

(3) 高 炉

① 近代化に必要な改善案の検討

1-1 装入鉄鉱石中の Fe %

表 3-4-6 に現在の高炉配合計算表を示すが、装入鉄鉱石は脈石分が多く、平均 Fe % は 48.3% と低く、反面、鉄滓比は 730kg/t と非常に高い。1990 年には前述した如く、精鉄粉使用割合を現在の 45% より 67% 迄引き上げる事が出来れば、平均 Fe % は 52% と向上する。鉄分 4% 増加に代り、SiO₂ 5%、Al₂O₃ 1% 低下すれば、鉄滓比は約 180kg/t 低下する。

これは、コークス比の節減 45kg/t、生産性 6.4% の向上が期待できる。

1-2 高炉操業管理強化

安定した炉況を維持し、目標の品質を保ち、燃料比を節減しつつ計画された銑鉄を生産する事が、高炉操業の目的である。その目的を達成する為には適切な原料の供給、優れた操業管理技術、円滑な出銑炉作業が極めて重要である。

栗蕪鉄鋼廠では、豊富な操業経験と優れた操業管理技術で十分とは云えない原料条件、設備を補って、比較的安定した生産を行っていることは敬服に値する。前述したような原料中 Fe % を上げ、整粒された原料を使用することに加え、高炉操業に有効な計器やセンサーを充実させることは、大巾な操業成績の向上が期待できる。

(i) 計器及びセンサーの増強

比較的小額の投資で効果的な計器及びセンサーの設置は、高炉がブラックボックスであり、容易に内部を観察することが不可能な故にぜひ必要である。表 3-4-7 に主な計器及びセンサーの名称、数量、目的等を示す。図 3-4-24 にその概略の取付位置を示す。

(ii) 炉況管理

サウンジング計（出入降下計）、送風圧力計、シャフト圧力計、炉頂ガス成計、炉体温度計等の推移により、荷下り状況、圧力変動、炉体温度分布等を把握し、炉況の管理を行なう。長期的な炉況管理にはシャフト各段の圧力推移の管理がその予測に有効である。

表3-4-6 高炉配合計算表(1985年10月又は11月の実績)

*: ○:例

銘	柄	原単位 kg/t	Fe (%) kg/t	SiO ₂ (%) kg/t	Al ₂ O ₃ (%) kg/t	CaO (%) kg/t	MgO (%) kg/t	Mn (%) kg/t	P (%) kg/t	S (%) kg/t	TiO ₂ (%) kg/t	Na (%) kg/t	K (%) kg/t	Zn (%) kg/t
焼	結 鉍 ④	1200kg/t	47.5% 57.0kg/t											
焼	結 鉍 ⑤	1,912kg/t	48.62% 92.9kg/t	11.00% 210kg/t	3.98% 75.9kg/t	14.92% 285kg/t	2.61% 49.9kg/t	0.611% 11.7kg/t	0.057% 1.09kg/t	0.058% 1.11kg/t				
塊	鉍 石 ③	-	44.96%	14.86%	2.63%	5.04%	0.78%	0.79%	0.048%	0.021%				
塊	鉍 石 ⑥	-	47.00kg/t	16.00kg/t	28.0kg/t	5.50kg/t	0.82kg/t	0.83kg/t	0.05kg/t	0.02kg/t				
塊	鉍 石 ⑦	-												
雑	原 料	-												
転	炉 存	-												
石	灰 石	287kg/t		3.7%		4.90%	1.48%							
Mn	鉍 石	-		0.1kg/t		1.4kg/t	0.04kg/t							
珪	石	-		7.00%	0.45%	0.60%	0.15%			1.0%				
コ	ク ス ⑧	598kg/t	0.91%	4.18kg/t	2.7kg/t	3.6kg/t	0.9kg/t							
コ	ク ス ⑨	-	5.4kg/t											
合	計	2,618kg/t	98.14kg/t	267.7kg/t	81.5kg/t	295.3kg/t	51.6kg/t	12.53kg/t	1.14kg/t	7.11kg/t				

鉍 産 比 = $\frac{267.7 + 81.5 + 295.3 + 51.6}{0.95} = 730 \text{ kg/t}$

表 3-4-7 高炉計器及びセンサー

名 称	数 量	内 容 及 び 目 的
1) 炉頂ガス連続分析計 (ガスクロマトグラフィ)	1 基	炉頂ガス成分 (N ₂ , CO ₂ , CO, N ₂) を連続自動測定する。 炉熱、炉況管理
2) ベル下ゾンデ	2 基	装入線上に径方向のゾンデを挿入し、ガス温度及び装入物形状を測定する。 ガス流分布、装入物分布
3) 炉口温度計	1 段 × 8	装入線 5 m 下に設置する。 ガス流分布管理。特に周辺流傾向及び円周方向の偏析の把握。
4) シェフト温度計	5 段 × 4	ガス流分布。壁付状況。レンガ摩耗状況の管理。長期炉況予測。
5) シェフト圧力計	6 段 × 2	たて方向の炉内圧力分布の測定により棚吊部分の予測及び炉況予測
6) 炉盛側板温度計	1 段 × 8	御板レンガの摩耗 炉盛レンガの摩耗 " } 寿命予測
炉盛上段 "	1 段 × 2	
炉盛下段 "	1 段 × 2	

炉頂ガス連続分析計（ベンチュリー後の清浄ガス）

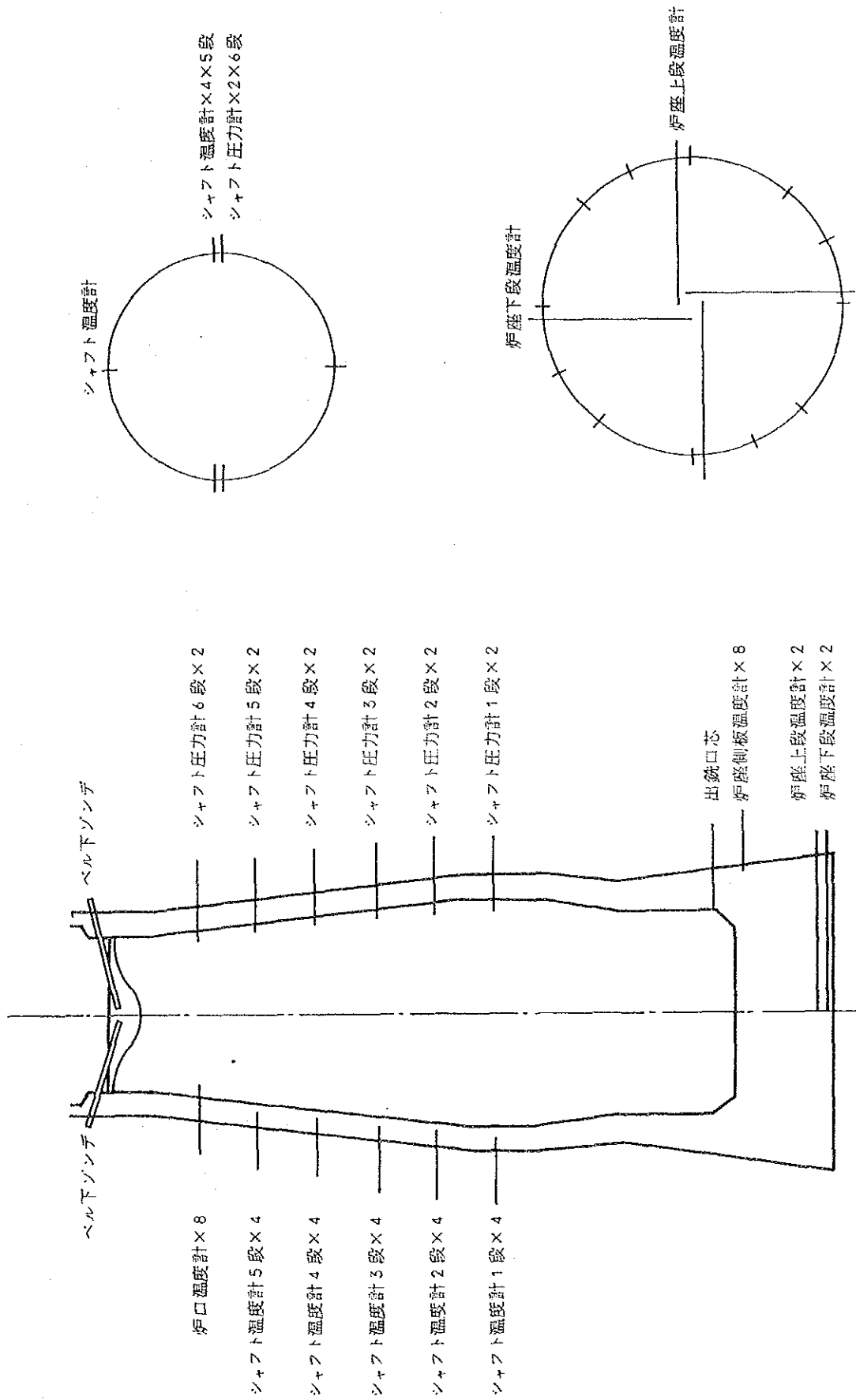


図 3-4-2 4 [炉 体 計 装 機 器]

(iii) 炉熱管理

炉頂ガス成分、装入物降下速度、溶銑成分、溶銑温度等を把握し、炉熱の動向を予測する。その為には迅速な溶銑成分分析及び毎出銑に於ける各鍋毎の溶銑温度の測定が重要であり、溶銑分析用の機器分析計、及び正確に測定出来る浸堰式溶銑温度測定装置の設置が必要である。

(iv) ガス流分布及び装入物分布

ガス流分布及び装入物分布の管理は、円滑な且つ効率的な作業を行なう上で有効である。図3-4-25にベル下ゾンデの取付状況を示すが、装入線上に於ける装入物形状の測定及び径方向の温度分布を測定する。このゾンデから得られたデータ及びシャフト温度計、炉況温度計よりのデータに基づいて、高炉のガス流分布及び装入物分布の管理を行なう。

萊蕪鉄鋼廠での装入方式は鉄、鉄、炭、炭↓又は炭、鉄、炭、鉄↓を採用している。この異なる装入方式により炉内を径方向でみた場合のガス流れは違ひである。ガス流れは装入線レベルによっても異なるが、例えば、我々の経験では鉄、鉄、炭、炭↓は、炭、炭、鉄、鉄↓よりもガスは中心に流れ易くなる。それは鉄、鉄、炭、炭↓の方が、中心に鉄

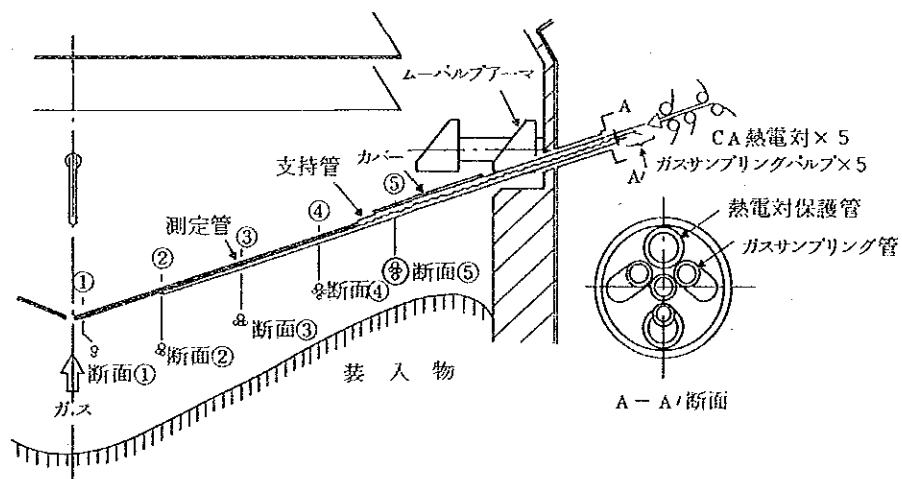


図3-4-25 ベル下ゾンデ

石に入る割合が少なくなり径方向でみたO/Cは図3-4-26に示すように周辺が大となる為である。又図3-4-27に示すように、装入線レベルの上下によってもガス流は変化する。同一装入方式であれば、装入線レベルを上げM型分布にした場合よりも、装入線レベルを下げV型分布にした方が中心により多くの大塊が集まる為、ガス流は中心流指向となる。高炉の形状、大きさによって、或は装入方法、原料粒度によって一様には云えないが、その高炉、原料、出入方法に合った適切なガス流分布、装入物分布がある筈である。適切な装入物分布、ガス流分布を見出し、常に良好な状態を維持する為に、ベル下ゾンデによる装入物形状の把握、径方向の炉口ガス温度分布の把握及び炉口温度、シャフト温度の推移をつかみ、適正形状、適正温度パターンを管理する。適正な装入物分布、ガス流分布の管理はガス利用率を高め、且つ、安定した炉況維持に有効である。

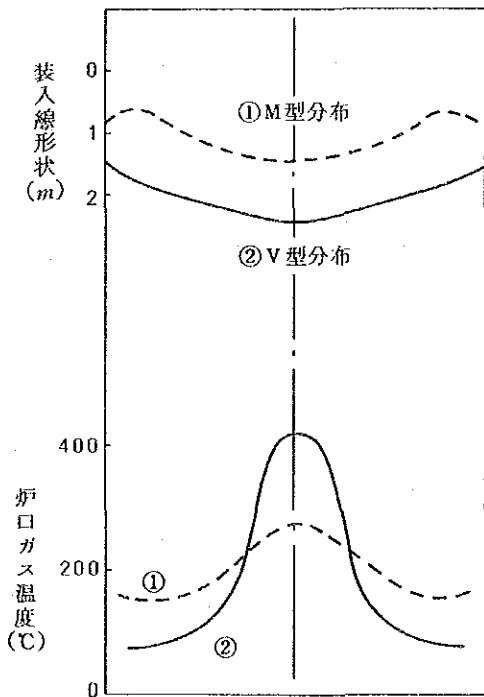


図3-4-26 鉄石/コークスと炉口ガス温度分布

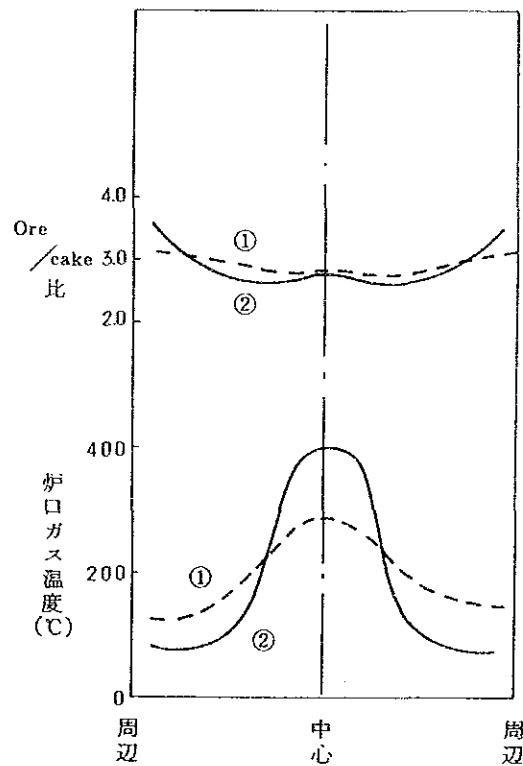


図3-4-27 装入線形状と炉口ガス温度分布

(V) 原料の粒度、成分管理

焼結鉄、塊鉄の粒度測定は定期的に行なわれているが、高炉に装入するコークスの粒度も測定をし、管理することが必要である。前述したように、現在の焼結鉄、塊鉄の粒度は適正とは云えない。目標値としては焼結鉄 5～50 mm、塊鉄 10～25 mm、コークス 75～25 mm で管理すべきであろう。

又装入原料の成分中 TiO_2 、Na、K、Zn 量が分析されていないが、これ等の装入量は把握した方がよい。

TiO_2 は溶鉄滓の粘性を大きくする性質があるので装入量としては 8 kg/t 以下に押えることが望ましい。Na、K、Zn はレンガの損傷を促進させると共に壁付を成長させ、炉況不調の成因となるものであり、合計装入量は 3 kg/t 以下に押え、特に Zn は 0.2 kg/t 以下に押えることが望ましい。

1-3 高圧操業

高圧操業の目的は次の2点にある。第1点は高圧化により増風の限界を増加させ、高生産性を得ること、第2点は高圧化によりガス密度が上り、熱交換及び還元反応が促進され燃料比の低下が期待できることである。高圧操業の効果は炉頂圧 1.0 kg/ton に於いては、日本では図3-4-28に示すように、炉頂圧 0.1 kg/t 当り生産率の上昇は 1～2% という実例がある。一方、図3-4-29に示すように、実験に基づいた理論的な解析では炉頂圧力 2 kg/cm² 迄は 0.1 kg/cm² 当り生産率 2.0% の上昇、風量一定では燃料比の低下は 2 kg/t であるという報告もあるが、最近の実操業例では燃料比への影響は殆んどないと守られている。

萊蕪鉄鋼廠の場合、原料条件、操業条件が日本と異なり、一様を比較は難しいが、炉頂圧力 0.1 kg/cm² 上げることにより、控目にみても生産率上昇 1.5% 程度の効果は期待できそうである。

従って、操業度を現在の 1.2 t/日/m² より、1.8 t/日/m² に上げる為には、炉頂圧力の増加は不可欠で、小型高炉である事を考えても、最大 1.0 kg/cm² を目指すべきであろう。

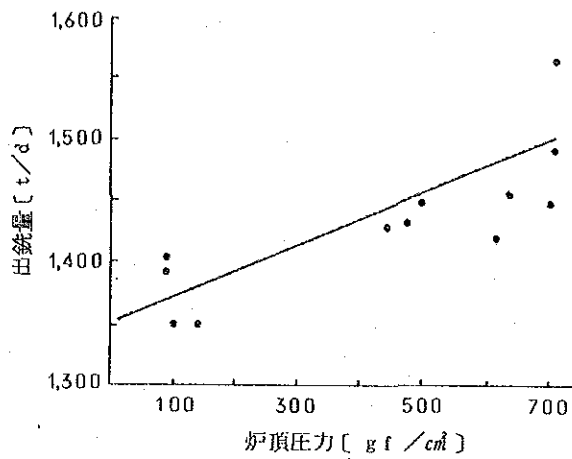


図 3-4-28 炉頂圧力と出鉄量の関係

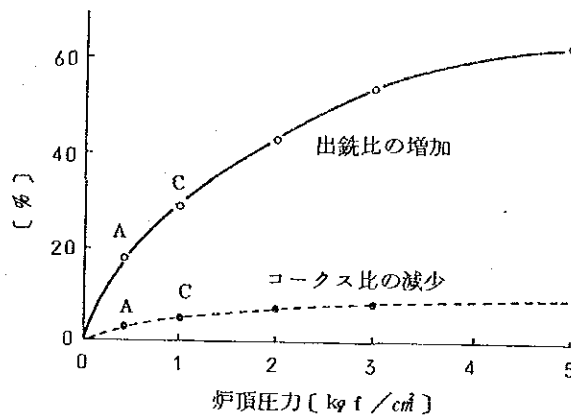


図 3-4-29 炉頂圧力と出鉄比、コークスの関係
(理論解析結果より)

1-4 送風温度の上昇

送風温度を上げるとは熱的なコークスの節約だけでなく、コークスの節約によりそれから来る灰分が減少し、これを滓化する為の石灰石投入量も減らすことができる。更にコークス節約に相当する出鉄量も増大する。

前述したように、現在の萊蕪鉄鋼廠の熱風炉の燃料は高炉ガス単独燃焼であるが、高炉ガスの熱量は高くとも 900 Kcal/Nm^3 程度であり、この場合の可能送風温度は 950°C が最大であろう。更に $100\sim 150^\circ\text{C}$ 上げて、最大送風温度 $1,050\sim 1,100^\circ\text{C}$ を得る為にはコークス炉ガスを添加して、燃焼ガスカロリーを $1,000 \text{ Kcal/Nm}^3$ 程度に上げる必要がある。

近代化後は、高炉燃料比の低減を目指すことにより高炉ガスカロリーは

現在より低下し 800 Kcal/Nm^3 程度になるので、コークス炉ガスを添加しない場合、現在より更に送風温度が低下する事になり、近代化目標の達成にも支障を来す恐れがある。従って、コークス炉ガス添加は、ぜひ必要な改善項目であろう。

日本では送風温度 $900 \sim 1,100^\circ$ の間では 100°C 送風温度を上げると、 15 kg/t の燃料比節減が得られている。

1-5 炉頂装入方式

炉頂圧力を 1.0 kg/cm^2 に上げて操作する場合、現在の2ベル方式は摩耗が激しく好ましい方式とは云えない。図3-4-30に示すような4ベル方式或は2ベル1バルブ方式、又はベルレス方式かのいずれかの採用が必要と思われるが、次の理由で既に中国でも石景山等で採用されているベルレス方式を推奨する。

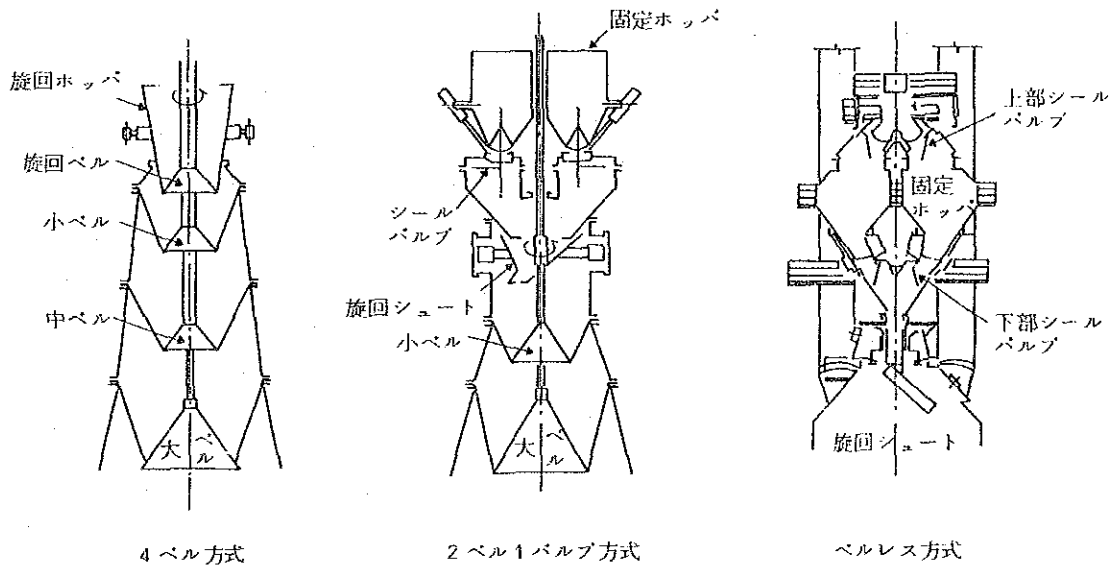


図 3-4-30 高圧操業に適した炉頂装入方式

- (i) 設備費が他の方式に比して約20%程度安い。
- (ii) クーラーで冷却された焼結鉱を使用すれば、炉頂ガス温度も $100 \sim 200^\circ \text{C}$ と低くなるのでシュートの変形等の熱による損傷の心配はなく、設備保全も容易である。

(iii) 装入方式の自由度が大きく、前述したような装入物分布制御、ガス流分布制御が容易に可能となり、他の装入方式に比してより効果的な操業が期待できる。

但し、ベルレス操業の場合は鉍石とコークスを別々に装入して、前述のような径方向の Ore/Cake の制御、装入線形状の調整により、効果的なガス流分布制御が可能となる。鉍石とコークスを混合して装入した場合は、各々の通気性が異なるという特性を利用出来ないため、ガス流分布制御の効果は薄れてくる。

1-6 炉前作業の改善

高生産操業を目指すには、円滑な炉前作業が必要である事は云う迄もない。例えば、予定された時刻に出銑滓作業を行わなければ、炉内に溶銑滓が過度に溜り、それにより炉内通気性が阻害され炉況は悪化する。

新高炉として、炉頂圧 1.0 kg/cm^2 、送風圧 $2.0 \sim 2.5 \text{ kg/cm}^2$ 程度の高炉を想定した場合、炉内圧力は現状よりかなり高くなる。そのような条件下で各出銑滓用設備が支障なく稼動し、円滑な出銑滓作業が維持出来るよう考えねばならない。

(i) 開孔機

現在の開孔機は電動式であるが、これには回転機構のみで打撃機構がついていない。出銑孔の状態により異なるが、回転機構のみでは出銑孔内部の赤熱部分になるとドリルの刃が摩耗し、開孔不能になる場合が時々発生する。その場合、打撃機構を有していると開孔が可能となる。打撃機構はエアーマーター方式でないと設置が難しいので、エアーマーター駆動方式のオブナーに改善すべきであろう。

(ii) 酸素パイプ開孔

打撃機構を備えた開孔機でも、出銑孔状態が悪い場合は出銑孔内側の耐火物に亀裂が入り、正規の溶銑流路以外から少量の湯が漏れて、容易に開孔出来ないことがある。現在、開孔機による開孔が難しい場合は、空気パイプで吹かして開孔しているが、作業に長時間を要している。

空気の代わりに酸素を使用して開孔すると比較的短時間で開孔可能となる。圧力 20 kg/cm^2 以上の酸素配管を行ない（工場酸素又は高圧酸素ボ

ンベにより供給)、酸素開孔が可能となるようにすべきである。

(iii) 出銑口閉塞材及び樋材の改善

炉内圧力の増大及び生産向上による時間当りの出銑量増加、更に後述するように溶銑滓は全て出銑口より取り出し処理する事等に備えて耐用性のある出銑口閉塞材及び樋材の改善が必要である。

日本の高压高炉で使用されている耐火物の組成及び材質を表3-4-8に示す。これを参考にして、萊蕪鉄鋼廠で手入可能な耐火物材について検討を行ない、使用試験を行ない、適正材料を開発すべきである。

表 3 - 4 - 8 出銑口閉塞材及び樋材

		出銑口閉塞材	樋材
化学成分	Al ₂ O ₃ %	9	12
	SiO ₂ %	28	38
	SiC %	20	32
	C %	22	3
	1g loss. 他	21	15
物性値	気孔率 %	33.1	34.4
	嵩比重	1.58	1.62
	圧縮強度 kg/cm ² (at 1,000°C)	83	50
使用原料	コークス	19.2	
	炭化珪素	18.3	
	ロース	22.1	
	粘土	24.0	
	タール	16.4	

(iv) 傾注樋

溶銑滓を分離した後の溶銑樋は、樋材の節減及び炉前作業の軽減を図る為に出来るだけ短い方がよい。又溶銑鍋に切替える方式も、ダンパー型よりも傾注樋方式の方が溶銑を地上に落下させると云う故障防止に有効である。従って新高炉は傾注樋方式の採用が望ましい。例として、2,800 m³の高炉に採用した傾注樋を図3-4-31に示すが、設置する為には傾注樋手前の溶銑樋底部天端と、溶銑鍋天端との間隔が2,000 mm程度は必要である。

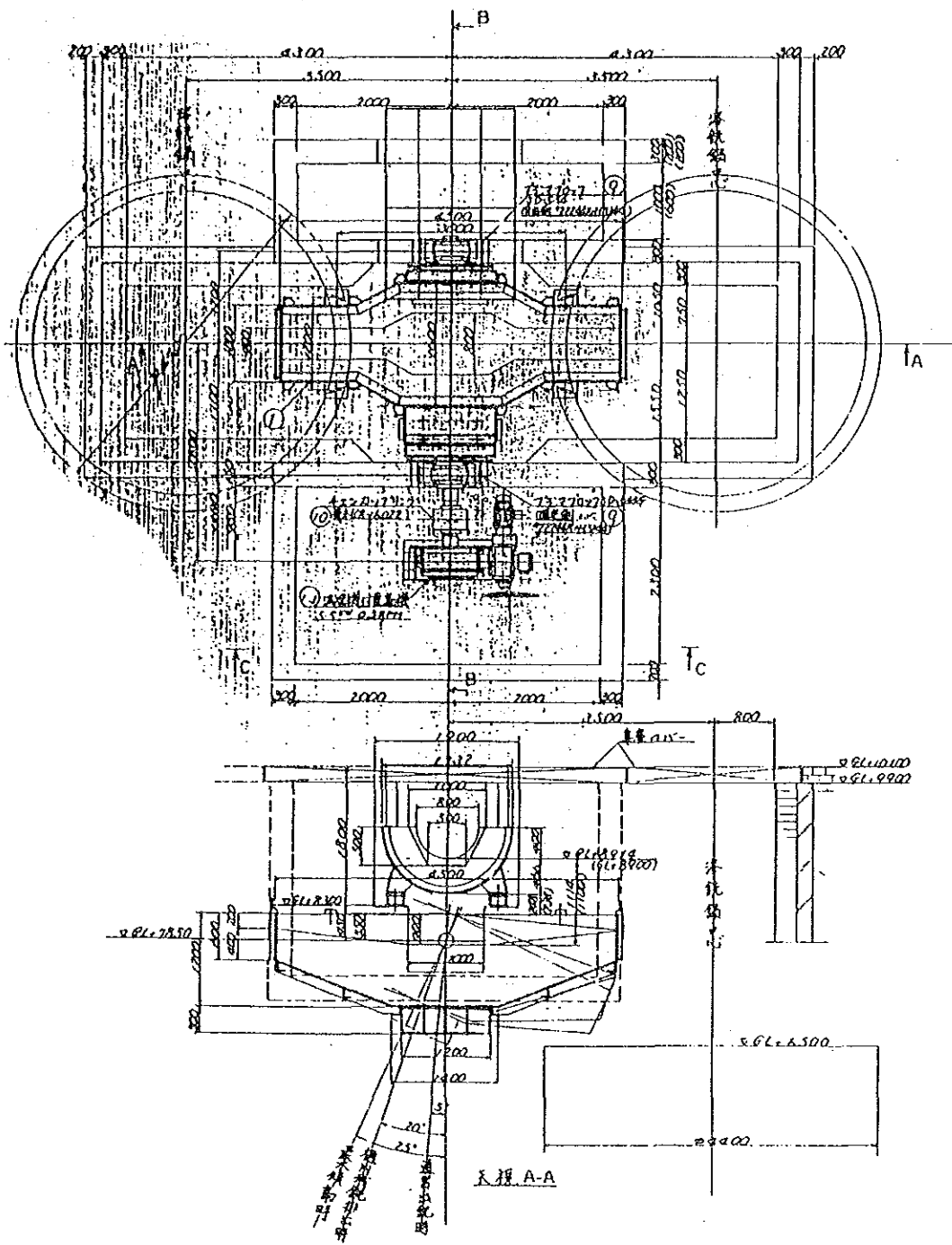


図 3-4-31 傾注樋

(v) 滓羽口よりの出滓中止

滓羽口の破損は現在年間50～60回発生しており、生産率低下の一因ともなっている。近代化後の高圧高炉を考えると破損頻度は更に増し、且つ破損した場合には、炉内溶物が噴出し、その片付等の為に長時間休風を招き、炉冷に至る等の大きな被害を受ける可能性もある。従って、最善の方法は滓羽口を開孔しないことである。何時でも開孔が可能な状態に整備をして置き、火入れ操業時及び炉況不調時を除いては、滓羽口からの出滓は中止する。溶銑滓を全て出銑口より取り出す事は、物理的にも問題なく、むしろその方が円滑な出銑滓作業が可能となる。概略試算であるが、控目にみて出銑口よりの出銑滓速度が現状と同様で、且つ、現在は溶滓の約30%が出銑口より取り出されているという想定で試算する。表3-4-9に示すように出銑滓時間は現在の25分/回より大巾に延びるが、65分/回となり充分対応可能である。

但し、滓羽口を開孔しない場合の操業は出銑閉より次回出銑開始迄の間隔が長いと、炉内に溶銑滓を溜めすぎ、通気性が悪化し、炉況不調になるおそれがある。従って出銑回数は、当初12回/日に増し、炉況をみて問題をければ段階的に減らすという、方法が好ましい。

表3-4-9 全量出銑口より出銑滓する場合の推定出銑滓時間

	現 在	近代化後	備 考
出 銑 量 t/日	800	1,350	
出 滓 量 t/日	544	675	680 → 500kg/t
出銑滓回数 回/日	9	9	
出銑滓時間 分/回	25	64	50.9/0.8 = 64
出銑口よりの t/回 出 銑 滓 量	溶銑 8.9 溶滓 18) 107	150 75) 225	現在滓量は出銑口より30%排出 近代化後は100%排出
出銑口よりの m ³ /回 出 銑 滓 嵩 量	13.1 6.9) 20.0	22.1 28.8) 50.9	溶銑比重 6.8 t/m ³ 溶滓 " 2.6 t/m ³
出銑滓速度 m ³ /分	0.8	0.8	20.0/25

(V) 羽口破損防止

羽口破損回数は年間50～60回とかなりの頻度で発生しており、それによる生産率の減少及び炉内に水が浸入することによる炉冷発生等、操業成績の低下を招いている。

破損の原因は亀裂、腐蝕、摩耗等考えられるが、最も多い原因は未還元溶融物或は溶銑の接触によって、その羽口内側部分の冷却水が膜沸騰を起し、冷却効果が著るしく低下し破損に至るといふバーンアウト現象による溶損である。

表3-4-10には羽口先端に温度計をつけて実測した羽口受ける熱流速であるが最適170万Kcal/m²hの値を示している。又ある報告では、羽口の受ける最高熱流速は600万Kcal/m²hであったという報告もある。

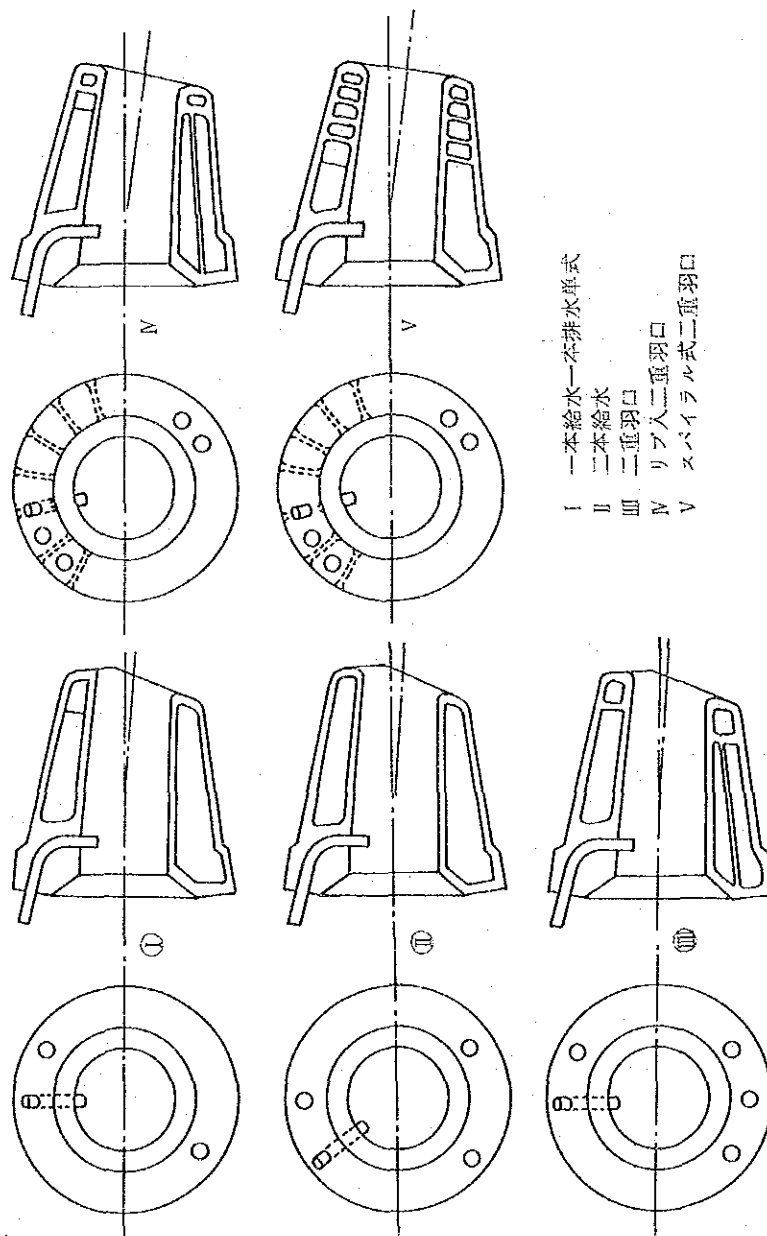
表3-4-10 使用中の羽口温度と熱流束

	羽口名称	位置	温度(℃)	熱流束 (Kcal/m ² h)
平均値	送風羽口	先端上部	180~220	約81×10 ⁴
		先端中部	110~150	約57×10 ⁴
		先端下部	90~110	約42×10 ⁴
		内筒	80~110	—
		外筒	水温+(10~30)	—
		値	欽滓羽口	先端上部
先端中部	177±12			—
先端下部	173±13			—
内筒上部	90±8			—
内筒下部	129±18			—
瞬間値	送風羽口	先端上部	—	170×10 ⁴
		先端上部	—	157×10 ⁴
		先端上部	—	148×10 ⁴

溶銑が接触してもバーンアウト現象が起らないようにするには、水量、水圧を増し、流速を増大させて、冷却水の蒸気化を防ぐこと及び気包化した蒸気を流水で押し流すことで、膜沸騰を抑制する。

図3-4-32に日本の大型高圧高炉に於ける羽口の使用推移を示すが、現在主に使用されているのはⅣ又はⅤの型である。それ等の変形で水量の節減をねらったⅣ又はⅤと内部構造は変わらず、胴体部の排水を先端に給するという型式の羽口もよく使用されている。節水型羽口では水量は20 t/h～30 t/h/個、先端部の流速で10 m/sec～15 m/secが多い。

萊蕪鉄鋼廠で使用する場合は、小型高炉でもあるので水量15 t/h～20 t/h、先端部流速は8～10 m/secで、Ⅳ型の節水型を推奨する。給水圧力は5～6 kg/cm²必要である。



- 一 一本給水
- 二 二本給水
- 三 二重羽口
- 四 リップ入二重羽口
- 五 スペース二重羽口

図3-4-32 各種羽口形状

② 原料バランス及び基本諸元の設定

1-1 改善による燃料比、操業度の目標

前章で近代化に必要な改善について検討したが、それ等を全て実施することにより、表3-4-11に示すような燃料比、操業度が可能となる。即ち、表3-4-12に示す如く燃料比は現在の600kg/tより532kg/t、操業度は1.28t/日/m³より1.80t/日/m³となる操業が期待でき、この数値を目標として種々の基本諸元を設定する。

1-2 基本諸元の設定

表3-4-13に溶銑生産バランス表、表3-4-14に高炉原料バランス表、表3-4-15に高炉操業基本諸元表を示すが、基本諸元設定に際しての考え方を以下に述べる。

(i) 出 銑 量

750m³の高炉2基を設置、操業度1.8t/日/m³を目標とすると、1日の出銑量は $750 \times 1.8 \times 2 = 2,700$ t/日、年間稼働日数350日とすれば第2製銑工場の年間出銑量は945,000トンである。なお設計上の最大操業度は2.0t/日/m³とする。

(ii) 鉍石使用量

装入鉍石の平均Feは52%、銑鉄1トン当りに必要な鉄分量は960kgであるから、 $960 / 0.52 = 1,846$ kg/tが銑鉄1トンの生産に必要な鉍石量となる。年間の所要鉄鉍石量は $945,000 \times 1,846 \div 1,000 = 2,114,000$ トンとなり、焼結鉍割合90%とすれば、必要焼結鉍は1,570,000t/年である。

(iii) 燃 料 比

目標燃料比は前項の検討により532kg/tと設定したが、コークス供給量は年間最大量520,000トンであり、そのうち第2製銑工場で使用できる最大量は416,000t/年であり、コークス比では440kg/tとなる。従って、532kg/tの燃料比の内訳はコークス比440kg/t + 微粉炭比92kg/tとなる。但し、微粉炭はコークス比換算値で92kg/tであり、微粉炭の置換率は0.8であるので、実際の吹込量は $92 / 0.8 = 115$ kg/tとなる。従って生燃料比は、 $440 + 115 = 555$ kg/tとなる。

表3-4-1-1 改善による燃料比の節減：操業度の増加

項目	現在	改善後	差	節減燃料比	増加生産率	備考
1) 燃料比	・ 高圧比低減	680kg/t	-180kg/t	-45kg/t	-	$180 \times \frac{25}{100} = 45 \text{ kg}$
	・ 送風温度増加	900°C	+150°C	-23kg/t	-	$150 \times \frac{15}{100} = 23$
	計			-68kg/t		
2) 操業度	・ 燃料比低減	600kg/t	-68kg/t	-	11%	$\frac{68}{600} \times 100 = 11\%$
	・ 装入物整粒強化	sr+50mm 2.68%	0%	-2.68	10%	通気性向上により増風可
		5mm 1.67	5%	-1.17		
	・ 炉頂圧力増加	塊10~50mm 0.2kg/t	10~25mm 1.0kg/t	+0.8	12%	$\frac{0.8}{6.7} \times 1.5 = 12\%$
	・ 操業管理強化及び故障率の低減による効果			-	8%	
	計				41%	

表3-4-1-2 目標燃料比及び操業度

項目	現在	1990年	備考
燃料比 kg/t	600	532	$600 - 68 = 532$
操業度 t/日/m ²	1.28	1.80	$1.28 \times 1.41 = 1.80$

但し、燃料比はボックス比換算とする。

表 3-4-1-3 浴銑生産バランス表

内 容	第 1 製 銑	第 2 製 銑		合計又は平均	備 考
		№ 1 B F	№ 2 B F		
内 容 積 m^3	100 m^3 ×4基	750 m^3	750 m^3	1,900 m^3	№1 B F 1989年 620→750 m^3 改修 №2 B F 1988年 750 m^3 新設
操業度 t/日/ m^3	1.43	1.80	1.80	1.72	
出 銑 量 t/日	570	1,350	1,350	3,270	第1製銑：銲物銑
稼働日数 日/年	350	350	350	350	稼働率 $\frac{350}{365} \times 100 = 95.8\%$
年間出銑量 t/年	200,000	472,500	472,500	1,145,000	第2製銑のみ945,000t/年
銲石比 kg/t	1,846	1,846	1,846	1,846	銲石Fe% 52%、所要Fe 960 kg/t
所要銲石量 t/日	1,056	2,492	2,492	6,040	960/0.52=1,846 $kg/t \cdot pin$
年間所要銲石量 t/年	370,000	872,000	872,000	2,114,000	
年間所要焼結量 t/年	—	785,000	785,000	1,570,000	第2製銑のsr%:90%
コースス比 kg/t	520	440	440	454	最大塊コースス量52,000t/年
微粉炭比 "	120(150)	92(115)	92(115)		平均コースス比 $\frac{52,000}{114,500} \times 1,000 = 454$
修正燃料比 "	640	532	532		* ; 微粉炭置換率0.80
** 生燃料比 "	(670)	(555)	(555)		** ; コースス比+生微粉炭比
年間コースス量 t/年	104,000	208,000	208,000	520,000	
年間微粉炭量 "	33,000	54,300	54,300	141,600	

表3-4-14 高炉原料バランス表

	改 造 後		現 状	備 考		
	No r	Max		改 造 後	現 状	
内容積 m^3	750	750	620			
操業度 $t/日/m^3$	1.80	2.00	1.30			
出鉄量 $t/日$	1,350	1,500	800			
焼結鉱 "	2,242	2,492	1,424	1,661kg/t (90%)	1,780kg/t (89%)	
塊 鉱 "	250	277	176	185 " (10%)	220 " (11%)	960/0.52=1,846
計 "	2,492	2,769	1,600	1,846 " (100%)	2,000 " (100%)	960/0.48=2,000
石灰石 "	7	6	3	5 kg/t	4 kg/t	
コークス "	594	660	480	440 "	600 "	
微粉炭 "	155	173	--	115 "	-- "	
燃料計 "	749	833	480	555 "	600 "	

表 3-4-15 高炉操業基本諸元表

内 容	改 造		現 状	備 考
	N o r	M a x		
容 積 m^3	750	750	620	
業 度 $t/日/m^3$	1.80	2.00	1.50	
出 産 量 $t/日$	1,350	1,500	800	
コ 比 kg/t	440	440	600	
微 粉 炭 "	92(115)	92(115)	-	
燃 料 比 "	532(555)	532(555)	600	
送 風 量 Nm^3/min	1,440	1,600	960	* ; 送風原単位 FR555kg/t ; V 1,540 Nm^3/t
送 風 圧 力 kg/cm^2	2.5	2.4	1.2	FR600kg/t ; V 1,720 Nm^3/t
送 風 温 度 $^{\circ}C$	1,050	1,050	900	
送 風 湿 分 g/Nm^3	大 気	大 気	大 気	
送風量/内容積 (V/V) $Nm^3/mm/m^3$	1.92	2.13	1.55	
炉 頂 圧 力 kg/cm^2	1.0	1.0	0.2	
炉 頂 ガ ス 温 度 $^{\circ}C$	200	200	350	
炉 頂 ガ ス 速 度 $m/sec.$	1.34	1.50	2.03	
** B ガ ス 流 量 Nm^3/min	1,760	1,960	1,170	** ; B ガ ス 原単位 FR555kg/t ; 804 kcal / Nm^3 800 kcal換算 1,890 $Nm^3/Tipig$
鉄 滓 比 kg/t	500	500	680	FR600kg/t ; 845 kcal / Nm^3 800 kcal換算 2,110 $Nm^3/Tipig$
塩 基 度	1.20	1.20	1.18	
鉄 中 S i %	0.70	0.70	0.80	
鉄 中 S %	0.035	0.035	0.035	
*** 炉 腹 部 ガ ス 速 度 $m/sec.$	1.03	1.15	1.18	*** ; ガ ス 量 = B ガ ス 量、温 度 1,200 $^{\circ}C$

(Ⅳ) 送風量、送風圧力

送風量原単位は現在の実績では煙道弁より一部の送風量が漏風しており、実績から推定するのは困難であり、日本に於ける小型高炉の実績より推定を行った。図3-4-33に燃料比と送風原単位の関係を示すが、送風原単位は燃料比600kg/tで1,720Nm³/t、燃料比555kg/tで1,540Nm³/tである。送風量は操業度1.80t/日/m³、燃料比555kg/tで1,440Nm³/min、最大操業度2.00では1,600Nm³/minとなるであろう。

炉頂圧力1.0kg/cm²として、圧損 $\Delta P = P_B - P_T$ は1.3~1.4kg/cm²程度であり、送風圧力は2.3~2.4kg/cm²となるであろう。

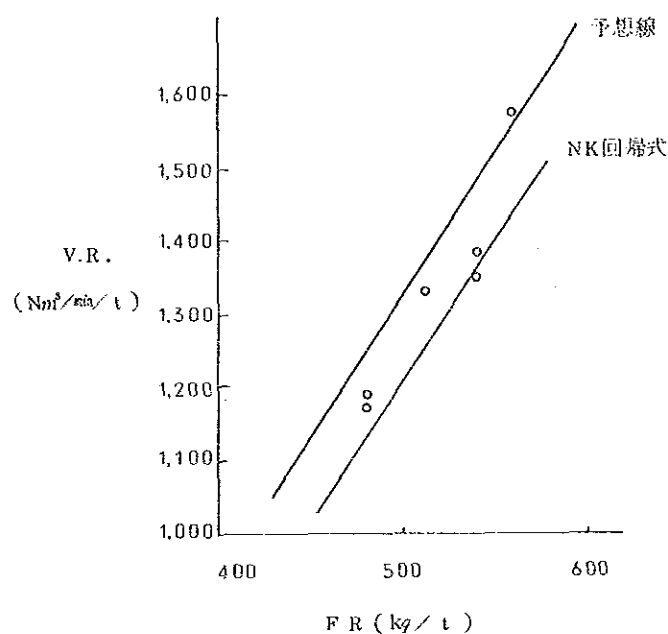


図3-4-33 燃料比と送風原単位の関係

(Ⅴ) ガス量、ガスカロリー

送風量と同様、日本に於ける小型高炉の実績より推定を行った。図3-4-34に燃料比とガスカロリーの関係及び図3-4-35に燃料比とガス発生量の関係を示すが、燃料比600kg/tでガスカロリー845Kcal/Nm³、800Kcal換算でガス発生原単位は2,110Nm³/t、燃料比555kg/tでガスカロリー804Kcal、800Kcal換算ではガス発生原単位は1,890Nm³/tとなる。これよりガス流量は操業度1.80t/日/m³では1,760Nm³/min、

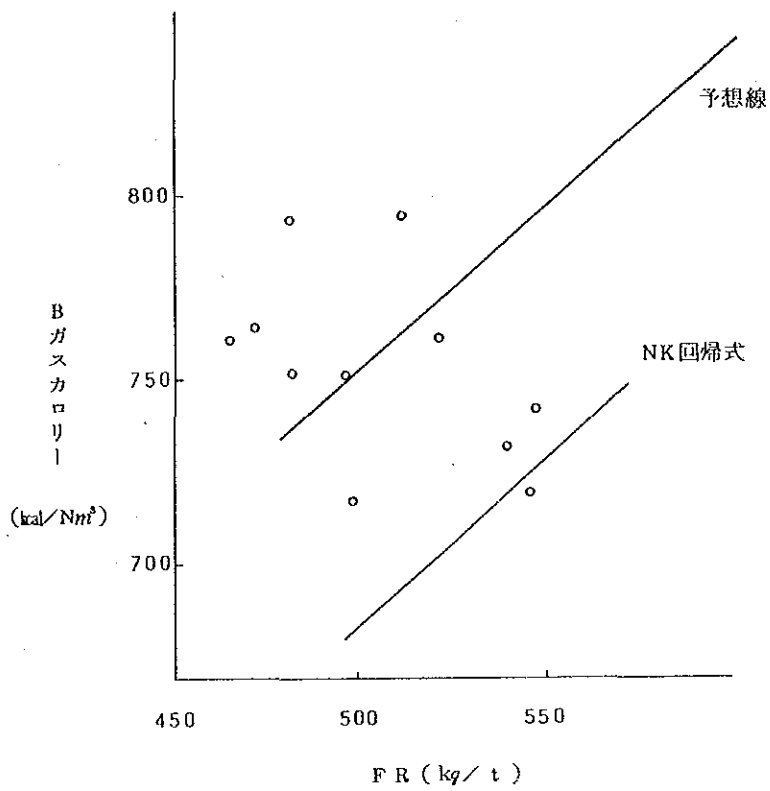


図 3-4-34 燃料比と高炉ガスカロリーの関係

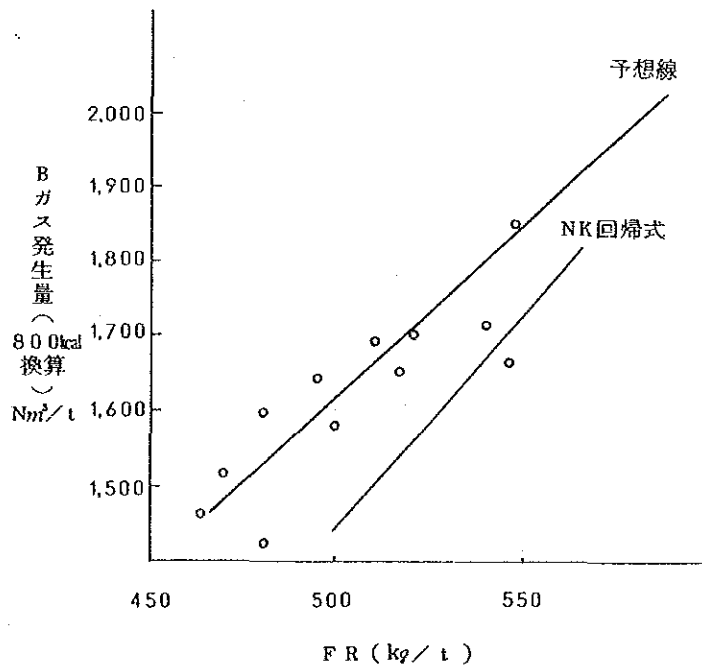


図 3-4-35 FRとBガス発生量の関係

最大操業度 2.00 t/日/m^3 では $1,960 \text{ Nm}^3/\text{min}$ となる。

(V) 炉内ガス流速

近代化後の送风量/内容積 (V/V) は $1.9 \sim 2.1$ とかなり高くなり、炉頂圧が低い、又は、原料整粒条件が悪いと炉内溢流現象が発生し、炉況不調となり易い。それに関する検証手段として空筒に於ける炉口ガス流速及び炉腹部ガス速度の比較を行った。表 3-4-14 に示すように炉頂圧力を 0.2 kg/t より 1.0 kg/t に上げることに伴い、 V/V が増大しているにもかかわらず、炉口ガス流速は 2.0 m/sec より $1.3 \sim 1.5 \text{ m/sec}$ に、炉腹 1.18 より $1.03 \sim 1.15 \text{ m/sec}$ といずれも現在より近代化後の炉内ガス流速は低下する事が予想され、且つ整粒強化を加味すれば、炉内溢流現象の問題はないと思われる。

尚、ガス流速の計算は後述する新 750 m^3 高炉のプロファイルにより計算した。

③ 改造及び新設設備概要

1-1 考 え 方

既設 620 m^3 の高炉を 750 m^3 に拡大改修すると共に、№2 高炉として 750 m^3 1 基を新設する。操業度 1.8 t/日/m^3 、銑鉄年産 $945,000$ トンを目指すべく、近代化を図る。

近代化にあたり、(i)安定した炉況で高生産性の維持、(ii)低燃料比操業、(iii)故障の低減及び炉体長寿命化、の3点に留意する。

1-2 既設高炉改修

原料巻上設備、熱風炉設備、鋳床設備は殆んどそのままとするが、高炉本体、炉頂装入装置、ガス清浄装置は更新する。又操業管理強化の為センサー、計測機器を増強する。最大操業度を 2.0 t/日/m^3 とする。

(i) 高 炉 本 体

① 高炉プロファイル

図 3-4-36 に既設高炉 (620 m^3) と改修後高炉のプロファイルの比較を示す。良好な操業成績を得る為に、改造後の高炉プロファイルは以下の点を考慮した。即ち、①炉頂圧 1.0 kg/cm^2 と高圧にすることにより銑石の還元性が良好となる。②焼結銑比率が 90% と高く還元性が

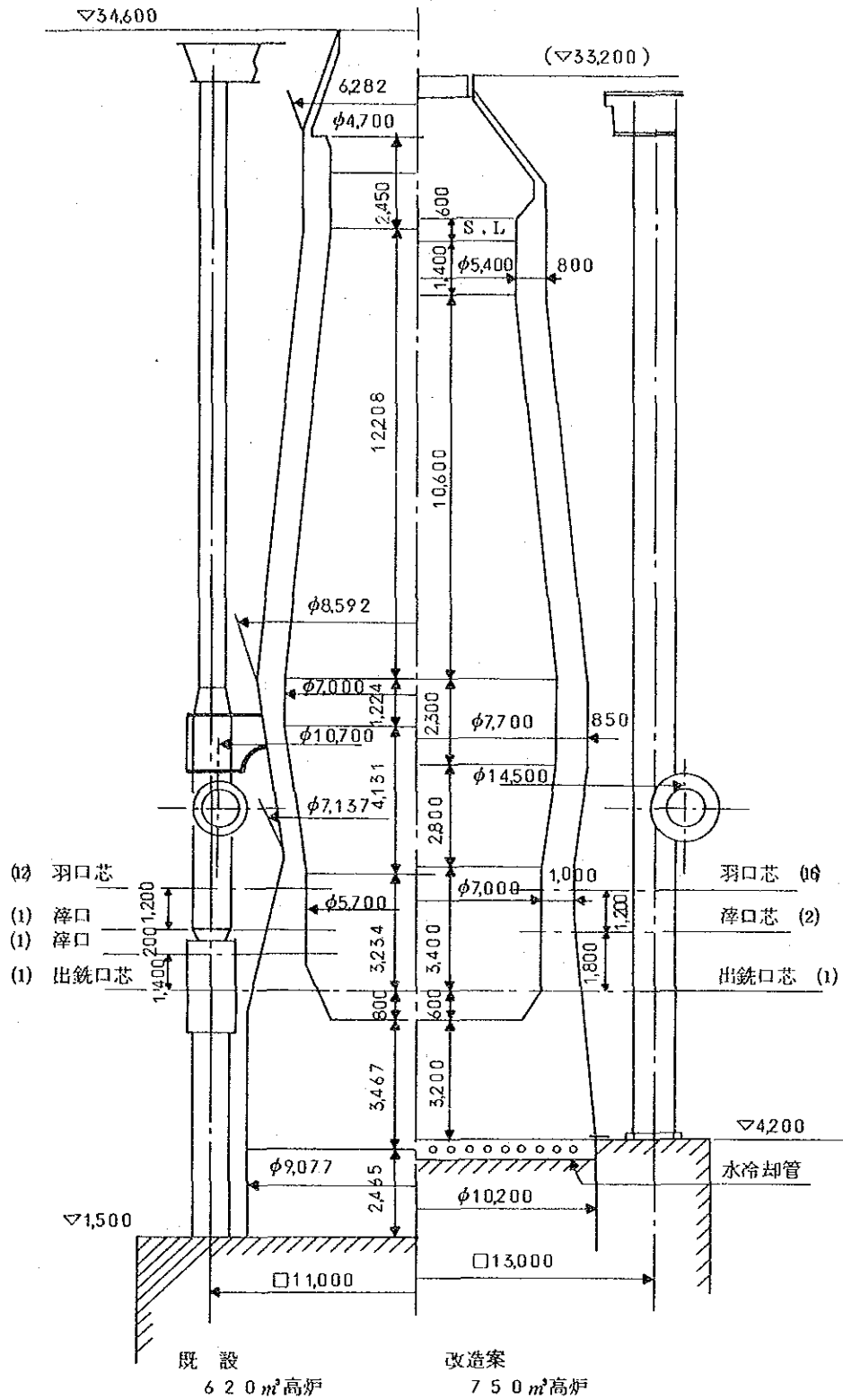


図 3-4-36 高炉プロフィール

良好である。③ 1.80 t/日/m^3 と高操業度を目標とする。④ 高滓比は現状よりかなり低くなるが、それでも 500 kg/t と高い方である。

⑤ 高圧操業の為、通常操業時に於ける滓羽口よりの出滓は極力控える。という操業基本条件を勘案し、次の特徴をもつプロフィールとした。

- ・高操業度、多量貯鉄滓に備えて、炉床径及び高さを充分とり、湯溜り容量を大きくした。
- ・高圧化及び高焼結鉄配合により良好な還元が期待できるので、シャフト高さは現状高炉よりも低くした。
- ・羽口数は既設高炉より多くし、16個とする。

因みに日本に於ける高炉プロフィールを図3-4-37及び表3-4-16に示す。

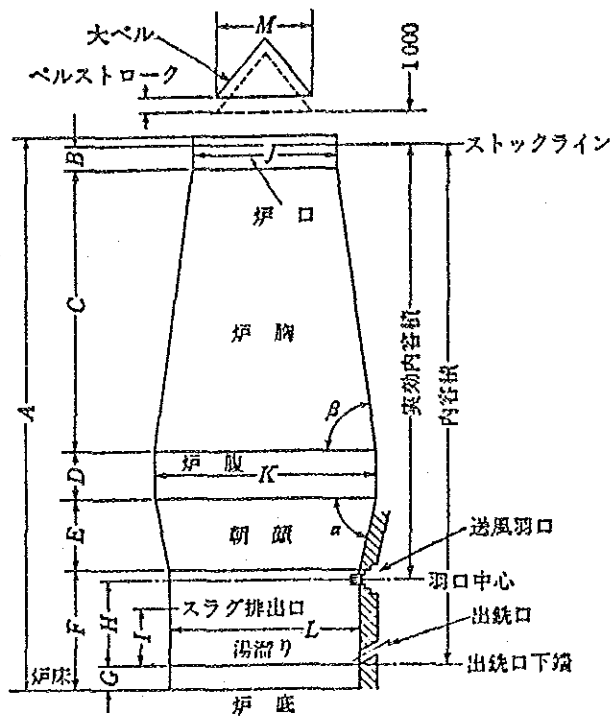


図3-4-37 高炉プロフィール各部名称

表 3-4-1 6(A) 現存高炉の内形寸法 (昭和 5 3 年 2 月)

会社名	炉名	次数	内容積	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	α	β	
新日本製鉄	洞岡	4	1,540	28,600	1,500	16,000	2,700	3,100	5,300	1,500	3,400	2,200	6,800	9,700	8,800	5,000	81°44'	84°49'	
	戸畑	3	4,140	33,730	2,445	17,130	3,000	4,000	8,100	2,500	5,000	—	9,600	14,800	13,400	7,400	80°07'38"	81°36'95"	
	室蘭	4	3,799	31,530	1,000	16,400	2,500	3,400	3,400	8,200	2,500	5,000	—	10,000	14,400	7,800	79°47'46"	80°22'26"	
		1	1,245	26,815	1,400	14,700	2,900	2,900	2,900	4,500	1,000	2,900	1,600	6,550	8,800	8,000	(PW)	82°08'48"	85°37'25"
		2	1,249	26,100	1,400	14,700	2,864	2,864	2,913	3,523	1,032	2,900	1,600	6,550	8,800	8,000	4,600	82°08'48"	85°37'27"
	釜石	3	1,249	27,229	1,400	15,415	2,239	2,239	3,120	4,023	500	2,900	1,600	6,550	8,800	8,000	8,600	82°38'55"	85°49'19"
		4	2,290	29,160	1,540	16,260	2,200	2,200	3,300	5,800	1,500	3,700	2,400	8,000	11,700	10,700	6,000	81°30'	83°30'32"
		5	1,150	26,678	1,540	14,600	2,600	2,800	2,800	5,138	1,138	3,500	2,400	6,300	8,480	8,000	(PW)	85°04'59"	85°43'06"
	広畑	2	1,730	27,850	1,800	15,090	1,910	3,400	3,400	5,650	1,150	3,300	1,974	7,200	10,390	9,350	5,300	81°18'16"	83°57'58"
		1	1,407	28,055	2,050	12,200	5,700	3,400	3,400	4,705	1,201	3,204	2,004	6,450	9,090	8,500	4,650	85°02'	85°49'
		3	1,691	28,215	450	16,000	2,700	3,000	3,000	6,015	1,770	3,244	2,044	7,100	10,100	9,200	(PW)	80°53'06"	84°48'45"
	名古屋	4	2,950	32,600	2,500	17,200	2,900	3,500	3,500	7,100	2,300	4,000	—	8,700	12,700	11,500	6,700	80°16'	85°22'
		2	2,518	30,500	1,800	17,200	2,600	3,400	3,400	5,100	1,000	3,600	2,200	8,200	12,000	11,000	6,300	81°21'57"	85°13'13"
		2	2,520	30,855	1,800	17,600	2,600	3,400	3,400	5,455	1,000	3,600	2,200	8,200	12,000	11,000	6,300	81°22'	85°18'
	堺	3	3,240	31,402	1,500	16,778	2,800	3,300	3,300	6,800	2,000	4,200	2,700	8,700	13,600	12,500	6,700	80°32'15"	82°12'15"
		1	2,800	29,080	1,700	17,200	2,700	3,600	3,600	6,000	1,549	3,850	—	8,500	12,500	11,500	6,300	82°05'	85°22'
		2	2,797	30,100	1,990	15,900	2,700	3,600	3,600	5,900	1,400	3,850	—	8,300	12,600	11,600	6,100	82°06'	85°44'
	大分	2	2,884	31,200	1,000	18,300	2,400	3,300	3,300	5,700	1,300	3,770	2,444	8,400	12,750	11,600	6,100	80°07'	85°22'
		3	4,063	35,550	2,000	18,100	3,100	4,000	4,000	6,710	1,800	4,270	2,554	9,500	14,600	13,400	7,300	81°28'	81°58'
		4	4,930	38,000	4,500	18,000	3,500	4,500	4,500	7,700	2,550	4,500	—	10,500	15,300	14,000	8,300	81°40'41"	82°40'54"
水江	1	4,158	32,950	2,750	17,600	1,900	3,500	3,500	7,187	1,987	4,500	3,000	10,200	15,000	14,000	8,000	81°52'	82°14'	
	2	5,070	36,500	2,600	18,400	2,500	3,800	3,800	9,200	3,000	5,500	—	10,500	16,000	14,800	8,000	81°52'	82°20'	
	3	1,830	28,000	1,000	16,000	2,500	3,500	3,500	5,000	1,000	3,450	2,150	7,000	10,600	9,500	5,000	81°04'	85°25'	
福山	1	2,323	31,200	3,200	16,300	2,800	3,700	3,700	5,200	1,100	3,600	2,300	8,000	11,600	10,500	5,800	81°30'	85°49'	
	2	2,828	30,250	1,500	16,800	2,800	3,700	3,700	6,450	1,150	3,800	2,400	8,600	12,700	11,500	6,500	80°47'	85°02'	
	3	3,223	30,500	2,550	15,750	3,000	3,500	3,500	5,700	1,500	3,700	2,300	9,300	13,600	12,400	7,000	80°16'	81°36'	
钢管	4	4,288	31,500	2,100	16,500	2,500	4,300	4,300	6,100	1,500	4,100	2,700	10,500	15,400	14,000	8,200	80°45'	81°33'	
	5	4,617	32,000	2,000	17,000	2,500	4,300	4,300	6,200	1,500	4,200	2,800	10,700	15,900	14,400	8,400	80°06'	80°18'	
	1	4,052	32,000	2,000	17,000	2,600	4,200	4,200	6,200	1,500	4,200	2,800	10,000	14,900	13,500	8,000	80°32'	81°48'	

表 3-4-1 6(B) 現存高炉の内形寸法 (昭和 53 年 2 月)

会社名	炉名	次数	内容積	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	α	β
川崎製鉄	千葉 2	4	1,380	2,645	1,500	15,100	2,500	3,200	4,150	600	3,050	1,900	6,700	9,400	8,400	(PW)	81°07'10"	84°53'28"
	千葉 3	3	1,845	2,880	2,100	16,000	2,500	3,200	6,000	800	3,700	2,500	7,200	10,600	9,500	5,200	79°10'37"	83°56'06"
	千葉 4	3	1,839	2,985	2,200	17,300	2,500	3,200	4,650	600	3,550	2,350	7,000	10,400	9,400	5,100	81°07'10"	84°23'16"
	千葉 5	2	2,584	3,100	2,000	17,850	2,700	3,400	5,150	1,100	3,550	2,200	8,200	12,100	11,100	6,200	81°38'	83°45'
	水島 6	1	4,500	3,304	1,480	17,100	2,700	4,100	7,300	2,000	4,800	—	10,500	15,500	14,100	(PW)	80°19'	81°41'
住友金属	水島 1	2	2,156	3,005	2,800	16,550	1,900	3,400	6,400	1,250	3,500	2,000	8,200	11,000	10,000	6,200	81°38'03"	85°09'53"
	水島 2	2	2,857	3,037	1,800	16,500	2,700	3,600	6,770	1,500	3,770	2,456	8,800	12,700	11,800	6,800	82°52'	85°16'
	水島 3	1	3,363	3,204	1,500	18,000	2,200	3,100	7,240	2,240	4,400	2,800	9,600	13,600	12,400	7,400	80°03'	83°39'
	小倉 4	1	4,323	3,258	2,500	17,780	2,500	3,470	6,330	1,880	3,850	2,350	10,500	15,200	14,400	8,400	80°11'	81°50'
神戶製鋼	小倉 1	2	1,400	3,780	3,200	14,200	2,700	3,200	4,500	875	2,925	1,725	6,770	9,400	8,400	4,700	81°08'10"	84°42'33"
	小倉 2	1	1,850	2,860	500	17,177	2,700	3,100	5,123	1,100	3,300	—	7,300	10,500	9,600	5,400	81°44'26"	84°40'42"
	和歌山 1	3	1,633	2,800	1,000	16,600	3,000	3,200	4,200	700	3,164	—	7,000	9,800	8,900	5,400	81°59'43"	85°10'45"
	和歌山 2	3	2,100	2,912	1,200	16,800	3,000	3,200	4,952	1,252	3,100	—	7,900	11,000	10,000	5,900	81°07'10"	84°43'43"
	鹿島 3	2	2,150	2,950	1,000	17,800	3,000	3,200	4,500	800	3,100	—	7,900	10,900	10,000	5,900	81°59'43"	85°10'59"
神戶製鋼	鹿島 4	2	2,610	3,060	2,000	17,200	2,300	3,500	5,600	1,500	3,500	—	8,400	12,300	11,000	6,400	79°28'45"	83°31'55"
	鹿島 5	2	2,700	3,060	2,000	16,860	2,100	3,770	5,870	1,500	3,500	—	8,600	12,500	11,100	6,400	79°28'53"	83°24'09"
	鹿島 1	1	3,159	2,996	1,500	17,200	2,800	3,200	5,267	967	3,700	—	9,600	13,100	12,400	7,600	83°45'29"	84°11'26"
	鹿島 2	1	4,080	3,240	1,500	18,100	3,000	3,500	6,300	1,465	4,200	—	10,000	14,600	13,800	8,400	82°45'12"	83°28'49"
	鹿島 3	1	5,050	3,270	2,400	16,900	2,800	4,000	6,600	1,500	4,500	—	11,200	16,300	15,000	8,600	80°46'	81°25'10"
神戶製鋼	尾ヶ崎 1	5	721	2,240	2,500	11,400	2,500	2,800	3,200	500	2,400	1,200	5,200	7,500	6,800	3,750	82°52'	84°20'18"
	尾ヶ崎 2	3	904	2,430	2,800	12,400	2,500	3,000	3,600	400	2,800	1,600	5,600	8,000	7,200	4,100	82°24'	84°53'
	神戸 1	3	904	2,430	2,800	12,400	2,500	3,000	3,600	400	2,800	1,600	5,600	8,000	7,200	4,250	82°24'19"	84°53'23"
	神戸 2	2	1,618	2,910	2,160	16,700	2,500	3,200	4,450	700	3,300	2,050	6,700	10,000	9,100	4,800	81°59'43"	84°21'26"
	加古川 3	2	1,845	3,010	2,200	17,300	2,800	3,200	4,600	1,000	3,200	2,000	7,050	10,200	9,500	5,270	83°45'29"	84°47'53"
日製新鋼	加古川 1	2	3,090	3,485	3,700	16,900	3,000	3,400	5,950	1,535	3,715	2,315	8,800	12,800	11,900	6,600	82°40'25"	83°17'24"
	加古川 2	1	3,850	3,427	3,650	16,300	3,000	3,300	6,500	1,525	4,275	2,875	10,000	14,200	13,200	7,600	81°23'04"	82°39'32"
	加古川 3	1	4,500	3,460	3,100	17,800	2,500	3,900	7,300	2,000	4,300	—	10,100	15,300	14,200	7,900	81°33'33"	81°41'20"
	呉 1	3	2,040	2,940	1,000	17,170	2,700	3,000	5,530	1,400	3,500	—	7,300	11,000	10,200	5,400	82°24'	83°51'
	新鋼 2	2	1,650	2,680	1,400	15,500	2,500	3,200	4,200	600	3,170	2,000	6,850	10,400	9,250	5,000	79°48'	84°28'
山鋼	船町 1	4	684	2,120	1,000	11,292	2,408	2,424	4,078	500	2,797	1,627	5,300	7,300	6,400	3,700	80°52'	84°56'34"
	船町 2																	
合製同鉄	大阪 1	2	568	1,870	1,500	10,000	1,300	2,000	3,900	500	3,050	2,000	5,220	7,130	6,690	3,760	80°41'	84°53'
	名古産 1	2	561	1,695	1,700	8,200	2,200	2,650	2,650	450	1,900	1,100	4,400	6,000	5,400	3,100	82°14'	84°26'

注) P.W.: Paul-Worth 式ベルス装入装置

㊤ 高炉耐火物

操業度が高くなると、耐火物の損耗は激しくなるが、高炉の寿命は使用する耐火物及び冷却機器の寿命によって決まると云っても過言ではない。従って、高操業度で且つ長寿命を図るには、耐火物の選択が重要である。日本で使われている耐火物性状の一例を表3-4-17に、高炉使用例を図3-4-38に示す。

アルカリ侵蝕や熱スパーリングの激しいシャフト下部では鉄皮側にSiCレンガを使用し、高炉寿命に致命的な炉座レンガの損傷対策としては、耐アルカリ、耐溶銑浸透性に優れたカーボン-SiCレンガを使用している。萊蕪鉄鋼廠でも湯溜り及び炉座にはカーボンレンガ及びカーボン-SiCレンガの使用を推奨する。

㊦ 冷却設備

既設高炉の炉体冷却は問題なく稼動しているようであり、改修後も現在と同様、シャフト中段以下はクーリングステープ、シャフト中段は冷却函という組合せでよいと思われる。

しかし、より寿命を延長する場合は冷却函の装入密度を増し、且つシャフト上部迄(ウェリングプレート下迄)、冷却函を使用するべきであろう。

羽口、滓羽口の破損防止の為に給水量、給水圧力の増加及び形状改善策については、前項で述べた通りである。

炉座耐火物の損耗防止の為に、カーボンレンガ併用で炉座面の水冷却が必要である。

㊧ 炉体支柱及び鉄皮構造

現在の4本支柱間隔は11mであるが、拡大された炉腹との間隔がせまく、環状管の適正配置上問題がある。図3-4-36に示すように13mに拡大する事が望ましい。鉄皮構造はフリースタンドへの改造が可能であり、この形式の方が、炉体廻り見廻り点検作業に好都合である。

(ii) 鑄床設備

高圧操業化、高操業度に対応する為に前章で述べた如く、

表 3-4-17 高炉耐火物性状

煉 瓦		シャモット	シャモット	シャモット	炭化ケイ素	カーボン・炭化ケイ素	カーボン
化 学 成 分 (%)	Al ₂ O ₃	43	44	54	8		
	SiO ₂	55	53	43			
	SiC				87	20	
	C					75	100
見 掛 比 重	(g/cm ³)	2.30	2.35	2.45	2.73	1.80	1.62
見 掛 気 孔 率	(%)	14.0	12.5	12.5	15.0	18.3	15.4
熱 膨 脹	1,000℃ (%)	0.60	0.58	0.44	0.42	0.33	0.36
熱 伝 導 度	350℃ (kcal/m·h·℃)	1.5	1.6	1.8	14.0	15.0	11.9
熱 間 強 度	1,400℃ (kg/cm ²)	150	170	200	370	105	160
ヤ ン グ 率	(kg/cm ²)	4.3×10 ³	4.8×10 ³	5.1×10 ³	1.4×10 ⁸	1.3×10 ⁵	1.0×10 ⁵
平 均 気 孔 径	(M)					0.6	7.2

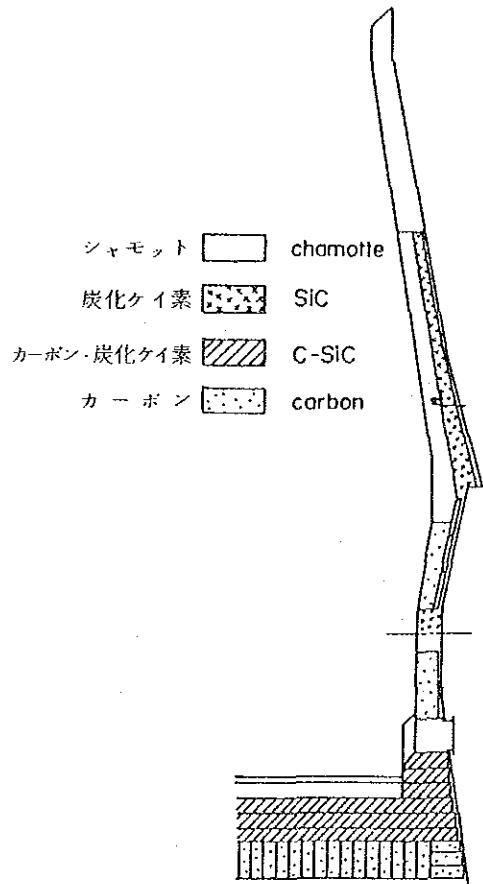


図 3-4-38 高炉レンガ積

- ㊦ 開孔機性能向上の為にエア・モーター駆動の採用
- ㊧ 酸素配管の実施及び酸素開孔作業設備の設置
- ㊨ 傾注樋の設置及び樋材耐火物の改善

等が必要である。

(iii) 原料秤量巻上設備

図3-4-39に既設の系統図を示し、以下に改修後に現状設備がそのまま適用出来るかについて検討したが、炉頂装入装置の改造を除いて殆んどそのまま適用可能であろう。

㊩ 装入スケジュール

改造後の炉口径は5.4m、炉口面積は $22.9m^2$ となる。ベルレス装入装置の採用により、径方向の鉱石/コークス比を制御する事により、操業成績の向上を図る為には、鉱石とコークスを別々に装入する層状装入を行わねばならない。その場合、1チャージに於けるコークス層厚は $500mm \sim 600mm$ が適正であるが、これを維持する為には、1回のコークス装入量は $11.5m^3 \sim 13.7m^3$ となる。設既スキップ容量は $4.5m^3$ であり、3スキップで $4.5 \times 3 = 13.5m^3$ となる層厚は、改造後のプロフィールより炉口径5.4m、炉口面積 $22.9m^2$ とすれば、 $590mm$ となる。

高炉操業度最高 $2.0t/日/m^3$ の場合、1日当の装入回数は

$$1,500t/日 \times 0.44 / 4.5 \times 0.45 \times 3 = 109$$

約110回/日となる。

同様に鉱石装入時のスキップ数は

$$1,500 \times 1.851 / 109 = 25.5t/チャージ$$

スキップ巻上能力7トンとして、 $25.5/7 = 3.64$ 、従って1チャージ装入に4スキップ必要とする。

高炉炉況悪化の場合、スリップの際に装入線を回復する為に、巻上げ設備の余裕は最低30%は必要である。従って設備能力としては、

$$110 \times 1.3 = 143 \text{ チャージ/日、 } 143 \times (3+4) = 1,000 \text{ スキップ/日}$$

を必要とする。以上により1スキップ当りの時間は $24 \times 3,600 / 1,000 \div 86$ 秒必要である。既設のスキップ能力はこれを満足すると思われ

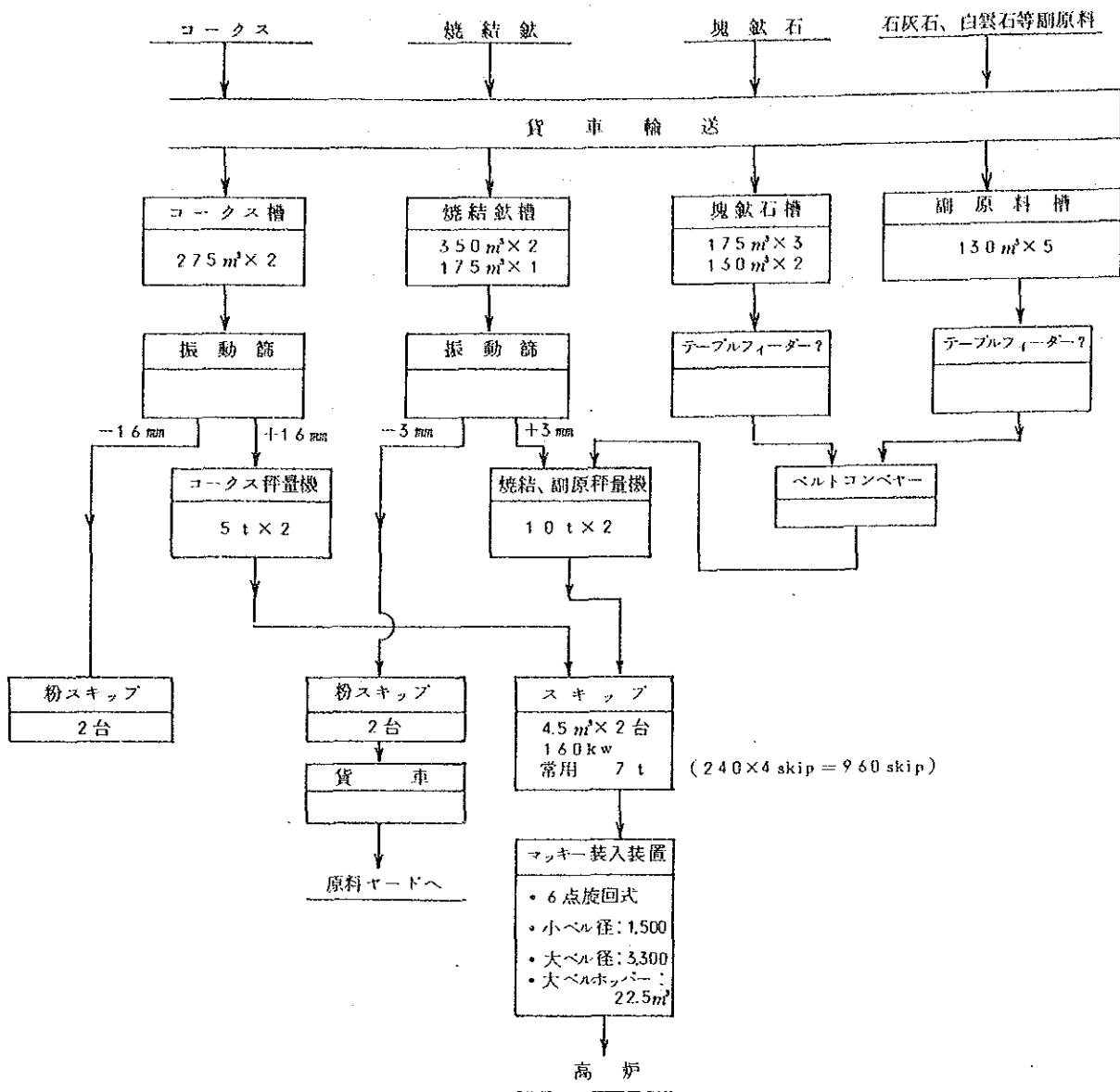


図 3-4-39 高炉原料装入系統図〔既設〕

るが、もしこの巻上時間以上を現在要しているのであれば、巻上速度増加の改造が必要となろう。これは、比較的容易に可能と思われる。

㊤ 原料槽容量

コークス槽の余裕率が最も少ないが、その場合にも $550m^3 \times 0.45 \times 24 / 1,500 \times 0.44 \times 1.08 = 8.3$ 時間の貯炭能力があり、貨車の運用が効率的に行なわれれば問題ない。

㊦ コークス、鉍石篩分設備

前述した装入スケジュールで操業する為には、コークス、鉍石の篩分設備は以下の能力が必要である。

1スキップ当りのスキップ巻上時間50秒、秤量機の印字時間を $2 \times 2 = 4$ 秒、ゲート開閉時間 $4 \times 2 = 8$ 秒、原料投入時間24秒、合計86秒、粉率はコークス8%、焼結鉍5%とする。

コークス； $4.5 \times 0.45 \times 1.08 \times 3,600 / (86 + 50) = 58 \text{ t/h}$

焼結鉍； $7 \times 0.9 \times 1.05 \times 3,600 / (86 + 50 - 30) = 225 \text{ t/h}$

30秒は塊鉍石、石灰石秤量時間とする。

従って、コークススクリーン能力 60 t/h 篩目 20 mm ~ 25 mm

焼結スクリーン能力 250 t/h 篩目 5 mm

の篩分設備が必要である。

㊧ 炉頂装入装置

前項で述べたように設備費用が安く、且つ、高圧操業に於いて装入物分布制御が容易で、操業成績の向上が期待できるベルレス装入設備の採用を推奨する。

高圧操業に対応する為に炉頂附属設備であるブリーダー弁、均排圧弁等の更新は必要である。

(IV) 熱風炉設備

㊨ 熱風炉混焼設備の設置

送風量 $1,600 \text{ Nm}^3/\text{min}$ 、送風圧力 2.4 kg/cm^2 に於いて最高送風温度 $1,100^\circ\text{C}$ を目標とする。

現状送風量 $1,300 \text{ Nm}^3/\text{min}$ で送風温度は 950°C が最高である。既設設備そのままでは近代化後の送風量 $1,600 \text{ Nm}^3/\text{min}$ 、 $1,100^\circ\text{C}$ という目標

値を得ることは難かしい。

特に燃料比が低下し、高炉のガスカロリーが 804 Kcal/Nm^3 に低下すると予想されるので、高炉ガス単独燃焼のみではドーム温度が最高 $1,150^\circ\text{C}$ しか上昇しないので、加熱面積を拡大しても $1,100^\circ\text{C}$ の送風温度を得ることは難かしい。図 3-4-40 に送風温度、ドーム温度と燃焼ガスカロリーとの関係の一例を示す。切替時間、加熱面積によっても異なるが、標準的な場合、 $1,100^\circ\text{C}$ の送風温度を得る為にはドーム温度を $1,250 \sim 1,300^\circ\text{C}$ に高めなければならず、その為には、燃焼用ガスカロリーは $1,000 \text{ Kcal/Nm}^3$ 程度の熱量が必要である。試みに 804 Kcal/Nm^3 の高炉ガス 95% と $4,400 \text{ Kcal/Nm}^3$ のコークス炉ガス 5% を混合すると、 980 Kcal/Nm^3 となる。従って高炉ガスとコークス炉ガスを熱風炉手前で混合し、燃焼ガスカロリーを制御出来る混焼設備が必要である。高炉ガスカロリーは高炉燃料比の変動により変化するので、それに対応し、一定のカロリーとなる燃焼ガスが供給出来る設備がよい。図 3-4-41 に熱風炉に於けるガス混合設備の一例を示す。C ガス混合用のブラスターも必要である。

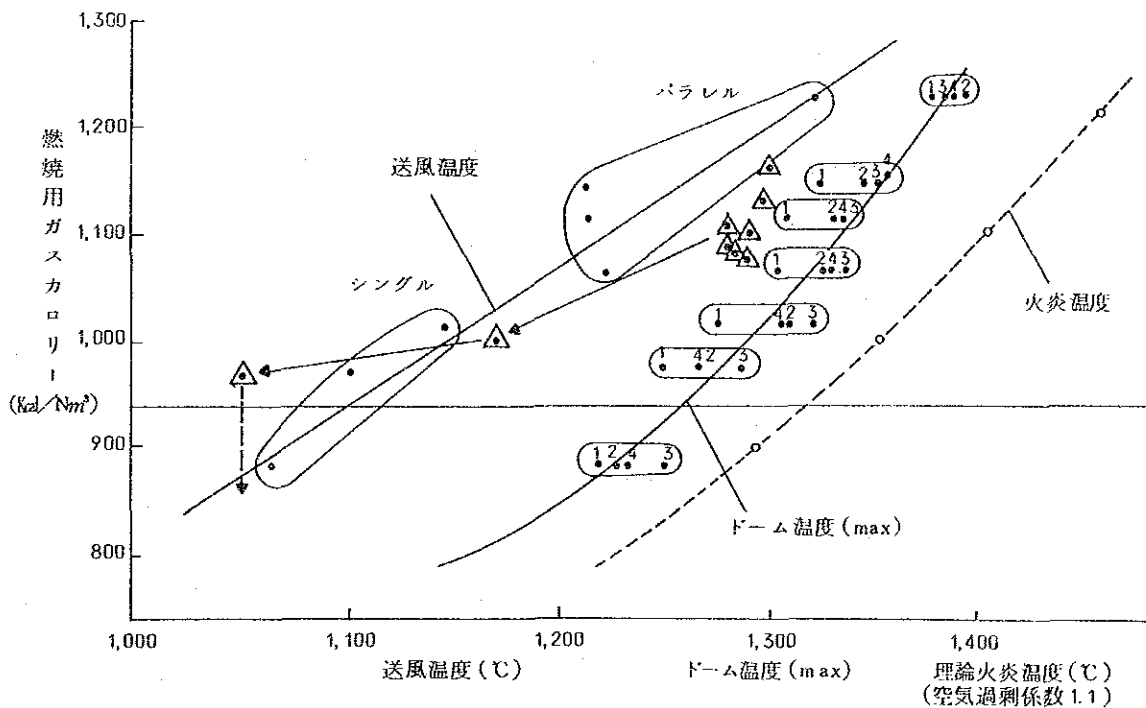
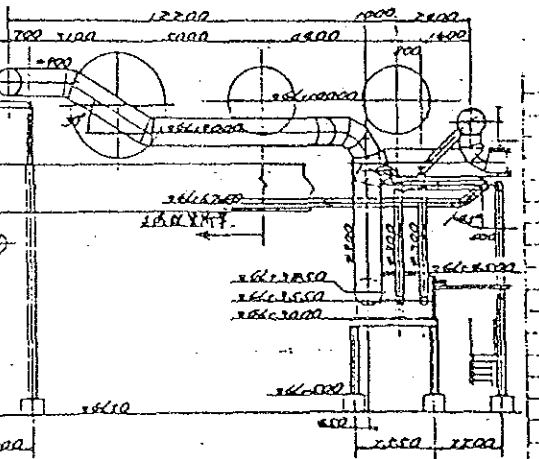
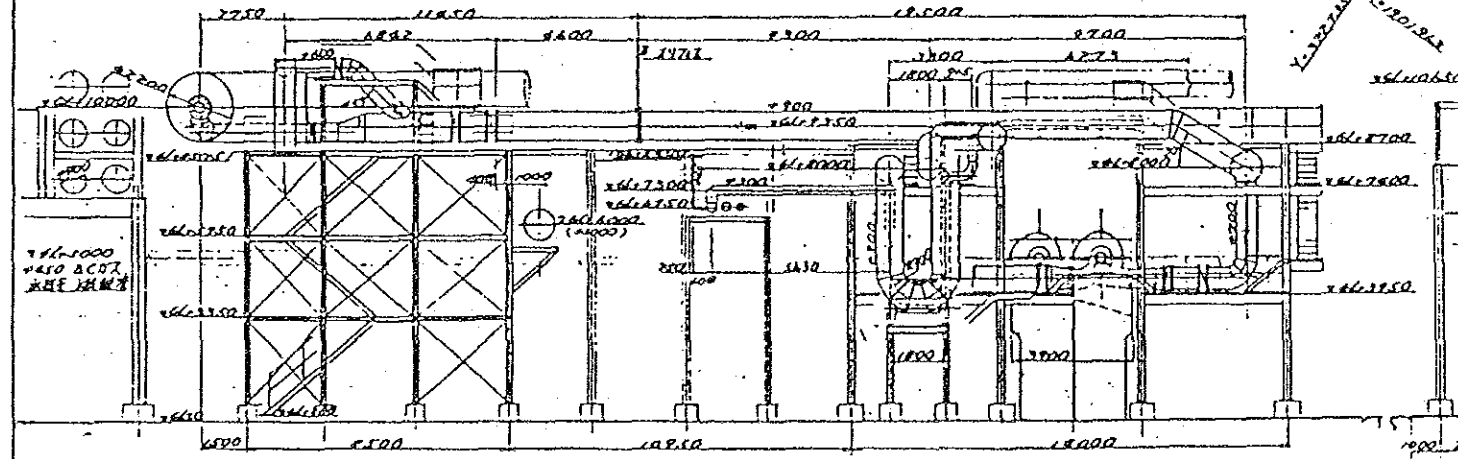
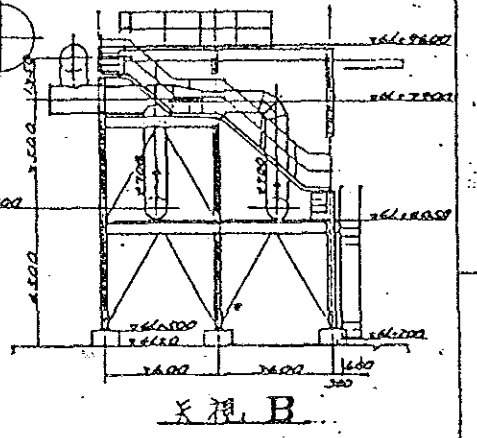
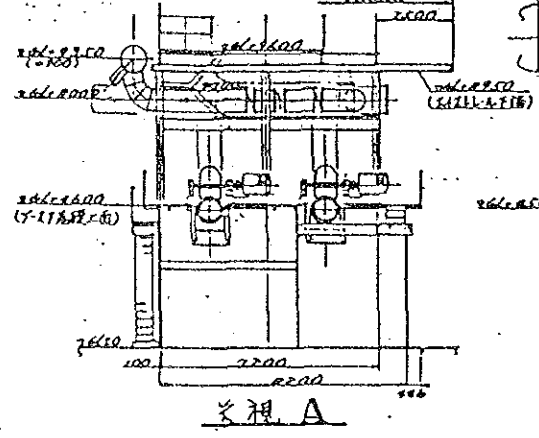
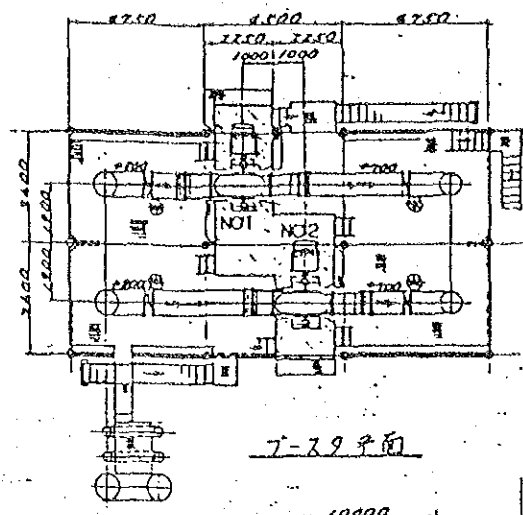
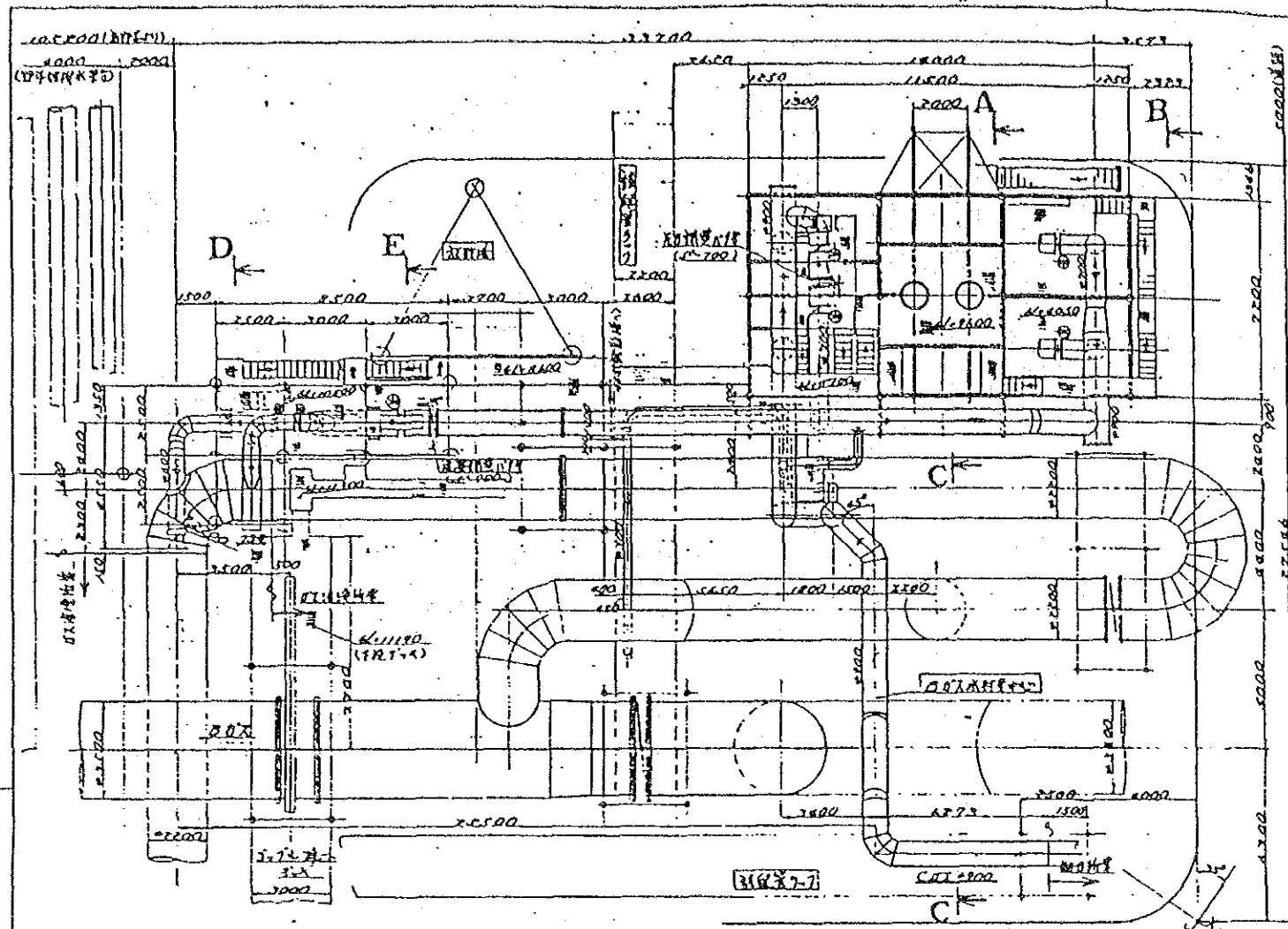


図 3-4-40. 送風温度、ドーム温度、理論火炎温度と燃焼用ガスカロリー

0.83	1.23	17.33	503
0000	0000	00	00



15	可及調整弁組	AM921222
14	可及調整弁組	332
13	可及調整弁組	AM921331
12	可及調整弁組	AM32750802
11	工字梁	AM-151
10	可及調整弁組	162
9	可及調整弁組	161
8	可及調整弁組	160
7	CNT 調整弁組	159
6	CNT 調整弁組	158
5	CNT 調整弁組	157
4	CNT 調整弁組	156
3	CNT 調整弁組	155
2	CNT 調整弁組	154
1	工字梁	AM327110

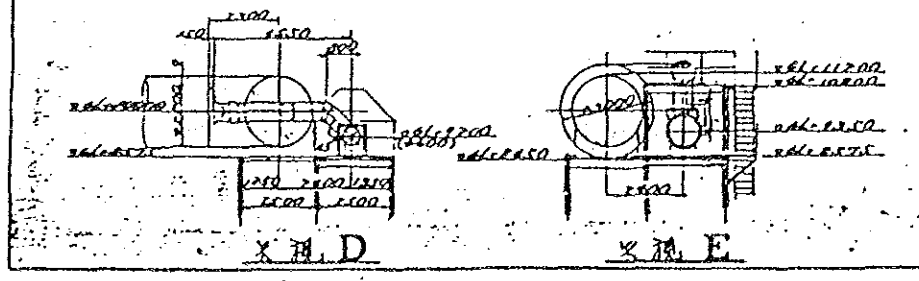


図3-4-41 熱風炉ガス混焼設備

㊦ 加熱面積の増加

混焼設備の設置により、燃焼ガスカロリーの増加を図るだけで目標とする 1,100℃ の送風温度が得られるか否かは、現在使用している蓄熱レンガの特性を把握したうえで、その特性値に基づいた詳細解析が必要である。

図 3-4-43 に日本に於ける高炉内容積と加熱総面積との実績例を示すが、炉内容積 1 m³ 当り 60~100 m² となっている。萊蕪鉄鋼廠の場合、既設熱風炉そのままを高炉炉容を 750 m³ に拡大すると、
 総加熱面積 / 高炉内容積 = 14,840 × 3 / 750 = 59 m² となる。しかも鉄鉄トン当りの送風原単位が燃料比が高い為に、日本よりも 10~20 % 高い。炉形式、レンガ特性により必要加熱面積が異なるが、以上の点を考えると増強が必要であろう。

総加熱面積 / 高炉内容積 = 80 とした場合、必要加熱面積は、80 × 750 = 60,000 m² となり、必要増強加熱面積は、60,000 - 14,840 × 3 = 15,480 m² となる。

加熱面積増強の方法として、①既設熱風炉の高さを増加する、
 ㊦ 15,480 m² の熱風炉 1 基を新設する、の二案が考えられるが、①案の方が 3 基のドームレンガを積替えて嵩上げしなければならぬので、建設費が高くなること及び 1 基当り 15,480 / 3 = 5,160 m² も増面積

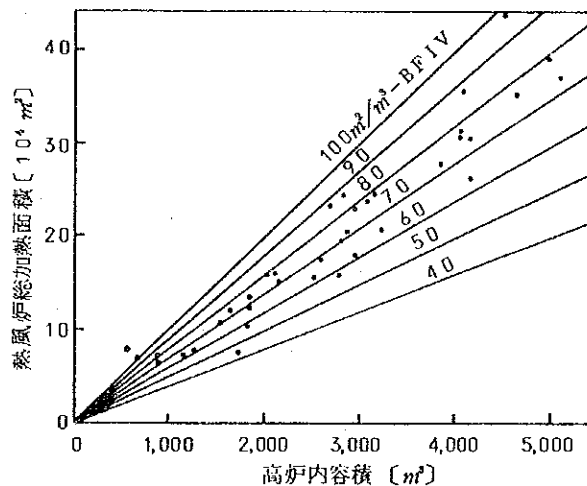


図 3-4-43 高炉内容積と熱風炉加熱面積の関係

するのは難かしいという点より、㊸案の15,480 m²程度の熱風炉を新設することを推奨する。

㊸ 燃焼制御の強化

効率的な熱風炉の運用を行なうには燃焼制御の強化が不可欠である。燃焼空気量、燃焼ガス量、ガスカロリーの把握を行ない、空気／ガス比の制御、ドーム温度、排ガス温度を加味した燃焼制御が必要である。

㊹ 切替弁の改善

切替弁からのリークは燃焼の安全からも、実送風量の把握の点からも極力減らす必要がある。既設設備を再利用する場合、リークの原因を正確にとらえ改善すべきであろう。

現在、煙道弁のリークが特に激しいようであるが、構造上に問題があるならば図3-4-43に示すような、スルース弁型を使用するのも一方法である。

(V) ガス清浄設備

高炉炉頂圧力1.0 kg/cm²に増加するのでベンチュリーから電気集塵機迄の系統を更新し、重力除塵機及び洗浄塔は耐圧1.0 kg/cm²に適應すべく補強する。即ち、現在の「洗浄塔→ベンチュリー→脱水器→電気集塵機」という系統を、「洗浄塔→炉頂圧制御型スクラバー→脱水器」に改造する。改良された円錐可変ストローク型、又は可変角オリフィス型スクラバーを使用することにより、炉頂圧制御及び集塵を行なうことが出来、セブタム弁と電気集塵機を省略出来る。

洗浄に必要な水量は約400～450 t/hである。

図3-4-44に炉頂圧制御型スクラバーの例を示す。

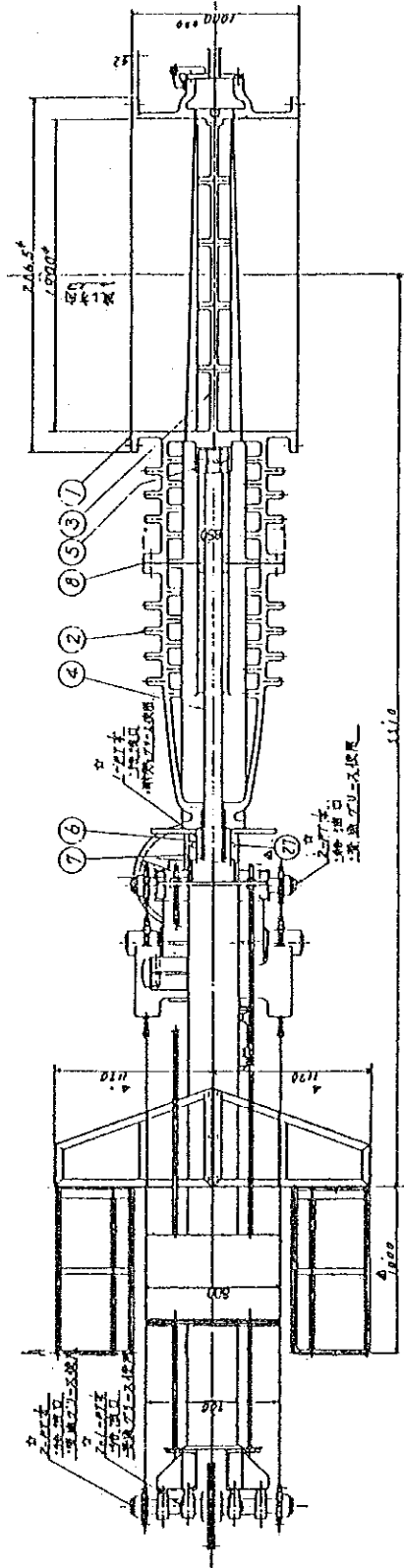
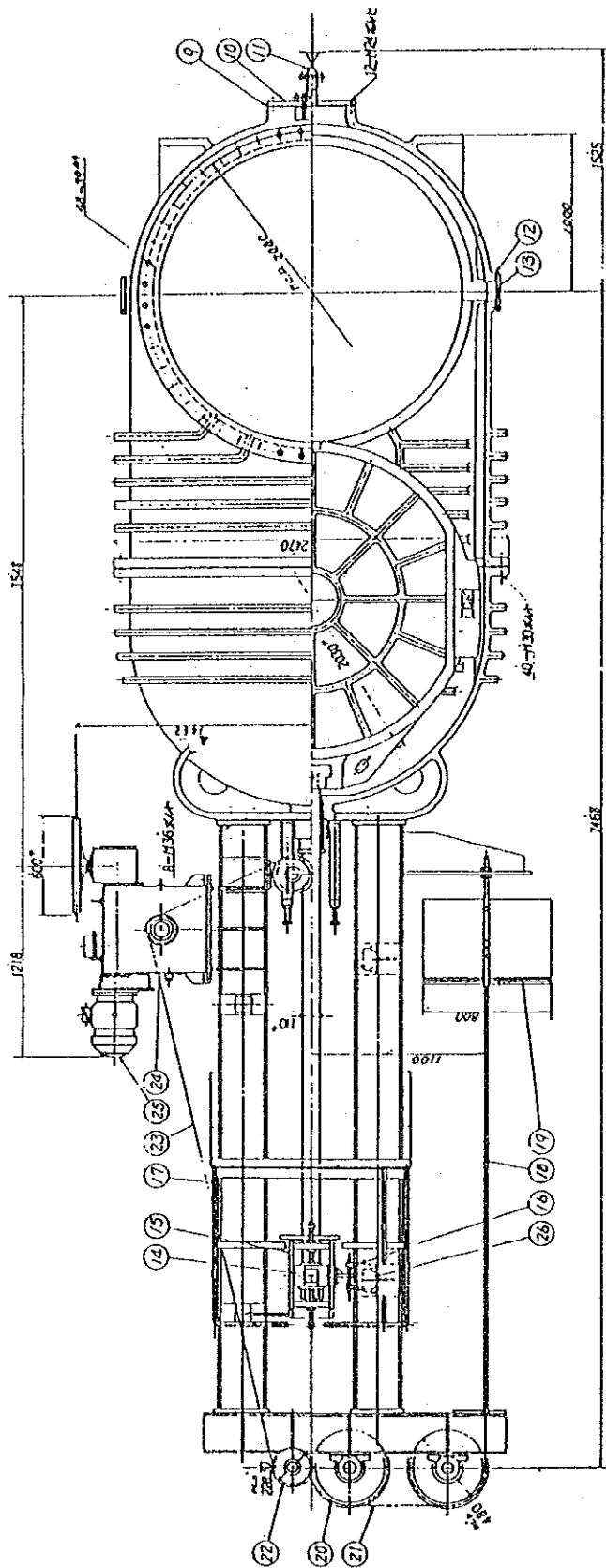


图 3-4-4 3 热 风 炉 烟 道 弁

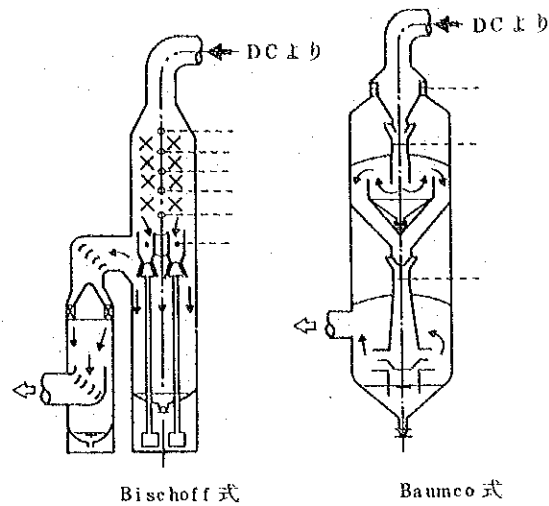


図 3-4-44 炉頂圧制御型スクラパー

(vi) 操業管理強化設備

前章で述べたように、操業管理に必要な最小限の計器及びセンサーを設置と共に、それ等より検出された情報を小型計算機に入力し、データロギング出来るように改造する。

(vii) 設備項目表

項 目	内 容	備 考
1) 高 炉 本 体	(1) 高炉4本柱更新 (2) 送風環状管更新 (3) 高炉鉄皮更新 (4) 炉体レンガ更新 (5) 炉体冷却機器更新	羽口数12本→16本の為
2) 鋳 床 設 備	(1) マッドガン、開孔機更新 (2) 鍋落口部の傾注樋新設 (3) 酸素配管新設	出鉄開孔用
3) 原料秤量巻上設備	(1) コークス、鉬石篩分設備更新 (2) ベルレス装入装置新設 (3) ブリーダー弁、均排弁更新	

項 目	内 容	備 考
4) 熱 風 炉	(1) コークスガス混焼設備新設 (2) 熱風炉1基新設 加熱面積 約15,000 m ² /基 (3) 燃焼制御系統強化 (4) 切替各弁の補修又は更新	
5) ガス 清 浄 設 備	(1) 重力除塵機補強 (2) 洗浄塔補強 (3) 炉頂圧制御型スクラバー新設	圧力 1.0 kg/cm ²
6) 制 御 ・ 計 装 機 器	(1) 炉頂ガス連続分析計新設 (2) ベル下ゾンデ新設 (3) 炉口温度計(1段×8) (4) シャフト温度計(5段×4) (5) シャフト圧力計(6段×2) (6) 炉座温度計(計12) (7) データロギング設備(小型計算機)	ガスクロマトグラフィ式
7) 送 風 機	(1) 蒸気タービン軸流式更新 最高圧力 2.5 kg/cm ² 最大送風量 2,000 Nm ³ /min	

1-3 新 設 高 炉

内容積750m³の高炉1基を新設する。殆んど改造するNo.1高炉と同様仕様であるが、以下に相違点を記す。

(i) 改造高炉との相違点

- ① 各鉍石槽毎に秤量を行ない、秤量誤差が自動補正される。コークスも秤量槽は1高炉と同じ形式でよいが、自動補正は鉍石と同様とする。
- ② 熱風炉総加熱面積は60,000 m²とするが、スペース及び建設費より考え、20,000 m²×3基とする。
- ③ 原料秤量巻上設備、熱風炉設備、ガス清浄設備等の操作機能を制御室に集中させ、高炉操業管理がやりやすいようにする。全ての必要データは、計算機に集められ、データロギングを行なう。

図3-4-45に制御システムの概要を示す。

(ii) 設備項目表

項 目	内 容	備 考
1) 高 炉 本 体	(1) 型 式 フリースタンド (2) 内 容 積 $750 m^3$ (3) 炉 床 径 $7.0 m$ (4) 出 鉄 口 (5) 滓 羽 口 2 (6) 羽 口 16 (7) 炉 頂 圧 $1.0 kg/cm^2$ (8) 炉 休 冷 却 ステープ+冷却函 (9) 炉 座 冷 却 蛇管水冷却 (10) 耐 火 物 炉 底 シェモット SiC-カーボン カーボン 湯 留 カーボン 朝顔、シャフト シェモット	
2) 鋳 床 設 備	(1) 建 屋 1面 (2) 開 孔 機 エア-モーター (3) マッドカン 油圧 (4) 鋳床クレーン $10 t$ 1台	
3) 原料秤量巻上設備	(1) コークス槽 $275 m^3 \times 2$ (2) 鋳石槽 350×2 175×4 130×7 (3) 巻上設備 スキップ、 $6 m^3$ (4) 炉頂装入設備 ベルレス方式 (5) 原料秤量 自動秤量方式	1 高炉と同規模で問題なし。 (8 h 以上在庫あり)
4) 熱風炉設備	(1) 型 式 内燃式 (2) 基 数 3基 (3) 加 熱 面 積 $20,000 m^2/基 \times 3基$ (4) 自動切替燃焼方式 (5) 高炉ガス + コークス炉ガス混焼設備 (6) 最高送風温度 $1,100 ^\circ C$	加熱面積/炉内容積=80

項 目	内 容	備 考
5) ガス 清 浄 設 備	(1) 重 力 除 塵 機 (2) 洗 浄 塔 (3) 炉 頂 圧 制 御 型 スクラバー 130,000Nm ³ /h (4) 脱 水 器	
6) 制 御 ・ 計 装 機 器	(1) 各 設 備 制 御 計 装 機 器 一 式 (2) デ ー タ ー ロ グ イ ン グ 設 備 (3) 炉 頂 ガ ス 連 続 分 析 計 (4) ベ ル 下 プ ン プ (5) 溶 銑 浸 漬 温 度 計 (6) カ ン ト バ ン ク 分 析 計 (7) 螢 光 X 線 分 析 計	銑 鉄 用 焼 結 銑 。 高 炉 滓 用
7) 送 風 機	(1) 蒸 気 タ ー ビ ン 軸 流 式 最 高 圧 力 2.5 kg/cm ² 最 大 送 風 量 2,000 Nm ³ /min	

(4) 環境集塵設備

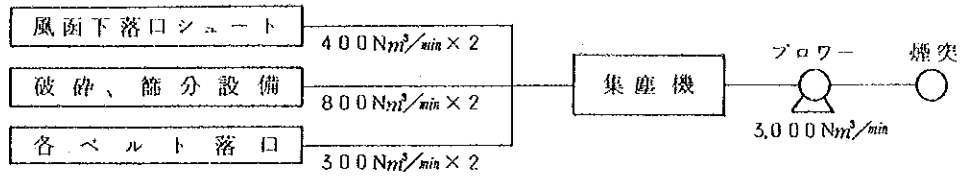
環境改造を図る為にバックフィルター方式の集塵機を焼結区域、高炉差下区域、高炉鋳床区域に設置する。

焼結区域では、第1、2焼結機共用に1基、第2焼結機用に1基設ける。高炉巻下区域、高炉鋳床区域では、第1、2高炉共用の集塵機を、各々1基設置する。各集塵機の最大排出含塵量は30mg/Nm³とする。図3-4-46に各集塵機系統図を、以下に項目表を記す。

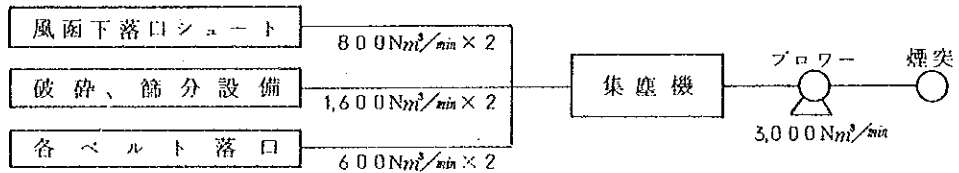
環 境 集 塵 機 項 目 表

項 目	内 容
1) 1、2 焼 結 機 用 集 塵 機	バ ッ ク フ ィ ル タ ー 式 、 3,000 Nm ³ /min
2) 3 焼 結 機 用 集 塵 機	" 、 3,000 Nm ³ /min
3) 1、2 高 炉 巻 下 集 塵 機	" 、 4,000 Nm ³ /min
4) 1、2 高 炉 鋳 床 集 塵 機	" 、 6,000 Nm ³ /min

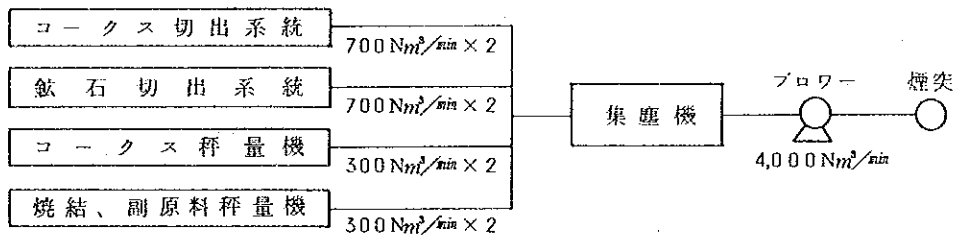
① №1、2 焼結機用集塵機



② №3 焼結機用集塵機



③ №1、2 高炉巻下集塵機



④ №1、2 高炉鋸床集塵機

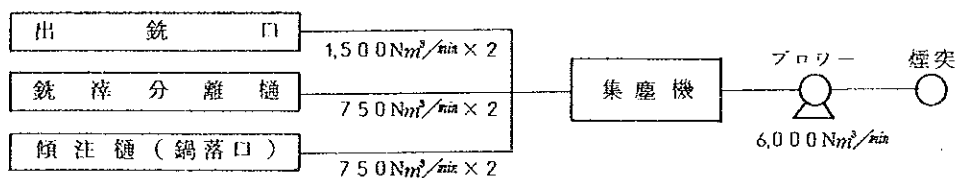


図 3 - 4 - 4 6 環境集塵機系統図

(5) 排熱回収設備

製鉄部門に於ける排熱回収は焼結機排鉱部熱回収設備、焼結機クーラー熱回収設備、高炉熱風炉排熱回収設備、炉頂ガス発電設備等が考えられる。日本では、小型の焼結機或は高炉では、設備投資費用に対して得られる効果が小額なので、殆んど排熱回収設備は設置されていない。

一般に設備を設置するか否かは次のような判断基準に依っている。

$$\text{投資費用回収率} = \frac{\text{投資費用}}{\text{年間効果額} - (\text{年間の設備償却費} + \text{金利})}$$

一般的には、回収年数が5～6年以上の場合の設備には投資しない。

中国では判断基準が日本と異なると思われるが、いずれにせよ、投資費用が大きく効果が少ない設備は、設置しないことが経済原則であろう。従って、排熱回収設備の設置については、積極的な推奨を行わず、設備の紹介にとどめておく。

① 焼結排熱回収設備

図3-4-47に吸引面積450m²の焼結機の排熱回収設備を、表3-4-18にそのボイラー設備仕様の例を示す。回収する蒸気温度、圧力によって、又その時の焼結の操業状況によって異なるが、50～100kg/l-srの蒸気を回収している。

排鉄部の排熱回収システムとクーラーの排熱回収システムの2システムがあり、前者は回収熱量がクーラーに比して $\frac{1}{6}$ と少量である。萊蕪鉄鋼廠のような低品位焼結鉄では、風函温度が低いので回収熱量は極めて少量になると予測され、設置の効果はないであろう。

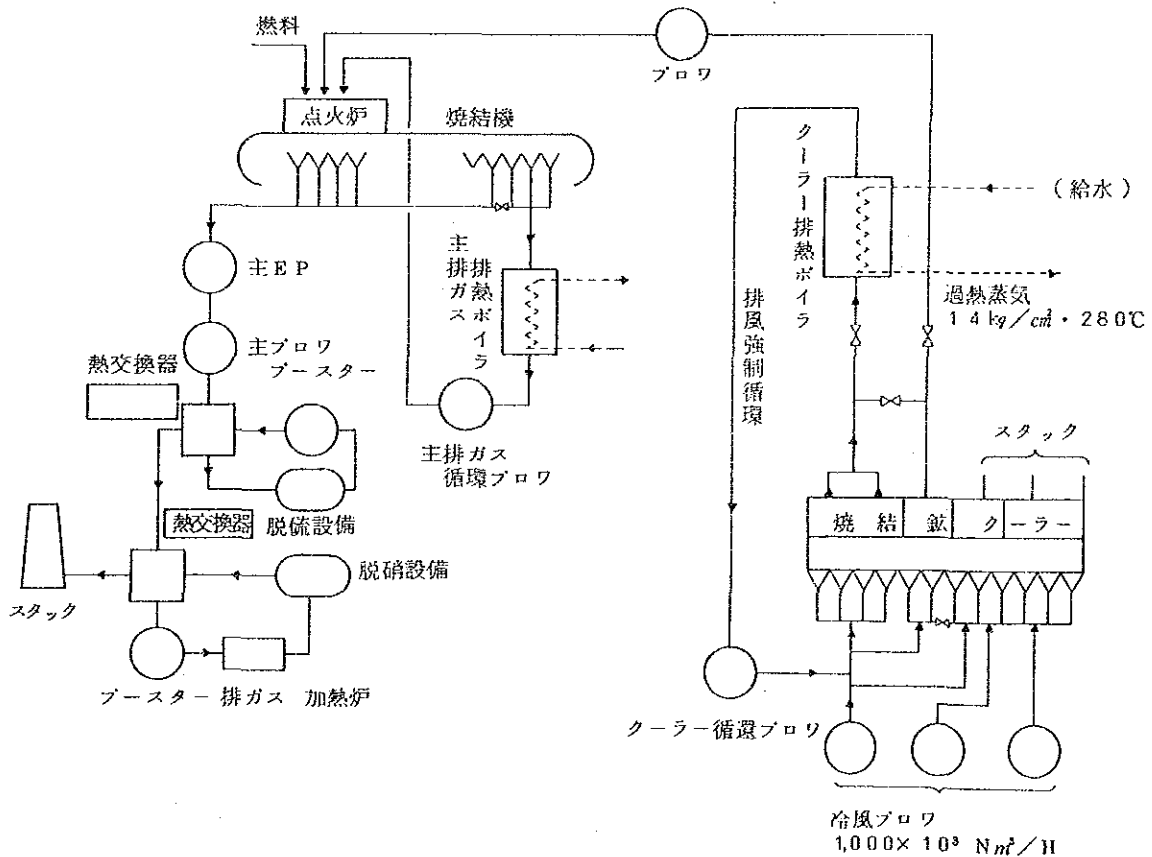


図3-4-47 焼結機排熱回収システム

表 3-4-18 ボイラー設備仕様

	クーラーボイラー	主排ボイラー
ボイラー型式	強制循環方式	同 左
蒸気発生量	72.0 t/h	12.0 t/h
蒸気圧力	14.0 kg/cm ²	同 左
蒸気温度	280℃	同 左
循環ガス量	85×10 ⁴ Nm ³ /h	12×10 ⁴ Nm ³ /h
ボイラー入口温度	380℃	400℃
ボイラー出口温度	170℃	同 左

② 熱風炉排熱回収

熱風炉廃ガス温度は200～300℃あり、その潜熱を燃焼用空気の予熱に利用する。熱交換器を介して廃ガス温度200～300℃を投入することにより燃焼空気は150～200℃に予熱され、熱風炉燃焼ガス原単位の低減を図る。図3-4-48にヒートパイプ式熱風炉排熱回収設備の例を示す。

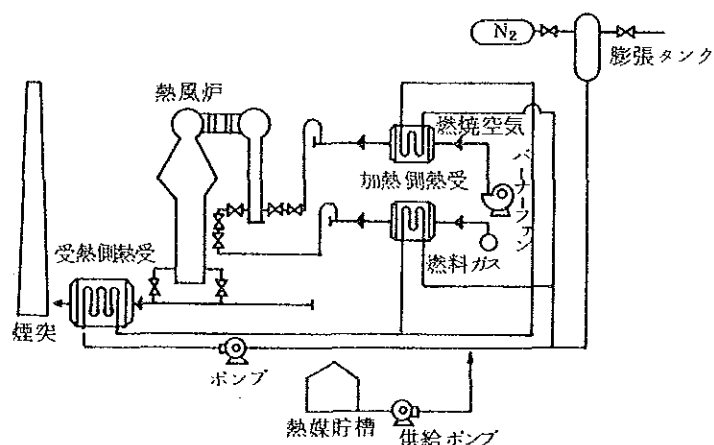


図 3-4-48 熱風炉排熱回収システム

熱交換器としては蓄熱回転式、プレート向流式、ヒートパイプ式等があり、コンパクトで且つ保守も容易なのはプレート向流式であろう。

③ 炉頂圧発電

炉頂圧力の高い高炉ガスの圧力エネルギーをタービンとこれに直結された発電機によって、電気エネルギーとして回収する。

日本での最小の炉頂発電設備は炉頂圧 1.0 kg/cm^2 、ガス量 $4,300 \text{ Nm}^3/\text{min}$ 、発電量 $3,200 \text{ kw}$ であり、それ以下の小型設備では経済的効果が期待できない。萊蕪鉄鋼廠の場合、炉頂圧 1.0 kg/cm^2 、ガス量 $2,000 \text{ Nm}^3/\text{min}$ で、予想発電量は約 $1,400 \text{ kw/h}$ であり、設備費用に比して、経済的効果は少ないと思われる。

図 3-4-49 に炉頂発電タービンの例を示す。

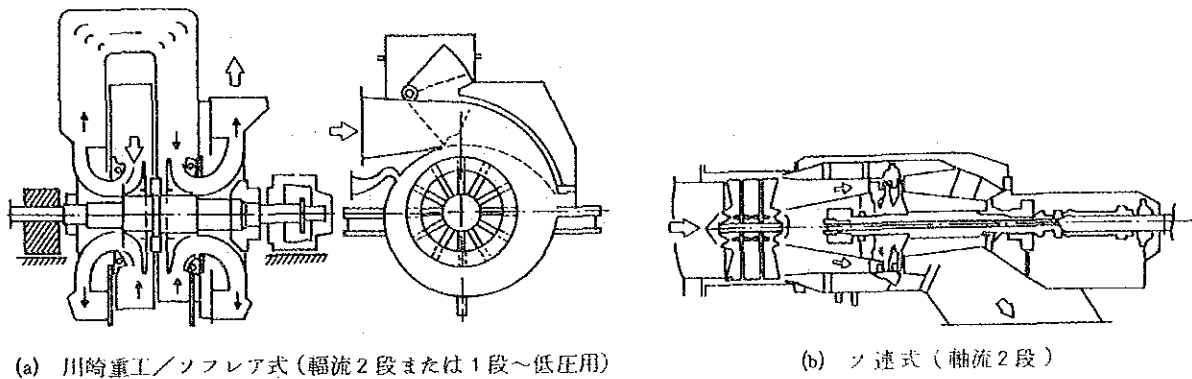


図 3-4-49 炉頂発電タービン

(5) 石灰焼成設備

近代化達成の為に、溶鋼製錬及び焼結鉱生産性向上に使用する生石灰の確保も重要である。

現在、萊蕪には小型の石灰焼成炉があり稼動しているが、生産された生石灰は残留 CO_2 が 20% もある。未焼成生石灰であり、満足できる品質とは云い難い。

未焼成生石灰を溶鋼製錬に使用すると、分解熱の消費により吹錬温度が低下、吹錬時間が延び生産性は低下する。

焼結でも活性度の低い未焼成生石灰は、生産率向上の効果を激減させる。従って、近代化達成の為に高品質の生石灰の供給が不可欠である。又量的には近代化後の必要量に対し、現状の設備では、極めて少量しか供給できない。

依って、近代化に際して新鋭石灰焼成設備を設けるべきである。

① 必要生石灰量

1-1 製鋼用生石灰

生石灰原単位 30kg/t、粗鋼年産量 77 万トンとして必要生石灰量は、

$$0.035 \times 770,000 = 27,000 \text{ t/年}$$

1-2 焼結用生石灰

使用割合最大 2% として、必要生石灰量は

$$0.02 \times 1,855,800 = 37,000 \text{ t/年}$$

1-3 使用量及び設備能力

必要生石灰量 $27,000 + 37,000 = 64,000 \text{ t/年}$

設備能力 $64,000 / 365 \times 0.8 = 220 \text{ t/日}$

② 石灰焼成炉

石灰焼成炉は堅型炉とロータリーキルンと 2 種類ある。両方の特徴概略を下表に記すが、設備費、燃料費が安く、操業も容易な図 3-4-50 に示す堅型炉（メルツ式）を推奨する。

項目	堅型炉（メルツ式）	ロータリーキルン
1) 炉能力 (t/日/基)	100~600 t/日	400~1,000 t/日
2) 設備費	1.0	1.5 倍 (同能力でメルツを 1 として 1.5 倍)
3) ガス原単位 kcal/kg	900	1,400
4) 原石粒度	20~120 mm (小塊、粉は不可)	1 mm~50 mm
5) 品質 残留 CO ₂ 活性度	1% 以下 320~350	1% 以下 350~380
6) 操作	容易	設備範囲広く、調整やや煩雑

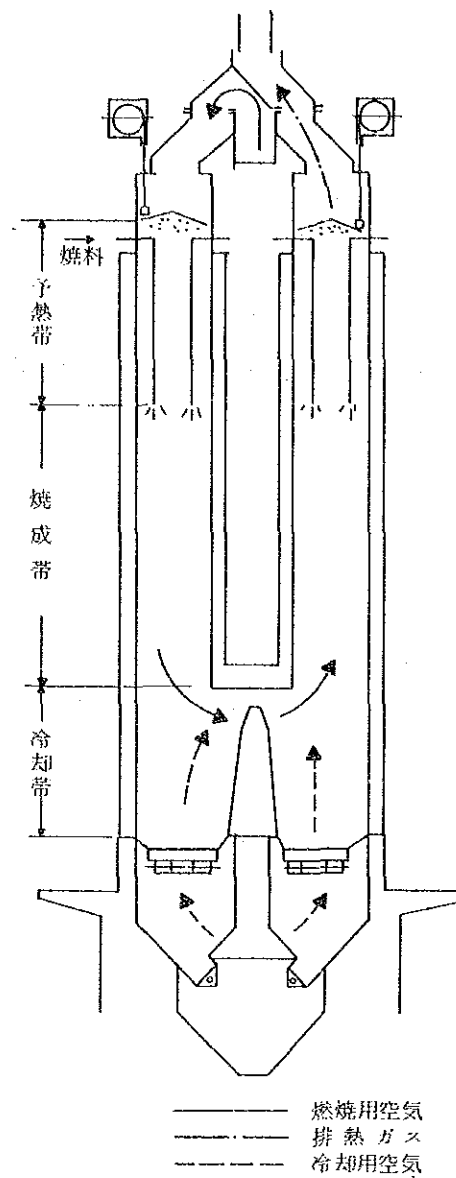


図 3-4-50 メルツ式豎形石灰焼成炉

メルツ式石灰焼成炉は2本のシャフトで構成され、シャフト下部で連結している。1本のシャフトで燃焼、焼成が行なわれている間、他方のシャフトでは、その排ガスにより原石の予熱が行なわれるので、極めて熱効率のよい低燃料比の操業が可能となる。

(6) 概略設備費

各設備費を算定する為には、詳細なエンジニアリング調査と中国に於ける物価状況調査を行なう必要があり、今回のスターディのみからの算定は極めて一般的なおおまかな数値で、あく迄も参考値である。

尚、金額は日本に於ける土木、建築、工事費用を除いた機械、電気、計装を対象とした費用である。

分 類	項 目	設 備 費	備 考
1) 原 料	(1) 原料混合ヤード	1,834.9 万元]	
	(2) 移動機械増設	611.6	
	(3) 破碎設備改造	152.9	
	(4) 焼結仮置場	229.4	
	合 計	2,828.8	
2) 焼 結 改 造 (50m ² ×2基)	(1) 冷却機設備	1,100.9	360×2基
	(2) 床敷設備	305.8	100×2
	(3) 破碎篩分設備	290.5	190×1
	(4) 操業管理強化	122.3	40×2
	(5) 点火炉改造	183.5	60×2
	(6) 電気集塵機	917.4	300×2
	合 計	2,920.4	
3) 焼 結 機 新 設 (90m ² ×1)	(1) 機械設備一式	5,198.8	
	(2) 電気、計装一式	1,070.3	
	合 計	6,269.1	
4) 高 炉 改 造	(1) 機械設備一式	5,045.9	炉体レンガ含む
	(2) 電気、計装一式	1,070.3	
	(3) 送 風 機	764.5	2,000Nm ³ /min × 1基
	合 計	6,880.7	

分 類	項 目	設 備 費	備 考
5) 高 炉 新 設	(1) 機械設備一式	9,938.8 万元	
	(2) 電気、計装一式	1,987.8	
	(3) 送 風 機	764.5	
	合 計	12,691.1	
6) 環境集塵設備	(1) 1、2焼結機用集塵機	183.5	3,000 Nm^3/min
	(2) 3 焼結機用集塵機	183.5	3,000 "
	(3) 1、2 高炉差下集塵機	244.6	4,000 "
	(4) 1、2 高炉鉄床集塵機	367.0	6,000 "
	合 計	978.6	
7) 排熱回収設備	(1) 焼結排熱回収設備	688.1	90 m^2 焼結機クーラー用
	(2) 熱風炉排熱回収設備	305.8	プレート方式、750 m^2 高炉
	(3) 炉頂発電設備	688.1	1,500 閘、 750 m^2 高炉
	合 計	1,682.0	
8) 焼石灰設備	(1) 機 械 設 備	917.4	220 t/日
	(2) 電気、計装設備	152.9	
	(3) 焼結添加用破碎設備	259.9	37,000 t/年、1 mm 粒徑
	合 計	1,330.2	
総 計		35,580.9	

(7) 工 程

今迄に述べてきた近代化案を実施し、1990年に945,000 t/年の生産を達成する為には、すでに時間的な余裕は少なくなっており、早急な時期に決断しなければならぬ。一例案としての工程を表3-4-19に示す。

表 3-4-19 近代化工程案

I T E M S	1986		1987		1988		1989		1990	
	檢討	設計製作	設計製作	改 造	設計製作	改 造	設計製作	改 造	設計製作	改 造
1) 原料設備改造		設計製作	設計製作	改 造						
2) 第 1 燒結機改造		檢 討	設計製作	設計製作	改 造					
3) 第 2 燒結機改造		檢 討	設計製作	設計製作	改 造					
4) 第 3 燒結機新設	檢 討	設計製作	設計製作	建 設						
										近代化發動開始
5) 第 1 高 炉 改造		檢 討	設計製作	設計製作	改 造					
6) 第 2 高 炉 新 設	檢 討	設計製作	設計製作	建 設						
7) 石灰燒成炉新設	檢 討	設計製作	設計製作	建 設						

3-5 第2製鋼工場

3-5-1 製 鋼

工場近代化計画の製鋼で前提条件は次の通りである。

- 粗鋼生産量は770,000t/年である。(転炉は、3基建設が前提である。)
- 型鋼工場用の連続鋳造機を導入する。
- 熱延工場向けに100,000t/年のアルミキルド鋼を溶製する。
- 製鋼工場での製造費用の削減を図る。

以上を前提として、製鋼工場の能力を検討する。

(1) 製鋼工場の能力検討

ここでの能力検討に当り、既に操業技術の向上(諸原単位の低減、耐火物の品質向上、稼働率の向上、鋼塊の品質向上等)がなされたことを前提として算定する。この能力検討は、転炉、連鑄、造塊、鋳型鋼塊処理棟を含み、以下その根拠を述べる。

① 転炉出鋼能力の算定

a. 前 提 条 件

(a) 製 出 鋼 量 : 平均29 steel.t/ch

(b) 転 炉 基 数 : 基数 3基

稼働 2/3 (炉寿命1,000回以上)

(c) Tap ~ Tap : 35分/ch^{x1} → 82chs/日

(d) 製 鋼 の 休 工 : 1回/2週間、10hr/回

b. 転炉出鋼能力の算定

(a) 年間稼働日数

$$365日/年 - \frac{365日/年 \div 14 \times 10/24}{\text{休 工}} = 354.1日/年$$

(b) 年間出鋼数

$$354.1日/年 \times 82chs/日 = 29,036.2chs/年 \\ \doteq 29,036chs/年$$

(c) 年間出鋼量

$$29,036chs/年 \times 29steel.t/ch \times 0.915\% = 770,470steel.t/年$$

稼働率

$$\doteq 770,000steel.t/年$$

x1

Top ~ Top

・ 溶銑、スクラップ装入	3分	} 35分
・ 吹 鍊	18分	
・ 测温・サンプリング	2分	
・ 分析待ち	3分	
・ 合金鉄段取	1分	
(分析待ち時間を利用する。)		
・ 出 鋼	3分	
・ 排 滓	1分	
・ 出鋼孔補修	1分	
・ 転炉の吹付補修	3分	

② 連鑄能力の算定

a. 前提条件

- (a) 鑄込サイズ : 220 × 180
- (b) 鑄込時間 : 35分/ch. (転炉と同一能力)
- (c) 連々鑄 : 平均 6連
- (d) ダミーバー装入時間 : 40分/回 (6連毎)
- (e) 連鑄機の休工 : 2日/6ヶ間

b. 連鑄能力の算定

(a) 年間稼働日数

$$365日/年 - \underbrace{(2日/回 \times 2回/年)}_{\text{連鑄の休工}} - \underbrace{(365日/年 \div 14 \times 10/24)}_{\text{製鋼工場の休工}} = 350.1日/年$$

(b) 1日の鑄込数

$$1,440分/日 \div 42分/ch. = 34.3chs/日$$

ダミーバー装入時間考慮

(c) 年間鑄込量

$$34.3chs/日 \times 350.1日/年 \times 29steel.t/ch \times 98\% = 341,280steel.t/年$$

稼働率

$$\div 341,000steel.t/年$$

③ 造塊能力の算定

生産量が増大するため、造塊能力を向上する必要がある。この場合、注入方式の変更と鑄型・鋼塊処理棟の新設が不可欠となる。

a. 注入方式の変更

現在は、土間注入を行い、その近傍にて型抜き、段取を実施しているが、この方式ではヤードが限定されており、生産量の増加に追従できない。それ故、注入ヤードを十分に活用できる台車注入方式に変更する。

(a) 前提条件

① 連続機体工時（2回/6ヶ月）及び連続機故障時

② 造塊鑄込量 $82chs/日 \times 0.915\% = 75chs/日$
↓
稼働率

③ 鋼種構成

リムド鋼、セミキルド鋼 — $65chs/日$ （87%）
 キルド鋼 — $10chs/日$ （13%）

④ 注入デッキ専有時間

リムド鋼、セミキルド鋼 — 35分/ch.*1
 キルド鋼 — 96分/ch.*2

*1

リムド鋼、セミキルド鋼注入デッキ専有時間内訳

① 確認 (鑄型・定盤番号、清掃種方、湯道・注入管他)	5分	35分
② 注入 ($29t/24t \times 19分 - 1分$) <div style="margin-left: 100px;">↓ ↓</div> 現在 2定盤 → 将来 1定盤	22分	
③ ロート取外し	3分	
④ 注入完了台車引出し、注入予定台車引込み	5分	

*2

キルド鋼注入デッキ専有時間内訳

① 確認	5分	} 9.6分
(鋳型・定盤番号、清掃、湯道・注入管他)		
② 注入	2.6分	
(29t/24t×19分－1分) × 1.2 ↓ ↓ ↓ 現在 2定盤→1定盤 注入速度補正		
③ 静置	6.0分	
(ロート取外し、鋳型内表面被覆材用具取外しを含む)		
④ 注入完了台車引出し、注入予定台車引込み	5分	

b. 注入デッキ必要数

(a) リムド鋼、セミキルド鋼

$$6.5 \text{ chs} \times 3.5 \text{ 分} / \text{ch} = 2.275 \text{ 分} < 1.440 \text{ 分} \times 2$$

↓
1デッキ時間

以上より、2デッキが必要となる。又、リムド鋼がメカニカル・トップとなり、蓋取り時間を要しても2デッキで可能となる。

(b) キルド鋼

$$1.0 \text{ chs} \times 9.6 \text{ 分} / \text{ch} = 9.60 \text{ 分} < 1.440 \text{ 分}$$

↓
1デッキ時間

以上より、1デッキが必要となる。

上記(a)、(b)より転炉の全出鋼数を鋳込むには、3デッキが必要である。

c. 注入ヤード配置

注入ヤードの配置図を図3-5-1に示す。この図のように㉞～㉠ヤードはキルド鋼専用し、又㉡～㉢ヤードは、リムド鋼、セミキルド鋼専用とする。㉞～㉠ヤードは、キルド鋼専用すれば1デッキのみが良いが定盤洩鋼事故等のための予備として使用する必要がある。

又、㉞～㉠ヤードは、リムド鋼、セミキルド鋼の専用ヤードであり、転炉からの受鋼間隔が短いため、取鍋クレーンを増設しても同一ヤードであるため効果が少い。このため、レードルカー2基を新設する。又、メカニカル・トップの採用時、蓋取りを迅速に行えられるよう壁クレー

ン×2基も必要となる。

注入ヤードの4台のレードルクレーンの内3台(各ヤードで1台)に
クレーン・スケールを設け、溶鋼の重量管理及び注入速度の適正化を図
る必要がある。

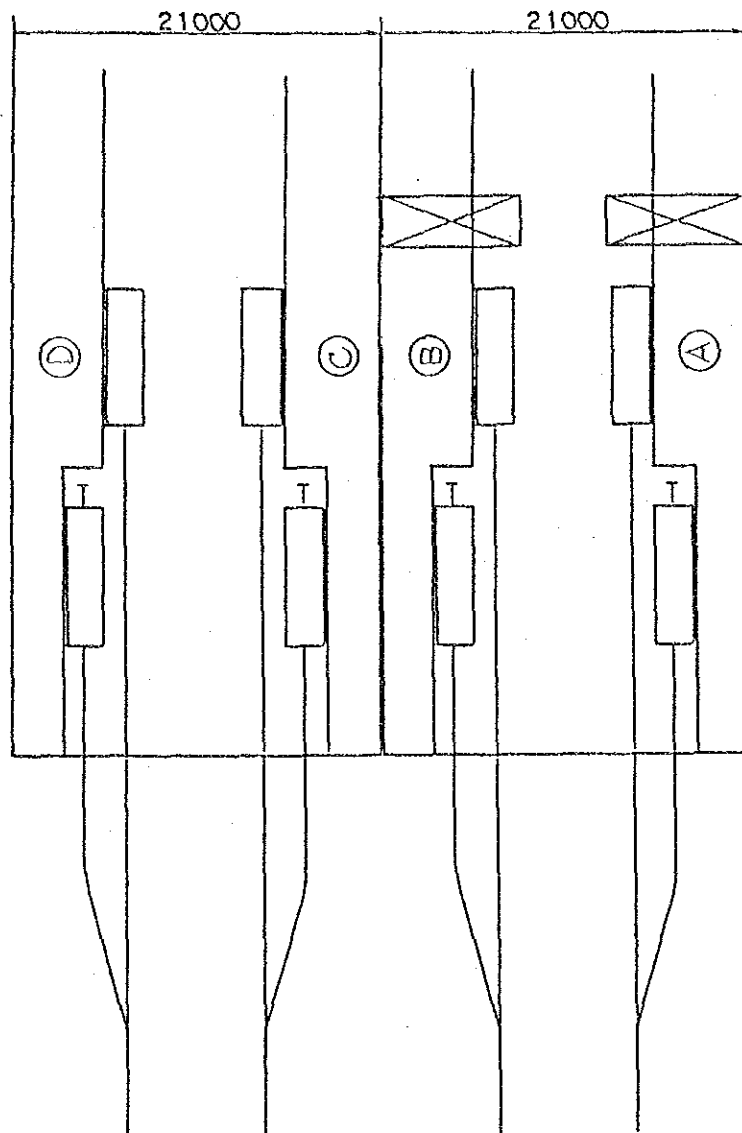


図3-5-1 注入ヤードレイアウト

d. 熱延向けキルド鋳型

今後、高級鋼への指向より熱延向けキルド鋳型が新しく必要となる。この鋳型の参考図を図3-5-2に示す。この鋳型の特徴は、上広鋳型であるため、非金属介在物の浮上に有利であることと、上部の両側にストリッパークレーンで抜型が容易な構造を採用している。

e. 下注定盤の大型化

現在は1chを下注定盤の2セットで鋳造しているが、台車注入方式を採用するので、下注定盤を大型化し1枚で鋳造できる様変更する。この概略図を図3-5-3に示す。

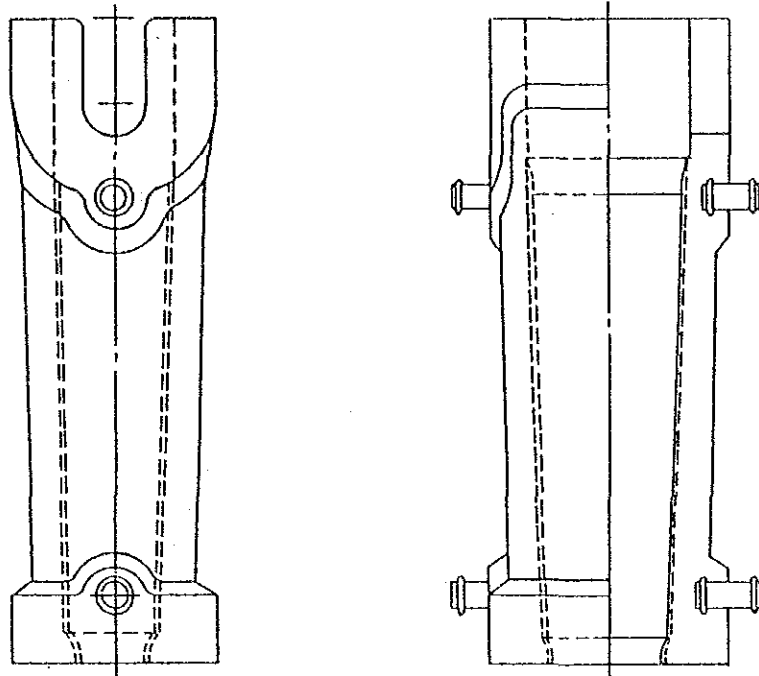


図3-5-2 熱延向けキルド鋳型

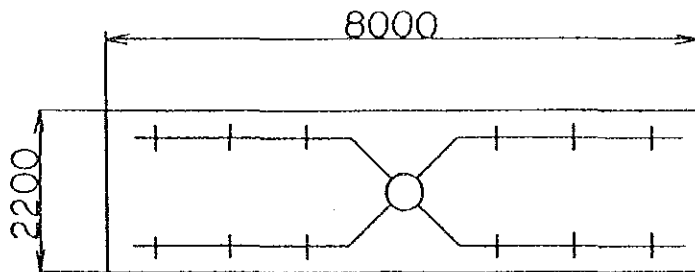


図3-5-3 下注定盤の概略図

f. 注 入 台 車

台車注入方式の採用により、注入台車の新設が必要となる。この概略図を図3-5-4に示す。

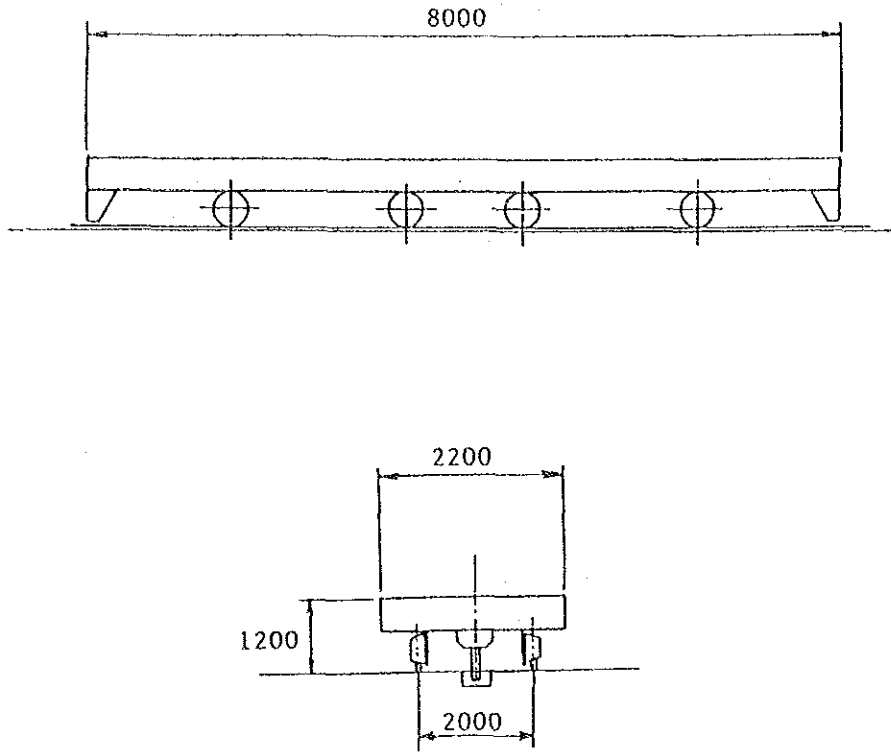


図 3 - 5 - 4 注入台車の概略図

④ ストリッパー・ヤードの能力検討

a. 鋳型保有数

(a) 鋳型サイクル・タイム

リムド鋼、セミキルド鋼	563分/回 ^{*1}
キルド鋼	1,114分/回 ^{*2}

(b) 転炉出鋼数

(連鋳機休工、故障を最大とする。)

リムド鋼、セミキルド鋼	65chs/日
キルド鋼	10chs/日

(c) 鋳型保有数

① リムド鋼、セミキルド鋼鋳型

$$1,440分/日 \div 563分/回 = 2.6回/日$$

$$65chs/日 \div 2.6回/日 \times 10本/chs = 250本$$

② キルド鋼鋳型

$$1,440分/日 \div 1,114分/回 = 1.3回/日$$

$$10chs/日 \div 1.3回/日 \times 10本/chs \div 77本$$

修理出し及び鋳型入替用として10%の余裕を見る。

③ リムド鋼・セミキルド鋼 250本 \times 1.1 = 275本

④ キルド鋼 77本 \times 1.1 = 85本

*1 リムド鋼、セミキルド鋼用鋳型サイクル・タイム内訳

注入ヤード	35分	} 563分
注入ヤード～ストリッパー	5分	
型 抜 (20分+3分)	23分	
↓ ↓		
型抜 湯道外し		
冷 却	480分	
段 取	15分	
ストリッパー～注入ヤード	5分	

*2 キルド鋼用鑄型サイクル・タイム内訳

注 入 ヤ ー ド	9 6 分
注 入 ヤ ー ド ～ ス ト リ ッ パ ー	5 分
型 扱	2 3 分
冷 却	9 6 0 分
段 取	2 5 分
ス ト リ ッ パ ー ～ 注 入 ヤ ー ド	5 分

1,114分

b. 下注定盤保有数

(a) 定盤サイクル・タイム

リムド鋼、セミキルド鋼	423分/回 ^{*3}
キルド鋼	734分/回 ^{*4}

(b) 転炉出鋼数

(連鑄機休工、故障を最大とする。)

リムド鋼、セミキルド鋼	65chs/日
キルド鋼	10chs/日

(c) 定盤保有数

① リムド鋼、セミキルド鋼用定盤

$$1,440分/日 \div 423分/回 = 3.4回/日$$

$$65chs/日 \div 3.4回/日 \times 1枚/ch = 20枚$$

② キルド鋼、セミキルド鋼用定盤

$$1,440分/日 \div 734分/回 = 2.0回/日$$

$$10chs/日 \div 2.0回/日 \times 1枚/ch = 5枚$$

③ 定盤保有数 25枚

*3 リムド鋼、セミキルド鋼用定盤サイクル・タイム

注 入 ヤ ー ド	3 5 分
注入ヤード～ストリッパー	5 分
型 抜	2 3 分
ストリッパー～分塊ヤード	5 分
装 入	1 5 分
分塊ヤード～ストリッパー	5 分
清 掃	1 5 分
冷 却	2 4 0 分
定 盤 張 り	6 0 分
段 取	1 5 分
ストリッパー～注入ヤード	5 分

423 分

*4 キルド鋼用定盤サイクル・タイム

注 入 ヤ ー ド	9 6 分
注入ヤード～ストリッパー	5 分
型 抜	2 3 分
ストリッパー～分塊ヤード	5 分
装 入	1 5 分
分塊ヤード～ストリッパー	5 分
清 掃	1 5 分
冷 却	4 8 0 分
定 盤 張 り	6 0 分
段 取	2 5 分
ストリッパー～注入ヤード	5 分

734 分

c. 注入管保有数

(a) 注入管サイクル・タイム

リムド鋼、セミキルド鋼	292分/回 *5
キ ル ド 鋼	593分/回 *6

(b) 転炉出鋼数

(連鑄休工、故障を最大とする。)

リムド鋼、セミキルド鋼 65 chs/日

キルド鋼 10 chs/日

(c) 注入管保有数

① リムド鋼、セミキルド鋼

$1,440 \text{分} / \text{日} \div 292 \text{分} / \text{回} = 4.9 \text{回} / \text{日}$

$65 \text{ chs} / \text{日} \div 4.9 \text{回} / \text{日} \times 1 \text{本} / \text{ch} \div 1.4 \text{本}$

② キルド鋼

$1,440 \text{分} / \text{日} \div 593 \text{分} / \text{回} = 2.4 \text{回} / \text{日}$

$10 \text{ chs} / \text{日} \div 2.4 \text{回} / \text{日} \times 1 \text{本} / \text{ch} \div 5 \text{本}$

③ 注入管保有数 19本

*5 リムド鋼、セミキルド鋼注入管サイクル・タイム

注入ヤード 35分

注入ヤード～ストリッパ 5分

注入管外し 2分

冷却 240分

注入管セット 5分

ストリッパ～注入ヤード 5分

292分

*6 キルド鋼注入管サイクル・タイム

注入ヤード 96分

注入ヤード～ストリッパ 5分

注入管外し 2分

冷却 480分

注入管セット 5分

ストリッパ～注入ヤード 5分

593分

d. 注入台車保有数

(a) 台車サイクル・タイム

リムド鋼、セミキルド鋼 108分/回 *7

キルド鋼 152分/回 *8

(b) 転炉出鋼数

(連鑄機休工、故障を最大とする。)

リムド鋼、セミキルド鋼 65 chs/日

キルド鋼 10 chs/日

(c) 台車保有数

① リムド鋼、セミキルド鋼用台車

$1,440 \text{分} / \text{日} \div 108 \text{分} / \text{回} \div 13 \text{回} / \text{日}$

$65 \text{ chs} / \text{日} \div 13 \text{回} / \text{日} \times 1 \text{輛} / \text{ch} = 5 \text{輛}$

② キルド鋼用台車

$1,440 \text{分} / \text{日} \div 152 \text{分} / \text{回} \div 9 \text{回} / \text{日}$

$10 \text{ chs} / \text{日} \div 9 \text{回} / \text{日} \times 1 \text{輛} / \text{ch} \div 2 \text{輛}$

③ 台車保有数

下注洩鋼、点検・修理のため20%増とし、9輛とする。

*7 リムド鋼、キルド鋼用注入台車サイクル・タイム

注入ヤード 35分

注入ヤード～ストリッパ 5分

型 抜 23分

ストリッパ～分塊ヤード 5分

装 入 15分

分塊ヤード～ストリッパ 5分

段 取 15分

ストリッパ～注入ヤード 5分

108分

*8 キルド鋼用注入台車サイクル・タイム

注入ヤード 69分

注入ヤード～ストリッパ 5分

型 抜 23分

ストリッパ～分塊ヤード 5分

装 入 15分

分塊ヤード～ストリッパ 5分

段 取 25分

ストリッパ～注入ヤード 5分

152分

e. 鋳型修理設備

鋳型の原単位低減と品質向上のため、修理設備を新設する。

- (a) 自動ドリル×1台 …… 鋳型の横割れの修理のため開孔を行う。
- (b) 溶接機×1台 …… 横割修理で開孔した部分に金物を挿入し、その金物の周囲を溶接する。
- (c) 自動スクラッパー×1台 …… 品質向上のため、鋳型内部の亀裂を溶削する。
- (d) 自動研度機×1台 …… 上記溶削した部分を仕上研度を行う。

f. 鋳型清掃機

鋼塊の品質を向上させるため、清掃機を2台新設する。清掃機は、チェーン型式、ショット型式等の自動清掃機があるが、手動式ではあるが簡便で、安価な装置を図3-5-5に示す。

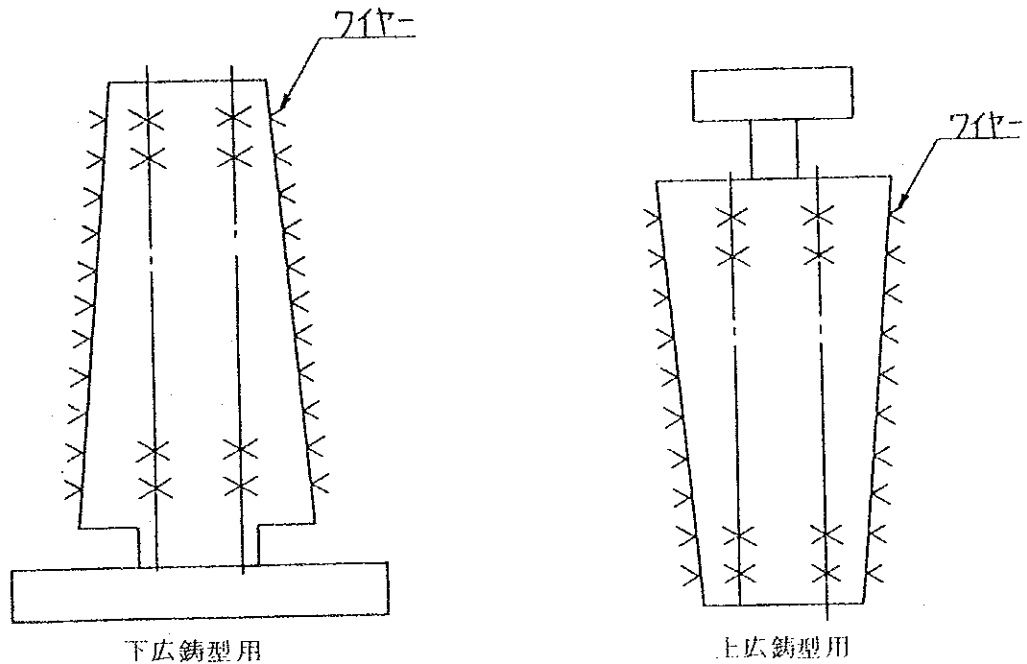


図3-5-5 鋳型清掃機の概略図

g. 定盤反転機

湯道レンガ、地金等を玉掛けをせず機械的に除去する装置であり、効率的で且つ安全である。この装置×1機を推奨する。この装置は、定盤の受台があり、これが定盤を固定し180° 旋回するものである。この装置の概略図を図3-5-6に示す。

h. クレーン

転炉の出鋼数75chs/日を処理するためには、以下のクレーンが必要となる。又、鋳型・鋼塊処理棟内で鋳型修理も実施する計画である。

- ストリップ・クレーン 40t×2台
- モールド・クレーン 40t×2台

i. 鋳型・鋼塊処理棟全体レイアウト

(a) 鋳型冷却台面積

① 鋳型の占有面積 - $1\text{ m}^2/\text{本}$

② 鋳型冷却台面積

リムド鋼、セミキルド鋼用鋳型

$$275\text{本} \times 1\text{ m}^2/\text{本} = 275\text{ m}^2$$

キルド鋼用鋳型

$$85\text{本} \times 1\text{ m}^2/\text{本} = 85\text{ m}^2$$

(b) 鋳型・鋼塊処理棟全体レイアウト

上記 a～i 項迄と鋳型冷却台面積を考慮すると、概略は図8-2-7になる。又、鋳型・鋼塊処理棟のクレーン配置を図8-2-8に示す。

j. 注入台車牽引車

注入台車の牽引推進に現在蒸気機関車を使用しているが、今回の計画に於いて、線路の配置が複雑となる。それ故、制動・起動がスムーズに行わなければならない、そのためディーゼル機関車の採用を推奨する。この車輛台数は、注入ヤード～鋳型・鋼塊処理棟で2台、鋳型・鋼塊処理棟～分塊が1台の合計3台が必要となる。

k. 鋳型・鋼塊処理棟での作業工程

- (a) 注入台車を熱塊線に引込む。
- (b) 注入管をストリッパー・クレーンで外し注入管置場に移す。

- (c) ストリッパー・クレーンで鋳型を旋回し、鋼塊から湯道を切り離す。
- (d) 鋳型を鋼塊から外し、鋳型置場に運ぶ。
- (e) 1ch分の型抜終了後、この台車を分塊に輸送し、鋼塊を均熱炉に装入する。
- (f) 分塊よりの台車を段取線に引込み、モールドクレーンで定盤を定盤反転装置へ運ぶ。
- (g) 定盤反転装置で、定盤上の湯道、耐火物を取り除き、定盤を定盤置場に移す。
- (h) 定盤を外した台車は、清掃後、鋳型段取を行うため段取作業場へ運ぶ。
- (i) 型抜した鋳型は、自然冷却後、鋳型清掃機にて内面のスケールを除去した後、鋼塊の表面性状改善のため、鋳型内面に塗布材を塗る。

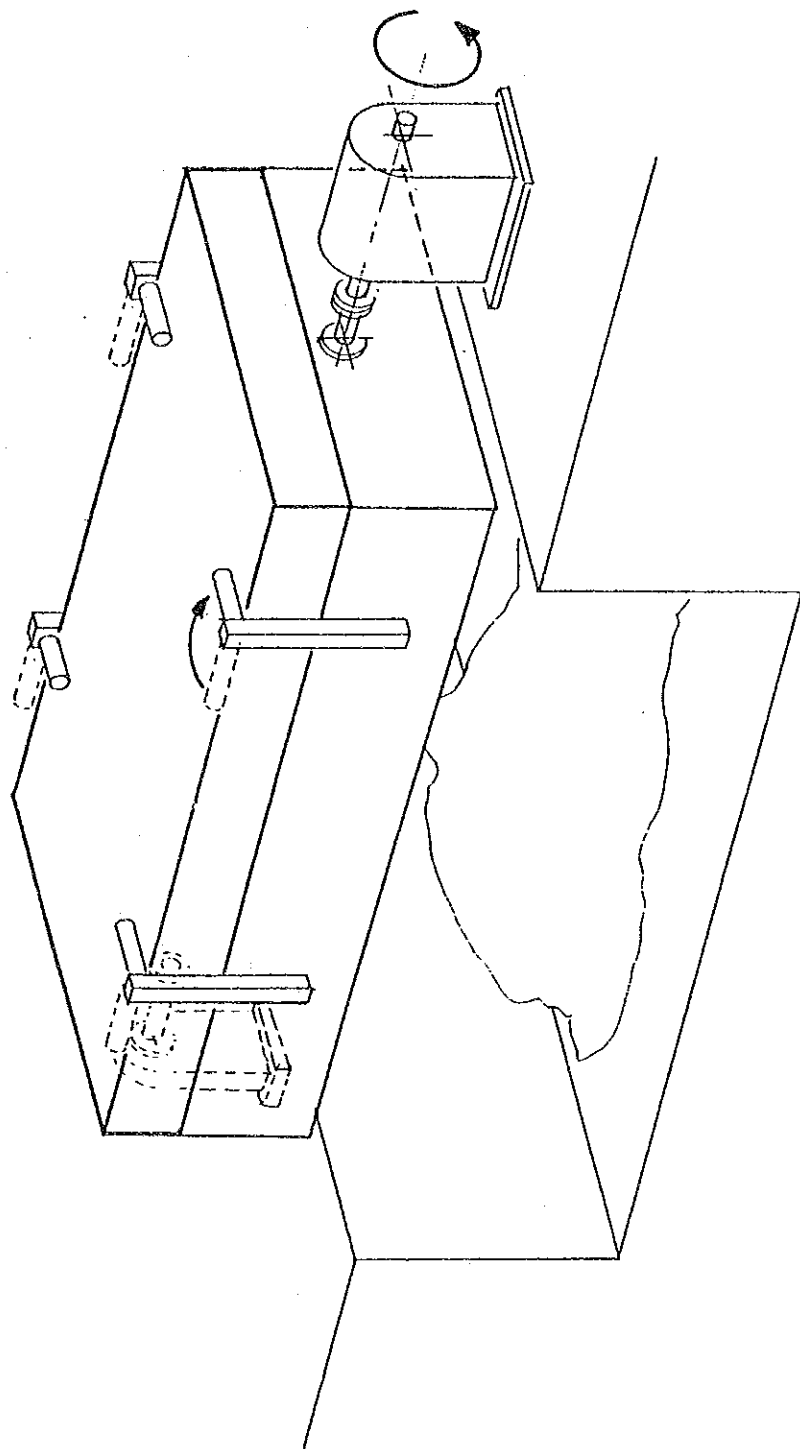


图 3-5-6 定盘反転装置

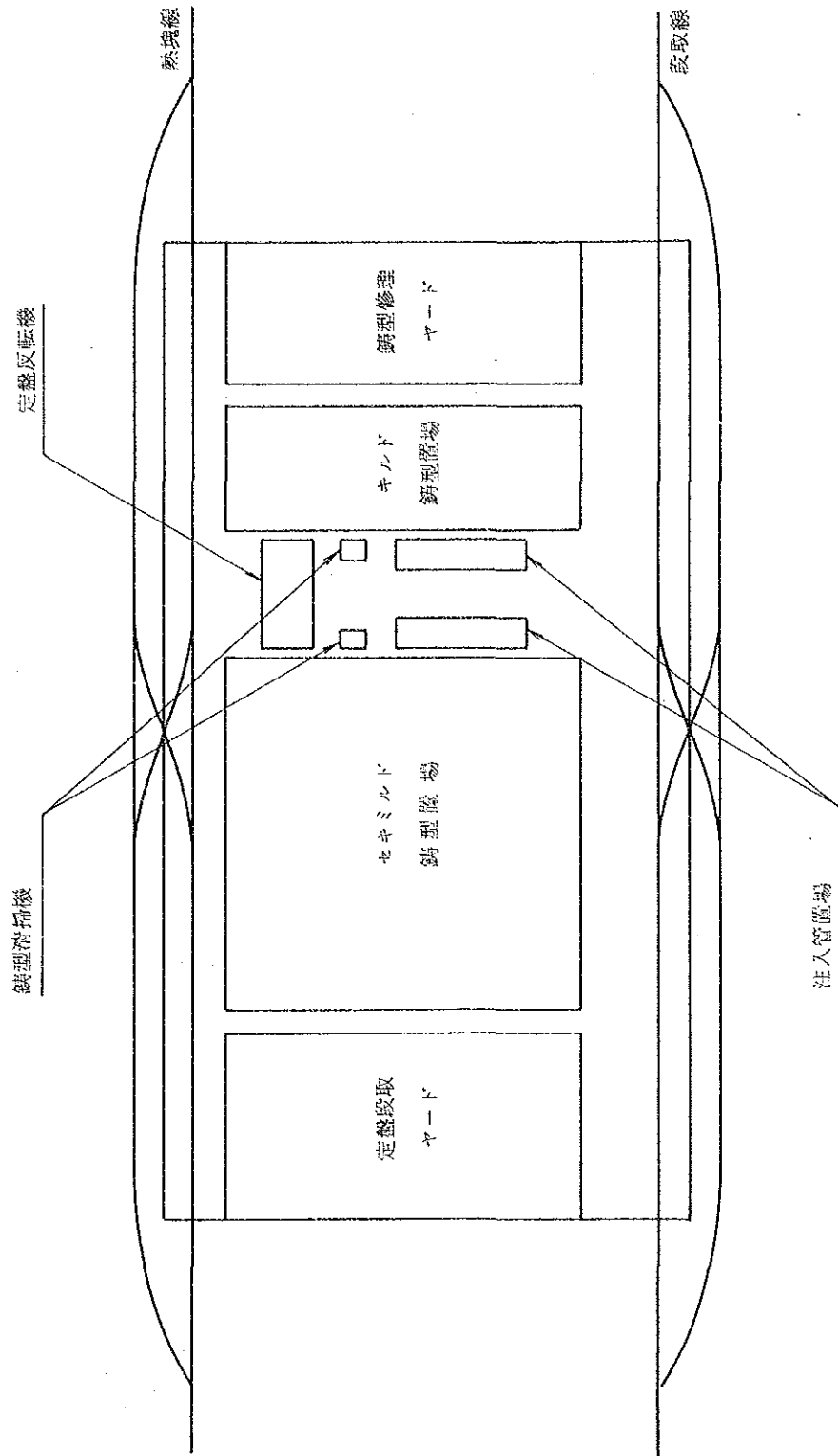


図 3-5-7 鋳型・鋼塊処理概略図

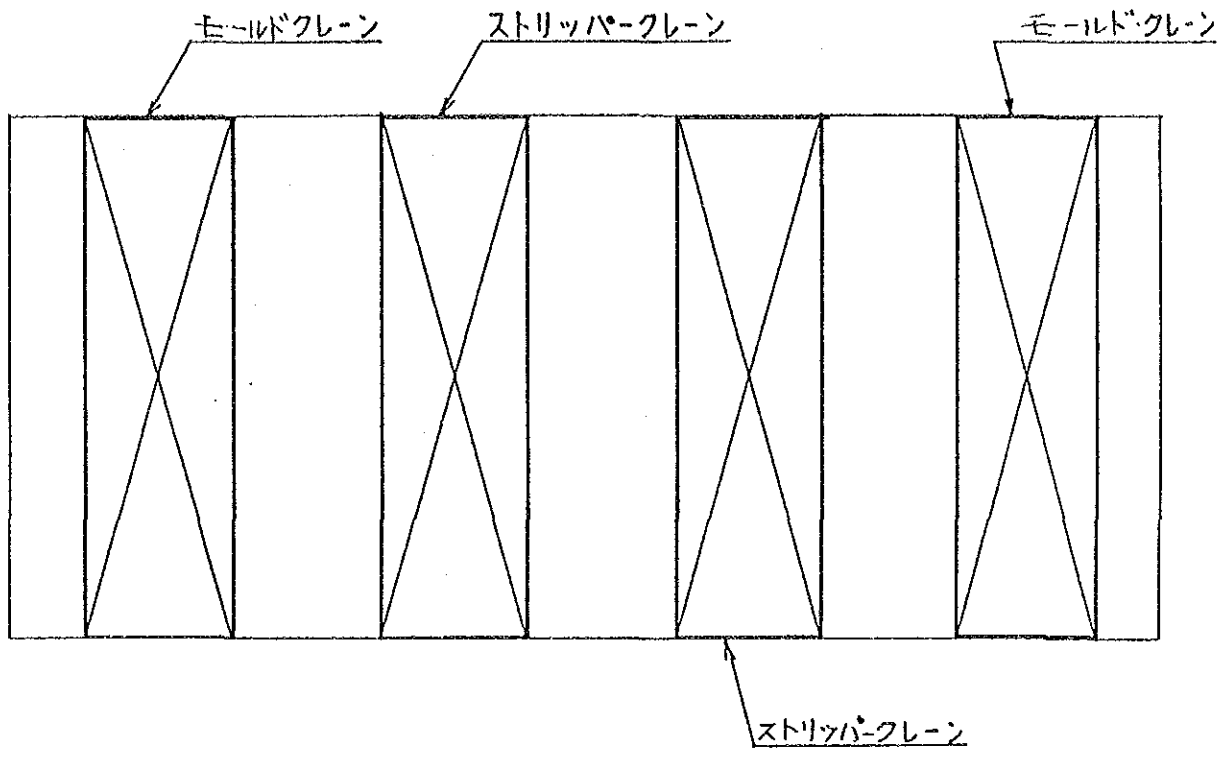


図 3 - 5 - 8 鋳型・鋼塊処理棟クレーン配置図

(2) 近代化計画

近代化計画を達成するためには、操業技術の改善と設備化の2通りを実行することが不可欠であり、以下、その詳細を述べる。

① 原料

a. 溶銑脱硫装置

溶銑中のSが高い場合及び高級鋼の溶製等に対処するため、溶銑脱硫装置を新設する。この装置の活用により、転炉での負荷を軽減し、各種原単位の削減及び高級鋼の溶製を容易にする。この装置の概略図を図3-5-9に示す。

この装置の設置場所は製銑から製鋼迄の軌条際が稼働率向上に望ましい。又、この装置は建屋内に設置し、溶銑輸送鍋が軌条上で脱硫処理ができる方式を推奨する。

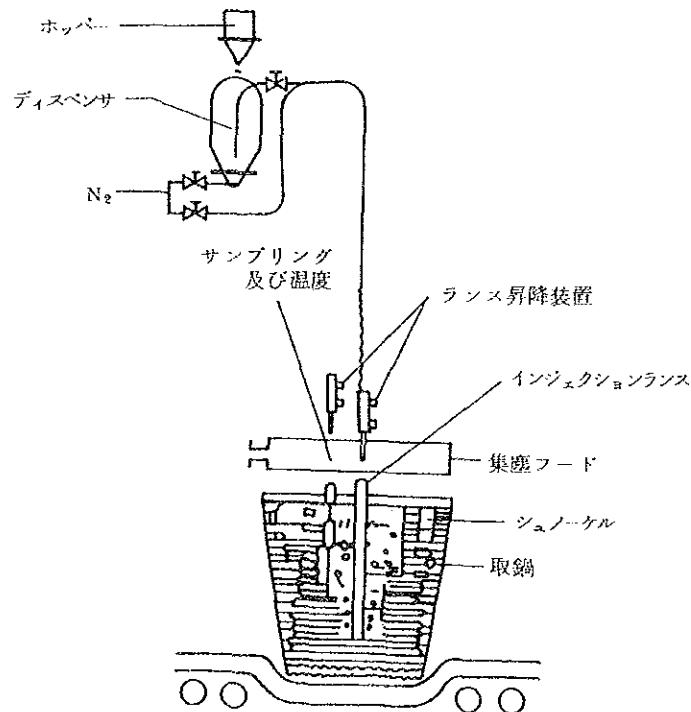


図3-5-9 溶銑脱硫装置概略図

b. 除 滓 機

溶銑に滓が多いため転炉でのスロッピング及び諸原単位低減の阻害になっている。これを改善するため、除滓機を2台導入する。

c. 溶 銑 秤 量 機

溶銑脱硫装置の活用により、溶銑成分中、特に変動の大きいSの要因が軽減するため、混銑炉の利点が失われる。又、混銑炉の使用は溶銑温度を低下させる。又、現在の溶銑温度を高める必要があることから、溶銑脱硫装置稼動時には混銑炉の使用を中止するのが望ましい。この場合の溶銑のフローは、溶銑輸送鍋→溶銑鍋→転炉となり、溶銑の秤量は現在のクレーン・スケールより信頼性の高い地立レーバー式秤量器を導入するのが望ましい。

この秤量機の基数は2台である。又、溶銑ヤードの設備配置を図3-5-10に示す。

d. ク レ ー ン

スクラップ・ヤードのクレーン×1基では、能力が不足するので、もう1基の増設が必要となる。又、製鋼工場のクレーン配置を図3-5-11に示す。

② 転 炉

a. 副原料・合金鉄

生石灰の原単位が高い。A社の実績は約 $35\text{ kg} / \text{steel}\cdot\text{t}$ と、第2製鋼工場の $\frac{1}{4}$ である。これは、活性度が低いためであり、早急に改善が必要である。A社の使用生石灰の品質を表3-5-1に示す。生石灰の原単位を削減することにより、スロッピングの減少（歩留の向上）、耐火物の削減が可能となる。

b. 溶 鋼 温 度 計

溶鋼温度計の精度が悪いため、正確な温度を把握できずに操業している。この結果、転炉では目標より可成り高温で出鋼することとなり、転炉の耐火物、造塊取鍋耐火物鑄型、品質に極めて悪影響を及ぼしており、ひいては、頻繁な下注洩鋼につながっている。又、原料の溶銑温度計も同様であり、転炉の吹錬計算が正確に行えない。それ故、精度の高い温度計が必要である。

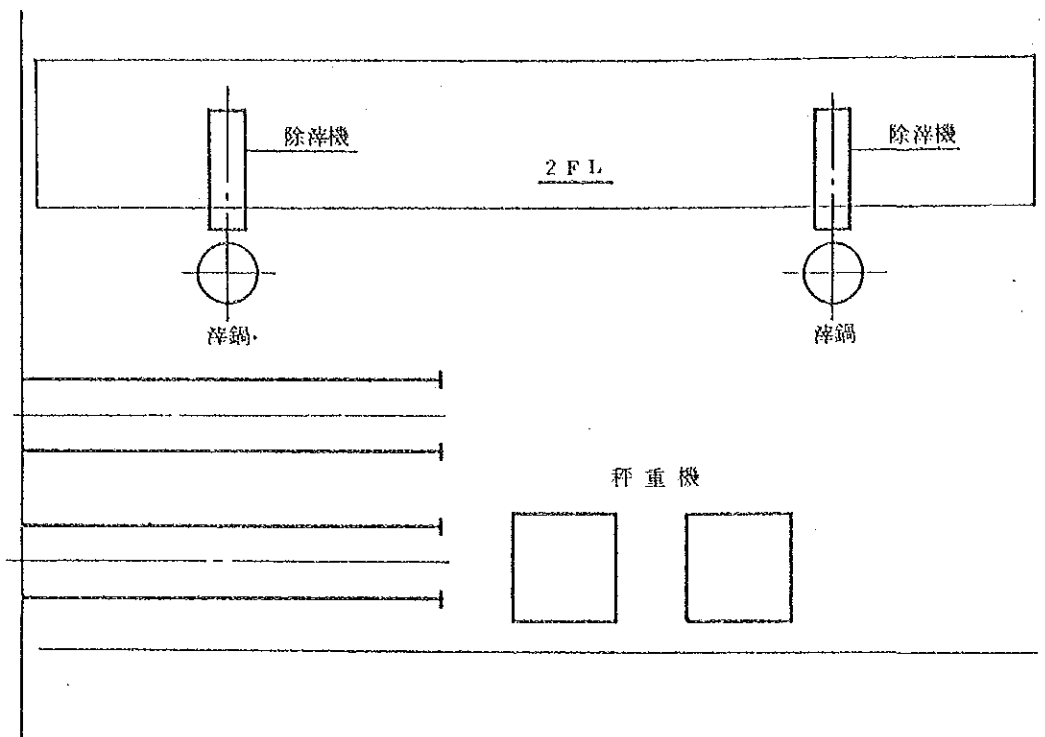


図 3 - 5 - 1 0 溶銑ヤード平面配置図

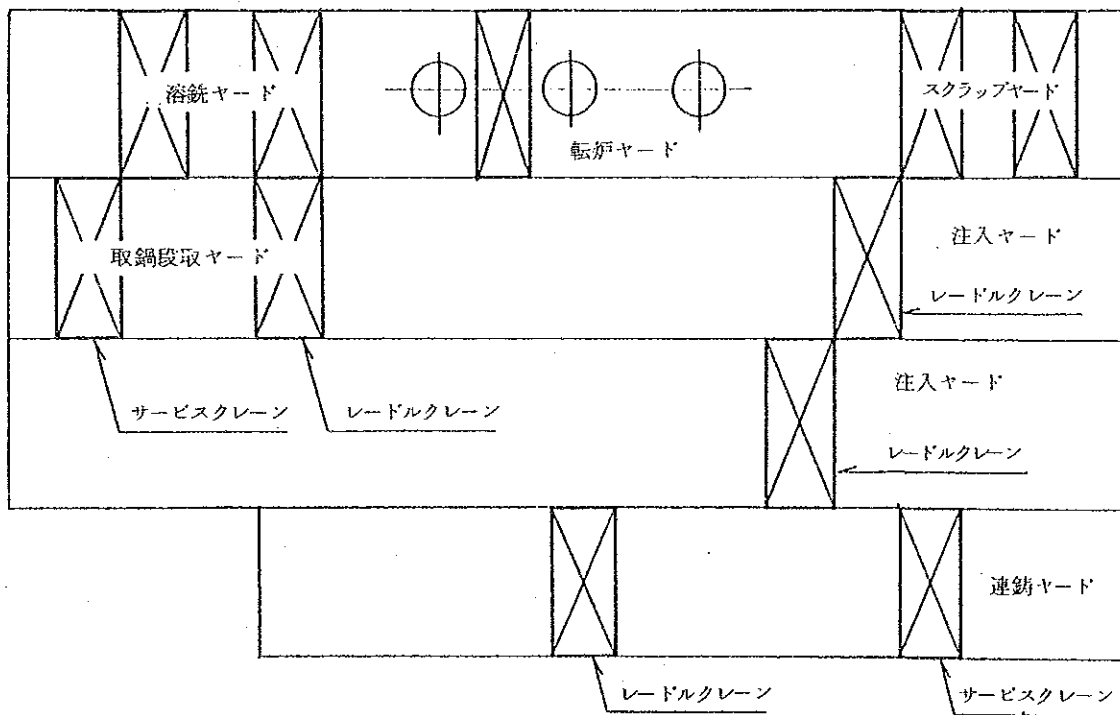


図 3 - 5 - 1 1 製鋼工場クレーン配置図

表 3-5-1 A社の生石灰の品質リスト

項 目		重量比率(%)
化 学 成 分	CaO	97.24
	SiO ₂	0.17
	MgO	1.04
	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	0.15
	P	0.043
	S	0.006
活性度(CO ₂)		≤1

c. 分 析 計

現在の湿式分析では、時間がかかるため、転炉の吹止時にはSの値のみで出鋼している。分析不良率の減少、合金鉄原単位の低減のためには、迅速分析計が必要である。この分析計は迅速性、精度上から真空形発光分析計を推奨する。又、近代化計画の溶銑脱硫装置の導入及び転炉の高効率操業には不可欠なものである。

d. 複 合 吹 錬 法

従来のL・D転炉は上方ランスからの酸素の速度エネルギーに攪拌力を依存してきた。しかし、底吹転炉(Q-BOP)に比較して、鋼浴の均一度が低く、スロッピングや鋼浴過剰酸化が生じやすいばかりでなく、鋼中O濃度やMn分配比が高くSやPの分配比が低い。しかしLD転炉から底吹転炉に改造するには莫大な費用がかかるため、改造費用の低減と経済効果(諸原単位の削減)から、炉底の羽口から少量の不活性ガス(N₂、Ar等)を吹込む、複合吹錬法が開発された。この複合吹錬法の概念図を図3-5-8に示す。

このプロセスの特徴は、広範囲に底吹き流量が制御できるので、高炭素鋼吹錬時には低流量でスロッピングを防止し、且つ、高炭素吹止めで目標P濃度を得ることができる。

又、低炭素鋼には大流量のガスで攪拌を強くし、鋼滓中の T・Fe が平衡値以上に過剰に含有されることを防止することができる。表 3-5-1 は A 社での LD 転炉との比較を示す。この設備は、転炉での諸原単位の低減を図る上で、極めて有効であるので本設備の導入を提案する。

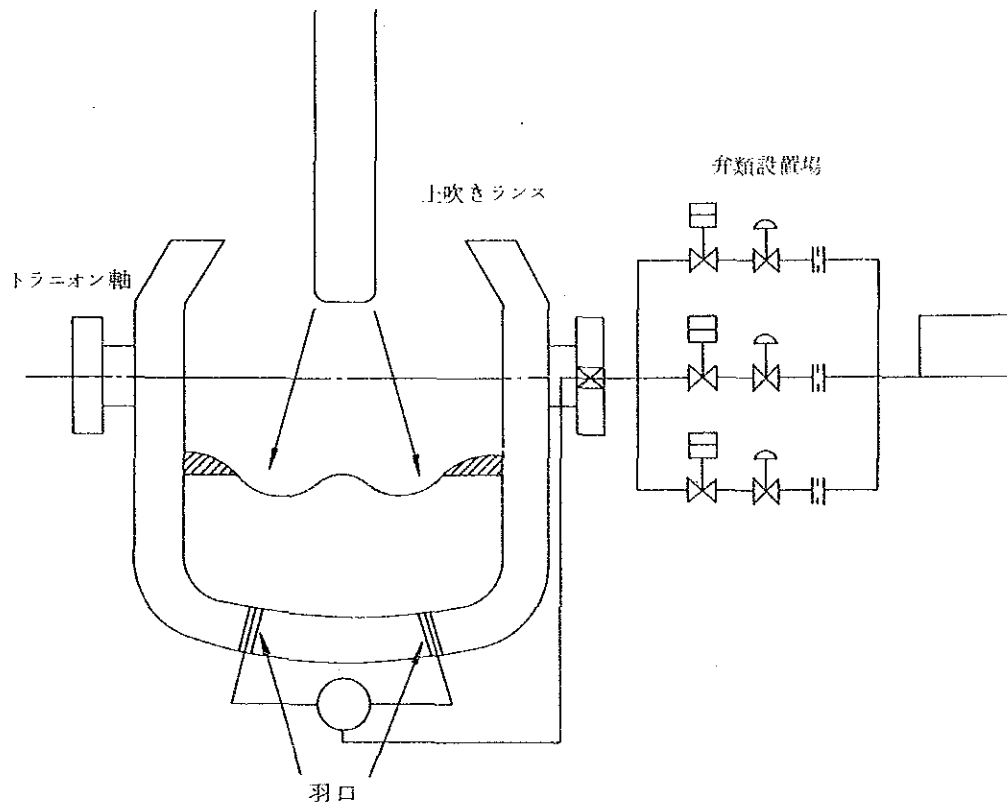


図 3-5-1 2 複合吹錬法の概念図

表 3-5-2 LD と比較した複合吹錬法の経済的改善効果

鋼 管	鋼 種	低 炭 素 鋼	高 炭 素 鋼
製 出 鋼 歩 止 り		+ 0.72 %	+ 0.3 %
A ℓ 原 単 位		- 0.17 kg/t	
吹 止 め Mn 濃 度		+ 0.06 %	+ 0.02 %
酸 素 ガ ス 消 費 量		- 1.20 Nm ³ /t	- 0.35 Nm ³ /t
焼石灰、ドロマイト消費量		- 4 kg/t	- 1.3 kg/t
Ar ガ ス 消 費 量		+ 0.44 Nm ³ /t	+ 0.05 Nm ³ /t
N ₂ ガ ス 消 費 量		+ 0.49 Nm ³ /t	+ 0.63 Nm ³ /t
排 ガ ス 回 収 量		+ 1,290 kcal/t	+ 800 kcal/t
羽 口 コ ス ト		+ 12.5 円/t	
耐 火 物 コ ス ト		- 27.6 円/t	

(注) 製出鋼歩止り = $\frac{W_{ST}}{W_{HM} + W_{SC} + W_{CP}} \times 100 (\%)$

ここで、

W_{ST} : 出 鋼 屯 数

W_{HM} : 溶 銑 装 入 屯 数

W_{SC} : 鉄 屑 装 入 屯 数

W_{CP} : 冷 銑 装 入 屯 数

③ 造 塊

a. メカニカル・トップ

リムド鋼の頭部処理は現在、ケミカルトップであるが、歩留改善と頭部凝固剤の節約のため、メカニカル・トップの採用を推定する。このメカニカル・トップの鑄型及び蓋の概略図を図 3-5-13 に示す。

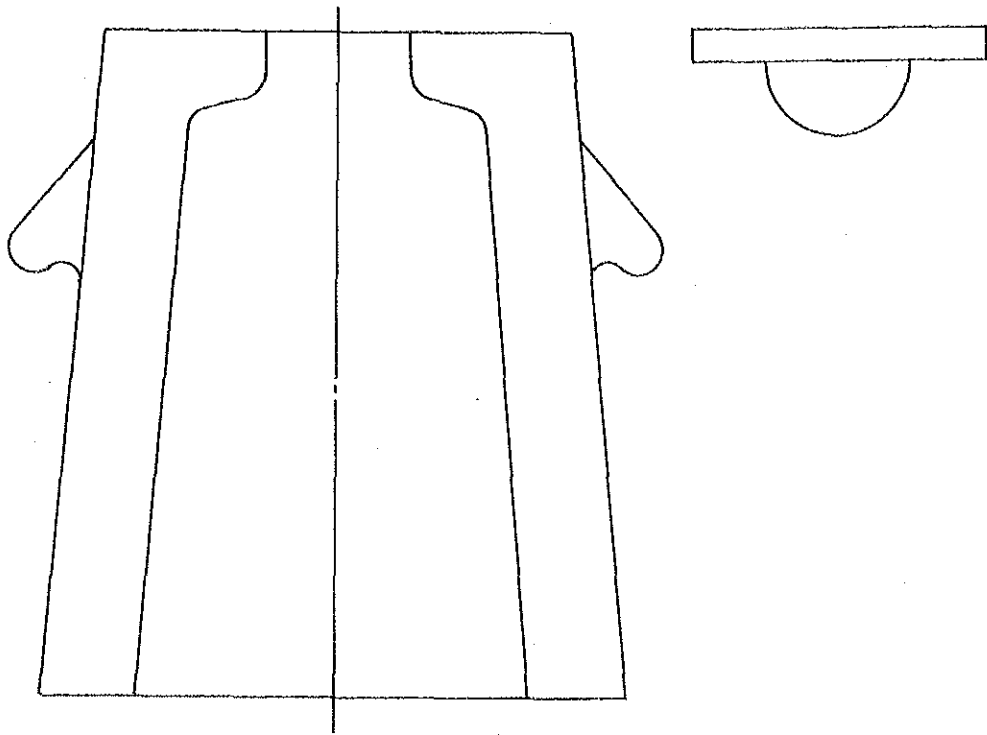


図 3 - 5 - 1 3 鋳型と蓋の概略図

b. 2 次精錬設備

近代化計画に於いて、ブルーム連鋳機の導入、熱圧向高級鋼の溶製により、2 次精錬設備が必要となる。

(a) バブリング設備

連鋳機の導入により、取鍋中の溶鋼の温度均一化が重要である。このバブリング設備を用いることにより温度均一化が可能となり、取鍋内底部の低温鋼に起因する連鋳での鋳込初期のノズル閉塞が防ぐことができる。又、造塊機に於いても、取鍋内溶鋼の温度均一化により品質の向上、安定化が図られる。このバブリング設備で使用する不活性ガスは N_2 、 Ar であるが、現在計画中の鋼種では大部分が N_2 ガスで可能である。この設備の概念図を図 3 - 5 - 1 4 に示す。又、高温出鋼時の溶鋼冷却として、バブリング設備に冷却材（鋼切屑）を投入するポッパーを備えることを推奨する。この冷却は、連鋳のブレイク・アウト防止、造塊材の品質安定化及び下注定盤の洩止に効果がある。

このバブリング装置には、測温とサンプリングができる設備も必要であり、本装置は、全体の工程の円滑化を図るため、受鋼台車線上に設置する。

(b) Ladle Furnace 設備

転炉出鋼後の溶鋼で、低温出鋼時には造塊材（下注法）、連鑄材でも鑄込むことが出来ず、転炉に逆装するより手段が無い。この低温出鋼時、溶鋼加熱が可能となると生産性、経済性に於いて著しく効果が発揮される。この手段として Ladle Furnace 設備を設置する。この設備の概念図を図3-5-15に示す。又、この装置にフラッシング設備を備え、攪拌機能を持つことと同時にフラックスの投入機能を持つことにより低硫鋼の溶製が容易に得られ高級鋼の製造が可能となる。

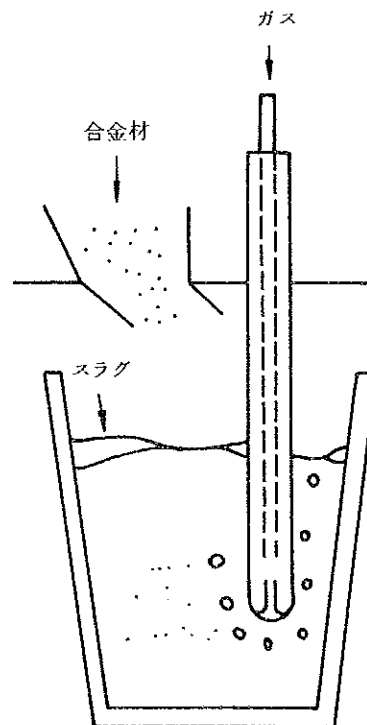


図3-5-14 バブリング設備の概念図

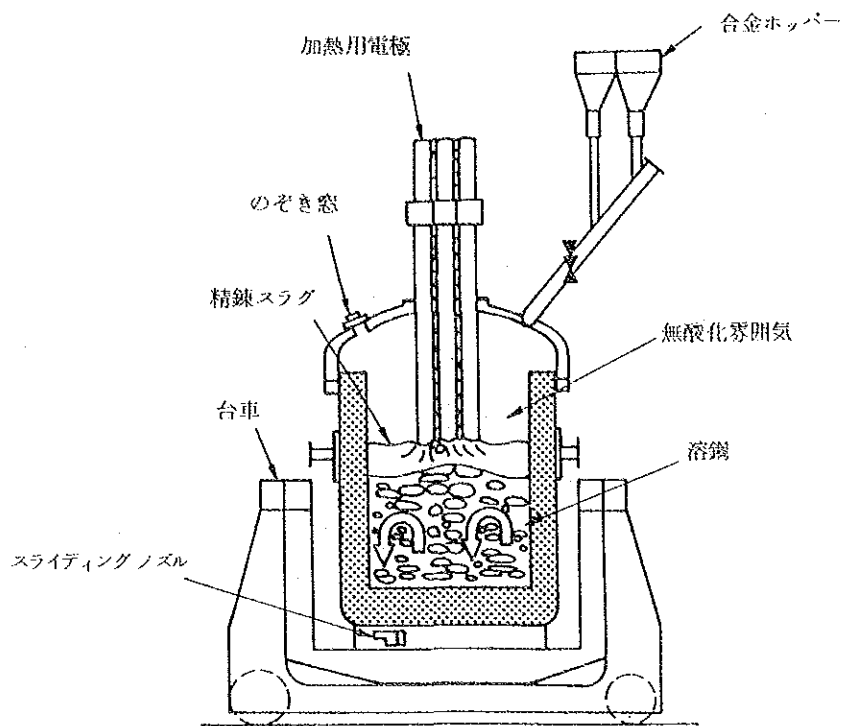


図 3-5-15 Ladle Furnace 設備の概念図

(c) 取鍋高速加熱装置

現在使用している取鍋加熱装置は、熱効率が低く且つ昇熱速度も遅い。近代化計画の推進に於いて安定操業が不可欠であり、取鍋内耐火物温度を高温に維持し取鍋内溶鋼温度の精度を向上する必要がある。このため熱効率が良好で昇熱速度が迅速な取鍋高速加熱装置×2基を備える。この設備の概略図を図3-5-16に示す。

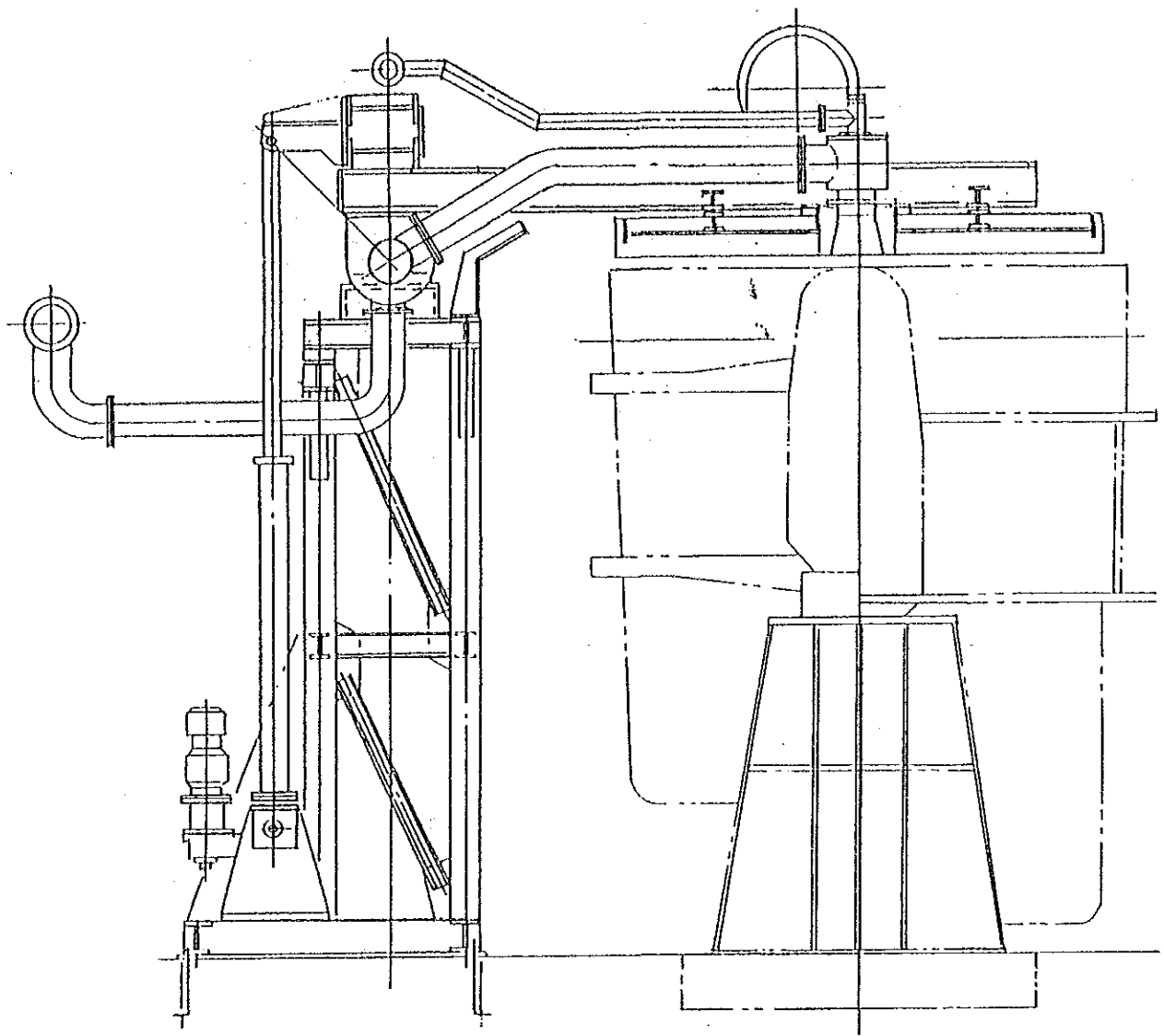


图 3 - 5 - 1 6 取 鍋 高 速 加 熱 装 置

(d) 噴流攪拌式取鍋精錬設備（P.M設備）

熱圧工場向け Aℓ キルド鋼の溶製を行うため、脱酸を目的とした脱ガス設備が必要となる。一般的に、脱ガス設備は P.H 式が普及しているが、この設備は、建設費用が極めて高価である。この設備より廉価で、脱酸度も良好な P.M 設備を推奨する。P.M 設備の原理図を図 3-5-17 に示す。

又、脱酸程度を図 3-5-18 に示す。本装置の特徴は次の通りである。

- ㉑ 均一混合時間 — 100～200秒と迅速であり、簡単な装置にもかかわらず溶鋼の攪拌力が大きい。
- ㉒ 脱酸 — フラッシング法と比較して、到達酸素値が低く、バラッキも小さい。溶鋼の清浄効果に優れ、R.H 式と同等の能力がある。
- ㉓ 合金添加 — Aℓ、C、B、Ti 等の合金鉄添加歩留は 90% 以上であり、成分調整の精度や合金鉄添加歩留も R.H 式と同等である。特に Aℓ は、フラッシング法と比較して、約 0.1 kg / steel·t の節約ができる。
- ㉔ 大型介在物 — 大型介在物の低減効果に優れ、製品品質は R.H 式処理機と同等の成績である。
- ㉕ 溶鋼温度降下量 — フラッシング法と同等であり、R.H 式より約 25% 小さい。
- ㉖ スラグによる汚染 — スラグによる Mn、Aℓ の酸化損出量と復燃量は小さく、浴表面のスラグの影響の受け難い装置である。
- ㉗ 操業費用 — 処理費用の大半は耐火物費用であり、同規模 R.H 設備の約 1/8 である。
- ㉘ 建設費用 — 小規模で簡単な装置のため、R.H 設備の 1/5 ～ 1/10 である。

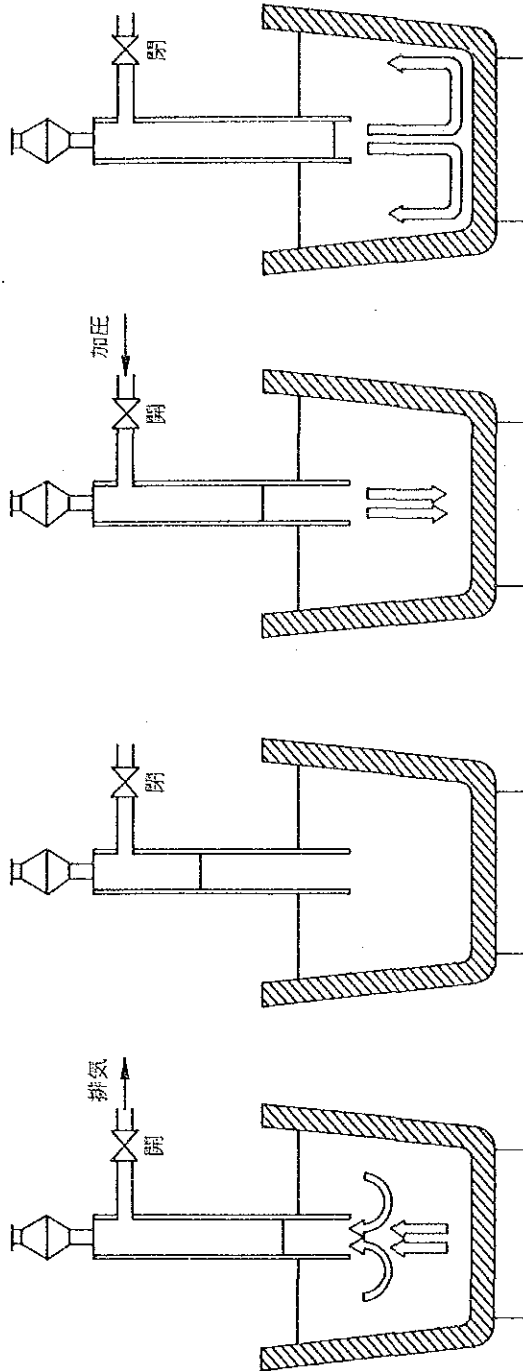


図 3-5-17 PM 設備の概念図

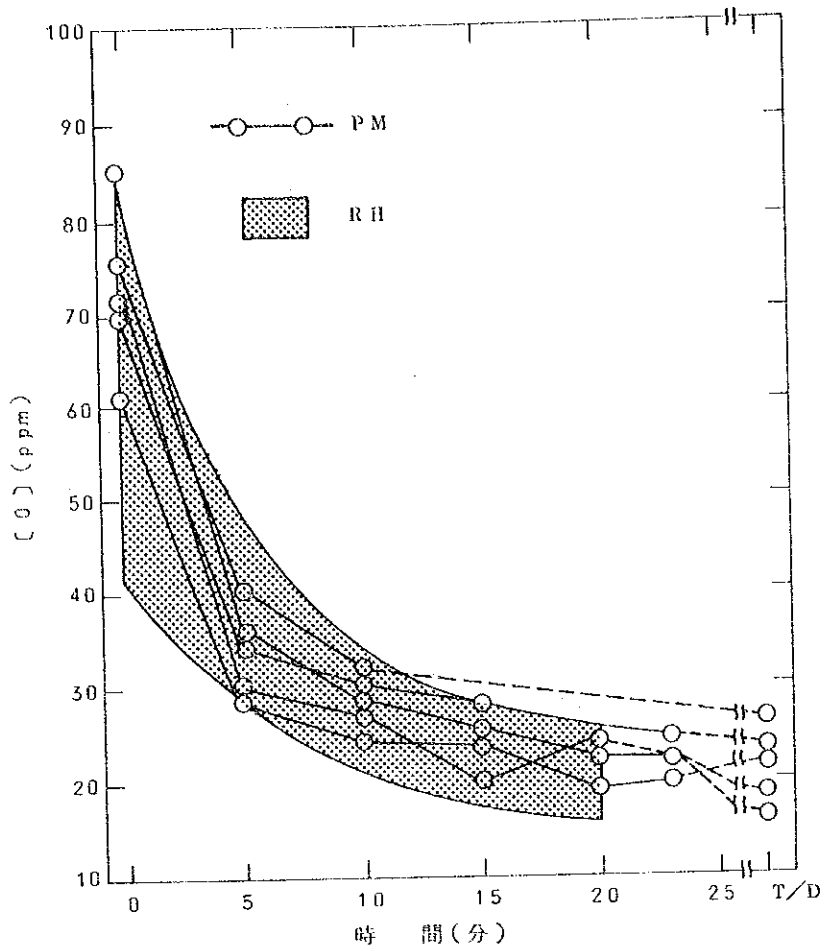


図 3-5-18 Al-Si キルド鋼の脱炭曲線

④ 連続 鑄 造 機

連続鑄造機の導入は、従来の造塊法に比較して次の利点があげられる。

- a. 歩止が大幅に向上する。
- b. エネルギー費用及び諸原単位が大幅に低減する。
- c. 高い生産性を持っている。
- d. プロセス全体からみて保守費が廉価である。
- e. 圧延との同期化が容易である。

又、連鑄機の導入に当り、その設置と操業に関する基本設計を図 3-5-19 に示す。

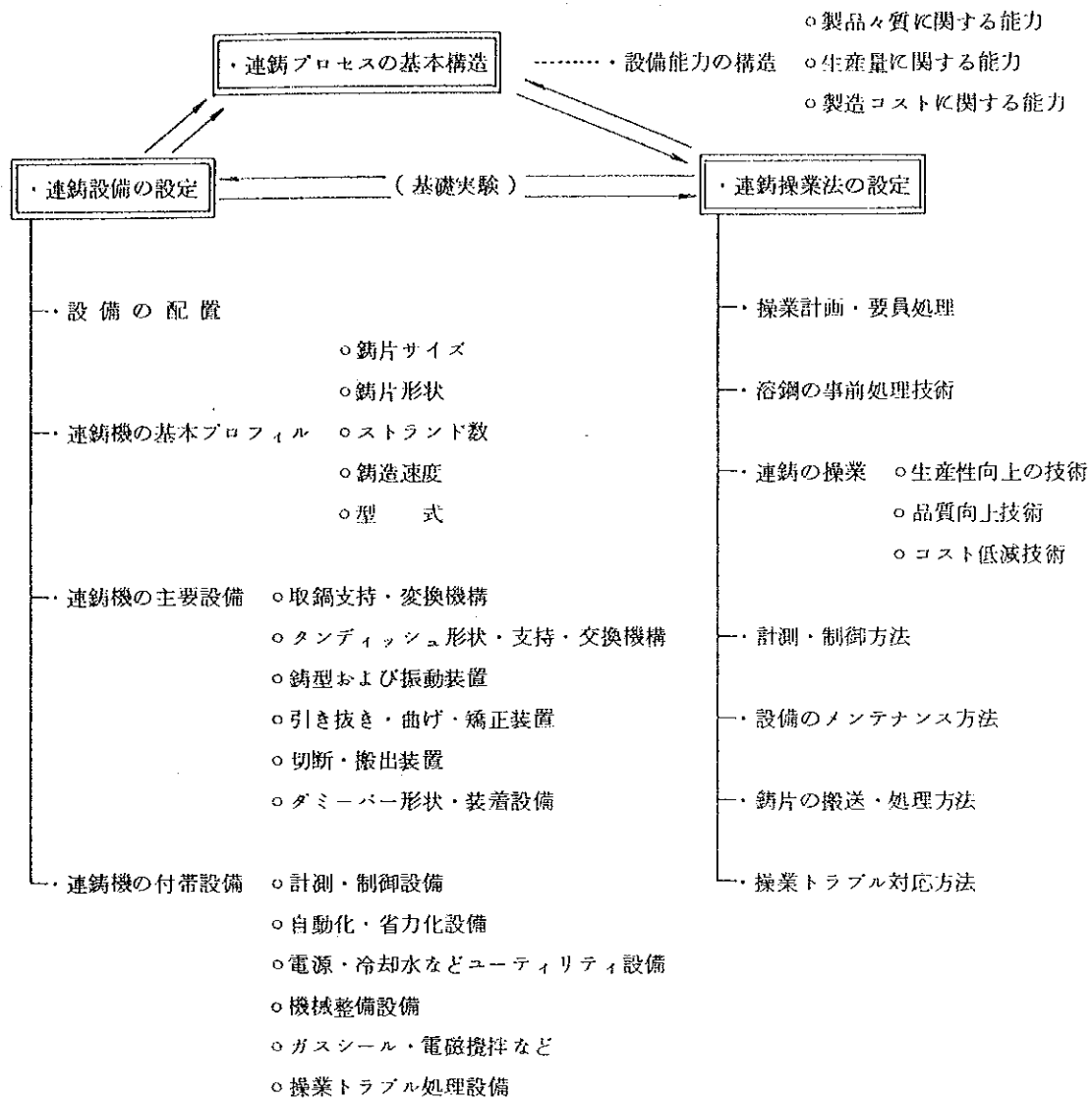


図 3 - 5 - 19 連続機の設定と操作に関する基本設計

a. 連続鑄造機の仕様

(a) 前提条件

連続鑄造機を選定に当り、次の事項が前提となる。

- ① 鑄込サイズ：220% × 180% (将来サイズ 250% × 300% も可能
能として計画する。)
- ② 鑄込時間：35分 / ch
- ③ 鑄込鋼種：普通型鋼材

(b) 機種 の 選 定

連続鋳造機には、図 3-5-20 に示す様に各種の型式がある。

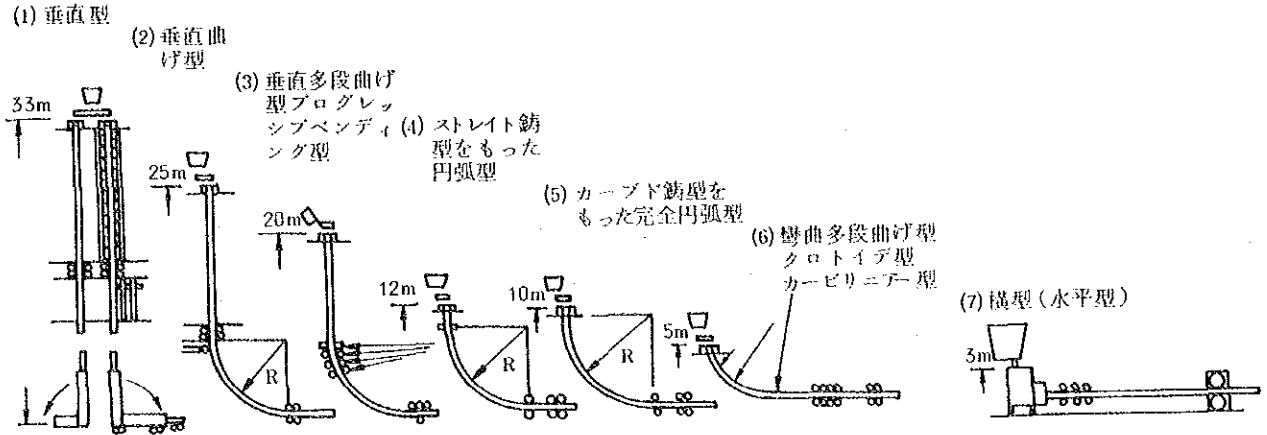


図 3-5-20 連 鋳 機 の 種 類

今回の機種を選定にあたり、前提条件を満足すると同時に、操業が容易であること及び建設費用が廉価であること等を考慮して湾曲型を推奨する。

(a) ストランドの決定

イ. 1ストランドの能力

$$0.22\text{ m} \times 0.18\text{ m} \times 1.5\text{ m/分} \times 7.6 \times 35\text{ 分} = 158\text{ t /ストランド}$$

↓
↓
↓
 サイズ 鋳込速度* 比重 鋳込時間

*：鋳込サイズと鋳込スピードの関係を図 8-2-21 に示す。

ロ. ストランド数

$$29\text{ t /ch} \div 158\text{ t /ストランド} \approx 1.84\text{ ストランド}$$

これにより、ストランドを2とする。

(b) 曲 率

鋳込鋼種が形鋼普通鋼、鋳込速度が平均 1.5 m/分であり、将来サイズの 250% × 300% も可能となるよう曲率は 8 m の 1 点曲げ方式とする。

(c) レードル・ターレット

レードル・ターレットには、図 3-5-22 のレードルカー方式と、図 3

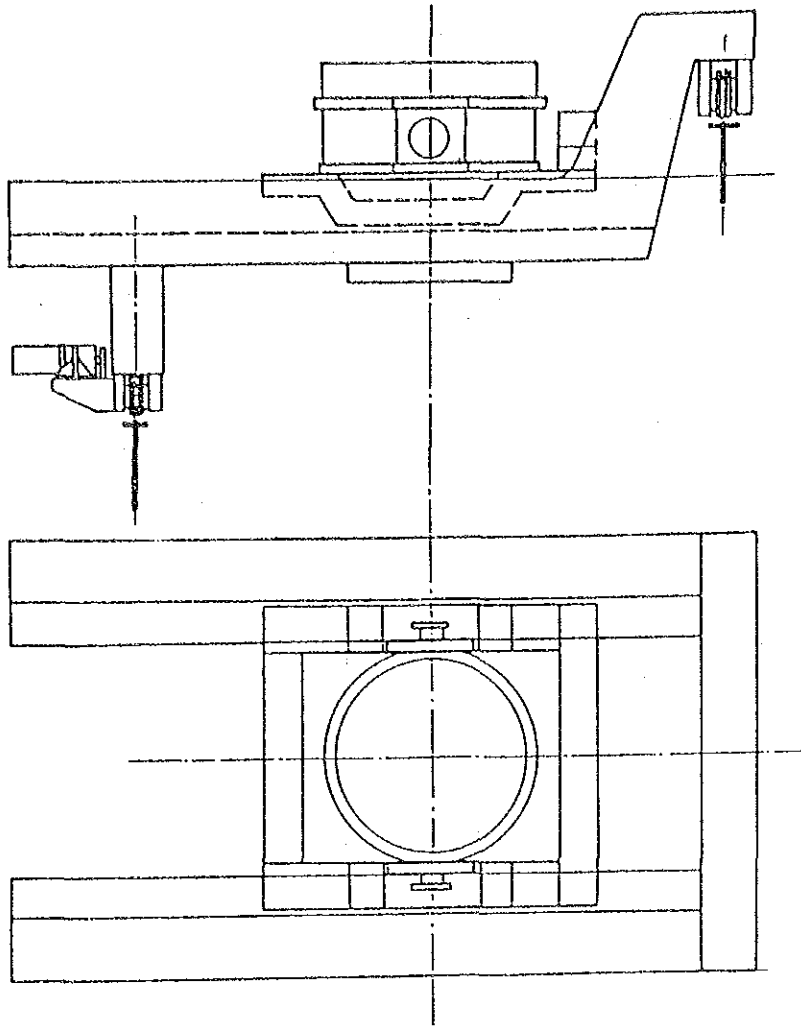


図 3-5-22 レードルカー

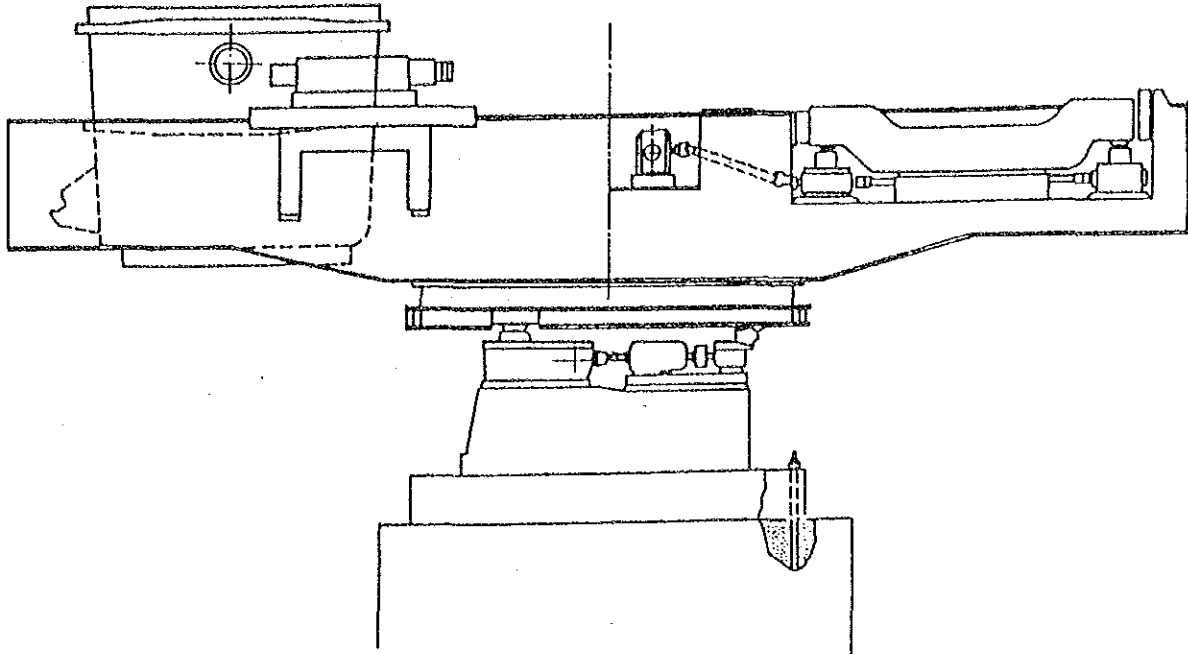


図3-5-23 スイング・タワー

④ タンディッシュ、タンディシューカー

タンディッシュは2個の鋳込穴を持つ1タンディッシュを、タンディッシュ・カーは、段取時間の短縮を図るため自走式で且つ、ノズル位置の高低方向への微調整が可能なジャッキ・アップ装置を保有するものを推奨する。

⑤ モールド

モールドには、図3-5-24の様な銅板組立て式モールドがあるが、今回計画のサイズ(220%×180%)では、1体物のチューブラーモールド(図3-5-25)が良い。図3-5-26にモールド概念図を示す。

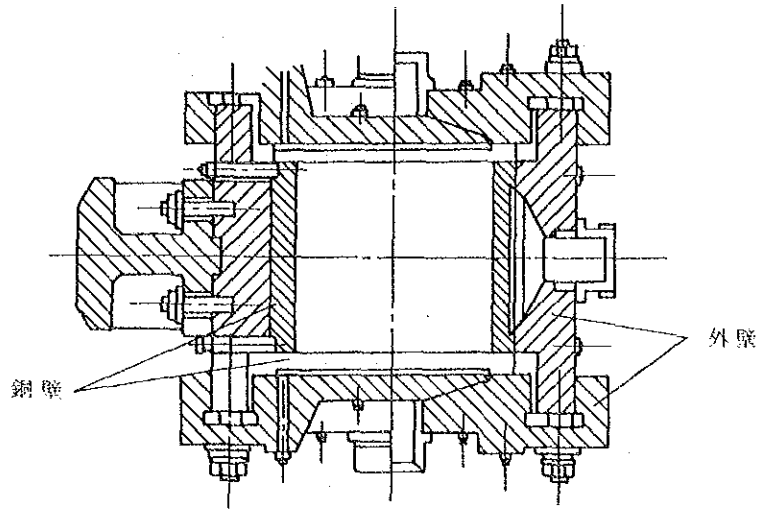


図 3-5-24 組立て式モールド

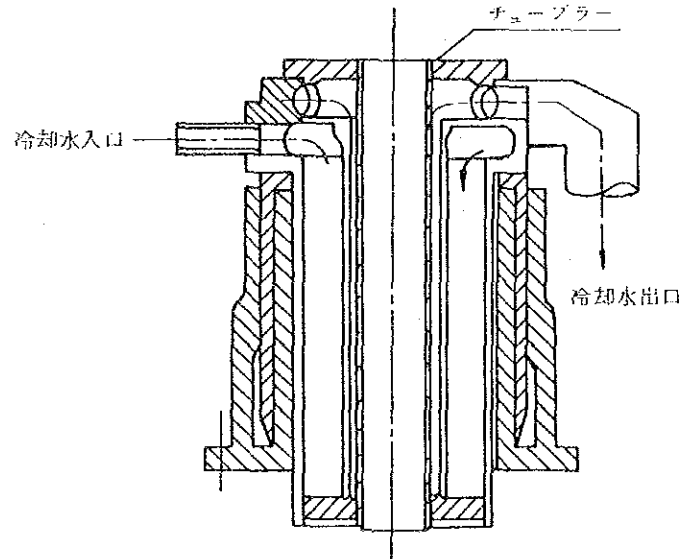


図 3-5-25 チューブラーモールド

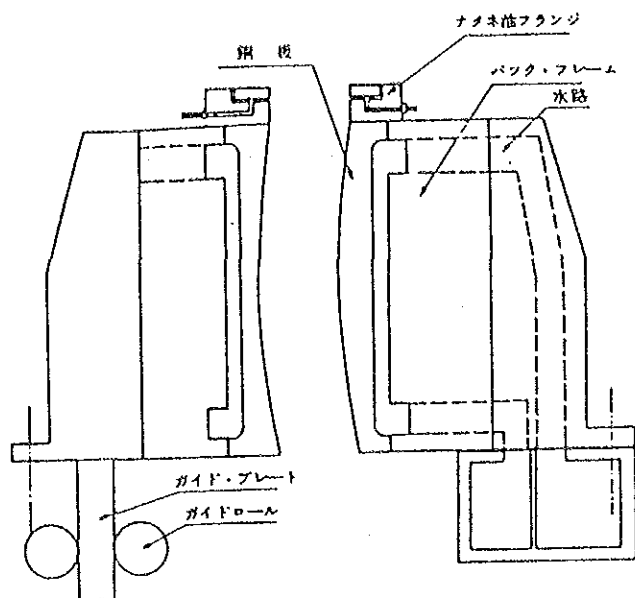


図 3-5-26 モールド概念図

① レベルコントロール、オッシレーション

レベルコントロール、オッシレーションは、鋳込速度と連動する型式を推奨する。

② ローラーエブロン

ピレット連鋳機に於いてローラーエブロンを省略した型式 (Solid Dummy bar type) があるが 220% × 180% の断面では、鋳片を支持する型式としてローラーエブロン型式を推奨する。このローラーエブロン概念図を図 3-5-27 に示す。

③ 2 次 冷 却

2 次冷却は、安定操業を可能とするため、鋳込速度と連動し、水量が増減するシステムを採用することを進める。このシステムを図 3-5-28 に示す。

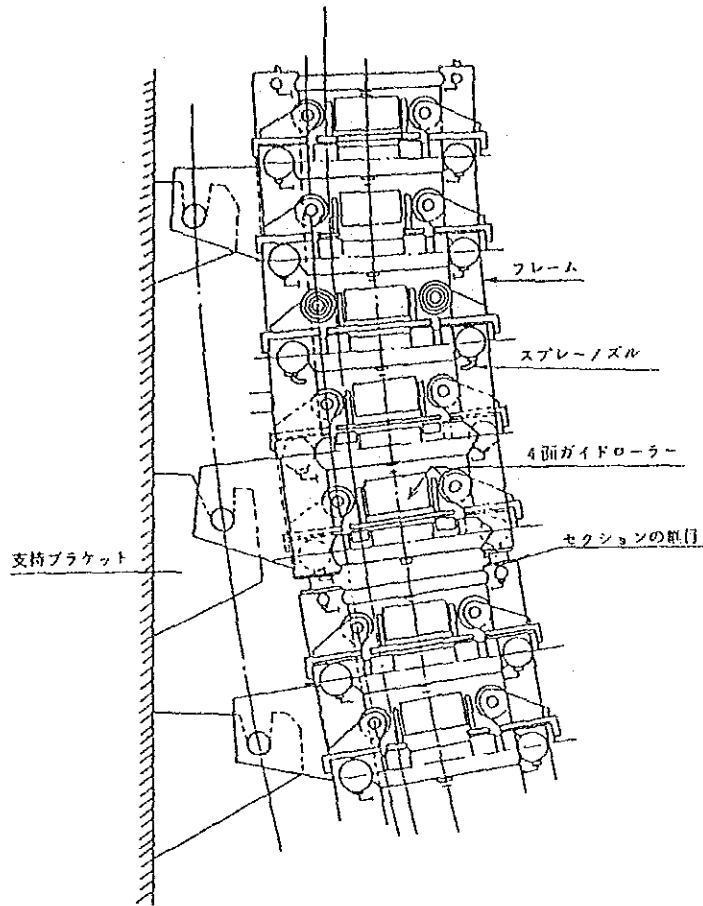


図 3-5-27 ローラーエプロン概念図

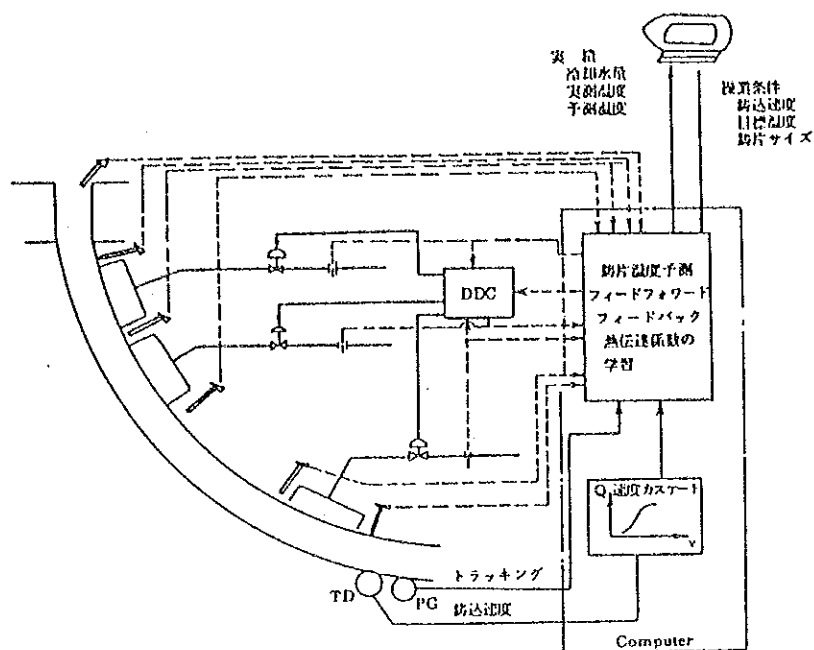


図 3-5-28 2次冷却水制御システム全体図

① ピンチロール

ピンチロールに於いては、上ロールの反力押えは油圧式で、上・下ロールの駆動は電動式で計画する。

② 切断装置

切断装置には、剪断方式とガス・切断方式とがあり、今回圧延よりの切断要求は、4～6%と長い鋳片である。このため、剪断方式では、台車が長くなり、設備費用が高くなるので、この方式より有利なガス切断方式で計画する。

③ ダミーバー装入装置

ダミーバー装入装置には、各種の方式があるが、今回の計画は2ストラッドであるので設備費用が安く、操作が容易なサイドシフト方式とする。

④ 搬送設備

切断装置から出た鋳片は、各々のテーブル上より搬送されるが、途

中から、ブッシャーにより、1ラインのテーブルにて圧延まで搬送される。又、圧延の加熱が前にて旋回テーブルで直送される。

連鋳工場を含めた、レイアウト図3-5-29に、連鋳設備の断面図を図3-5-30に、製鋼～圧延間のレイアウトを図3-5-31に示す。

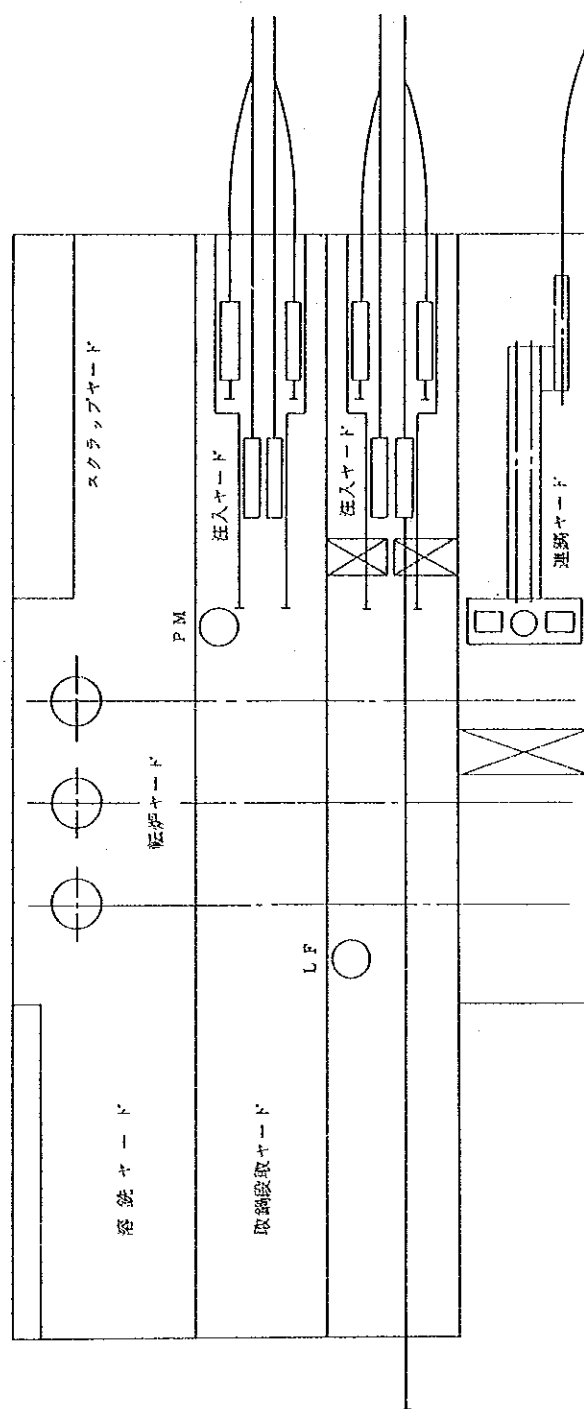


図3-5-29 製鋼レイアウト

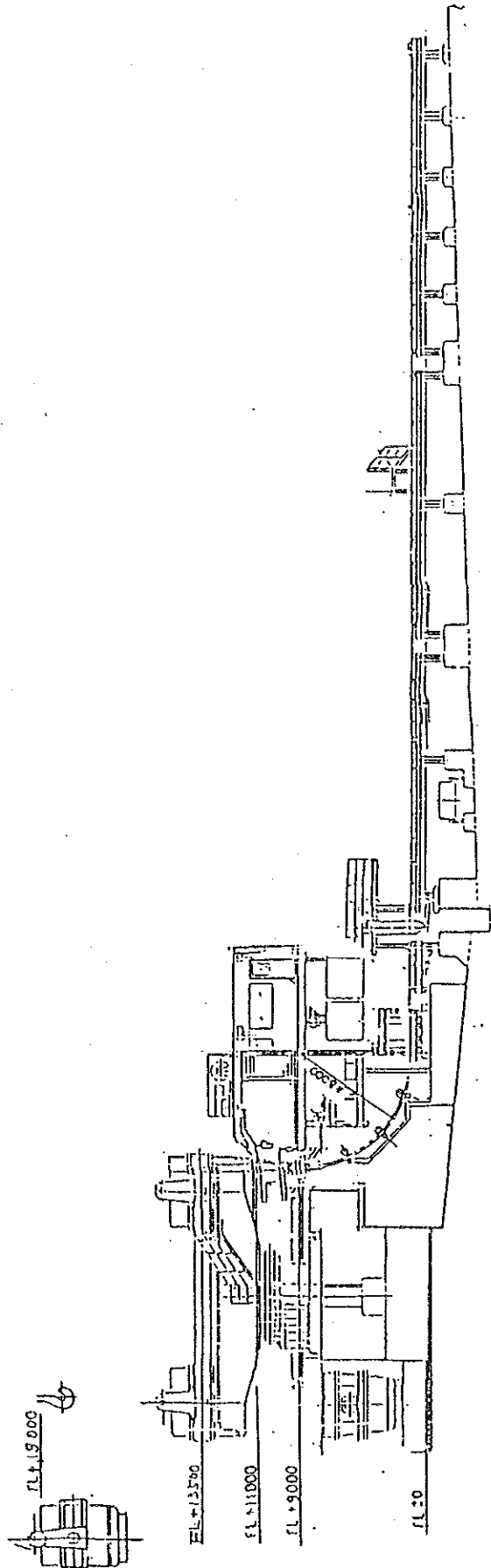


图 3-5-30 速 铸 断 面 图

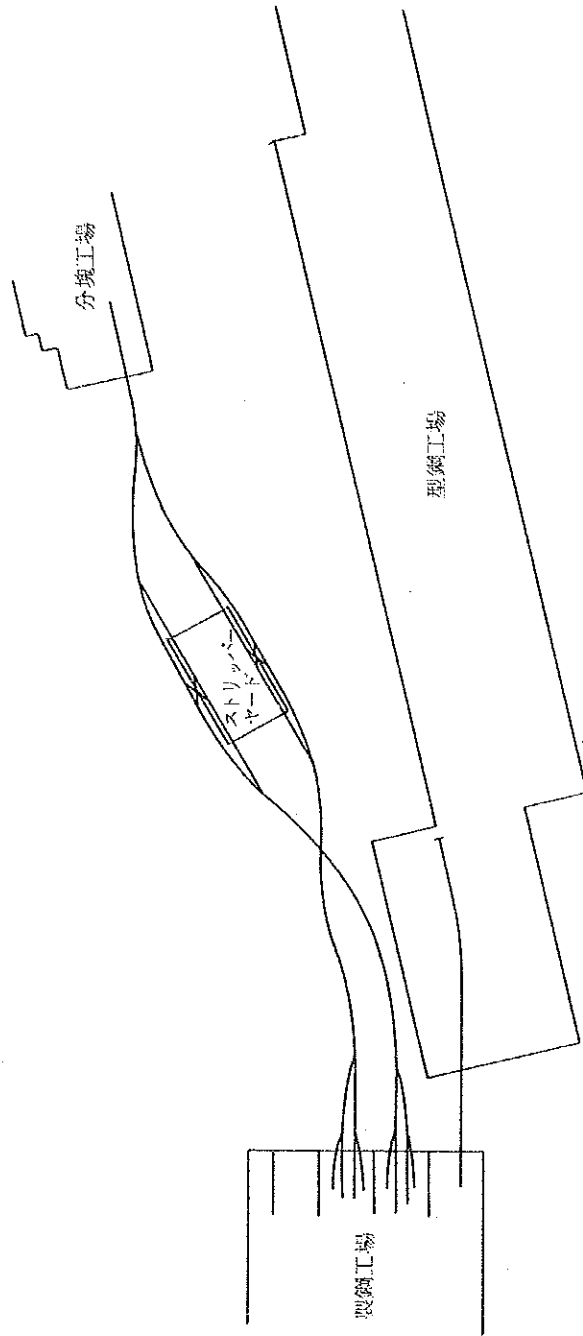


図 3-5-3 1 製鋼～圧延レイアウト

⑤ 耐火物

表3-5-2に第2製鋼工場とA社との耐火物の寿命を示す。この様に耐火物の寿命に大きな差が生じており、近代化計画を遂行するに当り、耐火物の改善が急務である。先ず、近代化計画の目標値を表3-5-3に示す。

耐火物の寿命を延すためには①耐火物の品質の改善、②操業技術の改善、が必要である。耐火物の品質改善に於いては、現在中国に高い技術（例えば宝山製鉄所）があるので早急に萊蕪製鉄所にその技術を導入することが大切である。又、操業の改善では原料では、除滓の実施、鎊付地金の防止等、転炉では、副原料原単位の低減、温度・分析的的中率の向上等、造塊では、出鋼から注入開始迄の時間短縮、注中完了後の迅速な排滓等が必要である。

転炉の耐火物の延命で吹付機を導入し、損傷部の修理を実施することも重要である。吹付機の概略図を図3-5-32に示す。

又、耐火物の品質改善が実施されると、耐火物の厚みを減じ得ることとなり、炉内容積が拡大し、出鋼当りの溶鋼量が増加する。

表3-5-2 耐火物寿命の比較

	第2製鋼	A社
溶銑鍋(回)	120	700~800
転炉(回)	179	2000~2500
溶鋼鍋	8	80~100

表3-5-3 耐火物寿命の目標値

	第2製鋼
溶銑鍋(回)	350
転炉(回)	1000
溶鋼鍋(回)	40

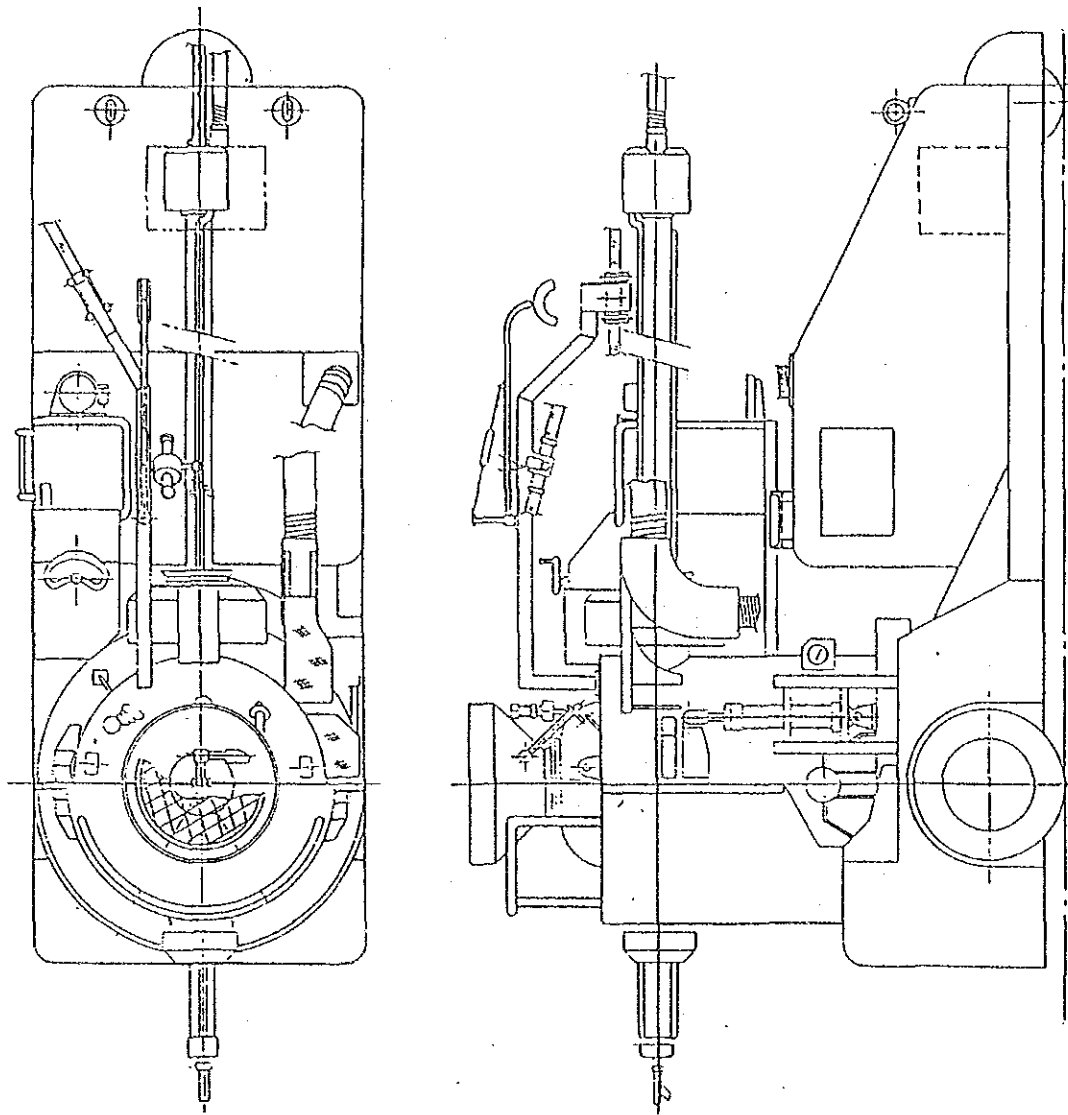


图 3—5—3 2 转炉耐火物吹付機