

8. モデル工場における エネルギー使用状況調査

8-1 製鉄工場の調査結果

8.1 製鋼工場の調査結果

8.1.1 工場概要

(1) 工場名

Y Co., Ltd.

(2) 業種

製鋼及び棒鋼圧延

(3) 主要製品名及び生産能力

ビレット	120,000	M/t/y
山形鋼	60,000	M/t/y
溝型鋼	48,000	M/t/y

(4) 従業員数

441 名

(5) 工場所在地

バンコック市内

(6) 歴史

1974年に小規模工場として操業を開始した。5t/hの加熱炉を1977年まで使用し、同年6月に会社が設立され、その資金は、タイ国内の投資によるものであった。20t/hの第二の加熱炉が1980年に増設された。その後、連続铸造機、30t/チャージのアーク炉を設置して拡張した。この装置は台湾のエンジニアリングに基づくものであった。1987年に、20t/hの第三の加熱炉が追加され、ビレットの生産に役立った。アーク炉は35t/チャージに増強された。

スクラップはタイのほとんどの地域で入手できる。当工場の主要な製品は、山型鋼、溝型鋼、および他の型鋼であり、規格はタイ工業規格に合致している。

現在、工場の職員は、電気技師、化学技師及び生産専門家を含む400名の人員から構成されている。

(7) 調査期間

1994年7月4日-14日

(8) 調査団メンバー

JICA 側：

- | | |
|-----------|---------|
| 1. 石田 寛 | 団 長 |
| 2. 福島 演 雄 | 副団長 |
| 3. 井口 光 雄 | エネルギー管理 |
| 4. 野崎 幸 雄 | 熱管理 |
| 5. 小泉 陽 | 熱管理 |
| 6. 杉本 利 夫 | 電気管理 |
| 7. 野口 昌 介 | 電気管理 |

DEDP 側：

- | | |
|---------------------------------|------|
| 1. Mr. Pinyo Tanthumart | 熱管理 |
| 2. Mr. Chartree Peamparvut | 熱管理 |
| 3. Mr. Somphot Kongpan | 熱管理 |
| 4. Mr. Phruttapong Sarakasetrin | 電気管理 |
| 5. Mr. Virat Somngam | 電気管理 |
| 6. Mr. Aithaphon Hongsmat | 電気管理 |

(9) 応 対 者

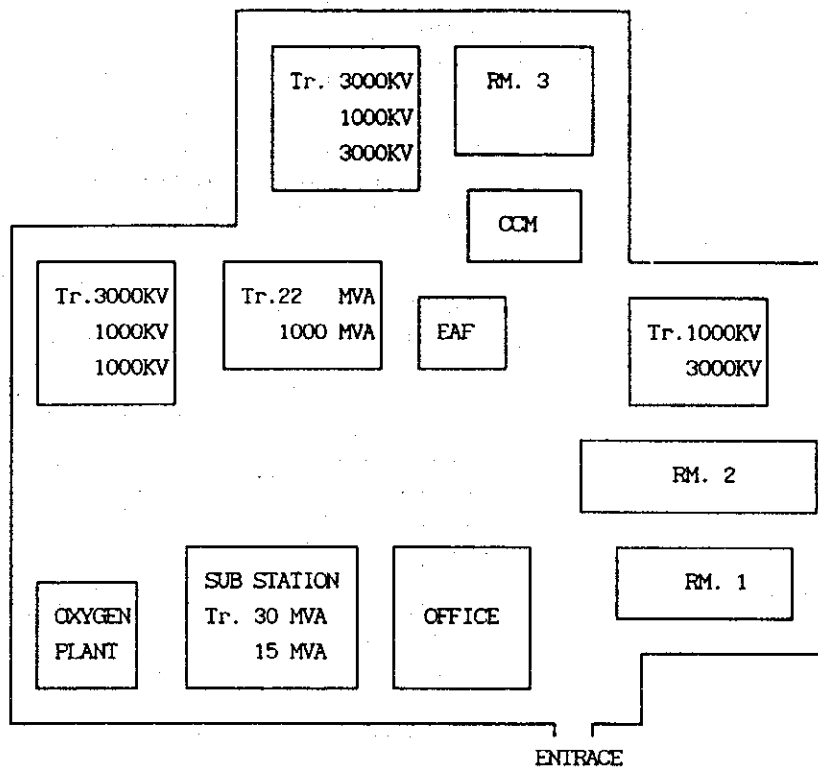
- | | |
|----------|-------|
| 1. Mr. A | 常務取締役 |
| 2. Mr. B | 部 長 |
| 3. Mr. C | 電気技師長 |

(10) エネルギー価格

- | | | |
|----------|--------|----------|
| A重油 (ℓ) | =3.0 | Baht/ℓ |
| C重油 (ℓ) | =2.7 | Baht/ℓ |
| 電気 (kWh) | =1.504 | Baht/kWh |
| ディーゼル燃料 | =8 | Baht/ℓ |

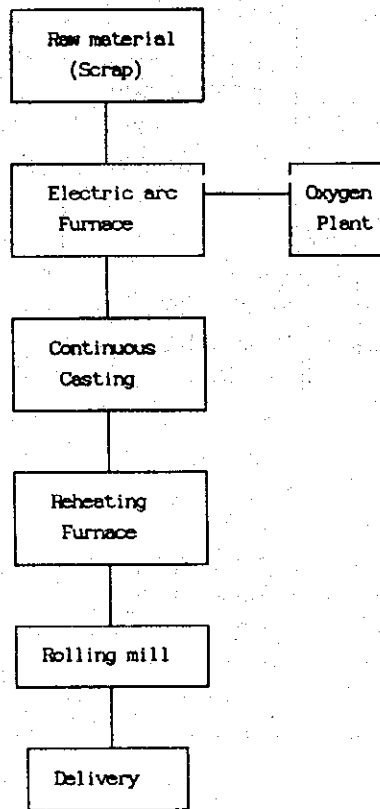
(1) 工場配置

Figure 8.1.1 Factory Layout



(12) 生産工程

Figure 8.1.2 Production Process



(13) 主要設備の概要

Table 8.1.1 Principal Equipment

Name	No. of Unit Installed	Type, etc.
Electric Arc Furnace	1 Unit	30 Ton/hr
Continuous Casting Machine	1 Unit	3 Stand Nominal Capacity 35 Ton/hr
Reheating Furnace	3 Units	No.1 5 Ton/hr No.2 20 Ton/hr 3 Zone, Pusher type No.3 20 Ton/hr 2 Zone, Pusher type
Rolling Mill	2 Lines	Rolling Stands No.1 3hight-1,2hight-6 units No.2 3hight-1,2hight-5 units
Oxygen Plant	1 Plant	Pressure Swing Absorption Compressor Power

8.1.2 エネルギー管理の状況

(1) エネルギー管理の目標の設定

工場管理者は省エネルギーに関心がある。工場は、需要管理およびタイマー付き照明により電力節減を実施している。しかし、エネルギー消費率を低減するための具体的省エネルギー目標を設定していない。当工場では、アーク炉が工場全体の電力消費量の70~80%を占めている。したがって、アーク炉について省エネルギー率または、エネルギー消費量の目標を設定することが必要である。

(2) 組織的な活動

例えば、照明、排ガスの温度および酸素濃度の管理などに関して、活動を開始していない。現在、わずかに設備・機械の整備だけである。

(3) データベース管理

工場は、アーク炉に関しては、各バッチごとの、電力消費量、鋼種、投入量、溶解温度、運転時間の記録を保存している。

加熱炉には測定計器が設置されてなく、1時間当たりのピレット装入量の記録しか保存していない。

このような状況下では、エネルギー消費および炉の状態に異常が発見されても、原因を確定して適切な改善を実施することは不可能である。必要最小限の測定装置を設置し、炉の実際の状況を毎日把握してデータおよび運転条件を処理し、比較検討するための統計データを完成することが重要である。

(4) 従業員の教育・訓練

工場の従業員に対する省エネルギーに関する訓練および教育は実施されていない、また省エネルギーに関する講習会への派遣も行われていない。現在、政府および民間部門は省エネルギーに関する研修講座を度々開催している、たとえば、DEDPの省エネルギー部やECCTなどによって開催されている。

従業員に対して省エネルギーに関する何らかの研修講座および教育を受けさせることが重要である。

(5) 設備管理

アーク炉は定期的に修理されているが、加熱炉の整備は不十分である。

加熱炉は、検査口および装入口のドアから空気の吸込みを起こしていた。できる限り速やかに修理しなければならない。主要設備に関する図面および技術データの整理は、良好であるように見えた。

設計計算データおよび改修記録を整理しておくことも将来の炉改良計画をたてるために必要である。

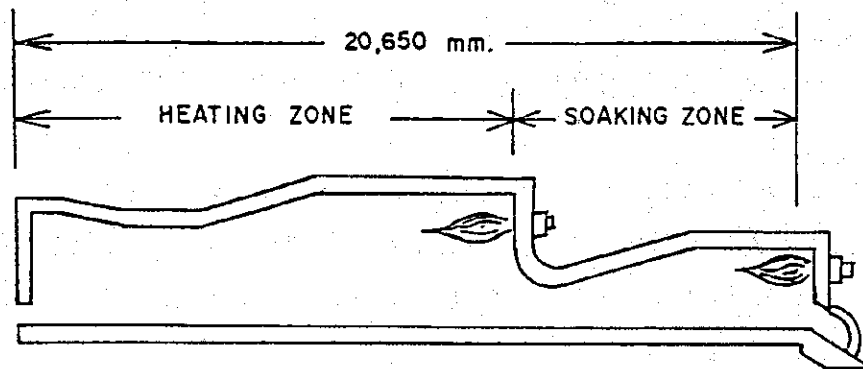
8.1.3 エネルギーの使用における諸問題及びその対策

8.1.3.1 加熱炉の熱勘定

(1) 加熱炉の概要

形式	= 上部2帯, プッシャー式
容量	= 20 t/h
有効長, 幅	= 17,800 mm, 3,800 mm
燃料	= A重油
製造年	= 1987年
構造	= Fig. 8. 1. 3 に示す通り

Figure 8.1.3 Reheating Furnace 3



(2) 測定結果

熱勘定は、平成6年7月13日の13:00から17:00までの4時間に収集したデータを使用して計算した。

1) 燃料の種類	= A重油
2) 燃料消費量	= 813.75 l/h
3) 燃料の高発熱量	= 10,509 kcal/kg
4) 燃料の比重	= 0.95
5) 燃料温度	= 41.8 °C
6) 基準温度	= 37 °C
7) 燃焼用空気の温度	= 50.1 °C
8) 排ガス中の O ₂ %	= 6.65 %
9) 排ガスの温度	= 596.2 °C

- 10) ビレットの装入量 = 14 t/h
 11) ビレットの装入温度 = 37 °C
 12) ビレットの抽出温度 = 1,328 °C
 13) 冷却水の量 = 165.094 m³/h
 14) 冷却水温度
 入口温度 (平均) = 30 °C
 出口温度 (平均) = 34.5 °C
 15) スケール発生量 (推定) = 装入ビレットの2%

(3) 外壁温度

炉の各部分の表面

- 加熱帯の左側 = 107.1 °C
 加熱帯の右側 = 106.55 °C
 加熱帯の天井 = 105.42 °C
 均熱帯の左側 = 131.8 °C
 均熱帯の右側 = 106.0 °C
 均熱帯の天井 = 129.0 °C
 装入側 = 362.0 °C
 抽出側 = 88.6 °C
 抽出ドア = 390.0 °C

(4) 熱勘定計算

熱勘定は装入ビレット1 t 当たりに対して計算する。

1) 入出量の計算

(a) 入量

- a) 装入ビレット = 1 t
 b) 燃料消費量 = 3,255 ℓ/4 h
 または = 813.75 ℓ/h
 15°Cにおける燃料の比重 (d₁₅) = 0.95

41.8°Cにおける燃料の比重 (d_t)

$$d_{15} = d_t + 0.00065 (T - 15)$$

$$d_t = d_{15} - 0.00065 (41.8 - 15)$$

$$= 0.95 - 0.00065 (41.8 - 15)$$

$$= 0.932$$

$$\begin{aligned} \text{燃料消費量} &= 813.75 \times 0.932 \\ &= 758.415 \quad \text{kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{装入ビレット量} &= 43 \times 325 / 1000 \\ &= 13.975 \\ &= 14 \quad \text{t/h} \end{aligned}$$

従って、ビレット 1 t 当たりの

$$\begin{aligned} \text{燃料消費量} &= 758.415 / 14 \\ &= 54.2 \quad \text{kg/t} \end{aligned}$$

c) 燃焼用空気量

理論空気量 (A_0)

$$\begin{aligned} (H \ell = 9,801) \quad A_0 &= 12.38 \times (H \ell - 1100) / 10000 \\ &= 12.38 \times (9,801 - 1100) / 10000 \\ &= 10.772 \quad \text{m}^3_{\text{N}} / \text{kg} \cdot \text{燃料} \end{aligned}$$

空気比 (m)

$$\begin{aligned} \text{排ガス中の } O_2 \text{ 含有量} &= 6.65 \% \\ m &= 21 / (21 - O_2) \\ &= 21 / (21 - 6.65) \\ &= 1.46 \end{aligned}$$

燃料 1 kg 当たりの実際の空気量 (A)

$$\begin{aligned} A &= m \times A_0 \\ &= 1.46 \times 10.772 \\ &= 15.73 \quad \text{m}^3_{\text{N}} / \text{kg} \cdot \text{燃料} \end{aligned}$$

従って、ビレット 1 t に対する燃焼用空気量

$$\begin{aligned} &= 15.73 \times 54.2 \\ &= 852.6 \quad \text{m}^3_{\text{N}} / \text{t} \end{aligned}$$

(b) 出量

a) 理論排ガス量 (G_0)

$$\begin{aligned} G_0 &= [15.75 \times H_1 / 10,000] - 3.91 \\ &= [15.75 \times 9,801 / 10,000] - 3.91 \\ &= 11.350 \quad \text{m}^3_{\text{N}} / \text{kg} \cdot \text{燃料} \end{aligned}$$

実際排ガス量 (G)

$$\begin{aligned} G &= G_0 + (m-1) A O \\ &= 11.350 + (1.46-1) \times 10.772 \\ &= 16.350 \quad \text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg} \cdot \text{燃料} \end{aligned}$$

従って、ピレット 1 t に対する排ガス量

$$\begin{aligned} &= G \times \text{燃料消費量} \\ &= 16.350 \times 54.2 \\ &= 883.737 \quad \text{m}^3_{\text{N}}/\text{t} \end{aligned}$$

b) スケール発生量

$$\text{スケール発生量 (2\%)} = 20 \quad \text{kg/t}$$

c) ピレットの装入量

ピレット装入量 1 t 当たり 20 kg のスケール発生量
スケール中の Fe の重量割合は 75.5% とする。

$$\begin{aligned} &= 1 - (0.02 \times 0.755) \\ &= 0.985 \quad \text{t} \end{aligned}$$

d) 冷却水量

$$\begin{aligned} &= 165,094 \quad \text{kg/h} \\ &= 165,094 / 14 \\ &= 11,792.43 \quad \text{kg/t} \end{aligned}$$

d. 入出熱の計算

1) 入熱

a) 燃料の燃焼熱 (Qc)

$$H\ell = Hh - 600 (9h + W)$$

$$\text{高発熱量 (Hh)} = 10,509 \quad \text{kcal/kg} \cdot \text{燃料}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{A重油の補給状態での水素含有量} \\ &= 13\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \text{A重油の補給状態での水分含有量} \\ &= 1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H\ell &= 10,509 - 600 [(9 \times 0.13) + 0.01] \\ &= 9,801 \quad \text{kcal/kg} \cdot \text{燃料} \end{aligned}$$

ピレット 1 t 当たりの燃料燃焼熱

$$\text{燃料消費量} = 54.2 \quad \text{kg/t}$$

$$Q_c = 9,801 \times 54.2$$

$$= 531,214.2 \quad \text{kcal/t}$$

b) 燃料の顕熱 (Qf)

$$\text{重油の比熱} = 0.45 \quad \text{kcal/kg} \cdot \text{°C}$$

$$Q_f = \text{燃料消費量} \times \text{比熱} \times (T_o - T_a)$$

$$= 54.2 \times 0.45 \times (41.8 - 37)$$

$$= 117.1 \quad \text{kcal/t}$$

c) 燃焼空気の顕熱 (Qa)

$$\text{燃焼空気の比熱} = 0.31 \quad \text{kcal/kg} \cdot \text{°C}$$

$$Q_a = \text{燃焼用空気} \times \text{比熱} \times (T_o - T_a)$$

$$= 852.6 \times 0.31 \times (50.1 - 37)$$

$$= 3,462.4 \quad \text{kcal/t}$$

d) スケールの生成熱量 (Qfs)

生成熱量はスケールに含まれている Fe 1 kg 当たり 1,335 kcal/kg · Fe と仮定する (酸化反応熱量)。

Fe の割合は 75.5% と仮定する。

$$\text{スケール発生量 (2\%)} = 20 \quad \text{kg/t}$$

$$Q_{fs} = 1,335 \times (20 \times 0.755)$$

$$= 20,158.5 \quad \text{kcal/t}$$

e) 合計入熱 (Qi)

$$Q_i = Q_c + Q_f + Q_a + Q_{fs}$$

$$= 531,214.2 + 117.1 + 3,462.4 + 20,158.5$$

$$= 554,952.2 \quad \text{kcal/t}$$

2) 出熱

a) 抽出ビレットの持ち去る熱量 (Qb)

$$\text{ビレット抽出量} = 0.985 \quad \text{t}$$

37°C (装入ビレット) の

$$\text{含熱量} = 4.14 \quad \text{kcal/kg}$$

1,328°C (抽出ビレット) の

$$\text{含熱量} = 215.5 \quad \text{kcal/kg}$$

$$Q_b = 0.985 \times 10^3 \times (215.5 - 4.14)$$

$$= 208,189.6 \quad \text{kcal/t}$$

b) スケールの顕熱 (Q_{ss})

スケールの平均比熱 = 0.215 kcal/kg℃

スケール発生量 (2%) = 20 kg/t

スケールの温度は抽出ビレットの温度と同一と仮定する。

ビレットの装入温度 = 37 ℃

ビレットの抽出温度 = 1,328 ℃

$$Q_{ss} = 0.125 \times 20 \times (1,328 - 37)$$

$$= 5,551.3 \text{ kcal/t}$$

c) 排ガスの顕熱 (Q_e)

排ガスの平均比熱 = 0.33 kcal/m³_N・℃

排ガスの温度 = 596.2 ℃

$$Q_e = 893.2 \times 0.33 \times (596.2 - 37)$$

$$= 164,827.6 \text{ kcal/t}$$

d) 冷却水の持ち去る熱量 (Q_w)

水の平均比熱 = 1 kcal/kg・℃

冷却水の入口温度 = 30 ℃

冷却水の出口温度 = 34.5 ℃

$$Q_w = 11,792.43 \times 1 \times (34.5 - 30)$$

$$= 53,065.9 \text{ kcal/t}$$

e) 炉体表面からの放射熱

(Table 8. 1. 2 のとおり)

Table 8.1.2 Heat Loss from Reheating Furnace Surface

		Temp (°C)	Surface area(m ²)	Heat loss (Kcal/m ² -h)	Heat loss (10 ³ Kcal/h)
Heating zone	Left side	107.1	27.078	928.962	25.1525
	Right side	106.55	27.076	919.590	24.8988
	Ceiling	105.42	62.64	1,018.50	63.7988
Soaking zone	Left side	131.80	11.16	1,381.52	15.4177
	Right side	106	11.16	910.317	10.1591
	Ceiling	129	36.793	1,498.68	55.1409
Dis- charging side	Top	88.6	4.742	630.294	2.9888
	Door	390	3.952	10,997.715	43.4629
Charging side		362	7.059	9,423.876	66.5231
Total					307.5426

$$\begin{aligned}
 \text{Charged billet} &= 14 \quad \text{Ton/hr} \\
 Q_r &= 307.5426 \times 10^3 / 14 \\
 &= 21,967.3 \quad \text{Kcal/ton}
 \end{aligned}$$

f) その他の損失熱 (Q_l)

$$\begin{aligned}
 Q_l &= Q_i - (Q_b + Q_{ss} + Q_e + Q_w + Q_r) \\
 &= 554,952.2 - (208,189.6 + 5,551.3 \\
 &\quad + 164,827.6 + 53,065.9 + 21,967.3) \\
 &= 101,350.5 \quad \text{kcal/t}
 \end{aligned}$$

g) 合計出熱 (Q_o)

$$\begin{aligned}
 Q_o &= Q_b + Q_{ss} + Q_e + Q_w + Q_r + Q_l \\
 &= 208,189.6 + 5,551.3 + 164,827.6 + 53,065.9 \\
 &\quad + 21,967.3 + 101,350.5 \\
 &= 554,952.2 \quad \text{kcal/t}
 \end{aligned}$$

h) 熱勘定表

上記のデータを Table 8. 1. 3 及び Fig. 8. 1. 4 に示す。

Table 8.1.3 Heat Balance of Reheating Furnace

Heat Input	Kcal/ton	%
1. Heat of Fuel Consumption	531,214.2	95.7
2. Sensible Heat of Fuel	117.1	0.02
3. Sensible Heat of Air	3,462.4	0.62
4. Heat Formation of Scale	20,158.5	3.63
Total	554,952.2	100
Heat Output	Kcal/ton	%
1. Heat of Discharged Billet	208,189.6	37.5
2. Sensible Heat of Scale	5,551.3	1.0
3. Sensible Heat of Exhaust Gas	163,081.29	29.4
4. Heat Taken Away by Cooling Water	53,065.9	9.6
5. Heat Radiation From Furnace Surface	21,967.3	4.0
6. Others	103,096.8	18.5
Total	554,952.2	100

Figure 8.1.4 Heat Balance Diagram WASTE GAS OXYGEN

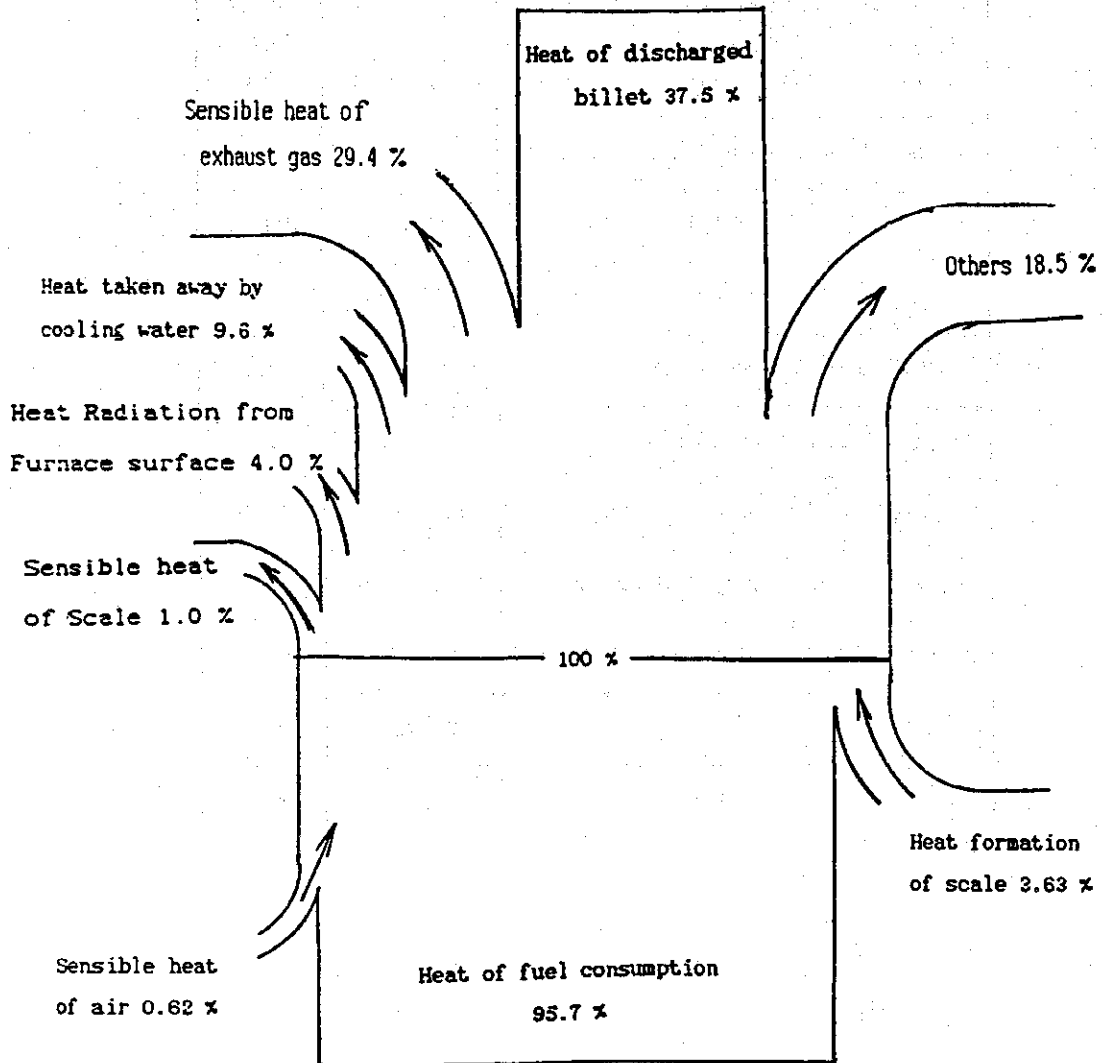


Fig. 8. 1. 4はNo 3加熱炉の熱勘定図を示す。計算による熱は入熱と出熱の2部分に分けられる。

Fig. 8. 1. 4に示すように：

a) 出熱は下記の構成である。

- ・ 抽出ビレットの持ち去る熱量 37.5%
- ・ 排ガスの顕熱 29.4%
- ・ 冷却水の持ち去る熱量 9.6%

- ・ 炉体表面からの放射熱 4.0%
- ・ スケールの顕熱 1.0%
- ・ その他 18.5%

b) 入熱は下記の構成である。

- ・ 空気の顕熱 0.62%
- ・ 燃料の燃焼熱 95.7%
- ・ スケールの生成熱量 3.63%

上記により、炉の効率は約37.5%であり、低すぎる事が判る。排ガスの廃熱は約29.7%であり、大きな熱損失である。当工場は炉を改善して効率を高めること、排ガスからの廃熱回収を考える必要がある。これにより、工場は、エネルギーの節約と生産コストが低減され、利益が生じる。計算及び効率改善を次章で示す。

8.1.3.2 問題点と対策

- (1) 空気の侵入防止
 - (2) 燃焼状態の改善
 - (3) 開口部からの損失熱の防止
 - (4) ビレット装入方法の改善
 - (5) 計測の強化
 - (6) 排ガス中の廃熱回収
 - (7) アーク炉本体を予熱するディーゼル燃料をA重油に使用変更
- (1) 空気の侵入防止

No.3 加熱炉のバーナーにはプロポーショニング・タイプ・バーナーが採用されている。このプロポーショニング・タイプ・バーナーは、霧化空気を含む全ての燃焼用空気をバーナーに供給し、かつ、空気量調節と油量調節を連動させている。

従って、空気比は比較的高精度で維持される。測定結果から、加熱炉の排ガス中の酸素量は、Fig. 8.1.5 に示すように、4%~10%である。

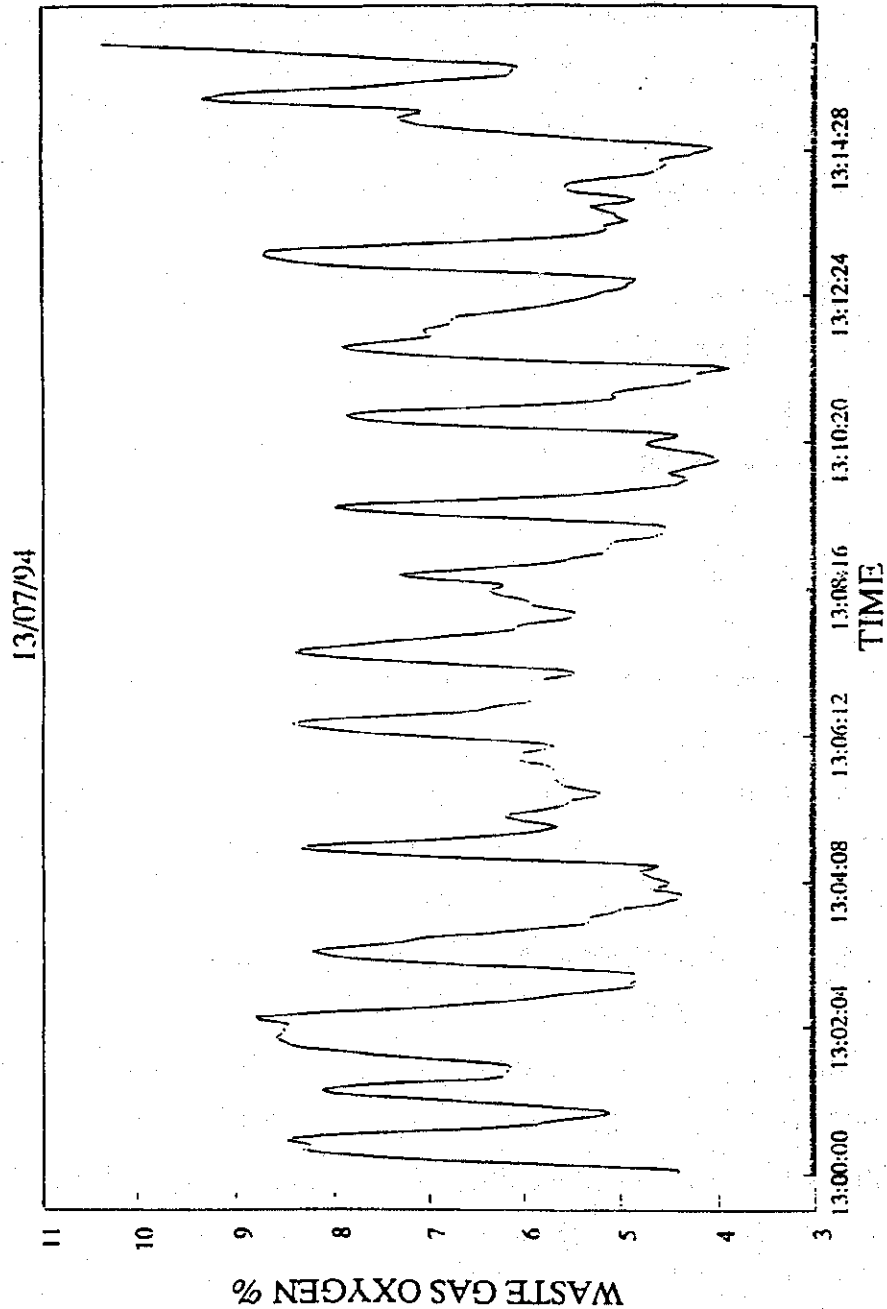
図に示されている酸素量の変動は非常に大きく、1~2分間隔で繰り返されている。この間隔はビレットを加熱炉から抽出する間隔にほぼ等しい。ビレットが抽出される時、炉内が負圧のため、外部の空気が炉内に吸い込まれる。このため、排ガス中の酸素量が増加し、燃焼効率にマイナスの影響を与えている。

1) 炉内圧力管理の必要性

省エネルギーの観点から、通常、炉床上の圧力は0.2~0.4 mm H₂Oである。測定した結果、加熱炉内部の圧力は平均-2.2mmH₂Oであり、均熱帯での炉床上の圧力は平均-2.1 mm H₂Oである。

現状は、加熱炉の煙道は自然通風を利用しており、煙道ダクトにはダンパーが設置されていない。この為、炉内圧力を制御することは不可能である。従って、煙道ダクトにダンパーを設置して、炉内圧力を0.2~0.4 mm H₂Oに制御する必要がある。

Figure 8.1.5 Waste Gas Oxygen Content of Reheating Furnace #3



2) ビレット抽出時の抽出ドアの開口時間短縮

現状では、加熱炉の抽出側の抽出ドアの操作は圧延機側の操作員が行い、装入側操作員は圧延機側の操作員からの信号灯及びベルによって押出機操作装置を操作している。時々、開口時間が長いまとなり、熱損失及び炉内への酸素の侵入を起こしている。この為、抽出ドアの開閉と押出機操作装置と連動等の採用による改善が必要である。

3) 炉内の酸素減少の結果

上記の手段を用いて、現状の6.65%排ガス中の酸素量を5%に減少させると、排ガスの熱損失は9.8%に減少される。

熱勘定表 8. 1. 3 (出熱) から

排ガスの顕熱 (Q_{e1})	= 163,081.29	kcal/ t
排ガス中の O_2 % を 6.65 から 5 % に減少させると,		
排ガス中の O_2 %	= 5	%
理論空気量 (A_0)	= 10.772	m^3_N/kg
空気比 (m_2)	= 1.31	
理論排ガス量 (G_0)	= 11.527	$m^3_N/kg \cdot \text{燃料}$
実際排ガス量 (G_2)	= $G_0 + (m_2 - 1) A_0$	
	= $11.527 + [(1.31 - 1) \times 10.772]$	
	= 14.886	$m^3_N/kg \cdot \text{燃料}$
1 t のビレットに対する排ガス量	= $G_2 \times \text{燃料消費量}$	
	= 14.886×54.2	
	= 805.737	$m^3_N/kg \cdot \text{燃料}$
排ガスの顕熱 (Q_{e2})		
排ガスの平均比熱	= 0.33	kcal/kg · °C
排ガスの温度	= 596.2	°C
Q_{e2}	= $805.737 \times 0.33 \times (596.2 - 37)$	
	= 148,687.48	kcal/ t
O_2 % を 6.65% から 5% に変えたことによる排ガスの顕熱の減少		
	= $Q_{e1} - Q_{e2}$	
	= $163,081.29 - 148,687.48$	
	= 14,393.81	kcal/ t
A 重油の低発熱量	= 9,801	kcal/kg
A 重油の節約量	= $14,393.81 / 9801$	

$$\begin{aligned}
&= 1.469 \quad \text{kg/t} \\
&= 1.469 / 0.932 \quad \ell / \text{t} \\
&= 1.469 \times 14 \quad \ell / \text{h} \\
&= 1.575 \quad \ell / \text{h} \\
&= 22.064 \times 24 \times 300 \\
&= 158,860.8 \quad \ell / \text{y}
\end{aligned}$$

O₂ %を6.65%から5%減少させることによるコスト低減

$$\begin{aligned}
&= 158,860.8 \times 3 \\
&= 476,582 \quad \text{Baht/y}
\end{aligned}$$

投資回収期間

改善に要する費用は以下のコストである：電子式測定計器、及び取付費合計総額

$$= 100,000 \quad \text{Baht}$$

O₂ %を6.65%から5%に変えたことによるコスト低減

$$= 476,582 \quad \text{Baht/y}$$

投資回収期間

$$= 100,000 / 476,582$$

$$= 0.20 \quad \text{y}$$

(2) 燃焼状態の改善

- 1) No. 3, 加熱炉には加熱帯に3組のバーナがある。現在は2組のバーナを取り外し、中央部に配置してある1組だけを残して使用している。このバーナはオイルの霧化が不良で、火焰が不安定である。バーナのノズルは定期的に点検、清掃、調整することが必要である。取り外したバーナの左右の孔は耐火煉瓦で塞いで、空気の侵入及び炉からの熱損失を防止しなければならない。
- 2) 均熱帯のバーナは3組で構成されている。観察から左側バーナのノズルの設定が悪いことが判った。バーナのタイルは炭素の煤で汚染しており、火焰が直接ビレットに接触している。正しい加熱の方法は、ビレットは火焰及び高温の炉壁からの放射熱で加熱されることである。ビレットに直接火焰が接触すると、スケールが大量に発生しやすい。バーナの設定を正しく調整する必要がある。

(3) 開口部からの損失熱の防止

- 1) 装入口からの高温ガスの吹き出し防止

現状No. 3 加熱炉では、装入口は開いたままであり、高温ガスが常に吹き出している。

高温ガスと外気の密度は異なり、その結果、高温ガスの吹き出しによる損失熱及び冷気

の吹込みがあり、燃焼効率の低下を生じている。これを改善するには、装入ドア又は鉄のカーテンを設けて、高温ガスの吹き出しを最低に押さえなければならない。

2) 炉の側壁の開口部の閉鎖

炉の側壁の検査口の蝶番が不良である。したがって、ドアが完全に閉まらず、検査口は半開になっている。そのため外気が炉内に侵入している。修理を行いドアを完全に密閉すること。さらに、いくつかの開口部は閉鎖、又は耐火れんがで塞ぐこと。

(4) ビレット装入方法の改善

観察中に、抽出ドアからビレットが積み重ねの状態では排出され、圧延ラインから除外されてきているのを何回か見られた。これは、ビレットの下部の加熱が不足のためである。従って、それらは再装入しなければならず、多量の熱損失となる。装入作業は充分に注意して行う必要がある。

(5) 計測の強化

現状では、油流量計だけがメインの油配管に設置されてるだけである。炉内温度管理は手動でバーナのオイル・バルブを操作することにより行われているが、この手動による管理では炉内温度が変動し、エネルギー効率だけでなく、ビレットの品質にも影響を与える。(Fig. 8. 1. 6 参照)

現在、工場はビレット温度を目視で推定しているが、これは正確ではなくビレットの品質にも影響する。

排出されたビレットの温度は非常に高く、ほぼ1,300℃である。従って、これを1,200℃まで下げて、エネルギーを節約するとよい。

工場は必要な測定計器、例えば、加熱帯及び均熱帯の両方での炉内圧力計、炉内温度計及び油流量計を設置し測定すべきである。このような計器を取り付けることにより、炉内温度を正確に管理できる。排ガス中の酸素量及び温度の測定計器も同様に設置すべきである。

参考として、空燃比用の自動制御システムを装備した加熱炉の典型的な例を Fig. 8. 1. 7 に示す。

(6) 排ガス中の廃熱回収

排ガス中の廃熱回収は、廃熱利用による利益をもたらすだけでなく、煙道の排ガス温度が下がる結果になる。

Figure 8.1.6 Furnace Gas Temperature of Reheating F'ce #3

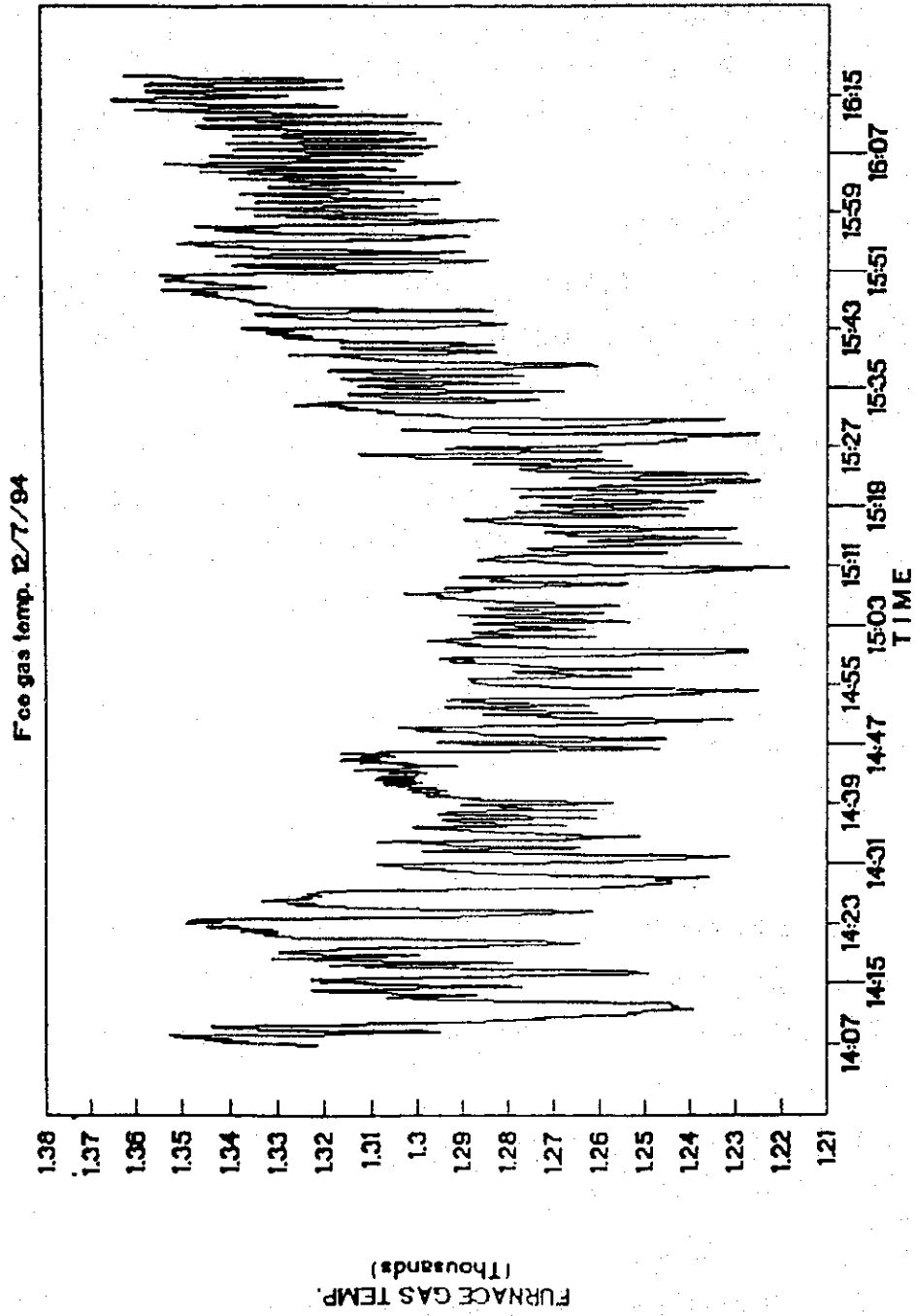
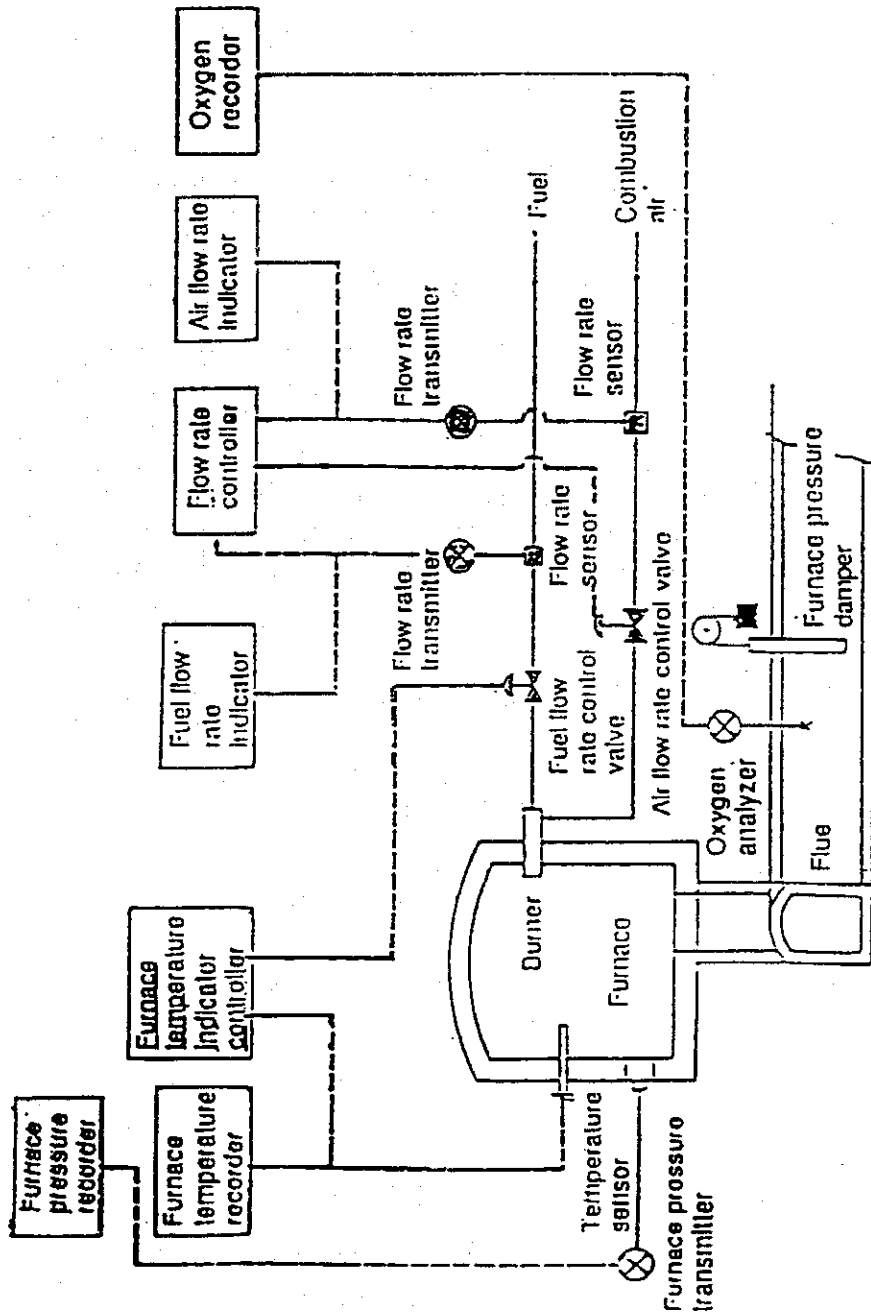


Figure 8.1.7 Air/Fuel Ratio Control System with a Flow Rate Controller



レキュペレータの設置には大きな空間を必要とするが、現状では、No.3 加熱炉の煙道の周囲はほとんど利用できるスペースがない。しかし、近い将来に工場の拡張を考えるならば、新しい加熱炉と共にレキュペレータの設置を考えるべきである。

Fig. 8. 1. 8 レキュペレータ設置を参照。

Table 8.1.4 Data for Heat Recovery Calculation

Item	unit	data
Fuel oil after improvement	Kg/ton	51.9
Air ratio		1.31
Theoretical combustion air	M ³ N/kg	10.772
Theoretical exhaust gas	M ³ N/kg	11.527
Actual amount of air (A)	M ³ N/kg	14.11
Actual amount of exhaust gas(G)	M ³ N/kg	14.87
Ambient temperature (T1)	°C	37
Exhaust gas temperature (T2)	°C	596.2

提案したレキュペレータの空気出口温度を200°Cに設定する。

Table 8. 1. 4 から、

予熱された空気によって回収される熱量 (P)

$$\begin{aligned}
 P &= A \times C_{pa} \times (T_1 - T_2) \\
 &= 14.11 \times 0.31 \times (200 - 37) \\
 &= 713 \quad \text{kcal/kg} \cdot \text{燃料}
 \end{aligned}$$

レキュペレータ設置後の排ガス温度 (Y)

$$\begin{aligned}
 713 &= 14.87 \times (596.2 - Y) \\
 Y &= 451 \quad \text{°C}
 \end{aligned}$$

予熱された空気の使用による燃料節約率 (S)

$$S = [P / (F + P - Q)] \times 100$$

P = 予熱された空気による燃料節約量

$$= 713 \quad \text{kcal/kg} \cdot \text{燃料}$$

F = 燃料の低発熱量

Q = 排ガスの持ち去る熱量

排ガスの平均比熱 = 0.33 kcal/kg°C

$$Q = 14.87 \times 0.33 \times (451 - 37)$$

$$= 2,032 \quad \text{kcal/kg} \cdot \text{燃料}$$

$$S = [713 / (9,801 + 713 - 2,032)] \times 100$$

$$= 8.4 \quad \%$$

従って、ピレット 1 t 当たりの燃料節約量

$$= 4.4 \quad \text{kg} / \text{t}$$

$$= 4.72 \quad \text{l} / \text{t}$$

年間 100,800 t のピレットが毎年生産されるならば、

$$(14 \text{ t} \times 24 \text{ h} \times 300 \text{ day})$$

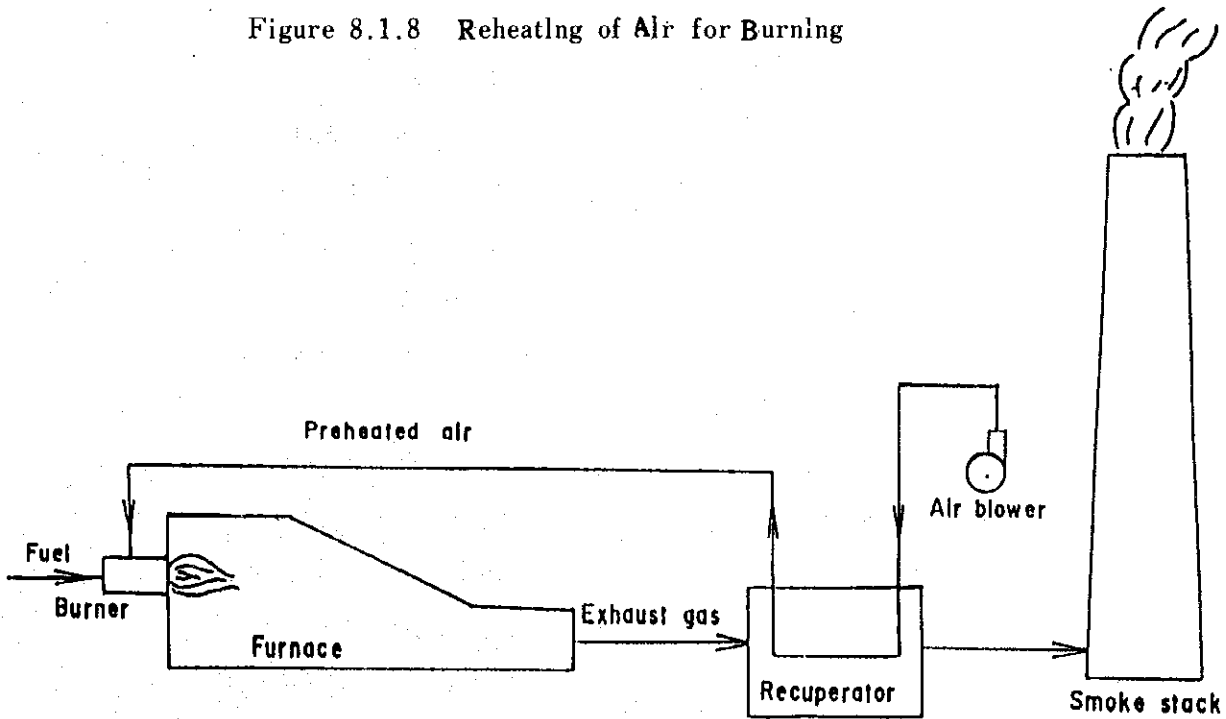
年間燃料節約量は下記の通りになる。：

$$= 3 \text{ Baht} / \text{l} \times 4.72 \text{ l} / \text{t} \times 100,800 \text{ t} / \text{y}$$

$$= 1,427,328 \text{ Baht} / \text{y}$$

注記：排ガス中の廃熱回収について計算した金額はこの配置のための装置及び取付の費用を含んでいない。

Figure 8.1.8 Reheating of Air for Burning



(7) アーク炉本体を予熱するディーゼル燃料をA重油に変更

アーク炉本体を予熱するディーゼル燃料をA重油に変更する場合、改造のための費用の内訳は下記の通りである：バーナ，電気式油予熱器，空気圧縮機，燃料ポンプ，及び取付費。これらの合計は約300,000バーツになる。

コスト節減の計算

「ディーゼル燃料」の単価	=8	Baht/ℓ
A重油の単価	=3	Baht/ℓ
コスト低減	=5	Baht/ℓ
アーク炉本体予熱用の年間燃料消費量		
燃料消費量	=1,300	ℓ/d
(300日/年)	=1,300×300	
	=390,000	ℓ/y
コスト節減額	=390,000×5	Baht/y
	=1,950,000	Baht/y

37℃から90℃へ油温度を上げるのに必要な熱量

通常，A重油は90℃に予熱されている。

$$\begin{aligned} \text{温度を上げるのに必要な熱量} &= \text{燃料消費量 (ℓ/y)} \\ &\quad \times \text{比熱 (kcal/kg℃)} \\ &\quad \times \text{密度} \times (T_o - T_a) \\ &= 390,000 \times 0.45 \times 0.936 \\ &\quad \times (90 - 37) \\ &= 8,706,204 \quad \text{kcal/y} \end{aligned}$$

油温度を予熱するための燃料費を

$$\begin{aligned} \text{電気に変換} &= 8,706,204 / 860 \text{ kWh/y} \\ \text{(1 kWh = 860 kcal)} &= 10,123.5 \quad \text{kWh/y} \\ \text{電力の単価} &= 1.540 \quad \text{Baht/kWh} \\ \text{電力コスト} &= 10,123.5 \times 1.504 \\ &= 15,226 \quad \text{Baht/y} \end{aligned}$$

ディーゼル燃料をA重油に変更することによるコスト低減

$$\begin{aligned} &= 1,950,000 - 15,226 \\ &= 1,934,774 \quad \text{Baht/y} \end{aligned}$$

投資回収期間

ディーゼル燃料をA重油に変更することによるコスト低減

=1,934,774 Baht/y

取付費を含む装置費

=300,000 Baht

投資回収期間

=300,000 y

1,934,774 y

= 0.15 y

8.1.3.3 電力消費の状況

変圧器及び工場の配置を Fig. 8.1.9に示す。本工場の電力は非常に大きいので、MEAからの受電電圧は69kVである。30kVA及び15kVA、69/12kVの2台の変圧器が変電所に設置してあり、その他は Fig. 8.1.10(a)~Fig. 1.8.10(f)の図表に示してある。

(1) 各部門の電力消費

主要設備は工場配置図から11の部門に分けることができる。各部門での電力測定値を Table 8.1.5に示す。

Table 8.1.5 Electric Power Consumption of Each Division

Measuring Date : July 11-13, 94								
No	Division	TR No	Rating		Measuring			
			kVA	Volt	kW	kVA	Volt	PF
1	Electric Arc Furnace	1	22,000/ 26,000	400	22,915	25,500	420	0.900
2	EAF Plant & Air Comp.	2	750	400	264.8	383	390	0.690
3	Oxygen & CCM Plant	3	1,000	400	590.3	706	400	0.840
	(1) Oxygen Plant (Cooling Tower, Pump)			400	17.4	34	396	0.518
	(2) CCM Indirect Cooling water treatment (A,B)			400	572.9	672	385	0.852
4	Dust Collector	4	3,000	3,300	1,131.8	1,258	3,300	0.900
5	Oxygen Plant (Vacuum Pump, O ₂ gas comp.)	5	1,000	3,300	412.9	486	3,300	0.850
6	CCM Plant	6	1,000	400	172.1	308	405	0.560
7	Rolling Mill Plant#3	7	1,000	400	346.0	673	368	0.510
8	Rolling Mill Plant#3	8	3,000	3,300	1,795.2	2,063	3,300	0.870
9	Rolling Mill Plant#2	9	1,000	400	158.4	203	400	0.780
10	Rolling Mill Plant#2	10	3,000	3,300	1,851.8	1,829- 2,286	3,300	0.900
11	Rolling Mill Plant 1	11	1,250	400	531.8	485- 696.8		0.900

Figure 8.1.9 Factory and Transformer Layout

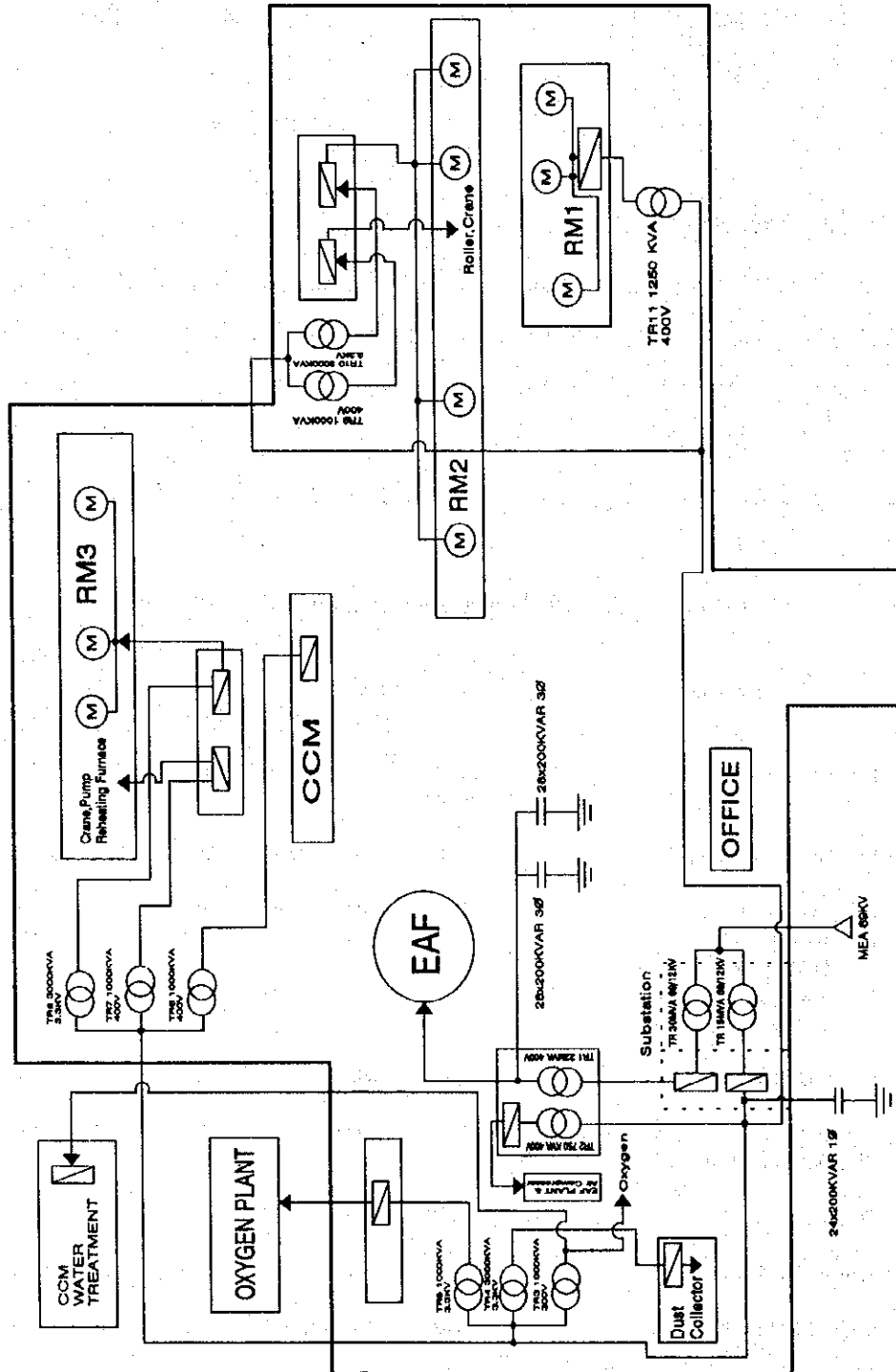


Figure 8.1.10 (a) Single Line Diagram

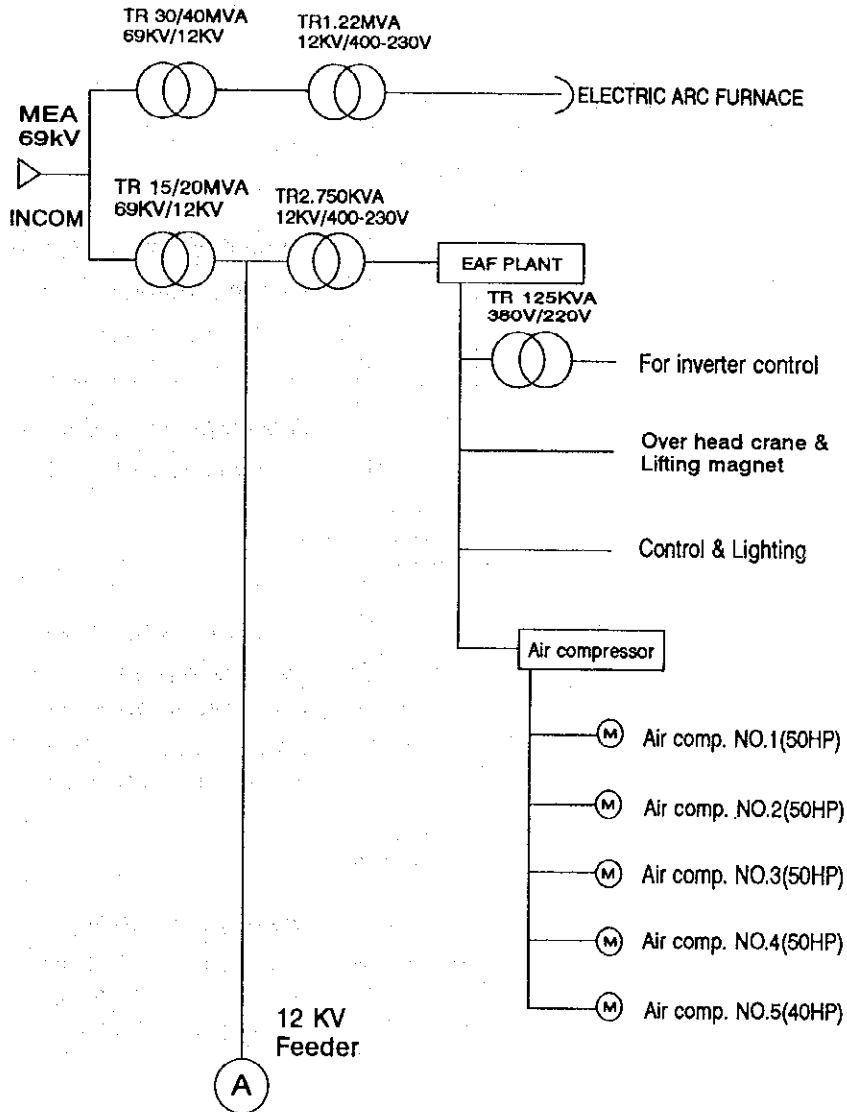


Figure 8.1.10 (b) Single Line Diagram

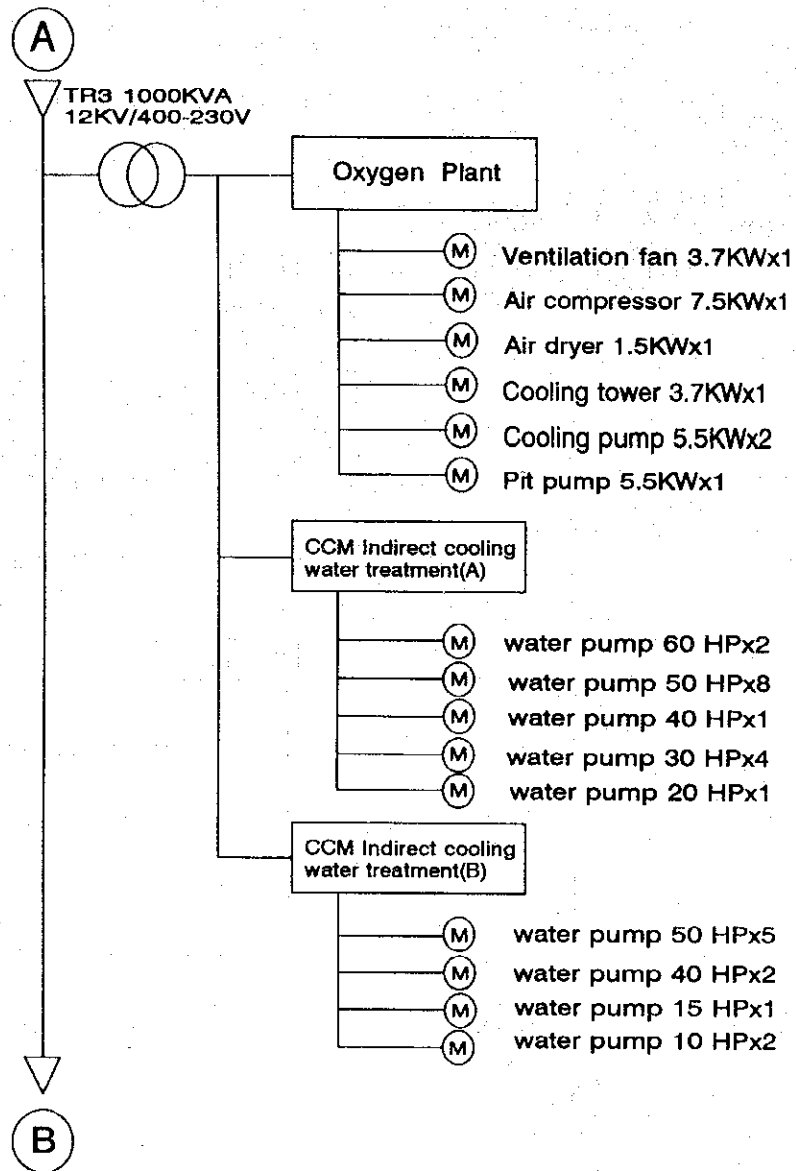


Figure 8.1.10 (c) Single Line Diagram

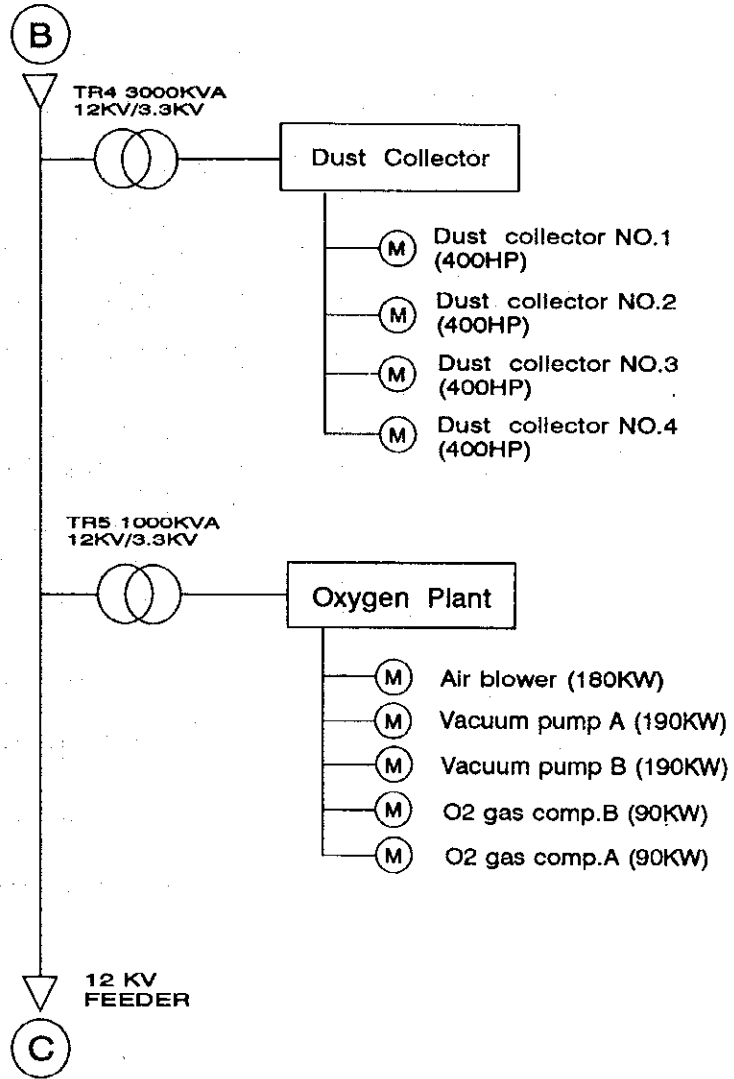


Figure 8.1.10 (d) Single Line Diagram

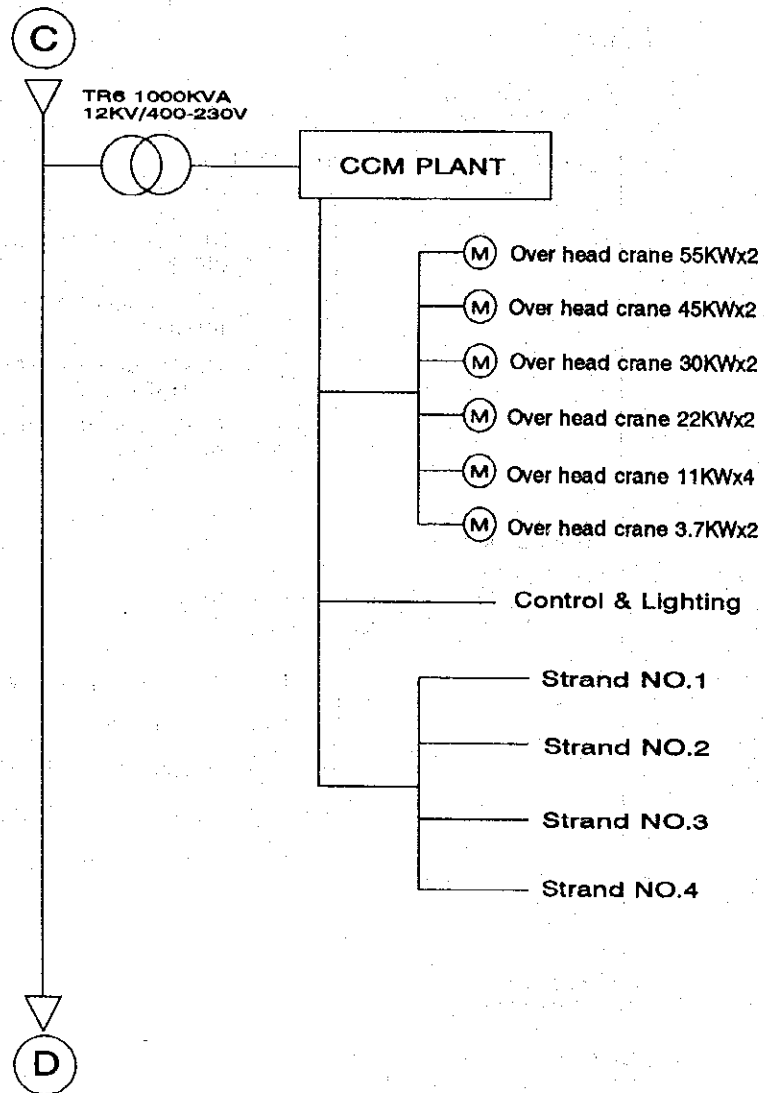


Figure 8.1.10 (e) Single Line Diagram

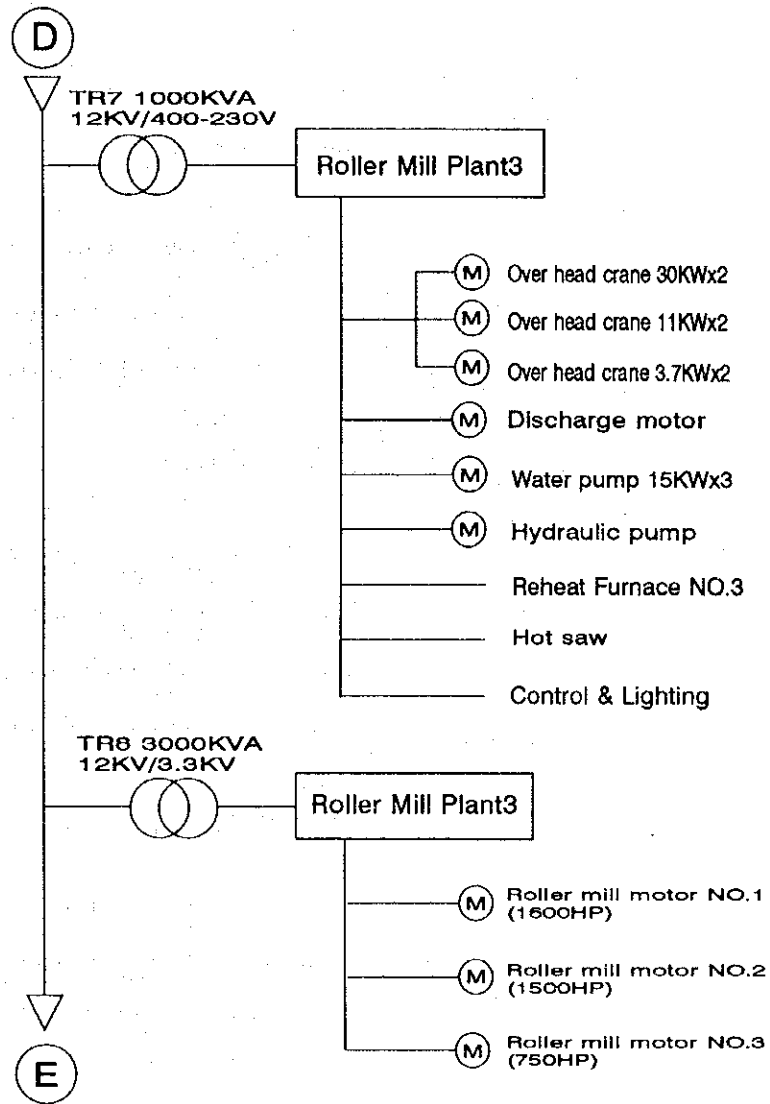


Figure 8.1.10 (f) Single Line Diagram

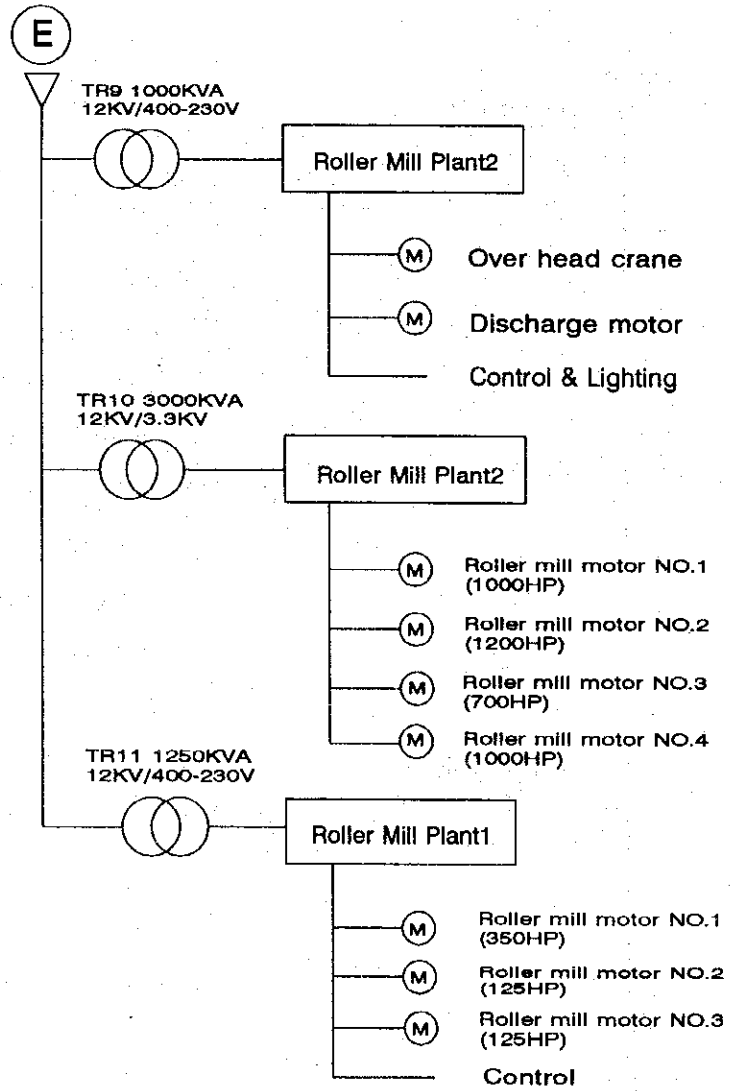


Table 8.1.5から、圧延機 プラント 3号機の測定電圧は低過ぎ、わずか368Vである。

この工場の第2回目の訪問時に、チームは各変圧器について、Table 8.1.6に示すような追加データを収集した。

Table 8.1.6 Rating and Measuring Load of Each Transformer

Measuring Date : Aug 5, 94									
Tr No.	rating			Measuring			Line		
	KVA	Volt	kW	V _L (V)	V _P (V)	I _p (A)	size (Sq.mm)	Qnt./phase	length (m)
2	750	400	231	379	220	443	Na	Na	0
				377	220	471			
				380	221	471			
3	1,000	400	24.1	401	226	49.1	50	3	120
				402	226	58.1			
				399	226	57.2			
3	1,000	400	487	404	235	837	185	3	40
				403	235	899			
				405	235	868			
6	1,000	380	172.1	401	Na	366	240	3	200
				415	Na	493			
				400	Na	458			
7	1,000	400	335	369	Na	959	185	4	150
				368	Na	1,017			
				368	Na	1,029			
9	1,000	380	256	363	Na	632	30	2	185
				360	Na	590			
				363	Na	643			
11	1,250	400	Na	Na	Na	Na	25	4	185

変圧器 7号機及び 9号機の主分電盤において測定した電圧は低過ぎ、それぞれ368V及び363Vしかない。変圧器のタップ調整による電圧増加が推奨される。

(2) 主要負荷の測定結果

アーク炉は大部分、すなわち76%の電力需要を消費する。25,500KVAの負荷は、変圧器の定格、12kV/400V及び22/26MVAに近い。他の変圧器(3,000, 1,250, 1,000及び750KVA)は低力率である。モーターの運転状態はTable 8.1.7(1), 8.1.7(2)及び8.1.7(3)に示す。

Table 8.1.7 (1) Operating State of Electric Load

		Measuring Dated : July 11-13, 94			
Division	Load	Rating			Speed
		kW	Hp	Volt	
EAF Plant					
-	Air Compressor#1		50	380	1,460
-	Air Compressor#3		50	380	1,460
-	Air Compressor#4		50	380	1,460
-	Air Compressor#5		50	380	1,460
CCM (A)					
CCM (B)					
Roller Mill Plant#1 Main					
-	Roller Mill Motor #1		350	380	588
-	Roller Mill Motor #2		125	380	1,590
-	Roller Mill Motor #3		125	380	1,590
Roller Mill Plant#2					
-	Motor & Crane				
Roller Mill Plant#2					
-	Motor Roller Mill #1		1,000	3,300	
-	Motor Roller Mill #2		1,200	3,300	
-	Motor Roller Mill #3		700	3,300	
-	Motor Roller Mill #4		1,000	3,300	
Roller Mill Plant#3					
	Main Water Pump		15*3		
-	Water Pump #1		15	380	1,655
-	Water Pump #2		15	380	1,655
-	Water Pump #3		15	380	1,655
Roller Mill Plant#3					
-	Motor Roller Mill #1		1,600	3,300	
-	Motor Roller Mill #2		1,500	3,300	
Dust Collector No. 1 - 4					
			400*4	3,300	

Table 8.1.7 (2) Operating State of Electric Load

		Measuring Dated : July 11-13, 94						
Division	Load	Measuring						
		kW	KVA	Volt	Ir (A)	Is (A)	It (A)	PF
EAF Plant								
-	Air Compressor#1	35.0	36	393	53.1	53.6	53.9	0.968
-	Air Compressor#3	37.7	40	397	58.0	59.2	59.0	0.945
-	Air Compressor#4	29.7	34	393	49.7	50.2	50.0	0.872
-	Air Compressor#5	24.4	28	382	42.5	42.5	42.0	0.878
CCM (A)		313.0	388	383	540	534	531	0.807
CCM (B)		259.9	288	387	477	423	429	0.904
Roller Mill Plant#1 Main								
		485~			no load		loaded	
		692.8						
-	Roller Mill Motor#1	138.6~	400		200		400-800	
		554.3						
-	Roller Mill Motor#2	69.3~	400		100		250	
		173.2						
-	Roller Mill Motor#3	34.6~	400		50		180	
		124.7						
Roller Mill Plant#2								
-	Motor & Crane	158.4		377	313	300	307	0.78
Roller Mill Plant#2								
		1,829~			no load		loaded	
		2,286						
-	Motor Roller Mill#1	285.8~	3,300			50	80-100	
		571.6						
-	Motor Roller Mill#2	342.9~	3,300			60	120	
		685.9						
-	Motor Roller Mill#3	285.8~	3,300			50	135	
		771.6						
-	Motor Roller Mill#4	457.3~	3,300			80	170	
		971.7						
Roller Mill Plant#3								
	Main Water Pump	46		387	79.9	77.9	77.9	0.87
-	Water Pump#1	14.74		387	26.4	26.4	26.4	0.83
-	Water Pump#2	14.74		387	26.6	26.6	26.6	0.83
-	Water Pump#3	14.74		387	26.6	26.6	26.6	0.83
Roller Mill Plant#3								
-	Motor Roller Mill#1	905.4		3,300				
-	Motor Roller Mill#2	1,118.0		3,300				

Table 8.1.7 (3) Operating State of Electric Load

		Measuring Dated : July 11-13, 94					
Division	Load	Measuring					
		kW	KVA	Volt	Ir (A)	Is (A)	It (A)
Dust Collector							
-	Dust Collector#1	285.8	3,300		50		
-	Dust Collector#2	240.1	3,300		42		
-	Dust Collector#3	308.7	3,300		54		
-	Dust Collector#4	411.5	3,300		72		

アーク炉工場では、空気圧縮機 1 号機及び 3 号機の力率が高すぎる。表示の時間的変動によるエラーがあると思われる。

圧延工場 No.2 圧延機では、広い範囲で 2 基のローラー 3 号機及び 4 号機のモーターは、ピーク負荷において、定格 kVA を超えている。

この工場の第 2 回目の訪問時に、チームは各ポンプのモーターについて、Table 8.1.8 に示すような追加データを収集した。

Table 8.1.8 Rating and Measuring of Motor Water Pump From CCM

		Measuring Date : Aug 5, 94									
No	Hp	Rating			kW	Measuring					
		Volt	Hz	A		V _{rs} (V)	V _{rt} (V)	V _{st} (V)	Ir (A)	Is (A)	It (A)
1	30	380	50	21.0/43.4							
2	50	380	50	68	45.2	370	369	371	84.5	82.8	81.0
3	40	380	50	33.7/58.5							
4	30	380	50	41							
5	60	380	50	86	41.7	366	368	366	72.8	72.6	69.2

ポンプのモーターの電圧は非常に低い。誘導電動機の効率は低下する。

8.1.3.4 電力における問題点、対策、効果

(1) アーク炉 (EAF)

工場の電気エネルギー消費の大部分はアーク炉で使用されるため、調査の対象は生産時間及び電気エネルギー消費に向けるのがよい。

1) EAF の改善

溶解時間、スクラップ投入回数、投入量及び電力消費量のデータを、JICA 及び

DEDP の職員による合同調査のアーケ炉運転記録から収集する。これらのデータの解析方法は統計的方法による。溶解時間、投入及び消費されたエネルギーの関係は、以下の諸項目に要約することができる。

(a) 1993年6月23日から25日のデータにより、溶解時間と溶解電力消費の関係を Table 8.1.9及び Fig. 8.1.11に示す。

この関係は次の回帰式で表される。

$$Y = 1.3536x + 39.1466$$

Y = 電力消費量 ('00 kWh)

x = 溶解時間 (min)

この関係は危険率0.5%にて有意である。

Table 8.1.9 The Relation between Melting Power Consumption and Melting Time

Date	No	Melting Time (min)	Electric Consumption '00 kWh	Calculation				
				x	y	u = x - 45	v = y - 100	u ²
25/6/94	1	54	138	9	38	81	1444	342
	2	46	111	1	11	1	121	11
	3	60	124	15	24	225	576	360
	4	45	86	0	-14	0	196	0
	5	51	104	6	4	36	16	24
	6	48	110	3	10	9	100	30
	7	54	114	9	14	81	196	126
	8	60	115	15	225	225	225	
24/6/94	9	44	109	-1	9	1	81	-9
	10	42	91	-3	-9	81	27	
	11	46	110	1	10	1	100	10
	12	46	112	1	12	1	144	12
	13	36	86	-9	-14	81	196	126
	14	49	107	4	7	16	49	28
	15	43	102	-2	2	4	4	-4
	16	50	90	5	-10	25	100	-50
	17	45	61	0	-39	0	1521	0
	18	61	116	16	16	256	256	256
	19	41	98	-4	-2	16	4	8
	20	47	109	2	9	4	81	18
	23/6/94	21	53	101	8	1	64	1
22		46	116	1	16	1	256	16
23		43	107	-2	7	4	49	-14
24		42	94	-3	-6	9	36	18
25		32	83	-13	-17	169	289	221
26		39	97	-6	-3	36	9	18
27		29	74	-16	-26	256	676	416
28		50	93	5	-7	25	49	-35
29		45	109	0	9	0	81	0
30		41	87	-4	-13	16	169	52
31		47	102	2	2	4	4	4
Total n =		31	Σ	40	56	1656	7110	2244

$\bar{U} = 1.2903$ $\bar{X} = 46.290355$
 $\bar{V} = 1.8065$ $\bar{Y} = 101.8065$

$S_u = 1,656 - 51.61290 = 1,604.3871$ $S_x = 1,604.3871$
 $S_v = 7,110 - 101.1612 = 7,008.8387$ $S_y = 7,008.8387$
 $S_{uv} = 2,244 - 72.2581 = 2,171.7419$ $S_{xy} = 2,171.7419$

$b = 1.3536$

$y - 101.8065 = 1.3536(x - 46.2903)$

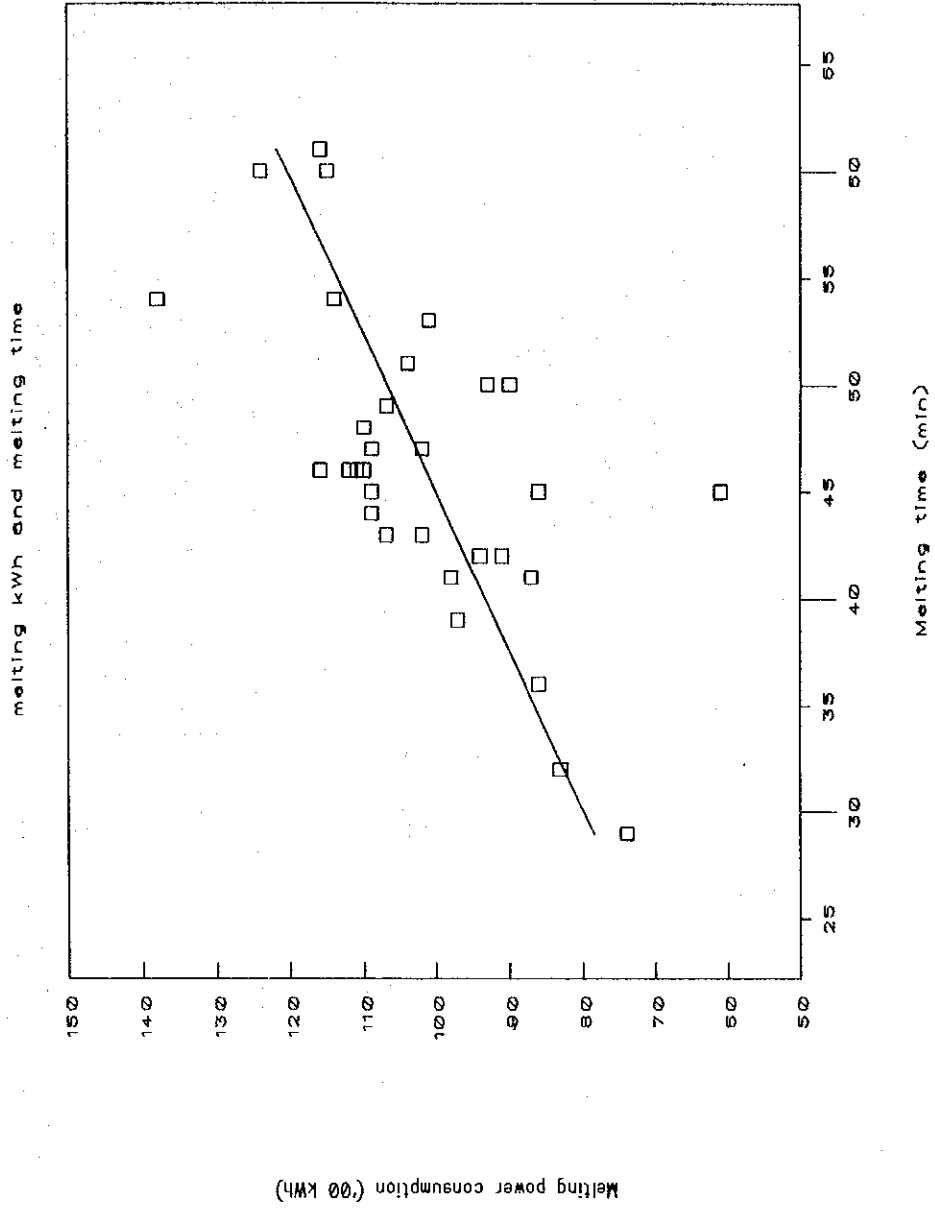
$y = 1.3536x + 39.1466$

$S_{xy}^2/S_x = 2,939.7288$
square root of $S_x S_y = 3,353.3402$

therefore,
 $r = 0.647635$ $r =$ correlation factor
 $r^2 = 0.42$ $r^2 =$ contribute factor

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial Variance	Impartial Variance Ratio	Remark
Revolution	2,939.7288	1	2,939.7288	20.951	$F^1_{0.005} = 9.23 - 20.951$
Rest	4,069.1099	29	140.3141		
Total	7,008.8387	30			

Figure 8.1.11 The Relation between Melting kWh and Melting Time



アーク炉で使用される溶解電力を Table 8.1.10に示す。

Table 8.1.10 Melting Power Consumption Distribution

Range KWH	frequency	sum	%
135.1~140	1	31	
130.1~135			
125.1~130			
120.1~125	1	30	96.8
115.1~120	2	29	93.6
110.1~115	4	27	87.1
105.1~110	7	23	74.2
100.1~105	4	16	51.6
95.1~100	2	12	38.7
90.1~95	3	10	32.3
85.1~90	4	7	22.6
80.1~85	1	3	9.7
75.1~80	0	2	6.5
70.1~75	1	2	6.5
65.1~70	0	1	3.2
60.1~65	1		

全てのデータを Fig. 8.1.12の確率紙にプロットして示す。溶解時間分布は Fig. 8.1.13に示す。

この分布曲線から、2つの傾向がわかる。溶解電力量を制限する方法は線1に近付け、低パーセンテージの条件で運転することである。

Figure 8.1.12 Melting Power Consumption Distribution

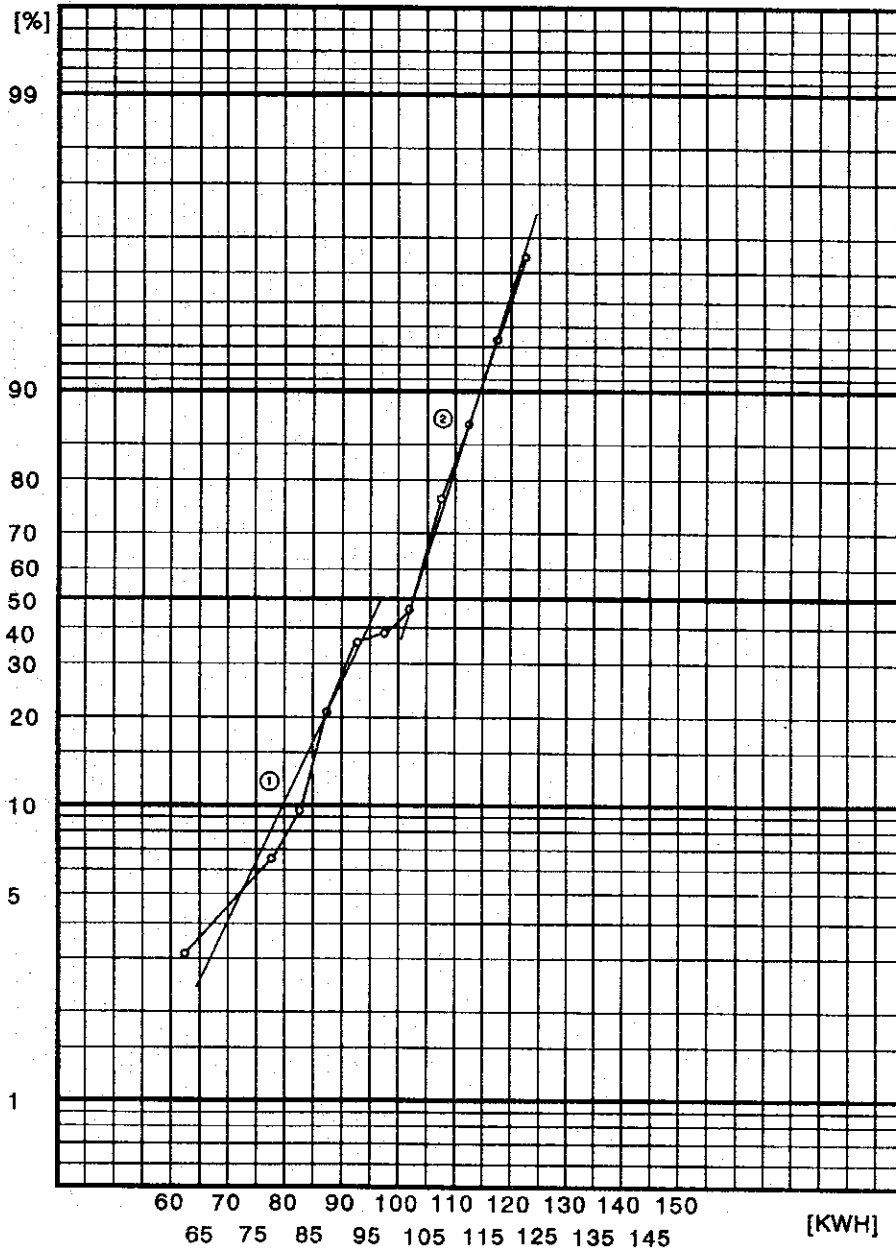
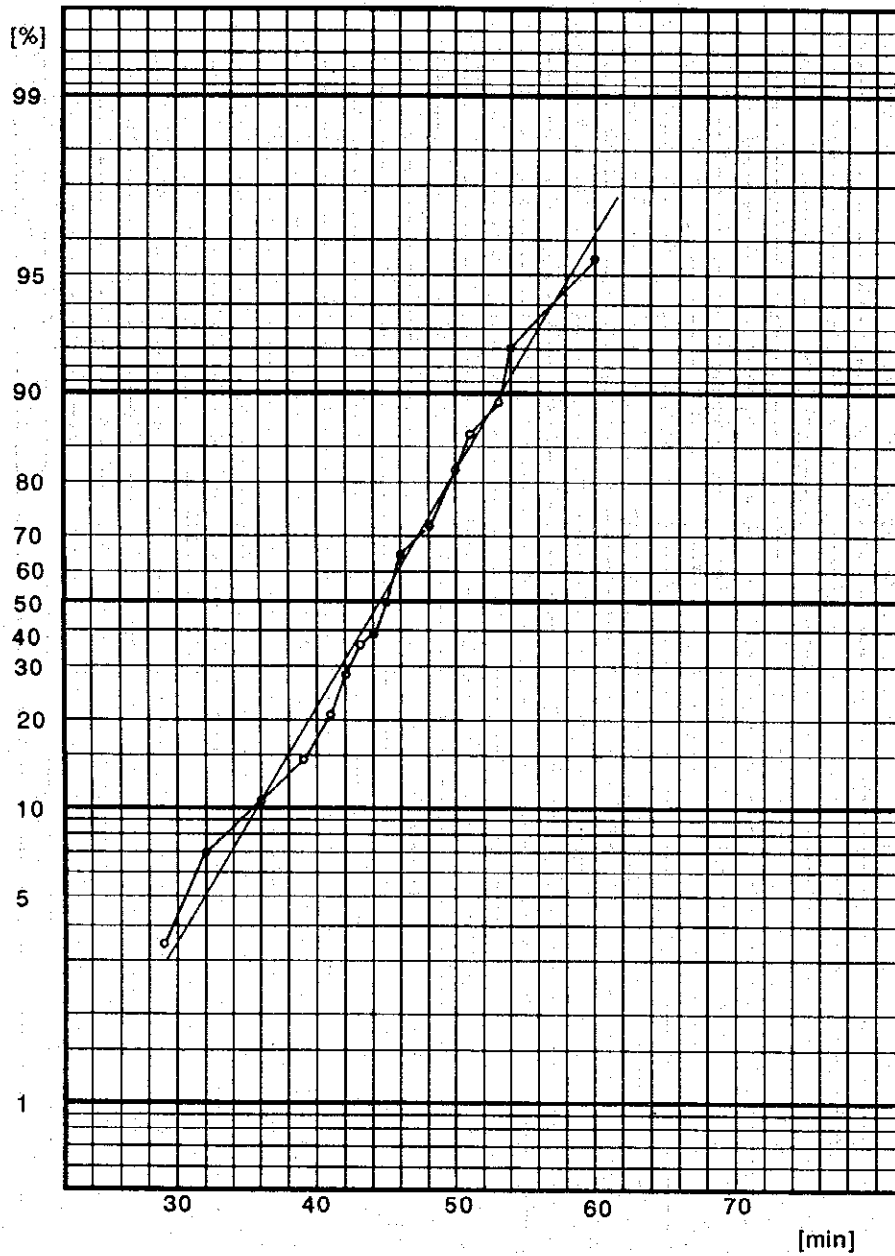


Figure 8.1.13 EAF Melting Time Distribution



(b) 1994年6月23日から25日のデータにより、酸化・スラグ オフ・精錬時間と電力消費の間の関係を Table 8.1.11及び Fig. 8.1.14に示す。

この関係は次の回帰式で表される。

$$Y = 1.1684x + 38.3964$$

Y = 電力消費量 ('00 kWh)

x = 時間 (min)

この関係は危険率0.5%にて有意である。

Table 8.1.11 The Relation between Power Consumption and Oxidizing-Slag Off-Refining Time

Date	No	Ox, Sl, Re		Electric Consumption '00 kWh	Calculation					
		Time (min)			u = x - 30	v = y - 70	u ²	v ²	uv	
25/6/94	1	x	y	87	4	17	16	289	68	
	2			58	-9	-12	81	144	108	
	3			67	-7	-3	49	9	21	
	4			60	14	-10	196	100	-140	
	5			60	-7	-10	49	100	70	
	6			55	-8	-15	64	225	120	
	7			68	-6	-2	36	4	12	
	8			90	9	20	81	400	180	
24/6/94	9			64	-5	-6	25	36	30	
	10			42	-14	-28	196	784	392	
	11			71	-1	1	1	1	-1	
	12			83	-2	13	4	169	-26	
	13			104	0	34	0	1156	0	
	14			80	0	10	0	100	0	
	15			70	-3	0	9	0	0	
	16			50	1	-20	1	400	-20	
	17			83	20	13	400	169	260	
	18			51	-11	-19	121	361	209	
23/6/94	19			97	6	27	36	729	162	
	20			75	-3	5	9	25	-15	
	21			54	-9	-16	81	256	144	
	22			71	1	1	1	1	1	
	23			67	-8	-3	64	9	24	
	24			80	-4	10	16	100	-40	
	25			101	3	31	9	961	93	
	26			83	0	13	0	169	0	
	27			53	-7	-17	49	289	119	
	28			76	6	6	36	36	36	
	29			74	-3	4	9	16	-12	
	30			72	-4	2	16	4	-18	
	31			69	-6	-1	36	1	6	
Total n =		31	Σ		-53	45	1691	7043	1793	

$$\bar{U} = -1.7097$$

$$\bar{V} = 1.4516$$

$$\bar{X} = 28.2903$$

$$\bar{Y} = 71.4516$$

$$S_u = 1,691 - 90.61290 = 1,600.3871$$

$$S_v = 7,043 - 65.32258 = 6,977.6774$$

$$S_{uv} = 1,793 - 76.9354 = 1,869.9355$$

$$S_x = 1,600.3871$$

$$S_y = 6,977.9774$$

$$S_{xy} = 1,869.9355$$

$$b = 1.1684$$

$$y - 71.4516 = 1.1684(x - 28.2903)$$

$$y = 1.1684x + 38.3964$$

$$S_{xy}/S_x = 2,184.8831$$

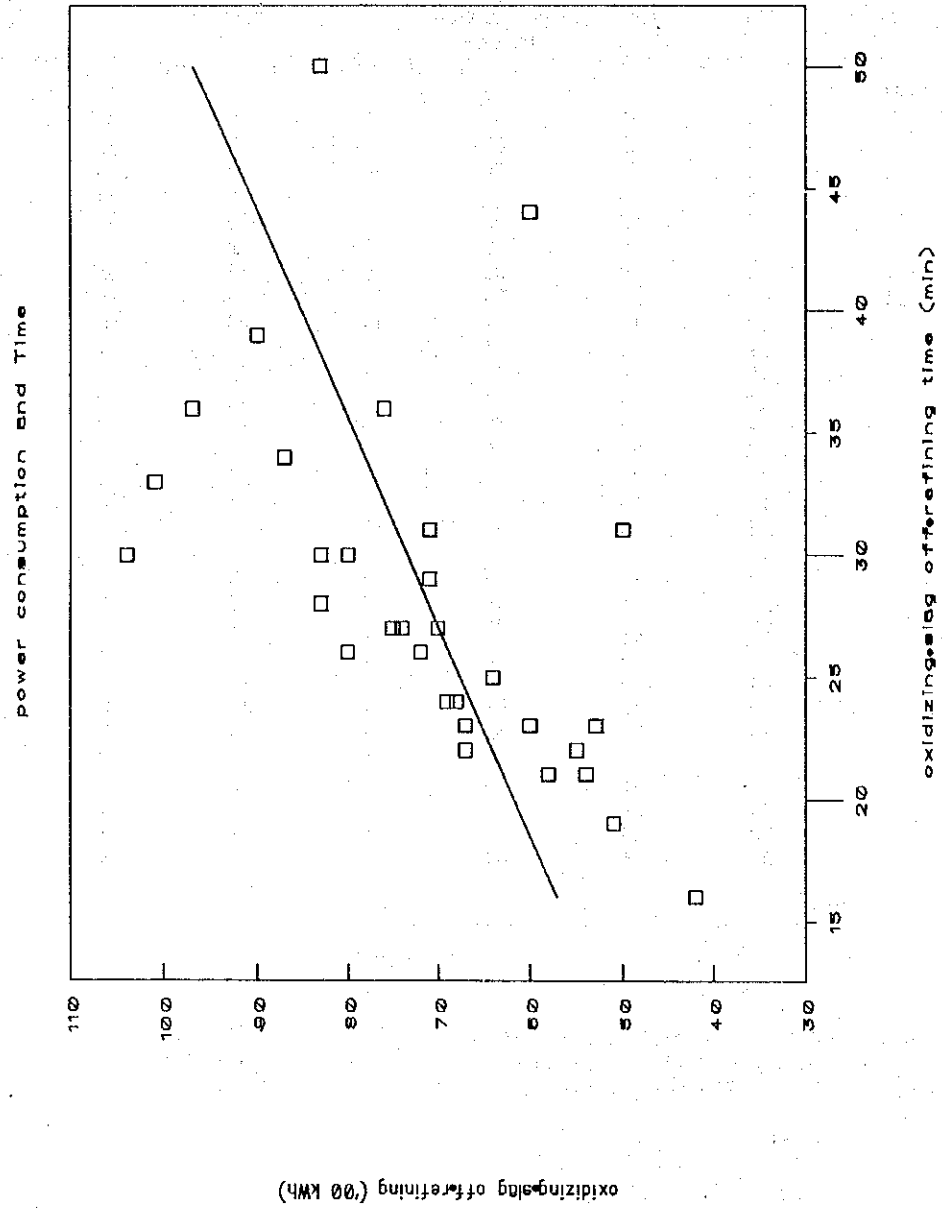
$$\text{square root of } S_x S_y = 3,341.7039$$

$$r = 0.559575 \quad r = \text{correlation factor}$$

$$r^2 = 0.31 \quad r^2 = \text{contributing factor}$$

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial Variance	Impartial Variance Ratio	Remark
Revolution	2,184.8831	1	2,184.8831	13.22	$F_{1,29}^{0.005} = 9.23 < 13.22$
Rest	4,792.7943	29	164.2688		
Total	6,977.6774	30			

Figure 8.1.14 The Relation between Power Consumption and Oxidizing Slag Off-Refining Time



酸化・スラグ オフ・精錬期間の電力消費について、分布曲線を Fig. 8.1.15に又、時間分布を Fig. 8.1.16に示す。

この結果により、酸化・スラグ オフ・精錬時間について、下記が必要であることがわかる。

- 例えば成分調整を最小にすること。
- 作業の標準化。

Figure 8.1.15 Oxidizing·Slag Off·Refining Power Consumption Distribution

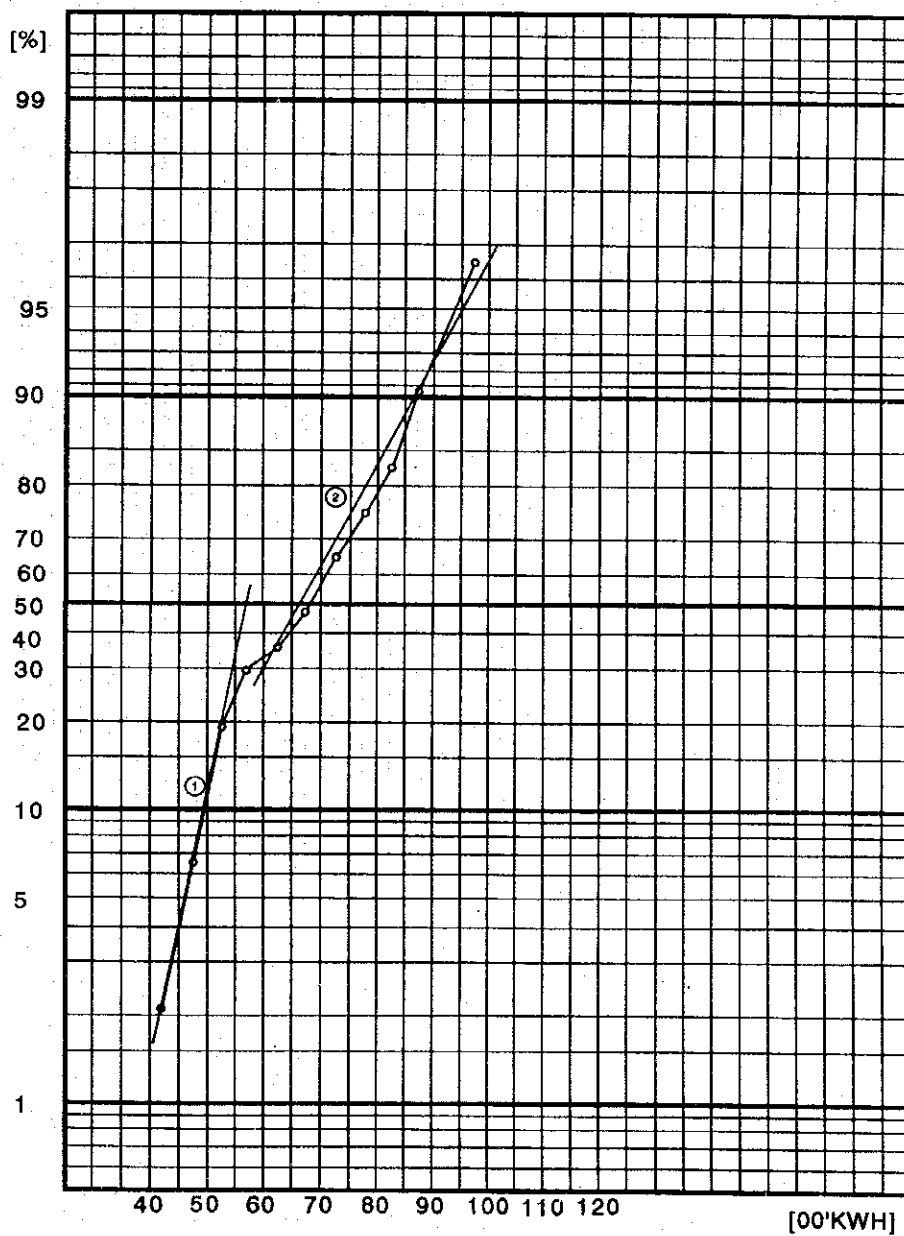
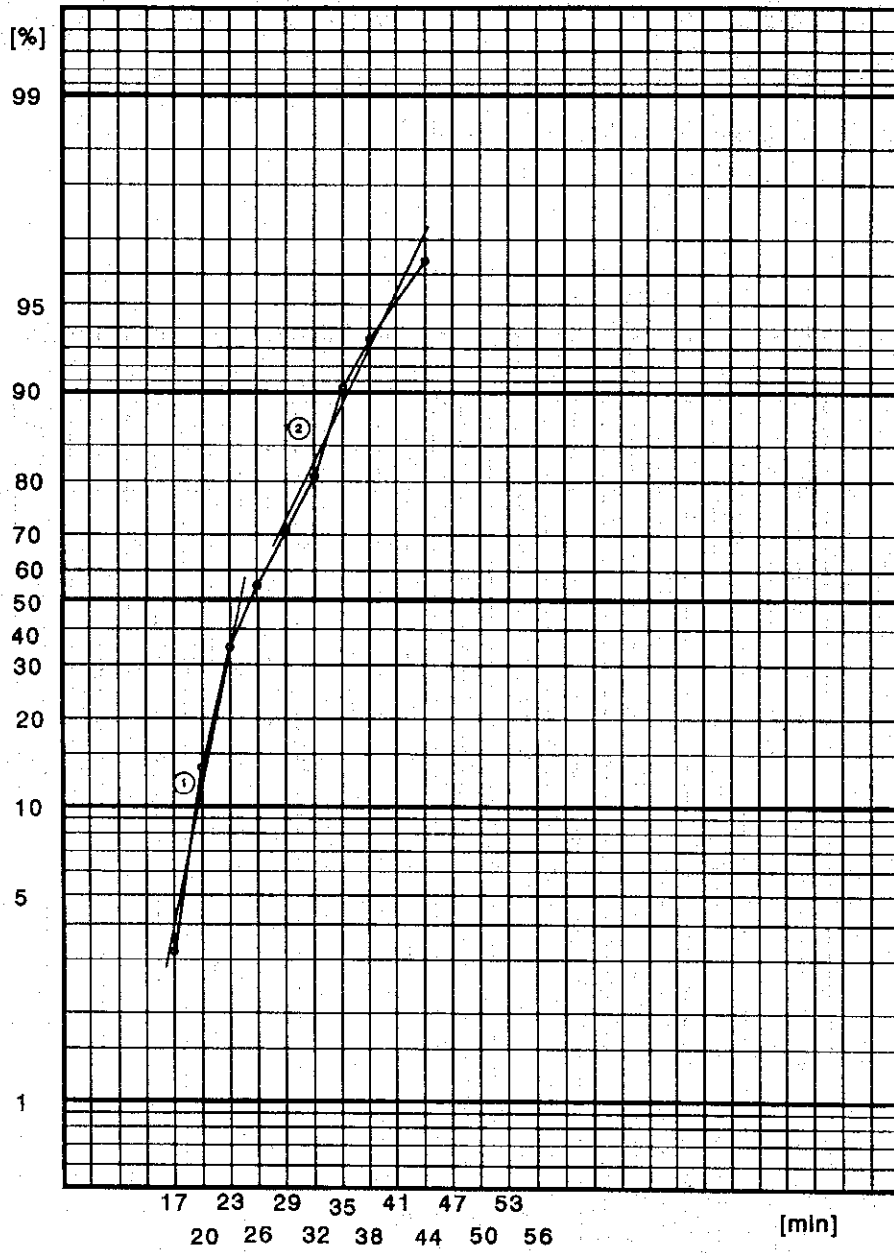


Figure 8.1.16 Oxidizing-Slag off-Refining Time Distribution



(c) 8月2日から4日のデータを Table 8.1.12に示す。

a) Table 8.1.12のデータにより、ビレット生産量と投入量の間を Fig. 8.1.17に示す。

Fig. 8.1.17は、上記間に関係がないことを示しているが問題が幾つかあると考えられる。即ち、

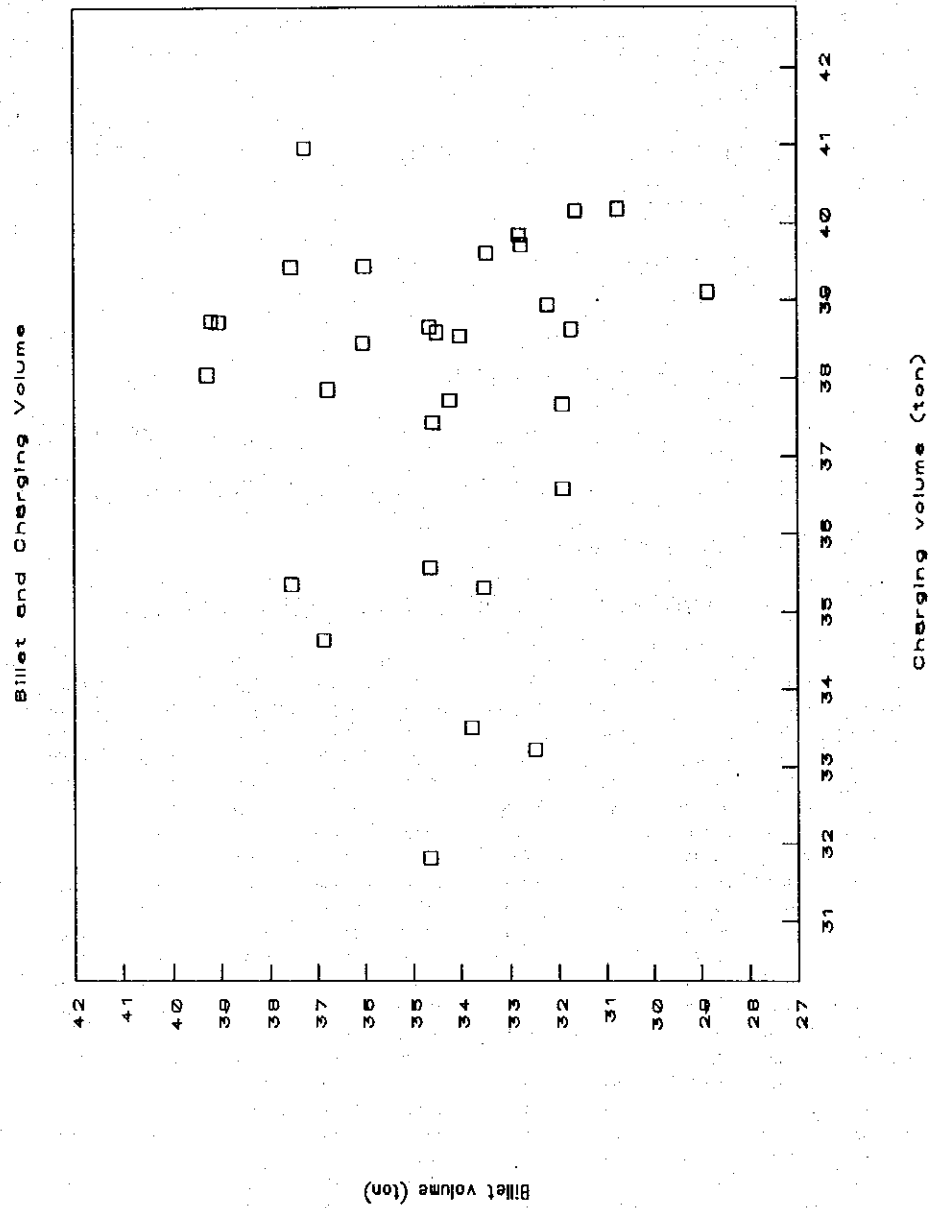
- (1) 測定器の精度
- (2) 測定精度
- (3) 特に、投入量測定器及び測定

この問題を含め、Table 8.1.12のデータを解析して、興味ある結果が得られた。次にこのような興味ある結果を説明するが、計算には欠測値は使用せず、明確で正しい値だけを使用する。

Table 8.1.12 Data Collecting from EAF Operating Record

Date	No	Weight		Electric power consumption			Billet				Charging Number	
		(Kg)	Charging (Kg)	Melting ('00 Kwh)	Total ('00 Kwh)	Billet (Ton)	Charging (Ton)	Melting ('00 Kwh/ton)	Total ('00 Kwh/ton)	Melting ('00 Kwh/ton)		Total ('00 Kwh/ton)
2/8/94	1	33,451	39,620	104	190	33,451	39,620	3.109	5.680	2.625	4.796	3
	2	37,259	40,970	109	178	37,259	40,970	2.925	4.777	2.680	4.345	3
	3	34,567	37,440	98	159	34,567	37,440	2.777	4.600	2.564	4.247	3
	4	33,768	33,510	82	146	33,768	33,510	2.428	4.324	2.447	4.357	2
	5	34,630	31,820	82	148	34,630	31,820	2.368	4.274	2.577	4.651	2
	6	36,876	34,630	89	148	36,876	34,630	2.413	4.013	2.570	4.274	3
	7	39,187	38,740	115	171	39,187	38,740	2.935	4.364	2.969	4.414	2
	8	34,637	35,570	84	154	34,637	35,570	2.425	4.446	2.382	4.329	2
	9	33,998	38,580	103	164	33,998	38,550	3.030	4.824	2.672	4.254	3
	10	31,901	37,670	98	171	31,901	37,670	3.072	5.360	2.602	4.539	3
	11	31,611	40,180	115	211	31,611	40,180	3.638	6.675	2.864	5.254	3
	12	36,032	38,460	100	172	36,032	38,460	2.775	4.774	2.600	4.472	2
	13	37,546	39,440	139	245	37,546	39,440	3.702	6.525	3.524	6.212	3
3/8/94	14	34,202	37,720	93	158	34,202	37,720	2.719	4.620	2.466	4.189	2
	15	37,542	35,350	80	154	37,542	35,350	2.131	4.102	2.283	4.356	2
	16	39,027	38,730	96	166	39,027	38,730	2.460	4.253	2.479	4.286	2
	17	39,286	38,050	100	154	39,286	38,050	2.545	3.920	2.628	4.047	2
	18	32,218		99	160	32,218		3.073	4.966			2
	19	32,767	39,850	86	171	32,767	39,850	2.684	5.215	2.208	4.291	2
	20	32,476	33,220	70	140	32,476	33,220	2.155	4.311	2.107	4.214	2
	21	30,723	40,180	90	158	30,723	40,180	2.929	5.143	2.240	3.932	2
	22	31,712	38,630	112	172	31,712	38,630	3.532	5.424	2.899	4.452	3
	23	29,015		96	145	29,015		3.309	4.997			3
	24	29,096		102	170	29,096		3.506	5.843			4
	25	32,196	38,950	105	170	32,196	38,950	3.261	5.280	2.696	4.365	3
	26	28,838	39,110	115	175	28,838	39,110	3.968	6.068	2.940	4.475	3
	27	36,005	39,450	120	177	36,005	39,450	3.333	4.916	3.042	4.487	4
4/8/94	28	33,540	35,310	96	142	33,540	35,310	2.862	4.234	2.719	4.022	2
	29	32,514		100	160	32,514		3.076	4.921			3
	30	37,495		105	144	37,495		2.800	3.841			5
	31	34,630	38,660	115	161	34,630	38,660	3.321	4.649	2.975	4.165	3
	32	36,775	37,660	110	165	36,775	37,660	2.991	4.487	2.905	4.356	2
	33	32,740	39,720	135	190	32,740	39,720	4.123	5.803	3.399	4.763	2
	34	34,470	38,590	84	163	34,470	38,590	2.437	4.729	2.177	4.224	3
	35	31,589		83	154	31,589		2.944	4.875			3
	36	33,058		113	165	33,058		3.418	4.991			4
	37	33,790		113	162	33,790		3.344	4.794			5
	38	29,370		123	191	29,370		4.168	6.503			4
	39	27,505		110	162	27,505		3.999	5.690			3
	40	30,980		113	164	30,980		3.650	5.297			4
	41	31,900	36,590	86	NA	31,900	36,590	2.696		2.350		3

Figure 8.1.17 The Relation between Billet and Charging Volume



b) 溶解時間，装入回数及び溶解 kWh の間の関係は Table 8.1.13 に示す。それらの関係は次の回帰式にて表わされる。

$$Z = 58.25234 + 0.6405x + 4.941y$$

Z = 電力消費量 ('00 kWh)

x = 溶解時間 (min)

y = 装入回数 (回数)

これらの関係は危険率 0.5% にて有意である。

溶解時間及び装入回数が減少すると，電力消費量は減少する。

Table 8.1.13 The Relation of Charging Number, Melting Time and Melting Power Consumption

Melting Time	Charging Number	Melting power consumption	Calculation							
			$u = X - 45$	$v = y - 2$	$w = z - 100$	u^2	v^2	w^2	uXv	vXw
0	1	4	0.000	1.000	16	0.00	4.00	0.00		
1	1	9	1.000	1.000	81	1.00	9.00	9.00		
-6	1	-4	36.000	1.000	16	-6.00	-4.00	24.00		
-12	0	-18	144.000	0.000	324	0.00	0.00	216.00		
-8	0	-18	64.000	0.000	324	0.00	0.00	144.00		
0	1	-11	0.000	1.000	121	0.00	-11.00	0.00		
4	0	15	16.000	0.000	225	0.00	0.00	60.00		
-10	0	-18	100.000	0.000	256	0.00	0.00	180.00		
26	1	3	676.000	1.000	9	26.00	3.00	78.00		
0	1	-2	0.000	1.000	4	0.00	-2.00	0.00		
0	1	15	0.000	1.000	225	0.00	15.00	0.00		
3	0	0	9.000	0.000	0	0.00	0.00	0.00		
12	1	39	144.000	1.000	1521	12.00	39.00	468.00		
0	0	-7	0.000	0.000	49	0.00	0.00	0.00		
-10	0	-20	100.000	0.000	400	0.00	0.00	200.00		
-5	0	-4	25.000	0.000	16	0.00	0.00	20.00		
0	0	0	0.000	0.000	0	0.00	0.00	0.00		
-3	0	-1	9.000	0.000	1	0.00	0.00	3.00		
-7	0	-12	49.000	0.000	144	0.00	0.00	84.00		
-9	0	-30	81.000	0.000	900	0.00	0.00	270.00		
15	0	-10	225.000	0.000	100	0.00	0.00	-150.00		
3	1	12	9.000	1.000	144	3.00	12.00	36.00		
-6	1	-4	36.000	1.000	16	-6.00	-4.00	24.00		
0	2	2	0.000	4.000	4	0.00	4.00	0.00		
1	1	5	1.000	1.000	25	1.00	5.00	5.00		
0	1	15	0.000	1.000	225	0.00	15.00	0.00		
1	2	20	1.000	4.000	400	2.00	40.00	20.00		
-6	0	-4	36.000	0.000	16	0.00	0.00	24.00		
6	1	0	36.000	1.000	0	6.00	0.00	0.00		
7	3	5	49.000	9.000	25	21.00	15.00	35.00		
2	1	15	4.000	1.000	225	2.00	15.00	30.00		
8	0	10	64.000	0.000	100	0.00	0.00	80.00		
10	0	35	100.000	0.000	1225	0.00	0.00	350.00		
11	1	-18	121.000	1.000	256	11.00	-18.00	-178.00		
15	1	-7	225.000	1.000	49	15.00	-7.00	-105.00		
3	2	13	9.000	4.000	169	6.00	26.00	39.00		
12	3	13	144.000	9.000	169	36.00	39.00	156.00		
1	2	23	1.000	4.000	529	2.00	46.00	23.00		
4	1	10	16.000	1.000	100	4.00	10.00	40.00		
16	2	13	256.000	4.000	169	32.00	26.00	206.00		

n = 40	\bar{X} = 79	\bar{Y} = 33	\bar{Z} = 92	$\sum u^2$ = 2787	$\sum v^2$ = 55	$\sum w^2$ = 8578	$\sum uXv$ = 188	$\sum vXw$ = 279	$\sum wXu$ = 2375
\bar{U} =	1.9750	S_u =	2630.9750	b =	0.6405				
\bar{V} =	0.8250	S_v =	27.7750	c =	4.9410				
\bar{W} =	2.3000	S_w =	8366.4000	a =	58.252349				
\bar{X} =	46.9750	S_x =	2630.9750	$bS_{xz} + cS_{yz}$ =	2408.4125				
\bar{Y} =	2.8250	S_y =	27.7750	$S_z = S_z - (bS_{xz} + cS_{yz}) =$	5857.9875				
\bar{Z} =	102.3000	S_z =	8366.4000						
		S_{uv} =	102.8250	S_{xy} =	102.825				
		S_{vw} =	203.1000	S_{yz} =	203.1				
		S_{wu} =	2193.3000	S_{zx} =	2193.3				
	$Z =$	58.25234	+	0.6405 x	+	4.9410 y			

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remark
Revolution	2,408.4125	2	1204.2063	7.4783	$F_2(0.005) = 6.35 < 7.4783$
Rest	5,957.9875	37	161.0267		30
Total	8,366.4000	39			

c) 装入量, 溶解時間及び溶解 kWh の間の関係を Table 8.1.14 に示す。それらの関係は次の回帰式で説明される。

$$Z = -64.1788 + 3.8674 x + 0.4073 y$$

Z = 電力消費量 ('00 kWh)

x = 溶解時間 (min)

y = 装入量 (t)

これらの関係は危険率 0.5% にて有意義である。

装入量及び溶解時間が増大すると, 電力消費量は増大する。

溶解電力消費量と装入量の間関係は Fig. 8.1.18 に示す。

Table 8.1.14 The Relation of Charging Volume, Melting Time and Melting Power Consumption

30	Charging (Ton)		Melting Time		Melting power consumption		Calculation				
	u = X - 35	v = y - 45	w = z - 100	u ²	v ²	w ²	uXv	vXw	wXu		
	4.62	0	4	21.344	0.000	16	0.00	0.00	18.48		
	5.97	1	9	35.641	1.000	81	5.97	9.00	53.73		
	2.44	-8	-4	5.954	36.000	16	-14.64	24.00	-9.78		
	-1.49	-12	-18	2.220	144.000	324	17.88	216.00	26.82		
	-3.18	-8	-18	10.112	64.000	324	25.44	144.00	57.24		
	-0.37	0	-11	0.137	0.000	121	0.00	0.00	4.07		
	3.74	4	15	13.988	16.000	225	14.96	60.00	58.10		
	0.57	-10	-18	0.325	100.000	256	-5.70	180.00	-9.12		
	3.55	20	3	12.602	676.000	9	92.30	78.00	10.85		
	2.67	0	-2	7.129	0.000	4	0.00	0.00	-5.34		
	5.16	0	15	26.626	0.000	225	0.00	0.00	77.40		
	3.46	9	0	11.972	9.000	0	10.38	0.00	0.00		
	4.44	12	39	19.714	144.000	1521	53.28	468.00	173.18		
	2.72	0	-7	7.398	0.000	49	0.00	0.00	-19.04		
	0.35	-10	-20	0.123	100.000	400	-3.50	200.00	-7.00		
	3.73	-5	-4	13.913	25.000	16	-18.65	20.00	-14.92		
	3.05	0	0	9.302	0.000	0	0.00	0.00	0.00		
	4.85	-7	-12	23.523	49.000	144	-33.95	84.00	-58.20		
	-1.78	-9	-30	3.168	81.000	900	16.02	270.00	53.40		
	5.16	15	-10	26.632	225.000	100	77.70	-150.00	-51.80		
	3.63	3	12	13.177	9.000	144	10.89	36.00	43.56		
	3.95	1	5	15.603	1.000	25	3.95	5.00	19.75		
	4.11	0	15	16.892	0.000	225	0.00	0.00	61.65		
	4.45	1	20	19.803	1.000	400	4.45	20.00	89.00		
	0.31	-8	-4	0.096	36.000	16	-1.88	24.00	-1.24		
	3.66	2	15	13.396	4.000	225	7.32	30.00	54.90		
	2.80	8	10	8.180	64.000	100	22.88	80.00	28.60		
	4.72	10	35	22.278	100.000	1225	47.20	350.00	165.20		
	3.50	11	-16	12.888	121.000	256	38.48	-176.00	-57.44		
	1.59	-8	-14	2.528	64.000	196	-12.72	112.00	-22.26		

n = 30 Σ 82.55 18 11 376.8025 2070 7543 359.09 2064 737.59

\bar{U} = 2.7517 S_u = 149.7124 b = 3.8674

\bar{V} = 0.5333 S_v = 2061.4667 c = 0.4073

\bar{W} = 0.3667 S_w = 7538.9667 a = -64.17888

\bar{X} = 37.7517 S_x = 149.7124 bS_{xz} + cS_{yz} = 3573.7770

\bar{Y} = 45.5333 S_y = 2061.4667 S_{.z} = S_z - (bS_{xz} + cS_{yz}) = 3965.1897

\bar{Z} = 100.3667 S_z = 7538.9667

S_{uv} = 315.0633 S_{xy} = 315.06333

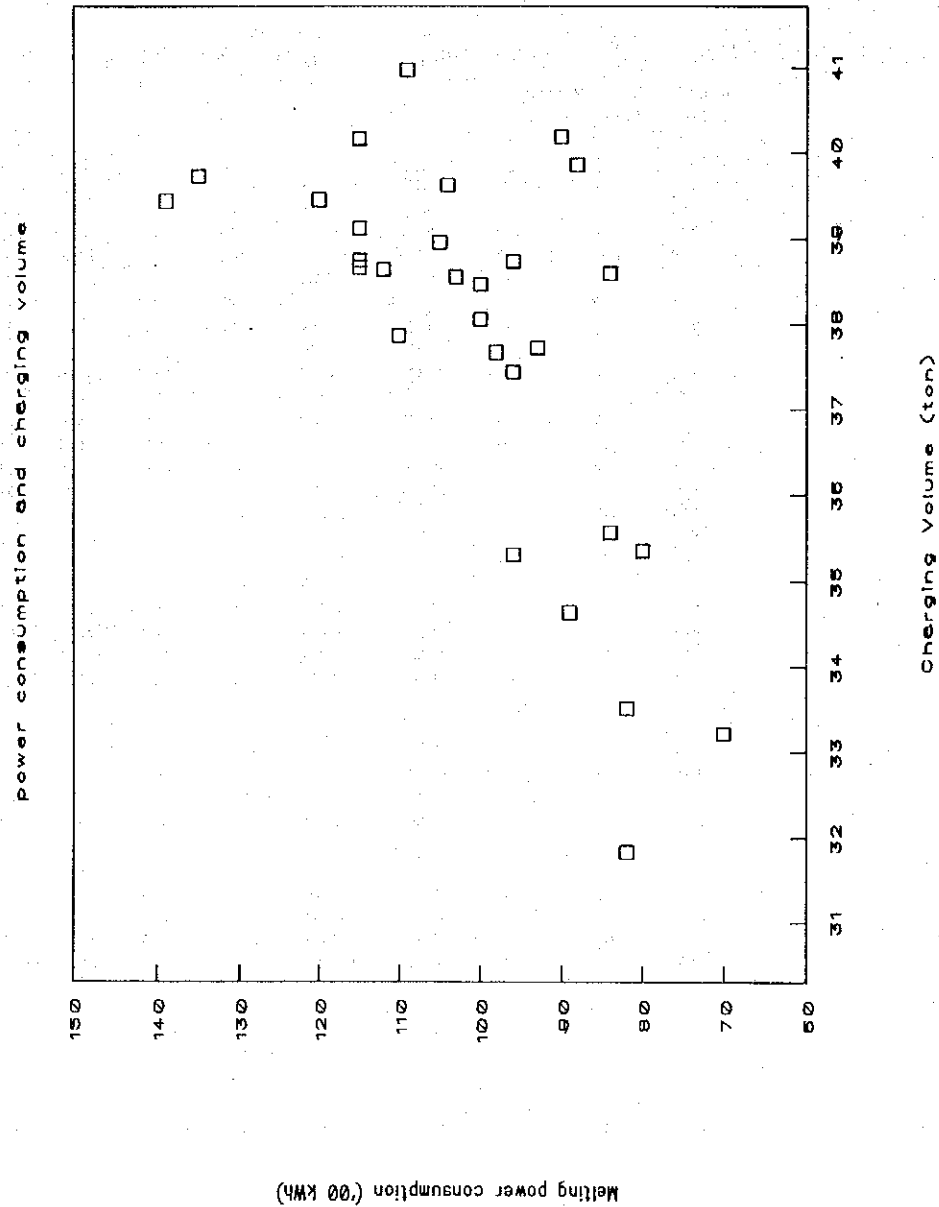
S_{vw} = 2058.1333 S_{yz} = 2058.1333

S_{wu} = 707.3217 S_{zx} = 707.32166

Z = -64.1788 + 3.8674 x + 0.4073 y

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remark
Revolution	3,573.7770	2	1786.8885	12.1674	F _{2(0.005)} = 8.49 < 12.1674
Rest	3,965.1897	27	146.8589		29
Total	7,538.9667	29			

Figure 8.1.18 The Relation between Melting Power Consumption and Charging Volume



d) ビレット生産量，溶解時間及び溶解電力消費の間の関係は Table 8.1.15に示す。

それらの関係は次の回帰式で表わされる。

$$Z = 62.76774 - 0.0335x + 0.8616y$$

Z = 電力消費量 ('00 kWh)

x = ビレット生産量 (t)

y = 溶解時間 (min)

これらの関係は危険率0.5%にて有意である。

溶解時間が増大し，ビレット生産量が減少すると，電力消費量は増大する。

ビレット生産量との関係には疑問があるビレット生産量の寄与は小さい。

Table 8.1.15 The Relation of Billet Volume, Melting Time and Melting Power Consumption

41	Billet (Ton)			Melting Time			Melting power consumption			Calculation		
	30	45	100	u = X - 30	v = y - 45	w = z - 100	u ²	v ²	w ²	uXv	vXw	wXu
	3.451	0	4	11.909	0.000	16	0.00	0.00	13.80			
	7.250	1	9	92.693	1.000	81	7.26	9.00	65.33			
	4.567	-6	-4	20.857	36.000	16	-27.40	24.00	-18.27			
	3.768	-12	-18	14.198	144.000	324	-45.22	216.00	-67.82			
	4.630	-8	-18	21.437	64.000	324	-37.04	144.00	-83.34			
	6.676	0	-11	47.279	0.000	121	0.00	0.00	-75.64			
	9.187	4	15	84.401	16.000	225	36.75	60.00	137.80			
	4.637	-10	-16	21.502	100.000	256	-46.37	160.00	-74.19			
	3.968	26	3	15.984	676.000	9	103.85	78.00	11.98			
	1.901	0	-2	3.614	0.000	4	0.00	0.00	-3.80			
	1.811	0	15	2.595	0.000	225	0.00	0.00	24.17			
	6.032	3	0	36.385	9.000	0	18.10	0.00	0.00			
	7.540	12	36	56.942	144.000	1521	90.55	468.00	264.29			
	4.202	0	-7	17.657	0.000	49	0.00	0.00	-29.41			
	7.542	-10	-20	56.882	100.000	400	-75.42	200.00	-150.84			
	9.027	-5	-4	81.487	25.000	16	-45.14	20.00	-36.11			
	9.286	0	0	86.230	0.000	0	0.00	0.00	0.00			
	2.218	-3	-1	4.920	9.000	1	-6.65	3.00	-2.22			
	2.787	-7	-12	7.767	49.000	144	-19.51	84.00	-33.44			
	2.478	-9	-30	6.131	81.000	900	-22.28	270.00	-74.28			
	0.723	15	-10	0.523	225.000	100	10.84	-150.00	-7.23			
	1.712	3	12	2.931	9.000	144	5.14	36.00	20.54			
	-0.985	-6	-4	0.970	36.000	16	5.91	24.00	3.94			
	-0.904	0	2	0.817	0.000	4	0.00	0.00	-1.81			
	2.196	1	5	4.822	1.000	25	2.20	5.00	10.98			
	-1.182	0	15	1.350	0.000	225	0.00	0.00	-17.43			
	6.005	1	20	36.060	1.000	400	6.01	20.00	120.10			
	3.540	-6	-4	12.532	36.000	16	-21.24	24.00	-14.16			
	2.514	6	0	6.320	36.000	0	15.08	0.00	0.00			
	7.465	7	5	56.175	49.000	25	52.48	35.00	37.47			
	4.630	2	15	21.437	4.000	225	9.28	30.00	69.45			
	6.775	8	10	45.901	64.000	100	54.20	80.00	67.75			
	2.740	10	35	7.508	100.000	1225	27.40	350.00	95.80			
	4.470	11	-18	19.981	121.000	256	49.17	-176.00	-71.52			
	1.589	15	-7	2.525	225.000	49	23.83	-105.00	-11.12			
	3.058	3	13	9.351	9.000	169	9.17	39.00	39.75			
	3.790	12	13	14.364	144.000	169	45.48	156.00	49.27			
	-0.630	1	23	0.397	1.000	529	-0.83	23.00	-14.49			
	-2.485	4	10	6.225	16.000	100	-9.68	40.00	-24.95			
	0.960	16	13	0.922	256.000	169	15.36	208.00	12.48			
	1.900	-8	-14	3.610	64.000	196	-15.20	112.00	-26.80			

n = 41	\bar{X} = 150.922	\bar{Y} = 71	\bar{Z} = 78	905.590192	2851	8774	216.043	2487	238.350
	\bar{U} = 3.6810	S_u =		350.0426	b =		-0.0335		
	\bar{V} = 1.7317	S_v =		2728.0488	c =		0.8616		
	\bar{W} = 1.9024	S_w =		8625.6096	a =		62.767742		
	\bar{X} = 33.6810	S_x =		350.0426	bSxz+cSyZ =		2028.0534		
	\bar{Y} = 46.7317	S_y =		2728.0488	S.z = Sz - (bSxz + cSyZ) =		6567.5564		
	\bar{Z} = 101.9024	S_z =		8625.6096					
		S_{uv} =		-45.3097	S_{xy} =		-45.30973		
		S_{vw} =		2351.9268	S_{yz} =		2351.9268		
		S_{wu} =		-50.7609	S_{zx} =		-50.76090		
	Z =	62.76774	+	-0.0335 x	+	0.8616 y			

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remark
Revolution	2,028.0534	2	1014.0267	5.8405	F2(0.005) = 5.39 < 5.8405
Rest	6,567.5564	38	173.8199		
Total	8,625.6096	40			

e) 装入量, 装入回数及び総kWhの関係はTable 8.1.16に示す。これらの関係は次の回帰式で表わされる。

$$Z = -48.1191 + 5.2540x + 6.9895y$$

Z = 電力消費量 ('00 kWh)

x = 装入量 (t)

y = 装入回数

これらの関係は危険率0.5%にて有意である。

装入量及び装入回数を増加すると, 電力消費量は増大する。

総電力消費量と装入量の関係は Fig. 8.1.19に示す。総電力消費量と装入回数の関係は Fig. 8.1.20に示す。酸化・スラグ オフ・精錬の電力消費量と装入量の関係は Fig. 8.1.21に示す。

Table 8.1.16 The Relation of Charging Volume, Charging Number and Total Power Consumption

29	Charging	Charging	Total power	Calculation					
	(Ton)	Number	consumption						
	35	2	150						
	$u = X - 35$	$v = y - 45$	$w = z - 150$	u^2	v^2	w^2	uXv	vXw	wXu
	4.62	1	40	21.344	1.000	1600	4.62	40.00	184.80
	5.97	1	28	35.641	1.000	784	5.97	28.00	167.16
	2.44	1	9	5.954	1.000	81	2.44	9.00	21.96
	-1.49	0	-4	2.220	0.000	16	0.00	0.00	5.96
	-3.18	0	-2	10.112	0.000	4	0.00	0.00	6.36
	-0.37	1	-2	0.137	1.000	4	-0.37	-2.00	0.74
	3.74	0	21	13.988	0.000	441	0.00	0.00	78.54
	0.57	0	4	0.325	0.000	16	0.00	0.00	2.28
	3.55	1	14	12.602	1.000	196	3.55	14.00	49.70
	2.67	1	21	7.129	1.000	441	2.67	21.00	56.07
	5.16	1	61	26.626	1.000	3721	5.16	61.00	314.76
	3.46	0	22	11.972	0.000	484	0.00	0.00	76.12
	4.44	1	95	19.714	1.000	9025	4.44	95.00	421.80
	2.72	0	8	7.398	0.000	64	0.00	0.00	21.76
	0.35	0	4	0.123	0.000	16	0.00	0.00	1.40
	3.73	0	16	13.913	0.000	256	0.00	0.00	59.68
	3.05	0	4	9.302	0.000	16	0.00	0.00	12.20
	4.85	0	21	23.523	0.000	441	0.00	0.00	101.85
	-1.78	0	-10	3.168	0.000	100	0.00	0.00	17.80
	5.18	0	8	26.832	0.000	64	0.00	0.00	41.44
	3.63	1	22	13.177	1.000	484	3.63	22.00	79.86
	3.95	1	20	15.603	1.000	400	3.95	20.00	79.00
	4.11	1	25	16.892	1.000	625	4.11	25.00	102.75
	4.45	2	27	19.803	4.000	729	8.90	54.00	120.15
	0.31	0	-8	0.096	0.000	64	0.00	0.00	-2.48
	3.66	1	11	13.396	1.000	121	3.66	11.00	40.26
	2.86	0	15	8.180	0.000	225	0.00	0.00	42.90
	4.72	0	40	22.278	0.000	1600	0.00	0.00	188.80
	3.59	1	13	12.888	1.000	169	3.59	13.00	46.67

$n = 29$	Σ	80.96	15	523	374.337	17	22187	56.32	411	2340.29
$\bar{U} =$	2.7917	$S_u =$	148.319	$b =$	5.2540					
$\bar{V} =$	0.5172	$S_v =$	9.24137	$c =$	6.9895					
$\bar{W} =$	18.0345	$S_w =$	12754.9	$a =$	-48.1191					
$\bar{X} =$	37.7917	$S_x =$	148.319	$bS_{xz} + cS_{yz} =$	5606.5642					
$\bar{Y} =$	2.5712	$S_y =$	9.24137	$S_z = S_z - (bS_{xz} + cS_{yz}) =$	7148.336					
$\bar{Z} =$	168.034	$S_z =$	12754.9							
		$S_{uv} =$	14.4441	$S_{xy} =$	14.4441					
		$S_{vw} =$	140.482	$S_{yz} =$	140.482					
		$S_{wu} =$	880.218	$S_{zx} =$	880.218					
	$Z =$	-48.1191	+	5.2540x	+	6.9895y				

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remarks
Revolution	5,606.5642	2	2803.2821	10.196126	
Rest	7,148.336	26	274.936		
Total	12,754.9	28			

Figure 8.1.19 The Relation between Total Power Consumption and Charging Volume

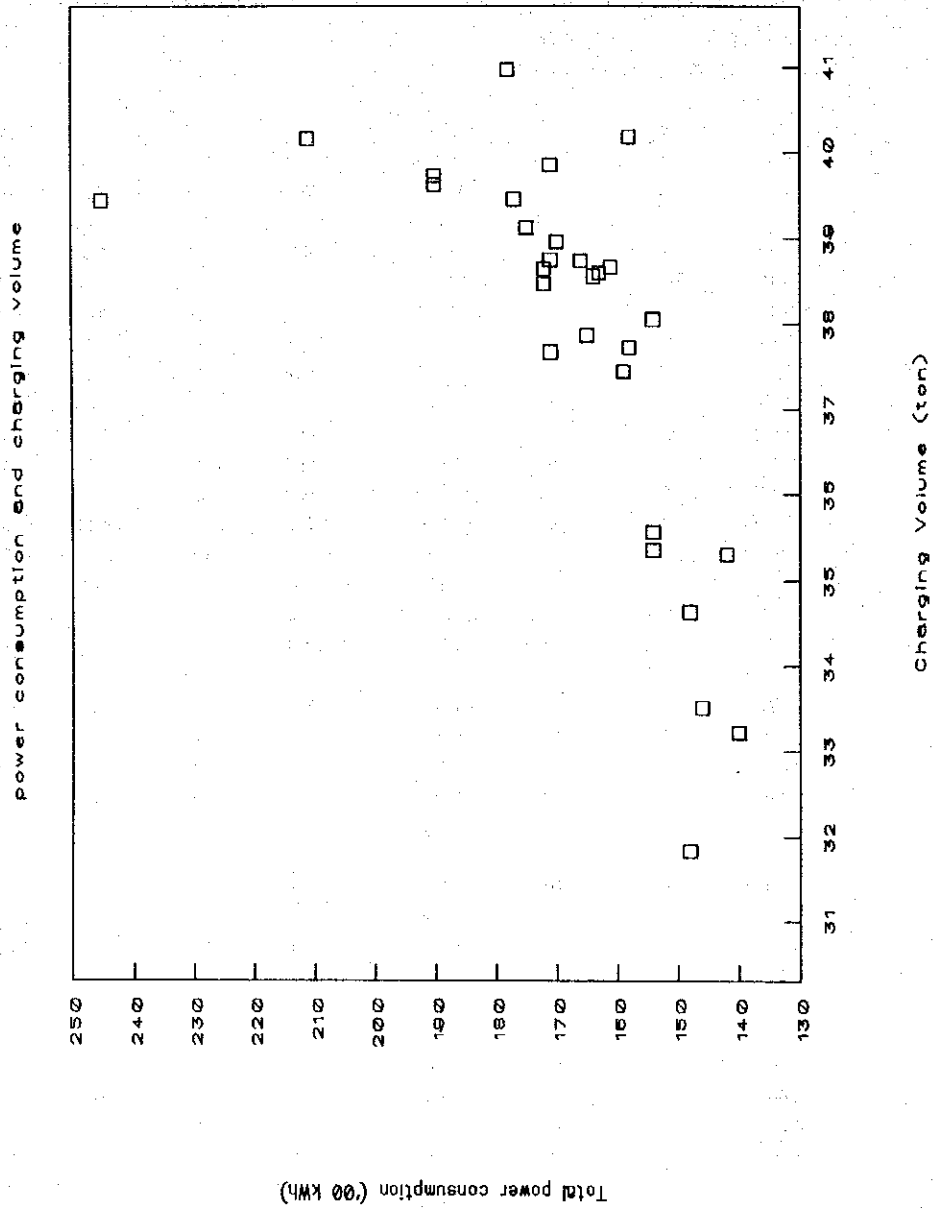


Figure 8.1.20 The Relation between Total Power Consumption and Charging Number

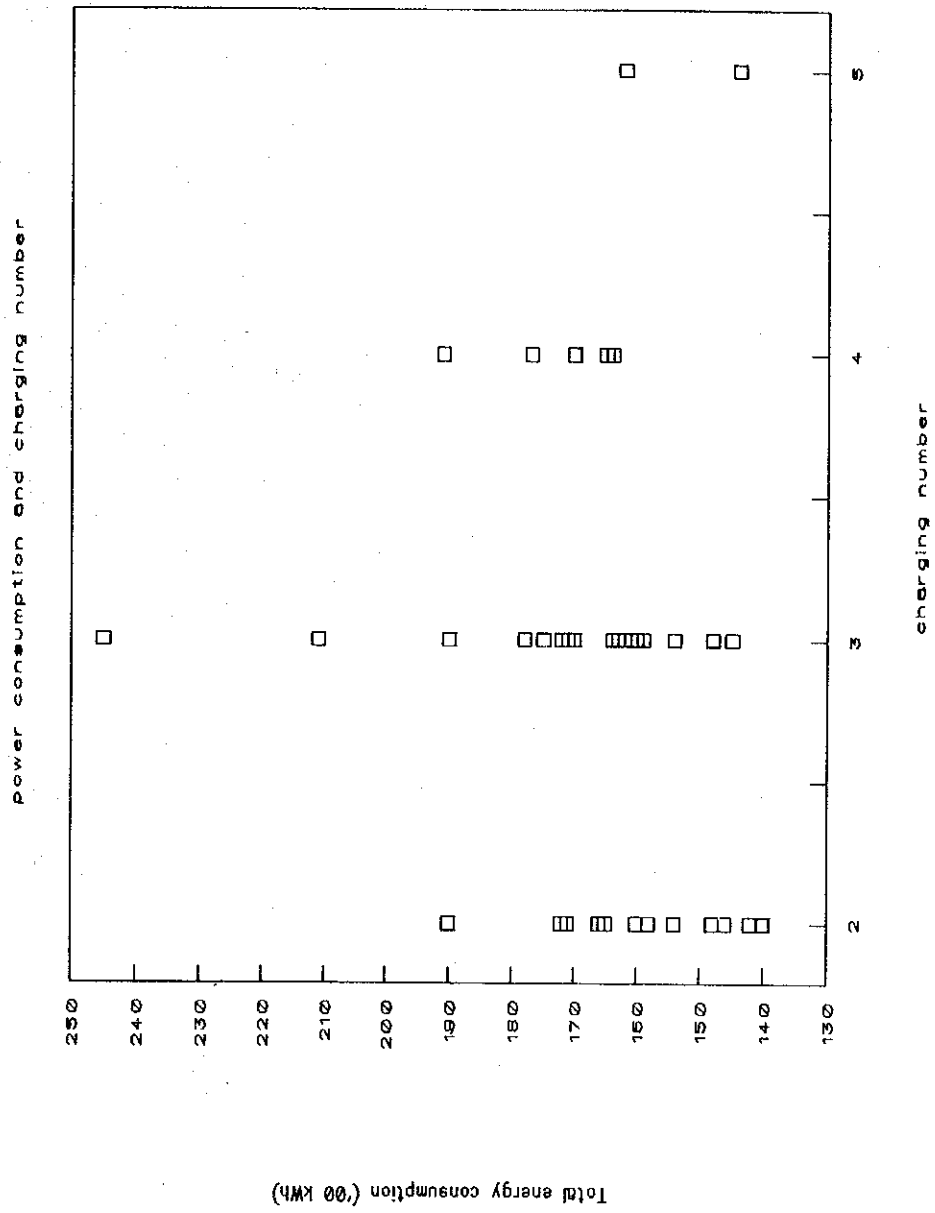
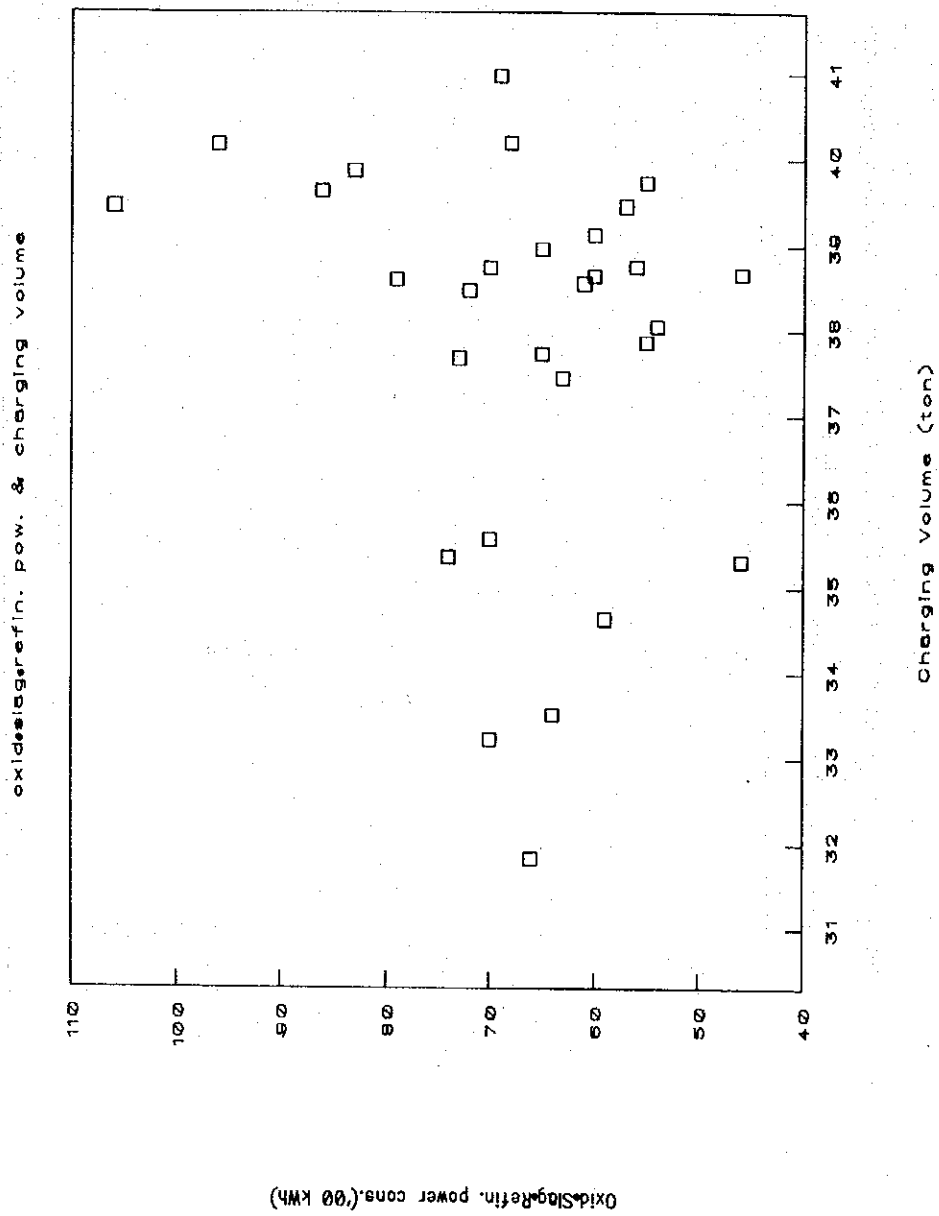


Figure 8.1.21 The Relation between Oxidizing-Slag Off-Refining Power Consumption and Charging Volume



f) ビレット生産量，装入回数及び全電力消費量の関係を Table 8.1.17に示す。相関関係はない。

装入回数ービレット生産量，及び酸化・スラグ オフ・精錬時の電力消費量ービレット生産量の関係は Fig. 8.1.22及び Fig. 8.1.23に示す。

Table 8.1.17 The Relation of Billet Volume, Charging Number and Total Power Consumption

	Billet	Charging	Total	Calculation								
	(Ton)	Number	(¹⁰⁰ Kwh)	u	v	w	u ²	v ²	w ²	uXv	vXw	wXu
	30	2	180									
	u = X - 30	v = y - 33	w = z - 180									
	3.451	1	30	11.909	1.000	900	3.45	30.00	103.53			
	7.259	1	18	52.693	1.000	324	7.26	18.00	130.96			
	4.567	1	-1	20.857	1.000	1	4.57	-1.00	-4.57			
	3.768	0	-14	14.198	0.000	196	0.00	0.00	-52.75			
	4.830	0	-12	21.437	0.000	144	0.00	0.00	-55.56			
	6.876	1	-12	47.279	1.000	144	6.88	-12.00	-82.51			
	9.187	0	11	84.401	0.000	121	0.00	0.00	101.06			
	4.637	0	-6	21.502	0.000	36	0.00	0.00	-27.82			
	3.998	1	4	15.984	1.000	16	4.00	4.00	15.99			
	1.901	1	11	3.614	1.000	121	1.90	11.00	20.91			
	1.611	1	51	2.565	1.000	2601	1.61	51.00	82.16			
	6.032	0	12	36.385	0.000	144	0.00	0.00	72.38			
	7.546	1	85	56.942	1.000	7225	7.55	85.00	641.41			
	4.202	0	-2	17.657	0.000	4	0.00	0.00	-8.40			
	7.542	0	-6	56.882	0.000	36	0.00	0.00	-45.25			
	9.027	0	6	81.487	0.000	36	0.00	0.00	54.16			
	9.286	0	-6	86.230	0.000	36	0.00	0.00	-55.72			
	2.216	0	0	4.920	0.000	0	0.00	0.00	0.00			
	2.787	0	11	7.767	0.000	121	0.00	0.00	30.66			
	2.478	0	-20	6.131	0.000	400	0.00	0.00	-49.52			
	0.723	0	-2	0.523	0.000	4	0.00	0.00	-1.45			
	1.712	1	12	2.931	1.000	144	1.71	12.00	20.54			
	-0.985	1	-15	0.970	1.000	225	-0.98	-15.00	14.77			
	-0.904	2	10	0.817	4.000	100	-1.81	20.00	-9.04			
	2.196	1	19	4.822	1.000	100	2.20	10.00	21.96			
	-1.162	1	15	1.350	1.000	225	-1.16	15.00	-17.43			
	6.005	2	17	36.060	4.000	289	12.01	34.00	102.09			
	3.540	0	-18	12.532	0.000	324	0.00	0.00	-63.72			
	2.514	1	0	6.320	1.000	0	2.51	0.00	0.00			
	7.495	3	-16	56.175	9.000	256	22.48	-48.00	-119.92			
	4.630	1	1	21.437	1.000	1	4.63	1.00	4.63			
	6.775	0	5	45.901	0.000	25	0.00	0.00	33.87			
	2.740	0	30	7.508	0.000	900	0.00	0.00	82.20			
	4.470	1	3	19.981	1.000	9	4.47	3.00	13.41			
	1.589	1	-8	2.525	1.000	36	1.59	-6.00	-9.53			
	3.058	2	5	9.351	4.000	25	6.12	10.00	15.29			
	3.790	3	2	14.364	9.000	4	11.37	6.00	7.58			
	-0.830	2	31	0.397	4.000	961	-1.26	62.00	-19.53			
	-2.495	1	2	6.225	1.000	4	-2.50	2.00	-4.99			
	0.960	2	4	0.922	4.000	16	1.92	8.00	3.84			

n = 40	\bar{Z} = 149.022	33	250	901.980192	55	10254	100.511	300	945.4
	\bar{U} = 3.7255	Su =		348.79128	b =		0.2730		
	\bar{V} = 0.8250	Sv =		27.77500	c =		3.5958		
	\bar{W} = 6.2500	Sw =	14691.50000		a =	148.88466			
	\bar{X} = 33.7256	Sx =		348.79128	bSxz + cSyx =	340.9339			
	\bar{Y} = 2.8250	Sy =		27.77500	Sxz = Sz - (bSxz + cSyx) =	14350.5681			
	\bar{Z} = 166.2500	Sz =	14691.50000						
		Suv =		-22.43215	Sky =		-22.43215		
		Svw =		93.75000	Syz =		93.75		
		Swu =		14.01250	Szx =		14.0125		
	Z =	148.8846	+	0.2730 x	+	3.5958 y			

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remark
Revolution	340.9339	2	170.4670	0.4365	F2(0.25) = 1.45 > 0.4395
Rest	14,350.5681	37	387.8531		30
Total	14,691.5000	39			

Figure 8.1.22 The Relation between Charging Number and Billet Volume

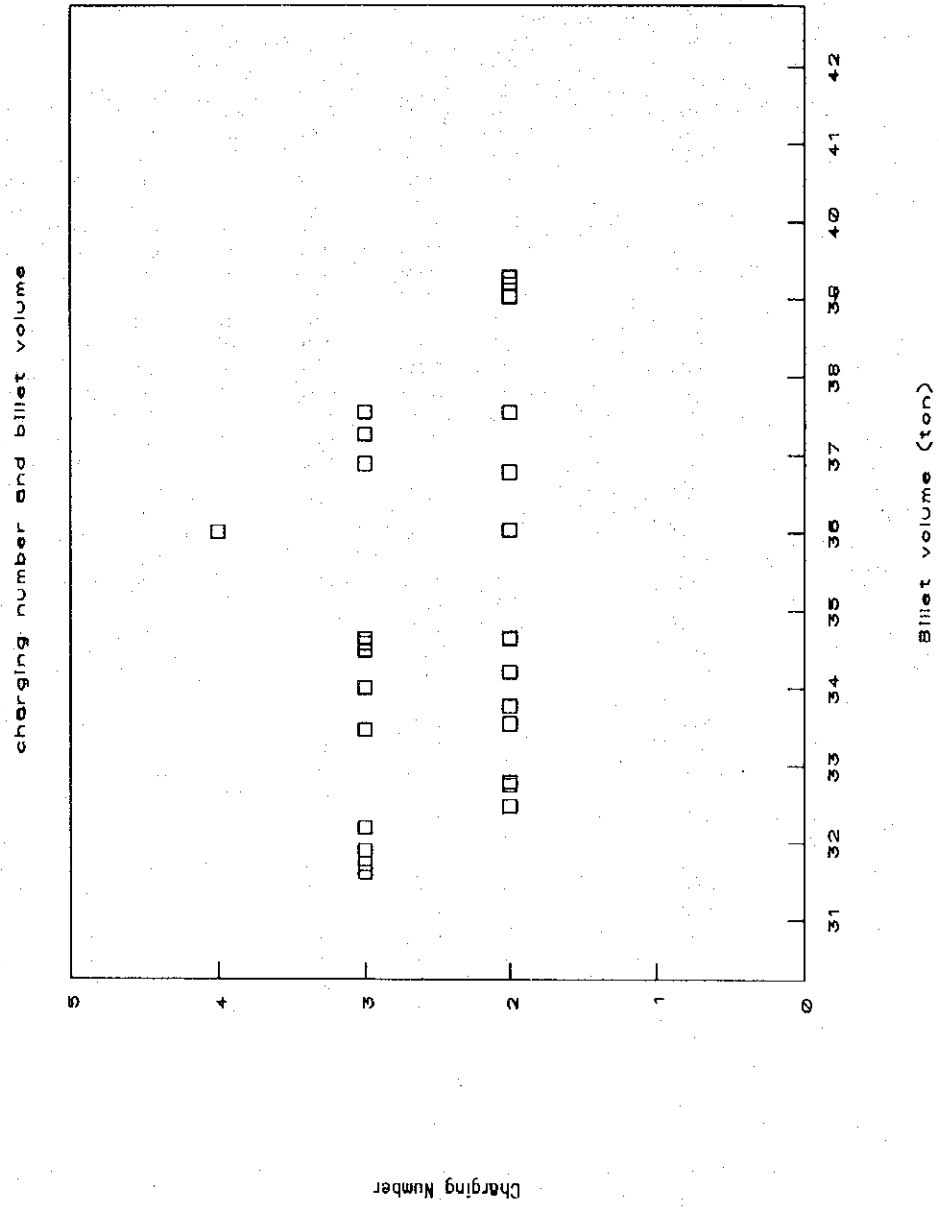
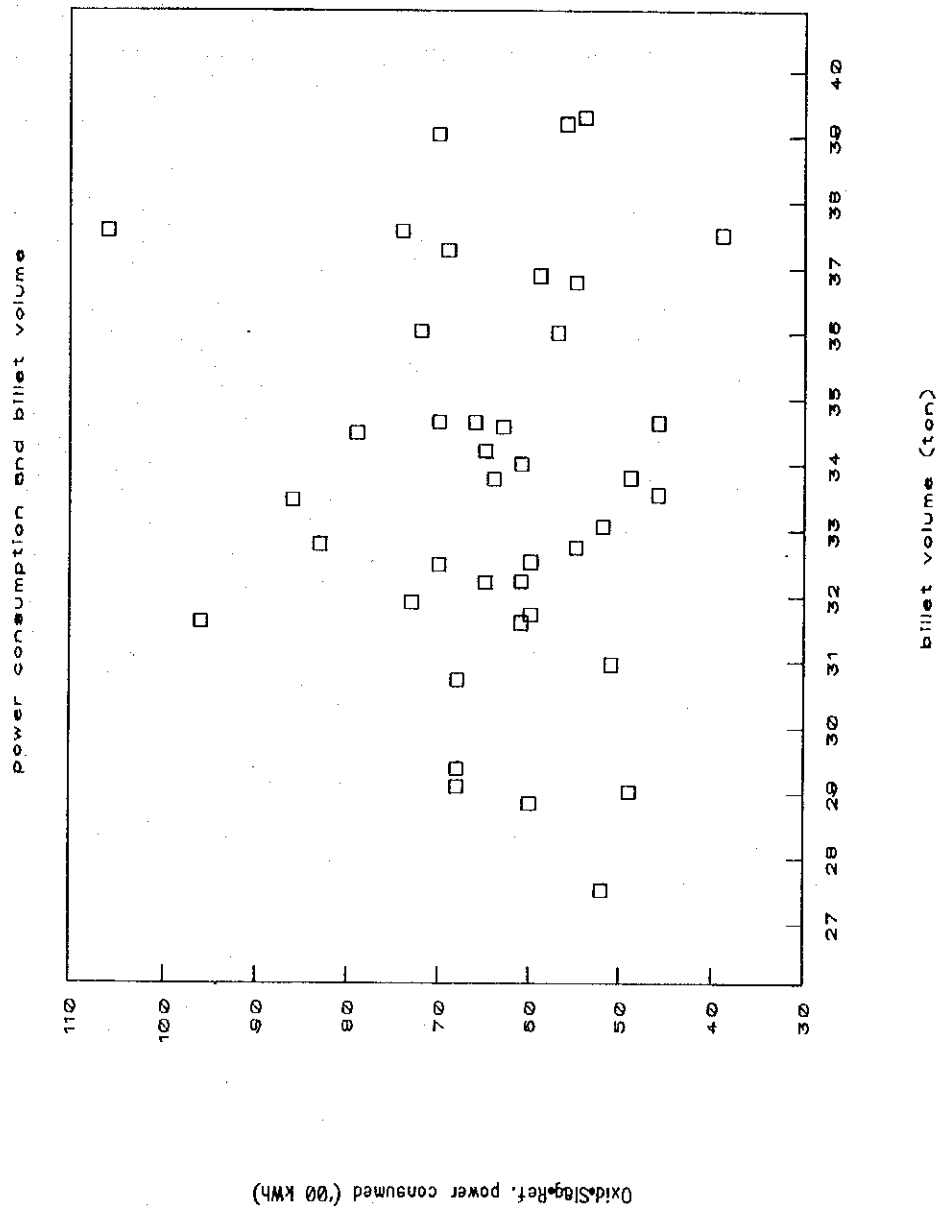


Figure 8.1.23 The Relation between Oxidizing-Slag Off-Refining Power Consumption and Billet Volume



g) 装入回数及び時間帯の関係は Fig. 8.1.24 及び Table 8.1.18 に示す。

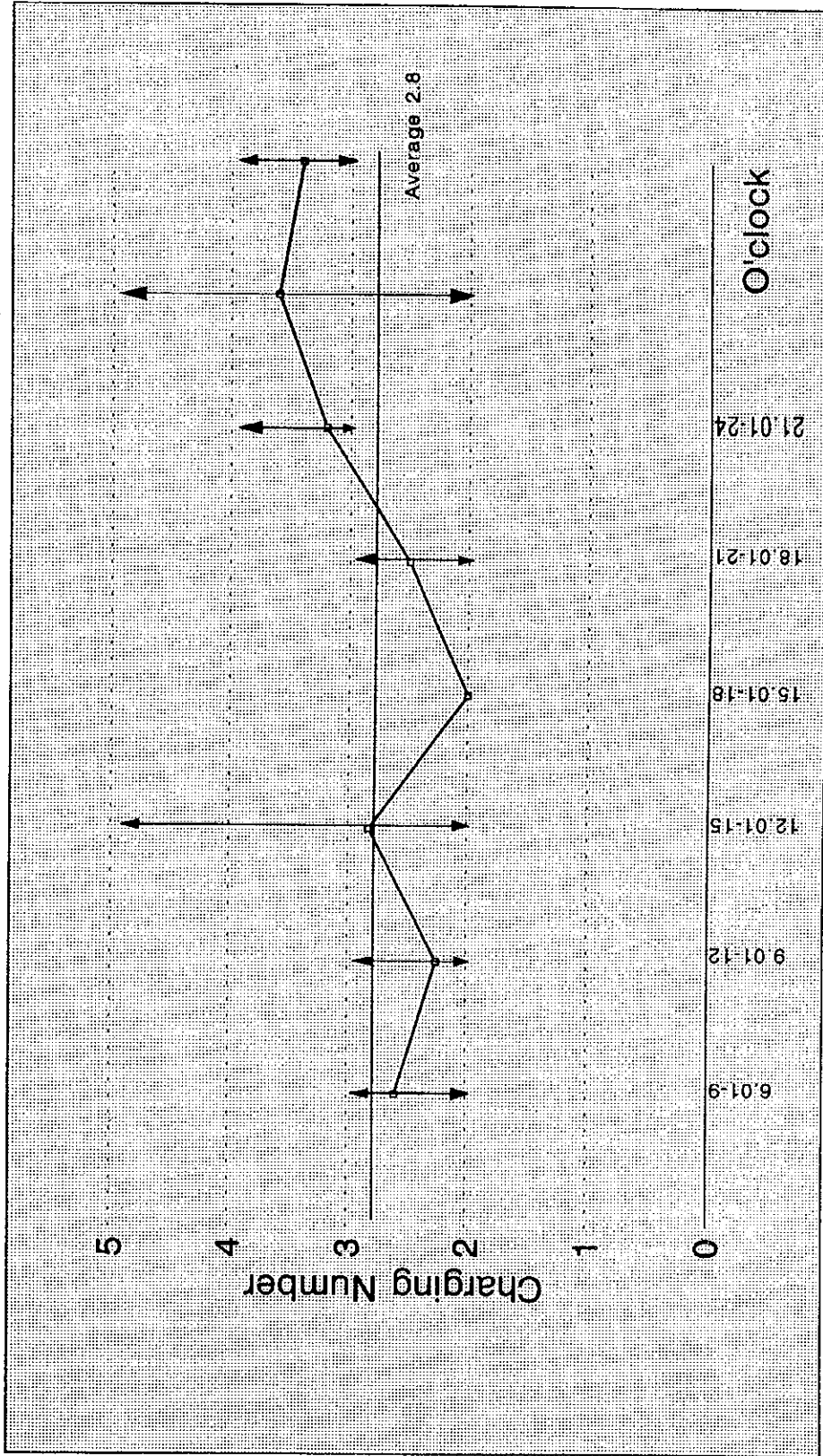
Table 8.1.18 Distribution of Charging Number Each Cycle in One Day

Charging number	2	3	4	5	Weight
Time period					Average
06:00 - 9:00	2	3			2.6
09:01 - 12:00	3	1			2.25
12:01 - 15:00	3	2		1	2.83
15:01 - 18:00	6				2.00
18:01 - 21:00	2	2			2.50
21:01 - 24:00		3	1		3.20
00:01 - 03:00	1	1	2	1	3.60
03:01 - 06:00		3	2		3.40
Total	17	16	5	2	2.80

装入回数の加重平均は2.80である。最も頻繁な装入回数は2回/サイクルである。

Fig. 8.1.24から、装入回数はオフピーク中は増大している。それゆえ、装入回数が増大すると、電力消費量は増加する。

Figure 8.1.24 The Relation between Charging Number and Time



h) 溶解 kWh/ビレット生産量 (t) とビレット生産量の関係は Table 8.1.19に示す。

これらの関係は次の回帰式で表わされる。

$$X = -0.0988Y + 6.3792$$

X = 溶解電力消費量/ユニット ('00 kWh/t)

Y = ビレット生産量 (t)

これらの関係は危険率0.5%にて有意である。

ビレット生産量/サイクルが増大すると、単位電力消費量は減少する。

溶解電力原単位 (kWh/t) とビレット生産量 (t/サイクル) の関係は Fig. 8.

1.25に示す。

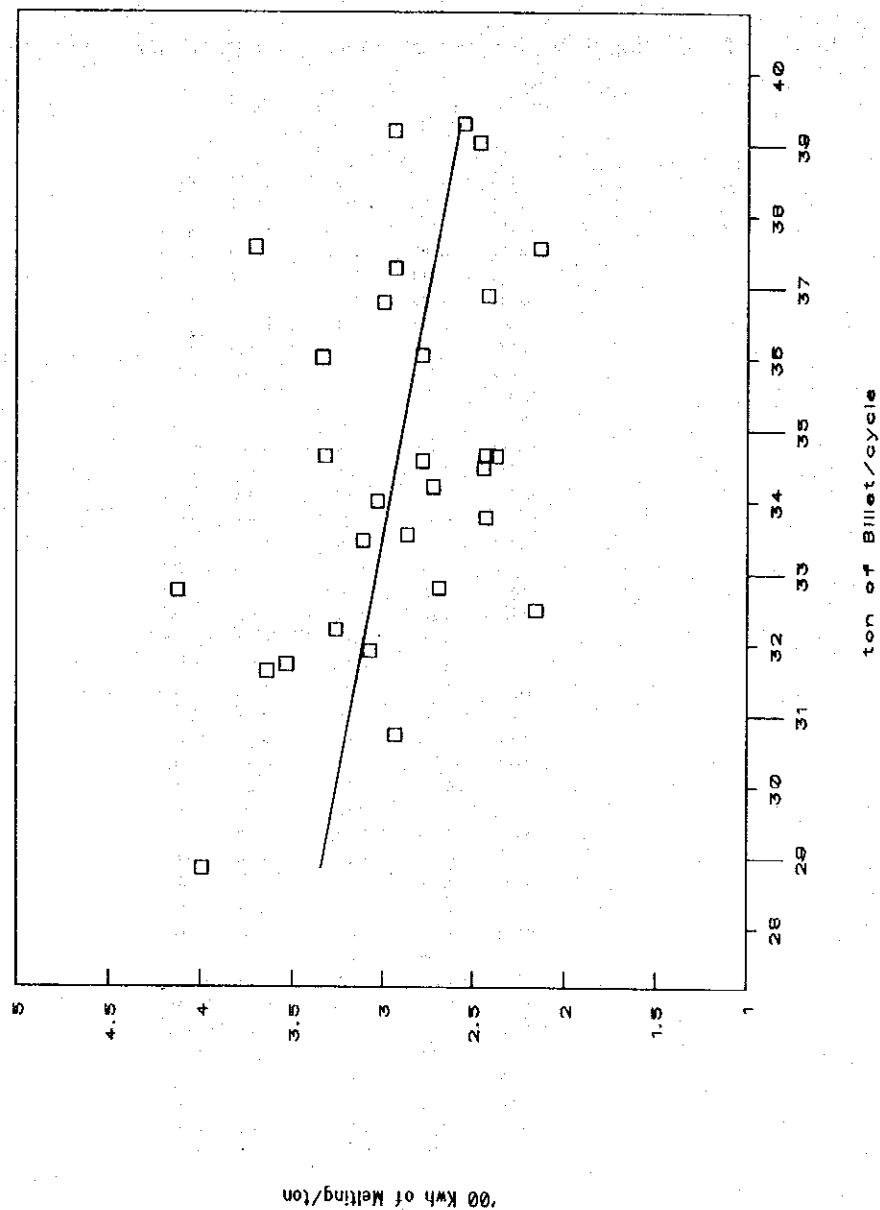
Table 8.1.19 The Relation of Melting Power Consumption per Billet Volume and Billet Volume

Melting '00 Kwh/ton 41	Billet (Ton) 33	Calculation		
$u = X - 3$	$v = y - 33$	u^2	v^2	$u \times v$
0.109	0.451	0.012	0.203	0.049
-0.075	4.259	0.006	18.139	-0.317
-0.223	1.567	0.050	2.455	-0.349
-0.572	0.768	0.327	0.590	-0.439
-0.832	1.630	0.400	2.657	-1.030
-0.587	3.876	0.344	15.023	-2.273
-0.065	6.187	0.004	38.279	-0.404
-0.575	1.637	0.330	2.680	-0.941
0.030	0.998	0.001	0.996	0.030
0.072	-1.099	0.005	1.208	-0.079
0.038	-1.389	0.407	1.929	-0.888
-0.225	3.032	0.050	9.193	-0.881
0.702	4.546	0.483	20.866	3.192
-0.281	1.202	0.079	1.445	-0.338
-0.869	4.542	0.755	20.630	-3.947
-0.540	6.027	0.292	36.325	-3.256
-0.455	8.288	0.207	68.514	-2.857
0.073	-0.782	0.005	0.612	-0.057
-0.318	-0.213	0.100	0.045	0.087
-0.845	-0.524	0.713	0.275	0.443
-0.071	-2.277	0.005	5.185	0.161
0.532	-1.288	0.283	1.659	-0.685
0.309	-3.985	0.095	15.880	-1.230
0.506	-3.904	0.256	15.241	-1.974
0.261	-0.804	0.068	0.648	-0.210
0.988	-4.162	0.976	17.322	-4.111
0.333	3.005	0.111	9.030	1.000
-0.138	0.540	0.019	0.292	-0.074
0.078	-0.486	0.006	0.236	-0.037
-0.200	4.495	0.040	20.205	-0.897
0.321	1.830	0.103	2.657	0.523
-0.009	3.775	0.000	14.251	-0.033
1.123	-0.260	1.282	0.068	-0.292
-0.583	1.470	0.317	2.161	-0.828
-0.058	-1.411	0.003	1.991	0.079
0.418	0.058	0.175	0.003	0.024
0.344	0.790	0.118	0.624	0.272
1.188	-3.630	1.411	13.177	-4.312
0.999	-5.495	0.999	30.195	-5.491
0.650	-2.040	0.422	4.162	-1.326
-0.304	-1.100	0.092	1.210	0.334

$n = 41$	Σ	2.073231	27.822	11.340899	309.058192	-33.182
$\bar{U} =$		0.0506	$S_u =$	11.23806	$b =$	-3.0789
$\bar{V} =$		0.6810	$S_v =$	350.04263	$y =$	-0.5516
$\bar{X} =$		3.0506	$S_x =$	11.23806	$S_{xy}/S_x =$	106.5127
$\bar{Y} =$		33.6810	$S_y =$	350.04263	$b' =$	-0.0088
			$S_{uv} =$	-34.59456		
			$S_{xy} =$	-34.59456		
$y -$		33.6810	$=$	-3.0789	$(x -$	3.0506)
y			$=$	-3.0789	$x +$	43.0734
$x -$		3.0506	$=$	-0.0088	$(y -$	33.6810)
x			$=$	-0.0088	$y +$	6.3792

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remark
Revolution	106.51271	1	106.51271	17.05743	$F(0.005) = 9.18 < 17.0574$
Rest	243.52992	39	6.24436		30
Total	350.04263	40			

Figure 8.1.25 The Relation between Melting Power Consumption per Billet Volume and Billet Volume



i) 総kWh/ビレット生産量 (t) とビレット生産量の関係は Table 8.1.20に示す。

これらの関係は次の回帰式で表わされる。

$$X = -0.487Y + 9.9814$$

X = 総電力消費原単位 ('00 kWh/t)

Y = ビレット生産量 (t)

これらの関係は危険率0.5%にて有意である。

ビレット生産量/サイクルが増大すると、総電力消費量/tは減少する。

総 kWh/t とビレット生産量 (t/サイクル) の関係は Fig. 8.1.26に示す。

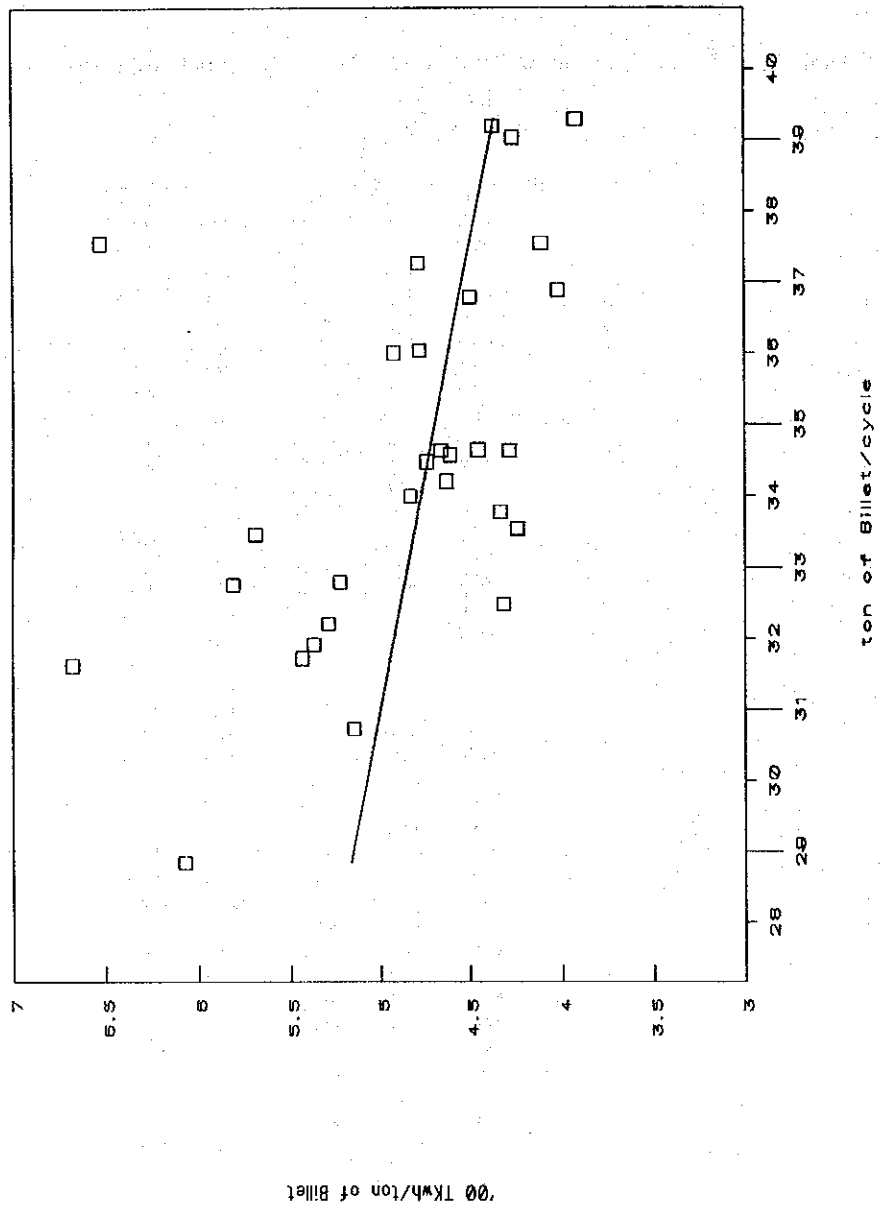
Table 8.1.20 The Relation of Total Power Consumption per Billet Volume and Billet Volume

Total '00 Kwh/ton 40	Billet (Ton) 4 33	Calculation		
$u = X - 4$	$v = y - 33$	u^2	v^2	$u \times v$
1.080	0.451	2.822	0.203	0.758
0.777	4.259	0.604	18.139	3.311
0.800	1.567	0.300	2.455	0.940
0.324	0.768	0.105	0.590	0.249
0.274	1.830	0.075	2.657	0.448
0.013	3.878	0.000	15.023	0.052
0.364	6.187	0.132	38.279	2.250
0.446	1.837	0.199	2.680	0.730
0.824	0.968	0.679	0.968	0.822
1.360	-1.089	1.851	1.208	-1.496
2.875	-1.389	7.155	1.929	-3.715
0.774	3.032	0.598	9.193	2.345
2.525	4.546	6.377	20.666	11.480
0.820	1.202	0.384	1.445	0.745
0.102	4.542	0.010	20.630	0.464
0.253	6.027	0.064	36.325	1.528
-0.080	6.288	0.006	39.514	-0.503
0.966	-0.782	0.933	0.612	-0.756
1.215	-0.213	1.477	0.045	-0.259
0.311	-0.524	0.097	0.275	-0.163
1.143	-2.277	1.306	5.185	-2.602
1.424	-1.288	2.027	1.659	-1.834
0.997	-3.985	0.965	15.880	-3.975
1.843	-3.904	3.398	15.241	-7.194
1.280	-0.804	1.639	0.646	-1.029
2.068	-4.162	4.278	17.322	-8.609
0.916	3.005	0.839	9.030	2.753
0.234	0.540	0.055	0.292	0.126
0.921	-0.486	0.848	0.236	-0.448
-0.159	4.495	0.025	20.205	-0.717
0.649	1.630	0.421	2.657	1.058
0.487	3.775	0.237	14.251	1.837
1.803	-0.280	3.252	0.068	-0.469
0.720	1.470	0.511	2.161	1.071
0.875	-1.411	0.766	1.991	-1.235
0.991	0.058	0.983	0.003	0.057
0.794	0.790	0.631	0.624	0.928
2.503	-3.630	6.266	13.177	-9.087
1.890	-5.495	3.571	30.195	-10.385
1.297	-2.040	1.683	4.162	-2.646

$n = 40$	Σ	38.70852	29.02200	57.67845	367.84819	-23.46906
$\bar{U} =$		0.9677	$S_u =$	20.21972	$b =$	-2.5497
$\bar{V} =$		0.7255	$S_v =$	346.79128	$y =$	-0.6157
$\bar{X} =$		4.9677	$S_x =$	20.21972	$S_{xy}/S_x =$	131.4488
$\bar{Y} =$		33.7256	$S_y =$	346.79128	$b' =$	-0.1467
			$S_{uv} =$	-51.55403		
			$S_{xy} =$	-51.55403		
$y -$		33.7256	$=$	-2.5497	$(x -$	4.9677)
			$=$	-2.5497	$x +$	46.3917
$x -$		4.9677	$=$	-0.1467	$(y -$	33.7256)
			$=$	-0.1467	$y +$	9.9614

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remark
Revolution	131.44882	1	131.44882	23.19530	$F(0.005) = 9.18 < 23.1952$
Rest	215.34446	38	5.66696		30
Total	346.79128	39			

Figure 8.1.26 The Relation between Total Power Consumption per Billet Volume and Billet Volume



j) 溶解時間及び酸化・スラグ オフ・精錬の時間と総電力消費の関係は Table 8.1. 21に示す。

相関関係はない。

敢えて言えば、これらの関係は危険率25%にて有意である。

Table 8.1.21 The Relation of Melting Time, Oxidizing-Slag Off-Refining Time, and Total Power Consumption

Time	Melting	Oxidizing,	Total	Calculation					
	40	45	28	150					
	u = X - 45	v = y - 28	w = z - 150	u ²	v ²	w ²	uXv	vXw	wXu
0	0	0	40	0.000	81.000	1800	0.00	360.00	0.00
1	0	0	28	1.000	0.000	784	0.00	0.00	28.00
-8	-1	-1	9	36.000	1.000	81	8.00	-9.00	-54.00
-12	-5	-4	-4	144.000	25.000	16	60.00	20.00	48.00
-8	-6	-2	84.000	36.000	4	48.00	12.00	16.00	
0	-10	-2	0	0.000	100.000	4	0.00	20.00	0.00
4	-7	21	16.000	49.000	441	-28.00	-147.00	84.00	
-10	9	4	100.000	81.000	16	-90.00	36.00	-40.00	
28	6	14	676.000	36.000	196	156.00	84.00	364.00	
0	4	21	0.000	16.000	441	0.00	84.00	0.00	
0	5	81	0.000	25.000	3721	0.00	305.00	0.00	
3	8	22	9.000	64.000	484	24.00	176.00	66.00	
12	5	95	144.000	25.000	9025	60.00	475.00	1140.00	
0	1	8	0.000	1.000	64	0.00	8.00	0.00	
-10	0	4	100.000	0.000	16	0.00	0.00	-40.00	
-5	-2	16	25.000	4.000	256	10.00	-32.00	-80.00	
0	-8	4	0.000	64.000	16	0.00	-32.00	0.00	
-3	-4	10	9.000	16.000	100	12.00	-40.00	-30.00	
-7	-4	21	49.000	16.000	441	28.00	-84.00	-147.00	
-9	20	-10	81.000	400.000	100	-180.00	-200.00	90.00	
15	16	8	225.000	256.000	64	240.00	128.00	120.00	
3	-6	22	9.000	36.000	484	-18.00	-132.00	66.00	
-6	-8	-5	36.000	64.000	25	48.00	40.00	30.00	
0	-1	20	0.000	1.000	400	0.00	-20.00	0.00	
1	-7	20	1.000	49.000	400	-7.00	-140.00	20.00	
0	-5	25	0.000	25.000	625	0.00	-125.00	0.00	
1	-6	27	1.000	36.000	729	-6.00	-162.00	27.00	
-6	-10	-8	36.000	100.000	64	60.00	80.00	48.00	
6	-2	10	36.000	4.000	100	-12.00	-20.00	60.00	
7	-11	-8	49.000	121.000	36	-77.00	66.00	-42.00	
2	-7	11	4.000	49.000	121	-14.00	-77.00	22.00	
8	-6	15	64.000	36.000	225	-48.00	-90.00	120.00	
10	1	40	100.000	1.000	1800	10.00	40.00	400.00	
11	33	13	121.000	1089.000	169	363.00	429.00	143.00	
15	-2	4	225.000	4.000	16	-30.00	-8.00	60.00	
3	-3	15	9.000	9.000	225	-9.00	-45.00	45.00	
12	-11	12	144.000	121.000	144	-132.00	-132.00	144.00	
1	-4	41	1.000	16.000	1681	-4.00	-164.00	41.00	
4	-2	12	16.000	4.000	144	-8.00	-24.00	48.00	
16	-9	14	256.000	81.000	196	-144.00	-126.00	224.00	

n = 40	Σ	78	-30	650	2787	3142	25254	318	554	3021
\bar{U} =	1.9750	S_u =	2630.9750	b =	0.6232					
\bar{V} =	-0.7500	S_v =	3119.5000	c =	0.2585					
\bar{W} =	16.2500	S_w =	14891.5000	a =	129.92919					
\bar{X} =	46.9750	S_x =	2630.9750	$bS_{xz} + cS_{yz}$ =	1351.9506					
\bar{Y} =	27.2500	S_y =	3119.5000	$S_z = S_z - (bS_{xz} + cS_{yz}) =$	13339.5494					
\bar{Z} =	166.2500	S_z =	14891.5000	$S_{xy} =$	377.25					
		$S_{uv} =$	377.2500	$S_{yz} =$	1041.5					
		$S_{vw} =$	1041.5000	$S_{zx} =$	1737.25					
		$S_{wu} =$	1737.2500							
	$Z =$	129.929196	+	0.6232 x	+	0.2585 y				

Fluctuation	Sum of squares	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remark
Revolution	1,351.9500	2	675.9750	1.8750	F2(0.25) = 1.45 < 1.8750
Real	13,339.5494	37	360.5284		30
Total	14,691.5000	39			

Table 8.1.22 The Relation between kWh/t and Charging Volume

29	Total	Charging	Calculation		
	'00 Kwh/ton	(Ton)			
	4.5	35			
	$u = X - 4.5$	$v = y - 35$	u^2	v^2	$u \times v$
	0.296	4.620	0.087	21.344	1.365
	-0.155	5.970	0.024	35.641	-0.927
	-0.253	2.440	0.064	5.954	-0.618
	-0.143	-1.490	0.020	2.220	0.213
	0.151	-3.180	0.023	10.112	-0.481
	-0.226	-0.370	0.051	0.137	0.084
	-0.086	3.740	0.007	13.988	-0.321
	-0.171	0.570	0.029	0.325	-0.097
	-0.246	3.550	0.060	12.602	-0.873
	0.039	2.670	0.002	7.129	0.105
	0.754	5.160	0.568	26.626	3.891
	-0.028	3.460	0.001	11.972	-0.096
	1.712	4.440	2.931	19.714	7.601
	-0.311	2.720	0.097	7.398	-0.847
	-0.144	0.350	0.021	0.123	-0.050
	-0.214	3.730	0.046	13.913	-0.798
	-0.453	3.050	0.205	9.302	-1.381
	-0.209	4.850	0.044	23.523	-1.013
	-0.286	-1.780	0.082	3.168	0.508
	-0.568	5.180	0.322	26.832	-2.941
	-0.048	3.630	0.002	13.177	-0.172
	-0.135	3.950	0.018	15.603	-0.535
	-0.025	4.110	0.001	16.892	-0.105
	-0.013	4.450	0.000	19.803	-0.059
	-0.478	0.310	0.229	0.096	-0.148
	-0.335	3.660	0.113	13.396	-1.228
	-0.142	2.860	0.020	8.180	-0.406
	0.283	4.720	0.080	22.278	1.338
	-0.276	3.590	0.076	12.888	-0.991
n = 29					
Total	-1.70968	80.96	5.224	374.3344	1.0188
U =	-0.0590	Su =	5.12318	b =	1.1305
V =	2.7917	Sv =	148.31641	y =	0.2101
X =	4.4410	Sx =	5.12318	Sxy2/Sx =	6.5477
Y =	37.7917	Sy =	148.31641	b' =	0.0391
		Suv =	5.79179		
		Sxy =	5.79179		
y -	37.79172	=		1.1305 (x -	4.4410)
y		=		1.1305 x +	32.7711
x -	4.441045	=		0.0391 (y -	37.7917)
x		=		0.0391 y +	2.9653

Fluctuation	Sum of square	Freedom	Impartial variance	Impartial variance ratio	Remark
Revolution	6.54765	1	6.54765	1.24701	F(0.25) = 1.38 > 1.2470 27
Rest	141.76876	27	5.25069		
Total	148.31641	28			

k) 総 kWh/装入量 (t) と装入量の関係は Table 8.1.22に示す。

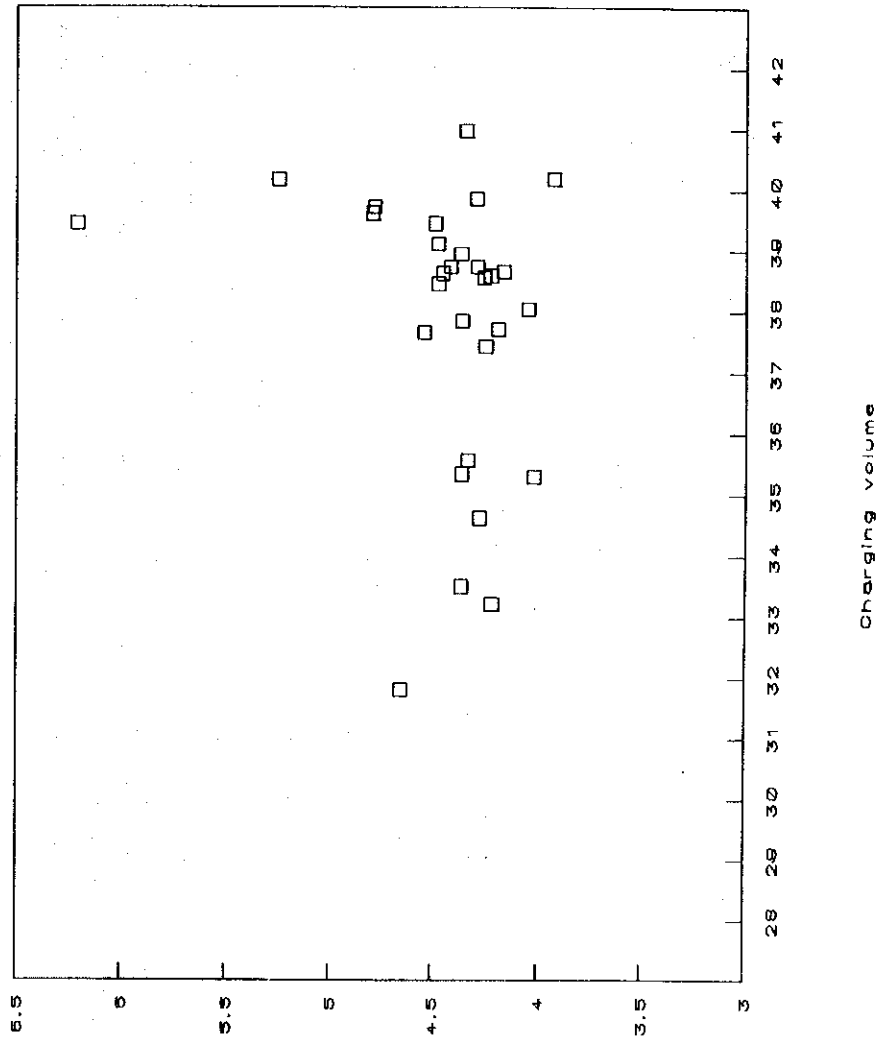
総 kWh/t と装入量 (t/サイクル) の関係は Fig. 8.1.27に示す。

相関関係はない。

おそらく、これらには多くの誤差要素があるものと思われる。

当事例は、精密な秤で装入量を測定して、再度チェックする必要がある。

Figure 8.1.27 The Relation between TkWh/t and Charging Volume



100 TkWh/ton of Charging

1) 遅れ時間

収集した値は極めて変動している。データは Table 8.1.23に示す。

Table 8.1.23 Delay Time Distribution

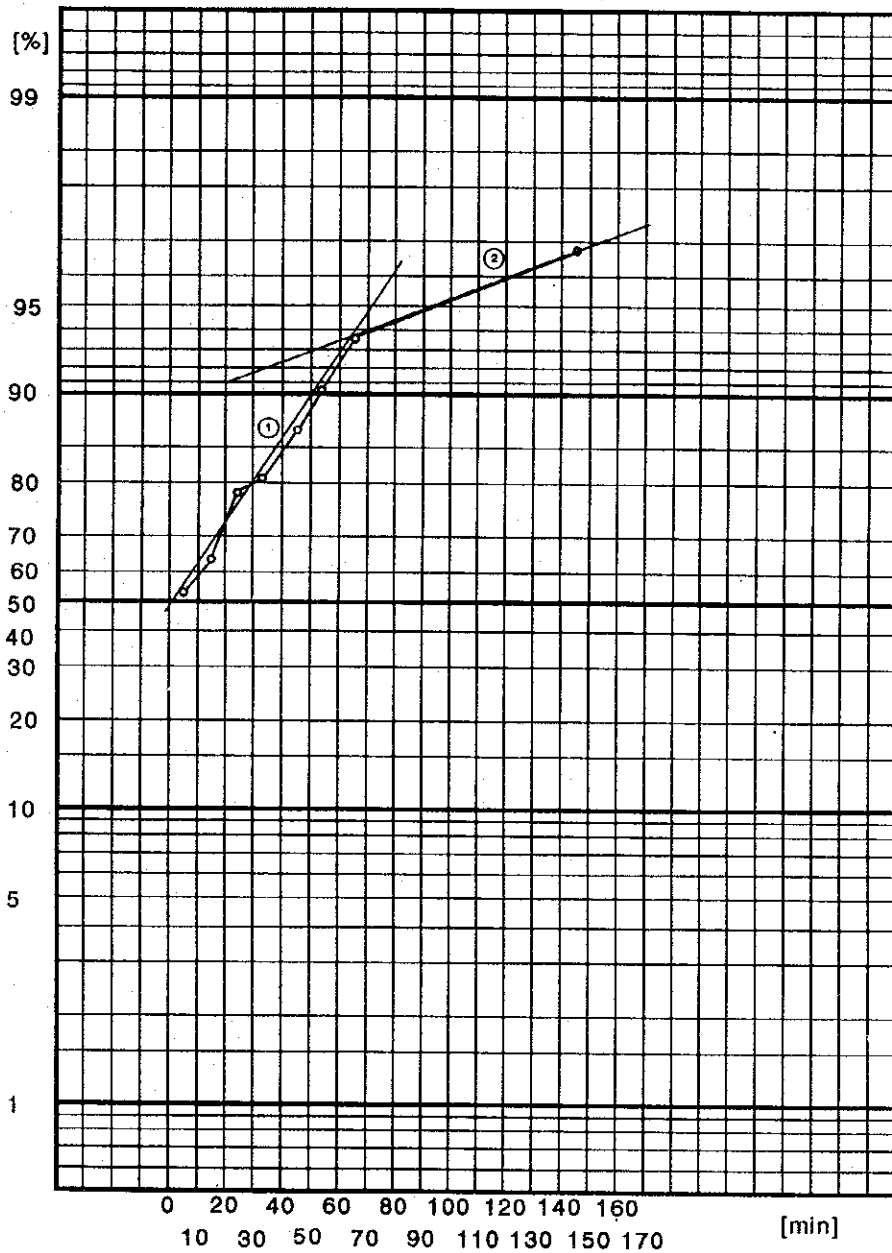
Range time	frequency	sum	%
640.1~650	1	31	
130.1~140	1	30	96.8
120.1~130			
110.1~120			
100.1~110			
90.1~100			
80.1~90			
70.1~80			
60.1~70	1	29	93.5
50.1~60	1	28	90.3
40.1~50	2	27	87.1
30.1~40			
20.1~30	4	25	80.6
10.1~20	4	21	67.7
0.0~10	17		54.8

遅れ時間分布のパーセンテージを確率紙にプロットして Fig. 8.1.28に示す。

Fig. 8.1.28から、曲線は2つのトレンド(1)及び(2)で構成されている。この事例への提言は曲線 No.1 に近づけるか、又は傾斜を極めて急激に上げることである。

従って、工場は遅れ時間を改善するための製造工程の保全 (PM) 及び適切な生産日程計画を用いなければならない。

Figure 8.1.28 Delay Time Distribution



m) 第一回装入量と第一回装入溶解時間の関係の散布図は Fig. 8.1.29に示す。第二回装入量と第二回装入溶解時間の関係の散布図は Fig. 8.1.30に示す。これからは何の相関関係も認められない。第三回装入量と第三回装入溶解時間の間関係の散布図は Fig. 8.1.31に示す。

2回装入の事例について、装入量の分布は Fig. 8.1.32に示してある。

3回装入の事例について、装入量の分布は Fig. 8.1.33に示してある。

Figure 8.1.29 The Relation between 1st Charge Volume and 1st Charge Melting Time

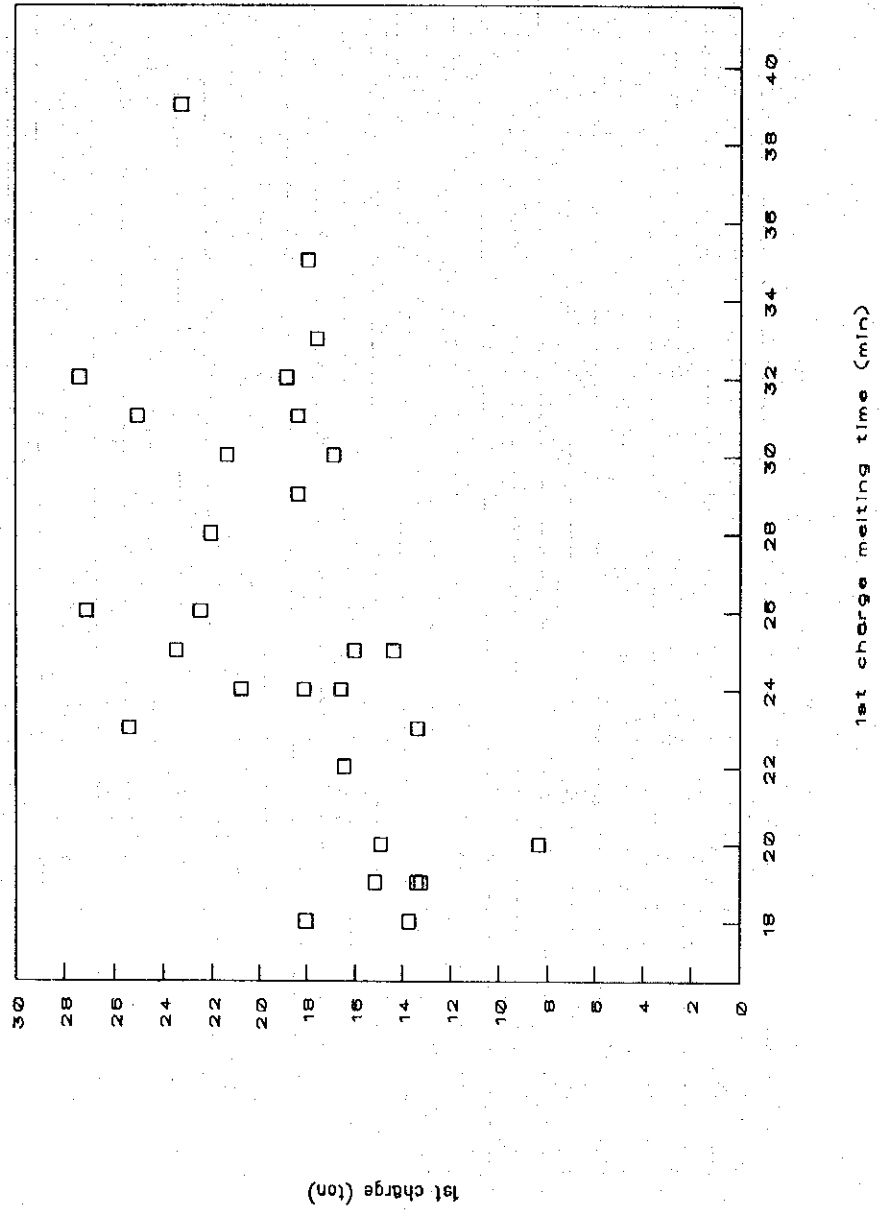


Figure 8.1.30 The Relation between 2nd Charge Volume and 2nd Charge Melting Time

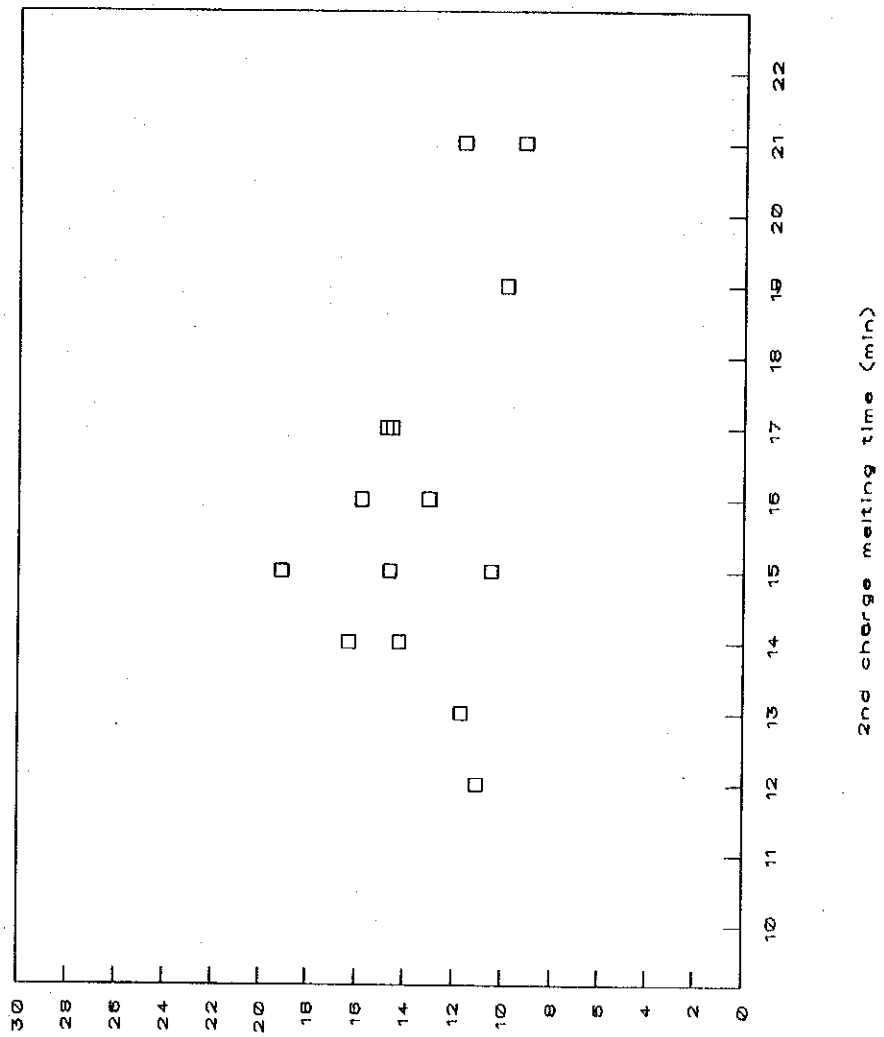
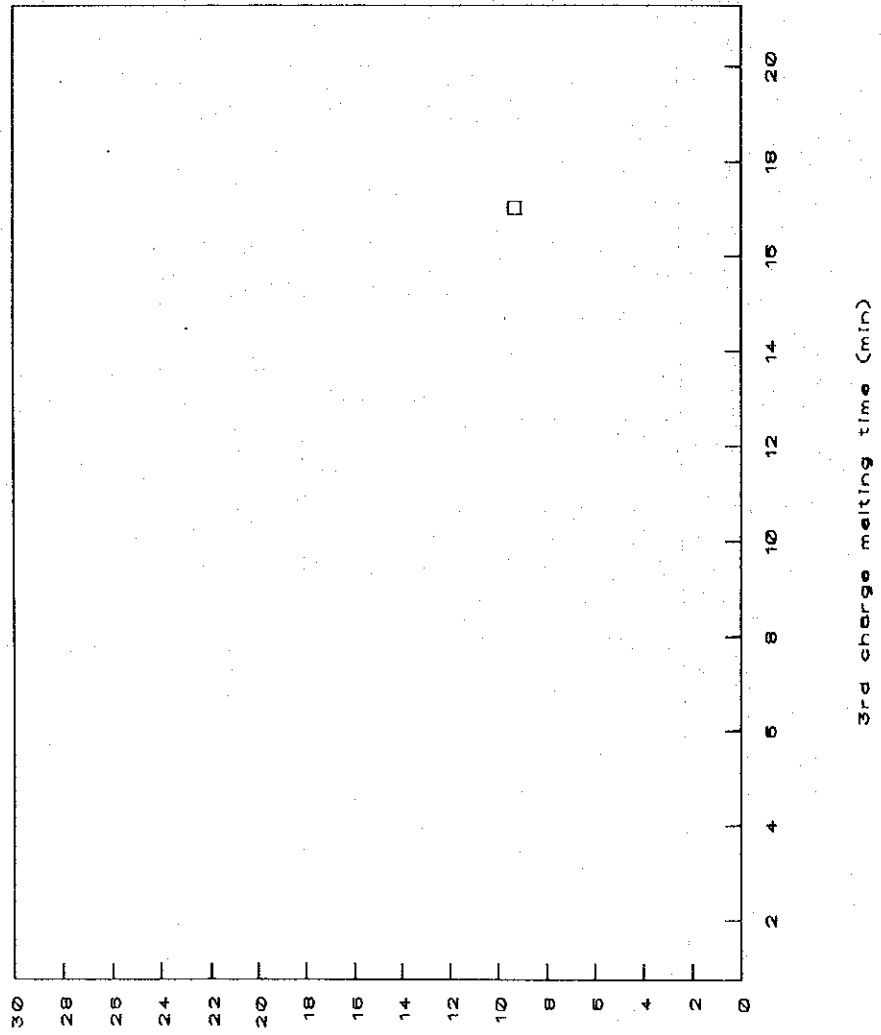


Figure 8.1.31 The Relation between 3rd Charge Volume and 3rd Charge Melting Time



3rd charge (ton)

Figure 8.1.32 Twice: 1st and 2nd Charging Volume Distribution

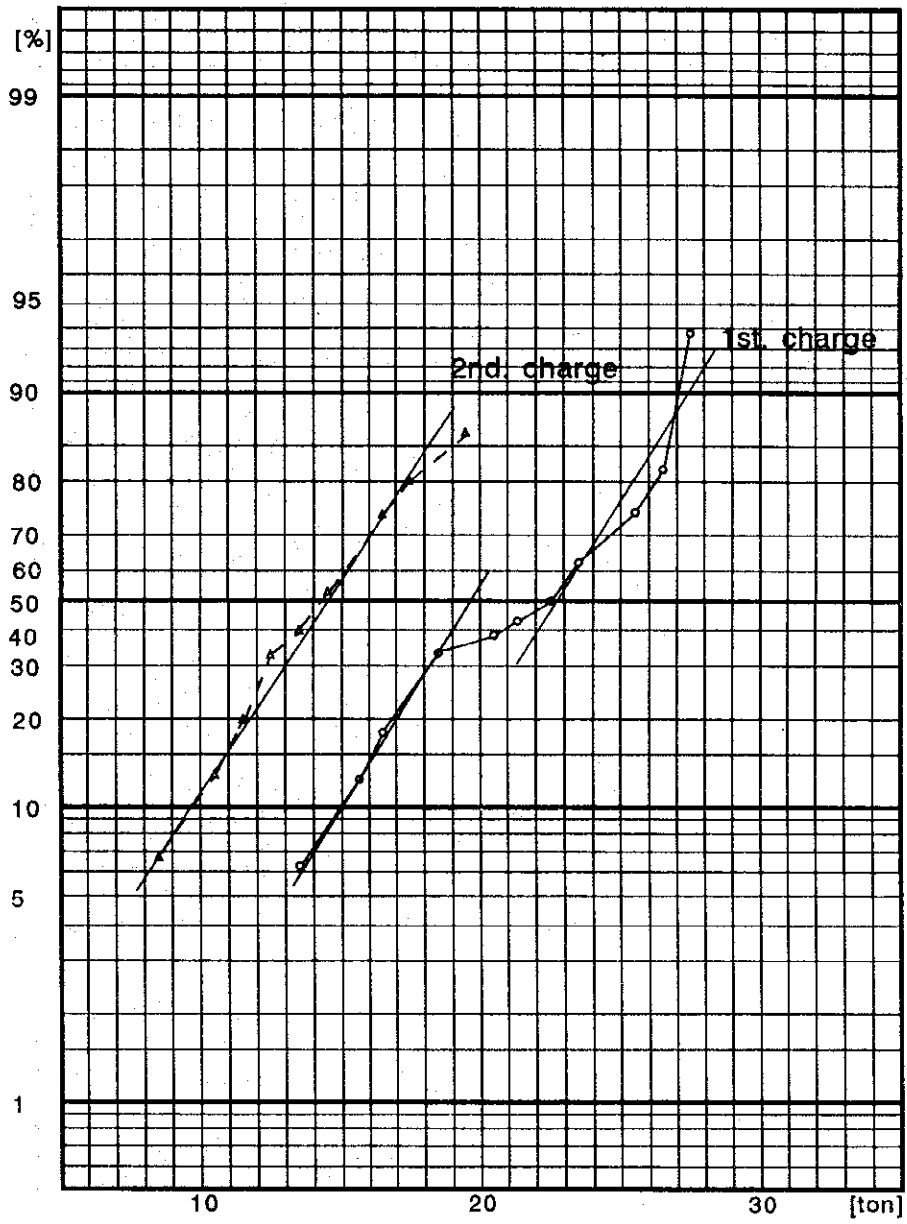
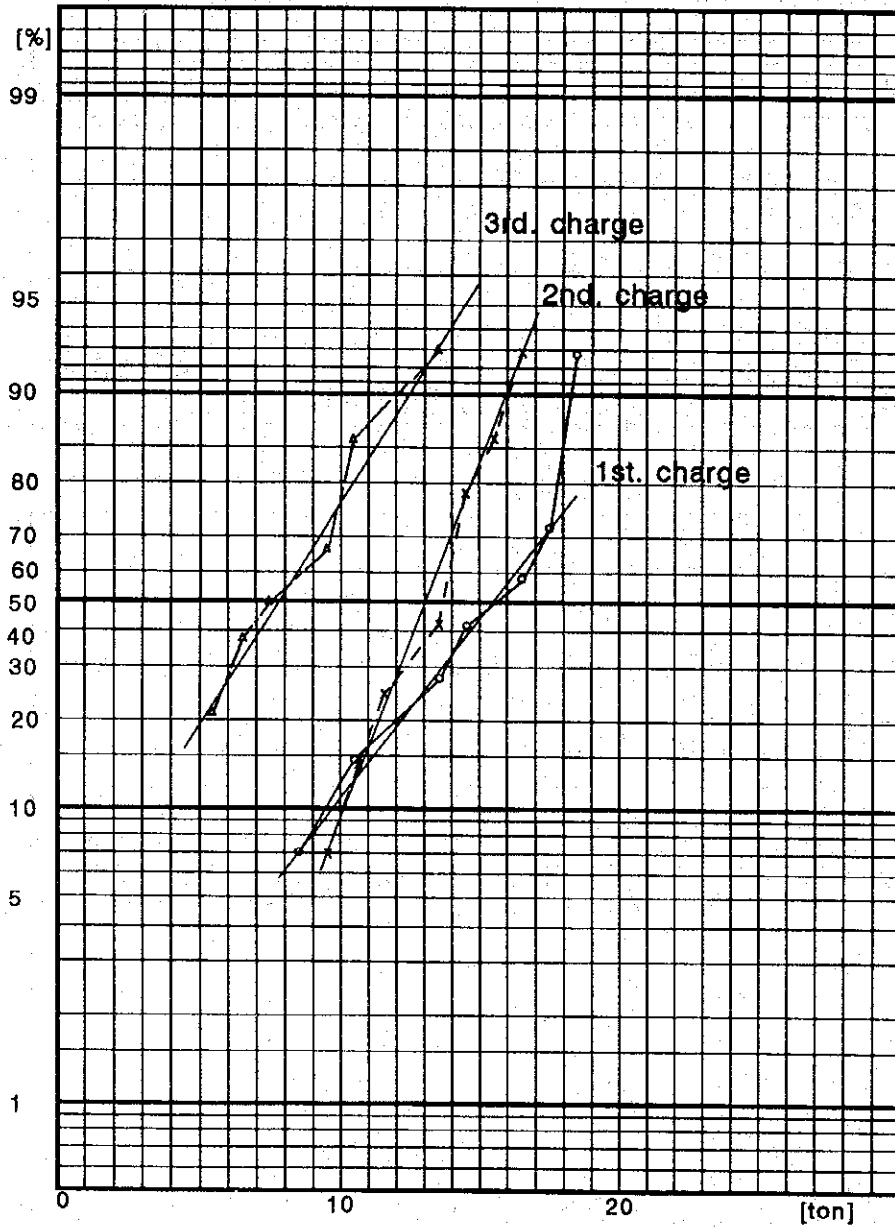


Figure 8.1.33 Triple: 1st, 2nd and 3rd Charging Volume Distribution



装入回数，及び各装入量，装入時間の標準化は行われていないと推定する。

この場合は装入ブロックの単位当たり重量を測定し管理すべきである。

各装入の装入量，装入時期（計画），装入回数のチェックが必要である。

n) 溶解超過時間削減

この工場では，多くの溶解超過時間がある。それは下記によって減少させることができる

1. 観測装置を使用する。

2. 時間管理を行う。

溶解時間のデータが確率紙にプロットしてある。アーク炉の溶解時間の分布曲線は Fig. 8.1.13溶解時間分布図に示す。

この曲線は傾斜をもっと急にすべきである。

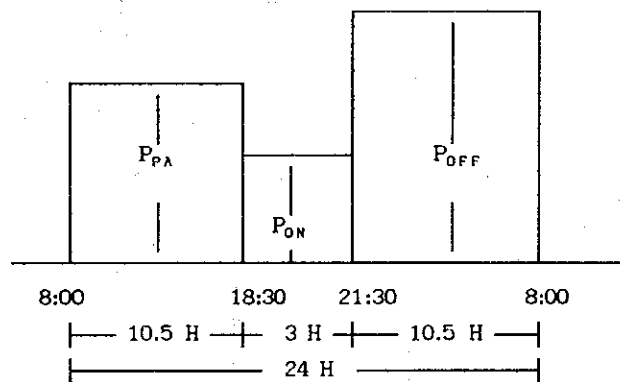
(d) 最大需要電力の抑制値のリミット

デマンド・コントローラは最大需要電力を制限するために使用される。Pon（オンピーク需要）中及び Ppa（部分ピーク需要）中は、それぞれ12,840 kW 及び22,080 kW に制限される。最大需要電力の抑制値のリミットは電気料金を低減させることである。

電気料金は次式で説明することができる。

$$Y_1 = 240P_{ON} + 32(P_{PA} - P_{ON}) + 1.03(\text{kWh}) \quad (1)$$

Figure 8.1.34 PPA, PON and POFF Period Characteristic



鋼生産量は電力消費量 (kWh) に比例すると考えられる。

鋼生産量 ~ kWh

Pon, Ppa, Pof の各値が一定負荷に固定されていると仮定すると、電力消費量は下式で説明される。

電力消費量

$$Y_2 = 10.5P_{PA} + 3P_{ON} + 10.5P_{OF} \quad (2)$$

式(2)を式(1)に代入すると；

$$Y'_1 = 240P_{ON} + 32(P_{PA} - P_{ON}) + 1.03(\text{kWh})$$

$$\begin{aligned} Y'_1 &= 240P_{ON} + 32(P_{PA} - P_{ON}) + 1.03(3P_{ON} + 10.5P_{OF} + 10.5P_{PA}) \times 30 \\ &= 300.7P_{ON} + 356.45P_{PA} + 324.45P_{OF} \quad (3) \end{aligned}$$

$$Y_2 = 10.5P_{PA} + 3P_{ON} + 10.5P_{OF}$$

$$Y'_1 = 300.7P_{ON} + 356.45P_{PA} + 324.45P_{OF}$$

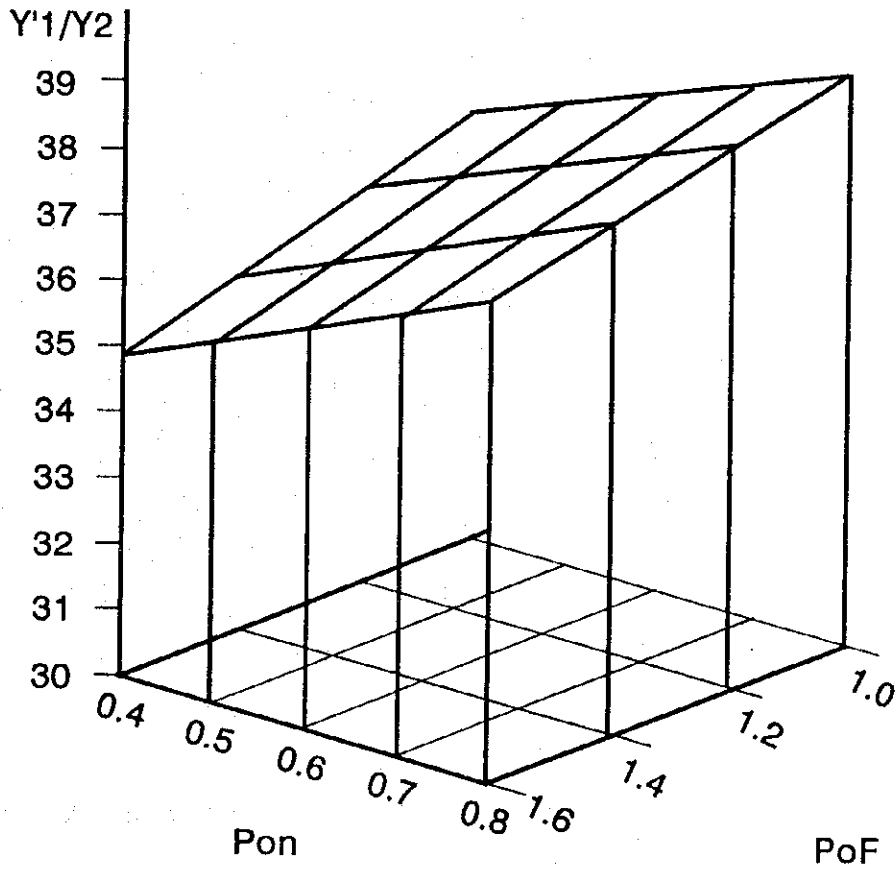
Ppa 値, Ppa = 1 を基準として, Pon 及び Pof の値を変えた場合の, いくつかの計算結果を Table 8.1.24 に示す。

Table 8.1.24 The Relation of PPA, PON, POF and Y'1/Y2

P_{PA}	P_{ON}	P_{OF}	Y'_1	Y_2	Y'_1/Y_2
1	0.4	1.0	801.18	22.2	36.09
		1.2	866.07	24.3	35.64
		1.4	930.96	26.4	35.26
		1.6	995.05	28.5	34.94
1	0.5	1.0	831.25	22.5	36.94
		1.2	896.14	24.6	36.43
		1.4	961.03	26.7	35.99
		1.6	1,025.92	28.8	35.62
1	0.6	1.0	861.32	22.8	37.78
		1.2	926.21	24.9	37.20
		1.4	991.10	27.0	36.71
		1.6	1,055.99	29.1	36.29
1	0.7	1.0	891.39	23.1	38.59
		1.2	956.28	25.2	37.95
		1.4	1,021.17	27.3	37.41
		1.6	1,086.06	29.4	36.94
1	0.8	1.0	921.46	22.4	39.38
		1.2	986.35	25.5	38.68
		1.4	1,051.24	27.6	38.08
		1.6	1,116.13	29.7	37.58

Table 8.1.24からの結果を図表として Fig. 8.1.35に示すことができる。

Figure 8.1.35 The Relation between Y'1/Y2



$$P_{pa} = 1$$

Y1/Y2 ~ 電気料金 / 生産量

Table 8.1.24からの結果を図表として Fig. 8.1.35に示すことができる。

この結果から別の考えが生まれる；

Ppa を基本値として、

Pon 値を減少し

Pof 値を増大させるのがよい。

良い条件を選択することが必要である。

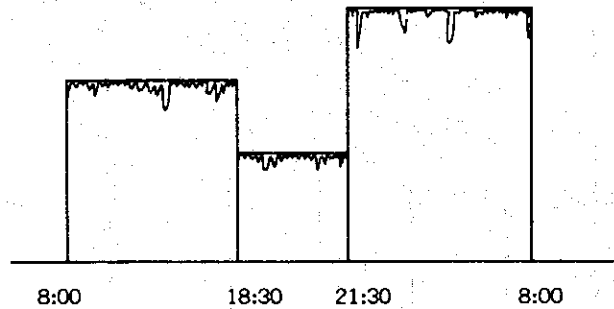
しかし、実際には Y2 は次式で説明される；

$$Y'_2 = K(3Ponk_1 + 10.5 P_{pa}k_2 + 10.5 Pofk_3)$$

K, k1, k2, k3 = 負荷変動及び停止時間と共に変化する係数。

前出の式 Y_2 は、 $K=1$ 、 $k_1=1$ 、 $k_2=1$ 、 $k_3=1$ の特殊な場合である。
 実際には負荷は変動し、Fig. 8.1.34の図のように必ずしも一定ではない。

Figure 8.1.36 Actual Load Curve



従って、 K 、 k_1 、 k_2 、 k_3 の値の変動効果について考える必要がある。しかし、計算結果のサインは非常に重要である。 $k_1 \rightarrow 1$ 、 $k_2 \rightarrow 1$ 、 $k_3 \rightarrow 1$ に近づけることが必要であり、機械停止時間を減少することで可能である。

(e) エネルギー消費特性の管理

電力消費量 (kWh)、溶解時間、酸化・スラグオフ・精錬時間及び kWh/t 間の関係を用いて、管理図を使用して管理することが必要である。

2) 電気炉の生産性

電気炉のエネルギー節約の主要要因は生産時間の短縮である。鋼生産時間は下記の項目により短縮される：

(a) 溶解時間の短縮（しかし、オンピーク需要期間 P_{on} については考慮する必要はない）。

溶解時間は下記により短縮される

- 最大の入力
- 遮断器の作動限界
 - 各トリップの原因を見付け出し、遮断器のトリップを減少させる。
 例えば、電極が融けたスクラップで覆われていて、アーク炉配電線に大電流が流れる。
- 装入量
 - 装入量のリミット、装入回数を減らす

(b) 酸化・スラグオフ・精錬時間の短縮

- 成分調整時間を最短にする
 - スクラップの層別
 - 添加金属量
- 正確な測定による

(c) 遅れ時間の短縮

- 十分な予防保全
 - TPMの実施が必要である
- 生産計画

(d) 夫々の時間の変動の減少

- 装入量の標準化
- 追加装入タイミングの標準化
- システム的な計画
- ロスタイムの削減
 - 溶解超過時間の削減
 - 遅れ時間の削減

(2) 電力消費量

1) アーク炉

1994年8月2日～4日のアーク炉運転記録から集めたデータはTable 8.1.25に要約することができる。

Table 8.1.25 Power Consumption of Arc Furnace

Electric energy consumption	Range	Average
Melting time (°00kWh/d)	1,316 - 1,496	1,393
Total time (°00kWh/d)	2,123 - 2,270	2,217
Electric power consumption per unit (kWh/t)	461.2 - 495.5	481.6
Billet out (ton/d)	455 - 465	460

上記の表から、1日当たりの平均電気力消費量は221,700 kWhである。溶解時間期間の消費量の平均は全時間の60%以上を占める。

アーク炉の電力消費節約を実施することは重要である。どのようにして電力節約を実施するかは既に(4) a で説明した。

2) 力率改善

各変圧器の負荷を測定して、力率を見出し、各主配電盤に挿入して力率を改善するコンデンサの容量を決定した。

測定及び計算の結果は Table 8.1.26及び Table 8.1.27に示す通りである。

Table 8.1.26 Transformer Copper Losses and PF before Improvement

Tr no	Division	Capacity (KVA)	Measuring Apparent Power (KVA)	PF	Transformer Copper Losses (W)
2	EAF Plant	750	382.61	0.690	2,606.31
3	Oxygen Pt.	1000	702.74	0.840	6,558.97
6	CCM	1000	307.32	0.560	1,223.61
7	RM3	1000	678.43	0.510	7,222.46
9	RM2	1000	203.08	0.780	616.61
Total					18,227.96

Table 8.1.27 Transformer Copper Losses, PF and Condenser Used after Improvement

Tr no	Capacity (KVA)	Apparent Power (KVA)	Target PF	Transformer Copper Losses (W)	Condenser use (Kvar)
2	750	275.00	0.960	1,346.42	200
3	1000	617.47	0.956	5,063.82	200
6	1000	180.59	0.953	422.51	200
7	1000	355.97	0.972	1,988.35	500
9	1000	166.74	0.950	415.67	75
Total				9,236.77	

The example of these calculations are shown in appendix 8.1.1

(a) - 8.1.1 (e)

コンデンサが各主配電盤に挿入してある場合は、下記の Table 8.1.28に示すように、銅損及び皮相電力が減少するようになる。

Table 8.1.28 Saving from Transformer Copper Losses

Tr no	Condenser use (Kvar)	saving		investment (Bt)
		energy (kWh/y)	expense (Bt/y)	
2	200	9,071.18	13,643	52,900
3	200	10,765.07	16,191	52,900
6	200	5,767.97	8,675	52,900
7	500	37,685.58	56,679	108,000
9	75	1,446.73	2,176	21,650
Total*1)1,175		63,289.80	95,188	266,700

*1) excluding Tr No. 9 because of high investment comparing with saving energy and expense.

損失の低減及び Baht/年のペナルティの支払いからの解放により95,188 Baht/年が節約される。

コンデンサは、変圧器 No.9を除き、266,700 Baht/年の支出を必要とする。

3) 配電線路損失の低減

力率を改善するために進相用コンデンサーを設けると、配電線路損失は減少する。各配電線の仕様は Table 8.1.29及び Table 8.1.30に示してある。

Table 8.1.29 Specification of Distribution Line

Tr no	Type of conductor	diameter (sq.mm)	distance (m)-*2)	Quantity (line/phase)	Line Temp. (°C)
3	1) Copper	50	120	3	33
	2) Copper	185	40	3	33
6	Copper	240	200	3	33
7	Copper	185	150	4	33

*2) Distance from transformer to MDB

*3) to calculate 2 lines losses for transformer No.3

Table 8.1.30 Saving from Line losses

Tr no	Ia (A)	Ib (A)	saving	
			energy (Kwh/y)	Expense (฿t/y)
3 1)	48.97	25.94	593.93	893
2)	1,008.37	899.23	6,125.46	9,213
6	438.10	257.44	14,074.54	21,168
7	1,064.38	558.47	67,948.85	102,186
Total			88,742.78	133,460

Remark : Ia = current before improvement

Ib = current after improvement

配電線路損失計算の例を付録8.1.2(a)~(d)に示す。

上記の表は力率が改善されたときの配電線路損失の減少を示す。電力量の総節減量は88,742.78 kWh/年、費用節約は133,460 Baht/年である。

Table 8.1.31 Total Saving after Using Condenser

Tr No.	Condenser use (kvar)	Saving			Expense (฿t/y)	Invest-ment (฿t)	Pay back period (y)	IRR *4) (%)
		Tran. loss (kWh)	Line loss (kWh)	Total loss (kWh)				
2	200	9,071.2	-	9,071.2	13,643	52,900	3.88	22.8
3	200	10,765.1	6,719.4	17,484.5	26,297	52,900	2.01	48.8
6	200	5,768.0	14,074.5	19,842.5	29,843	52,900	1.77	55.7
7	500	37,685.6	67,942.9	105,628.4	158,865	108,000	0.68	147.1
T	1,100	63,289.8	88,736.8	152,026.6	228,648	266,700	1.17	85.6

*4) life time of condenser is 10 years.

力率改善後の総節約額は Table 8.1.31 に示す。電力量総節約量は152,026.6 kWh/年であり、費用節約は228,648 Baht/年である。新しいコンデンサのための投資額は266,700 Baht である。従って、この費用は1.2年以内に回収できる。

4) 変圧器負荷の統合

Table 8.1.5 に示してあるように、Tr4 3000 kVA 及び Tr5 1000 kVA には小さな負荷しかない。変圧器を統合して、Table 8.1.32 に示すように、酸素工場の負荷を集塵機工場用変圧器から供給できるように、統合することができる。

Table 8.1.32 Rating of Transformer Loads

Tr no	Division	Rating Capacity (KVA)	apparent power (KVA)	PF
<u>Before integrated</u>				
4	Dust Collector	3,000	1,257.50	0.90
5	Oxygen Plant	1,000	485.80	0.85
<u>After integrated</u>				
4	Dust Collector & Oxygen Plant	3,000	1,741.41	0.89

変圧器統合の結果は下記のようになる；

エネルギー節約=2,324.32 kWh/年

費用節減 =3,486 Baht/年，計算は付録8.1.3に示してある。

5) 変圧器のタップ変更

Table 8.1.33 Transformer Tap Changing : Tr No. 6 (CCM)

No.		Sec. voltage		saving	
		before (V)	after (V)	energy (kWh/y)	expense (Baht/y)
1	Transformer losses	405	395	861.69	1,293
2	Motor losses	405	395	526.62	790
	Total			1,388.31	2,083

これらの計算の例を付録8.1.4に示す。

変圧器の二次電圧は，モーターにとってはむしろ高いレベルの405Vである。タップを変更して，モーター負荷にとって正常なレベルの395Vに下げる必要がある。この事により，変圧器及び誘導モーターの電力損失（鉄損）を減少することができ，誘導モーターの力率を増大するはずである。Table 8.1.33から，変圧器損失の減少による省エネルギー節約は861.69 kWh/年及び費用節減1,293 Baht/年である。モーター損失低減については，エネルギー節約は526.62 kWh/年及び費用節約790 Baht/年である。

Table 8.1.5及び Table 8.1.6で述べたように，368及び363Vの低電圧は低効率運転を引き起こす。

この為，変圧器タップの調整が必要である。

6) ピーク需要及び負荷曲線の解析

〈1〉 ピーク需要

ピーク需要（部分、オンピーク、オフピーク）、エネルギー消費量、負荷係数のパーセント、及び電力費のデータが Table 8.1.34 に示してある。オンピーク及び部分ピーク期間は、調節可能なデマンド・コントローラで制御される。1 か月の平均ピーク需要は、オンピーク 14,526 kW、部分ピーク 22,666 kW、オフピーク 22,518 kW である。93年11月のオンピーク需要は極めて高く、94年2月は低すぎるため、改善を要する。

〈2〉 負荷曲線分析

Fig. 8.1.37 のグラフは、工場の1年間のピーク需要 (kW)、電力消費量 (kWh) 及び負荷率のパーセンテージ (%LF) の関係を示す。電力消費量は少ないがピーク需要が高かった月では、負荷係数のパーセンテージは低くなった。

1994年2月などは、電力消費量は5,708,000 kWh、ピーク需要は22,425 kW、負荷率は34.9%であった。この意味は、ピーク需要管理が適切でなく、平均電力消費量の電気料 (Baht/kWh) が増大するということである。別の側面では、電力消費量が大きいがピーク需要が低い月ならば負荷率が増大する。例えば1993年7月のように

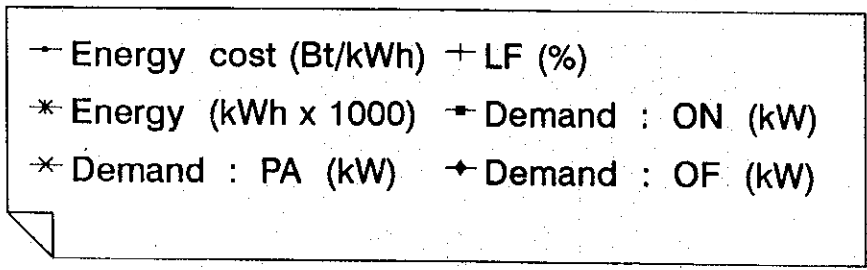
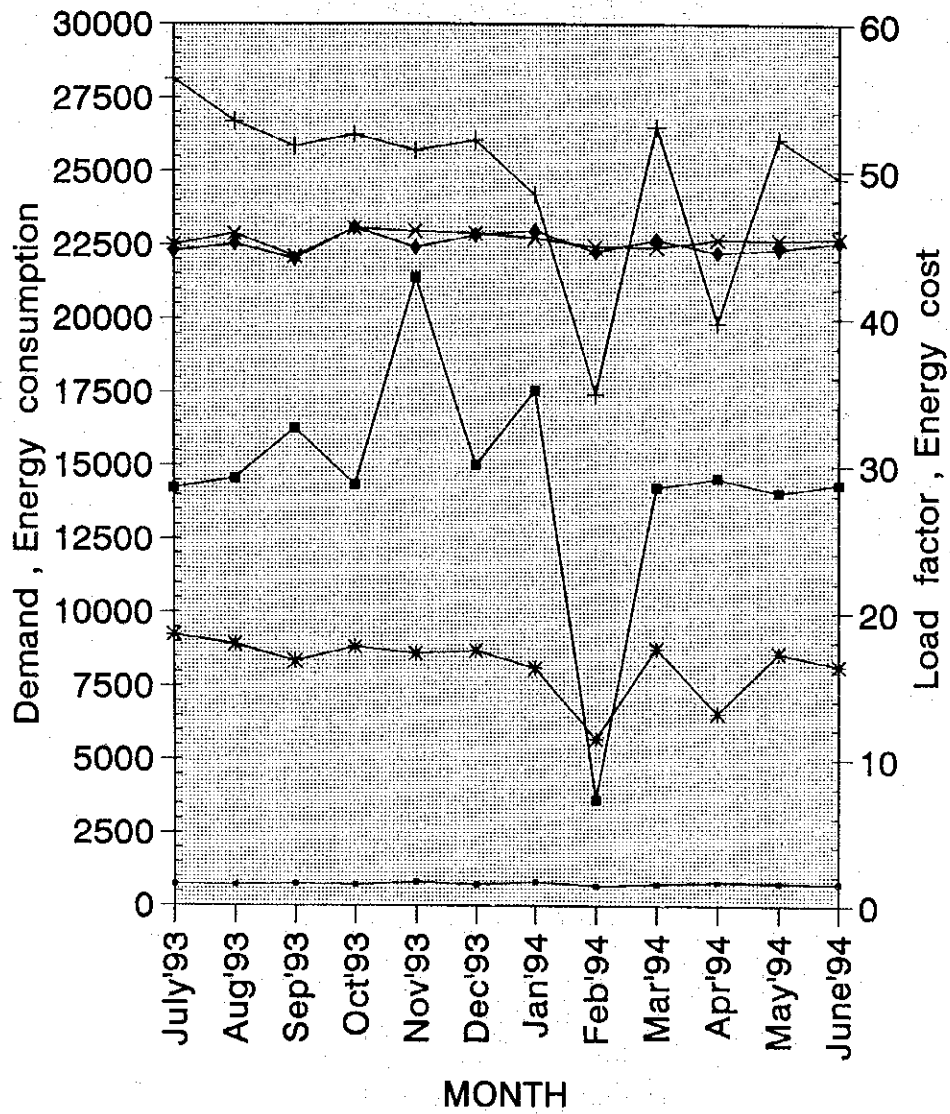
Table 8.1.34 Electrical Demand, Energy Consumption, Energy Cost, Baht/Unit and LF in 1 Year

Month	Demand			Demand charge			Energy KWh	Energy charge Baht	FT Baht	VAT 7%	Total charge Baht	Baht/Unit	LF (%)
	ON(KW)	PA(KW)	OF(KW)	ON(B)	PA(B)	OF(B)							
July 93	14,240	22,500	22,270	3,417,600	264,320	0.00	9,244,400	9,521,731.94	299,518.56	883,384.99	13,503,170.50	1,461	56.3
Aug 93	14,560	22,880	22,530	3,494,400	266,240	0.00	8,915,200	9,182,655.97	-165,822.72	835,909.47	12,777,473.25	1,433	59.4
Sep 93	16,262	22,089	22,022	3,902,880	186,784	0.00	8,348,300	8,598,748.88	-155,278.38	819,924.69	12,539,134.50	1,501	51.7
Oct 93	14,343	23,059	23,079	3,442,320	278,912	0.00	8,899,000	9,104,169.90	-164,405.4	828,269.50	12,660,996.50	1,432	52.5
Nov 93	21,389	22,964	22,406	5,139,360	50,400	0.00	8,613,000	8,871,390.05	-160,201.8	909,015.30	13,894,948.25	1,613	51.4
Dec 93	15,014	22,886	22,829	3,603,360	251,904	0.00	8,711,000	8,972,330.10	-162,024.6	828,588.65	12,665,569.50	1,454	52.1
Jan 94	17,568	22,733	22,982	4,216,320	195,280	0.00	8,123,000	8,366,689.95	561,299.30	970,720.00	13,309,589.25	1,639	48.4
Feb 94	9,629	22,425	22,253	870,960	601,472	0.00	5,708,000	5,879,239.95	394,422.80	506,753.37	7,746,094.75	1,357	34.9
Mar 94	14,266	22,406	22,676	3,423,840	260,480	0.00	8,780,000	9,043,400.00	312,568.00	853,102.95	13,040,288.00	1,485	53.0
Apr 94	14,573	22,676	22,233	3,497,520	259,296	0.00	6,571,000	6,788,129.90	23,655.60	690,095.43	10,548,601.50	1,605	39.7
May 94	14,093	22,656	22,349	3,382,320	274,016	0.00	8,627,000	8,885,809.90	822,153.10	874,239.94	13,364,299.00	1,549	52.2
June 94	14,380	22,713	22,598	3,451,200	266,656	0.00	8,201,000	8,447,030.00	229,628.00	810,856.06	12,394,514.00	1,511	49.5
Total	174,317	271,997	270,227	41,836,080	3,125,760	0.00	98,680,800	101,641,326.54	1,835,512.46	9,810,940.35	148,438,879.00	1,504	49.7

%LF = $\frac{\text{Energy consumption (KWH)} \times 100}{\text{Maximum peak demand (KW)} \times 730 \text{ (H/M)}}$

Maximum peak demand (KW) x 730 (H/M)

Figure 8.1.37 The Relation of Demand and Energy Consumption Appendix 8.1.1 (a)



電力消費量は9,244,440 kWh, ピーク需要は22,500 kW, 負荷率のパーセントは56.3%である。ピーク需要が大変良好なことを示し, それが平均電力消費量の料金 (Baht/kWh) を引き下げる効果があった。第二の場合は, もし, エンジニアが, 生産量が変わらないまま運転システム及び機械運転の適切なスケジュールを設定することにより工場内の電気炉及び他の負荷のピーク需要の目標を設定してピーク需要を最小値に制御することができたならば, 工場により利益をもたらした。ピーク期間中は不必要な機械は停止しておくべきである。電気機械は重要な機械の優先順位に従って逐次起動しなければならない。そうすることにより, 当工場のピーク需要は低く, 負荷率は高くなる。

7) 空気圧縮機

電気炉部門で使用している5台の空気圧縮機がある。各機の負荷はTable 8.1.26に示してある。入力電力を減らし空気圧縮機の効率を増大するためには, 下記の事項が重要である。

1. 間隙, 孔, パイプなどからの空気漏洩の保全整備
2. 空気圧縮機の同時運転台数をエア・タンクを効率よく使用して制約する。

8) 機械の機械的損失

工場に配置してある多くの機械には機械的摩擦損失がある。

この場合に重要なことは, 潤滑剤補給のような, 定期的な良好な保全整備である。良好な潤滑は機械的摩擦を軽減する。

9) 照明

全工場の照明用には低効率のランプを, 18, 36w 蛍光ランプのような高効率のランプに交換するのがよい。もう一つは, 酸素工場の空気圧縮機室のような, 不必要な場所のランプを消すことである。

c. その他

その他の考慮すべき事柄を, 以下に示す。

- 1) 工場内の多くの資材の整理
- 2) スクラップ及び残材の除去 — 工場内の全ての部分
- 3) 適切な保全整備。例えば
 - 適切な潤滑
- 4) 適切な生産計画で冷却ビレットの過剰在庫を減らす
- 5) 電力消費量の記録
- 6) 作業記録の解析

- 7) 生産性及び溶解時間, ビレット重量, kWh, など, エネルギー消費の管理
 - 管理図を使用して
- 8) 工場全体にわたる需要制限
 - 電力需要を制限するための Pon-Ppa-Pof 値のシミュレーション
- 9) 電力, kWh, 力率, 重量, 時間管理 (溶解, 酸化, スラグオフ, 精錬など) を測定するための計器の設置
- 10) 連続鋳造
 - 成分調整の待時間の低減
 - 故障時間損失の低減
 - 適切な予防保全
 - 再加熱の省略

最終目標。ただし, 問題・設備・生産計画の解決を含む。

 - ビーティング・ビレット・シューティングの停止の解消
 - ビレット圧延の停止の解消
- 11) 全員参加による改善

8.1.3.5 総合効果

工場におけるエネルギー診断の結果, エネルギー・コストを低減する可能性は下記の通り認めることができる:

Item	Installation Costs (Baht)	Energy Savings (Baht/year)	Payback Period (year)
1. Heat Energy			
1.1 Results of Oxygen Reduction in Furnace	100,000	476,582	0.2
1.2 Changing to substitute "A" Heavy oil for Diesel fuel reheating of Electric Arc Furnace Body	300,000	1,934,774	0.15
Sub Total	400,000	2,411,356	0.17
2. Electric Energy			
2.1 Power Factor Improvement	228,648	266,700	1.17
2.2 Transformer Tap changing	2,083	-	-
Sub Total	230,731	266,700	0.86
Total	630,731	2,678,056	0.24

Appendix 8.1.1 (a)

POWER FACTOR CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.2 (EAF PLANT)	
Capacity of Transformer	750.00	kVA
Efficiency (eff)	98.53	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	1082.53	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	1530	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	9680	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT		AFTER IMPROVEMENT	
Active Power	264.00 kW	Active Power	264.00 kW
Apparent Power	382.61 kVA	Apparent Power	275.00 kVA
Reactive Power	276.94 kVar	Reactive Power	77.00 kVar
Power Factor	0.690	Power Factor	0.960
Actual sec. voltage	390.00 V	Actual sec. voltage	390.00 V
Actual current (Ia)	566.41 A	Actual current (Ib)	407.11 A
Iron Losses	1530 W	Iron Losses	1530 W
Copper Losses	2606.31 W	Copper Losses	1346.42 W
Efficiency of trans.	98.46 %	Efficiency of trans.	98.92 %
Work hour	7200.00 h/y		
Electricity price	1.504 baht/kWh		
To use capacitor	200 kVar		

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(\text{Ia}/\text{Ir})^2 - (\text{Ib}/\text{Ir})^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	9071.18 kWh/year
Money saving	13643 Baht/year

Printed Date 06/09/94
 Printed Time 11:38:36

Appendix 8.1.1 (b)

POWER FACTOR CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.3 (OXYGEN + CCM COOLING WATER)	
Capacity of Transformer	1000.00	kVA
Efficiency (eff)	98.48	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	1443.38	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	1950	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	13500	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	590.30 kW	Active Power	590.30 kW
Apparent Power	702.74 kVA	Apparent Power	617.47 kVA
Reactive Power	381.30 kVar	Reactive Power	181.14 kVar
Power Factor	0.840	Power Factor	0.956
Actual sec. voltage	400.00 V	Actual sec. voltage	400.00 V
Actual current (Ia)	1014.32 A	Actual current (Ib)	891.24 A
Iron Losses	1950 W	Iron Losses	1950 W
Copper Losses	6558.97 W	Copper Losses	5063.82 W
Efficiency of trans.	98.58 %	Efficiency of trans.	98.83 %
Work hour	7200.00 h/y		
Electricity price	1.504 baht/kWh		
To use capacitor	200 kVar		

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times \left[\left(\frac{I_a}{I_r} \right)^2 - \left(\frac{I_b}{I_r} \right)^2 \right] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	10765.07 kWh/year
Money saving	16191 Baht/year

Printed Date 06/09/94
 Printed Time 11:26:45

Appendix 8.1.1 (c)

POWER FACTOR CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.6 (CCM)	
Capacity of Transformer	1000.00	kVA
Efficiency (eff)	98.48	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	1443.38	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	1950	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	13500	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT		AFTER IMPROVEMENT	
Active Power	172.10 kW	Active Power	172.10 kW
Apparent Power	307.32 kVA	Apparent Power	180.59 kVA
Reactive Power	254.61 kVar	Reactive Power	54.71 kVar
Power Factor	0.560	Power Factor	0.953
Actual sec. voltage	405.00 V	Actual sec. voltage	405.00 V
Actual current (Ia)	438.10 A	Actual current (Ib)	257.44 A
Iron Losses	1950 W	Iron Losses	1950 W
Copper Losses	1223.61 W	Copper Losses	422.51 W
Efficiency of trans.	98.19 %	Efficiency of trans.	98.64 %
Work hour	7200.00 h/y		
Electricity price	1.504 baht/kWh		
To use capacitor	200 kVar		

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(\text{Ia}/\text{Ir})^2 - (\text{Ib}/\text{Ir})^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	5767.97 kWh/year
Money saving	8675 Baht/year

Printed Date 06/09/94
 Printed Time 11:33:13

Appendix 8.1.1 (d)

POWER FACTOR CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.7 (RM3 PLANT)	
Capacity of Transformer	1000.00	kVA
Efficiency (eff)	98.48	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	1443.38	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	1950	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	13500	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	346.00 kW	Active Power	346.00 kW
Apparent Power	678.43 kVA	Apparent Power	355.97 kVA
Reactive Power	583.57 kVar	Reactive Power	83.65 kVar
Power Factor	0.510	Power Factor	0.972
Actual sec. voltage	368.00 V	Actual sec. voltage	368.00 V
Actual current (Ia)	1064.38 A	Actual current (Ib)	558.47 A
Iron Losses	1950 W	Iron Losses	1950 W
Copper Losses	7222.46 W	Copper Losses	1988.35 W
Efficiency of trans.	97.42 %	Efficiency of trans.	98.87 %
Work hour	7200.00 h/y		
Electricity price	1.504 baht/kWh		
To use capacitor	500 kVar		

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(\text{Ia}/\text{Ir})^2 - (\text{Ib}/\text{Ir})^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	37685.58 kWh/year
Money saving	56679 Baht/year

Printed Date 06/09/94

Printed Time 11:34:59

Appendix 8.1.1 (e)

POWER FACTOR CORRECTION

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.9 (RM2 PLANT)	
Capacity of Transformer	1000.00	kVA
Efficiency (eff)	98.48	%
Rated sec. voltage	400.00	V
Rated current (Ir)	1443.38	A
Iron Losses (at 75 deg. C)	1950	W
Copper Losses (at 75 deg. C)	13500	W (at full load)

BEFORE IMPROVEMENT

AFTER IMPROVEMENT

Active Power	158.40 kW	Active Power	158.40 kW
Apparent Power	203.08 kVA	Apparent Power	166.74 kVA
Reactive Power	127.08 kVar	Reactive Power	52.06 kVar
Power Factor	0.780	Power Factor	0.950
Actual sec. voltage	377.00 V	Actual sec. voltage	377.00 V
Actual current (Ia)	311.00 A	Actual current (Ib)	255.35 A
Iron Losses	1950 W	Iron Losses	1950 W
Copper Losses	616.61 W	Copper Losses	415.67 W
Efficiency of trans.	98.41 %	Efficiency of trans.	98.53 %
Work hour	7200.00 h/y		
Electricity price	1.504 baht/kWh		
To use capacitor	75 kVar		

FORMULA

$$\text{Copper loss reduction} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ CU loss} \times [(\text{Ia}/\text{Ir})^2 - (\text{Ib}/\text{Ir})^2] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	1446.73 kWh/year
Money saving	2176 Baht/year

Printed Date 06/09/94
 Printed Time 11:50:42

LINE LOSSES REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR

Type of conductor (THW, TW ect.)	THW	
Conductor materials	Annealed Copper	
Cross section area of conductor	50.00	sq.mm
Quantity of conductor	3.00	line/phase
Distance of conductor (L)	120.00	m
Temp. of conductor (tw)	33.00	deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393	
Max. resistance at 20 deg. C (Rt)	0.379	Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	48.97	A
Current after improvement (Ib)	25.94	A
Work hour	7200.00	h/y
Electricity price	1.504	baht/kWh

FORMULA

Line losses saving = $3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c (t_w - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$

SAVING

Energy saving	593.93	kWh/year
Money saving	893	Baht/year

Printed Date 13/09/94

Printed Time 15:19:05

Appendix 8.1.2 (b)

LINE LOSSES REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR

Type of conductor (THW,TW ect.)	THW	
Conductor materials	Annealed Copper	
Cross section area of conductor	185.00	sq.mm
Quantity of conductor	3.00	line/phase
Distance of conductor (L)	40.00	m
Temp. of conductor (tw)	33.00	deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393	
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.0972	Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	1008.37	A
Current after improvement (Ib)	899.23	A
Work hour	7200.00	h/y
Electricity price	1.504	baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c (tw - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	6125.46 kWh/year
Money saving	9213 Baht/year

Printed Date 13/09/94
Printed Time 15:20:21

Appendix 8.1.2 (c)

LINE LOSSES REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR

Type of conductor (THW,TW ect.)	THW	
Conductor materials	Annealed Copper	
Cross section area of conductor	240.00	sq.mm
Quantity of conductor	3.00	line/phase
Distance of conductor (L)	200.00	m
Temp. of conductor (tw)	33.00	deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393	
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.074	Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	438.10	A
Current after improvement (Ib)	257.44	A
Work hour	7200.00	h/y
Electricity price	1.504	baht/kWh

FORMULA

Line losses saving = $3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c (tw - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$

SAVING

Energy saving	14074.54	kWh/year
Money saving	21168	Baht/year

Printed Date 13/09/94
Printed Time 15:24:57

Appendix 8.1.2 (d)

LINE LOSSES REDUCTION

DATA OF CONDUCTOR

Type of conductor (THW,TW ect.)	THW	
Conductor materials	Annealed Copper	
Cross section area of conductor	185.00	sq.mm
Quantity of conductor	4.00	line/phase
Distance of conductor (L)	150.00	m
Temp. of conductor (tw)	33.00	deg. C
Temp. coefficient at 20 deg. C (Tc)	0.00393	
Max.resistance at 20 deg. C (Rt)	0.0972	Ohm/km/Conductor
Current before improvement (Ia)	1064.38	A
Current after improvement (Ib)	558.47	A
Work hour	7200.00	h/y
Electricity price	1.504	baht/kWh

FORMULA

$$\text{Line losses saving} = 3 \times (I_a^2 - I_b^2) \times R_t \times [1 + T_c (t_w - 20)] \times L \times \text{work hour} / 10^6$$

SAVING

Energy saving	67942.85	kWh/year
Money saving	102186	Baht/year

Printed Date 13/09/94
 Printed Time 15:26:47

Appendix 8.1.3

TRANSFORMER REMOVE

DATA OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.5 (OXYGEN)	Transformer name	TR.4 (DUST)
Capacity of Transformer	1000.00 kVA	Capacity of Transformer	3000.00 kVA
Efficiency (eff)	98.48 %	Efficiency (eff)	98.8 %
Iron Losses (at 75 deg. C)	1950 W	Iron Losses (at 75 deg. C)	4150 W
Copper Losses (at 75 deg.C)	13500 W	Copper Losses (at 75 deg.C)	32400 W

LOAD OF TRANSFORMER

Transformer name	TR.5 (OXYGEN)	Transformer name	TR.4 (DUST)
Active Power	412.93 kW	Active Power	1131.75 kW
Apparent Power	485.80 kVA	Apparent Power	1257.50 kVA
Reactive Power	255.91 kVar	Reactive Power	548.13 kVar
Power Factor	0.85	Power Factor	0.90

FORMULA

Iron loss	= kVA x (1-eff) x % Iron loss x hour per year
Copper loss	= kVA x (1-eff) x % Copper loss x (kVA actual/kVA rated) ² x working hour per year
Work hour	7200.00 h/y
Electricity price	1.50 baht/kWh

Transformer name	TR.5 (OXYGEN)	Transformer name	TR.4 (DUST)
Iron loss (1)	16805.59 kWh/y	Iron loss (2)	35806.95 kWh/y
Copper loss (1)	22568.17 kWh/y	Copper loss (2)	40370.68 kWh/y

Remove the transformer
the load to transformer
Then the load of transformer

TR.5 (OXYGEN)
TR.4 (DUST)
TR.4 (DUST)

out of system and transfer
is as following :-

Active Power	1544.68 kW
Apparent Power	1741.41 kVA
Reactive Power	804.04 kVar
Power Factor	0.89
Copper loss (3)	77420.13 kWh/y

SAVING

Energy saving	= Iron loss (1) + Copper loss (1) - Copper loss (3)
	= 2324.32 kWh/year
	= 3486 Baht/year

Appendix 8.1.4

TRANSFORMER TAP CHANGING

1) REDUCTION OF TRANSFORMER LOSSES

DATA OF TRANSFORMER

Name of transformer	TR.6 (CCM)	
Capacity of transformer	1000	kVA
Efficiency of transformer	98.48	%
Iron losses (at 75 degree C)	1950	W
Copper losses (at 75 degree C)	13500	W (at full load)
Actual Sec. voltage before tap changging (V actual)	405.00	V
Sec. voltage after tap changging (V rated)	395.00	V
Working hour of transformer	8760.00	h/y
Electricity price	1.50	baht/kWh

Press "Enter" to continue....

FORMULA

$$\text{Reduction of Iron losses} = \text{kVA} \times (1 - \text{eff}) \times \% \text{ Iron loss} \times [(V \text{ actual}/V \text{ rated})^2 - 1] \times \text{Work hour per year}$$

SAVING

Energy saving	861.69	kWh/year
Money saving	1293	Baht/year

2) REDUCTION OF MOTOR LOSSES

Average load	=	Energy consumption (kWh/y) / Hour per year
	=	63.40 kW
% of motor per total load	=	30.00 % of average load
	=	19.02 kW
Efficiency of motor (Average)		80.00 %
Iron losses of motor		30.00 % of total losses
Actual voltage at motor before tap changging (V actual)		405.00 V
Voltage at motor after tap changging (V rated)		395.00 V
Working hour of motor		7200.00 h/y
Electricity price		1.50 baht/kWh

FORMULA

$$\text{Reduction of Iron losses} = \% \text{ of motor (kW)} \times (1/\text{eff} - 1) \times (\% \text{ Iron loss}) \times [(V \text{ actual}/V \text{ rated})^2 - 1] \times \text{Working hour}$$

SAVING

Energy saving	526.62	kWh/year
Money saving	790	Baht/year

TECHNICAL DATA OF TRANSFORMER

Rated Primary Voltage : 11 kV, 12 kV
 Secondary Voltage : 400/230 V, 416/240 V

Capacity (kVA)	No Load Losses Po (W)	Load Losses at 75 deg.C Pk (W)	Total Losses at 75 deg.C (W)	Impedance at 75 dec.C Un (%)	Efficiency		Voltage Regulation (%)
					P.F. 1		
					1/2 Load (%)	Full Load (%)	
50	190	1050	1240	4	98.22	97.58	2.16
100	320	1750	2070	4	98.51	97.97	1.81
160	460	2350	2810	4	95.35	98.27	1.54
250	650	3250	3900	4	98.84	98.46	1.37
315	770	3900	4670	4	98.9	98.54	1.31
400	930	4600	5530	4	98.97	98.64	1.22
500	1100	5500	6600	4	99.02	98.7	1.17
630	1300	6500	7800	4	99.08	98.78	1.1
800	1600	11000	12600	6	98.92	98.45	1.55
1000	1950	13500	15450	6	98.95	98.48	1.52
1250	2300	16400	18700	6	98.99	98.53	1.48
1500	2800	19800	22600	6	98.98	98.52	1.49
2000	3250	24000	27250	6	99.08	98.66	1.37
2500							
3000							

Rated Primary Voltage : 22 kV, 24 kV
 Secondary Voltage : 400/230 V, 416/240 V

Capacity (kVA)	No Load Losses Po (W)	Load Losses at 75 deg.C Pk (W)	Total Losses at 75 deg.C (W)	Impedance at 75 dec.C Un (%)	Efficiency		Voltage Regulation (%)
					P.F. 1		
					1/2 Load (%)	Full Load (%)	
50	210	1050	1260	4	98.15	97.54	2.16
100	340	1750	2090	4	98.46	97.95	1.81
160	480	2350	2830	4	98.69	98.26	1.54
250	670	3250	3920	4	98.83	98.46	1.37
315	800	3900	4700	4	98.89	98.53	1.31
400	960	4600	5560	4	98.96	98.63	1.22
500	1150	5500	6650	4	99	98.69	1.17
630	1350	6500	7850	4	99.06	98.78	1.1
800	1600	11000	12600	6	98.92	98.44	1.55
1000	1950	13500	15450	6	98.94	98.47	1.52
1250	2300	16400	18700	6	98.98	98.63	1.48
1500	2800	19800	22600	6	98.98	98.52	1.49
2000	3250	24000	27250	6	99.08	98.66	1.37
2500							
3000							

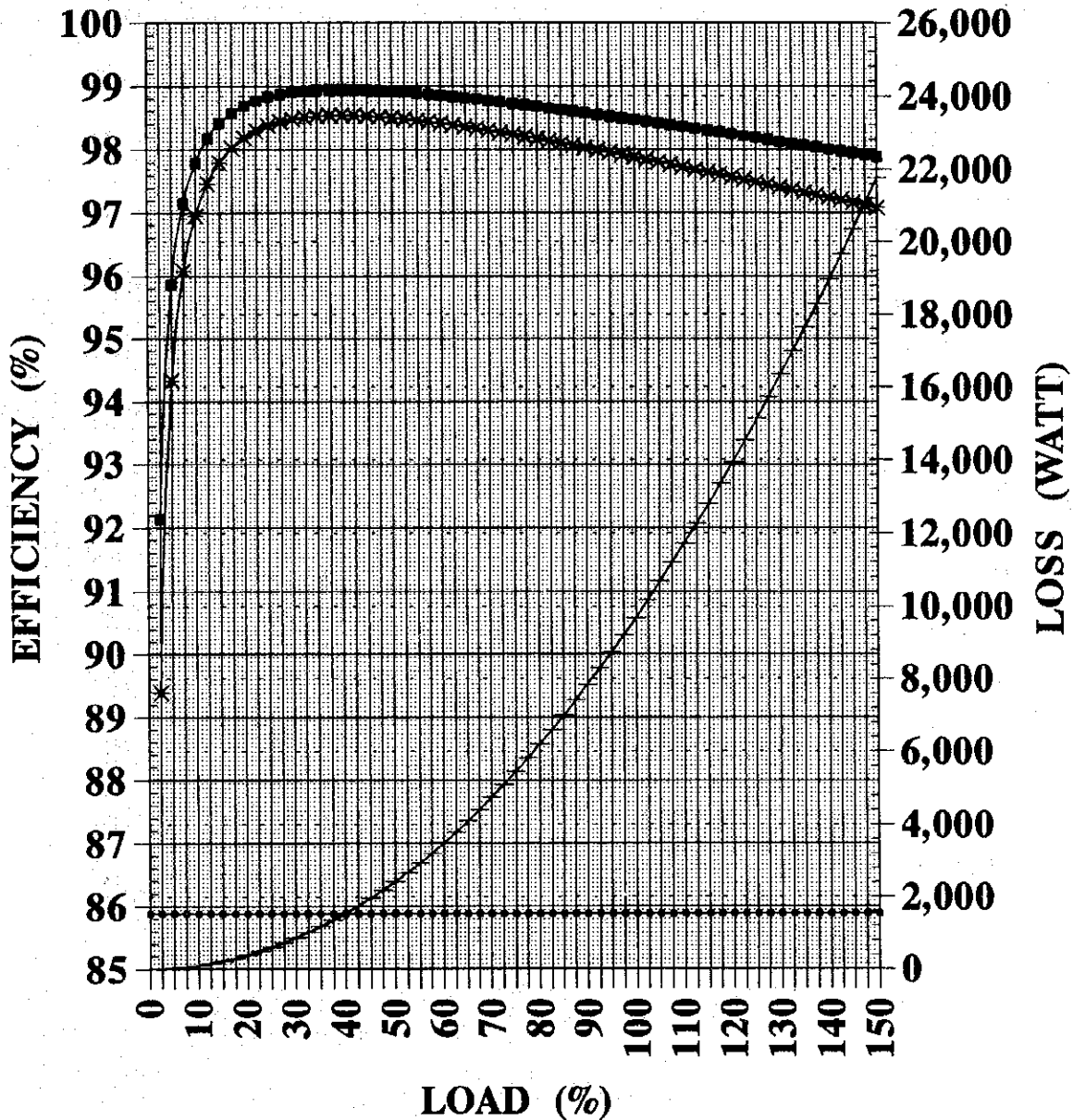
Rated Primary Voltage : 33 kV
 Secondary Voltage : 400/230 V

Capacity (kVA)	No Load Losses Po (W)	Load Losses at 75 deg.C Pk (W)	Total Losses at 75 deg.C (W)	Impedance at 75 dec.C Un (%)	Efficiency		Voltage Regulation (%)
					P.F. 1		
					1/2 Load (%)	Full Load (%)	
50	230	1050	1280	4	98.07	97.5	2.16
100	350	1750	2100	4	98.45	97.94	1.81
160	500	2350	2850	4	98.66	98.25	1.54
250	700	3250	3950	4	98.8	98.44	1.37
315	850	3900	4750	4	98.85	98.51	1.31
400	1000	4600	5600	4	98.94	98.62	1.22
500	1200	5500	6700	4	99.98	98.68	1.17
630	1400	6500	7900	4	99.05	98.76	1.1
800	1700	11000	12700	6	98.9	98.44	1.55
1000	2000	13500	15500	6	98.94	98.47	1.52
1250	2350	16400	18750	6	98.98	98.52	1.48
1500	2850	19800	22650	6	98.97	98.51	1.49
2000	3300	24000	27300	6	98.08	98.65	1.37
2500							
3000							

CHARACTERISTIC OF TRANSFORMER

TR.2 EAF PLANT

(750 KVA 12 KV/400-230 V)

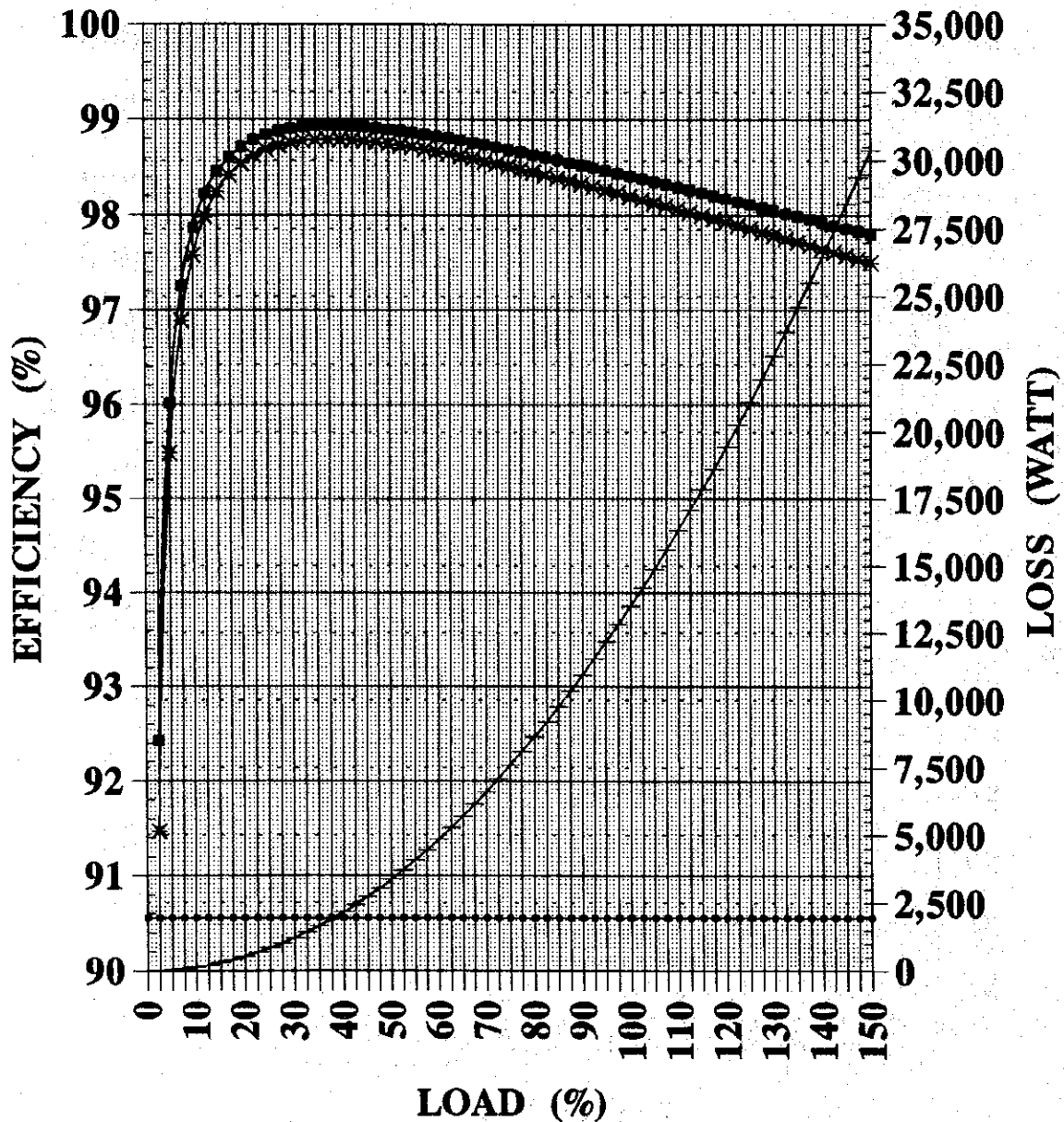


— IRON LOSS	+ COPPER LOSS
* EFFICIENCY (P.F.=0.69)	▪ EFFICIENCY (P.F.=0.96)

CHARACTERISTIC OF TRANSFORMER

TR.3 OXYGEN & CCM COOLING WATER

(1000 KVA 12 KV/400-230 V)



--- IRON LOSS

+ COPPER LOSS

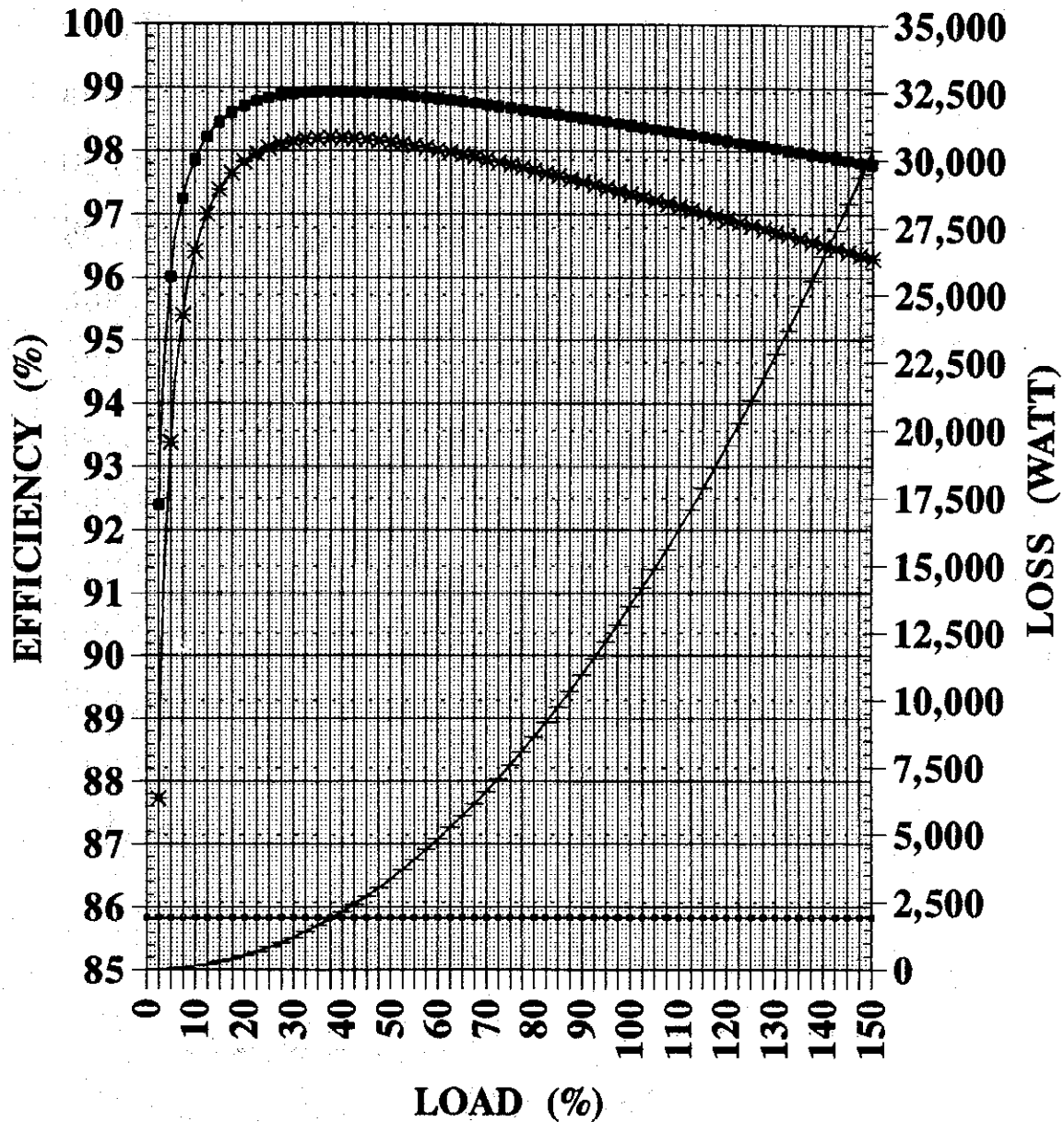
* EFFICIENCY (P.F.=0.84)

■ EFFICIENCY (P.F.=0.956)

CHARACTERISTIC OF TRANSFORMER

TR.6 CCM

(1000 KVA 12 KV/400-230 V)



— IRON LOSS

-+ COPPER LOSS

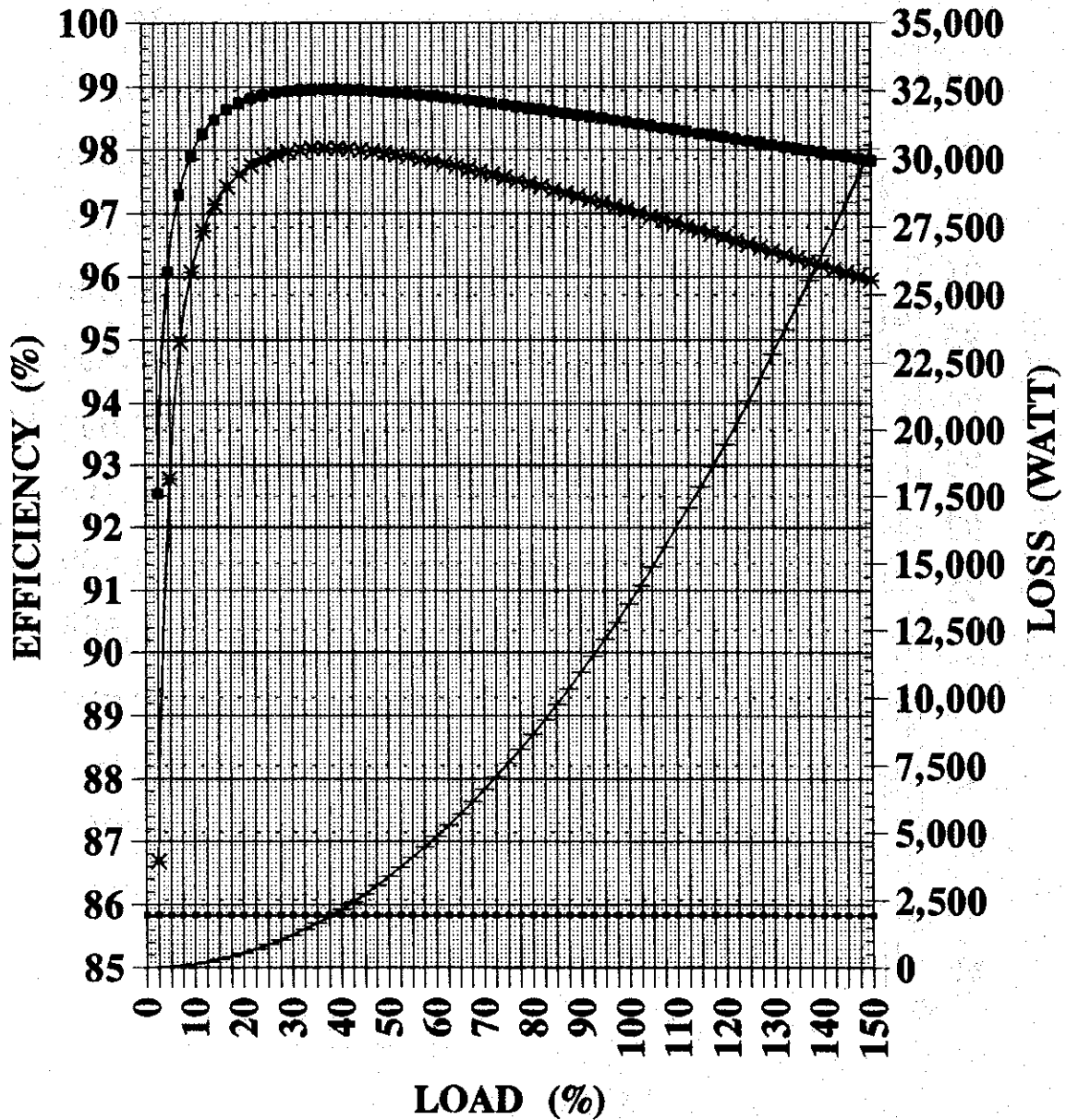
* EFFICIENCY (P.F.=0.56)

▪ EFFICIENCY (P.F.=0.953)

CHARACTERISTIC OF TRANSFORMER

TR.7 RM#3 PLANT

(1000 KVA 12 KV/400-230 V)

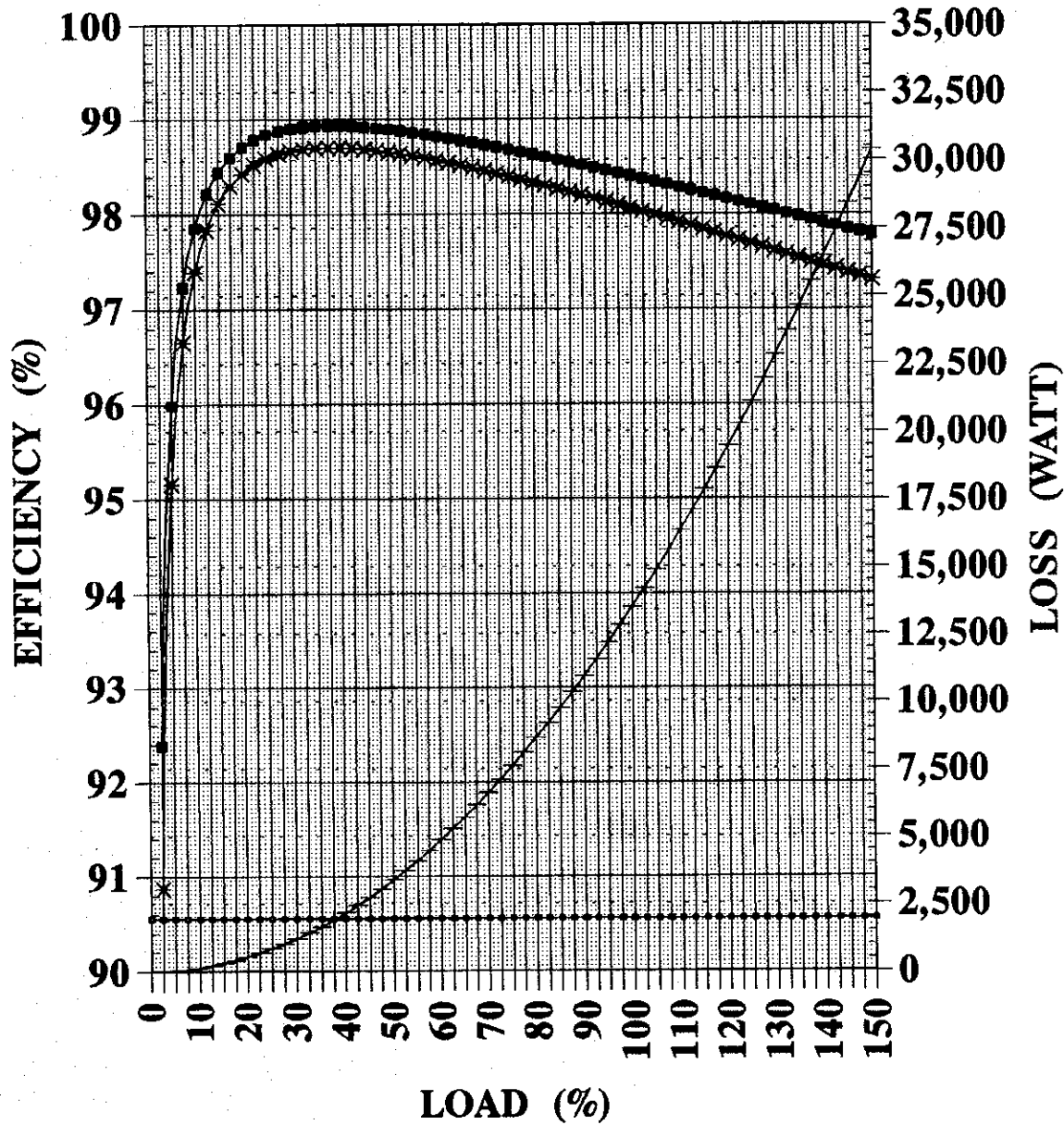


— IRON LOSS	+ COPPER LOSS
* EFFICIENCY (P.F.=0.51)	■ EFFICIENCY (P.F.=0.972)

CHARACTERISTIC OF TRANSFORMER

TR.9 RM#2 PLANT

(1000 KVA 12 KV/400-230 V)



→ IRON LOSS	+ COPPER LOSS
* EFFICIENCY (P.F.=0.78)	+ EFFICIENCY (P.F.=0.95)

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
5708 S. UNIVERSITY AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637

RESEARCH REPORT
NO. 1000
JANUARY 1963

BY
J. H. GOLDSTEIN, J. K. KNOWLES, AND
R. A. MONTGOMERY

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
UNIVERSITY OF CHICAGO
5708 S. UNIVERSITY AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637

RESEARCH REPORT
NO. 1000
JANUARY 1963

BY
J. H. GOLDSTEIN, J. K. KNOWLES, AND
R. A. MONTGOMERY

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
UNIVERSITY OF CHICAGO
5708 S. UNIVERSITY AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637

8-2 紙・パルプ工場の 調査結果

8.2 製紙工場の調査結果

8.2.1 工場の概要

- (1) 工場名：Z Co., Ltd.
- (2) 業種：製紙
- (3) 主な製品名及び生産能力
印刷用紙，筆記用紙：26,000 t/y (1993年実績)
ボール紙：15,000 t/y (同上)
- (4) 従業員数：400人
- (5) 工場所在地：バンコック市内
- (6) 歴史

Z Co., Ltd.は1954年に創設された。最初の工場はバンコック市内にできた。後に新工場を設立し、ボール紙の生産を10t/dで始めた。次に印刷用紙及び筆記用紙用に15t/dの能力を持つ新機械を1台設置した。さらに2台が追加設置され稼働している。現在のところ、この工場には4台の機械があり、ボール紙と印刷／筆記用紙の生産能力は1993年実績でそれぞれ15,000トン、26,000トンである。

- (7) 調査期間：1994年7月18日～21日

- (8) 調査団メンバー

JICA 側	1. 副団長	福島 演雄
	2. エネルギー管理担当	井口 光雄
	3. 熱管理担当	野崎 幸雄
	4. 熱管理担当	小泉 陽
	5. 電気管理担当	杉本 利夫
	6. 電気管理担当	野口 昌介
DEDP 側	1. Mr. Danai Egkamol	Mechanical Engineer.
	2. Mr. Kittipond Rattanaapisutikul	Mechanical Engineer.
	3. Mr. Chatree Peamparvut	Technician Heat
	4. Mr. Somchart Tanglikhosit	Technician Heat
	5. Mr. Sutha Chobchuen	Electrical Engineer.
	6. Mr. Thamasak suwanatep	Technician Electric.
	7. Mr. Pittaya Kruakhuanpet	Technician Electric.

(9) 応対者

- | | |
|----------|------------------------------------|
| 1. Mr. A | Chief Engineer |
| 2. Mr. B | Engineer |
| 3. Mr. C | Engineer |
| 4. Mr. D | Engineer (pm/5) |
| 5. Mr. E | Chief of Dep. stocking prep. (pm6) |
| 6. Mr. F | Electrical Engineer |
| 7. Mr. G | Chief of Dep. Paper M/C (pm/6) |

(10) 生産実績

Table 8.2.1 Results of Production

Name of product	Unit	1990	1991	1992	1993
1) Printing and Writing Paper	ton	23,880	25,200	25,000	26,000
2) Chip board	ton	7,200	15,000	15,200	15,500
Total		31,080	40,200	40,200	41,500

(11) 販売実績

Table 8.2.2 Results of Sales Amount

Name of product	Unit	1990	1991	1992	1993
1) Printing and Writing Paper	ton	23,700	25,200	25,000	26,000
2) Chip board	ton	7,200	15,000	15,200	15,500
Total	ton	30,900	40,200	40,200	41,500

(12) エネルギー消費量実績

Table 8.2.3 Results of Energy Consumption

Kind of Energy	Unit	1990	1991	1992	1993
Fuel oil	Kl	1,770	-	6,318	7,235
Saw dust	ton	12,701	-	14,024	13,112
Coal	ton	5,189	-	1,439	-
Electricity	MWh	-	-	43,012	44,231
Total	Mcal	-	-	149,544,000	136,618,000
River water	Mton	1.6	1.92	2.0	2.1

(13) エネルギー原単位実績

Table 8.2.4 Results of Unit Energy Consumption

Kind of Energy	Unit	1990	1991	1992	1993
Fuel	ton eq.	9,013	-	11,256	10,790
- Fuel oil					
- Saw dust					
- Coal	ton/t-Paper	0.29	-	0.28	0.26
Electric power	MWh	-	-	43,012	44,231
	MWh/t-paper	-	-	1.07	1.066
Total	Mcal/t-paper	-	-	3,720	3,292

Figure 8.2.1 Production of Z Co.

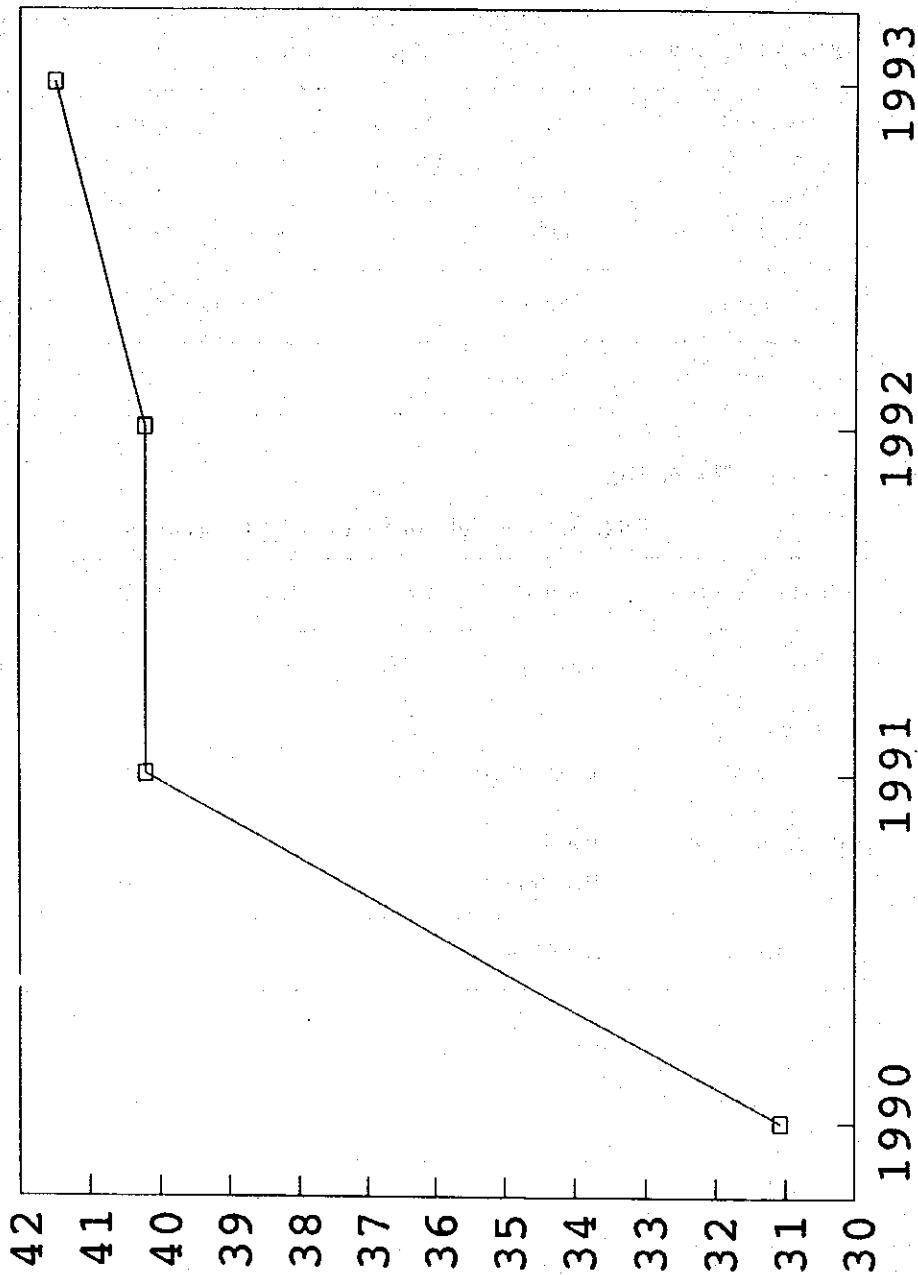


Figure 8.2.2 Energy Consumption of Z Co.

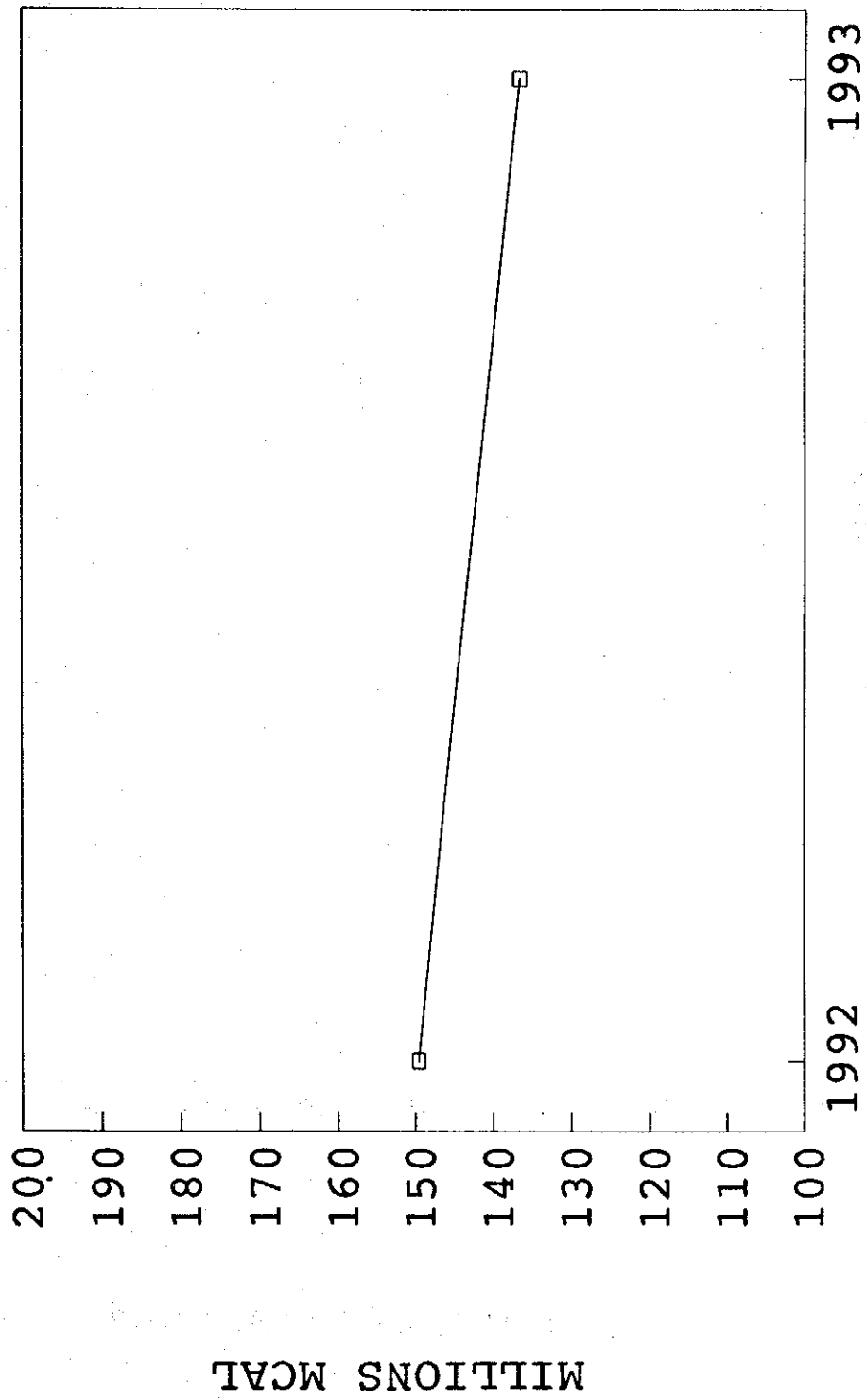
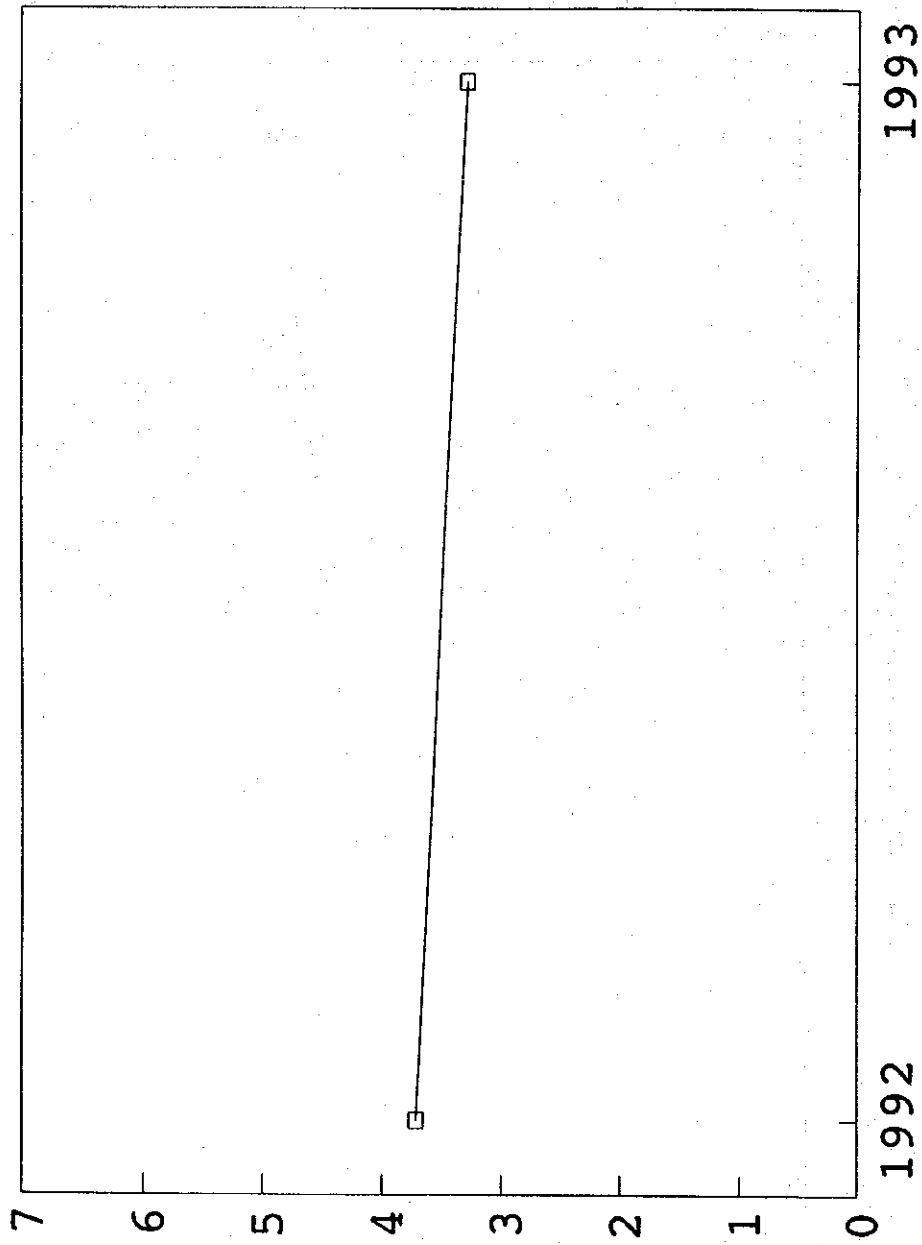


Figure 8.2.3 Unit of Energy Consumption of z Co.



1000 MCAL/TONS PAPER

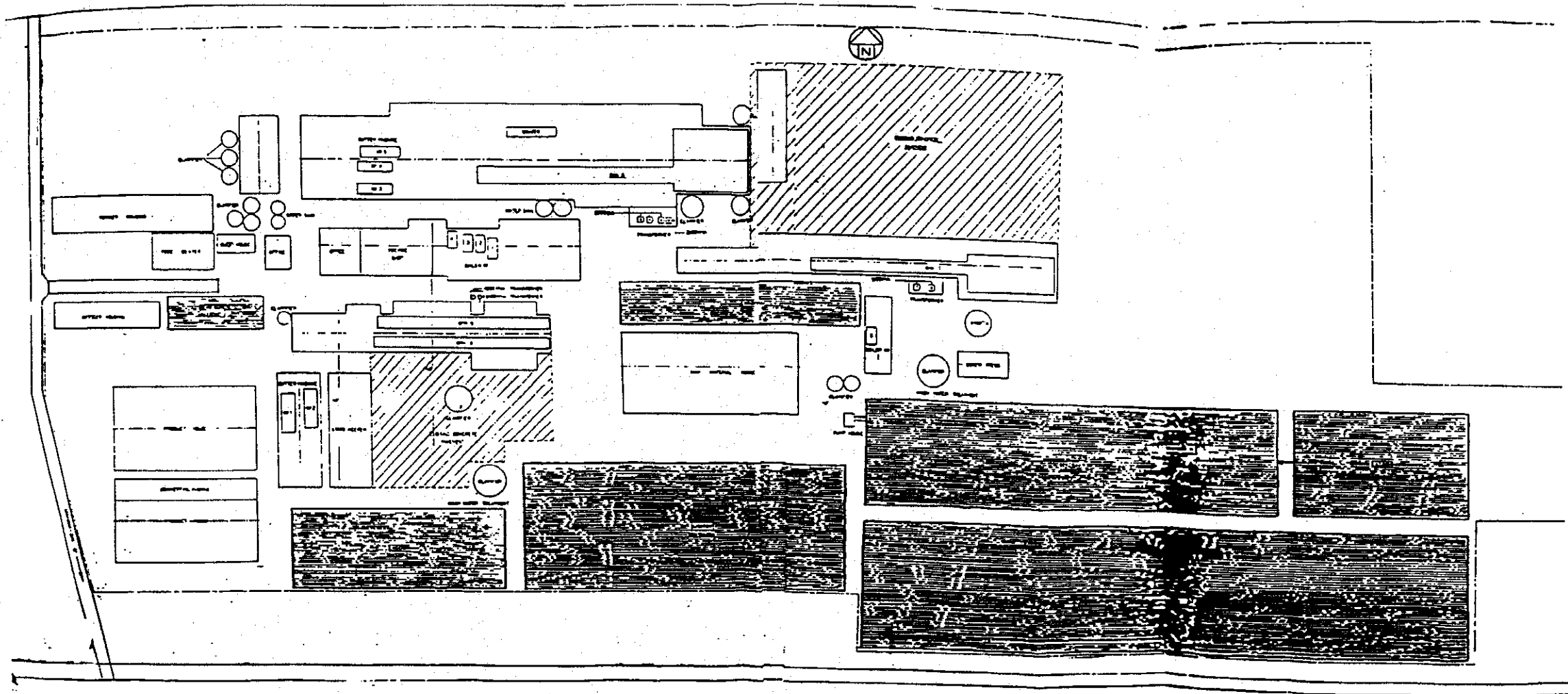
(14) エネルギー価格

燃料油： 3,040 Bart/kℓ

おがくず： 140 Bart/m³

電気： 1.57 Bart/kWh

Figure 8.2.4 Layout of Factory



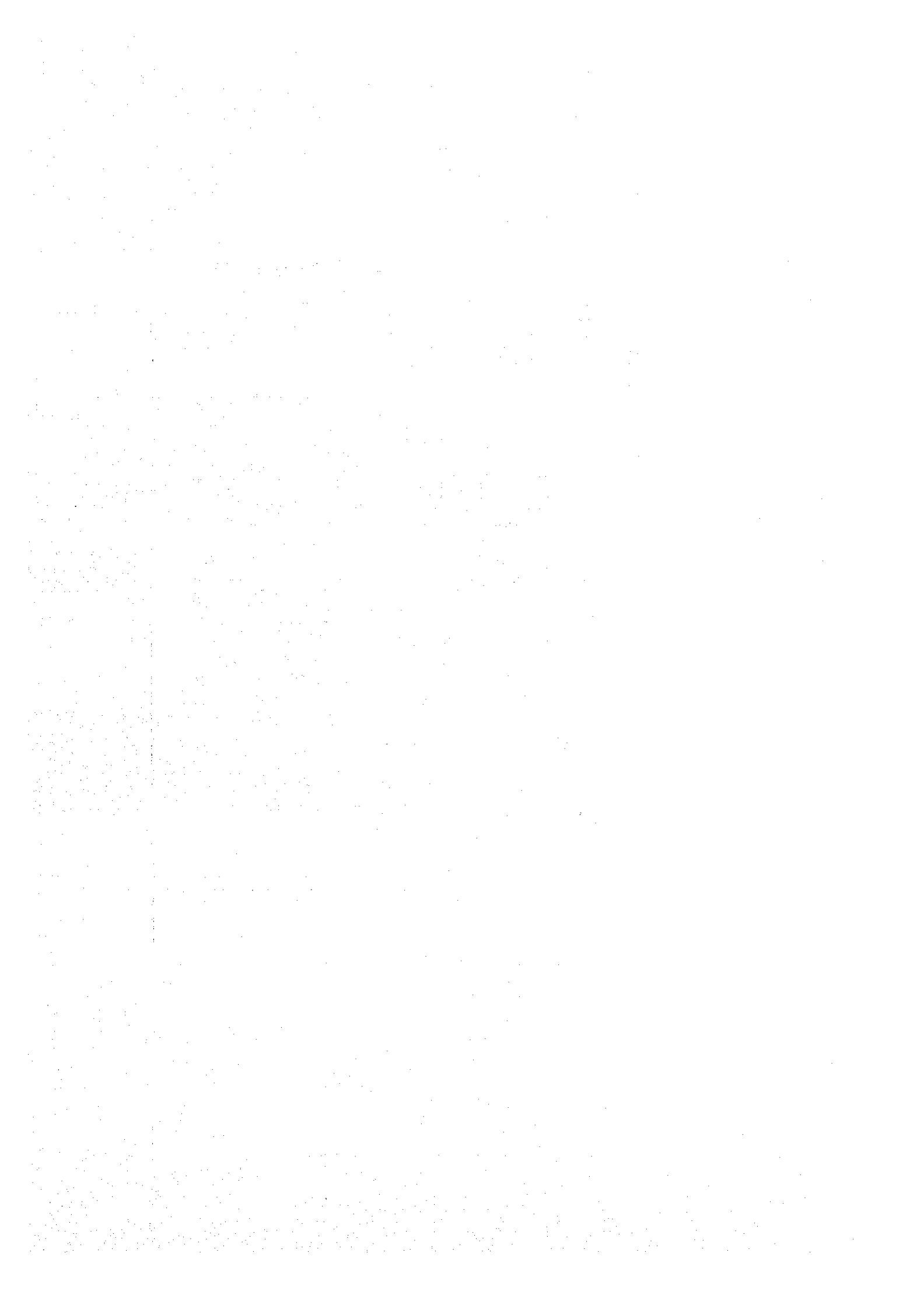


Figure 8.2.5 Pm # 4 Process

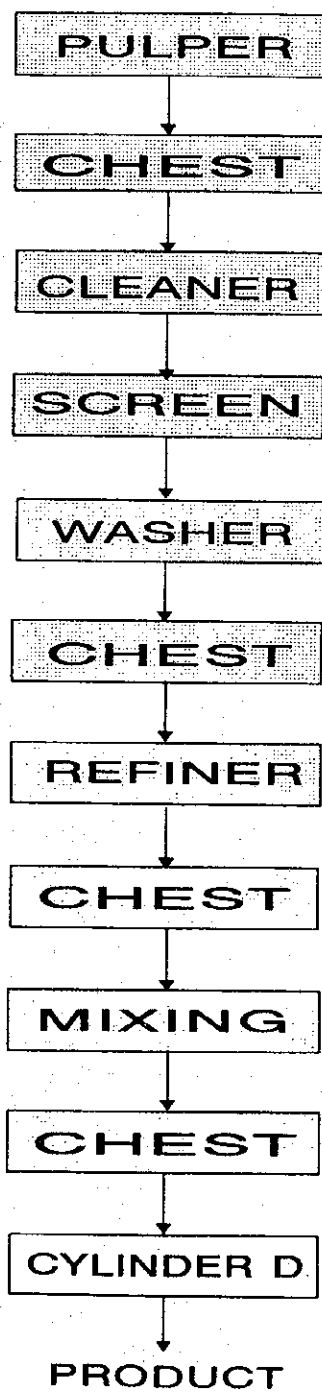


Figure 8.2.6 PM # 5 Process

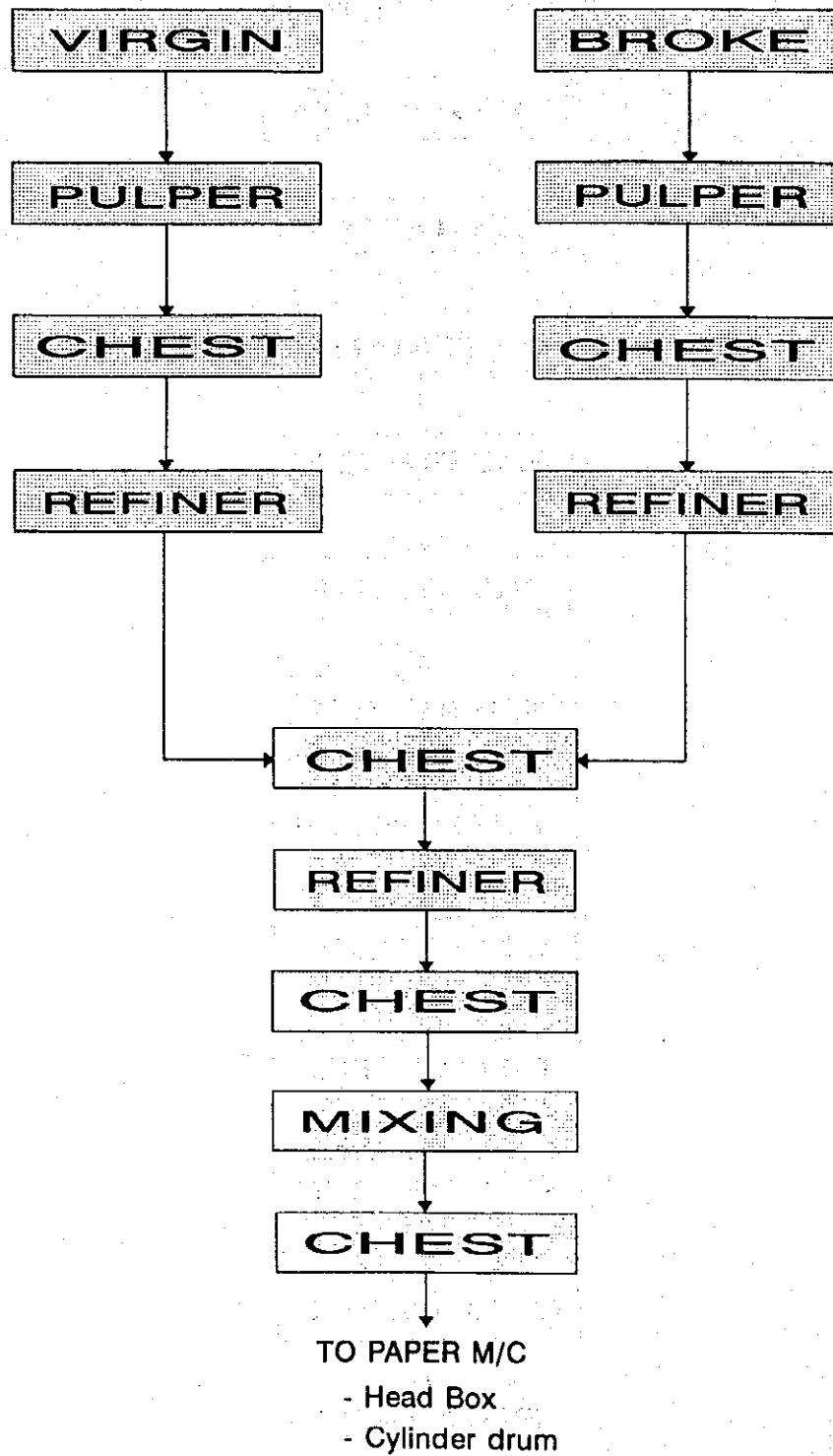
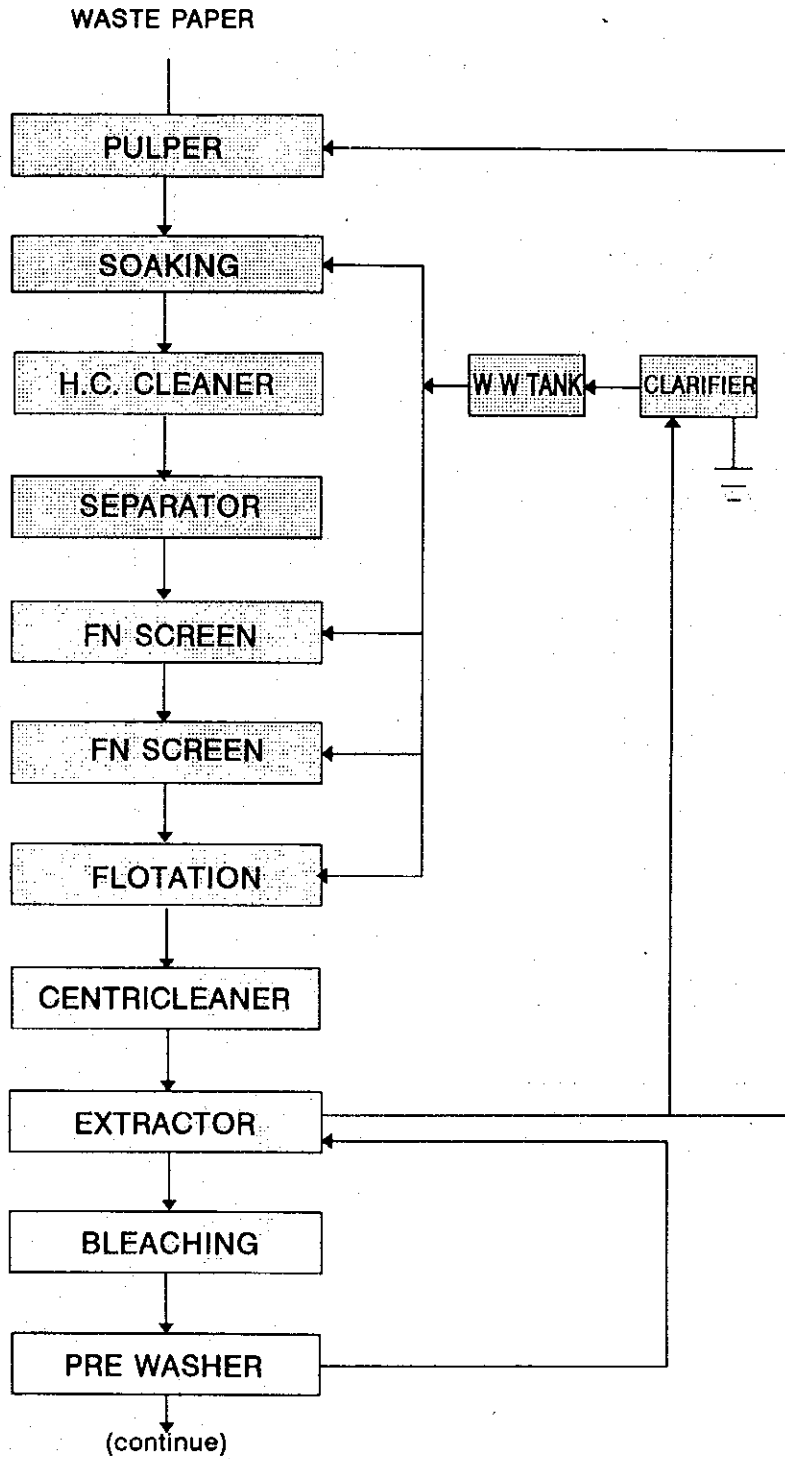


Figure 8.2.7 PM # 6 Process



(continue)

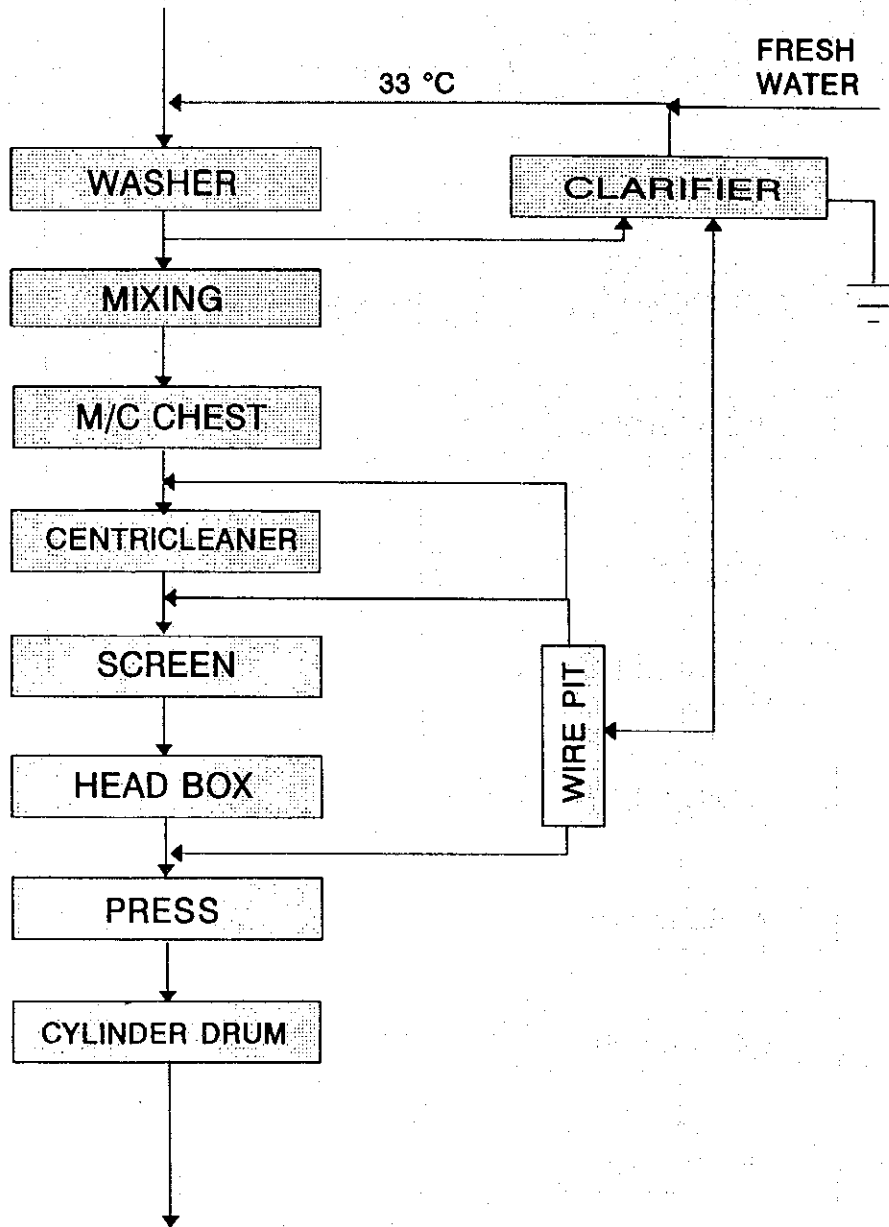
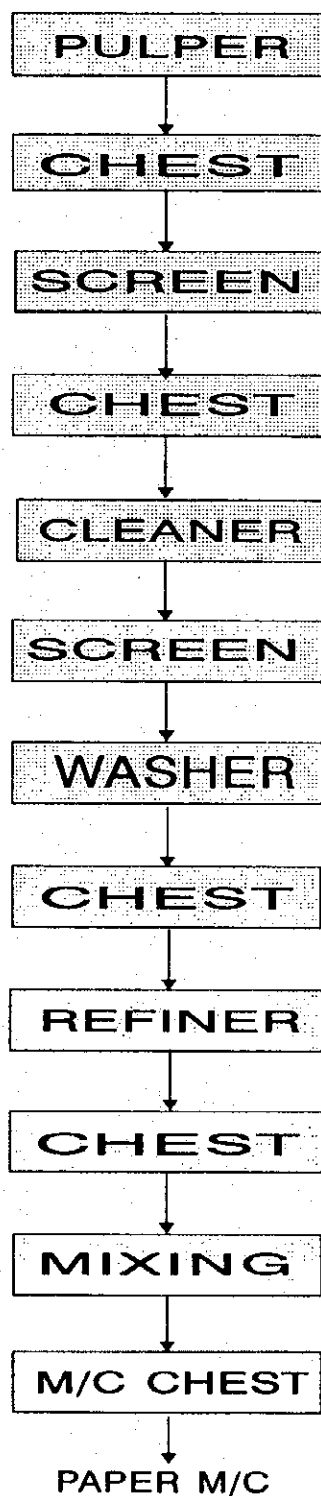


Figure 8.2.8 PM # 7 Process



(1) 電力單線系統圖

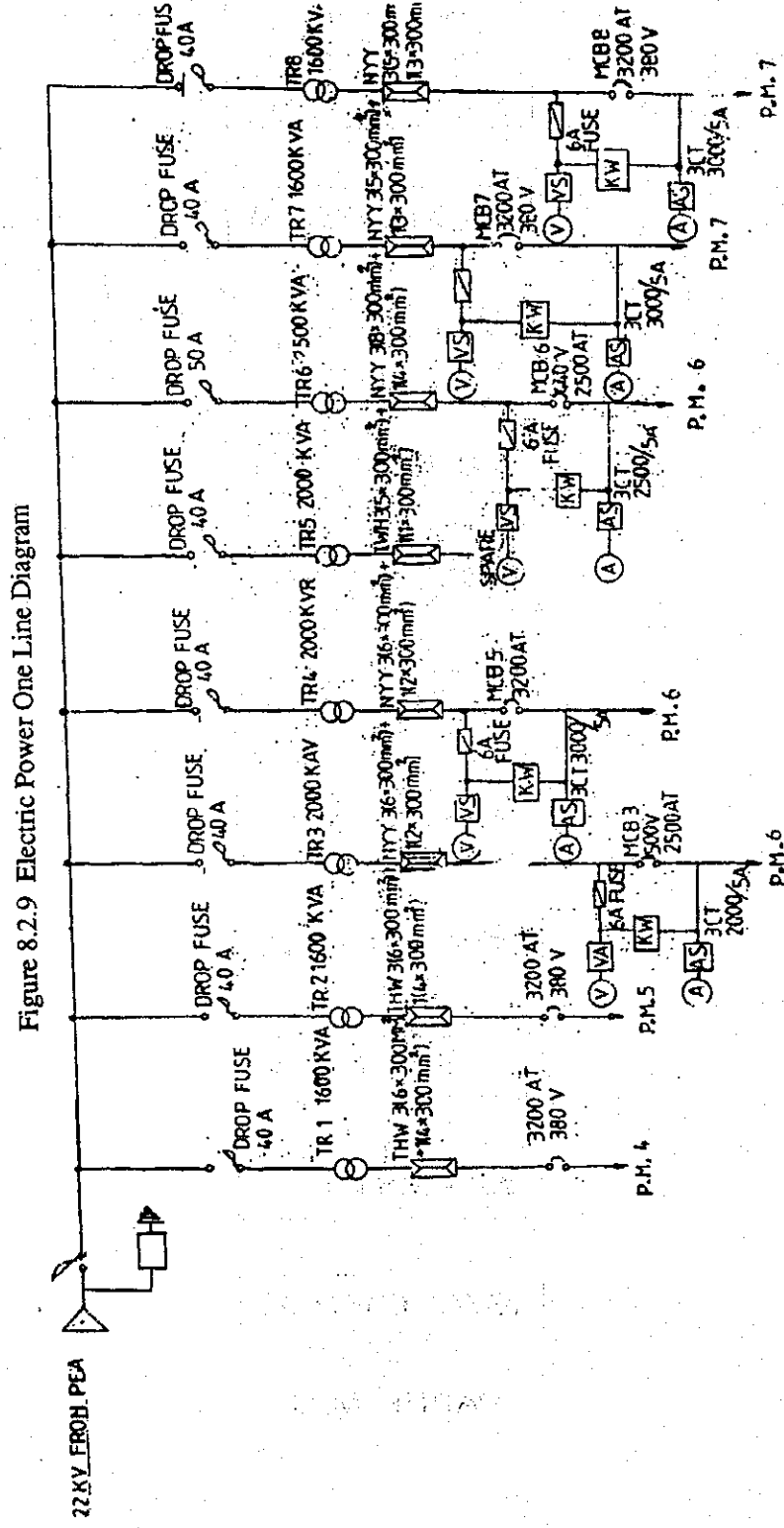


Figure 8.2.9 Electric Power One Line Diagram

8.2.2 エネルギー管理状況

(1) エネルギー管理の目標設定

概して、エネルギー管理によって省エネルギーを実行することへの取り組みはまだ真剣に行われていない。しかし当該工場では、今年末にはエネルギー原単位を昨年との比較で10%削減する方針を立てた。このような目標を掲げた理由としては、当工場は生産コストに占めるエネルギー費が大きく、又製紙業界で企業間の競争が激しくなっていることがあげられる。

上述のエネルギー消費を削減するためには、経営陣がこの目標の持つ重要性を認識し、従業員に伝え、個人レベルで徹底させることが必要である。種々の装置のエネルギー効率を向上させるべき箇所、またその方法を、従業員に周知させなければならない。機会を設け従業員からも改善方法などの意見を聞く。上記目標達成のためには、次のような項目を実施しなければならない。

1) 抄紙機の管理にはエネルギー消費原単位（蒸気原単位、電気原単位など）を導入すべきである。

2) しかし抄紙機に蒸気流量計を設置していない。蒸気流量計なしでは抄紙機の日々の管理をすることはできない。エネルギー原単位から製品コストの目途が立てられる。それには各種エネルギーの毎日の消費量管理が必要である。

蒸気制御によって紙の含水率を1%上げれば歩留は1%増え、蒸気と電気消費の原単位は1%減る。

3) 原単位管理とは、生産コストを毎日管理することである。蒸気・電気のみならず水・薬品・その他の材料などの原単位管理を完全に行わなければならない。

(2) 組織的行動

会社組織として省エネルギーを実行するためには、まず明確な作業計画を立案し、次にそれを現場担当者に割り当てる。このために合同会議を開いて、省エネルギーの実現、投資効果の評価、計画の実現可能性の評価などを話し合わなければならない。前回実施についての評価も行う。

省エネ計画を作成するための合同会議では関連部署のメンバーが集まって意見を出し合い、現状を改善するが、実施に当たって部門間で問題点の責任を転嫁し合うことはないようにする。生産部署ごとに4S運動、QCサークルの省エネルギーグループなどのサークル活動を実施する。

(3) データベースによる管理

上記の目標で計画された省エネルギーを実施し、その成果を評価するには、エネルギー消