

秋田縣小坂鑛山の沈澱銅採收に關係する調査

科 野 房 三

Résumé

The Copper Ore Deposit of the Kosaka Mine, especially on the Properties of the Ore Deposit related to the Recovery of the Cement Copper.

by

Fusazō Shinano

The Kosaka mine is situated at Kosakamachi, Akita Prefecture. The deposits in this district is segregated into the following lithologic unit.

Palaeozoic (?) slate

Tertiary { Baramori formations... liparite, intrusiv. breccia, & breccia.
Akamori formations... breccia, andesite, rhyolite, two kinds of dacite & basal conglomerate.
Horikirizawa formation... basal conglomerate, tuff & andesite.

Quaternary { Diluvium... basal conglomerate & pumice.
Alluvium... sand, gravel & clay

The ore deposit, the elongation of which is several hundred meters long, is a replacement deposit of "Kuroko" type.

The Baramori liparite and intrusive breccia are the country rocks of the ore deposit. The "Kuroko" and "Ōko" of massive type occupy the central part of the deposit, while "Keiko" (siliceous ore) of impregnation and net work type is found along its marginal part.

The ore deposits have exhaustively been mined. Cement copper is recovered from the poorer silicious ore in the southern part of the deposit.

The ore deposit can be divided into the following four zones from top to bottom:

1) Liparite in which impregnating pyrite is oxidized.

2) Clay

3) Oxidized siliceous ore.

4) Siliceous ore of impregnation and net work type.

The siliceous ore shows a net work texture, when it is found in liparite, while it shows a impregnation texture in the case of intrusive breccia. The siliceous ore mainly consists of quartz and pyrite with some chalcocite, bornite, covellite, barite and chalcantite.

The copper content in mine water is relatively rich because of existence of chalcocite and chalcantite. The amount of mine water is measured 0.41 m³ per minute, and the copper content in it is 0.11263 ~ 0.16675 g/l.

Cement copper is collected by scrap iron from the mine water. The Mine has a plan to set air-agitating equipment near the entrance of No. 4 adit, in order to recover remaining copper content from the mine water.

Considering the result of the author's survey and other investigations, the author gets the conclusions as follows:

(1) The strikes of network veinlets or veins have not a remarkable tendency and the dips are of comparatively high angle. Fissures do not continue for a long distance. The copper minerals are mainly chalcocite and chalcantite. These factors will give a very good condition to recover cement copper.

(2) Though the water may be poured on the surface where the ore body is not covered with clay, it has to be poured at the inside of the mine, where the ore body is covered with clay.

(3) The water has to be poured equally in a wide area.

(4) The ore body shall be crushed so that the passage of water will not be stationary. Crushing operation shall be worked from upper level to lower level.

(5) On this operation, clay shall be carried out of the mine.

(6) The operating part has to be divided into several sections, each of which crushing and sprinkling shall be operated alternately.

1. 緒言

小坂鉱山は典型的黒鉱々床として知られて居るが、最近採鉱を中止し専ら沈澱銅の採収に当つている。今回鉱山は沈澱銅採収を積極化するため、坑道を掘進して母岩全体を破壊すると共に、一方地表より水を注ぐ計画を立て、之を実行に移しつつある。その記録は将来日本の業界に重要な資料となるであろうし、その計画遂行の基礎資料として多くの調査を要する問題がある。

鑛床の大構造及び割目、斷層その他の微細構造、岩石及び鑛石の孔隙率、透水性、鑛石鑛物の種類及びその産狀、鑛石鑛狀の鑛物化學的性質、坑内水の化學的性質等多くの研究物課題が全く未開拓のまま残されており、總てが我々によつて研究されなければならない分野である。

筆者は昭和23年5月25日より6月10日迄秋田縣小坂鉱山の沈澱銅採収計画の実施に必要なと思われる地質鑛床調査を行つた。ここにその結果を報告する。

古生層は粘板岩より成る。

第三紀層は更にバラ森層、赤森層、堀切沢層に分けられる。バラ森層はバラ森石英粗面岩、バラ森貫入角礫岩(バラ森石英粗面岩の一異相である)及びバラ森角礫岩より成る。赤森層は赤森角礫岩、杉沢安山岩、赤森流紋岩、赤森角礫岩質岩脈、赤森石英安山岩、元山基底礫岩及び元山石英安山岩より成る。堀切沢層は堀切沢基底礫岩、堀切凝灰岩及び堀切沢安山岩より成る。

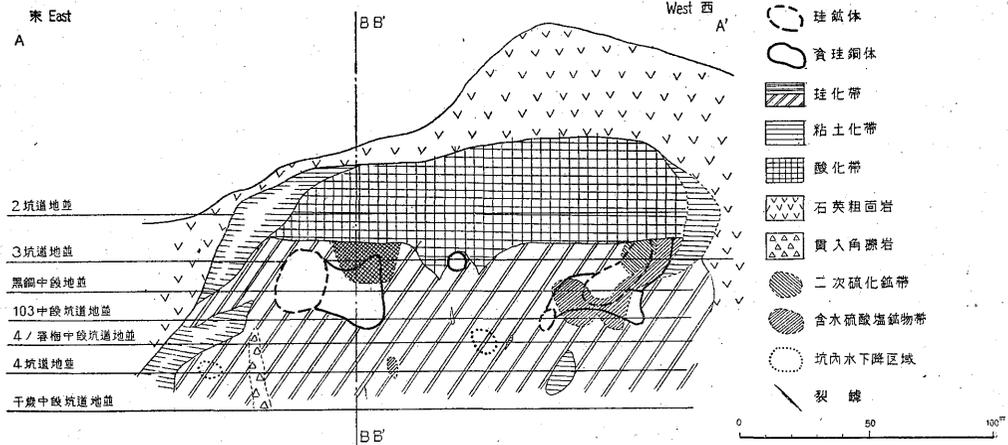
第四紀層は洪積層と沖積層に分けられる。洪積層は基底礫層と浮石層より成る。沖積層は砂礫及び粘土より成る。

鑛床の生成は大部分第三紀層のバラ森層生成後、赤森層生成前の期間に行われた。

5. 鑛床 (第2, 3図参照)

小坂鉱山の主な鑛床は元山鑛床で、その他は附近に小さな脈狀をなすものが2, 3知られている。

元山鑛床はバラ森山、鉄鉢森山、石倉森山にかこまれ



第3圖 小坂鑛山坑内掘鑛床断面圖

2. 位置及び交通

小坂鉱山の事務所は秋田縣鹿角郡小坂町にある。元山鑛床は事務所の北方約2 kmのところにある。交通は奥羽本線大館駅より小坂鉄道を利用し小坂町で下車する。駅より元山まではトラックも通じ交通至便である。

3. 地形及び気象

小坂町は毛馬内花輪盆地の北縁にあり、鑛床は盆地を囲む海拔400~500 mの小坂山塊の一角にある。冬期は12~3月の間積雪を見、最厚1 m以下である。

4. 地質 (地質図印刷省略)

小坂鉱山附近の地質については木下龜城によれば次の通りである。

下部より古生層、第三紀層、第四紀層に分けられる。

た区域にあり、バラ森角礫岩、バラ森石英粗面岩及びバラ森貫入角礫岩を母岩とする黒鉱式鑛床である。南北750 m、東西250 m、深さ90 m以上ある船形を呈し、塊狀の黒鉱、黄鉱を中心に、これ等を包んで網狀乃至鑛染狀の珪鉄がある。今回の調査の対象となつた区域は鑛床南側周縁部の珪鉄帯で調査区域について以下項を追つて記載する。

調査した鑛床には上より2坑道, 3坑道, 黒銅中段, 103中段, 春梅中段, 4坑道及び千歳中段があり各坑道の高低差は夫々19 m, 12 m, 11 m, 10 m, 11 m, 15 mである。

(イ) 母岩

小坂鉱山の鑛床の母岩はバラ森石英粗面岩、バラ森貫入角礫岩、バラ森角礫岩であつて、調査区域はバラ森石

英粗面岩及びバラ森貫入角礫岩に属する部分である。バラ森石英粗面岩は珪長質の石英と石英、及び外形より長石と推定される斑晶とよりなり、網状脈を主とする鉍体の母岩で、鉍床の南部及び西部に発達している。バラ森貫入角礫岩は主として鉍染状鉍体の母岩である。坑内では大小の岩脈状バラ森貫入角礫岩がバラ森石英粗面岩を縦横に貫いているのが観察される。大体に於て黒銅堅坑附近より南側では角礫状を呈する部分が次第に少くなる。バラ森貫入角礫岩はバラ森石英粗面岩、粘板岩、石英斑岩等の角礫乃至半角礫と珪長質の石英粗面岩質間物とより成り、礫の大きなものは直径数十cmあり、多少隅の融蝕されたものが多い。黒銅堅坑附近より南するにつれて粘板岩の量は次第に少くなり、又礫の粒度は小となる。又礫の粒度は上部に行くにつれ細くなる。

(ロ) 母岩の變質

調査した南部の坑内掘鉍床について見ると、珪化作用、緑泥石化作用、絹雲母化作用、カオリン化作用等が見られる。

珪化作用は最も大規模に行われ、バラ森石英粗面岩及びバラ森貫入角礫岩の填間物及び石英粗面岩質角礫に多い。石英を交代している石英は隱微晶質又は微粒であるのに対し、脈状をなして黄鉄鉍と伴うものは透明で粗粒のものが多い。

緑泥石はバラ森石英粗面岩中に隱微晶質又は微粒の石英と不規則な集合体をなし、又は長石の斑晶を交代する。バラ森貫入角礫岩中の粘板岩は全部緑泥石に変化しているものが多い。その他珪化帯中にレンズ状又は脈状をなして産する緑色の粘土がある。

絹雲母化作用は珪化作用に伴うのが普通であるが、緑泥石化作用、カオリン化作用にも伴い粘土を形成していることがある。絹雲母化作用はカオリン化作用よりも下部に著しい。

カオリン化作用は主に絹雲母化作用に伴い鉍床の上部に多い。

(ハ) 構造 (第3, 4図参照)

地表より注水する際にその水がどんな風に下降し、下部に溜るかということは、沈澱銅採収計画の重要課題であるので、本調査にあたっては鉍床の大構造のみならず、微細構造に特に注意を拂つた。

今回の調査の対象となつた区域は鉍床南側周縁部面積約40,000m²の珪鉍帯で広い珪化帯中に不規則形の網状乃至鉍染状の珪鉍富鉍帯が発達している。

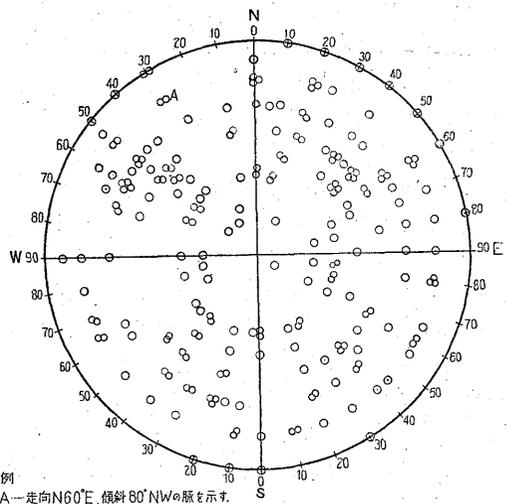
鉍床は上部より鉍染した黄鉄鉍の酸化した石英粗面岩、粘土帯、酸化珪鉍帯、及び網状乃至鉍染状珪鉍帯より成る。

鉍床の頂部は石倉森山であるが、一帯が褐鉄鉍によつ

て汚染したブロック状の石英粗面岩である。厚さは最大約40mある。

石倉森山の東南部には鉍染した黄鉄鉍の酸化した石英粗面岩の下部に、鉍体の一部を被つて厚さ十数mの粘土層が南東に約60°の傾斜をなして発達している。この下には厚さ約40mの褐鉄鉍化した酸化珪鉍帯が発達している。

酸化作用は一部では3番坑まで発達しているが、大体酸化した鉍石と酸化していない鉍石との境は2番坑と3番坑の間にある。此の酸化鉍帯の下部は厚さ65m以上の珪鉍帯であるが、鉍石の産状は母岩の物理的性質に支配され、バラ森貫入角礫岩を主とする部分では、硫化鉍物は母岩を交代し、或は鉍染状に入り網状をなすことは少い。これに反しバラ森石英粗面岩中では硫化鉍物の網状脈が顯著である。この珪化帯中には不規則な塊状或は幅数cm乃至数mの脈状をなす粘土がある。硫化鉍物又は粘土の網状脈、或いは脈の走向及び傾斜は石英粗面岩中の節理その他の割目に支配された結果と考えられる。第4図は筆者が測定した128の網状脈又は脈の走向、傾



第4図 小坂礦山珪鉍帯中の網状脈の走向及び傾斜のステレオ投影圖

斜の傾度を見る爲にステレオ投影したものである。大体走向はN25°~55°E, N25°~55°Wのものが多く、傾斜は55°以上の急傾斜のものが多いが、走向傾斜いずれも特に著しい傾向は見られない。坑内ではこの外に初生又は採掘によつて生じたと考えられる十数個の裂隙が見られるが、長くは連続していない。地表水の下降に際して、緩傾斜の網状脈又は脈が少ないことは、地表水の水平的移動距離を短くし、網状脈又は脈の走向に著しい傾向の見られないこと、裂隙が走向及び傾斜の方向に長く連続し

ないことは、地表水の下降速度を緩慢にし、地表水が鉱床中に一様に巡回する等の点で二次富化作用及び沈澱銅採収に最も好都合な条件を與えているものと考えられる。

(二) 鑛石

鉱石は全部質質の岩石中に硫化鉱物が鉱染乃至網状に入る所謂珪鉱である。沈澱銅採収の対象となつている部分は、残柱として残つている Cu 1.0% 以上の残鉱と Cu 1.0% 以下の貧珪鉱より成る。主として石英、黄鉄鉱より成るが、輝銅鉱・タンパン・重晶石は所々に見られ、斑銅鉱・ベリン・閃亜鉛鉱を伴う部分もある。

鉱染状のものは主に黒銅石倉堅坑附近に発達し、微粒状の石英中に多くは不規則な形の黄鉄鉱を散点する。この場合には母岩の角礫状構造は多くはそのまま残存し、填間部分は微粒状の石英と不規則な形状を示す黄鉄鉱の集合より成り、又黄鉄鉱の微粒が礫の周縁を囲んで填間部分中に見られるが、礫中には黄鉄鉱の含まれていることは比較的少い。

網状珪鉱は黒銅南部、梅春に発達する。石英と黄鉄鉱の網状脈が縦横に走り、その幅は極めて薄いものもあり、又細いものが密に集合して数 m の幅をなしていることもある。交代性の石英の微粒なのに反し、脈状の石英は比較的粗粒である。脈状石英に伴う黄鉄鉱はやゝ粗粒で鏡下では石英脈を黄鉄鉱脈が切る場合、逆に前者が後者を切る場合、又は両者が細く帯状をなしている場合等がある。

此等の珪鉱中の網状脈・粘土脈・その他の割目は天水のよき通路となり、鉱床上部の初生硫化鉱物を溶解し下部に於て二次鉱物を沈澱せしめている。就中水に溶解した銅分は主として輝銅鉱・タンパン等の鉱物として再沈澱し、時に孔雀石・藍銅鉱・珪孔雀石等となつている。又天水に溶解した鉄及び亜鉛は白、黄、淡青色の含水硫酸鉄及び亜鉛としてタンパン・珪孔雀石等と共に苔状に集合して産する。

二次銅鉱物中で坑内水に比較的容易に溶解し、沈澱銅の採収に最も重要な鉱物は輝銅鉱とタンパンであるが、小坂鉱山は幸いに両鉱物が多い。

小坂鉱山の輝銅鉱は初生の硫化鉱物を交代し、又はその間隙を充填して塊状をなして産するものと、坑道の両盤又は鉱石の細かい割目中に附着し微細な黒色煤状の産状を示すものがある。

小坂鉱山のタンパンは膜状又は鐘乳状をなし、後者にはその長さ数十 cm に達するものがある。色は鮮明な青色又は暗青色を呈し、これ等の中には多少の含水硫酸鉄が混入しているのが普通である。

6. 沈澱銅

(イ) 坑内水

坑内湧水量は増水期に 1.25 m³/min、渇水期 0.28 m³/min、平均 0.41 m³/min である。坑内水は一旦千歳中段に落下させ、高千穂ポンプと千歳ポンプで汲上げる。

鉱山の資料によれば四坑道地並に於ける昭和 22 年度主要箇所での坑水の年間平均成分は下の如くである。

第 1 表

場 所	高千穂 ポンプ	千 歳 ポンプ	堀 割	赤 城	坑 口
Cu ⁺⁺ g/l	0.16675	0.11262	0.03331	0.83176	0.04849
Fe ⁺⁺ g/l	0.40636	0.33303	0.04163	1.45837	0.46948
Fe ⁺⁺⁺ g/l	0.05966	0.04272	0.04642	0.23180	0.07339
化合 SO ₃ g/l	1.24162	1.03821	0.34956	4.39409	1.20321
遊離 SO ₃ g/l	0.13241	0.13795	0.02798	0.50168	0.08609
備 考	11月を 除く	7~12月 の平均	7~12月 の平均	9~11月 を除く	1~12月 平均

此の表にて明らかな様に、小坂鉱山の坑内水中に含まれる銅分は我國の他の銅鉱山のそれに比較すれば、極めて高品位である。なお坑内水の pH については定期的に測定した資料に乏しいが大体 3.0~3.3 位である。

(ロ) 沈澱銅

調査当時は 4 坑道の空気攪拌式沈澱銅採収装置を坑外に移動中の爲、樋中に坑内水を流して屑鉄に附着する沈澱銅を採収していた。

坑内木樋中の沈澱銅の附着状況を見ると、千歳ポンプにて汲上げられた坑内水は、硫酸銅豊富な爲に濃厚な青色を呈し、木樋を流れる坑内水の流速も早い爲に、屑鉄に附着する沈澱銅は高品位で美しい銅色塊状を呈するが、下流の流速の衰えた木樋中では沈澱物は黒色又は黒褐色泥状で品位も一般に低下する。このことは筆者が採取した沈澱銅分析表によつても示されている。なお中間に於ても堰止の坑内水落下点附近及び木樋中の流水の水面附近に接近した屑鉄には高品位沈澱銅が附着している。使用されるべき屑鉄は沈澱銅品位及び採収量の関係上薄いブリキ罐を最も有利とする。

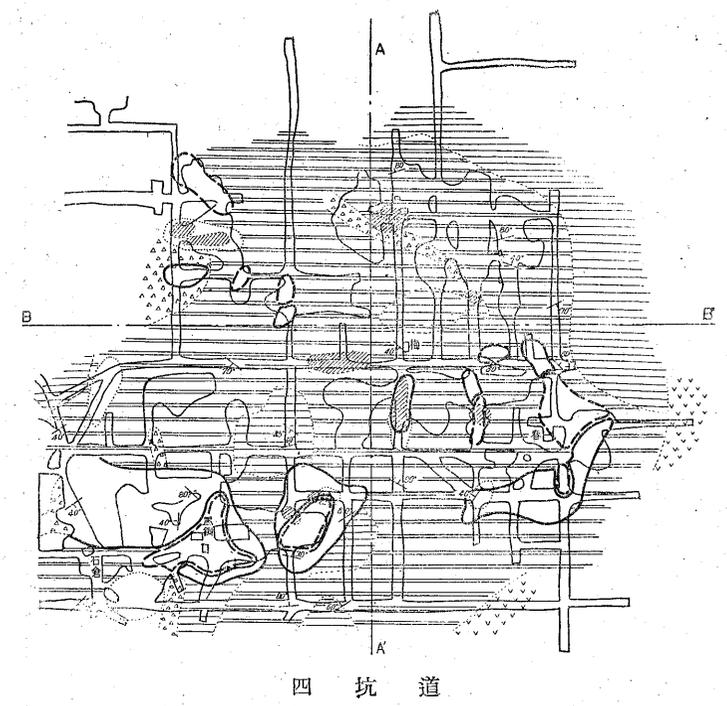
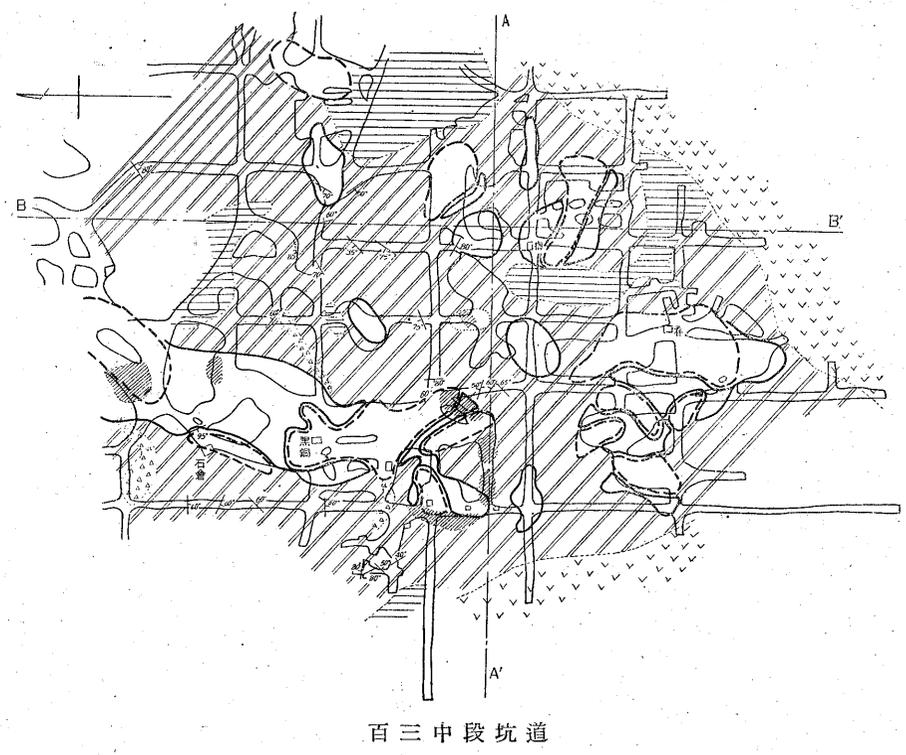
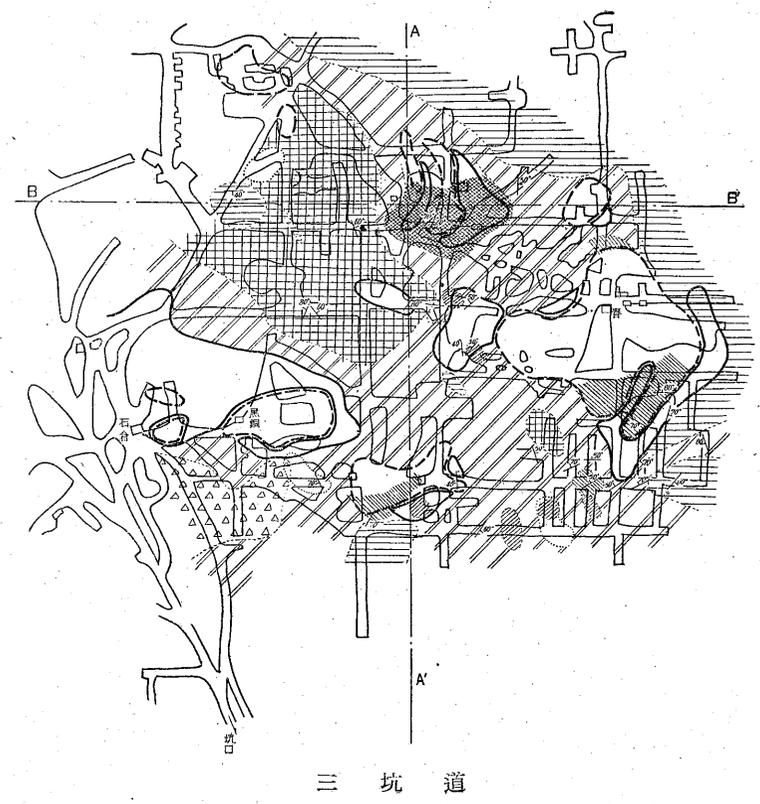
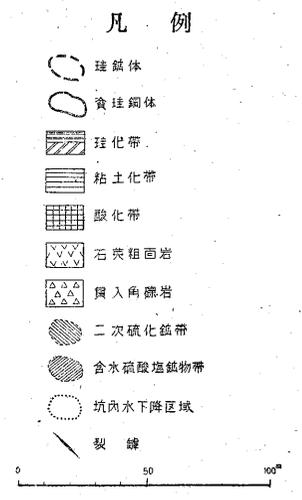
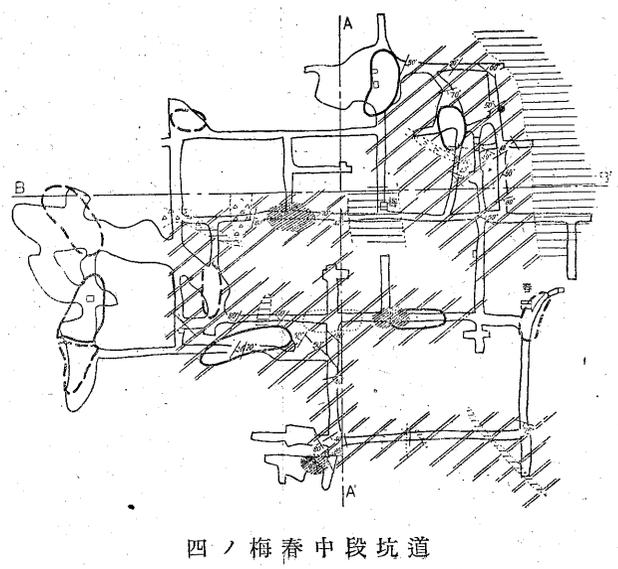
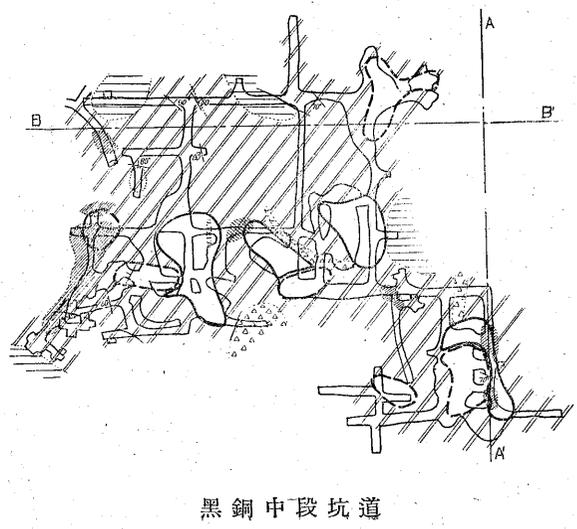
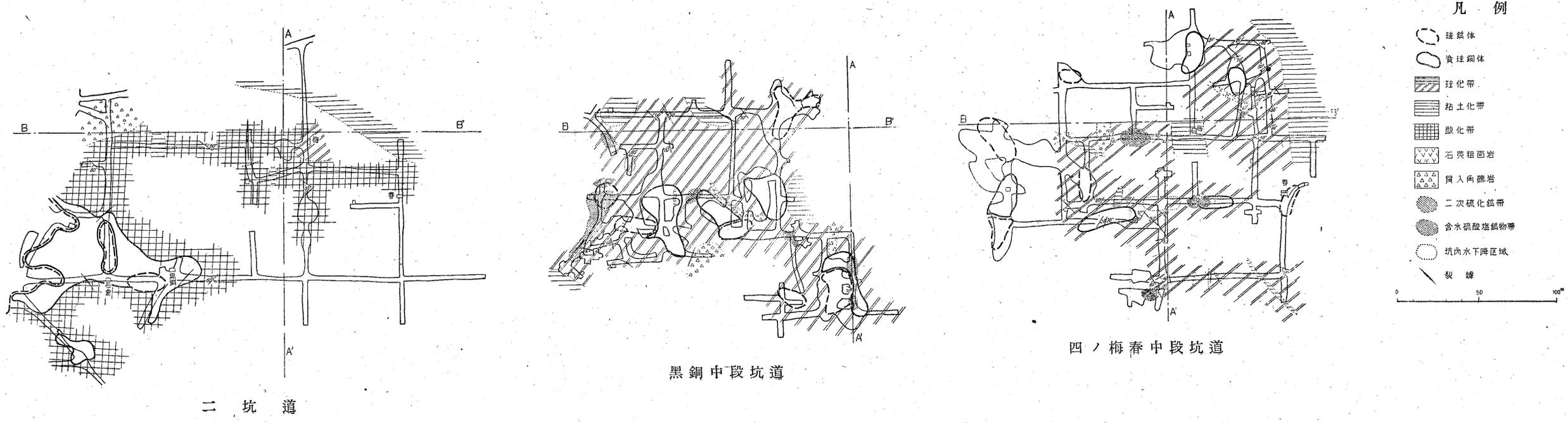
筆者が調査中に採取した沈澱銅の品位は下の如くである(第 2 表)。

(Cu, Fe の% は乾鉱の品位である。斜廊下の低品位なのは沈澱銅中に屑鉄の粉が多量に混入した爲であろう。)

(ハ) 沈澱銅採収計畫

現在準備中の收銅計画を簡単に述べると、坑内及び坑外の一部を破壊し、坑外及び坑内より注水して坑内水を千歳中段に集め、ポンプで 4 坑道地並に汲上げ、木樋中を流して收銅する。一部收銅された坑内水は更に空気攪拌式收銅槽に入れて銅分を徹底的に回収する。

破壊区域としては石倉森坑内破壊区域(約 40,000 m²)、



第2図 小坂鉄山坑内掘鉄床平面図

第 2 表

番号	場 所	坑 内 水	試 料 外 観	Cu %	沈 澱 銅 品 位	
					Fe %	H ₂ O %
1	春 下 水	滯 水 青 色	黒 色 微 粒 泥 状	64.70	5.09	23.27
2	送 風 場 下 水	滯 水	灰 褐 色 中 粒 や 粗	82.90	2.15	16.50
3	石 倉 前	やゝ流れる上部より水滴落ちる灰色	褐 色 微 粒 泥 状	76.90	3.42	20.15
4	石 倉 堅 坑	やゝ流れる青色	褐色泥状と赤銅色粗鬆状の混合	83.10	2.94	14.60
5	堀 割	3坑道よりの流水の溜り青色	黒 色 微 粒 泥 状	37.00	10.08	22.40
6	千 年 流 し	急流, 濃青色	赤褐色中粒砂状赤銅色塊混り	94.00	2.05	17.30
7	庄 搾 前	急流, 濃青色	赤 銅 色 細 粒 砂 状	90.70	1.76	22.20
8	斜 廊 下	流速普通, 青色	褐色の沈澱銅と粗鬆屑鉄の混合	15.60	41.99	12.80
9	大 切 廊 下	流速普通, 青色	黒 褐 色 細 粒	77.20	4.31	22.00
10	大切廊下より4坑口へ60 m	〃	灰 色 微 粒 泥 粒	59.40	3.13	27.48
11	大切廊下より4坑口へ160 m	〃	褐 色 細 粒 泥 状	84.30	3.42	29.45
12	大切廊下より4坑口へ270 m	〃	褐 色 細 粒 泥 状	83.10	3.82	29.08

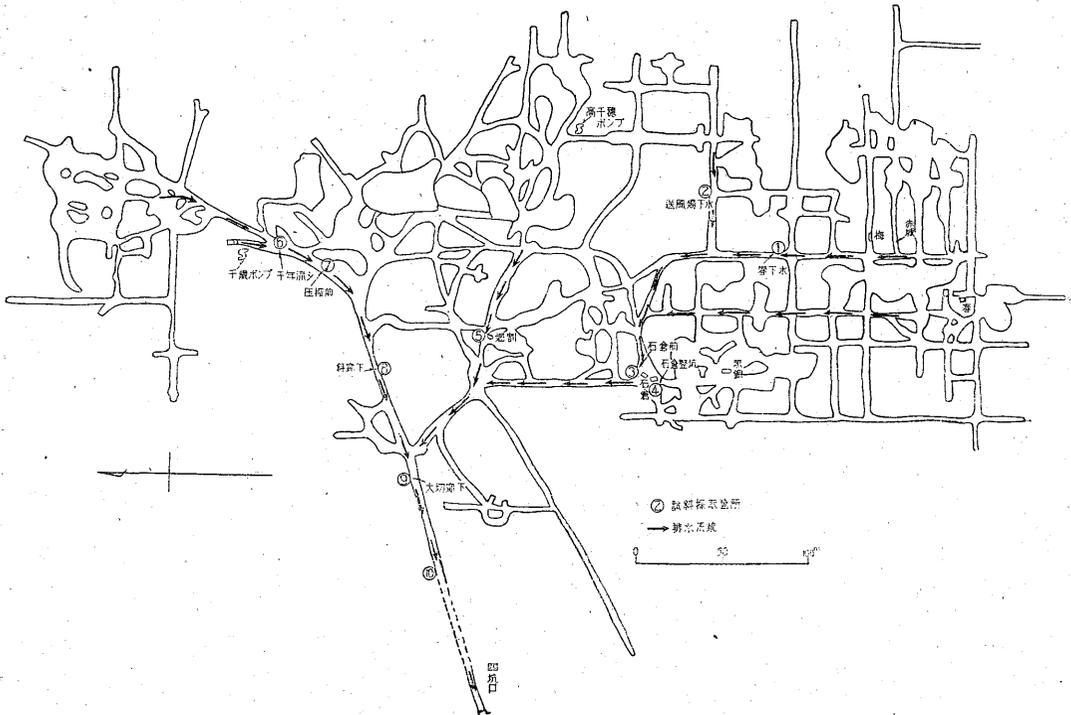
(分析者 小坂 鈺山)

露天掘周壁破壊区域(約 8,000 m²), バラ森坑内破壊区域(約 15,000 m²) が選定されている。

破壊作業は各坑道を 10 m 間隔に格子状に掘進し坑内を破壊する。露天よりは注水の 爲平行な 数本の 溝を掘

る。散水は露天掘東側の掘切沢用水の水を引き、露天に掘られた溝中に多数の小孔あるパイプを配列して散水する。

パイプを出た水は破碎鈺石の割目を通りつゝ銅分を溶



第 5 圖 四坑道沈澱銅試料採取位圖

解して千歳中段に集合する。千歳中段の水はポンプにて汲上げ4坑道大廊下中に設けられた木樋中を流れ、途中屑鉄にて銅を回収されつゝ4坑口に出る。4坑口には下図の如き沈澱銅送風採収装置2装置が建設中である。

(A) 坑内水中に含まれる銅分は雨天の時に低くなるということではなく、寧ろ高くなると云われているが、これは晴天の日には降水量が多くない爲に、流路は大體一定しているのに対して、雨天の場合には余分の水は新しい経路を辿つて下降し、そこにある銅分を溶かして来る爲と考えられる。

以上の事実より推察するに、上部より散水の場合には、降雨量よりも多量の散水が可能であるが、その適量は今後の経験によつて決定されるべきことである。又坑内水の通路を一定させない爲に鉱石が動く回数が出る丈多いことが望ましいから、それに適した掘進方法を取りなお破壊作業は上部より順次に下部に向ふことが必要である。

(B) 珪鉱中には多数の粘土の薄層がはさまれているが、これ等は下降水にとけて坑道に流出し割目をつくる。特に粘土の薄層が多い様なところは、場所に應じて多くの掘進を要しない。注水によつて流出した粘土が坑道中に沈澱し水路をふさぐ恐れがある故、掘進の際に粘土は出来る丈搬出することが望ましい。

(C) Arvid E. Anderson 及び Frank K. Camperson によれば、注水の際は一面に広く散水し、注水区域を数個の範囲に分割し、注水と乾燥を交互に繰返すのがよい。この場合注水によつて一度濕つた表面が乾燥すれば、温度上昇し硫化物の酸化を促進させる。

(D) 4坑道木樋中の沈澱銅の附着状態より推察すると、銅分を多量に沈澱させるためには堰をなるべく多く設けること、木樋の幅を広くして水が浅く流れる様にし、屑鉄が一定時間に出来る丈多量の流水と接触する様にするによつて高品位のものが得られる。要するに坑水が常に攪拌状態にあることと附着した銅が屑鉄よりほが

れ落ちることが必要であるのは論をまたない。

最近3年間の沈澱銅採収量は次の如し(第3表)。

第 3 表

	坑外採収量 (t)	品位 Cu %	坑内採収量 (t)	品位 Cu %
1945	142.7	42.08	834.4	70.67
1946	244.4	47.33	799.3	65.42
1947	171.6	49.57	717.8	56.15

8. 結 語

沈澱銅を唯一の目的として鉱床を開発する計画は、本邦に於ては小坂鉱山を最初とするので、この作業が軌道に乗る迄には、今後多くの経験と研究に俟たねばならないが、筆者が調査した結果及び従来文献や現場実績から得られた結論を簡単に述べれば、下の如くである。

1° 鉱床中に発達する網状脈及び脈の走向に著しい傾向が見られないこと、その傾斜が急傾斜のものが多いこと、裂隙があまり長く続かないこと、銅鉱物が主として輝銅鉱とタンパンであること等は沈澱銅の採収に好都合である。

2° 注水の際鉱床の頂部に粘土をかぶらない部分は、地表より注入し、粘土をかぶつた部分は坑内より注水すること。

3° 注水の方法は特定の場所にも多量に流さず、一定の範囲に一樣に散布すること。

4° 坑内破壊作業は流水の通路が一定しない様に時々鉱石が移動する様にする、坑内破壊は順次上部より下部に向つて行うこと。

5° 坑内破壊の際粘土は出来る丈坑外に搬出すること。

6° 作業区域を数個に区割し、各区割については破壊作業と注水作業を交替に行うこと。(昭和23年5~6月調査)

553, 94:550.8 (521.41)

新潟縣西頸城郡小瀧炭田小瀧炭礦地區調査報告

河 野 迪 也*

Résumé

by

Geology of the distret near Kotaki
Colliery, Niigata Prefecture.

Michiya Kōno

The Kotaki Coal-field lies in the southern part of Niigata Prefecture. The elevation of 1,100 m above sea level with mountainous

* 燃料部