

### 3.3.10 水処理装置

4号炉、5号炉、新30t炉および新30tLFVに関連する冷却水の水処理装置の諸元を表-32に示した。

### 3.3.11 分析関連設備

前記の3.1(2)で述べたが、鋼鉄廠では分析関連設備の合理化に既に着手し、実行中であり、その内容についても当を得たものと思われる。

できるだけ早くこの計画を実現すべきである。

### 3.3.12 電気関係

鋼鉄廠から入手した電気関係資料を基にした、現状の電気回路についての考察結果を述べる。また、電気炉操業とフリッカーについての紹介も行う。これらの事項については、電気の専門家による詳細な現地調査と討議が必要であり、ここではこれに関する説明紹介を行うだけとし、鋼鉄廠の今後の改善の参考用の資料とし、仕様、見積値段などは提示しない。

#### (1) 現状電気回路の考察

図-37に鋼鉄廠の電気回路を示す。

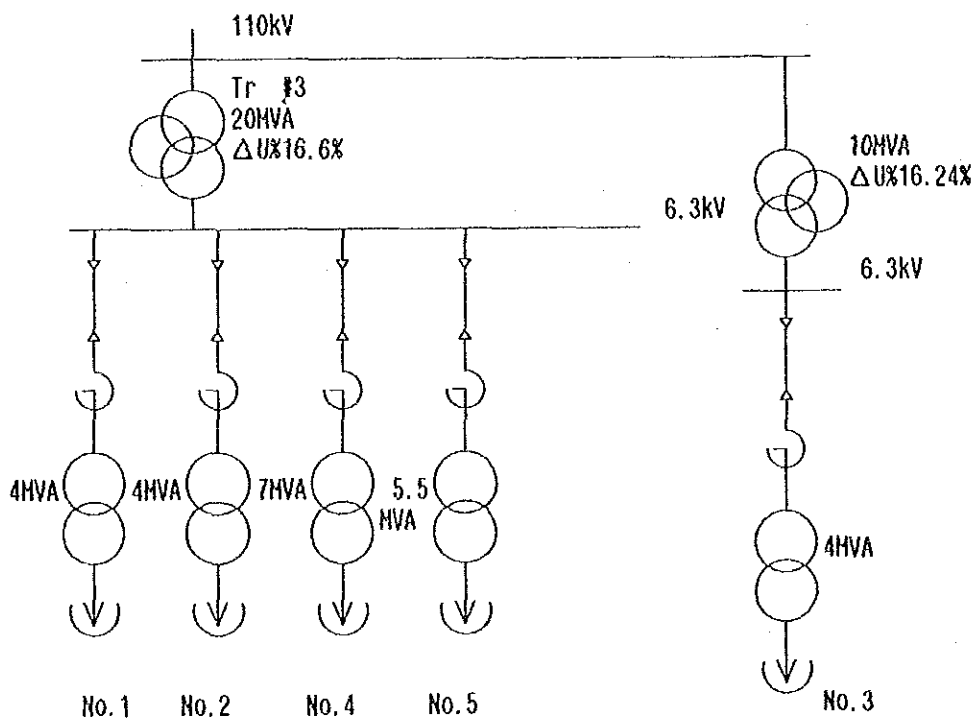


図-37 鋼鉄廠の現状電気回路

また、表-35に電気炉変圧器諸元を示す。

溶解期のアークを安定させるためには、変圧器の容量、二次電圧の選定、電極制御装置の性能など、種々の要因があるが、他に電気炉を含む電源までの系も重要な要因である。

日本のD社は長い経験から、系全体の% REACTANCE ( $\Sigma\% Z$ )が40%以上であることが、アーク安定のための基本条件としてきた。(鋼鉄廠は30%以上を考えているようである。)このことは、一般的に炉用変圧器が10 MVA以下の場合、 $\Sigma\% Z$ が不足しアークが不安定となるため REACTORを挿入して、溶解時間と電力原単位の向上を図る。

鋼鉄廠の設備に関していえば、全電気炉に対して REACTORを挿入した方が、溶解時間の短縮と電力原単位の向上が期待出来ると考えられる。

① 2号電気炉の電気特性について

鋼鉄廠からの資料により細部に亘り電気回路の検討を行なった。

しかし、変圧器の二次側から電極先端までの REACTANCE は、資料の数値を使用すると、計算結果 3.7 m $\Omega$ となり、大き過ぎる。この値は150tクラスの電気炉に相当する値である。

表-35 鋼鉄廠の現状電気炉の変圧器諸元

諸元		1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	5号炉		
公称能力	HVA	4	4	4	4	5.5		
一次電圧	kV	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3		
二次電圧	V	230	250	250	290	262		
一次 定格	A	367	367	367	642	504		
電流 過負荷20%	A	440	440	440	770	604		
二次 定格	A	10025	9248	9248	13953	12134		
電流 過負荷20%	A	12063	11098	11098	16743	14561		
鉄損	kW	13	13	7.9	22	8.6		
銅損	kW	37	37	38.95	50.6	51.98		
IMPEDANCE LOSS	%	13	10.4	9.64	8.64	16.7		
REACTOR	%	-	15	15	15.7	10		
全回路 INPEDANCE 比率	REACTOR 除外	33.2	32.1	-	36.7	31.2		
	REACTOR 包含	49.9	49.4	-	-	-		
短絡電流 比較	指示値	3.033	3.415	-	2.728	2.691		
	実績値	2.930	3.217	-	2.719	2.914		
		-2.995	-3.123		-2.734	-2.993		
電源変圧器 輸入CABLE	規格	2x7Q2/ 95φ	2x7Q2/ 120φ	2x7Q2/ 120φ	3x2LQ2/ 185φ	3x2LQ2/ 185φ		
高圧SWITCH	型式	CN2-10 /600A	CN2-10 /600A	CN2-10 /600A	CN2-10 /1000A	CN2-10 /1000A		
高圧側電流 INDUCTOR	変比	600/5	600/5	600/5	100/5	800/5		
低圧側電流 INDUCTOR	変比	1500/5	1500/5	1500/5	25000/5	25000/5		
保護リレー	高圧側	リレー	型式	GL-21/10	GL-21/10	GL-21/10	DL-13	DL-13
		定値	過負荷	1100A/ 9.175a 4"	1100A/ 9.175a 4"	1100A/ 9.175a 4"		
		連動	1464A/ 12.23 0"	1464A/ 12.23 0"	1464A/ 12.23 0"	2560A/ 12.8a 0"	1920a/ 12a 0"	
	低圧側	リレー	型式	GL-21/10	GL-21/10	GL-21/10	GL-21/10	GL-21/10
		定値	過負荷	27000A /9a 4"	29000A /9.66a 4"	29000A /9a 4"	35000A /7a 4"	35000A /7a 3.4"
		連動	38700A /12.9a 0"	38700A /12.9a 0"	38700A /12.9a 0"	58000A 11.6a 0"	4500A/ 9a 0"	
低圧側端子	規格	4(100x 10)2.5	4(100x 10)2.5	4(100x 10)2.5	6(100X 10)3	6(100X 10)3		

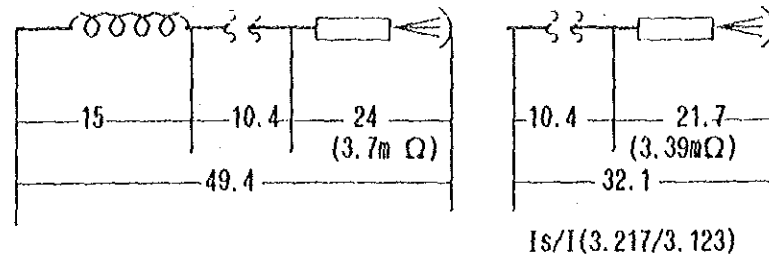


図-38 図式化した計算結果

したがって、各炉共、IMPEDANCE 値は確認できないため、調査団で REACTANCE を仮定し 2.7 mΩとして計算した。(他の炉も夫々の REACTANCE が不明のため2号電炉の試算のみにとどめた。)その結果は図-39から図-41の通りであるが、REACTOR有り無しの場合の比較は表-36表に示す。

表-36 REACTORによる特性の違い

事項	単位	REACTOR	
		有り	無し
Σ%容量BASE	%	46.4	31.4
入力最大	kW	4,100	6,100
入力最大の炉電流	A	15,000	21,000
入力最大の力率	%	71.0	71.0
入力最大の無効電流	RkVA	4,900	6,500

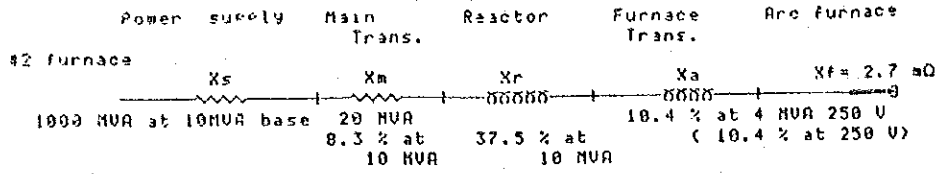
上表から分かる通り REACTOR 無しの場合はΣ%Z = 31.4%でアークは不安定領域にあり、調査団としては現状の操業に対しては推奨できない。

また、図-41に示されたように、電力原単位が最も良くなる電流値は10,000 A強の付近にある。

リアクター有りの場合

S5/05/01 VED  
DAIDO STEEL Co. Ltd.  
O.S.T.C.

Characteristics of arc furnace (DAIDO STEEL).



[Converted secondary side]  
Xs=0.063mΩ Xm=0.519mΩ Xr=2.344mΩ Xa=1.625mΩ Xf=2.700mΩ ΣX=7.250mΩ

[10 MVA base]  
Zs=1.000% Zm=8.300% Zr=37.500% Za=26.000% Zf=43.200% ΣZ=116.000%

ΣZu=46.400% at 4MVA

Secondary KA	arc volt. U	arc resist. mΩ	sPf %	Pf %	sP KW	P KW	ΣX mΩ	Q RKVA
0	144.3		100.0	100.0	0	0	15.95	0
1	142.9	142.9	99.9	99.5	432	431	15.10	22
2	141.1	70.5	99.5	98.1	862	849	14.29	87
3	138.9	46.3	98.9	96.2	1,284	1,249	13.53	196
4	136.3	34.1	98.0	94.0	1,697	1,628	12.81	348
5	133.4	26.7	96.8	91.7	2,096	1,986	12.13	544
6	130.8	21.7	95.4	89.4	2,477	2,323	11.50	783
7	126.3	18.0	93.6	87.1	2,837	2,639	10.91	1,066
8	122.1	15.3	91.6	84.7	3,172	2,935	10.36	1,392
9	117.4	13.0	89.2	82.3	3,476	3,208	9.86	1,762
10	112.2	11.2	86.5	79.9	3,744	3,458	9.41	2,175
11	106.4	9.7	83.3	77.2	3,970	3,679	8.99	2,632
12	100.0	8.3	79.8	74.4	4,146	3,865	8.62	3,132
13	92.9	7.1	75.7	71.2	4,263	4,007	8.30	3,676
14	84.9	6.1	71.1	67.5	4,310	4,091	8.02	4,263
15	75.9	5.1	65.8	63.1	4,271	4,098	7.78	4,894
16	65.7	4.1	59.5	57.8	4,123	4,002	7.59	5,560
17	53.6	3.2	52.0	51.1	3,831	3,760	7.44	6,286
18	38.9	2.2	42.7	42.3	3,330	3,300	7.33	7,047
19	19.1	1.0	29.9	29.8	2,457	2,451	7.27	7,852

Characteristics of (#1) arc furnace

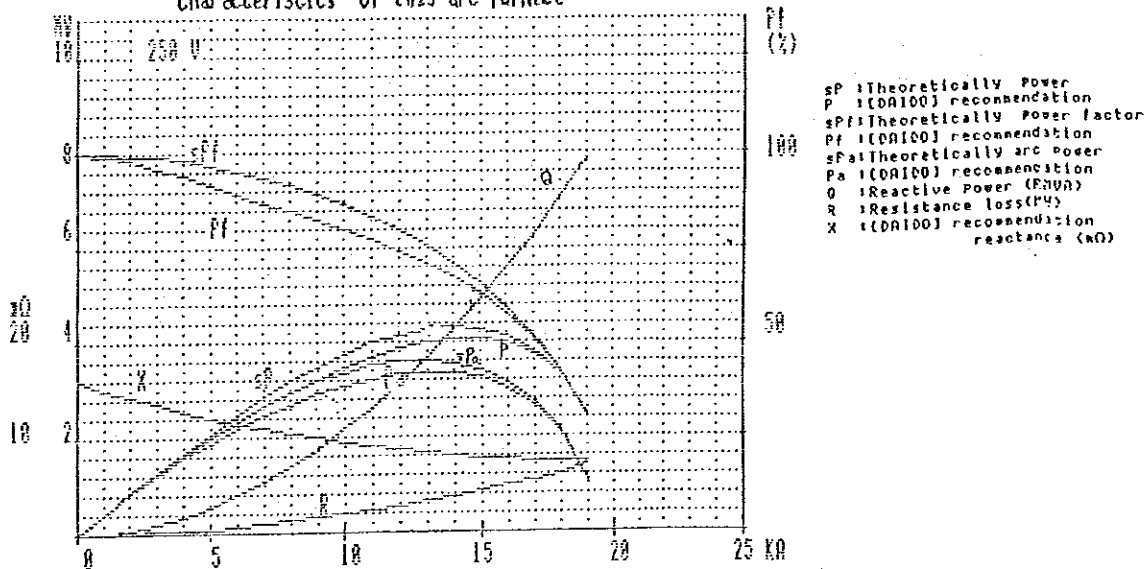
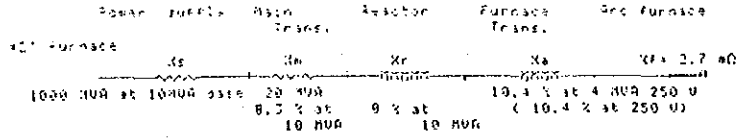


図-39 電気炉特性 ( REACTOR有りの場合 )

リアクター無しの場合

25-35 31 WED  
DAIICHI STEEL Co., Ltd.  
S.F.T.O.

Characteristics of arc furnace (M2) STEEL



(Converted secondary side)  
Xs=0.062mΩ Xr=0.512mΩ Xr=0.000mΩ Xa=1.625mΩ Xf=2.700mΩ EX=4.906mΩ

(10 HVA base)  
Zs=1.000% Zr=0.300% Zr= 0.000% Za=26.000% Zf=43.200% EZ= 78.500%

EZ=31.400% at 4HVA

Secondary KR	arc volt. U	arc resist. mΩ	±Pf %	Pf %	±P KW	P KW	EX mΩ	Q RKVA
0	144.3		100.0	100.0	0	0	10.79	0
1	143.2	143.2	99.9	99.7	433	432	10.40	15
2	141.9	71.0	99.8	99.0	864	858	10.02	32
3	140.5	46.8	99.5	98.8	1,292	1,275	9.65	132
4	138.9	34.7	99.1	96.9	1,716	1,676	9.38	235
5	137.1	27.4	98.5	95.4	2,134	2,065	8.35	368
6	135.1	22.5	97.9	93.9	2,543	2,439	6.64	539
7	133.0	19.0	97.1	92.3	2,944	2,799	5.33	721
8	130.7	16.3	96.2	90.8	3,333	3,144	4.05	942
9	128.1	14.2	95.2	89.2	3,710	3,476	2.74	1,192
10	125.4	12.5	94.0	87.6	4,072	3,793	1.47	1,472
11	122.5	11.1	92.7	86.9	4,419	4,097	0.21	1,781
12	119.4	10.0	91.3	84.4	4,744	4,387	0.97	2,119
13	116.1	8.9	89.7	82.8	5,050	4,662	6.74	2,487
14	112.5	8.0	88.0	81.2	5,332	4,921	6.52	2,885
15	108.7	7.2	86.0	79.5	5,587	5,162	6.32	3,312
16	104.6	6.5	83.9	77.7	5,814	5,384	6.13	3,768
17	100.3	5.9	81.6	75.8	6,008	5,582	5.96	4,254
18	95.6	5.3	79.1	73.9	6,165	5,755	5.79	4,769
19	90.6	4.8	76.3	71.7	6,281	5,896	5.64	5,313
20	85.2	4.3	73.3	69.3	6,351	5,999	5.51	5,887
21	79.4	3.8	70.0	66.6	6,368	6,058	5.39	6,491
22	73.2	3.3	66.4	63.6	6,324	6,061	5.28	7,124
23	66.3	2.9	62.4	60.2	6,210	5,998	5.19	7,786
24	58.7	2.4	57.8	56.3	6,010	5,850	5.11	8,478
25	50.3	2.0	52.7	51.7	5,706	5,596	5.04	9,198
26	40.7	1.6	46.8	46.2	5,260	5,202	4.99	9,950
27	29.5	1.1	39.7	39.4	4,643	4,611	4.95	10,730
28	15.4	0.6	30.7	30.6	3,720	3,711	4.92	11,538
29	-5.6	-0.2	16.8	16.8	2,112	2,112	4.91	12,378

Characteristics of (M2) arc furnace

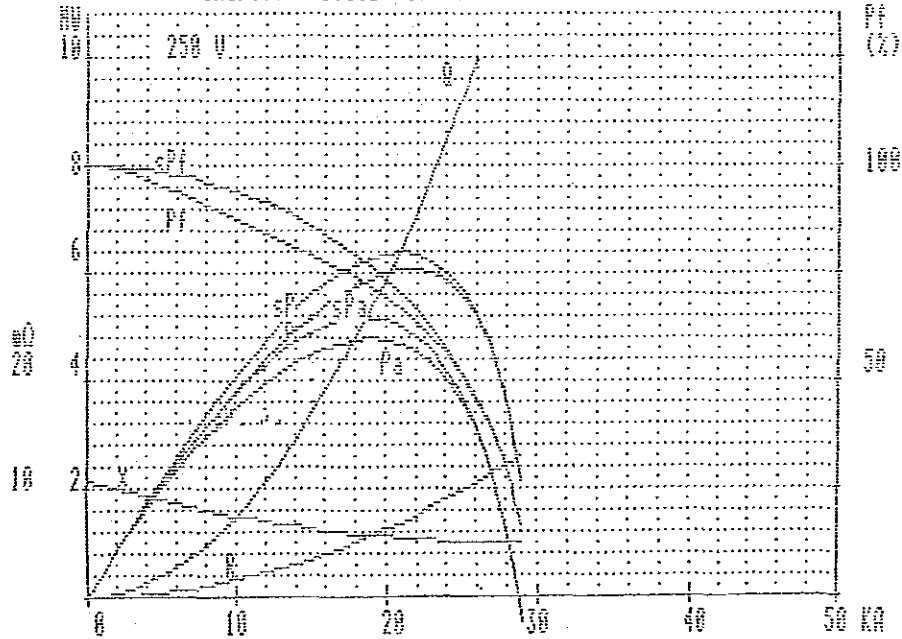


図-40 電気炉特性 ( REACTOR 無しの場合 )

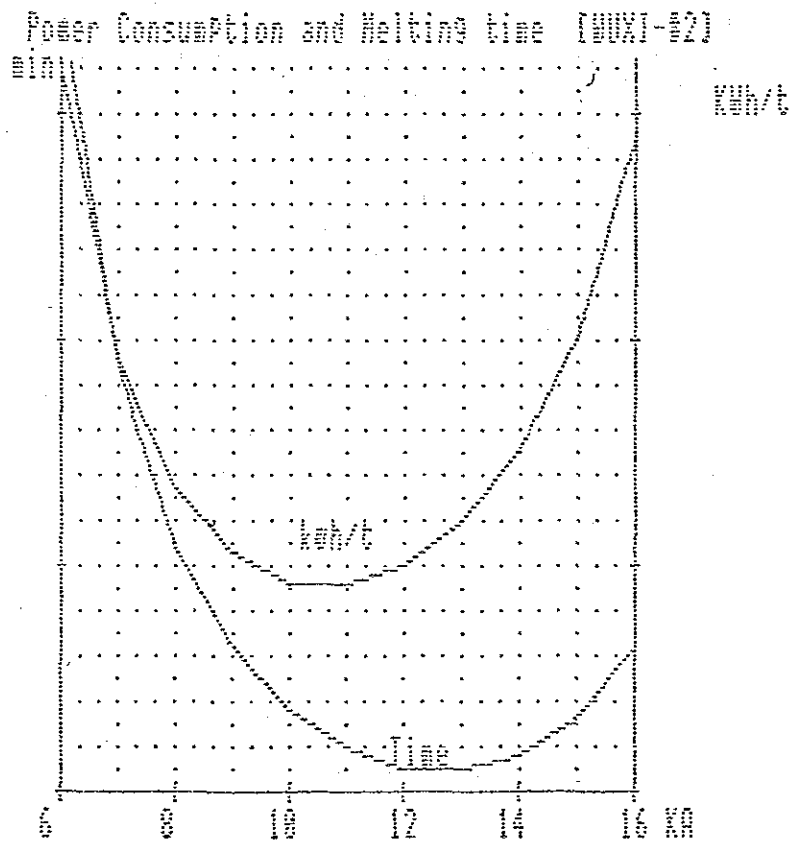
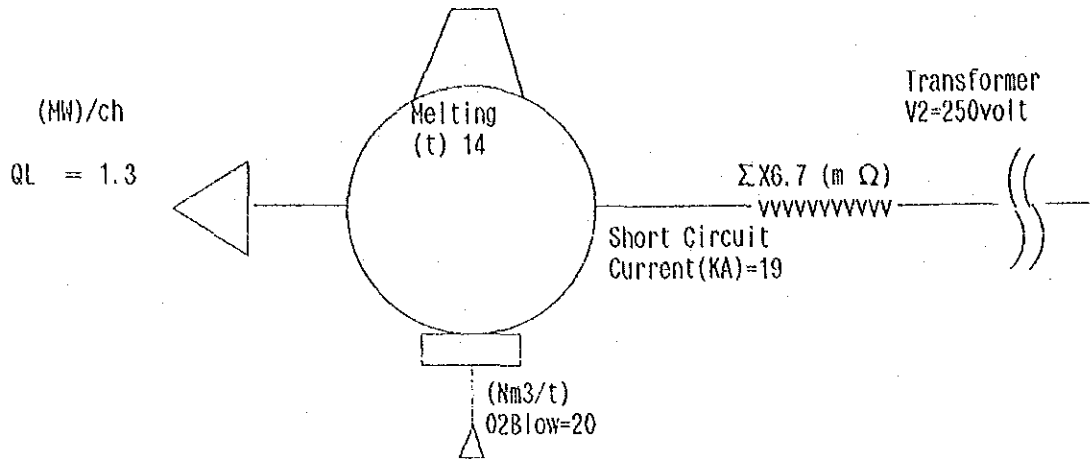


図-41 電気炉のエネルギーバランス

## ② 力率の改善

大型、小型炉を問わず  $\Sigma$  % は 40% 以上で操業することが望ましいが力率は低下する。

電気炉を有する工場は、その負荷の大半が電気炉で占められているため、工場全体の力率は電気炉の操業状態で決定される。

このため、製鋼工場の操業時、炉の量重を良く検討して、力率が 95% 以上になるよう進相 CONDENSOR を負荷した方がよい。

しかし、電気炉の操業で発生する高周波により、CONDENSOR に思わぬ悪影響（共振現象）を及ぼすことがあるので注意が必要である。

## (2) 電気炉操業とフリッカー

電気炉操業ではフリッカーは避けて通れない大きな問題である。フリッカーの防止対策としては次の方法がある。

- ① 電源側の短絡容量を大きくする。
- ② 専用回線を設置する。（送電線の専用化）
- ③ 無効電力を自動制御し補償する。

日本の D 社では②と③について 15 年前から実施し効果を上げている。

## (A) 電気炉のフリッカー

電気炉溶解期の不規則な電圧変動（フリッカー）を分析すると 0～10 Hz 内の比較的周波数の低いものが多い。

また、人の目に与える“ちらつき”感は 7～10 Hz が最も多い。

この理由により日本では電圧の“ちらつき”の大きさを周波数毎に全て 10 Hz に換算し、合計した  $\Delta V 10$  で“ちらつき”の大きさを代表させている。

諸外国との関係は図-42に示す通りである。

中国の臨時規定（SD126-84）と日本の  $\Delta V 10$  との関係を説明することが出来ないが、中国の規定は周波数を換算しないため人間の“ちらつき”感とは違いがあるように思われる。

## (B) 日本における電気炉のフリッカー予測

予測の基本は電圧動揺  $\Delta V 10$  も規則点（受電点）以前の電源の REACTANCE と無効電力の変動量との積とほぼ比例するということである。

このことから、電気炉の電極短絡時の無効電力と平常時の無効電力との差、



すなわち、最大無効電力変動量 ( $\Delta Q_{\max}$ ) を計算し、次の式で予測する。

$$\Delta V_{10} \approx K \cdot X_s \cdot \Delta Q_{\max} / 10$$

$X_s$  : 電源側 REACTANCE

$\Delta Q_{\max}$  : 短絡無効電力 - 操業平均無効電力

$K$  : 比例常数 (日本では  $1/3.6$ )

炉が複数の場合は、それぞれの  $\Delta V_{10 \max}$  の二乗根方式を採る。日本の電力会社は、その値が  $0.45 \text{ V}$  以下を許容値としている。

今、鋼鉄廠の 2 号炉のみの一炉を日本の予測値で試算してみると次のようになる。

$$\therefore K = 1/3.6$$

$$X_s = 1$$

$$\Delta Q_{\max} = 7.9 - 2.2 = 5.7 \text{ (10,000 A 時)}$$

$$\Delta V_{10 \max} \approx K \cdot X_s \cdot \Delta Q_{\max} / 10$$

$$= 1/3.6 \times 5.7/10.$$

$$= 0.16 \text{ (V)} \text{ (< } 0.45 \text{ V)}$$

また、鋼鉄廠が計画している  $30 \text{ t}$  2 基についても特性が不明であるが、電気炉操業のアークの安定化からみても  $\Sigma \% Z_u$  (容量 BASE) で  $55\%$  前後と仮定すれば、

$$\Delta Q_{\max} = \left( \frac{1000}{\Sigma \% Z} - \frac{\Sigma \% Z}{1000} \right) \times (\text{炉用変圧器容量})^2$$

$$\therefore \Sigma \% Z = \Sigma \% Z_u / \text{炉用変圧器容量} / 10$$

$$= 1000/36.7 - (36.7/1000)^2 \times 15$$

$$= 18.99 \text{ (RMVA)}$$

$$\Delta V_{10 \max} = (1/3.6) \times 1 \times 18.99 / 10$$

$$= 0.528 \text{ (V)}$$

2 炉分は

$$\Sigma \Delta V_{10 \max} = \sqrt{0.528^2 + 0.528^2}$$

$$= 0.747 \text{ (V)} \text{ (> } 0.45 \text{ V)}$$

となり、計画中の新設備のみで日本の規制値を超過する。

従ってなんらかの方法でフリッカー防止対策が必要である。

(3) 参 考 資 料

以下のものを参考資料として提示する。

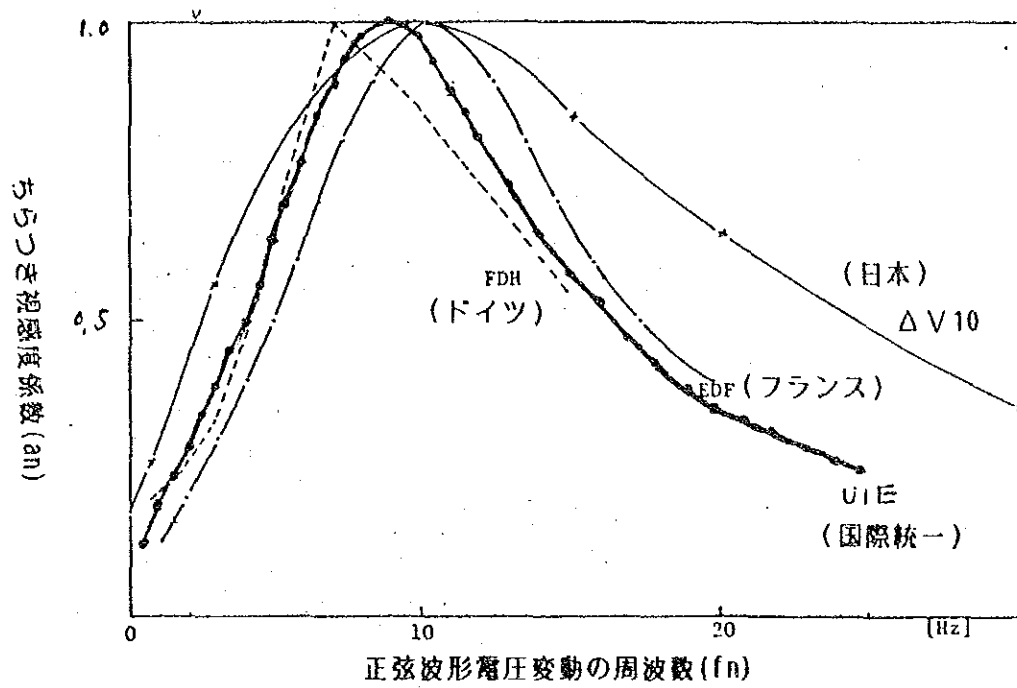


図-42 各国の「ちらつき」視感度曲線

表-37 日本国内主要電気炉フリッカー補償装置一覧

運転開始	電気炉	フリッカー対策方式	対策装置定格
1961年	22MVA+15MVA+5MVA	同期調相機	11kV 10MVA
1970	7.5MVA+10MVA	同期調相機	3.42kV 8MVA
1971	30MVA	並列飽和REACTOR	77kV 6MVA
1972	27MVA	同期調相機	11kV 10MVA
1973	15MVA+13.5MVA	相互補償REACTOR	22kV 3.4MVA
1973	30MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 3.4MVA
1973	18MVA X 2	同期調相機	6.03kV 10MVA
1974	25MVA	同期調相機	9kV 12MVA
1974	45MVA	同期調相機	11kV 12.5MVA
1974	18MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	77kV 22MVA
1974	12MVA	THYRISTOR 利用CONDENSOR 制御	3.3kV 6MVA
1974	22MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	6.6kV 25MVA
1975	35MVA	同期調相機	8.46kV 12MVA
1975	35MVA+60MVA	同期調相機	12.5kV 61.4MVA
1975	36MVA+10MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	66kV 18MVA
1975	12MVA X 2	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 9MVA
1976	22MVA	相互補償REACTOR	22kV 22MVA
1976	6.25MVAx2+12MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 12MVA
1977	25MVA+7MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 23MVA
1977	36MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	5.89kV 28MVA
1978	6.25MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 7MVA
1979	22MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	6.63kV 20MVA
1979	22MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	6.6kV 18MVA
1979	30MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 32MVA
1979	21MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 6.5MVA
1979	35MVAx2	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 53MVA
1979	20MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 12MVA
1979	72MVAx2	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	33kV 120MVA
1980	22MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	77kV 21MVA
1980	15MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 6MVA
1980	36MVAx2	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	66kV 65MVA
1980	35MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	33kV 35MVA
1980	22MVAx2	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 25MVA
1980	20MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 17MVA
1981	65MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	20kV 11MVA
1981	41MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	20kV 35MVA
1981	75MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 55MVA
1981	30MVAx2	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 30MVA
1981	30MVA+28MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 34MVA
1982	70MVA+60MVA+13MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 54MVA
1982	24MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22kV 24MVA

表-38 日本から輸出した電気炉用フリッカー補償装置

納入年	納入先	電気炉	フリッカー対策方式	対策装置 定格	
				KV	MVA
1976	OCTAR: OATAR STEEL CO., LTD.	47MVAx2	同期調相機 THYRISTOR 利用REACTOR 制御	11	40
1979	香港: SHIU WING CO., LTD.	24MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	33	25
1980	HUNGARY: DENIN METALLURGICAL WORKS	24MVA+36MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	34.5	18
1981	PHILIPPIN: NASCO	22MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22	15
1983	韓国: KOREA HEAVY INDUSTRY	12MVA+45MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	23	45
1983	PHILIPPIN: NASCO	22MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	22	13
1984	MEXICO: SICARISA	112.5MVA	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	23	160
1984	MALAYSIA: PARWAJA TRENGGANU SDN. BHD.	40MVAx 3	THYRISTOR 利用REACTOR 制御	33	120

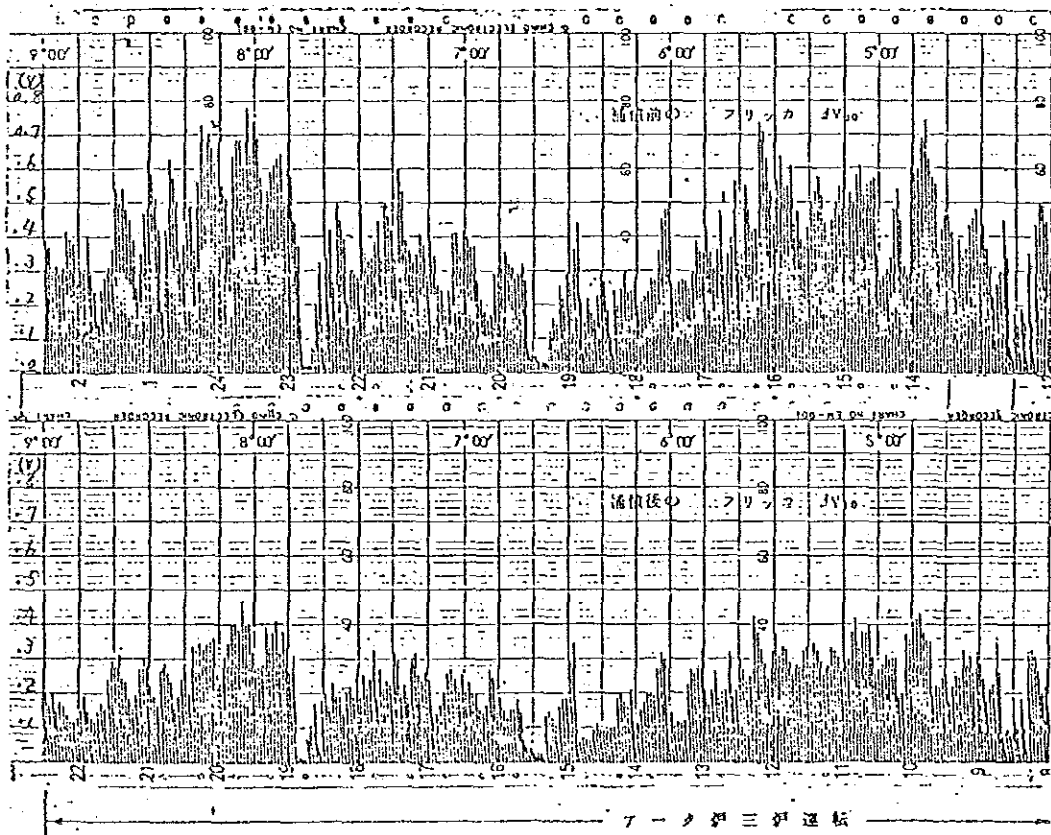


図-43 フリッカー補償装置有無のフリッカー記録の例

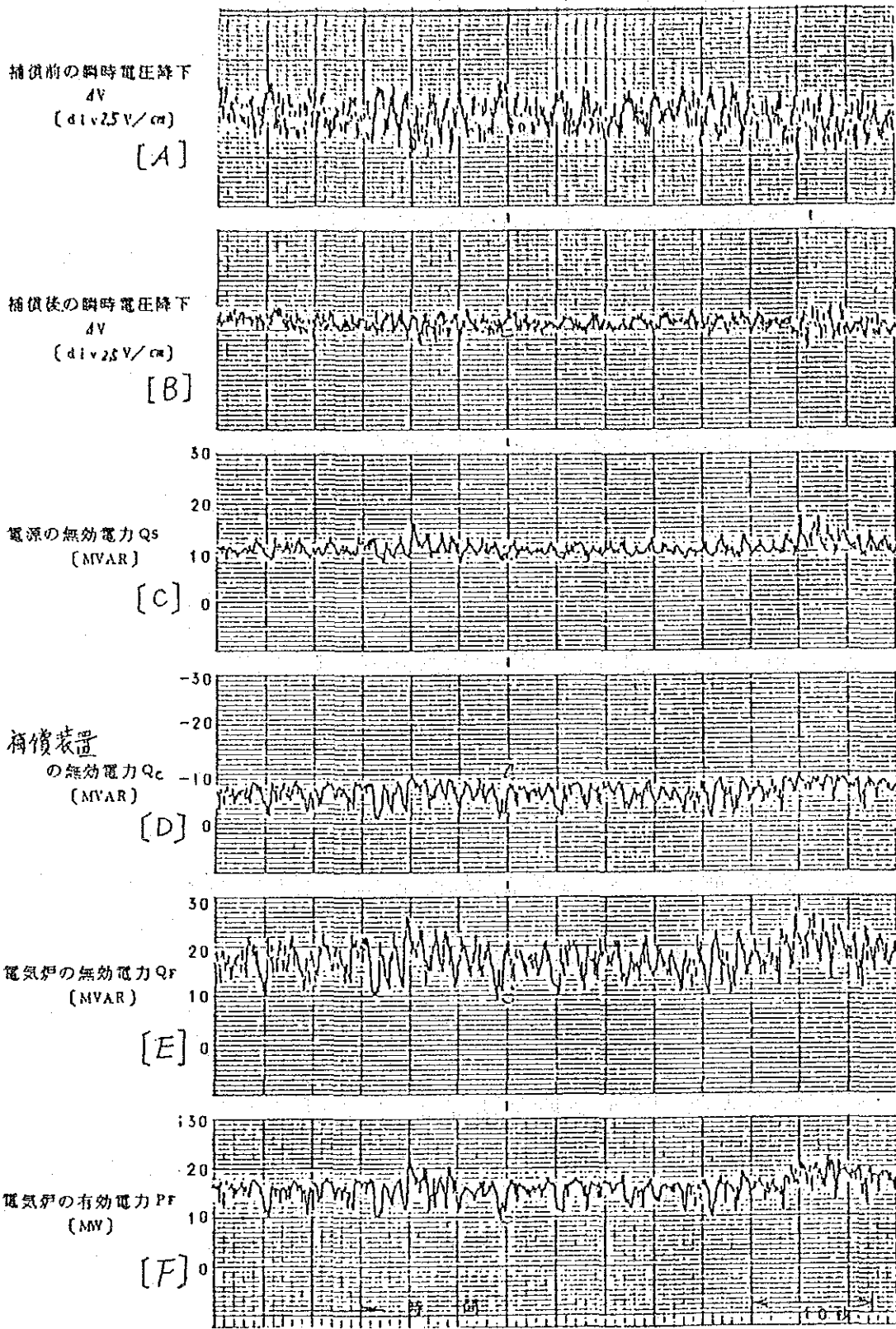


図-44 フリッカー補償装置に関する電圧と電力の変動

### 3.4 近代化による効果

#### (1) 近代化への順序

近代化項目を生産をできる限り阻害することなく実現するため、3段階に区分した。

表 - 39 近代化へのステップ

ステップ	第 1	第 2	第 3
主 眼	大きな設備投資を伴わない作業改善建屋拡張、補強	新30t電炉、LFV新設造塊合理化、鋼塊大型化	
内 容	1. 冶金的操業法の改善* (a) 酸素富化操業と Carbon Injection 法 (b) 迅速精錬法 (c) ガザール法 2. スライディングノズルの採用* 3. 酸素流量計* 設置 4. Injection Machine* 設置 5. 分析関係改善* (分析機器、試料気送管) 6. 建屋拡張	1. 新30t電炉設置 2. 新30tLFV 3. 造塊台車 4. クレーン増設 5. 下注定盤 6. 鋼塊冷却ビット 7. 集塵装置 8. スクラップ予熱装置 9. 水処理装置	1. 4号電炉HP化 (2. 5号電炉LF化)  第一製鋼3号電炉の変圧器容量増加(4→7MVA)

\* のついた項目は、第一、第二製鋼の両工場とも対象。

\* のつかない項目は第二製鋼のみ対象。

(2) 近代化による効果および概算設備費

鋼鉄廠および日本のD社の設備・操業諸元(表-40)を基に近代化による効果をまとめ表-41に示した。

表-40 無錫鋼鉄廠および日本のD社の設備・操業諸元

		無錫鋼鉄廠					日本のD社		
		1号	2号	3号	4号	5号	HI場 10号	11号	CI場 E
電気炉名称									
製造者		鋼鉄廠							
容量 t/heat	公称	5	5	5	10	10	15	30	70
	実績 (装入)	14	19	19	30	30	20.5	39	90
変圧器容量(MVA)		4	4	4	7	5.5	7.2	19	54
一次電圧(kV)		6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	11.5	11.5	22
二次電圧(V)		110	127	125	118	140	110	106	160
		-230	-250	-250	-290	-262	-250	-330	-610
二次電流(A)		10052	9248	9248	13953	12134	17130	33200	56500
炉殻径(mm)		3130	3536	3510	4000	4000	3660	4570	5791
電極径(mm)		300	300	300	400	400	350 (14")	400 (16")	500 (20")
変電圧(kVA)/装入 t		285	210	210	233	183	389	487	600
タ ッ プ 時 間	補修・電極継 交換・装入		13	16	17	17	27	20	13
	溶解		157	160	144	152	77	61	50
	酸化		55	61	55	57	32	25	13
	除滓		3	3	3	3	9	8	1
	還元		39	38	26	30	24	6	10
	合計		267	278	245	259	169	120	87
電力原単位 (kWh/良塊t)			631	622	692	715	600	450	418
酸素原単位 (Nm <sup>3</sup> /良塊t)			20~30				16	24	32

表 41 近代化による効果

		鋼鉄廠(1984年実績)					第一ステップ			第二ステップ			第三ステップ			備考
電気炉番号		1号 ※①	2号	3号	4号	5号	1,2,3号	4号	5号	1,2,3号	4号+LFV +SPH	新30t+ LFV+SPH	1,2,3号	4号(HP) +LFV+SPH	新30t+ LFV+SPH	
製 鋼 時 間 ( 分 )	補電極、交換入		13	16	17	17	15 ※②	17 ※②	17 ※②	15	17	17	15	17	17	※①: 1984年生産量少なく実績値入手出来ず。
	溶 解		157	160	144	152	142 ※③	129 ※③	152 ※③	142	129-(SPH) 124 ※⑧	50-5(SPH) 54 ※⑧	142	55	54	※②: 鋼鉄廠の現状値を採用。
	酸 化		55	61	55	57	39 ※⑤	39 ※⑤	39 ※⑤	39	34 ※⑨	34 ※⑨	39	34	34	※③: D社H工場10号炉の溶解時間×(10号炉kVA÷鋼鉄廠電炉kVA)
	除 滓		3	3	3	3	9 ※⑥	9 ※⑥	9 ※⑥	9	8 ※⑩	8 ※⑩	9	8	8	※④: 現状が※③で算出された値よりも良好であるので、現状値を採用。
	還 元		39	38	26	30	24 ※⑦	24 ※⑦	24 ※⑦	24	6	6	24	6	6	※⑤: 迅速精錬法、ガザール法のための除滓の徹底、D社H工場10号炉の値を採用。
	合 計		267	278	245	259	229	218	241	229	189	119	229	120	119	※⑥: D社H工場10号炉の値+脱P7分。
電力(kWh/良塊t)			631	622	692	715	583 ※⑪	665 ※⑪	683 ※⑪	583	564 ※⑫	450 ※⑬	583	450 ※⑬	450	※⑦: D社H工場10号炉の値を採用
酸素原単位(Nm <sup>3</sup> /良塊t)		20 ~ 30					20 ~ 30			20 ~ 30			20 ~ 30			※⑧: SPHによる溶解時間短縮
kVA/装入t		285	210	210	233	183	210	233	183	210	233	510 ※⑮	210	500 ※⑭	510	※⑨: LFVへの昇温一部転換(5分)
電 極 原 単 位 (kg/良塊t) ※⑯			8.6	8.6	8.6	8.6	8.0	8.3	8.3	8.0	7.0	5.7	8.0	5.7	5.7	※⑩: D社H工場11号炉の値を採用
生 産 量	HEAT数						1886	2179	1971	1886	2514	3993	1886	3960	3993	※⑪: 短縮時間(分当たり)1kWhを節減として算出
	鋼塊t/HEAT						15.7	24.3	33.0	15.7	24.3	33.0	15.7	24.3	33.0	※⑫: 第三ステップ4号炉+LFV+30t電炉の電力に次の値を加えた。
	生産量 ※⑰	2250	21081	20626	34520	31731	29610 (88830)	52949	65043	29610 (88830)	61090	131769	29610 (88830)	96228	131789	(A) LFVでの電力消費量 45kWh/t
合 計 ( )内は 1984年対比		110208					206822 (+96614)			281689 (+171481)			316827 (+206619)			(B) 第二ステップと第三ステップの製鋼時間差(分)×1 kWh/分





表-42 概略設備費（建屋拡張および鋼塊徐冷ピット工事費は除く）

（金額単位：万元、1元=91円）

第一ステップ		第二ステップ			
項目	金額	項目	金額	項目	金額
Carbon Injection 装置(5台)	46	新30t 電気炉	577	4号炉HP化	320
		新30tLFV	1,067		
Sliding Nozzle 30t 炉用 10t 炉用	22	造塊台車(4台)	40		
		Crane 増設 取鋼Crane (2台) Stripper Crane (2台)	220 34		
5t炉用	33				
		下注定盤	27		
		集塵装置	652		
		Scrap 予熱装置	265		
		30t 電炉用	(145)		
		10t 電炉用	(120)		
合計	101	合計	2,888	合計	320
総計		合計	3,309		

### 3.5 電気炉2基とLFV1基体制におけるタイムマッチング (TIME MATCHING)

について

#### (1) 脱ガス処理鋼種と炉別生産量

脱ガス処理鋼種（LFVでの処理鋼種）と電気炉別生産量を表-43に示す。

表-43 脱ガス処理鋼種と炉別生産量（鋼塊 t/Y）

	電気炉番号					合計
	1~3号 (EAF)	4号		新30t 電炉		
		EAF-LF	EAF-LFV	EAF-LF	EAF-LFV	
構造用炭素鋼	-	53,176	-	-	45,757*	98,933
低合金鋼	-	14,156**	-	-	69,319	83,475
硬鋼線	-	-	-	-	6,183	6,183
軸受鋼	-	-	-	-	5,687	5,687
炭素工具鋼	-	-	-	-	1,237	1,237
合金工具鋼	-	-	-	-	3,586	3,586
普通鋼	88,830	21,236	-	-	-	110,066
合計	88,830	88,568 (3,645CH)	-	-	131,769 (3,993CH)	309,167

\* 1 HEAT製品

\*\* 線材（線材向け55,700tの内、細サイズ14,156tはLFのみ）

非・脱ガス鋼種：普通鋼全量

構造用炭素鋼の $\leq \phi 50$ （2 HEAT材）

低合金鋼の内、線材向け55,700t/Yの内の一部(14,156t/Y)

粗鋼生産量は1990年の生産計画量に対し歩留80.8%を考慮して算出した。

(2) 電気炉-LFVのマッチングタイム

次の図-45に4号電気炉(HP化後)と新30t電気炉および新30tLFVのマッチングタイムを示し、さらに、図-46に日本のD社C工場における電気炉(EAF)-LF-RH-CCのマッチングタイムの例を示す。

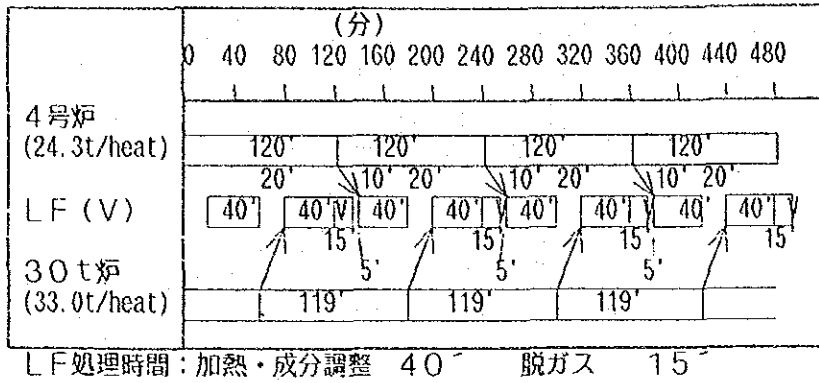


図-45 電気炉-LFVのマッチングタイム

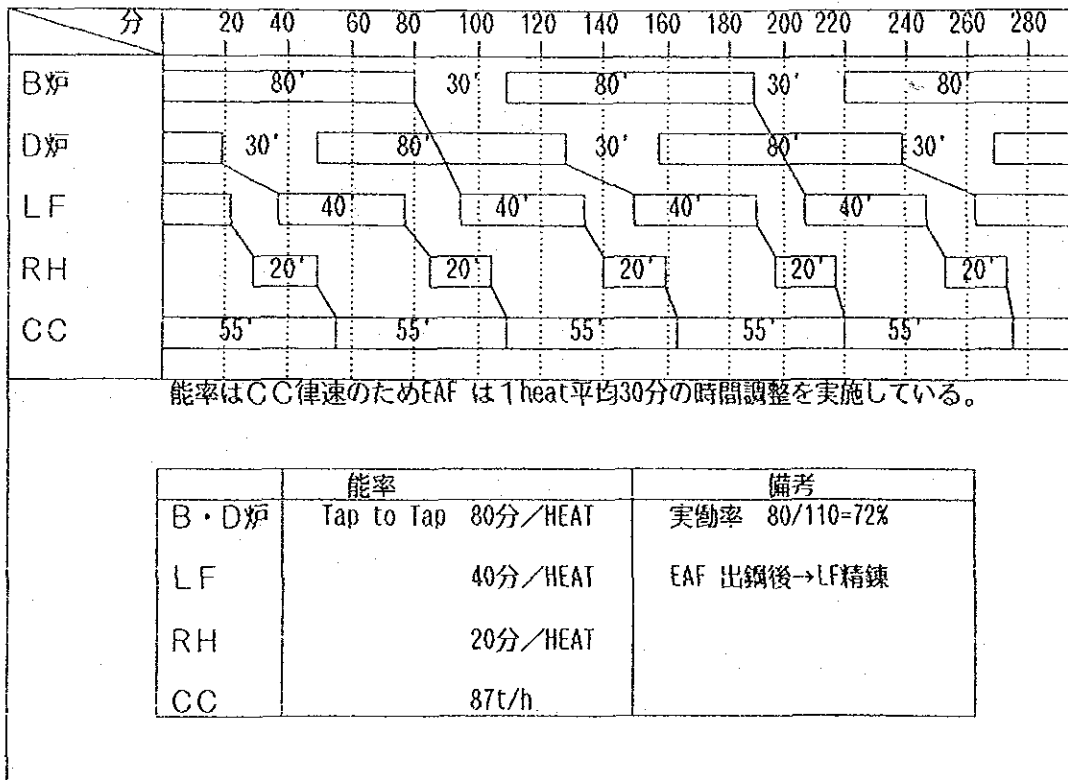


図-46 D社C工場EAF-LF-RH-CCマッチングタイム例

### 3.6 新設30t炉設置の場合の作業床高さ

鋼鉄廠に設置予定の新30t炉と同型の炉が日本のD社H工場11号炉であり、その配置図を次の図-47に示す。

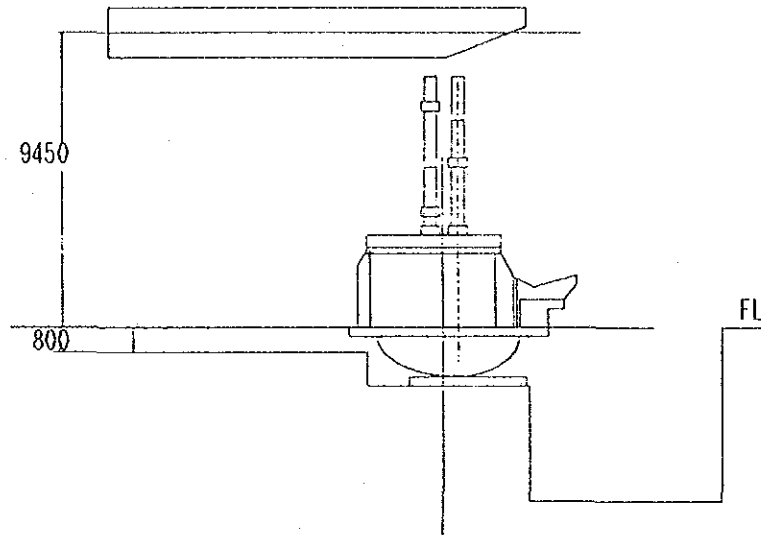


図-47 D社H工場11号電気炉配置

D社H工場の場合、旧10t電気炉工場の既設建屋を延長して30t電気炉を設置しており、クレーンレール高さが9,450mmしかないため作業床を800mm FLOOR LINEから下げている。(作業床からクレーンレールまでは $9,450 + 800 = 10,250$ mm)

また、炉蓋を出鋼ピット側に旋回する場合、溶解・造塊ヤード間の柱の梁が障害となるため、炉蓋は溶解作業床側に旋回させている。

鋼鉄廠の場合、既存建屋のクレーンレール高さはFL + 14,000mmであり、また、作業床はFL + 4,000mmである。したがって、作業床からクレーンレール高さまでは10,000mmである。

D社H工場11号炉を基準とすると、250mm不足しており、この対策として30t電気炉の作業床をFL + 3,000mmにする必要がある(図-48参照)。また、受鋼はLFV用の高フリーボード取鍋を使用のためFL - 3,000 ~ 4,000mmの出鋼ピットの設置が必要である。

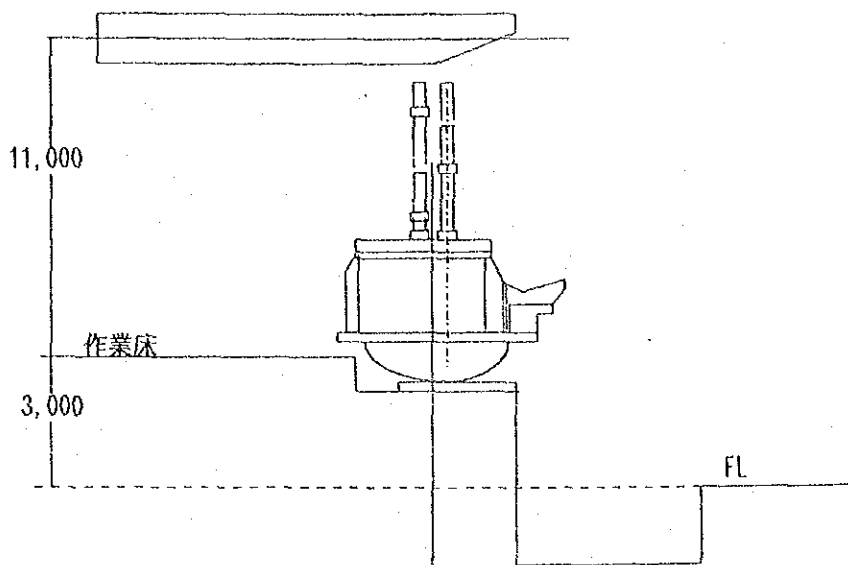


図-48 鋼鉄廠第二製鋼内新30t電気炉の配置予想図

### 3.7 連続鋳造 (CC) について

連続鋳造法の採用によるメリットは歩留の向上、省エネルギー、省力など種々挙げることができるが、特に連続鋳による歩留の向上が著しい。逆に言うと、どこまで連続鋳が可能か(受注ロットの大きさ、操業面、品質面、圧延寸法との関係など)どうかは鋳塊鋳造法から連続鋳造法へ転換するに当たって、最初に検討しなければならない重要な課題である。

1 CHARGEのみの単連続は1t当たりの耐火物費用の負担が大きく、歩留の向上も少なく、メリットは大巾に減少する。

CCの採用に当たっての重要な点の一つは、鋳片寸法の決定である。一般的にCC断面寸法は図-49および表-44に示すような各種の要因を勘案して決定されるが、

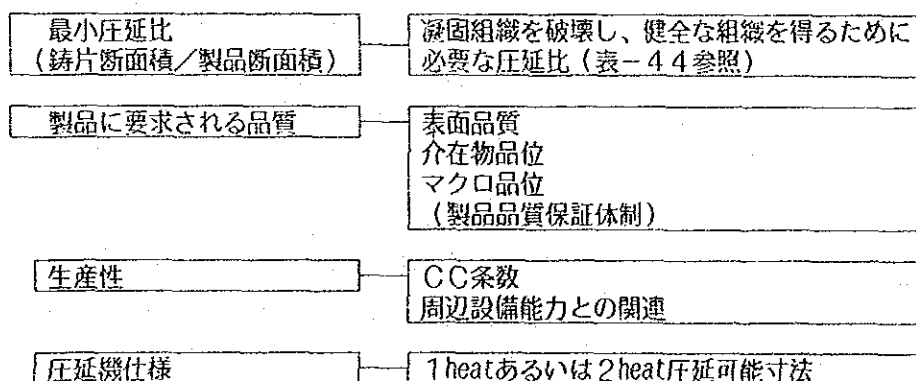


図-49 CC鋳片断面決定要因

表-44 C C 鋼片に必要な圧延比

必要最小圧延比（鋼片横断面積／製品横断面積）	研究者
圧延比4で一次晶は破壊され優秀な物理的性質が得られる	W. B. Pierce
圧延比1.7で一次晶は破壊される。3.3でブローホールは圧着する。	H. Kosmider, H. Neuhaus, A. Weyel
圧延比6~12、スラブから板にする場合は4~5でよい	J. Hofmaier
圧延比5.5で一次晶は圧着され、一端が開口している収縮孔は圧縮する。但し炭化物の変析は残る（高速度鋼）	B. H. C. Watess, W. H. Pritchard, C. T. Harris
圧延比4~5で軸心の不均一部分は均一化する。	P. Thomas
圧延比4~8で柱状晶は破壊される。	I. M. D. Halliday
一般に圧延比は2、規格の厳しいものでも6.7で十分である。	G. Fenton, J. Pearson
圧延比6で組織の均一性が得られる（高速度鋼）	B. Tarman
圧延比9で機械的性質、据込み試験その他一般性状の良好なものが得られる。	G. Littlewood, W. H. Pritchard
あるものは2で良いが規格の厳しいものは6.7が必要である。	G. Fenton, G. Littlewood J. Zaeytydt
内部を緻密にするためには炭素鋼、低合金鋼で6、ステンレス鋼、耐熱鋼で8、高速度鋼、工具鋼で10が必要	M. Cabane

普通鋼では製品寸法の種類が比較的少ないこと、要求品質が緩いことから、鋼片 C C（中110~150 mmが多い）を設置し、一回の圧延で製品化するのが一般的である。しかし、特殊鋼の場合、製品品質の維持・保証上、普通鋼のように一概に寸法を決定することはできない。

日本の特殊鋼会社の連続鋳造機の設置状況を次の表-45に示す。

表-45 日本の特殊鋼会社の連続鋳造機の設置状況

会社名	鋼片寸法 (mm)	条数	曲率半径 (m)	備考	
D社	CI場	370x480	2	16.5, 28	構造用合金鋼、快削鋼など
	HI場	145x145	2	10	ステンレス鋼
	SI場	145x145 150x400	1	10	ステンレス鋼
Y社		370x470	3	(垂直型)	軸受鋼、構造用合金鋼など
A社		370x480	2	16.5, 28	構造用合金鋼など
		150x150	1	9.5	ステンレス鋼(1985年8月現在建設中)

上表から伺われるように、ステンレス鋼以外は大断面ブルーム寸法が採用されている。大断面ブルーム寸法採用の理由は、特に品質面（表面・内質）を重視しているためであり、鋳型内湯面変動の安定化による品質の維持および鋼片段階での品質保証の

ためである。

各機共、稼働後初期の成果を収めている。

ステンレス鋼はその特性および成分構成上、結晶粒度調整や脱酸用としての Al 添加が不必要であり Al を含まないため鋼片の連続鋳造で最も大きな問題となるタンデム・インシュノズルの閉塞が回避でき、鋼片の連続鋳造が可能となっている。

現在、炉外精錬による超清浄鋼の製造や温度・成分の制御精度の向上が急激に進んでおり、連続鋳造技術（無酸化鋳造、電磁攪拌、湯面変動制御、耐火物等）の発展もあり、ステンレス鋼以外の特殊鋼についても将来鋼片連続鋳造採用の可能性は十分にある。鋼鉄廠の場合、LFV 装置は CC 化への一段階とも言うことができ、LFV による高清浄鋼製造技術の確立によって、当面は鋼塊プロセスでの品質、歩留などの向上を図り、鋼片連続鋳造技術の進歩発展を良く見極めた上で、連続鋳造法の採用を検討することを勧める。

## 4. 圧延の現状と近代化案

### 4.1 $\phi 650$ 圧延機

#### 4.1.1 現 状

##### (1) 生産内容

1984年に稼働を開始した圧延機であるため、調査対象期間(1983年)の生産実績資料はない。

現在は10.5<sup>#</sup>( $\phi 270\text{mm}$ )の鋼塊から線材向け $\phi 60\text{mm}$ 鋼片の分塊圧延が主体であるが、第四圧延機第一期を主体に運用されているため稼働率は低い。

##### (2) 操業実績

表-46  $\phi 650$  圧延機の操業実績

能 率 (t/h)	50
歩 留 (%)	普通鋼92、特殊鋼88
重油原単位 (kg/t)	51~52 ( $490 \times 10^3 \sim 500 \times 10^3 \text{kcal/t}$ )

##### (3) 主要設備仕様

表-47  $\phi 650$  圧延機の主要設備仕様

設備名	主 仕 様	
加熱炉	PUSHER式 四帯式連続加熱炉 60t/h 炉内巾×有効寸法=3,480×29,780mm	
圧 延 機	3H- $\phi 650 \times 1,800\text{mm} \times 2$ 基	3H- $\phi 650 \times 1,800\text{mm} \times 2$ 基
MOTOR	AC 2,500kw-494rpm	AC 2,000kw-494rpm
HOT SAW	$\phi 1,500\text{mm} \times 2$ 基(全固定式)	
HOT SHEAR	250t×1基	
冷却床	5,000×12,700mm レッヘン式	



(4)  $\phi 650$  圧延機のレイアウト

図-50に $\phi 650$  圧延機のレイアウトを示す。

(5) 現状の生産内容での問題点

(a) 加熱炉の燃料原単位  $51\sim 52\text{kg/t}$  ( $490 \times 10^3 \sim 500 \times 10^3 \text{ kcal/t}$ ) と悪い。これは炉のシールが不完全で侵入空気が多いことと炉の自動制御システムが無いことによると思われる。

(b) ローリングスケジュール面から4基の圧延機の負荷バランスがとれていない。第2スタンド～第4スタンドのチルチングテーブルがないため、第1スタンドに負荷が偏っている。

(6)  $\phi 650$  圧延機の現状のローリングスケジュールを表-48に示す。

#### 4.1.2 近代化案

製鋼能力の向上、圧延製品の品質向上を図るためには鋼塊の大型化が必要である。 $\phi 650$  圧延機の近代化により1.0～1.5 t 鋼塊の分塊及び $\phi 55 \text{ mm} \sim \phi 75 \text{ mm}$  製品圧延体制を確立する必要がある。近代化案の作成にあたっては、現有設備を出来るだけ活用すると共に、現有の $\phi 750$  二重逆転式圧延機を分塊圧延機として設置する前提で検討した。

(1) 鋼塊重量の決定

単重300kgの線材を生産するためには、各工程の歩留を考慮して鋼塊重量を求めると次のようになる。

線材		300 kg/coil	歩留 0.95×0.99
線材用鋼片		319 kg/本	歩留 0.87×0.99
鋼塊	319 kg×1本	370 kg/本	
	319 kg×2本	740/本	
	319 kg×3本	1,100/本	→ 34本/ch×1.11=37.7 t/ch
	319 kg×4本	1,480/本	

鋼塊重量としては現有の加熱炉及び $\phi 750$  圧延機のロール径から判断して1,100 kgを採用したい。1,480 kg鋼塊の採用も考えられるが、加熱炉能力不足の必配があり、詳細な検討が必要である。

(2)  $\phi 750$  圧延機のローリングスケジュール

$\phi 750$  圧延機のローリングスケジュールを表-50に示す。

(A) 分塊パススケジュール

分塊圧延機は現有の $\phi 750$  二重逆転式圧延機 (2800kw 60/120rpm) を設置するものとする。

(a) 圧下量の決定

分塊圧延の圧下量は、①嚙込角からの制約、②ロール強度からの制約、③巾拡り量から制約される最小圧延寸法等を加味して決定する。鋼鉄廠 $\phi 750$  圧延機の圧下制約線図を図-53に示す。この線図より、ロール廃却径を考慮して最大圧下量を50mmとする。

(b) パススケジュール

最大生産量となる鋼片寸法中120mmを主体としてローリングスケジュールを考えると、 $\phi 650$  圧延機第一パスで中175~170mmを得るパススケジュールが適当である。また、最小製品寸法 $\phi 55$ mmの圧延を考えると、後述する $\phi 650$  圧延機のローリングスケジュールとの関連で、表-49における第一案では中120mm鋼片と同じ分塊スケジュールで可能である。

第二案の場合は $\phi 650$  圧延機のパス回数が減少するため分塊パス回数の増加が必要となる。

本報告書では費用最小となる第二案を採用した。従って、分塊最終寸法は165×195mm (11パス)、中150mm (13パス)の二種類が必要となる。

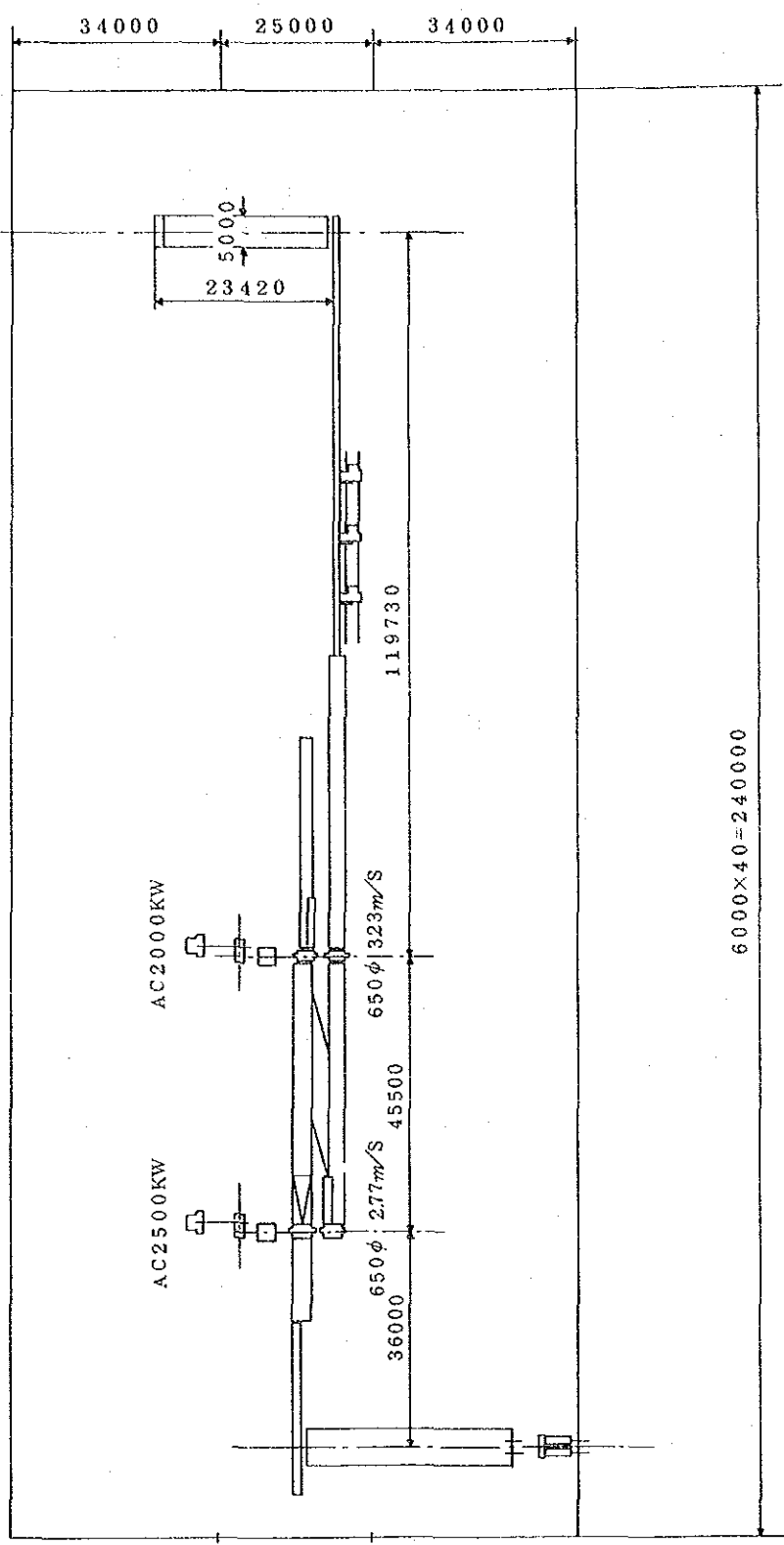
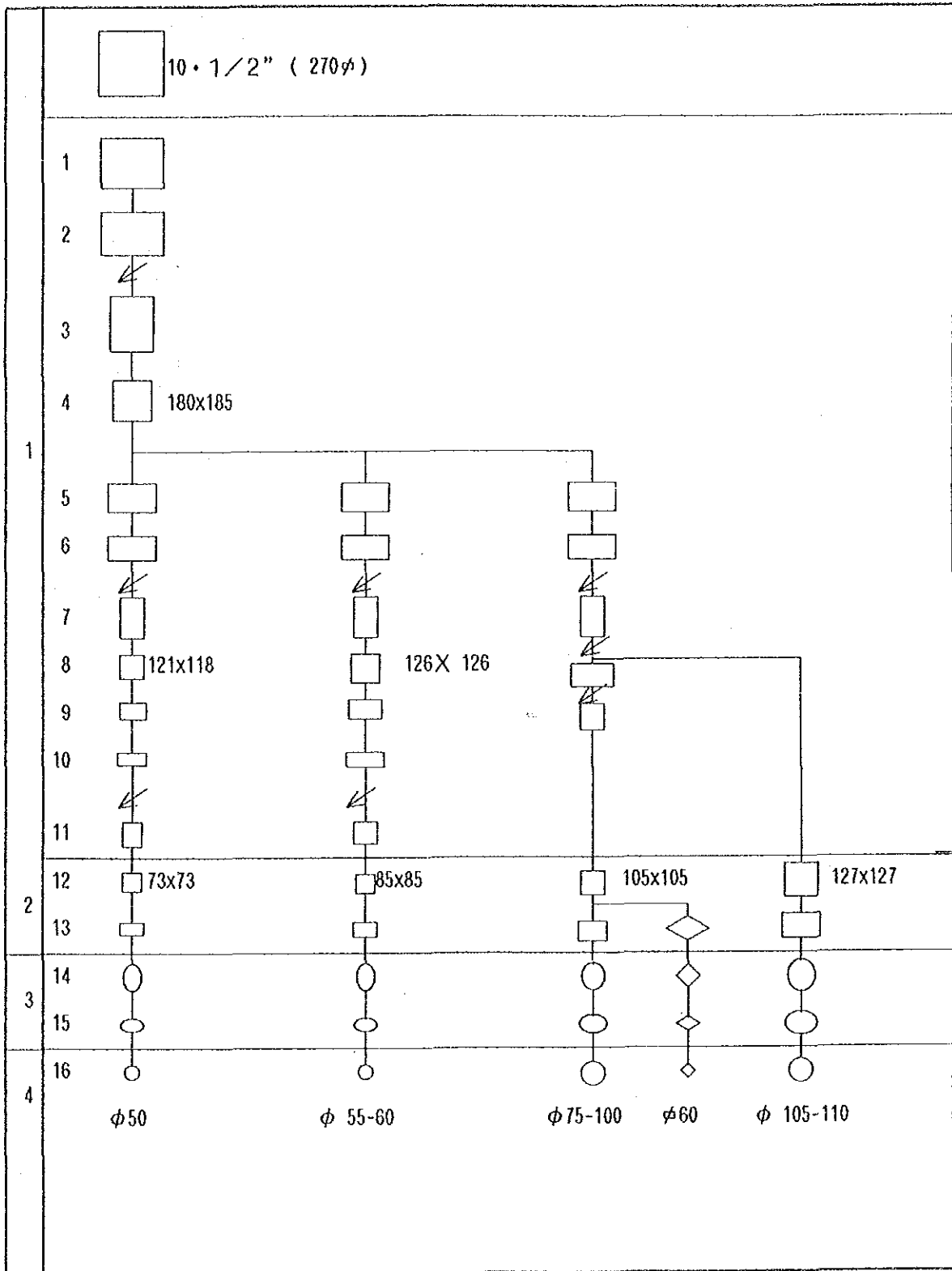


図-50 φ650 圧延機のレイアウト

表-48  $\phi 650$  圧延機の現状のローリングスケジュール





最終寸法から圧下量、巾拡がり量を基に遡ってバススケジュールを制作し、鋼塊寸法 $360\text{mm} \times 440$ を得る。(表-50- $\phi 750$ 圧延機ローリングスケジュール参照のこと)

参考として、分塊ロール孔型図を図-54に示す。分塊孔型は孔型の肩部で削れが発生しないように設計されなければならない。

#### (c) 分塊モータートルクの検討

表-50のローリングスケジュールについて必要トルク、出力を計算しDC 2800 kw、60/120 rpm モーターの使用可否を検討する。必要トルクの計算に際しては、圧延圧力を計算し、トルクアームを乗じて算出するが、圧延圧力の算出に際しては圧延温度の推移を求め、更に、各温度に対応した変形抵抗により圧延圧力を算出する。温度推移を図-54に必要トルクの計算結果を表-53に示す。

DC 2800 kwのモーターで容量は十分である。

#### (3) $\phi 650$ 圧延機ローリングスケジュール

$\phi 650$ 圧延機ローリングスケジュールを表-50に $\phi 750$ 圧延機のローリングスケジュールと併せて示した。特殊鋼の圧延に最も適した菱一角孔型方式を採用し、丸製品の造形は表面品質、形状の良好なスラグ→オーバル→丸方式を採用している。

#### (4) 生産能力の算定

1990年の生産内容についての生産能力算定結果を表-51に示す。

圧延機能力としては、 $322,100\text{ t/Y}$ ( $6.912\text{ h/Y} \times 46.6\text{ t/h}$ )あり、余力 $44,800\text{ t/Y}$ は将来の増産に活用できる。

### 4.1.3 設備仕様

近代化に必要な主要設備の仕様および概略予算を表-52に示す。

#### (1) 加熱炉

現有の加熱炉で1.1 t鋼塊を加熱する。そのため加熱炉のブッシャー能力の増強、バーナー高さの変更などが必要である。特殊鋼化に伴い、品質の向上・省エネルギー化を図るため燃焼系の自動制御化が望ましい。

#### (2) 分塊圧延機

鋼鉄廠に保管中の二重逆転式圧延機( $\phi 750$ )を $\phi 650$ 圧延機に併設し分塊圧

延機として活用する。設置位置は図-52のφ750圧延機レイアウト図を参照のこと。

(3) ホットスカーフアー (HOT SCARFER)

鋼塊を分塊圧延機で165×195mmまで分塊した後、ホットスカーフアーで表面を約1.5mm/片側を溶削し、表面疵を除去する。ホットスカーフアーはプロパンガス(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 27%、C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 70%、C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> 3%)を酸素で燃焼し鋼片を予熱した後、高圧酸素で表層を溶削し、溶削した鋼は高圧水で冷却・除去する。(プロパンガスの代わりに都市ガスを使用することは、大容量の火口を使用することによって可能となる。)

溶削時に発生する粉塵を処理するため電気集塵装置が付帯設備として必要である。

(4) ブルームシャー (BLOOM SHEAR)

分塊圧延、ホットスカーフアー後、鋼塊押湯相当部、鋼塊底部相当部に発生する塑性疵を切断、除去して鋼材の内部品質を保證すると共に、以後の圧延トラブルを防止する。ブルームシャーは現有の400tシャーが活用できる。

(5) φ650 圧延機

(A) φ650 圧延機の第一スタンドを延伸圧延機として使用する。

高品質の特殊鋼を生産するため菱一角孔型方式を採用する。従って、圧延材を各パス毎に転回する必要がある。圧延材を転回操作するために、スタンドの前後面にグリップチルター (GRIP TILTER) を設置する。

(B) φ650 圧延機第二スタンド～第四スタンドの活用

φ650 圧延機第二スタンド～第四スタンドを延伸・仕上げ圧延機として活用するが、活用方式が種々あり、各案の比較を表-49に示す。

(6) 精整関係

(A) 切断関係、製品および鋼片の切断は現状のホットソーおよび熱間剪断機により切断する。

(B) 製品および鋼片の冷却

特殊鋼化に伴い、鋼種によって製品または鋼片の徐冷が必要となるので、蒸による徐冷または徐冷カバーによる徐冷が必要である。

表-49 第二スタンド～第四スタンドの活用方式比較

		第一案	第二案
パス回数	2STAND	3	2
	3STAND	0	0
	4STAND	2	1
必要設備		・2STAND 後面TILTING TABLE	・2STAND 前後面TUNER
		・2STAND 前後面GRIP TILTER	・4STAND 前面TURNER
		・2STAND ～4STAND 間、後面横送機	・ROLLER TABLE延長、改造など
		・4STAND 後面TILTING TRAGH	
長所、短所		・4STAND 前面TURNER	
		・型替え回数少	・<φ65mmの製品は分塊13パス必要
		・各圧延機の負荷バランス最良	・<φ65mmの製品はHOT SCARFER LOSS大
	・設備費大	・設備費小	

当面設備費最小となる第二案を採用したい。将来圧延能力増強が必要となった段階で第一案への移行を考えるものとする。

(7) 軸受鋼の拡散焼鈍

軸受鋼の拡散焼鈍

特殊鋼化に伴い、軸受鋼の溶裂が開始されることになるが、軸受鋼については拡散焼鈍が必須の条件となる。1t鋼塊の場合1200～1250℃-15時間程度の均熱時間が必要であろう。この拡散焼鈍は均熱炉を特に設けることなく、φ650圧延機の現有加熱炉を用いて工場休日を利用して実施する。

この方法は現在日本のD社H工場でも実施している。

(能力：約100本/CHARGE×1.1t/本×77d/Y=84700t/Y)

4.1.4 近代化によるメリット

(1) 特殊鋼化による限界利益の増加

(特殊鋼増産による利益の増加については、本報告書の最終章において、まとめて記述する)

(2) 鋼塊大型化による歩留向上

$$(0.87 - 0.88 \times 0.95) \times 277,600 \text{ t/Y} \times (1/12) \times @308 \text{ 元/t}$$

$$= 242,250 \text{ 元/月}$$

(3) 燃料原単位の低減

$$53 \text{ ㍩/t} (51 \text{ kg/t}) \rightarrow 48 \text{ ㍩/t} (46 \text{ kg/t})$$

$$(51 - 46) \times 277,600 \times (1/12) \times 0.135 \text{ (元/KG)} = 15.615 \text{ 元/円}$$



(4) 省 力

108名で圧延工場は操業可能

表-50 φ750圧延機ローリングスケジュール

PASS No.	STAND ROLL径 (φmm)	寸法 (mm)	压下量 (mm) 減面率 (%)	速度 (m/s)	φ55	φ65	φ85	φ105
1	分塊 φ 750	360x440	40mm	2	cal. I (BULL HEAD)	1.3m @110kg		
2		400 ←						
3		355x370						
4		320 ←						
5		270x370						
6		320 ←						
7		270x285						
8		235 ←						
9		185x285						
10		235 ←						
11		185x205						
12		170 ←						
13		140x200						
14	大型1st φ650	( )内は基準孔型寸法 (φ170)	( )内は基準寸法時 (25)%	2.5	9m			
15		φ147 (φ147)	27(32)%					
16		φ126 (φ121)	34(36)%					
17		φ102 (φ97)	34(36)%					
18		φ83 (φ78)	50%					
19								
20								
21				30m				
22								
23	大型2st φ650	φ66		3	38m			
24	大型4st φ650	φ55.6			54m	φ 65.7 x37m	φ 85.8 x23m	φ 106 x15m

表-51 生産能力算定(φ750)

区分	圧延所要時間						年間稼働時間	生産余力	平均能率
	装入量 (製品量) (t/y)	理論能率 (t/h)		稼働能率* (t/h)	圧延所要時間 (h/y)	圧延所 要時間 (h/y)			
		分塊	大型						
φ55~64	23,750 (20,400)	49.1	40.3	34.4	690		(6912 -5950)h/y x46.6t/h		
φ65~75	23,750 (20,400)		50.6	43.2	550				
鍛造向 (≥φ90)	5,100 (4,500)		71.6		102				
第一圧延 向(φ90)	1,300 (1,100)	58.8	71.6	50.2	26				
第四圧延 向(φ120)	185,200 (161,100)		103.5		3690				
鋼管向 (φ75)	38,500 (33,500)		50.6	43.2	892				
合計	277,600 (241,000)		-	46.6	5950		+44,800t/y	46.6t/h	

\* 稼働能率 = 理論能率 × 実働率(0.95) × 余裕率(0.9)

表-52 設備主仕様および予算

(1元=91円)

設備	主仕様	予算 (万円)
加熱炉改造	END PUSHER 抽出力 50t/台 (従来40t/台) BURNER位置変更 2台	22
抽出付帯設備	APPROACH TABLE $\phi 450 \times 800 \times 24m$ 1式 INGOT BOGIE 1台 TURN TABLE 1台	71
分塊圧延機	二重逆転式 $\phi 750 \times 1850L$ dc2800kW (遊休品使用)	0
ホットスカパー HOT SCARFER	溶削寸法 最大 $\phi 240mm$ 溶削代 1~3mm/片側	253
ブルームシャワー BLOOM SHEAR	剪断材寸法 165x195 もしくは $\phi 150mm$ (遊休品使用)	0
(HOT SCARFER BLOOM SHEAR) 付帯設備	電気集塵装置 1000 $m^3/min$ 1台 高圧水発生装置 11kg/cm $^2$ x 4 $m^3/min$ 1式 TABLE $\phi 400 \times 600L$ x 延36m 横送り装置 5m x 7m 1式	203
大型圧延 付帯設備	GRIP TILTER(1st前・後面) 2台、TURNER(2st前・後面、 4st 前面) 3台、TABLE 改造・移設(1st前延長) 1式、 TABLE 延長(2st後面) 1式、TABLE 改造・PUSH-OFF装置(4st 前面) 1式	55
合計	ただし以下の設備は含まない。 UTILITIES(酸素、LPG、油圧、用水) 受配電設備 建屋	604

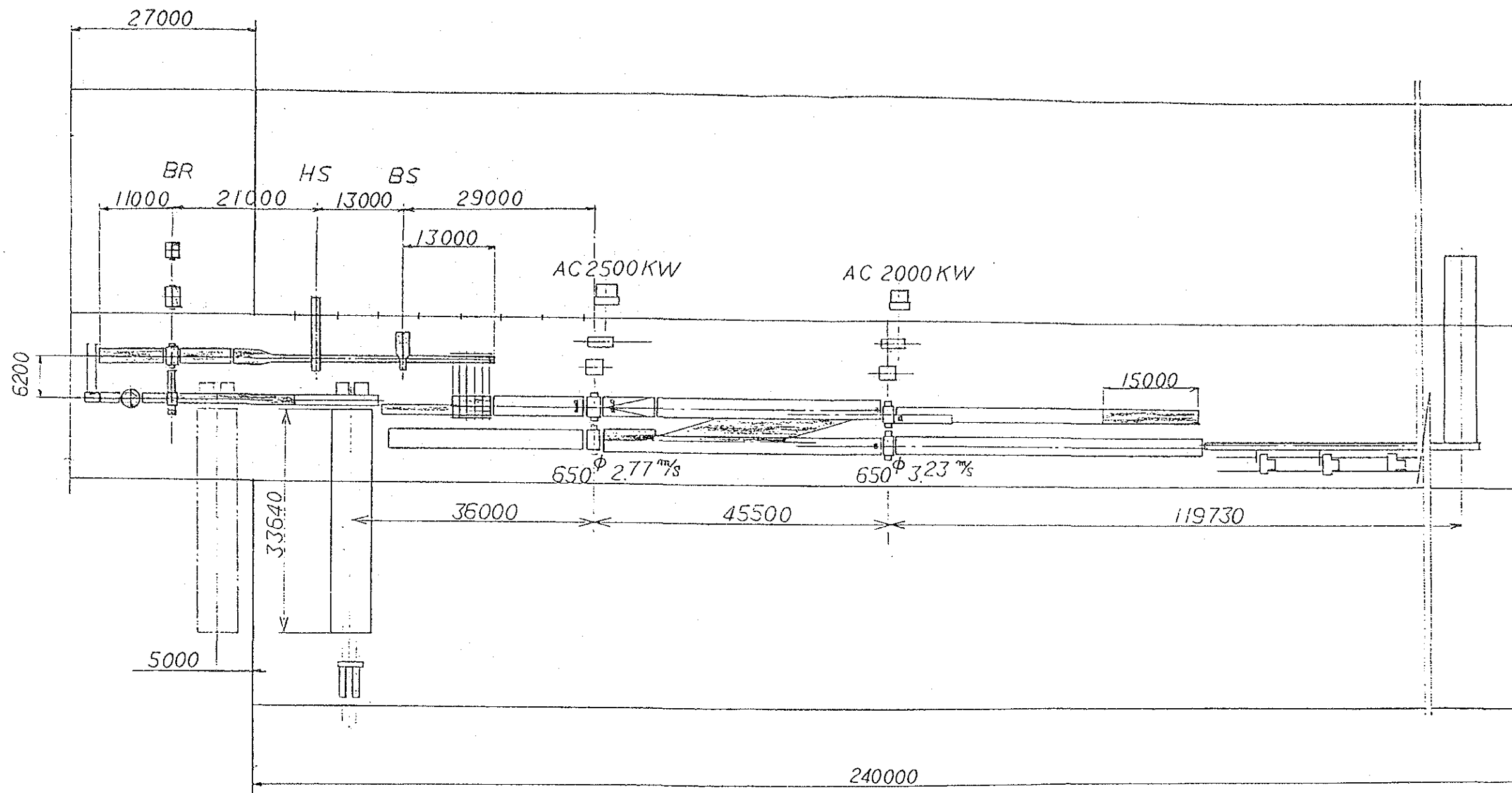
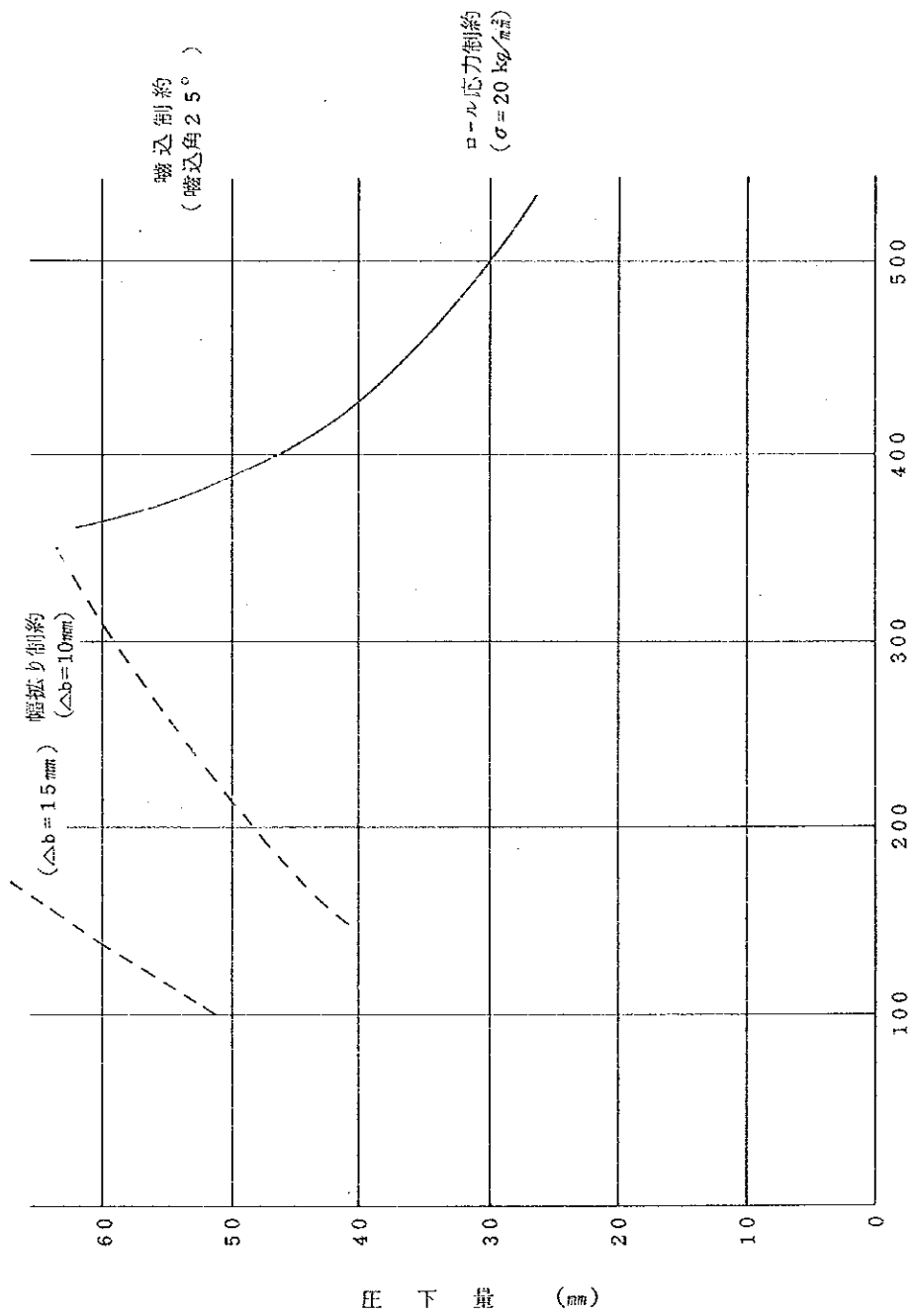


图 - 52  $\phi 750$  压延工場增強圖





图一53 φ750 压延机压下制約線図

表-53 モーター容量のチェック

PASS No.	STAND ROLL 径 (φmm)	寸法 (mm)	圧下量 (mm) 減面率 (%)	速度 (m/s)	圧延トルク (t-m)	出力 (kW)	定格比 ( ) 内はトルク比
1	分塊 φ 750	360x440	40mm	2	25	910	33% (最大96%)
2		400 ←					
3		355x370					
4		320 ←					
5		270x370					
6		320 ←					
7		270x285					
8		235 ←					
9		185x285					
10		235 ←					
11		185x205					
12		170 ←					
13		140x200					
		( )内は標準孔型寸法 (φ170)	( )内は標準寸法時 (25)%	2.5	0	735	29% (最大90%)
14	大型1st φ650	φ147 (φ147)	27(32)%				
15			27(32)%				
16			34(36)%				
17			34(36)%				
18			34(36)%				
19			34(36)%				
20			34(36)%				
21			50%				
22			50%				
23		大型2st φ650	φ66		3	7	860
24	大型4st φ650			10	10		
25	大型4st φ650	φ55.6		↓	6		(最大77%)

鋼種 4140 製品寸法 φ55

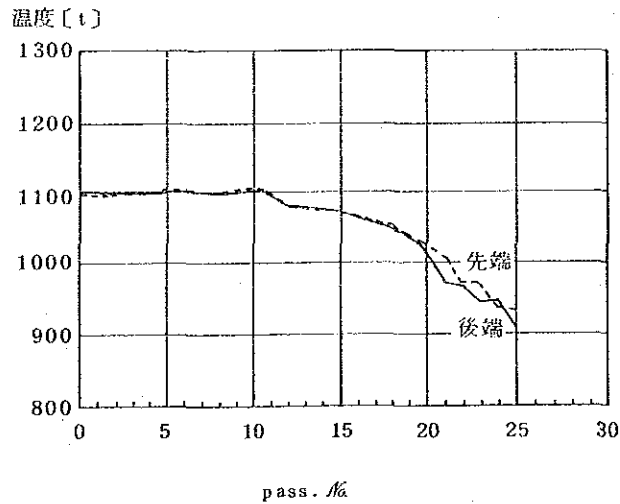


図-54 通過材温度推移

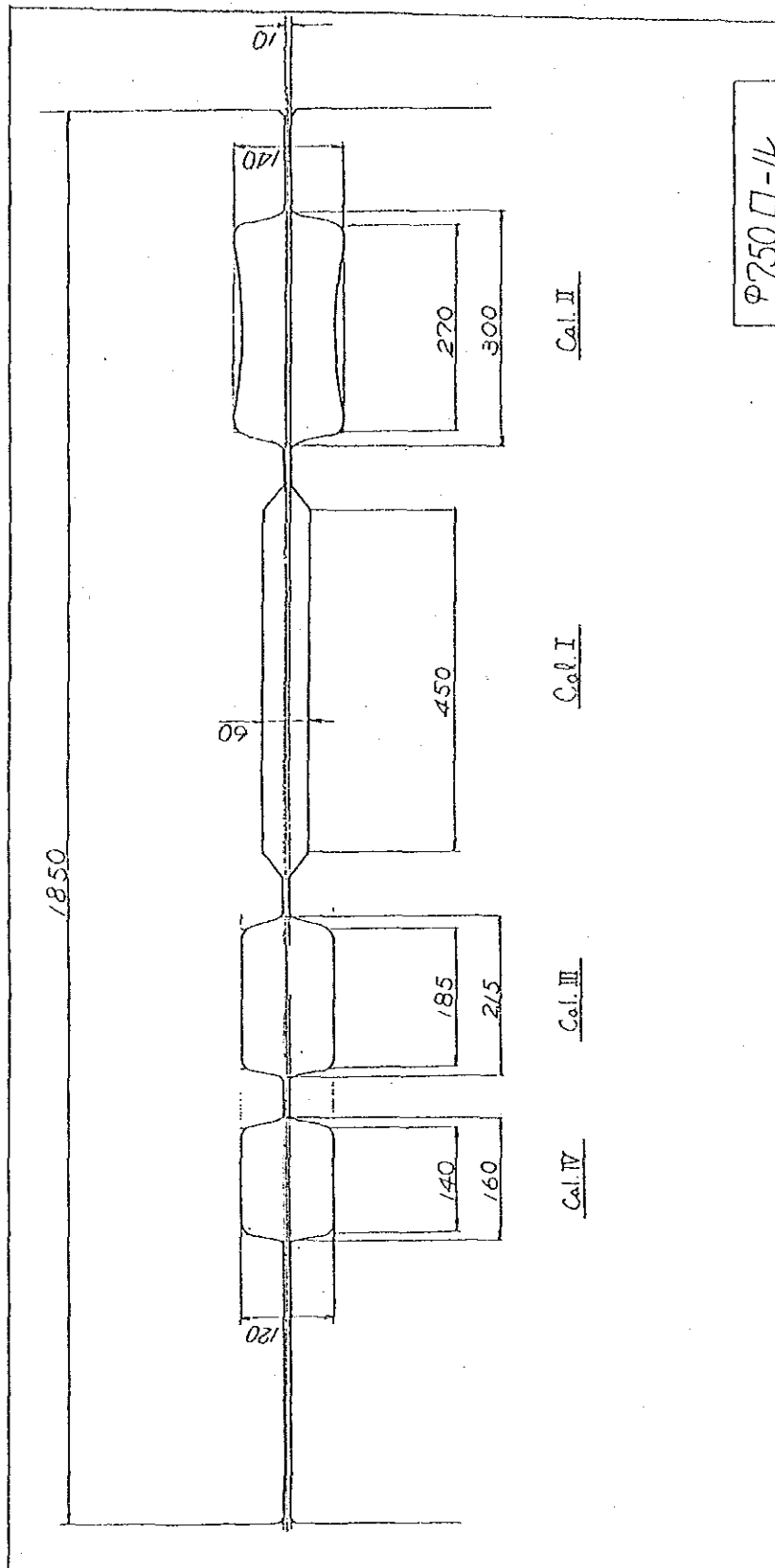


图-55  $\phi 750$  压延机孔型配置



#### 4.2 第四圧延機（1期、2期）

第四圧延機は、同一ヤード内に1期、2期の二つの圧延機工場として設置されている。

##### 4.2.1 現 状

###### (1) 生産内容

表-54 1983年における圧延生産量（t/y）

	製品寸法	普通鋼	SC	低合金鋼	炭素工具鋼	合計
第 一 期	φ50	—	—	77	11	38
	φ58	43,052	7,516	26,530	—	77,098
	φ90	6,145	—	—	—	6,155
	φ75	—	7,834	25	—	7,859
	合計	49,197	15,350	26,582	11	91,140
第 二 期	φ14-18 (18)	4,068	83	—	—	4,151
	φ20-24 (20,22)	15,503	466	—	—	15,969
	φ24-32 (25)	12,916	399	—	—	13,315
	合計	32,487	948	—	—	33,435

( ) 内：実績寸法

###### (2) 操業実績

表-55 1983年における第四圧延工場操業実績

第 一 期	能率（t/h）	13.6—稼働	実働—20.4 t/h
	歩留（%）	93.6	
	重油原単位（kg/t）	66（633.6×10 <sup>3</sup> kcal/t）	
	実働率（%）	66.7	
第 二 期	能率（t/h）	5.2—稼働	実働—7.0 t/h
	歩留（%）	92.7	
	重油原単位（kg/t）	68（652.8×10 <sup>3</sup> kcal/t）	
	実働率（%）	74.1	

(3) 第四圧延機の主要設備仕様

表-56 第四圧延機の主要設備仕様

設備名		主 仕 様
加熱炉 1号炉(1期)		PUSHER式 四带式連続加熱炉(複列)能力30t/h 炉内巾×有効炉長=3100×24504mm
加熱炉 2号炉(1期)		PUSHER式 四带式連続加熱炉(単列)能力15-20t/h 炉内巾×有効炉長=2088×22620mm
WALKING炉 (2期)		WALKING HEARTH式 三带式連続加熱炉(単列)能力15t/h 炉内巾×有効炉長=2320×14732mm
圧延機 (1、 2期)	粗列 MOTOR	3-H-φ450×1300×1基 3-H-φ450×1100×1基 AC 1.250kw 495rpm
	中間列 MOTOR 減速比	盲3-H-φ320×700×2基 盲3-H-φ320×510×1基 AC 1.000kw 595rpm 1/4.125
	中間列 MOTOR 減速比	盲3-H-φ320×700×3基 AC 1.000kw 495rpm 1/4.125
	仕上列 MOTOR	盲3-H-φ270×500×4基 AC 630kw 495rpm AC 280kw 595rpm
HOT SAW		φ1000mm×2基
冷却床(2期)		27000×5500mm フルレッシュン式
冷間SHEAR		剪断力160t 刃幅450mm

(4) 第四圧延工場レイアウト

下の図-56に現状の第四圧延工場レイアウトを示す。

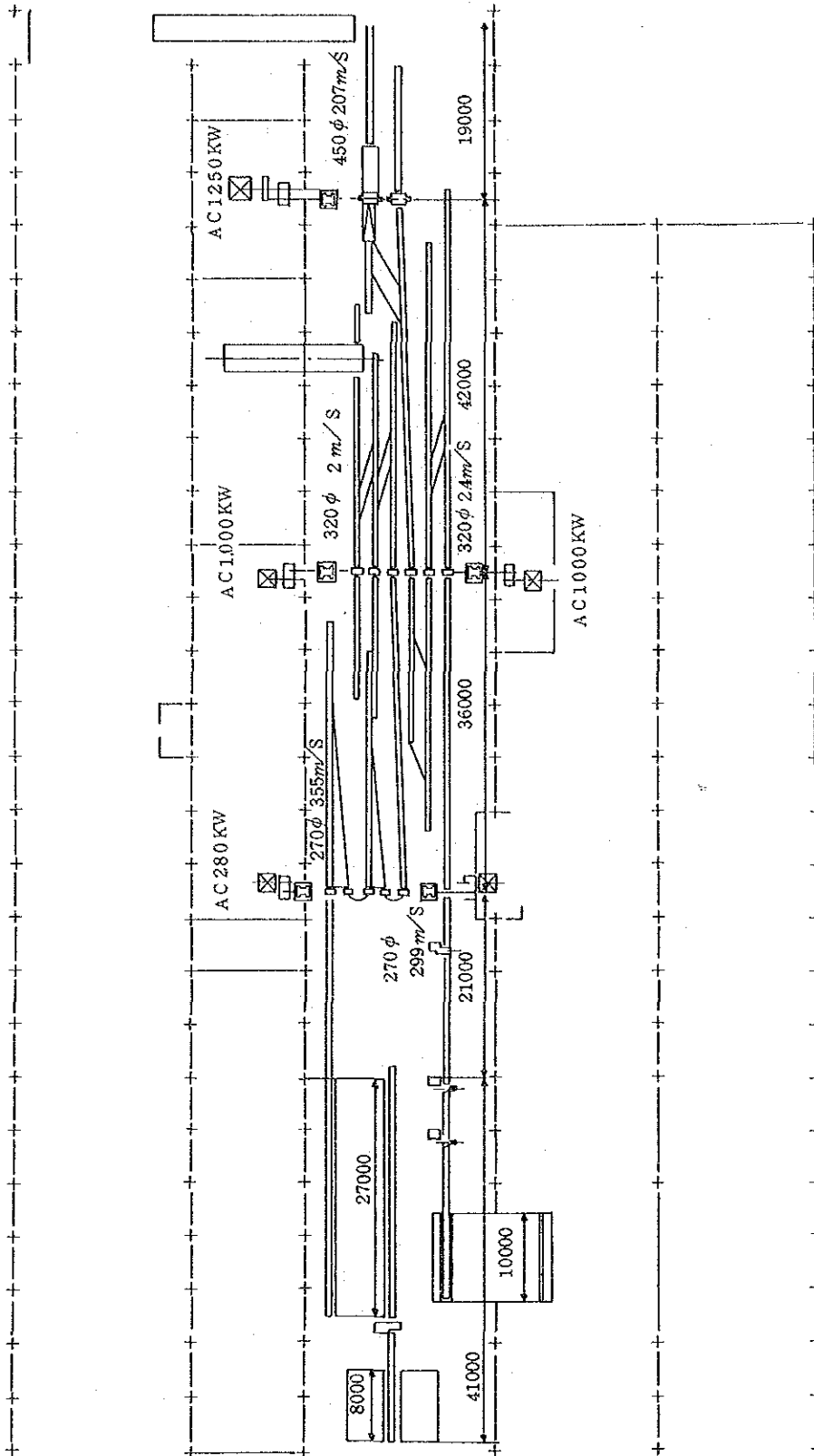


図-56 第四圧延工場レイアウト

(5) 第四圧延用の現状加熱炉

次の図-57に第四圧延用の現状加熱炉概要を示す。

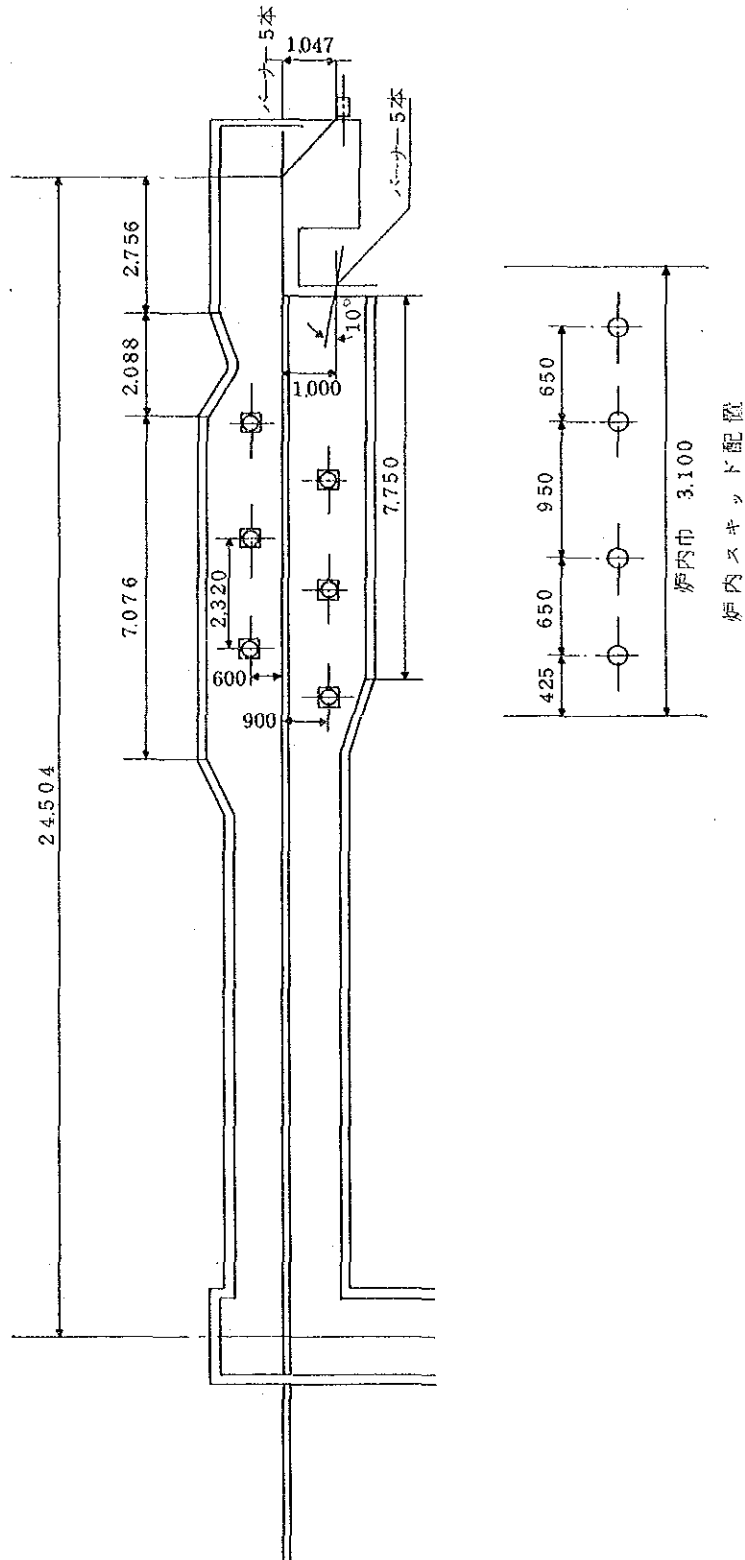


図-57 第四圧延用の現状加熱炉概要

(6) 現状の問題点と今後の課題

(A) 現状の生産内容での問題点

- (a)  $\phi 650$  圧延機が稼働した現在でも第四圧延機 1 期が分塊圧延の主力となっている。分塊圧延機としては、 $\phi 650$  圧延機の方が適しており、第四圧延機（1 期、2 期）はむしろ製品圧延機に適している。
- (b) 加熱炉のシールが不十分である。バーナーの高さが不適當（低い）なことは他の加熱炉と同様であるが、更に  $\phi 170\text{mm}$  相当の素材の加熱に対して下部加熱帯が必要かどうかは検討を要する。

4.2.2 近代化案

1990年における棒鋼（ $\phi 18 \sim \phi 50$ ）および線材の生産量はそれぞれ 35,000 t/Y、115,000 t/Yである。これらの製品を第三圧延機と第四圧延機に配分する方案は、次の二つが考えられる。

表-57 第三圧延機 — 第四圧延機の生産量配分案

	1 案	2 案
線材 (115,000t/Y)	第四圧延機	第三圧延機
棒鋼 (35,000t/Y)	第四圧延機	第四圧延機
必要設備	$\phi 320, \phi 270$ 圧延機の ベリング化 $\phi 320, \phi 270$ 圧延機の ベーター化 H-V 圧延機 4 基設置 クラップシャー設置 2 基 フライグシャー設置 1 基 フックミル、ルーフォーライン、フックコンバー 設置	第三圧延 * 加熱炉炉線変更 * RI(ソフティング)設置 1 基 * $\phi 350, \phi 250$ 改造 * フックミル、ルーフォーライン、フックコンバ ー設置 第四圧延 * H-V 圧延機 2 基設置 * フライグシャー設置
操業	第四圧延機 3直稼働	第三圧延機 3直稼働 第四圧延機 1直稼働

2つの案を比較すると、必要設備、要員の点で1案が優れていることが分かる。

従って、第四圧延機の近代化に重点を置いて検討する。

(1) 鋼片寸法の決定

第四圧延機に3基の加熱炉があるが、炉内巾の最も大きな炉は1号炉の3,100 mmである。従って、装入可能な鋼片最大長さを2,800 mmとした。長さ2,800 mm、単重319 kg/本の鋼片の寸法はφ121となる。

鋼片寸法 φ121 × 2,800 mmL × 319 kg/本

(2) ローリングスケジュール

第四圧延機のローリングスケジュールを表-58に示す。圧延中の温度推移および必要トルクの計算結果を図-59と表-62に示す。

(A) 粗 ロール

表面品質に優れ、減面率も大きく取れ、特殊鋼の圧延に適した菱一角孔型方式を採用する。

(B) 中 間 列

表面品質に優れたスラグオーバー方式を採用し、スラグ—スラグの2パス減面率は43%以下とし、品質および操業の安定化を図る。

(C) 仕 上 列

(a) 棒鋼用にはH—Vスタンドを新設し、Non—Twist 圧延化を図る。

(b) 線材用にはBLOCK MILL を新設し、スラグ—オーバー方式でNon—Twist 圧延化を図る。

(3) 生産能力の算定

1990年の生産内容についての生産算定結果を表-59に示す。棒鋼および線材の総計150,000 t/Y(鋼片159,000 t/Y)を生産し、余力50,000 t/Yを有する。この余力は第三圧延機の小棒鋼(φ10—16)の線材〜矯正切断化、または30×30×2.5(厚み)のアングルの吸収に活用できる。

4.2.3 設 備 仕 様

近代化に必要な主要設備の仕様および予算を表-60と61に示す。

(1) 加 熱 炉

炉内巾が最も大きい1号炉を活用する。加熱能力も30 t/hあり十分である。

この加熱炉もバーナー高さが低く、火炎が鋼片に直接当たるので改造が必要である。また、炉のシールを良くすること、および燃焼系の自動化により省エネルギー化と品質の向上を図りたい。

(2) デスケーラー ( Descaler )

抽出後の鋼片のスケールを除去するため、粗ロール前面テーブルに高圧水デスケーラーを設置する。特殊鋼の製品圧延機にはデスケーラーは必須の設備であり、これにより製品肌の改善およびスケールに起因するシワ疵を防止する。

(3) 粗列圧延機

φ 450 三重式圧延機を活用する。ロール材質はダクタイル鋳鉄とし、特殊鋼化後の品質を確保する。

(4) 中間列圧延機

(A) 第一中間列

φ 320 盲三重式圧延機 4 基を第一中間列として使用する。AC 1000 kw モーター 2 基で、それぞれ 2 スタンド駆動とする。また、圧延機は寸法精度の向上および操業の安定化を図るため、ベアリング軸受に改造する。

(B) 第二中間列

φ 270 盲三重式圧延機 2 基を第二中間列として使用する。AC 630 kw、AC 280 kw のモーターによって個別駆動とする。(棒鋼用仕上圧延機の増設、第一段階と第二段階を同時に行う場合、φ 270 は遊休設備となる)。

(C) レビーター

第一中間列および第二中間列はレビーター圧延機にして自動化を図る。

(5) 仕上列圧延機

(A) 棒鋼用仕上列

第一段階として φ 270 二重式水平及び垂直圧延機を新設して、φ 18 ~ φ 32 仕上圧延機とする。第二段階では更に φ 350 二重式水平・垂直圧延機を新設し、φ 32 - φ 50 仕上圧延機とする。この仕上圧延機は水平・垂直圧延機とするとにより、Non-Twist 圧延となり疵の防止に大きな効果を発揮する。将来更に水平・垂直圧延機を増設することにより、直線式連続圧延機へ発展させることができる。

(B) 線材用仕上列

線材用仕上列として 10 スタンドのブロックミル ( BM ) を新設する。日本の D 社 H 工場では世界で最初に BM を特殊鋼線材の製造に適用した経験を有する。BM は最も安価で高能率な圧延機であり、Non-Twist 圧延を行うので

品質面でも優れている。将来の能力増強も考え70 m/sの圧延速度も可能なBMとしておきたい。

(6) フライニングシャー

棒鋼用仕上圧延機後にフライニングシャーを設置して製品を分割・切断した後、冷却床へ送り込む。このフライニングシャーの設置により、全製品寸法について同一鋼片が使用できる。

(7) 冷却床

現有の冷却床を活用する。特殊鋼化によって冷却床の切断温度の管理が必要となるので冷却床滞留時間の管理により切断温度を管理する。

(8) 冷間剪断機

現有の剪断機を活用する。特殊鋼の切断は400～550℃で行うことが望ましい。この温度範囲での切断により端面割れを防止する。

(9) 簡易結束機

温間切断後の製品の結束は高温重筋作業となるので、製品結束用に簡易結束装置を設置することが望ましい。

(10) BM後の水冷装置

BMで仕上圧延をした後、リングヘッドまでの間で二重管式水冷装置により、製品を約800℃まで冷却して、二次スケール発生の防止と内部品質の制御を行う。

(11) レイニングヘッドおよびピンチロール

レイニングヘッドおよび直前に配置したピンチロールにより高速度で仕上圧延された製品をループコンベアー上にリング状に巻取る。ピンチロールは製品の先端および必要に応じて後端部を圧着して円滑な巻取りを行う。

(12) ループコンベアー

ループコンベアー上にループ状に巻取られた線材はコンベアー上で冷却されるが、ループコンベアーの速度を変えてリング間のピッチを制御して、冷却の程度を制御したり、ブローによる強制空冷による冷却、または、断熱カバーによる緩冷却など、鋼種、製品の用途等によって種々の冷却制御を適用できる。

(13) リフォーミングタブ

ループコンベアー上で冷却されたループ状の線材はリフォーミングタブに集積しコイル状にされる。



(14) フックコンベアー

集積された線材は、更にフックコンベアーで搬送中に冷却されると共に先後端の切断・検査用サンプルの採取後、小結束機へ送られる。フックコンベアーにパワーアンドフリーコンベアーを採用すれば、不具合品の振分、再検査等の精整作業に自由度を持たせることが出来る。

(15) 小 結 束 機

検査・判定後、フックコンベアー上でコイル毎の小結束を実施する。

(16) サーキットラインおよび大結束機

コイル毎の小結束を終わったコイルは、2～3コイルまとめて大結束するためにサーキットラインへ移載される。サーキットライン中で大結束を行うと共に、製品の表示・秤量を行い、製品置場へ、または客先へ発送される。

4.2.4 近代化によるメリット

① 特殊鋼化による限界利益の増加

(特殊鋼増産による利益の増加については、最終章において、まとめて記述する)

② 鋼片単重の増加による歩留の向上 0.927 → 0.95

$$(0.95 - 0.927) \times 159.500 \times (1/12) \times @308(\text{元}/\text{t}) = 94.158 \text{元}/\text{月}$$

③ 燃料原単位の低減 70.8 l/t (68 kg/t) → 38 l/t (36.5 kg/t)

$$(68 - 36.5) \times 159.500 \times (1/12) \times @0.135 \text{元}/\text{kg} = 56.523 \text{元}/\text{月}$$

④ 省 力

必 要 人 員	1 案：(第四圧延機で線材・棒鋼を生産)	99名/3直
	2 案：(第三圧延機で線材生産)	90名/3直
	(第四圧延機で棒鋼生産)	25名/1直

---

合 計 115名

表-58 第四圧延(棒鋼)ローリングスケジュール

No.	減面率 速度			ホ1段階 (Max 32)		ホ2段階 (Max 50)	
	寸法 (mm)	(%)	(m/s)	コイル	バー	コイル	バー
1	粗材(I)	30	2				
2	φ450	36					
3	φ80	36					
4	φ64	50					
5	φ50						
6	φ320	43	2.0				
7	φ38	2.0					
8	φ320	42	2.4				
9	φ270	42	2.4				
10	φ270	30 (41.9%)					
11	φ270	36 (44.1%)					
12	φ270	39	5.9 (6.7)				
13	φ17						
14	φ13.6		9.2 (10.5)				
15	φ10.9		14.4 (16.3)				
16	φ8.7		22.5 (25.6)				
17	φ7.0		34.8 (39.5)				
18	φ5.56		55.6 (63.9)				
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							

70ミルは  
同左。  
(粗仕立硬度  
は向上。  
Max. 55.6-63.9%)

表一 59 生産能力算定(第四庄延)

		1 段階			第 2 段階		
区分	コイル	バ(φ18-23)	バ(φ24-32)	合 計	バ(φ18-23)	バ(φ24-50)	合 計
投入(製品) 能率 (t/H)	122300 (115,000)	9600 (9,000)	8500 (8,000)	140400 (132,000)	9600 (9,000)	27600 (26,000)	159500 (150,000)
庄延		(※2) 39.6			39.6		-
能率							
理論相列							
延所	37.1	37.1	42.6	-	42.6		-
要時間							
(※1) 稼働能率 (t/H)	28.3	28.3	30.3	28.4	30.3		30.3
所要時間 (H/Y)	4322	339	281	4942	317	911	5264
(※1) 稼働能率 = 理論能率 × 実働率 (0.85) × 余裕率 (0.9) (※2) 相列 2 本同時稼働実施 (1 バス - 5 バス 2 バス - 6 バス 7 バス - 9 バス)							
年間稼働時間	288日/Y × 24H/日	6.912 H/Y			6.912		
生産能力	$(6912 - 494 \frac{H}{Y}) \times 28.4 \frac{t}{H}$	+ 55.900 t/Y (平均生産能力)			$(6912 - 5264) \times 30.3 + 50,000 \frac{t}{Y}$ (平均生産能力)		
工物能率	28.4 t/H			30.3 t/H			



・中間列ミル増設  
φ350 H-V 各1基  
・最大寸法  
φ32 → φ50

表一60 設備主仕様および予算表(第四圧増強 第一段階)

設備	主仕	仕様	概算
加熱炉組列 付帯設備	デスクロー 機 幅9m×長4m 固定式	水圧 100kg/cm <sup>2</sup> 1台 ローラーチェーン 1台 ローラーチェーン(φ2前面延長) 1台 カント巻盤(φ1前面) 1台	66
中 圧 間 延	水平～垂直 φ270×DC320kw 1台	垂直 φ270×DC240kw 1台	165
中 付 帯 設 備	φ320ローナル チャックのペアリ ング化(チャック、 ベアリング、スピ ンドル) ピンチロール 3m/s 移動式(φ320前) 7m/s (プロックミ ル前) フライングシャ ー 3m/s、7m/s ローラーチェーン φ350×350長×20m レベーター	1式 1台 1台 各1台 4台 5台	165
仕 上 延 機	ノンスラストミ ル φ270×2スタン ド φ170×8 "	仕上速度 70m/s	1,429
巻 取 機	水 平 式 リング径 1,170mm	巻取速度 70m/s	99
精 付 帯 設 備	水冷ライ ン 30m 2重管式 全長 48m リフォーマ ー 内径 φ1,320mm フックロンベア ー(P&Fタイプ) フ ック数 50 全長 190m	1台 1台 1台 1台	352
結 束 設 備	結 束 機 圧 縮 力 10T " 20T	1台 1台	264
棒 鋼 結 束 機	結 束 ラ イ ン ラ イ ン 全 長 30m Cフック自走式	1台	22
建 屋	増 築 18m×18m	1台	-
合 計	但し、以下の項目は除く。 チューリッティアー(油圧、用水、潤滑油等)		2,562

(元=91円)

表-61 設備主仕様および予算表(第四圧延増強 第二段階)

(元=91円)

設 備	主 仕 様	予 算 (万円)
中 延 機	水平-垂直 1台 垂直 1台 φ350×DC320kw φ350×DC240kw	187
圧 延 機 備 付	ローラーテーブル 1台 長×40m φ350×350長×35m 横送機 幅22m×長8m ピンチロール 3m/S フライングシャー (第1段階で設置したものを移設)	77
合 計		264
総 計	第1段階 2562 264	2826

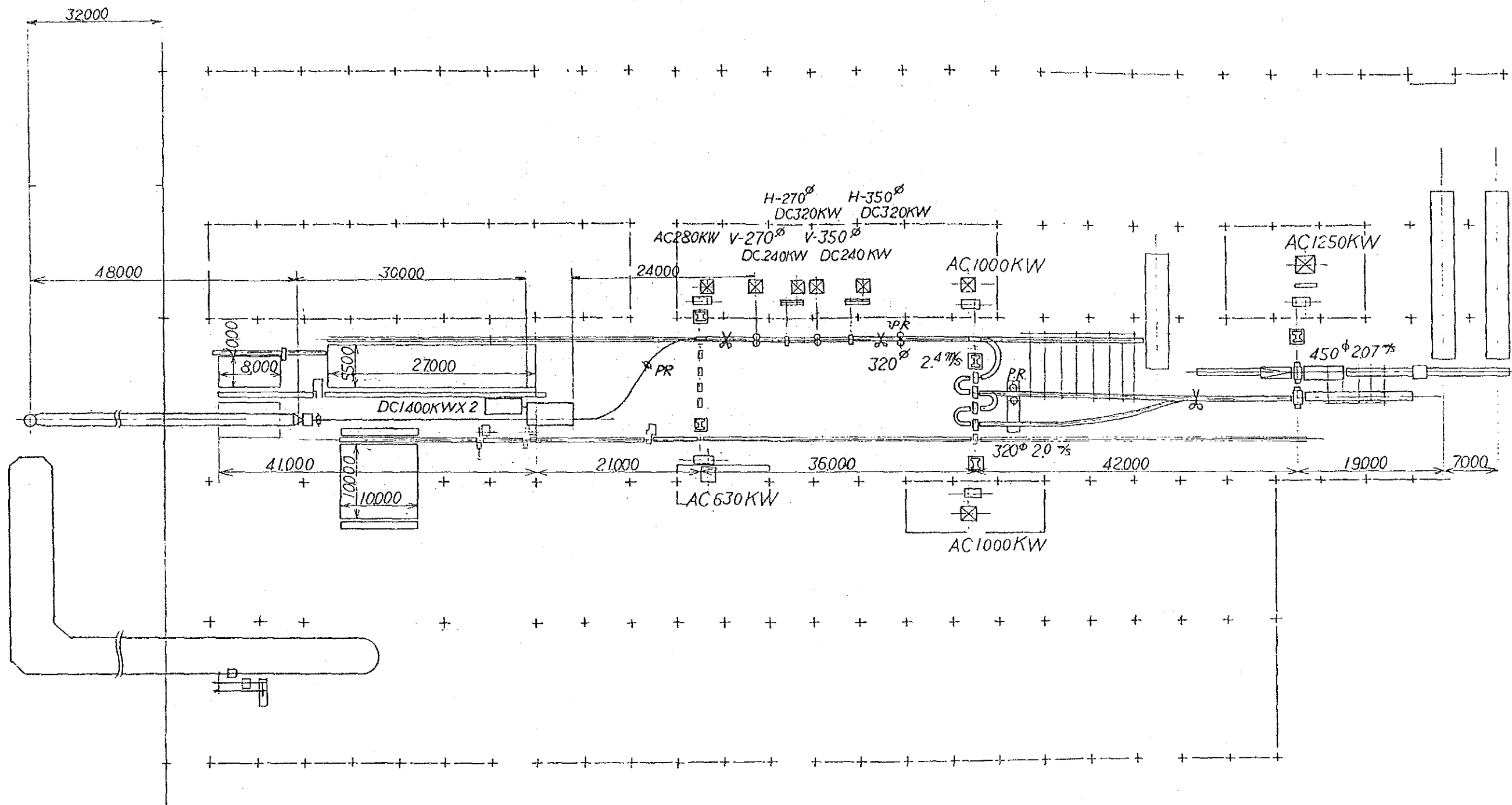


图 - 58 第四庄延工場増強



表-62 モーター容量のチェック (第四圧延)

パスNo	スタンド・ロール径 [mmφ]	寸法 [mm]	減面率 [%]	速度 [m/S]	圧延トルク [kg-m]	出力 (熱負荷) [kw]	出力定格比 ( )内は 定格トルク比 [%]		
1	粗列 (I) φ 450	φ 121	30	2	7400	1300	105% 瞬間最大 190% 1 pass 同時 5 " 増み 8 " (約2秒)		
2					5220				
3		φ 100	36		9100				
4					8500				
5		φ 80			8000				
6					36			6100	
7		(II) φ 450	φ 64		50			4900	
8								9500	
9			φ 50					7700	
10	φ 320	φ 38	43	2.0	4500	830	83% (85)		
11				2.0					
12	φ 320	φ 28.7	42	2.4	2700	660	66% (70)		
13				2.4					
14	φ 270 (第2段階φ 350 H)	φ 21.8	42	第2段階	1400	310	97%		
15				4.1				850	240
16	φ 270	φ 17	39	(6.7)	900	320	100%		
17					500			240	100%
18	ブロックミル	φ 13.6	Red. =20%	(10.5)	360	2800	100%		
19					270				
20					180				
21					140				
22					120				
23					φ 8.7			(25.6)	90
24									80
25					φ 7.0			(39.5)	60
26									50
27					φ 5.56			(63.9)	40

鋼種 4140

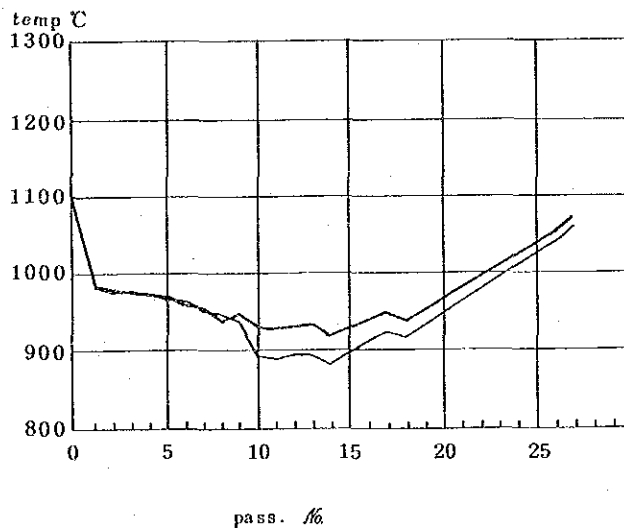


図-59 通過材温度推移



### 4.3 第三圧延機

#### 4.3.1 現 状

##### (1) 生産内容

表-63 1983年における第三圧延機での生産量

	普通鋼	SC硬鋼線・低合金鋼	合計
φ6.5	51,003	12,092	63,095
φ8	8,844	155	8,999
合計	59,847	12,247	72,094

##### (2) 操業実績

表-64 1983年における第三圧延機の操業実績

能率(t/h)	9.8 - 稼働時能率
歩留(%)	94.98
重油原単位(kg/t)	53.7(515 x 10 <sup>3</sup> kcal/t)
実働率(%)	38.4

##### (3) 主要設備仕様

表-65 第三圧延機の主要設備仕様

設備名		主仕様	
加熱炉		WALKING HEARTH式 三帯式連続加熱 炉内巾x 有効炉長=4,640x19,020mm	
圧延機	粗列 MOTOR 減速比	2H φ430x850 2基 AC 630kW 370rpm 1std 1/10 2std 1/7.86 3std 1/16 3std 1/5.17	2H φ430x850x 2基 AC 630kW 370rpm
	中間列 MOTOR 減速比	2H φ315x 6基 AC 1,000kW 500rpm 1std 1/12.55 2std 1/9.35 3std 1/7.20 4std 1/5.37 5std 1/4.07 6std 1/3.03	
	仕上列 MOTOR 減速比	2H φ285x 8基 AC 1,600kW 750rpm 1std 1/3.45 2std 1/2.60 3std 1/2.16 4std 1/1.67	
巻取機		ガレット式 4基 コイル外径 φ1,100 内径 φ850mm	

(4) 第三圧延機レイアウト

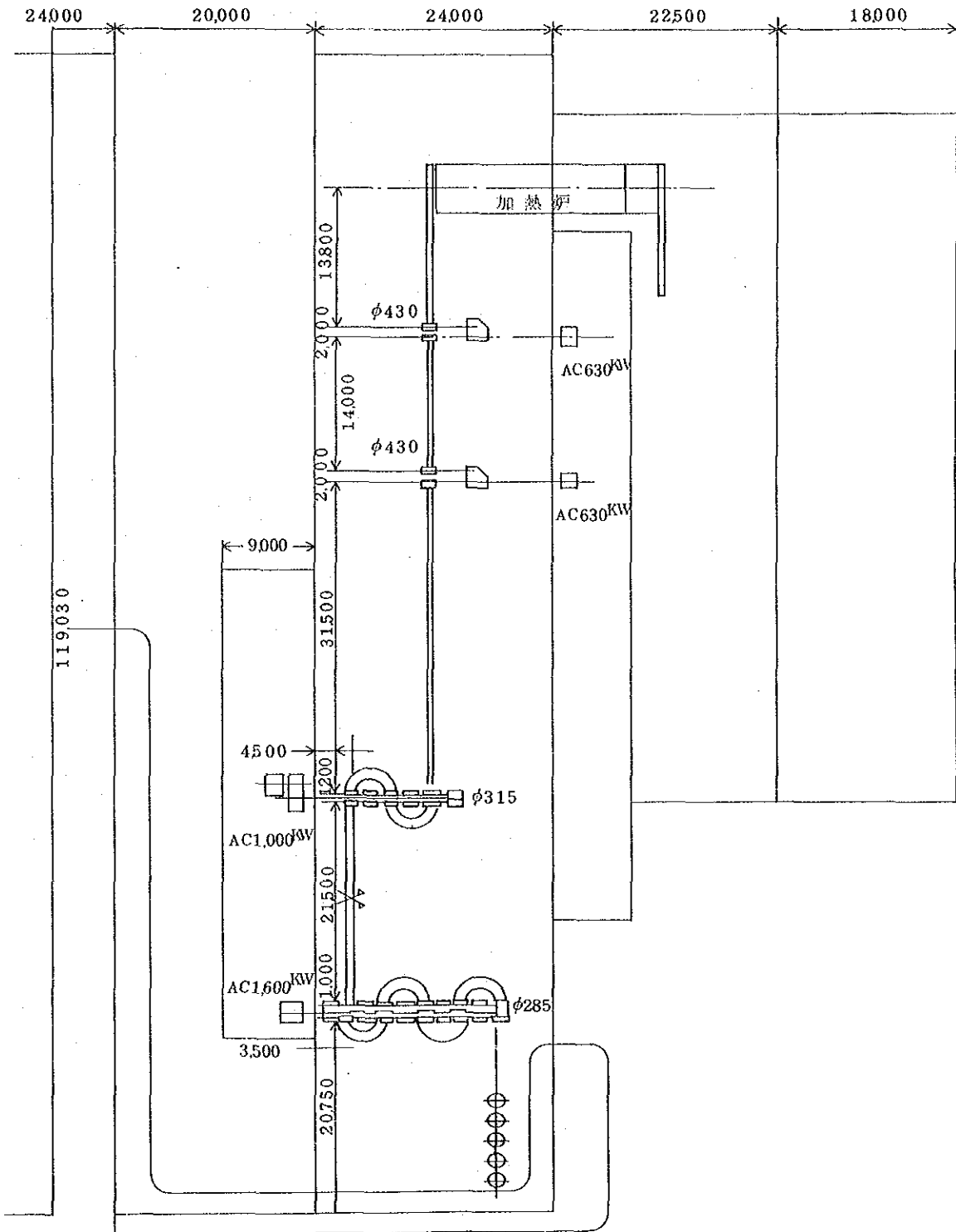
















図 - 60 第三圧延機レイアウト

(5) 第三圧延機 ローリングスケジュール

次の表にローリングスケジュールを示す。

表-66 第三圧延機 ローリングスケジュール

		 $60\phi \times 4.2 m$
粗 列	1	
	2	 $\phi 43 mm$
	3	
	4	 $\phi 29.5 mm$
中 間 列	5	
	6	 $\phi 23 mm$
	7	
	8	 $\phi 17 mm$
	9	
	10	 $\phi 13 mm$
仕 上 列	11	
	12	 $\phi 10.2 mm$
	13	
	14	$\phi 8.1 mm$
	15	
	16	$\phi 6.8 mm$
	17	
	18	$\phi 6.5 mm$

(6) 第三圧延機用加熱炉

次の図に第三圧延機用加熱炉の概要を示す。

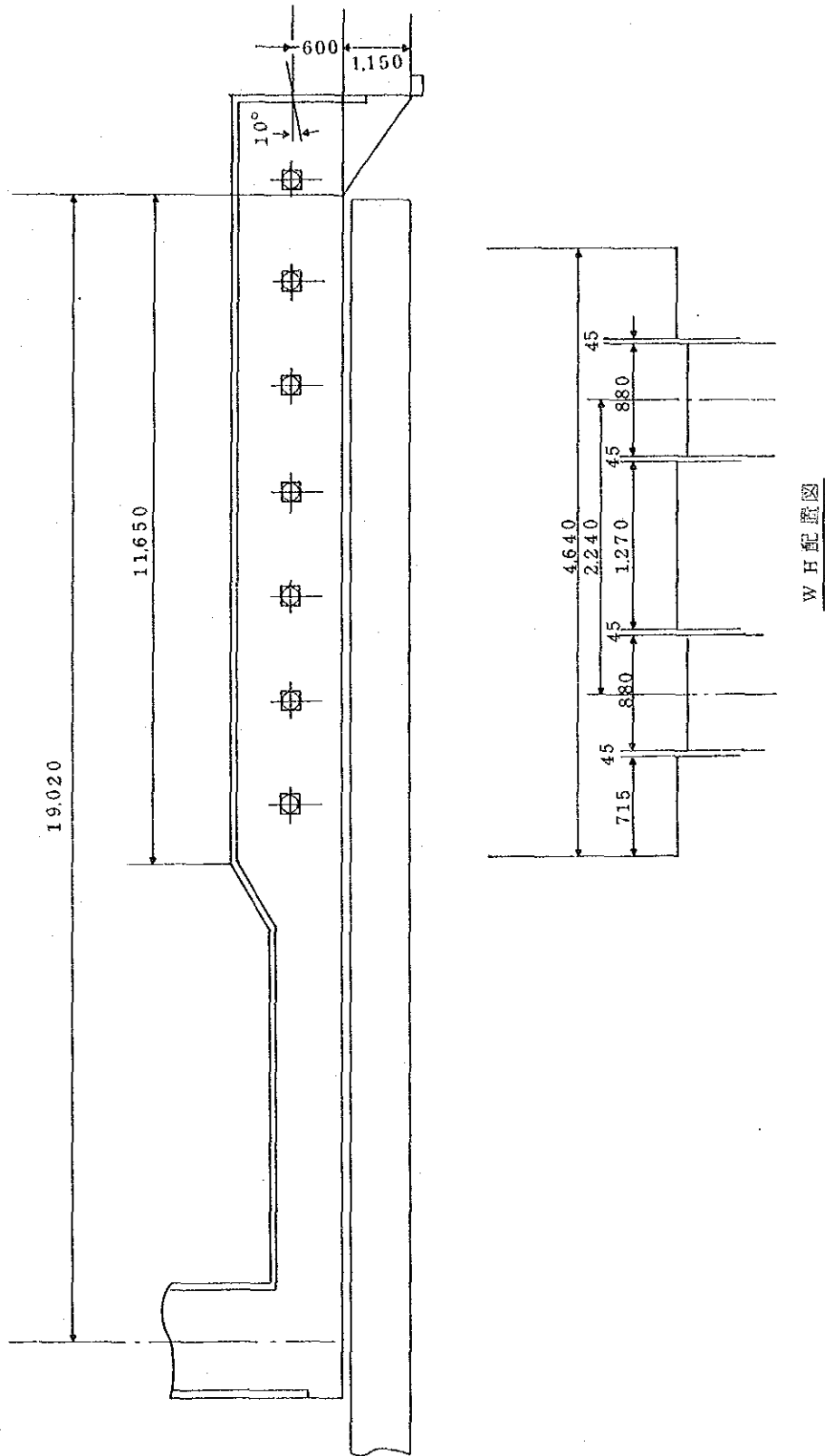


図-61 第三圧延機用加熱炉の概要

(7) 第三圧延の現状の問題点と今後の課題

(A) 現状の生産内容での問題点

- (a) 鋼片疵取りなし。特殊鋼に関しては品質を確保するために鋼片整備が必要である。
- (b) 重油原単位が  $53.7 \text{ kg/t}$  ( $515 \times 10^3 \text{ kcal/t}$ ) と悪い。炉のシールが悪いことと、自動燃焼制御系が無いこと、更に、4～5本の鋼片を同時に装入しているため鋼片同士が殆ど密着してWALKING HEARTH加熱炉の利点が殺されている。このため重油原単位の悪化、加熱の不均一を招いている。
- (c) 鋼片を加熱炉から抽出した後のデスケラーが無い。品質向上のためには是非必要である。
- (d) 粗列、中間列、仕上列とも2基毎の圧延機が接近して設置されているため、疵発生の原因となっている。
- (e) 孔型設計上、圧延機間のループ量“0”で設計されているため実操業では圧延機間で引張っている状況が観察された。品質面から、また、安定操業を確保するためにもループ圧延では圧延機間の引張りがあってはならない。
- (f) 中間列と仕上列間にルーバーがない。
- (g) 入り口付属品、および出側振ガイドがフリクションタイプである。疵防止、寸法精度の向上を図るためにはローラーガイドを設置することが望ましい。
- (h) 四本通し圧延を行っているため、圧延材同士は擦れて発生する疵は避けられない。
- (i) 仕上圧延機と巻取機の間が接近しているため、仕上圧延後の水冷ができない。このために製品の肌が悪くなっている。

4.3.2 第三圧延の近代化案

第三圧延の近代化により、1990年の生産量を達成することは可能であるが、既に表-57の比較表に示したように、第三圧延機では線材の生産しか出来ないため、直棒の生産のためには第四圧延機の稼働が必要になる。このため全体としては必要人員が多くなってしまいこと、及び、第三圧延機の近代化では粗列圧延機の設置が必要となる。したがって設備投資額も多くなり、第三圧延機の近代化は得策ではない。一応、参考のため、第三圧延機の近代化案を以下に提示した。

#### (1) 鋼片寸法の決定

第三圧延機加熱炉はWALKING HEARTH式であるので、特殊鋼材の加熱には適している。炉内巾は4,640 mmであり十分である。従って装入可能な鋼片最大長を4,200 mmとした。長さ4,200 mm・単重319 kg/本の鋼片断面はφ99 mm → φ100 mmとなる。

鋼片寸法      φ100 × 4,200 mmL × 319 kg

#### (2) ローリングスケジュール

第三圧延機のローリングスケジュールを表-67に示す。基本的には第四圧延機の場合と同じである。

#### (3) 生産能力の算定

1990年の線材生産内容についての、生産能力算定結果を表-68に示す。

29,800 t/yの生産余力を持っている。この余力は第二圧延機の小棒鋼(φ10~16)の線材~矯正切断化に活用できる。

### 4.3.3 設備仕様

近代化に必要な設備の仕様とその概略予算を表-69に示す。この予算は第三圧延機の近代化のためのものであり、製品圧延機全体として考えれば、更に、第四圧延機の近代化のために6,703,000元の投資が必要である。

第三圧延機近代化のレイアウトを図-62に示す。

### 4.3.4 近代化によるメリット

第四圧延機の近代化に併せて、既に示した。

## 4.4 第一圧延機、第二圧延機

第一圧延機と第二圧延機の組み合わせにより、普通鋼の小棒(φ10~16)、アングルの生産を行っている。特殊鋼化というテーマから考えると、その対象から外れているが、概略のみ示す。

表-67 第三圧延ローリングスケケジュール

パスNO.	スジド・ロ-径	寸法 [mm]	減面率 [%]	減面率速度 [m/s]	スケジュール
1		φ100	36	3.5	
2	粗スジド	φ80	36	5	
3					
4	φ450	φ64	40		
5					
6		φ49	51		
7					
8	ホ1中間列	φ38	42	1.15	
9			42	1.53	
10	φ315	φ28.7	42	2.03	
11				2.67	
12	ホ2中間列	φ21.8	39	3.24	
13				4.31	
14	φ285	φ17.0		5.18	
15					
16		φ13.6		8.1	
17					
18	ブ0.7ミル	φ10.9	$\overline{\text{Rad.}} = 20^{\circ}$	12.6	
19					
20		φ8.7		19.8	
21					
22		φ7.0		30.9	
23					
24		φ5.56		48	

ホ1, 2中間列

表 - 6 8 生産能力算定 (第三圧延)

圧延所要時間	製品		コイル	
	装入量t/Y 製品量t/Y		122,300 (115,000)	
	能率	理論能率	粗列 t/h	28.8
			中間列t/h 仕上列t/h	31.8
	*稼働能率t/h		22.0	
	所要時間 h/Y		5,559	
	*稼働能率 = 理論能率 x 実働能率(0.85) x 余裕率(0.9)			
年間稼働時間	228d/Y x 24h/d		6,912	
生産余力	(6912-5559)hY x 22.0t/h		+ 29,800t/Y	
平均能率			22.0t/h	

表 - 6 9 第三圧延増強のための設備主仕様と予算表

設 備	主 仕 様	予 算 (万元)
粗ロール	水平シフティング 2重逆転式 φ450xDC1400kW 1台	330
加熱炉・粗ロール付帯設備	炉体 2スチール、抽出テーブル 20m, エレット シター 1式 デスター 水圧 100kg/cm <sup>2</sup> 1式 クランプ 109R(回転式), エンターリング 装置 各2台 ローテーブル φ350x350Lx46m 1式 ターナー、ピン ロールシター 通過単重310kg φ40相当各1台	198
中間列・仕上列付帯設備	カム 中間列4std用、減速比≒1/3.1 1台 カム 中間列1、7 用 各1式 ピスター、前後面テーブル 1式 ピンロールシター 通過速度 3m/s φ24.5相当 各1台	176
仕上列ブロックミル	ノブリストミル 10x27φ φ210x27x27φ 仕上速度Max.55m/s φ170x8x27φ	1,430
巻取機	水平式 リング 径 φ1170 巻取速度Max.55m/s	99
精整付帯設備	水冷ライフ 25m 二重管式 1台 ルーコンバー 全長40m 1台 リフォーマ 内径φ1320 1台 フックコンバー (P&Fタイプ) 1台	330
合計	但し以下の物は除く UTILITIES(油、用水、給油など) 建屋	2,563



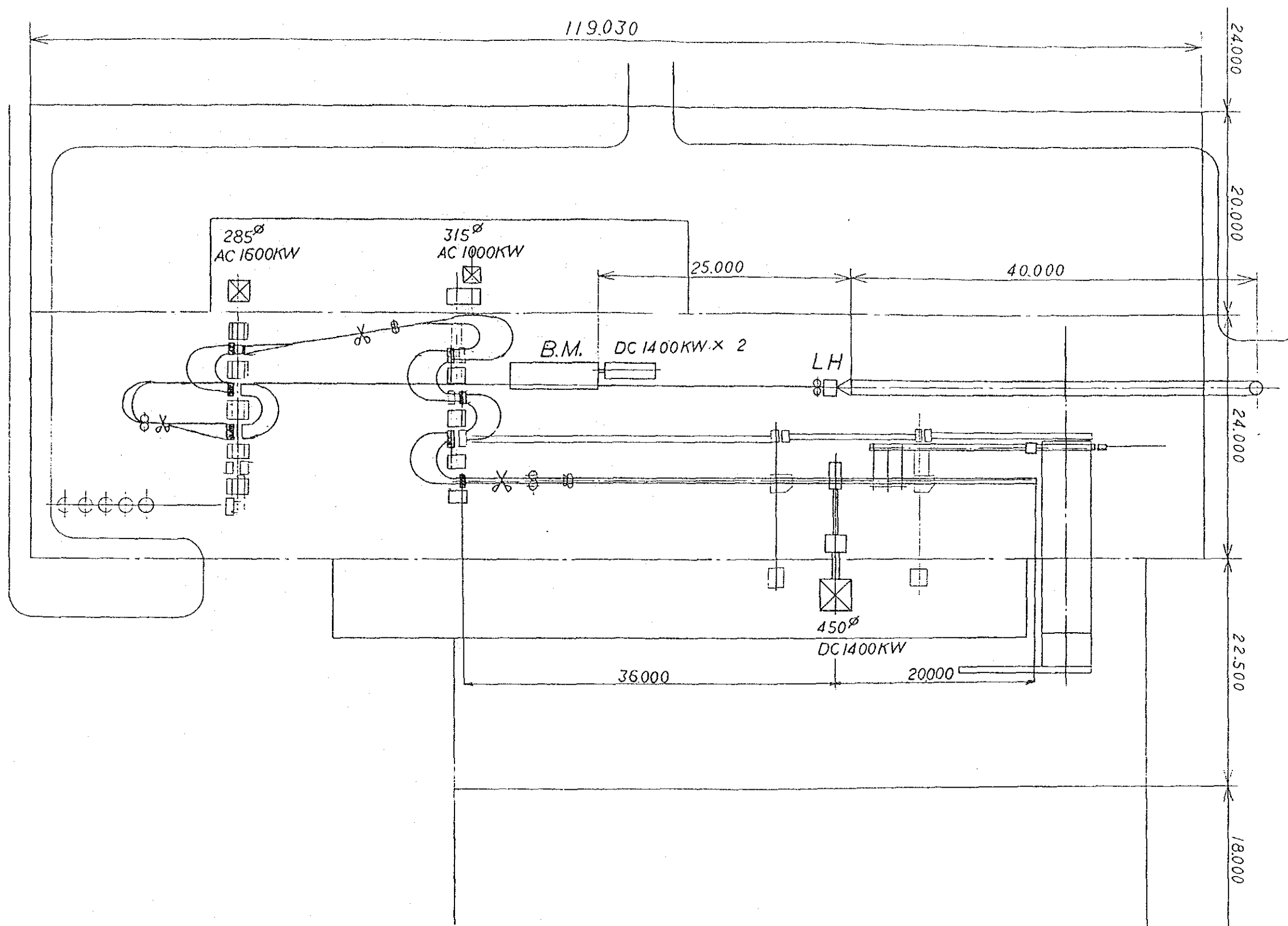


图-62 第三压延工場増強



#### 4.4.1 生産実績

表-70 第一圧延機と第二圧延機の生産実績

	製品寸法	普通鋼	SC	低合金鋼	炭素工具鋼	合計
第一圧延	L 50x4.5~6t	12,770	-	-	-	12,770
	25x56, 26x60 外販鋼片	19,337 7,232	1,510 -	94 -	1,060 -	22,001 7,232
	合計	39,339	1,510	94	1,060	42,003
第二圧延	φ10-16	37,989	1,425	89	-	39,503
	L 30x2.5	2,010	-	-	-	2,010
	合計	39,999	1,425	89	-	41,513

#### 4.4.2 主要設備仕様

表-71 第一圧延機と第二圧延機の主要設備仕様

設備名		主仕様
第一圧延	加熱炉	PUSHER式三帯連続加熱炉 能力 35t/h 炉内巾 3,800mm 有効炉長 24,400mm
	圧延機 MOTOR	3H- φ400 2基 盲3H- φ300 5基 AC 1,200kW AC 1,000kW 2基
	冷却床	34,000 x 6,400mm ポートラ型
	冷間SHEAR	固定式
第二圧延	加熱炉	PUSHER式三帯連続加熱炉 能力 21t/h 炉内巾 3,000mm 有効炉長 14,000mm
	圧延機 MOTOR	3H- φ250 5基 交互二重φ220 3基 2H- φ250 1基 AC 480kW 590rpm AC 380kW 235rpm AC 210kW 735rpm
	冷却床	34,000 x 5,400mm フルレッヘン式
	冷間SHEAR	剪断力 160t

#### 4.4.3 今後の課題

第一圧延、第二圧延については、1990年における生産量も多くないので、第四圧延機への集約、および小棒のコイル化(COIL TO BAR)が今後の検討課題である。

表一 72 圧延部門操業目標値

項目 部門	製品区分	操業目標値			参考 (H工場 LR、WR 操業実績)
		生産率(%)	ロス率(%)	燃費(原単位%)	
φ750 圧延	分塊 φ 55~64	34.4	0.2	48	
		43.2	0.1	48	
	フィル・エレクト	50.2	0.05	48	
φ4 圧延	コイ儿 φ5.5~8 (10)	30.3	0.4	38	
		30.3	0.4	38	
	小型 製品 φ 24~50	30.3	0.4	38	
φ3 圧延	コイ儿 φ5.5~8 (10)	22.0	0.4	38	

#### 4.5 操 業 目 標

各圧延機の近代化後の操業目標値を表-72に示す。日本のD社H工場の操業実績も併せて記してあるが、近代化後の目標値はD社の過去の設備操業の実績を参考にして想定した。

## 5. 製鋼工場と圧延工場間の材料運搬方法

近代化後の製鋼設備、分塊設備を前提として分塊の装入方法を考えると、電気炉5基と加熱炉1基の組み合わせ、および圧延寸法の組み合わせなどの制約から冷塊装入が妥当と考えられる。従って材料の運搬方法についても冷塊装入を前提として考える。

### 5.1 鋼塊の型抜きおよび徐冷

第一製鋼・第二製鋼工場の造塊ヤードで型抜きおよびピット徐冷を行う。

### 5.2 鋼塊在庫量の想定

日本のD社H工場を参考として鋼塊の必要在庫量を想定すると次の表-73のようになる。

表-73 D社H工場の鋼塊在庫量(例)

	1985/1	2	3	4	平均
鋼塊在庫量(t)	8,420	7,860	8,060	7,878	8,055
分塊装入量(t)	12,995	13,338	13,310	13,760	13,351
在庫率(月)	0.65	0.59	0.61	0.57	0.60

約0.6カ月分の鋼塊在庫で運営している。鋼鉄廠の場合、鋼種の種類が少ない分だけ鋼塊在庫量は少なくて済むが、0.6カ月分の在庫量とすると、

$$277598 \text{ t} / Y \times 1 / 12 \times 0.6 = 13880 \text{ t} / \text{月}$$

となる。

### 5.3 在庫鋼塊の保管

在庫鋼塊の保管に必要な面積は、やはり日本のD社・H工場を参考として算出すると、次のようになる。

H工場の場合単位面積当たり保管能力  $4.76 \text{ t} / \text{m}^2$  (1.3 t 鋼塊)

よって  $4.76 \text{ t} / \text{m}^2 \times 1.1 / 1.3 = 4.03 \text{ t} / \text{m}^2$  となる。

従って必要保管面積は

$$13855 \times 1 / 4.03 \times 1 / 0.6 = 5730 m^2 (0.6 : \text{置場充填率})$$

となる。

この置場面積を第一製鋼・第二製鋼工場の造塊ヤードおよびφ750圧延機装入ヤードで確保したい。

第一製鋼工場：	1800 m <sup>2</sup>	屋外
第二製鋼工場：	1000 m <sup>2</sup>	屋内
φ750圧延機装入ヤード：	3500 m <sup>2</sup>	(屋内3200、屋外300 m <sup>2</sup> )
	6300 m <sup>2</sup>	(必要面積：5740 m <sup>2</sup> )

#### 5.4 鋼塊の運搬

第一製鋼・第二製鋼工場からφ750圧延機装入ヤードへの鋼塊の運搬は溶番単位(約38 t)で運搬したい。運搬方法の一例としてD社H工場におけるトレーラーによる運搬方法を紹介する。図-63に示す40 t積みトレーラーの掛け持ち運転が可能であるが鋼鉄廠の場合の必要台数は近代化計画の詳細が判明した段階で算出する必要がある。

予 算	1元=91円		
けん引車(3.5 t)	71450元		
ト レ ー ラ ー	54950元	合計	126400元

(単位：mm)

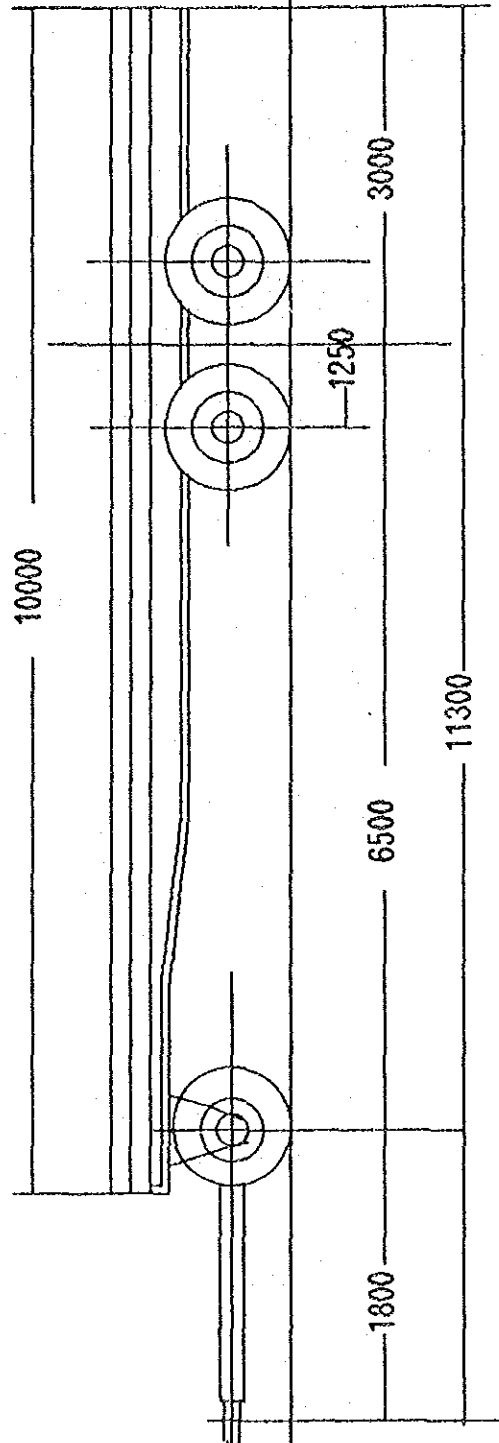
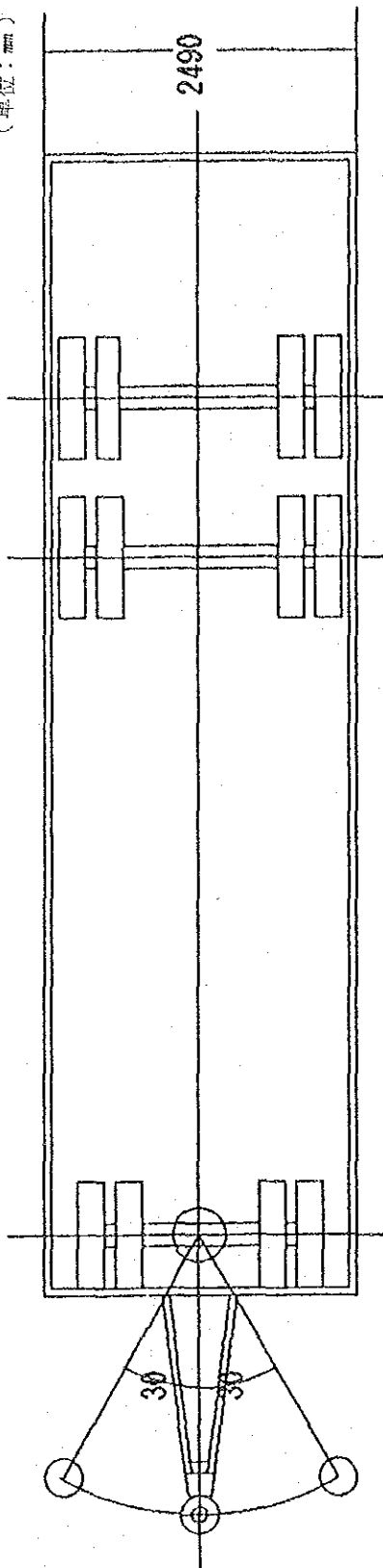


図-63 40t積みトレラー(単位：mm)



## 6. 検査と鋼片手入

特殊鋼鋼材については、要求される品質は非常に厳しいので、その製造に当たっては鋼塊・鋼片の検査と整備は必須の工程である。鋼塊の整備（表面疵の除去）はホットスカーフターで行うことができるので、ここでは鋼片の検査・整備工程について記す。

### 6.1 鋼片検査・整備対象量

表一74 鋼片検査・整備対象量（単位：t/Y）

	線材 φ5.5-10	棒 φ10-16	棒 φ18-50	合計
構造用炭素鋼			13,500	13,500
低合金鋼	45,000		20,000	65,000
硬鋼線材	5,000			5,000
炭素工具鋼		1,000		1,000
合金工具鋼			500	500
合計	50,000	1,000	34,000	85,000

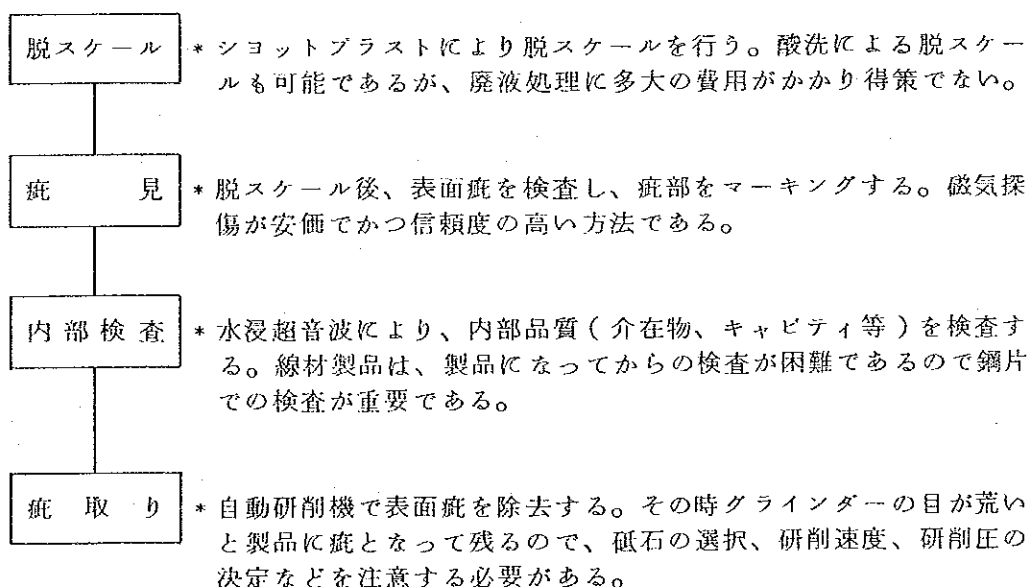
従って鋼片量は

$$85,000 \times (1/0.95) \times (1/0.99) = 90,377 (t/Y) \rightarrow 7,530 t/月$$

となる。

### 6.2 鋼片検査・整備工程

鋼片検査・整備工程を次に示す。



### 6.3 整備・検査設備能力の検討

ショットブラスト、磁気探傷機、超音波探傷機、自動研削機それぞれの必要設備の能力の検討結果を表-75に示す。

#### (1) ショットブラスター

ショットブラスター1基で十分な能力がある。

#### (2) 磁気探傷機

軸通電型磁気探傷機とし、磁粉はシャワー式に散布する。磁化後、ブラックライトの下で目視検査して疵部に蛍光チョークでマークする。

1基を設置して2直稼働とする。

#### (3) 超音波探傷機

水浸式超音波探傷機で探傷時、欠陥を検出した時は相当部に自動マーキングする。現在の設備では鋼片の端部約250mmは不感帯となり検出できないので品質要求の厳しい注文については、手探傷を行う必要がある。

1基設置して2直稼働とする。

#### (4) 自動研削機

台車上に鋼片を積載し、台車移動、研削固定の自動研削機とする。鋼片の回転は台車に備えた転回装置で行う。

2基設置して2直稼働とする。

### 6.4 設備仕様および予算

主要設備仕様および予算を表-76に示す。

### 6.5 レイアウト

鋼片整検設備のレイアウトを図-64に示す。この整検設備は第四圧延機装入ヤードへ設置する前提で配置した。

表-75 鋼片整検設備能力検討

対象材 普通鋼、S.C、低合金鋼 の鋼片 対象量 90.377t/y -- 7530t/月  
 鋼種 121φX2.8m (319kg/本)  
 寸法 2S : 24D/Mx16H/D = 384H/H  
 稼働体制 (288日/y) 3S : 24D/Mx24H/D = 576H/H  
 検討工程 SB - HG. UST - GR ( 疵取種別 S2 , 疵取 GP )

各設備能力			s=shift (直)			エネルギー算出根拠		
設備	処理量	稼働時間	必要台数と稼働体制	稼働時間	稼働時間	稼働時間	稼働時間	稼働時間
ショットブラスト	50.4t/h	149h/月	1台x1S	149h/月	149h/月	149h/月	149h/月	149h/月
磁気探傷機	19.2t/h	392h/月	1台x2S	392h/月	392h/月	392h/月	392h/月	392h/月
超音波探傷機	26.3t/h	288h/月	1台x2S	288h/月	288h/月	288h/月	288h/月	288h/月
自動研削	7530t/月 9.7t/h	776h/月	2台x2S	776h/月	776h/月	776h/月	776h/月	776h/月

能率 = $DX \times \ell \div (\ell + 0.5) \times V \times 60 \text{min/h}$ = 50.4t/h (空隙率) 能率 = $60 \text{本/h} \times 0.32 \text{t/本}$ = 19.2t/h	p=通し本数(本) 3 (現状 5本) t=単重 (t/本) 0.32 ℓ = 材料長さ(m/本) 2.8 v=材料スジード(m/min) 1.0
(60min x 0.32t/p) x 0.73min/p = 26.3t/h Total 44s (0.73min/p) 給材 → 12s 探傷 → 13s 集材 → 7sec	
能率 = $((60 \text{min} \div 17.26 \text{本/h} - 0.47) \times 1.36 \div 4.15) + 0.47 = 1.46 \text{min/本}$ $60 \text{min} \div 1.46 \text{min/本} \times 0.32 \text{t/本} \times 55 \text{kw} \div 75 \text{kw} = 9.7 \text{t/h}$ NBG7型 : 一般鋼のGP能率(59/7-12) 20.37t/h(実績) → 17.26 本/h 現状鋼片との面積(145φx7.15m → 121φx2.8m) 4.15 ㎡ → 1.36 ㎡ 給集時間 28sec / 回 (0.47分)	

表一 76 鋼片鑿檢設備仕様及び予算

設備	仕様	仕様	台数	予算 (万円) (元=91円)
	共通仕様 対象材 100~130中 × 1.5~3.5m (単重 max. 500kg)			—
ショット ブラスト機 (50.4t/h)	1. ショット投射量 150kg/mm 2. 投射装置 4基 3. キャビネット有効幅 700mm (3本通し)	4. 送り speed 0.5~3.0mm 5. ショット粒 1.5mmカットワイヤー	1	本体 (含集塵) 16.5 給集材 22 計 38.5
砥取機 (自動研削機) (9.7t/h)	1. 台車式 2. 電動機 55kw 3. 研削 speed 50m/mm	4. 砥石寸法 510φ × 65巾 5. 研削圧力 100~400kg 6. 砥石周速 3800m/s	2	本体 (含台車) 60×2 給集材 18×2 集塵 22 計 178
磁気探傷装置 (19.2t/h)	1. シャフ-軸通電方式 2. 磁化電源 60kVA 4000A		1	本体 33 搬送装置 44 計 77
超音波探傷装置 (26.3t/h)	1. 水浸式 2. 探傷装置 30m/mm		1	本体 55 給集材 11 計 66
合 計				359.5

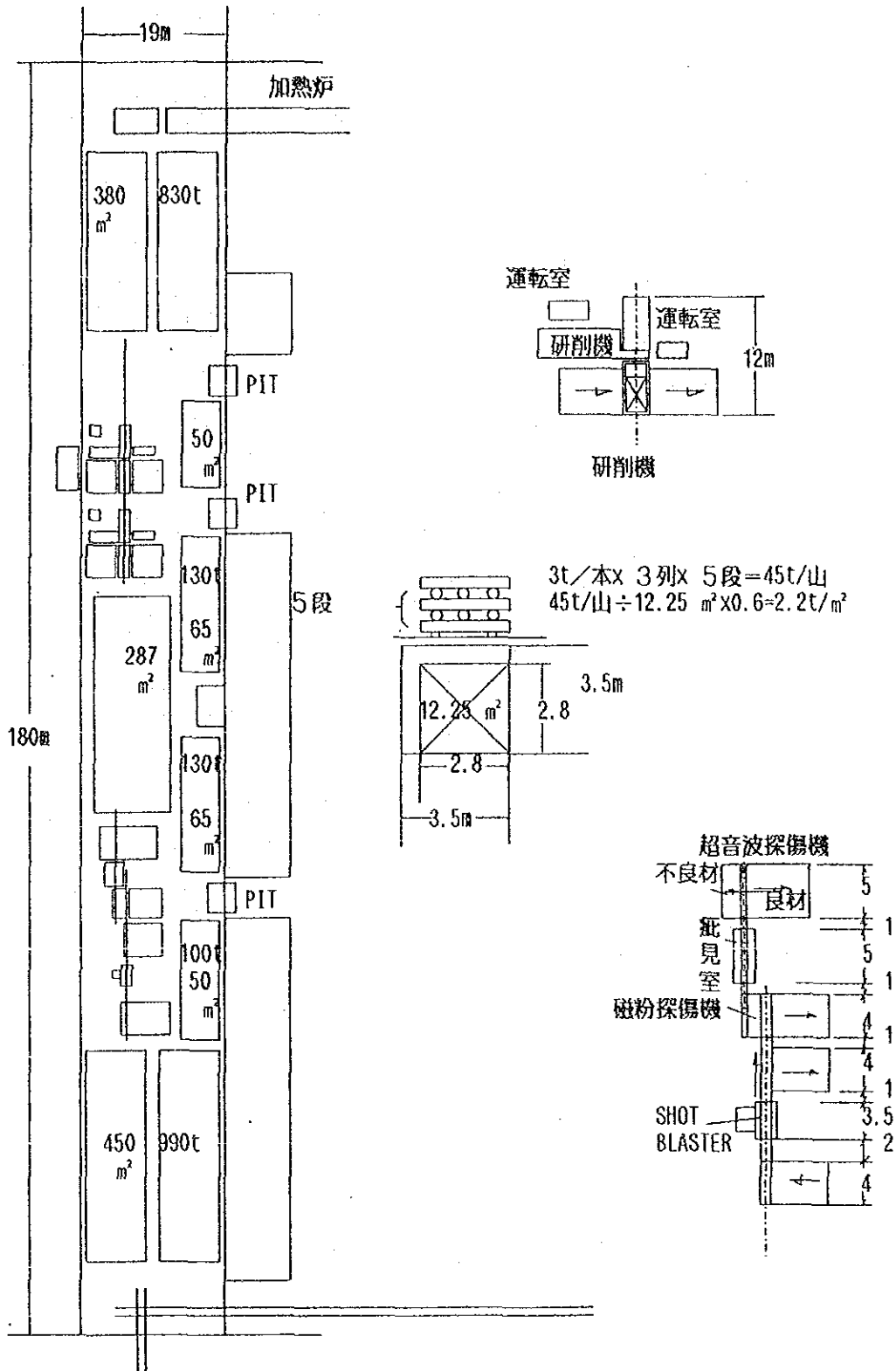


図-64 鋼片整備検査設備のレイアウト

## 7. その他特殊鋼化のための設備導入

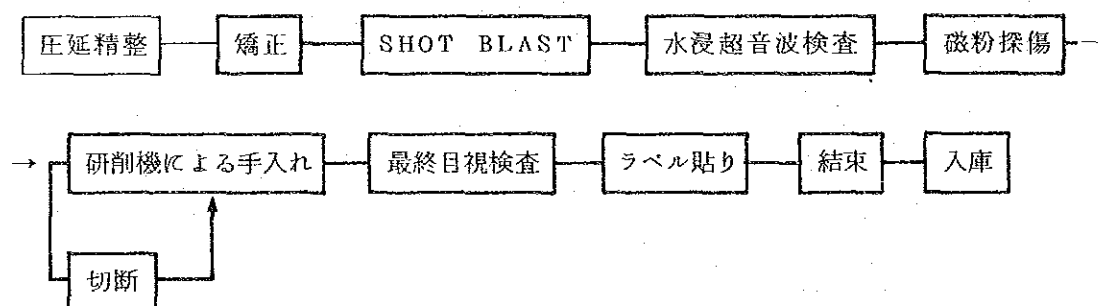
特殊鋼の溶解・圧延・鋼片検査などについて以上述べてきたが、これらの他に、特殊鋼化のために必要とする設備は次のようなものが考えられる。

- ① 熱処理設備
- ② 二次加工設備（CENTERLESS GRINDER, BAR-TURNING MACHINE, DRAWING MACHINE など）
- ③ 製品検査設備

この内、特に直棒の製品検査については重要な事項であるため、その要点を以下に記す。（コイルは目視検査のみ）

### 7.1 直棒製品検査工程

1990年における鋼鉄廠の特殊鋼製品は全て黒皮製品であると仮定し、次に示す工程を推奨する。（二次加工製品 — いわゆる、白皮製品 — の場合は黒皮製品の検査ラインとは別にしなければならない）。



### 7.2 作業量

対象製品（特殊鋼のみ）

表-77 製品検査対象量 (t/Y)

製品	年間製品量	年間作業量	仕上げ圧延
φ10-16	1,000t	1,005t	第二圧延
φ18-50	34,000t	34,343t	第四圧延
φ50-75	40,000t	48,816t	φ750圧延
合計	75,000t	76,164t	--

### 7.3 設備の設置場所

第四圧延の建屋内とする。従って、 $\phi 750$ 圧延で仕上がる $\phi 50 - 75$ と第二圧延で仕上がる $\phi 10 - 16$ の直棒はトラックで第四圧延工場へ搬入しなければならない。

### 7.4 主な設備仕様と概略価格(日本港FOB)

表-78 製品検査設備の主な仕様と概略価格(元=91円)

設備名	主な仕様	概略価格(万円)
2-ROLL 矯正機	矯正範囲: $\phi 25 \sim 88$ 矯正速度: MAX. $60 m/min$ ROLL MOTOR: DC 175kw	165
上記用給集材装置	給材装置: 給材 CONVEYOR 積載量 10t SEPARATE CONVEYOR 積載量 4.5t 跳出し装置 多段昇降式 段崩し WALKING 装置 面取り装置: SWING ARM 式 2 本同時研削方式 集材装置: 集材 ROLLER TABLE $100 m/min$ CHAIN CRADLE 積載量 4.5t 集材 CONVEYOR 積載量 10t	88
2-ROLL 矯正機	矯正範囲: $\phi 10 \sim 30$ ROLL MOTOR: DC 45kw	77
上記用給集材装置	給材装置: 給材 CONVEYOR 積載量 5t 跳出し装置 多段昇降式 面取り台: 面取りは人手による 集材装置: 集材 ROLLER TABLE $15 m/min$ CHAIN CRADLE 積載量 4.5t 集材 CONVEYOR 積載量 5t	28
SHOT BLASTER	投射量: $130 kg/min \cdot m^2$ 処理速度: $1 \sim 6 m/min$ 4列装入 集塵装置: BAG FILTER 式	132
超音波探傷機	水没超音波 COVER 率: 60% 前後 TABLE	66
磁気探傷機	磁化電流: 4000A 前後 TABLE (暗室は除く)	22
切断機	砥石径 $\phi 455$ MOTOR: 11kw	11
製品研削機	SWING GRINDER 3台 BAG FILTER	23
合 計		612

## 7.5 工程についての説明

仕上げ圧延後の直棒製品は、第四圧延工場内のしかるべき位置に設置された検査設備地区に搬入される。

ロット指定に従って7.1項で示された工程を通過する。

### ① 矯 正

対象材の寸法範囲が $\phi 10-75$ であり2-ROLL矯正機1台では全寸法範囲を矯正することは困難であり、原則として25mm以下の材料は多(8)ROLL矯正機にかけるものとした。矯正精度は顧客の要求を加味して標準化しなければならない。

矯正機の給材側に、直棒の切断面のバリを取るために面取り装置が必要である。多ROLL矯正機で処理する細サイズ品は、TABLE上の材料をHAND-GRINDERで面取りし、2-ROLL矯正機で処理する材料については、自動面取りする。

バリが付いたまま検査ラインに材料を流すと、超音波探傷機の検出端を破壊することもあり、また、顧客の要求からも面取りは必要である。

### ② SHOT BLASTING

磁気探傷の精度向上のために材料表面のSCALEを十分に排除する。ここでは最大4列装入ができる設備を推奨する。

### ③ 超 音 波 探 傷

材料内部欠陥は特殊鋼にとっては致命的な問題である。これを検査し欠陥があった場合は、その部分を切断し、排除する。多くの欠陥がある場合は屑化する。

### ④ 磁 気 探 傷

磁粉を含んだ溶液を材料表面に散布し、磁化電流を印加することにより材料表面の傷を検出する。許容基準をはずれる傷は次工程の研削機で排除される。

### ⑤ 研 削

磁気探傷結果により付けられた疵マークに従って、疵取りを行う。

台車式の製品研削機もあるが、費用の安いSWING GRINDERを推奨する。設備台数は、その作業負荷=傷の過多で決定される。現在、鋼鉄廠での特殊鋼材料表面傷の量を予測することはできないが、一般的なレベルとし3台を考えた。

### ⑥ 最終目視検査

材料端部状況、疵取り結果の確認、切断要求マークの残存の有無、ロットの確認などを行う。ここでの設備は検査材料送り機構がある検査TABLEと、PORTABLE



GRINDERである。

⑦ ラベル貼り

鋼種名、単重、顧客名、ロット番号など出荷に必要な事項を記入したラベルを材料端部に貼り付ける。自動機械もあるが、当面は人手で行い、将来、対象量の増加・記載内容の標準化があった時に自動化を考慮すべきと思われる。

⑧ 結 束

顧客の要求した結束方法（本数、番線／鋼帯）に従って結束される。当面は人手による番線結束とした。

7.6 要 員 配 置

合 計：22名

管理要員：責任者1、技術スタッフ1

作業員：三直交替とし直当たり要員数を以下に示す。

材料受け入れ・ロット管理	1名
矯正作業	2
超音波検査	1
磁粉探傷	2
研削作業	3
最終目視検査	2
ラベル貼り・結束作業	3
クレーン運転	3
玉掛け作業	3
計	20名/直

## 8. 圧延用加熱炉の自動制御化

### 8.1 現 状

鋼鉄廠の圧延用加熱炉の現状を示す。

これらの加熱炉は、すべて手動で温度制御されている。このため温度分布が悪く、また、温度変動も大きい。

目視による炉内雰囲気状態を調べたが、空気比は1.6前後であった。

表-79 加熱炉一覧(主燃料-重油)

設置場所	炉形式	炉内寸法 (m)	能力 (t/h)	最大熱量 ( $\times 10^6$ kcal/h)	抽出方法	燃料原 単位 (l/t)
φ650	PUSHER	3.48x21.78	60	24	落下	52-53
一圧	PUSHER	3.8x24	35-40	35	落下	
二圧	PUSHER	3x14	16-21	5.2	SIDE	55
三圧	W-H	4.64x19.02	35	14.4	落下	55
四圧(1)	PUSHER	3.1x24.5	30	14.4	落下	68
	PUSHER	2.09x22.6	20	?	落下	68
四圧(2)	W-H	2.32x14.73	15	5.8	SIDE	
鋼管圧延	PUSHER	1.4x14.5	5-7	5.2	SIDE	68
	ROTARY	φ10.028	10	7.2	EXTRACTOR	75

PUSHER 式加熱炉で落下式の抽出方式を採用している炉は、抽出扉がないため抽出口から炉内に侵入する外気が多大である。また、側壁扉の解放・炉壁レンガの脱落なども目立ち、熱管理に対する厳しさに欠けている。

加熱鋼材の抽出では、2本あるいは3本の同時落ちも頻繁に生じ、再加熱あるいは圧延トラブルの原因にもなっている。

各炉の燃料原単位は、重油流量計が十分に設置されていないため完全なデータは得られなかったが、すべての炉の燃料原単位は50 l/t以上である。

一部の加熱炉にはレキュベレータが設置され、排熱回収も行われているが、前述のごとく侵入空気が多いため煙道ガス温度が低い。従って二次空気温度も低く熱回収率は悪い。

使用されているバーナは、燃焼用二次空気と噴霧用一次空気の区分がなく、ターン

ダウンレシオ (TURN-DOWN RATIO) が 3 : 4 であり、火炎の安定性は悪い。

また、バーナとバーナタイル間に大幅な間隙があるため、そこからの侵入空気量も多く、また、火炎を短くするとともにバーナタイルの溶損の原因ともなっている。

鋼材の加熱状態を鋼管圧延用加熱炉で測定した。その結果を図-65に示す。

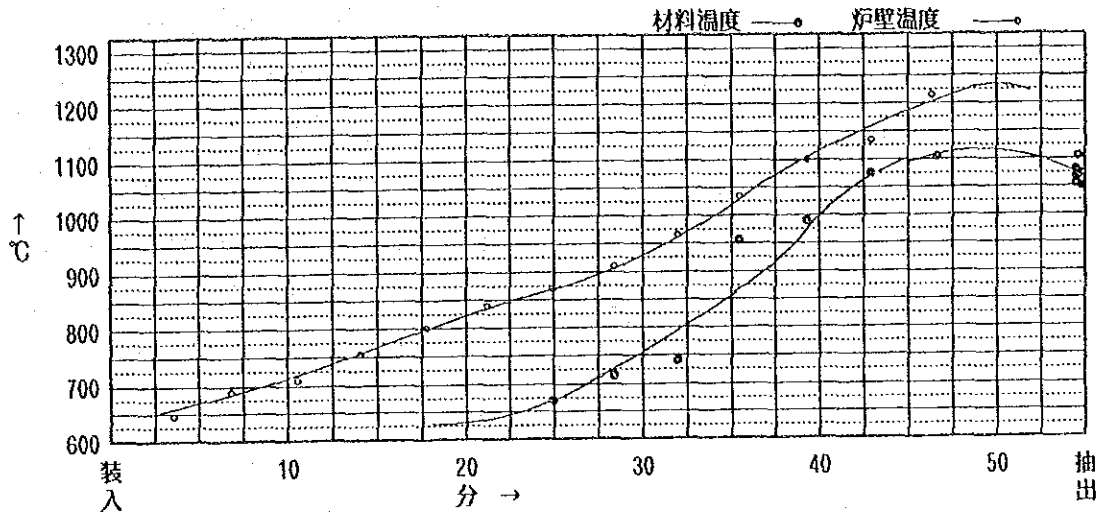


図-65 鋼管圧延用斜底式加熱炉鋼材昇温カーブ

上の温度カーブでも分かる通り抽出部で鋼材温度が急激に低下している。これは抽出口からの侵入冷気のためである。また、700℃(在炉時間約32分)で急激に昇温している。これはこの位置からの材料端部高さにある側壁扉が閉鎖され比較的側面からの冷気の侵入が減少しているためと思われる。

これらの問題点を改善し省エネルギーを図り、安定した加熱を可能にしなければならぬ。

## 8.2 一般的改善事項

### 8.2.1 炉 体

#### (1) 抽出口の改造

すべての落下式抽出口を側面抽出方式に変更することが、熱損失防止の面からは望ましいが、多額の費用と工事期間が長いため生産休止の問題がある。

次善の策として抽出口扉の設置が推奨される。

この扉の開閉はPUSHERの作動と同調させる。費用面で高くなるが、出来るならEXTRACTORも同時に設置したい。

#### (2) 装入口の改造

装入口が高い。空気の侵入防止のため、装入口の前部に簡易的な装入口高さの低いチャンバーを設ける。この場合、WALKING HEARTHの駆動部などの冷却方法を考慮に入れる必要があろう。基本的な改造としては、抽出口同様、自動開閉扉を取り付け、装入装置と連動にすることが考えられる。

#### (3) 側壁扉の改善

側壁扉は被加熱材のHANDLINGのために必要とされるだけであるが、鋼鉄廠の連続加熱炉の側壁扉の数は多い。鋼管圧延用の斜底式加熱炉以外の炉には、現状の半数の側壁扉数で十分であろう。不必要な扉をレンガで閉鎖することを勧める。

また、扉の密閉性を良くし、不要な解放による熱放散を防止しなければならない。

#### (4) その他の改造

分塊加熱炉のスキッドレールの改造(省エネルギータイプ化)炉壁レンガ脱落部の補修

予熱帯天井高さの低位置化(予熱帯ガス流速の増加)

### 8.2.2 自動燃焼制御システムの導入

基本的な制御システムとして、それぞれの加熱炉に対し下記のシステムを提案する。

このシステムで考えている制御機器、および計測器は、現在中国国内でメンテナンス可能なものであろうと思われる会社の製品を主体とした。

#### (1) 圧延用加熱炉自動燃焼制御系

図-66に圧延用加熱炉の自動燃焼制御系を示す。ただし、2ゾーン制御、あるいは3ゾーン制御の内一つのゾーンを代表して示した。他のゾーンは同様である。

ただし、炉内圧制御系、重油加熱温度系は各加熱炉とも一系統のみである。各加熱炉の制御ゾーン数は次の表の通りである。

表-80 加熱炉の制御ゾーン数

加熱炉	制御ゾーン数	内容
φ750 圧延用	3	均熱、上部加熱、下部加熱
第一 圧延用	2	均熱、上部加熱
第二 圧延用	2	均熱、上部加熱
第四 圧延用	3	均熱、上部加熱、下部加熱
鋼管 圧延用	3	均熱、加熱、予熱

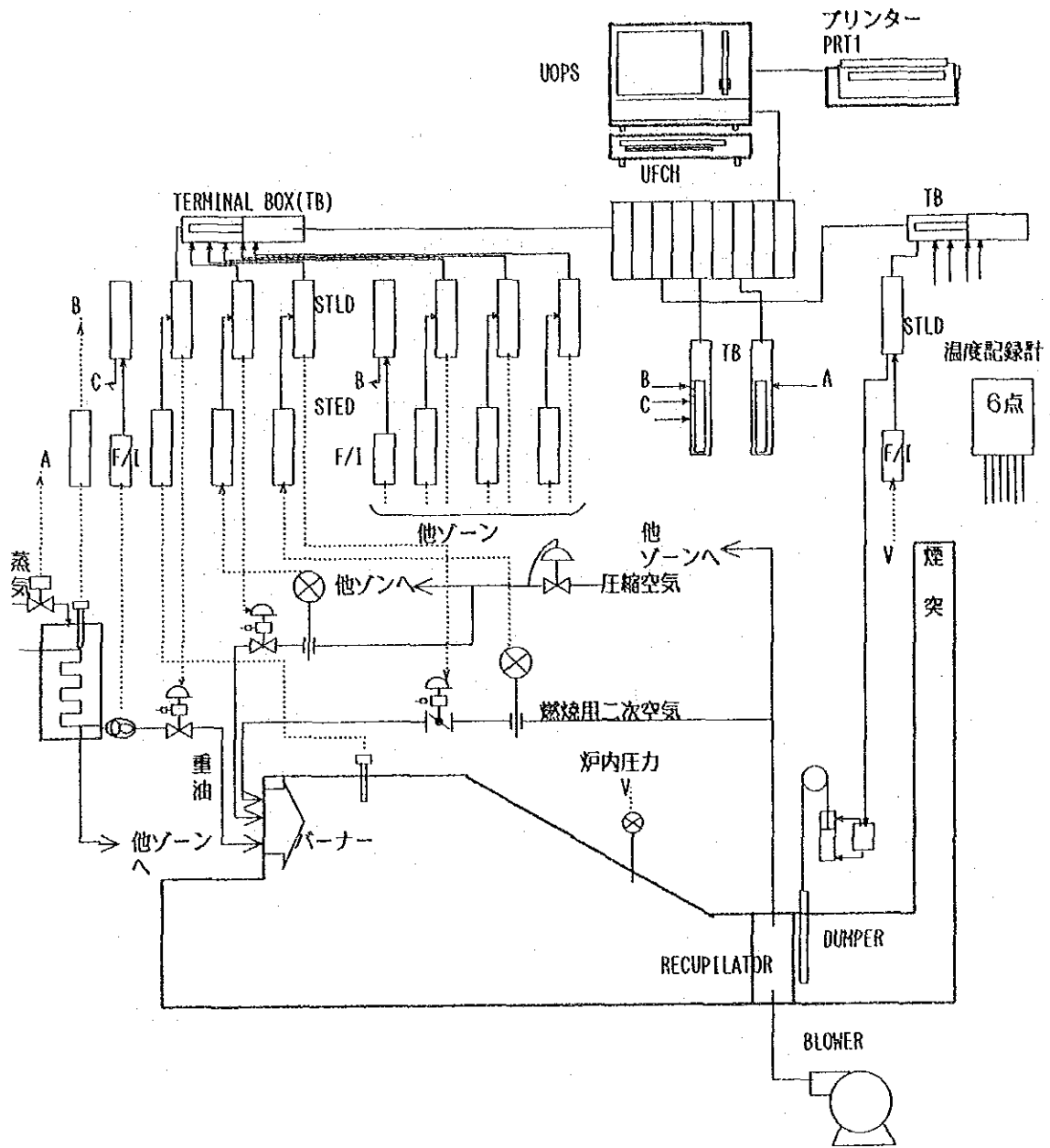


図-66 加熱炉の自動燃焼制御系

## (2) 圧延機用加熱炉の自動制御機器

各圧延機用加熱炉の自動制御機器の型式は次の通りである。

表-81 圧延機用加熱炉の自動制御機器

機器名	数				型式
	φ750 圧延	第一 圧延	第二 圧延	第四 圧延	
炉内圧力発信器	1	1	1	1	DPF-100-3-E
ディストリビューター	1	1	1	1	SDBT-100*B
炉内圧力調節計	1	1	1	1	SLCD-130*B
電/空変換器	1	1	1	1	5502-2101
空圧トルク・シリンダー 360 φハンドル付き	1	1	1	1	TC-528W 磁石付き
測温抵抗体	1	1	1	1	
温度変換器	1	1	1	1	STED-410-PA*B
蒸気用電磁弁	1	1	1	1	
温度調節計 (DDC)	1	1	1	1	
3打点記録計	1	1	1	1	ER185
重油流量計 40A	3	2	2	3	LB554-111-B117-040
ストレーナー	6	4	4	6	SR041B041
F/I 変換器	3	2	2	3	EL0810
積算計	3	2	2	3	STLD-100*B
比率調節計 (DDC)	3	2	2	3	
流量調節計(重油)	3	2	2	3	SLCD-130*B
流量調節弁(重油)	3	2	2	3	ACV 1-1/2
電/空ポジショナー エアーセット付き					
オリフィス(2次空気)	3	2	2	3	FOR150S25C/SUS304
3バルブ マニホールド	3	2	2	3	3VM-1K-J22*B
差圧伝送器	3	2	2	3	UNE-11-SLK2*B/TBR
ディストリビューター	6	4	4	6	SDBT-111*B
空気流量指示調節計	3	2	2	3	SLCD-130*B
二次空気流量調節弁	3	2	2	3	ABV(バグライ)
圧縮空気用オリフィス1B タップバルブ付き	3	2	2	3	FOR25 S25C/SUS304
3バルブ マニホールド	3	2	2	3	3VM-1K-J22*B
差圧伝送器	3	2	2	3	UNE-11-SMK2*B/TBR
流量調節計	3	2	2	3	SLCD-130*B
圧縮空気調節弁 1B	3	2	2	3	ACV
電/空ポジショナー付き					
熱電対	3	2	2	3	Pt/Pt-Rh
温度変換器	3	2	2	3	STED210*B
温度調節計	3	2	2	3	SLCD-130*B
フィールドコントロール ユニット	1	1	1	1	UFCH-110*A/ 2LCS/1VM1/1ST2/HL
オペレーターズ ステーション	1	1	1	1	UOPS110*A/EKJ/PRT/HL

(3) 加熱炉自動燃焼制御化のための概略費用

次の表に自動化のための概略費用を示す。これらの金額は日本の港における F O B 価格であり、工事、一般的配線資材、計器室、調整、訓練などの費用は含まれていない。また、1985年6月現在のものである。

鋼管圧延用加熱炉の自動制御化の費用については別途述べる。

表-82 加熱炉自動燃焼制御化のための概略費用

(1元=91円)

加 熱 炉	制御ゾーン数	金 額 (万元)
φ750 圧延用	3 ゾ ー ン	4.2
第一 圧 延 用	2 ゾ ー ン	3.1
第二 圧 延 用	2 ゾ ー ン	3.1
第四 圧 延 用	3 ゾ ー ン	3.7
合 計	—	14.1

8.3 鋼管用加熱炉の近代化

8.3.1. 近代化の対象炉の変更

調査団の訪中前(事前調査の段階)では、斜底式連続加熱炉を近代化の対象としていた。

しかし、鋼鉄廠の調査と技術者との協議の結果、対象炉を休止中のロータリーハース炉とした。

理 由

(A) 斜底式連続加熱炉の被加熱材(φ75-100)の HANDLING のため、側壁を頻りに開閉する。また、斜底式であるため炉内圧がマイナスになる。この2つの理由により侵入空気が多く熱損失が多いためである。これを防止することは非常に困難である。

(B) 近い将来φ100×2m材の加熱を鋼鉄廠は計画しており、このため休止中のロータリーハース炉の再使用を考慮している。ロータリーハース炉の能力は現状で10t/hであり、鋼管圧延能力(7t/h)に適合している。

また、斜底式連続加熱炉よりも省エネルギーが期待できる。

上記(A)と(B)の理由により現在使用している斜底式連続加熱炉は将来休止し、ロ



ロータリーハース炉を使用することとなる。

### 8.3.2 ロータリーハース加熱炉の現状

図-67にロータリーハース加熱炉の概要を示す。

ロータリーハース加熱炉は過去にテスト的に使用した。しかし、回転床が外部側壁と接触し回転動作が円滑でない、との理由からほとんど使用されていない。

ロータリーハース加熱炉の仕様を次に示す。

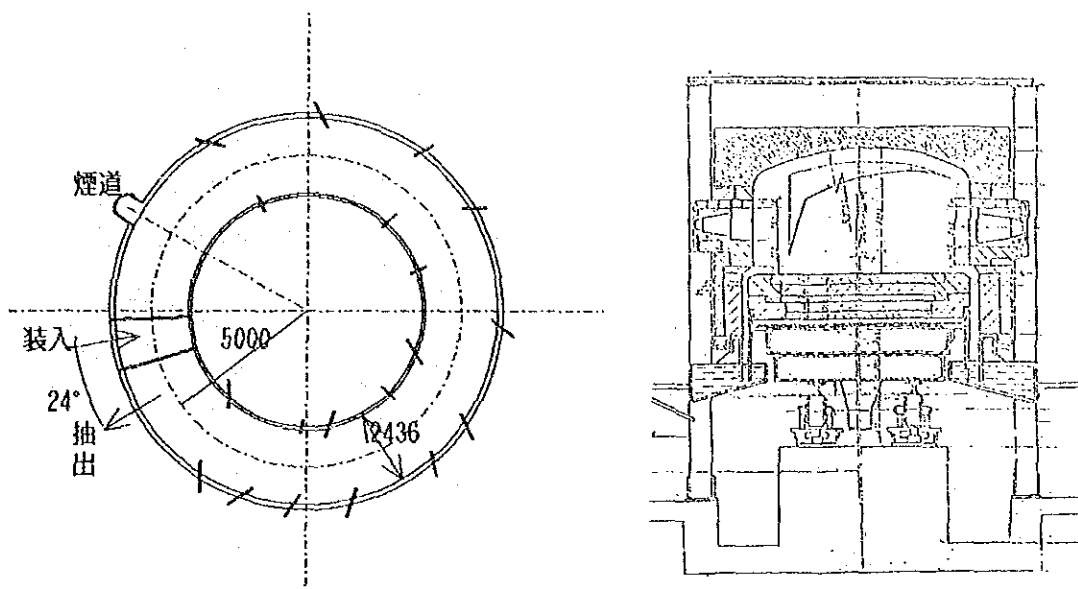


図-67 ロータリーハース加熱炉概略図

炉容量：10,000 kg/h

被加熱材： $\phi 75 \times 1200 \text{ mm}$  (41.6 kg)、 $\phi 100 \times 2000 \text{ mm}$  (123.3 kg)

回転床寸法：平均径 …… 10,028 mm

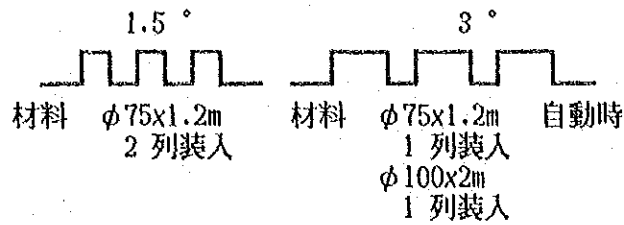
幅 …… 2,436 mm

床高さ …… FL + 1,210 mm

回転床負荷：145 kg/m<sup>2</sup>

被加熱材回転角：15.6度

回転動作：通常は手動運転 回転角は1.5°と3°の選択



回転角速度：（詳細不明、ただし12度/min以上の速度）

装入・抽出：EXTRACTORによる

燃料：低質重油

燃焼装置：

バーナ：低圧バーナ

最大燃焼量	.....	20 kg/h × 4本 (RK50型)
		46 kg/h × 14本 (RK80型)
重油圧力	.....	1 - 1.5 kg/cm <sup>2</sup>
風量	.....	RK50型 154 m <sup>3</sup> × 8
		RK80型 363 m <sup>3</sup> × 9
風圧	.....	600 mm水柱
バーナ位置(高さ)	.....	494 mm (回転床面からバーナ中心)

燃焼制御：手動（温度計のみ）

現地調査で炉内を観察した。回転床が外側炉壁に擦られた痕がところどころにあった。内壁には擦られた痕は観察されなかった。

炉床には厚み約2.5 mmのスケールがあり、このロータリー炉の燃焼空気比の高さが窺われた。また、スケールの表面はやや溶解しており、バーナ火炎が直接鋼材に接触していたことを示していた。

天井高さが1332 mmで一律である。バーナーの設置位置が側壁にあるため、この高さはやむを得ないが、φ75 - 100 mmの一段積みの被加熱材用としては高過ぎる。

装入・抽出装置は若干の手入れを行えば問題なく使用できる。

### 8.3.3 ロータリーハース加熱炉の近代化

#### (1) 炉体の改造

##### ① 天井

加熱帯の天井は傾斜型にしてガス流速を増加し、熱伝達を効果的にする。

均熱帯と予熱帯の天井を現状より低くする。また、蓄熱損失を減少させるために、熱容量の小さい耐火断熱材によって吊り天井にすることが望ましい。

##### 天井耐火物（吊構造）

1650℃プラスチック	230 mm
1300℃断熱キャストブル	50 mm
1000℃断熱ボード	50 mm
650℃断熱ボード	50 mm

##### ② バーナー壁

加熱帯には新しくバーナー壁を設置する。

##### 耐火物

1750℃プラスチック	300 mm
1260℃断熱ボード	30 mm
1000℃断熱ボード	50 mm

##### ③ 炉床支持金具

現状は二重のチャンネル構造であり、これにより炉床レンガが支持されている。このチャンネル構造は、炉床レンガとは連結されておらず、単に炉床レンガを載せているだけである。従って炉床レンガの膨張は自由に外周部方向へ向かい、炉壁に競る結果となり易い。これを修正するために炉床支持上部チャンネルと炉床レンガをスタッドで連結する必要がある。

また、炉床支持チャンネルは鉄板で覆われているため、その内部は高温化する恐れがある。したがって、炉床支持上部チャンネルの鉄板は全面を覆うのではなく、部分的に覆うようにした方がよい。

##### ④ 炉床レンガ

現状では、スケールが炉床レンガに差し込んでいる。この為、炉床レンガ面積が次第に大きくなり、側壁レンガと競る原因の一つとなっている。

これを防止するため、下記のレンガ積みを推奨する。

150 mm コルハート ブラック + 1700℃ プラスチック

110 mm 1500℃ キャスタブル

260 mm B 5 レンガ

100 mm ライト キャスタブル

(2) バーナー位置の変更

加熱帯のバーナー位置を TOP BURNER にする。また、均熱帯のバーナーは、  
ルーフ（天井）バーナーにしなければ所定の温度分布（材料温度 ± 10℃）を得  
ることは困難であろう。ルーフ・バーナーは重油を使用することはできず、軽油  
あるいは灯油を使用するのが経済的であるが、鋼鉄廠では軽油あるいは灯油を安  
定供給されることが困難であるため、都市ガスを使用する。

予熱帯の最初のバーナー位置は現在のままでよいが、バーナー容量が大き過ぎ  
るので、これも変更する。

このためには、炉体構造を変更する必要があるろう。

次の図-68にバーナーの概略位置を示す。

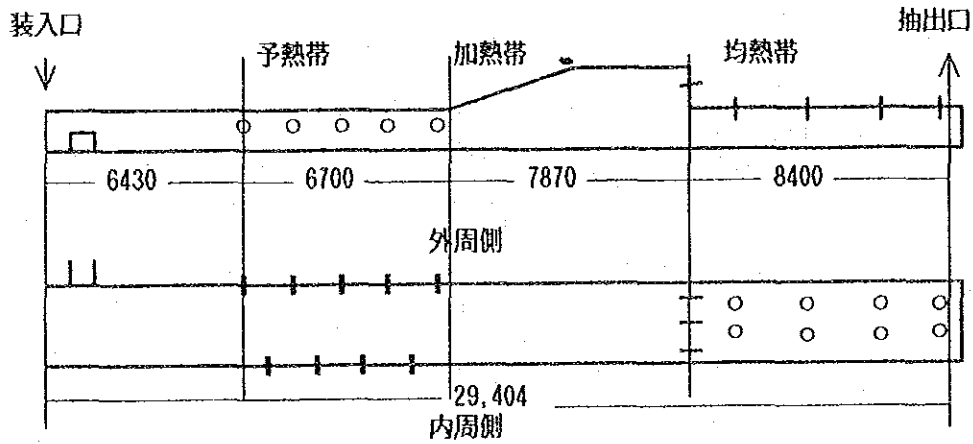


図-68 バーナーの概略位置（数字は中心間距離）

(3) 燃 焼 系 統

図-69 から図-71 にロータリーハース加熱炉の燃焼系を示す。

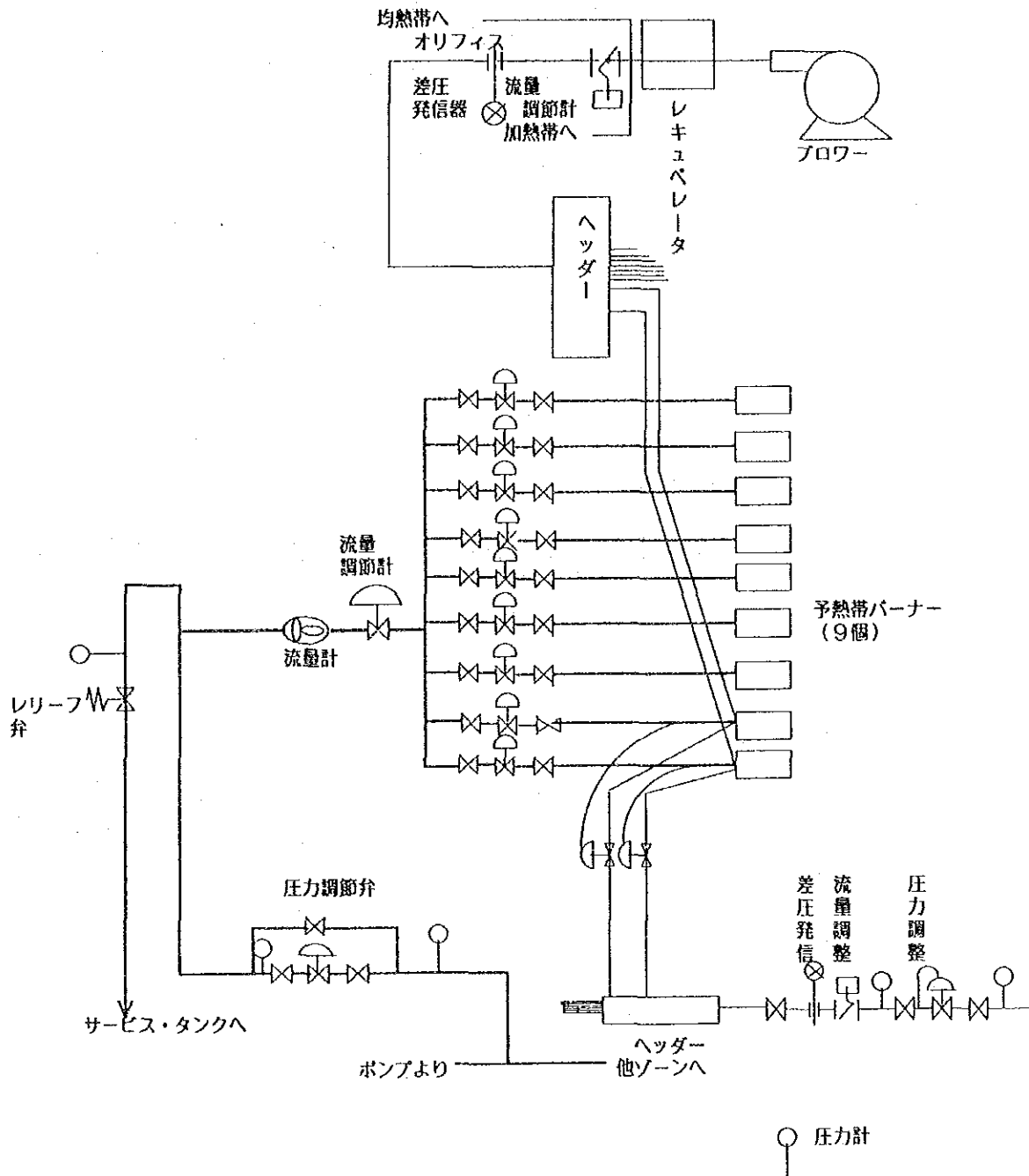


図-69 ロータリーハース加熱炉予熱帯燃焼制御系統

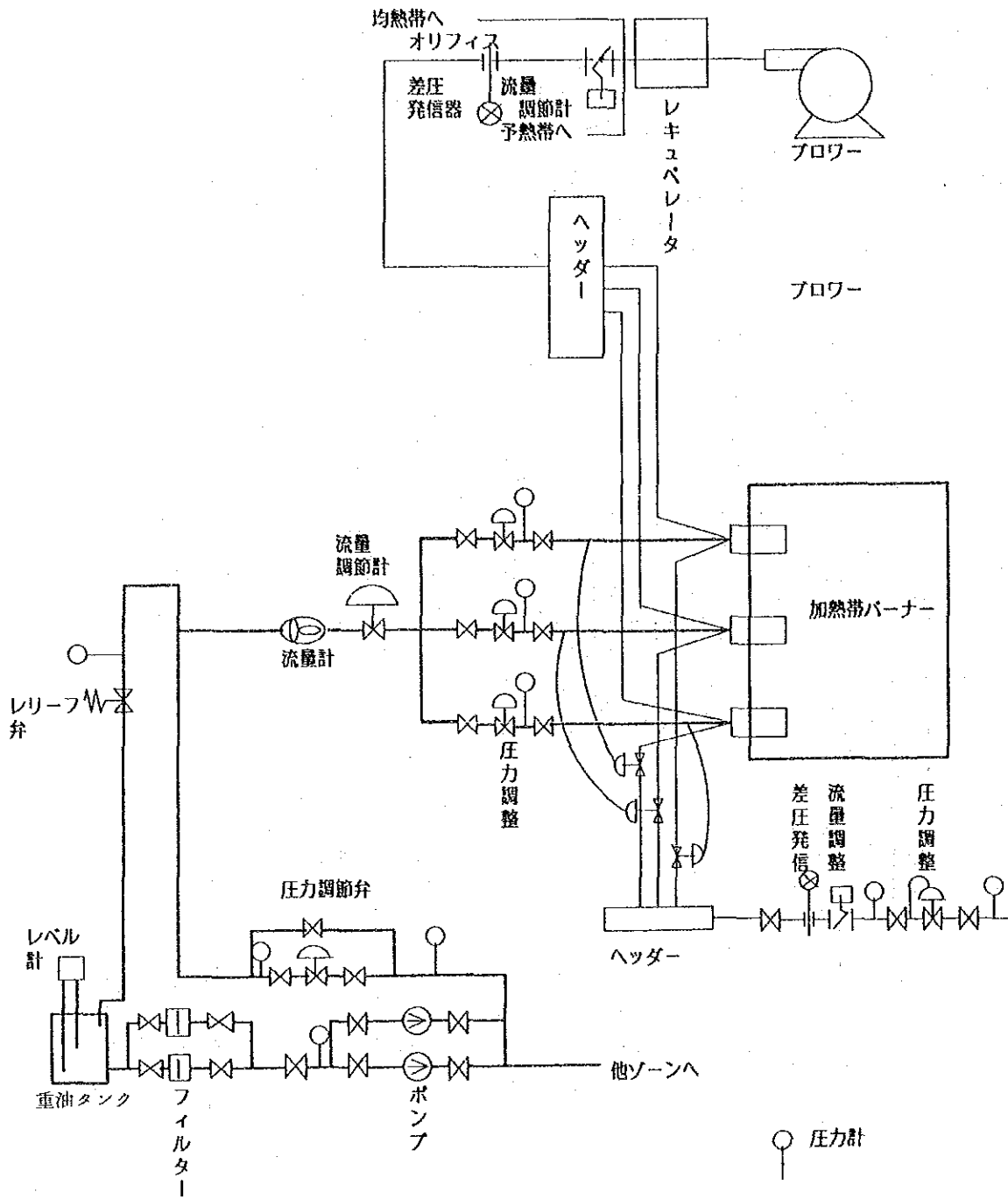


図-70 ロータリーハース加熱炉加熱帯燃焼配管系統

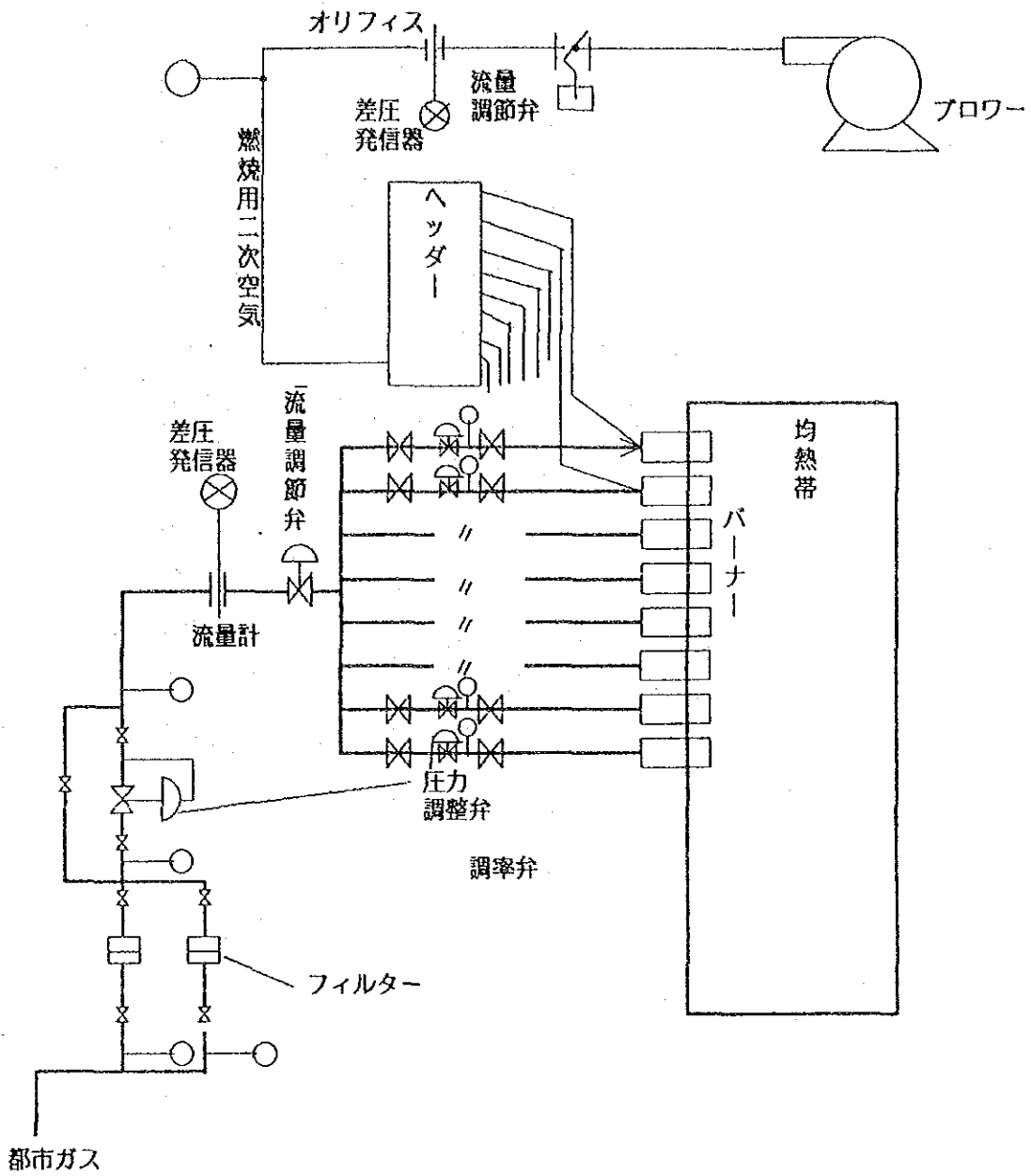


図-71 ロータリーバーナー加熱炉均熱帯燃焼制御系統

## (4) ロータリーハース加熱炉燃焼装置仕様

表-83 ロータリーハース加熱炉燃焼装置仕様

名称	数量	主な仕様
均熱帯バーナ	8本	容量:163,000kcal/h本 燃料:都市ガス(3500kcal/Nm <sup>3</sup> ) 燃焼用空気圧:700mmAq TURN-DOWN RATIO 1:20 型式:NFK-BLOOM200-1-3 パイロットバーナ300-1-3 燃焼用空気温度:常温 燃料温度:常温
加熱帯バーナ	3本	容量:850,000kcal/h本 火炎長:約2m 型式:NFK-BLOOM120-3-8-30 油圧:4kg/cm <sup>2</sup> 燃焼用空気圧:700mmAq 噴霧用空気圧:4-5kg/cm <sup>2</sup> パイロットバーナ300-1-5 燃焼用空気温度:350℃ C重油 重油温度:110-120℃
予熱帯バーナ	9本	容量:200,000kcal/h本 外壁:5本、内壁:4本 火炎長:1m弱 型式:NFK-BLOOM120-3-4 パイロットバーナ300-1-5 油圧:4kg/cm <sup>2</sup> 燃焼用空気圧:700mmAq 噴霧用空気圧:4-5kg/cm <sup>2</sup> 燃焼用空気温度:350℃ C重油 温度:110-120℃
重油用FILER	4個	型式:SR023-C031 予熱帯2個、加熱帯2個
流量指示積算計	1式	都市ガス用 500Nm <sup>3</sup> /h 構成:オリフス, 差圧発信器, 開平演算器, 瞬時流量計, 積算計
流量計	2個	重油用 型式:LC514-131-C112-040 800 l/h
圧力調整弁	1個	均熱帯燃料用 二次側圧力:1,000mmAq
圧力調整弁	1個	加熱帯、予熱帯燃料用 自力式 二次側圧力:4kg/cm <sup>2</sup>
ブローワー	1台	均熱帯用 風量 4000 Nm <sup>3</sup> /h 風圧:1200mmAq MOTOR:45kW 50Hz 2P 3000rpm 片吸い込み型1段ターボブローワー
ブローワー	1台	加熱帯、均熱帯 風量:7200 Nm <sup>3</sup> /h 風圧:1200mmAq MOTOR:37kW 50Hz 2P 3000rpm 片吸い込み型1段ターボブローワー
レキュベレーター	1台	加熱帯、予熱帯燃焼用空気 風量:7200 Nm <sup>3</sup> /h 排ガス温度:1000℃ ダイリユーション機構付き
ポンプ	4台	加熱帯、予熱帯燃料用 型式:WP2NLO40COM 口径:1B MOTOR:0.75kW



(5) ロータリーハース加熱炉の自動燃焼制御

図-72にロータリーハース加熱炉の自動燃焼制御方法を示す。これらの制御機器の仕様は次の通り。

表-84 ロータリーハース加熱炉の自動燃焼制御機器仕様

機器名	数量	型式
炉内圧力発信器 3ヶ所弁付き	1	DPF-100-3-E
ディストリビューター	1	SDBT-100*B
炉内圧力調節計	1	SLCD-130*B
電/空変換器	1	5502-2101
空圧トルク シリンダー 360φハンドル付き	1	TC-528W 弁/ジョナ付き
測温抵抗体	1	
温度変換器	1	STED-410-PA*B
蒸気用電磁弁	1	
温度調節計 (DOC)	1	
3打点記録計	1	ER185
F/I 変換器	3	ELO810
積算計	3	STLD-100*B
比率調節計 (DOC)	3	
流量調節計(重油)	3	SLCD-130*B
流量調節弁(重油) 電/空ボジショナー エアーセット付き	3	ACV 1-1/2
オリフィス(2次空気)	3	FOR150 S25C/SUS304
3バルブ マニホールド	3	3VM-1K-J22*B
差圧伝送器	3	UNE-11-SLK2*B/TBR
ディストリビューター	6	SDBT-111*B
空気流量指示調節計	3	SLCD-130*B
二次空気流量調節弁	3	ABV(バブライ)
圧縮空気用オリフィス1B タップバルブ付き	3	FOR25 S25C/SUS304
3バルブ マニホールド	3	3VM-1K-J22*B
差圧伝送器	3	UNE-11-SMK2*B/TBR
流量調節計	3	SLCD-130*B
圧縮空気調節弁 1B 電/空ボジショナー付き	3	ACV
熱電対	3	
温度変換器	3	STED210*B
温度調節計	3	SLCD-130*B
フィールドコントロール ユニット	1	UFCH-110*A/ 2LCS/1VMI/1ST2/HL
オペレーターズ ステーション	1	UOPS110*A/EKJ/ PRT/HL

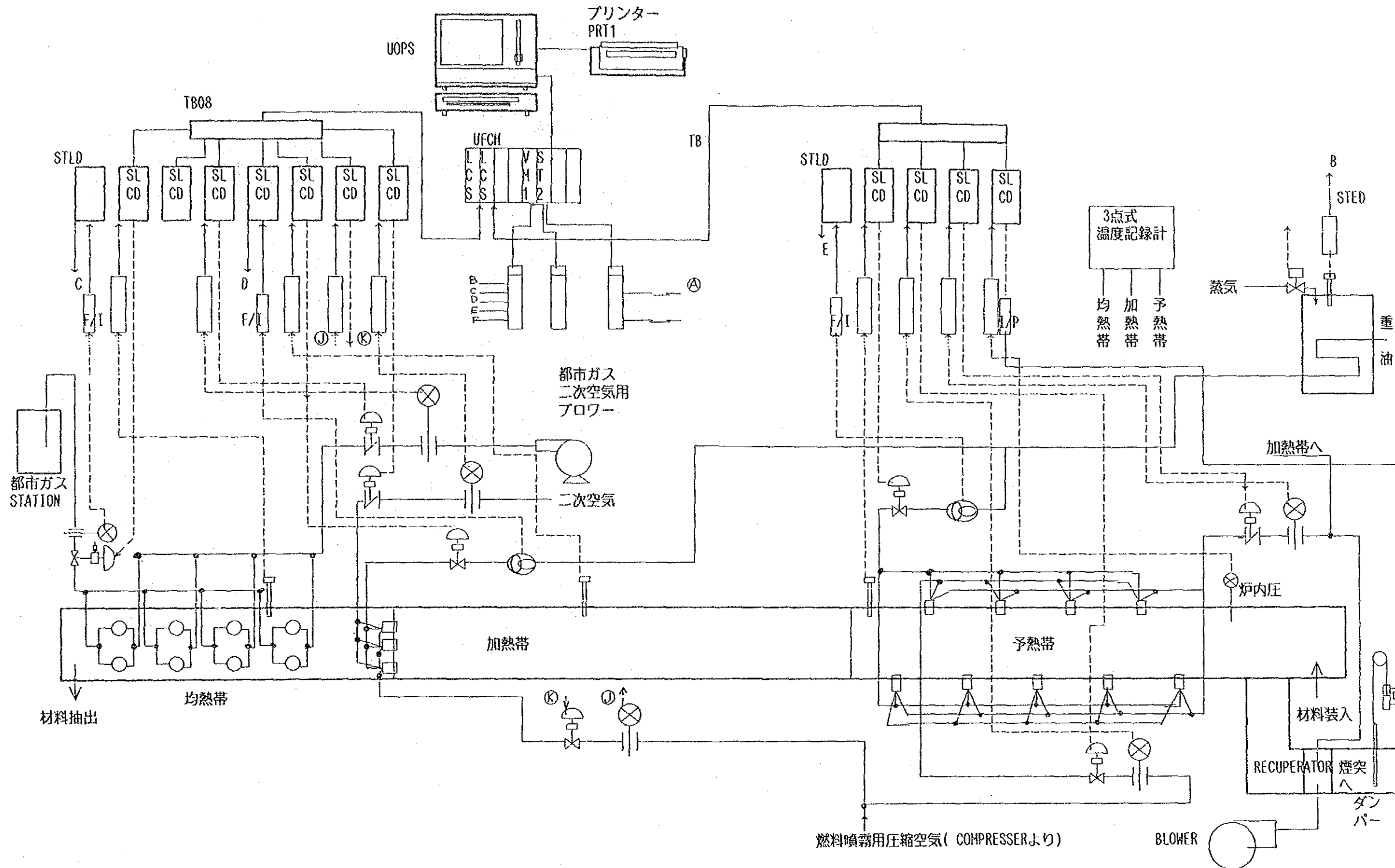


図-72 ロータリーハース加熱炉制御系統



(6) ロータリーハース加熱炉改造費用 (単位：万元 1元=91円)

炉体改造費用(バーナー位置変更など).....	52.2
燃 焼 装 置.....	23.7
計 装 機 器.....	43.0
<hr/>	
合 計 .....	118.9

## 9. 環境汚染防止

無錫市は工業都市であると共に近くに太湖を控えた観光都市でもあり、無錫市としても、また、鋼鉄廠としても環境汚染防止に最大の努力を傾注している。

### 9.1 大気汚染

#### 9.1.1 大気汚染に関する現状

大気汚染源としては、大別すると①ボイラー、加熱炉、②電炉からの排ガスが挙げられる。しかしながら、主な発生源である電炉の排ガスについては現在5基の電炉のうち集塵装置を設置しているのは№2号電炉（公称5t）が唯一の電炉にすぎない。しかし、この電炉もバグハウスで処理していたが余り効果がなく、排出基準を満足するに至っていない。

同工場の№2電炉のSO<sub>2</sub>排出濃度は1982年の中国国家基準GB3095-1982の三級の大気環境基準をクリアーしている。因みに、1982年の同工場のSO<sub>2</sub>排出最高値は0.62 mg/m<sup>3</sup>、NO<sub>2</sub>は0.15 mg/m<sup>3</sup>であったが、それぞれ0.0762 mg/m<sup>3</sup>、0.035 mg/m<sup>3</sup>と低下している。これは、良質スクラップへの転換とボイラーの改善に負うところが大きい。

当然なことながら生産区域の排ガス濃度は、生活区域の1.5倍となっており、継目無鋼管工場区域と第四圧延工場区域のSO<sub>2</sub>とNO<sub>2</sub>濃度が工場内で最も高くなっている。製鋼工場区域は二番目である。（煙突配置との関係がある）。

塵埃量は国の基準値を超えている。製鋼区域では年平均降下塵埃量は34.55 t/Km<sup>2</sup>・月、動力区域では90.196 t/Km<sup>2</sup>月である。工場全体では43.2 t/Km<sup>2</sup>月となっている。

電炉からの煤煙排出基準値は100 mg/m<sup>3</sup>であるが、鋼鉄廠としては50 mg/m<sup>3</sup>にすることを目標としている。

次に適用される大気汚染に関する基準を示す。

表-85 大気汚染に関する基準

SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )		NO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )		粉塵(mg/m <sup>3</sup> )		降下煤塵 (t/km <sup>2</sup> ・月)
一回最高	日平均	一回最高	日平均	一回最高	日平均	1982年
0.50	0.15	0.15	0.10*	0.50	0.15	11.5

\* 無錫市衛生防疫標準

表-86 1982年大気環境基準(GB 3095-1982)

項目		(mg/Nm <sup>3</sup> )		
		一級	二級	三級
粉塵	日平均	0.05	0.15	0.25
	任意の一回	0.15	0.50	0.70
SO <sub>2</sub>	日平均	0.05	0.15	0.25
	任意の一回	0.15	0.50	0.70
NO <sub>2</sub>	日平均	0.05	0.10	0.15
	任意の一回	0.10	0.15	0.30

注) 関係ない他の項目は記載省略した。

### 9.1.2 大気汚染防止に関する提言

#### (1) 煤 塵

煤塵にかんする事項は第3章3.3項の表-31で述べたので、ここでは省略する。

#### (2) その他大気汚染防止に関する提言

##### 硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)

硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)対策としては、通常次の方法に大別することができる。

- ① 煙突の高層化、集合化
- ② 燃料の低硫黄化
- ③ 燃料の転換
- ④ 排煙脱硫

この内、②については低硫黄重油の使用、③についてはガス系燃料または、(低硫黄)軽油・灯油などのクリーンな燃料への転換が考えられる。④の排煙脱硫の技術としては、各種の方法が実用化されており、湿式法と乾式法に大別

できるが現在実用化されている大部分は湿式法であり、中でも石灰石または消石灰スラリーを吸収剤として石膏を回収する方法が最も多く用いられている。

表-87 脱硫と回収物

方式	吸収剤または吸着剤	回収物
湿式	水酸化ナトリウムまたは亜硫酸ナトリウム水溶液	亜硫酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、SO <sub>3</sub> 、石膏
	酢酸ナトリウム水溶液	石膏
	アンモニア水溶液	硫安、石膏、SO <sub>3</sub> 、S
	石灰石または消石灰スラリー	石膏
	水酸化マグネシウムスラリー	硫酸、硫酸マグネシウム
	亜硫酸マグネシウムスラリー・亜硫酸カルシウム混合スラリー	石膏
	塩基性硫酸アウミニウム水溶液	石膏
乾式	希硫酸	石膏
	活性炭	硫黄、石膏
	石灰石または消石灰	石膏
	アルカリ金属化合物	S
	金属酸化物	硫安

湿式法が広く用いられているが、その欠点としては、ガスの再加熱が必要なこと、水の使用に伴う排水処理が必要なこと、SO<sub>2</sub>は95%除去できるがSO<sub>3</sub>の除去率が低いことが挙げられる。これに対して、乾式法は水を用いずに石灰、活性炭、炭酸ソーダ等の個体でSO<sub>2</sub>を吸収する方法で、排ガス温度が低下せず、排水も出ないので、その欠点にも拘わらず関心が持たれていることは周知の通りである。

参考までに日本における脱硫設備（1982年以降運転開始）の運転データを次ページの表-88に示す。

表-88 新しい脱硫設備の運転データ(カッコ内の数字は低負荷の場合)

設備所有者 設置場所	電源開発・ 竹原(3号)	常磐共同火 力・勿来(8 号)	三菱油化・ 四日市	東洋ゴム・ 仙台	新日本製鉄 ・堺
ガス源	石炭ボイラ	混焼ボイラ①	重油ボイラ	重油ボイラ	焼結機
ボイラ能力、kW相当	700	600	85	13	360
処理量 1000 Nm <sup>3</sup> /h	2200	1980(990)	260	40(30)	1100
脱硫設備系列数	1	2	1	1	2
メーカー	石川島播磨	三菱重工	千代田化工	呉羽化学	新日本製鉄
運転開始年	1983	1983	1982	1982	1982
入口SO <sub>2</sub> ppm	600-700	1000(900)	1500	1500	100-300
脱硫剤	石灰石	石灰石	石灰石	石灰石と SS②	転炉スラグ
入口ダスト mg/Nm <sup>3</sup>	30-150	150	180	150	10-30
第一吸収塔(冷却 塔)	スプレー	スプレー	パンチュー	なし	パンチュー
pH	4.5-5	1	1	-	5-6
L/G、ℓ/Nm <sup>3</sup>	5	2	1	-	4-8
第二吸収塔	スプレー	充填塔	JBR ③	多段多孔板	パンチュー
pH	5.5-6	5.5	3.5	5.5	7
L/G、ℓ/Nm <sup>3</sup>	15	20	-	2.7	4
出口SO <sub>2</sub> ppm ④	30-35	40(36)	35	5	2-3
出口ダスト mg/Nm <sup>3</sup> ④	10-20	45	40	70-80	10以下
脱硫率 % ④	95	96	98	99.7	98-99
除塵率 % ④	70-80	70	78	約50	(約50)
硫酸添加量 ℓ/h	10	13	なし	なし	なし
排水量 m <sup>3</sup> /h	25	15	1.5	0	1.5-2
ガス再加熱	GGH ⑤	GGH とSGH ⑥	なし	なし	なし
圧力損失 mmAq	350 ⑦	300(250)⑧	600	200(170)	400
電力消費 % ⑨	2.1 ⑦	2.0 ⑧	1.3	1.4(1.3)	1.4-1.6
設備費 円/kW	20,000	21,000	18,000	19,000	10,000

- ①重油90:石炭10(加リ-基準)      ②スルホン酸      ③JET BUBBLING REACTOR  
 ④吸収塔出口      ⑤GAS-GAS-HEATER(約100℃に再加熱)  
 ⑥GAS-GAS-HEATERとSTEAM GAS HEATER(約120℃に再加熱)      ⑦GGHを含む  
 ⑧GGHとSGHを含む      ⑨発電量( )発電相当量)に対する比率



窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>)

窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の対策としては、NO<sub>x</sub> 発生抑制 (燃料起因NO<sub>x</sub> と燃料条件起因NO<sub>x</sub> の抑制) と発生したNO<sub>x</sub> の防除に大別される。これらの対策についての技術体系を図-73に示す。

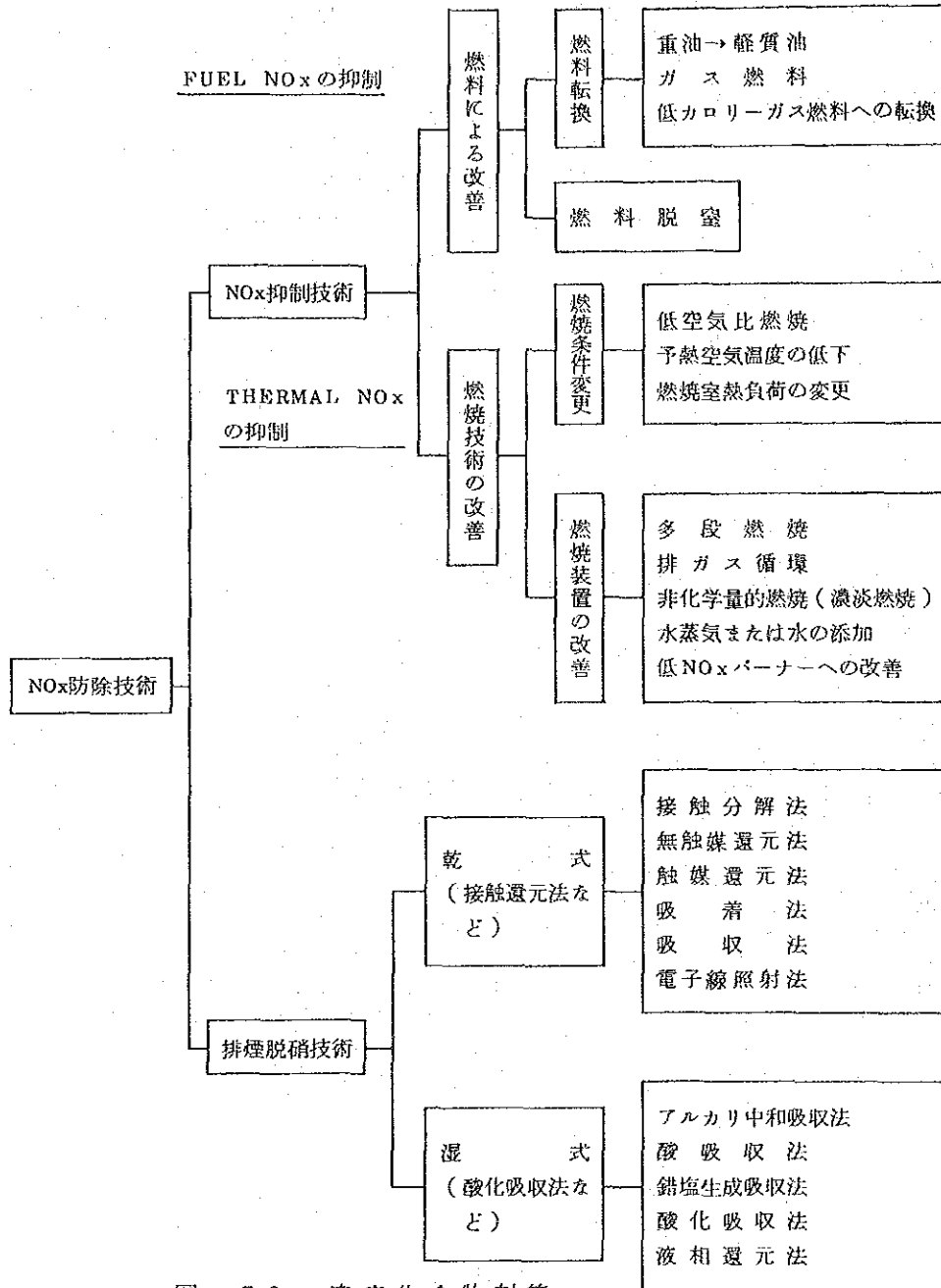


図-73 窒素化合物対策

NO<sub>x</sub> 抑制対策の分類例を参考として表-89に示す。

一般的にSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の問題については、ガス燃料の使用が有効と言える。

表-89 種々のNOx抑制対策の特徴

抑制方法		THERMAL NOx				FUEL NOx				考慮しておかねばならない障害				備考No
		抑制理由				抑制理由				I J K L				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
運転条件	運転空気比の変更	◎	◎	◎	△		○	○	◎	△			×	①
	17-レスタ-操作による 燃焼室内混合特性の変更	◎	◎	○	△		△	△	◎	○		○	○	②
	燃焼室熱負荷の低減	◎		○	○				◎	×	×	×	○	
	燃焼用空気予熱の低減	◎		○	○				◎	×	×	×	○	
燃焼方法	低NOx ボ-ナ- 混合促進法 分割火炎法 自己再循環法 段階的燃焼組 込み法	◎		◎	◎				○				◎	
		◎	◎	◎	◎		○		○					
		◎	◎	◎	◎		○		○					
		◎	◎	◎	◎		○		○					
	燃焼 段階的	二段燃焼 濃 淡		◎		◎		○	△				×	③
排ガス循環燃焼		◎	◎					△	×			×	④	
水あるいは蒸気噴射		◎	◎					○	×			○	⑤	
その他	燃料転換	◎	◎	◎	□	○		◎	△				◎	⑥
	燃焼室形式	◎		○	◎				△					

備考No.	備 考
①	発電用大型ボイラーでは、低過剰空気燃焼。FUEL NOxに対しては低過剰空気燃焼が効果あり。L×印は低空気比側に移行したとき
②	混合不良化ではF、G○印、I、K、L×印、混合良好化ではF、G×印、K、L○印
③	大型ボイラーに対してはH○印
④	大型ボイラー(MULTI-BARNER)だけに可能
⑤	L×印は過度の場合、小型ボイラーで良質燃料使用の場合には煤塵について改善の可能性大
⑥	L煤塵について改善の可能性大
⑦	石炭、重油からガスへ、あるいは低NOx分燃料への転換。Dが□印は液体燃料からガスへ転換したときに増加することがあるため。

**THERMAL NOx** : A : 燃焼温度の低下 B : 燃焼域でのO2濃度の低減 C : 高温域での滞留時間の減少 -- ◎特に関係のあるもの ○関係のあるもの  
D : 抑制効果の程度 -- ◎かなり大きいもの ○あまり大きくないもの  
△抑制法と効果が一定の関係がなく装置毎に異なるもの □これまでの研究結果でその効果が明確でないもの

**FUEL NOx** : E : 燃料中の窒素化合物の低減 F : 初期燃焼域におけるO2濃度の低減 -- ○作用するもの △装置毎に異なるもの ×逆に作用するもの  
G : 抑制効果の程度 -- ◎かなり大きいもの ○あまり大きくないもの  
△装置毎に異なるもの ×NOxが増加する可能性のあるもの  
H : 対策としてとる場合の難易度 -- ◎現状の装置のままでも可能なもの ○若干の改造が必要なもの △大幅な装置の変更

**考慮しておかねばならない障害**  
I : 熱効率の低下 J : 出力の低下 K : 装置の大型化 L : 他の汚染物質(煤塵、CO、炭化水素類)の増加 -- ×特に関係が強いもの △関係のあるもの ○装置毎に異なるもの ◎改造が予想されるもの

既 : 既設に運用した場合  
新 : 新設に運用した場合

## 9.2 水質汚濁

### 9.2.1 水質汚濁に関する現状

中国衛生部、労働部の工場排水基準は次の通りであり、極く近い将来には、この規制値が半分になるとのことである。

表-90 中国衛生部、労働部の工場排水基準

有害物質	許容排水濃度 (mg/l)	改正予想値
P H	6~9	
S S	500	200
C O D	100	50
シアン化合物	0.5	0.25
六価クロム	0.5	0.25
アンモニア	0.5	0.25

工場の排水量は日量約6万tであり、継目無鋼管工場の酸洗廃水(pH=2)と、製鋼・圧延工場の冷却水が大半を占めている。酸洗廃水は、3ヶ所で中和法によって処理されているが、鋼鉄廠は廃水循環による再利用方法のアドバイスを求めている。(現在の循環利用率は90%以上)。

水の処理については、製鋼、圧延につき別々な処理システムを作ること考えている。(全工場規模の水処理循環システムを作る場合との投資額との比較)。

### 9.2.2 水質汚濁対策についての提言

工場で使用する水は、基本的には再循環方式を採用することが望ましい。

製鋼工場と圧延工場の冷却水の再循環方式については、次の章に述べる。その他の排水については、排水基準を満足させなければならないことは当然であるが、そのための設備が多数かつ、高価なものにならないよう集中化させ、効率的に処理することが肝要である。例えば、上述の酸洗廃水の処理について言えば、特殊鋼化に伴い六価クロムの処理の問題も生じてくる恐れがあり、その場合には還元処理プロセスの導入が必要になってくる。このため現状のように三箇所処理を行う場合には、設備費・人件費・運転費用などが高価なものとなる。したがって、一般的には酸洗廃水処理装置は集中化するのが望ましい。化学分析の廃水などはこの酸洗廃水処理装置に排出する。(酸洗廃水処理後の水の再利用は理論的には問題ないが、実際的にはpHコントロール・ミスによる瞬時的な酸あるいは強アルカリ液の排出の問題

などがあり再循環は行わない方が望ましい。）

その他、生活排水処理などが、将来必要となろう。

### 9.3 日本における環境規制値（参考）

次に日本における環境規制値を参考として示す。

表-91 大気環境基準

オキシダント	0.06 ppm	(1時間値)
二酸化硫黄	0.04 ppm	(1時間値の一日平均値)
	0.1 ppm	(1時間値)
二酸化窒素	0.04 - 0.06 ppm	(1時間値の一日平均値)
浮遊粒状物質	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(1時間値の一日平均値)
(経10 $\mu\text{m}$ 以下)	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(1時間値)
一酸化炭素	10 ppm	(1時間値の一日平均値)
	20 ppm	(1時間値の8時間平均値)

#### 大気排出基準（抜粋）

$$\text{硫黄酸化物 } \text{SO}_x \text{ 量 (Nm}^3/\text{h}) = K \times H / 1000$$

ここに K：地域毎の政令値（東京特別区、名古屋の特別排出  
では 1.17）

H：補正後の排出口高さ（m）

#### 窒素酸化物（新設基準）

液体燃焼ボイラー	排ガス	～1万 Nm <sup>3</sup> /h	180 ppm
(原油、タール)		1～50万 Nm <sup>3</sup> /h	150 ppm
		50万 Nm <sup>3</sup> /h以上	130 ppm

(排煙脱硫装置の設置されているもの)

一般鋼片加熱炉	排ガス	～0.5万 Nm <sup>3</sup> /h	180 ppm
		0.5～1万 Nm <sup>3</sup> /h	150 ppm
		1～10万 Nm <sup>3</sup> /h	130 ppm
		10万 Nm <sup>3</sup> /h以上	100 ppm

#### 煤 塵

電気炉 50 mg/m<sup>3</sup> 但し、基準 O<sub>2</sub> 濃度 = 排ガス中ガス O<sub>2</sub> 濃度

排水基準（抜粋）

人の健康に係わる事項

カドミウムおよびその化合物	最大 0.1 mg/ℓ
シアンおよびその化合物	1 mg/ℓ
六価クロムおよびその化合物	0.5 mg/ℓ
総水銀	0.005 mg/ℓ

生活環境項目

pH（河川、湖沼）	5.8～8.6
BOD、COD	それぞれ最大 160 mg/ℓ 日間平均 120 mg/ℓ
クロム	最大 2 mg/ℓ

9.4 騒音

9.4.1 騒音についての現状

工場の騒音発生源としては、圧延工場の高圧遠心ファン、圧延機、製鋼工場の電炉、鍛造工場の鍛造機など約 100ヶ所以上存在する。工場地域は中国基準 GB 3096 の工業集中区に該当するとのことである。

次に関係基準を示す。

表-92 無錫市環境騒音基準

区域	一級	二級	三級
交通	70	75	>75
工業	65	70	>70
社会その他	55	60	>60

表-93 城市区環境騒音基準 GB 3096-82

	昼間	夜間
特殊区域住宅区	45	35
居民、文教区	50	40
一種混合区	55	45
商業中心区、二種混合区	60	50
工業集中区	65	55
交通区域、通り側	70	55

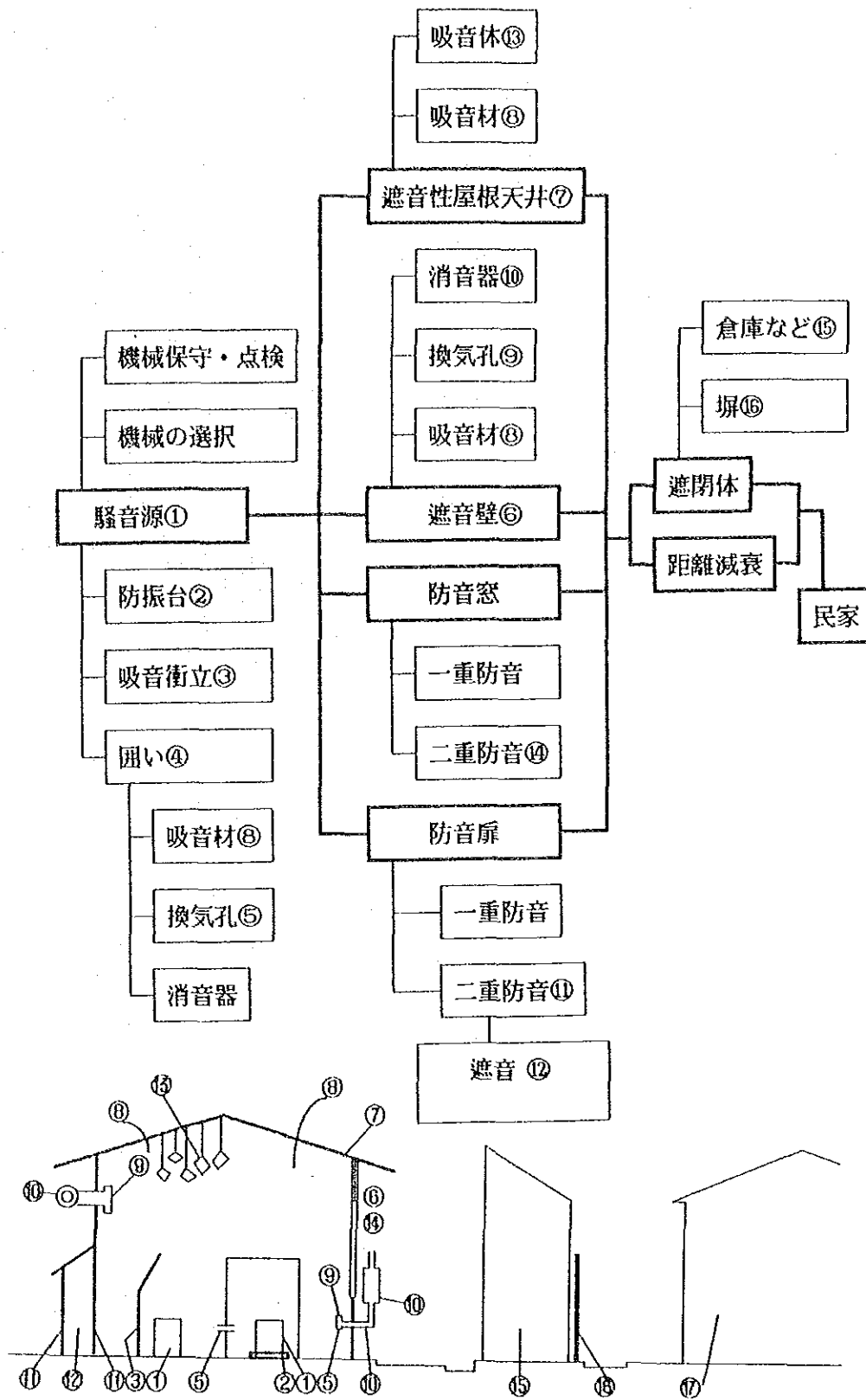


図-74 騒音対策実施モデル

#### 9.4.2 騒音・震動対策についての提言

工場騒音の防止は、一般に音源対策と、建物による対策の二つに分けて考えることができる。また、建物から出た音に対しては、距離減衰による効果、遮閉体（防音壁）による効果が利用できる。

音源対策としては、音源設備の改良、消音器の設置、制震・防震処理、防音カバー、防音衝立の設置などが行われる。

また、建物による対策としては、吸音材料の使用、壁材の改善、窓・出入り口・開口部の処理（二重化など）が行われる。

その他、機械の取り扱い上の注意、作業工程の改善、作業時間の変更によっても工場騒音の問題を改善することができる。

これらの騒音防止対策の方法を図式化して図-74に示す。騒音防止のために工場建物を可能な限り密閉化することは有効であるが、作業環境と相反することから、既に鋼鉄廠において使用し、実績を上げているように、消音器を取り付けることが現実的解決方法であろう。

### 9.5 製鋼スラグ

#### 9.5.1 鋼鉄廠の製鋼に関する現状

鋼鉄廠の製鋼スラグの代表的な組成は以下の通りである。

表-94 電炉スラグ（代表例）

	酸化スラグ(%)	還元スラグ(%)
SiO <sub>2</sub>	15.1~21.8	5.6 ~20.46
CaO	15.2~50.0	49.0~58.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.04~21.8	5.86~17.1
T.Fe	1.08~23.73	0.3 ~13.2
MgO	6.0 ~17.0	3.0 ~14.4
S	NA	NA
MnO <sub>2</sub>	0.4 ~0.74	0.63
TiO <sub>2</sub>	NA	NA
量比	3	1

電炉スラグの処理方法として、1983年には

- 1) 農地地区、山間部などへの廃棄
- 2) 一部酸化期スラグを用いて農村地区の道路に利用
- 3) 還元スラグを売却、建築材などに利用したが、全体の処理率は65.2%であった。

しかし1984年になると、セメントへの還元スラグの利用率の低下や廃棄適性地の減少（規制強化による）により、電炉スラグの処理について大きな問題となってきた。

#### 9.5.2 製鋼スラグ処理に関する提言

スラグの処理はスラグ中金属鉄の回収・再利用とスラグの有効利用の両面性を有している。

一般に酸化期スラグは道路用材（路盤材、アスファルトコンクリート用骨材）・裏込材・割栗石・土地造成材などに、還元期スラグは土壌改良材、肥料、地盤改良材、道路用材（アスファルトコンクリート用骨材）などとして有効利用されている。

スラグの処理工程は概略次の通りである。

（酸化期スラグ）

電気炉 → スラグ冷却 → 粗破碎 → 粉碎 → 分級 → エージング

（還元期スラグ）

電気炉 → スラグ冷却 → 粉化スラグの分級

スラグ碎石の強度特性は天然石と比較して同等以上であり、また、締め固め特性が優れているので、路盤材に最も多く使用されている。また、アスファルト混合物の特性試験において、スラグ碎石は天然碎石と同等以上の結果を得ている。

表-95 スラグの物理的性質例

種類	比重	吸水率 %	単容重量 (t/m <sup>3</sup> )	すりへり 減量%	圧縮強度 kg/cm <sup>2</sup>
スラグ碎石	3.49	1.14	2.15	21.1	954
天然碎石(砂岩)	2.67	0.91	1.51	23.5	693
道路用碎石規格 (JISA5001)	>2.45	<3.0	—	<35	—



表-96 アスファルト混合物の比較(例)

種類		スラグ碎石 アスコン	天然碎石 アスコン	アスファルト舗 装要綱基準
骨 材 配 合 率 (%)	スラグ碎石 13-5mm	45.4	—	—
	5-2.5mm	31.2	—	—
	天然 碎石 S-13	—	38	—
	S-5	—	18	—
	スクリーニングス 川砂	6.6	13.0	—
	石粉	11.9	26.0	—
		4.9	5.0	—
アスファルト(%)		6.1	5.7	—
マ ー シ ャ ル 試 験	密度(g/cm <sup>3</sup> )	2,792	2,369	—
	空隙率(%)	3.8	3.5	3-6
	飽和度(%)	81.3	78.9	75-85
	安定度(kg)	1,280	1,100	<500
	フロー値(1/100cm)	27	25	20-40
	残留安定度(%)	96.9	96.8	>75

また、粉化した還元期スラグはアスファルトコンクリート用フィラーとしての特性試験で日本道路協会のアスファルト舗装要綱基準を十分満足しているとともに、アスファルト混合物の特性試験でも石粉と同等であり、アスファルト合材として実用されている。

表-97 フィラーとしての特性(例)

試験項目	還元期スラグ	アスファルト 舗装要綱基準
水分(%)	0.2	<1.0
ふるい通過(%)	0.6mm	100
	0.15mm	96.6
	0.074mm	87.8
塑性指数	1.0	<6
加熱変質	なし	なし
フロー試験(%)	38.3	<50
浸水膨張(%)	0.43	<3
はく離試験	合格	<1/4
比重	3.150	—

表-98 アスファルト混合物の特性(例)

マーシャル試験項目	フィラー	
	還元期スラグ	石粉
密度(g/cm <sup>3</sup> )	208.5	2.792
空隙率(%)	3.9	3.8
飽和度(%)	81.1	81.3
安定度(kg)	1,470	1,280
フロー値(1/100cm)	24	27
残留安定度(%)	95.7	96.9

次の図-75に酸化期スラグ処理プラントおよび路盤用砕石製造工程の例を示す。

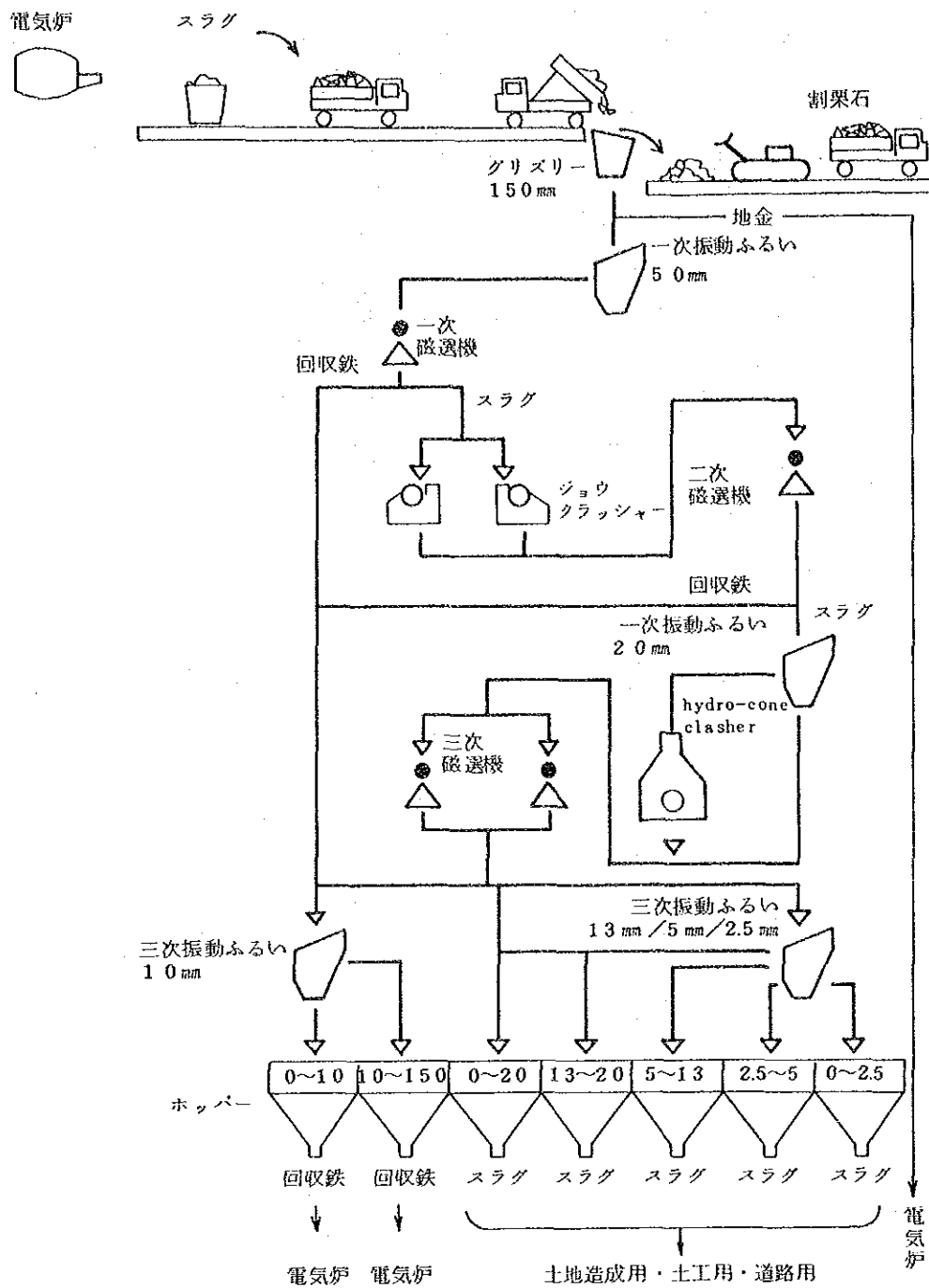


図-75 酸化期スラグ処理プラント

### 9.5.3 路盤用碎石製造

ここでは日本のD社で行っている路盤碎石製造を紹介する。

なお、スラグのAGINGは約3カ月間である。

#### (1) 路盤用碎石製造工程

図-76に工程を示す。

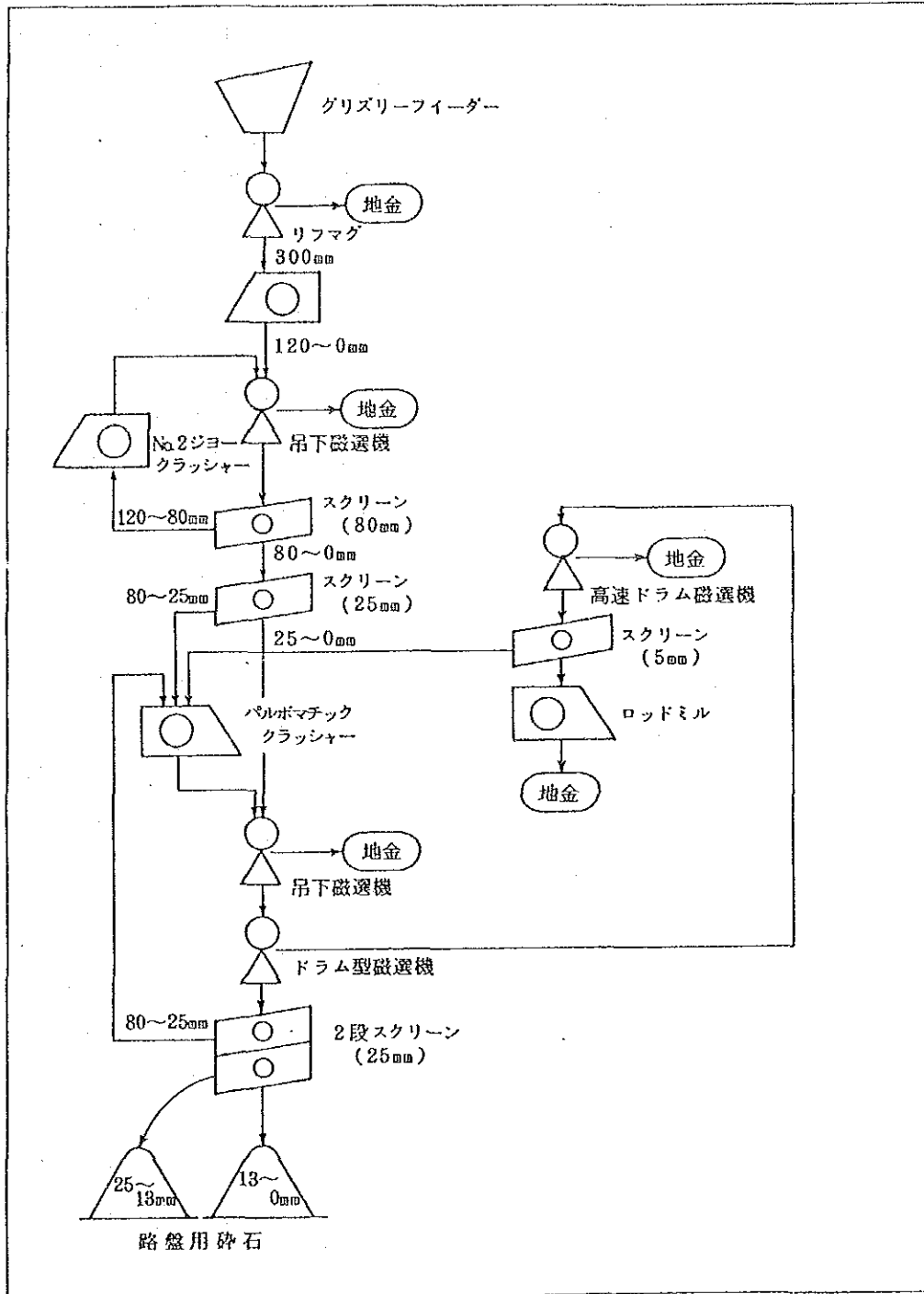


図-76 路盤用碎石製造工程

9.5.4 路盤用碎石製造設備の概略レイアウト

次の図-77に路盤用碎石製造設備の概略レイアウトを示す。

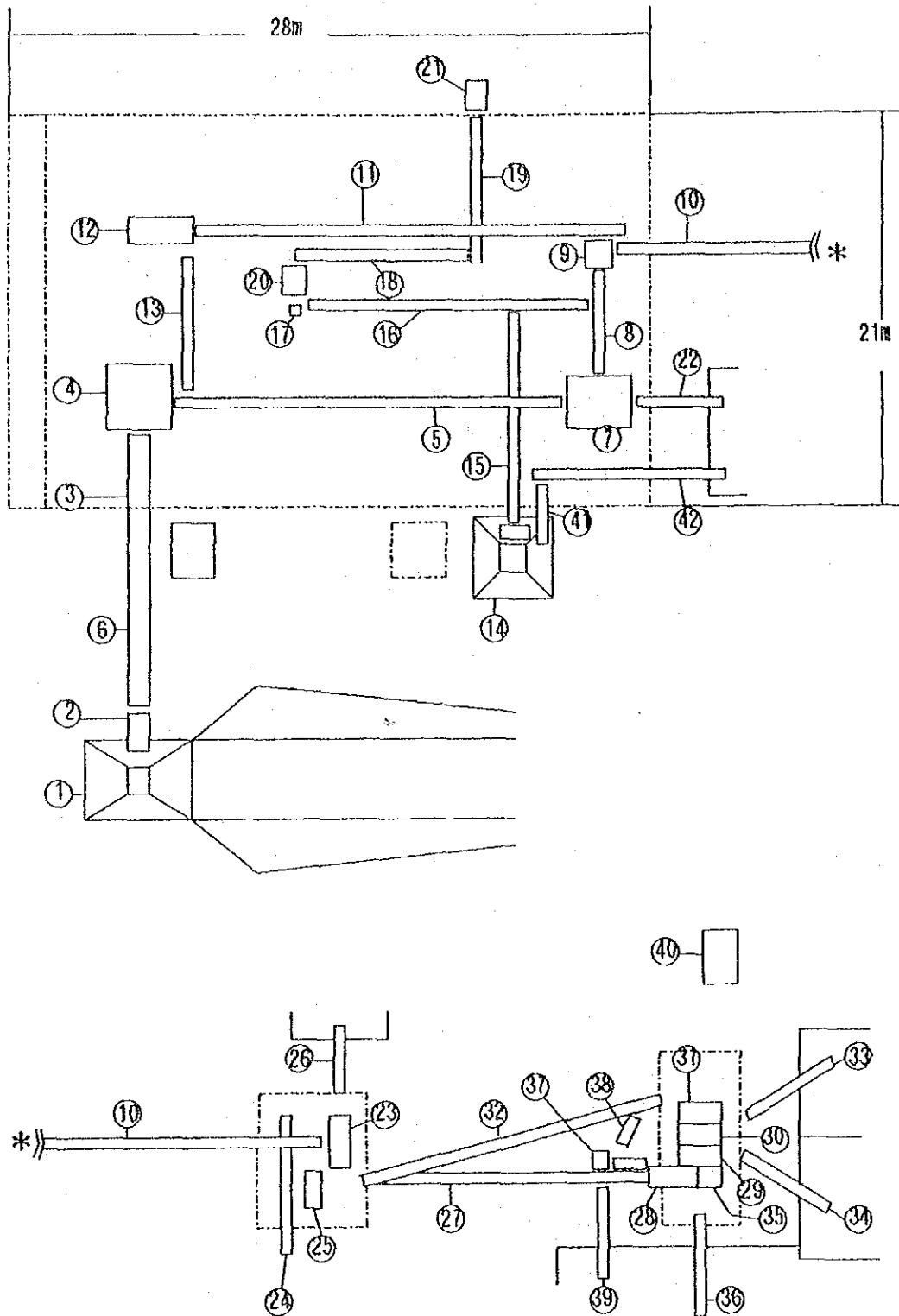


図-77 路盤用碎石製造設備の概略レイアウト

9.5.5 路盤用砕石製造設備の概略仕様

表-99 路盤用砕石製造設備の概略仕様

図中 番号	設 備	図中 番号	設 備
1	ホッパー	22	ベルト コンベアー
2	グリズリ フィーダー	23	スクリーン
3	No.1ジョー クラッシャー行き ベルト コンベアー (巾1200mm) MOTOR:1,200W		MOTOR: 3.7kW 開口: 3"x6"
4	No.1ジョー クラッシャー MOTOR:55kW 型式: 30"x22"	24	ベルト コンベアー
5	No.1ジョー クラッシャー下 ベルト コンベアー (巾750mm) MOTOR: 750W	25	バルボマティック クラッシャー 型式: 1145 MOTOR: 75kW 処理能力: 40t/h(25-0)
6	リフティング マグネット φ1,300mm 磁石消費電力: 13kW	26	中間廃滓ベルト コンベアー
7	吊下磁選機 寸法: 986x1140x611mm 磁石消費電力: 4.5kW MOTOR: 2.2kW	27	ベルト コンベアー
8	ベルト コンベアー (巾750mm) MOTOR: 750W	28	吊下磁選機 寸法: 840x940x541 磁石消費電力: 3.0kW MOTOR: 2.2kW
9	スクリーン MOTOR: 5.5kW 型式: 3"x6"	29	ドラム型磁選機 φ760x730 MOTOR: 1.5kW
10	ベルト コンベアー (巾750mm) MOTOR: 500W	30	高速ドラム型磁選機 φ930x450 MOTOR: 3.7kW
11	ベルト コンベアー (巾750mm) MOTOR: 750W	31	二段スクリーン MOTOR: 11kW 開口: 5"x10"
12	No.2ジョー クラッシャー MOTOR: 37kW 型式: 40"x9"	32	ベルト コンベアー MOTOR: 400W
13	ベルト コンベアー (巾500mm) MOTOR: 500W	33	廃滓ベルト コンベアー
14	スケール ホッパー	34	廃滓ベルト コンベアー
15	ベルト コンベアー	35	ドラム型磁選機フィーダー
16	ベルト コンベアー	36	高速磁選機下ベルト コンベアー
17	ロッド ミル フィーダー	37	スクリーン
18	ベルト コンベアー	38	スクリーン上ベルト コンベアー
19	ベルト コンベアー	39	スクリーン下ベルト コンベアー
20	ロッド ミル 乾式片側円周排鉱式 φ1500x2770mm MOTOR: 75kW	40	スケール水洗用ポンプ
21	スケール製品スクリーン	41	固結材取出しベルト コンベアー (1)
		42	固結材取出しベルト コンベアー (2)

9.5.6 路盤用砕石製造設備概略予算

110万円 (ただし、工事費用などを除く設備単体費用)

### 9.5.7 参 考 資 料

JIS (日本工業規格) の道路用スラグ (JIS A 5015) と、その解説を以下に示す。

#### JIS A 5015 (道路用スラグ)

日 本 工 業 規 格

JIS

道 路 用 ス ラ グ

A 5015-1979

Slag for Road Construction

1. 適用範囲 この規格は、道路の路盤に使用するスラグ (以下、スラグという。) について規定する。

備考1. スラグとは、高炉で生成される熔融スラグを冷却し、砕いたものである。

2. この規格の中で ( ) を付けて示してある数値及び単位は、国際単位系 (SI) によるものであって、参考として併記したものである。

2. 種類及び記号 スラグは、表1に示す種類及び記号のものとする。

表 1

種 類	記 号
クラッシュランスラグ	CS-40
粒度調整スラグ	MS-40
	MS-25
水硬性粒度調整スラグ	HMS-25

### 3. 品 質

3.1 スラグは、細長いもの又は薄いもの、ごみ、どろ、有機物などの有害量を含んでいてはならない。

3.2 スラグは、黄濁水及び硫化水素臭の発生しないことを確認するため、4.1の試験により呈色がないものでなければならない。

3.3 粒度 スラグの粒度は、4.2によって試験し、表2に適合しなければならない。

表 2

記号	ふるいの呼び <sup>(1)</sup> 寸法mm 粒の 大きさの 範囲mm	ふるいを通るものの質量百分率 %									
		50	40	30	25	20	13	5	2.5	0.4	0.074
CS-40	40~0	100	95~100	—	—	50~80	—	15~40	5~25	—	—
MS-40	40~0	100	95~100	—	—	60~90	—	30~65	20~50	10~30	2~10
MS-25	25~0	—	—	100	95~100	—	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10
HMS-25	25~0	—	—	100	95~100	—	60~80	35~60	25~45	10~25	2~10

注<sup>(1)</sup> これらのふるいは、JIS Z 8801 (標準ふるい)に規定する標準網ふるい50.8mm、38.1mm、31.7mm、25.4mm、19.1mm、12.7mm、4.760μm、2.380μm、420μm及び74μmに対応するものである。

3.4 単位容積質量 粒度調整スラグ及び水硬性粒度調整スラグの単位容積質量は、4.3によって試験し、1500kg/m<sup>3</sup>以上でなければならない。

3.5 一軸圧縮強さ 水硬性粒度調整スラグの一軸圧縮強さは、4.4によって試験し、12kgf/cm<sup>2</sup> (120N/cm<sup>2</sup>)以上でなければならない。

3.6 修正CBR スラグの修正CBRは、受渡当事者間の協定による。

参考 修正CBRを求める場合の参考値

参 考 表

種 類	修正CBR %
クラッシュランスラグ	30以上
粒度調整スラグ	80以上
水硬性粒度調整スラグ	80以上

なお、試験方法は、日本道路協会アスファルト舗装要綱の付録の路盤材料の修正CBR試験方法による。

#### 4. 試験方法

##### 4.1 呈色判定

4.1.1 試験用器具 試験用器具は、次のとおりとする。

- (1) 容器及びふた 容器は、JIS R 3503 (化学分析用ガラス器具)に規定する、呼び容量2000mlのビーカーとし、ふたは、時計ざらとする。



(2) 加熱装置 加熱装置は、ガスこんろ、三脚架及び金網を一組とする。

(3) 漏斗及びろ紙 漏斗は、JIS R 3503に規定する。呼び寸法50mmとし、ろ紙は、JIS P 3801〔ろ紙(化学分析用)〕に規定する、5種Bとする。

(4) はかり はかりは、ひょう量1kg、感量0.5gの上ざら天びんとする。

(5) 比色管 比色管は、JIS K 0101(工業用水試験方法)の図3(b)に示すものとする。

4.1.2 呈色標準液 呈色標準液は、JIS K 8005(容量分析用標準試薬)に規定する重クロム酸カリウムを純水に溶解し、その濃度が0.006g/lとなるように調製した溶液とする。この約100mlを比色管に入れ、せんをする。

4.1.3 試験及び操作 試験は、試料採取後24時間以内に行うものとし、操作は、次の手順による。

(1) 試料を自然含水状態のまま、500gを量り、ビーカーに入れ、約1500mlの水を加え、その水面に、相当するビーカー外側面の位置に標線を付ける。

(2) ビーカーをふたで覆い、加熱装置により加熱を行い、加熱開始後約15分で沸騰するように熱源を調節する。

その後は、弱火で約45分間煮沸を継続し、合計約60分間加熱する。

(3) 加熱終了後、直ちに(1)で付けた加熱前の水面標線まで水を追加して、かくはんし、漏斗及びろ紙を用いてろ過する。

始めの約20mlのろ紙は捨てて、次のろ液の約300mlを検水とする。

(4) 直ちに検水の約100mlを比色管にとり、室内の昼光下で白紙を背面に置き、呈色標準液を基準に、目視により比較し、検水の呈色の“あり”“なし”を判定する。

この判定は、(3)の操作後20分以内に終わらなければならない。

4.2 粒度 粒度は、JIS A 1102(骨材のふるい分け試験方法)による<sup>(2)</sup>。

74μmふるいを通過する量は、JIS A 1103(骨材の洗い試験方法)により求める。

注<sup>(2)</sup> 試料は、洗い試験をしたあとのふるい残留分とする。

4.3 単位容積質量 単位容積質量は、JIS A 1104(骨材の単位容積重量及び実積率試験方法)による。

#### 4.4 一軸圧縮強さ

##### 4.4.1 試験用装置器具

- (1) 載荷装置及び力計 載荷装置の能力は、3 t以上で、その力計の最小目盛が10 kg以下のもの又はこれと同等の性能をもつものとする。  
一方の加圧板は、球接面をもつものでなければならない。
- (2) 水そう 水そうは、水温を $20 \pm 3$ ℃に保つことができるものとする。
- (3) はかり はかりは、ひょう量5 kg以上、感量2 gの上ざら天びんとする。
- (4) 気密容器 気密容器は、試料を貯蔵するための適当な大きさの気密の容器とする。
- (5) 含水量試験用具 含水量試験用具は、JIS A 1203（土の含水量試験方法）に規定するものとする。
- (6) 突き棒 突き棒は、直径9 mm、長さ30 cmの丸鋼とし、その先端を半球状にしたものとする。
- (7) モールド、カラー及び底板 モールド、カラー及び底板は、JIS A 1210（突固めによる土の締固め試験方法）の2.1に規定する10 cmモールド、カラー及び底板とする。
- (8) ランマー ランマーは、JIS A 1210の2.2に規定する4.5 kgランマーとする。
- (9) 試料押し出し器 試料押し出し器は、JIS A 1210の2.3に規定する装置とする。
- (10) ストレートエッジ ストレートエッジは、JIS A 1210の2.8に規定するものとする。
- (11) 静置板 静置板は、長さ約40 cm、幅約15 cm、厚さ約1.5 cmの平らな木製のものとする。

##### 4.4.2 供試体の作製 供試体の作製は、次のとおりとする。

- (1) 試料の調製 約10 kgの試料に水を加え、含水量を最適含水比=1%になるように調整し、気密容器内で24時間以上保存する。  
含水量の測定は、JIS A 1203による。  
最適含水比は、JIS A 1210の2.5-bにより求める。
- (2) キャッピング材料 キャッピング材料は、表3の材料を乾燥状態で混合して使用する。

表 3

材 料	質量配合比
スラグ又は細砂(1.2mmふるい <sup>(3)</sup> を通過するもの)	5
セメント <sup>(4)</sup>	1

注<sup>(3)</sup> JIS Z 8801に規定する標準網ふるい1190 $\mu$ mである。

(4) セメントは、次のいずれかの規格に適合したもの又は品質がこれらと同等以上のものでなければならない。

JIS R 5210 (ポルトランドセメント)

JIS R 5211 (高炉セメント)

JIS R 5212 (シリカセメント)

JIS R 5213 (フライアッシュセメント)

### (3) 供試体の成形

- (a) 底板に薄いビニルシートなどを敷き、モールド及びカラーをセットした後、4.4.2(2)のキャッピング材料約50gを入れ、はけでほぼ均一に敷きならす。
- (b) 含水量を調整した試料を、3層に分けて突き固める。突き固め後の各層の厚さは、ほぼ等しくなるようにし、仕上り面がモールド頂面からわずかに下になるようにする。
- (c) 試料をモールドに入れた時、各層共、突き棒で周囲に沿って約15回突く。
- (d) ランマーは、各突き固め面より45cmの高さから42回自由落下させ、均等に突き固める。突き固めは、コンクリート床のような堅固で平らなところで行う。
- (e) 突き終わった面は、先のとがった鋼棒などで、表面を軽くかき起こし、各層の密着をよくする。
- (f) 突き固め終了後、カラーを取り外して、キャッピング材料を約50g散布し、その上をストレートエッジで、水分がキャッピング材料の上部にあがってくるまで押し付けるように平滑に仕上げる。底板を注意深くとり外し、モールドの外部についた材料をふきとる。

4.4.3 供試体の養生 試料押し出し器により、直ちに供試体をモールドから取り出して静置板に載せ、そのまま温度20 $\pm$ 3℃の空气中で13日間養生する。

そのあと温度20 $\pm$ 3℃の水中で24時間水浸する。

#### 4.4.4 一軸圧縮試験

(1) 供試体を水中から取り出し、その表面水を柔らかい布でふきとり、直ちに載荷装置の定位置に置き、毎分1mmの変位を生ずる速さで載荷する。

載荷は、力計の読みが最大値を示すまで行い、この最大値を最大荷重とする。

(2) 試験は、同時に採取した材料について3回行い、一軸圧縮強さは、その平均値とする。

(3) 供試体の1回の一軸圧縮強さは、次の式によって計算し、JIS Z 8401(数値の丸め方)によって小数点以下1けたに丸める。

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

ここに  $\sigma$  : 一軸圧縮強さ (kgf/cm<sup>2</sup>) { N/cm<sup>2</sup> }

$P$  : 最大荷重 (kgf) { N }

$A$  : 供試体の断面積 (78.5 cm<sup>2</sup>)

### 5. 検 査

5.1 検査項目 検査項目は、呈色判定、粒度、単位容積質量、一軸圧縮強さ及び修正C.B.Rとする。ただし、受渡当事者間の協定により、検査項目の一部を省略してもよい。

5.2 ロットの大きさ ロットの大きさは、JIS Z 9001(抜取検査その1)又は受渡当事者間の協定によって決定し、試料を採取するものとする。

#### 5.3 検査方法

5.3.1 呈色判定は、4.1によって試験し、3.2の規定に適合すれば合格とする。

5.3.2 粒度は、4.2によって試験し、3.3の規定に適合すれば合格とする。

5.3.3 単位容積質量は、4.3によって試験し、3.4の規定に適合すれば合格とする。

5.3.4 一軸圧縮強さは、4.4により試験し、3.5の規定に適合すれば合格とする。

5.3.5 修正C.B.Rは、受渡当事者間の協定による。

6. 表示 スラグの送り状には、次の事項を表示する。

- (1) 種類及び記号
- (2) 製造業者名又はその略号
- (3) 製造工場名又はその略号
- (4) 製造年月

- 引用規格： JIS A 1102 骨材のふるい分け試験方法
- JIS A 1103 骨材の洗い試験方法
- JIS A 1104 骨材の単位容積重量及び実積率試験方法
- JIS A 1203 土の含水量試験方法
- JIS A 1210 突固めによる土の締固め試験方法
- JIS K 0101 工業用水試験方法
- JIS K 8005 容量分析用標準試薬
- JIS P 3801 ろ紙（化学分析用）
- JIS R 3503 化学分析用ガラス器具
- JIS R 5210 ボルトランドセメント
- JIS R 5211 高炉セメント
- JIS R 5212 シリカセメント
- JIS R 5213 フライアッシュセメント
- JIS Z 8401 数値の丸め方
- JIS Z 8801 標準ふるい
- JIS Z 9001 抜取検査通則（抜取検査その1）

## 道 路 用 ス ラ グ 解 説

I. 制定の主旨 現在、道路などの路盤材料としての高炉スラグは、年間約1,400万トン使われているが、その品質上の規定については必ずしも統一した基準がない。

今回、これのJIS化を図る目的は、この点にあり、JIS化により、品質の安定、向上に役立つのみならず、省資源の面でも大いに効果があるものと思われる。

II. 審議経過及び審議中の問題点 このJISの基になる規格原案は、鉄鋼スラグ協会（旧日本鉄滓協会）において作成され、昭和49年2月に工業技術院へ提出されたものである。

工業技術院では、所定の手続きを経て日本工業標準調査会土木部会道路用スラグ専門委員会を設置し、昭和50年4月から54年6月にかけて5回の審議を行った。また、土木部会の議決は、昭和54年6月に行われている。

審議中の問題点としては、第4回の専門委員会において高炉スラグが路盤材料として長時間、雨などと接触した場合に生じる黄色水や臭いの問題が指摘されたことである。これについては、現在、製造業者において、このような障害のおそれのないスラグの製造方法を確立し、これを製造出荷しているが、JISの面では、規格本文にあるとおり呈色判定試験を採用し、これに合格することを規定している。ただし、これらの修正原案作成までに期間を要したため、現状とのずれが若干生じたので、種類、修正CBRの追加などを行っている。

III. 制定内容の要点

1. 適用範囲 この規格は、路盤材料として使われる高炉スラグに適用するものであるが、この高炉スラグをスラグという呼び方にしたのは、既に日本道路協会編“アスファルト舗装要綱”や東京都材料規格“土木材料仕様”でスラグという用語を用いており、一般的な呼び名となっているためである。

また、本文備考1.を補足すれば、熔融スラグは冷却条件によって水硬性をもつ粒状材料とすることも、また水硬性の弱い岩石状の材料とすることもできる。この規格に規定したスラグは、高炉で生成される熔融スラグを各製鉄所の様式に応じて、冷却速度条件を変えて冷却し砕いたもの、あるいはこれに細粒部分を補うために、前記の粒

状材料を混合したもので、用途に応じて所定の粒度にしたものである。

なお、参考として、高炉スラグの生成と成分を次に示す。

#### 高炉スラグの生成と成分

- (1) 銑鉄は、高炉（溶銑炉）内でコークスを燃焼させることにより、鉄鉱石の酸化鉄が還元されて製造され、スラグはその副産物として生成される。
- (2) 一方、石灰石の主成分である酸化カルシウム（CaO）や、鉄鉱石及びコークス中の灰分に含まれている二酸化けい素（SiO<sub>2</sub>）、酸化アルミニウム（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）などが、高炉スラグの主成分となる。
- (3) 高炉スラグには、銑鉄製造において、コークスなどの原料に含まれる硫黄を銑鉄にできるだけ含有させないようにするための脱硫機能や高炉操業上のその他の機能が要求される。このためには、高炉スラグの化学組成を適切なものにするのが大切であり、石灰石は高炉スラグの成分調整上、原料として必要である。

解説表 1 高炉スラグの化学成分の一例(例)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	T.S.
A 社	32.2	14.6	41.2	7.8	0.58	0.22	1.20
B 社	32.8	15.3	41.8	7.4	0.98	0.36	1.16
C 社	33.4	14.8	41.6	6.1	0.58	0.35	1.00
D 社	34.0	14.9	43.1	4.2	0.48	0.33	0.90
鉄連調査結果 (昭和48年)	31~39	13~19	38~44	3~8	0.3~1.4	0.2~0.5	0.7~1.3

2. 種類及び記号 道路用スラグの種類は、道路舗装工法の進歩発達に伴い、需要ひん度の高いものを選び、本文表1に示す種類としている。

なお、記号の意味は、次のとおりである。

C SはCrusher-run Slagの略

M SはMechanically Stabilized Slagの略

H M SはHydraulic and Mechanically Stabilized Slagの略

数字は、骨材の最大寸法を示し、骨材が質量で95%以上通過するふるいのうち、ふるい目の開きが最小のもの呼び寸法で示している。

### 3. 品 質

- 3.1 スラグは、その製造過程において、ごみ、どろ、有機物などが含まれることは

ないが、運搬、貯蔵などの過程で混入することも考えられるので本項を規定した。

3.2 従来の道路用スラグのなかには、浸水した場合、硫黄及び硫化物により、その水が黄色を呈し、硫化水素臭を発生するものがあった。

1.現在の製品はほとんどそのようなことはないが、2.審議経過及び審議中の問題点欄に記載のとおり、何らかの形で規定する必要があるので、本項を設けた。

なお、臭気についても、呈色しないものは4.1呈色判定の解説に詳述するように臭気もないので、特に規定を設けていない。

### 3.3 粒 度

(1) 表2の粒の大きさの範囲及び粒度分布は、HMS-25を除き、JIS A 5001 (道路用砕石)に準拠している。

(2) HMS-25の粒度範囲が、JIS A 5001の呼び名M-25の粒度範囲より狭いのは、中央値に近づけて締固め時の密度を安定させ、併せて均一な水硬性を発揮させるためである。

また、材料の分離を少なくするために、最大粒径を25mmとした。

3.4 単位容積質量 現在生産されているスラグの単位容積質量は、1550～1900 kg/m<sup>3</sup>の範囲にあるが、粒度調整スラグ及び水硬性粒度調整スラグの場合、この値があまり小さいと所要の路盤の支持力が得られないおそれがあるので、これを規定した。

3.5 一軸圧縮強さ HMS-25は、ガラス質スラグを適量含んでいることにより水硬性を発揮し、遅硬性であるが長期的に耐久性と安定性が期待できるので、一軸圧縮強さで品質を規定した。

7日強さ又は90～180日の強さで品質を規定すべきであるという意見もあったが、遅硬性のため短期の強さは小さく、かつばらつきがあって品質の評価が難しく、また長期の強さは品質管理及び使用上実状に沿わないので、比較的安定な13日気乾養生、1日水浸後の強さで規定した。

解説表2は、昭和50年8月、道路用スラグ専門委員会分科会で行った一軸圧縮強さの合同試験結果を示してある。これにより品質水準12kg/cm<sup>2</sup>に対する信頼限界は約97%の確率で期待できるので、一軸圧縮強さを2週強さを12kgf/cm<sup>2</sup>以上と規定した。



解説表 2

項目	n の数	推定標準偏差 $\sigma_6$	平均値 $\bar{X}$ kgf/cm <sup>2</sup>	$\bar{X}-12$ kgf/cm <sup>2</sup>	$\bar{X}-12$ に相当する $\sigma_6$	信頼限界の確率 %
軸圧縮強度(1)	32	3.315	18.11	6.11	1.84	96.71

(メーカー製品7種類を7機関で行った32個の試験結果を示す。)

3.6 修正CBR 修正CBRは日本道路協会編アスファルト舗装要綱中の材料の品質規定に修正CBRが規定されており、このJISでも規定化を要望されたので、本項を設けた。ただし、その試験方法などについては現在JISがないので、修正CBRを求める場合の値及びその試験方法を参考としている。

以下にその試験方法を紹介する。

路盤材料の修正CBR試験方法

1. 適用範囲 この試験方法は、アスファルト舗装に用いる路盤材料の修正CBRを求める場合に適用する。

2. 試験方法

(1) JIS A 1211に従い突固め回数3層92回における試料の最適含水比を求める。

(2) 試料の約50kgを最適含水比との差が1%以内になるように水を加えてよく混ぜ、密閉試料箱に入れて含水比の変化を防いでおく。水となじむのに時間がかかる試料ではそのまま12時間以上おいたのち試験に供する。

(3) 試料をモールドに入れ、各層92、42及び17回の突固めによる供試体を3個ずつつくる。

なお、突固めに先だつて試料の含水比を測定し、最適含水比と1%以上の差がないことを確かめておく。

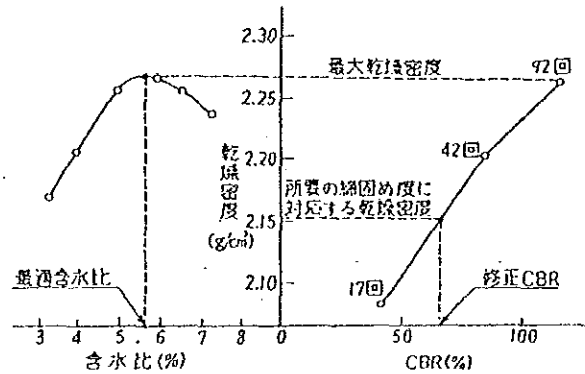
(4) 各供試体は乾燥密度を求めるとともにJIS A 1211に従って4日水没後のCBRを測定する。

(5) おのおの3個の平均値から求まるCBR-乾燥密度曲線と(1)で求めた含水比-乾燥密度曲線とを縦軸に乾燥密度、横軸に含水比及びCBRをとつて、付図-4.1のようにえがく。図中に所要の締固め式に対応する乾燥密度で水平線を引きCBR-乾燥密度曲線との交点を求める。この交点から

垂線をおろせば横軸との交点が路盤材料の修正 C B R となる。

- (6) 試験にあたっては、骨材の最大寸法を 40 mm とし、40 mm 以上の骨材は取り除いて行う。

付図-4.1 乾燥密度・含水比・C B R 関係図



### 3. 報 告

- (1) 最適含水比 (%)
- (2) 最大乾燥密度 (g/cm³)
- (3) 締固め度 (%)
- (4) 修正 C B R (%)

(アスファルト舗装要綱 昭和53年改訂版 付録4-1)

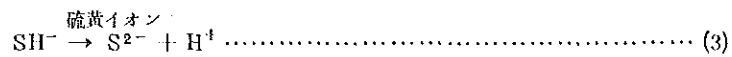
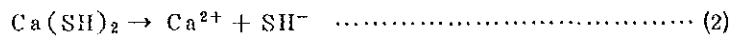
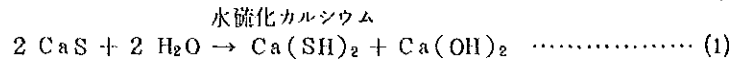
なお、塑性指数についてはスラグの細粒分は、非塑性 (NP) であって、シルト質や粘土分などを全く含まないので、塑性指数の規定は設けなかった。

また、すりへり減量についても、現在生産されているスラグのすりへり減量は最大値でも 40% 程度であり、かつ、すりへり作用で細粒化したものは、シルトや粘土分ではなく、むしろ水硬性の発揮などに寄与するものであるので、特に規定していない。更に安定性についても、スラグは、多くの試験の結果から安定性が高いことを示しているため、これまた規定しなかった。

### 4. 試 験 方 法

- 4.1 呈色判定 この試験は、スラグの黄濁水及び硫化水素臭の発生しないことを確認するために行うものである。

路盤用高炉スラグの浸せき水が黄色を呈するのは、このスラグ中に主として硫化カルシウム (CaS) の形で含まれている硫黄 (S) 類の溶出に起因し、以下の式のように、硫化カルシウムが徐々に水に溶けて硫黄イオン (S<sup>2-</sup>) を生成し、これが同じくスラグ中に微量に存在する単体硫黄 (S) と反応して、黄色の多硫化イオン (S<sub>r</sub><sup>2-</sup>) が生成するためと考えられている。



本試験では、上式の反応を行い、試料中の多硫化イオンを溶出するに際し、常温水での反応速度は非常に緩慢なため、反応が完了するまでに3週間以上を要する場合が多いので、反応を促進して迅速に判定できるように、60分間加熱する。同液比については、環境庁告示13号(昭48.2.17)に定める試料液の濃度(重量体積比10%の割合)などの条件より更に厳しい条件として万全を期すために規格本文4.1.3(1)において、試料500gを量り、それに約1500mlの水を加えるように規定した。

また、この多硫化イオンは非常に不安定で、空気中の酸素(O<sub>2</sub>)で酸化されて比較的速やかに安定なチオ硫酸イオン(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>)、硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)となり、色相が逐次消失するので、試験は試料採取後24時間以内に行うものとし、また検水作製後20分以内に判定を終わるように規定してある。

いずれにしてもこの試験は、短時間に簡単で、かつ精度よく判定できる実用的な方法であり、かつ約2か年間の適用試験の実績から問題がないことが確認されている。エージングをしないスラグの場合は、温泉臭と同質の硫化水素(H<sub>2</sub>S)臭が前記(1)~(4)の反応において発生するが、エージングされたスラグの場合は硫黄化合物が安定化されるため硫化水素臭は発生しない。

また、臭気については、この呈色判定試験にさいし酢酸鉛による硫化水素の検知管を用いて、煮沸中の発生ガスを検知する試験においても、呈色のないものはすべて検知されないことが確認されている。

なお、エージングとは、所定の粒度に破砕したスラグを、含水状態で、適当な高

さに山積してばっ気を継続し、スラグ中の硫黄化合物を呈色のない状態まで所要期間酸化する方法をいう。

4.1.1 呈色標準液 呈色標準液の溶質に重クロム酸カリウムを使用したのは、この水溶液が路盤用高炉スラグの呈色水の色相に近似しているからである。

また、呈色標準液の濃度を  $0.006\text{g/l}$  としたのは、この濃度が目視観察で、ほとんど無色であるからである。

なお、標準液の作り方には、次の方法がある。

0.006g/lの薄い濃度の標準液を精密につくるには、まず重クロム酸カリウムをメノウ乳鉢で、約60メッシュ以下にすりつぶし、約110℃の乾燥機で3時間以上乾燥する。この乾燥した重クロム酸カリウムの0.2gをあらかじめ化学天びん(秤)などで正確に量りとり、1,000mlのメスフラスコ(検定したもの)を用いて約25℃の水を加えてよくふりまぜて、0.0002g/mlの濃度になるように溶解して原液とする。次いでこの原液の15mlをホールビベット(検定したもの)を用いて500mlのメスフラスコ(検定したもの)に正確に量りとり、約25℃の純水を加えて500mlに稀釈する。

4.2 粒度 粒度の試験については、JIS A 5001に準じてJIS A 1102(骨材のふるい分け試験方法)及び $7.4\mu\text{m}$ 通過量については、JIS A 1103(骨材の洗い試験方法)によることとした。

なお、試料は洗い試験をした後のふるい残留分としたが、これは粗い粒子に付着してとどまる微粒子の誤差を避けるためである。

4.3 単位容積質量 単位容積質量の試験方法は、一般に行われているJIS A 1104(骨材の単位容積重量及び実積率試験方法)によることとした。

4.4 一軸圧縮強さ この試験は、水硬性粒度調整スラグのみについて適用するものである。このスラグはセメントに似て水和反応によって硬化してゆく性質があるので、その水硬性を一軸圧縮強さで評価するものである。

4.4.1 試験用装置器具

(1) 載荷装置及び力計 載荷装置には、圧縮試験機(アムスラー、オールゼン等)、スクリージャッキと圧力計などがある。

(2) はかり はかりは、JIS A 1210(土の突固めによる締固め試験方法)で

は、ひょう量10kg、感量5gのものを規定しているが、この規格では底板を除いた重量を測定するので、ひょう量5kg以上感量2gのものとして規定している。

- (3) 突き棒 突き棒を直径9mmと規定したのは、突き棒を使用してモールド周辺の試料の粒度の偏在を防止する際に、コンクリート試験などに使われている直径16mmの太い突き棒では十分な操作ができないからである。
- (4) 静置板 静置板は、供試体を載せて移動し、また、養生期間中の供試体置き台とするので、ひずみやたわみによって供試体を損傷又は崩落することがないような木製のものがよい。

#### 4.4.2 供試体の作製

- (1) 試料の調製 試料は、含水量を最適含水比±1%になるように調整し、気密容器内で24時間以上保存することに規定したが、その理由は、最適含水比は各社のスラグの性状により7~13%と差があり、かつ、これが圧縮強さに及ぼす影響が大きいことから、含水量を最適含水比±1%として、強さの誤差が大きくなるのを回避したためである。

なお、最適含水比の測定は、毎回行うのが望ましいが、過去に十分安定した信頼できるデータがある場合は、この限りでない。

なお、修正CBR試験で求めた最適含水比を使用しても差し支えない。

また、スラグには、微細な気泡組織があるために、含水するのに時間がかかるので、含水量の調整は、気密室内で24時間以上の時間をかけることが必要である。

- (a) 供試体の成形にさいし、突固め後の仕上り面をモールド頂面からわずかに下になるようにしたのは、供試体の成形にさいし、突固め後の仕上り面をモールド頂面からわずかに下になるようにしたのは、供試体にキャッピングをするための余裕をみたもので、キャッピング代は約3mm厚と想定し、作り方に熟練する必要がある。試料を盛り過ぎて、突固め後の表面をストレートエッジで削るようなことは、突き固めた面を緩めることとなり、強さ試験の結果に及ぼす影響が大きいので、厳に避けなければならない。
- (b) この項では供試体の成形にさいし、試料をモールドに入れたとき、各層とも粗大な粒がモールド周辺に偏らないように注意することが必要である。

- (c) 供試体の成形にさいし、ランマーの突固め回数を各層42回としたのは、JIS A 1210の呼び名2.5bに等しい締固めエネルギーになるようにしたものである。

なお、ランマーを落下させるときは、ランマーの打撃面が試料の突固め面を均等に打つようにしなければならない。そのためには、ランマーをモールドの縁に沿って落下させ、5～6回の落下でモールド内縁をひとまわりし、次の1回ぐらいをモールド中心部に落下させるといった操作を繰り返して規定回数 of 突固めを行うのがよい。

突固め試験においては、手動のランマーにより突き固めるのが望ましいが、機械的自動突固め装置が多く使用されているのが実情である。このような機械的なランマーは手動による基準のランマーの突固め効果と同一にする配慮が必要である。米国材料協会 (ASTM D 2168-77) では、想定された円筒形の鉛の試験片にランマーを落下して、両者による変形が等しくなるように機械的ランマーの質量を調節する規定を設けている。

いずれにしても突固め機は、さびつき、油切れ、摩耗、ダスト詰まりなどのためランマーの自由落下を妨げないよう、点検整備が必要である。

- (d) この項では供試体の成形にさいし、試料の突固めるとき、各層の密着をよくするために一層及び二層の突き終わった面は、先のとがった鋼棒などで粗大な粒子を掘り起こさないように注意しながら、縦横に深さ2～3mm程度に軽くかき起こす必要がある。

- (e) 供試体のキャッピングにさいしてはその仕上り面の平面度は、圧縮強さに影響が大きいことから0.05mm以内に仕上げる必要がある。

なお、ここでいう平面度とは、平面部分の最も高いところと、最も低いところを通る二つの平行な平面を考え、この平面間の距離をもって表す。

- 4.4.3 供試体の養生 ここではモールドから取り出した供試体は、取り扱い中に変形、破損などがないように十分慎重に取り扱うことが必要である。

また養生は、 $20 \pm 3$ ℃で13日間気乾養生を行ったのち、温度 $20 \pm 3$ ℃の水中で24時間水浸することにしてあるが、その理由は次による。

- (1) 養生温度は、寒暖時における試験温度の調整を簡易にし、現場試験室などで行う場合も考えて $20 \pm 3$ ℃とした。

(2) 養生は、気乾養生と密封養生では差があり、強度の発現は気乾養生のほうが高い。

また、気乾養生と密封養生の相関は、養生材令2週間でははっきりしないが、長期材令では相関があり、日時の経過によって硬化してゆくことが明らかとなっている。この規格では密封養生は硬化に時間がかかるため、気乾養生とした。

なお、養生室は、相対湿度40～60%に保つことが望ましいが、一般の試験室の場合、この程度の湿度の範囲にあるので特に規定していない。

#### 4.4.4 一軸圧縮試験

(1) 供試体の強さは、その乾燥状態や温度によって相当に変化する場合もあるので、水浸を終わり表面水を柔らかい布でふきとったのち、直ちに試験をする必要がある。

(2) 供試体の上下端面及び載荷装置の上下の加圧板の圧縮面を清掃する。

(3) 供試体を、その中心軸を加圧板の中心に合わせ、加圧板と供試体の端面を直接密着させ、その間にはクッション材を入れてはならない。

(4) 供試体に衝撃を与えないように、一様に荷重を加える。載荷の速度は1分間1mmと規定しているが、載荷速度が速いときは遅いものよりも抵抗荷重は大きくなる。

載荷は、力計の読みが最大値を示すまで行い、その最大値を有効数字3けたまで読み、これを最大荷重とする。

(a) 一軸圧縮強さの計算式中の $78.5cm^2$ は、供試体の直径の実測値が変化したときは修正しなければならない。

なお、供試体の直径は、供試体の高さの中央で互いに直交する2方向の直径を0.2mmまで測り、その平均値を直径とする。

(b) 一軸圧縮強さの計算とともに、供試体作製時の湿潤密度、含水比、乾燥密度及び供試体水浸時の吸水率を計算しておくことよ。

## 5. 検 査

ロットの大きさ 抜取検査方式には、各種のJISが整備されているので、これを採用すると便利である。

6. 表示 表示項目としては4項目あるが、この中の製造年月は、品質保証の観点から出荷年月とする。