

1-3-5 各孔別地質記載

平成4年度に実施したコアボーリング(MJCC-1~30)及び物理探査により捕捉した鉍化帯の分布並びに品位を詳細に把握するために、第I-1-3-1図に示す位置にコアボーリングを実施した。以下、地質・変質及び鉍化作用について、第1年次報告書に収録できなかった18孔と第2年次に実施した23孔、合計41孔の地質記載を行う。

なお、地質・変質については各孔別地質柱状図(付録)を、鉍化作用については各孔別鉍化帯品位一覧表(第I-4-2-1図)と顕微鏡観察結果一覧表(第II-1-3-1(1)及び(2)表)をそれぞれ参照されたい。

MJCC-1

<地質・変質>

本孔は、上位より破碎岩類(Los Cerros Floridas-W断層に伴う破碎帯)及び安山岩第2層からなる。

地表下1.7mから深度116mまでは著しく破碎され、珪化を受けた安山岩及び同質凝灰岩(破碎岩類)が、深度116mから孔底(221.7m)までは無斑晶質安山岩溶岩(安山岩第2層、以下第2層と略する)がそれぞれ分布している。

深度92m、116m及び165m付近では破碎帯が認められる。

鏡下観察：深度28.1mの角閃石斑岩は、完晶質～斑状組織を呈し、斜長石、角閃石及び不透明鉍物の斑晶に富み、基質を絹雲母、緑泥石及び方解石等が充填している。

<鉍化作用>

鏡下観察：深度196.8mの角礫化安山岩には、破碎部分を充填して網状～細脈状の黄銅鉍が認められる。磁鉄鉍は赤鉄鉍化している。脈石鉍物には細脈状の石英や方解石がある。

銅鉍化：深度80～100m間には割れ目を充填して孔雀石が、深度85m～孔底間には空隙及び割れ目を埋めて黄鉄鉍や黄銅鉍がそれぞれ分布している。

硫化鉍帯 深度84～98m、171～198m

鉄鉍化：深度180m付近に安山岩の基質を埋めて磁鉄鉍や赤鉄鉍が見られるものの全般的に鉄鉍化は弱い。

MJCC-2

<地質・変質>

本孔は安山岩第4層からなる。

地表下3.2mから深度152mでは角礫化安山岩からなり、深度111～131m間に緑泥石化作用を被った安山岩溶岩と鉄鉍染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が挟在している。深度152mから孔底(164m)までは角礫化安山岩及び凝灰岩からなる(以上、第4層)。

<鉍化作用>

鏡下観察：深度58.2mの角礫化安山岩は、鏡鉄鉍と磁鉄鉍に富み、脈石鉍物として方解石や石英が普通に見られる。

銅鉍化：地表から孔底まで割れ目を埋めて孔雀石が散点的に認められる。

混合鉍帯 深度4～13m、25～35m

鉄 鋳 化：全般的に弱く、僅かに深度130m付近で黄鉄鋳や石英を伴う磁鉄鋳、赤鉄鋳及び鏡鉄鋳が認められる。

M J C C - 3

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”及び安山岩第3層からなる。

地表下3mから深度116mまでは安山岩質凝灰角礫岩を挟みし鉄鋳染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が、深度116mから孔底(165m)までは斜長石斑状安山岩溶岩(第3層)がそれぞれ分布している。

<鋳化作用>

鏡下観察：深度88.0mの無斑晶質安山岩は、ピロタキチック組織を呈し基質を斜長石が埋めている。鋳石鋳物としては鏡鉄鋳とマータイト化した磁鉄鋳が、脈石鋳物では石英にそれぞれ富んでいる。

銅 鋳 化：地表から深度115mでは基質や割れ目を埋めた孔雀石がほぼ連続して分布している。

酸化鋳帯 深度55～95m

混合鋳帯 深度15～28m

硫化鋳帯 深度116～125m

鉄 鋳 化：地表から深度115mにかけて鋳染状～網状の鏡鉄鋳や磁鉄鋳が発達している。

M J C C - 4

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度50mまでは鉄鋳染の著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が占めている。深度50～160mでは斜長石斑状安山岩、無斑晶質安山岩及び同質凝灰角礫岩の互層からなり、凝灰岩を挟みしている(第4層)。深度160mから孔底(191.35m)には玄武岩質安山岩～アミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩(第3層)が分布している。

深度39m付近や162～167mでは破碎帯が、深度130～140mには緑泥石化を被った変質安山岩がそれぞれ認められる。

鏡下観察：鋳石と接する深度186.4mの角礫化安山岩は、斜長石や不透明鋳物を斑晶とするアミグダル～ガラス基流晶質組織を呈し、緑泥石、絹雲母の変質鋳物が認められる。

<鋳化作用>

鏡下観察：深度2.6mの角礫化安山岩には、鏡鉄鋳を主とし微小の磁鉄鋳や赤鉄鋳が含まれる。脈石鋳物では石英や緑泥石が認められる。

銅 鋳 化：地表から深度100mにかけて鋳染状あるいは割れ目を充填して孔雀石が散点的に認められる。また、深度130mから孔底までは基質及び割れ目を充填した黄鉄鋳や黄銅鋳がほぼ連続して分布している。

酸化鋳帯 深度1～10m

混合鋳帯 深度50～59m

鉄 鉱 化：地表から深度40mまでは基質あるいは空隙を充填した鏡鉄鉱や赤鉄鉱が、深度130～140mでは鉱染状の赤鉄鉱、鏡鉄鉱及び磁鉄鉱がそれぞれ認められる。

M J C C - 5

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度136mまでは鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が占め、深度136～185mでは鉄鉱染した角礫岩を挟在する無斑晶質安山岩(第4層)からなる。深度185mから孔底(191.15m)までは部分的にアミグダル組織を有する無斑晶質安山岩(第3層)からなる。

<鉱化作用>

鏡下観察：深度64.7mの鉱石には、鏡鉄鉱や赤鉄鉱のほか、マータイト化した磁鉄鉱に富んでいる。変質鉱物として緑泥石が認められる。

銅 鉱 化：地表から深度70mまでが割れ目を充填した孔雀石が、深度155m～孔底では基質中に黄鉄鉱や黄銅鉱がそれぞれ連続して分布している。

酸化鉱帯 深度27～36m, 42～52m, 63～72m

硫化鉱帯 深度159～168m

鉄 鉱 化：地表から深度136mまで鉱染状の鏡鉄鉱や磁鉄鉱がほぼ連続している。深度155m～孔底では基質を埋めて鏡鉄鉱や磁鉄鉱が分布している。

M J C C - 9

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表下6mから深度30mまでは部分的に粘土化した安山岩(第4層)よりなり、深度30～170mでは鉄鉱染が著しく、部分的に緑泥石化作用を被った安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が占めている。深度170mから孔底(215.1m)までは凝灰角礫岩や破碎岩を挟む無斑晶質安山岩(第3層)からなる。深度170mと211m付近には破碎帯が認められる。

<鉱化作用>

銅 鉱 化：深度70～120mでは基質や割れ目を充填する孔雀石が、深度90mから孔底までは基質を埋め、あるいは鉱染状の黄鉄鉱や黄銅鉱が鏡鉄鉱脈中にそれぞれ認められる。

鉄 鉱 化：深度16mから孔底まではほぼ連続して鉱染状の鏡鉄鉱が発達している。

M J C C - 15

<地質・変質>

本孔は、破碎岩類(Los Cerros Floridas-W断層に伴う破碎帯)からなる。

地表から孔底(200.35m)まで凝灰岩、石英安山岩及び安山岩を起源とし、著しく剪断破碎され、かつ珪化を被った破碎岩からなる。

鏡下観察：深度145.0mの角閃石安山岩は、斜長石、角閃石及び不透明鉱物の斑晶に富み、石英細脈が発達している。変質鉱物としては緑泥石、絹雲母及び緑簾石が認められる。

< 鉍化作用 >

銅 鉍 化：深度70～110mにかけて割れ目を充填した孔雀石が，深度130mから孔底間には石英脈や割れ目及び基質を埋めて黄銅鉍がそれぞれ認められる。

鉄 鉍 化：全般的に鉄鉍化は弱く，基質や空隙を埋めて磁鉄鉍が見られるほかは明瞭な脈や鉍染等は認められない。

M J C C - 1 9

< 地質・変質 >

本孔は安山岩第4層からなる。

地表から孔底(165.1m)まで凝灰岩，凝灰質角礫岩及び斜長石斑状安山岩の互層からなる。深度88m付近には鉄鉍染した安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が挟在している。

< 鉍化作用 >

鏡下観察：深度53.85mの斜長石斑状安山岩は，斜長石や鏡鉄鉍やマータイトを斑晶とし，石英細脈が発達している。変質鉍物として緑泥石が認められる。

銅 鉍 化：深度13～50mと135～160mには割れ目を充填した孔雀石が認められる。

混合鉍帯 深度12～22m，27～38m及び54～70m

鉄 鉍 化：深度87m付近で赤鉄鉍や磁鉄鉍による鉍染が認められる。

M J C C - 2 1

< 地質・変質 >

本孔は，上位より安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度135mまでは玄武岩質安山岩，無斑晶質安山岩及び斜長石斑状安山岩の互層(第4層)からなる。深度135m～孔底(300m)ではアミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩を主とし，玄武岩質安山岩及び凝灰岩を挟在している(第3層)。

鏡下観察：137.1mの斜長石斑状安山岩は，アミグダル～填間状組織を呈し，石英や緑泥石の細脈が発達している。

< 鉍化作用 >

鏡下観察：深度268.6mの鉍石には，黄銅鉍や黄鉄鉍を主とし，僅かに輝銅鉍が認められる。脈石鉍物として石英と緑泥石の細脈が認められる。

銅 鉍 化：深度16～200m間では割れ目を充填した孔雀石が，深度130mから孔底にかけてほぼ連続して基質や空隙を埋めて黄銅鉍や黄鉄鉍がそれぞれ分布している。

硫化鉍帯 深度185～194m

鉄 鉍 化：地表から深度16mまでは石英を含み，鏡鉄鉍，赤鉄鉍及び磁鉄鉍の鉍染が認められる。

M J C C - 2 2

< 地質・変質 >

本孔は上位より安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度65mまでは凝灰岩を含む無斑晶質安山岩及び角礫化安山岩(第4層)が，深度65mから孔底(165m)では塊状の角閃石安山岩(第3層)がそれぞれ分布している。

< 鉍化作用 >

銅鉍化及び鉄鉍化は全体を通じて殆ど見られない。

M J C C - 2 3

< 地質・変質 >

本孔は安山岩第4層からなる。

地表から孔底(165m)まで無斑晶質安山岩～斜長石斑状安山岩、角礫化安山岩及び凝灰岩の互層(第4層)からなる。地表から深度35m、73～111m及び132m～孔底(165m)では安山岩溶岩を主とし、角礫化安山岩を挟在する。深度35～73mと111～132mでは緑泥石化作用を被った凝灰岩を主とし、これに角礫化安山岩が挟在している。

< 鉍化作用 >

銅 鉍 化：深度60～110mでは割れ目や空隙を埋めて孔雀石が認められる。

鉄 鉍 化：全般的に弱く、僅かに深度55m付近で磁鉄鉍の鉍染が認められる。

M J C C - 2 4

< 地質・変質 >

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層，安山岩第3層及び安山岩第2層からなる。

地表から深度92mまでは鉄鉍染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が占め、深度92～131mでは磁鉄鉍鉍染を被った斜長石斑状安山岩と無斑晶質安山岩の互層(第4層)からなる。深度131～271mでは斜長石斑状安山岩と無斑晶質安山岩の互層(第3層)が、深度271mから孔底(388m)までは玄武岩質安山岩、無斑晶質安山岩及び斜長石斑状安山岩の互層(第2層)がそれぞれ分布している。

鏡下観察：280.1mの角閃石安山岩は、完晶質～斑状組織を呈し、斜長石、角閃石の斑晶に富む。変質鉍物としては緑泥石を主とし、スフェーン、方解石が認められる。

< 鉍化作用 >

鏡下観察：深度94.8mの鉍石は、黄鉄鉍に富み、黄銅鉍、輝銅鉍、銅藍及び鏡鉄鉍を含む。脈石鉍物として石英と緑泥石の細脈が認められる。

銅 鉍 化：地表から深度50mまでは基質あるいは割れ目を充填した孔雀石が認められる。深度70mから孔底までは散点的に基質あるいは割れ目を充填した黄鉄鉍や黄銅鉍が分布している。

酸化鉍帯 深度31～40m

鉄 鉍 化：深度80m以浅に鉍染状の赤鉄鉍や鏡鉄鉍が見られる。

M J C C - 2 5

< 地質・変質 >

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度45mでは鉄鉍染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が、深度45～150mでは無斑晶質安山岩を主とし、斜長石斑状安山岩を挟在している(第4層)。斜長石斑状安

山岩溶岩中にはアミグダル組織が認められる。深度150mから孔底(225.5m)までは部分的に鉄鉱化した斜長石斑状安山岩を主とし、玄武岩質安山岩や凝灰角礫岩を挟在している(第3層)。

鏡下観察：深度211.5mの角礫化安山岩は、填間状組織を呈し、斜長石の斑晶に富む。変質鉱物としては石英、緑泥石及び絹雲母が認められる。

< 鉱化作用 >

鏡下観察：深度35.4mの鉱石は、黄鉄鉱に富み、黄銅鉱、輝銅鉱、銅藍及び鏡鉄鉱を含む。脈石鉱物として石英と緑泥石の細脈が認められる。

銅 鉱 化：地表から深度55mまで割れ目を充填して孔雀石や珪孔雀石が、深度110mから孔底にかけて基質あるいは空隙を埋めて黄鉄鉱や黄銅鉱がそれぞれ分布している。

混合鉱帯 深度3~21m

鉄 鉱 化：地表から深度45mまで鉱染状あるいは細脈状の赤鉄鉱や鏡鉄鉱が認められる。

M J C C - 2 6

< 地質・変質 >

本孔は、上位より“熱水角礫岩”及び安山岩第3層からなる。

地表から深度168mまでは鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が、深度168mから孔底(184.2m)までは安山岩溶岩(第3層)がそれぞれ分布している。

鏡下観察：深度155.5mの安山岩は、填間状組織を呈し、斜長石や磁鉄鉱に富む。黄銅鉱や黄鉄鉱および鏡鉄鉱の細脈が認められる。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：深度50m付近で割れ目を充填して孔雀石が、深度90~170m間では基質あるいは割れ目を埋めて黄銅鉱や黄鉄鉱がそれぞれ分布している。これら硫化鉱は鏡鉄鉱や磁鉄鉱などの細脈中にも認められる。

硫化鉱帯 深度110~119m

鉄 鉱 化：地表から孔底まで全体を通じて鉄鉱染状に赤鉄鉱、鏡鉄鉱及び磁鉄鉱が認められる。

M J C C - 2 7

< 地質・変質 >

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層，安山岩第3層，安山岩第2層及び安山岩第1層からなる。

地表から深度15mでは凝灰岩を主とし(第4層)，深度15~255mまでは鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)からなる。深度255~281mでは著しく破碎された安山岩及び玄武岩質安山岩(第3層)が、深度281~380mでは部分的に珪化変質を被った玄武岩質安山岩，無斑晶質安山岩及び斜長石斑状安山岩(第2層)がそれぞれ分布している。深度380mから孔底(500m)までは玄武岩質安山岩及び斜長石斑状安山岩からなる(第1層)。

深度245m付近や340~350mでは緑泥石化した変質安山岩が、深度350~390mでは珪化変質岩がそれぞれ認められる。

鏡下観察：深度121.7mの角礫化安山岩は、斜長石の斑晶に富み、これを埋めて磁鉄鉱、絹雲母、緑泥石及び石英が認められる。

< 鉱化作用 >

鏡下観察：深度234.6mの鉱石は、鏡鉄鉱に富み、黄銅鉱や黄鉄鉱が斑点状、細脈状に認められる。

銅 鉱 化：地表から深度120mまでは孔雀石や珪孔雀石が割れ目を充填している。深度170mから孔底までは基質、空隙あるいは割れ目を充填して黄鉄鉱や黄銅鉱が分布している。特に深度235m付近では鉱染が著しい。

酸化鉱帯 深度32～45m

混合鉱帯 深度11～20m, 51～72m

硫化鉱帯 深度195～210m, 231～242m

鉄 鉱 化：深度15～255mにかけて鉱染状の赤鉄鉱、鏡鉄鉱及び磁鉄鉱が発達している。

M J C C - 2 8

< 地質・変質 >

本孔は“熱水角礫岩”のみからなる。

地表から孔底(198.9m)まで鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)がほぼ連続して分布している。

鏡下観察：深度117.4mの無斑晶質安山岩は、アミグダル組織を有し、空隙を埋めて黄銅鉱、黄鉄鉱、鏡鉄鉱及び磁鉄鉱が認められる。脈石鉱物として石英と緑泥石の細脈が発達している。

< 鉱化作用 >

鏡下観察：深度71.3mの鉱石は、磁鉄鉱に富み、針鉄鉱を含む。脈石鉱物として石英と緑泥石の細脈が発達している。

銅 鉱 化：深度40～100m間では孔雀石が、深度100mから孔底までは基質、空隙あるいは割れ目を充填して黄鉄鉱を主とし、僅かに黄銅鉱を含む硫化鉱がそれぞれ分布している。

酸化鉱帯 深度69～78m

混合鉱帯 深度44～53m

鉄 鉱 化：地表から孔底まで角礫の間隙を埋めて鉱染状～網状の赤鉄鉱、鏡鉄鉱及び磁鉄鉱が発達している。

M J C C - 2 9

< 地質・変質 >

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度158mでは無斑晶質安山岩、凝灰角礫岩及び凝灰岩の互層(第4層)を主とし、これを貫いて鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が分布している。深度158mから孔底(230m)まで無斑晶質安山岩(第3層)からなる。

深度120～130m間では緑泥石化作用を被り、部分的に粘土化変質が認められる。

鏡下観察：深度37.75mの無斑晶質安山岩は、填間状組織を呈し、斜長石、鏡鉄鉱及び磁

鉄鉱が基質を埋めている。

< 鉱化作用 >

鏡下観察：深度136.1mの鉱石は、黄銅鉱に富み、鏡鉄鉱や黄鉄鉱を含む。脈石鉱物として石英が普通に認められる。

銅 鉱 化：地表から深度60mまでが割れ目を充填した孔雀石が、深度70～200m間では基質あるいは割れ目を充填した黄銅鉱が広く認められる。

酸化鉱帯 3～12m

混合鉱帯 38～64m

硫化鉱帯 84～101m, 110～119m及び133～156m

鉄 鉱 化：深度6～20m, 60～90m及び130～160mでは鉱染状あるいは網状の鏡鉄鉱や磁鉄鉱が発達している。

MJCC-30

< 地質・変質 >

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層，安山岩第3層，安山岩第2層及び安山岩第1層からなる。

地表から深度103mでは鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩が、深度103～125mでは無斑晶質安山岩(第4層)が分布している。深度125～207mでは玄武岩質安山岩，無斑晶質安山岩，角礫化安山岩及び凝灰角礫岩の互層(第3層)からなる。深度207～280mではアミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩及び無斑晶質安山岩の互層(第2層)が、深度280m～孔底(300m)では斜長石斑状安山岩及び無斑晶質安山岩の互層(第1層)がそれぞれ分布している。

鏡下観察：深度226.3mの無斑晶質安山岩は、填間状組織を呈し、斜長石斑晶の間隙を斜長石や磁鉄鉱が埋めている。変質鉱物として緑泥石やスフェーンが認められる。

< 鉱化作用 >

鏡下観察：深度94.6mの鉱石は、鏡鉄鉱に富み、黄鉄鉱や銅藍を僅かに含む。脈石鉱物としては石英が認められる。

銅 鉱 化：地表から深度95mにかけて割れ目を充填した孔雀石が、深度105～240mでは基質あるいは割れ目を充填した黄鉄鉱や黄銅鉱がほぼ連続して分布している。

混合鉱帯 32～42m, 70～96m

硫化鉱帯 56～66m

鉄 鉱 化：地表から深度120mにかけて角礫の間隙を埋めて鉱染状～網状の赤鉄鉱，鏡鉄鉱及び磁鉄鉱が発達している。

MJCC-31

< 地質・変質 >

本孔は、上位より安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度80m付近までは角礫化安山岩(第4層)が占め、深度80m～孔底(160m)では網状石英脈が発達した無斑晶塊状～斜長石斑状安山岩溶岩(第3層)が分布している。

深度50～60mの安山岩は強く熱水変質作用を被り白色粘土化帯(カオリン鉱物と思われる)

が形成されている。

深度100～150mでは斜長石斑状安山岩溶岩には網状石英脈や小断裂が発達するとともに、緑泥石化作用を受けている。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：地表部より深度100m付近まで散点的に孔雀石・珪孔雀石が分布している。これら酸化銅鉱物は角礫の間隙や割れ目を充填した産状を呈している。角礫の内部には石英脈が僅かに見られるだけで、鉄鉱物や銅鉱物の鉱染は認められない。共存する鉄鉱物は、赤鉄鉱、鏡鉄鉱及び磁鉄鉱である。深度110m付近から孔底までは基質や空隙を埋めた黄銅鉱が僅かながら分布している。

鉄 鉱 化：鉄鉱化：全般的に弱く、明瞭な鉄鉱染は認められない。

M J C C - 3 2

< 地質・変質 >

本孔は、上位より安山岩第4層と安山岩第3層から構成されており、全般的に熱水変質作用を被っている。

地表から深度30mまでは火山礫～粗粒凝灰岩を主とし、深度30～110mでは塊状の無斑晶質安山岩溶岩が、深度110～150mまでは角礫化安山岩がそれぞれ分布している(以上、第4層)。深度150m～孔底(160m)間は塊状の無斑晶質安山岩溶岩(第3層)からなる。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：全般的に弱く、明瞭な銅鉱化作用は認められない。

鉄 鉱 化：地表から深度30m、50m及び100～150m付近で赤鉄鉱や磁鉄鉱を主とした細脈～網状鉱染が認められる。

M J C C - 3 3

< 地質・変質 >

本孔は、上位より安山岩第4層と安山岩第3層からなる。

地表から深度75m付近までは角礫化安山岩(第4層)が占め、深度75mから孔底(130m)までは斜長石斑状安山岩溶岩(第3層)からなる。

本孔は全般的に著しい熱水変質作用を被っており、部分的に粘土化帯(カオリン帯)が形成されている。地表から深度57mまでは割れ目の発達が著しく、これを方解石が充填している。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：深度50m付近から孔底にかけて連続して認められる。深度60m付近で緑塩銅鉱や孔雀石が、深度100m付近から孔底までは細脈状あるいは空隙を埋めた黄銅鉱がそれぞれ散点的に認められる。

鉄 鉱 化：全体的に弱いが深度113～127m付近で赤鉄鉱、鏡鉄鉱および磁鉄鉱の鉱染が認められる。

M J C C - 3 4

< 地質・変質 >

本孔は、上位より安山岩第4層と安山岩第3層からなる。

深度52~100mでは斜長石斑状安山岩と無斑晶安山岩の互層(第4層)が、深度120~140mでは石英・方解石及び石膏の細脈が発達する斜長石斑状安山岩(第3層)がそれぞれ分布している。これらを貫いて、地表~深度50m、100~120m及び140~孔底(160m)では石英脈を伴い著しく鉄鉱染した安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が分布している。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：地表から深度34mまでは割れ目を埋めて緑塩銅鉱が広く分布している。

酸化鉱帯 深度7~34m

鉄 鉱 化：深度17~52m、100~120m及び140~160mで網状の磁鉄鉱や赤鉄鉱が発達している。

M J C C - 3 5

< 地質・変質 >

本孔は“熱水角礫岩”のみからなる。

地表から孔底(141.95m)まで著しく鉄鉱染した安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)からなる。深度125~140mではアミグダル組織を有する安山岩角礫に富んでいる。

本孔は全般に熱水変質作用を被り方解石・緑泥石細脈が発達している。深度100m、110m及び140m付近では粘土化帯(緑泥石、絹雲母と思われる)が認められる。

鏡下観察：深度132.2mの角礫化安山岩は、填間状組織を呈し、斜長石斑晶の間隙を斜長石や磁鉄鉱が埋めている。変質鉱物として緑泥石やスフェーンが認められる。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：地表から深度120m付近まではほぼ連続して緑塩銅鉱や珪孔雀石が、深度120m~孔底まで基質あるいは空隙を埋めた黄銅鉱が連続して分布している。

酸化鉱帯 地表~深度10m、深度66~80mおよび107~122m

硫化鉱帯 深度126~139m

鉄 鉱 化：角礫の間隙を埋めて磁鉄鉱、赤鉄鉱及び鏡鉄鉱の網状脈が発達している。

M J C C - 3 6

< 地質・変質 >

本孔は、“熱水角礫岩”と安山岩第2層からなる。

地表から深度120mまでは著しく鉄鉱染し、熱水変質作用を被った安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が占め、深度120mから孔底(145m)間は塊状の斜長石斑状安山岩質溶岩(第2層)からなる。この安山岩溶岩流の上部にはアミグダル組織が認められる。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：鉱染状の珪孔雀石や孔雀石が散点的に分布している。

混合鉱帯 深度31~44mと118~127m

鉄 鉱 化：全般的に赤鉄鉱を主とした網状細脈が、深度120m~孔底では鉱染状~細脈状の磁鉄鉱がそれぞれ認められる。

MJCC-37

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第3層及び安山岩第2層からなる。

地表から深度60mまでは部分的に鉄鉱染を被った安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)からなり、深度60~92mでは石英脈が発達したアミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩と無斑晶安山岩の互層(第3層)が、深度92m~孔底間には斜長石斑状安山岩や角礫化安山岩(第2層)がそれぞれ分布している。

<鉱化作用>

銅 鉱 化：地表から孔底まで割れ目や空隙を埋めて緑塩銅鉱や孔雀石が、深度80m付近、130m~孔底では割れ目を充填した黄鉄鉱や黄銅鉱がそれぞれ認められる。

酸化鉱帯 深度19~38m

混合鉱帯 深度1~10m, 61~70m

鉄 鉱 化：深度6~46mでは磁鉄鉱や赤鉄鉱の網状細脈が発達している。

MJCC-38

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第3層及び安山岩第2層からなる。

地表から深度85mまでは鉄鉱染した安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が占め、深度85~125mでは無斑晶質安山岩を主とし、上部には斜長石斑状安山岩が挟在している(第3層)。深度125m~孔底(130m)間では塊状無斑晶安山岩溶岩が分布している(第2層)。

角礫岩は全般的に熱水変質作用を被り部分的に細脈状~網状石英脈が発達している。また、角礫岩の上部30mには凝灰岩、アミグダル組織を有する安山岩質角礫が混在している。

<鉱化作用>

銅 鉱 化：深度15~80mでは孔雀石や緑塩銅鉱の鉱染が散点的に認められる。

酸化鉱帯 深度25~34mと41~52m

鉄 鉱 化：地表から深度85mまで赤鉄鉱や磁鉄鉱の網状脈が発達している。深度125m~孔底では磁鉄鉱の網状細脈が発達している。

MJCC-39

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層、安山岩第3層及び安山岩第2層からなる。

地表から深度55mまでは泥質岩や凝灰岩を主とし、凝灰角礫岩を挟在している(第4層)。深度50~117mまでは鉄鉱染した安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が、深度117~149mでは無斑晶安山岩及び角礫化安山岩(第3層)がそれぞれ分布している。深度149m~孔底(191.5m)までは石英の網状細脈が発達しており、アミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩及び同質凝灰角礫岩からなる(第2層)。

<鉱化作用>

銅 鉱 化：深度15~35mと90~125mでは珪孔雀石や孔雀石が割れ目を充填して分布している。深度80m付近及び130m~孔底には割れ目や空隙を埋め、一部基質を充填す

る黄銅鉱が認められる。

混合鉱帯 深度29～57m, 98～109m

鉄 鉱 化：深度35～117mと150m付近で赤鉄鉱，鏡鉄鉱及び磁鉄鉱の網状細脈が発達している。

MJCC-40

<地質・変質>

本孔は，上位より“熱水角礫岩”，安山岩第3層及び安山岩第2層からなる。

地表から深度110mまでは部分的に熱水変質作用を被り，鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩（“熱水角礫岩”）が，深度110～170mでは塊状無斑晶質安山岩溶岩とアミグダル組織に富む斜長石斑状安山岩の互層（第3層）が，深度170m～孔底（190m）ではアミグダル組織を有し，磁鉄鉱に富んだ斜長石斑状安山岩溶岩（第2層）がそれぞれ分布している。

鏡下観察：深度6.2mの安山岩は，填間状組織を呈し，斜長石斑晶の間隙を斜長石，赤鉄鉱及び磁鉄鉱が埋めている。割れ目を充填して，曹長石，赤鉄鉱，緑泥石，緑塩銅鉱及び石英が認められる。

<鉱化作用>

鏡下観察：深度79.2mの鉱石は，黄鉄鉱，銅藍及び赤鉄鉱に富み，脈石鉱物として石英が認められる。

銅 鉱 化：地表から深度110m及び110m～孔底では，割れ目や空隙を埋めて緑塩銅鉱，孔雀石，黄鉄鉱及び黄銅鉱が認められる。

混合鉱帯 深度1～10m, 74～84m

硫化鉱帯 深度33～42m, 120～129m

鉄 鉱 化：地表から深度110mにかけて網状～細脈状の磁鉄鉱や赤鉄鉱が発達している。

MJCC-41

<地質・変質>

本孔は，上位より“熱水角礫岩”，安山岩第3層及び安山岩第2層からなる。

地表から深度170mまでは角礫化安山岩，斜長石斑状安山岩及び無斑晶質安山岩の互層からなる。特に，深度30m以浅と150～170m間には著しく鉄鉱染を被った安山岩角礫岩（“熱水角礫岩”）が挟在している。深度170～227mではアミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩，無斑晶質安山岩及び角礫化安山岩の互層（第3層）からなる。深度227mから孔底（250m）にかけてアミグダル組織に富む斜長石斑状安山岩（第2層）が分布している。

深度30～50mでは熱水変質作用を被った安山岩が，深度90～150mと深度185m～孔底間には石英の網状細脈が発達している。深度170～227mでは緑泥石化作用を被っている。

鏡下観察：深度245.5mの安山岩は，填間状組織を呈し，曹長石化した斜長石斑晶の間隙を斜長石，磁鉄鉱及び緑泥石が埋めている。

<鉱化作用>

鏡下観察：深度153.7mの鉱石は，鏡鉄鉱と黄鉄鉱に富み，磁鉄鉱を含む。脈石鉱物として石英が認められる。

銅 鉱 化：深度153m～孔底まで黄銅鉱がほぼ連続して認められる。黄銅鉱は割れ目や空

隙を充填して分布するほか、石英脈や磁鉄鉱脈に沿って認められる。

混合鉱帯 深度13～26m

硫化鉱帯 深度151～160m, 172～190m, 220～229mおよび239～250m

鉄 鉱 化：地表から深度25m及び150～170m付近には鉱染状の鏡鉄鉱や磁鉄鉱が認められる。

M J C C - 4 2

<地質・変質>

本孔は、“熱水角礫岩”のみからなり、全般的に熱水変質作用を被っている。

地表から深度70mまでは鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が、深度70m～孔底(150m)間は部分的に鉄鉱染が見られる角礫化安山岩及び斜長石斑状安山岩がそれぞれ分布している(第3層?)。

深度75～90mと135m～孔底間には破碎帯が認められる。

鏡下観察：第74.4mの安山岩凝灰岩は、斜長石斑晶に富み、基質を充填するガラスは殆ど緑泥石化している。

<鉱化作用>

鏡下観察：深度43.2mの鉱石は、鏡鉄鉱とマータイト化した磁鉄鉱に富み、脈石鉱物として石英が普通に認められる。

銅 鉱 化：地表から深度50mまで割れ目を埋めて緑塩銅鉱や孔雀石が、深度50～70mでは緑塩銅鉱と黄銅鉱が、また深度80～90mには黄銅鉱がそれぞれ認められる。

酸化鉱帯 深度1～13m, 21～38m

混合鉱帯 深度52～67m

硫化鉱帯 深度80～89m

鉄 鉱 化：地表から深度75mにかけて赤鉄鉱や磁鉄鉱の網状細脈が、深度75m～孔底では鉱染状の赤鉄鉱がそれぞれ連続して認められる。

M J C C - 4 3

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度15mまでは安山岩溶岩が、深度15～70mまでは凝灰岩を主とし斜長石斑状安山岩が挟在している(第4層)。深度70m～125mまでは鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が、深度125mから孔底まではアミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩(第3層)がそれぞれ分布している。

鏡下観察：深度52.0mの安山岩は、斜長石斑晶に富み、ガラス及び斜長石が基質を埋めている。変質鉱物としては緑泥石とスフェーンが認められる。

<鉱化作用>

鏡下観察：深度47.55mの鉱石は、磁鉄鉱と赤鉄鉱に富み、鉄の水酸化物及び脈石鉱物としての石英を含む。

銅 鉱 化：地表から深度80mまでは緑塩銅鉱、孔雀石及び珪孔雀石が割れ目を充填して分布している。深度143m～孔底までは黄銅鉱が基質あるいは空隙を埋めてそれ

ぞれ認められる。

酸化鉱帯 深度2~19m, 34~51m

混合鉱帯 深度66~81m

鉄 鉱 化：深度60~125mにかけて鉄鉱染状の磁鉄鉱，赤鉄鉱及び鏡鉄鉱が見られる。

MJCC-44

<地質・変質>

本孔は，上位より“熱水角礫岩”，安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表下7mから深度135mまでは鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)を主とし，これに無斑晶質安山岩及び斜長石斑状安山岩が挟在している(第4層)。深度135mから孔底までは安山岩質凝灰角礫岩を含む無斑晶質安山岩が分布している(第3層)。

深度30m, 80m, 90m及び107~124m付近では熱水変質作用を被っており，粘土化帯(緑泥石，絹雲母と思われる)が認められる。本孔は全般的に緑泥石化作用を被っている。

<鉱化作用>

鏡下観察：深度164.4mの鉱石は，赤鉄鉱，磁鉄鉱及び黄鉄鉱に富み，少量の黄銅鉱を含む。脈石鉱物として石英が認められる。

銅 鉱 化：深度40mから孔底まで基質や空隙を埋めた黄鉄鉱や黄銅鉱が連続して認められる。

硫化鉱帯 深度63~72m, 153~162m

鉄 鉱 化：地表下7mから40mまでは鉱染状~細脈状の赤鉄鉱や鏡鉄鉱が，深度40~68mでは鉱染状の磁鉄鉱が，また深度73m~孔底までは基質あるいは空隙を埋めた磁鉄鉱や赤鉄鉱がそれぞれ分布している。

MJCC-45

<地質・変質>

本孔は，上位より“熱水角礫岩”及び安山岩第4層からなる。

地表から深度100mまでは鉄鉱化が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が，深度100mから孔底(140m)にかけて無斑晶質安山岩(第4層)がそれぞれ分布している。

地表~深度110m間では熱水変質作用を被っている。

<鉱化作用>

銅 鉱 化：地表~深度70m間に緑塩銅鉱が，深度40m~孔底間には黄鉄鉱や黄銅鉱が散点的に認められる。

酸化鉱帯 深度1~11m

硫化鉱帯 深度50~60m

鉄 鉱 化：地表~深度100m間でほぼ連続して網状の赤鉄鉱脈が発達しており，深度100m~孔底間は磁鉄鉱の細脈や鉱染が散点的に認められる。

MJCC-46

<地質・変質>

本孔は、上位より“熱水角礫岩”及び安山岩第4層からなる。

地表から深度89mまでは鉄鉱染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が、深度89mから孔底(140m)まではアミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩と無斑晶質安山岩の互層(第4層)がそれぞれ分布している。

深度30m付近と深度89m～孔底間には石英細脈が発達している。また、深度108mから孔底にかけて破碎帯が認められる。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：深度15～60mでは割れ目や空隙を埋めて緑塩銅鉱や孔雀石が連続して認められる。また、深度60m～孔底間には空隙や割れ目を埋めて黄鉄鉱や黄銅鉱が認められる。

酸化鉱帯 深度14～24m

硫化鉱帯 深度57～70m

鉄 鉱 化：地表から深度89mにかけて鉱染状の赤鉄鉱や磁鉄鉱が認められる。

MJCC-47

< 地質・変質 >

本孔は、上位より安山岩第4層と安山岩第3層からなる。

地表から深度42mまでは角礫化安山岩を挟む無斑晶質安山岩溶岩が、深度42～118mでは無斑晶質安山岩溶岩を主とし、これに斜長石斑状安山岩、凝灰岩及び凝灰角礫岩が挟在している(第4層)。深度118mから孔底(175m)にかけて斜長石斑状安山岩と凝灰岩の互層(第3層)が分布している。

本孔は地表から孔底までほぼ連続して熱水変質作用を被り、部分的に方解石細脈や白色粘土化帯が認められる。深度80m、119m及び150m付近では破碎帯が認められる。

鏡下観察：深度122.8mの角礫化安山岩は、斜長石斑晶に富み、ガラス、石英、斜長石及び磁鉄鉱が基質を埋めている。

< 鉱化作用 >

鏡下観察：深度32.7mの鉱石は、鏡鉄鉱に富み、少量の緑塩銅鉱や磁鉄鉱を含む。磁鉄鉱はマータイト化している。

銅 鉱 化：深度25～100mでは緑塩銅鉱や孔雀石が散点的に認められる。特に深度80m付近の破碎帯では孔雀石を主とし、空隙や割れ目を充填した産状を呈する。

酸化鉱帯 深度26～35m、79～88m

鉄 鉱 化：地表から深度120mには鉱染状の赤鉄鉱が、深度120m～孔底では磁鉄鉱や赤鉄鉱の鉱染が連続的に認められる。

MJCC-48

< 地質・変質 >

本孔は、上位より安山岩第4層、安山岩第3層(Los Cerros Floridas-W 断層に伴う破碎帯)及び安山岩第2層からなる。

地表下2mから孔底(165m)までは方解石、石英及び石膏脈に富む無斑晶質安山岩並びに角礫化安山岩が分布している。地表から深度20mまでは熱水変質作用を受け、安山岩中には白

色粘土化帯(緑泥石, 絹雲母, モンモリロン石など)が認められる。深度20~104mでは部分的に破碎され, かつ珪化変質を受けた斜長石斑状安山岩が(第4層), 深度104~154mでは無斑晶質火山角礫に富み, 著しく破碎された安山岩(おそらく第3層)が, 深度154mから孔底(165m)では無斑晶質安山岩(第2層)がそれぞれ分布している。

< 鉍化作用 >

銅 鉍 化 : 深度85mから孔底までほぼ連続して鉍染状の黄銅鉍や黄鉄鉍が認められる。

 硫化鉍帯 深度119~147m

鉄 鉍 化 : 深度100mから孔底までほぼ連続して鉍染状~細脈状の磁鉄鉍が見られる。

M J C C - 4 9

< 地質・変質 >

本孔は, “熱水角礫岩” 及び安山岩第3層からなる。

地表から深度65mには著しく破碎され, 鉄鉍染された安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)が, 深度65mから孔底(90m)までは石英の網状細脈が発達した無斑晶質安山岩及びアミグダル組織を有する安山岩の互層(第3層)がそれぞれ分布している。

深度60m付近では熱水変質作用による白色粘土化帯(カオリン鉍物と思われる)が見られる。

< 鉍化作用 >

銅 鉍 化 : 深度10~70mまで緑塩銅鉍や珪孔雀石が割れ目や空隙を埋めて分布している。

 混合鉍帯 深度11~31m, 34~45m

 硫化鉍帯 深度51~61m

鉄 鉍 化 : 地表から深度65mには角礫の間隙を埋めて鉍染状~網状細脈状の赤鉄鉍, 鏡鉄鉍及び磁鉄鉍が見られる。

M J C C - 5 0

< 地質・変質 >

本孔は, “熱水角礫岩” 及び安山岩第4層からなる。

地表から深度37mまではアミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩と同質角礫岩の互層(第4層)が, 深度37m~孔底(80m)までは鉄鉍染が著しい安山岩質角礫岩(“熱水角礫岩”)がそれぞれ分布している。

深度40mから孔底までほぼ連続して白色粘土化帯(緑泥石, 絹雲母と思われる)が, 深度10mと70m付近には破碎帯がそれぞれ認められる。

< 鉍化作用 >

銅 鉍 化 : 地表~深度47mと深度65m付近には基質や割れ目を充填した緑塩銅鉍や珪孔雀石が認められる。

 酸化鉍帯 深度39~49m, 70~79m

 混合鉍帯 深度2~31m

鉄 鉍 化 : 深度30mから孔底までは細脈状あるいは角礫の間隙を埋めて赤鉄鉍や鏡鉄鉍が分布している。

MJCC-51

<地質・変質>

本孔は、上位より破碎岩類、安山岩第4層、安山岩第3層及び安山岩第2層からなる。

地表から深度44mまでは破碎され著しく珪化を受けた安山岩質破碎岩が占め、深度44～54mでは無斑晶質安山岩(第4層)からなる。深度54～129mにかけてアミグダル組織を有し斜長石斑状安山岩と無斑晶質安山岩の互層(第3層)が、深度129mから孔底(150m)までは無斑晶質安山岩(第2層)がそれぞれ分布している。

地表～深度40mでは熱水変質作用を被り、網状の石英、方解石及び石膏脈が発達している。

<鉱化作用>

銅 鉱 化：深度45m付近では割れ目や空隙を充填した孔雀石が、深度80～125mには黄鉄鉱や黄銅鉱が基質を埋めてあるいは磁鉄鉱脈中に分布している。

硫化鉱帯 深度113～122m

鉄 鉱 化：深度44mから孔底まではほぼ連続して鉱染状～網状の赤鉄鉱が発達している。深度50m、115m及び135m付近では磁鉄鉱の細脈が発達している。

MJCC-52

<地質・変質>

本孔は、上位より安山岩第4層及び安山岩第3層からなる。

地表から深度145mにかけて斜長石斑状安山岩、無斑晶質安山岩及び凝灰岩の互層(第4層)が、深度145mから孔底(210m)までは斜長石斑状安山岩、凝灰角礫岩及び凝灰岩の互層(第3層)からなる。深度120～180mまでは網状石英脈が発達し、部分的に熱水変質化を被った粘土化帯(緑泥石と思われる)が認められる。深度135mと200m付近には破碎帯が認められる。

<鉱化作用>

銅 鉱 化：地表から深度57mにかけて孔雀石が割れ目を埋めて分布している。深度25mから孔底までは黄鉄鉱や黄銅鉱が基質、空隙及び割れ目を埋めて分布している。

混合鉱帯 深度7～36m

硫化鉱帯 深度54～63m、140～151m及び190～199m

鉄 鉱 化：地表から深度135mにかけて散点的に赤鉄鉱や磁鉄鉱の細脈が、深度140～150mでは磁鉄鉱の鉱染がそれぞれ認められる。

MJCC-53

<地質・変質>

本孔は、上位より安山岩第3層及び安山岩第2層からなる。

地表下4mから深度116mまではアミグダル組織を有する斜長石斑状安山岩と無斑晶質安山岩の互層(第3層)からなる。深度116mから孔底(156.9m)までは無斑晶質安山岩を主とし、これに斜長石斑状安山岩が挟在している(第2層)。

深度15m以浅には石膏脈が、深度83m～孔底間には方解石脈がそれぞれ発達している。また、深度115m付近には熱水変質作用に伴う粘土化帯(緑泥石、絹雲母及びモンモリロン石など)が認められる。

鏡下観察：深度156.0mの斜長石安山岩は、アミグダル組織を呈している。変質鉱物とし

て絹雲母や緑泥石を有する。

< 鉱化作用 >

銅 鉱 化：深度15～35mまでは割れ目を埋めて緑塩銅鉱が、深度83mから孔底には空隙や割れ目を埋めて緑塩銅鉱、珪孔雀石及び黄銅鉱がそれぞれ分布している。

酸化鉱帯 深度17～28m

鉄 鉱 化：全般的に弱く、鉄鉱物による明瞭な鉱染は見られない。

1-4 考察

2年間で計53孔、総掘進長10,028m（深度80m～500m/孔）の試錐作業を実施し、鉱床賦存状況及び鉱量の概算を把握する事ができた。

鉱床は母岩や主たる断層の生成後に上昇してきた鉱液から、“熱水角礫岩”中や安山岩のアミグダル組織に富む部分中に交替的に沈澱したものと考えられる。従って、それらの岩体中で鉱床が膨潤する傾向を有するためマントタイプと呼称されている。しかし、その全体的な形状は不規則で層状を呈していないばかりでなく、産状も鉱染状～網状であり網状脈の最厚部でも厚さ30cmであった。試錐密度最大の場合においても100mスパンであるため厚さ30cm以下の鉱脈の連続性を確認する事はできなかった。銅品位についても試錐岩芯を1m毎に分析したが、品位のばらつきが激しく産状の不規則性を裏付ける結果となった。かかる状況下での鉱量計算としては小規模な高品位部の鉱量把握は困難であり、今回のようなある程度以上の規模を想定して鉱量把握をせざるを得ない。

今回の調査の主目的は上部鉱体と命名された鉱体の確認であったが、下部鉱体や西部鉱体、東部鉱体の一部を捕捉したので今後下部や側方（特に東西方向）への探鉱に期待が持たれる。物理探査データも深部及び側方までは十分にカバーし切れていないため、今後の可能性を残している。

第 II - 1 - 3 - 1 (1) 表

檢驗結果一覽表(1)

No.	ROCK SAMPLE				Phenocryst				Grandmass				Texture	Alt. Mineral	Description			
	Drilling site	Depth(m)	Rock name		Pl	Hb	Op	Qz	Pl	Hb	Op	G				Qz	Pl	Ch
1	MJCC-1	28.10	Hb Porphyrite		◎/◎/													Holocry. - porphy.
2	MJCC-2	58.20	Sp-Cc-Qz Vein															Pilotaxitic
3	MJCC-3	88.00	Sp Ore															Intersertal
4	MJCC-4	186.40	Brecciate Andesite		◎/													Amyg. Hyaloblastic
5	MJCC-5	64.70	Banded Sp Ore															Holocry. - porphy.
6	MJCC-6	120.70	Mt bearing Hb-Andesite		◎/△/◎/△/△/													Intersertal
7	MJCC-7	138.70	Cp-Py-Sp-Mt Ore		◎/◎/△/△/													Intersertal
8	MJCC-8	186.50	Mt Andesite		◎/◎/△/△/													Colloform
9	MJCC-10	37.70	Sp-Mt Ore		◎/◎/△/△/													Pilo-inter.
10	"	69.00	Mt-Hm-Cp-Py Ore		◎/◎/△/△/													Inter- Hyalo.
11	MJCC-14	90.05	Sp Ore		◎/◎/△/△/													Intersertal
12	MJCC-15	145.00	Silicified Hb Andesite		◎/◎/△/△/													Inter- Amyg.
13	MJCC-19	53.85	Sp-Mt Ore		◎/◎/△/△/													Intersertal
14	MJCC-21	137.10	Py-Cv-Qz-Ch Vein		◎/◎/△/△/													Inter- Amyg.
15	"	268.60	Cp-Py Ore(Mt, Hb)		◎/◎/△/△/													Holocry. - porphy.
16	MJCC-24	94.80	Py-Cp-Cv-Cc-Sp Ore		◎/◎/△/△/													
17	"	280.10	Hb Andesite		◎/◎/△/△/													
18	"	280.10	Mt bearing Andesite		◎/◎/△/△/													
19	MJCC-25	35.40	Mt Andesite		◎/◎/△/△/													
20	"	211.50	Sp-Mt-Py-Qz assemblage		◎/◎/△/△/													
21	MJCC-26	156.30	Cp-Py. Sp veinlet		◎/◎/△/△/													
22	MJCC-27	121.70	Sp-Mt-Ge-Qz-Ch Ore		◎/◎/△/△/													
23	"	234.60	Cp-Py Vein in Sp-Mt Ore		◎/◎/△/△/													
24	MJCC-28	117.40	Mt Andesite		◎/◎/△/△/													
25	MJCC-29	37.75	Sp-Gt-To-Qz in Andesite		◎/◎/△/△/													
26	"	54.30	Py vein in Sp-Ore		◎/◎/△/△/													
27	"	113.00	Cp-Cv-Py Vein		◎/◎/△/△/													
28	"	151.00	Cp-Py. Sp vein in Mt Andesite		◎/◎/△/△/													
29	MJCC-30	84.00	Sp-Mt Ore		◎/◎/△/△/													
30	"	94.60	Sp-Qz Ore in Mt Andesite		◎/◎/△/△/													
31	"	226.30	Py-Cp-Mt in Mt Andesite		◎/◎/△/△/													
32	MJCC-35	132.20	Sp-Mt-Py-Qz Ore in Andesite		◎/◎/△/△/													
33	MJCC-40	6.20	Meta-Andesite		◎/◎/△/△/													
34	MJCC-41	245.50	Mt Andesite with Py-Cp		◎/◎/△/△/													
35	MJCC-42	74.40	Andesitic Tuff		◎/◎/△/△/													
36	MJCC-43	47.55	Hm-Mt Ore in Brecciate Ad.		◎/◎/△/△/													
37	"	52.00	Meta Andesite with Mt ball		◎/◎/△/△/													
38	MJCC-44	164.40	Py-Mt-Hm Vein in Meta Andesite		◎/◎/△/△/													
39	MJCC-45	10.30	Hm-Qz Ore in Mt Andesite		◎/◎/△/△/													
40	"	25.90	Sp Ore in Meta Andesite		◎/◎/△/△/													
41	MJCC-47	32.70	Brecciate Meta Andesite		◎/◎/△/△/													
42	"	122.80	Brecciate Meta Andesite		◎/◎/△/△/													
43	MJCC-53	156.00	Meta Andesite		◎/◎/△/△/													

Total 43 Samples

[Alteration]
 /:partly altered
 *:completely altered

[Abundance]
 ◎:abundant
 ○:common
 △:minor
 ·:rare

[Mineral names]
 Ab:Albite
 At:Atacamite
 Ca:Calcite
 Cc:Chalcosite
 Ch:Chlorite
 Cp:Chalcopyrite
 Cv:Covellite
 Ep:Epidote
 G:Glass
 Hb:Holblende
 Hm:Hematite
 Mt:Magnetite
 Mtt:Maritite
 Ms:Muscovite
 Op:Opaque minerals
 Pl:Plagioclase
 Py:Pyrite
 Qz:Quartz
 Se:Sericite
 Sh:Sphene
 Sp:Spicularite
 To:Tourmaline
 [Other]
 B:Brecciate
 Ad:Andesite

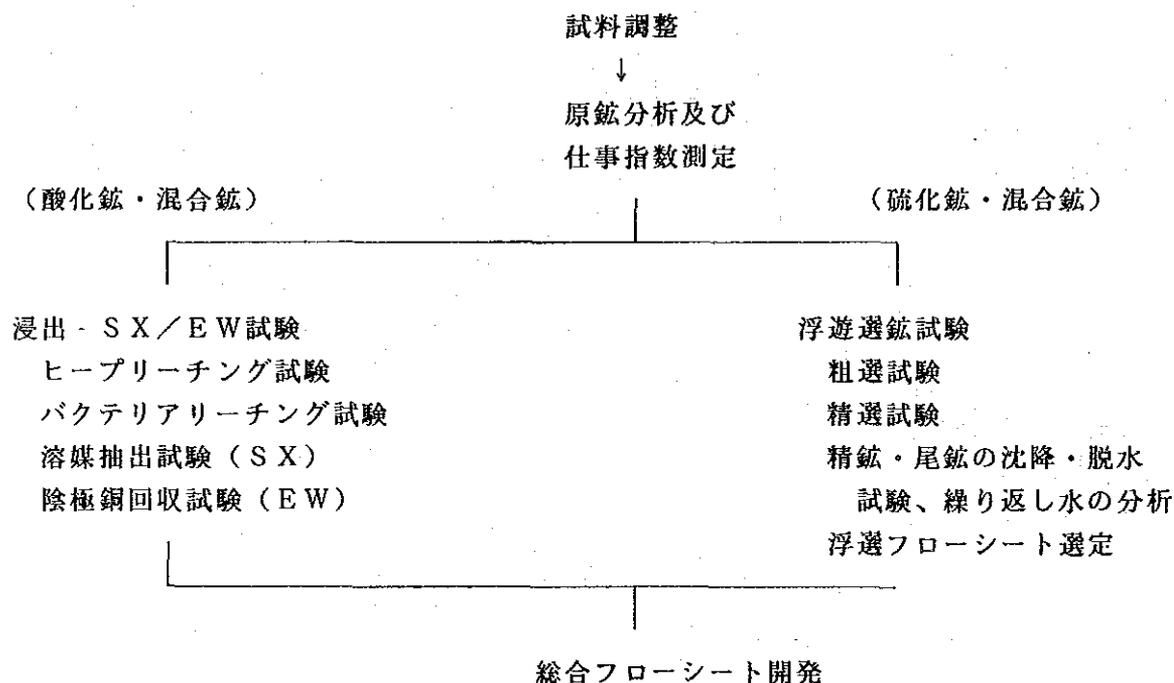
第2章 選鉱試験

2-1 目的

選鉱試験の目的は、セロネグロ鉱床を企業化する場合の最適処理フローシートを開発し、全体の選鉱成績を推定すると共に、選鉱場設計のための諸元を得ることである。そのため第1年次調査によって得られたボーリングコアの分析試料の残試料を使用して、現地チリ共和国のCENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA（略称；C I M M）で選鉱試験を行うと共に、確認のための選鉱試験を日本国内で実施した。

2-2 試験方法

試験方法は各鉱石共通の部分と、酸化鉱石・混合鉱石に対応するヒーブリーチング（バクテリアリーチングを含む）- SX/EWによる方法と、硫化鉱石・混合鉱石に対応する浮遊選鉱による方法に分かれ、最後に総合的なフローシートを検討する。試験の概略の工程を第II-2-2-1図に示す。



第II-2-2-1図 選鉱試験フローシート

2-3 選鉱試験結果

1) 酸化鉱石

酸化鉱石の主要銅鉱物は、孔雀石、珪孔雀石等の炭酸銅鉱、珪酸銅鉱物の他に、輝銅鉱、コペリン、黄銅鉱等の硫化銅鉱物も含有し、これらの硫化銅鉱物の浸出のためバクテリアリーチングが必要となる。

X線回折の結果、主要な脈石鉱物として、石英、アクチノ閃石、微斜長石、赤鉄鉱等が検出された。

今回の鉱石試料の銅品位は0.78%Cu，内0.43%Sol. Cu（全体の55%）であった。また硫酸可溶性銅は0.50%H₂SO₄-Sol. Cu（全体の64%）であった。分析値を第II-2-3-1表に示すが、リーチング処理にとって問題となりそうなその他の成分は検出されなかった。

鉱石試料の真比重は3.18であり、これは上部鉱体の他の試料の測定値に適合している。西部鉱体の試料に比べて高いのは、含有する酸化鉄の影響によると考えられる。

鉱石試料のボンド(Bond)の仕事指数は、14.45kWh/st であり、通常のポーフィリーカッパーの数値内にある。

酸化鉱石を受け入れたサイズのまま、前処理の有無、リーチング液（硫酸）の流量を変化させてカラム内で化学的酸浸出を実施し、比較的短期間（18日間）で最大76%の銅を浸出できた。さらに一部の浸出残さにバクテリアを接種してバクテリアリーチングを行い、2%の銅を追加浸出できた。これらの試験結果から、この鉱石には強酸による前処理が有効であり、酸消費量はそれによってチリ国内での平均的な値である約30kg/t-ore(5kg/t-Cu)と考えられた。バクテリアリーチングの効果及び必要性は少ないと判断された。

得られた浸出貴液を、溶媒抽出法で処理するための基礎データを得る試験を実施し、抽出曲線を得た。更に通常の条件で抽出、逆抽出処理して、電解液を得た。この試料の場合2段階の抽出操作、2段階の洗浄操作、2段階の逆抽出操作が必要であると考えられた。

得られた電解液を通常の条件で電解し、陰極銅を得て、分析に供した。

陰極銅の分析値を第II-2-3-2表に示す。Pbが高かったが、これは試験規模が小さいためであり、実操業で問題となる不純物は検出されなかった。

2) 硫化鉱石

硫化鉱石の代表試料は、上部鉱体と西部鉱体の2種類の試料が作られ試験に供された。2種類の試料は、含有鉱物特に脈石類の量などに差があるものの、浮遊選鉱に対する適応性については類似の結果が得られた。

まず上部鉱体、西部鉱体両試料とも主要銅鉱物は黄銅鉱であり、少量の輝銅鉱、コペリン、自然銅を含有する。一方X線回折結果から、上部鉱体試料からは、石英、アクチノ閃石、微斜長石、蛇紋石、方解石、黄鉄鉱等が、また西部鉱体試料からは、石英、微斜長石、蛇紋石、方解石、黄鉄鉱等が検出された。

上部鉱体試料の銅品位は1.19%Cu，内0.045%Sol. Cu（全体の4%）であった。

これに対し、西部鉱体試料の銅品位は0.66%Cu，内0.013%Sol. Cu（全体の2%）であった。

両鉱石の分析値を第II-2-3-1表に示したが、特に問題となりそうな不純物としては西部鉱体試料中の砒素と弗素が考えられた。また一方銀、モリブデン等の副産物の可能性は少ないことも判明した。

第II-2-3-1表 選鉍試驗原鉍分析值表

Sample	SC-1	SW-2	OX-1	MC-1	MW-2
Cu	1.19	0.66	0.78	0.93	1.10
Citric Sol. Cu	0.045	0.013	0.43	0.16	0.54
Sulfuric Sol. Cu	0.083	0.022	0.50	0.20	0.62
Fe	29.0	13.7	27.2	23.6	14.6
Al ₂ O ₃	9.16	13.1	11.2	12.1	11.7
S	3.36	1.03	0.14	1.32	0.94
Na ₂ O	0.26	1.55	0.27	0.27	0.73
K ₂ O	4.43	2.76	5.58	5.70	3.12
MgO	2.22	2.16	1.66	1.97	1.67
CaO	0.39	3.20	0.17	0.39	2.85
SiO ₂	32.7	49.6	37.4	39.6	48.5
Zn	0.003	0.006	0.005	0.004	0.007
Pb	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Mo	<0.004	0.006	<0.004	<0.004	0.005
Mn	0.042	0.061	0.057	0.063	0.11
Co	0.050	0.009	0.053	0.041	0.049
Ni	0.005	0.003	0.006	0.003	0.006
Cd	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
As	<0.005	0.005	<0.005	<0.005	0.011
Sb	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Bi	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Se	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Te	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
F	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02
Cl	0.017	0.018	0.031	0.045	0.019
Hg (ppm)	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Au (g/t)	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
Ag (g/t)	2	<1	<1	<1	<1
Total (%)	82.841	87.897	84.539	86.036	85.417

第 II -2-3-2表 除極銅分析值表

Sample	OX-1	MC-1	MW-2
Components(ppm)			
Fe	<1	2	4
S	13	13	<5
Se	<0.1	<0.1	<0.1
Te	<0.1	<0.1	<0.1
Bi	<0.1	<0.1	<0.1
Sb	<0.1	<0.1	NA
As	<0.1	<0.1	<0.1
Pb	14	4	7
Sn	<0.2	<0.2	<0.2
Ni	<1	<1	1
Ag	<0.2	<0.2	<0.2

上部鉍体試料の真比重は3.39であり、これは上部鉍体の他の試料の測定値に適合している。西部鉍体試料の真比重は2.78であり、これは西部鉍体の他の試料の測定値に適合している。上部鉍体の方が高いのは、含有する酸化鉄の影響によると考えられる。

上部鉍体試料のボンドの仕事指数は、13.62kWh/st であり、通常のポーフィリーカッパーの数値内にある。西部鉍体試料のボンドの仕事指数は、17.65kWh/st であり、通常のポーフィリーカッパーよりもやや硬いと言える。この差の原因は、含有される脈石鉍物の差によるものと考えられる。

それぞれの鉍石試料を別々に、粗選試験、精選試験、精鉍と尾鉍の沈降試験と脱水試験、繰り返し用水の分析、浮選フローシートの選定等を実施した。

両試料に適する粗選浮選条件として、磨鉍サイズ60%-75ミクロン(-200mesh)、捕収剤SF-323 30g/t、起泡剤DF-250 30g/t、pH9.0、浮選時間12分が選定された。さらに精選浮選条件として、再磨鉍サイズ95%-45ミクロン(-325mesh)、pH 11.0、浮選時間3分が選定され、精選必要段数は1段、更に7分の清掃選の必要性が判明した。

これらの浮選条件によって得られる選鉍成績は、両鉍石の間で異なる。即ち、上部鉍体からは35% Cuの銅精鉍が約93%の総合実収率で得られ、一方西部鉍体からは33% Cuの銅精鉍が約87%の総合実収率で得られると推定された。両者の実収率の差は、主として試料の原鉍品位の差が原因であり、銅精鉍品位の差は含有鉍物の差に基づくと考えられた。

得られた銅精鉍の完全分析の結果を第II-2-3-3表に示す。西部鉍体からの銅精鉍中の砒素が若干高い以外は、特に問題になりそうなものはない。

銅精鉍と尾鉍の沈降性には、両鉍体の差が大きく、上部鉍体の銅精鉍と尾鉍の沈降性は良く、処理し易いものであるが、西部鉍体の産物の処理は難しく、シックナーでは凝集剤を使用する必要があることが判った。

また両鉍石の浮選に使用した用水を繰り返し使用することを想定して分析を行った結果、特に問題のある成分の蓄積は見られなかった。

3) 混合鉍石

混合鉍石の代表試料は、上部鉍体と西部鉍体の2種類の試料が作られ試験に供された。2種の試料は、含有鉍物の種類と比率、従って固さ、真比重、酸浸出率、浮選実収率などに大差があり、一概に述べられないので、2種に分けて説明する。

① 上部鉍体の混合鉍石

上部鉍体の混合鉍石は、主要銅鉍物として黄銅鉍、輝銅鉍、コベリン等の硫化銅鉍物と、珪孔雀石、アタカマ石、微量の自然銅を含む。

鉍石試料のX線回折の結果、主要な脈石鉍物として、石英、微斜長石、蛇紋石、赤鉄鉍、苦土かんらん石等が検出された。

今回の鉍石試料の銅品位は0.93%Cu、内0.16%Sol. Cu(全体の17%)であった。分析値を第II-2-3-1表に示したが、浮選またはリーチング処理にとって問題となりそうなその他の成分は検出されなかった。

鉍石試料の真比重は3.12であり、これは上部鉍体の他の試料の測定値に適合している。西部鉍体の試料に比べて高いのは、含有する酸化鉄の影響によると考えられる。

鉍石試料のボンドの仕事指数は、13.90kWh/st であり、通常のポーフィリーカッパーの

第 II-2-3-3 表

銅精鈹分析值表

Sample	SC-1	SW-2	MC-1	NW-2
Component(%)				
Cu	33.7	28.4	22.7	25.2
Fe	27.30	27.10	31.20	25.30
S	33.31	30.46	40.36	21.54
Pb	0.004	0.004	0.002	0.002
Zn	0.022	0.021	0.012	0.008
As	<0.005	0.063	0.007	0.031
Sb	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Bi	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Se	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Te	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Ni	0.007	0.003	0.028	0.039
Co	0.087	0.047	0.49	0.24
Mo	0.05	0.12	0.006	0.041
F	NA	NA	NA	NA
Cl	<0.05	<0.05	0.06	<0.05
Hg (ppm)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.02
SiO ₂	2.30	7.10	2.10	9.20
Al ₂ O ₃	0.81	0.42	1.22	1.11
MgO	0.33	0.56	0.41	0.61
CaO	0.07	0.48	0.47	0.51
K ₂ O	0.29	0.51	0.24	0.64
Na ₂ O	0.01	0.15	0.06	0.11
Au (g/t)	4.0	4.7	3.4	3.8
Ag (g/t)	6	40	2	31
Total (%)	94.545	95.328	99.345	84.581

数値内にある。

鉍石試料を、前処理の有無、リーチング液（硫酸）の流量を変化させてカラム内で化学的酸浸出を実施したが、最大40%の銅を浸出できるとどまった。さらにバクテリアを接種してバクテリアリーチングを行い、12%の銅を追加浸出し、合計52%の浸出率を得た。この鉍石の酸消費量は、チリ国内での平均値の約1.8倍の約52kg/t-ore(11kg/kg-Cu)と考えられた。酸消費が多である原因は、含有される脈石と考えられる。

得られた浸出貴液を、溶媒抽出法で処理するための基礎データを得る試験を実施し、抽出曲線を得た。更に通常の条件で抽出、逆抽出処理して、電解液を得た。この試料の場合2段階の抽出操作、2段階の洗浄操作、2段階の逆抽出操作が必要であると考えられた。

得られた電解液を通常の条件で電解し、陰極銅を得て、分析に供した。

陰極銅の分析値を第Ⅱ-2-3-2表に示した。

鉍石試料を、粗選試験、精選試験、精鉍と尾鉍の沈降試験と脱水試験、繰り返し用水の分析、浮選フローシートの選定等を、特に実収率向上に重点をおいて実施した。

試料に適する粗選浮選条件として、磨鉍サイズ60%-75ミクロン(-200mesh)、捕収剤AC-350 45g/t、起泡剤DF-250 30g/t、硫化剤NaSH 300g/t（以上いずれも分割添加）、pH 9.1、浮選時間12分が選定され、引き続き清掃選を行い、その条件は、捕収剤AC-350 10g/t、起泡剤DF-250 10g/t、硫化剤NaSH 100g/t（以上いずれも分割添加）、pH 11.0、浮選時間12分が選定された。さらに精選浮選条件として、再磨鉍サイズ95%-45ミクロン(-325 mesh)、捕収剤AC-350 20g/t、硫化剤NaSH 200g/t、pH 11.0、浮選時間 3分が選定され、精選必要段数は1段、更に7分の清掃選の必要性が判明した。

これらの浮選条件によって得られる選鉍成績は、33%Cuの銅精鉍が約77%の総合実収率で得られると推定された。浮選実収率が硫化鉍石より低い原因は含有される珪孔雀石、アタカマ石の浮選実収率が低い事に基づくと考えられた。従って浮選尾鉍を更にアジテーションリーチングすることによって、総合実収率の向上が可能であるが、そのための追加コストとの得失は詳細に検討する必要がある。

得られた銅精鉍の完全分析の結果を第Ⅱ-2-3-3表に示す。コバルトが若干高い他には特に問題となる不純物はなかった。

銅精鉍と尾鉍の沈降性は良く、処理し易いものであった。

また浮選に使用した用水を繰り返し使用することを想定して分析を行った結果、特に問題のある成分の蓄積は見られなかった。

② 西部鉍体の混合鉍石

西部鉍体の混合鉍石は、主要銅鉍物として孔雀石、コベリン、輝銅鉍、黄銅鉍、アタカマ石、珪孔雀石、プロシャン銅鉍等を含む。

鉍石試料のX線回折の結果、主要な脈石鉍物として、石英、アクチノ閃石、微斜長石、蛇紋石、方解石、黄銅鉍等が検出された。

今回の鉍石試料の銅品位は1.10%Cu、内0.54%Sol. Cu（全体の49%）であった。この試料のSol. Cu/Total Cuの比率は、酸化鉍石中の比率とほぼ等しく、浮選実収率が低く、リーチングの浸出率が高い原因となっている。資料の分析値を第Ⅱ-2-3-1表に示したが、浮選または、リーチング処理によって問題となりそうな他の成分は検出されなかった。

鉍石試料の真比重は2.82であり、これは西部鉍体の他の試料の測定値に適合している。

鉍石試料のボンドの仕事指数は、16.90kWh/st であり、通常のポーフィリー銅より硬いと考えられた。

鉍石試料を、前処理の有無、リーチング液（硫酸）の流量を変化させてカラム内で化学的酸浸出を実施したが、最大75%の銅を浸出できた。さらにバクテリアを接種してバクテリアリーチングを行い、6%の銅を追加浸出し、合計81%の浸出率を得た。この鉍石の酸消費量は、チリ国内での平均値の約4倍の約125kg/t-ore(14kg/kg-Cu)と考えられた。酸消費が多である原因は、含有される方解石等の脈石と考えられる。

得られた浸出貴液を、溶媒抽出法で処理するための基礎データを得る試験を実施し、抽出曲線を得た。更に通常の条件で抽出、逆抽出処理して、電解液を得た。この試料の場合2段階の抽出操作、2段階の洗浄操作、2段階の逆抽出操作が必要であると考えられた。

得られた電解液を通常の条件で電解し、陰極銅を得て、分析に供した。

陰極銅の分析値を第Ⅱ-2-3-2表に示す。

鉍石試料を、粗選試験、精選試験、精鉍と尾鉍の沈降試験と脱水試験、繰り返し用水の分析、浮選フローシートの選定等を、特に実収率向上に重点をおいて実施したが、低実収率に留まった。

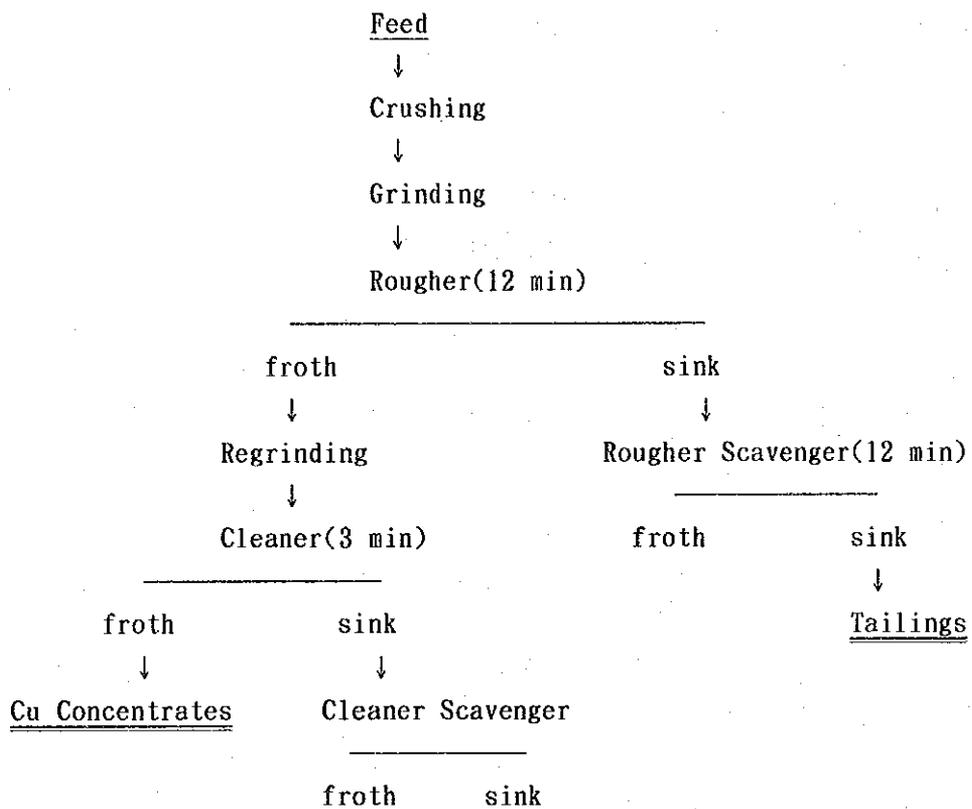
一応試料に適する粗選浮選条件として、磨鉍サイズ60%-75ミクロン(-200mesh)、捕収剤AC-350 45g/t、起泡剤DF-250 30g/t、硫化剤NaSH 300g/t(以上いずれも分割添加)、pH 9.1、浮選時間12分が選定され、引き続いて清掃選を行い、その条件は、捕収剤AC-350 10g/t、起泡剤DF-250 10g/t、硫化剤NaSH 100g/t(以上いずれも分割添加)、pH 11.0、浮選時間12分が選定された。さらに精選浮選条件として、再磨鉍サイズ95%-45ミクロン(-325 mesh)、捕収剤AC-350 20g/t、硫化剤NaSH 200g/t、pH 11.0、浮選時間 3分が選定され、精選必要段数は1段、更に7分の清掃選の必要性が判明した。

これらの浮選条件によって得られる選鉍成績は、27%Cuの銅精鉍が約56%という低い総合実収率で得られると推定された。

従ってこの鉍石は、浮遊選鉍よりヒープリーチング（バクテリアリーチングを含む）SX/EW処理により適していると判断された。

4) 主要選鉍試験結果のまとめ

セロネグロ鉍石硫化鉍石と混合鉍石の為に開発された浮選のフローシートを第Ⅱ-2-3-1図に、また選鉍試験結果の主要なものをまとめて、第Ⅱ-2-3-4表に示す。



第II-2-3-1図 浮選処理フローシート

第 II -2-3-4表 選鉍試驗結果表

Sample	SC-1	SW-2	OX-1	MC-1	MW-2
Bond's Work Index (kWh/st)	13.62	17.65	14.45	13.90	16.90
Recovery by Flotation (%)	93.05	87.12	NA	76.60	55.53
Cu Grade of Cu Concentrates (%)	38.75	32.87	NA	33.40	26.63
Extraction by Leaching (%)	NA	NA	75.5	51.8	80.8
Consumption of Sulfuric Acid kg H ₂ SO ₄ /t ore)	NA	NA	30.3	51.9	124.2
kg H ₂ SO ₄ /kg Cu)	NA	NA	5.10	10.8	14.0
Unit Area of Conc. Thickener (m ² /tpd)	0.177	0.202	NA	0.108	0.614
Unit Area of Tail. Thickener (m ² /tpd)	0.106	1.084	NA	0.541	1.490
Unit Area of Conc. Filter (m ² /tpd)	0.028	0.047	NA	0.032	0.099

2-4 日本国内での確認試験

日本国内では、CIMMでの試料調整後に分取した硫化鉱石試料2試料を使用して、原鉱分析、仕事指数測定、浮遊選鉱試験（粗選試験、精選試験、精鉱・尾鉱の沈降・脱水試験、繰り返し水の分析、浮選フローシート選定）を実施した。

この結果とCIMMで得られた結果を比較すると、第II-2-4-1表、2表、3表のようになり、CIMMの選鉱試験技術は信頼に足るものである事を確認した。

第II-2-4-1表 選鉱試験結果比較表

Laboratory	Japan	CIMM
Bond's Work Index		
SC-1(kWh/st)	12.6	13.62
SW-2(kWh/st)	14.8	17.65
Cu Recovery by Flotation		
SC-1(%)	92.04	90.89
SW-2(%)	88.44	85.17
Cu Grade of Concentrates		
SC-1(Cu%)	32.08	31.46
SW-2(Cu%)	30.96	29.08
Unit Area of Conc. Thickener		
SC-1(m ² /tpd)	0.163	0.177
SW-2(m ² /tpd)	0.22	0.202
Unit Area of Tail. Thickener		
SC-1(m ² /tpd)	0.38	0.106
SW-2(m ² /tpd)	0.92	1.084
Unit Area of Conc. Filter		
SC-1(m ² /tpd)	0.024	0.028
SW-2(m ² /tpd)	0.037	0.047
Specific Gravity		
SC-1	3.40	3.39
SW-2	2.80	2.78

第 II -2-4-2表 原鉍分析值比較表

Sample	SC-1		SW-2	
Laboratory	Japan	CIMM	Japan	CIMM
Component (%)				
Cu	1.17	1.19	0.68	0.66
*Citric Sol. Cu	0.02	0.045	0.007	0.013
*Sulfur. Sol. Cu	0.06	0.083	0.02	0.022
Fe	32.0	29.0	13.8	13.7
Al ₂ O ₃	8.39	9.16	11.7	13.1
S	3.05	3.36	1.12	1.03
Na ₂ O	0.12	0.26	1.37	1.55
K ₂ O	4.83	4.43	3.57	2.76
MgO	2.27	2.16	2.35	2.16
CaO	0.36	0.39	3.15	3.20
SiO ₂	32.9	32.7	49.8	49.6
Zn	0.005	0.003	0.003	0.006
Pb	0.005	<0.002	0.007	<0.002
Mo	<0.02	<0.004	<0.02	0.006
Mn	NA	0.042	NA	0.061
Co	0.05	0.050	<0.02	0.009
Ni	<0.02	0.005	<0.02	0.003
Cd	NA	<0.005	NA	<0.005
As	0.04	<0.005	0.06	0.005
Sb	<0.02	<0.005	<0.02	<0.005
Bi	<0.02	<0.005	<0.02	<0.005
Se	<0.02	<0.005	<0.02	<0.005
Te	<0.02	<0.005	<0.02	<0.005
F	0.03	<0.02	0.04	0.03
Cl	0.05	0.017	0.09	0.018
*Hg (ppm)	<0.1	NA	<0.1	NA
*Au (g/t)	0.2	0.2	0.2	0.2
*Ag (g/t)	1	2	2	<1
Total(Excl. *)	85.270	82.841	87.740	87.897

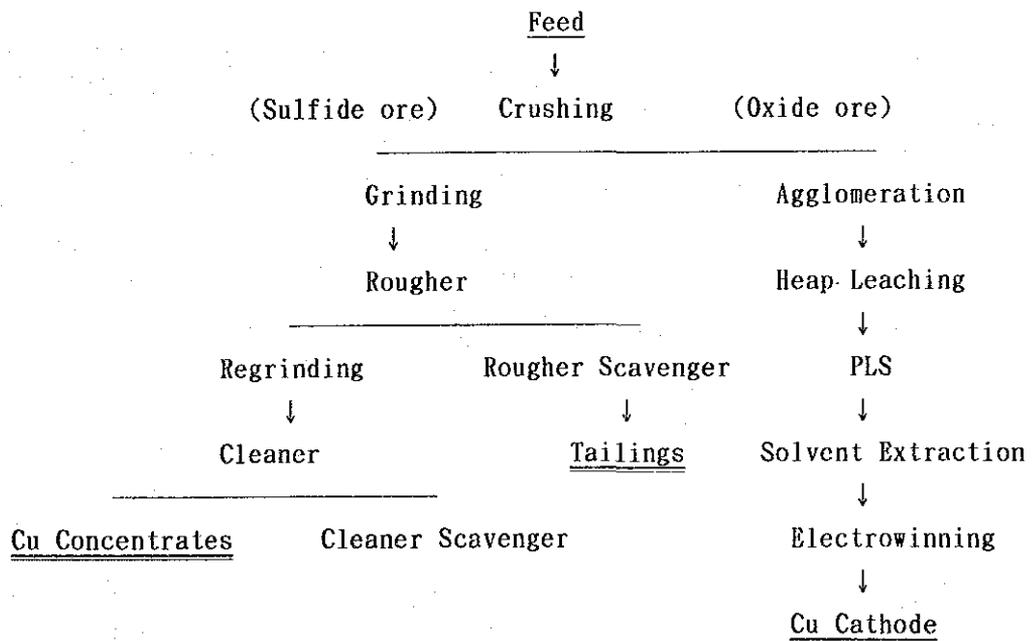
第 II -2-4-3表 銅精鈷分析值比較表

Sample	SC-1		SW-2	
Laboratory	Japan	CIMM	Japan	CIMM
Component (%)				
Cu	32.33	33.7	29.68	28.4
Fe	30.21	27.30	29.45	27.10
S	33.99	33.31	31.15	30.46
Pb	0.007	0.004	0.009	0.004
Zn	0.004	0.022	0.015	0.021
As	<0.01	<0.005	0.08	0.063
Sb	<0.01	<0.005	0.02	<0.005
Bi	<0.01	<0.005	<0.01	<0.005
Se	<0.01	<0.005	<0.01	<0.005
Te	<0.01	<0.005	<0.01	<0.005
Ni	0.019	0.007	0.009	0.003
Co	0.14	0.087	0.05	0.047
Mo	<0.01	0.005	0.14	0.12
F	0.02	NA	0.01	NA
Cl	<0.01	<0.05	0.01	<0.05
Hg (ppm)	0.5	<0.2	0.9	<0.2
SiO ₂	1.56	2.30	4.09	7.10
Al ₂ O ₃	0.39	0.81	1.22	0.42
MgO	0.15	0.33	0.41	0.56
CaO	0.10	0.07	0.47	0.48
K ₂ O	0.15	0.29	0.24	0.51
Na ₂ O	<0.01	0.01	0.06	0.15
Au (g/t)	4.8	4.0	6.4	4.7
Ag (g/t)	11	6	46	40
Total(%)	99.070	94.545	97.113	95.328

2-5 考察

1992年度に実施した試錘で得られたコアを用い、上部鉱体の酸化鉱石1種、上部鉱体と西部鉱体の混合鉱石2種、上部鉱体と西部鉱体の硫化鉱石2種、合計5種の鉱石に対する浮遊選鉱試験、及びヒープリーチング-SX/EWなどの選鉱試験を行った結果、上部鉱体の酸化鉱石と西部鉱体の混合鉱石（いずれもSol. Cu/Total Cuの比率が50%程度）の処理にはヒープリーチング（バクテリアリーチングを含む）-SX/EWによる方法が適しており、その浸出率は約76%であると見込まれた。但し西部鉱体混合鉱石の硫酸消費量は多く、処理コストが高くなると見込まれる。上部鉱体の混合鉱石（Sol. Cu/Total Cuの比率が20%以下）と全体の硫化鉱石には、従来の浮遊選鉱による方法が適しており、その実収率は約90%（ただし混合鉱石は77%程度）と見込まれた。選鉱試験の結果得られた銅精鉱及び尾鉱、並びに陰極銅を調査分析し各種設計与件を得た結果、販売上及び環境上問題となる不純物などは検出されなかった。

地質学的見地から同じ混合鉱石と分類された上部鉱体と西部鉱体の2試料は、そのSol. Cu/Total Cuの比率が違ふことから、Sol. Cu/Total Cuの比率が20%以下の試料は浮選処理に適しており、一方Sol. Cu/Total Cuの比率が50%以上の試料はリーチング-SX/EWによる方法が適していることが判明した。従って鉱石処理の見地からみると、Sol. Cu/Total Cuの比率によって酸化鉱石と硫化鉱石に分類して出鉱計画をつくり検討すれば良いと考えられた。この考え方に基づいて、セロネグロ鉱石の処理方法を検討し、第II-2-5-1図に示す処理フローシートを開発した。但し経済性の検討に当たっては、混合鉱石部分の成績の低下とコストの増加を考慮する必要がある。



第II-2-5-1図 鉱石処理フローシート

第3章 鉍量計算

3-1 鉍量計算方法

鉍量計算に先立ち、試錐岩芯1m毎の分析値につきTo-Cu(%)に対するSol-Cu(%)の比を横軸にとり縦軸に度数をとったグラフを第II-3-1-1図として示す。このグラフからTo-Cuに対するSol-Cu比が0.1から0.2の間に大きな間隙の存在する事が判る。すなわちSol-CuがTo-Cuの10%以下の鉍石を硫化鉍体、同比が20%以上の鉍石を酸化鉍体と定義する事ができる。現実的には酸化銅鉍と硫化銅鉍が密接に共存した混合鉍と言えるような部分もあるが、このような混合鉍は鉍体と呼べる程のまとまりを呈していない。

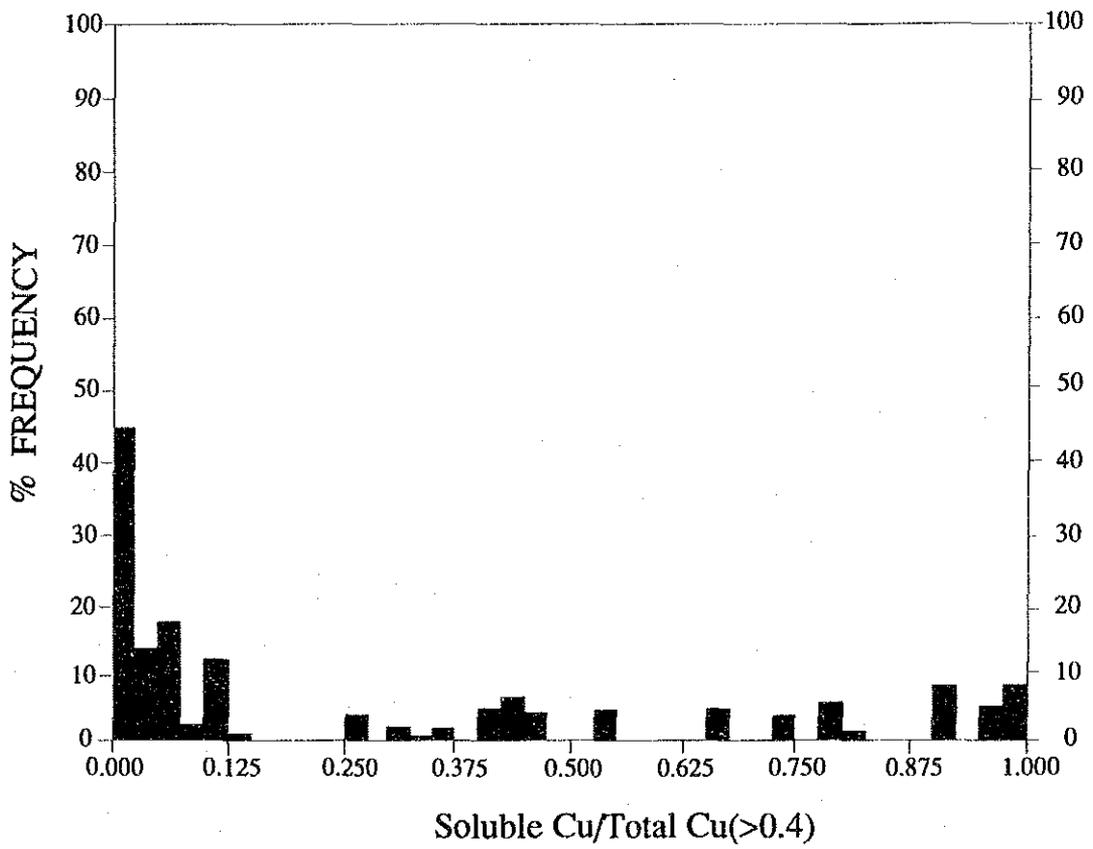
鉍量計算の手法は次の通りである。

- ① 鉍床を5個の鉍体(上部、中部、下部、西部、東部各鉍体)とに分類する。但し上部鉍体内部の下部に硫化鉍に富む部分が3ヶ所認められたのでそれらを合わせて計8鉍体に分類した。
- ② 各試錐岩芯につき1m毎の化学分析を実施しているため、各孔の深度方向に10m間の平均値を算出しそれを品位割付に供した。1m毎と10m毎の分析値を断面図上に図示した例が第II-3-1-2(1)&(2)図である。
- ③ 25m×25m(平面)×10m(深さ)を単位ブロックとして各鉍体別に品位を割り付ける。鉍体外部についても同様に品位を割り付ける。品位を割り付ける方法は地球統計的手法によって描いたバリオグラムが非現実的であったため、距離の逆自乗法によった。
- ④ 品位割付のための取り込み範囲は半径400mの球体とした。その理由は平面上でNE-SW方向のバリオグラムを描いたところ、400m地点が影響範囲(range of influence)とかわらうじて読み取れたからである。しかしこの取り込み範囲についてはさらに検討が必要と考える。
- ⑤ 割付品位はtotal Cu, soluble Cu, insoluble Cuの3種類である。断面図上の各ブロックに鉍体と品位を割り付けた例を第II-3-1-3(1)&(2)図として示す。また平面的各ブロック品位割付の例を第II-3-1-4図として示す。比重は2.7から3.3までばらつくが安全を見込んで2.7を採用した。

その結果、埋蔵鉍量は87,692,000t, To-Cu 0.54%(Cut-off grade 0.4%)を見込む事ができる。なお鉍量を見込んだ最下底レベルは海拔820mLである。全ブロック別の割付品位は付帯資料中の平面ブロック品位図(色刷り)を参照願いたい。

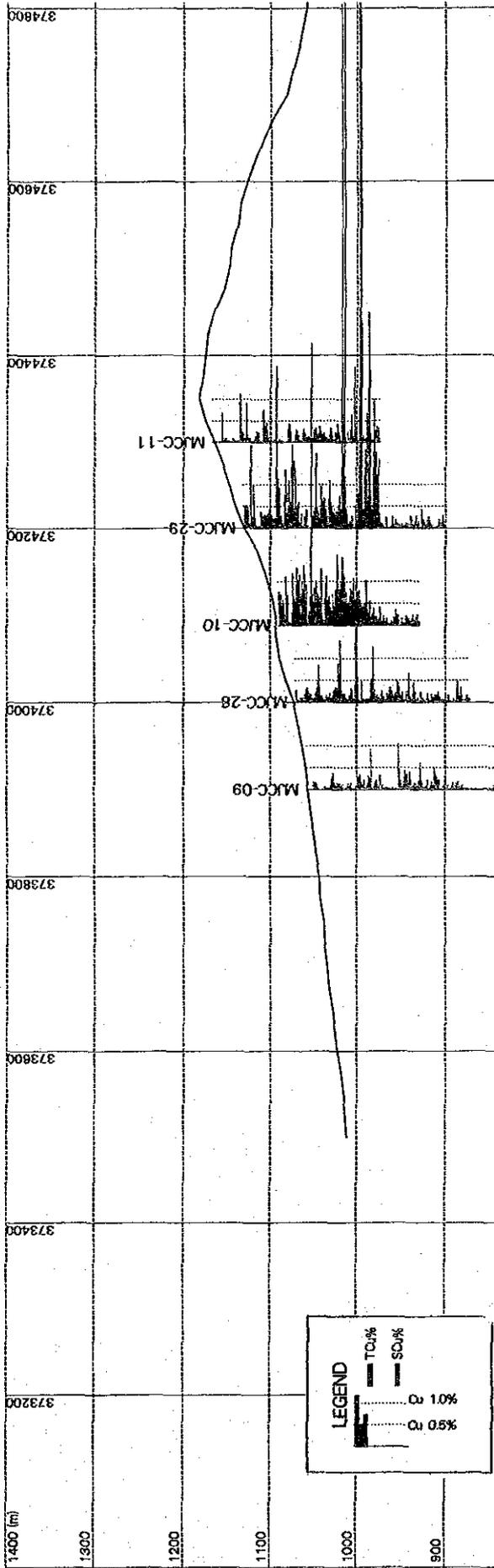
さらに次のような仮定の基にMoving Cone Methodを用いてオープンピットの設計を行った。

- ① Cut-off gradeを0.4%(Total Cu)とする。
- ② 全回収率を80%とする。
- ③ 銅価を1.05\$/ポンドとする。この価格は実勢よりやや高めであるがオープンピットはやや大きめに設定した方が良いと思われるからである。
- ④ 採掘・選鉍・精錬コスト、販売費、船賃等の総経費を鉍石トン当たり6.91\$とする。
- ⑤ Pit slopeを45度、Pit内道路幅20m、道路勾配10%とする。

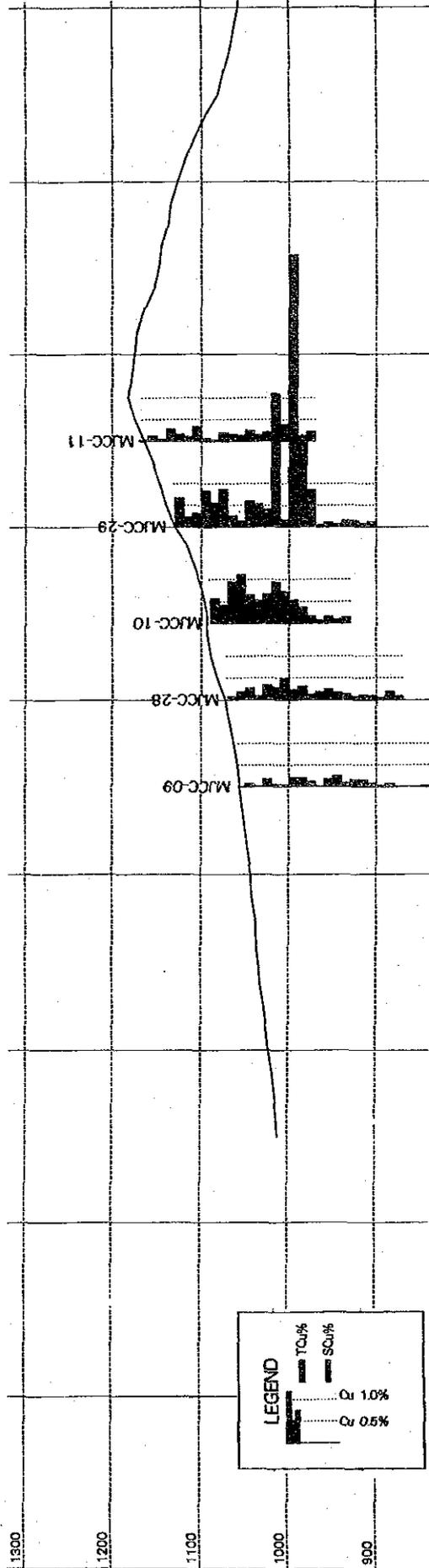


第Ⅱ-3-1-1図 溶解銅比ヒストグラム

EW-26 (N-7102925)

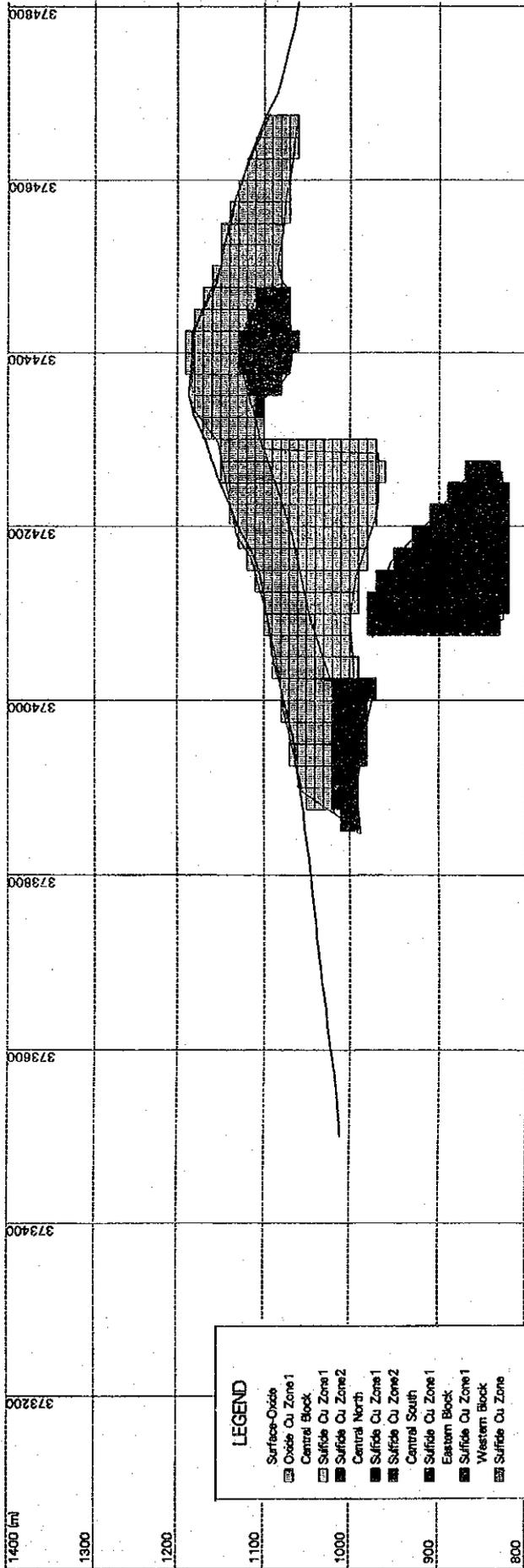


第II-3-1-2(1) 試錐品位断面図(1m毎)

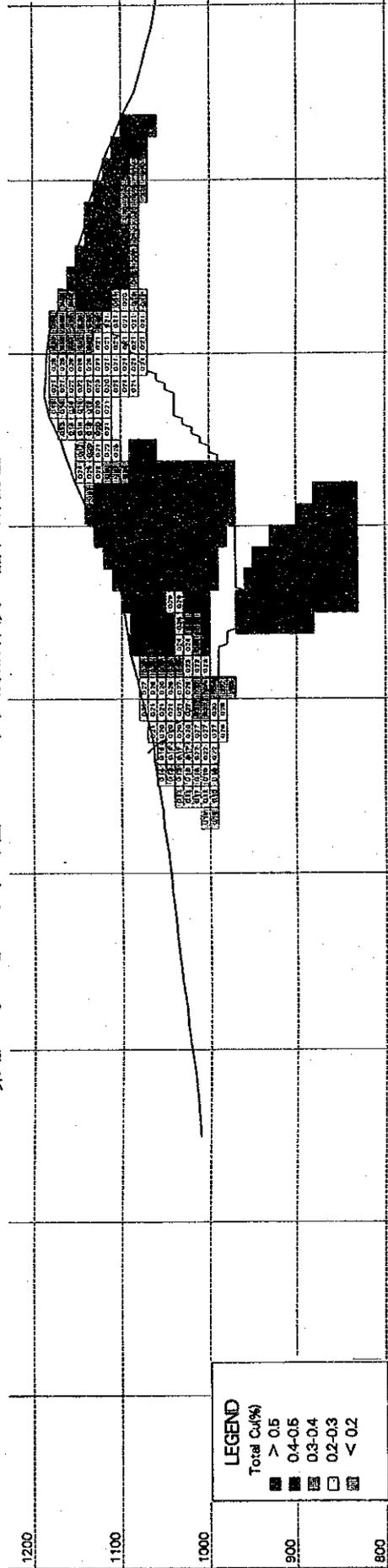


第II-3-1-2(2) 試錐品位断面図(10m毎)

SECT93/MODEL_25 (N-2900)

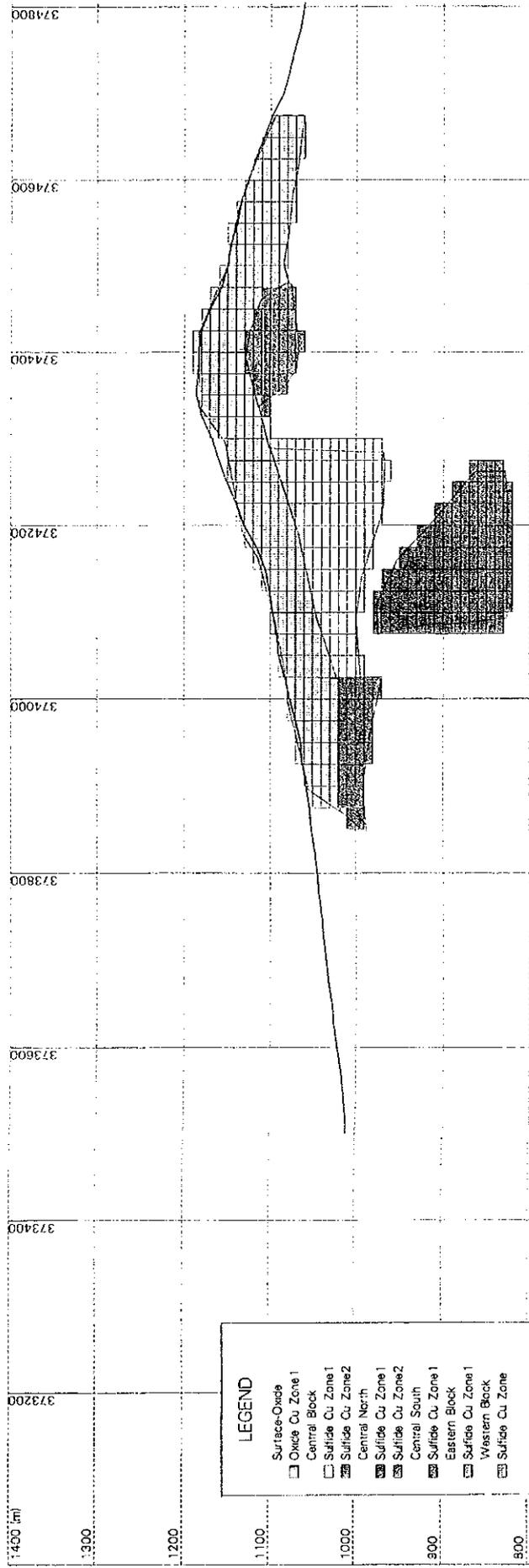


第II-3-1-3(1)図 ブロック別鉱体及び品位断面図

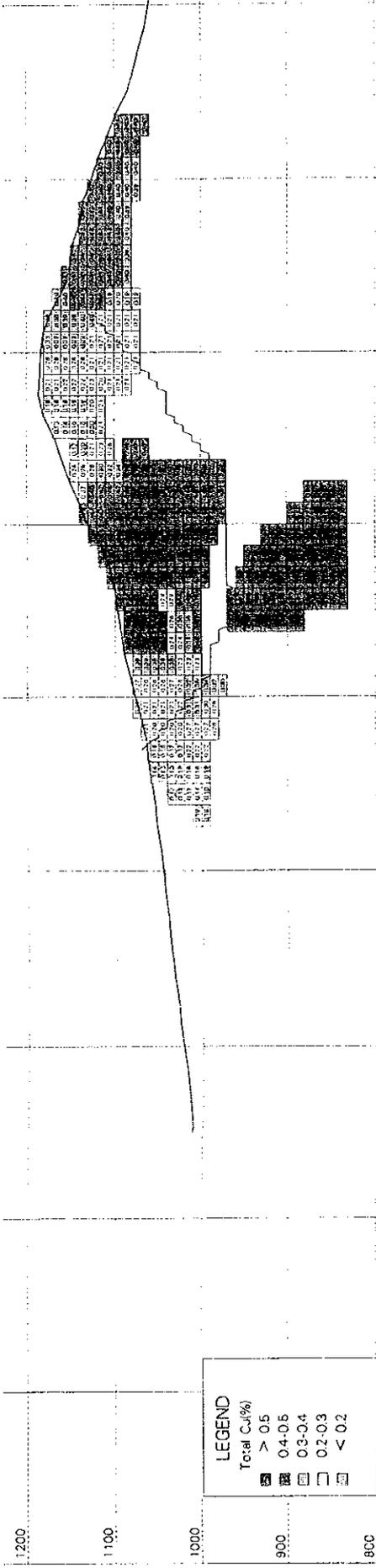


第II-3-1-3(2)図 ブロック別鉱体及び品位断面図

SECT93/VMODEL_25 (N-2900)

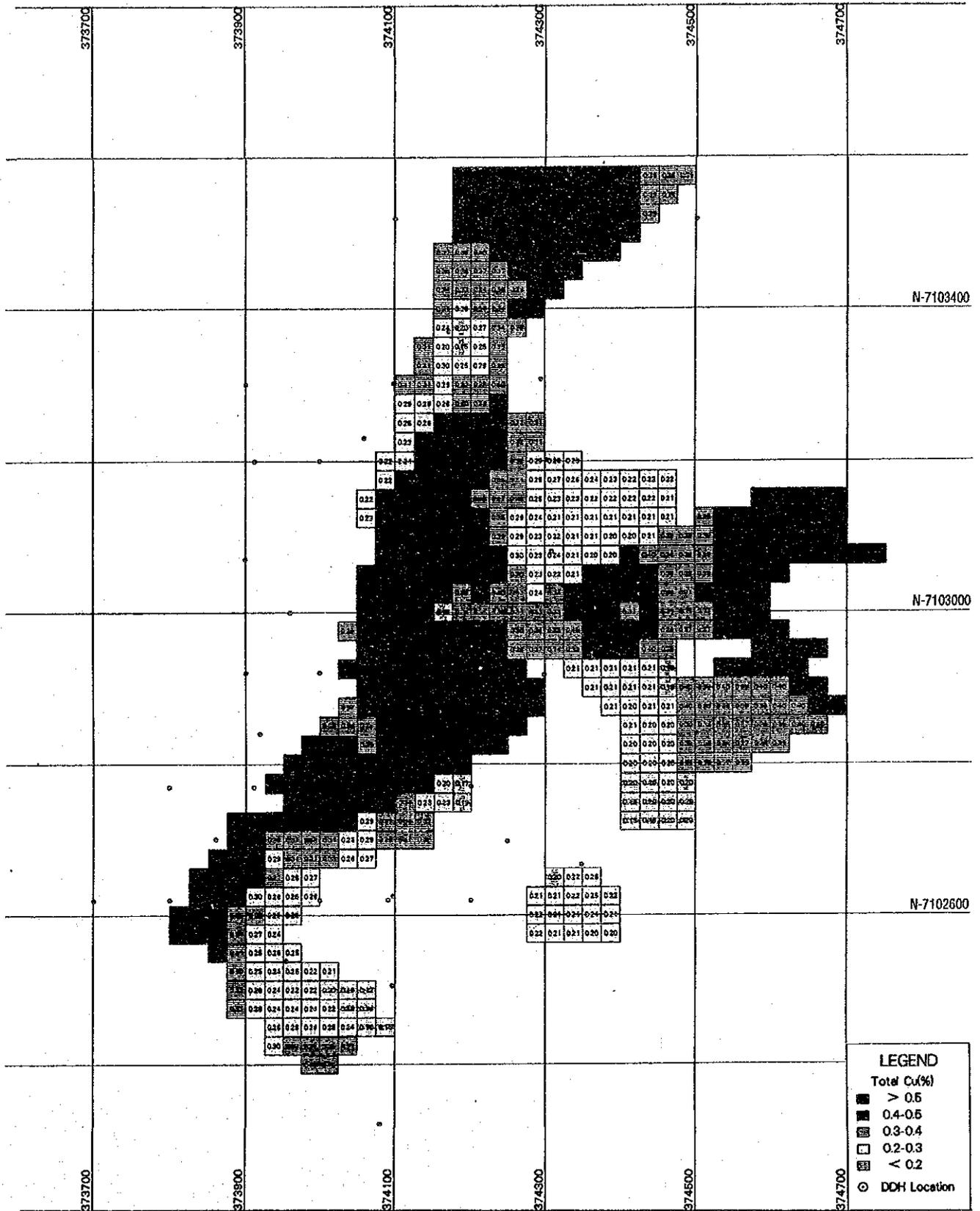


第 3 1 3 (1) 図 ブロック別銅体及び品位断面図



第 3 1 3 (2) 図 ブロック別銅体及び品位断面図

BENCH 18 (1080m Level)

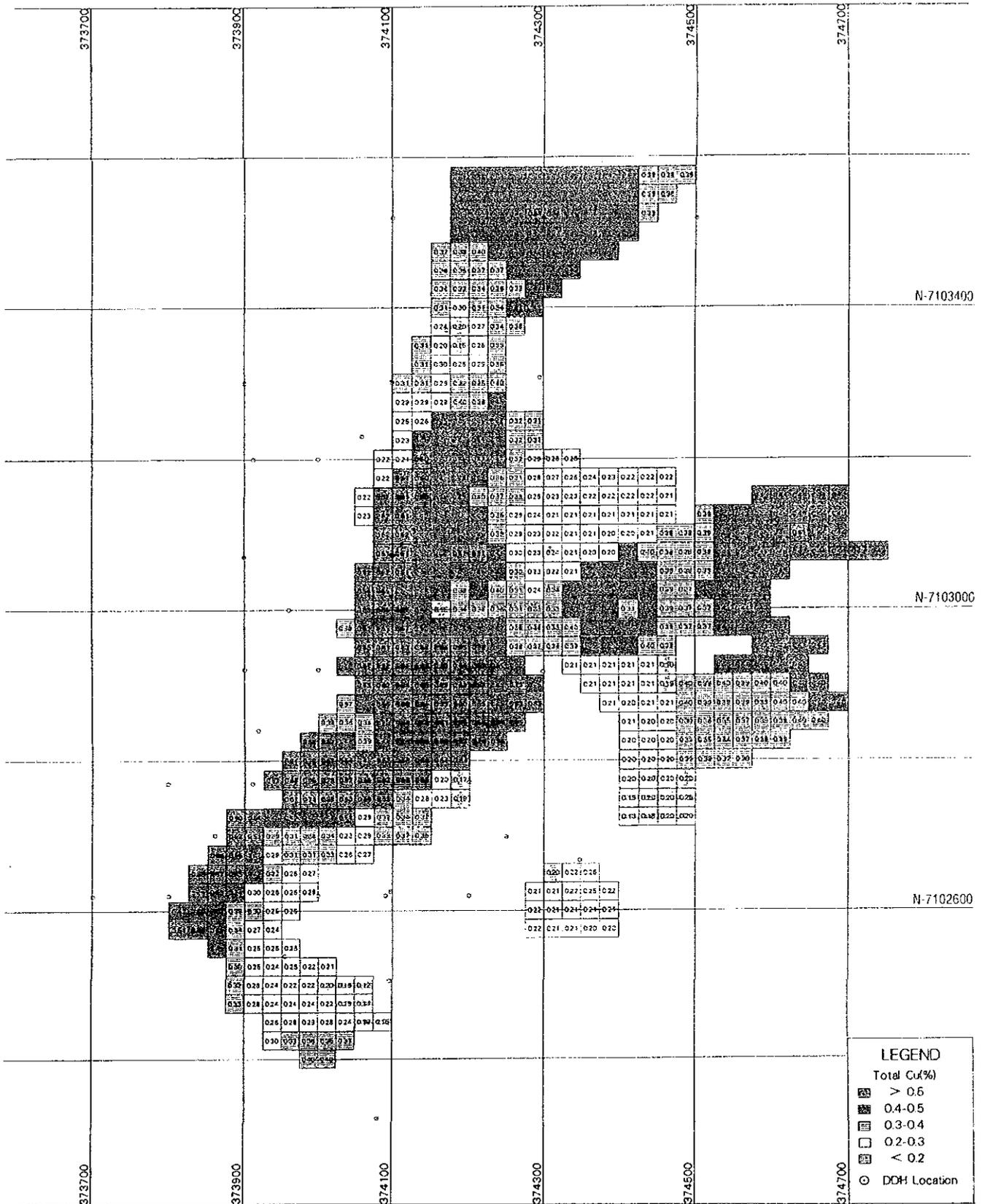


0 50 100 250(m)

SCALE (1:5,000)

第II-3-1-4図 ブロック品位平面図

BENCH 18 (1080m Level)



0 50 100 250(m)
SCALE (1:5,000)

第II-3-1-4図 ブロック品位平面図

その結果を第 I -4-5-1図に示した。

設計されたオープンピット内の鉱量が可採鉱量と考えられ、Cut-off品位を0.4%(To-Cu)とした場合33,787,120t(To-Cu品位 0.61%)を見込む事が出来る。この場合の最下底レベルは海拔960mLである。

3-2 鉱量計算結果

埋蔵鉱量、可採鉱量の要約を第 I -4-5-1表として示したが、ここでは可採鉱量の詳細を第 II -3-2-1表として示す。

3-3 考察

鉱量計算に際してバリオグラムを描かせたがいずれも非現実的な形態を示した。これは100mという試錐間隔が鉱石の産状・形状に比して大き過ぎる事を意味している。しかし酸化鉱の品位のばらつきが非常に激しい事から判断して試錐間隔を1/2としても現実的なバリオグラムを得る事は困難と考える。

鉱量計算の品位割付の際の取り込み範囲は半径400mの球としたが、その根拠がやや薄弱でありさらに検討が必要と考える。

酸化鉱は鉱量計算に際して品位をアップさせると鉱量が大きく減少するが、硫化鉱は品位をアップさせても鉱量は余り減少しない傾向を有する事が判明した。しかるに今回の調査の主たる対象は酸化鉱であったが今後は硫化鉱を調査の主たる対象とすべきであろう。

第II-3-2-1表 可採鉍量計算結果表

Minable Oxide Ore Reserves									
Cut-off grade (To-Cu %)	0.0000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	
Ores (t)	39,411,100	38,392,736	31,843,674	24,175,456	13,378,579	4,289,118	596,869	125,719	
Volume (cubic meters)	14,596,704	14,219,532	11,793,954	8,953,874	4,955,030	1,588,562	221,062	46,562	
Average grade (To-Cu %)	0.436	0.443	0.481	0.522	0.581	0.656	0.781	0.970	

Minable Sulfide Ore Reserves									
Cut-off grade (To-Cu %)	0.0000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000	
Ores (t)	20,080,660	18,214,288	13,570,201	9,611,663	6,385,162	5,149,575	4,882,275	4,430,869	
Volume (cubic meters)	7,437,282	6,746,032	5,026,000	3,559,875	2,364,875	1,907,250	1,808,250	1,641,062	
Average grade (To-Cu %)	0.543	0.581	0.697	0.842	1.040	1.162	1.190	1.235	

Waste (in the proposed open pits)

weight (t)	15,570,548
Volume (cubic meters)	5,766,870
Average grade (To-Cu %)	0.0000

Total of Minable Ore Reserves

Cut-off grade (To-Cu %)	0.0000	0.2000	0.3000	0.4000	0.5000	0.6000	0.7000	0.8000
Ores (t)	75,062,304	56,607,024	45,413,876	33,787,120	19,763,740	9,438,694	5,479,144	4,556,588
Volume (cubic meters)	27,800,856	20,965,564	16,819,954	12,513,749	7,319,904	3,495,812	2,029,312	1,687,625
Average grade (To-Cu %)	0.374	0.487	0.545	0.613	0.729	0.932	1.145	1.228

第4章 企業化調査

4-1 方法及び前提条件

本調査で行われた鉱量計算結果及び選鉱試験結果、さらに建設費・操業費算出のための情報収集結果に基づきDCF法を用いてPre Feasibility Studyを実施した。

鉱量計算についてはCut-off grade 0.4%(To-Cu)の場合の可採鉱量すなわち酸化鉱量24,170千トン(To-Cu 0.522%)、硫化鉱量9,610千トン(To-Cu 0.842%)、合計33,787千トン(To-Cu0.613%)をベースケースとして採用した。低品位・大鉱量を対象とするのが今回の調査の目的に合致しており、低品位としては国際的にみて0.6%(To-Cu)前後が妥当と考えた。高品位・低鉱量を対象とする場合は付帯資料中のブロック別品位図から何処にどの程度の品位の鉱量が存在するか読みとる事が可能である。鉱石の比重としては2.7から3.3までばらつくが、安全を見込んで2.7を採用した。

選鉱試験の結果、提案された鉱石処理フローシートは第Ⅱ部・第2章に詳述したが、本章でも略述する。

鉱山寿命を10年として計算する事とした。鉱山設備の特別減価償却期間は長いもので8年であるので、その期間内で最大の出鉱を行うのが合理的と考えた。

開発費用、操業費用等について後述するが、それら全てをベースケースとしてDCFにより利益率を計算する。その後ベースケースを変化させた場合、利益率がどのように変化するかを調べるため若干の感度分析を行う。DCF計算に際しては生産開始を+1年度、生産終了を+10年度、生産準備期間を-3年度から-10年度とし、0年度という表現は避けた。

4-2 開発計画

1) 採掘部門

①採掘対象鉱量

採掘対象鉱量は33.8百万t、ずり量41.3百万t、出鉱Cu品位0.61%(カットオフ品位0.40%)、最終の【ずり：鉱石】比を $W:O = 1.20:1.0$ とした。

ピットは第1ピット(北東側)と第2ピット(南西側)の2つを設け、第1ピットでは海拔1,180mから海拔960mの間に10m高さのベンチを設定する。

第2ピットでは海拔1,120mからSL+990mの間におなじく10m高さのベンチを設定する。

ピットの最大最終傾斜は、 $\theta = 45^\circ$ 、ワーキングスロープは $\theta = 25^\circ$ 前後とする。

採掘計画は、ワーキングスロープ、採掘幅、鉱石およびずり量、出鉱品位、1切羽当りの最大採掘量、最終残壁の動向等を考慮して作成するが、毎日の稼働切羽の数は、鉱石：ずり=1：1の割合になるよう設定する。

ピット内の鉱石は、酸化鉱、硫化鉱の2種に大別して掘削・運搬処理する。なおピット内の鉱石量(可採鉱量)は下記の通りでありこれを10年間で採掘するものとする。

鉍石	酸化鉍 24,170 千 t (72%)	To-Cu 0.522%
	硫化鉍 9,610 千 t (28%)	To-Cu 0.842%
	小計 33,780 千 t (100%)	To-Cu 0.613%
ずり	41,280 千 t		
鉍石+ずり (Material)	75,060 千 t		

第1ピット下部に硫化銅鉍を主とする下部鉍体が存在するが、その大部分は坑内掘の対象としなければならない。しかし下部鉍体の詳細は不明のため、今回は露天掘で採掘可能な鉍量のみを対象として考慮した。

②削孔・発破

装薬孔の傾斜は 70° とし、削孔機により直径 6・1/8" (155mm)、深度 12.0m (sub-drill 長 1.4m を含む) を削孔する。孔間隔は 5m とする。

発破は、MS 雷管、スラリー爆薬、ANFO により行い、1日に1回、2箇所程度の発破を実施する。

削孔は DHD (Down the Hole Drill) により行い、削孔能率は 150m/方、1t 当り爆薬使用量は 128g/t、1 発破当り起砕量を 12,000t とみた。

採掘機械は孔径 φ 6・1/8" (φ 155mm) の削孔機、バケット容量 4.0m³ 級のフロントエンドローダーおよび積載量 46t 級のダンプトラックを主体とする。

また路盤の保守、サービス等のための補助機械を配置する。

採掘主要機械

名称	仕様	台数
削孔機	孔径..... φ = 6・1/8" (φ 155mm) D.T.H	2
積込機	バケット容量... V = 4.0 m ³ 出力... 295 HP	3
ダンプトラック	積載量..... W = 46 t 出力... 712 HP	12

採掘補助機械

名称	仕様	台数
ブルドーザー	重量..... W = 42 t 出力... 320 HP	2
バックホウ	バケット容量... V = 0.7 m ³ 出力... 120 HP	1
その他	散水トラック(1) サービストラック(3) 巡回車(6)	

③積込・運搬

鉱石・ずりの積込には、機動性のある4.0m³級フロントエンドローダーを使用する。

運搬は46t級ダンプトラックにより行う。平均の往復運搬距離は、鉱石・ずり共に3,200m、サイクルタイムは27分とみた。

ブルドーザー、バックホウは、最終残壁の整形、発破後のローダー積込の補助作業、道路造成、路盤の保守、ずり捨て場の整備等に使用する。

積込・運搬機の作業能率

フロントエンドローダー	4.0m ³ 級	Max 3,000 t/方・台
ダンプトラック	46t 級	700 t/方・台

④設備投資計画

第Ⅱ-4-2-1表に示す。

2) 選鉱部門

CIMMで実施した選鉱試験の結果、上部鉱体の酸化鉱石はヒープリーチングによって硫酸浸出し、浸出液から溶媒抽出と電解採取(SX/EW)によって陰極銅を生産する。上部鉱体下部と下部鉱体の硫化鉱石に対しては浮遊選鉱によって銅精鉱を生産する事とする。酸化鉱と硫化鉱の混合する混合鉱はまとまって産出しないので特に考慮しなかった。操業規模としては、リーチングは年間処理鉱量242万トン、浮選は96万トン、合計338万トンとする。また開発当初より酸化鉱石と硫化鉱石を平行処理するものとする。

①リーチング及びSX/EW

破碎工場、リーチングヒープ、溶媒抽出工場、電解工場に別れている。主要機械は42×70 inch ジャイレトリークラッシャー、5feet スタンダードコーンクラッシャー、5feet ショートヘッドコーンクラッシャー(3台)、アグロメレーター、10t トラック(6台)、ミキサーセトラ(抽出2段、洗浄2段、逆抽出2段)、銅電解槽等である。

破碎産物粒度は1/4インチ以下とし、リーチングを約1ヶ月間行う。浸出後の廃液は移動せず、散水装置のみを移動する。全ての液は系内で繰り返し使用し、蒸発による減量分を補充する。

産出された陰極銅は、トラックでチリ国内の精錬所またはBarquito港(Chanaral)まで運搬する。

予想銅実収率は72%である。

②選鉱工場

破碎工場はリーチング用の物を共用する。その他に磨鉱、浮選、脱水の各工場から成る。主要機械はボールミル(4.72mφ×4.57mL/1500KW Motor)、粗選用浮選機(500cubic feet×8cells)、再磨鉱用ボールミル(2.89mφ×2.74mL/375KW Motor)、精選及び清掃選用浮選機(合計100cubic feet×8cells)、精鉱シックナー(20feetφ)、精鉱フィルター(6'×4')である。

最終磨鉱産物の粒度(80%通過)は115ミクロンとし、浮選方式は銅単一浮選とする。そ

第II-4-2-1表

採掘部門投資計画表

(金額単位：千US\$)

設備投資件名	単位	単価	件名別 年間法定 償却額	-1年		+5年		合計		
				数量	金額	数量	金額	数量	金額	
起 業 費	1. 建物									
	(1)事務所, 倉庫, 給水設備	式	200		1	200		1	200	
	(2)重機整備工場	"	500		1	500		1	500	
	(3)火薬庫	"	50		1	50		1	50	
	小計					750			750	
	2. 構築物									
	小計									
	3. 機械									
	(1)削孔機 (φ6・1/8" D.H.D)	台	113		2	226		2	226	
	(2)コップレッサ (28m ³ /min 280HP)	"	80		2	160		2	160	
	(3)積込機 (バケット 4m ³ 295HP)	"	254		3	762		3	762	
	(4)アムト-ザ- (重量 42t 320HP)	"	387		2	774		2	774	
	(5)バックホ (バケット 0.7m ³ 120HP)	"	103		1	103		1	103	
	小計					2,025			2,025	
	4. 車両									
(1)ダンプトラック (積載量 46t 712HP)	台	455		12	5,460		12	5,460		
(2)散水トラック (積載量 11t 300HP)	"	80		1	80		1	80		
(3)サービストラック (積載量 4t 180HP)	"	30		3	90		3	90		
(4)巡回車 (重量 120HP)	"	15		6	90		6	90		
小計					5,720			5,720		
5. 工具備品										
(1)工具備品	式	100		1	100		1	100		
小計					100			100		
6. 土地										
小計										
計					8,595			8,595		
追 加 投 資	1. 建物									
	(1)事務所, 倉庫, 給水設備	式								
	(2)重機整備工場	"								
	(3)火薬庫	"								
	小計 (選鉱・工務部門で計上)									
	2. 構築物									
	小計									
	3. 機械									
	(1)削孔機 (φ6・1/8" D.H.D)	台	113				2	226	2	226
	(2)コップレッサ (28m ³ /min 280HP)	"	80				2	160	2	160
	(3)積込機 (バケット 4m ³ 295HP)	"	254				3	762	3	762
	(4)アムト-ザ- (重量 42t 320HP)	"	387				2	774	2	774
	(5)バックホ (バケット 0.7m ³ 120HP)	"	103				1	103	1	103
	小計							2,025		2,025
	4. 車両									
(1)ダンプトラック (積載量 46t 712HP)	台	455				12	5,460	12	5,460	
(2)散水トラック (積載量 11t 300HP)	"	80				1	80	1	80	
(3)サービストラック (積載量 4t 180HP)	"	30				3	90	3	90	
(4)巡回車 (重量 120HP)	"	15				6	90	6	90	
小計							5,720		5,720	
5. 工具備品										
(1)工具備品	式	100								
小計										
6. 土地										
小計										
計							7,745		7,745	
合計					8,595		7,745		16,340	

して精選と清掃選を行う。

産出精鉱はトラックでチリ国内の精錬所またはBarquito港(Chanaral)まで運搬する。

予想銅精鉱品位は, Cu 35%, Au 5g/t, Ag 11g/t, 銅実収率は93%である。

③ 廃滓処理施設

浮選尾鉱は尾鉱シクナー(100feetφ)で濃縮した後, 廃滓堆積場までポンプを用いて流送する。パイプラインの全長は3kmである。尾鉱シクナーのオーバーフローと廃滓堆積場の上澄水は系内に繰り返し, 選鉱用水として再使用する。選鉱用水の内, 45%は循環使用する。

④ 設備投資計画

工務部門と合わせて後述する。

3) 工務部門

変電設備, 送電線, 通信設備, 用水井戸(Veraguas地域内), 配水パイプ(40km), 用水タンク, 修理工場, 中央事務所(含食堂), 倉庫は初期に建設する。ジープ, バス等も初期に購入し7年目に追加投資する。従業員の社宅は現地(Chanaral)における借り上げ方式を採用する。

① 電力; リーチング, SX/EWと硫化鉱石の処理を始めた時点での年間需要電力量は約103,000MWH, 最大需要電力は約21MWと予想される。この電力は工場予定地から1kmの地点に既存の高圧送電線(132KV)から分岐・買電するものとする。なおそのための変電設備と送電線を建設するものとする。

② 通信設備; 鉱山内外の連絡のため, 無線通信設備を設置する。

③ 用水供給設備; 工業用水と生活用水を含めて298 liter/sec(17.9 cubic meter/min)の新鮮水が必要である。現在考えられる用水源は約20km南を流下するEl Salvador鉱山尾鉱ダムからの溢流水(300 liter/sec)かまたは約40km北方のVeraguas地域内にENAMIが保有する水源地の井戸水(500 liter/sec)である。いずれの水源についても水質などの情報はない。工場では必要水量の約45%を繰り返し使用する。ポンプ用電力の確保が必要である。

④ 修理工場; 選鉱場に隣接して機械修理工場, 電気修理工場及び車両修理工場を建設する。

⑤ アクセス道路; 鉱山予定地は既存の主要地方道(未舗装)に近接しているので, 鉱山内の道路の建設が主要な道路工事となる。

⑥ 付帯設備; 鉱山事務所, 倉庫, 食堂, 更衣室, 分析所, 診療所, 飲料水網, 消火水網, 下水処理施設等を建設し, ジープ, バス等の共用車両の購入を行う。

⑦ 社宅等福利施設; 鉱山はChanaralから50kmの所にあるので, 従業員はChanaralに居住しバス通勤するものとする。

⑧ 設備投資計画; 選鉱部門と合わせて下記する。

	－2年	－1年	1年	2年	3年	7年	合計
建築物		4.10					4.10
構築物	10.30	12.57					22.87
機械類		12.58					12.58
車両	1.00	1.80				1.20	4.00
工具・備品		2.90					2.90
土地							
合計	11.30	33.95				1.20	46.45

(単位；百万USD)

第Ⅱ-4-2-1図として鉱山施設全体配置図を示す。

4-3 操業計画

1) 生産計画

- ①採掘量；酸化銅鉱 2,417千トン/年(To-Cu 0.522%)
 硫化銅鉱 961千トン/年(To-Cu 0.842%)
 ずり 4,128千トン/年

採掘計画について第Ⅱ-4-3-1図として示す。

- ②生産物；酸化銅鉱（実収率72%）→陰極銅 9,110トン/年(Cu 99.99%)，銅量 9,109トン
 硫化銅鉱（実収率93%）→銅精鉱21,500トン/年(Cu 35.0%)，銅量 7,525トン
 鉱石処理フローシートについて第Ⅱ-4-3-2図として示す。

2) 人員計画

人員計画については人件費と合わせて第Ⅱ-4-3-1表・人員計画表に示す。なお試錐作業は外注とする。

3) 操業費

人件費以外の操業経費を第Ⅱ-4-3-2表として示す。

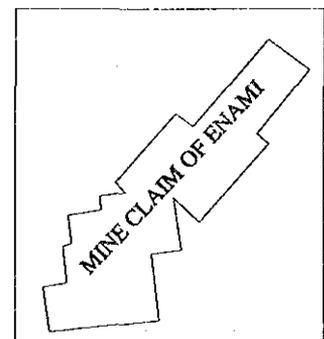
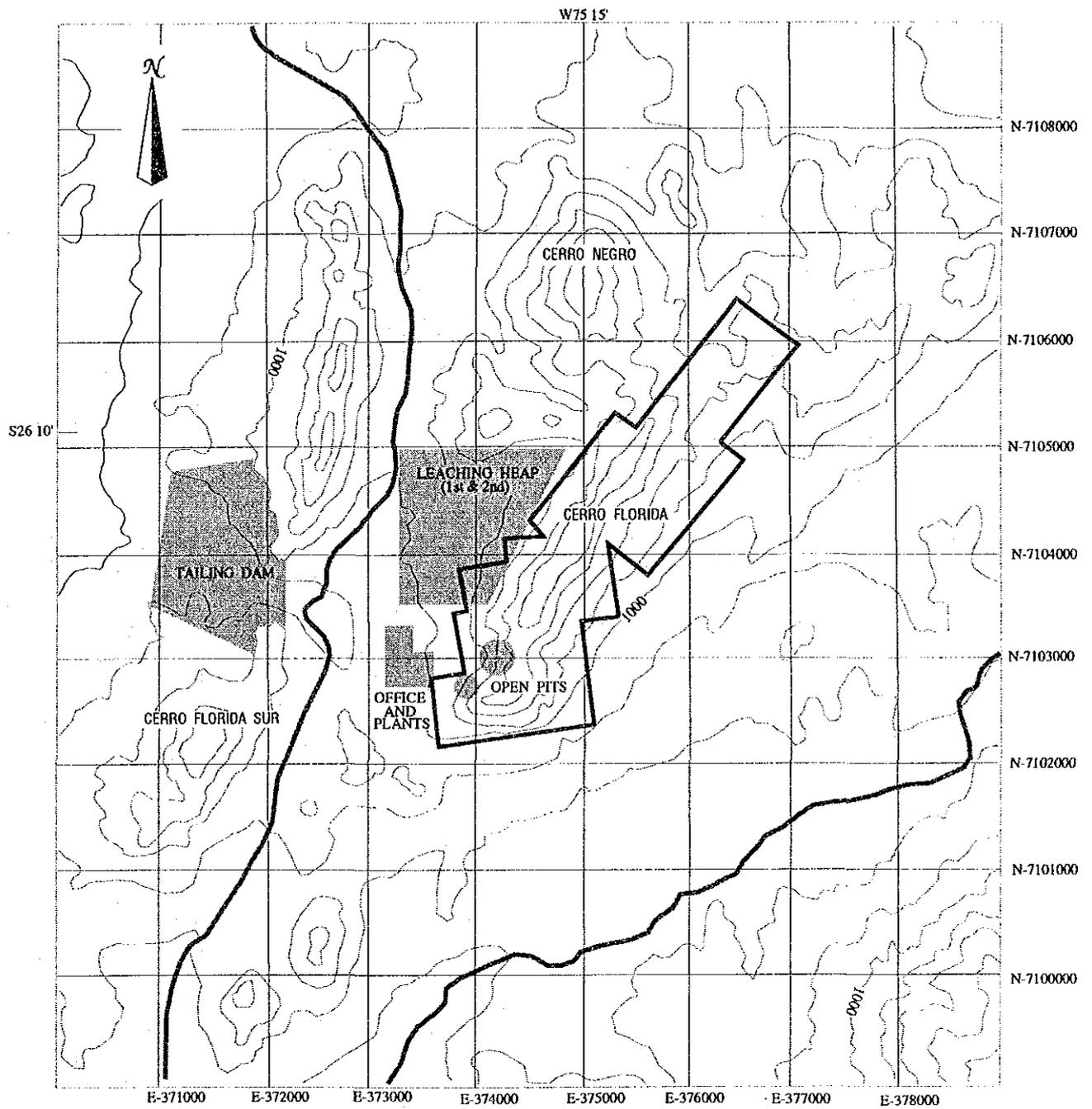
4-4 収支計画

1) 概要

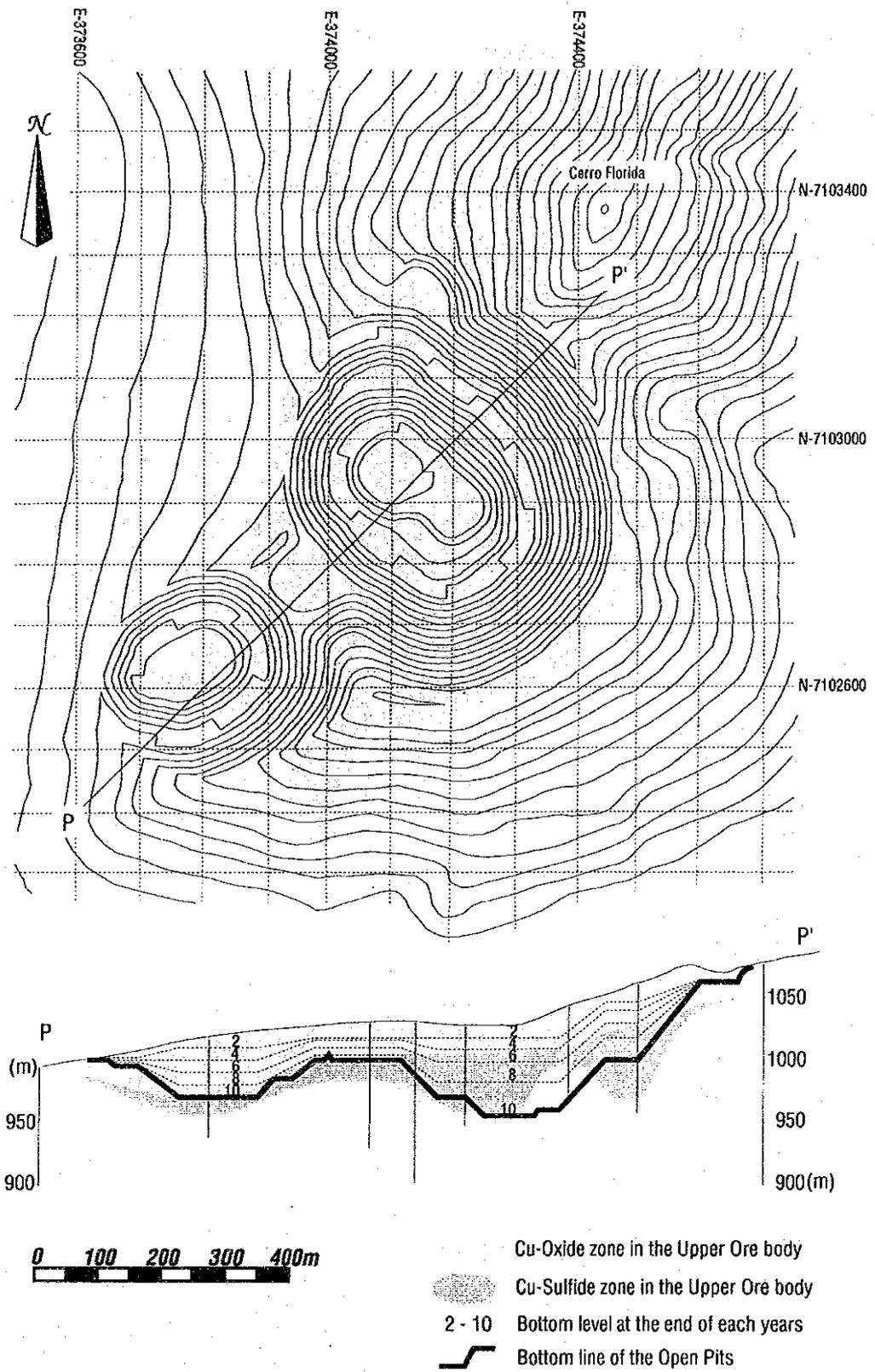
- ① 本報告書における収支は、チリー所得税法及び外国投資法並びに外国為替法にもとずきセロネグロ地区の銅鉱床の鉱業権者であるチリー鉱山公社(ENAMI)と外国企業との共同出資により別途鉱山会社が設立され、この会社により本地区の銅鉱床の開発が行われることを前提として行った。

従って資本金部分において、鉱業権の取得費等の資金コストは考慮していない。

- ② この鉱山の開発投資額の約1/4は資本金で賄い、残額を全額長期借入金で調達した場合の年度ごとの収支及びキャッシュフローを算出した。
- ③ 収支計算にあたっては、1993年12月時点でチリー国内鉱山に適用されている所得税法及び外国投資法が認める優遇措置並びにインセンティブ等のうち、今回の調査で把握、

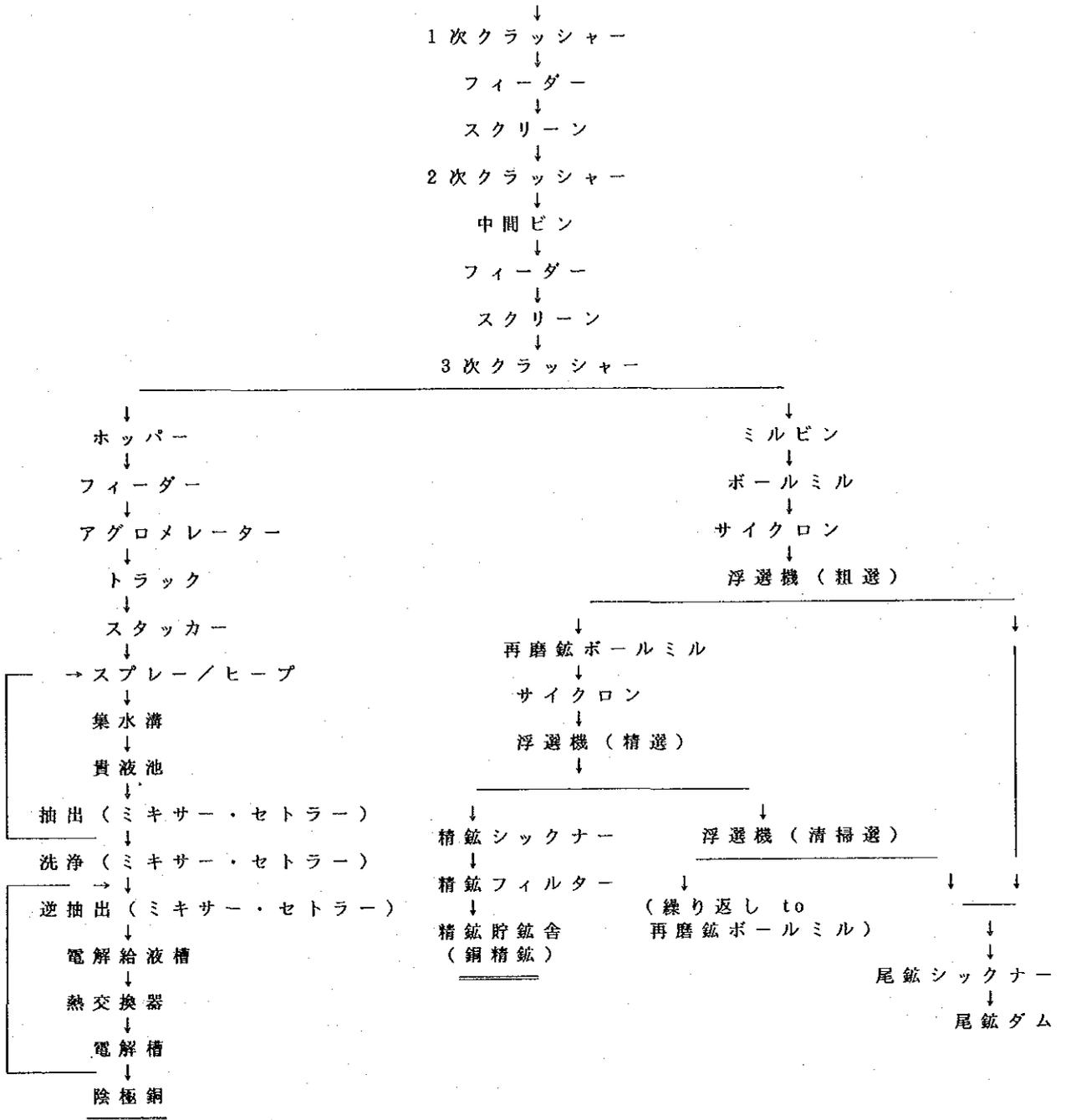


第II-4-2-1図 鉱山施設全体配置図



第 II - 4 - 3 - 1 図 採掘計画図

選鉱原鉱 (ダンプトラック)



第II-4-3-2図 鉱石処理フローシート

第Ⅱ-4-3-1表 人員計画表

	人件費単価 (US\$/Month)	-3年		-2年		-1年		+1年～+10年		
		人数	金額 (US\$/Year)	人数	金額 (US\$/Year)	人数	金額 (US\$/Year)	人数	金額 (US\$/Year)	
採 鉱 部 門	採鉱課長 (Manager)	3,900				1	47,000	1	47,000	
	スタッフ (Staff)	1,825				2	44,000	3	66,000	
	班長 (Foreman)	650				2	16,000	5	39,000	
	作業員 (Worker)	305				10	37,000	55	201,000	
	小計					15	144,000	64	353,000	
選 鉱 部 門	選鉱課長 (Manager)	3,900	1	47,000	1	47,000	1	47,000	1	47,000
	スタッフ (Staff)	2,500			2	60,000	2	60,000	3	90,000
	班長 (Foreman)	650					5	39,000	9	70,200
	事務員 (Clerk)	400					3	14,400	4	19,200
	作業員 (Worker)	305							156	570,960
小計		1	47,000	3	107,000	11	160,400	173	797,360	
工 務 部 門	工務課長(兼) (Manager)									
	スタッフ (Staff)	2,500			1	30,000	1	30,000	1	30,000
	班長 (Foreman)	650					4	31,200	4	31,200
	事務員 (Clerk)	400							1	4,800
	作業員 (Worker)	305							45	164,700
小計				1	30,000	5	61,200	51	230,700	
管 理 部 門	社長 (Director)	6,000	1	72,000	1	72,000	1	72,000	1	72,000
	管理課長 (Manager)	3,900					1	46,800	1	46,800
	係長 (Ass. Manager)	2,500	2	60,000	2	60,000	2	60,000	5	150,000
	事務員 (Clerk)	400					3	14,400	10	48,000
	小計		3	132,000	3	132,000	7	193,200	15	316,800

第Ⅱ-4-3-2表 操業費一覧表

〔採掘部門〕

物品費・経費	単位	①単価 (US\$)	②標準原単位 (Material 1ton 当たり使用量)	原単価(US\$) (Material 1ton 当たり単価)	③Material 産出量 (t/Year)	年当たり金額 =①×②×③(US\$) (+1年～+10年)
1. 軽油	リッター	0.26000	0.3710000	0.096460	7,506,000 (Ore; 3,378,000) (Waste; 4,128,000)	724,000
2. 油脂類	式			0.019400		146,000
3. ビット	個	800.0000	0.0000225	0.018000		135,000
4. ロッド	式	1500.000	0.0000090	0.013500		101,000
5. 雷管・導爆線	式	1.940000	0.0015000	0.002910		22,000
6. スラリー爆薬	グラム	0.002500	0.7500000	0.001875		14,000
7. ANFO	グラム	0.000400	128.00000	0.051200		384,000
8. タイヤ, メンテ 部品他	式			0.088000		661,000
物品費・計				0.291345		2,187,000
1. 電力費	KWH	0.08000	0.020000	0.001600		12,000
2. 用水費						
3. 保全費						
4. 減価償却費						
5. その他						
経費・計				0.001600		12,000
合 計				0.292945		2,199,000

〔選鉱・工務部門〕(+1年～+10年)

物品費

ボール・試薬代 6,344,000US\$/Year

その他 990,000US\$/Year

経費

電力費 6,454,000US\$/Year

その他 1,944,000US\$/Year

〔管理部門〕

	-3年	-2年	-1年	+1年～+10年
物品費・経費 (US\$/Year)	113,000	113,000	158,000	259,200

(注) 管理部門の物品費・経費は部門全体操業費中の45%となるように計上した。

確認できかつ本計算に採用できると判断されたものについては可能な限り織り込んだ。

- ④ 採算性の評価のためのDCF-R (DCFによる利益率)は、金利前の税引後のキャッシュフローと金利後のキャッシュフローの2段階で算出した。
- ⑤ 金属価格については、銅価を¢ 90/lbをベースケースとし、¢ 110/lb、¢ 130/lbの2水準も検討した。操業中は何れの計算においても価格は不変とした。

2) 収支計算の前提

① 評価の時点

設備、生産原価等の諸要素はすべて1993年12月価格とし、開発工事期間及び操業期間中の諸物価のエスカレーション並びにインフレーションは一切考慮しない。

② 生産品 (銅精鉱及び電気銅)

銅精鉱は、鉱量21,500t, Cu 35%, Au品位 5g/t, Ag品位 11g/t, また製錬工程において支障となるAs, Co, Ni等の不純物は含有しない。

電気銅は、9,110t, Cu品位99.99%とする。

③ 鉱山ライフ

開発期間(3年)を除き10年とする。

④ 収入

産出銅精鉱及び電気銅は全量次の条件で輸出されるものとして生産する。

a. 銅 精 鉱

- (a) 評価金属 Cu (lb/DMT), Au (Oz/DMT), Ag (Oz/DMT)
- (b) 建 値 Cu : ¢ 90, ¢ 110, ¢ 130/lbの3水準
Au : 400\$/Ozの1水準
- (c) T/C Cu : 95\$/DMT, CIF Japan
- (d) R/C Cu : ¢ 9.5/lb (P.P. = ¢ 90/lb base)
- (e) R/C Scale ± 10% (P.P. = ¢ 90/lb base)
Au : 6\$/DMT
- (f) 品位条件 Cu : 1 Unit less , (品位 - 1%) / (品 位)
Au : 94%
- (g) 支払 Prov 90% 10 days after arrival at JAPAN

(注) 本計算の売鉱条件は現時点のものであり、将来エネルギーコストの上昇あるいはその他の原因により熔錬・精製費及びR/Cスケールの変更はあり得る。その場合は本鉱山会社と製錬会社は個々に締結した売鉱契約に基づき条件改訂交渉を行うことになる。

b. 電気銅

- (a) 評価金属 Cu (lb/DMT)
- (b) 建値 Cu : ¢ 90, ¢ 110, ¢ 130/lbの3水準
- (c) T/C Cu : 10\$/DMT, CIF Japan

c. 製品運搬

- (a) 精鉱ロス 2% (船積みまで1%, 船積以降1%)
- (b) 製品運搬料 6.5 ¢ /km

(c)精鉱水分	8%
(d)海上運賃	42\$/WMT(Chile Barquito港～日本)
(e)船積荷役料	5\$/WMT(Chile Barquito港)
(f)海上保険料	FOB価格×0.264%

⑤減価償却

- a. 初期投資及び追加投資並びに更新費とも、法人所得税法等で定められている定額償却(実質的には100%償却、備忘価格1 Peso)で算出した。
- b. 償却率及び償却期間は税制上の優遇措置である特別償却により算出した。

	普通償却	率	特別償却	率
(a)建物(常設)	25年	4.0%	8年	12.5%
(b)建物(仮設)	10年	10.0%	3年	33.3%
(c)構 築 物	5年	20.0%	1年	100.0%
(d)機 械 装 置	10年	10.0%	3年	33.3%
(e)車両運搬具	7年	14.3%	2年	50.0%
(f)工 具 (重)	10年	10.0%	3年	33.3%
(g)工 具 (軽)	5年	20.0%	1年	100.0%

⑥資本金

初期投資額の1/4を開発工事の3年間にわたり、各年度の支出に合わせて払い込む。資本金部分の資金コスト(=金利)は考慮しない。

⑦借入金

- a. 初期投資額(=設備資金)のうち資本金によるもの以外の資金調達は全額長期借入金により、開発工事期間中の支出に合わせて借り入れる。
- b. 操業初年度の運転資金(減価償却費、金利を除く年間総コストの50%と想定)及び毎年の不足資金(=収支尻+入金ずれ)は短期借入金で調達する。
- c. 長・短期借入金とも日本国内で調達しチリーの鉱山会社に融資するものとし、金利はチリー国立銀行への預託金(総額の30%)を考慮し、長期借入金は $7.5\%(5\%/70\%=7.1\%+\alpha)$ 、短期借入金は $5.5\%(3.5\%/70\%=5.0\%+\alpha)$ と見込む。

なお、運転資金は最終年度のキャッシュフローに戻し入れ、最終年度で短期借入金を返済し、一方期日未到来の長期借入金も同様に最終年度で返済するものとして計算した。

(a)長期借入金 年度中央借入/年度中央返済、2年据置5年均等返済、利息は6ヶ月後払い

(b)短期借入金 年度末借入/翌年度末返済、期間1年、利息は6ヶ月後払

⑧税制(主要税法)

- (a)所 得 税(個人(=累進課税)、法人)
- (b)付 加 価 値 税
- (c)印 紙 税(記載額の0.1~1.2%)
- (d)固 定 資 産 税(評価価額の0.2%)
- (e)贈与、相続税(累進課税で1.0~25.0%)
- (f)特 別 売 上 税(贅沢品、酒類、飲料、タバコ、中古車ほか)

⑨ 所得 税

法人税法の適用が原則であるが、外国投資法の規定に該当し承認を受けた企業は選択できる。今回は外国投資法を適用したが、利益送金までは考慮しなかった。

a. 法人税法

(a)基本税率 15%

(b)利益送金 35%

配当ほか

b. 外国投資法

(a)基本税率 15%

(b)利益送金 27%

配当ほか

(c)営業開始後10年間、但し製造または
鉱山業で投資額が50百万US\$超の場合
営業開始後20年間適用される。

⑩付加価値税 (I V A)

a. 輸出は適用を免除される。

b. 外国投資法に該当する株主が政府の指定する品目を輸入した場合は適用を除外される。

c. 借入金や保証に係る金利は適用を除外される。

d. 基本税率 18%

⑪関税

基本税率 11%

3) 総括

銅建値90¢, 110¢, 130¢の3水準につきDCF計算を実施し、利益率を算出したが130¢は非現実的であるため90¢と110¢の2ケースに関するキャッシュフローを第II-4-4-1(1)&(2)表として示す。また金利前利益率ゼロの場合の銅価を逆算したところ104.3¢/lbであったので、その場合のキャッシュフローを第II-4-4-1(3)表として示す。これらをまとめると次のようになる。

(単位; 百万ドル)

項 目	C u 建値(¢ / l b)		
	9 0	1 1 0	1 3 0
収 入	2 8 8	3 5 7	4 2 6
操 業 費	2 0 3	2 0 3	2 0 3
減価償却費	6 3	6 3	6 3
金 利	1 4	1 4	1 4
税引前利益	8	7 7	1 4 6
法 人 税	5	1 2	2 2
税引後利益	3	6 5	8 5
DCF -- R (金利前)	-6.411%	1.937%	7.537%
DCF -- R (金利後)	-8.520%	0.311%	6.133%

第II-4-4-1(1)表 DCF計算結果表 (銅価 90.0/lb)

(UNIT: 1,000\$)

	合計	(-3Y)	(-2Y)	(-1Y)	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	6Y	7Y	8Y	9Y	10Y	備考
【損益計算】															
生															
粗銅產出量 (1,000MT)	33,780				3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	CUT/OFF 0.4% 可採銅量 33,780
銅品位 (%)	0.61				0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	
酸化銅 (1,000lb)	278,150				27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	選銅處理 實取率 硫化銅 93.0% 酸化銅 72.0%
硫化銅 (1,000lb)	178,390				17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	
精銅產出量 (DMT)	215,000				21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	
收入対象金屬量	361,910				36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	壳銅條件 採取率 硫化銅 97.1% 電氣銅 100.0%
電氣銅 (1,000lb)	200,820				20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	
銅精銅 (1,000lb)	161,090				16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	
收															
粗收入	144,980				14,498	14,498	14,498	14,498	14,498	14,498	14,498	14,498	14,498	14,498	Cu-Price C90.0 T/C \$95.0 R/C C9.5
銅精銅：熔煉精製費	35,730				3,573	3,573	3,573	3,573	3,573	3,573	3,573	3,573	3,573	3,573	Au-Price \$400.0 R/C \$6.0
純收入	144,980				10,925	10,925	10,925	10,925	10,925	10,925	10,925	10,925	10,925	10,925	
金：純收入	12,810				1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	
電氣銅：熔煉精製費	91				91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	
純收入	179,830				17,983	17,983	17,983	17,983	17,983	17,983	17,983	17,983	17,983	17,983	
計	301,890				30,189	30,189	30,189	30,189	30,189	30,189	30,189	30,189	30,189	30,189	
海上運賃	12,860				1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	Chile/Japan \$42.0 FOB VALUE 0.236%
海保料	740				74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	
計	288,290				28,829	28,829	28,829	28,829	28,829	28,829	28,829	28,829	28,829	28,829	
支															
採掘費	25,664	0	0	144	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	
選礦費	168,292	94	199	279	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	
事務管理費	6,601	245	245	351	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	
運搬・船積諸掛	2,720	0	0	0	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	運搬C6/Km+荷役\$5/Mt 定額法(100%償却)
減価償却費	62,790	0	10,800	25,306	9,235	5,475	607	606	4,141	4,140	1,880	600	0	0	支払利息 利率 長期 7.5% 短期 5.5%
支払利息	14,255	0	0	1,466	3,042	2,588	2,013	1,440	1,180	905	601	497	371	152	
計	280,322	339	11,244	27,546	32,449	28,235	22,792	22,218	25,493	25,217	22,653	21,269	20,543	20,324	
税引前利益	7,968	-339	-11,244	-27,546	-3,620	594	6,037	6,611	3,336	3,612	6,176	7,560	8,286	8,505	
累計		-339	-11,583	-39,129	-42,749	-42,155	-36,118	-29,507	-26,171	-22,559	-16,383	-8,823	-537	7,968	
(繰越欠損金控除額)	20,190	0	0	0	0	594	6,037	6,611	3,336	3,612	0	0	0	0	欠損金5年間繰延可 優遇税制度はない
(当年度控除限度額)	42,749	339	11,244	27,546	3,620	0	0	0	0	0	0	0	0	0	法人税 税率 基本 15.0% 配当 27.0%
(年度末繰越欠損残)	0	339	11,583	39,129	42,749	42,155	36,118	29,507	22,551	8	0	0	0	0	
法人税(基本15%)	4,579	0	0	0	0	0	0	0	0	0	926	1,134	1,243	1,276	
純利益	3,389	-339	-11,244	-27,546	-3,620	594	6,037	6,611	3,336	3,612	5,250	6,426	7,043	7,229	
累計		-339	-11,583	-39,129	-42,749	-42,155	-36,118	-29,507	-26,171	-22,559	-17,309	-10,883	-3,840	3,389	

(UNIT: 1,000\$)

【資金収支】															
I N :															
純利益	3,389	-339	-11,244	-27,546	-3,620	594	6,037	6,611	3,336	3,612	5,250	6,426	7,043	7,229	定額法(100%償却) 資本金 25.0%
減価償却費	62,790	0	10,800	25,306	9,235	5,475	607	606	4,141	4,140	1,880	600	0	0	
資本金	15,500	339	11,244	3,917											
借入金調達	52,602	0	500	41,368	0	0	33	485	8,422	594	1,200	0	0	0	
計	134,281	0	11,300	43,045	5,615	6,069	6,677	7,702	15,899	8,346	8,330	7,026	7,043	7,229	
O U T :															
投資	62,790	0	11,300	42,545	0	0	0	0	7,745	0	1,200	0	0	0	
(建設期間中金利)	0	0	0	1,466											
短期借入金返済	5,312	0	0	500	3,023	0	33	485	677	594	0	0	0	0	
長期借入金返済	47,290	0	0	0	7,669	7,669	7,669	7,669	7,669	7,669	1,549	1,549	1,789	4,058	
計	115,392	0	11,300	43,045	3,023	7,669	7,669	7,702	15,899	8,346	3,343	1,549	1,789	4,058	
余利資金	18,889	0	0	0	2,592	-1,600	-992	0	0	0	4,987	5,477	5,254	3,171	@IRR(金利前) 内部利益率 -6.411%
累計		0	0	0	2,592	992	0	0	0	0	4,987	10,464	15,718	18,889	@IRR(金利後) 内部利益率 -8.520%

(UNIT: 1,000\$)

【CASH - FLOW】															
CASH - FLOW (金利前)	17,644	-339	-11,744	-43,319	8,657	8,657	8,657	8,657	912	8,657	6,531	7,523	7,414	7,381	@NPV(金利前) 利益率 @NPV
累計		-339	-12,083	-55,402	-46,745	-38,088	-29,431	-20,774	-19,862	-11,205	-4,674	2,849	10,263	17,644	利益率 @NPV
CASH - FLOW (金利後)	3,389	-339	-11,744	-44,785	5,615	6,069	6,644	7,217	-268	7,752	5,930	7,026	7,043	7,229	5.0% 770 7.0% -3,511 12.0% -10,433 15.0% -12,831
累計		-339	-12,083	-56,868	-51,253	-45,184	-38,540	-31,323	-31,591	-23,839	-17,909	-10,883	-3,840	3,389	5.0% -9,881 7.0% -13,060 12.0% -17,818 15.0% -19,225

第II-4-4-1(3)表 DCF計算結果表 (銅価 104.3/1b)

(UNIT: 1,000\$)

【損益計算】		合計	(-3Y)	(-2Y)	(-1Y)	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	6Y	7Y	8Y	9Y	10Y	備考
生	粗銅產出量 (1,000MT)	33,780				3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	3,378	CUT/OFF 0.4% 可採銅量 33,780
	銅品位 (%)	0.61				0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	
	酸化銅 (1,000lb)	278,150				27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	27,815	選銅処理 実収率 93.0% 硫化銅 酸化銅 72.0%
	硫化銅 (1,000lb)	178,390				17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	17,839	壳銅条件 採取率 97.1% 硫化銅 電気銅 100.0%
	精銅產出量 (DMT)	215,000				21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	
收	收入対象金屬量	361,910				36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	36,191	
	電気銅 (1,000lb)	200,820				20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	20,082	
	銅精鉱 (1,000lb)	161,090				16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	16,109	Cu-Price C104.3 T/C \$95.0 R/C C10.93 Au-Price \$400.0 R/C \$6.0
入	粗収入	168,030				16,803	16,803	16,803	16,803	16,803	16,803	16,803	16,803	16,803	16,803	
銅精鉱	：熔錬精製費	37,990				3,799	3,799	3,799	3,799	3,799	3,799	3,799	3,799	3,799	3,799	
	純収入	130,040				13,004	13,004	13,004	13,004	13,004	13,004	13,004	13,004	13,004	13,004	
金	：純収入	12,810				1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	1,281	
	粗収入	209,470				20,947	20,947	20,947	20,947	20,947	20,947	20,947	20,947	20,947	20,947	
電気銅	：熔錬精製費	910				91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	
	純収入	208,560				20,856	20,856	20,856	20,856	20,856	20,856	20,856	20,856	20,856	20,856	
計		351,410				35,141	35,141	35,141	35,141	35,141	35,141	35,141	35,141	35,141	35,141	
海上	運賃	12,860				1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286	Chile/Japan \$42.0 FOB VALUE 0.236%
保	険料	860				86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	
計		337,690				33,769	33,769	33,769	33,769	33,769	33,769	33,769	33,769	33,769	33,769	
支	採掘費	25,664	0	0	144	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	2,552	
	選鉱管理費	168,292	94	199	279	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	16,772	
	運搬・船積諸掛	6,601	245	245	351	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	
	減価償却費	2,720	0	0	0	272	272	272	272	272	272	272	272	272	272	
	文払利息	62,790	0	10,800	25,306	9,235	5,475	607	606	4,141	4,140	1,880	600	0	0	運搬C6/Km+荷役\$5/Mt 定額法(100%償却) 支払利息 利率 長期 7.5% 短期 5.5%
計		14,156	0	0	1,466	3,042	2,588	2,013	1,438	1,153	868	568	497	371	152	
	計	280,223	339	11,244	27,546	32,449	28,235	22,792	22,216	25,466	25,180	22,620	21,269	20,543	20,324	
税引前利益		57,467	-339	-11,244	-27,546	1,320	5,534	10,977	11,553	8,303	8,589	11,149	12,500	13,226	13,445	
累計			-339	-11,583	-39,129	-37,809	-32,275	-21,298	-9,745	-1,442	7,147	18,296	30,796	44,022	57,467	
(繰越欠損金控除額)		37,687	0	0	0	1,320	5,534	10,977	11,553	8,303	0	0	0	0	0	欠損金5年間繰延可 優遇税制度はない
(当年度控除限度額)		39,129	339	11,244	27,546	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(年度末繰越欠損残)		0	339	11,583	39,129	37,809	32,275	21,298	9,745	1,442	0	0	0	0	0	
法人税(基本15%)		8,836	0	0	0	0	0	0	0	0	1,288	1,672	1,875	1,984	2,017	法人税 税率 基本 15.0% 配当 27.0%
純利益		48,631	-339	-11,244	-27,546	1,320	5,534	10,977	11,553	8,303	7,301	9,477	10,625	11,242	11,428	
累計			-339	-11,583	-39,129	-37,809	-32,275	-21,298	-9,745	-1,442	5,859	15,336	25,961	37,203	48,631	

(UNIT: 1,000\$)

【資金収支】		合計	(-3Y)	(-2Y)	(-1Y)	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	6Y	7Y	8Y	9Y	10Y	備考
I N :	純利益	48,631	-339	-11,244	-27,546	1,320	5,534	10,977	11,553	8,303	7,301	9,477	10,625	11,242	11,428	定額法(100%償却) 資本金 25.0%
	減価償却費	62,790	0	10,800	25,306	9,235	5,475	607	606	4,141	4,140	1,880	600	0	0	
	資本金調達	15,500	339	11,244	3,917	0	0	0	0	7,745	0	1,200	0	0	0	
	借入金調達	50,813	0	500	41,368	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
計		177,734	0	11,300	43,045	10,555	11,009	11,584	12,159	20,189	11,441	12,557	11,225	11,242	11,428	
O U T :	投資	62,790	0	11,300	42,545	0	0	0	0	7,745	0	1,200	0	0	0	
	(建設期間中金利)	0	0	0	1,466	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	短期借入金返済	3,523	0	0	500	3,023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	長期借入金返済	47,290	0	0	0	7,669	7,669	7,669	7,669	7,669	7,669	1,549	1,549	1,789	4,058	
計		113,603	0	11,300	43,045	3,023	7,669	7,669	7,669	15,414	7,669	2,749	1,549	1,789	4,058	
余剰資金		64,131	0	0	0	7,532	3,340	3,915	4,490	4,775	3,772	9,808	9,676	9,453	7,370	@IRR(金利前) 内部利益率 0.000%
累計			0	0	0	7,532	10,872	14,787	19,277	24,052	27,824	37,632	47,308	56,761	64,131	@IRR(金利後) 内部利益率 -1.716%

(UNIT: 1,000\$)

【CASH - FLOW】		合計	(-3Y)	(-2Y)	(-1Y)	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	6Y	7Y	8Y	9Y	10Y	備考
CASH - FLOW (金利前)		62,787	-339	-11,744	-43,319	13,597	13,597	13,597	13,597	5,852	12,309	10,725	11,722	11,613	11,580	@NPV(金利前) 利率 5.0% 31,195 7.0% 22,744 12.0% 8,157 15.0% 2,502
累計			-339	-12,083	-55,402	-41,805	-28,208	-14,611	-1,014	4,838	17,147	27,872	39,594	51,207	62,787	@NPV(金利後) 利率 5.0% 20,607 7.0% 13,248 12.0% 807 15.0% -3,864
CASH - FLOW (金利後)		48,631	-339	-11,744	-44,785	10,555	11,009	11,584	12,159	4,699	11,441	10,157	11,225	11,242	11,428	
累計			-339	-12,083	-56,868	-46,313	-35,304	-23,720	-11,561	-6,862	4,579	14,736	25,961	37,203	48,631	

4-5 考察

種々の仮定のもとにDCF法で利益率（金利前）を計算したところ、銅価90¢の場合は負、110¢の場合は正となった。利益率ゼロの場合は104.3¢であった。通常、企業が事業化するには金利前の利益率が15%以上必要と言われているが、130¢でも15%に満たない。これは鉱石の品位が低いからと考えられる。ちなみに15%となる時の銅価は165.7¢となる。

銅価90¢の場合、利益率をゼロとするには出鉱品位として0.70%(To-Cu)が必要となる。この増加銅分を酸化鉱と硫化鉱にベースケースと同じように割り振るとするならば酸化鉱として0.61%(To-Cu)、硫化鉱として0.97%(To-Cu)が必要となる。同様に利益率を15%とするには出鉱品位1.13%(To-Cu)、酸化鉱0.97%(To-Cu)、硫化鉱1.54%(To-Cu)が必要となる。

当鉱山の場合、酸化鉱は出鉱品位を少量アップさせると、鉱量は大きく減少する。一方硫化鉱は出鉱品位を少量アップさせても、鉱量の減少は極く僅かである。しかるに硫化鉱よりなる下部鉱体は今回の主たる調査対象ではなかったため、その詳細は不明であり可採鉱量中にもほとんど含まれていない。また下部鉱体はその深度のため、露天採掘には不適當である。従って今後は下部鉱体を主とした探鉱を行いその後、企業化を再度検討すべきであろう。

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論

1-1 ボーリング調査

周辺地質及び層序については第I-3-2-1図及び第I-3-2-1表に示した。鉱床近傍の地質構造については第III-1-1-1図・調査結果図に示す通りであるが、鉱床は白亜期前期のLos Cerros Floridas層の安山岩溶岩及び同質岩起源の“熱水角礫岩”中に交替的に沈澱した銅鉱床であり、一般的にはマント型と呼ばれている。安山岩はそのフローユニットから第1層（下位）→第4層（上位）まで確認できたが、鉱床は第2層より上位をその母岩としている。鉱床と母岩の詳細な関係は付図の断面図を参照されたい。

鉱床は交代鉱床と考えているがマント型であるため見かけ上2～3層準存在するようである。その3次元的分布状況により第I-4-2-1図に示す如く上部鉱体、中部鉱体、下部鉱体、西部鉱体、東部鉱体に分類した。上部鉱体は酸化銅鉱を主体とするが、その下部には硫化銅鉱物を主とする硫化鉱体や、硫化銅鉱物と酸化銅鉱の共存する混合鉱体から成る場合もある。他の鉱体はいずれも硫化鉱体を主とするが部分的に酸化鉱や混合鉱のような産状を呈する個所もある。

銅鉱物は初生的には黄銅鉱と思われるが、浅所及び断層沿いに酸化作用を被り輝銅鉱、緑塩銅鉱、孔雀石、胆ばん等に変化している。黄銅鉱は黄鉄鉱等と共に鉱染状～網状を呈するが、酸化銅鉱物は薄膜状を呈する事が多い。当調査地域では銅鉱化作用に先だって鉄鉱化作用があったため、これら銅鉱物は鏡鉄鉱や磁鉄鉱等の酸化鉄鉱物と共存する事が多い。酸化鉱体と硫化鉱体は図面上での区分可能であるが混合鉱体のみは他の2種の鉱体と錯綜して存在するため区分困難である。

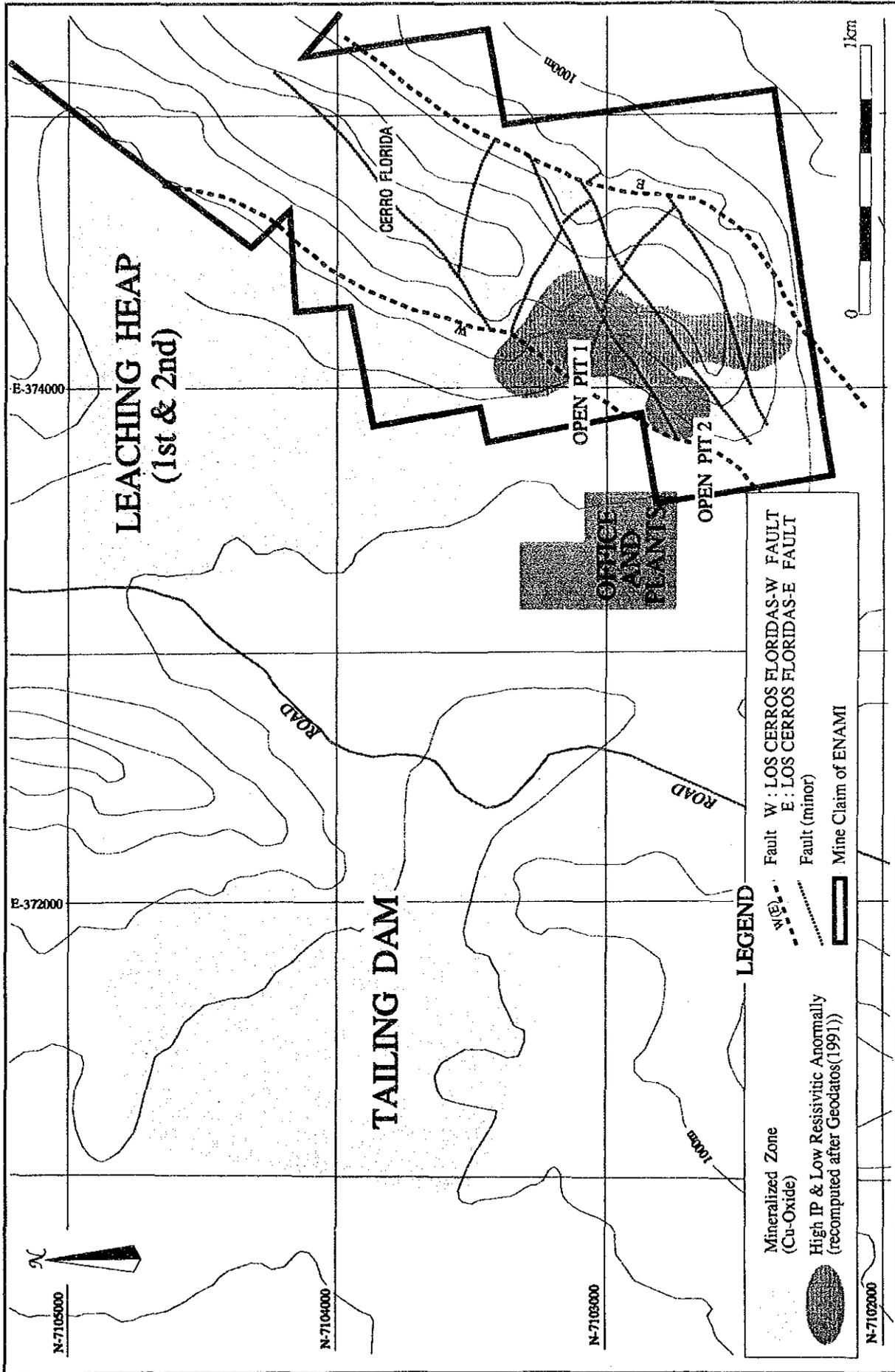
2年間で計53孔、総掘進長10,028m（深度80m～500m/孔）、最密地域における間隔約100mで試錐作業を実施し、鉱床賦存状況と鉱量の概算の把握を行う事ができた。試錐結果については第I-4-2-1(1)&(2)表・孔別鉱化帯品位一覧表として示した。鉱床は網状～鉱染状であるので鉱量の把握については、仮に試錐密度を今回の2倍としても精度を大きく上昇させる事は困難であろう。

今回の調査の主目的ではなかった下部鉱体を捕捉した試錐孔も若干ある（MJCC 27 & 41）。また側方（特に東西方向）でも西部鉱体や東部鉱体の一部を捕捉できたので鉱区の問題もあるが、物探・試錐ともに下部及び側方への展開に期待が持たれる。

1-2 物理探査

試錐孔を利用したIP検層（10孔）、試錐岩芯の物性測定（12孔より424個のサンプルにつきIP特性と比抵抗値の測定、458個のサンプルにつき磁化率の測定）及びそれらを基に既存の地表IP調査資料と磁気調査資料の再解析を第1年次に実施した。その結果次の諸点が明かとなった（第III-1-1-1図参照）。

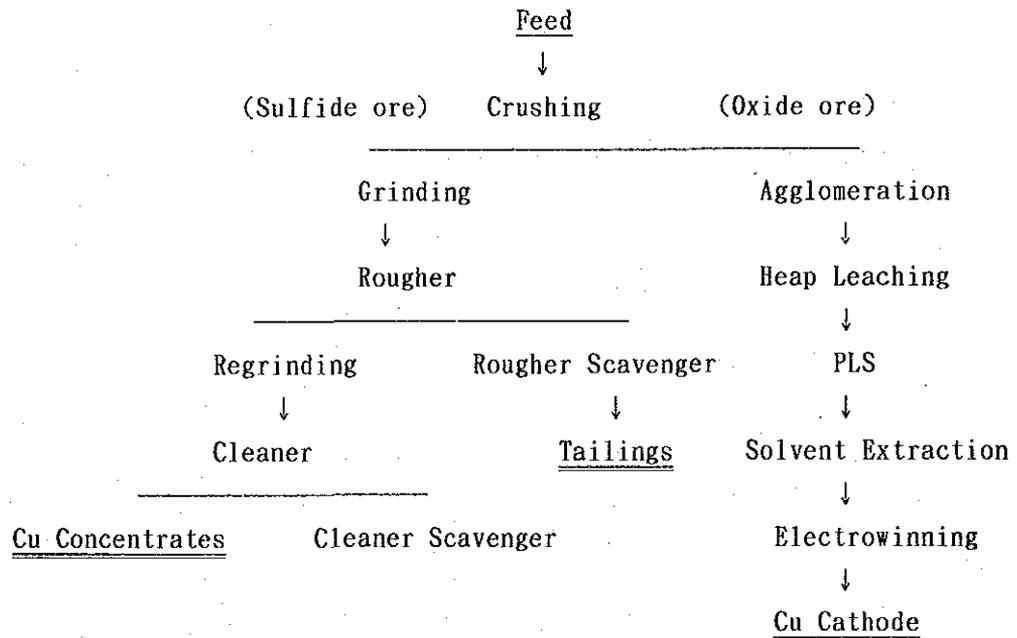
- ①高IP・低比抵抗異常の原因は、MJCC 7号試錐を中心とした黄銅鉱と黄鉄鉱の濃集した鉱化帯の存在によるものであり、地表に露出する上部鉱体の分布と良く一致する。
- ②高磁気異常の原因は、MJCC 10 & 13を中心として上記銅鉱化帯の周辺に分布する鉄鉱化帯に対応する。鉄鉱化帯に硫化鉱物が含まれるか否かは比抵抗値で判断が可能である。すなわち硫化鉱物が含まれる場合は比抵抗値が低下する。



第Ⅲ-1-1-1 図 調査結果図

1-3 選鉱試験

1992年度に実施した試錐で得られたコアを用い、上部鉱体の酸化鉱石1種、上部鉱体と西部鉱体の混合鉱石2種、上部鉱体と西部鉱体の硫化鉱石2種、合計5種の鉱石に対する浮遊選鉱試験、及びヒープリーチング-SX/EWなどの選鉱試験を行った結果、上部鉱体の酸化鉱石と西部鉱体の混合鉱石の処理にはヒープリーチング（バクテリアリーチングを含む）-SX/EWによる方法が適しており、その浸出率は約76%であると見込まれた。但し西部鉱体混合鉱石の硫酸消費量は多く、処理コストが高くなると見込まれる。上部鉱体の混合鉱石と全体の硫化鉱石には、従来の浮遊選鉱による方法が適しており、その実収率は約90%と見込まれた。選鉱試験の結果得られた銅精鉱及び尾鉱、並びに陰極銅を調査分析し各種設計与件を得た結果、販売上及び環境上問題となる不純物などは検出されなかった。選鉱試験の結果を総合的に評価した結果、第Ⅲ-1-3-1図に示す処理フローシートが、セロネグロ鉱石の処理に適切であると考えられた。



第Ⅲ-1-3-1図 鉱石処理フローシート

1-4 鉱量計算

地質学的に見込んだ全鉱画内の鉱量を距離の逆自乗法で計算した埋蔵鉱量は、Cut-off gradeが0.4%(To-Cu)の場合、87,692,000t(To-Cu 0.54%)である。Cut-off gradeを上昇させると鉱量が減少し品位が上昇するが、その程度については第Ⅰ-4-5-1表を参照されたい。

経済的与件値を仮定してオープンピットの設計を行いその内部の鉱量を可採鉱量として算出した。その結果はCut-off gradeが0.4%(To-Cu)の場合、33,787,120t(To-Cu 0.613%)である。可採鉱量についてもCut-off gradeを上昇させると鉱量が減少し品位が上昇するが、その程度については第Ⅰ-4-5-1表及び第Ⅱ-3-2-1表を参照されたい。

1-5 企業化調査

本鉱床開発が可能か否かを検討するため、第2年次に専門家を派遣して必要資料の収集を行った。それに先立ちオープンピットの設計と可採鉱量の算出、選鉱試験の結果に基づく鉱石処理フローシートの提案がなされたので、これらの諸試験結果と収集資料を合わせてDCF法により開発に関する検討を行った。主要前提条件を下記する。

①可採鉱量；33,787千トン, To-Cu 0.613%(Cut-off grade 0.4%)

内訳；酸化鉱 24,170千トン, To-Cu 0.522%

硫化鉱 9,611千トン, To-Cu 0.842%

(他にずり 41,280千トン)

これを露天掘り法、10年間で採掘する。

②生産物

酸化銅鉱(実収率72%)→陰極銅9,110トン/年(Cu 99.99%), 銅量 9,109トン

硫化銅鉱(実収率93%)→銅精鉱21,500トン/年(Cu 35.0%), 銅量 7,525トン

鉱石処理フローシートについては第I-4-4-2図及び第II-4-3-2図に示すが、酸化鉱処理においてはSX-EW法を採用する。

③生産期間

税制上の優遇措置である特別償却期間が長いもので8年であるので、生産期間を10年とした。但し生産準備期間を3年間とした。

④販売条件

日本における精錬所の標準的買鉱条件に合致させた。

⑤銅価

90¢/lbを基準とし110¢, 130¢についても考慮した。

上記条件によりDCF法で利益率(金利前)を計算した結果、銅価90¢の場合は-6.411%, 110¢の場合は1.937%, 130¢の場合は7.357%となった。利益率をゼロとする銅価を逆算したところ104.3¢となった。通常、金利前利益率は15%以上が必要とされているが利益率15%となる銅価を逆算すると165.7¢となる。

銅価90¢で他の条件を変化させずに金利前利益率をゼロとするには出鉱品位として0.70%(To-Cu)(酸化鉱 0.61%, 硫化鉱 0.97%), 利益率を15%とするには出鉱品位として1.13%(酸化鉱 0.97%, 硫化鉱 1.54%)が必要となる。

DCF計算結果は第II-4-4-1(1), (2)&(3)表として示した。

第2章 将来への提言

2-1 ボーリング調査

探鉱というのは広域探鉱を実施した後、調査範囲を絞るのが通常であるが今回は地域開発という事で広域探鉱や地質調査が行われなかった。従って地質調査データや広域探鉱データが不足しており、鉱区の問題はあるものの周辺部との関連性を今後調査する必要がある。

周辺部への調査としては地表地質調査、地化探調査（第四紀層に覆われた地域を含む）を実施した後、地表物探から試錐と進めるべきであろう。第四紀層地域における地化探については指示元素または指示鉱物に関する予備調査が必要であろう。また試錐については鉱床捕捉を目的とした試錐のみでなく構造試錐という考え方の導入も必要であろう。

また下部鉱体の一部を発見したので今後は下部探鉱の実施も必要であろう。

今回の試錐位置は調査地域の主要部ではほぼ100mスパンとなるように、周辺部では新たなポテンシャルを求める目的で配置されており、鉱染状～網状を呈する鉱体中の不規則・少量の高品位部の鉱量を把握する目的で配置されてはいない事を銘記すべきである。かかる鉱体の少量の高品位部の鉱量を試錐データから把握する事は一般的には極めて困難である。

2-2 物理探査

当地域の鉱床は高IP、低比抵抗を示すので初年次の調査で地表物探の有効性が確認された。従って今後は下部及び側方（特に東西方向）への探査が必要と思われる。下部への探査に当たってはCSAMT法が有効である。

2-3 選鉱試験

今後ゼロネグロ鉱床の鉱量と品位が増加し、鉱山開発の経済性が確認された後には、探鉱坑道掘進または大口徑ボーリングによって鉱床の酸化鉱石と硫化鉱石の代表試料各数百トンを採取し、リーチング及び浮選処理のパイロットテストを行い（CIMMで実施可能）、また、用水、電力関連の精密な調査、環境基礎調査などを行い、鉱山開発計画の精度を向上させる必要がある。

2-4 鉱量計算

鉱量計算に先立ちバリオグラムの作成を行ったが、その結果は非現実的な形態を示した。これは試錐間隔が開きすぎているためか、鉱石の産状が複雑なためかのいずれかであろう。今回の試錐は概ね100mスパンで実施したが、場所を限定して50mスパンの試錐を実施し地球統計的検討を加えるべきであろう。試錐間隔を50mより狭める事は、これまた非現実的であるため、50mスパンの試錐データから地球統計的特徴が得られないならば鉱石の産状が複雑過ぎると結論できると考える。

鉱量計算のブロック品位割付に際して、その取り込み範囲を半径400mの球としたが、データ不足の場所で鉱量が過大評価されている可能性があり、もう少し検討が必要と考える。

2-5 企業化調査

硫化鉍よりなる下部鉍体は今回の調査対象ではなかったためその詳細は不明であるし、かつ深部にあるため露天掘りに適しておらず可採鉍量中にもほとんど含まれていない。また今回の調査で硫化鉍に関する鉍量はその品位をアップさせても鉍量は僅かしか減少しない事も判明したので、今後は硫化鉍よりなる西部鉍体、下部鉍体、東部鉍体及びそれらの延長を狙った探鉍を実施し、坑内掘りをも考慮した開発計画を検討すべきと考える。

また電力、用水、資材等のさらなる情報収集も行い、より高精度の企業化調査を実施すべきであろう。

2-6 総合的提言

今回の調査は主として酸化鉍を主体とする上部鉍体とその調査対象であった。そして酸化鉍はその品位をアップさせると鉍量が大きく減少する事が判明した。すなわち高品位部を小規模に採掘すべきであろう。高品位部の存在個所については付帯資料中のブロック別平面品位図を参照されたい。

硫化鉍よりなる下部鉍体は今回の調査対象ではなかったためその詳細は不明であるし、かつ深部にあるため露天掘りに適しておらず可採鉍量中にもほとんど含まれていない。また今回の調査で硫化鉍に関する鉍量はその品位をアップさせても鉍量は僅かしか減少しない事も判明したので、今後は硫化鉍よりなる西部鉍体、下部鉍体、東部鉍体及びそれらの延長を狙った探鉍を実施し、坑内掘りをも考慮した開発計画を検討すべきと考える。

探鉍方法として周辺地質調査、地化探（指示元素または指示鉍物の検討必要）、構造試錐、物理探査（主としてCSAMT法）を駆使して、下部及び側方（特に東西方向）へ調査範囲を拡大すべきと考える。探鉍作業と平行して選鉍に関するパイロットテストと、開発に必要な用水・電力・資材等に関する調査を実施しより高精度の開発計画を作成すべきであろう。

参 考 文 献

- Arancibia, C.M. (1991): ENAMI, Gerencia regional III Region, Plano ubicacion de perfiles geofisicos, Yacimiento Cerro Negro - Distrito El Salado. ENAMI internal report.
- 浅見憲正・他 (1983): カナダ, クチヨ鉱床での地質統計学的方法による試錐密度の検討
- Bookstrom, A.A. (1977): The magnetite deposits of El Romeral, Chile: *Econ. Geol.*, v. 72, p. 1101-1130.
- 地学団体研究会 (1981): 地学事典, 平凡社, pp. 1612.
- Corvala'n, J. (1989): *Geologic Tectonic Framework of the Andean Region*
- Dalziel, I.W.D. (1989): *Circum Pacific Orogenic Processes: A View From The andeas and the antarctandes.*
- David, M. (1977): *Geostastical ore reserve estimation.*
- David, M. (1988): *Handbook of applied advanced geostastical ore reserve estimation.*
- EGM Evaluaciones Geologicos Mineras Ltda. (1991): *Evaluacion geologica del yacimiento Cerro Negro, El Salado, III region. ENAMI internal report.*
- ENAMI (1992): *Exploracion geologica del yacimiento Cerro Negro del distrito El Salado - III region, Sondajes estrategicos con aire reverso. ENAMI internal report.*
- Farias, B.A. (1991): *Estudio petrologico - calcografico del yacimiento de Cerro Negro, distrito El Salado, III region. ENAMI internal report.*
- Forster, H. & Knittel, U. (1979): *Petrographic observations on a magnetite deposite at Mishdovan, central Iran: Econ. Geol.*, v. 74, p. 1485-1489.
- Frietsch R. (1978): *On the magmatic origin of iron ores of the Kiruna type: Econ. Geol.*, v. 73, p. 478-485
- Frutos, J. & Oyarzun, J. (1975): *Tectonic and geochemocal evidence concerning the genesis of El Laco magnetite lava flow deposits, Chile: Econ. Geol.*, v. 70, p. 988-990.
- Frutos, J. et al. (1985): *Geologi'a y recursos minerales de Chile.*
- Fuller, C.R. (1989): *Dsitribution and characteristics of Chilean copper deposits.*
- Fuller, C.R & Peebles, F.L. (1988): *Geologia, distribucion y genesis de los yacimientos metaliferos chilenos. pp334. Fundo nacional de desarrollo cientifico y tecnologico.*
- Gallagher, J.J. (1989): *Andean chronotectonics.*
- Galleguillos, L.G. (1989): *Geologia y evaluacion del distrito cuprifero de Cerro Negro, III Region - Chile. Enami internal report.*
- Geodatos (1991): *Estudio magnetico terreetre y polarizacion inducida, sector Cerro Negro, distrito El Salado, III region. ENAMI internal report.*
- Greene, H.G. & Wong, F.L. (1989): *Ridge collisions along the plate margins of south america compared with those in the southwest pacific.*

- Herrera, E. B. (1990): El yacimiento Cerro Negro - ENAMI, Un prospecto de cobre atractivo para una actividad de mediana minería metálica, Distrito Minero El Salado, Tercera Región de Atacama. ENAMI internal report.
- Hildebrand, R. S. (1986): Kiruna-type deposits; Their origin and relationship to intermediate subvolcanic plutons in the Great Bear magmatic zone, north-west Canada: *Econ. Geol.*, v. 81, p. 640-659.
- Hunt, J. P. (1991): Porphyry copper deposits.
- 金属鉱業事業団 (1972): チリの金属鉱床
- Koide, H. & Bhattacharji, S. (1975): Formation of fractures around magmatic intrusions and their role in ore localization: *Econ. Geol.*, v. 70, p. 781-799.
- 久城育夫他編 (1989): 日本の火成岩: 岩波書店, pp. 206.
- Lowell, J. D. (1991): The discovery of the La Escondida Orebody.
- Lyons, J. I. (1988): Volcanogenic iron oxide deposits, Cerro de Mercado and vicinity, Durango, Mexico: *Econ. Geol.*, v. 83, p. 1886-1906.
- MacKenzie, W. S. et al. (1982): Atlas of igneous rocks and their textures: Longman, pp. 148.
- MacLean, W. H. (1969): Liquidus phase relations in the FeS-FeO-Fe₃O₄-SiO₂ system and their application in geology: *Econ. Geol.*, v. 64, p. 865-884.
- Magri, E. J. (1987): Economic optimization of the number of boreholes and deflections in deep gold exploration.
- Mpodosis, C. & Ramos, V. (1989): The andes of Chile and Argentina.
- Naranjo, J. A. S. (1978): Zona interior de la cordillera de la costa entre los 26° 00' y 26° 20', región de atacama, escala 1:100,000. Carta geológica de Chile.
- Naranjo, J. (1978): Geológica del Cuadrángulo El Salado. Memoria de prueba para optar al título de Geólogo (inedito). Dpto. de Geología, Univ. de Chile. 117p.
- 日本輸出銀行 (1992): チリ, 海外投資研究所報
- Novillo, H. V. (1991): Estudio fotogeológico del distrito minero Cerro Negro. ENAMI internal report.
- Novillo, H. V. (1991): Perfil Geológico en el distrito minero Cerro Negro, El Salado, III región. ENAMI internal report.
- Oyarzun, J. & Frutos, J. (1984): Tectonic and petrological frame of the cretaceous iron deposits of north Chile: *Mining Geol.*, v. 34, p. 21-31.
- Parak, T. (1975): Kiruna iron ores are not intrusive-magmatic ores of the Kiruna type: *Econ. Geol.*, v. 70, p. 1242-1258.
- Park, C. F. Jr. (1961): A magnetite "flow" in northern Chile: *Econ. Geol.*, v. 56, p. 431-436.
- Petersen, U. (1989): Geological framework of andean mineral resources.
- Proano, J. A. (1989): Prospects for mineral exploration and development in the andes.

- Rendu, J. M. (1984): Geostatistical methods of ore reserve estimation.
- Ricardo, B. P. et al. (1990): Geologia y yacimientos metaliferos de la II region de Antofagasta.
- 佐々木昭他編 (1979): 地球の資源／地表の開発, 岩波講座・地球科学14, 岩波書店, pp. 300.
- 佐藤壮郎(1992): 世界の銅鉛床・銅鉛山, 地質ニュース, no. 460, p. 4-12.
- Schofield, N. (1988): Ore reserve estimation at the enterprise gold mine, Pine Creek, northern territory, Australia.
- Shiga, Y. et al. (1988): Caracteristicas mineralogicas y modo de ocurrencia de elementos menores en menas de yacimientos de hierro del norte de Chile: V congreso geologico chileno, v. 3, p161-176.
- Shiga, Y. et al. (1988): Some iron ore deposits in northern Chile: V congreso geologico chileno, v. 3, p113-128.
- 茂木源人・山口梅太郎 (1987): 深海底マンガング塊の広域概査における最適サンプリング密度
- 正路徹也 (1985): 鉛床探査に利用される若干の数理地質学的手法, 鉛山地質, 35, 2, 105-118.
- Siddeley, G. & Arandeda, R. (1989): Gold-silver occurrences of the El Indio belt, Chile.
- Sillitoe, R. H. (1989): Copper deposits and andean evolution.
- Sillitoe, R. H. & Camus, F. (1991): A Special Issue Devoted to Gold Deposits in the Chilean Andes.
- Stanton, R. I. (1991): Understanding Volcanic Massive sulfides: Past, Present and Future.
- Sugaki, A. et al. (1985): Geological studies in the metallogenic ore deposits in northern Chile.
- Suttill, K. R. (1991): El Teniente: Rockbursts slow the progress at the world's largest underground mine.
- Suttill, K. R. (1991): La Escondida: The latest developments from the huge, new copper open pit.
- Suttill, K. R. (1991): Maricunga: Is this the world's next great gold province?
- Suttill, K. R. (1991): Mining in Chile: After a hectic decade, the mining boom enters a new phase.
- Suttill, K. R. (1991): Toqui: Zinc orebodies stimulate interest in mining in southern Chile.
- 立見辰雄編 (1977): 現代鉛床学の基礎, 東京大学出版会, pp. 257.
- 東京天文台編 (1987): 理科年表, 丸善, pp. 1007.
- Turner, J. C. M. (1972): Diccionario Geologico, Ingres-Espanol Espanol-Ingles.

