

図 2 - 43 圧力計用コック部で“圧縮空気もれ”（15号機）

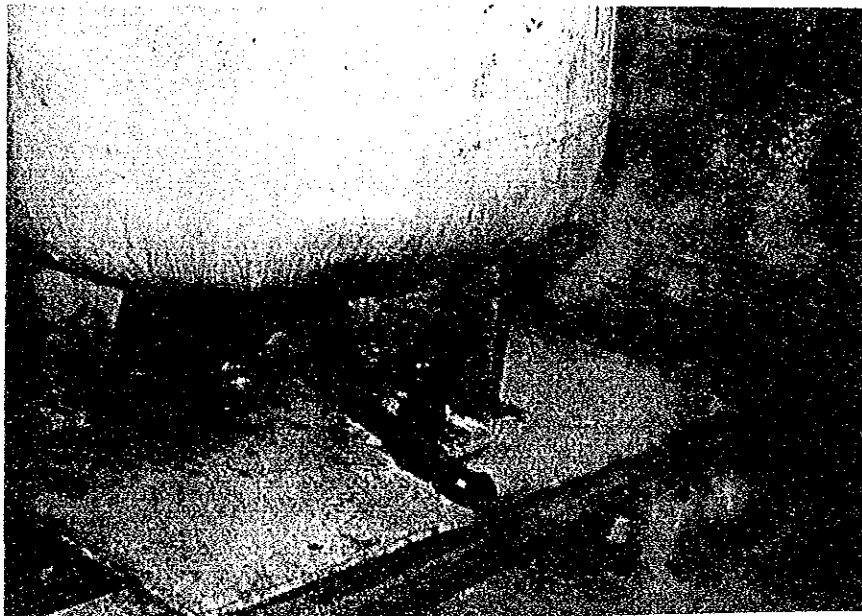


図 2 - 44 サービスタンクのドレン抜きのバルブの“圧縮空気もれ”

- c. 集塵機は配管の末端の遠距離にあるが配管に漏れがあるため、必要圧力が不足していると考えられる。
- d. 圧縮空気のドレンが充分除かれていない。
- e. 配管は太いため、圧縮損失は少ない。

(7) 圧縮空気の発生と消費

A) 圧縮空気の発生

圧縮空気の発生に必要な電力は(48)式で表される。

$$L = \frac{K}{K-1} \cdot \frac{P_s \times Q}{6120} \left[ \left( \frac{P_a}{P_s} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \frac{1}{\eta} \quad [\text{kW}] \quad (48)$$

L : 消費電力 [kW]

K : 空気の断熱指数 (=1.4)

$P_s$  : 吸込空気圧 [kg/m<sup>2</sup> abs] ( 4.5 [kg/cm<sup>2</sup>] = 5.5 × 10<sup>4</sup> [kg/m<sup>2</sup> abs] )

$P_a$  : 吐出空気圧 [kg/m<sup>2</sup> abs]

Q : 吸込空気量 [m<sup>3</sup>/min]

$\eta$  : 空気圧縮機と電動機の効率

(48) 式に上記の各々の値を代入すると(49)式となる。

$$Q = \frac{L}{3.6} \times \eta \quad [\text{Nm}^3/\text{min}] \quad (49)$$

表 2-24には、当工場の各時間帯における発生空気量を(49)式から算出して示した。この場合の効率  $\eta$  は 0.7 と仮定した。

表 2-24 空気圧縮機運転状況

(圧力 4.5 [kg/cm<sup>2</sup>] , 効率  $\eta = 0.7$ )

区分	主な運転時間	運転機械	使用電力 L	圧縮空気発生量 Q (計算値)
①	夜間軽負荷 夜20時～朝5時	13号	50kW	9.7 Nm <sup>3</sup> /min
②	早朝 6時～8時	14	85	16.5
③	昼間軽負荷 12～13時	15	95	18.4
④	昼間通常負荷 8～17時	13+15	135	26.3

## B) 圧縮空気の消費

圧縮空気の使用機器は表 2-23のとおりで、大別すると燃焼バーナ、噴射ガン、プレス機の 3 つが主用途である。

### a. 燃焼バーナ用圧縮空気

第 3 号焼成炉の燃焼バーナは、外径 6 mm、内径 3 mm の間の隙間から圧縮空気を噴出する構造で、空気圧は 1 ~ 2 kg/cm<sup>2</sup> で使われている。工場内には全 6 個所で 11 基のバーナが 24 時間連続使用されている。これらが 3 号炉と同じバーナとすると、バーナ 1 基の空気流量は、「2.2.3 燃焼装置の改善案とその効果」で述べたように、空気圧 1.5 kg/cm<sup>2</sup> とすると 21.4 N m<sup>3</sup>/h であり、全バーナの圧縮空気量は次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} Q_{s,1} &= 21.4 \times 11 = 235 \quad (\text{N m}^3/\text{h}) \\ &= 3.9 \quad (\text{N m}^3/\text{min.}) \end{aligned} \quad (50)$$

これに要する電力は、(49)式から次のとおり計算される。

$$L = \frac{235}{60} \times 3.6 \div 0.7 \approx 20.1 \text{ kW} \quad (51)$$

### b. 噴射ガン用圧縮空気

絵付用の噴射ガンは 3 工場に約 100 台ある。この他に色の異なる噴射ガンが全部で 3 ~ 4 倍の数量があるようだが、これらは同時に使われることはないので、圧縮空気使用量を計算するためには、100 台使用されているとする。

この噴射ガンは、外径 2.5 mm、内径 1.5 mm の間の隙間から圧縮空気を噴出する構造で、空気圧は約 4 kg/cm<sup>2</sup> で使用されている。1 台当りの使用空気量は前項同様「2.2.3 燃焼装置の改善案とその効果」の計算式から、次のとおりとなる。

$$Q_{s,2} = 3,600 \times 0.8 \times \frac{\pi}{4} (2.5^2 - 1.5^2) \times 10^{-6} \times 50,330$$

$$\sqrt{\frac{9.8 \times 273 \times 1.4}{1.293 \times 10,330 \times 283} \times \left( \frac{2}{2.4} \right)^{2.4}} = 8.3 \quad (\text{N m}^3/\text{h}) \quad (52)$$

稼働率 80% とし実測した使用時間率 (実際の使用時間 ÷ 稼働時間) 25% を用いると 100 台での使用空気量は次のとおりである。

$$Q_{\text{必要}} = 8.3 \times 100 \times 0.8 \times 0.25 = 166 \quad (\text{Nm}^3/\text{h})$$

$$= 2.8 \quad (\text{Nm}^3/\text{min.}) \quad (53)$$

これに要する電力は次のとおりとなる。

$$L = \frac{166}{60} \times 3.6 \div 0.7 = 14.2 \quad (\text{kW}) \quad (54)$$

#### c. 造形プレス用圧縮空気

造形工場の80t プレス機2基と、機械工場の50t プレス機2基にも圧縮空気が使われている。圧力は4 [kg/cm<sup>2</sup>]であったが使用量は明らかでない。ここで、使用量が多い昼間の8時～17時と、使用量が少ない夜間(20時～朝6時)との圧縮空気使用量および発生空気量を比較すると表2-25のとおりである。

表2-25 発生空気量と使用空気量(概算)

(圧力: 4.5 [kg/cm<sup>2</sup>])

	平均発生 ① 空気量	使用空気量 (Nm <sup>3</sup> /min) ②				差引	
		バーナ用	噴射ガン用	プレス用など	計	①-② Nm <sup>3</sup> / min	①-② ① %
昼間 8時～16時	26.3Nm <sup>3</sup> /min	3.9	2.8	5***	11.7	14.6	55.5
夜間 20時～朝5時	16.5*	3.5**	1.0	0	4.5	12.0	72.7

\* 夜間で噴射ガン稼動時

\*\* 昼間の90%と仮定

\*\*\* 推定

この表から、圧縮空気の発生量の半分以上が漏れていることになる。なお夜間に漏れが多いのは、圧縮空気圧が高くなるためと考えられる。

#### d. 圧縮空気の漏れ量(電力換算)

空気圧縮機の日負荷曲線図2-34から各機器の使用空気量を推定すると次のとおりで、表2-25の結果とほぼ等しい。

##### ① バーナ用空気量

バーナは24時間連続使用される。深夜安定して示す低い値はバーナ用であり、昼間のほぼ90%程度と考えられる。よってバーナで使用される空気量電力換算すると次のようになる。

昼間：51 [kW]， 夜間：46 [kW]

② 噴射ガン用空気量

噴射ガンは昼間（8～17時）と、夕方および夜間に昼間の約1/3 程度を数時間使用する。

図2-34で夜間は約85 [kW]， 昼間は約115 [kW] からそれぞれのバーナ用電力を差引いたものが噴射ガン用と考えられ次のとおりとなる。

$$\text{昼間} : 115 - 51 = 64 \quad [\text{kW}]$$

$$\text{夜間} : 85 - 46 = 39 \quad [\text{kW}]$$

③ プレス用空気量

プレス機は昼間のみ短時間操業される。この時の負荷は次のとおりである。

$$143 - 115 = 28 \quad [\text{kW}]$$

④ 噴射ガンを除く配管漏れ

昼間12～13 [時] の圧縮空気の負荷はほぼバーナのみである。そこで図2-33, 図2-34が示す95 [kW]（15号1台の使用電力）はバーナ用空気量と噴射ガン本体以外の空気漏れを示すものと考えられる。よって、この漏れ量は次のとおりである。

$$95 - 51 = 44 \quad [\text{kW}]$$

なお、これらの値は空気圧の高低によっても異なる。

全体の漏れ量については上記44 [kW] 以外に噴射ガン自体およびガンの取付箇所からの漏れも加算される。以上をまとめると表2-26のとおりとなる。

表2-26 機器別圧縮空気の漏れ量（電力換算） （概算値）

	時間	電気使用量 A (図2-34から)	有効使用量 (計算値)	圧縮空気の漏れ量		備 考
				漏れ B	B / A	
バーナ	昼間	51 kW	20 kW	31 kW	61 %	圧縮機及配管漏れを含む
	夜間	46	19	27	58	"
噴射ガン	昼間	64	14	50	78	
	夜間	39	5	34	87	ガンは昼間の約1/3稼働と仮定
全 体	昼間	143	48	95	66	使用空気量はプレス用28kW(1/2漏れと仮定)含む
	夜間	85	24	61	72	1部の噴射ガン稼働

\*圧力4.5 kg/cm<sup>2</sup>とした、計算値。

したがって、実際の圧縮空気の漏れによる電力損失は多く、昼間は95〔kW〕にも達しそのうち約1/3は空気圧縮機および配管で漏れ、残り2/3は噴射ガン部で漏れていることになる。また、夜間の噴射ガン使用時は圧力が高いためか漏れが多い。

### 3.2 現状の問題点と改善方策および

#### その効果

空気圧縮機の省エネルギー上の主な問題点には次の3つが考えられる。

- ① 圧縮空気の漏れ量が多いこと。
- ② バーナ用空気圧は低くてよいのに高い圧力で送られていること。
- ③ 発生する圧縮空気の圧力変動範囲が広くて高いこと。

#### 3.2.1 圧縮空気の漏れ対策

当工場では、空気圧縮機室の空気タンク、配管、噴射ガンならびにその接続個所などで空気漏れが多い。この漏れ量は発生量の半分以上である。

これらの防止には次の対策が必要である。

##### (1) 管理体制

- a. 業務分担を決める。：工場別に取扱責任者を決め、定期的に漏れ検査を業務づけ、漏れ個所の表示などを行う。また漏れ防止作業担当者を工場毎にきめる。
- b. 漏れ防止対策：工場毎の責任とし、工場毎に元バルブ（玉形弁がよい）を取付け、不要時は速やかに止める。
- c. 費用の分担制度があれば、漏れ量も含めて工場毎に賦課する。
- d. 噴射ガンのゴムホースは耐圧用を用い漏れないよう厳重に取付ける。

##### (2) 教育

- a. 工場の取扱責任者、空気圧縮機取扱者への省エネルギー全般教育
- b. 圧縮空気使用機器の取扱者に対する、空気漏れ防止法、検査法などの教育。
- c. 空気漏れの検査は、音による場合が多いが、工場が休止した時を利用して圧力計を用いて次の如く測定すると漏れ量を定量化できる。（図2-45参照）

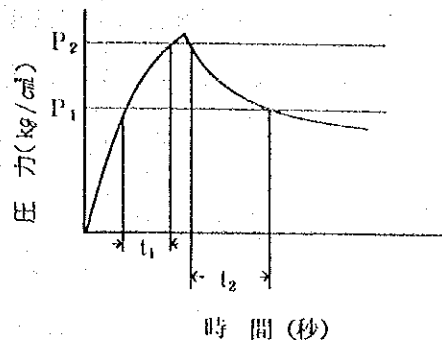


図 2 - 45 元バルブ開閉による圧力の変化

- ① 配管の元バルブを開き圧力が下限 ( $P_1$ ) から上限 ( $P_2$ ) まで ( $P_1, P_2$  は任意の値) 上昇する時間  $t_1$  [秒] を測る。
- ② 次にこのバルブを締め圧力が上限から下限に至る時間  $t_2$  [秒] を測る。
- ③ この  $t_1$  と  $t_2$  から漏れ率は次式で与えられる。

$$\ell = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \quad (55)$$

もしこの系に用いられる圧縮機の電力量が  $P$  [kWh] であれば損失電力量は  $L = P \cdot \ell$  [kWh] と計算される。

### (3) 圧縮空気の漏れの防止

既に表 2 - 25 「発生空気量と使用空気量」に述べたとおり、当工場では発生した圧縮空気の約 50% 以上が漏れ、無駄な電気を消費している。これを防止するには、人の耳による検出とパッキングなどの交換および器具の手入れなどの方法があるが、そのために特別に計算する程の費用は要らない。

圧縮空気の漏れを 50 [%] から 15 [%] に低減した場合の省電力効果は、図 2 - 32 から次の如く算出される。

$$L (\text{日}) = 1,606 \times (0.50 - 0.15) = 562 \quad (\text{kWh/日}) \quad (56)$$

よって年間の節減量は次のとおりとなる。

$$L (\text{年}) = 562 \times 26 \times 12 = 175,344 \quad (\text{kWh/年}) \quad (57)$$

ここで、漏れを 15 [%] までに留めたのは当工場の現状および日本における実情から判断したものである。

## 3. 2. 2 バーナ用空気の圧力の適正化

当工場では、圧縮空気圧が約 4 [kg/cm<sup>2</sup>] 必要な絵付用噴射ガンと約 2 [kg/cm<sup>2</sup>]

でよいバーナとが同一配管で使用されている。不必要に高い圧力で送れば、空気圧縮機の消費電力が増加する（図2-38参照）と共に漏れ量も増加する。

このため、夜間、休日などバーナのみ負荷の場合は現状の圧力を2.5〔kg/cm<sup>2</sup>〕程度に下げて運転するとよい。この結果は使用空気量が約10m<sup>3</sup>であるから図2-38によればおよそ次のような節減となる。

$$(3.6 - 2.6) \times 10 \times (24 \times 4 + 7 \times 26) \times 12 = 33,360 \quad (\text{kWh/年})$$

なお、夜間で圧縮空気の使用量が少ないときは現状より小容量の機械（修理中の40〔kW〕機）を稼動する方が省電力となる。

### 3.2.3 圧縮空気圧力の管理限界の適正化

給付用噴射ガンの使用空気圧は3.5〔kg/cm<sup>2</sup>〕で、当工場では最も高い圧力である。これに対し圧縮空気の送出圧力は手動によって4～5.5〔kg/cm<sup>2</sup>〕に調整されている。この消費電力を減らすには、送出圧力を低くすることがよい。

このため、圧力の上下限の幅を小さくして平均値を下げる必要がある。

空気圧の上下限の幅を小さく保つには、極力小型機（修理中の40〔kW〕機を運転するのがよい）を用い、サービスタンク圧力を精度よく検出して自動でロード、アンロード動作をさせる。圧力検出にはベローズ形検出器（最小圧力レンジ0.1〔kg/cm<sup>2</sup>〕）を使用するとよい。このようにして、空気圧を4.0～4.8〔kg/cm<sup>2</sup>〕に保持できれば平均圧力は0.4〔kg/cm<sup>2</sup>〕の低減となり、現状の4.0～5.5〔kg/cm<sup>2</sup>〕に比べて約4.8〔%〕の節減となる。（図2-38参照）

### 3.2.4 その他計画実施上の留意点

#### (1) 計測について

当工場では空気圧縮機の使用電力量が測定されているので良いことである。

しかしこの計器は2台（2回路）使われていて、いずれも容量が大きいため全空気圧縮機の使用電力量を1台の計器でまとめて計測できるようにするとよい。また計器を校正して用いることも必要である。

さらに、圧縮空気の漏れ検出には人間の五感を駆使し、必要以上に計器に頼らない訓練も必要である。

#### (2) 圧縮空気の湿分除去



圧縮空気には通常水蒸気が含まれる。低温度で除湿しても種々の理由で配管内に湿分が残り、配管の低い位置に水となって溜まる。時にはこれが凍結して配管を閉塞したり、細径管となり圧力損失を増すことがある。このため、圧縮空気は極力元位置でドレンを除くと共に、長い配管の場合は要所にドレン抜きを設けて除き、時には保温を行う必要もある。

### (3) 空気圧縮機の冷却

空気圧縮機は水冷されているが、この冷却は必要最小限とする。負荷の軽いときには、冷却水量を減らすことも省電力の1つである。

### (4) 圧縮空気系の保守と圧力変動対策

作業上重要な空気配管、連続作業に用いる空気系では圧力計、バルブなどの取替え点検を容易にするため、予めバイパス回路を設けておくと保守が容易である。

一度に大容量の空気を使用する場合は圧力が低下し他の使用機器に悪い影響を与える。このような場合は、その入口に空気タンクを設けるか、別配管とすることを勧める。

## 4. 経済評価

### 4.1 前提条件

(1) 評価手法

単純資本回収期間法（下式）を用いる。

$$\text{単純資本回収期間（年）} = \frac{\text{投資額}}{\text{年間改善効果額}}$$

(2) 通貨交換率

1985年後半の為替相場を基準に1米ドル=200円=3人民元とする。

(3) 投資額

投資額の算定にあたっては、日本国内での工場渡し設備価格（見積り）を用い、中国での据付工事費は含まないものとする。

(4) エネルギー価格

年間改善効果額算定に使用するエネルギー価格については、国民経済的観点からの評価も加味するため、中国国内価格の他に、国際価格も使用する。

各エネルギー価格及び算出根拠は表2-27の通りである。

表2-27 エネルギー価格

エネルギー	単位	中国国内価格	国際価格
重油	元/t	115* <sup>1</sup>	435* <sup>2</sup>
電力	元/kWh	0.06* <sup>1</sup>	0.23* <sup>3</sup>

(注) \*1 : 大連市節能技術中心から提示された価格。

\*2 : 1985年10~12月のシンガポール市場における重油(380cSt.)のスポット価格(143米ドル/t~150米ドル/t)をもとに145米ドル/t(≒435元/t)とする。

\*3 : 大連市の電力は主として石炭火力発電所により供給されているので、日本及び米国における石炭火力発電のコスト例をもとに15円/kWh≒0.23元/kWhとする。

## 4.2 改善方策の経済評価結果

各改善案の投資額、年間改善効果額、及び単純資本回収期間は表2-28の通りである。

表2-28 各改善案の経済評価結果

改善案	投資額 (A)	年間改善額 (B)		単純資本回収期間 (C) = (A)/(B)
		ケースA：中国国内価格 (千元/年)	ケースB：国際価格 (千元/年)	
1. 第3号焼成炉 (1)炉形状改善	119	重油 33.2 電力▲ 1.0 小計 32.2	重油 125.7 電力▲ 3.9 小計 121.8	3.7 (年)
(2)焼成治具改善	4.5	重油 2.8	重油 10.7	1.6 (年)
(3)燃焼装置改善	37.5	重油 17.3 電力▲ 1.3 小計 16.0	重油 65.3 電力▲ 5.2 小計 60.1	2.3 (年)
2. 空気圧縮機 (1)圧縮空気の漏れ 対策	不要	電力 10.5	電力 40.3	0 (年)
(2)バーナ用空気圧力 の適正化	不要	電力 2.0	電力 7.7	0 (年)



## 第3章

### 大連鋼廠の調査結果



# 目 次

1.	総 論 .....	3 - 1
1. 1	工場の概要 .....	3 - 1
1. 2	エネルギー管理の状況 .....	3 - 3
2.	電気炉 .....	3 - 6
2. 1	概要 .....	3 - 6
2. 2	20トン電気炉 .....	3 - 7
2. 2. 1	操炉状況, 熱勘定 .....	3 - 8
2. 2. 2	現状の問題点と改善方策 .....	3 - 35
2. 2. 3	所要投資額 .....	3 - 47
2. 3	10トン電気炉 .....	3 - 48
2. 3. 1	操炉状況, 熱勘定 .....	3 - 48
2. 3. 2	現状の問題点と改善方策 .....	3 - 71
2. 3. 3	所要投資額 .....	3 - 81
	資 料 .....	3 - 82
3.	圧延機 .....	3 - 127
3. 1	生産量, 電力消費量 .....	3 - 127
3. 2	現状調査 .....	3 - 127
3. 2. 1	2500kW誘導電動機の負荷電力量測定 .....	3 - 127
3. 2. 2	2500kW誘導電動機の空転電力量測定 .....	3 - 128
3. 2. 3	ロール部の損失測定 .....	3 - 128
3. 2. 4	補機送風機の電力量測定 .....	3 - 129
3. 2. 5	鋼塊, 鋼片の表面温度測定 .....	3 - 129
3. 2. 6	2500kW誘導電動機冷却送風機風量測定 .....	3 - 132
3. 2. 7	2500kW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) .....	3 - 134
3. 3	現状の問題点と改善方策 .....	3 - 135
3. 3. 1	空転電力 .....	3 - 135
3. 3. 2	ロールの空転時間 .....	3 - 135

3. 3. 3	スリッパ式継手の衝撃音	3-136
3. 3. 4	鋼塊, 鋼片の温度	3-136
3. 3. 5	セルビウス方式の検討 (参考)	3-136
3. 3. 6	その他	3-136
3. 4	所要投資額	3-137
3. 4. 1	空転電力改善のためのロール軸受部改善	3-137
3. 4. 2	セルビウス方式の検討 (参考)	3-137
3. 5	期待効果	3-138
3. 5. 1	ロール軸受部の改善	3-138
3. 5. 2	ロール空転時間管理	3-138
3. 5. 3	セルビウス方式の採用 (参考)	3-139
	資 料	3-140
4.	第一圧延工場連続加熱炉	3-168
4. 1	設備概要	3-168
4. 2	改善目標と診断項目	3-170
4. 3	熱勘定	3-170
4. 3. 1	熱勘定の基準	3-170
4. 3. 2	測定結果	3-170
4. 3. 3	熱勘定の予備計算	3-172
4. 3. 4	入熱の計算	3-176
4. 3. 5	出熱の計算	3-177
4. 3. 6	熱勘定表	3-178
4. 3. 7	効率	3-182
4. 4	現状の問題点	3-182
4. 4. 1	燃焼状況	3-182
4. 4. 2	バーナ構造	3-183
4. 4. 3	侵入空気	3-184
4. 4. 4	炉内温度分布	3-185
4. 4. 5	スキッド関係の断熱	3-186
4. 4. 6	廃熱回収の効率	3-186



4. 4. 7	計測制御機器	3-187
4. 4. 8	炉の使用期間	3-188
4. 5	改善方策	3-188
4. 5. 1	燃焼改善	3-188
4. 5. 2	バーナ構造	3-189
4. 5. 3	侵入空気の防止	3-190
4. 5. 4	炉内温度分布	3-192
4. 5. 5	スキッド関係の改善	3-197
4. 5. 6	廃熱回収の効率向上	3-200
4. 5. 7	計測制御機器の整備	3-202
4. 6	電気管理	3-204
4. 6. 1	設備概要	3-204
4. 6. 2	測定結果	3-204
4. 6. 3	現状の問題点と改善方策	3-206
4. 7	所要投資額と期待効果	3-209
5.	鋼管工場ガス焚台車式熱処理炉	3-212
5. 1	設備概要	3-212
5. 2	改善目標と診断項目	3-216
5. 3	熱勘定	3-216
5. 3. 1	熱勘定の基準	3-216
5. 3. 2	測定結果	3-221
5. 3. 3	熱勘定の予備計算	3-223
5. 3. 4	入熱の計算	3-225
5. 3. 5	出熱の計算	3-226
5. 3. 6	熱勘定表	3-228
5. 4	現状の問題点と改善方策	3-229
5. 4. 1	燃焼管理	3-229
5. 4. 2	炉体の断熱強化	3-231
5. 4. 3	台車の軽量断熱化	3-237
5. 5	所要投資額と期待効果	3-239

6.	鋼管工場直火式ローラーハース型熱処理炉	3-240
6. 1	設備概要	3-240
6. 2	操業条件	3-244
6. 3	改善目標と診断項目	3-244
6. 4	熱勘定	3-244
6. 4. 1	熱勘定の基準	3-244
6. 4. 2	現地調査と測定結果	3-245
6. 4. 3	熱勘定の予備計算	3-259
6. 4. 4	入熱の計算	3-260
6. 4. 5	出熱の計算	3-261
6. 4. 6	熱勘定表	3-269
6. 5	現状の問題点	3-272
6. 5. 1	設備上の問題点	3-272
6. 5. 2	操炉上の問題点	3-273
6. 6	改善方策	3-274
6. 6. 1	最適炉形とヒートパターン	3-274
6. 6. 2	間接水冷ローラの採用	3-277
6. 6. 3	炉体各部の密閉化とドラフト改善	3-282
6. 6. 4	計測制御機器の設置	3-287
6. 7	所要投資額	3-289
6. 8	期待効果	3-289
6. 9	電気管理	3-291
6. 9. 1	測定結果	3-291
6. 9. 2	現状の問題点	3-293
6. 9. 3	改善方策	3-294
7.	鍛造工場半連続式加熱炉	3-295
7. 1	設備概要	3-295
7. 2	改善目標と診断項目	3-297
7. 3	熱勘定	3-297
7. 3. 1	燃料原単位	3-298

7. 3. 2	入熱量	3-298
7. 3. 3	抽出鋼材の含熱量	3-300
7. 3. 4	燃焼排ガス	3-300
7. 3. 5	炉体冷却水	3-302
7. 4	現状の問題点	3-303
7. 4. 1	重油温度	3-303
7. 4. 2	バーナの調整	3-303
7. 4. 3	バーナの保全	3-303
7. 4. 4	侵入空気	3-303
7. 4. 5	冷却水熱損失	3-304
7. 4. 6	炉体の放熱	3-304
7. 4. 7	炉型	3-305
7. 5	改善方策	3-306
7. 5. 1	燃焼改善	3-306
7. 5. 2	侵入空気の防止	3-307
7. 5. 3	冷却水熱損失の減少	3-307
7. 5. 4	炉壁の断熱	3-309
7. 6	期待効果	3-310
8.	原材料処 石灰焼成炉	3-311
8. 1	設備概要	3-311
8. 2	診断項目	3-312
8. 3	熱勘定	3-312
8. 3. 1	熱勘定の基準	3-312
8. 3. 2	測定結果	3-312
8. 3. 3	予備計算	3-316
8. 3. 4	熱勘定	3-321
8. 4	現状の問題点	3-327
8. 4. 1	操業の不安定	3-327
8. 4. 2	燃焼状況	3-327
8. 4. 3	侵入空気	3-327

8. 4. 4	計測器の不備	3-328
8. 5	改善方策	3-328
8. 5. 1	燃焼方法の改善	3-328
8. 5. 2	空気侵入の防止	3-333
8. 5. 3	焼成効率の改善	3-334
8. 6	所要投資額	3-336
8. 7	期待効果	3-336
8. 8	電気管理	3-337
8. 8. 1	確認事項	3-337
8. 8. 2	測定項目	3-337
8. 8. 3	現状の問題点	3-340
8. 8. 4	改善方策	3-340
9.	経済評価	3-345
9. 1	前提条件	3-345
9. 2	改善方策の経済評価結果	3-346

# 1. 総論

## 1.1 工場の概要

- (1) 工場名：大連鋼廠
- (2) 工場所在地：大連市甘井子区
- (3) 工場の沿革：

1908年操業開始、80年近い経験を持つと共に独自の設備と秀れた技術により大きな総合特殊鋼製造工場となっている。

主要製品としては炭素構造鋼、高速度工具鋼、軸受鋼、不銹鋼、合金鋼等の棒鋼、鋼板、鋼線、鋼帯、鋼管等、多種類の鋼材を年間26万トン生産し、一部は海外にも輸出している。

特に1970年代には真空脱ガス炉、誘導炉、冷間圧延機、熱処理炉、鋼線製造機等の増設と共に電子測定機器、検査機、試験機等も増設し近代化を進めている。

エネルギー管理にも力を注いでおり、1984年には銀賞を受賞している。

- (4) 従業員数 14,000人  
内技術者 800人

### (5) 調査期間

A班（電気炉・圧延電動機）

1985年11月23日～12月4日

B班（工業炉）

1985年12月7日～12月19日

### (6) 調査員

A班	井口光雄	技術総括
	金子祐次	プロセス管理
	山崎定徳	熱管理
	岡崎誠一	電気管理
	沼田弘二	”
B班	井口光雄	技術総括
	北山英夫	プロセス管理

瀬川和宏	プロセス管理
野崎幸雄	熱管理
野田敏夫	“
栗田賢一	電気管理

(7) 面接者

趙明仁	廠長
劉樹德	付廠長
范傳天	能源處主任
季兆麟	“ 付主任
劉銘湘	“ 技術員
馬永發	一煉鋼分廠付主任
王慶忠	“ 能源工程師
張羨智	二煉鋼分廠付主任
曾新光	“ 能源工程師
王振明	一軋分廠付主任
王家駿	“ 工程師
陳國斌	鋼管分廠付主任
趙紅雲	“ 助理工程師
顧啓明	鍛鋼分廠主任
崇發春	“ 工程師
張福山	“ 技術員
馬鶴山	原料處付主任
李榮美	“ 工程師
劉文質	“ 助理工程師
于學斌	計控所所長
馬秀蓮	“ 付所長
王景儒	“ 工程師
謝青雲	通訊
丁德勳	外經處工程師
劉連運	“ 通訊

(8) 主要製品, 生産量

表 3-1-1 主要製品生産量 (トン)

製 品 名	1982年	1983年	1984年
	生産量	生産量	生産量
炭素構造用鋼	73,000	82,950	70,951
合金工具鋼	7,000	7,500	7,000
不 銹 鋼	11,000	13,800	12,000
高速度工具鋼	9,700	8,030	13,600

(9) 工場全体のエネルギー使用量

表 3-1-2 エネルギー使用量

燃料名称	低 位	1982年	1983年	1984年
	発熱量	使用量	使用量	使用量
石 炭	5,700	70,073	79,723.5	87,408
重 油	9,800	49,122.9	57,264	59,486
汽 油	11,000	425.5	476.8	652
柴 油	11,000	353.9	439	550
焦 油	6,380	1,263.5	1,162	2,852
電 力		195.8 (トン) (百万kWh)	249.9	249.7

1.2 エネルギー管理の状況

(1) 省エネルギーに対する工場の姿勢

当工場の省エネルギーに対する姿勢は非常に積極的である。既に1984年にはエネルギー管理の優秀工場として、国の銀賞を受賞しており、さらに金賞の受賞をめざして今後努力していくことにしている。

これまで、1980年から1985年の5年間に555万元を投資し、石炭換算18000屯の省エネルギーを達成している。

工場全体としては今後年率1~3%ずつのエネルギー原単位改善を進めること

を目標としている。

さらに、各工程毎にも改善目標が設定されており、今回の調査対象設備については表3-1-3のようになっている。

この目標を達成するためには全従業員が工場の方針を理解し、協力する意識を持つようになることが必要であるが、当工場では年20回の新聞発行や放送によって、従業員に省エネルギーの必要性を訴えている。各職場毎のエネルギー消費実績は毎月計画値と対比して評価され、賞金や罰金に反映されるようになっているので、従業員の関心は深い。

表3-1-3 工程別改善目標

設 備	生産水準	現状原単位	目標原単位
20 屯 電 気 炉	200屯/日	600 kWh/屯	500 kWh/屯以下
10 屯 電 気 炉	100屯/日	580 kWh/屯	500 kWh/屯以下
第一圧延連続加熱炉	90,000屯/年	64~65 kg油/屯鋼片	55 kg油/屯鋼片 以下
台車式鋼管熱処理炉	3,000屯/年	1,400~1,500 m <sup>3</sup> ガス/屯	900 m <sup>3</sup> ガス/屯以下
ローラ式 "	8,000 屯/年 ~ 9,000	1,200~1,300 m <sup>3</sup> ガス/屯	800 m <sup>3</sup> ガス/屯以下
鍛 造 用 加 熱 炉	13,000屯/年	140kg油/屯	80~90kg油/屯

(2) エネルギー管理組織

廠長を委員長とし、各職場の能源担当者を委員とする委員会が組織され、週1回エネルギー消費計画や、設備改善計画の審議を行っている。

各職場毎にも班が組織され、週1回集って工場全体会議の内容を聞いたり、各職場固有の問題の検討を行ったりしている。

これら組織の運営を含めて、工場の省エネルギーを推進する部門として、廠長直属の能源処が1979年に設置されている。41名の人員を擁し、統計、規則、訓練のような事務的な仕事のみでなく、職場と一緒に省エネルギーのための技術研究も行っている。

(3) エネルギー消費実態の把握

エネルギー消費原単位は各職場毎に計算されており、毎月能源処で集計している。

その結果の検討は各職場、能源処、生産処で行われ、最終的に工場の委員会に報



告される。このような過程を踏むことは各職場のエネルギーへの関心を高める上で有効であろう。これら各段階の検討の際に得られた知見は、失敗の再発を防いだり、改善のための示唆となったりするものであるから、記録集積し、他職場とも情報交換を行って活用することが大切である。

加熱炉等の熱勘定は1984年に実施されている。当工場ではこれら加熱炉に対して種々の省エネルギー対策が実施されているが、その前後に熱勘定を行い、結果を比較することにより効果を確認するとよい。

また、能源処には検査員が配置されていて、各職場のエネルギー診断を常に実施している。工程をエネルギーの面から専門的に見る人が居ることは省エネルギーを進める上で非常に有効なことである。

#### (4) 設備改善の手順

設備改善の計画は能源処がとりまとめ、廠長以下関係部門が集まった場で審議され、実施の承認を受けるようになっている。設備改善はその前後の工程や、役供給部門にも影響を及ぼすので、できるだけ多くの目でチェックをしておくことが望ましい。当工場では設備改善の基準として資金回収3年以下と定められており、予算枠も年間100万元を確保してあって、投資方針が明確になっている。

#### (5) 従業員教育

省エネルギーは全従業員にその意識が定着して始めて進展するものであるが、正しい知識を持たなければ具体的な成果につながり難く、従業員教育は重要な施策である。

当工場では技術者を冶金工業部の研修に派遣している他、工場内でも研修会を開催している。研修会は年2回開かれ、既に100人が受講している。

運転員に対する研修も休電日を利用して、年15回実施され、既に3500人が受講している。講師には職場の管理者、能源処担当者等が当り、基礎知識や運転上の注意事項を講義している。

また同業他社との技術交流も年1～2回、專業会を通じて行われ、技術水準の向上に役立てている。

このように当工場では従業員教育が着実に進められているので、次第にその効果も出てくると思われる。

## 2. 電気炉

### 2.1 概要

電気炉の診断は、20T炉1基、10T炉1基について実施したが、その主な診断項目と目的は以下のとおりである。

- (1) 電力投入状況の測定  
設備の活用状況の調査。
- (2) 電気特性の測定  
最適投入電力についての考察。
- (3) 短絡試験  
変圧器二次損失算定の基礎データ入手。
- (4) 操業記録  
通電開始から出鋼までの種々の作業の調査。
- (5) 操業状態の観察  
操業時間損失の有無について観察。
- (6) 物質精算のデータ入手  
熱勘定のための基礎データとする。
- (7) 冷却水温度及び量の測定  
冷却水損失の算定のためのデータ入手。
- (8) 炉体表面温度の測定  
炉体表面からの熱放射、対流による損失算定のためのデータ入手。
- (9) 熱画像による温度分布の測定  
参考データとして炉体の表面温度を測定した。
- (10) 工場内配置の調査  
原料予熱装置設置のための予備調査。

これらの結果を要約すると、現在の電力原単位、580～600kWh/tに対し、20T炉においては141.8kWh/t、10T炉では、124.4 kWh/t を改善できると云う結論を得た。改善項目と予想効果をまとめた結果は、表3-2-1のとおりである。若干の投資を必要とするものもあるが、いずれも投資効率のよいものである。

表 3 - 2 - 1 改善項目と期待効果まとめ

炉	改善項目	期待効果		所要投資額
		電力原単位改善量	年間メリット	
20 ト ン 炉	酸素吹込量増加 (吹込量を30m <sup>3</sup> /tとする 吹込時期変更 吹込方法変更 屑鉄装入方法変更)	(今後の増加分) (既改善分含む) 40 kWh/t	電力削減 2316×10 <sup>3</sup> kWh/年 増産効果 2,780T/年	酸素供給能力があれば特に必要なし 酸素所要量 173.7 × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /年
	溶解期電力増加 (7,735 kW→10,200kW 電力投入パターン変更 低力率化)	(溶解時間短縮 31.9分間) 40.4 kWh/t	電力削減 2339×10 <sup>3</sup> kWh/年 増産効果 8,430T/年	変圧器一次遮断器 取替 約9百万円 (本体価格のみ)
	排熱利用による屑鉄予熱	(溶解時間短縮 13.7分間) 61.4 kWh/t	電力削減 3555×10 <sup>3</sup> kWh/年 増産効果 3,343T/年	約1.4億円 (本体のみ) 補機電力 266.3×10 <sup>3</sup> kWh/年
	合 計	141.8 kWh/t	電力削減 8210×10 <sup>3</sup> kWh/年 増産効果 14,553T/年	1.49億円 酸素 173.7 × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /年 電力 266.3×10 <sup>3</sup> kWh/年
10 ト ン 炉	酸素吹込量増加 (15→30m <sup>3</sup> /t 吹込時期変更 吹込方法変更 屑鉄装入方法変更)	75 kWh/t	電力削減 3088×10 <sup>3</sup> kWh/年 増産効果 4,647T/年	酸素供給能力があれば特に必要なし 所要酸素量 617.7 × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /年
	溶解期電力増加 (4,576 kW→5,100kW 電力投入パターン変更 低力率化)	(溶解時間短縮 11.0分間) 13.5 kWh/t	電力削減 556×10 <sup>3</sup> kWh/年 増産効果 2,253T/年	なし
	排熱利用による屑鉄予熱	(溶解時間短縮 7.2分間) 35.9 kWh/t	電力削減 1478×10 <sup>3</sup> kWh/年 増産効果 1,488T/年	約1.0億円 (本体のみ) 補機電力 94.7×10 <sup>3</sup> kWh/年
	合 計	124.4 kWh/t	電力削減 5122×10 <sup>3</sup> kWh/年 増産効果 8,348T/年	1.0億円 酸素 617.7 × 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /年 電力 94.7×10 <sup>3</sup> kWh/年

## 2.2 20トン電気炉

### 2.2.1 操炉状況, 熱勘定

(1) 電力投入状況について

A) 図3-2-1の回路で5分毎の電力投入状況の測定を行った。

		倍率	
O c h (変圧器1次側) {	P T	$35\text{kV}/100\text{V} = 350$	Set $35 \times 10$
	C T	$400\text{A}/5\text{A} = 80$	Set $80 \times 1$
		計	
3 c h (変圧器2次側) {	P T	X O	Set $400 \times 1$
	C T	$25,000\text{A}/5\text{A} = 5,000$	Set $500 \times 10$
		計	

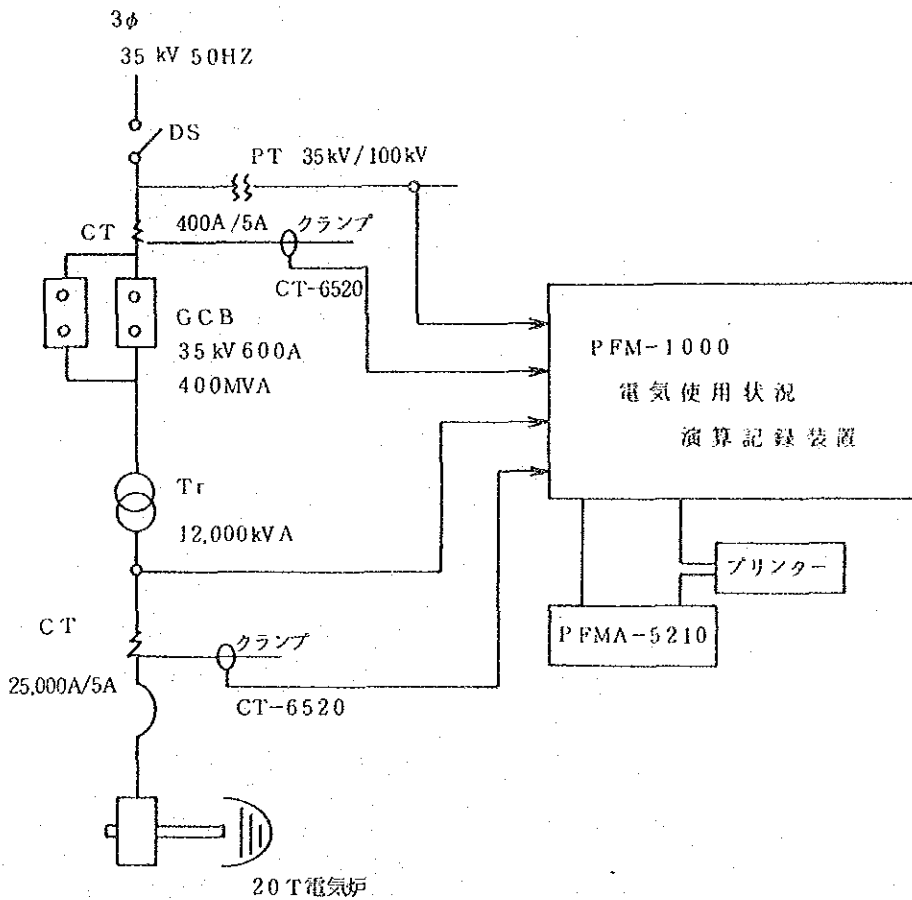


図3-2-1 20T炉電力測定回路図

測定データ及び電力投入状況を示す負荷曲線を図3-2-2~4, に示す。  
その結果から以下のことが分かる。

㊦ 変圧器容量12,000kVA に対し, 溶解期平均電力(非通電時間を除く)は,  
7,735 kWしか投入されていない。

㊦ 電力は最大電流を, 20kAにおさえて使用されている。

これは電源遮断器の能力に問題があり, 過電流継電器の設定値を制限している  
ためである。

変圧器能力を最大に活用すれば, 平均力率85%としても, 10,200kWは投入  
可能と思われる。現状では $10,200\text{kW} - 7,735\text{kW} = 2,465\text{ kW}$ (24.2%)の余力を  
残して使用されている。

㊦ 変圧器の損失は2~3%であり, 特に問題はない。

B) 電力投入状況測定と同時に変圧器の一次及び二次側の力率も測定した。(資  
料3-2-4参照) その結果から高力率操業されていることが分かる。

即ち, 力率は変圧器一次側で, 85~90%, 二次側で90~98%でありロングア  
ーク操業になっている。

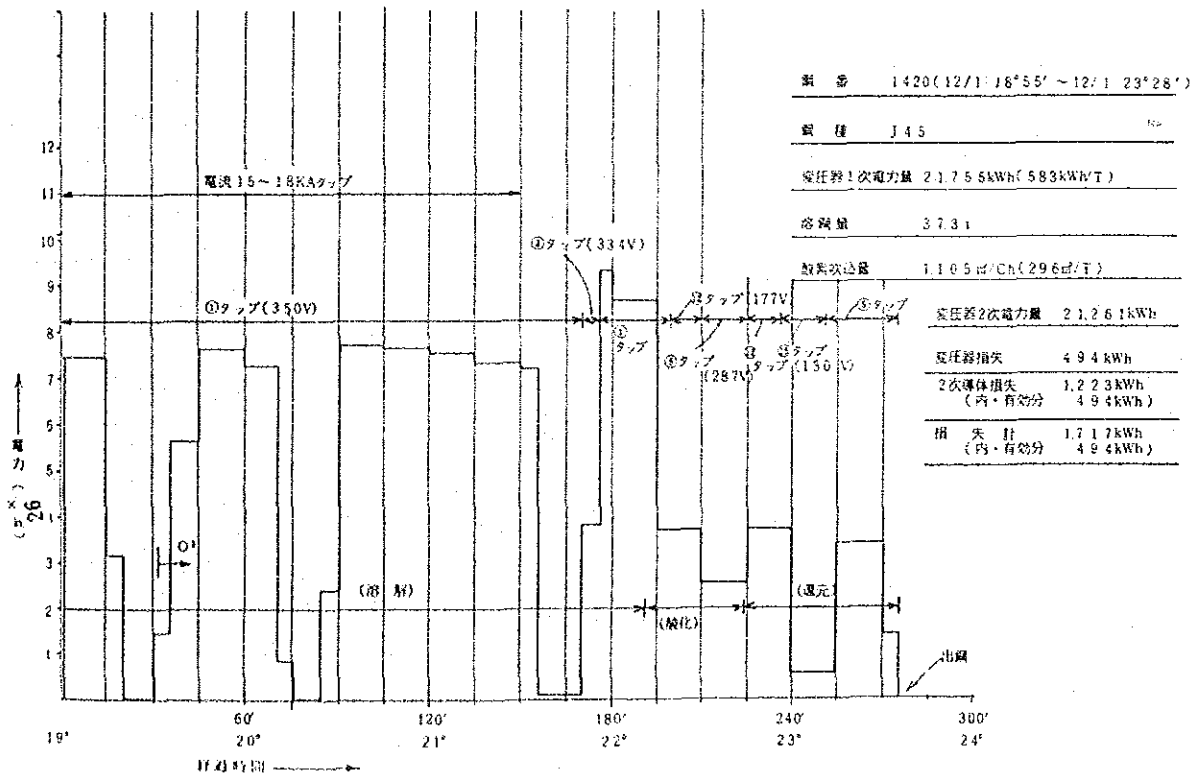


図3-2-2 20T炉電力投入状況

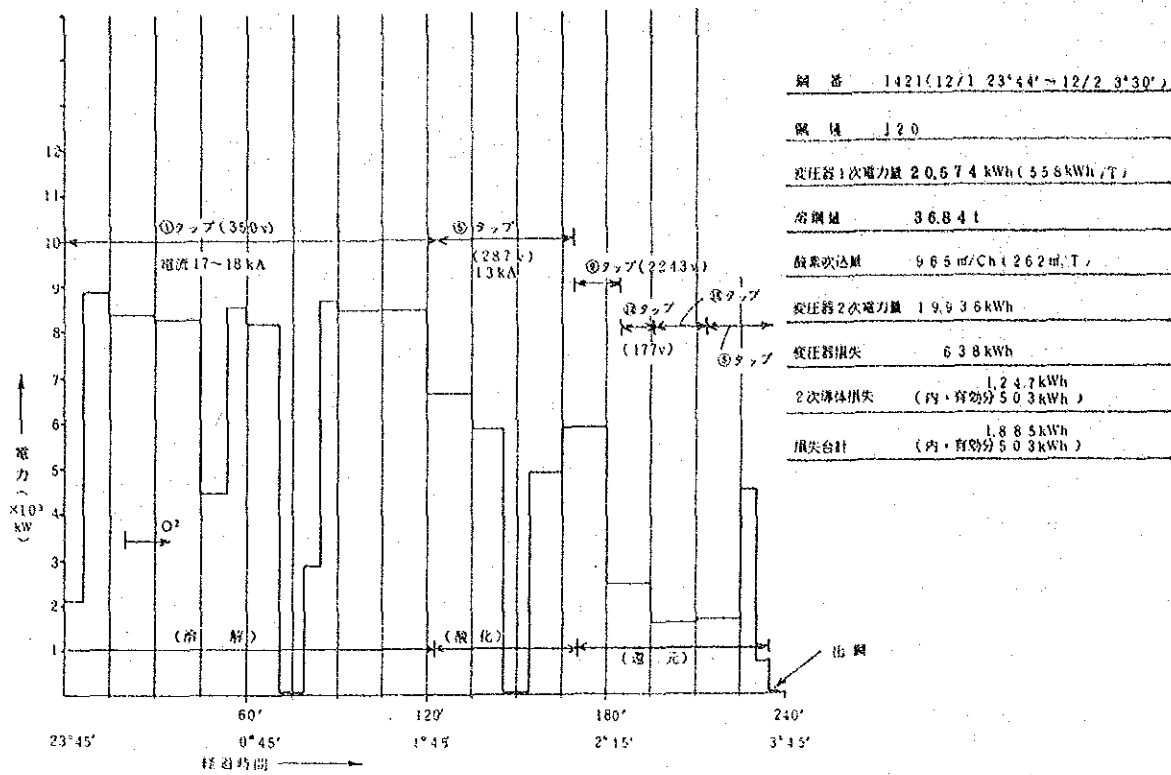


図 3 - 2 - 3 20T 炉電力投入状況

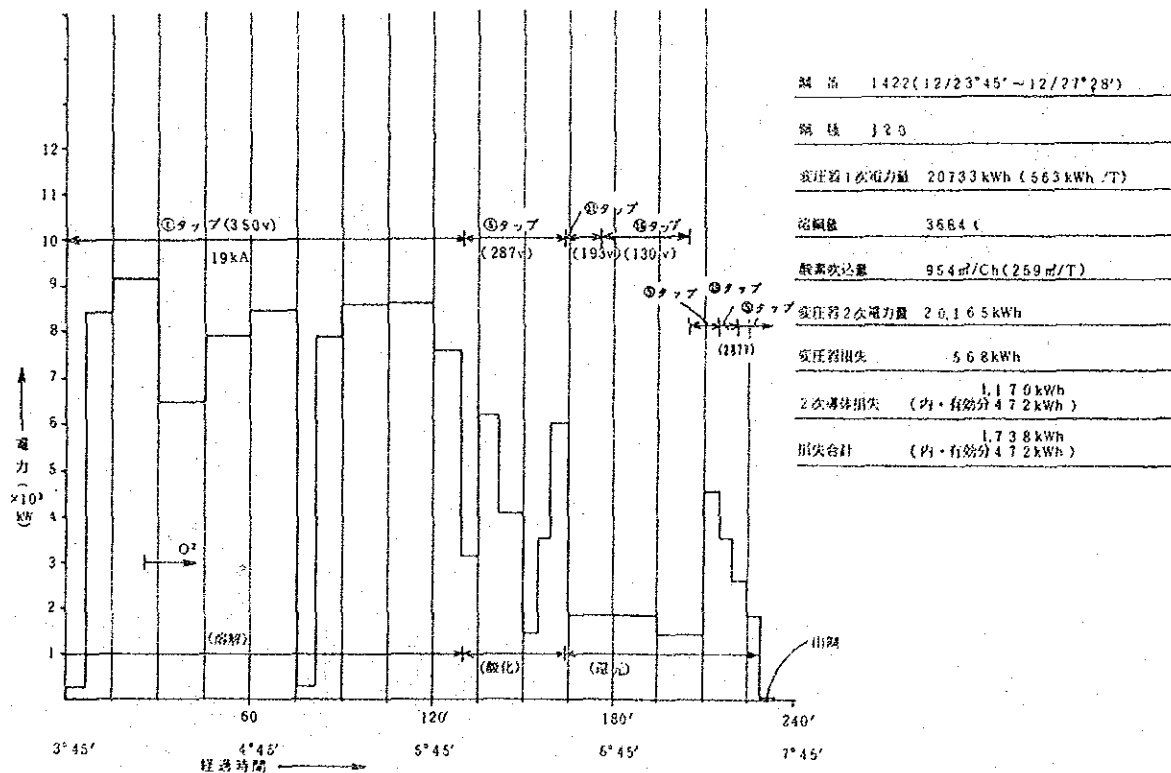


図 3 - 2 - 4 20T 炉電力投入状況

(2) 電気特性について

測定装置は、電力投入状況測定時に使用した PFM-1000 を使用した。各電圧タップにおいて電流を変化した場合の、入力 (kW) と力率について記録した特性図を図 3-2-5 に示す。その結果から、

- ④ アーク電力が最大になる電流は、最高タップ (①タップ 350V) の時、20kA 以上、⑤タップ (287V) の時、18kA 程度であることが判る。
- ④ 20kA で電流制限されていてそれ以上のデータがとれなかったため④タップ (318.5V) 以上の各タップについてのピーク値は判らなかった。

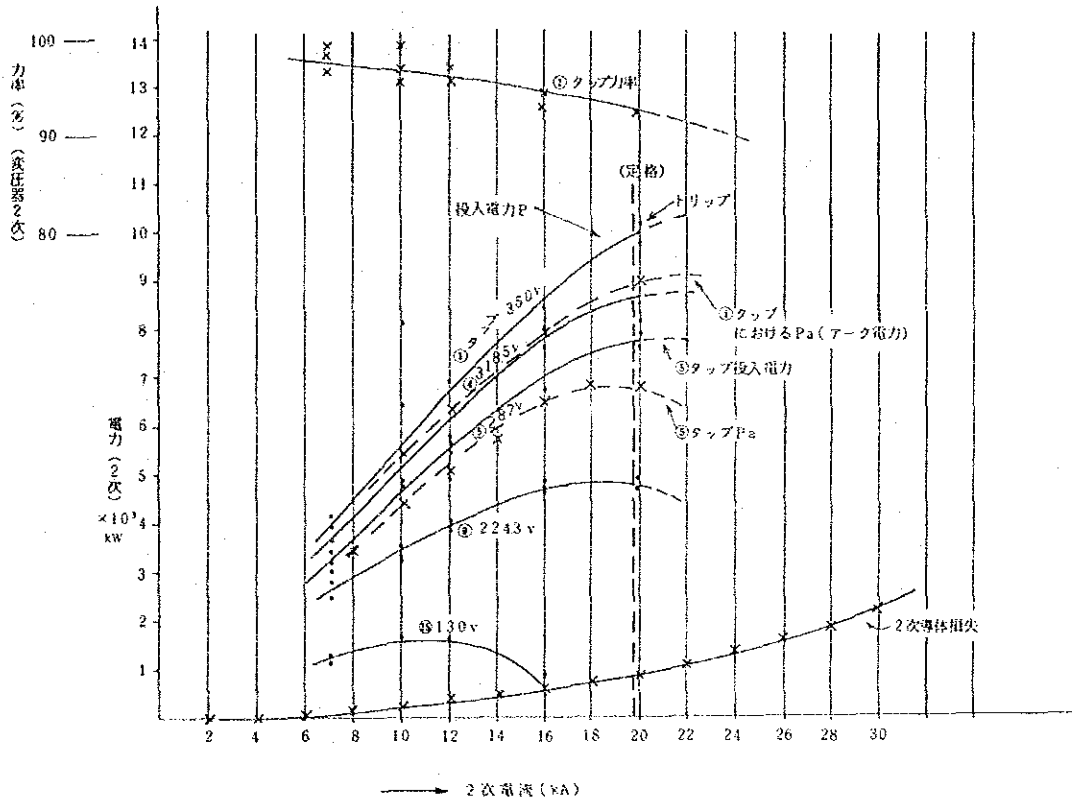


図 3-2-5 20 T 炉 特 性

(3) 短絡試験について

短絡試験の回路図、及び測定結果を図3-2-6に示す。

溶解末期の全溶落ち時期に、最低の130Vタップを使用して電極を三相とも溶鋼中に入れ、その時の入力電力を測定することにより、変圧器二次導体、水冷ケーブル、電極、並びに、各部の接触抵抗による損失も含めた二次側全損失を測定した。

その結果にもとづき、各電流値における二次損失を計算したものを表3-2-2に示す。

図3-2-5の二次導体損失は、この短絡試験の結果を基に作成したものである。

又、3チャージ分についてのまとめを表3-2-3に示す。

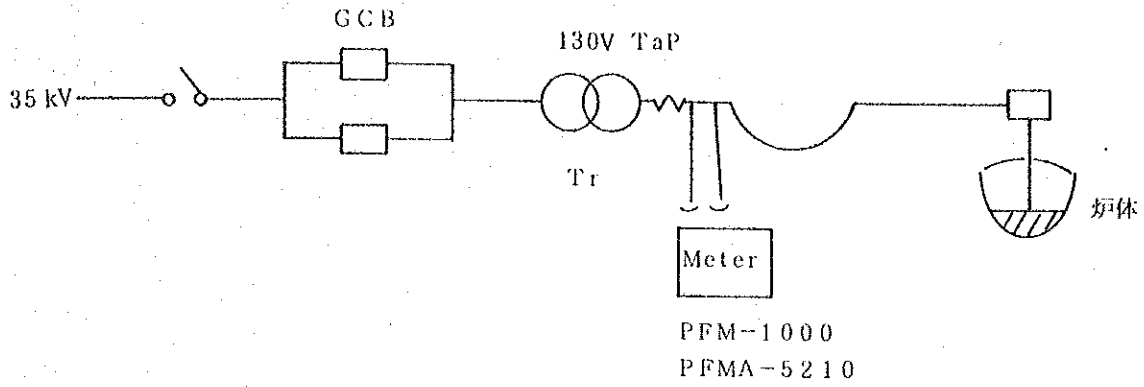
これらの結果から次のことが分かる。

- ㊸ 表3-2-2から二次損失のうち、二次導体、電極による損失と、各部の接触抵抗による損失の比は、56.5%と43.5%である。
- ㊹ 表3-2-3から二次側全抵抗損失は5.8%であるが、そのうち電極損失の一部は有効熱となるので実損失は3.5%である。
- ㊺ 当20T炉は、二次導体が炉上で△結線されていて、変圧器二次導体、水冷ケーブルには、アーク電流の $1/\sqrt{3}$ 倍の電流しか流れないため、損失的には有利になっている。



1985-12-2 午前11時

回路



測定結果

項目	電圧 V	電流 A	電力 kW	力率 %
1	73.4	15,550	600	30.9
2	72.3	15,840	600	38.5

19,800 A 2次定格電流時の2次側損失

$$600 \text{ kW} \times \left( \frac{19,800}{15,840} \right)^2 = \underline{\underline{937.5 \text{ kW}}}$$

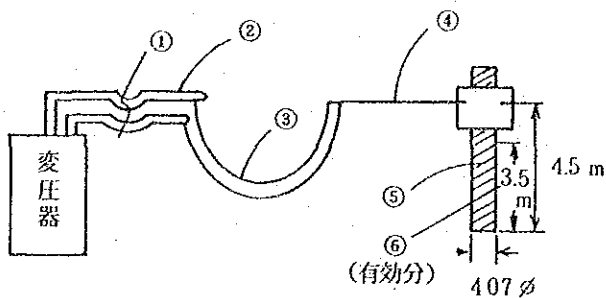
図3-2-6 20T炉短絡試験結果

表 3 - 2 - 2 20 T炉二次損失電力

電 流 ( $I_a$ ) ( $\times 10^3$ A)	二次側, 全抵抗損 $\text{kW} = 600 \text{ kW} \times \left( \frac{I_a}{15,840 \text{ A}} \right)^2$ ㊸	二次導体, 電極 損失 ㊹ (㊸ - ㊺) (kW)	接触抵抗損失 ㊻ (㊸ - ㊹) (kW)
2	9.6	5.7	4.2
4	38.3	22.8	16.7
6	86.1	51.2	37.5
8	153.0	91.0	66.6
10	239.1	142.3	104.1
12	344.3	205.2	149.9
14	468.7	279.3	204.1
16	612.2	364.9	266.5
18	774.8	461.8	337.3
20	956.5	569.1	416.4
22	1157.4	689.8	503.9
24	1377.4	820.9	599.7
26	1616.5	961.9	703.7
28	1874.8	1115.6	816.2
30	2152.2	1280.6	936.9
比 率	100%	59.6%	43.5%

抵抗値は鋼廠のデータによる。

各部抵抗値



- ①  $0.534 \times 10^{-5} \Omega$  ( 60°C )
  - ②  $1.8 \times 10^{-5} \Omega$  ( " )
  - ③  $21.2 \times 10^{-5} \Omega$  ( " )
  - ④  $19.4 \times 10^{-5} \Omega$  ( " )
  - ⑤  $415 \times 10^{-5} \Omega$  (1000°C)
  - ⑥ 有効分  $\frac{3.5}{4.5} \times 415 \times 10^{-5} \Omega$  (1000°C)
- $= 322.8 \times 10^{-5} \Omega$

- ①~③計  $23.53 \times 10^{-5} \Omega$  ( 60°C )
- ④~⑤計  $434.4 \times 10^{-5} \Omega$  ( 1000°C )

但し

- ①~④  $\rho = 0.0175 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$  (20°C)
- ⑤  $\rho = 12 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$  (1000°C)

電流 ( $I_a$ ) ( $\times 10^3 \text{ A}$ )	①~③ 抵抗損 ① $6 \text{ 本} \times \left( \frac{I_a}{\sqrt{3}} \right)^2 \times 23.53 \times 10^{-6} \times 10^{-3}$ (kW)	④~⑤抵抗損 ② $3I_a^2 \times 434.4 \times 10^{-6} \times 10^{-3}$ (kW)	①~⑤ 計 ① + ②	二次損失のうち有効分 $3I_a^2 \times 322.8 \times 10^{-6} \times 10^{-3}$ (kW)
2	0.2	5.2	5.4	3.9
4	0.8	20.8	21.6	15.5
6	1.7	46.9	48.6	34.9
8	3.0	83.4	86.4	62.0
10	4.7	130.3	135.0	96.8
12	6.8	187.6	194.4	139.1
14	9.2	255.4	264.6	189.4
16	12.1	333.6	345.7	247.3
18	15.3	422.2	437.5	313.0
20	18.8	521.3	540.1	387.4
22	22.8	630.7	653.5	467.6
24	27.1	750.6	777.7	556.5
26	31.8	881.0	912.8	654.6
28	36.9	1,021.7	1,058.6	759.2
30	42.4	1,172.9	1,215.3	871.6
比率	2.0 %	54.5 %	56.5 %	40.4 %

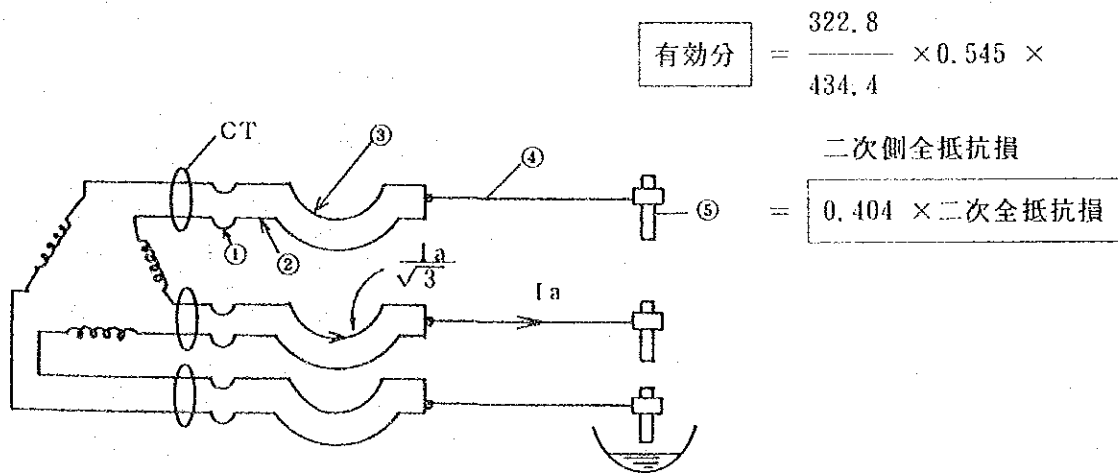


表 3 - 2 - 3 20 T 炉 損失電力量

鋼 番	1 4 2 0	1 4 2 1	1 4 2 2	平 均	
	一次入力電力量 kWh	21,755	20,574	20,733	21,020
変圧器損失 " ㊸	494	638	568	567	2.7
二次全抵抗損失 " ㊹	1,223	1,247	1,170	1,213	5.8
二次損失中, 有効分 " ㊺	494	503	472	489	2.3
損失合計 (㊸ + ㊹ - ㊺) "	1,223	1,382	1,266	1,291	6.2
溶鋼量 (t)	37.3	36.84	36.84	37.0	-
トン当り損失量 (kWh/t)	32.8	37.5	34.4	34.9	-

(損失量の計算方法は資料 3 - 2 - 4 参照)

(4) 操業記録について

資料 3 - 2 - 5 に示す「電炉操業実績記録」は、時間経過とともに、どのような作業が行われているかを記録したものである。その結果から次の事が分かる。

㊸ 酸素吹込開始時期が通電開始後、21分～39分となっており、ややおそい。この吹込開始時期は、測定以前のチャージのものと比較すると、かなり早くなっているが、表 3 - 2 - 4 に示すように、吹込み開始時期を早くしたのは、10トン炉に対する中間報告（11月28日）の後であり指摘事項を実施されたものと判断されるが、なお早くする余地がある。

また酸素吹込み量は表 3 - 2 - 4 ～ 5 のように約 27 m<sup>3</sup>/t でやや少い。なお、現在のノズルを用いた場合の圧力と酸素流量の関係は表 3 - 2 - 6 に示した。

20トン炉についてはこの計算値と流量計の値はよく一致している。

㊹ 電圧タップ、電流タップは点弧期、ポーリング期、主溶解期、昇熱期において、きめ細かい調節がされていない。

表 3 - 2 - 4 酸素吹込開始時期, 量

炉	鋼番 (鋼種)	操業開始時刻	通電後, 酸素 吹込までの時間	トン当り 吹込量 $m^3/t$	電力原単位 kWh/t
10 ト ン 炉	1687 (45)	11/26 10° 55' ~	80 分	—	
	1688 (Gcr15)	11/26 14° 52' ~	48 分	14.7	533
	1689 (45)	11/26 18° 25' ~	73 分	11.8	554
	1692 (45)	11/27 6° 10' ~	63 分	—	
	1693 (45)	11/27 10° 01' ~	49 分	—	
20 ト ン 炉	1694 (65Mn)	11/27 14° 20' ~	54 分	18.2	558
	1384 (20)	11/24 23° 10' ~	136分	—	
	1387 (45)	11/25 10° 23' ~	179分	—	
	1388 (65Mn)	11/25 21° 02' ~	123分	—	
	1398 (65Mn)	11/27 2° 35' ~	139分	—	
	1399 (Gcr15)	11/27 7° 45' ~	107分	—	
	1400 (45)	11/27 12° 46' ~	126分	—	
	1407 (65Mn)	11/29 23° 40' ~	73 分	—	
	1418 (45)	12/ 1 9° 49' ~	32 分	—	612
	1419 (45)	12/ 1 14° 29' ~	39 分	—	
	1420 (45)	12/ 1 18° 55' ~	35 分	29.6	583
	1421 (20)	12/ 1 23° 44' ~	21 分	26.2	558
1422 (20)	12/ 2 3° 45' ~	25 分	25.9	563	

表 3 - 2 - 5 酸素吹込量算定根拠

炉	鋼番	材質	ランス1本換算・延べ 吹込時間 (分)		単位時間当り 吹出量 196 $m^3/h$ ランス1本当り	吹込量 ( $m^3$ ) ( $\text{分} \times \text{分}$ )			溶鋼量 (t)	トン当り 吹込量
			溶解期	酸化精錬期		溶解期	酸化精錬期	合計		
10 ト ン 炉	1688	GCr 15	69	26	196 $m^3/h$	225.4	84.9	310.3	21.15	14.7 $m^3/t$
	1689	45	53	26	"	173.1	84.9	258	21.79	11.8
	1694	65 Mn	76	50	"	248.3	163.3	411.6	22.65	18.2
	平均	—	66 分	34 分	"	215.6	111.1	326.7	21.86	14.95
20 ト ン 炉	1420	45	210	8	—	1064	41	1105	37.3	29.6
	1421	20	180	56	—	736	229	965	36.84	26.2
	1422	20	194	30	—	826	128	954	36.84	25.9
	平均	—	194.7分	31.3 分	—	875	133	1008	37.0	27.2

(注) 1. ランス1本当り延べ吹込み時間 (分) は操業実績記録よりデータ採取したものである。

2. 単位時間当り吹出量 (196  $m^3/h$  ランス1本当り) は, 表 3 - 2 - 6 参照のこと。

3. 溶鋼量は熱勘定の項参照のこと。

表 3 - 2 - 6 酸素流量の計算

㊤ 流量計測定値と計算値の比較

20トン炉流量計の測定値と計算値を比較する。

圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )		流量計		計算流量 (m <sup>3</sup> /h)
G	abs	目盛10m <sup>3</sup> 当りの 時間(sec)	測定流量 (m <sup>3</sup> /h)	
8	9	89	255	252
6	7	115	197	196
4	5	165	137	140
2	3	282	80	84

$$(\text{測定流量}) = (\text{流量計指示値}) \times 0.63$$

測定流量と計算流量は非常に良く一致している。

㊦ 各炉の流量

- ・ 20トン炉は流量計の測定値を使用する。
- ・ 10トン炉は流量計が故障中のため、計算値を使用する。

$$\text{圧力 } P_1 = 6 \text{ kg/cm}^2 \text{ G の時} \quad \text{流量 } Q_n = 196 \text{ m}^3/\text{h}$$

炉	鋼番	流量計流量 m <sup>3</sup>	ノズル1本換算 延べ吹込時間(分)	計算流量 m <sup>3</sup>	溶鋼量 t	トン当り流量 m <sup>3</sup> /t
20 トン 炉	1420	1105	—	—	37.3	29.6
	1421	965	—	—	36.84	26.2
	1422	954	—	—	36.84	25.9
	平均	1008	—	—	36.99	27.2
10 トン 炉	1688	—	95	310	21.15	14.7
	1689	—	79	258	21.79	11.8
	1694	—	126	412	22.65	18.2
	平均	—	100	327	21.86	14.9

算式は資料 3 - 2 - 17 参照

(5) 操業状態の観察

- ㊸ 屑鉄装入方法は、寸法、形状、装入順等について溶解促進のための考慮がなされていない。
- ㊹ 排出ガスの廃熱は全く利用されていない。
- ㊺ 高温の返り屑を使用してその熱を利用する方法がとられていない。
- ㊻ 装入、分析、除滓等による操業上の時間的損失は、特に大きくはなかった。

(6) 冷却水損失、及び炉体からの放射；対流による熱損失について、

冷却水損失及び炉体の放射、対流による熱損失については、冷却水温度、水量、炉体の天井、側壁等の温度を測定して算出した。

資料3-2-15に測定値を、表3-2-7~9に計算結果を示す。炉は補修後日が浅く放散熱量は大きくない。

表3-2-7 炉体の冷却水損失熱

出 鋼 鋼 番	20トン炉		10トン炉	
	59-1419	59-1423	52-1687	52-1693
操業時間 min	254	207	225	230
冷却水系統数	7	7	8	8
冷却水流量 ℓ/min	411	411	814	814
入口平均温度 °C	22.2	21	45.5	42.5
出口平均温度 °C	28.1~50.4	25.5~46.2	52.1~56.6	48.6~55.1
冷却水損失熱 kcal	1,460,000	1,270,000	1,440,000	1,660,000
“ kcal/min	5748	6135	6400	7217
“ (平均値) “	5900		6800	
計算方法 $q = G \cdot C \cdot \sigma \cdot (t_2 - t_1)$ <p>                         q : 冷却水損失熱 (kcal)                          G : 冷却水流量 (ℓ/min)                          C : 水の比熱 (kcal/ℓ・°C)                          σ : 1チャージの操業時間 (min)                          t<sub>1</sub> : 冷却水入口温度 (°C)                          t<sub>2</sub> : “ 出口温度 (°C)                     </p>				

表3-2-8 炉体からの放射・対流による損失熱

		20トン炉		10トン炉	
出鋼鋼番		59-1419	59-1423	52-1687	52-1693
操業時間 h (min)		4.23 (254)	3.45 (207)	3.75 (225)	3.83 (230)
炉壁表面積	天井 m <sup>2</sup>	20.1	20.1	17.6	17.6
	側壁 "	39.9	39.9	23.9	23.9
	炉床 "	17.1	17.1	10.4	10.4
炉壁平均温度	天井 °C	402	357	391	371
	側壁 "	194	217	231	245
	炉床 "	—	—	48	44
放射・対流による損失熱×10 kcal		1600	1210	1200	1140
" kcal/min		6299	5845	5333	4957
" (平均値) "		6100		5100	
<p>計算方法</p> $q = (q_r + q_c) \cdot A \cdot \sigma$ $q_r = 4.88 \cdot \phi \left[ \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 \right]$ $q_c = C \cdot (t - t_1)^{1.25}$ <p>ここで</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>q : 放射・対流による損失熱。</li> <li>q<sub>r</sub> : 放射による放散熱</li> <li>q<sub>c</sub> : 自然対流による放射熱</li> <li>A : 炉壁表面積</li> <li>σ : 1チャージの操業時間</li> <li>φ : 炉体表面の放射黒度</li> <li>t<sub>0</sub>, T<sub>0</sub> : 炉壁温度</li> <li>t<sub>1</sub>, T<sub>1</sub> : 室温</li> <li>C : 面の方向による係数                      水平方向 (天井) C=2.8                      垂直方向 (側壁, 炉床) C=2.2</li> </ul>					

表3-2-9 熱勘定対象鋼番の冷却水損失熱及び炉体からの放射・対流損失熱

		20トン炉			10トン炉		
出鋼鋼番		1420	1421	1422	1688	1689	1694
操業時間 min		273	226	223	202	209	195
溶鋼量 t		37.3	36.84	36.84	21.15	21.789	22.65
冷却水損失熱 kcal/t		43200	36200	35700	64900	65200	58500
炉体からの放射・対流損失熱 kcal/t		44600	37400	36900	48700	48900	43900



(7) 熱勘定結果について

鋼番1420, 1421, 1422の3チャージについて熱勘定を行った。その算定に用いた材料, 成品の成分を表3-2-10に示す。又, 熱勘定の結果を表3-2-11~20に示す。

方法は全てJISG-0703にもとづいて行った。

その結果によると, 20T炉の熱効率率は51.7%となり, 日本国内のデータ(約55~57%)と比較するとやや低い。これは製鋼時間が長く, その他損失熱が大きいと思われる。

又, 入熱の内, 合金の酸化熱の比率が非常に少ないのでこれを電力で補っている形となって, 電力原単位が悪くなっている。

表3-2-10 成分表(装入材, 添加材, 成品)

品名	成分	成 分 (%)							根 拠
		C	Mn	Si	P	S	W	Cr	
装 入 材	生 鉄	4.0	1.25	2.0	0.26	—	—	—	国内鉄平均
	戻 鋼								
	水 口								
	方 鋼	0.34	0.58	0.27	0.02	0.02	—	0.13	J20, J45 規格 の中間値
	圧 鉄								
	屑 鉄								
添 加 材	熱 圧 鉄								
	返 回	前回チャージの出鋼前成分							
	高 Mn	6.91	78.27						鉄鋼製法 日誌
	低 Mn		86.21						"
	Si-Mn		67.9	15.22					"
	Fe-Si(Si)			73.41					"
	Ca-Si			61					"
	F-Si			37	R27				"
	C粉	80							"
	電 極 粉	98							"
成 品 規 格	高 Cr	6.7						68	"
	Fe-Mn	6.91	78						"
	J 1 5	0.42 ~0.5	0.5 ~0.8	0.17 ~0.37	≤ 0.04			≤ 0.25	日誌
	J 2 0	0.17 ~0.24	0.35 ~0.65	0.17 ~0.37	≤ 0.04			≤ 0.25	"
	65Mn鋼	0.62 ~0.70	0.90 ~1.22	0.17 ~0.37	≤ 0.04	≤ 0.045		≤ 0.25	"
G C r 15	0.45 ~1.05	0.20 ~0.40	0.15 ~0.35	≤ 0.0270	≤ 0.030		1.30 ~1.65	"	

表 3 - 2 - 11

20 T 炉熱勘定表

鋼番	1420, 1421, 1422 3 チャージ平均
鋼種	J 45, 20, 20

入 熱	10 <sup>3</sup> kcal/溶鋼	%	出 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%
(1)電力の熱量	488.6	72.2	(8)溶鋼の保有熱	332.0	49.0
(2)溶銑の保有熱	29.0	4.3	(9)スラグの保有熱	20.7	3.1
(3)その他の燃料の発熱量	—		(10)分解反応熱	11	1.6
(4)その他の燃料の顕熱	—		(11)二次導体、電極の損失熱	16.8	2.4
(5)電極の酸化熱	33.6	5.0	(12)変圧器損失熱	13.2	2.0
(6)酸化熱	122.3	18.0	(13)冷却水の持ち去る熱	38.4	5.7
(7)スラグ生成熱	3.4	0.5	(14)放射、伝導その他の損失熱	244.8	36.2
合計	676.9	100.0	合計	676.9	100.0

効 率

$$\text{効率} = \frac{(8) + (9) + (10) - (2)}{(1) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)} \times 100 (\%)$$

$$\text{効率} = \frac{332.0 + 20.7 + 11 - 29.0}{488.6 + 33.6 + 122.3 + 3.4} \times 100$$

$$= 51.7 (\%)$$

表 3-2-12

20 T 炉物質精算

鋼 番	1420
鋼 種	J 45
溶鋼量	$(35+0.45) \times 0.94$ $+ 4t = 37.3 t$

材 料 名		重 量 kg	成 分 重 量 kg				
			C	S i	M n	P	C r
裝 入 材	屑 鉄	35,000	0.0034 119	0.0027 94.5	0.0058 203	0.0002 7	0.0013 45.5
	返 回	4,000	0.0041 16.4	0.0015 6	0.0061 24.4	0.00014 0.6	0.001 4
	小 計	39,000	135.4	100.5	227.4	7.6	49.5
添 加 材	生 鉄	450	0.04 18	0.02 9	0.0125 5.6	0.0026 1.2	
	Si-Mn	220		0.1522 33.5	0.679 149.4		
	炭 粉	35	0.8 28				
	Fe-Si	140		0.7341 102.8			
	Fe-Mn (高 Mn)	240	0.0691 16.6		0.785 188.4		
	電極粉	100	0.98 98				
	小 計		160.6	145.3	343.4	1.2	—
合 計			296.0	245.8	570.8	8.8	49.5
溶 鋼	溶落地金						
	酸化末期						
	出鋼前	37,300	0.0037 138	0.0022 82	0.0046 171.6	0.00019 7.1	0.0005 18.7
酸 化 量	溶 解 期						
	酸 化 期		158	163.8	399.2	1.7	30.8
	還 元 期		4.24kg/t	4.4	10.7	0.05	0.83

表 3-2-13

20 T 炉熱精算

鋼 番	1420
鋼 種	J45
溶鋼量	37.3 t

入 熱

① 電力  $\frac{21.755 \text{ kWh}}{37.3 \text{ t}} \times 860 = 501,589 \text{ kcal/t}$

② 溶鋼保有熱  $\{332 - 0.19(1600 - 1545)\} \times \frac{4000 \text{ kg}}{37.3 \text{ t}} = 34,483 \text{ "}$   $1.5^\circ\text{C/分} \times 30 \text{ 分} = 45^\circ\text{C 降下}$

③ 電極酸化熱  $5.23 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 7830 + \frac{15}{100} \times 2200 \right) = 36,534 \text{ "}$

④ 酸化熱 C  $4.24 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 8080 + \frac{15}{100} \times 2450 \right) = 30,679 \text{ "}$

Si  $4.4 \times 7460 = 32,824 \text{ "}$

Mn  $10.7 \times 1680 = 11,928 \text{ "}$

P  $0.05 \times 5810 = 291 \text{ "}$

Cr  $0.83 \times 2620 = 2,175 \text{ "}$

Fe スラグ量計  $= \frac{1800 \text{ kg}}{37.3 \text{ t}} = 48.25 \text{ kg/t}$

FeO  $= 48.25 \text{ kg/t} \times \frac{18}{100} \times \frac{55.85}{71.85} \times 1150 = 7,764 \text{ "}$

FeO  $= 48.25 \text{ kg/t} \times \frac{8}{100} \times \frac{111.70}{159.7} \times 1755 = 4,738 \text{ "}$

酸化熱計  $90,399 \text{ "}$

⑤ スラグ生成熱 SiO<sub>2</sub> (珪酸) …スラグ中12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (五酸化リン) …0.3% (仮定)

スラグ生成熱  $= 48.25 \text{ kg/t} \times \left( \frac{12}{100} \times 500 + \frac{0.3}{100} \times 1210 \right) = 3,070 \text{ "}$

出 熱

- ① 溶鋼保有熱  $[332 - 0.19(1600 - 1580)] \times 1000 = 328,200$  kcal/t
- ② スラグ保有熱  $390 \times 48.25$  kg/t = 18,818 "
- ③ 鉄鉱石の分解反応熱 = 0 "
- ④ 石灰石の分解反応熱 = 0 "
- ⑤ 二次導体, 電極損失熱  $\frac{729 \text{ kWh}}{37.3 \text{ t}} \times 860 = 16,808$  "
- ⑥ 変圧器損失熱  $\frac{494 \text{ kWh}}{37.3 \text{ t}} \times 860 = 11,390$  "
- ⑦ 冷却水の持ち去る熱  $(5.9 \times 10^3 / \text{分} \times 273 \text{ 分} \times \frac{1}{37.3 \text{ t}}) = 43,182$  "
- ⑧ その他の損失熱(入熱-出熱) = 247,700 "

表 3 - 2 - 14

20 T 炉熱勘定表

鋼番	1420
鋼種	J45

入 熱	10 <sup>3</sup> kcal/l 溶鋼	%	出 熱	10 <sup>3</sup> kcal/l 溶鋼	%
(1)電力の熱量	501.6	75.3	(8)溶鋼の保有熱	328.2	49.3
(2)溶銑の保有熱	34.5	5.2	(9)スラッグの保有熱	18.8	2.8
(3)その他の燃料の発熱量	—	—	(10)分解反応熱	0	0
(4)その他の燃料の顕熱	—	—	(11)二次導体, 電極の損失熱	16.8	2.5
(5)電極の酸化熱	36.5	5.4	(12)変圧器損失熱	11.4	1.7
(6)酸化熱	90.4	13.6	(13)冷却水の持ち去る熱	43.2	6.5
(7)スラッグ生成熱	3.1	0.5	(14)放射, 伝導その他の損失熱	247.7	37.2
合計	666.1	100.0	合計	666.1	100.0

効 率

$$\left( \text{効率} = \frac{(8) + (9) + (10) - (2)}{(1) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)} \times 100 (\%) \right)$$

$$\text{効率} = \frac{328.2 + 18.8 - 34.5}{501.6 + 36.5 + 90.4 + 3.1} \times 100$$

$$= 49.5 (\%)$$

表 3 - 2 - 15

20 T 炉物質精算

鋼 番	1421
鋼 種	J 20
溶鋼量	36 t × 0.94 + 3t = 36.84t

材 料 名		重 量 kg	成 分 重 量 kg				
			C	S i	M n	P	C r
裝 入 材	屑 鉄	33,000	0.0034 112.2	0.0027 89.1	0.0058 191	0.0002 6.6	0.0013 43
	生 鉄	3,000	0.04 120	0.02 60	0.0125 37.5	0.0026 7.8	—
	返 回	3,000	0.0037 11.1	0.0022 6.6	0.0046 13.8	0.0029 0.6	0.0005 1.5
	小 計	39,000	243.3	155.7	242.3	15	44.5
添 加 材	Fe-Si	180		0.7341 132			
	Si-Mn	210		0.1522 32	0.679 150		
	電極粉	77	0.98 75.5				
	C 粉	70	0.8 56				
	Si 粉	110		0.7341 81			
	小 計		131.5	245	150		
合 計			374.8	400.7	392.3	15	44.5
溶 鋼	溶落地金						
	酸化末期						
	出鋼前	36,840	0.0016 58.9	0.0012 44.2	0.0042 154.7	0.00014 5.2	0.0007 25.8
酸 化 量	溶 解 期						
	酸 化 期		315.9	356.5	237.6	9.8	18.7
	還 元 期		8.6kg/t	9.7	6.4	0.27	0.5

表 3 - 2 - 16

20 T 炉熱精算

鋼 番	1421
鋼 種	J 20
溶鋼量	36.84

入 熱

- ① 電力  $\frac{20.574 \text{ kWh}}{36.84 \text{ t}} \times 860 = 480,283 \text{ kcal/t}$
- ② 溶鋼保有熱  $\{332 - 0.19(1600 - 1535)\} \times \frac{3000 \text{ kg}}{36.84 \text{ t}} = 26,030 \text{ kcal/t}$  1.5 °C/分  
降下  
× 30分 = 45°C
- ③ 電極酸化熱  $4.6 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 7830 + \frac{15}{100} \times 2200 \right) = 31,435 \text{ kcal/t}$  "
- ④ 酸化熱 C  $8.64 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 8080 + \frac{15}{100} \times 2450 \right) = 62,225 \text{ kcal/t}$  "
- Si  $9.7 \times 7460 = 72,362 \text{ kcal/t}$  "
- Mn  $6.4 \times 1680 = 10,752 \text{ kcal/t}$  "
- P  $0.27 \times 5810 = 1,569 \text{ kcal/t}$  "
- Cr  $0.5 \times 2620 = 1,310 \text{ kcal/t}$  "
- Fe スラグ量計 =  $\frac{2000 \text{ kg}}{36.84 \text{ t}} = 54.3 \text{ kg/t}$
- FeO =  $54.3 \text{ kg/t} \times \frac{18}{100} \times \frac{55.85}{71.85} \times 1150 = 8,737 \text{ kcal/t}$  "
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =  $54.3 \text{ kg/t} \times \frac{8}{100} \times \frac{111.70}{159.7} \times 1,755 = 5,332 \text{ kcal/t}$  "
- 酸化熱計 162,277 kcal/t "
- ⑤ スラグ生成熱 SiO<sub>2</sub> (珪酸) …スラグ中12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (五酸化リン) …0.3 % (仮定)
- スラグ生成熱 =  $54.3 \text{ kg/t} \times \left( \frac{12}{100} \times 500 + \frac{0.3}{100} \times 1210 \right) = 3,455 \text{ kcal/t}$  "



出 熱

- ① 溶鋼保有熱  $[332 - 0.19(1600 - 1610)] \times 1000 = \boxed{333,900}$  kcal/t
- ② スラグ保有熱  $390 \times 54.3\text{kg/t} = \boxed{21,173}$  "
- ③ 鉄鉱石の分解反応熱  $= \boxed{0}$  "
- ④ 石灰石の分解反応熱  $= \boxed{0}$  "
- ⑤ 二次導体, 電極損失熱  $\frac{744\text{kWh}}{36.84 \text{ t}} \times 860 = \boxed{17,368}$  "
- ⑥ 変圧器損失熱  $\frac{638\text{kWh}}{36.84 \text{ t}} \times 860 = \boxed{14,894}$  "
- ⑦ 冷却水の持ち去る熱  $(5.9 \times 10^3 / \text{分} \times 273 \text{ 分} \times \frac{1}{36.84}) = \boxed{36,194}$  "
- ⑧ その他の損失熱(入熱一出熱)  $= \boxed{279,900}$  "

表 3 - 2 - 17

20 T 炉熱勘定表

鋼番	1421
鋼種	J20

入 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%	出 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%
(1)電力の熱量	480.3	68.3	(8)溶鋼の保有熱	333.9	47.5
(2)溶銑の保有熱	26.0	3.7	(9)スラグの保有熱	21.2	3.0
(3)その他の燃料の発熱量	—	0	(10)分解反応熱	0	0
(4)その他の燃料の顕熱	—	0	(11)二次導体、電極の損失熱	17.4	2.5
(5)電極の酸化熱	31.4	4.5	(12)変圧器損失熱	14.9	2.1
(6)酸化熱	162.3	23.0	(13)冷却水の持ち去る熱	36.2	5.1
(7)スラグ生成熱	3.5	0.5	(14)放射、伝導その他の損失熱	279.9	39.8
合 計	703.5	100.0	合 計	703.5	100.0

効 率

$$\left( \text{効率} = \frac{(8) + (9) + (10) - (2)}{(1) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)} \times 100 (\%) \right)$$

$$\text{効率} = \frac{333.9 + 21.2 - 26.0}{480.3 + 31.4 + 162.3 + 3.5} \times 100$$

$$= 48.6 (\%)$$

表 3-2-18

20 T 炉物質精算

鋼 番	1422
鋼 種	J 20
溶鋼量	36t × 0.94 + 3t = 36.84t

材 料 名		重 量 kg	成 分 重 量 kg				
			C	S i	M n	P	C r
裝 人 材	屑 鉄	33,000	0.0034 112.2	0.0027 89.1	0.0058 191	0.0002 6.6	0.0013 43
	生 鉄	3,000	0.04 120	0.02 60	0.0125 37.5	0.0026 7.8	—
	返 回	3,000	0.0037 11.1	0.0022 6.6	0.0046 13.8	0.00019 0.6	0.0005 1.5
	小 計	39,000	243.3	155.7	242.3	15	44.5
添 加 材	Fe-Si	130		0.7341 95.4			
	Si-Mn	210		0.1522 32.0	0.679 142.6		
	電極粉	10	0.98 9.8				
	C 粉	60	0.8 48				
	小 計		57.8	127.4	142.6		
合 計			301.1	283.1	384.9	15	44.5
溶 鋼	溶落地金						
	酸化末期						
	出鋼前	36,840	0.0016 58.9	0.0025 92.1	0.0042 154.7	0.00018 6.6	0.0008 29.5
酸 化 量	溶 解 期						
	酸 化 期		242.2	191	230.2	8.4	15
	還 元 期		6.6kg/t	5.2	6.2	0.22	0.41

表 3 - 2 - 19

20 T 炉熱精算

鋼 番	1422
鋼 種	J 20
溶鋼量	36.84

入 熱

- ① 電力  $\frac{20,733 \text{ kWh}}{36.84} \times 860 = 483,995 \text{ kcal/t}$
- ② 溶鋼保有熱  $\{332 - 0.19(1600 - 1565)\} \times \frac{3000 \text{ kg}}{36.84} = 26,494 \text{ "}$   
1.5°C/分 × 30 分 = 45°C 降下
- ③ 電極酸化熱  $4.7 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 7830 + \frac{15}{100} \times 2200 \right) = 32,832 \text{ "}$
- ④ 酸化熱 C  $6.6 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 8080 + \frac{15}{100} \times 2450 \right) = 47,754 \text{ "}$
- Si  $5.2 \times 7460 = 38,792 \text{ "}$
- Mn  $6.2 \times 1680 = 10,416 \text{ "}$
- P  $0.22 \times 5810 = 1,278 \text{ "}$
- Cr  $0.41 \times 2620 = 1,074 \text{ "}$
- Fe スラグ量計 =  $\frac{2100 \text{ kg}}{36.84} = 57.0 \text{ kg/t}$
- FeO =  $57.0 \text{ kg/t} \times \frac{18}{100} \times \frac{55.85}{71.85} \times 1150 = 9,172 \text{ "}$
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =  $57.0 \text{ kg/t} \times \frac{8}{100} \times \frac{111.70}{159.7} \times 1755 = 5,597 \text{ "}$
- 酸化熱計  $\boxed{114,083} \text{ "}$
- ⑤ スラグ生成熱 SiO<sub>2</sub> (珪酸) …スラグ中12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (五酸化リン) …0.3% (仮定)
- スラグ生成熱 =  $57.0 \text{ kg/t} \times \left( \frac{12}{100} \times 500 + \frac{0.3}{100} \times 1210 \right) = 3,627 \text{ "}$

出熱

- ① 溶鋼保有熱  $[332 - 0.19(1600 - 1610)] \times 1000 = 333,900$  kcal/t
- ② スラグ保有熱  $390 \times \frac{2100}{36.84}$  kg/t = 22,231 "
- ③ 鉄鉱石の分解反応熱  $\frac{50 \text{ kg/t}}{36.84} \times (\frac{35}{100} \times 45 + \frac{20}{100} \times 42) = 33$  "
- ④ 石灰石の分解反応熱 = 0 "
- ⑤ 二次導体, 電極損失熱  $\frac{698 \text{ kWh}}{36.84 \text{ t}} \times 860 = 16,294$  "
- ⑥ 変圧器損失熱  $\frac{568 \text{ kWh}}{36.84 \text{ t}} \times 860 = 13,259$  "
- ⑦ 冷却水の持ち去る熱  $(5.9 \times 10 / \text{分} \times 223 \text{ 分} \times \frac{1}{36.84}) = 35,714$  "
- ⑧ その他の損失熱(入熱-出熱) = 206,600 "

表 3 - 2 - 20

20 T 炉熱勘定表

鋼番	1422
鋼種	J20

入 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%	出 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%
(1)電 力 の 熱 量	484.0	73.2	(8)溶 鋼 の 保 有 熱	333.9	50.5
(2)溶 銑 の 保 有 熱	26.5	4.0	(9)ス ラ グ の 保 有 熱	22.2	3.4
(3)その他の燃料の発熱量	—		(10)分 解 反 応 熱	33	5.0
(4)その他の燃料の顕熱	—		(11)二 次 導 体 , 電 極 の 損 失 熱	16.3	2.4
(5)電 極 の 酸 化 熱	32.8	5.0	(12)変 圧 器 損 失 熱	13.3	2.0
(6)酸 化 熱	114.1	17.3	(13)冷 却 水 の 持 ち 去 る 熱	35.7	5.4
(7)ス ラ グ 生 成 熱	3.6	0.5	(14)放 射 , 伝 導 そ の 他 の 損 失 熱	206.6	31.3
合 計	661.0	100.0	合 計	661.0	100.0

効 率

$$\text{効率} = \frac{(8) + (9) + (10) - (2)}{(1) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)} \times 100 (\%)$$

$$\text{効率} = \frac{333.9 + 22.2 + 33 - 26.5}{484.0 + 32.8 + 114.1 + 3.6} \times 100$$

$$= 57.1 (\%)$$

## 2.2.2 現状の問題点と改善方策

### (1) 酸素吹込方法並びに屑鉄装入方法の改善

#### A) 問題点

電炉の電力原単位は酸素の使い方によって決まると云っても過言でない程大きな要素である。特に溶解期の酸素吹込は酸化反応熱を利用することにより、反応熱分の電力削減が期待できる。さらに、溶解時間短縮により熱損失も低減し、25～30 N m<sup>3</sup>/tの吹込で5～10 kWh/t・m<sup>3</sup>の電力原単位改善効果を期待できる。

それに対し、当20T炉では次の問題がある。

#### ㊦ 吹込開始時期がおそく吹込量も少ない。

吹込開始は現状では、通電開始後21～39分でありやゝおそい。

実測以前のデータでは、107～179分後であったが現在は早くなったので吹込量も以前に比較し多くなっているが、開始時期はさらに早くする余地がある。

(表3-2-4参照)

(吹込量は表3-2-6参照)

#### ㊧ 吹込方法が適切でない。

上記目的に対して、酸素ランスの方向が適切に調節されていない。

#### ㊨ 屑鉄装入方法

酸素吹込による溶解促進に適した屑鉄装入方法になっていない。

#### B) 改善方策

#### ㊦ 酸素吹込時期

通電開始後、電極直下付近にスポット的に湯だまりが出来るから、それを確認して、たゞちに吹込を開始するとよい。その目安は概ね、5～10分位とするとよい。

#### ㊧ 吹込方法について

最初は湯だまりへ向けて吹込みを行ない、やや溶解が進み湯だまりが充分形成されてからは、酸素ランスは固定しないで広範囲に、コールドスポット部のカッティングを主体に屑鉄の赤熱部又は半溶解箇所をランスを向けて吹込んだ方がよい。特にカッティングは未溶解屑鉄の切断、溶鋼中への早期落下などによって溶解を著しく促進させることになる。

◎ 吹込酸素量について

吹込開始時期を早めることで結果的に量は増えると思われるが、吹込量の目標は $30 \text{ N m}^3/\text{t}$ 程度にした方がよい。これはあまり多くしても効果が減るためである。

さらに、酸素は、出来るだけ多く（概ね90%以上）を溶解期に吹込むようにする。

又、吹込酸素量と炉内の炭素量は重要な関連があるので、装入材の炭素量を多くするとか、加炭の必要がある時は出来るだけ早い時期に入れる方がよい。

酸素ランスのサイズは、内径 $12\sim 15\text{mm}\phi \times 2$ 本のものが必要と思われる。

④ 屑鉄装入方法の改善

屑鉄の装入方法は、大塊を下に入れ、小片特に溶解の早い薄物は上部に積むことにより早く湯だまりが形成される。これにより酸素吹込開始時期を早くすることができる。

又、屑鉄は小さくする程、装入密度が上り、アークは安定し、電力投入密度を上げることになるので、概ね $80\sim 120\text{cm}$ 位に細断した方がよい。

C) 予想効果

① 酸素吹込による電力原単位の改善

前項の各改善案を実施することによって、溶解時間が短縮され、従って出鋼～出鋼時間を短縮できるから生産量が増加する他に熱損失の減少によって電力原単位の改善が期待できる。

日本国内の実績値によれば、 $5\sim 10\text{kWh}/\text{m}^3 \cdot \text{t}$ の効果が報告されている。

但し、酸素の量のみでなく、前述の吹込時期並びに方法によっても効果は大きく変わる。

当 $20\text{T}$ 炉の場合、測定した3チャージのデータから、 $30 \text{ m}^3/\text{t}$ を目標にすれば $(30-27) \times (5\sim 10)\text{kWh}/\text{m}^3 \cdot \text{t} = 15\sim 30\text{kWh}/\text{t}$ の電力原単位改善が期待できる。

又、表3-2-4からみると、吹込開始時期は既に相当改善されている。

電力原単位も、J45で $580\text{kWh}/\text{t}$ 、J20で $560\text{kWh}/\text{t}$ と前に比べて既に $20\sim 30\text{kWh}/\text{t}$ 改善されている。



以上メリットを集計すると、吹込方法の変更、30 m<sup>3</sup>/tへの増量によって、合計約40 kWh/tの節減となる。

㊦ 酸素量増加による溶解時間の短縮

電力節減量40kWh/tとすると、チャージ当り節減電力量=40×37t/ch

$$= 1,480\text{kWh}$$

溶解期平均電力は7735kWなので

$$\text{短縮時間} = \frac{1,480\text{kWh}}{7.735\text{kW}} \times 60 = \underline{\underline{11.5 \text{ 分/ch}}}$$

となる。

㊧ 予想改善効果と所要酸素量

電力量	$57.9 \times 10^3 \text{ t/年} \times 40 \text{ kWh/t} = 2,316 \times 10^3 \text{ kWh/年}$
増産効果	$57.9 \times 10^3 \left( \frac{241 + 10 \text{ 分}}{251 - 11.5 \text{ 分}} - 1 \right) = 2,780 \text{ t/年}$
所要酸素量	$57.9 \times 10^3 \text{ t/年} \times 3 \text{ m}^3/\text{t} = 173.7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{年}$

(2) 電力投入方法の改善

A) 問題点

㊦ 溶解期の投入電力を増加できる余地がある。

遮断器の設定値に制約されて、変圧器能力の76%しか使用されていない。

即ち、変圧器一次側遮断器のトリップレベルが変圧器容量の100%で8秒に設定されているため最高電流を20kAに抑えている。これでは変圧器能力を限界まで活用できないで溶解時間が長くなるばかりでなく、逆にトリップ回数を増加することになる。

㊧ 高力率で操業されロングアークになっている。

屑鉄の大部分が溶けて、炉壁レンガが露出して来ると、アーク・エネルギーは溶解以外に炉壁レンガの溶損や、放散熱の増大に消費されてくるため、溶落ち後は電圧、又は力率を下げてもショートアークにし、溶鋼へのエネルギー供給割合を増加するのが一般的である。

㊨ 電力投入パターンを見直す必要がある。

点弧期、ボーリング期、主溶解期、昇熱期において炉蓋の保護や炉壁への熱損失を考慮した電圧、電流タップのきめ細かい調節がされていない。

B) 改善方策

④ 一次遮断器のトリップレベル変更による溶解電力の増加

電気炉の原単位は、全電力量の76%を消費する溶解期に如何に短時間で、多量の電力を投入するかで決まるので変圧器能力は100%有効に活用すべきである。即ち、変圧器一次側遮断器を高頻度形炉用遮断器に取替えて、電流のトリップレベルを200%10秒位（少なくとも100%では無遮断、150%で1分間位）とした方がよい。

変圧器は短時間ならばある程度過負荷でも、温度上昇がある限度以下にとどまる限り連続使用することができる。温度測定により監視する必要があるが、周囲温度40℃でも最高95℃までは連続使用可能である。

中国での変圧器定格は不明だが日本国内の規格（JEC-168）を下記に示すので参考にするとよい。

絶縁の種類	最高許容温度 (°C)
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	180 超過

温度上昇限度

巻線	油 自然循環	55℃
	油 強制循環	60℃
油（直接外気と接触なし）		55℃

さらに変圧器一次遮断器は、溶解期に起る屑鉄と電極の短絡による過電流や、操業上の必要から高頻度の開閉が行われるのでこれに耐える必要がある。日本製の多頻度形炉用遮断器を紹介するので参考に使用条件に合致した適切なものにと替えるべきである。資料3-2-6にその仕様を示す。

⑧ 力率設定の変更

アークをショートアークにするため、現状の変圧器一次力率90%を電極制御装置の調整により80%~85%とした方がよい。但し炉体の大きさとの関係もあるので、電圧タップと力率の組合せを計画的に変えてデータを蓄積し最もよいパターンを決めるとよい。

⑨ 電力投入パターンの変更

アーク炉の操業ではその使用電力量や操業時間の大半が溶解期に消費されるので、可能な限り迅速且つ、効率よく溶解することが大切である。

一方、通電初期には炉蓋の損傷防止、溶解末期には、炉壁保護、損失熱減少等についても考慮しなければならない。

基本的な考え方を示すので通電の仕方をいろいろ変えて原単位への影響を定量的に把握しながら最良のパターンを決めるとよい。

点弧期……………(通電後5分間位)

アークを安定させ、炉蓋を保護するために低電圧、低電流とする。およそ、

②タップ~③タップ(334 V~318.5 V) 8 kA位。

ボーリング期……………(炉底に湯だまりが出来るまでの時期)

高電圧、低電流とし、およそ①タップ(350 V) 10kA位。

主溶解期……………(アークが屑鉄に包まれている時期)

最高電圧、最高電流とする。

溶解末期……………(炉壁の屑鉄が大半溶け落ち、壁がアークにさらされる時期)

およそ②~③タップ、最高電流とする。

C) 予想効果

溶解期に変圧器容量の100%の電力を投入するにすれば、2,465 kWの電力投入増が可能となり、これによって、31.9分間の溶解時間短縮となる。

この間の放散熱損失がなくなることにより、40.4kWh/lの電力原単位の改善が期待できる。

① 現状の電力投入状況

鋼番	溶解期		溶解期 電力量 (kWh)	ト当り電力量(kWh/t)		全電力量に 対する溶解 期電力量の 比率	
	所要時間 (分)	溶鋼量 (t)		溶解期	トータル合計		
1420	198 (50)	37.3	17,410	466.8	583		76.2 %
1421	124 (15)	36.8	14,340	389.7	558		
1422	123 (6)	36.8	16,321	443.5	563		
平均	148 (23.7)	37.0	16,024	433	568.1		

( )内は非通電時間

$$\text{溶解期平均電力} = \frac{16,024 \text{ kWh}}{(148 - 23.7)} \times 60 = 7,735 \text{ kW}$$

② 損失計算

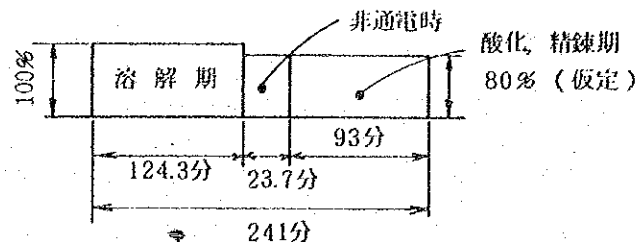
- ㉑ : { 冷却水損失  
炉体放射, 対流熱損失

$$\text{㉑} = \frac{(5.9 + 6.1) \times 10^3 \text{ kcal/分} \times 148 \text{ 分} \times \frac{1}{37.0 \text{ t}}}{\text{水 放射 (表3-2-7) (表3-2-8)}} = 48 \times 10^3 \text{ kcal/t}$$

$$\text{(kW換算)} \quad (5.9 + 6.1) \times 10^3 \times 60 \times \frac{1}{860} \times \frac{1}{37.0} = 22.6 \text{ kW/t}$$

- ㉒ : { 排ガス損失  
二次導体損失  
変圧器損失

㉒-1 排ガス損失



$$\text{全排ガス損失} = (244.8 - 39.6) \times 10^3 = 205.2 \times 10^3 \text{ (kcal/t)}$$

熱勘定値 { 対流 (表3-2-9)  
放射

$$\begin{aligned} \text{溶解期排ガス量 (通電時)} &= \frac{124.3}{124.3 + (93 + 23.7) \times 0.8} \times 205.2 \times 10^3 \\ &= 117.2 \times 10^3 \quad (\text{kcal/t}) \\ &\quad (\text{kW換算 : } 65.8\text{kW}) \end{aligned}$$

①-2 二次導体損失  
           変圧器損失

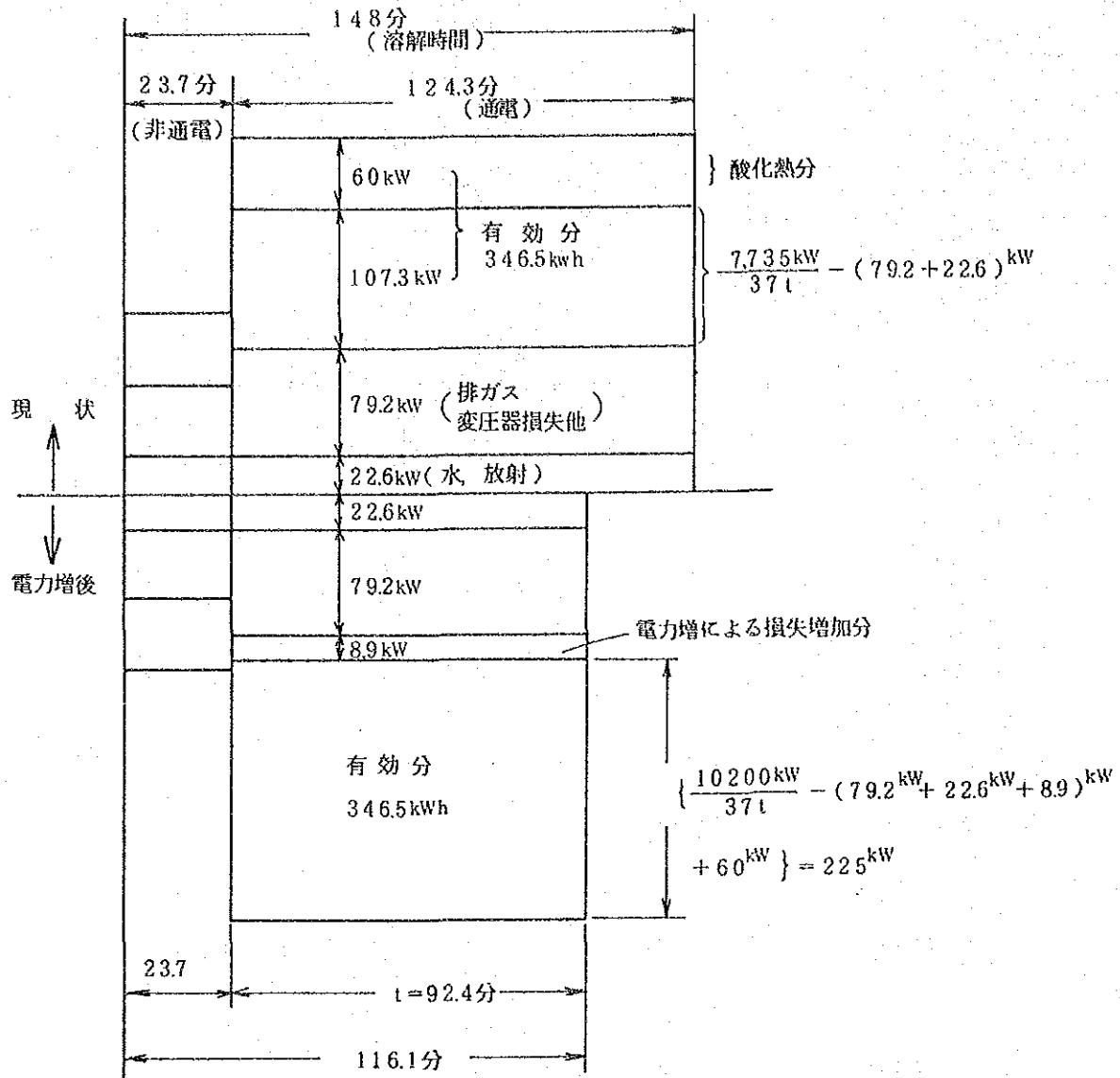
損失	鋼番	1420	1421	1422	平均	トン当り	kW換算
二次導体損失 {溶解期損失量 ×(1-0.404)} (kWh)		539	483	575	532.5 kWh	14.4 kWh/t	$\frac{1}{124.3} \times 60$ = 7.0 kW/t
変圧器損失 (kWh)		442	522	516.6	493.5	13.3	" = 6.4kW/t

② 合計  $65.8 + 7.0 + 6.4 = 79.2 \text{ kW/t}$

③ 電力増加による増加分損失

二次導体損失	$7.0 \text{ kW} \times \left\{ \left( \frac{10200}{7735} \right)^2 - 1 \right\}$	= 5.1 kW/t
変圧器損失	$6.4 \times 0.8 \times \left\{ \left( \frac{10200}{7735} \right)^2 - 1 \right\}$	= 3.8 "
増加分合計		8.9 kW/t

③ 溶解短縮時間の算定



㉑ 酸化熱分の熱量 (溶解期に80%の発生と仮定)

$$159.3 \times 10^3 \times 0.8 = 127.4 \times 10^3 \text{ kcal/t}$$

(kW換算: 60kW)

熱勘定値

㉒ 溶解期有効分熱量

$$= \left\{ \frac{7735 \text{ kW}}{37\text{t}} + 60 \text{ kW} - (22.6\text{kW} + 79.2\text{kW}) \right\} \times \frac{124.3 \text{ 分}}{60} = 346.5\text{kWh/t}$$

㉓ 電力増加後の溶解所要時間

$$t = \frac{346.5\text{kWh}}{225\text{kW}} \times 60 = 92.4 \text{ 分}$$

㉔ 溶解短縮時間

$$124.3 \text{ 分} - 92.4 \text{ 分} = 31.9 \text{ 分}$$

④ 予想効果

$$\left\{ (79.2 \text{ kW} + 22.6 \text{ kW}) \times \frac{31.9 \text{ 分}}{60} \right\} - \left( 8.9 \text{ kW} \times \frac{92.4 \text{ 分}}{60} \right) = 40.4 \text{ kWh / t}$$

予想改善効果と所要設備費

電力量	$57.9 \times 10^3 \text{ t / 年} \times 40.4 \text{ kWh / t} = 2,339 \times 10^3 \text{ kWh / 年}$
増産効果	$57.9 \times 10^3 \times \left( \frac{241 + 10}{251 - 31.9} - 1 \right) = 8,430 \text{ t / 年}$
所要設備費	多頻度形炉用遮断器 1 台 = 900 万円

(3) 排熱利用方法の改善

A) 問題点

炉からの排ガスの熱は、全く利用されないで放散されている。

B) 改善方策

屑鉄予熱装置を設置する。

この予熱装置はダクトによって高温の排ガスを予熱鍋に送り、屑鉄を予熱するものである。

概略の配置図を示すので参考にされたい。この装置からの排気ガスは屑鉄に有機物が混入していると異臭と白煙を伴うので、屑鉄の選別や、排気ガス放出の方向、場所等を考慮する必要がある。予熱装置には、いくつかの方式があり、予熱鍋の蓋は旋回式と移動式があるが、ここでは移動式の例の図面を添付した。

尚、公害対策設備としての集塵装置があることを前提としているので、そのダクトから分岐するものとし、主ダクト、燃焼塔、排風機、集塵機本体はこの計画に含めていない。

予熱方法は、予熱鍋に屑鉄を入れて蓋をし、ダクトを接続して排ガスを導入する。予熱完了後、鍋を吊上げ炉上で開底し、炉内へ予熱された屑鉄を装入する方法とする。

鍋容量は23屯収納可能としている。初装分23屯、追装分17屯の2回に分けて予熱することとして効果を検討した。

c) 予想効果

この装置による予想効果は、屑鉄温度をいくらまで上げるかで決まるが経験的に得られた値で算定すると以下のようなになる。

① 予熱時間の予測

a. 現状の製鋼時間（3チャージ平均値）

鋼番	溶解時間(分)	酸化, 精錬(分)	計(分)	装入回数
1420	198	75	273	3
1421	124	102	226	3
1422	123	100	223	2
平均	148	92.3	241	2.7
1420				
1421				
1422				

b. 改善後の製鋼時間

a) 投入電力増加による短縮時間 31.9分/ch

b) 酸素増加による短縮時間 11.5分/ch

c) 改善後の製鋼時間

溶解期 148分 - (31.9分 + 11.5分) = 104.6分

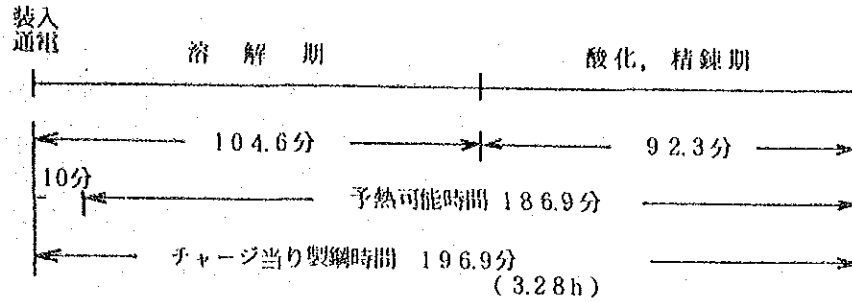
酸化, 精錬期 (現状どおりとする) = 92.3分

196.9分

( 3.28 h )



c. 予熱可能時間



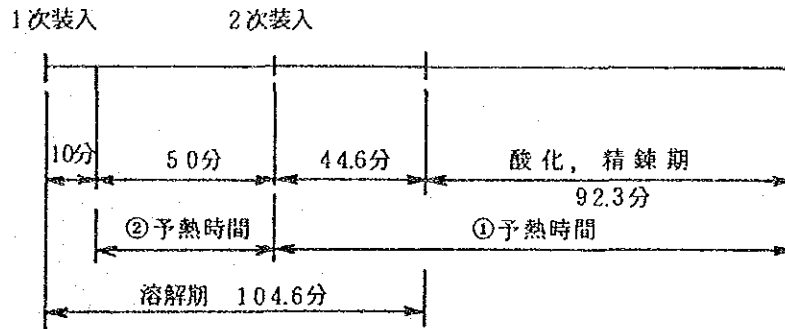
② 予熱装置操業条件

a. 予熱容器収納重量 = 23 t

b. 装入方法

1次装入 23 t  
 2次装入 17 t  
 計 40 t 装入

c. 予熱時間



d. バケット入口ガス温度 500°C (推定)

e. 風量 1200 m<sup>3</sup>/min.

f. 屑鉄温度  
 1次装入 23 t 400°C  
 2次装入 17 t 300°C

③ 必要な補機

排風機 1200 m<sup>3</sup>/分 × 200 mm水柱

電動機 60 kW

補機電動機の消費電力量

$$= 60 \text{ kW} \times \frac{170 \text{ 分}}{60} \times \frac{1}{37 \text{ t}} = 4.6 \text{ kWh/t}$$

④ 屑鉄の得たエネルギー

$$\begin{aligned} & \{(400-20^\circ\text{C}) \times 23000 \text{ kg} + (300-20^\circ\text{C}) \times 17000\} \times 0.1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \\ & \times \frac{1}{37 \text{ t}} \times \frac{1}{860} = 42.4 \text{ kWh/t} \end{aligned}$$

通電までの熱損失を10%と仮定して、効果は $42.4 \times 0.9 = 38.2 \text{ kWh/t}$ となる。

⑤ 溶解短縮時間とその効果

$$\text{短縮時間} = \frac{38.2 \text{ kW}}{107.3 \text{ kW} + 60 \text{ kW}} \times 60 = 13.7 \text{ 分}$$

時間短縮による損失減少分効果

$$= (79.2 \text{ kW} + 22.6 \text{ kW}) \times \frac{13.7 \text{ 分}}{60} = 23.2 \text{ kWh/t}$$

⑥ 効果合計

$$38.2 + 23.2 = 61.4 \text{ kWh/t}$$

⑦ 予想年間効果と所要設備費

電力量	$57.9 \times 10^3 \times 61.4 \text{ kWh/t}$	$= 3555 \times 10^3 \text{ kWh/年}$
増産効果	$57.9 \times 10^3 \times \left( \frac{241 + 10}{251 - 13.7} - 1 \right)$	$= 3343 \text{ t/年}$
設備費	屑鉄予熱装置一式	$= \text{約} 1.4 \text{ 億円}$
補機電力	$57.9 \times 10^3 \times 4.6 \text{ kWh/t}$	$= 266.3 \times 10^3 \text{ kWh/年}$

(4) その他

㊸ 造塊屑の熱又は圧延材の端材等の熱を利用していないので、いわゆるホットチャージを出来る余地がある。

高温の屑鉄は温度が低下するまでに出来るだけ速く原料へリターンすべきである。

㊹ 放散熱量の削減をはかるため、操業口の開口部は、開閉自由なものとし、出来るだけ添加材投入等に開口を必要とする時以外は、操業口を閉じた方がよい。

又、出鋼口もチャージ毎にドロマイト等で閉じることにより電力削減が期待できる。

## 2.2.3 所要投資額

### (1) 酸素量の増加について

酸素供給能力があれば、特に必要としない。

### (2) 多頻度形炉用遮断器の取替

真空遮断器・・・・・・・・・・1台

価格・・・・・・・・・・約9百万円（機器価格）

### (3) 屑鉄予熱装置 1式

価格・・・・・・・・・・約1.4億円（機器価格）

### (4) 所要投資額合計・・・・・・・・1.49億円

## 2.3 10トン電気炉

### 2.3.1 操炉状況，熱勘定

(1) 電力投入状況について

A) 図3-2-7の回路図で5分毎の電力投入状況測定を行った。

		倍率		
3 ch (変圧器1次側)	PT	6kV/100V = 60	Set 60	× 1
	CT	1000A/5A = 200	Set 200	× 1
	計			× 1
1 ch (変圧器2次側)	PT	× 0	Set 400	× 1
	CT	20000A/5A = 4000	Set 400	× 10
	計			× 10

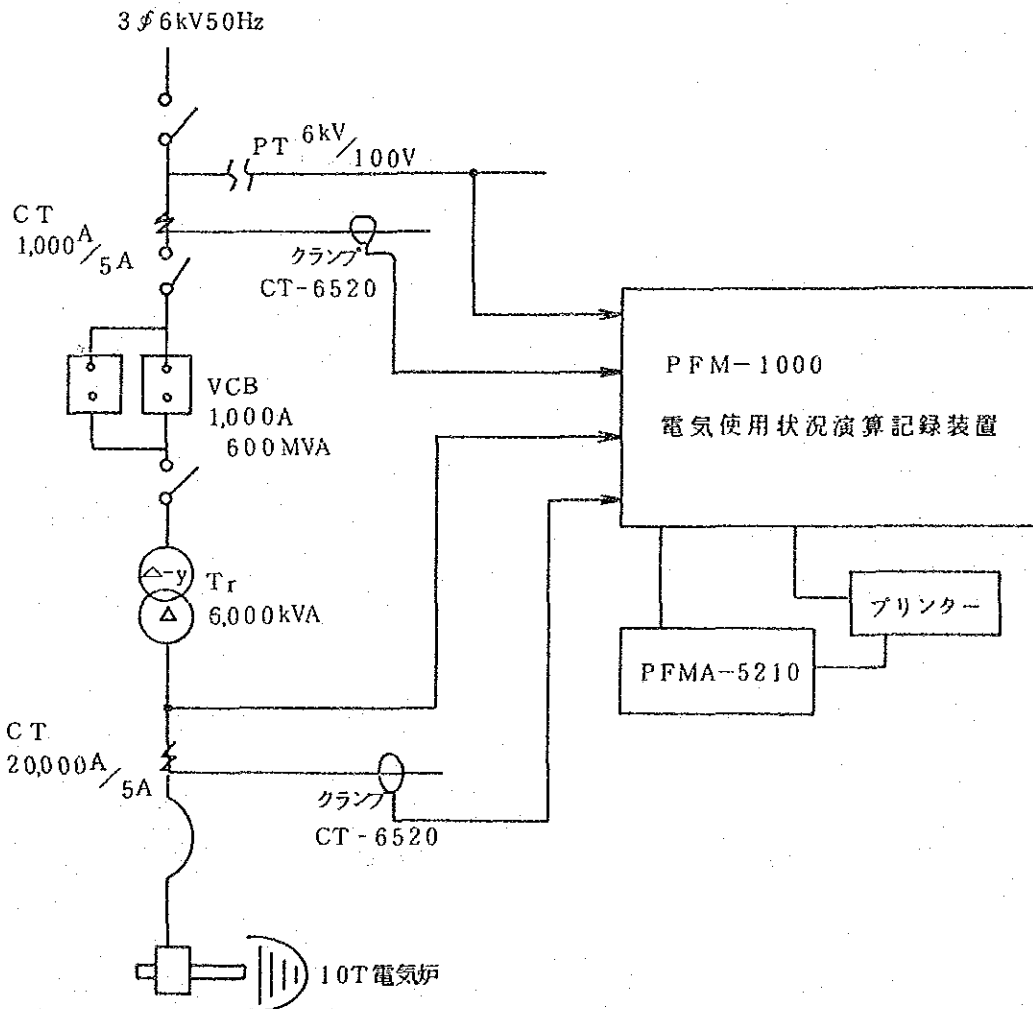


図3-2-7 10T炉電力測定回路図

測定データ及び電力投入状況を示す負荷曲線を図3-2-8~10に示す。

その結果から以下のことが分かる。

- ㊦ 変圧器容量 6000 kVA に対し、溶解期平均電力（非通電時間を除く）は、4,576kWしか投入されていない。
- ㊧ 変圧器の損失は、6.1%であり、20T炉に比較すると、大きな損失となっている。これは変圧器の特性によるものと思われる。

損失計算方法は20T炉の項を参照のこと。

B) 電力投入状況測定と同時に変圧器一次及び二次側の力率も測定した。

その結果から高力率操作されていることが分かる。

即ち、力率は変圧器、一次側で 90~93%、二次側で 93~98%でありロングアーク操作になっている。（資料3-2-12参照）

電力投入状況 (10 TON炉)

鍋番	1688 (11/26 14:52' ~ 11/26 18:14')
鍋種	Gcr15
変圧器1次電力量	11264kWh (523kWh/T)
溶鋼量	21.15t
酸素吹込量	310 ㎥/ch (14.7 ㎥/T)
変圧器2次電力量	10581kWh
変圧器損失	683kWh
2次導体損失	537kWh (内有効分137kWh)
損失合計	1220kWh (内有効分137kWh)

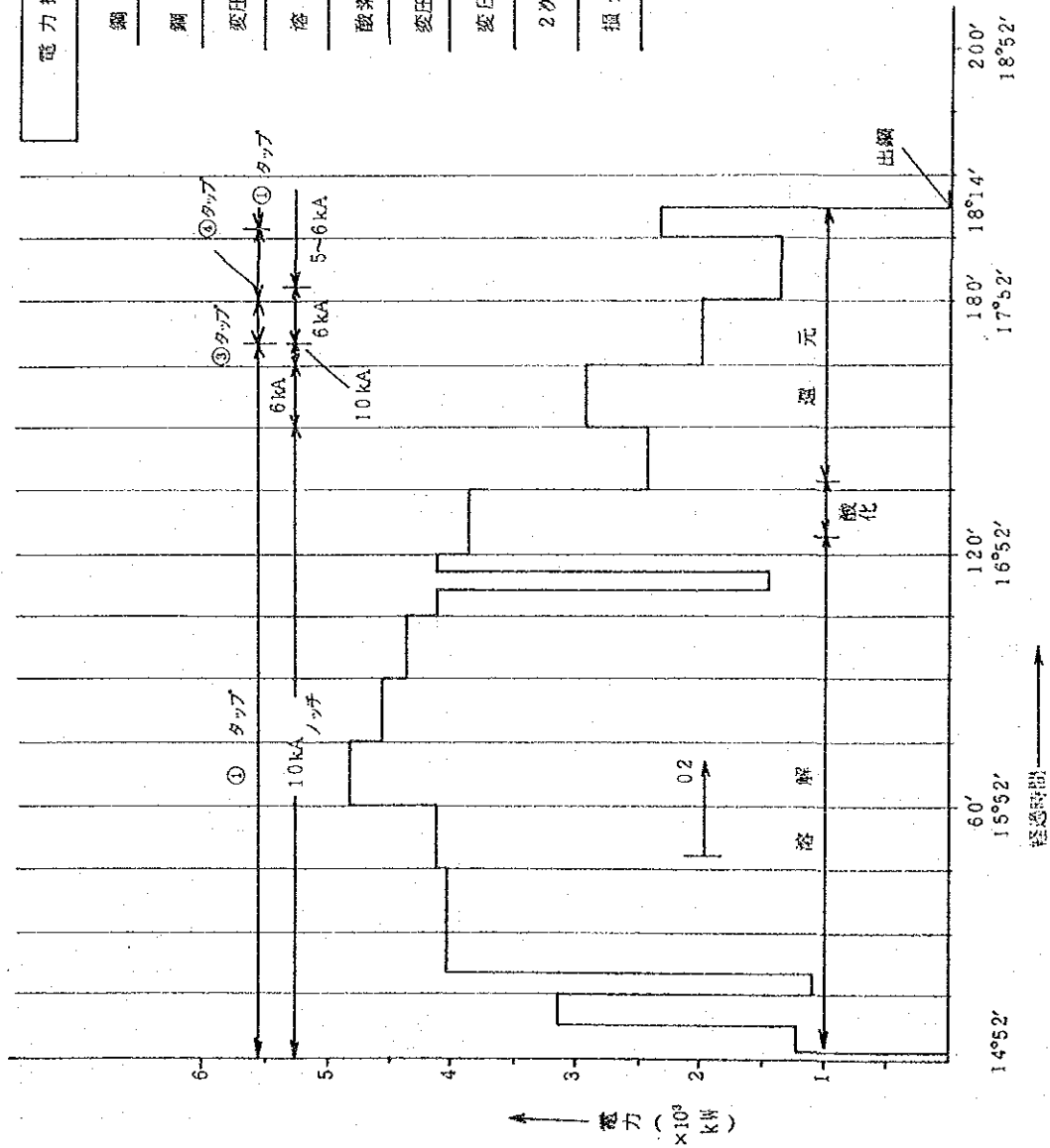


図 3 - 2 - 8 10 T 炉電力投入状況

電力投入状況 (10 TON炉)

番号 1689 (11/26 18<sup>25</sup>' ~ 11/26 21<sup>54</sup>')  
 鋼種 45

変圧器1次電力量	12073kWh (554kWh/T)
熔鋼量	21.789t
酸還元量	258 元/ch (118 元/T)
変圧器2次電力量	11251kWh
変圧器損失	822kWh
2次導体損失	58kWh (内、有効分150kWh)
損失合計	1409kWh (内、有効分150kWh)

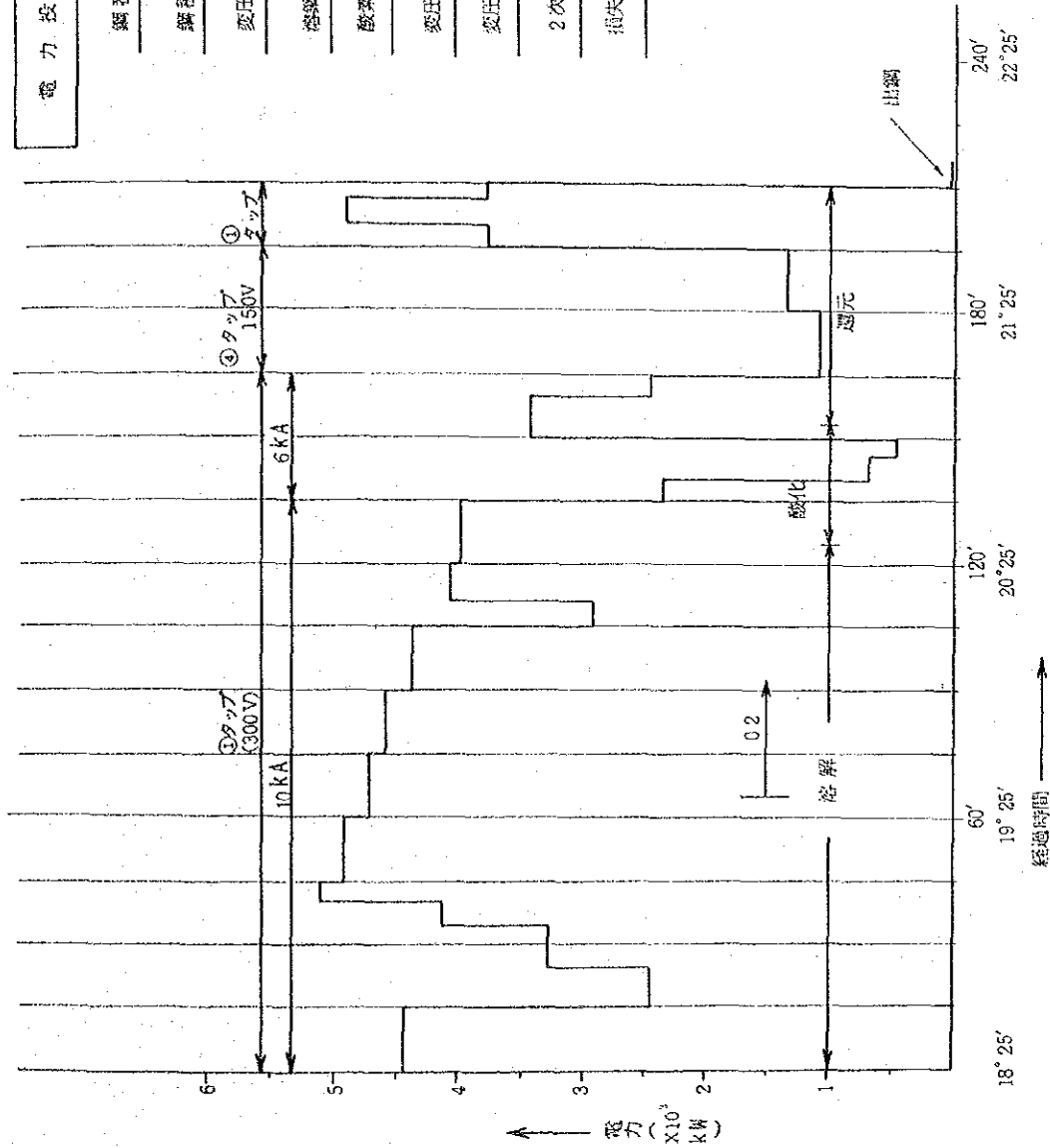
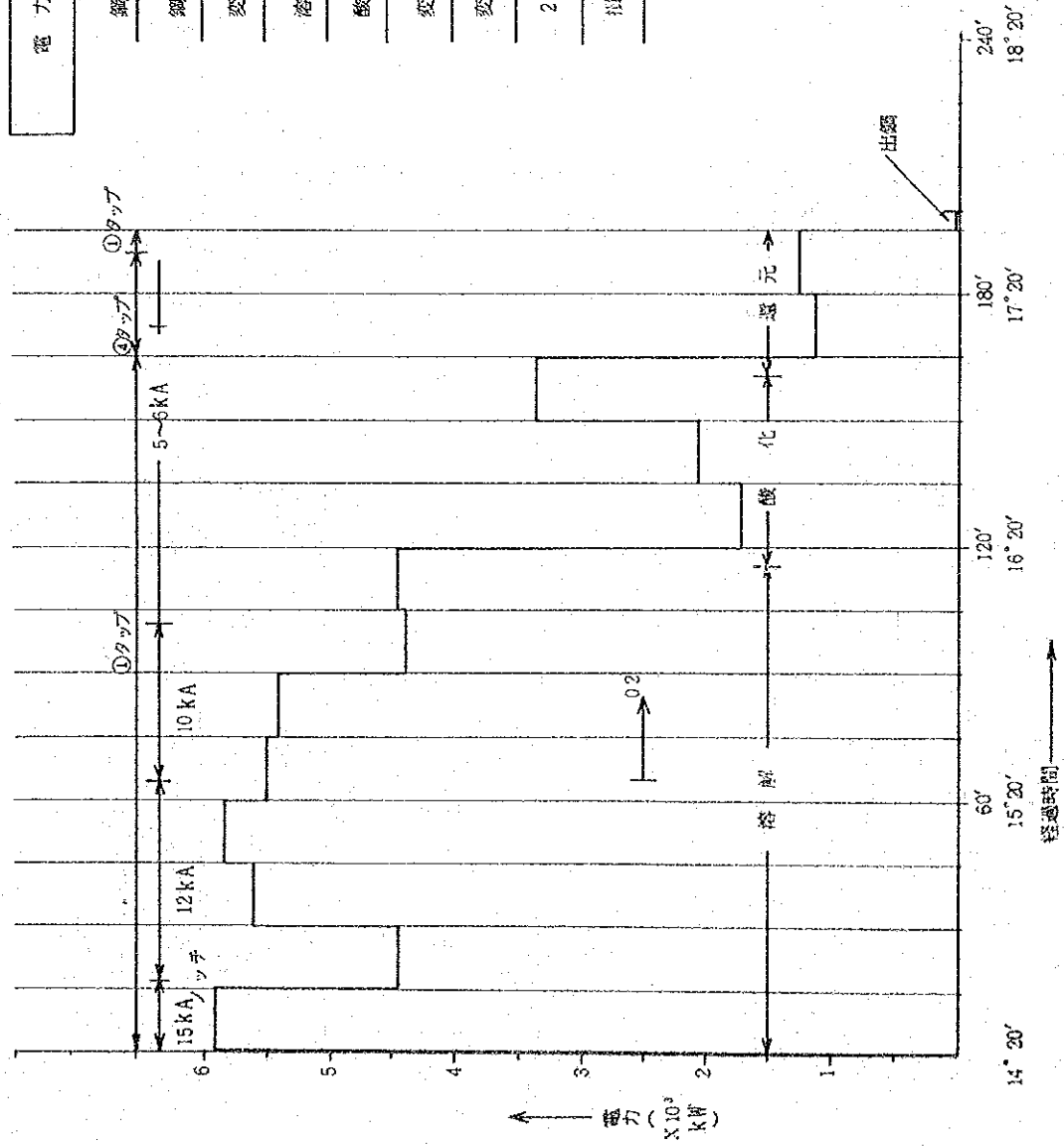


図 3 - 2 - 9 10 T 炉電力投入状況

電力投入状況 (10 TON炉)



鋼番	1694(11/27 14'20" ~ 11/27 17'35")
鋼種	65 Mn 鋼
変圧器1次電力量	12,637 kWh (658 kWh/T)
溶鋼量	22,655 t
酸素吹込量	412 m <sup>3</sup> /ch (18.2 m <sup>3</sup> /T)
変圧器2次電力量	11,948 kWh
変圧器損失	689 kWh
2次導体損失	723 kWh (内、有効分 185 kWh)
損失合計	1,412 kWh (内、有効分 185 kWh)

図 3 - 2 - 10 10 T 炉電力投入状況



(2) 電気特性について

測定は20T炉と同じ方法で行なった。特性図を図3-2-11に示す。

その結果をみると、

タップ(300V)において、アーク電力(Pa)が最大となる電流は、16kA程度となり、変圧器定格電流の11.5kAより約40%上のところにある。

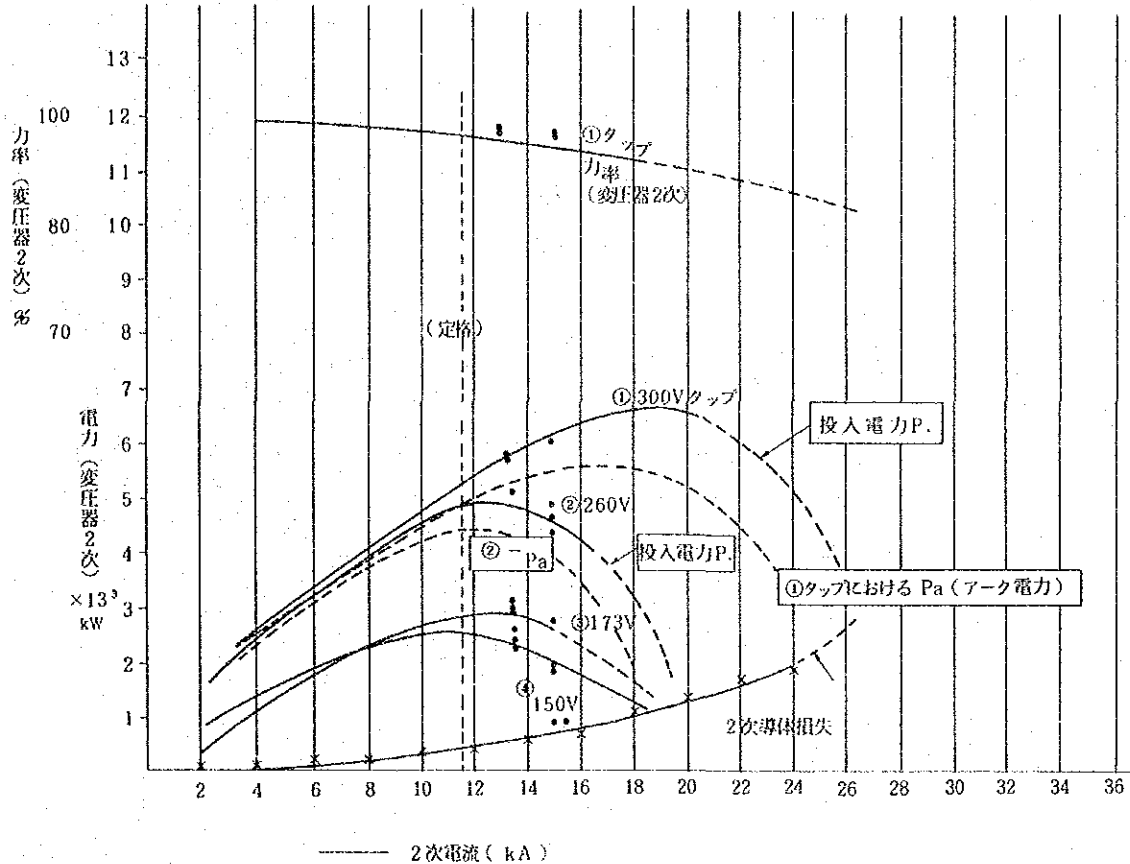


図3-2-11 10T炉特性

(3) 短絡試験について

短絡試験の回路図、及び測定結果を図3-2-12に示す。

溶解末期の全溶落ち時期に、最低の150Vタップを使用して電極を三相とも溶鋼中に入れ、その時の入力電力を測定することにより、変圧器二次導体、水冷ケーブル電極、並びに各部の接触抵抗による損失も含めた二次側全損失を測定した。その結果を図3-2-12に示す。この測定値にもとずいて、各電流値における二次損失を計算したものを表3-2-22に示す。

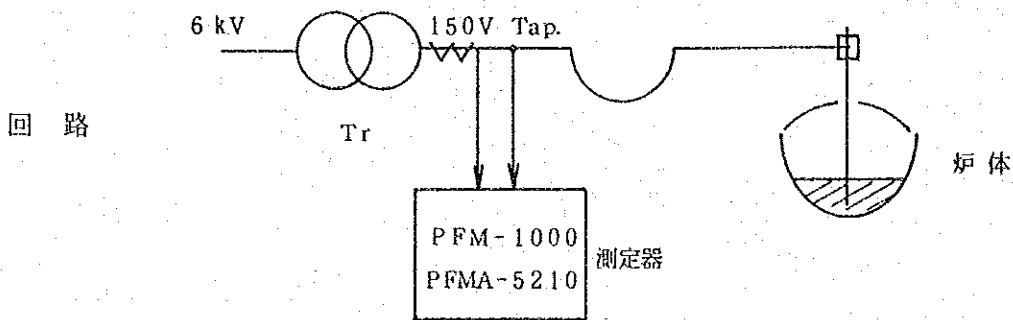
図3-2-11の二次導体損失は、この短絡試験の結果をもとに作成したものである。

又、3チャージ分についてのまとめを表3-2-23に示す。

これらの結果から次のことが分かる。

- ㊦ 二次損失のうち、二次導体・電極による損失と、各部の接触抵抗による損失の比は、41.4%と 58.6 %であり、20T炉に比較すると、接触抵抗損失がやや多い。
- ㊧ 一次入力 of 1.3%は炉内への有効熱となるので、二次導体、電極の実損失は、3.8%となり20T炉とほぼ同程度である。

1985-11-27 15時～16時



測定結果

	電 圧 V	電 流 A	電 力 kW	力率%
1.	76.8	19,140	1,180	—
2	75.1	19,230	1,190	42.9

※ 11,500 A 2次定格電流時の2次側損失

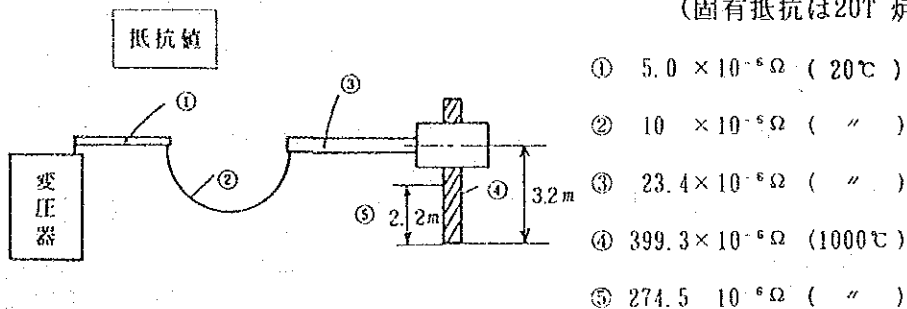
$$1,180 \text{ kW} \times \left( \frac{11,500}{19,140} \right)^2 = \underline{\underline{426 \text{ kW}}}$$

図3-2-12 10T炉短絡試験結果

表 3 - 2 - 22 10T 炉二次損失電力

電 流 I a ( $\times 10^3$ A)	二次側, 全抵抗損 kW=1180kW $\times$ $(\frac{Ia}{19140})^2$ ④	有効分 ③ $3Ia^2 \times 274.5$ $\times 10^{-9}$ (kW)	2 次導体, 電極損失量 (④-③) (kW)	①~④抵抗損 $3Ia^2 R_0$ ⑤ (kW)	接触抵抗 損失 (④-⑤) (kW)
2	12.9	3.3	9.6	5.3	7.6
4	51.5	13.2	38.3	21.3	30.2
6	115.9	29.7	86.2	48.0	67.9
8	206.1	52.7	153.4	85.3	120.8
10	322.1	82.4	239.7	133.3	188.8
12	463.8	118.7	345.1	191.9	271.9
14	631.3	161.6	469.7	261.2	370.1
16	824.5	211.0	613.5	341.2	483.3
18	1,047.5	268.1	779.4	431.9	615.6
20	1,288.4	329.8	958.6	533.2	755.2
22	1,558.9	399.0	1,159.9	645.1	913.8
24	1,855.4	474.9	1,380.5	767.8	1,087.6
26	2,177.4	557.4	1,620	901.0	1,276.4
28	2,525.3	646.4	1,878.9	1,045.0	1,480.3
比 率	100%	25.6%	74.4	41.4 %	58.6%

(固有抵抗は20T 炉に同じ)



①~③計  $38.4 \times 10^{-6} \Omega$  (20℃)

①~④計  $444.3 \times 10^{-6} \Omega$

$R_{60} = r_1 (1 + 0.0043 (60 - 20))$   
 $= 45.0 \times 10^{-6} \Omega$  (60℃)

有効分  $= \frac{274.5}{444.3} \times 0.414 \times \text{全抵抗損}$

$= 0.256 \times \text{二次側全抵抗損}$

表 3 - 2 - 23 10トン電気炉損失電力量

鋼番	1 6 8 8	1 6 8 9	1 6 9 4	平 均	
一次電力量 kWh	11,264	12,073	12,637	11,991	100%
変圧器損失 " a	683	822	689	731	6.1
二次全抵抗損失 " b	537	587	723	616	5.1
二次損失中, 有効分 " c	137	150	185	157	1.3
損失合計 (a + b - c) "	1,083	1,259	1,227	1,190	9.9
溶鋼量 (ton)	21.15	21.79	22.65	21.86	--
トン当り損失量 (kWh/t)	51.2	57.8	54.2	54.4	--

(損失量の計算方法は資料 3 - 2 - 4 参照)

(4) 操業記録について

資料 3 - 2 - 5 に示す「電炉操業実績記録」は、時間経過とともに、どのような作業が行われているかを記録したものである。

その結果から次のことが分かる。

- ㊸ 酸素吹込開始時期が、通電開始後、48分～80分となっており非常におそい。酸素吹込みによる効果が最も期待できる時期を過ぎてから吹込まれている。表 3 - 2 - 4 に、酸素吹込開始時期を示す。
- ㊹ 酸素吹込量が少ない。算定によれば、15m<sup>3</sup>/t程度でありさらに増量する余地がある。又吹込方法にも検討の余地がある。酸素量の計算結果は、表 3 - 2 - 5, 3 - 2 - 6, に示す。
- ㊺ 電圧タップ、電流タップは点弧期・ポーリング期・主溶解期において電圧、電流タップのきめ細かい調節がされていない。当炉は、タップ数が4タップしかなく、使用方法が限定される面もあるが、各期におけるタップの使い方が適切とはいえない。

(5) 操業状態の観察

- ㊻ 屑鉄装入方法については、寸法・形状・装入順等について溶解促進のための考慮がなされていない。
- ㊼ 排出ガスの廃熱は全く利用されていない。

◎ 高温の返り屑を使用するなどの方法がとられていない。

④ 装入・分析・除滓等による、操業上の時間的な損失は特に大きくはなかった。

(6) 冷却水損失、及び炉体からの放射・対流による熱損失について

冷却水損失及び炉体の放射・対流による熱損失については、20T炉同様に、冷却水温度、水量、炉体の天井、側壁等の温度を測定して、これらのデータから算出した。結果を、表3-2-7~9に示す。

(7) 熱画像による温度分布の測定

参考データとして、資料3-2-13に炉周辺の表面温度の分布状態を示す熱画像を添付するので参考とされたい。

これによると、出鋼側、蓋の部分に高温部がみられる。

(8) 熱勘定結果について

鋼番1688, 1689, 1694の3チャージについて20T炉と同様に熱勘定を行った。その算定に用いた材料、成品組成は表3-2-10に示す。又熱勘定の結果を表3-2-24~33に示す。

その結果によると、10T炉の熱効率、52.9%となり20T炉の値に近く、日本国内の値(55~57%)と比較するとやや低い。

表 3 - 2 - 24

10 T 炉熱勘定表

鋼番	1688 1689 1694 3 チャージ平均
鋼種	Gr15, 45, 65Mn

入 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%	出 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%
(1)電 力 の 熱 量	471.4	70.0	(8)溶 鋼 の 保 有 熱	327.6	48.0
(2)溶 銑 の 保 有 熱	7.1	1.1	(9)ス ラ グ の 保 有 熱	32.1	4.8
(3)その他の燃料の発熱量	—	—	(10)分 解 反 応 熱	0	0
(4)その他の燃料の顕熱	—	—	(11)二次導体, 電極の損失熱	18.0	2.7
(5)電 極 の 酸 化 熱	29.3	4.4	(12)変 圧 器 損 失 熱	28.8	4.3
(6)酸 化 熱	160.4	23.8	(13)冷 却 水 の 持 ち 去 る 熱	62.9	9.3
(7)ス ラ グ 生 成 熱	5.3	0.7	(14)放射, 伝導その他の 損失熱	204.1	30.3
合 計	673.5	100.0	合 計	673.5	100.0

効 率

$$\text{(効率)} = \frac{(8) + (9) + (10) - (2)}{(1) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)} \times 100 (\%)$$

$$\text{効率} = \frac{327.6 + 32.1 - 7.1}{471.4 + 29.3 + 160.4 + 5.3} \times 100$$

$$= 52.9 (\%)$$

表 3 - 2 - 25

10 T 炉物质精算

鋼 番	1688
鋼 種	Gcr15
溶鋼量	22.5t × 0.94 = 21.15t

材 料 名		重 量 kg	成 分 重 量 kg				
			C	S i	M n	P	C r
装 入 材	屑 鉄	15,500	0.0034 37.2	0.0027 41.9	0.0058 89.9	0.0002 3.1	0.0013 20.2
	生 鉄	7,000	0.04 280	0.02 140	0.0125 87.5	0.0026 18.2	—
	小 計	22,500	317.2	181.9	177.4	21.3	20.2
	添 加 材	C 粉	60	0.8 48			
	高Cr	485	0.067 32.5				0.68 329.8
	Si粉	70		0.7341 51.4			
	高Mn	42	0.069 2.9		0.77 32.3		
	小 計		83.4	51.4	32.3		329.8
合 計			400.6	233.3	209.7	21.3	350
溶 鋼	溶落地金						
	酸化末期						
	出鋼前	21,150	0.0099 209.4	0.0020 42.3	0.0028 59.2	0.0001 2.1	0.013 275.0
酸 化 量	溶 解 期						
	酸 化 期		191.2	191	150.5	19.2	75
	還 元 期		9.04kg/t	9.03	7.12	0.91	3.55

表 3 - 2 - 26

10 T 炉熱精算

鋼 番	1688
鋼 種	Ger 15
溶鋼量	21.15

入 熱

① 電力  $\frac{11,264 \text{ kWh}}{21.15 \text{ t}} \times 860 = 458,016 \text{ kcal/t}$

② 溶鋼保有熱 = 0 "

③ 電極酸化熱  $4.2 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 7830 + \frac{15}{100} \times 2200 \right) = 29,339 \text{ kcal/t}$  "

④ 酸化熱 C  $9.04 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 8080 + \frac{15}{100} \times 2450 \right) = 65,409 \text{ kcal/t}$  "

Si  $9.03 \times 7460 = 67,364 \text{ kcal/t}$  "

Mn  $7.12 \times 1680 = 11,962 \text{ kcal/t}$  "

P  $0.91 \times 5810 = 5,287 \text{ kcal/t}$  "

Cr  $3.55 \times 2620 = 9,301 \text{ kcal/t}$  "

Fe スラグ量計 =  $\frac{1800 \text{ kg}}{21.15 \text{ t}} = 85.1 \text{ kg/t}$

FeO =  $85.1 \text{ kg/t} \times \frac{18}{100} \times \frac{55.85}{71.85} \times 1150 = 13,693 \text{ kcal/t}$  "

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =  $85.1 \text{ kg/t} \times \frac{8}{100} \times \frac{111.70}{159.7} \times 1,755 = 8,357 \text{ kcal/t}$  "

酸化熱計 = 181,373 "

⑤ スラグ生成熱 SiO<sub>2</sub> (珪酸) …スラグ中12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (五酸化リン) …0.3 % (假定)

スラグ生成熱 =  $85.1 \text{ kg/t} \times \left( \frac{12}{100} \times 500 + \frac{0.3}{100} \times 1210 \right) = 5,415 \text{ kcal/t}$  "



出 熱

- ① 溶鋼保有熱  $(332 - 0.19(1600 - 1560)) \times 1000 =$  324,400 kcal/t
- ② スラグ保有熱  $390 \times 85.1 \text{ kg/t} =$  33,189 "
- ③ 鉄鉱石の分解反応熱  $=$  0 "
- ④ 石灰石の分解反応熱  $=$  0 "
- ⑤ 二次導体, 電極損失熱  $\frac{400\text{kWh}}{21.15 \text{ t}} \times 860 =$  16,264 "
- ⑥ 変圧器損失熱  $\frac{683\text{kWh}}{21.15 \text{ t}} \times 860 =$  27,772 "
- ⑦ 冷却水の持ち去る熱  $(6.8 \times 10^3 / \text{分} \times 202 \text{ 分} \times \frac{1}{21.15}) =$  64,946 "
- ⑧ その他の損失熱(入熱一出熱)  $=$  207,500 "

表 3 - 2 - 27

10 T 炉熱勘定表

鋼番	1688
鋼種	Gr15

入 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%	出 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%
(1)電 力 の 熱 量	458.0	67.9	(8)溶 鋼 の 保 有 熱	324.4	48.1
(2)溶 銑 の 保 有 熱	—	0	(9)ス ラ グ の 保 有 熱	33.2	4.9
(3)その他の燃料の発熱量	—	0	(10)分 解 反 応 熱	0	0
(4)その他の燃料の顕熱	—	0	(11)二次導体, 電極の損失熱	16.3	2.4
(5)電 極 の 酸 化 熱	29.3	4.4	(12)変 圧 器 損 失 熱	27.8	4.2
(6)酸 化 熱	181.4	26.9	(13)冷 却 水 の 持 ち 去 る 熱	64.9	9.6
(7)ス ラ グ 生 成 熱	5.4	0.8	(14)放射, 伝導その他の 損失熱	207.5	30.8
合 計	674.1	100.0	合 計	674.1	100.0

効 率

$$\left( \text{効率} = \frac{(8) + (9) + (10) - (2)}{(1) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)} \times 100 (\%) \right)$$

$$\text{効率} = \frac{324.4 + 33.2}{458.0 + 29.3 + 181.4 + 5.4} \times 100$$

$$= 53.0 (\%)$$

表 3-2-28

10 T 坩 物 質 精 算

鋼 番	1689
鋼 種	汽45
溶鋼量	(23t+0.18) ×0.94= 21.789t

材 料 名		重 量 kg	成 分 重 量 kg				
			C	S i	M n	P	C r
裝 入 材	屑 鐵	19,000	0.0034 70.3	0.0027 51.3	0.0058 110.2	0.0002 3.8	0.0013 24.7
	生 鐵	4,000	0.04 160	0.02 80	0.0125 50	0.0026 10.4	—
	小 計	23,000	230.3	131.3	160.2	14.2	24.7
添 加 材	S i - M n	130		0.1522 19.8	0.679 88.3		
	C 粉	40	0.8 32				
	S i 粉	40		0.7341 29.4			
	高 M n	30	0.0691 2.1		0.7827 23.5		
	生 鐵	180	0.04 7.2	0.02 3.6	0.0125 2.3	0.0026 0.5	
	小 計		41.3	52.8	114.1	0.5	
合 計			271.6	184.1	274.3	14.7	24.7
溶 鋼	溶落地金						
	酸化末期						
	出鋼前	21,789	0.0047 102.4	0.0025 54.5	0.0063 137.3	0.00014 3.1	0.0010 21.8
酸 化 量	溶 解 期						
	酸 化 期		169.2	129.6	137	11.6	2.9
	還 元 期		7.77kg/t	5.95	6.29	0.53	0.13

10 T 炉熱精算

鋼 番	1689
鋼 種	45
溶鋼量	21,789t

入 熱

① 電力  $\frac{12.073 \text{ kWh}}{21.789} \times 860 = 476,515 \text{ kcal/t}$

② 溶鋼保有熱 = 0 "

③ 電極酸化熱  $4.2 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 7830 + \frac{15}{100} \times 2200 \right) = 29,339 \text{ kcal/t}$

④ 酸化熱 C  $7.8 \text{ kg/t} \times \left( \frac{85}{100} \times 8080 + \frac{15}{100} \times 2450 \right) = 56,437 \text{ kcal/t}$

Si  $6.0 \times 7460 = 44,760 \text{ kcal/t}$

Mn  $6.3 \times 1680 = 10,584 \text{ kcal/t}$

P  $0.53 \times 5810 = 3,079 \text{ kcal/t}$

Cr  $0.13 \times 2620 = 340 \text{ kcal/t}$

Fe スラグ量計 =  $\frac{1800 \text{ kg}}{21.789 \text{ t}} = 82.6 \text{ kg/t}$

FeO =  $82.6 \text{ kg/t} \times \frac{18}{100} \times \frac{55.85}{71.85} \times 1150 = 13,290 \text{ kcal/t}$

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =  $82.6 \text{ kg/t} \times \frac{8}{100} \times \frac{111.70}{159.7} \times 1755 = 8,111 \text{ kcal/t}$

酸化熱計 = 136,601 "

⑤ スラグ生成熱 SiO<sub>2</sub> (珪酸) …スラグ中12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (五酸化リン) …0.3% (仮定)

スラグ生成熱 =  $82.6 \text{ kg/t} \times \left( \frac{12}{100} \times 500 + \frac{0.3}{100} \times 1210 \right) = 5,256 \text{ kcal/t}$

出 熱

- ① 溶鋼保有熱  $[332 - 0.19(1600 - 1570)] \times 1000 =$  326,300 kcal/t
- ② スラグ保有熱  $390 \times 82.6\text{kg/t} =$  32,214 "
- ③ 鉄鉱石の分解反応熱  $=$  0 "
- ④ 石灰石の分解反応熱  $=$  0 "
- ⑤ 二次導体, 電極損失熱  $\frac{437\text{kWh}}{21.789\text{ t}} \times 860 =$  17,248 "
- ⑥ 変圧器損失熱  $\frac{822\text{kWh}}{21.789\text{ t}} \times 860 =$  32,444 "
- ⑦ 冷却水の持ち去る熱  $(6.8 \times 10^3 / \text{分} \times 209 \text{ 分} \times \frac{1}{21.789\text{ t}}) =$  65,226 "
- ⑧ その他の損失熱(入熱一出熱)  $=$  174,400 "

表 3 - 2 - 30

10 T 炉熱勘定表

鋼番	1689
鋼種	45

入 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%	出 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%
(1)電力の熱量	476.5	73.6	(8)溶鋼の保有熱	326.3	50.4
(2)溶銑の保有熱	—	—	(9)スラグの保有熱	32.2	5.0
(3)その他の燃料の発熱量	—	—	(10)分解反応熱	0	0
(4)その他の燃料の顕熱	—	—	(11)二次導体, 電極の損失熱	17.2	2.7
(5)電極の酸化熱	29.3	4.5	(12)変圧器損失熱	32.4	5.0
(6)酸化熱	136.6	21.1	(13)冷却水の持ち去る熱	65.2	10.0
(7)スラグ生成熱	5.3	0.8	(14)放射, 伝導その他の 損失熱	174.4	26.9
合 計	647.7	100.0	合 計	647.7	100.0

効 率

$$\text{(効率} = \frac{(8) + (9) + (10) - (2)}{(1) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)} \times 100 \text{ (\%))}$$

$$\text{効率} = \frac{326.3 + 32.2}{476.5 + 29.3 + 136.6 + 5.3} \times 100$$

$$= 55.3 \text{ (\%)}$$

表 3 - 2 - 31

10 T 炉物質精算

鋼 番	1694
鋼 種	65Mn 彈
溶鋼量	22.5t × 0.94 + 1.5t = 22.65 t

材 料 名		重 量 kg	成 分 重 量 kg				
			C	S i	M n	P	C r
裝 入 材	屑 鉄	15,500	0.0034 52.7	0.0027 41.9	0.0058 89.9	0.0002 3.1	0.0013 20.2
	生 鉄	7,000	0.04 280	0.02 140	0.0125 87.5	0.0026 18.2	—
	返 回	1,500	0.0047 7.1	0.0021 3.2	0.0042 6.3	0.00015 0.2	0.0014 2.1
	小 計	24,000	339.8	185.1	183.7	21.5	22.3
添 加 材	高Mn	20	0.0691 1.4		0.7827 15.7		
	C 粉	40	0.8 32				
	S i 粉	60		0.7341 44.0			
	S i - M n	75		0.1522 11.4	0.67 50.3		
	F e - S i	15		0.7341 11.0			
	小 計		33.4	66.4	66		
合 計			373.2	251.5	249.7	21.5	22.3
溶 鋼	溶落地金						
	酸化末期						
	出鋼前	22,650	0.0067 151.8	0.0026 58.9	0.0094 212.9	0.0002 4.5	0.0005 11.3
酸 化 量	溶 解 期						
	酸 化 期		221.4	192.6	36.8	17	11
	還 元 期		9.8kg/t	8.5	1.62	0.75	0.49

表 3 - 2 - 32

10 T 炉熱精算

鋼 番	1694
鋼 種	65 Mn 弾
溶鋼量	22.65 t

入 熱

- ① 電力  $\frac{12,637 \text{ kWh}}{22.65 \text{ t}} \times 860 = 479,815 \text{ kcal/t}$
- ② 溶鋼保有熱  $(332 - 0.19(1600 - 1545)) \times \frac{1500 \text{ kg}}{22.65} = 21,295 \text{ kcal/t}$  " 1590°C - 45°C = 1545°C
- ③ 電極酸化熱  $4.2 \text{ kg/t} \times (\frac{85}{100} \times 7830 + \frac{15}{100} \times 2200) = 29,339 \text{ kcal/t}$  "
- ④ 酸化熱 C  $9.8 \text{ kg/t} \times (\frac{85}{100} \times 8080 + \frac{15}{100} \times 2450) = 70,908 \text{ kcal/t}$  "
- Si  $8.5 \times 7460 = 63,410 \text{ kcal/t}$  "
- Mn  $1.62 \times 1680 = 2,722 \text{ kcal/t}$  "
- P  $0.75 \times 5810 = 4,357 \text{ kcal/t}$  "
- Cr  $0.49 \times 2620 = 1,284 \text{ kcal/t}$  "
- Fe スラグ量計 =  $\frac{1800 \text{ kg}}{22.659 \text{ t}} = 79.5 \text{ kg/t}$
- FeO =  $79.5 \text{ kg/t} \times \frac{18}{100} \times \frac{55.85}{71.85} \times 1,150 = 12,792 \text{ kcal/t}$  "
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =  $79.5 \text{ kg/t} \times \frac{8}{100} \times \frac{111.70}{159.7} \times 1,755 = 7,807 \text{ kcal/t}$  "
- 酸化熱計  $163,280 \text{ kcal/t}$  "
- ⑤ スラグ生成熱 SiO<sub>2</sub> (珪酸) …スラグ中12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (五酸化リン) …0.3% (仮定)
- スラグ生成熱 =  $79.5 \text{ kg/t} \times (\frac{12}{100} \times 500 + \frac{0.3}{100} \times 1210) = 5,059 \text{ kcal/t}$  "



出 熱

- ① 溶鋼保有熱  $(332 - 0.19(1600 - 1600)) \times 1000 = \boxed{332,000}$  kcal/t
- ② スラグ保有熱  $390 \times 79.5\text{kg/t} = \boxed{31,005}$  "
- ③ 鉄鉱石の分解反応熱  $= \boxed{0}$  "
- ④ 石灰石の分解反応熱  $= \boxed{0}$  "
- ⑤ 二次導体, 電極損失熱  $\frac{538\text{kWh}}{22.65 \text{ t}} \times 860 = \boxed{20,427}$  "
- ⑥ 変圧器損失熱  $\frac{689\text{kWh}}{22.65 \text{ t}} \times 860 = \boxed{26,160}$  "
- ⑦ 冷却水の持ち去る熱  $(6.8 \times 10^3 / \text{分} \times 195 \text{ 分} \times \frac{1}{22.65\text{t}}) = \boxed{58,543}$  "
- ⑧ その他の損失熱(入熱-出熱)  $= \boxed{230,700}$  "

表 3 - 2 - 33

10 T 炉熱勘定表

鋼番	1694
鋼種	65 Mn 弾

入 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%	出 熱	10 <sup>3</sup> kcal/t 溶鋼	%
(1)電 力 の 熱 量	479.8	68.7	(8)溶 鋼 の 保 有 熱	332.0	47.5
(2)溶 銑 の 保 有 熱	21.3	3.0	(9)ス ラ グ の 保 有 熱	31.0	4.4
(3)その他の燃料の発熱量	—	—	(10)分 解 反 応 熱	0	0
(4)その他の燃料の顕熱	—	—	(11)二次導体, 電極の損失熱	20.4	2.9
(5)電 極 の 酸 化 熱	29.3	4.2	(12)変 圧 器 損 失 熱	26.2	3.8
(6)酸 化 熱	163.3	23.4	(13)冷 却 水 の 持 ち 去 る 熱	58.5	8.4
(7)ス ラ グ 生 成 熱	5.1	0.7	(14)放射, 伝導その他の 損失熱	230.7	33.0
合 計	698.8	100.0	合 計	698.8	100.0

効 率

$$\left( \text{効率} = \frac{(8) + (9) + (10) - (2)}{(1) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7)} \times 100 (\%) \right)$$

$$\text{効率} = \frac{332 + 31 - 21.3}{479.8 + 29.3 + 163.3 + 5.1} \times 100$$

$$= 50.4 (\%)$$

## 2.3.2 現状の問題点と改善方策

### (I) 酸素吹込方法並びに屑鉄装入方法の改善

#### A) 問題点

20T炉の項で述べた酸素使用の目的からみて、10T炉についても同様に次の問題がある。

#### ㊸ 吹込開始時間がおそく、吹込量も少ない。

吹込開始は現状では通電開始後48～80分であり、非常におそい。このため溶解時間短縮にはあまり寄与していない。(表3-2-4参照)

又吹込量も、約15 $\text{m}^3/\text{t}$ と少ない。(表3-2-5, 3-2-6参照)

#### ㊹ 吹込方法が適切でない。

酸素吹込の目的に対して、酸素ランスの方向が適切に調節されていない。

#### ㊺ 屑鉄装入方法

酸素吹込による溶解促進に適した屑鉄装入方法になっていない。

#### B) 改善方策

#### ㊸ 酸素吹込時期

#### ㊹ 吹込方法について

#### ㊺ 吹込酸素量について

#### ㊻ 屑鉄装入方法の改善

以上20T炉の項に同じ。

#### C) 予想効果

#### ㊸ 酸素吹込による電力原単位の低減。

前項の各改善方策を実施することによって、溶解時間が短縮され、熱損失の減少、生産量の増加、電力原単位の改善が期待できる。

日本国内の実績値によれば、5～10 $\text{kWh}/\text{m}^3 \cdot \text{t}$ が報告されている。但し、酸素の量のみでなく、前述した吹込時期並びに方法によって効果は大きく変わることに留意しなければならない。

当10T炉の場合、測定した3チャージのデータより、30 $\text{m}^3/\text{t}$ を目標にすれば、 $(5 \sim 10) \text{kWh}/\text{m}^3 \cdot \text{t} \times (30 - 15) = 75 \sim 150 \text{kWh}/\text{t}$ の電力原単位改善が期待できる。

⑤ 酸素量増加による溶解時間の短縮

$$\begin{aligned} \text{電力節減量} \cdots 7.5 \text{ kWh/t} \text{ とするとチャージ当り節減電力量} &= 7.5 \times 21.86 \text{ t} \\ &= 1,640 \text{ kWh} \end{aligned}$$

溶解期平均電力は 4,576 kW なので

$$\text{短縮時間} = \frac{1,640 \text{ kWh}}{4,576 \text{ kW}} \times 60 = 21.5 \text{ 分/ch}$$

⑥ 予想改善効果と所要酸素量

電力量	$41.18 \times 10^3 \text{ t/年} \times 75 \text{ kWh/t} = 3.088 \times 10^3 \text{ kWh/年}$
増産効果	$41.18 \times 10^3 \left( \frac{212}{212 - 21.5} - 1 \right) = 4,647 \text{ t/年}$
所要酸素量	$41.18 \times 10^3 \times (30 - 15) = 617.7 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ /年}$

(2) 電力投入方法の改善

A) 問題点

① 溶解期の投入電力を増加できる余地がある。

溶解期の電力投入状態は、炉容積に対し変圧器容量が充分でないにもかかわらず、さらに11%の余力を残して使用されている。

即ち、平均力率を85%としても 5,100kWの平均電力の投入は可能と思われるが、設備能力が一杯に活用されていない。

② 高力率で操業されロングアークになっている。

全期を通じて高力率で操業されているのでロングアークによる炉壁への熱損失は相当大きくなっていると思われる。特に溶解中期以降アークと炉壁をさえぎる屑鉄が無い状態においてはこの傾向が大きくなる。

③ 電力投入パターンを見直す必要がある。

炉蓋の保護や炉壁への熱損失を考慮して、点弧期、ポーリング期、主溶解期、昇熱期において、電圧、電流カップのきめ細かい調節がされていない。

## B) 改善方策

### ㊦ 溶解電力の増加

前述したように溶解期における変圧器余力（11％）を最大限に活用するため、現状の投入電力を5,100kW(平均電力)まで増加した方がよい。特性試験からも電流を多くすることが可能なことは確認されている。

但し10T炉の変圧器は内部鉄心のボルトのゆるみがあるようなので、増締めして変圧器を健全な状態にしてから行なうことが必要である。

変圧器の状況は温度測定で監視する必要があるが、周囲温度40℃でも最高95℃までは連続使用可能である。中国製の変圧器の定格は不明だが、日本国内の規格を20T炉の項に示したので参考にするとよい。

### ㊧ 力率設定の変更

溶解末期になって炉壁レンガが露出して来ると、アークエネルギーは溶解以外に炉壁レンガの溶損や放散熱に消費される割合が増してくる。その為、溶落ち後は電圧又は力率を下げてショートアークにし、溶鋼へのエネルギー供給割合を増やして、損失を少なくするのが一般的である。現状の高力率操業においては、ロングアークによる炉壁への損失は増える傾向になる。

一般的にアーク長さや電圧又は力率はほぼ比例関係にあるので、力率は変圧器一次力率で80～85％位で操業した方がよいと思われる。ただし炉体の大きさとも関係があるので、計画的に力率を変えて最適力率を見出すようにするのが望ましい。

### ㊨ 電力パターンの変更

アーク炉の操業では、その使用電力量や操業時間の大半が溶解期に消費されるので、可能な限り迅速且つ効率よく溶解することが大切である。一方通電初期には炉蓋保護、溶解末期には炉壁保護、損失熱減少等について考慮しなければならない。

以下に基本的な考え方を示すが、計画的にいろいろ変えて、原単位への影響を定量的に把握しながら最良の溶解パターンを決めるとよい。

点弧期……………(通電後5分間位)

アークを安定させ、炉蓋を保護するために低電圧、低電流の方がよい。

およそ、②タップ(260V)5kA位とする。

ボーリング期……… (炉底に湯だまりができるまでの時期)

高電圧, 低電流とし, およそ①タップ (300V) 6~8kA位とする。

主溶解期……… (アークが屑鉄で包まれている時期)

最高電圧, 最高電流とする。

溶解末期……… (炉壁の屑鉄が大半溶け落ち, 壁がアークにさらされる時期)

およそ, ②~③タップ, 最高電流とする。

C) 予想効果

溶解期に変圧器容量の 100%の電力を投入するにすれば, 524kW(11.4%)の電力投入増が可能となり, これによって11分間の溶解時間短縮となる。

この間の放射熱損失がなくなることにより, 13.5 kWh/tの電力原単位の改善が期待できる。

① 現状の電力投入状況

鋼 番	溶解期 所要時間 (分)	溶鋼量 (t)	溶解期 電力量 (kWh)	トン当り電力量(kWh/t)		全電力量に 対する 溶解期 電力量の 比率
				溶解期	ファーズ合計	
1688	124(8)	21.15	8,032	379.8	533	73.1%
1689	126(4)	21.79	8,692	398.9	554	
1694	110(3)	22.65	9,590	423.4	558	
平均	120(5)	21.86	8,771	401.2	548.6	

( ) 内は非通電時間

$$\text{溶解期平均電力} = \frac{8,771}{(120 - 5)} \times 60 = 4,576 \text{ kW}$$

(非通電時間除く)

② 損失計算

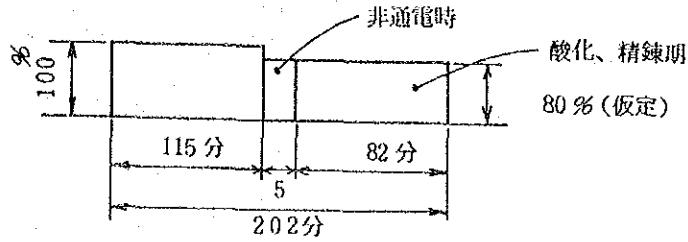
a : 冷却水損失  
炉体放射, 対流熱損失

$$a = \left( \underset{\substack{\text{水} \\ \text{(表3-2-7)}}}{6.8} + \underset{\substack{\text{放射} \\ \text{(表3-2-8)}}}{5.1} \right) \times 10^3 \times 120 \text{ 分} \times \frac{1}{21.86} = 65.3 \times 10^3 \text{ kcal/t}$$

(kW換算 : 38.0kW/t)

- b : { 排ガス損失
- { 二次導体損失
- { 変圧器損失

b-1. 排ガス損失



全排ガス損失 = (204.1 - 47.1) × 10<sup>3</sup> = 157 × 10<sup>3</sup> (kcal/t)

{ 熱助定値      { 放射  
 < (表 3-2-9)  
 対流

溶解期排ガス量(通電時) =  $\frac{115}{115 + (82+5) \times 0.8} \times 157 \times 10^3$

= 97.8 × 10<sup>3</sup> kcal/t

(kW 換算 : 59.3 kW/t)

- b-2 { 二次導体損失
- { 変圧器損失

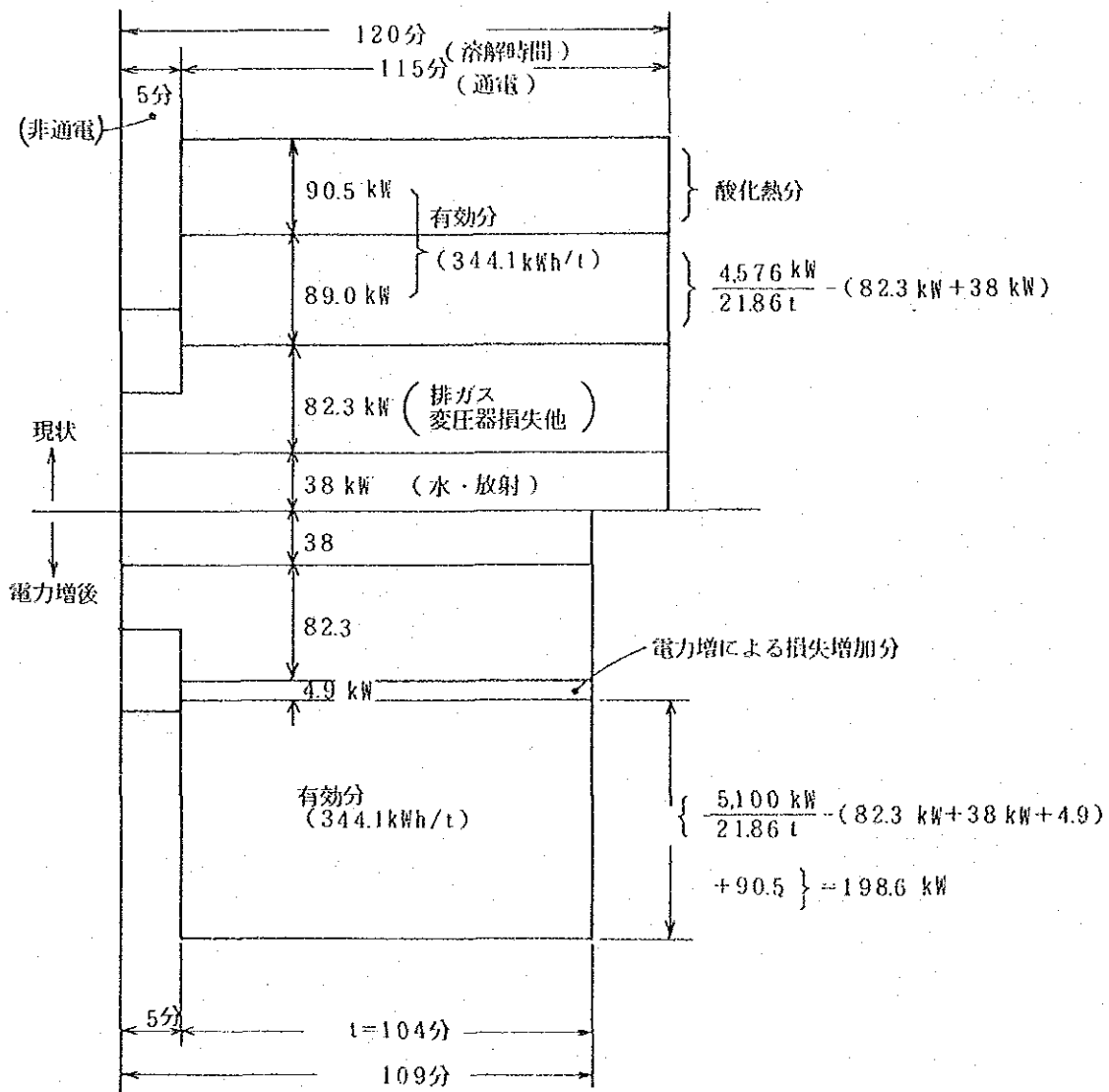
鋼 番	鋼 番				トン当り (×1/21.86)	kW換算
	1688	1689	1694	平均		
二次導体損失 (kWh) {溶解期損失量 ×(1-0.256)}	283	320	435	346	15.8kWh/t	$\frac{1}{115} \times 60$ = 8.2kW/t
変圧器損失 kWh	559	704	596	620	28.4	" = 14.8

b 合計    59.3    +8.2    +14.8 = 82.3 kW/t

c : 電力増加による増加分損失

二次導体損失	$8.2 \text{ kW/t} \times \left( \left( \frac{5100^2}{4576} \right) - 1 \right) = 2.0 \text{ kW/t}$
変圧器損失	$14.8 \times 0.8 \times \left( \left( \frac{5100^2}{4576} \right) - 1 \right) = 2.9 \text{ kW/t}$
増加分合計	$= 4.9 \text{ kW/t}$

③ 溶解短縮時間の算定





a 酸化熱分の熱量（溶解期に80%発生と仮定）

$$194.6 \times 10^3 \times 0.8 = 155.7 \times 10^3 \text{ kcal/t}$$

熱助定値 (kW 換算 90.5kW/t)

b 溶解期有効分熱量

$$= \left[ \frac{4576\text{kW}}{21.86\text{t}} + 90.5\text{kW} - (38\text{kW} + 82.3\text{kW}) \right] \times \frac{115 \text{ 分}}{60} = 344.1 \text{ kWh/t}$$

c 電力増加後の溶解所要時間

$$t = \frac{344.1\text{kWh}}{198.6\text{kW}} \times 60 = 104 \text{ 分}$$

d 溶解短縮時間

$$115 \text{ 分} - 104 \text{ 分} = 11 \text{ 分}$$

④ 予想効果

$$\left[ (82.3\text{kW} + 38) \times \frac{11\text{分}}{60} \right] - (4.9\text{kW} \times \frac{104 \text{ 分}}{60}) = 13.5\text{kWh/t}$$

予想改善効果と所要設備費

電力量	$41.18 \times 10^3 \text{ t/年} \times 13.5 \text{ kWh/t} = 556 \times 10^3 \text{ kWh/年}$
増産効果	$41.18 \times 10^3 \text{ t/年} \times \left( \frac{202 + 10}{212 - 11} - 1 \right) = 2,253 \text{ t/年}$
設備費	必要としない

### (3) 排熱利用方法の改善

#### A) 問題点

炉からの排ガスの熱は全く利用されないで放散されているので、これを屑鉄予熱に利用する余地がある。

但し、当10T炉においては、予熱装置を置ける場所が、2炉の間の位置しかないので、7トン以上の屑鉄予熱装置の設置は不可能である。

#### B) 改善案

屑鉄予熱装置を設置する。

この予熱装置は、20T炉同様ダクトによって高温の排ガスを予熱鍋に送り、屑鉄を予熱するものである。概略の配置図を示すので参考にされたい。

この装置からの排ガスは屑鉄に有機物が混入すると異臭と白煙を伴うので、屑鉄の選別や排気ガスの放出の方向、場所等を考慮する必要がある。

予熱装置にはいくつかの方式があり、予熱鍋の蓋は旋回式と移動式があるが、ここでは移動式の例の図面を添付した。

なお、公害対策設備としての集塵装置があることを前提としているので、そのダクトから分岐するものとし、主ダクト、燃焼塔、排風機はこの計画に含めていない。

予熱方法は、予熱鍋に屑鉄を入れて蓋をし、ダクトを接続して排ガスを導入する。予熱完了後、鍋を吊上げ、炉上で開底して炉内へ予熱された屑鉄を装入する方法とする。

鍋容量は、6.8トン収納可能な容器としている。

予熱温度……………400℃

装入量……………初装……………予熱屑鉄6.8t

冷屑鉄 9.6t

追装①……………予熱屑鉄6.8t

として効果を検討した。

約60%が余熱屑鉄、40%が冷材となるので経済性は良くないとみられる。

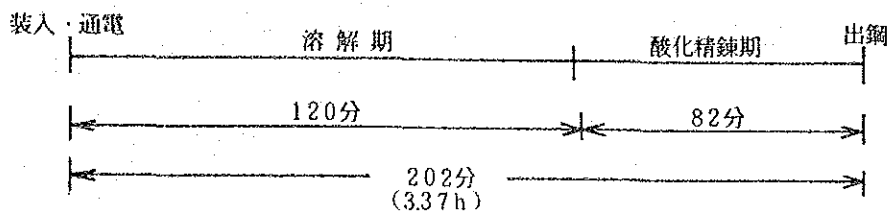
#### C) 予想効果

この装置による予想効果は、屑鉄温度を、いくらまで上げるかで決まるが経験的に得られた値で算定すると以下のようなになる。

① 予熱時間の予測

a. 現状の製鋼時間 (3 チャージ平均値)

鋼 番	溶解時間 (分)	酸化, 精錬 (分)	計 (分)	装入回数
1688	124	78	202	1 回
1689	126	83	209	1
1694	110	85	195	1
平均	120	82	202 分	1 回



b. 改善後の製鋼時間

- a) 投入電力増加による短縮時間 11分/ch
- b) 酸素増加による短縮時間 21.5分/ch
- c) 改善後の製鋼時間

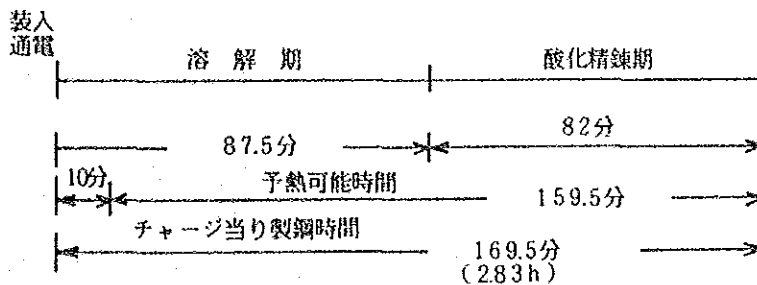
溶解期 120 分 - (11分 + 21.5分) = 87.5分

酸化精錬期 (現状どおりとする) = 82 分

合 計 = 169.5 分

(2.83h)

c. 予熱可能時間



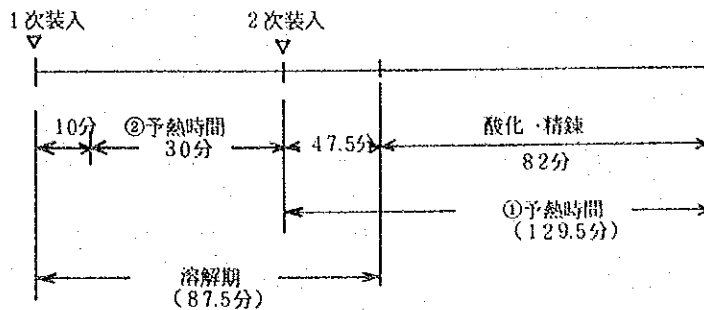
② 予熱装置操業条件

a. 予熱容器収納重量 = 6.8 t

b. 装入方法

1次装入	予熱材	6.8 t	} 計 23.2 t 装入
	冷材	9.6 "	
2次装入	予熱材	6.8 t	

c. 予熱時間



d. バケット入口ガス温度 500℃(仮定)

e. 風量 350 m<sup>3</sup>/min

f. 屑鉄温度	1次装入	6.8 t	400℃
	2次装入	6.8 t	300℃

③ 必要な補機

排風機 350 m<sup>3</sup>/分 × 200 mm水柱

電動機 2.0 kW

補助電動機の消費電力量

$$= 2.0 \text{ kW} \times \frac{150 \text{ 分}}{60} \times \frac{1}{21.86 \text{ t}} = 2.3 \text{ kWh/t}$$

④ 屑鉄の得たエネルギー

$$[(400 - 20^\circ\text{C}) + (300 - 20^\circ\text{C})] \times 6.800 \text{ kg} \times 0.1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$\times \frac{1}{21.86 \text{ t}} \times \frac{1}{860} = 23.9 \text{ kWh/t}$$

通電までの熱損失を10%と仮定して

効果は  $23.9 \times 0.9 = 21.5 \text{ kWh/t}$  となる。

⑤ 溶解短縮時間とその効果

$$\text{短縮時間} = \frac{21.5 \text{ kWh}}{(89.1 + 90.5) \text{ kW}} \times 60 = 7.2 \text{ 分}$$

時間短縮による損失減少分効果

$$= (82.2 + 38) \text{ kW} \times \frac{7.2}{60} = 14.4 \text{ kWh/t}$$

⑥ 効果合計

$$21.5 + 14.4 \text{ kWh/t} = 35.9 \text{ kWh/t}$$

⑦ 予想年間効果と所要投資額

電 力 量	$41.18 \times 10^3 \times 35.9 \text{ kWh/t} = 1,478 \times 10^3 \text{ kWh/年}$
増産効果	$41.18 \times 10^3 \times \left( \frac{202 + 10}{212 - 7.2} - 1 \right) = 1,448 \text{ t/年}$
所要投資額	約1.0 億円 (但し機器のみ)
補助電力量	$41.18 \times 10^3 \times 2.3 \text{ kWh/t} = 94.7 \times 10^3 \text{ kWh/年}$

(4) その他

㊟ 造塊屑の熱，又は圧延機の端材等の熱は，20T炉同様，使用されていないので，ホットチャージ出来る余地がある。

㊟ 放散熱量の削減をはかるため，操業口の開口部は，必要とする時以外は閉じた方がよい。

又，出鋼口もチャージ毎に，ドロマイト等で閉じることにより，電力削減が期待できる。

2.3.3 所要投資額

(1) 酸素量の増加について

酸素供給能力があれば、特に必要としない。

(2) 溶解期の電力増加

特に必要としない。

(3) 屑鉄予熱装置 1 式

価格……………約1.0 億円 (機器価格)

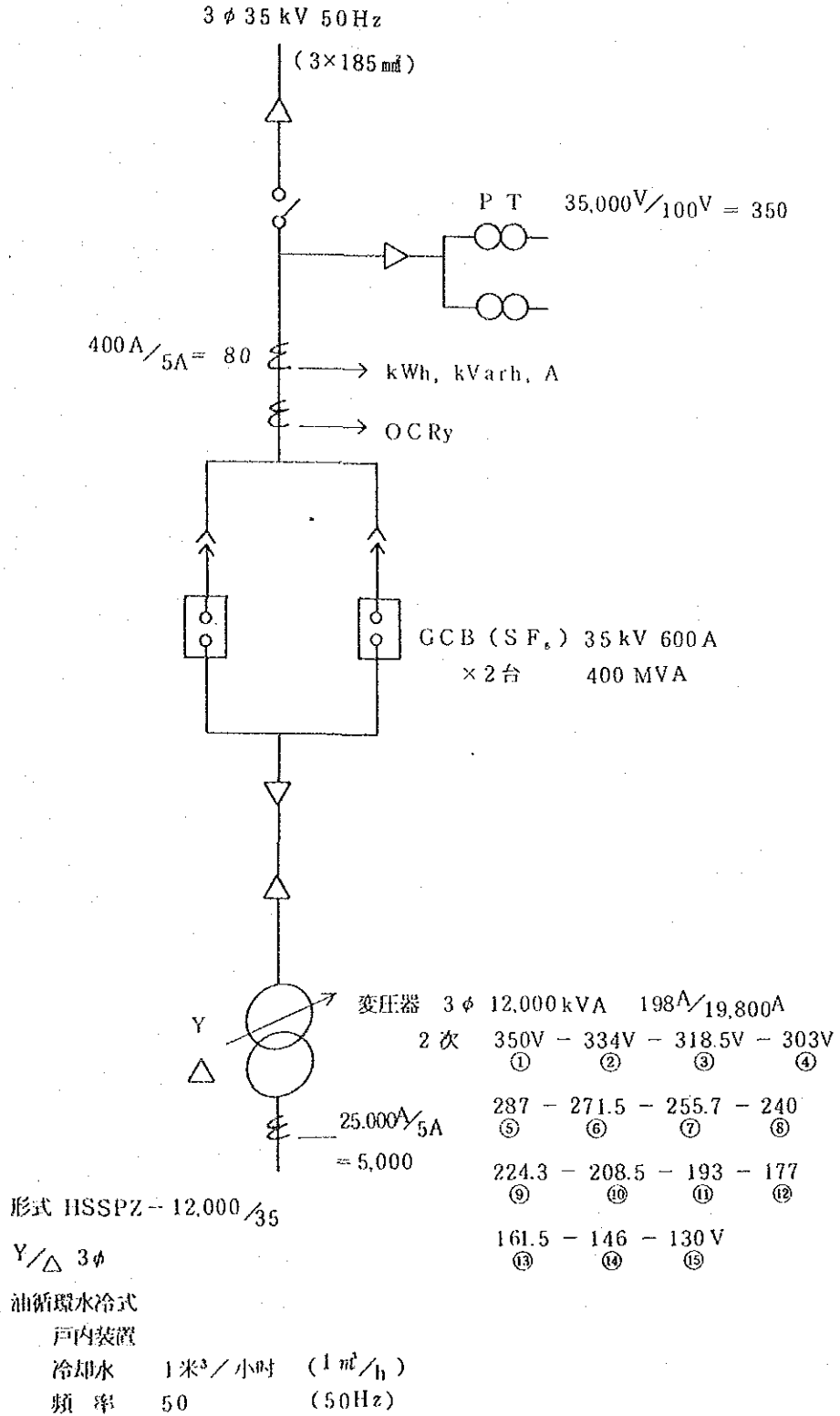
但し現地据付工事費は不含。

(4) 所要投資額合計…………… 1.0億円

資 料 リ ス ト

資料 No	資 料 名
3-2-1	20 T炉 主回路単線結線図
3-2-2	第2製鋼・工場レイアウト
3-2-3	20 T炉 2次電力～電流特性
3-2-4	20 T炉 投入電力記録
3-2-5	電炉操業実績記録 (20 T炉, 10 T炉)
3-2-6	炉用多頻度真空開閉器
3-2-7	20 T炉 スクラップ予熱装置概要図
3-2-8	10 T炉 主回路単線結線図
3-2-9	第1製鋼・工場レイアウト
3-2-10	10 T炉 2次導体温度測定
3-2-11	10 T炉 2次電力～電流特性
3-2-12	10 T炉 投入電力記録
3-2-13	10 T炉 熱画像記録
3-2-14	10 T炉 スクラップ予熱装置概要図
3-2-15	20 T炉 冷却水温度測定値
3-2-16	10 T炉 冷却水温度測定値
3-2-17	酸素流量について

20T 炉 主 回 路 单 線 結 線 图







## 20 T 炉 2 次電力～電流特性

(kW × 100, 力率 %)

85-12-2

kW	V	A	(kW × 100, 力率 %)												
			2,000	3,000	7,000	10,000	12,000	16,000	20,000	22,000	24,000	28,000			
①	350V		kW - P.f		37-96.7 42-97.3 39-98.8	81-99.9 64-98.3 54-96.6	63-96.6 61-97.2 68-95.9 67-95.7	83-93.0 81-94.2 81-94.2	101-93.5 97-92.5 (Trip)	電源トリップ 試験不可能					
③	318.5				35-98.7 34-98.3	53-97.1 52-95.2 49-97.4	57-94.9 58-91.6 55-96.1	81-92.2 76-92.6 80-94.0	81-92.5 92-88.0 (Trip)						
⑤	287				28-98.4 32-98.5 31-98.7	44-99.8 48-95.6 49-94.9	50-95.2 49-95.1 50-95.6	63-94.6 63-93.7 66-94.0	76-91.0 77-89.8 74-92.4 79-88.2 (Trip)						
⑦	255.7														
⑨	224.3				23-95.4 24-95.5 23-95.1	35-93.8 32-95.2 33-94.5	39-93.3 39-93.9 40-93.7	46-92.3 48-89.1 47-88.8	49-78.2 48-76.7 (遮断)						
⑪	193														
⑬	161.5														
⑮	130				12-95.8 11-95.9 12-95.7	17-89.9 17-86.0 17-85.8	17-78.9 16-76.7 16-76.0	9-42.8 9-44.5 9-43.6	⇒ 通電不能						

## 20 T 炉 投入電力記録

鋼番 1420(12/1 18°55'~)

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	平均2次 電流(A) I <sub>a</sub>	力 率 (%)		損 失 (kW)		
					1 次	2 次	変 圧 損 失	2 次 全抵抗損	計
1855 ~ 1900	0	0	-	0	-	-	0	0	0
1900 ~ 05	7,230	7,048	350	12,528	85.9	92.8	182	375	557
05 ~ 10	7,842	7,491	"	13,534	84.5	91.3	351	438	789
10 ~ 15	7,280	6,949	"	12,325	87.1	93.0	331	363	694
15 ~ 20	3,110	2,948	"	5,184	85.3	93.8	162	64	226
20 ~ 25	0	0	-	0	-	-	0	0	0
25 ~ 30	0	0	-	0	-	-	0	0	0
30 ~ 35	1,440	1,401	350	2,503	84.5	92.3	39	15	54
35 ~ 40	5,844	5,643	"	9,798	88.3	95.0	201	230	331
40 ~ 45	7,569	7,427	"	12,828	90.2	95.5	142	393	535
45 ~ 50	6,757	7,492	"	12,859	91.9	96.1	165	395	560
50 ~ 55	7,442	7,446	"	12,767	91.3	96.2	4	390	386
55 ~ 2000	7,634	7,480	"	12,772	92.9	96.6	154	390	544
2000 ~ 05	7,685	7,568	"	12,976	92.0	96.2	117	403	520
05 ~ 10	6,691	6,493	"	11,203	90.4	95.6	198	300	498
10 ~ 15	939	883	"	1,500	92.1	97.1	56	5	61
15 ~ 20	0	0	-	0	-	-	0	0	0
20 ~ 25	0	0	-	0	-	-	0	0	0
25 ~ 30	2,278	2,130	350	3,877	82.8	90.6	148	36	184
30 ~ 35	7,786	7,382	"	13,380	84.7	91.0	404	428	832
35 ~ 40	7,473	7,327	"	12,995	85.5	93.0	146	404	550
40 ~ 45	7,938	7,788	"	13,695	89.1	93.8	150	449	599
45 ~ 50	7,906	7,797	"	13,566	89.2	94.8	109	440	549
50 ~ 55	7,860	7,663	"	13,333	89.1	94.8	197	425	622
55 ~ 2100	7,052	6,937	"	12,277	84.1	93.2	115	360	475

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
2100' ~ 2105'	7,258	6,975	350	12,305	86.6	93.5	283	362	645
05 ~ 10	7,657	7,635	"	13,313	89.6	94.6	22	424	446
10 ~ 15	7,586	7,415	"	12,957	89.0	94.4	171	401	572
15 ~ 20	7,924	7,707	"	13,524	88.3	94.0	217	437	654
20 ~ 25	7,865	7,768	"	13,544	88.7	94.6	97	439	536
25 ~ 30	6,087	5,850	"	10,343	87.8	93.3	237	256	493
30 ~ 35	7,168	6,955	"	12,204	89.7	94.0	213	356	569
35 ~ 40	0	0	-	0	-	-	0	0	0
40 ~ 45	0	0	-	0	-	-	0	0	0
45 ~ 50	0	0	-	0	-	-	0	0	0
50 ~ 55	3,867	3,735	334	6,964	85.7	92.7	132	116	248
55 ~ 2200'	9,201	8,909	350	15,904	85.8	92.4	292	605	897
2200' ~ 05	9,048	8,910	"	15,992	85.5	91.9	138	612	750
05 ~ 10	8,601	8,462	"	15,089	85.8	92.5	139	544	683
10 ~ 15	8,646	8,620	"	15,338	85.7	92.7	26	663	689
15 ~ 20	4,716	4,578	"	8,059	87.5	93.7	138	155	293
20 ~ 25	4,303	4,244	177	14,742	88.4	93.9	59	519	578
25 ~ 30	1,671	1,644	"	8,792	81.9	93.3	27	185	212
30 ~ 35	2,508	2,523	287	5,422	85.4	93.6	15	70	85
35 ~ 40	262	225	"	482	-	93.8	37	1	38
40 ~ 45	3,963	3,915	"	8,378	87.4	94.0	48	168	216
45 ~ 50	5,849	5,832	177	19,877	90.2	95.7	17	945	962
50 ~ 55	2,863	2,824	"	9,809	86.2	93.9	39	230	269
55 ~ 2300'	2,792	2,759	130	12,884	87.9	95.1	33	397	430
2300' ~ 05	990	971	"	4,492	85.7	96.0	19	48	67
05 ~ 10	646	636	"	2,918	83.8	96.8	10	20	30
10 ~ 15	1,370	1,342	287	2,832	84.7	95.3	28	19	47
15 ~ 20	2,603	2,552	"	5,432	88.4	94.5	51	71	122

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
23 <sup>00</sup> 26 ~ 23 <sup>00</sup> 25	3,040	3,028	287	6,378	92.1	95.5	12	97	109
25 ~ 30	4,560	4,485	"	9,557	90.0	94.4	75	218	293
30 ~ 35	1,370	1,344	"	2,882	87.7	93.8	26	20	46
23 <sup>00</sup> 28	出 鋼 開 始								
計 電 力 量 (Total × 1/12) kWh	21,755	21,261	-	-	-	-	494	1,223 (内有効分 494)	1,717
一 次 入 力 比 率	100	97.7	-	-	-	-	2.3	5.6	7.9

2次側，全抵抗損，変圧器損失の算定方法

$$I_a = \frac{kW_2 \times 10^3}{\sqrt{3} \times V_2 \times \frac{2\text{次力率}}{100}} \quad (\text{A})$$

$$2\text{次全抵抗損} = 600kW \times \left( \frac{I_a}{15,840} \right)^2 \quad (\text{kW}) \quad \text{……短絡試験結果による。}$$

$$\text{同上 電力量} = 2\text{次全抵抗損} \times \frac{1}{12} \quad (\text{kWh})$$

$$\text{変圧器損失} = kW_1 - kW_2 \quad (\text{kW})$$

$$\text{同上 電力量} = \text{変圧器損失} \times \frac{1}{12} \quad (\text{kWh})$$

2次全抵抗損の内 有効分 (炉内，電極損失分)

$$= 2\text{次側全抵抗損} \times 0.404 \quad (\text{表 3-2-2 参照})$$

20 T 炉 投入電力記録

綱番 1421

綱種 20

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 損	任 器 失	2 次 全抵抗損
23 <sup>00</sup> 45 ~ 23 <sup>00</sup> 50	2,080	1,881	350	3,329	85.1	93.2	199	27	
50 ~ 55	8,970	8,637	"	15,536	84.5	91.7	333	577	
55 ~ 24 <sup>00</sup> 00	8,867	8,521	"	15,327	82.7	91.7	346	562	
24 <sup>00</sup> 00 ~ 05	8,938	8,579	"	15,282	84.2	92.6	359	558	
05 ~ 10	8,191	8,050	"	14,324	86.9	92.7	141	491	
10 ~ 15	8,180	8,017	"	14,113	87.8	93.7	163	476	
15 ~ 20	8,489	8,208	"	14,534	86.0	92.9	281	505	
20 ~ 25	8,158	7,953	"	14,136	86.7	92.8	205	478	
25 ~ 30	8,168	7,955	"	14,064	87.2	93.3	213	473	
30 ~ 35	2,406	2,282	"	4,034	86.9	93.3	124	39	
35 ~ 40	6,525	6,326	"	11,244	84.7	92.8	199	302	
40 ~ 45	8,610	8,172	"	14,572	85.4	92.5	438	508	
45 ~ 50	8,505	7,989	"	14,216	84.5	92.7	516	483	
50 ~ 55	7,800	7,405	"	13,036	86.5	93.7	395	406	
55 ~ 1 <sup>00</sup> 00	-	-	-	-	-	-	-	-	
1 <sup>00</sup> 00 ~ 05	-	-	-	-	-	-	-	-	
05 ~ 10	2,873	2,570	350	4,801	80.8	88.3	303	55	
10 ~ 15	8,663	8,298	"	15,158	80.2	90.3	365	549	
15 ~ 20	8,524	8,188	"	14,460	85.9	93.4	336	500	
20 ~ 25	8,241	7,940	"	14,361	83.3	91.2	301	493	
25 ~ 30	8,269	7,986	"	14,225	86.7	92.6	283	484	
30 ~ 35	8,498	8,179	"	14,367	87.5	93.9	319	494	
35 ~ 40	8,251	8,110	"	14,262	87.9	93.8	141	486	
40 ~ 45	8,464	8,278	"	14,358	90.2	95.1	186	493	
45 ~ 50	6,405	6,285	"	10,924	89.1	94.9	120	285	溶解期 ↓
50 ~ 55	6,863	6,734	287	14,441	87.5	93.8	129	499	
55 ~ 2 <sup>00</sup> 00	6,603	6,472	"	13,733	89.4	94.8	131	451	

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
200' ~ 205'	6,295	6,216	287	13,359	87.5	93.6	79	427	
05 ~ 10	5,326	5,256	"	11,332	86.7	93.3	70	307	
10 ~ 15	-	-	-	-	-	-	-	-	
15 ~ 20	-	-	-	-	-	-	-	-	
20 ~ 25	5,021	4,883	287	10,889	82.7	90.2	138	284	
25 ~ 30	4,858	4,676	"	10,440	82.9	90.1	182	261	
30 ~ 35	4,280	4,207	"	9,269	83.1	91.3	73	205	
35 ~ 40	7,292	7,103	224.3	20,246	82.5	90.3	189	980	
40 ~ 45	5,948	5,945	"	16,436	86.8	93.1	3	646	
45 ~ 50	2,382	2,339	"	6,350	89.4	94.8	43	96	
50 ~ 55	2,709	2,647	177	9,079	89.1	95.1	62	197	
55 ~ 300'	2,099	2,068	"	6,947	91.7	97.1	31	115	
300' ~ 05	2,047	2,026	130	9,324	91.4	96.5	21	208	
05 ~ 10	1,286	1,260	"	5,847	86.0	95.7	26	82	
10 ~ 15	1,395	1,369	"	6,339	86.9	95.9	26	96	
15 ~ 20	1,396	1,366	"	6,339	86.8	95.7	30	96	
20 ~ 25	1,383	1,358	287	2,857	86.6	95.6	25	20	
25 ~ 30	2,401	2,368	"	4,931	93.0	96.6	33	58	
30 ~ 35	4,487	4,417	"	9,392	89.9	94.6	70	211	
35 ~ 40	740	715	"	1,540	86.1	93.4	25	6	
計 電 力 量 (Total × 1/12) kWh	20,574	19,936	-	-	-	-	638	1,247 (内有効分 503)	1,885
比 率 %	100	96.9	-	-	-	-	3.1	6.1	9.2

20 T 炉 投入電力記録

鋼番 1422

鋼種 30

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 損	庄 器 失	2 次 全 抵 抗 損	計
345 ~ 350	232	166	350	323	68.4	84.7	66		0.2	
50 ~ 55	7,936	7,602	"	13,843	83.4	91.3	274		458	
55 ~ 400	8,906	8,454	"	15,324	82.2	91.0	452		562	
400 ~ 05	9,192	8,773	"	15,627	81.7	92.6	419		584	
05 ~ 10	9,342	8,698	"	15,527	81.6	92.4	644		577	
10 ~ 15	8,925	8,623	"	15,294	84.3	93.0	302		559	
15 ~ 20	6,401	6,256	"	11,132	87.6	92.7	145		296	
20 ~ 25	6,356	6,186	"	11,225	84.3	90.9	170		301	
25 ~ 30	6,322	6,326	"	11,244	86.8	98.8	△ 4		302	
30 ~ 35	7,154	6,999	"	12,427	87.0	92.9	155		369	
35 ~ 40	8,334	8,125	"	14,489	85.1	92.5	209		502	
40 ~ 45	8,381	8,178	"	14,335	88.1	94.1	203		491	
45 ~ 50	8,463	8,286	"	14,587	86.8	93.7	179		509	
50 ~ 55	8,682	8,512	"	14,905	88.2	94.2	170		531	
55 ~ 500	8,282	8,057	"	14,123	88.5	94.1	225		477	
500 ~ 05	274	443	"	415	-	96.7	31		0.4	
05 ~ 10	7,440	6,872	"	15,616	78.2	91.6	568		583	
10 ~ 15	8,456	8,286	"	14,776	83.3	92.5	170		522	
15 ~ 20	8,643	8,489	"	14,976	87.2	93.5	154		536	
20 ~ 25	8,622	8,356	"	14,820	86.3	93.0	266		525	
25 ~ 30	8,719	8,422	"	14,826	87.5	93.7	297		526	
30 ~ 35	8,435	8,067	"	14,277	84.1	93.2	368		487	
35 ~ 40	8,646	8,364	"	14,851	87.8	92.9	282		527	
40 ~ 45	8,708	8,530	"	15,113	86.8	93.1	178		546	
45 ~ 50	8,425	8,312	"	14,648	87.3	93.6	113		513	
50 ~ 55	6,571	6,410	"	11,224	88.0	94.2	161		301	溶解期↑
55 ~ 600	3,068	2,972	287	6,306	87.6	94.8	96		95	

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
600 ~ 605	6,077	6,008	287	12,789	88.5	94.5	69	391	
05 ~ 10	4,258	4,275	"	8,967	91.8	95.9	△ 17	192	
10 ~ 15	3,772	3,735	"	7,730	94.0	97.2	37	143	
15 ~ 20	1,405	1,359	"	2,830	92.0	96.6	46	19	
20 ~ 25	3,273	3,334	"	6,964	91.9	96.3	△ 61	116	
25 ~ 30	5,990	5,969	"	12,626	88.8	95.1	21	381	
30 ~ 35	1,689	1,639	193	5,060	92.0	96.9	50	61	
35 ~ 40	2,030	2,006	"	6,199	92.5	96.8	24	92	
40 ~ 45	2,015	1,993	"	6,197	91.5	96.2	22	92	
45 ~ 50	723	701	130	3,233	85.8	96.3	22	25	
50 ~ 55	986	963	"	4,427	87.4	96.6	23	47	
55 ~ 700	1,265	1,241	"	5,705	88.2	96.6	24	78	
700 ~ 05	1,317	1,293	"	5,944	88.2	96.6	24	84	
05 ~ 10	1,328	1,296	"	5,989	86.9	96.1	32	86	
10 ~ 15	1,588	1,551	287	3,230	91.0	96.6	37	25	
15 ~ 20	4,619	4,561	"	9,638	90.4	95.2	58	222	
20 ~ 25	3,354	3,303	208.5	9,617	89.6	95.1	51	221	
25 ~ 30	2,357	2,331	287	4,895	91.2	95.8	26	57	
30 ~ 35	1,832	1,799	"	3,797	90.2	95.3	33	34	
計 電 力 量 (Total×1/12) kWh	20,733	20,165	-	-	-	-	568	1,170 (有効分 472)	1,738
比 率%	100	97.3					2.7	5.6	8.4



20T 電 炉 操 業 実 績 記 録

記録者	盛
廻 番	59-1420 No1
廻 種	45
年 月 日	1985. 12. 1

時 分	電 圧 タップ	電 流 ノッチ	O <sub>2</sub>	装 入	測 温	分 析	除 渣	添 加 剤	酸 化 剤	出 鋼	補 修	常 解 期	融 化 期	還 元 期	通 電
5	P. ON														
10															
15															
20															
30															
40															
50															
55	18°55'	18°55'		18°51'											
60	18°55'	18°55'		18°55'											
65	19°12'	19°12'													
70	19°12'	19°12'													
80															
85	19°26'	19°26'													
90	19°27'	19°27'		19°27'											
95	19°29'	19°29'		19°29'											
100															
110	19°26'	19°26'													
120	20°06'	20°06'		20°06'											
130	20°06'	20°06'		20°06'											
140	20°23'	20°23'		20°23'											
150	20°23'	20°23'		20°23'											
160															
170															
180	20°45'														
190															
200															
210	21°29'	21°29'		21°29'											
220															
230	21°47'	21°47'		21°47'											
240	21°55'	21°55'		21°55'											

20T 電炉操業実績記録

記録者	盛
鋼番	50-1420 No.2
鋼種	45
年月日	1985. 12. 1

時分	電圧 タップ	電流 ノッチ	O <sub>2</sub>	装入	測温	分析	除滓	添加剤	酸化物	出鋼	補修	溶解期	酸化物	還元期	通電
4-240	V1級	13000~16000A			21°55'	22°02'						21°55'			21°55'
250	V1級	13000~16000A			22°02'	22°02'						22°13'	22°13'		22°10'
260	V12級	7000~10000A	7kg/cd		22°05'	22°20'						22°13'	22°13'		22°13'
270	V12級	7000~10000A			22°17'	22°20'									22°17'
280	V5級	10000~15000A			22°20'	22°29'	22°30'	22°34'	22°34'						22°20'
290	V12級	10000~13000A			22°36'	22°29'	22°34'	22°38'	22°44'				22°44'	22°44'	22°36'
300	V15級	4000~5000A			22°47'	22°45'		22°44'	22°46'						22°47'
310	V5級	12000~15000A			22°56'	22°56'		22°48'	22°51'						22°56'
320	V5級	12000~15000A			23°03'	23°10'		23°11'	23°14'						23°03'
330	V5級	12000~15000A			23°15'	23°11'		23°22'	23°24'						23°15'
340					23°28'	23°22'		23°27'	23°31'						23°28'

20T 電炉操業実績記録

記録者	張文
綱番	59-1421 No1
綱種	20
年月日	1985. 12. 1~2

時分	電圧 タップ	電流 ノッチ	O <sub>2</sub>	装入	測温	分析	除滓	添加剂	酸化剂	出鋼	補修	溶解期	酸化期	還元期	通電
	P.ON														
10															
20															
30															
40					23°44'										
50					23°44'										
60															
70	1段	17000A			24°05'										
80					7.5A/d										
90					24°26'										
100	1段	18000A			24°30'										
110					24°52'										
120					25°52'										
130					21°53'										
140															
150	1段	18000A													
160															
170					1°02'										
180					1°03'										
190					1°03'										
200															
210															
220	5段	8000A			1°48'										
230	9段	10000A			1°48'										
240					1°48'										
250					2°03'										
260															
270															
280															
290															
300															
310															
320															
330															
340															
350															
360															
370															
380															
390															
400															
410															
420															
430															
440															
450															
460															
470															
480															
490															
500															
510															
520															
530															
540															
550															
560															
570															
580															
590															
600															

20T 電炉操業実績記録

記録者	張文
鍋番	59-1421 No2
鍋種	20
年月日	1985. 12. 2

時分	電圧 タップ	電流 ノッチ	O <sub>2</sub>	装入	測温	分析	除滓	添加剤	酸化剤	出鋼	補修	溶解期	酸化期	還元期	通電
4-240	2°50' 12級	5000A													
250	3°01' 15級	3°01' 4000A				3°03'				2°50'					2°50'
360										3°04'					
270										3°02'					
280	3°20' 5級	3°20' 8000A				3°19'				3°26'					
290	3°30'	3°30'			3°24'					3°27'					
										3°29' 3°33'				3°30'	3°30'

20T 電炉操業実績記録

記録者	張文
鋼番	59-1422 No.1
鋼種	20
年月日	1985.12.2

時分	電圧 タップ	電流 ノッチ	O <sub>2</sub>	装入	測温	分析	除滓	酸化剤	添加剤	出鋼	補修	溶解期	酸化期	還元期	通電
	P. ON														
10															
20															
30															
40															
50															
60															
70	1級	19000A													
80															
90															
100															
110															
120															
130															
140															
150	1級	19000A													
160															
170															
180															
190	5級	10000A													
200															
210	11級	6000A													
220															
230	15級	5000A													
240															

20T 電 炉 操 業 実 績 記 録

記 録 者	張 文
鋼 番	59-1422 No2
鋼 種	20
年 月 日	1985. 12. 2

時 分	電 圧 タップ	電 流 ノッチ	O <sub>2</sub>	装 入	測 温	分 析	除 滓	酸 化 剂	添 加 剂		出 鋼	補 修	溶 解 期	酸 化 期	還 元 期	通 電
4-340	7°00'	7°00'				7°00'									7°00'	7°00'
	15級	5000A														
250	7°09'	7°09'			17°07'	7°07'										
	5級	6000A														
260	7°18'	7°18'														
	10級	5000A														
270	7°26'	7°26'														
	全級	6000A														
	7°28'	7°28'							17°28'		17°28'				7°28'	7°28'
280																
290																
5-300																
310																
320																
330																
340																



10T 電炉操業実績記録

記録者	上
鋼番	1680
鋼種	45
年月日	1985. 11. 26

時分	電圧 タップ	電流 ノッチ	O <sub>2</sub>	装入	測温	分析	除滓	添加剤	酸化物	出鋼	補修	熔解期	酸化物	還元期	通電
18:00	P. ON														
18:10															
18:20					18°18'										
18:25		18°25'		18°24'											
18:30	1	10000A										18°25'			18°25'
18:40															
18:43		18°43'													
18:44		18°44'													18°43'
18:50		10000A													18°44'
19:00															
19:10															
19:20															
19:30															
19:40															
19:50															
19:56					19°36'										
20:00															
20:10															
20:12															
20:14	20°12'	20°12'	20°12'												
20:15	20°14'	20°14'	20°14'												
20:18		10000A				20°18'				20°11'					20°12'
20:24						20°22'				20°14'					20°14'
20:25						20°27'				20°18'					
20:26						20°26'				20°25'					
20:28						20°28'				20°27'					
20:35															
20:36															
20:37															
20:41	20°41'	20°41'				20°35'				20°36'					
20:42						20°37'				20°39'					
20:47															
20:48	20°48'	20°47'	20°47'												
20:52	20°52'	6000A													
20:55	20°55'														
20:59															
21:04															
21:06		6000A													
21:07															
21:09		3000A													
21:23															
21:28															
21:30															
21:31															
21:37															
21:40		5000A													
21:43		10000A													
21:44															
21:54															
21:54	21°54'	21°54'													
21:57															
22:00															
22:06															
22:07															
22:24															
22:54															
22:57															
21°54'															
21°57'															
21°00'															
21°00'															
21°54'															
21°54'															





# 炉用多頻度真空開閉器

## 特長

### 1. 長寿命

高頻度開閉を目的として製作された真空バルブを使用し、また投入操作機構は小さな電流で投入しや断ができるように考慮されていますので、定格電流(1200Aの場合)を10万回開閉できます。

### 2. 保守点検が容易

交換部品がなく、構造がシンプルなため、保守点検が容易に行えます。

### 3. 低騒音

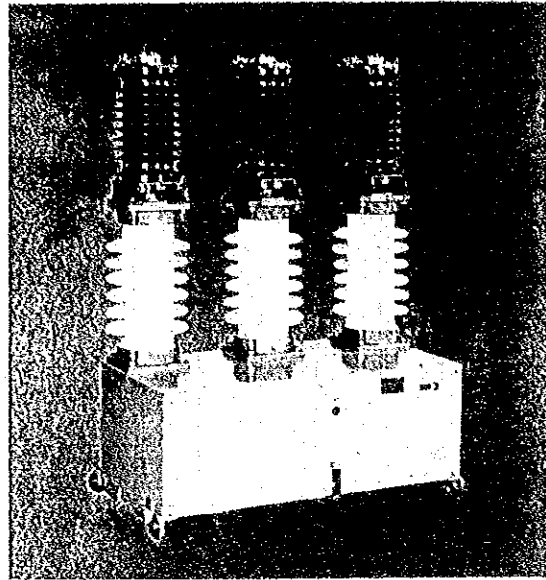
電流しや断は真空中で行われますので、機械操作音以外の音は発生しません。

### 4. 耐汚損

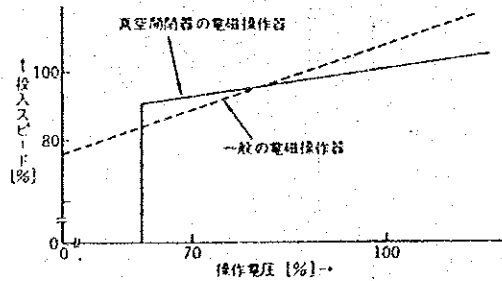
真空バルブはエポキシ樹脂でモールドしており、粉じんの多い場所でも使用できます。

### 5. 据付けが自由

構造がシンプル、コンパクトですから、少いスペースで据付けできます(必要に応じてキュービクルに収納することもできます)。



第1図 操作電圧—投入スピード特性



第2図 炉用多頻度真空開閉器のしや断オシログラム(例)

