

岩手縣赤石鉱山の沈澱銅採収に関する調査

濱地 忠男* 後藤 準次**

Résumé

On the Recovery of Cement Copper in the Akaishi Mine, Iwate Prefecture

by

Tadao Hamachi & Junji Gotō

The writers surveyed geology and ore deposit and examined percolating system and content of the underground water and also content of water in the copper recovering sluice in the Akaishi mine. As a result, the following facts became clear, that is, the favorable conditions for the recovery of cement copper in the mine are (1) the network system of the veins, and (2) the development of the secondary sulphide enrichment zone. The unfavorable conditions are (1) remarkable sericitization of the wall rock, and (2) the development of deposits in chimney-like shape vertically about 200 meters in depth. Then the water will not percolate thoroughly and content of Cu will not enriched so high on account of the sericitization of the wall rock.

1. 緒言

昭和27年6月13日より28日まで赤石鉱山において沈澱銅採収に関する調査を行った。本調査の目的は沈澱銅採収が地質および鉱床の諸条件にいかん支配されるか、その関係を解明する基礎調査であり、昨年度における鳥取縣岩美鉱山の調査に引き続き、沈澱銅採収のみを行っている鉱山として本鉱山が選ばれた。

赤石鉱山は昭和23年以降沈澱銅採収のみを行っており、すでに4年を経た今日、原水品位の低下で生産も当初に較べて激減している。しかし過去4年間の種々の資料を比較対照することは非常に有益であつた。たゞ調査当時は、当鉱山の主要鉱体である第1鉱体の坑道は崩壊して、鉱床の状況を直接把握できず、間接的に会社側の資料により推定せざるを得なかつた。

なお地質鉱床および鉱石については濱地が、坑内水および沈澱銅の化学分析は後藤が分担して行い、その経括を濱地が行つた。

同鉱山で現在沈澱銅採収中の上裸山鉱床は、探登285号で、他に探285号を分訳鉱床と称して探掘中である。

2. 位置および交通

岩手縣和賀郡湯田村にあり、横黒線陸中川尻駅より北方へ8kmに位置する。途中湯の沢まではバスが運行し、夏期は川尻駅山元間に運搬用トラックの便があり、交通運搬ともに至便である。なお12月中旬より4月ま

第1表 昭和9年～23年産額

年次	粗鉱量 (t)	銅品位 (%)	精鉱量 (t)	銅品位 (%)	含銅量 (t)	沈澱銅 (t)	銅品位 (%)	含銅量 (t)
昭和9年	不明	不明	1,765	5.96	105.19	4278.32		32.89
10	28,695	1.55	2,889	12.32	355.92	7176.43		54.27
11	55,997	1.31	(無選鉱) 177	9.42	16.66			
			5,043	11.84	596.09	4867.01		32.16
12	76,032	1.11	(%) 264	9.05	23.89	7068.52		47.96
			5,865	11.41	669.20			
13	81,871	0.92	(%) 697	7.59	53.08	15173.98		111.64
			6,586	10.95	721.17			
14	88,660	0.82	(%) 367	6.50	23.86	9169.88		63.59
			6,043	9.20	555.96			
15	78,024	0.81	(%) 314	2.72	8.54	14869.25		102.49
			4,638	10.10	468.44			
16	84,054	0.74	(%) 1,001	4.32	43.24	15659.58		92.95
			4,679	10.11	479.05			
17	89,522	0.65	(%) 747	6.29	46.99	9555.77		59.76
			4,156	10.55	438.46			
18	84,003	0.54	(%) 1,173	6.30	73.90	17767.41		119.38
			2,808	11.73	329.38			
19	74,018	0.62	(%) 687	3.85	26.45	15262.66		95.24
			2,971	11.19	353.85			
20	24,586	0.64	(%) 10	5.00	0.50	11453.14		60.57
			938	10.61	99.52			
21	25,540	0.58		890	10.78	97.74	14654.30	79.24
22	37,729	0.56		1,560	9.20	143.52	14256.90	80.80
23	15,718	0.69		834	9.87	82.32	10960.78	66.25

* 鉱床部 ** 技術部

で積雪が多く、この間徒歩によるほかはない。

3. 沿革および現況

明治20年頃、村人が発見し、明治23年頃から秋田の人、佐々木喜代治氏が探登213号内の下裸山附近の金鉱を採掘し、明治35年より40年に至る間アマルガム法により採金を行つた。しかし地表近くの酸化帯を掘りつくし、深部に行くにしたがい銅鉱に移化したので、その後は日立鉱山に賣鉱した。昭和9年5月日本鉱業株式会社が買収し、上35m・下35m・下60m・下100m等の各坑の採掘を行うとともに、0m坑口下に5,000t/month処理の浮游選鉱場を新設して、第1表の如き産額を有するに至つたが、その後大部分掘りつくされ銅品位の低下をきたしたので、昭和23年10月人員を大幅に縮減し、採掘および選鉱を中止し、人工撒水による沈澱

第2表 昭和23年10月以降沈澱銅産額

年度別	鉱量 (t)	銅品位(%)	銅量 (t)
昭和 23.10~24.3	72.263	59.31	43.515
昭和 24年度	223.554	65.61	146.797
25	210.402	67.12	141.224
26	156.375	65.66	103.122

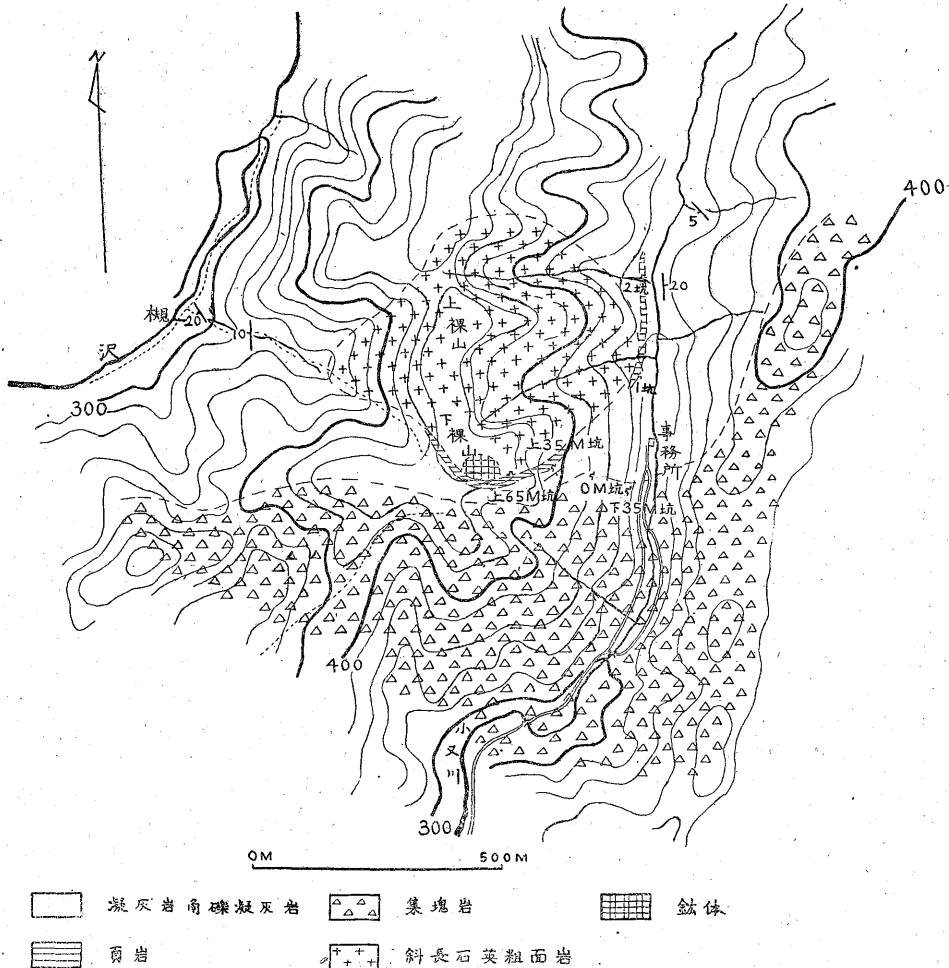
銅採收作業のみとし、今日に至つた。

従業員は所長以下70名で、昭和23年10月以降の沈澱銅産額は第2表の通りである。

4. 地質および鉱床

4.1 地質 (第1図参照)

地質は第三紀の川尻凝灰岩層およびこれを貫ぬく斜長石英粗面岩よりなる。



第1圖 赤石鉱山附近地質圖

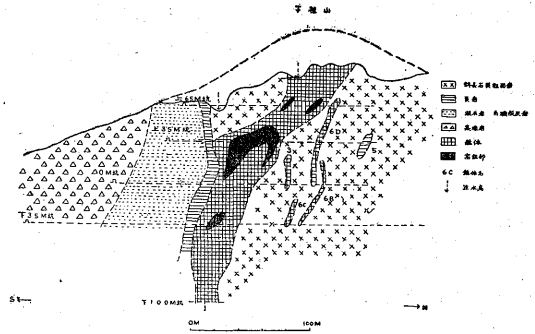
川尻凝灰岩層は、凝灰岩および凝灰角礫岩を主とし、一部に頁岩を挟む。その一般走向および傾斜は、N 20°~60° W および西方へ5°~40°であるが、部分的に擾乱を受け、特に下裸山の周囲に分布する頁岩からドーム状構造の存在が推定される。南方に広く分布する集塊岩は、凝灰岩および凝灰角礫岩との正確な関係は当地のみでは不明であるが、一應川尻凝灰岩層の一部を形成するものと考えられる。

斜長石英粗面岩は上記ドーム状をなす個所に径 500 m の岩株状をなして貫入する。石英の斑晶がきわめて少なく、部分的に絹雲母化・緑泥石化および珪化作用を著しく受けている。

4.2 鉱床 (第 2・3 図参照)

鉱床は斜長石英粗面岩中の網状鉱床で、一部頁岩中にも胚胎する。第 1 鉱床から第 8 鉱床までの数多の鉱体が発達するが、主要なものは第 1 鉱床である。第 1 鉱床は南北に走る幅 15~30 cm の主脈と、これと乱走する細脈よりなる。その形は上部が比較的大きい不規則な漏斗状をなし、上下に約 200 m におよぶ。またその径は上 65 m 坑で NW~SE に 75 m, NE~SW に 40 m, 下 35 m 坑で NE~SW 40 m, NW~SE に 70 m, 下 100 m 坑で NW~SE に 40 m, NE~SW に 12 m (前者長径, 後者短径) の不規則な形を示す。

露頭から 30 m 下の 80 m 坑(すでに現在陥没)までは酸化帯で、高品位の残留金鉱床を形成し、すでに掘りつくされた。上 80 m 坑から 0 m 坑付近までは 2 次硫



第 3 図 赤石鉱山下裸山鉱床南北断面図

化富鉄体に属し、輝銅鉄を主とし、0 m 坑以下は不変帯で黄銅鉄を主とする。鉄石鉱物としてはその他黄鉄鉄・斑銅鉄・閃亜鉛鉄および方鉛鉄を伴い、閃亜鉛鉄は上 65 m 坑地並において最も多かつたといわれる。脈石としては石英を主とし、重晶石・石膏および方解石を伴う。銅品位は富鉄部では 8% に達したが、下部にゆくにつれて漸次網状脈の目が粗となり、沈澱銅採収の直前には 0.6% 内外の低品位鉄が鉄石の大部分を占めるに至った。

4.3 母岩の変質

母岩の変質は石英粗面岩およびこれに接する頁岩において著しい。特に石英粗面岩は珪化・緑泥石化および絹雲母化作用を受けているので、斜長石の斑晶はすべて交代され、新鮮なものはまったくみられない。

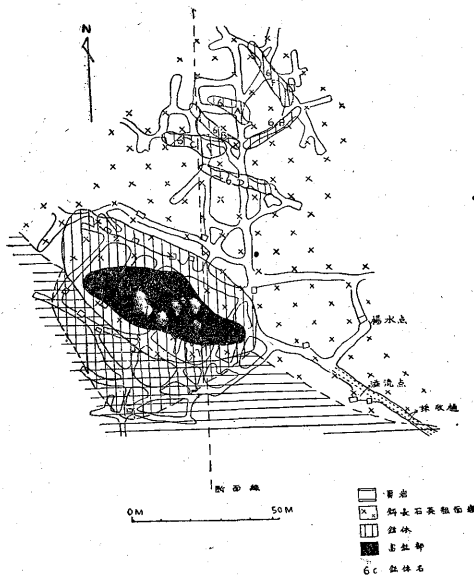
4.3.1 珪化作用 石英粗面岩はすべて多少とも珪化作用を受けているが、特に著しい場合は堅硬白色の岩石となる。しかしその分布はきわめて小範囲で、下 35 m 坑・0 m 坑等の頁岩に接する部分に発達する。

4.3.2 緑泥石化作用 これも普遍的に発達する。まず斜長石の斑晶が緑泥石化され、緑色の斑点がみえる。この場合未だ岩石は堅硬であるが、さらにこの作用が進むと、全体として緑色を呈し、石基中にも緑泥石が生成され、段々軟弱となる。第 1 鉱床中の母岩を除き、坑内の他の部分が全部上述の緑泥石化作用を受けた斜長石英粗面岩である。

4.3.3 絹雲母化作用 第 1 鉱床の母岩はすべて著しい絹雲母化作用を受けて粘土化する。これは他の部分に比較して斑晶はむしろ、石基の部分も絹雲母が多量生成しているためである。この作用は鉄脈の両盤で特に著しい。また頁岩は大部分がこの作用を受けている。

5. 鉄石

鉄石はすでに鉄床の項で説明したように、酸化帯・2 次硫化帯および不変帯でそれぞれの鉄物の組合わせが異なるが、調査当時観察された第 1 鉄体の一部は、いずれ



第 2 図 赤石鉱山下裸山鉱床下 35m 坑平面図

も2次硫化帯に属する。すなわち輝銅鉱および孔雀石を主とし、少量の黄鉄鉱および黄銅鉱よりなる。輝銅鉱は塊状をなすものと、鉱石の割目に附着して微細な黒色煤状の産状を示すものがあり、前者は明らかに初生の硫化銅物を交代したもので、微粒の黄鉄鉱あるいは黄銅鉱を含んでいるのがみられる。孔雀石は緑色の膜状あるいは煤状に普遍的に輝銅鉱と共存する。時には鮮青色のタンパンの発達が見られる。これらの2次銅鉱物の発達は沈澱銅採収に良好な条件をなしている。

6. 沈澱銅

6.1 沈澱銅採収作業 (第4図)

現在下35m坑および0m坑の採収樋、および一部は坑外採収樋で屑鉄により沈澱銅を採収する。

下35m坑では、坑道の両側に大樋および小樋の2つ0m坑では1つの木樋がある。これらの尾水はさらに合流して複式空気攪拌槽を通り、さらにまた“じくざく”型の木樋を通過して廃水として小又川に流入する。

屑鉄はレール・パイプあるいは鉄板等の廃品を切断していたが、最近では幅3~8cm、厚さ1mm位の帯状の屑鉄を使用している。屑鉄消費量は沈澱銅中、銅量1tにつき1.7tである。屑鉄の震盪攪拌は定期的に行われ

で自然溢流し、これが主として大樋の原水となり、5HPのタービンポンプで下65m坑附近から揚水された水(0.2~0.3 m³/min)が主として小樋の原水となる。

また坑内水の滲透が万遍なく行われるように鉱体の破壊作業が行われる。破壊作業は第1鉱体中を5m×10mの残柱を作りながら坑道を掘進して、発破により破壊するものですでに上35m坑は終了し、昨年9月より0m中段坑の破壊が行われている。

6.2 沈澱銅

沈澱銅は原水点のものが品位が高く、坑口に近づくにつれて低下する。筆者等は下35m坑の2つの樋、空気攪拌槽および坑外採収樋からそれぞれ試料採取を行ったが、肉眼的にも原水点附近のものは銅赤色を呈するが、段々褐色を増し、坑外採収樋のものはまったく黄褐色を呈する。

これらの試料を濾過して自然乾燥したものについて、分析した結果は第3表の通りである。

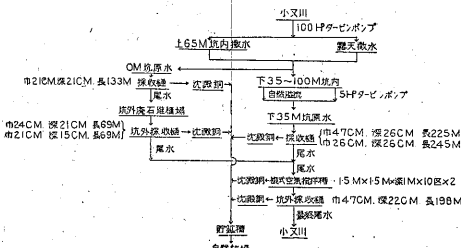
第3表 沈澱銅分析値

	Cu%	Fe%	
下35m坑奥	81.70	3.26	Al ₂ O ₃ 0.54, Pb 0.08, Zn 0.06, SO ₄ 0.55, MgO tr., CaO tr., SiO ₂ 0.68
大樋 [0~60m]	83.01	Fe ₂ O ₃ 2.57	
〃 75~125m	66.34	6.95	
〃 160~200m	23.86	24.66	
〃 210~226m	12.42	28.92	
小樋 0~30m	88.24	2.55	SO ₄ 1.99
〃 60~120m	75.16	4.18	
〃 125~185m	46.80	9.87	
空気攪拌槽	11.76	25.17	SO ₄ 5.61
坑外樋	3.40	33.68	SO ₄ 11.31

(地質調査所分析)

小樋と大樋で含銅および鉄量が異なるのは原水・品位の相違によるものであり、原水点を離れるに従いCu%が減少しFe%が増大することは、水溶液と鉄屑との反応から当然考えられることである。なおSO₄の少ない分析値から推定されるように、原水点を離れるにしたがいSO₄は増大する傾向があるが、これはpH3~4では塩基性硫酸鉄の形で沈澱し、しかも坑外では酸化される機会が多いので、pHの増大とともにさらに多く沈澱するものと思われる。分析値の総計が100%にならないのは、Cuの酸化および吸着水の存在のためである。

沈澱銅が採収される量の割合は、大樋・小樋ともに原水点から120m位までの間が圧倒的に多い。



第4図 赤石鉱山沈澱銅採収系統圖

ず、銅揚げの際に平行して行われるのみである。すなわち下35m坑では原水点から60m附近までは約3日ごとに行っているが、200m附近では7日ごとに行っている。従つて下35m坑では毎日どこかで銅揚げされている訳であり、下35m坑以外は7日以上の間隔で行われている。採取された沈澱銅はそのまゝ貯鉱舎に入れられて、自然乾燥後、日立製煉所に送附される。

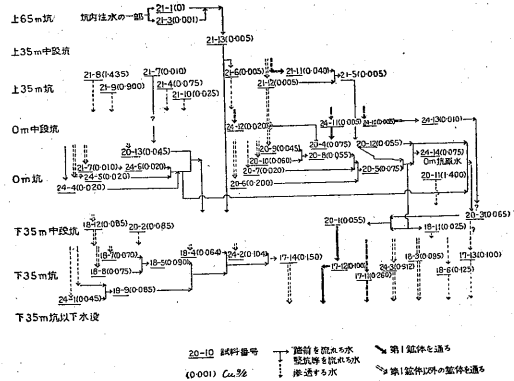
原水は毎分約1m³になるように、降雨量のいかんによりポンプの揚水量が調整される。人工原水は100HPのタービンポンプにより小又川から5時パイプで揚水され、さらにこれより分枝した3時パイプ2本は露天へ、1本は上65m坑内の第1鉱体へ注水される。これらの水は一部が0m坑の原水(0.1 m³/min)になる他は、下35m坑以下の水没個所に1度入つて0.6~0.7 m³/min

7. 坑内水

7.1 水の滲透経路および品位変化

前述したように坑内水には降雨によるものと、小又川の水をポンプで揚げて撒水する人工原水とがあるが、調査期間中ほとんど降雨がないので今回の調査は人工原水の滲透経路および品位変化を調査したことになった。鉦山側の資料によると産銅量は原水品位と原水量の2つの要素に支配されている。しかも降雨期あるいは溶雪期に産銅量が多いことは、天然原水の増大と電力事情の好轉による人工撒水の平常運轉のためである。しかし原水品位は年とともに徐々に低下して最近では 0.2~0.25 g/l 位である。

人工原水の滲透経路については、観察し得る限りでは第5図の如くである。滲透水はほとんど鉦体を通過しないが、上部から下部に徐々に Cu の品位が上ること、(たゞし淀み水については例外で高品位である)。第1鉦体を通過した滲透水も 24~12, 24~10 で判るよう大して富化されないこと、むしろ下 35 m 中段坑から下



第5図 赤石鉦山坑内水系統圖

35 m 坑に滲透して第6鉦体を通過したものが非常によく銅分を増し、きわめて能率的になつてゐることが認められる。また観察される限り坑内水のほとんど全部が探掘ジョーゴあるいは堅坑を流れ落ちて、坑道の歩前を流れ、さらにジョーゴあるいは堅坑に流れるので、鉦体を滲透するものあるいは天盤からの垂水はその量がきわめ

第4表 採收鉦および原水の温度、pH および化学成分

番号	採取位置	T°C	pH	Fe ⁺⁺ g/l	Total Fe g/l	Free SO ₄ g/l	Total SO ₄ g/l	Cu g/l	備考
1	大鉦 0 m	10.5	3.0	0.000	0.036	0.269	1.272	0.090	主として自然溢流
2	40 m	11.0	3.6	0.138	0.146	0.248	1.128	0.036	
3	80 m	11.0	3.8	0.166	0.184	0.227	1.079	0.009	
4	120 m	11.5	4.0	0.194	0.204	0.277	1.128	0.006	
5	180 m	11.2	4.0	0.194	0.219	0.227	1.102	0.006	
6	226 m	11.2	4.0	0.194	0.219	0.227	1.030	0.006	
7	小鉦 0 m	11.5	3.4	0.083	0.104	0.289	1.592	0.105	主としてポンプ揚水
8	40 m	11.5	3.8	0.166	0.174	0.289	1.372	0.048	
9	80 m	11.5	4.1	0.194	0.219	0.289	1.275	0.015	
10	120 m	11.5	4.2	0.221	0.221	0.248	1.151	0.006	
11	180 m	11.2	4.1	0.221	0.221	0.248	1.018	0.006	
12	226 m	11.2	4.1	0.221	0.221	0.269	0.859	0.006	
13	0 m 坑採收鉦 0 m	9.5	3.0	0.000	Tr.	0.083	0.432	0.075	
14	24 m	9.5	3.0	0.028	0.042	0.083	0.360	0.025	
15	51 m	9.5	3.4	0.055	0.055	0.072	0.360	0.015	
16	83 m	9.5	3.6	0.055	0.055	0.072	0.336	0.005	
17	118 m	9.5	3.8	0.055	0.062	0.062	0.312	0.005	
18	0 m 坑外原水	9.5	3.0	0.000	0.014	0.145	0.432	0.025	
19	尾水	9.5	3.8	0.055	0.062	0.062	0.312	0.005	
20	空氣攪拌前	11.2	4.0	0.194	0.198	0.227	1.052	0.006	6・12および19が合流したもの 小又川への廢水
21	空氣攪拌後	11.5	3.6	0.166	0.198	0.207	0.833	0.006	
22	5時ポンプの揚水	11.7	3.2	0.055	0.073	0.331	1.151	0.129	下35 m 坑の大鉦および 小鉦の原水 前3日晴天 前30時間雨
23	自然溢流	10.5	3.2	0.000	0.028	0.269	0.954	0.130	
24	"	9.5	3.0	0.000	0.005	0.103	1.008	0.060	

て少ない。これは第1鉱体の母岩が粘土化しているため水に流されて水が通るべき鉱脈あるいは割目を充たして水を通さなくなること、および鉱体の形態とから当然推定できる。従つて沈澱銅採収に専念して以来3年余を経た今日、水の経路がほぼ一定して前述の如く原水品位の低下をきたしたものである。

7.2 採収木樋内の水の状態

採収木樋内の水の成分・温度および pH の状態は第4表の通りである(試料の採取はいずれも午前7時に行つており、銅撈攪拌後10数時間経過している平靜な状態の時である)。

水溶液の含銅量が多いときには、屑鉄との接触によるイオン交換が急速に行われて急激に銅が沈澱して、この際生成する沈澱銅の品位はきわめて良好である。

鉄は銅の減少とともに増加する。これは屑鉄からの鉄が銅の代りに水中に溶解するため、特に小樋および0m坑採収樋でほとんど第2鉄によつて占められるのは、大樋にくらべて樋の幅が狭く、またより平静に流れているので、空気にふれる機会がより少ないためである。

全硫酸根は尾水の方が原水に較べて少ない。これは pH が 3~4 であるため硫酸塩の形で沈澱するためである。しかし大樋の途中で全硫酸根の量が増大しているが、大樋は騒乱しているために塵状の硫酸塩が試料中に入ったとも考えられる。

いずれにせよ平静な状態では銅は原水点から 100m 位の地点ではほぼ回収される。たゞ晝間は木樋内的一部分がかならず銅揚げされているから、銅揚げの地点から下方では平静な状態よりも銅分が多いことは確実であるし、これを回収する意味から木樋の長いことはかならずしも無駄ではない。また坑外採収樋でも若干の銅が回収されることは上述の原因の他に、機械的に運ばれる銅がその一因と思われる。しかし小又川に捨てられる廃水は含銅量は 0.06 g/l まで低下する。

また非常に注目すべきことは 0m 坑採収樋を通過した尾水が野外の廃石場を滲透するだけで、その品位が増大することである。

原水品位は毎日変動するが、以上の採収樋内の水の分析値は、調査当時の1つの傾向を知るのに役立つのみであり、個々の数値を問題にはできない。

8. 総括および意見

赤石鉱山の地質鉱床の性状は次の通りである。

(1) 鉱床は斜長石英粗面岩およびこれに接する頁岩中に発達する網状鉱床である。

(2) 鉱体は数個あるが最も重要なものは第1鉱体で、上部が大きい不規則な漏斗状を呈し、上下に約 200m におよぶ。

(3) 2次硫化帯が発達し、その鉱石は輝銅鉱および孔雀石を主として、黄鉄鉱および黄銅鉱も少量含む。

(4) 母岩の変質は珪化・緑泥石化および絹雲母化作用で、緑泥石は斜長石英粗面岩に広範囲に発達して、絹雲母化作用は第1鉱体で特に著しい。

以上の内、(1) は水の滲透に好ましい条件であり、(3) は銅を溶解するのに好ましい条件をなしている。しかし(2) は水の滲透に好ましくないし、さらに(4) はきわめて不利な条件で、水の滲透を妨げる最大の要素となつている。従つて坑内水の滲透は第1鉱体では有効に行われず、むしろシュートあるいは堅坑を流れ落ちる方が多いのではないかと思われる。このために沈澱銅採収のみを始めて3年を経た現在では、水の経路が一定して徐々に原水品位が低下したものである。この点は鉱山側も留意して鉱体を破壊してそこに注水している。このためにある程度は原水品位が高まるが、前述の理由で水が滲透して富化される部分は破壊された箇所だけで、さらに下方に滲透することは考えられない。しかし原水品位を向上させる方法は他にないので、今後とも続行すべきである。

(5) 0m 坑の尾水が廃石置場を通ずるだけで品位が向上することに關連して、山頂に捨てられた Slime (300 万 t といわれる) の利用が考えられる。すでに会社側の室内実験によれば硫酸酸性にした水でその銅分が溶解^{註1)}することが知られている。その際試料に供したものは地表下 1m から採集したもので、会社の分析値は Cu 0.49% を示している。同一試料を調査所で行つたところ、Cu 0.26%, Fe 1.25% を示した。今後経済的に Cu を抽出できるかどうか、きわめて興味深い問題である。(昭和 27 年 6 月調査)

註 1) 例えば H₂SO₄ 0.5cc, 尾水 400cc, Slime 230 gr を攪拌して 21 時間後に 0.636 g/l の銅を溶解する。