

現在、パラグアイにおける立地要件は不明確であるが、次の要件を基準としてパラグアイにおける銅製錬の形態を想定した。

- (1) 南米における域内で鉱石生産－製錬－地金消費と地金輸出という一貫した体制をめざすこと。
- (2) 原料をなるべく有利に、輸送コストをかけず、手に入れること。
- (3) 電力を有効に製品化に利用すること。

従って、南米域内チリ、ペルーで生産され、比較的輸送に関してコンパクトで有利なブリストーカーッパーを輸入し、これを電気分解して電気銅を生産し、輸出するという形態が最適であろう。電解工程は労働力をそれ程必要とせず、工程もシンプルであり、廃棄物の少ないクリーンな製錬工程であり、将来鉱石から地金までの製錬の可能性をもち、銅製錬の第一ステップとしては、最も望ましい形態と言えよう。

3-5-3 プラントサイト

銅製錬所 (Copper Refinery) のプラントサイトとしては

- (1) 原料・副原料と製品の輸送路として大西洋側とは従来通り、河川輸送が利用でき、かつ、チリ、ペルー等の太平洋側とは陸上輸送の可能性もある。
- (2) 安定した電力供給が確保できる。
- (3) 比較的労働力を確保し易い。

等の理由からアスンシオン付近が最適と思われる。又公害問題は技術的に解決されており問題とはならない。

3-5-4 原料の供給先、製品の販売先

5-1で述べた様に南米のブリストーカーッパーの供給国としては、チリ、ペルーがある。例えば、チリ最大の製錬所である Chuquicamata でも、Mine 及び Smelter の能力に対して Refinery の能力が不足しており、地理的に電力が豊富ではなく、将来ともこの状態が続く可能性がある。チリ北部、ペルーの他の Mine, Smelter も同様の状況にあるものと思われる。

原料のブリストーカーッパーは、輸送路を考慮すると、チリから陸路輸入することが最も良いと考えられる。チリとの間の陸上輸送路を整備することが最も良いと考えられる。チリとの間の陸上輸送路を整備することは製品の販売にも役立つことになる。

一方南米の地金の輸入国としては、ブラジル、アルゼンチンがあるが、将来共安定した販売先を確保し続けるには、従来のラプラタ河経由、南米、北米、東海岸、ヨーロッパといった市場向の他、チリ、アントファガスタ港経由、北米西海岸、日本、韓国、台湾をはじめとするアジアの市場向に販路を確保することが重要である。このためチリとの間の陸上輸送路の整備は原料であるブリストーカーッパーの供給、製品である電気銅の販売の両方に必要となってくる。

これにより、合理的な輸送計画と実際的な販売計画の展開が可能となろう。

3-5-5 プラントの生産規模

世界における電解工場の規模としては、50,000 T/Y から 400,000 T/Y まで幅広い能力がある。南米においては、ペルー Oroya 58,000 T/Y, Ilo 150,000 T/Y, チリ Protreros 79,000 T/Y, Chuquicamata 390,000 T/Y, Las Ventanas 150,000 T/Y 等が挙げられる。

買鉱製錬所としては生産規模は大きい程、経済性が高く、年産 100,000 T 以上が望ましいと思われるが、パラグアイにおける生産規模としては、近くに原料入手源があることから、操業上最小規模と考えられる年産 60,000 T を第一ステップとして想定する。

3-6. モデルプラントのプロセス概要

3-6-1 生産方式

プリスター銅を原料とし、電気銅年産 60,000 トンのプラント

溶解・精製 : 円筒横型回転炉方式

鋳造 : Walker 方式

電解・精製 : Conventional 方式

3-6-2 プロセス概要

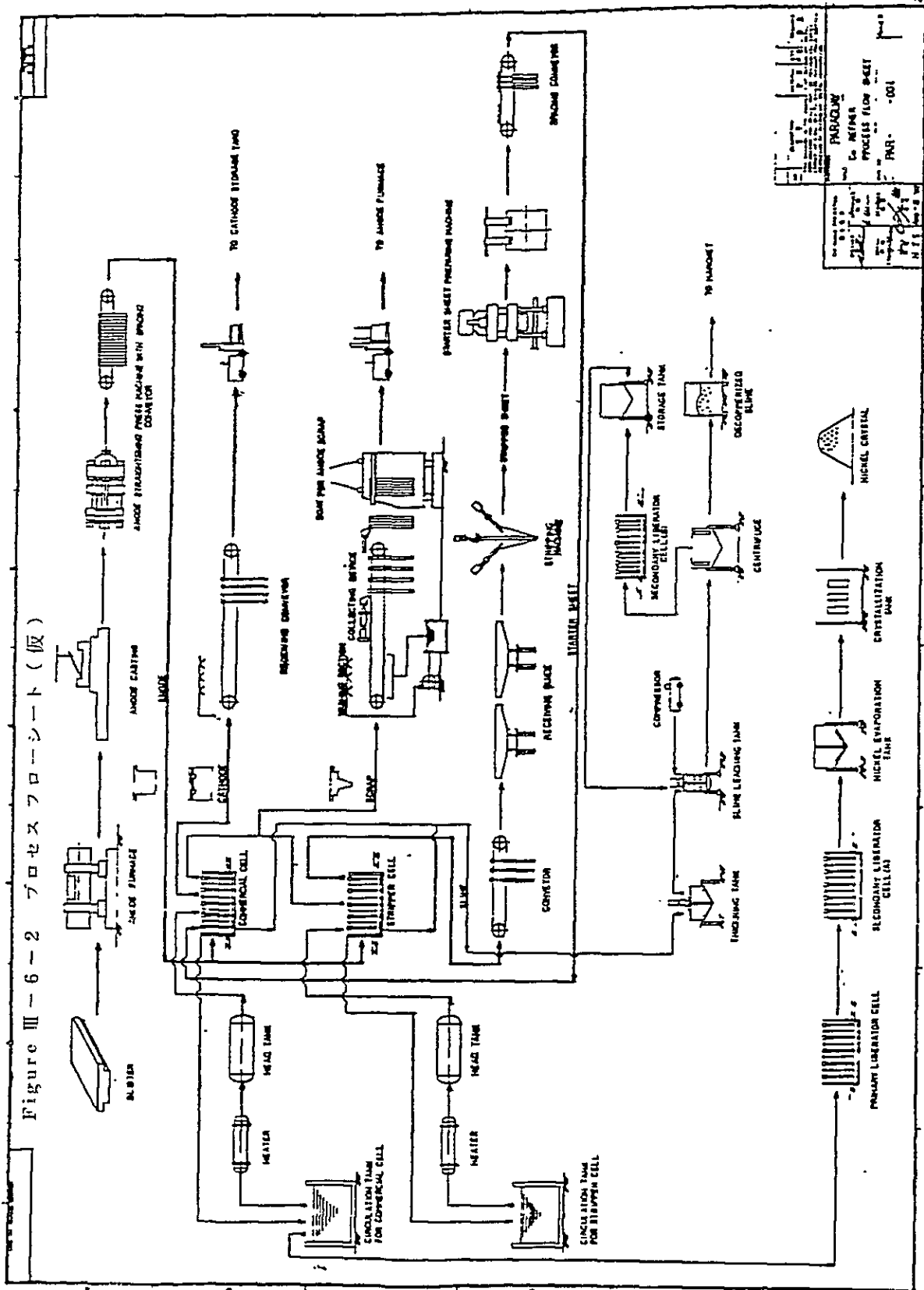
Figure III-6-2 にプロセスフローシートを示す。

原料であるプリスター銅は精製炉で溶解・精製し、アノードに鋳造する。鋳造されたアノードと、電気銅の薄板カソードを ($\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$) 溶液の電解槽中に交互に配列し、直流電流を流すと、電気化学的にアノードの Cu はカソードへ移行し電気銅がえられる。電極の入替は、定期的に行なわれアノードは 2 4 日各、カソードは 1 2 日各に交換する、一部アノードは残基銅として残り、精製炉へくり返される。カソードは洗滌後製品として出荷する。電解液から粗硫酸ニッケルがえられる。又電解槽の底には Au, Ag がスライムとして沈積する。これらは Au, Ag スライムとして販売可能であり、将来 Au, Ag の精錬も可能である。電解槽のアノードとカソード間はショートしない様、監視・調整され電解液はたえず循環され、精製され (Purification), 添加剤を加えつつ、一定条件に保たれる。特に特殊な技能を必要とせず、設備も Simple で操業も理解し易い、手掛け易いプロセスであると言えよう。

3-6-3 プラントレイアウト

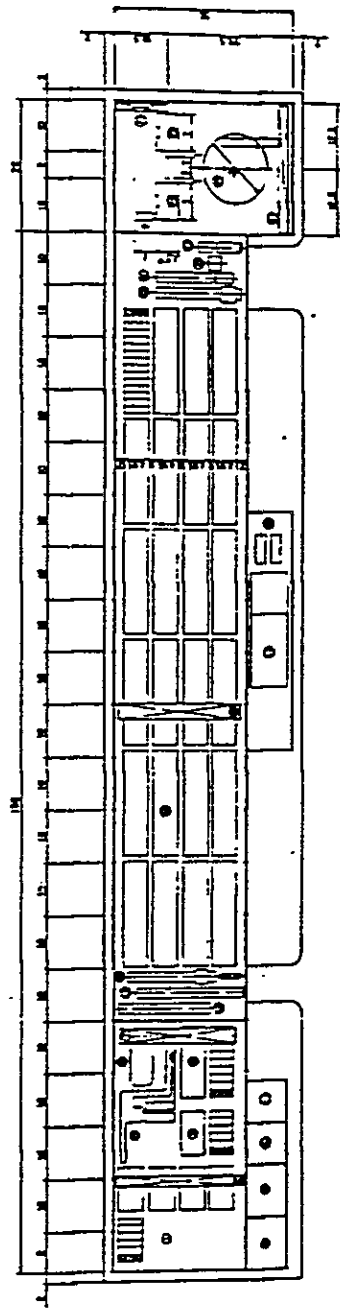
Figure III-6-3 にモデルプラントの設備レイアウトを示す。

Figure III-6-2 プロセスフローシート (仮)



60
 75
 100
 150
 200
 250
 300
 350
 400
 450
 500
 550
 600
 650
 700
 750
 800
 850
 900
 950
 1000
 1050
 1100
 1150
 1200
 1250
 1300
 1350
 1400
 1450
 1500
 1550
 1600
 1650
 1700
 1750
 1800
 1850
 1900
 1950
 2000
 2050
 2100
 2150
 2200
 2250
 2300
 2350
 2400
 2450
 2500
 2550
 2600
 2650
 2700
 2750
 2800
 2850
 2900
 2950
 3000
 3050
 3100
 3150
 3200
 3250
 3300
 3350
 3400
 3450
 3500
 3550
 3600
 3650
 3700
 3750
 3800
 3850
 3900
 3950
 4000
 4050
 4100
 4150
 4200
 4250
 4300
 4350
 4400
 4450
 4500
 4550
 4600
 4650
 4700
 4750
 4800
 4850
 4900
 4950
 5000
 5050
 5100
 5150
 5200
 5250
 5300
 5350
 5400
 5450
 5500
 5550
 5600
 5650
 5700
 5750
 5800
 5850
 5900
 5950
 6000
 6050
 6100
 6150
 6200
 6250
 6300
 6350
 6400
 6450
 6500
 6550
 6600
 6650
 6700
 6750
 6800
 6850
 6900
 6950
 7000
 7050
 7100
 7150
 7200
 7250
 7300
 7350
 7400
 7450
 7500
 7550
 7600
 7650
 7700
 7750
 7800
 7850
 7900
 7950
 8000
 8050
 8100
 8150
 8200
 8250
 8300
 8350
 8400
 8450
 8500
 8550
 8600
 8650
 8700
 8750
 8800
 8850
 8900
 8950
 9000
 9050
 9100
 9150
 9200
 9250
 9300
 9350
 9400
 9450
 9500
 9550
 9600
 9650
 9700
 9750
 9800
 9850
 9900
 9950
 10000
 10050
 10100
 10150
 10200
 10250
 10300
 10350
 10400
 10450
 10500
 10550
 10600
 10650
 10700
 10750
 10800
 10850
 10900
 10950
 11000
 11050
 11100
 11150
 11200
 11250
 11300
 11350
 11400
 11450
 11500
 11550
 11600
 11650
 11700
 11750
 11800
 11850
 11900
 11950
 12000
 12050
 12100
 12150
 12200
 12250
 12300
 12350
 12400
 12450
 12500
 12550
 12600
 12650
 12700
 12750
 12800
 12850
 12900
 12950
 13000
 13050
 13100
 13150
 13200
 13250
 13300
 13350
 13400
 13450
 13500
 13550
 13600
 13650
 13700
 13750
 13800
 13850
 13900
 13950
 14000
 14050
 14100
 14150
 14200
 14250
 14300
 14350
 14400
 14450
 14500
 14550
 14600
 14650
 14700
 14750
 14800
 14850
 14900
 14950
 15000
 15050
 15100
 15150
 15200
 15250
 15300
 15350
 15400
 15450
 15500
 15550
 15600
 15650
 15700
 15750
 15800
 15850
 15900
 15950
 16000
 16050
 16100
 16150
 16200
 16250
 16300
 16350
 16400
 16450
 16500
 16550
 16600
 16650
 16700
 16750
 16800
 16850
 16900
 16950
 17000
 17050
 17100
 17150
 17200
 17250
 17300
 17350
 17400
 17450
 17500
 17550
 17600
 17650
 17700
 17750
 17800
 17850
 17900
 17950
 18000
 18050
 18100
 18150
 18200
 18250
 18300
 18350
 18400
 18450
 18500
 18550
 18600
 18650
 18700
 18750
 18800
 18850
 18900
 18950
 19000
 19050
 19100
 19150
 19200
 19250
 19300
 19350
 19400
 19450
 19500
 19550
 19600
 19650
 19700
 19750
 19800
 19850
 19900
 19950
 20000
 20050
 20100
 20150
 20200
 20250
 20300
 20350
 20400
 20450
 20500
 20550
 20600
 20650
 20700
 20750
 20800
 20850
 20900
 20950
 21000
 21050
 21100
 21150
 21200
 21250
 21300
 21350
 21400
 21450
 21500
 21550
 21600
 21650
 21700
 21750
 21800
 21850
 21900
 21950
 22000
 22050
 22100
 22150
 22200
 22250
 22300
 22350
 22400
 22450
 22500
 22550
 22600
 22650
 22700
 22750
 22800
 22850
 22900
 22950
 23000
 23050
 23100
 23150
 23200
 23250
 23300
 23350
 23400
 23450
 23500
 23550
 23600
 23650
 23700
 23750
 23800
 23850
 23900
 23950
 24000
 24050
 24100
 24150
 24200
 24250
 24300
 24350
 24400
 24450
 24500
 24550
 24600
 24650
 24700
 24750
 24800
 24850
 24900
 24950
 25000
 25050
 25100
 25150
 25200
 25250
 25300
 25350
 25400
 25450
 25500
 25550
 25600
 25650
 25700
 25750
 25800
 25850
 25900
 25950
 26000
 26050
 26100
 26150
 26200
 26250
 26300
 26350
 26400
 26450
 26500
 26550
 26600
 26650
 26700
 26750
 26800
 26850
 26900
 26950
 27000
 27050
 27100
 27150
 27200
 27250
 27300
 27350
 27400
 27450
 27500
 27550
 27600
 27650
 27700
 27750
 27800
 27850
 27900
 27950
 28000
 28050
 28100
 28150
 28200
 28250
 28300
 28350
 28400
 28450
 28500
 28550
 28600
 28650
 28700
 28750
 28800
 28850
 28900
 28950
 29000
 29050
 29100
 29150
 29200
 29250
 29300
 29350
 29400
 29450
 29500
 29550
 29600
 29650
 29700
 29750
 29800
 29850
 29900
 29950
 30000
 30050
 30100
 30150
 30200
 30250
 30300
 30350
 30400
 30450
 30500
 30550
 30600
 30650
 30700
 30750
 30800
 30850
 30900
 30950
 31000
 31050
 31100
 31150
 31200
 31250
 31300
 31350
 31400
 31450
 31500
 31550
 31600
 31650
 31700
 31750
 31800
 31850
 31900
 31950
 32000
 32050
 32100
 32150
 32200
 32250
 32300
 32350
 32400
 32450
 32500
 32550
 32600
 32650
 32700
 32750
 32800
 32850
 32900
 32950
 33000
 33050
 33100
 33150
 33200
 33250
 33300
 33350
 33400
 33450
 33500
 33550
 33600
 33650
 33700
 33750
 33800
 33850
 33900
 33950
 34000
 34050
 34100
 34150
 34200
 34250
 34300
 34350
 34400
 34450
 34500
 34550
 34600
 34650
 34700
 34750
 34800
 34850
 34900
 34950
 35000
 35050
 35100
 35150
 35200
 35250
 35300
 35350
 35400
 35450
 35500
 35550
 35600
 35650
 35700
 35750
 35800
 35850
 35900
 35950
 36000
 36050
 36100
 36150
 36200
 36250
 36300
 36350
 36400
 36450
 36500
 36550
 36600
 36650
 36700
 36750
 36800
 36850
 36900
 36950
 37000
 37050
 37100
 37150
 37200
 37250
 37300
 37350
 37400
 37450
 37500
 37550
 37600
 37650
 37700
 37750
 37800
 37850
 37900
 37950
 38000
 38050
 38100
 38150
 38200
 38250
 38300
 38350
 38400
 38450
 38500
 38550
 38600
 38650
 38700
 38750
 38800
 38850
 38900
 38950
 39000
 39050
 39100
 39150
 39200
 39250
 39300
 39350
 39400
 39450
 39500
 39550
 39600
 39650
 39700
 39750
 39800
 39850
 39900
 39950
 40000
 40050
 40100
 40150
 40200
 40250
 40300
 40350
 40400
 40450
 40500
 40550
 40600
 40650
 40700
 40750
 40800
 40850
 40900
 40950
 41000
 41050
 41100
 41150
 41200
 41250
 41300
 41350
 41400
 41450
 41500
 41550
 41600
 41650
 41700
 41750
 41800
 41850
 41900
 41950
 42000
 42050
 42100
 42150
 42200
 42250
 42300
 42350
 42400
 42450
 42500
 42550
 42600
 42650
 42700
 42750
 42800
 42850
 42900
 42950
 43000
 43050
 43100
 43150
 43200
 43250
 43300
 43350
 43400
 43450
 43500
 43550
 43600
 43650
 43700
 43750
 43800
 43850
 43900
 43950
 44000
 44050
 44100
 44150
 44200
 44250
 44300
 44350
 44400
 44450
 44500
 44550
 44600
 44650
 44700
 44750
 44800
 44850
 44900
 44950
 45000
 45050
 45100
 45150
 45200
 45250
 45300
 45350
 45400
 45450
 45500
 45550
 45600
 45650
 45700
 45750
 45800
 45850
 45900
 45950
 46000
 46050
 46100
 46150
 46200
 46250
 46300
 46350
 46400
 46450
 46500
 46550
 46600
 46650
 46700
 46750
 46800
 46850
 46900
 46950
 47000
 47050
 47100
 47150
 47200
 47250
 47300
 47350
 47400
 47450
 47500
 47550
 47600
 47650
 47700
 47750
 47800
 47850
 47900
 47950
 48000
 48050
 48100
 48150
 48200
 48250
 48300
 48350
 48400
 48450
 48500
 48550
 48600
 48650
 48700
 48750
 48800
 48850
 48900
 48950
 49000
 49050
 49100
 49150
 49200
 49250
 49300
 49350
 49400
 49450
 49500
 49550
 49600
 49650
 49700
 49750
 49800
 49850
 49900
 49950
 50000
 50050
 50100
 50150
 50200
 50250
 50300
 50350
 50400
 50450
 50500
 50550
 50600
 50650
 50700
 50750
 50800
 50850
 50900
 50950
 51000
 51050
 51100
 51150
 51200
 51250
 51300
 51350
 51400
 51450
 51500
 51550
 51600
 51650
 51700
 51750
 51800
 51850
 51900
 51950
 52000
 52050
 52100
 52150
 52200
 52250
 52300
 52350
 52400
 52450
 52500
 52550
 52600
 52650
 52700
 52750
 52800
 52850
 52900
 52950
 53000
 53050
 53100
 53150
 53200
 53250
 53300
 53350
 53400
 53450
 53500
 53550
 53600
 53650
 53700
 53750
 53800
 53850
 53900
 53950
 54000
 54050
 54100
 54150
 54200
 54250
 54300
 54350
 54400
 54450
 54500
 54550
 54600
 54650
 54700
 54750
 54800
 54850
 54900
 54950
 55000
 55050
 55100
 55150
 55200
 55250
 55300
 55350
 55400
 55450
 55500
 55550
 55600
 55650
 55700
 55750
 55800
 55850
 55900
 55950
 56000
 56050
 56100
 56150
 56200
 56250
 56300
 56350
 56400
 56450
 56500
 56550
 56600
 56650
 56700
 56750
 56800
 56850
 56900
 56950
 57000
 57050
 57100
 57150
 57200
 57250
 57300
 57350
 57400
 57450
 57500
 57550
 57600
 57650
 57700
 57750
 57800
 57850
 57900
 57950
 58000
 58050
 58100
 58150
 58200
 58250
 58300
 58350
 58400
 58450
 58500
 58550
 58600
 58650
 58700
 58750
 58800
 58850
 58900
 58950
 59000
 59050
 59100
 59150
 59200
 59250
 59300
 59350
 59400
 59450
 59500
 59550
 59600
 59650
 59700
 59750
 59800
 59850
 59900
 59950
 60000
 60050
 60100
 60150

Figure III-6-3 プラントレイアウト(仮)



①	SECONDARY BATTERY CELL AREA
②	IN TON DOME
③	PRIMARY BATTERY CELL AREA
④	BATTERY CELLS
⑤	UNIQUE BATTERY STIRRING AREA
⑥	STIRRING COMPACTOR
⑦	IN TON DOME
⑧	ACIDE SALT LIQUOR AREA
⑨	MODEL BATTERY AREA

⑩	CONTROL ROOM
⑪	ELECTRICAL EQUIPMENT AREA
⑫	SMELTER BATTERY PREPARING ROOM
⑬	CRUSH AND COMPACTOR
⑭	GUIDE BATTERY AND BATTERY ROOM
⑮	DIFFERENTIAL BILLS
⑯	IN TON DOME
⑰	ENROLLMENT TIME
⑱	FILTER

⑲	ACIDE BUMP BATTERY ROOM
⑳	ACIDE STORAGE ROOM
㉑	ACIDE PRESS
㉒	RECYCLING COMPACTOR
㉓	LITHIUM CHARGE
㉔	SI ACIDE PILE
㉕	SI ACIDE PILE
㉖	CALCINING MILL
㉗	IN TON DOME

PARAGUAY
 60-REGIMENT
 PLANT PLAN
 PAR. 000

3-7. モデルプラントの建設費の推定

想定したモデルプラントについて、以下の仮定の下に建設費を推定した。

- (1) 1982年8月現在、日本ベースの見積りから25%増で推定した。
(但し、日本ベースの見積りの精度は±30%)
- (2) Installation cost は含む
- (3) 敷地の土地代、整地代は含まない。
- (4) 保全工場、管理棟、倉庫等は含まない。

工場別推定建設費は次の通りである。

工 場	推定建設費(×10 ³ US \$)
精製・鋳造	4,500
電 解	27,900
スライムリーチング	850
硫酸ニッケル	550
ボ イ ラ ー	350
合 計	34,150

3-8. モデルプラントの予想される操業条件

3-8-1 取扱物量(原料、中間製品、製品)

取扱う主たる Material と品位及びその物量は以下の通りである。

品 名	品 位 (%)	物 量 (T/Y)
ブリストーカッパー	Cu 98.5 Ni 0.02	61,000
ア ノ ー ド	Cu 99.5	73,000
電 気 銅	Cu 99.99<	60,000
粗硫酸ニッケル	Ni 20	60
ス ラ イ ム	Au 0.2~1.0 Ag 10~20	原料中含有量による

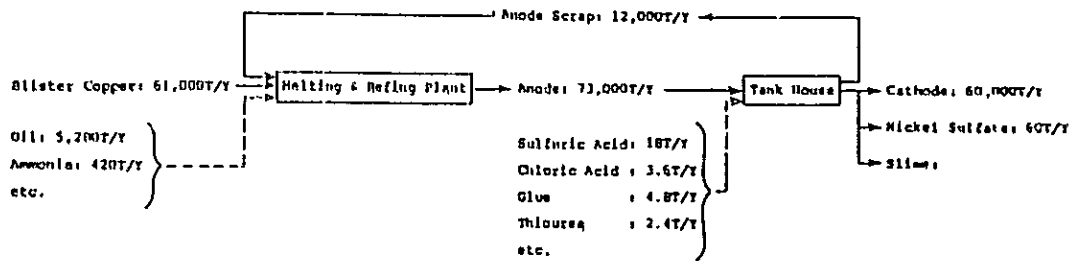
3-8-2 主要操業物品

スペアパーツの他使用する主要物品の原単位と年間消費量は以下の通りである。

硫酸	3 kg/T. Cu	18 T/Y
塩酸	0.06 kg/T. Cu	3.6 T/Y
ニカワ	0.08 kg/T. Cu	4.8 T/Y
チオ尿素	0.04 kg/T. Cu	2.4 T/Y
アンモニア	7 kg/T. Cu	420 T/Y (LP.G代替可能)

8-1, 8-2の Material Flowを Figure III-8-1に示す。

Fig. III-8-1 Material Flow



3-8-3 ユーティリティ使用量

ユーティリティの原単位、年間消費量は以下の通りである。

電力	430 KWH/T	25,870 MWH /Y
蒸気	607 kg/T	36,400 T/Y
冷却水	22.4 T/T	1,344×10 ⁶ T/Y
重油	88 ℓ/T	5,280 kℓ /Y

3-8-4 必要人員

必要人員は以下の通りである。(工場要員のみ)

Manager 1

	Engineer	Foreman	Operator
精 製	1	1	11
電 解	2	2	
種 板			8
電 調			9
入 替			6
母 板			6
クレーン			2
そ の 他			14
計	3	3	56

3-9. モデルプラントにおけるコストの推定

3-9-1 買鉱製錬所における採算

3-9-1-1 買鉱条件の決り方

銅製錬所には山元製錬所と買鉱製錬所の2つのタイプがあり、山元製錬所は鉱山から製錬まで行い、基本的には地金販売を収入として経営し、買鉱製錬所は、製錬所のみで、基本的には製錬費を収入として経営している。

買鉱製錬所における買鉱条件（CIFベース）は大略以下の様になる。

$$\text{銅精鉱代} (\$/T) = (K - a) \times (\chi - b) \times 2204.6 - C \quad (9.1.1)$$

K : 金属価格 (Φ / 1 b)

a : 精製費 (Refining Charge : R/C) (Φ/1b)

χ : 銅品位 (%)

b : ユニット引き

2204.6 : 2204.6 1b = 1 T

C : 製錬費 (Treatment Charge : T/C) (\$/T)

a : R/C, は主として粗銅から電気銅の精製費に相当する項で、C : T/C, が鉱石から粗銅の製錬費に相当する項、b : ユニット引き, は実収率に相当する項で即ち (実収率) = $(\chi - b) / \chi$ である。鉱石中に Au, Ag を含む場合、一定含有量以上の場合は実収率と精製費 (R/C) により Cu と類似の方法で評価される。この他各種の金属を同時に含んでいるが、S, Ni 等は副産品として収入に寄与するが、例えば、As, Sb, Bi 等は電解工程に悪影響を与えるためペナルティ項目となる場合がある。

(9.1.1) 式で示す銅精鉱代に対して、実際の製錬所に渡る時の精鉱代としては、これ

に国内輸送費，商社口銭，その他諸掛が上積みされる。本スタディで取上げるプリスターカッパーの場合は，銅精鉱代と基本的には同じで，(9.1.1)式から，C：製錬費の項目を抜いた式となる。

$$\text{プリスター代}(S/T) = (K - a) \times (\chi - b) \times 2204.6 \times 1/100 \quad (9.1.2)$$

K：金属価格(¢/lb)

a：精製費(Refining Charge：R/C)(¢/lb)

χ：銅品位(%)

b：ユニット引き

$$2204.6 : 2204.6 \text{ lb} = 1 \text{ T}$$

a：R/C，が粗銅から電気銅への精製費に相当する項である。b：ユニット引き，が実収率に相当する。

製錬所渡しでは，更に国内輸送費，商社口銭，その他諸掛が上積される。今仮に以下の条件の下でプリスター代を求めてみる。

金属価格：80¢/lb

精製費：10¢/lb

銅品位：98%

ユニット引き：1

$$\begin{aligned} \text{プリスター代}(S/T) &= (80 - 10)(0.98 - 0.01) \times 2204.6 \times 1/100 \\ &= 70 \times 0.97 \times 2204.6 \times 1/100 \\ &= 1,497 \end{aligned}$$

従ってプリスター代として1,497 S/T 支払い精製した上で金属として販売するのであるから，実収率が $(0.98 - 0.01) / 0.98 = 0.990$ つまり99.0%であれば，精製コストが10¢/lb，以下におさまらなければならない。国内輸送費，商社口銭，その他諸掛，及び在庫金利等を4¢/lbとすると，実際の精製コストは残りの6¢/lb以下にならないと企業として成り立たないことになる。

実際の買鉱条件はケース各にまちまちで鉱山，製錬所の経営秘密であり，実際の値を知ることには大変難かしい。今アジア・ヨーロッパの買鉱製錬所並のCIF価格を推定し，更に国内輸送費，商社口銭，その他諸掛及び在庫金利等を推定して差引いた上で，製錬コスト5～6%を今回のスタディの目標値とする。

次のステップのスタディでは具体的物件(例えばチリ，Chuquibambilla 出プリスター)を定めて，この買鉱条件に合わせて目標値を決定することがぜひ必要である。

特に前提条件である，アジア・ヨーロッパ並の買鉱製錬所と同じか，あるいはこれに近い輸送コストを実現できなければ，目標とした製錬コストは更に下げなければならないので，

輸送方法、経路を具体的に検討することも買鉱条件が決まる上で重要な点である。

3-9-1-2 買鉱製錬所の採算

買鉱製錬所における収入としては、

- (1) 買鉱条件に定められた製錬費(T/C, R/C)収入
- (2) 買鉱条件に定められた実収率以上にえられた金属販売収入
- (3) 副産物販売収入

が挙げられる。

収入の合計と製錬に要したコストとの差が利益であるから、(2)の実収差金属量を除けば本質的に金属価格とは無関係な採算である。副産物収入を含めた見掛けの製錬費が買鉱条件に定められた、T/C, R/Cに対し、どこまで下げられるかということが、経営の目標となっており、アルミニウム製錬とは根本的に異なる採算となっている。

銅製錬において副産物として評価されうるのは熔錬工程では、硫酸、電解工程では粗硫酸ニッケル等がある。

副産物として収入となる金属がある一方で、不純物によっては、プロセスに悪影響を及ぼし、コストを増したり、製品の純度を下げ収入を下げたりすることがある。

本スタディにおけるブリスターから、電気銅を生産する製錬では、副産品として、粗硫酸ニッケルがある。

実収差の金属については、買鉱条件と操業の習熟度で異なり、特に操業開始当初は逆に実収率が上がらない場合があり、本スタディにおいては、収入の項目としては計上していない。操業が順調になり有利な買鉱条件で原料が得られてはじめて、実収差が可能になるのであって、製錬所の計画時から採算に計上すべきではない。

従って今回のスタディでは、副産品収入を含めた製錬コストを推定し、これを目標値と比較することにより製錬所としての採算について考察した。

3-9-2 製錬コストの推定

モデルプラントにおける製錬コストを以下の仮定の下に推定し、コストの構成要素を明確にする。

(1) 償却費（建設費は7.参照）

残存簿価10%、償却は製錬設備10年、建屋20年として、その建設費の構成比を70:30として、13年を適用。

(2) 金利

全額借入金、年利10%

(3) 固定資産税・保険料

本計算では考慮しない。

(4) 人件費 (人員は 8 - 4 参照)

職能別賃金を以下の通り仮定、工場要員についてのみ計上。(補助管理部門は管理費の中に含まれる。)

Manager USS 48,000 / Y

Engineer USS 24,000 / Y

Foreman USS 19,200 / Y

Operator USS 14,400 / Y

(5) 修繕費

設備費の 2 % / 年

(6) 物品費 (主要物品は 8 - 2 参照)

(7) ユーティリティ費 (ユーティリティ使用量は 8 - 3 参照)

電力代 US \$ 3 / KWH と仮定。

重油代 USS 320 / kl と仮定。

(8) 運搬費

フォークリフトによる場内運搬のみ。

(9) 管理費・その他

人件費の 50 %

(10) 副産品収入

粗硫酸ニッケル USS 600 / T と仮定

金・銀スライムは計上しない。(条件実収率と同じ実収とする。)

(11) 販売費・その他

原価の 10 %

(12) 為替レート

¥ 250 / US \$

以上の仮定の下で、推定した製錬コストを Table III-9-2 に示す。

Table III-9-2 プリスター出電気銅推定製錬費

費 目	金 額 ($\times 10^6$ US\$/Y)	電気銅T当り (US\$/16)	比 率 (%)
(固 定 費)			
償 却 費	2.364	1.79	27.7
金 利	0.263	0.20	3.1
固定資産税・保険料他	-	-	-
① 小 計	2.627	1.99	30.8
(変 動 費)			
人 件 費	0.984	0.74	11.5
修 繕 費	0.688	0.52	8.0
物 品 費	0.384	0.29	4.5
ユーティリティ費			
{ 電 力 費	0.776	0.59	9.1
{ そ の 他	1.678	1.27	19.7
運 搬 費	0.163	0.12	1.9
管理費・その他	0.492	0.37	5.8
② 小 計	5.160	3.90	60.5
① + ② 原 価 計	7.787	5.89	91.3
副 産 品 収 入	Δ 0.036	Δ 0.03	Δ 0.4
販 直 費 ・ そ の 他	0.779	0.59	9.1
総 原 価	8.580	6.45	100.0

3-9-3 推定コストに対する諸要素の影響

3-9-3-1 スケールメリット

装置産業の典型でコスト中30%が固定費である。生産規模を60,000 T/Yから、同じシステムを用いて増加した場合のコストの変化をTable III-9-3-1に示す。

Table III-9-3-1 生産規模によるコストの変化

生産規模 (T/Y)	推定製錬コスト (USC/lb)	比 率
60,000	6.45	1.00
120,000	5.78	0.90
180,000	5.50	0.85
240,000	5.33	0.83

ところで、電解プラントはアノードの大きさが定まると、生産規模に比例して面積が増加するという比較的スケールメリットの得難いプラントと言える。但し、60,000T/Yで用いたシステムをそのままスケールアップするのではなく、200,000T/Y程度の規模となると、コンベンショナルなシステムではなく、ジャンボタンクシステムとか、ステンレスないしチタン母板システム等の全く異ったシステムを採用することにより大巾に合理化され、更に10~20%コストダウンも可能となろう。

3-9-3-2 電力代の影響

コスト中電力費が10%弱を占める。実は電解工場では蒸気が必要なため、プリスターの溶解には重油を用いる一般的な炉を採用しているが、電気をなるべく使用する様考慮すれば更に電力費の割合は上がることになる。

生産規模60,000T/Yのまま電力代によるコストの変化をTable III-9-3-2に示す。

Table III-9-3-2 電力代によるコストの変化

電力代 (USC/KWH)	推定製錬コスト (USC/lb)	比 率
1	6.02	0.93
2	6.23	0.97
3	6.45	1.00
4	6.67	1.03

電力費の割合が低いだけに電気代の変化のコストに与える影響は非常に小さいと言える。例えば、電気代が3USC/KWHから1USC/KWHに下がっても、約10%弱のコストダウンしかはかれない。

3-10. 推定されたコストの国際競争力

3-9-2でえられた推定コストは3-9-1-1で設定した目標値に対してやや高めである。そして、コストの構成要素の示す特色は以下の点である。

- 固定費割合が高く、約30%である。
- 電力費の割合が低く、3 US¢/KWHで約10%である。

よりコストダウンをはかるためには

- (1) 建設費を出来るだけ安くする。今回の見積りは、日本ベースに対して、機械的に25%アップとしているが、機器の地域内購入も考えれば建設費は安くすることが可能であろう。
- (2) ある程度のスケールアップとスケールアップに合わせた合理化を盛り込んだプラントを設計する。
- (3) 出来るだけ有利な資金の手当と償却法の検討
- (4) エネルギー費のコストダウン。プリスターの重油による熔解、電解工場での蒸気使用等のエネルギー費について電気をできるだけ利用してコストダウンをはかることの可能性等の検討。等が考えられるが、全体を決定するのは、向よりもまず買鉱条件（条件製錬費、条件実収率）であり、南米域内での相互利益追求のため、少しでも有利な条件を獲得することが、重要なポイントと言えよう。又有利な買鉱条件を獲得するためには、日本・ヨーロッパの買鉱製錬所並の輸送コストを実現することも必要である。

買鉱条件を中心に、いくつかの要件を検討してゆくことにより、南米域内でのパラグアイにおける銅製錬の実現は充分可能である。当然域内関連国の理解も必要であり、その意義を充分説明することが何より重要であろう。又変動の大きな市場の中で進出のタイミングは資金回収の上でも非常に重要で充分調査の上決断すべきであろう。

3-11. 本スタディにおける問題点

本スタディでは、一般的なプロセスを採用したモデルプラントを想定した上で、諸条件を仮定してコストを推定した。更に具体的な条件の下にスタディの精度を上げる必要がある。本スタディにおいてより具体的に検討すべき重要な要件は、以下の様になる。

(1) 買鉱条件

実際に提案された条件の下に採算を検討。まず、買鉱条件がすべてを決すると言って過言ではない。

(2) 輸送費

具体的原料購入先、製品販売先について、他地域の買鉱製錬所並の輸送コストの実現について陸路輸送を含めて検討

(3) 建設費

個々の機器、資材について自国、南米域での調達を含め、少しでも安い建設費を得る様検討する。

その他の要件として、以下に列記する。

○資金計画

有利な資金の調達、キャッシュ・フローの検討

○製品・副産品販売

具体的販売先と規格・価格等の販売条件を検討

○市場調査

投資のタイミングを世界需給の動向に基づいて検討

○資材

主要資材の購入先と品質・価格等の購入条件を検討

○プロセス

具体的原材料の分析値に基づいてローカルコンディションを活かしたプロセス設計

○ユーティリティ

具体的プロセス設計に基づいたユーティリティの供給計画の検討、特に電気代のコスト評価

Appendix I

銅 製 錬 法 概 説

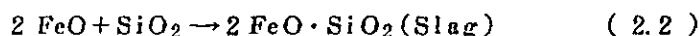
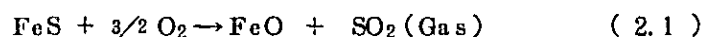
1. 総 説

銅鉱石としては硫化鉱、酸化鉱、自然銅等があり、製錬法としては乾式製錬 (pyrometallurgical process) と湿式製錬 (hydrometallurgical process) がある。現在約90%が硫化鉱の乾式製錬によりえられている。硫化鉱はCu 1%前後の鉱石を浮選によりCu 20~30%の銅精鉱とし、製錬される。

2. 乾 式 製 錬

乾式製錬は、銅をマット (Matte) として濃縮する熔錬工程、マットから粗銅をえる製銅工程 (Converting) に大別され、通常粗銅は電解精製され電気銅がえられる。

銅精鉱中の Cu_2S 、 FeS は、熔錬工程において Fe 、 S が酸化されてゆき、 Fe ・その他の酸化物はフラックスの SiO_2 と共にスラグを形成、 S は SO_2 としてガス中に入り、硫酸工場へ送られ硫酸として回収される。



この結果Cuは、マット中に濃縮されてゆく。

製銅工程では、マット中に残った FeS が (2.1) (2.2) 式に従って除かれ白銀 (White matte) を生成する。白銀はほとんど Cu_2S に近い。

白銀は更に酸化され粗銅を生成する。



この製錬工程で特徴的なことは、 Fe 、 S 等の酸化過程であること、更にこの酸化反応が発熱反応であることであり、なるべくこの反応熱を利用し、燃料を減らす工夫がなされてきている。マット熔錬工程は、炉の型式の異なるいくつかの方式があるが、製銅工程は、ほとんどが円筒回転炉であるPS転炉で処理される。

乾式製錬のもう一つの特徴は Au 、 Ag が Cu 中に濃縮され電解精製の際、スライムとして回収できるという点である。

近年マット製錬工程と製銅工程を連続的に操業し、鉱石から粗銅をえる、連続製銅法が実用化されている。

以下に各製錬法の要約を述べる。

(1) 反射炉 (Reverberatory furnace)

鉾石は、フラックスとともに湿った銅精鉱のままか、乾燥あるいは焙焼し、図-1)に示す反射炉の長手方向側壁から装入し、一端から磁粉炭、重油、天然ガスを燃焼させて溶解する。通常廃熱ボイラーを設置し排ガスから余熱を回収する。スラグ・マットは随時拔出し、マットは転炉へレールで送られる。

銅精鉱の大量処理に向いており、今日でも最も用いられている方式である。但し使用燃料が多く、ガス量が多く、廃熱回収できる一方、処理ガス量が多く、公害規制が厳しい今日ではこの点問題となって来ており、炉に酸素バーナーを用いる方式も現われている。

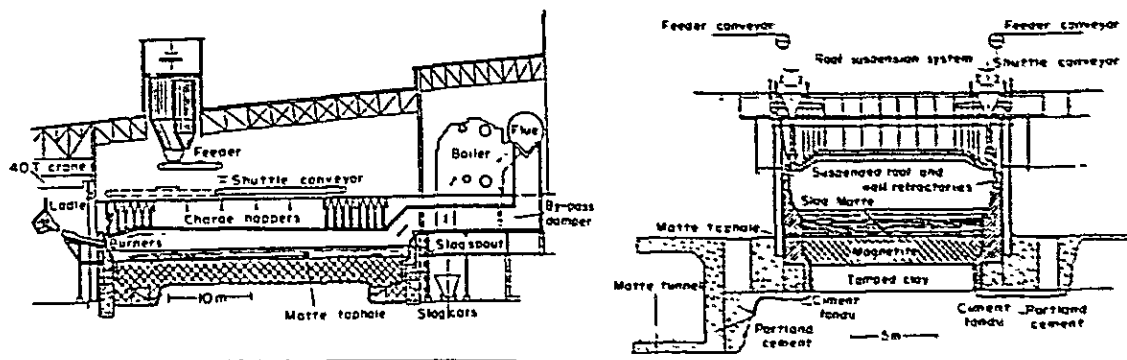


図-1) 反射炉

(2) 電気炉法 (Electric furnace)

反射炉法と同様、銅精鉱は乾燥又は焙焼しフラックスと共に図-2)に示す電気炉に装入する。装入物は天井より挿入された電極によりスラグの抵抗熱で焙解される。マット・スラグは随時拔出し、マットはレールで転炉へ送られる。ガス量は少なく、ダストも少ない、排ガスに伴う熱損失も少ない。電力消費量が多い点が欠点と言えよう。

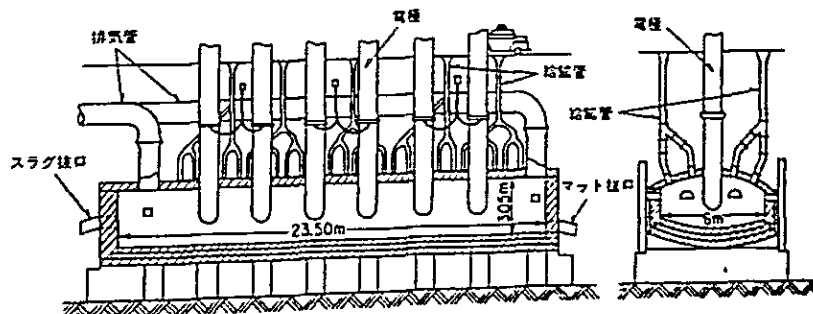


図-2) 電気炉

(3) 自熔炉法 (Flash furnace)

鉍石の酸化熱を最大限に活用しようという考えの下に、銅精鉍を乾燥し、図- (3)の炉シャフト部より空気(酸素富化又は熱風の場合もある。)と共に装入、瞬間的に酸化、溶解させ、スラグとマットを生成・分離する方式、マットは前出、2方式に比較して品位が高い、随時拔出しレールにて転炉へ送る。スラグはほとんど連続して拔出すが、鍊○炉が必要である。

ガス中SO₂濃度は高く、硫酸回収に適しており、又反応熱の利用割合が高く、燃料消費量が少ない。公害規制が厳しく、炉のガスを処理しなければならなくなり、かつ、エネルギー代が急激に値上りした現在、反射炉法に置換りつつある方法である。

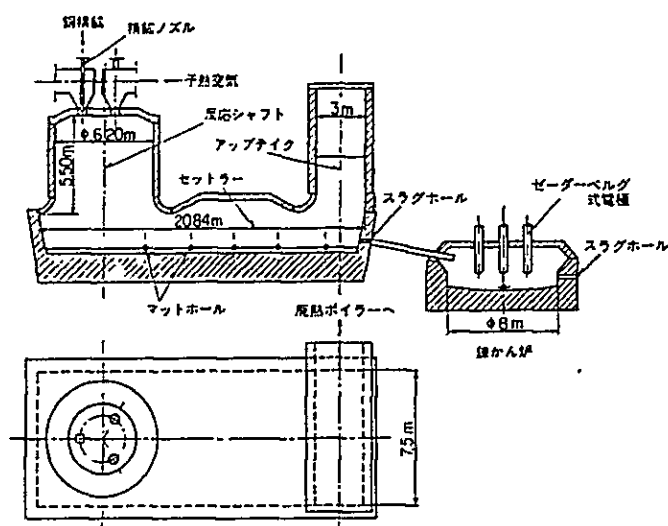


図 - (3) 自熔炉

(4) 転炉 (Converting furnace)

先の(1)(2)(3)の工程は、マット熔鍊工程であり、生成されたマットはレールで転炉へ運搬される。転炉は図- (4)に示す様に円筒模型回転炉であり、フラックスを装入、羽口から空気を吹込みマットを酸化し白銀を生成。(造○期)更に空気を吹込み粗銅を生成。(製銅期)と操業は回分式に行なわれる。ガスはマウスよりフードを介して煙道に導びかれ、硫酸工場等へ送られる。造○期の○は除冷して選鉍した上、銅精鉍は熔鍊工程へくり返されるか、又は熔体のままレールで熔鍊工程へくり返される。製銅期で生成した粗銅はレールで次の精製炉へ運搬される。

マットを受けてから粗銅を生成するまで操業は酸化反応熱によりすべておきなわれ、無燃料であり、製銅期には、電解工場からのアノードスクラップ、市場に出回っているプリスターカッパー、スクラップ銅なども余剰熱で溶解することができる。

近年一部の厳しい公害規制下では、マットのレール拔出し、装入、スクラップ類の装入、

○、粗鋼の抽出し等に対する残煙対策については充分な設備を考慮しなければならなくなってきている。

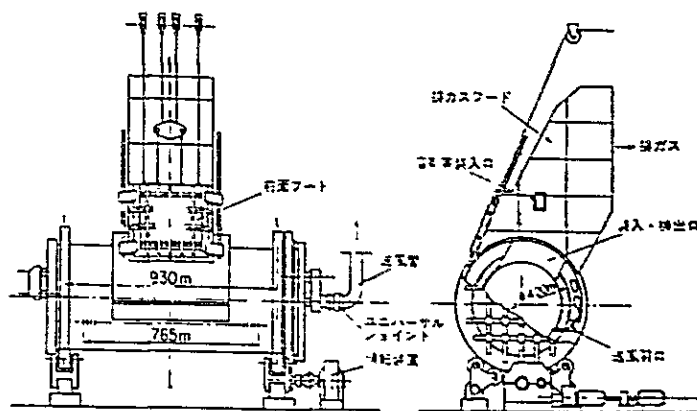


図 - (4) 転 炉

(5) ノランダ法 (Noranda Process)

(1)から(4)に述べたマット熔錬-転炉工程のバッチ式熔錬法に対して、鉍石から粗鋼まで連続的に得ようというのが連続製錬法であり、ノランダ法は実用化されている連続製錬法の一つである。

図- (5)に示す様なP.S型転炉を長くした型の炉で一端から鉍石とフラックスを装入しつつ、羽口から酸素富化空気を吹込み酸化、粗鋼を生成、生成した粗鋼を随時抽出する方法である。(現在、粗鋼までは生成せず、白銀を生成する操作を行なっている。)

なお、抽出した○はCuが高いため選鉍して銅精鉍として回収、くり返し処理をしている。少量の燃料(石炭あるいは重油)が必要であるが、全体として、燃料使用は低い。

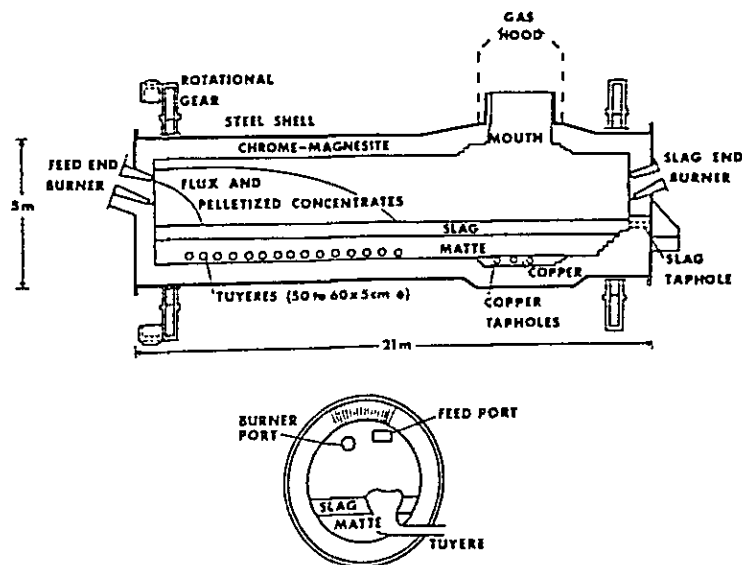


図 - (5) ノランダ炉

(6) 三菱法 (Mitsubishi Process)

日本と近年、カナダでも実用化された連続製銅法の一つである。フランダ法と異なり、単一炉でなく図-6)に示す様にS炉、SH炉、O炉の3炉間を樋で結び、熔体を連続的に流し鉱石を装入しつつ、粗銅を得ることができる。

S炉は(1)(2)(3)で述べたマット熔錬炉であるが、マット品位は65%と高く酸化反応熱の利用率は高い。S炉で生成したマットとOはSH炉で分離されOは水砕、マットは(4)で述べた転炉に当るO炉へ送られ、更に粗銅まで酸化される生成したO炉OはCuが高いためS炉へくり返される。S炉・O炉で生成するガスは濃度が高く、バッチ式に比較して量も少なく、一定量であり硫酸工場等はコンパクトで良い。

厳しい公害規制の下では総合的にはコストが低い操業が可能なプロセスである。

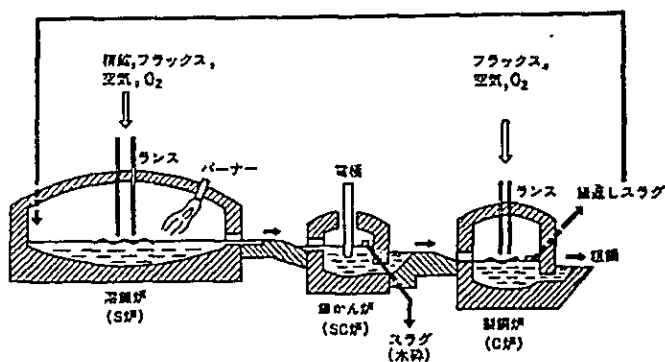


図 - (6) 三菱法

(7) 精製炉 (Refining furnace)

転炉工程又は連続製錬工程から得られた粗銅は、98.5~99%程度で図-7)に示す精製炉へ装入し、空気の不純物を酸化し、天然ガス、アンモニア等で還元、99.5%アノードに製造する。粗銅の精製により電解精製の能率は大幅にアップした。

不純物の少ない粗銅の場合、電解精製を行わず、乾式精製のみで製品化することも行なわれる。

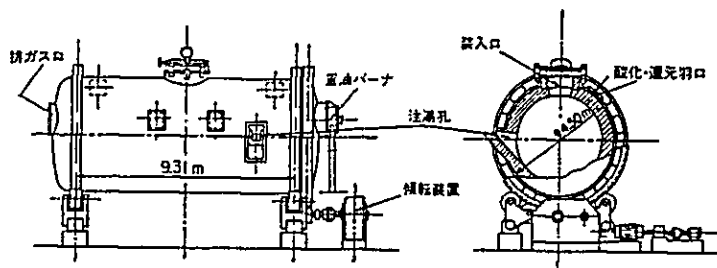


図 - (7)

(8) 電解精製

精製工程からのアノードを、種板をカソードとして電解精製し電気銅(99.99%)を得る。図-8)に電解槽を示す。

通常1アノードに対してカソードを2枚(2回)取り替え、残ったアノードは転換工程へ戻す。残基率は15~20%程度である。

電解液は戸過、添加剤を加えつつ循環する。電解液中にCuが濃縮する場合、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を晶出、Niが濃縮する場合、 $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ を晶出させる。他の不純物はPbアノードを用いCuの電解採取を行い、同時に析出・分離する。この時、脱銅も行われ H_2SO_4 も再生できる。

電解槽の底には不溶のアノードスライムが沈積する。Au, Ag等はアノード・スライムに移行するので、別途処理しAu, Ag等を回収する。

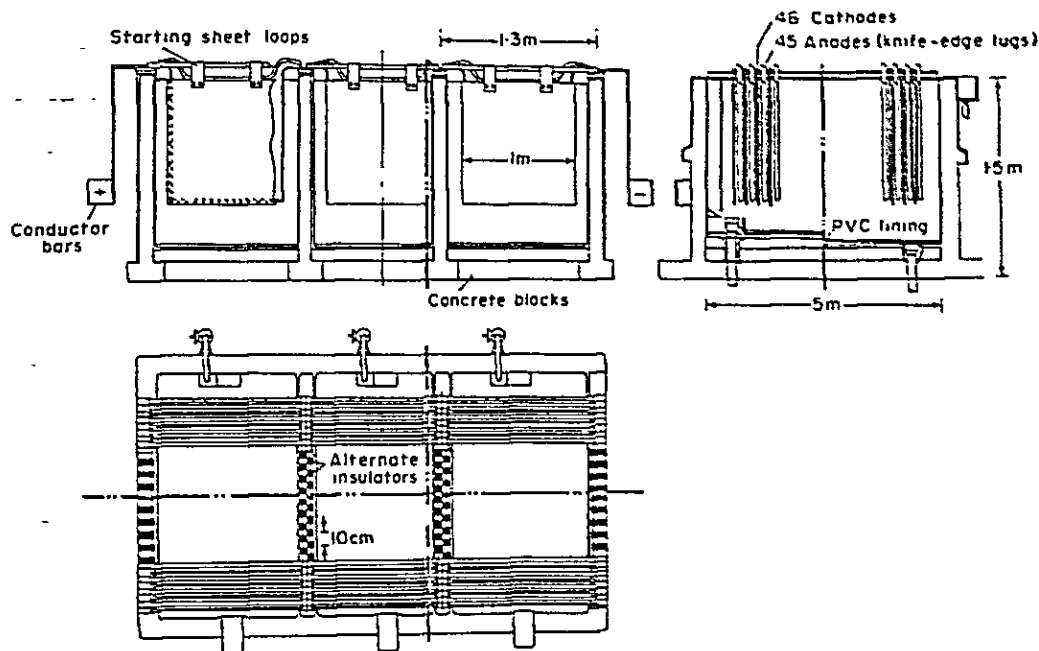


図 - (8)

電解システムとしては、更に大きな電解槽とステリアル・ハンドリングを自動化したジャンボタンクシステム。母板としてチタンあるいはステンレスを用いた電解システム等の新しいシステムもプラントとして稼動している。

3. 湿式製錬

通常酸化亜鉛は、 H_2SO_4 溶液に溶解、容易に浸出できる。浸出液は固液分離した後、溶媒抽出等で浄液Cuを濃縮した液は、Pbの不溶アノードを用い、Cu種板カソードでCuを電解採取する。電解採取であるから、アノード側で O_2 が発生し、カソードではCuが析出、 H_2SO_4 が生

成する。電解尾液は浸出工程で再使用する。

硫化鉍では、硫酸化焙焼後、浸出後、電解採取により電気銅を得る。

一般に Au, Ag の回収が難しいことや、電解精製に比べ分解電圧等により槽電圧が高く電流効率も低く、電力が 8 ~ 10 倍を要すること、等により特別な理由がない限り乾式製錬が一般に行なわれている。

又、電解採取による電気銅の品位は 99.95 % 程度となっている。

Appendix II 世界の銅製錬所

注

F : Smelter

RE : Electrolytic refinery

RT : Fire refinery

EW : Electrowinning

R : RE or RT

Copper : main producers

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tons	
		Location	Types		
[Europe]					
Belgium	Métallurgie Hoboken - Overpelt Metallo - Chimique S.A.	Hoboken	F	50.000	
		Olen	RE	330.000	
		Beerse	F RE	45.000 45.000	
France	Sté. Française d'Affinage du Cuivre Cie. Générale d'Electrolyse au Palais Affinerie du Sud-Ouest	Poissy (Yvelines)	F	11.000	
		Le Palais	RE	45.000	
		Toulouse	RT	4.000	
Germany FR	Norddeutsche Affinerie A.G.	Hamburg	F	171.000	
			RE	240.000	
	Hüttenwerke Kayser A.G.	Lünen (Westf.)	F	70.000	
			F	95.000	
	Duisburger Kupferhütte	Duisburg	F EW	20.000 10.000	
	Kabel- und Metallwerke Guttenorfenhütte Oien-Metallwerk Metallhütte C. Fahlbusch GmbH	Osnabrück	RT	46.000	
		Nürnberg	RT	3.500	
		Rastatt	F	7.500	
	Berliner Kupfer-Raffinerie GmbH	Berlin-Reinickendorf		RE	10.000
				F	20.000
			RT	15.000	
Felten & Guillaume Kabelwerk Rheydt Vereinigte Deutsche Metallwerke	Köln-Mülheim	RT	15.000		
	Rheydt Frankfurt (M)-Heiderdornheim	RT	7.000 10.000		
Italy	La Metall Industrie S.p.A.	Fornaci di Barga (Lucca)	RT	15.000	
			RE	10.000	
	A. Tonalli & Co. Zinco	Paderno Dugnano (Milano)	RT	5.000	
		Pieve Vergante (Novara) Trezzo Sull'Adda	RT EW	15.000 2.500	
United Kingdom	BICC Metals Ltd. Ekington Copper Refiners Ltd. IMI Refiners Ltd.	Prescot (Merseyside)	RE	55.000	
		Walsall (W. Midlands)	RE	25.000	
		Walsall (W. Midlands)	F	75.000	
			RE	75.000	
Austria	Vereinigte Metallwerke Ranzhofen - Bernard AG Montanwerke Brixlegg	Brixlegg	RE	33.000	
Finland	Outokumpu Oy	Härjavalta	F	50.000	
		Pori	RE	48.000	
Yugoslavia	Rudarsko Toponinarski Bazen Bor	Bor Majdanpek	F	145.000	
			RE	145.000	
Norway	Falconbridae Nikkelverk A.S. A.S. Sulitjelma Gruber	Kristiansand	EW	30.000	
		Sulitjelma	F	7.500	
			RT	4.000	
Portugal	Quimigal	Barreiro	F	10.000	
			RE	5.500	
			RT	15.000	

Copper : main producers

(continued)

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tons
		Location	Types	
Spain	Rio Tinto Minera S.A.	Huelva	F RE	85.000 105.000
	Cobre Electrolítico Y Metales S.A.	Berango	F RE	12.000 12.000
	Electrolisis del Cobre S.A.	Palencia	F RE	24.000 37.500
	Industrias Reunidas Minero Meta- lurgicas S.A.	Barcelona	RT	5.500
		Asua (Vizcaya)	F RE	18.000 24.000
Sweden	Boliden Metall Aktiebolag	Rönnskär	F RE	90.000 64.000
(Africa)				
Botswana	BCL Limited (1)	Selepi Phikwe	F	19.000
Nambia	Tsumeb Corporation Ltd.	Tsumeb	F	65.000
Africa	Messina (Trans.) Develop. C.	Messina	F RT	15.000 15.000
	O'okieo Copper Co. Ltd.	Nanabeg South	F	45.000
	Palabora Mining Co. Ltd.	Palabora	F RE	140.000 140.000
	Rustenburg Platinum Impala Platinum	Rustenburg Rustenourg	RE SW	5.000 4.500
Uganda	Kilembe Mines Ltd.	Jinja	F	20.000
Zaire	Gecamines	Lubumbashi	F	160.000
		Shituru	EW RT	130.000 240.000
		Lulu	EW	175.000
		Panao	F	10.000
		Kolwezi - UZK	F	2.500
Zambia	Roan Consolidated Copper Mines:			
	Mufulira Copper Mines	Mufulira	F RE	220.000 250.000
	Luanshya Division	Luanshya	F	120.000
	N'Dola Copper Refiners Limited	N'Dola	RE	135.000
	Chibuluma Div.	Chamaishi	SW	30.000
	N'Changa Consolidated Copper Mines Ltd.:			
	Chingola Div. Rokana Div.	Chingola Kitwe	SW F RE	150.000 250.000 220.000
Zimbabwe	Lomagundi Smelting & Mining M.T.D. (Mangula) Ltd.	Ataska	F	40.000
		Ataska	RE	20.000

(1) Solo produzione di masse - Matte production only.

Copper : main producers

(continued)

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tons	
		Location	Types		
[Asia]	Japan	Nihon Kogyo K.K. Furukawa Kogyo Y. C. Furukawa Kinzoku Kogyo K.K. Sumitomo Kinzoku Gosen K.K. Mitsubishi Metal Corp. Mitsui Kinzoku Kaisha K.K. Dowa Mining Co., Ltd. Ryza Kogyo K.K. Onanama Seiren K.K. Hibi Kyodo Smelting Co.	Hitachi (Ibaragi)	F RE	84,000 192,000
			Saganoseki (Oita)	F RE	240,000 162,000
			Ashio	F	42,000
			Nikko	RE	50,000
			Shisakajima	F	24,000
			Toyo	F	144,000
				RE	42,000
				RE	132,000
			Niihama	F	180,000
			Naosima (Kagawa)	RE	162,000
				F	62,000
			Hibi (Okayama)	RE	38,000
			Takenara (Hirosima)	F	65,000
			Kosaka (Akita)	RE	46,000
			Okayama (Okayama)	F	12,000
				RE	29,000
			Miyako	F	134,000
			Onanama (Fukushima)	RE	234,000
	RE	102,000			
India	Hindustan Copper Ltd.	Ghatsila (Nihar)	F RE	25,000 10,000	
		Khetri (Rajasthan)	F RE	31,000 26,000	
			F	16,000	
Iran	Stabilimento di Stato - State plant	Ghani-Abad (Teneran)	RE	15,000	
S. Korea	Korea Mining & Smelting Co. Onsan Copper Co.	Changnan	F RE F	50,000 50,000 20,000	
		Onsan	RE	20,000	
			F	19,500	
Taiwan	Taiwan Metal Mining Corp.	Keelung	RE F RE	19,500 55,000 55,000	
			F	18,000	
			F	10,000	
Turkey	Ergani Bakir Isletmesi-Etibank Murgul Bakir Isletmesi-Etibank Rabak Elekt. Bakir Co. Makina ve Kimya Kurumu Karadeniz Bakir Isletmesi Serksusyer	Maden (Elazig)	F	46,000	
		Murgul Borca (Corur)	RE	2,000	
		Istanbul	RE	40,000	
		Kirikkale	F	20,000	
		Ankara	RE		
		Cayirava (Izmit)			
[America]	Canada	Noranda (Quebec)	F	227,000	
		Montreal East	RE	475,000	
		Gaspe Copper Mines Ltd.	F	26,000	
		Murchisonville (Quebec)	RE	130,000	
		Copper Cliff (Ontario)			
		Inco Metals Co.			
		Hudson Bay Min. & Smelt. Co. Limited	F	77,000	
Flin Flon (Manitoba)	F	227,000			
Falconbridge Nickel Mines Limited	F	45,000			
Falconbridge (Ontario)	F	45,000			
Kidd Creek	RE	50,000			

Copper : main producers

(continues)

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tons		
		Location	Types			
Chile	Codelco - Chile: Division Salvador	Salvador y Proterrillos	F RE	80.000 79.000		
		Division Chuquibambilla	Chuquibambilla	F RE	400.000 190.000	
	Division El Teniente		Caletones	EW F	45.000 260.000	
		Empresa Nacional de Minería	Paipote	RT	140.000	
	Las Ventanas		F F	70.000 110.000		
			RE	150.000		
	Cia. Minera Disputada de Las Condes S.A.	Chagres	F	25.000		
	Empresa Minera Mantos Blancos S.A.	Antofagasta	F RT	29.000 29.000		
		Soc. Minera Pudahuel	Loaquirre	F RT	17.000 17.000	
	Mexico	Industrial Minera Mexico S.A.	San Luis Potosi	F	42.000	
		Cia. Minera de Santa Rosalia S.A.	Santa Rosalia	F	6.000	
		Cia. Minera de Cananea S.A.	Cananea	SW	69.500	
		Cobre de Mexico S.A.	Atzacotalco	RE	180.000	
Peru	Centromin Peru	La Oroya	F RE	60.000 58.000		
		Cerro De Pasco	EW	6.000		
	Southern Peru Copper Corp. Minero Peru	Ilo	F	285.000		
		Ilo	RE	150.000		
		Cerro Verde	SW	33.000		
USA	U.S. Metals Refining Co. (filiale della AMAX Inc.)	Carteret (N.J.)	F RE RT	60.000 181.000 70.000		
			White Pine Copper Co.	White Pine (Michigan)	F RT	81.000 81.000
					Asarco Incorporated	El Paso (Texas)
	Hayden (Arizona)	F	217.500 (1)			
	Amarillo (Texas)	RE	381.000			
	Ticom (Wash)	F	120.000 (1)			
	Inspiration Consolidated Copper Co.	Inspiration (Arizona)	F RE	100.000 (1) 43.000		
			EN	27.000		
	Kennecott Corp.	Garfield (Utah)	F RE	226.300 (1) 175.000		
			McGill (Nevada)	F	57.300 (1)	
		Hayden (Arizona)	F	81.300 (1)		
		Chino-Hurley (New Mexico)	F RT	81.300 (1) 93.000		
		Kennecott Refining Corp. Quincy Mining Co.	Anne Arundel County (Md) Hancock (Michigan)	RE F RT	250.000 13.000 13.000	
	Phelps Dodge Corp.			Douglas (Arizona)	F	158.300 (1)
		Morenci (Arizona)	F	203.300 (1)		
		Ajo (Arizona)	F	56.300 (1)		
		Playas (New Mexico)	F	154.000 (1)		

Copper : main producers

(continued)

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tons
		Location	Types	
USA	Pheips Dodge Refining Corp.	El Paso (Texas)	RE	381.000
			RT	23.000
		Laurel Hill (N.Y.)	RE	65.000
			RT	18.000
	Magma Copper Co.:	San Manuel (Ariz.)	F	181.400(1)
		San Manuel Division	RE	181.400
	Cities Services Co. (Cooperhill)	Cooperhill (Tennessee)	F	18.000
	Chemetco Inc.	Alton (Illinois)	F	34.000(1)
			RE	35.000
	Cerro Copper & Brass	St. Louis (Mo.)	RE	40.000
	Reading Industries Inc.	Reading (Penns.)	RE	18.000
	Southwire Co., Cooper Div.	Carrallton (Georgia)	RE	65.000
	Ranchers Expl. & Dev. Corp.	Bluebird	EW	7.500
	Cyprus Bagdad Copper Corp.	Bagdad (Arizona)	EW	7.000
Duval Corp.	Sierrita (Arizona)	EW	30.000	
Ecla - El Paso	Lakeshore (Arizona)	EW	28.000	
[Oceania]				
Australia	Electrolytic Ref. & Smelting Co. of Australia Ltd.	Port Kembla (N.S.W.)	F	30.000
			RE	65.000
	Mount Isa Mines Ltd.	Mount Isa (Queens.)	F	150.000
	Copper Refineries Pty. Ltd.	Townsville (Queens)	RE	153.000
	Peko Wallsend Metals Ltd.	Mount Morgan (Queens)	F	8.000
		Tennant Creek	F	25.000
[Eastern world]				
Albania	Stabilimenti di Stato - State plants	Gjegjan	F	5.000
		Kukes	F	
		Rubik	F	3.500
			RE	7.000
		Lac	F	
		R		
Bulgaria	Georgi Damyanov	Pirdop	F	55.000
			RE	55.000
	Mezost Copper Combinat	Medet	F	20.000
			RT	20.000
Czechoslovakia	Stabilimento di Stato - State plants	Krompachy	RE	25.000
China P.R.	Stabilimenti di stato - State plants	Shangai	RE	50.000
		Shenyang (Liaoning)	F	50.000
			RE	50.000
		Kunming (Yunnan)	F	45.000
			R	45.000
		Tongling (Anhui)		30.000
		Daven (Hupei)		30.000
		Zhungtaosnan (Shanxi)		20.000
		Paryn (Gansu)	F	40.000
		Altri - Others		
Germany D.R.	V.E.B. Mansfeld (Kombinat Wilhelm Pieck)	Eisleben	RE	55.000

(1) Quantità esportata - Tons of charge.

Copper : main producers

(continued)

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tons
		Location	Types	
N. Korea	Chinnamoo Iron Works	Chinnamoo- Mump' Yong Yong Amoo		
Poland	Zakłady Hutnicze Scapienice Legnickie Zakłady Metalurgiczne	Katowice	RT	12.000
		Legnica	F	22.000
	Huta Miedzi Glogow	Glogow	RE F RE	70.000 300.000 300.000
Roumania	Baia Mare	Maraniures	F RE	35.000 35.000
		Zlatna	F	13.000
USSR	Stabilimenti di Stato - State plants	Allaverdy (Armenia)	F R	80.000 110.000
		Irtysinsk (Kazakhs)	F	70.000
		Balkach (Kazakhs)	F R	200.000 250.000
		Giouookoye (Kazakhs)	F	30.000
		Djenzkazgan (Kazakhs)	F R	180.000 300.000
		Monnegorsk (Kola)	F	20.000
		Petchengz (Kola)	F	20.000
		Karabach (Urali)	F	100.000
		Kirovograd (Urali)	F	90.000
		Krasno Ouralisk (Urali)	F	70.000
		Kysntim (Urali)	R	100.000
		Sredney Ouralisk (Urali)	F	100.000
		Pychma (Urali)	R	280.000
		Almatyk (Uzbekist.)	F R	120.000 120.000
		Noriisk (Siberia)	F	10.000
		Karsakoay (Kazak)	F	100.000
		Altri - Other	F R	100.000 400.000

Appendix III

銅鉍山，製鍊所新設增強計畫
(EMJ January, 1982)

Company	Location	Capacity		Units	Investment	Start	Class	Notes
		Project Planned	Now					
NORTH & CENTRAL AMERICA								
Hudson Bay	Flin Flon, MN, Canada	UG	1.8M		\$28M	1983	A	Hudson Bay 44%, Scandinavian partners 29%, Manitoba 27%. Trout Lake mine.
Hudson Bay	Spruce Point, MN, Canada	UG	720		\$16.1MM	1982	A	OR: 559,000 st, 4.3% Zn, 2.7% Cu, plus gold and silver.
Hudson Bay	Snow Lake, MN, Canada	UG	450		\$14MM	1983	A	OR: 682M st at 6.7% Cu and 3% Zn.
Noranda Mines	Goldstream Valley, BC, Canada	mi	75M		\$62MM	1982	A	Also 11M st/yr zinc conc.
Valley Copper Mines	Highland Valley, BC, Canada	mi/pl	317M			1984	BC	Feasibility study.
Western Mines	Campbell River, BC, Canada	UG	2M		\$19MM	1983	A	Adjacent to existing mine.
Cananea	Cananea, Son., Mexico	OP	70M	30M	\$250MM	1986	A	First stage 20M mtpd, slated for 1983 start.
Mexicana de Cobre	Empalme, Son., Mexico	sm/re	180M		\$210MM		A	Ore from La Caridad mine.
Asarco	Hayden, AZ, US	sm			\$132.6MM	1984	BC	Asarco will use Inco furnace.
Asarco	Casa Grande, AZ, US	UG	7M			1984	AB	Two shafts to 2,000 and 1,800 ft.
Cities Service	AZ, US	UG/pl	15M		\$40MM	1982	A	Reopening Miami East underground and building electrowinning plant at Pinto Valley.
Cyprus Mines	Bagdad, AZ, US	OP	54M	40M		1982	A	
Inspiration Consolidated	Globe-Miami, AZ, US	sm	160M		\$450MM		A	A 10-yr modernization program.
Kennecott-Mitsubishi	Chino, NM, US	cx	100M		\$350MM	1983	A	Expansion of concentrating and smelting complex.
Kennecott Copper	Hurley, NM, US	OP	37M		\$270MM	1983	A	To build a new concentrator and expand Santa Rita open pit mine.
Louisiana Land & Exploration	White Pine, MI, US	re	60M		\$78MM	1982	A	Fluor has engineering contract.
Nedlog Technology Group of Arvada	Laramie, WY, US	pl	100			1982	A	Reactivating a hydrometallurgical plant. Will recover copper and lead from flue dust.
Pheps Dodge	Tyrone, NM, US	pl	45		\$30MM		BC	Go-ahead for SX-electrowinning plant depends on improvement in copper market.
SOUTH AMERICA AND CARIBBEAN								
Cia. Minera Aguilar	El Pachon, Argentina	OP/sm	100M		\$1,200MM	1986	BC	OR, 800MM mt. St. Joe Minerals.
Carajás Metais	Camacari, Bahia, Brazil	re/sm	150M		\$1,200MM	1982	A	Technology from Outokumpu, Bipromet, and Asarco.
CVRD	Carajás, Para, Brazil	cx	160M		\$1,500MM		A	10-year program for \$30B investment includes bauxite, manganese, and nickel developments.
Eluma SA	Carajás, Brazil	sm/re/mi	150M		\$900MM	1987	C	Initial mine production by 1985.
Codelco	Andina, Chile	mi/pl	20M	14M	\$45MM	1985	A	
Codelco	Chuquibambilla, Chile	OP/co	96M	70M	\$119MM	1982	A	Adding grinding and flotation capacity.
Codelco	El Teniente, Chile	cx	337M	277M	\$1,500MM	1985-1990	B	Phased 10-year program.
Codelco	El Salvador, Chile	UG/co	28M	22M	\$47MM	1982	A	
Exploration Dona Ines	Quebrada Blanca, Chile	OP/sm/re	100M		\$500MM	1985	B	Consortium includes government, Superior Oil, McIntyre Mines, and Falconbridge.
Exxon (Disputada)	Los Bronces, Chile	OP	80M		\$1,200MM	1986	D	Expansion delayed temporarily.
Anacanda	Los Pelambres, Chile	cx	30-70M		\$1,500MM	1986	C	\$6-8 million to be spent defining deposit through 1982.
Minera Pudahuel	Cobaranal, Chile	cx	20-8M		\$60MM	1983	A	Open pit mine to feed leach-solvent extraction-electrowinning plant.
Minera Pudahuel Government	Iquique, Chile	mi	3.6M	2.5M	\$5MM		A	Reviving Sagasca operations.
	Antioquia, Colombia	mi			\$1,000MM		C	Feasibility work for possible major development at Pantanos-Pegadorcito orebodies.

Company	Location	Capacity		Units	Investment	Start	Class	Notes
		Project	New					
Empresa de Cobre	Cerro Colorado, Panama	cx	100M		\$1,000MM	1985-1990	C	
BRGM/Peru	Tambo Grande, Peru	OP	40M			1983-84	C	Feasibility study.
Centromin Peru	Cabriza, Peru	UG/co	10M	2.6M	\$18.13MM	1982	B	
Centromin Peru	La Oroya, Peru	sm/re	73M	58M	\$140.7MM	1982	A	
Centromin Peru	Tarapoto, Peru	cx	83M		\$750MM		BC	Feasibility study for Kaiser Engineers.
Minero Peru	Cerro Verde, Peru	OP/co	200M		\$300MM	1984	BC	Second-stage expansion.
Minero Peru	Tintaya, Peru	OP/co	160M		\$208MM	1984	BC	Mine 8M mt/d ore grading 2% Cu.
Southern Peru Copper	Cuajone, Peru	OP	65M	51M	\$50-70MM	1984	B	
Southern Peru Copper	Toquepala, Peru	OP	55M	43M	\$200MM	1983	B	Awaiting mining law changes.
EUROPE								
Penarroya/BRGM/Santiago Somincor	Alentejo, Portugal	mt/pl	50M			1985	BC	Massive sulphides.
	Neves Corvo, Portugal	mt/pl	50M		\$40MM	1983	A	OR: 14MM mt grading 5.6% Cu and 29 gm/mt Ag.
LKAB	Kiruna, Sweden	UG/co	50M		\$50MM		B	Viscous deposit.
RTB Bor.	Veliki Krivelj, Yugoslavia	sm	134M	90M	\$366MM	1985	C	
AFRICA								
O'okiep Copper	Carolusberg, South Africa	UG			\$69MM	1983	A	New shaft 1,718 m deep to Carolusberg Deep orebody.
RCM	Baluba, Zambia	UG	11M	5.5M		1981-1985	A	Will replace depleting reserves at Luanshya.
ASIA AND JAPAN								
Arabian Shield Development Government	Al Masana, Arabia	mi	2M				C	SNC of Montreal has contract for processing and engineering design.
Government	Sohar, Oman	mi	1MM		\$120MM	1982	A	
Government	Sandak, Pakistan	OP	12.5M		\$200MM	1984	B	Ore also contains Au, Ag, and Fe in recoverable quantities.
Elibank	Kure, Turkey	OP/UG	100M			1983	B	Finnish consortium has contract. Also 500M mt/yr pyrite.
AUSTRALIA AND OCEANIA								
Consortium	Townsville, QN, Australia	mi	400M			1982	C	Partners include Penarroya (50%), EZ Industries (25%), and BHP (25%).
Western Mining/BP Australia	Roxby Downs, SA, Australia	mt/pl	150M		A\$1,000MM		B	Also U and Au.
Consortium	OK Tedi, Papua, New Guinea	cx	400M		\$1,500MM	1986	A	Peak production by 1989. Ore grades 0.7% Cu, 2.56 gm/mt Au, and small amounts of molybdenum.
Atlas Consolidated Mining	Toledo, Cebu Island, Philippines	UG	35M		\$41MM	1984	A	Second-phase expansion.
Black Mountain	Tuba, Philippines	mi	10M	3.2M	\$20MM		A	
Delta Mining	Hinobaan, Philippines	mi	20M		\$200MM	1983	B	OR: 98.4MM mt grading 0.5% Cu.
Lepanto Consolidated Mining Co.	Leyte, Philippines	sm	18M		\$9MM	1982	A	Soliden Metal AB of Sweden will serve as technical consultant.
Philippine Associated S & R	Leyte, Philippines	sm	150M		\$250MM	1983	A	Marubeni has construction contract.
CDCP Mining	Philippines	co	25M		\$31MM	1982	AB	Cu conc. with byproduct Au, Ag, and Mo.

ABBREVIATIONS

JV	joint venture	sm	smelter
UG	underground	MM	millions
OP	open pit	M	thousands
OR	ore reserves	t/yr	tons per year
co	concentrator	mt/yr	metric tons per year
cx	complex	lb/yr	pounds per year
mi	mine	yd ³	cubic yards
pl	plant	bb/d	barrels per day
pp	pellet plant	kg	kilograms
re	refinery		

CLASS SYMBOLS

A	Projects now under construction.
B	Projects with development program but for which further financing may be required and for which construction has not yet begun.
C	Projects in the initial proposal stage.
D	Project suspended or deferred.

Note: Classifications were made on the basis of published information, and firm classification was not always possible. Where uncertainty existed, double letter classification has been made.

Appendix IV

モデル・プラントにおける操業概要

1. 溶解・精製・鑄造

ブリスター銅は、精製炉にて重油燃焼熱により溶解する。ブリスター銅は、98.5%程度で、Sその他の不純物を羽口から空気を吹込み酸化除去する。一部のCuはCu₂Oまで酸化され次に天然ガスやアンモニアガス等を吹込み還元する。Cuは99%以上、S0.01%以下0.2%以下となる。精製されたCuは、Walker typeの鑄造機でアノード(約300kg)に鑄造する。

2. 普通槽

鑄造されたアノードは、アノード矯正機で矯正、垂直とする。次に整列コンベヤーにより定ピッチに整列される。

普通槽は12ブロック360槽あり、アノードは24日各に交換、この間カソードは、12日各に引揚げる。1槽当りアノード45枚、カソードは46枚装入され、アノード-アノード間は100mm、電流密度200A/m²で操業される。

アノードは交換される際、約16%程度が残基銅として残るが、これは洗滌後、精製炉へ送り再溶解される。

カソードは、種板仕上機により調整され、アノード同様整列コンベヤーにより定ピッチに整列される。

整列されたアノード、又はカソードはハンガー付、クレーンによって槽各に搬出、搬入される。残基銅も同様に搬出される。

アノードを交換する際には、槽内のスライムを掃除し、スライム処理系へ送る。

3. 種板槽

電槽は2ブロック20槽であり、アノードは24日サイクル、カソードはCu母板で1日サイクル、1槽にアノード45枚、カソード44枚、アノード-アノード間100mmで操業する。

母板はクレーンで引揚げ、受入れコンベヤー、トロリーにて運搬、種板をはく離する。調整した母板は電槽に装入される。アノード、アノードスクラップのあつかいは普通槽と同様である。

4. 液管理

液組成は、遊離硫酸150~200g/l、Cu40~50g/l程度であり、添加剤として、ニカワ、

チオ尿素、HClを加える。液温は熱交換器を通して60℃に保ち、ヘッドタンクより30ℓ/㎡/cellで循環している。

5. 脱銅電解槽

電解液へ溶出する銅は濃度が上がるため、不溶性、Pbアノードを用い、電解液中のCuを除く。(一次脱銅)

更にスライム・リーチングで電解液に溶出したCu及び他の不純物を同様な方法で除く。(二次脱銅)

電解液中のNiは、一定に保ち(12g/ℓ程度)濃縮した場合、粗硫酸ニッケル $\text{NiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ として結晶化するが、このため抽出した一部の電解液はCuを除去する必要がある。これは、一次脱銅後液を用いる。

6. スライム処理

電解槽の底に沈積したアノードスライムは、ポンプにて受槽に入れ、炉過後スライムは浸出槽に入れ、脱銅電解尾液により、温度80～90℃で空気で酸化しつつCuを溶解する。スライム液は遠心分離機で水分10%以下とし、Au, Ag回収工程へ送られる。炉液はスライム浸出液専用の脱銅電解槽へ送り脱Cu後の液は再びスライム浸出に使用される。

7. 粗硫酸ニッケル工程

脱銅した電解液を蒸発濃縮、冷却して $\text{NiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の粗結晶を作る。これらの工程は、Pb張りコンクリート槽でPb管を使用して行なう。 $\text{NiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を除いた結果は、硫酸が再成され補給用に用いる。濃縮した液は、更に加熱蒸発し、結晶槽において結晶を生成させる。

4 亞鉛製鍊工業

4 亜鉛 (Zinc)

4-1. 亜鉛の概要

亜鉛は耐蝕性が高い、伸延性が高い、他の金属と合金を作り易い、又鑄造し易い等の特性をもつ金属である。鉄鋼防錆用被覆材、合金材、鑄造品として消費されている。特に鉄鋼防錆向の需要が半分以上を占めており、鉄鋼と深いかわりを持っている。一方自動車部品を中心とするダイカスト製品は、一部でアルミニウム、プラスチックとの代替も進んでいるが、他の分野を開拓することで需要を確保している。今後共需要開等により需要は伸びるものと期待される。その生産はオイルショック、その後の低成長経済の下で、ここ数年低迷しており、ピーク時より下まわっている。特に製錬法の内、主流である湿式製錬では、大量の電力を要するため、日本の様な電力単価の高い国とカナダの様な安い国との間には明らかにコスト差が現われてきている。この様なエネルギー問題は、公害規制の問題と合まって、国際的な生産構造に変化をもたらしつつある。

4-2. 亜鉛の市場と価格の動向

亜鉛の消費は、世界全体で1979年630万トンであったが、その後低下し、1981年590万トンとなっている。これはオイルショックと世界的経済の低減によるものと推定されるが、銅をはじめとする他の金属にも言えることである。消費国の主たる国は、ソ連、米国、日本である。

主要な鉱石の生産国は、カナダ、ソ連、ペルー等であり、地金の生産国はソ連、日本、カナダ等である。つまり、カナダは鉱石、地金の輸出国であり、ペルーは鉱石の輸出国、日本は鉱石の輸入国である。大口消費国であるソ連は鉱石も産出するが、米国の場合、地金・鉱石は輸入して消費を補っている。

関連する鉱石生産、地金生産、消費に関する統計資料をTable N-2-1, N-2-2, N-2-3に示す。市場に出る亜鉛はその製錬方法によって蒸留亜鉛、精留亜鉛、電気亜鉛等があるが、電気亜鉛、精留亜鉛は品位が高く99.99%以上、蒸留亜鉛はやや品位が落ちる。

亜鉛も世界の需給関係で価格が決まる国際商品である。価格の決定機構としては、ロンドン金物取引所(LME)、生産者価格(P.P.)や米国の独自の価格等がある。最近のLME建値の推移をTable III-2-4に示す。

4-3. 亜鉛の製錬法

製錬法は、大別して、焙焼して浸出し、電解採取により電気亜鉛を生産する湿式製錬法、焙焼、焼結還元揮発により蒸留亜鉛、更に揮発精製により精留亜鉛をえる乾式製錬法がある。

製錬法の概要を表示するとFigure N-3の様になる。

鉱石は硫化亜鉛が主である。製品亜鉛の品位が高く、環境対策も容易である等のため世界地金生

Table N-2-1 World Mine Production of Zinc
Metric Tons

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
United States	433.8	434.3	453.4	426.0	433.0	448.2	337.0	293.0	368.0	334.0
Canada (a)	1,128.4	1,226.1	1,126.8	1,055.0	1,039.4	1,299.9	1,245.0	1,304.1	1,058.9	1,091.8
Mexico	271.8	271.1	262.7	220.0	219.9	265.0	244.9	245.4	238.2	216.8
Guatemala	-	-	-	-	-	1.0	0.5	0.5	0.1	0.9
Honduras	23.7	19.7	24.7	26.0	30.0	26.5	24.3	19.8	16.0	18.0
Nicaragua	-	-	-	-	-	10.1	3.6	-	-	-
Total North America	1,857.3	1,951.6	1,867.2	1,727.8	1,722.3	2,051.3	1,853.3	1,763.6	1,680.8	1,663.5
Argentina	44.5	40.7	37.2	34.9	34.0	39.2	37.0	37.1	32.5	34.9
Bolivia (c)	39.7	49.6	48.6	40.7	49.2	63.6	59.6	49.6	50.2	48.0
Brazil	17.8	24.6	36.2	30.0	36.0	50.5	60.2	68.5	70.0	67.1
Chile	-	-	-	-	-	3.9	2.1	1.8	1.1	1.0
Colombia	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Ecuador	-	-	-	-	-	1.9	1.2	0.7	2.3	3.6
Peru	357.5	413.6	397.1	383.1	359.9	475.8	457.4	490.7	487.5	496.9
Other South America	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-
Total South America	459.5	528.3	519.1	496.7	479.1	635.0	617.7	648.6	645.1	651.6
Austria	15.7	17.3	16.3	17.4	17.6	22.0	24.8	22.8	19.2	18.1
Finland	49.9	58.6	59.3	52.7	59.2	61.3	51.2	54.5	58.4	53.6
France	13.1	13.3	14.3	13.9	31.7	41.8	40.0	36.6	36.8	37.4
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Germany, F.R. (b)	121.0	122.8	116.0	116.0	114.0	146.0	121.0	117.1	120.8	102.4
Greece	10.7	20.0	25.1	16.0	30.4	18.0	26.0	23.2	24.0	26.8
Greenland	-	30.0	101.2	90.9	88.4	76.6	82.4	87.3	92.1	78.5
Ireland	94.9	60.8	66.3	66.6	61.2	116.3	176.0	212.1	228.7	117.0
Italy	102.6	93.7	77.9	81.8	78.5	79.3	74.0	66.3	58.4	38.1
Norway	14.5	19.2	22.0	24.0	29.1	29.6	29.6	28.4	27.7	28.5
Spain	91.2	94.4	94.7	85.3	84.6	96.1	143.2	144.2	179.2	172.8
Sweden	109.7	118.5	113.7	111.3	122.4	140.0	167.3	169.2	167.3	180.9
United Kingdom	-	-	-	-	-	3.0	1.5	-	4.4	9.6
Yugoslavia	96.1	97.4	94.7	110.3	90.0	112.4	103.8	101.7	94.2	90.7
Total Europe	728.3	754.0	801.5	786.2	807.9	942.4	1,042.8	1,063.4	1,111.1	954.4
Burma	8.2	7.7	5.6	5.8	3.6	1.7	2.5	2.9	3.9	3.6
Cyprus	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-
India	12.7	13.6	16.7	21.7	25.0	35.5	39.3	43.0	32.2	28.0
Iran	47.5	32.5	42.4	95.0	36.0	61.5	45.0	25.0	25.0	24.0
Japan	281.1	261.9	240.7	254.4	260.0	275.6	274.5	243.3	238.3	242.0
Republic Of Korea	35.9	48.1	42.3	45.7	55.5	68.8	66.3	62.4	56.1	60.0
Philippines	4.6	5.4	7.8	10.4	10.5	12.4	9.5	9.7	6.0	5.8
Thailand	-	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-
Turkey	19.2	24.7	31.6	26.6	30.0	50.2	38.1	24.9	20.1	24.0
Total Asia	390.0	371.2	387.1	459.6	420.6	506.0	475.2	412.2	382.5	387.4

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Algeria	17.0	14.4	10.2	14.0	16.0	3.1	4.2	4.7	8.2	11.8
Congo	2.7	3.3	3.3	4.0	3.6	5.2	4.8	-	-	-
Morocco	22.7	20.5	14.0	18.8	18.0	11.2	5.1	5.7	6.1	8.2
Namibia	-	-	-	-	-	18.3	15.6	29.0	25.4	39.6
Republic Of South Africa	2.1	18.7	37.4	67.0	81.5	72.4	68.7	56.5	81.7	86.6
South West Africa	44.5	52.6	44.9 ^b	45.6	48.0	-	-	-	-	-
Tunisia	10.7	15.9	11.4	6.3	7.0	7.1	7.4	8.0	9.1	7.3
Republic Of Zaire	111.3	100.0	81.3	80.4	90.0	73.3	83.8	73.0	67.2	76.0
Zambia	96.7	106.4	80.5	67.3	48.8	51.1	60.5	53.7	37.1	33.3
Total Africa	308.1	331.8	283.0	303.4	312.9	261.7	270.1	230.6	234.8	262.8
Australia	502.2	442.4	425.0	463.2	466.6	491.5	473.2	529.1	495.2	504.1
U.S.S.R. ^a	800.0	899.7	949.6	1,029.8	1,031.8	1,039.8	1,029.8	1,019.8	999.8	999.5
Bulgaria ^a	79.4	79.8	79.8	80.0	84.0	80.0	78.0	80.0	78.0	78.0
Czechoslovakia ^a	9.1	8.9	9.1	9.5	12.0	9.4	8.4	9.1	9.0	8.6
Germany, D.R. ^a	5.0	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Hungary ^a	3.5	4.0	2.7	2.2	2.4	3.0	2.8	3.1	2.8	2.7
Poland ^a	222.2	209.5	199.5	189.9	216.0	220.3	230.9	236.9	216.7	190.5
Romania ^a	55.3	59.9	59.9	59.9	59.9	50.0	51.0	50.0	48.0	47.6
China ^a	109.7	109.7	129.7	135.0	132.0	149.9	149.9	155.0	149.9	150.1
North Korea ^a	149.7	159.6	162.4	160.0	168.0	149.9	144.9	135.0	130.0	130.2
Vietnam	-	-	-	-	-	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Total	1,434.5	1,534.1	1,592.7	1,666.3	1,706.1	1,712.9	1,706.1	1,698.9	1,644.2	1,617.2
World Total (d)	5,133.2	5,471.0	5,947.3	5,440.0	6,235.1	6,110.3	5,967.2	5,817.3	5,698.5	5,536.9

Source: American Bureau of Metal Statistics Inc., U.S. Bureau of Mines, Metallgesellschaft AG, World Bureau of Metal Statistics and various other sources.

(a) Statistics Canada.

(b) Includes production from pyrites.

(c) Exports.

(d) In addition there is production in Chile, Colombia, Ecuador, New Zealand, and Portugal; the total of these countries is estimated to be about 2,000 tons in 1976.

^a Conjectural.

Table N-2-2 World Production of Slab Zinc
Metric Tons

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
United States	694.2	623.9	574.8	404.4	486.1	454.2	441.4	525.6	369.8	341.8
Canada	476.1	532.4	426.2	426.9	472.2	494.8	495.1	580.4	591.5	610.5
Mexico	87.4	73.5	133.3	148.9	143.9	174.3	173.1	161.6	145.4	129.7
Total North America	1,257.7	1,229.8	1,134.3	980.2	1,102.2	1,123.3	1,109.8	1,267.6	1,106.7	1,090.0
Argentina	40.8	35.7	37.2	39.6	40.0	29.0	23.9	36.7	25.4	26.9
Brazil	16.2	22.3	30.7	31.4	43.4	47.0	56.1	63.5	78.3	91.9
Peru	67.1	67.1	69.0	63.7	72.0	67.0	62.9	68.4	62.8	129.0
Total South America	124.1	125.1	136.9	134.7	155.4	143.0	142.9	168.6	167.5	247.8
Portugal	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	4.0
Austria	16.9	17.0	16.4	16.3	16.5	16.8	22.0	23.2	22.1	23.6
Belgium	286.3	276.5	288.6	218.1	234.6	273.6	232.8	252.5	247.5	247.1
Finland	81.1	79.9	91.3	109.5	110.6	118.0	132.9	146.6	146.7	139.8
France	261.4	259.3	276.6	181.0	233.2	238.3	231.2	249.0	258.8	257.0
Germany, F.R. (a)	356.3	394.9	400.0	294.6	304.6	354.7	306.7	355.5	365.2	366.4
Italy	155.7	190.0	184.2	179.7	191.2	169.3	177.6	202.7	206.3	180.9
Netherlands	49.3	30.5	78.2	116.0	125.4	109.4	135.2	153.8	169.4	177.3
Norway	73.3	80.9	72.4	60.9	62.8	69.7	71.6	77.8	79.0	80.3
Spain	98.9	106.4	130.0	138.0	163.9	152.6	177.0	185.9	151.7	180.7
United Kingdom	73.8	83.8	84.3	53.4	41.6	181.4	73.6	76.6	86.7	50.4
Yugoslavia	48.6	55.3	86.4	97.9	140.5	98.8	95.1	98.8	84.1	96.1
Total Europe	1,501.6	1,574.5	1,708.4	1,465.4	1,624.9	1,702.6	1,655.7	1,822.4	1,819.6	1,819.6
India	25.2	20.8	21.1	25.7	26.3	36.0	61.9	63.3	43.6	57.0
Japan	804.6	842.7	849.7	698.1	741.9	778.2	767.8	789.3	735.0	670.0
Republic Of Korea	10.5	12.6	11.5	20.9	27.3	31.6	59.0	80.8	75.6	86.2
Turkey	-	-	-	-	-	16.1	17.3	17.2	13.1	17.2
Total Asia	840.3	876.1	882.3	744.7	795.5	861.9	906.0	950.6	867.3	830.4
Algeria	-	-	8.0	20.0	24.0	16.0	25.7	27.3	30.0	29.9
Republic Of South Africa	47.2	53.1	65.5	63.5	64.6	76.0	79.1	75.4	81.4	80.9
Republic Of Zaire	63.6	67.7	68.7	65.6	60.9	51.1	43.5	43.7	43.8	58.0
Zambia	55.7	52.9	57.9	46.9	37.0	40.1	42.4	38.2	32.7	33.0
Total Africa	166.5	173.7	200.1	196.0	186.5	183.2	190.7	184.6	187.9	201.8
Australia	295.0	299.4	276.8	193.3	246.5	256.3	294.2	309.6	305.9	301.3
U.S.S.R.*	649.4	680.2	979.6	1,029.8	1,031.8	1,019.8	1,054.8	1,084.8	1,060.0	1,059.0
Roumania*	79.8	80.0	80.0	80.0	89.8	90.0	91.0	89.0	91.0	90.7
Germany, D.R.*	15.4	15.4	15.4	15.0	18.0	15.5	16.0	17.0	16.0	15.9
Hungary	-	-	-	-	-	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8
Poland*	228.7	223.9	232.9	241.0	240.0	228.1	222.0	209.0	215.2	167.8
Rumania*	59.9	65.3	70.0	70.0	72.0	51.9	49.8	46.5	45.0	44.4
China*	119.7	119.7	110.0	130.0	132.0	158.0	160.0	160.0	155.0	155.1

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
North Korea*	119.7	129.7	129.7	140.0	138.0	135.0	130.0	120.0	120.0	105.0	105.2	
Vietnam	-	-	-	-	-	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Total	1,272.2	1,314.2	1,637.6	1,707.8	1,721.6	1,705.9	1,731.3	1,737.0	1,648.0	1,648.8		
World Total	5,457.4	5,592.8	5,976.4	5,422.1	5,832.6	5,522.7	6,033.6	6,110.4	6,152.7	6,119.8		

Source : American Bureau of Metal Statistics Inc., U.S. Bureau of Mines, Metallgesellschaft AG, World Bureau of Metal Statistics and various other sources.

(a) Includes production from reclaimed scrap.

* Conjectural.

Table N-2-3 World Consumption of Slab Zinc
Metric Tons

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
United States	1,286.4	1,363.0	1,167.9	839.2	1,022.3	999.3	1,050.4	1,000.4	810.9	834.5
Canada	124.9	134.7	134.4	149.2	133.5	134.0	147.0	156.3	132.5	131.8
Mexico	48.8	61.0	59.8	62.7	71.9	63.7	78.9	83.3	88.9	99.8
Argentina	38.4	36.6	38.9	42.0	44.2	31.4	32.7	35.5	26.7	21.9
Bolivia	-	-	-	-	-	1.5	0.7	1.4	2.2	1.8
Brazil	47.2	80.0	93.4	83.0	96.0	105.5	123.5	123.7	137.7	108.8
Chile	-	-	-	-	-	3.1	6.1	5.2	5.9	2.7
Colombia	-	-	-	-	-	12.2	12.1	12.4	10.3	12.0
Honduras	-	-	-	-	-	1.0	1.2	0.8	0.7	0.9
Nicaragua	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	1.0	0.9
Peru	6.0	27.3	30.0	25.0	36.0	9.6	16.0	28.9	23.2	23.6
Venezuela	-	-	-	-	-	20.3	16.3	17.1	24.4	20.9
Other America	-	-	-	-	-	7.2	14.3	21.9	18.5	19.1
Total America	1,551.7	1,703.6	1,524.4	1,201.1	1,403.9	1,388.8	1,499.6	1,497.3	1,282.9	1,277.7
Austria	19.6	21.4	25.2	24.4	21.0	24.4	26.5	25.4	26.9	26.0
Belgium	139.1	180.0	194.8	103.3	120.4	140.4	139.8	138.7	154.7	138.8
Denmark	12.9	12.8	13.0	11.9	6.0	13.0	14.4	15.8	16.1	12.0
Finland	11.0	16.0	19.0	16.0	19.9	17.0	19.2	22.0	24.6	21.3
France	264.0	290.3	306.0	222.5	265.0	257.7	281.6	286.6	330.0	272.0
Germany, F.R.	435.5	438.1	388.3	296.8	334.4	333.9	390.9	417.0	405.6	373.7

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Greece	8.3	14.7	15.6	11.7	16.7	13.4	17.2	20.9	18.8	18.1
Ireland	-	-	-	-	-	2.0	1.9	2.5	2.3	3.6
Italy	193.6	219.9	202.0	149.9	205.5	197.0	220.9	224.9	235.9	215.0
Netherlands	20.0	32.3	32.7	28.6	31.6	52.9	55.5	50.6	45.2	49.0
Norway	26.0	26.0	28.5	30.0	20.0	21.0	21.2	24.4	22.5	18.1
Portugal	11.0	10.0	11.5	8.0	12.0	16.2	17.0	14.0	17.0	12.0
Spain	100.9	111.6	119.5	92.1	127.7	105.8	104.6	97.8	91.1	104.5
Sweden	38.9	43.3	35.6	43.5	39.8	31.5	38.9	36.4	38.0	34.0
Switzerland	32.7	28.0	24.5	16.2	17.8	26.6	25.5	21.0	25.2	22.0
United Kingdom	277.2	305.4	268.4	207.1	240.4	244.7	247.5	238.7	181.2	289.6
Yugoslavia	51.7	62.5	67.1	64.9	65.8	69.3	65.0	66.0	72.1	72.6
Other Europe	-	-	-	-	-	0.1	0.1	2.5	0.1	-
Total Europe	1,642.4	1,812.3	1,751.7	1,326.9	1,544.0	1,565.3	1,687.8	1,705.2	1,707.3	1,582.3
Burma	-	-	-	-	-	1.0	0.2	0.2	0.8	0.8
Hong Kong	-	-	-	-	-	14.6	19.3	24.3	22.6	23.6
India	102.8	77.9	77.5	55.0	91.5	97.0	107.9	115.0	108.7	90.7
Indonesia	-	-	-	-	-	36.6	44.6	44.7	52.3	54.4
Iran	-	-	-	-	-	8.0	10.8	7.0	4.2	3.6
Japan	670.2	772.4	666.9	547.0	698.5	716.6	732.3	778.5	756.1	699.3
Republic of Korea	-	-	-	-	-	46.3	58.0	72.6	63.9	68.0
Malaysia	-	-	-	-	-	9.0	11.6	11.5	12.8	12.8
Philippines	-	-	-	-	-	18.8	27.3	26.6	16.8	18.1
Singapore	-	-	-	-	-	6.1	11.2	17.4	11.8	11.8
Taiwan	-	-	-	-	-	27.9	50.9	37.3	38.4	45.4
Thailand	-	-	-	-	-	29.3	33.4	35.0	36.8	36.3
Turkey	-	-	-	-	-	27.2	26.0	20.0	12.3	17.0
Other Asia	-	-	-	-	-	16.9	15.3	22.8	13.9	16.4
Total Asia	773.0	850.3	744.4	602.0	790.0	1,055.3	1,148.8	1,214.9	1,151.4	1,098.2
Algeria	-	-	-	-	-	4.0	5.0	6.0	5.0	5.4
Egypt	-	-	-	-	-	10.0	10.0	12.0	12.0	11.8
Morocco	-	-	-	-	-	2.3	2.5	2.9	2.4	3.6
Nigeria	-	-	-	-	-	5.3	8.2	5.5	12.7	13.6
Republic of South Africa	-	-	-	-	-	56.7	71.7	78.2	84.1	83.4
Tunisia	-	-	-	-	-	2.0	0.9	0.9	1.2	1.0
Zaire	-	-	-	-	-	2.0	1.0	0.9	0.3	0.3
Zambia	-	-	-	-	-	2.0	0.6	3.7	0.7	0.9
Other Africa	-	-	-	-	-	25.4	24.5	23.6	24.5	23.6
Africa	88.9	87.1	98.7	81.4	93.0	-	-	-	-	-
Total African	88.9	87.1	98.7	81.4	93.0	109.7	124.4	133.7	142.9	143.6
Australia and New Zealand	84.8	91.2	141.5	94.9	105.1	-	-	-	-	-
Australia	-	-	-	-	-	80.5	92.2	102.5	102.2	104.8
New Zealand	-	-	-	-	-	22.4	20.0	20.0	22.6	23.6
Other Australasia	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	-

	1977	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Total Australasia	84.8	91.2	141.5	94.9	105.1	102.9	112.3	122.6	124.9	128.4
World Total	4,140.8	4,544.5	4,260.7	3,306.3	3,936.0	4,222.0	4,572.9	4,661.7	4,409.4	4,210.2

Table N-2-4 LME Zinc Price
U.S. Cents Per Pound

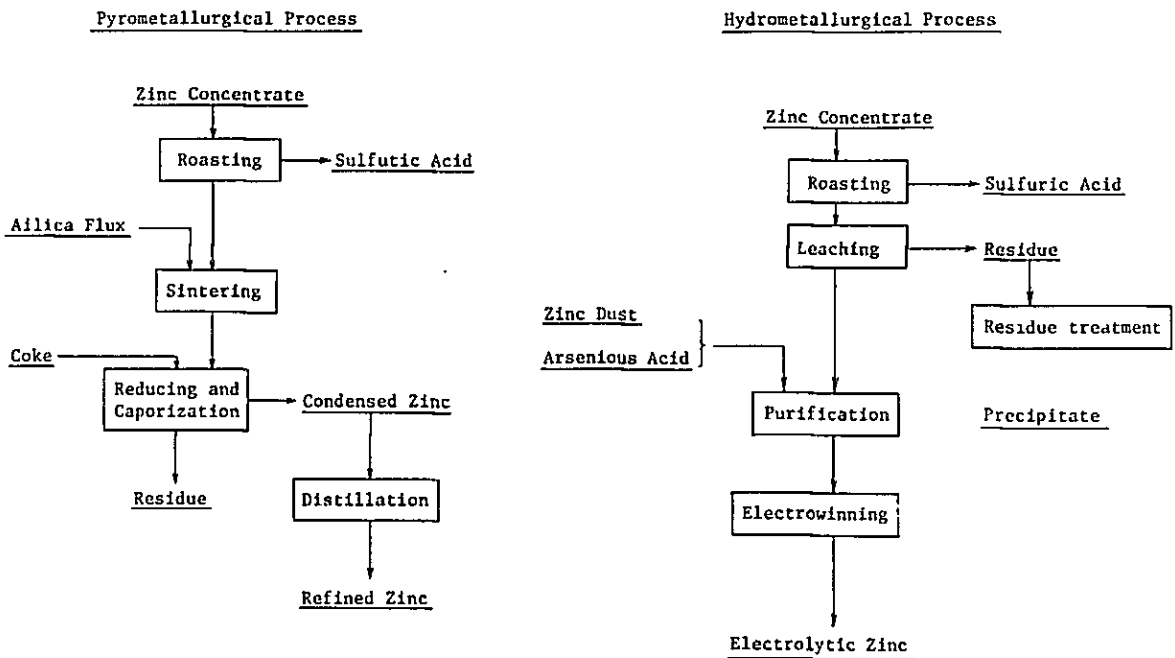
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
January	17.206	17.527	60.183	36.181	31.341	31.320	23.469	32.641	35.034	35.217
February	17.660	19.110	68.609	35.978	31.267	31.861	21.620	35.921	39.388	33.105
March	17.990	21.502	73.759	36.394	32.925	32.556	23.005	36.004	33.637	34.328
April	17.903	23.253	78.813	35.462	35.776	29.658	25.115	35.739	32.042	37.312
May	17.509	24.879	80.607	33.838	35.028	27.716	25.412	35.275	31.309	38.560
June	16.770	29.711	63.794	34.005	33.928	24.546	26.169	34.133	30.710	38.062
July	16.494	38.062	49.647	32.041	35.121	24.529	26.448	32.687	32.323	39.210
August	16.480	41.424	48.243	33.385	33.529	23.543	28.007	30.124	34.833	43.276
September	16.691	44.174	41.267	32.786	32.263	23.435	28.727	32.794	36.065	42.567
October	16.481	52.655	37.361	31.983	28.935	23.200	32.262	31.998	36.486	40.414
November	17.160	73.246	35.965	31.949	27.335	23.792	31.149	31.764	36.329	39.744
December	16.996	73.269	34.966	31.083	29.073	24.353	31.136	33.977	35.501	38.314
Year	17.117	38.314	55.973	33.792	32.304	26.733	26.870	33.588	34.482	38.932

Source : Metal Bulletin

産の約80%が湿式製錬方式によっている。

湿式法では、ZnSは焙焼でZnOに酸化、 H_2SO_4 溶液（亜鉛電解尾液）で浸出し、 $ZnSO_4$ 溶液とし、含まれるCu, Cd, Co等を除去し、清浄液中からPb-Ag（Ag1%）アノードにより、Alカソード板にZnを析出させ、電解採取により電気亜鉛（99.997%以上）をえる。浸出残渣中、 $ZnO \cdot Fe_2O_3$ （ジンク・フェライト）としてZnが残っているため、別処理してZnを回収する。浄液工程で分離されるCu, Cd等はそれぞれ回収工程へ送られる。焙焼工程ではSは SO_2 としてガス中へ入り、硫酸工場へ送られ硫酸として回収される。

Figure N-3 Zinc Extracting Process (仮)



4-4. 亜鉛鉱石及び副産物

4-4-1 亜鉛鉱石

亜鉛鉱石としては閃亜鉛鉱（Zinc blende ZnS）がほとんどであり、鉛鉱石の方鉛鉱と共存することが多い。粗鉱品位は3%程度で、浮選によりZn50%以上の亜鉛精鉱として、製錬工程に送られる。従って鉱石は市場で亜鉛精鉱として流通している。

現在、世界の埋蔵量は、2億4千万トンと推定されている。カナダ $62 \times 10^6 T$ (25.8%)、

アメリカ $48 \times 10^3 \text{T}$ (20.0%)、オーストラリア $24 \times 10^3 \text{T}$ (10.0%)をはじめ、ペルー、メキシコが主要原料国である。共産圏は、 $24 \times 10^3 \text{T}$ (10.0%)と推定されている。

埋蔵量としては、充分あるにもかかわらず、最近亜鉛価格が近く推移したため、鉛石開発意欲がなくなり鉛石が不足気味となったことがあるが、長期的には需要とバランスしてゆくものであろう。

4-4-2 副産物

亜鉛鉛石も、多くの金属を含有し、これらを分離する過程で各種副産物を産出する。

4-4-2-1 硫酸 (H_2SO_4)

鉛石中のSは SO_2 としてガス中に分離される。これは、 H_2SO_4 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Liquid SO_2 等の形で固定・回収される。需要があれば販売可能。

4-4-2-2 浸出残渣

ジンクフェライト ($\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)を主体とした H_2SO_4 浸出溶液に不溶の残渣。Agもこの残渣中に入るので、Zn、Agの回収のため、各種の残渣処理法がある。

4-4-2-3 各種毀物

浄液工程では多段の浄液を行なうが、Cuを主体とした毀物Cdを主体とした毀物等がえられ、これらはそれぞれの金属回収工程へ送られる。

4-5. 予想されるパラグアイにおける亜鉛製錬プロジェクト

4-5-1 南米における亜鉛市場の現状

2.における統計資料から1981年の南米に関する部分を抜き出すと、Table N-5-1の様になる。

Table N-5-1 南米における亜鉛市場 (1981年) $\times 10^3 \text{T}$

	鉛山生産	地金生産	消費
アルゼンチン	34.9	26.9	21.9
ボリビア	48.0	-	1.8
ブラジル	67.1	91.9	108.8
チリ	1.0	-	2.7
ペルー	496.9	129.0	23.6

ペルー、ボリビアが鉛石、ペルーが地金を輸出しており、銅と同様南米域としては、製錬能力が不足していることが判る。一方需要の方はブラジル、アルゼンチンが伸びており、その量

は将来増加するものと予想される。

南米域内として、増加してゆく地金の需要を満してゆくことは当然として、域内から出てゆく鉱石は域内で少なくとも地金に更には加工品として付加価値を上げてゆくべきであるということとは明白であろう。

4-5-2 パラグアイにおける亜鉛製錬の形態

原料から電気亜鉛をえる、一貫製錬を行っている日本・ヨーロッパにおける買鉱製錬所の場合、鉱石輸送に大型船舶を利用して輸送を合理化しているが、この点パラグアイは不利であろうことは予想されるが、他の製錬コストの要素、例えば電力コスト等で他の製錬所に対して有利な条件を活かせるのであれば、次の要件を留意した上で、パラグアイにおける亜鉛製錬の形態を想定する。

- (1) 南米域内における鉱石生産-製錬-地金消費・輸出の体制をめざす。
- (2) 原料をなるべく有利に輸送コストをかけず手に入れること。
- (3) 電力を有効に製品化に利用すること。

従って南米域内の原料を効率良く輸送し、電力消費の多い湿式亜鉛製錬法により電気亜鉛を生産し、輸出するという形態が最適であろう。この場合、できるだけ安い電力費で製錬コストを切下げ、他の製錬所と競争してゆかねばならない。

4-5-3 プラントサイト

原材料、製品の輸送にラプラタ河を利用でき、かつ電力供給、労働力が確保し易い、アスンシオン付近を想定する。

4-5-4 原料の供給先及び製品の販売先

原料の供給は、南米域内のペルー、ボリビアが挙げられる。具体的な買鉱先が不明であるが、主として海上輸送によることになろう。できるだけ効率的輸送方法の検討が望まれる。陸路輸送の可能性もあるが、容量の大きい鉱石輸送には不向きであるかもしれない。製品の販売先としては、域内ではブラジルである。他に北米が考えられる。

4-5-5 生産規模

世界における湿式亜鉛製錬所の規模としては、5,000 T/Y から 300,000 T/Y まで幅広い能力をもっている。南米においては、ペルー、La Oroya 70,000 T/Y、Cajamarguilla 100,000 T/Y をはじめ、ブラジル、アルゼンチンに数工場ある。買鉱製錬所として生産規模は大きい程経済性が高く、年産100,000 T 程度が望ましいと思われるが、パラグアイにおける生産規模としては、最小規模と考えられる年産72,000 Tを想定する。

4-6. モデルプラントのプロセス概要

4-6-1 生産方式

焙焼：流動焙焼炉方式

浸出：複式連続方式

浄液：連続方式

電解：電解採取

浸出残渣処理：例えば硫酸化焙焼方式（建設費のみ計上）

4-6-2 プロセス概要

Figure N-6-2 にプロセスフローシートを示す。

原料である亜鉛精鉱はスラリーとして流動焙焼炉へ装入、酸化焙焼する。焙焼鉱は電解液で浸出、残渣と分離後、溶液は、不純物を除去した後電解液として電解採取工程に送られ、Zn はPb をアノードとして、Al のカソードに析出する、カソード上の純亜鉛は3.6～4.8時間各にはく離され、熔解・鋳造されて製品となる。

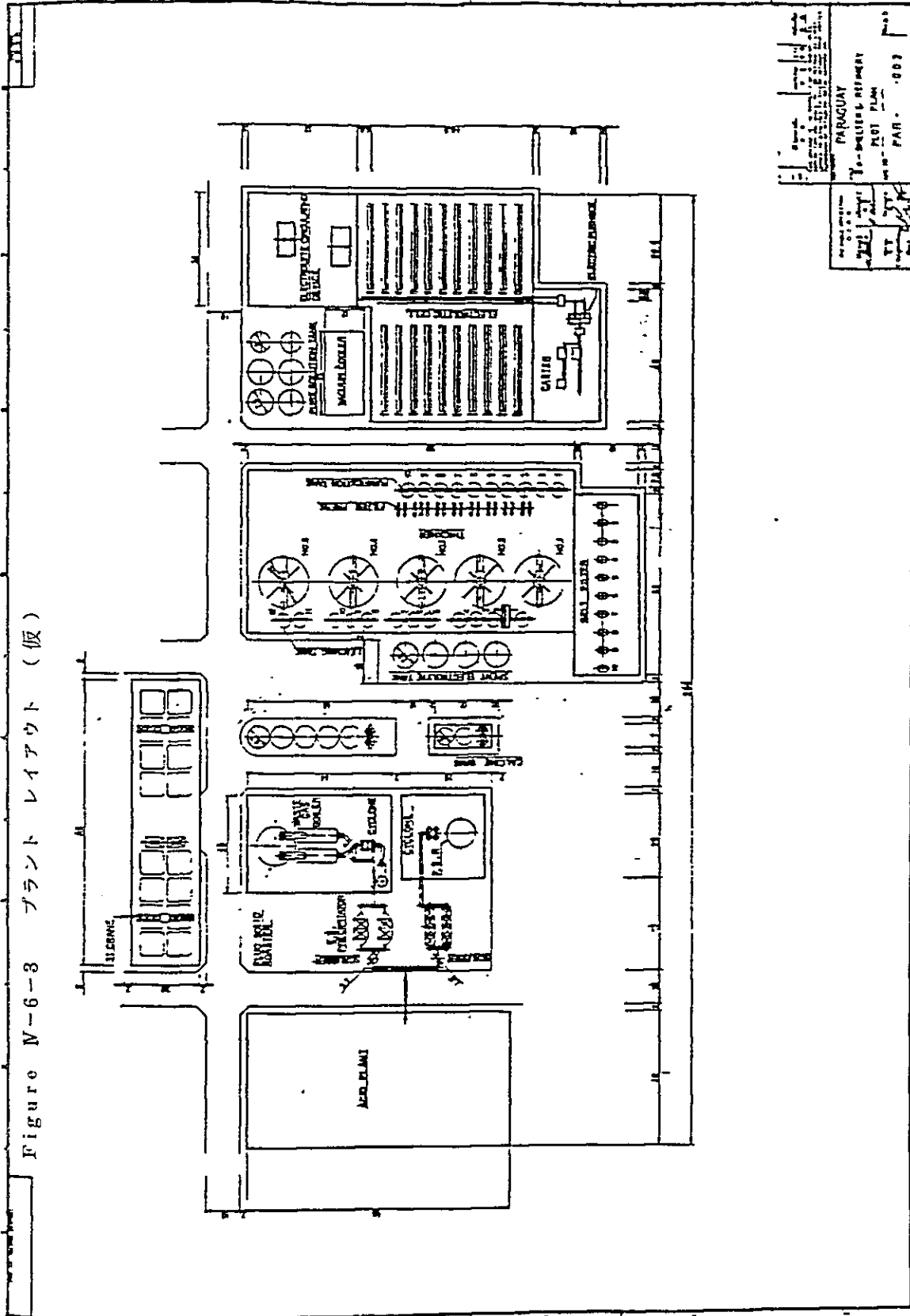
流動焙焼炉からのガスは硫酸工場へ送られ硫酸が製造される。浸出液の浄液の過程で沈殿銅やカドミウム原料が副産品としてえられる。浸出残渣中にはまだZnが含まれるので、例えば硫酸化焙焼した上で、浸出するといった別処理が必要である。原料中にAgが含まれる場合も、残渣処理工程で回収される。最終残渣は棄却される。モデルプラントとしては、残渣処理については原料の分析値に基づいて方式を検討する必要があり、具体的なプロセスの選択は行っていない。（プロセスフローシートには例として硫酸化焙焼法が示されている。）

（操業の概要については Appendix N を参照）

4-6-3 プラント レイアウト

Figure N-6-3 にプラント レイアウトを示す。

Figure N-6-3 プラント レイアウト (仮)



4-7. モデルプラントの建設費の推定

想定したモデルプラントについて、以下の仮定の下に建設費を推定した。

- (1) 1982年8月現在、日本ベースの見積りから25%増で推定した。
(但し、日本ベースの見積りの精度は±30%)
 - (2) Installation cost は含む
 - (3) 敷地の土地代、整地代は含まず
 - (4) 保全工場、管理棟、倉庫等は含まない
- 工場別推定建設費は、次の通りである。

工場	推定建設費 (×10 ³ US \$)
貯 鋳	4,000
焙 焼	17,900
浸出・浄液	7,700
電 解	13,600
鑄 造	2,900
硫 酸	23,500
合 計	69,500

4-8. モデルプラントの予想される操業条件

4-8-1 取扱物量(原料、中間報告、製品)

取扱う主たる Material と品位及びその物量は以下の通りである。

品 名	品 位 (%)	物 量 (T/Y)
亜鉛精鋳	Zn 50	152,000
浸出残渣	Zn 20	46,000
電気亜鉛	Zn 99.997<	72,000
硫 酸	H ₂ SO ₄ 98<	128,000
沈殿銅	Cu 50	2,000
鉄 残 渣	Fe 50	25,000

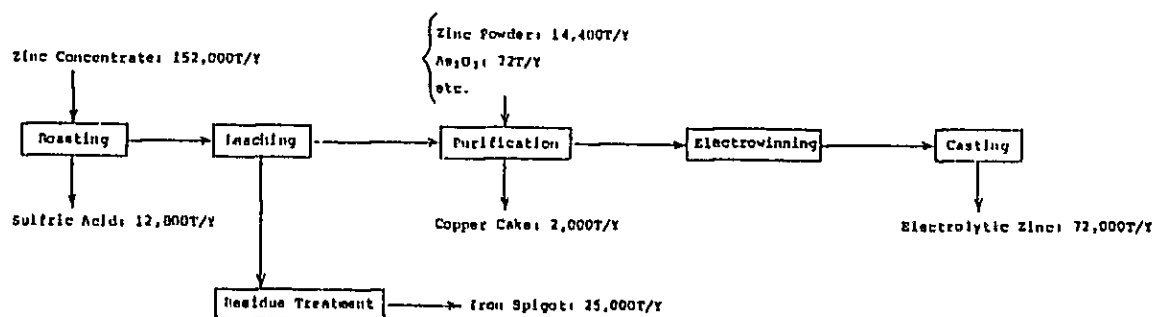
4-8-2 主要操業物品

スペアパーツの他、使用する主要物品の原単位と年間消費量は以下の通りである。

亜鉛末	20 kg/T	14,400 T/Y (自家製造)
亜硫酸	1 kg/T	72 T/Y
消石灰	125 kg/T	9,000 T/Y
沈降剤	0.25 kg/T	18 T/Y

4-8-1, 4-8-2に関わる Material Flow を Figure N-8-1 に示す。

Fig. N-8-1 Material Flow



4-8-3 ユーティリティ使用量

ユーティリティの原単位、年間消費量は以下の通りである。

電力	4,100 kW/T	295,200 MWH/Y
蒸気	1 T /T	72,000 T/Y
用水	100 T /T	7.2×10^6 T/Y

4-8-4 必要人員

必要人員は、以下の通りである。(工場要員のみ)

Manager	1		
	Engineer	Foreman	Operator
焙 焼	1	1	15
浸出・浄液	1	1	30
電 解	1	1	48
熔 解		1	9
硫 酸	1	1	9
計	4	5	111

4-9. モデルプラントにおけるコストの推定

4-9-1 買鉱製錬所における採算

4-9-1-1 買鉱条件の決り方

亜鉛製錬所の山元製錬所・買鉱製錬所も銅と同じ経営方式である。

買鉱条件（CIFベース）は大略以下の様になる。

$$\text{亜鉛精鉱代} (\$/T) = K \times (\chi - b) \times 2204.6 - C \quad (9.1.1)$$

K : 金属価格 (Φ/1b)

χ : 亜鉛品位 (%)

b : ユニット引き

2204.6 : 2204.6 1b = 1T

C : 製錬費 (Treatment Charge : T/C) (\$/T)

C : T/C は、亜鉛鉱石から電気亜鉛までの製錬費に相当する項、b : ユニット引きは実収率に相当する項である。

鉱石中 Ag を含む場合、Ag 代として一定含有量以上となると、含有量から一定値を差引き差に建値をかけて評価する。

鉱石中には各種の金属が含まれているが、S, Cu, Cd 等は副産品として回収される。Fe 等は反対に有害成分として、ある含有量以上の分はペナルティを荷し、鉱石代からその分を差引くといった場合がある。

(9.1.1)式で示す亜鉛精鉱代に対して、実際の製錬所に渡る時の精鉱代としては、これに国内輸送費、商社口銭その他諸掛が上積みされる。銅の場合同様、実際の買鉱条件については明確ではない。アジア・ヨーロッパ並の買鉱製錬所並のCIF価格を推定、更に国内輸送費、商社口銭、その他諸掛、在庫金利等を推定して、製錬コスト10~11Φ/1bを今回のスタディの製錬コストの目標値とする。

次のステップのスタディでは具体的物件を定めて、提示された買鉱条件を基に目標値を決

定することがぜひ必要とされる。

特に前提条件とした、アジア・ヨーロッパ並の買鉱製錬所と同じか、あるいはこれに近い輸送コストを実現できなければ、目標とした製錬コストは更に下げなければならないので、輸送方法、経路を具体的に検討することも買鉱条件を決める上で重要な点である。

4-9-1-2 買鉱製錬所の採算

亜鉛の場合も、銅の場合と同様な採算方式である。

副産品として評価しうるものは、硫酸、沈殿銅等がある。市場があればCd 等も挙げられる。浸出残渣中Zn はむしろ実収差とみても良い。浸出残渣をそのまま廃棄できれば、プロセス自体はシンプルとなるが、採算上はZn を回収した方が良い。但し残渣処理技術自体新しく、各種方式があるので、分析値に合わせてプロセスの選択をしなければならない。

本スタディでは処理方式を選択していないが、Zn 残渣は処理するものとして、回収されたZn は、処理コストを考慮し、金属価格の約30%で評価した。

今回のスタディでは、副産品収入を含めた製錬コストを推定し、これを目標値と比較することにより、製錬所としての採算について考察した。

4-9-2 製錬コストの推定

モデルプラントにおける製錬コストを以下の仮定の下に推定し、コストの構成要素を明確にする。

(1) 償却費（建設費は7参照）

残存簿価10%、償却は製錬設備10年、建屋20年として、その建設費の構成比を70:30として13年を適用。

(2) 金利

全額借入金、年利10%

(3) 固定資産税、保険料

本計算では考慮しない。

(4) 人件費（人員は8-4参照）

職能別賃金を以下の通り仮定、工場要員のみについて計上。（補助管理部門は管理費の中に含まれる。）

Manager	US \$ 48,000/Y
Engineer	US \$ 24,000/Y
Foreman	US \$ 19,200/Y
Operator	US \$ 14,400/Y

(5) 修繕費

設備費の2%/年

(6) 物品費（主要物品は 8-2 参照）

(7) ユーティリティ費（ユーティリティ使用量は 8-3 参照）

電力代 US\$ 3/KWH と仮定

(8) 運搬費

場内運搬のみ

(9) 管理費・その他

人件費の 50%

(10) 副産品収入

硫 酸 US\$ 30/T

沈 殿 銅 US\$ 1,000/T・Cu と評価（中間品として評価）

残査回収亜鉛 US\$ 250/T・Zn と評価（条件実収率以上の実収分に当る。

処理プロセスの選択はしていないが、処

理費見合分を差引いたものとして評価）

Ag は計上しない。（条件実収率と同じ実収率とする。）

(11) 販直費・その他

原価の 10%

(12) 為替レート

Y 250/US\$

以上の仮定の下、推定された製錬コストを Table N-9-2 に示す。

Table N-9-2 電気亜鉛推定製錬費

費 目	金 額 ($\times 10^6$ US\$/Y)	電気亜鉛T当り (US\$/lb)	比 率 (%)
(固 定 費)			
償 却 費	4.812	3.03	27.1
金 利	0.535	0.34	3.0
固定資産税・保険料他	-	-	-
① 小 計	5.347	3.37	30.1
(変 動 費)			
人 件 費	1.838	1.16	10.3
修 繕 費	1.390	0.88	7.8
物 品 費	2.294	1.44	12.8
ユーティリティ費			
{ 電 力 費	9.216	5.80	51.6
{ そ の 他	0.072	0.05	0.4
運 搬 費	0.288	0.18	1.6
管 理 費 ・ そ の 他	0.919	0.58	5.1
② 小 計	16.017	10.09	89.6
① + ② 原 価 計	21.364	13.46	119.6
副 産 品 収 入	Δ 5.640	Δ 3.55	Δ 31.6
販 直 費 ・ そ の 他	2.136	1.34	12.0
総 原 価	17.860	11.25	100.0

4-9-3 推定コストに対する諸要素の影響

4-9-3-1 スケール メリット

生産規模を72,000 T/Yから、同じシステムを用いて増加した場合のコストの変化をTable N-9-3-1に示す。

Table N-9-3-1 生産規模によるコストの変化

生産規模 (T/Y)	推定製錬コスト (US\$/lb)	比率
72,000	11.26	1.00
144,000	9.94	0.88
216,000	9.13	0.81
288,000	8.76	0.78

72,000 T/Y を基準とすると、2倍のスケールアップで10%、4倍のスケールアップで20%のコストダウンが期待できる。

4-9-3-2 電力代の影響

コスト中電力費が50%以上を占めているため電力代の影響が大きいことが予想される。生産規模を72,000 T/Y のままで電力代を変化させた場合のコストの変化をTable N-9-3-2に示す。

Table N-9-3-2 電力代によるコストの変化

電力代 (US\$/KWH)	推定製錬コスト (US\$/lb)	比率
1	7.00	0.62
2	8.99	0.80
3	11.25	1.00
4	13.38	1.19

3 US\$/KWH を基準とすると、2 US\$/KWH で20%、3 US\$/KWH で40%のコストダウンが期待できる。

4-10. 推定されたコストの国際競争力

4-9-2 でえられた推定コストは4-9-1-1 で設定した目標値に対してやや高めである。そのコスト構成の特色は以下の点である。

- (1) 固定費の割合が約30%である。
- (2) 電力費の割合が電気代 3US¢/KWHで約50%である。
- (3) 副産物収入の割合が約マイナス30%である。

固定費については、銅の場合と同様に建設費の検討、有利な資金の手当と償却法の検討が必要であろう。

一方銅の場合と異って電力費の割合が高く電気代が他国に比較して安ければ、他に不利な要件があってもトータルコストとして安くなりうる。又副産物収入をえるためには、次の前提条件が実現される必要がある。

- (a) 硫酸約120,000 T/Y が確実に販売できること。
- (b) 最適な亜鉛残渣処理方式の選定

硫酸については、化学工業、肥料工業と密接に関連し、パラグアイ国内南米地域における確実な需要計画に基づいていなければならない。残渣処理により条件実収率以上の亜鉛を回収することができる。これらの副産物収入を確保することにより見掛け上の製錬コストを切下げることができる。

以上の製錬コストの構成要素をチェックしてゆくことが必要である。一方、銅製錬においても述べた様に買鉱条件（条件製錬費、条件実収率）、輸送費の検討が最も重要であることはもちろんである。南米域内におけるパラグアイの亜鉛製錬の意義については、関連国の理解を得て、買鉱条件、輸送、製品の販売といった要件について少しでも有利な条件を獲得することが必要である。

買鉱条件をはじめこれまで述べたいくつかの重要な要件を慎重に検討してゆくことにより、パラグアイにおける亜鉛製錬の実現は充分可能であると言えよう。

4-11. 本スタディにおける問題点

本スタディでは、ごく一般的なプロセスのモデルプラントを想定した上で、諸条件を仮定してコストを推定した。更に具体的な条件の下にスタディの精度を上げる必要がある。以下に本スタディにおいて確認しなければならない諸条件を列挙する。

- (1) 市場調査

投資計画はタイミングが重要であるから、世界的な需給の見通しについて、正確な市場調査に基づく適確な判断が必要である。

- (2) 原料

買鉱条件はケース各に異なる。具体的物件について、条件製錬費(T/C)、条件実収率等に基づいて検討。(特に南米域内で有利な条件を獲得すべきである。)

(3) 製品・副産物

販売先の具体的価格、規格等の販売条件に基づいて検討

(特に硫酸については充分検討する必要がある。)

(4) 資材

主要資材について購入の可否、代替品、価格・品質等の購入条件に基づいて検討

(5) 輸送

具体的原料・製品・副原料・資材物品について合理的、輸送経路手段について検討、コスト評価(特に亜鉛精鉱については充分検討)

(6) プロセス

具体的原材料の分析値・性状に基づいて、なるべくローカルコンディションを活かしたプロセスを設計

(特に浸出残渣処理については、原料分析値に基づいて、各種方式の内から選択する必要がある。)

(7) 建設

資材の調達、輸入条件、労働力の条件等のローカルコンディションを考慮した建設費の見積り。(南米域内での機器購入も検討)

(8) ユーティリティ

具体的プロセス設計に基づいたユーティリティの供給計画の検討、コスト評価(特にコスト構成要素の中で大きい因子である電気代の評価)

(9) 資金計画

有利な資金調達とパラグァイの経済条件を考慮したキャッシュフロー計画の検討

Appendix I

亜鉛製錬法概説

1. 総説

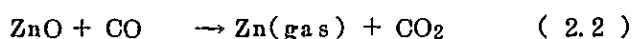
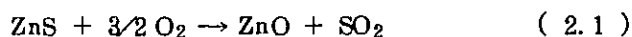
亜鉛鉱石としては、硫化鉱であるせん亜鉛鉱が主体である。

製錬法としては、乾式製錬 (pyrometallurgical process) と湿式製錬 (hydrometallurgical process) がある。現在約 80% 以上が硫化鉱の湿式製錬により得られている。

粗鉱は Zn 5% 程度で浮選により、Zn 50~60% の亜鉛精鉱とし製錬される。

2. 乾式製錬

ZnS を酸化焙焼して ZnO とし、これを還元蒸留して金属 Zn を得るのが、乾式法の原理である。



(1) 水平レトルト法 (horizontal retort process)

焙焼・焼結の 2 段で脱硫、焼結鉱に還元、水分を加えた混合物を図-(1)に示すレトルトに装入する。このレトルトを蒸留炉にならべ、外から加熱し、還元蒸留を行ない、Zn 蒸気をレトルトの前に取付けたコンデンサーに凝縮する。この Zn は溶離によって Pb を除去し、型亜鉛に鑄造する。

古くからの方法で、生産性が低く、作業環境の悪さのため急速に減少しつつある。

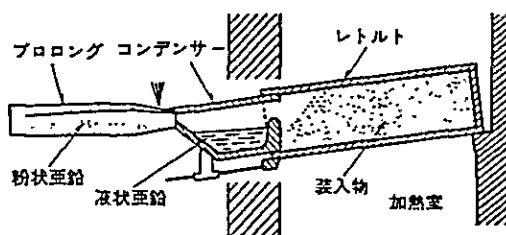


図-(1) レトルト

(2) 立形レトルト法 (vertical retort process)

焙焼、焼結により脱硫した焼結鉱、くり返しもの粘結炭、コークスを調合し、亜硫酸パルプ廃液を添加し、混合、団鉱し、立形炭化炉に入れコーキングを行ない、図-(2)に示す SiC 製の外熱式の立形レトルト上部から装入する。団鉱は還元され、Zn 蒸気はスプラッシュ・コン

デンサーで、熔融 Zn の液滴の中を通過させて凝縮される。残〇は炉底部から排鉱機で連続的に排出される。

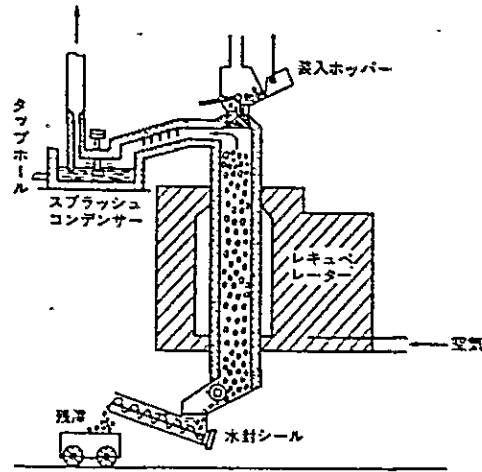


図- (2) 立形レトルト炉

(3) 電熱蒸留法 (electrothermic process)

焙焼、焼結した焼結鋳とコークスを混合し、図 3.1 - 3 に示す円筒形の電熱炉を使用して還元する。電気炉に装入する前に回転予熱炉で予熱する。装入物は上部と下部の電極で加熱される。シャフト部上部より真空コンデンサーへ Zn 蒸気が導びかれ、熔融 Zn 中を通過・凝縮する。電気炉下部から残〇は、排鉱機で排出され、磁選する。磁性分は Cu 製錬所へ、非磁性分は焼結・電気炉へくり返す。

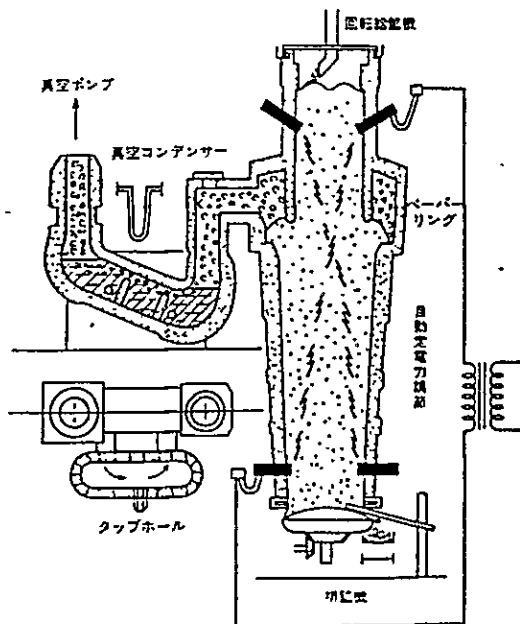


図 - (3) 電熱蒸留炉

(4) 熔鋅炉法 (Imperial Smelting Process : ISP)

Zn 精鋅と Pb 精鋅を熔鋅炉で、同時に製錬する方法である。Zn 鋅石には Pb を伴することが多く、Au, Ag 等も Pb に入り回収できるため有利な方法である。

Zn 精鋅、Pb 精鋅、フラックス、返し鋅等を調合し、混合造粒した上焼結する。焼結塊をコークスと共に図-4)に示す熔鋅炉に装入する。熔鋅炉では羽口から予熱空気を送風、還元反応が進行する。金属 Pb は炉底、Zn を含むガスは炉頂からコンデンサーに入り、熔融 Pb の液滴で Zn を捕集する。この Pb を分離槽で冷却、Zn を分離する。熔融 Pb は再びコンデンサーへ戻す。炉底の Pb はスラグと共に拔出し、前床で分離する。

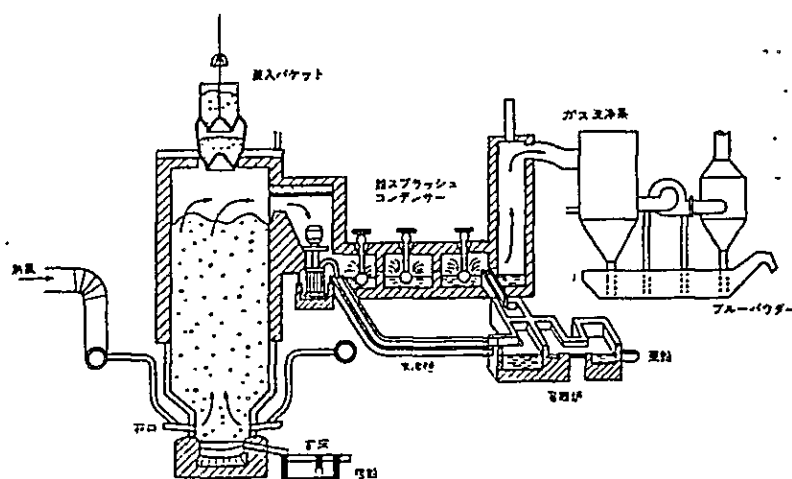


図-4) 熔鋅炉 (ISP)

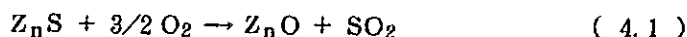
3. 乾式精製

蒸留 Zn には、Pb, Cd 等が含まれ純度が低い。このため図に示す精留塔で蒸留 Zn を加熱し、Zn, Cd を揮発し、第 2 の精留塔で第 1 の塔より低い温度で蒸留し、Cd を優先揮発させる。純度 99.998 % の Zn が得られる。

4. 湿式製錬

Zn 精鋅を焙焼し、ZnO として、 H_2SO_4 溶液 (亜鉛電解尾液) で浸出し、得られた $ZnSO_4$ 溶液から電解採取により金属 Zn を得る方法である。Zn 純度は 99.997 % 以上と高く、環境対策も乾式製錬に比較すると容易であることもあって、現在主たる Zn 製錬プロセスとなっている。

Zn 精鋅の焙焼は流動焙焼炉が主として使用される。



焼鋅は電解尾液で浸出するが、Zn 精鋅中の Fe は溶解し難い、 $Zn \cdot$ フェライト ($ZnO \cdot Fe_2O_3$)

を生成し、Zn・フェライトを主とした浸出残渣は、Zn, Ag の回収のため、別途処理する。



浸出液はFeを酸化・沈殿させる。この際As, Sb等も共沈し、炉過後浄液工程へ送る。Zn末、 As_2O_3 等を加え置換沈殿させてCu, Co, Ni, Cdを除去した清浄原液は電解工程へ送り、アノードにPb板カソードにAl板を用い、電解採取を行なう。ZnはAl板上に析出し、はく離熔融後インゴットに鑄造する。浸出工程での浸出残渣（Zn・フェライト）の処理方法としては多くの方法があるが、乾式方法としては

(1) スラゲ・フューミング法 (Slag Fuming Process)

熔鋳炉・電気炉等で熔融、微粉炭と共に空気を吹込みZnを還元、揮発しZnOとして回収する。

(2) ウェルツ法 (Waelz Process)

粉コークスと混合・回転炉に装入、揮発したZnをZnOとして回収

(3) 硫酸化焙焼法

硫化鉄精鉱 (FeS_2) を同量加え、流動焙焼炉で硫酸化焙焼し、Zn-フェライトを分解、 $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ とし、 ZnSO_4 を浸出処理する。

湿式方法としては、電解尾液を用い 363°K で浸出、Zn, Fe が溶出する。このFeの分離方法としていくつかある。Feの除去後液はZn製錬系統へ戻す。

① ジャロサイト法 (Jarosite Process)

Na^+ , NH_4^+ を加えて、ジャロサイト ($(\text{Na}/\text{NH}_4)\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_6$) として除去。

② ゲーサイト法 (Geothite Process)

ZnSを加え Fe^{3+} を Fe^{2+} に還元、空気を吹込みゲーサイト (FeOOH) として除去。

③ ヘマタイト法

オートクレーブを用い酸素加圧下、 470°K に加熱、ヘマタイト (Fe_2O_3) として除去。

Appendix II

世界の亜鉛製錬所

注

E : 電 解 採 取 法

FR : 乾 式 精 製 法

ET : 電 熱 法

ISP : 熔 鋳 炉 法

VR : 垂 直 レ ト ル ト 法

HR : 水 平 レ ト ル ト 法

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tonn.-Tons
		Location	Types	
[Europe]				
Belgium	Sté. An. des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille-Montagne Société de Prayon S.A. Metallurgie Hoboken - Overpoelt	Balen Wezel	E	203.000
		Enem	E	35.000
		Overpoelt	FR E	25.000 120.000
France	Sté. An. des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille-Montagne Sté. Min. et Métall. de Penarroya Cie. Royale Asturienne des Mines	Viviez (Aveyron)	E	110.000
		Crati (Seine et Oise)	RT	2.000
		Noyelles Godaut (P. de C.)	ISP-FR	110.000
		Audy (Nora)	RT E	25.000 115.000
Germany FR	Berzsius Metallhütten G.m.b.H. Ruhr-Zink G.m.b.H. Preussag - Weser - Zinc G.m.b.H. Preussag - Aktiengesellschaft Metall Duisburger Kupferwerke Metallhütte C. F. Knibusch K.G.	Duisburg - Wanneim	ISP-RT	34.000
		Datteln	E	150.000
		Nordemann	E	120.000
		Hartingerode (Harz)	VR	100.000
		Duisburg	RT-FR	18.000
		Rastatt	E	7.000
Italy	SAMIM S.p.A. Pertusola Spa S.p.A.	Ponte Nassa (Bergamo)	E	23.500
		Marghera (Venezia)	E	(1) 45.000
		Porto Verme (Cagliari)	ISP-FR	70.000
		Crotone (Catanzaro)	E	95.000
Netherlands	Budelco (A.O.S. & Billiton)	Buosi Dordien	E	180.000
United Kingdom	Commonwealth Smelting Ltd. (filiale AM & S Europe Ltd.)	Avonmouth	ISP-FR	100.000
Austria	Bleiberg Bergwerks Union	Gailitz-Arnoldstein	E	25.000
Finland	Outokumpu Oy	Kokkola	E	160.000
Yugoslavia	Hemiska Industri Zorka Rudnici i Topionice Olova i Cinka (Treska) Topsinica Zveiot	Sibac (Serbia)	E	30.000
		Kosovska Mitrovica (Serbia)	E	35.000
		Titov Veles (Macedonia)	ISP-FR	60.000
Norway	Norsk A.S.	Etneim (Odés)	E	90.000
Portugal	Quimigal	Barreiro	E	17.000
Spain	Asturiana de Zinc S.A. Española del Zinc S.A. Metalquímica del Nervion S.A.	San Juan de Nieva (Asturie)	E	100.000
		Cirujena (Murcia)	E	50.000
		Asua (Vizcaya)	E	3.000
[Africa]				
Algeria	Ste. Nationale de Sidérurgie	Ghazaouet	E	40.000
S. Africa	Zinc Corporation of South Africa Ltd.	Vogelstruisfont. Springs	E	90.000
Zaire	Geominet	Katwezi	E	77.000
Zambia	N.C.C.M. - Broken Hill Division	Kabwe	E ISP	30.000 -2.000

(continued)

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tonn.-Tons
		Location	Types	
[Asia]				
Japan	Mitsubishi Metal Corp.	Hosokura	E	21,600
		Akita	E	100,300
	Mitsui Kinzoku Kogyo K.K.	Kamioka (Gifu)	E	72,000
			FR	5,000
		Miike (Fukuoka)	VR-FR	116,000
	Nisso Kinzoku K.K.	Hikosima (Yadaguchi)	E	84,000
		Aizu	E	29,200
	Fono Aen K.K.	Annaka	E	139,200
		Chigirishima	FR	5,000
	Akita Zinc Co., Ltd.	Iijima	E	155,000
	Nihon Kogyo K.K.	Mikkaichi	ET	120,000
	Sumiko I.S.P.	Harima	ISP-FR	72,000
	Hachinone Smelting Co., Ltd.	Hachinone	ISP-FR	74,000
India	Cominco Binani Zinc Hindustan Zinc Ltd.	Kerala	E	20,000
		Debari	E	45,000
		Visakhapatnam	E	20,000
S.Korea	Young Poong Trading Co. Korea Zinc Co.	Sukpo	E	31,000
		Onsan	E	55,000
Turkey	Cinkur & Etibank	Kayseri	E	40,000
[America]				
Argentina	Cia Metalurgica Austral Argentina S.A. Cooperativa de Trabajo Zarate - Ltda Sulfacio - S.A.	Comodoro Rivadavia (Chubut)	ET	18,000
		Zarate	E	7,000
		Tte. Cnel. Fray Luis Bertrán (Santa Fe)	E	24,000
Brazil	Cia. Mercantil & Industrial «INGA» Cia. Mineira de Metais Cia. Paraiwana de Metais	Itaguai (Rio)	E	12,000
		Tres Marias	E	60,000
		Iuz de Fora	E	20,000
Canada	Canadian Electrolytic Zinc Ltd. Cominco Ltd. Hudson Bay Mining & Smelting Co. Ltd. Texasgulf Canada Ltd.	Valleyfield (Quebec)	E	218,000
		Trail (British Columbia)	E	272,000
		Flin Flon (Manitoba)	E	73,000
		Timmins (Ontario)	E	108,000
Mexico	Industrial Minera Mexico S.A. Zinc Industrial S.A. Zincatex S.A. Met-Mex Peñoles S.A.	Nueva Rosita (Coahuila)	HR-FR	50,000
		Tlalcoyancan (Mexico)	HR-FR	15,000
		Satillo (Coahuila)	HR-FR	20,000
		Torreón (Coahuila)	E	105,000
Peru	Centromin Peru Minero Peru	La Oroya	E	70,000
		Cuzmarquillo	E	101,000
USA	National Zinc Co. Asarco Incorporated. AMAX Zinc Co., Inc. The Dunbar Hill Co. Jersey Minerals Zinc Co. St. Joe Minerals Corp.	Earlsville (Okla.)	E	53,000
		Corpus Christi (Texas)	E	104,000
		East St. Louis (Illinois)	E	76,000
		Kellogg (Iowa)	E	94,000
		Clarksburg	E	51,000
		Monaca (Penn.)	ET-FR	52,000

(continued)

Country	Producers	Plants		Annual capacity Tonn.-Tons
		Location	Types	
[Oceania]				
Australia	Electrolytic Zinc Co. of Australasia Ltd. Sulphide Corporation Pty. Ltd. The Broken Hill Assoc. Smelters Pty. Ltd.	Risdon (Tasmania) Cockle Creek (N.S.W.) Port Pirie (South-Aust.)	E ISP-FR E	210.000 70.000 44.000
[Eastern World]				
Bulgaria	K.S.M. Dimitar Blagoev	Karejali Plovdiv	E E	30.000 60.000
China PR	Stabilimenti di Stato - State plants	Shenyang Chuchow Shaokuan Huluogao Sungpai	E ISP 	20.000 120.000 35.000 60.000 5.000
Germany D.R.	V.E.B. Buntmetall	Freiberg	E	20.000
N. Korea	Korea Metals & Chemicals Exp. & Imp. Corp.	Mumoyang Namoo	E E	100.000 60.000
Poland	Huta Metaly Niezelaznych Szopienice Kombinat Gornictwo-Hutniczy Boleslaw Huta Cynku Miasteczko Slaskie	Katowice Olkusz (Krakow) Miasteczko	E E ISP-FR	60.000 80.000 100.000
Roumania	Stabilimento di Stato - State plant	Capsa Mica	ISP-FR	60.000
USSR	Stabilimenti di Stato - State plants	Orajonikidze (Caucaso) Belovo (Koussas) Tscheliabinsk (Urali) Konstantinovka (Ucraina) Ust-Kamenogorsk (Kazakhstan) Leninogorsk (Kazakhstan) Chimkent (Kazakhstan) Kemerovo	E HR E E E E E E	180.000 130.000 200.000 70.000 300.000 100.000 30.000 30.000
Vietnam	Stabilimento di Stato - State plant	Quang Yen	UN	10.000

Appendix III

亜鉛，鉛鉱山，製錬所新設・増強計画 (EMJ January, 1982)

Company	Location	Capacity		Units	Investment	Start	Class	Notes	
		Project	Planned						Now
NORTH AND CENTRAL AMERICA									
Arvik Mines Ltd.	Cornwallis Is., NWT, Canada	UG/co	2M		mt/d ore	\$150MM	1982	A	Cominco manages project. Plans to produce 187M mt/yr Zn conc., 42M mt/yr Pb conc.
COC	Kidd Creek, Ont., Can	pl	20M		st/yr Zn	\$10MM	1982	A	A pressure leach facility using Sherritt Gordon technology.
Brunswick M&S	Belledune, NB, Canada	pl	100M		mt/yr Zn	\$C350MM	1985	AB	Construction started planned for May 1982.
Cominco	Trail, BC, Canada	pl	272M		mt/yr Zn	\$210MM	1982-	A	New electrolytic plant replaces old facility.
Cominco	Trail, BC, Canada	pl	180M		mt/yr Pb	\$200MM	1985	B	New Kivcet smelter may replace current facility.
Cyprus Anvil	Faro, Yukon, Canada	mi				\$160M	1985	A	Grum and Van Gorda open pits.
Fresnillo	Naica, Chl., Mexico	UG/co	3M	2.5M	mt/d ore		1983	A	Shaft sinking and mill modification. Important Au and Ag as byproduct.
Industrial Minera Mexico	San Martin, Zac., Mexico	UG	6.8M	1.25M	mt/d ore	\$49MM	1982	A	Ores grade 5.3% Zn, 1.24% Cu, and 146 gm/mt Ag.
Industrial Minera Mexico	San Luis Potosi, Mexico	re	113M		mt/yr Zn	\$150MM	1982	A	
Asarco	West Fork, MO, US	UG	3.8M		st/d Pb ore	\$77MM	1984	A	Feed for Glover smelter.
Exxon Minerals	Crandon, WI, US	UG	3.5MM		st/yr ore	\$500MM		D	New laws promise renewed development.
Noranda	Green Creek, Alaska, US	mi	2.92MM		st/yr ore		1985	C	Ore grades 8-10% Zn, 2.5% Pb, 0.5% Cu, 10 oz/st Ag, and 0.1 oz/st Au. Feasibility study.
St. Joe Minerals	Bixby, MO, US	UG	4M		st/d Pb ore	\$25MM	1983	A	Ore will go to expanded Viburnum mill.
St. Joe Minerals	Pierrepont, NY, US	mi	500		st/d Zn ore	\$5MM	1982	A	Will supply ore to existing Balmat mill.
EUROPE									
Government	Poland	mi	8.3MM	6.6MM	mt/yr Zn ore		1981-	A	Capacity totals for all Polish Pb-Zn mines. Two new mines planned in Zawiercie region.
Asturiana de Zinc	Spain	cx	200M	127M	mt/yr Zn	\$130MM		C	
Smedrevo, Suva Ruda, Zorka (JV)	Serbia, Yugoslavia	mi	1.87M		mt/yr Zn ore	\$16.7MM	1983	BC	756 mt/yr Pb, 975 kg/yr Ag, and 27.5 kg/yr Au.
AFRICA									
Soterm	Three mines, Tunisia	mi	52M	31M	st/yr conc.	\$50MM	1985	AB	Expansions at Sidi Driss, Bou Jabeur, and Fedj El Adoum mines.
ASIA AND JAPAN									
Thai Zinc	Thailand	pl	60M		mt/yr Zn	\$120MM	1983	AB	
AUSTRALIA AND OCEANIA									
EZ Industries	Elura, NSW, Australia	OP	1.1MM		mt/yr ore	\$180MM	1982	A	OR: 27MM mt 8.3% Zn, 5.6% Pb, 139 gm Ag per mt. Fluor has contract.
MIM Holdings	Hilton, QN, Australia	UG	500		mt/d ore	\$16.5MM	1985	A	New mine 20 km north of ML Isa.
MIM Holdings	ML Isa, QN, Australia	sm	180M	150M	mt/yr Pb	\$55MM	1983	A	
ABBREVIATIONS				CLASS SYMBOLS					
JV	joint venture	sm	smelter	A	Projects now under construction.				
UG	underground	MM	millions	B	Projects with development program but for which further financing may be required and for which construction has not yet begun.				
OP	open pit	M	thousands	C	Projects in the initial proposal stage.				
OR	ore reserves	t/yr	tons per year	D	Project suspended or deferred.				
co	concentrator	mt/yr	metric tons per year						
cx	complex	lb/yr	pounds per year						
mi	mine	yd ³	cubic yards	Note: Classifications were made on the basis of published information, and firm classification was not always possible. Where uncertainty existed, double letter classification has been made.					
pl	plant	bb/d	barrels per day						
pp	pellet plant	kg	kilograms						
re	refinery								

Appendix IV

モデルプラントにおける操業概要

1. 調 合

原料亜鉛精鉱は買鉱製錬所の場合、数種の鉱石を調合してなるべく安定操業を確保し、必要あれば不純物のレベルをコントロールする。亜鉛精鉱は、ピット方式の鉱舎に受入れられ、クラブバケットにより、調合計画に従って払出しされる。

2. 焙焼工程（亜鉛精鉱）

調合鉱は、約75%のスラリーとし、焙焼炉へ装入される。炉内は約970℃に保たれ、焼鉱の50%はオーバーフロー、50%はキャリーオーバーとして、サイクロン、ボイラー、コットレルのガス処理系で捕集される。

焼鉱は、カルサイクレーターで150℃以下に冷却し、40 mesh以下に粉碎した後、浸出工程へ送る。一方排ガス中SO₂は8～9%でコットレルを出した後、ピーボディ洗浄塔で洗浄後硫酸工場へ送る。

3. 浸出工程

電解廃液で、焼鉱を浸出、溶液と残渣を分離し、溶液中Feを酸化沈澱させ、同時にAs、Sb等の不純物も吸着除去させるのが、本工程である。

焼鉱を電解廃液および酸性浸出液と混合槽で混合、中性浸出する。浸出液はシックナーで渣物を沈降分離し、溶液は浄液工程に送り、渣物は酸性浸出を行なう。酸性浸出液はシックナーで渣物を分離、溶液は混合槽へくり返す。渣物はフィルターにより分離し、残渣処理工程へ送る。

4. 浄液工程

浸出工程よりの液は、4段の浄液で不純物の除去を行なう。第1段目では、亜鉛末により銅を除去。第2段目では、亜鉛末、亜硫酸によりコバルト・銅を除去。第3・4段目では、亜鉛末によりカドミウムを除去している。フィルタープレスで濾過された後、精製液は電解工場へ送る。

5. 電解工程

電解槽中に鉛製不溶アノードとアルミニウム製カソードを配列し、アルミニウム板に析出した亜鉛をはく離して電解液中から高純度亜鉛(99.997%以上)をえる工程。

電解槽配列は20列×28槽、1槽中アノード25枚、カソード24枚、カソードは約36時間各に取揚げ、自動はく離機によりはく離され、熔解鑄造の工程へ送られる。

電解条件は、 500 A/m^2 、 H_2SO_4 180 g/l 、 Zn 60 g/l 、液温 $40 \sim 45^\circ\text{C}$ である。
電解槽は20日各に各ブロック28槽を停止し掃除される。

6. 熔解・鑄造工程

はく離されたカソードは電気炉で熔解し、自動連続鑄造機によりインゴットに鑄造する。

第 Ⅳ 編

フェロアロイ工業

フェロアロイ工業

1 序 論 (Introduction)

1-1. フェロアロイ概要

フェロアロイは鉄鋼業の製鋼工程に不可欠な副原料で、フェロ・マンガン、フェロ・シリコン、フェロ・クロムなどに代表される様に、鉄を主成分とする合金である。今日フェロ・アロイは製鋼技術の進歩、多種の鋼種の開発によって表I-7に示すように、多くの種類があり、生産量、価格も種類によって大きく異なる。用途としては、製鋼工程において、鋼中の不純物である酸素、硫黄を除去するための脱酸剤、脱硫剤として使用されるもの、鋼の性質を改善するために、鉄以外の元素を添加するための添加剤として使用されるものに大別される。脱酸剤、脱硫剤として使用されるフェロ・アロイは、フェロ・シリコン、フェロ・マンガンに代表されるが、生産量が多く価格は安い。一方添加剤として使用されるフェロ・アロイは、ステンレス鋼に使用されるフェロ・クロム、フェロ・ニッケルに代表されるように生産量は比較的少く、価格は高い。フェロ・アロイ工業は金属製錬工業の一つで金属鉱物を原料として、これを溶融し還元する工程を主体としているため、エネルギー多消費型の装置産業で資本集約的産業である。

フェロ・アロイは融点が高いことから、現在殆どどの製品の製造には、サブマージドアーク式電気炉が使用され、したがって、エネルギー多消費型のうちの電力多消費型の工業の典型である。

フェロ・アロイのコストは、原料となる鉱石価格、電気炉を主体とする設備費、電力費の三つの要素に大きく支配される。フェロ・アロイ製造工場の立地条件としては、原料生産地に近く、安価で、豊富な電力供給が確保でき、製品の消費地への輸送コストが安いことが理想的であるが、今までフェロ・アロイ工業は鉄鉱業への重要な原料供給産業である性格から、主要鉄鋼生産国内に立地して発展してきた。しかし1974年の石油危機以降、主要鉄鋼生産国でのフェロ・アロイ工業は、電力コストの上昇から自国内での生産の増加は困難に直面し、電力コストの安い生産国よりの輸入が増加する傾向が出てきている。とくに生産コストに占める電力コストの比率の高いフェロ・シリコン、フェロ・マンガン、シリコン・マンガンなどの品種においては、明確にこの傾向が見られる。

一方、フェロ・ニッケル、フェロ・クロムなど、生産コストに占める原料鉱石費が電力費と並んで大きな品種については、鉄鋼消費国中心の立地から原料生産国で、かつ電力コストの安い地点での立地への変化が認められる。現時点では、世界的不況から世界の鉄鋼生産は大巾の低下を示しており、そのためフェロ・アロイ工業の生産も低位に推移しているが長期的に見れば、世界の鉄鋼生産は回復し、増加に転ずることは明らかであり、その場合、前述のフェロ・アロイ工業の国別生産構造の変化は一そう進み電力コストの安い国および原料生産国でのフェロ・アロイの

増産、新規生産が活発化することが予想される。フェロ・アロイの生産は技術的には成熟段階に入っており、一方装置産業であることから、技術の主力は装置に一体化されているため、技術の移転は比較的容易である。しかし高温操業で、取り扱う物量も大きい重工業であるので、操業技術および設備の保守技術には、かなり高度の熟練を要するので、生産管理には、少数であるが、高度のエンジニアおよびかなりの熟練労働者を必要とする。

1-2. パラグアイにおいて、生産可能なフェロ・アロイ製品の選定

パラグアイにおいてフェロ・アロイ工業の立地を考える場合には、国内のフェロ・アロイの消費は、殆んど期待できず、製品を世界市場に、輸出しうることを前提とせざるを得ない。したがって、このためには世界市場で競争しうるコストで生産しうるかどうか最も重要である。

卒直に見て、内陸国で農業中心の経済のパラグアイにおいて、Itaipuの安い豊富な電力が生産されるからというだけで、直ちにフェロ・アロイ工業を立地しうると考えるのは、早計である。また反対に鉱物原料資源が乏しいから立地不可能であるとの判断も正しくはない。10～20年の長期的視野に立って、いくつかの条件を整備してゆくならば、パラグアイのフェロ・アロイは、国際市場において競争力を持って輸出しうる可能性はあると思われる。この必要条件は、他の電力多消費型工業においても必要とされるものである。

必要条件の第1は、内陸国としての短所の克服であり、第2は、工業技術者と労働者の養成である。第3は、資本調達力の形成があげられる。これは長期的な政府による政策努力を国民の協力によって達成されるべきものであるがこの条件をととのえるまで工業の立地は不可能と考えるのは正しくはない。条件整備と併行して、現状から見て、コスト競争力を持ち易い製品の工業化を進めることによって、前進が可能となるであろう。

したがって、フェロ・アロイ工業を輸出産業としてパラグアイにおいて、発展させるには、現状および近い将来の諸条件を前提として、着手可能な生産品種の選定を行って、個別的に、生産の可能性を検討することが必要であろう。前述のようにフェロ・アロイには、多くの品種があり、コスト構成、生産技術、市場など異っており、パラグアイが生産するのに適した品種を選定することが、立地可能性調査の第一歩である。

パラグアイにおける生産品種の選定において次の条件が考慮されるべきであろう。

- (1) 原料が国内または隣接国よりも入手しうるが、または世界原料市場より容易に経済的に入手しうる。
- (2) 技術の移転が容易である。すなわち技術的にソフスティケートでない。
- (3) 生産コストに占める電力費の高いこと。
- (4) 将来的に、世界市場に輸出しうる見込みが高いこと。

これらの諸条件からみて輸出産業として、フェロ・アロイ工業を立地するとすれば、国内の資

源に賦存可能性が高く、電力コストが生産コストに占める比率の高いフェロ・シリコン、フェロマンガンおよびシリコン・マンガンが最も適した品種としてあげられる。次いで輸入原料の入手条件の容易さと輸出市場の将来からみて、フェロ・クロムがあげられる。

そこで、この報告においては、この四つの品種について世界市場の現況、原料、副原料について述べ、パラグアイに立地を想定される。最適規模のプラントの内容および予想生産コストについて記述する。しかし、この報告を書くにあたって

- (1) 現在世界的不況から、世界の鉄鋼業は、極度の不振にあり、したがってフェロ・アロイの国際市場は、極度に混乱しており、将来の見通しについても悲観的見通しが多いこと。
- (2) パラグアイの taipu の電力コストが現在明確でない。
- (3) パラグアイの輸送インフラが極めて不備であり、現状では、輸送コストが極めて高い。
- (4) 技術者、労働者の十分な供給が確保されていない。

といった不利な現状にあり生産コストの予想計算は、多くの仮定にもとづいていることは十分に理解した上で本報告を読むことを願います。

Table I-1 Preliminary Evaluation of the Ferroalloy Project

Type	Chemical Composition	Raw Material	Electricity	International Price	World Production	Technology
Ferro-manganese	Mn: 60.0~85.0 C: 0.7~8.0 Si: 0.5~2.0	Manganese Ore Silico-manganese Cokes	Kwh / MT 1,700~2,600	US\$/MT 350 ~ 610	1,000 MT	Moderate H-C Ferro-manganese Rather Complicated M-C Ferro-manganese L-C Ferro-manganese
Silico-manganese	Mn: 60.0~70.0 Si: 14.0~25.0 C: 2.5 Max	Manganese Ore H-C Fe-Mn Slag Cokes, Coal	4,200~4,600	400 ~ 450	4,430	Moderate
Ferro-silicon	Si: 75.0~90.0	Quartzite Cokes, Coal	5,000 ~11,000	350 ~ 600	2,530	Rather Complicated
Ferro-chrome	Cr: 50.0~70.0 C: 0.1~9.0 Si: 0.5~8.0	Chrome Ore Silico-chrome Cokes	2,500 ~ 5,500	560 ~ 1,150		Moderate H-C Ferro-chrome Rather Complicated M-C Ferro-chrome L-C Ferro-chrome
Silico-chrome	Cr: 30.0 Min Si: 40.0 Min. C: 0.1 Max.	H-C Ferro-chrome Cokes, Coal Quartzite	5,200 ~ 5,800	650 ~ 700	1,910	Moderate
Ferro-nickel	Ni: 18.0~23.0 C: 0.01~3.00	Nickel Ore Cokes, Coal	19,000 ~23,000	1,300 ~ 1,620	460	Moderate
Calcium-silicon	Ca: 25.0~35.0 Si: 55.0~65.0	Quiekline Quartzite Cokes, Coal	12,000 ~13,000	1,200 ~ 1,300	50	Complicated
Ferro-molybdenum	Mo: 55.0~70.0 C: 0.1	Molybdenum Ore Aluminum		9,630 ~12,250	36	Rather Complicated
Ferro-vanadium	V: 45.0~85.0 C: 0.2 max	Vanadium Ore Aluminum		6,750 ~12,750	27	Rather Complicated
Ferro-niobium	Nb+Ta: 60.0 C: 0.2 max	Niobium Ore Aluminum		7,380 ~ 8,610	10	Rather Complicated
Ferro-tungsten	W: 75.0~85.0 C: 0.2 max	Tungsten Ore		12,000~13,000	5	Rather Complicated

2 フェロ・マンガン (Ferromanganese)

2-1. フェロ・マンガンの概要 (General Description of Ferromanganese)

フェロ・マンガンは鉄とマンガンの合金で一般的にマンガン73～85%、炭素1.0～7.3%、珪素0.5～2.0%、残りは鉄という成分をもっている。フェロ・マンガンは炭素の含有量によって、高炭素、中炭素、低炭素の三つのグループに分けられ、それぞれにいくつかの仕様がある。このうち最も広く用いられ生産量が多いのは、高炭素フェロ・マンガンである。

この報告では、高炭素フェロ・マンガンを検討の対象とした。以下、フェロ・マンガンとは高炭素フェロ・マンガンを意味する。フェロ・マンガンは、すべての種類の鋼の脱酸剤および脱硫剤として使用されているほか、high manganese steelなどマンガンを多く含有する alloy steel にマンガン分を添加するため、製鋼工程の添加剤として用いられている。

フェロ・マンガンは鉄鋼業において最も広く使用されるフェロ・アロイで世界最大の消費国である日本において、粗鋼1トン当り3.5～4.0kgのフェロ・マンガンが使用されている。フェロ・マンガンは、フェロ・アロイの消費量の21%を占めている。

2-2. フェロ・マンガンの市場と価格の動向

最近フェロ・アロイの世界生産量は1974年をピークとして、それ以降は、鉄鋼生産の不振を反映して年間約340～350万トンの水準で停滞している。「国別に生産をみると豊富なマンガン鉱石の埋蔵量を持ち、米国、日本と並ぶ世界最大の鉄鋼業を保有しているソ連が第1位で、世界生産の約25%を占めている。

ソ連は輸出余力を十分に有しており、ソ連圏諸国を始めヨーロッパなどへの有力な輸出国である。

大量の、鉄鋼生産国である米国、日本、フランス、西ドイツはソ連に次ぐフェロ・マンガンの生産国であるが原料鉱石を搬入に依存し、さらに石油危機以降、電力エネルギーコストの上昇から、生産コストの上昇が大きくなって、加えて国内鉄鋼業の生産停滞あるいは低下から、いずれも生産は大巾に低下している。これに対して、国内に豊富なマンガン鉱石資源を有し、安い電力エネルギーの開発を進めている南ア、ブラジル、オーストラリアは、世界鉄鋼生産の不振にもかかわらず、輸出の増加によって生産を伸している。ヨーロッパでは、安価な水力発電の電力エネルギーに恵まれたノルウェーが欧州市場への輸出を中心にして生産を維持している。1974年の石油危機以降の原油の値上りにもとづく電力コストの上昇は、世界のフェロ・アロイ工業の生産構造に、大きな変化をもたらしつつあり、フェロ・マンガンも例外ではない。

米国、日本、欧州の主要鉄鋼生産国のフェロ・マンガン工業は、原料鉱石輸送コスト、電力コストの上昇、環境保護対策コストの増加から、コスト上昇が著しく、それぞれの市場において、

生産コストの安いノルウェー、ソ連などの輸出国およびブラジル、南アフリカなど新興生産国の製品の輸出攻勢に圧迫されて次第に衰退しつつある。

今後、フェロ・マンガンの大きな消費国である米国、日本、欧州は、原料資源に恵まれ、電力エネルギーの安い生産国の製品への輸入に依存する比率を高めていくことは明らかである。

世界市場におけるフェロ・マンガンの取引価格は、取引時点での需給状況、生産者と消費者の取引関係によって異っており統一した世界市場での価格形式は行なわれていないので全体として把握することは容易ではない。そこで、最も消費量の多い日本と米国の販売価格によって、最近の価格動向を見ると、下表の通りである。

表Ⅱ-2 日本、アメリカのフェロマンガン輸入価格推移

(単位ドル)

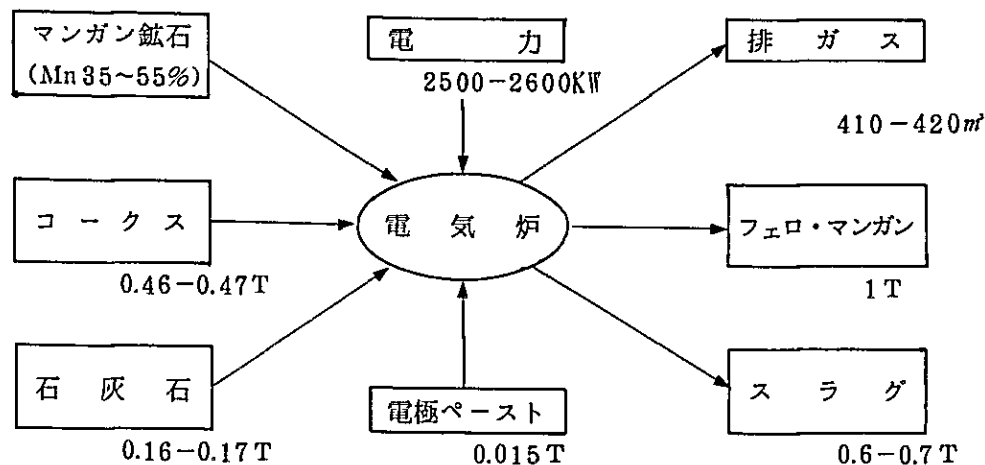
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
日 本	228	236	256	370	412	480	480	480	580
アメリカ	125	126	197	307	287	291	261	313	350

註 アメリカはCIF, 日本はプラントCIF

1973年以降、鉄鋼業における消費は伸びていないにもかかわらずフェロ・マンガンの価格は石油エネルギーの上昇によって、大巾な値上りを示している。これは言うまでもなく、日本、米国の電力が、石油火力に依存しており、その結果として、電力コストの大巾上昇が大きく影響したものである。さらに、これに加えて原料鉱石の値上り、原料鉱石輸送コストの上昇も見逃すことのできないもう一つの要因である。世界の石油危機以降のフェロ・アロイの世界市場における大巾値上りにもかかわらず、米国、日本、西ドイツ、フランスなどのフェロ・マンガン生産者は電力エネルギーの上昇にもともなう生産コストの上昇がより大きいいため、企業採算は悪化の一途をたどり、生産コストの安い、ソ連、ノルウェー、南アフリカ、ブラジルなどの輸入品に市場をうばわれつつある。

2-3. フェロ・マンガンの製造法

フェロ・マンガンの生産は、主原料としてMn 35～55%のマンガン鉱石、副原料として、コークス、石灰石あるいはドロマイト、電極ペーストを使用して電気炉で製造される。



フェロ・マンガン1トンを生産するのに必要とされる原材料および電力の必要量は、大まかにいうと上図に示すとおりである。フェロ・マンガンと同時に一酸化炭素、炭酸ガスを主体とする排ガス、マンガン約30%を含むスラグが生産される。

2-4. フェロ・マンガン製造用の原材料

2-4-1 マンガン鉱石

マンガン鉱石資源は、世界的にかなり偏在しており、南アフリカ、ソ連、オーストラリア、ガボン、ブラジルに最も多く賦存している。現在の世界のマンガン鉱石の確定埋蔵量は25～26億トンといわれるが、ラテン・アメリカでは、ブラジル、メキシコの埋蔵量が多い。パラグアイの地質状況およびブラジルのマンガン鉱の賦存状態からみてパラグアイにマンガン資源が存在する可能性は高いものと見られている。フェロ・マンガンの原料として使用されている鉱石は、パイロルサイト、マンガナイト、プロウサイトなど二酸化マンガン鉱物を含むもので、マンガンの品質は25～55%の鉱石が使用されている。マンガン鉱の生産国は、豊富な埋蔵量を保有する南阿が圧倒的に多く次いでヒーストラリヤ、ソ連、ガボン、ブラジルの順となっている。これらの国々は自国のフェロ・マンガン工業で消費するほかは、すべて輸出している（表II-4 参照）。

マンガン鉱石の世界市場の取引価格はマンガン鉱の品質によって、かなりの値巾があるが、大量輸入国である日本の輸入契約価格の推移を見ると、1974年の石油危機以降大巾の値上りを示しており、1972年のトン当たり25～31ドルから1981年には67～88ドルになっている。

Table II - 4 Export of Manganese - Ore

No	Nation	(1,000 MT)						
		Year	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1	South Africa	2,450	3,677	4,221	4,500	3,472	2,587	2,500
2	Australia	652	978	1,120	1,132	1,380	811	1,301
3	U.S.S.R	1,278	1,298	1,482	1,411	1,342	1,397	1,186
4	Gabon	2,162	776	2,104	2,205	2,100	1,450	1,142
5	Brazil	1,175	789	1,493	1,557	1,073	560	894
6	Ghana	475	290	281	373	355	281	229
	Others	591	574	1,589	1,221	753	480	363
	TOTAL	8,783	8,382	12,290	12,393	10,575	7,468	7,615

2-4-2 コークス

フェロ・アロイの生産に使用されるコークスは粒径5～30%で、固定炭素分が85%程度の製鋼用コークスで燐や硫黄などの不純物の低いものである。世界のコークス生産量は3.5～4.0億トンあり、このうちフェロ・アロイ製造に使用されているのは1,000万トン程度あるので、輸入することは容易である。

2-4-3 石灰石

フェロ・アロイの生産に必要とされる石灰石は、世界的に広く賦存しており、各国とも国内産石灰石を使用している。成分としては、含有される炭酸カルシウムが95%以上で不純物として酸化珪素の少ないものが使用しやすい。

2-4-4 電極ペースト

電気炉の電極は自焼式であるので、電極の消耗した分は、ペーストで補給する必要がある。自焼式電極ペーストの主要な供給国は日本、ノルウェー、米国、ブラジル、などあり、容易に国際価格で輸入しうる。

2-5. 予想されるパラグアイにおけるフェロマンガン製造プロジェクト

2-5-1 プラントサイト

フェロ・アロイの生産をパラグアイで行うことが、フィージブルであるか、どうかを分析するためには現状では電力コスト、輸送コストなどいくつかの重要なコスト条件が不明確であるので、不可能である。

しかしながら、この報告ではいくつかの前提条件を仮定して大ざっぱな経済性の検討を試みることは、決して無意味ではないとの見地から、フェロ・マンガンについて二つのモデル計算を行った。

プラント・サイトの選定を行うに当たっては(1)原材料、製品の輸送コストが最も安いこと、(2)電力の供給が安くて、安定していることが最も重要な要素である。パラグアイ国内には、マンガン資源の賦存する可能性は高いが、当面、原料鉱石を輸入することを仮定すれば、河川輸送が最も便利で電力供給体制の確立しているアスンシオン近郊を選定することが最も合理的である。

2-5-2 原材料の供給先および価格

まず、マンガン鉱石の輸入先を選ぶには、産地よりプラント・サイトまでの輸送距離、鉱石の品位、形状、品質が考慮されなければならない。パラグアイの場合には、ブラジル、南アフリカから主として輸入を行い、さらにオーストラリア産鉱石を加えれば、一そう安定操業が行えるのであろう。コークスは、輸送コストを考慮すれば、ブラジル、アルゼンチンより輸入することが望ましいが、安定的に入手する点から米国よりの輸入が適当であらう。石灰石はパラ

ガイ国内産の供給で十分であるが、電極ペーストは近距離にあるブラジルの生産者よりの輸入が適切である。

予想される原材料のプラントC I F価格は次のとおりとする。

Table II-5-2 フェロマンガン原料プラントC I F

(単位、ドル)

	産地	輸出国 F O B (C&F)	海上 運賃	河川 運賃	その他 経費	合計 プラントサイト C I F
マンガン鉱石	ブラジル		87.50	35.00	7.70	130.20
	南アフリカ(HG)	67.50	20.00	35.00	7.70	130.20
	“(LG)	47.60	20.00	35.00	7.70	109.60
	オーストラリア(HG)	67.30	25.00	35.00	7.70	135.00
	“(MG)	40.60	25.00	35.00	7.70	108.20
コークス	アメリカ	76.00	28.00	35.00	8.90	147.90
電極ペースト	ブラジル	450.00	30.00	35.00	19.00	534.00
石灰石	国内産					14.00

2-5-3 プラントの生産規模

フェロ・マンガンの生産規模は主要生産設備である電気炉の容量によって規定される。理論的には、大容量の炉ほど投資効率、熱効率、などの済性が高いが、操業の困難さ、耐火物の物理的強度などの各種の制約条件から、世界的には年間生産量10万トンの炉が最大で平均的には年産3万トン級の炉が最も経済的とされている。

パラグアイでの生産を予想する場合、操業技術の習熟に相当で、かつ経済的にみても最小規模と思われる年産1万トンの規模で生産を開始することが望ましいので、これをケースAとし、さらに世界的にみて平均的経済規模とされる年産3万トンをケースBとしてモデル・プラントを想定した。

2-6. モデル・プラントの建設費の推定

ケースA、ケースBのプラントについての建設費の推定を行うにあたって次のような前提条件とした。

- (1) 工場敷地は無料とする。
- (2) 設備装置、建設資材は輸入する。
- (3) すべての輸入課税は免除される。
- (4) 労働者の住宅、および病院などの厚生施設は、プラント・サイト近くに存在する。
- (5) 建設労働者は現地調達とする。

主要設備別の推定価格は次のとおりである。

表 主要設備工事金額

(単位 1,000ドル)

	case A	case B
工場建設費総額	14,400	31,200
原料関係設備	1,220	2,650
電気炉設備	4,510	9,760
製品処理設備	480	1,030
受変電関係設備	840	1,810
ユーティリティ設備	1,740	3,780
建家設備	4,460	9,670
その他	1,150	2,500

2-7. モデルプラントの予想される操業条件

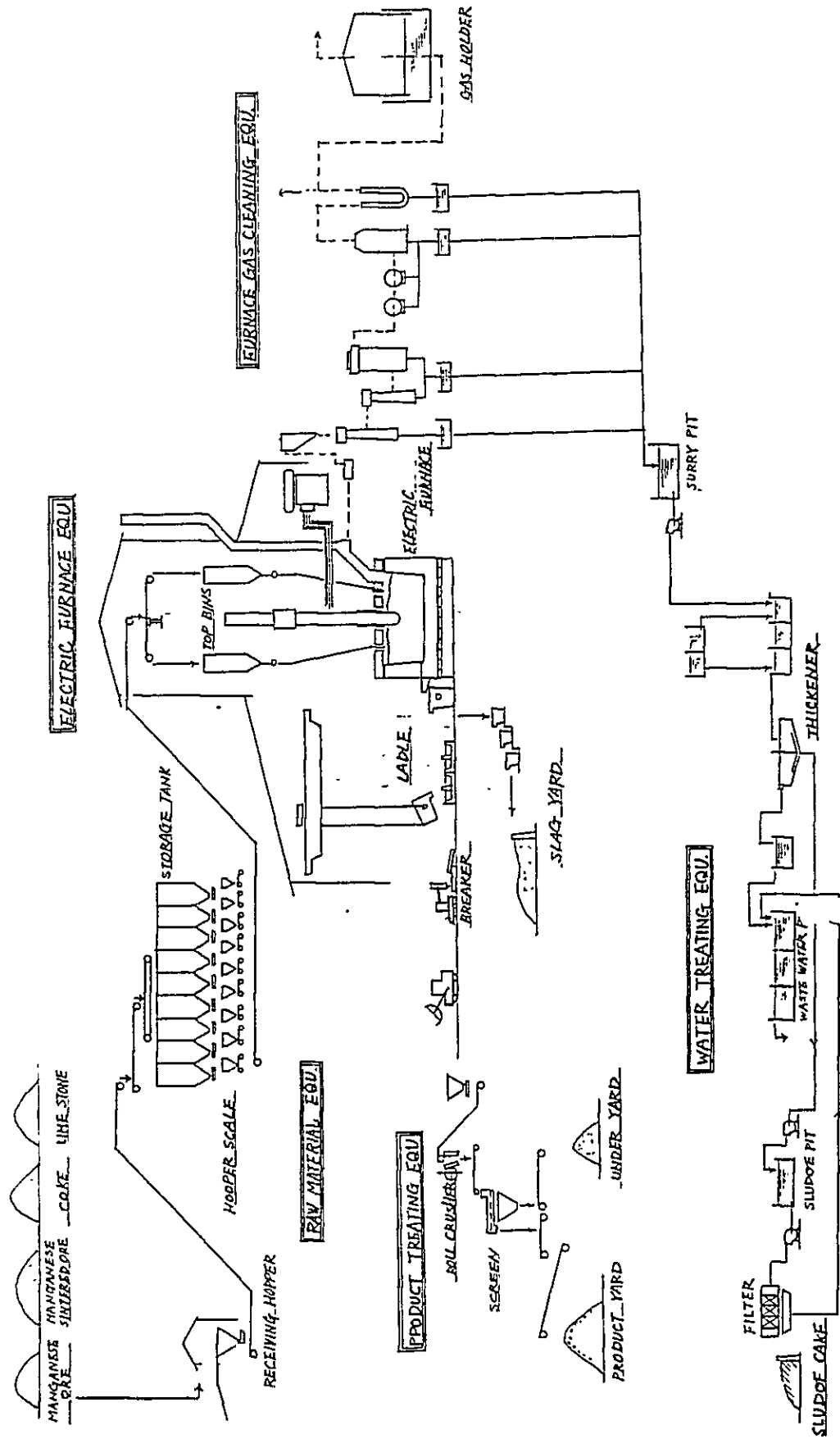
先に設定したプラント規模の case A, case B に対応し、想定される原料条件をベースに、今までの経験値を加味して、操業条件を推定すると Table II-7 の如くなる。

又、このプラントのフローシートは Fig II-7 の通りである。

Table II-7 高炭素フェロマンガンの操業条件

	単位	case A	case B
トランス容量	kVA	5,500	16,000
力率	%	85	75
平均負荷	KW	3,500	11,000
電力消費量	MWH	27,720	87,120
電力原単位	KWH/T	2,800	2,560
フェロマンガンの生産量	T/Y	10,600	34,800
製品歩留	%	90	90
製品量	T/Y	9,500	31,000
工場用地	m ²	55,000	95,000
冷却水量	T/H	50	410
操業人員	人	119	170
管理職		5	6
エンジニア		7	8
テクニシャン		38	47
クラーク		15	17
ワーカー		54	92
原料原単位	kg	2,755	2,721
マンガン鉱石		2,112	2,246
石灰石		159	-
コークス		469	461
電極ペースト		15	15
操業日数	日	330	330

Fig II - 7 FmH FLOW SHEET



3 シリコマンガ

3-1. シリコマンガの概要

シリコマンガは主としてマンガとシリコンの化合物と、マンガ鉄カーバイド ($MnFe_3C$) からなる合金で、一般的に、マンガ60~70%、シリコン14~25%、炭素は2.5%以下で残りは鉄という成分をもっている。シリコンマンガは、高炭素フェロマンガと同様に鋼中の脱酸素、脱硫能力を有しているが、高炭素フェロマンガに比して炭素量が低く脱酸力も強いことから合金鋼、特殊鋼の製造に好んで使用されている。

生産量について、フェロマンガほど明確にされていないが、日本国内では、フェロマンガの約80%程度消費されている。又、経済的な理由によりシリコマンガのかわりにフェロマンガとフェロシリコンを組合せて使用されることがある。

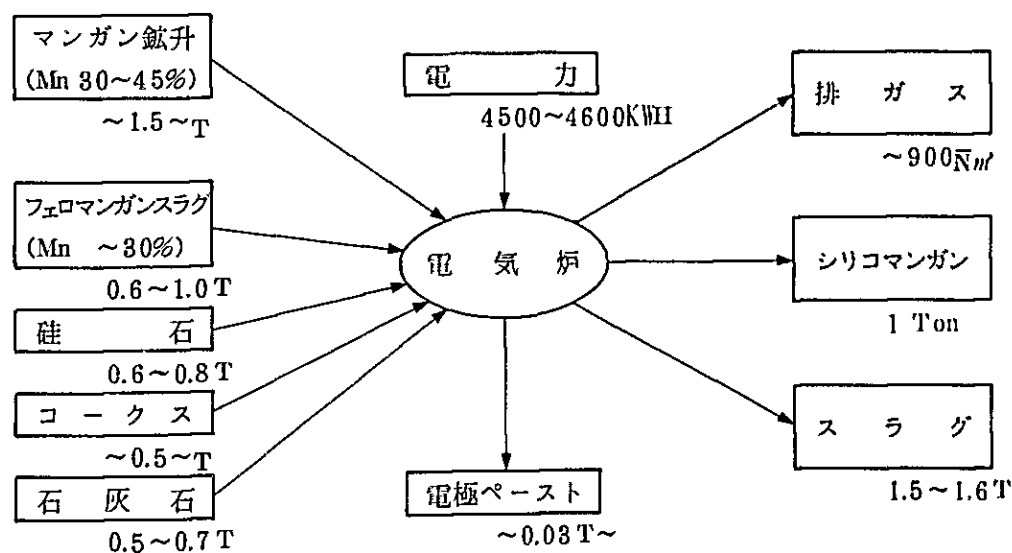
3-2. シリコマンガの市場と価格の動向

シリコマンガの市場としては、日本の消費から推定すると、全世界で年間270~280万トン程度であろう。

又その生産国、消費国の内訳やエネルギー事情は高炭素フェロマンガのところであらうであり、ここでは割愛する。

3-3. シリコマンガの製造法

シリコマンガの生産は主原料として、Mn 30~45%のマンガ鉄石やフェロマンガから発生するスラグを、Mn源、 SiO_2 源として再利用する。又副原料として、珪石、コークス、石灰石、電極ペーストを使用して、電気炉で製造される。



シリコマンガンを1トン生産するに必要とされる原材料および電力量の1例を上図に示した。

3-4. シリコマンガン製造用の原材料

シリコマンガンの原材料はフェロマンガンに較べてみると、Mn源としては、マンガン鉱石の他に資源の有効利用の為にフェロマンガンスラグを使用すること及びSi源として鉱石中の{SiO₂}の高い鉱石を選んだり、珪石を使用したりする。したがって原材料として新しいものはなく高炭素フェロマンガンの項で既に述べたとおりである。

3-5. パラグアイにおけるシリコマンガン製造プロジェクト

3-5-1 プラントサイト

シリコマンガンの場合は一般的に高炭素フェロマンガンと対で建設されることが多い。その理由の一つとして、原材料の項でも述べた如く、フェロマンガンスラグを有効に利用して経済的コストを低下させる意味が含まれている。

したがって、今回のプロジェクトでも、やはり、高炭素フェロマンガンプラント内に建設すべきであろう。

3-5-2 原材料の供給先および価格

原材料についてはフェロマンガンに比して珪石とフェロマンガンスラグが増えているが、珪石は国内より調達するものとしてトン当たり26ドルとし、フェロマンガンスラグはMn含有量より算定してトン当たり44.8ドルとする。

3-5-3 プラントの生産規模

シリコマンガンの生産規模はフェロマンガン同様大容量の電気炉ほど投資効率が良く経済性も良くなるが技術的に複雑で高度な技術力が必要になる。その他各種の制約条件から、世界的最大級の生産規模は年間7万トンであるが、本プロジェクトではフェロマンガンプラントより副生するスラグの消化がそれぞれバランスする規模を想定して、年産8000トン及び25000トンとし、これをCase A, Case Bとして計画した。

3-6. モデルプラントの建設費の推定

建設費の推定にあたっての前提条件はフェロマンガンと同様とした。

Table III-6 主要設備別工事金額

(単位 1,000ドル)

	Case A	Case B
工場建設費総額	16,000	34,000
原料関係設備	1,360	2,890
電気炉設備	5,000	10,640
製品処理設備	530	1,120
受変電関係設備	930	1,970
ユーティリティ設備	1,940	4,110
建家設備	4,960	10,540
その他	1,280	2,730

3-7. モデルプラントの予想される操業条件

先に設定したプラント規模の case A, case B に対応し、想定される原料条件をベースに、今までの経験値を加味して操業条件を推定すると、Table III-7 の如くなる。

又このプラントのフローシートは Fig III-7 の通りであり、フェロマンガンとシリコマンガンペアーのレイアウトの例として Fig III-7-2 に示した。

Table III-7 シリコマンガンの操業条件

	単位	Case A	Case B
トランス容量	kVA	6,300	22,000
力率	%	85	75
平均負荷	KW	5,000	15,700
電力消費量	MWH/Y	39,302	124,396
電力原単位	KWH/T	4,570	4,540
シリマン生産量	T/Y	8,600	27,400
製品保留	%	90	90
製品量	T/Y	7,800	24,600
工場用地	㎡	FMn, H+S, Mn 90,000	150,000
冷却水量	T/H	60	350
操業人員	人		
管理職	"	7 *	7 *
エンジニア	"	8 *	9 *
テクニシャン	"	48 *	56 *
クラーク	"	21 *	23 *
ワーカー	"	54	60
原料原単位	Kg	3,954	4,066
マンガン鉱石	"	1,445	1,456
高炭素スラグ	"	730	714
珪石	"	744	685
石灰石	"	507	669
コークス	"	498	512
電極ペースト	"	30	30
操業日数	日	330	330

註 *印 フェロマンガンと共通

Fig III - 7 SiMn FLOW SHEET

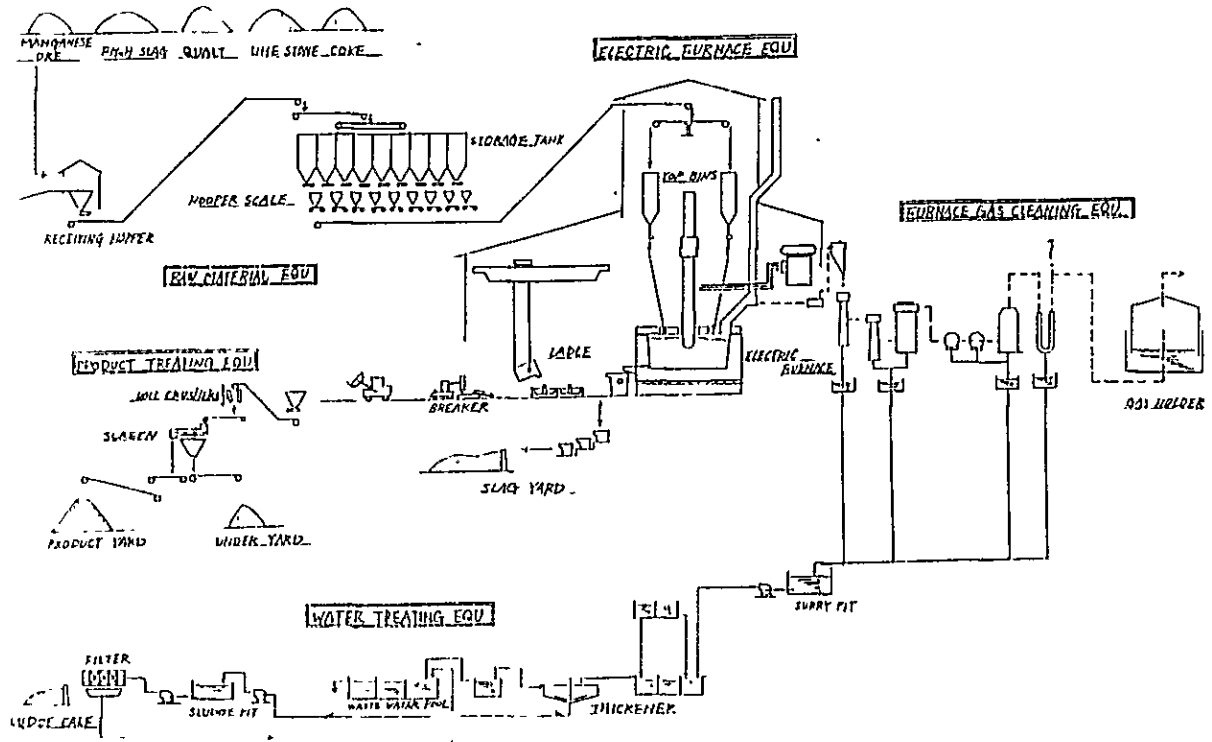
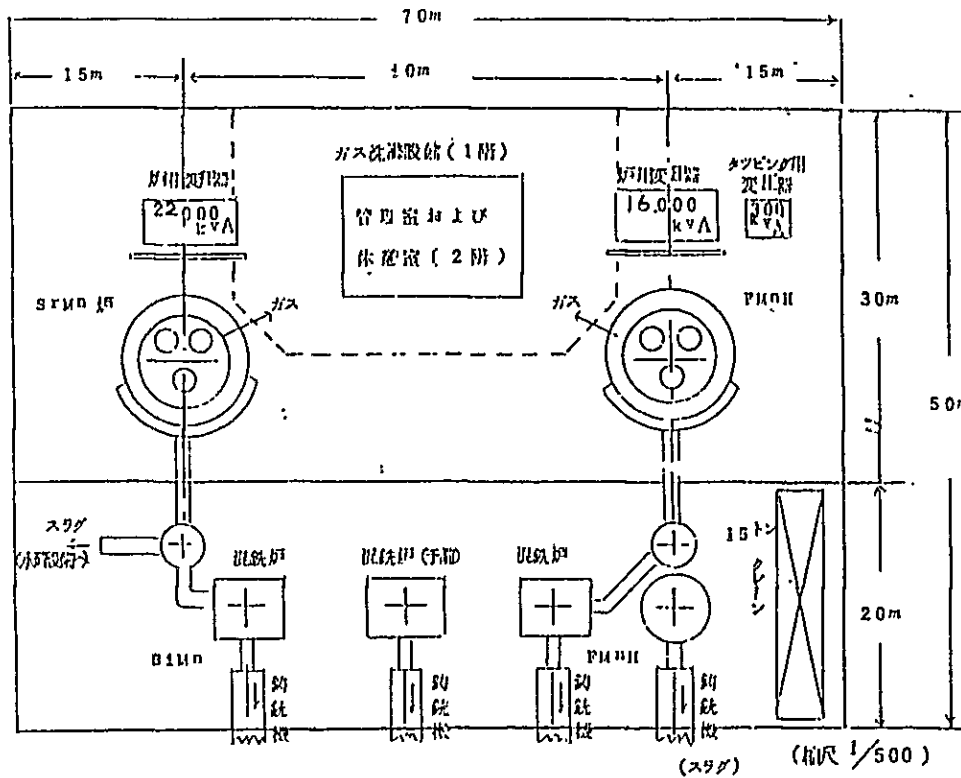


Fig III - 7 - 2 電気炉配置図



(注)

1. 15トンクレーンは修理用であり、常時には使用しない。
2. 管加室および休憩室は両炉共用とする。
3. ガス洗滌設備は各炉独立して設置するが、屋内のみには設置出来ない場合は屋外に設ける。

4 フェロ・シリコン (Ferro Silicon)

4-1. フェロ・シリコンの概要

フェロ・シリコンは、鉄と珪素の合金で一般的には珪素15～80%、アルミニウム1～2%、残りは鉄という組成であり、フェロシリコンは製品中のアルミニウムおよびリンの含有量の関係で崩壊する欠点を有する。しかしこれは現在使用原料および鑄造方法を検討することで、十分防止可能となっている。

フェロ・シリコンは脱酸剤、Si添加剤、押湯保温剤、接種剤およびテルミット用還元剤に使用されている。又珪素鋼板用として、低Alフェロシリコンが用いられている。

シリコン系合金は以上記した様に殆んど全てのSi含有率にわたって製造されているが、以下の検討は最も多く製造され使用されている75%シリコン合金鉄について行うことにする。

4-2. フェロシリコンの市場と価格の動向

フェロシリコンも他のフェロアロイと同様、鉄鋼生産の不振の影響で、世界の生産量は1974年をピークとしそれ以降、260～280万トンで停滞している。

国別の生産量では主要鉄鋼生産国のうちのアメリカが最も多く、世界生産量の約28%を占め以下ソ連、日本、および低価格電力に恵まれたノルウェーの順となっている。然し、フェロシリコンは電力消費量が多く電力費のコストに占める割合が特に大きいため、石油危機以後の原油値上りの影響が大ききき、特に電力の火力発電に依存する比率の大きい日本は、極端な採算割れの状態に陥り、現在の生産量は1974年比で半減している。その他アメリカ、及び欧州の主要鉄鋼生産国も同様に減少している。

一方、水力発電の低価格電力に恵まれたノルウェー、ブラジル、カナダ等が、輸出の増加により生産を伸している。これらの低価格電力国は、今後も設備増強による増産を計画しており、生産構造の変化はさらに顕著になると想定される。

世界市場におけるフェロシリコンの取引価格も需給状況、為替レートの変動等により極めて流動的で統一価格はない。そこで最近の価格動向の目安として最も輸入量の多い日本と米国の販売価格は、下表の通りである。

Table IV-2 日本、アメリカのフェロシリコン輸入価格推移

(単位：ドル)

	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
日本	216	251	474	586	454	492	501	682	758
アメリカ	285	288	582	595	426	407	392	528	471

註. アメリカはシリコン70～80%品、日本は40 up品

フェロシリコンも 1974 年の石油危機を境に市場価格は大巾に値上りしたが、火力電力への依存比率の大きい日本、アメリカ、および欧州の主要鉄鋼生産国では原油価格上昇分が、製造コストに吸収出来ずこれ等のフェロシリコンメーカーの採算は悪く、生産量の引下げ或は生産を中止せざるを得ない状態に陥っている。

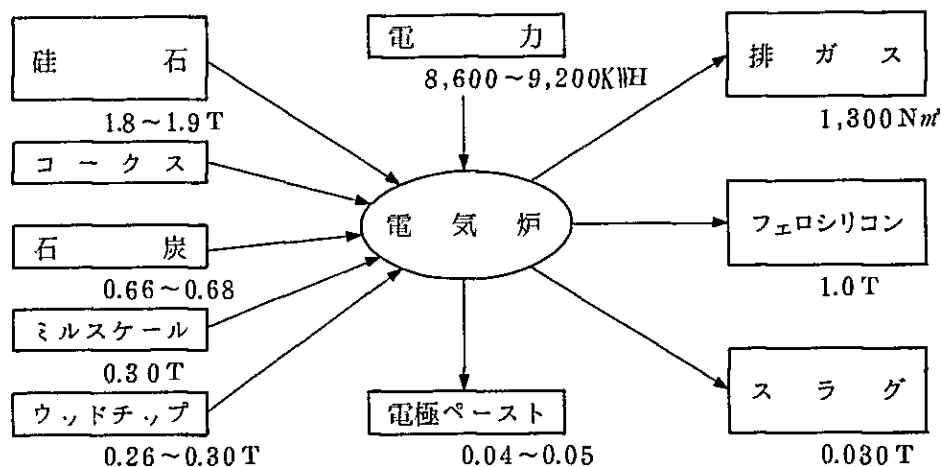
一方、低価格電力国ではフェロシリコンの増産を計画しており、今後も当分の間フェロシリコン価格は横ばいの状態が続くと予想される。

4-3. フェロシリコンの製造法

フェロシリコンは主原料である硅石と、副原料として、石炭及びコークス、ウッドチップス、鉄屑としてミル・スケール又は鉄鉱石、電極ペースを使用して電気炉で製造される。

フェロ・シリコン製錬の特徴は他のフェロ・アロイと異り殆んどスラグを生成しないことにある。

フェロシリコン 1 ton を生産するのに必要な原材料および電極量の概略は下図に示すとおりである。



4-4. フェロシリコン製造用の原材料

4-4-1 硅石

フェロシリコンの主原料となる硅石は、地殻中に最も多い鉱物で世界的に広く賦存し、各国とも特殊な品質のもの以外国内産の硅石を使用している。

成分としては SiO_2 は 98% 以上で、不純物の少ないものが望ましい。不純物の存在は硅石自身の融点を下げる為、シリコン還元機構上好ましくない。

また炉内で粉化しないためヒートショックに強いことが必要である。サイズは $20 \sim 40 \mu\text{m}$ が適当である。

4-4-2 石 炭

石炭はフェロシリコンの製錬反応を円滑に進める為不可欠の原料である。

必要な特性としては、高い粘結性を持つことである。

サイズは5～25 μ mが望ましい。

石炭は各地で産出し、量的にも豊富であり、容易に入手出来る。本プロジェクトでは国内産が調達出来るものとした。

4-4-3 コ ー ク ス

固定炭素分が85%前後で硫黄分は0.5%以下の低いものが望ましい。

サイズは10～25 μ mが適当である。

4-4-4 鉄 原

(1) ミル・スケールが一般的に使用されているが鉄鉱石でもよい。

4-4-5 ウッド・チップ

低品位の還元剤であるが原料の嵩比重調整材として、必要不可欠な原料である。

4-4-6 電極ペースト

一般に電気炉の電極は自焼成式(Soderberg電極)であるので、電極の消耗した分はペーストで補給しなければならない。自焼成式電極ペーストの主要な供給国は、日本、ノルウェー、米国、ブラジルなどがあり容易に国際価格で輸入出来る。

4-5. パラグアイにおけるフェロシリコン製造プロジェクト

4-5-1 プロントサイト

プロントサイトの選定基準は、フェロマンガンの場合と同様である。フェロシリコンの場合硅石を国内で調達することになるが、製品の輸出の便利さ、インフラの整備状態からみて当面アスンシオン近郊を選定することがbetterである。

4-5-2 原材料の供給先および価格

主原料の硅石は国内で調達することになるが採掘費及び工場までの輸送費等も含めたプラントCIFは少くとも他の国のフェロシリコンメーカーのプラントCIFである約26ドル/MTに等しいかそれ以下になる様な硅石を入手する必要があるコークスは安定入手が可能な米国よりの輸入が適当であり、石炭は国内産のものを使用する。

電極ペーストは近距離にあるブラジルのメーカーより輸入するのがよい。

予想される原材料のプラントサイトCIF価格は次の通りとする。

Table IV-5 フェロシリコン原材料のプラントサイトCIF価格

(単位ドル)

	産地	輸出国 F O B	海上 運賃	河川 運賃	その他 経費	合計 プラントサイト C I F
珪石	国産					26.00
コークス	アメリカ	76.00	28.00	35.00	8.90	147.90
石炭	国産					100.00
スケール	国産					40.00
ウッドチップ	国産					20.00
電極ペースト	ブラジル	450.00	30.00	35.00	19.00	534.00

4-5-3 プラントの生産規模

フェロシリコンの生産規模はフェロマンガンの場合と同様な制約条件から世界的には年間生産量4万トンの炉が最大で、平均的には年産2万トン級の炉が操炉のし易さと経済性とが、バランスしている。

一方、パラグアイの生産を想定する場合、操業技術の習熟に適當で経済的にみて最少規模と考えられる年産6千トン級の規模で生産を開始することが望ましい。よってこれをCase Aとし、平均的経済規模とされる年産2万トンをCase Bとしてモデルプラントを想定した。

4-6. モデルプラント建設費の推定

フェロマンガンプラントの場合と同様な前提条件で、建設費の推定を行った。主要設備別の推定価格はTable IV-6に示す通りである。

4-7. モデル・プラントの予想される操業条件

先に設定したプラント規模のCase A, Case Bにつき、今までの操業の経験値を加味して操業条件を想定するとTable IV-7の如くとなる。

又、このプラントにおけるフローシートはFig IV-7の通りである。

Table IV-6 主要設備別工奉金額

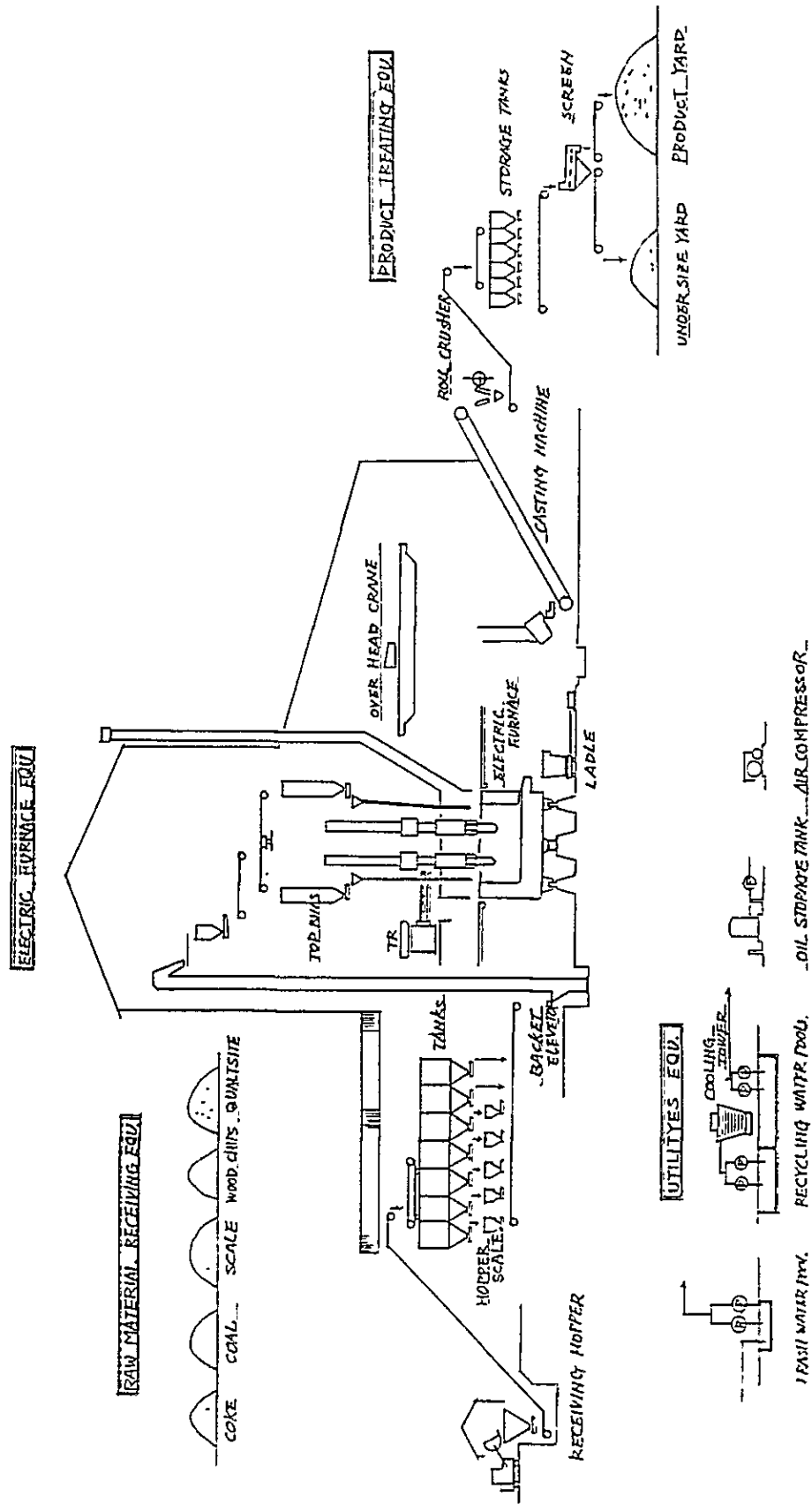
(単位 1,000ドル)

	Case A	Case B
工場建設費総額	20,000	36,000
原料関係設備	1,700	3,060
電気炉設備	6,260	11,300
製品処理設備	660	1,200
受変電関係設備	1,160	2,000
ユーティリティ設備	2,420	4,360
建家設備	6,200	11,200
その他	1,600	2,880

Table W-7 フェロシリコンの操業条件

	単 位	Case A	Case B
トランス容量	kVA	9,000	32,000
力率	%	82	72
平均負荷	kW	7,000	23,000
電力消費量	MWh/Y	58,800	184,800
電力原単位	kWh/T	9,000	8,700
フェロシリコン生産量	T/Y	6,500	21,200
製品歩留	%	93	93
製品量	T/Y	6,000	19,700
工場用地	m ²	55,000	95,000
冷却水量	T/H	150	600
操業人員	人	95	106
管理職		5	5
エンジニア		7	7
テクニシャン		37	38
クラーク		15	15
ワーカー		31	41
原料原単位	Kg/分	3,467	3,567
硅石		1,846	1,910
スケール		300	300
コークス		663	678
石炭		353	359
ウッドチップ		260	270
電極ペースト		45	45
操業日数	日/Y	350	350

Fig W - 7 Fe-Si FLOW SHEET



5 フェロクロム

5-1. フェロクロムの概要

フェロクロムはクロムと鉄の合金で、炭素の含有量によって高炭素、中炭素、低炭素に分けられている。従って成分もクロム55～70%、炭素0.1～9.0%、珪素1.0～8.0%、残りが鉄とい範囲にわたっている。このうち高炭素フェロクロムが最も多く使用されている。この報告では高炭素フェロクロムを検討の対象とし以後、フェロクロムは高炭素フェロクロムを意味するものとする。フェロクロムは特殊鋼、特にステンレス鋼の代表的な添加元素で添加剤の中で最も多量に使用されている。又自由世界最大のステンレス鋼の生産国である日本が当然ながらフェロクロムの最大の消費である。

フェロクロムのステンレス鋼を含む特殊鋼1トン当りの使用量は29～34Kgである。

5-2. フェロクロムの市場と価格の動向

フェロクロムもフェロマンガ、フェロシリコン等他のフェロアロイと同様に、鉄鋼生産の不振の影響を直接受け、世界の生産量は1974年をピークに、それ以降180～190万トンで停滞している。

国別の生産では南アフリカが最大の生産国で、豊富なクロム鉱石資源の保有と、安価な電力を武器に主要鉄鋼生産国への輸出を伸ばし、世界の生産量の約26%を占めるまでになった。以下日本、ソ連、アメリカ、スウェーデンの順になっている。

然し、之等の国のうち、主要鉄鋼生産国であり、且つ主要フェロクロム生産国であった、日本、アメリカ、及びヨーロッパ諸国は、原料のクロム鉱石を輸入に依存し、さらに石油危機以降、電力価格の上昇による採算悪化に加え、クロム鉱石資源保有国、低価格電力国からの輸出攻勢により、フェロクロムの生産は次第に減少している。一方クロム鉱石資源保有国で且つ低価格電力国の南アフリカ、ブラジル、そして低価格電力に恵まれたノルウェー等は輸出を中心に生産を伸ばしている。この様に1974年の石油危機以降、原油値上りによる、火力電力価格の上昇と、これの波及効果によるクロム鉱石の値上りは、世界のフェロクロム生産構造に大きな変化をもたらしている。今後この傾向は更に顕著になり、日本、アメリカ、およびヨーロッパの主要鉄鋼生産国は、クロム鉱石資源保有国および低価格電力国からのフェロクロムの輸入は、より一層増加するだろう。

世界市場におけるフェロクロムの取引価格は需給状況、為替レートを変動等にかり極めて流動的である。フェロクロム輸入量の多いアメリカの輸入価格推移は次表の通りである。

Table V-2 アメリカのフェロクロム輸入価格推移

(単位: ¢/lb of cr)

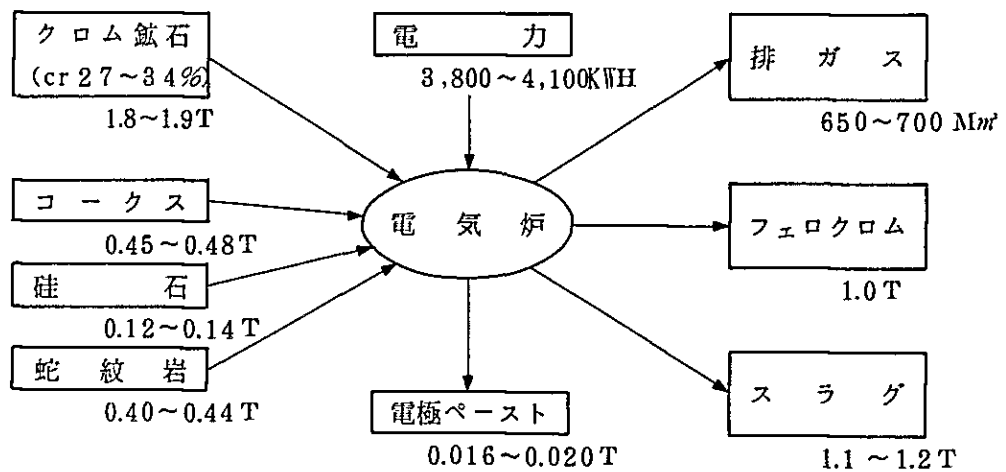
	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
アメリカ	20	20	50	56	42	35	38	46	46

フェロクロムの国際市場価格は1973年まで約20¢/lb of crであったものが1974年の石油危機で一時的に急上昇して70~80¢/lb of crまで上ったが、その後下降に転じ1977年の後半には約30¢/lb of cr近くまで下り、アメリカやヨーロッパ諸国では国内のフェロクロムメーカー保護のため輸入規制処置を実施したほどであった。

その後市場価格は44~48¢/lb of crまで回復し以後横ばい状態が続いている。然し、この価格でもアメリカ、日本およびヨーロッパ諸国では、石油危機以後の電力価格およびクロム鉱石価格の上昇分は吸収しきれず、輸入品にシェアを奪われ、採算われの状態になっている。今後更に南アフリカ、ブラジル、スウェーデン等のフェロクロムの増産が予想され、国際市場価格は当分の間、低迷状態が続く可能性が高い。

5-3. フェロクロムの製造法

フェロクロムは主原料としてcr 27~34%のクロム鉱石と副原料としてコークス、珪石、蛇紋岩(橄欖岩)および電極ペーストを使用して電気炉で製造される。



フェロクロム1トンを生産するのに使用される原材料および電力量は既略上図に示すとおりである。この工程で生成したスラグは廃棄されるか、破碎して路盤材として活用出来る。

5-4. フェロクロム製造用の原材料

5-4-1 クロム鉱石

クロム鉱石の確定埋蔵量は1.8億トンで推定埋蔵量を加えると4.7億トンと想定される。ク

クロム鉱石もマンガン鉱石と同様賦存状況の偏が、大きく、南アフリカ、ジンバブエ、およびソ連でその97%を占めている。従ってクロム鉱石の生産量も南アフリカ、ソ連が圧倒的に多く次いで、アルバニア、トルコ、ジンバブエの順になっている。生産されるクロム鉱石の大半は品位がCr 26~34%、Cr/Fe 比が1.1~3.4の範囲のものである。

クロム鉱石の世界市場価格も1974年の石油危機を堺に、大巾に値上りし、クロム鉱石の大量輸入国である日本の輸入価格(FOB)の推移価格例でみると、石油危機前の1973年までトン当たり16~20ドルのものが、1974年以後値上り17.45~50ドルとなっている。

5-4-2 コークス

フェロマンガンの場合と同様である。

5-4-3 硅石

フェロシリコンの場合と同様である。

5-4-4 蛇紋岩

溶剤のマグネシア分の供給源として必要なもので橄欖岩又はドロマイト系のものでよい。品質はMgO 35%以上で、鉄分の少ないものが望ましい。サイズは10~30%がよい。

5-4-5 電極ペースト

フェロマンガンの場合と同様である。

5-5. パラグアイにおけるフェロクロム製造プロジェクト

5-5-1 プラントサイト

プラントサイト選定基準はフェロマンガンの場合と同様である。特にフェロクロムの場合、原料のクロム鉱石資源がパラグアイ国内に賦存する可能性は少く、輸入することになるため、河川輸送に便利で、電力供給体制の確立しているアスンシオン近郊を選定することが適切である。

5-5-2 原材料の供給先および価格

クロム鉱石の輸入先としては、プラントサイトまでの輸送距離、品質、供給の安定性等を考慮して、南アフリカが最適である。但し南アフリカのクロム鉱石はCr/F 比が低いため、これから製造されるフェロクロムのクロム品位は50~55%と低くなる。高品位のフェロクロム製造を望む場合はCr/Fe 比の高いアルバニア、クンド、フィリピン等のクロム鉱石を輸入すればよい。コークスは安定的に入手出来るアメリカからの輸入が適当である。硅石、蛇紋岩は国内産のものを使用するのが望ましい。電極ペーストは近距離にあるブラジルのメーカーより輸入するのが適当である。予想される原材料のプラントCIF価格は次の通りである。

Table V-5 フェロクロム原料のプラントCIF価格

(単位:ドル)

	産地	輸出国 F O B	海上 運賃	河川 運賃	その他 経費	合計 プラントサイト C I F
クロム鉱石(塊)	南アフリカ	53.00	20.00	35.00	7.70	115.70
クロム鉱石(粉)	"	48.00	20.00	35.00	7.76	110.60
コークス	アメリカ	76.00	28.00	35.00	8.90	147.90
硅石	国産					26.00
蛇紋岩	国産					16.00
電極ペースト	ブラジル	450.00	30.00	35.00	19.00	534.00

5-5-3 プラントの生産規模

フェロクロムの生産規模はフェロマンガンの場合と同様な制約条件から世界的には年間生産量6万トンの炉が最大で、平均的には2万トン級の炉が操炉のし易さと経済性がバランスしている。

一方パラグアイの生産を規定する場合、操炉技術の習熟に相当で、経済的にみて最少規模と考えられる年産9千トン級の規模で生産を開始することが望ましい。よってこれをCase Aとし、平均的経済規模とされる年産2万トンをCase Bとしてモデルプラントを想定した。

5-6. モデルプラント建設費の推定

フェロマンガンプラントの場合と同様な前提条件で建設費の推定を行った。

主要設備別の推定価格はTable V-6に示す通りである。

5-7. モデルプラントの予想される操業条件

先に設定したプラント規模のCase A, Case Bにつき、想定される原料条件をベースに、今までの経験値を加味して操業条件を推定するとTable V-7の如くなる。

又このプラントのフロシートはFig V-7の通りである。

Table V-6 主要設備別工事金額

(1,000\$)

	Case A	Case B
工場建設費総額	18,000	30,400
原料関係設備	1,530	2,580
電気炉設備	5,630	9,520
製品処理設備	600	1,000
受変電関係設備	1,050	1,760
ユーティリティ設備	2,200	3,680
建家設備	5,580	9,400
その他	1,410	2,460

Table V-7 フェロクロムの操業条件

		Case A	Case B
トランス容量	KVA	7,000	16,000
力率	%	75	72
平均負荷	KW	4,600	9,500
電力消費量	MWH/Y	37,500	77,500
電力原単位	KWH/T	4,050	3,950
フェロクロム生産量	T/Y	9,260	19,600
製品歩留	%	93	93
製品量	T/Y	8,500	18,000
工場用地	m ²	55,000	95,000
冷却水量	T/H	80	200
操業人員	人	119	140
管理職		5	5
エンジニア		7	7
テクニシャン		38	39
クラーク		15	15
ワーカー		54	74
原料原単位	Kg/T		
クロム鉱石		1,852	1,865
コークス		470	470
硅石		136	138
蛇紋岩		428	403
電極ペースト		18	18
操業日数		340	340

6 フェロアロイ、モデルプラントによるコストの推定

6-1. 製品の市場価格から見たプラントの推定出荷価格

フェロアロイ製品を欧米市場に出荷する前提で、世界価格をベースにパラグアイのプラント出荷価格を推定すると Table VI-1 の通りである。

なお現在の市場価格は異常に低いため、想定されるモデル的な価格をベースとし検討することにした。

Table VI-1 製品のプラントの推定出荷価格

(単位:ドル/T)

	市場 価格 C I F	輸 送 経 費			輸 送 経 費 合 計	パラグアイ プラント出荷 価 格
		海 上 運 賃	河 川 運 賃	そ の 他 経 費		
フェロマンガ	400 (350)	25 (#)	35 (#)	11.70 (11.30)	71.70 (71.30)	328.30 (278.70)
シリコマンガ	430 (380)	25 (#)	35 (#)	11.80 (11.50)	71.80 (71.50)	358.20 (308.50)
フェロシリコ	700 (600)	25 (#)	35 (#)	13.70 (13.00)	73.70 (73.00)	626.30 (527.00)
フェロクロム	610 (530)	25 (#)	35 (#)	13.00 (12.50)	73.00 (72.50)	537.00 (457.50)

註: (#) は現在の市場価格ベース

6-2. 製品コストの推定

各製品の推定コストは Table VI-2-1 に示す通りである。製品コストの推定にあたっては下記の前提条件によった。

(1) 償却費 (設備費は、各製品の設備工事費の Table 参照)

20年定額償却とする。

(2) 金利 設備資金は金額借入とし、金利は年率10%とし元本返済期間を15年とする。

(3) 固定資産税、保険料

本試算では除外する。

(4) 人件費 (人員は各製品の操業条件の Table 参照)

職能別賃金を以下の通りとする。

Manager	US\$	48,000 /Y
Engineer	"	24,000 /Y
Technican	"	14,000 /Y

Worker US\$ 6,000 /Y

- (5) 修繕費 設備費の2%とする。
- (6) 原料費 原材料の原単価、および価格はTable VI-2-2のとおりとする。
- (7) 販売費 製造原価の10%とする。
- (8) 本社費 製造原価の3%とする。
- (9) インフラストラクチャーは含めないものとする。
- (10) 為替レート ¥250/US\$ とする。

Table VI-2-1 パラグアイにおけるフェロアロイの推定コスト

	フェロマンガン				ニッケルマンガン				フェロシリコン				フェロクロム			
	Case A		Case B		Case A		Case B		Case A		Case B		Case A		Case B	
平均負荷率	3.500		11.000		5.000		15.700		7.000		22.000		4.600		9.500	
年間製造結果(1Y)	9.500		31.000		7.800		24.600		6.000		19.700		8.500		18.000	
(固定費)	S/T	比%	S/T	比%	S/T	比%	S/T	比%	S/T	比%	S/T	比%	S/T	比%	S/T	比%
賃 却 費	68,210	9.1	45,437	7.2	98,506	10.3	61,943	8.4	150,000	13.5	87,234	9.5	94,186	10.9	75,165	9.6
金 利	80,842	10.8	53,851	8.5	110,779	12.3	73,401	10.0	177,833	16.0	97,462	11.3	111,628	12.9	89,066	11.3
生 計 ①	149,052	19.9	99,288	15.7	209,285	22.7	135,344	18.4	327,833	29.5	179,696	20.3	205,814	23.8	164,231	20.9
(変動費)																
原 料 費	354,039	47.1	360,100	56.9	327,944	36.4	331,867	45.2	222,584	20.1	227,266	26.3	300,966	34.9	304,942	38.9
電 力 費	78,000	10.4	77,100	12.1	137,100	15.2	136,200	18.6	270,000	24.3	261,000	30.2	121,500	14.0	118,500	15.1
消耗材料費	35,000	4.7	34,000	5.4	31,000	3.4	30,000	4.1	41,000	3.7	40,000	4.6	40,000	4.6	40,000	5.1
遊可品収入	30,016	△4.0	△49,224	△7.8	-		△30,246	△4.1	-		-		-		-	
労 務 費	48,000	6.4	19,029	3.0	55,584	6.2	19,352	2.6	54,666	4.9	20,406	2.4	55,814	6.4	32,967	4.2
作 業 費	30,316	4.0	20,194	3.2	41,818	4.6	27,530	3.7	66,667	6.0	36,548	4.2	41,860	4.8	33,407	4.3
生 計 ②	515,330	68.6	461,199	72.8	593,446	65.8	514,703	70.1	654,917	59.0	585,220	67.7	560,140	64.8	529,816	67.6
製品原価①+②	664,382	88.5	560,487	88.5	797,731	88.5	650,047	88.5	982,750	88.5	764,916	88.5	765,954	88.5	694,047	88.5
本 社 費	19,931	2.7	16,815	2.7	23,932	2.7	19,501	2.7	29,483	2.7	22,947	2.7	22,979	2.7	20,821	2.7
販 売 費	66,438	8.8	56,049	8.8	79,773	8.8	65,005	8.8	98,275	8.8	76,432	8.8	76,595	8.8	69,405	8.8
総 原 価	750,751	100.0	633,351	100.0	901,436	100.0	734,553	100.0	1110,508	100.0	864,355	100.0	865,528	100.0	784,273	100.0

Table VI-2-2 パラグアイに於けるフェロアロイの原材料
推定原単位

(Kg/T)

		フェロマンガ		シリコマンガ		フェロシリ		フェロクロ	
		A	B	A	B	A	B	A	B
	\$/T								
アマパ塊	130.2	1,056	991	-	-				
アマンHG	130.2	338	248	-	-				
スマトアンL	109.6		568	628	-				
BHPHG	135.0	718	451	817	856				
BHPMG	108.4			-	600				
高炭素Mnスラグ	44.8			730	714				
クロム銲石塊	115.7							1,305	1,865
クロム銲石粉	110.6							547	-
硅石	26.0			744	685	1,846	1,910	136	138
蛇紋岩	16.0							428	403
石灰石	14.0	159		507	669				
スケール	40.0					300	300		
コークス	147.9	469	461	498	512	663	678	470	470
石炭	100.0					353	359		
ウットチップ	20.0					260	270		
電極ペースト	534.0	15	15	30	30	45	45	18	18
計		2,755	2,734	3,954	4,066	3,467	3,562	2,904	2,894
電力量	KWH/T	2,600	2,570	4,570	4,540	9,000	8,700	4,050	3,950
	\$/T								
戻しスラグ	44.8	670	638	1,575	1,590	-	-	-	-
発生ガス	0048/Nmf	-	430	-	630	-	-	-	-

6-3. 推定コストに対する電力単価の影響

本スタディでとりあげたフェロアロイ4品種のうち電力消費量の最も少ないフェロマンガと最も多いフェロシリコンの2品種のCase Bについて、電力単価をUS1¢/KWH~4¢の4段階に変化させて、電力コストを算出し、製造コストにおよぼす影響をTable VI-3に示す。

Table VI-3 フェロアロイの電力コストの製造コストにおよぼす影響

電力単価		US 1¢/KWH	2	3	4
フェロマンガン フェロシリコン	電力原単位 (KWH/T)	2,570	同 左	同 左	同 左
	電力コスト (US \$/T)	25.7	51.4	77.1	102.8
	電力コスト/製造コスト (%)	4.4	9.6	13.8	17.5
	電力原単位 (KWH/T)	8,700	同 左	同 左	同 左
	電力コスト	87.0	174.0	261.0	348.0
	電力コスト/製造コスト	14.7	25.7	34.1	40.8

上表の如く、電力単価の製造コストにおよぼす影響は電力消費量の大きい品種ほど大きく、電力単価1¢当りフェロマンガンで約4%であるが、フェロシリコンでは、約10%にも達している。

7 推定されるコストの国際競争力について

本スタデーによるパラグアイの推定コストはTable VI-2-1 に示す如くで4品種共、現在の市場価格は、勿論のことモデレートな市場価格と、想定されるプラント出荷価格 (Table VI-1) とを較べても製造コストは大巾に高い。この主な理由はコスト構成より明らかな如く、

- (1) 新設プラントであるため、償却費および金利負担額のコストに占める比率が高く世界の平均的規模のプラントであるCase B でも15~20%となっている。
- (2) 内陸に位置しているため、輸送コストが割高となり特に原料を海外から輸入する比率の大きい製品は河川輸送費コスト分だけで、100\$以上の原料費UPになっている。
- (3) 更に基本的な問題として、モデレートな市場価格は、原材料が自国で産出し、且電力が安価で、設備償却の進んだフェロアロイ生産先進メーカーの採算ラインである。

したがってパラグアイが世界市場に参入する為には、これ等の不利な点を十分に考慮した対応策が必要である。その主なものは

- (1) 設備コストを少なくする為低利資金か極端な場合無利子にすると設備コストは半分以下になる。
- (2) 輸送コストを少なくするためには国内に賦存する鉱物を開発しこれを有効に利用すること。
例えば硅石や、賦存する確率の高いMu 鉱山の開発によりフェロシリコンや、フェロマンガに希望が持てる。
- (3) 輸送ルートの整備により大型船の通行を可能にすること等、輸送の合理化をする。
- (4) 電力単価については今回US3¢/KWHで評価したが他の輸出国並かそれ以下にし内陸国の不利をカバーすること。

例えば隣国のブラジルでは輸出特急電力単価をブラジル国内電力単価の半分の1.2¢/KWHとしている。

Table VII 世界の電力料金

(mill/KWH)

国名	電力料金	
	国内	輸出特恵
ブラジル	24	12
ヴェネズエラ	14	-
ノルウェイ	10~20	-
カナダ	15	-
中国*	27~68	25~33
フランス*	20~25	-
阿南	20~25	-
スペイン	20~25	-
印度	33~38	-
日本	60	-

出所 メタルブルテン

註 *印国 フェロアロイ用電力料金

その他に工場の規模の設定や、人件費の負担等政策的にも種々カバーする方法がある様に考える。何れにしても現状の異状に低いフェロアロイの世界市場価格では、企業化は困難であり、価格の回復を待つ必要はあるが今回想定したモデレートな価格になっても市場参入は容易でないと想定される。従ってフェロアロイの企業化については強力な産業育成政策のもと、世界のフェロアロイ市場価格動向をよくみきわめる事が必要である。

8 本スタディにおける問題点

パラグアイの産業立地に関する情報、データ、国の習貫など本スタディを行うに必要な情報が少ない為必要条件の殆どを推定や仮定に基いたもので、大略の方向付には利用出来るが、精度は充分でない。したがってこの種のプロジェクトの精度をあげる為には、パラグアイの現地調査、関係部署との協議、情報の収集の上、プラントの規模、建設費、原料輸送等の諸条件の見直しが必要である。

Annex

I プラントの操業の概要

1 各設備の概要

(1) 原料設備

この設備は、アスシオン港陸揚げされた原料の受入から電気炉に使用する為の原料、破碎、配合設備が含まれている。

(2) 電気炉

鉱石と還元材を混合し、電気炉に装入し電力で加熱熔融反応させてフェロアロイを生産する工程である。

この電気炉の型式には、炉頂を開放した開放型電気炉と、炉頂に蓋をした密閉型電気炉があり、一般的に小型炉は開放型式、大型炉は密閉型式が多いが密閉型の場合は技術的にも設備的にもより高度になる。今回のプロジェクトでは、フェロマンガン、シリコマンガンのCase Bのみは密閉型を採用し、他は全て開放型電気炉とした。

(3) 製品処理設備

電気炉で生産されたフェロアロイを、電気炉から熔融状態で取出し、これを固化し、冷却及び規格のサイズに破碎分級する工程である。破碎には、ブレイカーで荒割し、仕上はクラッシュャーで行うのが一般的である。

(4) 集塵設備

環境保全の為の設備であるが、電気炉の型式、開放型、密閉型で異なり、開放型場合バックフィルター等の乾式集塵設備となり密閉型の場合はベンチュリースクラバー等の湿式集塵設備となるのが一般的である。

(5) 受変電設備

電気炉を操業するのに必要な電力を受電し、電気炉の操業電圧に調整する設備である。パラグアイの場合は、60KVで受電しその後必要電圧まで下げることになる。

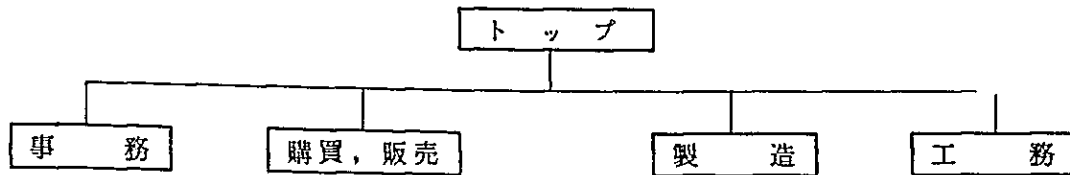
(6) ユーティリティ設備

これは用水をはじめ燃料、圧縮空気等を供給する設備である。

2 マンパワーの配置及数

今回のプロジェクトでは、会社の形態を想定したが、国の風土、習慣、法律等でも変更があるものと思われる。ここではフェロマンガンのCase Aで説明する。

会社の組織



事務部門には人事、経理、庶務を担当させ、購買、販売は営業活動を担わせクラーク15名とテクニシャン5名を配置した。

工務部門には電力、機械設備、土木建築の3つの担当からなりエンジニアを3人、テクニシャンを22名配置した。

製造部門は、原料、電気炉、製品処理の作業の大部は24時間作業として4班3交替制とし、それと技術管理と分析検査担当も包含した。人員の配置としては、エンジニアは4名テクニシャンは電灯のフォーママンを含め、11名ワーカーは54名とした。

フェロアロイの成績の推定方法については、少なくとも、3段階の手順を踏む必要がある。ここではフェロマンガンでその一例を示す。

(1) 原料鉍石の選択及組合せ

原料鉍石の選択は世界中の銘柄からどれを選ぶかは、非常に困難なことであるが、今回はパラグアイから最も近いアマパ（ブラジル）、南阿を主体に考えてみたが $\{SiO_2\}$ が低くすぎる様に考えられるのでオーストラリアを配合して調整した。

配合Ⅰは、アマパ、南阿のみ配合ⅡはⅠにオーストラリアを配合したもの、Ⅱより $\{CaO\}$ 分を除き、配合品位を高めた場合の例である。

Table I-3-(1) 原料の選択及び組合せ

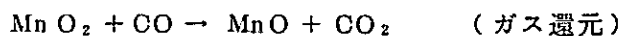
		配合Ⅰ	配合Ⅱ	配合Ⅲ
アマパ（塊）		70.5	44.0	50.0
アリマン HG		4.5	11.0	16.0
ママトマン L		26.0	25.0	-
BHP HG		-	20.0	34.0
		(100.0)	(100.0)	(100.0)
配 合 組 成	Mn	45.43	45.54	48.45
	Mn t4	86.55	35.39	40.98
	Fe	5.61	5.63	5.98
	SiO_2	3.14	4.13	4.34
	Al_2O_3	4.41	3.78	4.69
	CaO	3.50	3.50	-
	Mn/Fe	8.10	8.09	8.12

(2) マテリアル バランス

今回は配合Ⅲについてマテリアルバランスを取り、Table I-3-(1) に示した。

計算の前提

- Mn loss, は Vapour loss 及 Handling loss 合せて 2% とした。
- 他の成分の loss は 1% とした。
- S log は融点, 流動性を考えて CaO/SiO_2 の比を調整するが, 3 元状態や経験をベースに 0.65 ~ 0.7 とした。
- S S log 量は, 600 kg ~ 700 kg になる様に調整し, S log 量の算出は $(MnO + SiO_2 + CaO + Al_2O_3) \div 0.9$ として行った。
- C 量は計算必要量に対して経験的に 1.15 倍とした。
- MnO_2 の還元反応の内



の反応が MnO_2 の 60% が関与し 40% が C 還元されると見做した。

(3) ヒートバランス

このヒートバランスの使用方法は種々の方法がある。今回の使用目的は反応熱, メタル, スラグの顕熱, 発生ガスの顕熱等を算出し, この結果より所要電力原単位を推定する為のものである。

(4) (1)~(3)の手順によって計算した製造成績をまとめると Table I-3-3 になる。

Table I-3-(2) マテリアルバランス Case A (配合Ⅲ)

	原単位	Mn	Mn +4	Si	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	CaO	C	VM	M ₂ O
装 入	(kg/T)										
Mn 鉱 石	2112	1026	865		92	126	99				106
石 灰 石	159							85			8
コ ー ク ス	469				35	3	3		398	5	61
電 極 ペ ー ス ト	15				1		1		12		
計	2755	1026	865		128	129	103	85	408	5	175
生 成											
メ タ ル	1000	800		3	6	120			68		
ス ラ グ	670	(266) 206			121	8	132	84			
ダ ス ト 他	35	20			1	1	1	1			
V, M	5									5	
ガ ス	1045								340		175
計	2755	1026			128	129	133	85	408		175
ス ラ グ 組 成		30.7			18.1	1.1	19.7	12.5		CaO/SiO_2 0.69	

○ Slag 量 (26.6+121+132+84)÷0.9=670

○ 炭素必要量

MnO ₂ + 2C	865×0.4× $\frac{2 \times 12}{55}$ = 151	}	346.3
MnO + C	(800 - 865×0.4)× $\frac{12}{55}$ = 100		
SiO ₂ + 2C	3 × $\frac{2 \times 12}{28}$ = 2.6		
FeO + C	120 × $\frac{12}{56}$ = 25.7		
MeTal に入る C	68		
	346.3 × 1.15 = 398.2		398Kg/T

○ ガス発生量

	CO	CO ₂
MnO ₂ + CO → MnO + CO ₂	△ 264.2	415.2
MnO ₂ + 2C → Mn + 2CO	352.3	-
MnO + C → Mn + CO	231.1	-
Fe ₂ O ₃ + CO → 2FeO + CO ₂	△ 32.3	50.7
FeO + C → Fe + CO	60.0	-
SiO ₂ + 2C → Si + 2CO	3.0	-
CaCO ₃ → CaO + CO ₂	-	66.8
	349.9	532.6

Table I-3-(3) ヒートバランス Case A (配合Ⅲ)

Item	Condition of Calculation	KCal/Kg	Kg	x10 ³ KCal/Kg
Formation heat of Mn ₃ C	3Mn + C → Mn ₃ C	22/Mn	800	17.6
MnSi	Mn + Si → MnSi	500/Si	3	1.5
Slag	(Al ₂ O ₃ + SiO ₂) + (CaO + MgO)	150/ $\frac{1}{3}Al_2O_3 + SiO_2$	253	38.0
Indirect reduction heat of MnO ₂	MnO ₂ + CO → MnO + CO ₂	638/Mn	519	331.1
Total				388.2
20 → 1400 C				
Sensible heat Metal		306/M	1000	306.0
Slag		400/S	670	268.0
Reduction heat MnO ₂ → Mn	MnO ₂ + 2C → Mn + 2CO	1,304/Mn	464	592.0
MnO → Mn	MnO + C → Mn + CO	1,194/Mn	346	412.8
Fe ₂ O ₃ → Fe	Fe ₂ O ₃ + CO → 2FeO + CO ₂	14/Fe	129	1.8
FeO → Fe	FeO + C → Fe + CO	632/Fe	120	81.8
SiO ₂ → Si	SiO ₂ + 2C → Si + 2CO	5,456/Si	3	16.4
Latent heat of fusion <small>under size metal</small>		410/Metal	-	-
Evaporation heat H ₂ O	H ₂ O(l) → H ₂ O(g)	540/H ₂ O	175	94.5
CH ₄	CH ₂ (S) → CH ₄ (g)	136/CH ₂	5	6.8
Decomposition heat CaCO ₂	CaCO ₃ → CaO + CO ₂	995/CO ₂	67	66.7
MnO ₂ · nH ₂ O	MnO ₂ · nH ₂ O → MnO ₂ + nH ₂ O	222/H ₂ O	-	-
Sensible heat of exhaust gas CO		79/CO	350	27.0
CO ₂		94/CO ₂	533	39.4
H ₂		173/H ₂	5	0.9
dust		61/dust	35	2.1
H ₂ O		131/H ₂ O	175	22.9
Total				1939.1
Difference				1550.9

ガス Volum		%	必要動力量
CO	$349.9 \div 28 \times 22.4 = 279.9$	(46.1)	$1550.9 \div 0.86 = 1803.4 \text{ KWH}$
CO ₂	$532.6 \div 44 \times 22.4 = 271.1$	(44.7)	$1803.4 \div 0.7 = 2576.3 \text{ KWH}$
H ₂	$5 \div 2 \times 22.4 = 56.0$	(9.2)	
	607 Nm ³		2600 KWH/T

Table I-3-(4) フェロマンガンの製造成績の推定

	単位	Case A
製品品位 Mn	%	80
Si		0.3
C		6.8
Mn 歩留	%	78
電力原単位	KWH/T	2600
原料原単位	Kg/T	2755
Mn 鉱石		2112
石灰石		159
コークス		469
電極ペースト		15
スラグ組成 Mn	%	30.7
SiO ₂		18.1
CaO		19.7
Al ₂ O ₃		12.5
CaO/SiO ₂	-	0.69
スラグ生成量	Kg/T	670
発生ガス組成 CO	%	46.1
CO ₂		44.7
H ₂		9.2
ガス発生量	nm ³	607

第 V 編

鐵 鋼 業

1 序 論

パラグアイにおける電力多消費型産業として鉄鋼業を取り上げる場合、電気炉を採用した一貫製鉄プラント (Integrated Steel Works) の立地可能性が考えられるが、パラグアイのように現状国内に鉄鋼生産プラントを有せず、需要のすべてを海外よりの輸入に依存するが一方では、安価な電力の入手が可能とみられる国においては、まず小規模な条鋼製品 (Non-flat Products) の電気炉 — 圧延プラントを検討することから始めるのが妥当と思慮する。既に国内に鉄鋼生産プラントを有せず、また鉄鋼業発展の初期の段階にある国では、鉄筋用小棒や小形形鋼といった土木・建築用の需要にウェートがあること。また最初に鉄鋼業の建設に着手する規模としても資金、経営、技術、労働力等色々な面からみて着手しやすい規模であるからである。

このような理由から、本レポートでは、

1-1 関係者の理解を深めるために小棒の種類、生産、原料等に関する一般的情報

1-2 パラグアイにおけるミニ・ミルプラント (電気炉 — 小棒 / 小形形鋼ミル) の成立可能性に関する予備的検討結果を記述する。

なお、小形形鋼についてはミニ・ミルプラントで小棒も併せて生産することが可能であるが、パラグアイの場合量的に極めて少ないとみられることから、本レポートでは小棒を中心に記述する。

また、パラグアイにおいては現在 ACEPA 社 (Acero del Paraguay S.A.) により高炉一貫製鉄所 (木炭高炉 — 転炉 — 連続铸造 — 小棒ミル) の建設が進んでいるが、本レポートの目的は電力多消費型産業としての電炉法によるミニ・ミルプラントの可能性を予備的に検討することであり、ACEPAR プロジェクトとの関係については考慮しない。なお今後さらに検討を進めていく場合は、ACEPAR プロジェクトとの本ミニ・ミルプラントとの関連について取り上げていくことが不可欠である。

2 棒鋼の種類

2-1 鋼材の種類

鋼材はその形状によって条鋼類、鋼板類、鋼管類に大別される。条鋼類とはすじ状に圧延された鋼材全般を指し、製品形状によって軌条、鋼矢板、形鋼、棒鋼および線材などに分けられる。

2-2 棒鋼の種類

2-2-1 形状および寸法による分類

切断面の形状によって分けられるものとして、丸鋼、平鋼、角鋼、六角鋼、八角鋼および半円鋼があり、外観形状によるものとして表面に突起のある異形棒鋼、コイル巻きになっているバーインコイル (bar in coil) などがある。

表 2-1 鋼材の種類

種 類		名 称
条 鋼	軌 条	重軌条, 軽軌条, 付属品
	鋼 矢 板	鋼矢板, 簡易鋼矢板
	形 鋼	H形鋼, 大形形鋼, 中形形鋼, 小形形鋼, 軽量形鋼, リムリングバー, サッシバー
	棒 鋼	大形棒鋼, 中形棒鋼, 小形棒鋼
	線 材	普通線材, 特殊線材, パーインコイル
鋼 板	鋼 板	厚板, 中板, 薄板, 冷延鋼板
	広巾帯鋼	広巾帯鋼, 冷延広巾帯鋼
	帯 鋼	帯鋼, みがき帯鋼
	電磁鋼板	珪素鋼板, 冷延珪素鋼板
	メッキ鋼板	ブリキ, 亜鉛鉄板
鋼 管	継目無鋼管, 鍛接鋼管, 電縫鋼管, 電弧溶接鋼管, ガス溶接管	
外	. 輸 (鉄道車輛用)	

さらに、これらは断面寸法によって大形棒鋼、中形棒鋼、小形棒鋼に区分され、断面寸法は丸鋼および半円鋼は直径、角鋼類は対辺距離、平鋼は幅で表示される。異形棒鋼はほぼ同一断面積の丸鋼に換算して D_{xx} と呼ぶ。(径 19 ミリ相当は $D19$)

2-2-2 用途による分類

棒鋼の用途は極めて多岐にわたっているが、主たる用途は鉄筋用、二次加工用、機械、船舶、車輛用である。二次加工製品としてはボルト、ナット、つるはし、ハンマー、磨棒鋼などがある。用途及びこれに対応した品質により規格が定められている。(日本及び主要国の規格は Appendix 2 参照)

2-3 鉄筋コンクリート用棒鋼

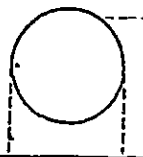
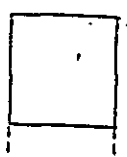

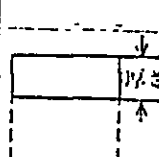
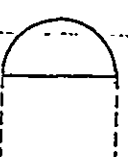
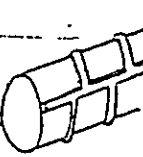
棒鋼生産の大部分を占める鉄筋コンクリート用小形棒鋼は、その名称が示すとおり、コンクリート補強に使用する目的でつくられた棒鋼である。

現在は鉄筋用丸鋼と鉄筋用異形棒鋼の 2 種類が使われている。これは外観による区分であるが、このほか製造方法による区分としては熱間圧延棒鋼と冷間加工棒鋼(現在、日本では生産されていない)があり、形状による区分としては直棒とパーインコイルがある。

2-3-1 鉄筋用丸鋼

1970 年頃までは鉄筋コンクリート用棒鋼のうち 50% は丸鋼であった。しかし異形棒鋼

表 2-2 棒鋼の側面寸法による区分

種類	丸鋼及び パイプ鋼	角鋼	六角鋼	平鋼	半円鋼	異形棒鋼	
断面形状							
断面寸法の 表わし方	直径	対辺距離	対辺距離	幅×厚さ	径	ほぼ同一面積の 丸鋼に換算して D××と呼ぶ	
寸法分類の 基準	大形	径 100ミリ超	辺 100ミリ超	対辺距離 100ミリ超	幅 130ミリ超	径 130ミリ超	—
	中形	径 50ミリ以上 100ミリ以下	辺 50ミリ以上 100ミリ以下	対辺距離 50ミリ以上 100ミリ以下	幅 65ミリ超 130ミリ以下	径 65ミリ超 130ミリ以下	公称直径 50ミリ以上 100ミリ以下
	小形	径 50ミリ未満	辺 50ミリ未満	対辺距離 50ミリ未満	幅 65ミリ以下	径 65ミリ以下	公称直径 50ミリ未満
生産比率 (日本・ 1974・%)	大形	0.6	0.09	—	1.7	—	—
	中形	2.2	0.3	0.06	2.6	0.0	—
	小形	20.2	0.6	0.02	3.8	0.0	67.8

のコンクリート施工における有利性が認められるについて丸鋼の比率は低下し、現在は20%程度となっている。

2-3-2 鉄筋用異形棒鋼

(1) 異形棒鋼の概要

鉄筋用丸鋼に対して図1のように表面に突起のある棒鋼が鉄筋用異形棒鋼である。長さ方向の突起をリブ(rib)といい、円周方向の突起を節(knot)という。

異形棒鋼は、鉄筋用丸鋼の欠点であるコンクリート付着性の弱さを改善する目的で開発されたものである。

表面に突起を付けることによって、コンクリートとの接触面積が広くなり、かつ突起が

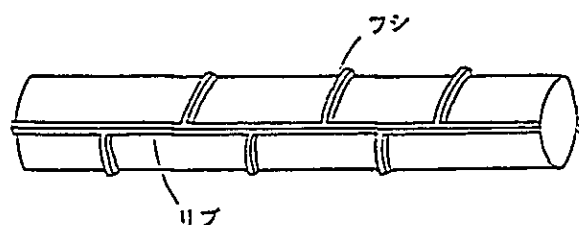


図 2-1 異形棒鋼

コンクリートへ食い込むため、コンクリート付着性およびコンクリート構造物の強度が著しく向上する。異形棒鋼のコンクリート付着性に着目し、メッシュ（mesh，溶接金網）用の素材として使われているバーインコイルにも異形バーインコイルも開発されている。異形棒鋼が10ミリ（D10）～51ミリ（D51）サイズの直棒として一般に棒鋼工場で製造されるのに対して、異形バーインコイルは6ミリ（D6）～13ミリ（D13）のコイル（Coil）として線材工場で製造される。

(2) 高張力異形棒鋼

高張力異形棒鋼とは、日本工業規格（JIS）では、異形棒鋼のうち降伏点35kg/mm以上、引張り強さ50kg/mm以上のものことである。鋼材の軽量化が進められる中で、コンクリート構造物もその体積を減じて軽量化する方向に進み、これへの対応として異形棒鋼の高張力化が進められた。高張力化の方法には大別して次の3つがある。

- 1) 成分調整……………珪素，マンガンなどの化学成分を調整することによって素材（鋼片）を高張力鋼化し，その製品（棒鋼）に生かす。
- 2) 冷間加工……………熱間圧延によって出来上がった製品を，常温で振り加工（塑性変形）し強度増加をはかる。
- 3) 熱処理……………熱間圧延後の精整工程において急冷し焼入れ効果による強度増加をはかる。

日本で市販されている高張力異形棒鋼は，成分調整法によるものが大部分である。

3 小棒メーカー（主に電炉メーカー）の経営

現在，小棒は(1)高炉メーカー，(2)平電炉メーカー，(3)単圧メーカー，(4)伸鉄メーカーという4つの異なった企業形態によって生産されているが，平電炉メーカー以下の企業数が多いことでは他の鋼材に例をみない。

小棒を生産しているメーカー数は，日本では245社程度（1976年操業休止中のメーカーを含む），その内訳は高炉メーカー7社，平電炉メーカー54社，単圧メーカー30社（一部伸鉄業との兼業メーカーを含む），伸鉄メーカー（Re-roll maker）154社と推定される。

また，不況時には倒産，廃業，操業中止，合併等の現象が多く発生するため業態別の企業数は

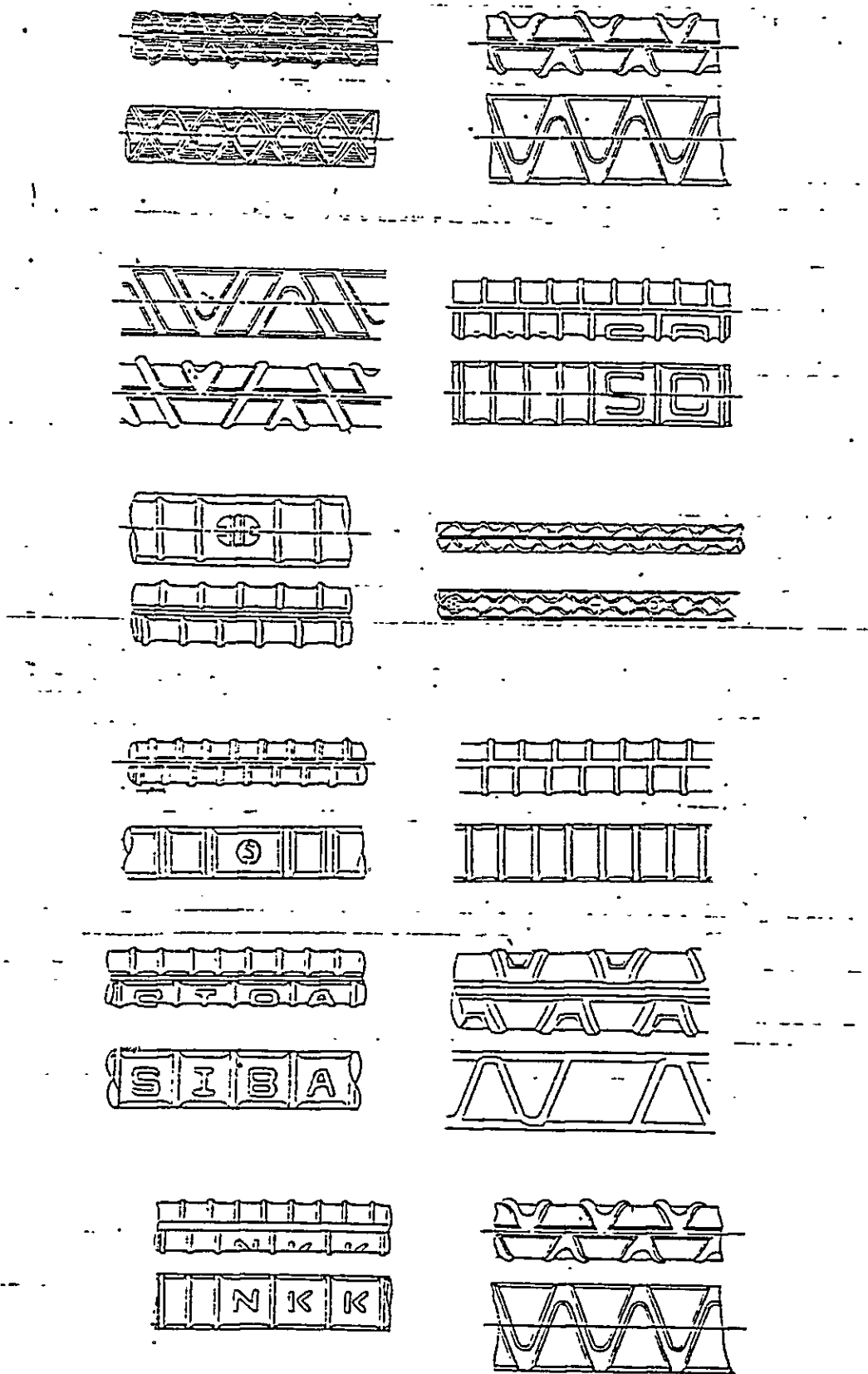


図 2-2 日本・异形棒鋼の種類

たえず流動的である。

このうち、生産量では平電炉メーカーが全体の60%以上を占め、以下単圧メーカー、伸鉄メーカー、高炉メーカーの順で、高炉メーカーの生産ウェイトは極めて低い、つまり、中小メーカーによって生産の大部分(約90%)が占められていることも、小棒生産の大きな特色である。これは小棒の需要単位が、冷延薄板、厚板などに比べて小さく、生産設備および製品の品質に、他鋼材のように高度なものが要求されず小回りのさく生産体制を必要とすることにも起因している。

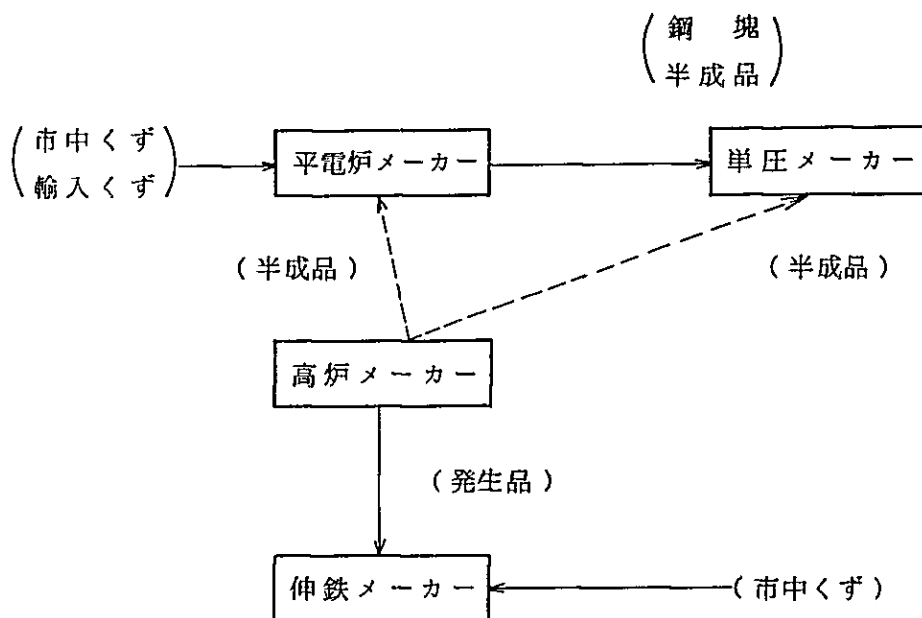
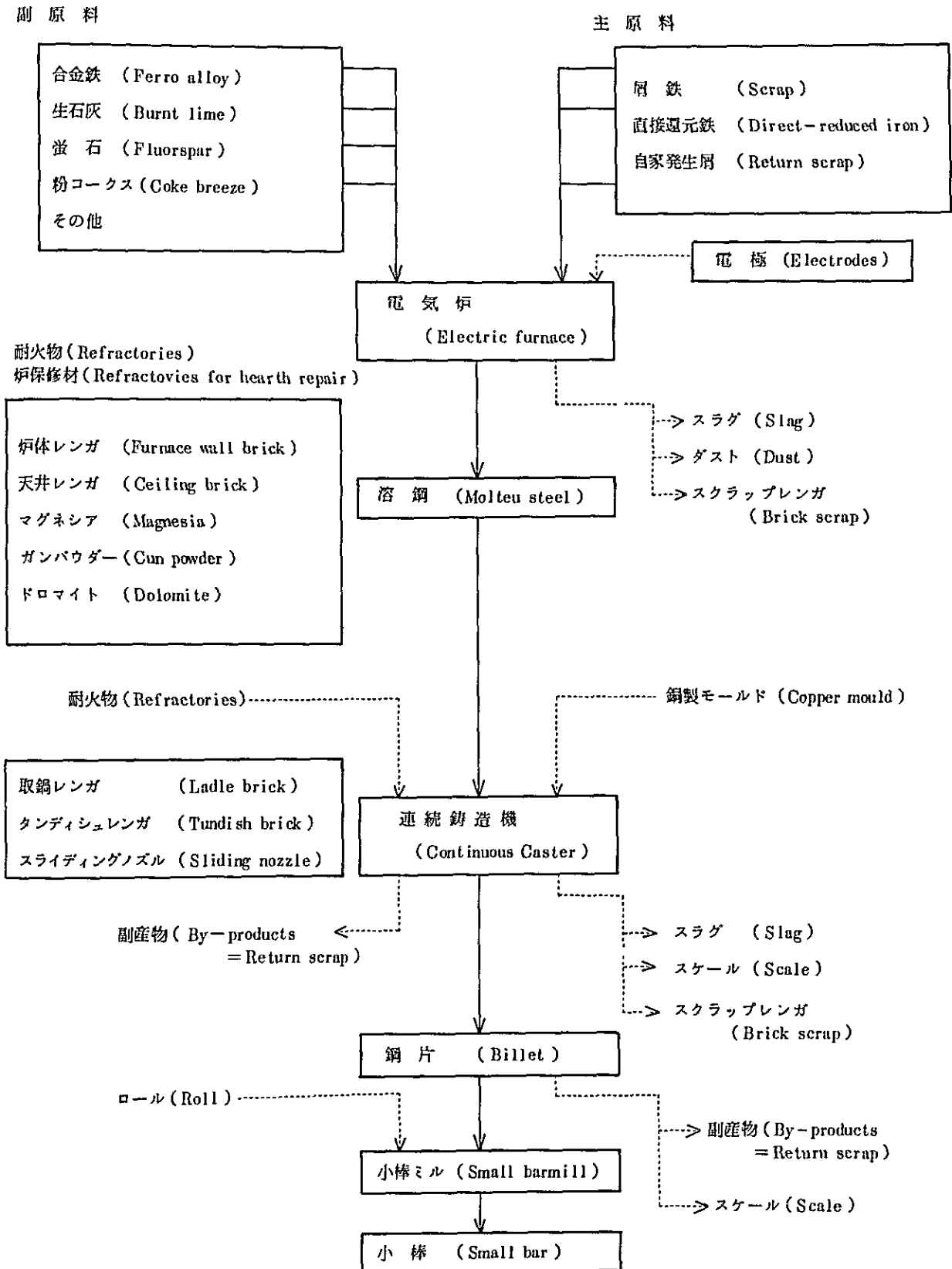


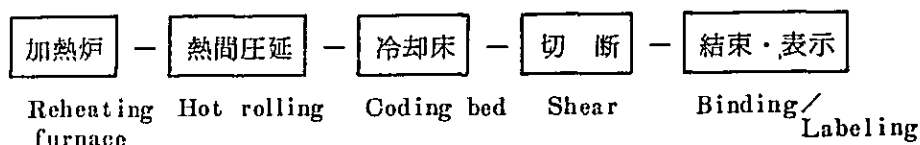
図3-1 材料フロー

図3-1のとおり、鉄鋼供給の中核は(1)高炉メーカーであり、量産方式による大量供給体制をとるものであるが、これに対して(2)平電炉メーカー、(3)単圧メーカー、(4)伸鉄メーカーは弾力的な少量生産方式により、小口需要分野への供給体制をとるもので、品種別には小棒、小形形鋼が多い。従って世界的にみても平電炉メーカーの場合、主力品積の小棒、小形形鋼が景気による変動を受けやすい土木建築用の市況品種であることから収益の変動が大きく不安定な経営状態に置かれやすいというのが一般的認識となっている。(詳細はAppendix 3参照)

4 電炉法による小棒生産フロー



*小棒ミルの生産プロセス



(生産プロセスの詳細は Appendix 4 に示す)

5 小棒の生産プロセス優位比較

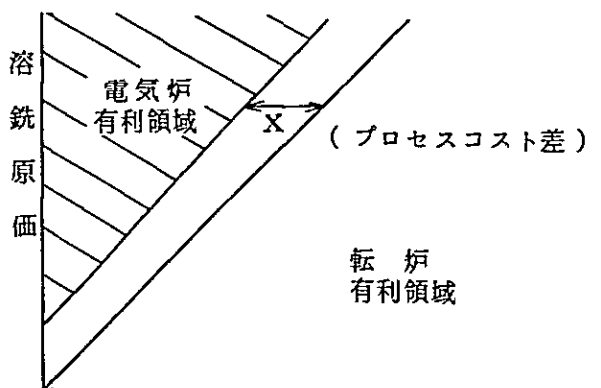
5-1 高炉一転炉法と電気炉法のコスト比較

高炉一転炉法による粗鋼生産は、日本、西独等鉄鋼先進国では75~80%に達している。その理由は経済的にすぐれていること以外に、日本の場合は鉄鋼生産の伸びに比べて鉄屑の発生が少なく、鉄源を鉄々に依存しなければならない事情があったからである。即ち、Costを大きく左右する鉄屑を原料とする電気炉法に比べ経済的且つ安定したCostを確保できるからである。

高炉一転炉法では、コークス・焼結・高炉・転炉と多数の工程により粗鋼が得られるのに対し、電気炉法では電気炉のみで粗鋼が得られる。即ち高炉一転炉法では電気炉法の2倍以上の設備投資が必要とされているが、反面作業としては合理的且つ効率的で大量生産に適し優れた経済性をもっている。

一方電気炉法も大容量電力(uetra high power)の使用による生産能率の向上、原料使用量の切り下げに著しい改善が図られ、そのコンパクトさと共に、特にアメリカではMini-Millとして隆盛した。しかし、1973年のOilshock以降のエネルギー価格の高騰により電力をエネルギー源とする電気炉にCost的に大きな負担をもたらし、変動費、固定費を合せたプロセスコストとしては転炉法が有利なのが現状である。

転炉法と電気炉法のコスト競争力は資本費(設備費)と並んで溶鉄と屑鉄の価格バランスにより決定されるが、電気炉が転炉に対し有利になるためには、生産プロセスでのコスト差以上に鉄屑価格が溶鉄原価より低いことが必要となる。(図5-1)



5-2 アメリカの例

アメリカの棒鋼(異形棒鋼が多い)の生産は、相当のウェイトを中小企業が占めており、特に近年いわれているMini-Mill

図5-1

は大部分が棒鋼の生産を行うためのものである。

このMini-Millは、①低コストの鉄屑、②安価な電力、③適当な市場規模の3つの要素が主なる存在要因でもち、ウルトラハイパワー電炉と連続鑄造設備の活用で、大メーカーのコストに対抗できるとされている。これらは年生産能力5万～50万tonで主にコンクリートバーを製造している。

この様にアメリカの棒鋼生産は、日本と同様中小企業がその生産を担っているものが多く、労働力、原料入手、生産、販売、建値、顧客サービス等及び地域的需要を賄う意味で適応性ももち得るものとして存在しているのである。

一般的にこれらのMini-Millは、大手又は同規模のメーカーと競合する場合は、納期の短縮・品種の専門化ないし加工により対抗し、必要時には価格引下げによる競争に踏切る。また量より質に重点を置き、需要家を失わない様に努力している。

このために大口数量の契約は大メーカーに任せ、10ton位の小口に重点をおくメーカーもある。得意先へは1週間に1度は連絡をとっている。この様なことから判る様に殆んどがメーカーよりユーザーへの直売で、そのウェイトは80%位である。

総じてみると、棒鋼を生産しているアメリカのMini-Millは地方的需要の多い品種及び形状の製品を圧すること。この目的を達するに必要な範囲に限られた投資を行うこと、この特定の仕事についての最高水準に従業員を訓練すること及び工場の設備を最大限度に利用することにより、生産維持のための競争力を維持している。

いわゆる「規模の経済性」はMini-Millに於ては有利に働く。通常単位当り生産費（資本費は除き、原料費を含む）は、Mini-Millの方が大規模製鉄所よりもかなり高くなっているが、溶鉄と鉄屑の価格を同じと仮定して、操業費のみの比較では電炉法はアメリカの場合通常10%前後高く、その理由としてエネルギーコスト（電力費）が高いことによるといわれている。

しかし、資本費を計算に入れば純生産費はMini-Millも大メーカーも大差ないとみられている。従ってアメリカの場合、操業費の不利よりもむしろ資本費の有利性を生かすために、できるだけ低いコストをもって原料を確保することが最も重要なこととなっており、そのために棒鋼メーカーはこの点に留意すると共に、その市場を工場から半径100マイル以内に求めることで、大メーカーへの1つの対抗要因をみいだしている。

なお、Mini-Millの1社当りの平均年間能力は15ton前後といわれ、この規模は前述の資本費を低く抑えること、鉄屑の安価な供給、製品市場と工場サイトの関係等から経済的な規模といわれている。アメリカのこれらの事情は概ね各国の事情と共通している。

6 原料 — 鉄屑

6-1 小棒と鉄屑の関係

生産工程で述べたように、小棒はピレットを圧延して造られるが、そのピレットの主原料は、高炉において鉄鉱石・石炭であり、電炉においては鉄屑である。小棒生産の大半を占めるものは電炉メーカーであるので、小棒生産量の増減により、鉄屑需要量が大きく左右され、鉄屑発生量の多少により、小棒生産量が制約される。また小棒価格の騰落は、鉄屑価格に反映する一方、鉄屑価格の騰落も小棒価格にはねかえる。

このように、小棒と鉄屑は表裏一体の関係にある。

電炉における原料は、鉄屑のほかには造滓剤としての石灰石や螢石、成分調整剤や還元剤として合金鉄等が使用されるが、これら副原料は量的には少量であり、原料費に占める比率も少ない、従ってここでは小棒の主原料として鉄屑を重点的にとりあげる。

6-2 鉄屑の需給見通し

6-2-1 鉄屑の発生

(1) 購入屑：流通市場に登場する鉄屑には次の2つの形式がある。

加工屑：機械・自動車・造船その他工場が発生する屑

老廃屑：廃車・一般家庭老廃屑（自動車・冷蔵庫・洗濯機等）建物の解体等により発生する屑

(2) 自家発生屑（Return Scrap）：流通市場に登場せず、発生工場自らで消費する

Scrapである。Return Scrapは粗鋼生産高に対し一定の比率（現在約15%）で発生する。

6-2-2 鉄屑の供給

(1) 自家発生屑（Return Scrap）

自家発生屑の供給見込みは、粗鋼生産見込みと、それだけの量を生産する時の歩留りに関係する操業条件いかに左右される。

特に造塊一分塊法から連続鋳造法への切替が進み日本の場合、鋼材製品の対粗鋼歩留りは向上し、'75年に85.3%であったものが、2000年には88.6%までアップしょう。

歩留り向上の結果、鉄屑の自家発生率は低下し、65年には20%、80年には15%であったものが、2000年には13%近くまで低下する。生産技術の進歩は、粗鋼生産の大幅な増加にも拘らず、屑の発生量を小幅にとどめている。

(2) 加工屑

欧米、日本等先進国では、技術進歩により、加工屑の供給は相対的に低下するものの、老廃屑の発生が大巾に増加すると言われている。

6-2-3 鉄屑の需要

表6-1 鋼材歩留りと連鋸比率の推移

将来の鉄屑需要を想定するにあたって、ポイントとなるのは、転炉、電気炉など炉別生産割合と、それぞれの炉における鉄屑の配合比率である。

(1) 炉別生産割合

技術革新と需要の増大を背景に、転炉による設備新設が相次いで行われた結果、平炉はその生産比率を低下させている。世界の電炉比率が現状の20%を維持していくか、それとも粗鋼生産の伸びについて低下していくか見解のわかれるところである。

(2) 鉄屑配合比率

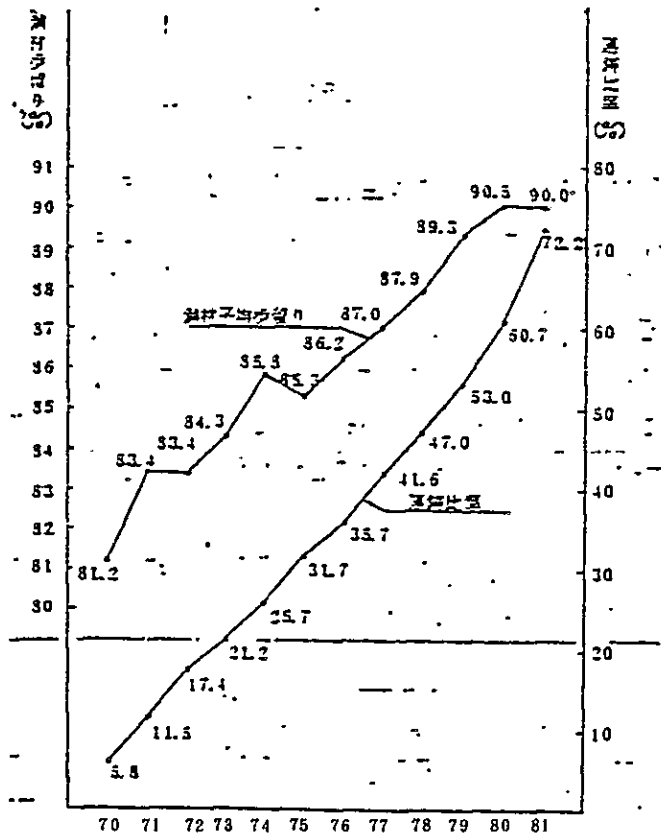
鉄屑の需要量は、炉別生産量のほか、それぞれの炉における鉄屑の配合比率に左右される。電炉に装入される原料は、若干の合金鉄や造滓剤があるものの、大半が鉄屑であり、鉄屑を主原料とする限り、電炉の鉄屑配合比は今後も変化しないであろう。

一方、転炉の鉄屑配合比は、鉄屑の価格動向原燃料の供給状況と価格、操業能率、製品需給と設備能力などを総合して採択される。

(3) 今後の見通し

電気炉及び鉄屑、還元鉄の今後の見通しについては、色々意見があるが次のような専門家の意見が有力である。

来たるべき10年間、鉄鋼は発展途上国にとってますます重要性を帯びてこよう。そして鉄鋼の追加能力の多くは、電気炉をベースにして稼働しよう。欧州及び米国における製鋼能力は来たるべき10年間、年平均1%以下の伸びでしか増加しないが、発展途上国の鉄鋼能力の伸び率はそれよりずっと大きく、25~40%となろう。1980年には世界の電炉鋼粗鋼年産能力は、20%程度であったが、1990年には80年当時に比し2倍ふえ、30%程度となろう。電炉鋼生産には、多くの利点がありこれが上記の生産シェア増加の理由となっている。鉄屑に基づく電炉工場の建設費は、一貫製鉄所のその半分である。



直接還元鉄が原料である場合には、その建設コストは約60%である。

電炉の大きさは大きくなってきており、若干の電炉は普通の転炉よりずっと大きい。直接還元鉄の使用は、以前一貫メーカーに限られていた鋼種の生産を可能にし、また鉄屑への依存をへらした。直接還元鉄は鉄屑の代替としてみなされるべきではなくて、補足としてみなされるべきである。というのは将来の鉄屑の需要は供給を上回るからである。多くの電炉メーカーは上昇する鉄屑輸送費が彼らの国際市場での競争力を引下げるとしても、彼らの鉄屑需要をみたすために、鉄屑を輸入せねばならないだろう。

米国はかなりの鉄屑資源を有しているがそれが需要の急激な上昇に急速に反応し得るかどうかが疑問である。ソ連は過去において鉄屑を輸入してきたが、一方、自らの電炉能力をふやしてきているので将来その入手はより少なくなろう。

6-2-4 鉄屑輸出入の現況

表6-1、表6-2に示されるとおり、主たる輸出国はアメリカである。ラテンアメリカ諸国の全体の消費量11,489千トン(80年)に匹敵する。10,173千トン(80年)各国に輸出している。

表6-1 主要国：仕入国別鉄くず輸出入推移（1,000 tons）

	日 本		アメリカ		カナダ		イギリス		フランス		ベルギー・ ルクセンブルグ		イタリー		オランダ	
	輸 出	輸 入	輸 出	輸 入	輸 出	輸 入	輸 出	輸 入	輸 出	輸 入	輸 出	輸 入	輸 出	輸 入	輸 出	輸 入
1971 (S46)	375	2,552	5,674	257	2,143	1,042	1,024	294	2,741	249	450	650	9	5,479	560	91
1972 (S47)	222	2,499	6,697	330	2,099	1,204	1,091	40	3,000	239	394	826	15	5,679	831	176
1973 (S48)	200	5,409	10,211	354	2,270	1,470	742	222	2,700	436	559	690	10	5,604	1,101	172
1974 (S49)	301	3,559	7,000	224	2,407	1,005	311	135	3,727	320	727	869	11	6,274	1,302	165
1975 (S50)	275	3,093	8,027	330	2,204	1,710	914	00	2,009	277	531	706	5	5,413	1,095	204
1976 (S51)	203	1,002	7,367	534	2,597	1,540	597	609	3,425	200	527	506	24	6,272	957	160
1977 (S52)	211	1,440	5,602	1,660	2,401	1,420	937	100	3,357	207	501	493	11	5,025	925	115
1978 (S53)	164	3,229	8,417	757	2,765	1,647	1,565	459	3,664	394	532	900	7	6,566	1,190	166
1979 (S54)	151	3,346	10,130	735	2,990	1,605	1,330	56	3,526	422	550	971	13	6,091	1,241	125
1980 (S55)	159	2,906	10,173	506	3,075	1,504	2,005	26	3,296	436	537	859	0	7,411	1,195	153
西 欧	—	—	06	—	—	—	320	4	154	109	195	296	2	2,522	542	59
中 東	—	—	46	4	113	163	64	—	—	—	164	160	6	2,609	13	3
アフリカ	—	—	027	—	2,316	5	150	—	2,590	1	29	—	—	—	49	—
北 米	—	—	0	—	299	167	71	2	152	160	—	—	—	16	320	20
南 米	—	—	11	7	81	542	70	1	1	12	37	296	—	44	—	—
東 欧	—	—	970	11	2,759	877	699	7	2,097	202	425	760	0	4,991	924	82
オセアニア	—	—	4	—	2	200	—	—	—	81	—	65	—	162	—	52
中 南 米	—	—	—	—	—	2	0	14	—	—	—	4	—	—	—	—
アフリカ	—	—	—	—	20	74	136	1	—	—	—	5	—	—	—	—
中 南 米	—	—	902	11	2,759	1,241	043	22	2,097	363	425	834	0	5,153	924	135
オセアニア	—	—	1,055	—	5	—	1,010	—	392	—	20	4	—	—	193	—
中 南 米	—	—	494	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	3	—	—
オセアニア	—	—	343	7	197	49	00	1	4	1	91	3	—	74	30	2
中 南 米	—	—	31	—	98	170	43	—	—	—	1	—	—	797	33	7
オセアニア	—	—	717	432	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中 南 米	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
オセアニア	—	—	1,052	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中 南 米	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
オセアニア	—	—	04	—	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中 南 米	—	—	2,575	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
オセアニア	01	7	1,575	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中 南 米	1	16	890	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
オセアニア	70	30	226	—	20	5	6	—	3	5	—	—	—	24	3	1
中 南 米	—	104	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表6-2 米国釐くす輸出実績 (1,000 tons)

国別	1971年 S 4 6		1972年 S 4 7		1973年 S 4 8		1974年 S 4 9		1975年 S 5 0		1976年 S 5 1		1977年 S 5 2		1978年 S 5 3		1979年 S 5 4		1980年 S 5 5			
	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)	数量	(%)
日 本	1,503	(26.7%)	2,095	(32.2%)	4,233	(42.6%)	2,702	(35.1%)	2,101	(25.0%)	1,141	(15.5%)	947	(16.9%)	2,094	(34.4%)	2,651	(26.2%)	2,575	(25.3%)		
イ タ リ ヤ	533	(9.7%)	670	(10.3%)	310	(3.2%)	439	(5.7%)	556	(6.4%)	657	(8.9%)	109	(2.0%)	595	(7.1%)	1,076	(10.6%)	027	(0.3%)		
ス ペ イ ン	552	(10.0%)	600	(9.3%)	1,021	(10.3%)	013	(0.2%)	1,566	(10.0%)	1,695	(23.0%)	715	(12.8%)	675	(11.0%)	1,270	(12.5%)	1,055	(10.4%)		
韓 国	269	(4.9%)	337	(5.2%)	701	(7.1%)	610	(8.0%)	717	(8.2%)	067	(0.9%)	1,397	(24.9%)	1,364	(22.5%)	1,207	(12.7%)	1,575	(15.5%)		
台 湾	352	(6.4%)	306	(4.7%)	621	(6.2%)	443	(5.7%)	276	(3.2%)	276	(3.7%)	405	(7.2%)	357	(5.8%)	575	(5.7%)	090	(0.9%)		
カ ナ ダ	011	(0.2%)	025	(0.4%)	767	(7.7%)	052	(0.7%)	620	(7.2%)	000	(0.0%)	474	(8.5%)	939	(15.1%)	003	(0.3%)	717	(7.1%)		
メ キ シ コ	500	(9.1%)	527	(8.1%)	917	(9.2%)	007	(0.1%)	1,107	(13.6%)	540	(7.3%)	311	(5.6%)	409	(6.7%)	739	(7.3%)	1,052	(10.3%)		
中 国	—	(—)	—	(—)	307	(3.1%)	172	(2.2%)	159	(1.9%)	—	(—)	—	(—)	—	(—)	—	(—)	—	(—)		
ア ルゼンチン	57	(1.0%)	210	(3.2%)	204	(2.1%)	—	(—)	312	(3.6%)	02	(0.0%)	115	(2.1%)	—	(—)	7	(0.1%)	—	(—)		
そ の 他	659	(12.5%)	652	(10.0%)	776	(7.7%)	062	(0.8%)	1,136	(13.0%)	1,301	(17.7%)	1,049	(18.7%)	1,184	(19.1%)	6,142	(60.2%)	1,474	(14.5%)		
合 計	5,516	(100.0%)	6,510	(100.0%)	9,945	(100.0%)	7,708	(100.0%)	8,710	(100.0%)	7,367	(100.0%)	5,602	(100.0%)	8,417	(100.0%)	10,130	(100.0%)	10,173	(100.0%)		

7 小棒と鉄屑の価格

小棒や鉄屑の価格も基本的には、他の商品と同様、需給関係により決定される。鉄屑は発生品という特殊な商品であるため小棒価格、需給関係を軸として、鉄鉄・還元鉄価格、鉄屑コスト等の要因によっても変動する。

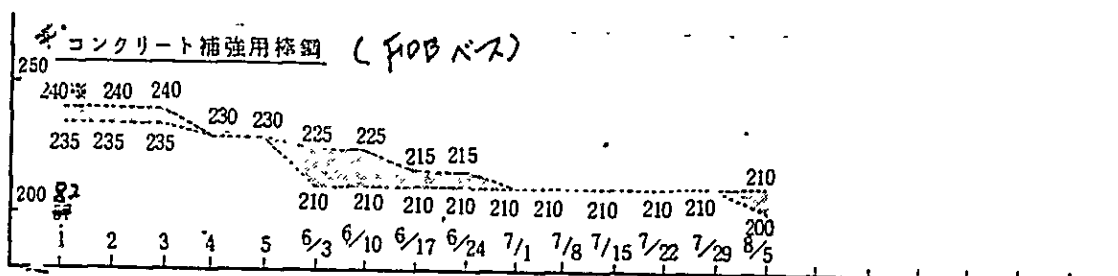
7-1 アメリカの鉄屑価格

表7-2のとおり、79年から81年の3年間の動きをみると、136.5 \$/t (79年2月) から79 \$ (81年9月)へと低下してきている。その後もアメリカ鉄鋼業の不況を反映して価格は、低下しており、82年9月現在60 \$程度 (Composite) となっている。FOB ベース60~70 \$程度とみられる。

7-2 小棒価格

表7-1に示すようにヨーロッパよりの小棒輸出市況は、82年1月~8月の間240 \$から200 \$ (ベルギー輸出実勢価格、FOBベース) へと低下してきている。

表7-1 鉄筋用小棒価格



ラテン・アメリカ諸国の小棒価格を表7-3に示す。価格の国家統制等各国の事情により価格レベルはまちまちであるが、欧州、アメリカに比較し、相対的には、高水準で取引されている。

7-3 小棒と鉄屑価格の関係

日本における例を表7-4、表7-5に示す。