

8) 受電電力に対する自家発電量の割合

下表のとおりであり、1994年以降は自家発電量が減少している。

	Unit: 1,000 kwh				
	1992	1993	1994	1995	1996
House Generation	5,833 (34.8%)	4,023 (24.4%)	2,448 (15.4%)	2,727 (16.9%)	3,000 (17.0%)
Receiving Power	10,936	12,482	13,472	13,400	14,630
Total	16769	16,505	15,920	16,127	17,630

(9) 従来まで実施された省エネルギー対策とその結果

コンデンセート回収とエネルギー節減プロジェクトは、種々の対策を実施した。その中には、スチームトラップを要所に追加設置し、或は保温を強化することにより、スチームのロスを大幅に減少させたものが含まれている。更にイズミル市からの高価な水道水に代えて、工場内の井戸水をより多く使用するようにしたのも含まれている。これらの成果を合計すると、下記のように1994年4月から1994年10月の間に、約1.5百万DMのユーティリティー費の節減が達成された。

電力	165,000 DM
用水	672,000 DM
スチーム	715,000 DM

注) 水道水に代えて井戸水を使用することで、幾つかのポンプの運転が不要となり、その分電力使用量が減少した。また、昨年の10月からは、川水の全量を井戸水とし、水道水の受入れは行っていない。但し、スチームコンデンセートの回収は完全でなく、更に回収率を上げる必要があると考えられる。

9-6 主要エネルギー消費設備上の現在の問題点

以下の項目が、主要エネルギー消費設備の問題点として考えられている。

1) 自家発電機の低ロード運転

既設のスチームボイラーと発電機は、自家発電を行うのに十分な能力を持っているが、前記の通り、実能力の30% (夏期) ~50% (冬期) の低ロードで運転されている。これは、スチームタービンからの抽気スチームを利用できる機器が、各生産設備の中になからである。この為に、スチームタービンからの抽気スチームの一部は大気中に放出されており、これを可能であれば、粉末洗剤製造設備のスプレッドライヤーでの空気余熱

に利用できると考えられる。

2) スルホン化工程における機器の腐食

スルホン化工程で使用されている加熱炉及び熱交換器は、硫黄ガスによる腐食が激しい。その為、同工程を長期的に連続運転することは困難であり、又、熱回収システムを導入することができない状態にある。

3) コンデンセートの低回収率

スチームラインのどこかで洩れがあり、不純物がスチームコンデンセートの中に混入している。その為、完全なコンデンセートの回収ができない状態にある。

4) スチームラインからのスチームロス

以前に多くのスチームトラップを設置し、これによりエネルギーロスは減少した。然しながら、スチームトラップを通してのスチームロスは今も起こっている。

5) Spray Dryer (スプレードライヤー) からの熱ロス

スラリー状の洗剤は、Spray Dryer の中で加熱空気 (300℃) に接触することより粉末洗剤になるが、その後の排気空気は、高温 (90℃) のままで大気中に放出されている。

6) 不十分な保温システム

スチームライン及びスチームボイラー、熱交換器等にはそれなりの保温対策が行われている。但し、保温材質と保温材厚さの点からは十分でないと思われ、熱ロスが発生している。

7) 電力消費ロス

いくつかの電動機は、必要以上の回転数で運転されており、これらが電力の消費ロスとなっている。

(2) 省エネルギー対策実施上の問題点

エネルギー消費設備上の問題に加えて、省エネルギー対策を推進する上で下記の問題がある。

1. 関連エンジニアの人数不足
2. 不十分な現在の省エネルギーシステム
3. 測定機器類の不足
4. エネルギー使用量の解析に十分な時間がとれないこと

9.6.2 確認されたエネルギー使用上の問題点と診断希望項目

工場側が認識している問題点については、前記の通りであり、その他の問題点はないと判断される。一般に、食用油の脱臭工程での省エネルギー対策等では検討の余地が含まれているが、当工場の各生産工程については、既に考えられる省エネルギー対策の検討とその実施が行われている。従って、確認された問題点に対応して、以下の診断の重点項目と重点箇所が第1次現地調査時に検討され、更に現状に合った詳細の診断がなされることとなった。

(1) スチームボイラーとタービン発電機

- 1) スチームボイラーの能力は 10 t/h x 2 であるが、発電機のスチーム消費量は 15 t/h であり、アンバランスな設備能力となっている。
- 2) スチームタービンからの抽気スチームは、熱源としてのみ利用されているが、更に消費先の有無を検討する必要がある。もし抽気スチーム量を増加できれば、その分、自家発電量を増やすことが可能である。
- 3) 前記の通り、買電の電力価格は三重価格制であり、夜間の電力価格は自家発電のそれよりも低価格となっている。

(2) スルフォン化工程における熱交換器

- 1) 時々運転が中断され、その為に、チューブの焼損が起こっている。
- 2) 熱交換器では、腐食性の亜硫酸ガス (SO₂) が取り扱われており、これによる熱交プレートの損傷が生じ、この為にボイラー供給水による熱回収ができなくなっている。

(3) スプレードライヤーと空気加熱炉

- 1) 空気加熱炉への空気は、予熱されずに供給されている。
- 2) スプレードライヤー内への空気混入が発生しており、この為に、スプレードライヤーの最適運転が確保されていない。

(4) コンデンセート回収システム

- 1) 熱交換器の損傷箇所から、不純物がスチームコンデンセートの中に漏れ込んでおり、その為に、純粋なコンデンセートとして回収できない量がある。
- 2) なお、どの部分から漏洩しているかがはっきりせず、これらを確認できるようにする必要がある。

(5) スチームトラップ・システム

- 1) 既設のスチームトラップのいくつかは、正常に機能していないものがあると考えられる。

(6) 保温システム

- 1) 現在の保温システムが十分かどうかの評価が行われておらず、必要な改善を行う必要がある。

(7) 電力使用量の削減

- 1) いくつかの電動機については、適切な回転数で運転できるかどうかを検討する必要がある。

9-7 エネルギー診断の計画と手法

前記の関連設備に関する現状と問題点に基づいて、診断時に於ける分析と測定方法は以下のように計画された。

(1) 分析項目と測定点

エネルギー診断の為の分析項目と測定点は Table 9-4 のとおりであり、この表に対応する各サンプリング点及び測定点は、次の図に表示している。

- 1) Figure 9-11 スチームボイラー・システム
- 2) Figure 9-12 スチームとコンデンセート・フローダイヤグラム
- 3) Figure 9-13 粉末洗剤プロセス

(2) 分析及び測定作業の詳細計画

分析及び測定作業の詳細計画は Table 9-5 のとおりである。なお、対象工場側より現地での作業は10日間(2週間)で終了してほしいとの要求があった為に、Lignite, Light Oil, Ash 及び Heavy Oil については、この10間の以前に分析作業を終了するように計画した。又、作業は EIE、対象工場側及び JICA 診断チームの共同作業となるが、詳細の作業分担等については、別途決めることとした。

(3) 分析及び測定作業の為に必要な改造工事

既存設備の改造工事は必用最小限に押えることとし、以下の分析と測定作業が可能であることを工場側で確認し、必要な改造工事を事前に実施してもらうこととした。

1) 排ガスのサンプリングの為の改造

下記の排ガス量の流量を計算する為に、各排ガス中の O_2 、 CO_2 及び CO 含有量を分析する必要がある。又、環境管理の為に、 NO_x 及び SO_x 等も合わせて分析する必要がある。なお、排ガスのサンプリング用ノズルの標準図を Figure 9-9 に示しているが、もし必要であればこれに準じた改造を要する。

- a) スチーム・ボイラー排ガス
- b) スプレー・ドライヤー排ガス
- c) エア・ヒーター排ガス

Figure 9-9 は日本の基準であり、以下の要件を満たすように設計されている。

- 1) サンプリング用のノズルは、その上流と下流側に煙突の直径の2倍の直管部分を持たせた位置に設ける。
- 2) 煙突の直径が1メートルを超える場合は、サンプリング用のノズルを2つ設ける。
- 3) フランジのレーティングは日本規格とするが、同じサイズであればAPI規格でもよい。
- 4) ノズルの取付け位置が高所になる場合は、作業時の安全性を考慮して仮設の梯子及びプラットフォームを設ける。

2) 熱交換器の改造

スチームコンデンセートを含む液体の流量は、超音波式流量計を用いれば、何の改造もなく配管の表面から測定できる。又、管内の流体温度は管の表面温度にほぼ等しいので、表面温度計を用いて表面温度を測定すればよい。熱交換器周りの測定方法を Figure 9-10 に示しているが、熱交換器チューブからの漏れは、例えば、スチームコンデンセートの分析を行えば、漏れの有無を確認できる。この為に、関係する熱交換器について Figure 9-10 に示すような改造工事が必用である。更に、スチームコンデンセートの分析結果で、熱交換器チューブからの漏れがあると推定された場合、フレオンガス検知器でもって、確実に熱交換器チューブに漏れがあるかどうかを確認できる。なお、熱交換器のみならず、漏れがあると推定される他の機器についても、Figure 9-10 に示したようなノズルを設けておく。

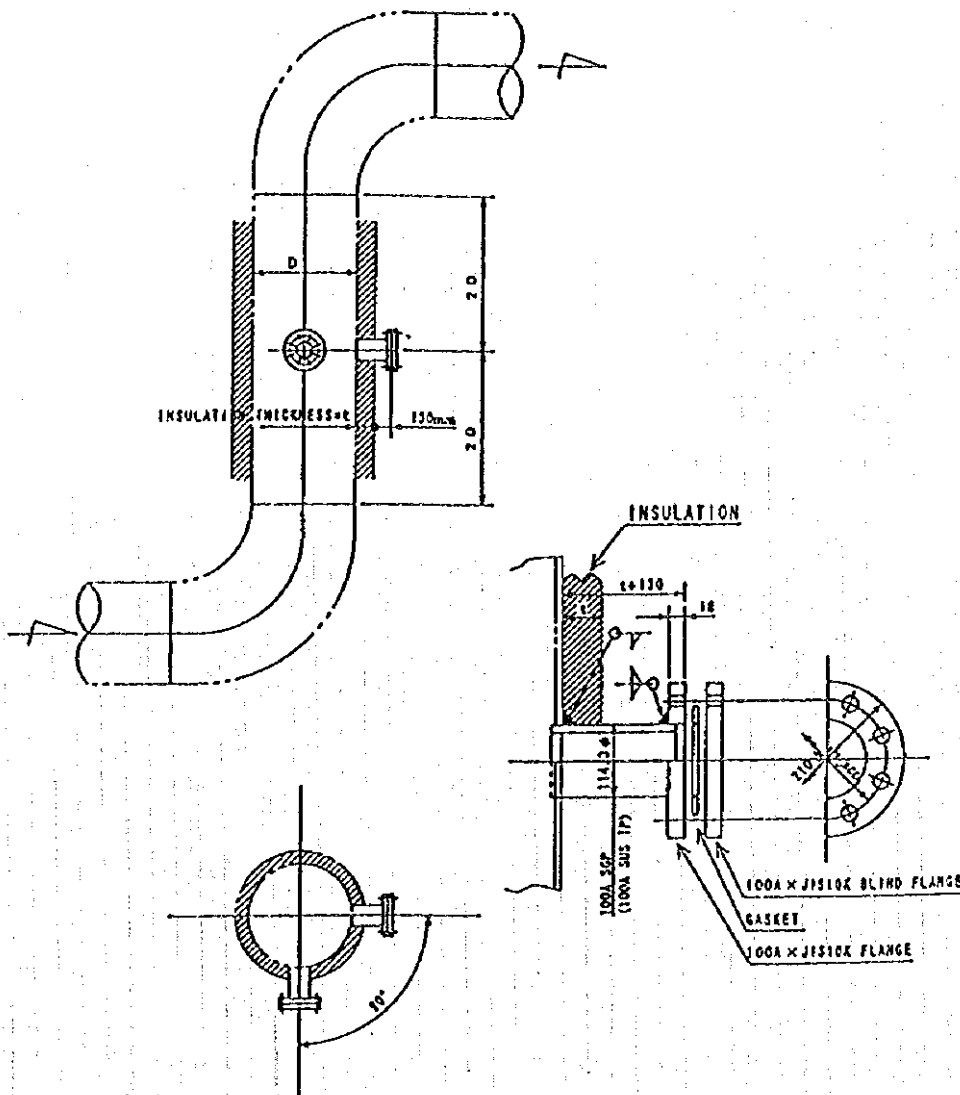


Figure 9-9 Standard Drawing of Measuring Nozzle for Flue Gas

Vent or drain nozzles with valves shall be provided for measuring the operating pressure and for sampling

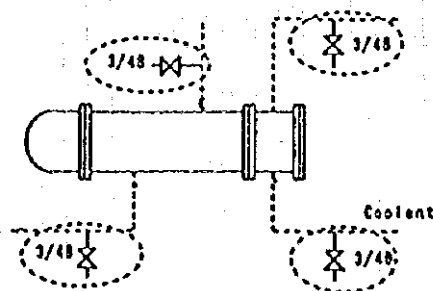


Figure 9-10 Modification Plan around Heat Exchangers

Table 9-4 Outline of Analysis and Measurement Items for Energy Audit (Turyag S.A.)

Method of Analysis and Measurement							
Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Equipment of Analysis and Measurement					
		Required Equipment	Factory	EIE	JICA	Loc. Lab	Addition
1. Boilers and steam turbine generator							
<Boder>							
(1) Lignite							
1) Industrial analysis							
a) Moisture (wt%)	M					x	
b) Ash (wt%)	M					x	
c) Volatile matter (wt%)	M					x	
d) Fixed carbon (wt%)	M					x	
e) Total sulfur (wt%)	M					x	
f) Heating value (LHV & HHV : kcal/kg)	M	Automatic Bomb Calorimeter			x	x	
2) Elemental analysis							
a) Carbon (wt%)	M	Elementary Analyzer				x	
b) Hydrogen (wt%)	M	ditto				x	
c) Nitrogen (wt%)	M	ditto				x	
d) Oxygen (wt%)	M	ditto				x	
3) Consumption (t/h)	E						
(2) Light oil							
a) Heating value (LHV & HHV : kcal/kg)	M	Automatic Bomb Calorimeter			x	x	
b) Specific gravity	M	Hydrometer				x	x
c) Viscosity (c.p.)	M	Saybolt Viscosimeter				x	
d) Flow rate (t/h)	M	Flow indicator	x				
e) Total sulfur (wt%)	M					x	
f) Elemental analysis							
Carbon (wt%)	M	Elementary Analyzer				x	
Hydrogen (wt%)	M	ditto				x	
Nitrogen (wt%)	M	ditto				x	
Oxygen (wt%)	M	ditto				x	
(3) Boiler feed water							
a) Flow rate (t/h)	M	Flow Indicator	x				
b) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
c) Pressure (bar)	M	Pressure Indicator	x				
d) Electric conductivity (μ S/cm)	M	Electric Conductivity Meter			x		
e) pH	M	ditto			x		
f) Temperature (°C)	M	ditto			x		
g) DO (ppb, ppm)	M	Low Level DO Meter			x		

Method of Analysis and Measurement							
Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Equipment of Analysis and Measurement					
		Required Equipment	Factory	EIE	JICA	Loc. Lab	Addition
(4) Combustion air							
a) Flow rate (Nm ³ /h)	M	Flow Indicator	x				
b) Temperature (°C)	M	Bar Thermometer					x
c) Pressure (bar)	M	Mercury Manometer					x
(5) Generated steam							
a) Flow rate (t/h)	M	Flow Indicator	x				
b) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
c) Pressure (bar)	M	Pressure Indicator	x				
(6) Exhaust gas							
a) Oxygen (vol%)	M	Portable O ₂ Analyzer			x		
b) CO ₂ (vol%)	M	Gas Analyzer			x		
c) CO (vol%)	M	ditto			x		
d) Flow rate (Nm ³ /h)	E						
e) Temperature (°C)	M	Temperature Indicator	x				
f) SO ₂ (ppm)	M	Infra-red Gas Analyzer			x		
(7) Ash							
a) Temperature (°C) (include Ash Cooler outlet)	M	Temperature Indicator Thermoelectric Pyrometer	x			x	
b) Quantity (t/h)	E						
<Steam turbine generator>							
(8) Inlet steam							
a) Flow rate (t/h)	M	Flow Indicator	x				
b) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
c) Pressure (bar)	M	Pressure Indicator	x				
(9) Extracted steam (10.5 bar)							
a) Flow rate (t/h)	M	Flow Indicator	x				
b) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
c) Pressure (bar)	M	Pressure Indicator	x				
(10) Extracted steam (4.5 bar)							
a) Flow rate (t/h)	M	Flow Indicator	x				
b) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
c) Pressure (bar)	M	Pressure Indicator	x				
(11) Extracted steam to Atm.							
a) Flow rate (t/h)	M	Flow Indicator	x				
b) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
c) Pressure (bar)	M	Pressure Indicator	x				
(12) Generated power (kwh)	M	Wattmeter	x				
(13) Rotation (rpm)	M	Tachometer	x				
(14) Sound (dB)	M	Sound Level Meter			x		

Method of Analysis and Measurement							
Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Equipment of Analysis and Measurement					
		Required Equipment	Factory	EIE	JICA	Loc. Lab	Addition
2 Spray dryer and hot air furnace							
< Spray Dryer >							
(1) Hot air							
Ref to Air Heater							
(2) Exhaust gas							
1) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
2) Composition							
a) Oxygen (vol%)	M	Portable O ₂ Meter					x
b) CO ₂ (vol%)	M	Gas Analyzer					x
c) CO (vol%)	M	ditto					x
d) Hydrocarbon (vol ppm)	M	Gas Chromatography			x		
(3) Slurry							
a) Flow rate (kg/h)	E						
b) Temperature (°C)	M	Bar Thermometer					x
c) Pressure (bar)	M	Pressure Indicator	x				
d) Water (wt%)	M	Dryer			x		
(4) Powder							
a) Temperature (°C)	M	Surface Thermometer					x
b) Moisture content (wt%)	M	Infra-red Moisture Content Meter			x		
c) Particle size distribution	M	Standard Sieve					x
< Air Heater >							
(5) Heavy oil							
1) Elemental analysis							
a) Carbon (wt%)	M	Elementary Analyzer				x	
b) Hydrogen (wt%)	M	ditto				x	
c) Nitrogen (wt%)	M	ditto				x	
d) Oxygen (wt%)	M	ditto				x	
2) Heating value (LHV & HHV : kcal/kg)	M	Automatic Bomb Calorimeter			x	x	
3) Total sulfur (wt%)						x	
4) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
5) Pressure (bar)	M	Pressure Gauge			x		x
(6) Atomizing steam							
a) Temperature (°C)	M	Surface Thermometer					x
b) Pressure (bar)	M	Pressure Indicator	x				
c) Flow rate (kg/h)	M	Ultrasonic Flow Meter					x
(7) Combustion air							
a) Flow rate (Nm ³ /h)	M	Vane Type Anemometer		x			x
b) Temperature (°C)	M	Bar Thermometer			x		x
c) Pressure (bar)		Pressure Gauge					
(8) Quench air							
a) Temperature (°C)	M	Bar Thermometer					x

Method of Analysis and Measurement							
Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Equipment of Analysis and Measurement					
		Required Equipment	Factory	EIE	JICA	Loc. Lab	Addition
b) Pressure (bar)		Pressure Gauge		x	x		x
(9) Flue gas	M	Portable O ₂ Analyzer		x			x
a) Oxygen (vol%)	M	Gas Analyzer		x			x
b) CO ₂ (vol%)	M	ditto		x			x
c) CO (vol%)							
d) Flow rate (Nm ³ /h)	E						
e) Temperature (°C)	M	Temp. Indicator	x				
f) Pressure (bar)	M	Manometer					x
3. Heat exchangers in sulfonation unit							
<Heat Exchangers>							
(1) Heating materials							
a) Flow rate (t/h)	M	Flow Indicator	x				
b) Inlet temperature (°C)	M	Surface Thermometer	x				x
c) Outlet temperature (°C)	M	Surface Thermometer	x				x
d) Outlet pressure (bar)	M	Pressure Gauge	x				
(2) Heated materials							
a) Flow rate (t/h)	M	Flow Indicator	x				
b) Inlet temperature (°C)	M	Surface Thermometer	x				x
c) Outlet temperature (°C)	M	Surface Thermometer	x				x
d) Outlet pressure (bar)	M	Pressure Gauge	x				
4. Condensate recovery system							
<Upstream of Oil Detect Station>							
(1) Condensate analysis							
a) Electric conductivity (μ S/cm)	M	Electric Conductivity Meter			x		
b) pH		ditto			x		
<Facilities utilizing steam>							
(1) Inlet steam							
a) Pressure (bar)	M	Pressure Gauge			x		
b) Temperature (°C)	M	Surface Thermometer					x
(2) Outlet condensate							
a) Pressure (bar)	M	Pressure Gauge			x		
b) Temperature (°C)	M	Surface Thermometer					x
(3) Leakage detection	M	Chlorofluorocarbon Gas Detector					x
5. Steam trap system							
<Steam Traps>							
(1) Working condition	M	Trap Man		x			

Method of Analysis and Measurement							
Major Items of Energy Audit & Subject Items and Points	Measurement or Estimate	Equipment of Analysis and Measurement					
		Required Equipment	Factory	EIE	JICA	Loc. Lab	Addition
6. Thermal insulation system < Facilities & Piping >							
(1) Surface temperature (°C)	M	Surface Thermometer					x
< Insulation material >							
(1) Thermal conductivity (kcal/m h°C)	M	Thermal Conductivity Meter			x		
7. Reduction of electricity consumption < Motors & equipment >							
(1) Rotation speed (rpm)	M	Tachometer		x			
(2) Electricity consumption (kwh)	M	Ammeter	x				
< Treated material >							
(1) Inlet temperature (°C)	M	Surface Thermometer					x
(2) Inlet pressure (bar)	M	Pressure Gauge			x		x
(3) Outlet temperature (°C)	M	Surface Thermometer					x
(4) Outlet pressure (bar)	M	Pressure Gauge			x		x

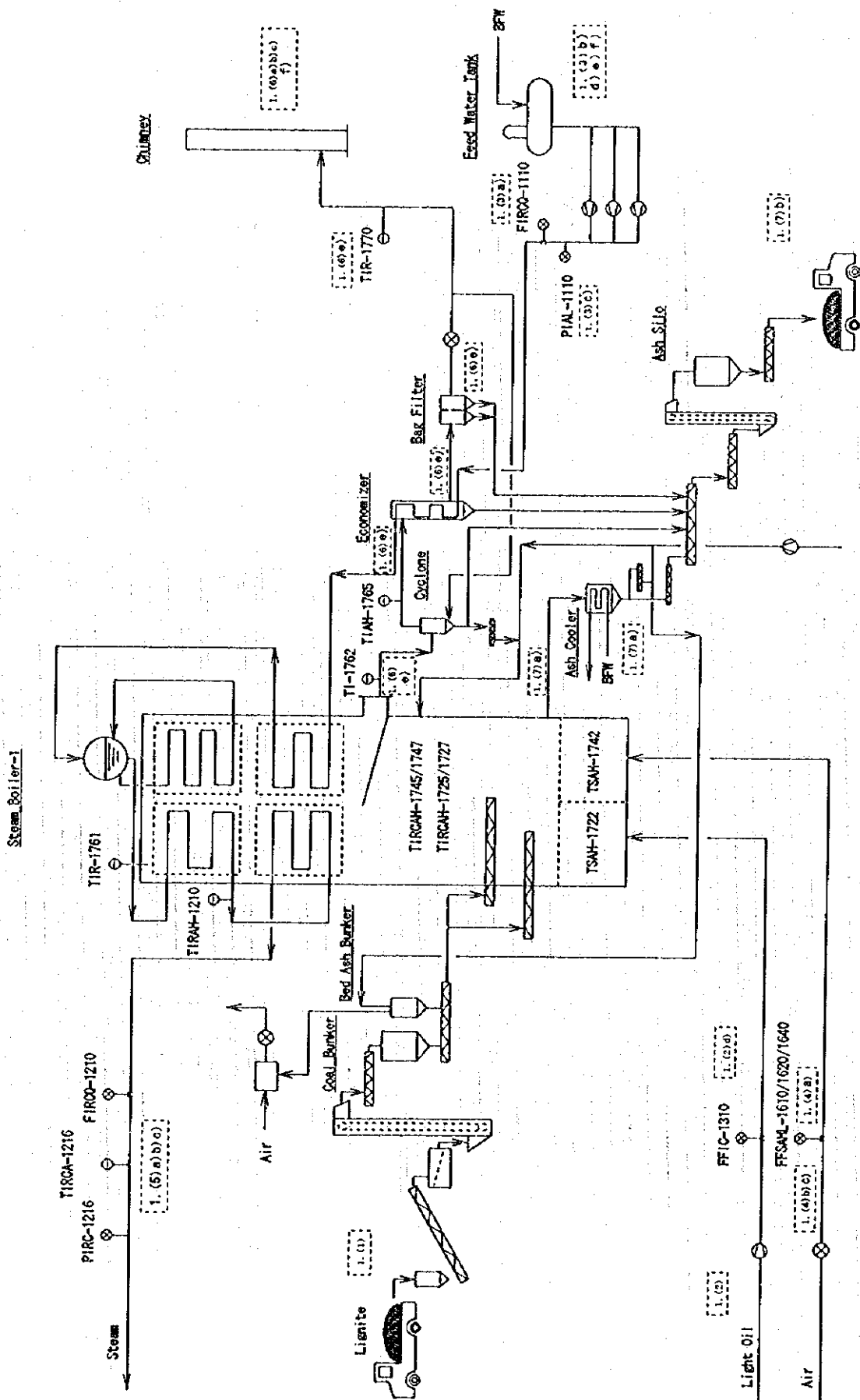


Figure 9-11 Analysis and Measuring Points for Steam Boiler System (Turyag S.A. Boiler-1)

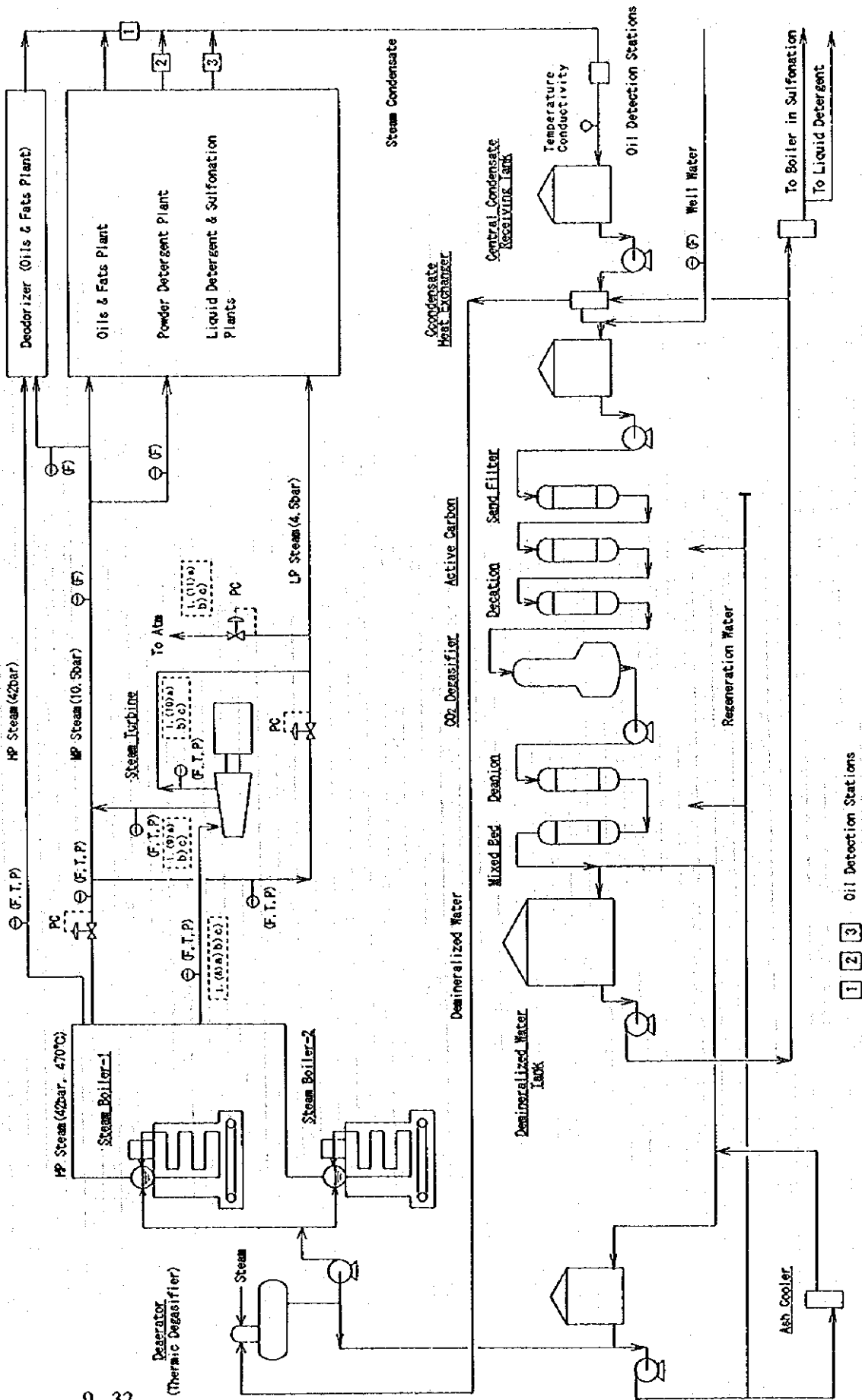


Figure 9-12 Analysis and Measuring Points for Steam and Condensate Flow Diagram (Turyag S.A.)

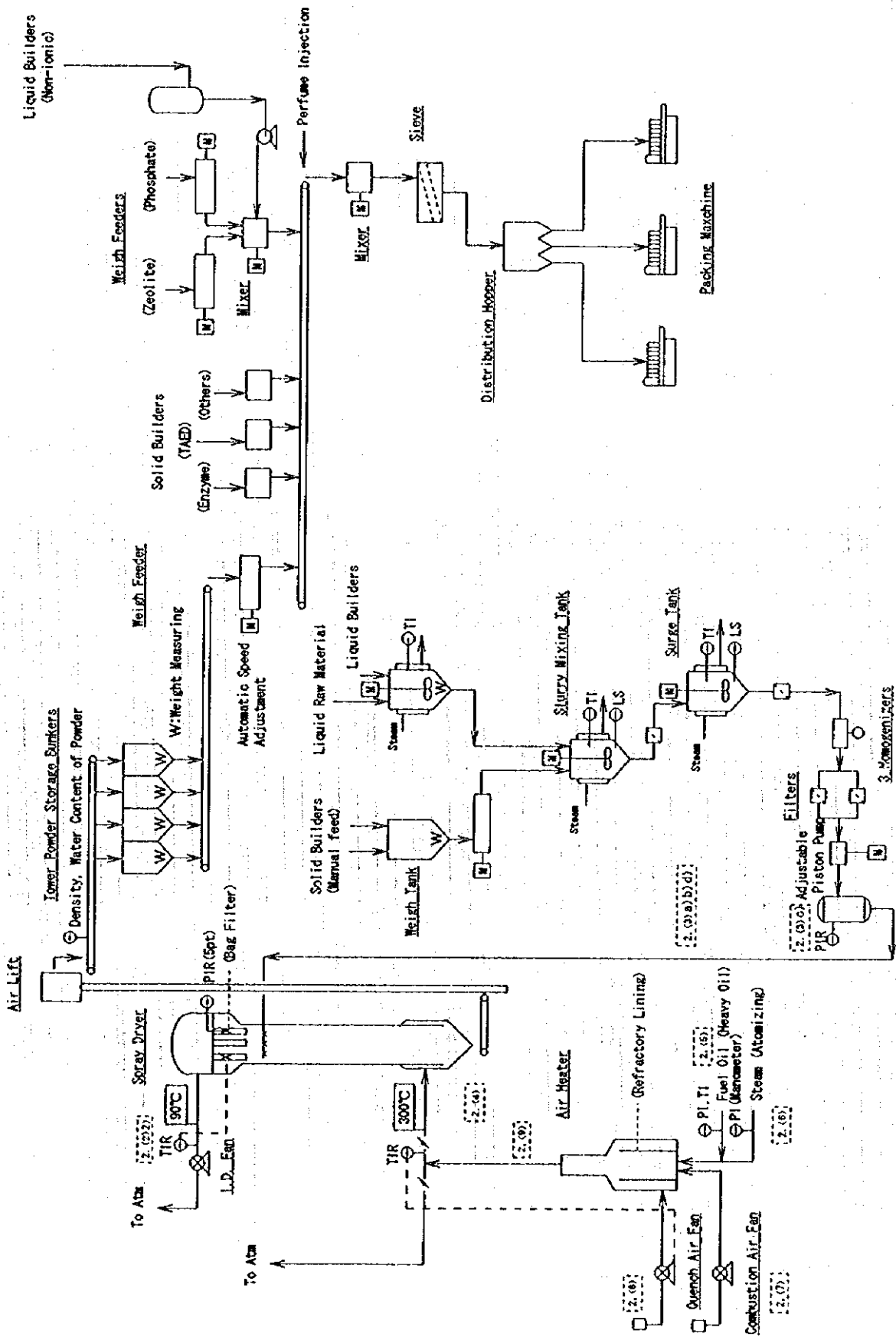


Figure 9-13 Analysis and Measuring Points for Powder Detergent Process (Turyag S.A.)

Table 9-5 Schedule of Analysis and Measurement (Turyag A.S.)

Analyzing and Measuring Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Boiler & Steam Turbine Generator														
1) Analysis <Boiler>														
a) Lignite (LHV/HHV & element)	x													
b) Light Oil (LHV/HHV, SG, vis & elem.)	x													
c) BFW (elect. conduct. pH, temp & DO)		x	x											
d) Exhaust Gas (O ₂ , CO ₂ , CO)		x	x											
e) Ash (residual carbon)	x													
2) Measurement														
<Boiler>														
a) BFW (flow, temp & press)		x	x											
b) Combustion Air (flow, temp & press)		x	x											
c) Exhaust Gas (temp, O ₂ , CO ₂ , CO, SO ₂)		x	x											
d) Generated Steam (flow, temp & press)		x	x											
<Steam Turbine Generator>														
a) Inlet Steam (flow, temp & press)		x	x											
b) 10.5 bar Extracted Steam (ditto)		x	x											
c) 4.5 bar Extracted Steam (ditto)		x	x											
d) Extracted Steam to Atm (ditto)		x	x											
e) Generated Power		x	x											
f) Rotation		x	x											
g) Sound Level		x	x											
2. Spray Dryer and Hot Air Furnace														
1) Analysis														
a) Spray Dryer and Exhaust Gas (O ₂ , CO ₂ , CO, HC)				x	x									
b) Slurry (H ₂ O)				x	x									
c) Powder (H ₂ O & particle size)				x	x									
d) Heavy Oil (LHV/HHV, SG, vis etc.)	x													
e) Flue Gas (O ₂ , CO ₂ , CO)				x	x									
2) Measurement														
a) Spray Dryer Exhaust Gas (temp, press, O ₂ , CO ₂ , CO)				x	x									
b) Slurry (flow, temp & press)				x	x									
c) Powder (temp)				x	x									
d) Heavy Oil (flow, temp & press)				x	x									
e) Atomizing Steam (ditto)				x	x									
f) Combustion Air (ditto)				x	x									
g) Quench Air (ditto)				x	x									
h) Flue Gas (ditto)														
3. Heat Exchangers in Sulfonation Unit														
1) Measurement														
a) Flow Rate					x									
b) Inlet/Outlet (temp & press)					x									

Analyzing and Measuring Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4. Condensate Recovery System														
1) Analysis														
a) Condensate (elect cond, pH & temp)						x	x	x						
2) Measurement														
a) Inlet Steam (flow & press)						x	x	x						
b) Outlet Condensate (flow & press)						x	x	x						
c) Leakage Detection						x	x	x						
5. Steam Trap System														
1) Working Condition							x	x						
6. Thermal Insulation System														
1) Facilities & Piping (surface temp)								x	x					
2) Insulation Material (thermal conduct)								x	x					
7. Reduction of Elect. Consumption														
1) Motor & Equipment (rotation & power)									x	x				
2) Treated Material (flow, temp & press)									x	x				

9.8 測定の実施の方法

9.8.1 測定分析と分析の概要

(1) 省エネ診断の主な項目と形式

対象工場に於ける測定と分析作業は、以下の主要項目と形式に従って実施した。

1. スチームボイラーの熱効率
2. スチームタービン発電機回りのエネルギーバランス
3. エア・ヒータの熱効率
4. スプレッドライヤーの熱効率
5. 熱交換器の熱効率
6. スチーム及びスチームコンデンセート配管の管理
7. スチームトラップの管理
8. 保温システムの管理
9. 電力使用量の削減

(2) エネルギー診断作業の実施メンバー

測定及び分析作業は、対象工場及びI F Bに設置した仮設の分析室に於て、以下のメンバーにて行われた。

- 1) 工場側 : Mr. Reha Yalcin, Mr. Sukru Cavdaroglu, Mr. Serdar Degirmenci,
Mr. Mustafa Genis and Mr. Tuncay Senkal
- 2) EIE 側 : Mr. Omer Kedici, Mr. Bora Omurtay, Mr. B. Hakki Buyruk and Mr. Erol
Yalcin
- 3) JICA 側 : Mr. K. Mitani, Mr. H. Yamada, Mr. T. Nimura and Mr. H. Takahashi

9.8.2 省エネ診断の実施スケジュール

対象工場に於ける省エネ診断は、1996年8月16日から9月13日の間に、現地調査時の
プログレスレポート作成を含めて以下のように行われた。

(1) 準備作業

8/16 (金)	改造及びサンプリンポイントの確認
8/21 (水)	サンプリング採取及び測定機器の移送
8/22 (木)	改造ポイントの最終確認及び測定機器の調整とスルフォン化設備のフローシートのチェック

(2) 測定及び分析作業

8/23 (金)	診断計画及び測定機器の設置に関する、工場側との協議と確認
8/24, 25 (土、日)	診断作業の机上準備
8/26, 27 (月、火)	ボイラー及びタービン発電機の診断作業
8/28, 29 (水、木)	スプレードライヤー及びエアヒーターの診断作業
8/30 (金)	熱交換器の診断作業
8/31 (土)	測定値及び分析値の解析
9/1 (日)	測定値及び分析値の解析
9/2, 3 (月、火)	スチーム及びコンデンセート回収システムの診断作業
9/4 (水)	スチームトラップの診断作業
9/5 (木)	保温システムの診断作業
9/6 (金)	電気使用量削減の診断作業
9/7, 8 (土、日)	測定値及び分析値の解析
9/9 (月)	測定値及び分析値の見直しと補足測定作業

(3) プロGRESSレポートの作成

9/10, 11 (火、水)	PROGRESSレポートの作成
9/12 (木)	類似工場の調査
9/13 (金)	現地診断結果について工場側と討議

Table 9-5 に分析作業と測定作業の詳細スケジュールを示している。

9-8.3 測定項目、測定点及び測定機器

エネルギー使用の現状を把握・評価しエネルギーバランスを改善する為に、事前に準備されたエネルギー診断に関するスケジュールと対応する主要項目に従って、以下に記載した分析と測定作業を行った。これらの中で、幾つかの分析作業は前記のように工場診断の前に行った。例えば、リグナイトの工業分析は Bati Cement Incorporated にて行った。また、排ガスの分析は対象工場での分析に加えて、仮設分析室でガスクロによる分析を

同時に行った。尚、リグナイト及び燃料油については、元素分析計の不調により分析作業が不可能になった為に、サンプルを日本に持帰って行うこととした。従って、燃料油の発熱量と排ガス量の正確な計算値は、これらの分析結果を待って行うこととなった。

(1) ボイラーとスチームタービン発電機

- | | | |
|-----|--------------------|---|
| 1) | リグナイト: | 工業分析、発熱量 |
| 2) | 軽油: | 発熱量 |
| 3) | ボイラー供給水: | 流量、温度、電気伝導度、圧力 |
| 4) | 燃焼用空気: | 流量 |
| 5) | 発生スチーム: | 流量、温度、圧力 |
| 6) | 排ガス: | O ₂ , CO ₂ , CO, SO ₂ 含有量、温度 |
| 7) | 灰: | 温度、残存炭素量 |
| 8) | 発電機供給スチーム: | 流量、温度、圧力 |
| 9) | 抽気スチーム (10.5 bar): | 流量、温度、圧力 |
| 10) | 抽気スチーム (4.5 bar): | 流量、温度、圧力 |
| 11) | 抽気スチーム (to atm.): | 流量、温度、圧力 |
| 12) | 発電量: | kWh/h |
| 13) | タービン回りの騒音: | dB |

(2) スプレッドライヤーおよびエア・ヒーター

- | | | |
|----|-----------|--|
| 1) | ドライヤー排ガス: | 温度、O ₂ , CO ₂ , CO 含有量と炭化水素量 |
| 2) | 供給スラリー: | 圧力、水分 |
| 3) | パウダー: | 水分、粒径分布 |
| 4) | 燃料油: | 発熱量、温度 |
| 5) | ヒーター燃焼ガス: | O ₂ , CO ₂ , CO 含有量、温度 |

(3) スルフォン化プラント内の熱交換器

- | | | |
|----|--|--|
| 1) | 圧縮機出口と乾燥空気: | 流量 |
| 2) | イオウ酸化炉: | イオウ供給量 |
| 3) | スルフォン化原料: | 流量 |
| 4) | イオウ酸化炉、SO ₂ クーラー、
SO ₃ 転化炉等 | SO ₂ , SO ₃ 含有量、温度 |

(4) スチーム配管、スチーム使用機器およびスチームコンデンセート回収システム

- 1) 圧力別 (HP, MP, LP) のスチームフローチャートの概要
- 2) 各製造設備の中でスチームを使用する機器類の概要
- 3) スチームコンデンセート回収システムの概要
- 4) スチームコンデンセート回収システム中の水質測定

(5) 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
- 2) スチームトラップの作動状況確認 (特に、ボイラー回り)

(6) 保温システム

- 1) スチーム配管：
保温が施工済と未施工配管の表面温度の測定、および管径・管長と保温材質・保温厚さの確認
- 2) 高温機器：
保温が施工済と未施工配管の表面温度の測定、および表面積と保温材質・保温厚さの確認

(7) 電力使用量の削減

- 1) 主要トランスのクランプテスト
- 2) 主要電力使用機器のクランプテスト

測定項目、測定点および測定機器の詳細については、Table 9-4 と 9-8-4 項に記載している。

9-8-4 対象工場で使用する分析と測定機器

各エネルギー診断時に、分析と測定に必用とする器具は Table 9-4 に表示しているが、それぞれの仕様は下記のとおりである。

(I) 排ガスの分析と測定に使用する機器

1) 電子式排ガス分析計 (EIE)

a) 酸素	O ₂	0 - 20.9 vol%
b) 酸化炭素	CO	0 - 2,000 ppm
	CO ₂	0 - 20 vol%
c) 煙突内圧力		±12.5 hpa
d) 大気温度		0 - 60 °C
e) 排ガス温度		0 - 650 °C
f) 粉塵		紙フィルター除去

2) 酸化硫黄モニター (EIE)

a) 二酸化硫黄 SO ₂	0 - 2,000 ppm
b) 操作温度	-10 - +40 °C

3) ベーン型風力計 (EIE)

a) 風速	0.2 - 30 m/s
b) 温度	-30 - +100 °C

4) ポータブル酸素濃度計 (JICA)

a) 測定物質	燃焼ガス中の O ₂
b) 測定範囲	0 - 10/25 vol% O ₂
c) 操作温度	5 - 35 °C

5) ポータブルガステスター (JICA)

a) 測定物質	CO と CO ₂
b) 測定範囲	CO 0 - 0.5 vol%
	CO ₂ 0 - 15 vol%
c) 操作温度	5 - 40 °C

- 6) レーザー式ダストメーター (JICA)
- a) 測定範囲 0.001 - 10 mg/m³
- 7) ポータブル NO_x 分析計 (JICA)
- a) 測定物質 燃焼ガス中の NO_x
 - b) 測定範囲 0 - 5,000 ppm
 - c) 操作温度 5 - 37 °C
- 8) 赤外線ガス分析計 (JICA)
- a) 測定物質 排ガス中の SO_x
 - b) 操作温度 -5 - +40 °C
- 9) 水銀圧力計 (JICA 追加機器)
- a) 測定範囲 0 - 200 mmHg
- 10) 空気流速計 (EIE)
- a) 測定圧力 0 - 25 Kpa
 - b) 測定範囲 0 - 28 m/s
 - c) 操作温度 0 - 50 °C
- 11) ガス流量計 (JICA 追加機器)
- 12) 吸引式排ガスサンプリング装置 (JICA 追加機器)

(2) 温度と水分測定に使用する機器

- 1) 非接触式赤外線高温計 (EIE)
- a) 測定範囲 0 - 1,000 °C
 - b) 操作温度 0 - 45 °C
- 2) 非接触式赤外線高温計 (EIE)
- a) 測定範囲 600 - 2,000 °C
 - b) 操作温度 0 - 45 °C

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 3) 電子式温度指示計 (EIE) | |
| a) 測定範囲 | -50 - +2,000 °C |
| b) 操作温度 | 0 - 40°C |
| 4) 光学式高温計 (JICA) | |
| a) 測定範囲 | 900 - 3,000 °C |
| b) 測定原理 | シリコンセンサー |
| 5) 熱電式高温計 (JICA) | |
| a) 測定範囲 | 0 - 1,200 °C |
| b) 測定原理 | CA 熱伝対 |
| 6) 表面温度計 (JICA 追加機器) | |
| a) 測定範囲 | -100 - 500 °C |
| 7) 棒状温度計 (JICA 追加機器) | |
| a) 測定範囲 | 0 - 150 及び 0 - 400 °C |
| 8) デジタル式温度計 (JICA 追加機器) | |
| a) 測定範囲 | -100 - 500 °C |
| 9) 相対湿度計 (EIE) | |
| a) 測定温度範囲 | 0 - 70 °C |
| b) 測定湿度範囲 | 0 - 97 %RH |
| 10) 保温材熱伝導率測定計 (JICA) | |
| a) 測定範囲 | 0.02 - 10 kcal/mh°C |
| b) 測定温度範囲 | -10 - +200 °C |
| c) 測定方法 | プループ式 |
| 11) 大気記録計 (JICA) | |
| a) 測定範囲 | |
| 温度 | -20 - +50 °C |
| 水分 | 0 - 100 % |
| 大気圧 | 940 - 1,046 mbar |

(3) 圧力測定に使用する機器

1) 圧力ゲージ (JICA)

- | | |
|----------|--|
| a) スチーム用 | 10 Kg/cm ² , 20 Kg/cm ² , 50 Kg/cm ² ,
70 Kg/cm ² |
| b) 空気用 | 20 Kg/cm ² |

(4) 水分分析に必用な機器

1) 伝導度・抵抗測定計 (EIE)

- | | |
|------------|---------------|
| a) 伝導度測定範囲 | 0.05 μ s |
| b) 抵抗値測定範囲 | 1K - 20M ohm |
| c) 全溶解性残留物 | 0.01 - 20 ppm |
| d) 操作温度 | -30 - +130 °C |

2) 電気伝導度測定計 (JICA)

- | | |
|---------|--------------------------------------|
| a) 測定範囲 | 0 - 10,000 μ s/cm
(pH 2 - 12) |
|---------|--------------------------------------|

3) 低濃度溶存酸素計 (JICA)

- | | |
|-------------|--------------------------|
| a) 溶存酸素測定範囲 | 0 - 200 ppb / 0 - 20 ppm |
| b) 操作温度 | -5 - +55 °C |
| c) 操作圧力 | 700 - 800 mmHg |

4) 多目的水質計 (JICA)

- | | |
|---------|--|
| a) 測定項目 | 8 項目 (水深、温度、電気伝導度、溶存酸素、DO, pH, 酸化還元電位, 濁度) |
|---------|--|

(5) 電力測定に使用する機器

1) タコメータ (EIE)

- | | |
|---------|--------------------|
| a) 接触型 | -0.5 - +19,999 rpm |
| b) 光電子型 | -5 - +99,999 rpm |
| c) 操作温度 | 0 - 50 °C |

2) エネルギー分析計 (EIE)

- a) 電圧 50 - 600 V-AC
- b) 周波数 20 - 1,000 Hz
- c) 電流 -600 V-DC
- d) クリップオン測定範囲 0.05 - 1,000 A

3) クランプメーター (JICA)

4) 電気テスター (JICA 追加機器)

5) クランプテスター (JICA 追加機器)

(6) その他の機器

1) 標準篩 (JICA 追加機器)

- a) サイズ 4mm, 2mm, 1mm, 0.5mm, 0.15mm

2) スチームトラップ管理システム (EIE)

- a) 操作大気温度 0 - 40 °C
- b) スチームトラップ表面温度 0 - 255 °C

3) 騒音計 (JICA)

- a) 測定範囲 30 - 130 dB

4) マルチチャンネル記録計 (JICA)

- a) チャンネル数 12 点

5) トランス (JICA)

- a) 入力条件 3 相、200 V、3 線
- b) 出力条件 単相、200 V、2 線、2 KVA
単相、100 V、2 線、3 KVA

6) トランス (JICA 追加機器)

- a) 入力条件 2 相、200 V、3.5 KVA
- b) 出力条件 単相、100 V、5 KVA

7) フレオンガス検知器 (JICA 追加機器)

- a) フレオンガス R134a, R22 and R12 用

8) 超音波流量計 (JICA 追加機器)

a) 液体用

炭化水素 : 0 - 7 トン / 時間 以下

- 40 ~ 260 °C

b) 気体用

0 - 100 Nm³, - 50 ~ 150 °C

9) トラップマン (JICA 追加機器)

9-8-5 仮設分析室で使用する分析と測定機器

Henkel Truyag, Dev Blok, IBF 及び Izmir Demir Celik Sanai (IDC) からの種々のサンプルを一カ所で集中的に分析する為に、Izmir Basma Fabrikasi A.S. (IBF) 内に仮設の分析センターを設けた。この分析室には、以下の分析機器を設置した。

1) 自動ポンベ・カロリメーター (JICA)

a) 測定範囲

1,000 - 7,500 cal

b) 測定物質

個体及び液体

c) 操作温度

- 15 ~ + 55 °C

2) セイボルト粘度計 (JICA)

a) 温度範囲

30 - 240 °C

3) 元素分析計 (JICA)

a) 被測定元素

カーボン、水素、窒素

b) 測定範囲

カーボン 13 - 2,600 μg

水素 2 - 400 μg

窒素 5 - 1,000 μg

c) サンプル重量

2 - 3 mg

4) ガスクロ分析計 (JICA)

a) 測定温度範囲

室温 ~ 400 °C

9.8.6 スチームボイラーおよびエア・ヒーターの排ガス量の計算方法

スチームボイラー及びエア・ヒーターの排ガス量を実測することは現実的には困難である。従って、一般的には以下に記載する方法により計算値として求められる。

(1) 計算方法 -1

この計算方法は、燃料の元素分析はできないが、排ガス中の CO_2 、 CO 及び O_2 の分析値がわかる場合に適用でき、計算式は以下の通りである。

$$\begin{aligned} A_o &= \text{理論燃焼空気量 (Nm}^3\text{/kg-リグナイト又は燃料油)} \\ &= 0.001 \times \text{LHV} + 0.56 \text{ (for lignite)} \\ &= 0.00124 \times \text{LHV} - 1.4 \text{ (for fuel oil)} \\ &\quad (\text{LHV} = \text{リグナイト又は燃料油の低発熱量 : kcal/kg}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \text{過剰空気率} \\ &= 1 / \{1 - (3.76\text{CO}_2 - 0.5\text{CO}) / 100 - \text{CO}_2 - \text{O}_2 - \text{CO}\} \end{aligned}$$

ここで、

CO_2 : 排ガス中の CO_2 量 (vol%)

CO : 排ガス中の CO 量 (vol%)

O_2 : 排ガス中の O_2 量 (vol%)

$$\begin{aligned} A &= \text{実燃焼空気量} \\ &= mA_o \text{ (Nm}^3\text{/kg-リグナイト又は燃料油)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= \text{排ガス中の } N_2 \text{ 量 (vol\%)} \\ &= 1 - (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{O}_2) \text{ (vol\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= \text{乾き排ガス量} \\ &= 0.79 \times mA_o / N_2 \text{ (Nm}^3\text{/kg-リグナイト又は燃料油)} \end{aligned}$$

(2) 計算方法 - 2

この計算方法は、排ガス中の CO_2 、 CO 及び O_2 の分析値に加えて、燃料の元素分析値がある場合に適用でき、計算式は以下の通りである。尚、この計算方法は、前記の計算方法 - 1 で求めた結果よりも、より精度が高い結果が期待される。

$$\begin{aligned} A_o &= \text{理論燃焼空気量 (Nm}^3\text{/kg-リグナイト又は燃料油)} \\ &= 0.0889C + 0.267H - 0.033O + 0.033S \end{aligned}$$

ここで、

C: 燃料中の炭素量 (wt%)

H: 燃料中の水素量 (wt%)

O: 燃料中の酸素量 (wt%)

S: 燃料中の硫黄量 (wt%)

$$\begin{aligned} m &= \text{過剰空気率} \\ &= 1 / \{1 - (3.76\text{CO}_2 - 0.5\text{CO}) / 100 - \text{CO}_2 - \text{O}_2 - \text{CO}\} \end{aligned}$$

ここで、

CO_2 : 排ガス中の CO_2 量 (vol%)

CO : 排ガス中の CO 量 (vol%)

O_2 : 排ガス中の O_2 量 (vol%)

$$\begin{aligned} A &= \text{実燃焼空気量} \\ &= mA_o \text{ (Nm}^3\text{/kg-リグナイト又は燃料油)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G &= \text{乾き排ガス量} \\ &= (m - 0.21)A_o + (1.867C + 11.2H + 0.7S + 0.8N) / 100 \text{ (Nm}^3\text{/kg-リグナイト又は燃料油)} \end{aligned}$$

ここで、

N: 燃料中の窒素量 (wt%)

9-8-7 機器及び配管における保温材を通しての熱ロスの計算方法

機器の場合と配管の場合では計算方法が少々異なる。しかし、測定方法はほぼ同様であり、それぞれの場合の計算は次記の方法で行う。

(1) 機器の場合の熱ロス計算方法

$$Q = \text{保温材を通しての単位面積当りの熱ロス量 (kcal/m}^2\cdot\text{h)}$$
$$= (t_o - t_r)/(1/a + x/b)$$

ここで、

- to : 機器内の流体温度 (°C)
tr : 大気温度 (°C)
a : 機器表面からの伝熱係数 (kcal/m²·h·°C)
通常 7 kcal/m²·h·°C とする。
b : 保温材の熱伝導度 (kcal/m·h·°C)
通常 0.0193 kcal/m·h·°C とする。
x : 保温材の厚さ (m)

(2) 配管の場合の熱ロス計算方法

$$Q = \text{保温材を通しての単位長さりの熱ロス量 (kcal/m}\cdot\text{h)}$$
$$= (t_o - t_r)/\{\text{Ln}(d_o/d_i)/2 \times 3.14b\} + 1/(3.14 \times d_o \times a)$$

ここで、

- to : 配管内の流体温度 (°C)
tr : 大気温度 (°C)
a : 配管表面からの伝熱係数 (kcal/m²·h·°C)
通常 10 kcal/m²·h·°C とする。
b : 保温材の熱伝導度 (kcal/m·h·°C)
通常 0.061 kcal/m·h·°C とする。
x : 保温材厚さ (m)
di : 配管の外径 (m)
do : 保温材の外径 (m)
Ln : 自然対数 (-)

9.9 測定および分析の結果

前に記載したように、対象工場における診断と測定等の対象になるデータは数多い。その為、ここでは測定と分析の結果を、下記の7項目に分類整理して記載する。

1. ボイラーとスチームタービン発電機
2. スプレッドライヤーとエアヒーター
3. スルフォン化装置内の熱交換器
4. スチーム配管、スチーム使用機器及びスチームコンデンセート回収システム
5. スチームトラップ・システム
6. 保温システム
7. 電力使用量の削減

9.9-1 ボイラーとスチームタービン発電機

対象工場では、スチームを使用する装置類が断続的に運転されている。従って、それに
 応じてボイラーの運転ロードも常に変動しているが、代表的な運転データとして判断さ
 れるものを Table 9-6 に示す。

Table 9-6 Typical Measurement and Analysis Data in Steam Boiler-1

(1) Lignite		(4) Generated Steam	
1) Industrial Analysis		a) Flow rate (kg/h)	11,300
a) Moisture (wt%)	21.12	b) Temperature (°C)	435
b) Ash (wt%)	28.74	c) Pressure (bar)	40.9
c) Volatile matter (wt%)	48.50	(5) Exhaust Gas	
d) Fixed carbon (wt%)	22.76	a) O ₂ content (vol%)	8.7
e) Total sulfur (wt%)	1.16	b) CO ₂ content (vol%)	12.7
f) LHV (kcal/kg)	3,169	c) N ₂ content (vol%)	78.6
g) HHV (kcal/kg)	3,404	d) Temperature (°C)	133
2) Elemental Analysis		(6) Ash	
a) Moisture (wt%)	17.10	1) Temp. (Ash Cooler Out, °C)	75
b) Carbon (wt%)	34.50	2) Elemental Analysis	
c) Hydrogen (wt%)	3.00	a) Moisture (wt%)	0.1>
d) Nitrogen (wt%)	0.97	b) Carbon (wt%)	1.7
(2) Boiler Feed Water		c) Hydrogen (w%)	0.1
a) Flow rate (kg/h)	11,300	d) Nitrogen (w%)	0.08
b) Temperature (°C)	110	e) Specific heat at 80 °C (*)	0.22
c) Pressure (bar)	65.2	at 130 °C (*)	0.23
d) Electric conductivity (μ S/cm)	10.4	* : cal/°C · g	
e) pH (-)	7.4		
(3) Combustion Air			
a) Flow rate (Nm ³ /h)	4846/4882		

注) リグナイトの流量は測定不可能だったので、工場側が記録している次のデータを使用した。

リグナイト 260 kg → スチーム発生量 1,000 kg

Table 9-7 Typical Measurement Data in Steam Turbine Generator

1) Inlet Steam		4) Extracted Steam to Atmosphere	
a) Flow rate (kg/h)	9,880	a) Flow rate (kg/h)	2,740
b) Temperature (°C)	461	b) Temperature (°C)	252
c) Pressure (bar)	40.9	c) Pressure (bar)	3.9
2) Extracted Steam (10.5bar)		e) pH (-)	
a) Flow rate (kg/h)	3,750		
b) Temperature (°C)	325	5) Generated Power (kWh)	700
c) Pressure (bar)	10.4	6) Rotation (rpm)	1,575
3) Extracted Steam (4.5bar)		7) Sound (dB)	
a) Flow rate (kg/h)	6,130		
b) Temperature (°C)	276		
c) Pressure (bar)	3.9		

上記の Table 9-6 と Table 9-7 中のデータに加えて、スチームボイラーそれ自体の運転については、Figure 9-14 に示している。

9-9-2 スプレードライヤとエアヒーター

粉末洗剤製造工程に於けるスプレードライヤとエアヒーター系は、スチームボイラーとは別個に考える必要がある。ここでの熱源はエアヒーターへの燃料油であり、代表的なデータを Table 9-8 に示す。

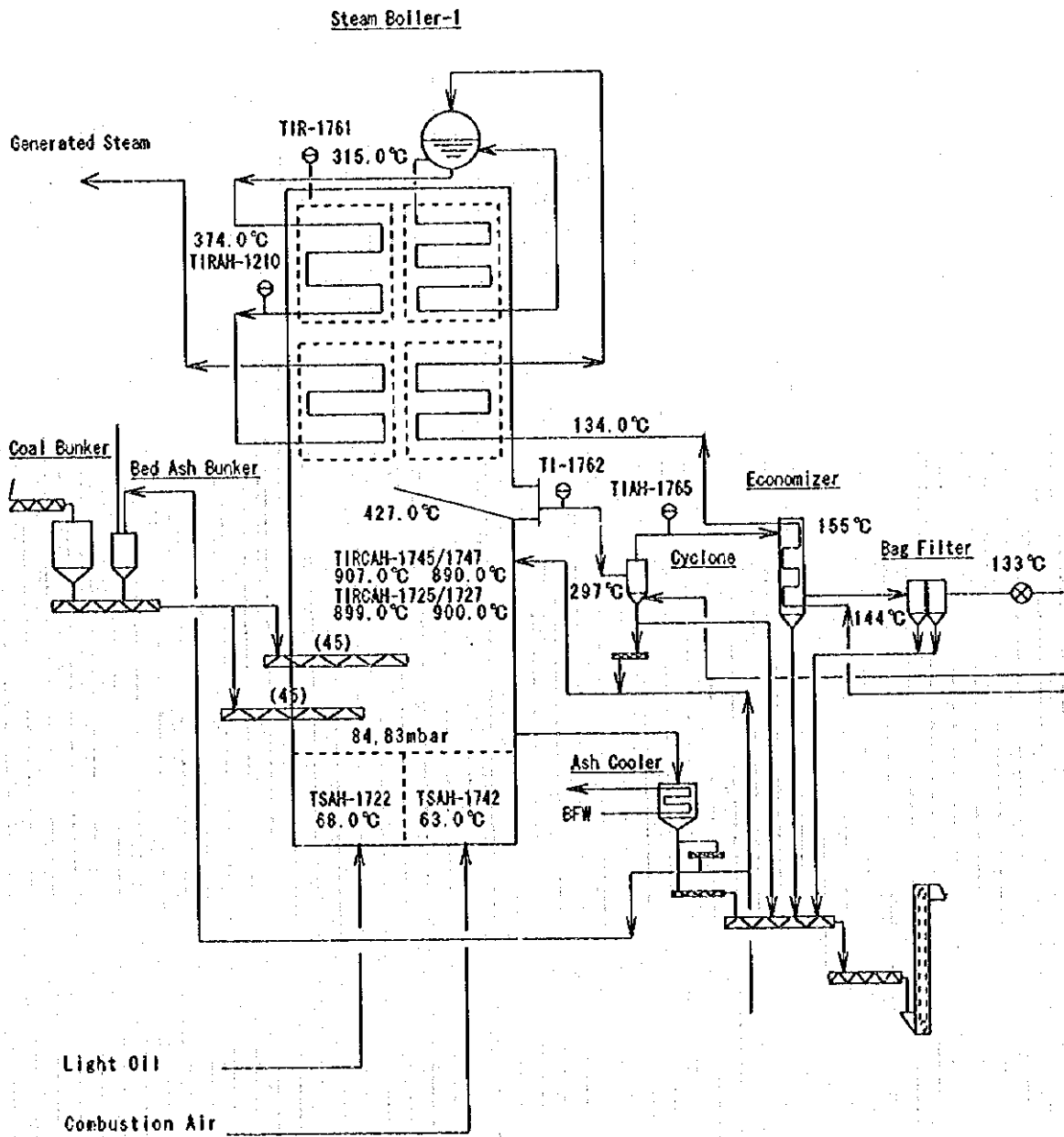


Figure 9-14 Steam Boiler-1 Operating Data (Turyag S.A.)

Table 9-8 Typical Measuring Data in Air Heater and Spray Dryer

Air Heater		Spray Dryer	
1) Fuel oil (Heavy oil)		1) Slurry	
a) Carbon (wt%)	85.4	a) Flow rate (kg/h)	7,518
b) Hydrogen (wt%)	11.7	b) Temperature (°C)	75
c) Nitrogen (wt%)	0.5	c) Water content (wt%)	48.7
d) Sulfur (wt%)	2.26	2) Powder	
e) LHV (kcal/kg)	10,460	a) Flow rate (kg/h)	4,400
f) HHV (kcal/kg)	10,760	b) Temperature (°C)	65
g) Specific gravity (-)	0.9489	c) Water content (wt%)	48.7
h) Viscosity (mm ² /s)	219.4	b) Temperature (°C)	48.7
i) Flow rate (kg/h)	367	3) Exhaust gas	
j) Temperature (°C)	89	a) O ₂ content (vol%)	19.8
k) Pressure (kg/cm ²)	2.5	b) CO ₂ content (vol%)	1.6
2) Atomizing steam		c) N ₂ content (vol%)	78.6
a) Temperature (°C)	150	d) Temperature (°C)	75
b) Pressure (kg/cm ²)	4.2	Particle size distribution	
3) Combustion air		a) >2mm (g)	4.4
a) Flow rate (Nm ³ /h)	5,830	b) 2 mm> >1mm (g)	20.6
b) Temperature (°C)	30	c) 1mm> >0.5mm (g)	199.3
4) Quench air		d) 0.5mm> >0.15mm (g)	202.4
a) Flow rate (Nm ³ /h)	16,310	e) 0.15mm> (g)	23.2
b) Temperature (°C)	30		
5) Flue gas			
a) O ₂ content (vol%)	17.3		
b) CO ₂ content (vol%)	4.2		
c) N ₂ content (vol%)	78.5		

注-1: 燃焼空気量とクエンチ空気量は、測定したダクトの内径と流速から計算で求めた。尚、計算方法については、9-10(3)項を参照。

注-2: 表中の Flue gas は、エアヒーターからの燃焼ガスとクエンチ空気との混合したものを意味する。何故ならば、クエンチ空気はエアヒーター内で燃焼ガスとすぐに混合され、分けて考えることができないからである。

注-3: スラリー流量と粉末洗剤の流量は、測定が不可能であった。従って、これらのデータについては、工場側が経験的に把握しているデータを使用した。詳細は 9-10(3)を参照。

9.9.3 スルホン化工程に於ける熱交換器

SO₃ コンバーター回りには、Figure 9-15 に示すように4つの熱交換器が設置されており、スルホン化工程での大部分の熱量は、これらの熱交換器を通して系外に放出されている。これらの放出されている熱量はできれば利用されるべきであり、どの程度の熱量がロスとなっているかを、以下のように計算で求めた。

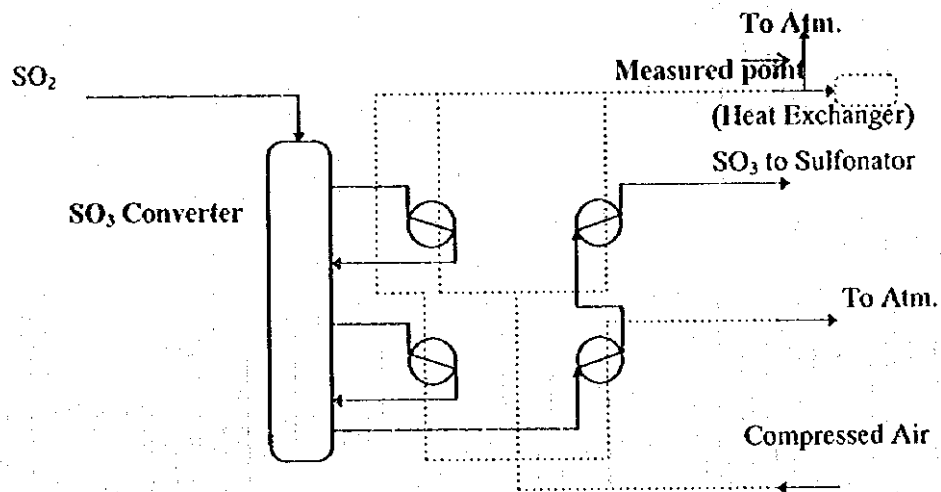


Figure 9-15 Outline of Heat Exchangers around SO₃ Converter

空気量の計算

- 1) 平均空気流速： 1,750 ft/min. = 533.4 m/min.
- 2) ダクトの断面積： $(508 - 2 \times 10)^2 \times 0.785 = 200,988 \text{ mm}^2$
= 0.201 m²
- 3) 空気流量： 533.4 x 0.201 = 107.2 m³/min. = 6,432 m³/h

熱ロスの計算

- 1) 放出空気温度： 180 °C
- 2) 空気の平均エンタルピー： 0.31 kcal/m³°C
- 3) 熱ロス： 6,432 x 180 x 0.31 = 358,906 kcal/h

この熱ロスは、リグナイトを 100 kg/h 燃焼する分に相当する。また、SO₃ コンバーター回りの熱バランスを確認する為に、原料イオウの流量、温度等も同時に測定した。

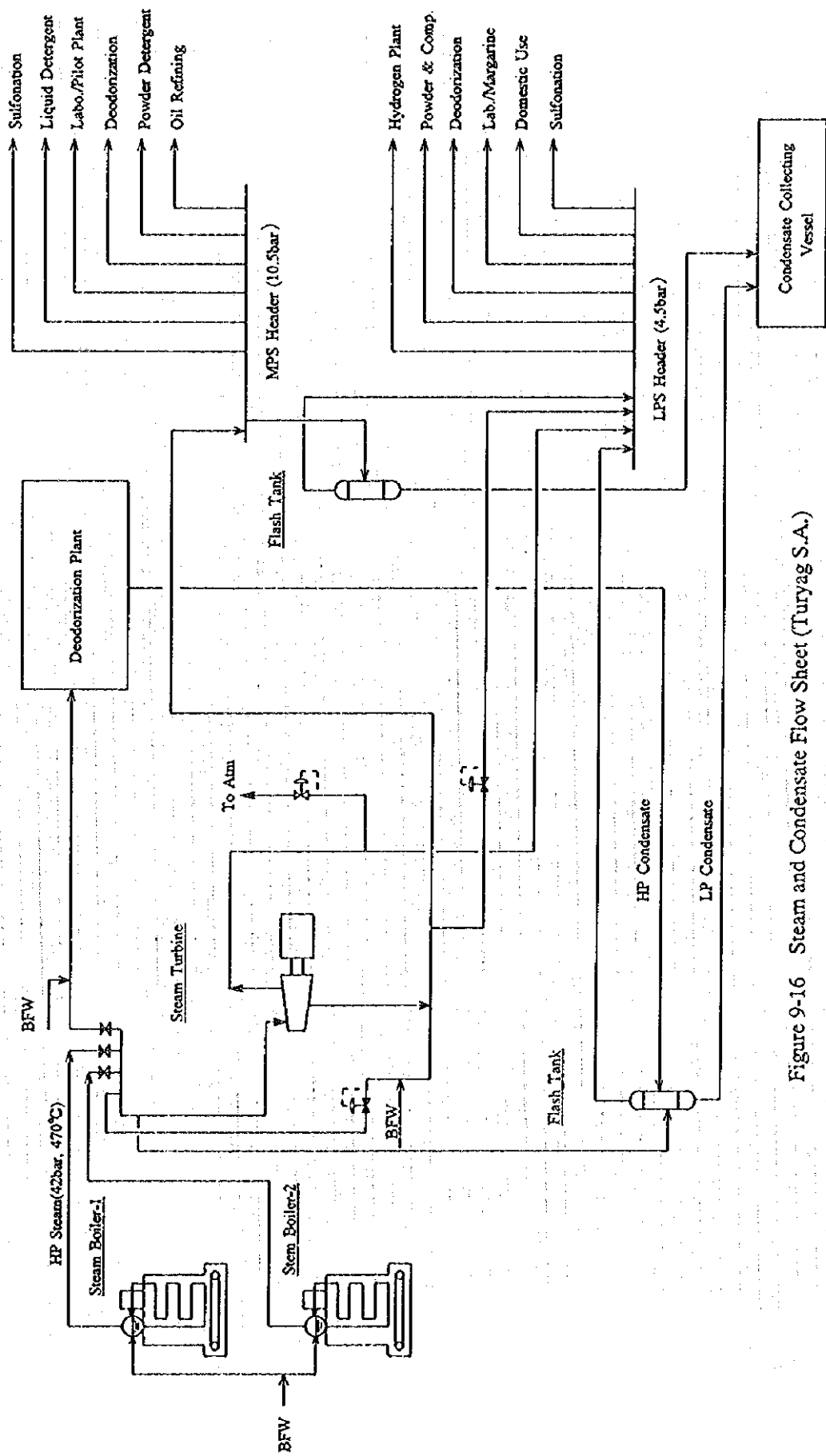


Figure 9-16 Steam and Condensate Flow Sheet (Turyag S.A.)

9-9-4 スチーム配管、スチーム使用機器およびコンデンセート回収システム

スチームボイラーとスチームタービン発電機回りの全てのスチーム配管、及び製造工程へ接続されている配管の全てを、コンデンセート配管を含めて確認した。その結果として、対象工場のスチームとコンデンセート配管の現状を Figure 9-16 として作成した。又、スチームコンデンセートの性状を確認する為に、4つの回収槽に於ける水質分析を行った。その結果は、Table 9-9 の通りである。

Table 9-9 Water Quality in the Condensate Recovery System

Location of Detection Station	Electric Conductivity (μ S/cm)	pH
1) Steam boiler house	34	7.7
2) Storage tank yard (Oil & Fat)	6	7.6
3) Sulfonation unit	no operation	no operation
4) Powder detergent area	5.8	6.8

上表の水質分析値から、全てのスチームコンデンセートは、回収し再使用できることが確認された。然しながら、工場側の説明を通して、通常はコンデンセートへの油分の混入は起らないものの、Figure 9-17 に示すようにタンク間の移送配管のスチームによる洗浄作業後に、油分がスチーム配管に逆流する場合は生じることが判明した。

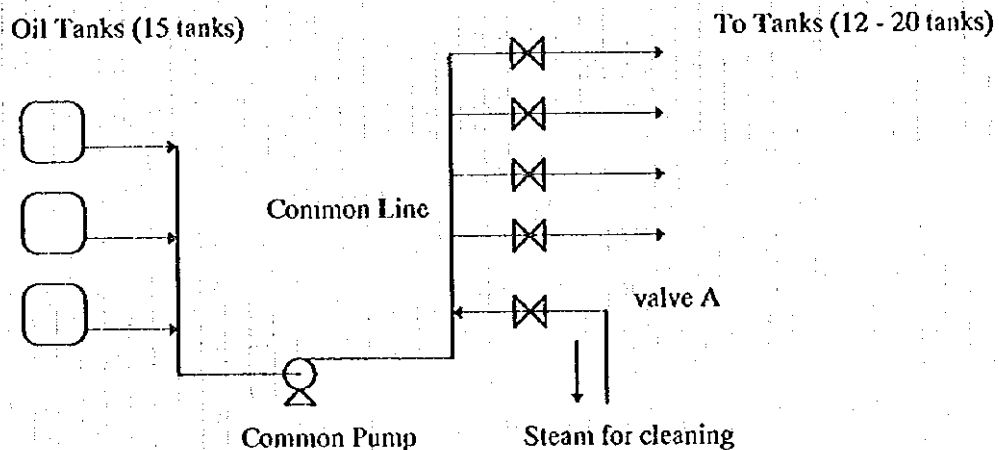


Figure 9-17 Typical Operation Trouble of Line Cleaning by Steam

注：洗浄作業の後に、もしバルブAが完全に閉じられていないと、油分がスチーム配管に逆流する。これらの誤操作を無くす為には、何らかの対策を講じる必要がある。

9-9-5 スチームトラップシステム

スチーム配管には、約 500 のスチームトラップが取付けられており、それぞれの型式は流量の大小により選択されている。対象工場では、スチームトラップ番号、使用名称、作動圧力、サイズ、型式及びメーカーを記載した管理リストを作成・活用して、スチームトラップの作動チェックと必用に応じた交換等を行っている。Table 9-10 は、スチームボイラー建屋を中心としてスチームトラップの作動状況を実際に確認した結果を記載している。その結果、表の下部に示すように、Not in work を除いて 14/21 (66.7%) のスチームトラップが良好な作動を行っていることが確認された。

Table 9-10 Arrangement of Steam Traps and Working Conditions in the Steam Center

Type/Area	Th.-static	Th.dyn.	Bimetalic	Bucket	Float	Disc	Total
St. center	13	0	9	2	1	0	25
Sulfonat.	47	0	0	2	0	0	49
L.deterg.	39	0	4	14	0	0	57
P.deterg.	55	0	1	0	4	0	60
Electrysis	3	0	5	2	0	0	10
Hydrogen.	11	0	7	5	3	0	26
Deodoriz.	16	8	0	0	3	0	32
Oil refin.	56	0	12	8	5	5	81
Oil tanks	36	2	1	25	11	0	75
Margarin.	6	2	0	0	3	0	11
P det.tank	13	2	1	2	2	0	20
LAB tank	3	0	0	6	4	0	13
Others	24	0	0	1	0	0	25
Total	322	14	40	67	36	5	484
Working conditions of steam traps in the steam center							
Good	9	0	4	1	0	0	14
Leak	1	0	0	0	0	0	1
Blowing	0	0	3	0	0	0	3
Low temp.	2	0	1	0	0	0	3
Not in work	1	0	1	1	1	0	4
Total	13	0	9	2	1	0	25
Note : Leak - more than 5% leakage, Blowing - more than 15% leakage							

9-9-6 保温システム

スチームボイラー、スチームタービン発電機および他の製造工程に於ける主要な機器について、それぞれ保温の状況を確認した。各スチーム配管と機器からの熱ロスは前記の9-8-4項に記載している計算方法に従って算出した。その計算結果を Table 9-11 と Table 9-12 に主要機器とスチーム配管に分けて示している。

Table 9-11 Heat loss from Main Equipment

Equipment	Inside Temp (°C)	Insulation Thick. (cm)	Surface Area (m ²)	Heat Loss (kcal/h)
Steam Boiler	434 - 900	20	128	173,150
Spray Dryer	75 - 290	20	356	125,320
Air Heater	290	20	41	22,490
Hydrogenator	200	20	30	10,680
Deodorizer	225	20	60	24,470

Table 9-12 Heat Loss from Steam Line

Name of Line	Pipe OD (mm)	Insulation Thick. (cm)	Pipe Length (m)	Heat Loss (kcal/h)
MP Steam Header (11 bar, 330 °C) to Facilities				
Sulfonation	125	50	160	28,640
Liquid Detergent	80	57	185	22,410
Lab. & Pilot	100	63	240	31,730
Deodorizer	80	58	50	6,000
Powder Detergent	100	63	145	19,170
Oil Refinery	100	63	100	14,700
LP Steam Header (4.5 bar, 250 °C) to Facilities				
Hydrogenation	100	56	100	10,420
Powder Detergent	100	63	145	14,060
Deodorizer	80	57	75	6,660
Liquid Detergent	100	56	240	25,000
Domestic Use	100	56	105	10,940
Sulfonation	125	50	160	21,000
Total (MP Steam + LP Steam)				210,720

注：使用されている主な保温材はグラスウールであり、一部の保温材厚さは実測し、残りは推定した。

9-9-7 電力使用量の削減

1) トランス・ステーション（電気室）での測定

対象工場は、Figure 9-18 に示しているように6つのトランス・ステーションを持っている。それぞれ電力使用量を実測したが、その結果は Table 9-13 の通りであった。

Table 9-13 Results of Measurement for Transformer Stations

T/S No. Phase	Rated kVA	Rated Ampere	Max. Voltage	Min. Voltage	Max. Ampere	Min. Ampere	Power kW (Meas.)	Power factor	Power kW (Calc.)
1-A	1250	3125	390	380	850	750	420	0.97	479-557
1-B			390	380	800	750			
1-C			390	380	850	750			
2-A	1000	2500	390	380	900	870	510	0.92	527-578
2-B			390	380	930	920			
2-C			390	380	930	920			
3-A	1000	2500	378	378	650	560	210	0.99	336-421
3-B			370	370	640	620			
3-C			372	372	580	530			
4	1685	4212	10250	10250	70	70		0.95*	1181
5-A	1600	4000	390	390	1150	950	540-600	0.98-0.99	596-836
5-B			390	390	1250	1100			
5-C			390	390	1050	900			
6-A	750	1875	420	400	350	350	160	0.88	183-224
6-B			420	400	300	300			
6-C			420	400	350	350			

注：アスタリスク (*) を付けたデータは、実測できなかったもので推定値とした。

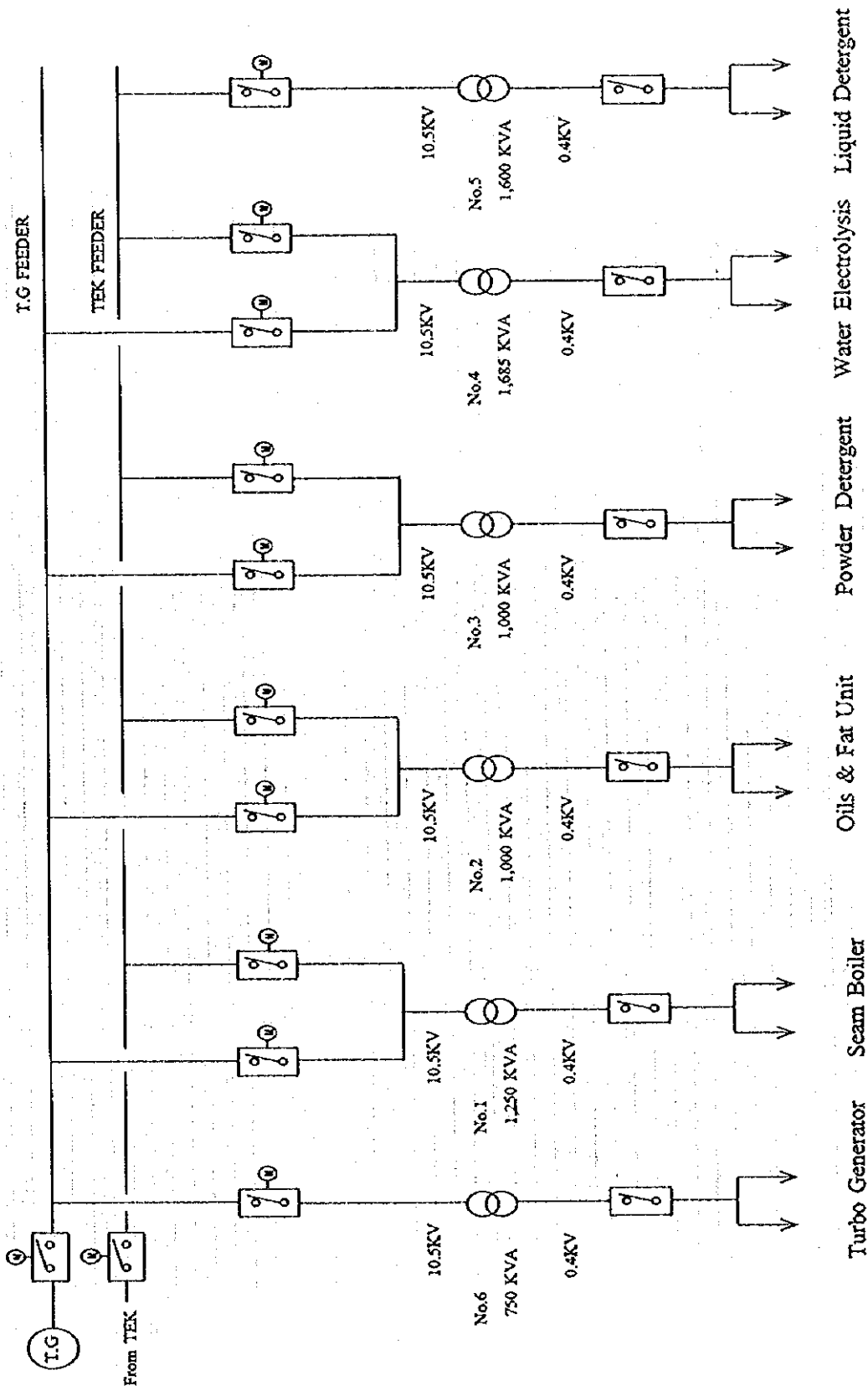


Figure 9-18 Single-line Diagram (Turyag S.A.)

2) 主要モーターの測定

対象工場では、回転機器の駆動源としては電動機のみを使用しており、約 1,000 台のモーターを設置している。モーターは、能力別に下記のように分類される。

- | | | |
|-----------------------|-----|--------------|
| 1) 10 kW 以下 : | 847 | 台 |
| 2) 10 kW ≤ < 30 kW : | 98 | 台 |
| 3) 30 kW ≤ < 50 kW : | 26 | 台 |
| 4) 50 kW ≤ < 100 kW : | 12 | 台 |
| 5) 100 kW 以上 : | 9 | 台 (合計 992 台) |

前記のモーターの中で、能力の大きいものを選んで電力使用量等を実測したが、その結果を Table 9-14 に示している。

Table 9-14 Results of Measurements on Major Motors

Service	Rated kW	Ampere:A	Voltage:V	Power factor (Label Value)	Power:kW (Load)
FDF/Boiler	110	142	385	0.87	84.2(0.749)
IDF/Boiler	55	77	387	0.87	44.9(0.816)
IDF/Spray dryer	132	153	379	0.86*	86.4(0.655)
Air compressor	110	166	382	0.86	94.5(0.859)
NH ₃ compressor	160	223-230	380	0.86	126.2(0.789) 130.2(0.814)

注：アスタリスク (*) を付けたデータは、実測できなかったので推定値とした。

9-10 工場のエネルギーフローチャートと主要なエネルギー消費装置

対象工場には、下記の3種類のエネルギー源が別個にある。

1. スチームボイラーへのリグナイト
2. 粉末洗剤工程に於けるエアヒーターへの燃料油
3. スルホン化工程に於ける溶融硫黄 (SO₂ 転化熱)

したがって、ここでは工場全体のエネルギーフローチャートに代えて、上記の3つのエネルギーを対象にしたエネルギーフローチャートを作成することとした。

9-10-1 スチームボイラー回りのエネルギーフローチャート

前記の測定と分析結果に基づいて、エネルギーバランスは Table 9-15 のように計算された。

Table 9-15 Energy Balance around Steam Boiler

	Quantity	Temp. (°C)	Press.(bar)	Heat (kcal/h)	Ratio (%)
Inlet					
1) Lignite	2,938 kg/h	30	ambient	9,313,460	86.03
2) BFW	11,300 kg/h	110	65.2	1,243,000	11.48
3) Combust. air	28,956 Nm ³ /h	30	ambient	269,291	2.49
Total				10,825,751	100.00
Outlet					
1) Steam	11,300 kg/h	453	40.9	9,051,300	83.61
2) Exhaust gas	29,472 Nm ³ /h	133	-	1,215,127	11.22
3) Ash	844 kg/h	75	-	186	0.01
4) Heat Loss				559,138	5.16
Total				10,825,751	100.00

注-1: リグナイトの低発熱量 (LHV) は、3,170 kcal/kg としたが、これはエーゲ大学が最近行ったいくつかの分析値の平均値である。

注-2: 燃焼ガス量 (28,956 Nm³/h) と排ガス量 (29,472 Nm³/h) は、前記 9-8-3 項に記載の計算方法 -2 に従って行った計算結果である。なお、同様に計算方法 -1 で行った計算結果は、それぞれ 27,923 Nm³/h と 28,065 Nm³/h であった。

これら上表の計算結果から、スチームボイラーの熱効率は 83.61 % であり、適切な運転が維持されていると判断できる。これは、エコマイザーを通して排ガス中の熱がボイラー水で効率的に回収されているからと考えられる。尚、スチームボイラー回りのエネ

ルギーフローチャートは、Figure 9-19 に示すとおりである。

9-10-2 スチームタービン発電機回りのエネルギーフローチャート

スチームタービン発電機回りのエネルギーバランスも同様の方法で計算したが、その結果を Table 9-16 に示す。また、そのエネルギーフローシートを Figure 9-20 に示す。

Table 9-16 Energy Balance around Steam Turbine Generator

	Quantity	Temp. (°C)	Press.(bar)	Heat (kcal/h)	Ratio (%)
Inlet					
1) Generated Steam	11,300 kg/h	448	40.3	8,983,500	100.00
Total				8,983,500	100.00
Outlet					
1) HP Steam	1,360 kg/h	441	40.3	1,074,400	11.96
2) MP Steam	3,500 kg/h	317	10.1	2,583,000	28.75
3) LP Steam	3,700 kg/h	279	4.0	2,675,100	29.78
4) LPS to atm.	2,740 kg/h	252	4.0	1,939,920	21.60
5) Generated Power	700 kWh	75	-	602,000	6.70
6) Heat Loss				109,080	1.21
Total				8,983,500	100.00

上表の計算結果から、次のことが考えられる。

1. ある測定時点では、大気中に放出されているスチームの量は 2,470 kcal/kg であり、これによるエネルギー損失は、発電量の約 3 倍に相当している。
2. 但し、この大気中に放出されているスチームの量は常に変動している。これは、スチームを使用する製造工程では一部断続運転を行っているが、スチームボイラー側では、これらの負荷変動にすぐには対応できないからである。
3. したがって、この大気中に放出されているスチーム量を最少に押える必要があるが、対策として次のことが考えられる。

- 1) 能力の大きいモーターの代わりにスチータービン駆動を考える。
- 2) 大気放出スチームを凝縮器で回収する。
- 3) エアヒーターへの燃焼空気を、低圧スチームで予熱する。
- 4) その他、電力と燃料油に代えてスチームの利用を考える。

もともと、スチームタービン発電機は最大 16 tons/h のスチームを使用し、これに応じて 10 tons/h のスチームを発生できる 2 機のスチームボイラーが設置された。しかしながら、現実的にはスチームタービンの使用するスチーム量は、夏期には 7 ~ 8 tons/h であり、冬季には 11 tons/h となっている。この理由としては、当初に運転されていた、石鹼製造装置の建設が中止されたことによる。また、省エネルギー対策として、数多くのスチームトラップを取付けて、熱損失を少なくしたことも関係している。

その結果として、スチームタービン発電機からの発電量は、対象工場内で対応できる分を満たすことができなくなり、TEK からの受電量は、契約電力 (2,500 kW) を時々超えるようになった。このような場合、工場側としてはスチームタービンからの抽気スチームを大気に放出してでも、発電量を増やさなければならない状況にある。又、当然ながら低ロードで運転されているスチームタービン発電機の効率点は低いはずである。従って、抽気スチームを他の方法で利用することを検討する必要がある。

9-10-3 スプレードライヤーとエアヒーター回りのエネルギーフローチャート

スプレードライヤーとエアヒーター回りのエネルギーバランスの計算結果を下表に示す。ここで、エアヒーターからの燃焼ガスはスプレードライヤーを經由して大気へ排ガスとして放出されること、および、スプレードライヤーへは多量の空気が漏れ込んでいることから、計算方法は単純ではなく、その計算方法は別途後で記載する。

Table 9-17 Energy Balance around Spray Dryer and Air Heater

	Quantity	Temp. (°C)	Press.(bar)	Heat (kcal/h)	Ratio (%)
Inlet					
1) Fuel Oil *1	367 kg/h	89	2.5	3,838,820	87.81
2) Atomizing *2 Steam	31 kg/h	150	4.2	20,370	0.47
3) Combustion Air *3	5,830 Nm ³ /h	30	-	54,220	1.24
4) Quench Air *3	16,310 Nm ³ /h	30	-	151,680	3.47
5) Slurry *1	7,518 kg/h	75	65	-	
Water *4	3,661 kg/h	75	65	274,580	6.28
6) Leak Air *6	34,625 Nm ³ /h	30	-	32,200	0.73
Total				4,371,870	100.00
Outlet					
1) Exhaust Gas *6	55,923 Nm ³ /h	75	-	1,300,210	29.74
2) Powder *1	4,400 kg/h	65	-	-	
Water *4	559 kg/h	75	-	41,930	0.96
Vapor Loss *5	3,102 kg/h	75	-	1,954,550	44.71
Heat Loss			-	1,075,180	24.59
Total	2,740 kg/h			4,371,870	100.00

注-1：燃料油、スラリーおよび粉末洗剤の各流量については、燃料油量の測定を除いて、限られた期間内では実測が不可能だったので、工場側が記録・管理している下記のデータを使用した。

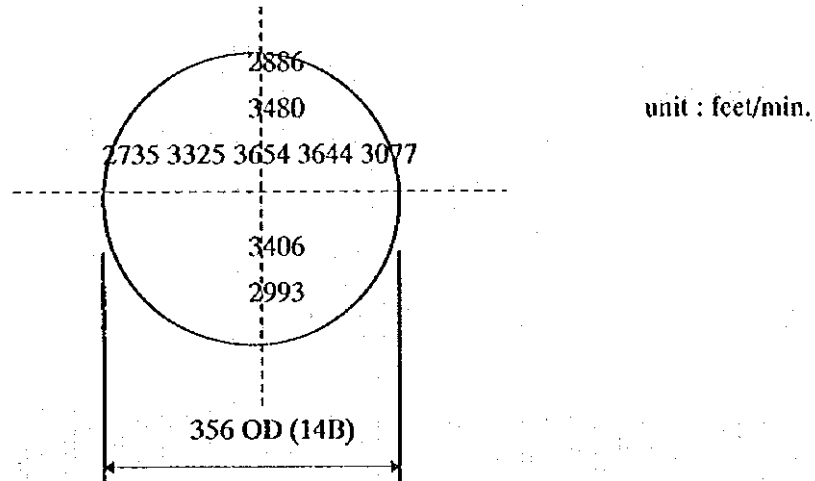
粉末洗剤：	1,500 kg/batch	→	4,400 kg/h
スラリー：	2,560 kg/batch	→	7,518 kg/h
燃料湯：	125 kg/batch	→	367 kg/h

注-2：燃料油のアトマイジングスチームの流量は、下記のように計算した。

- 1) 配管サイズ： 1/2B (21.3 mm OD, 2.76 mm 肉厚)
- 2) 配管断面積： $(21.3 - 2 \times 2.76)^2 \times 0.785 = 195 \text{ mm}^2 = 1.95 \text{ cm}^2$
- 3) 流速： 20 m/s = 2000 cm/s

- 4) 燃料油流量: $1.95 \times 2000 = 3900 \text{ cm}^3/\text{s} = 14.04 \text{ m}^3/\text{h}$
 $= 30.7 \text{ kg/h}$ (スチーム比容積: $457 \text{ m}^3/\text{トン-スチーム}$)

注-3: 燃焼用空気量とクエンチ空気量は、以下のような計算を行った。



空気容量の計算 (燃焼空気)

- 1) 平均流速: $3,250 \text{ ft/min} = 990.6 \text{ m/min}$
- 2) 断面積: $(356 - 2 \times 10)^2 \times 0.785 = 98,373 \text{ mm}^2 = 0.098 \text{ m}^2$
- 3) 空気容量: $990.6 \times 0.098 = 97.1 \text{ m}^3/\text{min} = 5,826 \text{ m}^3/\text{h}$

空気容量の計算 (クエンチ空気)

- 1) 平均流速: 600 m/sec (assumed)
- 2) 断面積: $(762 - 2 \times 10)^2 \times 0.785 = 453,416 \text{ mm}^2 = 0.453 \text{ m}^2$
- 3) 空気容量: $600 \times 0.453 = 271.8 \text{ m}^3/\text{min} = 16,308 \text{ m}^3/\text{h}$

注-4: スラリーと粉末洗剤中の水分は、以下のように計算した。

$$7,518 \text{ kg/h} \times 0.487 = 3,661 \text{ kg/h} \text{ (Table 9-8 を参照)}$$

$$4,400 \text{ kg/h} \times 0.127 = 559 \text{ kg/h} \text{ (Table 9-8 を参照)}$$

注-5: 水蒸気としてのロスは、以下のように計算した。

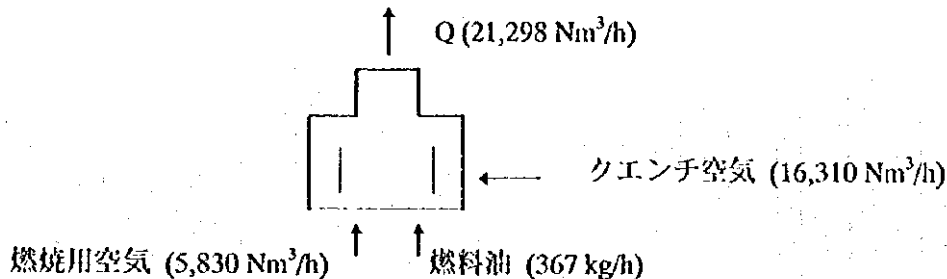
$$\text{スラリー中の全水分量: } 3,661 \text{ kg/h}$$

$$\text{粉末洗剤中の水分: } 559 \text{ kg/h}$$

$$\text{排ガス中への水分ロス: } 3,661 - 559 = 3,102 \text{ kg/h}$$

注-6: スプレードライヤーからの排ガス流量は、以下のように計算した。

最初に、エアヒーターからの燃焼ガス量を計算する。



$$\begin{aligned}
 A_o &= \text{理論空気量 (Nm}^3\text{/kg-燃料油)} \\
 &= 0.0889C + 0.267H + 0.033S \\
 &= 0.0889 \times 85.4 + 0.267 \times 11.7 + 0.033 \times 2.26 \\
 &= 10.78 \text{ (Nm}^3\text{/kg-燃料油)} \\
 &= 10.78 \times 367 \text{ kg/h} = 3,956 \text{ (Nm}^3\text{/h)} \\
 m &= \text{過剰空気率} \\
 &= \text{実燃焼用空気量} / A_o \\
 &= 5,830 / 3,956 = 1.47 \\
 G &= \text{乾き排ガス量} \\
 &= (m - 0.21)A_o + (1.867C + 11.2H + 0.7S) / 100 \\
 &= 4,988 \text{ Nm}^3\text{/h} \\
 Q &= \text{乾き排ガス量} + \text{クエンチ空気} \\
 &= 4,988 + 16,310 = 21,298 \text{ Nm}^3\text{/h}
 \end{aligned}$$

次に、スプレードライヤーへの漏れ込んでいる空気量 (Q') は、燃焼ガス中 ($\text{CO}_2 = 4.2 \text{ vol\%}$) と排ガス中 ($\text{CO}_2 = 1.6 \text{ vol\%}$) の CO_2 バランスから、次のように計算した。

$$\begin{aligned}
 21,298 \times 0.042 &= (21,298 + Q') \times 0.016 \\
 554 &= 0.016Q' \quad Q' = 34,625 \text{ Nm}^3\text{/h}
 \end{aligned}$$

したがって、スプレードライヤーからの排ガス量は、55,923 ($21,298 + 34,625$) $\text{Nm}^3\text{/h}$ となる。

前表の計算結果から、次のことが考えられる。

- 1) 燃料油量としては、工場側が記録しているデータ 367 kg/h を採用したが、実測値 244 kg/h を採用すると、熱ロス量は減少となる。
- 2) 燃料油量だけでなく、スラリーと粉末洗剤中に含まれている水分量が、全体の熱バランスに大きく影響する。尚、9-9-2(6) 項で記載したように、ここで使用されている機器からの保温材を通しての熱ロス量は多くない。

3) かなりの量の空気がスプレードライヤーの中に洩れ込んでおり、これがスプレードライヤーの内部温度を低下させている。言い換えれば、エアヒーターからの最適な流量と温度の高温空気が、スプレードライヤーへ供給されていないとも考えられる。従って、最適な流量と温度の高温空気を供給する為に、次の対応を考える必要がある。

- a) 空気の漏れ込みの原因となっている、スプレードライヤーの隙間等を完全に無くすようにする。
- b) その後、クエンチ空気量をダンパー等を設けて調整する。

上記の対策を実施すれば、燃料油の消費量は減少すると判断される。

スプレードライヤーとエアヒーター回りのエネルギー・フローチャートは、Figure 9-21 のとおりである。

9-10-4 スルフォン化工程に於ける熱バランス

スルフォン化工程における熱バランスの計算結果は、Table 9-18 のとおりであり、エネルギー・フローチャートを Figure 9-22 に示す。

Table 9-18 Energy Balance in Sulfonator

	Quantity	Temp. (°C)	Heat (kcal/h)	Ratio (%)
Inlet				
1) Melting Sulfur	163 kg/h	140	406,250	100.00
Outlet				
1) Cooling Air to Atmosphere	6,430 Nm ³ /h	180	358,910	88.35
2) Heat Loss			47,340	11.65
Total			406,250	100.00

注：大気への熱ロスは、次のように計算した。

空気流量の計算

- 1) 平均流速： $1,750 \text{ ft/min} = 533.4 \text{ m/min}$
- 2) 断面積： $(508 - 2 \times 10)^2 \times 0.785 = 200,988 \text{ mm}^2 = 0.201 \text{ m}^2$
- 3) 空気流量： $533.4 \times 0.201 = 107.2 \text{ m}^3/\text{min} = 6,432 \text{ m}^3/\text{h}$

熱ロスの計算

- 1) 空気温度： $180 \text{ }^\circ\text{C}$
- 2) 空気のエンタルピー： $0.31 \text{ kcal/m}^3\text{ }^\circ\text{C}$
- 3) 熱ロス： $6,432 \times 180 \times 0.31 = 358,906 \text{ kcal/h}$

Table 9-18 の計算果から、以下のことが考えられる、

- 1) 入熱の約 88.35 % が高温空気として大気へ放出されている。したがって、この熱を利用することができれば、その分、入熱が回収される。
- 2) しかしながら、現在ではイオウ分による熱交換器の腐食が原因で、これの熱回収は行われていないが、熱回収の方法を再度検討する必要がある。

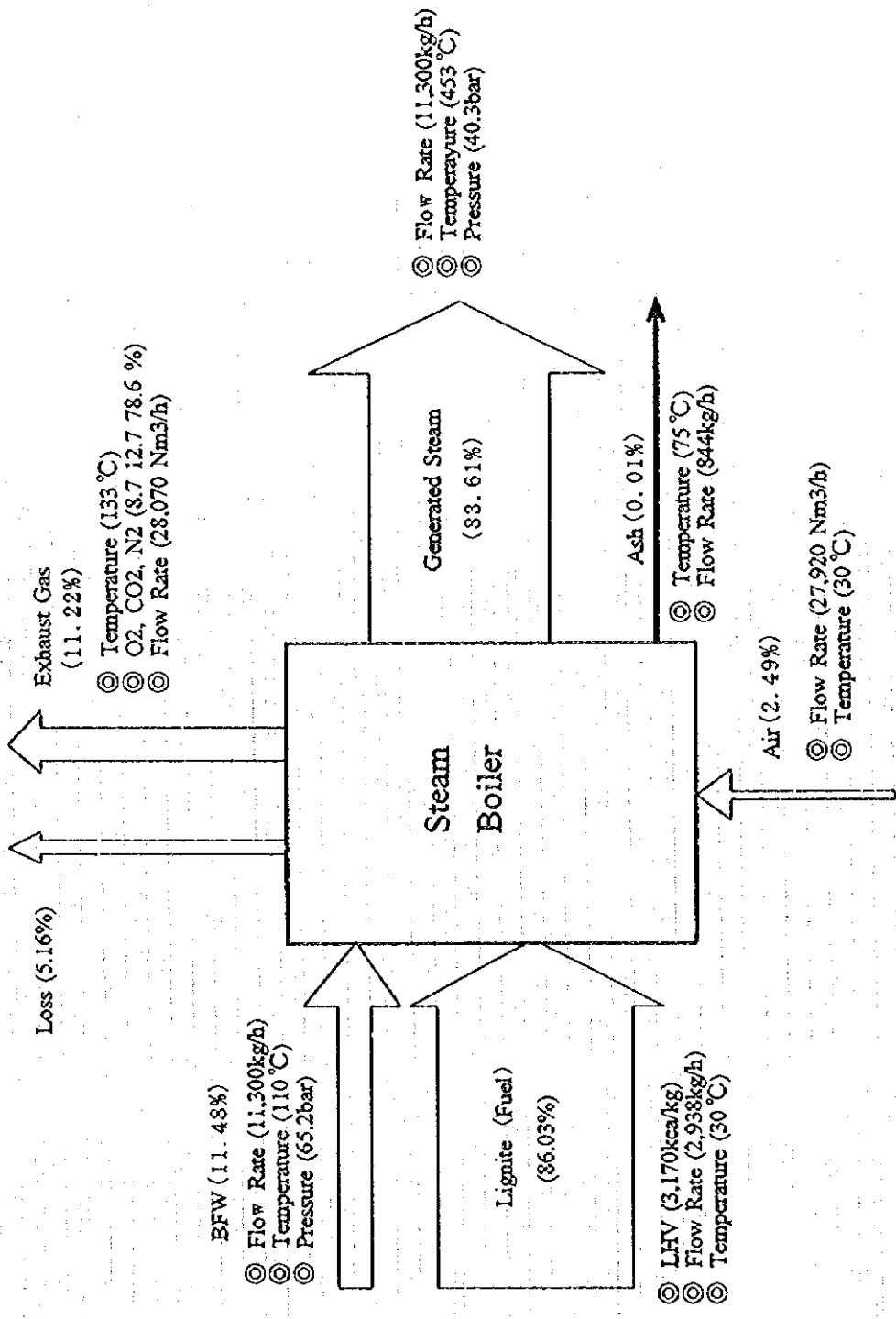


Figure 9-19 Heat Balance around Steam Boiler (Turyag S.A.)

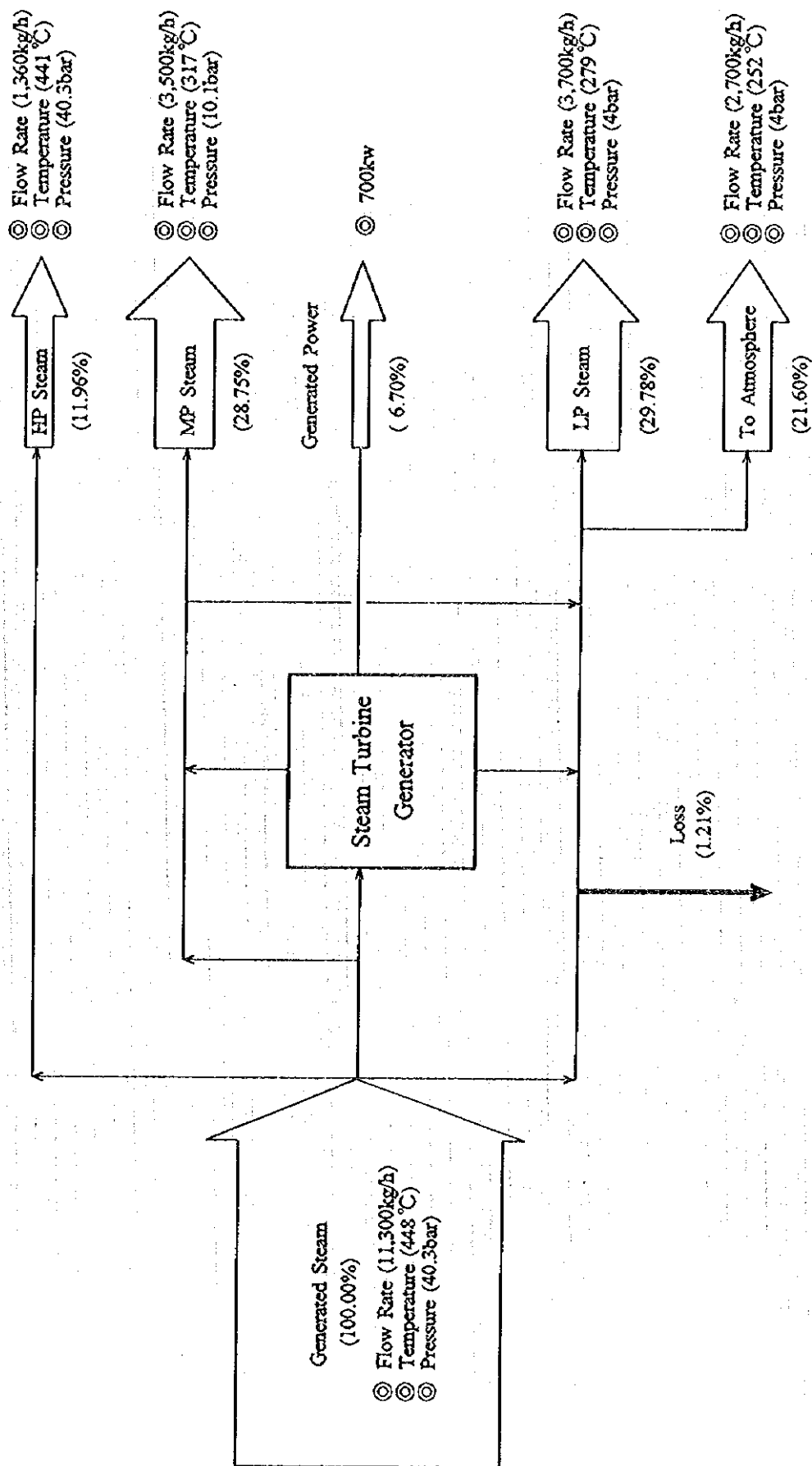


Figure 9-20 Energy Balance around Steam Turbine (Turyag S.A.)

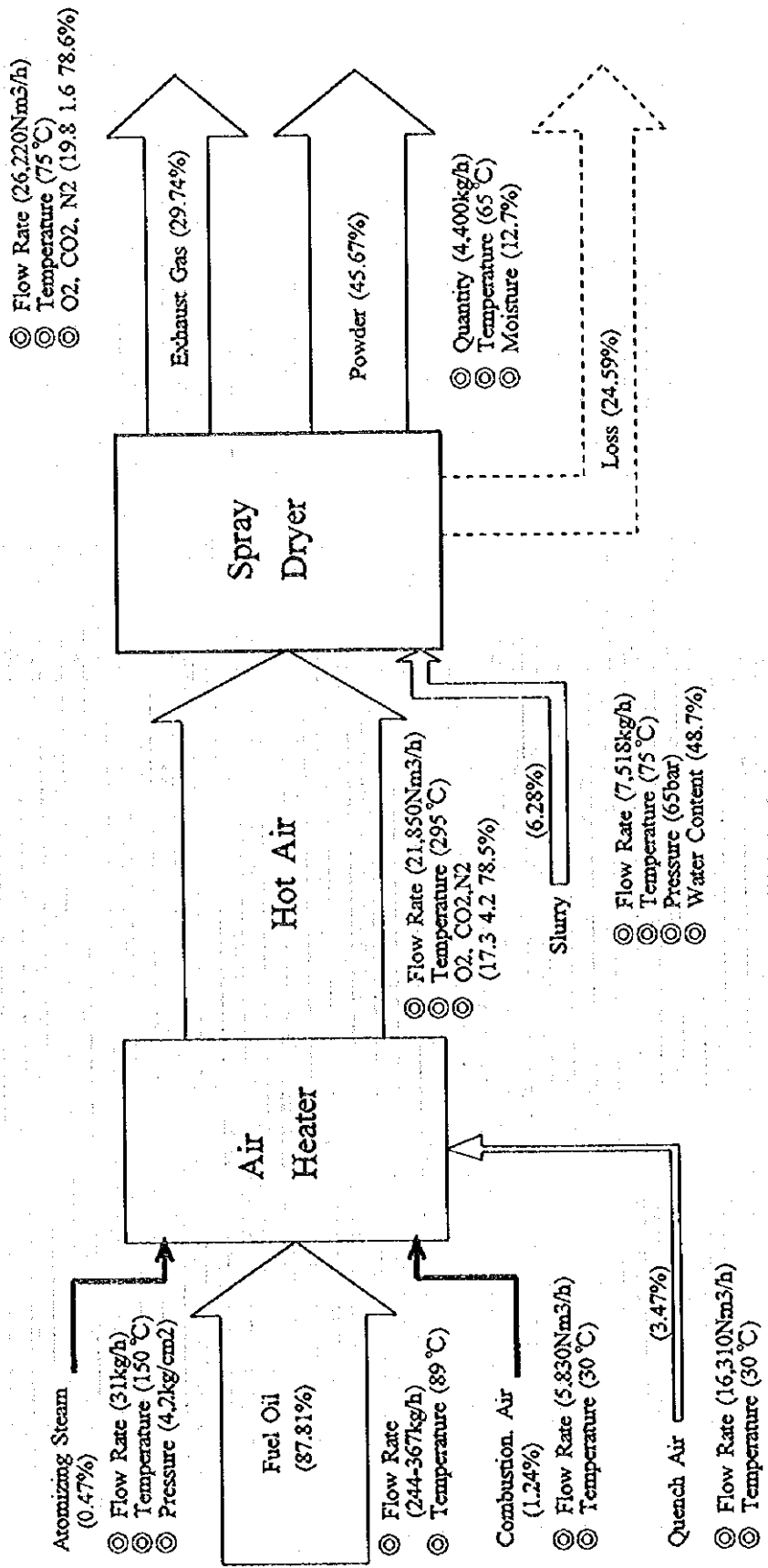


Figure 9-21 Heat Balance around Spray Dryer (Turyag S.A.)

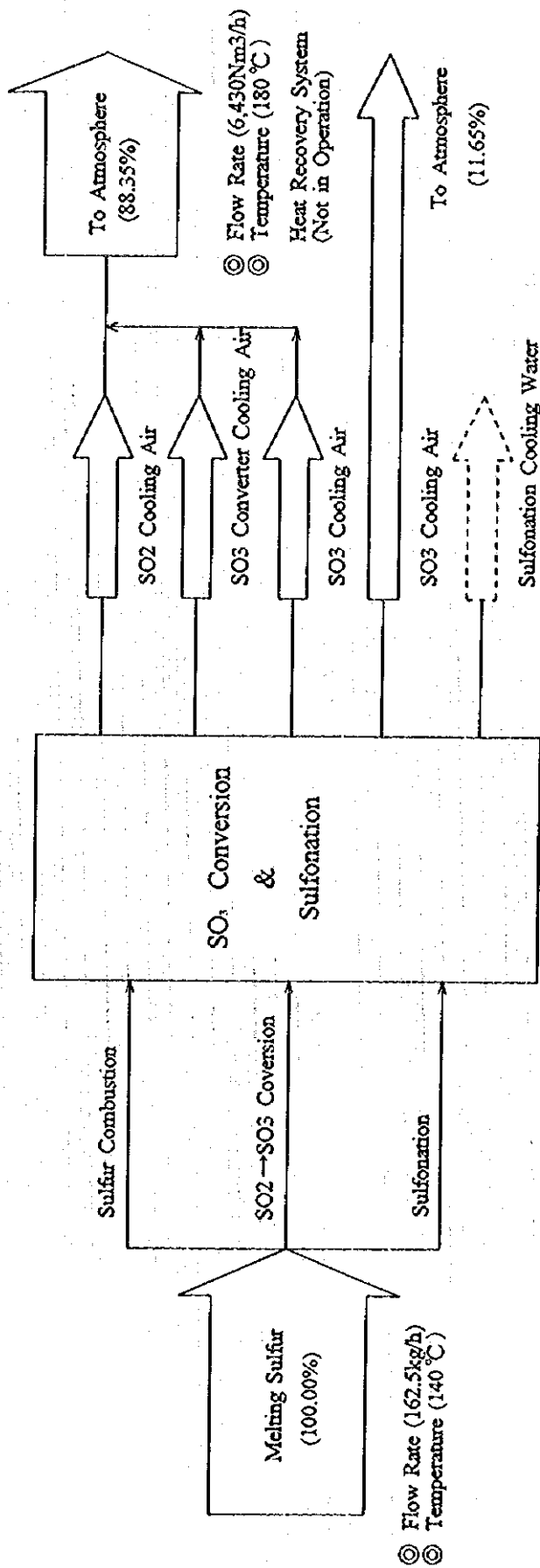


Figure 9-22 Heat Balance in Sulfonator (Turyag S.A.)

9-11 省エネルギー対策の策定と提案

省エネルギー診断のための測定と分析の結果は、前章までに解析・加工されている。これらの結果に従い、省エネルギー対策の策定と提案をここで検討し、述べることとする。尚、対策の主要項目は以下のとおりである。

1. ボイラー周りのエネルギーバランスの改善
2. スチーム消費量と必要発生電力との不均衡の解決
3. 噴霧乾燥器と空気加熱炉周りのエネルギーバランスの改善
4. スルフォネーション・プロセスのエネルギーバランスの改善
5. スチーム凝縮水回収システムの改善
6. スチーム・トラップシステムの熱損失の削減
7. 断熱・保温システムの熱損失の削減
8. 電力消費量の低減

9-11-1 ボイラー周りのエネルギーバランスの改善

本工場は、ボイラーで使用するリグナイトの時間当たり消費量を測定していない。リグナイト消費量は、直接計測のかわりに月間および年間購入量で判断し、この消費量とスチーム発生量を相関させている。然しながらボイラー周りの熱効率を連続的に管理し、コントロールするためには、リグナイト消費量の直接計測が重要である。この測定は、以下のようなロード・セル型の計測機器にて行うのが適当である。

リグナイト消費量測定用ロード・セル型計測器：2式

測定範囲： 0-3,500 kg/h

9-11-2 スチーム消費量と必要電力発生量の不均衡の解決

本工場は、最大スチーム消費量 16t/h (発電量 1,600 kW) のタービン発電機と、定格スチーム発生量 10t/h のボイラー2基を保有している。一方、スチーム消費量は夏季で7.8t/h、冬季には約 11t/h である。これらの不均衡は、ボイラーとタービン発電機の設置後に実施した、石鹼プラントの停止とスチーム・トラップシステム導入によるスチーム消費の合理化に起因している。

その結果として、タービン発電機による発電量は本工場の必要電力量に達せず、時にはTEKからの受電量は契約電力量(2,500 kW)を超過し、TEKより罰金を課されることもある。このような場合には、本工場は大気放出のスチームを増加し、発電量を増大せざ

るを得ない。更に、このタービン発電機には、低稼働率による低効率の問題もある。これらの問題を解決するためには、合理的なスチーム消費量の増加と、電力消費量の低減が必要であり、以下の対策案を検討した。

1. スチームタービン駆動機による大容量モータの代替
2. タービン発電機出口LPスチーム・ラインへの凝縮器の導入
3. ボイラーの強制通風機用スチームタービン駆動機出口への凝縮器の導入
4. LPスチームを利用した空気加熱炉の燃焼用空気予熱器の導入

(1) スチームタービン駆動機による大容量モータの代替

本対策は、スチーム消費量の増加（発電量の増加）と、消費電力量の低減の双方に有効であり得る。尚、タービン発電機の抽気MPスチーム（10.5 bar）を利用するタービン駆動機に代替されるモータの候補は、以下のとおりである。

- | | |
|--------------------------|------------|
| 1. ボイラーの強制通風機(FDF): | 110 kW x 2 |
| 2. 噴霧乾燥機の誘引通風機(IDF): | 132 kW |
| 3. スルフォネーション・プロセスの空気圧縮機: | 107 kW |
| 4. スクリュー型空気圧縮機: | 110 kW x 2 |

スチーム消費量と駆動電力の相関に関する予備的計算によれば、35-38 kg スチーム/kWの結果が得られた。従って、100 kWのモータは3.5-3.8 t/hのスチームを必要とする。この結果より、大容量のモータ1基のみがタービン駆動に転換でき、ボイラー2基運転が必要になる可能性もある。立地条件、運転の利便性を考慮して、ボイラーの強制通風機(FDF)2基の内1基を選定する。

(2) タービン発電機出口LPスチーム・ラインへの凝縮器の導入

本対策は、タービン発電機の効率向上と発電量増加のために、タービン発電機へのスチーム増量を目的としたものである。凝縮水はボイラー給水として回収されるが、LPスチームの潜熱は冷却水により消費されることになる。従って、スチーム凝縮とスチーム大気放出に重要な相違はなく、本対策は推奨できない。

(3) ボイラーFDF用タービン駆動機出口への凝縮器の導入

ボイラー用FDFのタービン駆動機出口スチームがLPスチーム(4.5 bar)として回収されると、LPスチームは余剰となり大気に放出されることとなる。このようなシステムの代わりに、このスチームを凝縮し凝縮水を直接ボイラー給水として回収する方法である。

(4) LPスチーム利用による空気加熱炉の燃焼用空気予熱器の導入

LPスチーム消費量（発電量）の増加と燃料油消費量の低減のために、空気加熱炉の燃焼用空気予熱器設置は有効である。

(5) スチームタービン発電機周りの諸対策の概念仕様

スチーム消費量と必要発生電力との不均衡の解決に関する、諸対策の概念仕様は以下のとおりである。

1) ボイラーFDF用スチームタービン駆動機

入口スチーム条件:	10.5 bar, 300-320 °C
出口スチーム条件:	2.0 bar, 150-200 °C
回転速度:	4,000 rpm
所要スチーム消費量:	4t/h (110 kW 相当)

2) ボイラーの FDF 用スチームタービン駆動機出口凝縮器

入口条件:	スチーム, 2.0 bar, 150-200 °C, 4 t/h
出口条件:	飽和水, 2.0 bar, 120 °C
冷却媒体および所要量:	海水, 141 t/h
海水入口/出口温度:	20/35 °C
型式および材質:	シェル (スチームおよび凝縮水) / チューブ (海水) シェル (炭素鋼), チューブ (銅合金)
熱負荷および伝熱面積:	2.116 MMkcal/h, 32.07 m ²
凝縮器寸法:	シェル内径 400 mm, チューブ長さ 3000 mm (チューブ外径 19mm) チューブ本数 184

3) 空気加熱炉燃焼空気用空気予熱器

入口/出口空気:	20/130 °C, 6,000 Nm ³ /h
スチーム入口/出口条件:	4.5 bar, 200 °C / 4.5 bar, 148 °C (飽和水)
所要スチーム量:	404 kg/h
型式および材質:	プレート・フィン, SUS 304
熱負荷および伝熱面積:	204,400 kcal/h, 350 m ²

9-11-3 噴霧乾燥器と空気加熱炉周りのエネルギーバランスの改善

本ユニットにおける現在の制御ポイントは、添加物を含む原料混合量と空気加熱炉出口ガス（乾燥用ガス）の温度である。このユニットの最終目的は、合理的なエネルギー消

費下で適切な水分含有量の粉末洗剤を製造することであり、以下の諸因子間の相関を見出す必要がある。

1. 投入スラリーの流量と水分含有量
2. 乾燥用ガスの入口/出口条件(流量および温度)
3. 粉末洗剤の含有水分
4. 燃料油消費量
5. 燃焼用空気と冷却用空気の流量

エネルギー管理の目的で本ユニットを制御するためには、以下の諸対策を採用する必要がある。

(1) 噴霧乾燥器の漏洩箇所の補修

噴霧乾燥器には、スラリー自体の腐食による漏洩箇所があり、これらの箇所より冷たい空気が侵入している。その結果、実際のガス流量は空気予熱炉の出口ガスより大きく、噴霧乾燥器の塔頂温度は75℃まで低下している。従って、噴霧乾燥器の効率は低下しているため、漏洩箇所の補修が必要である。

(2) 粉末の含有水分と塔頂温度の相関把握

漏洩箇所の補修後、入口ガスの温度を同一にして粉末洗剤の含有水分と、噴霧乾燥器の塔頂温度の相関を把握する必要がある。

(3) 入口/出口ガス温度の制御

前述の相関に基づき、以下のシステムにより噴霧乾燥器の入口/出口ガス温度を制御する必要がある。

入口ガス温度: 燃料油による温度制御 (制御弁を含む計装システム)

出口ガス温度: 冷却空気による温度制御 (ダンパーを含む計装システム)

9-11-4 スルフォネーション・プロセスのエネルギーバランスの改善

SO₂転化器周りには5基の熱交換器があり、SO₂またはSO₃ガスによりしばしば損傷を受けている。この中でも、BFW予熱器は腐食による損傷が特に大きく、現在は使用されていない。当然のことながら、SO₂やSO₃を使用する場合には、熱交換器の材質を慎重に選定しなければならない。

本ユニットの熱交換器に一般的に使用される材質は以下の通りである。

シェル/チューブ型: シェル側-炭素鋼,チューブ側-SUS 316 (ステンレス鋼)

プレート側: SUS 304 (ステンレス鋼)

本プロセスのエネルギーバランスを改善するためには、従来12E8と呼称されていた BFW 予熱器の再建による、冷却用空気からの熱回収が最も重要である。BFW 予熱器の概念仕様を以下に示すが、基本的には材質を除いて12E8の設計仕様と同一である。

型式および材質: プレート型、SUS 304

その他仕様: 12E8の設計仕様と同一

9-11-5 スチーム凝縮水回収システムの改善

本工場は、汚染物質検知システムが装備されている、4個のスチーム凝縮水回収槽と最終回収槽を保有しているが、現在は汚染のためこのシステムによる凝縮水の回収は行われていない。凝縮水を回収していないため、井水の補給と BFW 処理システム（砂濾過、活性炭処理、イオン交換処理、CO₂脱ガス）運転のエネルギーが必要であり、エネルギーロスは大である。この汚染の継続時間は短く（典型的な継続時間は約5分間）、この汚染の原因が機械的故障でなく、運転トラブルによるものと考えられる。典型的な運転トラブルはタンク地区周りでの油輸送の場合に次のように起こる。

1. ある油がA槽からAタンクに、共通のポンプと配管を經由して輸送される
2. LPスチーム配管を接続して、共通のポンプと配管をスチーム洗浄する
3. 他の油がB槽からBタンクに、共通のポンプと配管を利用して輸送される
4. 洗浄後スチームバルブを閉め忘れ、油がスチームおよび凝縮水配管に侵入する

このような運転トラブルを防止するために、以下のような改善が必要である。

1. スチームおよび凝縮水システムと配管洗浄システムの分離
2. 配管洗浄システムへのブロック/ブリード弁システムの導入
3. スチーム凝縮水システムへのドレンポットの導入
4. 配管洗浄の標準運転マニュアルの作成と運転手順の教育・訓練
5. 配管・弁への色づけによる重要な弁の開閉状態識別の容易化

9-11-6 スチーム・トラップシステムの熱損失の削減

前述のとおり本工場には、スチームトラップが約500個配置されている。

また、これらの作動状況と保守状況は概して良好であるが、いくつかのスチームトラッ

ブには漏洩や吹抜けが見受けられ、ある前提下でスチームおよび熱ロスを計算して、約3%の結果を得た。スチームトラップの寿命は通常3-5年であり、消耗品と見なせるので、点検・補修・更新等定期的管理が必要である。

9-11-7 断熱・保温システムの熱損失の削減

主要機器およびスチーム配管よりの表面熱損失計算結果によると、スチームボイラーの熱損失が最大で、噴霧乾燥器がこれに続いている。また、スチーム配管全体の熱損失はこれらの機器単独の熱損失と同等である。従って、保温・断熱の改善の第一優先順位は、ボイラーと噴霧乾燥器の保温厚みの増加である。スチーム配管については、個々のラインの熱損失は大きくないが、ほとんど全部のバルブ、フランジが保温されていないため、これらの部分の保温が必要である。バルブ、フランジ部分の保温標準図を Figure 9-23 に示す。

9-11-8 電力消費量の低減

前述のとおり本工場には、6基のトランスと992台のモーターがあるが、ここでは、トランスとモーターの電力消費低減を個別に検討する。

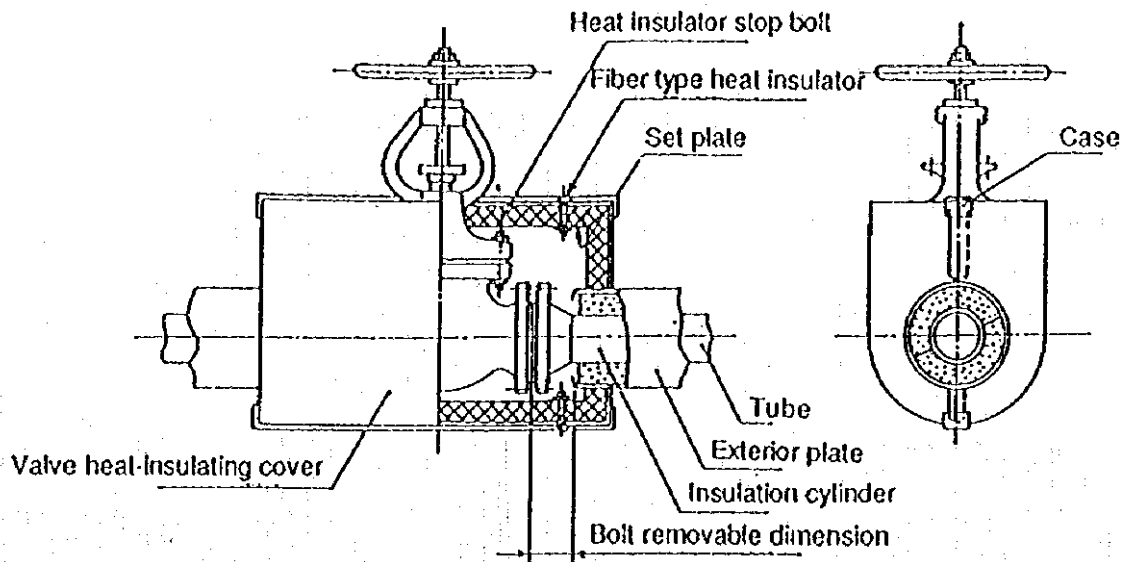
(I) トランス

連結されているモーターを含むトランスの概要を、Table 9-19 に示す。また、個々のトランスの定格容量と稼働率をまとめると以下のとおりとなる。

NO.1:	1,250 kVA,	33.6 % / 38.3-44.6 % / 26.6 %	(ボイラー)
NO.2:	1,000 kVA,	51.0 % / 52.7-57.8 % / 40.3 %	(食用油脂)
NO.3:	1,000 kVA,	21.0 % / 33.6-42.1 % / 37.6 %	(粉末洗剤)
NO.4:	1,685 kVA,	-- / 70.1 % / 20.6 %	(水電気分解)
NO.5:	1,600 kVA,	33.8-37.5 % / 37.3-52.3 % / 43.4 %	(液体洗剤)
NO.6:	750 kVA,	21.3 % / 24.4-29.9 % / 58.7 %	(タービン発電機)

注) : 1-2 番目の稼働率の数値は 1996 年 9 月の測定および計算値であり、3 番目の数値は 1995 年 11 月の月間消費量から算出されたものである。

Heat Insulation of Valve



Details of case



Heat Insulation of Flange

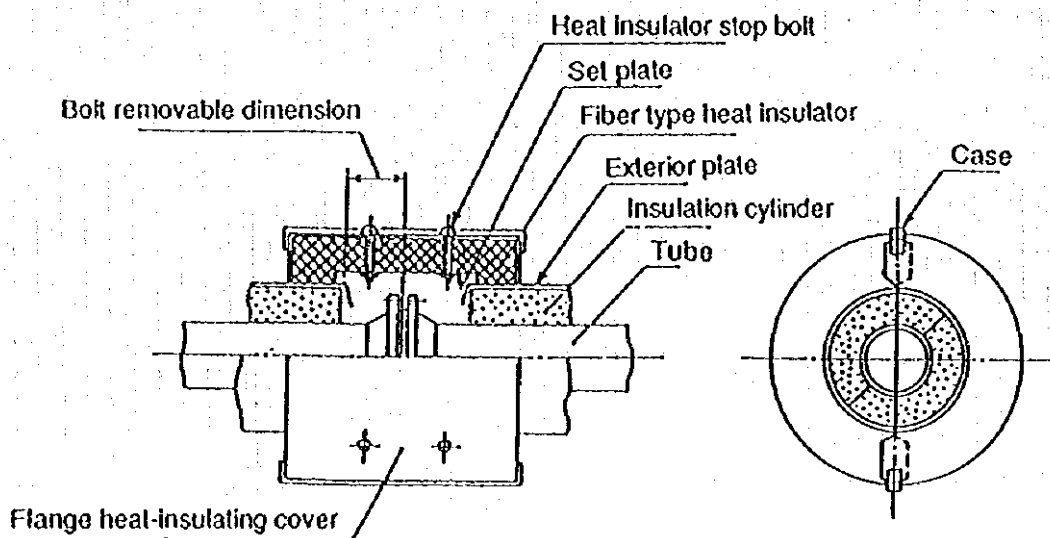


Figure 9-23 Standard Drawing of Thermal Insulation for Valves and Flanges

本工場には、バッチ、セミ・バッチ運転の設備が多数存在しているため、限られたデータでトランスの稼働率を評価するのは困難であるが、これらの数値は低稼働率であることを示している。トランスの稼働率については、50-60%の時に最大効率を示すといわれている。したがって、例えばNO.1, NO.3 および NO.6 の統合化を検討する必要がある。特に NO.1 は、ボイラー川 FDF のモーターがスチームタービン駆動に代替された場合や、タービン発電機周りの諸対策実施後には、NO.6 に統合出来る可能性がある。

Table 9-19 Outlines of Transformers

Items	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6
Service	Bolilers	Oils&Fats	Powder Detergent	Electrolysis	Liquid Detergent	Turbine Generaror
Rated kVA	1,250	1,000	1,000	1,685	1,600	750
Number of Motors	184	383	225	-	200	-
Total Rated Power(kW)	1,077	2,276.5	1,113	-	1,320	-
Power Factor	0.97	0.92	0.99	-	0.98-0.99	0.88
Measured Power(kW)	420	510	210	-	540-600	160
Calculated Power(kW)	479-557	527-578	336-421	1,181	596-836	183-224
Monthly Average Power(kW)	333	403	376	347	694	443

注) 測定電力：電力計による直接測定

計算電力：電流、電圧、力率の測定結果より算出

月間平均電力：1995年11月の総消費電力より算出

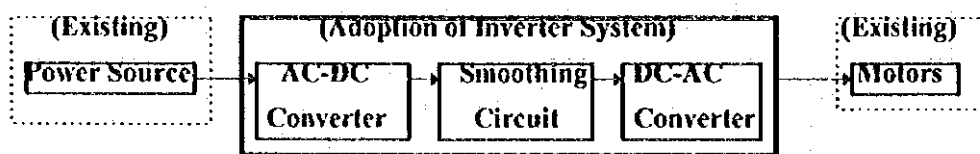
(2) モーター

機器類の駆動力として、約1000基のモーターが使用されているが、これらの内主要な5基の消費電力を測定した。これらのモーターの稼働率は、65.5% (噴霧乾燥器のIDF) から85.9% (スクリュウ型空気圧縮機) の範囲にある。低稼働率はモーターが過剰能力を持っていることを示し、低回転速度による運転が可能である。これらの目的で、インバーター速度制御システム (特に汎用誘導モーターに対して) の適用が有効である。インバーター速度制御システムの特徴は以下のとおりである。

1. 電源の周波数制御による速度制御
2. 既設のモーターへの適用が可能

3. 速度制御範囲が広域で無段階
4. 滑りが小さく高効率
5. 力率は電源とほぼ同一で起動電力は小
6. 高頻度の起動・停止でもトラブル小
7. 設置費用は比較的小

インバーター制御システムの構成の概要を以下に示す。



9-12 省エネルギー対策の費用算出

以下の省エネルギー対策費用が工場側により検討、算出された。

この情報は工場の機密事項であり公開されない。

9-13 省エネルギー対策の総合評価

省エネルギー対策を評価するためには、第一段階で対策実施のための改造・設置費用の算出が必要である。熱・電気エネルギーの合理化による便益の算定が次の段階となる。便益算定のためには、エネルギーの低減量または増加量と価格が必要となる。前述のとおり、本工場はリグナイトを利用したボイラーとタービン発電機を保有し、スチームと電力を自製している。但し、自製のスチームと電力の詳細コスト構成は得られなかつ

たため、本工場におけるエネルギー諸価格の評価は、リグナイト・燃料油・受電を除いては容易でない。したがって、自製スチームと電力価格の実用的な算出を最初に行ってから、個別または総合的な省エネルギー対策の数量的な効果を算出する。省エネルギー対策の便益は以上の結果に基づき評価する。便益を評価した後に、対策のためのコストと比較し、省エネルギー対策の総合的評価を実施する。

9-13-1 自製スチームと電力の価格算出

(1) 関連エネルギーの消費量と価格の推移

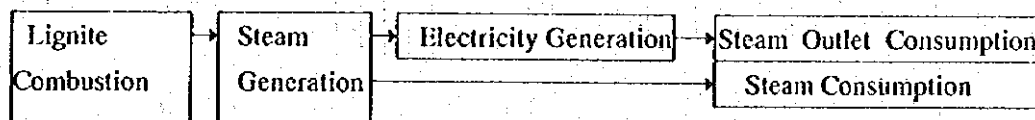
自製スチームと電力の価格の実用的な算出をするためには、リグナイト、自製スチームおよび電力の消費量と価格の相関を考慮する必要がある。これらのデータの 1992 年-1995 年の推移を Table 9-20 に示す。

Table 9-20 Trends of Consumption and Prices of Related Energy

Energy		1992	1993	1994	1995
Lignite	Consumption (tons/y)	23713	19010	16681	16480
	Price (TL/t)	158000	260000	435000	1200000
Steam	Generation (tons/y)	92000	76000	67000	64500
	Price (TL/t)	116000	198000	340000	869683
Electricity	Generation (MkWh/y)	5833	4023	2448	2727
	Price (TL/kWh)	332	725	1862	3478

(2) 3種類のエネルギーの構造的相関

リグナイト、自製スチームおよび電力の構造的相関は、以下のとおりである。



以上の構造からリグナイト、自製スチームおよび電力には以下の相関が想定される。

1) リグナイトと自製スチームの相関

リグナイトはボイラーにおいて、スチームを発生させる目的だけに燃焼されているため、両者には密接な相関がある。従って、以下の前提が容易に導き出され、自製スチームの価格もリグナイト価格から直接算出することができる。

1. スチーム発生量は、リグナイト消費量にほぼ比例している。

したがって、1992 年-1995 年の両者の比率の平均は、3.952 kg-スチーム/

kg-リグナイトと算出される。(253 kg-リグナイト/1000 kg-スチームに等しい)

- 2 スチーム価格は、数量的な相関およびボイラーの固定費を埋没コストと考えると、リグナイト価格にほぼ比例している。従って、数量比を補正した後の両者の価格比は、同一期間において 0.751 kg スチーム価格/kg リグナイト価格と算定される。

2) 自製スチームと電力の相関

スチームの全量が、タービン発電機による自家発電に使用されていないため、この相関を見出すのは容易でない。更に、タービン発電機の効率は稼働率の影響を受けるため、以下の相関を仮定した。自家発電の価格は、以下に示すパラメータを介して、リグナイト価格から間接的に算出することとなる。

1. 自家発電量と自製スチームの数量比は、タービン発電機の効率を代表する指標である。
2. 自家発電と自製スチームの価格比は、両者の数量比またはタービン発電機の効率を反映している。

したがって、2つのパラメータの相関は、自家発電価格の実用的算出のために有効である。2つのパラメータの1992年-1995年の数値は以下のとおりである。

Year	Volumetric Ratio (Elec./Steam)	Price Ratio (Elec./Steam)
1992	63.40 kWh/tons	2.862 kWh/kg
1993	52.93	3.662
1994	36.54	5.476
1995	42.28	4.000

以上の数値より次式が得られる。

$$Y = -0.08535 X + 8.164$$

ここで、

Y: 電気/スチームの価格比、X: 電気/スチームの数量比

相関は上式のように表されるが、自家発電量と自製スチームの数量比を求めるのは、依然として容易でない。このような場合には、自家発電はベースロードであり省エネルギー対策による限界的増減の影響を受けないと考えて、受電の平均価格を使用することとする。

9-13-2 省エネルギー対策の数量的効果

9-11 項では、8 件の省エネルギー対策を論じたが、それらの内以下の主要対策について、数量的効果を解析する。尚、数量的効果の前提として、年間運転時間を 7,200 時間 (300 日/年)とした。

1. ボイラーの FDF 用スチームタービン駆動機の導入
2. 空気加熱炉の燃焼空気用予熱器の導入
3. スチーム使用量増加による発電量の増加
4. スルフォネーションプロセスの冷却空気よりの熱回収

(1) 各エネルギーの価格

対策の効果を算出するため、1996 年 8 月時点での各エネルギーの価格を、以下のとおり設定した。また、同時期の為替レートは 86,500 TL/US\$とした。

リグナイト(3200 kcal/kg):	2,771,500	TL/t (US\$ 32.0/t)
燃料油(10,000 kcal/kg):	23,457,700	TL/t (US\$ 271/t)
自製スチーム: (リグナイト価格 x 0.751):	2,081,400	TL/t (US\$ 24.1/t)

自家発電量の増加と電力消費量の削減は、以下の TEK からの受電平均価格に基づくこととし、5,678 TL/kWh (US\$ 0.0656/kWh)と設定する。

昼間(6:00 - 17:00):	5,680	TL/kWh
夕方(17:00 - 22:00):	10,110	TL/kWh
夜間(22:00 - 6:00):	2,905	TL/kWh

ボイラー給水の原水 (井水) :1996 計画価格(US\$ 0.522/t) 45,193 TL/t)

(2) ボイラーの FDF 用スチームタービン駆動機の導入

この対策により、110 kWh/h の電力が削減され、4t/h の自製スチームが増加する。ただし、スチーム消費量の増加分の一部は、現在大気放出している LP スチームの代替と考えられる。したがって、計画中の空気予熱器での消費量を差し引いた後の大気放出分については、増加と考えなくても良い。これにより、増減するコストと総合的なコストの低減は、以下のとおりとなる。

電力コストの低下:	$110 \times 7200 \times 0.0656 = \text{US\$ } 51,955/\text{y}$
BFW 用凝縮水の増加:	$4 \times 7200 \times 0.522 = \text{US\$ } 15,034/\text{y}$
スチームコストの増加:	$(4 + 0.4 - 2.74) \times 7200 \times 24.1 = \text{US\$ } 288,043/\text{y}$
総合的なコストの低減:	$51955 + 15034 - 288043 = \text{US\$ } -221,054/\text{y}$

この結果によると、スチームの潜熱が利用されていない本システムで、単にモータを代

替するだけではフィージブルでないことが判る。従って、ボイラーおよびタービン発電機周りの不均衡の改善という、総括的対策において再評価する。

(3) 空気加熱炉の燃焼用空気予熱器の導入

この対策では、204,400 kcal/h (20.44 kg/h)の燃料油が削減され、404 kg/h の自製スチームが増加する。但し、増加するスチームは大気放出されている LP スチームの代替とみなされ、増加量は考慮しなくて良い。従って、低減コストは以下のとおりとなる。

燃料油の削減: $0.02044 \times 7200 \times 271 = \text{US\$ } 39,735/\text{y}$

本対策は、ボイラーおよびタービン発電機周りの不均衡改善の総括的対策を考慮しなくても、単独でもフィージブルである。

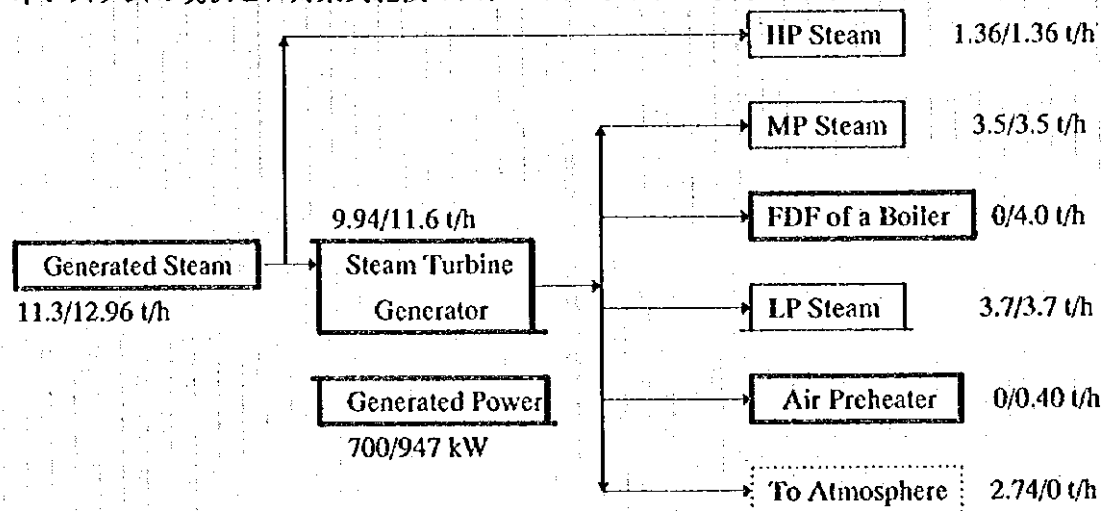
(4) スチーム消費量増加による発電量の増加

本対策は前述の2件を含む総括的な対策であり、その目的は以下のとおりである。

1. タービン発電機の稼働率向上による効率の向上
2. 受電量超過にともなう追加料金回避のための自家発電量の増加
3. ボイラーおよびタービン発電機の余剰能力の利用による自家発電量の増加

1) タービン発電機周りのスチームバランス

本システムの現状と、対策実施後のスチームバランスを以下に示す。



(Remarks): The left figures presents currnt and the right is estimated after countermeasures

Figure 9-24 Estimated Balance of Steam and Generated Power

Note 1. 大気放出のLP スチームは、発電量の増加と電力消費量の低減により回避できる見込みである。

2. 発電量は、タービン発電機へのスチーム量と、直線的比例があるものとして算出した。(16 t/h スチーム : 1,600 kW および 9.94 t/h スチーム : 700 kW/h)

2) スチームタービン発電機周りの諸対策の総括的効果

スチームタービン発電機周りの諸対策には、以下の5つの効果があるが4番目、5番目については、既に述べている。

1. 発電量の増加

(ケース-1) 受電価格に準拠

発電量増加の価値: $(947 - 700) \times 7200 \times 0.0656 = \text{US\$ } 116,663/\text{y}$

スチーム発生量の増加: $(12.96 - 11.3) \times 7200 \times 24.1 = \text{US\$ } 288,043/\text{y}$

総コストの変化: US\$ 171,380 /y の増加

(ケース-2): 自製スチームと発電の価格相関に準拠

自家発電の現状価格: US\$ 0.0693/kWh

対策実施後の算出価格: US\$ 0.0464/kWh

諸対策の便益: 現状の発電量相当分は、現状価格と算出価格の差異で評価され、発電量の増加分は、受電価格と算出価格の差異で評価される。従って、便益の総計は以下のとおり計算される。

$(0.0693 - 0.0464) \times 700 \times 7200 + (0.0656 - 0.0464) \times 247 \times 7200 = \text{US\$ } 149,561/\text{y}$

スチーム発生量の増加 (上記と同一) = US\$ 288,043/y

総コストの変化: US\$ 138,482/y の増加

2. 稼働率上昇によるタービン発電機の効率向上

図9-24に示すとおりタービンの稼働率は、62.2%(9.94t/h)から 72.5% (11.6 t/h)に上昇し、効率も向上するはずである。然し、タービンの詳細な効率曲線は得られなかったため、本効果の評価は不可能である。

3. 過剰受電による追加料金を回避するための自家発電量の増加

これらの諸対策により、電力消費量は110 kW 減少し、発電量は247 kW 増加する。従って、総計357 kW の受電量が減少することとなり、契約量を超過する受電による追加料金は回避できるはずである。然し、過剰受電の頻度、継続時間等が明確でないため、本効果の評価も不明確である。

4. ボイラーの FDF 用スチームタービン駆動機の導入：前述

5. 空気加熱炉の燃焼空気用予熱器の導入：前述

3) タービン発電機周りの総合対策の定量的評価

上記 5 件の総括的な定量的効果について、以下の数値が結論として得られた。

1. ボイラーの FDF 用スチームタービン駆動機の導入:	US\$ - 221,054/y
2. 空気加熱炉の燃焼空気用予熱器の導入:	US\$ 39,735/y
3. スチーム使用量増加による発電量の増加:	US\$ - 171,380/-138,482/y
(合計) (コスト増加)	US\$ - 352,699/- 319,801/y

(4) スルフォネーションプロセスの冷却空気からの熱回収

当該熱交換器の入口/出口条件を以下のとおりとした。

1. 冷却空気: 180/130 °C, 6,430 Nm³ (Q = 101,690 kcal/h)
2. ボイラー給水: 110/150 °C
ボイラー給水は予熱され、ボイラー燃料のリグナイトが削減される(31.8 kg/h)
ので、便益は以下のとおり算出される。
 $0.0318 \times 32 \times 7200 = \text{US\$ } 7,327/y$

9-13-3 省エネルギー諸対策の総合的評価

8 件の省エネルギー対策の主要な内容については、9-11 項で策定・提案している。この内、4 件に関する定量的評価を本節で実施したが、本工場における省エネルギー対策の総合的評価を、以下のとおりまとめた。

1. ボイラーの FDF 用スチームタービン駆動機の導入
本対策は、自製スチームの潜熱を利用していないため、フィージブルでない。従って、発電量増加による総合的効果を工場側で検討する必要がある。
2. 空気加熱炉の燃焼用空気予熱器の導入
本対策は、空気予熱器の設置費用が 4,500 DM で便益が US\$ 39,735/年であるため、

フィージブルである。更に、この対策は自製スチームの潜熱を利用した上で、発電量の増加にも寄与している。

3. スチーム消費量増加による発電量の増加

本対策は複合的なものであり、以下の3項目の効果を詳細に検討しない限り、フィージブルでない。

- (a) 稼働率上昇によるタービン発電機の効率向上
- (b) 過剰受電による追加料金回避のための自家発電量の増加
- (c) スチームの潜熱を利用する適切な使用先の探索

4. スルフォネーションプロセスの熱バランス改善

本対策は、熱交換器の設置費用が 50,000 DM で便益が US\$ 7,327/年であるため、フィージブルでない。また、リグナイトの低減（ボイラー給水の予熱）以外の、効果的な熱回収も検討する必要がある。

5. 噴霧乾燥器と空気加熱器周りの熱バランスの改善

漏洩箇所の補修により、高価な燃料油を削減する本対策は、効果的である可能性が高い。また、漏洩箇所の補修は本工場における最優先項目の一つである。

6. スチーム凝縮水回収システムの改善

本対策の改造費用は少額であり、エネルギー管理面の対策に近い。従って、本工場のエネルギー管理の担当者は、本件を詳細検討する必要がある。

7. スチームトラップシステムの熱損失低減

本対策もエネルギー管理面のものであり、スチームトラップの定期的点検と、更新が必要である。

8. 保温システムの熱損失の低減

ボイラーと噴霧乾燥器の保温の増強は、改造費用次第でフィージブルである。また、フランジ、バルブ類への取り外し可能な保温箱の設置は、通常ではフィージブルである。更に、これらにより作業員の火傷防止にもなる。

9. 電力消費量の低減

稼働率次第では、トランスステーションの統合が有効である。また、設置費用および運転状況次第では、モーターのインバーター速度制御システムの導入が有効である。

9-14 エネルギー診断の為にテクニカル・ガイドライン

9-14-1 省エネ診断の手法

一般的な工場診断の手法を Figure 8-1 に示しているが、洗剤工場及び食用油工場の省エネ診断を行う前には、下記の診断事項を事前に整理しておく必要がある。

1. 準備作業
2. 最初の現地調査を通しての現状把握
3. 現在の問題点の把握と整理
4. 実際の工場診断の計画
5. 工場診断の実施
6. 対策を要する問題点の抽出と整理
7. 評価と対策案の作成

(1) 準備作業

最初の工場現地調査を行う前に、本報告書を含めて関連する資料を収集し、調べておくことが必要である。なお、準備作業として収集又は作成する資料としては下記のものがある。

1) プロセス・フローシート

各対象工場は独自の製造工程を持っており、そのもののフローシートを事前に準備することはできない。然しながら、この時点では、一般に公表されているプロセス・フローシートを準備し、理解することで十分である。何故ならば、省エネ診断の本来の目的は、製造設備そのものを改善することではなく、製造工程の中で、どの装置又は機器が何のエネルギーを多く消費していることを確認することが目的だからである。

2) エネルギーを消費する機器類

一般に、ボイラー、熱交換器、反応器、送風機、圧縮機及びポンプ等が、エネルギーを消費する機器として考えられる。診断の対象となる工場では、どの機器がどのようなエネルギーを消費するかを、事前に知っておく必要がある。もし、診断を行う者がこれらの機器等についての幾らかの予備知識を持っていれば、最初の現地調査時に於て、対象工場でのエネルギー使用状況をより把握しやすくなる。

3) エネルギー源

燃料油、石炭及び電力が一般的には、工場のエネルギー源であり、これらについては発熱量及びその他の性状をある程度調べておくとよい。

4) 質問状

最初から質問状を作成することは困難であるが、前記の種々の準備作業を行っていく過程で疑問点があれば、これらを体系的に整理することにより質問状が作成される。又、診断作業を終えて、どのような構成からなる報告書を作成するかを、前もって考えておくことも必要である。例えば、本報告書中の下記の項目は、準備した質問状に対する回答を基に作成されている。

9-2 項	対象工場と設備の概要、及び主要製品のフローシート
9-3 項	製造設備の運転方法の概要
9-4 項	エネルギー使用量及び原単位の推移
9-5 項	エネルギー管理と現状の問題点
9-6 項	主要エネルギー消費設備上の問題点

したがって、診断を行う者は、上記のこれらの項目についての報告書を作成することを念頭において、質問状を作成するようにするとよい。然しながら、あまりにも多くの項目を含んだ質問状を作成することは現実的でない。主要な及び重要と考えられる項目のみを織込んだ質問状を作成し、後は、現地での調査結果を基に、その場で質問の輪を広げて行くことになる。

(2) 最初の現地調査を通しての現状の把握

第1次現地調査は、事前に準備した質問状を基に行われが、最初に行うことは、まず製造装置を自分の目で見て、どの機器と装置がどのようなエネルギーを使用しているのか等の概要を把握することが必要である。その後、質問状に従って対象工場の問題点を見い出して行くが、下記の内容についても把握しておく必要がある。

- 1) 工場の概要
- 2) 製造装置の概要
- 3) 主要製品のフローシート
- 4) 運転方法の概要
- 5) エネルギー使用量及び原単位の推移

なお、ここで、工場の概要及び生産設備の運転方法等のデータは、診断者が必要と考えた省エネルギー対策を、工場側が実行できるどうかを判断する為に必要なものである。また、第1次現地調査時には、診断時における測定点および分析項目等も調査しておく

必要がある。

(3) 現在の問題点の把握と整理

現状調査の時点では、同時に対象工場の省エネ上の問題点を把握する必要がある。本報告書では、2つの観点から問題点を把握している。まず1つの問題点は、エネルギーを消費する装置と機器に関するものであり、もう1つの問題点は、エネルギーの管理に関するものである。このように、設備上の問題と管理上の問題点を抽出し把握することは、一般的に省エネ診断として自ずと要求されるものである。

(4) 実際の工場診断の計画

現地調査終了後、下記の1)と2)項についての工場診断計画を用意する必要がある。

1) エネルギー診断の手法

エネルギー診断の手法計画としては、次のものが考えられる。

a) 分析項目と測定点

前記の現地調査時には、対象工場に於けるエネルギー管理に関する、より詳細な生産工程のフローシート、及び関連する主要装置と機器の図面を入手しておく必要がある。分析項目と測定点は、これらに基づいて決定される。本報告書では Table 9-4 と Figure 9-11 ~ 9-13 に分析予定項目と測定点が示されている。ここで分析機器の選定について重要なことは、分析項目及び分析範囲等に関して、実際に使用できるものを対象とすることである。特に、環境用の分析・測定機器は、省エネ用としては使用できない場合もある。診断時にサンプリング及び測定できる期間は限られており、多目的分析項目と測定点を計画に入れて置くことが望ましい。

b) 分析と測定作業のスケジュール

分析と測定作業のスケジュールを本報告書の Table 9-5 に示しているが、これは対象工場側から、現地の診断期間は2週間で終了してほしいとの要望に基づいて計画されている。実際の分析作業の中で、特に排ガス分析作業は、分析機器の設置と作動確認等を含めると、かなりの時間を必要とする。従って、分析と測定の計画書は、これらの時間も考慮して作成する必要がある。また、最近の分析・測定機器は、パソコンと連動して使用できるようになっているものが多く、操作が簡単ではなくなっている。その為、各機器の操作方法については、診断グループの何人かが熟知しておくことが重要である。

c) 分析・測定作業に要する設備上の改造依頼

特に、分析・測定作業の為に設備上の改造を必要とすると考えられた場合は、これらの

改造工事の実施を早めに工場側に依頼する。但し、この診断の目的の為に、稼働中の生産設備を停止して改造工事を行うのは現実的には困難である。その為、改造依頼の内容を必要最小限度にすると共に、改造工事が困難な場合には、別のサンプリング点と測定点、あるいは間接的に測定できる測定機器等の準備を考えておく必要がある。

2) 測定実施の方法

工場診断は前記で作成した計画書に従って行われるが、更に、次の準備を行っておくことも重要である。

a) データシートの作成

製造設備の運転は、常に一定の温度・圧力・流量等の条件下で行われているとは限らない。従って、1つの時点での運転データを、その生産設備の代表的なデータとして扱うことは現実的ではなく、複数のデータを現地で収集する必要がある。この目的の為に、Table 9-21 に例示したような分析と測定に関するデータシートを事前に作成しておくことが望ましい。

b) 計算シートの作成

下記のデータは、分析値又は測定値として直接得られることはなく、関連するデータを使用した計算値として算出される。

- ボイラー及び加熱炉からの排ガス流量
- 機器又は配管からの保温材を通しての熱ロス
- 保温を行っていない機器又は配管から熱ロス

これらの計算方法は単純なものではなく、エクセル等の計算ソフトを使用して、パソコンで計算できるようにしておくことよい。排ガス量及び保温材を通しての熱ロスの計算方法については、本報告書の 9-8-6 項に記載しているが、保温を行っていない機器又は配管からの熱ロスは、下記の方法で計算される。

$$Q = A \times a \times (t_s - t_a) \quad (\text{kcal/h})$$

ここで、

A: 表面積 (m²)
= 3.14 x 直径 x 長さ (配管の場合)

a: 伝熱係数 (kcal/m²·h·°C)
通常 10 kcal/m²·h·°C とする。

t_s: 表面温度 (°C)

ta: 大気温度 (°C)

Table 9-22 の上部には、大気温度、配管の表面温度、配管の外径がわかれば、単位長さからロスされる熱量が簡単に求められる表を示している。又、下部にはバルブを配管長さに換算する場合と、幾つかのバルブの付いた複数の配管からの熱ロスの合計を計算できる方法を例示している。このように、必要に応じた計算式を事前にパソコンに入力してき、測定データの信頼性をその場で確認できるようにしておくといよい。

(5) 工場診断の実施

実際の工場診断は、綿密に計画された分析と測定方法、及びスケジュールに従って行われる。前記のように、複数のデータを採取することが必要であるが、更に、その日に得られたデータ類は、その日の内に見直し、又、パソコン等を使用して解析することが基本である。通常、得られたデータは正しいものと思われがちであるが、これらの見直しと解析作業中に不適当なデータが発見されることが多い。もしも、このような不適当なデータが見つかった場合は、必要なデータを翌日に採取すべきである。

(6) 対策を要する問題点の抽出と整理

対策を要する問題点の抽出と整理項目は、得られたデータを整理・解析した後に纏められる。これらの問題点の抽出と整理方法については、次項以降に記載している。

(7) 評価と対策案の作成

省エネ診断の最後の作業として、当然ながら評価と対策案の作成が要求されるが、この作業の詳細については、同じく次項以降に記載している。

Table 9-21 Analysis and Measuring Data Sheet (Sample)

1. Boilers and Steam Turbine Generator

Analysis and Measuring Date				
(1) Boiler Feed Water				
a) Flow Rate	t/h	FIRCQ-1110		
b) Temperature	°C			
c) Pressure	bar	PIAL-1110		
d) Electric Conductivity	μ S/cm	Electric		
e) pH		Codut. Meter		
f) DO	ppb	DO Meter		
(2) Combustion Air				
a) Flow Rate	Nm ³ /h	FFHL-1610		
b) Temperature	°C	Bar Thermo.		
c) Pressure	bar	Press. Gauge		
(3) Generated Steam				
a) Flow Rate	t/h	FIRCQ-1210		
b) Temperature	°C	TIRCA-1216		
c) Pressure	bar	PIRC-1216		
(4) Exhaust Gas				
a) O ₂	vol%	Gas		
b) CO ₂	vol%	Chromat.		
c) N ₂	vol%	Analyzer		
d) Temperature	°C	TIR-1770		
e) Dust Content				
f) NO _x	ppm	NO _x Analyzer		
g) SO _x	ppm	Infra-red GA		
h) H ₂ O	ppm	Suction Unit		
(5) Ash				
a) Temperature	°C	TSAH-1742		
b) Specific Heat	kcal/°C·kg			

Table 9-22 Heat Loss from Piping without Insulation (kcal/mh)

Atmos. Temp. Surface Temp.	30 deg.					15 deg.					Pipe Size	
	100	150	200	250	300	350	100	150	200	250		300
Pipe O.D. (mm)												
33.4	73	126	178	231	283	336	89	142	194	246	299	351
48.3	106	182	258	334	409	485	129	205	281	356	432	508
60.3	133	227	322	417	511	606	161	256	350	445	540	634
88.9	195	335	475	614	754	893	237	377	516	656	796	935
114.3	251	431	610	790	969	1148	305	485	664	843	1023	1202
140.6	309	530	751	971	1192	1413	375	596	817	1037	1258	1479
168.3	370	634	898	1163	1427	1691	449	713	978	1242	1506	1770
219.1	482	826	1170	1514	1858	2202	585	929	1273	1617	1961	2305
273.1	600	1029	1458	1887	2315	2744	729	1158	1586	2015	2444	2873
323.9	712	1220	1729	2238	2746	3255	864	1373	1882	2390	2899	3407
355.6	782	1340	1898	2456	3015	3573	949	1507	2066	2624	3182	3741
406.4	893	1531	2169	2807	3445	4084	1085	1723	2361	2999	3637	4275
457.2	1005	1723	2441	3158	3876	4594	1220	1938	2656	3374	4091	4809
508.0	1117	1914	2712	3509	4307	5104	1356	2153	2951	3749	4546	5344

Equivalent Length of Valve

Valve Size	Equivalent Length
1B	1.21 m/valve
1-1/2B	1.20 m/valve
2B	1.28 m/valve
3B	1.56 m/valve
4B	1.58 m/valve
5B	1.68 m/valve
6B	1.78 m/valve
8B	1.87 m/valve
10B	1.95 m/valve
12B	2.00 m/valve
14B	2.00 m/valve
16B	2.00 m/valve
18B	2.00 m/valve
20B	2.00 m/valve

Heat Loss Calculation Sheet (Example: kcal/h)

Size	Length	Valve	Length	Length	A. Temp.	S. Temp.	H. Loss.
1B	100	15	18.15	118.15	25	150	15,489
1-1/2B	50	8	9.6	59.6	25	120	8,587
2B	140	30	38.4	178.4	25	170	48,979
3B	80	20	31.2	111.2	25	250	69,842
4B	150	10	15.8	165.8	25	240	127,938
5B	0	0	0	0	0	0	0
6B	90	4	7.12	97.12	25	200	89,817
8B	60	6	11.22	71.22	25	180	75,946
10B	30	4	7.8	37.8	25	240	69,692
12B	50	4	8	58	25	230	120,927
14B	20	4	8	28	25	245	68,782
16B	40	4	8	48	25	255	140,881
18B	0	0	0	0	25	0	0
20B	0	0	0	0	25	0	0
Total							836,880

9-14-2 診断対象工場の概要

省エネルギー診断の初期段階において、事前に準備された質問票に基づく、工場概要のインタビュー調査が重要である。この調査は工場の現状を認識するために有用であり、その結果はエネルギー消費の現状把握に利用できるが、以下の項目が含まれる。

(1) 工場の概要

1. 工場の名称、住所、資本金
2. 工業分野による分類、主要製品
3. 組織図、社長名、工場長名、エネルギー管理者名
4. 従業員数、技術者・エネルギー関連技術者の人数
5. 工場の敷地面積、建築面積
6. 工場およびプラントの配置図
7. 全製品および主要製品別年間販売数量・金額の推移
8. 工場の沿革および事業の現状
9. 当該工業分野における市場占有率および位置づけ

(2) 生産およびエネルギー消費

1. 主要製品の生産能力と生産数量の推移
2. 生産能力の修正または増強計画案
3. 主要製品別のフローシート
4. 主要製品別の原料消費原単位の推移
5. 主要生産設備・機器の詳細
6. 主要生産設備別の年間稼働日数および時間、運転モード
7. エネルギーの年間消費量・消費原単位の推移
8. 主要製品別製造コストおよびエネルギーコスト
9. 各種エネルギー別単価の推移
10. 工場・主要製品・主要設備のエネルギーフローチャート
11. 主要なエネルギー消費設備・機器の詳細
12. 自家発電量と受電量の比率
13. 電力受電の詳細

(3) エネルギー管理および省エネルギー

1. 省エネルギー目標の設定
2. 組織内における体系的なエネルギー管理への取り組み
3. データ・記録を利用したエネルギー管理

4. エネルギー管理のための従業員の教育・訓練
5. 保全の形態および定期修理のスケジュール
6. 実施済みの省エネルギー対策とその効果
7. 計画中の省エネルギー対策とその期待効果
8. 工場と当該業種の経済的状況
9. 省エネルギー対策促進上の問題点
10. 環境公害管理の概要

9-14-3 省エネルギー診断実施上の着眼点

当該工業分野においては、数種類の燃料、反応による熱の発生、自製スチームおよび電力等、多様なエネルギー消費形態がある。省エネルギー診断の一般的な着眼点は、以下のとおり要約される。

1. 燃料の燃焼の合理化
2. 加熱、冷却および伝熱方法の合理化
3. 放射・伝導による熱ロスの防止
4. 熱回収による廃熱の有効利用
5. 熱エネルギーの動力への変換の合理化
6. 抵抗その他による電気的損失の防止
7. 電力の動力・熱への変換の合理化

上記の一般的な着眼点に従い、より詳細な着眼点を以下に示す。

(1) 燃料の燃焼の合理化

1. バーナの選定 (型式、容量、Turn down ratio、保守、その他)
2. 噴霧化の改善(燃料温度、粘度、アトマイズ空気・スチーム、その他)
3. 空気漏洩の防止 (炉内圧力制御、開口部減少、シール強化、その他)
4. 空気比の改善(O₂、CO 制御、カスケード制御、その他)
5. 運転負荷の安定化(運転負荷配分の改善、その他)
6. 燃焼温度の上昇(ガスアトマイズ、流動層燃焼、その他)
7. 低温完全燃焼(触媒利用燃焼、その他)

(2) 加熱・冷却・伝熱方法の合理化

1. 工業炉加熱(加熱温度・負荷の最適化、加熱パターン・炉形状の改善、直接加熱の導入、その他)

2. スチーム加熱(スチーム圧力最適化、スチーム直接吹込みの改善、その他)
 3. 伝熱(伝熱抵抗の減少、伝熱係数の改善、熱交換器および熱交換システムの改善、その他)
 4. 運転方法(起動・停止の適正化、運転負荷の低減、その他)
 5. 製造プロセス(制御方法の改善、自動化、熱の多段階使用、分離方式の変更、設備配置の変更、反応の適正化、その他)
- (3) 放射・伝導による熱ロスの防止
1. 漏洩の防止(定期的点検と補修、スチームトラップの選定、その他)
 2. 熱損失部分の低減(配管経路の改善、不要配管の撤去、不使用配管の閉止、その他)
 3. 保温・断熱(フランジ・バルブ部分の保温施工、低熱伝導率断熱材への転換、その他)
 4. 炉内ガスの流出(開口部の縮小・閉鎖、扉の解放時間短縮、その他)
- (4) 熱回収による廃熱の有効利用
1. 排ガス標準温度の設定(容量分類別の固体・液体・気体燃料に対応)
 2. 廃エネルギーの分類(排ガス、排水、凝縮液、高温固体、その他)
 3. 廃熱利用先(原材料加熱、燃焼用空気、BFW・燃料油予熱、その他)
 4. 熱回収方法(熱交換器、ヒートポンプ、熱媒体利用、廃熱ボイラー、その他)
- (5) 熱エネルギーの動力への変換の合理化
1. エネルギー効率の向上(スチーム条件の改善、コージェネレーション、その他)
 2. 発電の合理化(タービン・ノズル型式の改善、抽気・背圧条件の改善、ピークシフト：最大電力必要時間帯の回避、その他)
 3. 真空発生用スチームエジェクターの改善(段数・スチーム圧最適化、その他)
- (6) 抵抗その他による電氣的損失の防止
1. 配電(配線長の最小化、配線システムの改善、その他)
 2. 変圧器(容量・負荷配分の最適化、稼働台数の調整、結線方法改善、その他)
 3. 電力使用機器(接触抵抗の低減、その他)
 4. 力率の改善(機器の負荷率最適化、その他)
 5. 運転方法(最大電力抑制、回路電圧の最適化、その他)
 6. 低電気損失機器の採用

(7) 電力の動力・熱への変換の合理化

1. 電動機(高効率型の採用、容量最適化、その他)
2. 動力の伝達(伝達装置の改善、潤滑システムの管理、その他)
3. 運転方法(空転の防止、間欠運転運転の励行、その他)
4. 流体輸送方法(負荷の低減、機器容量の最適化、その他)
5. 電気による加熱(負荷の低減、高効率機器の採用、燃焼加熱方式との比較・検討、その他)

9-14-4 省エネルギー診断評価手法およびレポーティング

(I) 省エネルギー診断の評価手法

省エネルギー診断の一般的な取組み手法については第8章で述べており、実際の取組み手法は本章で前述している。省エネルギー診断の対象となる項目に関する測定・分析を実施した後、以下の手法・項目を実施する必要がある。

1. 対策を必要とする問題点の明確化

省エネルギー診断の初期段階から、エネルギー消費および主要エネルギー消費設備に関する問題点が調査され、工場側と議論されている。また、対象項目に関する実際のデータ・情報を得た後、以下の手順により対策を要する問題点が、明確化される。

- (a) 測定等の結果の見直し・解析
- (b) 関連データ、情報を見直し・解析
- (c) 問題点の明確化と改善の必要性の判定
- (d) 改善項目の精査と策定
- (e) 改善に関する有望な対策候補の選定

2. 対策の評価と提案

省エネルギー診断の最終段階において、以下の項目が評価され、策定される。省エネルギー対策は、省エネルギー診断の総合的な結果に基づき提案する。

- (a) 省エネルギー効果の算出と解析
- (b) 有望な対策候補から適切な対策を検証し、選定
- (c) 対策に関する改造費用の算出
- (d) 対策の効果の算出と予測
- (e) 省エネルギー対策の総合評価
- (f) 省エネルギー対策の提案と実施上の留意事項

(2) 省エネルギー診断のレポートニング

省エネルギー診断は、対象工場と密接な連携により実施する必要があるため、最終結果だけでなく、途中結果も含めたレポートニングは、非常に重要である。これらの報告書は、調査結果の確認や討議のために有効活用される。更に、これらは進捗中の省エネルギー診断の見通しや、説明にも利用できる。第8章に基づき、これらの報告書の適切な提出時期を以下に示す。

1. エネルギー消費の現状と問題点を認識・明確化した後
2. 省エネルギー診断計画の策定後
3. 測定等を伴う工場診断を実施した後
4. 省エネルギー対策を評価・提案した後
5. 最終報告書

第 10 章 Dev Blok の技術調査

第 10 章 Dev Blok の技術調査

本章は Dev Blok の機密事項を多く含むため、一般公開用に製本するものからは削除する。

CONFIDENTIAL

第 11 章 IBF の技術調査

第11章 IBFの技術調査

11-1 繊維工場の特徴

この章では Izmir Basma Fabrikasi A.S. (IBF) のエネルギー診断の結果について述べる。今回の調査は、当初の EIE、IBF と調査団の合意による工場診断の主力を IBF とし、関連会社の紡績、織布を行なっている Izmir Pamuk Mensucati (IPM) については部分的な工場診断を行なう方針が、診断開始の初回の IBF、EIE と調査団の打合せで変更になり、IBF のみを対象とすることになった。IBF の意向は、IPM は Izmir の郊外に新しい紡績工場を建設し、現在既設工場の一部の機械設備を移設中であり、したがって、工場の状況はエネルギー診断を実施するには適当な環境にないので取り止めたいとのことであった。

IPM は紡績、織布工場で綿花を原料とし生機（キバタ）を製造し、その全量を IBF に供給している。IBF は捺染、染色、仕上加工工場で IPM からの生機の染色を行なうと共に、貸加工捺染を行なっている。貸加工の量は IPM の生産量の3分の2に達する。IBF の主な製品は染織物で、衣服、寝巻、寝具用のシーツ、カーテンなどに使用される。両社のオーナーは Giraud 家であり、IPM は 1912 年に IBF は 1957 年に創立された。両社の工場は製品の高品質を会社のモットーとして強調している。両社の工場は古くなっているため、2～5年以内に Izmir 市の郊外に移転することを計画している。エネルギー診断の立場からみると、紡績、織布工場と染色、捺染、仕上加工工場はかなり異なったタイプの工場と見られる。トルコの繊維産業の主要なプロセスの、エネルギー消費の原単位に関する適当なデータがないので、代表的な日本の繊維産業の推定原単位を表 11-1 に示す。

紡績、織布工場と染色、捺染、仕上加工工場の比較から次の事が言えるであろう。

1. 前者は大量生産型の産業であり、通常、生産は連続して行われる。後者は多数の生産工程を経て少量であるが多品種の製品を生産する産業であり、生産工程の組合せは製品の要求される品質により変わる。各工程の運転は間歇のバッチ運転である。
2. 前者は電力の多消費型であり、後者は燃料の多消費型である。エネルギー消費量の全体では後者の方が大きい。

これらの特徴から、エネルギー利用の合理化の緊急性は前者より後者にある。

**Table 11-1 Estimated Unit Energy Consumption in the Japanese Textile Industry
(Cotton, 1990)**

Process	Case	Energy		
		Electricity	Fuel	Total
Spinning	20 Ne	2.1	0.4	2.5
	40 Ne	3.8	0.7	4.5
Weaving	Mean of Light and Heavy Weight	0.9	1.0	1.9
Dyeing-- Finishing	Shirt (Fabric Weight 130 g/m ²)	1.3	11.7	13.0
	Casual Pants (250 g/m ²)	0.8	9.9	10.7
Printing-- Finishing	Lady's Dress Fabric (130 g/m ²)	2.3	15.3	17.6
	Home Textiles (200 g/m ²)	1.6	16.1	17.7

Unit: 10⁶ kcal/ton-product

11-2 工場、生産設備および主要製品の生産工程の概要

11-2-1 工場の概要

(1) 一般事項

IBFの概要は次の通りである。

- | | |
|--------------|---|
| 1. 会社名: | Izmir Basma Fabrikasi A.S. |
| 2. 所在地: | 1201 Sokak No.3/E Halkapinar-Izmir
Tel (232) 4339810 |
| 3. 社長: | Mr. Frederic Giraud |
| 4. 工場長: | Mr. Enver Oktay |
| 5. エネルギー管理者: | Mr. Muzaffer Tomruk |
| 6. 産業類型: | 織物 |
| 7. 資本金: | 1,195億 トルコ・リラ |
| 8. 組織図: | Figure 11-1 |
| 9. 従業員数: | 406 |

この情報は工場の機密事項であり公開されない。

(2) 主要な製品の概要

Table 11-2 Production Amounts of IBF

Unit: 10³ m

この情報は工場の機密事項であり公開されない。

11-2-2 生産設備および生産工程の概要

Figure 11-3 に IBF の生産工程を、Table 11-3 に主要生産設備のエネルギーの消費状況を示す。

(1) 毛焼き工程

毛焼き用燃料としてはLPGを使用している。布地の速度は毎分80メートルで、毛焼き用のバーナーの炎と布地の接触時間は20分の1秒である。

(2) 漂白工程

工場には2つのタイプの漂白機がある。即ちローブ状漂白と拡布状漂白である。漂白用薬品として過酸化水素、次亜塩素酸ソーダ、苛性ソーダが使用されている。この工程は工場の中で最も蒸気を大量に消費している。水洗温度は摂氏30度から95度の間で、漂白温度は30度から100度の間で運転されている。

(3) マーセライズ加工工程

布地は室温の苛性ソーダ溶液中で30秒から50秒処理される。

(4) 捺染工程

ロータリー・スクリーン型の捺染機を5基備えている。捺染工程がIBFの心臓部ともいえるところで、工場は図柄のデザイン、ローラー準備工程を含めその技術を誇りとしている。最高15色まで捺染出来る。捺染機の幅は185-240cmで、主な被染布は木綿である。

(5) 浸染工程

5基のジッガーが設置されている。これらは無地染め、漂白、洗布その他の目的に使用されている。無地染めの温度は60度から90度で行っている。

(6) 染色の固着工程

固着工程の温度は処方により最適な温度が選ばれる。

(7) 仕上工程

仕上機の設置台数は4基である。仕上げの種類は、はつ水、防汚、防炎、防しわ、柔軟仕上げなどである。仕上処理の温度は、100度から180度である。

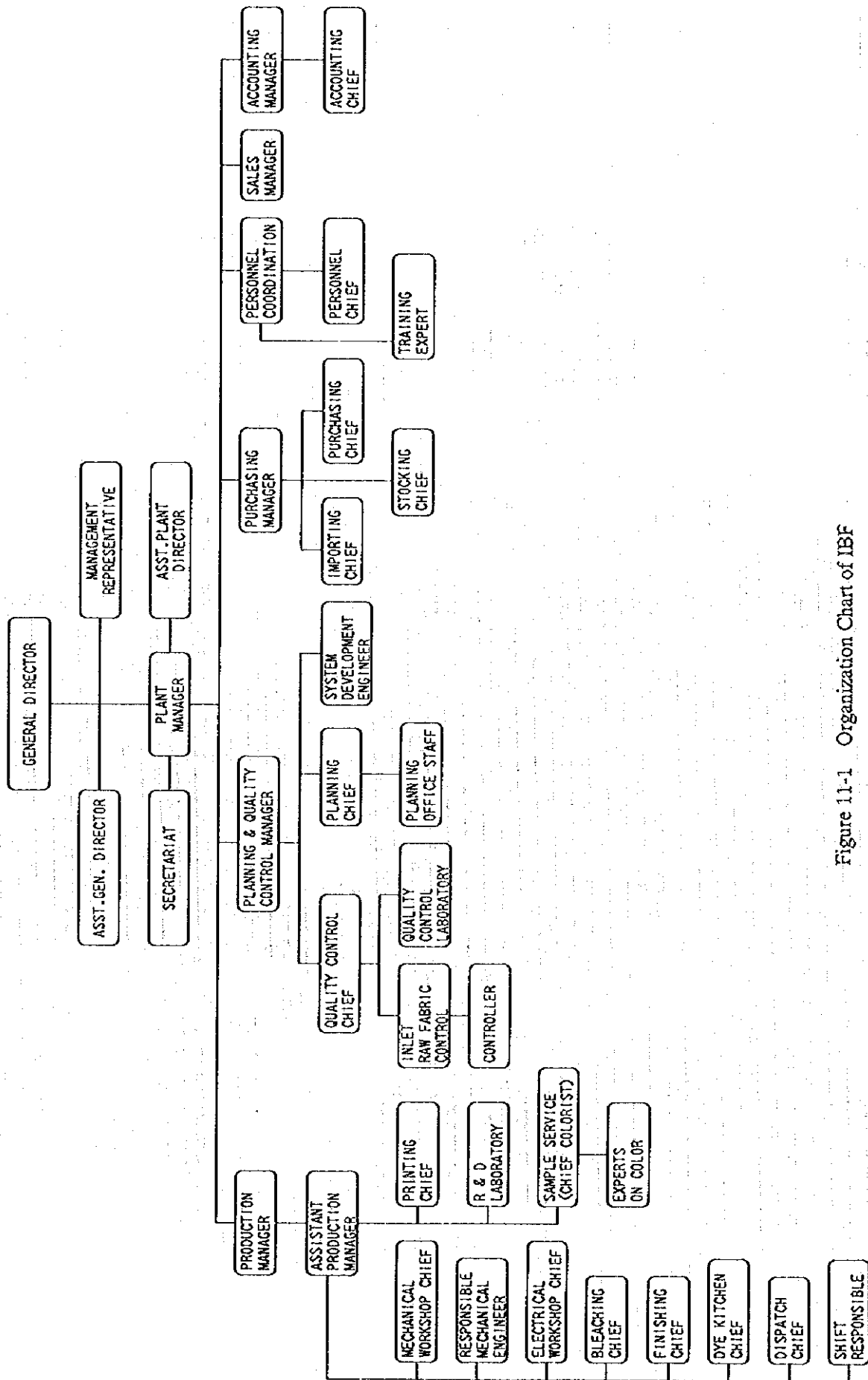


Figure 11-1 Organization Chart of IBF

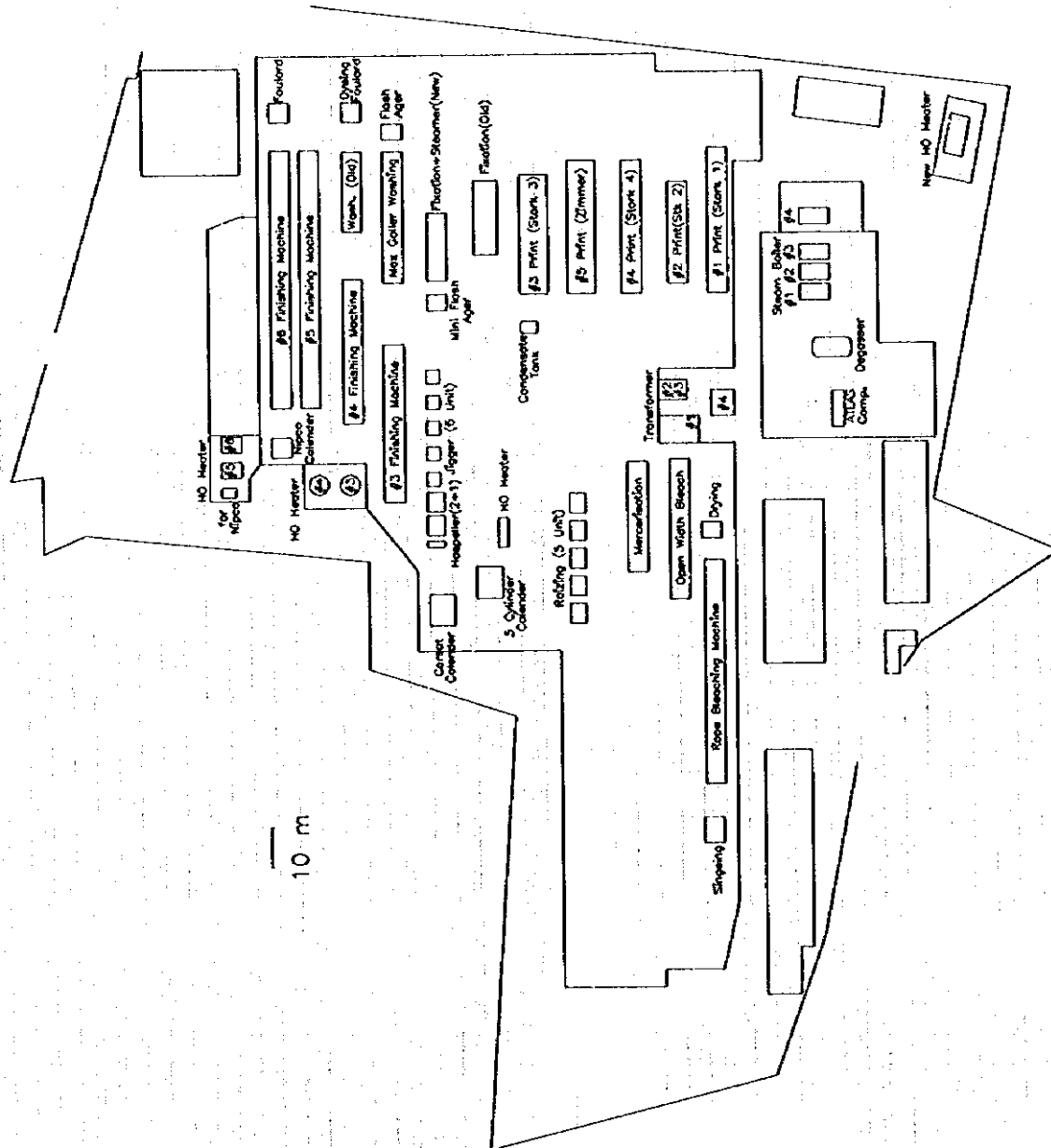


Figure 11-2 Process Layout of IBF

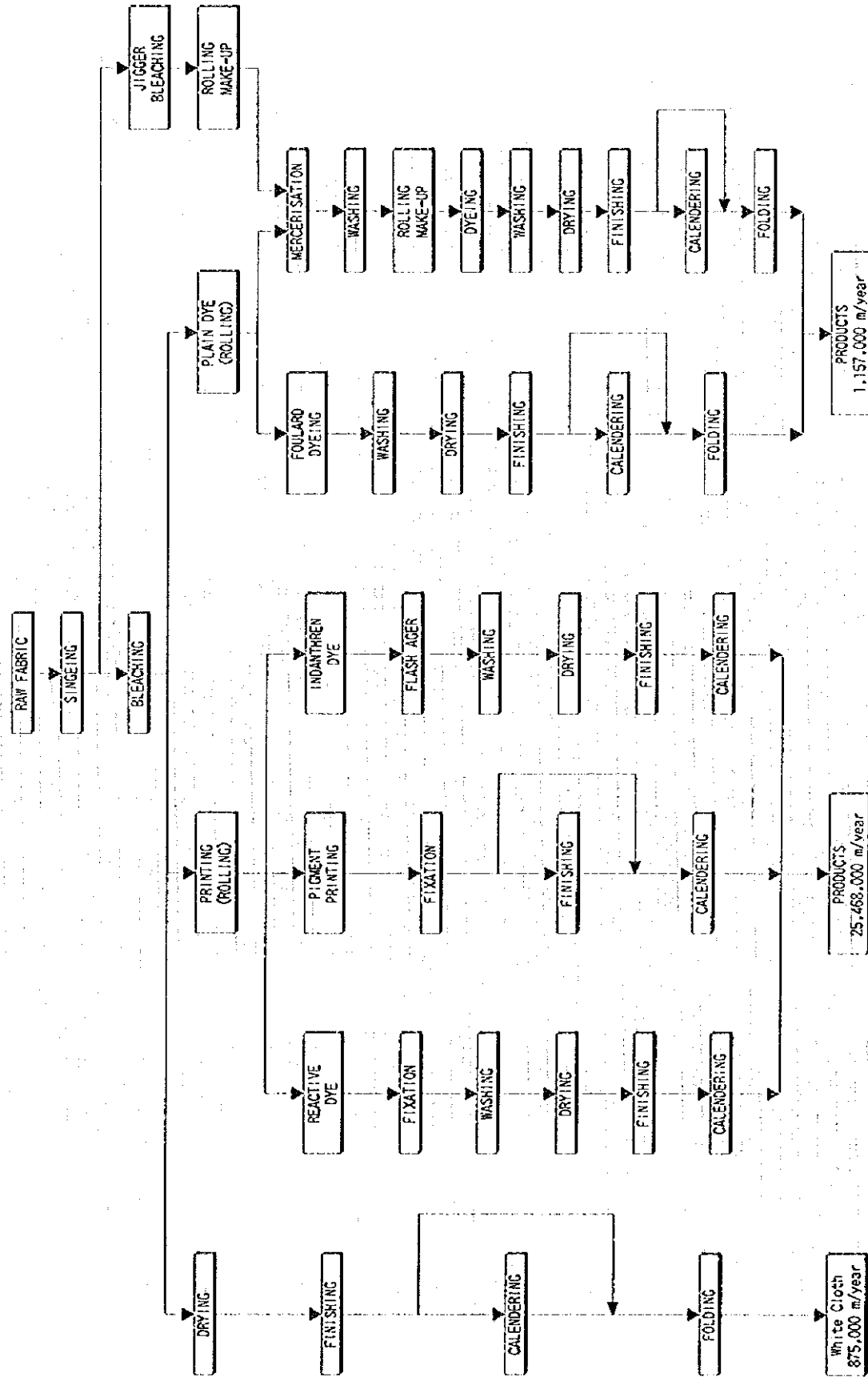


Figure 11-3 IBF Production Flow Diagram

Table 11-3 Major Utility Consuming Facilities

No.	Name of Facility	Steam (kg/h)	Electricity (kW)	Utility Consumption		Connected Transformer
				Hot Oil (kcal/h)	Start-up	
1	Rope Bleaching Range	1,250	108			No.1
2	Open Width Bleaching Range	1,750	157			No.4
3	Mercerization	600	34			No.2 & No.3
4	Small Bleaching Machines (Jigger)	600	10			No.2 & No.3
5	Washing Range (Kleine Wefers)	1,500	85			No.1
6	Washing Range (Max Goller)	1,600	170			No.2 & No.3
7	Cotton Flannel Machines (Raizing)	150	25			No.2 & No.3
8	Drying Machines (Flash Ager)	300	25			No.1
9	Drying Machines	900	23			No.1
10	Boiler House	900	90			No.2 & No.3
11	Water Treatment Unit		212			No.2 & No.3
12	Calendering Machine (Carsat)		22			No.2 & No.3
13	Calendering Machine (5 Cylinder)		52		125,000	No.2 & No.3
14	Calendering Machine (Nipco)		51		90,000	No.4
15	Printing Machines (Stork 1)		170	1,100,000	1,600,000	No.1
16	Printing Machines (Stork 2)		128	1,100,000	1,600,000	No.1
17	Printing Machines (Stork 3)		190	1,100,000	1,600,000	No.4
18	Printing Machines (Stork 4)		204	1,100,000	1,600,000	No.4
19	Printing Machines (Zimmer)		238	1,100,000	1,600,000	No.1
20	Finishing Machines (No.3)		140	1,300,000	1,600,000	No.1
21	Finishing Machines (No.4)		140	1,300,000	1,600,000	No.1
22	Finishing Machines (No.5)		257	1,400,000	2,000,000	No.4
23	Finishing Machines (No.6)		257	1,400,000	2,000,000	No.4
24	Compressor		75			No.4

11-2-3 エネルギー供給設備

(1) スチームボイラー

IBFには4基の水平燃焼式ボイラーがあり、日に3.5トンのSoma産のリグナイトを燃焼している。蒸気ボイラーの仕様をTable 11-4に示す。発生させた蒸気は漂白、マーセル化、洗浄、カレンダー、乾燥などの工程に送られる。Table 11-3に主要な設備でのユーティリティズ使用量を示す。

Table 11-4 Specifications of Steam Boilers in IBF

No.	Built Year	Evaporation Capacity (ton/h)	Pressure		Temperature Normal (°C)	Heating Fuel	Heating Area (m ²)	Economizer Area (m ²)	Stoker Area (m ²)	Maker
			Maximum (bar)	Normal (bar)						
1	1954	5.0	10	8	169	Lignite	160	85	5.3	Walther Cie
2	1954	5.0	10	8	169	Lignite	160	85	5.3	+
3	1954	5.0	10	8	169	Lignite	160	85	5.3	Josef Martin
4	1976	6.0	10	8	169	Lignite	285	-	6.0	Sungurlar etc

ボイラーの特徴は以下の通りである。

1. 水平煙管ボイラー
2. ボイラー内の対流部に燃焼ガスと給水との熱交換による熱回収機能を持つ
3. 燃料は石炭焚
4. 小型で毎時5トンの蒸発量
5. IDFとDDFが設置されている
6. スクリューコンベアー型石炭供給設備
7. 供給空気の予熱は炉床からの灰と熱交換して行う

(2) ホットオイルヒーター

IBFでは捺染、仕上げ、カレンダー工程で加熱のためにホット・オイルを使用し、9基のホット・オイルヒーターを設備している。これはIBFの蒸気ボイラーではこれらの工程で必要とする高温を簡単に作り出せないからである。ホット・オイルヒーターでは燃料として燃料油とディーゼル油を使用する。通常ホット・オイルヒーター出口、入口のホット・オイル温度は240℃と220℃である。ホット・オイルを使用する装置とホット・オイルヒーターの仕様をTable 11-3とTable 11-5に示す。またIBFでは現在のNo.1から3のホット・オイルヒーターを1基の新大型ホット・オイルヒーターにおきかえる工事を行ない、1996年に完成し稼動中である。

Table 11-5 Specifications of Hot Oil Heaters in IBF and Heat User Machines

No.	Built Year	Heating Capacity (kcal/h)	User Machine (estimated from H.O. Heater List)	Pressure		Temperature Normal (°C)	Fuel	Maker
				Maximum (bar)	Normal (bar)			
1	1986	1,720,000	Printing Machine (Stork 3)	10	6	240	Fuel Oil	Wiesloch
2	1989	2,000,000	Printing Machine (Stork 4)	10	6	240	Fuel Oil	Termostandard
3	1983	2,500,000	Printing Machine (Stork 1&2)	10	6	240	Fuel Oil	HTI
4	1973	1,600,000	Finishing Machine (No.3)	10	6	260	Fuel Oil	Wiesloch
5	1973	1,600,000	Finishing Machine (No.4)	10	6	240	Fuel Oil	Wiesloch
6	1987	2,300,000	Finishing Machine (No.5)	10	6	240	Fuel Oil	Termostandard
7	1987	2,300,000	Finishing Machine (No.6)	10	6	240	Fuel Oil	Thermtechnik
8	1988	125,000	Calender. Machine (5 cylinder)	10	6	240	Diesel Oil	AURA
9	1990	90,000	Calendering Machine (Nipco)	10	6	240	Diesel Oil	AURA
New	1996	7,500,000	Printing & Fixation Machines	10	6	240	Fuel Oil	Termostandard

ホットオイルシステムの特徴は次のとおりである。

1. 加熱炉は全輻射型の炉であり、No.5、No.6 及び新設炉は水平型、No.3、No.4 は縦型である。
2. カレンダー装置用の2機の加熱炉は超小型である。また旧式の No.1、No.2 加熱炉は新設炉の緊急時の予備の役割である。
3. 各加熱炉はホットオイルを循環させて、系列の装置へ熱の供給を行っている。
4. 各装置は運転条件に基づき、必要な熱を任意にホットオイル系から受け入れる。生産計画により、各装置は運転条件を変更したり、稼動を断続する。当然の事ながら、ホットオイルシステムの運転は熱の需要の変動に見合って、変動する。
5. 燃料は液体燃料である。新設加熱炉には No.6 タイプの重油を、No.3、No.4、No.5、No.6 加熱炉には軽質の重油を、超小型炉には軽油を使用している。
6. ホットオイル系の計装システムは次の通りである。
 - (1) 加熱炉に供給されるホットオイルの入り口ラインには流量調節計がなく、流量はポンプの能力に見合う量である。
 - (2) 各装置はTICにより、3方弁を介してホットオイルを受け入れる。加熱炉入り口のホットオイルの温度は、各装置の熱の需要に応じて変動する。
 - (3) 加熱炉出口のホットオイルの温度が一定になるように、マニュアル操作により、燃料油の供給を調節する。

(4) 新設加熱炉では、燃焼用空気の供給をマニュアル操作によるダンパーの開度調節によりコントロールしている。排ガス温度は測定されているが、酸素濃度は測定されていない。他の加熱炉にはダンパーはない。

7. 新設加熱炉には排ガスの廃熱回収システムが導入されている。燃焼用空気と煙道ガスの熱交換により熱回収を行なっている。
8. 自動緊急停止システムが設備されている。

(3) 電気供給設備

電力は外部の電力会社から受電している。3相交流で電圧は10.5kVである。電気の料金体系は時間帯による3段階方式である。3個の電力計により各段階の受電電力量を測定している。また違約金の算出のため、契約電力の超過分と無効電力を測定する目的の特別のメーターを設置している。4台の変圧器があり、電圧を400ボルトに下げている。No.1、No.2、No.3、No.4変圧器の容量は各々1,000kVA,500kVA,500kVA,1,600kVAである。No.2とNo.3の変圧器は平行に接続され、工場内の電気の供給システムは3系統になっている。各系統には力率改善の為、コンデンサーが設置されている。IBFの電力供給システムの概要をFigure11-4とTable11-6に示す。

(4) ユーティリティを消費する主な装置

Table11-3に主要生産装置と標準的なユーティリティ消費量、並びに各装置が接続されている電気のシステムを示す。

Table 11-6 IBF Electric System

Electric Receiving Facilities					
Receiving Voltage, Volt	10,500				
Maximum Demand, kW	2,100				
Power Factor	0.95				
Number of Transformer	4 Stations (Each receives city electricity directly.)				
Transformer	No.1	No.2	No.3	No.4	Total
Capacity, kVA	1,000	500	500	1,600	3,600
Load, %	63	48		68	
kVA	630	480		1,088	2,198

Sections Connected to Transformer Stations

Sections are parallel connected to No.2 & No.5 transformer stations.

Transformer	No.1	No.2	No.3	No.4	Total
Dyeing Machines (Jigger)			5		5
Washing (Kleine, Max Goller, Flash Ager)	1	1			2
Rope Bleaching	1				1
Open Width Bleaching				1	1
Steamer (Drying)	1				1
Mercerization			1		1
Cotton Flannel Machines (Raizing)			5		5
Dye Preparation			1		1
Printing Pattern Material Preparation	1	1			2
Printing Machines (Stork)	2			2	4
(Zimmer)	1				1
Calendering Machines			2	1	3
Finishing Machines	2			2	4
Water Treatment Filter (Ion Exchange)			1		1
Waste Water Treatment				1	1
Steam Boilers	1	3			4
Hot Oil Heaters for Printing Machines (Old)	2			1	3
Hot Oil Heaters for Calendering Machines			1	1	2
Hot Oil Heaters for Finishing Machines				4	4
Centralized New Hot Oil Heater (in 1996)				1	1
Compressor Room				1	1
Office Building			X		X
Plant Lighting			X		X

Hot Oil Heater User Detail	No.1	No.2	No.3	No.4
for Printing Machine (Stork 1 & 2)	X			
for Printing Machine (Stork 3)	X			
for Printing Machine (Stork 4 & Zimmer)				X
for Printing Machines (Centralized HO Heater)				X
for Finishing Machine (No.3)				X
for Finishing Machine (No.4)				X
for Finishing Machine (No.5)				X
for Finishing Machine (No.6)				X
for Calendering Machine (Nipco)				X
for Calendering Machine (5 Cylinder)			X	

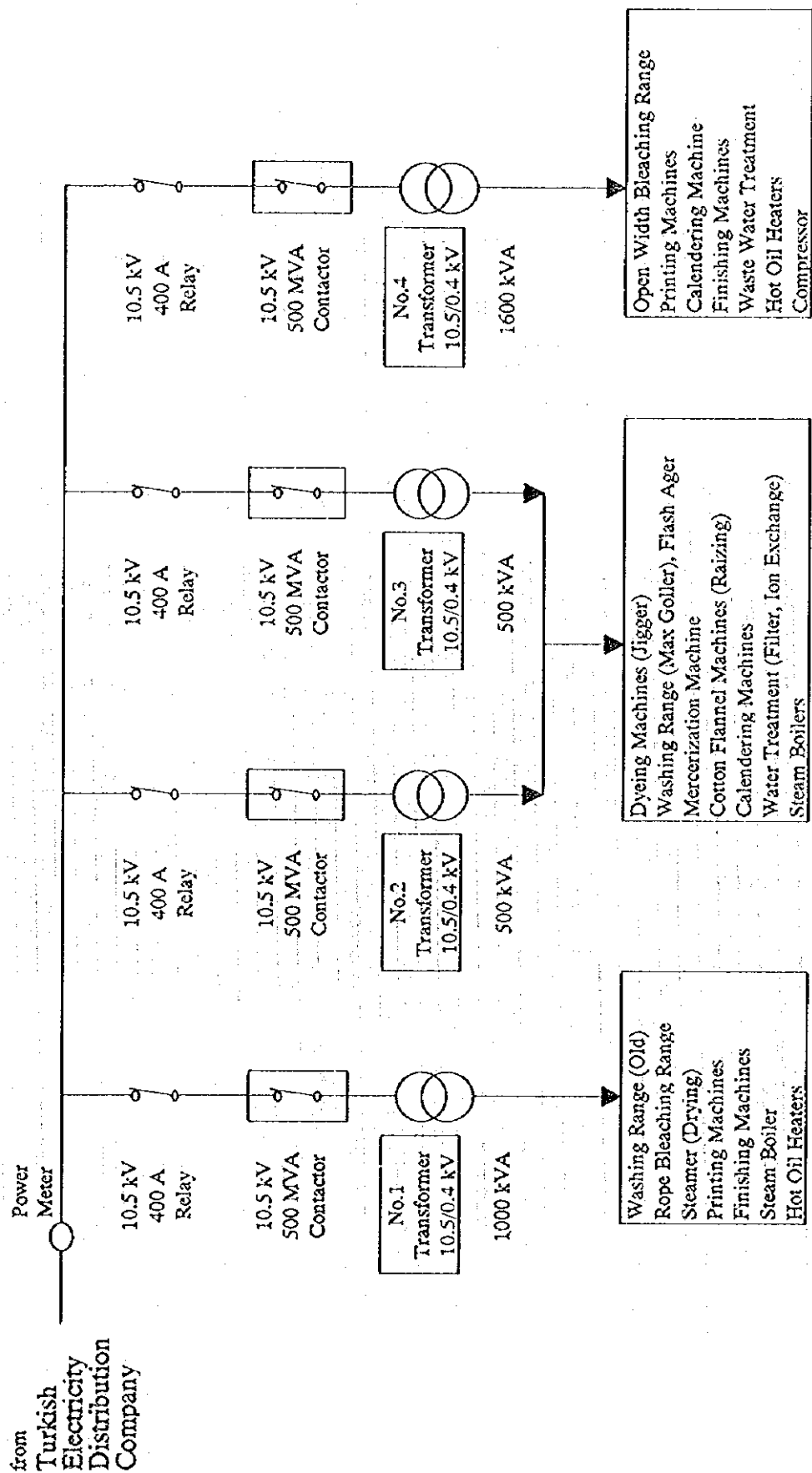


Figure 11-4 Outline of Single Connection Diagram of IBF Electric System

11-3 運転条件の概要

主要な生産装置およびユーティリティ供給設備の運転条件は仕様書の数値と共に第 11 章の 2-2 項及び 2-3 項に記述している。工場の運転体制は連続操業で、1 日に 20 時間から 24 時間、年間 330 日の稼働である。工場の整備は年 1 回、定期的に行われ、通常は 8 月に 2 週間かけて行う。

11-4 エネルギー消費量と原単位の推移

11-4-1 エネルギー消費量

Table 11-7 に過去 5 年間のエネルギー消費量の推移を示す。エネルギーの種類は次の通りである。

Table 11-7 Trends of Energy Consumption in IBF

Name of Utility	1992	1993	1994	1995	1996 (Aug.)
Lignite, tons	7,299	15,918	16,306	13,428	8,063
Price, TL/t				1,238,000	2,501,000
Fuel Oil for Oil Heaters, tons	3,598	3,430	3,267	3,486	2,607
Price, TL/kg	1,528	2,243	5,520	10,633	14,702
Diesel Oil for Oil Heaters, tons			70	86	77
Price, TL/kg			11,900	19,950	39,830
LPG for Singeing, tons	59	95	100	105	71
Price, TL/kg				15,800	28,700
Electricity, MWh	11,752	12,219	12,433	11,403	7,553
Price, TL/kWh				3,254	

(1) 石炭

石炭はスチームボイラーの燃料である。通常、Soma 鉱山の発熱量が 3,500 から 4,500 kcal/kg、灰の含有率が 34 パーセントの物が使用されている。たまたま、工場診断の時に使用していた石炭は発熱量が 5,400 kcal/kg、灰の含有率が 12.7 パーセントであった。

(2) 重油及び軽油

重質軽油がホットオイルとして捺染、仕上げ、カレンダー工程の熱媒体油に使用されている。重油及び軽油はホットオイル加熱炉の燃料として使用されている。

(3) LPG

LPG は毛焼き装置で使用されている。

(4) 電力

電気はすべてのモータ及び照明の動力源である。

11-4-2 エネルギー原単位

エネルギー原単位は次の前提により計算されている。

(1) 年間の製品生産量

IBF の記録は年間に生産される製品量をメートル単位で表している。布地の幅や重さはロットにより変動するので次の数値を平均値として採用し、重量ベースの生産量を算出した。

布地の単位重量、gram/m ² :	140
布地の幅、cm:	160

(2) 年間のエネルギー消費量

IBF は Table 11-7 に示す様に色々なタイプの燃料を消費している。他の工場や日本側調査団の提供するデータとの比較を容易にするため、エネルギーの消費量をキロカロリーベースに換算し、統一した。次の数値を換算係数として使用する。

石炭の発熱量、kcal/kg wet base	4,385
重油の発熱量、kcal/kg	10,000
軽油の発熱量、kcal/kg	9,500
LPG の発熱量、kcal/kg	11,000
電力、kcal/kWh	860

Table 11-8 に過去 5 年間のキロカロリーベースのエネルギー原単位の推移を示す。エネルギー原単位は 1994 年から 1996 年間はほぼ横ばいに推移しているが、1992 年から 1993 年にかけて急上昇している。

Table 11-8 Trends of Unit Consumption of Energy in IBF

	1992	1993	1994	1995	1996 (Aug.)
Production, 10 ³ m tons	33,047 7,402	32,013 7,171	26,979 6,043	27,215 6,096	16,885 3,782
Energy Consumption					
Lignite, tons	7,299	15,918	16,306	13,428	8,063
10 ⁶ kcal	32,006	69,800	71,502	58,882	35,356
Fuel Oil, tons	3,598	3,430	3,267	3,486	2,607
10 ⁶ kcal	35,980	34,300	32,670	34,860	26,070
Diesel Oil, tons			70	86	77
10 ⁶ kcal			665	817	732
LPG, tons	59	95	100	105	71
10 ⁶ kcal	649	1,045	1,100	1,155	781
Electricity, 10 ³ kWh	11,752	12,219	12,433	11,403	7,553
10 ⁶ kcal	10,107	10,508	10,692	9,807	6,496
Total					
10 ⁶ kcal	78,742	115,653	116,629	105,521	69,435
Unit Consumption of Energy					
10 ⁶ kcal/ton-Fabric	10.64	16.13	19.30	17.31	18.36

11-5 エネルギー管理および省エネルギーの現状と問題点

現状のエネルギー管理活動は、一般に受け入れられ、推奨されている活動方法に対して、次の事が指摘される。

1. 省エネルギーの目標の設定：
この工場は目標を持っていない。
2. 社内組織でのエネルギー管理の系統的活動：
毎週水曜日に、社外コンサルタントを招聘している。工場には、製造サイドの管理職が参加する、省エネルギー委員会の様な組織がない。
3. データや記録を活用するエネルギー管理：
工場は、毎月の電力、石炭の消費量の記録を、保有している。しかしこれらのデータは、経理部門が使用するだけである。

4. エネルギー管理の従業員教育と訓練：
省エネルギーについて、作業員に対する教育は行なわれていない。
5. 年間の保全計画：
工場は、年に1度、生産を停止し、定期整備を行なう。
6. 省エネルギーのために、実施した方策とその効果：
省エネルギーは、ほとんど、旧式設備を新式のものに取り替えることにより行なわれている。
計画中の省エネルギー対策とそれらの期待効果：
IBFは2年から5年以内に、工場を、新サイトに移転する計画である。既設工場の新規投資は、控えている。新工場における燃料は、天然ガスが経済的に有利との考えで、主要燃料として計画されている。また、工場は、ホットオイルシステムの採用を削減する事とコージェネレーションシステムの採用を考えている。
7. 省エネルギーの推進に際しての問題点：色々問題点がある。
8. 環境汚染の管理：
 - (1) 廃ガス：
煙道ガスが排水処理に利用されている。煙突からの排出ガスのスモッグが環境問題になつている。
 - (2) 排水：
排水は煙道ガスにより中和処理が行なわれている。
 - (3) 廃棄物：
顕著な問題はない。市営の投棄地で処分している。但し有料である。

11-6 工場の設備の現状と問題点

11-6-1 共通事項

主要なエネルギー消費装置及び供給装置の、共通の問題点として、次の事項が、考えられる。

- (1) エネルギーの供給量、消費量に関する計測器の不足
蒸気やホットオイルの様な熱媒体の流量計が設置されていない。水量計、温度計、圧力計は、若干、設置されているが、エネルギー管理の為には、充分でない。
- (2) 不十分な保温
蒸気配管、ホットオイル配管及びスチームボイラー、ホットオイル加熱炉、生産装置の様な熱に関係する設備については、十分に保温が、行なわれている。しかし、一部の保

温は、保温材の材質が不良であったり、厚みが不足しているものがある。これが熱損失の原因になっている。

(3) 電力の使用に際しての損失

一部のモーターは必要以上に高い回転数で運転されている。電気の供給システムの変圧器の容量がその系統の負荷に対して大きすぎるものがある。これらが電力損失の一つの原因である。

11-6-2 生産装置に対する事項

(1) 間歇運転

或種の装置において、間歇運転が観察された。これは不必要なエネルギー損失の原因である。エネルギーの合理的な利用を配慮した生産計画の作成が、できる限り、必要である。

(2) Bleaching Range における熱損失

生機は、bleaching machines で、水と蒸気で処理され、白布地になる。この設備では、表面から大気への熱放散や側溝への温排水の放出がある。

(3) Washing Range における熱損失

白布地は、printing、steaming、washing および finishing 処理を受けて、捺染布となる。かなりの熱が、大気中に放出され、また温排水として排水される。特に、washing machine において大きい。

11-6-3 エネルギー供給設備に対する事項

(1) ボイラー、ホットオイル加熱炉の低効率運転

既設のスチームボイラー、ホットオイル加熱炉は、いずれも容量が小さく、各ボイラーおよび各加熱炉は、互いに、独立した運転を行っている。そのため、各設備は設計値と比べて低負荷で運転している。ホットオイルの循環系も含めて、全体的なエネルギーの供給システムによる運転が、合理化に資すると思われる。

(2) 低コンデンセート回収率

スチームコンデンセートの回収は十分に行われていない。現状回収率は 10 から 30 パーセントである。スチームコンデンセートの回収は優先順位の高いテーマである。

(3) 蒸気配管からの漏洩

スチームトラップ、バルブのグランド等から、大気へ、若干量の蒸気の漏洩が見られた。

(4) スチームボイラー

1) 計測機器とコントロール設備

ボイラーには計測機器がほとんど設置されていない。コントロールはマニュアル操作により行われている。当初には、蒸気の流量計や煙道ガスの性状の指示装置は、設置されていた。これらは、保全の不良や測定用の試薬の補給の不具合により、稼動していない。

特徴的な運転の操作は次のとおりである。

1. 蒸気の圧力: 7 Kg/cm²の維持を目標
2. 石炭の供給量の調節: 石炭の供給機の回転数を手動で調節する。
3. ボイラーの水位:
 - (1) No.1, No.3 ボイラー: マニュアルコントロール、液面異常警報装置設置
 - (2) No.2 ボイラー: LC 運転
4. 空気の供給:
 - (1) FDF: ダンパーは全開
 - (2) IDF: 炉内の燃焼状況及び煙突からの排出ガスの煙の状況に応じて、ダンパーの開度を調節したり、送風機の回転数を調節する。
時々、煙道ガスの酸素含有率の分析が行われるが、その結果に対して、なんら、対応が取られていない。

2) 運転管理

ある種のデータは、毎時間記録されている。この数値は、たまたま、各時間に変化が無い。これは、各ボイラーの運転が非常に安定しているか、計測機器が正常に作動していない事を意味しているのかも知れない。実際には、蒸気の需要は、各装置の蒸気の消費の様子により、変動している。これは、計測機器が正常に作動していないと言うこと以外の何らかの理由があるのかも知らない。

工場では次の項目のデータを記録している。

1. 蒸気の流量: 流量計はない。そのため、記録はない。
2. 炉内のエコマイザーの給水側の入口、出口温度
3. エコマイザーの排出ガス側の入口、出口温度
4. FDFの出口とIDFの入口の圧力
5. 供給空気の圧力: ストーカーの各部における圧力、mm H₂O
6. 各ストーカーへ供給する空気を調節するため、ダクト内のダンパー開度の位置