

# 構造と動作

本真空開閉器は多頻度操作に適したシンプルな構造、操作機構を採用しています。

第3図に外形図、第4図に構造断面図を示します。

真空バルブは操作器箱に垂直に取付けられた支持導管に固定されており開閉軸の回転運動により直接開閉されるため、機械的に最も安定した取付構造となっています。

第5図に動作説明図を示します。

### 投入動作

投入コイル②が励磁されると、マグネットプランジャ③がP矢方向に動き、自由引はずし機構④のローラ⑤を突き上げます。それにより駆動軸⑥が反時計方向に回転し、操作桿⑦によって開閉軸⑧がQ矢方向に回転し投入動作を行うと同時にしゃ断スプリング⑨と接触スプリング⑩を圧縮し、しゃ断動作の駆動エネルギーを蓄積します。

接触スプリング⑩は短時間電流や投入電流によって生ずる電磁反発力により真空バルブの接点が発熱するのを防止するためのもので、接点が接触してか

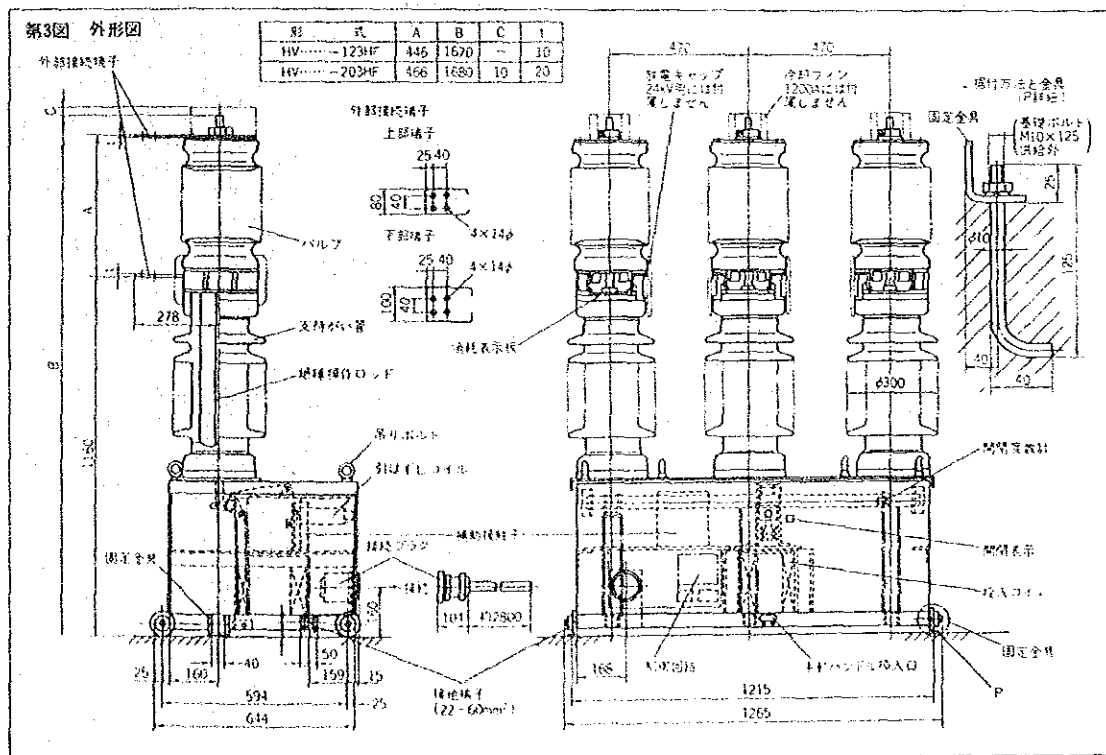
ら更に圧縮して、接点に接触圧力を与えます。

### しゃ断動作

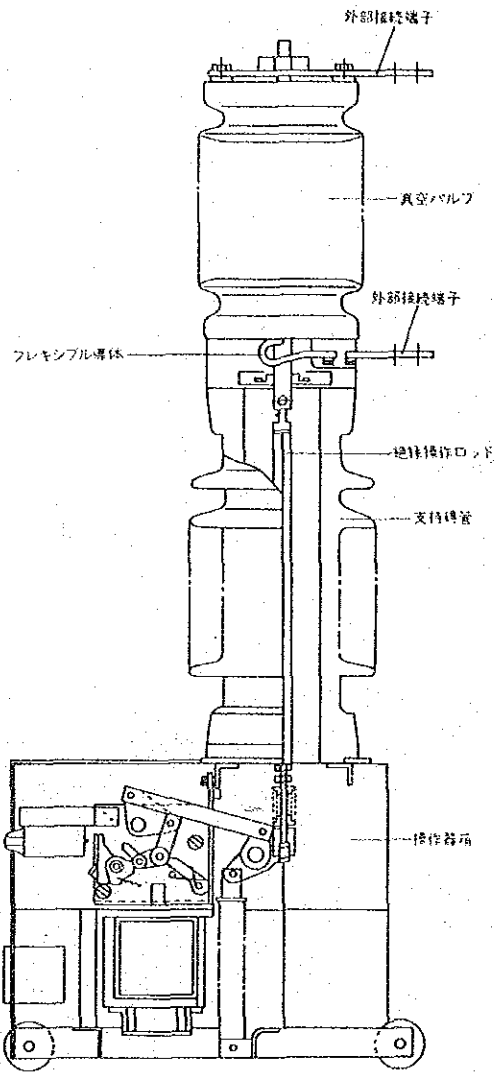
しゃ断指令が与えられると、引はずしコイル③が励磁され、引はずしレバー④を時計方向に回転させ、しゃ断用ラッチ⑦の嵌合がはずれ、しゃ断スプリング⑨と接触スプリング⑩のエネルギーにより開閉軸⑧は反Q矢方向に回転し、しゃ断動作を行います。

第6図に投入、しゃ断操作回路図を示します。

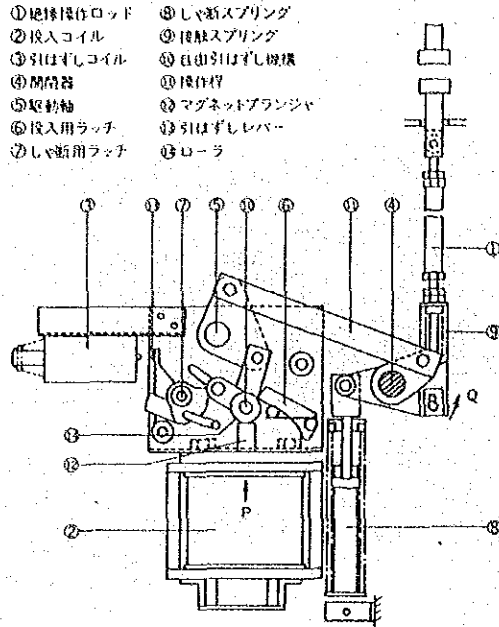
特に投入操作に必要な電流が小さく、直流電源装置を必要としません。



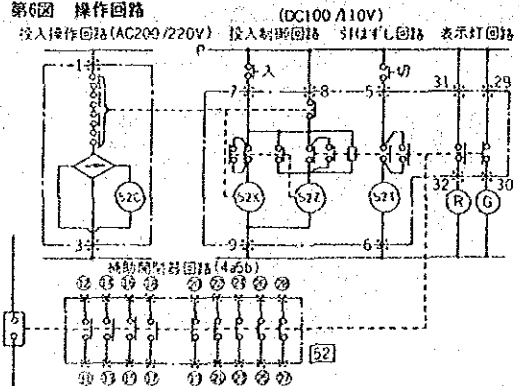
第4図 構造断面図



第5図 動作説明図



第6図 操作回路



52: 補助閉鎖器 (1)本図は「閉」の状態を示します。  
 52C: 投入コイル (2) [ ]内は閉鎖器本体を示します。  
 52I: 引はずしコイル (3) [ ]印部分は顧客の仕様を示します。  
 52X: 投入用電磁接触器 (4)表示灯は別設置品を使用します。  
 52Z: 戻り投入防止リレー  
 R, G: 表示灯  
 ○: 負付電圧

# 定格と仕様

第1表 炉用多頻度真空開閉器の定格と仕様



項目		形式		HV1220PA -123HF	HV1220PA -203HF	HV1230PA -123HF	HV1230PA -203HF
定格	電圧[kV]			24		36	
	電流[A]			1200	2000	1200	2000
	しゃ断電流[kA]			6	6	5	5
	しゃ断容量[MVA]			250	250	310	310
	投入電流[kA]			315	315	315	315
	短時間電流(2秒)[kA]			125	125	125	125
	開極時間[秒]			0.035	0.035	0.035	0.035
	しゃ断時間[サイクル]			5	5	5	5
	再起電圧上昇率[kV/μs]			0.5	0.5	0.6	0.6
絶縁階級				20号B		30号B	
標準動作義務				CO-15秒-CO			
無負荷投入時間[秒]				0.25			
投入操作器	操作方式			電磁			
	投入操作電流			AC200/220V 20A			
	投入制御電流			DC100/110V 0.3A			
引はずし	引はずし方式			電圧引はずし方式			
	引はずし操作電流			DC100/110V 5A			
補助開閉器数				4a+4b(外部使用可能数)			
据付方式				固定形			
寿命[回]	機械的			100,000			
		定格電流開閉	100,000	30,000	100,000	30,000	
	電氣的	定格しゃ断電流しゃ断		10			
重量[kg]				420	450	430	470

## 保守点検

本真空開閉器は交換部品なしで定格電流1200Aの場合は10万回、2000Aの場合は3万回の開閉動作ができますが、一般的な点検基準として第2表に点検箇所および点検要領とその周期を示します。

第2表 点検箇所、点検要領、点検周期

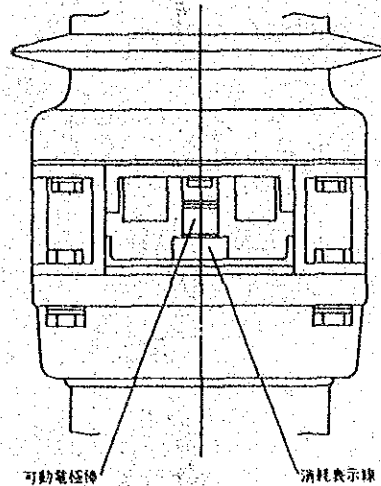
点検の種類	点検箇所	点検要領	点検周期
1. 巡視点検 開閉器を活線使用状態のまま外部から異常の有無を監視するもの	1. 開閉表示器	○開閉表示器が正確に指示していること	日常の保守点検
	2. 開閉回数計	○開閉回数計回数を確認し1200Aの場合は10万回、2000Aの場合は3万回であれば寿命です。	
	3. 外観の目視 その他	○外観の異常、または異常音、異臭等のないこと	
2. 定期点検	1. 支持導管	○じんあい等を乾いたきれいな布でふきとる。	3万回または6箇月ごと
	2. 真空バルブ	○じんあい等を乾いたきれいな布でふきとる。 ○接点消費量の測定	
	3. 端子部	○ボルト、ナット等のゆるみがないこと。	
	4. 操作器	○操作器箱の前面カバーをはずして各部の発錆、ボルトナット等の弛緩、ピン、割ピンの折損、脱落等のないこと。 ○じんあい等の清掃 ○注油基準に基づく注油	
3. 臨時点検	1. 全般	○操作回数が1200Aの場合は10万回、2000Aの場合は3万回に達した時 ○定格しゃ断電流に近い電流を10回しゃ断した時 ○接点消耗が3mmになった時 ○動作に際し異常を認めた時	随時

### 真空バルブ寿命の判定

真空バルブの寿命は、開閉回数および接点の消耗長さで判定する必要があります。

第7図真空バルブ構造図において、しゃ断器を投入した状態で消耗表示線が見えたときは、開閉回数が10万回になっていなくても交換してください。

第7図 真空バルブ構造図



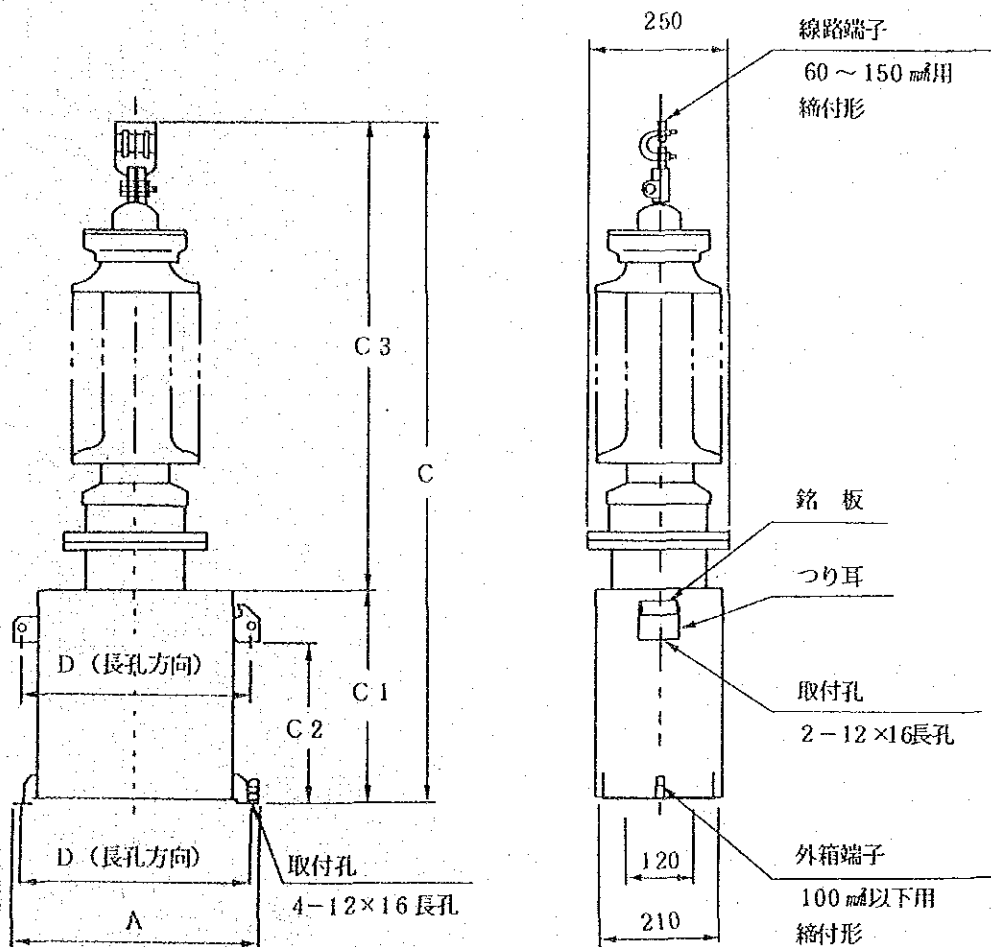
### ご指定事項

- 名称 炉用多頻度真空開閉器
- 形式 HV(1220/1230)PA-(123/203)HF
- 台数 1台
- 操作電圧  
投入操作電圧 単相AC(200/220)V(50/60)Hz  
引はずし電圧 DC(100/110)V
- 補助接点数 (4a+4b/6a+6b)
- 据付方式
- 予備品
- 特記事項 使用条件、回路構成、据付レイアウトなど

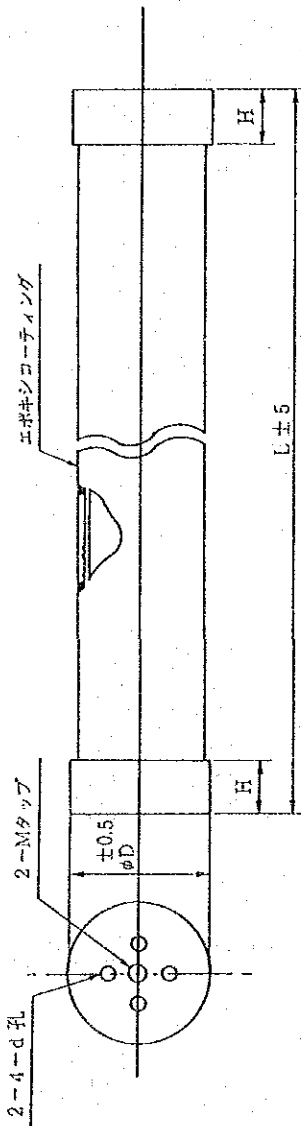
注) 真空しゃ断器採用に当っては、サージアブソーバが必要となる場合があります。

サージ吸収用コンデンサー

絶縁階級	30号A	容量許容差	定格容量の-5%~+10%
定格電圧	33/√3kV 34.5/√3kV	耐電圧	AC 70kV DC 200kV
相数	単相	最高許容過電圧	115% (24時間の平均110%)
定格周波数	50/60Hz	コンデンサ損失	0.1%以下 (at 20°C)
定格静電容量	0.1μF	温度上昇	外箱壁にて10°C以下 (at 35°C)
使用場所	屋内, 屋外兼用	内部自己インダクタンス	2μH以下
周囲温度	-20°C~+50°C	準拠規格	JEM 1362



がい管呼称 (JEM-1397)	定格静電容量	外部の寸法 (mm)						油量 (ℓ)	総質量 (kg)
		A	C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D		
33-J	0.1μF	420	1130	365	275	765	390	17	75



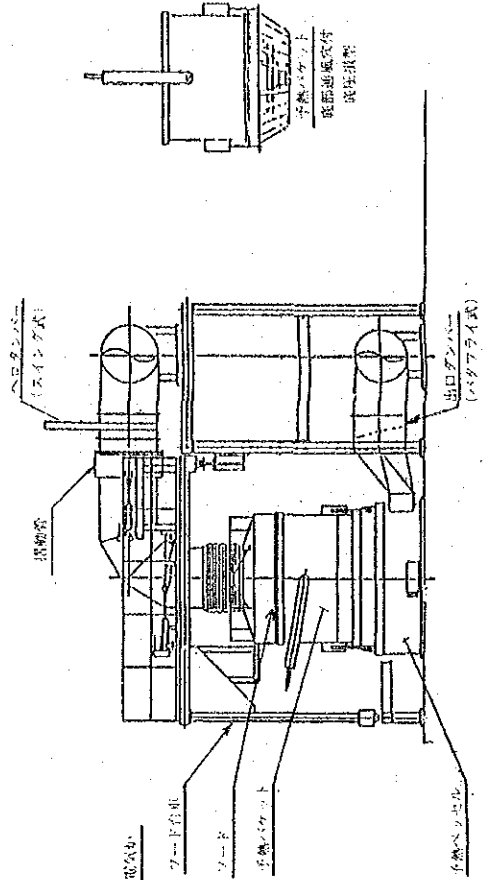
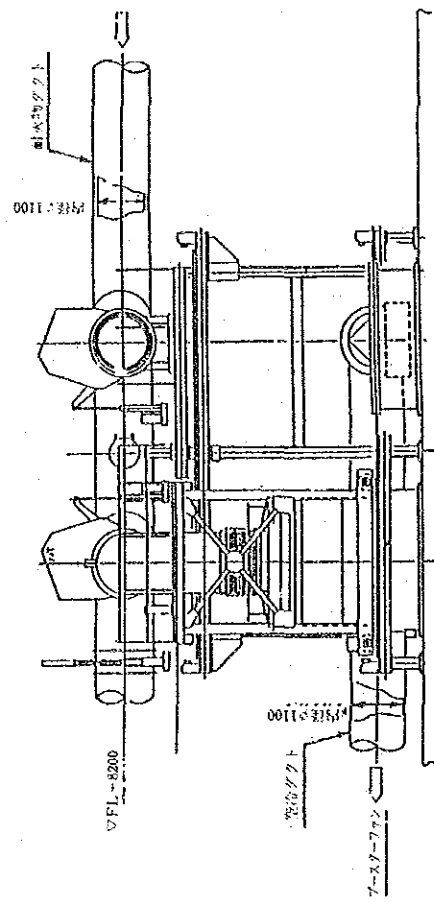
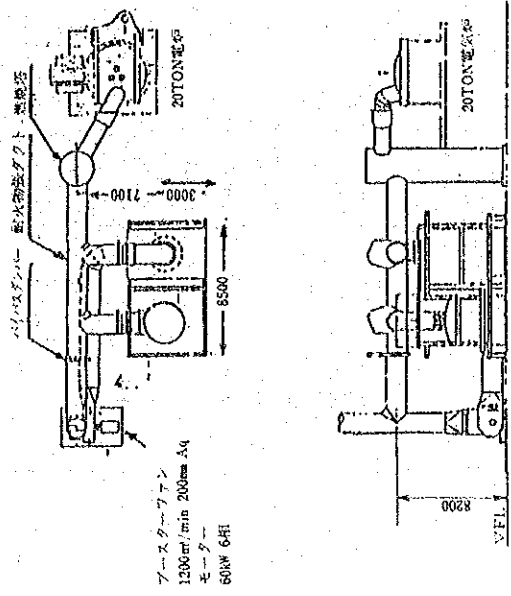
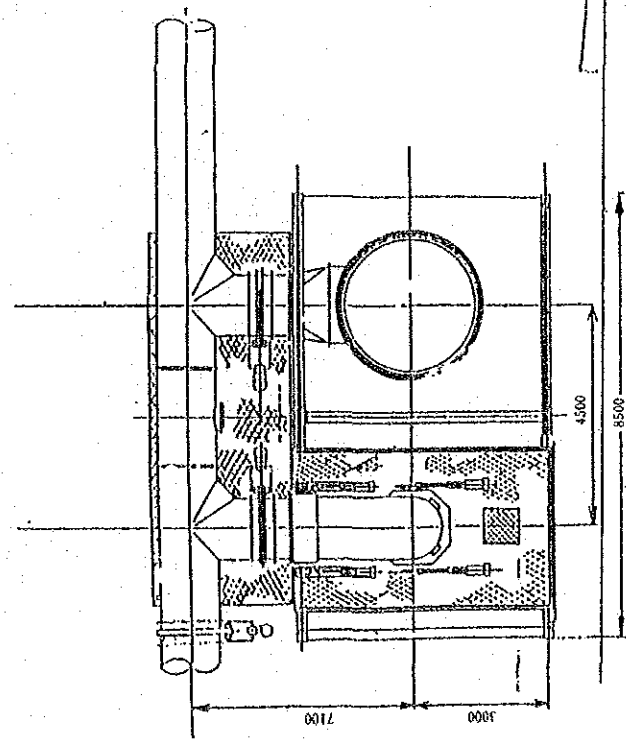
仕様

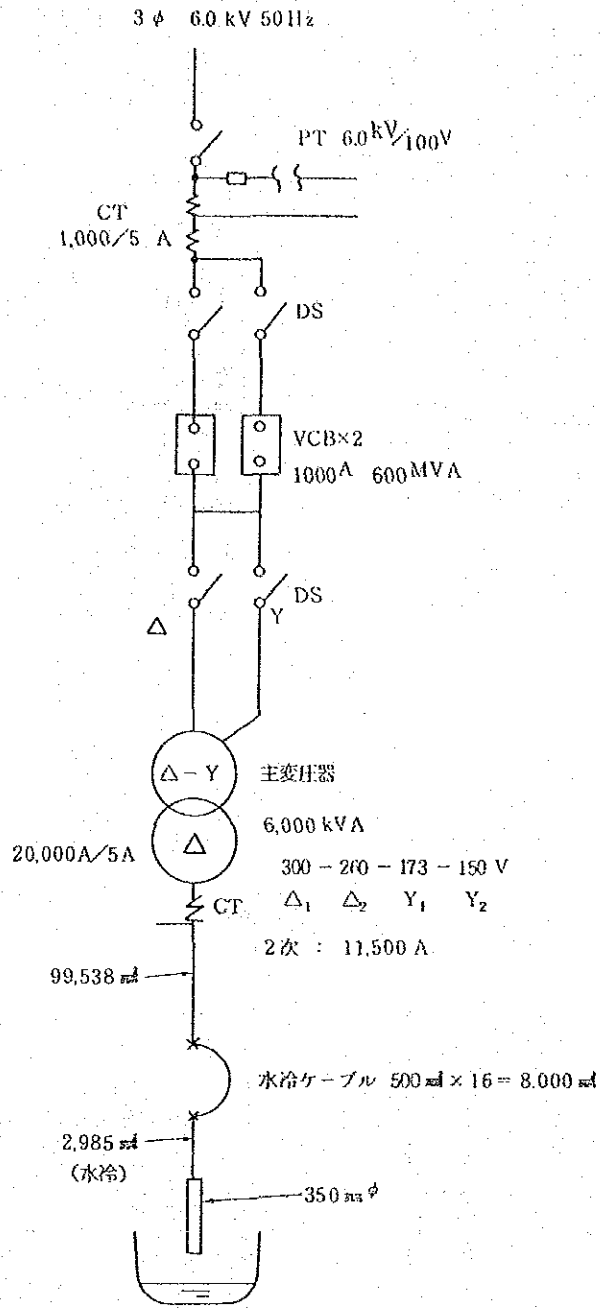
品名 サージ抑制用抵抗器  
 形名 Electroh PWW (無誘導型)

D	H	M	d
33	15	M-5	$\phi 4$ . PC $\phi 14$
45	20	M-6	$\phi 4$ . PC $\phi 15$
62	25	M-8	$\phi 7$ . PC $\phi 26$
100	30	M-12	$\phi 10$ . PC $\phi 50$

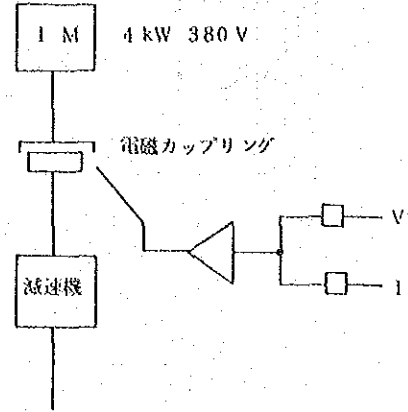
形式	抵抗値	回路電圧	Imp耐圧 ( $1 \times 40 \mu S$ )	頻度 Imp耐圧150%	端子電圧	寸法		標準重量	構成
						D	L		
001 R-31	100 $\Omega \pm 5\%$	3.3KV	45KV	10回/時	16V	33	250	300g	
002 R-32	100 $\Omega \pm 5\%$	3.3KV	45KV	10回/時	32V	33	300	325	
003 R-33	100 $\Omega \pm 5\%$	3.3KV	45KV	10回/時	48V	45	400	750	
004 R-34	100 $\Omega \pm 5\%$	3.3KV	45KV	10回/時	64V	45	400	750	
005 R-61	100 $\Omega \pm 5\%$	6.6KV	60KV	10回/時	32V	33	300	325	
006 R-62	100 $\Omega \pm 5\%$	6.6KV	60KV	10回/時	64V	45	400	750	
007 R-63	100 $\Omega \pm 5\%$	6.6KV	60KV	10回/時	96V	62	500	1,240	
008 R-101	100 $\Omega \pm 5\%$	11KV	90KV	10回/時	53V	45	400	750	
009 R-102	100 $\Omega \pm 5\%$	11KV	90KV	10回/時	106V	62	600	1,700	
010 R-103	100 $\Omega \pm 5\%$	11KV	90KV	10回/時	159V	62	600	1,700	
011 R-201	100 $\Omega \pm 5\%$	22KV	150KV	10回/時	106V	62	700	2,000	
012 R-202	200 $\Omega \pm 5\%$	22KV	150KV	10回/時	212V	62	1,000	2,560	
013 R-301	100 $\Omega \pm 5\%$	33KV	200KV	10回/時	160V	62	1,000	2,650	
014 R-302	200 $\Omega \pm 5\%$	33KV	200KV	10回/時	320V	100	1,000	4,900	
015									
016		使用条件	室内使用						
017									

# 資料 3-2-7 20T炉 スクラップ予熱装置概要図

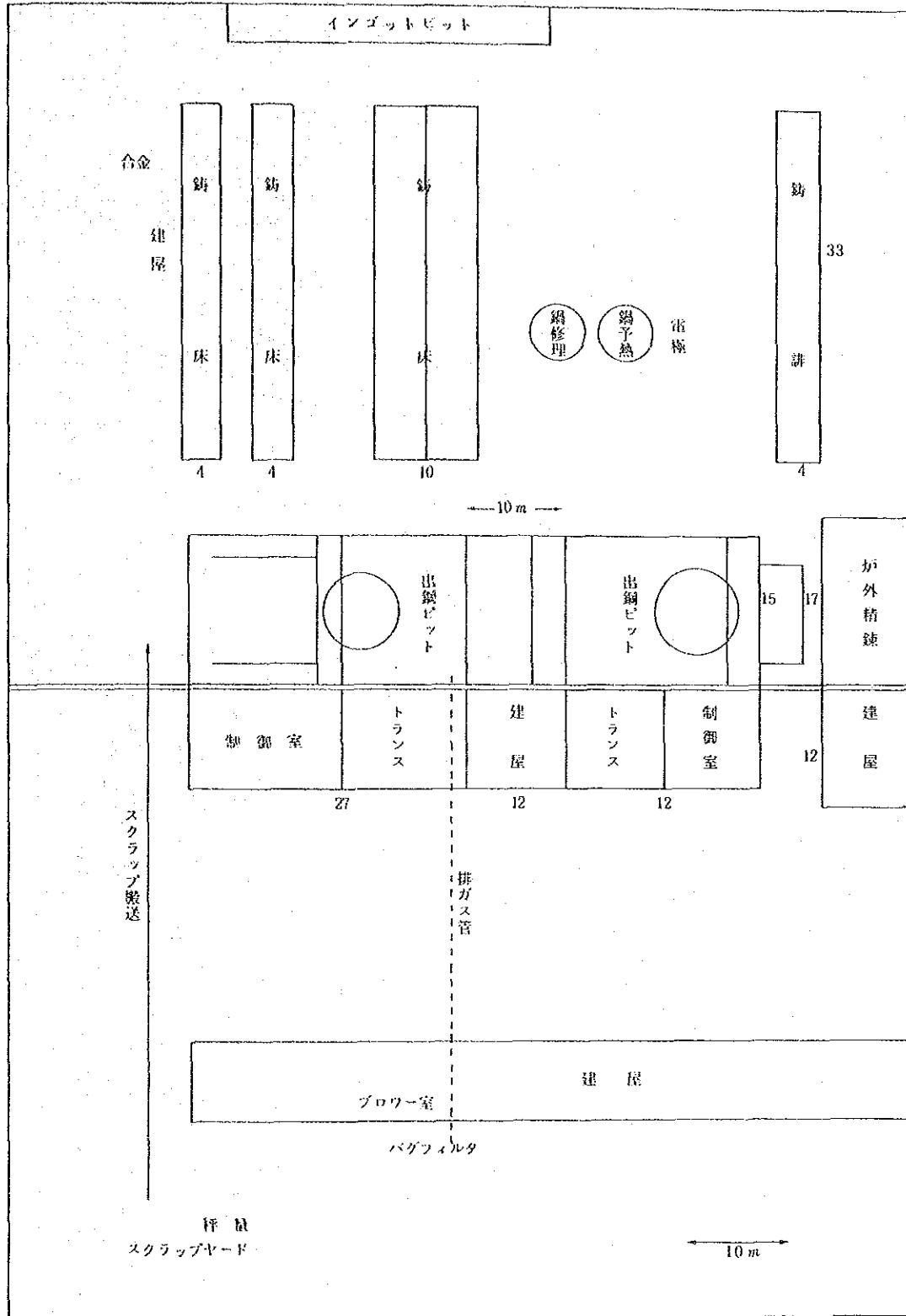




電極昇降制御



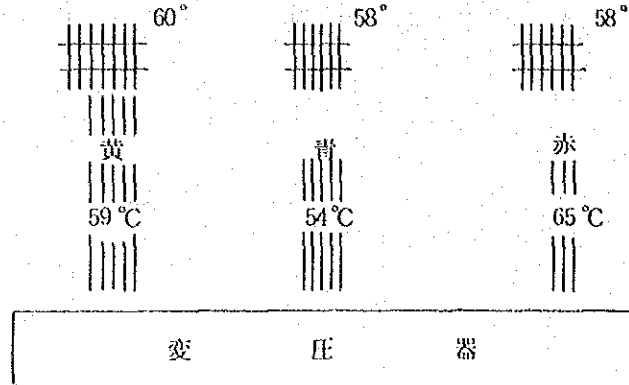




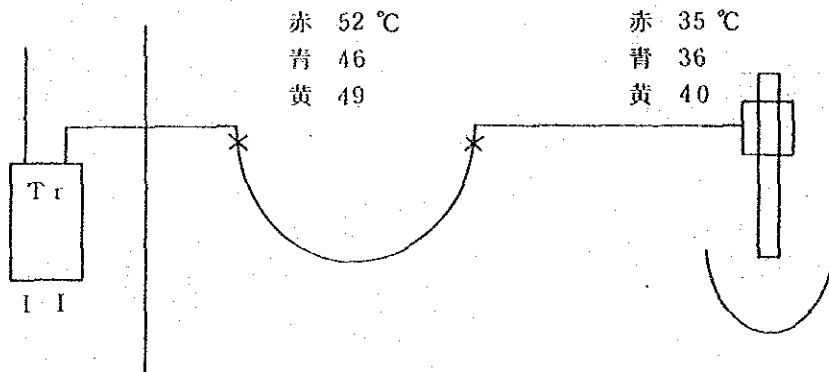
2 次 導 体 温 度 测 定

85 - 11 - 28

变 压 器 室



炉 侧



室 温 实 测

变 压 器 室	8°C
炉 侧	13°C

## 10丁炉 2次電力～電流特性

(kW×10, 力率%) 85-11-27

kW V	A		2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	13,500	15,000	20,000
				kW P. f (×10) (%)							
300V kVA (5,000)	電		258-99.3	322-98.4	400-98.6	419-97.9	458-98.3	450-97.7	574-97.1	620-96.4	559-91.1
					483-	450-97.7	513-98.6	576-97.3	600-97.2	606-97.9	738-94.7
260V kVA (5,200)	電		226-99.2	261-98.6	376-98.7	448-98.7	477-98.3	509-97.6	443-96.9		
			195-98.8	229-99.5	271-98.4	389-95.2	464-97.0	514-97.8	473-96.6		
173V kVA (3,460)	力		67-98.1	174-98.2	212-97.4	262-95.0	254-94.0	310-89.3	255-89.4		
			48-98.6	74-98.4	80-98.5	160-98.8	201-97.6	228-96.8	249-92.9	272-87.4	
150V kVA (3,000)	(kW)		134-98.6	141-98.1	169-96.8	201-95.9	262-94.0	256-88.3	85-55.0		
			76-99	94-98.8	143-98.5	188-96.6	197-92.7	275-90.6	231-92.0	197-74.9	
			114-98.3	148-98.2	165-97.8	224-93.3	232-92.6	244-93.0	188-70.0		
						193-94.3			153-83.7		
									179-90.3		

## 10 T 炉 投入 電力 記録

鋼種 1688

鋼種 Ger-15

時 間	1次平均 電力(kW) kW <sub>1</sub>	2次平均 電力(kW) kW <sub>2</sub>	2次電圧 (V) V <sub>2</sub>	平均2次 電流 (A) I <sub>a</sub>	力 率 (%)		損 失 (kW)		
					1 次	2 次	変 圧 器 損 失	2 次 全抵抗損	計
1450 ~ 1455	1,355.6	1,213	300	2,590	75.1	90.1	142.6	21.6	164.2
55 ~ 1500	3,183.8	2,922	"	6,255	75.9	89.9	261.8	126	387.8
1500 ~ 05	3,253.8	2,746	"	5,951	74.8	88.8	507.8	114.1	621.9
05 ~ 10	1,188.9	955	"	2,015	71.7	91.2	233.9	13.1	247
10 ~ 15	4,001.2	3,502	"	7,381	76.7	91.3	499.2	175.5	674.7
15 ~ 20	4,333.8	3,473	"	7,328	70.1	91.2	860.8	173.0	1,033.8
20 ~ 25	4,180.5	3,617	"	7,500	78.2	92.8	563.5	181.2	744.7
25 ~ 30	4,012.3	3,649	"	7,353	88.7	95.5	363.3	174.2	537.5
30 ~ 35	3,869.7	3,707	"	7,431	90.0	96.0	162.7	177.9	340.6
35 ~ 40	3,853	3,576	"	7,191	89.3	95.7	277	166.6	443.6
40 ~ 45	4,082.7	3,679	"	7,789	79.2	90.9	403.7	195.4	599.1
45 ~ 50	4,405.8	4,112	"	8,527	81.6	92.8	293	234.2	527.2
50 ~ 55	4,951	4,693	"	9,398	89.1	96.1	258	284.5	542.5
55 ~ 1600	4,696.8	4,459	"	9,061	85.8	94.7	237.8	264.5	502.3
1600 ~ 05	4,713.2	4,507	"	9,120	87.9	95.1	206.2	267.9	474.1
05 ~ 10	4,711.4	4,535	"	9,186	88.7	95.0	176.4	271.8	448.2
10 ~ 15	4,394.8	4,311	"	8,509	93.3	97.5	83.8	233.2	317
15 ~ 20	4,444.2	4,324	"	8,482	94.1	98.1	120.2	231.7	351.9
20 ~ 25	4,570.9	4,362	"	8,583	93.4	97.8	208.9	237.3	446.2
25 ~ 30	4,435.2	4,283	"	8,436	93.6	97.7	152.2	229.2	381.4
30 ~ 35	4,051.5	3,869	"	7,628	92.4	97.6	182.5	187.4	369.9
35 ~ 40	4,186.2	4,086	"	8,048	92.7	97.7	100.2	208.6	308.8
40 ~ 45	1,481.7	1,424	"	2,872	90.7	95.4	57.7	26.6	84.3
45 ~ 50	4,154.2	3,997	"	7,857	92.7	97.9	157.2	198.8	356
50 ~ 55	3,869.3	3,672	"	7,240	92.5	97.6	197.3	168.8	366.1
55 ~ 1700	4,090.6	3,887	"	7,759	91.3	95.4	203.6	193.9	397.5

溶解期

時 間	1次平均 電力(kW) kW <sub>1</sub>	2次平均 電力(kW) kW <sub>2</sub>	2次電圧 (V) V <sub>2</sub>	平均2次 電流(A) I <sub>a</sub>	力 率 (%)		損 失 (kW)		
					1 次	2 次	変 圧 器 損 失	2 次 全 抵 抗 損 失	計
17 <sup>00</sup> ~ 17 <sup>05</sup>	3,674.6	3,553	300	7,056	91.5	96.9	121.6	160.4	282
05 ~ 10	2,533.6	2,450	"	4,963	97.2	95.0	83.6	79.3	162.9
10 ~ 15	809.4	824	"	1,673	86.4	94.8	△14.6	9.0	△ 5.6
15 ~ 20	3,172.8	2,916	"	5,851	89.4	95.9	256.8	110.3	367.1
20 ~ 25	3,500.2	3,312	"	6,543	92.6	97.4	188.2	137.9	326.1
25 ~ 30	3,121.6	3,045	"	5,992	94.7	97.8	76.6	115.6	192.2
30 ~ 35	3,606.3	3,492	"	6,959	91.6	96.4	114.3	155.9	270.2
35 ~ 40	2,004.1	1,939	"	3,936	88.8	94.8	65.1	49.9	115
40 ~ 45	3,255.9	3,128	173	11,081	87.9	94.2	127.9	395.5	523.4
45 ~ 50	1,604.7	1,561	"	5,421	92.2	96.1	43.7	94.7	138.4
50 ~ 55	1,162.3	1,123	150	4,438	94.4	97.4	39.3	63.4	102.7
55 ~ 18 <sup>00</sup>	1,303.4	1,259	"	5,069	91.8	95.6	44	82.8	126.8
18 <sup>00</sup> ~ 05	1,260	1,219	"	4,902	92.1	95.7	48	77.4	125.4
05 ~ 10	1,350.5	1,309	"	5,264	91.3	95.7	41.5	89.3	130.8
10 ~ 15	2,334.5	2,285	300	4,515	93.7	97.4	49.5	65.7	115.2
18 <sup>14</sup>	出 鋼 開 始								
計 電 力 量 (Total × 1/12) kWh	11,264	10,581	-	-	-	-	683	537 (内有効分 137)	1,220
(一次入力比)%	100	93.9					6.1	4.8	10.83

10 T 炉 投入電力記録

鋼番 1689

鋼種 45

時 間	1次平均 電力(kW) kW <sub>1</sub>	2次平均 電力(kW) kW <sub>2</sub>	2次電圧 (V) V <sub>2</sub>	平均2次 電流 (A) I <sub>a</sub>	力 率 (%)		損 失 (kW)		
					1 次	2 次	変 圧 器 損 失	2 次 全抵抗損	計
18 <sup>00</sup> 25 ~ 18 <sup>00</sup> 30	4,455.7	3,715	300	8,161	64.7	87.6	740.7	214.5	
30 ~ 35	4,724.2	3,642	"	8,206	59.2	85.4	1,082.2	216.9	
35 ~ 40	4,016.8	3,226	"	7,443	61.9	83.4	790.8	178.4	
40 ~ 45	2,150.2	1,822	"	4,199	63.5	83.5	328.2	56.8	
45 ~ 50	2,756.3	2,334	"	4,930	75.8	91.1	422.3	78.3	
50 ~ 55	3,287.6	2,857	"	5,976	74.5	92.0	430.6	115.0	
55 ~ 19 <sup>00</sup> 00	3,219.5	2,751	"	5,908	71.3	89.6	468.5	112.4	
19 <sup>00</sup> 00 ~ 05	4,161	3,691	"	7,788	74.1	91.2	470.0	195.4	
05 ~ 10	5,072.9	4,629	"	9,589	81.6	92.9	443.9	296.2	
10 ~ 15	4,832.2	4,562	"	9,339	84.3	93.4	270.2	284.5	
15 ~ 20	4,925.2	4,657	"	9,657	82.7	92.8	268.2	300.4	
20 ~ 25	4,816.1	4,508	"	9,338	82.1	92.9	308.1	280.9	
25 ~ 30	5,050.6	4,765	"	9,683	85.5	94.7	285.6	302	
30 ~ 35	4,739.1	4,448	"	8,916	88.6	96.0	291.1	256.1	
35 ~ 40	4,402.2	4,006	"	8,132	85.7	94.8	396.2	213	
40 ~ 45	4,518.4	4,341	"	8,747	88.2	95.5	177.4	246.4	
45 ~ 50	4,642	4,422	"	8,746	91.5	97.3	220	246.4	
50 ~ 55	4,629.5	4,452	"	8,796	91.0	97.4	177.5	249.2	
55 ~ 20 <sup>00</sup> 00	4,502.8	4,319	"	8,455	93.3	98.3	183.8	230.3	
20 <sup>00</sup> 00 ~ 05	4,330.5	4,206	"	8,242	94.0	98.2	124.5	218.8	
05 ~ 10	4,293.4	4,192	"	8,198	94.6	98.4	101.4	216.5	
10 ~ 15	2,791.7	2,696	"	5,262	94.8	98.6	95.7	89.2	
15 ~ 20	4,187.6	4,086	"	7,983	94.3	98.5	101.6	205.3	
20 ~ 25	3,923.8	3,817	"	7,533	91.8	97.5	106.8	182.8	
25 ~ 30	3,873.5	3,716	"	7,441	88.2	96.1	157.5	178.3	溶解期↑
30 ~ 35	3,889.6	3,824	"	7,625	90.3	96.5	65.6	187.3	
35 ~ 40	4,203.8	3,948	"	7,897	92.3	96.2	255.8	200.9	

時 間	1次平均 電力(kW) kW <sub>1</sub>	2次平均 電力(kW) kW <sub>2</sub>	2次電圧 (V) V <sub>2</sub>	平均2次 電流 (A) I <sub>a</sub>	力 率 (%)		損 失 (kW)		
					1 次	2 次	変 圧 器 損 失	2 次 全抵抗損	計
20 <sup>00</sup> ~ 20 <sup>45</sup>	2,278.1	2,153	300	4,267	93.3	97.1	125.1	58.6	
45 ~ 50	705.9	680	"	1,349	93.9	97.0	25.9	5.9	
50 ~ 55	488	474	"	943	92.2	96.7	14	2.9	
55 ~ 21 <sup>00</sup>	3,077.4	2,964	"	5,850	92.1	97.5	113.4	110.2	
21 <sup>00</sup> ~ 05	3,798.5	3,663	"	7,229	93.9	97.5	135.5	168.3	
05 ~ 10	2,493.6	2,417	"	4,819	92.5	96.5	76.6	74.8	
10 ~ 15	1,146.9	1,112	150	4,376	95.1	97.8	34.9	61.7	
15 ~ 20	1,136.3	1,105	"	4,353	95.0	97.7	31.3	61.0	
20 ~ 25	1,181.6	1,150	"	4,553	93.9	97.2	31.6	66.8	
25 ~ 30	1,217	1,182	"	4,699	92.9	96.8	35	71.1	
30 ~ 35	1,098.6	1,064	"	4,217	93.8	97.1	34.6	57.3	
35 ~ 40	1,559.4	1,515	"	6,157	88.1	94.7	44.4	122.1	
40 ~ 45	3,713.8	3,576	300	7,228	89.8	95.2	137.8	168.3	
45 ~ 50	4,846.3	4,709	"	9,549	88.5	94.9	137.3	293.7	
50 ~ 55	3,738.2	3,621	"	7,342	88.8	94.9	117.2	173.6	
21 <sup>54</sup>	出 鋼	開 始							
計 電 力 量 (Total × 1/12) kWh	12,073	11,251	-	-	-	-	822	587 (内有効分 150)	1,409
比 率%	100	93.2					6.8	4.9	11.67

10 T 炉 投入電力記録

鋼番 1694

鋼種 65Mn

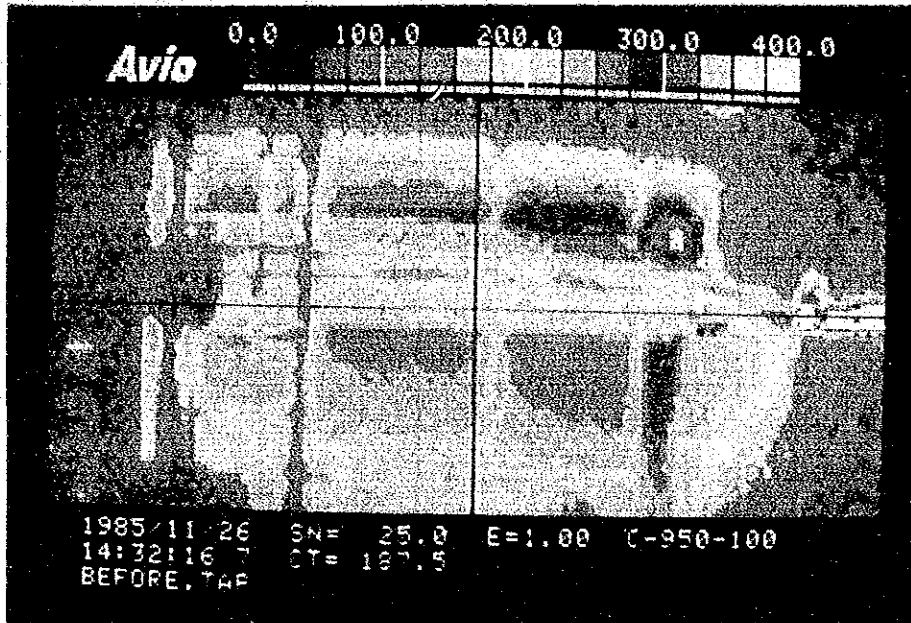
時 間	1次平均 電力(kW) kW <sub>1</sub>	2次平均 電力(kW) kW <sub>2</sub>	2次電圧 (V) V <sub>2</sub>	平均2次 電流(A) Ia	力 率 (%)		損 失 (kW)		
					1 次	2 次	変 圧 器 損 失	2 次 全抵抗損	計
14 <sup>00</sup> ~ 14 <sup>25</sup>	5,211.4	4,792	300	9,969	79.7	92.5	419.4	320.1	739.5
25 ~ 30	6,140.7	5,214	"	10,978	73.9	91.4	926.7	388.2	1,314.9
30 ~ 35	6,144.2	5,433	"	11,182	79.2	93.5	711	402.8	1,113.8
35 ~ 40	2,896.3	2,496	"	5,137	80.0	93.5	400.3	85.0	485.3
40 ~ 45	4,232.4	3,799	"	7,946	79.4	92.0	433.4	203.4	636.8
45 ~ 50	6,178.6	5,830	"	11,749	86.8	95.5	348.6	444.6	793.2
50 ~ 55	5,881.9	5,424	"	10,941	84.1	95.4	457.9	385.6	843.5
55 ~ 15 <sup>00</sup>	5,574.1	5,172	"	10,400	86.4	95.7	402.1	348.4	750.5
15 <sup>00</sup> ~ 05	5,506.3	5,197	"	10,418	87.3	96.0	309.3	349.6	658.9
05 ~ 10	5,581.6	5,213	"	10,460	87.0	95.9	368.6	352.4	721
10 ~ 15	5,846.3	5,575	"	10,981	91.4	97.7	271.3	388.4	659.7
15 ~ 20	5,967.9	5,765	"	11,366	91.9	97.6	202.9	416.1	619
20 ~ 25	5,401.1	5,179	"	10,222	91.7	97.5	222.1	333.6	555.7
25 ~ 30	5,561.9	5,362	"	10,550	92.1	97.8	199.9	358.5	558.4
30 ~ 35	5,301.5	5,095	"	10,046	91.9	97.6	206.5	325	531.5
35 ~ 40	5,135.6	4,976	"	9,761	92.9	98.1	159.6	306.9	466.5
40 ~ 45	5,334.5	5,113	"	10,091	92.5	97.5	221.5	328.0	549.5
45 ~ 50	5,482.2	5,210	"	10,262	92.4	97.7	272.2	339.2	611.4
50 ~ 55	5,545.5	5,274	"	10,399	91.7	97.6	271.5	348.3	619.8
55 ~ 16 <sup>00</sup>	3,975.9	3,839	"	7,508	93.5	98.4	136.9	181.6	318.5
16 <sup>00</sup> ~ 05	3,458.0	3,367	"	6,605	93.4	98.1	91	140.5	231.5
05 ~ 10	4,721.9	4,600	"	9,145	89.6	96.8	121.9	269.4	391.3
10 ~ 15	4,988.4	4,838	"	9,549	92.8	97.5	150.4	293.7	444.1
15 ~ 20	3,745.6	3,668	"	7,210	93.5	97.9	77.6	167.4	245
20 ~ 25	3,476.8	3,412	"	6,727	92.9	97.6	64.8	145.8	210.6
25 ~ 30	692.9	645	"	1,293	90.0	96.0	47.9	5.4	53.3
30 ~ 35	535.0	417	"	1,755	28.2	45.7	118	9.9	127.9

溶解期↑



時 間	1次平均 電力(kW) kW <sub>1</sub>	2次平均 電力(kW) kW <sub>2</sub>	2次電圧 (V) V <sub>2</sub>	平均2次 電流(A) I <sub>a</sub>	力 率 (%)		損 失 (kW)		
					1 次	2 次	変 圧 器 損 失	2 次 全抵抗損	計
16 <sup>00</sup> 35 ~ 16 <sup>00</sup> 40	1,205.9	1,184	300	2,366	89.6	96.3	21.9	18.0	39.9
40 ~ 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 ~ 50	4,845.8	4,688	300	9,349	90.1	96.5	157.8	281.5	439.3
50 ~ 55	4,298.8	4,188	"	8,223	94.3	98.0	110	217.8	327.8
55 ~ 17 <sup>00</sup> 00	3,135.8	3,057	"	6,039	94.2	97.4	78.8	117.5	196.3
17 <sup>00</sup> 00 ~ 05	2,556.4	2,484	"	4,979	92.0	96.0	72.4	79.9	152.3
05 ~ 10	1,117.4	1,084	150	4,279	94.6	97.5	33.4	58.9	92.3
10 ~ 15	1,129.7	1,095	"	4,331	94.5	97.3	34.7	60.4	95.1
15 ~ 20	1,148.6	1,115	"	4,415	94.3	97.2	33.6	62.8	96.4
20 ~ 25	1,090.7	1,057	"	4,181	94.4	97.3	33.7	56.3	90
25 ~ 30	1,021	989	"	3,904	94.7	97.5	32	49.1	81.1
30 ~ 35	1,584.5	1,534	300	3,091	91.7	95.5	50.5	30.8	81.3
17 <sup>00</sup> 35	出 鋼	開 始							
計 電 力 量 (Total × 1/12) kWh	12,637.7	11,984	-	-	-	-	689.3	722.6 (内有効分 185)	1,411.9
比 率 %	100	94.54					5.45	5.7	11.17

10 T 炉 熱 画 像 記 録



11/26

10 T 炉

側 面

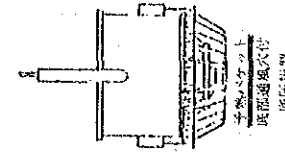
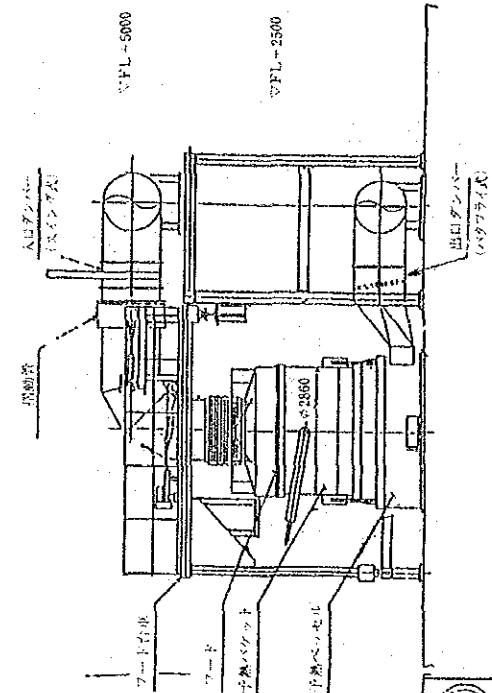
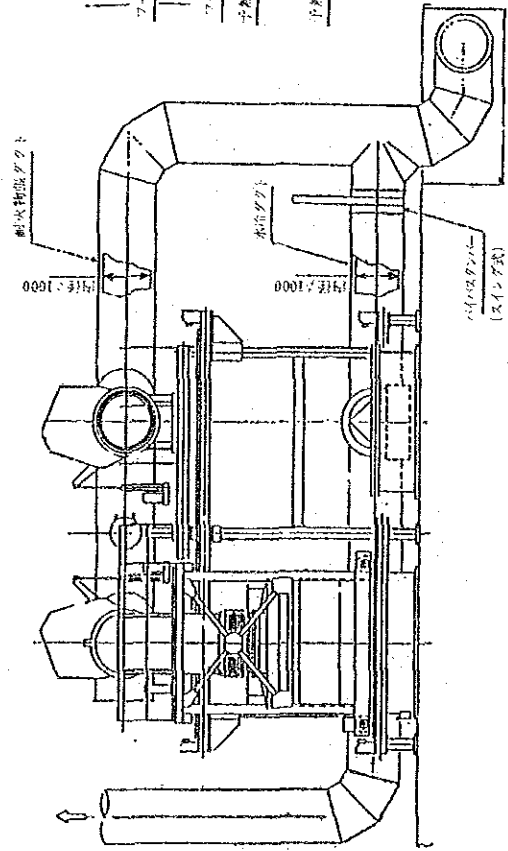
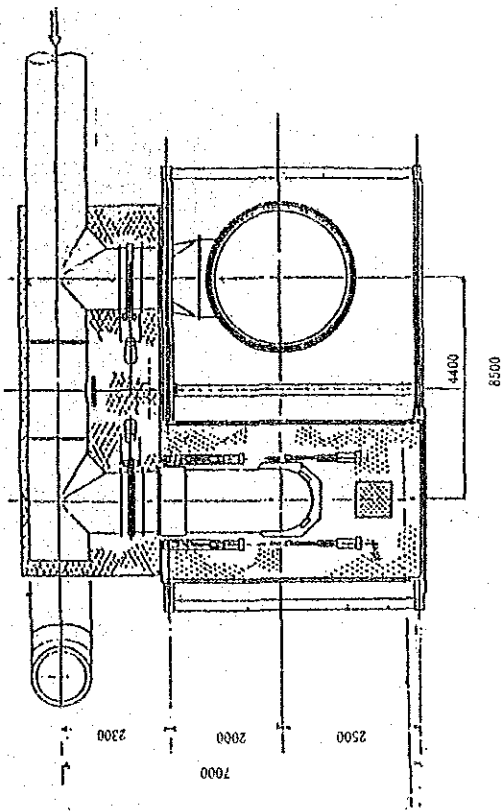
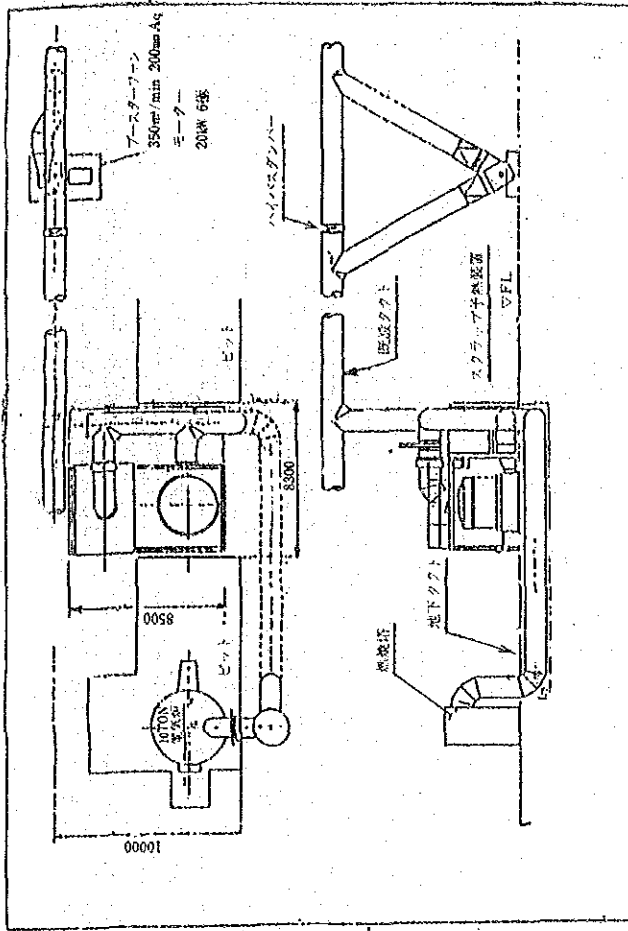


11/26

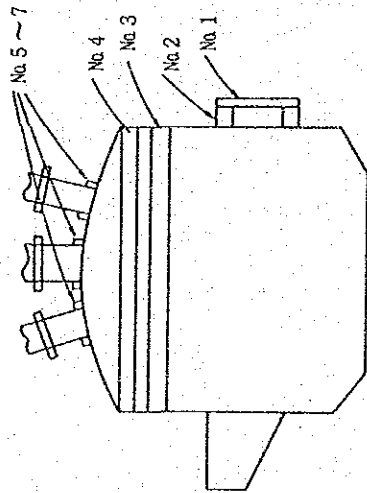
10 T 炉

上 部

資料 3-2-14 10T 炉 スクラップ予熱装置概要図



炉体冷却水系统



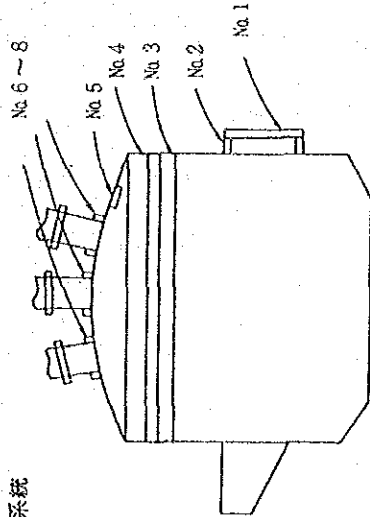
No.1 炉門  
2 斜門  
3 炉体  
4 炉蓋  
5~7 水圈

变 压 器

出 鋼 鋼 番		59-1419							59-1423							59-1419	59-1423
冷 却 水 系 統 No.	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	17.18	17.18	
冷 却 水 流 量 $l/min$	51.4	35.6	73.9	84.7	65.5	60	40	51.4	35.6	73.9	84.7	65.5	60	40	119.2	119.2	
入 口 温 度 $^{\circ}C$	22							21							18	15	
	22.5							21							18	15	
出 口 温 度 $^{\circ}C$	平均	22.5							21							18	15
	测 定 值	25	33	33	35	34	38	47	24	29	33	35	29	40	38	26	26
		27	37	35	36	35	40	52	25	32	36	37	30	44	41		
	测 定 值	26	30	36	34	33	36	45	25.5	35.5	35	40	32	49	45	26	26
		26	36	35	35	36	39	50	27	41	35	42	31	51	44		
	测 定 值	33	35	35	37	40	42	64	26	35	36	37	30	47	40	32	33
		32	38	36	35	37	38	51									
	平均	28	37	35	35	34	32	44								28	28.8
		28.1	35.1	35.0	35.3	35.6	37.9	50.4	25.5	34.5	35	38.2	30.4	46.2	41.6		

出 鋼 鋼 番		52-1687										52-1693													
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
冷却水系統 No		55.5	123	148	111	101	111	85.4	79.3	55.5	123	148	111	101	111	85.4	79.3	52-1687	52-1693	52-1687	52-1693	52-1687	52-1693	52-1687	52-1693
冷却水流速 $l/min$		55.5	123	148	111	101	111	85.4	79.3	55.5	123	148	111	101	111	85.4	79.3	42	43	15	15	15	15	15	15
入口温度 °C	測定値	46										42													
	平均	45										43													
	平均	45.5										42.5													
出口温度 °C	測定値	48.5	49	59.5			51				44	45	54				48								
		49	50	58			52.5				45	45.5	54				49								
		48.5	49.5	58.5			51.5				46	51	53				50								26.5
		52	56	58			52				48	53	54				50								
		51	56	52			52				50	54	54				51								
		56	56	53			52				50	55	56				51								33
		58.5	58	58			53				52	63	58				50								
		58	63	56			53				54	62	58				51								
		52.7	54.7	56.6			52.1				48.6	53.6	55.1				50								29.9
		平均																							35.3

炉体冷却水系統



No.1 水門  
 2 斜門  
 3 炉体  
 4 炉蓋  
 5 防爆孔  
 6~8 水環

## 酸 素 流 量 に つ い て

## 1. 計 算 式

理想気体のノズルからの等エントロピ流れは、

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}}$$

を境にして、次の2式で示される。

$$\frac{P_2}{P_1} > \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}} \quad \text{の時}$$

$$G = a \sqrt{2g r_1 P_1 \cdot \frac{K}{K-1} \left[ \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{2}{K}} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K+1}{K}} \right]} \quad \text{---①}$$

$$\frac{P_2}{P_1} \leq \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}} \quad \text{の時}$$

$$G = a \sqrt{g r_1 P_1 K \cdot \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K+1}{K-1}}} \quad \text{---②}$$

ここで

G : 流 量      kg/sec

a : ノズル面積       $m^2$       (ノズル径  $d = \phi 8$ )g : 重力加速度      9.8 m/sec<sup>2</sup>r : 比重量      kg/m<sup>3</sup>P : 圧 力      kg/m<sup>2</sup> absK : 比 熱 比      (O<sub>2</sub> は  $K=1.4$ )

T : 温 度      K

添字    n は標準状態 (0°C, 1 atm)

1 は流体の1次側

2 は流体の2次側

現状では

$$P_2 = 10330 \text{ (大気圧)}$$

$$P_1 = 50330 \sim 90330 \text{ (4~8 kg/cm}^2\text{G)}$$

$$\left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}} = \left(\frac{2}{2.4}\right)^{\frac{1.4}{0.4}} = 0.528$$

①②式変更点の  $P_1$  は

$$P_{1c} = P_2 / \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}} = 10330 / 0.528 = 19566 \text{ kg/cm}^2\text{abs} = 0.923 \text{ kg/cm}^2\text{G}$$

従って  $P_1 \geq 0.92 \text{ kg/cm}^2\text{G}$  の場合は、②式を使用する。

②式を標準状態の体積流量に表わす。

$$Q_n = G/r_n \quad (\text{Nm}^3/\text{sec})$$

$$\frac{P_n}{r_n T_n} = \frac{P_1}{r_1 T_1}$$

より

$$Q_n = \frac{1}{r_n} \cdot a \cdot \sqrt{g \cdot r_n \cdot \frac{P_1 T_n}{P_n T_1} \cdot P_1 \cdot K \cdot \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K+1}{K-1}}}$$

$$= a \cdot P_1 \sqrt{g \frac{T_n}{r_n P_n T_1} \cdot K \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K+1}{K-1}}}$$

これに  $a = \frac{\pi}{4} d^2 \times 10^{-6} = 0.785 \times 8^2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$$g = 9.8 \text{ m/sec}^2$$

$$T_n = 273 \text{ K}$$

$$T_1 = 283 \text{ K} \quad (10^\circ\text{C})$$

$$r_n = \frac{32}{22.4} = 1.429 \text{ kg/m}^3, \quad P_n = 10330 \text{ kg/m}^2$$

$$K = 1.4$$

を代入し  $\text{Nm}^3/\text{sec} \rightarrow \text{Nm}^3/\text{h}$  に換算する。

$$Q_n = 0.785 \times 8^2 \times 10^{-6} \times 3600 \times P_1 \times \sqrt{\frac{9.8 \times 273 \times 1.4}{1.429 \times 10330 \times 283} \left(\frac{2}{2.4}\right)^{\frac{2.4}{0.4}}}$$

$$= 31.3 \times 10^{-4} \times P_1$$

ここで流量係数  $\alpha = 0.9$  を考慮し,  $P_1$  を  $\text{kg/m}^2 \rightarrow \text{kg/cm}^2$  にすると

$$Q_n = 0.9 \times 31.3 \times P_1$$

$$= 28 \times P_1$$

$$\left( \begin{array}{l} Q_n : \text{Nm}^3/\text{h} \\ P_1 : \text{kg/cm}^2 \text{ abs} \end{array} \right)$$

## 2. 配管の圧力損失

$$\Delta P = \left( \lambda \frac{l}{d} + \zeta_1 + \zeta_2 \right) \frac{\rho}{2g} v_1^2$$

ここで  $\Delta P$ : 圧力損失  $\text{kg/m}^2$

$\lambda$ : 管摩擦係数

$$\lambda = 0.3164 \text{Re}^{-1/4} \quad (\text{Re} = 3 \times 10^3 \sim 10^5)$$

$$\text{Re} = vd/\nu$$

$$= 11.4 \times 0.03 / 0.139 \times 10^{-4}$$

$$= 2.46 \times 10^4$$

$$\left( \begin{array}{l} v : \text{流速} \\ d : \text{直径} \\ \nu : \text{動粘性係数} \end{array} \right)$$

よって  $\lambda = 0.3164 \times (2.46 \times 10^4)^{-1/4} = 0.025$

$l$ : 配管 (ゴムホース) 長  $\div 20 \text{ m}$

$d$ : 配管 (ゴムホース) 内径  $\div 0.03 \text{ m}$

$\zeta_1$  : バルブ損失係数

$$\frac{3}{4}B \text{ 玉形弁の場合 } \zeta_1 = 10$$

$\zeta_2$  : 曲がり部の損失係数

$$90^\circ \text{ 1カ所につき } \zeta = 0.3$$

$$10 \text{ カ所として } \zeta_2 = 3$$

$r_n$  : 流体比重量 (管内)  $\text{kg}/\text{m}^3$

$g$  : 重力加速度  $9.8 \text{ m}/\text{sec}^2$

$v_1$  : 管内流速  $\text{m}/\text{sec}$

又,  $P_n r_n = P_1 r_n$  (温度補正は微小につき省略)

$$P_n Q_n = P_1 Q_1$$

$$Q_n = 28 P_1$$

$$\text{より } Q_1 = 28 P_n$$

$$r_1 = \frac{P_1}{P_n} r_n$$

$$v_1 = \frac{Q_1}{3600 \times A} = \frac{28 \times 1.033}{3600 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2 \times 10^{-6}} = 11.4 \text{ m}/\text{sec}$$

従って

$$\begin{aligned} \Delta P &= \left( \lambda \frac{1}{d} + \zeta_1 + \zeta_2 \right) \frac{r_n}{2g} \cdot \frac{P_1}{P_n} \cdot v_1^2 \\ &= \left( 0.025 \times \frac{20}{0.03} + 10 + 3 \right) \times \frac{1.429}{2 \times 9.8} \times \frac{90330}{10330} \times 11.4^2 \\ &\quad (\text{P}_1 = 8 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{ とする}) \\ &= 2500 \text{ kg}/\text{m}^2 = 0.25 \text{ kg}/\text{cm}^2 \end{aligned}$$

ノズル圧は  $6 \sim 8 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{G}$  であるので, 上記配管圧力損失は計算上省略する。



### 3. 圧延機

#### 3.1 生産量，電力消費量

今回の調査期間中の11月28日，11:25より1時間の鋼片の生産量及び電力量等は，次のとおりであった。

- ① 鋼片の生産量 = 38,742kg/h
- ② 鋼種 = ばね鋼
- ③ 使用電力量 = 1,584kWh/h
- ④ 電力原単位 = 1,584kWh/38.742t = 40kWh/t
- ⑤ 稼働率 この圧延機の加熱炉の年間処理量を20万tとすると，

$$\frac{200,000 \text{ t/年}}{38.742 \text{ t/h} \times 8,760 \text{ h/年}} = 60 \%$$

#### 3.2 現状調査

第1圧延工場の圧延機の省電力対策を検討するために，下記の調査を実施した。

- ① 2,500 kW誘導電動機の負荷電力量
- ② " 空転電力量
- ③ ロール部の損失
- ④ 補機送風機の電力量
- ⑤ 鋼塊，鋼片の温度
- ⑥ 2,500kW 誘導電動機冷却送風機の風量
- ⑦ 2,500kW 誘導電動機回転数変化にともなう一次側及び回転子側の電圧，電流，電力の変化
- ⑧ その他

電気室の配置図，ロール形状，2,500 kW誘導電動機の仕様及び温度上昇の程度

### 3.2.1 2,500kW誘導電動機の負荷

#### 電力量測定

11月28日 10:50~13:35の間の、空転を含む負荷電力量は、1,100~2,100 kW/12h/5分を記録した。(資料3-3-6参照)

### 3.2.2 2,500kW誘導電動機の空転

#### 電力量測定

11月28日 11:20より5分間、圧延作業を中断し、圧延機を空転(ロールは回転させるが、圧延はしない状態)させて空転電力量を測定した結果、826 kW/12h/5分を記録した。(資料3-3-6参照)

これは基底負荷として常に消費されるもので、定格出力 2,500kWに対しては、

$$826\text{kW}/2,500\text{ kW}=33\%$$

またこの時、圧延していた材料(鋼種60Si2Mn)の平均圧延電力 1,500kW(10:55~11:20の25分間平均)に対しては、

$$826\text{kW}/1,500\text{kW}=55\%$$

と大きい部分を占めている。

注:電流記録計により 6.6 kV側の負荷電流を長時間記録したが、この記録からも空転電力は約 800kW常に消費されていることがわかる。

(資料3-3-8参照)

### 3.2.3 ロール部の損失測定

空転電力について、更に詳細調査を行うために、12月1日15:00~15:15修理工事の機会を利用し、スタンドのロールを全部抜き(2スタンド分)、空転電力を測定したところ 370 kW/12h/5分を記録した。

すなわち  $826\text{kW}-370\text{kW}=456\text{kW}$ の損失が2スタンド分のロール部(軸受部)に存在することがわかった。なおこの後1号スタンドのみロールを組み入れて空転電力を測定したところ、837kWになった。軸受の組み方、軸受とロール軸受部の「なじみ」にも問題があるものと推定される。(資料3-3-7参照)

更に2号スタンドへもロールを組み入れた状態(復旧状態)で翌日測定した結果やはり空転電力は約 820 kW/12h/5分に戻っていることが確認された。

### 3. 2. 4 補機送風機の電力量測定

11月25日補機送風機の電力量測定を行った。

表 3 - 3 - 1 補機送風機電力量

No.	用 途	電圧 V	定格 出力 k V	測 定 値			備 考
				k W	kVar	力 率	
1	加熱炉用送風機	380	135	75	46	遅れ 0.84	
2	加熱炉排ガス用送風機	"	95	70	32	0.91 "	
3	電気室出口作業員用送風機	"	30	10	0	1.0 "	
4	圧延ヤード "	"	40	16	12	0.8 "	
5	圧延ヤード東 "	"	40	7	5	0.8 "	
6	2,500 kW主電動機冷却用送風機	"	40	10	19.5	0.5 "	ダンパー半開

全体的に電動機の容量の過大なものが設置されているといえる。

### 3. 2. 5 鋼塊，鋼片の表面温度測定

11月25日，27日及び28日に放射温度計により，また12月2日に赤外線映像装置により鋼塊，鋼片の表面温度を測定した。

#### (1) 放射温度計による測定

表 3 - 3 - 2 鋼塊，鋼片の表面温度 (°C)

11月25日 午後・1号スタンド(1架) 入側・サイズ80×80・鋼種60S12Mn

1パス	2パス	3パス	4パス	5パス	6パス
1,129		1,095	1,121	1,119	
1,181			1,172		1,170

11月27日 午後・1号スタンド(1架) 入側・サイズ80×80・鋼種20

1パス	2パス	3パス	4パス	5パス	6パス
	1,152	1,091	1,090	1,068	
1,101	1,103	1,047	1,026	1,033	

11月28日午前・スタンド出側で圧延機へ入る時の温度・  
 サイズ 80 × 80 ・鋼種60Si2Mn

1号スタンド (1架)

1 本	2 本	3 本	4 本	5 本	6 本
1,197	1,132	1,092	1,149	1,161	
1,195	1,152	1,148	1,045	1,142	1,155
1,213		1,160	1,156	1,090	1,172
1,166		1,146	1,133	1,136	1,161
1,164	1,155	1,170	1,118	1,148	1,166
1,232	1,151	1,194	1,152		1,167

2号スタンド (2架)

1 本	2 本	3 本	4 本	5 本	6 本
1,143	1,073	1,115			
1,096	1,132	1,125	1,129		

鋼塊、鋼片表面のスケールのために、やや低く測温される場合があった。

(2) 赤外線映像装置による測定

図3-3-1に赤外線映像装置による温度測定結果を示す。

・12月2日 午前・1号スタンド出側で測定

・サイズ 120×120 ・鋼種 20

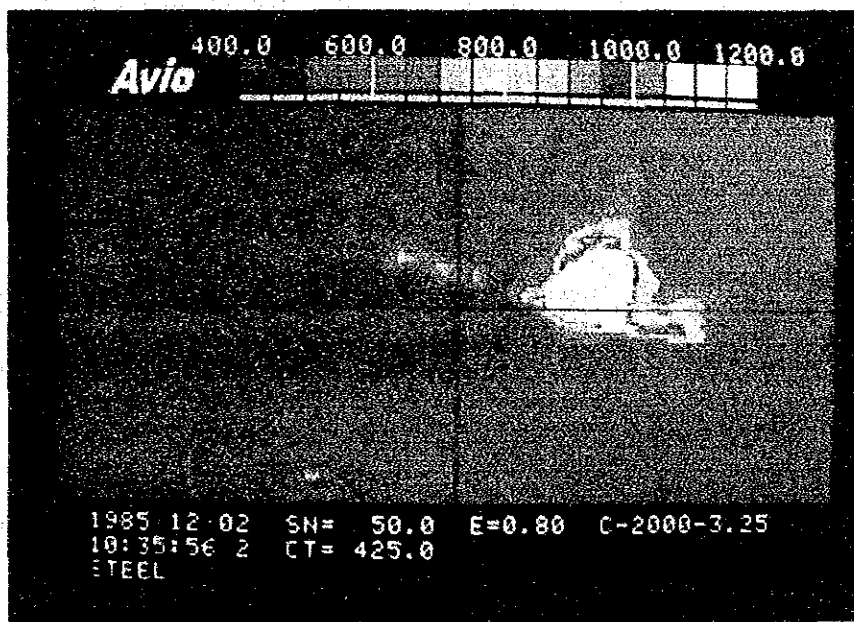
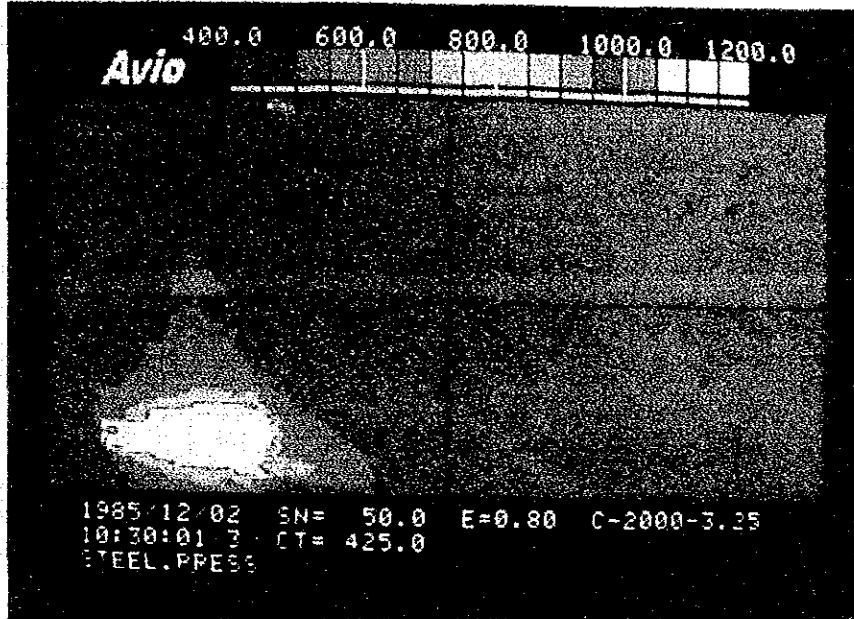


図3-3-1 赤外線映像装置による温度測定

### (3) 測定計器の配置

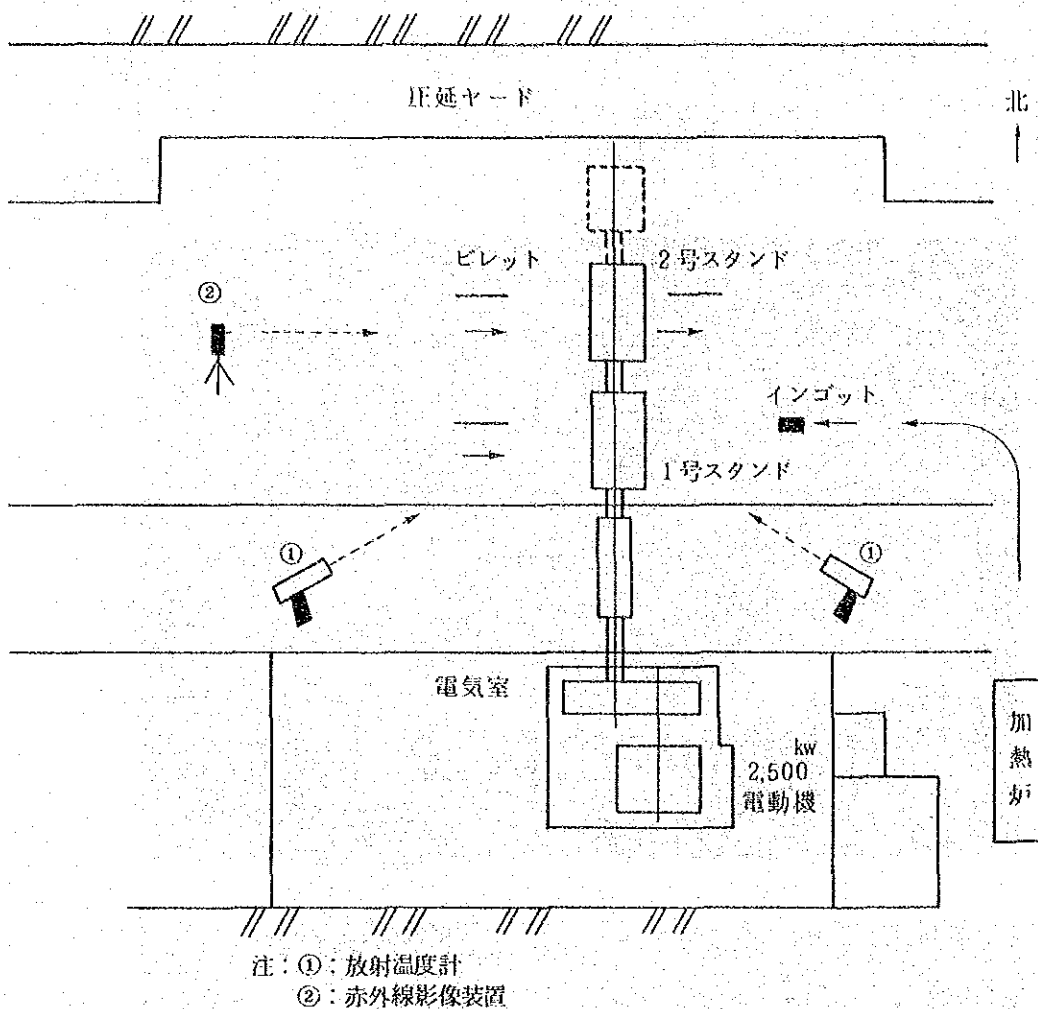


図 3 - 3 - 2 測定計器の配置

### (4) 測定結果

圧延開始より圧延終了まで約 1,200℃の値が計測された。(ただし順調に圧延が進行した場合)

これは大連鋼廠より提示された、1パス目のスタンド入口温度は 1,220~1,190℃、仕上がり温度はこの値より20℃低下という値に合致している。

## 3.2.6 2,500kW誘導電動機冷却送風機 風量測定

### (1) 測定方法及び結果

11月27日次のように測定を行った。

送風機の入口を図3-3-3のように10cmごとに区切り熱線風速計により風速を測定し、それに各部の面積をかけて集計した。その結果約7 m<sup>3</sup>/秒の送風量であることがわかった。

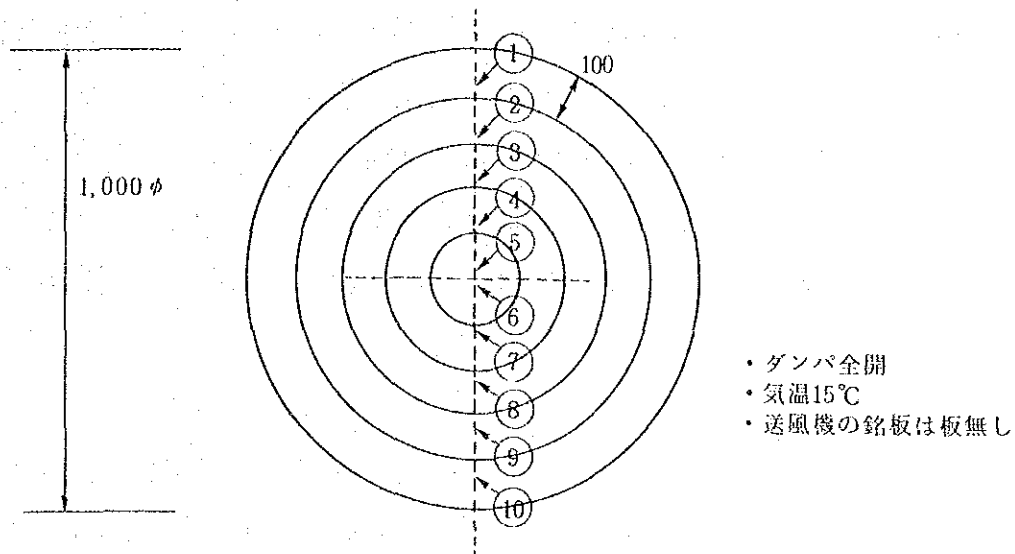


表3-3-3 風速・風量測定結果

風 速					
測定点	1回目 m/s	2回目 m/s	平均 m/s		風 量
①	8	8	8	① (⑩) のリング分	2.12 m <sup>3</sup> /s
②	8	8	8	② (⑨) "	1.65 m <sup>3</sup> /s
③	10	11	10.5	③ (⑧) "	1.57 m <sup>3</sup> /s
④	12	13	12.5	④ (⑦) "	1.18 m <sup>3</sup> /s
⑤	13	13	13	⑤ (⑥) "	0.41 m <sup>3</sup> /s
⑥	12	13	12.5		
⑦	11	12	11.5		
⑧	9	9	9		
⑨	8	7	7.5		
⑩	7	7	7		
					計約 <u>7 m<sup>3</sup>/s</u>

(2) 冷却風量の検討

今回7 m<sup>3</sup>/秒の結果が得られたが、この値について妥当かどうかを検討した。

回転機の冷却に要する空気量は<sup>1)</sup>

$Q = L / C_p S \Delta \theta = 0.045 L \text{ (m}^3/\text{秒)}$  となる。

ただし  $L$  : 全損失 (kW)

$C_p$  : 空気の比熱 = 1.009 (J/kg°C)

$S$  : 空気密度 =  $1.205 \times (273 + 20) / (273 + \theta)$  (kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta \theta$  : 出入空気の温度差 (°C) 20°Cとする

$\theta$  : 空気平均温度 (°C) 45°Cとする

今 全損失を118.6 kW (大連鋼廠より提出された値) とすると

$0.045 \times 118.6 = 5.3 \text{ (m}^3/\text{秒)}$  が必要風量となる。

現状は7 m<sup>3</sup>/秒であるが余裕も必要であり、おおむね妥当と思われる。

1) 電気工学ハンドブック(1978) P.773

### 3.2.7 2,500kW誘導電動機回転数変化に ともなう一次側及び回転子側の電 圧, 電流, 電力の変化(参考)

(1) 測定目的

省電力の方法としてセルビウス方式を採用する場合に必要なデータの収集

(2) 測定結果

① 6.6 kV側電圧は負荷により、ほとんど変動しない。(資料3-3-8参照)

② 回転数は負荷が大きかった場合、定格回転数に対して約10%低下する。

(資料3-3-8参照)

③ 6.6 kV側電流は瞬時値で定格値に対して、180%に達することがある。

(資料3-3-8参照)

④ 回転子側の外部抵抗で消費される電力を現地で測定したが、更に詳細に検討した結果、回転子側の周波数は0~5 Hzとかなり低く、40 Hz以下では、計器誤差が考えられるので、採用しないことにした。ここでは「すべり」の値のみを採用し、計算した結果、平均約20kW(連続)と推定された。

(資料3-3-9参照)



### 3.3 現状の問題点と改善方策

#### 3.3.1 空転電力

3.2.2 現状調査の項で述べているが、圧延機空転時電力 826 kW/12h/5分、ロール切離し時電力 370 kW/12h/5分であり、その差約 450 kW/12h/5分 (450 kWh/時) がロール軸受部の損失と言える。

現状の軸受は摩擦抵抗の大きい合成樹脂軸受であるので、改善方策として転がり軸受に変更することを検討した。詳細説明は資料3-3-10によるが、4列円錐転がり軸受を採用することにより、ロール軸受部の損失は87%削減できる。

#### 3.3.2 ロールの空転時間

11月28日 10:50~13:05 鋼種Si2Mn 80×80の圧延時の5分毎の平均電力量の記録を図3-3-4に示す。(資料3-3-6参照)

すなわち同一鋼種、同一寸法でも 1,100 kW/12h/5分~2,100 kW/12h/5分と大きなばらつきがある。kWh の少ない方がその時間内の圧延の間隔が長く空転時間が長いことを示している。

また、6.6 kV側の電流記録からも同様のことが言える。(資料3-3-8参照)

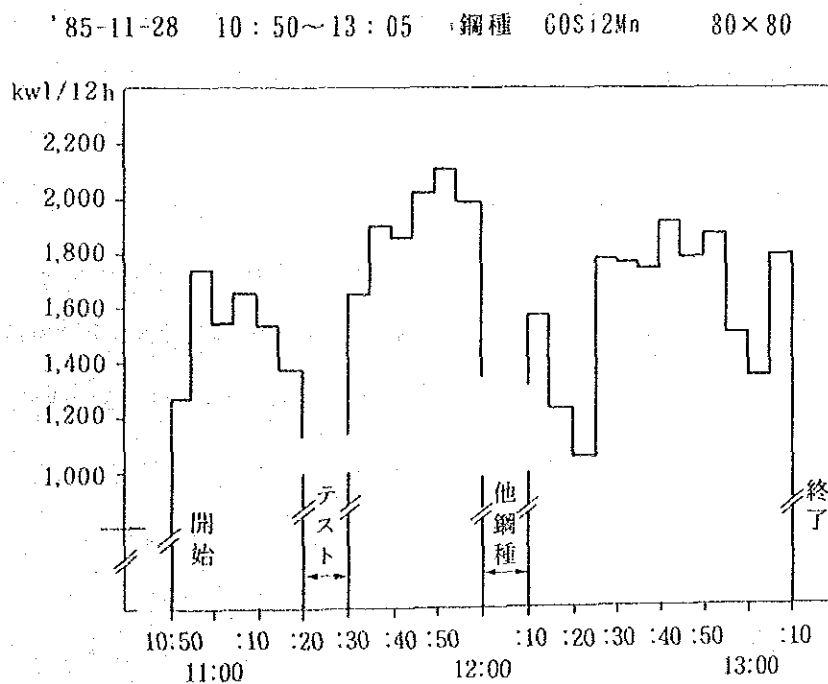


図3-3-4 圧延電力量 (資料3-3-6参照)

改善のためには作業分析（例：鋼塊，鋼片の進行が何故停滞したかを記録する）を行う専任者を運転台に配置し，空転を生ずる原因を詳細調査の上，それぞれの原因を排除するための対策を考える必要がある。

また更に管理水準を高めるためには5分間ごとの圧延機の電力量を自動記録させる計器を設置することが望ましい。

### 3.3.3 スリッパ式継手の衝撃音

ピニオンスタンドと第1スタンドのロールの間にスリッパ式（すべり金式）継手（万向継手）が設置されているが，回転中に異常に大きい衝撃音を出している。スリッパ（すべり金）メタル及びピンの補修または交換を実施されたい。

### 3.3.4 鋼塊，鋼片の温度

3.2.5の測定結果からみて，鋼塊，鋼片の温度がやや高いように思える。

一般的に，この温度を下げると圧延電力原単位は悪くなるが，加熱炉における燃料原単位はよくなるという関係があり，この両者をあわせた全エネルギー原単位が最もよくなる温度が存在する。このため，日本においても1,000℃付近まで温度を下げる方向で種々試験が行われている。

しかし，温度を下げた場合に品質が悪化しないか，または圧延機で材料が停滞した時に対処できるか等慎重に検討する必要がある。

これらの点を考慮しながら，段階的に温度を下げ，全エネルギーの節減をはかるよう研究されたい。

### 3.3.5 セルビウス方式の検討（参考）

3.2.7に述べたように二次側の外部抵抗で消費されている電力は平均20kW（連続）となるので，セルビウス方式を採用して，電源側へほぼ100%返還する案について検討した。（資料3-3-11参照）

### 3.3.6 その他

#### (1) 補機送風機の電力

圧延ヤードの作業員用の送風機等の電力測定を行ったが，全般的にいえること

は電動機の容量が過大であるので機会を見て交換する等の対策が必要である。

(3.2.4 参照)

(2) 2,500 kW誘導電動機冷却送風機風量測定

測定結果 7 m<sup>3</sup>/秒 (ダンパ全開) の結果が得られたが、検討の結果おおむね妥当な値であった。(3.2.6 参照)

### 3.4 所要投資額

#### 3.4.1 空転電力改善のためのロール軸

受部改善 (資料3-3-10参照)

(1) 見積金額 ¥50,000,000. -

(2) 見積範囲

① 軸受及び軸受保持器 12個

(ロール6本分)

② 軸受保持器部品 1式

③ 自動給脂装置 1式

(3) 見積範囲外

ロール首部の加工

#### 3.4.2 セルピウス方式の検討 (参考)

(資料3-3-11参照)

(1) 見積金額 ¥27,000,000. -

(滑り調整範囲 0 ~ 50%)

(2) 見積範囲

① セルピウス装置(直流限流器) 1式

② 高圧盤(切替用) 1式

③ " (系統用) 1式

④ 変圧器(電源返還用) 1台

### 3.5 期待効果

#### 3.5.1 ロール軸受部の改善

##### (1) 電力削減

3.3.1 に述べたように、従来の「合成樹脂軸受」を「転がり軸受」に改善することにより、ロール軸受部の電力損失は87.3%削減される。

(資料3-3-10参照)

1年間の電力節減量は

$$\begin{aligned} & \text{現在の軸受部損失} \times 87.3\% \times \text{年間稼働率} \times \text{年間時間} \\ & = 450 \text{ kWh} \times 0.873 \times 0.6 \times 8760 \text{ h} = 2,065,000 \text{ kWh / 年} \end{aligned}$$

電力原単位は

$$450 \text{ kWh} \times 0.873 / 38.742 \text{ t} \approx 10 \text{ kWh / t},$$

すなわち、従来より25%改善される。

##### (2) その他

軸受改善により、次の諸効果が期待でき、生産性が大巾に向上する。

- ① 軸受摩耗にともなう保全工数が削減できる。
- ② 軸受強度の向上により高圧下圧延が可能になり、圧延時間の短縮が計れる。
- ③ 軸受摩耗減少により製品精度、歩留りが向上する。
- ④ 合成樹脂軸受への潤滑（冷却水）用駆動電力が削減できる。

#### 3.5.2 ロール空転時間管理

3.3.2 に述べたように5分間の圧延電力量には1,100 kW/12h~2100kW 1/12hのばらつきがあった。これを高い方の値の2,000kWで圧延ができたとすると

$$\frac{\frac{1}{2}(1100 + 2100)}{2000} = 80\%$$

の時間で圧延が完了する。従って残りの時間は圧延機を停止することができ、20%の空転電力が節減できることになる。

この空転時間の減少による年間電力節減量は

$$\begin{aligned} & \text{空転電力} \times \text{年間時間} \times \text{稼働率} \times \text{節減率} \\ & = 826 \text{ kW} \times 8760 \text{ h} \times 0.6 \times 0.2 \approx 868,000 \text{ kWh / 年} \end{aligned}$$

電力原単位は  $826\text{kWh} \times 0.2/38.742\text{t} = 4.3\text{ kWh/t}$ ，約11%改善される。

また3.5.1のロール軸受部の改善後であれば，同電力削減量は

$$\begin{aligned} & (\text{空転電力} - \text{軸受改善による節減電力}) \times \text{年間時間} \times \text{稼働率} \times 0.2 \\ & = (826 - (450 \times 0.873))\text{ kW} \times 8760\text{h} \times 0.6 \times 0.2 \approx 455,000\text{ kWh/年} \end{aligned}$$

電力原単位は

$$(826 - (450 \times 0.873))\text{ kWh} \times 0.2/38.742 \approx 2.2\text{ kWh/t}$$

約5.5%改善される。

### 3.5.3 セルビウス方式の採用（参考）

従来二次側の外部抵抗で消費されていた電力（平均20kW連続）を，ほぼ100%電源へ返すことができる。

1年間の電力節減量は，

$$20\text{kWh} \times 8760\text{h} \times 0.6 = 105,000\text{ kWh/年}$$

電力原単位は

$$20\text{kWh}/38.742\text{t} = 0.5\text{ kWh/t}$$

約1%改善される。

## 資料一覧表

- 資料 3-3-1 電気室配置図
- 資料 3-3-2 2,500kW 誘導電動機送風系統図
- 資料 3-3-3 2,500kW 誘導電動機諸元
- 資料 3-3-4 減速比
- 資料 3-3-5 ロール
- 資料 3-3-6 11月28日 2,500 kW誘導電動機電力量測定
- 資料 3-3-7 ロール部の損失測定
- 資料 3-3-8 2,500 kW誘導電動機回転数変化にともなう一次側及び回転子側の電圧、電流、電力等の測定
- 資料 3-3-9 2,500 kW誘導電動機用二次抵抗器に消費する電力の補正
- 資料 3-3-10 ロール軸受検討
- 資料 3-3-11 (参考) サイリスタセルビウス方式の説明

資料 3 - 3 - 1 電気室配置図

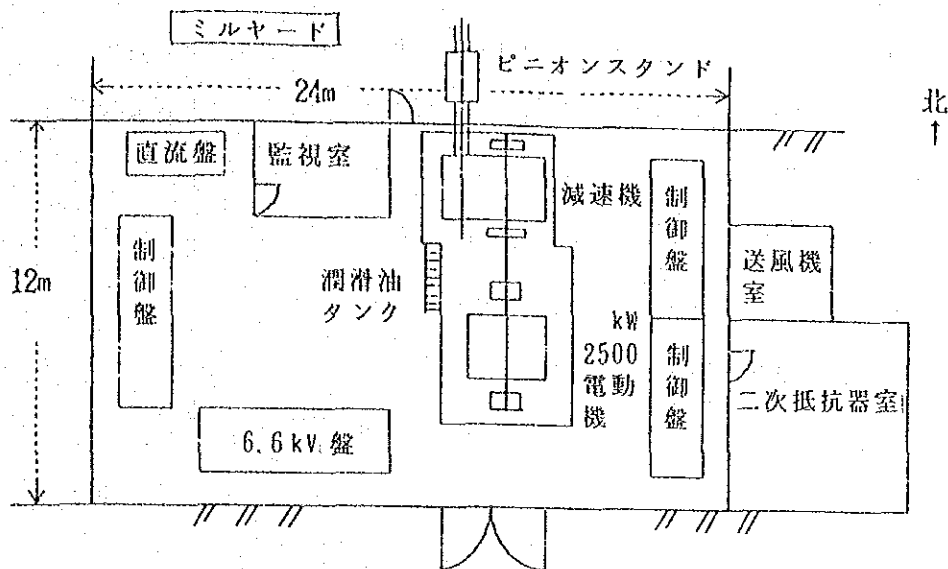


図 3 - 3 - 5 電気室機器配置図

資料 3 - 3 - 2 2,500 kW誘導電動機送風系統図

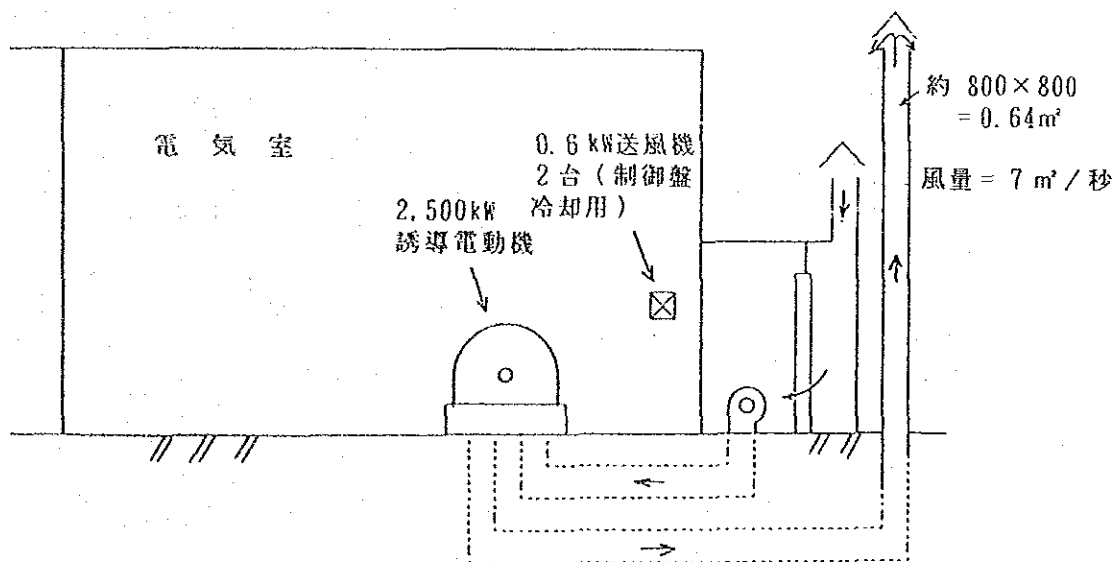


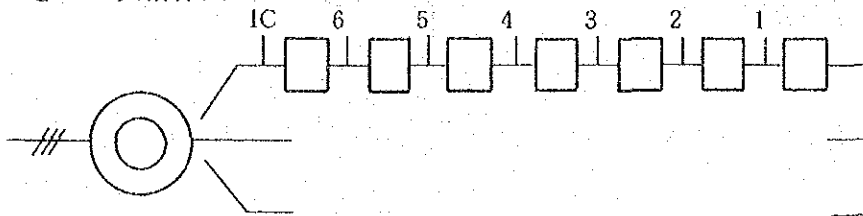
図 3 - 3 - 6 2,500kW 誘導電動機送風系統図

資料 3 - 3 - 3 2,500 kW誘導電動機諸元

① 銘板 (三相异步电动机)

型号	3R21546-12	標準编号	J079	東方電機廠
定格効率	2500千瓦 (kW)	接続	Y	
一次電圧	6000伏 (V)	定格電流	286 安 (A)	
二次電圧	1441伏 (V)	転子電流	1060 安 (A)	
頻率	50 (Hz)	絶縁等級	B	
轉速	495 轉/分	総重	23.6 t	
		出品時期	72-6月	

② 二次結線図



- 起動時は1～6を順次短絡
- 残りのICで5%の滑りを調整
- タイマースタート

図 3 - 3 - 7 二次抵抗結線図

③ 主系統図

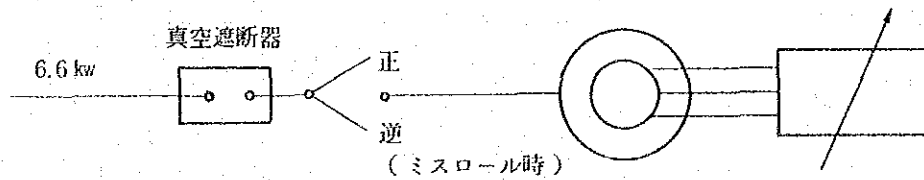


図 3 - 3 - 8 主系統図

④ 絶縁種類：B種 最高 80°C

⑤ 保護関係：過電流，差動，欠相，油圧断



⑥ 特性値：

- 一次固定子銅損 26.6kW
- 二次回転子銅損 25.3kW
- 鉄損 27.25 kW
- 風損 26.9kW
- その他損失 12.5kW

計 118.6kW ≈ 119 kW

損失：

$$\frac{118.6 \text{ kW}}{118.6 \text{ kW} + 2,500 \text{ kW}} \approx 4.5 \%$$

- 最高80℃
- 力率0.87
- 最大トルク：定格トルクの2.5 倍

⑦ 二次抵抗制御方式

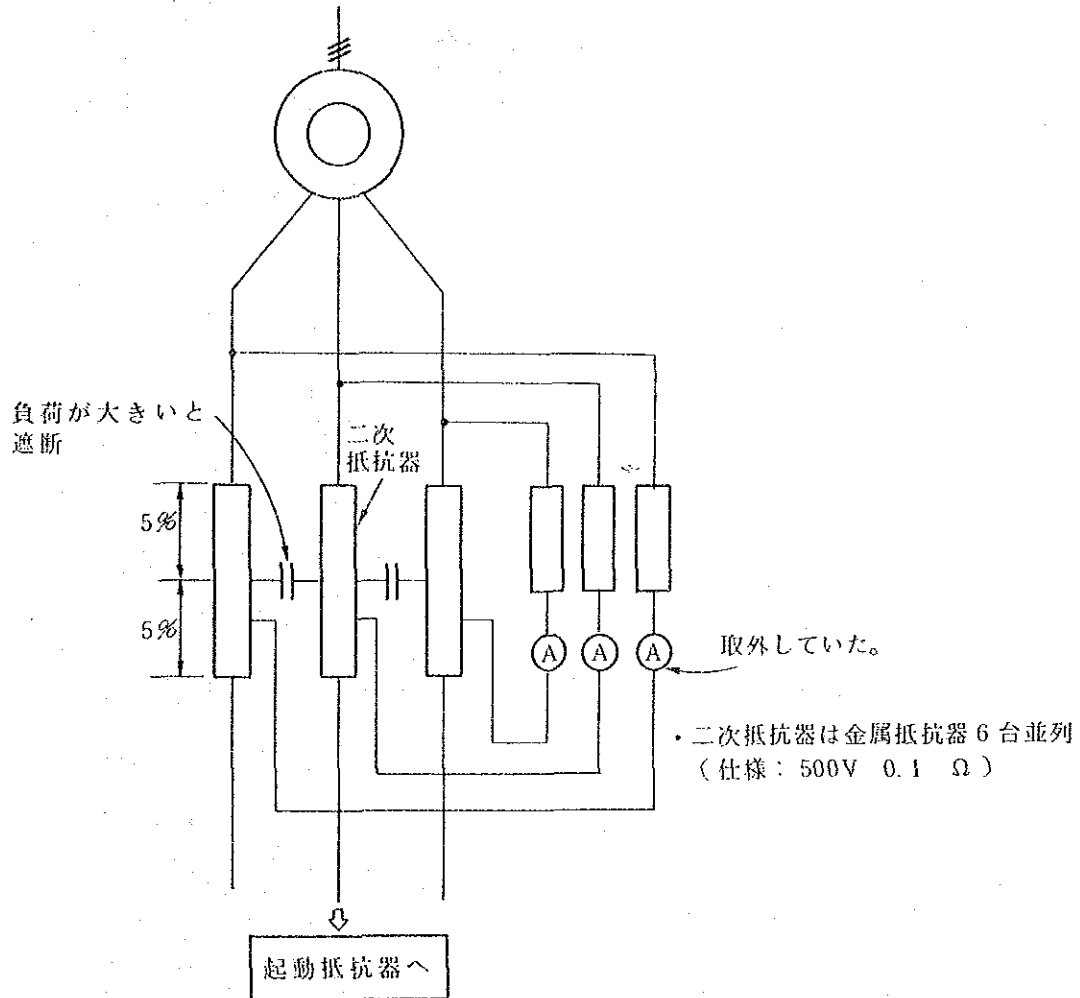


図 3 - 3 - 9 二次抵抗器制御方式

資料 3-3-4 減速比

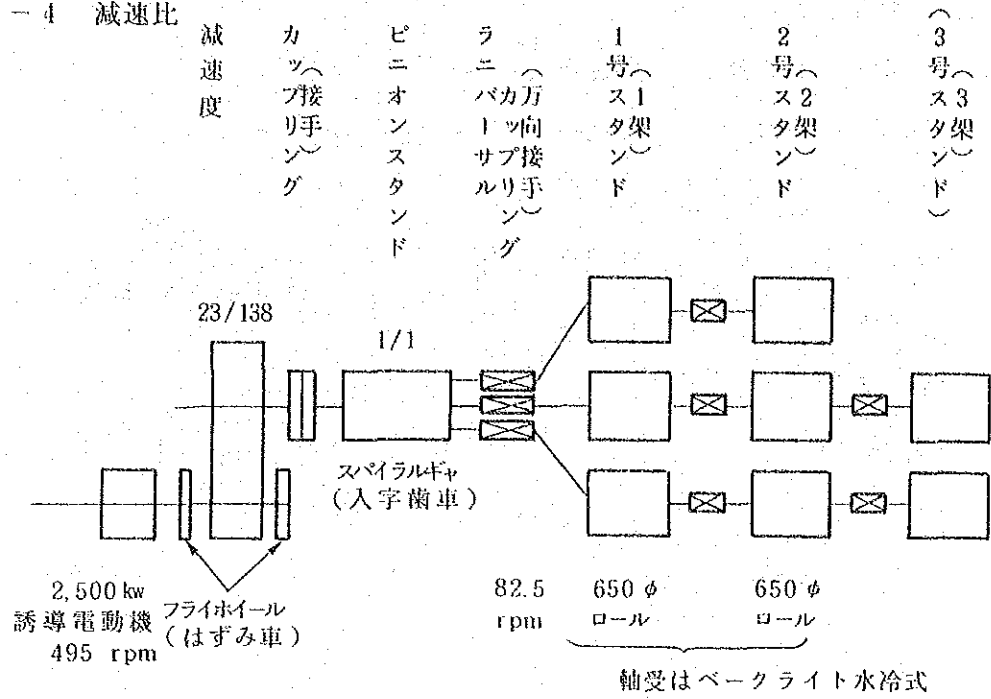


図 3-3-10 減速比

資料 3-3-5 ロール

① ロール形状

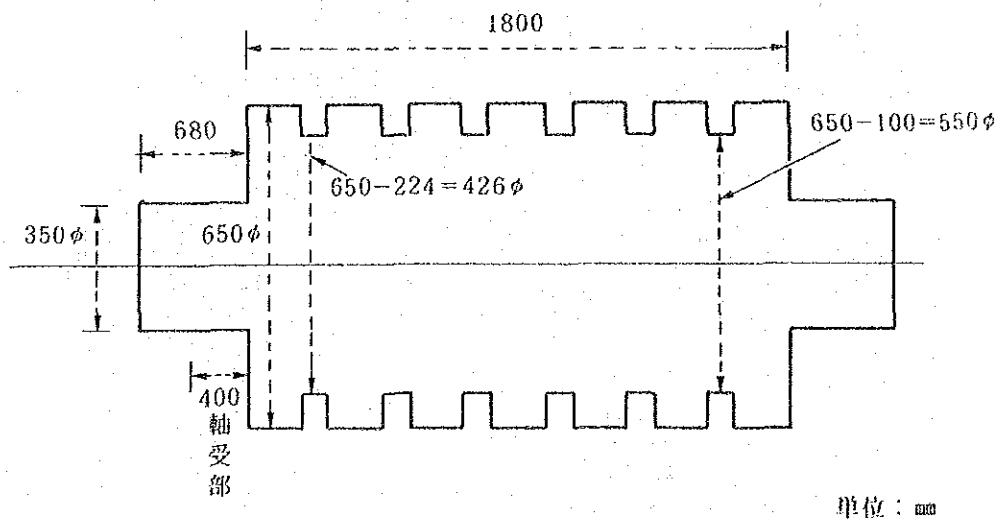


図 3-3-11 ロール形状

② ロールすき間

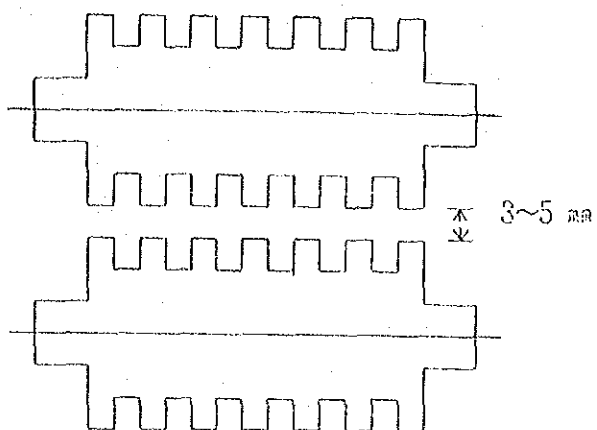


図 3 - 3 - 12 ロールすき間

③ ハウジングウインドー巾 (架の開口巾)

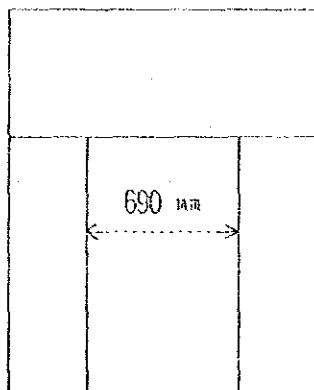


図 3 - 3 - 13 ハウジングウインドー巾

'85-11-28 2,500 kW誘導電動機電力量測定 (6.6 kV側)

(1) 結果

表 3 - 3 - 4 2,500 kW主電動機電力量

10:50	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	鋼種 60Si2Mn
10:50	05'	CH1	1248.9	454.5	-94.0	
10:50	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
10:50	05'	合計	1248.9	454.5	-94.0	
10:55	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
10:55	05'	CH1	1742.6	506.1	-96.0	
10:55	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
10:55	05'	合計	1742.6	506.1	-96.0	
11:00	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
11:00	05'	CH1	1576.6	573.4	-94.0	
11:00	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:00	05'	合計	1576.6	573.4	-94.0	
11:05	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
11:05	05'	CH1	1666.2	581.9	-94.4	
11:05	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:05	05'	合計	1666.2	581.9	-94.4	
11:10	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
11:10	05'	CH1	1547.5	625.3	-92.7	
11:10	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:10	05'	合計	1547.5	625.3	-92.7	
11:15	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
11:15	05'	CH1	1386.4	722.1	-88.7	
11:15	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:15	05'	合計	1386.4	722.1	-88.7	
11:20	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	圧延機空転 (損失測定のため)
11:20	05'	CH1	826.3	1001.6	-63.6	
11:20	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:20	05'	合計	826.3	1001.6	-63.6	
11:25	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
11:25	05'	CH1	1015.7	932.0	-73.7	
11:25	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:25	05'	合計	1015.7	932.0	-73.7	
11:30	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
11:30	05'	CH1	1638.2	650.5	-92.9	
11:30	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:30	05'	合計	1638.2	650.5	-92.9	
11:35	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
11:35	05'	CH1	1898.1	536.1	-96.2	
11:35	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:35	05'	合計	1898.1	536.1	-96.2	
11:40	05'	CHO	0.0 kW/12h	0.0 kVar/12h	0.0 PF%	
11:40	05'	CH1	1830.3	573.3	-95.4	
11:40	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	

11:40	05'	3074	1830.3	573.3	-95.4	
11:45	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
11:45	05'	CH1	2018.1	538.2	-96.6	
11:45	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:45	05'	3074	2018.1	538.2	-96.6	
11:50	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
11:50	05'	CH1	2112.1	521.2	-97.1	
11:50	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:50	05'	3074	2112.1	521.2	-97.1	
11:55	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
11:55	05'	CH1	1975.9	535.9	-96.5	
11:55	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
11:55	05'	3074	1975.9	535.9	-96.5	
12:00	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	+ 軸受鋼材
12:00	05'	CH1	1596.7	666.5	-92.3	
12:00	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12:00	05'	3074	1596.7	666.5	-92.3	
12:05	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	[ Cr15SiMn 70
12:05	05'	CH1	1048.3	913.6	-75.4	
12:05	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12:05	05'	3074	1048.3	913.6	-75.4	
12:10	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	+ 60Si2Mn
12:10	05'	CH1	1585.5	671.0	-92.1	
12:10	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12:10	05'	3074	1585.5	671.0	-92.1	
12:15	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12:15	05'	CH1	1230.9	806.5	-83.6	
12:15	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12:15	05'	3074	1230.9	806.5	-83.6	
12:20	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12:20	05'	CH1	1062.2	874.4	-77.2	
12:20	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12:20	05'	3074	1062.2	874.4	-77.2	
12:25	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12:25	05'	CH1	1770.6	567.4	-95.2	
12:25	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12:25	05'	3074	1770.6	567.4	-95.2	
12:30	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12:30	05'	CH1	1771.6	562.9	-95.3	
12:30	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12:30	05'	3074	1771.6	562.9	-95.3	
12:35	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12:35	05'	CH1	1720.4	574.4	-94.9	
12:35	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12:35	05'	3074	1720.4	574.4	-94.9	
12:40	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12:40	05'	CH1	1949.4	466.6	-97.3	
12:40	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	

12 : 40	05'	ボウケイ	1949.4	466.6	-97.3	
12 : 45	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12 : 45	05'	CH1	1776.0	522.4	-95.9	
12 : 45	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12 : 45	05'	ボウケイ	1776.0	522.4	-95.9	
12 : 50	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12 : 50	05'	CH1	1880.4	454.0	-97.2	
12 : 50	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12 : 50	05'	ボウケイ	1880.4	454.0	-97.2	
12 : 55	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
12 : 55	05'	CH1	1503.4	631.9	-92.2	
12 : 55	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
12 : 55	05'	ボウケイ	1503.4	631.9	-92.2	
13 : 00	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
13 : 00	05'	CH1	1343.3	702.2	-88.6	
13 : 00	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
13 : 00	05'	ボウケイ	1343.3	702.2	-88.6	
13 : 05	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
13 : 05	05'	CH1	1793.3	506.0	-96.2	
13 : 05	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
13 : 05	05'	ボウケイ	1793.3	506.0	-96.2	
13 : 10	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
13 : 10	05'	CH1	1687.2	533.7	-95.3	20CrMnMo
13 : 10	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
13 : 10	05'	ボウケイ	1687.2	533.7	-95.3	
13 : 15	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
13 : 15	05'	CH1	1709.1	547.3	-95.2	
13 : 15	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
13 : 15	05'	ボウケイ	1709.1	547.3	-95.2	
13 : 20	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
13 : 20	05'	CH1	1691.0	538.2	-95.3	
13 : 20	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
13 : 20	05'	ボウケイ	1691.0	538.2	-95.3	
13 : 25	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
13 : 25	05'	CH1	1714.2	529.6	-95.5	60Si2Mn
13 : 25	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
13 : 25	05'	ボウケイ	1714.2	529.6	-95.5	
13 : 30	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
13 : 30	05'	CH1	1835.7	506.5	-96.4	
13 : 30	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
13 : 30	05'	ボウケイ	1835.7	506.5	-96.4	

(2) 測定方法

① 測定に使用した計器

電気使用状況演算記録装置 PFM-1000

② 測定結線図

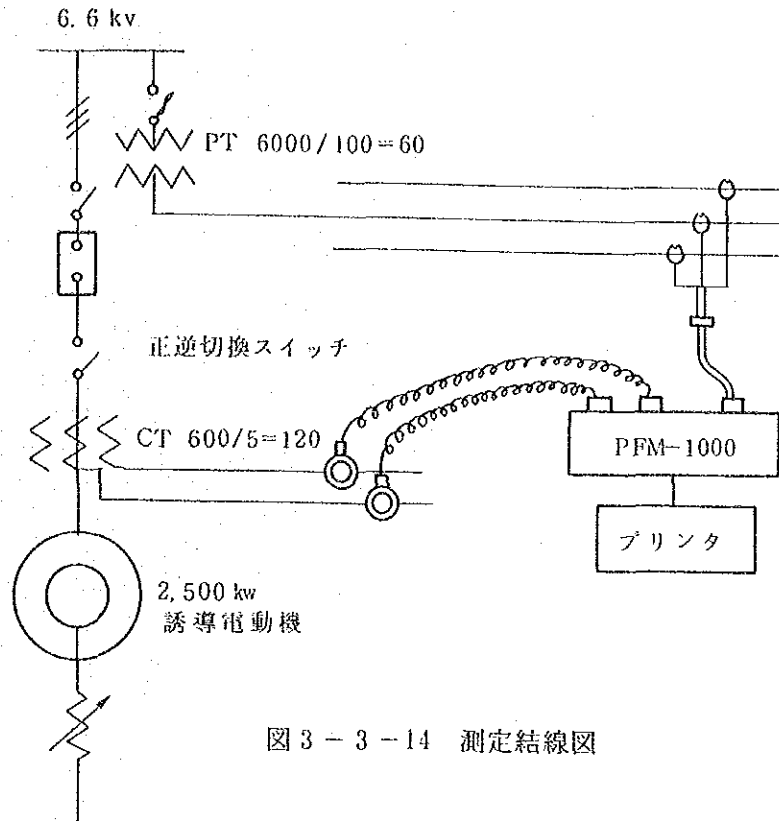


図 3 - 3 - 14 測定結線図

資料 3 - 3 - 7 ロール部の損失測定

(1) 結果

① '85-12-1 1号, 2号スタンドの全ロール抜き取り

(2,500 kW電動機+減速機+ピニオンスタンド+中間軸保持機 3台含む。)

15:05	05'	CHO	368.80 kW/12h	536.9 kVar/12h	-56.6 PF%
15:05	05'	CH3	0.0	0.0	0.0
15:05	05'	計測	368.80	536.9	-56.6
15:10	05'	CHO	374.60 kW/12h	542.8 kVar/12h	-56.9 PF%
15:10	05'	CH3	0.0	0.0	0.0
15:10	05'	計測	374.60	542.8	-56.9

(計器の瞬時値 :  $6.3 \text{ kV} \times 50 \text{ A} \times \sqrt{3} \times 0.58 = 316 \text{ kW}, 530 \text{ kVar}$ )

② '85-12-1 1号スタンドロール組込み 2号スタンドロール抜き取り

(1, 2号中間軸保持機は使用する必要がないので, この損失は含まない。)

17:10	05'	CHO	822.2 kW/12h	953.1 kVar/12h	-65.3 PF%
17:10	05'	CH3	0.0	0.0	0.0
17:10	05'	計測	822.2	953.1	-65.3
17:15	05'	CHO	825.6 kW/12h	955.0 kVar/12h	-65.4 PF%
17:15	05'	CH3	0.0	0.0	0.0
17:15	05'	計測	825.6	955.0	-65.4
17:20	05'	CHO	837.0 kW/12h	959.2 kVar/12h	-65.7 PF%
17:20	05'	CH3	0.0	0.0	0.0
17:20	05'	計測	837.0	959.2	-65.7

(計器の瞬時値 :  $6.47 \text{ kV} \times 100 \text{ A} \times \sqrt{3} \times 0.65 = 728 \text{ kW}, 960 \text{ kVar}$ )

(2) 圧延機の状態

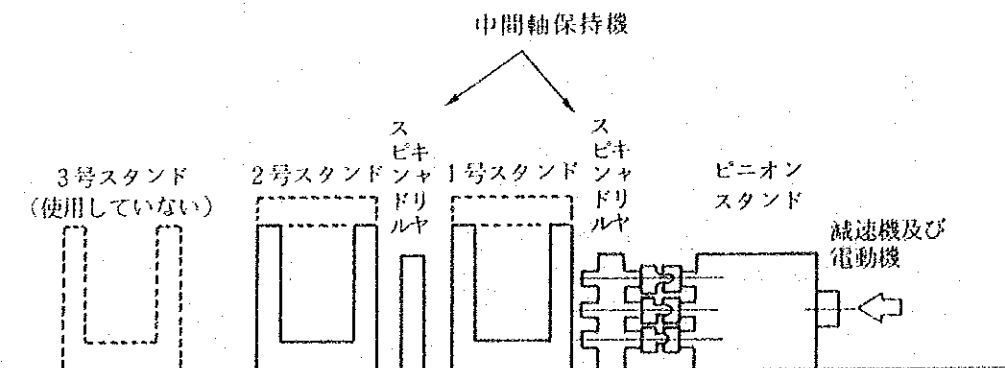


図 3 - 3 - 15 圧延機の状態

(3) 測定方法は資料 3 - 3 - 6 に同じ



資料 3 - 3 - 8 2,500 kW誘導電動機回転数変化にともなう一次側及び回転子側の電圧、電流、電力等の測定

(1) 記録紙についての注意事項

パーチカルペンレコーダ (3056型) で記録した際に、各ペンとも位相同期を「断」にして記録したので、同時刻に対して5 mmずつずれて記録されている。

例：

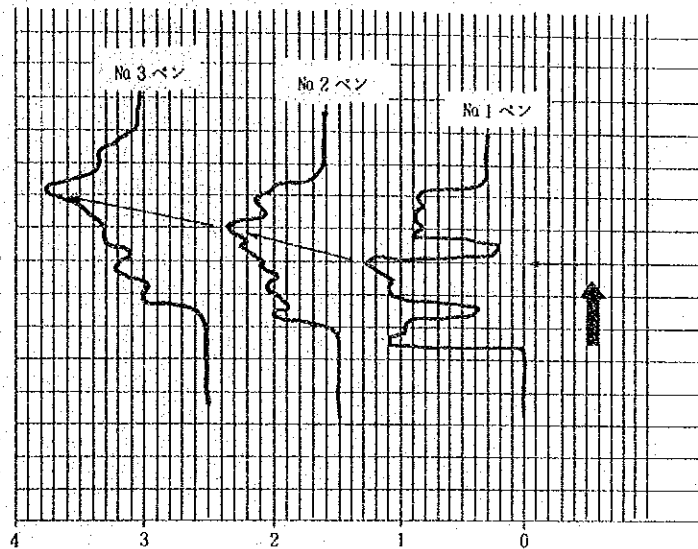


図 3 - 3 - 16 記録紙の例

(2) 測定に使用した計器

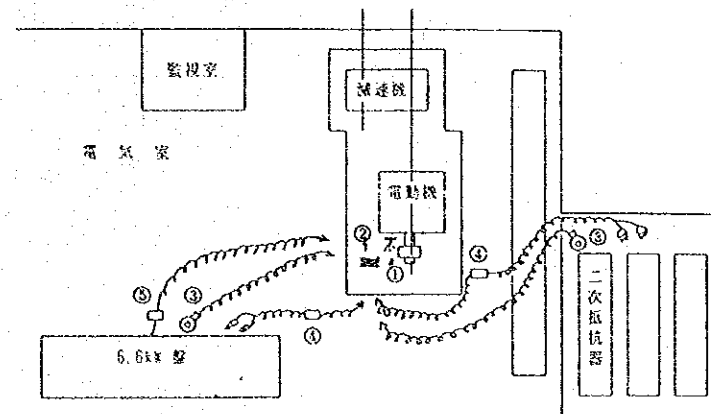


図 3 - 3 - 17 圧延機の状況

測定計器	①	②	③	④	⑤
	ポケット回転計	パーチカルペンレコーダ	クリップオンACパワーメータ	電流信号出力トランスデューサ	クランプ式電力・力率計
	3631	3056	2433	2283	PFM-300

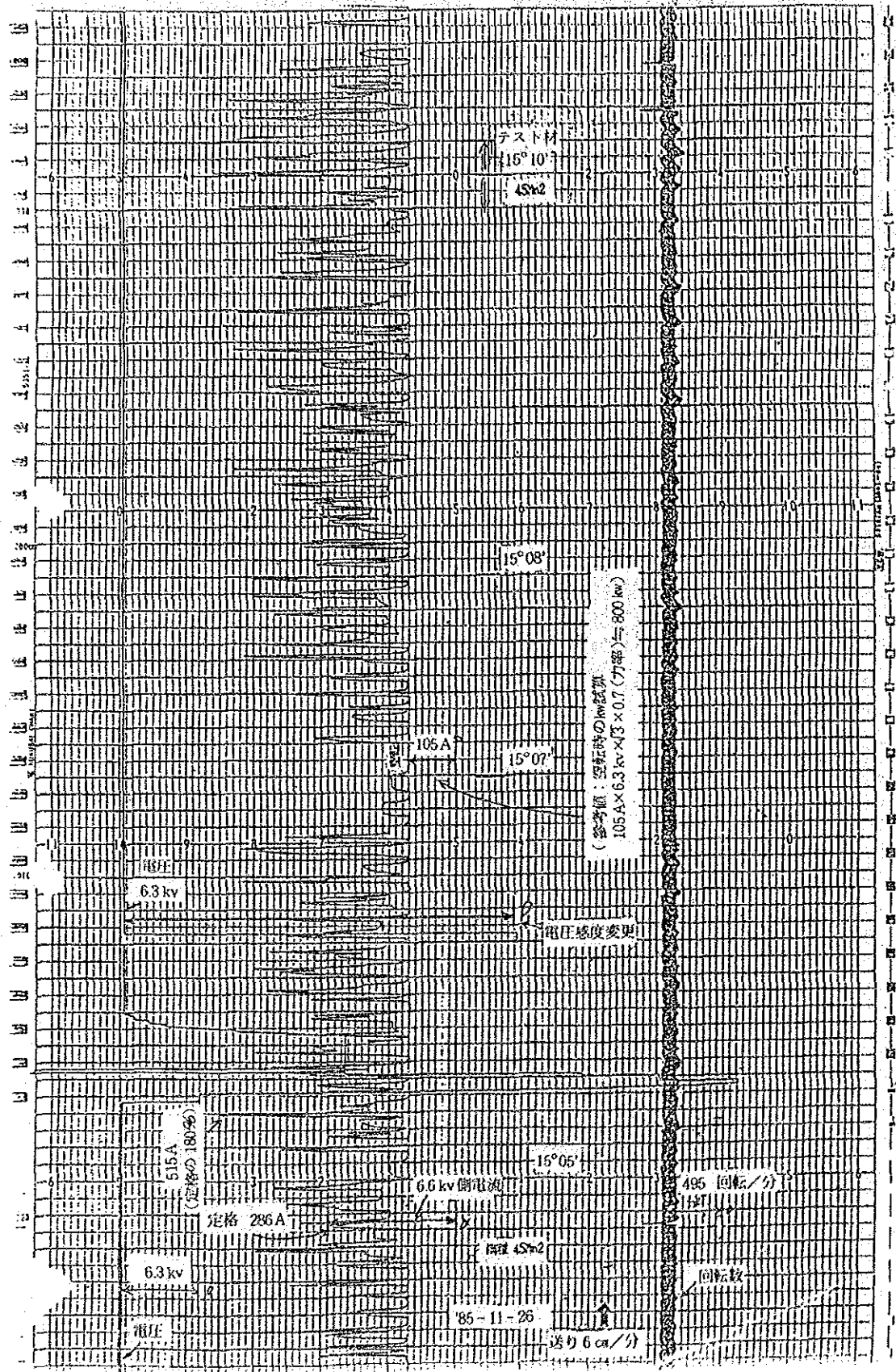


図 3 - 3 - 18 2,500kW誘導電動機 (回転数, 一次側 (6.6 kV) の電流, 回転子側の電圧) その 1

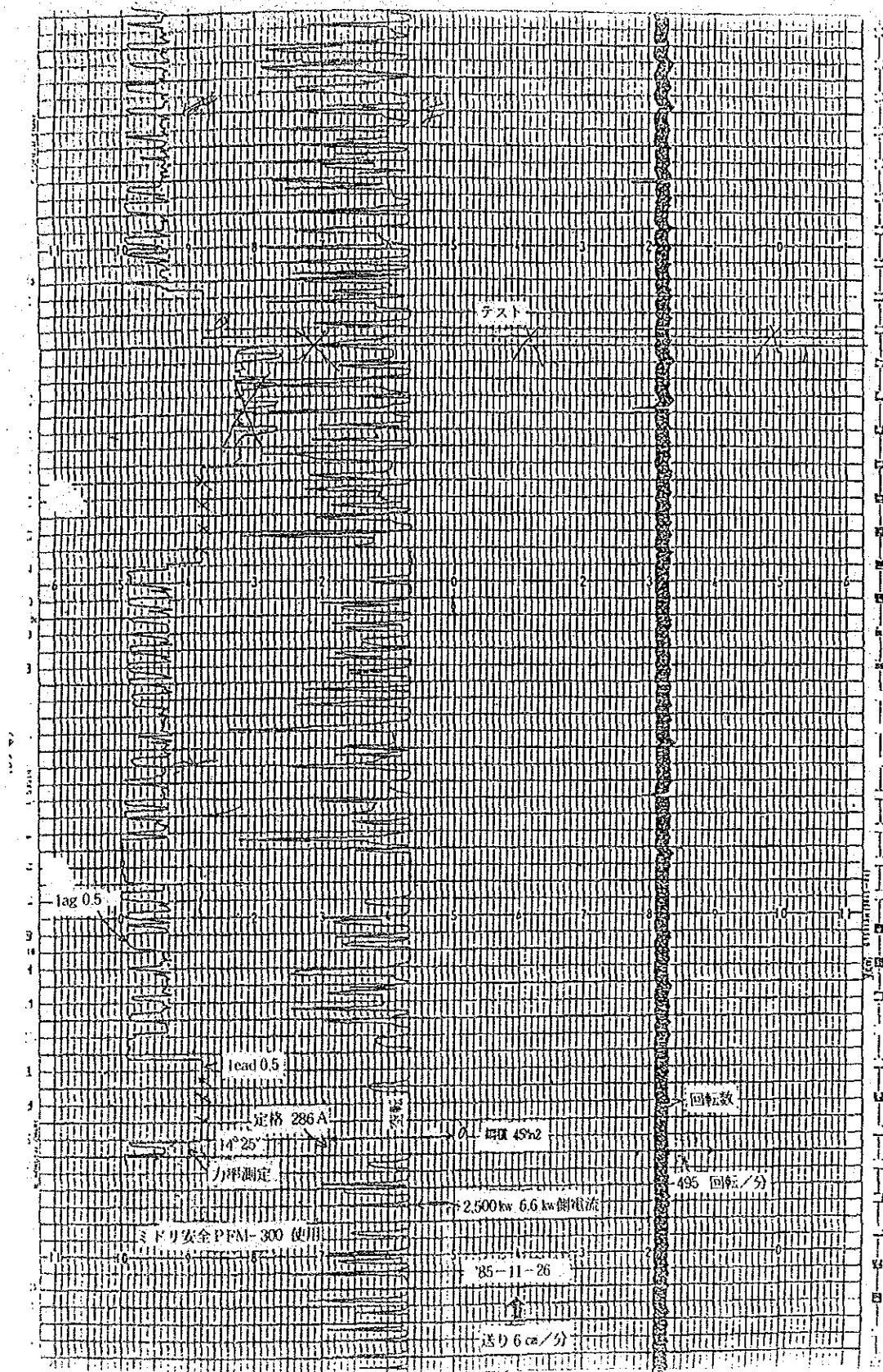


図 3-3-18 2,500kW誘導電動機 (回転数, 一次側の電流及び力率) その2

注意: 力率については入力が入力が小さいため誤差がある

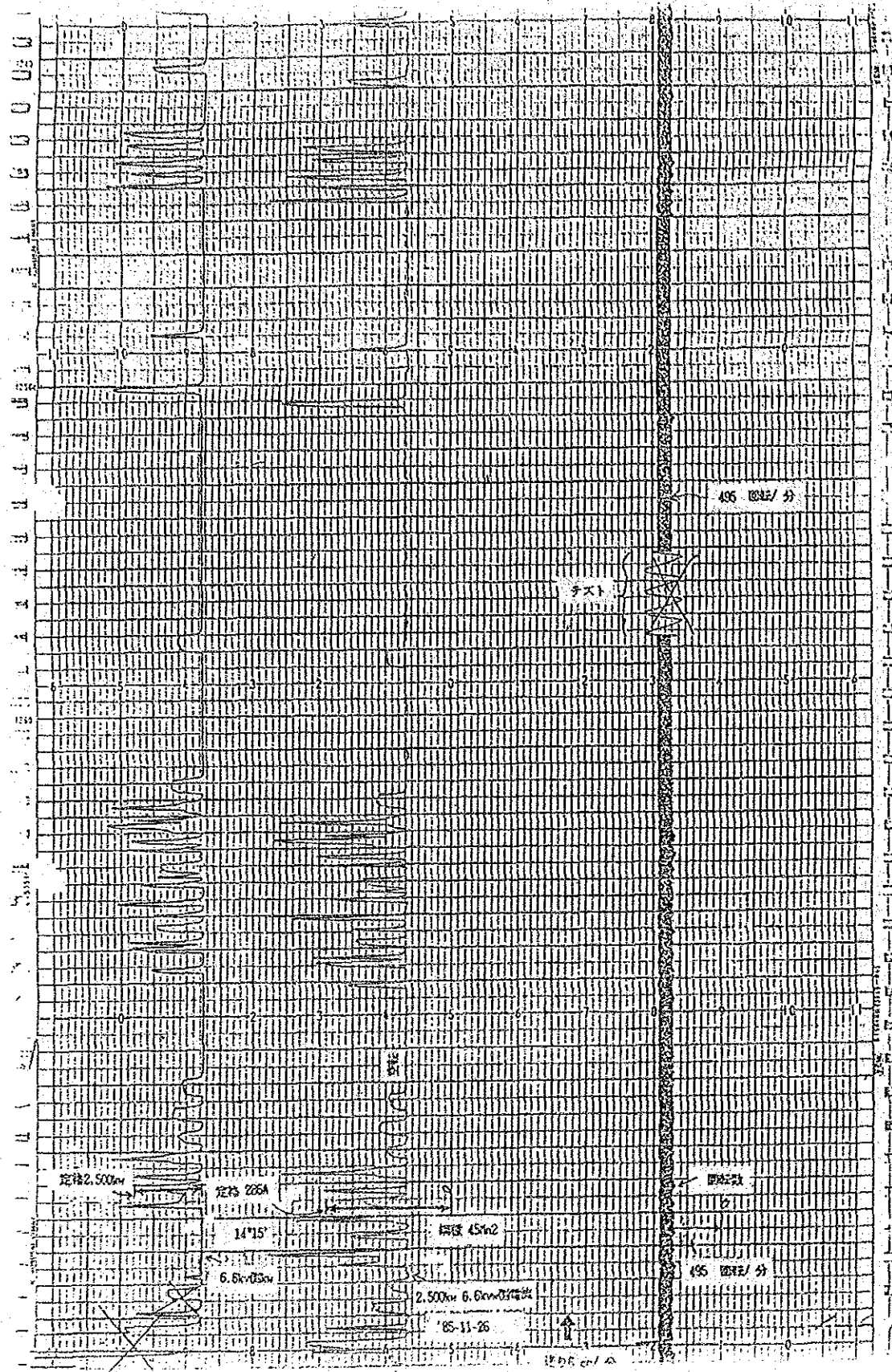


図 3-3-18 2,500kW誘導電動機 (回転数、一次側の電流及び入力) その 3

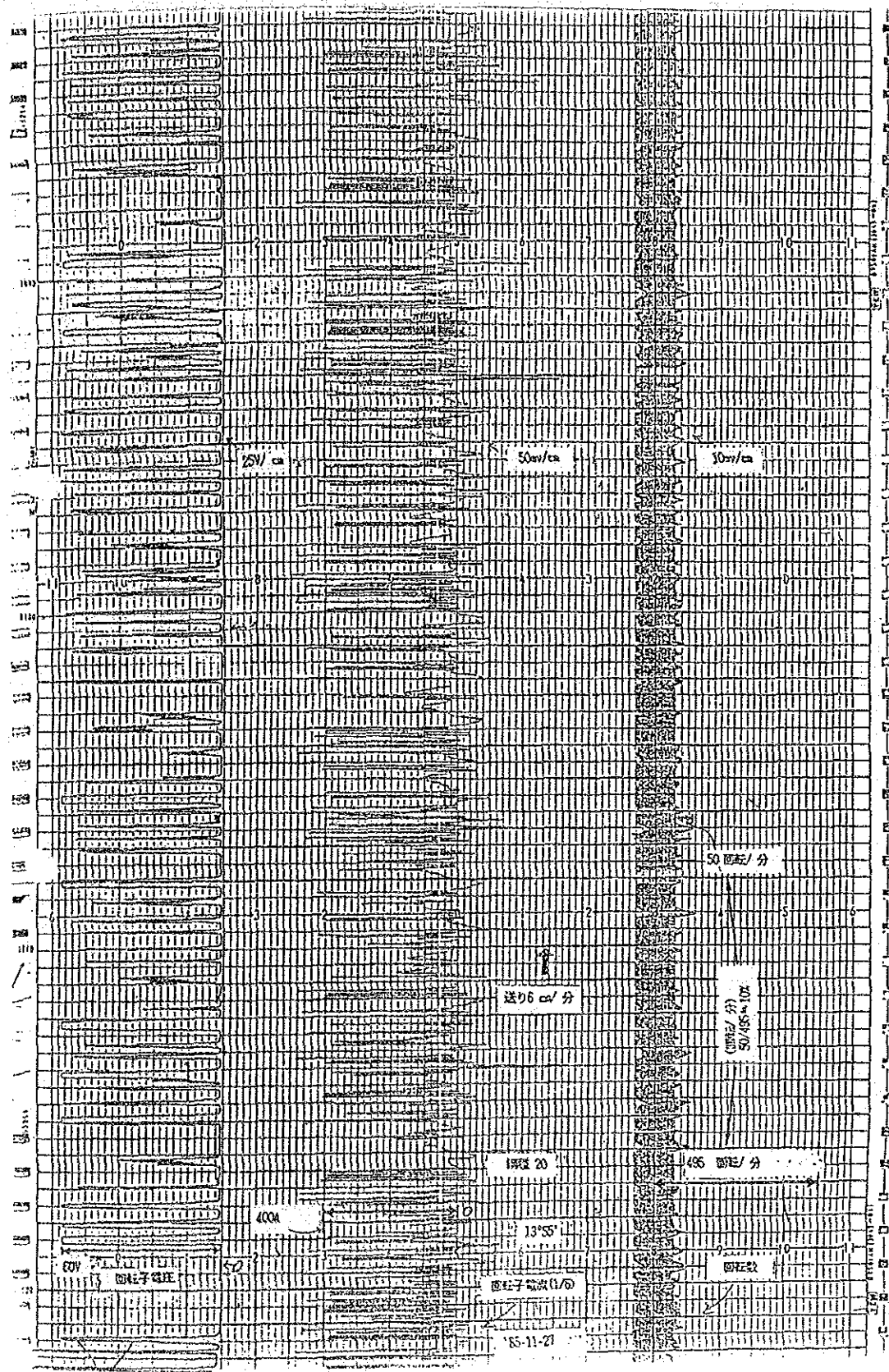


図 3 - 3 - 18 2,500kW誘導電動機 (回転数, 回転子側の電圧及び電流) その4

注意: 回転子側の電流波形は低周波のために変化分が強調されている。

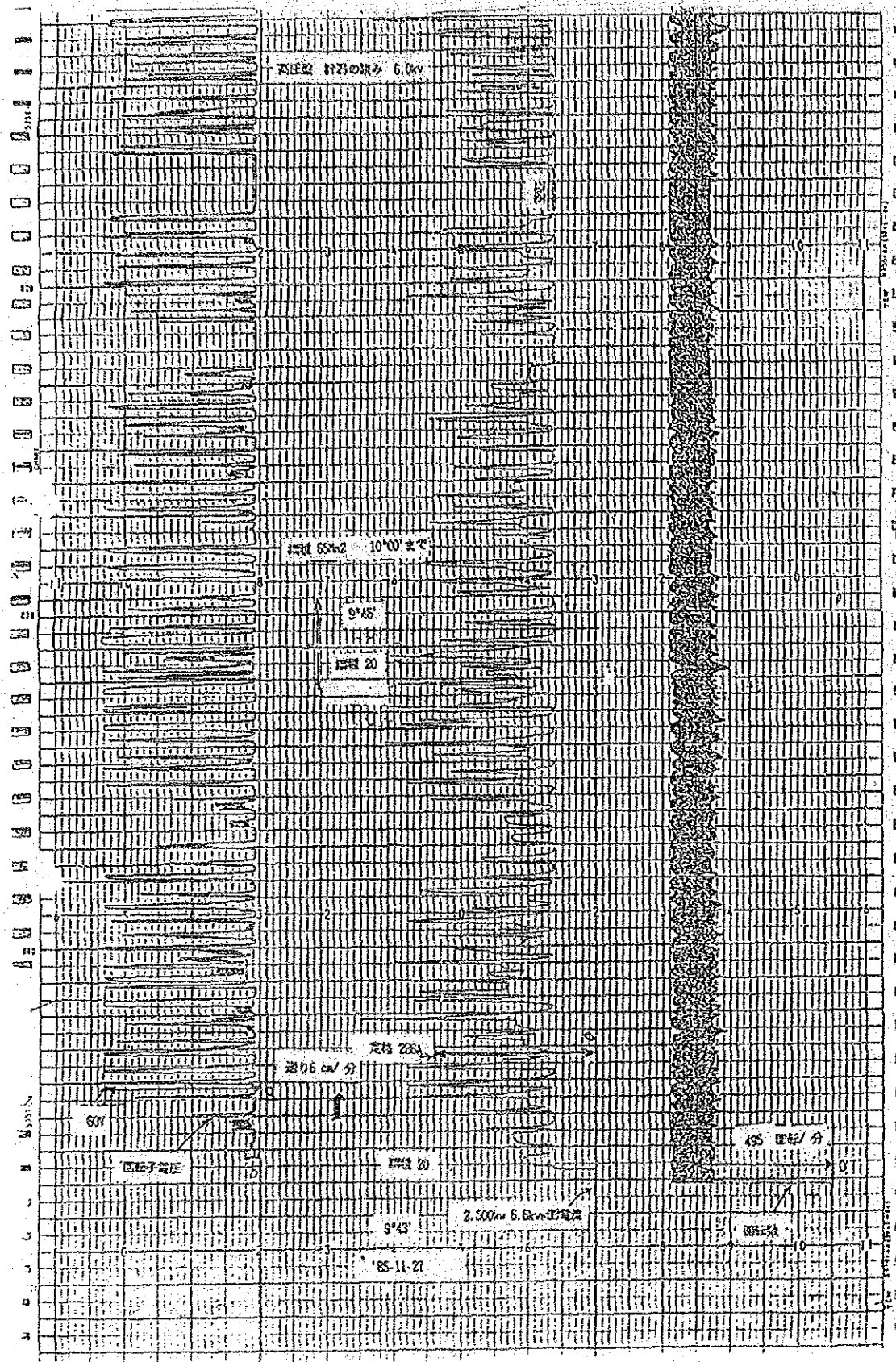


図 3 - 3 - 18 2,500kW誘導電動機 (回転数、一次側 (6.6 kV) の電流及び回転子側の電圧) その 5

資料 3-3-9 2,500 kW誘導電動機用二次抵抗器に消費する電力の補正

表 3-3-5 に示す測定結果が得られたが、更に詳細に検討した結果、二次側が低周波のため次の補正が必要になった。

すなわち、誘導電動機の二次側（回転子側）について

周波数  $f_2$  は  $f_2 = s f_1$  となる。

ただし  $s$  は「すべり」

$f_1$  は一次電圧（電源）の周波数（50Hz）である。

$s$  は 0～10% 故、 $f_2$  は 0～5 Hz となり、かなり低い周波数となる。

今回使用した計器は、商用周波数使用（40～60Hz）のため、低周波では計器誤差が考えられるので、「すべり」の値（回転数の変化）から次の方法で補正を行った。

#### (1) 計算式

$$P_{\ell_2} = s P_2 \quad (1)$$

ただし

$P_{\ell_2}$  は二次抵抗器制御の場合の二次側損失で次のようにも示される。

$$P_{\ell_2} = P_{c_2} \text{ (二次銅損)} + P_{r_2} \text{ (外部抵抗損失)} \text{ (kW)} \quad (2)$$

$s$  は「すべり」

$P_2$  は電動機の二次入力 (kW)

$$\text{また } P_2 = P_i - P_{i_r} - P_{c_1} \text{ となる。} \quad (3)$$

ただし

$P_i$  は電動機入力 (kW)

$P_{i_r}$  は電動機鉄損 (kW)

$P_{c_1}$  は電動機一次銅損 (kW)

(1), (2), (3)式より

二次側の外部抵抗損失  $P_{r_2}$  は

$$P_{r_2} = s ( P_i - P_{i_r} - P_{c_1} ) - P_{c_2} \quad (4)$$

となる。

#### (2) 使用した数値、データ等

①  $s$  は回転数の変化から求められるが回転数の記録は振れ巾が小さいため読みとり誤差が大きくなる。一方回転数の変化と電流の変化とは相似関係にあり、

更に電流の変化の方が振れ巾が大きく読みとりやすいので、電流の変化から回転数の変化を算出した。(図3-3-20)

- ②  $P_i$  (電動機入力) は測定値を使用した。
- ③  $P_{ir}$  (電動機鉄損) は大連鋼廠より提出された値27.25 kWを使用した。
- ④  $P_{c1}$  (電動機一次銅損) は大連鋼廠より提出された値26.6kW (定格出力2,500 kWに対して) を基準にし、その時の電動機入力と定格入力 (2,500 kW+損失 119kW=2,619 kW) から求めた。<sup>2)</sup>
- ⑤  $P_{c2}$  (二次銅損) は大連鋼廠より提出された25.3kW (定格出力2,500 kWに対して) を基準にし、上記④項と同様にして求めた。
- ⑥ 測定値は11月28日測定のものを使用した。(表3-3-4)

### (3) 結果

表3-3-6より二次外部抵抗損失 $P_r$ は平均約20kWh / 1時間と推定された。もちろんこの値は、鋼種・サイズ等で異なるが、今回は短期間の調査のために、すべての鋼種・サイズについて調査することができなかつたので、一応この値を以降の効果や評価等の計算に使用する。

1) 福井良夫 O H M '79/7 P74

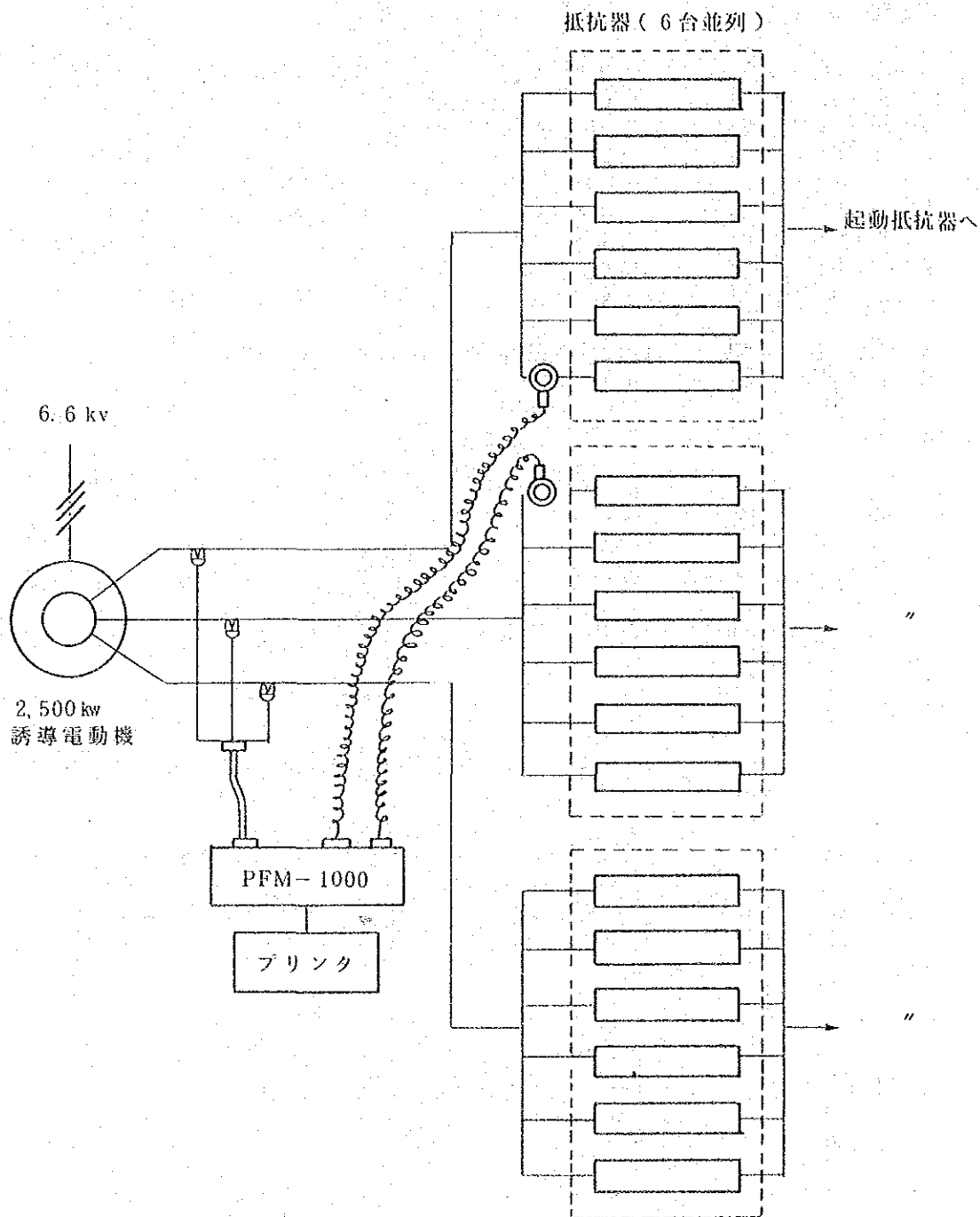
2) 電動機に関する製作時の試験成績表が得られなかつたので、この方法で簡易計算した。



表3-3-5 '85-11-28 2,500 kW誘導電動機回転子用抵抗器に消費する電力測定  
(CH1=回転子 ただし6倍すること)

(1) 結果						
15:50	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	↓ 圧延材料 T8
15:50	05'	計測値	0.4	0.1	-96.2	
15:55	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	↑ ↓ T10
15:55	05'	CH1	0.6	0.1	-97.0	
15:55	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
15:55	05'	計測値	0.6	0.1	-97.0	
16:00	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:00	05'	CH1	0.4	0.2	-93.7	
16:00	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:00	05'	計測値	0.4	0.2	-93.7	
16:05	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:05	05'	CH1	0.3	0.2	-87.4	
16:05	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:05	05'	計測値	0.3	0.2	-87.4	
16:10	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:10	05'	CH1	0.1	0.1	-92.0	
16:10	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:10	05'	計測値	0.1	0.1	-92.0	
16:15	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:15	05'	CH1	0.2	0.1	-96.5	
16:15	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:15	05'	計測値	0.2	0.1	-96.5	
16:20	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:20	05'	CH1	0.4	0.1	-93.3	
16:20	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:20	05'	計測値	0.4	0.1	-93.3	
16:25	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:25	05'	CH1	0.2	0.0	0.0	
16:25	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:25	05'	計測値	0.2	0.0	-99.4	
16:30	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:30	05'	CH1	0.5	5.3	0.0	
16:30	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:30	05'	計測値	0.5	5.3	-8.5	
16:35	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:35	05'	CH1	4.1	9.2	-41.1	
16:35	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:35	05'	計測値	4.1	9.2	-41.1	
16:40	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:40	05'	CH1	1.2	0.1	0.0	
16:40	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:40	05'	計測値	1.2	0.1	-99.5	
16:45	05'	CHO	0.0 kW1/12h	0.0 kVar1/12h	0.0 PF%	
16:45	05'	CH1	0.6	0.3	0.0	
16:45	05'	CH2	0.0	0.0	0.0	
16:45	05'	計測値	0.6	0.3	-90.2	

(2) 測定方法



・測定計器：  
電気使用状況演算記録装置 PFM-1000

図3-3-19 二次抵抗器電力量測定結線図

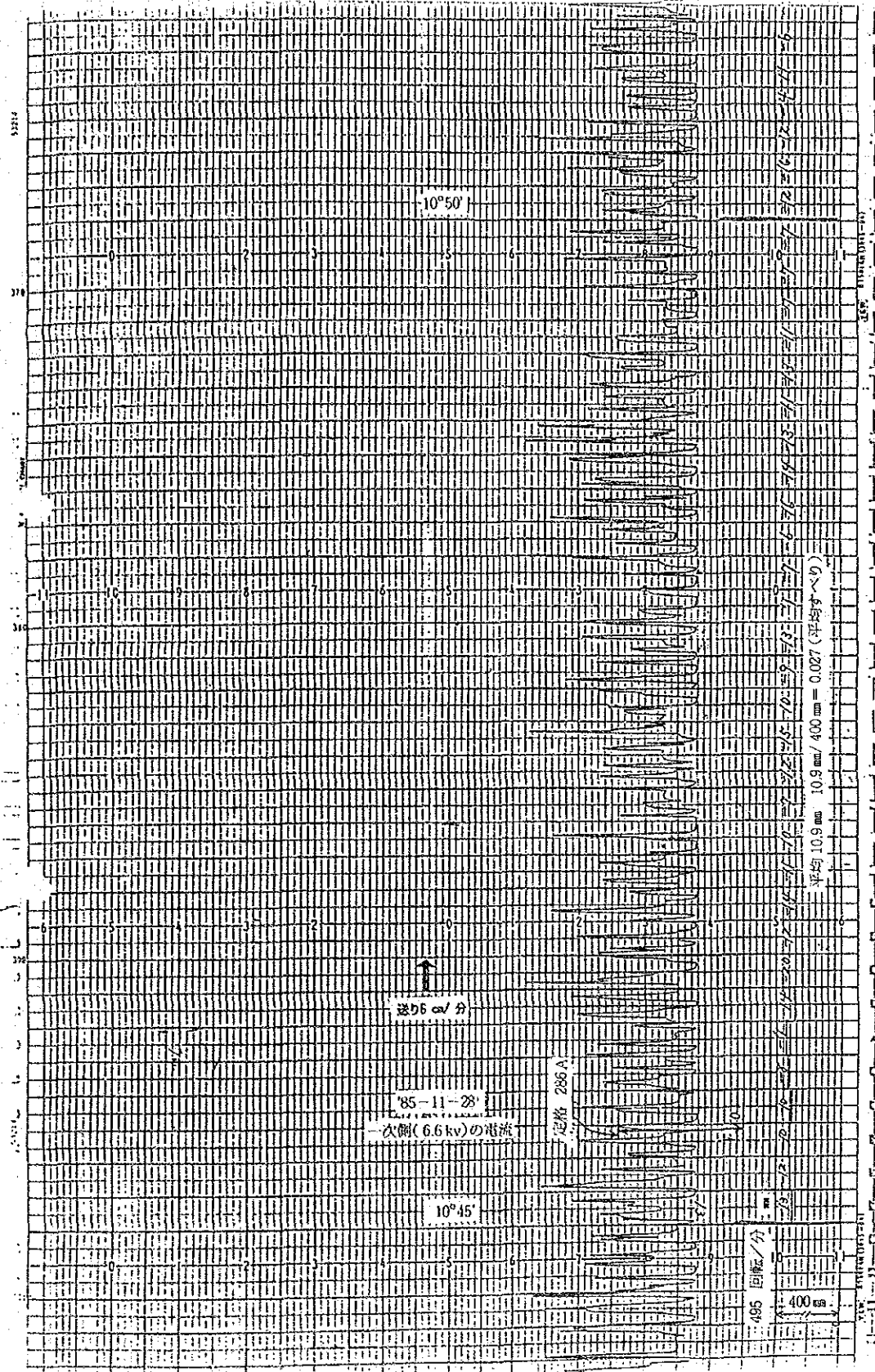


図 3-3-20 6.6 kV側電流波形より、すべりを推定

表 3 - 3 - 6 圧延用 2,500kW 高効率電動機用二次抵抗の電力 (すべりにより算出)

時刻	Pi ① 電動機入力 kW/12h	Pir ② 鉄 27.25kW/12h	Pc1 ③ 一次銅損 $\frac{① \times 26.6}{2619}$ kW/12h	P2= ④ 二次入力 kW/12h	S ⑤ 平均 すべり	P <sub>L2</sub> =④×⑤=⑥ 二次損失 kW/12h	Pc2 ⑦ 二次銅損 $\frac{① \times 25.3}{2619}$ kW/12h	Pr2 = ⑥-⑦ 外部抵抗損失 kW/12h	圧延材料	備考
10:50~	1248.9	27.25	12.7	1209.0	0.016	19.3	12.0	7.3	60Si <sub>2</sub> Mn	
55	1742.6	"	17.7	1697.7	0.028	47.5	16.8	30.7	"	
11:00~	1576.6	"	16.0	1533.4	0.016	24.5	15.3	9.2	"	
05~	1666.2	"	16.9	1622.1	0.022	35.7	16.0	19.7	"	
10~	1547.4	"	15.7	1504.6	0.018	27.1	15.0	12.1	"	
15~	1386.4	"	14.1	1345.1	0.009	12.1	13.5	≒0	"	
(20~	826.3	"	"	"	"	"	"	"		圧延機空転損失測定)
25~	1015.7	"	10.3	978.2	0.005	4.9	9.8	≒0	"	
30~	1638.2	"	16.6	1594.4	0.016	25.5	15.8	9.7	"	
35~	1898.1	"	19.3	1851.6	0.021	38.9	18.3	20.6	"	
40~	1830.3	"	18.6	1784.5	0.019	33.9	17.7	16.2	"	
45~	2018.0	"	20.5	1970.3	0.024	47.3	19.6	27.7	"	
50~	2112.1	"	21.5	2063.4	0.027	55.7	20.4	35.3	"	

時刻	Pi 電動機入力 kW/12h	Pir 鉄 27.25kW/12h	② 損	Pc. 一次銅損 $\frac{① \times 26.6}{2619}$ kW/12h	③ 二次銅損 $\frac{① - ② - ③ = ④}{2619}$ kW/12h	P <sub>2</sub> = 二次入力 kW/12h	S 平均 すべり	⑤ =④×⑤=⑥ 二次損失 kW/12h	Pc. 二次銅損 $\frac{① \times 25.3}{2619}$ kW/12h	⑦ 外部抵抗損失 kW/12h	Pr <sub>2</sub> =⑥-⑦	圧延材料	備考
'85-11-28													
13:20~	1691.0	"	17.2	1646.6	1789.9	0.025	41.2	16.3	24.9	20CrMo			
25~	1714.2	"	17.4	1669.6	1789.9	0.023	38.4	16.6	21.8	60S <sub>2</sub> Mn			
30~	1835.7	"	18.6	1789.9	1789.9	0.025	44.8	17.7	27.1	"			
35~	1524.2	"	15.5	1481.5	1481.5	0.017	25.2	14.7	10.5	"			
40~	1687.0	"	17.1	1642.7	1642.7	0.021	34.5	16.2	18.3	"			
45~	1587.8	"	16.1	1544.5	1544.5	0.018	27.8	15.3	12.5	"			
50~	1667.2	"	16.9	1623.1	1623.1	0.020	32.5	16.0	16.5	"			
55~	1732.0	"	17.6	1687.2	1687.2	0.021	35.4	16.7	18.7	"			
14:00~	1945.7	"	19.8	1898.7	1898.7	0.027	51.3	18.8	32.5	"			
05~	1530.8	"	15.5	1488.1	1488.1	0.017	25.3	14.8	10.5	"			
10~	1944.7	"	19.8	1897.7	1897.7	0.026	49.3	18.8	30.5	"			
15~	1940.6	"	19.7	1893.7	1893.7	0.028	53.0	18.7	34.3	"			
20~	1904.8	"	19.4	1858.2	1858.2	0.024	44.6	18.4	26.2	"			
25~	2025.3	"	20.6	1977.5	1977.5	0.027	53.4	19.6	33.8	"			
30~	1795.1	"	18.2	1749.7	1749.7	0.020	35.0	17.4	17.6	10とT7			
35~	1777.0	"	18.1	1731.7	1731.7	0.021	36.4	17.1	19.3	"			
40~	1494.0	"	15.2	1451.6	1451.6	0.015	21.8	14.4	7.4	"			
45~	1778.7	"	18.1	1732.9	1732.9	0.023	39.9	17.2	22.7	"			
50~	1828.5	"	18.6	1782.7	1782.7	0.025	44.6	17.7	26.9	"			
55~	2129.3	"	21.6	2080.5	2080.5	0.027	56.2	20.5	35.7	"			
15:00~	1886.8	"	19.2	1840.4	1840.4	0.022	40.5	18.2	22.3	"			
05~	1995.5	"	20.3	1948.0	1948.0	0.027	52.6	19.3	33.3	"			
								総平均	691.8/34=20.3				

1. 検討内容

- (1) 合成樹脂軸受と転がり軸受との比較
- (2) 改造概略図案及び使用軸受仕様

2. 検討結果

- (1) 合成樹脂軸受と転がり軸受との比較

(a) 起動摩擦トルクについて

荷重と起動摩擦トルクの関係を図 3 - 3 - 21 に示す。

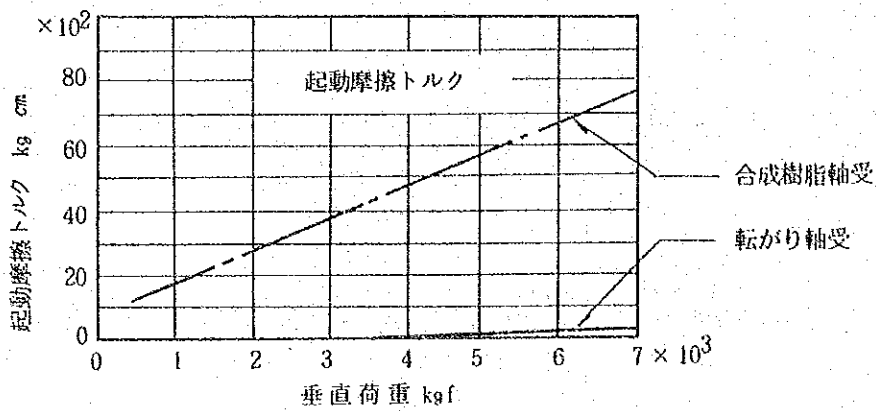


図 3 - 3 - 21 起動摩擦トルク

(b) 耐焼付性について

合成樹脂軸受及び転がり軸受について各回転数各荷重条件における耐焼付性を図 3 - 3 - 22 に示す。

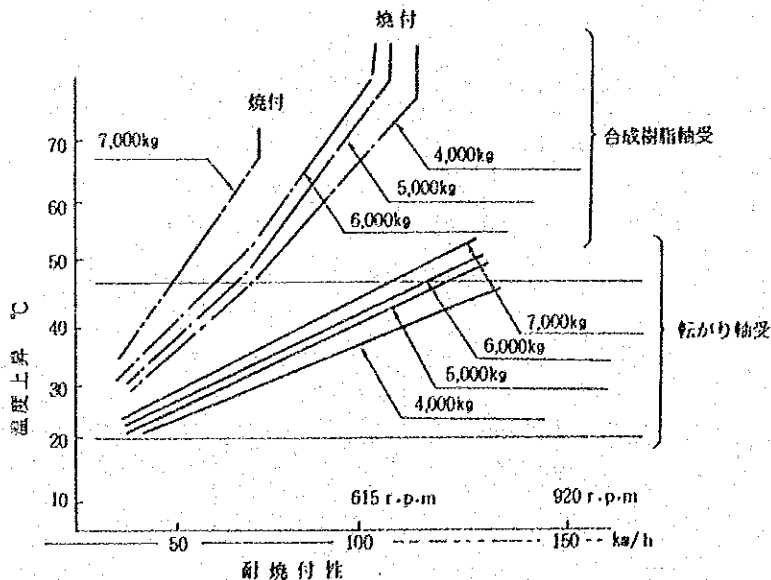


図 3 - 3 - 22 耐焼付性

(c) 動摩擦トルクによる消費電力

1 スタンド当たりの必要電力 (kW<sub>B</sub>)

$$kW_B = \frac{(M + ST) \times n}{974} \times 2 \times 2 \quad (\text{kW})$$

M : 転がり動摩擦トルク

ST : 軸封の動摩擦トルク

n : 回転数

$$ST = \frac{\text{軸受外径接線力}}{\text{軸受平均半径}} = \frac{1.5 \sim 2}{r} \quad (\text{kg-cm})$$

合成樹脂軸受の消費電力 (kW<sub>M</sub>)

$$kW_M = kW_B \times \frac{\mu_1}{\mu_2} \times \mu \alpha \quad \text{-----(1)}$$

$\mu_1$  : 合成樹脂軸受の回転摩擦係数

$$\begin{cases} \bar{X} = 0.006 & (\text{油浴潤滑の場合}) \\ \bar{X} = 0.035 & (\text{水潤滑の場合}) \end{cases}$$

$\mu_2$  : 転がり軸受の回転摩擦係数  $\bar{X} = 0.002$

$\mu \alpha$  : 回転速度と摩擦変動係数 (表 3-3-7 参照)

表 3-3-7

(回転数 = r. p. m)

回転数	< 50	< 100	< 200	< 300	< 500
$\mu \alpha$	0.55	0.45	0.43	0.38	0.33

(1)式から合成樹脂軸受と転がり軸受の消費電力の比較を今回の条件 (n = 82.5rpm)で

行なうと

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} \times \mu \alpha = \frac{0.035}{0.022} \times 0.45 = 7.88 \text{ より}$$

電力は1/7.88 = 12.7%になり87.3%の動力削減となる。

合成樹脂軸受から転がり軸受へ変更する効果についてまとめると、下記のようなになる。

- ① 軸受摩耗にともなう保全工数が削減できる。
- ② 軸受強度の向上により高圧下圧延が可能になり、圧延時間の短縮が計れる。
- ③ 軸受摩耗減少により製品精度、歩留りが向上する。
- ④ 合成樹脂軸受への潤滑 (冷却水) 用駆動電力が削減できる。

(2) 改造案及び使用軸受仕様

(a) ロール寸法

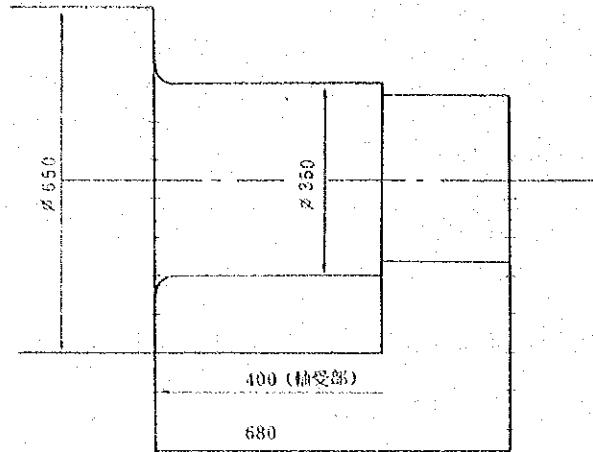


図 3 - 3 - 23

(b) 改造案

1) 円筒転がり軸受 + スラスト用軸受

を検討するが、不可の場合は、

2) 4列円錐転がり軸受

とする。

(c) 検討

ロール寸法を変更できないので軸受内径φ350 mmで検討する。

1) 円筒転がり軸受 + スラスト用軸受の検討

軸方向寸法が 600mm程度必要となるのでこの案は採用できない。

2) 4列円錐転がり軸受けの検討

軸受組込状況は図 3 - 3 - 24になる。

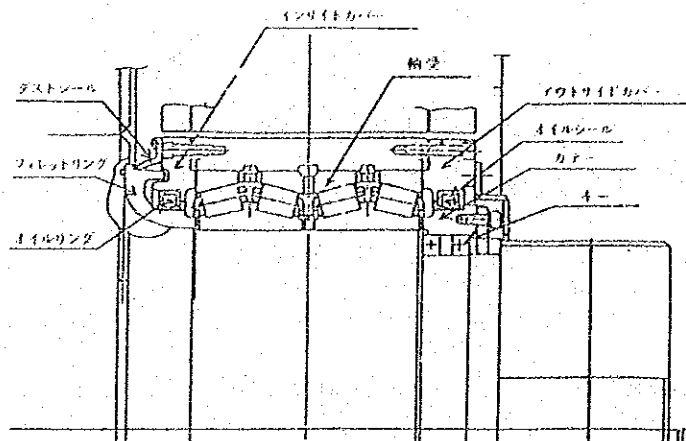


図 3 - 3 - 24



選定軸受仕様

型式 : 4列円錐転がり軸受

型番 : 47T705428

主寸法 :  $\phi 350 \text{ mm} \times \phi 540 \text{ mm} \times 280 \text{ mm}$

C : 301 TON (動定格荷重) (百万回転が可能な値)

C<sub>0</sub> : 429 TON (静定格荷重) (圧痕が1/10000になる値)

従って、4列円錐転がり軸受にて、改造可能と判断する。

資料3-3-11 (参考) サイリスタセルビウス方式の説明

三相誘導電動機の二次側に発生した二次スリップ電力を順変換器(シリコン整流器)を通して、一度直流電力に変換し直流リアクトルで電流の脈動を抑制しつつ、逆変換器(サイリスタインバータ)によって電源と同じ周波数を持つ交流電力に変換し、これを変圧器を介して電源側に返還する。このとき、サイリスタインバータの点弧位相を制御することで、電動機二次電力の電源への返還量を変化させて電動機速度を制御することができる。

これをサイリスタセルビウス方式(静止二次励磁方式)という。

● 高圧(3kv, 6kv)の場合  
電動機始動盤

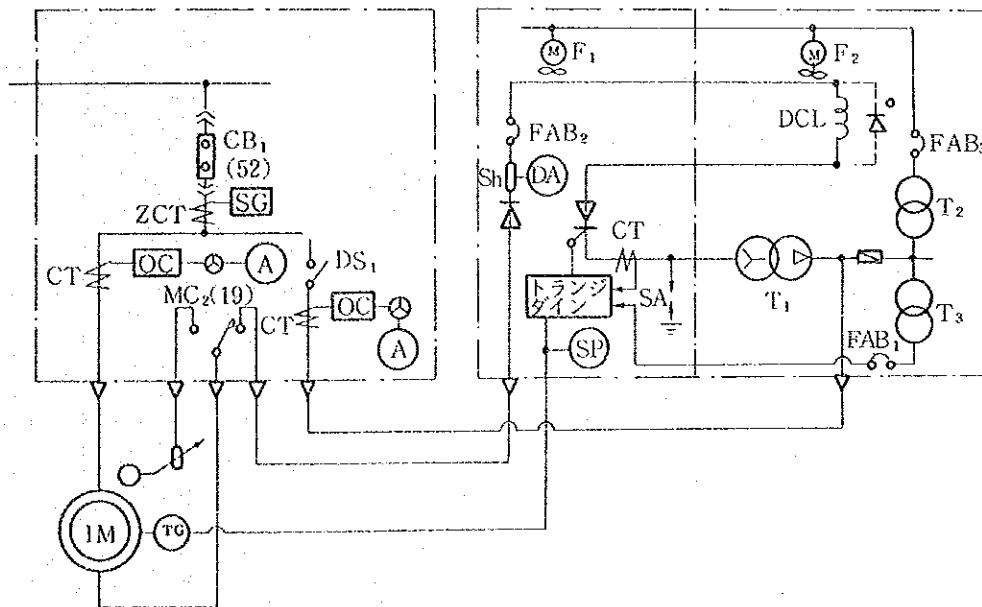


図3-3-25 サイリスタセルビウス方式

## 4. 第一庄延工場連続加熱炉

### 4.1 設備概要

表3-4-1に炉の概要を、図3-4-1に本炉の概略図を示す。

表3-4-1 炉の概要

1	加熱炉番号		第一庄延工場NO. 2炉		
2	型式		3帯式、複列プッシュ型連続加熱炉		
3	公称能力	t/h	56.7		
4	有効炉長×炉内巾	mm	35,500×3,600		
5	炉体れんが及保温材の寸法、性質	mm	均熱帯	加熱帯	予熱帯
			(天井) 粘土質キャスト 230 珪藻土粉 50	(天井) 同 左	(天井) 同 左
			(側壁) 粘土質プラスチック 300 粘土質れんが 232 セラミックファイバ 20	(側壁) 同 左	(側壁) 同 左
			(炉床) 粘土質れんが 740	(炉床) 同 左	(炉床) 粘土質キャスト 250 (水及び空気によるパイプ冷却)
6	使用燃料		C重油		
7	燃焼装置の型式、容量、数		均熱帯	上部加熱帯	下部加熱帯
			(軸流バーナ) 蒸気噴霧式バーナ 200kg/h×4本	(サイドバーナ) 蒸気噴霧式バーナ 200kg/h×2本×2	(軸流バーナ) 蒸気噴霧式バーナ 200kg/h×4本
			(ホーテンバーナ) 蒸気噴霧式バーナ 1本×2		(サイドバーナ) 蒸気噴霧式バーナ 200kg/h×5本×2
8	通風設備の容量		押込送風機 460mmH 0×78,000m <sup>3</sup> /h×135kW 排風機 760mmH 0×90,000m <sup>3</sup> /h×95kW		
9	空気予熱器の型式、伝熱面積	m <sup>2</sup>	多管式空気予熱器(5ユニット、並列)、 64m <sup>2</sup> ×5=320m <sup>2</sup>		
10	加熱鋼材の材質、寸法及単重	mm kg	材質	炭素構造用鋼、低合金炭素工具鋼、軸受鋼	
			寸法	305□×245□×1,000 (含押場 1,130)	
			単重	620kg	
11	スキッド冷却方式		高圧飽和水(6~8kg/cm G)冷却		
12	スキッドボイラ		6 T/h (6~8kg/cm G)		
13	スキッドの材質、寸法及断熱材	mm	スキッドレール	クロスパイプ	ポストパイプ
			材質 0.2%炭素鋼	同 左	同 左
			寸法 114/94	同 左	同 左
			断熱材、上半分プラスチック 下半分キャスト 厚 50	同 左	同 左

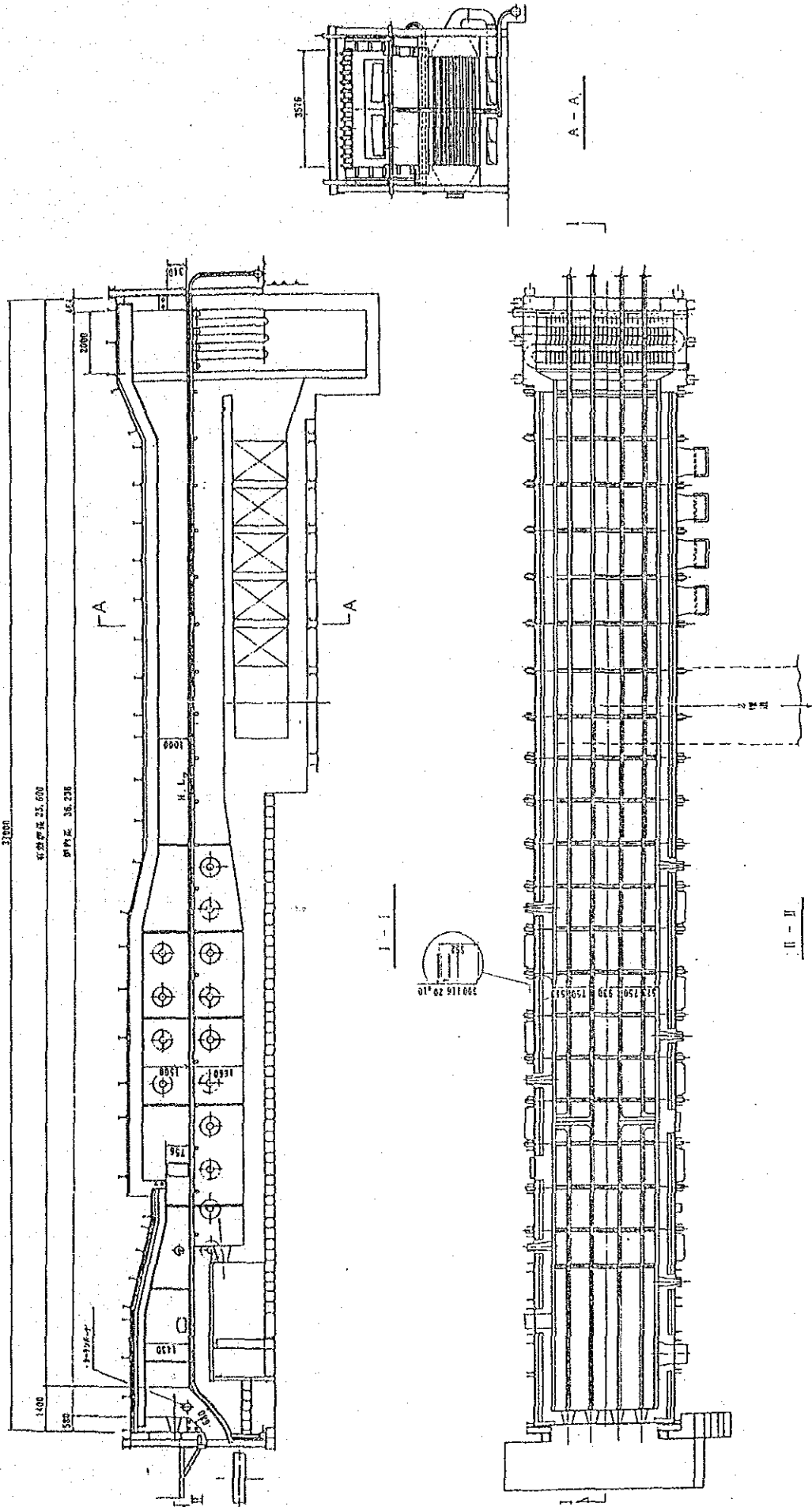


图 3 - 4 - 1 第一庄延工場 No. 2 加熱炉

## 4.2 改善目標と診断項目

- (1) 生産水準 90,000 t/年
- (2) 現状原単位 重油 64~65kg/t鋼片
- (3) 改善目標 重油 <55kg/t鋼片
- (4) 診断項目
  - A) 熱勘定
  - B) 炉構造
  - C) 燃焼改善

## 4.3 熱勘定

### 4.3.1 熱勘定の基準

- (1) 熱勘定は、装入鋼材1tあたりについて行った。
- (2) 発熱量は、使用時の燃料の低発熱量をとった。
- (3) 熱勘定の基準温度は、外気温度とした。
- (4) 熱勘定は、空気予熱器を含めて行った。
- (5) 空気予熱器の内部における熱の授受は、循環熱として別個に表示した。

### 4.3.2 測定結果

測定結果を表3-4-2に示す。

表 3 - 4 - 2 測 定 結 果

1	実 施 年 月 日		1 9 8 5 年 1 2 月 1 0 , 1 1 日	
2	外 気 温 度	°C	1	
3	燃 料	種 類	C重油	
4		使 用 量	ℓ 8,490/5h	
5		圧力( 炉前本管 )	kg/cm G 4.1	
6		温度( " )	°C 92	
7		成 分	Wt% C 86.91 h 12.54 S 0.18 H 0 0.3	
8		比 重	0.92	
9	低 発 熱 量	kcal/kg 10,127		
10	霧 化 剤	種 類	過熱水蒸気	
11		圧 力	kg/ cmG 5.4	
12	二 次 空 気	予熱器出口温度 (但しダクト表面温度)	°C #1 153 #2 106 #3 89 #4 56 #5 76 炉床冷却 20 (注, 予熱器番号は装入側よりの番号)	
13		ス キ ッ プ ボ イ ラ	給 水 量	m /h 12.22
14		給 水 温 度	°C 24	
15	蒸 気 圧 力	kg/cm G 6.5		
16	燃 焼 ガ ス	空 気 予 熱 器 入 口 温 度	°C 494	
17		空 気 予 熱 器 出 口 温 度	°C 222	
18		予 熱 帯 成 分	% O <sub>2</sub> 3.4	
19		空 気 予 熱 器 入 口 成 分	VOL% O <sub>2</sub> 13.8	
20	空 気 予 熱 器 出 口 成 分	VOL% O <sub>2</sub> 15.0		
21	加 熱 鋼 材	寸 法	mm 305□×245□×1000	
22		単 重	kg 620	
23	装 入 量 計	t 91.14/5h		
24	平 均 1 時 間 当 り 装 入 量	t / h 18.228		
25	装 入 温 度	°C 1		
26	抽 出 温 度	°C 1184		
27	平 均 在 炉 時 間	h 8.77		
28	炉 内 圧 力	mmHg -0.1		
29	炉 体 各 部 表 面 温 度	°C 均熱帯前壁, 均熱帯側壁, 加熱帯側壁, 予熱帯側壁 212 98 68 37		

### 4.3.3 熱勘定の予備計算

#### (1) 重油量

a. 温度57°Cの重油流量計量値より15°Cの容積への換算

測定温度57°Cに対する容積換算係数は、0.9703である。したがって15°Cの容積は、 $8490 \times 0.9703 = 8238$  [ℓ] である。

b. 重量への換算

15°Cにおける比重が0.92であるので重量は、 $8238 \times 0.92 = 7579$  [kg] である。

c. 装入鋼材1 tあたりの重油使用量

$$7579 \div 91.14 = 83.2 \text{ [kg/t]}$$

#### (2) 排ガス量

A) 乾き燃焼排ガス量

a. 理論空気量  $A_0$

$$\begin{aligned} A_0 &= 1/100(8.89c + 26.7h + 3.33s) \\ &= 1/100(8.89 \times 86.91 + 26.7 \times 12.54 + 3.33 \times 0.18) \\ &= 11.1 \text{ [Nm}^3/\text{kg]} \end{aligned}$$

ここに c, h, s ; 重油中の炭素, 水素, 硫黄の各重量%

b. 空気比  $m_1$

$$\begin{aligned} m_1 &= 21 / [21 - (O_2)_1] \\ &= 21 / [21 - 15] \\ &= 3.5 \end{aligned}$$

ここに  $(O_2)_1$  ; 空気予熱器出口の排ガス中の酸素の容積%

c. 理論乾き排ガス量  $G'_0$

$$\begin{aligned} G'_0 &= (1 - 0.21) A_0 + 1/100(1.867 \times c + 0.7 \times s) \\ &= (1 - 0.21) \times 11.1 + 1/100(1.867 \times 86.91 + 0.7 \times 0.18) \\ &= 10.4 \text{ [Nm}^3/\text{kg]} \end{aligned}$$

d. 実際乾き排ガス量  $G'_1$

$$\begin{aligned} G'_1 &= G'_0 + (m_1 - 1) A_0 \\ &= 10.4 + (3.5 - 1) \times 11.1 \\ &= 38.2 \text{ [Nm}^3/\text{kg]} \end{aligned}$$

e. 鋼材 1 t あたり乾排ガス量  $G_1$

$$\begin{aligned} G_1 &= \text{鋼材 1 t あたり重油使用量} \times G' \\ &= 83.2 \times 38.2 \\ &= 3178 \text{ (N m}^3\text{/t)} \end{aligned}$$

B) 排ガス中の水蒸気量

a. 重油の燃焼により生成する水蒸気量 ( $H_2O$ )'

$$\begin{aligned} (H_2O)' &= 1/100(9h + w) \\ &= 1/100(9 \times 12.54 + 0.3) \\ &= 1.1 \text{ (kg/kg)} \end{aligned}$$

ここに  $w$  ; 重油中の水分の重量%

b. 燃焼用空気中の湿分無視する。

c. 霧化用蒸気量 ( $H_2O$ )''

バーナーの霧化剤として使用している水蒸気量をバーナ 1 本あたり 50 (kg/h) と仮定する。バーナ使用本数は 16 本 (内訳 ; 均熱帯軸流バーナ 4 本, 下部加熱帯軸流バーナ 4 本, 下部加熱帯サイドバーナ 4 本  $\times$  2, ただし均熱帯のカーテンバーナの小容量バーナ 2 本を除外) であるので, 1 時間, あたりの水蒸気量は  $50 \times 16 \text{本} = 800 \text{ (kg/h)}$  である。

熱勘定時, 5 時間の重油使用量が 7579 (kg) であるので, 重油 1 (kg) あたりの水蒸気量は  $800 \times 5 \div 7579 = 0.5 \text{ (kg/kg)}$  となる。

また, 鋼材 1 t あたりの霧化用水蒸気量は 5 時間の装入鋼材重量が 91.14 (t) であるので  $800 \times 5 \div 91.14 = 43.9 \text{ (kg/t)}$  である。

d. 鋼材 1 t あたり水蒸気量 ( $H_2O$ )

$$\begin{aligned} (H_2O) &= \text{鋼材 1 t あたり重油使用量} \times \{ (H_2O)' + (H_2O)'' \} \\ &\quad \times 22.4/18 = 83.2 \times \{ 1.1 + 0.5 \} \times 22.4/18 \\ &= 166 \text{ (N m}^3\text{/t)} \end{aligned}$$

(3) 冷却水量

炉のスキッドパイプ, クロスパイプ及びポストの冷却には高圧飽和水冷方式を採用し, これにより発生した水蒸気は工場用として使用されているが, 一部は自炉の重油加熱の熱源及びバーナーの霧化剤に使用している。

したがって, 熱勘定で冷却水による損失熱の対象になる熱量は, スキッド・ボ

イラでの発生蒸気量から自炉で消費した量を差引いた熱量とし、その水蒸気量を次のとおりとした。

a. 発生蒸気量  $Q_1$  [kg/h]

$$\begin{aligned} Q_1 &= \text{スキッド・ボイラへの給水量} \times \text{給水の比重量} \\ &= 12.22 \times 997.2 \\ &= 12,186 \text{ [kg/h]} \end{aligned}$$

ただし、発生蒸気量=給水量とし、また給水温度24℃の比重量は997.2 [kg/m<sup>3</sup>]とした。

b. 重油加熱に使用した水蒸気量  $Q_2$  [kg/h]

$$\begin{aligned} Q_2 &= \{ \text{重油使用量} \times \text{重油の平均比熱} \times (\text{重油の温度} - \text{外気温度}) \} \\ &\quad + \text{水蒸気潜熱} = 7579 / 5 \times 0.45 \times (92 - 1) / 491.6 \\ &= 126 \text{ [kg/h]} \end{aligned}$$

ただし、重油使用量は熱勘定5時間の使用量；7579 [kg]，重油の比熱は0.45 [kcal/kg・℃]，また水蒸気潜熱はゲージ圧力 6.5 [kg/cm<sup>2</sup>] の 491.6 [kcal/kg] を用い、重油加熱効率を 100%とした。

c. 霧化剤に使用した水蒸気  $Q_3$  [kg/h]

$$Q_3 = 800 \text{ [kg/h]}$$

注)  $Q_3$  については4.3.3.(2) B) c. を参照のこと

d. 冷却水損失の対象とした水蒸気発生量  $Q_4$  [kg/h]

$$\begin{aligned} Q_4 &= Q_1 - (Q_2 + Q_3) \\ &= 12186 - (126 + 800) \\ &= 11260 \text{ [kg/h]} \end{aligned}$$

e. 鋼材 1 t あたり冷却水損失の対象とした水蒸気発生量  $Q_5$  [kg/t]

$$\begin{aligned} Q_5 &= Q_4 \div \text{装入鋼材量} \\ &= 11260 \div 18.228 \\ &= 618 \text{ [kg/t]} \end{aligned}$$

(4) 予熱空気量  $V$  [Nm<sup>3</sup>/t]

空気予熱器を通過した空気量は、炉内への侵入空気がなかったものとして、予熱帯での燃焼ガス組成より算出した。(実際には、ノロ出し口等よりの外気侵入が観察されたが、定量化出来ないのでこの侵入外気量は無視した。)



a. 炉内（予熱帯）ガスの空気比  $m_2$

$$m_2 = 21 / [21 - (O_2)_2]$$

$$= 1.19$$

ここに  $(O_2)_2$  : 予熱帯の排ガス中の酸素の容積%

b. 予熱空気量

$$V_a = \text{鋼材 1 t あたり重油使用量} \times m_2 \times A_0$$

$$= 83.2 \times 1.19 \times 11.1$$

$$= 1099 \text{ [Nm}^3\text{/t]}$$

(5) 予熱空気温度

温度測定孔が得られなかったので、予熱空気温度に代るものとしてダクトの表面温度より推定した予熱空気温度推定値を表 3-4-3 に示す。ダクト表面における放射及び対流による放散熱量が予熱空気側から表面への貫流熱量にみあうとして予熱空気温度を計算により求めた。

表 3-4-3 空気予熱器の空気出口温度

空気予熱器 No	#1	#2	#3	#4	#5	平均
出口外表面温度	153 ℃	106 ℃	89 ℃	56 ℃	76 ℃	-----
空気温度推定値	410 ℃	272 ℃	194 ℃	94 ℃	116 ℃	206 ℃

注) 空気予熱器 No は装入側より番号をつけた。

ただし、空気予熱器の出口ダクト寸法は、#1～#3 を 0.35 [m] × 0.9 [m]、#4～#5 を 0.2 [m] × 0.5 [m] とした。また流量比は、#1 ; 0.5、#2 ; 0.5、#3 ; 0.67、#4 ; 0.33、#5 ; 1 とした。

(6) 空気予熱器入口の乾き排ガス量

a. 空気比  $m_3$

$$m_3 = 21 / [21 - (O_2)_3]$$

$$= 21 / (21 - 13.8)$$

$$= 2.92$$

ここに  $(O_2)_3$  : 空気予熱器入口の排ガス中の酸素の容積%

b. 実際乾き排ガス量  $G'_{3s}$

$$G'_{3s} = G'_{30} + (m_3 - 1) A_0$$

$$= 10.4 + (2.92 - 1) \times 11.1$$

$$= 31.7 \text{ [N m}^3\text{/kg]}$$

c. 鋼材 1 t あたり乾き排ガス量  $G_3$

$$G_3 = \text{鋼材 1 t あたり重油使用量} \times G'_3$$

$$= 83.2 \times 31.7$$

$$= 2637 \text{ [N m}^3\text{/t]}$$

#### 4.3.4 入熱の計算

(1) 燃料の発熱量

鋼材 1 t あたり燃料使用量  $\times$  発熱量

$$= 83.2 \times 10127$$

$$= 842.6 \times 10^3 \text{ [kcal/t]}$$

(2) 燃料の顕熱

重油は、自炉のスキッドパイプ等で発生した水蒸気で加熱されているので、燃料の顕熱は入熱に含めない。

(3) 空気の顕熱

空気は、空気予熱器によって予熱されているので、空気の顕熱は入熱に含めない。

(4) 霧化剤の顕熱

霧化剤は、自炉のスキッドパイプ等で発生した水蒸気を使用しているので、霧化剤の顕熱は入熱に含めない。

(5) 装入鋼材の含熱量

常温装入であるので、装入鋼材の含熱量は 0 とする。

(6) スケールの生成熱

鋼材 1 t あたり焼き減り Fe 量  $\times$  スケール生成熱

$$= 20 \times 1335$$

$$= 26.7 \times 10^3 \text{ [kcal/t]}$$

ただし、焼き減り量を 20 [kg/t] と仮定し、またスケールの分析を行っていないので、Fe 1 [kg] あたりのスケール生成熱を 1335 [kcal/kg・Fe] とした。

#### 4.3.5 出熱の計算

##### (1) 抽出鋼材の含熱量

(1000 - 焼き減り Fe 量) × (鋼材の抽出平均温度における含熱量 - 鋼材の外気温度における含熱量)

$$= (1000 - 20) \times (170.6 - 0.1)$$

$$= 167.1 \times 10^3 \text{ [kcal/t]}$$

鋼種はオーステナイト系ステンレス鋼 (18%Cr - 8%Ni ステンレス鋼) とみなし 1184°C の含熱量を 170.6 [kcal/t], 1°C の含熱量を 0.1 [kcal/t] とする。

##### (2) スケールの顕熱

鋼材 1 t あたり焼き減り量 × 100/T. Fe × スケールの平均比熱 × (抽出鋼材表面温度 - 外気温度)

$$= 20 \times 100 / 75.5 \times 0.215 \times (1184 - 1)$$

$$= 6.7 \times 10^3 \text{ [kcal/t]}$$

ただし、スケールの分析を行っていないので T. Fe = 75.5 [%] とし、またスケールの平均比熱は 0.215 [kcal/kg・°C] とした。

##### (3) 排ガスの顕熱

###### A) 排ガスの顕熱

鋼材 1 t あたり乾き排ガス量 × 乾き排ガスの平均比熱 × (排ガス温度 - 外気温度) = 3178 × 0.33 × (222 - 1)

$$= 231.8 \times 10^3 \text{ [kcal/t]}$$

ただし、乾き排ガスの平均比熱は 0.33 [kcal/kg・°C] とした。

###### B) 排ガス中の水蒸気の保有熱

鋼材 1 t あたり排ガス中の水蒸気量 × 水蒸気の平均比熱

× (排ガス温度 - 外気温度) + 600 × 霧化用蒸気量

$$= 166 \times 0.349 \times (222 - 1) + 600 \times 43.9$$

$$= 39.1 \times 10^3 \text{ [kcal/t]}$$

ただし、222°C における水蒸気の平均比熱は 0.349 [kcal/N m<sup>3</sup>°C] とした。

##### (4) 不完全燃焼による損失熱

排ガス中の CO 及びすすを測定していないが、排ガス中の O<sub>2</sub> 含有量が非常に

多いので燃料は完全に燃焼したものとみなし、不完全燃焼による損失熱は0とした。

(5) 冷却水のもち去る熱

$$\begin{aligned} & \text{鋼材 1 t あたり冷却水損失の対象とした水蒸気発生量} \times (\text{水蒸気のエンタルピー} \\ & - \text{給水のエンタルピー}) = 618 \times (660.2 - 24) \\ & = 393.2 \times 10^3 \text{ [kcal / t]} \end{aligned}$$

ただし、ゲージ圧力 6.5 [kg/cm<sup>2</sup>] の飽和蒸気のエンタルピーを 660.2 [kcal/kg]、給水のエンタルピーを 24 [kcal/kg] とした。

(6) その他の損失熱

その他の損失熱は入熱の合計と、出熱の(1)～(5)までの合計との熱量差とする。

$$\begin{aligned} & (842.6 \times 10^3 + 26.7 \times 10^3) - (167.1 \times 10^3 + 6.7 \times 10^3 + 231.8 \times 10^3 \\ & + 39.1 \times 10^3 + 393.2 \times 10^3) \\ & = 31.4 \times 10^3 \text{ [kcal / t]} \end{aligned}$$

(7) 循環熱 (空気予熱器で回収した熱)

$$\begin{aligned} & \text{鋼材 1 t あたり空気量} \times \text{予熱空気の平均比熱} \times (\text{予熱空気温度} - \text{大気温度}) \\ & = 1099 \times 0.312 \times (206 - 1) = 70.3 \times 10^3 \text{ [kcal / t]} \end{aligned}$$

(8) 空気予熱器入口の排ガスの顕熱

A) 乾き排ガスの顕熱

$$\begin{aligned} & \text{鋼材 1 t あたり乾き排ガス量} \times \text{乾き排ガスの平均比熱} \times (\text{排ガス温度} - \text{外気温度}) \\ & = 2637 \times 0.33 \times (494 - 1) \\ & = 429.0 \times 10^3 \text{ [kcal / t]} \end{aligned}$$

B) 排ガス中の水蒸気の保有熱

$$\begin{aligned} & \text{鋼材 1 t あたり排ガス中の水蒸気量} \times \text{水蒸気} \text{の平均比熱} \\ & \times (\text{排ガス温度} - \text{外気温度}) + 600 \times \text{霧化用水蒸気量} \\ & = 166 \times 0.363 \times (494 - 1) + 600 \times 43.9 \\ & = 56.0 \times 10^3 \text{ [kcal / t]} \end{aligned}$$

### 4.3.6 熱勘定表

加熱炉 (含空気予熱器) 及び空気予熱器の熱勘定結果を表 3-4-4 と表 3-4-5 に、示した。

表 3 - 4 - 4 加熱炉の熱勘定表

入 熱			出 熱		
項 目	10 <sup>3</sup> Kcal/t	%	項 目	10 <sup>3</sup> Kcal/t	%
(1)燃料の燃焼熱	842.6	96.9	(8)抽出鋼材の含熱量	167.1	19.2
(2)燃料の顕熱	0	0	(9)スケールの顕熱	6.7	0.8
(3)空気の顕熱	0	0	(10)排ガスの顕熱	270.9	31.2
(4)霧化剤のもち込む熱	0	0	(11)不完全燃焼による損失熱	0	0
(5)装入鋼材の含熱量	0	0	(12)冷却水のもち去る熱量	393.2	45.2
(6)スケールの生成熱	26.7	3.1			
(7)空気予熱器で回収した熱	(70.3)	(8.1)	(13)その他の損失熱	31.4	3.6
			(14)空気予熱器で回収した熱	(70.3)	(8.1)
合 計	869.3	100.0	合 計	869.3	100.0

表 3 - 4 - 5 空気予熱器の熱勘定表

入 熱			出 熱		
項 目	10 <sup>3</sup> Kcal/t	%	項 目	10 <sup>3</sup> Kcal/t	%
(1)入口空気の顕熱	0	0	(3)出口空気の顕熱	70.3	14.5
(2)入口排ガスの顕熱	485.0	100.0	(4)出口排ガスの顕熱	270.9	55.8
			(5)その他の損失熱	143.8	29.7
合 計	485.0	100.0	合 計	485.0	100.0

$$\text{効率} = \frac{70.3 - 0}{485.0 - 270.9} = 32.8\%$$

表3-4-4及び表3-4-5の「その他の損失熱」の項に着目したとき、表3-4-5（空気予熱器の熱勘定）の「その他の損失熱」 $143.8 \times 10^3$  [kcal/t]は、表3-4-4（加熱炉の熱勘定）の「その他の損失熱」 $31.4 \times 10^3$  [kcal/t]の内数となるべき数値であるが、内数の方がはるかに大きくなっている。

この理由については次のごとく考えられる。

「冷却水のもち去る熱量」の計算に使用した冷却水量が過大であったため、それに相当する熱量分が「その他損失熱」をかなり低く表示させる結果になった。

冷却水量は、スキッドボイラへの給水量=水冷スキッド等により蒸気化した冷却水とみなし、超音波流量計による約2時間の測定値を用いたが、測定前後における蒸気ドラムの水位の差による補正を行わずにそのまま計算に使用したので過大となったとみられる。これが正確性を欠いた原因である。

水冷スキッドのパイプ外表面1㎡あたりの熱吸収率 [kcal/㎡h] は断熱材の厚さ、断熱材の剝離状況により異なるが、 $30 \sim 50 \times 10^3$  [kcal/㎡h] である。

本炉の場合、断熱材の剝離が著しかったので、熱吸収率を $60 \times 10^3$  [kcal/㎡h] とみなし、水冷スキッド等の総表面積を87 [㎡] として冷却水のもち去る熱量を求めると

$$60 \times 10^3 \times 87 = 5220 \times 10^3 \text{ [kcal/h]}$$

これを蒸気化した冷却水に換算すると

$$5220 \times 10^3 / 660.2 - 24 = 8205 \text{ [kg/h]}$$

この冷却水量を使用して計算し、熱勘定表にまとめたものが表3-4-4-aで、「その他の損失熱」の割合から判断してこの方が真実に近いように考える。

この場合の熱流れ図を図3-4-2に示す。

表 3 - 4 - 4 - a 加熱炉の熱勘定表 (推定修正分)

入 熱			出 熱		
項 目	10 <sup>3</sup> Kcal/t	%	項 目	10 <sup>3</sup> Kcal/t	%
(1)燃料の燃焼熱	842.6	96.9	(8)抽出鋼材の含熱量	167.1	19.2
(2)燃料の顕熱	0	0	(9)スケールの顕熱	6.7	0.8
(3)空気の顕熱	0	0	(10)排ガスの顕熱	270.9	31.2
(4)霧化剤のもち込む熱	0	0	(11)不完全燃焼による損失熱	0	0
(5)装入鋼材の含熱量	0	0	(12)冷却水のもち去る熱量	253.8	29.2
(6)スケールの生成熱	26.7	3.1			
(7)空気予熱器で回収した熱	(70.3)	(8.1)	(13)その他の損失熱	170.8	19.6
			(14)空気予熱器で回収した熱	(70.3)	(8.1)
合 計	869.3	100.0	合 計	869.3	100.0

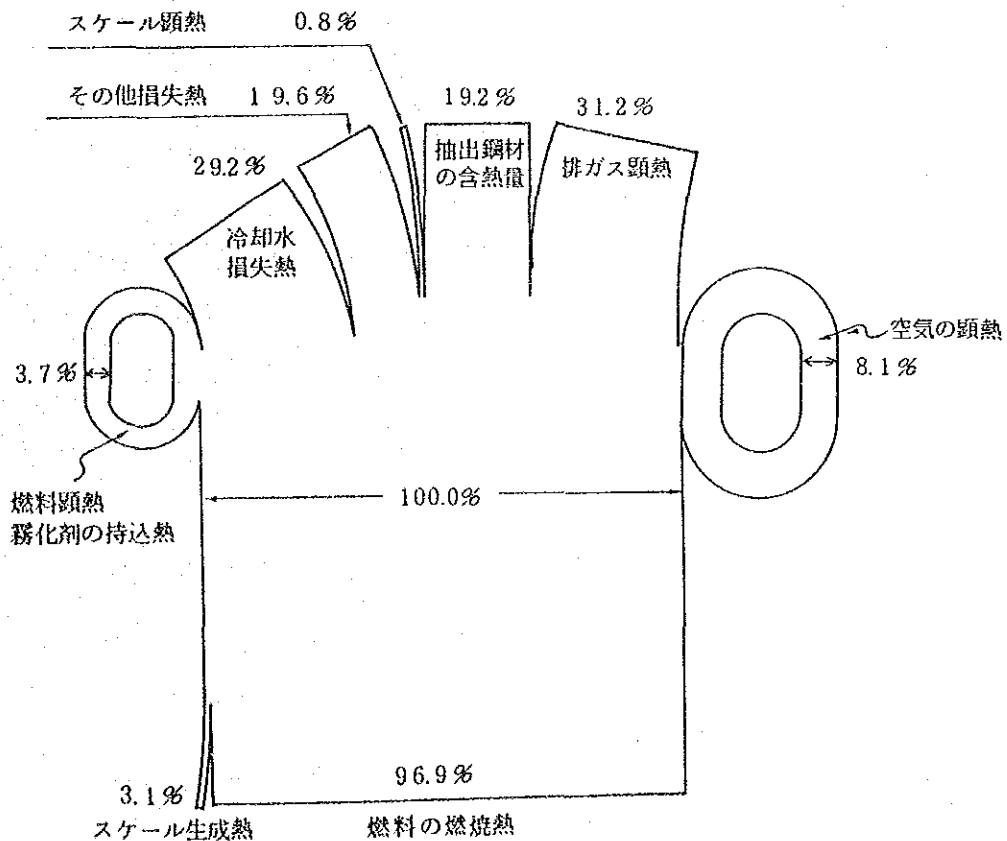


図 3 - 4 - 2 熱流れ図