

中華人民共和國工場(鉄鋼)近代化計画調査報告書

中華人民共和國工場(鉄鋼)
近代化計画
調査報告書

1985年9月

国際協力事業団

一九八五年九月

国

105
664
MPI

工計鉅
85-165

中華人民共和國工場(鉄鋼)

近代化計画

調査報告書

JICA LIBRARY



1034117[0]

1985年9月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85.12.26	105
登録No. 12273	66.4
	MPI

は し が き

日本国政府は、中華人民共和国政府の要請に基づき、同国無錫市鋼鉄廠における鉄鋼工場近代化計画策定のための調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、別府正義氏を団長とする調査団を編成し、1985年3月3日から3月21日まで中華人民共和国に派遣した。

同調査団は、中華人民共和国政府及び関係機関と協議しつつ、その協力を得て工場の診断、関係資料の収集等を行った。帰国後右工場診断の結果をふまえて、関連データの検討、解析等の国内作業を行った。

本報告書は、その成果を取りまとめたものであり、無錫市鋼鉄廠の近代化計画の推進に貢献できれば幸いである。

本調査の実施に当り多大のご協力をいただいた中華人民共和国政府、在中華人民共和国日本国大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し衷心より感謝の意を表するものである。

1985年 9 月

国際協力事業団

総 裁

相田 幸輔

目 次

要 約	1 頁
序 章	
1. 調査団派遣の経緯	3 1
2. 調査の目的	3 1
3. 調査対象範囲と内容	3 2
3.1 現地調査	3 2
3.2 国内分析	3 4
4. 本格調査団の構成と日程	3 4
4.1 調査団の構成	3 4
4.2 本格調査の日程	3 5
5. 調査報告書（DRAFT）説明のための調査団の構成と日程	3 6
5.1 調査団の構成	3 6
5.2 調査報告書（DRAFT）説明のための調査団の日程	3 6
6. 主要面談者名	3 7
第1章 両者の基本的合意事項	
1. 現地調査結果による両者の基本的合意事項	3 9
1.1 近代化についての鋼鉄廠の基本的な考え方	3 9
1.2 業務範囲に関する確認	3 9
2. 調査結果報告書（DRAFT）説明時における両者の基本的合意事項	4 2
2.1 無錫鋼鉄廠が同意した内容	4 2
2.2 鋼鉄廠からの要求	4 3
第2章 無錫鋼鉄廠の概要	
1. 工場・沿革	4 5

2. 位置付け	45
3. 工場現況	46

第3章 近代化についての技術的提案

1. 製品別生産計画	51
2. 工程流れ図	53
3. 製鋼工場の実情と近代化案	63
3.1 製鋼工場の実情	63
3.2 製鋼工場の近代化についての提案	85
3.2.1 製鋼工場の生産性向上のための諸方策	85
3.2.2 LFの機能と効果	91
3.2.3 迅速精錬法	97
3.2.4 GAZALプロセス	98
3.2.5 水冷炉壁(WCP)の採用	98
3.2.6 水冷炉蓋(WCR)	100
3.2.7 最適電力制御	101
3.2.8 スクラップ予熱装置	103
3.3 鋼鉄廠の近代化案	107
3.3.1 酸素富化操業およびCARBON INJECTIONによる 迅速溶解法の適用	107
3.3.2 電気炉の新設、LFVへの改造および変圧器容量の増大	108
3.3.3 ガザール(GAZAL)法の採用	114
3.3.4 鋼塊の大型化	114
3.3.5 鋳込台車の導入	115
3.3.6 クレーンの増設	117
3.3.7 鋼塊冷却	121
3.3.8 集塵装置	121
3.3.9 スクラップ予熱装置	121
3.3.10 水処理装置	122
3.3.11 分析関連設備	122

3.3.1 2 電 気 関 係	122
3.4 近代化による効果	135
3.5 電気炉2基とL.F.V.1基体制におけるタイムマッチングに ついて	139
3.6 新設30t炉設置の場合の作業床高さ	141
3.7 連続鋳造(C.C.)について	142
4. 圧延の現状と近代化案	145
4.1 φ650圧延機	145
4.1.1 現 状	145
4.1.2 近 代 化 案	146
4.1.3 設 備 仕 様	152
4.1.4 近代化によるメリット	154
4.2 第四圧延機(1期、2期)	162
4.2.1 現 状	162
4.2.2 近 代 化 案	166
4.2.3 設 備 仕 様	167
4.2.4 近代化によるメリット	170
4.3 第三圧延機	178
4.3.1 現 状	178
4.3.2 第三圧延の近代化案	182
4.3.3 設 備 仕 様	183
4.3.4 近代化によるメリット	183
4.4 第一圧延機、第二圧延機	183
4.4.1 生 産 実 績	189
4.4.2 主要設備仕様	189
4.4.3 今 後 の 課 題	189
4.5 操 業 目 標	191
5. 製鋼工場と圧延工場間の材料運搬方法	192
5.1 鋼塊の型抜きおよび徐冷	192
5.2 鋼塊在庫量の想定	192

5.3	在庫鋼塊の保管	192
5.4	鋼塊の運搬	193
6.	検査と鋼片手入	195
6.1	鋼片検査・整備対象量	195
6.2	鋼片検査・整備工程	195
6.3	整備・検査設備能力の検討	196
6.4	設備仕様および予算	196
6.5	レイアウト	196
7.	その他特殊鋼化のための設備導入	200
7.1	直棒製品検査工程	200
7.2	作業量	200
7.3	設備の設置場所	201
7.4	主な設備仕様と概略価格	201
7.5	工程についての説明	202
7.6	要員配置	203
8.	圧延用加熱炉の自動制御化	204
8.1	現 状	204
8.2	一般的改善事項	206
8.2.1	炉 体	206
8.2.2	自動燃焼制御システムの導入	207
8.3	鋼管用加熱炉の近代化	210
8.3.1	近代化の対象炉の変更	210
8.3.2	ロータリーハース加熱炉の現状	211
8.3.3	ロータリーハース加熱炉の近代化	213
9.	環境汚染防止	224
9.1	大 気 汚 染	224
9.1.1	大気汚染に関する現状	224
9.1.2	大気汚染防止に関する提言	225
9.2	水 質 汚 濁	230
9.2.1	水質汚濁に関する現状	230

9.2.2	水質汚濁対策についての提言	230
9.3	日本における環境規制値(参考)	231
9.4	騒音	232
9.4.1	騒音についての現状	232
9.4.2	騒音・振動対策についての提言	234
9.5	製鋼スラグ	234
9.5.1	鋼鉄廠の製鋼に関する現状	234
9.5.2	製鋼スラグ処理に関する提言	235
9.5.3	路盤用碎石製造	239
9.5.4	路盤用碎石製造設備の概略レイアウト	240
9.5.5	路盤用碎石製造設備の概略仕様	241
9.5.6	路盤用碎石製造設備概略予算	241
9.5.7	参考資料	242
10.	UTILITIESに関する提案	259
10.1	用役費(現状)	259
10.2	重油集中供給システム	259
10.2.1	現状	259
10.2.2	重油集中供給システムについての提案	261
10.3	低質残渣重油からC重油燃焼への変換	267
10.3.1	C重油の性状	267
10.3.2	重油予熱温度	267
10.3.3	C重油を用いた取鍋乾燥・加熱	269
10.3.4	C重油を用いた合金乾燥装置	270
10.4	酸素とアルゴンおよび窒素	271
10.4.1	現状	271
10.4.2	近代化完了時における酸素、アルゴンの消費量	273
10.4.3	酸素・アルゴン供給システム	274
10.4.4	酸素流量測定装置	274
10.4.5	アルゴン流量測定装置	275
10.5	工業用水	276

1 0.5.1	現 状	276
1 0.5.2	間接冷却水循環システムについての提案	277
1 0.5.3	直接冷却水循環システムについての提案	282
1 1.	生産管理・工程管理	284
1 1.1	現 状	284
1 1.1.1	生産計画のベース	284
1 1.1.2	生産計画の作成方法	284
1 1.1.3	生産計画内容の伝達	284
1 1.1.4	生産調整	285
1 1.1.5	通常時および事故発生時の情報連絡系統	286
1 1.1.6	工 程 管 理	287
1 1.2	生産管理に関する助言	289
1 2.	原 材 料 管 理	294
1 2.1	スクラップ	294
1 2.2	そ の 他	302
1 3.	品 質 管 理	315
1 3.1	鋼鉄廠の品質管理の現状	315
1 3.2	品質管理に関する提案	317
1 4.	設 備 管 理	323
1 4.1	設備管理の現状	323
1 4.2	設備管理に関する問題点	325
1 4.3	設備管理に関する提案	326
1 5.	教 育 訓 練	330
1 5.1	現 状	330
1 5.2	教育訓練に対する意見	331
1 6.	近代化への実施スケジュール	332
1 6.1	近代化スケジュール	332
1 6.2	近代化実現時の工程と費用	333
1 7.	経済効果の概要	334

要 約

要 約

I. 調査の概要	1
II. 両者の基本的合意事項	3
III. 無錫鋼鉄廠の概要	6
IV. 近代化についての技術的提案	8

要 約

I. 調査の概要

1. 調査の目的

調査は中華人民共和国無錫市鋼鉄廠（以下、「鋼鉄廠」と言う）の製鋼工場および線材圧延工場などを対象に、その現状を調査し、調査結果を基に鋼鉄廠の近代化計画を立案することを目的としたものである。

調査団は日本鉄鋼連盟および日本鉄鋼連盟の傘下にある大同特殊鋼㈱からの5名の専門家によって1985年3月3日から同年3月21日の間に行なわれた。

調査団は鋼鉄廠の工場診断を実施し、その結果に基づき既存工場設備の活用を基本とした、製造技術と生産管理技術に関する現実的、かつ、実現性の高い近代化計画案を立案・提出することを目的とした。

2. 調査対象範囲と内容

事前調査で合意された実施細目に基づき、調査団各専門家による鋼鉄廠の現地調査を行い、調査結果を勘案して工場の改善ならびに近代化計画を立案する、というものであった。

以下にその項目を示す。

2-1 現地調査

鋼鉄廠の製鋼工場・線材圧延工場その他を対象とし、生産工程としては原材料管理から線材圧延製品（as rolled bar）の出荷管理までとする。

A 工場概要調査

工場の実態と近代化のために以下の項目を調査する。

- ※ 工場配置（敷地、生産工場建屋面積、管理棟と厚生棟面積、余剰面積など）
- ※ 生産品（生產品種・鋼種・形状寸法別出荷量）と売上（品種別）
- ※ 製造設備（公称能力、実能力、稼働率、劣化度など）

※ 生産実態（標準生産工程、生産実績など）

B 生産工程調査

次ぎの工程について品質改善および生産性向上のための現状実態を把握する。

※ 原材料、副原料、副資材の調達と保管・払い出しについての実績と管理方法

※ 製 鋼

※ 造 坡

※ 鋼片手入

※ 線材圧延

※ 鋼管圧延用加熱炉

※ 検 査

C 生産管理の実態調査

※ 製造設計管理

※ 調達管理

※ 在庫レベル

※ 生産管理

※ 熱管理

※ 品質管理

※ 教育訓練

D 近代化調査

鋼鉄廠が希望する近代化計画について、以下の内容を聴取し、明確にする。

※ 計画内容

※ 実施スケジュール

※ 近代化に要する費用

※ 近代化計画立案上の留意点

2-2 国内分析

現地調査の結果に基づき、鋼鉄廠の現状レベルを日本の現状レベルと対比するたことにより、その差異を明確にし、その原因を解析する。

更に、近代化調査内容を組入れ、段階的近代化計画案を立案する。

但し、設備計画については基本的な計画とする。

II. 両者の基本的合意事項

1. 現地調査結果による両者の基本的合意事項

1-1 近代化についての鋼鉄廠の基本的な考え方

- (1) 近代化については、まず国内競争力の強化を図るために必要な投資を行う。
- (2) 現在生産している鋼種は普通鋼が主体であるが、1990年には特殊鋼を主体（全体の65%）に移行する。
また、製品量は現状の184,000 t/Yから250,000 t/Yに増産する。
- (3) 近代化については、現有設備を出来得る限り有効的に利用し、現生産をストップさせることなく実施する。
- (4) 現状の製鋼能力（年間12万t）と圧延能力（年間30万t）とのアンバランスを改善するため、製鋼工場の能率および品質向上と製造量増加を図ってバランスをとる。
なお、フリッカー防止対策および環境保全対策も十分考慮する。
- (5) 各部門の歩留向上とエネルギー節減対策を積極的に推進する。
- (6) 線材圧延工場については、コイル単重の増加（100kg→300kg以上）、表面品質の向上、および省エネルギーを図る。
- (7) 特殊鋼製造のための補完設備についても積極的に対策を講じる。
- (8) 無錫市は観光都市でもあるため、環境保全については特に配慮する。

1-2 業務範囲に関する確認

現地調査および鋼鉄廠との討議により、特殊鋼化のためには分塊圧延機の改造並びに現有棒鋼圧延機による線材と棒鋼の圧延の可能性を総合的に検討するものとする。

また、近代化案の立案検討のための前提としていくつかの事項が確認された。

（これらは会議録として1985年3月16日に両者の署名の上、確認された。）

2. 調査結果報告書(DRAFT)説明時における両者の 基本的合意事項

1985年7月7日から同月11日の間に行なわれた調査結果報告書(DRAFT)説明の際に両者で合意された事項は以下の通りである。

なお、本項の合意事項は、合意書として1985年7月11日に両者の署名の上、確認された。

2-1 無錫鋼鉄廠が同意した内容

(1) 鋼鉄廠の現有設備および技術を基礎にして、1990年までに年間生産量30万tの特殊鋼工場をつくることを目標にし、製品品種の拡大、製品品質の向上、省エネルギーおよび環境改善に重点を置き、設備・技術を近代化し、製鋼生産能力を向上させて製鋼工場と圧延工場の能力の均衡を図る。

(2) 鋼鉄廠ではφ650圧延工場が稼動中であるが、保管しているφ750圧延設備が活用出来るという現状に基づき、技術改善は、高パワー電気炉+LFV精錬炉+φ750圧延機の組み合わせを主に採用する。

(3) 製鋼ではHP電気炉およびLFV精錬炉を新設し、集塵装置とスクラップ予熱装置を併設する。

現有する電気炉に対しては、酸素富化法、炭素吹込み法、アルゴン吹込み法、などの新しい技術、新しい工程を採用する。

新設する30t電気炉とLFV精錬炉は新しく増設する建屋の中に設置する。

建屋の増設は第二製鋼工場を拡張して行うこととし、その拡張面積は電気炉、LFV精錬炉、スクラップ加熱装置などの配置を検討して再提出する。

(4) 製鋼関係の改造の実施ステップは下記の通りとする。

第一ステップとして、現有する製鋼技術に新技術を導入して当座の能率向上を図ると共に、第二ステップで設置する電気炉、取鍋精錬炉のための建屋を建設する。

第二ステップとして、新しく建設した建屋に30tHP電気炉およびその溶鋼を処理するLFV精錬炉を各1基ずつ設置する。

第三ステップとして、LFV精錬炉が十分にその能力を発揮し、30tおよび4号電気炉各1基の溶鋼処理が可能であることを確認後、4号電気炉の変圧器を15,000

に變更してHP化し5号電気炉は休止させる。

(5) $\phi 750$ 圧延機は敷地の制約がなければ、現在の $\phi 650$ 圧延ヤードの延長建屋に設置する。

(6) 第三圧延工場と第四圧延工場との生産配分について、受注量 150,000 t/Y の前提では第四圧延工場を近代化して、棒鋼・線材の生産を集約することが最良である。しかし棒鋼と線材の受注量が第四圧延工場の能力 200,000 t/Y を超える時、第三圧延工場も近代化して第四圧延工場では棒鋼を、第三圧延工場では線材を生産する。したがって最終報告書に第三圧延工場の改造案を含める。

(7) 近代化計画調査報告書(DRAFT)に提示された直接あるいは間接冷却水の循環処理、重油での取鍋乾燥、スラグ処理および加熱炉自動制御内容について鋼鉄廠は同意した。

III. 無錫鋼鉄廠の概況

1. 工場・沿革

無錫鋼鉄廠は1958年に無錫市内に建設されて以来、26年を経ている。中国はこれまで海に沿って点在していた対外解放地域が面に拡大され、その中で、無錫市は長江三角洲（上海、蘇州、無錫、常州）として解放区に指定されている。

鋼鉄廠は上海市から、約120Km離れた内陸に位置しているものの近くに太湖という中国で4番目に大きな湖（面積3万ha）、および運河、沼などが散在しており、気候、環境に恵まれた所に位置している。

中国には一貫製鉄所、普通鋼メーカー、および特殊鋼メーカーが合計80社あり、鋼鉄廠は「中」に位置している。

今回、同レベルの製鉄所の近代化計画のモデル工場の一つとして無錫鋼鉄廠が選ばれた。

2. 工場現況

敷地面積： 693,000 m²

工場全体配置： （別紙に示す）

契約電力： 15,800 KW

固定資産： 84,200,000 元（約840,000,000円）

設備（公称能力）： 電気炉5 t（実力10 t）×3基、電気炉10 t（実力20 t）×2基、φ650圧延機×1基、小型圧延機×4基、線材圧延機×1基、継目なし鋼管圧延機×1基、鍛造設備、その他

製鋼能力： 120,000 t/Y 1983年実績：製鋼102,108 t/Y

圧延能力： 300,000～350,000 t/Y 1983年実績：圧延181,067 t/Y

（連鑄BLOOM購入）

原料： 低品位スクラップ

生産量（1983年）： 年間生産量は184,344 tであり、その内、国家からの要求分が40%、市場からの要求分が60%であった。尚、国家から

の要求分は減少傾向にある。

市況：市場は「売手市場」であるが、1984年から需要家が自由にメーカーを選択できるようになり、今後は品質・価格面での競争が一層激しくなるであろう。

1983年における製品内容： 次ぎの表に示す。

表-1 鋼種・形状・寸法別製品生産量(1983年)

(単位：t/Y)

	線材 φ 6-8	丸 棒		合 計	アングル 25-60	鋼 管	鍛造品 その他	総 計
		φ	φ					
		10-16	18-25					
構造用炭素鋼	8977	1425	948	11350		20146		31496
低合金鋼		89		89			2800	2889
硬鋼線	3270			3270			408	3678
軸受鋼						1200	69	1269
普通鋼	59847	37898	32487	130232	14780			145012
合 計	72094	39412	33435	144941	14780	21346	3277	184344

従業員： 現在、組織および従業員(現状6,909名)の再検討を実施中であり、余剰人員については、別会社(例えば観光会社)を設立し、吸収することを考えている。

IV. 近代化についての技術的提案

1. 製品別生産計画

鋼鉄廠と調査団との協議の結果、表-2に示す1990年における製品別生産計画が立案された。この生産計画は近代化の検討を行うための基礎数値となる。

1990年の製品別生産計画を1983年の実績と対比した場合の主な相違点は次の通りである。

① 総生産量

1983年の184万t/Yに対して25万t/Yと35%の増加となっている。

② 鋼種構成

普通鋼と特殊鋼の比率が1983年は78対22であったが、1990年においては35対65と特殊鋼の比率が大幅に増加している。

(1990年に生産を予定している炭素工具鋼はヤスリ用が主体であり、また合金工具鋼は低合金鋼を意味している)

③ 製品構成

A 線材(5.5~8mm)の生産比率が1983年の39%に対して1990年では46%に増加している。

B 丸棒(φ10~16mm)の生産比率が1983年の21%に対して1990年では5%減少している。

C 1983年には生産されていなかった丸棒φ50~75mmが1990年には4万t/Y(16%)生産される。

表-2 1990年における製品別生産計画 (t/Y)

	線材 φ55-10	丸棒			合計	アングル		鋼管	鍛造品 その他	総計
		φ10-16	φ18-50	φ50-75		25	45/6			
構造用炭素鋼		2,000	13,500	37,000	52,500			25,000	2,500	80,000
低合金鋼	45,000	2,500	20,000		67,500					67,500
硬鋼線	5,000				5,000					5,000
軸受鋼				2,600	2,600			2,000		4,600
炭素工具鋼		1,000			1,000					1,000
合金工具鋼			500	400	900				2,000	2,900
普通鋼	65,000	8,000	1,000		74,000	2,000	13,000			89,000
合計	115,000	13,500	35,000	40,000	203,500	2,000	13,000	27,000	4,500	250,000

2. 工程流れ図

表-2の1990年における製品別生産計画を実現するために調査団が推奨する近代化実

現時の工程流れを下の図-1に示す。

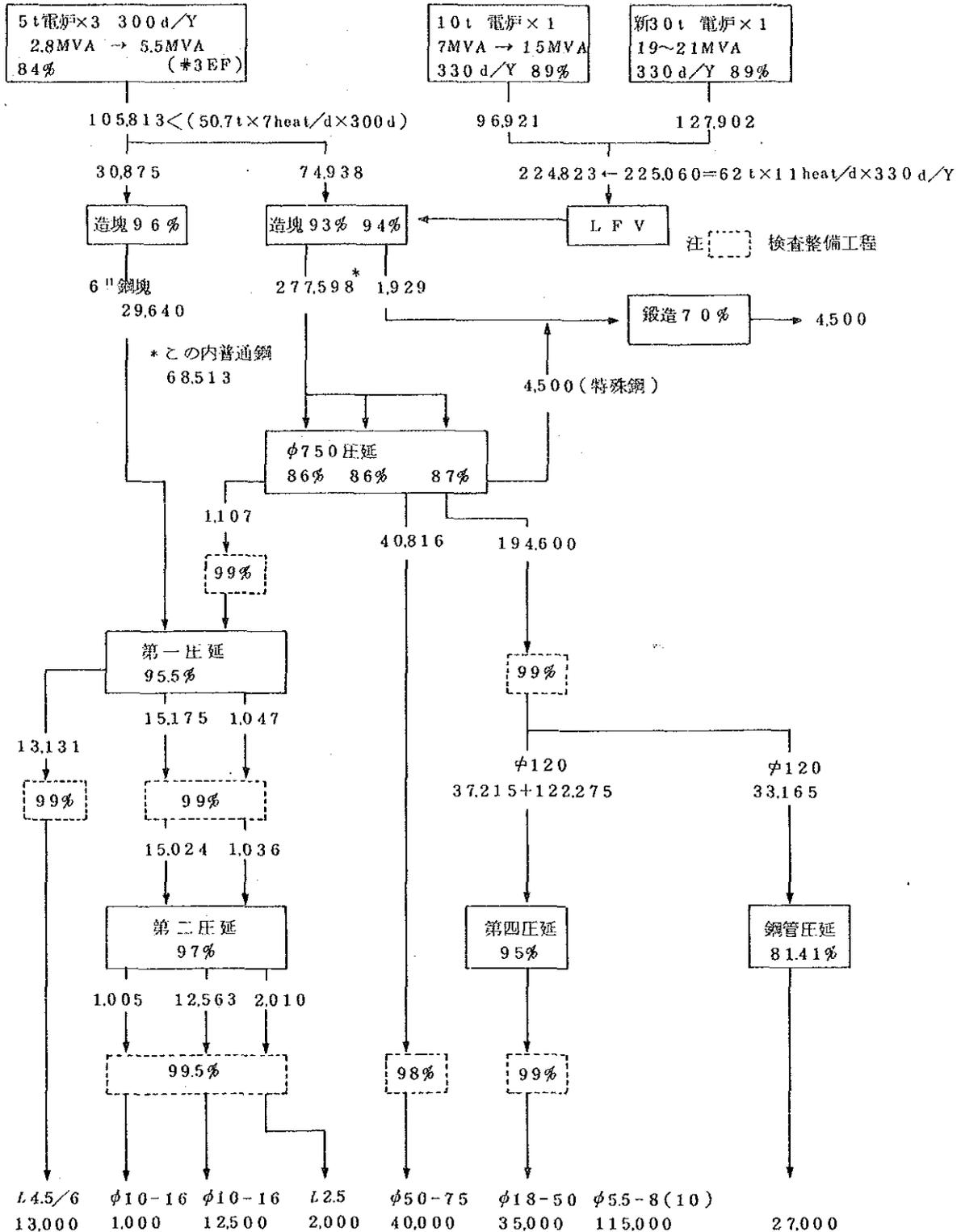


図-1 1990年における工程流れ図

3. 近代化のための改善項目(要点)

3-1 原材料

(1) 問題点

現在の鋼鉄廠の電気炉装入材料(スクラップ)の受領管理は良好とはいえない。品位別保管方法(購入スクラップと自家発生スクラップとの区分あるいはスクラップ種類別区分などの管理不十分)、計重精度(現在t単位の計重精度であり特殊鋼の製造を行うには粗ら過ぎる)、配合作業者の管理レベル等に問題がある。

(2) 改善策

スクラップの種類別管理方法の改善(写真によるスクラップ種類・区分の紹介)

スクラップ種類の区分方法(スクラップ別の化学成分)

原材料受け入れ計量機の精度向上

配合作業者の教育

3-2 製鋼工場

(1) 問題点

A 設備面

(A) 溶鋼量に比較して変圧器容量が小さい。

Regular Powerの電炉であり、溶解時間が非常に長い。

(現在245～278分のTap to Tap時間である)

(B) 電炉炉体交換方式が採用されている。このため炉体交換に1～2時間を要している。(炉体寿命：約50回)

第一製鋼工場、第二製鋼工場の5つの電炉はすべて炉体交換方式であり、また、第一製鋼の5t電炉は炉体横行スクラップ装入方式である。

現在の炉体使用回数は約50回、炉体交換時間は1時間から2時間である。これら、炉体構造とスクラップ装入方式の原因により作業性が悪い。

B 操業面

(A) 溶解時間が長い

この最大の原因は変圧器容量が小さいことである。これを少しでもカバーするために、酸素による溶解促進を図っている。

各炉に酸素流量計が設置されていないため正確な酸素量は把握できないが20～25 Nm³/tであろうと推察される。

(B) 溶落ちP、Sが高い

材料品質が悪く、溶落ちP、Sが0.080～0.1000%のHEATが多い。とくにPが高いことが酸化期時間が約60分と長い原因の一つとなっている。

(C) 出鋼脱硫の実施

還元期は20～30分程度であるが、出鋼脱硫により、出鋼前S 0.07%から成品S 0.030%以下を得ている。

(D) 分析時間が長い

分析は化学分析であり、サンプル搬送・結果の報告も作業者によっているため、サンプル採取から結果の入手まで8～10分を要している。

(2) 解 決 策

A 設 備 面

- (A) 炉外精錬炉の採用により電気炉を溶解専用炉化（溶解能率の向上）
- (B) 新30t電気炉の導入（溶解能率の向上、溶解歩留の向上）
- (C) 電気炉変圧器容量の増大（溶解能率の向上）
- (D) スライディングノズルの採用（炉外精錬化に伴う取鍋内での溶鋼保持時間の延長への対処 - 事故防止）
- (E) 酸素流量計の導入（酸素富化操業の安定化）
- (F) CARBON INJECTION 装置の導入（溶解歩留の向上）
- (G) 分析機器とサンプル用気送管の改善（製鋼作業時間の短縮、精度向上）
- (H) 水冷炉壁・炉蓋の採用（高負荷操業の実現・炉体耐火物寿命の延長）
- (I) 造塊台車の導入（造塊作業の合理化 - 電気炉の大型化に伴う）
- (J) 下注定盤の改善（造塊作業の合理化 - 電気炉・鋼塊の大型化に伴う）
- (K) 鋼塊冷却ピットの設置（鋼塊の大型化）
- (L) 集塵装置の設置（環境保全・高能率操業）
- (M) スクラップ予熱装置の導入（省エネルギー）
- (N) 建屋の拡張（上記の種々の改善のため）

（これらの改造は主に1990年には主力工場になる第二製鋼工場に対して行われる。そのレイアウトを図-2および図-3に示す。）

B 操 業 面

- (A) 電気炉と炉外精錬炉の組み合わせ（品質・能率向上、コストの低減）
- (B) 酸素富化操業の導入（電力の節減）
- (C) CARBON INJECTION 法の導入（電力の節減、歩留向上）
- (D) ガザール法の採用（本格的炉外精錬設備導入までの簡易的炉外精錬方法）
- (E) 鋼塊の大型化 — 1.1 t 鋼塊 — （造塊作業能率向上、鋼塊品質向上、圧延歩留向上）

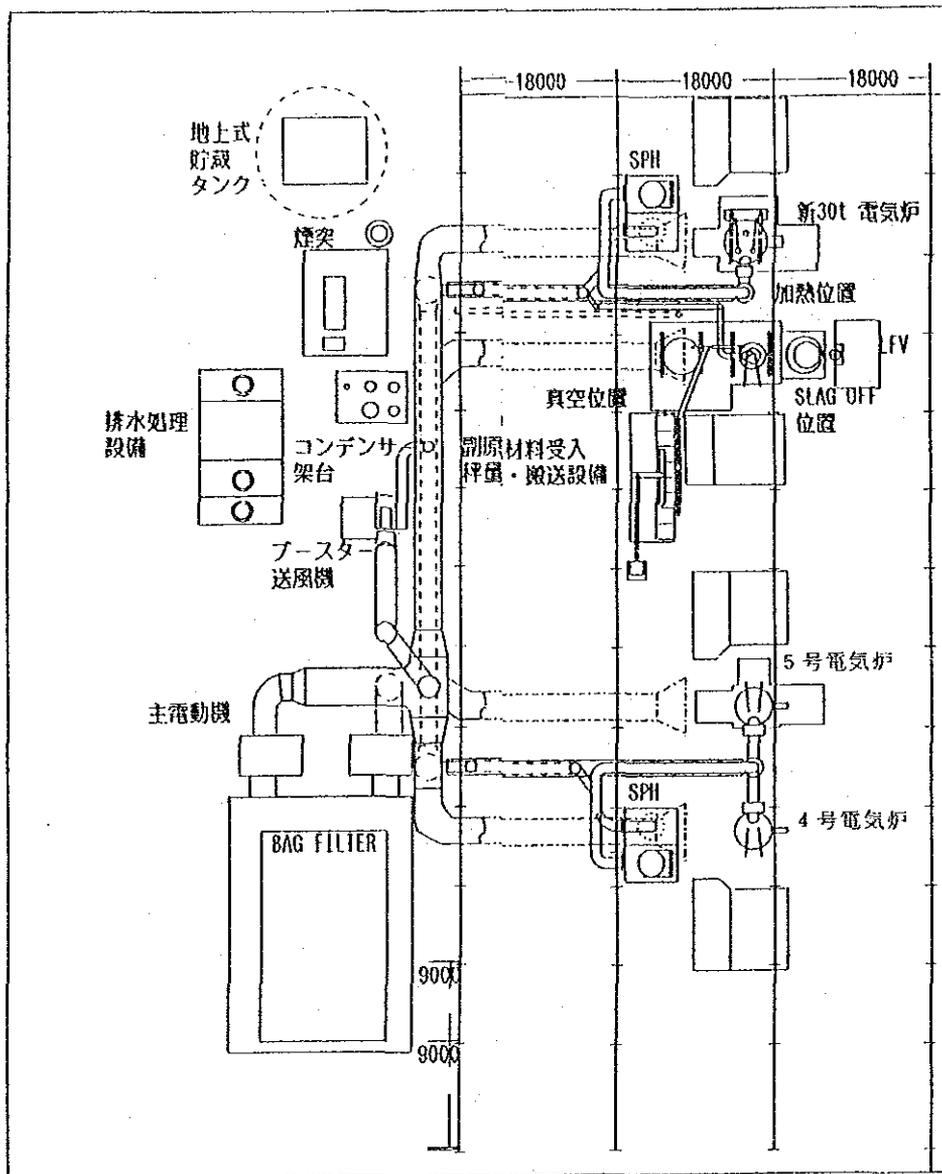


図-2 第二製鋼工場レイアウト（1990年時）

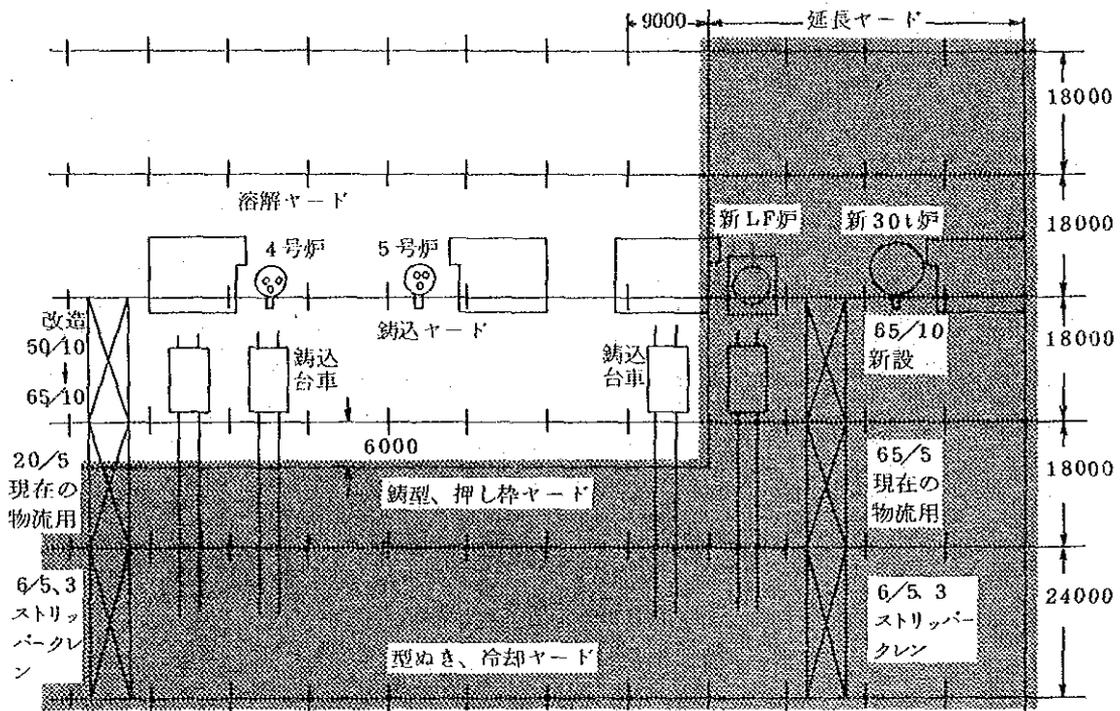


図-3 第二製鋼工場レイアウト(ヤード機能とクレーン)

(3) 近代化による効果

下の表-3に近代化による製鋼部門の効果を示す。

表-3 近代化

		鋼鉄廠(1984年実績)					第一ステップ		
電気炉番号		1号 ※①	2号	3号	4号	5号	1,2,3号	4号	5号
製 鋼 時 間 (分)	補電極、交換入		13	16	17	17	15 ※②	17 ※②	17 ※②
	溶 解		157	160	144	152	142 ※③	129 ※③	152 ※③
	酸 化		55	61	55	57	39 ※⑤	39 ※⑤	39 ※⑤
	除 滓		3	3	3	3	9 ※⑥	9 ※⑥	9 ※⑥
	還 元		39	38	26	30	24 ※⑦	24 ※⑦	24 ※⑦
	合 計		267	278	245	259	229	218	241
電力(kWh/良塊t)			631	622	692	715	583 ※⑩	665 ※⑩	683 ※⑩
酸素原単位(Nm ³ /良塊t)		20 ~ 30					20 ~ 30		
kVA/装入t		285	210	210	233	183	210	233	183
電極原単位 (kg/良塊t) ※⑯			8.6	8.6	8.6	8.6	8.0	8.3	8.3
生 産 量 t/y	炉	HEAT数					1886	2179	1971
		鋼塊t/HEAT					15.7	24.3	33.0
	生産量 ※⑰	2250	21081	20626	34520	31731	29610 (88830)	52949	65043
合計 ()内は 1984年対比		110,208					206,822 (+96,614)		

に よ る 効 果

第二ステップ			第三ステップ			備 考
1, 2, 3号	4号+LFV + SPH	新30t+ LFV+SPH	1, 2, 3号	4号(HP) +LFV+SPH	新30t+ LFV+SPH	
15	17	17	15	17	17	※①: 1984年生産量少なく実績値入手出来ず。 ※②: 鋼鉄廠の現状値を採用。 ※③: D社H工場10号炉の溶解時間 $\times (10号炉kVA \div 鋼鉄廠電炉kVA)$ ※④: 現状が※③で算出された値よりも良好であるので、現状値を採用。 ※⑤: 迅速精錬法、ガザール法のための除滓の徹底、D社H工場10号炉の値を採用。 ※⑥: D社H工場10号炉の値+脱P 7分。 ※⑦: D社H工場10号炉の値を採用 ※⑧: SPHによる溶解時間短縮 ※⑨: LFVへの昇温一部転換(5分) ※⑩: D社H工場11号炉の値を採用 ※⑪: 短縮時間(分当たり)1kWhを節減として算出 ※⑫: 第三ステップ4号炉+LFV+30t電炉の電力に次の値を加えた。 (A) LFVでの電力消費量 $45kWh/t$ (B) 第二ステップと第三ステップの製鋼時間差(分) $\times 1kWh/分$ ※⑬: D社H工場11号炉の値を採用 ※⑭: $15,000kVA \div 30t$ ※⑮: $20,000kVA \div 39t$ ※⑯: 電極原単位は電力比率で算出 ※⑰: 生産量は5t電気炉は300日、10t電気炉と新30t電気炉は330日で算出
142	129-(SPH) 124 ※⑧	50-5(SPH) 54 ※⑧	142	55	54	
39	34 ※⑨	34 ※⑨	39	34	34	
9	8 ※⑩	8 ※⑩	9	8	8	
24	6	6	24	6	6	
229	189	119	229	120	119	
583	564 ※⑫	450 ※⑬	583	450 ※⑬	450	
20 ~ 30			20 ~ 30			
210	233	510 ※⑮	210	500 ※⑭	510	
8.0	7.0	5.7	8.0	5.7	5.7	
1,886	2,514	3,993	1,886	3,960	3,993	
15.7	24.3	33.0	15.7	24.3	33.0	
29,610 (88,830)	61,090	131,769	29,610 (88,830)	96,228	131,789	
281,689 (+171,481)			316,827 (+206,619)			

3-3 圧延工場

(1) 問題点

A $\phi 650$ 圧延工場

- (A) 加熱炉燃料原単位が非常に悪い。これは炉のシールが不完全で侵入空気が多いことと炉の自動制御システムが無いことによる。
- (B) ローリングスケジュール面から4基の圧延機の負荷バランスがとれていないため、 $\phi 1$ スタンドに負荷が偏っている。
- (C) 鋼塊の大型化に対して、現状の $\phi 650$ 圧延機では能力不足である。
- (D) 特殊鋼を圧延するために必要な鋼塊表面手入設備、あるいは、ホットスカーフターが無い。
- (E) $\phi 50-75$ の製品を圧延するために必要なブルームシャーおよびグリップチルターが設備されていない。

B 第四圧延工場(1期)

- (A) $\phi 650$ 圧延機が稼働している現在でも第四圧延機(1期)が分塊圧延の主力となっている。分塊圧延機としては $\phi 650$ 圧延機の方が適しており、第四圧延機はむしろ製品圧延に適している。
- (B) 加熱炉のシールが不十分である。バーナーの位置が低い。下部加熱帯が設けられているが $\phi 170$ の鋼片を加熱するには不必要である。(むしろ燃料原単位の低下を招く)
- (C) 圧延機の軸受が樹脂メタルであり、特殊鋼の圧延には不適當
- (D) $\phi 5.5 \sim \phi 50$ までの製品を圧延するためには種々の設備が不足している。
(レビーター、クランプシャー、フライングシャー、ブロックミル、ループライン、フックコンベアーなど)

C 鋼片手入

鋼片は製品圧延にかかる以前に、その表面の疵を除去しておかなければならないが、現在は鋼管で一部軸受鋼を生産している他は、特殊鋼を生産していない。このため、鋼片手入設備は無い。

(2) 解決策

A $\phi 650$ 圧延工場

- (A) 加熱炉バーナーなどの燃焼装置の変更、燃焼自動制御システムの導入(加熱能

力向上、燃料原単位の向上)

- (B) 加熱炉エンドブッシャーの抽出力増加(鋼塊の大型化)
 - (C) $\phi 750$ mm 圧延機(鋼鉄廠で保管中)の設置(鋼塊の大型化、分塊圧延の主力化、 $\phi 650$ mm 圧延機の製品ミル化)
 - (D) ホットスカーフターの設置(製品表面品質の向上)
 - (E) その他付帯設備の設置($\phi 50 \sim 75$ mm 製品圧延)
- [$\phi 650$ mm 圧延工場の改造後のレイアウトを図-4に示す]

B 第四圧延工場(1期)

- (A) 加熱炉バーナーなどの燃焼装置の変更、燃焼自動制御システムの導入(加熱能力向上、燃料原単位の向上)
- (B) ベアリング軸受の採用(圧延製品寸法精度の向上)
- (C) H-Vミル4基の導入(棒鋼の圧延方法改善-NON-TWIST化、能率向上)
- (D) ブロックミルの導入(線材圧延方法改善-NON-TWIST化、能率向上)
- (E) デスクラーの設置(製品表面品質向上)
- (F) 粗列圧延ロール材質のダクタイル鋳鉄化(ロール寿命の延長、製品品質の確保)
- (G) レビーターの導入(第一中間列と第二中間列の自動化)
- (H) フライングシャワーの設置(全製品寸法について同一鋼片の使用可能)
- (I) 簡易結束機の導入(高温重筋作業の軽減)
- (J) ブロックミル後の水冷装置の導入(二次スケール発生防止-表面品質確保、内部品質制御)
- (K) レイニングヘッド、ピンチロール、ループコンベアーなどの付帯設備の設置(線材圧延の実現化)

[第四圧延工場の改造後のレイアウトを図-5に示す]

C 鋼片手入

- (A) ショットブラストの導入(鋼片表面スケール除去-疵の発見の容易化-酸洗法より安価)
- (B) 磁気探傷機の導入(鋼片表面疵除去)
- (C) 水浸超音波探傷機の導入(鋼片内部欠陥の除去)
- (D) 自動研削機の導入(疵取作業の省力化)

(3) 圧延部門操業目標値

表-4に圧延部門の操業目標とすべき各項目に関する数値を示す。

表-4 圧延部門操業目標値

部 門	製 品 区 分	操 業 目 標 値		
		能 率 (t/h)	ミスロール率 (%)	燃料原単位 (ℓ/t)
φ750 圧延	分 塊 φ55-64	3 4.4	0.2	4 8
	製 品 φ65-75	4 3.2	0.1	4 8
	BLOOM・BILLET	5 0.2	0.0 5	4 8
	コイル φ5.5-8(10)	3 0.3	0.4	3 8
第 四 圧 延	小 型 φ18-23	3 0.3	0.4	3 8
	製 品 φ24-50 コイル	3 0.3	0.4	3 8
第 三 圧 延	φ5.5-8(10)	2 2.0	0.4	3 8

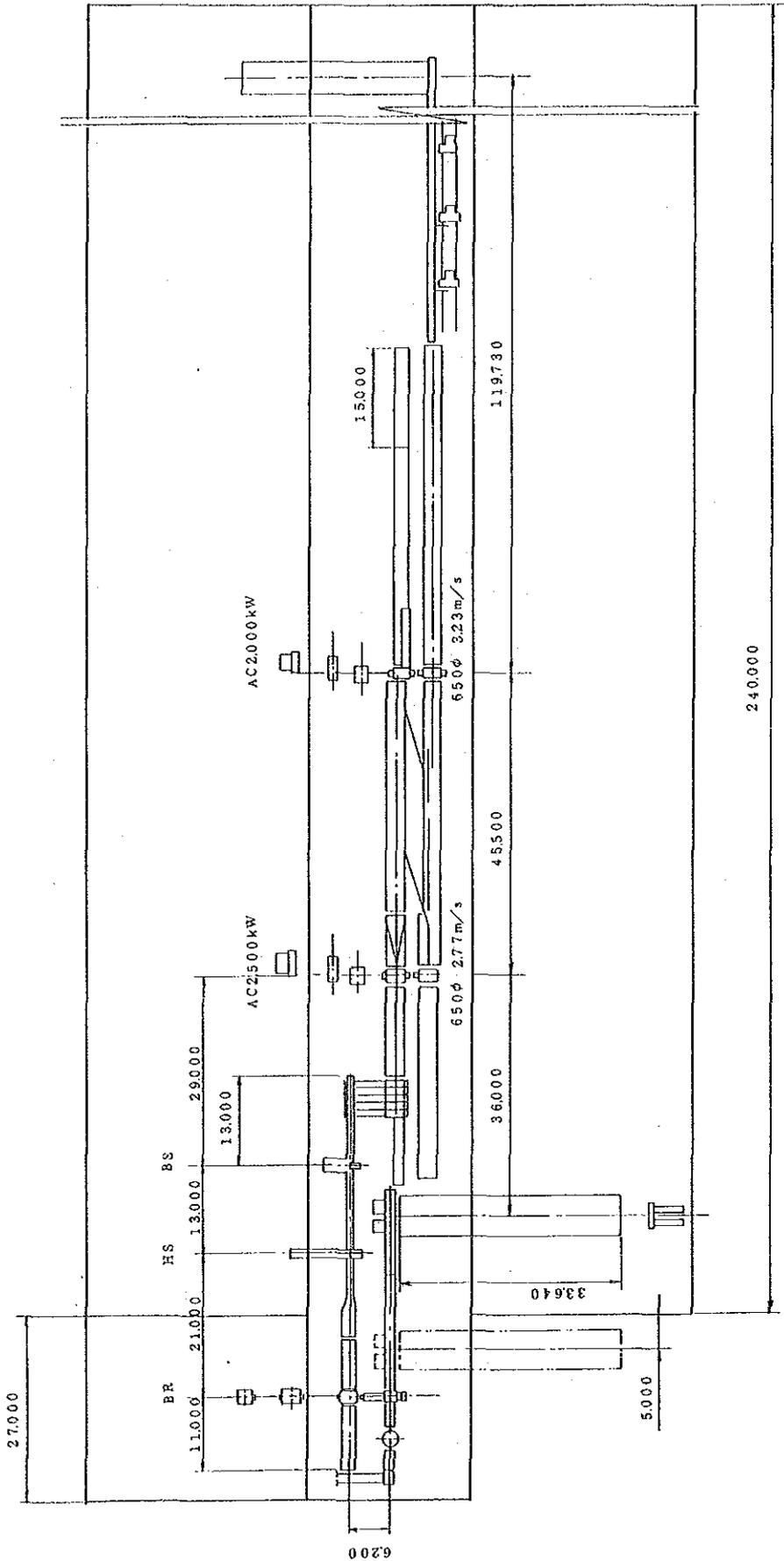


図-4 φ750圧延機工場レイアウト

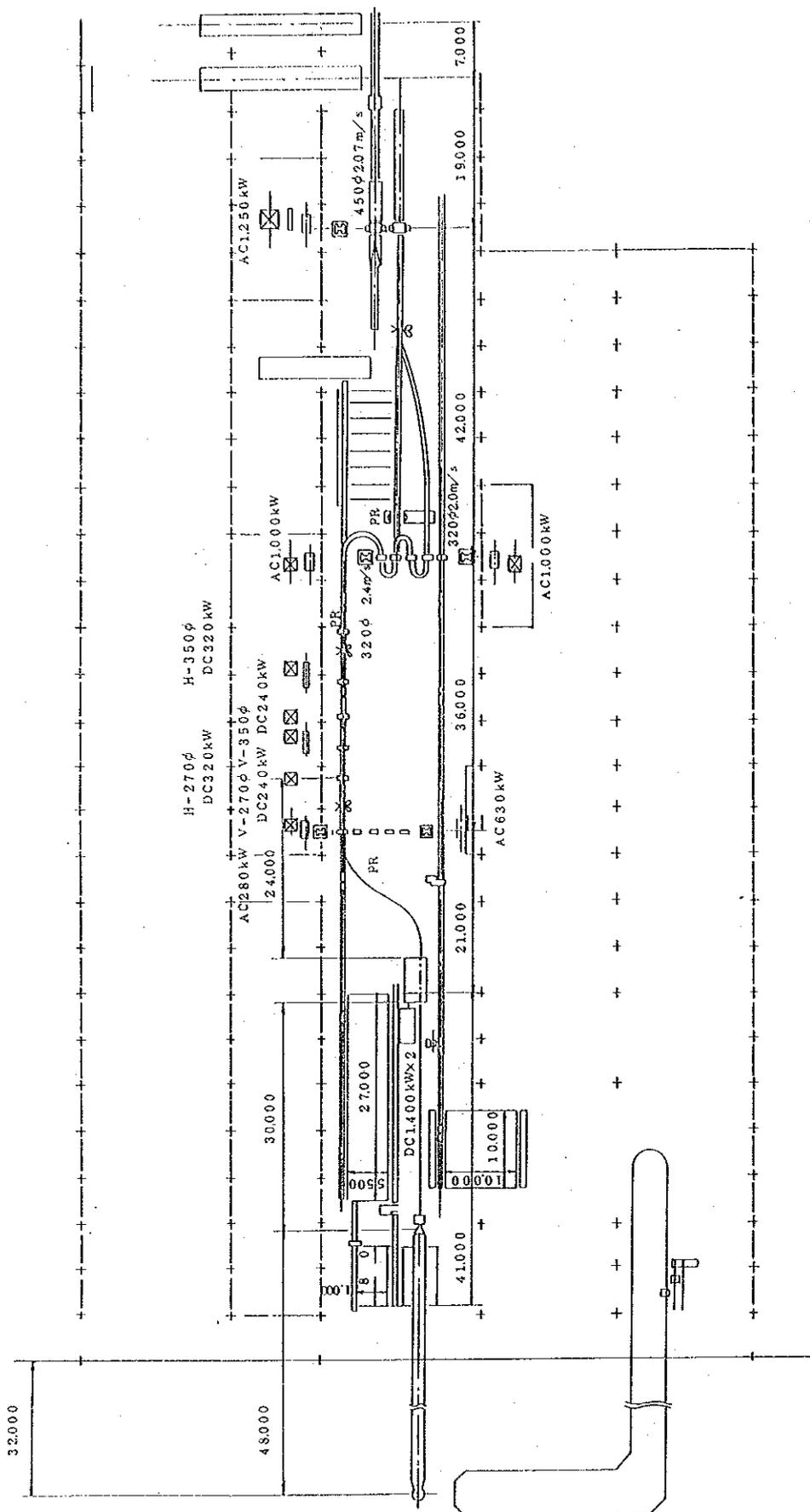


図-5 第四圧延機工場レイアウト

3-4 その他

(1) 製品検査

鋼片手入同様、製品検査・手入設備がない。このため次の設備で構成される製品検査・手入設備を推奨した。

矯正機、ショットブラスター、水浸超音波検査機、磁粉探傷機、研削機、及び付帯設備

(2) 加熱炉の燃焼自動制御装置

鋼鉄廠の現状の加熱炉の燃焼制御はすべて人手によっており、燃焼機器の能力も低い。このため燃料原単位が日本の特殊鋼メーカーのものと比べ約2.5倍になっている。また、炉内の温度分布も良くない。

これを改善するために、加熱炉の燃焼自動制御装置および燃焼機器を紹介した。推奨するに当たって、中国内でメンテナンス可能と思われる制御方式を選択した。

図-6に圧延用加熱炉の燃焼自動制御方法を示す。

(3) 環境汚染防止

大気汚染、水質汚染、および騒音防止に関する鋼鉄廠の現状を取り纏めた上で、日本で現在とられている種々の対策を紹介した。

また、特に製鋼スラグの処理方法に関して現在日本のD社で行なわれている方法を、概略設備仕様・レイアウトを含めて具体的に報告した。

参考として示した製鋼スラグの処理の工程を図-7に示す。

(4) UTILITIES

A 重油集中供給システム

鋼鉄廠では現在ある程度の重油集中供給システムが採用されているが、前述の通り燃焼制御はすべて人手によっており、完全自動燃焼制御がなされた場合の重油集中供給システムについては経験がない。各燃焼設備と重油集中供給システムの関係を具体的に示しながらシステムについての考え方を提示した。

また、鋼鉄廠ではプロパンあるいはブタンガスなどの石油ガスの入手が困難であるため、それに代る都市ガスの燃焼自動制御系も紹介した。

さらに、C重油の燃焼に関する事項、およびC重油を用いた取鍋乾燥装置と合金乾燥装置についても紹介した。

B 酸素とアルゴン

鋼鉄廠では酸素発生プラントを有している。1990年の近代化実現時期における酸素とアルゴンの使用量とその供給システム、および流量測定装置についてフローシートと主な設備仕様を示した。

C 工業用水

鋼鉄廠で現在使用されている工業用水は、再循環されることなく排出されており、80%は再循環させるように勧告を受けている。

近代化のために必要な再循環方式を間接冷却水、直接冷却水別に、次ぎの内容を含めて報告した。

冷却水使用量（使用場所別）

基本的冷却水循環システム（フローシート）

冷却水循環設備の主な仕様と設備費用

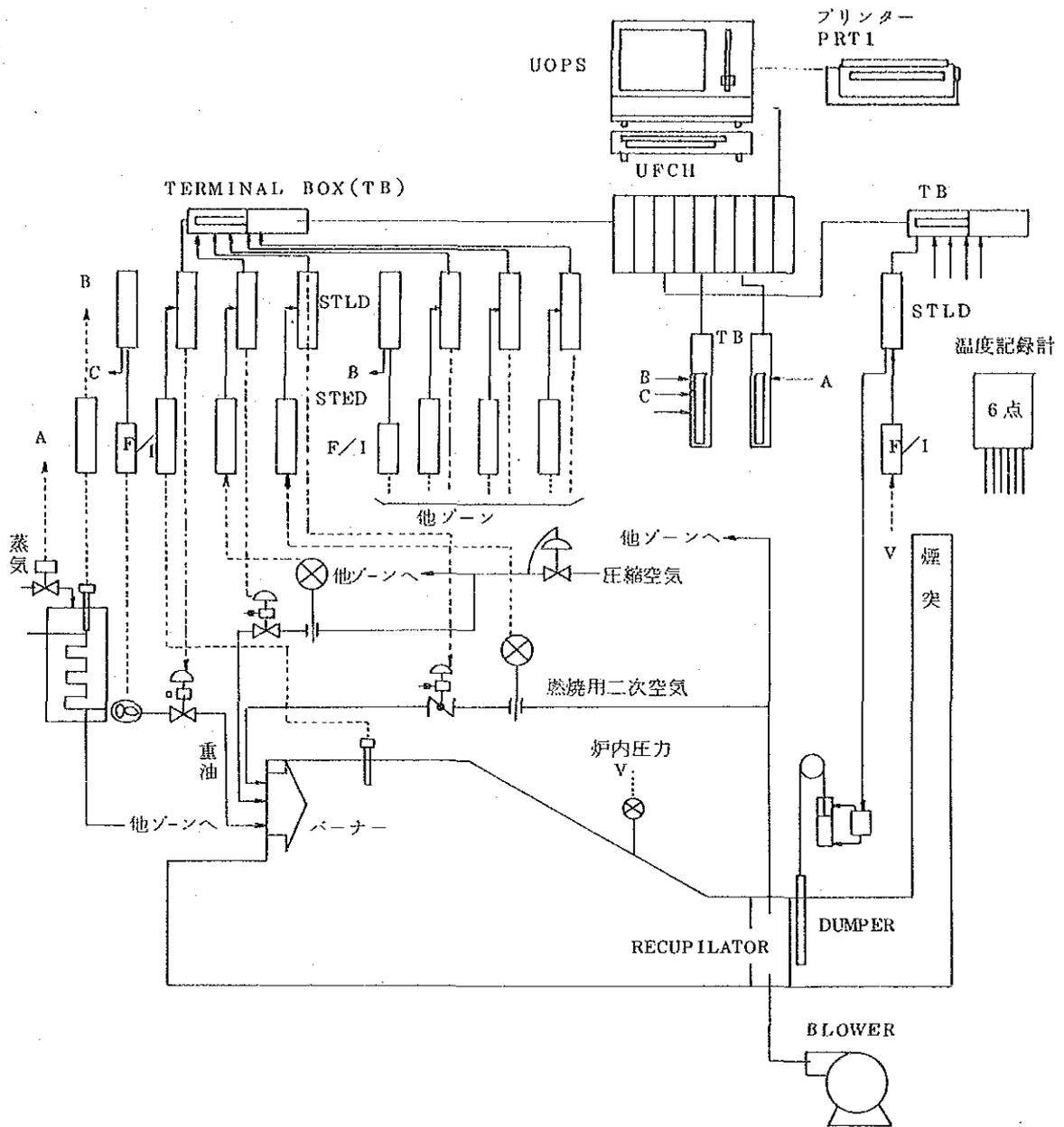


図 - 6 加熱炉の自動燃焼制御系

(5) 品質管理

品質管理について、現在の鋼鉄廠の状況を解析することは、現在、特殊鋼を生産していないため有効なことではないので、日本のD社で行なわれている品質管理の現状を紹介し理解を求めた。

(6) 設備管理

鋼鉄廠では設備管理に対し906名以上の要員を抱えている。鋼鉄廠の周辺には日本の場合と異なり、機械修理、電気工事、さらには建屋修理などに関する業者は全く存在していないため、かような多数の要員を抱えなければならない、とも言えるが、余りに過剰な要員数である。基本的に鋼鉄廠内で管理すべき事項とそれに必要な要員数を提案した。(日本のD社では生産量1,000t当たり0.2名、鋼鉄廠では032名とした)

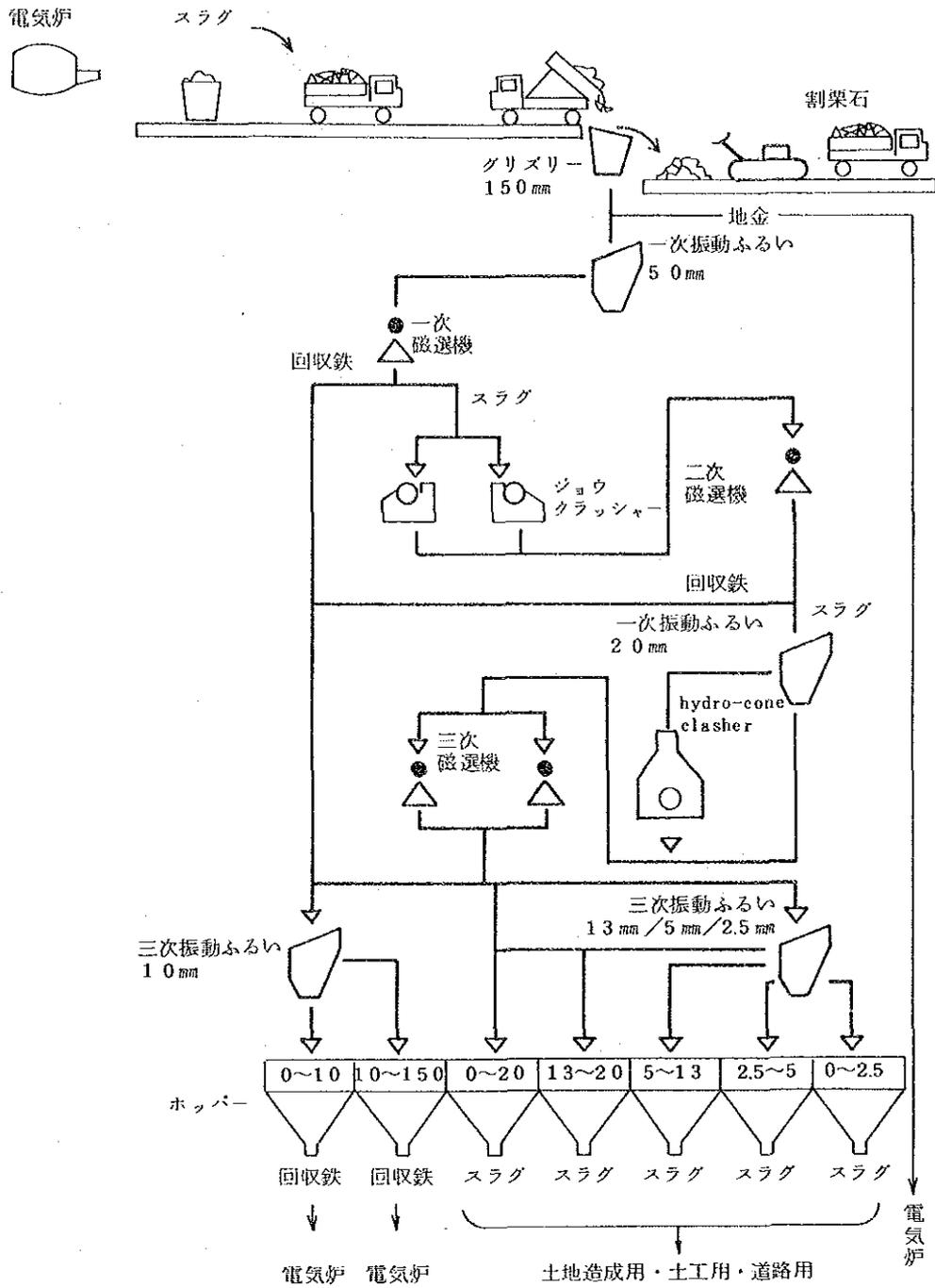


図-7 スラグの粉碎ふるい分けおよび金属鉄回収プラントの例

4. 近代化への実施スケジュール

4-1 近代化スケジュール

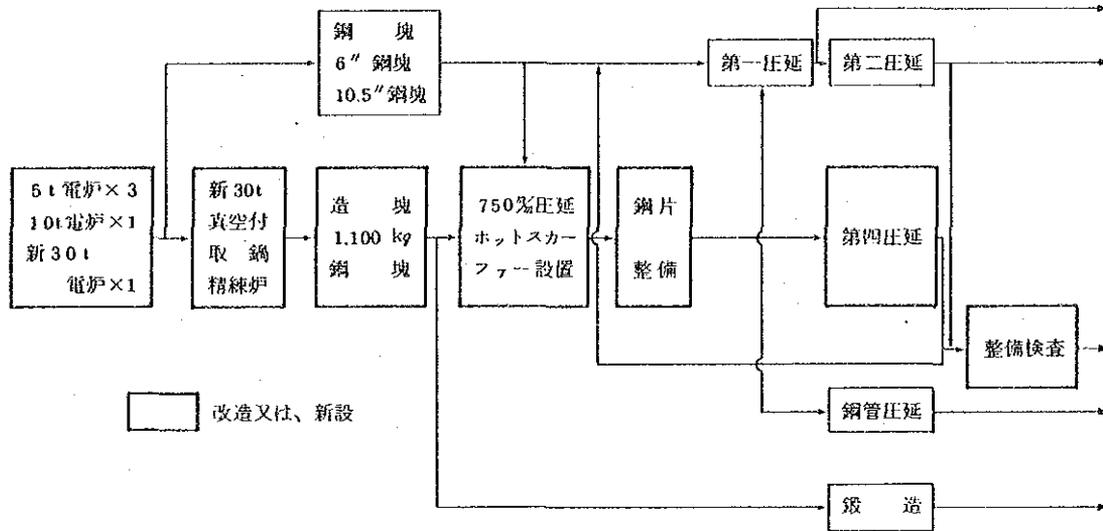
表-5 近代化スケジュール

工場名 項目	第一ステップ	第二ステップ	第三ステップ (1990年)
製鋼工場	Carbon Injection (5) 導入 Sliding Nozzle 導入 第二製鋼工場建屋拡張 酸素流量測定装置設置	新30t炉設置 新30tLFV設置 造塊台車(4台) 取鍋Crane(2台)増設 Ar発生装置完備 Scrap予熱装置設置 水処理装置設置 Stripper crane(2台) 増設 下注定盤導入 集塵装置設置 鍋塊大型化	4号電気炉RPF化 (5号電気炉LF化) 第一製鋼3号電気炉の変圧 器容量増加(4→7MVA)
分塊圧延工場	φ650→φ750化 (含HOT SCARFER) 加熱炉燃焼制御自動化 加熱炉改造 鋼塊運搬用トレーラー導入		
第一圧延工場	加熱炉燃焼制御自動化		
第二圧延工場	加熱炉燃焼制御自動化		
第四圧延工場	加熱炉燃焼制御自動化 BLOCK MILL導入 HVmill(各1stand)導入		HVmill(各1stand)導入
鋼管圧延工場		ロータリーハース加熱炉改 造および燃焼制御自動化	
鋼片整備・検査	鋼片整備・検査用設備設置		
製品整備・検査	製品整備・検査設備設置		
水循環装置	間接冷却水循環装置設置		
重油集中供給装置			重油集中供給装置設置
フリッカー防止装置			フリッカー防止装置導入

4-2 近代化実現時の工程と費用

表-6 近代化実現時の工程とそれに要する設備費用

(a) 概略工程



(b) 設備費用（設備本体のみ）

単位：万元

部 門	製 鋼	75%圧延	鋼片整備	第四圧延	整備検査	自動制御	計
設備費用	3,603	715.9	359.5	2,826	612	259.9	8,376.3

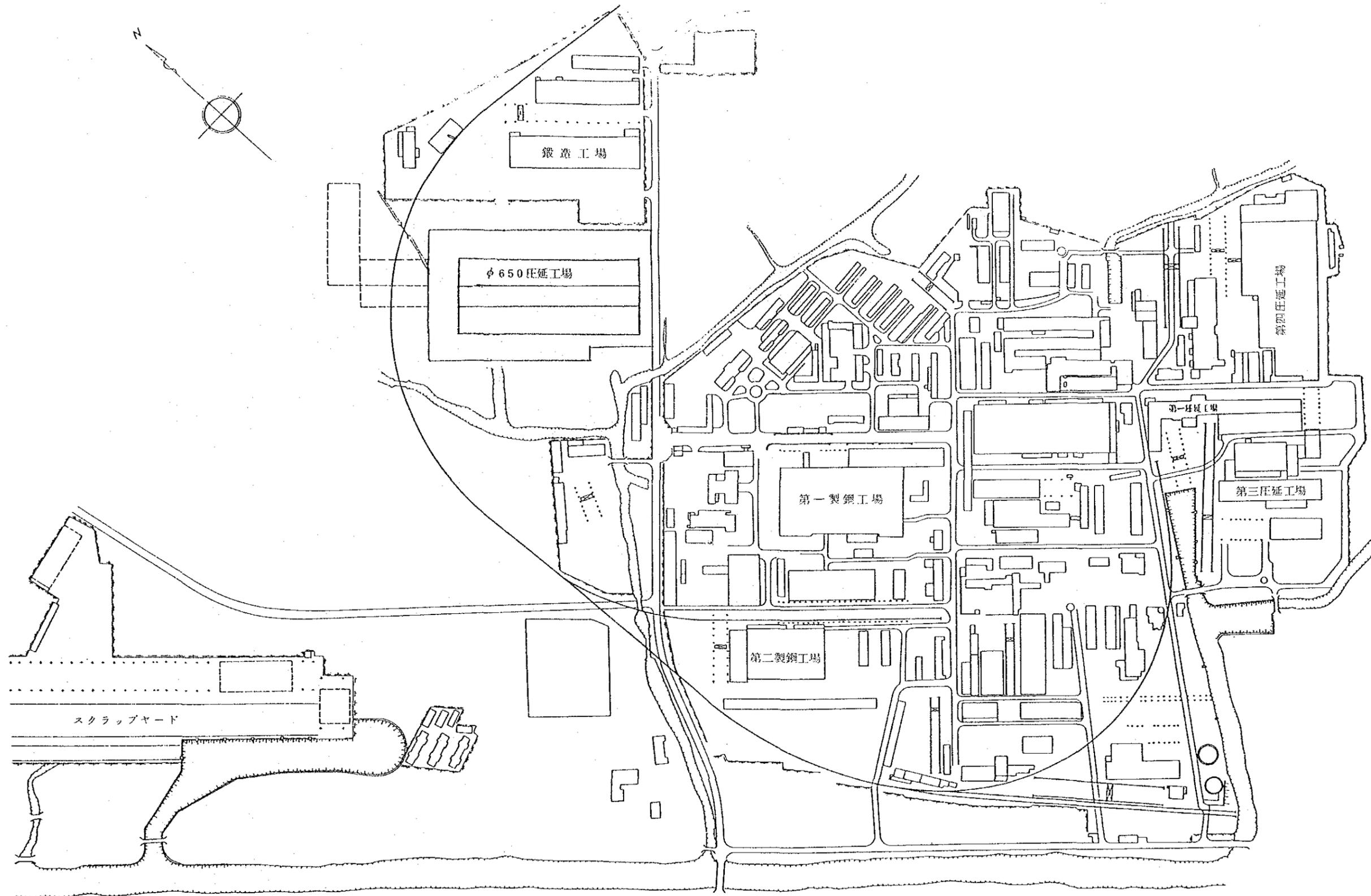
(c) 技術協力関係費用（製鋼、圧延のエンジニアリングと操業指導）…………… 334 万元

5. 経済効果の概要

表 - 7 近代化の経済効果

		1983年	1990年	<p>1. 前提条件</p> <p>(1) 売価 797.4元/t(1983年) 20%増加 ↓ → 956.9元/t (1990年)、これは特殊鋼比率22%(1983年)を65%(1990年)に増加したためである。</p> <p>(2) 人員 製品量250,000t/Yは、現状人員で充分製造可能とした。</p> <p>(3) 1990年に於ける人件費、製造費等の上昇分は、特殊鋼比率増加以外の要素による鋼材の値上と相殺するものとした。</p> <p>(4) 合理化による比例費の削減は、繰込込である。</p> <p>2. 回収期間 総改造概算費用：11,684万元 税引前利益：4,095.6万元 (7,366.6万元-3,271万元) 回収期間：11,684÷4,095.6=2.9年</p>	
製品量 (t/Y)		184,344 (特殊鋼比率：22%)	250,000 (特殊鋼比率：65%)		
売上(万元/年)		14,700 ※1 (797.4元/t)	23,922.5 (956.9元/t)		
製 造 原 価 一 万 元 ／ 年	固 定 費 比 例 ／ 費	人件費	803.3 ※2 (人員：6,909人)		803.3 (人員：6,909人)
		工場管理費	2,000 ※4		2,373.4
		金利(78%)	200.8 ※2		1,112.2
		償却(6%)	445.3 ※2		1,146.3
		(小計)	(3,449.4)		(5,435.2)
		原材料費	1,712.8 ※2		5,801.0
		比例加工費	2,060.8 ※2		5,319.7
		(小計)	(3,773.6)		(11,120.7)
		購入母材費	4,206 ※3		0
		総合	11,429.0		16,555.9
税引前利益(万元)		3,271 ※1	7,366.6		

- 注 ※1：1984年11月事前調査時の質問に対する回答書から
 ※2：1984年3月本調査時の質問に対する回答書から
 ※3：1984年の実績値（本調査時、鋼鉄廠から提供されたもの）
 ※4：調査団による推定値



無錫鋼鉄廠工場全体配置図

本 文

序 章

目 次

1. 調査団派遣の経緯	31
2. 調査の目的	31
3. 調査対象範囲と内容	32
3.1 現地調査	32
3.2 国内分析	34
4. 本格調査団の構成と日程	34
4.1 調査団の構成	34
4.2 本格調査の日程	35
5. 調査報告書（DRAFT）説明のための調査団の構成と日程	36
5.1 調査団の構成	36
5.2 調査報告書（DRAFT）説明のための調査団の日程	36
6. 主要面談者名	37

序 章

1. 調査団派遣の経緯

中華人民共和国は1979年以来「調査、改革、整頓、向上」の方針のもとに経済調整を進めているが、1981年に入り、財政赤字の改善、インフレ昂進の抑制を目標に調整政策の強化、いわゆる、基本建設投資の縮小、均衡財政の実現などを目指している。

かかる経済情勢の下、同国政府は西暦2000年までに農・工業生産を現在の4倍に拡大する計画を発表し、計画達成方法の一環として、既存工場の改善を強力に推進している。

このため日本国に対しても国際協力事業団を通して既存工場の改善のための調査・改善案の立案に関する協力を要請してきたものである。国際協力事業団の調査対象工場は無錫鋼鉄廠およびチチハル市第一重機廠である。

この内、無錫鋼鉄廠近代化計画については、1984年11月に日本調査団による事前調査が実施されており、この結果に基づき中華人民共和国国家経済委員会と国際協力事業団との間に「中華人民共和国工場近代化計画調査実施細目」が締結された。

1985年3月に行なわれた本格調査は、無錫鋼鉄廠近代化調査団（以下、「調査団」と言う）によって、上記の実施細目に従い、生産工程について技術面・管理面から近代化計画案を作成するために行われた。

2. 調査の目的

調査は中華人民共和国無錫市無錫鋼鉄廠（以下、「鋼鉄廠」と言う）の製鋼工場及び線材圧延工場などを対象に、その現状を調査し、その結果を基に鋼鉄廠の近代化計画を立案することを目的としたものである。

調査団は日本鉄鋼連盟および日本鉄鋼連盟の傘下にある大同特殊鋼株式からの5名の専門家によって1985年3月3日から同年3月21日の間に行なわれた。

調査団は鋼鉄廠の工場診断を実施し、その結果に基づき既存工場設備の活用を基本とした製造技術と生産管理技術に関する現実的、且つ、実現性の高い近代化計画案を立案・提出することを目的とした。

3. 調査対象範囲と内容

事前調査で合意された実施細目に基づき、調査団各専門家による鋼鉄廠の現地調査を行い、調査結果を勘案して工場改善ならびに近代化計画を立案する、というものであった。以下にその詳細を示す。

3.1 現地調査

鋼鉄廠の製鋼工場・線材圧延工場その他を対象とし、生産工程としては原材料管理から線材圧延製品（AS ROLLED BAR）の出荷管理までとする。

A 工場概要調査

工場の実態と近代化のための工場拡張の余地について以下の項目を調査する。

- * 工場配置（敷地、生産工場建屋面積、管理棟と構成棟面積、余剰面積等）
- * 生産品（生産品種・鋼種・形状・寸法別出荷量）と売上（品種別）
- * 製造設備（公称能力、実能力、稼働率、劣下度など）
- * 生産実態（標準生産工程、生産実績等）

B 生産工程調査

次の工程について品質改善および生産性向上のための現状実態を把握する。

- * 原 材 料
主原料、副原料、副資材の調達と保管・払出しについての実績と管理方法
- * 製 鋼
溶解法、操業方法、生産体制、原単位等の確認
- * 造 塊
造塊法、出鋼温度管理法、取鍋乾燥法、鑄型形状、耐火物品質、発熱材品質、鋼塊管理方法、および原単位等
- * 鋼片手入れ
鋼片手入れ基準、不良率、歩留、原単位等

* 線材圧延

パススケジュール、各スタンド能力、不良率、疵検査法、寸法検査法、終温度管理法、歩留、および原単位等

* 鋼管圧延用加熱炉

炉内温度分布、加熱標準、燃焼方法と制御方法、燃料原単位等

* 検査

出荷検査、不良原因と検査歩留

C 生産管理の実態調査

* 製造設計管理

受注・販売方式、受注・製造指示ルートとその方法

* 調達管理

原材料、資材調達基準、方法

* 在庫レベル：主原料、鋼塊、鋼片、製品

* 生産管理

生産管理システム、実績把握方法、工程進捗チェック方法、不良品発生時対策等

* 熱管理

エネルギー管理方法、電力制限

* 品質管理

管理標準、定期修理、日常点検、突発事故対策、予備品・補修用品管理方法および要員

* 教育訓練

能力別人員構成、教育訓練プログラム

D 近代化調査

鋼鉄廠が希望する近代化計画について以下の内容を聴取し明確にする。

* 計画内容

生產品種、生産量、品質レベル

* 実施スケジュール

年度別生産計画：目標とする増産、省力、省エネルギー、品質改善等

* 近代化に要する費用

設備投資規模、設備調達制限

* 近代化計画立案上の留意点

電力供給制限枠、水質および量、公害規制値、原材料・資材調達条件、要員の制限等

3.2 国内分析

現地調査の結果に基づき、鋼鉄廠の現状レベルを日本の現状レベルと対比することにより、その差異を明確にし、その原因を解析する。

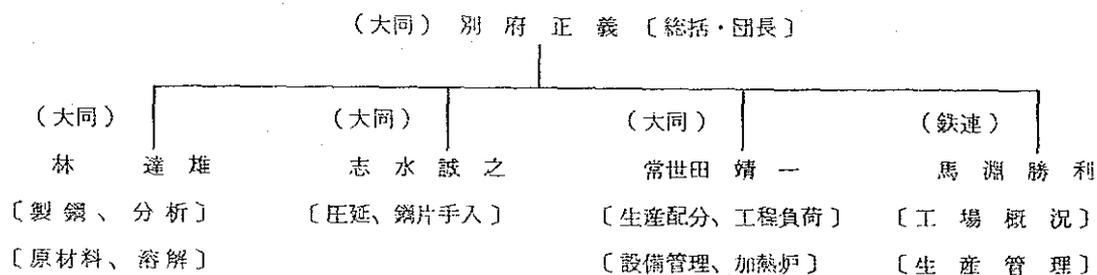
更に近代化調査内容を組入れ、段階的近代化計画案を立案する。

但し、設備計画は基本的な計画とする。

4. 本格調査団の構成と日程

4.1 調査団の構成

1985年3月に行なわれた本格調査のための調査団の構成は次の通り。



注：(大同)：大同特殊鋼(株)

(鉄連)：日本鉄鋼連盟

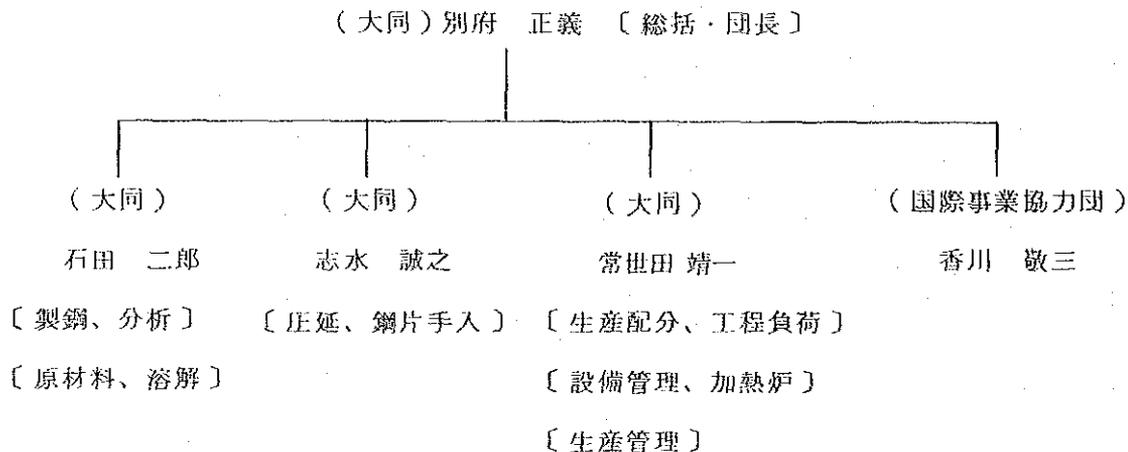
4.2 本格調査の日程

日順	月/日	曜日	行 程	主 な 業 務 内 容
1	3/ 3	日	東 京 → 無 錫	(移 動)
2	3/ 4	月	無 錫 鋼 鉄 廠	INCEPTION REPORT説明 工場概況調査、確認
3	3/ 5	火	無 錫 鋼 鉄 廠	工場概況調査、確認 近代化計画、確認
4	3/ 6	水	無 錫 鋼 鉄 廠	質問書に対する回答・質疑応答
5	3/ 7	木	無 錫 鋼 鉄 廠	担当別調査(操業/管理方法)
6	3/ 8	金	無 錫 鋼 鉄 廠	担当別調査(操業/管理方法)
7	3/ 9	土	無 錫 鋼 鉄 廠	USER訪問・担当別調査
8	3/10	日	(休 日)	
9	3/11	月	無 錫 鋼 鉄 廠	USER訪問・担当別調査
10	3/12	火	無 錫 鋼 鉄 廠	資料整理、団内打合せ
11	3/13	水	無 錫 鋼 鉄 廠	団内打合せ・PRODUCT MIXとPROCESS FLOW の説明
12	3/14	木	無 錫 鋼 鉄 廠	業務範囲の相互確認、担当別調査
13	3/15	金	無 錫 鋼 鉄 廠	団内打合せ・担当別調査
14	3/16	土	無 錫 鋼 鉄 廠	担当別調査・確認
15	3/17	日	(休 日)	
16	3/18	月	無 錫 → 北 京	(移 動)
17	3/19	火	国家経済委員会・国際協力事業団	調査についての概要報告
18	3/20	水	国家経済委員会	打 合 せ
19	3/21	木	北 京 → 東 京	(帰 国)

5. 調査報告書(DRAFT)説明のための 調査団の構成と日程

5.1 調査団の構成

1985年7月に行なわれた調査報告書(DRAFT)説明のための調査団の構成は次の通り。



注：(大同)：大同特殊鋼㈱

5.2 調査報告書(DRAFT)説明のための調査団の日程

日順	月/日	曜日	行 程	主 な 業 務 内 容
1	7 / 7	日	東京→無錫	(移 動)
2	7 / 8	月	無錫鋼鉄廠	調査概要説明、専門別説明
3	7 / 9	火	無錫鋼鉄廠	専門別説明
4	7 / 10	水	無錫鋼鉄廠	専門別説明・質疑応答
5	7 / 11	木	無錫鋼鉄廠	報告書に対する質疑応答合意書立案・署名
6	7 / 12	金	無錫→北京	(移 動)
7	7 / 13	土	北 京	國家經濟委員会への調査報告説明
8	7 / 14	日	北 京	(休 日)
9	7 / 15	月	北 京	日本大使館への表敬訪問
10	7 / 16	火	北京→大阪→東京	(帰 国)

6. 主要面談者名

中国國家經濟委員會

技術改造局 副局長 陸 江 技術改造局 王 毅

技術改造局診斷辦公室 副主任 薛光中 技術改造局診斷辦公室 丁寧新

技術改造局診斷辦公室 賀榮培 技術改造局診斷辦公室 弓海旺

重州処副処長 許同茂 進出口總工程師 倪根仙

冶金工業部鋼鐵生產技術司 劉勇昌

江蘇省經濟委員會

副科長 應建德 副科長 楊福祥

江蘇省計畫委員會

副主任 郭世良

江蘇省冶金厅

厅 長 韓桂林 副厅長 陸開元

副処長 張桂生

無 錫 市

副市長 夏秀英 副市長 李祖法

無錫市經濟委員會

主 任 紀海榮 主 任 沈仲興

副主任 趙根生 科 長 高家經

無錫市計畫委員會

副主任 吳錦昌

無錫市冶金局

局 長 張棟男 副局長 陳育斌

無錫鋼鐵廠

廠 長 滿 載 副廠長 孫培楠

副廠長 杜再春 副廠長 李 玷

總工程師 馬宗況 副總工程師 陸辛度

副總工程師 冷遠耀 廠企整辦主任 沈福生

廠辦副主任 曹誠圭 廠辦副主任 黃達民

宣伝科長	王敏政	安技科長	失炳興
總務科長	繆海泉	保衛科副科長	劉永生
廠辯副主任	丁華根	廠辯接待主任	丁新生
工程師	衛振傑	煉鋼分廠廠長	下 鶴
煉鋼分廠副廠長	祁漢文	鋼管車間主任	丁岐嶺
鋼管車間副主任	張勇鋼	鋼絲車間主任	韓龍泉

第1章 両者の基本的合意事項

目 次

1. 現地調査結果による両者の基本的合意事項	39
1.1 近代化についての鋼鉄廠の基本的な考え方	39
1.2 業務範囲に関する確認	39
2. 調査結果報告書（DRAFT）説明時における両者の基本的合意事項	42
2.1 無錫鋼鉄廠が同意した内容	42
2.2 鋼鉄廠からの要求	43

第1章 両者の基本的合意事項

1. 現地調査結果による両者の基本的合意事項

1.1 近代化についての鋼鉄廠の基本的な考え方

- (1) 近代化については、まず国内競争力の強化を図るために必要な投資を行う。
- (2) 現在生産している鋼種は普通鋼が主体であるが、1990年には特殊鋼を主体（全体の65%）に移行する。

また、製品量は現状の184,000t/Yから250,000t/Yに増産する。

- (3) 近代化については、現有設備を出来得る限り有効的に利用し、現生産を停止することなく実施する。
- (4) 現状の製鋼能力（年間12万t）と圧延能力（年間30万t）とのアンバランスを改善するため、製鋼工場の能率および品質向上と製造量増加を図ってバランスをとる。

なお、フリッカー防止対策および環境保全対策も十分に考慮する。

- (5) 各部門の歩留向上とエネルギー節減対策を積極的に推進する。
- (6) 線材圧延工場については、コイル単重の増加（100kg→300kg以上）、表面品質の向上、および省エネルギーを図る。
- (7) 特殊鋼製造のための補完設備についても積極的に対策を講じる。
- (8) 無錫市は観光都市でもあるため、環境保全については特に留意する。

1.2 業務範囲に関する確認

現地調査および鋼鉄廠との討議により、特殊鋼化のためには分塊圧延機の改造並びに現有棒鋼圧延機による線材と棒鋼の圧延の可能性を総合的に検討するものとする。

また、近代化案の立案検討のための前提としていくつかの事項が確認された。

（これらは会議録として1985年3月16日に両者の署名の上、確認された。）

業務範囲の確認事項はつぎの通り。

(1) 1990年のPRODUCT MIX

第Ⅲ章、1項の表-2のPRODUCT MIXに示された数値とする。

(2) 1990年の電力事情

電力制限は考慮しないものとする。

(3) 特に留意する技術的検討内容

(3.1) 製鋼工場について、効率および品質向上と数量増加を図り、圧延能力とのバランスをとる。

(3.2) 鋼塊大型化(1,000~1,500 kg)に伴い、φ750の圧延機の増設を含めてφ650圧延機の改造について検討する。

(3.3) 第二製鋼工場の建屋増設・改造については、建屋の長さ、巾、高さ、要求クレーン荷重、クレーンレール高さ、および建屋に係わる集塵装置重量の参考値を提出する。

(3.4) 製鋼工場と圧延工場との間(特に第二製鋼工場からφ650圧延工場間)の材料運搬方法について提言する。

(3.5) フリッカー防止対策について提案する。

(3.6) 線材圧延工場については、コイル単重増加(≥300kg)、表面品質向上および省エネルギー(加熱炉)を図り、競争力を強化する。

(3.7) 第四圧延工場の線材、棒鋼およびアングルの生産の可能性について総合的な対策を検討する。

(3.8) 鋼管圧延用加熱炉については、斜底式連続加熱炉の代わりに現有のロータリーハース炉を使用するものとし、その省エネルギー対策を検討する。

(3.9) 整備・検査については、特殊鋼化に伴い、その必要性が増加するのでプロセス中の検査ポイントと整備・検査方法について検討する。

(3.10) 設備管理のうち、特に計測・計量管理についての提案をする。

また、主要設備の事故防止のための監視システムを紹介する。

(4) 技術レベル

1990年における鋼鉄廠の技術レベルは、特殊鋼製造について、熟達したレベルにあるものとする。

なお、レベルの指針として、報告書には各部門毎に次の項目について目標値を設定する。

製 鋼： Tap to Tap 時間
 電 力 原 単 位
 歩 留
 圧 延： 能 率
 燃 料 原 単 位
 ミ ス ロ ー ル 率

(5) コ ス ト 計 算

設備費については、日本 F O B ベースとする。

その他コストなどの金額表示は、換算率を明記した上で、「元」表示とする。

(6) 稼 働 時 間

1990年における稼働時間は以下の通りとする。

5 t 電炉	300 日/年	4 直 3 交代
10 t 電炉	330 日/年	4 直 3 交代
30 t 電炉	330 日/年	4 直 3 交代
線材圧延	288 日/年	3 直 3 交代

その他の部門は製鋼・圧延の稼働体制に適合するものとし、4直3交代も可能であるものとする。

(7) 重 油

重油の集中給油方法について提案する。

また、自動燃焼制御システムについて紹介する。

(8) ユーティリティー

ユーティリティー（酸素、窒素、アルゴン、L P G、用水）は安定供給されるものとする。但し、これらユーティリティーの必要量を提示する。

(9) 環 境 保 全

環境保全については、煤煙・廃水・騒音・振動について、中国の公害規制値に許容されるように対策を考慮する。

また、製鋼鋼滓の処理方法を紹介する。

2. 調査結果報告書(DRAFT)説明時における両者の

基本的合意事項

1985年7月7日から同月11日の間に行なわれた調査結果報告書(DRAFT)説明の際に両者で合意された事項は以下の通りである。本条1項で合意された事項と、この項で合意された事項との間で矛盾する内容がある場合は本項の内容が優先される。

なお、本項の合意事項は、合意書として1985年7月11日に両者の署名の上、確認された。

2.1 無錫鋼鉄廠が同意した内容

(1) 鋼鉄廠の現有設備および技術を基礎にして、1990年までに年間生産量30万tの特殊鋼工場をつくることを目標にし、製品品種の拡大、製品品質の向上、省エネルギーおよび環境改善に重点を置き、設備・技術を近代化し、製鋼生産能力を向上させて製鋼工場と圧延工場の能力の均衡を図る。

(2) 鋼鉄廠ではφ650圧延工場が稼動中であるが、保管しているφ750圧延設備が活用出来るという現状に基づき、技術改善は、高パワー電気炉+LFV精錬炉+φ750圧延機の組み合わせを主に採用する。

(3) 製鋼ではHP電気炉およびLFV精錬炉を新設し、集塵装置とスクラップ予熱装置を併設する。

現有する電気炉にたいしては、酸素富化法、炭素吹込み法、アルゴン吹込み法、などの新しい技術、新しい工程を採用する。

新設する30t電気炉とLFV精錬炉は新しく増設する建屋の中に設置する。建屋の増設は第二製鋼工場を拡張して行うこととし、その拡張面積は電気炉、LFV精錬炉、スクラップ加熱装置などの配置を検討して再提出する。

(4) 製鋼関係の改造の実施ステップは下記の通りとする。

第一ステップとして、現有する製鋼技術に新技術を導入して当座の能率向上を図ると共に、第二ステップで設置する電気炉、取鍋精錬炉のための建屋を建設する。

第二ステップとして、新しく建設した建屋に30tHP電気炉およびその溶鋼を処理するLFV精錬炉を各1基ずつ設置する。

第三ステップとして、LFV精錬炉が十分にその能力を発揮し、30tおよび4

号電気炉各1基の溶鋼処理が可能であることを確認後、4号電気炉の変圧器を15,000 kVAに変更してHP化し5号電気炉は休止させる。

- (5) ϕ 750 圧延機と ϕ 650 圧延機の配置について敷地の制約がなければ、 ϕ 750 圧延機は現在の圧延ヤードの延長建屋に設置する。
- (6) 第三圧延工場と第四圧延工場との生産配分について、受注量 150,000 t/年の前提では第四圧延工場を近代化して、棒鋼・線材の生産を集約することが最良である。しかし棒鋼と線材の受注量が第四圧延工場の能力 200,000t/年を超える時、第三圧延工場も近代化して第四圧延工場では棒鋼を、第三圧延工場では線材を生産する。したがって最終報告書に第三圧延工場の改造案を含める。
- (7) 近代化調査報告書 (DRAFT) に提示された直接あるいは間接冷却水の循環処理、重油での取鍋乾燥、スラグ処理および加熱炉自動制御の内容について鋼鉄廠は同意した。

2.2 鋼鉄廠からの要求

鋼鉄廠より最終報告書に下記の質問に対する回答を含めるよう要求があった。

調査団は以下の事項に就いて最終報告書に詳細を述べることを同意した。

- (1) 1基のLFV炉で2基のHP電気炉(30t電気炉および4号電気炉)の全溶鋼を処理できるか。
- (2) スクラップ予熱装置と集塵装置に関する具体的な平面図の提示。また、その集塵効率は90%以上に達すること。
- (3) 年産量30万tに達するため、スクラップ処理が重要となるのでスクラップ処理技術および設備に関する情報を提出すること。
- (4) 現在の第二製鋼工場のクレーン高さは14mである。拡張した新建屋に30tHP電気炉を設置する可能性はどうか。
- (5) 製鋼工場の生産管理をコンピューターで処理することを考慮してほしい。
- (6) 圧延工場の改造を満足する条件のもとに出来るだけ鋼塊を大型にすること。
- (7) 特殊鋼用連続铸造は技術面でまだ問題がある、との調査団の説明により、中国側は他の方法で鋼材圧延の総合的な歩留を向上するための有効な方案の提示を要求した。

第2章 無錫鋼鉄廠の概要

目 次

1. 工 場 沿 革	45
2. 位 置 付 け	45
3. 工 場 現 況	46

第2章 無錫鋼鉄廠の概要

1. 工場・沿革

無錫鋼鉄廠は1958年に無錫市内に建設されて以来、26年を経ている。中国はこれまで海に沿って点在していた対外解放地域が面に拡大され、その中で、無錫市は長江三角洲（上海、蘇州、無錫、常州）として解放区に指定されている。

鋼鉄廠は上海市から、約120 Km離れた内陸に位置しているものの近くに太湖という中国で4番目に大きな湖（面積3万ha）、および運河、沼などが散在しており、気候、環境に恵まれた所に位置している。

中国には一貫製鉄所、普通鋼メーカー、および特殊鋼メーカーが合計80社あり、鋼鉄廠は「中」に位置している。

今回、同レベルの製鉄所の近代化計画のモデル工場の一つとして無錫鋼鉄廠が選ばれた。

2. 位置付け

無錫市には5つの鋼鉄廠があるが、無錫鋼鉄廠はその中心的な工場であり、江蘇省からも重要工場として扱われている。5つの鋼鉄工場と上部組織との関係は次の通りである。



3. 工場現況

敷地面積：693,000 m²

工場全体配置図（図-3に示す）

契約電力：15,800 kw

固定資産：84,200,000 円

設備（公称能力）：電気炉 5 t（実力 10 t）× 3 基、電気炉 10 t（実力 20 t）
 × 2 基、φ650 圧延機 × 1 基、小型圧延機 × 4 基、線材圧延機 ×
 1 基、継目無鋼管圧延機 × 1 基、鍛造設備、その他

製鋼能力：120,000 t / Y …… 圧延能力：300,000 - 350,000 t / Y

1983 年実績：製鋼 102,108 t / Y、1983 年実績：圧延 181,067 t / Y（連鑄
 BLOOM 購入）

原料：低品位スクラップ

生産量（1983 年）：年間生産量は 184,344 t であり、その内、国家からの要求分
 が 40%、市場からの要求分が 60% であった。国家からの要
 求分は減少傾向にある。

市況：市場は「売手市場」であるが、1984 年から需要家が自由にメーカーを選択で
 きるようになり、今後は品質・価格面での競争が一層激しくなるであろう。

1983 年における製品内容：次の表-1 に示す。

表-1 鋼種・形状・寸法別製品生産量（1983 年）

（単位：t / Y）

	線材 φ 6-8	丸 棒		合 計	アングル 25-60	鋼 管	鍛造品 その他	総 計
		φ 10-16	φ 18-25					
構造用鋼 炭素鋼	8977	1425	948	11350		20146		31496
低合金鋼		89		89			2800	2889
硬鋼線	3270			3270			408	3678
軸受鋼						1200	69	1269
普通鋼	59847	37898	32487	130232	14780			145012
合 計	72094	39412	33435	144941	14780	21346	3277	184344

従業員：現在、組織および従業員（現状 6,909人）の再検討を実施中であり、余剰人員については、別会社（例えば観光会社）を設立して吸収することを考えている。図-1に1983年における組織を示す。

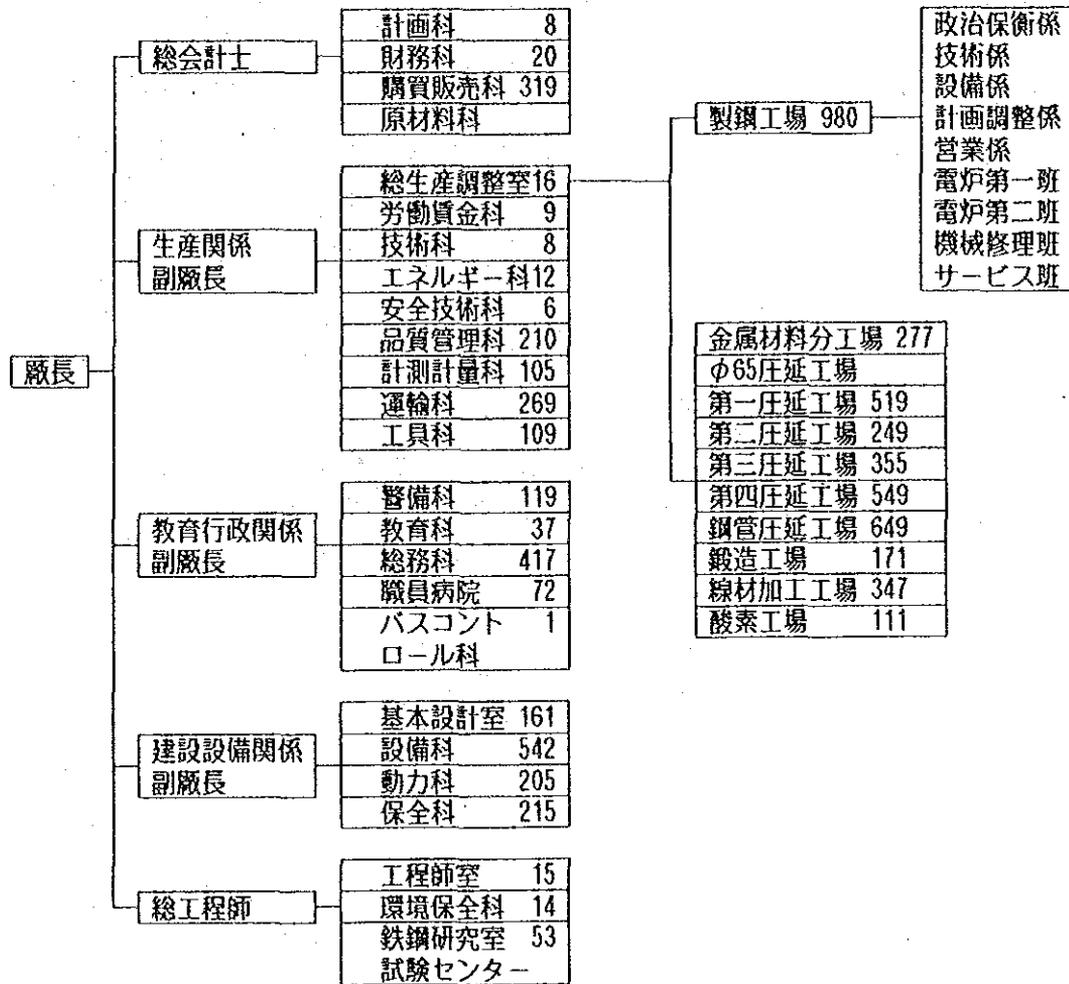
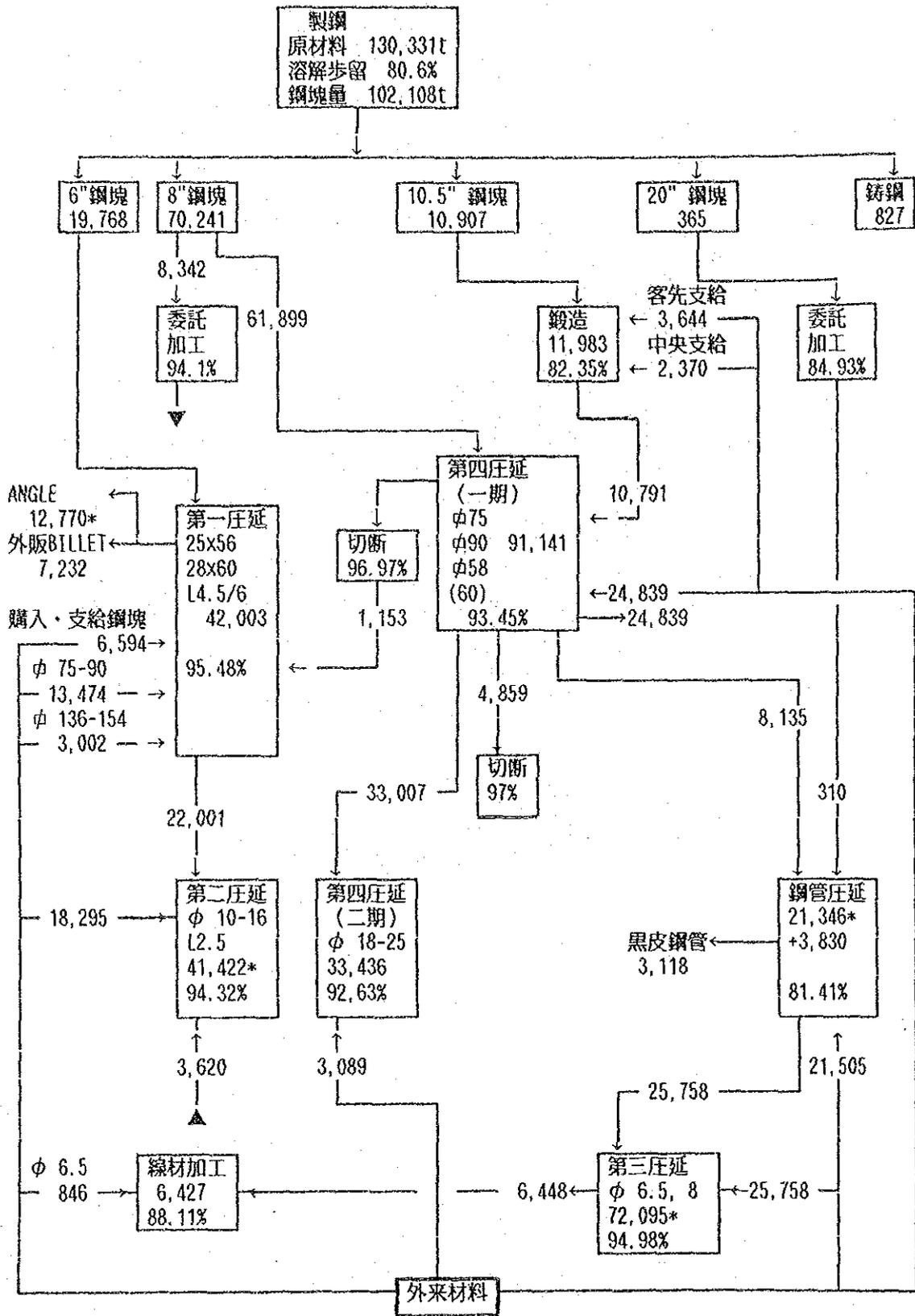


図-1 1983年における組織

1983年における工程流れ図：図-2に示す。



図一 2 1983年における工程流れ図 ※：圧延製品

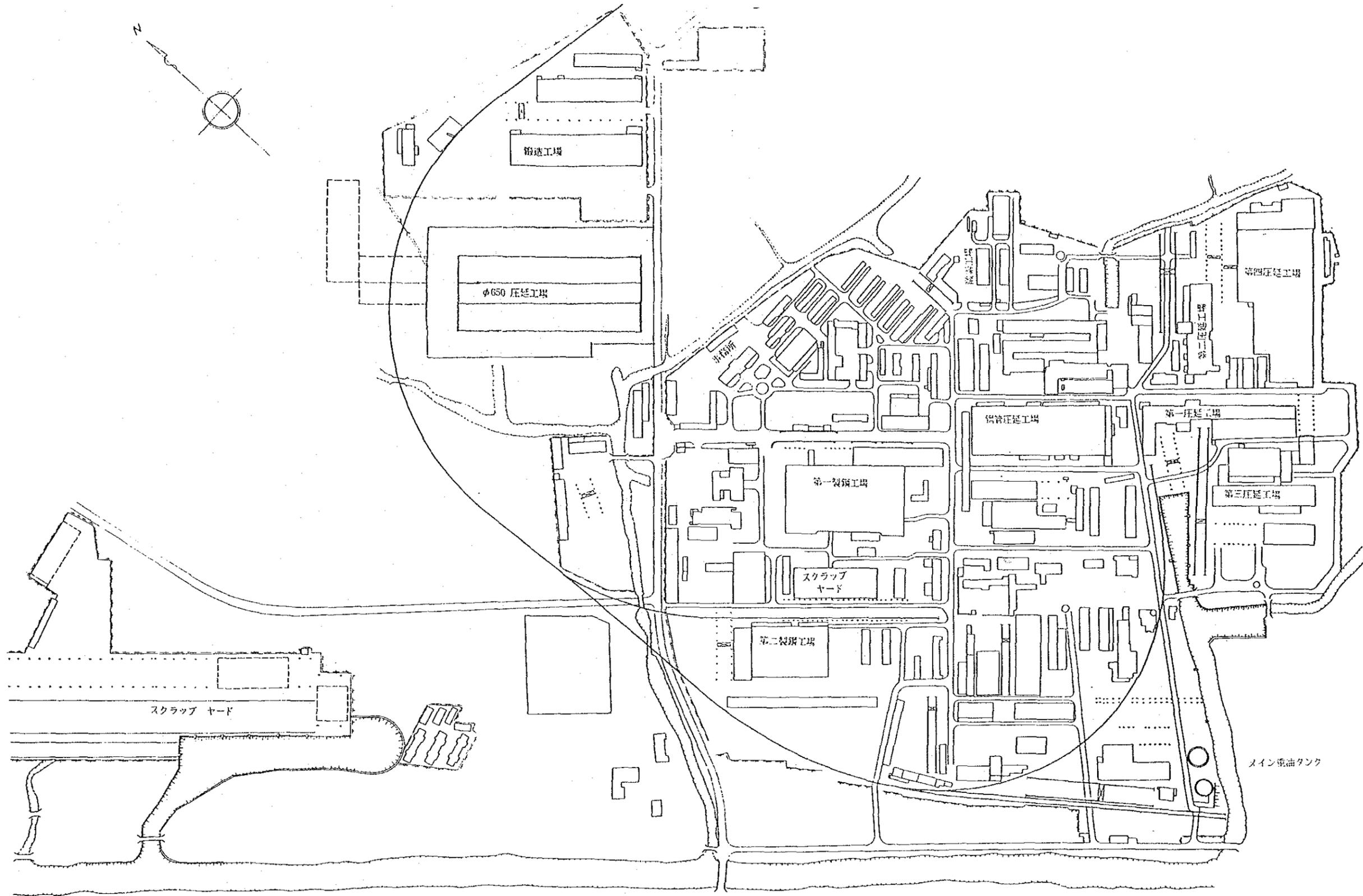


図 - 3 無錫鋼鉄廠工場全体配置図

第3章 近代化についての技術的提案

目 次

1. 製品別生産計画	51
2. 工程流れ図	53
3. 製鋼工場の実情と近代化案	63
4. 圧延の現状と近代化案	144
5. 製鋼工場と圧延工場間の材料運搬方法	192
6. 検査と鋼片手入	195
7. その他特殊鋼化のための設備導入	200
8. 圧延用加熱炉の自動制御化	204
9. 環境汚染防止	224
10. UTILITIES に関する提案	259
11. 生産管理・工程管理	282
12. 原材料管理	292
13. 品質管理	312
14. 設備管理	321
15. 教育訓練	327
16. 近代化への実施スケジュール	329
17. 経済効果の概要	331

第3章 近代化についての技術的提案

1. 製品別生産計画

鋼鉄廠と調査団との協議の結果、表-2に示す1990年における製品別生産計画が立案された。この生産計画は近代化の検討を行うための基礎数値となるが、1990年においては当然ながら多少の変動があるであろう。従って近代化の検討において、製造能力については生産量の変動を考慮し、多少の余裕を持たせる必要がある。

なお、ばね鋼と角製品は製造されないものとして近代化計画の対象外とする。

1990年の製品別生産計画を1983年の実績と対比した場合の主な相違点は次の通りである。

① 総生産量

1983年の184万t/Yに対し25万t/Yと35%の増加となっている。

② 鋼種構成

普通鋼と特殊鋼の比率が1983年は78:22であったが、1990年においては35:65と特殊鋼の比率が大幅に増加している。

(1990年に生産を予定している炭素工具鋼はヤスリ用が主体であり、また合金工具鋼は低合金鋼を意味している)。

③ 製品構成

A 線材(5.5~8_{mm})の生産比率が1983年の39%に対して1990年では46%に増加している。

B 丸棒(φ10~16_{mm})の生産比率が1983年の21%に対して1990年では5%に減少している。

C 1983年には生産されていなかった丸棒φ50~75_{mm}が1990年には4万t/Y(16%)生産される。

表-2 1990年における製品別生産計画(単位:t/Y)

	線材	丸棒				angle		鋼管	鍛造品 その他	総計
	φ 5.5-10	φ 10-16	φ 18-50	φ 50-75	合計	2.5	4.5/6			
構造用 炭素鋼		2,000	13,500	37,000	52,500			25,000	2,500	80,000
低合金 鋼	45,000	2,500	20,000		67,500					67,500
硬鋼線	5,000				5,000					5,000
軸受鋼				2,600	2,600			2,000		4,600
炭素工 具鋼		1,000			1,000					1,000
合金工 具鋼			500	400	900				2,000	2,900
普通鋼	65,000	8,000	1,000		74,000	2,000	13,000			89,000
合計	115,000	13,500	35,000	40,000	203,500	2,000	13,000	27,000	4,500	250,000

2. 工程流れ図

表-2の1990年における製品別生産計画を実現するため、鋼鉄廠の現有設備、あるいは改造した設備を有効に使用し、効率の良い生産をしなければならない。このためには、鋼鉄廠の全工場に対する材料の流れ、あるいは工程を明確にし、各工場の作業負荷を決定しなければならない。

図-4～図-7に1990年の近代化実現時の工程流れ図を示す。

工程流れの決定には次の手順を踏んだ。

① 全体的前提

- ① 鋼鉄廠の製造技術レベルは、現状の日本の特殊鋼製造技術レベルに達しているものとする。したがって、歩留・能率は日本の現状値を使用する。
- ② 鋼塊を出来るだけ大型にする。
- ③ やむを得ない場合を除き新設備の導入は避け、現状設備の改善にとどめ、投資金額を少なくする。
- ④ 特殊鋼の品質確保のため鋼片手入工程、検査工程を導入する。

② 工場別製品仕上げ量

φ650圧延(φ750に改造)

……………太丸棒 φ50-75……………40,000 t/y

第一圧延……………アングル(ANGLE) 4.5/6……………13,000 t/y

第二圧延……………アングル(ANGLE) 2.5……………2,000 t/y

φ10-16(炭素工具鋼)……………1,000 t/y

(ただし線材コイルから直線化・切断が可能なら線材圧延が最終圧延となる。)

φ10-16(炭素工具鋼以外)……………12,500 t/y

(ただし線材コイルから直線化・切断が可能なら線材圧延が最終圧延となる。)

計 15,500 t/y

第三圧延……………線材 φ5.5-8(10)……………115,000 t/y

第四圧延……………丸棒 φ18-50……………35,000 t/y

(改造を行えば棒線圧延も可能)

鋼管圧延……鋼管…………… 27,000 t / y

鍛造……鍛造品…………… 4,500 t / y

③ 製品別工程流れ

① 太丸棒 ($\phi 50 - 75$)

$\phi 650$ 圧延機 ($\phi 750$ に改造) により鋼塊 (大型化) 1 ヒートで仕上圧延する。

矯正後、検査を行い出荷。

② アングル (4.5 / 6)

6" 鋼塊を第一圧延で仕上げ、矯正後目視検査を経て出荷。

③ アングル (2.5)

6" 鋼塊を第一圧延で鋼片に圧延し、検査・疵取を行い、第二圧延にて仕上げ圧延し、矯正後目視検査を経て出荷。

④ 丸棒 $\phi 10 - 16$ (炭素工具鋼)

(1 案) $\phi 750$ 圧延機により鋼塊を鋼片にし、手入れを経て、更に第一圧延において小鋼片にする。これを再び検査・手入れを行った後、第二圧延機で仕上げる。

(2 案) $\phi 750$ 圧延機により鋼塊を鋼片にし、手入れを経て、第三圧延で線材コイルとし、直線化・切断を行い細丸棒にし、検査後、出荷。

(3 案) $\phi 750$ 圧延機により鋼塊を鋼片にし、手入れを経て、棒線圧延機に改造された第四圧延で線材コイルとし、直線化・切断を行い細丸棒にし、検査後、出荷。

⑤ 丸棒 $\phi 10 - 16$ (炭素工具鋼以外)

(1 案) 6" 鋼塊を第一圧延で鋼片に圧延し、検査・疵取を行い、第二圧延にて仕上げ圧延し、矯正後目視検査を経て出荷。

(2 案) $\phi 750$ 圧延機により鋼塊を鋼片にし、手入れを経て、第三圧延で線材コイルとし、直線化・切断を行い細丸棒にし、検査後、出荷。

(3 案) $\phi 750$ 圧延機により鋼塊を鋼片にし、手入れを経て、棒線圧延機に改造された第四圧延で線材コイルとし、直線化・切断を行い細丸棒にし、検査後、出荷。

㊦ 線材 $\phi 5.5 - 8 (10)$

(1 案) $\phi 750$ 圧延機により鋼塊を中120鋼片にし、手入れを経て、第三圧延で線材コイルとし、検査後、出荷。

(3 案) $\phi 750$ 圧延機により鋼塊を中120鋼片にし、手入れを経て、棒線圧延機に改造された第四圧延で線材コイルとし、検査後、出荷。

㊧ 鋼 管

鋼塊を $\phi 750$ 圧延機で $\phi 75$ 丸鋼片とし、検査手入れ後、鋼管圧延機で仕上げる。

㊨ 鍛 造 品

普通鋼鍛造品は 10.5 " 鋼塊を直接鍛造して仕上げる。

特殊鋼鍛造製品は第二製鋼工場からの大型鋼塊を $\phi 750$ 圧延機で分塊圧延されたのち、鍛造される。

④ 主な設備の導入と改善

工程流れ図に示されている主な設備の導入と改善は次の通りである。

㊱ 製 鋼 工 場

新 30 t 電炉のおよび L F V 設備の導入

10 t 電炉 (4 号炉) の H P 化

㊲ 圧 延 工 場

$\phi 650$ 圧延機の改造 : $\phi 750$ 圧延機 (鋼鉄廠保管) の設置とホットスカーファー (H O T S C A R F E R) の導入

線材圧延機の改造

鋼片手入れ設備の導入

㊳ 製品監査・手入れ設備の導入

図 - 4 (第一案) の要点

第三圧延工場で線材を生産する。

第四圧延は丸棒を専門に圧延する。

$\phi 10 - 16$ の小棒は第二圧延機で製造する。

図 - 5 (第二案) の要点

第三圧延工場は停止する。

第四圧延機を棒鋼圧延機から棒線圧延機へ改造する。

$\phi 10 - 16$ の小棒は第二圧延機で製造する。

図一 6 (第三案) の要点

第三圧延工場で線材を生産する。

第四圧延は丸棒を専門に圧延する。

φ 10-16 の小棒は第三圧延機で一旦、線材コイルにし、コイルを矯正 (直線化)
・切断して棒鋼にする。

図一 7 (第四案) の要点

第三圧延工場は停止する。

第四圧延機を棒鋼圧延機から棒線圧延機へ改造する。

φ 10-16 の小棒は第三圧延機で一旦、線材コイルにし、コイルを矯正 (直線化)
・切断して棒鋼にする。

コイルを直線化・矯正して細丸棒に加工した場合、細丸棒肌に残る螺旋跡が残る。
コンクリート用程度の要求肌であれば問題はないと思われるが、品質要求の高いものは螺旋肌をなくすために、更に、引抜きを行わざるを得ない。このため製造費用の増加、
能率の低下などが生ずる。

したがって、現段階では第三と第四の案は推奨できないが参考までに示した。

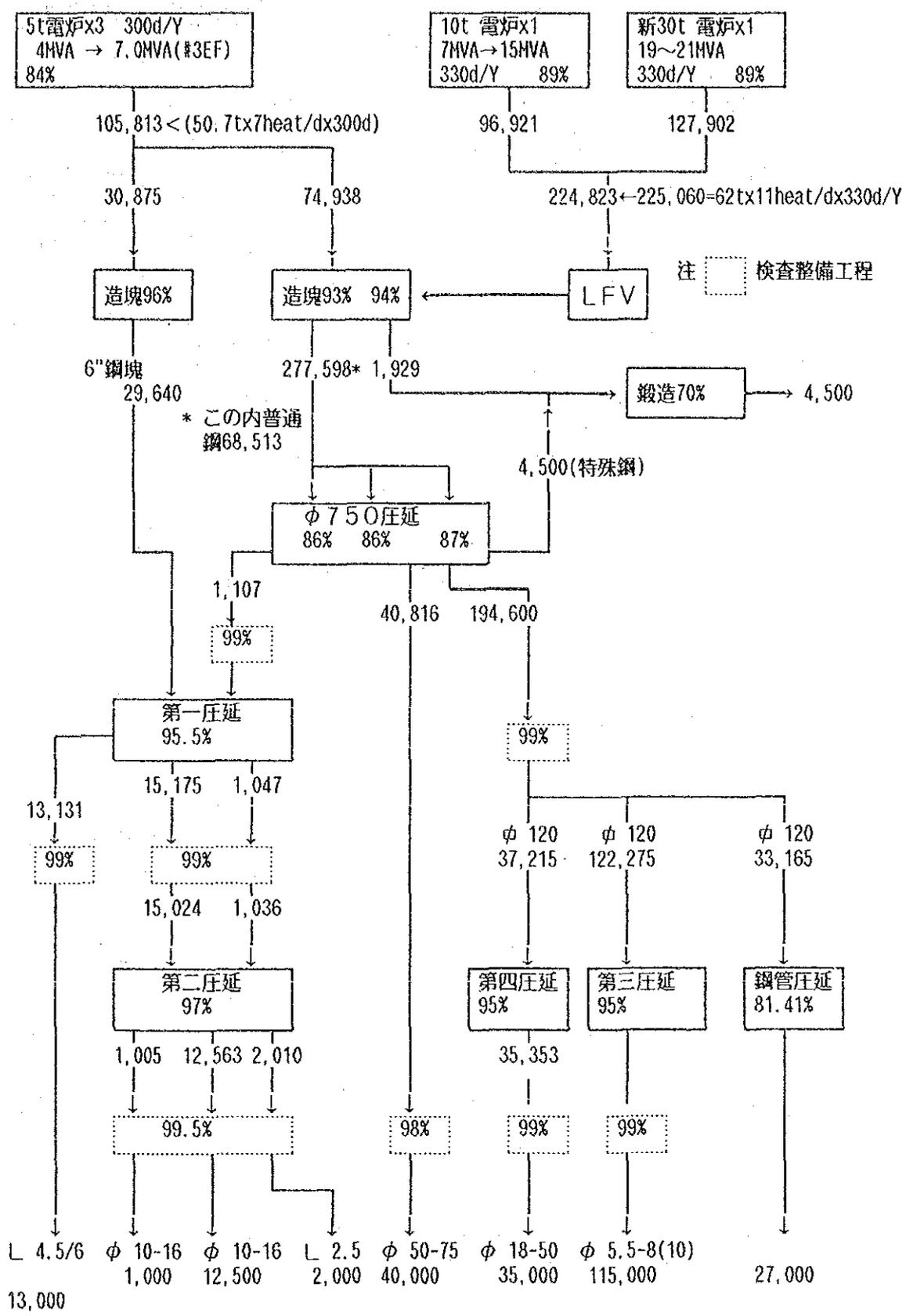


図-4 1990年における工程流れ図(第一案)

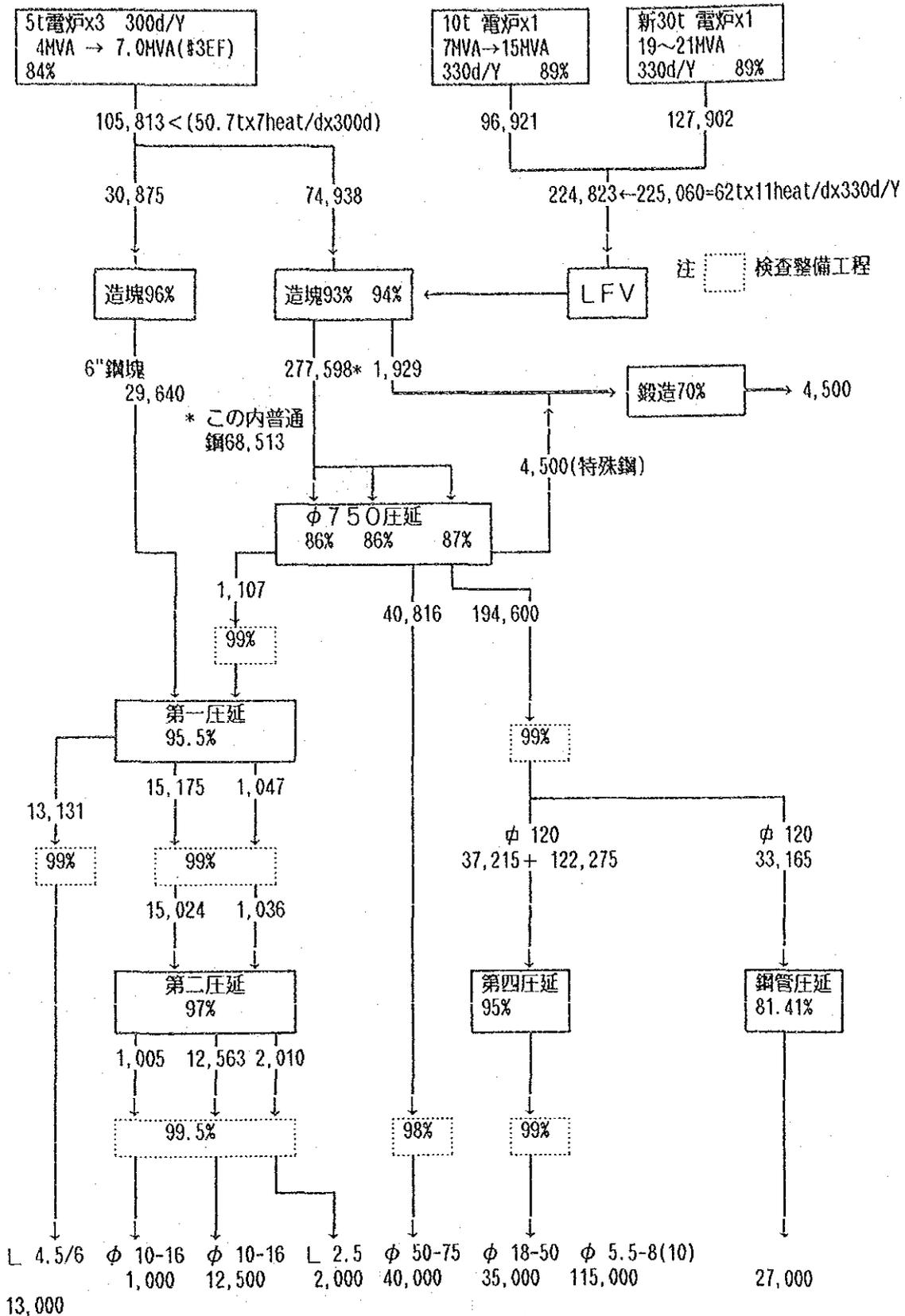
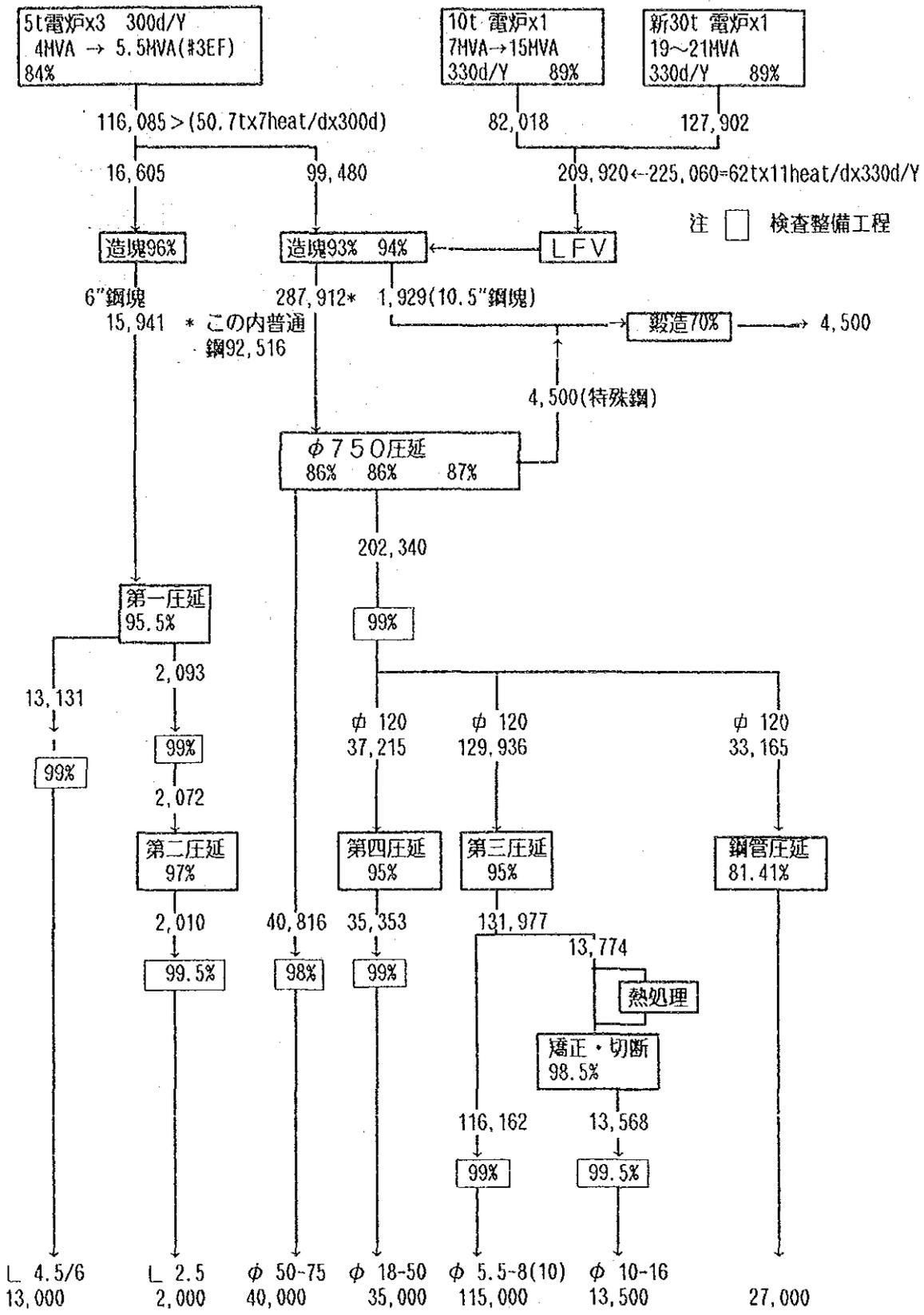


図-5 1990年における工程流れ図(第二案)



図一六 1990年における工程流れ図(第三案)

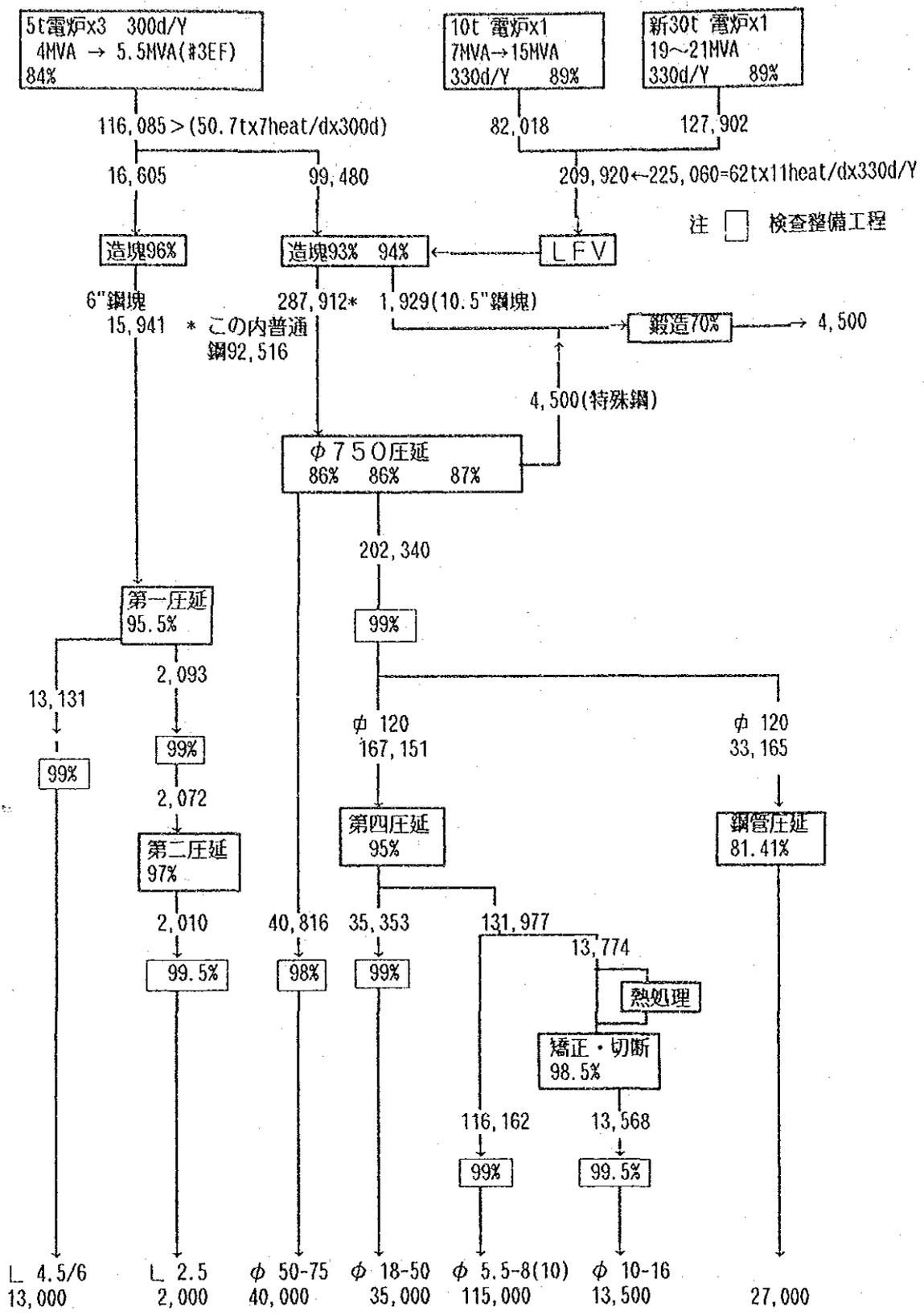


図-7 1990年における工程流れ図(第四案)

工程流れ図に関する補足説明

表-3 電炉能力 (t / heat)

		電炉		
		5t	10t	30t
89%	装入量	19	29.4	39.9
	溶鋼量	16.9	26.1	35.5
93%	鋼塊量	15.7	24.3	33.0

表-4 コイル単重と鋼塊重量・本数

鋼塊	→87%	→鋼片	→94%	→線材コイル
733 (2本取り)		319kg		300kg
1,100 (3本取り)				
1,470 (4本取り)				
1,833 (5本取り)				
2,200 (6本取り)				
2,570 (7本取り)				

⑤ 歩 留

表-5に1990年の近代化された後の鋼鉄廠の歩留と、日本のD社・C工場の現状の歩留を示す。

表-5 鋼鉄廠近代化後の歩留と日本のD社・C工場の現状歩留との比較

		歩 留 (%)	
		鋼鉄廠近代化実現時	D社・C工場
製 鋼	装 入 量		
	↓	89	93.5
	溶 解 量		
鋼 塊 量	↓	93	97.5
	(1.1 t)		(6.5 t)
	[一貫歩留]	[82.8]	[91.2]
圧 延	鋼 塊 量		
	↓	86	86
	鋼 片 量		
	↓	95	95.5
圧 延 製 品 量	↓		
	[一貫歩留]	[81.7]	[82.1]
整 備 検 査		98	98.4
総 合 歩 留	装 入 量		
	↓	66.3	73.7
	最 終 圧 延 製 品 量		
鋼 塊 量	↓	80.1	80.8
	最 終 圧 延 製 品 量		

鋼鉄廠近代化完成時の鋼塊（1.1 t）から最終圧延製品までの総合歩留は80.1%に設定されている。これは日本のD社・C工場（鋼塊重量6.5 t）と比較して同じレベルの歩留であり、また、鋼鉄廠が特殊鋼製造技術を十分に習得した上で得られるものである。

参考として、鋼塊の代りに連続鋳造鋳片で製造する場合について述べる。

D社・C工場において、造塊を連続鋳造（大断面）方法で行った場合、装入から最終圧延までの歩留は82%になっており、鋼塊法の73.7%と比較して8.3%向上している。

したがって、将来、特殊鋼用小断面の連続鋳造の周辺技術が開発され、連続鋳造設備の設置が可能となった場合、連続鋳造鋳片から最終圧延製品までの歩留は、当然85%以上になることが考えられる。

3. 製鋼工場の実情と近代化案

3.1 製鋼工場の実情

製鋼は第一製鋼工場と第二製鋼工場に別れており、それぞれのレイアウトを図-8および図-9に示す。

また、設備および操業諸元を表-8に、1983年と1984年の生産量を表-6に、生産鋼塊プロフィールを表-7に、また要員編成を図-10と、図-11に示す。

(1) 製鋼工場の特徴および問題点の要約

A 設 備 面

(A) 溶解量に比し変圧器容量が小さい。

Regular Power の電炉であり溶解時間が非常に長い。

(B) 電炉炉体交換方式が採用されている。

第一製鋼工場、第二製鋼工場の五つの電炉はすべて炉体交換方式であり、また第一製鋼の5t電炉は炉体横行スクラップ装入方式である。

現在の炉体使用回数は約50回、炉体交換時間は1時間から2時間である。

B 操 業 面

(A) 溶解時間が長い。

この最大の原因は変圧器容量が小さいことである。これを少しでもカバーするために酸素による溶解促進を図っている。各炉に酸素流量計が設置されていないため正確な酸素量は把握出来ないが20-25 Nm³/tであろうと推察される。

(B) 溶落P、Sが高い。

材料品質が悪く溶落P、Sが0.080-0.100%のHEATが多い。特にPが高いことが酸化期時間が約60分と長い原因の一つとなっている。

(C) 出鋼脱硫の実施。

還元期は20-30分程度であるが、出鋼脱硫により、出鋼前S0.07から成品S0.030%以下を得ている。

(D) 分析時間が長い。

分析は化学分析法であり、サンプル搬送・結果の報告も作業者によっているためサンプル採取から結果の入手まで8-10分を要している。

第一製鋼炉2電炉と炉3電炉、第二製鋼炉4電炉および炉5電炉の操業記録を表-9と表-10に示す。

表一 6 1983年と1984年の生産量

(t/Y)

年度	第一製鋼			第二製鋼		合計
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	
1983年	19,112	17,562	1,301	32,179	31,954	102,108
1984年	2,250	21,082	20,626	34,521	31,732	110,211

表一 7 生産鋼塊プロフィール

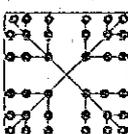
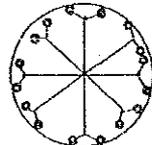
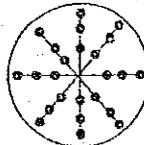
種類	6"鋼塊	8"鋼塊	11"鋼塊	10.5" 押湯付き鋼塊
断面 小 (mm)	124x124	175x175	230x230	220x220
断面 大 (mm)	154x154	195x195	270x270	270x270
長さ(m)	1.20	1.35	1.35	1.0
重量(kg)	180	280	580	460
生産鋼種	普通鋼		構造用炭素鋼	構造用合金鋼 ばね鋼
一本当たりの鋼塊本数	36本 	16本 		24本 

表-8 現状の電炉設備（自家製）および操業諸元

工場		第一製鋼			第二製鋼		
炉番		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	
設置年月		1960/7	1960/7	1983	1971	1979	
設	能力 t/heat	公称	5	5	5	10	10
		実績 (出鋼t)	12	16	16	25	25
備 諸 元	変圧器容量(kVA)		4,000	4,000	4,000	7,000	5,500
	一次電圧(kV)		6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
	二次電圧(V)		230, 190 133, 110	250, 200 144, 127	250, 216 144, 125	290, 245 205, 168 118	262, 242, 212 152, 140
	二次電流(A)		10.1	9.2	9.2	14.0	12.1
	炉殻内径(mm)		3,130	3,536	3,510	4,000	4,000
	電極径(mm)		300	300	300	400	400
	スクラップ装入方法		炉体横行	炉体横行	炉体横行	炉蓋旋回	炉蓋旋回
	WCP		無	無	無	無	無
	変圧器容量/装入量 (kVA/t)		285	210	210	233	183
	二次精錬炉		無	無	無	無	無
	鑄込方法		下注	下注	下注	下注	下注
	主 要 操 業 諸 元	Tap to Tap (分)			267	276	245
補修			6.8	9.1	6.9	8.1	
装入			6.5	6.7	9.7	8.4	
溶解			157.2	160.2	143.7	152.3	
酸化			55.1	60.8	55.3	56.9	
除滓			2.8	2.9	3.3	3.1	
還元			33.3	30.5	20.8	24.4	
出鋼			5.3	5.8	5.3	5.8	
装入量(t)		14	19	19	30	30	
出鋼量(t)		12	16	16	25	25	
歩留(%)		85.7	84.3	84.3	83.3	83.3	
電力原単位 (kWh/良塊t)		732	631	622	692	715	
電極原単位 (kg/良塊t)			8.5	8.5	8.6	8.6	
酸素(Nm ³ /良塊t)		20~30	20~30	20~30	20~30	20~30	

(2) 鋼鉄廠が計画している製鋼工場の近代化

鋼鉄廠が計画している製鋼工場の近代化の概略は次の通りである。

A 第一ステップ

1985～1987年 20万t/y

第一製鋼 5t電炉×3基 6万t/y

新製鋼工場 30t電炉×2基 16万t/y

新製鋼工場完成後、第二製鋼工場を停止して建屋の改造と設備の改造を行う。

鋼鉄廠が計画している新製鋼工場のレイアウトを図-12と13に示す。

新30t電炉 平均出鋼量 33t

変圧器容量 15MVA

炉殻径 4000mm

電極径 400mm

設定 Tap to Tap 3時間16分(196分)

補修 10分

装入 16分

溶解 100分

酸化 30分

還元 40分

新30t電炉は電炉密閉集塵方式とする。

炉外精錬として、powder injection装置を設置。LF設置スペースを設定。

連続鑄造設備設置。

B 第二ステップ

1989～1990年 30万t/y

第一製鋼 5t電炉×3基 6万t/y

第二製鋼 10t電炉×2基 8万t/y

新製鋼 30t電炉×2基 16万t/y

なお、分析関係については、まずC-S分析装置、スペクトロメーター、サンプル搬送装置、ITVを設置し、第二段階としてO₂、N₂、H₂分析装置の購入を計画している。

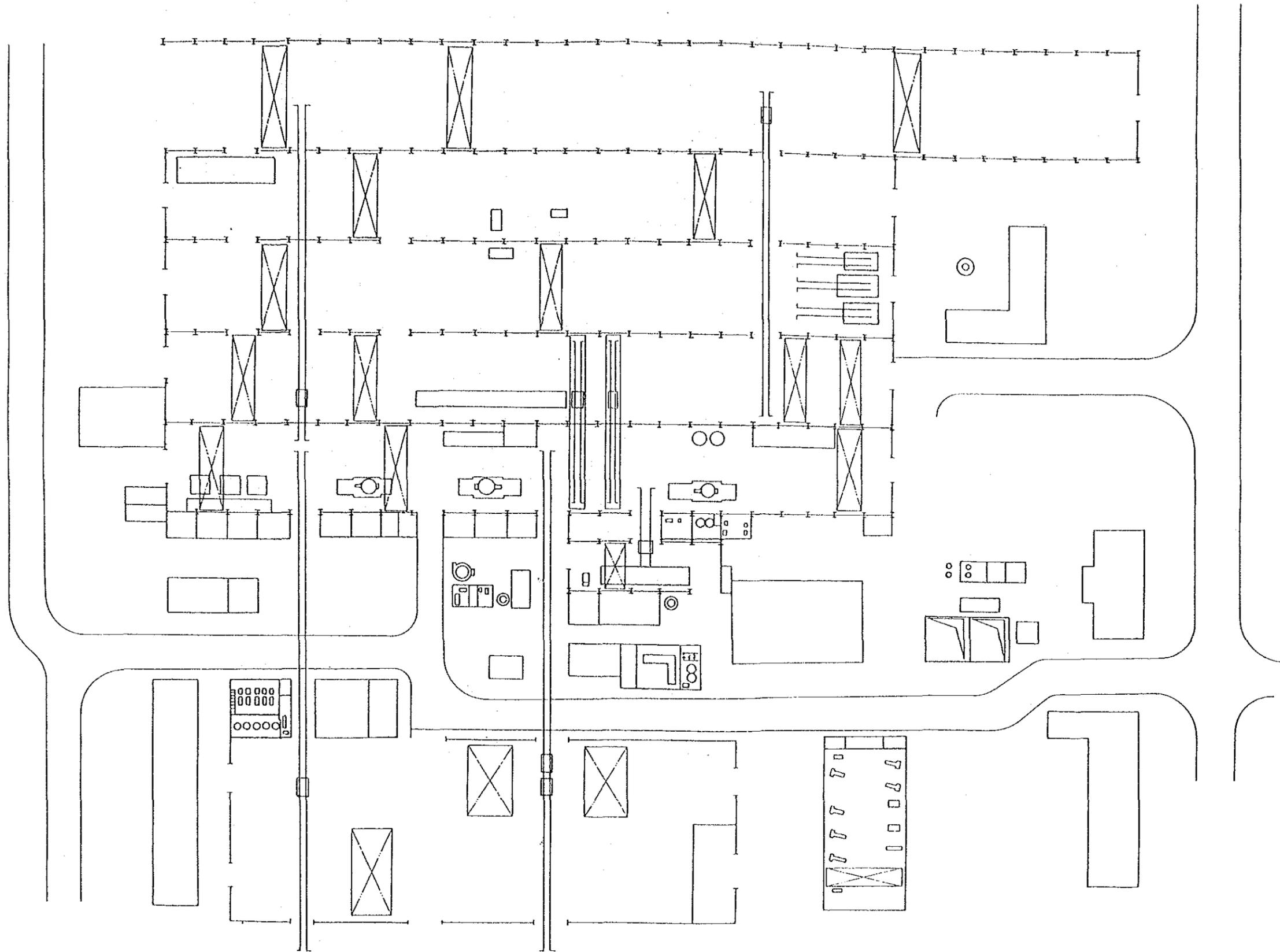


圖 - 8 第一製鋼工場配置圖

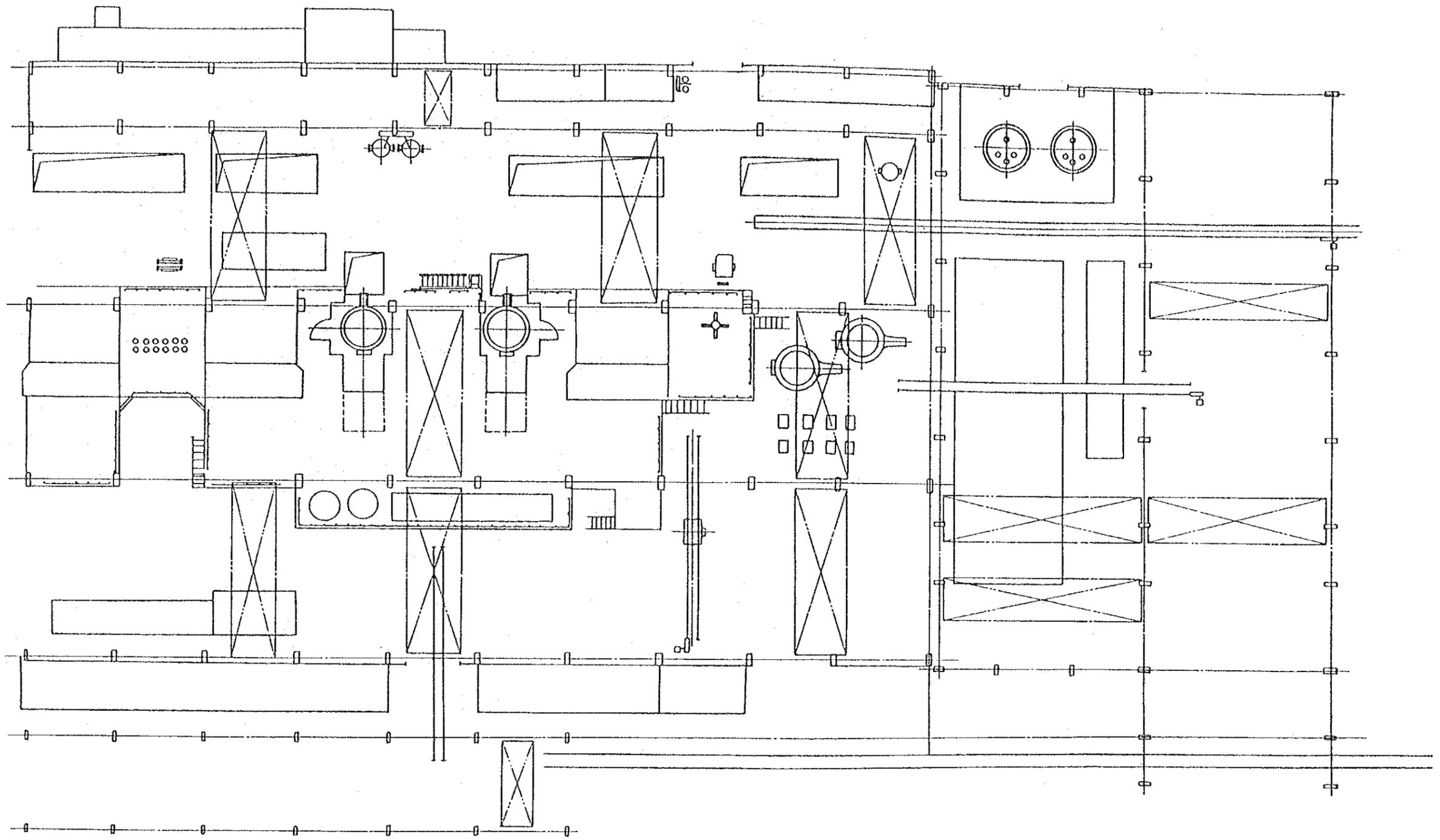


圖 9 第二製鋼工場配置圖

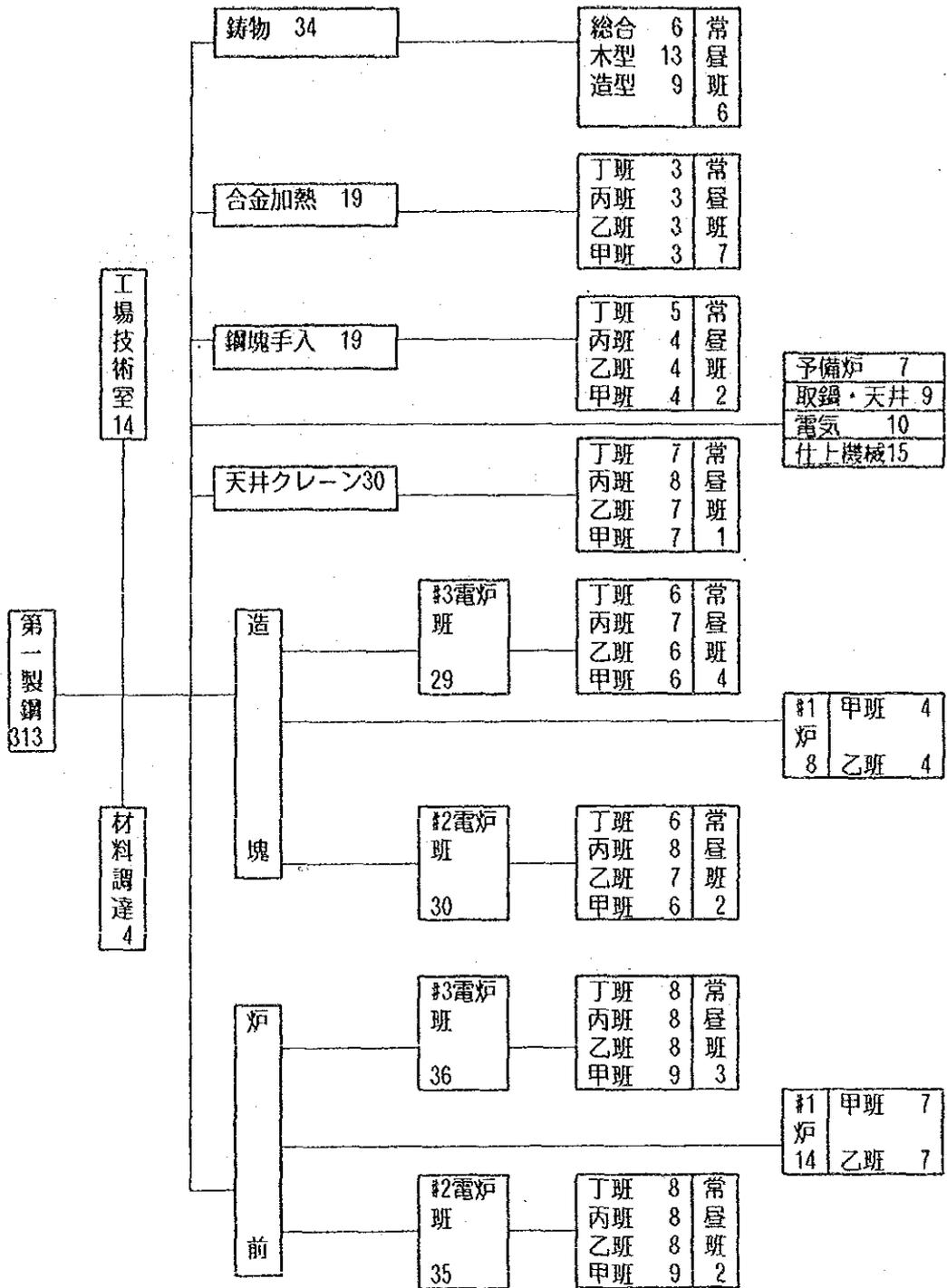
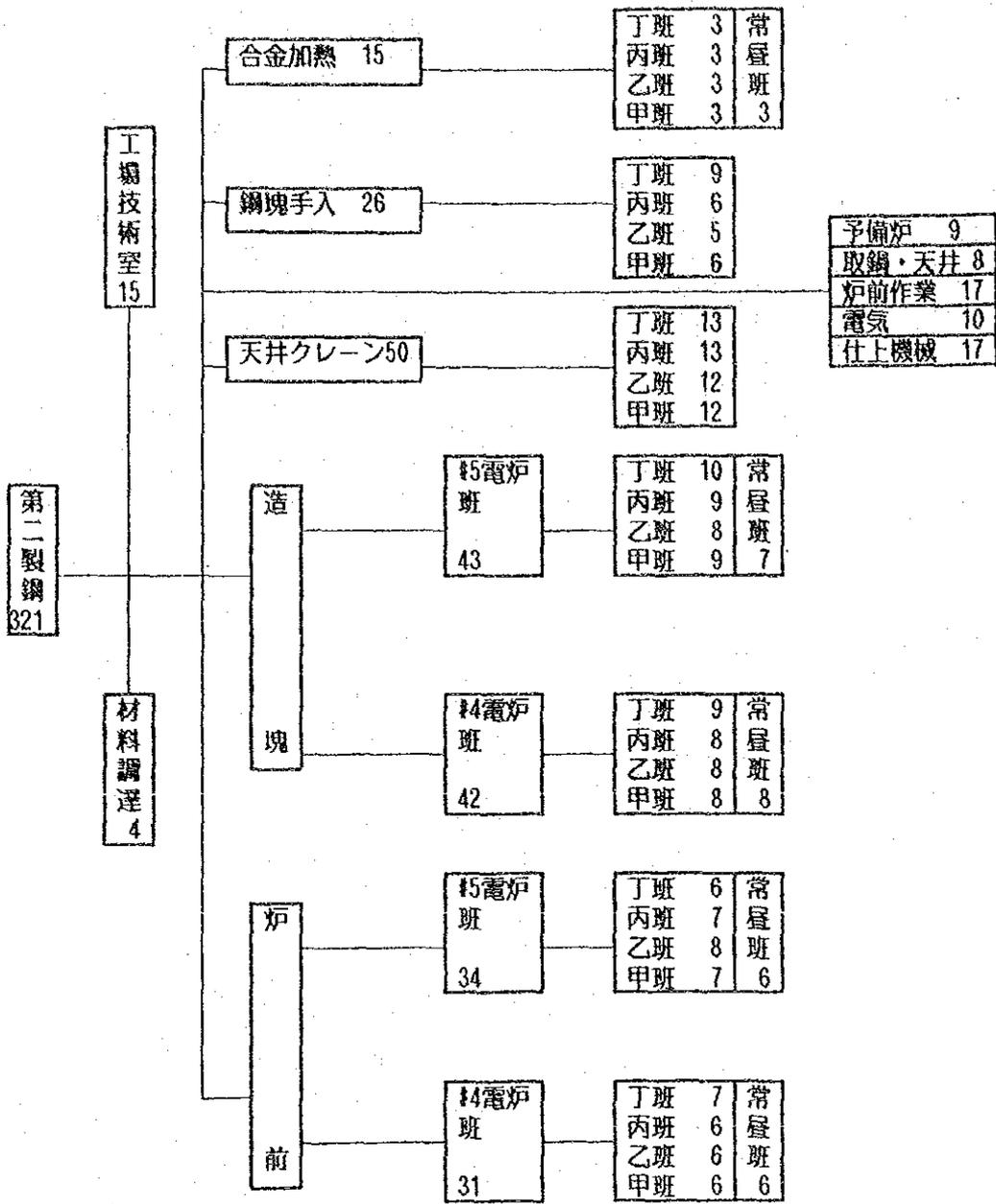


図 - 1 0 第一製鋼編成表



図一 1 1 第二製鋼編成表

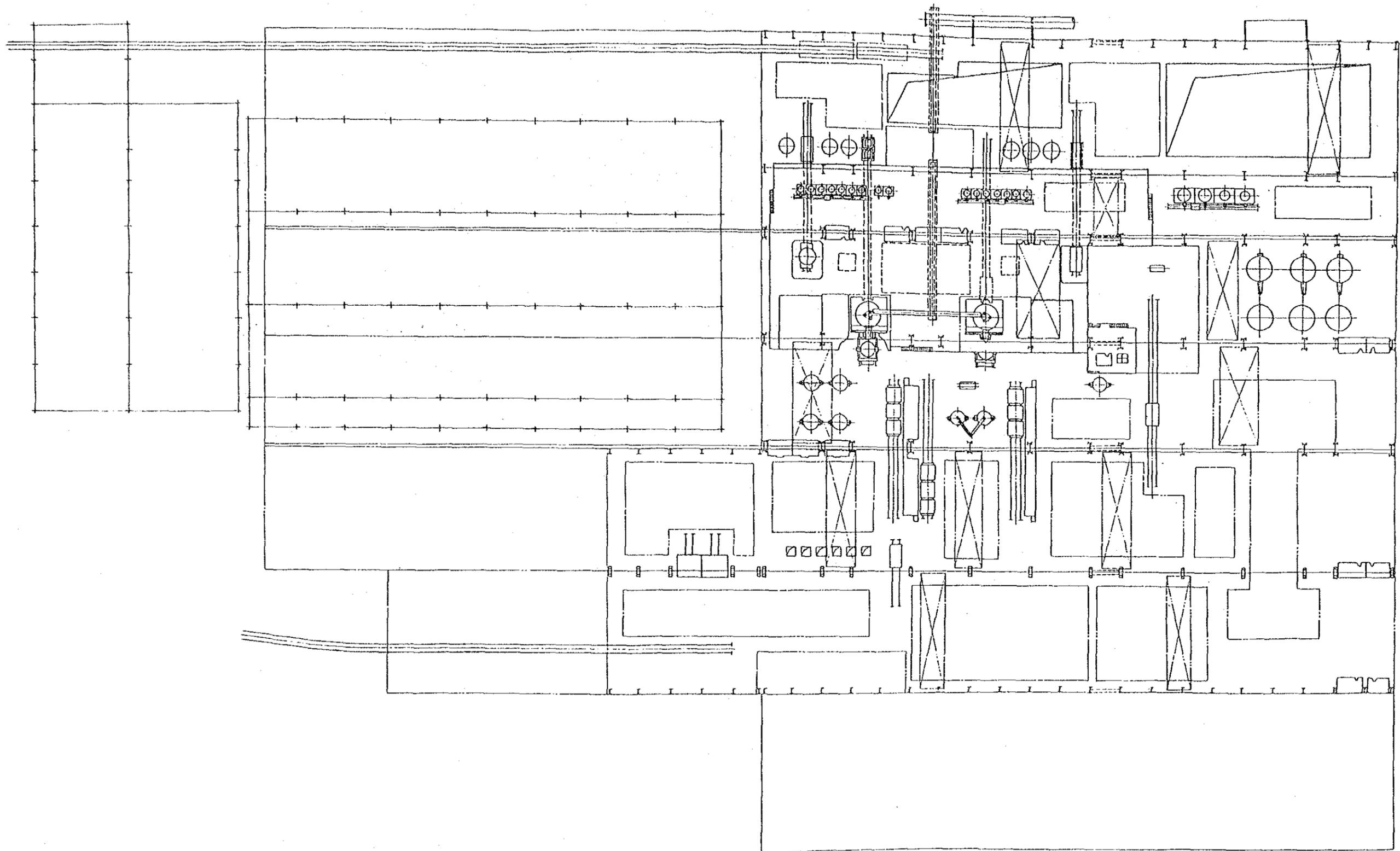


図-12 鋼鉄廠の計画による新製鋼工場配置図

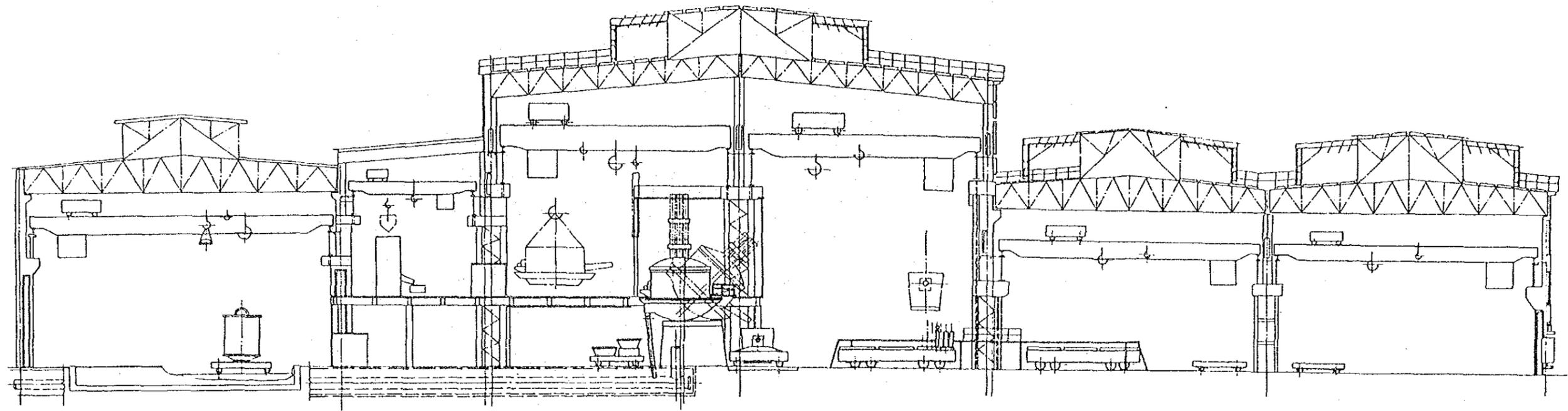


図-13 鋼鉄廠の計画による新製鋼工場配置図

表-9 №2 電気炉操業記録 (1)

溶解番号 2-245		溶解月日 1985/3/7	
溶解鋼種 B3 C:0.14/0.22 Si:0.12/0.30 Mn:0.35/0.65 P:≤ 0.045 S: ≤ 0.050			
時刻	時間(分)	作業内容	
20:58	0	炉前出鋼	
21:03	5	補修	
08	10	材料装入①	
10	12	通電(250V)	
50	52	材料装入②	
52	54	通電(250V)	
22:30	92	石灰(1 バケツ)	
35	97	通電(250V)	
23:00	122	吹酸助溶	
34	156	加石灰	
39	161	分析資料① C:0.32 P:0.060 S:0.130	
40	162	吹酸・昇温・造滓(酸素6kg/cm ²)	
47	169	吹酸(酸素6kg/cm ²) 脱炭・流滓	
24:07	189	吹酸止 分析資料② C:0.07 Mn:0.04 P:0.02	
14	196	除滓 電極加炭 #1 22秒	
18	200	還元 造滓材Al 11個 Si粉 Fe-Mn 50kg Si-Mn 50kg	
		通電(250V)	
24	206	C Si粉	
38	220	加石灰	
40	222	攪拌 分析資料③ C:0.12 Si:0.04 Mn:0.40 S:0.90 分析資料④ C:0.13 Mn:0.41	
		スラグ黄白色	
41	223	C粉	
48	230	C粉	
51	233	分析資料⑤ S:0.070	
52	234	Fe-Mn Fe-Si 45kg CaO	
55	237	测温	
56	238	Al 12個	
57	239	出鋼 スラグ白色	
成品分析 C:0.155 Si:0.19 Mn:0.46 P:0.021 S:0.027			
出鋼量 16t 炉体使用回数 39回 炉蓋使用回数 45回			
	電力(kWh)	時間(min)	
溶解期	6,120	149	
酸化期	1,656	35	
還元期	1,584	43	
計	9,360	227	

表-10 炉2 電気炉操業記録 (2)

時刻	時間(分)	作業内容
溶解番号 2-246 溶解月日 1985/3/7		
溶解鋼種 B3 C:0.14/0.22 Si:0.12/0.30 Mn:0.35/0.65 P:≤ 0.045 S: ≤ 0.050		
00:57	0	炉前出鋼
01:02	5	補修
10	13	材料装入 (鑄型8本装入後スクラップ装入)
18	21	通電(250V)
28	31	止電 #2 #3電極接続
40	43	通電(250V)
02:28	91	スクラップ装入
30	93	通電(250V)
03:14	137	スクラップ装入
16	139	通電(250V) 吹酸助燃
04:05	188	石灰投入
11	194	分析資料① C:0.07 P:0.100 S:0.110
12	195	吹酸昇温 (酸素6kg/cm ²) 造滓
16	199	吹酸脱炭 (酸素6kg/cm ²) 流滓
25	208	分析資料② C粉 昇温 C:0.05 P:0.020
36	219	除滓
38	231	還元剤 (Al 12個、約6kg) 造滓剤投入
		通電(250V) HCFe-Mn 50kg Si-Mn 50kg
43	236	C Si粉
50	243	200Vに調整
52	245	分析資料③ C:0.14 Si:0.02 Mn:0.41 S:0.110
		分析資料④ C:0.125 Mn:0.43
		スラグ黒色
54	247	C、Si粉
05:00	253	分析資料⑤ S:0.105
		黄白色スラグ
05	258	C粉
08	261	石灰投入
09	262	分析資料⑥ S:0.09
10	263	HCFe-Mn 15kg C粉
14	267	流滓 (少量)
15	268	石灰投入 C粉
18	271	出鋼 スラグ白色
22	275	C粉
24	277	C粉
27	280	Fe-Si 45kg
29	282	测温
30	283	石灰投入 (少量)
31	284	Al(12個--約6kg) 出鋼 黄白色スラグ
成品分析 C: 0.17 Si:0.28 Mn:0.51 P: 0.022 S: 0.023		
出鋼量 16t 炉体使用回数 40回 炉蓋使用回数 46回		
	電力(kWh)	時間(min)
溶解期	6,624	173
酸化期	2,016	27
還元期	1,800	53
計	10,440	253

表-11 №3 電気炉操業記録 (1)

溶解番号 3-231		溶解月日 1985/3/7	
溶解鋼種 B3 C:0.14/0.22 Si:0.12/0.30 Mn:0.35/0.65 P:≤ 0.045 S: ≤ 0.050			
時刻	時間(分)	作業内容	
15:27	0	炉前出鋼	
30	3	補修	
35	8	材料装入①	
37	10	通電(216V)	
16:13	46	材料装入② 材料ならし	
25	54	通電(216V)	
17:10	103	材料装入③	
12	105	通電	
20	113	吹酸助溶	
45	138	加石灰 約250kg	
18:50	203	分析資料① C:0.15 P:0.085 S:0.140	
52	205	加石灰 約250kg	
54	207	吹酸、スラグ溶解	
55	208	吹酸 脱炭	
57	210	造滓剤 約250kg	
19:03	216	分析資料② C:0.045 P:0.020	
05	218	HC Fe-Mn 80kg	
10	223	除滓・测温	
12	225	加造滓剤(500kg)	
15	228	C粉	
27	240	攪拌 分析資料③ C:0.13 Si:0.04 Mn:0.19 S:0.95	
28	241	造滓剤 100kg	
29	242	C粉	
35	248	分析資料④ S:0.085	
36	249	C粉	
40	253	分析資料⑤ S:0.080	
41	254	FE-Mn 75kg Fe-Si 50kg	
44	257	测温	
46	259	出鋼	
成品分析 C: 0.155 Si:0.24 Mn:0.52 P: 0.023			
出鋼量 18t 炉体使用回数 31回 炉蓋使用回数 34回			
	電力(kWh)	時間(min)	
溶解期	6,192	193	
酸化期	1,440	20	
還元期	2,592	36	
計	10,224	249	

表-12 №3 電気炉操業記録 (2)

溶解番号	3-232	溶解月日	1985/3/7
溶解鋼種	25MnSi C:0.20/0.30 Si:0.60/1.00 Mn: 1.20/1.60 P: ≤ 0.050 S: ≤ 0.050		
時刻	時間(分)	作業内容	
19:46	0	炉前出鋼	
48	2	補修	
20:10	24	材料装入①	
12	26	通電(216V)	
21:00	74	材料装入②	
02	76	通電(216V)	
55	129	材料装入③	
22:02	136	通電(216V)	
15	149	吹酸助燃	
30	164	加石灰	
38	172	分析資料① C:0.90 P:0.085 S: 0.135 Ni:0.05 Cu:0.10	
40	174	吹酸・脱炭	
23:15	209	吹酸、材料溶解 #2電極シーリング焼損	
24:00	254	分析資料② C:0.72	
03	257	加造滓剤	
08	262	加磁石・脱炭	
17	271	加造滓剤	
21	275	加磁石・流滓	
30	284	補足造滓剤	
35	289	分析資料③ C:0.06 Mn:0.03 P:0.020	
45	299	除滓	
48	302	造滓剤 Fe-Mn.	
59	313	C粉	
01:05	319	分析資料④ C:0.19 Si:0.06 Mn:1.17 S:0.080	
15	329	加Fe-Mn Fe-Si	
21	335	测温	
25	339	出鋼	
成品分析 C: 0.24 Si:0.72 Mn: 1.38 P: 0.035 S: 0.026 炉体使用回数 32回 炉蓋使用回数 35回			
	電力(kWh)	時間(min)	
溶解期	6,768	146	
酸化期	1,800	117	
還元期	2,216	40	
計	11,484	303	

表-13 4 電氣炉操業記錄 (1)

時刻	時間(分)	作業内容
溶解番号	4-253	溶解月日 1985/3/8
溶解鋼種	70#(JIS SWRH72B 相当)	
13:26	0	炉前出鋼
32	6	補修
42	16	材料装入①
44	18	通電(290V)
14:06	40	材料装入②
08	42	通電(290V)
34	68	材料装入③
36	70	通電(290V)
55	89	材料装入④
56	90	通電(290V)
15:00	94	吹酸助溶(酸素6kg/cm ²)
58	152	攪拌・分析資料① C:1.00 P: 0.105 S:0.170 Ni:0.08 Cu:0.09
16:00	154	加石灰・吹酸
07	161	吹酸・脱炭(酸素5kg/cm ²) 流滓
14	168	加石灰・吹酸
20	174	吹酸・脱炭・流滓
30	184	加石灰
35	189	吹酸終了
36	190	攪拌・分析資料② C:0.78 Mn:0.07 P:0.015
38	192	吹酸(酸素5kg/cm ²)
40	194	吹酸終了
47	201	攪拌・分析資料③ C:0.74 HCFe-Mn200kg
55	209	加錳石・脱炭・流滓
17:00	214	加錳石止
04	218	攪拌・分析資料④ C:0.64
06	220	测温 1570℃
12	226	测温 1600℃ 流滓
15	229	加還元・造滓材 Al 通電(245V)
22	236	C粉
30	244	C粉
36	250	攪拌・分析資料⑤ C:0.65 Si:0.01 Mn:0.33 白滓
38	252	C粉
46	260	C粉
54	268	分析資料⑥ C:0.65 Mn:0.30 HC Fe-Mn 140kg Fe-Si 75kg
58	272	C粉
59	273	Al
18:00	274	出鋼
成品分析 C: 0.68 Si:0.215 P: 0.020 S: 0.026		
出鋼量 25t 炉体使用回数 36回 炉蓋使用回数 36回		
	電力(kWh)	時間(min)
溶解期	9,600	134
酸化期	6,240	74
還元期	3,000	45
計	18,840	253

表-14 №4 電気炉操業記録 (2)

時刻	時間 (分)	作業内容
溶解番号 4-254 溶解月日 1985/3/8		
溶解鋼種		
18:00	0	炉前出鋼
10	10	補修
25	25	材料装入①
55	55	通電(245V)
19:13	73	#2, #3電極交換
33	93	通電(245V)
21:00	120	材料待ち
23	143	材料装入②
25	145	通電(245V)
22:08	188	材料装入③・材料ならし
15	195	通電(245V)
50	230	材料装入④・材料ならし
59	239	通電(245V)
23:00	240	吹酸 (酸素6kg/cm ²)
40	280	攪拌・分析資料① C:0.04 P: 0.085 S:0.150
41	281	吹酸
48	288	吹酸止
00:01	301	加HC Fe-Mn C粉
03	303	吹酸 炉壁残材料溶解
25	325	加石灰・吹酸
32	332	攪拌・分析資料② C:0.07
36	336	電極加炭 #1(5'10"):・流滓
41	341	加石灰・通電(245V)
42	342	C粉
47	347	攪拌・分析資料③ C:0.05 P:0.015
48	348	C粉 HCFe-Mn140kg
54	354	测温 1540℃
01:08	368	测温 1570℃
12	372	测温 1610℃ 電極加炭 #2(1'40")
14	374	除滓
21	381	通電(245V) AL 造滓材・還元材 (Fe-Si 粉)
28	388	分析資料④ C:0.115 Mn:0.24 S:0.090
30	390	加Fe-Si 粉
35	395	加Fe-Si 粉
40	400	分析資料⑤ S:0.080
43	403	HC Fe-Mn 50kg Fe-Si: 80kg
45	405	测温 1630℃
47	407	Al 12 出鋼
成品分析 C: 0.15 Si:0.18 Mn:0.32 P: 0.017 S: 0.041		
出鋼量 25t 炉体使用回数 37回 炉蓋使用回数 37回		
	電力(kWh)	時間(min)
溶解期	9,600	225
酸化期	3,600	94
還元期	1,440	26
計	14,640	345

表一 1 5 № 5 電氣爐操業記錄 (1)

溶解番号	5-244	溶解月日	1985/3/8
溶解鋼種	B2	C:0.09/0.15	Si:0.12/0.30 /Mn:0.25/0.55 P:≤ 0.045 S:≤ 0.050
時刻	時間(分)	作業内容	
14:30	0	炉前出鋼	
39	9	材料装入①	
41	11	通電(262V)	
15:18	48	材料装入②	
20	50	通電(262V)	
54	84	材料装入③	
16:00	90	吹酸助溶 (4kg/ cm ²)	
30	120	材料装入④	
32	122	通電(262V)	
17:00	150	材料装入⑤	
02	152	通電(245V)	
32	182	吹酸助溶 (2kg/ cm ²)	
50	200	加石灰	
58	208	分析資料① C:0.17 P: 0.085 S:0.120	
18:00	210	加石灰・吹酸溶滓 (2kg/ cm ²)	
07	217	電極加炭酸 13(2'20")	
09	219	通電(245V) 加鉍石・脱炭・流滓	
14	224	加鉍石止・加石灰	
18	228	加鉍石 脱炭	
20	230	加鉍石止	
22	232	攪拌・分析資料② C:0.05 P:0.015	
23	233	HC Fe-Mn 100kg	
24	234	C粉	
26	336	測温 1620℃	
27	237	除滓	
29	239	還元・Al 19 個 通電(242V)	
34	244	分析資料③ C:0.75 Si:0.07 Mn:0.24 S:0.100	
36	246	C粉	
46	256	攪拌・分析資料④S:0.100 加石灰HC Fe-Mn 50kg	
52	262	一部除滓	
54	264	加石灰・攪拌・分析資料⑤ C: 0.12 Si:0.07 Mn:0.61 S:0.080	
56	266	C粉	
58	268	C粉	
19:03	273	測温 1630℃ 白滓	
04	274	出鋼	
成品分析 C: 0.13 Si:0.20 Mn:0.38 P: 0.017 S: 0.039 出鋼量 25t 炉体使用回数 2回 炉蓋使用回数 25回			
	電力(kWh)	時間(min)	
溶解期	13,728	197	
酸化期	4,126	31	
還元期	1,728	35	
計	19,582	263	

表-16 No.5 電気炉操業記録 (2)

時刻	時間 (分)	作業内容
溶解番号 5-245 溶解月日 1985/3/8		
溶解鋼種 B2 C:0.09/0.15 Si:0.12/0.30 /Mn:0.25/0.55 P:≤ 0.045 S:≤ 0.050		
19:04	0	炉前出鋼
14	10	材料装入①
15	11	通電(262V)
56	52	材料装入②
58	54	通電(262V)
20:45	101	材料装入③
47	103	通電(262V)
21:30	146	材料装入④
32	148	通電(262V)
34	150	吹酸(6kg/cm ²)
22:10	186	加石灰
20	196	吹酸止・攪拌・分析資料① C:0.04 P:0.090 S:0.140
26	202	加石灰 吹酸
31	207	吹酸止 電極加炭酸 #3(2'15")
33	209	通電(242V) 加石灰・吹酸
37	213	吹酸止 電極加炭酸 #3(59")
38	214	吹酸(5kg/cm ²)
40	216	吹酸止
44	220	攪拌・分析資料② C:0.03 P:0.015
47	223	HC Fe-Mn 50kg
56	232	C粉 HC Fe-Mn 50kg
23:00	236	電極加炭酸 (2')
02	238	通電(242V) C粉
15	251	測温 除滓
20	256	還元 造滓材 Fe-Si 粉 Al 30個 通電(242V)
		スラグ・チェック Fe-Si 粉
26	262	攪拌・分析資料③ C:0.105 Si:0.05 Mn:0.10 S:0.085
27	263	C粉
32	268	C粉
38	274	攪拌・分析資料④S:0.080
40	276	Si-Mn 10kg
43	279	Fe-Si 45kg
46	282	測温
48	284	Al 25個 出鋼
成品分析 C: 0.13 Si:0.25 Mn:0.33 P: 0.018 S: 0.021		
出鋼量 25t 炉体使用回数 3回 炉蓋使用回数 26回		
	電力(kWh)	時間(min)
溶解期	12,960	185
酸化期	3,456	60
還元期	2,208	28
計	18,624	273

3.2 製鋼工場の近代化についての提案

前述 3.1 (2) 項で述べたように鋼鉄廠では既に近代化計画の検討を進めているが、ここでは、それらにとらわれず調査結果を基本として近代化について提案する。

なお、鋼鉄廠自身で検討された近代化計画についての調査団のコメントは本章 3.3 項に述べる。

3.2.1 製鋼工場の生産性向上のための諸方策

製鋼、特に電気炉の生産性向上のために操業、設備面からいろいろの方策が講じられており、それらの主なものについて以下に概説する。

A 操 業 面

(A) 電気炉機能の分割 → 炉外精錬設備との組み合わせ

電気炉操業の特色の一つは、酸化期で酸化精錬、還元期で脱酸・脱硫を行うことが可能であるという点であるが、これは反面、酸化・還元という相反する反応を同一容器内で行うところから、還元期の造滓にかなりの高い技術・技能が要求され、また、還元時間も長くかかる等の問題も存在する。

近年、電気炉の生産性向上の目的だけでなく、品質向上、コスト低減の要求はますます高まっており、従来の電気炉の概念を離れて多くの試みがなされている。その中で最も特筆すべきことは電気炉と炉外精錬設備（大同LF、ASEASKF、RH、DH、FINKL、GAZAL法など）との組み合わせによる各設備の機能の分割化であろう。すなわち、電気炉は溶解炉としての機能を主体とし、変圧器能力利用率の低い還元期は炉外精錬設備に移行させるという考え方である。

日本における炉外精錬設備の設置状況を表-17に示す。

表-17 日本における炉外精錬設備の設置状況

	DH	RH	ASEA	FINKL	大同LF
一貫メーカー	9	27	3	3	9
電炉メーカー (特殊鋼、普通鋼)	—	6	3	1	22
合計	9	33	6	4	31

表-17に示したように日本の多くの電炉メーカーが大同LFを採用している。これは、その有効性が高く評価されているためである。

次に各炉外精錬設備の比較・特徴を示す。LFについては3.2.2項で詳細に述べる。

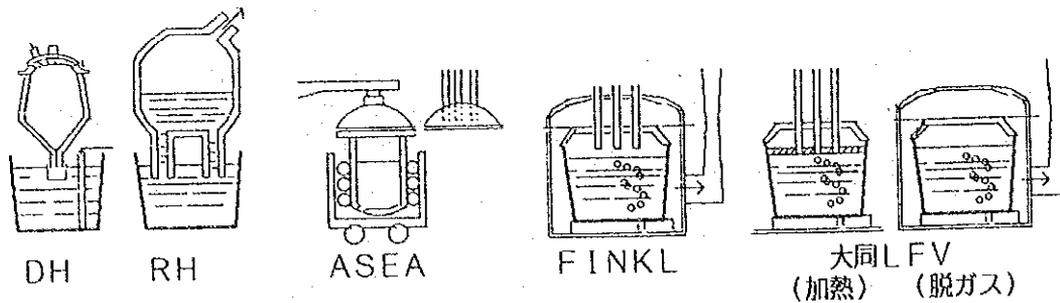


図-14 各炉外精錬設備の概略原理図

表-18 各種炉外精錬炉プロセスの原理・特徴の対比

		プロセス				
		DH	RH	ASEA	FINKL	大同LF
加熱方式	アーク形態	加熱なし	加熱なし	オープンアーク	オープンアーク	スラグサブマージドアーク
	加熱時炉内圧	-	-	大気圧下	真空(減圧)下	大気圧下
	加熱期と精錬期	-	-	別	同時	同時
攪拌方式	機械式	循環方式	電磁攪拌	Ar攪拌	Ar攪拌	
精錬雰囲気	真空	真空	真空	真空	Ar+CO無酸化雰囲気	
精錬用スラグの有無	なし	なし	なし	なし	あり	
主要精錬方式	脱ガス精錬	脱ガス精錬	脱ガス精錬	脱ガス精錬	スラグ精錬	
代表的精錬反応	脱酸 脱水素	脱酸 脱水素	脱酸 脱水素	脱酸 脱水素	脱酸 脱硫	
脱酸の方式	真空脱酸	真空脱酸	真空脱酸	真空脱酸	析出脱酸 拡散脱酸	

(B) 電力以外のエネルギーの利用

溶解期の短縮は投入電気エネルギーの増加、効率化(変圧器容量の増大、最適電力制御など)の外に、酸素、油の利用によっても達成できる。

一般に電気炉の熱収支の概念は図-15の如く示され、総括収支をとると次の式が得られる。

$$(P\eta - q) \cdot t + Q = E_1 + E_2 \quad (= \text{一定})$$

従って

$$t = \frac{(E_1 + E_2) - Q}{P\eta - q} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$P\eta = \frac{(E_1 + E_2) - Q}{t} + q \quad \dots \dots (1)$$

ここに P : アーク電力 (熱効率 η) q : 熱損失 Q : 酸化反応熱

E_1 : スラグ顕熱 E_2 : 溶解顕熱 t : 溶解時間

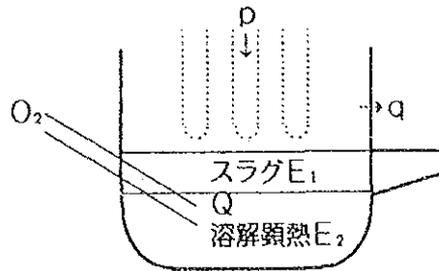


図-15 電気炉の熱収支概念図

q は冷却水が持ち去る熱、炉壁放散熱、排ガスが持ち去る熱などによる時間当たりの熱損失を示す。

また、Q は装入材料中の各成分の酸化、灯油・重油などの酸化、電極の酸化などの酸化反応熱、分解熱などの全ての化学反応による発生熱の合計を示す。ここで、 E_1 、 E_2 、q を一定にし、更に、P、q を単位時間当たりに発生する熱とすれば、溶解時間を短縮する手段として、 $P\eta$ あるいはQを大きくすることが考えられる。P η は変圧器容量でほぼ決ってしまうため、結局、作業面で出来ることはQすなわち炉内のなんらかの熱エネルギーを供給することで、その方法が酸素富化作業および助燃バーナーである。

助燃バーナーは燃料として重油または灯油を使用し、これらを燃焼させるために必要な酸素量を供給することにより、高温の火炎温度を得、材料の溶解を促進させるものである。しかし、日本においては石油価格の高騰のため、助燃バーナーを設置した工場はその油量を減らし、ほとんど酸素主体の作業になっているのが実情である。

次に、酸素富化操業と酸素富化による歩留低下を防止するためのCARBON INJECTIONについて述べる。

(i) 酸素富化

溶解時間短縮のための効果的方法は前述(1)式において酸化反応熱Qを増加させることである。

酸化反応熱を得る方法としては、酸素吹込み、燃料吹込み、Si、Alなどの燃焼がある。

この選択は個々の燃焼物の実効価格（熱効率を考慮したKcal当たりの価格）と電力価格の相対的な関係に依存するが、日本においては酸素吹込みにより、鋼中および配合材料中の炭素および一部の鉄を燃焼させて発熱させ、このエネルギーで電力エネルギーの一部と置換することが一般的である。

この、酸素による電力原単位の低減については種々の報告があり、1Nm³の酸素の使用により3～6kwhの電力が削減されるとされている。

図-16は日本のD社における実績をプロットしたものであり、D社においては「20～25Nm³/良塊tの酸素の使用で約2kwh/Nm³O₂の電力が削減される。これ以上の酸素を使用すると電力削減効果は次第に顕著でなくなる」としている。

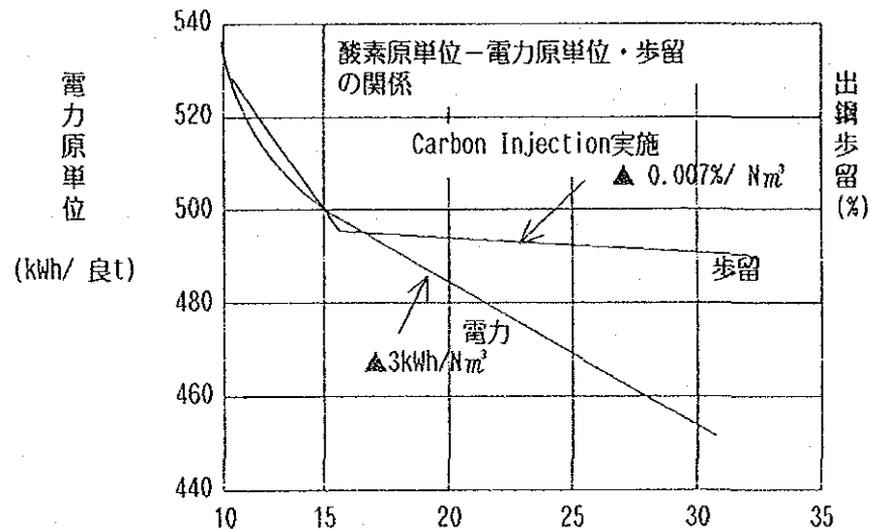


図-16 酸素原単位 (Nm³/良塊t)

酸素富化操作の一つの問題点は、鉄の酸化による歩留の悪化であり、この一例を図-17に示す。これを改善するために導入された技術がCARBON INJECTION法である。

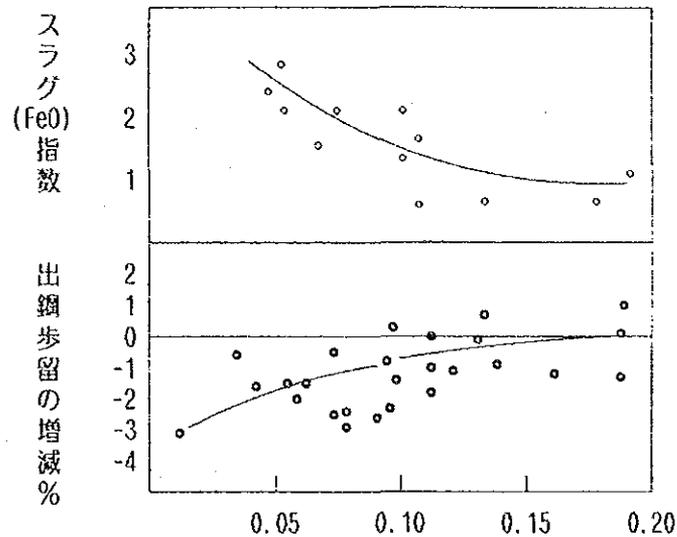


図-17 溶落ちC%と出鋼歩留

(ii) CARBON INJECTION法

FeOの高いスラグと平衡する溶鋼に炭粉を吹込むとスラグ中のFeOは次第に還元されFeとなる。

図-16に酸素原単位と歩留の関係を示した。これによるとCARBON INJECTIONを行うと酸素使用量を増加しても歩留がほとんど悪化していないことが分る。

CARBON INJECTIONの他の効果は“泡立ちスラグ”(FOAMING SLAG)の形成である。FeOとCの反応によって生成したCOガスにより、“泡立ちスラグ”が形成され、ときには1m以上の厚さにもなり電極はこのスラグに包まれることになる。

一般的に溶落ち後の昇温期は、アークは露出し大部分の電力エネルギーは炉壁耐火物に吸収され溶鋼加熱効率は低く、40%程度とされている。CARBON INJECTIONを行うとアーク熱はスラグを通して溶鋼に吸収され、D社の実績では、INJECTION中は70%の溶鋼加熱効率に達している。

B 設 備 面

(A) 電気炉変圧器容量の増加

電気炉の公称能力と変圧器容量について日本の電気炉メーカーが用いている標準を表-19に示す。

近年、電気炉生産性向上に対する要求が高まり、それと同時に耐火物の改善（高級耐火物の開発）、水冷炉壁（WCP: Water Colled Panel）の採用、電極品質の向上等が急速に進み、日本のみならず世界的に電気炉の大型化、変圧器の増大化が現実のものとなってきている。

日本を例にとってみると表-20に示すように大型化、変圧器の増大化が進んできた。

鋼鉄廠の4号炉、5号炉の炉殻径は、4,000 mmで変圧器容量は夫々7,000 kVA、5,500 kVAであり、Regular Powerである。

鋼鉄廠が計画している生産計画を達成するために、UHP級の電気炉1基新設および既存の4号炉のUHP級への変圧器容量増加を検討した。

UHP化は炉外精錬の発展とも関連しており、電気炉は溶解炉としての位置付けがなされ、溶解促進の一手段としてUHP電気炉を志向したものと云えよう。

また、溶解期の電力効率の向上、炉壁耐火物保護のために自動電力調整システムを採用することが望ましい。

表-19 電気炉の公称能力と変圧器容量

公称能力(t)	炉殻径(mm)	変圧器容量(kVA)		
		REGULAR POWER	HIGH POWER	ULTARA HIGH POWER
5	2,700	3,000	5,000	—
8	3,000	4,000	6,000	—
10	3,300	5,000	7,500	—
15	3,700	6,000	9,000	—
20	4,000	7,500	12,000	15,000
25	4,300	10,000	15,000	18,000
30	4,600	12,000	18,000	22,000
40	4,900	15,000	22,000	27,000

表一 20 日本における大型電気炉の設置状況 (30 t以上)

		1950 以前	1950 ~54	1955 ~59	1960 ~64	1965 ~69	1970 ~74	1975 ~77	合計
電気 炉 容 量 (t)	30-45	1	0	6	27	6	24	4	68
	50-60				11	5	29	3	48
	70-80				4	4	5	3	16
	90-100				1		3	4	8
	110-				1(200)	1(120)	1(120)	1(140)	4
	合計	1	0	6	44	16	62	15	144
	⊙平均容量	30		35	48.8	56.6	51.8	70.0	52.5
	大型電気炉割合 (%)	1.1	0	12.2	37.3	23.9	52.5	71.4	29.6
	平均変圧器 容量(MVA)	10	—	12.5	19.5	23.1	25.4	38.1	24.02
	電力(MVA/t)	0.33	—	0.357	0.400	0.408	0.490	0.545	0.457

(B) 水冷炉壁 (WCP) の採用

(詳細は後述)

(C) 水冷炉蓋 (WCR) の採用

(詳細は後述)

(D) スクラップ予熱装置の採用

(詳細は後述)

3.2.2 LFの機能と効果

(1) 型 式

図-18にLFの型式を示す。図に示された台車上に取鍋を積載する型式の他、台車上にタンクを設置しその中に取鍋を積載する型式(真空付きLFに多い)もある。

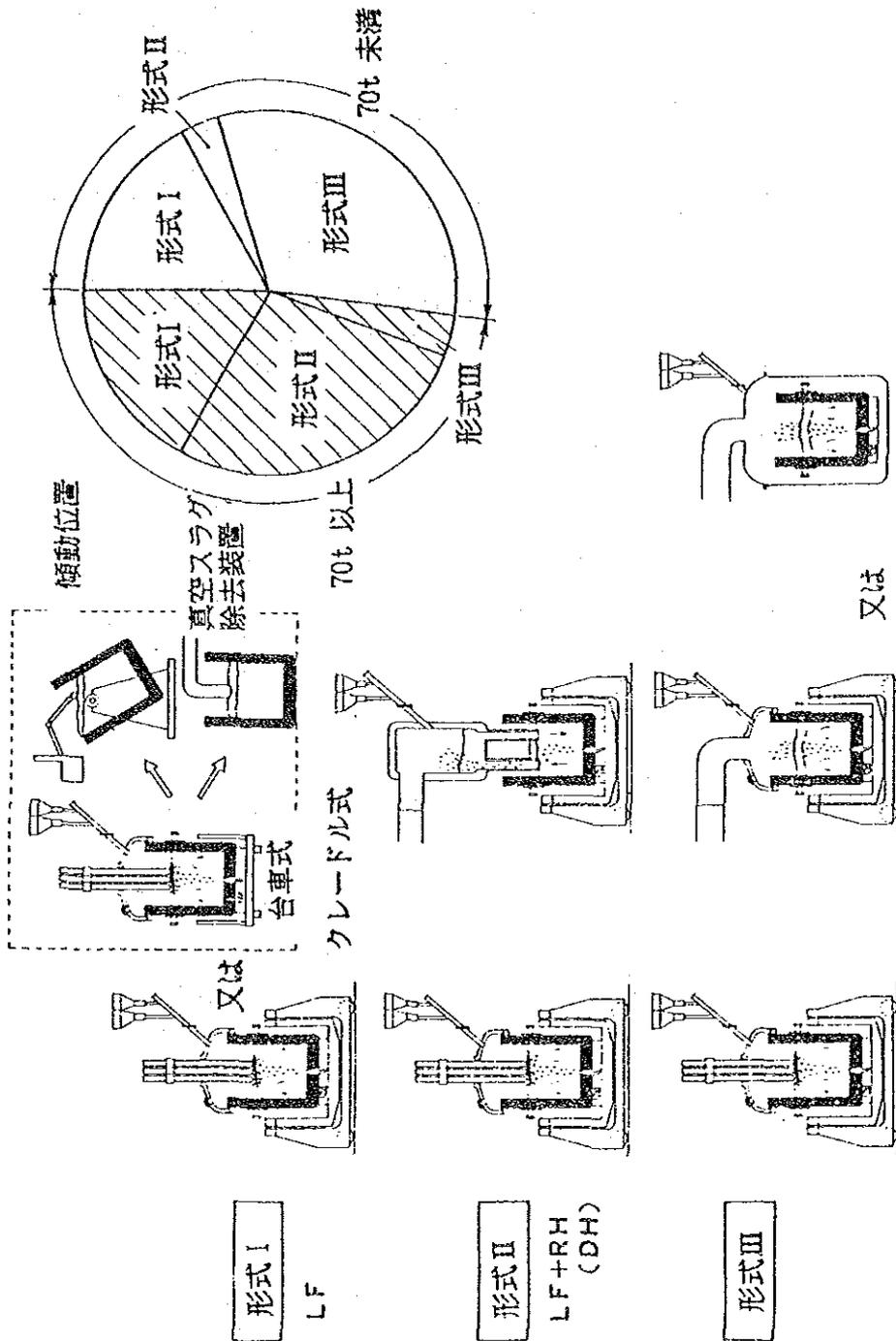


図 - 18 LF の形式

(2) L F の 機 能

下記の図-19にLFの基本的機能を示す。LFは電気炉の生産性向上ばかりでなく、成分・温度のコントロール、清浄度、有価金属の回収率の向上などの面からも効果が期待される。

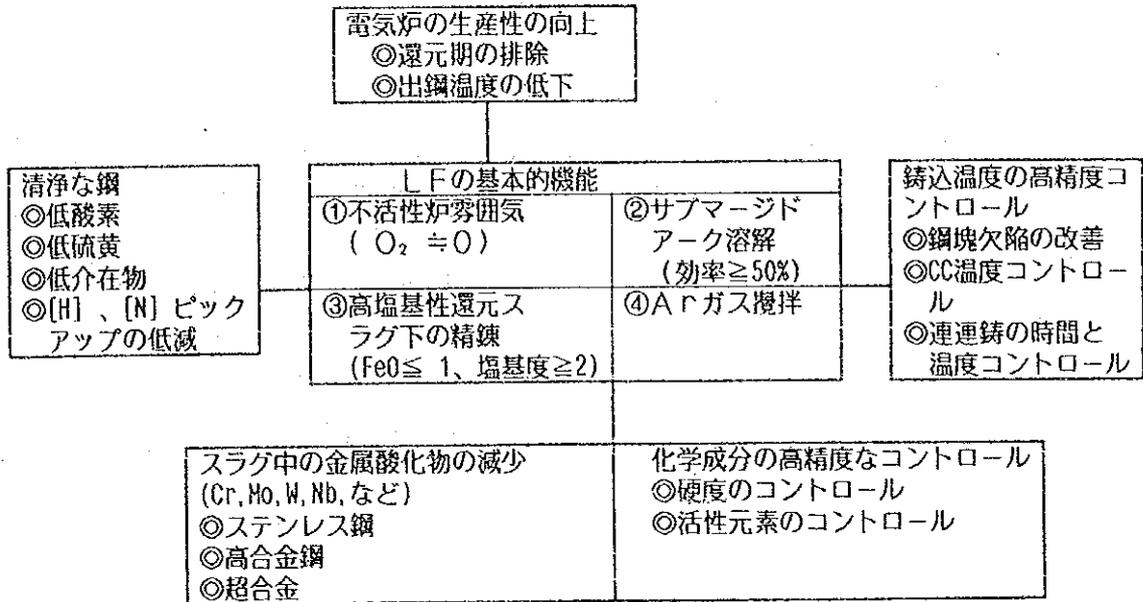


図-19 LFの基本的機能

(3) L F の 効 果

① 生 産 性 向 上

LFとの組み合わせにより、電気炉では溶解・酸化期のみを行うことになり、還元期は省略される。

② 温 度 コ ン ト ロ ー ル 精 度 の 向 上

図-20は50t LFでの鍋下温度的中率を示し、92.6%が $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内でコントロールできることを示している。

図-21は70t LFでの鍋下温度的中率を示しLFの設置により $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内のコントロール率は86%から98%へと向上している。

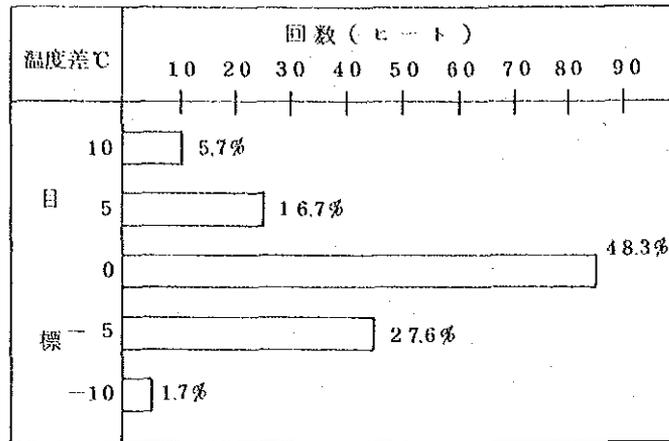


図-20 50 t L Fでの鍋下温度的中率

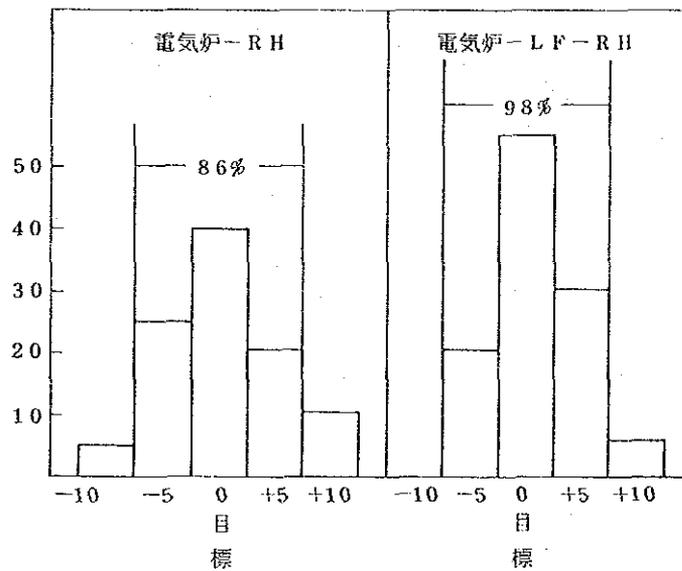


図-21 70 t L Fの鍋下温度的中率

③ 成分コントロールの向上

表-21に低合金鋼の成分コントロールの例を示す。

Si、Mn、Crは±0.02%巾にコントロールされることがσにより理解できよう。

Cは±0.01%巾であり、このことから製品の焼入れ性が微細にコントロールできASCM17では変曲点部でもHRC3以内に抑えられることが報告さ

れている。

表-22に特に成分コントロールが困難な高速度鋼(AISIM₂)に対するLF採用前後の成分コントロール精度向上の一例を示す。

溶解ロットが10tから18tに増加したにも拘わらず成分値のバラツキは半減し、特にWにおいて顕著である。

表-21 II鋼の成分コントロール(50tLF)

σ = 標準偏差

鋼種		C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
SAE8620 n=111	範囲	.18/.23	.15/.30	.70/.90	.40/.70	.40/.60	.15/.25
	平均	0.003	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002
	σ	0.0062	0.0115	0.0125	0.0096	0.0097	0.0065
SCM24 n=139	範囲	.20/.25	.15/.35	.60/.85		.90/1.20	.35/.45
	平均	-.002	0.003	0.004		0.001	0.002
	σ	0.0057	0.0118	0.0116		0.0107	0.0061
ASCM17 n=139	範囲	.15/.21	.15/.35	.55/.90		.85/1.25	.15/.35
	平均	-0.005	0.000	0.001		0.004	0.002
	σ	0.0059	0.0093	0.0130		0.0119	0.0062

表-22 高速度鋼(AISIM₂)の成分コントロール精度(20tLF)

成分	標準成分(wt%)	平均値%		標準偏差%		減少率 B/A %
		10t 炉 (LFなし)	18t 炉 (LF有り)	10t 炉 A	18t 炉 +LF B	
C	0.89	0.904	0.893	0.029	0.018	62
Si	0.30	0.275	0.313	0.081	0.043	53
Mn	0.30	0.299	0.307	0.021	0.015	71
Cr	4.00	4.042	3.993	0.113	0.064	57
Mo	5.00	4.941	4.975	0.125	0.044	35
W	6.15	6.165	6.156	0.192	0.020	10
V	1.95	1.997	1.963	0.081	0.041	51

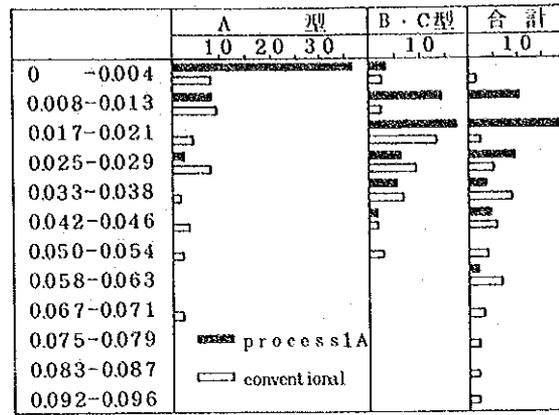
* N=30
ヒート

④ 介在物低減効果

LFでは、不活性雰囲気下でのガス攪拌により溶鋼—スラグ反応が促進され、O、Sの含有量が低下し介在物が低減する。

図-22は20tLFにおける介在物面積比率の対比を示している。Sが関与するA型介在物の75%にも達し、低減率が著しい。

なお、図-22に示されている工程1Aは図-23のLFパターンに示されている。



平均値

	n	A 型	B・C型	合計
従来工程	35	0.0197%	0.0250%	0.0455%
工程 1 A	46	0.0046%	0.0187%	0.0232%

図-22 20t LFにおける介在物面積比率の対比

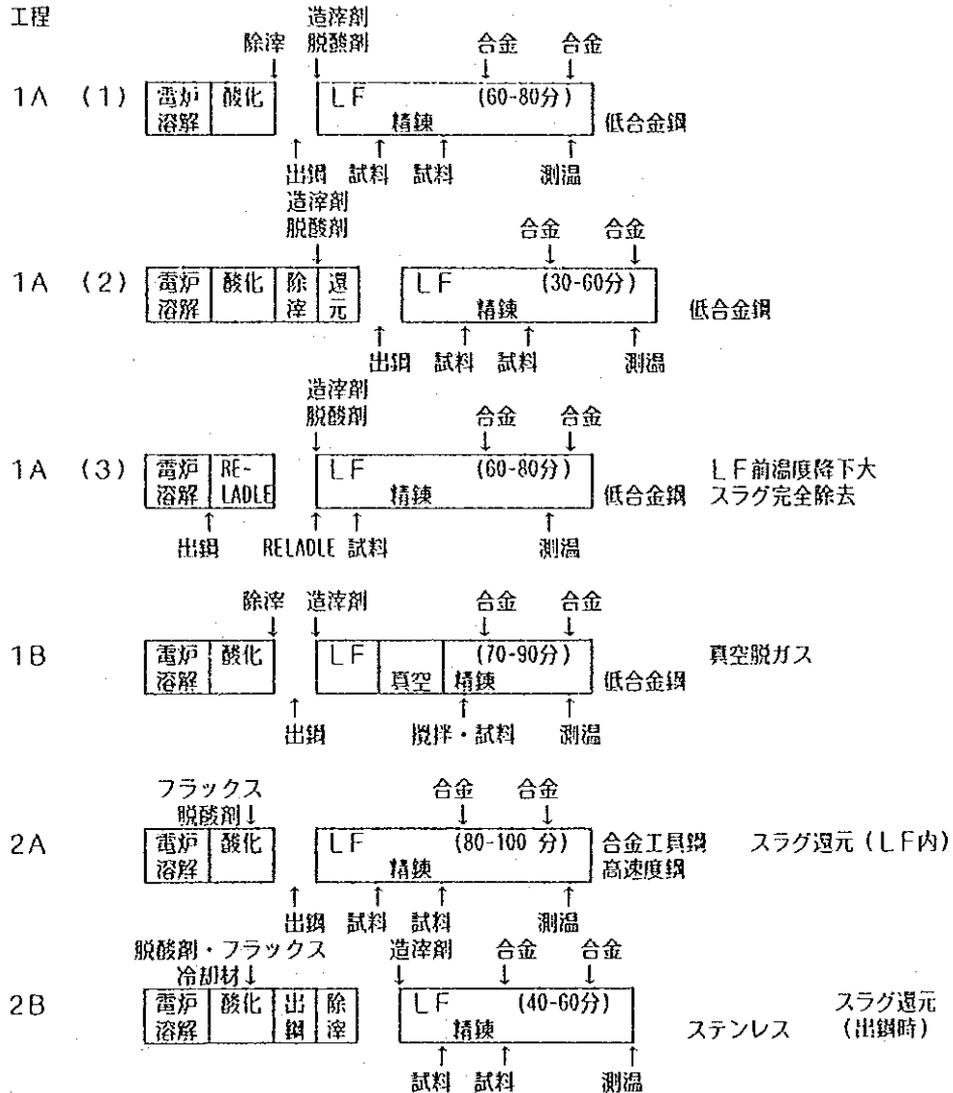
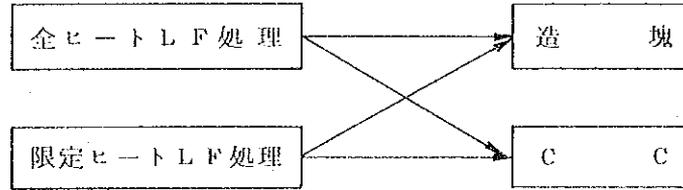


図-23 LFパターン

⑤ 経 済 効 果

L F の適用方法としては



があり、さらに鋼材品質の要求度により真空処理を行わないものなど、L F の操業方法は多岐にわたっているので、L F の経済効果について一括して述べることは難しいが、一例として90 t電気炉 — L F — C C の場合の経済効果を次の表— 2 5 に示す。

表— 2 3 はC C に直結する90 t電気炉にL F を併設した場合の経済効果を指数で示したものである。電力・電極コストはそれぞれ5%、10%削減され、さらに合金歩留(Mn、Si、Al)あるいは生産性の35%向上などが取鍋耐火物コストの45%増を相殺して余りあると、報告されている。

表— 2 3 L F の経済効果

項目		電炉法	電炉+L F法
コスト	電力	100	95
	電極	100	90
	耐火物	100	70
	電炉取鍋	100	145
歩留	Mn	100	114
	Si	100	106
	Al	100	180
生産性	生産性	100	135
	温度制御	± 5°C	± 2°C
	CC完铸率	99.1%	99.4%

3. 2. 3 迅速精錬法

電気炉の生産性を向上させるためには、溶解期の短縮、還元期の短縮を図る必要がある。還元期の短縮について言えば、最も進んだ方法は炉外精錬炉の採用であろう。しかし、その方法に至る前段階として、迅速精錬法が位置付けられている。

迅速精錬法は酸化期スラグの除去後、速やかに造滓し、出鋼時の攪拌により精錬の促進を図るものである。

鋼鉄廠の電気炉操業記録からも窺われるが、出鋼時、溶鋼・スラグの攪拌により、脱硫が図られており、迅速精錬法が実施されていると行うことができるが、より迅速に成分・温度・スラグをコントロールする技術を習得し、後述のGAZALプロセスと組み合わせ、生産性・品質の向上を図る必要がある。

3.2.4 GAZALプロセス

GAZALプロセスは1950年にポーラスプラグが開発されて以来、実用化されている不活性ガス(Ar)底吹きによる取鍋内溶鋼攪拌プロセスである。このプロセスの目的は、底吹きされた不活性ガスによる溶鋼成分・温度の均一化、介在物の分離・除去等である。

現在では、GAZALプロセスがLF、FINKL等の炉外精錬炉の構成要素の一つとして利用されているが、GAZALプロセスはポーラスプラグを用いた簡単な機構をもつもので、鋼鉄廠でも炉外精錬炉設置以前の段階からこのGAZALプロセスを採用することが望ましい。20～30tの溶鋼を処理するためのGAZALプロセスとしては、ガス流量20～30ℓ/秒の流量で5～10分程度の処理が一般的である。

GAZALプロセスにより、成分・温度の均一化の他に介在物の分離除去効果が期待される。この点についてはキリング(ガス攪拌なし)と比較し、全酸素量の減少速度はGAZALプロセスの場合、約10倍程大きくなるとの報告もある。

GAZALプロセスで成分調整する場合は、溶鋼面がスラグから露出する程度のガス流量を選定し、露出した溶鋼に合金添加を行い、合金歩留と成分的中率の向上を図っている。

3.2.5 水冷炉壁(WCP)の採用

WCPの採用によりUHP、HPが可能になるとともに、次の効果が期待できる。

- ① 耐火物原単位の向上
- ② 吹付け補修材の削減と吹付け補修時間の短縮
- ③ 炉修作業時間の短縮と労力の削減
- ④ レンガ屑(産業廃棄物)の発生量の低減

などがあげられ、変圧器容量の増加とともに炉壁の水冷化率(炉壁面積に対する水

冷化面積の割合)は急激に上昇し、現在では50～80%の水冷化率を有する電気炉が一般的になっている。

図-24に水冷炉壁取り付け方法の一例を示す。

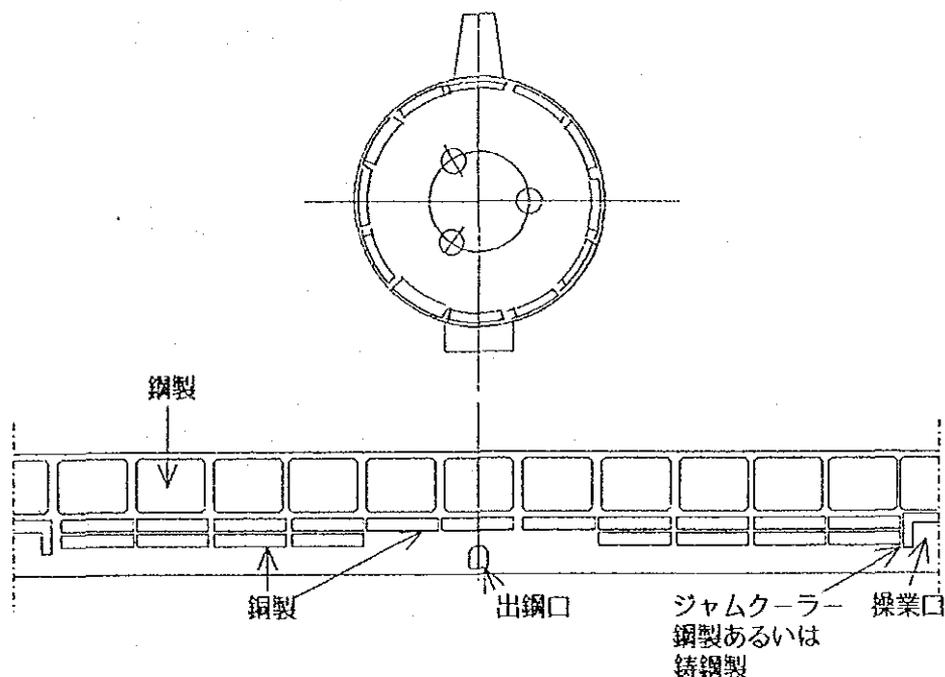


図-24 水冷炉壁取り付け方法の例(70t、45MVA)

図に示す70t、45MVAの電気炉の場合、下部に使用されている水冷炉壁は銅製であり、10,000ヒート以上の寿命である。また、上部に使用されているものは鋼製であり3,000～5,000ヒートの寿命である。

日本における水冷炉壁の設置状況を炉容量別にみると、20t以上の電気炉では水冷化率に差があるものの殆んど100%の炉に水冷炉壁が使用されている。しかし、20t未満の電気炉への水冷炉壁の設置は少ない。これは水冷炉壁が耐火物の削減による利益と水冷炉壁の導入による熱損失・冷却水費用の増加などとの比較で、経済的に利益がない場合が多いためである。

水冷炉壁導入利益の計算の考え方を次の表-24に示す。

表-24 水冷炉壁導入利益計算の考え方

	レンガ炉壁	水冷炉壁(WCP)
電力原単位	-	ΔP kWh/t x 電力費
耐火物原単位	ΔQ kg/t x 耐火物費用	-
WCP製作費	--	WCP 費用 / (WCP 寿命heat x 溶鋼t/heat)
耐火物施工費	全耐火物施工費 / (耐火物寿命 x 溶鋼t/heat)	WCP 施工費用 / (WCP 寿命heat x 溶鋼t/heat)
冷却水用電力費	-	P kWh/t x 電力費
冷却水費用	-	$q \times TT \times 0.02^* \times \text{水の価格} \div \text{溶鋼t}$ q: 水量 m ³ /h TT: Tap to Tap 時間 0.02: 水の循環損失 2%

3.2.6 水冷炉蓋 (WCR: Water Cooled Roof)

水冷炉蓋の導入は次の理由によって遅れていた。

- ① 炉壁ほど顕著なホットスポットが発生しない。
- ② 耐火物の品質改善により炉壁に比べ寿命が長い。

しかし、電気炉の大型化、UHP化により電気炉のヒートサイクルは短くなり炉蓋の急冷・急熱の度合いが強められるなどの理由から耐火物の損傷が激しくなり、1970年代後半から炉壁と同じく水冷化の開発が行われた。

水冷炉蓋導入以前の1970年代の炉蓋耐火物の原単位は日本国内平均で約2.5 kg/t ~ 3.0 kg/tであったものが、炉容量30 t以上の電気炉にはほぼ100%水冷炉蓋が設置された現在、約0.7 kg/tと向上している。

水冷炉蓋の概略(一例)を図-25に示す。

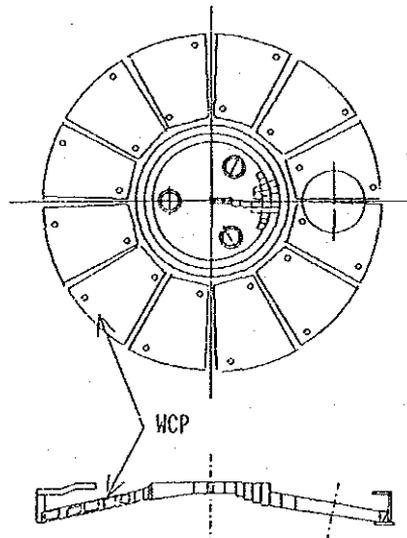


図-25 水冷炉蓋の概略(一例)

3.2.7 最適電力制御

(1) 方法

電気炉操業ではスクラップの種類、配合条件、投入電力条件によってその溶解時間は異なってくるが、それぞれの条件下における最適な投入電力条件を把握する必要がある。

図-26は溶解期を対象に電流をパラメーターとし、電力原単位、通電時間、電極原単位の関係を解析したものであるが、電力原単位はV曲線を示し、原単位最小となる電流値が存在することが分る。

この傾向はあらゆる電気炉で見られるが、実際の各値については、炉容量、スクラップ種類、設定二次電圧により変化するため、それぞれに応じた電流設定が必要となる。質の異なった2種類のスクラップを使用してのテスト結果を図-27に示す。このテストからは、その二次電流は概ね設定二次電圧のもとでの短絡電流の40～45%となっている。

しかし、各工場の置かれた状況により、生産性重視の操業を優先させる場合には、二次電流を増加させる必要があり、各状況下において原単位優先か、生産性優先かを決定する必要がある。

(2) 装置

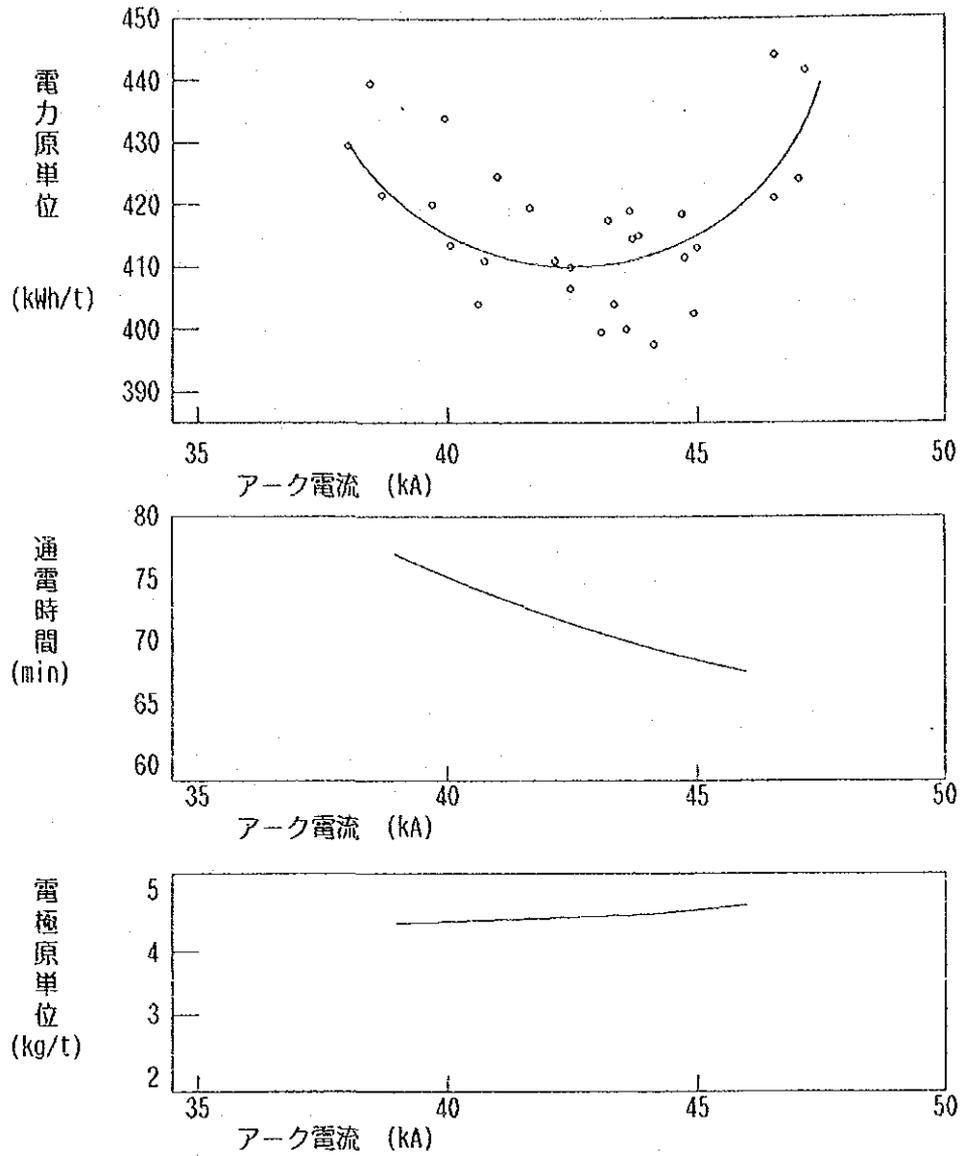
大型化、UHP化された電気炉では前述の電力投入設定条件の良否あるいは溶落ち判定の一瞬の遅れが電力原単位ばかりでなく、耐火物・電極などの原単位、生産性の悪化に大きく影響する。

このような条件を最適化するために下記のような機能を有する制御装置が採用されている。

- ① 電気炉作業のプログラム制御による自動化、標準化
- ② 溶解状況センサーと電力量による的確な溶落ち時間の把握
- ③ 各相電力制御による溶解進行の均一化
- ④ 作業記録の自動化
- ⑤ データロギングによるデータ集積と管理の高度化

上記のような機能を有する最適電力制御装置により、各炉における最適操業条件の把握、作業者の経験や熟練度に左右されない電気炉操業の標準化により大きな効果を得ている。

図-28に最適電力制御装置の一例を示す。



注：電気炉：70 t、45 MVA

電気炉インピーダンス：3.12 mΩ

設定電圧タップ：610 V

注入温度：1640℃

酸素使用量：2.7 m³/t (溶鋼)

鋼種：低合金鋼

図-26 溶解期における電気炉アーク電流

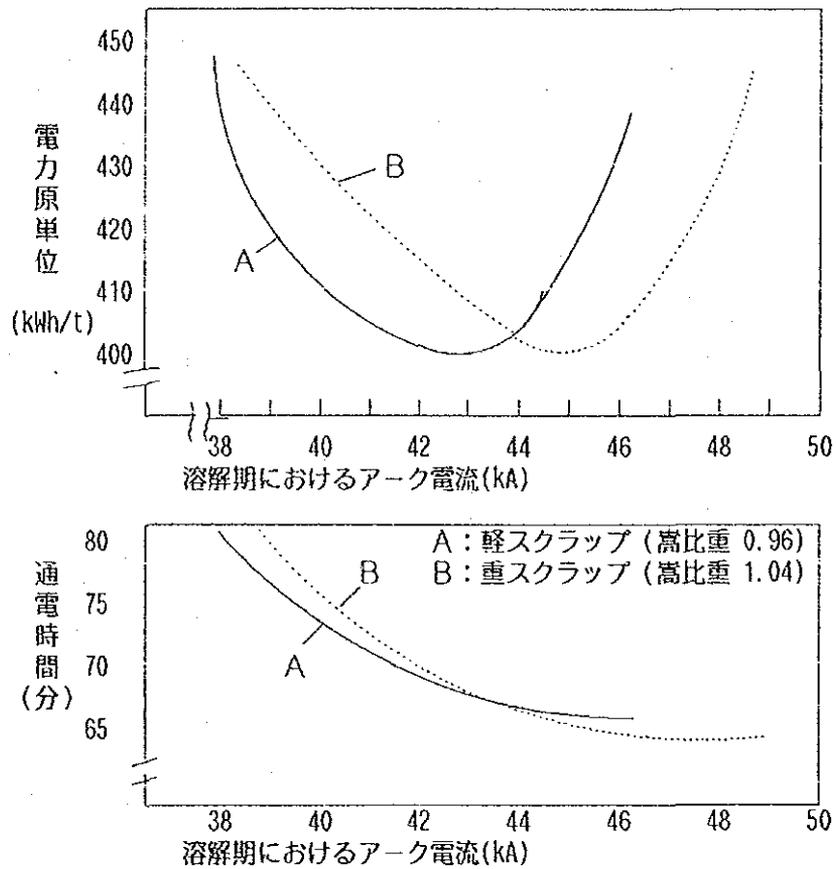


図-27 2種類のスクラップの溶解時の比較

3.2.8 スクラップ予熱装置

(1) スクラップ予熱装置の背景

迅速溶解のための酸素使用量増加による排ガスのエネルギーを活用し、省エネルギーを図るためにスクラップ予熱が開発され、その採用が鉄鋼メーカーに広がっている。表-25に直接吸引式集塵装置を有する25t電気炉の熱収支の例を示す。

直接吸引式集塵装置で吸引される電気炉からの排ガス保有熱は、電気炉全出熱のうち約17%も占めていることが表-25から分る。

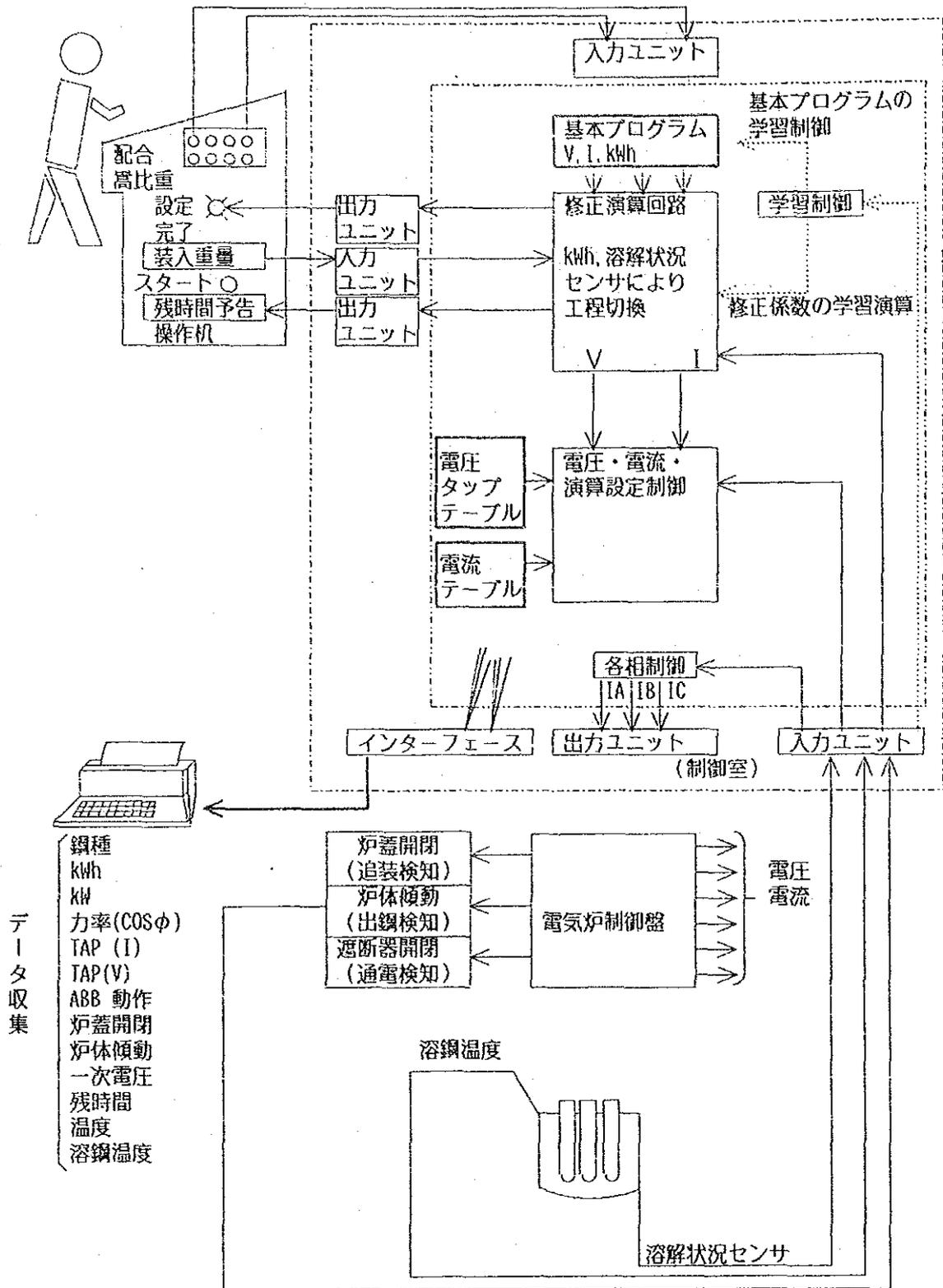


図-28 最適電力制御装置の一例

表-25 直接吸引式集塵装置を有する25t

電気炉の熱収支例

入熱		出熱	
電力	61.0%	溶解	52.5%
電極酸化	6.2	スラグ	7.3
その他酸化	31.5	変圧器二次導体損失	9.3
スラグ生成	1.3	排ガス	16.8
		冷却水	3.3
		その他	10.8
	100.0		100.0

表-26 電気炉・集塵装置・スクラップ予熱装置の主な仕様

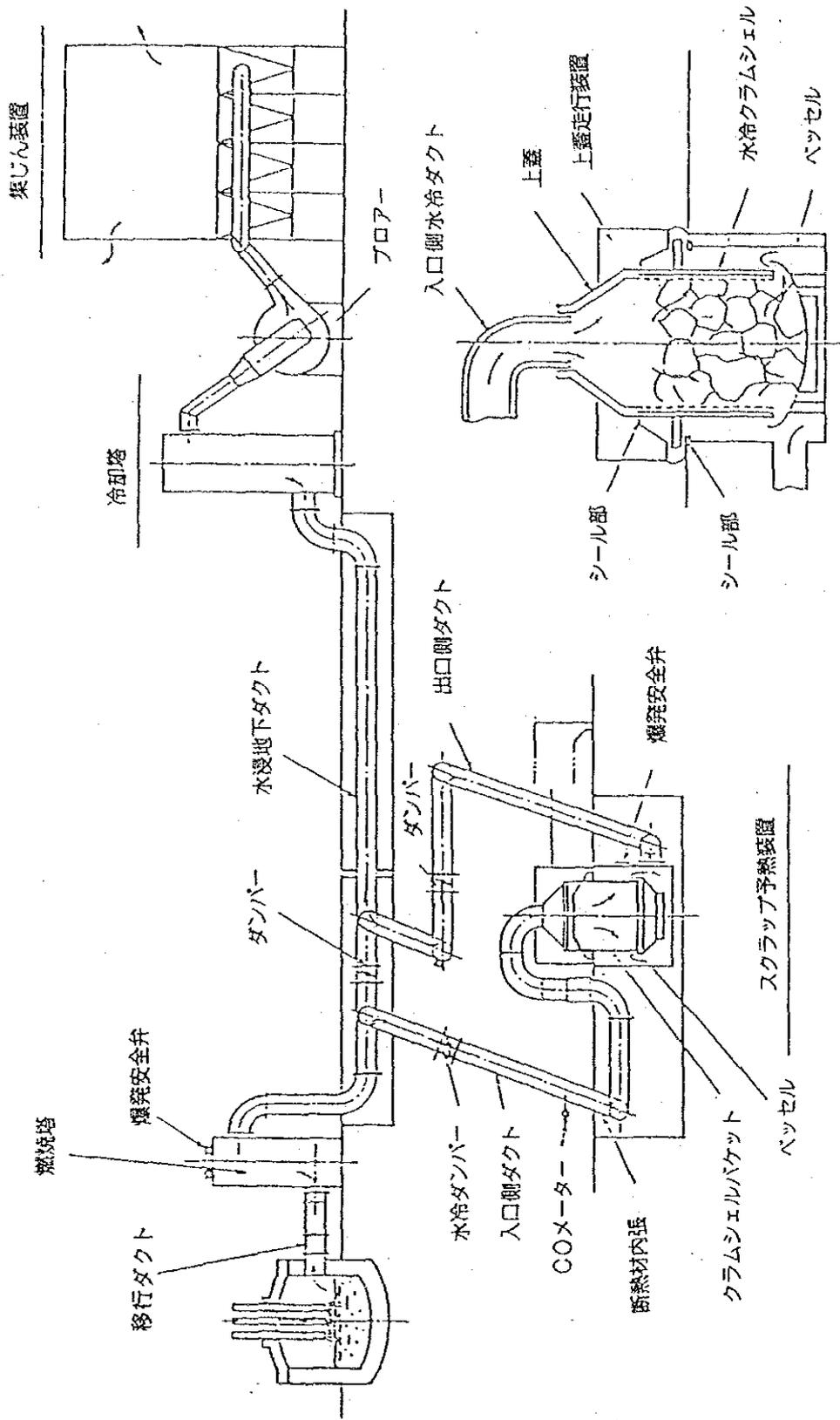
電気炉	集塵装置	スクラップ予熱装置
公称能力:25 (t/heat)	型式:BAG FILTER	型式:SPH-04
実績能力:31 (t/heat)	容量:1350(200℃) (m^3/min)	スクラップ予熱重量:
変圧器容量:17.8 (MVA)	静圧:600(250℃) ($mmAq$)	初装:20t
一次電圧:22,000 (V)		追装:10t
二次電圧: 最大:330		
最小:130 (V)		
電極径:406 (mm)		

この高温排ガスの保有する熱量の有効活用は、電気炉操業での省エネルギーに関する大きな課題であり、このためにはスクラップ予熱装置は極めて有効な設備である。

(2) スクラップ予熱装置の実施例

電気炉・集塵装置・スクラップ予熱装置の主な仕様を表-26に示す。

また、スクラップ予熱装置の概要を図-29に示す。



スクラップ予熱装置本体詳細

図一 29 スクラップ予熱装置

(3) スクラップ予熱パターン

次の図-30にスクラップ予熱パターンを示す。

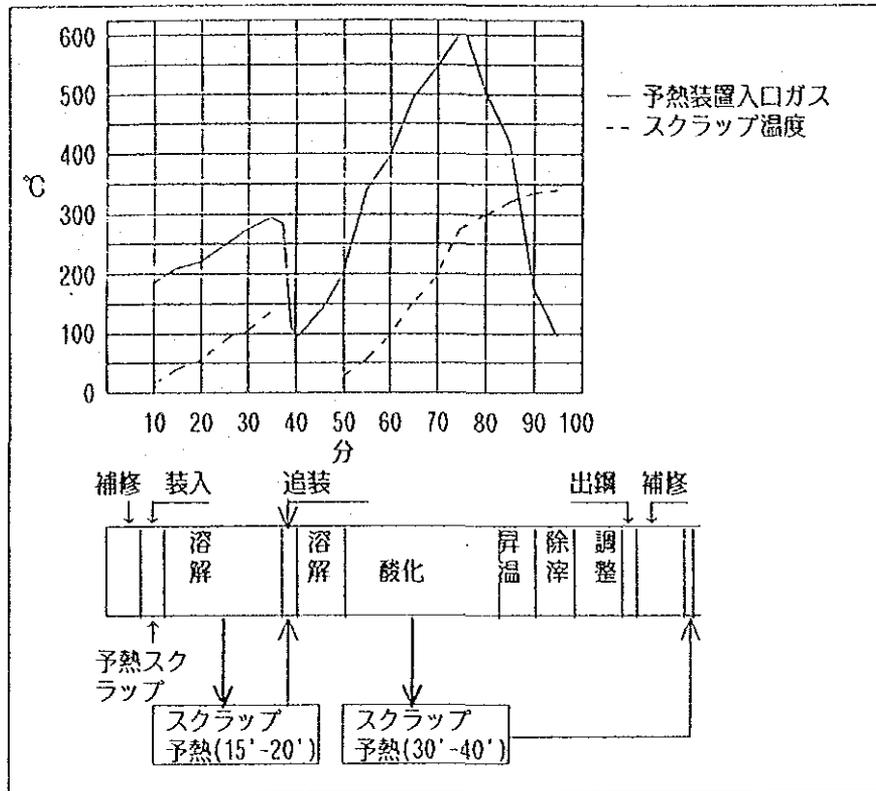


図-30 スクラップ予熱パターン

(4) スクラップ予熱による効果

スクラップ予熱の実施により、次の効果が得られている。

電力節減	25 ~ 30 kwh / 装入 t
電極節減	0.3 ~ 0.5 kg / 装入 t
Tap To Tap時間短縮	5 ~ 8 min / heat
耐火物(補修材)節減	5 ~ 10 %

3.3 鋼鉄廠の近代化案

前述の3.2項で、生産性向上についての主な方策についての概要を述べた。ここではこれらの方策を前提とし、鋼鉄廠の近代化についての案を述べる。

3.3.1 酸素富化操業およびCARBON INJECTIONによる迅速溶解法の適用

鋼鉄廠では現在酸素流量計が設置されていないため、正確な酸素吹精量は把握できないが、鋼鉄廠からの報告では25 Nm³/良塊tである。日本のD社では酸素量を

12 → 22 Nm³/良塊tと増加した場合、溶鋼歩留が0.9%悪化し、Carbon Injection法を採用することにより、この歩留悪化を防止している。

鋼鉄廠の場合、溶鋼歩留は84%（実績）であるが、これは使用スクラップの品位が低いことが主な原因であり、酸素吹精量が多いことも影響していると考えられる。普通鋼主体の生産から特殊鋼主体の生産に切替えるに際しては、スクラップ品位を上げる（性状良好で不純物、特に現状より低Pのスクラップの確保）必要があり、これにCarbon Injection法を適用するとの前提で、鋼鉄廠における溶鋼歩留を89%と設定した（Carbon Injectionによる歩留向上分を1%含む）。

Carbon Injection Machineの仕様を次の図-31に示す。酸素流量計に関しては第3章10項の「UTILITIESに関する提案」において述べる。

3.3.2 電気炉の新設、LFVへの改造および変圧器容量の増大

(1) 電気炉および取鍋精錬設備（LFV）の設置

現存の5基の電気炉では250,000t/Yの製品生産に見合う鋼塊の生産はできない。このため電気炉新設の必要があり、公称30t（実溶鋼36t、変圧器容量20MVA）1基を現在の第二製鋼工場の建屋を延長して設置する。

この電気炉には、LFV、集塵装置、およびスクラップ予熱装置などが付帯的に設置される。

LFVは30t電気炉の全溶鋼を処理するとともに、可能な限り4号炉の溶鋼も処理する。

(2) 電気炉変圧器容量の増大

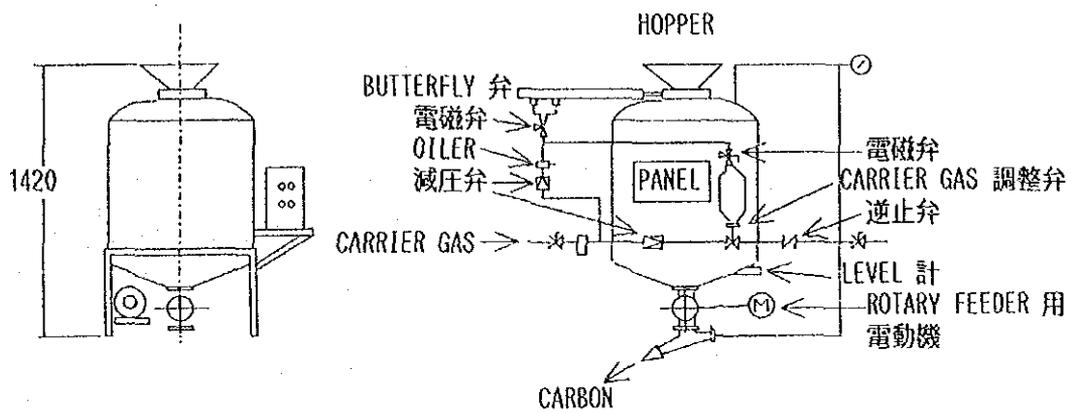
4号電気炉は溶解量に比較して、変圧器容量が小さく溶解能率が悪い。4号電気炉の変圧器容量を15MVAとして、HP化し、併せて、集塵機、スクラップ予熱装置も設置し生産増と環境改善を図る。

現在の四号電気炉用7MVAの変圧器は予備品とする。新設30t電気炉およびHP化した4号電気炉により、生産量を確保した後5号電気炉は休止させる。

(3) 5号電気炉のLFVへの改造

将来において、更に生産量の増加が要求される場合、5号電気炉を改造し、4号電気炉専用のLF設備として活用し、生産量増加を図る。

以上(1)、(2)、に述べた30t電気炉とLFV炉の新設、4号電気炉（10t）の変圧器容量の増大、スクラップ予熱装置（30t、10t）、とこれらに関連する



主仕様

吹込み容量 : 20~100kg/min
 タンク容量 : 1.3m³
 圧縮空気 : 最大10 kg/cm²G
 吹込み圧 : 最大3.5 kg/cm²G
 炭素粒度 : 最大6mm

図-31 Carbon Injection 装置 (SA-12M)

集じん装置および水処理装置の仕様を表-27~32に、また、そのレイアウトを図-32に示す。

なお、電気炉のHP化のためには、良好な電極・水冷炉壁、スライディングノズルの使用が不可欠である。

表-27 30t電気炉の主な仕様

項目	主な仕様
型式	FULL PLATFORM 形
容量	(公称) 30t
炉殻	型式: 鋼板製PANEL 構造CAGE形 内径: 4,600mm シル レベル: 600mm 炉殻高さ: (シル レベル上): 1,967mm 炉鋼高さ: (シル レベル下): 896mm
変圧器	容量: 20,000kVA 型式: 屋内形送油水冷式 一次電圧: 6.3kV x 50Hz 二次電圧: 400R~340F~150V (25V x 11 点) 負荷時TAP 切替可 二次電流: 34,000A (最大)
水冷ケーブル	2,000mm ² /本/ 4本/相
電極	材質・寸法: 人造黒鉛 18T 電極支腕落下安全装置付き
炉内容量	32.7m ³
溶鋼容積	(シル レベル下) 6.05 m ³
溶鋼表面積	10.64 m ²
炉底耐火物厚さ	610mm
炉蓋旋回角度	75°
前傾角度	42°
後傾角度	15°
電極昇降速度	4m/min (WINCH WIRE型式)
WCP	水冷化率: 約70% (SELF COATING FIN付き)
WCR	水冷化率: 約70% (分割方式)
装入バケット	SPH兼用

表-28 10t電気炉(HP化)の主な仕様

項目	主な仕様
炉殻内径	4,000mm
変圧器容量	15,000kVA
二次電流	28,000A
水冷ケーブル	1,500mm ² /本/ 4本/相
電極径	16T
WCP	水冷化率: 約70% (SELF COATING FIN付き)
WCR	水冷化率: 約70% (分割方式)
変圧器二次母線	鋼板製
装入バケット	SPH兼用

表-29 30 t L F V装置の主な仕様

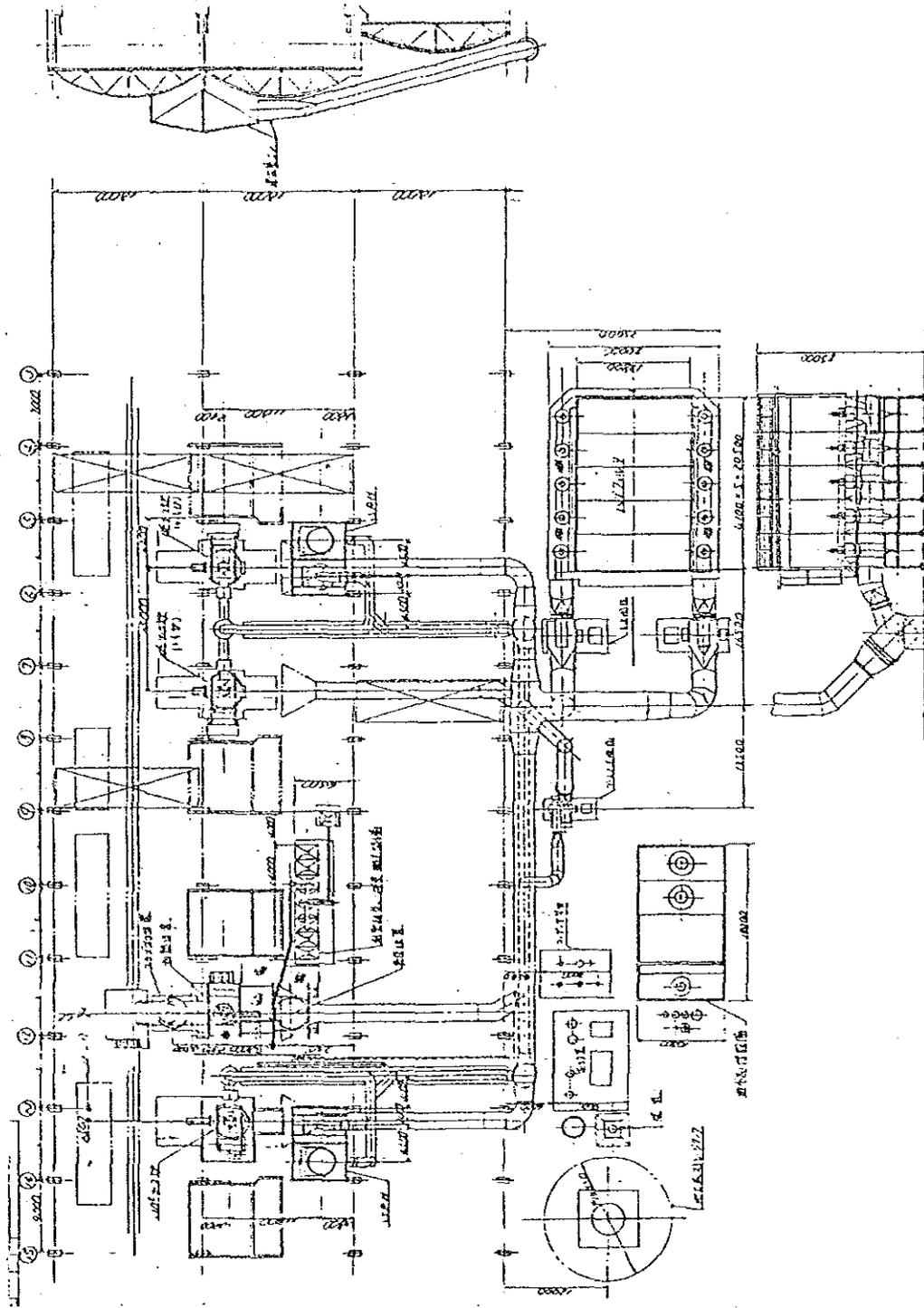
項目	主な仕様
処理量	最大36t
変圧器	7,000kVA 25%リアクトル付き
電極径	12 INCH
処理開始溶鋼温度	1,600°C (仮定-加熱処理開始時の溶鋼温度)
処理終了溶鋼温度	1,630°C (仮定-加熱処理終了時の溶鋼温度)
正味加熱時間	20分(仮定) L F処理時間 30分(仮定)
造渣剤投入量	15kg/t (仮定)
合金投入量	15kg/t (仮定)
放熱による温度降下	通常時: 1.5°C/分(仮定) 真空時: 3.0°C/分(仮定)
設計基準電流	14,000A
真空処理時間	15分(仮定)
真空排気系	STEAM EJECTOR 方式 抽気量(常温空気換算): 150kg/h(0.5Torrにおいて) 到達真空度: 0.1Torr以下 ただし18入口を盲フランジにした場合 排気装置: ブースター; 3段 STEAM EJECTOR; 第4段A、B~ 第4段A、B
蒸気発生装置	蒸気発生量: 8,500kg/h 最高使用圧力: 16kgf/cm ² G 常用圧力: 8.5kgf/cm ² G
水冷ケーブル	800mm ² x 4本/相
副原受入れ・料添加装置	秤量機、払出装置、加熱用調整ホッパー、 真空用調整ホッパー、加熱用シュート、真空用シュート 各一式
計装機器	蒸気圧力制御機器 蒸気流量測定機器 コンデンサー冷却水量測定機器 コンデンサー給排水温度測定機器 真空度測定機器 排ガス温度測定機器 Arガス流量測定機器

表-30 スクラップ予熱装置(SPH)の主な仕様

項目	主な仕様
装置概要 装置数 2基	30t, 10t電気炉の排ガス顕熱でスクラップの予熱を行う。別置ベッセルにスクラップバケットを移行し、その後二重式フードを移行すると外側フードはバケットチャンバーと水封を構成し、内側フード下部シール部はバケットとLINE CONTACT方式でシールされ、バケット内のスクラップに排ガスを直接通し、予熱する。予熱後バケットを吊上げ、電気炉へ装入する。
予熱方式	バケット直接予熱方式
予熱量	全スクラップ予熱
予熱パターン	初装、追装用バケット交互予熱

表 - 3 1 集塵装置の主な仕様

項目	主な仕様	
装置概要	第二製鋼工場内の電気炉3基、新LFV1基用直接兼建屋集塵吸引用のものであり、排ガス吸引設備、ガス冷却設備、ダクト配管、送風機、BAG HOUSE から構成される。	
処理ガス量	直接集塵	建屋集塵
	新30t 電気炉 1,500m ³ /min	5,500m ³ /min
	No.4 10t電気炉 1,000m ³ /min	3,500m ³ /min
	No.5 10t電気炉 800m ³ /min	3,500m ³ /min
	新30tLF 400m ³ /min	2,500m ³ /min
	合計 2,900m ³ /min	15,000m ³ /min
濾布材質	テトロン繊維	
送風機容量	ブースター送風機 風量：3,700m ³ /min 静圧：450mmAq 温度：170℃	主送風機 7,500m ³ /min x 2基 350mmAq 110℃
電動機容量	ブースター送風機 出力：520kW 電圧：6,300V	主送風機 820kW x 2 式 6,300kW
装置構成	<p>電気炉直接集塵用：</p> <p>炉頂エルボ（3式） 水冷ダクト（3式） 燃焼室（2式） 摺動フランジ（3式）AIR CYLINDER駆動 吸引量調整フランジ（3式）GEARED MOTOR駆動 排気ダンパー（2式） 地下水漬ダクト（2式） 冷却塔（2式） 地上ダクト（1式） 冷風ダンパー（1式）AIR CYLINDER駆動</p> <p>LFV直接集塵用：</p> <p>吸引ダクト（1式） 吸引ダンパー（1式）GEARED MOTOR駆動</p> <p>建屋集塵用：</p> <p>主ダクト（1式） 風量調整ダンパー（1式）GEARED MOTOR駆動</p> <p>ブースター送風機関係：</p> <p>送風機1式）MOTOR 820kW 主風機（1式）820kW</p> <p>DUST COLLECTOR：押込み形逆洗式 概略寸法；縦-12.8m 横-20.5m 高さ-25m 外殻（1式） 歩廊および階段（1式） HOPPER（5式） 濾過バッグ（1,120本） バッグ差圧計（1式）</p> <p>逆洗装置：</p> <p>切替ダンパー（5式） 逆洗風量調整ダンパ（1式） 逆洗用ダクト（1式）</p> <p>ダスト搬送装置：</p> <p>ロータリーバルブ（10式）5m³/h 水平チェーンコンベアー（1式）6m³/h L形チェーンコンベアー（1式）6m³/h</p>	



图一 3 2 第二製鋼工場配置

表-32 水処理装置の主な仕様

系統		コンデンサー冷却水系	機械冷却水系
処理水量		420m ³ /h	1,870m ³ /h
水温	処理前	42℃	42℃
	処理後	32℃	32℃
懸濁質	処理前	110ppm	-
	処理後	100ppm	-
方式		電磁式濾過器+冷却塔	冷却塔

3.3.3 ガザール (GAZAL) 法の採用

生産性・品質面から見て最も望ましいのは、LFのような炉外精錬設備の設置であるが、LFの前段階としてガザール法の採用が考えられる。これは取鍋鋳込み方式を現在のストッパー式からスライディング・ノズル方式に変更し、取鍋底からガスの吹込みを行うもので、温度・成分の均一化、介在物浮上分離の促進による品質向上、電気炉での還元期の短縮が期待される。

3.3.4 鋼塊の大型化

現在、特殊鋼（合金鋼、ばね鋼）には460kg鋼塊が用いられているが、特殊鋼比率が増大（1990年には60%を越す）し、一回の溶解量も増大する。しかも、Tap to Tap 時間が短縮してくると、造塊作業が製鋼工場の能力向上の阻害事項になることが予想される。（新30t電気炉 — 460kg鋼塊 — 鋼塊本数70本/1heat）

造塊作業の改善、品質・歩留の向上を図るため鋼塊の大型化を図る必要がある。

(1) 鋼塊重量、寸法

分塊圧延（φ750）などとの関係を考慮すると、鋼塊重量は1,100kg、鋼塊寸法は頭部440×360mm、尾部330×270mm、鋼塊本体高さ1,070mm、鋼塊押湯部は7%となる。

(2) 下注定盤

新30t電気炉からの鋼塊本数は33本、4号電気炉からの鋼塊本数は23本となり、これらを採用するための下注定盤の形状・寸法は次の通りとする。(定盤厚み：200mm)

1ヒートの鋼塊を採用するためには2定盤を必要とし、この2定盤を一台の casting 台車上に載置する。

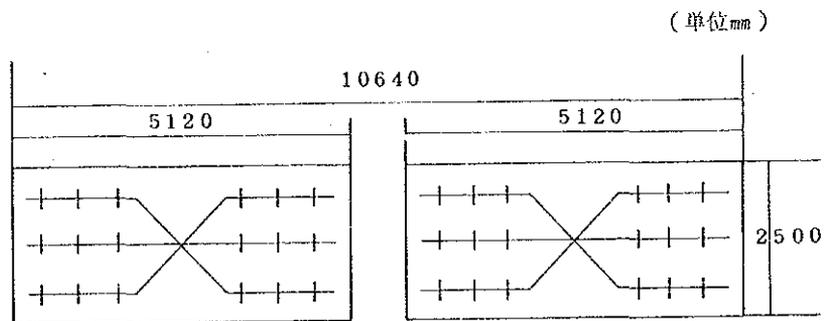


図 - 3 3 下注定盤

3.3.5 鑄込み台車の導入

鑄込み→凝固→型抜き→鑄型おろし→定盤清掃・レンガ張り→鑄型セット(押棒は事前に鑄型にセットしておく)→鑄込みの造塊周期を次のように設定した。

工 程	時間(分)
鑄込み	25
凝 固	60
型抜き	35
鑄型おろし	30
定盤清掃・レンガ張り	30
鑄型セット	30
予 備	20
合 計	230

1台車の周期は230分であるので、4号炉と新30t炉のTap to Tap時間を考慮すると各炉につき2台の台車が必要となる。

鑄込み台車の仕様は次の通り。

積載荷重 : 75 t

台車数 : 4台

駆動 : モーター・ウインチ

搬送速度 : 15 m/min

搬送距離 : 35 m

レール : 73 kg

モーター : 7.5 kw

制動機 : マグネットブレーキおよびブレーキモーター

(台車走行のためのピットは掘らない。)

台車の参考寸法を図-34に示す。(mm)

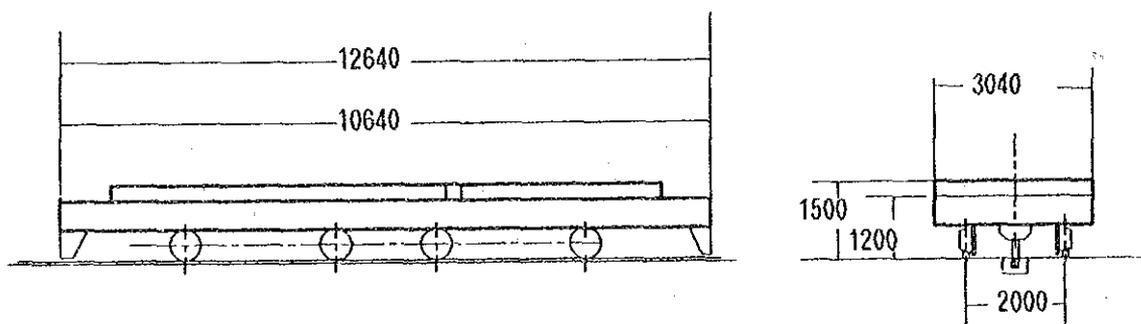


図-34 鑄込台車の参考寸法

3.3.6 クレーンの増設

図-35に第二製鋼工場のクレーン配置を示す。

新30t炉と30tLFVを設置するため建屋を4スパン延長し、また、鋳込みヤード(18mスパン)に隣接して鋳型・押棒ヤード(18mスパン)、型抜き・冷却ヤード(24mスパン)を増設する。

鋳込みヤードには取鍋用クレーン2台(65/10t)鋳型・押棒ヤードには現在、鋳込みヤードで使用しているクレーン(65/5t)を流用し、型抜き・冷却ヤードにはストリッパークレーン2台(6/5.3t)を配置して型抜きと鋼塊のハンドリングを行う。

新設クレーンの概略仕様は次の通り。

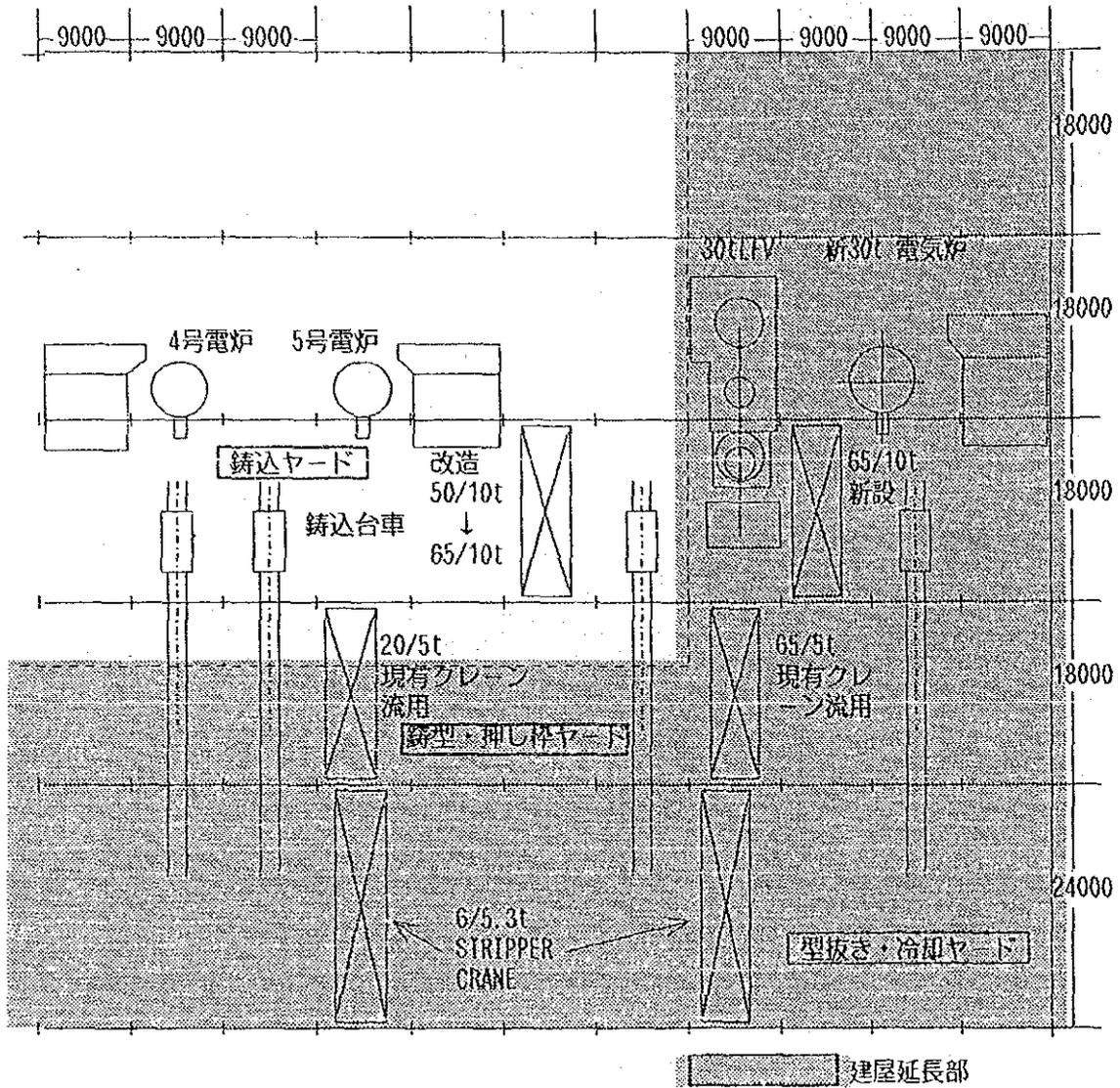


図-35 第二製鋼工場クレーン配置

表-33 新設クレーンの概略仕様

ヤード	用途	定格荷重 (t)	クレーンレール高さ (m)	諸元						台数
				主巻/補巻		走行		横行		
				m/min	kw	m/min	kw	m/min	kw	
鑄込	受鋼、鑄込	65/10	14	6/12	82/30	60	40	30	15	2
鑄型 型抜き	鑄型、押棒操作	現在、鑄込ヤードで使用されている50/10t、20/5t クレーンを流用								2
型抜き 冷却	型抜き 鋼塊操作	6/5.3	9	13/14	20/15	100	20	40/40	3/2	2

表-34 ストリッパー tong の基本仕様

鋼塊重量	1,100kg	油圧ポンプ (COMBINATION PUMP)	高圧 140kg/cm ² x 18ℓ/min 低圧 40kg/cm ² x 54ℓ/min
引抜き力	最大50t	サイクル 時間	約21秒
掴み力	最大35t		
トングの開き度	最大430mm 最小180mm	MOTOR	75kw X 1,000rpm
引抜きPISTON STROKE	290mm		
掴みPISTON STROKE	120mm		
引抜きPISTON速度	上昇70.5mm/s 下降31.8mm/s		
掴みPISTON速度	開 75mm/s 閉 23mm/s		

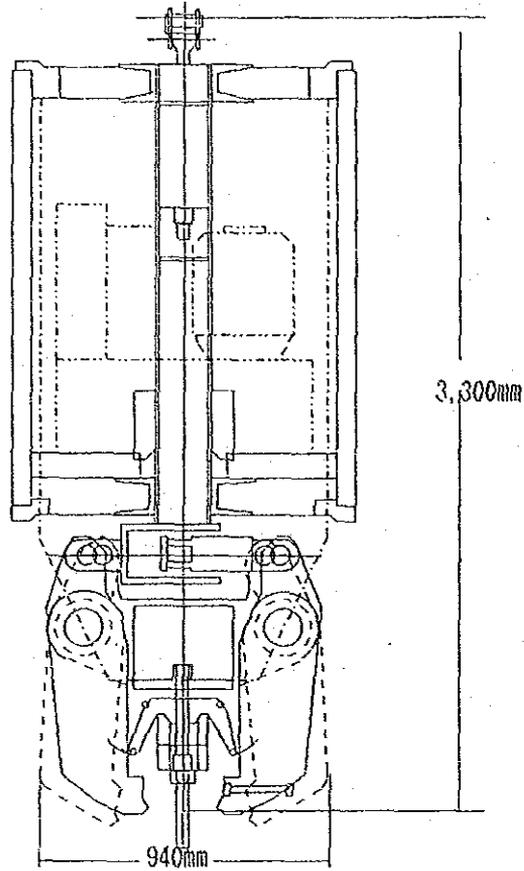


図-36 ストリップートング(概略)

3.3.7 鋼塊冷却

型抜きした鋼塊は、ピット冷却した後ピットから揚げ、マーキングした後、次工程に送られる。

型抜き・ピット入れ→ピット揚げまでの時間を10時間とすると、出鋼サイクル150分の場合、4ヒート分のピットが必要となる。1ピット当たりの鋼塊本数を12本とすると、4号炉では

$$4 \text{ ヒート} \times 2 \text{ ピット} / \text{ヒート} = 8 \text{ ピット}$$

新30t炉では

$$4 \text{ ヒート} \times 3 \text{ ピット} / \text{ヒート} = 12 \text{ ピット}$$

となり合計20ピットとなる。

ピット寸法(内部寸法)は、1500×2000×1500 mm(深さ)とする。

3.3.8 集塵装置

集塵装置は4号炉、新30t電気炉および新30tLFVを対象として、その仕様を表-31に示した。なお、BAG HOUSE 出口の含塵濃度は50 mg/m³以下で設定されている。

日本の電気炉による製鋼会社は、まず、電気炉直接吸引集塵装置を設置したが、電気炉操業の迅速化、公害規制の強化などにより、直接吸引+建屋集塵へと移っている。

日本では、最近新設された製鋼工場で、効率的な集塵と作業環境の改善、省エネルギーを目的として電気炉全体を密閉式包囲体により取り囲む方式が採用され始めた。この方式は直接集塵と建屋集塵装置が備えられた後に採用されるべきである。

3.3.9 スクラップ予熱装置

表-30にスクラップ予熱装置の主な仕様を、図-32に第二製鋼工場内のスクラップ予熱装置配置を示した。