

13-9 測定

13-9-1 測定および分析の概要

(1) エネルギー診断の主要項目

工場におけるエネルギー診断の分析測定作業は、次の主要項目に従って実施された。

1. 蒸気ボイラーの熱効率
2. 蒸気タービン発電機回りのエネルギーバランス
3. 蒸気および蒸気コンデンセートシステムの調査
4. スチームトラップシステムの調査
5. 断熱システムの調査
6. 電力消費の調査

(2) エネルギー診断実施グループ

分析測定作業は次の工場側および SIRIM 側（分析担当部署含む）の協力で実施された。

- 1) 砂糖工場: Mr. Ng. Ah Loy, Mr. Abdullah Azra Mochtar,
Mr. Abu Safian B. Hj. Sabri, Mr. Tan Choon Hai
- 2) SIRIM (*): Mr. Syed Anuar, Ms. Chew Thean Yean
Mr. Hassan Ismail, Mr. Zulkarnain Abdullah
Mr. Rahim B. Tambi

*SIRIM: SIRIM Berhad

JICA 調査団に協力する現地測定作業スタッフ

- 3) JICA 調査団: Mr. Shunichi Iizuka, Mr. Hiroshi Omoiri
Mr. Yasuo Ishibashi, Mr. Muneteru Yoshizawa

13-9-2 エネルギー診断実施工程

砂糖工場のエネルギー診断は 1998 年 9 月 21 日から 10 月 2 日まで実施された。詳細は次のとおりである。

(1) 準備作業

- 9 月 17 日（木） エネルギー診断スケジュールの確認
9 月 18 日（金）～20 日（日） 診断作業の準備状況チェック

(2) 測定・分析作業

- 9 月 21 日（月） 測定機器運搬および測定機器の調整

- 9月22日(火) 診断計画の確認および測定機器の設置
工場構内査察
- 9月23日(水) 電力システムの測定およびデータ収集
ボイラー、タービンおよび蒸気システムのデータ収集
スチームトラップチェッカー測定準備
- 9月24日(木) ボイラーおよび関連機器回り測定
クランプオンメーターによる電力システムの測定
スチームトラップチェッカー測定準備
タービン回りのデータ収集
- 9月25日(金) ボイラーおよび関連機器回り測定
クランプオンメーターによる電力システムの測定
スチームトラップチェッカー測定準備
タービン回りのデータ収集
- 9月26日(土)～28日(月) 測定結果の解析
- 9月29日(火)～30日(水) マルチチャンネル記録計測定準備
運転データの収集
ボイラー回りの熱バランス計算
配管系熱損失の計算
燃料油の元素分析準備
蒸気システムのオリフィス流量計調整およびデータ収集
蒸気コンデンセートシステムの運転状態解析
モーターリスト作成準備
変圧器およびキャパシターリスト作成準備
変圧器表面温度の測定
- 10月1日(木) 測定データのまとめ
最終会議用資料作成
計測機器の梱包
- 10月2日(金) 計測機器の梱包および運搬用ローリー車への積み込み
診断の第一次結果討議
- 10月3日(土)～4日(日) 測定結果の解析
分析測定の詳細スケジュールを表 13-13 に示す。

13-9-3 測定項目・測定箇所・測定機器

エネルギー消費の現況を評価し、エネルギーバランスを把握するためエネルギー診断の主要項目実施計画に従って、以下に述べる分析測定作業が行われた。

燃料油の元素分析については SIRIM に測定依頼した。

(1) 蒸気ボイラーの熱効率

- 1) 燃料油: 発熱量、元素分析（炭素、水素、窒素、酸素、硫黄）
および流量
- 2) ボイラー供給水: 流量および温度
- 3) 燃焼用空気: 流量および温度
- 4) 発生蒸気: 流量、温度および圧力
- 5) 排気ガス: 酸素、一酸化炭素、二酸化炭素
温度

(2) 蒸気タービン発電機回りのエネルギーバランス

- 1) 供給蒸気: 温度および圧力
- 2) 抽気蒸気: 温度および圧力
- 3) 凝縮蒸気: 流量、温度および圧力
- 4) 発電電力: 電力および力率

(3) 蒸気および蒸気コンデンセートシステムの調査

- 1) 全体蒸気フロー確認
- 2) 蒸気コンデンセート回収システムの確認
- 3) 蒸気流量の測定（タービンバイパスおよび蒸発器入口）

(4) スチームトラップシステムの調査

- 1) スチームトラップリストの確認
- 2) 作動不良トラップの解析

(5) 断熱システムの調査

- 1) 断熱材保温された蒸気配管表面温度の測定
- 2) 使用保温材の材質確認
- 3) 配管形状の確認（内径、長さおよび厚み）

(6) 電力消費の調査

- 1) 発電電力: 電圧、電流、電力および力率
- 2) 主変圧器: 電圧、電流、電力および力率
- 3) 主要設備: 電圧、電流、電力および力率

測定項目、測定箇所、測定機器の詳細を表 13-12 に示す。

13-9-4 工場診断時に使用した測定機器

それぞれのエネルギー診断項目に必要な分析測定機器を表 13-12 に示す。測定機器の様子は次のとおりである。

(1) 蒸気ボイラーの熱効率

1) 燃料油:

- a) 発熱量 供給元のデータ
- b) 元素分析 (炭素、水素、窒素、酸素および硫黄)
SIRIM ラボで分析
- c) 流量 運転記録

2) ボイラー供給水:

- a) 流量 運転記録
- b) 温度 運転記録

3) 燃焼用空気:

- a) 流量 熱線アネモメーター (JICA)
風速レンジ、 m/s: 0-50
温度レンジ、 °C: 0-500
- b) 温度 熱線アネモメーター (JICA)

4) 発生蒸気:

- a) 流量 運転記録
- b) 温度 運転記録
- c) 圧力 運転記録

5) 排気ガス:

- a) 酸素、一酸化炭素、二酸化炭素
排ガス分析計 (JICA)
温度、 °C: 0-650
O₂, vol%: 0-20.9
CO, ppm: 0-4,000
NO, ppm: 0-2,000
CO₂, vol%: Adjustable
- b) 温度 運転記録

(2) 蒸気タービン発電機回りのエネルギーバランス

1) 供給蒸気:

- a) 温度 運転記録

- b) 圧力 運転記録
- 2) 抽気蒸気:
 - a) 温度 運転記録
 - b) 圧力 運転記録
- 3) 凝縮蒸気:
 - a) 流量 容量式流量測定装置 (JICA)
 - b) 温度 運転記録
 - c) 圧力 運転記録
- 4) 発生電力:
 - a) 電力 クランプオンメーター (電圧—電流—電力量計: JICA)
 - レンジ、 V: 150 / 300 / 600
 - レンジ、 A: 20 / 50 / 100 / 200 / 500
 - レンジ、 kW: 300 / 600 / 900
 - b) 力率 クランプオンメーター (同上)

(3) 蒸気および蒸気コンデンセート系統の調査

- 1) 全体蒸気フロー確認
 - 配管図面および現場配管確認
- 2) 蒸気コンデンセート回収システムの確認
 - 図面および現場確認
- 3) 蒸気流量の測定 (タービンバイパスおよび蒸発器入口)
 - a) タービンバイパス部記録計付オリフィス流量計 (JICA)
 - スケールレンジ、 T/H: 25
 - 通常流量、 T/H: 5.5
 - 圧力、 kg/cm² G: 11
 - 温度、 °C: 300
 - b) 蒸発器部記録計付オリフィス流量計 (JICA)
 - スケールレンジ、 T/H: 5
 - 通常流量、 T/H: 1.9
 - 圧力、 kg/cm² G: 11
 - 温度、 °C: 300

(4) スチームトラップシステム

- 1) スチームトラップリストの確認
 - リストおよび現場確認
- 2) 作動不良とラップの解析
 - 記録機能付きスチームトラップチェッカー (JICA)

測定時間、sec: 15
温度レンジ、°C: 0-450
手動、自動判定機能付

(5) 断熱システムの調査

1) 保温蒸気配管の表面温度測定

表面温度計 (JICA)

測定レンジ、°C: -50-600

指示計: デジタル

棒温度計 (JICA)

測定レンジ、°C: -20-100

2) 保温材材質の調査

保温材設計データおよび現場確認

3) 配管形状の確認 (内径、長さおよび厚み)

配管設計データおよびスケール

(6) 電力消費の調査

1) 発生電力:

電圧、電流、電力および力率

クランプオンメーター (電圧—電流—電力量計: JICA)

レンジ、V: 150 / 300 / 600

レンジ、A: 20 / 50 / 100 / 200 / 500

レンジ、kW: 300 / 600 / 900

2) 主変圧器:

電圧、電流、電力および力率

クランプオンメーター (同上)

3) 主要設備:

電圧、電流、電力および力率

クランプオンメーター (同上)

13-9-5 ボイラー燃焼制御の評価方法

ボイラー回りの燃焼制御を評価するために適用される計算式を次に示す。

- 1) 理論空気量、 A_0 : 1kg の固体または液体燃料を燃焼させるために必要な空気量

$$A_0 = 1/0.21 \times \{22.4/12 \times c + 22.4/4 \times (h - o/8) + 22.4/32 \times s\}$$

$$= 8.89 \times c + 26.7 \times (h - o/8) + 3.33 \times s \text{ [Nm}^3\text{/kg]}$$

c: Carbon content in 1 kg of fuel h: Hydrogen content in 1 kg of fuel

o: Oxygen content in 1 kg of fuel s: Sulfur content in 1 kg of fuel

- 2) 理論空気比、 m :

理論空気量(A_0)と実際空気量(A)との比

$$m = 1 + \frac{(O_2) - 0.5 \times (CO)}{\{1.867 \times C + (h - o/8) + 0.7 \times S\} \times \{(CO_2) + (CO)\} / \{1.867 \times C + 0.7 \times S\}}$$

(O_2), (CO_2), (CO): Exhaust gas content

or $m = A_0 / A$

- 3) 排気ガスによる熱損失、 lg :

排気ガスによる熱損失は次式により計算される。

$$lg = (Lg/Hl) \times 100 \quad [\%]$$

$$Lg = [G_0 + (m-1) \times A_0] \times C_g \times (T_g - T_o)$$

$$G_0 = 0.79A_0 + 1.867 \times c + 11.2 \times h + 0.7 \times s + 1.24 \times w + 0.8 \times n$$

where; Hl = lower heating value of fuel

m = air ratio

C_g = 0.33 [kcal/Nm³ x °C]

T_g = flue gas temperature, °C

T_o = ambient temperature, °C

c, h, n, s, o and w = elementary analysis of fuel in fraction

13-9-6 保温配管からの熱損失

Q = 保温配管 1mあたりの熱損失量 [kcal/(m x h)]

$$= (T_1 - T_2) / \{Ln(d_2/d_1)/2 \times 3.14 \times b\} + 1/(3.14 \times d_2 \times a)$$

T1: Steam temperature in piping, °C T2: Atmospheric temperature, °C

d1: Pipe outer diameter, m

d2: Insulation outer diameter, m

a: Heat transfer rate from insulator's outer surface, kcal/(m² x h x °C)

normally, 10 kcal/(m² x h x °C) is used

b: Thermal conductivity of insulation material, kcal/(m x h x °C)

13-10 測定結果

本章では、分析測定の結果を次の5項目について述べる。

1. 蒸気ボイラーおよび関連設備
2. 蒸気タービン発電機
3. スチームトラップシステム
4. 断熱システム
5. 電力消費

13-10-1 蒸気ボイラーおよび関連設備

ボイラーシステム測定項目は次のとおりである。

Table 13-15 Monitoring Parameters

1. Air intake	Temperature & Flow rate
2. Flue gas	Temperature & Analysis
3. Fuel consumption	Flow rate
4. Boiler Feed Water	Flow rate, Temperature & Level of Dearator
5. Steam (Total)	Temperature, Flow rate & Pressure
6. Steam (To Steam Accumulator)	Flow rate
7. Steam (To Plate Evaporator)	Flow rate

(1) 燃焼用空気

診断のために燃焼用空気のデータを3回収集した。結果は次のとおりである。

Table 13-16 Air Intake Data

Velocity (m/s)	19.20	14.93	17.00
Flow rate (m ³ /min)	812.97	632.17	719.81
Temperature 1 (°C)	39.38	38.23	40.23
Temperature 2 (°C)	92.0	-	-

ここで Temperature 1、2 はプレヒーター前後における温度を示す。

(2) 排気ガス

排気ガスのデータは、表 13-17 に示すとおり 3 回測定した。

Table 13-17 Flue Gas Data

O ₂ (%)	2.1	2.3	2.1
CO ₂ (%)	14.3	14.0	14.2
CO (ppm)	45	5	9
Temperature 1 (°C)	374.7	362.4	368.6
Temperature 2 (°C)	231.9	-	-

ここで Temperature 1、2 はプレヒーター前後における温度を示す。

(3) 燃料消費量

燃料消費量は、表 13-18 に示すとおり 3 回測定した。

Table 13-18 Fuel Consumption Data

Flow rate (kg/hr)	2588.5	2785.8	2807.0
-------------------	--------	--------	--------

燃料油の試料を SIRIM の環境エネルギーセンターに持ち込み分析した。結果は次のとおりである。

Table 13-19 Fuel Analysis Data

Parameters	Amount (wt %)
Carbon	83.79
Hydrogen	11.44
Oxygen	2.23
Sulfur	2.05
Nitrogen	0.403
Moisture	0.091

(4) ボイラー供給水

砂糖工場の運転管理日誌からデータ採集した。(期間は9月24日から25日)

Table 13-20 Boiler Feed Water Data

Time	Temperature (°C)		Flow rate (MT/hr)		Dearator level (%)	
	Day 1	Day 2	Day 1	Day 2	Day 1	Day 2
08:00	109.9	109.6	32.50	36.64	69.0	71.2
09:00	110.0	109.8	49.04	47.00	69.5	69.0
10:00	107.8	109.8	44.59	45.58	70.6	70.4
11:00	109.8	109.6	41.07	46.38	70.3	69.3
12:00	109.9	109.8	47.26	46.60	71.1	68.9
13:00	109.7	109.8	41.01	48.90	69.1	70.6
14:00	109.8	109.7	50.72	48.40	69.3	70.7
15:00	109.6	109.7	34.14	28.70	71.0	70.7
16:00	109.8	109.8	52.71	60.28	71.1	70.8
17:00	109.7	109.8	46.04	37.59	69.3	69.1
18:00	109.8	109.6	37.02	44.50	69.3	70.9
19:00	109.5	109.7	51.13	58.05	70.3	68.9
20:00	109.8	109.8	36.25	41.02	70.8	70.1
21:00	109.7	109.8	47.01	41.31	69.0	70.6
22:00	109.0	109.8	42.41	47.73	69.9	69.7
23:00	109.7	109.7	42.01	35.07	69.1	69.5
00:00	109.8	109.8	56.81	54.62	69.0	71.0
01:00	109.7	109.6	63.18	56.05	69.4	69.8
02:00	109.8	109.7	44.99	45.82	69.5	70.8
03:00	109.6	109.6	37.44	43.55	69.4	69.0
04:00	109.7	109.6	51.11	38.48	70.9	71.1
05:00	109.7	109.8	42.04	49.85	70.5	69.1
06:00	109.7	109.8	40.24	44.67	71.3	69.4

(5) 蒸気消費量

1998年9月29日に測定した。結果は次のとおりである。

Table 13-21 Steam Consumption Data

Time	Total (ton/hr)	To Plate Evaporator (ton/hr)	To Steam Accumulator (ton/hr)	To Turbine (ton/hr)
14:00	32.5	0.0	4.0	28.5
15:00	41.6	0.0	7.7	33.9
16:00	42.3	0.0	7.9	34.4
17:00	48.1	1.0	12.9	34.2
18:00	48.1	1.7	16.9	29.5
19:00	45.5	1.5	11.9	32.1
20:00	43.6	1.7	11.9	30.0
21:00	42.3	1.7	9.4	31.2
22:00	43.2	1.7	8.9	32.6
23:00	45.7	1.3	11.2	33.2
00:00	44.5	1.7	10.9	31.9
01:00	45.1	1.7	10.7	32.7
02:00	46.9	1.7	13.7	31.5
03:00	47.5	0.4	16.9	30.5
AVG	44.06	1.15	11.06	31.87

表 13-21 から、平均の蒸気消費量は次のとおりである。

プレート蒸発器向け = 1.15 tons/hr (2.6%)

スチームアキュムレーター向け = 11.06 tons/hr (25.1%)

発電プラント向け = 31.87 tons/hr (72.3%)

実際の蒸気消費量は蒸気消費設備での需要量変動により時間的に変化している。これはボイラー運転への変動要因ともなっている。

(6) 蒸気 (総括)

Table 13-22 High Pressure Steam Data

Time	Temperature (°C)		Flow rate (ton/hr)		Pressure (psig)	
	Day 1	Day 2	Day 1	Day 2	Day 1	Day 2
08:00	281.5	282.0	30.60	34.38	295	300
09:00	281.8	281.7	46.74	44.34	302	300
10:00	281.9	281.9	42.33	43.51	298	300
11:00	281.9	282.3	38.66	43.77	295	300
12:00	281.7	282.3	44.43	44.20	295	300
13:00	281.9	282.0	38.39	45.40	295	300
14:00	281.3	282.0	48.14	45.50	312	300
15:00	282.4	281.5	31.15	27.05	298	298
16:00	282.6	282.4	48.85	57.26	300	298
17:00	282.9	281.8	41.71	35.61	298	298
18:00	282.3	281.9	33.94	41.92	292	300
19:00	281.8	282.9	49.30	55.42	295	310
20:00	283.0	283.1	32.51	38.91	295	300
21:00	282.4	282.9	43.10	39.42	295	300
22:00	282.4	282.8	40.27	45.45	298	300
23:00	282.0	283.1	38.94	33.16	295	300
00:00	281.7	282.3	53.84	51.24	310	300
01:00	281.6	282.3	39.70	52.90	310	300
02:00	282.1	282.4	60.28	43.37	308	300
03:00	282.0	282.2	37.56	40.93	310	306
04:00	282.0	282.0	48.67	36.74	310	305
05:00	282.2	282.9	39.46	47.49	300	310
06:00	281.2	282.9	37.90	41.44	300	300

(7) 空気比計算

空気比算出のために次の3種類の計算式がある。

Formula 1 $\lambda = \text{Actual Air} / \text{Theoretical Air}$
 $= 21 / (21 - (\text{Percentage of } O_2 \text{ content in flue gas}))$
 $= 21 / (21 - 2.3) = 1.123$

Formula 2 $\lambda = \text{Actual Air Quantity} / \text{Theoretical Air Quantity}$
 $= A / A_o = 1.136$

but, $A = v_{\text{air}} \cdot A \cdot (273/273 + \theta) / Q_{\text{fuel}} \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}_{\text{fuel}})$
 $= 14.93 \cdot 0.706 \cdot 3600 \cdot (273 / (273 + 39.38)) / 2785.8 = 11.89$

and, $A_o = 8.89C + 26.7(H-O/8) + 3.33S \quad (\text{Nm}^3/\text{kg}_{\text{fuel}})$
 $= 8.89 \cdot 0.8379 + 26.7(0.1144 - 0.0223/8) + 3.33 \cdot 0.0205 = 10.497$

where, v_{air} = air intake velocity (m/s)
 A = air intake area (m²)
 θ = air intake temperature (°C)
 Q_{fuel} = fuel intake flowrate (kg/hr)
 C, H, O and S = elementary analysis of fuel in fraction

Formula 3
$$\lambda = 1 + \frac{(CO_2 - 0.5CO)}{\{1.867C + 5.6(H - O/8) + 0.7S\} \times \{(CO_2 + O)/(1.867C + 0.7S)\}}$$

$$= 1 + (0.143 - 0.5 \times 0.000045) / (1.867 \times 0.8379 + 5.6 \times (0.1144 - 0.0223/8) + 0.7 \times 0.0205) / ((0.143 + 0.0223) / (1.867 \times 0.8379 + 0.7 \times 0.0205))$$

$$= 1.416$$

where, CO_2 = percentage of CO₂ gas in the flue gas (%)
 CO = percentage of CO gas in the flue gas (%)
 C, H, O and S = elementary analysis of fuel in fraction

本報告書では、これらのうち Formula 2 を採用している。

(8) 排気ガスからの熱損失

排気ガスからの熱損失は次の計算式で求める。

$$lg = (Lg/Hl) \times 100[\%] = (800/10632) \times 100 = 7.5\%$$

$$Lg = [G_0 + (m-1) \times A_0] \times C_g \times (T_g - T_o)$$

$$= (11.168 + (1.136 - 1) \times 10.497) \times 0.33 \times (231.9 - 39.38) = 800$$

$$G_0 = 0.79A_0 + 1.867 \times C + 11.2 \times H + 0.7 \times S + 1.24 \times W + 0.8 \times N$$

$$= 0.79 \times 10.497 + 1.867 \times 0.8379 + 11.2 \times 0.1144 + 0.7 \times 0.0205 + 1.24 \times 0.00091 + 0.8 \times 0.00403$$

$$= 11.168$$

where, Hl = lower heating value of fuel
 $= 8100 \times 0.8379 + 34000(0.1144 - 0.0223/8) + 2500 \times 0.0205$
 $= 10632$

m = air ratio

C_g = 0.33 [kcal/Nm³ x °C]

T_g = flue gas temperature, °C

T_o = ambient temperature, °C

C, H, N, S, O and W = elementary analysis of fuel in fraction

13-10-2 蒸気タービン発電機

この工場には4基の蒸気タービン発電機があり、そのうち4号機が稼働している。蒸気タービン発電機のフローを図13-7に示す。また1998年9月23日から25日にかけて収集した蒸気タービン発電機4号機の運転データを表13-23に示す。発電機回りに蒸気流

量計がないので、発電機入口への供給蒸気流量データは1998年9月29日から30日に収集した蒸気ボイラー回りの運転データを使ってバランス計算により求める必要がある。

13-10-3 スチームトラップシステム

蒸気配管および蒸気消費設備に設置されている90個のスチームトラップのうち使用状態にある64個について調査を行った。設置されているスチームトラップの型式としてはディスクタイプおよびフロートタイプの2種類に分類できる。

表13-24にスチームトラップのプラントへの設置状況を示す。

Table 13-24 Arrangement of Steam Traps by Types

Area / Type	Float	Disc	Total	Remarks
Boiler #4	5	4	9	
Boiler #3	2	3	5	Not operation; 5
Boiler #1 & #2	0	3	3	Not operation; 3
High Pressure Header	0	4	4	
Steam line (ex-HP header to Store)	0	4	4	
Steam line (old line)	0	3	3	Not operation; 3
Steam line (CO2 receiver)	0	3	3	
Steam line (accumulator)	0	3	3	
Steam line (B1B2 flash tank)	0	2	2	
Steam line (dearator)	1	1	2	
Turbine #4	1	3	4	
Turbine #3	0	4	4	Not operation; 4
Steam Separator (behind TG#1,2)	2	0	2	
Beside Steam Separator (TG#1,2)	1	2	3	Not operation; 3
Affination Station	1	1	2	
Clarification (carbonator line)	1	0	1	
Clarification (melter #2,3 line)	0	1	1	Not operation; 1
Crystallization Station	21	5	25	
Curing Station	8	1	9	
TOTAL	43	47	90	

(1) 調査手順

現場における調査手順は次のとおりである。

- 1) 蒸気配管レイアウトおよびスチームトラップの確認
- 2) 設置スチームトラップの現物および仕様確認
 - トラップおよび関連機器の設置場所を示す配置図
- 3) スチームトラップタイプおよび設置場所を表すコード化
 - 作業効率化のための場所番号およびトラップ番号
- 4) スチームトラップ現場確認およびタグ貼付
 - 現場でのトラップ目視確認確実化
- 5) スチームトラップチェッカーによる測定実施
- 6) データ解析
 - 型式別、場所別、原因別不良トラップ解析
 - 蒸気ロス量および損失金額

(2) 不良スチームトラップの解析

表 13-25 に作動不良トラップ解析結果を示す。作動不良トラップからの蒸気漏洩による損失額も同時に示す。

測定対象の全トラップのうち 30 基については良好であったが、31 基については作動不良であった。なお、3 基については測定データなしである。

Table 13-25 Summarized Failure Analysis of Steam Traps

Malfunction Category	Good	Failed	No service	Total	Monetary Loss (US\$/year)
Good	30	0	0	30	0
Leaking	0	9	0	9	2,757
Blowing	0	1	0	1	1,356
Low Temperature	0	14	0	14	0
Blocked	0	7	0	7	0
No Data	0	0	3	3	0
TOTAL	30	31	3	64	4,113

表 13-26 に詳細な解析結果を示す。図 13-8 に型式別、不良要因別解析結果を図示する。作動状態として 'Leak (Small)', 'Leak (Medium)', 'Leak (Large)', 'Blowing', 'Low temperature', 'Blocked' and 'Good' の 7 種に分類した。

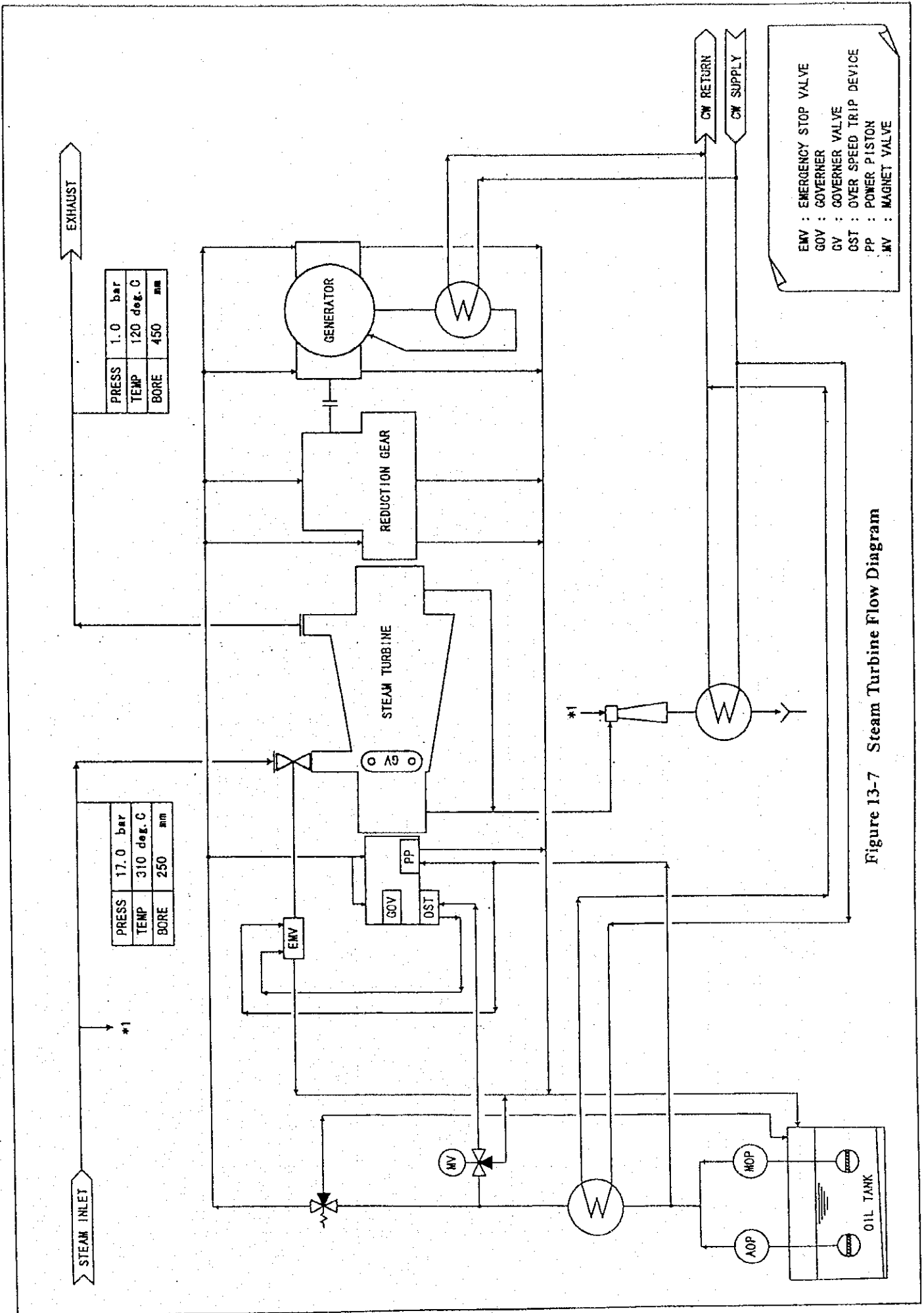


Figure 13-7 Steam Turbine Flow Diagram

Table 13-23 Operation Data for Steam Turbine Generator

Equipment No. Turbine Generator No.4

Date /Hours	Inlet Steam			Extracted Steam			Steam Released to Atm.			Condensed Steam			Turbine			Generator				
	Flow Rate (kg/h)	Temp. °C	Pressure (bar)	Flow Rate (kg/h)	Temp. °C	Pressure (bar)	Flow Rate (kg/h)	Temp. °C	Pressure (bar)	Flow Rate (kg/h)	Temp. °C	Pressure (bar)	Speed (rpm)	Speed (rpm)	Output (kW)	Volt	Ampere (A)	Power Factor	Cumulative Output (KWh)	
Design Spec.	38,200	310.0	17		120	1							6,545		3,500	3,300	765			
23/9/98																				
10.00 am	NA	277.7	17.2	NA	112	0.55	0	NA	NA	NA	Atm	6,600	6,600	2,810	3,340	615	NA	6,480,800		
12.00 pm	NA	277.8	17.2	NA	112	0.50	0	NA	NA	NA	Atm	6,614	6,614	2,790	3,340	560	NA	NA		
2.30 pm	NA	277.4	17.4	NA	113	0.58	0	NA	NA	NA	Atm	6,621	6,621	2,680	3,240	550	-0.93	NA		
4.30 pm	NA	277.7	17.6	NA	112	0.58	0	NA	NA	NA	Atm	6,636	6,636	2,960	3,270	597	-0.93	6,499,100		
Average		277.65	17.3		112	0.55	0				Atm	6,618	6,618	2,810	3,298	581	-0.93	2,815		
24/9/98																				
10.00 am	NA	277.9	17.2	NA	113	0.6	0	NA	NA	NA	Atm	6,600	6,600	2,700	3,340	558	-0.95	6,548,700		
12.00 pm	NA	277.8	17.2	NA	113	0.5	0	NA	NA	NA	Atm	6,600	6,600	3,080	3,320	498	-0.94	NA		
2.30 pm	NA	278	17.2	NA	113	0.55	0	NA	NA	NA	Atm	6,618	6,618	2,720	3,370	530	-0.89	NA		
4.30 pm	NA	277.9	17.2	NA	113	0.59	0	NA	NA	NA	Atm	6,632	6,632	2,800	3,340	570	-0.92	6,566,900		
Average		277.9	17.2		113	0.56	0				Atm	6,612	6,612	2,825	3,343	539	-0.93	2,800		
25/9/98																				
10.00 am	NA	277.4	16.7	NA	113	0.5	0	NA	NA	NA	Atm	6,610	6,610	2,670	3,370	500	-0.97	6,615,900		
12.00 pm	NA	278.1	17.2	NA	113	0.55	0	NA	NA	NA	Atm	6,629	6,629	3,300	2,900	521	-0.95	NA		
2.30 pm	NA	277.1	17.7	NA	113	0.55	0	NA	NA	NA	Atm	6,614	6,614	2,860	3,410	525	-1.00	NA		
4.30 pm	NA	277.5	17.2	NA	113	0.58	0	NA	NA	NA	Atm	6,629	6,629	2,890	3,310	535	-0.94	6,633,900		
Average		277.53	17.2		113	0.55	0				Atm	6,620	6,620	2,930	3,248	520	-0.96	2,769		

Table 13-26 Total Steam Trap Analysis Data

Trap No.	Type	Model	Size (mm)	Failure Mode	Leak Level	Surface Temp.(°C)	Steam Loss(t/y)	Monetary Loss(\$/y)	Drain Recovery
A10-00001	DISC	TD42	20	Leak(S)	2	154	23	185	No
A10-00002	DISC	TD42	20	Good	0	135	0	0	No
A10-00003	FLOAT	FT20	20	Low temp	0	80	0	0	No
A10-00004	DISC	TD42	20	Leak(S)	4	165	33	263	No
A10-00005	DISC	TD42	20	Leak(M)	10	161	60	470	No
A10-00006	FLOAT	FT20	20	Leak(L)	11	94	83	655	No
A10-00007	DISC	TD42	20	Good	0	137	0	0	No
A10-00008	DISC	TD42	20	Good	0	141	0	0	No
A10-00009	FLOAT	FT20	20	Low temp	0	56	0	0	No
A40-00001	DISC	TD32F	25	Blocked	0	34	0	0	Yes
A40-00002	DISC	TD42	25	Leak(L)	14	142	84	661	Yes
A40-00003	DISC	TD32F	25	Low temp	0	76	0	0	No
A40-00004	DISC	TD42	25	Blowing	15	146	172	1,356	No
A50-00001	DISC	TD3-7	20	Blocked	0	34	0	0	No
A50-00002	DISC	1/2-TD42	20	Good	0	152	0	0	No
A50-00003	DISC	TD42	15	Good	0	142	0	0	No
A50-00004	DISC	TD42	25	Blocked	0	32	0	0	No
A71-00001	DISC	TD42	25	Blocked	0	38	0	0	No
A71-00002	DISC	TD42	25	Blocked	0	36	0	0	No
A71-00003	DISC	TD42	25	Leak(S)	1	79	11	87	No
A72-00001	DISC	TD42	25	Leak(S)	1	75	15	115	No
A72-00002	DISC	TD42	25	Leak(S)	2	150	29	226	No
A72-00003	DISC	TD42	20	No Service					No
A73-00001	DISC	TD42	15	Good	0	116	0	0	No
A73-00002	DISC	A46R		Good	0	75	0	0	No
A80-00001	DISC	TD32F	20	Low temp	0	64	0	0	No
A80-00002	FLOAT	FT10-4.5	20	Good	0	73	0	0	No
B10-00001	DISC	TD42	20	Blocked	0	32	0	0	No
B10-00002	DISC	TD32F	20	Leak(S)	1	72	12	95	No
B10-00003	FLOAT	UNA-26H	50	Good	0	160	0	0	No
B10-00004	DISC	TD42	20	Low temp	0	49	0	0	No
B30-00001	FLOAT	FT20	25	Low temp	0	85	0	0	No
B30-00002	FLOAT	FT20	25	Low temp	0	64	0	0	No
C10-00001	FLOAT	FT10-4.5	50	Low temp	0	52	0	0	No
C20-00001	FLOAT	FT10-4.5	50	Good	0	79	0	0	No
D10-00001	FLOAT	FT20	25	Good	0	83	0	0	No
E20-00001	FLOAT	GM8	100	Good	0	71	0	0	Yes
E20-00002	FLOAT	GM8	100	Good	0	81	0	0	Yes
E20-00003	FLOAT	GM8	100	Good	0	68	0	0	Yes
E20-00004	FLOAT	GM8	100	Good	0	75	0	0	Yes
E20-00005	FLOAT	GM8	100	Good	0	86	0	0	Yes
E20-00006	FLOAT	GM8	100	Good	0	74	0	0	Yes
E30-00001	FLOAT	FT10-015	100	Good	0	82	0	0	No
E30-00002	FLOAT	FT10-015	100	Good	0	80	0	0	No
E30-00003	FLOAT	FT10-10	25	Good	0	79	0	0	No
E30-00004	FLOAT	FT10-10	25	Good	0	74	0	0	No
E40-00001	FLOAT	FT10-14	25	Good	0	78	0	0	Yes
E40-00002	FLOAT	FT10-14	25	No Service	0		0	0	Yes
E50-00001	FLOAT	FT46	25	Good	0	75	0	0	Yes
E50-00002	FLOAT	FT46	25	Good	0	73	0	0	Yes
E50-00003	FLOAT	FT46	25	Good	0	79	0	0	Yes
E50-00004	FLOAT	GM8	100	Low temp	0	45	0	0	Yes
E50-00005	FLOAT	GM8	100	Good	0	66	0	0	Yes
E50-00006	FLOAT	FT46	25	Good	0	80	0	0	Yes
E60-00001	FLOAT	FT16	25	Good	0	91	0	0	No
E90-00001	DISC	FT10-1	25	Good	0	83	0	0	No
Ex0-00001	DISC	TD32F	25	Low temp	0	43	0	0	Yes
F10-00001	FLOAT	FT10-1	25	Low temp	0	70	0	0	No
F10-00002	FLOAT	FT10-1	25	No Service					No
F20-00001	FLOAT	FT11-14	25	Good	0	122	0	0	No
F30-00001	FLOAT	FT14-020	20	Low temp	0	75	0	0	Yes
F40-00001	FLOAT	GM2	50	Low temp	0	52	0	0	Yes
F40-00002	FLOAT	GM2	50	Blocked	0	38	0	0	Yes
F40-00003	DISC	TD3-2	20	Low temp	0	68	0	0	No

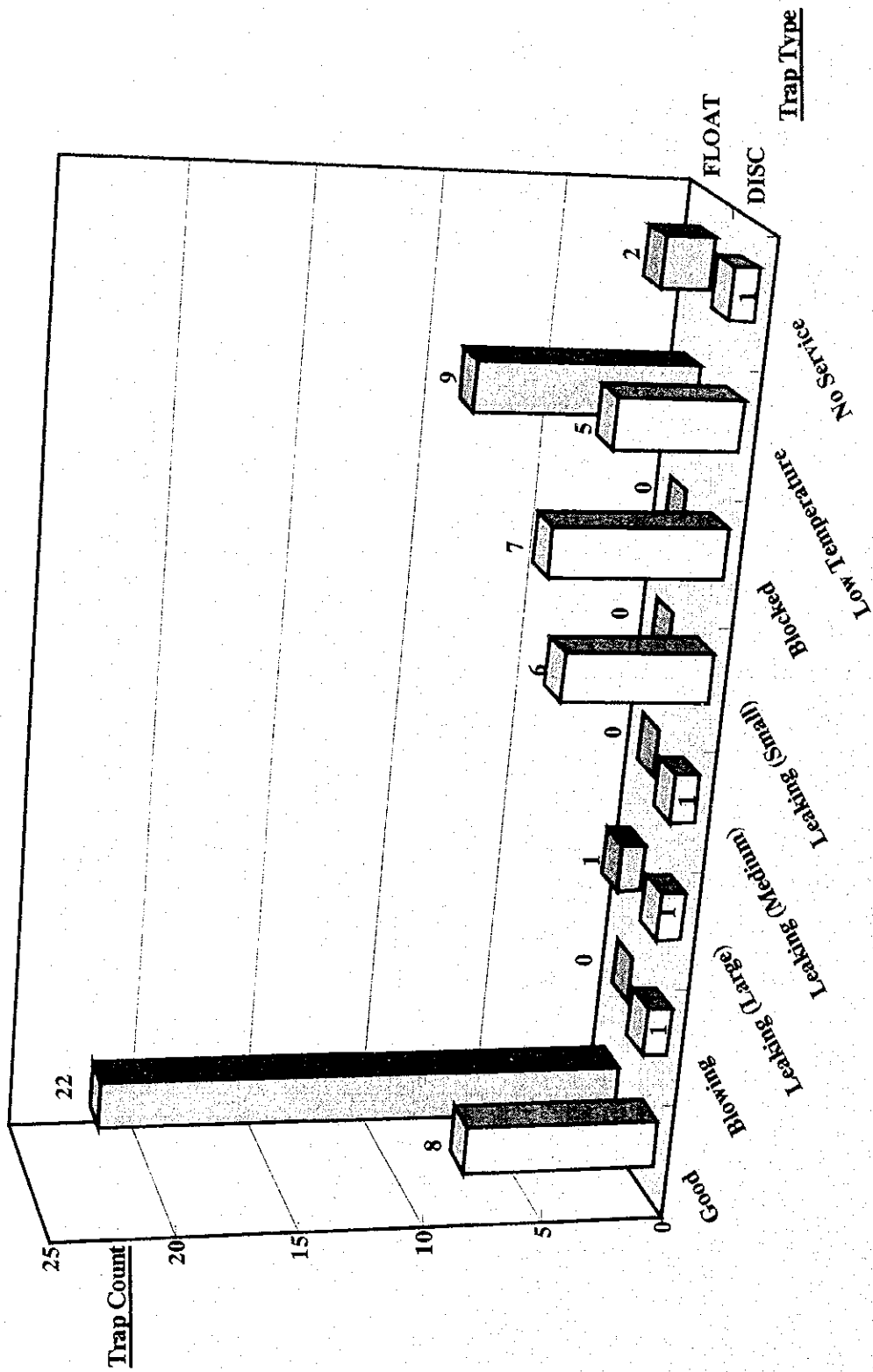


Figure 13-8 Steam Trap Failure Analysis

13-10-4 断熱システム

蒸気主管の保温材施工状態を調査した。各蒸気配管ラインからの熱損失量を 13-9-6 項で示した計算式を用いて求めた。
結果を表 13-27 に示す。

Table 13-27 Heat Loss from Steam Main Line

Line	Rated Flow rate (t/hr)	Steam Pipe		Insulation		Heat Loss, Q (kcal/hr)	Steam Loss (kg/hr)	Steam Loss (%)
		O.D (mm)	Length (m)	Material	Thickness (cm)			
Pressure: 17 bar Steam Temperature: 280 °C Atmospheric Temperature: 33 °C								
Boiler #4 to HP Header	50.0	250	50	rock wool	5.0	10,770	15.1	0.030
HP Header to T.G #4 a)	38.5	250	27	rock wool	5.0	5,816	8.1	0.021
Pressure: 11 bar Steam Temperature: 260 °C Atmospheric Temperature: 33 °C								
HP Header to Plate Evaporator	5.0	100	90	rock wool	3.8	10,133	14.3	0.286
HP Header to Accumulator b), c)	5.0	250	85	calcium silicate	5.0	18,041	25.5	0.510
Pressure: 0.5 bar Steam Temperature: 110 °C Atmospheric Temperature: 33 °C								
T.G #4 to LP Header d)	38.5	400	26	calcium silicate	5.0	2,516	3.9	0.010
LP Header to Vacuum Pan e)	30.0	600	70	calcium silicate	5.0	9,780	15.0	0.050
LP Header to Vertical Shelf Dryer e)	5.3	50	20	rock wool	2.5	474	0.7	0.014
LP Header to Melter #1 e)	Not known	250	35	rock wool	5.0	1,779	2.7	N.A
LP Header to Melter #2,3 e)	Not known	200	40	rock wool	5.0	1,691	2.6	N.A
LP Header to Steam Header for Evaporators e)	5.7	250	50	rock wool	5.0	2,542	3.9	0.069
LP Header to Molasses Plate Heater e)	1.5	100	25	rock wool	3.8	748	1.2	0.077
TOTAL						64,290		

Applied Heat Conductivity Value for Insulation Material

	110 °C	260 °C	280 °C
Calcium Silicate;	0.0485	0.0547	0.0557
Rock Wool ;	0.0376	0.0490	0.0507

- Note:
- a) = abnormal surface temperature (120 °C) was observed at this line
 - b) = No insulation at expansion joint
 - c) = No insulation at flow meter
 - d) = No insulation at a small section of straight pipe
 - e) = No insulation for valves around LP header

13-10-5 電力消費量

(1) 電力供給および構内配電システム

この工場は砂糖製造プラントに必要な電力を一台のタービン発電機で供給している。電力消費量は図 13-6 に示した各点で測定した。

表 13-28 に工場内の電力設備の接続状況を示す。

(2) 主要電動機

この工場には 426 基の電動機が設置されている。設計能力別に分類すると次のとおりである。

1) less than 10 kW	270
2) 10 – 30 kW	91
3) 30 – 50 kW	27
4) 50 – 100 kW	14
5) more than 100 kW	24

工場で最大規模の冷却水ポンプ用電動機の電力消費量を図 13-9 に示す。

測定期間中、電動機の力率は 0.9 以上に保たれていた。

(3) 発電電力推移

1998 年 9 月 29 日に測定した時間毎の電力消費量推移を図 13-10 に示す。

発電電力量はプラントの需要量に合わせ 2,800 と 3,200 kW の間で変動している。

供給端における力率は手動で 0.8 以上に保持されている。

(4) 空気圧縮機および遠心分離機の電力量推移

空気圧縮機および TSK 社遠心分離機の短時間毎に測定した電力消費量推移を図 13-11 および図 13-12 に示す。

これらの機器は頻繁に運転状態が変わるため消費量の変動が顕著に見られた。

Table 13-28 Electrical Equipment Service

ITEM	No. 1 Transformer(H1)	No. 2 Transformer(H2)	No. 3 Transformer(H3)	No. 4 Capacitor	No. 5 Transformer(H5)
Service	(1) Dryer Panel (2) Centrifugal x3 (3) 2-Warm Water Return Pumps	(1) Vacuum pump (#4-6) x3 (2) Curing (3) Evaporator (4) Dryer #B8 #C Panel x 2	(1) 50 Hp pump #1,#2	600 KVAR	(1) Boiler #1 & #2 (2) lighting
	No. 6 Transformer(H6) (1) Boiler #3 (2) Boiler #4	No. 7 Transformer(H7) (1) Welding Set Panel (2) Warm Water Pump for Press Steel Tank (3) VOO Agitator (4) KONTI 88 Konti 10 (5) D & E Sugar Line (6) 4, 375KVA, 1500 KVA T/G Back up Power (7) L2 ASEA (8) L2 TSK x2 (9) TESTING (10) PTS	No. 8 Transformer (1) MCCB (2) TSK #1 (3) TSK #2 (4) TSK #3 (5) TSK #4 (6) Dryer "A" Panel	No. 9 Capacitor 300 KVAR No. 10 Capacitor 150 KVAR No. 11 Capacitor 150 KVAR	No. 12 75 KW Vacuum pump No. 13 75 KW Vacuum pump
	No. 14 Transformer (1) CO2 PLANT (2) TANAKA FUGAL (3) ASEA FUGAL (4) TSK FUGAL (5) Air compressor (6) Cooling Fan Motor (7) Clarification Juice Pumps	No. 15 Transformer (1) Ice D/B (2) Workshop Eng. (3) Water Treatment Plant (4) New Store D/B (5) Battery Charger (6) Washing Machine Station	No. 16 transformer (1) Cryst. Seed Mixer (2) Cryst. 1 - 8 Mixer (3) Cryst. 9 - 11 Mixer (4) Lighting D/B (5) Aff. Mixer (6) 50 Kg Pacing Station (7) Auto Pelletizer (8) 1 Ton Packing (9) Prepack Machine (10) Dust Collector	No. 17 Capacitor 600 KVAR	

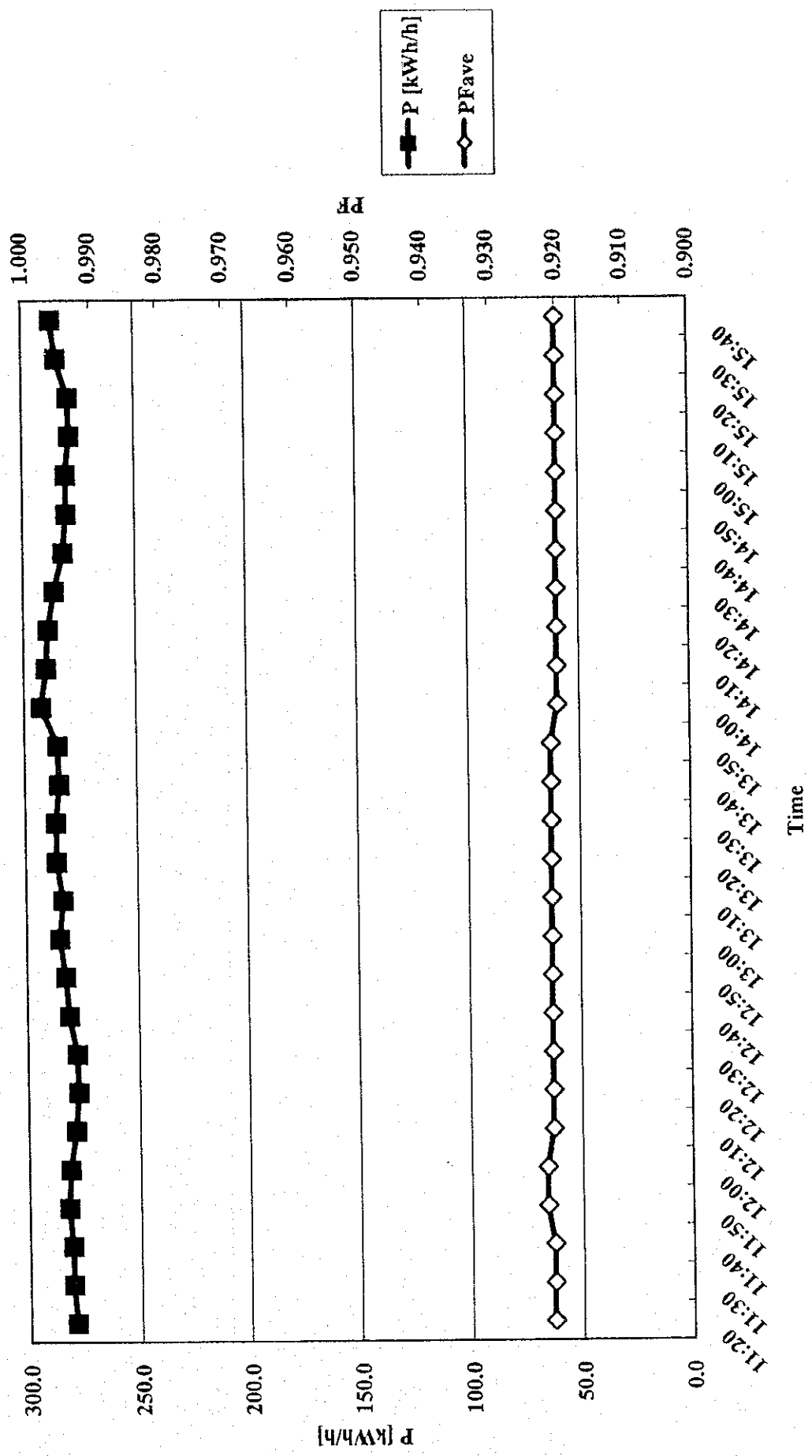


Figure 13-9 Power-Factor for Cooling Water Pump

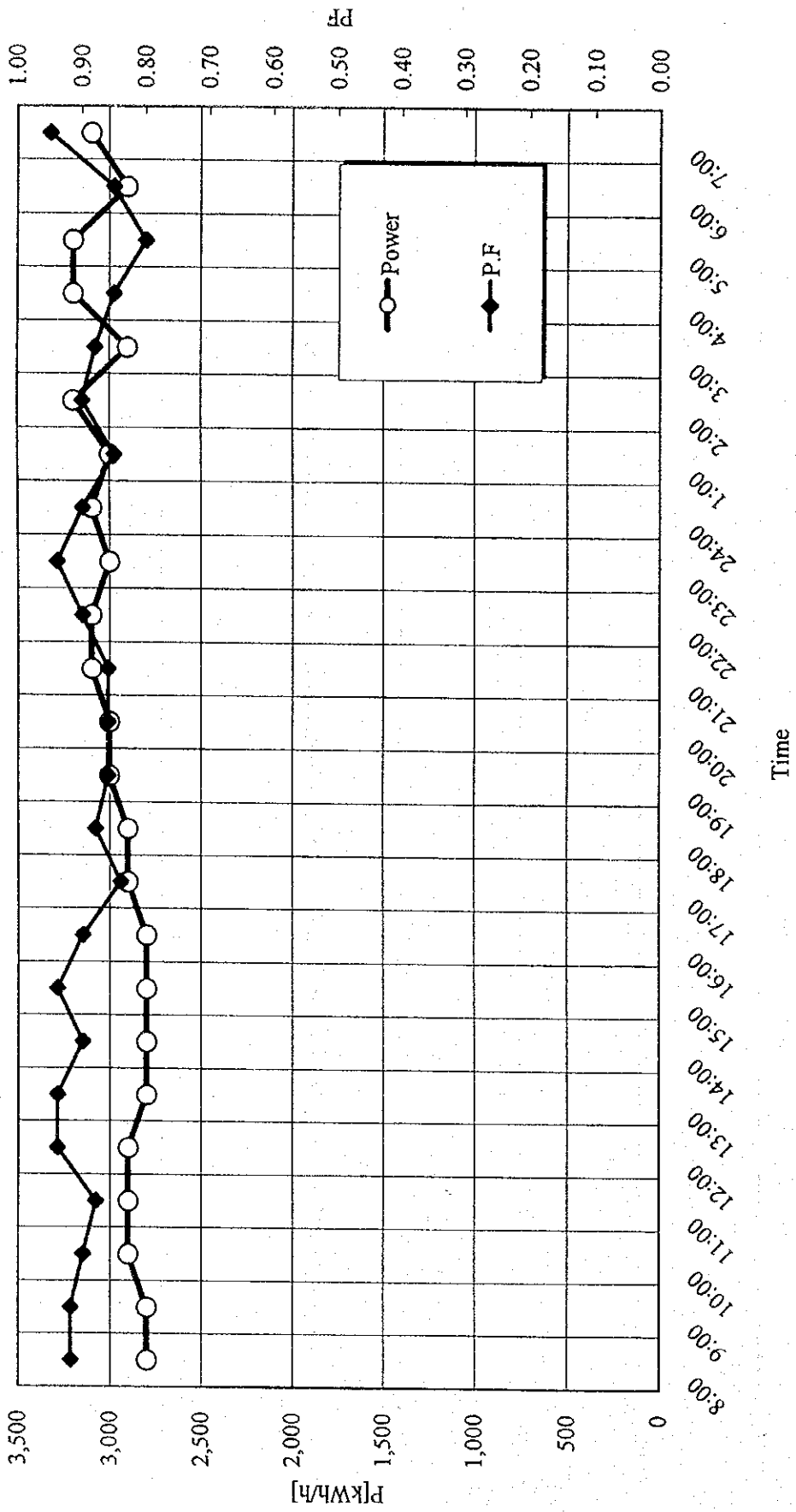


Figure 13-10 Electricity Consumption - Power and Power Factor at TG #4 Output (29 Sep. 1998)

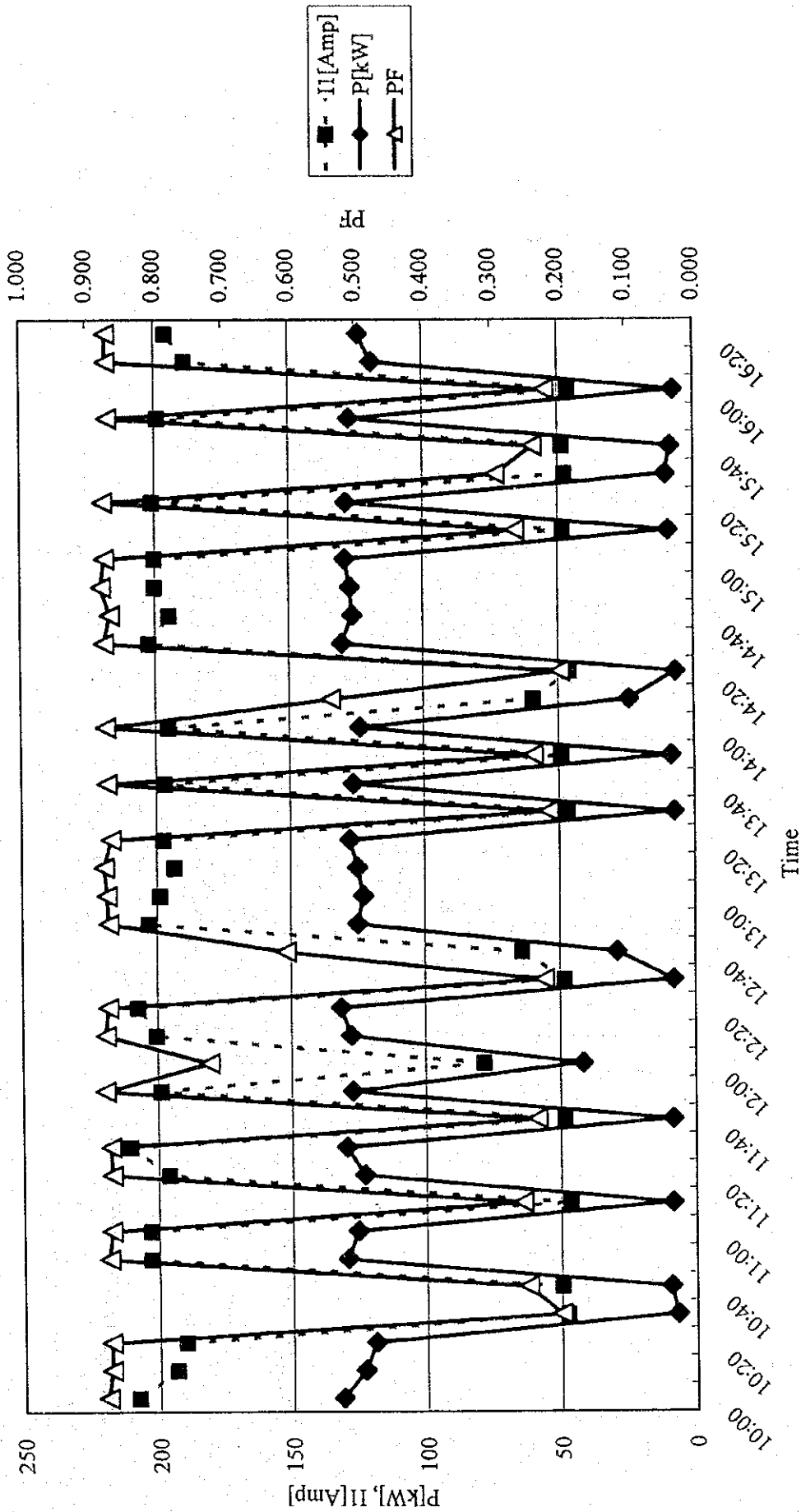
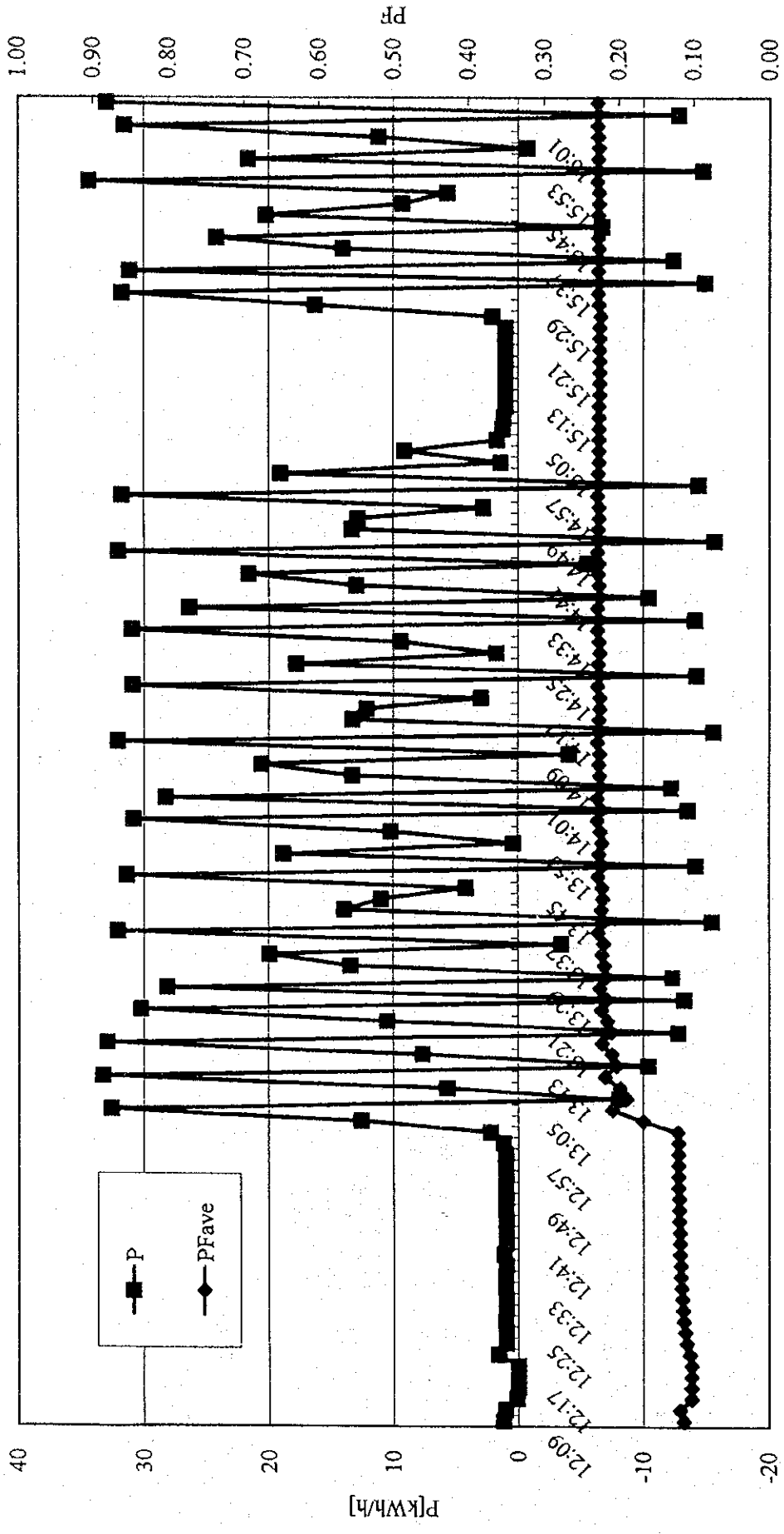


Figure 13-11 Electricity-Amp-Power Factor for Air Compressor (Temporary Data)



Time

Figure 13-12 Electricity - Power Factor for TSK Centrifugal

13-11 工場のエネルギーの流れとエネルギーの主要消費設備

工場には3種類の主要なエネルギー関連設備がある。

これら設備回りのエネルギーフローに加えて全体エネルギーフロー図も本項でまとめる。

1. 蒸気ボイラー
2. 蒸気輸送ライン
3. 蒸気タービン発電機
4. アキュムレーター行きラインの制御弁
5. 電力消費システム
6. 全体エネルギーフロー

13-11-1 蒸気ボイラー回りのエネルギーフロー

測定分析結果に基づき蒸気ボイラー回りのエネルギーバランスを次のとおり算出した。

Table 13-29 Energy Flow around Steam Boiler

	Quantity	Temperature e (°C)	Pressure (bar)	Heat(Kcal/h)	Ratio(%)
Inlet					
1) Fuel Oil	2,785.8 kg/hr	30	Ambient	29,620,000	86.28
2) Air	33,294 Nm ³ /hr	38	Ambient	310,000	0.90
3) Feed Water	27.3 ton/hr	29	Ambient	800,000	2.33
4) Recycled Condensate	15.5 ton/hr	113	0.5	1,700,000	4.95
5) Steam (Dearator)	2.9 ton/hr	113	0.5	1,900,000	5.54
Total				34,330,000	100.00
Outlet					
1) Steam	44,060kg/h	282	20.6	31,340,000	91.29
2) Blow Down	1.6 ton/hr	282	20.6	340,000	0.99
2) Exhaust gas	35,078Nm ³ /hr	231.9	-	2,600,000	7.57
3) Heat Loss	-	-	-	50,000	0.15
Total				34,330,000	100.00

この結果から、ボイラー運転管理は良好で熱効率（蒸気／燃料油）は91.29%である。

ボイラーシステムの物質収支、熱収支を図13-13に示す。

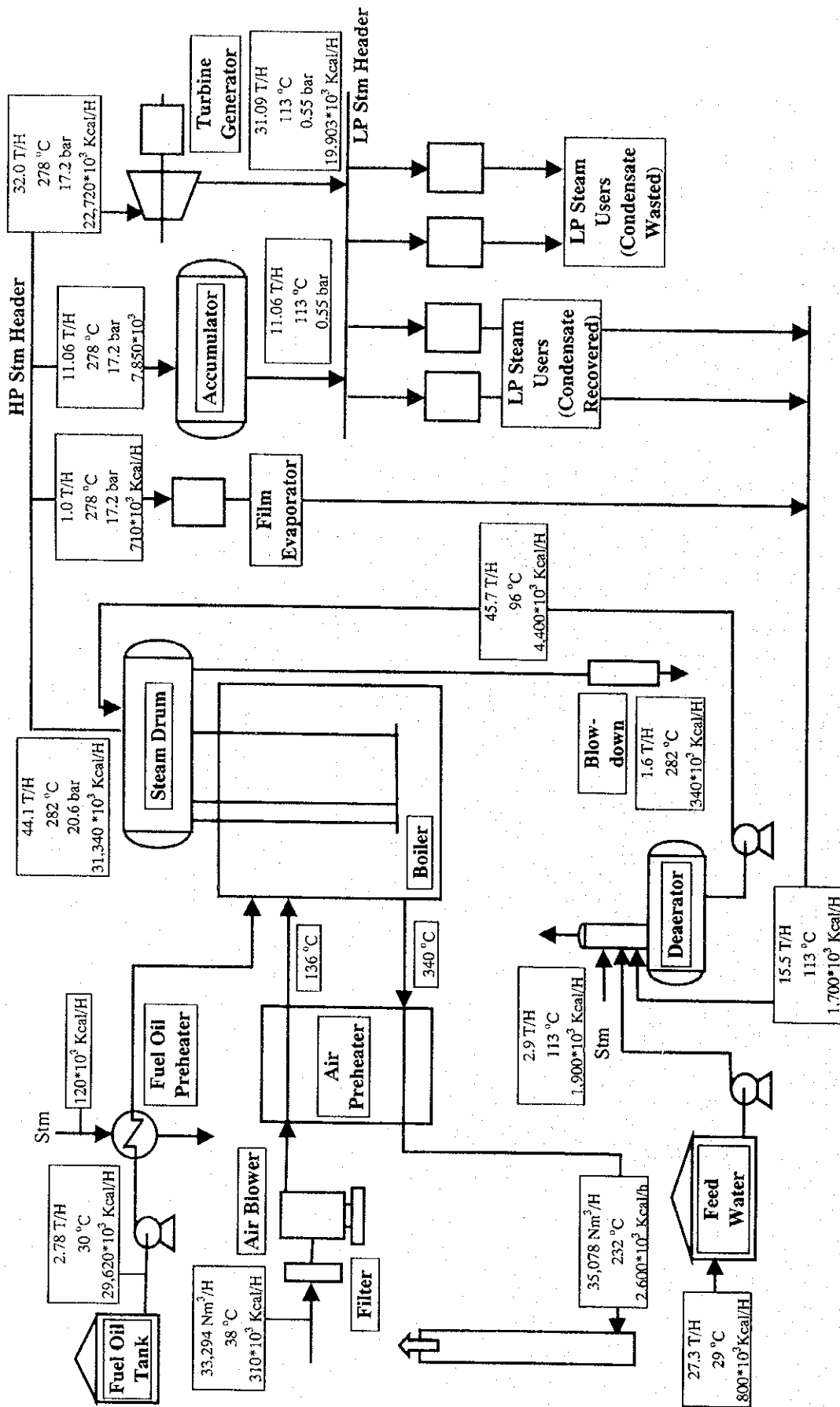


Figure 13-13 Material and Heat Balance of Boiler System

13-11-2 蒸気輸送ラインのエネルギーフロー

蒸気輸送ラインの熱バランスを表 13-30 に示す。

Table 13-30 Energy Balance around Steam Transfer Line

	Quantity	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Heat Energy (kcal/h)	Ratio (percent)
INPUT					
1) Generated Steam	44,060 kg/hr	282	20.6	31,340,000	100.00
Total	44,060 kg/hr			31,340,000	100.00
OUTPUT					
1) Steam to Film Evaporator	1,000 kg/hr	278	17.2	710,000	2.27
2) Steam to Accumulator	11,060 kg/hr	278	17.2	7,850,000	25.05
3) Steam to Turbine Generator	32,000 kg/hr	278	17.2	22,720,000	72.50
4) Heat Loss from Pipe Surface	-	-	-	60,000	0.18
Total	44,060 kg/hr			31,340,000	100.00

13-11-3 蒸気タービン発電機回りのエネルギーフロー

蒸気タービン発電機回りのエネルギーバランスを表 13-31 に示す。

Table 13-31 Energy Balance around Steam Turbine Generator

	Quantity	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Heat Energy (kcal/h)	Ratio (percent)
INPUT					
1) Steam Inlet	32,000 kg/hr	278	17.2	22,720,000	100.00
Total				22,720,000	100.00
OUTPUT					
1) Extracted Steam	31,098 kg/hr	113	0.55	19,902,720	87.60
2) Steam Released to Atmosphere	0 kg/hr	-	-	0	0.00
3) Condensed Steam	102 kg/hr	74	Atm.	7,550	0.03
4) Generated Power	2,900 kWh	-	-	2,494,000	10.98
5) Loss	Balance			315,730	1.39
Total				22,720,000	100.00

13-11-4 蒸気アキュムレーター行き圧力制御弁のエネルギーフロー

蒸気アキュムレーター行き圧力制御弁回りのエネルギーバランスを表 13-32 に示す。

Table 13-32 Energy Balance around Steam Control Valve to Accumulator

	Quantity	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Heat Energy (kcal/h)	Ratio (percent)
INPUT					
1) Steam for Steam Accumulator	11,060 kg/hr	278	17.2	7,850,000	100.00
Total	11,060 kg/hr			7,850,000	100.00
OUTPUT					
1) Steam to Steam Accumulator	11,060 kg/hr	113	0.55	7,131,500	90.85
2) Kinetic Energy Loss by Control Valve	-	-	-	718,500	9.15
Total	11,060 kg/hr			7,850,000	100.00

13-11-5 電力消費システム

電力消費バランスを表 13-33 に示す。

Table 13-33 Electrical Power Balance

Service	Quantity (kWh)	Ratio (%)	Remarks
Inlet			
1) Generated Power	2,900	94.16	Turbine Generator No.4
2) Receiving from TNB	180	5.84	
TOTAL	(3,080)	(100.00)	
Outlet			
1) Office Use (TNB)	120	3.90	
2) No. 1 Line (P1ACB2)	85	2.76	LINT IT4(35), Others(50)
3) No. 2 Line (P2ACB2)	510	16.56	NIRO Evaporator(60), Film Eva.(50), Others(400)
4) No. 3 Line (TNB)	60	1.95	Vacuum Pump(60)
5) No. 5 Line (P5A1,2)	160	5.19	Boiler(80), Lighting(80)
6) No. 6 Line (P6)	320	10.39	Boiler(320)
7) No. 7 Line (P7A1)	500	16.23	Pan Agitator & Others (500)
8) No. 7 Line (P7A2)	65	2.11	TSK, ASEA, Others (65)
9) No. 8 Line (P8A1)	200	6.49	TSK, MCCB, Others (200)
10) No.12,13 Line	100	3.25	Vacuum Pump #1, 2
11) No.14 Line (P14M)	450	14.61	Air Compressor(100), TANAKA(250), Others(100)
12) No.15 Line (P15C)	300	9.74	Cooling Water Pump(280), Others(20)
13) No.16 Line (MCCSP)	40	1.30	Mixer, Others (40)
14) Balance	170	5.51	
TOTAL	(3,080)	(100.00)	

13-11-6 全体エネルギーフロー

砂糖工場全体のエネルギーフローを図 13-14 に示す。

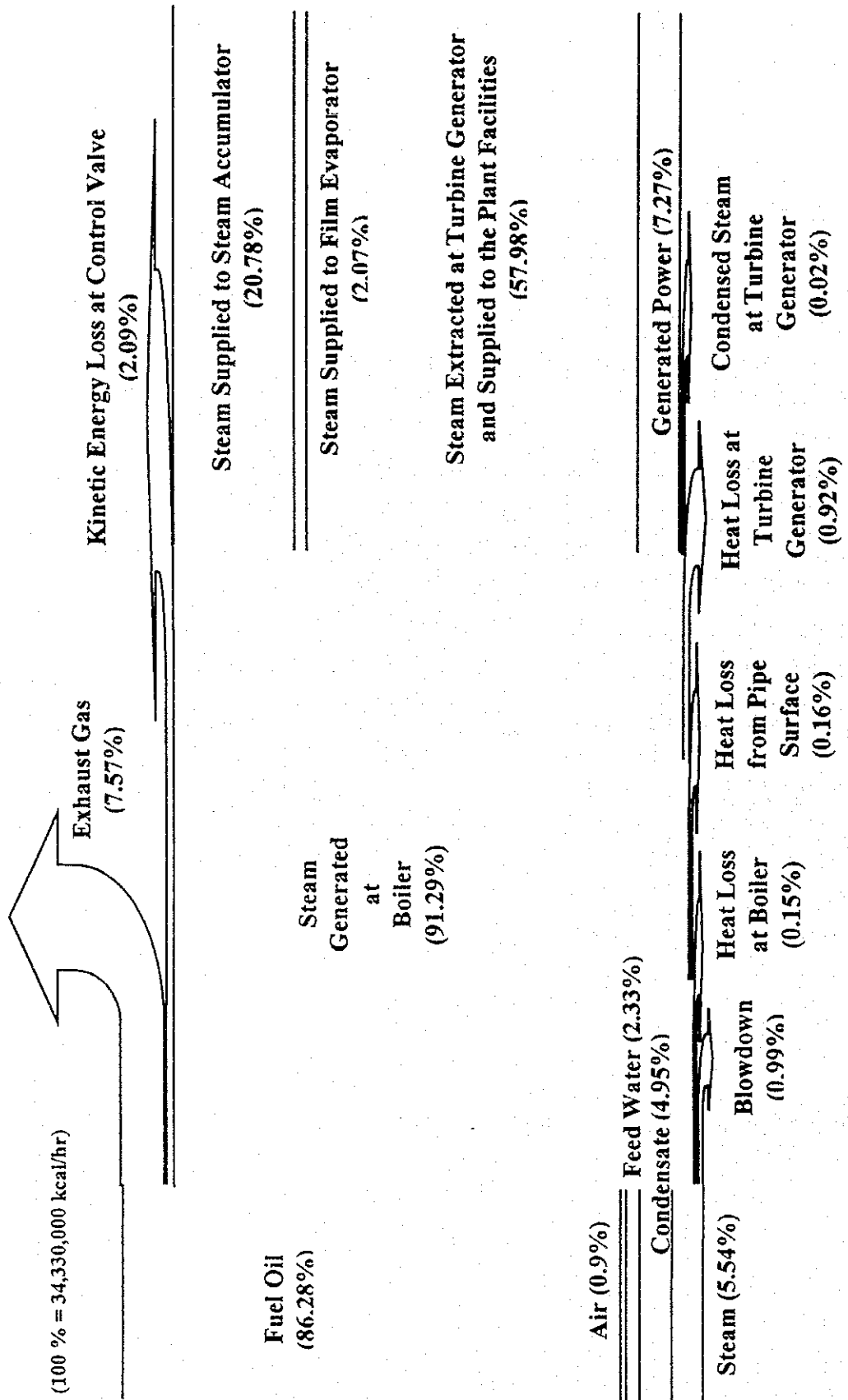


Figure 13-14 Overall Energy Flowchart (Central Sugars Refinery)

13-12 省エネルギー対策

本章の前項までにおいて、工場における測定分析の結果を評価、解析してきた。この項では砂糖工場のエネルギー診断結果を踏まえた省エネルギー対策について述べる。主要点は次のとおりである。

1. 蒸気およびスチームコンデンセート回収システムにおける省エネルギー改善
2. スチームトラップシステムの改善
3. 断熱システムにおける熱ロスの削減
4. 蒸気制御弁における損失エネルギーの電力への回収

13-12-1 蒸気およびスチームコンデンセート回収システムにおける省エネルギー改善

(1) 蒸気システム

前項の図 13-13 に蒸気およびスチームコンデンセートシステムの物質収支、熱収支を示した。これにより抽出されるエネルギー使用効率改善策を以下に述べる。

1. 排気ガスの熱エネルギー回収利用

測定された排気ガス温度は 232°C であったが、この数値は日本における類似の設備のデータに比較して若干高い。

Table 13-34 Standard and Target Temperature of Boiler Flue Gas

Boiler Capacity	Standard (Target)			
	Flue Gas Temperature (°C)			Gas Fuel
	Solid Fuel		Liquid Fuel	
	Fixed Bed	Fluid Bed		
Over 30 ton/hr	200(180)	200(170)	200(160)	170(150)
10 to 30 ton/hr	250(180)	200(170)	200(160)	170(150)
5 to 10 ton/hr	—	-(300)	220(200)	200(180)
Under 5 ton/hr	—	-(320)	250(220)	220(200)

この表から分るように、砂糖工場における排気ガス温度は 200°C から 160°C を目標として管理するのが望ましい。換言すればこの温度まで経済性を保ちながら下げることが可能である。

1) 熱回収方法

熱回収の方法として次の対策が考えられる。

- 供給空気と排気ガスとの直接熱交換

(現状のプレヒーターの能力増)

- エコノマイザー設置し蒸気加熱
- 低温流体利用による熱回収

2) プレヒーター能力増強

現有のプレヒーターと同様の設備を設置する案は、設置場所の問題および熱効率の観点から難しいと判断される。

実現性のある案として排気ガスの顕熱を回転式熱交換器により燃焼用空気へ回収するユングストロームタイプのプリヒーター設置が推奨できる。

この設備はコンパクトで少ない設備費の割に効率がよい。

3) エコノマイザー

飽和蒸気を不飽和の高エネルギー蒸気に変換するエコノマイザーも熱回収装置として一般的に使われている。しかしながら、既設の運転中ボイラーの内部に熱交換器を設置することは、構造体強度の問題と設置スペースの観点から困難であろう。

4) ボイラー以外での熱回収

水の加熱、吸収式冷凍機による冷水製造あるいはプロセス熱源としての利用などが考えられる。

しかし蒸気として熱回収するのが最も効率的でありかつプロセスへの変動要因とならず適している。

スチームコンデンセート回収策を加味して、ボイラー供給水の予熱方式を推奨案とする。

(2) スチームコンデンセートシステム

この工場におけるスチームコンデンセートの回収率はボイラー供給水の約 30-40 パーセントである。一般にコンデンセート回収率が低い原因として下記理由が挙げられている。

- プロセスシステムへの蒸気直接供給
- プロセス流体とのコンタミ
- コンデンセート元圧が低いため回収に難

砂糖製造プロセスにおいてはプロセスシステムへの蒸気直接供給あるいはプロセス流体とのコンタミはそれ程多量ではない。主な原因としてはコンデンセート元圧が低いためと思われる。

コンデンセート回収対策のための設備費用は、配管、タンクおよびポンプ用材料の材質が廉価な炭素鋼でよいので、それ程多額ではない。回収設備設置も推奨できる。

この工場では水処理システムが運転されてない。水処理設備の運転あるいは新規水処理設備設置の経済性検討を行うことが望ましい。 経済性なしと結論さ

れた場合、コンデンセート回収対策は一層重要なものとなる。というのはコンデンセート自体非常にクリーンなボイラー供給水源でありボイラーブローダウン比率を低減することができボイラー効率向上につながる。

(3) 蒸気システムの変動

下流の蒸気消費設備の稼働率が頻繁に変わるため、蒸気供給システムおよび蒸気タービンシステムの運転状況も大きく変動している。

この変動がそれ程頻繁でないならば、エネルギー効率の観点からは問題とならないが実際には変動は頻度高くかつ変動幅も大きいいため省エネルギー的およびプラント設備寿命に悪影響があると思われる。

変動を安定化させるために現在の計装制御システムを再チェックする事により幾分かこの問題が解決されるであろう。

このため、発生電力を一定に保持することも省エネルギーを取り進める上で有効な手段の一つである。外部からの受電電力を変化させることにより電力消費量の変動を吸収させることも考えられる。

調査団の推奨案適用後の状態を図 13-15'Material and Heat Balance of Boiler System (recommendation)'および図 13-16'Improvement for Condensate Recovery'に図式的に示す。

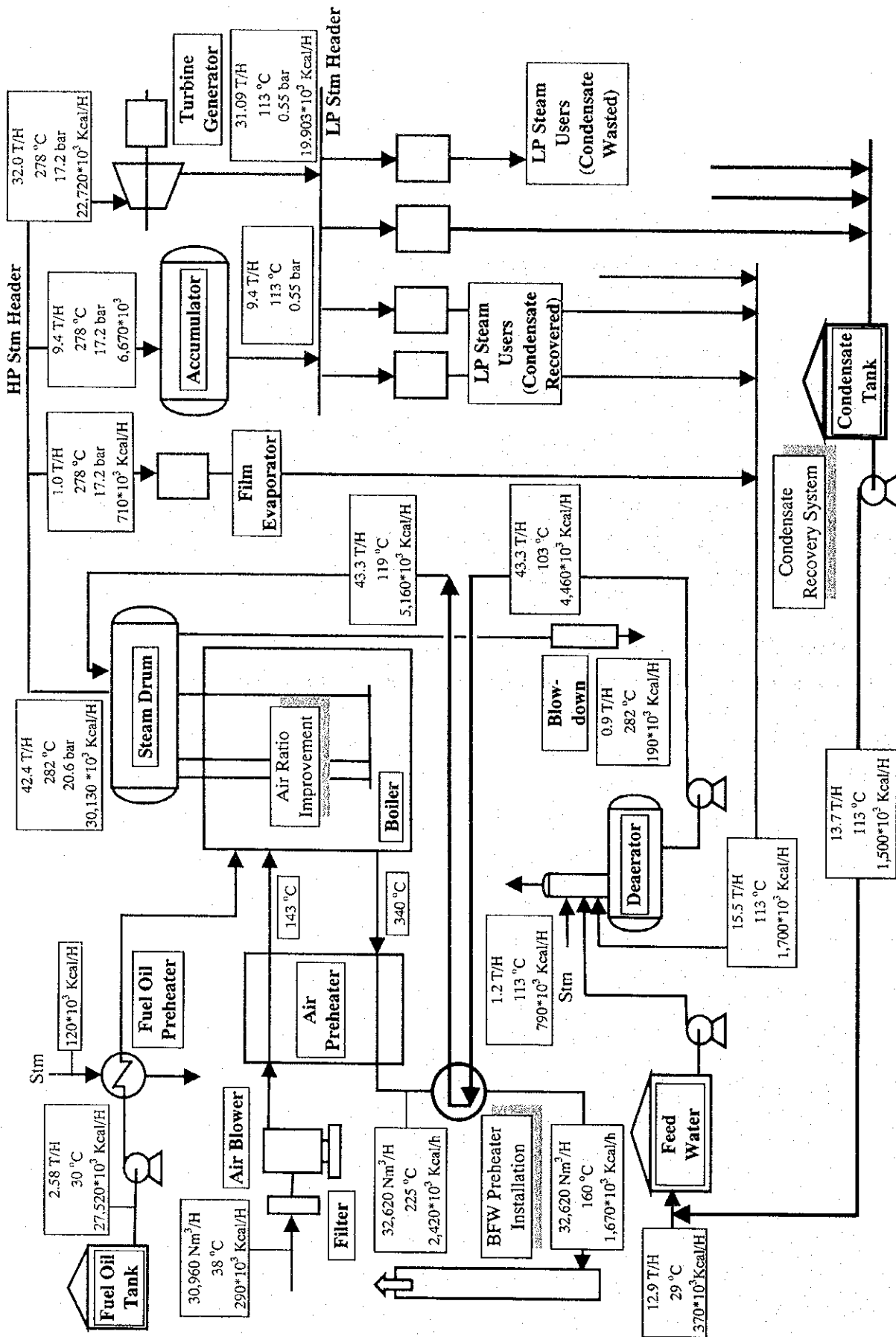


Figure 13-15 Material and Heat Balance of Boiler System (recommendation)

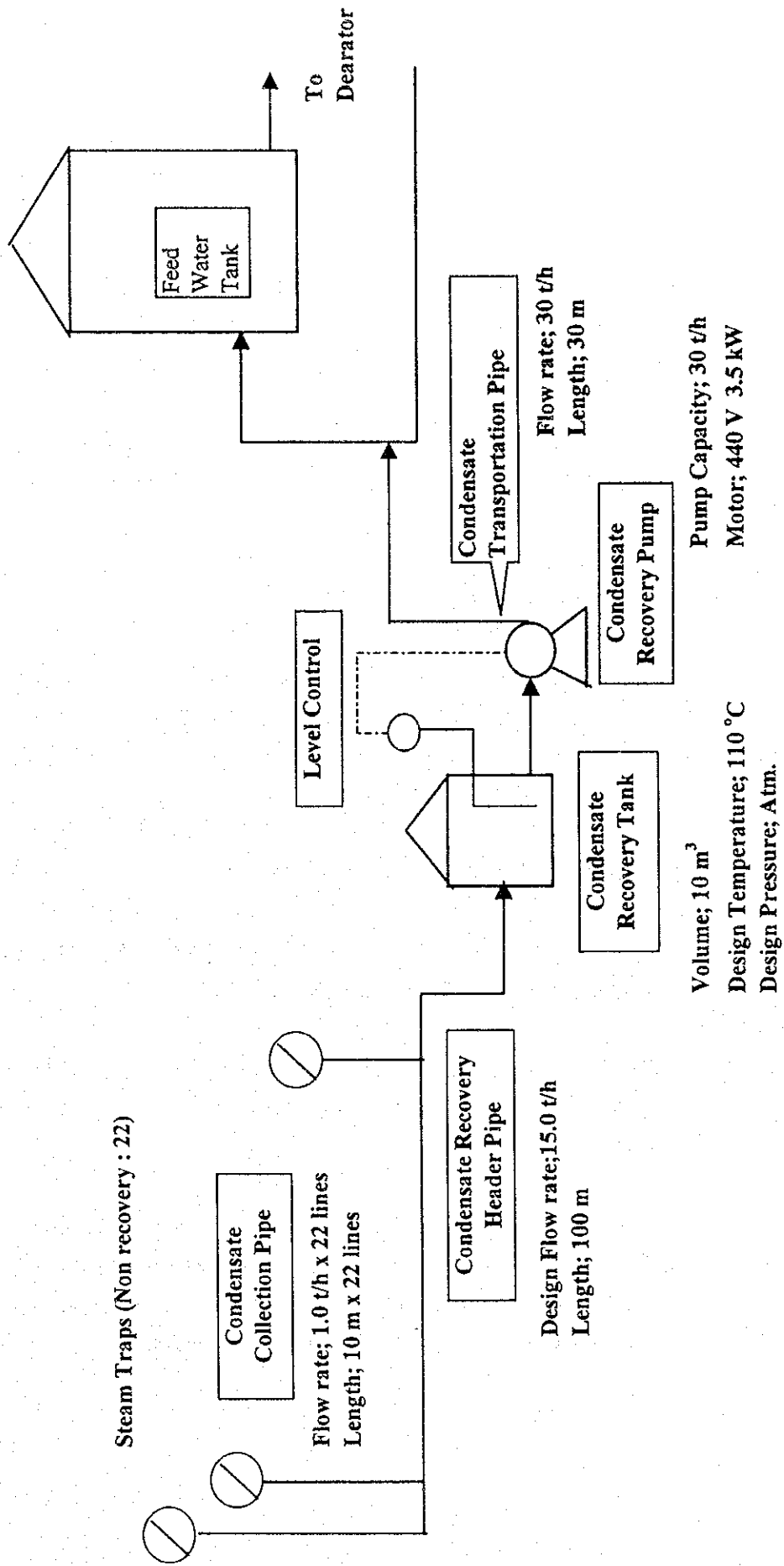


Figure 13-16 Improvement for Condensate Recovery

13-12-2 スチームトラップシステム改善

前項で述べたとおり、蒸気利用設備に約 64 基のスチームトラップが設置されている。運転状況および保守状態は概ね良好である。しかしながら、吹き放しあるいは漏れ、詰り状態のトラップがいくつか見られた。スチームトラップの設備寿命は 3-5 年といわれる。今回の調査結果に対する対策としては、次のとおり。詳細は表 13-35 に示した。

- 1) 現在漏れているトラップおよび吹き放しのトラップについては交換
- 2) 詰りあるいは低温状態のトラップについては定期的な保守管理を行う

13-12-3 断熱システムにおける熱損失低減

主蒸気配管からの熱損失については前項の表 13-27 に示したようにあまり大きくない。直管部あるいはバルブ、フランジ部などで保守管理あるいは検査のため保温材が外れたままの箇所が散見された。このような場所についても、保温施工を行う必要がある。バルブ、フランジ部での保温施工標準図を図 13-17 に示す。

13-12-4 蒸気制御弁における損失エネルギーの電力への回収

ボイラー能力 50 ton/h のうち 30 ton/h 分がタービンで使用されている。残りの 20 ton/h については加熱用として必要な 0.5 bar まで減圧されている。これは高エネルギー蒸気を浪費していることになり好ましくない。

試算によると、圧力減圧制御弁の絞りによる機械的損失エネルギーは約 750 kW の電力に相当する。 $(718,500 \text{ kcal/hr} / 860 \text{ kcal/kW} \times 0.90 = 750 \text{ kW})$

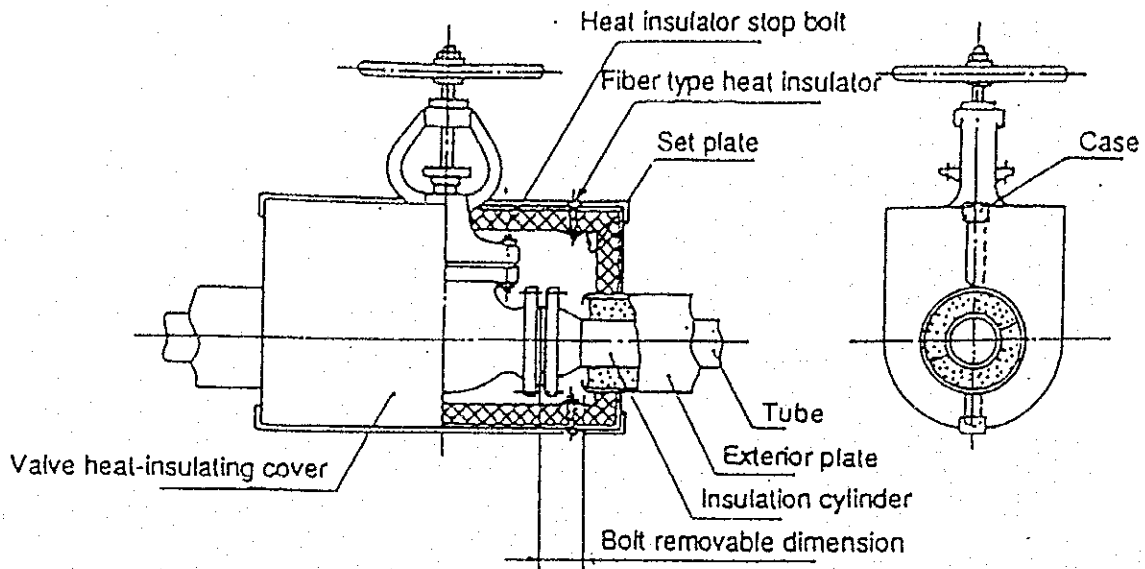
補助的なタービンの設置が必要である。

蒸気と電力はほぼバランスしているので、新たに発電された電力は TNB を経由して外部の需要家に送電する必要がある。従って、現在の電力料金体系の再構築が必須である。このタービンとしては供給される蒸気の圧力および流量の変動、ガバナー制御および電力制御に追随できる運転のフレキシビリティを兼ね備えている必要がある。

Table 13-35 Failed Trap List

Trap No.	Type	Model	Size (mm)	Failure Mode	Steam Loss (t/y)	Monetary Loss (\$/y)	Recommended Measures	Recommended Steam Trap		
								Type (Model)	Spec. (kg/h) Price (10 ³ yen)	
A10-00001	DISC	TD42	20	Leak(S)	23	185	Replace	FLOAT (SSIN-21)	140	31.5
A10-00003	FLOAT	FT20	20	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (JH3X-22)	560	118.5
A10-00004	DISC	TD42	20	Leak(S)	33	263	Replace	FLOAT (SSIN-21)	140	31.5
A10-00005	DISC	TD42	20	Leak(M)	60	470	Replace	FLOAT (SSIN-21)	140	31.5
A10-00006	FLOAT	FT20	20	Leak(L)	83	655	Replace	FLOAT (JF3X-5)	640	32.5
A10-00009	FLOAT	FT20	20	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (JF3X-5)	640	32.5
A40-00001	DISC	TD32F	25	Blocked	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-21)	140	42.5
A40-00002	DISC	TD42	25	Leak(L)	84	661	Replace	FLOAT (SSIN-16)	140	32.0
A40-00003	DISC	TD32F	25	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-21)	140	42.5
A40-00004	DISC	TD42	25	Blowing	172	1,356	Replace	FLOAT (SSIN-16)	140	32.0
A50-00001	DISC	TD3-7	20	Blocked	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-21)	140	31.5
A50-00004	DISC	TD42	25	Blocked	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-16)	140	32.0
A71-00001	DISC	TD42	25	Blocked	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-16)	140	32.0
A71-00002	DISC	TD42	25	Blocked	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-16)	140	32.0
A71-00003	DISC	TD42	25	Leak(S)	11	87	Replace	FLOAT (SSIN-10)	65	32.0
A72-00001	DISC	TD42	25	Leak(S)	15	115	Replace	FLOAT (SSIN-10)	65	32.0
A72-00002	DISC	TD42	25	Leak(S)	29	226	Replace	FLOAT (SSIN-16)	140	32.0
A80-00001	DISC	TD32F	20	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-21)	65	39.0
B10-00001	DISC	TD42	20	Blocked	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-21)	140	31.5
B10-00002	DISC	TD32F	20	Leak(S)	12	95	Replace	FLOAT (SSIN-10)	65	39.0
B10-00004	DISC	TD42	20	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-21)	140	31.5
B30-00001	FLOAT	FT20	25	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (JF5X-16)	700	60.0
B30-00002	FLOAT	FT20	25	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (JF5X-16)	700	60.0
C10-00001	FLOAT	FT10-4.5	50	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (J75X-1)	16,000	347.0
E50-00004	FLOAT	GM8	100	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (J8X-1)	22,000	550.0
E60-00001	DISC	TD32F	25	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (SSIN-10)	65	42.5
F10-00001	FLOAT	FT10-1	25	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (J7X-16)	2,100	102.0
F30-00001	FLOAT	FT14-020	20	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (JF3X-10)	600	32.5
F40-00001	FLOAT	GM2	50	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (J7LX-1)	4,800	150.0
F40-00002	FLOAT	GM2	50	Blocked	0	0	Overhaul	FLOAT (J7LX-1)	4,800	150.0
F40-00003	DISC	TD3-2	20	Low temp	0	0	Overhaul	FLOAT (JF5X-10)	870	58.5

Heat Insulation of Valve



Details of case



Heat Insulation of Flange

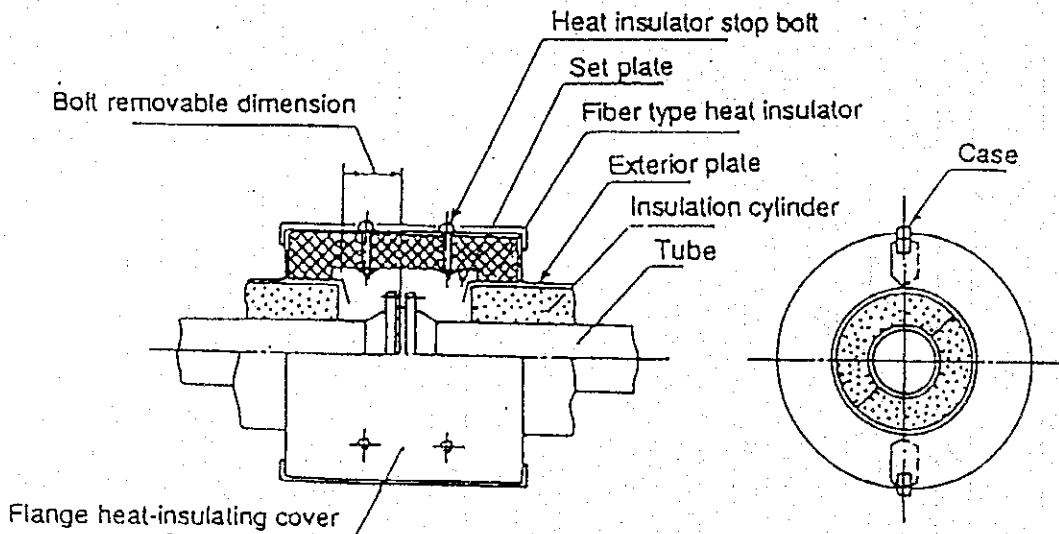


Figure 13-17 Standard Drawing of Thermal Insulation for Valves and Flanges

13-13 省エネルギー対策のコスト

提案されたエネルギー対策のうち「蒸気およびスチームコンデンセート回収システムにおける省エネルギー改善」および「スチームトラップシステムの改善」の2件に絞り、対策費用の概算見積りを行った。

尚、「断熱システムにおける熱ロスの削減」については日常保守管理費の範囲内で指摘された保温不良個所の改善対策が可能である。

又、「蒸気制御弁における損失エネルギーの電力への回収」については、TNBへ逆送電するという新しい考えに基づいた。TARIFF 制度の見直し、および逆送電システムの構築が先決であり、これらを十分検討した上で適切なコスト推算前提を作り、その前提の下で本省エネルギー対策費用を算出すべきである。

(1) 蒸気およびスチームコンデンセート回収システムの省エネルギー対策

- ボイラー排気ガスの熱エネルギー回収
- スチームコンデンセート回収量の改善 (13.7 t/h)

	10 ³ Yen
1. Economizer (heat transfer area: 271 m ²)	7,000
2. Economizer Installation work (air-duct, BFW piping, insulation, painting)	4,500
3. Condensate line piping (840 inch-m, carbon steel)	4,500
4. Condensate tank (carbon steel, 10 m ³)	1,200
5. Tank insulation	2,000
6. Condensate recovery pump / motor (capacity: 30 t/h)	500
7. Civil, electrical, election, insulation, others	3,800
TOTAL	23,500

Item 1; ボイラー排気ガスの熱エネルギー回収

既設の Air Heater の後に BFW Heater を設置しボイラー排気ガスの熱エネルギー損失の回収

BFW Heater 基本設計条件:

	Temp.(°C)		Press.(bar)		Flow rate
	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	
BFW	103	119	21	21	43.3 t/h
Exhaust Gas	225	160	Atm	Atm	32,620 Nm ³ /h

Item 2; コンデンセート回収量の改善

コンデンセート回収がされてない 43 基のトラップのうち 22 基について回収設備を設置する。

note: 全トラップ ((64)) 既回収トラップ (21), 今回回収対象トラップ(22)

- 1) コンデンセート回収配管設計条件
 回収量 = 1.0 t/h from each trap x 22 lines
 配管長 = 10 m each line x 22 lines
- 2) コンデンセート回収ヘッダー配管設計条件
 流量 = 15.0 t/h
 配管長= 50 m x 2 header pipes
- 3) 回収タンク
 容量 = 10 m³
 設計温度 = 110 °C
 設計圧力 = Atm.
- 4) 回収ポンプ/モーター
 ポンプ能力 = 30 t/h
 モーター = 440 V 3.5 kW
- 5) コンデンセート移送配管設計条件
 設計流量 = 30 t/h
 配管長 = 30 m

(2) 不良スチームトラップの交換

- 10 基の不良トラップ(blowing, leaking)を交換

	10 ³ Yen
1. Installation of steam trap	326
TOTAL	326

13-14 省エネルギーポテンシャル

前節で対策費用の概算見積を行った二つ対策について、その省エネルギー効果を以下に述べる。

(1) 蒸気およびスチームコンデンセート回収システムの省エネルギー対策

- ボイラー排気ガス熱エネルギーの回収 - スチームコンデンセート回収量の改善	燃料油使用量削減 $2.78 - 2.58 = 0.2 \text{ ton/hr}$ (1,600 ton/year)
--	---

(2) 不良スチームトラップの交換

- 漏れ、吹放しトラップの交換	蒸気漏洩量の削減: 4,113 US\$/year
-----------------	---------------------------

13-15 省エネルギー対策の便益

本節では、省エネルギー対策の便益をセントラル・シュガーズ・リファイナリー (CSR) 用に仮定したエネルギー価格に基づき推算する。また、便益の推算に当たっては、前節において省エネルギーポテンシャルが推算された2つの対策「蒸気およびスチームコンデンサート回収システムにおける省エネルギー改善」および「不良スチームトラップの交換」を対象とする。

13-15-1 CSR のエネルギー価格

CSR のエネルギー価格は社外秘であるため、CSR からは入手できなかった。そこで調査団は表 13-36 に示すような価格を仮定し本調査に使用する。

Table 13-36 Assumed Energy Price

	Unit Price
Medium Fuel Oil	323.5 RM/ton
Generated Steam	30 RM/ton

13-15-2 対策の便益

(1) 蒸気およびスチームコンデンサート回収システムにおける省エネルギー改善

この対策の便益は下の表 13-37 に示す計算によって 517,600 RM/year と推算される。

Table 13-37 Estimation of Benefit from “Improvement of Heat Energy Efficiency in Steam and Steam Condensate Recovery System”

No.	Item	Estimated Value	Remarks
<u>Energy Saving</u>			
①	Reduction in Fuel Oil Consumption	1,600 ton/year	Refer to section 13-14
<u>Saving in Fuel Oil Bill</u>			
②	Saving in Fuel Oil Bill	517,600RM/year	① x 323.5 RM/ton

(2) 作動不良なスチームトラップの交換

13-14 節に示すように、4,113 US\$/year の便益が推定されている。この便益は現在の為替交換レートの下では、15,629 RM/year となる。

13-16 省エネルギー対策の財務分析

本節では投資を必要とし、かつ前節において便益が推算された、以下の対策の財務的フィージビリティを知るために財務分析を行う。

- 蒸気およびスチームコンデンセート回収システムにおける省エネルギー改善
- 作動不良なスチームトラップの交換

13-16-1 財務分析の方法

(1) 適用する方法

本調査では投資プロジェクトに広く使われ、かつ認められている二つの方法を採用する。第1の方法は回収期間法 (payback period method) である。これは正味キャッシュフローの蓄積によって投資を回収するのに要する期間と定義される回収期間を算出する方法である。第2の方法は割引キャッシュフローベースの内部収益率法 (internal rate of return (IRR) method on discounted cash flow basis) である。財務的内部収益率はプロジェクトから得られる正味収入の現在価値が投資額の現在価値と等しくなるような割引率と定義される。

(2) 回収期間

正味キャッシュフローは以下のように定義される。

- 1) 売上高の増加
- 2) 差し引き：投資額
- 3) 差し引き：操業前費用
- 4) 差し引き：運転資本の増加
- 5) 差し引き：運転コストの増加
- 6) 差し引き：販売コストの増加
- 7) 差し引き：法人税の増加

省エネルギー対策の投資の場合には、売上高および販売コストに変化はなく、運転資本の変化および操業前費用も無視できる。投資額は前節で推算されている。運転コストの変化はほとんどが電力、燃料等のユーティリティ料金の増減によるものであり、これは既に推算されている。法人税の変化は、マレーシアの法人税率および減価償却を考慮の上、課税対象収益に基づき計算される。

回収期間を計算するには、建設期間から運転期間までのキャッシュフロー表が作成される。建設中には投資と操業前費用によって累積キャッシュフローは負の値を示すが、運転が開始されれば資金回収によって累積キャッシュフローは増え、ある年に零になる。回収期間は運転開始から累積キャッシュフローが零になるまでの期間と定義される。

(3) 内部収益率 (IRR)

この計算も回収期間法と同様にキャッシュフロー表の作成から始まる。つぎに、プロジェクトの正味キャッシュフローが零になるような割引率を試行錯誤によって求める。こうして求められた割引率が財務的内部収益率 (IRR) である。

13-16-2 財務分析の前提

財務分析は以下の前提のもとで行われる。

- 1) 為替レート： US\$ 1 = RM 3.8 ; US\$ 1 = JY 118
- 2) プロジェクト・ライフ： 運転開始から 15 年 (但し、不良スチームトラップ交換については運転開始から 5 年)
- 3) 法人税率： 30 パーセント
- 4) 減価償却： 定額法が適用され、プラントおよび機械類に対する減価償却期間は 15 年
- 5) 投資額： 対策に要する投資額は、13-13 節の日本円表示から変換し表 13-38 に示す。

Table 13-38 Fixed Investment Cost for Measures

Measures	Fixed Investment Cost (RM)
Improvement of Heat Energy Efficiency in Steam and Steam Condensate Recovery System	757,000
Replacement of Failed Steam Traps	10,498

13-16-3 財務分析の結果

表 13-39 に、上記対策に対する税引き前 FIRROI、税引き後 FIRROI および回収期間を示す。また、表 13-40 および 13-41 にこれらの対策のキャッシュ・フロー表を示す。

Table 13-39 Results of Financial Evaluation

Measures	FIRROI before tax	FIRROI after tax	Payback Period
Improvement of Heat Energy Efficiency in Steam and Steam Condensate Recovery System	68.4%	49.8%	2.0 years
Replacement of Failed Steam Traps	147.3%	103.1%	0.9 years

13-16-4 財務分析の結論

現地調査の際入手した情報では、最近のマレーシアの貸出金利は年率 12 から 14% の範囲にある。この金利がマレーシアにおける資本の機会費用と考えられる。

検討した対策は両方とも、FIRROI がこの資本の機会費用よりずっと大きく好ましいものであり、回収期間も十分短いため、本調査で設定された条件下では財務的にフィージブルと考えられる。この好結果は 1 番目の対策の場合はかなり大きな便益が生み出されることにより、また 2 番目の対策の場合は投資が少ないことにより齎されたと考えられる。

Table 13-40 Cash Flow Table (Measure: Improvement of Heat Energy Efficiency in Steam and Steam Condensate Recovery System)

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Less: Fixed investment	757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plus: Reduction in operating cost	0	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518
Less: Corporate tax increased	0	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Incremental Cash Flow (before Tax)	-757	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518
Incremental Cash Flow (After Tax)	-757	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377	377
Cumulative net cash flow	-757	-379	-2	375	753	1,130	1,508	1,885	2,263	2,640	3,017	3,395	3,772	4,150	4,527	4,905
Depreciation	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Unit: Thousand RM

Table 13-41 Cash Flow Table (Measure: Replacement of Failed Steam Trap)

Year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Less: Fixed investment	10,498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plus: Reduction in operating cost	0	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629
Less: Corporate tax increased	0	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479	4,479
Incremental Cash Flow (before Tax)	-10,498	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629	15,629
Incremental Cash Flow (After Tax)	-10,498	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151	11,151
Cumulative net cash flow	-10,498	652	11,803	22,953	34,104	45,254	56,405	67,556	78,707	89,858	101,009	112,160	123,311	134,462	145,613	156,764
Depreciation	0	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700

Unit: RM

13-17 省エネルギーのための提言

CSR のエネルギー診断および引き続き行われた財務分析を含む検討に基づき、以下の様な省エネルギー対策を提言する。

(1) 蒸気およびスチームコンデンセート回収システムにおける省エネルギー改善

CSR の蒸気およびスチームコンデンセート回収システムにおいては、エネルギー診断によってボイラー排気ガス温度が高くスチームコンデンセートの回収率が低いことが明らかになった。ボイラー排気ガスの熱量は回収してボイラー給水（BFW）の温度を上げるのに用いることを提言する。この為には、BFW プレヒーターを取り付けることが必要であり、これにより既設のディアレーテッド BFW ポンプから送られてくる BFW を既設エア・プレヒーターからの排気ガスで加熱する。

スチームコンデンセートの回収率を上げる対策としては、コンデンセート・タンク、コンデンセート回収ポンプ、および関連配管によって構成されるスチームコンデンセート回収システムを設置することが推奨される。本調査で設定した条件の下では、この対策は財務的にフィージブルと考えられる。

(2) スチームトラップシステムの改善

スチーム利用設備には 64 基のスチームトラップが設置されているが、この内 31 基が吹き放し、漏れあるいは詰まりにより正常に作動していないことが判明した。吹き放しあるいは漏れのあるスチームトラップについては交換を、詰まりあるいは低温状態のトラップについては定期的な保守管理を推奨する。この対策は、財務分析の結果に基づき財務的にフィージブルであると考えられる。

(3) 断熱システムによる熱損失低減

エネルギー診断中に、直管部、バルブおよびフランジ部などで保温材が外れたままの箇所が散見された。このような箇所についても熱損失防止のために保温施工を行うことを推奨する。

(4) 蒸気制御弁における損失エネルギーの電力への回収

ボイラーの発生蒸気 50 ton/hour のうち、20 ton/hour は蒸気制御弁によって加熱用低圧

スチームの 0.5 bar まで減圧されている。試算によると、減圧による損失エネルギーを回収することによって 750 kW の電力が回収できる。もし、現在の電力料金体系が変更され TNB を経由して CSR が余剰電力を外部の需要家に供給できるようになると仮定すれば、補助的なタービンを設置し、この損失エネルギーを回収することを推奨する。

第14章 鉄鋼

14-1 ミニミル鉄鋼の特徴

ミニミルは製鉄プロセスの一つで、主製品は鉄筋コンクリート用鋼、線材及び形鋼、いわゆる条鋼である。

マレーシアにおける1995年の鋼材消費量は、約810万トンであり、鉄鋼需要の伸びは、経済成長率を上回る10%となっている。国内の鋼材生産量は321万トンで、鋼材需要の60%程度が輸入されている。粗鋼生産量は230万トンで、全量ピレットとして生産され、棒鋼・形鋼・線材の素材となる。

ミニミルは、製鋼工場（電気炉、取鍋精練炉、連続鋳造機）、圧延工場（棒鋼工場、線材工場）の生産工場と酸素工場、圧空設備、水処理設備、受変電所、分析・検査設備、保全工場などの補助設備で構成されている。

ミニミルの全エネルギー消費量のうち70パーセントおよび電力の80パーセントが製鋼工場で消費されている。

電気炉における省エネルギーは、生産性向上のための努力と共に達成されてきた。その方策としては（1）ランスパイプによる酸素吹き込み及び酸素・燃料バーナーによる酸素の活用、（2）大容量の変圧器および大型電気炉の採用、（3）新技術の導入、例えばEBT（偏心炉底出鋼）、取鍋精練炉操業、スクラップ予熱、DC（直流）電気炉、排ガスの余熱を最も効率よく利用するツイン（双子）電気炉、（4）ロングアーク操業や泡立ちスラグ操業などの操業技術の進歩などである。現在では、DCツイン電気炉が最も進んだ炉と考えられている。圧延工場では加熱炉において、耐火物、熱交換器、燃焼バーナー、燃焼コントロール等の改善と共にピレットのホットチャージの採用により省エネルギーがなされ、スリット（多条）圧延も生産性の向上、省エネルギーに貢献している。

14-2 鉄鋼の概要

14-2-1 一般事項

鉄鋼分野での調査モデル工場は、ライオングループに属する Amsteel Mills Sdn. Bhd. (ASM) である。Lion Group は、香港における菓子類とベトナムにおける砂糖関連製品の製造・販売から事業を興し、現在では8事業部から成る。ASM 社は、ライオングループの鉄鋼事業部である。

ASM はクアラルンプール西方 30km の、Bukit Raja 工業団地内にある。ASM の最初の圧延機は、1978 年に建設が完了し稼動を開始した。現在では、1 基の製鋼設備を持ち、棒鋼と線材を製造する、国内でも最大で近代的な製鉄所の一つである。

製鋼設備と棒鋼・線材設備の生産能力は、各々年間 75 万トン・90 万トンであり、棒鋼と線材の国内需要の三分の一を供給している。1997 年度における資本金は、6 億 7 千万 RM (約 230 億円) である。

14-2-2 組織

Mr. Lam Kok Kee 専務が鉄鋼事業部長である。工場長は、Mr. Simon Quah である。現在の従業員数は、820 名である。技術者の数は、金属 6 名、機械 15 名の計 21 名、ユーティリティー関連の技術者は、電気 4 名である。ASM の組織図を図 14-1 に示す。

14-2-3 雇用と訓練

(1) 雇用

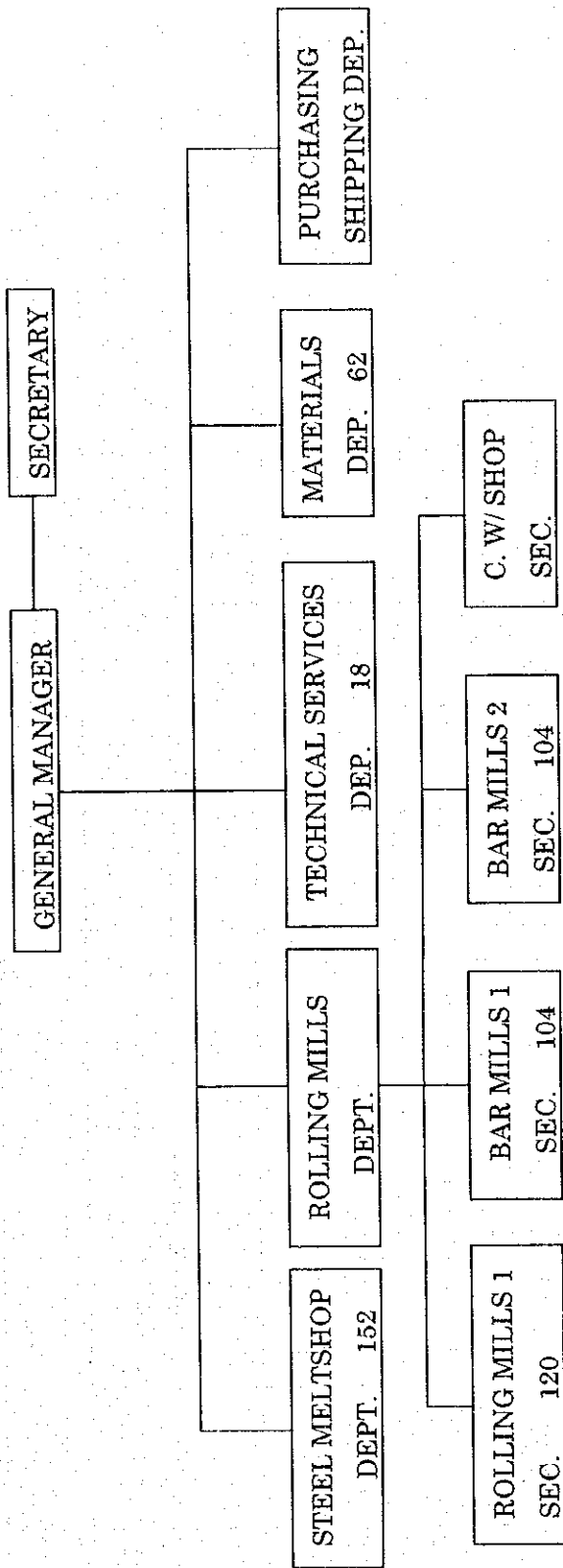
マレーシアの学校教育制度は、6-5-2-4 制である。小学校(6 年)と中学校(5 年)は、義務教育である。

技術者と人事系は大学卒業者を、管理部門は高校卒業者を、その他は中学卒業者を採用する。

(2) 教育と訓練

教育と訓練は、ASM の外部の S.I.T CORPORATE LEARNING SDN BHD 社で行われる。訓練は、三つの技能レベルに分類されている。各々の技能レベルは、11-15 の訓練科目より構成されている。通常、訓練に選ばれた従業員は、4-6 ヶ月毎に一つの訓練科目に出席する事ができる。訓練費用は、年間 50 万 RM (約 1 千 700 万円) である。

訓練科目とスケジュールを表 14-1 に示す。



※ Figures present number of employees.

Figure 14-1 Organization Chart of ASM

Table 14-1 Training Modules Schedule Summary Jan. -Jun. 1998

	No	Training Modules	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
S K I L L L E V E L 1	1	Workplace Communication			10-11	27-28	11-12	
	2	Business Writing Skills	13-14		5-6	20-21	25-26	
	3	Work/ Personal Effectiveness	6		16	17		12
	4	One- To-One Training		26-27	17-18		18-19	17-18
	5	Problem Solving for Improved Performance			2-3	29-30	14-15	22-23
	6	Effective Customer Service	7-8		19-20		4-5	
	7	Working Effectively in a Team		3-4		8-9	20-21	10-11
	8	Quality Concepts	15-16		12-13		6-7	24-25
	9	Application of Safe Work Practices		5-6	26-27	22-23		
	10	Managing Basic Business Computing	22-23		23-24	15-16	21-22	
	11	Business Computing Skills- Word Processing		9-10	17-18	22-23		15-16
	12	Records Handling, Processing & Maintenance		10-11		13-14	5-6	25-26
S K I L L L E V E L 2	1	How to Lead Informal Meetings			10-11			
	2	Essential Interpersonal Skills for Team Communication		16-17		6-7		
	3	Managing Operations - Productivity			19-20	2-3	13-14	
	4	Managing & Organizing Work for Goal Achievement	19-20		23-24		7-8	
	5	Workplace Assessor Training		11-13		20-22		16-18
	6	Managing Team Problem Solving		3-4		29-30		2-3
	7	Managing Operations - Customer Service	7-8	23-24		18-19		
	8	Managing & Developing Teams			15-16	21-22	8-9	
	9	Quality Improvement in the Workplace		18-19		1-2		15-16
	10	Supervising Occupational Safety & Health			5-6	13-14	25-26	
	11	Managing Information			12-13	23-24		10-11 15-16
S K I L L L E V E L 3	1	Effective Meeting Skills				7-8	11-12	
	2	Presentation Skills			16-18		27-29	
	3	Managing Projects			23-25			22-24
	4	Manage Finance - Setting & Achieving Budget			4-5			18-19
	5	Managing Operations & Logistics		19-20			7-8	
	6	Managing Strategically			26-27		19-20	
	7	Performance Management I	21-22			16-17		
	8	Performance Management II					4	8
	9	Problem Solving & Decision Making		10-13	31-	3		
	10	Entreprenuering & Innovating			9-10			4-5
	11	Leading Team Strategically			30-31		13-14	
	12	Managing for Quality			25-26	27-28		
	13	Quality Management System			2-3		28-29	
	14	Managing & Planning for Occup. Safety & Health			19-20			
	15	Managing Information System Analysis				20-21		2-3
GE NE RIC	1	Business Computing Skills - Spreadsheet	5-6		24-25		7-8	22-23
	2	Business Computing Skills - Graphics Presentation	19-20				19-20	
	3	Business Computing Skills - Database			3-4	7-8	11-12	9-10

14-2-4 製鉄所の概要

(1) 面積

ASM の面積は、243,000 m²であり、この三分の一は、建屋面積である。

(2) 鋼の品質

鋼の品質は、次のとおりである。

1. 生産量の 5%は、低炭素鋼
2. 生産量の 35%は、中炭素鋼
3. 生産量の 60%は、鉄筋鋼

(3) 主要製品と生産量

製品は、次のとおりである。

1. 120 - 130 mm² , 長さ 5.5 - 11.5 m の角ビレット。
2. 10 - 40 mm 径の棒鋼と異形棒鋼
3. 5.5 - 30 mm 径の線材

最近 5 ヶ年の生産量を表 14-2 に示す。生産量は、年々増加している。

圧延設備の生産量が、ビレットの生産量を上回っているが、不足のビレットは、主にポーランドから輸入している。

Table 14-2 Production and Productivity for the Past Five Years

(Unit: tons per year)

No.	Product	1993		1994		1995		1996		1997	
		t/y	t/h	t/y	t/h	t/y	t/h	t/y	t/h	t/y	t/h
1	Billet	389,374	61	588,897	77	642,681	85	660,077	87	660,286	-
2	Rolling Mills										
	Rod Mill One	282,890	38	303,105	53	261,771	44	321,698	53	369,464	-
	Bar Mill One	164,994	26	181,716	28	174,542	26	183,944	27	212,633	-
	Bar Mill Two	209,640	38	257,640	41	272,168	41	284,698	45	312,972	54

(4) 主原料

電気炉へ装入される主原料は、全てスクラップである。

(5) 工場レイアウト

工場のレイアウトを図 14-2 に示す。

(6) 製鋼工場

製鋼工場は次の設備を持っている。

1) 電気炉 (EAF)

1 基×85 t/h:ヒト (以後ヒトという言葉は、溶鋼を意味する)
炉底出鋼 (EBT)、トランス容量 80 MVA, 1×マニプレーター式酸素ラン
ス、3×ジェットバーナー

2) 取鋼精錬炉 (LF)

1 基×85 t/h、トランス容量 : 33 MVA

3) 連铸機 (CCM)

1 基×6 ストランド、100 - 140 mm²、長さ 4 - 11.5 m

4) 1997 年のビレット生産量 : 660,300 トン

(7) 圧延工場

圧延工場は、次の三つの圧延機を持っている。

1) ロッドミル 1

再熱炉 : 容量 65 t/h、ウォーキングビーム式、オイルバーナー
1 基×連続圧延機、粗ミル 7 スタンド・中間ミル 8 スタンド・仕上げ
ミル 1 2 スタンド、シャー、レイニングヘッド、固縛設備
1997 年の線材生産量 : 369,500 トン

2) バーミル 1

再熱炉 : 容量 35 t/h
1 基×連続圧延機、15 スタンド、シャー、スリット圧延、冷却床
1997 年の生産量 : 212,600 トン

3) バーミル 2

再熱炉 : 容量 60 t/h
1 基×連続圧延機、17 スタンド、シャー、冷却床
1997 年の生産量 : 313,000 トン

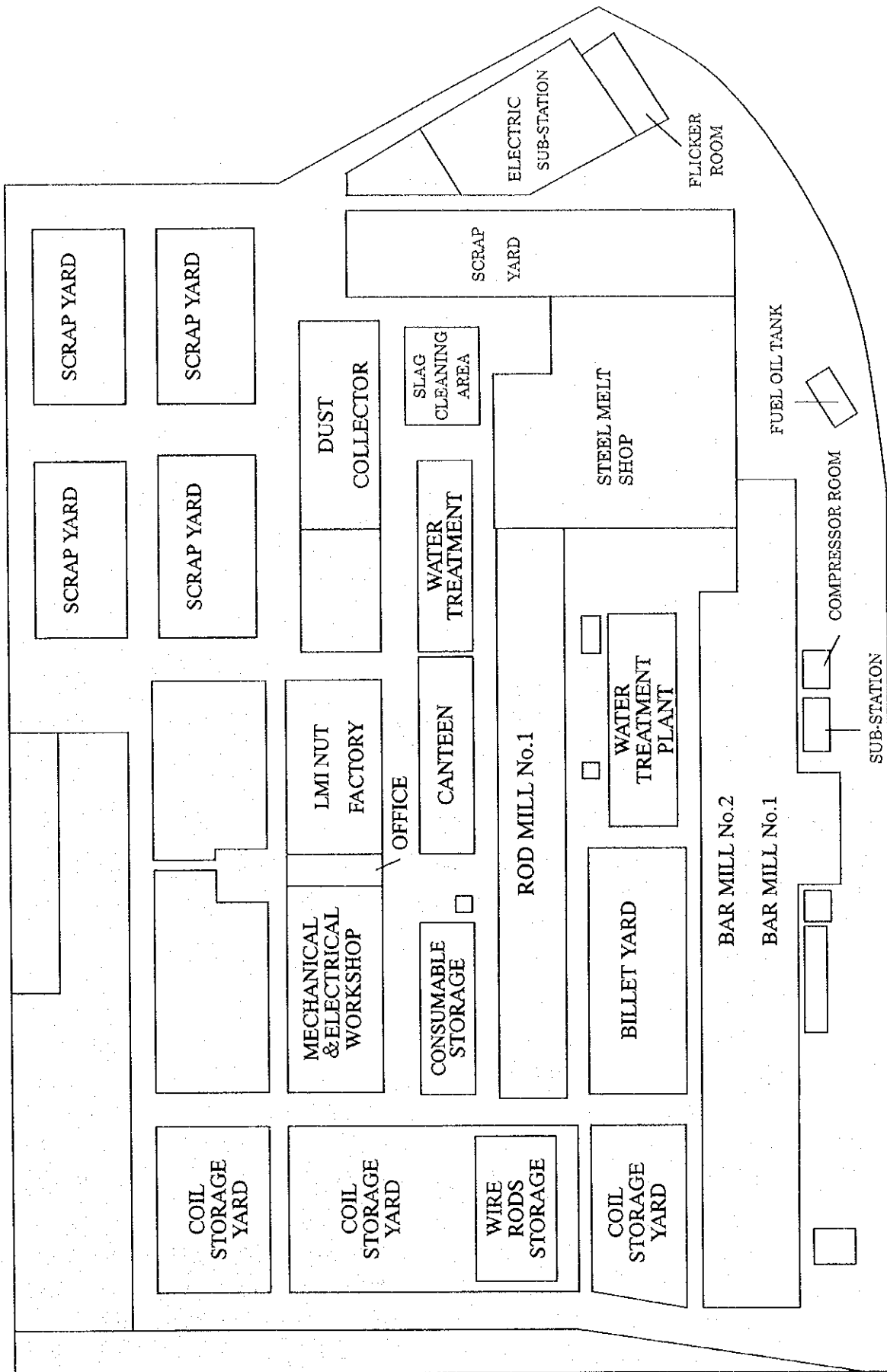


Figure 14-2 Layout of Steel Works

(8) 補助設備

上記の主要設備の他に、製鉄所には次の補助設備がある。

- 1) オープンスクラップヤード
- 2) 集塵機
- 3) 浄水場
- 4) コンプレッサー室
- 5) 変電所
- 6) 潤滑油貯蔵庫
- 7) 機械・電気修理工場
- 8) コイル置き場

(9) 生産工程

生産工程図を図 14-3 に示す。

(10) 勤務形態

製鋼工場とロッドミルは、3 直 24 時間の連続稼働である。バーミル 1 と 2 は、午後 10 時から午前 8 時までの 10 時間バッチ操業である。

(11) 発電機

ASM は、照明・ポンプ・計測器等の非常設備用に発電機を 5 台持っている。その総容量は、50 Hz、2,375 kVA である。

(12) 受電電力

- 1) 受電電圧 : 132 kV
- 2) 契約電力 : 65 MW
- 3) 力率 : 98 %

(13) エネルギー単価

- 1) 燃料油 (中重油) : 0.35 (11.93 円) RM/l
- 2) ディーゼル油 : 0.65 (22.15 円) RM/l
- 3) 電力料金 : 基本料金 16.20 (552 円) RM/kW・月
電力料料金 昼間 0.178 (6.07 円) RM/kWh
夜間 0.098 (3.34 円) RM/kWh

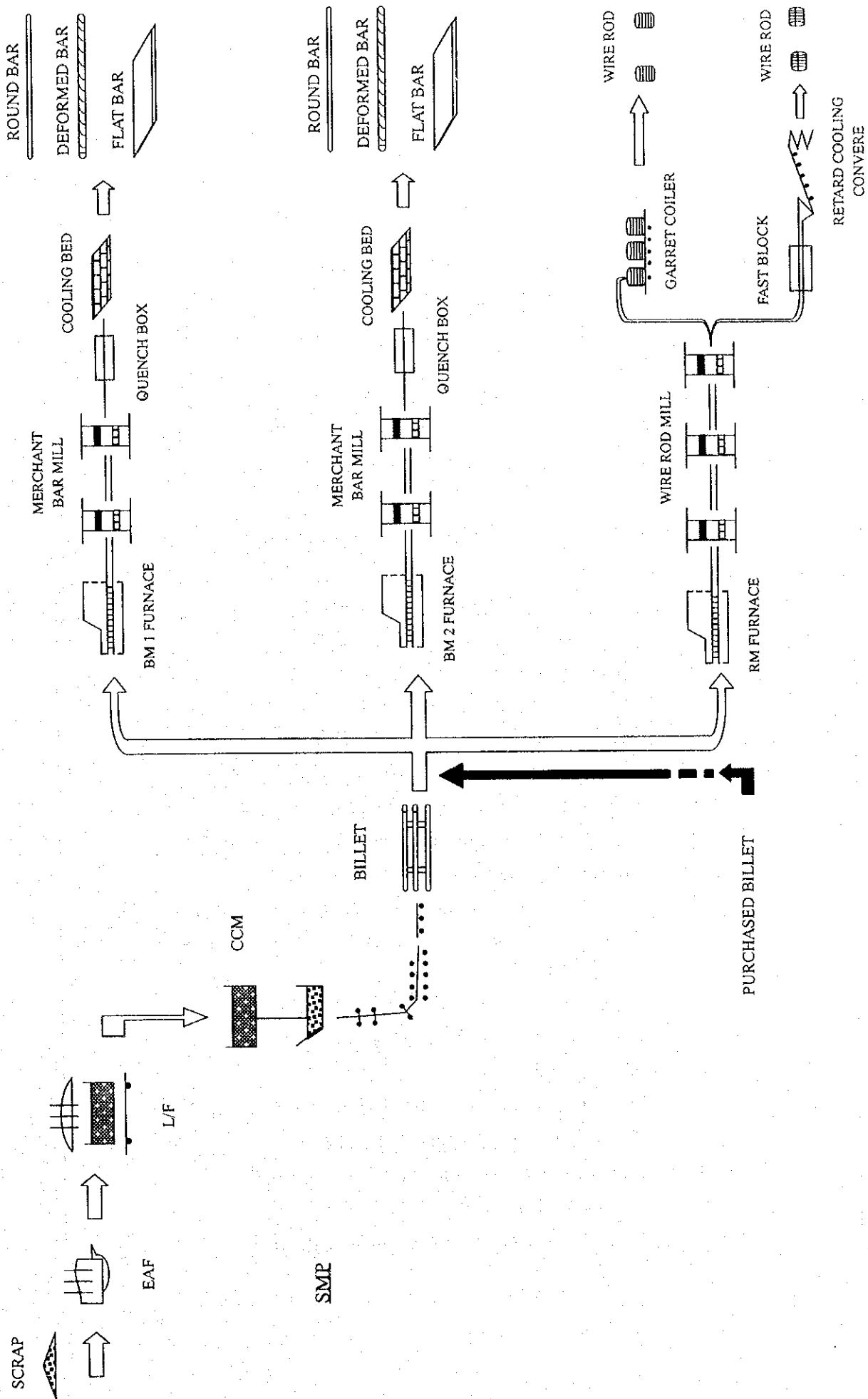


Figure 14-3 Process Flow Diagram

14-3 製鋼工場

14-3-1 製鋼工場の概要

製鋼工場は、70トン/ヒートの電気炉と連铸機により1981年8月に操業を開始した。その後、85トン/ヒートの電気炉とLF、6ストランドの連铸機を持った、ピレット年産75万トンの設備に拡張された。表14-2に見られるように、ピレットの生産量は1997年に66万トンに達した。

製鋼工場で製造されるピレットの品質は、主に炭素が0.25から0.33%の鉄筋棒鋼グレードである。他の品種としては、炭素が0.06から0.12%の低炭素鋼、0.18から0.24%のネジ切り鋼、0.42から0.62%の高炭素鋼である。製鋼工場の年表を表14-3に示す。

Table 14 - 3 Steel Meltshop Chronology of Events

Year	Month	Events
1981	August	1 st Commissioning - 70 Tons EAF / CCM.
1985	April	Upgraded EAF Transformer 33 MVA to 55 MVA. Electrode Diameter 500 mm to 550 mm. Installed Ladle Furnace. Upgrade Dust Collector to 360,000 m ³ / hr.
1989	March	Upgrade EAF to Eccentric Bottom Tapping (EBT). Retrofit Dust Collector Bag House Cleaning System.
1993	August	Upgrade EAF Electrode Mast / Superstructure. Install Complete New Dust Collector , Capacity 21,000 m ³ / min. Upgrade EAF Transformer 55 MVA to 80 MVA , Secondary Voltage 650 V - 950 V. Upgrade 132 kV Substation / Flicker Compensation. Install Auto Transformer Step Up 15 kV to 33 kV. Install 12 MVA Series Reactor. Install Complete New CCM with 6 Strands Curve Mould , Solid Dummy , EMS and Automation Level 2.
1995	April	Upgrade EAF Furnace Shell from 70 m ³ to 85 m ³ . Upgrade Ladle Furnace to Small PCD 650 mm. Hydraulic / Digital Control Electrode Regulation.

14-3-2 設備概要

(1) 配置と作業工程

工場の配置を図 14-4 に示す。スクラップヤードでスクラップは、バケット車の上に置かれたスクラップバケットに、天井クレーンで投入される。それから、バケット車は、電気炉ヤードへ搬送される。

電気炉には通常 2 杯のスクラップが、装入クレーンにより装入される。電気炉内では、スクラップは、3 基のツインバーナーと酸素ランスと共に電力により溶解される。所期温度まで溶解し、更に成分調整をした後に、溶鋼は EBT（炉底出鋼装置）により鍋に出鋼される。出鋼完了後溶鋼は、タッピングクレーンにより電気炉に隣接した LF へ搬送される。

出鋼中、焼石灰と還元剤が鍋の中に投入される。LF では、電力の投入、合金の付加、不活性ガス攪拌により、最終的な成分調整と温度調節が行われる。

それから、溶鋼は、連铸機のタレットへ搬送され、ピレットに铸造される。これらのピレットは、いくつかの搬送テーブルを経て、直接ロッドミルの再熱炉へ装入される。

(2) 主要設備

電気炉の容量は当初 70 トン/ヒート、変圧器容量は 33 MVA であったが、電気炉は炉径 5.8 m 容量 85 トン/ヒート、変圧器は 80 MVA へ拡張された。連铸機の容量は元来 70 トンであったが、6 ストランド・120 トン/ヒートの全く新しい機械に更新された。集塵機は 2 回増強された。最初は 360,000 m³/hour へ、2 回目は 1,260,000 m³/hour へ増強された。

設備仕様を表 14-4 に示す。

(3) 生産量

最近 5 年間のピレット生産量を表 14-2 に示す。

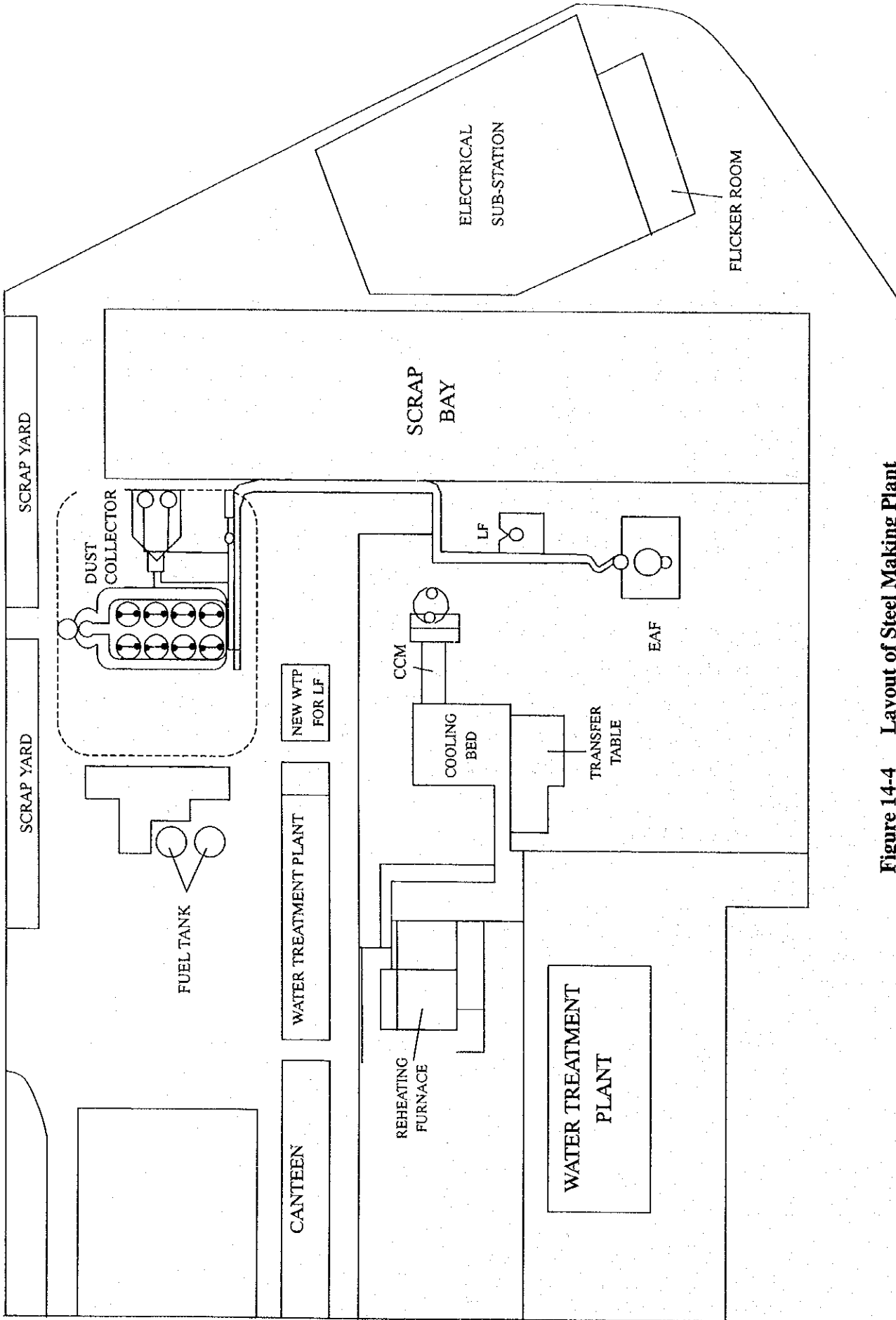


Figure 14-4 Layout of Steel Making Plant

Table 14-4 Equipment List - Steel-making Plant (SMP) (1/2)

No.	Equipment	Qty	Main Specification	Remarks
1-	EAF	1	Type : AC Furnace with eccentric bottom tapping (EBT) Furnace Capacity : 85 tons/heat Furnace Diameter : 5.8 meter Transformer : 80 MVA / 55 kA : 12 MVA Series Reactor Secondary Voltage : 650 / 850 / 950 V Electrode Diameter: 550 mm (PCD : 1250mm) Others : 1 Oxygen lance manipulator, 3 Twin burners, 53 min. tap to tap	
2-	LF	1	Furnace capacity : 85 tons/heat Transformer : 33 MVA Electrode Diameter: 350 mm (PCD : 650 mm) Secondary Voltage : 160 - 448 V (19 Steps)	
3-	CCM	1	No. of strands : 6 Casting Radius : 8 meter Casting Speed : Average 3.5 m/min Casting Capacity : 120 ton/hour at average speed Special Features : Curve mould with EMS Auto mould level control Liftable type ladle turrets Solid dummy bars Diagonal hydraulic shears Automation level 2	

Table 14-5 Monthly Operating Parameters for EAF – Steel-Making Plant (1/3)

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-5 Monthly Operating Parameters for EAF – Steel-Making Plant (2/3)

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-5 Monthly Operating Parameters for EAF – Steel-Making Plant (3/3)

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

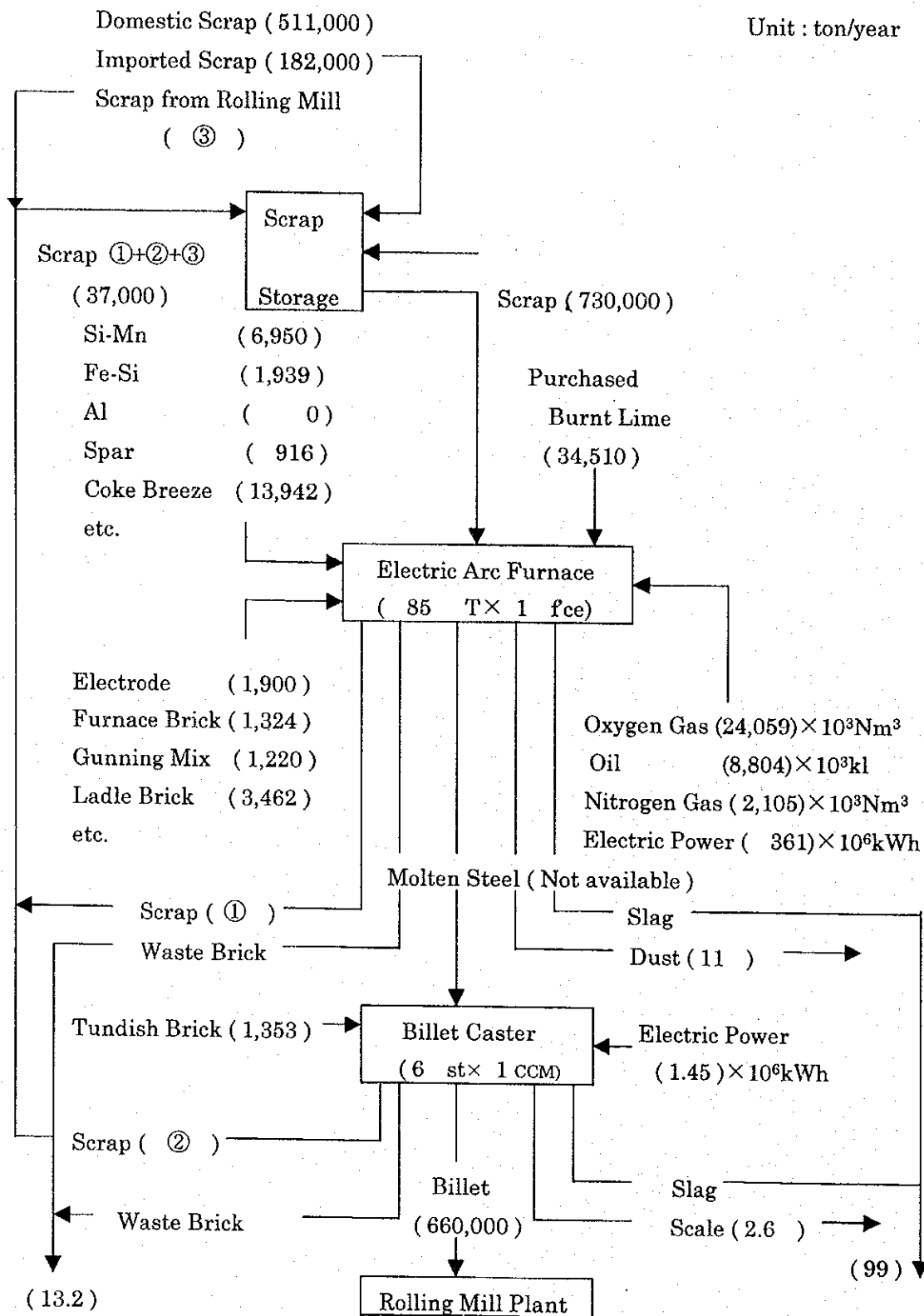


Figure 14-5 Material Balance in 1996

14.4 圧延工場

14.4.1 圧延工場の概要

圧延工場は、当初、35 t/hour の再熱炉と 15 の圧延スタンドを持つ年産 15 万トンの棒鋼設備と、65 t/hour の再熱炉と 25 の圧延スタンドを持つ年産 30 万トンの線材設備として、設計された。その後、1992 年に 60 t/hour の再熱炉と 17 の圧延スタンドを持つ年産 30 万トンの第 2 パーミルが建設された。今は、製造能力は、年間 88 万トンに拡大した。表 14-2 に見られるように、1997 年の最終製品の生産量は、895,000 ton に達した。

14.4.2 設備概要

(1) 配置と作業工程

工場の配置を図 14-6 に示す。ロッドミルでは、搬送テーブルで搬送されたビレットが、オイルバーナーを持ったウォーキングビーム式再熱炉に装入される。ビレットは、粗ミル 7 スタンド、中間ミル 8 スタンド、仕上げミル 12 スタンドで 5.5 から 30 mm 径の線材に圧延される。

パーミル 1 では、1991 年に生産能力増強のため、10 から 13 mm 径の棒鋼に対し、スリット圧延が、採用された。

(2) 主要設備

設備仕様を表 14-6 に示す。

(3) 生産量

最近 5 年間の生産量を表 14-2 に示す。

(4) 原単位

原単位を含んだロッドミル 1 の生産諸元を表 14-7、14-8(1)から 14-8(5)に示す。表は、生産能率 44 から 60t/h、歩留り 98%以上、燃料原単位 28 から 33 1/t とすばらしい内容を示している。

原単位を含んだパーミル 2 の生産諸元を表 14-9(1)から 14-9(3)に示す。高歩留りを示している事が分かる。

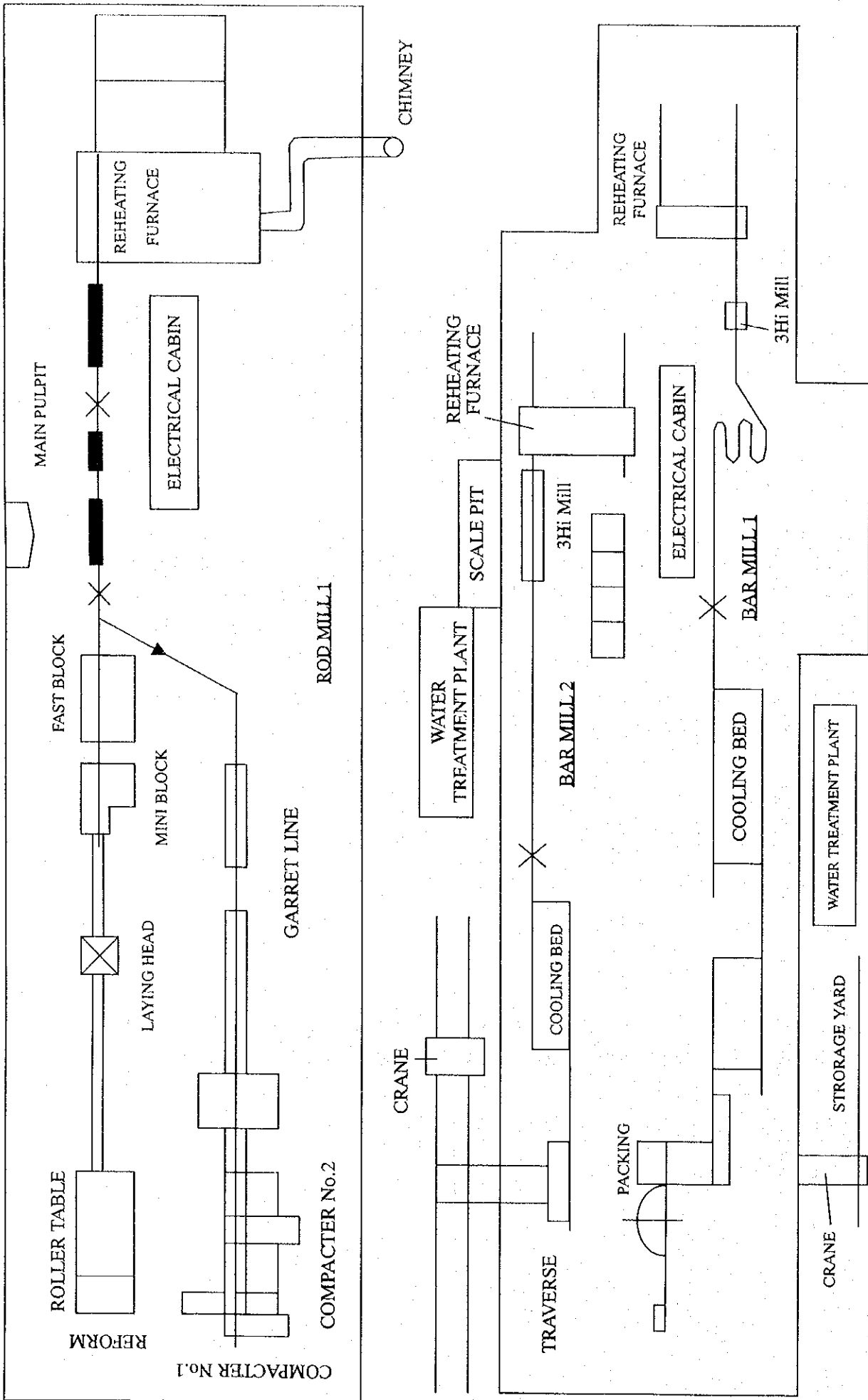


Figure 14-6 Layout of Rolling Mill Plant

Table 14-7 . Productivity for the Past 5 Years – Rod Mill 1-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-8(1) Yield and By-products for Recent 12-month Period – Rod Mill 1-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-8(2) Yield by Size for Recent 12-month Period – Rod Mill 1-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-8(3) Unit Consumption of Utilities for Recent 12-month Period – Rod Mill 1-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-8(4) Working Hours for Recent 12-month Period – Rod Mill 1-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-8(5) Repair Schedule for Recent 12-month Period – Rod Mill 1-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-9(1) Yield and By-products for Recent 12-month Period -- Bar Mill 2-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-9(2) Unit Consumption of Utilities for Recent 12-month Period – Bar Mill 2-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

Table 14-9(3) Repair Schedule for Recent 12-month Period – Bar Mill 2-

この表は ASM 社の秘密保持のため公開できません。

14-5 エネルギー管理と省エネルギー活動についての現状

14-5-1 エネルギー管理状況

エネルギーである電力、酸素ガス、オイルは、制御室で測定され、管理の為に操業データと共にコンピューターで日報、週報、月報、年報が作成されている。日々の操業結果については、朝会で検討されている。

14-5-2 エネルギー利用合理化の実績と計画

省エネルギー策として次の方策がとられている。

1. 電気炉への大容量トランスフォーマーの採用
2. 電気炉への高電力、ロングアーク操業の採用。溶解時間即ち製鋼時間の短縮
3. 電気炉での酸素・燃焼バーナーの使用。溶解時間の短縮、均一溶解即ちコールドスポットの除去
4. 電気炉での泡立ちスラグ溶解の実施。アーク熱の有効利用、アークのスラグによる包み込みによる炉壁損傷防止
5. 電気炉でのEBT採用。製鋼時間の短縮及び熱損失防止
6. 取鍋精練炉の採用。電気炉の機能である溶解および精練を、取鍋精練炉に精練機能を、電気炉に溶解機能を、役割を分ける事による生産能率向上
7. 低インピーダンス電極保持アームの採用による、電力効率の向上
8. 安定操業維持の為に、高級鋼に対する Ca-Si 吹き込み
9. スリット圧延の採用。生産性向上及び省エネルギー
10. 加熱炉の排ガスによる燃焼用空気の予熱、燃料オイルの加熱

表14-3に示すようにASMは、一連の設備容量アップおよび最新技術の採用により生産性を向上させてきている。製鋼時間は54から66分に短縮されており、その結果電力原単位は溶鋼トン当り420kWhに向上した。

14-6 設備の現状と問題点

14-6-1 エネルギー消費主要設備

主要なエネルギー消費設備は下記の通りである。

1. 電気炉：年産ピレット 660,000 ton
電力使用量：420kWh/ton, 277,000MWh/年
酸素使用量：36Nm³/ton, 23,887,000Nm³/年
燃料油：12kg/ton, 7,923,000kg/年
2. 取鍋精錬炉：年産ピレット 660,000 ton
電力使用量：53kWh/ton, 35,100MWh/年
3. 連続鑄造設備及び動力設備：年産ピレット 660,000 ton
電力使用量：73kWh/ton, 48,300MWh/年
ディーゼル油消費量：0.25kg/ton, 165,000kg/年
4. 圧延設備：年産製品量 790,000ton（条鋼及び線材）
電力使用量：105kWh/ton, 82,700MWh/年
5. 鋼材加熱炉：年産製品量 790,000ton（条鋼及び線材）
燃料油使用量：32kg/ton, 25,440,000kg/年

14-6-2 現状の問題点の認識

(1) 主要エネルギー消費設備の問題点

14-5-2 に述べたように、ASM は創業開始以来生産量の拡大とともに最新の技術の導入を普段に進めてきた。その結果、ASM は優れた操業を達成しているが、下記の項目においては改善が期待できる。

1. 電気炉の電力使用量
操業改善を行うことにより、若干の電力使用量低減が可能である。
2. 蓄熱バーナの鋼材加熱炉への導入
熱回収率向上による燃料油消費量の削減が可能である。
3. 熱片装入
熱鑄片装入による、燃料油使用量の削減が可能である。
4. 毛布状セラミックスの加熱炉内壁への上張り
加熱炉炉壁からの放散熱削減による燃料油使用量の削減が可能である。
5. 鋼材加熱炉抽出温度のバラツキ削減
操業改善により、燃料油の削減が可能である。

6. 空燃比の改善

酸素濃度計の復旧により、空燃比の低減が可能である。

(2) 工場側が認識している問題点と、調査希望項目

1. ASM は、電気炉の電力消費量を 420kWh/t から 350kWh/t に削減することを考えている。
2. ASM は、取鍋精錬炉とシュレッダー工場の電力消費量削減を考えている。
3. ASM は、下記の項目の調査を希望した。
 - a. 電気炉と取鍋精錬炉の電圧変動調査
 - b. 電気炉と取鍋精錬炉の高力率の原因調査
 - c. 構内変電所から電気炉及び取鍋精錬炉までの高電力損失調査

(3) 省エネルギー診断の重点項目及び重点箇所

JICA チームは、下記の理由を考慮して、省エネルギー診断の重点項目として鋼材加熱炉の熱精算測定と電力測定とする事を決定した。

1. 第 14-5-2 節で述べたように、電気炉には既に多くの省エネルギー対策設備が導入されている。
2. 未実施の省エネルギー設備であるスクラップ予熱装置は、有効ではあるが、近年判明した有害なダイオキシン発生問題の故に推奨できる設備ではない。それゆえ、新設備導入による省エネルギー推進策は見当たらない。
3. ASM の製造品種構成は、単純でないので、目標としている 350kWh/t は適切でない。
4. 鋼材加熱炉の省エネルギー問題については、改善の余地がある。
5. ASM から具体的に提案された項目は、電力項目である。

14-7 エネルギー診断の方法

省エネルギー診断の作業は、操業月報値の解析を行い、更に、月報値を確認し必要なデータを収集する現地における計測及び観察の実施する事により成り立っている。操業月報値の収集は、面接により行われ、現地における工場操業測定はこの項 14-7 の記述により実施された。

14-7-1 エネルギー診断の方法の概要

省エネルギー対象設備の選定のために、操業月報値の面接調査を、'98年3月及び'98年6月に行った。

この予備調査により、省エネルギー診断対象設備の選定が合意され、線材圧延工場の鋼材加熱炉が実地調査対象設備に選定された。

電気炉の省エネルギー実地調査を回避した理由は、下記の通りである。

- (1) ASM 社製鋼工場は、既に下記に例示する最新の装置及び対策を導入済みである。
 1. 電気炉への大容量変圧器の採用
 2. 電気炉における高電力、ロングアーク操業の採用。溶解時間即ち製鋼時間の短縮
 3. 電気炉での酸素・燃焼バーナーの使用。溶解時間の短縮、均一溶解即ちコールドスポットの除去
 4. 電気炉での泡立ちスラグ溶解の実施。アーク熱の高効率利用、アークのスラグによる包み込みによる炉壁損傷防止
 5. 電気炉でのEBT採用。製鋼時間の短縮及び熱損失防止
 6. 取鍋精錬炉の採用。電気炉の機能を、取鍋精錬炉における精錬機能と、電気炉における溶解機能とに分離することにより、生産能率を向上
 7. 低インピーダンス電極支持アームの採用。電力投入効率の向上

この結果、改善の余地は非常に小さく、操業技術の改善が主であり、改善効果の評価も定量的に行うのが困難である。(無論、電気炉を目的とする未導入設備としてスクラップ予熱装置がある。最近の情報として、スクラップ予熱装置は有害なダイオキシン発生問題があるので、推奨できない。)
- (2) 電気炉の熱精算データの計測個所は、1000℃以上の高温で腐食性のガスであり、頻繁に熱電対を交換する必要がある。また、電気炉計測の実施時間は連続する3ヒート以上であり、計測の所要人員も6人以上の冶金計測の

熟練者が必要である。そして、炉内発生 of 燃焼熱量の評価については、溶融浴内で発生したのか、炉内の上方空間で発生したのか、燃焼チャンバー内で発生したのか議論が必要である。

一方、線材圧延工場の鋼材加熱炉は、製鋼工場の連続鋳造機と接した位置にあるため、連続鋳造機から出た熱ビレットを直接、鋼材加熱炉へ供給できる。この熱ビレット装入によって、理想的には 30%以上の省エネルギーが可能である。

結論として、線材圧延工場の鋼材加熱炉を測定、解析し診断すること、及び電気炉の操業観察を操業月報データ解析より取りまとめて討論することとが、省エネルギー診断項目とされた。

14-7-2 測定項目・測定箇所・測定機器

JICA チームが省エネルギー診断の対象として測定する線材圧延工場の鋼材加熱炉、及び ASM 社の要望で測定する電力測定について、下記の項目について測定した。

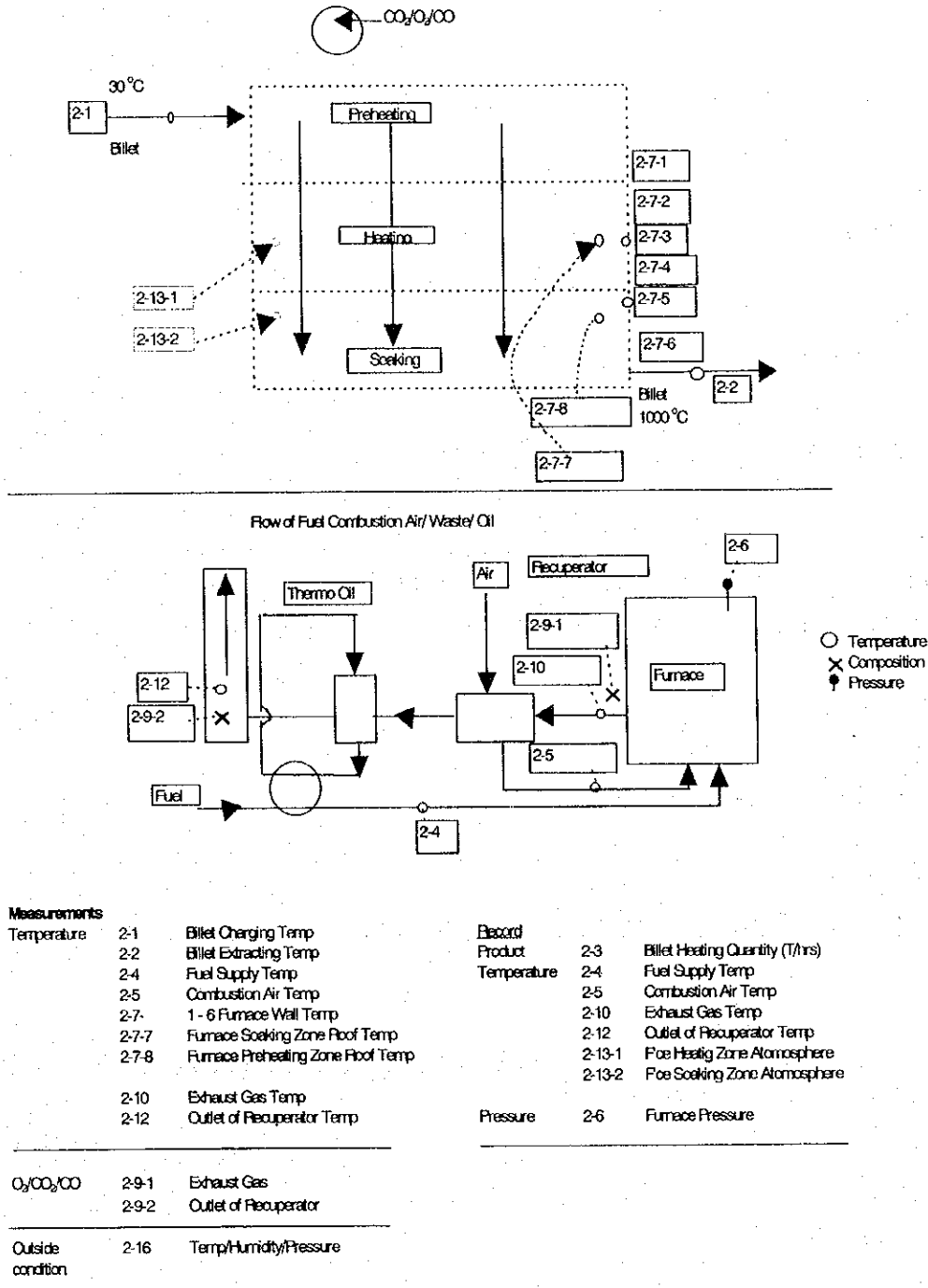
原則として、工場運営用のデータがある場合は、データはその工場設置計器計測値を採用し、それ以外は JICA メンバーが測定した。

(1) 鋼材加熱炉の測定項目・測定箇所・測定機器

測定実施時期は、計画週間停止後の、1 直時、4 直時及び 5 直時とした。

鋼材加熱炉の測定項目と測定箇所は、図 14-7 に図示した。

REHEATING FURNACE: TEMPERATURE MEASURING POINTS



Measurements		Record		
Temperature	2-1	Billet Charging Temp	2-3	Billet Heating Quantity (T/hrs)
	2-2	Billet Extracting Temp	2-4	Fuel Supply Temp
	2-4	Fuel Supply Temp	2-5	Combustion Air Temp
	2-5	Combustion Air Temp	2-10	Exhaust Gas Temp
	2-7	1 - 6 Furnace Wall Temp	2-12	Outlet of Recuperator Temp
	2-7-7	Furnace Soaking Zone Roof Temp	2-13-1	For Heating Zone Atmosphere
	2-7-8	Furnace Preheating Zone Roof Temp	2-13-2	For Soaking Zone Atmosphere
	2-10	Exhaust Gas Temp	Pressure	2-6
2-12	Outlet of Recuperator Temp			
O ₂ /CO ₂ /CO	2-9-1	Exhaust Gas		
	2-9-2	Outlet of Recuperator		
Outside condition	2-16	Temp/Humidity/Pressure		

Figure 14-7 Measuring Items and Points

1) 被加熱鋼材

1. 生産能率は、ASM 社操業データの直平均値とした。
2. 装入鋼材温度は、装入テーブル上の鋼材温度を、放射温度計（低温用）で測定した。
3. 抽出温度は、抽出ローラーテーブル上で、放射温度計（高温用）で測定した。
4. スケール量は、ASM 社操業データの月間平均値とした。

2) 燃料消費量

1. 消費速度は、ASM 社操業データの直平均値とした。
2. 燃料油組成は、SIRIM 分析値（'98.11.30 付け報告値）とした。
3. 密度は、カタログ値とした。
4. 高位発熱量は、カタログ値とした。
5. 比熱は、教科書値とした。
6. 加熱炉装入温度は、運転データの 4 分岐の平均値とした。

3) 排ガス

1. 炉尻（＝レキュベレーター入口）温度は、ASM 社の運転データとした。
2. 乾き排ガス組成は、穂高製ガス分析器を用い、A タイプ（液体燃料用）目盛で測定した。

4) 燃焼空気

炉入口温度は、運転データの 4 分岐の平均値とした。

5) 周囲温度

周囲温度は、事務所入口に設置した自記記録計のチャートの読取値とした。

6) 炉外壁温度・炉天蓋温度

炉外壁温度及び炉天蓋温度は、熱電対を用い連続測定した。熱電対の設置は、金属製粘着テープを用いて行った。

7) 炉内壁温度

炉内壁温度は、運転データとした。

(2) 電気計測の測定項目・測定個所・測定機器

1) 測定項目

1. 電力
2. 電圧
3. 電流
4. 力率

2) 測定個所

測定個所は、図 14-8 に図示した。

1. 受電点 No. 1.
2. 受電点 No. 2.
3. 新シュレッダー工場
4. 電気炉
5. 線材 No.1.
6. 取鋼精錬

3) 測定機器

全ての項目は、日置電気製クランプオンテスター（HIOKI 3166 型）で測定した。測定器は JICA が提供した。

測定項目・測定個所・測定機器の詳細は、表 14-10 に記載した。

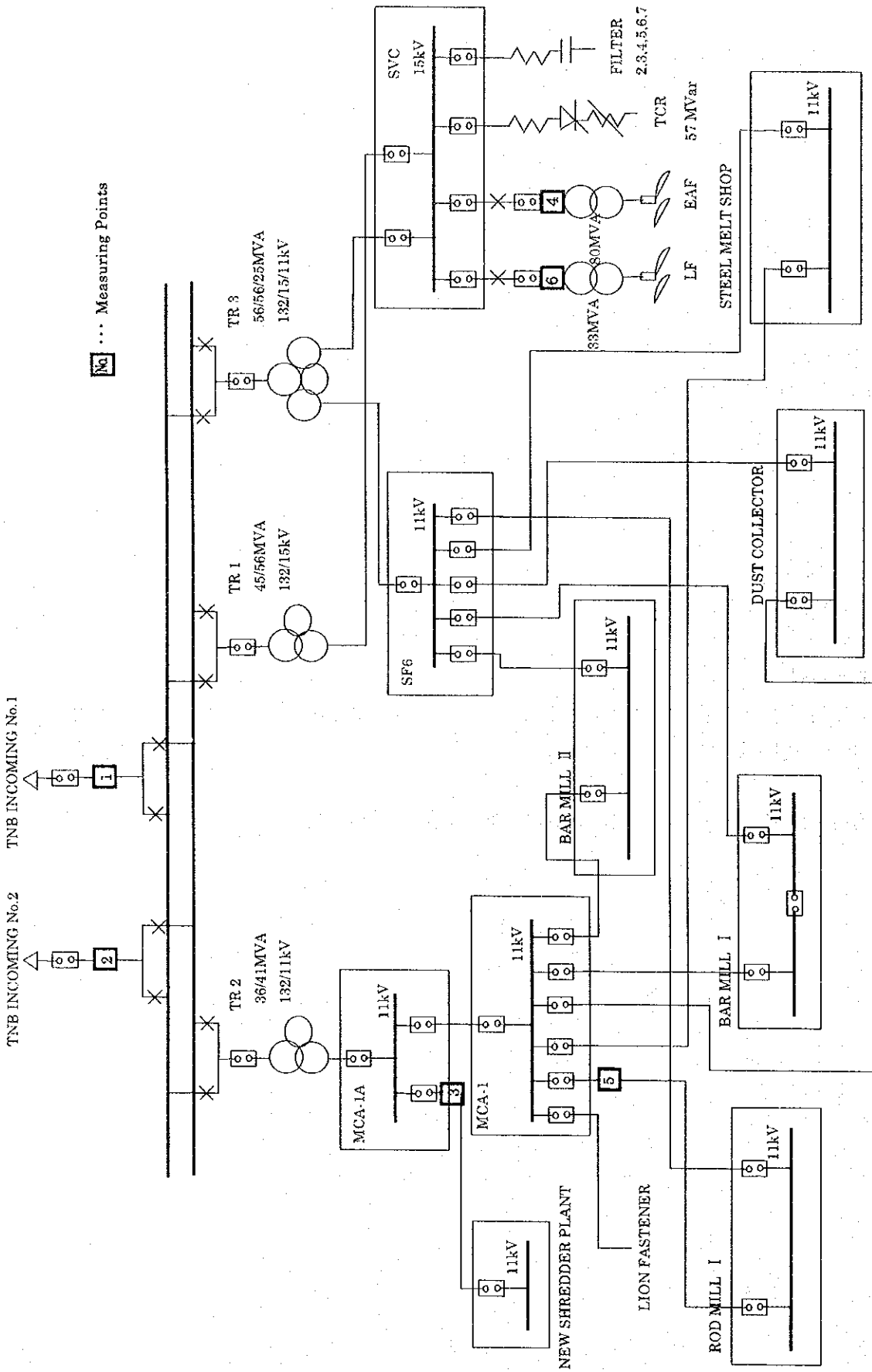


Figure 14 -8 Single Line Diagram

Table 14-10 (1) Outline of Measurements for Energy Audit (ASM)

Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Available Equipment for Measurement			
		Required Equipment	ASM	JICA	Local Labo.
1. Electrical Power Receiving & Distribution					
1) Voltage	M	Clamp on Power Hitester		x	
2) Electrical Current	M	ditto		x	
3) Electricity	M	ditto		x	
4) Power Factor	M	ditto		x	
2. Measurement around the Reheating Furnace					
(1) Billet					
1) Charging Amount	M	Weigher or Ope. Record	x		
2) Charging Temperature	M	Radiant Pyrometer(Low)		x	
3) Extracting Temperature	M	Radiant Pyrometer(High)		x	
4) Extracting Amount	M	Weigher or Ope. Record	x		
5) Heating Time	M	Clock	x		
6) Scale Loss	M	Weigher or Ope. Record	x		
(2) Fuel Oil					
1) Flow Rate	M	Operation record & Data	x		
2) Composition (C, H, N, O, S, Moisture)	M	C, H, N Analyzer etc.			x
3) Heating Value	Review	Supplier's data sheet	x		
4) Supply Temperature	M	Operation record & Data	x		
5) Flow Rate of Each Zone	M	ditto	x		
(3) Combustion Air					
1) Temperature	M	Operation record & Data	x		
2) Flow Rate of Each Zone	M	ditto	x		
3) Air-fuel Ratio of Each Zone	M	ditto	x		
(4) Reheating Furnace					
1) Temperature of Each Zone	M	Operation record & Data	x		
2) Furnace Pressure	M	ditto	x		
3) Wall Temperature	M	Thermoelectric pyrometer:K		x	

Table 14-10 (2) Outline of Measurements for Energy Audit (ASM)

Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Available Equipment for Measurement			
		Required Equipment	ASM	JICA	Local Labo.
(5) Combustion Exhaust Gas					
1) Temperature	M	Operation record & Data	x		
2) Composition of Exhaust Gas (CO, CO ₂ , O ₂)	M	CO, CO ₂ Content meter Oxygen Content meter		x x	
3) Inlet Temp. of Recuperator	M	Operation record & Data	x		
4) Outlet Temp. of Recuperator	M	ditto	x		
(6) Outside Air Temperature	M	Temperature Humidity Pressure Recorder		x	
(7) Humidity	M			x	