直島製煉所の銅製錬

正 会 員 荒 金 正*

Copper Smelting at Naoshima Smelter

Tadashi ARAGANE

In operating the smelting plant the principal aim is to recover any and all commercially valuable elements contained in the ore at lower cost to obtain the maximum margin of profit. For this end, at Naoshima, modern and up-to-date science and technology have most positively been put into actuality in an attempt to effect the rationalization of the smelter operation.

As a result, in recent years, remarkable operational improvement, and development have been made with respect to lower smelting cost through the improved heat efficiency, the recovery of waste heat etc., enlarged production line of by-products such as Zn, Pb, As, S, Cd, Ge, etc., by utilizing the waste, improved quality of respective products and so forth.

1. 緒 言

当所はわが国唯一の反射炉銅製錬を中核とし、銅鍍の揮発製錬、製錬廃ガスよりの硫酸製造等を通じ、銅原鉱中のあらゆる有価金属を含む精銅並びに硫酸、電気亜鉛、硫酸亜鉛、カドミウム、亜砒酸、粗鉛、酸化亜鉛、ゲルマニウム等各種の製品、半製品としてさらに製錬廃ガス中の熱エネルギーを余熱ボイラー、熱交換器等により電力、蒸気、熱風等として、徹底的に有利に回収する総合製錬所である。かかる当所の特異な立場で、この 10 年間あらゆる科学的手法を採用し、設備の改善と、技術の進歩に努めた結果、生産性は著しく向上し、未利用地下資源を原料とする新製品を含む各種製品の質、量およびコストのいずれの面においても、著しい躍進を示すことが出来たので、その概要を報告し参考にと供する。

2. 進 歩 の 目 標

直島製煉所が選んだ進歩の目標の内、主な項目は以下の通りである。

- (1) 反射炉銅製錬の躍進
- (2) 副産物の回収
 - a) 銅鉱中の硫黄の硫酸としての回収
イ. ロースター・ガス ロ. 転炉ガス
 - b) 銅鉱中亜鉛・鉛・カドミウムの金属および化合物としての回収
イ. 銅鍍の揮発製錬 ロ. 転炉煙灰の処理
 - c) 銅鉱中砒素の亜砒酸としての回収
 - d) 銅鉱中ゲルマニウムの製錬工業化

(3) 熱エネルギーの消費規制並びに回収

- a) 熱効率の向上
- b) 余熱の回収

(4) 品質の改善

- a) 粗銅の精製
- b) その他

3. 主として採用した手法とその主要実施例

冶金技術の不断の研究実験ならびに操業上の諸計画を基礎とし、次の手法を実施した。

(1) 計測器による科学的な管理

- a) オートメーション
イ. 乾燥炉ドラフトの自動制御。ロ. 反射炉ドラフトの自動制御。ハ. 反射炉燃焼の自動制御。ニ. 岡田式硫酸工場におけるドラフトの自動制御。ホ. 電力の自動調節。

b) ワンマン・リモート・コントロール

- イ. 反射炉調合鉱の調合作業。ロ. 銅鍍の揮発製錬操作。ハ. 転炉ガス回収その他作業の集約的操作。ニ. 碎鉱場の総括制御。ホ. 揮発炉用石炭の粉体輸送。ヘ. 酸化亜鉛の粉体輸送。ト. 硫酸亜鉛の気流乾燥。

(2) 品質管理の導入

(3) 熱管理の強化

- a) 反射炉余熱ボイラー更新
- b) 精製炉余熱ボイラー新設
- c) 揮発炉余熱ボイラー新設
- d) 転炉ガス熱交換器新設
- e) 揮発炉熱交換器新設

(4) 従業員の教育

* 三菱金属鉱業株式会社取締役冶金部長(前直島製煉所所長)

(5) 環境の整備と安全の推進

4. 成 果

以上の成果を生産量、労働生産能率、安全成績、製錬原価等につき数字をもつて要約説明する。

4.1 最近 10 年間における生産量の推移

第1表に示す通り、ここ 10 年間の推移は、初年度に比し 30 年度は粗銅およびカドミウムは 9 倍、硫酸は 13 倍、金、銀、亜鉛は 5 倍、硫酸亜鉛、亜硫酸は 3~4 倍とそれぞれ順調な増産を示す。

第1表 最近 10 年間の生産量の推移

年度 (1)	粗		銅		電 気 亜 鉛	硫 酸 亜 鉛	カドミ ウム	亜硫酸	硫 酸	揮発性 酸 亜 鉛
	量	含有金	含有銀	含有銅						
	t	kg	kg	t	t	t	kg	t	t	t
21	1,917	178	5,873	1,863	822 ³⁾	796	1,965	334	8,764	-
22	7,263	581	21,922	7,134	-	45	-	426	14,937	-
23	9,632	801	25,625	9,391	-	1,050	-	1,026	52,239	-
24	10,849	570	20,244	10,620	-	1,201	13,420	1,135	65,725	-
25	12,697	881	28,297	12,432	-	3,419	2,857	697	101,944	340
26	11,909	863	28,797	11,689	1,295 ⁴⁾	3,055	-	1,152	101,972	2,157
27	12,159	1,215	32,737	11,952	2,688	2,630	10,881	1,258	103,295	5,000
28	13,772	1,163	32,991	13,551	2,772	2,532	13,300	1,251	109,264	5,111
29	14,670 ²⁾	1,191	34,424	14,460	3,434	2,630	16,400	1,292	114,072	5,657
30	17,199	921	27,495	17,047	3,773	2,610	18,000	1,306	116,228	4,894

註 1) 会計年度を示す。

2) 29年度第4~4半期以降の粗銅はすべて精製粗銅となった。

3) 21年度までの電気亜鉛の原料は亜鉛精鉱である。

4) 26年度以降の電気亜鉛の原料は銅鑛の揮発性酸にて回収した酸化亜鉛と転炉ガスより回収した煙灰である。

4.2 労働生産能率の推移

第2表に示す通り従業員 1 人当りの生産能率の推移は昭和 23 年 3 月を 100 とすると昭和 31 年 2 月は 247、社会状況の安定したと考えられる昭和 26 年 3 月を 100 とすると昭和 31 年 2 月は 150、戦前、戦時中を通じ最高の能率を示した昭和 17 年 11 月を 100 とすると昭和 31 年 2 月は 177 とそれぞれ著しく向上した。

4.3 安全成績の向上

労働生産能率と安全成績の向上は、表裏一体であることが望ましい。当所では道義的立場より、特に安全成績

第2表 労働生産能率の推移

昭和年月	従業員 1 人 昭和23年 昭和26年 昭和17年		昭和23年 昭和26年 昭和17年	昭和23年 昭和26年 昭和17年
	当り生産額基	準基	準基	準基
	千円	(%)	(%)	(%)
17/11	358	-	-	100
23/3	257	100	-	72
24/3	318	124	-	89
25/3	243	95	-	68
26/3	423	165	100	118
27/3	397	154	94	110
28/3	464	181	110	130
29/3	561	218	133	156
30/3	608	237	144	170
31/2	635	247	150	177

註 昭和31年 3 月は修繕を行つたので31年度はその前月に拠つた。比較の便宜上、金属建値は各年度とも同一とし、昭和31年 2 月に拠つた。

第3表 安全成績

昭和年度	休 業 災 害		度 数 率
	件 数	比 率	
		%	
25	256	-	-
26	228	100	71.2
27	103	45	31.3
28	56	25	17.6
29	37	16	11.2
30	26	11	7.9

註 暦年度を示す。

25年度の度数率は不詳。

31年度 1 月~4 月の度数率は 7.33 である。

の向上に着目し、安全教育の実施、保護具の着用、施設の改善、操業の合理化、環境の整備、整頓清掃の励行等携まざる努力を続け、第3表の通り、休業災害件数は昭和 25 年度 256 件に対し、昭和 30 年度は 26 件と 10 分の 1 に減じ成績は著しく向上した。

4.4 製錬費（製錬原価）の推移

最低の製錬費で銅鉱石中のあらゆる有価金属を経済的に余すところなく回収し、良質の製品として市場に供給し、最大の利益を挙げることは、経営者、技術者の最大の関心事である。かかる観点から当所は前述の通り、戦後挙所

一体あらゆる努力を傾注して来たが、その結果は第4表に示す通り、著しい躍進を示すことが出来た。

すなわち社会情勢のほぼ安定した 26 年下期を基準とすると、30 年下期の総合製錬費の単価は

イ) 成行製錬費(無修正の製錬費の意)賃金、物品代、電力代、珪酸亜鉛等著しい上昇があつたがこれを克服し 75% に低下した。

ロ) 修正製錬費 特に上昇率の高い賃金ならびに珪酸亜鉛代のみを26年下期の単価に換算し修正すると64%に低下した。

第4表 製錬費の指数の推移

(A)	年 度	製錬 製銅		銅 総 製錬費	電気亜鉛	硫酸亜鉛	カドミ ウム	亜硫酸	硫 酸	揮発性 酸 亜 鉛
		鉛石 t	粗銅 t	粗銅 t	亜鉛 t	硫酸亜鉛 t	カドミ ウム t	粗鉛 t	硫酸 t	銻 t
製錬費の指数	26 下	100	100	100	100	100	-	100	100	100
	27 上	82	93	93	79	112	100	92	109	89
	27 下	86	106	106	62	116	73	81	97	82
	28 上	78	103	93	73	114	79	83	117	89
	28 下	75	95	70	63	125	66	98	93	88
	29 上	80	118	82	61	119	71	102	100	88
30 下	65	97	69	58	119	50	90	95	81	81
	73	71	68	57	120	49	110	103	85	85
(B)修正製錬費 30/下	66	69	56	55	106	50	87	92	84	84
	60	65	50	50	96	46	80	84	76	76

註 30年下期の成績は30年10月より31年2月までの平均実績である。(A)の製錬費の指数は賃金、物品代、電力代等著しい騰貴はあつたがそのまゝとし、銅製錬費中珪酸亜鉛代の単価のみを26年下期のベースに換算した。(B)の修正製錬費の指数は同上のみ各製錬費とも賃金を26年下期のベースに換算した。鉛石t当り製錬費および粗銅t当り銅総製錬費が著しく低廉となったのは鉱石中の Cu の平均品位が26年下期12.1%が30年下期15.1%に上昇したためである。

4.5 その他

なお参考のため、最近の実績を第5表、第6表に示すと次の通りである。

第5表 最近の原鉱成分平均品位

Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Cd	As
g/t 6~9	g/t 200±	% 12~16	% 0.6~0.7	% 3.5±	% 0.01~0.02	% 0.6~0.7
S	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	
% 20±	% 23~24	% 4.5	% 0.6	% 0.8	% 21~22	

註 銅鉱、銅精鉱、銅砒鉱、故銅、銅滓、珪酸鉱、亜鉛浸出滓等を含む当所総原鉱成分の平均品位を示す。このうち Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Cd, As, S, および Ge を回収の対象にしている。

4.6 成 果

以上の通り、戦後 10 年間合理化の進展により、製錬原価は著しく低下すると共に、一般銅製錬では廃棄せられる未利用地下資源の経済的回収が著しく進んだ訳である。

5. 製錬操業系統の簡単な説明

本稿の理解を容易にするために、簡単な操業の系統を説明する。当所は次頁掲載の綜合系統図に示すように

(1)銅製錬系統、(2)硫酸製造系統、(3)亜硫酸製造系統、(4)銅鍍の揮発製錬系統、(5)湿式亜鉛製錬系統、(6)余熱発電系統に大別することが出来る。

5.1 硫酸製造系統

銅鉱の内硫黄の含有率高き精鉱を硫酸系のヘレシヨフ型焙焼炉にて焙焼し、産出亜硫酸ガスは転炉ガスと共に硫酸工場で硫酸として市場に出し、その焙焼鉱は銅製錬系に廻す。製酸設備はパテルゼン式および岡田式の2系統ありいずれも硝酸式である。

5.2 亜硫酸製造系統

銅鉱中砒素の含有率高き銅砒鉱は亜硫酸系のロータリーキルンにて焙焼し、砒素は沈降室で亜硫酸とし精製後市場に出し、その焙焼鉱は銅製錬系に廻す。

5.3 銅製錬系統

湿式亜鉛製錬系の最後に産出する銅を多く含む澱物も

銅製錬系に廻す。

このように、銅鉱中の遺利はあらかじめ最も回収し易き系にて回収し、その滓は銅製錬系の原鉱とする。

銅製錬系では

反射炉産出鉱品位は銅 40%

ク 鍍品位は珪酸 33% 同珪酸度 1.2

となる様に上述の焙焼鉱類に適量の銅鉱、銅精鉱、銅滓珪酸鉱、亜鉛浸出滓、煙灰その他繰返物等を加え調合設備にて調合し、ヘレシヨフ型乾燥炉で乾燥混合し反射炉に装入する。

反射炉では装入鉱を微粉炭と熱風により 1500°C の高温にて熔解し、鍍と鍍とガスとに分ける。

金、銀、銅および硫黄の濃縮された鍍は、故銅および珪酸鍍と共に、転炉にて処理し、粗銅と転炉ガスと転炉鍍とに分け、金、銀を含む粗銅は本邦唯一の精製工場にて精製し、精製粗銅アノードとして当社大阪製錬所に送られ電鍍の上電気銅、電気金、電気銀、白金、パラジウム、セレン、テルル等に分離せられてそれぞれ市場に出される。転炉ガスはその熱エネルギーを転炉熱交換器にて、熱風として、回収し反射炉の石炭燃焼用に供し、転炉ガス中の金属はサイクロン、ダストチャンバー、チェーンコンベヤー、コットレル等にて転炉煙灰として回収され、湿式亜鉛製錬系の貴重な原料となり、清浄にされた転炉ガスは硫酸工場で硫酸とする。転炉鍍は熔体のまま反射炉に繰返す。

5.4 銅鍍の揮発製錬系統

鍍鍍炉でクリーニングされた反射炉鍍は、その中に含む鉛、亜鉛と有価金属回収の目的をもつて、熔体のまま揮発炉に装入し、微粉炭および熱風にて還元揮発し、炉の直後に接する余熱ボイラーにて酸化、発熱ならびに熱エネルギーの回収が行われ、回収蒸気は発電に供し、その排ガス中の余熱はさらに熱交換器にて熱風として回収し揮発炉に繰返され、冷却されたガス中の揮発鍍はバグ室にて分離回収し、湿式亜鉛製錬系に廻す。この揮発鍍は Zn 67%, Pb 8%, Sn 1.2% その他 As, Sb, S, Cd 等各種の成分を含むが当所では粗酸化亜鉛と称してい

第6表 最近の原鉱処理量ならびに生産量の実績

年 月	総処理 原鉱量	精 製 粗 銅				電気亜鉛	硫酸亜鉛	カドミウム	ゲルマニウム	亜砒酸	硫 酸	揮 発 酸化亜鉛	粗 鉛
		量	含有金	含有銀	含有銅								
30 年 10 月	12,154 t	1,806 t	103 kg	3,016 kg	1,792 t	385 t	230 t	1.5 t	1.3 kg	112 t	10,062 t	533 t	電力不足
11 月	11,839	1,607	92	2,389	1,594	332	230	1.5	1.8	107	10,221	398	
12 月	13,594	1,868	99	2,270	1,853	355	230	1.5	1.6	119	11,008	408	のため生
31 年 1 月	11,917	1,595	86	2,230	1,582	362	230	1.6	1.9	119	10,801	420	
2 月	11,836	1,776	116	2,496	1,757	329	265	1.5	2.1	113	10,445	420	産中止
平均 1 カ月	12,268	1,730	99	2,481	1,716	352	237	1.5	1.7	114	10,510	436	大 体 70t/月

註 このうち金、銀、銅は当所の主生産品であり、精製粗銅として当社大阪製錬所に送り電鍍する。

その他の電気亜鉛、硫酸亜鉛、カドミウム、ゲルマニウム、亜砒酸、硫酸、粗鉛等は銅鉱中の遺利を回収した副産物であり、この販売価格は 1 カ月 1 億 2,000 万円に達し、銅製錬費および副産物回収費を含む総合製錬費を賄って余りがある。

当所では硫化鉱は全然使わない。硫酸はすべて銅鉱中の硫黄を回収したものである。

る。

5.5 余熱発電系統

反射炉ガスはその熱エネルギーを、炉の直後に接する余熱ボイラーにて高压蒸気として回収し、揮発炉余熱ボイラー出蒸気と共に発電用に供せられ、余熱回収後の反射炉ガスはコットレルにて除塵浄化後大氣中に放出し、回収煙灰は調合設備に繰返される。

5.6 湿式亜鉛製錬系統

揮発鉛および転炉煙灰を原料とし、これより湿式法および乾式法により電気亜鉛、硫酸亜鉛、電気カドミウム粗鉛、ゲルマニウムをそれぞれ分離生産し、粗鉛は当社細倉鉛業所付属製錬所に電気鉛、電気ビスマス、酸化アンチモン、錫、銀、金等に分離精製し、ゲルマニウムは当社大宮鉛業研究所にて極めて高純度の金属あるいは酸化ゲルマニウムとして精製し市場に出す。

6. 進歩の実例について

6.1 反射炉銅製錬の躍進について

(1) 調合と乾燥

反射炉銅製錬の合理的操業の基盤は、精度の高い冶金計算に基いた調合と、これを完全に混合することが前提である。この目的達成と、機械化による人員の節減を目

標に、24 年頃より最近に至るまでの長期にわたり、漸進的に調合設備の改良工事を始めた。特に硫酸工場出焙焼鉛は温度が高く、取扱困難なため、従来反射炉へ直接装入していたが、26 年 3 月焼鉛給湿設備を完成し、全鉛石を溶解し易いように完全に調合することが可能となった。

さらに、調合設備内の定量ホッパー、ロールフィーダー、ダンパー、各ベルトコンベヤー、ウエイトメーター、ベッディングビン等の制御装置を、計器室に集約し、29 年 12 月 One man remote control に成功し、正確な調合と大巾な人員の節減が可能となった。

28 年 8 月、従来鉛品位の調節用として使っていた焙焼炉を、乾燥兼混合用に転換し、銅鉛石中の硫黄の損失を防止した。

次に、29 年下期、乾燥炉燃料を重油に切替え、30 年乾燥炉ドラフトの自動制御を実施し、さらに、カルサインの温度測定に電子管式温度記録計を用いる等、勘による操業を科学的管理法に切替え、燃料費と人件費を節約し併せて排煙ダスト・ロスを減少し、月額約 50 万円の節約が出来るようになった。

(2) 反射炉

反射炉については昨年日本鉛業会春季大会で当所白石

直島製煉所の操業系統

製錬課長が発表した* ので省略するが合理化の重点は燃料の節減と炉寿命の延長に置いた。

イ) 燃料の節減対策としては

(i)原料鉱石調合の適正化, (ii)適正炭の使用, (iii)炉熱負荷ならびに炉熱分布の適正化, (iv)微粉炭燃焼用空気の前熱, (v)ドラフトの自働制御, (vi)燃焼の自働制御, (vii)反射炉寿命の延長等であり, それぞれ実施に移った。

ドラフトの自働制御は 28 年 1 月, 燃焼の自働制御は 29 年 1 月より実施し, それぞれ燃料の節減に著効があった。

ロ) 反射炉寿命の延長としては耐火煉瓦および築炉の研究を 25~26 年頃より専門メーカーと共同研究を始め, 今日におよびその結果として, (i)26 年 9 月, 珪石煉瓦のリブドアーチ (肋骨天井) の採用, (ii)27 年 1 月, 珪石煉瓦, クロ・マグ煉瓦併用のゼブラ構造の採用 (iii)30 年 6 月, 珪石, クロ・マグ, シェモット各煉瓦併用の水平懸垂式天井構造の採用, (iv)31 年 3 月, バブ部の吊構造実施, 等により石炭において月 850~1,000 t (34~35%) 節約し, 炉の寿命において第 7 表のように, 25~27 年頃に比し, 操業日数において 213%, 処理鉱量において 243% に延び, 燃料および耐火材の節減のみに止まらず, 亜鉛製錬部門, 硫酸製造部門の総合成績の向上に寄与した利益は大きい。

第 7 表 反射炉寿命の推移

操 業 時 間	操業日数	比 率	処理鉱量	比 率	摘 要
25.4より27.10の7回平均	122	100	42,186	100	日本鋳業会誌 71巻既発表分
27.11.14~28.4.30	165	135	68,941	163	
28.5.9~28.11.2	175	140	71,918	170	
28.11.12~29.6.8	196	166	80,333	190	
29.6.19~29.12.11	176	141	69,089	164	
29.12.22~30.6.14	170	139	68,919	163	
30.6.28~31.3.15	260	213	102,218	243	

(3) 転 炉

イ) 転炉フードの改造

27 年 3 月および 11 月, G. F. 炉フードおよびエプロンの接触面を操業時かなりの傾転角でも常時密着可能となるように円弧状に改造し, 転炉ガスに空气の漏入を防止し, 転炉ガス SO_2 濃度従来平均 4.8% は 5.6~6.0% に上昇し, 転炉ガスよりの硫酸の回収を増加し, 環境も改善された。

ロ) P. S. 炉の新設

28 年 3 月, 粗銅増産のため 24 t P. S. 炉 1 基新設し, 送風効率の向上とガス実収率の向上に役立った。

(4) 粗銅の精製

銅電解のアノードとして転炉粗銅を精製した refined anode を使用することは, 世界的に常道となっており, 事新しい問題ではない。

本邦では 26 年 9 月日本鋳業会の冶金専門委員会で採り上げられ, 27 年 11 月一応の結論が出された。当社では 25 年秋より研究が始められ, その有利性が確認された。たまたま当社大阪製煉所の電解能力増強の必要を生じ, これが動機となつて, 電解槽の増設を行わず, 直島に精製炉を新設することとなり, 29 年 4 月起業, 30 年 1 月以降平常操業に入つた。

粗銅精製の詳細については, 当所桑井技師が日本鋳業会で講演したので要点のみを述べる。

イ) 設備の概要

40 t 保 温 炉 1 基 水平円筒型 360° 回転式
30 t 精 製 炉 1 基 〃 〃
同上予備炉体 1 基
鑄 造 機 1 基 ウォルカー式
155kg 用モールド 18 面

アノード冷却槽 1 基 10 枚×3 区
アノード用ボイスト 1 基 全自働制御式
余熱ボイラー 1 基 堅型水管式 1t/時
ボーリング用クレーン 1 基
アノード倉庫用クレーン 1 基 2 t

その他

ロ) 設備の概要

転炉粗銅の基準仕上りは $\text{S} 0.03\%$, $\text{O}_2 0.45\%$ と特に吹き過ぎにして保温炉に装入し, 貯湯 25 t 以上に達すれば精製炉に装入する。精製炉の容量は 25~30 t である。装入後緩引を実施し, 加熱後風掛作業をする。風掛は 1 in ガス管にて高圧空気 ($5\text{kg}/\text{cm}^2$) を中央湯面下に吹き込み炉内は酸化焰とする。風掛の終了点は $\text{S} 0.01\%$, $\text{O}_2 0.8\%$ を標準とする。風掛後緩発生の場合は緩引を完全にし, 加熱後還元気圏として生松丸太を用い 2 回に分けて Poling を行い, その仕上りは $\text{S} 0.01\%$ 以下 $\text{O}_2 0.1\%$ を標準とする。

鑄造は特殊な鍋を用い, 木炭を覆い, 酸化防止と異物の混入を防止している。モールドの温度は 12°C を基準とし常時湯落部を平滑面となるように手入れをし, 骨灰を塗布し湯はがれ, 焼付を防止している。鑄造の運転手は精製炉の湯出し, 鍋の昇降調節, 鑄造機の回転等を 1 人で行い, アノードの吊上および水洗は自働制御により人員の減少を計っている。

ハ) 操業の実例

第 8 表を参照されたい。

(収 支)

装 入 粗 銅 約 30 t
産 出 精製アノード 約 29.4 t
 緩 約 0.5 t
 廃銅(不良アノード) 約 0.2 t
 屑銅(鍋のイバリ付銅) 約 0.05~0.1 t

* 白石貞久: 日本鋳業会誌, 71 巻 804 号 279 頁

第8表 粗銅の精製

(精製アノード月平均品位の一例)

Au	Ag	Cu	S	O ₂	Pb	Zn	Ni
g/t 42.4	g/t 1,687	% 99.22	% 0.008	% 0.12	% 0.152	% 0.003	% 0.058
Fe	Al	Se,Te	Bi	As	Sb	Ins	S,G.
% 0.004	% 0.003	% 0.062	% 0.005	% 0.050	% 0.059	% 0.052	% 8.7

(工程別品位の一例)

		Cu	S	O ₂	Pb	Ni	Se,Te
1	粗銅 (保温炉)	% 98.79	% 0.030	% 0.478	% 0.222	% 0.123	% 0.049
2	精製炉風掛 10分後	% 98.80	% 0.030	% 0.484	% 0.218	% 0.122	% 0.047
3	〃 20分後	% 98.83	% 0.023	% 0.542	% 0.216	% 0.120	% 0.045
4	〃 35分後	% 98.84	% 0.015	% 0.774	% 0.212	% 0.116	% 0.044
5	〃 ボーリング1回	% 99.31	% 0.008	% 0.227	% 0.203	% 0.114	% 0.044
6	〃 ボーリング2回	% 99.46	% 0.008	% 0.113	% 0.202	% 0.112	% 0.044
7	鋳造中(アノード)	% 99.45	% 0.008	% 0.115	% 0.201	% 0.112	% 0.045

(鋳の成分一例)

	Cu	S	Pb	Zn	Ni	Fe
風掛後の鋳	% 33.61	% 0.06	% 7.59	% 0.80	% 0.51	% 3.43
ボーリング後の鋳	% 34.07	% 0.23	% 10.00	% 1.40	% 1.01	% 4.74
	Al	Se,Te	Bi	As	Sb	
風掛後の鋳	% 12.40	% tr.	% 0.01	% 0.08	% 0.11	
ボーリング後の鋳	% 10.13	% 0.02	% 0.01	% 0.09	% 0.04	

(精製作業例)

	時間	温度
保温炉より精製炉への湯装入約 30t	20分	1,100°C
鋳引 約 500kg	20分	1,100°C
heat up	30分	1,150°C以上
風掛	30分	1,120°C
heat up	40分	1,150°C以上
第1次ボーリング(生松丸太末口5寸 長10尺モノ6本)	40分	1,100°C
heat up	40分	1,150°C以上
第2次ボーリング(同上4本)	30分	1,100°C
heat up	30分	1,120°C
鋳造 計 約 29t	2時間20分 7時間	1,120°C

(原単位)

生松丸太	アノード t 当り	0.10 石
重油	アノード精製炉	30.3 l
	アノード保温炉	25.0 l
	アノード重油計	55.3 l

二) 結 言

(i) 直島製銅、大阪電煉の総合実収率は従来に比し 0.1~0.08% 向上した。(ii) 精製費の増加は電鍊費の軽減で補つて余りある。(iii) 転炉の処理能力も増進した。(iv) 電解能力が著しく増進した(1槽当り枚数増加、電流密度の上昇)。(v) 電気銅の品質が向上した。(vi) スライムならびに廃液処理が簡素化した。(vii) セレンの歩留が上昇した。等により社内の総合合理化に貢献したものと確信する。

6・2 銅鉱中硫黄の硫酸としての回収について

回収の対象として、ロースタ・ガス、転炉ガスの2種

があるが、主として転炉ガスの回収について、その概要を述べる。

転炉ガスの回収は、戦後 24 年 12 月ペテルゼン式硫酸工場復旧とともに再開したが、転炉と硫酸工場間の通煙設備が過小のため、硫酸量月平均 1,500~1,700 t を限度とし、それ以上の過剰ガスはやむを得ず転炉専用大煙突より大気中に放散していた。この隘路を開するに、

① 転炉ガスの SO₂ 濃度を向上せしめて容量を減ずる。

② 転炉ガスの温度を低下せしめて容量を減ずる。

③ 転炉ガスのダストを回収し、煙道内のダスト堆積による閉塞を防ぎ煙道の断面積を常に最大に保つことが必要である。かかる見地から、

イ) 転炉フィードの改造

27 年 3 月および 11 月の改造により SO₂ 濃度を 0.8 %以上上昇させた。

ロ) 転炉ガス熱交換器、サイクロンおよびブロワーの新設。27 年 3 月新設した熱交換器では入口温度 600~650°C、出口 850~400°C、差引 250°C 低下し、ガス量約 75% 程度に減少し、吸引が容易となつた。

ハ) 転炉煙灰捕収設備の強化

28 年 4 月より 30 年 6 月の間、141 メーターの煙道内にダストチャンパー 3 室、チェンコンベヤ 4 本を新設しサイクロンとともに 30~40g/m³ のガス中よりダストを 150~200t/月回収し、従来約 2 ヶ月で煙道閉塞し、転炉ガス回収にはなほだしい支障があつたが、本施設により常時通煙ならびに通煙中煙灰採取可能となり、硫酸ならびに煙灰の増収とともに硫酸の品質向上に役立った。

ニ) 転炉ガス回収設備の One man remote control の実施。転炉ガスはガス量 200~400Nm³/min、SO₂ 濃度 2~11%、平均 5.6~6.0%と大巾に変動するので、変動に即応して各所のブロワーおよびダンパー等の調節が必要である。ブロワーは約 300m の間に Series に 3 台あり、従来要所に人を配し電話および口頭連絡で調整を行つて来たが、28 年 4 月施設の中間にメーター室を新設、転炉作業指示ランプ、ガス流量計、SO₂ メーター、ドラフトメーター、パイロメーターその他各種メーターを完備し集約制御による最高の操業が可能となつた。

ホ) 成 果

かくして第 9 表の如く、転炉ガスよりの硫酸回収量は 2.3 倍、煙灰回収量は 1.45 倍に上昇し、ガス中熱エネルギーの回収も行われ、転炉ガスを全量大気中に放散していた 24 年上期に比し、総合的に月約 1,550 万円の利益を収めるようになった。

6・4 余熱の回収について

熱エネルギーの有効利用は国家資源の活用、製鍊原価

第9表 転炉ガスのより回収した硫酸および煙灰の量

年	転炉ガス出硫酸		転 炉 煙 灰	
	量	比 率	量	比 率
25 上	1,592	100	119	100
25 下	1,548	97	108	91
26 上	1,648	104	127	107
26 下	1,739	109	120	101
27 上	2,254	142	160	134
27 下	2,444	154	145	121
28 上	2,756	173	153	129
28 下	2,789	175	152	128
29 上	2,833	178	154	130
29 下	3,097	195	187	157
30 上	3,046	191	157	112
30 下	3,649	229	172	145

の切下げ、という意味で極めて重要な問題である。これが理想的な方法としては第一義的に燃料の合理的規制が肝要であり、当所ではすでに述べた通り、イ) 科学的管理による易熔調合の実施、ロ) ドラフトおよび燃焼の自働制御、ハ) 反射炉寿命の延長、ニ) 各種冶金窯炉の熱効率の向上。等を実施し著しい効果を挙げたが、他方製錬操業につき必然的に発生する排煙中の熱エネルギーの回収もまた極めて重要であり、戦後いち早くこの点に着目し、これが回収につき徹底的な努力を傾注した。

すなわち 24~25 年来、発電機タービン翼の大修理、反射炉余熱ボイラー水管の更新により、発電効率の向上余熱回収の強化に努めるとともに、

イ) 25 年 12 月、銅鍍の揮発製錬創業に伴う余熱の回収を計り、電力 10 万 kWh/月程度発生した。

ロ) 26 年 5 月、反射炉余熱ボイラー 4 罐の内常時運転する一罐をダストスクリーン式特殊設計の水管ボイラーに更新し、これにより電力発生量 60 万 kWh/月 程度

増加。

ハ) 27 年 1 月、揮発炉 1 基増設により電力発生量 20 万 kWh/月程度増加。

ニ) 27 年 3 月、転炉ガス熱交換器を新設し、反射炉へ熱風を給することにより石炭 60~70t/月節約。

ホ) 30 年 6 月、粗銅の精製炉に余熱ボイラーを新設し排ガスの余熱を工場用蒸気として 400t/月 程度回収。

ヘ) 30 年 12 月、揮発炉余熱ボイラーを当所 40 年の経験に基く全く斬新な構想で設計した新型ボイラーに切替え、電力回収さらに 40~50 万 kWh/月増加。

以上の間、自働制御の採用、反射炉寿命の延長等による消費燃料の著しい減少はあつたが、なおかつ結局において電力に換算し 1 カ月合計 140~180kWh/月 程度の熱エネルギーを回収し、製錬原価の切下げに著しい効果を挙げた。

7. 結 言

敗戦後の混乱期から立上り、国際競争場裡にて、極めて不利な立場にあつたわが国非鉄金属鋳業界のために、微力をつくしたいとの念願をもつて、過去 10 年間渾身の努力を傾注して来た結果、以上のような御報告が出来る段階にまで立直ることが出来た。

これはわが社主脳部の支持と、現場技術者諸君の不断の努力によるところのものではあるが、平素御指導、御鞭撻の労を惜まれなかつた学界各位の御援助に負うところまたすくなく、本稿を借りて深謝申し上げる次第です。

通産省 工業技術院

膨 潤 炭 塗 料

鉄鋼材の防蝕塗料として在来の石油系瀝青質塗料に較べタール系の方がすぐれていると認められたのは、わが国ではごく最近であるが、英国、米国等では既に (Wales Dove Bitumastic Ltd. General Paint, Co. Pittsburgh Coke & Chemical Co. などが) タールピッチ、タール油、微粉炭、体質顔料を配合する方法で焼きつけ用のタールエナメルを年間数10万 t も製造し、腐蝕の特に烈しい水道施設、地下埋設管等に塗装し大きな効果をあげている。しかし、わが国ではこのような塗料を製造した経験もなく、また需要量もそれほど大したことはなかつたので、殆

んど需要の大部分を上記諸外国からの輸入に仰いでいたといつてよい。

資源技術試験所は約10年前から膨潤炭の製造ならびに利用に関する研究を行つているが、その性状がこの種塗料の原料として頗る好適であることを知り、その塗料化につき、ここ数年来実験室の規模および中間規模の工場試験を続けてきた。その結果 A.W.W.A 規格に合致する品質のものを工業的規模で容易に製造できる見通しを得た。その製造原価も外国品にくらべて格安である。その方法は微粉状に砕いた石炭に溶剤としてタールを加え約 300°C で加熱処理してコロイド性の強い瀝青物質に変

化させ、珪石、タルクのような充填剤を二次的に配合し、質が緻密で弾力性に豊かな焼きつけ塗料に仕上げるのである。原料としては特殊なものを必要とせず製法も装置も至つて簡単である。しかも従来のアスファルト系のものに較べ、耐電性、耐水性が大きく、物理的、化学的安定にも富むので、地中、水中、空中で起る各種の電蝕、化学的腐蝕に充分対抗できるものである。最近国内で急速に騰まつてきた需要増加に対処するため、目下各所で実用試験を実施中で、今迄に大口徑の水道管、ガス供給管、化学装置、硫安倉庫、石油工場、電解槽の内張り等に用いて大きな効果がみられ、尙特殊用として油槽船艙、一般船舶用としての試験を行つている。将来塗装法の研究と相まつて需要の増大が大いに期待されている。