論文・報告

小名浜銅製錬所の建設について

(昭和40年度渡辺賞牌受賞)

正会員 森 崎 寿 一

Construction of Onahama Copper Plant

Toshikazu MORISAKI

Japanese copper industry had been concentrating its effort to expand and modernize its smelters and refineries to overcome the trade liberalization of copper slated for 1964. Also there was a generally accepted feeling that a modern, efficient, large scale plant of joint ownership with relating industries be constructed to demolish old, less efficient, small operations.

Onahama Plant has been the copper smelter-refinery combined thus established by Mitsubishi Metal Mining Co., Ltd., Dowa Mining Co., Ltd., Furukawa Electric Co., Ltd., Furukawa Mining Co., Ltd., etc. The initial production capacity is 5,000 metric tons of electrolytic copper and its cast forms per month with the following expansion planned up to 10,000 metric tons in near future.

The plant is located in the 62 acre site at the ocean front of the area's best Onahama harbor, in the city of Iwaki, Fukushima prefecture.

The ground was broken in February, 1964 and the plant started commercial operation from October, 1965. The full production of 5,000 metric tons was achieved as early as the very next month of the commencement, November, 1965.

Smelting process starts from so called reverberatory furnace smelting with green charge and ends as the products like wire bars, billets and cakes.

Technical features of the plant are economical, efficient use of energy in every form, labor saving mechanization and automation of the processes, extensive smoke control to avoid air pollution, better working conditions with sophisticated safety and hygiene measures, etc.

The history and details of the project is described in the following report by the author who were active in the project as the chief metallurgist.

1. 緒 言

わが国の銅需要増加に伴い、原料鉱石中に占める輸入鉱比率は、昭和32、33年を境として急激な上昇を見た。また昭和39年度を目した銅の自由化に備える対策として、非能率小規模の設備に換えるに、国際的規模の高能率製錬所を同業社の共同で建設するという考え方は、政府部内、産銅業界でも繰返し論議されてきた。これが具体的に採り上げられ提起されたのは、昭和37年10月の通産省鉱業審議会の中問答申であつて、その中でとくに産銅合理化については海外輸入鉱石の処理に有利な大規模臨海共同製錬所の建設が示唆されている。

三菱金属鉱業では、かねてから自由化に対処する体質改善策の一つとして、国際競争に充分太刀打ちできる優秀な銅の新製錬所の建設を計画し、検討を続けていたが、前述のような情勢から見ればこの事は単に一社だけの問題でないと考え、広く業界に呼びかけたところ、古河電工をはじめ同和鉱業、古河鉱業などの各社の賛同を得、

昭和38年12月5日共同出資による小名浜製錬株式会社が発足することとなつた。数年来三菱金属鉱業内で育まれていた本計画は、急速に具体化され、小名浜港に臨んだ福島県磐城市渚の地をとし、39年2月17日地鎮祭が行なわれたが、その後工事は順調に進み翌40年4月には電解槽一部通電、6月反射炉装入開始と極めて短時間の間に熔錬、精錬一貫の新製錬所建設が完成し、11月には電気銅生産量5,150tとなり、所期の生産能力に到達するに至つた。

以下新製錬所の内容についてその概要を述べたい。

2. 製錬所の基本構想

小名浜計画を具体化するにあたって、その基本として描いた構想はつぎの通りである。

生産量：第1期は電気銅地金月産5,000t（銅鉱石出4,000t、故銅出1,000t）であるが、これは第2期の月産10,000tにいたるステップと見做す。精錬工程以降は容易に月産15,000tないし20,000tへの増設が可能となるように考慮する。

最終製品：わが国産銅業界における銅分流通のベースは

* 昭和41年4月12日受理 昭和41年4月1日本会春季大会にて講演

* 三菱金属鉱業株式会社取締役冶金部長

電気銅（カソード）の形であるが、小名浜においては欧米における型銅（棹銅ビレット・ケーキ等）を銅分流通のベースとする形に持つていく。

熔錬方式：大型反射炉生鉱装入，大型転炉方式を採用する。

副生硫酸：全量濃硫酸として回収する。

物量運搬：運搬回数，運搬距離をできる限り減少させる。また自走運搬機械を利用する。

煙 害：煙害の絶無を期する。

職場環境：能率向上，取扱損失の減少を計るとともに，高熱・粉塵による悪環境より脱皮した，働き易い職場としたい。

人 員：世界最少の人員を目標とする。

以上の基本構想に基いた本計画で，技術的に特徴あるものとして採り上げられたのは次の諸点である。

- (1) 貯鉱舎を置かず，オア・ベッディングのみで貯鉱・調合の両機能を持たせる。
- (2) 世界最大級の反射炉において生鉱装入を行なう。
- (3) 13' D×30' LのPS転炉3基設備，2基運転とする。
- (4) 転炉ガスの冷却はボイラによつて行なう。
- (5) 転炉ガスのみで接触硫酸を製造する。
- (6) 反射炉排ガスは鋼製高煙突によつて大気中に吹き上げ，通常的气象条件の変化範囲では接地濃度を容限度以下に保つ。
- (7) 精製炉においてガスボーリング法を採用する。
- (8) 1m×1mの大型カソードを生産する。
- (9) 電解工場内の運搬はすべてコンベヤおよびクレーンにより，またあらゆる作業を可能なかぎり機械化・計測化して工数の低減を図る。
- (10) 浄液脱 Ni 工程に透析法を採用する。
- (11) 棹銅用熔解炉に ASARCO 社開発のシャフト炉を採用する。
- (12) ケーク・ビレット用熔解炉に低周波誘導炉を採用し，純銅材質として，タフピッチ銅，脱酸銅，無酸素銅のいずれでも工業的多量生産を可能にする。なおケーク・ビレットは全量連続製造品とする。
- (13) 反射炉および転炉ボイラーより発生した蒸気を中心とするエネルギーを最も有効に活用する。
- (14) 異常な気象条件に際して発生するかも知れない煙害に対しては定常的なスモーク・パトロールおよび高煙突を利用しての精密な気象観測を行ない，そのような気象条件の予知に努力する。
- (15) 試料採取および分析操作は可能な限り機械化および機器分析を行ない，人手を省くと同時に熟練度による誤差の生ずるのを防止する。
- (16) 浴場，更衣室は工場外とする。

第1図 全般工程系統図

(17) 場内の空地には芝等を植え，工場全体としての美観を保たせるとともに，清潔な休憩所を設けて，居心地のよい環境を作る。

3. 総合レイアウト

さしあたり使用にあてられた用地としては，海岸に沿って東西に約 750m，幅約 330m の長方形用地で，その総面積は約250,000m²であつた。また総合レイアウトを検討する段階には前面の埋立計画，港湾計画もかなり具体化してきたため，これら将来の姿を想定しつつ衆知を集めて検討を進めた。とくに考慮したこととしては，

- (1) 物の流れにしたがいがい，交錯のないこと。
- (2) 将来の増設計画を含めること。
- (3) SO₂および騒音を居住地域から遠ざけること。
- (4) ユーティリティ関係の結合に無駄のないこと。
- (5) 電解型銅工場は熔錬の漏ガスに曝されないこと。

第1図に全般工程系統図，第2図に設備配置図を示す。

4. 製錬所各工程の概要

4.1 調 合

製錬所基本構想にも触れたように，貯鉱・調合の機能を総合してオア・ベッディング方式を採り上げたのであるが，この両機能を完全に発揮させるために電子計算機を導入した。

計算機は三菱金属鉱業本店内の IBM・1401 を使用し頻度の高い鉱種について調合計算上必要な数値をあらかじめ記憶させてある。

翌月入荷プログラムが判明すると，その入荷予定の日程および量を計算機に送り込み，その結果はプリントされて調合工場の作業指令となる。

小名浜銅製錬所の建設について（渡辺賞）

第2図 小名浜製錬所設備配置図

スタッキングは上記作業指令に基き、400t/h ベルトコンベヤを経てトリッピングスタッカーによって所定位置に層状に散布されベッドを造成する。

受入れホップよりスタッカにいたるすべての機器は、粉碎設備を含めてワンマンコントロールによる集中管理で操作されている。

リクレーミングについてはリクレーマを使用するか、ショベルローダを使用するかについて種々検討を行なったが、委託製錬所として当然考えられる多種少量鉱の取扱いに対する、ヤードの有効利用、起業費面、機械に対する信頼度、故障時におけるスタンドバイの問題を勘案し、また諸外国の例も実地に調査し、ショベルローダによるリクレーミングでも混合効果は充分であるとの結論に達したものである。ただし切出し後の四つの払出しホップには無段変速抜出し装置によってベルト調合も可能である。

オア・ベディングヤードの最大貯鉱量は約 30,000 t で、ランニングの姿としては 5,000 t 単位のベッドが造成中2、造成完了2、切出し1計5ベッドと考えている。この他ヤード内には珪酸鉱、石灰石を 400 t 貯鉱でき、また鉱石等の取扱損失を防止するため大型自動スワイバを常時台場内外を運転している。操業状態は受入1シフト、切出し1,2シフト、3シフト分は反射炉用は反射炉上にある 150 t ビン2基に、転炉用はベディングヤードに隣接する 250 t 珪石ホップに貯鉱する。

4.2 反射炉

4.2.1 生鉱装入法の採用について 小名浜製錬所における技術的特徴の最たるものは、生鉱装入大型反射炉の採用にある。これを従来の焼鉱方式に比較した場合の長所はつぎの3点に要約される。

(1) 鉱石の前処理、焙焼を必要としないので、工程の簡素化により経費低減、取扱損失の減少が得られる。

(2) 運搬、装入などに伴うダスト飛散が少なく、炉内のダスティングもはるかに減少するので、煙道、排熱ボイラーのダストトラブルが著しく減じ、また実収率の向上が期待できる。

(3) 焙焼工程に伴う Fe_3O_4 生成がないため、炉床へのマグネタイトの堆積によるトラブルが減少し、炉の操業寿命が長い。

一方短所として当然燃料率が高いこと、総合硫黄実収率が低いことが一般に指摘されているが、前者については回収エネルギーの有効な活用が期待できる条件下、たとえば当所のように、電解・鑄造までを一貫して行なうようなところでは、総合的に有利な採算制を持ち、後者については実際に操業を行なってみて焼鉱装入法に比べむしろ高い総合硫黄実収率を示している。もちろんこれは反射炉操業成績のみによるものでなく、転炉ガスの完全回収によることにもよるものである。

4.2.2 設計条件 生鉱装入反射炉の計画にあつては、反射炉の設計という立場だけでなく熔錬技術全般に亘る新知識の導入を図りたいということで、生鉱装入反射炉建設経験の豊富なパーソンズ・ジャルダン社にその基礎設計および施工監督を依頼した。

設計主要条件は第1表に示すが、この他将来装入物の乾燥、燃焼用空気の前熱などの処理によって将来 1,000 st/日の能力を持つこと、および数年間の連続操業可能などが条件となっている。

第1表 反射炉設計条件

装入物質（平常）	装入物成分
装入物総量：725t/日（乾量）	Cu : 22%
銅鉱石：600 " "	Fe : 22%
石灰石：50 " "	S : 26%
珪酸鉱：61 " "	SiO_2 : 11%
繰返物：14 " "	CaO : 4%

4.2.3 反射炉構造の概要 反射炉サイズとして110'×32' と称するもので、高さは湯面までで約 9'、現在のところ容量としては世界最大のものである。

本炉の構造的な特色はつぎの通りである。

(1) コンクリートの床との壁間にシリカ粘土を充填し、さらにカラミを流し込んだ基礎ブロックの上に本炉が築かれている。

(2) カワの下方への浸透を防止するため、特殊な工法を行ない不浸透性炉床を形成している。

(3) カワ溜り部の周辺には湯面下のみでなく、湯面上側壁に水冷壁を設けている。

(4) 側壁、バーナー壁、立上壁は内部をマグクロレンガ（口周辺はマグネシヤレンガ）とし、外部を珪石レンガとした。

天井および立上り煙道はマグクロレンガの吊構造とした。

(5) 炉の燃焼とドラフト状況を良くするため、炉前部のルーフを下げた。

なお燃料率は 6.5 M.B.T.U./Dry s.t. (C重油換算 184 l/Dry t.) の設計基準であつたが、現実はいくらもかなり低い実績を示している。

(操業データ参照)

4.2.4 反射炉基礎について 反射炉の基礎はこれが当面のわれわれの問題だけでなく、製錬所の歴史を継ぐ各世代への影響も大きいものゆえ、慎重な検討を加えて設計したものであり、別の機会があれば発表させていただきたいが、その詳細は省略する。

とくに留意した点はつぎのようである。

(1) 不同沈下防止。深度 22~35m にある粘土層が圧密沈下を生ずるため深度 45m 以下の頁岩層まで打込んだ鋼管杭で基礎ブロックを支えている。

(2) 側壁コンクリートの熱脆化の防止。

(3) 熱膨張の吸収。

(4) 側壁コンクリート内充填物の圧密防止。

(5) 側壁コンクリート内充填物の冷却および蒸気抜き。

(6) 耐地震対策。

反射炉基礎はカラミ流しをもつて完了した訳であるが、このカラミ流しは側壁コンクリートに近接して小型反射炉を設け、原料カラミはラサ工業宮古製錬所より 1, 800t、直島製錬所反射炉カラミ 430t、鉄精鉱 15%加調のもので行ない、18日間を要した。

4.2.5 レンガ積 使用レンガ量約 1,500 t で、側壁、前壁、引込煙道、バーナーエンド、天井の順で施工期間は約 2 ヶ月であつた。壁の内側はマグクロレンガ (MgO 60%)、外側は珪石レンガである。カワ口、カラ

ミロ周辺は主としてマグネシヤレンガ (MgO 90~94 %) を使用し、熔体の物理的、化学的損傷に備えた。

天井はケミカル・ボンドのスチールクラッドダブ付レンガ (MgO : 60%, Cr₂O₃ : 13%) を使用し、2 枚ずつ 1 本の吊環で懸吊し、吊天井構造としている。また引込煙道の側壁もケミカル・ボンドのスチールクラッド・フェロクリップ付レンガ (MgO 70%) を使用し、2 枚ずつ 1 個の吊環でレンガ押え金具に引掛けている。

4.2.6 反射炉余熱ボイラ 余熱ボイラーは 2 基並列運転で、定期検査あるいは故障などで 1 缶操業の場合でも反射炉は ⅔ の操業度を確保できるものとした。

また従来の直島の例に徴し、連絡煙道をできる限り広く、短く、かつ傾斜させて煙道の詰りによる操業中断の絶無を図つた。

また当然のことであるが水冷壁部の出口ガス温をカラミの融点以下 (700℃) に低下せしめてスツブローの効果を上げていく。

試運転当初蒸発量に対する過熱器部の不均衡などによる若干の手直しを行なつたが、現在は順調に推移しボイラー通風抵抗は通煙開始と全く変わらず、従来の直島製錬所におけるカルサイン装入の場合 (ボイラー連続運転 2~4 ヶ月) に比して生鉱装入の効果は予想以上のものがあつた。

第 2 表 反射炉余熱ボイラー設計仕様

	常 用	最 大
入 口 ガ ス 量 Nm ³ /hr	36,000	48,000
入 口 ガ ス 温 度 ℃	1,260	1,260
出 口 ガ ス 温 度 ℃	345	370
給 水 温 度 ℃	120	120
蒸 気 発 生 量 t/hr	20	26
蒸 気 圧 力 kg/cm ² G	40	40
蒸 気 温 度 ℃	400	400

4.2.7 コットレルおよび煙突 高煙突法、大気拡散による公害防止にいたるまでの経緯は別項で触れたい。

コットレル集塵器仕様は第 3 表に示し、水平ガス流式 4 セクションの集塵器群を 2 系列設置しているが、将来 5 セクションの集塵群に増強し得る構造とした。

第 3 表 コットレル仕様

ガ ス 量 Nm ³ /min	2,000 (最大)
入 口 温 度 ℃	350±50
入 口 ダ ス ト 量 g/Nm ³	10
集 塵 効 率 %	98 以上

煙突の構造について問題となつたのは、

(1) 煙突の位置より数 10m の位置に人家が密集していること。

(2) 硫酸凝縮による腐蝕の問題

(3) 保守の難易

（４）圧密性地盤対策

の４点であったが、これら諸点に対する総合対策としてダイヤ型鋼製煙突が適当であると判断した。

煙突は地下 32m のところにある岩盤まで打込まれた直径 1m のベント工法* による杭 18 本で支えられ、設計最大風速は 86m/s であり、この時 170m の煙突先端が約 1m 振れることになっている。煙突は鋼板製 2 重筒、内筒 2.1m、外筒 2.2m で、その間を岩綿保温をしている。頭部は吹上げによるモメンタム上昇効果を得るために 1.63m に挫つてあり、また排ガスのダウン・ウオッシュ対策として頂部 9m の範囲は内外とも鉛張り施行を行なっている。

もつとも重大な結果を生ずるおそれのある腐蝕の問題については、排ガス中の硫酸凝縮点が 180℃～190℃と推定されるので、内筒の温度を常に 200℃以上に保つことで一切の内張り耐酸施工は行なっていない。

この決定は煙突内面の耐酸施行に最終的に信頼し得るものがなかったことと、直島製錬所転炉ガス煙道が同様の施行で約 10 年間全く腐蝕問題を生じていないという裏づけによって決定した。このため内筒温度は 4 ヶ所を連続測定し、1 ヶ所でも、200℃を切った場合煙突下のバーナーに自動点火し、ガス温の上昇を行なうことになっている。

これら耐腐対策の結果について、昨年 12 月内部点検を行なつたが、何等異状はなかった。

将来の増設については、頂部の絞りを取り去つて排ガス量増を図るか、煙突本数を増やすかについては未検討であるが、いずれにしろさらに 2 本の増設は可能である。

なお煙突の保守作業を目的として地上 121m の位置に作業室を設け、それへの昇降はエレベーターで行なっている。

4.3 転 炉

4.3.1 転 炉 反射炉の項でも触れたが、本計画の考え方の基本に大型転炉の採用による製銅費の低減が前提としてあつたもので、大型反射炉も大型転炉との組合せではじめて真価が発揮し得るものと考えている。

当所で採用した転炉の大きさはいわゆる 13'×30' と呼称するもので、世界の大規模製錬所の標準型といえるものである。羽口数は製錬所によつて 46 本から 52 本程度の差がある。

当所は 51 本で 650Nm³/min の空気吹込が可能であるが、550Nm³/min 程度の吹込みで 2 台並行吹きも可能なようにブローはタービン駆動軸流送風機 1.1kg/cm² G・1,000Nm³/min および電動機駆動軸流送風機 1.1kg/cm² G・600Nm³/min を設置した。

* ベント工法：鋼管を岩盤まで打ち込みその内部を鉄筋コンクリートに置換えて後鋼管を引き抜く工法

転炉工場設計にあつてとくに留意した点は次の通りである。

（１）転炉漏風を可能な限り減少させて公害を防ぐ。

（２）転炉ガスのみで接触硫酸工場を運転するため漏入空気量をできるかぎり減少させる。

（３）停電時対策。

（４）転炉建家床は原則として自走機械（ショベル、ローダ、バック・ホー）の走行床で、人間のワーキング・フロアとしない。

（５）したがってレールおよびポート操作は人間の介在なしにクレーンマンのみの操作とする。

（１）、（２）は互いに相反事象であるが、これの解決なしには転炉工場は成立たない、との方針で転炉可動フードの設計を行ない、送風開始および停止はフード全閉のまま行なうことができる。これは非常に好結果を示し、硫酸工場との緊密な連絡の下で行なう送風開始・停止時のガス漏洩は全くといつて良いくらいなくなり、したがってカワ中 S より製品濃硫酸の S 実収率は 92% に達している。

（３）に対しては前記タービンブロー運転によつて解決しているが、これは反射炉製錬のメリットの一つに挙げるべきものと考えられる。

（４）（５）については自走機械ことにバック・ホーの効果は著しく、さらにこれに取りつけられる大型ニューマチック・ブレイカーはスカルブレイキングあるいは熱間口取り作業に威力を発揮している。自走機械の活用は繰返物その他の無駄な横待ちを防ぎ、クレーン稼働率の向上、労力の節約、安全の向上など予期以上の効果があつた。

クレーンのみによるレール操作は当初の間クレーンマンが未熟練のせいもあつて、危惧が持たれたが現在は人間介在の場合とほとんど変りないまでに習熟し、また 1 回の事故もない。ただしクレーン・フック、レール・フック、ポート等には特殊な工夫を行ない、また反射炉返しカラミの必要もあつて、従来の主巻 1、補助巻 2 という煩瑣な操作はできないので、主巻 2 のみで操作している。

4.3.2 転炉操業 現在は 2 炉稼働の 1 炉交互吹きという特殊な操業（クイック・ブローと称している）を行なっている。これは一方の炉の造カン終了直前に他方の炉にカワ装入を行ない、前者の造カン終了傾転と同時に後者の送風を開始し、この間に前者のカラミ切りを行なつて互いに造カン期を進行させて行く方法である。

したがってこの間硫酸工場は 1 台の転炉ガスのみを吸引している訳であり、また一方この切替時にも硫酸工場は一定量のガスの吸引を続けているので、漏ガスもほとんど発生しないといつて良く、また SO₂ 濃度は硫酸工場転化器入口で 8～9% と安定している。この操炉を繰

返し、造カン期完了後白鉛は1炉に集めて製銅を行なう。

この方法によれば、硫酸工場の操業安定のみでなく、パンチャーは1台分のみで済むため、転炉能力に幾分か余裕のある場合極めて効果的な方法であるが、これらも熱容量の大きい大型転炉ではじめて可能であつたと思う。

なおレードルー杯のカワは25~30t、1炉あたり処理カミ量150t、1回仕上り粗銅量50~70t、冷剤処理能力はカワtあたり約0.3tである。

冷剤処理能力の増大は、鉱石出4,000t・故銅出1,000tの予定生産量の他に電解より繰返される残基銅月間約1,000tを転炉処理可能としている。

現在転炉操業で問題として残っているのはレンガライフの問題であつて、われわれには従来ノーコーティングで低品位カワ処理の経験が無いため、まだ諸外国の例まで到達しておらず、レンガ材質（現在はMgO 60~70%の焼成マグ・クロ）の問題とも関連して、温度コントロールを主として操業管理につとめている。

4.3.3 転炉ボイラー 大型転炉の採用および排ガスの高SO₂濃度操業は当然排ガス温の上昇という結果になって、このガスの冷却が問題になってくる。

直島製錬所では空気冷却装置を設け排熱を重油用空気の予熱に回収しているが、従来よりこの冷却装置の腐蝕問題のトラブルが多く、また回収熱量も常に変動する結果となつている。このためわれわれはこの熱を蒸気として回収し、回収熱量の変動はスチームアキュムレーターと組合せて吸収し、これを反射炉よりの回収蒸気のラインに連結して総合的なエネルギーの有効利用を図るという考え方を抱いたわけである。

製銅ではLD転炉の余熱ボイラーとして同様な考え方は実用に供されているが、銅製錬の場合SO₂・SO₃の腐蝕性の問題、ダスティングの問題で難しい面が多く、僅かにスウェーデンとフィンランドの比較的小規模の製錬所でその例を見るに過ぎなかつた。このためわれわれは技術者を派遣してこの両製錬所のボイラー稼働の実状を視察させ、その結果報告によつて転炉ボイラーの採用に踏切つたものである。

技術的問題としては次の2点に集中している。

- (1) 急激な負荷の変動に堪えること。
- (2) 水管腐蝕防止。

ボイラーは各転炉に1台ずつ設備されているため、休風時の水管温度の低下を防ぐ目的で3基のボイラーは2個の共通ドラムをもつて休風中のボイラーへ飽和温度のカン水を常に強制循環している。このため水管表面の温度は常に硫酸凝縮温度（約190℃）以上に保たれており、現在のところ腐蝕の徴候はまったく認められていない。

ただ急激な負荷の変動が繰返されるため、水管中の気液比の変動も大きく、これがドラム液面の変動をきたす

という結果になつており、気液比の設定すなわち強制循環水量の設定に若干問題があつたように思われる。

この転炉ボイラーの採用で所期の目的を達したのみでなく、水冷壁による急激なガス温の冷却のため、煙灰が極めて取扱い易くなつた。ボイラー仕様を第4表に示す。

第4表 転炉ボイラー仕様

項	目	諸	元
型 式		強制循環型	
発生蒸気量（最大）	t/hr	13.8	
蒸気圧力	kg/cm ² G	41	
蒸気温度	℃	251（飽和）	
給水温度	℃	120	
入口ガス温（最高）	℃	960	
出口ガス温	℃	350±20	
ガス流量	Nm ³ /min	ボイラー入口 700~600	
ダスト濃度（最高）	g/Nm ³	70	
〃（平常）	g/Nm ³	40	

4.4 精製炉およびアノード鑄造 転炉の項でも触れたが、当所の場合鉱石出、故銅出プリスターの他に電解工場より繰返される残基銅月間約1,000tが加わるので、月間処理粗銅量は約6,400tとなる。したがつて1日約240tのアノード生産を行なわなければならない。また精製炉操業の必要上操業中と保持中の2基を必要とするゆえ250t円筒型精製炉2基を備えた。また鑄造能力は40t/h ゆえ、4時間で1回の鑄造が完了する。したがつて1シフト鑄造が5,000t/月電気銅生産に対応し、2シフト鑄造の場合は10,000t/月電気銅生産に相当する。すなわち精製関係設備については第2期分の設備を有することになっている。

精製工程について特記するものはつぎの2項である。

- (1) ガスポーリングの採用
- (2) 自動連続鑄造装置の開発

(1)については精製炉の大型化とともに、従来行なわれている松丸還元は理論上その原単位も上らざるを得ず、また資源の涸渇化もあつて原価的に上昇する。当所は幸いに隣接する日本水素工業より還元性ガス（CO+H₂約60%）の供給を受けることができたため、米国フェルプス・ダッジ社の開発したガスポーリング法の導入を行なつた。還元用ガスは直径10mの球形タンクに20kg/cm²Gで貯蔵され、酸化工程完了後の熔銅に減圧弁・羽口を通して吹き込み還元を行なうという極めて簡単な操作で目的が達せられるものである。還元効率は熔銅中O₂を0.7%から0.1%に還元する場合約55%である。

本法の採用により人員の節減を始めとし、従来の松丸太に比し還元費用は大幅な低減を得るとともに作業環境がいちじるしく改善された。

(2)については原理的には従来直島製錬所で開発し好成績を得ている自動連続鑄造設備に基いたものである

が、当所の場合はさらにテーブル回転機構に改善を行ない、また精製炉から秤量鍋への湯量を炉の傾転角度に無関係に一定化する工夫を加えてアノード単重の均一化を図っている。

4.5 硫酸工場

本計画の当初には、隣接する日本水素工場の接触硫酸工場に転炉ガスを送るという可能性についても検討を行なった。

このようなケースは三菱金属秋田製錬所と東北肥料株式会社との間に極めて円滑に行なわれているが、当所の場合には転炉ガスという 0~100 % の間を常時変動する原料ガスであるところに問題があつた。すなわち、日本水素工業硫酸工場の場合この変動をなんらかの方法で吸収して量、濃度ともに均一のガスにして受入れねばならないが、この変動の吸収方法が長期かつ懸命の検討にもかかわらず採算的にはどうしてもできなかつた。

このことは当硫酸工場の場合についても全く同じことがいえるのであつて硫酸工場の検討の大部分の努力は変動ガス対策であつたことは当然である。しかし薄硫酸製造については将来の需要構造採算性の観点からわれわれの検討の外に置いていた。

また焙焼炉を設置してベースガスとする案も一時考慮されたがこれも転炉ガス単味での可能性が強まるに従い消えた。

変動ガス対策にはさらに加えて、転炉漏煙防止のため短時間ではあるが SO_2 1 % 以下のガスをも吸引せねばな

らないという悪条件も加わっている。

このような条件の対策として採られた手段は次の諸点である。

(1) 硫酸製造装置に対して

- 転化器群、熱交換器の個数を減じ、総表面積を減少させて放散熱量を極力少なくする。
- 転化器の蓄熱量を大幅に増大させる。
- 熱交換を 2 段にし、負荷変動に応じ熱交換性能を変える。
- 重油燃焼ガスで直接原料ガスを加熱できるようにする。
- ガス変動への対応に鋭敏かつ容易にするために従来直島で行なっていたようなブースターファンは置かずメインブロワーのみによつて風量制御を行なう。

(2) 転炉操業との緊密化

工業テレビを使用し、転炉送風開始 1 分前にブロワー吸引を開始し、送風停止後も転炉フードよりの漏煙が停止するのを確認して吸引停止を行なうか、あるいは炉況を監視して予測制御を行なうなど転炉操業との緊密化を図る。

(3) 熔錬関係の故障などにより長時間ガス源が断たれる場合に備え、硫黄燃焼炉を設備してそのガスのみで最低運転可能にする。またこの際硫黄消費量を最低量に抑えるため乾燥空気を使用して燃焼を行ない、直接転化器へ送入するという特殊な方法をとっている。

写真

左上：転炉室

左下：銅電解工場

右上：高煙突

また運転人員を極力少なくするために徹底した計測器制御、機器運転の集中管理、自動運転化を行ない、現在シフトあたり係員1名、運転員2名でダストコットレル以下の運転を行なっているが、運転管理、設備管理は適正に行なわれている。

今後の問題としてはつぎのようなものと考えている。

(1) 吸収塔排ガスの除害問題

これは当初より必要を認めていたものであつたが、実際に運転してどのような結果になるかも判らなかつた段階では効果的な計画が立てられなかつたわけである。

現在操業の実態も判明してきたので将来の見通し、採算性などを勘案しつつ具体的計画に入つた段階である。

(2) 装置寿命の問題

いわば接触硫酸のパッチ操業というような操業内容のため主要機器については始動停止の繰返し、触媒などについても複雑な熱履歴の繰返し、装置類にしても負荷の変動など、このような作用が装置寿命にどの様に影響してくるかは、今後の問題である。

4.6 電解工場

4.6.1 基本構想 銅の電解精製についてはその歴史も長く、硫酸塩水溶液電解というプロセスそのものについてはほぼ完成の域に達しているものとみてよく、たとえば熔錬において反射炉法か自熔炉法かとプロセスそのものを検討する段階ではない。

したがってわれわれの基本的な考え方は、電気化学的な面の改善を図ることはもちろんであるが、その電気化学的条件をもつとも良好な状態に保つための装置的条件、人的条件の確保に主眼を置いて検討を進めていった。その要点はつぎのようなものである。

(1) 電極の大きさは現在世界で使用されている範囲で最大級のものをとる。

(2) 運搬系統の合理化、機械化を推進し、かつ機械装置の稼働効率を高める。

(3) 電解条件の計測化を推進し、作業者熟練度に頼る面をできるだけ少なくする。

(4) 作業人員を極力減らす。

(5) 作業環境をできるだけ良好にする。

(6) 月産電気銅10,000tへの増設は直ちに実施できるように、また20,000t/月までの増設も可能のようにレイアウトする。

4.6.2 電極の寸法、形状 アノードの寸法は電解工場の主たる設計要素を決定するもので、また一旦決定され実施されれば、厚さを除いて大幅な変更はまず不可能と考えて良い。

わが国の古い電解工場は、いずれもアノード、カソードの取扱いが人力のみに委されていた時代の電槽寸法に制約されているといつてよい。しかし電極等の取扱いが

機械化されれば、他の条件の許すかぎり大型化する方が casting 費、運搬費、労務費を低減し、電槽面積、建家面積など起業費の面でも有利になってくることは明らかである。しかし一方電極の大型化はスライム沈降時の汚染、極間距離のバラつき、電解液の不均一、種板仕上精度の制約など不利な面も増してくる。したがって電極寸法はアノード品位、電解条件、機械化技術水準あるいは作業員の体力などによつて差こそあれ最適条件が存在するはずである。現在世界で稼働している精錬所は長い電解の歴史から経験的にその経済最適を体得しており、また最近新設の電解工場はすべて電極は大型化されているためわれわれは世界で通常使用されている電極寸法の範囲を超えないところで最大級のものを採用したわけである。

現在大型電極を使用している製錬所を第5表に示す。

第5表 大型電極使用電解工場 (LおよびW: cm
T : mm)

製錬所名	会 社 名	アノード重量 kg	アノード寸法			カソード寸法	
			L	W	T	L	W
Baltimore	ASARCO	318	99	89	39.7	104	94
El Paso	Phelps Dodge	318	91	91	38.1	95	95
Garfield	Kennecott	318	99	89	41.3	104	94
Perth Amboy	ASARCO	304	90	90	47.7	91	95
Baltimore	Kennecott	318	94	92	44.4	102	94
Townsville	C R	308	98	96	39.9	95	96
新 居 浜 住 友		295	100	101	33.0	104	106
佐 賀 関 日 本 鉱 業		270	100	94	33.0	102	96
小 名 浜 小 名 浜		335	98	96	38.0	100	100

この他 Inspiration 製錬所(米国)は1,260 lbs という大型アノードを採用しているが、これは電解採取と共通の電極を使っていること、および極間間隔が6'であり、またカソード浸漬が5日間であるという特殊な条件であるため、これを例外とみなせばおおよそアノード重量にして320~330kg程度が最大級と考えられる。これに基いてカソード寸法を1m×1mとし、アノードライフを28日とすれば、種板槽アノード365kg、普通槽アノード335kgとなつてほぼこの条件に合致するので、この寸法をもつて最終とした。

電極接続方式には高承の通り、ウォーカー型とホワイトヘッド(ボルチモア)型が二つの主流をなしているが、われわれはウォーカー型をとつた。これはウォーカー型は casting 費が安い、ホワイトヘッド型はコンタクト・ロスが少ないなどよく知られている得失があるが、世界の諸例を見るのにこの二つの方式によつて電解成績に有意差が認められず、結局おのおの企業の履歴技術によつて決められているのが実状であつた。したがってわれわれは同じ立場に立つてウォーカー型を採用したわけである。なおこの決定にはウォーカー型の方が、その取扱いの機械化が容易であるという要素も大きい。

また電極枚数はアノード43枚、カソード44枚とした。

4・6・3 レイアウト

電極寸法、枚数が決れば槽数が決り 384 槽となる。この電槽配置の検討にあたって考慮したことはつぎのような諸点である。

- (1) クレーン 1 基で普通槽作業を、他の 1 基で独立に種板槽作業がおこなえ、かつこれが共通の作業もなし得ること。
- (2) 普通槽入替、仕上を週日に、種板槽入替を日曜日にこなす作業の組合せとし、しかも毎日の作業量を一定にすることから普通槽は 24 ブロックに分けること。
- (3) 共通の還流系統の配管に接続している槽間の電位差が小なること。
- (4) 短絡操作が容易なこと。
- (5) クレーンの空荷運転が定常的に発生しないこと。
- (6) 還流関係設備は 10,000 t/月増設と共用になること。
- (7) 輸送機械設備も 10,000t/月増設の場合共用になること。
- (8) 種板槽、普通槽の還流系は別にすること。
- (9) 作業者は原則として同一フロアで作業すること。
- (10) すべての運搬作業はクレーンおよびコンベヤで行なわれること。

4・6・4 運搬の機械化について

基本構想にも触れたように、運搬系統の合理化、機械化はもつとも重点を置いて計画を進めたものであり、理想的にはどうしても人間の判断を必要とする作業、たとえば電調、液調、入替仕上作業の一部、クレーン操作などを除いてすべての作業の機械化、自動化を目指した。

(1) クレーン

実操業ではクレーン 1 基で普通槽作業を全部カバーすることは若干苦しく種板槽の方は逆に余裕があるので、20 t 容量のもの 2 基とした。

運転台はスパンが 26.5m と広く一方の端より他方の端を見通すことは困難のためマントロリ方式、荷の振れを減らすため 4 フック (5t×4) とした。建家長さが 230 m と極めて長いので走行速度は 120m/min にし、そのために玉掛従業員がクレーンと行動をとともにすることは不可能であつて、荷積部と荷卸部は別の作業員を置くという作業プログラムを組まなければならない。

第 6 表 コンベヤ類

種板コンベヤ	洗浄、石鹼液塗布、定ピッチ分割
種板仕上機	クロスバー取込、ループ取付、パターンプレス 定ピッチ分割
カソードコンベヤ	洗浄、乾燥、クロスバー取外し、定数積込み、 秤量印字
アノードコンベヤ	フォークリフトよりの受渡し、定ピッチ分割
残基コンベヤ	洗浄、乾燥、ポートへの送り込み

(2) コンベヤ類

コンベヤ類は現在の技術水準で可能と推定される作業はできるだけ組込んだせいであつて、試運転当初は各種の故障もあつたが、現在はその大部分が解消され順調な運転が行なわれている。またコンベヤ類のレイアウトはクレーンの空荷運転が、あるいは交錯運転が常態で発生しないよう、また作業槽の位置による作業時間の差をできるだけ少なくするよう、種板、カソードコンベヤのグループと、アノード、残基コンベヤのグループとに分けて普通槽フロアを挟んで設置した。また作業員の無駄な労力の消費を防ぐため、および作業全般の監督を容易にするため原則として作業は同一フロアで行なうことになっている。また将来種板の母板よりの剥離も自動化される見通しもあるので、そのスペースはあらかじめ準備してある。

なおコンベヤ類については 10,000t/月へ増強の場合に自動作業部はそのままにして、コンベヤ部のみを延長すれば良い設計をとつた。

このように運搬合理化、作業の自動化を推進した結果われわれの当初の目的であつた労務費原単位 0.20 工/t 電気銅は確保できるものと考えている。

4・6・5 作業環境その他

建家についてはとくに次のような点に留意した。

- (1) 夏期の通風
- (2) 冬期の密閉および結露防止
- (3) 耐酸施工
- (4) 充分な採光

作業環境の良否は夏期の通風によつて決ってくるが、近年電解液温は上昇の傾向にあり、通風を良くすれば蒸気原単位が上昇するのも当然である。しかし夏期における作業員の疲労による能率低下、職場における労働問題を考慮して作業環境を良くすることを前提にした。

このため通風としては、側壁に接した床面に通風孔を設け、通風を調節できるようにした。今年の夏期は全槽通電ではなかつたので、この効果は確認されていないが、現在の様子から判断して作業環境は格段に良くなったと思われる。

結露防止、耐酸施行などには工場内照明効果も兼ねてできるだけ明色系統の材料を使用し、アスファルト、木材は一切使用せず、また作業環境を明るくすることに努めた。使用した材料は結露防止にシポレックス、ポリスチロール、サンドウイッチパネル、耐酸床材として酸化チタン入りポリエステルセメント、エポキシ系レジンモルタル、PVCエアレックス、FRポリエステル、サンドウイッチパネル等を使用しているが、この効果はある程度長い目で見ないと結論は出せない。

電槽構造については外槽のプレキャストコンクリー

トブロックの組立構造には最初から異論がなかったが、ライニングを鉛にするか塩ビ系プラスチックにするかは論の分れたところであつた。5,000t/月という単位を全部プラスチック系ライニングに踏切つた例は未だ無く、1959年に建設された Kennecott 社 Baltimore 製錬所でも硬鉛を採用しているなどいろいろな迷いもだが、従来大阪製錬所の実例、電槽間絶縁、建設当時の鉛価格高騰などが根拠となつてプラスチック系統に踏切つた。

還流配管系統は全面的にPVCを採用し、装置的にはできるだけ均一かつ変動のないように各槽に供給することを第一眼目とした。また還流系はポンプ、熱交換器などの増強のみで10,000t/月生産可能になつている。

直流電源については、機種としてシリコン整流器、機構的にはトランス整流器が一体屋外式のもの(商品名レクチフォーマー)を採用してコンダクターロス・スペースの節源ができた。

電調の目安としては各電調作業者はガウスメーターにより、また電槽電圧はスキニング・モニターによつて集中的に計測している。

これは全槽分を走査した場合も約9minで各槽の電圧がタイプされるものであり、現在は電調の目安として欠くことのできないものにまでなつている。

4・6・6 浄液工程

浄液工程の設計の基本方針は下記の点によつた。

(1) 丹パン法と脱銅電解を併用する。

これは浄液量が脱Niで決められていることにも関係するが、丹パン法の比重を大きくすれば脱銅電解槽の不要による電力原単位の減少、液中不純物がさらに低下するなどの有利な面を持つ一方、不利な面としては丹パン設備費の増大を伴い、また銅の溶出率の変動に丹パン設備の負荷の変動を伴う。すなわち完全連続方式を実施する上において不利となる面が大きい。このような理由から丹パン法の比重を軽くした。

(2) 浄液量は脱Ni量で決定する。

熔錬工程および原料銅繰りの見通しから、アノード中Ni品位は現在の直島製錬所出のものと将来とも大差を生じないであろうとの見通しに立っている。液中Ni許容限の問題については重要なポイントで各製錬所のおおの考え方があろうが、われわれは一応15g/lとおき、アノード品位を0.12%と仮定して浄液量を400m³/月と決定した。これは全電解液量に対し月間約17%の浄液量になる。

(3) 丹パン法は直接法をとる。

中和法と直接法にはおのおの特長があるが、中和法の場合には以下のような問題点が生ずる。

- a) 生産量が激増し販売面に問題がある。
- b) 中和工程は機械化、連続化が困難である。

c) 蒸気消費量が多い。これは製錬所全体の総合エネルギー効率を悪化させる。

d) 良質の中和原料の入手が必要である。

一方取扱液の酸濃度が低いという大きい利点があるが、これについては設備材料の選択と脱Ni工程に透析法を採り入れることで解決することとした。

(4) 脱銅後のスライムは大阪製錬所へ送り貴金属製錬を行なう。

以上4つの基本的構想をとつたため、浄液工程の考え方が単純化され、操作の自動化、連続化、機械化、計測化、等が行ない易くなつた訳である。

浄液工程での技術的な特徴としてはつぎの3点である。

(1) 丹パン粗結晶。粗結晶、粗ニッケル結晶ともオスロ改良型真空連続結晶装置によつて細粒結晶を生産する。結晶サイズは取扱いの難易、機械的不純物の程度、外観などでは30~60meshが好ましいが、需要界の要望に応じて適宜のサイズに調整して出荷する予定である。

このような結晶装置は液中の極微量の不純物あるいは有機物の影響によつて操業状態が大きく左右されるので、設計諸データは試験装置を使用し、大阪製錬所の電解液によつて長期間の試験運転を行なつて決定した。

(2) 脱ニッケル工程に透析法を採用したこと。

脱ニッケルの原液は丹パン排水を脱銅電解したものゆえ、丹パン工程に直接法を採る限りNi 30~40g/l、遊離H₂SO₄は450g/l程度となる。このためこの原液より脱ニッケルに冷却法(直接および間接)、濃縮法などが採用されている。しかしいずれも歩留り、結晶の性状、その取扱い、耐蝕材料、あるいは装置の自動化などに決定的な解決策が得られたというところまではいつてないと考えられるので、われわれはここに透析法を適用した。

透析法はフェルプス・ダッジ社エルパソ、ローレルヒル両製錬所で採用されているものであるが、これはいずれも丹パン工程に適用されたもので、脱ニッケル工程では当所が最初であろう。もちろん透析法といつても硫酸ニッケル結晶をとるためには真空蒸発装置と併用せねばならない。現在のところ電解液中のNiが許容度をはるかに下まわつているので未だ稼働するに到つていないが、これを採用することによつて期待される効果は次のようなものと考えている。

- a. 操作が全く単純であり保守、運転費が極めて安い。
- b. 濃縮法をとりながら硫酸ニッケルはスラッジでなく、粗硫酸ニッケル結晶の形で市販し得る。
- c. 低温、低酸で蒸発結晶装置が運転し得るので、装置材料面で条件が緩和される。
- d. 完全連続化、自動化が可能となる。
- e. 透析後液中のNi 3g/l、遊離H₂SO₄ 450g/l程度となるので、浄液工程におけるNi歩留りが上昇し、全

第7表 電解操業条件

項 目			単 位	設 計 値
ア ノ ド	寸 法	mm		960×980×38
	重 量	kg		335
	ビ ッ プ	mm		100
	ラ イ フ	日		28
	残 基 率	%		16
懸 垂 方 式			—	cast lug
接 続 方 式			—	ウォルカー
種 板	寸 法	mm		1,000×1,000
	重 量	kg		5
	懸 垂 方 式	—		2 ループ
カ ソ ド	仕 上 日 数	日		14
	重 量	kg		145
	wet flapping	—		NO
	電 調	—		2 方
電 解 液	Cu	g/l		45
	F.A.	g/l		200
	還 流 量	l/min		20 (1 槽あたり)
	温 度	℃		60
電 力	電 槽 電 流	A		16,500
	電 流 密 度	A/dm ²		92
	槽 電 圧	V		0.23, 0.25
	整 流 器	—		Si-レクチフォーマー
	容 量	kW		2,500
	出 力	V×A		125×20,000
	変 流 効 率	%		96
	電 力 原 単 位	AC kWh/カソード t		250 (動力電灯含む)
電 流 効 率			%	94
電 槽	材 質	—		ブレンキャストコンクリート
	ライニング	—		ブロック
	内 法 寸 法	mm		DVC 4,800×1,200×1,300
	アノード数	—		43
	カソード数	—		44
還 流 方 式			—	bottom→top
工 数			工/カソード t	0.20

体としての処理量を軽減し得る。

f. 回収硫酸の純度が高く Ni 以外の不純物が電解に繰返される怖れがない。

しかし現在確認はされていないものとしてわれわれが注意しなければならないものはつぎのようなものと考えている。

a. イオン交換膜の寿命

b. 電解工場の水バランスの影響

(3) 脱銅浸出後、丹パン工程、脱 Ni 工程とも完全連続である。(1),(2)の採用によつてこれらの工程が完全に連続化され、自動化され、計測制御されている。電解条件を第7表に示す。

4.7 型銅工場

現在、ピレットケークは試運転中であり、棹銅炉はなお建設中なので、完成を待つてつぎの機会に報告したい。

5. 総合エネルギーの有効利用について

生鉱装入による反射炉法が他の銅製錬方式に比し燃料消費の多いことが本方式の欠点であることはすでに述べたところであるが、多量に発生する排熱の有効利用こそ、本方式の経済性をさらに高めるものであり、高能率の排熱ボイラーの採択とともに、工場全体として熱エネルギーの総合的有効利用を計るべく種々検討した。このことから基礎としてつぎの項目に副うべく計画設計を進めることとなつた。

a. 発電を定常化する。

b. 転炉排熱の有効利用

c. タービン・ブロワーの使用

第3図 蒸気—電力
ネットワーク

d. 蒸気使用の変動をアキユムレーターで吸収する。

蒸気の発生源としては反射炉排ガス余熱気缶は 41 気圧 400°C の 26t/h 2 基, 転炉排ガス余熱気缶は 41 気圧 251°C の強制循環型 13.8t/h 3 基有している。

発電所には 7,500kW 発電機 2 基を持ち, 1 基は常時運転とし, 他の 1 基は予備としている。

その他に蒸気による転炉送風機として 2,320kW のタービン駆動のものが有り, 蒸気消費量は 7 気圧 196°C の蒸気として最大 18.7t/h である。

製鉄所全体における 1 カ月あたり電力消費は第 8 表の通りである。

第 8 表 電力消費量
(MWh/M)

溶	鍊	770
電	鍊	1,530
型	銅	920
硫	酸	710
用	水	730
そ	の	640
計		5,300

発電以外の蒸気使用量は月あたり 15,000 t であり, 発生蒸気量総計はおよそ月あたり 36,000 t である。

使用状況を系統図により第 3 図に示す。

以上より知られるように, 自家発電は月あたり 3,890 MWh, 東北電力よりの購入電力は月あたり 1,410 MWh に留まることとなった。

6. 公害防止対策

銅製鍊所が産業公害の面から強い関心を寄せられるのは当然であり, 建設にあたっては充分慎重に取組んだ。

排水については, ほとんどすべてが冷却水であり可溶性のものもなく沈殿池等にて処置はすんだのであるが, 排煙に関しては難問題が多かった。

転炉排ガスについては大部分は硫酸として回収するほか作業中の漏煙防止に対して種々対策を講じたことは既述の通りであるが, 反射炉排ガス対策について若干述べることにする。

6.1 高煙突法採用の経緯

反射炉に装入された銅鉱石はその溶解時に若干の硫黄分が分離酸化され, 亜硫酸ガスとなり, 燃料の C 重油の燃焼ガスと一緒に炉外に排出される。この排ガスは高温のため余熱ボイラーで熱回収を行なつて冷却され, さらにコットレル電気集塵装置を経て大気に放出する経過を辿るが, その濃度は煙突の出口で約 2% SO₂ となる。

このガス中に含まれる SO₂ ガスを除去あるいは回収する方法につき種々検討したのであるが, いずれも現状では経済的に満足するものが得られなかった。結局高煙突法, すなわち廃ガスを大気に拡散稀釈させ, 亜硫酸ガ

スの接地濃度を極力下げて, 煙害の可能性を極力なくする方策を採用することとした。

6.2 煙突の有効高さと接地濃度について

大気拡散に関する理論式として Sutton あるいは Bosanquet があり, 有効高さに関しては C. H. Bosanquet および BNBAHOB の式を参考にし SO₂ の接地濃度を予想限度以下にするための煙突の高さを検討するとともに地形的要因に基く偏流を風洞実験により確認し, 有効高さ決定の決め手にすることとした。もちろん大気の安定度については実験技術上簡単でないで理論式によることとした。

すなわち, 煙突の高さ 170m, 排出速度 24m/sec, 出口ガス温度 280°C を決定した。

その結果, 煙突よりの排煙は, 強風の場合を除いて, 地上より 200m 以上の高さに昇り, SO₂ の接地濃度は風向が安定している場合の 3 時間平均で, 0.15ppm 以下となり, 煙害は充分回避できる見通しを得た。理論計算および, 風洞実験の結果から求めた地上濃度の数値を第 9 表に示した。

第 9 表 SO₂ 地上濃度の計算値, 実測値比較

	大気安定度	最大濃度出現距離 km	瞬間最大濃度 ppm	3 時間平均最大濃度 ppm
(計算) Sutton 式	てい減立	3.0	0.24	0.12
	中	6.0	0.28	0.14
(計算) 英国法	C(やや不安定)	3.0	0.25	0.13
	D(中立)	8.0	0.12	0.06
風洞実験	中立立	6.0	0.26	0.13
現地実測値	てい減	3.0	0.28	0.14
	中立～逆転	5.0	0.09	0.05

注 1. 計算および風洞実験の値は風速 4m/sec のもの

2. 計算には Bosanquet の式による煙の上昇を考慮した。

6.3 排煙制御

以上に述べた高煙突による対策の効果が, 異常な気象条件の発生によつて, 充分現れない場合に備えて, 煙害発生の危険を予想し, 反射炉の操業の調節, 具体的には給鉱の制限あるいは停止の措置が行なえるようにした。すなわち, 危険状態発生の探知, もしくは予知のために, SO₂ ガス濃度測定器ならびに無電機を装備したパトローカーを走らせ, 煙の到達するあらゆる地点で地上濃度を測定して工場に通報する体制をととのえた。

一方気象観測により悪条件を予知することである。

煙突から出た煙の拡散稀釈が, 気象条件, とくに風と大気の成層状態の安定度に深い関係のあることは, よく知られている。この見地から銅製高煙突の鉄塔を利用して上空における風向, 風速, ならびに気温減率すなわち高さによる気温の変化を常時連続測定することとした。

これらの結果と前述の SO₂ 地上濃度, および煙の接地距離との間にはきわめて興味深い関係があることが認められ, 危険状態の予知に大いに役立つ。操業後まだ日も浅くデータも不十分ではあるが, 現在のところ,

所期の目的を達しているものとする。第9表に実測値を併記した。

7. 操 業 成 績

操業開始後5ヵ月間の操業データを、第10表より第12表までに、また原料、産出物等の平均分析値を、第13表に示した。

第10表 熔錬工場操業データ

反	月	10	11	12	1	2
射	精銅熔錬量	13,796	13,272	13,533	14,291	14,034
	煙 灰	236	411	413	439	395
	固型装入物計	16,600	16,304	15,808	17,590	17,645
	固型物あたり 燃 料 率 (I)	153	163	154	160	158
転	カワ 量	12,520	11,430	12,000	12,260	11,660
	故 銅	606	775	975	877	921
	残 基 銅	993	993	788	727	888
	そ の 他	405	433	200	497	974
	粗銅生産量	5,653	5,069	5,239	5,158	5,925
精製	精 銅 量	5,197	4,918	4,913	4,998	5,482
	重油原単位 (I)	39.2	38.4	40.5	40.9	38.9
	還元ガス原単位 (NW ³)	18.2	18.1	19.0	16.8	16.7

第11表 硫酸工場操業データ

月	10	11	12	1	2
98%硫酸量	9,707	8,621	8,877	9,621	9,888
平均SO ₂ %	7.8	7.8	7.5	7.3	7.4
転 化 率	98.4	97.6	97.4	97.3	98.0
総合S実収率	70.4	71.2	72.0	71.9	67.7

第12表 電解工場操業データ

月	10	11	12	1	2
使用アノード	6,098	5,673	4,421	5,122	5,385
電 気 銅	4,650	5,160	3,917	3,835	4,100
蒸気原単位	598	595	759	760	665
電力原単位	273	249	249	283	276
工数原単位	0.290	0.226	0.277	0.265	0.252
電 流 効 率	88.2	96.2	96.5	95.7	96.4

8. 結 言

以上小名浜製錬所の建設計画ならびにこれが完成後数ヵ月の操業実績について、その概要を述べたのであるが、

建設から試運転と、まことに順調に進み、フル生産到達の時期は当初の予定よりも約5ヵ月の短縮となつた。工程中に、組み込まれた種々の新しい試みの中その功罪については将来に待たねばならないものもあるが、現在のところでは、その結果は当初の期待に対し、満足するべきものと考えている。このことは、この仕事に直接参画した三菱金属、同和鉱業の皆様方の御苦心の賜であることはもちろんであるが、一方同業各社の御支援、官庁、金

第13表

熔 錬 分 析 値 (%)

	Cu	Fe	Pb	Zn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	S
調 合 銅	23.03	23.65	2.00	4.42	6.77	1.68	4.49	24.97
反 射 炉 カワ	32.40	31.75	1.72	4.25	0.47	1.31	0.22	26.46
反 射 炉 カラミ	0.34	33.15	1.30	4.41	36.78	6.33	5.11	0.70
反 射 炉 煙 灰	7.01	4.46	8.01	18.22	0.96	—	As 7.70	9.89
転 炉 カラミ	2.66	44.62	1.05	5.40	26.59	3.95	0.89	1.02
粗 銅	98.160	0.04	0.01	—	0.03	—	—	—
精 銅	99.433	0.041	0.084	0.005	—	—	—	0.0066
転 炉 煙 灰	0.50	0.41	21.08	31.17	0.40	—	0.13	11.24

硫 酸 分 析 値

	Fe	H ₂ SO ₄	SO ₂	灼熱残分
製 品 酸	0.0016	98.65	0.0023	0.0039

電 解 分 析 値

	Cu	Fe	Pb	As	Sb	Bi	S
電 気 銅	99.993	0.0004	0.0004	—	0.0001	—	0.0006

融関係の本事業に対する御理解、また福島県ならびに地元の方々の積極的な御援助なしでは到底これだけの成果は期待できなかつたものであり、ここに紙上を借りて心から御礼申し上げる次第である。

なお当所は操業開始後日も浅く当分は何かと御迷惑をお掛けすることもあるかと思うが、小名浜製錬株式会社が生産銅業者ならびに需要者の協調によるわが国初めての共同方式を採用した、その経緯にかんがみても、必ずやわが国非鉄金属業界の繁栄に貢献するところが大きいものと確信している。

今後とも皆様の協力を切にお願いする次第である。