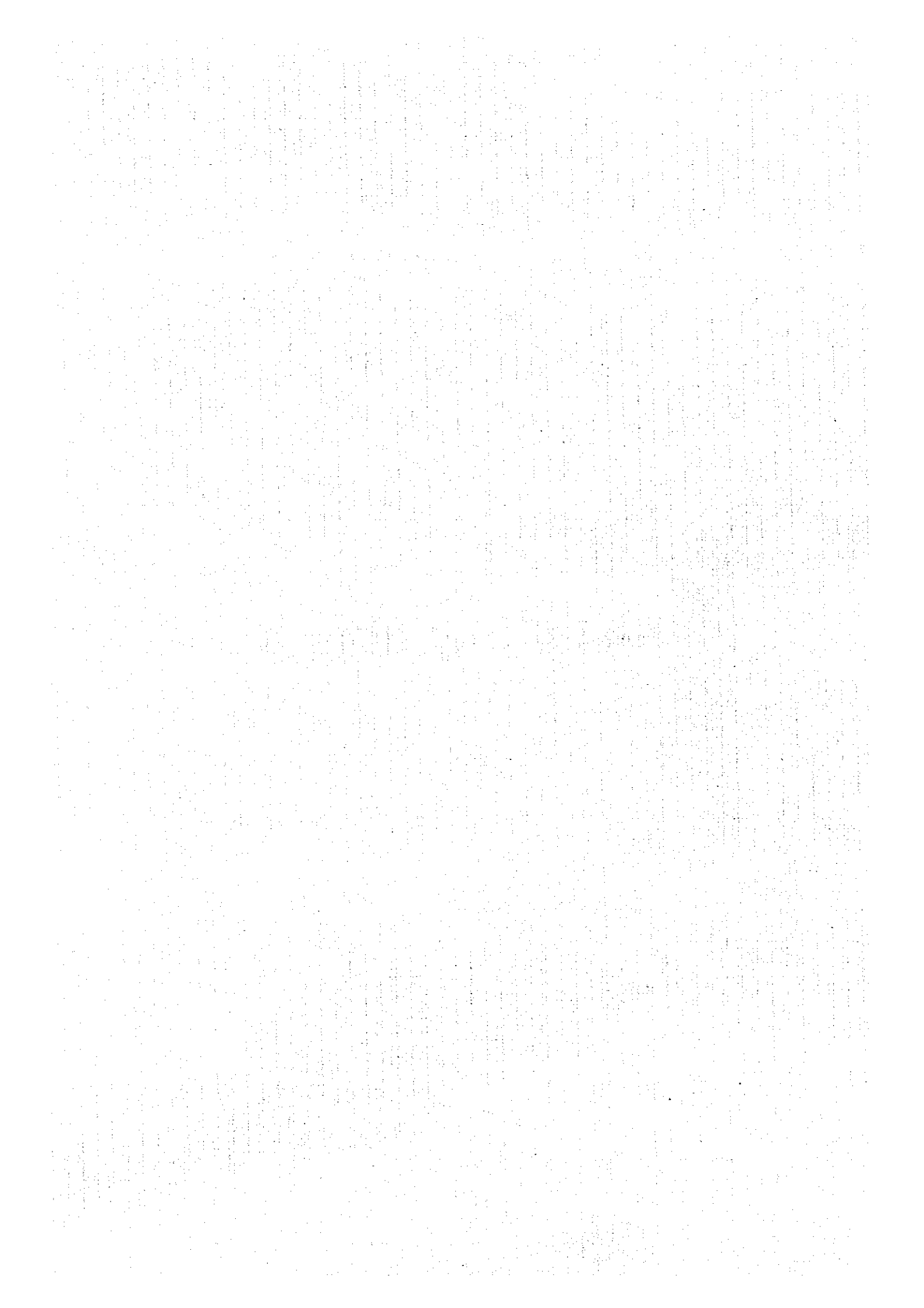


## 第 6 章 工場近代化計画



## 第6章 工場近代化計画

### 6-1 近代化目標の確認

#### 6-1-1 中国側の基本的考え方

- (1) 1985年の近代化計画調査に基づき改造を進めた結果、この10年で知名度の向上・生産量の増大(18万tから30万tへ)・特殊鋼化推進・売上高・税込み利益の増大(それぞれ2.2億元が13億元へ、37百萬元が135百萬元へ)が図られた。

現在、江蘇省での企業評価は100社中16位で、無錫市で納税額1位である。鉄鋼だけでなく、経営の多角化も図っている。

- (2) 鉄鋼での現状と5年後の計画は、次のとおりである。

- ① 生産性の向上(33万t/8千人 $\Rightarrow$ 40t/人 $\rightarrow$ 目標80万t/5千人 $\Rightarrow$ 160t/人)
- ② 生産量よりも利益の上る体質(目標売上高50億元、税込み利益6億元へ)
- ③ 工程の短縮と設備の高級化(連続铸造導入と炉外精錬の増大)
- ④ 海外技術導入を図って先進技術を達成
- ⑤ 作業者の教育、品質管理、管理システムの構築など管理面の充実

#### 6-1-2 業務範囲に関する確認事項

前項(6-1-1)の中国側の要望に対し、具体的には下記の1995年8月の予備調査団への要望内容と理解していることを伝え、了解された。

- ① 製鋼工程の改造による80万t体制の確立
- ② 圧延工程の改造による製品品質、生産性の向上
- ③ 鍛造設備の改造による生産性の向上
- ④ 管理部門の強化

②の中で、線材圧延機の冷却ライン改造による製品品質の向上については、対象が合弁会社錫潤軋鋼廠有限公司の工程にあり、「当会社のものは除く」と調査実施細則にあるので、双方同細則のとおり了解した。

## 6-2 近代化計画の概要

### 6-2-1 生産計画

錫鋼の製品別生産計画は、現状及び近代化計画各段階毎、それぞれ表 6-1～表 6-6 に示すとおりである。また、1995年から2000年までの鋼種別及び生産量推移を表 6-7、表 6-8にまとめた。尚、2000年の製品別生産計画は、錫鋼の基本計画と調査団が調査した顧客ニーズを考慮して双方協議の結果をまとめた数値であり、近代化計画の検討を行うための基礎データとなる。

近代化計画各段階毎の製品別生産計画を1995年の実績と対比して次に示す。2000年(第3ステップ)と( )内に1998年(第2ステップ)を比較した。

#### (1) 総生産量

1995年の28.5万t/年に対して、2000年は80万(62.3)t/年と2.8(2.18)倍の増加となっている。

#### (2) 鋼種構成

普通鋼と特殊鋼の生産比率は、1995年が18:82、2000年では16:84と大きな変化はないが、特殊鋼の製品構成が大きく変化する。1995年は特殊鋼の中で構造用炭素鋼が全生産量の65%を占めていた。近代化計画各段階では構造用炭素鋼の生産量は大きく変わらず、生産比率は25.4(34.1)%と低下している。一方、構造用合金鋼の生産量は7.5(4.5)倍に増え、構造用炭素鋼と肩を並べる。

軸受鋼の生産量は7.1(5.5)倍、ばね鋼の生産量は13.1(9.9)、合金工具鋼の生産量は25.4(10.4)倍、炭素工具鋼の生産量は5.6(4.2)倍と大きく増加している。1999年からは不銹鋼が加わる。

#### (3) 製品構成

線材(φ5.5～13mm)の生産比率は、1995年の66%から33(43)%に減少する。

これに対して丸棒は、1995年の22%から33(24)%に増加する。これは、寸法範囲が1995年はφ14～75mm(錫潤、4圧、650圧延)であったが、φ14～230mm(錫潤、小型圧延、大型圧延)と広げたことによる。棒鋼としては、平鋼や角鋼も加わり、生産比率は1995年の22%が、57(43)%に急増する。鋼管の生産量は3.5(3.5)倍となるが、生産比率は6%が8(7)%となる。鍛造品に生産量は微増にとどまる。

表6-1 1995年生産実績（単位：万t）

鋼種	材料	120/100/85角 (750、650連圧)	100/85角	180角 10.5~14"				φ75 ×1200	10.5、12 14"	60角(4圧延)、80/90角 (650以下)、購入ピレット			
	工場	鋳造		4圧	650圧延		未採掘	鋼管	鍛造	3圧			
	品名	線材	丸棒			合計	平鋼		鋼管	鍛造 φ120 ~220	線材 φ6.5 ~8	総計	%
	φ5.5 ~13	φ14~32	φ28~75	φ75~	5-30		19-105	角鋼 市 150					
普通鋼		1.5	0.03	0.16		0.19					3.89	5.58	18.3
構造用炭素鋼		9.8	0.02	3.85		4.57			1.7	0.88	0.91	17.8	65.0
						(0.02)							
構造用合金鋼		1.2	0.01	1.07		1.1			0.02	0.55		2.87	9.4
軸受鋼		0.4		0.42		0.42				0.06		0.88	2.9
ばね鋼		0.9		0.08		0.08						0.98	3.2
合金工具鋼										0.10		0.10	0.3
炭素工具鋼		0.19		0.06		0.06				0.03		0.28	0.9
合計		13.99	0.06	5.64		6.42			1.72	1.62	4.8	28.5	100
						(0.02)							

(備考) ・生産統計は各工場毎にとっている。

・構造用炭素鋼の( )内は鋼管用ピレット。

・750で22万t、650で10万t、内5万tが連圧し、鋳造と4圧用ピレットとしている。

表6-2 1996年生産予想(単位:万t)

材料 工 製 品 名 鋼種	120角※	100/85角	180角 10.5~14"				φ75×1200 φ100	10.5、12 14"	60角(4圧力)、80/90角 (650力)、購入比計			
	線	4圧	650圧延		未稼働			鋼管*	鍛造	3圧		
	線材 φ5.5 ~13	丸 棒			合計	平 鋼		鋼管 中	鍛造 φ120 ~220	線材 φ6.5 ~8	総計	%
		φ14~32	φ28~75	φ75~		5-30	19-105					
普通鋼	1.0		0.1		0.1					10.0	11.1	29.2
構造用炭素鋼	10.4		3		3			3.6	0.9		17.9	47.1
構造用合金鋼	1.7		2.1	0.4	2.5			0.2	0.52		4.92	12.9
軸受鋼	0.6	1.0	0.7	0.1	1.8				0.10		2.50	6.6
ばね鋼	1.2		0.1		0.1						1.30	3.41
合金工具鋼									0.13		0.13	0.3
炭素工具鋼	0.1								0.05		0.15	0.4
合 計	15.0	1.0	6.0	0.5	7.5			3.8	1.70	10.0	38.0	100

(備考) ※ 改造で85、100角をなくし、120角に一本化する。

\* 新鋼管+既存鋼管工場

表6-3 1997年生産予想(単位:万t)

鋼種	材料 工 製 品 名	120角								φ100	10.5、12 14"	60~90角、購入品		
		錫		4E	650	未		保		新鋼管	鍛造	3E		
		線材 φ5.5 ~13	丸			合計	平		角鋼 φ	鋼管	鍛造 φ120 ~220	線材 φ5.5 ~8	総計	%
			φ14~32	φ23~75	φ75~		5-30	19-105						
普通鋼	1.3										10.5	11.8	30.8	
構造用炭素鋼	13.2	1.0	小型・大型工事中 生産中止		1.0				2.3	0.64		17.1	44.8	
軸受鋼	1.0	1.0			1.0					0.32		2.32	6.0	
軸受鋼	1.0	1.0			1.0					0.32		2.32	6.0	
ばね鋼	1.0	1.0			1.0							2.00	5.2	
合金工具鋼										0.14		0.14	0.4	
炭素工具鋼										0.06		0.06	0.2	
合計	18.5	3.6			3.5				4.1	1.6	10.5	38.3	100	

表6-4 1998年生産予想(単位:万t)

鋼種	材料	120/130 角	100/120/ 130 角	300 × 400 20"	100/120/ 130 角	300 × 400 20"	100φ	12" 14"	60~90角 購入ピレット				
	工 製 品 名	線 材	丸 棒			平 鋼		角 鋼	鋼 管※	鍛 造	線材	総計	%
	φ5.5 ~13	φ14~32	φ20~70	φ75~230	合計	5-30	19-105	150	φ120 ~220	φ6.5 ~8			
普通鋼	1.0										10.5	11.5	18.4
構造用炭素鋼	12.1		1.0	3.0	4.0	1.6			2.4	1.14		21.2	34.1
構造用合金鋼	1.5	0.6	2.0	1.0	3.6	1.5	2.0	1.4	2.4	0.44		12.8	20.6
軸受鋼	0.8	0.8	1.5	1.0	3.3			0.4		0.32		4.82	7.7
ばね鋼	0.7	0.8	1.0	1.0	2.8	4.0	2.0	0.2				9.7	15.6
合金工具鋼				0.4	0.4		0.5			0.14		1.04	1.7
炭素工具鋼				0.6	0.6		0.5			0.06		1.16	1.9
合 計	16.1	2.2	5.5	7.0	14.7	7.1	5.0	2.0	4.8	2.1	10.5	62.3	100

(備考) ※ 鋼管については、現冷間引抜き工場は残すか、移設して冷間仕上げ1万t分を確保する。



表6-5 1999年生産予想（単位：万t）

鋼種	材料		130角		300×400 20"		130角		300×400 20"		100φ	14"	60~90角 購入ピレット		
	工場		錫潤		小型		大型		新鋼管		製造	3IE			
	名		丸棒			合計	平鋼		角鋼	鋼管	製造 φ120 ~220	線材 φ6.5 ~8	総計	%	
	線材 φ5.5 ~13		φ14~32	φ22~70	φ70~230		5-30	19-105							巾150
普通鋼	1.5												10.5	12.0	15.2
構造用炭素鋼	13.2	1.0	1.5	3.5	6.0	2.0			3.0	1.14			24.3	31.0	
構造用合金鋼	2.0	0.6	2.5	1.5	4.6	2.0	2.0	2.4	3.0	0.44			16.4	20.9	
橋梁鋼	1.0	1.0	2.0	1.5	4.5			0.4		0.32			6.22	7.9	
ばね鋼	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	6.0	2.5	0.4					12.9	16.4	
合金工具鋼			0.5	0.4	0.9	0.5	1.0			0.14			2.54	8.3	
炭素工具鋼				1.0	1.0		0.5			0.06			1.56	2.1	
不銹鋼				2.5	2.5									3.2	
合計	18.7	3.6	7.5	11.4	22.5	10.5	6.0	3.2	6.0	2.1	10.5	18.0	100		

表6-6 2000年生産予想(単位:万t)

鋼種	材料 工 製 品 名	130角		300×400 20"		130角 20"		300×400 20"		100φ	14"	60~90角 購入ピレット		
		鋼		型		型		型		新鋼管	鍛造	3正		
		線材 φ5.5 ~13	丸棒			合計	平鋼		角鋼	鋼管	鍛造 φ120 ~220	線材 φ6.5 ~8	総計	%
			φ14~32	φ20~70	φ70~230		5-30	19-105						
普通鋼	2											10.5	12.5	15.6
構造用炭素鋼	10.2	1	0.5	3.5	5	1			3	1.14			20.3	25.4
構造用合金鋼	2	3.6	4.5	1.5	9.6	2	2	2.4	3	0.44			21.4	26.8
軸受鋼	1	1	2	1.5	4.5			0.4		0.32			6.22	7.8
ばね鋼	1	1	1	1	3	6	2.5	0.4					12.9	16.1
合金工具鋼			0.5	0.4	0.9	0.5	1			0.14			2.54	3.2
炭素工具鋼				1.0	1.0		0.5			0.06			1.56	2.0
不銹鋼				2.5	2.5								2.5	3.1
合計	16.2	6.6	8.5	11.4	26.5	9.5	6	3.2	6	2.1	10.5	80 ※	100	

(備考) ※ 80万tの内、自社素材で70万t (=80×歩留り 0.875) 生産し、残りは購入ピレットで主に3正線材を生産する。

表6-7 鋼種別生産量推移 (単位: 万t)

鋼種 \ 年度	'95	'96	'97	'98	'99	2000	2000/'95 の比
普通鋼	5.58	11.1	11.8	11.5	12.0	12.5	2.2 倍
炭素鋼	17.86	17.9	17.14	21.24	23.84	20.34	1.1 倍
合金鋼	2.87	4.92	4.84	12.84	16.44	21.44	7.5 倍
軸受鋼	0.88	2.5	2.32	4.82	6.22	6.22	7.1 倍
ばね鋼	0.98	1.3	2.0	9.7	12.9	12.9	13.2倍
合金工具鋼	0.10	0.13	0.14	1.04	2.54	2.54	25.4倍
炭素工具鋼	0.28	0.15	0.06	1.16	1.56	1.56	5.6 倍
ステンレス鋼	0	0	0	0	2.5	2.5	—
総計	28.5	38.0	38.3	62.3	78.0	80.0	2.8 倍

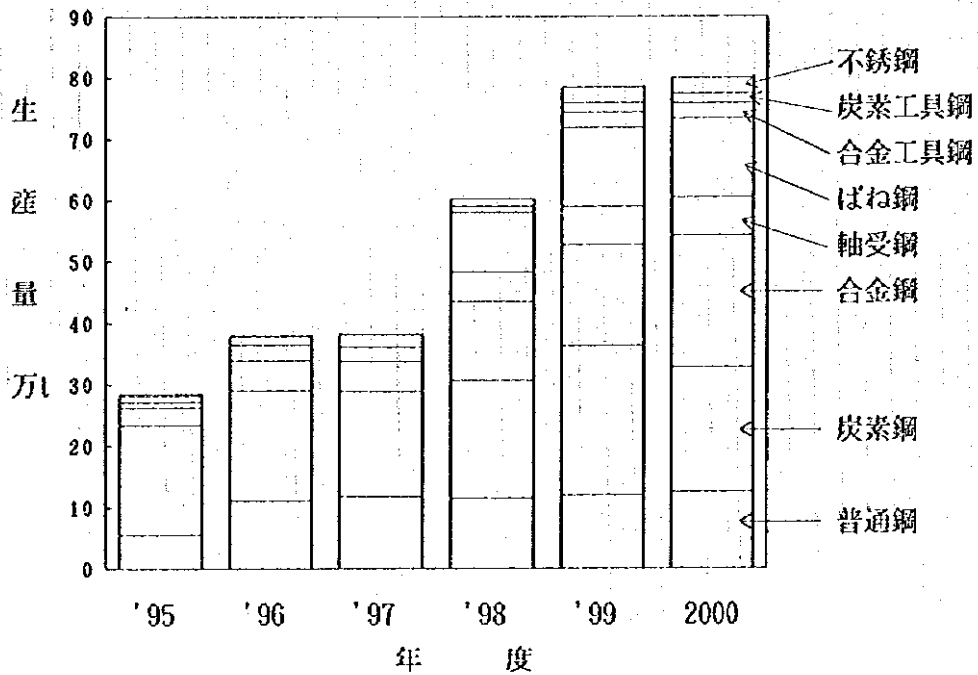
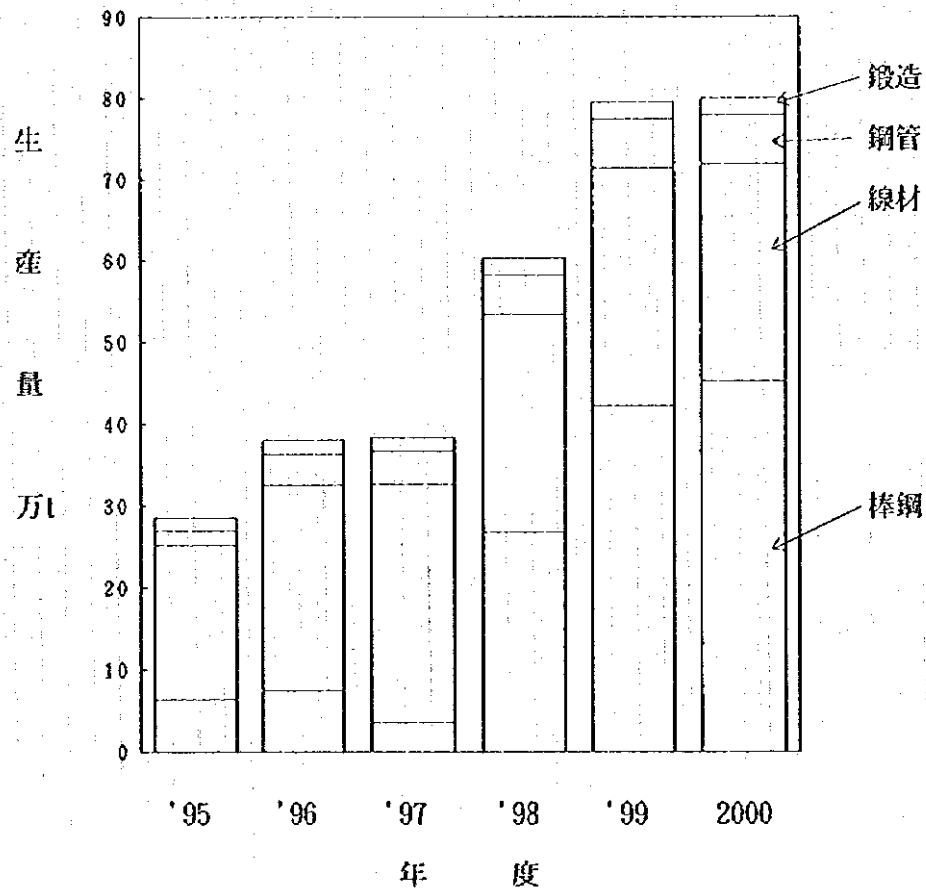


表6-8 製品別生産量推移 (単位: 万t)

鋼材 \ 年度	'95	'96	'97	'98	'99	2000
棒鋼	6.42	7.50	3.60	28.80	42.20	45.20
線材	18.79	25.00	29.00	26.60	27.70	26.70
鋼管	1.72	3.80	4.10	4.80	6.00	6.00
鍛造	1.62	1.70	1.60	2.10	2.10	2.10
総計	28.5	38.0	38.2	62.3	78.0	80.0



## 6-2-2 設備改造計画

### (1) 製鋼工程の改造による80万t体制の確立

現在の製鋼工場は公称 5t 電気炉 2基（第1製鋼工場）、10t 電気炉 2基（第2製鋼工場）、30t 電気炉 2基（第3製鋼工場）である。製鋼能力は計40万t、1995年実績は33万tである。

1997年中に第1製鋼工場を閉鎖し、80t 電気炉→精錬炉→ブルーム連続铸造設備の新製鋼工場を建設して、1998年より製鋼を開始する（第2ステップ）。

本工場は将来、真空脱ガス処理設備(VD)も設置すべくレイアウトに入れておく。

更に、1998年中に現第3製鋼工場の2基の30t 電気炉の内、高電力(HIP)30t 電気炉→とりべ精錬炉を残し、古い方の30t 電気炉を改造するか、50-70t 電気炉1基にリプレースするかである。且つそれに見合った精錬炉とビレット連続铸造設備を付設する。そして、1999年に第2製鋼工場を閉鎖する。新製鋼工場で年産50万t、第3製鋼改造分で年産30万tの合計：製鋼80万t体制を確立する。

### (2) 圧延工程設備改造による製品品質、生産性の向上

1995年、1998年（第2ステップ）、2000年（第3ステップ）の工程流れ図を図6-1~5に示す。

現在は、20" 鋼塊から750 圧延機で、220、180、140、120mm 角ビレットに圧延し、220、180mm 角は650 圧延機で連続圧延される。650 圧延には12"、10.5" 鋼塊も供給され、圧延仕上がりは60~150mm 角ビレット、75、90、100mm 丸ビレット、45×90mm 型材である。

750 圧延の140、120mm 角ビレットは、棒鋼用第4圧延工場に供給される。650 圧延の60~100mm 角ビレットは線材用第3圧延工場に供給される。3圧では、φ6.5~8.0mm 線材に、4圧ではφ28~75mm 棒鋼に仕上げられる。また、100mm 角ビレット錫潤線材工場（以下、錫潤と言う）に供給され、φ5.5~13mm 線材に仕上げられる。

第2ステップでは、新しくφ825mm 圧延機（以下、大型圧延）および小型圧延機（以下、小型圧延と言う）が設置される。供給されるビレットはそれぞれ、300×400mm、20" 及び100、120、130 角である。

製品はφ20~230mm 棒鋼、平鋼、角鋼であり、650 圧延と750 圧延に余裕が生ずる。

4圧は、1997年末に閉鎖された場合は、小型がこれに取って代わる。

第3ステップでは上記圧延機がフル稼働する。大型からの製品が20.6万t、小型から18万t、錫潤から22.8万t、3圧から購入ビレットを使用して10.5万tに達する。鋼管はφ75mmビレットをプラグ穿孔→熱間圧延→冷間引抜きして製品とする。

1996年7月から新鋼管工場が試運転に入るが、φ100mmビレットをプラグミル→3ロール熱間圧延→一部冷間引抜きして製品とする。

第3ステップでの製品量は6万tである。線材、棒鋼、型钢、鋼管に鍛造品2.1万tを加えれば、製品で80万t体制となる。製鋼からの鋼塊から製品までの平均歩留りを87.5%とすると、外部購入ビレットが10万t必要となる。これは、ほとんどが3圧用の普通鋼ビレットである。

### (3) 鍛造設備の改善による生産性の向上

現在鍛造工場では5tハンマー1基、3tハンマー2基を保有しており、生産能力は100t/日である。

製造方法は、10'、10.5'、12'、14'の鋼塊を、5tハンマーで粗角にし、再加熱しないで3tハンマーに移し、仕上げ鍛造している。鍛造ピッチは8~10分/本と比較的早い。

1993年には2.4万tの生産量を記録しており、2000年計画の2.1万tは大きな設備改善なしでも十分達成できる。ハンマーの鍛造能力と加熱炉能力はバランスが取れている。

しかし、現寸法は新製鋼ブルーム連铸→大型圧延に転換可能で、コストも安い。寸法拡大など新たな製品を検討して、製造能力に見合う受注量を確保し、稼働率を向上させる。

## 6-2-3 管理部門の強化（特に品質管理、エネルギー管理、人材育成）

### (1) 品質管理

炭素鋼線材に関するISO-9000申請に続き、棒鋼、20CrMoMo鋼等の製品についても順次申請予定である。ISO取得はスタートであり、品質管理マニュアルに基づく作業指示書や内部監査の指導内容等、一層充実させる。

利益を還元することも効果の上がる方法である。

(2) エネルギー管理

省エネルギー化を徹底し、電気・水・圧縮空気・重油及び蒸気総てのエネルギーを年3～5%削減することを目標とする。

(3) 人材育成

① 大学卒80人を毎年採用し、レベルアップを図る。

錫鋼では大学卒の割合は約7%、技術要員は5%と比較的少ない。生産技術及び会社運営の高度化、複雑化に伴い、高度の知識レベルが要求される。高等教育を受けた人材を受入れる必要性は一層増してくる。

② 内部教育として2000年までに延べ4,000人の教育実施

年間延べ800名に対して、企業教育を実施している。企業管理、安全管理、品質管理等の教育内容を1カ月～1年半かけ実施している。技術要員、経済管理要員等の基幹要員に対しては、外部研修機関への派遣を含めた教育を計画している。

## 6-3 生産工程の近代化計画

### 6-3-1 工程流れ図とレイアウト

各製鋼工場の粗鋼生産量、造塊量及び連铸量並びに各圧延工場、鍛造工場及び鋼管工場で生産される製品量を材料の流れとして示したものである。各工場の鋼種毎の生産量も示してある。各工程の歩留は次のように設定した。

各 工 程 歩 留	
製 鋼	: 96%
造 塊	: 94~95%
連 铸	: 96%
圧 延 連铸材	: 95%
“ 造塊材	: 85%

工程流れ図は、1995年の現状、1998年(第2ステップ)、2000年(第3ステップ)について作成した。

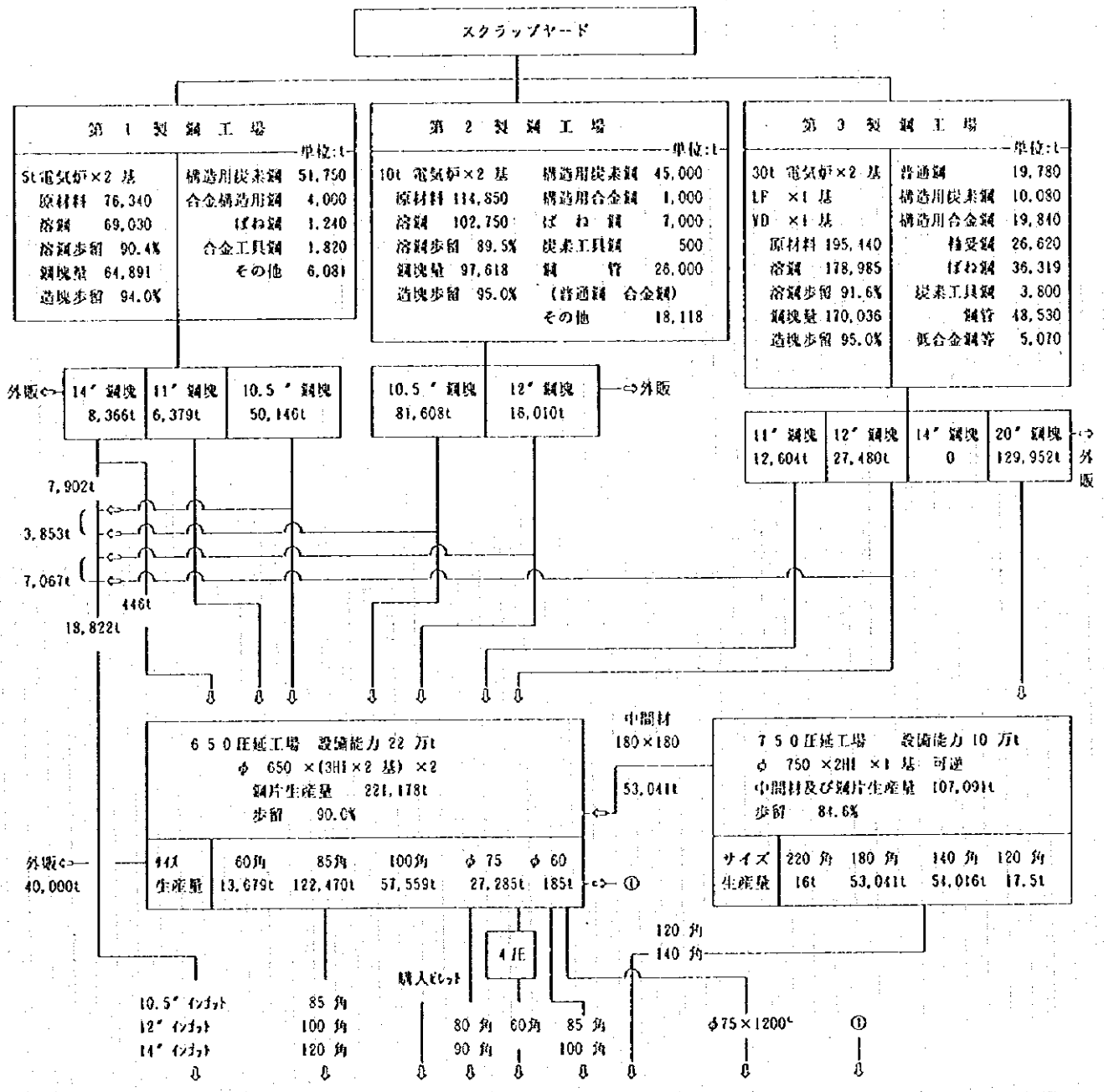
#### 〈1995年工程流れ図 (第1ステップは'97年頃)〉

現在は、20" 鋼塊から 750圧延で 220、180、140、120mm 角ビレットに圧延し、

220、180mm 角は 650圧延で連続圧延される。650 圧延には 12"、10.5" 鋼塊も供給され、圧延仕上がりは60~150mm 角ビレット、75、90、100 mm丸ビレット、45×90 mm型材である。

750 圧延の140、120mm 角ビレットは、4圧に供給される。650圧延の60~100mm 角ビレットは3圧に供給される。3圧ではφ6.5~8.0mm 線材に、4圧ではφ28~75 mm棒鋼に仕上げられる。100mm 角ビレットは錫潤に供給され、φ5.5~13mm線材に仕上げられる。1995年工程流れ図を図6-1に示す。





工場名	鍛造工場	鋳 鋼	第3圧延工場	第4圧延工場	鋼管工場	650 圧延工場	合計 t
設備能力 t/Y	20,000	140,000	100,000	60,000	18,000	7,000	285,500
生産量 t	16,200	140,500	48,000	56,300	17,200	7,200(200)	
製品サイズ	φ120 ~ 220	線φ5.5 ~ 13 棒φ14 ~ 32	線φ6.5 ~ 8.0	φ28 ~ 75	φ75 ~		
鋼種別生産量							
普通鋼	0	15,300	38,900	1,600	0		55,800
構造用炭素鋼	8,800	98,200	9,100	38,500	17,000	7,000	178,600
構造用合金鋼	5,500	12,100	0	10,700	200	200	28,700
軸受鋼	600	4,000	0	4,200	0		8,800
ばね鋼	0	9,000	0	800	0		9,800
合金工具鋼	1,000	0	0	0	0		1,000
炭素工具鋼	300	1,900	0	600	0		2,800
計	16,200	110,500	48,000	56,400	17,200	7,200	285,500

図61 1995年の工程流れ図 ( )内は鋼管用エレ

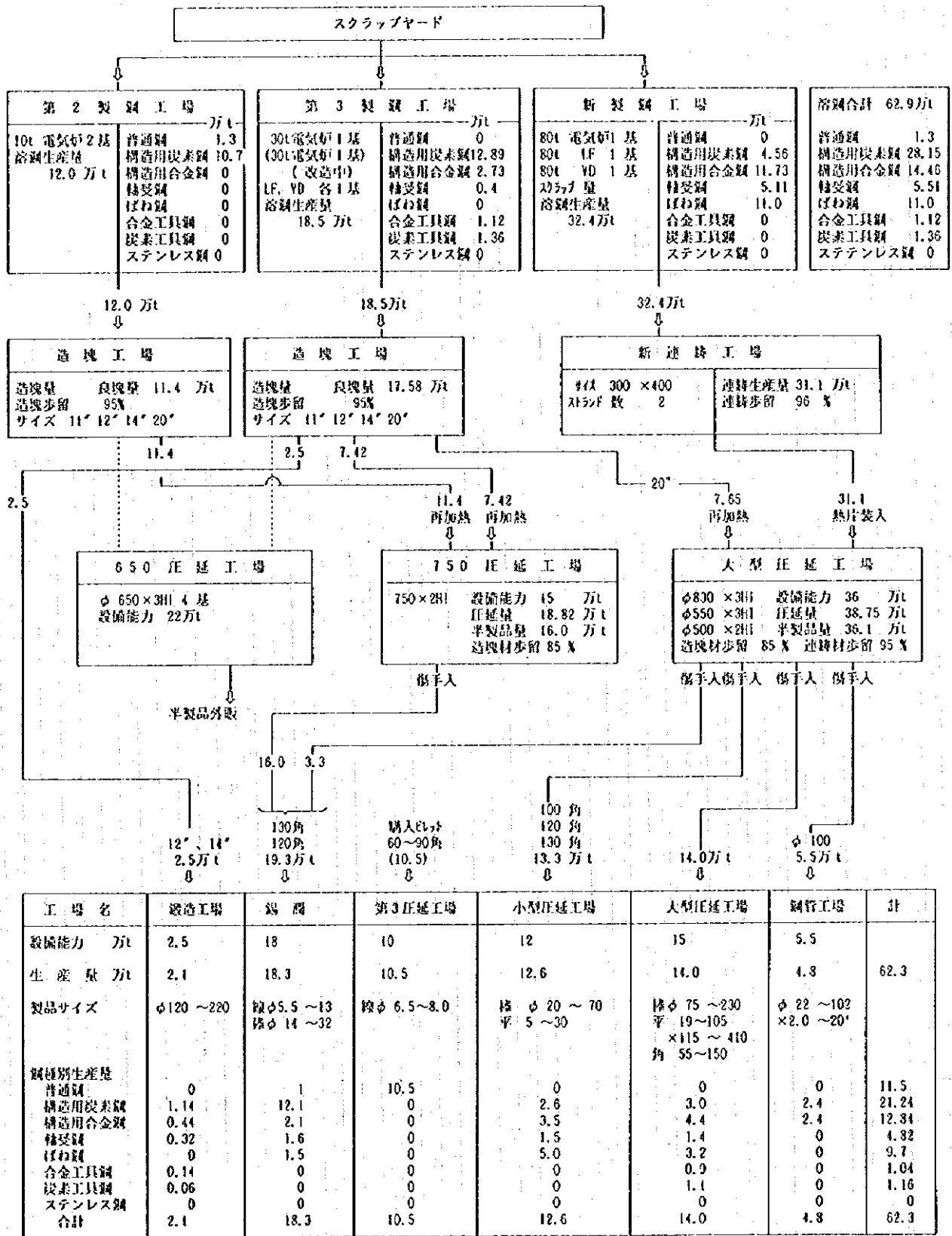
### 〈1998年工程流れ図 (第2ステップ)〉

第2ステップでは、新製鋼が稼働し、80t電気炉、溶鋼処理設備で粗鋼35万tを生産し、ブルーム連铸設備も操業を開始する。新しく大型圧延及び小型圧延が導入される。供給されるビレットはそれぞれ、300×400mm、20<sup>＃</sup>及び130、120、100mm角である。

製品はφ20～230mm棒鋼、平鋼、角鋼であり、650圧延、750圧延に余裕が生じる。4圧は1996年末に閉鎖された場合は、小型圧延がこれに代わる。

次の点を考慮して検討した1998年工程流れ図を図6-2に示す。

- (1) 第2製鋼は溶鋼処理設備がないので、品質の問題が少ない普通鋼及び低炭素量の構造用炭素鋼を生産する。
- (2) 第3製鋼は溶鋼処理設備、造塊設備があり、次の鋼種を生産する。
  - (a) 大型圧延向けに20<sup>＃</sup>の鋼塊
  - (b) 品質上連铸化が難しい合金工具鋼、炭素工具鋼
  - (c) 構造用炭素鋼
- (3) 新製鋼、ブルーム連铸では2000年(第3ステップ)での生産鋼種、量を考慮して、高品質鋼から生産する。



## 《2000年工程流れ図（第3ステップ）》

第3ステップでは、第3製鋼改造により、粗鋼30万tを生産し、新製鋼も50万tとなり、80万t体制となる。大型圧延からの製品が20.6万t、小型圧延から18万t、錫潤から22.8万t、3圧から購入ピレットを使用して10.5万tに達する。

鋼管は1996年7月から新工場が試運転に入る。φ100mmピレットをプラグミル→3ロール熱間圧延→一部冷間引抜きして製品とする。第3ステップでの製品量は6万tである。

線材、棒鋼、型钢、鋼管に鍛造品2.1万tを加えれば製品で80万t体制となる。製鋼からの鋼塊から製品までの平均歩留りを87.5%とすると外部購入ピレットが10万t必要となる。この量の大半が3圧用の普通鋼ピレットである。

### (1) 基本的な考え方

2000年の工程流れ図の基本的な考え方は、次に示すとおりである。

- ① 造塊量をできるだけ少なくして、連铸比率を上げる。
- ② 以下に示す鋼種は造塊方式が一般的であるが、連铸化も進んでおり参考にする。
  - 0.45% C以上の高炭素鋼は偏析が起こりやすく、軸受鋼、ばね鋼、合金工具鋼、構造用炭素鋼及び構造用合金鋼の中での高炭素鋼。  
但し、ばね鋼に関しては製品重量で12.9万tと約全体の16%もあり、大半が板材であり、全量ブルーム連铸材とした。ばね鋼、線材は2万tにすぎず、伸線される材料が少ないと考えたが、極細線に伸線される材料があれば、造塊にする必要がある。
  - φ120以上の鍛造品で鍛造比を確保する素材
  - 小ロット材
- ③ 主な工程の流れは、次のとおりとする。

新製鋼 → ブーム連铸 → 大型圧延 → 小型圧延

第三製鋼（改造）→ピレット連铸→（750圧延）→ 錫潤

新製鋼→大型圧延で高品質鋼を主体にして、できるだけ多く生産し、不足分を第三製鋼→（750圧延）で生産することとする。新製鋼で生産した約48万tのブルームをできれば全量を大型圧延で圧延することにしたい。大型圧延の能力はプロダクトミックスにより変わるが、現地調査中に合意した35～40万tと

した。プロダクトミックスが決まれば、大型圧延の能力を計算し、工程流れ図を見直す必要がある。

## (2) 工程流れ図の比較

### ① 第1案 (図 6-3参照)

ステンレス鋼、合金鋼、軸受鋼、炭素工具鋼を造塊プロセスとし、品質を重視した案であり、連铸技術向上と共に連铸比率を高める可能性を有する。

ビレット連铸対象鋼種は普通鋼及び構造用炭素鋼のうち低炭素鋼種のみとし、寸法は130 角のみとした。

### ② 第2案 (図 6-4参照)

連铸比率をあげ造塊プロセスを極力少なくし、造塊プロセスは、ステンレス鋼、合金工具鋼のみとした案である。高炭素鋼を連铸化したため、偏折の問題が考えられるが、問題が生じれば造塊で対応する。

ビレット連铸機対象鋼種は普通鋼、構造用炭素鋼及び構造用合金鋼のうち比較的 low carbon の鋼種とした。寸法は130-180 角が可能であるが、最小の130 角に一本化した。

本案は、現地調査時において、錫鋼側と討議し、双方共に推奨した案である。

### ③ 第3案 (図 6-5参照)

第2案に対して、構造用合金鋼で介在物による問題がでてきた時の改善案である。第2案ではビレット連铸寸法を130 角のみとしたが、介在物が問題となる分のみを無酸化雰囲気にて铸造するため铸造寸法を160 角とした案である。構造用合金鋼のうち無酸化铸造分を 30%とした。160 角のビレットのうち錫潤、小型圧延向けは、650 圧延で 130角に圧延する。

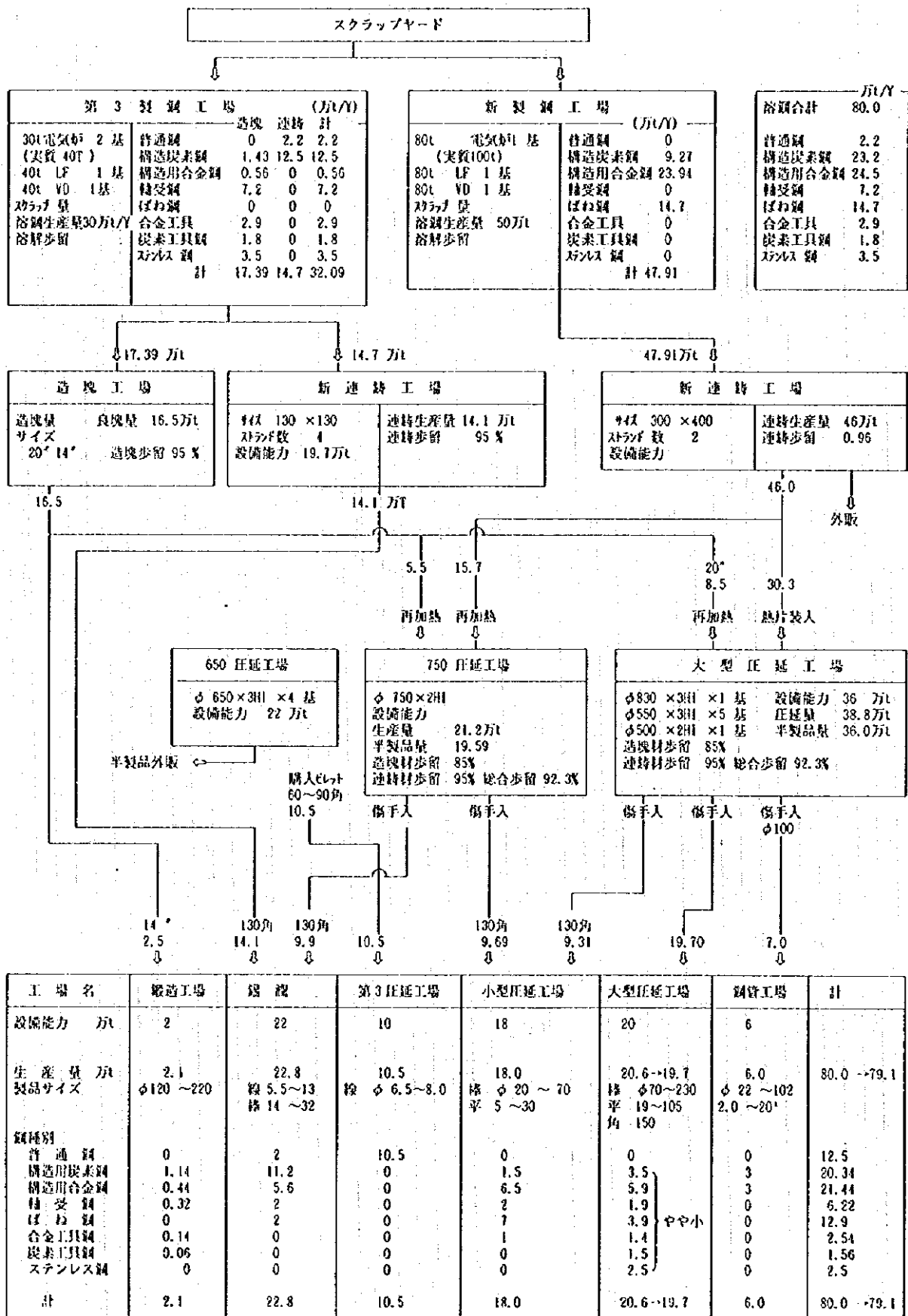


図6-3 2000年の工程流れ図 (第1案)

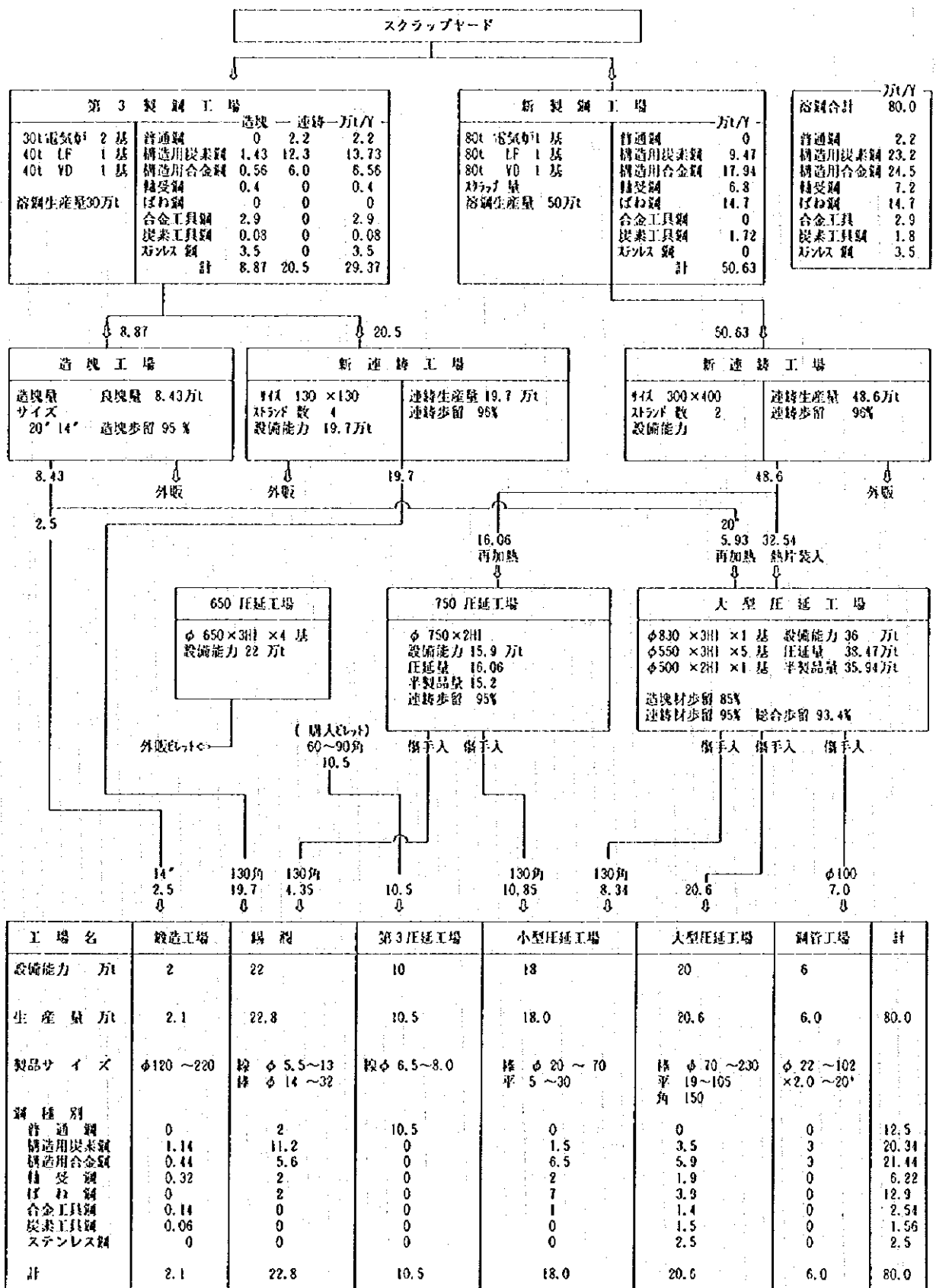


図6-4 2000年の工程流れ図(第2案)

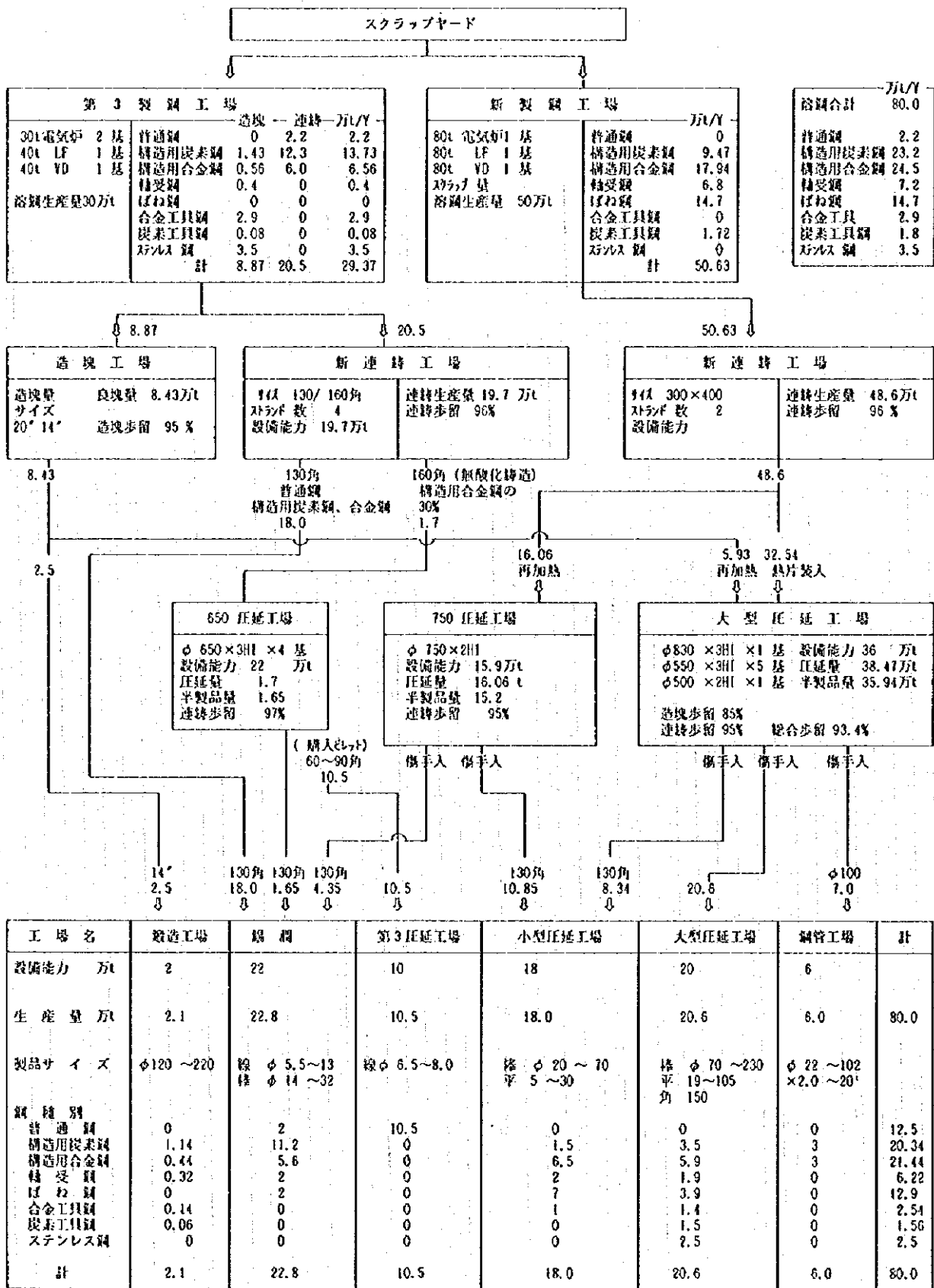


図6-5 2000年の工程流れ図 (第3案)



(3) レイアウト案の比較

第3ステップ(2000年)までのレイアウトと投資金額案も調査し、レイアウト3案を比較した。レイアウトを図6-6から図6-8に示す。比較結果は、表6-8に示すとおりである。

表6-8 レイアウト案の比較(○問題なし、△問題あり)

	建設 工期	連続 圧延	省エネ (燃料)	既設工場 との干渉等	公道 改造	敷地 買収	750 工場への カラムの搬送	スクラップ 搬送	将来の 拡張性
A 案	△	○	○	△	○	○	△	△	△
B 案	△	△	△	○	△	○	○	△	△
C 案	○	○	○	○	○	△	○	△	○

A案、B案は工場側で考えられていた案であり、C案は当調査団の案である。現状でも敷地が窮屈な状況下にある悪条件のもとに、50万tを生産する製鋼工場圧延工場を配置することには多くの問題点がある。どの条件がレイアウトを決める決定的要因になるかの判断にもよるが、A案が良いように考える。

プロダクトミックス及び長さから大型圧延設備のテーブルの長さをチェックして、設備の全長を短くするように検討する必要がある。

- ・ A 案： 第1製鋼を解体撤去後 新製鋼と大型圧延を直結して連铸材が直接圧延できるように配置する。小型圧延は第1圧延の跡地に設置する。
- ・ B 案： 新製鋼は製鉄所内を分割する公道の西側の空地に設置し、大型圧延は第1製鋼を解体撤去後の跡地に設置する。
- ・ C 案： 750 圧延とスクラップヤードとの間の土地を買収して新製鋼、大型圧延を設置する。

#### (建設工期)

A、B案ともに第1製鋼を解体、撤去後の跡地を活用するが、第1製鋼は'96年末まで操業するため、'97年1月から解体・撤去が始まる。新製鋼、大型圧延は'98年1月から操業を開始することになると解体・撤去、建屋建設、機器据付、試運転完了まで1年しかない。解体・撤去工事に2ヶ月、新設建屋の基礎工事に14ヶ月、機器据付工事に6ヶ月、試運転調整に2ヶ月の合計24ヶ月は最低かかると考える。

C案は用地の買収の問題があるが、空地であり買収後工事にかかるA、B案よりも早く新工場の操業ができる可能性がある。

#### (連続圧延物流)

連铸機のメリットを生かし連铸材を直接圧延できるように配置したいが、B案は製鋼工場と大型圧延が公道を挟んで配置されるため、直接圧延をするには色々の問題点を解決する必要がある。最悪の場合は、連铸材をトレーラーで大型圧延に搬送することになる。A、C案は製鋼工場と大型圧延を連結配置するため、直接圧延ができる。

#### (既設工場との干渉及び構内の物流用道路の遮断・迂回)

A案は大型圧延により物流用道路が遮断されること及び道路に沿ってユーティリティ配管及び電気のケーブルが走っており、大型圧延に干渉しないように事前に配管、配線のルート替えをする必要があり、金額が高くなる。物流用道路が大型圧延により遮断されるため、1.2km 迂回する必要が生じる。

#### (公道のオーバーブリッジ化)

B案は製鋼工場と圧延工場が公道により分離されており、連铸材などの物流連絡道路が道路と交差するため、連絡道路上の公道はオーバーブリッジ構造に変更する必要がある幹線道路であり、改造許可が下りるかどうかの問題がある。

#### (用地の買収)

C案は工場の敷地外の現国有地への設置であり、国の土地を購入する必要がある。国の許可を得ることは難しいとの説明があった。

#### (750 圧延への連铸材の搬送)

B、C案は製鋼工場が公道の西側にあり、750 圧延への連铸材の搬送は公道を走る必要がなく搬送距離も短い。

#### (スクラップの電気炉工場への搬送)

C案はスクラップヤードからの製鋼工場までの距離が、A、B案よりも短い。

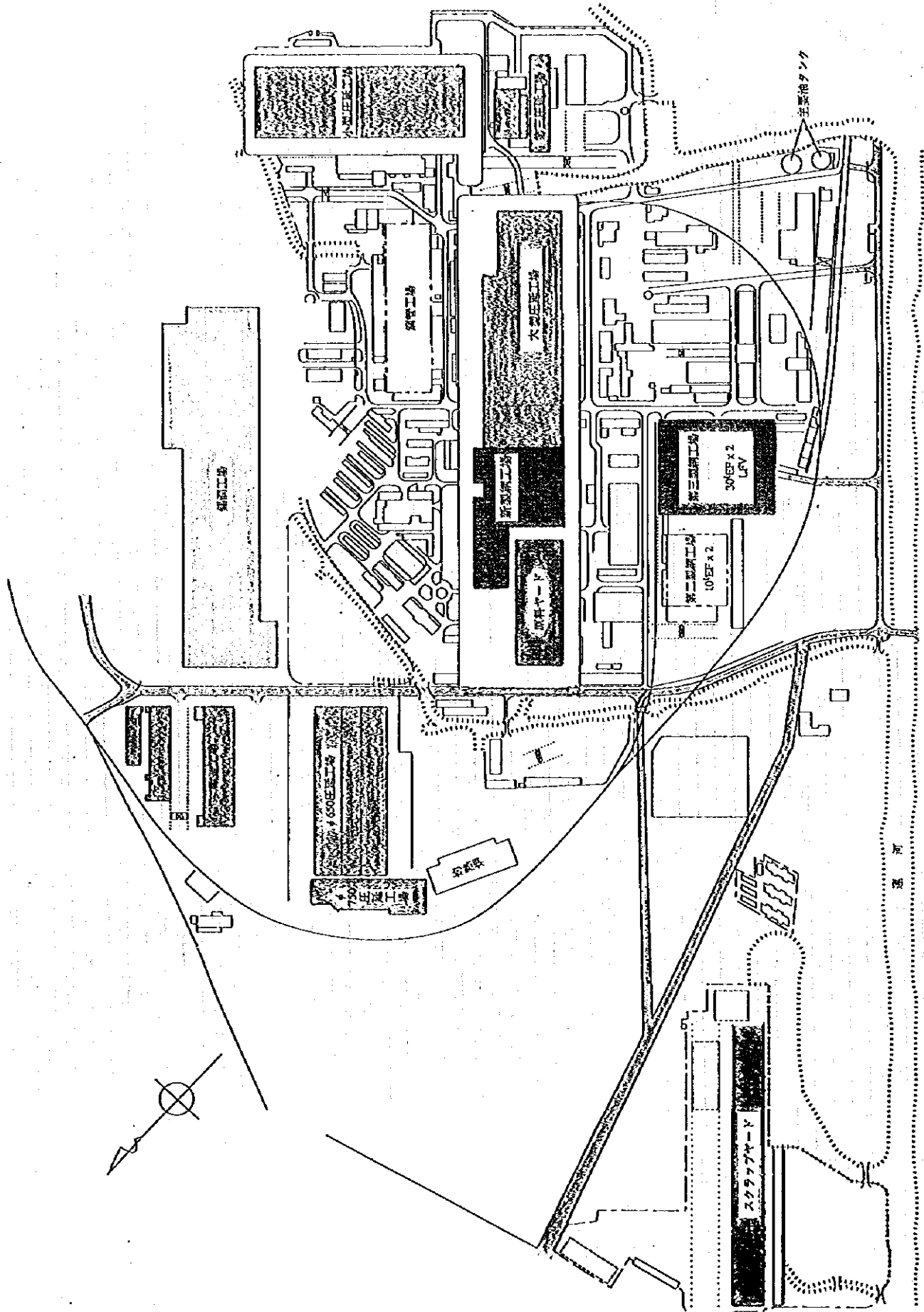


図6-6 錫鋼工場全体配置図 ( A 案 )







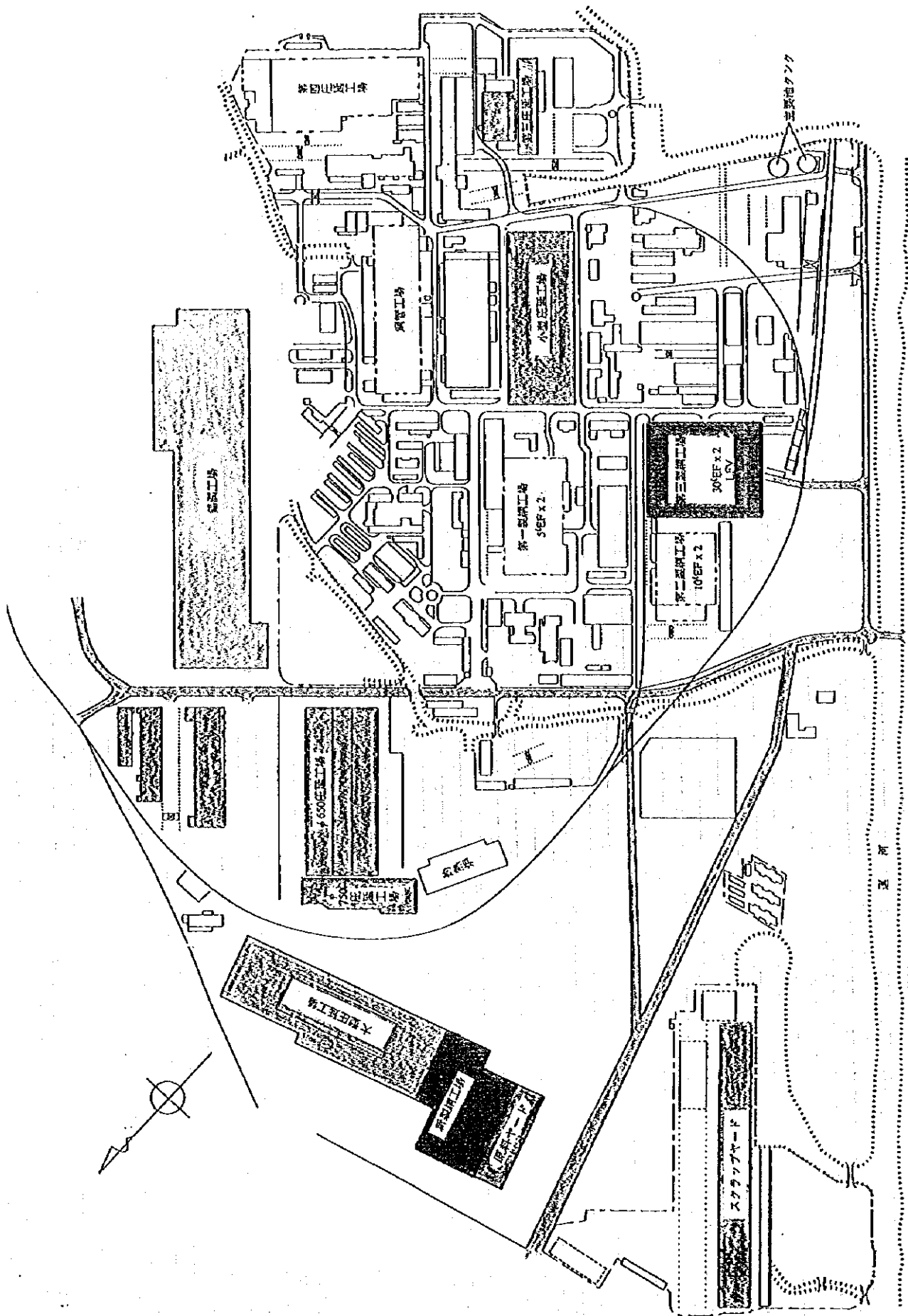


図6-8 錫鋼工場全体配置図 ( C 案 )





## 6-3-2 原材料受入

新製鋼工場が稼働を開始する製鋼60万t体制時(第2ステップ)では、スクラップ使用量が現在の約2倍、製鋼80万t体制(第3ステップ)での使用量は約2.5倍となる。レイアウト上利用可能面積を増やすこと、荷卸設備増設(現在3台を5台)クレーン1台につきダンプカー2台の配備などが必要である。

### (1) 第1ステップ

- ① 購入スクラップを品種別、重量別に分類し、低品質のスクラップは普通鋼の製造に使用するなどの工夫をする。購入スクラップを分析し、不純物元素、特に燐(P)、硫黄(S)のレベルに応じて管理する。
- ② ホームスクラップを鋼種別に分類する。これは全社的取り組みが必要であり、鋼種別に定められた製鋼工場へ戻す。スラグは廃棄することとし、原料として使用しない。
- ③ 管理されたスクラップの適正配合を実施して、溶解時間の短縮、電力原単位の低減を図る。

### (2) 第2ステップ

- ① スクラップヤード受入れ設備能力の改善及び稼働率を向上させる。(クレーン能力強化、1000t油圧切断機、および300t油圧プレス稼働率向上)
- ② ヤードのレイアウト上利用可能面積を増し、保管能力を増強する。(受入れヤード:6万t→12万t、新製鋼ヤード:1.1万t)
- ③ 搬送能力を増強する。(荷卸設備現3台を5台へ、クレーン1台につきトラック2台配備、小型トラック→大型トラックとし、台数増)

### (3) 第3ステップ

- ① 3製鋼スクラップヤードを確保する。(天井クレーンの稼働率向上、5千tの保管能力確保)
- ② 現状の2.4倍の調達量を処理するため合金鉄及びフラックスの受入、保管、払出しラインを確保する。

## 6-3-3 製鋼工程

### (1) 第1ステップ

① 酸素富化操業の実施

電力原単位の低減(3-6 kWh/Nm<sup>3</sup>・cht)、溶解時間の短縮(酸素1Nm<sup>3</sup>/chtに対し1-2分)ができる。

② カーボンインジェクション法の採用

出鋼歩留りの安定化、熱効率の向上が図れ、電力原単位の低減(約3%)、カーボン原単位の低減(21~37%)ができる。

③ 助燃バーナーの採用

電力換算 5-9 kWh/ℓ 効果がある。

④ ロングアーク操業の採用

電極原単位、電力原単位の低減ができる。

⑤ 脱磷作業の改善

生石灰を早期に滓化させる。

⑥ コンピュータ化

正確な操業データの把握ができ、操業最適化による各種原単位の向上が図れる。  
第3製鋼の電気炉と精錬炉へ是非導入されたい。

(2) 第2ステップ

① 電力系統の確保により、新製鋼工場(年産35万t)を早期に立上げる。

② 80t 新設電気炉の炉壁に与える熱負荷は、相当厳しい。また、2次電圧は最高1,000Vとなっているので超ロングアークとなり、炉壁に対する保護には十分に注意する。

③ とりべ精錬炉(LF)における脱硫を効率的に実施するには、Arによる強攪拌が必要となるので、Ar流量は十分余裕を持たせる。

④ 連続铸造機の铸片断面寸法300 × 400mmは偏平比1.33となり、ブルーム中心部欠陥を分散させるには適当な値である。電磁攪拌、無酸化铸造が推奨される。

(3) 第3ステップ

① 第3製鋼工場改造(年産30万t)による80万t体制の確立

・第1案: 現有のNo.6 電気炉を改造する案。

・第2案: 現有のNo.6、No.7 電気炉を廃却し、新設炉(50~70tUHP)を導入する案。

とがある。後者は、とりべ精錬炉、真空脱ガス処理設備、クレーンなども新設

しなければならず、投資が必要である。連鋳を含めて比較した結果、前者を推奨する。

#### ② 直流炉の採用

直流炉は、電極原単位の改善（38～47％）、電力原単位の改善（5～7％）、単位の改善（25％）、フリッカーレベル低下（約50％）が図れ、操業コスト低い。No.6電気炉を直流炉へ改造することを推奨する。

#### ③ 第3製鋼の連鋳化

歩留りの向上（1～4％）、再加熱工程が省略されることにより省エネルギー（25～50％）及び省力化を図る。130～160mm角のピレット連鋳の場合、鋳造速度は平均1.5m/minに設定する。

#### ④ スクラップ予熱の採用

アーク炉高温排ガスの活用による電力原単位低減（20～30 kWh/t）、溶解時間の短縮（3 min/heat）を図る。

### 6-3-4 型鋳造工程

当面の対策としては、冷塊搬送を温塊搬送へ切り換え、省エネルギー化を図る。インゴットの種類も6種類もあり、これを順次整理し、第3ステップでは14'と20'のみとする。

### 6-3-5 圧延工程

#### (1) 750 圧延

##### ① 第1ステップ

- ・鋼塊装入、取り出しの迅速化及び保温トラックでの温鋼輸送を実施して、均熱炉の熱効率向上を図る。
- ・4圧及び錫潤向け120角ピレットのパススケジュールを改善し、生産性向上を図る。

##### ② 第2ステップ

- ・均熱炉での燃焼自動化(ATC)、空気予熱器更新による熱効率向上を図る。
- ・冷却床の拡充、鋼片検査及び鋼片手入れ設備を導入する。

##### ③ 第3ステップ

- ・650 圧延を含め、大型、小型で圧延する以外の製品へ利用を検討する。
- ・大型との役割分担で圧延製品の表面きず対策として、ホットスカーフ設備及びビレット手入れ設備を検討する。

## (2) 650 圧 延

### ① 第1ステップ

パススケジュールを再検討して、第1スタンドへの負荷集中を低減させ、各スタンドへの負荷の平準化を図る。

### ② 第2ステップ

ビレットの寸法集約化を図る。

### ③ 第3ステップ

- ・750 圧延を含め、大型、小型で圧延する以外の製品へ利用を検討する。
- ・750 圧延と同じく圧延製品の表面きず対策として、ホットスカーフ設備及びビレット手入れ設備を検討する。

## (3) 3 圧

市場需要及び錫潤との兼ね合いを十分に考慮して、小規模改造（単重150kg 以下・設備能力15～18万t/年）か大規模改造（単重300kg ・設備能力20万t/年）か、あるいは廃止を早急に決断する。

## (4) 4 圧

全工程の再検討が必要であるが、1997年には操業を停止し、新小型圧延へ業務が移行する。移行までの期間、特定の需要家、例えば揚州第一汽車歯車向け20CrMnTi材に的を絞って製造管理項目を設定し、作業標準を定め、実施する。

## (5) 大型/小型圧延

### ① 大型圧延の技術評価

大型圧延機は1954年稼働の三重調整型の旧式ミルである。三重式は、大重量の中ロールを水スケール等の悪環境のなかで昇降させる必要があること、大重量の昇降テーブルを大重量の圧延材を載せたまま速い速度で昇降させること、圧延材の噛込み性等、二重可逆式に比べて設備性能的に劣る。

第3ステップまでは現三重式で可能である（大型の実績が30～40万t/年であり、第3ステップの負荷が38万t/年である）が、それ以上に負荷が大きくなると、二重可逆式圧延機（ロール径約φ900、駆動電動機3,000kW）に更新することを

提案する。

- ② 鋼片単重の増加に対応できるように圧延設備、加熱炉、精整設備の技術的諸問題、各設備の位置関係見直し、ハンドリング設備能力の検討を行う。

又、鋼片検査きず取りの自動化、加熱炉鋼塊保熱設備の設置、加熱炉自動燃焼制御設備の整備、連铸機/加熱炉間の鋼片流れの整備、ホットスカーフ設備の整備等が必要である。

- ③ 小型圧延の技術評価

並列式レピーター誘導式圧延機であり、最新型の全連続式圧延機に比較して低生産性（ロール周速 6 : 16-18 m/sec、生産性 40 : 100-150t/h）、製品精度（ $\phi 16-25$  材で $\pm 0.1\text{mm}$  は困難）の問題はあるものの、次の点を付加すれば、これまでの実績もあり、市場要求への対応は可能と思われる。

品質保証された鋼片の使用、圧延作業の習熟、付属装置の改善、管理の徹底などにより、大半のきずは防止できる。脱炭防止のため焼上げ制御等燃焼自動化が必要不可欠である。レピーターではガイド装置等の取付け調整を把握し、習熟すること及び部品の整備が必要である。

- ④ 加熱炉については、ウォーキングハース炉の能力、鋼片装入抽出方法の検討が必要である。抽出はローラーテーブル方式の方がすりきず発生防止に効果がある。

圧延機については、ロール組替え、型替えに迅速化に対応する方式を考慮する必要がある。軸受け形式、ロール材質選定、ガイド、レピーターの構造についての検討、オフライン組替えのための設備の充実も必要である。

更に、将来のライン改造を考慮して、冷却床、仕上げ圧延機距離、冷却床長さ延長等の可能性への配慮も必要である。

### 6-3-6 鋼管製造工程

#### (1) 新鋼管工場における技術的考察

現鋼管工場は、熱間工程での品質の不良及び半製品の処理の遅延が問題であるが、既に建設中の新鋼管工場の稼働と共に一部、冷間引抜き工場を残して閉鎖予定である。新鋼管工場との比較で相違点、改善点を述べる。

製 品：高級鋼管製造を指向し、高圧ボイラー管、構造用鋼管、液体輸送

管等年産 6万t を目指している。(従来は炭素鋼管主体で、年産 1.7 万t)

製造工程：管材品質を確保する工程（自動探傷機導入、精整作業の精密化）を組入れている。

冷間引抜き機を組合わせることで、長尺管の製造も可能となる。

自動化：従来、自動化システムがなかったが、コンピュータによる制御となる。プロセスデータの保存、生産データの収集、処理、倉庫管理等の効率化が図られる。

## (2) 新鋼管工場への期待

「実用的で信頼性が高く、先進的で高能率である」という原則に基づいて、設備の合理的改造及び生産工程の改善を実施することで、優れた品質のシームレス鋼管の製造が可能となり、市場要求に対応できる。品質管理及び検査手段の強化は競争力を高め、錫鋼における最新鋭工場としての今後の実操業成果が期待される。

## 6-3-7 鍛造工程

製品品質の現状は、鋼塊の表面きずが多く、合金鋼や軸受鋼の場合には、精錬材でも非金属介在物、酸素レベル、化学成分のバラツキが大きい。製品の内部品質保証については、抜き取りで端部切取りサンプルを取り、マクロ組織試験あるいは超音波探傷試験を実施している。1995年の社内検査では、42CrMo鋼で皮下気泡による不適合材が約60t発生している。

### (1) 第1ステップ

- ① 要員の削減による固定費低減を図る。
- ② 生産計画をきめ細かく設定して、連続操業を実施する。そして計画停止を行うようにして省エネルギー化を徹底する。
- ③ 品質保証については、高品質要求材、工程異常材及び試験材について、ポータブル超音波探傷器で手探傷を実施する。

### (2) 第2ステップ

- ① 加熱炉、焼なまし炉の温度調節機能を自動化し、重油原単位を低減する。
- ② 作業員の多能工化及び作業分担の見直しにより、省人化を実行する。
- ③ 新大型圧延の稼働に伴い、従来鍛造で製造していた寸法が圧延可能になり、製

造品種及び寸法見直しをする。新規製造鋼種等のための試作を積極的に取り組む。

- ④ ハンマー鍛造では中心部への鍛練効果は少なく、内部欠陥が発生しやすい。ポータブル超音波探傷器で全数検査する体制とする。

### (3) 第3ステップ

- ① 市場調査をして、付加価値の高い製品あるいは利益率の高い製品があれば、油圧鍛造プレス或いは高速鍛造機へ設備更新を図る。製品例としては、直径300mm以上または長さ4m以上の製品、鍛造後熱処理・機械加工まで行う製品、熱間工具鋼、ステンレス鋼の鍛鋼品が考えられる。

## 6-3-8 検査工程

JISと比較してGB規格、供貨協定YJZ84(中国冶金工業部発行)では、抜取り数及び検査項目は多いが、地きず試験がない。

### (1) 第1ステップ

- ① 操業異常材及び試験材に限定して、ビレットと鍛鋼品の手動超音波探傷を実施する。現状では、ビレットの中間検査は酸洗い後、目視で行い、棒鋼製品及び鍛鋼品の外観検査も全数目視であり、線材の外観検査は端末カットサンプルを酸洗い後、目視検査を実施しているのみである。鋼管製品は、超音波探傷と渦流探傷の検査ラインはあるが、有効に稼働した形跡はない。精度チェックリスト、検査標準、検査日報等が作業現場に保管されていない。
- ② 棒鋼検査では検査環境を整備する。例えば、現在の水銀灯に加えて、ナトリウムランプあるいは白熱灯スポットライトの補助光の採用を提案する。

### (2) 第2ステップ

- ① サンプルによる各種試験は規格に従い厳格に実施されているが、製品本体の検査、品質保証としては十分でない。品質保証を確実にするために非破壊検査設備を導入する。例えば、ビレット磁粉探傷機と超音波探傷機の導入、棒鋼用渦流探傷機と超音波探傷機の導入、鋼管用回転プローブ型渦流探傷機とマーキング装置の導入がある。

### (3) 第3ステップ

- ① 非磁性であるステンレス鋼ビレット及び棒鋼は磁粉探傷検査ができないので酸

洗い後、目視検査する。従って、環境対策の項に述べるステンレス鋼酸洗い後の排水処理設備の設置が必要となる。

- ② SEM（走査電子顕微鏡）、EDM（エネルギー分散型電子顕微鏡）を導入して、不適合材の発生原因を究明、再発防止に活用する。

#### 6-4 生産管理の近代化計画

##### 6-4-1 設計管理

###### (1) 第1ステップ

- ① デザインレビュー（DR）の体系化を図る必要がある。例えば、DRに関与する人の明示、基準、手続き文書化等を実施する。
- ② 製造仕様書様式の標準化を図る。

###### (2) 第2ステップ

- ① 品質情報の整理と活用を図る。例えば、製品の製造条件と品質特性の因果関係の解析データ、品質のバラツキ具合、品質向上の推移等を一元化管理する。
- ② 科学技術用コンピュータの導入活用を図る。品質管理手法のうち、実験計画法、分散分析、相関回帰分析等のデータ解析手法をコンピュータ化する。

###### (3) 第3ステップ

- ① 第1ステップ、第2ステップを着実に実施すること、技術開発センター及び理化学検査センター等の技術研究所を組織することにより、国際水準の製品の完成を目指す。

##### 6-4-2 調達管理

###### (1) 第1ステップ

- ① 調達品の品質向上を図るために、調達先の組織化を検討し、錫鋼グループ全体の品質管理体制を構築する。特に、スクラップの品質管理、品質確保に努める。
- ② 事務処理に関しては、帳票類について極力標準化を図る努力をする。

###### (2) 第2ステップ

- ① 調達量確保、品質維持向上、コスト低減に努める。
- ② 調達管理事務処理のコンピュータ化への移行を図る。



- ③ 調達品のコストテーブルの作成・活用、取引契約書、購入仕様書等の整備を図り、経済的購買システムを確立する。

(3) 第3ステップ

- ① 第1ステップ、第2ステップを着実に実施し、調達管理水準を向上させる。

6-4-3 在庫管理

(1) 第1ステップ

- ① 保管品の品質維持を徹底する。特に、現在露天積みの製品倉庫はテント倉庫等の利用を検討する。
- ② 事務処理に関しては、帳票類について極力標準化を図る努力をする。

(2) 第2ステップ

- ① 在庫管理事務処理のコンピュータ化への移行を図る。
- ② 在庫管理技法の習得及び応用に努める。

(3) 第3ステップ

- ① 第1ステップ、第2ステップを着実に推進し、在庫回転率（現状 2.97-4.06回/年）の向上に努める。

6-4-4 工程管理

(1) 第1ステップ

- ① 個別受注生産計画に見込み生産を加味し、設備が連続操業となるように生産計画を策定する。（電力事情を考慮した生産計画とする。）
- ② 作業指示は口頭ではなく、職場毎に文書で作業指示表を作成する。それを職場毎に掲げ、実績記録を記入する。帳票類の統廃合も実施する。
- ③ 品質向上に向け、提案表彰制度を設ける。

(2) 第2ステップ

- ① 標準時間制度の活用と作業改善を図る。
- ② 搬送/運搬等の材料ハンドリングにLCA（0-コスト・フォーメーション）の導入を図る。
- ③ 新設備導入時には、生産効率を考慮した配置とする。

(3) 第3ステップ

- ① コンピュータシステムの構築にあたっては、既存の帳票類を業務の流れに添っ

て整理、実態を調査し、工程管理の機能と入出力プランを加える。更に、実施スケジュールを明確にして実行する。

#### 6-4-5 品質管理

##### (1) 第1ステップ

- ① 原材料の品質区分を明確にする。
- ② 各種試験/検査データの解析を実施し、生産現場へフィードバックする。  
特に、ユーザーの声をフィードバックする。
- ③ QC工程表の再整備を行い、管理ポイントを明確にする。
- ④ 線材のISO-9000を取得し、維持管理に努める。

##### (2) 第2ステップ

- ① 線材以外の製品のISO-9000申請、取得を図る。
- ② ISO取得はスタートであり、統計的品質管理SQCの技術者及び管理者への教育並びに活用を図る。
- ③ 現場への品質データの公示、標語の掲示、デミングサークルの実行により、品質意識の高揚を図る。達成度に応じて報奨することは効果的である。

##### (3) 第3ステップ

- ① 第1ステップ、第2ステップの一段の推進、徹底を図る。
- ② 国際的製品品質水準を確保する。

#### 6-4-6 安全管理

##### (1) 第1ステップ

- ① 工作機械等に付設のグラインダーに安全保護カバーを完全設置する。
- ② 高所作業クレーンのフック、ワイヤー等危険部分の再点検と整備を行う。
- ③ 5S（整理・整頓・清掃・清潔・躰け）の再徹底を図る。

##### (2) 第2ステップ

- ① 工場内床面に区別標識を設け、定期的に補修する。
- ② 工場推進中の死亡0、火災0、安全第1の「001」運動を達成する。

##### (3) 第3ステップ

- ① 第1ステップ、第2ステップを着実に推進し、再点検することにより、中国企

業における安全管理モデル工場とする。

#### 6-4-7 設備管理

##### (1) 第1ステップ

- ① 各工場での点検修理と修理工場での集中修理の区分を明確にして、人員配置の再編成も検討する。
- ② 復旧修理から予防保全への転換を図る。
- ③ 故障コスト、PMコスト等を全員に周知徹底し、コスト意識の向上を図る。
- ④ 幹部社員、設備担当者は予防保全、生産保全を含めた全社的設備保全 TPMの知識向上に努める。

##### (2) 第2ステップ

- ① TPM の理解、小集団活動テーマへの折り込み等、全社的にTPM 体制を目指した運動を推進する。

##### (3) 第3ステップ

- ① 第1ステップ、第2ステップの着実なる推進と再点検により、TPM 体制を確立する。

#### 6-4-8 教育・訓練

##### (1) 第1ステップ

- ① 品質管理教育を各階層で実施する。
- ② 小集団活動を積極的に推進する。

##### (2) 第2ステップ

- ① インダストリアル エンジニアリング IE、価値分析 VA、価値工学 VE 等の経営工学的手法の教育を実施する。
- ② コンピュータ各種ソフトの利用や制御用技術教育の活用を図る。
- ③ 英語教育を充実させる。
- ④ QCガイドブック配布、提案制度を充実させ、品質管理意識の高揚を図る。

##### (3) 第3ステップ

- ① 第1ステップ、第2ステップの着実なる推進と再点検を行う。

#### 6-4-9 エネルギー管理

##### (1) 第1ステップ

- ① 冷塊輸送から温塊/熱塊輸送への切換えを実施する。
- ② 新酸素製造設備を立上げ、酸素増量操業による電力原単位の向上を図る。
- ③ エアー、蒸気等のロス箇所を権限のある専任者が巡回・点検し、修理を実施する。

##### (2) 第2ステップ

- ① 新製鋼工場の早期立上げにより、電力原単位の改善を図る。
- ② 重油炉の炉操業自動制御化を図る。
- ③ コンプレッサー運転の自動制御化を図る。

##### (3) 第3ステップ

- ① 各設備においてインバータ制御を採用し、省エネルギー化に努める。

#### 6-4-10 環境対策

##### (1) 第1ステップ

- ① 製鋼工場の集塵機を早期に修理して、大気汚染防止に努める。
- ② 工場排水は中和状態を調べ、排水基準を遵守して排出する。

##### (2) 第2ステップ

- ① 新製鋼工場は、建屋集塵機及び電気炉にも直引き集塵機を設置して、環境基準の遵守に努める。
- ② 鍛造工場のハンマー騒音は、防音壁や防音扉を設置して防ぐ。

##### (3) 第3ステップ

- ① オーステナイト系ステンレス鋼の生産に伴い、酸洗い設備の排水に有害な六価クロムが含まれるため新たな廃酸処理設備を導入する。

## 6-5 財務管理の近代化計画

### 6-5-1 財務管理

帳票類、管理手順は一応の水準にあると言える。第1ステップから第3ステップに至るまで、経営分析指標の活用と推進及びコンピュータの拡充による財務処理のシステム化を目指して取り組む。

- (1) 近代化計画達成のための投資額に対する資金調達方法を早期に確立する。
- (2) 財務会計から管理会計への発展を図る。経営分析指標に基づき、労働及び設備生産性分析、収益性分析、安全性分析を実施し、経営管理に活用する。特に、部課長クラスには経営分析指標の意味、活用の方法を理解させるための教育を行うことに留意されたい。
- (3) 財務処理のシステム化  
月次の損益計算、バランスシートなど財務諸表作成のためのプログラムソフトの開発、購入及びその活用を図る。

### 6-5-2 製造原価分析

#### (1) 第1ステップ

- ① 原単位のコスト情報をコストテーブルに集約して、生産現場に提供することで、コスト意識の高揚を図る。
- ② 全社的事務改善プロジェクトと並行して原価管理面から原価要素別のコードの設定を進める。

#### (2) 第2ステップ

- ① 原価計算システムを構築する。
- ② VA(価値分析)、VE(価値工学)を導入して、各工場でコスト競争させ、評価するシステムとする。

#### (3) 第3ステップ

- ① 第1ステップ、第2ステップを着実に実施・推進し、再点検する。

## 6-6 近代化計画実施スケジュール及び経費

### 6-6-1 近代化計画実施スケジュール

錫鋼で作成された新工場の予定操業開始日は、次のとおりである。

- ・大型圧延、小型圧延は1998年 1月稼働
- ・連铸工場を含めて新製鋼は1998年 4月稼働
- ・第3製鋼の電気炉の改造及びビレット連铸機は1998年 9月稼働

新製鋼、大型圧延共に契約から操業開始まで最短で24ヶ月、通常27ヶ月かかると考  
える。錫鋼の考えている操業開始日を達成するためには、多くの解決すべき問題点  
があると考え、これらが達成できるものとして建設・改造スケジュールを作成し、  
表6-9 に示す。

### 6-6-2 近代化に要する経費

近代化に要する経費は表6-10に示すとおりである。金額の算出は、次のような考  
え方に基づき算出した。

- (1) 外国より調達される一部の設備・機器の購入費を除き、ほとんどの設備・機器は  
自国内で調達されることから設備・機器の購入費は、現在の中国の市況価格の金額  
とする。尚、外国より輸入される機器に関しては外貨分を算出した。建屋・基礎・  
据付及び配線工事に関しても、現在の中国の市況価格の金額をベースとした。
- (2) 中国での設備・機器の市況価格は、冶金工業部北京鋼鉄設計研究院が作成した「  
無錫鋼廠第九次五ヵ年改造及発展計画投資概算書」を参考とした。
- (3) 「無錫鋼廠第九次五ヵ年改造及発展計画投資概算書」には工場単位の金額のみが  
示されており、個別の工事件名及び金額は記されていないので、近代化計画を考慮  
しつつ工事件名を抽出し、金額を割りつけた。
- (4) 経費の投資時期に関しては、建設スケジュールに基づき割りつけた。尚、機器・  
設備の購入に関しては試運転完了後、ホットランを行い、仕様が満足されているこ  
とを確認後に25~30%の契約残額を払うものとした。
- (5) 現地調査時に、関係者より収集した積算参考データは、表6-11に示す通りである。

表6-9 近代化実施建設スケジュール

D : 解体 M : 製作 組入 E : 配付 ▼ : 休止  
 B/E : 基本設計 R/C : 整備 修理 C/R : 運転、保守 ▼ : 稼働  
 D/E : 詳細設計 T : 検査

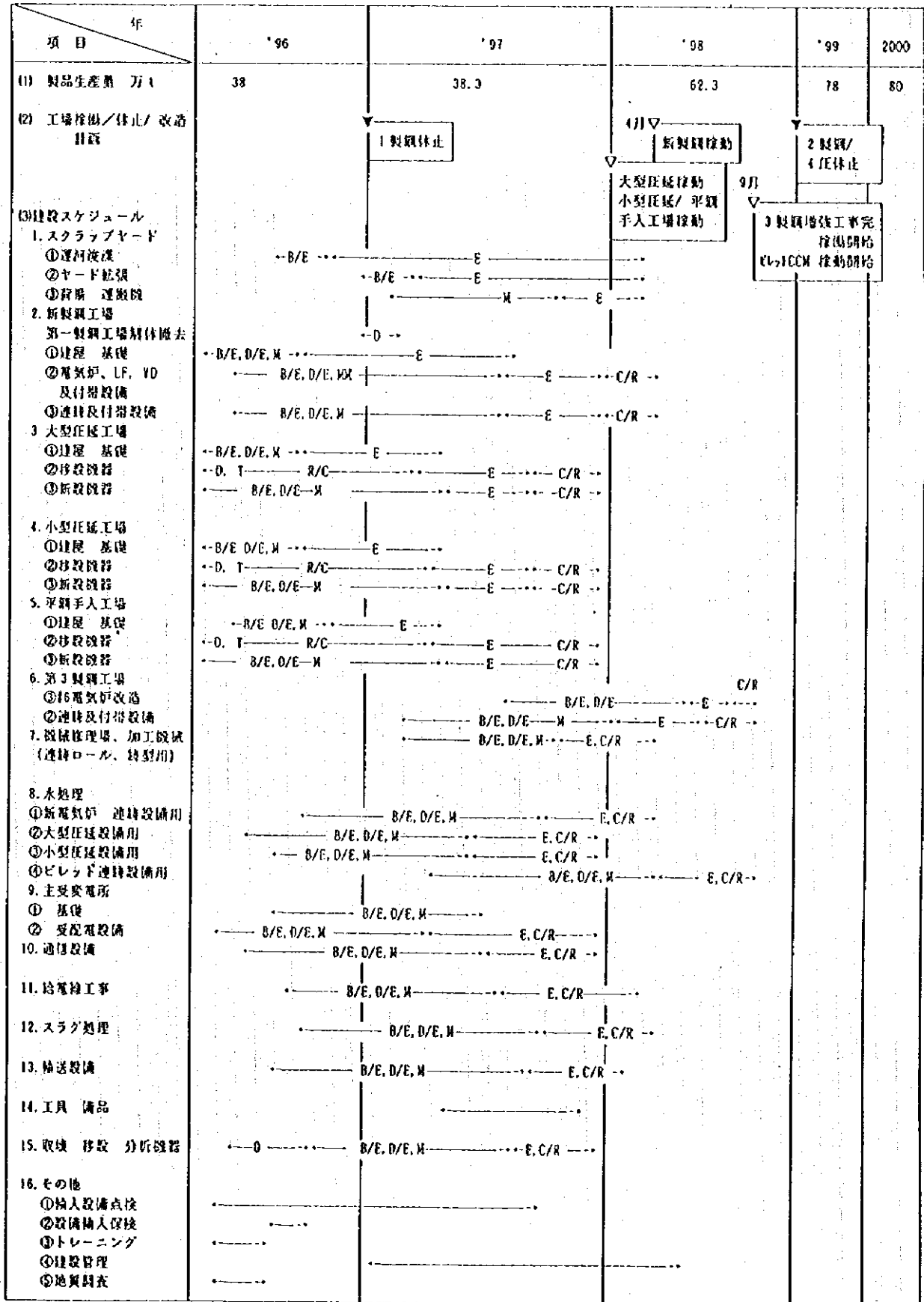


表6-10 近代化に要する経費

工場	設備名	投資額 万円	内外貨 万ドル	仕 様	投資時期		
					'96	'97	'98
1.	スクラップヤード	1,000	0	2.5 → 6 万㎡	200	600	200
	① 運河後機 起重機	700					
	② その他	200					
	③ その他	100					
2.	新製鋼工場	49,500	1,790	面積18千㎡ 各80t 炉用	11,000	23,000	15,500
	(1) 建屋 基礎	15,000					
	(2) 電気炉, LF, VD と同付帯設備	21,500					
	① 電気炉, LF, VD 補償装置	(9,500)					
	② 副原料貯蔵 供給装置	(1,000)					
	③ LF, VD 装置	(5,000)					
	④ 局部 建屋集塵装置	(2,000)					
	⑤ 起重機、台車、スライダ 及び鍋修理 加熱設備他	(4,000)					
	(3) 連铸設備及び同付帯設備	13,000		300 × 400 2スライダ			
	① 連铸設備、② 付帯設備						
3.	大型圧延工場	23,500	596	面積25千㎡	5,500	12,000	6,000
	(1) 建屋 基礎 起重機	9,500					
	(2) 設備 機器購入、整備、 及び据付、配線、試運転	12,500					
	(3) 1-フェリライ-設備、配管他	1,500					
4.	小型圧延設備	16,700	544	面積22千㎡	4,500	8,000	4,200
	(1) 建屋 基礎 起重機	7,500					
	(2) 設備 機器購入、整備 及び据付、配線、試運転	8,200					
	(3) 1-フェリライ-設備、配管他	1,000					
5.	平鋼手入工場	4,800			1,310	2,300	1,190
	(1) 建屋 基礎 起重機	1,800					
	(2) 設備 機器購入、整備 及び据付、配線、試運転	2,400					
	(3) 1-フェリライ-設備、配管他	600					
6.	第3製鋼工場	5,000			0	0	5,000
	(1) #6 電気炉の改造	700					
	(2) 連铸設備及び同付帯設備	4,300					
7.	機械修理及び加工設備	500			0	500	
8.	水処理	1,300			290	600	410
	① 電気炉 連铸設備用	450					
	② 大中、小型圧延設備用	700					
	③ ビレット連铸設備用	150					
9.	主受変電所	9,000			2,700	4,500	1,800
	① 建屋 基礎	500					
	② 遮断器 断路器	6,000					
	③ 管路	2,500					
10.	通信設備	500			0	500	0
11.	給電線	1,300			0	1,100	200
12.	スラグ処理改造	800			0	600	200
13.	輸送設備	3,100			0	2,100	1,000
	① 道路、軌道	1,300					
	② 台車、トレーラー等	1,800					
14.	工具 備品	300			0	300	0
15.	取壊 移設 検査機器購入	6,020			1,000	4,000	1,020
	① 取壊整地 新建屋 基礎	1,800					
	② 機器移設 購入	4,200					
16.	その他	7,399	147		4,000	3,399	0
	① 輸入設備点検費	3,999					
	② 設備輸入保険	1,200					
	③ トレーニング	1,200					
	④ 建築管理 地質調査他	1,000					
17.	予備費	13,072	180		3,700	3,901	5,471
	総 合 計	143,791	3,257		34,200	67,400	42,191



表6-11 積算参考データ

鋼材、機械部品の価格		
○鋼材の価格		
鋼板	6mm	3,270 元/ t
	9~27mm	3,150 元/ t
型鋼		2,800 ~ 2900元/ t
鋼管	ガス管	5,975 元/ t
	高温高圧用鋼管	7,800 元/ t
○機械部品の価格		
鉄骨架構、フレーム		8,000 ~ 10,000 元/ t
機械加工をした製缶フレーム		12,000 元/ t
鑄放の鑄鋼品(軸受箱)		5,500 元/ t
機械加工をした鑄鋼品		13,000 ~ 16,000 元/ t
新鋼管工場建設予算(現在建設中で96年9月試運転予定)		
建屋	基礎	7,000 (単位万元)
機器	設備	6,000
掘付	配線工事	1,000
その他		1,000
	計	15,000
第3製鋼工場建設費の実績 (1986年に稼働)		
建屋	基礎	2,500 (単位万元)
起重機	台車	315
集塵機		800
30t	電気炉	310
30t	UHP 電気炉	850
LF, VDG		400
	小計	5,175
受変電所		1,000
水処理		380

## 6-7 経済効果の概要

### 6-7-1 近代化の前提条件

今後の中国経済環境の面及び現地調査時点での未確定な事項もあるが、ここでは、次のことを大前提とする。

- 生産計画・設備導入は計画どおり実施される。
- 未確定条件は、予測値を用いて推算する。

#### (1) 人員削減計画

錫鋼では年別に、表6-12に示す人員削減計画を作成している。

表6-12 人員削減計画（単位：人）

	'96	'97	'98	'99	2000
削減人員	500	600	300	300	300
累 計	-	1,100	1,400	1,700	2,000

(注記) 約1/3 は定年等の自然減を見込んでおり、退職金は供託と国家より支給される。

この内、製鋼工場の人員削減計画は表6-13に示すとおりである。この削減により、製鋼生産性は4.26倍 $[(80 \text{ 万t}/700 \text{ 人}) \div (33 \text{ 万t}/1,230 \text{ 人})]$ に向上する。

表6-13 製鋼工場の人員削減計画（単位：人）

現 状	2000 年	削減数
1,230	700	530 名
330 (1製鋼)		
400 (2製鋼)	300(新製鋼)	
500 (3製鋼)	400(新3 製鋼)	

(2) 資金調達計画

投資総額 14.37億円の資金調達計画は、表6-14に示すとおりである。このうち、自己資金は 6.75 億円（減価償却の一部を含む）であり、外部からの調達予定額は 7.62億円である。確定もしくは計画中の調達計画の返済期間は比較的長期である。

表6-14 資金調達計画

調 達 先		金額 (億円)	利率(%/年)	返済期間 (年)
外 部 調 達	M/M 政府	1.73	4.2	20
	世界銀行	0.4	4.2	30
	合弁先(英)	0.5	-	-
	その他外部	4.99	-	-
	小 計	7.62		
自己資金 (減価償却の一部含む)		6.75	-	-

(3) 新規設備導入の効果 (1996年基準)

現設備が近代化計画で導入する新規設備もしくは改造設備に置き替わった場合、どの程度の総原価低減となるかを1996年時点の総原価を基準に試算した例を表6-15に示す。従って、値上り・値下りの影響を入れていない。歩留向上による材料費の低減およびエネルギー原単位向上による燃料費、電力費の低減効果が見られる。また生産量増加により、人件費単価も下がる。一方、設備投資による償却費と金利負担が増えることとなる。

表6-15 総 原 価 (単位: 元/t)

		7) 現 在	1) 新規又は改造	イ/ア
総 原 価	材料費	1,960 ( 60 )	1,712 ( 60 )	0.87
	燃料費	158 ( 5 )	120 ( 4 )	0.76
	電力費	395 ( 12 )	325 ( 11 )	0.82
	償却費	92 ( 3 )	140 ( 5 )	1.52
	人件費	236 ( 7 )	180 ( 6 )	0.76
	金 利	210 ( 6 )	240 ( 8 )	1.14
	その他	225 ( 7 )	175 ( 6 )	0.78
合 計		3,276 (100 %)	2,892 (100 %)	0.88

6-7-2 近代化の効果予測

(1) 近代化計画の損益予測

錫鋼では、1996から2000年にいたる近代化計画損益を、表6-16に示すとおり予測している。

表6-16 近代化計画損益予測

		単位	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
生産量		万t	38.00	38.30	62.30	78.50	80.00
売上高		億元	13.00	15.32	28.00	39.00	40.25
総原価		億元	12.70	14.96	26.83	36.12	36.97
利益		億元	0.30	0.36	1.17	2.88	3.28
税引後利益		億元	0.20	0.24	0.78	1.93	2.19
利益率		%	2.30	2.35	4.18	7.38	8.15
総原価 内訳 (億元)	材料費	億元	7.45	8.88	17.17	23.65	24.58
	燃料費	億元	0.60	0.62	1.03	1.30	1.35
	電力費	億元	1.50	1.55	3.25	5.02	5.44
	償却費	億元	0.35	0.60	0.80	1.05	1.05
	人件費	億元	0.90	0.96	0.98	1.20	1.05
	その他	億元	0.50	0.55	0.70	1.00	1.00
	小計	億元	11.30	13.16	23.93	33.22	34.47
	管理費	億元	0.60	0.70	1.40	1.40	1.20
	金利	億元	0.80	1.10	1.50	1.50	1.30
	計	億元	12.70	14.96	26.83	36.12	36.97

表6-17は表6-16を、トン当りの価格で推移を見たものである。

売上単価（生産量を売上量と見なして算出）は製品構成の高度化の進展（表6-18参照）を反映して、1996年の3,420元から2000年には5030元に上昇している。

製造原価では特殊鋼のウェイト増に伴う材料費増、自動化設備投資等による電力増及び償却費増があるものの、人件費は合理化による人員削減、生産性の向上の相乗効果により、1998年以降急速に下がる。

その結果、2000年は1996年にくらべ売上単価の上昇に対し、総原価の上昇が低く、利益率は2.3%から8.2%に向上している。

表 6-17 近代化計画効果予測 (トン当たり)

			単 位	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
売 上 単 価			千元/t	3.42	4.00	4.49	4.97	5.03
総 原 価			千元/t	3.34	3.91	4.31	4.60	4.62
利 益			千元/t	0.08	0.09	0.19	0.37	0.41
税引後利益			千元/t	0.05	0.06	0.13	0.25	0.27
利 益 率			%	2.3	2.4	4.2	7.4	8.2
総 原 価	製 造 原 価 内 訳	材料費	千元/t	1.96	2.32	2.84	3.01	3.07
		燃料費	千元/t	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17
		電力費	千元/t	0.39	0.40	0.52	0.64	0.68
		償却費	千元/t	0.09	0.16	0.13	0.13	0.13
		人件費	千元/t	0.24	0.25	0.16	0.15	0.13
		その他	千元/t	0.13	0.14	0.11	0.13	0.13
		小 計	千元/t	2.97	3.44	3.84	4.23	4.31
内 訳	管 理 費	千元/t	0.16	0.18	0.22	0.18	0.15	
	金 利	千元/t	0.21	0.29	0.24	0.19	0.16	
計		千元/t	3.34	3.91	4.31	4.60	4.62	

表6-18 鋼種別生産比率 (単位: %)

	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
普通鋼	19.54	29.21	30.81	18.46	15.38	15.63
構造用炭素鋼	62.56	47.11	44.75	34.09	30.56	25.43
構造用合金鋼	10.05	12.95	12.64	20.61	21.08	26.80
軸受鋼	3.08	6.58	6.06	7.74	7.97	7.78
ばね鋼	3.43	3.42	5.22	15.57	16.54	16.13
合金工具鋼	0.35	0.34	0.37	1.67	3.26	3.18
炭素工具鋼	0.98	0.39	0.16	1.86	2.00	1.95
ステンレス鋼	0.00	0.00	0.00	0.00	3.21	3.13
合 計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

## (2) 損益予測に対する検討

表6-17についてまず人件費が果して、1996年の240 元/tから2000年に130 元/tまで引き下げられるかについては、人員削減計画(2000 人減)と賃金上昇率(年率約9%)の十分な検証が必要である。また管理費、金利についても見直しが必要である。

中国で経営が一応安定している国営企業等大企業に見られる企業体質の特長として、次の点が一般的に挙げられる。

- ① 未熟な販売体質: 従来の計画経済下における割り当て生産から、市場経済化への移行が進んでいるが、鉄鋼等の消費が急拡大している製造企業においては販売努力の必要性はこれからである。
- ② 過大な在庫: 停電が頻発する電力事情に対処して作りだめをする体質、在庫を含み資産として活用する体質、未熟生産管理など多くの理由が重なって、材料、仕掛品、製品の過大な在庫(売上高の30%)を持つ(参照:4-3在庫管理)。錫鋼の棚卸回転率は3.5回/年と日本企業の約半分程度であり、日本並みにする必要がある。

これらの体質から表6-16の損益予測を検討する:

- ① 販売費の増加: 市場での販売競争が強まって、販売力を強化する必要が生ずる。売上高が倍増する1998年より管理費に、97年からの売上増加額×3%を加える。
- ② 棚卸資産の増加: 増産に伴って、棚卸資産が増えて運転資金が増加する。金利に、95年からの売上増加額×棚卸比率15%(日本並の比率)×金利15%を加える。

この結果を表6-16の管理費と金利に加えて、損益計算を修正すると表6-19のようになる。

表6-19 近代化計画損益予測に対する検討結果

	単位	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年
生産量	万 t	28.55	38.00	38.30	62.30	78.50	80.00
売上高	億円	10.50	13.00	15.32	28.00	39.00	40.25
95から売上差(*1)	億円		2.50	4.82	17.50	28.50	29.75
97から売上差(*2)	億円				12.68	23.68	24.93
総原価	億円	10.30	12.76	15.07	27.60	37.47	38.39
製造原価	億円	9.40	11.30	13.16	23.93	33.22	34.47
管理費	億円	0.55	0.60	0.07	1.40	1.40	1.20
* 2 × 0.03	億円				0.38	0.71	0.75
計	億円				1.78	2.11	1.95
金利	億円	0.35	0.80	1.10	1.50	1.50	1.30
* 1 × 0.15 × 0.15	億円		0.06	0.11	0.39	0.64	0.67
計	億円		0.86	1.21	1.89	2.14	1.97
利益	億円	0.20	0.24	0.25	0.40	1.53	1.86
利益率	%	1.90	1.85	1.63	1.43	3.92	4.67

(3) 近代化投資効果

表6-16「近代化計画損益予測」に基づく投資額の回収期間は、近代化効果の現れる1997年から2000年までの4年間の平均税込み利益を基準とした場合、7.5年となる。

$$14.37(\text{投資額}) \div \frac{7.69}{4} (\text{平均税込利益}) \approx 7.5$$

(表6-19の管理費、金利を加味した場合は14年となる。)

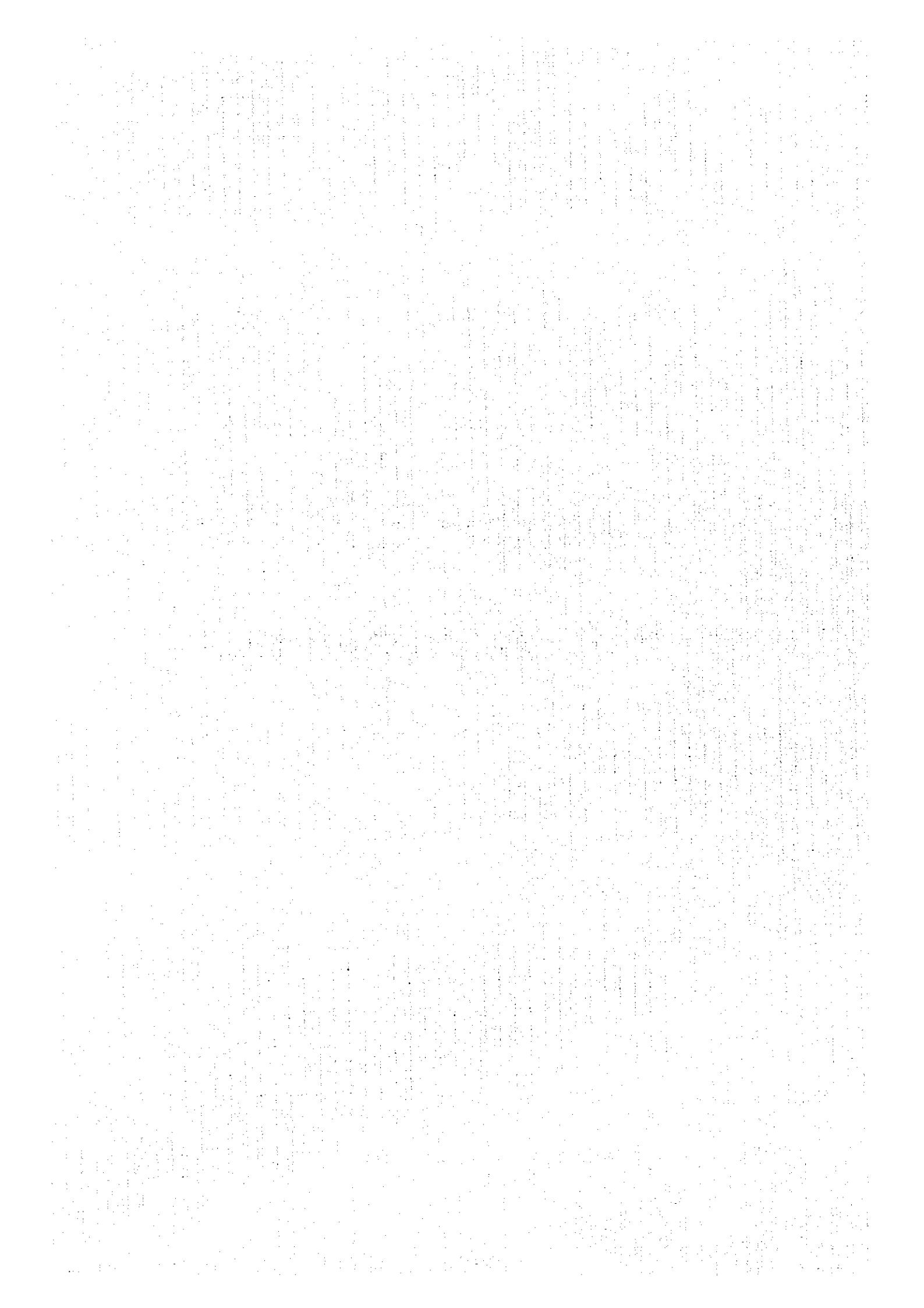
錫鋼の近代化計画は特殊鋼需要の増大および品質向上のニーズに対応するものであり、その実現が待ち望まれるものである。しかし、その収益性については前述のとおり、錫鋼による計画利益率を下回ることが予想されるため、管理の強化を図ると同時に、より一層のコストダウンに努力する必要がある。

また、資金計画策定に当たっては、借入金の増加による金利支払増により収益性の悪化が避けられないため、特に慎重・緻密であるべきである。





## 第7章 工場近代化計画実施上の留意点



## 第 7 章 近代化計画実施上の留意点

前章の近代化計画における設備提案を整理すると表 7-1 のようになる。以下に近代化実施上の留意点を述べる。

### 7-1 生産工程の近代化

#### 7-1-1 原材料受入

##### (1) 第 1 ステップ (1996 年)

###### ① スクラップ管理体制の確立

スクラップ各クラス混合状態での溶解は各種原単位の低下をまねき、製鋼歩留を悪化させ、更には精錬期における正確な成分コントロールを困難にする。その結果として製鋼時間が長くなり、生産性が低下し、製品品質にも影響がでてくる。

特に特殊鋼を製造する場合にはスクラップの選択は重要な管理項目である。高合金鋼を対象とするケースではホームスクラップの管理も含めて経済性の視点からも絶対に不可欠なものであり、次のことを考慮すべきである。

- ・提案 1 購入スクラップを品質別、重量別に分類する。
- ・提案 2 ホームスクラップを鋼種別に分類する。

購入スクラップの中で低品質のものは主として普通鋼の製造に使用し、高品質のものは特殊鋼に使用する等の工夫が必要である。

ホームスクラップを鋼種別に分類するためには全社的な協力が必要となり、関連する職場に厳しく徹底させる必要がある。分類したスクラップは専用のコンテナに入れて分類番号を付し、定められた製鋼ヤードに戻すのが良い。

現在、スラグも原料として装入しているが、製鋼歩留を向上させて鉄分の少ないスラグとして廃棄するのが良く、再溶解のエネルギーの節約並びに不純物元素の低減を図るべきである。

###### ② 購入スクラップの分析及び分類

良い品質の鋼を能率良く生産するためには、先ずスクラップの品質が良くなければならない。特に錫鋼における精錬過程を分析すると脱磷に時間がかかり過

表7-1 近代化計画に関する設備提案のまとめ

	現 状	第1ステップ	第2ステップ	第3ステップ
近代化目標	1995年 30万t	1996年～1997年	1998年 62万t	2000年 80万t
原材料受入			スクラップヤード設備	合金鉄等保管設備
製 鋼	電気炉 5t×2 10t×2 30t×2 造塊	酸素富化操業 カーボンインジェクション法 助燃バーナー採用 ロングアーム操業	5t電気炉休止 80t電気炉稼働 70t連铸設備	10t電気炉休止 30t電気炉改造 第3製鋼連铸化
圧 延	750圧延 650圧延 3圧(線材) 4圧(棒鋼)	鋼塊の保温輸送 バスケジュールの改造	大型圧延稼働 均熱炉燃焼自動化 鋼片検査手入設備 小型圧延稼働	ホットスケーフ設備設置 ピレット手入れ設備
鋼 管		鋼管工場の稼働		
鍛 造	スラムマ 5t×1 3t×2	超音波探傷器の使用	炉温度調整自動化	油圧鍛造プレス 高速鍛造機
検 査		超音波探傷器の使用	非破壊検査設備 磁粉、渦流など	電子顕微鏡 SEM, EDM
エネルギー		新酸素製造設備	220kV受電 重油炉自動化制御 コンプレッサ自動制御	インバータ制御設備
環境設備		製鋼工場集塵機 修理	電気炉直引集塵機 鍛造工場の防音壁	新廃酸処理設備
生産管理			コンピューターの利用	

注：文字を網かけした項目は、錫鋼が発注準備を進めている設備を示す。

ぎて生産が上がらないケースが多い。日本の例では購入スクラップの燃入率は、平均して0.025%以下に管理されている。

購入スクラップを分析し、適切に分類することが大切である。

### ③ スクラップの適正配合

スクラップの配合は炉で溶かし易い条件を維持するように管理されなければならない。配合により全体の嵩比重が変化すると、図 7-1及び図 7-2に示す通り溶解時間及び電力原単位は変化する。これらの図から分るように溶解時間及び電力原単位が最小になる点の嵩比重は0.74近辺であるので、この数値を目標に配合を管理することが望ましい。

成分のバラツキの多いスクラップ配合は、いくら操作データを解析しても改善する方策が得られない。

日本における配合例（嵩比重の平均=0.74）	
No.1ペ-スクラップ	65%
シュレッダー	15%
グライ	7%
プレス	8%
銑鉄	5%
合 計	100%

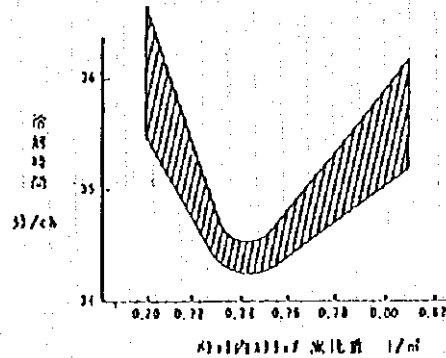


図7-1 スクラップ嵩比重と溶解時間

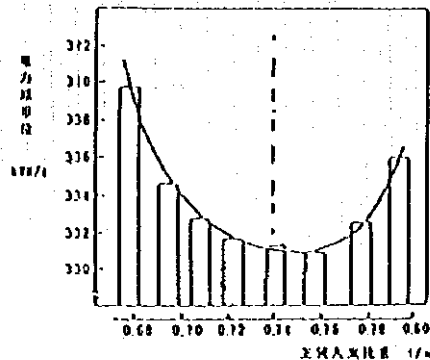


図7-2 スクラップ嵩比重と電力原単位

(2) 第2ステップ(1998年)

1998年には新製鋼が稼動し、スクラップの使用量も年間約72万tとなる。これは現在の使用量約40万tの1.8倍の量である。購入スクラップ量の確保、工場への受入れ・保管・前処理・各工場への搬送・各工場での受入れ分類・保管等を十分に考慮した計画を組む必要がある。

① 受入れスクラップヤード

- (a) 現状の保管能力6万tから2ヶ月分の保管である約15万tのスペースを確保できるように拡張する。
- (b) 船からスクラップを荷上げするためのクレーン能力を強化する。
- (c) 1000t 油圧切断機の稼働率を上げる。
- (d) 300 t 油圧プレス稼働率を上げる。

② 受入れスクラップヤードから製鋼スクラップヤードへの搬送

小型トラックでの搬送はピストン輸送の回数が現状の倍になるので、大型トラックの台数を強化する。

③ 新製鋼スクラップヤード

保管能力を5日分とすれば、11,000tのスペースを確保する必要がある。これは受入れスクラップヤードからの搬送に問題が発生した場合の原料待ちの状態を避けるためである。

(3) 第3ステップ(2000年)

1998年には第3製鋼の改造が完了する。2000年には第3製鋼だけで年産30万t体制となり、新製鋼を合わせれば80万t体制となる。これに対応するスクラップ使用量は約96万tとなり、現状の使用量約40万tの2.4倍となる。これに対応する購入スクラップの確保は重要課題である。新製鋼のための対策は既に第2ステップで実施済みであり、第3ステップでは第3製鋼のための対策が必要である。

① 第3製鋼スクラップヤード

- (a) スクラップヤードにある4台の天井クレーンの稼働率を上げる。
- (b) スクラップヤードを整理し、約5,000 tの保管能力を確保する。

② 合金鉄及びフラックス

現状の調達量の約2.4倍に増えるので、受入れ・保管・搬出のラインを確保する。

## 7-1-2 製鋼・型鑄造工程

各ステップの近代化を検討する前に、現有する設備を最大限に活用する努力が重要である。そのためには現状の操業状態を十分に把握し、解析する必要がある。種々の問題点を整理し、解決するプロセスは日常の努力の積み重ねによるものであり、単に設備を取付けたから解決するものではない。

錫鋼の場合、鋼種が多く、操業の解析は最重要課題である。鋼種毎にどのような操業が最も能率的で経済的であるかを整理する必要がある。この整理のためにもコンピュータの導入を提案する。

本検討では、総ての環境が整っていることを前提にしているので、電力事情等の検討は早期に進める必要がある。

各ステップにおける近代化案の要点は、次のとおりである。

### □第1ステップ(1996年～1997年)

- ① 酸化富化操業
- ② カーボンインジェクション法の採用
- ③ 助燃バーナーの採用
- ④ ロングアーク操業への移行(電力原単位の改善)
- ⑤ 脱リン作業の改善
- ⑥ 電極原単位の改善
- ⑦ コンピュータ化
- ⑧ 電力事情の改善

### □第2ステップ(1998年)

- ① 新製鋼による年産50万tの確立

### □第3ステップ(1999年～2000年)

- ① 第3製鋼の改造による年産30万tの確立
- ② 第1案：既設の改造による方法
- ③ 第2案：新UHP炉1基による方法
- ④ スクラップ予熱の採用
- ⑤ 直流炉について
- ⑥ 第3製鋼の連鑄化

## (I) 第1ステップ

1996年の生産計画は現有工場全体で 38 万 t であり、1995年の実績33万 t に比べて5万 t の増加となる。これは前年に比べて12.5%の増加である。この生産量増加分に対する必要エネルギー源は本年6月末に稼働予定のロシアから導入される酸素プラントに期待せざるをえない。酸素富化操業により溶解時間を短縮し、生産性を向上させるものである。その結果として鋼浴が過酸化となり、歩留低下をもたらす。これを防止するためには、鋼浴中にカーボンを吹き込むカーボンインジェクション法を実施する必要がある。

### ① 酸素富化操業 (図7-3 参照)

#### (a) 目的

- 炉内のコールドスポットの溶解を促進するため、酸素を吹き込み鉄屑のカッピングを行う。
- 溶解の進行に伴って形成される湯溜りに、酸素を吹き込むことにより酸化反応を起させ、この際生じる反応熱により鉄屑の溶解を促進する。
- 溶落〔C〕% を比較的高位に安定させて、高速脱炭し、脱炭完了と同時に目標酸化末期温度に達することにより酸化期の時間短縮を図る。
- 溶解の促進、酸化期の時間短縮により生産性の向上を図る。

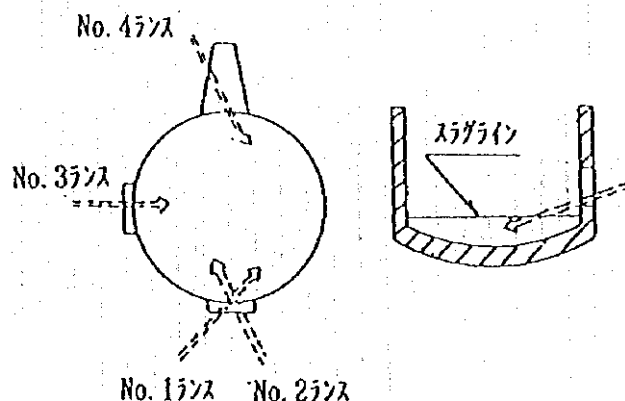


図7-3 ランスによる酸素富化法



(b) 酸化反応熱 (図7-4 参照)

下記の反応が主要と考えられる。

- $(C) + \frac{1}{2}O_2 = CO \quad \Delta H = -2,340 \text{ kcal/kgC}$
- $(Fe) + \frac{1}{2}O_2 = (FeO) \quad \Delta H = -979 \text{ kcal/kgFe}$
- $(Mn) + \frac{1}{2}O_2 = (MnO) \quad \Delta H = -1,772 \text{ kcal/kgMn}$

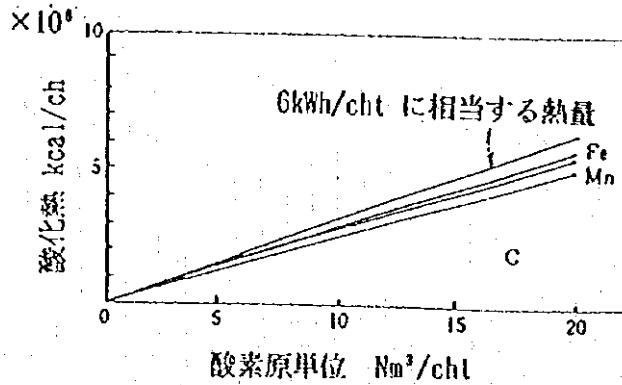


図7-4 6 kWh/chtの内訳解析

(c) 効果 (図7-5 参照)

ランスによる未溶解鉄屑の切断及びランスによる酸素の吹込みを同時に行うことにより、酸素原単位の増大に伴って能率の大幅な向上と電力原単位の大幅な低減が図られる。

酸素原単位 1 Nm<sup>3</sup>/cht に対し、製鋼時間で 1~2 分の割合で短縮し、電力原単位も 3~6 kWh/ Nm<sup>3</sup>·cht の低減が期待できる。

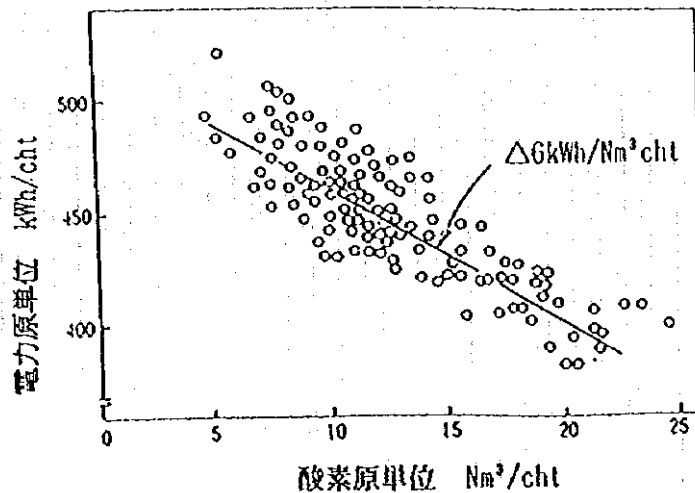


図7-5 酸素原単位と電力原単位

(d) 酸素富化と出鋼歩留 (図7-6 参照)

酸素富化で多量の酸素を炉内に吹き込む場合、炉内反応は多元的でしかも急速であり、使用する原料の変動要素が大きく、正確な炉内現象の把握は困難である。出鋼歩留の低下となる原因として鉄屑の種類、品位、炭素量も考えられるが、まず第一は酸素による酸化現象と考えられる。したがって鉄屑の酸化防止には炉内雰囲気はCOに富むことが望ましい。溶鋼酸化は適切な〔C〕コントロールが大切となる。鋼浴中に酸化富化された場合、FeO 反応は活発に起こるため、溶落〔C〕% は比較的高目に保つことが出鋼歩留を安定させる。

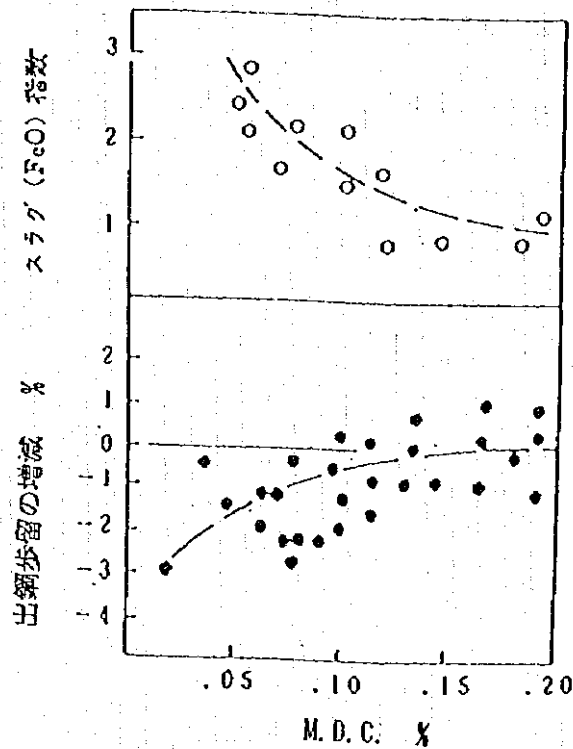


図7-6 M. D. C. と出鋼歩留

## ② カーボンインジェクション法

### (a) 目的

- 酸素富化操業に基づく鉄の酸化による歩留の悪化を改善する。
- スラッグのフォーミングによりアークを安定させ、平均入力の向上と熱効率の向上を図る。

### (b) 還元反応 (図7-7 参照)

FeO の高いスラッグと平衡する溶鋼中にコークスを吹き込むことにより、スラッグ中のFeO は下記の反応により還元されてFeとなる。



この反応は吸熱反応であるがフォーミスラッグによりサブマージドアークとなるので、全体的には熱効率の向上となる。FeO とCの反応により生成したCOガスによってフォーミスラッグが形成され、スラッグの厚みが大きくなりアークはこのスラッグに包まれる。更に溶鋼中の酸素とも反応してフォーミスラッグを助長する。

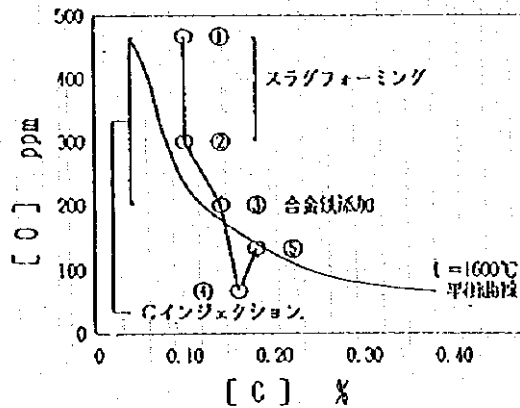
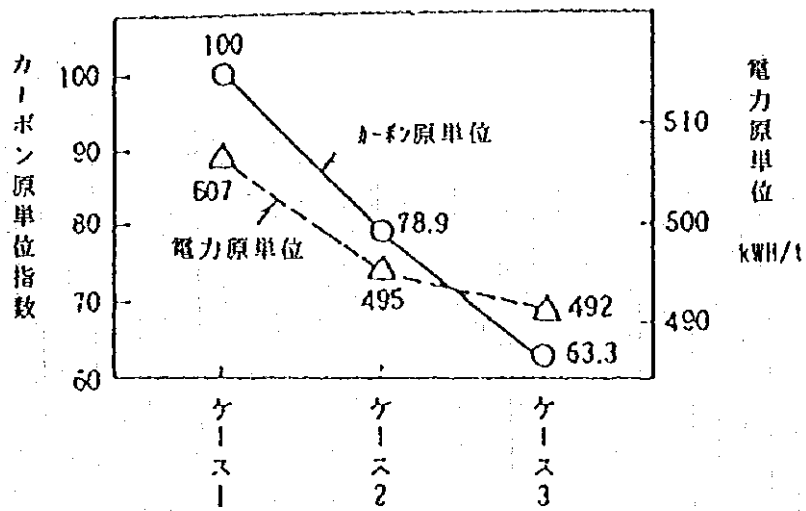


図7-7 (C) と (O) の関係

### (c) 効果 (図7-8 参照)

- 出鋼歩留が改善できる。
- 電力原単位を低減できる。
- 電極原単位を低減できる。
- Tap to tapの時間を短縮できる。



	ケース1	ケース2	ケース3
装入カーボン	1,000 kg	0 kg	500 kg
C 吹込量	0 kg	700 kg	250 kg
C 吹込時間	—	溶解末期～ 脱炭開始 3～5分	溶解開始後 3～5分

図7-8 カーボンインジェクション実施効果例

### ③ 助燃バーナー操業

#### (a) 目的

- 電気エネルギーの一部を代替し、熱エネルギーの集中使用により、スクラップ溶解速度の向上を図る。
- アークによる部分的溶解の不均衡（いわゆるコールドスポット）の溶解促進を図る。
- 炉内スクラップを均一溶解することにより、ホットスポット部の耐火物への熱負担を軽減する。
- エネルギー源の選択範囲を広げることにより、操業のフレキシブル化を可能とする。

#### (b) 燃料の種類

- 重油：C重油を使用するとS分が1.5%以上あるので、排ガス中のSOX が40 ppm にもなり公害の点で問題がある。

C重油の成分例 C=85% 発熱量=8,900 (kcal/ℓ)

H=11.5%

S=1.95%

N=0.22%

- 灯油：C重油に比べてS分は無視できる程度であり、灯油に切替えている例が多い。

灯油の成分例 C=87.1% 熱量=9,890 (kcal/ℓ)

H=12.8%

S=0.004%

N=0%

- 液化天然ガス (LNG)：公害対策上、最も優れているので使用例が多くなっている。

発熱量= 12,000 (kcal/ℓ) = 9,000 (kcal/Nm<sup>3</sup>)

(c) 構造 (図7-9 参照)

燃料と酸素をバーナー部で混合燃焼させるタイプが一般的である。燃料を霧状に吹き出す構造のものもある。最近ではメンテナンスフリーの非水冷方式の固定型消耗バーナーが開発されている。従来の前後進・水冷方式では炉壁にバーナー孔が残るが、このタイプは炉壁に取付けた固定式なのでバーナー廻りに隙間がなく、騒音低下にも効果的である。消耗寿命は2～5ヶ月で定期修理日に合わせ消耗部の交換を行う。10ヶ月以上メンテナンスフリーで使用した例もある。さらに固定型なので前・後進機構が無く、溶鋼面との設置角度の範囲を拡大することができる。その結果、電極酸化を抑制する設置方法や壁周囲のスクラップ溶解を促進する設置方法が実現できる。

ただし、溶鋼スプラッシュによりオイル・酸素噴出孔が詰まるので、それを防止するために常時パージする必要がある。

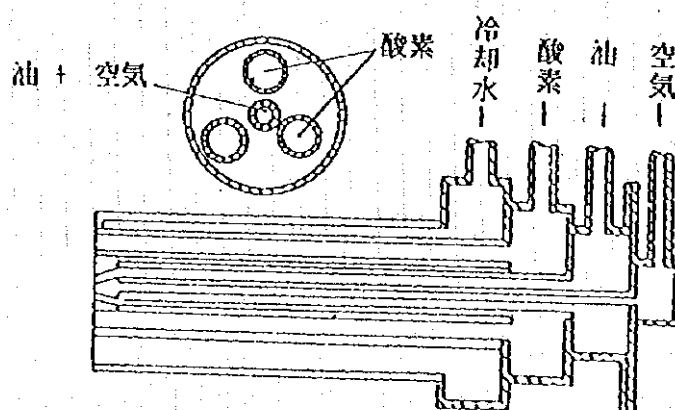


図7-9 助燃バーナー構造の例

(d) 設置基数

設置基数は一般的には3～5基/炉が普通である。変圧器容量や作業条件により異なり、また炉容量が大きくなれば設置基数が増える傾向にある。

これは助燃バーナー設置可能面積が大きくなるためと考えられる。BBF方式では、出鋼口側が炉芯から遠距離にあるため、この部分に助燃バーナーを配置するのが効果的である。

(e) 設置位置

図7-10に示すように、電極間のコールドスポットに3基配置するのが一般的である。

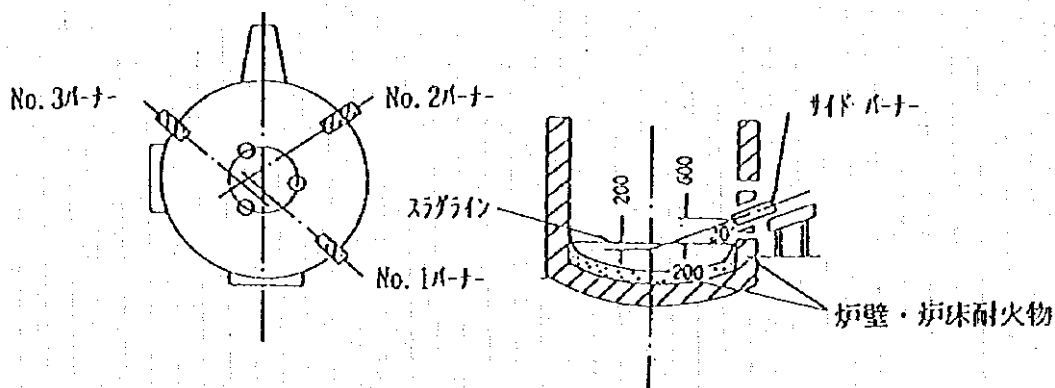


図7-10 助燃バーナー配置例

(f) 効果

助燃バーナーの油での電力換算値は5～9 kWh/ℓで、酸素での換算値は3.5～5 kWh/Nm<sup>3</sup>である。

④ ロングアーク操業

ロングアーク操業とは同一電力を得るために、電圧を高くし、電流を小さくする操業であり、経済的な操業方法として世界的に普及している。

(a) 目的

- 電極原単位を下げる。(電極の先端消耗を減少させる。)
- 電力原単位を下げる。

本来の目的は電極原単位を下げるものであるが、電流を減らして操業する結果、途中の導体損失が減少することにより電力原単位が減少する。

(b) 溶解末期におけるロングアーク操業

溶解末期では、炉壁が露出してくるので裸のままのロングアークでは熱効率が悪くなり、炉壁耐火物及び水冷パネルに悪影響を与える。これを防止するために、フォーミスラグによりロングアークを包み、炉壁への影響を緩和して熱効率を向上させる必要がある。ロングアークとフォーミスラグは共に実施することにより、相乗効果がでる。

(c) フォーミスラグ方法

スラグのフォーミング（スラグの厚さ）を安定させる重要な因子は次のとおりである。

- カーボンのインジェクション速度
- スラグ中の(FeO)の含有量
- 酸素ガスの吹込速度
- 溶鋼温度
- スラグの粘性

図7-11に炉径5,500mmでのフォーミスラグ時のスラグ厚さと脱炭量の測定例を示す。

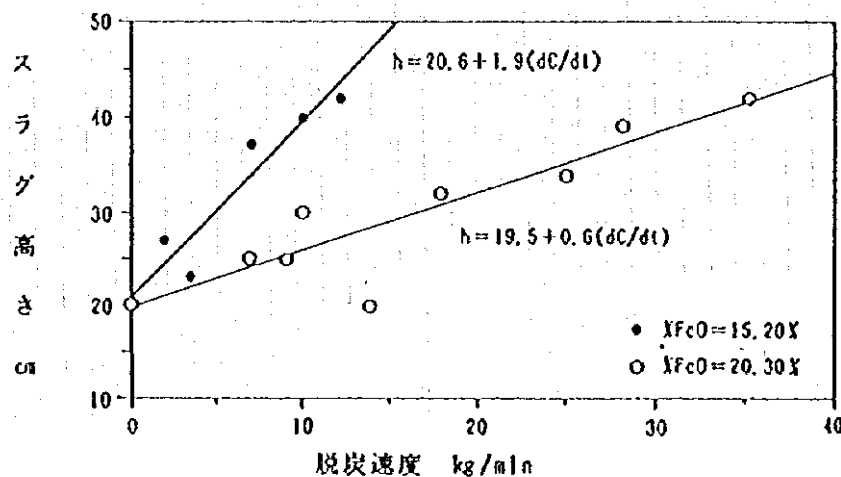


図7-11 フォーミスラグ時のスラグ厚さと脱炭量



### ⑤ 脱磷作業の改善

錫鋼の酸化精錬で最も問題となるのは脱磷である。一般に脱磷のための必要な条件として次の3点が上げられる。

- スラグの塩基度を 2.5以上にする。
- スラグ中の(FeO) を30%程度に高める。
- 溶鋼温度を 1,570°C以下で脱磷を実施する。

時期的には酸素吹精が活発に行われる溶鋼期及び酸化期に、十分な生石灰 CaOを投入して脱磷を行わねばならない。図7-12に溶鋼のPに及ぼす FeOと生石灰原単位の関係を示す。脱磷を効果的に行わせるためには、生石灰CaO を早期に滓化させる必要があり、その粒度及び装入時期が重要である。

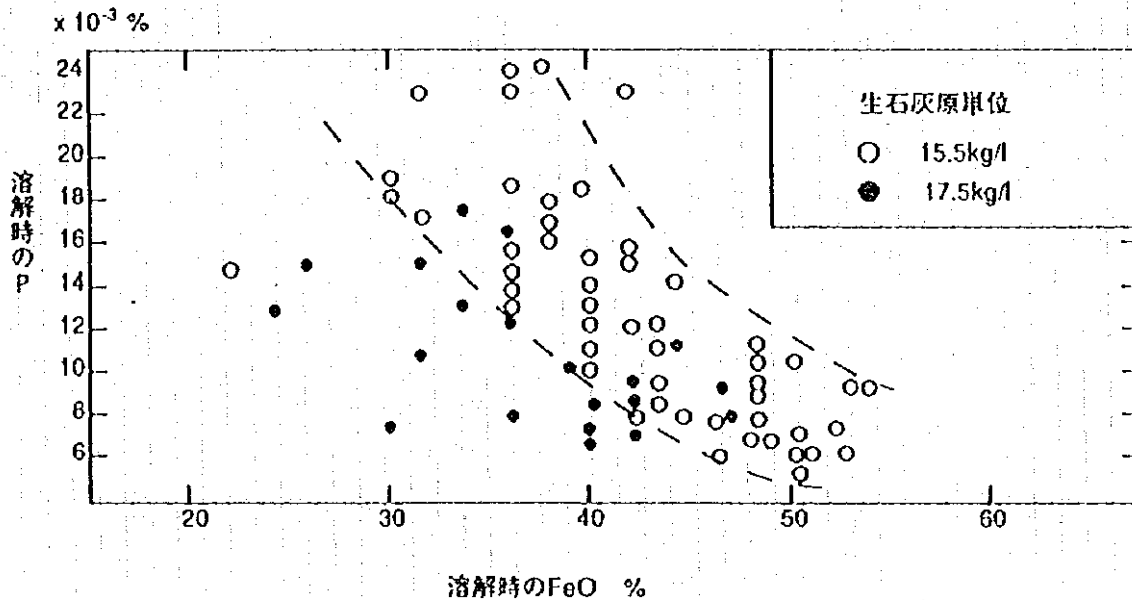


図7-12 溶鋼のPに及ぼすFeOと生石灰(CaO)量

### ⑥ 電極原単位の改善

錫鋼で使用されている電極は折損回数も多く見られ、原単位もNo.7 E Fで5.6 kg / tと高く、不経済である。操業にも相当に悪影響を与えている。

電極消耗パターンとしては、図7-13に示すように分類できる。

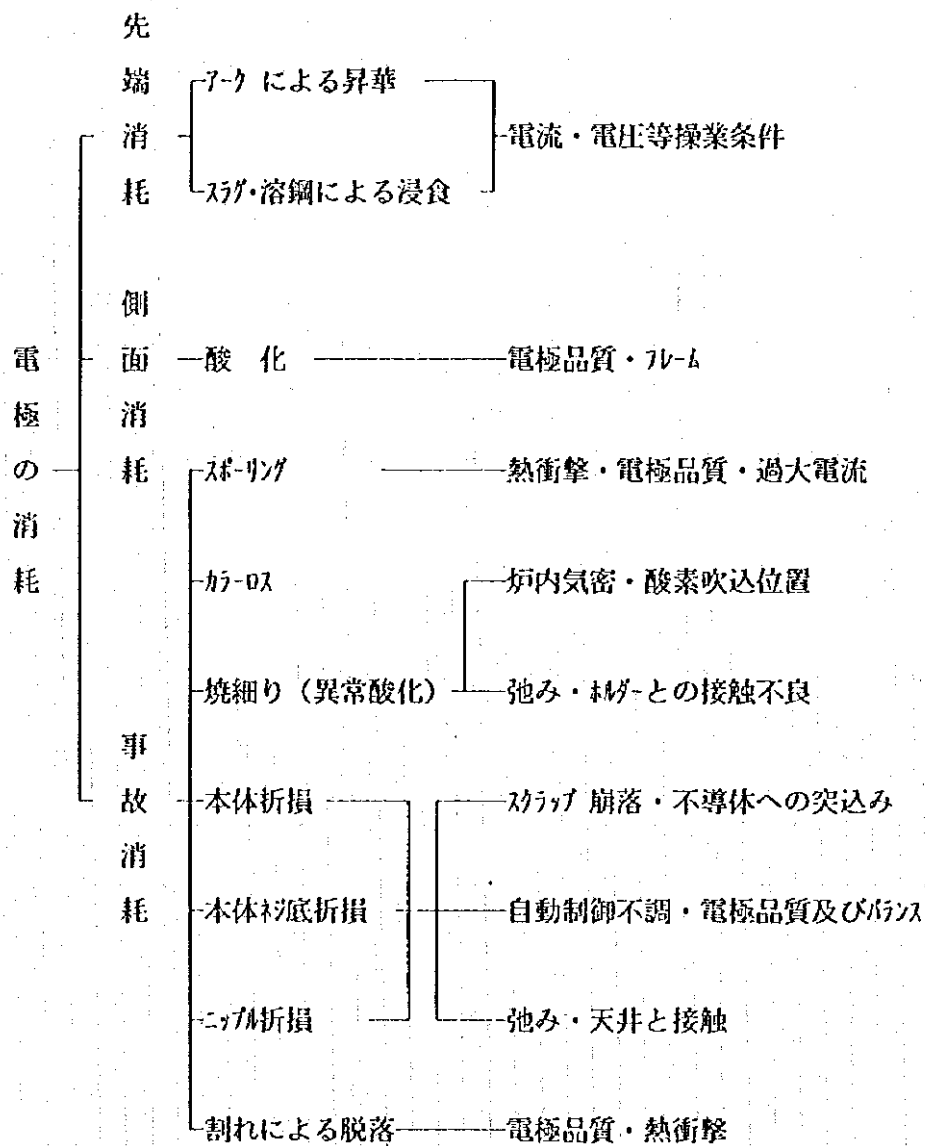


図7-13 電極消耗パターン

(a) 側面消耗

側面消耗は酸化によるものであり、電極を水冷し温度を下げれば酸化を防止することができる。No.7EFではこれを実施している。しかし、この方式は水の管理が大切であり、スプレーノズルが詰まる等のトラブルを防止する保守管理を徹底する必要がある。

(b) 先端消耗

ロングアーク操業の実施で先端消耗は大幅に改善できる。同一電力を投入するのに電圧を上げ、電流を下げる方法である。先端消耗は電流の2乗に比例することから、最近の電気炉では総てこの運転方式に切換えられている。

## ⑦ コンピュータ化

錫鋼での製鋼過程の各設備の操業記録は総て手書きである。これでは記入間違いも発生し、各種の解析も十分にできない。コンピュータの用途・目的は種々、考えられるが、その中で最も効果的に活用できるのが操業記録と言える。

この機能をもたせれば短時間で各種の解析が可能であり、問題点の整理とその解決策抽出に効果的である。

錫鋼の場合は、多種の特殊鋼を志向しているので、操業記録という目的だけでも十分な価値がある。

コンピュータ化は、利用目的を明確にして活用することが重要である。第3製鋼のEF用とLF用には是非、早急に導入されることを推奨する。

### (a) 用 途 (図7-14のシステム構成の例を参照)

- スクラップ配合指示
- 溶解の最適化
  - ・最適電力制御
  - ・デマンド制御
  - ・フリッカ制御
- 精錬の最適化
  - ・合金鉄計算
  - ・フラックス計算
- 操業記録
  - ・ヒート毎の操業記録
  - ・日 報
  - ・月 報

### (b) 効 果

- 最適化による各種原単位の向上
- 正確な操業データ把握による進歩的な製造プロセスの開発

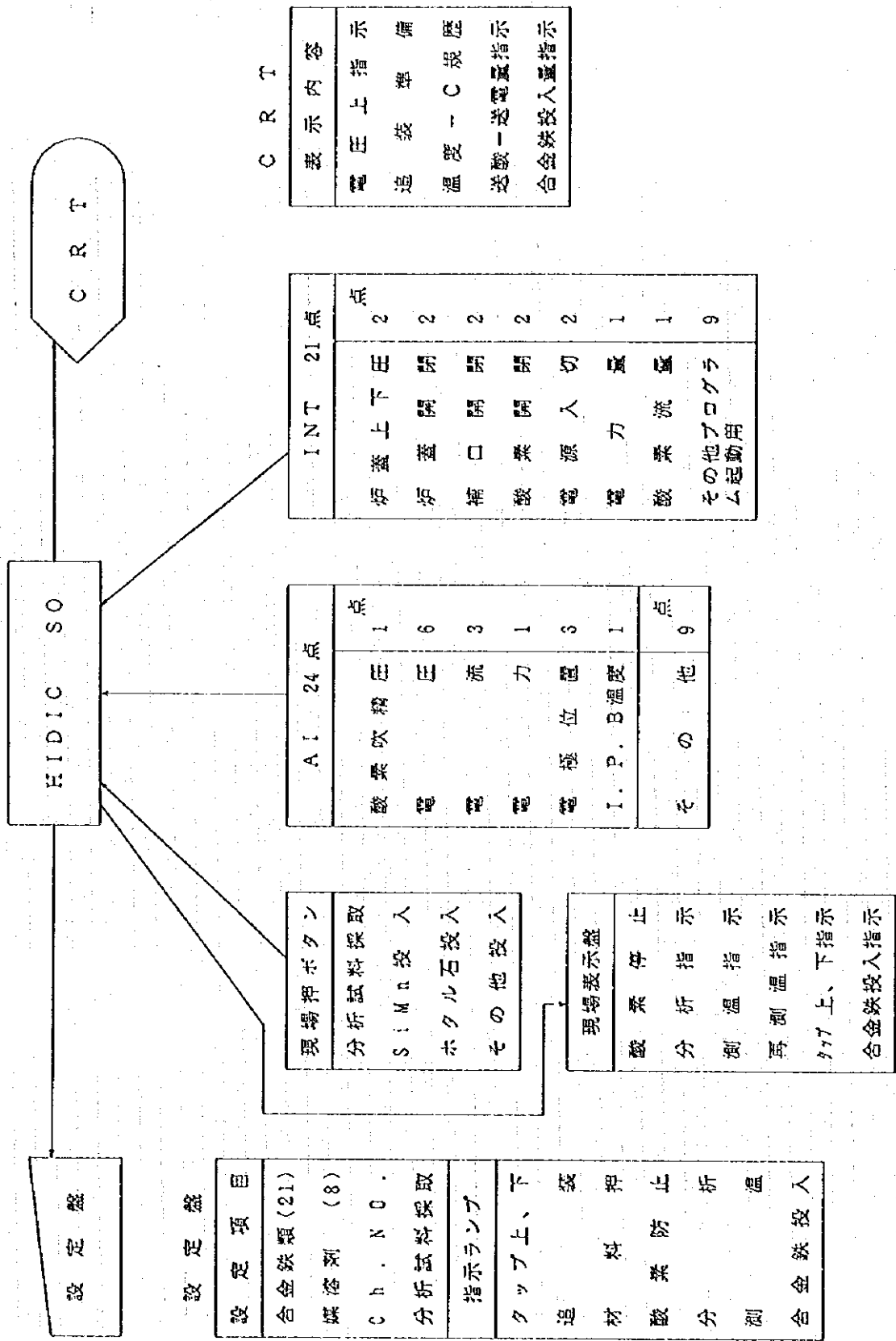


図7-14 システム構成の例

## (2) 第2ステップ (1998年)

錫鋼の計画によると、1998年の工場全体の生産量は60.5万tである。この年には新製鋼が稼働を開始し、その年間生産量を35万t見込んでいる。可能な限り早い時期に、最終到達目標値である年産50万tの生産体制を確立する。新製鋼の早期立ち上げは、第3製鋼の改造期間に余裕を持たせることになる。新製鋼の立ち上げをスムーズに実施するためには環境の整備、特に最大溶解電力で使用できるような電力系統を持つ必要がある。(当然、フリッカ対策の有無も含める必要がある。)

### ① 新製鋼

本工場は建設工程表によれば、1998年の初めから調整試験を開始し、1998年度の溶鋼生産量は35万t、2000年より最終計画値である50万tを達成する予定である。以下に新製鋼の主要設備仕様を示す。

#### (a) 電気炉

- 公称容量 : 80 (t)
- 炉径 : 6,100 (mm)
- 変圧器容量 : 65,000 (kVA)
- 1次電圧 : 35 (kV) / 50 (Hz)
- 2次電圧 : 500-1,000 (V) / 2次電流 : 48 (kA)
- 最大出鋼量 : 100 (t)
- 炉蓋・炉壁冷却方式 : 管式水冷
- 助燃 : 灯油バーナ/酸素ランス
- 集塵 : 直引
- 出鋼 : EBT
- 電極 : 22 (")
- Tap to Tap : 60~65(min)

#### (b) とりべ精錬炉

- 変圧器容量 : 14,000 (kVA)
- 2次電圧 : 180-285 (V)
- 2次電流 : 30,400 (A)

#### (c) 連続鋳造機

- 型式 : 円弧型3点矯正式
- スtrand数 : 2
- フルムサイズ : 300 (mm) × 400 (mm)
- 曲率半径 :  $R_1 = 15(m)$ 、 $R_2 = 23(m)$ 、 $R_3 = 45(m)$
- レードル支持 : スウィングタワー
- 2次冷却 : エアミスト
- 切断 : 自動フレーム
- 冶金長 : 29 (m)
- モードル長 : 800 (mm)
- 注入サイクル : 52 (min)

## ② 新製鋼のレイアウト

錫鋼では、縦型配置案（図7-15）と横型配置案（図7-16）が検討されている。

### (a) 縦型配置案の特徴

- スクラップヤードを広くとれるのが最大の利点である。
- 溶解ヤードと精錬ヤードが同一であるので作業環境が悪い。

### (b) 横型配置案の特徴

- スクラップヤードが狭い。
- 物流が自然で作業性が良い。

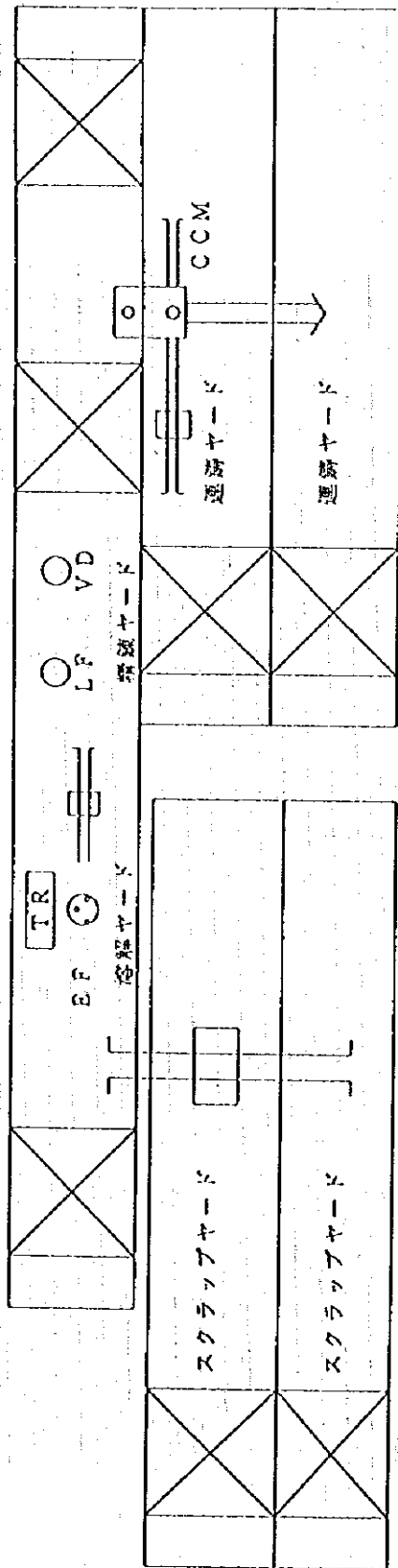


図7-15 新型編レイアウト (縦型配置図)

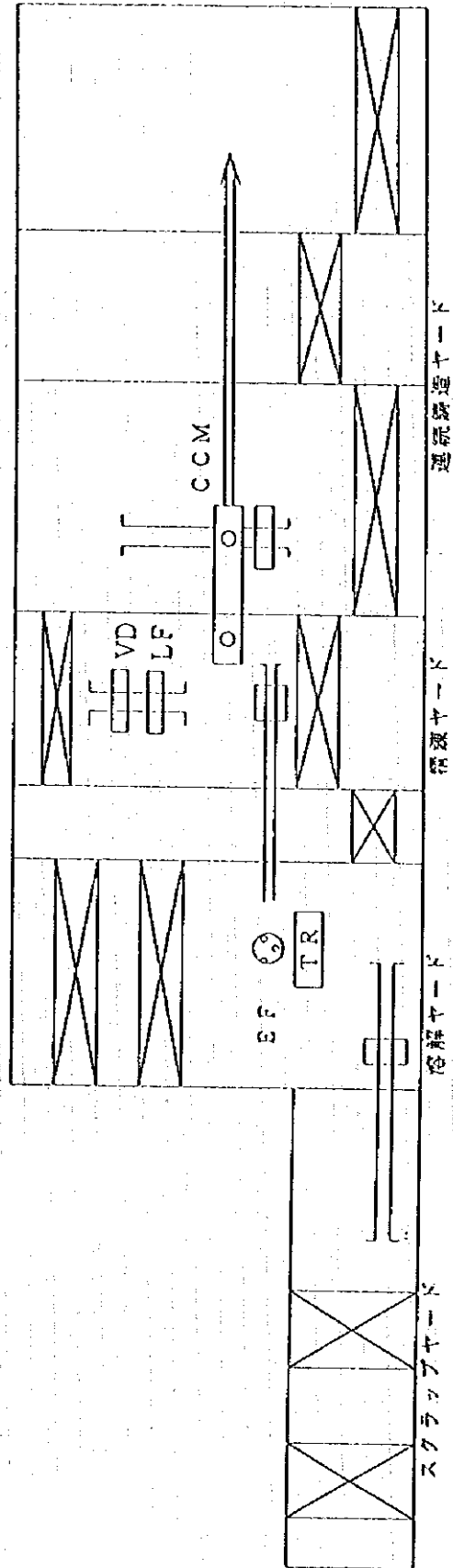


図7-16 新型編レイアウト (横型配置図)

### ③ 新製鋼計画の留意点

#### (a) 電気炉

- 炉壁パネルに関しては、以下のことを考慮する。

炉径 6,100mm に対して変圧器容量が 65,000kVA であり、UHP 炉の中でも炉壁に与える熱負荷は相当に厳しい。又、2次電圧は最高 1,000V となっているので超ロングアークとなり、炉壁に対する保護には十分に注意する。

この対策としては、耐火物損耗係数を詳細に検討して、炉壁材料を決定する。炉壁パネルの材質を総て銅製にするか、最低下部パネルを銅製にすることが必要である。従来の鋼製パネルでは熱負荷により破損する。以下に耐火物損耗係数の計算式を示す。

$$R_f = P_a \cdot V_a / D^2$$

ここに、 $R_f$  : 耐火物損耗係数            kW · V/cm<sup>2</sup>  
 $P_a$  : アーク電力                    kW  
 $V_a$  : アーク電圧                    V  
 $D$  : 電極と炉壁パネルの距離    cm

$R_f$  が決まれば、経験的に次式より熱負荷が求められる。

$$Q = 1.0 R_f^2 \times 10^6 \text{ kcal/ m}^2 \text{ h}$$

即ち、熱負荷は耐火物損耗係数の自乗に比例する。水冷パネルの水の流速を 2 m/s とすれば、鋼製の破損熱負荷は約  $2.5 \times 10^6 \text{ kcal/ m}^2 \text{ h}$  であるが、銅製は約  $6.5 \times 10^6 \text{ kcal/ m}^2 \text{ h}$  となり、鋼製の 2.6 倍の熱負荷に耐えられることになる。したがって、 $Q$  が  $2.5 \times 10^6 \text{ kcal/ m}^2 \text{ h}$  を超えると銅製にする必要がある。

- 超ロングアークを使いこなすためには、フォーミスラグを高いレベルで維持する。対策としては、作業口にドロマイトブロックを形成させ、酸素ランス及びカーボンインジェクションランスの使用に支障のない構造にする。例えば、水冷ランスの採用が考えられる。
- 炉径に関しては、次のことを考慮する。炉径を 6,100 mm から 6,400 mm に大きくすると、炉壁の熱負荷を緩和することが可能となる。電極径も 22" から 24" に大きくすることで、電流密度を下げ電極原単位の向上を図る。



電極の先端消耗は電流密度の自乗に比例するので、同じ電流であれば24'電極の方が消耗は少ない。24'電極で低原単位を達成している例は多い。

スクラップのボーリング径も大きくなり、溶解速度も早くなるので、電極折損に対する強度も改善できる。

- 溶解時間の短縮は、大電力及び補助エネルギーを投入すれば可能であるが、酸化精錬（脱磷作業）時間の短縮は容易ではない。現状の操業状況では酸化精錬に約30分を要している。原料管理を徹底することで、良質なスクラップを入手しこの30分を極力、減らす方向にもって行く。その結果として、現在計画しているTap to tap=60 min という効率的な操業が達成される。

(b) とりべ精錬炉 (LP)

- 脱硫を効率的に実施するには、Arによる強攪拌が必要となるので、Ar流量は十分余裕を持たせる。最大Ar吹込速度が400 Nl/minとなるように計画する。とりべのフリーボードは300 ~ 400mmを見込んで設計する。
- 脱酸は高塩基性のスラグと強攪拌により適切な酸素レベル、例えば、20ppmまで下げる。これにより、連続鋳造でのノズル閉塞を防止することができる。
- とりべ蓋及びAr雰囲気により、十分に大気を遮断して、スラグ酸化度 (FeO + MnO) を常に 1% 以下にする。

(c) 連続鋳造機

- 鋳片断面寸法 300×400mm は偏平比 1.33 となり、ブルーム中心部欠陥を分散させるには適当な値である。製品に対する減面率から見ても、ブルーム内部のポロシティの消滅に有効と考えられる。
- 曲率半径 15 m は介在物の浮上促進に役立ち、3点矯正は曲げに対する内部歪みの低減に有効である。
- モールドのコーナは丸みをつけない方が良い。理由は、モールド各側板の形状が単純化され、モールドの冷却が容易であり、均一化される。従って、モールド寿命の延長が期待できる。モールド銅側板の研削や組立が単純となり、整備性が良い。
- 内部割れを防止するために、長辺ロール及び短辺ロールの段数を十分に確保する。サイドバルジングを 1mm以下、バルジング歪みを 0.3%以下とする。
- 電磁攪拌は製造鋼種の特種鋼化には不可欠である。上部と下部の2段に設置

し、上部ではデンドライトを切断し、下部ではその再分散を図り、偏析等の内部欠陥の発生を完全に抑える。

- 介在物が問題となる鋼には無酸化铸造が推奨される。とりべとタンディシュ間にロングノズル、タンディシュとモールド間に浸漬ノズルを採用する。介在物低減のために、堰付きタンディシュ、介在物の吸着性のよいタンディシュパウダー並びにモールドパウダーを採用する。

### (3) 第3ステップ

本ステップは新製鋼で生産50万t、第3製鋼改造で年産30万tを達成し、合計で80万tになる体制を確立する。ここでは特に第3製鋼改造で30万tを達成するための方法を示す。

錫鋼の希望は第3製鋼の造塊工程を極力、連铸化することであり、現時点では30万tのうち、20万tを連铸で生産し、残りの10万tを造塊で生産することになっている。

以下の記述でBFは電気炉、LFはとりべ精錬炉、VDは真空脱ガス設備、CCMは連続铸造機を示す。

#### ① No. 7 BFの現状における溶解時間の解析

- (a) スクラップ装入量=48 ch・t
- (b) 出鋼量=40 t
- (c) 溶解電力=15,000 kW
- (d) 溶解電力原単位=440 kWh/ch・t
- (e) 溶落温度=1,540 °C
- (f) 平均電力投入効率=0.85

以上より、溶解時間 $=48 \times 440 \times 60 / 15,000 \times 0.85 = 100$  min が現状の平均溶解時間と判定できる。この数値は実際の操業データとも良く合致している。

以降の計算は、現状のスクラップに対する溶解電力原単位を440 kWh/ch・tとして進める。

#### ② No. 7 BFの現状における酸化精錬時間の解析

錫鋼の場合は酸化精錬時間は、脱燐時間と言っても過言ではない。脱燐時間は鋼種により大きくかわる。

高炭素鋼になる程、長時間を要するが平均的に30 minを酸化精錬時間と仮定して計算を進める。

③ 第3製鋼での年産30万t体制の検討

年産30万tを達成するための方法として次の2つの案が考えられる。

第1案：現有のNo. 6 BFを改造する方法。

第2案：No. 6 BF及びNo. 7 BFを廃却し、新しく50~70tのUHP炉1基を設置する方法。

以下に各案について検討する。本件は、現地調査時に錫鋼よりだされた検討事項である。

(a) 第1案についての検討

- 実稼働日数=275(日/年)とすれば、1日当りの生産量は1,100t/日(≒30万t/275日)となり、電気炉1基当りの生産量はこの半分の550t/dayとなる。
- 出鋼量=40t/heatとすれば1日当りのヒート数は14heats/日(≒550/40)となる。
- 上記よりTap to tapの時間は103min/heat(≒1,440/14)にしなければならない。
- Tap to tap時間=103min/heatの内訳を下記のとおりとする。

項目	時間 (min)	溶解時間= $M_1 + M_2 = 61$ (min) 溶解以外の時間=42(min)
補修	3	
装入I	3	
溶解I ( $M_1$ )	30	
装入II	3	
溶解II ( $M_2$ )	31	
酸化精錬	30	
出鋼	3	
合計	103	

以上の内訳より、酸化精錬の平均時間を30 minとみなして、溶解時間は、 $M_1 + M_2 = 61$  min の必要がある。

- 現在の電力レベル15,000 kWを24,000KVA × 0.8 ≒ 19,000 kWに改善する。  
これは変圧器の定格20,000 KVAの過負荷率20%を見込んで最高タップ電圧で

使用することである。

- 19,000kWで溶解時間61minを達成するための電力原単位は $48 \times \chi \times 60 / 19,000 \times 0.85 = 61$ より、 $\chi = 342$  kWh/ch・tとなる。現在の溶解電力原単位440 kWh/ch・tに比べて98 kWh/ch・t減少させる必要がある。
- 効率的酸素の使用を考慮し、酸素原単位を $25 \text{Nm}^3/\text{ch} \cdot \text{t}$ とすれば、電力原単位は $25 \times 3 = 75$  kWh/ch・t減少できる。実際に必要な減少分は98 kWh/ch・tであるので、この不足分は均一溶解も兼ね備えた灯油バーナーでカバーする。

以上の結論として、No. 6 BPの変圧器を24,000 KVAとし、コールドスポットに灯油バーナー×3本設置して、酸素ランスで酸素富化操業を実施すれば、No. 6及びNo. 7BP 2基で年産30万tを達成できる。

(b) 第2案についての検討

- 実稼働日数=275日/年とすれば、1日当りの生産量は1,100t/日(≒30万t/275日)となる。
- 出鋼量=50 t/heatとすれば、1日当りのヒート数は22 heat/日(=1,100/50)となる。
- 上記よりTap to tapの時間は65 min/heat (≒1,440/22)にする必要がある。
- Tap to tapの時間のうち、溶解以外の時間を第1案と同じく42 minと定めると溶解時間は23 minとなる。この溶解時間に対する変圧器容量は70,000 KVAにもなり、炉の容量を考えると無理な値となる。

従って、炉の容量を70 t BPとして以下の結果が得られる。

- 出鋼量=70 t/heatとすれば、1日当りのヒート数は16heat/日(≒1,100/70)となる。
- Tap to tap時間= $1,440/16=90$ min/heat
- 溶解時間= $90-42=48$  min
- 変圧器容量= $84 \times 340 \times 60 / 0.85 \times 48 \times 0.8 \approx 52,000$ KVA
- 70 t BPの炉径は5,800 mmとする。

以上から30t 2基をリプレースして、50t 1基では年産30万t体制は難しく、70t 1基が必要であり、新たな投資を考えると、現在の30t 2基を効率的に活用する第1案の方が良い。(直流アーク炉と交流アーク炉の比較は(d)に述べる)

第1案にしろ、第2案にしろ、電気エネルギーの節約のためにスクラップの予熱を推奨したいので、以下にスクラップ予熱について記述する。

(c) スクラップ予熱について

○ 背景

エネルギーの高騰と、助燃バーナーおよび酸素富化操業によるアーク炉排ガスの高温化に伴い、アーク炉排ガスによるスクラップ予熱装置 (Scrap Preheater : SPH) の実用化が進んでいる。

○ 目的

- ・ アーク炉の排ガス顕熱を有効に利用し、電力を節減をする。
- ・ 溶解能率を上げて生産性を向上させる。
- ・ アークを安定させ電力投入効率を向上させる。

○ アーク炉の熱精算例

図7-17にSPHを設置したアーク炉の熱精算例を示すが、アーク炉排ガス顕熱の約20~30%が回収されている。

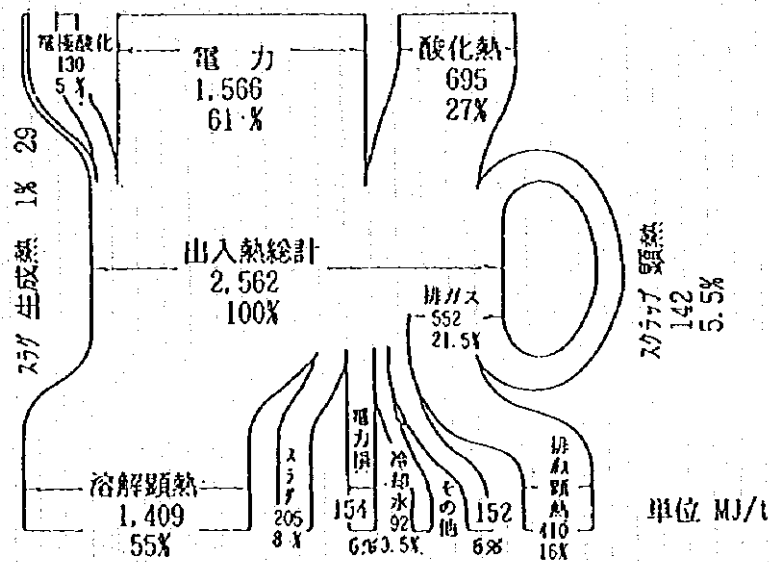


図7-17 SPHを有するBFの例

○ 予熱方式

現在最も普及している方式はスクラップが装入されたバケットを直接予熱容器に入れ、予熱するものである。装入バケットの熱重みによる制約があり、高温まで予熱できないが、既設バケットを流用でき、作業性が良い。

図7-18にその概念図を示す。

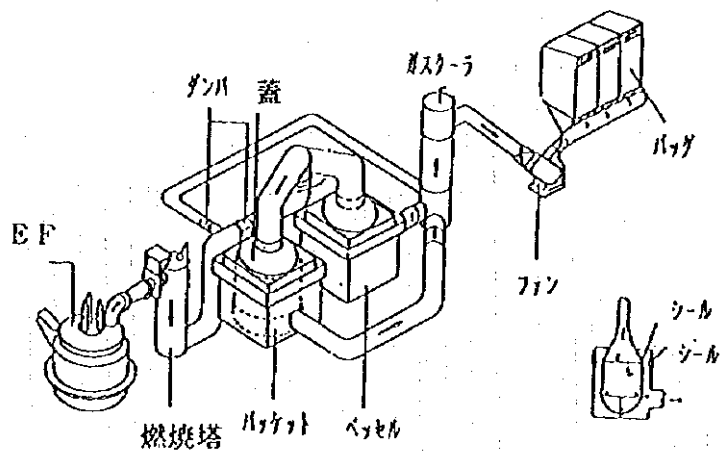


図7-18 SPH概念図

○ 予熱バターンと排ガス温度

アーク炉の排ガス温度は炉況に応じて変化する。図7-19にスクラップ予熱バターンと排ガス温度の例を示す。SPH 入り側での排ガス温度は主装の溶解期で約300～350℃、追加装入の溶解期で400～500℃、酸化期では、500～700℃に達する。これに対してSPH 出口温度は、100～300℃の範囲で時間と共に上昇する。

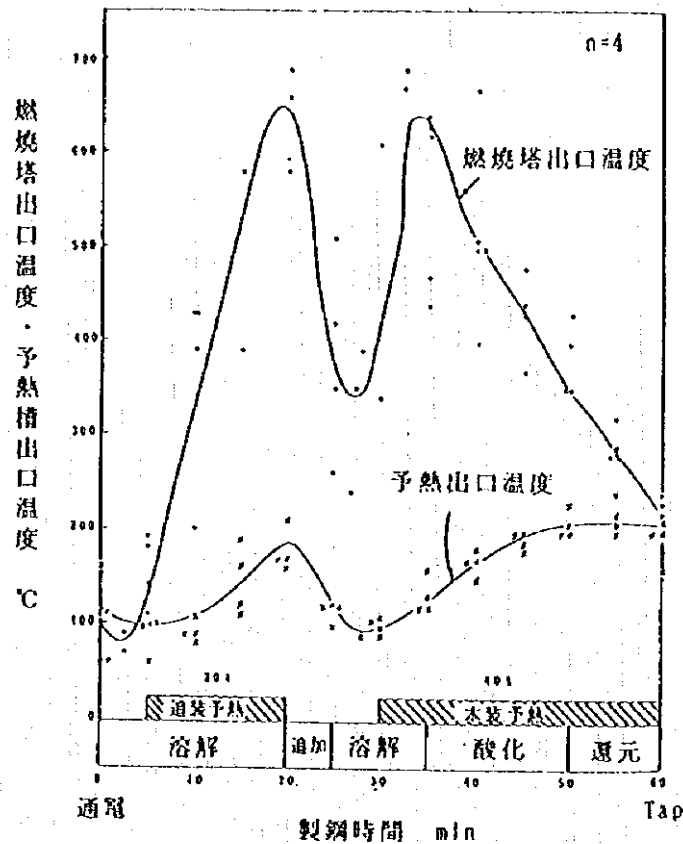


図7-19 予熱パターンと排ガス温度

○ 効果

- ・ 電力原単位の低減=20~25 kWh/t
- ・ 溶解時間の短縮=3 min/heat
- ・ アークの安定性を高める。

アークの安定度はスクラップの温度が高い程安定するので、BFの電力投入効率が向上する。これは、電力チャートにおいて設置前と設置後の比較を見れば明らかとなる。アークの安定は電極折損の防止にも貢献している例が多い。

(d) 直流アーク炉

錫鋼の場合、電力原単位・電極原単位及び耐火物原単位も高いので交流アーク炉(AC 炉) の操業は相当に不経済である。AC炉との比較において、直流アーク炉(DC炉) の最大特長は操業コストが安いという点である。

○ 30t 普通鋼AC炉をDC炉に改造した場合の比較

諸 元	改造前 (AC炉)	改造後 (DC炉)
電極原単位	100	47
電力原単位	100	95
Tap to tap 時間	100	100
耐火物原単位	100	75
投資金額	100	150

上記による操業コストダウンは30t炉で約70元/tである。

○ 20tステンレス鋼AC炉をDC炉に改造した場合の比較(AODの例)

諸 元	AC 炉	DC炉
炉容量(T)	20	
炉殻径(mm)	4,000	
上部電極	3本	1本
炉容量変圧器(MVA)	9	15
2次電圧(V)	265	465
2次電流(A)	Max 40,000	
投入電力(MW)	10	
電極昇降	VVVF(Max 8m/min)	
操業ヒート数	各20ヒート交互出鋼	
鋼 種	SUS304	SUS304
出鋼温度(°C)	1,550	1,550
平均溶鋼量(t/heat)	23	23
TAP-TAP(%)	100	95
電力原単位(%)	100	93
電極原単位(%)	100	38
騒音: 溶解初期	115dB	115dB
溶落ち以降	95dB	85dB
フリッカー(%)	100	~50

○ フリッカー

DC炉はAC炉に比べフリッカーのレベルは約50%に下がるので、電力事情の悪い地域のケースではフリッカー対策が不要となり、有利である。

○ 設備概要

DC炉の基本的な設備構成を図7-20に示す。設備的には直流変換装置及び炉底電極が付加された以外はAC炉と大差ない。AC炉では3本の可動電極があるのに対し、DC炉は一般的には1本の可動電極となるので、炉の均一溶解が可能であり、炉の構造も単純となる。



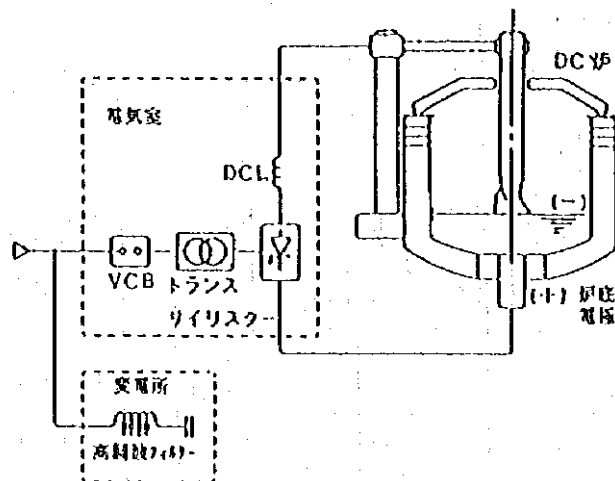


図7-20 DC 炉の基本構成

電気設備構成を比較すると下記に示すとおりである。

項目	交流アーク炉	直流アーク炉
特高機器	炉用VCB・避雷器 ／サージ吸収器	炉用VCB・避雷器 ／サージ吸収器
電源	炉用変圧器	整流器用変圧器 サイリスタ整流器 直流リアクトル (DCL)
タップ 切換 装置	負荷時タップ 切換装置 (5~10点)	無電圧タップ 切換装置 又は負荷時タップ 切換装置 (5~17点)
二次導体	大電流母線 (直流陽極用、陰極用)	大電流母線 (交流三相分)
電 極	上部黒鉛電極 3 本	上部黒鉛電極 1 本と 炉底電極
電極昇降 装置	電動機式 又は液圧式 (油圧)	電動機式 又は液圧式 (油圧)
制御監視 装置	監視盤・低圧動力盤 電極制御盤・計器制御盤	監視盤・整流器制御盤 炉体制御盤・低圧動力盤 電極制御盤・計器制御盤
その他	力率改善又は 高調波フィルタ用コンデンサ フリッカー抑制設備	力率改善又は 高調波フィルタ用コンデンサ

○ 炉底電極

炉底電極はDC炉の製造メーカーにより異なった方式が採用されている。その概念図を図7-21に示す。

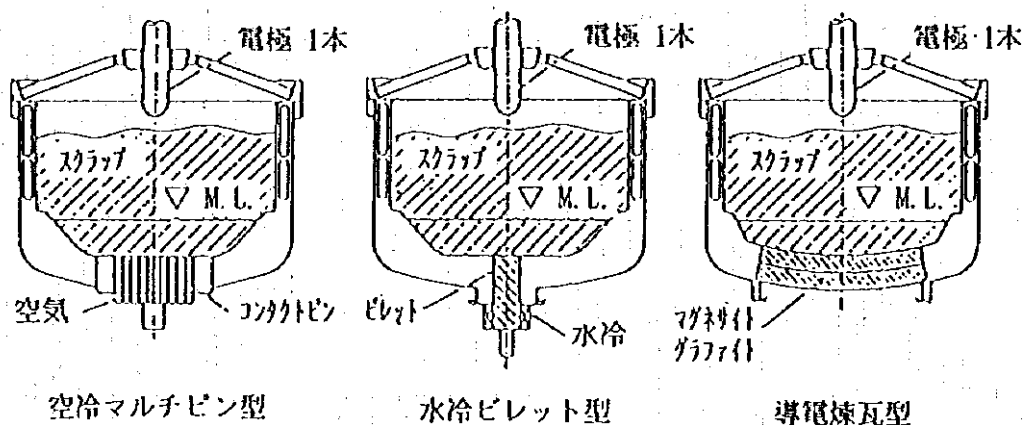


図7-21 炉底電極概念図

この炉底電極の寿命がDC炉の大きな課題の一つであるが、現時点では大幅に改善され、2,000～3,000 ヒートの会社もある。

- No. 6 30t電気炉をDC炉へ改造した場合の第1案と70t AC炉新設の第2案について電気炉、とりべ精錬炉及び連続鋳造機の仕様比較は表7-2 に示すとおりである。

(第1案) No.6 電気炉をDC炉に改造する。既存設備を最大限に利用できるため投資金額を低く抑えることができる。第2案と比較して、操業人員は2倍、各種原単位は高いが、電気炉が2基あることで、1基が保守あるいは故障の時でも1/2の生産量を確保できる。

(第2案) 電気炉、とりべ精錬炉、基礎、建屋、クレーン等の新設及び改造が必要である。投資額は第1案と比較して膨大となる。人件費の削減と各種原単位の向上は期待できる。(表7-2)

表7-2 No.6電気炉をDC炉へ改造した場合の第1案と第2案の比較

	項 目	第1案		第2案
		No. 7AC炉	No. 6DC炉	AC 炉
電 氣 炉	基 数	基	1	1
	容 量	t	40	40
	炉 径	mm	4,600	4,600
	炉 高	mm	3,200	3,200
	炉内容積	m <sup>3</sup>	30	30
	変圧器容量	MVA	24	42
	2次電圧	V	430	DC600
	2次電流	kA	32	DC 42
	PCD	mm	1,100	—
	電極径	"	18	24
	炉蓋/ 壁		水冷	水冷
	出鋼方式		BBT	BBT
	助燃バー	本	3	—
Tap to tap	min	103	95	
と り べ 精 錬 炉	基 数	基	1	1
	容 量	t	40	70
	変圧器容量	MVA	5.5	12
	2次電圧	V	212	280
	2次電流	kA	15	30
	電極径	"	14	16
	昇温速度	°C/min	3	3
処理サイクル	min	50	50	
連 続 鑄 造 機	基 数	基	1	1
	スタンド数		4	4
	ピット寸法	mm	130×130	130×130
	鑄造速度	m/min	1.5	1.5
	ヒート容量	t	40	70
	処理サイクル	min	48	84

以上の結果、No.6電気炉をDC炉に改造することを推奨する。

(e) 集塵装置について

現在の製鋼工場の集塵システムは、次に示すように十分な環境への配慮がされていない。

工場名	直 引	建 屋
第1製鋼	無し	有り
第2製鋼	無し	無し
第3製鋼	No. 7EFのみ有り	有り

加えて、既設の集塵機は故障している時間が長く、十分に機能していないと思われる。第1、第2製鋼は、近い将来廃止となるが、第3製鋼は、酸素富化操業及び助燃バーナの設置により、排ガスの温度は上昇し、量は増大する。これに伴い集塵機能力の増強が必要である。同時にスクラップ予熱には集塵システムの安定的運転が不可欠である。図7-22に直引集塵能力とトランス容量の関係を示す。

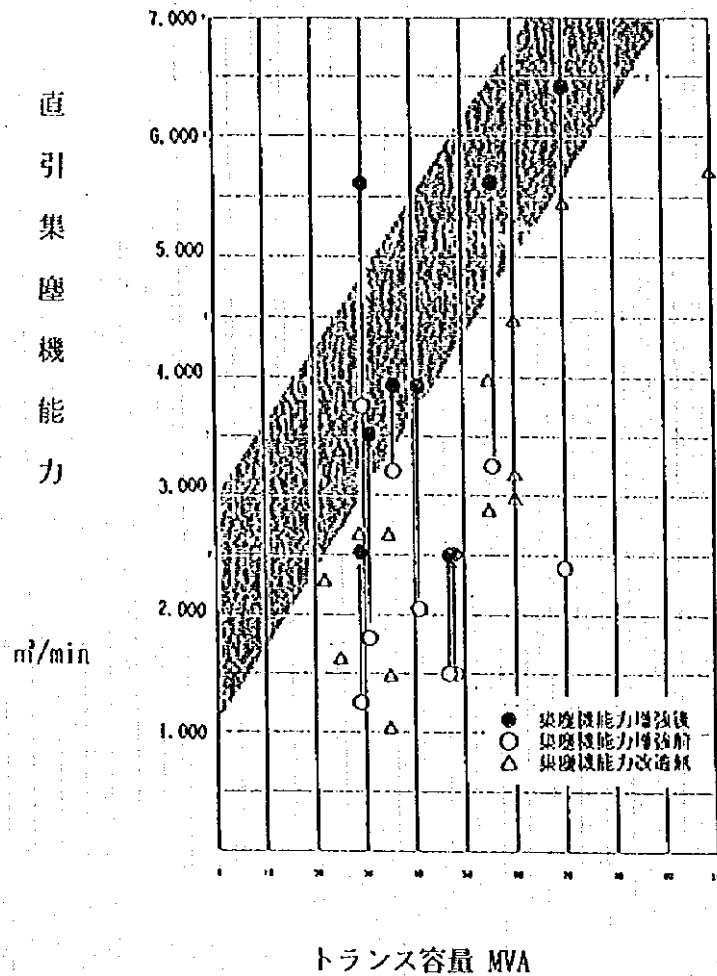


図7-22 直引集塵機能力とトランス容量の関係

#### ④ 第3製鋼の連続铸造機 (CCM)

##### (a) 錫鋼におけるCCMの特徴

###### ○ 歩留の向上

CCMで溶鋼から鋼片を得る場合の歩留は一般に96~99%であり、これを造塊・分塊法と比較すると7~15%の向上が期待できる。当然のことながら、錫鋼の場合のように、溶鋼製造コストの高い特殊鋼・合金鋼の割合が多い工場では、連铸化のメリットは極めて大きいと言える。

###### ○ 省エネルギー

均熱炉及び分塊圧延プロセスがCCMで置き換えられる場合、再加熱工程が省略されることにより、エネルギー消費量は25~50%に節減できる。

構造用合金鋼で介在物の問題がある場合、無酸化铸造することになるが、後述するように、160mm角の铸型が必要となるのでエネルギーの節約には制限がある。

###### ○ 機械化及び省力化

高熱・重筋労働を伴う造塊作業に比べて機械化されたCCMは作業環境の改善と作業員の肉体的負荷の軽減に寄与できる。操業人員も自動化により、合理化が期待できる。

##### (b) 適用可能鋼種

現在、日本では普通鋼は当然のこととして、構造用炭素鋼・構造用合金鋼・ばね鋼・軸受鋼・快削鋼・ステンレス鋼等ほとんどすべての鋼種が生産可能となっている。しかし、良い品質の製品を得るためには、長年にわたり蓄積されたノウハウが必要であり、錫鋼の生産鋼種の総てをカバーするには時間が必要である。

まずは、適用が比較的易しい鋼種から始めて、経験を積んでから難しい鋼種に挑戦することが望ましい。

##### (c) 铸片断面形状

铸片断面の大きさは製品の大きさ及び品質を考慮して決定される。即ち铸片は分塊・圧延によって铸造組織が破壊され、伸び・絞り・衝撃値等の機械的性質を満足するものでなければならない。ピレットの場合、一般には6~10の圧延比が必要とされている。錫鋼の場合、特殊鋼化を進めているので十分な圧延

比をとる方が望ましい。

特殊鋼で介在物の問題がでてきた場合には、無酸化鋳造が望ましい。溶鋼の再酸化を防止するためにパウダーキャストを行う。更に、浸漬ノズルを使用する必要から、最低160 mm角の断面が要求される。

#### (d) ストランド数

ストランド数は1ヒート当たりの鋳造時間により決定され、下記の式で求めることができる。

$$N = Q / (S \times 60 \times V_c \times D \times T)$$

ここで、N = ストランド数

Q = 1ヒート当たりの溶鋼量 (t)

S = 鋳片断面積 (m<sup>2</sup>)

V<sub>c</sub> = 鋳造速度 (m/min)

D = 鋳片密度 (t/m<sup>3</sup>)

T = 1ヒートの鋳造時間 (hr)

$$Q = 40 \text{ (t/heat)}$$

$$S = 130 \times 130 \times 10^{-6} = 0.0169 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V_c = 1.5 \text{ (m/min)}$$

$$D = 7.8 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$T = 0.8 \text{ (hr)} \quad \text{を代入すると}$$

N=4.21が得られるが、稼働率及び品質上の制約を考慮すれば、4ストランドが妥当である。

#### (e) 機長

未凝固部が残る鋳片にロールを圧着して鋳片を引き抜くと鋳片内部に割れが発生する。鋳片引き抜き用のピンチロールを鋳片が通過する際に、鋳片中心部まで完全に、割れが発生しない程度に凝固している必要がある。即ち、鋳造メニスカスからピンチロールまでの距離が許容される溶鋼プール長さ（機長）である。一旦、機長が決定されると設備上の最大鋳造速度が決定されることになるので、将来の操業技術の向上も考慮して機長を決める必要がある。溶鋼プールの長さは次の凝固式より求めることができる。

$$D/2 = K \sqrt{t} = K \sqrt{L/V_c}$$

ここで、D = 鋳片厚み (mm)

K = 凝固係数 (mm · min<sup>-1/2</sup>)

t = 完全凝固までの時間(min)

L = 溶鋼プールの長さ (m)

V<sub>c</sub> = 鋳造速度 (m/min)

従って、溶鋼プールの長さは、前式から、

$$L = (D/2K)^2 \times V。$$

即ち、溶鋼プールの長さの決定は、凝固定数をいかに選定するかということに帰することが分かる。

#### (f) 鋳造速度

鋳造速度を高速化し、単位時間当りの鋳込量を増大すると、ストランド数を少なくし、設備費の低減や省力化が実現できる。一方、高速化は鋳型直下での凝固殻の厚みを薄くし、特にコーナー部を薄く弱くするのでブレイクアウトの原因となる。図7-23に普通鋼ブルーム・ピレットのCCMの鋳片厚みと鋳造速度の日本での実績例を示す。

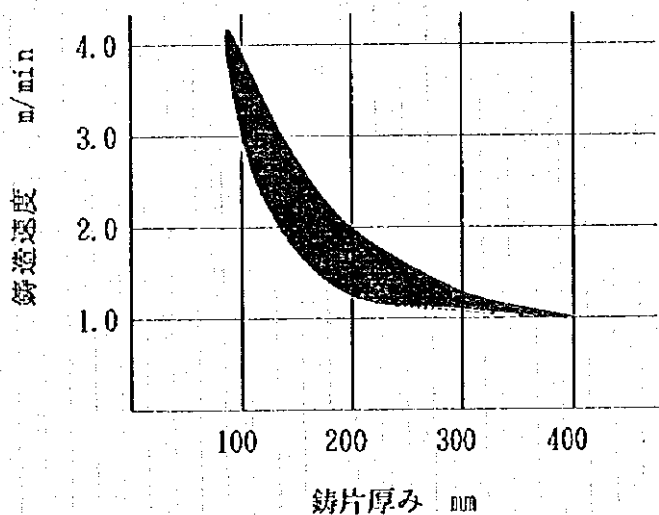


図7-23 鋳片厚みと鋳造速度の関係

高速鋳造では、内部割れに対する考慮が必要である。炭素含有量が多くなる程、硫黄分が多くなる程、割れが発生し易い。

錫鋼の場合は特殊鋼なので鋳造速度は普通鋼の約80%とする必要があり、130mm角で平均1.5 m/min が妥当と考える。