生野浮選系統変遷の歴史的考察

横 山 佐 蔵*

A Historical Review of Ikuno Concentrator's Flotation Operations

Sazo Yokoyama

The Ikuno Concentrator has started the three way separation of Cu, Pb and Zn in Complex ores early as 1929. Since then, various modifications of flow sheets and improvements of metallurgical results has been added heretofore. In this article, the author presents a brief historical review of Ikuno's flotation operations based on flowsheets of each periods.

1. 緒 言

生野鉱山の歴史は極めて古く、大同2年（西紀807年）に発見開発されたと伝えられている。国内鉱山においては選鉱技術的にもその歴史は最も古く、伝統ある工場の一つであつて、明治時代には当時の比重選鉱技術の最先端を行く操業が行われていた。

ここでは、比重選時代のことはさしおき、浮選法の導入以後現在までの浮選操業方法の変遷を、各時代の代表的なフローシートを中心として回顧考察してみたい。

2. 浮選系統変遷の概要

生野鉱山における浮選は大正4年（1914年）沈澱池スライムに対する Cu の単一浮選からはじまり、大正7年には本格的な Cu 浮選工場が設置され、さらに大正9年には Zn の浮選工場が併設され、各々 Cu、Zn の単一浮選が実施された。昭和4年 Cu、Pb—Zn の優先浮選に成功、当時世界的にも相当の水準を示す技術として、その概要は A. M. Gaudin 著“Flotation (1932)”に掲載されている。

昭和17年に優先浮選による Cu—Pb の分離が実施され、在来のテーブルによる分離に置換つた。又、この頃より浮選機は M. K 機（K. K 機）から全面的に S.W 機に移行した。Cu—Zn の優先浮選成績向上については多くの苦心研究が行われたが、黄銅鉱中の閃亜鉛鉱の共存状態が数ミクロンの微粒で星雲状に分布する難溶性のものが多量に存在し、又閃亜鉛鉱自体もその含鉄分に相当の巾と変動があつて、中には極端に抑制困難なものがあることなどの原因で、経済的に満足できる程度にまで

の成功を収められず、昭和17年にはこれを製煉技術的に解決する一方法として、Cu—Zn 分離の一産物として高含銅亜鉛精鉱を産出し、硫酸亜鉛の原料として送鉱している。

戦後昭和22年頃より、原鉱中の Pb、Zn の品位が低下したため Cu—Pb の分離を次第に縮少し、遂には Pb 精鉱の産出を中止し、その設備余力で As 精鉱採取の強化および Sn 精鉱の採取がはじめられている。

昭和25、26年の好況時には大巾な設備の補修、増強が行われ、浮選機も分離浮選系統に使用するものは S.W 機より F.W 機に移行して行つた。一方 Pb、Zn の原鉱品位も再び上昇の傾向を示し、Pb 精鉱の採取が復活強化された。

他方社内直島銅製煉所においては、Cu 精鉱中の Zn を有利に回収する揮発製煉設備が新設され、その鉱源は主として生野および明延の Cu 精鉱であつた。

Sn に対しては、新しくダッチサイクロンを使用し、分粒後テーブルで処理、実収率の向上をはかるとともに精選系統に石鹼浮選を実施した。

昭和28、29年頃からさらに原鉱中の Pb、Zn 量が増加するとともに、秋田に新設の当社 Zn 製煉所に対する Zn 精鉱供給量を増加し、さらには Zn 精鉱の品質向上（特に Cu、Pb の含有量の減少）をはかるため、坑内出鉱を Cu、Pb、Zn 鉱の2種類に分ける2系統処理を実施するという系統の大変更が計画され、所期の目的を達して昭和30年に完成した。

その後、31年 Cu、Pb—Zn の分離に再摩鉱、同じく Zn 精鉱中の不純分を減少させるため Zn 精選系に再摩鉱が採用された。34年には Cu 精選系統の再摩鉱を加えて現在に至っている。

第1表に処理鉱量および浮選原鉱品位の変遷、第2表

受理 昭和25年3月25日

* 三菱金属鉱業株式会社生野鉱業所選鉱課長

に各精鉱品位およびその実収率の推移を参考までに示しておく。

第1表 処理鉱量および浮選原鉱品位

第2表 各精鉱品位および実収率

昭和4年

Cu、Pb—Zn 優先浮選、Cu—Pb はテーブルによる分離、Zn の抑制として石灰、硫酸亜鉛を使用、活性には晒粉と硫酸銅が使用されている。当時の鉱物成績は第3表の通りである。

第3表

	鉱量 T/月	品位 (%)			実収率 (%)		
		Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
給 鉱	4520.0	1.55	1.33	8.24			
銅精鉱	393.5	13.9	9.12	20.75	78.8	59.0	21.9
鉛精鉱	22.6	1.46	59.0	4.4	0.5	22.0	0.36
亜鉛精	424.0	1.28	1.39	53.1	7.8	9.7	0.51
滓	3680.0	0.24	0.15	1.75	12.9	9.1	7.3

(A. M. Gaudin : Flotation (1923 p. 269))

以上のような系統をもつて生野の優先浮選は始まった。

昭和9～11年

老朽せる M. K 機を S. W 機に置き換え、細粒 Pb を採るためにジェームス・テーブルが使用された。また Zn 系清掃機フロス、粗選精選機滓および浮選廃滓よりテーブルによる As 精鉱の採取が加えられている。

昭和17年

Pb の採取に ジェームス・テーブルを加えたが、依然実収は27%程度であつたのでテーブルを廃止して S. W 機による Cu、Pb の優先浮選が採用され、Cu の抑制剤として青化ソーダが使用され、かつ M. K 機による Pb 粗選が行われ Pb 実収は約60%以上に達した。

一方 Cu 精鉱中の Zn の分離の研究は引続き行われていたが良好な結果が得られない状態であつた。ここにおいて硫酸亜鉛の原料として高含銅亜鉛を分離することにより Cu 精鉱中に逃げる Zn70% の回収することが計画された。

Cu精鉱Cu18%、Zn12%をCu精鉱Cu25.0%、Zn5.0% }
高含銅亜鉛Cu10.0%、Zn23.0% }

という目標で従来の Cu 精鉱を再摩鉱 M. K 機による Zn の優先浮選が開始せられた。Cu の抑制剤として青化ソーダを使用している。

以後昭和23年まで 継続して 高含 銅亜鉛は 産出せられた。

昭和22年

Cu—Pb 分離として使用していた老朽せる M. K 機をテーブルと置替えた。この頃より Pb、Zn 原鉱品位が低下、Cu/Pb の比率が3以上となり Cu、Pb 優先浮選の成績が悪くなつた。

昭和24年

Pb、Zn 品位は低下し、Cu—Pb の分離は行わず Pb 精鉱は採取を中止した。また Cu、Zn の二次分離を止めて高含銅亜鉛の生産も中止、粗選、精選機浮鉱をそのまま Cu 精鉱とした。一方 As 精鉱の採取を強化し再摩鉱して M. K 機にて硫化浮選を行い、また Zn 精鉱中の

As をテーブルにて採取している。

浮選滓よりテーブルにて Sn 精鉱の採取を始めた。

昭和26年

経済事情好転、設備改修が大幅に行われた。また粗鉱の Cu 品位が若干低下、Pb、Zn の品位が上昇の傾向が表われてきた。Cu—Pb 分離を再び設け、M. K 機 5 区の Pb 精選を加えて Pb 精鉱を産出、As、S 系はサイクロン、水圧分級機を新設、M. K 機を F. W 機に替え更に石鹼浮選を行って As、Sn の採取を強化した。

一方プライマリー・スライムを M. K 機 5 区にて別途処理を行い、バルクフロスを採取した。

昭和27年

プライマリー・スライムの別途処理に F. W 機 8 区を使用し Cu、Pb—Zn の優先浮選を実施。

Zn 精鉱より Pb の分離 S. W 機および Pb 精選 M. K 機 5 区を新設 Pb 精鉱を二本立てで産出。

Cu—Zn の二次分離 F. W 機 8 区を増設、Zn の実収率の向上および Cu 中 Zn の抑制を強化している。

昭和28年

プライマリー・スライムより直接 Cu 精鉱のみを採取、27年新設の Zn 精鉱よりの Pb 分離 (M. K) 機を廃止、テーブルによる As 採取。

Cu、Zn の二次分離による Cu 系より Zn の分離を廃止。

昭和30年

Cu—Pb—Zn を混合して処理している場合、Pb 品位は低くかつ Cu—Zn 品位比率が接近しているため Pb、Zn の実収率低下の原因となっている。これが解決に鉱種に分離出鉱して別途処理を行い Pb、Zn の実収の向

上、Zn 精鉱の不純物の低下をはかる。Cu 系粗選機より Cu 精鉱、Pb、Zn 系清掃機より Zn 精鉱を採取し、その他 Cu 系清掃機、プライマリー・スライム、Pb、Zn 系粗選を再摩鉱して Cu、Pb—Zn 分離を経て Cu—Pb 分離より Cu 精鉱、Pb 精選機より Pb 精鉱を採取して

第 4 表

方 式	鉱 種	鉱 量	品 位 %			含 有 量 T		
			Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
混合処理	Cu. Pb. Zn 粗鉱	20,000 ^T	1.16	0.39	2.43	231,763	78,787	485,332
別 途 処 理	Cu 精 鉱	11,290 ^T	1.36	—	0.54	153,310	—	60,900
	Pb. Zn 精 鉱	7,710	0.87	1.02	5.44	66,953	78,787	419,632
	Sn 精 鉱	1,000	1.15	Sn 1.14	0.48	11,500	Sn 11,400	4,800
	計	20,000	1.16	0.39	2.43	231,763	78,787	485,332
混 合 別 混 合 別 混 合 別 混 合 別 混 合 別	銅 精 鉱	1,028 ^T 000	19.50	0.95	13.00	200,460	9,760	133,640
		1,045,000	19.44	0.33	8.26	200,300	3,480	86,275
	鉛 精 鉱	115,000	6.00	45.00	8.00	6,930	51,972	9,240
		124,000	4.00	50.00	7.00	4,960	62,000	8,680
	亜鉛精鉱	610,000	1.92	1.00	49.00	11,590	6,100	298,900
		645,000	1.20	1.00	50.00	7,740	6,450	322,500
混 合 別 混 合 別 混 合 別	分 布 率					89.50	65.97	61.59
						88.56	78.69	66.45

第4表は昭和29年 Cu—Pb、Zn 鉱別途処理に切替えを計画したときの目論見書で30年には大体所期の目的を達している。

いるが後半の系統は混合処理のときと大差はない。浮選機設備の制限により **As** の浮選を縮少し、**Sn** 浮選を廃止する。**Cu**、**Pb** の浮鉱中の **Zn** を低下させるため日香 #127 を **M. I. B. C** に切替えた。また従来捕収剤として

K-E-X のみを使用していたが全面的に **H-X** (ハイザーゼンセート) 15%、**K-E-X** 85% の混合捕収剤を使用し始めた。

昭和31年
Zn 系に再磨鉱を行い、Zn 精鉱中の **Cu**、**Pb** の分離

をはかる。**Cu** 鉱 **Cu** 精鉱中よりの **Pb** の回収は効果挙げず青化ソーダ使用量も多いので中止した。

昭和33年

Cu 精選機を S.W 機より F.W 機 3 区に変更する。従来の Cu—Pb 分離系 Pb 精選系に石灰を使用し pH10 程度で Cu—Pb の分離を行つた。このため青化ソーダの使用量

を減少するとともに Cu—Pb の分離は容易となり、この系統の浮選機を 8 区 + 8 区より 4 区 + 4 区に半減した。

Pb、Zn 系の滓よりの As、S の採取は行わず尾鉱とし、Cu 系の滓のみを Sn、As 採取の対称とする。

昭和34年

Pb、Zn 鉱浮選系に日香パイン #5 を切替えて岡田 #750 (ポリプロピレン・グリコール) を起泡剤として使用。使用量は約 $\frac{1}{2}$ に減少した。また Cu 鉱系には従来、起泡剤は M. I. B. C30%、日香 #127.70% 混合、捕収剤は H-X15%、K-E-X85% 混合および石灰を使用していたが、M. I. B. C、エロフロート #208、石灰および極微量の青化ソーダと切替えている。

Cu 精選系に再磨鉱を挿入。Pb、Cu—Zn 分離の再磨鉱を廃止、Cu—Pb セパレーター沈鉱として産出していた Cu 精鉱中の Zn の分離を目的として新たに再磨鉱および Zn—Cu 分離系 (F. W 8 区) を設置した。

Sn の脱硫浮選を行い、Sn 品位の上昇をはかった。市況不味のため As 精鉱の産出を中止した。

3. 総 括

1. 生野鉱山においては昭和初年早々から Cu、Pb、Zn の 3 精鉱を分離産出することが実施され、それ以

後現在に至るまでその各時代における坑内鉱床条件、製煉技術水準、あるいは一般的経済条件の影響をうけつつ、多くの浮選系統の変遷が行われた。

2. 特に鉱石の性状から、Zn の分離には多くの困難が伴い、満足できる水準に達するため多大の努力が払われたが、最大の価値を有する Cu の実収率を低下することなく、良品質の Zn 精鉱を産出するため昭和30年以来坑内より Cu (Pb—Zn) 鉱と Pb—Zn (Cu) 鉱とに区分して出鉱の上別系統にて処理する現在の系統に改められた。
3. 二系統処理については、操業の単純化という点から見れば、採鉱、選鉱を通じて不便な点も多い。然しながら、現在の浮選技術水準、特に Cu—Zn 分離浮選において Zn をシャープに抑制する浮選条件が未だ充分に確立されていない現状においては、原鉱の一本化処理への復元には未だ多くの究明すべき問題が残されている。