三池製煉所の亜鉛製錬

正 会 員 桑 原 謙 之*

Extraction of Zinc at Miike Smelter

Kenshi KUWAHARA

In spite of falling the zinc production 5000 tons in 1946 owing to the devastation of equipments and economic confusion, it has recovered nearly 40,000 tons of annual production capacity in 1956, which exceeds its own highest record. The main points of recent developments of zinc smelting are as follows;

1. A flash roaster was reconstructed from original "Dead Roaster" to "Pre Roaster" by adding another combustion hearth, and it has resulted the decrease of flue dust.
2. At the horizontal retort plant, the quantity of ore charge per retort has been increased about 8%, and it has resulted the reduction of smelting cost about 6%.
3. The four vertical retorts have started their operations in Jan. 1954, and the next four retorts in Jan. 1956, and the monthly production of vertical retort plant has reached 1000 tons of zinc spelter by eight retorts operation. The total zinc recovery from sintered ore to saleable zinc slab and zinc dust is 94-95% by new retorts and 92% by old retorts now.
4. The slag fuming plant was erected in 1952 in order to recover the zinc and other valuable metal from distillation and electrolytic zinc residues. The plant capacity of producing fuming zinc oxide is 600 tons per month.
5. From the actual results of operating horizontal retort, vertical retort and electrolytic zinc process, the comparisons of these three processes are discussed from various points.

1. 緒 言

三池製煉所は水平蒸溜 24 炉亜鉛年産 22,000t と亜鉛電解年産 6,000t を基幹として終戦まで操業を継続してきたが、終戦後は設備の荒廃と情勢の混乱とから水平炉は 24 炉中稼働するもの僅かに 3 炉となり、また電解工場の生産は能力の 1/3 まで低下した。

その後国内の経済回復とともに製錬現場の復旧改修も軌道に乗り、最近では生産量が戦時中の最高記録を突破し、その製錬成績も戦前以上の好成績を出すに至った。とくに最近数年間に鉛滓処理工場及び堅型蒸溜工場が建設せられ、鉛滓に残留せる亜鉛その他の有価金属を有利に回収するとともに、亜鉛製錬に関しては水平、堅型、電解の 3 方法を操業し、各種類の亜鉛精鉛を最も有利な製錬方法にて処理し、常に最高の成績を確保するという買鉛製錬所としての盤石の態勢を完備した。

以下各部門別に最近 10 年間の推移** を述べることにする。

2. 操業成績の推移

第 1 表に見られるように、当所亜鉛錠生産高は国内生産高の回復と同一歩調にて増大し、大約 3 割を占めて現

在に至っている。水平蒸溜は昭和 21 年の 3 炉操業から順次増炉を行い、現在では 15 炉操業を実施し、亜鉛電解は 25 年下期より従来の月産能力 500t を 600t に拡充した。堅型蒸溜は第 1 期 4 炉を 29 年 1 月操業開始し、続いて第 2 期 4 炉を 31 年 1 月操業開始し、これによって 8 炉月産 1,000t の能力が加わり、現在亜鉛月産 3,200 t となるに至った。

亜鉛実収率も水平蒸溜はレトリート用粘土の入手難と製造設備の戦災によりレトリート製造の困難から急激に低下したが、25、26 年頃より復旧工事の進行とともに恢復し、28 年には水平蒸溜として最高の成績を出すに至った。亜鉛電解の実収率も同様 25 年頃より戦前の水準に

第 1 表 亜鉛錠生産高

年 次	三池製煉所亜鉛錠生産高				国 内 生 産 高	対国内 生産比
	水 平	堅 型	電 解	合 計		
昭 21	3,079	-	1,772	4,851	11,307	42.9
22	4,642	-	1,959	6,601	16,687	39.6
23	5,887	-	2,807	8,694	22,325	38.9
24	7,944	-	4,681	12,625	36,590	34.5
25	10,849	-	6,970	17,819	52,482	34.0
26	12,977	-	6,796	19,773	59,493	33.2
27	14,234	-	7,233	21,467	70,879	30.3
28	16,017	975	7,317	24,309	85,185	28.5
29	16,890	6,041	7,361	30,292	104,882	28.9
30	16,803	7,705	6,747	31,255	115,478	27.1
計	109,322	14,721	53,643	177,686	575,308	30.9

* 三井金属鉱業株式会社三池製煉所技師長

** 各表の数字は合計年度による。

第2表 亜鉛精鋅供用高

年 次	神 岡 鋅	その他の 国 内 鋅	海 外 鋅	合 計
昭 21	15,741	3,333	110	19,184
22	17,153	1,613	85	18,851
23	17,747	3,480	2,603	23,830
24	22,579	2,355	-	24,934
25	29,576	2,306	-	31,882
26	23,042	2,757	14,972	40,771
27	27,691	7,793	3,493	38,977
28	28,806	6,682	-	35,488
29	28,741	9,102	-	37,843
30	25,022	9,831	3,516	38,369
計	236,098	49,252	24,779	310,129

復し、また新設堅型蒸溜は操業当初より比較的好調にて従業者の熟練とともに漸次向上し本年1月開始した新炉は最初から94%以上の実収率を出すに至り恐らく世界の亜鉛製錬界の最高水準と考えられる。

3. 焙 焼

焙焼部門で、最近10年間に改修した大きい事項を次に述べる。

3.1 フラッシュ・ロースターの改修

フラッシュ・ロースターは昭和11年建設され、電解用焼鋅を製造するための完全焼鋅炉(デッド・ロースター)として使用されて来たが、老朽化したので昭和28年7月ついに休止し、これに改修を加え昭和30年12月予焼鋅炉(プレ・ロースター)として操業を再開した。

またこの改修でフラッシュ・ロースターに附属せるボールミル(125HP)を撤去して小型の解砕機(20HP)に取替え、動力の節減を図るとともにガス煙道には従来の焰管式汽缶の代りにラセント・ボイラーを附設し、廃熱の利用度を著しく高めた。

フラッシュ・ロースター 1基

内径 5.4m 外径 6.0m

高さ 改修前 9,215mm

改修後 10,035mm

すなわち高さを820mm高めて燃焼段を1段増加した。

第3表 フラッシュ・ロースター
改修前後の成績

摘 要	改修前	改修後
製 品 の 品 質	完全 焼鋅	予 焼 鋅
処 理 鋅 量 t/日	85	85
産 出 高 比 率(%) 焼 鋅 灰	3.7	3.7
煙 灰	42	66
煙 計	58	34
残 留 全 硫 黄 量(%) 焼 鋅 灰	1.1	100
硫 率(%) 煙	6.0	5.5
SO ₂ 率(%) 煙	89.0	8.3
燃 焼 室 温 度(°C)	6.0	81.6
総 電 力(kW)	1,000	7.0
	224	162

3.2 廃熱ボイラー

フラッシュ・ロースターの廃熱利用に以前は堅型焰管式ボイラーを使用したが、これは煙灰の附着が多くその掃除は頻繁かつ厄介であり、さらにまた鏡板やパイプの腐蝕が大であつたので、最近これをラメント強制循環式ボイラーと取替えたが後者の性能極めて高く故障もほとんど無い。

3.3 DL 焼結炉のガス完全繰返

DL 焼結炉2基(ただし常用1基、予備1基)

従来セグメント22個の中 No.1 より No.13 までのガスは SO₂3.6% で硫酸工場に送り、No.14 より No.22 までは SO₂0.6% の稀薄ガスで排棄していたが、このガスをさらに繰返す事により全体の濃度は SO₂5.0% に上昇し、燃焼

第1図 三池製錬所亜鉛製錬系統図

第4表 新旧廃熱ボイラー設備比較

型 式	ラモント強制循環式	豎型管式
定 格 蒸 量	1,700 kg/h	1,250 kg/h
用 熱 面	20 m ²	4 m ²
基 礎 積 載	160 m ² (本 体)	144 m ²
水 処 理 装 置	イオン交換樹脂軟水装置	なし
ス 入 口	127 m ³ /min	150 m ³ /min
温 度	688 °C	650 °C
圧 力	355 mm	450 mm
蒸 気 産 生 量	— 16 t/t	— 19 t/t
ダスト含有量	— 73 g/m ³	— 32 g/m ³
入口	0.4 t/t	0.3 t/t
出口	163 g/m ³	230 g/m ³
	112 g/m ³	176 g/m ³

硫黄の利用率は 60% から 92% に上昇した。

3.4 硫酸設備の改修

大正年間に建設された鉛室や塔式硫酸設備は戦時中爆撃で崩壊し、モンサント 90t プラントのみが戦災を免がれ、終戦後はこれを稼働して来たが、建設以来すでに 20 年を経過し老朽化したので昭和 30 年末これを中止してケミコ式 125t プラントを新設した。この新設備は操業開始以来極めて好成績で転化率 98% 以上、硫黄効率 91% 以上を示している。

設 備 概 要

新 ケ ミ コ 式	1 基
公 称 蒸 量	125 t/日
過 熱 器	140 t/日
塔 及 抵 抗	385 t/日
乾 燥 塔	1,450 t/日
熱 交 換 器	3,860 t/日
豎 型 管 式	14,150 t/日
内 径	3 基
高 度	2,480 mm
熱 交 換 面 積	9,000 m ² /基
一 次 触 媒	818 m ² /基
二 次 触 媒	9,200 m ² /基
計 算	17,800 m ² /基
硫 酸 毎 t 触 媒	27,000 m ² /基
	216 t/基

4. 水 平 蒸 溜

水平蒸溜法はすでに非常に古く、世界的に見てもレトリ製造における真空混練²⁾及び調湿乾燥³⁾の採用以外に特に見るべき進歩は無い。筆者が 1950 年欧米の亜鉛製錬所を視察した際も、レトリ製造設備は上記の新装置による著しい進歩の跡が見られたが、水平蒸溜自体は操業方法、炉の構造、復熱装置、発生炉等いずれも旧来通りで特に見るべきもの無く、特に米国の水平蒸溜工場はプロロングを有せず、亜鉛の損失も多く、亜鉛実収率は当時 88% 前後で空気汚染問題で悩まされている処もあつた。ただベルギーのプレヨン製錬所が実に周到なる装入作業と、朝のガス止めを最短時間とする事により亜鉛実収率も水平蒸溜としては世界最高の 92~93% を誇っていた。

三池は終戦時、戦災その他のため僅か 3 炉操業という状況にあり、レトリ製造も設備の損傷や粘土の入手難等により幾度か操業中絶の危機に頻し、その成績も極度

第5表 水平蒸溜操業成績推移

年 次	操業炉数	亜鉛採収率 (グロス)	装入鉱量 t/炉/日	石炭、コークス原単位 t	レトリ耐 久日数 日
昭 21	3	87.65	5.587	3.121	20.4
22	4~5	85.19	5.626	3.362	18.3
23	6~7	82.75	5.433	3.593	15.7
24	8~9	85.22	5.753	3.168	18.9
25	10~11	91.30	5.807	2.940	28.1
26	11~13	90.63	5.793	2.933	27.7
27	13~14	91.75	5.939	2.609	33.6
28	14	93.18	6.243	2.328	43.9
29	14	92.10	6.518	2.304	39.4
30	14~15	91.52	6.803	2.403	34.6

に低下したがその後漸次立直り、設備の復旧改善、技術の向上によりプレヨン製錬所に伯仲する好成績を得るに至った。その改善の主なるものは次の通りである。

4.1 レトリ容量の増大

第6表に示すように、レトリ寸法を 100mm 長くした大型レトリの製造に成功した結果、装入物の粒度調整と相俟つて装入鉱量は約 8% 増加し、またこのために製錬費は約 6% 低下した。

第6表 レトリ比較表

レ ト リ	長 さ mm	内 容 積 l	重量(乾) kg	1 炉 当 り 装 入 量 kg
普 通 型	1,600	62	82	6,300
大 型	1,700	66	85	6,800

4.2 レトリの品質改善

既設の水平練機の一部を改良してこれに減圧装置を取付け、レトリ素地の混練工程における減圧脱気を実施した結果、粘性を著しく増加してレトリ成型が容易となり、嵩比重は増加し、乾燥強度、耐圧強度は増大し、通気率は減少した。また黒鉛配合、施粘及び焼戻作業の改善により鉱滓侵蝕に著しく抵抗力を有するレトリの製造に成功し、蒸溜炉内のレトリ耐久日数は著しく延長された。

4.3 焼結鉱の品質改善

焼結鉱の化学組成は脱硫率やレトリ侵蝕度に重大な影響を有するにかかわらず、その組成は原鉱の成分に支配せられ石灰あるいは珪酸分の添加による珪酸率 (Silicate degree) の変更は実際作業においては何等満足すべき結果を与えない。

他方焼結鉱の物理性質たとえば粒度、硬度、気孔率等も還元反応に至大な影響を有する故、当所では焼結作業の改善に力を注ぎ、適当の粒度を有し、気孔率に富み硬度大なる焼結鉱を得よう努力した結果、水平蒸溜の実収率は向上した。

第7表に各製錬所の成績比較を示す。

5. 豎 型 蒸 溜

当所の水平蒸溜炉は建設以来すでに 40 年余を経過し かつ相当激しい戦災を蒙りたるため、復旧並びに今後の

第7表 水平蒸溜成績比較表

摘 要	三池 製煉所	彦島 製煉所	英 アヴオン マウス	独 ウーゼ マン	独 ムンスター ブッシュ
レトルト数/炉	144	216	384	180~264	120
レトルト耐久日数	34.6	33.7	36~40	25	25
レトルト原単位 本/t	1.015	1.134	0.82	1.45	1.61
レトルト1本当 kg	47.9	45.2	80	60~74	79
鋳量					
コンデンサー耐久日数	9.1	11.4	6.5~7	9.0	3.0
コンデンサー原単位 本/t	3.841	3.366	4.64	4.00	8.97
燃料(石炭, コークス)原単位 t/t	2.298	2.580	2.630	2.843	1.957
炉前亜鉛採収率	92.53	92.78	89~93	89.4	87.5

備考 三池及び彦島は30年下期実績, 外国分は文献³⁾による。三池, 彦島の原単位は製品(亜鉛錠+亜鉛末)毎 t 消費量を示し, 外国分は粗亜鉛毎 t である。

増炉には相当大規模の改修工事を要すると同時に, 高熱重労働に耐える製錬工を多数補充しなければならなかった。しかるに原鉱需給の将来を予測すれば鉄分多き雑多な鋳石の配合率は漸次増加の傾向にあり, 水平蒸溜による好成績の維持は今後困難となるものと考えられた。

よつて従来の水平蒸溜とは全然別個に, 設備の近代化自動制御の適用の立場から新しい各種の亜鉛製錬法をかねて調査研究中であつたが, 国内各種亜鉛錠と三池炭を原料として堅型蒸溜法により極めて優秀な操業成績を出し得る確信を有するに至つたので, 昭和 25 年米国 Singmaster & Breyer 社と技術提携し, 米国最新の技術を導入し, 昭和 27 年新工場の建設に着手した。

工場敷地面積	12,000坪
主 要 建 家	粉碎工場, 調合工場, 蒸溜工場 ガス工場, 各1棟
主 要 設 備	堅型蒸溜炉, 第1期 4レトルト 第2期 4レトルト
ガス発生炉	3基 コーカー 2基
チエイサー	3台 製団機 2系列
第1期工事着手	昭和 27 年 4 月
同 操 業 開 始	昭和 29 年 1 月
第2期工事着手	昭和 29 年 11 月
同 操 業 開 始	昭和 31 年 1 月

すなわち本年1月より8レトルト月産 1,000t の操業にはいつた。

堅型蒸溜はすでに 1930 年米国 New Jersey Zinc Co. によつて完成し爾来米英独仏に普及して来た方法で, したがって現在では発明当初の 20 年前の設計から相当進んだ点もあり, 特に最近米国及びフランスで建設した炉はレトルトの高さが従来の 25ft から 40ft へ延長され, レトルトの単位キャパシティーを約 2 倍近く増大したと報ぜられている。コーカーも堅型から傾斜型へと進み, コンデンサーも種々の改良型が試みられている。

三池第1期4炉の設計の基本としてレトルトは技術的に試験済の 25ft 標準型, コーカーは堅型直接式を採用

第8表 最近の堅型蒸溜生産実績

月 別	亜鉛錠	亜鉛末	計
	t	t	t
30 年 10 月	522.644	20.436	543.080
11 月	510.208	22.032	532.240
12 月	521.724	20.308	542.032
31 年 1 月	891.635	27.180	918.815
2 月	1,018.019	20.897	1,038.916
3 月	1,112.536	21.436	1,133.972
4 月	1,050.860	19.075	1,069.935
5 月	1,099.864	21.794	1,121.658

する事としたが, その他につぎの3点が三池堅型炉による世界最初の試みとして大きな特長を有する。

(1) レトルト締付に圧縮バネ (Compression Spring) を適用する。

(2) 上方延長部 (Upper Extension) はレトルトと分離し別箇の鋼材に支持する。

(3) 換熱室はアームコ式を採用し, かつ燃燒室と分離し炉体を独立させる。

かくして第1期4炉は操業開始当初の若干の故障を克服して順調な操業を見るに至つたが, 第2期増設工事の際はレトルト掃除口, 鋳滓搬出機, 廃ガス冷却法に独自の方式を採用し本年1月操業開始と同時に亜鉛実収率94%以上という好成績を出し, 爾来94~95%台を維持し, 水平蒸溜や電解で到達し得なかつた高い実収率をあげている。堅型蒸溜の操業の詳細は別に譲る事として, 水平蒸溜の操業と著しく異なる点は装入物を団鋳にする事である。水平蒸溜では焼結錠と還元用石炭及びコークスを簡単に混合してレトルトに装入するが, 堅型法では焼結錠, 石炭, コークスの各成分を所定粒度に粉碎篩分け後

第2図 堅型蒸溜炉図

混合、混練、製団、炭化等多くの工程を経て初めてレトルトに装入する。この場合レトルト内でその団鉱が崩壊しない事すなわち原形を保持しつつ鉱滓が排出される事が堅型操業の最も肝要な点である。

水平法では鉱石の成分は直ちにレトルト材質と反応し易いため両者の選択が極めて重要で、米国式珪酸質レトルトは日本の亜鉛鉱石には適しないし、又鉄分多き鉱石はレトルトを激しく侵蝕して、蒸溜の成績を低下せしめる。堅型法では鉱石中の成分と炭化珪素煉瓦との反応は極めて少ないので供用鉱石の成分の範囲が著しく拡大されるが、他方団鉱の強度を維持するためには配合石炭の性質が極めて重要で堅型に供用出来る石炭は非常に限定される。このため日本内地に産する多数の粘結炭を試験の結果、これと亜鉛鉱とを配合して製造する炭化団鉱並びにその蒸溜鉱滓の強度から判定して三池炭が最適最強で、次に強粘結性高島炭（長崎県）が供用可能であるが強度は著しく低下し、鹿町炭（佐賀県）その他の粘結炭は団鉱が崩壊してほとんど使用に堪えぬ事が明らかとなった。

三池炭配合の亜鉛団鉱は、目下米国 New Jersey Zinc Co. で使用中の Connellsville 炭配合の Palmer-ton の亜鉛団鉱よりも強度が大であり、この事が三池堅型蒸溜が米国の堅型よりも好成績をあげ得る有力な原因と考える。

次に上記の代表的強粘結炭の分析例とこれを配合せる亜鉛団鉱の強度指数例を示す。

第9表 堅型用配合石炭とその団鉱強度指数一例

成 分 (%)	三 池 炭	高 島 炭	鹿 町 炭
水 揮 分	1.27	1.20	1.46
揮 発 分	38.75	37.92	21.94
固 定 炭	40.98	42.96	51.90
灰 分	19.00	17.66	25.16
硫 黄	3.22	0.60	0.67
ラ ト ラ ー 強 度 指 数			
炭 灰 蒸 溜 団 鉱 滓	89.0	81.5	62.0
	51.1	19.5	10.5

6. 亜 鉛 電 解

三池の電解工場は神岡鉱を処理する目的で昭和 11 年月産 500t の能力でケロッグ方式にしたがつて設計建設され、高酸高電流密度（Total Zn 18%, $D_K=720A/m^2$ ）で操業してきたが、昭和 25 年これを中酸中電流密度（Total Zn 15%, $D_K=650A/m^2$ ）に変更し、さらにまた一部設備の増強を図り能力月産 600t となり今日に至っている。

電解工場で注目すべきは、従来神岡鉱単味処理で操業してきたが、これを漸次他社鉱山よりの買鉱に変更し、昭和 27 年鉱滓処理工場完成後はこれより回収される酸化亜鉛すなわち Fuming Oxide を供用し始め、さらに

昭和 30 年 10 月委託製錬による濠州鉱が入荷してから内地鉱は全部蒸溜向とし、電解原料は濠州鉱と Fuming Oxide のみとした点である。濠州鉱は Marmatite 質の鉄分が多く焙焼の際 Zinc ferrite を形成し、また少量ではあるが弗素を含有するので特別の注意を要し、また Fuming Oxide は電解にもつとも有害な塩素やゲルマニウムの不純物を含有するので清浄が仲々問題である。すなわち当所の電解は現在塩素、弗素、ゲルマニウム等の有害不純物の極めて多い原料のみを供用しているため析出亜鉛 99.99% の品位は非常に困難で 99.98% 台である。もちろん、かかる不純物の多い原料を使用して高純度亜鉛を製造するための清浄法は研究しているが高純度亜鉛製造には、清浄槽の増強、液循環方式の変更、冷却設備の強化等に多額の投資を必要とするので未だ実施するに至っていない。

三池の電解工場は建設以来すでに 20 年を経過し、建家鉄骨特に電解室鉄骨の酸による腐蝕も相当激しく進行して来ているので、今後耐酸被覆材を如何にするか当面の問題として研究中である。また今日まで使用してきた木製鉛張の電解槽及びその他のタンクや樋類について鉛の代りに合成樹脂その他の材料を試験中であるが未だ結論を得ない。

参考までに最近 10 年間における電気亜鉛生産実績を第 3 図に掲げる。

なお第 9 表には戦前使用してきた神岡鉱単味焼鉱と、最近使用中の濠州鉱単味焼鉱の分析例を示す。Fuming Oxide の分析例は第 14 表に掲げる。

第10表 電解原料焼鉱分析例

成 分	神岡単味焼鉱	濠州単味焼鉱	成 分	神岡単味焼鉱	濠州単味焼鉱
Zn	68.55	59.45	Sn	0.0024	tr
T-S	1.14	1.42	Bi	0.003	tr
SO ₄ -S	0.53	0.82	AS	0.023	0.11
Fe	5.68	12.40	SiO ₂	1.4	2.29
Pb	0.65	0.10	Al ₂ O ₃	0.41	0.60
Cd	0.22	0.16	CaO	0.62	0.65
Cu	0.23	0.11	MgO	0.193	0.21
Ni	tr	tr	MnO	0.58	1.22
Co	0.003	0.018	Cl	tr	0.005
Sb	0.001	tr	F	tr	0.0006

第3図 電気亜鉛生産実績

7. 亜鉛製錬法の比較

以上三池にて目下実施中の亜鉛製錬の3方法すなわち電解、堅型、水平の優劣如何は最も問題とされる処であるが、水平蒸溜が多数の重労働者を必要とするに反し堅型法は少数の労働者で足りる事は当然である。3方法の比較に関し H. Hey⁴⁾ が発表した数字並びに当所の数字は次表の通りである。

第11表 H. Hey の原単位比較

方 法	電 力 (kWh)	燃 料
電 解 法	4,150	0.05 (油, 赤渣乾燥用)
堅型蒸溜法	190	1.6~2.2 (石炭, コークス)
水平蒸溜法	40	2~3 (石炭, コークス)

第12表 三池における原単位比較

方 法	電 力 (kWh)	石炭 (t)	コークス (t)	蒸 気 (t)
電 解 法	4,100	-	-	2.0
堅型蒸溜法	300	0.92	1.18	-
水平蒸溜法	40	1.85	0.45	1.4

上表における顕著な相違は Hey 発表の堅型用電力が三池堅型用電力より著しく少ない点で、これは英国 Avoumouth 堅型蒸溜工場においてももつとも多量の電力を消費するチニイサーや排風機を電動機で無く蒸気機関を直結して、炉の廃熱を利用して発生する多量の蒸気で運転するためである。また三池堅型用発生炉がコークスを給炭し、水平用発生炉が石炭をそのまま給炭する点で燃料原単位の相違がある。以上は原単位の比較であるが、亜鉛採取率は堅型法がもつとも高い。供用鉱石は水平蒸溜では一般に鉄分含有量特にマーマタイト質鉄分に一定の制限があり、限度以上を含有する鉱石はレトリトを激しく侵蝕して製錬を著しく困難ならしめるが、堅型ではその影響は比較的少なく、水平や電錬で処理し難き鉱石も相当有利に処理可能である事が明らかとなつた。焼鉛の種類はもちろんいずれの焼鉛も供用し得るが、電錬は単段焼鉛、堅型は軟焼結鉛、水平は硬焼結鉛がもつとも好ましい。

つぎに三池における亜鉛錠の最近の分析例を示す。

第13表 三池亜鉛錠分析一例

成 分	電 気 亜 鉛	堅型蒸溜亜鉛	水平蒸溜亜鉛
	%	%	%
Zn	99.98	99.77	98.80
Pb	0.0106	0.139	0.976
Cd	0.0028	0.974	0.192
Fe	0.0009	0.314	0.0092
Cu	0.0011	0.9008	0.0012

三池電気亜鉛が 99.99+% に達しないのは、前述のように、鉛滓酸化亜鉛処理による電解液中の塩素や弗素の蓄積が主原因で、目下これの対策を講じつつある。

堅型亜鉛中の Pb が水平蒸溜亜鉛に比し著しく低いのは堅型レトリト内で上昇蒸気と下降団鉱間の局部的精溜

作用により Pb の大部分が鉛滓に行くためである。原鉛中の Pb 含有少なき場合は堅型で 99.9%、水平で 99% の亜鉛が得られる。

以上の亜鉛製錬の3方法の他に、さらに電熱蒸溜法やアマルガム亜鉛電解法をも含めて、亜鉛製錬は今後いずれの方向に発展するであろうか？、或いはまたこれらの既存法を凌駕する新製錬法の出現の可能性は如何であろうか？、後者については注目を浴びた Sterling 法がほとんど失敗に終り、酸化亜鉛のメタン還元法や、硫化亜鉛の直接還元法も研究されているが、目下の処工業化の見込はほとんど無い。前者については供用鉱石の種類と性質、石炭電力の供給と価格、製品の品位とその需要がそれぞれの立地条件と共に検討されねばならぬ。しかしながら過去 10 年間世界的に見ても水平蒸溜が閉鎖した工場はあつても建設拡充はほとんど無く、電熱蒸溜法は Tosephstown 以外は僅か日本に 1 か所建設されたのみで他に普及せず、結局電解工場及び堅型蒸溜工場が拡大しつつある事実は今後の傾向を判断する一資料であろう。

8. 鉛 滓 処 理

当所は創設以来の水平蒸溜鉛滓並びに電解抽出滓を堆積してきたが、この中の有価金属を回収する目的で鉛滓処理工場の建設に着手、昭和 27 年初めに完成、同年 3 月より操業を開始した。最近では彦島、神岡の鉛滓も処理する事とし、現在では三池、彦島の蒸溜滓 100,000t、神岡、三池の電解滓 40,000t (合計亜鉛純分 18,000t) と常時発生する鉛滓を対象として操業をしている。

第14表 鉛滓分析一例

成 分 (%)	旧 蒸 溜 滓	新 蒸 溜 滓	電 解 滓
Zn	7.30	7.20	18.45
Pb	1.20	1.23	2.93
Cd	tr	tr	tr
Cu	1.06	1.63	0.85
Fe	15.20	28.40	27.80
As	0.13	0.44	0.22
Sb	0.005	0.02	0.04
Sn	tr	0.03	0.07
Bi	0.01	0.02	0.03
SiO ₂	23.68	21.28	9.60
CaO	4.45	5.85	1.90
Al ₂ O ₃	6.05	5.85	2.05
MnO	0.95	1.63	2.00
MgO	1.16	1.23	0.35
S	2.67	3.57	5.63
Au (g/t)	0.5	0.5	0.5
Ag (g/t)	275	198	358

鉛滓の処理方式としてはウエルツ炉とか熔鉛炉法が考えられたが、結局熔鉛炉と揮発炉を組合せ、金、銀、銅の大部と鉛の一部を熔鉛炉により回収し、亜鉛の大部分と鉛の一部をその残より揮発炉 (Fuming Furnace) にて回収する完全処理方式を実施した。又蒸溜鉛滓には未反応の還元用コークスが残留しているので、コークスを回収すると同時にサイズの調整を行うため重液選鉱にか

ける事とした。これ等の鉍滓は戦前の中試験ではピッチを添加して圧縮し鉍を製造したが強度が弱く形状保持が困難であつたのでグリナワルトにかけて焼結する事とした。揮発ガスは廃熱ボイラー（2基、バブコック、ハイドラム式）にて冷却し、バグハウスで酸化亜鉛を回収し、これをさらに回転炉にかけて塩素の除去を行つてゐる。主要設備は次のようである。

グリナワルト焼結機 2基

幅 3,050×4,880 D 254mm

調合鉍 5t/回 60min/回

熔 鉍 炉 1基

915×24.40×4,000Hmm

羽口 75mmφ 16本

揮 発 炉 1基 全水套式

2,400W×1,500L×7,200Hmm

羽口 400mmφ 16本

回 転 炉 外径 1,953φ 内径 1,650φ

長 19,820mm 傾斜 1:25

第15表 製品酸化亜鉛分析例

成 分	30 年 上 期	30 年 下 期
Zn	63.95	61.10
Pb	6.73	6.92
Cd	0.06	0.15
Cu	0.55	0.39
Fe	2.70	3.15
As	0.94	1.03
Sb	0.08	0.05
Sn	0.38	0.31
Bi	0.01	0.02
SiO ₂	3.60	4.00
CaO	0.97	0.94
Al ₂ O ₃	0.83	1.54
MgO	0.23	0.27
S	0.42	0.56
Cl	0.014	0.003

9. 今後の諸問題

三池製煉所においては今後解決すべき幾つかの問題を有している。

第一は高純度亜鉛の製造である。三池の生産量は蒸溜亜鉛が圧倒的に大でその品位は低い。また電解工場も設備の老朽化と電解液冷却の不完全、鉍滓酸化亜鉛の使用による電解液不純物の増大のため品位低下し、他社電気亜鉛に比し遜色がある。

したがって蒸溜亜鉛より高純度亜鉛を製造する事および電気亜鉛の品位向上は三池に残された問題の一つである。

第二は焙焼設備の近代化である。蒸溜用原鉍は水平蒸溜はもちろん堅型蒸溜も焼結するを要し今日ではフラッシュ・ロースターで予焼したものをドワイト・ロイドで焼結しいわゆる二段焙焼を行つてゐるため、焙焼費が単段焙焼鉍より高くなり好ましくない。最近普及し始めたペレタイジングを適用するとか、あるいはフルイッド・

カラム法を応用するとかして、出来れば単段焙焼により蒸溜に適する物理性質を有する焙焼鉍を製造する方法の研究と、これに伴う現用焼結設備の近代化が次の問題である。

第三は有価金属の回収である。鉍滓処理設備の完成により、鉍滓に残留せる銅、鉛、亜鉛はほとんど完全に回収されるに至つたが、最近では鉍石中のゲルマニウムを工業的に回収して高純度のゲルマニウムを製造するに至つた。なおインジウムやセレンも回収すべく一応実験室での研究を終了した。なお昨年から濠州鉍の製錬を開始したが濠州鉍はコバルト含有が 0.02% 程度あり濠州タスマニア製錬所ではコバルトを回収しているのに三池では未だコバルト回収の成算を得ていない。これ等の有価金属を工業的に有利に回収する事が今後の残された問題である。

10. 結 言

以上は三池製煉所最近 10 年間における亜鉛製錬の推移とその進歩を述べたが、水平、堅型、電解の 3 方法を同一地域に有するは世界では三池唯一つで、これは 1 万 t 以上の汽船を岸壁に横付けする三池港の便と相俟つて買鉍製錬所としての三池の機能を著しく強化したといつても過言ではない。たとえば内地或いは海外各山の亜鉛精鉍を処理する場合、或る鉍石は電解処理に適し、また或る鉍石は水平蒸溜に或いは堅型蒸溜に適し、或る場合は単独処理し、或る場合は適当に配合して処理する事により、いかなる鉍石に対しても常に最大の実収率と最高の成績を確保し得るような最適製錬条件を求めてこれによつて処理する事が出来、かくして世界における買鉍製錬競争に打勝つ態勢が完備されたのである。

しかしながら設備の合理化乃至近代化はまだその中途にあり、なお解決すべき問題の多々ある事も前述の通りである。亜鉛製錬の 3 方法を巧妙に駆使して最高能率を挙げる事が当面の課題であるが、合理化は必然的に集約化、単純化の方向に進まなければならないので、亜鉛製錬の将来を充分見極めつつ、さらに一層の合理化を進めて行き度い。

終りに本稿発表に対し御理解と御支援を頂いた本社幹部各位並びに小泊三池製煉所長に感謝するとともに、現場関係各位の御協力に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) M. M. Neale: Donora Zinc Work T.A.I.M.E. Vol. 159, 1944, p. 127.
- 2) R. R. Furlong and D. H. Wertz: T.A.I.M.E. Vol. 185, 1949, p. 393.
- 3) W. Hanig: ERZMETALL 1950, S. 22.
- 4) H. Hey: "The Electrolytic Zinc Industry" Proc. 4th. Emp. Min. Metall. Congr. Pt. 2 1949, 809.