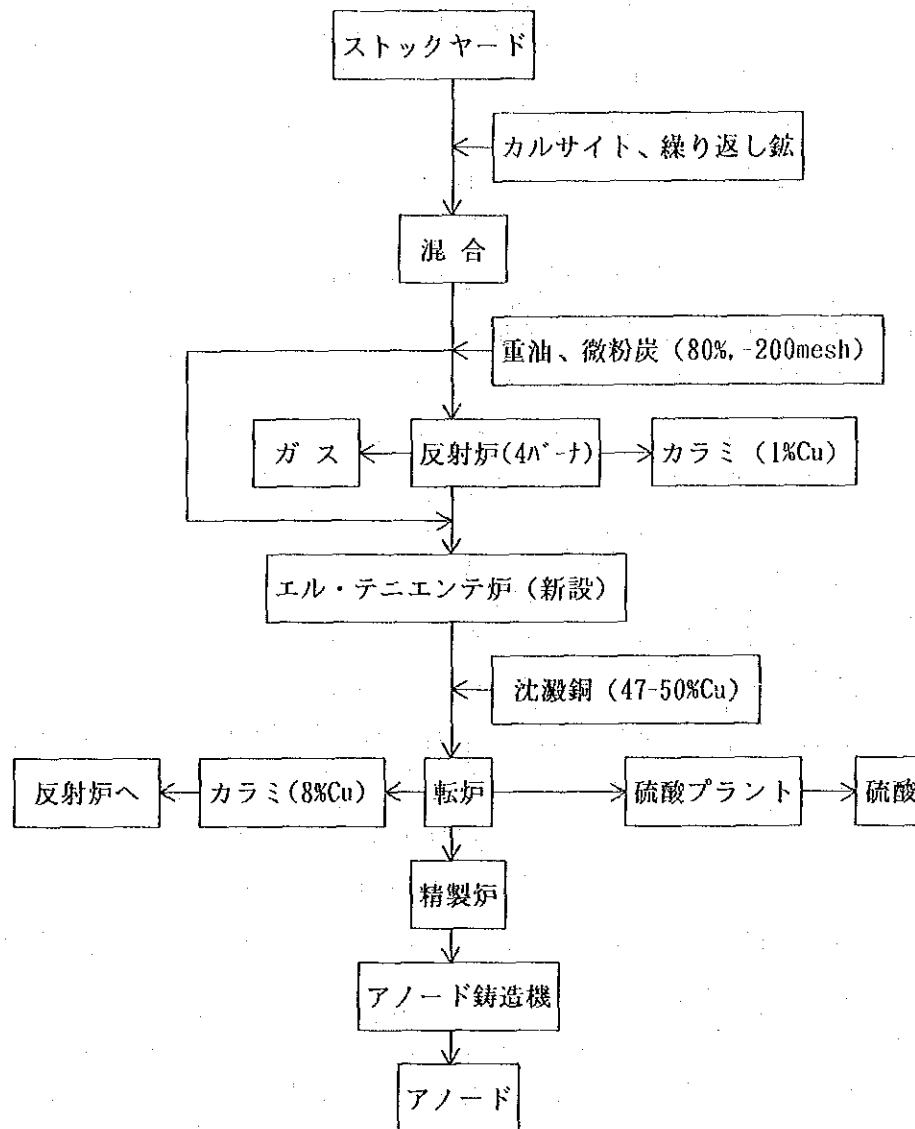


Fig. II-3-11 HERNAN VIDELA LIRA FUNDACION のフローシート

現在起業中のエル・テニエンテ・プロセスと、硫酸工場の拡張が完成すると、精鉱処理量は従来の年20万トンから30万トンとなり、アノード生産量も年間6万6千トンから9万トンになり、硫酸の生産も4万5千トンから10万トンとなる。

ストックヤードは2,500トン×12室である。反射炉は8×32m×4mHの大きさと、2.5時間に1回のチャージを行い、600t/dの能力を持つ。スラグ温度は1200°Cとのことであった。微粉炭用のボールミルはCLAUDIUS PETERS (独) 製で、8t/hの能力を持つ。エル・テニエンテ炉は回転式で4mφ×15mのサイズで、転炉の1台はPS、2台はCHK HOBOKEN製、精製炉はPEIRSE SMITH製である。ダスト回収用ベンチュリースクラバーは、LURGI (独) 製を新設中で、効率95%とのことだった。蒸気から2,500kWを発電するパワープラントには、非常用のディーゼル発電機を持つ。乾燥塔、熱交換機、触媒コンバータ、吸収塔から成る、硫酸プラントは2月までの予定で休止中であった。

16モールド、40t/hのモールドキャスターでは、CHUQUICAMATA用(375kg)とLAS VENTANAS用(275kg)とでサイズを変えて鑄造している。

### 3) 感想とコメント

- ・エル・テニエンテ炉と硫酸プラントの起業工事中で、多くの下請け業者が活発に動き回っていた。
- ・作業環境としては、決してきれいではなかったが、製錬所としてはまずまずの環境水準であった。
- ・外部からの分析の受注はしていないとのことであった。

### 3-4-11 PLANTA DE MINERA VALLENAR (ENAMI) (エナミ、ヴァジェナール選鉱場)

訪問先; PLANTA DE MINERA VALLENAR (ヴァジェナール選鉱場)

ヴァジェナール市内から、車で5分。

日時; 1993年1月15日 10時~13時

対応者; HUGO BALOCCHI VELASTIN ADMINISTRADOR

LUIS BOGDANIC JEFE DE PRODUCCION

内容;

#### 1) 工場の概要

この工場では高品位鉱(12%Cu, 40g-Au/t, 4kg-Ag/t)、硫化銅鉱(2.0%Cu)、金鉱(6g-Au/t)、混合鉱(3.25%Cu Sol., 1.1-1.2%Cu Insol., 1.0-1.5g-Au/t)、酸化鉱の5種の鉱石を買鉱し、高品位鉱以外を処理している。硫化鉱(14,000t/月)と金鉱(6,000t/月)は浮選で処理し、銅実収率90%、金実収率65~75%で、24~25%Cuの銅精鉱を生産している。また、混合鉱(6,000t/月)と酸化鉱の微粉の部分は、まず浮選で処理(実収率40~45%)した後、尾鉱をアジテーションリーチングで処理し、合計銅実収率85~86%を得ている。酸化鉱の粗粒の部分は、団鉱にした後ヒープリーンチングを行い、沈澱銅を回収している。

SX/EWのパイロットプラント(250kg-Cu/d)を保有しているが、3年前に試験を中止した。99.88%Cuの銅カソードを生産していたが、オペレーションコストが108~118\$/t-Cuと高かったことが試験中止の主因だとのことである。当時のオペレータは4人であったが、買電コストが高かったことが原因であろうか。

ここでは小鉱業者用にチリ式ミルを含む破碎工場を賃貸しており、1g-Au/tの費用を取っている。サンプリング室には、パルペライザー、振動ミル等があり5人でシフトを組んで働いている。また、リーチングカラム、浮選試験機、テストミル、フィルターなどを保有し、一応浮選試験ができる体制がある。

#### 2) 硫化銅鉱・混合鉱処理用浮選工場のフローシート

浮選工場のフローシートをFig. II-3-12に示す。

酸化鉱も共通のトラックスケールで秤量し、参考分析用のサンプルを採取した後、ヤードに堆



積する。ローダーで、グリズリ (12INCH OPENING) を通してホッパー (4×4×2 m H×10室) に給鉱され、1次 (JAW)、2次 (5FT STD SYMON CONE)、3次 (5FT SHD SYMON CONE) クラッシャを通して、8 INCHの鉱石を85~90%-1/4INCHに破碎する。破碎回路は約120t/hの能力を持つ。破碎後1ロット (12~100ton) 当たり1,000gのサンプルを採取し、化学分析を行って買鉱価格を決定する。

磨鉱と浮選回路は、硫化鉱用と混合鉱用の2つに分かれている。硫化鉱用の磨鉱は、2段階のボールミル (7×9FT) とサイクロンで、銅鉱石の場合65%-200meshは、金鉱石の場合は75%-200 meshまで粉碎する。磨鉱能力は約360~400t/dである。酸化鉱用の磨鉱は、2段階のボールミル (4×5FT) とサイクロンで、60%-200meshまで粉碎する。磨鉱能力は約460~500t/dである。

硫化鉱の浮選は粗選 (18CELL×NEDAG 1.5m<sup>3</sup>) と、3段階の精選で行い、24~25%Cuの銅精鉱を、銅実収率90%、金実収率65~75%で生産している。混合鉱の浮選は、粗選 (10CELL×DENVER #21) と2段階の精選 (DENVER#18) で行い、19%Cuの銅精鉱を、銅実収率40~45%で生産している。主要な浮選試薬は、硫化鉱用の捕収剤AF-323 45~60g/t、起泡剤MIB 20~30g/t、消石灰3.5~4.0kg/t、pH10.5 (金浮選の場合はNATURAL pH)、混合鉱用の捕収剤F-114、AF-208、AF323の各等量混合45~60g/t等である。

脱水乾燥工程によって、銅精鉱の水分は10%、金精鉱の場合は水分25%となる。

混合鉱の浮選尾鉱はシックナーで濃縮後、4.5kg/kg-Cuの硫酸を添加して、3台のタンクで2時間のアジテーションリーチングを行う。溶出した銅 (8-10g-Cu/l) は、5段階のカウンター・カレント・デカンテーションで固体と分離し、酸化鉱リーチング工程の中間液池に送られる。

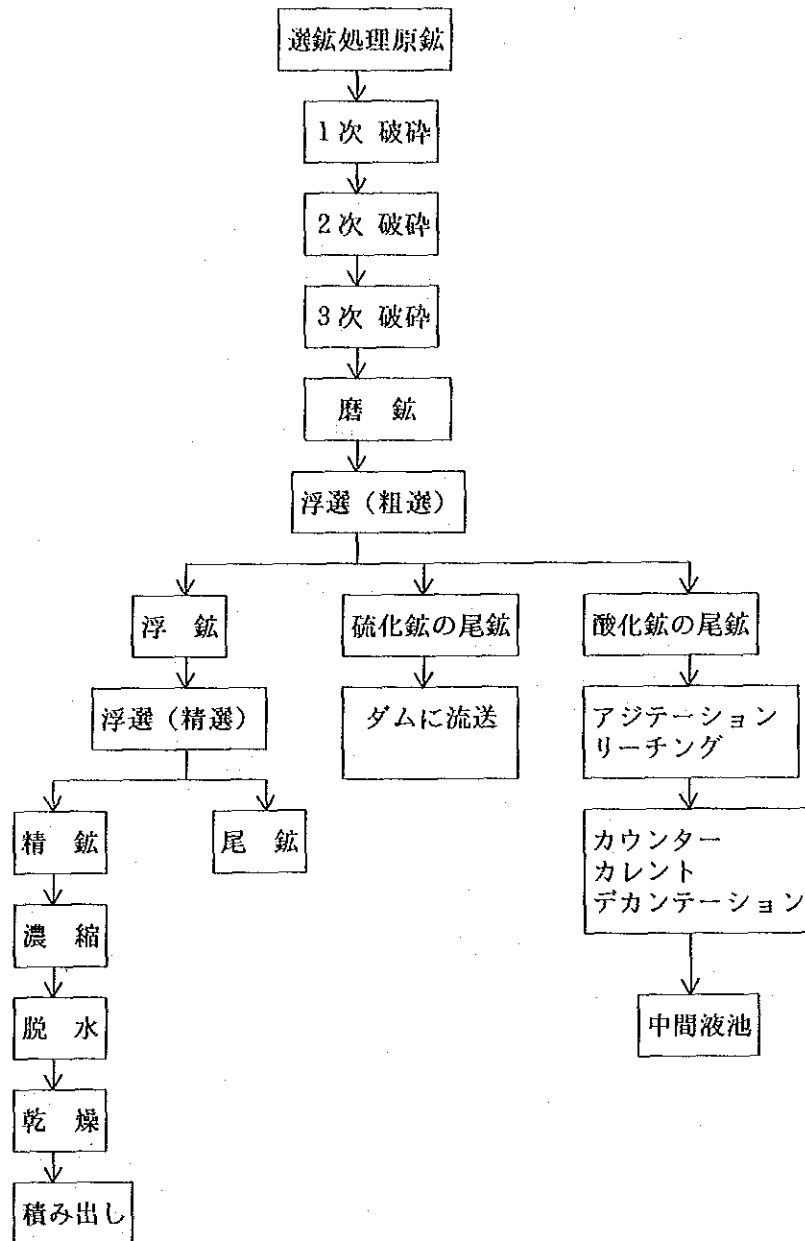


Fig. II-3-12 MINERA VALLENAR 選鉱場 浮選工場のフローシート

### 3) 酸化鉱処理フローシート

Fig. II-3-13に酸化鉱処理のフローシートを示す。鉱石は破碎し、スクリーンで微粉を除去したのち、硫酸（125%LAB当量）と水（80~90ℓ/t）を添加して団鉱とし、ヒープ（18×30×2m II）に堆積し、18~20ℓ/m<sup>2</sup>のスプレーを16~19日間続け、約75%の銅を浸出する。

浸出貴液（15-20g-Cu/ℓ）は、5台2段の回転式沈澱機と、6槽の沈澱槽（6×6m）で、1.2kg/kg-Cuのスクラップ鉄（55 Peso/kg）を使用して沈澱銅を回収し、真空脱水機と天日乾燥によって82~83%Cu、水分10~11%の最終製品に仕上げる。

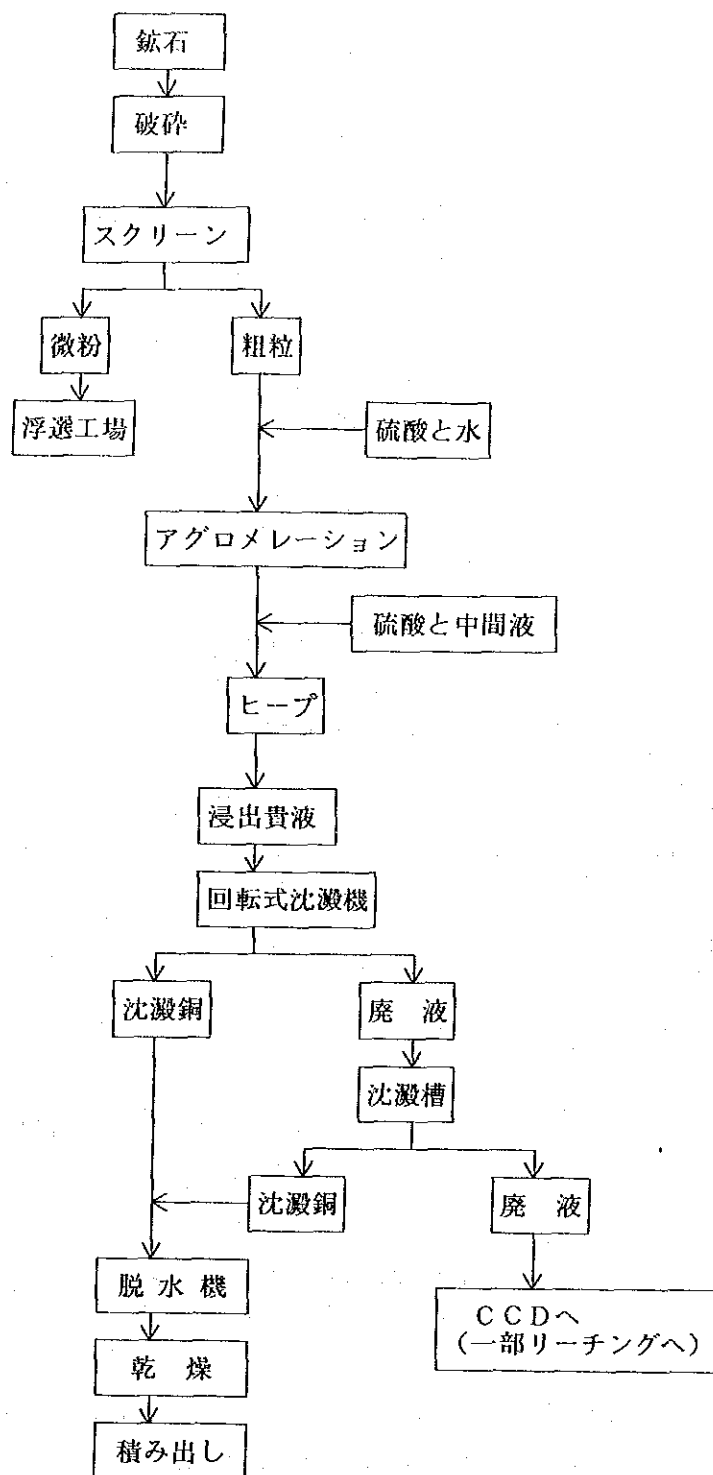


Fig. II-3-13 MINERA VALLENAR 選鉍場 酸化鉍処理のフローシート

4) 感想とコメント

- ・今回見学したエナミ社の選鉍場の中では、最も試験設備が整っていたが、外部の試験を依頼できるほどの能力はないと思われた。
- ・混合鉍の浮選とアジテーションリーチングを組み合わせたプロセスは、金などの貴金属の回収も可能であり、優れた方法である。
- ・MARTINEZと同様、ここでもSX/EWのパイロットテストを実施しながら、企業化に結びついていない。今回の調査では時間の関係もあり、十分に検討できなかったが、この理由は、さらに検討する必要がある。

3-4-12 MINA DE LA CANDELARIA (MINERA CANDELARIA) (ラ・カンデラリア鉱山)

訪問先; MINA DE LA CANDELARIA (ラ・カンデラリア鉱山)

コピアボ市内から、車で20分。

日時; 1993年1月16日 9時~11時

対応者; ROBERT I. PENNINGTON      CONCENTRATOR SUPERINTENDENT

ROBERT E. PRESTIS      INGENIERO JEFE DE PLANIFICACION MINA

内容;

1) 鉱山開発工事の進捗状況

鉱山サイトでの工事に電力110kVAの受け込みは既に完成しており、現在MINING POWER LOOPの工事中である。

作業用水は付近のOJOS DEL SALADO社の水源池からパイプラインを引いて、新設の用水タンクに貯めて使用している。

訪問の前日(1月15日)、採鉱準備作業が始まった。電力が準備でき次第、2月から剥土作業を開始する。当初の剥土など2.5百万トン、1次クラッシャー抜き出しコンベヤの基礎部の埋立に充てる。

道路作業等のブルドーザ、グレーダー、またクレーン類は稼働しており、ローダー、ボーリングドリル、大型トラック(ドレッサー小松4台)の組立作業の最中である。トラックのうち2台は今週中に完成予定で、トラックのベッセルについては半割でアントファガスタに陸揚げ後、溶接し運搬中であった。

現在800~900人が1週48時間働いており、パイプライン工事などには2方で作業している。クリスマス明けから、米国からのスタッフが続々到着しており、現在12名とのことであった。

建設中または完成した主な設備は、火薬庫(完成)、給油所(基礎)、ローダー(組立中)、ドリル(組立中)、トラック(組立中)、倉庫(一部完成)、スタッフ事務所(電気は未完)、重機修理場(GILDEMEISTER, P&H OTERO, DICS, 基礎)、MINING POWER LOOP(変圧器など一部完成)、臨時用水タンク(完成)、パッチャプラント(完成)、1次クラッシャー(基礎)、中間ストックパイル(基礎)、社員食堂(建設中)、選鉱場(基礎)、尾鉱シクナ(基礎)、主変電所(基礎)等である。

3-4-13 PLANTA DE PUDAHUEL (SOCIEDAD MINERA PUDAHUEL) (プダウエル工場)

訪問先 ; PLANTA DE PUDAHUEL (プダウエル工場)

サンチャゴ市内から、車で30分。

日 時 ; 1993年1月19日 16時~17時30分

応対者 ; CARLOS LASSERRE DORLHIAC GERENTE GENERAL

HERRANDO ALCAYAGA JEFE DE OPERACIONES

同行者 ; JULIO CHAZARRO ORTIZ

内 容 ;

1) 工場の概要

この工場は、1980年に建設された百万トン/年の能力を持つリーチング、SX/EW方式の(酸化)銅鉱石処理工場である。当初は酸化鉱のみ(2.2%Cu)の処理でスタートしたが、次第に硫化鉱石の混合比率が増加し、現在では硫化鉱(輝銅鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱、斑銅鉱、コベリン等を含む)を処理している。現在の原鉱品位は1.25~1.30%Cuで、3年分の残存鉱量を持ち、銅の総合実収率が80%(ただし黄銅鉱の浸出率は、20%以下)である。最初の処理法はHOMELS & NURVERの特許を使っていたが、後に硫化鉱も処理できる方法(バクテリアリーチングを含む)を発明し、他社(QUEBRADA BLANCA, CERRO COLORADO)に技術を販売した。アグロメレーションが液の浸透性を改善する意味で重要であり、これによってチャンネリングや、酸素不足を防止できる。コストも50-55CENT/lbCuと安く、ヨーロッパ、日本、米国に輸出している。採鉱部門は、1日2方、処理部門は3方で365日操業しており、全山で350~400人の人員である。4~6mの高さのヒープに対し、6箇月のリーチング(酸化鉱の場合は20日であった)を行う。浸出が終了したヒープは再移動せず、その上に新しいヒープを積み上げる(現在3段目を実施中)。必要な硫酸は、チャイレスから購入している。必要な電力はCHILECTRAから買電している。

2) フローシート

工場のフローシートをFig. II-3-14に示す。

鉱山からトラックで運ばれた鉱石は、4段の破碎工程(JAW & CONE CRUSHERS)で1/4INCHに破碎される。硫酸(15~30kg/t ORE, 100~120kg WATER/t ORE)を加えてアグロメレーションを行い、トラック(20~25t)、ローダーとスタッカーによって、ドレンパイプを配置したプラスチックライニングの上に4~6m高さのパイル(400,000m<sup>2</sup>)を積む(作業人員4人)。鉱石はあらかじめ調べられた実収率と、酸消費量によって仕分して処理される。浸出液(1.5~2g-Cu/l)は集水溝に集められ、沈澱池で粒子を分離した後、SXプロセス(7000l/min×2 lines)でLIX984(860+84)を使って銅を濃縮(50g-Cu/l)する。ポストセッターで溶媒を完全に除去した後、電解採取(EW)法で99.98~99.99%Cu(Pb, Fe, Sが不純物)のカソード銅を生産する。タンクハウスは72セル(うち8はSTARTING SHEET用)×60組の大きさで、鉛アノードはROYSTON & RSRを使用している。カソード面積は1m<sup>2</sup>、間隔10cm、電圧1.9~2.1V/CELL、電流冬期(180A)夏期(220A)、電力原単位は0.84kWh/lbCuである。

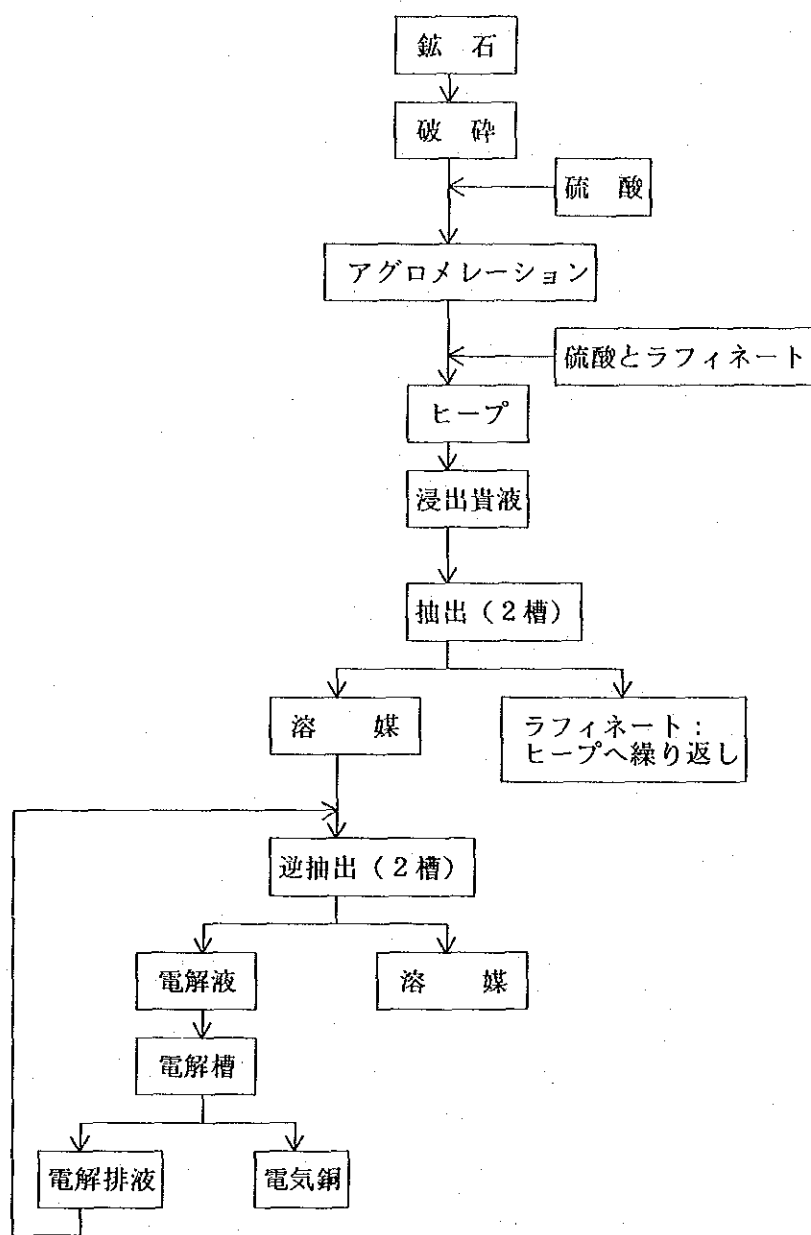


Fig. II-3-14 PLANTA DE PUDAHUEL 鉱石処理フローシート

3) 感想とコメント

- ・今回の調査対象の中では最も大規模なリーチング設備であり、技術力も高かった。
- ・対象鉱石の主要銅鉱物が輝銅鉱であるので、バクテリアリーチングが可能となり、またリーチングサイクルが長い。
- ・この会社にはエンジニアリング部門があり、鉱山開発に関わった経験を有する。

3-4-14 調査結果のまとめ(研究部門)

現地調査の結果を簡単にまとめると、Table II-3-7 のようになる。CIMMは、本部内にSX/EW装置を保有していないという問題点を除けば、実績も他を抜いて優れており、世界的に見ても高水準の施設と技術を備えており、今後セロネグロ関係の選鉱試験を依頼する場合の第1候補と考える。ただし、現地のいずれの研究施設で試験を実施する場合も、日本でも重要な部分の試験を行い、結果のチェックを行うことが重要である。

Table II-3-7 研究設備(まとめ)

名 称	ベンチ スケール	パイロット プラント	技術 スタッフ	装 置	実 績	そ の 他	総合 順位
	FL LIX	FL LIX	FL LIX	FL LIX	FL LIX	CH MIN	
CIMM	○ ○	○ △	○ ○	○ △	◎ ◎	○ ○	1
UDATAC	○ ○	○ △	○ ○	△ △	○ ○	△ △	2
INTEC	○ ○	○ ×	○ △	○ ×	○ ○	○ ○	3
UDCHILE	○ ×	△ ×	○ △	○ ×	○ ×	△ ○	4

註) UDATAC;アタカマ大、UDCHILE;チリ大、FL;浮選、  
LIX;リーチング、◎優良、○良、△やや良、×不良。

1月21日に行った、エナミ社カウンターパートとの打ち合わせにおいて、今後PHASE 2)の選鉱試験計画を詳細に作り、金属鉱業事業団に説明し承認を得た後、エナミ社に送付するように依頼された。エナミ社では、複数の研究施設からその計画に基づくプロポーザルと見積を取る考えである。さらにその席で、エナミ社カウンターパートは、浮選の後アジテーションリーチングを行うフローシートはどうかと提案してきたが、フローシートの詳細は基礎テストに基づき、総合的に検討すべきテーマであるとする。

Table II-3-8に、今回調査した選鉱場の概要を示す。今回の調査対象にも見られるように、セロネグロのように酸化鉱、混合鉱、硫化鉱が並存する場合の、各種処理法の組み合わせは数種が考えられるので、今後十分な選鉱試験を行うことが望ましい。

Table II - 3 - 8 選鉱場調査結果 (まとめ)

選鉱場	適用技術				鉱石処理能力	
	浮選	LCH/SX/EW	LCH/PREC	FLOT/AGIT	FLOTATION	LEACHING
MANTO VERDE	無し	有り	無し	無し		10t/d
EL SALVADOR	有り	無し	無し	無し	33,000t/d	
MARTINEZ	有り	無し	有り	無し	400t/d	600t/d
FLORIDA	無し	有り	無し	無し		200t/d
MATTA	有り	無し	有り	無し	2,500t/d	200t/d
VALLENAR	有り	無し	有り	有り	670t/d	600t/d
PUDAHUEL	無し	有り	無し	無し		2,740t/d

## 3-4-15 今後の選鉱試験計画の提案

今後必要な選鉱試験の概要を、Table II - 3 - 9 に示す。

第1に必要なのは鉱物学的研究である。これは地質調査の一環として実施されるものではあるが、通常選鉱処理の立場からの研究は内容的にさらに細部にわたるものであり、別途専門的な研究が必要である。

次に、浮選試験の基礎試験が必要である。主として硫化銅鉱石を対象に、最適な選鉱成績を得るための、選鉱試薬の選定、磨鉱粒度の選定、その他の浮選条件の選定を行う。混合鉱についてはさらに広範な研究が必要とされることが多い。このテストと4番目のテストとに必要な、鉱床を代表する鉱石サンプルの量は、200~500kgである。このサンプルとしては、ボーリングコアの残試料と、数孔の大口徑ボーリングで採取する試料の利用が考えられる。

3番目は、酸化銅鉱石を対象としたリーチングテストである。サイズと浸出率の関係、酸消費量の測定、リーチング液の繰り返しに伴う不純物の蓄積の評価等を行う。カラムの大きさにもよるが、必要な鉱石サンプル量は2~6トンであろう。このサンプルとしては、鉱床上部から採取することが最も望ましいが、十分な鉱物学的検討結果に基づいて、隣接する小鉱山から採取することも考えられる。

4番目に、以上の結果に基づき、総合的な選鉱処理フローシートを検討し、確認するためのテストが必要である。この段階で、例えば混合鉱石を先に浮選で処理し、尾鉱をアジテーションリーチングで再処理するなどのアイデアの検討を行い、総合的に最も有利なフローシートの基本的設計を行う。

5番目は、以上に基づきPRE-F/Sを実施する。この段階で、重要な機械装置(ミル、シックナー、フィルター)の設計用データを得るためのテストも行う必要がある。この段階までに必要な時間は、最低10箇月であろう。



この場合、現地にパイロット・プラントを建設する場合と、研究所などの既存の施設を利用する  
 場合が考えられる。既存の施設を利用する場合、最終F/Sまでに必要な時間は、順調に行って1  
 6箇月程度と予想する。

Table II-3-9 選鉱試験計画の骨子(提案)

試 験 項 目	SAMPLE	期 間									
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	MONTH
1. MINERALOGICAL STUDY		—									
2. FLOTATION(BENCH SCALE)	200~500kg	—————									
3. LEACHING(COLUMN TEST)	2~6 ton	—————									
4. FLOWSHEET DEVELOPMENT		—————									
5. PRE-FEASIBILITY STUDY		—————									
6. PILOT PLANT TEST	100 ton	—————									
7. FINAL F/S		—————									

## 第4章 物理探査

### 4-1 IP検層

IP検層の対象ボーリング孔として、昨年度ENAMIの行った地表物理探査（周波数領域IP法、磁気探査）から得られた異常源の再解析とその評価を目的に10孔を選んだ。

ボーリング孔の配置をFig. II-4-1に示す。また、作業量一覧表をTable II-4-1に示す。

#### 4-1-1 測定方法

検層に使用した機器配置をFig. II-4-2に示す。検層の対象とした10孔の大部分において、表層部分の孔壁の崩落を防ぐため、塩化ビニールのケーシングを挿入した。測定系の概略をFig. II-4-3に示す。電極配置は先端からC-P-Pの3極で、電極間隔は5mである。電磁カップリングの影響を防ぐために、電位線にはツイステッドペアケーブルを用い、流電線はシールドした。なお、地下水位が全般に深いため、タンクローリー車を現場に配置し、人為的に水位を上昇させて以下の測定を実施した。1孔当たりの注水量は最大でも1トン前後である。

測定手順を以下に示す。

- ① 測定深度までケーブルを降ろす。
- ② 送信機から3Hzの定電流を流す。
- ③ 電位を測定する。
- ④ 0.3Hzの定電流を流す。
- ⑤ メーターを読み取り、PFE値を直読する。
- ⑥ 見掛比抵抗値を算出する。
- ⑦ データの品質を検討し、悪い場合②～⑥を繰り返す。
- ⑧ 最終深度まで①～⑦を繰り返す。

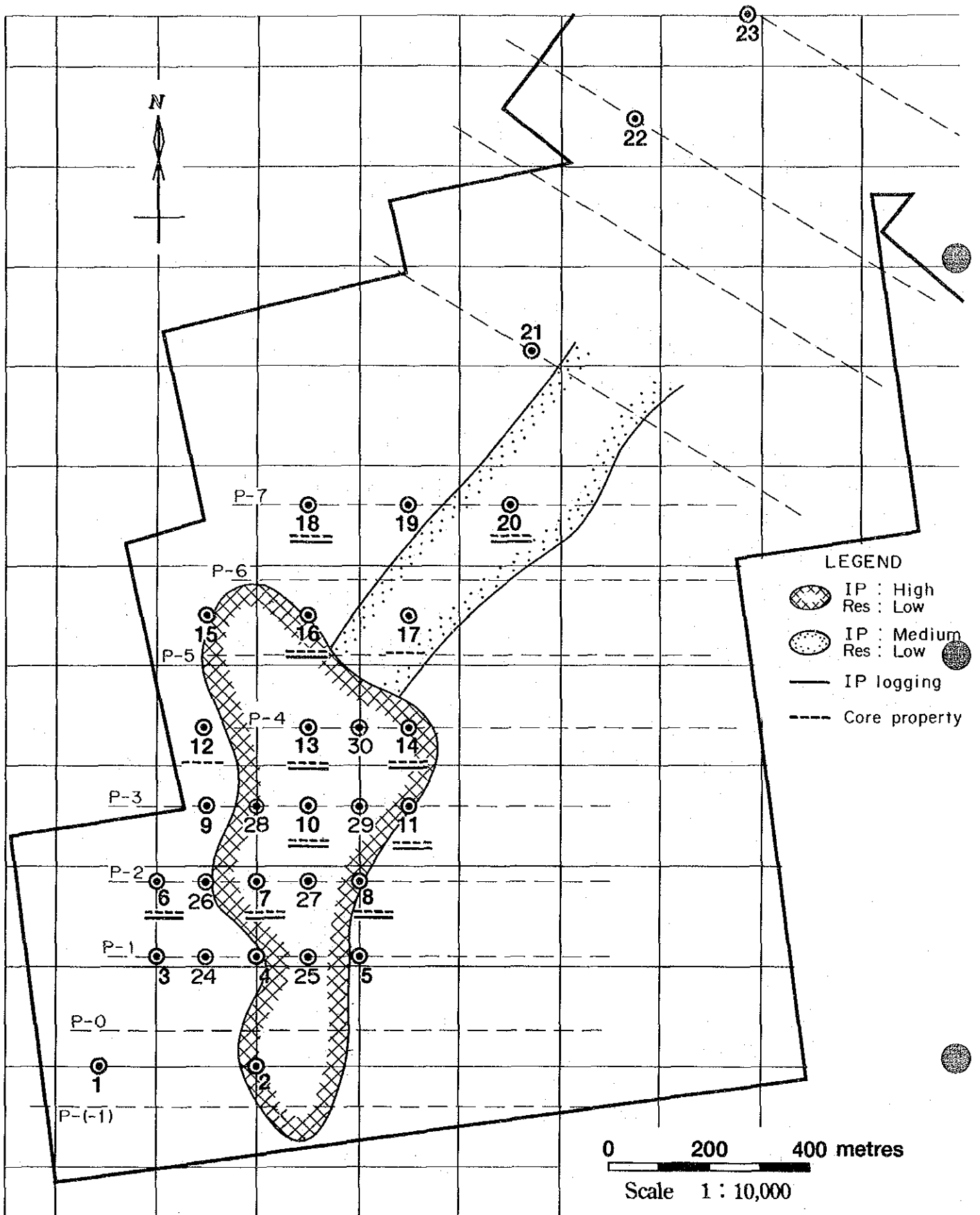


Fig. II - 4 - 1 物理檢層實施孔位置圖

Table II - 4 - 1 作業量一覧表

ボーリング孔名	掘進長 (m)	I P 検層		サンプル I P 測定		サンプル磁化率測定	
		測定区間(m)	測定点数	採取区間(m)	測定個数	採取区間(m)	測定個数
MJCC-6	161.35	25 ~ 120	20	6.32 ~ 159.51	32	6.32 ~ 159.51	32
MJCC-7	200.10	10 ~ 190	37	1.40 ~ 199.96	39	1.40 ~ 199.96	41
MJCC-8	190.20	15 ~ 180	34	4.20 ~ 189.72	38	4.20 ~ 189.72	38
MJCC-10	160.40	5 ~ 150	30	0.77 ~ 159.83	33	0.77 ~ 159.83	33
MJCC-11	190.85	15 ~ 185	35	0.64 ~ 189.70	39	0.64 ~ 189.70	39
MJCC-12	169.30			13.00 ~ 165.15	31	4.90 ~ 165.15	33
MJCC-13	240.00	10 ~ 225	44	50.70 ~ 239.70	20	0.10 ~ 239.70	49
MJCC-14	204.90	10 ~ 195	38	0.32 ~ 204.61	42	0.32 ~ 204.61	42
MJCC-16	216.75	15 ~ 190	36	5.50 ~ 214.63	42	1.10 ~ 214.63	44
MJCC-17	160.05			0.44 ~ 160.00	33	0.44 ~ 160.00	33
MJCC-18	184.35	10 ~ 140	27	5.70 ~ 179.63	36	5.70 ~ 179.63	36
MJCC-20	187.65	10 ~ 185	36	1.10 ~ 184.95	26	1.10 ~ 184.95	38
その他				標準サンプル測定	13		
合計	2265.9	1635	337	2157.3	424	2220.4	458

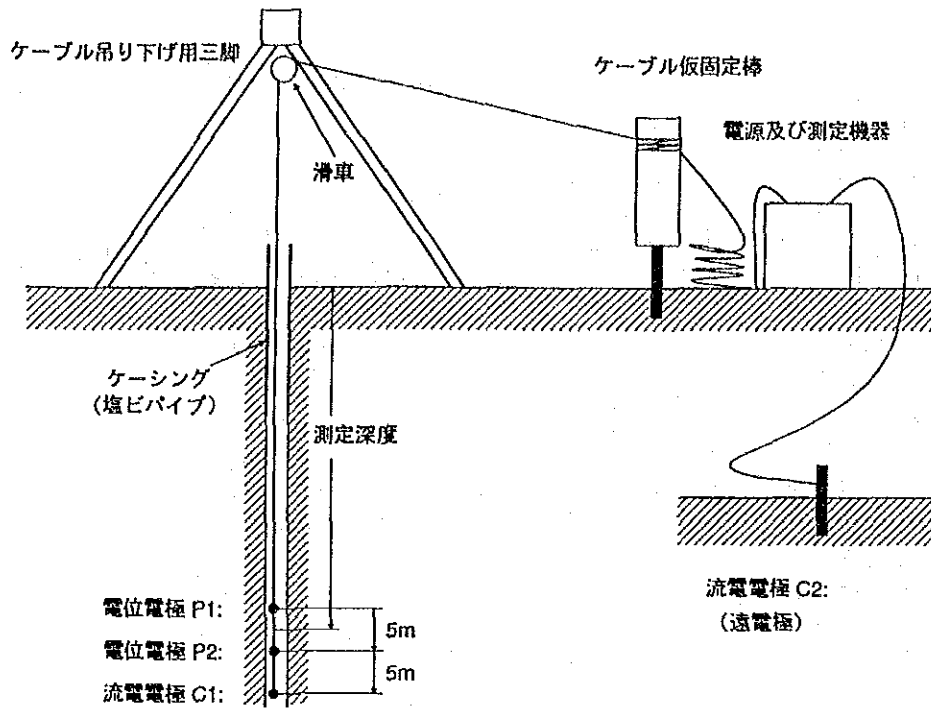


Fig. II - 4 - 2 IP 検層概念図

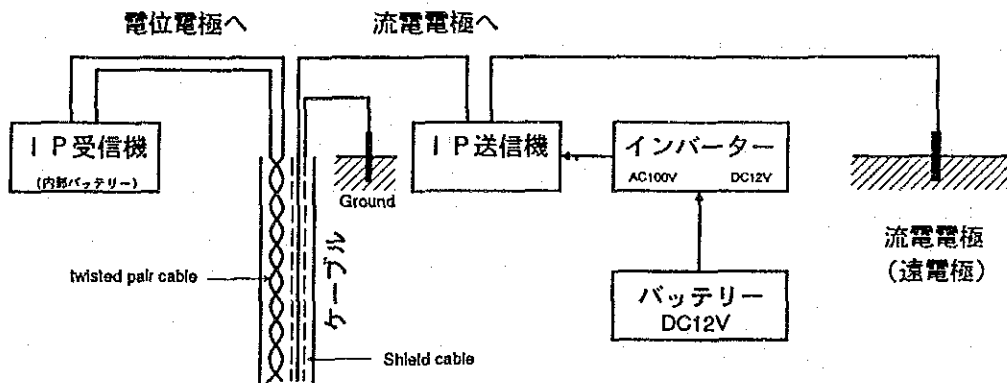


Fig. II - 4 - 3 IP 検層測定系概念図

#### 4-1-2 測定装置及び機材

本調査で使用した機材をTable II-4-2に示す。

Table II-4-2 I P 検層測定装置及び機材一覧表

装置名	機種名	機能・性能
I P 送信機	MODEL DH-125 Transmitter (千葉電子製)	送信周波数: 3.0, 1.0, 0.3, 0.1Hz, TD(2Sec) 出力電流: 2.5, 10, 20, 50, 75, 100, 125mA (電 源: AC 100V, 50~400Hz)
I P 受信機	(周波数領域) MODEL CH-8104R (千葉電子製)	受信周波数: 3.0, 1.0, 0.3, 0.1Hz 入力レベル: 0.1mV~10.0V 電 源: 006P(9V)×2
	(時間領域) MK III (カナダ, ハンテック社製)	受信周波数: 2Sec 入力レベル: 30μV~10V 電 源: 12Vバッテリー
DC-AC インバーター	MODEL 1311 (千葉電子製)	入 力: DC12.5V, 12Amax 出 力: AC100V, 1A
検層用 ケーブル	350m, 9φ, 3芯 { 2芯: 平行ツイストケーブル 1芯: シールドケーブル 電極間隔 C <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> =P <sub>2</sub> -P <sub>1</sub> =5m に調整	

#### 4-1-3 測定結果

測定に先立ち、周波数領域 (F. D.) で I P 検層を実施した場合の電磁カップリングの影響を評価するため、M J C C - 14において周波数領域と時間領域 (T. D.) の 2 種類で比較測定を行った。測定結果を Fig. II-4-4 に、また同一深度の I P 値と比抵抗値の相関図を Fig. II-4-5 に示す。これらの図より F. D. と T. D. の測定値には、一次回帰式の関係が成立しており、電磁カップリングの影響が認められないことがわかる。したがって、以後の測定では仕様どおり F. D. を採用した。I P 検層の対象としたボーリングは、地表 I P 異常の再解析に役立てることができ、

かつ調査地域における全体的な傾向を把握できるような観点から、MJCC-6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 18, 20の計10孔とした。物理検層実施孔位置図をFig. II-4-1に示す。また各孔ごとの測定値の平均値一覧表をTable II-4-3に示す。以下、各孔ごとの測定結果について述べる。

(MJCC-6) : Fig. II-4-6

0~100m間のIP平均値が2.0%に対して100m~孔底間で8.8%と、100m以深でやや高い傾向を示す。比抵抗も同様で、深さとともに増加傾向を示す。0~50mの低抵抗部は粘土化変質の影響と考えられる。

(MJCC-7) : Fig. II-4-7

0m~孔底間のIP平均値は13.5%と全般に高い。比抵抗は、120~150m間で硫化物の鉱化帯に対応して1~10 $\Omega$ ・mと非常に低いが、その他では100~1,000 $\Omega$ ・mと高い値を示す。

(MJCC-8) : Fig. II-4-8

IP平均値は0m~孔底間で4.3%と全般に低い傾向を示すが、160~180m間で10%前後とやや高い。比抵抗は0m~孔底間で363 $\Omega$ ・mと全般に高い値を示し、変化が少ない。

(MJCC-10) : Fig. II-4-9

0m~孔底間のIP平均値は17.6%と全般に高IPを示し、硫化物の鉱化帯の存在と調和的である。比抵抗は硫化物の鉱化帯に対応して10 $\Omega$ ・m以下と非常に低く、その他の部分で100~500 $\Omega$ ・mと高抵抗を示す。

(MJCC-11) : Fig. II-4-10

0m~孔底間のIP平均値は10.1%と高く、特に60~100m間で15%前後を示す。比抵抗は60~100m間の高IP部で10~50 $\Omega$ ・mとやや低く、その他では100 $\Omega$ ・m前後である。

(MJCC-13) : Fig. II-4-12

0m~孔底間のIP平均値は18.3%と今回対象としたボーリング孔で最大を示す。特に20~80mでは硫化物の鉱化帯に対応してIPが20%前後と高く、比抵抗は場所によって20 $\Omega$ ・m前後と低い。100m以深では1,000 $\Omega$ ・m前後と高抵抗を示し、かつIPも20%前後と高い。

(MJCC-14) : Fig. II-4-13

0m~孔底間のIP平均値は11.9%で、全般的に高い傾向を示す。比抵抗は、0~100m間で約200 $\Omega$ ・mと一定であるが、100m以深で40~1,000 $\Omega$ ・mと変化に富む。

(MJCC-16) : Fig. II-4-14

0m~孔底間のIP平均値は3.0%と低いが90m以深で5%前後とやや高い。比抵抗は、0~100m間で200 $\Omega$ ・m前後とほぼ一定であるが、150m以深で1,000~10,000 $\Omega$ ・mと非常に高い。

(MJCC-18) : Fig. II-4-16

0m~孔底間のIP平均値は1.0%と今回の調査では最も低い値を示した。比抵抗は10~40mで10~100 $\Omega$ ・mとやや低く、50m以深で100~300 $\Omega$ ・mと変化が少ない。

(M J C C - 20) : Fig. II - 4 - 17

0 m ~ 孔底間の I P 平均値は 3.5% と全般に低い。比抵抗は 0 ~ 120 m 間で約  $100 \Omega \cdot m$  であるが、130 ~ 180 m で  $1,000 \Omega \cdot m$  前後と高い値を示す。

#### 4 - 2 物性測定

本調査では、I P 検層の対象としたボーリング孔のコアサンプルを用いた磁化率測定とサンプル I P 測定を行った。また、標準サンプルとして黄銅鉱、磁鉄鉱、鏡鉄鉱、赤鉄鉱の純粋な試料について I P 測定を行った。

##### 4 - 2 - 1 測定方法

###### ・磁化率

コアのサンプリングは、原則的に 5 m ごとに行った。破碎しているコアについては細かく分砕し、アクリルケースに入れて測定した。測定手順を以下に示す。

- ① 磁化率計を初期設定する。(オフセット, ゼロバランス)
- ② サンプルをコイルに入れ、レンジ、可変つまみで平衡状態を作り、その時の読み値を野帳に記入する。
- ③ サンプルをコイルから取り出し、平均の長さ、径とをノギスで計測する。
- ④ 計算式(磁化率計固有)により、磁化率を算出する。

###### ・サンプル I P 測定

サンプルは磁化率の計測に用いたコアを長さ約 5 cm に平行カットしたものを使用した。破碎したコアは除外した。Fig. II - 4 - 18 に測定系図を示す。以下に、測定手順を示す。

- ① カッティングされたサンプルを一晩水に浸す。
- ② サンプルの長さ、径を計測する。
- ③ サンプル I P 測定装置にセットする。
- ④ 送信機から 3 Hz の定電流を流す。
- ⑤ 電位を測定する。
- ⑥ 0.3 Hz の定電流を流す。
- ⑦ メーターの読みより、P F E 値を直読する。
- ⑧ 見掛比抵抗値を算出する。
- ⑨ データの品質をチェックし、必要ならば④ ~ ⑧ を繰り返し再測する。