

タイ王国
省エネルギープロジェクト開発計画調査
第3次調査報告書
(プラスチック/化学、食品)

1984年1月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1030858[3]

タイ王国
省エネルギープロジェクト開発計画調査
第3次調査報告書
(プラスチック／化学、食品)

1984年1月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 14	122
登録No. 10086	67
	MPI

目 次

I 総 括

1. 調査の目的	1
2. 調査の方法	3
2.1 工場診断	3
2.1.1 書類による事前調査	3
2.1.2 経営者、管理者との面談	3
2.1.3 工場全体の視察	3
2.1.4 調査、計測	3
2.1.5 ディスカッション	4
2.2 カウンターパートへの技術移転	4
2.2.1 計測機器の取り扱い	4
2.2.2 診断手法の指導	4
2.3 関連情報の収集	4
3. 診断対象工場	5
4. 工場診断結果のまとめ	6
4.1 エネルギー管理の状況	6
4.1.1 経営の姿勢	6
4.1.2 全員参加の状況	6
4.1.3 データによる管理	8
4.1.4 技術水準の向上	8
4.1.5 工場側が省エネルギー推進上の問題点と考えている事項 （アンケート結果）	9
4.2 エネルギー消費の状況	11
4.2.1 燃料の燃焼	11
4.2.2 加熱・冷却並びに伝熱	12
4.2.3 放射・伝導等による熱の損失	14
4.2.4 廃エネルギーの回収利用	15
4.2.5 熱の電力への変換	15

4.2.6	抵抗等による電気の損失	16
4.2.7	電気の動力・熱等への転換	17
4.3	化学工業	17
4.3.1	業界の概況と診断工場の位置づけ	17
4.3.2	製造工程	18
4.3.3	エネルギー消費形態	19
4.3.4	主要エネルギー管理項目	19
4.3.5	改善目標と予想効果	21
4.4	食品工業	22
4.4.1	業界の概況と診断工場の位置づけ	22
4.4.2	製造工程と設備概況	23
4.4.3	エネルギー消費形態	24
4.4.4	主要エネルギー管理項目	25
4.4.5	改善目標と予想効果	27

II 個別工場診断報告

1.	Thai Bones Industry Co., Ltd.	1-1
2.	Citric Acid Industry Co., Ltd.	2-1
3.	Custom-Pack Co., Ltd.	3-1
4.	Thai Industrial Gases Ltd.	4-1
5.	Siam Union Sahamitr Co., Ltd.	5-1
6.	Siam Chemical Co., Ltd.	6-1
7.	Thai Chemical Corporation Ltd.	7-1
8.	Thai Silicate Co., Ltd.	8-1
9.	The Bangkok Chemical Industrial Co., Ltd.	9-1
10.	Sang Som Co., Ltd.	10-1
11.	United Grains Co., Ltd.	11-1
12.	Thai Castor Oil Industries Co., Ltd.	12-1
13.	Thanakorn Vegetable Oil Products Co., Ltd.	13-1
14.	The Unicord Investment (Thailand) Co., Ltd.	14-1

15. Thai Union Manufacturing Co., Ltd.....	15-1
16. Union Seri Co., Ltd.....	16-1
17. Star Feed Mill Co., Ltd.....	17-1
18. Central Food Products Co. Ltd.....	18-1

添 付 資 料

1. 調査団員名	(1)
2. 調査日程	(2)
3. Questionnaire	(3)
4. check list	(11)
6. 収集情報資料	(46)

I. 総括

1. 調査の目的

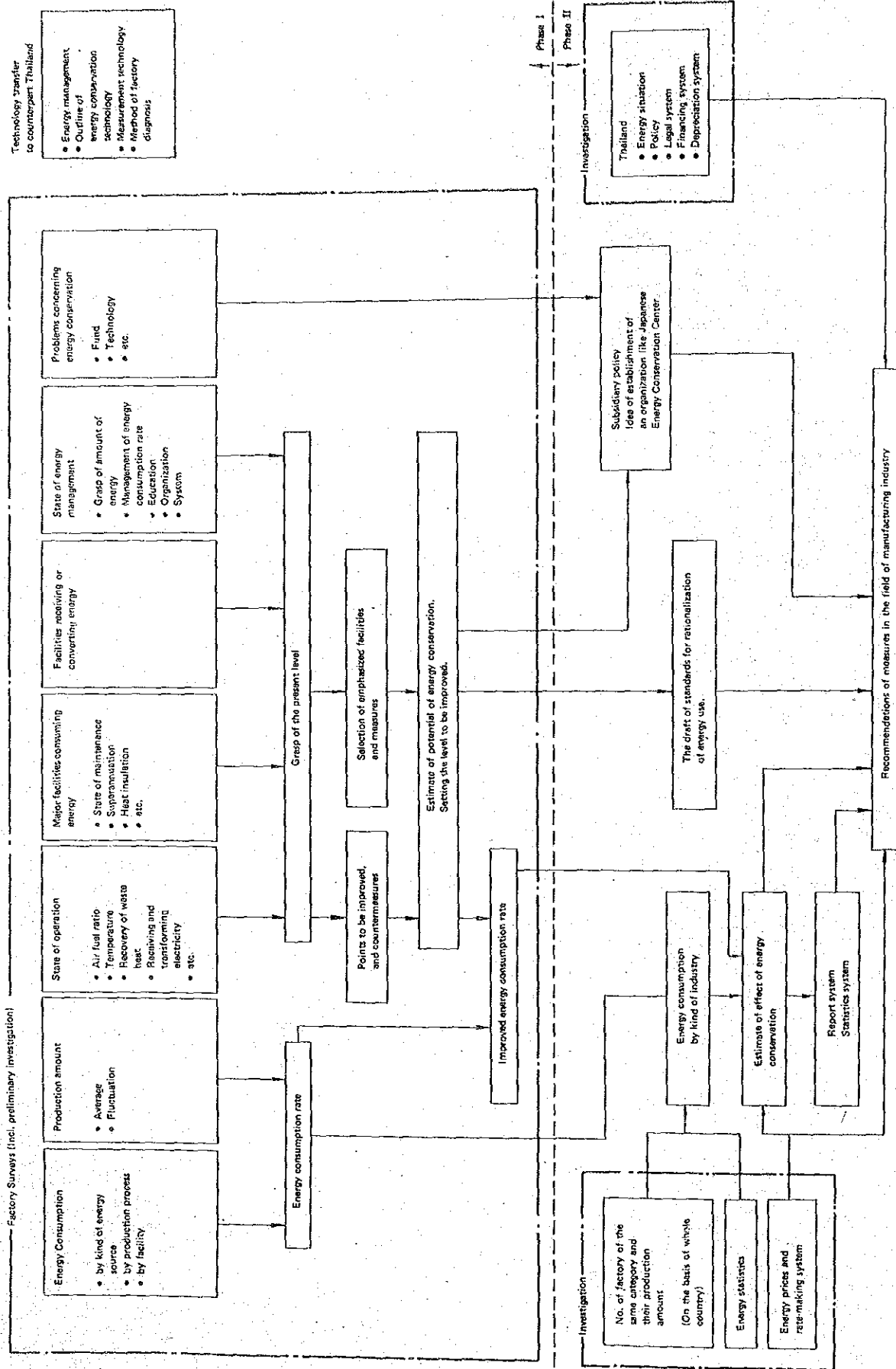
今回の調査は国際協力事業団（JICA）が1982年3月にタイ王国のNational Energy Administration（NEA）との間で署名した the Scope of Work for the Study on Energy Conservation Project in the Kingdom of Thailand（以下“the Scope of Work”という）に基づいて実施したものである。

“the Scope of Work”で合意された調査のフレームワークは Fig 1 の通りであるが、今回実施した第3次調査は、このうちフェーズ I の一部をなすものであり、次の点を目的としている。

- (1) 食品・プラスチック/化学各9工場を対象とする工場診断の実施
- (2) タイ王国カウンタパートへの省エネルギー計測・診断技術移転
- (3) タイ王国工業分野におけるエネルギー関連一般情報の収集

現地調査は、1983年6月26日から35日間にわたり添付資料1のメンバー、添付資料2の日程により実施した。

Fig. 1 Framework of Thailand's Manufacturing Industry Energy Conservation Investigation



2. 調査の方法

2.1 工場診断

2.1.1 書類による事前調査

予め、NEAを通じてQuestionnaire（添付資料3）を各工場に配布し、次の各項目の記入を求めた。

- a. 工場の概要（工場名、所在地、役員名、業種、資本金、年間売上高、従業員数、技術者数、主要製品、生産能力）
- b. エネルギー使用量（燃料、電力、水）
- c. 主要エネルギー使用設備（名称、型式、設置年、能力、使用燃料、運転時間）
- d. 生産工程図
- e. エネルギーフロー図
- f. 配線系統図
- g. 工場内配置図
- h. 省エネルギー推進上の問題点

2.1.2 経営者、管理者との面談

回収したQuestionnaire及びエネルギー管理チェックリスト（添付資料4）を参照しながら、下記に関するヒヤリングを実施した。

- a. 生産及び販売の現況
- b. これまでに実施した省エネルギー対策
- c. エネルギー管理状況
- d. 生産面での問題点

2.1.3 工場全体の視察

製造工程に従って工場全体の視察を行い、次の各項目を把握した。

- a. 全般管理状況
- b. レイアウト
- c. 調査・計測の重点個所

2.1.4 調査・計測

重点設備を対象に、チェックリストの項目に従い次の各項目に関し調査・計測を行った。

- a. 設備ディメンジョンの測定
- b. 工場側記録や計器を利用してのデータ採取
- c. 計測機器（添付資料5）による測定
 - －燃料の燃焼状況
 - －加熱、冷却、伝熱の状況
 - －熱の放散防止の状況
 - －廃熱回収の状況
 - －熱の動力への変換の状況
 - －抵抗等による電力の損失状況
 - －電力の動力・熱への変換の状況

2.1.5 ディスカッション

調査・計測結果の概要を経営者、管理者に説明し、問題と思われる点について討議した。

2.2 カウンタパートへの技術移転

2.2.1 計測機器の取り扱い

診断時に工場で計測機器取り扱いの実地指導を行った。

2.2.2 診断手法の指導

予めNEAにおいて、チェックリストの各項目毎に、内容とその意味を説明し、その後工場診断に当たって実地でチェックリストの記入方法を具体的に指導した。また工場診断後のデータ整理日に診断工場のプロセスと診断の着眼点を説明するとともに、収集データの突合せ整理、収集データから得られる情報の解説を通じて診断手法の指導を行った。

2.3 関連情報の収集

タイ王国のエネルギー政策、エネルギー情勢、製造業の生産状況等について、NEA、TPAを通じて情報を収集した。

3. 診 断 対 象 工 場

診断対象工場はTable 1の通りである。いずれもバンコク近傍にあり、最も遠い工場でも約130 kmの距離にある。

診断対象工場のうち、化学の2工場、食品の1工場が外国との合弁企業であり、また化学の2工場、食品の4工場はタイ王国内の企業グループに属するものであった。

また、その製品についてはタイ王国内で唯一の製造工場であるものが3工場、業界のトップ又はそれに準ずる企業が6工場あり、その他もすべて中規模以上の工場であった。

化学・食品工業は装置産業であり、危険物を取り扱うための安全、食品を取り扱うための衛生の問題への配慮が必要なため、一般的には整理・整頓がよく行われていた。

Table 1 Factories Diagnosed

Industry Type	Factory	Products	Dates
Chemical	Thai Bones Industry Co., Ltd.	Ossein	6/30~7/1
	Citric Acid Industry Co., Ltd.	Citric acid	7/ 4~ 5
	Custom-Pack Co., Ltd.	Plastic wares	7/ 7~ 8
	Thai Industrial Gases Ltd.	Liquid Oxygen/Nitrogen	7/11~12
	Siam Union Sahamitr Co., Ltd.	Vegetable oil, Soap, Margarin, Glycerin	7/14~15
	Siam Chemical Co., Ltd.	Sulfuric acid, Nitrous oxide, Alum, sulfur roll	7/18~19
	Thai Chemical Corporation Ltd.	Formalin, Plasticizer, Adhesive	7/21~22
	Thai Silicate Co., Ltd.	Sodium silicate	7/23
	The Bangkok Chemical Industrial Co., Ltd.	Sulfuric acid, Cupric sulfate, Ferrous sulfate, Alum, Sulfur powder/roll	7/26~27
Food	Sang Som Co., Ltd.	Whisky	7/ 4~ 5
	United Grains Co., Ltd.	Granary	7/ 7~ 8
	Thai Castor Oil Industries Co., Ltd.	Castor oil	6/30~7/1
	Thanakorn Vegetable Oil Products Co., Ltd.	Vegetable oil	7/11~12
	The Unicord Investment (Thailand) Co., Ltd.	Canned sea-food	7/14~15
	Thai Union Manufacturing Co., Ltd.	Canned sea-food	7/21~22
	Union Seri Co., Ltd.	Canned sea-food	7/23
	Star Feedmill Co., Ltd.	Feed	7/18~19
	Central Food Products Co., Ltd.	Feed	7/26~27

4. 工場診断結果のまとめ

4.1 エネルギー管理の状況

4.1.1 経営の姿勢

診断工場の管理者はいずれも省エネルギーに強い関心を示している。工場長のなかには優秀な技術力を持ち、率先して積極的な技術対策を進め、成果をあげている人達もいる。しかし全般的に見ると、工場全体での活動に展開されているところは少なかった。

(1) 経営者からの目標提示と呼びかけ

省エネルギーを推進するには管理者が、「いつまでに」、「何%」の省エネルギーを達成するという具体的な目標を立て、それを従業員に提示し、なぜ省エネルギーが必要かを理解させながら協力を求めることが必要である。これをもとに、各部門又は各人が行うべき努力の目安が明らかになり、具体的な行動に移りやすくなる。

今回の診断工場において目標が決められていたのは、化学で2工場、食品で4工場あった。このなかには、月々の生産計画に応じてエネルギー使用の上限量を決めて指示している例もあった。

従業員に対する呼びかけは、規律維持・安全を中心に会議の席等で随時行われているが、直接省エネルギーに関するもの、あるいは文書による呼びかけは少ない。

(2) 現在までの対策実施状況

省エネルギーのための設備対策は、コンデンセート回収、保温強化、トラップの点検整備、副生燃料の利用、ボイラやプロセスの廃熱利用などを中心に13工場で実施されており、多いものでは800万Btに上る投資を行っている(Table 2参照)。

これに操業面での改善を加えて、40%近い原単位改善の実績をあげている工場もあった。しかし一方、せっきくの投資をしながら、その効果の確認がなされておらず、また整備もされずに機能を発揮していない例も見受けられた。

投資回収期間の基準は3年程度と考えているところが多かった。

4.1.2 全員参加の状況

全般的に見て、組織的に省エネルギーを進めている例は少なく、工場長や少数のスタッフによる設備対策が主になっている。

省エネルギーのみをテーマにした委員会を設けているところはなかったが、原価委員会などの定例会議を利用して、エネルギーの問題も処理しているという工場は約1/3あ

Table 2 The Energy Saving Measures Carried Out to Date

Measures	Chemical	Food	Total
Rationalization of combustion of fuel			
Preheating of fuel	1	1	2
Rationalization of heating, cooling and heat transfer			
Replacement of boiler	3	1	4
Sale of surplus steam to neighboring factory	1		1
Utilizing of raw material getting higher yield		1	1
Prevention of energy loss by radiation and conduction			
Reinforcement of insulation	3	2	5
Inspection and repair of steam traps		3	3
Recovery and utilization of waste heat			
Combustion of waste oil and gas	1	1	2
Recovery of condensate	3	1	4
Utilization of heat of exhauste gas	1	1	2
Heat recovery in process	1	1	2
Heat recovery in blower and compressor	2		2
Utilization of solar energy	1		1
Prevention of electric loss by resistance			
Cutting off of surplus transformers		1	1
Rationalization of converting electricity to driving power and heat			
Improvement of lighting		3	3
Reduction of power consumption for motors		2	2
Improvement of transport equipment		1	1
Total	17	19	36

った。

改善提案制度を設けているのは化学では1工場のみであったが、食品では6工場あった。しかしいずれも提案が出ず、制度が有効に働いていない。

小集団活動(QCサークル)が発足しているのは化学1工場、食品1工場で、その他に準備中のもの1工場があった。

省エネルギーのためのプロジェクトチームを作り、活発な活動を行っている模範的な工場が1つあった。フォアマンまで含めた検討会を月1回開催し、力率改善、保温、トラップ、バルブ洩れなどのテーマをとりあげて対策を実施し、その結果を上部委員会に報告するようにしていた。

4.1.3 データによる管理

今回の診断工場では、ほとんどの工場で毎日のエネルギー消費量が把握されていた。工程別、設備別のデータがとられている工場も半数以上あった。

更に、これらのデータをもとに原単位を計算し、管理図を作成し、変動のある場合はその要因を解析して処置し、操業の改善に役立てるという管理の手順を忠実に踏んで成果をあげている工場も化学で2工場、食品で3工場あった。

このように、全般的にデータによる管理のレベルは高いが、工程別の管理を進めるためにはまだまだ管理用計器の設置が十分でない。例えば、ボイラの熱効率の日常管理に必要な給水量計、燃料油量計についてみると、13基のボイラのうち前者は4基、後者は5基に設置されておらず、更に設置されてはいるが各2基が故障していた。結局、約半数のボイラは何ら管理指標のないまま盲運転されていることになる。

4.1.4 技術水準の向上

従業員教育には熱心で、化学3工場を除いては社外の研修会に従業員を派遣している。なかには年に10回以上出している工場や、年に20名程度も出している工場もある。見学会にも約1/3の工場が人を出している。

しかし、社外の研修を受けたものが講師となって社内で行う伝達講習はあまり実施されていない。人を教えることによって、講習で得た知識をより確実に自分のものにしていくことができるし、また技術が個人に偏在することなく全体のレベルアップが図れるものであるから、今後の実施が望まれる。社内教育がよく行われている例としては、工場長自身が講師となって週2回研修を行っている例や計画的にローテーションを行って技術

向上を図っている例が見受けられた。

2～3の工場についてはスタッフの数が少ないか非力であって、工場長1人が日常管理から改善計画まですべてに当たっていた。いかに優秀な工場長であっても、どうしても目先の事柄の処理に追われることになるので、スタッフの配置と育成が急がれる。

4.1.5 工場側が省エネルギー推進上の問題点と考えている事項（アンケート結果）

事前に配布した Questionnaire（添付資料3）を利用して行ったアンケート調査の結果を Table 3 及び Fig 2 に示す。

Table 3 Replies to Questionnaire "Problems Encountered in The Promotion of Energy Conservation"

(Number of replies 18 factories)

Question	Food	Chemical	Total	(Reference)	(Reference)	Total
				The First study	The Second study	
(1) Prospect of energy price is not clear.	3	2	5	9	9	23
(2) The proportion of energy cost in the whole cost of enterprise is small.	3	1	4	1	3	8
(3) Increase of energy cost can be covered by raising the prices of products.	2	2	4	10	3	17
(4) Instability of energy supply. (power stoppage, etc.)	1	0	1	5	3	9
(5) Shortage of engineers.	5	1	6	6	2	14
(6) Difficulty in obtaining good energy conservation equipment.	3	4	7	2	8	17
(7) Information such as active cases is not easy to obtain.	1	6	7	3	4	14
(8) System of research and development is not sufficient.	5	5	10	2	10	22
(9) Shortage of fund for facility improvement.	2	3	5	2	4	11
(10) The facilities are superannuated.	1	1	2	1	3	6
(11) Employee consciousness is low.	4	5	9	10	12	31
(12) No personnel are available who can educate the employees.	3	1	4	9	2	15
(13) Shortage of measuring equipment.	1	5	6	5	11	22
(14) No time to analyze energy consumption rate.	0	1	1	1	1	3
(15) Shortage of information on government's measures.	5	1	6	2	3	11
(16) Shortage of government's subsidiary measures.	3	1	4	5	3	12
(17) Others	1	0	1	3	2	6
Total	43	39	82	76	83	241

Fig. 2 (1) Replies to Questionnaire "Problems Encountered in The Promotion of Energy Conservation"

Question	First Study	Second Study	Third Study
	Ceramics, Glass and Paper	Textile and Metal	Food and Chemical/Plastic
(1) Prospect of energy price is not clear.			
(2) The proportion of energy cost in the whole cost of enterprise is small.			
(3) Increase of energy cost can be covered by raising the prices of products.			
(4) Instability of energy supply. (power stoppage, etc.)			
(5) Shortage of engineers.			
(6) Difficulty in obtaining good energy conservation equipment.			
(7) Information such as active cases is not easy to obtain.			
(8) System of research and development is not sufficient.			
(9) Shortage of fund for facility improvement.			
(10) The facilities are superannuated.			
(11) Employee consciousness is low.			
(12) No personnel are available who can educate the employees.			
(13) Shortage of measuring equipment.			
(14) No time to analyze energy consumption rate.			
(15) Shortage of information on government's measures.			
(16) Shortage of government's subsidiary measures.			
(17) Others			

回答が多かったのは次の設問であった。

- (8) 研究開発体制が不十分
- (11) 従業員の意識が低い
- (6) 良い省エネルギー機器が入手困難
- (7) 実施事例など情報が入手しにくい

第1次、第2次調査の結果と比較すると、石油事情の安定を反映して、「(1)エネルギー価格の見通しが不明」が更に減っている。「(11)従業員の意識が低い」は各回とも多い。他と比べて今回特に多くなったのは、食品の「(5)技術者が不足」、化学の「(7)実施事例など情報が入手しにくい」である。また「(8)研究開発体制が不十分」は第2次と同程度であり、これらはワンステップ先の省エネルギーを指向する気持ちのあらわれともみられる。

4.2 エネルギー消費の状況

4.2.1 燃料の燃焼

(1) ボイラの負荷

ボイラの容量に対し実負荷が著しく低いものが13工場中6工場あった。このため、ON-OFFの回数が多くなったり、はなはだしい場合は失火を起こしたりしていた。ON-OFFの回数が多いと、再点火に当たってパージのため冷空気を導入するので効率が低下する。

(2) バーナ手入

ノズルの掃除の不十分なもの、あるいはノズルの摩耗したバーナが見受けられた。燃料油の霧化が不良となり、発煙したり、ボイラ後部で逆火を起こしたりしていた。このためボイラ能力も低下し、予備缶を稼働せざるを得ない状態になっていた。また伝熱面を汚損するので排ガス温度も高くなっていた。

(3) 計器整備

給水流量計、燃料油流量計の設置状況はTable 4のようであり、約半数が不備であった。

給水流量と燃料油流量の比から蒸発倍数を計算し、ボイラ効率の日常監視をするためにはぜひ必要な計器であり、取り付け及びその維持管理が望まれる。

蒸気流量の瞬間値指示計を持つボイラもあったが、積算計でないと上記の蒸発倍数管理には使い難い。

Table 4 Equipment of Flowmeters for Boilers

	Equipped		Not equipped	Total
	Working well	Out of order		
Flow meters for feed water	7	2	4	13
Flow meters for fuel	6	2	5	13

(4) 空気比

ボイラの空気比の分布はFig 3の通りである。

極端に空気比の高いものがあったが、このうちの1つは低負荷で低燃焼の時間の長いボイラであった。また空気比が少なすぎて、煙を出していたボイラもあった。

(5) 燃料油の予熱

燃料油の予熱器がないものや適正に使われていないものがあつた。燃料油の種類に

応じた温度に加熱し、粘度を適正範囲に保たなければ良好な噴霧状態が得られない。

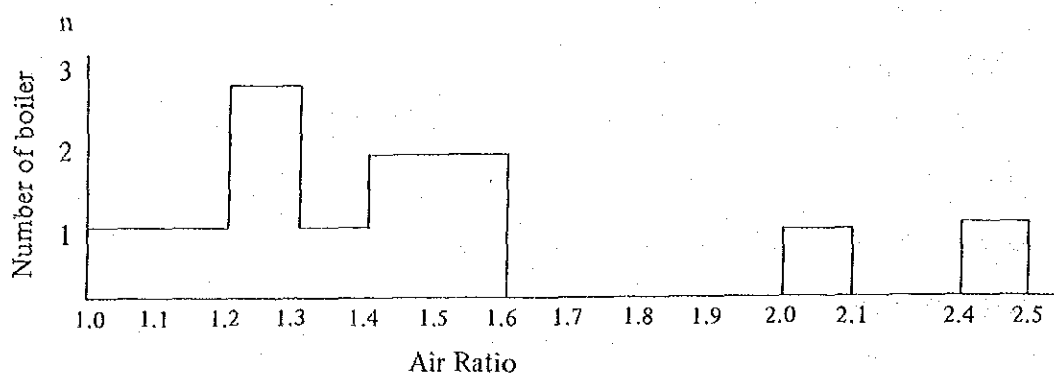


Fig. 3 Air Ratios of Boilers n = 12

4.2.2 加熱・冷却並びに伝熱

(1) 歩留の向上

製品はもちろんのこと、半製品でもそれができるまでには既に相当量のエネルギーが消費されている。従って工程の途中で汚したり、こぼしたりして損失することは、エネルギーの大きな損失になる。今回の診断工場の例でも、溶融した硫黄、缶詰原料、飼料製品などが床に多量こぼれているのが見受けられた。これらは掃除して原料にリサイクルしたとしても、それまでに費されたエネルギーまでは回収できない。

一方、Castor Oilを製造する工場で、油含有量の多い原料を入手するため、品質の良い種子を選別して、農家に再配布するという工夫をしている良い例も見受けられた。

(2) 蒸発装置

溶液の濃縮や溶剤除去のための蒸発濃縮装置が4工場で使用されていた。大部分は2重効用缶になっていたが、単効用缶も見受けられた。蒸発装置において必要な熱量で最も大きな部分を占めるのは、蒸発に必要な潜熱である。このため、2重効用缶では蒸発部を2つに分け、1段目で発生した蒸気を2段目の熱源に使用するようにしており、理論上は必要エネルギーを半分にする事ができる。従って、エネルギー価格が上昇するにつれ、蒸発缶の効用段数を増加して省エネルギーを図ることができ、その例も多い。

省エネルギー型の蒸発装置には、この他に発生した蒸気をブロウで再圧縮して熱源とする方式もあり、製品の種類、スペースの有無等、種々の点を勘案して装置の選択をする必要がある。

(3) 蒸気加熱の際の空気抜き

蒸気加熱器の中に残留する空気は、蒸気との比重差があることや抜出口の面積が小さいことのために、なかなか排出され難い。空気は熱の不良導体であるために、器内に空気が残留すると次のようなトラブルを生じる。

- (a) 温度上昇に時間がかかる
- (b) 器内の温度分布が不均一になる
- (c) 蒸気分圧が低下することにより、蒸気温度が低下し、必要な温度に加熱できない。
- (d) 空気中の酸素により腐食が促進される

空気の残留箇所は設備の形状、作業方法によりそれぞれ異なるので、昇温時間や温度分布のデータを数多くとり、改善を進めなければならない。

今回の診断工場では、空気の害について一般に関心が薄いように見受けられた。

(4) 蒸気圧

蒸気が保有する熱量のうち、加熱に有効に使われるのは蒸発潜熱に相当する部分である。蒸気の蒸発潜熱は蒸気の圧力が低い程多いので、被加熱物との温度差が確保される範囲で、できるだけ蒸気の圧力を低くするのが蒸気量の節約に効果的である。

蒸気圧を低下した方がよいと思われる工場も2工場あった。

(5) ボイラ排ガス温度

ボイラ排ガス温度の分布はFig 4の通りである。不完全燃焼による煤の発生や、伝熱面の掃除不良のため排ガス温度が異常に高くなっているものがあつた。また、低負荷のため排ガス温度が低下しているボイラもあつたが、このようなボイラでは煙突部の腐食状況に注意を払う必要がある。

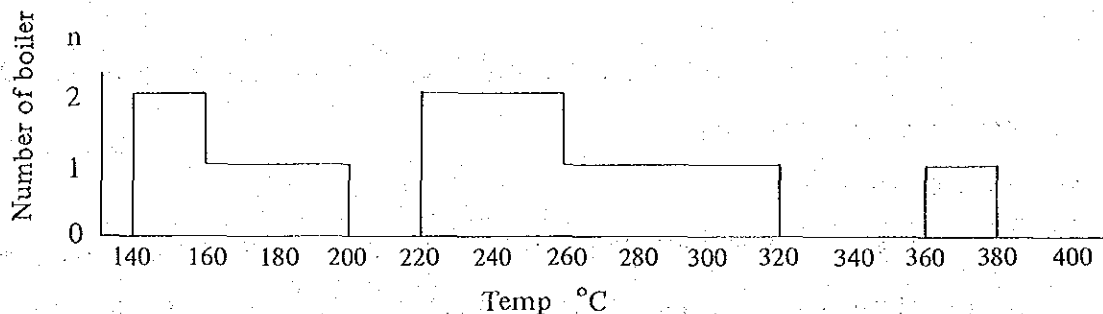


Fig. 4 Exhaust Gas Temperature n = 12

4.2.3 放射・伝導等による熱の損失

(1) 保温・断熱

機器・配管の保温はかなり実施され、また現在も進められている。しかし、まだ保温を必要とする部分も相当残されている。蒸気バルブの保温は1工場を除いてほとんど実施されていない。コンデンサートの回収管も保温がされていない。蒸留塔やクックのような大型装置も保温されていない。

エネルギー価格の高騰に伴って保温の経済性は以前にも増して良くなっている。

Fig 5はある条件を設定して計算した例であるが、表面温度が60℃以上を示している個所については、保温費用はおおむね1年以内に回収できることを示している。

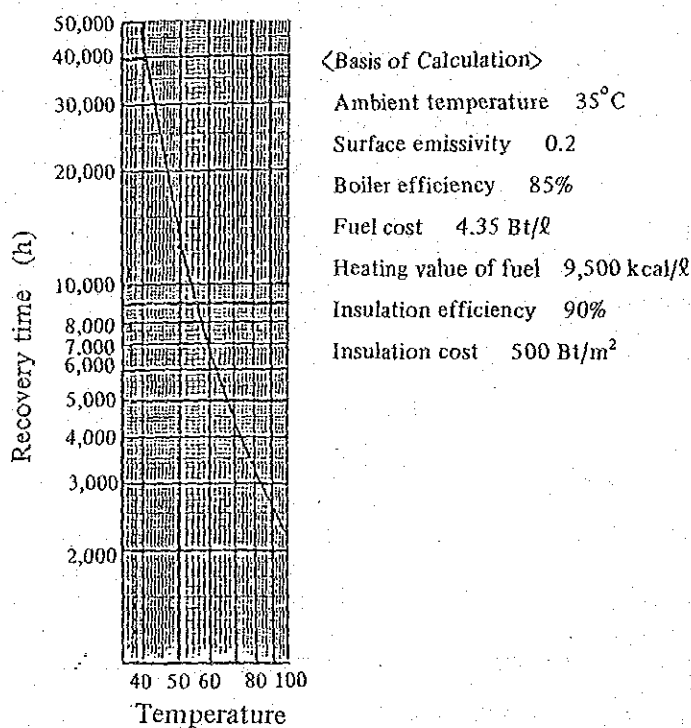


Fig. 5 Pay Back Time of Insulation Cost

その他温水槽へのカバー設置や、塗装色の変更による放射率の減少でも相当の効果が期待できる例が見受けられた。

(2) ボイラ水のブロー

ボイラ水の電気伝導度の分布はFig. 6のようであった。一般的に低い値を示し、水処理ないしはブローがよく行われていることを示している。しかし必要以上にブローを行っている例も見受けられた。

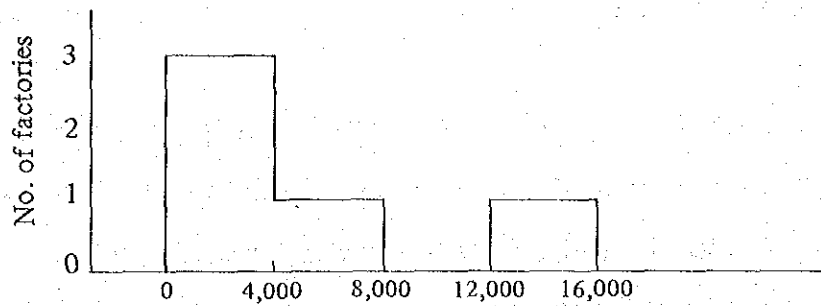


Fig. 6 Conductivity of Boiler Water $\mu\text{S}/\text{cm}$

(3) ドラップ点検

トラップ不良のため給水タンクまで蒸気が洩れこんでいる例があった。一般的にトラップの点検整備は十分行われているようには見えなかった。

4.2.4 廃エネルギーの回収利用

(1) プロセス流体の熱回収

蒸留・溶剤分離・反応塔などではプロセス流体を加熱する部分、冷却する部分が混在しているので、これら流体間の熱交換を効果的に行うことが省エネルギーのために重要な項目である。エネルギー費と設備費を勘案して最経済になるように設計されるが、エネルギー価格の高騰に伴って熱交換を強化する傾向にある。診断工場の例では蒸留塔、脱臭塔、結晶槽などに熱交換の余地が認められた。

(2) 圧力の回収

蒸気の使用圧力に対して発生圧力が高い場合は、タービンによりその圧力差を電力として回収することができる。また、逆浸透法による水の脱塩操作の場合も、原水に対して約半量の塩水が高圧のまま排出されるので、その圧力を回収してポンプ駆動に使うことができる。これらが経済的に行われるためには、圧力差や規模がある程度以上大きいことが必要であるが、今回の診断工場のなかには可能性のあるものがあった。

4.2.5 熱の電力への転換

電力会社からの供給電力が不安定で停電が多く、一方、プロセスは危険物を取り扱うため短時間の停電も許されないという工場があり、ディーゼル発電機を保安用に常時運転していた。このような小規模発電設備では、ディーゼルエンジンの廃熱も同時に利用するのでなければ効率が低い。従って、2系統からの受電にするか、熱回収を行うよう改めるのが望ましい。

4.2.6 抵抗等による電気の損失

(1) 力率

今回の診断工場の力率分布及びコンデンサの設置状況は Fig 7 のようである。食品工業において力率改善用のコンデンサがよく設置されていた。しかし一部にリレーなどの不備のため十分機能していないものが見受けられた。化学工場で最も力率の高い工場は大容量の誘導同期電動機を保有しており、界磁の調整によって力率を 100 % 近くに保っている工場である。

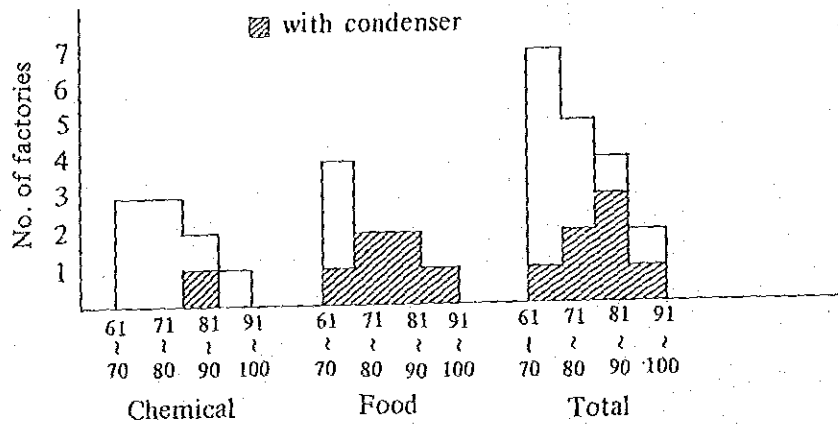


Fig. 7 Distribution of Power Factor by Branches of Industry

(2) 三相電流不平衡

電流不平衡の見られる工場が約 1/3 あった。照明等の単相負荷の接続法を工夫して不平衡を解消する必要がある。

(3) ピーク・デマンド

ピーク・デマンドの抑制には余り関心が払われていない。時間毎の電力量を測定して日負荷曲線を作り、ピークの発生する原因を調べて対策をとる必要がある。ピークを抑制すると、ピーク・デマンドフィーが低減されるだけでなく、抵抗損失の減少も図れる。

(4) 変圧器

変圧器の容量は一般的に妥当であった。余剰分の切離しが行われている工場もあった。

今後は長時間の定修時や操業形態の大幅な変更のある時の変圧器の切離しを行うのが望ましい。

4.2.7 電気の動力・熱等への転換

(1) モータ供給電圧

モータへの供給電圧は一般的に高目になっていた。しかしモータ負荷の低い時は(50%以下)電圧を低目にする方が効率が向上する。

(2) 照明

昼光色蛍光灯の使われているところが多いが、省エネルギー型白色蛍光灯に切り替えることにより電力節減が可能である。

(3) 圧縮空気用動力節減

圧縮空気の漏洩防止、吐出圧の引き下げ、吸引変更、不要時の放出防止などにより、圧縮機用電力を節減できる余地がある。

4.3. 化学工業

4.3.1 業界の概況と診断工場の位置付け

化学工業は1970年代に年率12%近い伸びを示し、製造業における付加価値額の構成比では、食品、繊維に次ぎ約15%のシェアを持っている。更にシャム湾の天然ガスを利用した石油化学工業の建設が進んでおり、タイ王国の製造業の中で重要な役割を持っている。

今回の診断工場には石油精製工場のようなエネルギー多消費工場が含まれておらず、熱需要が少ないとか、化学反応の副生熱が多いとかのため燃料油を消費しない工場も3工場含まれていたため、必ずしもこのエネルギー消費状況が全体の状況を反映していないかも知れない。

しかし、全体のエネルギー消費量と今回診断工場のエネルギー消費量を比較すると、Table 5に示すように熱・電気の割合は比較的近い値を示している。

Table 5 Energy Consumption in Chemical Industry 10^9 kcal/y

	Overall chemical industry (A) 1)	Factories diagnosed (B) 2)	B/A
Fuel	1,724 (69.1%)	68.4 (71.4%)	4.0%
Power	770 (30.9%)	27.4 (28.6%)	3.6%
Total	2,494 (100.0%)	95.8 (100.0%)	3.8%

Note: 1) Expected annual increase of 10% for two years based on UNDP/UNIDO Terminal Report, Annex VII Table B.

2) Equivalent heating values are 9,500 kcal/l for fuel and 860 kcal/kWh for electric power.

診断工場はそれぞれの製品についてトップに位置するもの3工場を含んでいるが、化学工業は製品種類がバラエティに富み、また多くの工場があることや、石油精製工場のような多消費工場が他にあることから、エネルギー消費面で3.8%をカバーするに止まっている。

4.3.2 製造工程

今回の診断工場では、共通のプロセスを持つものが少ないので省略する。個別工場編を参照されたい。

4.3.3 エネルギー消費形態

化学工場では、エネルギーは次のような形で用いられている。

Table 6 Type of Consumption of Energy

Service	Equipment	Kind of Energy
Steam generation	Boiler	Bunker oil, Sulfur
Power generation	Diesel engine	Diesel oil
Chemical reaction	Melting furnace Reactor	Bunker oil, steam, electricity
Drying	Through-circulation dryer Fluid bed Rotary dryer Flash dryer Spray dryer	LPG, steam Diesel oil Diesel oil Steam Steam
Melting	Melter	Steam
Degreasing	Extractor Autoclave	Steam Steam
Evaporation, thickening	Evaporator	Steam
Cooking	Cooker	Steam
Bleaching	Bleaching tank	Steam
Deodorization	Deodorizer	Steam, Heating medium
Air compression	Compressor	Electricity
Fluid transportation	Pump Blower	Electricity
Plastic molding	Molder	Electricity
Chilled water making up	Refrigerator	Electricity
Crushing	Crusher	Electricity
Lighting	Fluorescent lamp	Electricity

4.3.4 主要エネルギー管理項目

(1) ボイラでの燃焼状況

負荷に応じた適切な容量のバーナの取り付け、バーナノズルの定期的な掃除、燃料油温度の維持、空気比の調整、流量計の整備とその読みによる蒸発倍数管理等が必要である。

(2) ボイラ排ガス温度

ボイラは定期的に煤の除去及び洗缶を行い、伝熱の低下を防がなければならない。洗缶の頻度は給水水質により異なるが、給水処理を行わない場合おおむね1年に2回実施する。伝熱面の外部掃除は排ガス温度の変化を調べ、掃除直後に比べて差が大きくなった時点で行う。

(3) 歩留

原材料量、製品量、副製品量を把握して歩留の変化を管理するとともに、製造過程で不良品となって廃棄されたり、原料に戻されたものの量も調べ、できるだけその割合が小さくなるよう対策を講ずる必要がある。

(4) 工程の熱流れ

工程の各部分における流体の流量とエンタルピーを調べて熱流れ図を作成し、熱交換の可能性を調査して、より合理的なプロセスへの改造を検討する。

(5) 蒸気圧力

蒸気の使用圧力を更に下げられないかを検討する。止むを得ず高圧で使用する工程がある時はコンデンセートからのフラッシュ蒸気の回収利用を考慮する。

(6) 保温・断熱

プラント各部の表面温度を測定して保温の強化を検討する。また既設の保温については破損、濡れがないよう維持管理を行う。

(7) スチームトラップ

スチームトラップには番号を付け、定期的にその作動状況を調査の上、台帳に記録する。

(8) ボイラ給水・缶水水質

ボイラ給水及び缶水の水質を定期的に測定し、フロー量を適正に保つようにする。

(9) コンデンセート回収

できるだけコンデンセートの回収率を高めるとともに、せっかく回収したコンデンセートは全量を有効に利用するよう注意する。できれば、ボイラの給水流量計のほかに軟水流量計を取り付け、コンデンセート回収量を把握できるようにするのが望ましい。またコンデンセート回収管や給水タンクの保温を忘れないこと。

(10) 力率

力率改善のためのコンデンサ設置を検討する。既設のコンデンサについてはリレー等の維持管理を十分に行う。

(1) ピーク・デマンド

毎時間の電力量を測定して日負荷曲線を作り、ピーク発生の原因を調べてその抑制に努める。

(2) モータ供給電圧

モータ供給電圧に注意し適正值に保つ。50%以下の軽負荷の時はやや低目にセットする。

(3) ポンプ・圧縮機動力

冷却水・圧縮空気などの流体の使用状況を調べ、量や圧力の引き下げを図る。

(4) 照 明

昼光利用、不要照明の消灯、高効率照明灯への転換を行う。

4.3.5 改善目標と予想効果

(1) 改善目標

主要管理項目のうち定量的に目標を設定できるものとして、次の項目に目標値を設定した。

ボイラ空気比	1.3 以下
ボイラ排ガス温度	250℃以下
蒸気使用設備・配管の表面温度	60℃以下
力 率	85%以上

(2) 予想効果

今回の診断工場について、個別に実行可能な対策として提言したものを集計した結果、予想効果は次のようになった。

(a) 燃料節減

項 目	節減予想量 (重油換算 kℓ/year)	使用量に対する 割 合 (%)
空気比改善	44.2	0.6
保温強化	344.3	4.8
液面カバー取り付け	67.9	0.9
配管短縮	2.5	—
コンデンセート回収	46.3	0.6
廃熱回収	296.4	4.1
合 計	801.6	11.1

燃料消費量計

7,201 kℓ/year (発電用燃料除く)

(b) 電力節減

項目	節減予想量	使用量に対する割合
電熱器保温	119.0 × 10 ³ kWh/year	0.4 %
廃圧力回収	791.7	2.5
変圧器切離し等	44.0	0.1
力率改善	72.5	0.2
モータ電圧適正化	73.9	0.2
照明合理化	21.9	0.1
ポンプ・圧縮機動力節減	264.7	0.8
合計	1,387.7	4.3
電力消費量計	31,874 × 10 ³ kWh/year	

今回の診断工場のエネルギー消費量は、全化学工場消費量の約3.8%を占めており、これが全体の状況を代表するものと仮定すればタイ王国化学工業全体では、

燃料 約 21,100 kℓ/year

電力 約 36,500 × 10³ kWh/year

の節減が見込まれる。

4.4 食品工業

4.4.1 業界の概況と診断工場の位置付け

食品工業はタイ王国製造業付加価値額の30%以上を占め、最も大きな比重を持つ産業である。

その中で代表的な砂糖工業については、非稼働期にあたるため診断対象からは除かれている。

缶詰工業は年率30%以上の急成長を遂げており、国際競争力をもつ輸出産業としての期待が大きい。今回診断した3工場の生産量は合計約23,600 t/yearであり、タイ王国全体の約1/3のシェアを占めているものとみられる。

飼料工場は2工場を訪問した。タイ王国の畜産業はプロイラの輸出急増に伴い急激に拡大している。飼料の生産量も年々増加し、年間200万t弱に達しているとみられる。

今回の診断工場の生産量は合計約30万tであり、全体の約15%に当たっている。

その他油脂工場2工場のうち1工場は食用油生産の40%のシェアを占めており、穀物ターミナル1工場はタイ王国で生産されるトウモロコシの約1/6を処理している。

このように診断工場は、各製品についてはそれぞれかなりのシェアを持っているが、食品工業にはこの他に精糖、乳製品、ビール、タバコ等が含まれており、エネルギー消費量でみるとTable 7のように燃料で6.2%、電力で1.7%をカバーする程度となっている。

Table 7 Energy Consumption in Food Industry 10^9 kcal/y

	Overall food industry (A) 1)	Factories diagnosed studies (B) 2)	B/A
Fuel	2,065 (58.3%)	127.5 (83.7%)	6.2%
Power	1,475 (41.7%)	24.8 (16.3%)	1.7%
Total	3,540 (100.0%)	152.3 (100.0%)	4.3%

Note: 1) Expected annual increase of 10% for two years based on UNDP/UNIDO Terminal Report, Annex VII Table B.

2) Equivalent heating values are 9,500 kcal/l for fuel and 860 kcal/kWh for electric power.

4.4.2 製造工程と設備概況

(1) 水産物缶詰

レトルトの保温はかなりされているが、プレクッカの保温はまったくなされていない。設備はいずれも比較的新しい。

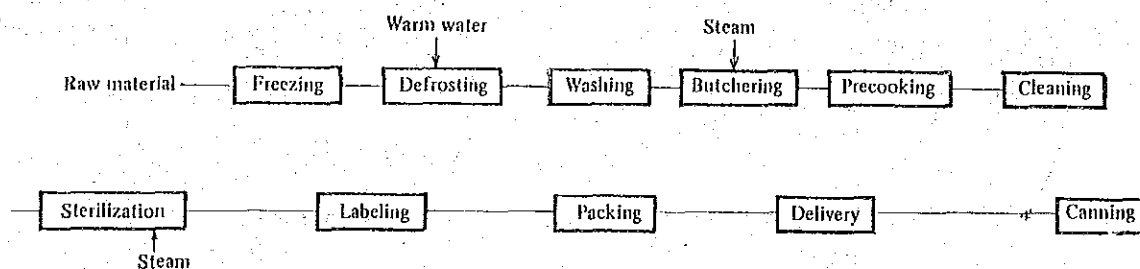


Fig. 8 Process for Seafood Canning

(2) 油脂製造

設備は新しく、主要設備の保温はよく行われている。

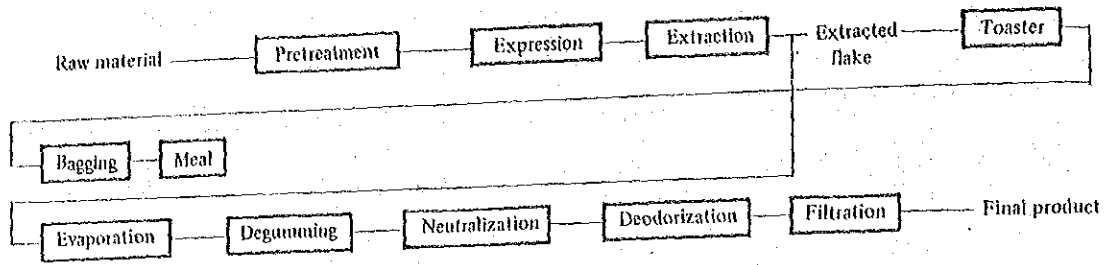


Fig. 9 Process for Vegetable Oil Manufacturing

(3) 飼料製造

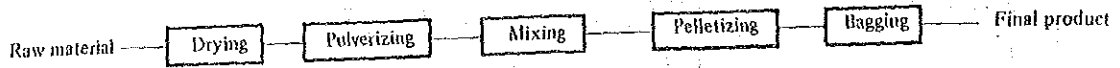


Fig. 10 Process for Feed Manufacturing

4.4.3 エネルギー消費形態

(1) 水産物缶詰

エネルギーの消費状況は Fig 11 のようである。燃料はすべて蒸気発生用にボイラで消費される。蒸気はほとんどがプレッキングと殺菌に用いられる。燃料原単位は魚の種類によって差があるが 48, 63, 106 l/t とばらついており、1 工場は著しく高い値を示している。

電力消費量は冷蔵庫用の割合が大きく、その有無によって大きく異なる。冷凍用電力の原単位は 143~164 kWh/t, その他電力は, 59, 75, 124 kWh/t となっている。

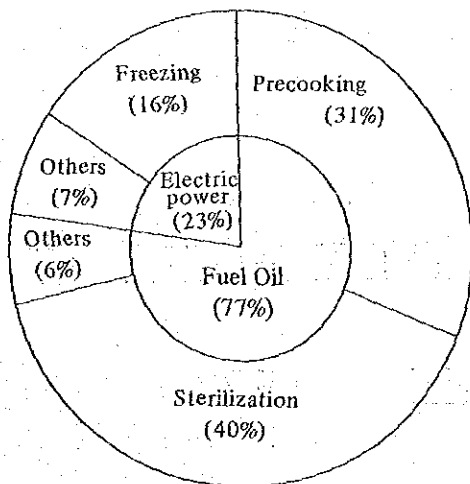


Fig. 11 Energy Consumption Rate in Seafood Canning

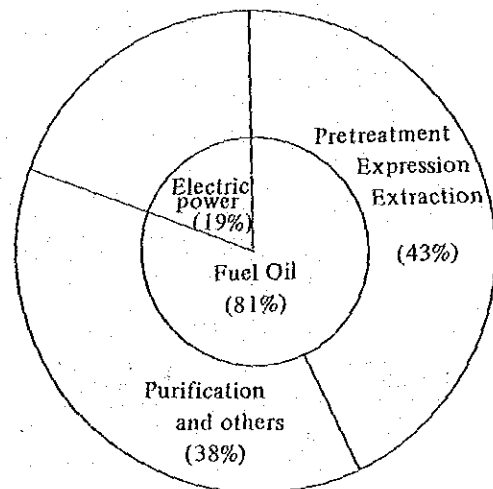


Fig. 12 Energy Consumption Rate in Vegetable Oil Manufacturing

(2) 油脂製造

エネルギー消費状況は Fig12 のようである。燃料はすべて蒸気発生用にボイラで消費される。蒸気は大部分抽出工程、精製工程で消費される。燃料及び電力の原単位は原料中の油含有量によって大きく異なる。

(3) 飼料製造

燃料は原料トウモロコシの熱風乾燥及びペレタイザの蒸気加熱用に消費される。両方の工程を備えている工場では、それぞれ燃料の約半量づつが消費されている。燃料原単位はペレット化が 2.8～2.9 l/t、乾燥は原料水分の多寡にもよるが 4～8 l/t となっている。電力原単位は両工程とも 15 kWh/t 程度となっている。

4.4.4 主要エネルギー管理項目

(1) ボイラにおける燃焼状況

負荷に応じた適切な容量のバーナの取り付け、バーナノズルの定期的な掃除、燃料油温度の維持、空気比の調整、流量計の整備とその読みによる蒸発倍数管理等が必要である。

(2) ボイラ排ガス温度

ボイラは定期的に煤の除去及び洗缶を行い、伝熱の低下を防がなければならない。洗缶の頻度は給水水質により異なるが、給水処理を行わないときは、おおむね年に 2 回実施する必要がある。外部伝熱面の掃除は排ガス温度の変化を調べ、掃除直後に比べて差が大きくなった時点で行う。

(3) 生産管理

原材料量と製品量の比率を常に監視することが必要であるが、それとともに製造過程で不良品となって廃棄されたり、原料に再び戻されたりするものの量も把握し、その減少に努める。

また、できるだけ連続操業になるよう生産計画を組み、繰り返し休止に伴う放熱損失等の防止対策を講ずる。

(4) 工程の熱流れや加熱法の検討

工程の各部分における流体の流量とエンタルピーを調べて熱流れ図を作成し、流体間の熱交換の可能性を調査してより合理的なプロセスへの改造を検討する。

また加熱用蒸気の吹き込み場所、吹き込み方法を工夫し、空気排除を円滑にして昇温速度が早く、蒸気量も少ない最適操業法を見出すようにする。

(5) 蒸気圧力

工程に必要な温度差が確保できる範囲で蒸気はできるだけ低圧で使用する方が有利であるので、必要以上に高圧になっていないかをチェックする。

止むを得ず高圧蒸気を使用する時は、そのコンデンセートからのフラッシュ蒸気の利用を検討する。

(6) 保温・断熱

プラント各部の表面温度を測定して保温の強化を検討する。また既設の保温については破損、濡れがないよう維持管理を行う必要がある。表面の色はできるだけ放射率の低い色にする。

(7) 蒸気の漏洩

スチームトラップには番号を付け、定期的にその作動状況を調整して台帳に記録する。スチームバルブやフランジからの漏洩は、放置するとますます漏洩部が拡大するので、できるだけ早く処置をとる。

(8) ボイラ給水・缶水水質

ボイラ給水及び缶水の水質を定期的に測定し、フロー量を適正に保つようにする。

(9) コンデンセート回収

できるだけコンデンセートの回収率を高めるとともに、せっかく回収したコンデンセートは、その温度の低下を防ぎ、かつ全量を有効に利用するようにしなければならない。できれば、ボイラ給水流量計のほかに軟水流量計も付け、コンデンセートの回収量を把握できるようにしておくことが望ましい。またコンデンセート回収管や給水タンクの保温を忘れないこと。

(10) 力率

力率改善のためのコンデンサ設置を検討する。既設のコンデンサについてはリレー等の維持管理を十分に行うこと。

(11) ピーク・デマンド

毎時間の電力量を測定して日負荷曲線を作り、ピーク発生の原因を調べてその抑制に努める。

(12) 変圧器

変圧器の容量に余裕のある時は、一部の切離し又は統合を行い、無負荷損失の防止を図る。

(13) 電流の不均衡

変圧器への単相負荷の接続方法に注意し、不平衡電流を生じないようにする。

(14) モーター供給電圧

モーター供給電圧は適正值に保つよう注意する。軽負荷の場合は低目の電圧にセットする方が有利である。

(15) ポンプ・圧縮機・冷凍機動力

移送流体の量や圧力の引き下げ、漏洩の防止を図る。また機器の整備を行い内部漏洩等を防ぐ。冷凍負荷については冷蔵庫での寒冷損失を防ぐとともに、冷却水温や機器の汚れに注意する。

(16) 照明

昼光利用、不要照明の消灯、高効率照明灯への切り換えを行う。

4.4.5 改善目標と予想効果

(1) 改善目標

主要管理項目のうち定量的に目標を設定できるものとして次の項目を選び、目標値を以下のように設定した。

ボイラ空気比	1.3 以下
ボイラ排ガス温度	250 ℃以下
蒸気使用設備・配管の表面温度	60 ℃以下
力 率	85 %以上

(2) 予想効果

今回の診断工場について、個別に実行可能な対策として提言したものを集計した結果、予想効果は次のようになった。

(A) 燃料節減

項 目	節減予想量 (重油換算 kl/year)	使用量に対する 割合 (%)
空気比改善及びボイラ排ガス温低下	1,026.0	7.6
生産管理、加熱法の改善	212.8	1.6
保温強化	364.1	2.7
表面放射率改善	9.6	0.1
液面カバー取り付け	5.9	—
蒸気の漏洩防止	7.9	0.1
ボイラ缶水ブロー量適正化	8.7	0.1

コンデンサート回収	35.5	0.3
フラッシュ蒸気利用	45.2	0.3
ボイラ排ガス廃熱利用	10.6	0.1
工程内流体の熱回収	279.6	2.1
合計	2,005.9	14.9
燃料消費量計	13,420 kl/year	
(B) 電力節減		
項目	節減予想量 (10 ³ kWh/year)	使用量に対する 割合 (%)
力率の改善	31.5	0.1
変圧器の切離し・統合	75.5	0.3
モータ供給電圧の適正化	472.9	1.6
ポンプ、圧縮機・冷凍機動力節減	287.3	1.0
照明の改善	25.9	0.1
合計	893.1	3.1
電力消費量計	28,877 × 10 ³ kWh/year	

今回の診断工場のエネルギー消費量は、全食品工場消費量に対し燃料で6.2%、電力で1.7%を占めており、これが全体の状況を代表するものと仮定すれば、タイ王国食品工業全体では、

燃料 約 32,400 kl/year

電力 約 52,500 × 10³ kWh/year

の節減が見込まれる。

Ⅱ．工場別診断報告

(プラスチック／化学、食品)

目 次

1. Thai Bones Industry Co., Ltd.	1-1
2. Citric Acid Industry Co., Ltd.	2-1
3. Custom-Pack Co., Ltd.	3-1
4. Thai Industrial Gases Ltd.	4-1
5. Siam Union Sahamitr Co., Ltd.	5-1
6. Siam Chemical Co., Ltd.	6-1
7. Thai Chemical Corporation Ltd.	7-1
8. Thai Silicate Co., Ltd.	8-1
9. The Bangkok Chemical Industrial Co., Ltd.	9-1
10. Sang Som Co., Ltd.	10-1
11. United Grains Co., Ltd.	11-1
12. Thai Castor Oil Industries Co., Ltd.	12-1
13. Thanakorn Vegetable Oil Products Co., Ltd.	13-1
14. The Unicord Investment (Thailand) Co., Ltd.	14-1
15. Thai Union Manufacturing Co., Ltd.	15-1
16. Union Seri Co., Ltd.	16-1
17. Star Feed Mill Co., Ltd.	17-1
18. Central Food Products Co., Ltd.	18-1

THAI BONES INDUSTRY CO., LTD

1. 工場概要

Address	Muh 5, Tambol Klongnueng, Amphur Klongluang, Palumthane	
Capital	4 Million Bt	
Type of industry	Chemical	
Major products	Ossein, Dicalciumphosphate (D.C.P.)	
Annual product	Ossein 1,800 ton, D.C.P. 3,600 ton	
No. of employees	280	
Annual energy consumption	Electric Power	2,678 x 10 ³ kWh
	Fuel	Bunker C 1,944 kℓ, Diesel oil 330 kℓ, LPG 336,000 kg
Interviewees	Personnel Manager Mr. Prasert Technical Staff Mr. Pansert Technical Adviser Mr. Chroon	
Date of diagnosis	June 30 ~ July 1, 1983	
Diagnosers	H. Igarashi, H. Murata, K. Kurita	

30年前に創立されたタイ王国資本の会社で、国内では唯一のOssein生産者である。製品は全量日本へ輸出され、購入者である日本企業から品質確保のため、技術者1名が同工場へ派遣されて製造技術の指導に当たっている。

現在の設備は20年前に建設され、10年前更に一部設備の増強が行われた。設備が極めて老朽化しているため、ボイラの更新が近日中に行われることになっており、また主要設備の一部についても更新ないし増強のための工事が進められている。

副製品としてリン酸カルシウム、骨粉飼料及び石けん原料を生産しており、原料のほとんどすべてが無駄になることなく製品化される省資源型の生産システムがとられている。

原料の収集、コスト及び取り扱いの面で、Osseinの生産はタイ王国にとって国際的には極めて有利と見られるものの、現今の環境問題は厳しさを増しており、同社の生産能力増強はもちろんのこと、同業者の新規参入も困難視されている。

国際商品の生産者としての同社のタイ王国における産業界の地位並びに責任は、極めて重要であると見られる。

2. 製造工程

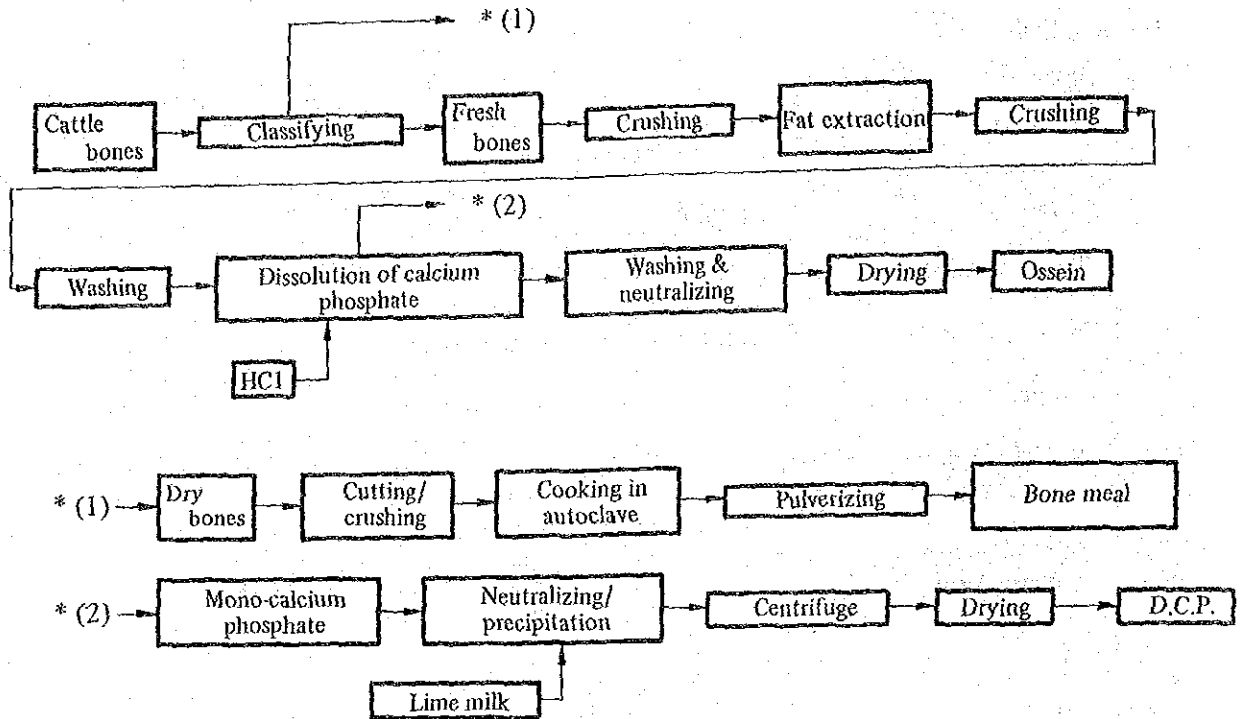


Fig. 1-1

3. 主要設備の概要

3.1 主要設備

Table 1-1

Name	No. of units installed	Type, etc.
Fat extractor	1	Open square tank, with mixer/conveyer
Crusher	2	Heavy knife 1, Fine knife 1
Calciumphosphate dissolution tank	3 units	7 tanks/unit, open square concrete tank
Ossein dryer	3 units	Bed dryer
Chiller unit	2 units	R-22 refrigerator
Neutralizing/precipitation tank	3	D.C.P. precipitation
Flash dryer	1	D.C.P. drying
Autoclave	3	
Boiler	2	4 ton/h x 10 kg/cm ²
Boiler	1	(under construction)

3.2 工場内配置図

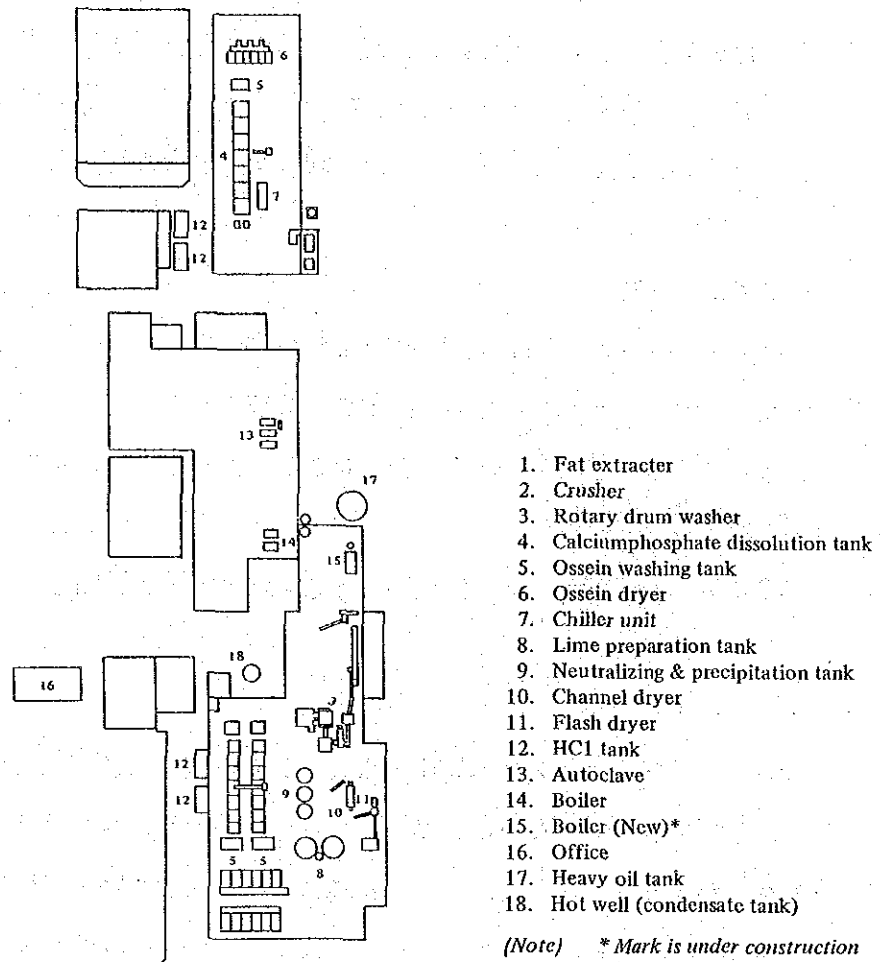


Fig. 1-2

4. エネルギー管理の状況

4.1 経営の姿勢

省エネルギー対策に関しては極めて熱心であって、数年前ソーラコレクタによるボイラ給水の加熱装置（投資額 20 万 Bt）に、2 年前には冷凍機コンデンサ排熱の Ossein 乾燥用への利用（投資額 10 万 Bt）に設備投資を行った。

しかしながら、前者は維持管理が不十分なために装置が十分活用されておらず（調査時点では休止中であった）、後者は設計上の配慮が足りないために排熱の全部が利用できない構造となっている。着想は極めて斬新であるにもかかわらず、当初企画した目的が達成されておらず、貴重な投資が活かされていないのは惜しい限りである。

更に後述する通り、操業条件の定量的把握ができないために設備の性能及び省エネルギー量が判明せず、投資効果の解析を困難にしている。

実施された省エネルギー対策は、以上の諸要因により技術的成果及び経済的効果についての確認がなされないまま操業されている。また同社は Pay back time を特に決めていないが、これも効果の確認をおろそかにしている理由の1つと見られる。

その他、Ossein 乾燥器の空気加熱器のスチームコンデンセートはすべて回収されてホットウェルに集められ、プロセス用に利用されている。

4.2 全員参加の状況

QCサークルのような自主管理活動はなく、作業改善提案も表彰制度もない。

職制はスタッフと作業員の職掌が明確に分別されていて、スタッフが現場を視察して、もし作業の不備があれば作業員に指摘し、あるいは改善を指示するという分掌システムがとられている。

工場長からの呼びかけは、問題のあるときにスタッフに対してのみ行われている。

4.3 データによる管理

設備には、操業の定量的管理上必要とされる計測器類及び調節ないし制御装置類がほとんど装備されていない。計器が装備されていても維持管理が不十分なため作動不良のものが大部分であった。おおむね操業は経験的勘に頼って行われており、操業データは製品の品質確保上必須であるリン酸カルシウムの溶解及びOsseinの乾燥における特定の条件を除けば、測定も記録も行われていない。

燃料及び電力の消費量は、購入伝票によって全工場に対する1ヵ月分の量としてのみ把握されている。工場入口にトラックスケールが設けてあって、原料、副原料及び燃料の購入量については実測による確認を行っており、よく管理されている。

受電トランスに付帯している受電電力計は全く利用されていないが、自家用の代用として定時（毎時間、毎日、毎週など）にこの読みを記録し、操業と電力消費量の関連の解析に利用し、電力原単位の低減とピーク・デマンドの抑制に活用することを勧める。

エネルギーの工程別消費量については、用途の限定されているLPGとDiesel Oilを除き、計測器が設けられていないので不明である。ボイラには給水流量計、燃料流量計がないので熱バランス計算を行うことができず、また蒸気の流量計がないので工程（あるいは製品）毎の蒸気原単位がわからない。

各冷凍機についてはモータの電流計がなく、吸入、吐出の圧力計及び温度計が不備

ないしは故障のために、それぞれの負荷状態及び作動の良否が判明せず、冷水機に対する運転台数の管理を難しくしている。

面談者の言によれば、原料は品質の変動が大きく、これによる操作条件並びに副原料、エネルギー消費量の変動も大きいとのことであるが、そのようなプロセスこそ計測器による操業の合理的管理がことさら必要となってくる。

4.4 技術水準の向上

社内、社外の研修会参加は、ボイラ関係を除き、全く行われていない。

省エネルギー技術に対する管理者及びスタッフの関心度は高く、国内、国外の情報入手に努めている。

省エネルギーのための特別の委員会は設けられていない。省エネルギー対策は工場長が企画、立案し、実施に当たってスタッフがサポートする制度をとっている。

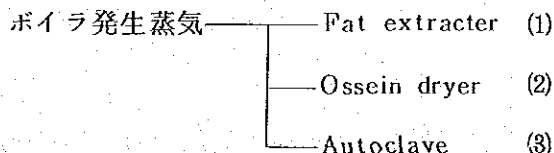
5. 燃料の消費状況

5.1 燃料の消費状況及び使用内訳

C重油 1,944 kl/year (ボイラ2基で消費)

Diesel Oil 330 kl/year (D.C.P. 乾燥器で消費)

LPG 336 t/year (Ossein 乾燥器で消費)



(3)の量(骨粉飼料製造)が(1)+(2)の量に比べて極めて大である。

燃料原単位は次の通りである。

C重油 : 1.08 kl/t-ossein LPG : 186.7 kg/t-ossein

Diesel oil : 91.7 l/t-D.C.P.

5.2 ボイラ熱勘定

ボイラ熱勘定については、近日中にボイラの更新が予定されているので、測定を省略した。

6. 熱管理の問題点とその対策

6.1 ボイラ

現在稼働中のボイラ 2 基に加えて、1 基中古ボイラを新しく入れ替え試運転調整中であつたが、特に従来の 2 基のボイラは本体が老朽化し、保温材も脱落劣化し、設備及び運転管理上、改善の必要が多く見受けられた。しかしながら、近々これらボイラ設備が更新されるということなので、ここでは現在のボイラの改善案のかわりに新設ボイラについて、設備管理上及び運転管理上必要な事項を以下に述べるので、できる限り実施していただきたい。

6.1.1 運転管理計器の設置

ボイラ給水流量計をはじめ油流量計の設置は、蒸発倍数を計算しボイラ熱効率を把握して適切な管理、省エネルギーを進める上でぜひとも必要である。

その他、排ガス温度を定期的にチェックすることにより、ボイラの煙管伝熱面の汚れ状態が把握できるので、排ガス温度計の設置を勧める。汚れが進行していくと、煙管清掃直後の排ガス温度より排ガス温度が上昇し、熱損失が大きくなっていくので、定期的清掃の目安とされたい。これら運転管理計器の設置で重要な点は、計器の保守点検であり、これらの定期的実施が必要なことを併せて付記する。

6.1.2 ボイラ運転管理

バーナの油燃焼量と燃焼用空気量の適正なバランスが、ボイラの効率向上のため重要であるので、燃焼排ガス中の酸素濃度が平均約 4.8 % 以下になるように煙突から黒い煙の出ない範囲で空気量を絞るよう、燃焼装置の調整をする必要がある。理論上燃焼に必要な空気量に対して、実際に供給した空気量の比を空気比(m)と呼ぶが、小型ボイラの適正空気比mの推奨値は 1.3 以下である。空気比と排ガス中酸素濃度の関係は次式の通りである。

$$m = \frac{21}{21 - O_2}$$

空気比をいつも適正な値に運転管理するためには、定期的に燃焼排ガス中の酸素濃度を測定し燃焼装置の再調整をする必要がある。そのためにも、ボイラ設置時の試運転性能検査における各負荷段階毎の空気量の設定データ、試運転成績表の保管管理とその値との比較チェックが重要である。

日常のボイラのオペレータによる管理も重要である。オペレータは毎日最低2回、給水量、回収コンデンセート量、補給水量、燃料消費量等運転管理データを日誌に記入することを習慣づける必要がある。これらの値から、ボイラ効率の代用特性値である蒸発倍数が毎日計算でき、これをチェックすることによって、ボイラ運転管理のレベルアップができ、省エネルギー改善の意識づけにもなる。なお蒸発倍数は次式で求めることができる。

$$\text{蒸発倍数} = \frac{\text{給水量} - \text{ブロー量}}{\text{燃料消費量}}$$

6.1.3 給水管理

ボイラ給水は現在、原水をそのままろ過も軟水化もしないで使用しているが、新設備導入時に併せて、軟水装置を設置することが望ましい。

ボイラ水ブローは1日3回(15秒/回)実施し、1カ月に1回缶水全量入れ替えを実施しているので特に問題はないが、ボイラ給水の軟水化を行えば月1回の缶水全量入れ替えの必要はなく、熱損失も防げる。現在ボイラ給水、ボイラ水の水質チェックは実施されていないので、定期的な測定チェックを実施されたい。ボイラ水の水質基準値はpH 11.0～11.8、電気伝導度 6,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下である。

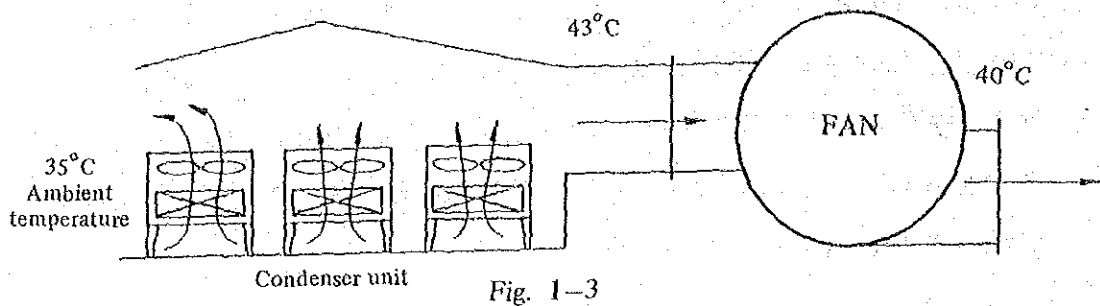
6.1.4 コンデンセート回収と給水温度のアップ

現状ではボイラ給水としてのコンデンセート回収は全く行われていないため、給水温度が常温であり、改善する必要がある。

容易に実施できるコンデンセートの回収は、重油サービスタンクの加熱ヒータのコンデンセートと Ossein の乾燥床の加熱ヒータのコンデンセートである。ただし、乾燥床のヒータの分はホットウェルタンクに回収され洗浄用等に再利用されている。

蒸気のほとんどの用途が直接吹き込み使用のため、コンデンセートの回収は非常に限られるので、給水温度アップにはぜひとも現在故障中のソーラ集熱器を修理し再使用を図ってほしい。なおボイラ排熱回収として煙道にエコノマイザを設置することも有効であるが、使用燃料の硫黄含有量からみて回収装置の腐食防止のため排ガス温度は 200℃ 以下にしないよう管理する必要がある。ソーラによる温水化とエコノマイザを併用する場合は、ソーラ集熱器による温度アップ分エコノマイザの熱回収効果の経済性は減少するが、ボイラ効率向上には有効な手段である。

6.2 冷凍機の凝縮熱利用の OSSEIN 乾燥装置の改善



Ossein の熱風乾燥床の熱源として、冷水製造用冷凍機の凝縮器の廃熱を利用する装置は、省エネルギー対策として非常に優れたアイデアである。しかし、現在の方式では送風機が凝縮器の冷却排気の全部を吸入することが困難な構造となっているので、せっきくの凝縮廃熱が十分生かされていない。冷凍機凝縮器室の外壁をもうけるなどの対策を実施し、温排気が外部へ逃げることなく、すべて吸入されるよう改造してもらいたい。熱風乾燥床を熱効率よく運転管理するために、熱風温度とその風速分布が均一になるようによくチェックし、きめ細かな管理をするようにしてもらいたい。

6.3 その他の熱使用設備の改善

6.3.1 LPG 焚き熱風乾燥床の燃焼改善

LPG 燃焼装置のバーナは必要熱量に応じて適正な調節ができるように、高低燃焼切り換えが制御できるような型式にして、燃焼効率の改善を実施してもらいたい。なお各乾燥床への熱風送気量の調節も重要なので、ダンパ等のきめ細かな調節管理をお願いしたい。

6.3.2 蒸気洩れ防止と保温の強化

Fresh Bones Washer まわりの蒸気バルブからの蒸気洩れが多く見られたので、メンテナンスを実施してもらいたい。スチームトラップの作動チェックを月1回以上の周期で実施し、未然に洩れによる大きな損失を防ぐよう管理してもらいたい。

Dry Raw Bones 用のオートクレーブの本体保温が非常に老朽化しており、蓋部分は保温されていないので、保温の補修強化をお願いしたい。

蒸気主管、フランジ、バルブ等の保温の脱落、老朽化及び 27 m 以上にわたる 3" 配管の未保温の所があるので、確実に保温施工を実施願いたい。裸管、バルブの保温施工による重油節減量は Table 1-2 から、19.3 kℓ/year。金額にして、19,300 ×

4.3 Bt/ℓ = 82,990 Bt である。

Table 1-2

Piping & valves	Rate of heat loss	Heat loss kcal/h	Heat recovery by insulation
3" x 27 m	450 kcal/mh	12,150	Insulations efficiency 80% 18,520 kcal/h
Valve 20 pieces	550 kcal/h. piece	11,000	
Total		23,150	

$$\text{Fuel saving, } \frac{18,520 \times 24 \times 358}{9,700 \times 0.85} = 19.3 \text{ kℓ/year}$$

保温施工の費用は約 14,400 Bt とみられるので、投資回収は 2 カ月で可能である。

Fat Extractor は、80℃の温度を保つよう蒸気吹き込みを手動操作で実施しているが、槽の液面が大気に開放され、槽本体の保温が施工されていないため放熱損失が大きい。この対策として、槽の液面からの放散熱量をステンレス製蓋でおおい、かつ槽全体を保温することにより、次のような省エネルギーメリットが推定できる。

液面からの放散熱量を 80% 防止できると仮定し、省エネルギー量をボイラ燃料に換算すると、

$$\frac{7,000 \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 0.8 \times 9.6 \text{ m}^2}{9,700 \text{ kcal/ℓ} \times 0.85} \approx 6.5 \text{ ℓ/h}$$

槽本体の保温による放熱防止効果を同様に計算すると、

$$\frac{(411 - 100) \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 37.2 \text{ m}^2}{9,700 \text{ kcal/ℓ} \times 0.85} \approx 1.4 \text{ ℓ/h}$$

となり、年間換算次のような燃料節減量が推定できる。

$$(6.5 + 1.4) \times 24 \times 358 \approx 67.9 \text{ kℓ/year}$$

以上の対策を行う施工費は 61,200 Bt と推定できるので、2.5 カ月程度で投資の回収が可能である。

6.3.3 D.C.P. 遠心脱水の強化

D.C.P. の加熱乾燥は 2 段に行なわれているが、ロータリドライヤの脱水効率は極めて悪いように見受けられた。遠心脱水機を強化することにより、流動乾燥機のみで乾燥できる可能性がある。

7. 電力の消費状況

7.1 電力消費に関する主な指標

電力会社	: MEA
ピーク・デマンド	: 500 kW
使用電力量	: 2,678,000 kWh/year
負荷率	: 62.3 %
ペナルティ・ファイ	: 37,770 Bt/year
力率	: 64 % ~ 70 %
トランス	: 1 ϕ 167 kVA \times 3, 1 ϕ 100 kVA \times 3, 2 バンク
電力原単位	: 1,488 kWh/t

7.2 配線系統図

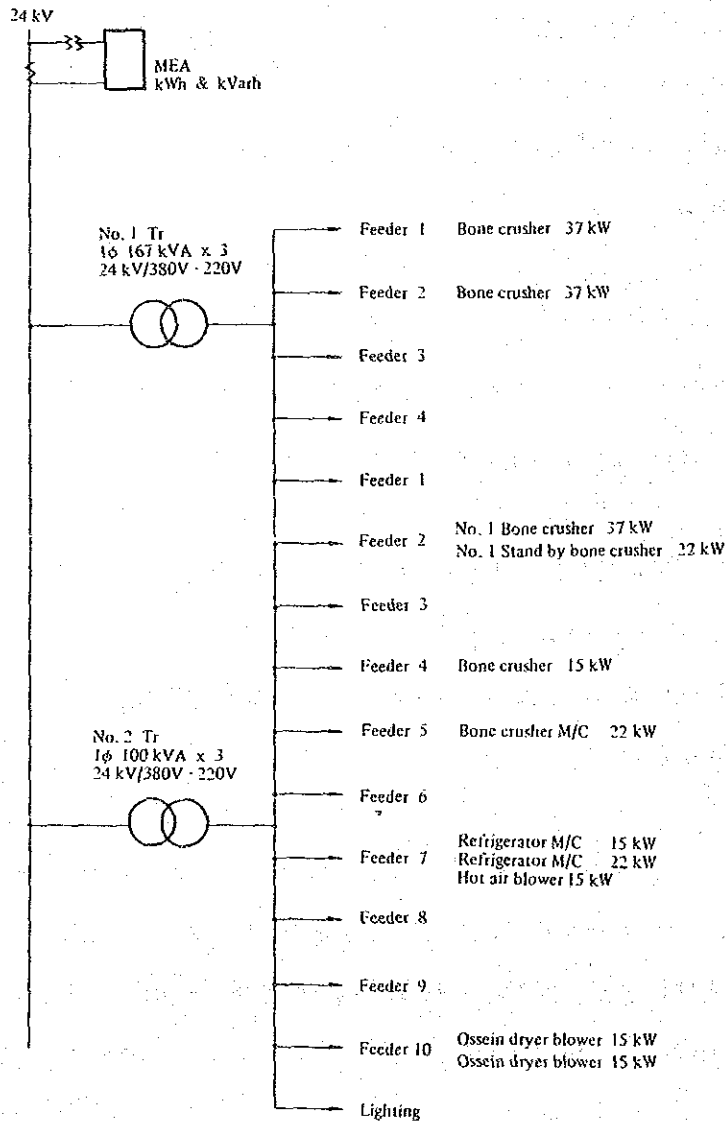


Fig. 1-4

8. 電力管理の問題点と対策

8.1 電気計器の整備

1次側、2次側のいずれも電圧計、電流計、電力計、力率計などの計器が未設置または設置されてはいるが整備されていないので、工場の負荷の状態を総括的に把握できないし、変圧器毎にも把握できない。

各変圧器にかかる負荷を把握できないと、設備を増設した場合、どちらの変圧器に余力があるかわからないから、安易に変圧器の容量をアップしたりすることになる。

当工場では、低圧側に電圧計、電流計はついているが、167kVA×3の変圧器の2次側の電流計は針が振れず作動していない。既設の電圧計、電流計の整備と電力計、力率計などの取り付けにより変圧器毎の負荷の実態を把握する必要がある。

更に省エネルギーを進めるには、製品毎に電力原単位を算出できるように各Feederを整理して積算電力計を取り付けることが望ましい。

8.2 力率

力率が低く、7.1項のように1982年1月から12月までに37,770 Btのペナルティ・フィを支払っている。ピーク・デマンドPdとペナルティ対象量Pn、ピークリアクティブパワPRとの間には次の関係があり、ピーク・デマンドの63%を超えた分について、ペナルティを支払わなければならない。

Table 1-3 Peak Demand and Power Factor

Month	Peak demand kW	Peak Demand x0.63 kVar	Penalty kVar	Peak reactive power kVar	Apparent power kVar	cos φ
1 1982	390	246	224	470	611	0.638
2	430	271	189	460	630	0.683
3	440	277	173	450	629	0.700
4	430	271	209	480	644	0.667
5	410	258	192	450	609	0.673
6	410	258	202	460	616	0.666
7	440	277	193	470	644	0.683
8	410	258	212	470	624	0.657
9	400	252	238	490	633	0.632
10	450	284	256	540	703	0.640
11	500	315	195	510	714	0.700
12	450	284	236	520	688	0.654

$$P_R = 0.63 P_d + P_n \quad \dots\dots\dots (8.1)$$

$$\cos \phi = \frac{P_d}{\sqrt{P_d^2 + P_R^2}} = \frac{P_d}{\sqrt{P_d^2 + (0.63 P_d + P_n)^2}} \quad \dots\dots\dots (8.2)$$

毎月の電力料金表に示されるピーク・デマンドとペナルティから力率を算出すると Table 1-3 のように、力率はいずれも 70% 以下である。ペナルティを支払わなくてもよい限界は (8.2) 式で、 $P_n = 0$ として、

$$\frac{1}{\sqrt{1 + 0.63^2}} = 0.846$$

となる。また、診断当日 MEA の電力量計、無効電力量計で測定した結果を Table 1-4 に示すが、ほぼ同様の力率となっている。

Table 1-4 Record by Meter of MEA

Date / Time	Power kWh/h = kW	Reactive power kVarh/h = kVar	Apparent power kVA	cos ϕ	Remark
6-30 3:18 PM	450	500	673	0.669	from 2:18 PM to 3:18 PM
4:18 PM	346	462	577	0.6	
7-1 10:40 AM	300	400	500	0.6	from 9:40 AM to 10:40 AM
11:40 AM	300	300	424	0.707	

次に、2バンクの変圧器の2次側で、携帯用の計器で測定した結果と計算により求めた力率を、Table 1-5 と Table 1-6 に示す。7月1日はNo.2変圧器の負荷が軽いため、6月30日の記録で検討する。

Table 1-5 Instantaneous Value of Secondary Circuit for No. 1 Transformer (1 ϕ 167 kVA x 3)

Date / Time	Measured value			Calculated value		
	Voltage V	Current A	Apparent power kVA	Power kW	Power factor	Reactive power kVar
6-30 2:20 PM	400	525	364	225	0.618	286
3:20 PM	400	470	326	220	0.675	241
7-1 9:45 AM	397	550	378	259	0.685	275
10:45 AM	397	487	335	179	0.534	283

$$\text{Power factor} = \text{Power} / \text{apparent power}$$

$$\text{Reactive power} = \sqrt{(\text{apparent power})^2 - (\text{power})^2}$$

Table 1-6 Instantaneous Value of Secondary Circuit for No. 2 Transformer
(1φ 100 kVA x 3)

Date Time	Measured value			Calculated value		
	Voltage V	Current A	Apparent power kVA	Power kW	Power factor	Reactive power kVar
6-30 2:20 PM	420	265	193	140	0.725	133
3:20 PM	415	321	231	160	0.693	167
7-1 9:45 AM	423	76.4	56	29	0.518	48
10:45 AM	422	90.1	66	46	0.697	47

24 kV 側からみた合成電力は Table 1-7 の通りとなる。

Table 1-7

Date	Time	Active power kW	Reactive power kVar	Apparent power kVA	Power factor
6-30	2:20 PM	365	419	556	0.656
6-30	3:20 PM	380	408	558	0.681

この場合も、ほぼ同じ力率を示している。これらの値をもとに、300 kVar のコンデンサを挿入したときの各条件における力率を求めると Table 1-8 のようになり、いずれも 90% 以上に改善される。

Table 1-8

	Present state %	After condensers installed %
Month showing the lowest power factor in 1982 (September)	63	90
Month showing the highest power factor in 1982 (November)	70	92
PM 2:20 on June 30th (diagnosed day)	66	95
PM 3:20 on June 30th (diagnosed day)	68	96

計算例 6月30日3時20分の場合

$$\frac{380}{\sqrt{380^2 + (408 - 300)^2}} = 0.96$$

次に 300 kVar のコンデンサを No. 1 変圧器と No. 2 変圧器にいかに分けて設置するかを検討した。Table 1-5 及び Table 1-6 から No. 1 変圧器 30 kVar × 6, No. 2 変圧器 30 kVar × 4 に分け、いずれも 2 次側に接続する。これによって、力率は Table 1-9 のように改善される。

No. 2 バンクの変圧器の負荷は間欠的で、7月1日のように軽負荷になる場合があるので、コンデンサは必要台数だけ投入できるようにしておいた方がよい。力率を改善すれば、ペナルティ・フィの支払いがなくなるほか、変圧器の負荷損（銅損）及び配線の抵抗損が減少する。変圧器の負荷損の減少を計算すると、次のようになる。

Table 1-9 Improvement of Power Factor for Each Transformer

Date Time	No. 1 Bank				No. 2 Bank				Overall power factor
	Power kW	Reactive power kVar	Apparent power kVA	Power factor	Power kW	Reactive power kVar	Apparent power kVA	Power factor	
6-30 2:20 PM	225	286-180 106	249	0.904	140	133-120 13	141	0.996	0.951
3:20 PM	220	241-180 61	228	0.965	160	167-120 47	167	0.959	0.962
7-1 9:45 AM	259	275-180 95	276	0.938	29	50-30 20	35	0.829	0.929
10:45 AM	179	283-180 103	207	0.865	46	47-30 17	49	0.939	0.882

計算前提

- (1) 年間平均電力 312 kW
- (2) No. 1, No. 2バンクに容量比で電力が分配されているとする。
- (3) 平均力率 64.4%
- (4) 定格時における変圧器の負荷損
 - 1φ 167 kVA 2.5 kW
 - 1φ 100 kVA 1.7 kW

Table 1-10

No. of banks	Before power factor improved			After power factor improved		
	Power kW	Reactive power kVar	Apparent power kVA	Reactive power kVar	Apparent power kVA	Power factor %
No. 1	195	232	303	52	202	97
No. 2	117	139	182	19	119	98

負荷損減少量

$$\text{No. 1 } 2.5 \text{ kW} \times 3 \times \left\{ \left(\frac{303}{167 \times 3} \right)^2 - \left(\frac{202}{167 \times 3} \right)^2 \right\} \times 8,592 \text{ h/year} = 13,095 \text{ kWh/year}$$

$$\text{No. 2 } 1.7 \text{ kW} \times 3 \times \left\{ \left(\frac{182}{100 \times 3} \right)^2 - \left(\frac{119}{100 \times 3} \right)^2 \right\} \times 8,592 \text{ h/year} = 9,233 \text{ kWh/year}$$

計 22,328 kWh/year

次に、コンデンサは各変圧器の二次側に接続されるので、そこからそれぞれの変圧器の2次側端子までのケーブル損失が軽減される。

計算前提

抵抗温度係数 0.00393 Ω/°C (at 20°C) 導体温度 33°C

ケーブル損失の減少

$$\begin{aligned} \text{No. 1 } & 3 \times (437^2 - 292^2) \times 0.0922 \times 10^{-3} \times \{ 1 + 0.00393 (33 - 20) \} \\ & \times 0.5 \times 20 \times 8,592 \times 10^{-3} = 2,640 \text{ kWh/year} \end{aligned}$$

Table 1-11

	No. 1	No. 2
Transformers	1φ 167 kVA x 3	1φ 100 kVA x 3
Cable		
Size	200 mm ²	100 mm ²
Number of cables	2 rolls	2 rolls
Length	20 m	30 m
Resistance (20°C)	0.0922 Ω/km	0.1800 Ω/km
Current		
Before power factor improved	$\frac{303}{\sqrt{3} \times 0.40} = 437 \text{ A}$	$\frac{182}{\sqrt{3} \times 0.42} = 250 \text{ A}$
After power factor improved	$\frac{202}{\sqrt{3} \times 0.40} = 292 \text{ A}$	$\frac{119}{\sqrt{3} \times 0.42} = 164 \text{ A}$

$$\begin{aligned} \text{No. 2} \quad & 3 \times (250^2 - 164^2) \times 0.1800 \times 10^{-3} \times \{1 + 0.00393 \times (33 - 20)\} \\ & \times 0.5 \times 30 \times 8,592 \times 10^{-3} = 2,604 \text{ kWh/year} \\ & \text{計} \quad 5,244 \text{ kWh/year} \end{aligned}$$

力率改善による損失減は、合計 $22,328 + 5,244 = 27,572 \text{ kWh/year}$ 金額にして $39,979 \text{ Bt/year}$

これに、不要となるペナルティ・フィ $37,770 \text{ Bt/year}$ を加えて、合計メリットは $77,749 \text{ Bt/year}$ になる。この改善に要する費用はコンデンサと開閉器類を合わせて、約 $150,000 \text{ Bt}$ と見積もられるので、約 1 年 11 月で費用の回収が可能である。

8.3 電動機の負荷が定格に比べてかなり低い

電動機の用途、定格出力、実負荷は Table 1-12 のようになる。変圧器にかかる負荷の力率が低い場合、その原因は、(1) 小形電動機が多い場合、(2) 各電動機の負荷が定格出力に対して著しく軽い場合などである。

従って、はじめに負荷機械に適合した定格の電動機を選定することが重要である。また電動機のリストを作り、予備品管理をして予備品があれば、Table 1-12 の 1 ~ 3, 5, 6 の電動機は 11 kW に取り替え、 22 kW は 11 kW に、ボーンクラッシャの 37 kW も 15 kW に取り替えるとよい。

各電動機の負荷が軽いので、電動機に供給する電圧を定格電圧より 5 % 位低くすると励磁電流が減少し、力率がよくなり、損失は約 2 % 減少する。

$$\text{省エネルギー量} \quad 2,678 \times 10^3 \times 0.02 = 53.6 \times 10^3 \text{ kWh/year}$$

8.4 照明の改善

蛍光灯は昼光色を使用しているが、これを省エネルギー型白色ランプに取り替える

ことによって、次の省エネルギーが可能である。

全工場で約 150 灯 1 日 10 時間の点灯として、

$$5W \times 150 \times 10 \times 358 \times 10^{-3} \times \frac{1}{2} = 1,342 \text{ kWh/year}$$

Ossein タンクの上の 40W 蛍光灯 16 灯が昼間点灯したままになっていたが、昼光の取り入れを増加して消灯したとすれば、

$$40 \times 16 \times 10 \times 358 \times 10^{-3} = 2,291 \text{ kWh/year}$$

となり合計 3,633 kWh/year, 5,268 Bt/year の節減ができる。

昼光の取り入れは、透明プラスチックを取り付けるものとして、 $340 \text{ Bt/m}^2 \times 16 \text{ m}^2 = 5,440 \text{ Bt}$ 程度でできるので、2.4 年で償却できる。

Table 1-12 Actual Load for Each Motor

Using for	Rated out put kW	Measuring in put kW	Rated voltage V	Measuring voltage V	Rated current A	Measuring current A	Power factor %
1. Ossein gas blower	15	7.5	380	390	*	16.3	68
2. Ossein gas blower	15	10.6	380	394	*	19	82
3. Hot air blower	15	9.1	380	407	30	20.6	63
4. Bone crusher	37	13.3	380	377	70	26.1	68
5. Hot air blower	15	11	380	394	30	20.8	77
6. Hot air blower	15	11	380	394	30	20.8	77
7. Cooling unit	15	13	380	366	*	25.6	80
8. Bone crusher	37	12.4	380	394	70	22.8	70
9. Unit 1 compressor	22	9.9	380/220 Tr 220	242	*	31.6	75
10. Bone crusher	37	13.3	380	377	70	26.1	78
Unit 2							
11. No. 2 compressor	*	6.5	380	394	*	21.4	45
12. No. 3 compressor	*	13.1	380	393	*	22.6	82
13. No. 4 compressor	*	11.9	380	394	*	23.5	74
14. No. 5 compressor	*	7.4	380	394	*	24.6	44
15. No. 6 compressor	*	7.8	380	394	*	23.2	49

* Unknown

8.5 ピーク・デマンドの抑制

年負荷率 62.3% は低くはないが、連続運転負荷とピーククラッシュを代表とする、インターミットtent 負荷とがあるので、毎時間 kWh と kVarh を測定して、負荷の変動と力率の変化をチェックし、運転方法を改善してピーク・デマンドを抑えるように

努められたい。これによって設備の新設の場合に、変圧器容量を増加しなくてもすむようになり、デマンドチャージの軽減も図ることができる。

Fig 1-5で1982年の11月と3月を比較すれば、運転方法の改善によってピーク・デマンドは440 kWに抑制できる可能性がある。

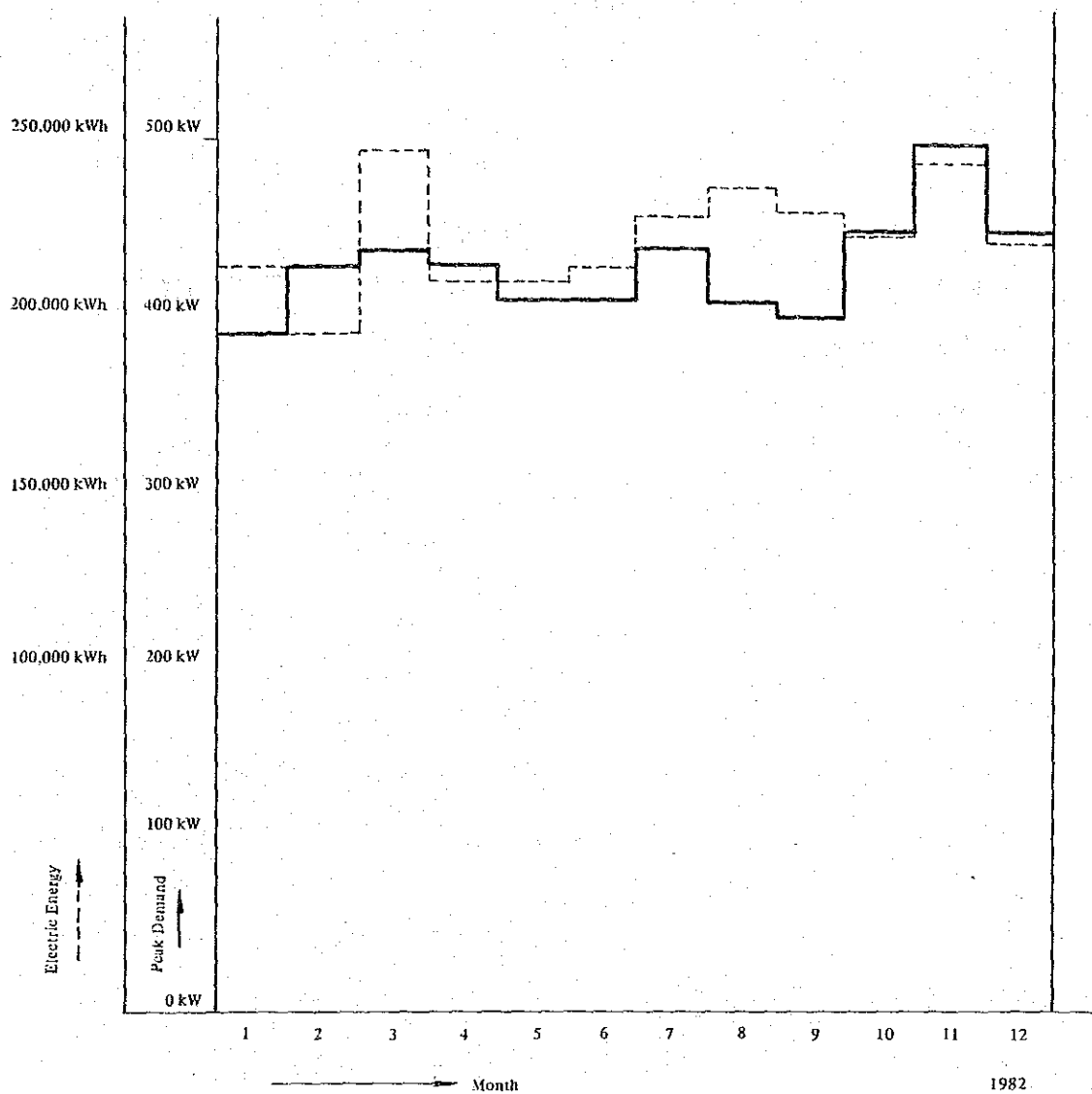


Fig. 1-5 Peak Demand & Electric Energy for Every Month

9. まとめ

以上の対策を実施した場合の効果は、次の通りである。

	(重油換算) kl/year	%
保温の強化	19.3	1.0
Fat extractor 蓋取り付け及び保温	67.9	3.5
小 計	87.2	4.5
	10 ³ kWh/year	%
力率の改善	27.6	1.0
電動機電圧の低下	53.6	2.0
照明の改善	3.6	0.1
小 計	84.8	3.1

CITRIC ACID INDUSTRY CO., LTD.

1. 工場概要

Address	Bangpoo Industrial Estate 231, Sukhumvit Road Phracksa, Muang District Samutprakarn	
Capital	87 Million Bt	
Type of industry	Chemical	
Major products	Citric acid	
Annual product	1,500 ton	
No. of employees	190	
Annual energy consumption	Electric power	2,103 x 10 ³ kWh
	Fuel	Bunker C 1,600 kℓ
Interviewees	Factory Manager Mr. Nopadol Production Manager Mr. Chaiwat	
Date of diagnosis	July 4 ~ 5, 1983	
Diagnosers	H. Igarashi, H. Murata, K. Kurita	

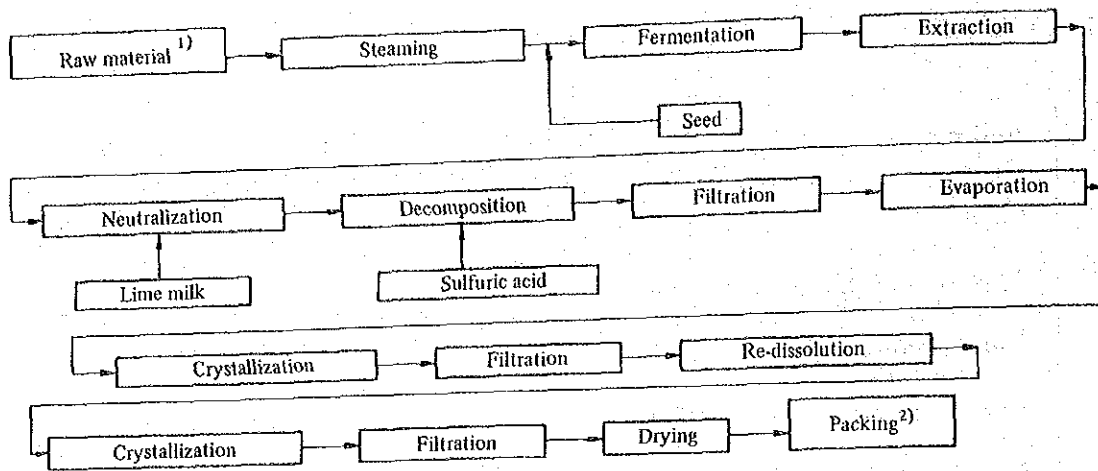
タイ王国における唯一の Citric acid の生産会社であり、国内需要量の約 80 % を供給し、残りを輸出している。国内需要の残り 20 % は飲食品の中間原料の形で輸入される材料などに含有される量であるため、国内の実需要のほぼ全量を同社が満たしていることになる。タイ王国系資本 100 % の企業であって、初めは Citric acid の輸入、販売のみを行っていたが、国内に豊富に存在する原料のタピオカに着目し、3 年前に生産を開始したものである。製造設備は台湾の技術により設計、製作され、台湾の技術者から製造技術の指導を受けた。

Citric acid の製品には、Anhydrous と Monohydrate の 2 種類の形態があるが、同社の設備は後者の生産に合わせた仕様で設計されている。

原料がタピオカの屑や米糠などで、国内で大量に安いコストで調達ができるので、同社の製品は、コスト面で国際市場においても強い競争力を持っている。

なお同工場は、学界のケーススタディの場に提供されたことがあり、オーストラリア国の資金供与による省エネルギーの研究が行われたことがある。

2. 製造工程



Note: 1) Tapioca waste, rice bran, and rice skin.
 2) Citric acid – monohydrate and/or – anhydrous.

Fig. 2-1

3. 主要設備の概要

3.1 主要設備

Table 2-1

Name	No. of units installed	Type, etc.
Cooker	12	3 t/unit
Fermenter	60 rooms	10 t/day
Extractor	14	16 m ³ /unit
Neutralizer	6	8 m ³ /unit
Decomposer	3	4.5 m ³ /unit
Evaporater	8	5 m ³ /unit
Crystallizer	14	3 m ³ /unit
Centrifuge	7	0.4 – 1 t/h unit
Dryer	1	500 kg/h
Refrigerater	1	R-22, 60 HP
Boiler	2	5 t/h,
Waste water treatment plant	1	

3.2 工場内配置図

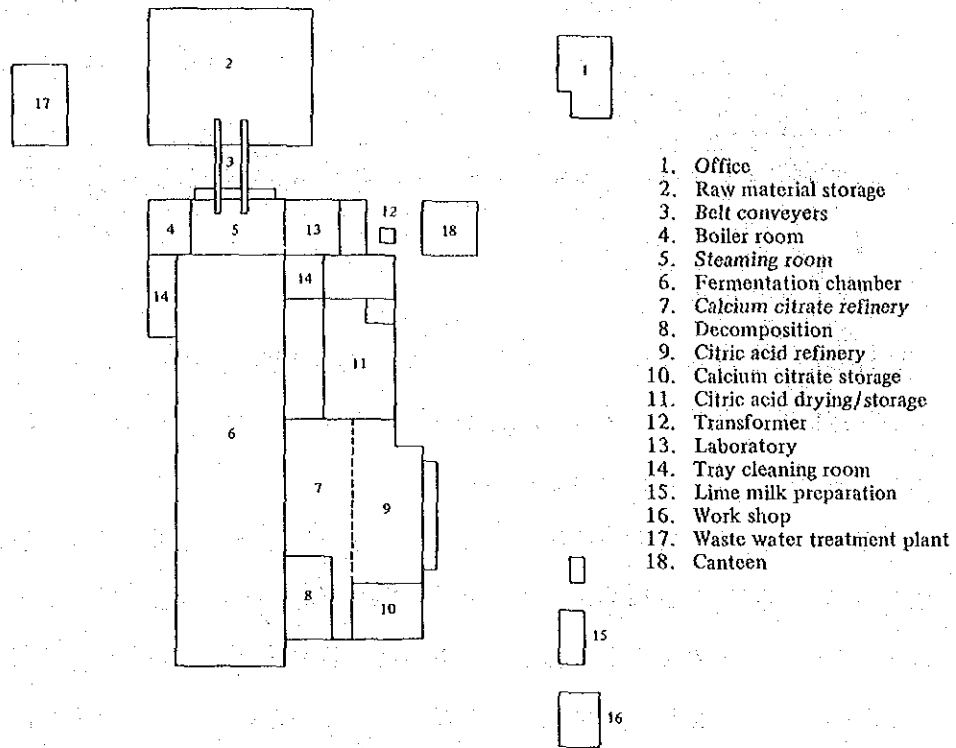


Fig. 2-2

4. エネルギー管理の状況

4.1 経営の姿勢

学界からの助言を受け、省エネルギーの研究には極めて積極的に取り組んでいる。

ただ今のところ工場長とスタッフは、生産の合理化を緊急の課題と見て優先させているので、省エネルギーのみを目的とした対策はやや遅れ気味である。Utility Supervisor 1名が任命されていて、エネルギーの管理に専従している。

今年は15%の省エネルギーを目標としており、そのため200万Btの設備投資を予定している。Pay back timeは3年以内が基準である。

これまでは、省エネルギーのためのみの投資は行わず、合理化対策と並行させてきた。CookerのWater ejecterを6台あったものを統合して3台に減らし、操作の簡素化とポンプ動力の節減を行った。また夜間においては、一部の設備が停止するので、ボイラの運転は夜間の操業プロセスに必要な圧力まで下げて、省エネルギーを図っている。

蒸発缶のスチームコンデンセートは回収し、ボイラー給水と熱交換して排熱回収を行ってから、Seeding用プロセス水として利用されている。

4.2 全員参加の状況

QCサークル活動のような自主管理活動はなく、改善提案制度も表彰制度もない。職制上、スタッフと作業員の分掌が明確に分別されていて、操業の改善、合理化の研究は工場長とスタッフの職掌とされている。

工場長から一般従業員への省エネルギーの呼びかけは、必要に応じて行っている。

4.3 データによる管理

燃料の消費量は購入量と在庫量から、電力の消費量は自家の積算電力計の読みから1週間毎に算出されて、操業との関係が解析される。燃料、電力の原単位及びエネルギーコストは1カ月毎に計算される。

全工程がバッチ操業であることから、計量管理は比較的容易であり、仕込量、操作条件、操作時間などが標準化されていて、操業が的確に行われている。製品の品位は日本、米国、英国の規格に適合すべく厳格に品質の管理がなされている。

しかし、主要工程毎の蒸気流量計が設けられていないので、工程毎の蒸気の消費量が把握できない。そこで、化工計算とそれぞれの設備の単独操業時のデータから、おおよその配分が推算されており、操業データ解析の基準とされている。電力の消費量も同様であって、工程毎の電力計がないので電流計の読みと運転時間をもとに推算されている。1基のボイラの燃料流量計、Chiller unitの60HP冷凍機電動機の電流計が故障していたが、このような主要機器の計器の維持管理は怠るべきではない。

4.4 技術水準の向上

制度化された省エネルギー委員会は置かれていないが、工場長、Production manager及びUtility Supervisorの3者で省エネルギー対策を検討するシステムをとっている。プラント、機器の設計図面、エンジニアリングデータなどの技術資料の保存、整理は整然となされており、技術尊重の姿勢が見受けられる。社外の研修会へのスタッフの派遣は年に3~4回行っている。見学会は行っていない。

5. 燃料の消費状況

5.1 燃料の使用実績

1982年度の燃料使用実績は次の通りであった。

C重油 1,600 kl/year

燃料中C重油はすべてボイラの蒸気発生用に消費され、発生蒸気はクエン酸（Citric Acid）の各製造工程で概略 Fig 2-3 のような使用比率で消費されている。

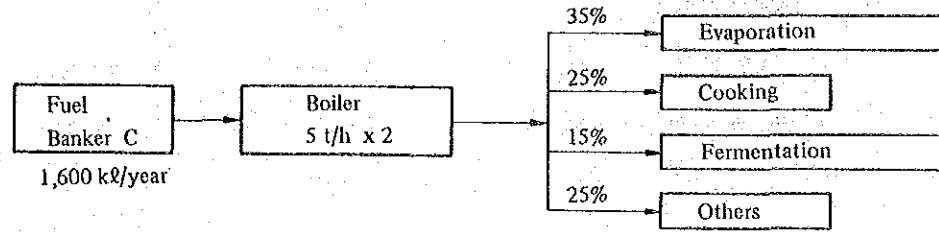


Fig. 2-3

ボイラ1缶は、5時～14時の9時間のみ運転する。他のボイラについては、朝から16時まで4～6 kg/cm²G、夜間は2.5～4 kg/cm²Gの圧力で運転する。

5.2 燃料原単位

昨年度のクエン酸生産量を1,500 t/yearとして、年間平均燃料原単位を算出すると次の通りである。

$$\text{燃料原単位} = \frac{1,600 \times 10^3 \text{ l/year}}{1,500 \text{ t/year}} = 1,067 \text{ l/t}$$

5.3 ボイラ熱勘定

No.1ボイラの運転日誌データに基づいて熱勘定を行った。Table 2-2の通りである。

Table 2-2

Input			Output		
Item	10 ³ kcal/h	%	Item	10 ³ kcal/h	%
Heat of fuel combustion	1,468.8	99.7	Heat of steam	1,112.6	75.5
Sensible heat of fuel	5.1	0.3	Heat loss in exhaust gas	185.7	12.6
			Heat loss in blow water	7.4	0.5
			Heat release from boiler body, others	168.1	11.4
Total	1,473.9	100.0	Total	1,473.9	100.0

・熱勘定計算諸元

燃料の種類		C重油
燃料の消費量	(F)	153 kg/h
燃料の発熱量(低位)	(Hl)	9,600 kcal/kg

燃料の比重	(SG)	0.975
燃料の比熱	(Cp)	0.45 kcal/kg °C
燃料の温度	(Tf)	104 °C
基準温度	(To)	30 °C
廃ガス中の O ₂ %	(O ₂)	7.5 %
廃ガス温度	(Tg)	255 °C
ブロー水量	(B)	49 kg/h
ブロー水温度	(Tb)	154 °C
給水量	(W)	1,899 kg/h
給水温度	(Tw)	55 °C
蒸気圧力	(P)	4.2 kg/cm ² G
蒸発量 (S=W-B)	(S)	1,850 kg/h
蒸気エンタルピー	(Es)	656.4 kcal/kg
給水エンタルピー	(Ef)	55 kcal/kg

・熱勘定計算式

入 熱

燃料の燃焼熱 (Qc) $1,468.8 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_s = F \times H_0$$

燃料の顕熱 (Qs) $5.1 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_c = F \times C_p (T_f - T_o)$$

出 熱

蒸気の保有熱量 (Qv) $1,112.6 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_v = S \times (E_s - E_f)$$

廃ガスの持ち去る熱量 $185.7 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_e = F \times G \times 0.33 (T_g - T_o)$$

理論空気量 (A₀)

$$A_0 = 0.85 \text{ H}\ell / 1,000 + 2.0 = 10.16 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

理論廃ガス量 (G₀)

$$G_0 = 1.11 \text{ H}\ell / 1,000 = 10.66 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

空気比 (m)

$$m = 21 / (21 - O_2) = 1.56$$

実際廃ガス量 (G)

$$G = G_0 + A_0 (m - 1) = 16.35 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

ブロー水の持ち去る熱量 (Qb) $4.9 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_b = B \times (T_b - T_w)$$

炉体からの放散熱量その他 (Qr) $170.7 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

6. 熱管理の問題点と対策

6.1 ボイラ

6.1.1 燃焼改善

過去の運転データから解析すると、ボイラ1基当たりの給水量基準での蒸発量は時間平均 1.86 t/h であり、ボイラ仕様最大蒸発量 5 t/h に対し 37% 程度の平均負荷となる。工場におけるピーク負荷を 3.7 t/h 程度と推定すれば、ボイラ1基運転で十分まかなえるはずであるが、現実には通常 2 基運転をしている。

2 基運転をせざるを得ないのは、次のような要因によるものと判断する。

ボイラ熱勘定によると、ボイラ本体放熱及びその他の損失として 11.4% と異常に大きい値を示しており、これは明らかにバーナチップ劣化及び不適正サイズ等が原因で未燃損失が発生していると判定できる。事実ボイラ運転状況を観察すると燃料未燃分のボイラ炉筒後方での燃焼が見られ、ボイラ後部の爆発扉のバタツキがあるほど異常な燃焼状態であった。このような不完全燃焼を続けることは、安全上も重大な問題であり、炉筒、煙管の汚れも激しくなることが推測されるので、早急に燃焼装置の整備点検、炉内の清掃等を実施する必要がある。

なお燃焼用空気量調整ダンパのリンクにガタがある。各燃焼負荷段階での適正ダンパ位置を再チェックしリンクを調整することが必要である。また負荷変動の大きい場合は、油圧式のバーナは適当でなく、空気噴霧式の方がよい。

ボイラ煙道に設置されている排ガス温度計の指示が、20℃程度低目になっているので再調整する必要がある。現状で低負荷にもかかわらず排ガス温度が 240～250℃ と高いのは、燃焼不良による煙管の汚れが原因であり、まず燃焼バーナを整備し、適正空気比 ($m=1.3$ 以下) に改善するとともに煙管を清掃することが先決であり、それでも排ガス温度が高い場合に始めて排熱回収を検討すべきである。

No.1 ボイラの排ガス中の O_2 % が 7.5% と高目であり、バーナの整備と空気ダンパの調整を行い O_2 を 4% 以内に保つようにしたい。

ボイラの酸素濃度 7.5 % を適正值 4.0 % に改善することにより、燃料換算 2.8 % の節約が可能となる(ボイラ熱勘定表から計算)。

この燃焼改善による燃料削減量は次の通り。

No.1 ボイラの燃料使用量 $1,600 \text{ k}\ell/\text{year} \times 0.7 = 1,120 \text{ k}\ell/\text{year}$

年換算燃料削減量 $1,120 \times 0.028 \doteq 31.4 \text{ k}\ell/\text{year}$

金額換算で 134,850 Bt/year の節約となる。

6.1.2 給水流量計と油流量計の整備

各ボイラには、給水流量計と油流量計が設置されているが、いずれも故障して計測できない状態であった。ボイラ運転管理の簡易指標としての蒸発倍数をチェックする上で、ぜひともこの2つの計器は常に整備し使用してもらいたい。

$$\text{蒸発倍数} = \frac{\text{ボイラ給水量} - \text{ブロー量}}{\text{燃料消費量}}$$

この値は、ボイラ効率の代用指標となるので毎日計算し、日報に記載して整備、運転の参考とされたい。

6.1.3 ボイラ水の管理

ボイラ水及び軟水等の水質チェックは定期的に行われている。分析値は Table 2-3 のような値を示しており、おおむね良好な管理状態にあるといえる。

Table 2-3

	Soft water	No. 1 Boiler water	No. 2 Boiler water
PH.	7.75	11.10	11.40
Electric conductivity $\mu\text{S}/\text{cm}$	800	2,720	4,720

なおコンクリート製給水タンクに亀裂が生じており、そこから軟水が多量に漏水しているため、早急に補修するか、鋼板製タンクを設置する必要がある。

6.2 多重効用蒸発装置の採用

加熱用蒸気によって蒸発缶に供給される熱量の大部分は、発生する蒸気の形でコンデンサを経て外部へ捨て去られる。この発生蒸気を有効に利用するため、Fig 2-4 のように蒸発缶を多段に設け、例えば第2段の缶の圧力を減圧して沸点を第1段の

缶の発生蒸気の凝縮温度よりも低くすれば、第1段の発生蒸気を第2段の加熱用に利用できることになる。

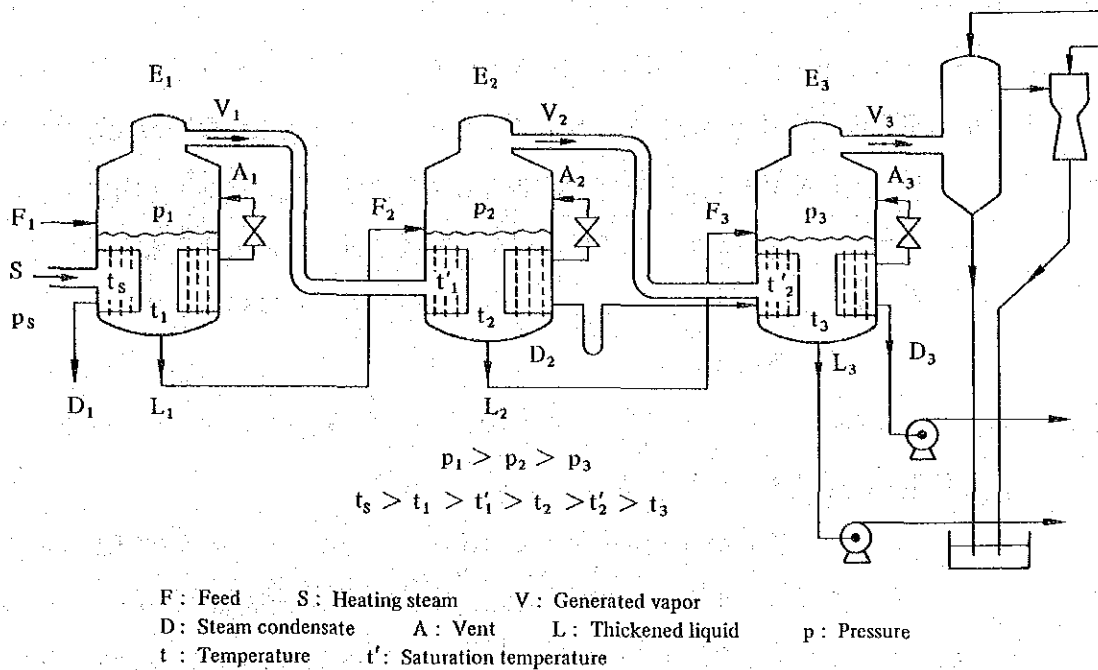


Fig. 2-4 Triple Effect Evaporation System

このようにすると第1段の缶へ加熱用蒸気を供給するだけで、段階的に発生蒸気による蒸発操作が行われ、1つの缶で所定の蒸発を行う場合に比べて、蒸気消費量が著しく少なくて済むことになる。これが多重効用蒸発装置の特徴、利点である。

理論的には効用数がNの場合、加熱用蒸気は単一缶の場合の1/Nとなり、Nが大きい程熱経済の上では有利であるが、実際には設備費、運転費はNとともに増加するので、経済的に最適のNの値が存在する。Citric acid製造プラントでは、従来から多重効用缶を採用しているところが多く、エネルギーコストが大幅に上昇している現今、このシステムの採用によって利益の出る公算は極めて高い。

プラントメーカーに見積らせ、設備の費用とエネルギーコスト、運転費を詳細に算定して、多重効用の採用可否を研究されることを勧める。

また、発生する蒸気を電動ブロワで圧縮し、熱源蒸気として利用する蒸気圧縮式濃縮缶もあり、大きな省エネルギー効果をあげているので併せて検討されたい。

6.3 蒸発缶のコンデンセートの回収率の向上

クエン酸の製造プロセスで、最大蒸気消費部門である蒸発缶のスチームコンデンセ

ートの回収は、設備的にはできているが、次のような不具合があり、十分利用されているとはいえない。

(1) 回収されたコンデンセートはボイラ室で間接熱交換器に入り、ボイラ給水に熱を与えてから、Seeding用プロセス水として利用されるようになっている。しかし現在の配管系統では、Seeding用プロセス水が使用されない時間帯ではコンデンセートの使用先がなくなる。診断時も蒸発缶のコンデンセート回収タンクからオーバーフローし捨てられていたため、これらはぜひボイラ給水として回収すべきである。そのためにはコンデンセート回収配管から直接ボイラ給水タンクへ送る配管を設けるとよい。

もし蒸発缶からのコンデンセートの50%がボイラ給水温度アップに利用されるとすれば、回収メリットは次のように試算される。

(1) 工場発生蒸気の35%が蒸発缶で消費されているとすれば、その熱量は、

$$1,600 \text{ k}\ell \times 0.35 \times 0.755 \times 9,600 \times 0.975 \times 10^3 = 3,957 \times 10^6 \text{ kcal/year}$$

(2) ここで発生するスチームコンデンセートに含まれる熱量は、蒸気圧 4 kg/cm²G とすると、 $152.3/656.0 = 0.23$ 。つまり蒸気熱量のうち 23%の熱量がコンデンセートに保有されている。しかし、コンデンセートが大気圧に減圧される時、そのうち41%の熱量がフラッシュ蒸気として大気に放散されるので、コンデンセートに残る熱量は、

$$3,957 \times 10^6 \times 0.23 \times (1 - 0.41) = 537 \times 10^6 \text{ kcal/year}$$

(3) 捨てられていたコンデンセート量を 50%とすると、

$$537 \times 10^6 \times 0.5 = 268 \times 10^6 \text{ kcal/year}$$

この熱を回収し、ボイラ給水として35℃の水の代りにボイラ給水温度に有効利用できたとし、最終利用可能熱量を燃料換算すると、次の通りとなる。

$$\frac{268 \times 10^6 \times (65/100)}{9,600 \times 0.975 \times 0.755} = 24.7 \text{ k}\ell/\text{year}$$

つまり、年間燃料使用量の 1.5%の省エネルギー効果があると試算できる。

6.4 保温の強化

蒸気配管はよく保温されていた。特にバルブの保温もされているのは非常によいことである。しかし、スチームコンデンセート集合配管、回収タンク及びボイラ室までの回収配管が裸管であったため、これらはすべて保温施工するようお願いしたい。

保温強化による燃料換算省エネルギー量は Table 2-4 の通りであり、保温施工費及びその投資回収期間はそれぞれ次の通りになる。

(1) 配管

工事費 約 70,800 Bt 投資回収期間 0.94 year

(2) タンク

工事費 約 7,400 Bt 投資回収期間 0.17 year

その他、蒸発缶下部鏡板の保温脱落などが見受けられた。

Table 2-4 Effect of Insulation

(1) Condensate piping

Piping	Rate of heat loss kcal/mh	Heat loss kcal/h	Insulation effect
Piping 2" x 20 m	151	3,000	20,500 x 0.8 = 16,400 kcal/h
Piping 2½" x 140 m	125	17,500	
Total		20,500	

$$\text{Fuel saving} = \frac{16,400 \times 24 \times 312}{9,600 \times 0.975 \times 0.755} = 17.4 \text{ k}\ell/\text{year}$$

$$\text{Fuel cost saved} = 17,400 \times 4.3 = 74,800 \text{ Bt/year}$$

(2) Condensate recovery tank

Specification	Rate of heat loss kcal/m ² h	Heat loss kcal/h	Insulation effect
Surface area of tank 7.4 m ² /unit x 2 unit	810	11,990	9,590

$$\text{Fuel saving} = \frac{9,590 \times 24 \times 312}{9,600 \times 0.975 \times 0.755} = 10.2 \text{ k}\ell/\text{year}$$

$$\text{Fuel cost saved} = 10,200 \times 4.3 = 43,860 \text{ Bt/year}$$

6.5 結晶工程における保冷の補修強化とチラーユニットの運転効率化

結晶工程では、チラーユニットから送水される9℃の冷水によってジャケットタンクで冷却、結晶化が行われているが、タンク全体の冷却効率を上げ、かつ空気中の水分がタンク表面で結露するのを防ぐため、確実な保冷施工が必要である。現状の保冷施工状態では、保冷材の発泡スチロールが露出、劣化しており、また甚だしく脱落しタンクが裸になっている部分が見受けられた。このような状態では、保冷材内部に空気の侵入をまねき、空気中の水分がタンク表面で結露し、保冷効果を著しく悪化させ、結果的に冷却水の熱負荷が大きくなり、チラーユニットの負荷を増大させる要因となる。保冷材の施工上注意すべき点は、保冷材を本体に隙間のないようしっかりと固定し、その表面をマスチックなどの防湿材で気密に保護し、空気の侵入を防ぐことが重要である。

保冷材補修、強化の必要性は結晶タンク本体のみならず、冷却水配管及びチラーユ

ユニット、冷水貯槽についてもいえるので、これら装置全体の保冷の補修強化をぜひ実施願いたい。これらの対策によりチラーユニットの熱負荷量の大幅な削減（10～20%）が期待できる。

また結晶工程のろ液の寒冷が全く利用されていないが、原液との熱交換によりこの冷熱を回収利用すれば、更にチラーユニットの熱負荷の低減ができるので、検討すべきである。

7. 電力の消費状況

7.1 電力消費に関する主な指標

電力会社	: MEA
ピーク・デマンド	: 550 kW
使用電力量	: 2,103,000 kWh/year
負荷率	: 51.1%
ペナルティ・ファイ	: 26,265 Bt/year
力率	: 73%
トランス	: 1,250 kVA 1バンク
電力原単位	: 1,752.5 kWh/t
電力総合単価	: 1.73 Bt/kWh

7.2 配線系統図

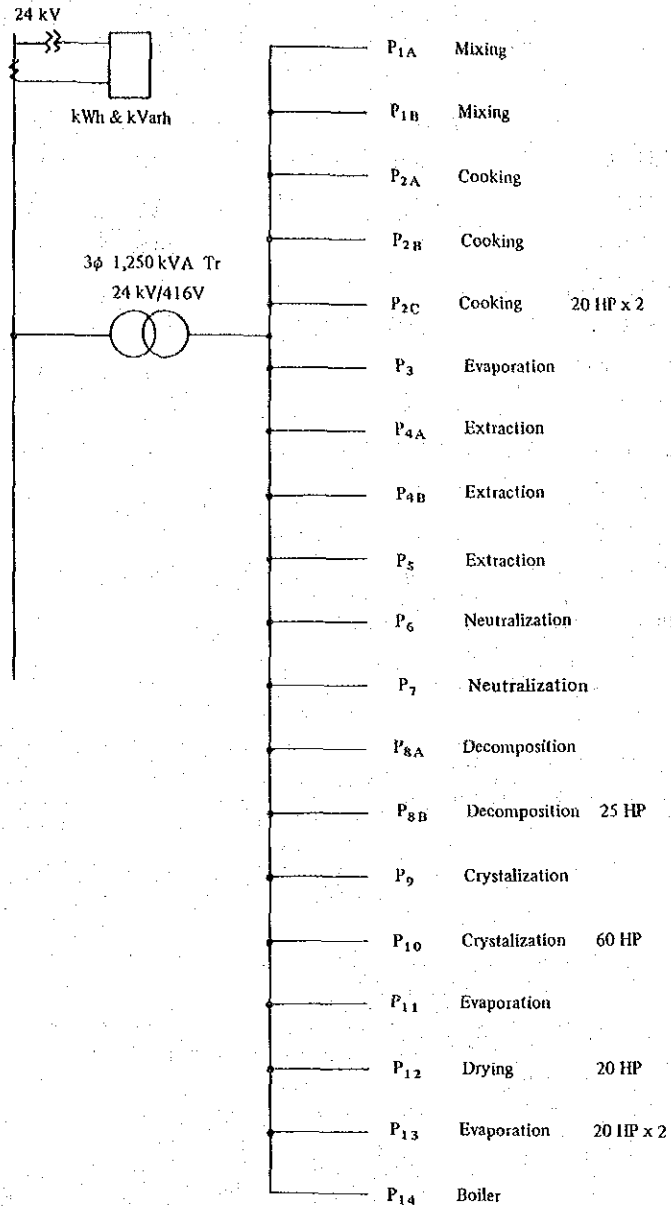


Fig. 2-5

8. 電力管理の問題点と対策

8.1 力率

当工場は小形電動機が多いため、力率が低い。Table 2-5 に毎月の電力料金表により計算した記録を示す。1月はペナルティがなく、従って力率の記録はない。

他の11カ月でペナルティの最大値は2月の232 kVarである。この場合、250 kVarのコンデンサを変圧器2次側に接続すると、力率は次のように改善される。

Table 2-5 From Peak Demand to Power Factor

Month	kWh	Peak demand kW	Average power kW	P.D x 0.63 kVar	Penalty kVar	Peak reactive power kVar	Apparent power kVA	Cos. φ
1982								
1	55,000	220	199		-	-	-	-
2	151,000	520	230	328	232	560	764	0.68
3	202,000	550	307	347	143	490	737	0.746
4	176,000	530	268	334	146	480	715	0.741
5	167,000	520	255	328	152	480	708	0.734
6	199,000	520	303	328	142	470	701	0.742
7	191,000	490	291	309	171	480	686	0.714
8	185,000	520	282	328	192	480	708	0.734
9	205,000	530	312	334	146	480	715	0.741
10	197,000	520	300	328	142	470	701	0.742
11	215,000	530	327	334	136	470	708	0.749
12	160,000	510	244	321	149	470	694	0.735

Annual Average Power = 281 kW

$$\cos \phi = \frac{\text{Peak demand}}{\text{Apparent power}} = \frac{520}{\sqrt{520^2 + (560 - 250)^2}} = 0.859 \quad \dots (8.1)$$

ピーク・デマンド最大の時(3月)は、次のように力率が改善される。

$$\cos \phi = \frac{550}{\sqrt{550^2 + (490 - 250)^2}} = 0.917 \quad \dots (8.2)$$

2月から12月までの平均力率は、次の式から0.733となる。

$$\cos \phi = \frac{\Sigma \text{ピーク・デマンド}}{\sqrt{(\Sigma \text{ピーク・デマンド})^2 + (\Sigma \text{ピーク無効電力})^2}} = 0.733 \quad \dots (8.3)$$

平均電力281 kWだから、皮相電力は281/0.733=383 kVA、このとき無効電力は、

$$383 \times \sqrt{1 - 0.733^2} = 261 \text{ kVar} \quad \dots (8.4)$$

250 kVarのコンデンサにより、皮相電力と力率は次のようになる。

$$P_a = \sqrt{281^2 + (261 - 250)^2} = 281.2 \text{ kVA} \quad \dots (8.5)$$

$$\cos \phi = 281 / 281.2 = 0.999 \quad \dots (8.6)$$

1,250 kVA変圧器の定格負荷時における負荷損を17.5 kWとすると、力率改善による負荷損の軽減は1カ年で次のようになる。

$$17.5 \times \left\{ \left(\frac{383}{1,250} \right)^2 - \left(\frac{281.2}{1,250} \right)^2 \right\} \times 24 \times 312 = 5,671 \text{ kWh/year} \quad \dots (8.7)$$

次に 1,250 kVA 変圧器の 2 次配線の抵抗損の軽減分を次のように計算する。まず導体 (325 mm²) の抵抗は 20℃において 0.0565 Ω/km,それが 1 相当あたり 4 本づつ 25 m, 導体温度は平均 33℃, 抵抗温度係数が 0.00393 として, 導体抵抗は,

$$0.0565 \times \frac{1}{4} \times \frac{25}{1,000} \times \{1 + 0.00393 \times (33 - 20)\} = 0.0003712 \Omega \dots\dots (8.8)$$

従って, 2 次配線の抵抗損の軽減分は,

$$3 \times \left\{ \left(\frac{383}{\sqrt{3} \times 0.38} \right)^2 - \left(\frac{281.2}{\sqrt{3} \times 0.38} \right)^2 \right\} \times 0.0003712 \times 24 \times 312 \times 10^{-3}$$

$$= 1,302 \text{ kWh/year} \dots\dots (8.9)$$

変圧器及び導体の損失は, 合計 6,973 kWh/year 減少する。

金額にして 10,111 Bt/year, ペナルティ・フィと併せて 36,376 Bt/year の節減になる。コンデンサ 250 kVar の設備費用は開閉装置, リレー込みで 125,000 Bt と見積られ, 約 3 年 5 カ月で償却可能である。

8.2 電動機に対する供給電圧が定格電圧に対して 12 V ~ 17 V 高い (Table 2-6 参照)

電動機が軽負荷の場合 (50% ロード以下) には, 供給電圧を定格電圧より低くすると, 定格電圧を加えた場合に比べて力率も効率も向上する。

Table 2-6 Actual Load for Each Motor

Using for	Rated out put HP	Measuring in put kW	Rated voltage V	Measuring voltage V	Rated current A	Measuring current A	Power factor	No. of pole	Rated R.P.M.
Compressor 50 ton	60 (45)	20.6	380	392	86	43.3	0.7	4	1,475
Cooling water pump	20 (15)	5.8	380	393	29	12.1	0.7	4	1,455
Cooling water pump	20 (15)	10.6	380	394	29	19.4	0.8	4	1,455
Dust collector	25 (18.5)		No working						
Cooling water pump	20 (15)	3.6	380	397	29	11.2	0.47	4	1,455
Water pump	20 (15)		No working						
* Burner for boiler	20 (15)	7	460	389	23	13.4	0.78	2	3,520
* Burner for boiler	20 (15)		No working						

* Mark is for 60 Hz. Inside () is kW.

一般に誘導電動機で 50% 負荷の場合, 供給電圧を定格電圧より 5% 低くすると効率は約 2% 高くなる。当工場の場合, 20 HP (15 kW) 以上の電動機のうち 20 IP の電動機 1 台 (入力 10.6 kW) を除き, 負荷は 50% 以下である。供給電圧を 5% 低下させた場合, 次のように省エネルギーとなる。

$$(20.6 + 5.8 + 3.6) \times 0.02 \times 312 \times 24 = 4,493 \text{ kWh/year} \quad \dots\dots\dots (8.10)$$

従って 6,514 Bt/year のメリットとなる。

なお、定格が 60 Hz, 460 V, 20HP の電動機については, 390 V, 50 Hz になると, 無負荷損は V^2/f に比例するので, 減少するが, 負荷電流が増し負荷損は増加する。また回転数が定格値より低下し, 冷却効果が悪くなるので, この電動機については, 機会をみて 50 Hz, 380 V, 11 kW のものに取り替えるとよい。

8.3 ピーク・デマンドが大きく, ピーク・デマンド・フィの支出が多い。Table 2-7 は, 各ブランチの電圧, 電流, 力率などの瞬時値を持参した計器で測定したもので, 下記の 5 つのブランチは負荷が大きく, これらの負荷の運転方法を改善することによってピーク・デマンドを抑制することができる。

- P2C クッキング
- PC オフィス
- P10 クリスタリゼーション

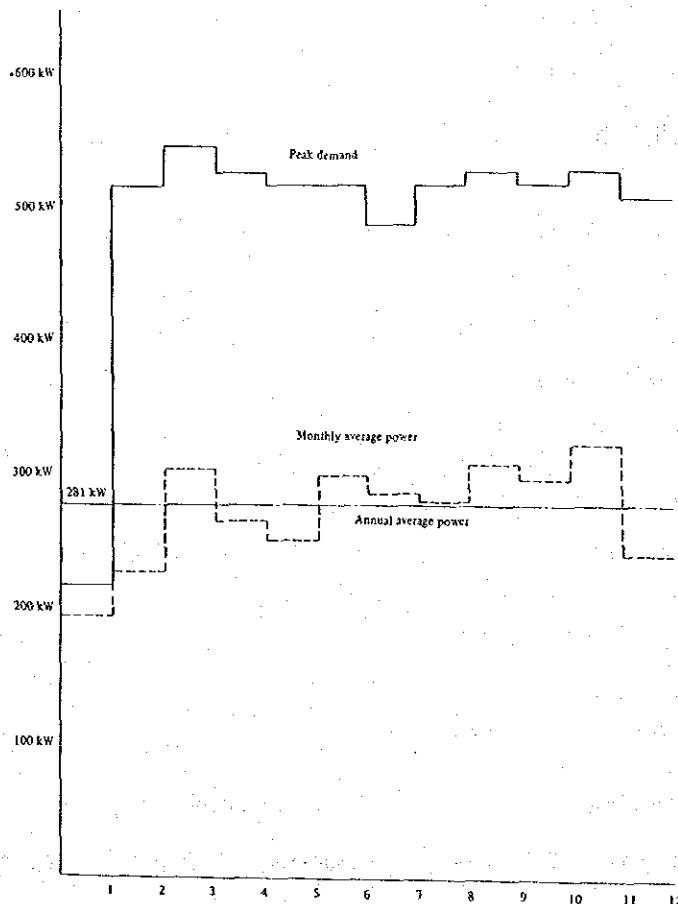


Fig. 2-6 Peak Demand & Average Power

Table 2--7 Load for Motor (Instantaneous value)

	7-4 1.40 ~ 2.40 PM				7-4 2.45 ~ 3.45 PM				Remark
	V	I	Cos. ϕ	kW	V	I	Cos. ϕ	kW	
	V	A			V	A			
P-2C	396	131.5	0.8	72.2	395	111.7	0.79	60.7	
P-13	395	185.3	0.8	101.4	396	186	0.8	102.1	
P-5	395	21.4	0.6	8.8	396	15.5	0.6	6.4	
P-8A	395	10.5	0.48	3.4	395	24.1	0.5	8.2	
P-C	395	39.5	0.87	23.5	395	41.3	0.86	24.3	
P-3	396	72.3	0.81	40.2	396	57.2	0.84	32.9	
P-14	395	53	0.78	28.3	395	69.8	0.7	33.4	
Spare	395	14.6	0.54	5.4	396	15.3	0.52	5.5	
P-1A		No working				No working			
P-1B		No working				No working			
P-4B	395	8.5	0.6	3.5	395	14.8	0.4	14	
P-4A	396	23.8	0.83	13.6	395	25.6	0.84	14.7	
P-6	396	1.8	0.39	0.5	395	3.3	0.4	0.9	
P-D		No working				No working			
P-7	395	4	0.5	1.4	395	8.4	0.49	2.8	
P-12		No working			395	21.1	0.66	9.5	
P-2A	395	13	0.44	4	395	12.2	0.65	5.4	
P-2B	396	36	0.68	16.8	395	32.9	0.74	16.7	
P-A	395	23	0.93	14.6	395	26.3	0.74	13.3	
P-11	396	4.9	0.45	1.5	395	10.4	0.46	3.3	
P-8B	396	5	0.74	2.5	395	5.1	0.46	1.6	
P-9	395	15.7	0.42	4.5	395	22.4	0.4	6.1	
P-10	396	102.1	0.79	55.3	395	101.5	0.78	54.2	
1,250 kVA Secondary	395	860	0.748	440	396	800	0.729	400	

P13 エバポレーション

P 3 エバポレーション

ピーク・デマンドを抑制できれば、デマンド・フィが軽減できるばかりでなく、変圧器並びに配線の損失を軽減できる。MEAの積算電力計をはじめ、積算電力計の設備されているところはすべて毎時間記録をとり、グラフを作り、毎日の負荷の変化の傾向をつかむことにより、ピーク・デマンドの発生する原因を調べ、その抑制を図るようにしなければならない。Fig 2-6をみると、平均負荷の高い11月に比べて、3月のピーク・デマンドが高く、改善の余地があることを示している。

- 8.4 工場で使用されている蛍光灯約500灯のうち、100灯位は昼光色蛍光灯を使用しているので、発光効率のよい省エネルギー型白色蛍光灯に取り替えることによって、下記のような省エネルギーが図れる。

$$5 \text{ W} \times 100 \times 10 \text{ h} \times 312 \times 10^{-3} = 1,560 \text{ kWh/year} \quad \dots\dots\dots (8.12)$$

- 8.5 受電盤の力率計や60HPコンプレッサパネルの電流計の指示が不良である。これらの計器を校正し、正しい指示にして有効活用されることを望む。

- 8.6 電動機の焼損事故が多いということであるが、高温多湿で酸や雰囲気の良いミキシング、クッキング、ファーマンテーション、シーディングなどに使用する電動機は、防食形を採用すれば免れると思う。供給電圧は、定格電圧に対して5%増位の電圧だから電動機が焼損する原因にはなり得ない。

9. ま と め

以上の対策を実施した場合の効果は、次の通りである。

	(重油換算) Kℓ/year	%
ボイラの空気比改善	31.4	2.0
コンデンセート利用率向上	24.7	1.5
保 温 強 化	27.6	1.7
<hr/>		
小 計	83.7	5.2

	10 ³ kWh/year	%
力 率 改 善	7.0	0.3
電動機の供給電圧の低下	4.5	0.2
照明の効率化	1.6	0.1
<hr/>		
小 計	13.1	0.6

CUSTOM-PACK CO., LTD.

1. 工場概要

Address	150/1 Soi Tesbal 4 Sukumvit Road A, Muang Smutprakan	
Capital	25 Million Bt	
Type of industry	Plastics	
Major products	Plastic containers	
Annual product	840 ton	
No. of employees	300	
Annual energy consumption	Electric power	2,844.4 x 10 ³ kWh
	Fuel	
Interviewees	General manager	Mr. Mana
	Technical staff	Mr. Niran
Date of diagnosis	July 7 ~ 8, 1983	
Diagnosers	H. Igarashi, H. Murata, K Kurita	

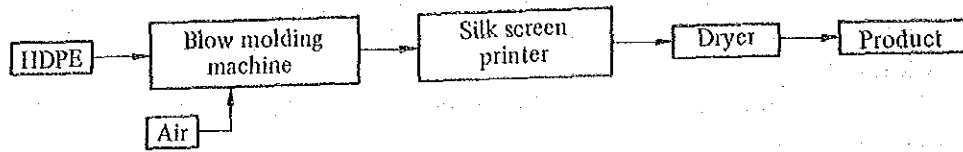
6社から構成されるタイ王国資本のWhiteグループに属している。他の5社は輸出入関係業務を主とする商社であって、製造業は当社1社のみである。

当初はSteel fabricationをやっていたが、その後大手の油製品、化学薬品、洗剤などのメーカーの委託を受けて、プラスチック容器にこれら液体製品のRepackingを始めたことがプラスチックとのかかわりを持つ発端になった。初期の頃はプラスチック容器の製品を購入してRepackingのみを行っていたが、14年前に現在の容器成型業を開始し、Repacking以外の容器類の製造をも行うことになった。最初はBlow moldingから始め、次にはThermoformingの機械を導入し、更に事業の拡大に応じて逐次工場設備を増強して現在の姿に至った。なお、容器の顧客からのRepackingの委託が続いているため、Repackingは継続しているがその規模は最低限にとどめている。

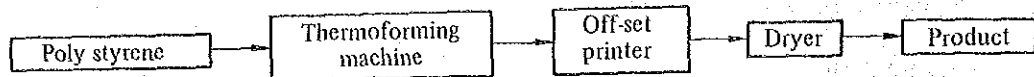
タイ王国のプラスチック成型業者は約1,400社あるが、同社は生産規模の点でビッグ5の1つに数えられており、特にThermoformingを行っているのは国内で当社のみである。現在同業協会のSecretaryをつとめている。

2. 製造工程

Blow molding



Thermoforming



Injection molding

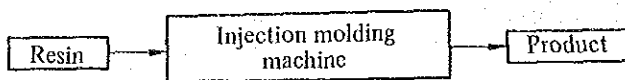


Fig. 3-1

3. 主要設備の概要

3.1 主要設備

Table 3-1

Name	No. of units installed	Type, etc.
Blow molding machine	6	Bekum, W. Germany
Thermoforming machine	2	Illig, W. Germany
ditto	5	
Injection molding machine	5	
Silk screen printer	3	
Off-set printer	2	
Oven type dryer	3	
Heater band dryer	2	
Air compressor	5	40 kW x 1 unit, 37 kW x 2 unit, 2.2 kW x 2 unit
Refrigerater	10	

3.2 工場内配置図

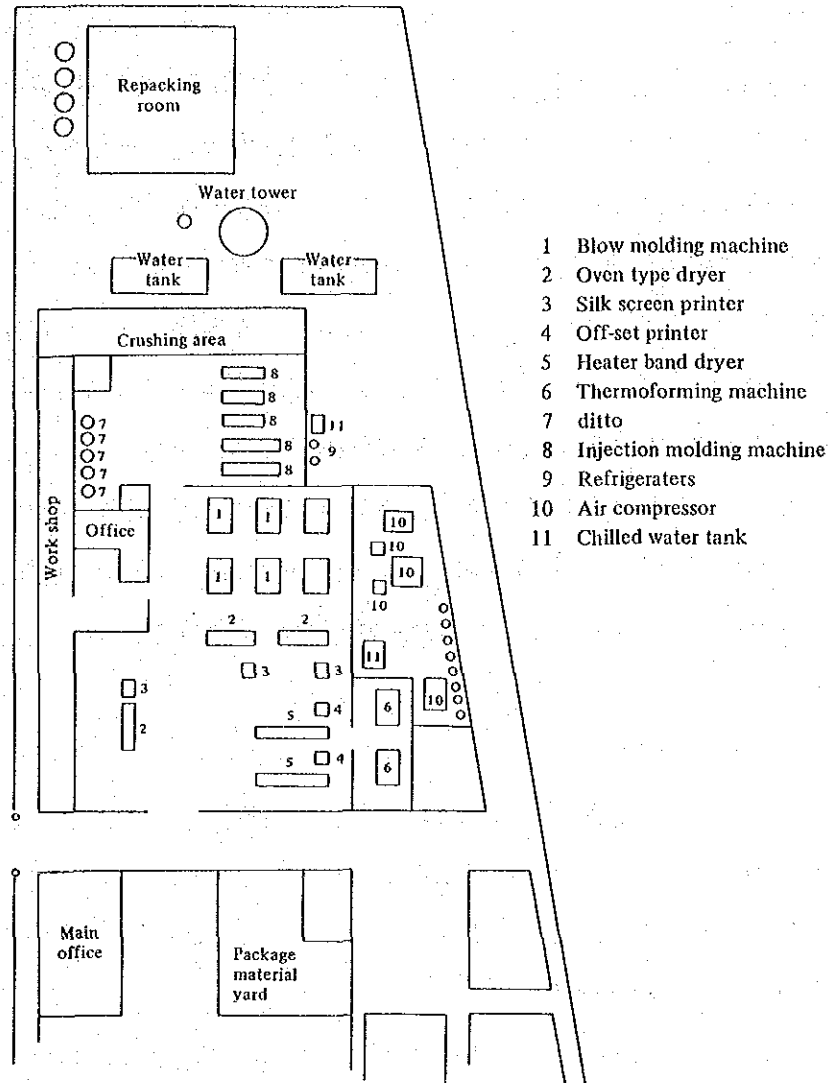


Fig. 3-2

4. エネルギー管理の状況

4.1 経営の姿勢

これまでは労働災害が多発していたので、これの防止対策がコストダウンと生産性向上のための最良策であると考えて経営の最重点項目として実施してきた。昨年来ようやくこの努力が成果を現わし始め、今年に入ってから事故が1件も発生していない。省エネルギー対策としては、これまでのところ具体的な設備投資を1件も行っていないが、現在検討中のものが数件ある。Pay back timeは2年以内を基準としている。現在の電力支払料は1カ月当たり約40万Btであるが、これを30万Btまで減らすことを目標にしている。

プラスチックの成型機はスタートに約4時間を要するため、昼間のみ操業して夜間

休止するのは、生産性とエネルギー消費の面で極めて効率が悪いので、1日24時間操業で年中無休を原則としている。

プラスチックの成型は、作業条件の僅かな変更でも直ちに製品の品質に反映してくるので省エネルギー対策は慎重に、長期の計画として実施する方針である。Extruder 電熱部の保温については温度パターンの変るおそれがあり、品質への影響の有無が未知のため慎重に研究している。可能性のある省エネルギー対策として、空気圧縮機クーラ排気のドライヤへの利用と Band heater の赤外線ランプへの変更が考えられている。

工場設備は増設の積み重ねの感のある配置であって、当初の工場設計に際して、将来の拡張を考慮に入れた合理的な配置計画がなされなかったものと推察される。例えば、空冷式空気圧縮機が冷凍機と同室におかれているため、冷凍機コンデンサの冷却空気に高温空気が混入して冷却効果を妨げている。また、設備拡張時にその都度必要分の機器を追加してきたためか、小容量機器が数多く並置されている。

4.2 全員参加の状況

QCサークル活動が行われているが、その内容は労働安全と防災が中心であり、前述の経営姿勢と平仄を一にしている。しかしながら、製品出荷の効率が大きい向上するなど生産面での直接的効果も現われていることから、今後の省エネルギーにも十分活用されるものと期待される。

現在のところ工場長からの省エネルギーの呼びかけは行われていない。

4.3 データによる管理

工場の消費するエネルギーは電力のみであり、燃料は使用されていない。

電力の消費量は、1カ月毎の電力会社からの請求伝票によって把握されるだけであり、自家の電力計は備えられていない。受電トランスに付帯している電力計は全く利用されていないが、自家用の代替として定時（毎時、毎日、毎週など）に読みを記録して、操業と電力消費量の関連解析に利用し、またピーク・デマンドの抑制に活用すべきである。

配電盤には機器毎の電力計が設けられていないので、各工程毎のエネルギー消費量がかめられない。機器類はそれぞれに予め設定された温度や油圧などに応じてヒータやポンプが作動、停止する自動機構が組み込まれているものの、今後操作条件変更などによってエネルギー原単位の向上を図る場合に、消費エネルギー量を確認する方法が

ない。各機器毎あるいは主要工程毎に電力計を設備することを推奨する。

大部分の主要機器は圧縮空気を消費しているが、流量計がないので消費量が不明である。空気の圧縮に要する電力消費量は少なくないので、空気配管の主要個所に流量計を設けて空気の消費状況を監視することにより、浪費の排除と圧縮機の適正運転台数の維持に努められたい。

4.4 技術水準の向上

組織としての省エネルギー委員会は設けられていないが、省エネルギー関係の問題のあるときは、毎週開催される定例会議（議長は工場長）でとり上げることにしている。

従業員の外部セミナーへの参加及び工場見学会は、それぞれ年に10回以上行っているが、これは従業員の教育は投資よりも優先するとする経営の基本方針によるものである。

スタッフ及び作業員のそれぞれの職種のローテーションの頻度を上げることによって、工場全体の技術水準の向上を旨としている。

プラスチック工業協会は、一般情報交換が主であって技術の向上には余り役立っていない。

7. 電力の消費状況

7.1 電力消費に関する主な指標

電力会社	: M E A
ピーク・デマンド	: 490 kW
使用電力量	: $2,844.4 \times 10^3$ kWh/year
負荷率	: 73.7 %
ペナルティ・ファイ	: 19,965 Bt/year
力 率	: 72.1 % ~ 80.6 %
トランス	: 3 ϕ 500 kVA, 1 ϕ 167 kVA \times 3
電力原単位	: 平均 3,386 kWh/t 1.63 Bt/kWh (電力総合単価)

7.2 配線系統図

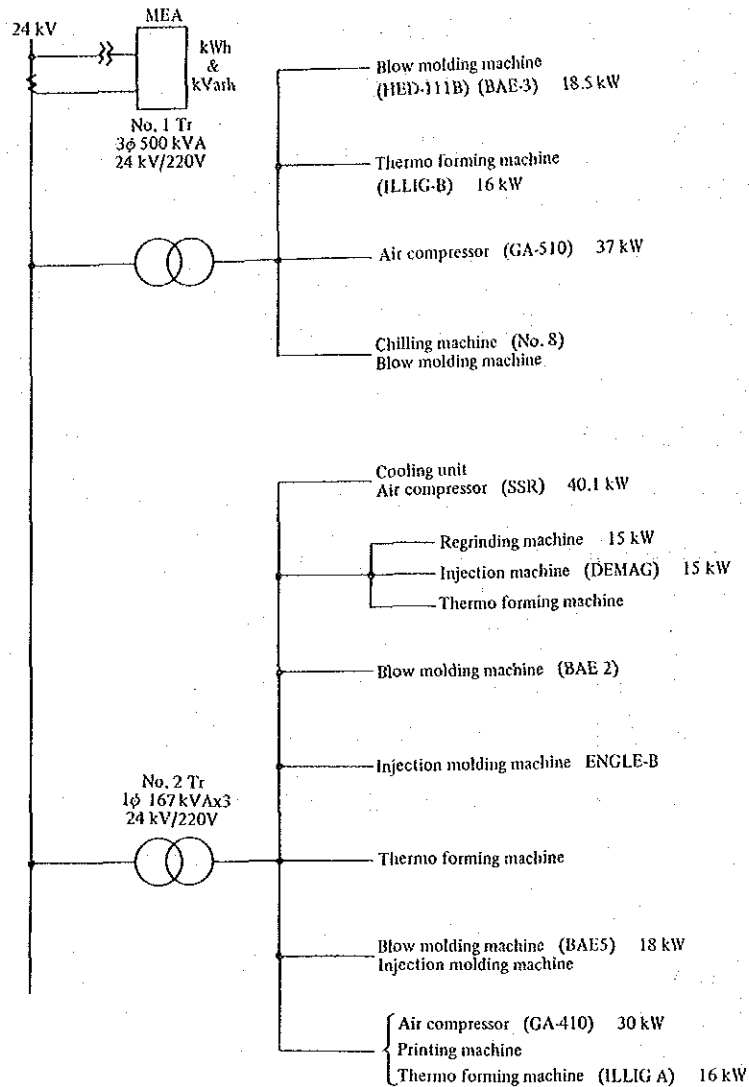


Fig. 3-3

8. 電力管理の問題点と対策

8.1 変圧器の統合

本工場のトランスは3φ 500 kVAと1φ 167 kVA×3の2バンクであるが、変圧器にかかる負荷が軽い。変圧器を統合すれば損失を軽減できる可能性があるため、検討を行った。Table 3-2に毎月の電力量料金から計算した記録を示し、Table 3-3に工場側の協力による7月7日～8日の24時間の記録を示す。

Table 3-2で皮相電力の最大は609 kVA、Table 3-3のデータでは皮相電力の最大値は707 kVAである。

この工場は敷地一杯に工場が建設されており、これ以上の電力消費の大きな伸びはないものと考え、若干の余裕をみて、最大皮相電力750 kVAに対する設備を考える。

Table 3-2 Apparent Power and Power Factor

Month	kWh	Average power kW	Peak demand kW	Peak demand x 0.63 kVar	Penalty kVar	Peak reactive power kVar	Peak apparent power kVA	Power factor
1982								
6	255,000	394	440	277	83	360	568.5	0.774
7	235,500	352	435	274	116	390	584	0.745
8	206,000	308	410	258	112	370	552	0.743
9	201,000	310	425	268	127	395	580	0.733
10	222,500	332	415	261	64	325	527	0.787
11	218,000	336	415	261	134	395	573	0.724
12	211,500	316	415	261	134	395	573	0.724
1983								
1	232,500	346	405	255	135	390	562	0.721
2	232,000	384	435	274	121	395	588	0.74
3	289,500	432	450	284	126	410	609	0.739
4	266,950	412	440	277	128	405	598	0.736
5	274,000	409	490	309	51	360	608	0.806
Total	2,844,450				1,331			

Penalty fee 15 x 1,331 = 19,965 Bt/year

Maximum Peak Demand 490 kW

Maximum Apparent Power 609 kVA

Table 3-3 Transformer

Time	3φ 500 kVA Transformer					1φ 167 kVA x 3 Transformer				
	V V	I _R A	I _S A	I _T A	Apparent power kVA	V V	I _R A	I _S A	I _T A	Apparent power kVA
7-7 2 PM	222	404	430	450	165	219	996	1,005	1,015	381
7-8 10.15 AM	218	364	415	458	157	215	998	1,067	1,078	397
11.50 AM	224	449	418	377	162	214	925	926	846	343
1.30 AM	221	431	458	440	168	214	1,097	964	1,040	385

Remark: V: Secondary line voltage

I_R, I_S, I_T: Each line current

Average apparent power for 3φ 500 kVA = 163 kVA (30%)

Average apparent power for 1φ 167 kVA x 3 = 377 kVA (70%)

変圧器を統合した場合の配線系統図を Fig 3-4 に示す。現在の No. 2 バンクの変圧器の位置の若干前へ 750 kVA の変圧器を置き、2 次側で現在の 2 回線をそのまま接続すればよい。2 バンクのトランスを 3 φ 750 kVA に統合する場合のメリットを計算すると、次の通りである。

ピーク・デマンド 490 kW、年負荷率 73.7% から、年平均電力 361 kW。また Table 3-4 から平均力率 0.788。従って、平均皮相電力は 361/0.788 = 458 kVA である。これを Table 3-3 の比率で分けて、3 φ 500 kVA にかかる平均皮相電力を 138 kVA、1 φ 167 kVA x 3 にかかる平均皮相電力を 320 kVA とする。次に損失としては、

Table 3-4 24 Hour's Data July 7th ~ 8th

Time	kWh/h	kVarh/h	kVA	cos φ	Time	kWh/h	kVarh/h	kVA	cos φ
7th					8th				
1 PM	400	300	500	0.800	1 AM	400	300	500	0.800
2	400	300	500	0.800	2	500	500	707	0.707
3	400	300	500	0.800	3	400	300	500	0.800
4	500	400	640	0.781	4	300	300	424	0.707
5	400	300	500	0.800	5	500	300	583	0.858
6	400	300	500	0.800	6	300	300	424	0.707
7	400	300	500	0.800	7	400	300	500	0.800
8	400	400	566	0.707	8	400	300	500	0.800
9	400	400	566	0.707	9	500	300	583	0.858
10	400	400	566	0.707	10	500	400	640	0.781
11	400	200	447	0.895	11	400	300	500	0.800
12	400	300	500	0.800	12	500	300	583	0.858

Average power = 417 kW Average reactive power = 325 kVar
 Maximum power = 500 kW
 Daily load factor = $\frac{417}{500} = 0.834$ 83.4%
 Maximum apparent power = 707 kVA (Power factor = 0.707)
 Minimum apparent power = 424 kVA (Power factor = 0.707)
 Average apparent power = 529 kVA
 Average power factor = 0.788

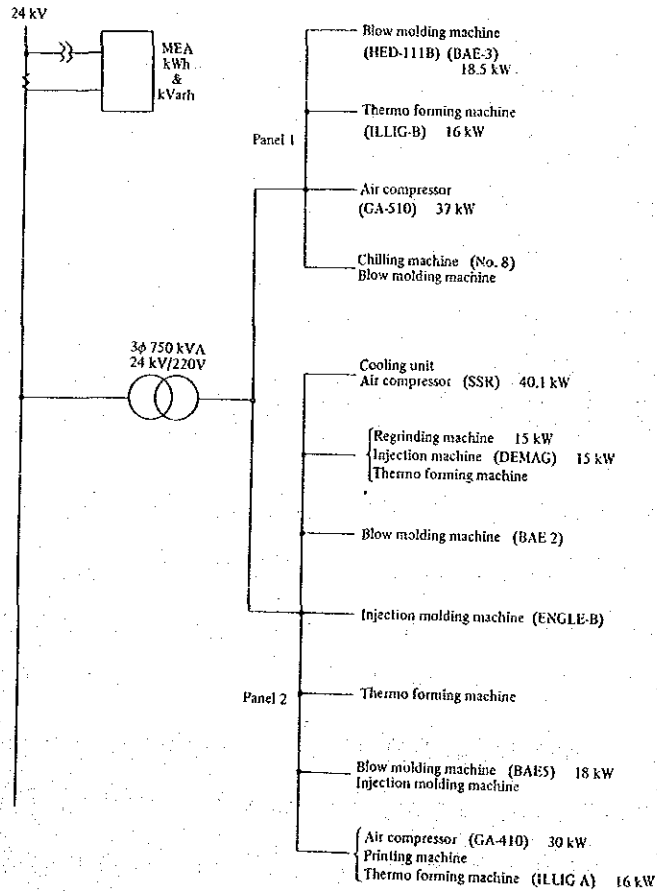


Fig. 3-4

3 φ 500 kVA トランス 無負荷損 1.1 kW, 全負荷損 5.5 kW (テストリポート)

1 φ 167 kVA トランス 無負荷損 0.6 kW, 全負荷損 2.5 kW

3 φ 750 kVA トランス 無負荷損 1.5 kW, 全負荷損 8.5 kW

とする。無負荷損の軽減分は,

$$\{ (1.1 + 0.6 \times 3) - 1.5 \text{ kW} \} \times 8,760 \text{ h} = 12,264 \text{ kWh/year} \dots\dots (8.1)$$

次に負荷損の減少は,

$$\left\{ 5.5 \times \left(\frac{138}{500} \right)^2 + 2.5 \times 3 \times \left(\frac{320}{167 \times 3} \right)^2 - 8.5 \times \left(\frac{458}{750} \right)^2 \right\} \\ \times 8,760 = 2,706 \text{ kWh/year} \dots\dots (8.2)$$

合計 14,970 kWh/year の損失減となる。金額にして 21,707 Bt/year, 既設の変圧器引き取り価格は半額の 125,000 Bt, 750 kVA 変圧器は取り付け価格共で 187,500 Bt とすると差引き費用 62,500 Bt は約 2 年 10 カ月で償却可能となる。

8.2 力率の改善

平均電力 361 kW, 平均力率 0.788 から無効電力は,

$$361 \times \frac{\sqrt{1 - 0.788^2}}{0.788} = 282 \text{ kVar} \dots\dots (8.3)$$

Table 3-2 では毎月の無効電力のピークのうち, 最大値は 410 kVar, 最小値は 325 kVar である。また Table 3-4 では無効電力の最大値は 500 kVar, 最小値は 200 kVar である。従って, 200 kVar のコンデンサを 750 kVA の 2 次側に接続すると, ペナルティを払わなくてもよくなる。ペナルティの最も多い 1983 年 1 月の場合では力率が,

$$\cos \varphi = \frac{405}{\sqrt{405^2 + (390 - 200)^2}} = 0.905 \dots\dots (8.4)$$

に, ピーク・デマンドが最大の時の力率は,

$$\cos \varphi = \frac{490}{\sqrt{490^2 + (360 - 200)^2}} = 0.951 \dots\dots (8.5)$$

に改善される。

平均電力の時の皮相電力は $\sqrt{361^2 + 282^2} = 458 \text{ kVA}$ から力率改善によって

$$\sqrt{361^2 + (282 - 200)^2} = 370 \text{ kVA} \text{ に減少する。}$$

これによって負荷損も次のように減少する。

$$8.5 \times \left\{ \left(\frac{458}{750} \right)^2 - \left(\frac{370}{750} \right)^2 \right\} \times 8,760 = 9,645 \text{ kWh/year} \dots\dots\dots (8.7)$$

次にコンデンサを設置するパネルまでの配線であるが、現在 3 φ 500kVA 並びに 1 φ 167 kVA × 3 のそれぞれの変圧器から各パネルに接続されている単芯ケーブルを各相とも単芯 (1 C) 250 mm² 3 本と仮定する。Fig 3-5 のように、変圧器を 750 kVA に変更してからもケーブルはそのまま使うから、1 相当り 6 本と考えられる。単芯 (1 C) 250 mm² の導体抵抗は 0.0739 Ω/km, その温度係数 0.00393 Ω/km°C, 変圧器からパネルまでのケーブルの長さは 1 相当り約 35 m として、力率改善による損失軽減分を計算すると、次のようになる。

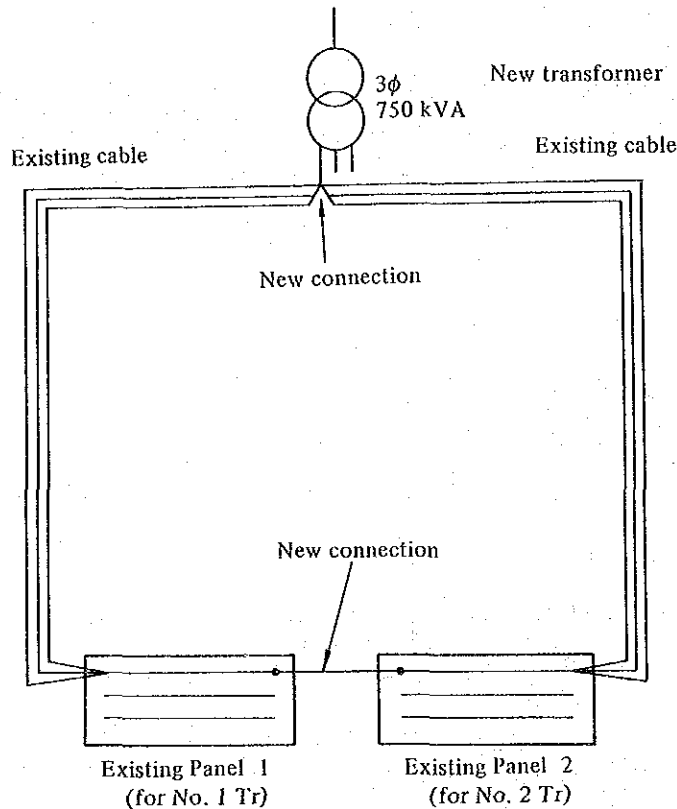


Fig. 3-5 Connection System per One Phase

$$\begin{aligned}
 & 3 \cdot \left(I_1^2 - I_2^2 \right) \times r \times 10^{-3} \times 8,760 = 3 \times \left\{ \left(\frac{458 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220} \right)^2 - \left(\frac{370 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220} \right)^2 \right\} \\
 & \times \frac{0.0739}{1,000 \times 6} \times \left\{ 1 + 0.00393 (35 - 20) \right\} \times 35 \text{ m} \times 10^{-3} \times 8,760 \text{ h} \\
 & = 6,020 \text{ kWh/year}
 \end{aligned}$$

変圧器の損失軽減とあわせて 15,665 kWh/year, 約 22,714 Bt/year。ペナルティ・ファイとあわせて約 42,700 Bt/year のメリットとなる。コンデンサの設置費は、開閉装置

と併せて約 100,000 Bt かかるが、約 2 年 4 ヶ月で償却が可能である。

8.3 計器の整備

受電盤の計器の指示値が不良である

3 φ 500 kVA 変圧器の受電盤と 1 φ 167 kVA × 3 変圧器の受電盤の電流計、積算電力計などの指示値が不良である。計器を更正して正しい値で管理することが望ましい。

また、サーモフォーミング、ブローモールドイングなどの機械のパネルには電流計がついているのみで、電力原単位も測定できないので、電圧計、積算電力計などを取り付けて、製品毎の電力原単位を把握し、この減少を図るように努力されるよう望む。

8.4 照明の改善

工場の照明で発光効率の悪い昼光色蛍光灯が使われている。

これを省エネルギー型白色ランプに取り替えることによって下記のようなメリットがある。工場の蛍光灯の数は全部で 350 灯だから、ランプの取り替えによって 1 灯当たり 5 W の省エネルギーとなり、

$$5 \times 350 \times 365 \text{ day} \times 10 \text{ h} \times 10^{-3} = 6,388 \text{ kWh/year} \dots\dots\dots (8.9)$$

9,262 Bt/year のメリットとなる。ランプ切れで交換する折に順次、省エネルギー型白色ランプに取り替えるとよい。

8.5 ピーク・デマンドの抑制

工場では毎週 1 回 kWh と kVarh の記録をとっているが、この記録では負荷の変化をこまめに追跡できないので、毎時間記録をとって負荷曲線を作り、ピーク負荷の抑制に利用するのがよい。ピーク・デマンドを抑制できれば 1 kW について 95 Bt/month のメリットがあるばかりでなく、力率改善の場合と同じく変圧器とその配電線の負荷損も減少する (Fig 3-6 参照)。

Fig 3-7 を見ると、時間毎の負荷変動が大きい。機械の稼働計画を調整すれば、ピークを抑制できる可能性がある。

8.6 赤外線ヒータの導入

塗装の乾燥用にコンベアラインの両側から交互にバンドヒータを置いていたが、赤外線ヒータに変えれば、輻射エネルギーが塗料膜に選択的に効率よく吸収されるので

エネルギー消費量が少なくすみ、乾燥時間も短縮される。従って、熱源の大きさも数分の一から十分の一ですみ、ラインも短かくすることができる。ヒータの容量、寸法は、ベルトコンベアの長さ、速度及び被乾燥物の寸法、塗料の種類、塗膜の厚さなどによって決定されるので、導入する場合は製造者と十分に相談して設備仕様を決められたい。

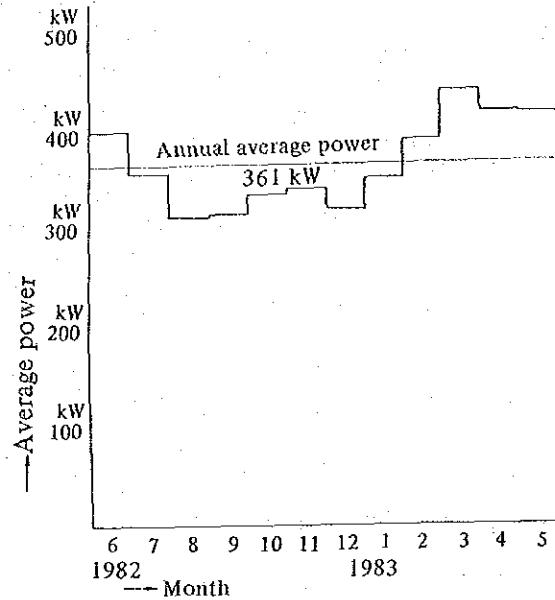


Fig. 3-6 Monthly Average Power & Annual Average Power

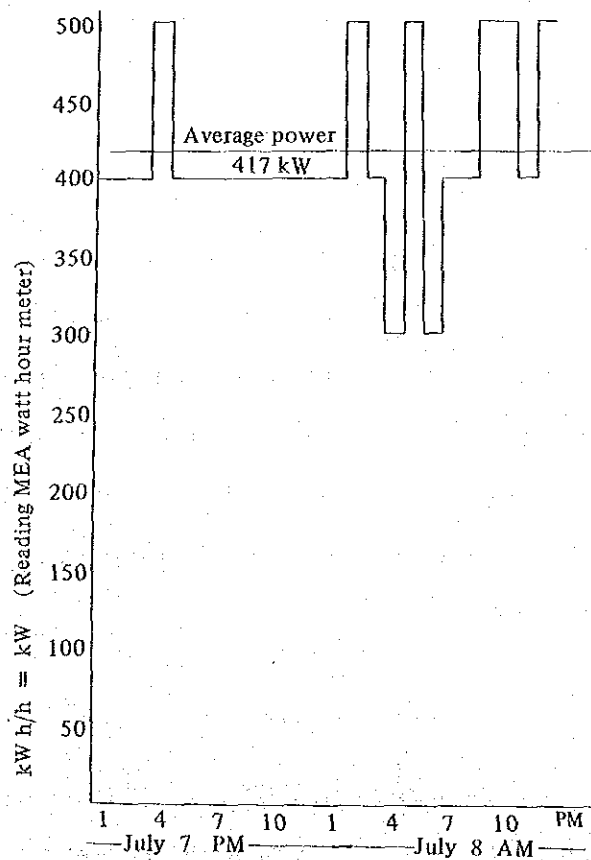


Fig. 3-7 Daily Load Curve (24 hours)

8.7 チラーユニットの省電力

プラスチック射出成型機の金型冷却用に多くの空冷式チラーユニットが使用されているが、隣接する空気圧縮機の影響で冷却空気取り入れ口での雰囲気温度が 40℃と高く、チラーユニットの冷却能力が低減している。遮へい幕などの方法により、もし雰囲気温度を 40℃から 35℃（平均的外気温度）に下げられれば、Table 3-5のように冷却能力を 1,100 kcal/h アップでき、しかも消費電力を 0.21 kW/台低減することができる。

Table 3-5 Chilled Water Capacity Tables (Type 30GW005)

Outside air temp. °C	Leaving chilled water temperature °C			
	10		15	
	TC	kW	TC	kW
25	15.40	5.47	17.20	5.81
30	14.30	5.80	16.00	6.18
35	13.30	6.01	14.90	6.44
40	12.40	6.16	13.80	6.65
45	11.40	6.29	12.70	7.05

TC: Total capacity (1,000 kcal/h)

kW: Compressor motor power input (Kilowatts)

消費電力の低減率は $(6.65 - 6.44 \times 1,380 / 1,490) / 6.65 = 0.103$ である。

稼働中の 6 台についての実測値から、1 台当たりの入力 は 2.0 kW と推定されるので、雰囲気温度を下げることによって得られる 6 台分の節減電力量は年間で、

$$2.0 \text{ kW} \times 6 \times 24 \times 365 \times 0.103 = 10,827 \text{ kWh/year (0.4\%)}$$

$$10,827 \text{ kWh} \times 1.45 \text{ Bt/kWh} = 15,699 \text{ Bt/year}$$

8.8 カップ専用 Thermoforming machine における圧縮空気使用量の削減

製品を機械から離脱させるのに空気吹き付けを行っているが、空気は離脱時に必要な時間約 0.5 秒以外の不要な時間帯（約 7.5 秒間）も放出され続けており、圧縮空気を作るための動力が浪費されていることになる。

カップを離脱させる上下運動機構が設けられているので、これと連動する簡単なリンクを介して左右運動をする機構を取り付けることによって、カップをはね落すことが可能と考えられる。この方法が実現できれば、現在消費している空気の圧縮動力が全く不要になる。この動力を試算してみる。

空気の圧力を $1 \text{ kg/cm}^2 \text{G}$ と仮定すると、4 mm 内径の銅管からの吹き出し空気量は 300 l/min である。4 台分の空気の圧縮動力は 2 段圧縮として、

$$2 \times 1.4 / (1.4 - 1) \times (1,033 \times 10^4 \times 0.3 / 6,120) \times \left[\left(\frac{8}{1} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4 \times 2}} - 1 \right]$$

$$\times 1 / (0.65 \times 0.98) \times 4 = 1.93 \text{ kW} \times 4 = 7.7 \text{ kW}$$

$$7.7 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ day} = 67,444 \text{ kWh/year} \quad (2.4\%)$$

$$67,444 \text{ kWh/year} \times 1.45 \text{ Bt/kWh} = 97,794 \text{ Bt/year}$$

9. まとめ

以上の対策を実施した場合の効果は、次の通りである。

	10 ³ kWh/year	%
変圧器の統合	15.0	0.5
力率の改善	15.7	0.5
照明の改善	6.4	0.2
チラーユニットの空気温度低下	10.8	0.4
圧縮空気の節減	67.4	2.4
小計	115.3	4.0

THAI INDUSTRIAL GASES LTD.

1. 工場概要

Address	Thai Tarua Road, Saraburi	
Capital	72.5 Million Bt	
Type of industry	Chemical	
Major products	Liquid Oxygen / Nitrogen	
Annual product	12 Million m ³	
No. of employees	25	
Annual energy consumption	Electric power	16,055.6 x 10 ³ kWh
	Fuel	
Interviewees	Site manager Mr. Chaiyan	
Date of diagnosis	July 11 ~ 12, 1983	
Diagnosers	H. Igarashi, H. Murata, K. Kurita	

タイ王国系出資 55 % とオーストラリア国 Commonwealth Industrial Gases LTD 出資 45 % から成る合弁企業であって、1980 年 1 月に操業を開始した。国内には当工場の他にもう 1 つの工場を持ち、液体酸素の生産では 40 ~ 50 % のシェアを占めている。

工場の設計、機器の調達及び建設は、すべてオーストラリア側が行ったので機械類はほとんどオーストラリア製である。現場操業はタイ王国側で行われているが、極めて合理的に管理されており、技術水準も高い。

生産される液体酸素の中、約 30 % は隣接する Siam Iron & Steel Co. へ供給されている。この酸素はガス状でパイプライン輸送されるため、工場内で液体酸素を蒸発、ガス化し、その際に得られる寒冷を原料空気の冷却に利用する設計となっている。その分だけエネルギー効率の高いのが当工場の特徴であり、立地上のメリットとなっている。

空気分離工場は、原料空気の清浄度を極めて重要視するところから、バンコク市から 100 km 以上の距離の田園地帯に建てられた同工場は、理想的な立地条件といえることができる。

2. 製造工程

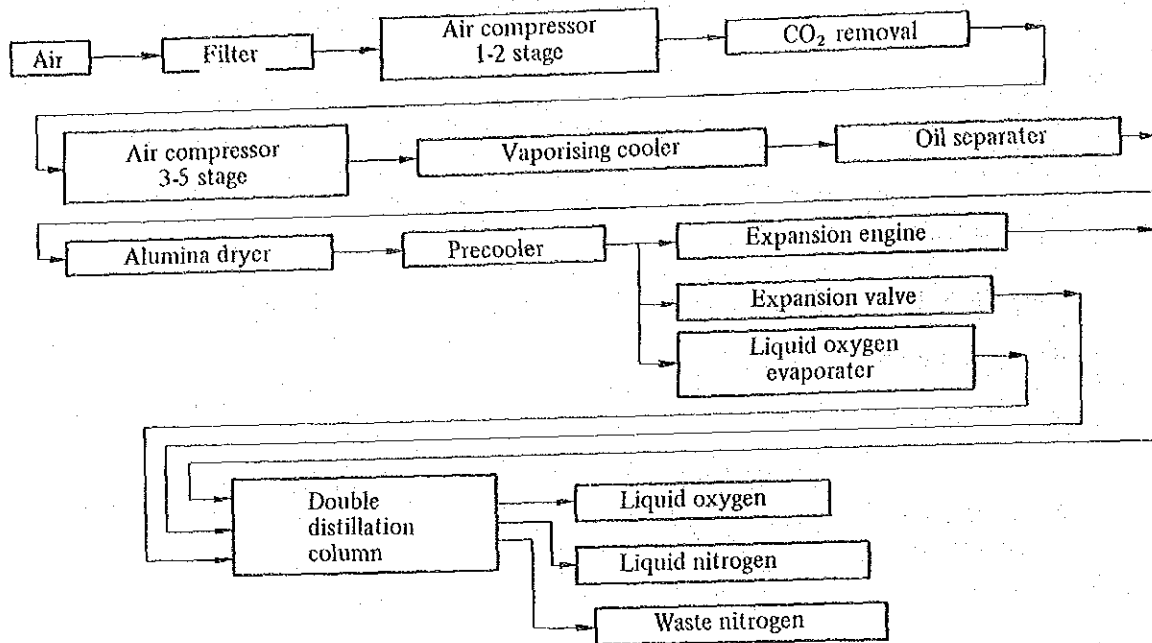


Fig. 4-1

3. 主要設備の概要

3.1 主要設備

Table 4-1

Name	No. of units installed	Type, etc.
Air compressor	1	5 stage reciprocating, 8,670 Nm ³ /h, 3,120 psig, 3,050 HP
Expansion engine CO ₂ removal unit	3 1	35 ~ 50 kW Caustic soda solution washing, 2 towers system
Chiller unit	1	R-22 refrigerator
Air separation unit	1	C.I.G. process
Liquid oxygen tank	1	Horizontal cylinder
Liquid nitrogen tank	2	Horizontal cylinder Vertical cylinder
Cooling tower	1	360 m ³ /h

3.2 工場内配置図

- 1 Liquid oxygen tank
- 2 Liquid nitrogen tank
- 3 Air separation unit
- 4 Control room
- 5 Air compressor
- 6 Inter coolers
- 7 Expansion engines
- 8 CO₂ removal unit
- 9 Air filter
- 10 Chiller unit
- 11 Electric room
- 12 Cooling tower
- 13 Filling pump station
- 14 Office

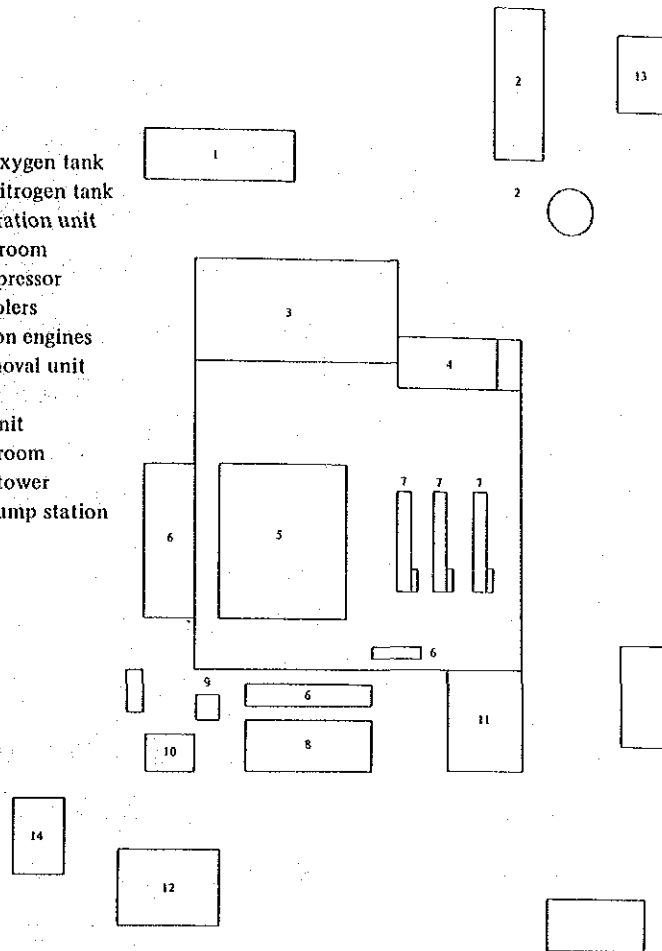


Fig. 4-2

4. エネルギー管理の状況

4.1 経営の姿勢

エネルギーの最大の消費部分は原料空気の圧縮仕事であり、省エネルギーのために次のような設備設計上の諸配慮がなされている。

圧縮された空気の約 60% は 3 台の Expansion engine 内で寒冷を発生するとともに、1 台当たり 35 ~ 50 kW の発生電気が回収される。

各機器の冷却には井戸水を軟化装置によって硬度 2 ~ 3 ppm まで精製して使用しているが、これは水中の不純物の伝熱面汚損による冷却不良が空気圧縮エネルギーの増大につながることを配慮した措置である。

また冷却水は高性能の冷水装置によって、湿球温度プラス 2 ~ 3℃ まで冷却し、循環使用している。空気圧縮機の間冷却温度の圧縮動力への影響は大きく、また最終冷却の温度が低い程、空気分離装置の寒冷発生効果に対して有利な結果がもたらされ、空気圧力の低減にもつながる。

周辺の空気が清浄であるため、当工場では空気取り入れ用の高い塔が省略されているが、設備費の節約もさることながら、吸入抵抗に起因するエネルギー損失も少なく、立地上のメリットの1つにあげられよう。

日照による室温の上昇を防ぐために機械室の屋根の裏面に断熱材が張られ、また空気分離装置に直射日光の当たるのを防ぐよう屋根の構造が配慮されている。

これまでのところ、省エネルギーのための特別の投資をすることなく、操作条件の変更、改善のみによって毎年4%前後の省エネルギーの達成ができており、本年は更に3.2%の目標をたてている。

省エネルギー投資の対象として、廃窒素ガスの利用があげられているが、現在研究中である。Pay back timeの基準は決めていない。

4.2 全員参加の状況

QCサークル活動はなく、作業改善提案制度も表彰制度もない。

当工場は運転及び保守に高度の技術を要する設備を持ちながら、極めて少人数の従業員で操作している。特に、高度かつ精密な専門技術を必要とする機械保守の仕事すら外部業者に依存することなく、すべて自家で処理している。

従業員はそれぞれ専門化された技術、技能を持ち、それぞれの担当分野が明確化されていて、各人の能力が無駄なく活用されていることが少人数の理由であり、人事管理の優れた工場である。

工場長からの呼びかけは行われていないが、作業条件の改善の方法が確定すると文書によって全工場に伝達され、情報の正確さと徹底が重んぜられている。

スタッフは毎日工場内を点検して回り、設備と操業の状態を確かめている。

4.3 データによる管理

空気圧縮機を含む全設備を2人/シフトで運転している。プラントには計測器及び自動制御装置が完備しており、コントロールルームで集中監視が可能となっている。主要な操業データは毎時間読み取り記録、又は連続自動記録が行われている。

電力消費量は空気分離装置については毎日読みが記録され、操業との関連において解析される。その他の付帯設備に対しては月に1回集計される。空気分離装置の休止中においても付帯設備やOfficeの消費電力のデータが記録されており、データによる管理の徹底がうかがわれる。

4.4 技術水準の向上

省エネルギーのための制度化された委員会はない。空気分離プラントのエネルギー消費量はその場所における大気温度、湿度などの気象条件や冷却水温度及び製品パターンに深いかかわりがあり、設備の計画上の数値は別にして、実際の操業ではきめの細かい運転管理によって省エネルギーの達成ができる。

収率を表わす空気比は当工場では 5.4 であり、全低圧式大容量空気分離装置（空気比 5.0 ~ 5.5）と比べても遜色のない値を示している。

工場長は毎日のデータから操業とエネルギー消費量の関連を解析しており、必要があれば直ちに作業標準書を改訂し、遅滞なく省エネルギー対策を実施することになっている。

空気分離装置はスタート時に全装置を冷却するために多大のエネルギーを消費するので、故障による操業停止が発生するとエネルギー原単位が急上昇する。そのため設備機械の保守技術は省エネルギーと直結している。前述の通り、当工場の技術水準は高く、更に優れた科学的管理技法とあいまって稼働率を高く維持している。

5. 電力の消費状況

5.1 電力消費に関する主な指標

電力会社	: P E A
ピーク・デマンド	: 2,400 kW
使用電力量	: $16,056 \times 10^3$ kWh/year
負荷率	: 83.6 %
ペナルティ・フィ	: なし
力率	: 99.7 %
トランス	: 3 ϕ 3,000 kVA (3,050 HPコンプレッサ用), 3 ϕ 800 kVA
電力原単位	: 974 kWh/t-O ₂
電力総合単価	: 1.67 Bt/kWh

5.2 配線系統図

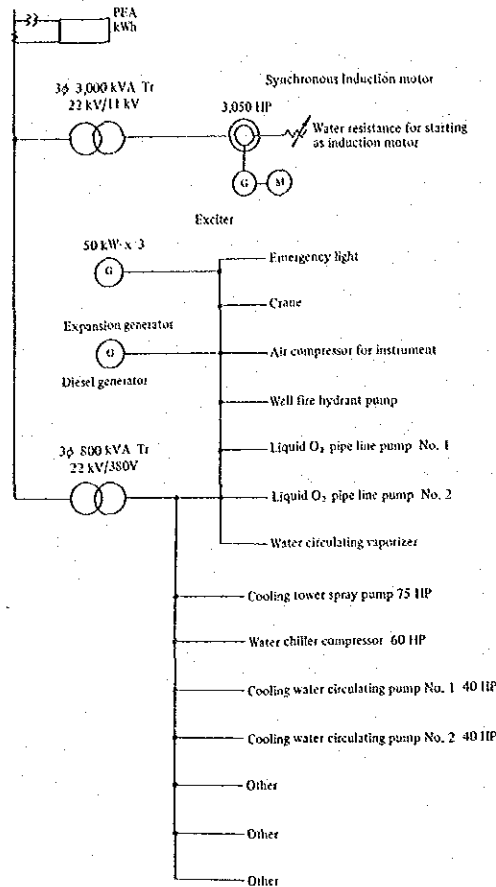


Fig. 4-3

6. 電力管理の問題点と対策

本工場は設備容量の大半が 3,050 HP の誘導同期電動機で、界磁の調整によって力率の改善ができる上、電力管理がかなり行き届いているので、問題点は比較的少ないが、下記にその問題点と対策を列挙する。

6.1 休止時の変圧器開放

3,000 kVA 変圧器が工場休止の時も開放されていないので変圧器の無負荷損だけ無駄に電力を消費していることになる。3,000 kVA 変圧器の無負荷損を 9 kW とすれば、年間工場休止時間は 760 時間だから、

$$9 \times 760 = 6,840 \text{ kWh/year} \quad 9,918 \text{ Bt/year} \quad \dots \quad (8.1)$$

従って変圧器は工場休止の間切離した方がよい。

6.2 計測器の整備

受電盤には高圧側に電圧計がついているだけで、電流計や電力計がついていないの

で、現在どの位の負荷がかかっているか瞬時値が分からない。省エネルギーをするためには現状を把握し、その都度適切な対策をとることが必要である。

6.3 照明の効率化

約 150 灯の照明灯は発光効率の悪い昼光色蛍光灯が使用されている。これをランプ切れの折、省エネルギー形白色ランプに取り替えることによって、1日10時間の点灯として、電力節減量は

$$5 \text{ W} \times 150 \times (8,760 - 760) \times 10/24 \times 10^{-3} = 2,500 \text{ kWh/year} \dots\dots\dots (8.2)$$

となり、3,625 Bt/year のメリットがある。

Table 4-2

	Peak demand kW	kWh/month	Remark
1982			
10	2,320	1,423,360	Demand for 88 Bt/kW 1,522 Bt/kWh
11	2,400	1,206,080	
12	2,400	1,384,480	
1983			
1	2,400	918,400	

Table 4-3 Power Data for One Hour by PEA Meter

Time	kWh/hr kW	Remark
7-11		
2:50 PM	2,240	Reading by PEA WHM
3:50 PM	2,320	Reading by PEA WHM

Table 4-4 Instantaneous Value for 800 kVA Tr & 3050 HP Synchronous Induction Motor

Time	3050 HP Synchronous induction motor				Voltage V	800 kVA Current A	Transformer Cos φ %	Power kW
	Voltage kV	Current A	Cos φ %	Power kW				
7-12								
11:40 AM	11	107	100	2,038	390	550	85	316
2:40 PM	11	107	100	2,038	387	540	84	304
Resultant power factor								
11:40 AM	$\text{Cos } \phi = \frac{2,038 + 316}{\sqrt{(2,038 + 316)^2 + (316 \times \frac{\sqrt{1-0.85^2}}{0.85})^2}} = 0.997$							
2:40 PM	$\text{Cos } \phi = \frac{2,038 + 304}{\sqrt{(2,038 + 304)^2 + (304 \times \frac{\sqrt{1-0.84^2}}{0.84})^2}} = 0.997$							

Table 4-5

	Rating				Measure					
	Out put kW	Voltage V	Current A	RPM	Out put kW	Voltage V	Current A	Cos φ	r.p.m.	Remark
Expansion generator No. 1	50 kW	400	183	394	36~48		80~150		410	
Expansion generator No. 2	50	400	183	394	36~48		80~140		410	
Expansion generator No. 3	50	400	183	394	28~38		80~130		390	
Compressor	60HP	380	84	985	41	375	72	0.87		
Cooling tower pump	75	380	105	1,475	56	375	102	0.85		
Cooling tower pump	40	380	59	1,460	23	375	40.2	0.87		
Cooling tower pump	40	380	59	1,460	21	375	39.6	0.8		

6.4 空気圧縮機 4 段の異常

2, 3, 4 段の圧縮データを次に示す。

圧縮段	2	3	4
圧力比	2.97 ~ 2.99	2.92 ~ 2.94	2.81 ~ 2.85
吸入温度 (°C)	38 ~ 39	39 ~ 42	35 ~ 37
吐出温度 (°C)	154 ~ 156	153 ~ 159	168 ~ 173

以上 3 者は圧力比及び吸入温度がほぼ類似しているにもかかわらず、4 段の吐出温度だけが他の 2 者のそれと比べて約 15 °C 高い。一般にガスの圧縮比と温度との間には次の関係がある。

$$T_d/T_s = (P_d/P_s)^{\frac{k-1}{k}} \quad (1)$$

P_s : 吸入圧力 (kg/m²)

T_s : 吸入温度 (K)

P_d : 吐出圧力 (kg/m²)

T_d : 吐出温度 (K)

k : 断熱指数 (空気では 1.4)

$T_d/T_s = R_T, (P_d/P_s)^{\frac{k-1}{k}} = R_p$ とおいて、上記データを更に詳細に点検してみると、次の通りになる。

圧縮段	2	3	4
R_p	1,365 ~ 1,368	1,358 ~ 1,360	1,343 ~ 1,349
R_T	1,374 ~ 1,375	1,369 ~ 1,370	1,432 ~ 1,439
R_T/R_p	1.004 ~ 1.007	1.007 ~ 1.008	1.062 ~ 1.071

R_T/R_p の値は実測データと理論計算のズレを表わしている。2, 3 段ではこのズレは 0.4 ~ 0.8 % であるにもかかわらず、4 段のみ 6.2 ~ 7.1 %^{注)} と約 10 倍の値となっており、4 段に異常のあることが推定される。

4 段においてピストンリングあるいは吐出弁の故障などの原因により、圧縮された

空気の一部が逆戻りして再度圧縮されることによって、温度が異常に上昇しているものと考えられる。

このような圧縮空気の逆流と再圧縮はエネルギーの浪費のみならず、機械自体の損傷の原因を作るので、運転の停止時に開放して点検修理すべきである。

(注) 高圧による k の修正 ($k = 1.44$) をすると理論値とのズレは $3.7 \sim 4.7\%$ となる。

6.5 Waste Nitrogen の利用

温度約 20°C 、流量 $7,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ の Waste Nitrogen が利用されことなく大気放出されている。このガスは湿分を全く含まないので冷水塔に利用すれば、水を極めて効果的に冷却することができる。低温の冷却水を圧縮機の間中冷却（又は最終冷却）に利用して、現状よりも低い温度まで空気を冷却すれば圧縮動力の節約が（又は空気分離装置入口温度低下によって入口空気圧力の低減が可能）できる。

(1) 現状

3又は4段出口空気の間中冷却器について考える。それぞれの流体の温度は Fig 4-4 で代表させる。

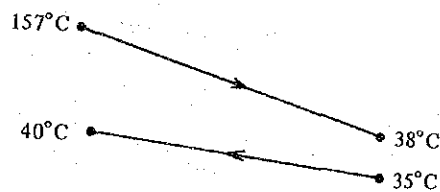


Fig. 4-4

$$\text{空気の流量} = 8,670 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 28.97/22.4 = 11,213 \text{ kg/h}$$

$$\text{空気の比熱} = 0.25 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$\text{除去熱} = 11,213 \times 0.25 \times (157 - 38) = 333,586 \text{ kcal/h}$$

$$\text{冷却水の流量} = 333,586 / (40 - 35) = 66,720 \text{ kg/h}$$

$$(\text{伝熱面積}) \times (\text{伝熱係数}) = (\text{除去熱}) / (\text{対数平均温度差})$$

$$= 333,586 / \left\{ (117 - 3) / \ln(117/3) \right\} = 10,720 \text{ kcal/h}^\circ\text{C}$$

(2) Waste Nitrogen 利用冷水による冷却

冷却水は冷水塔において Waste Nitrogen によって 20°C まで冷却されたものを使用するものとし、水量は Waste Nitrogen の流量の 1.6 倍

$$7,000 / 22.4 \times 28 \times 1.6 = 14,000 \text{ kg/h}$$

とする。現状の冷却水量の約 $1/3$ となるため冷却器の水側伝熱係数が低下することを考

慮して、

$$(\text{伝熱面積}) \times (\text{伝熱係数}) = 10,720 \times 0.9 = 9,600 \text{ kcal/h}^\circ\text{C}$$

と仮定する。空気及び冷却水の冷却器出口の温度をそれぞれ t_a , t_w とすると、

$$11,213 \times 0.25 \times (157 - t_a) = 14,000 \times (t_w - 20)$$

$$= 9,600 \times [(157 - t_w) - (t_a - 20)] / \ln \left(\frac{157 - t_w}{t_a - 20} \right)$$

これを解くと、 $t_a = 27^\circ\text{C}$, $t_w = 46^\circ\text{C}$

(3) 圧縮動力の低減

吸入温度が 38°C から 27°C まで低下したことによる圧縮動力低減を計算する。

圧縮動力 L kW は次式で表わされる。

$$L = k / (k-1) \times P_s \cdot Q_s \times \left\{ (P_d/P_s)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right\} / 6,120 \times 1/\eta$$

Q_s : 吸入状態における空気の容積 (m^3/min)

P_s : 吸入圧力 ($\text{kg}/\text{m}^2 \text{ abs}$)

η : 断熱効率

$$P_s = 441 \text{ psig} = 455.7 \text{ psi abs} = 32,039 \times 10^4 \text{ kg}/\text{m}^2 \text{ abs}$$

$$P_d/P_s = 2.9 \quad \eta = 0.85$$

として 38°C , 27°C のときの動力の差を ΔL とすれば、

$$\Delta L = k / (k-1) \times P_s \times (Q_0 \times 1.033 \times 10^4 / P_s) \times \left\{ (P_d/P_s)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right\} / 6,120 \times 1/\eta \times \left\{ (273 + 38) / 273 - (273 + 27) / 273 \right\} = 14.4 \text{ kW}$$

ただし、 Q_0 は標準状態での1段の吸入空気量 $8,670 / 60 \text{ Nm}^3/\text{min}$ を表わす。

(4) 冷水塔のコスト

プラスチック製 Tellerette 充填物を使用した向流充填塔に、Waste Nitrogen と冷却水を通して水温を 35°C から 20°C に下げるものとする。

塔の径を 1.55 m として、充填高さ Z_m は次式により計算できる。

$$Z = H_{OG} \times \int_1^2 di / (i_s - i)$$

H_{OG} : Height per transfer unit = 0.33 m

i_s, i : それぞれ水分飽和窒素及び塔内上昇窒素のエンタルピー

1, 2 はそれぞれ塔の入, 出の状態を表わす。

湿り空気の温度—エンタルピー線図を代用して計算すると、 $Z = 0.33 \times 6.72 = 2.21 \text{ m}$ となるので、 $Z = 2.5 \text{ m}$ として充填物の量を計算すると 4.7 m^3 になる。塔本体の高さを 6 m とすると塔、ポンプ、充填物及び基礎工事、配管工事などの総費用は約 15 万 Bt

と推定される。冷却水の送水動力の節減量を計算する。現状の 66.7 t/h の送入及び返送の Head をそれぞれ 15 m 及び 30 m, ポンプ効率を 80% とすると動力 P_0 は,

$$P_0 = 0.163 \times 1 \times (66.7/60) \times (15 + 30) / 0.8 = 10.2 \text{ kW}$$

冷水塔設置の場合のフローを Fig 4-5 とし, ポンプ A 及び C を既設, B を新設ポンプとし B の Head 及び効率をそれぞれ 15 m 及び 60% とすると送入, 返送の動力 P は,

$$P = 0.163 \times 1 \times (14/60) \times [(15 + 30) / 0.8 + 15 / 0.6] = 3.1 \text{ kW}$$

送水動力の節減量 ΔP は,

$$\Delta P = P_0 - P = 10.2 - 3.1 = 7.1 \text{ kW}$$

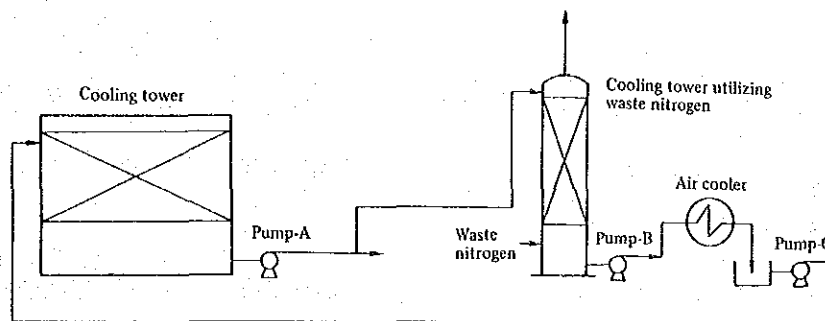


Fig. 4-5

(5) 冷水塔設置による経済性

$$\text{電力消費量の節減量} = \Delta L + \Delta P = 14.4 \text{ kW} + 7.1 \text{ kW} = 21.5 \text{ kW}$$

$$21.5 \text{ kW} \times 8,000 \text{ h} = 172,000 \text{ kWh/year}$$

$$172,000 \times 1.45 \text{ Bt/kWh} = 249,400 \text{ Bt/year}$$

$$\text{Pay back time} = 150,000 / 249,400 = 0.6 \text{ year}$$

6.6 アルミナドライヤ Reactivation 用 Heater の保温改善

測定によると現在の状態では表面温度は約 85 °C である。内部温度を 150 °C としたとき, 外面を 50 mm 厚さのグラスウールで保温すると表面温度は約 50 °C に低下し, 次の計算の通り放熱損失は表面積 1 m² 当たり 476 kcal/h だけ減少する。

表面温度 85 °C のとき, 外気温度 35 °C として,

$$\begin{aligned} \text{表面からの放熱量} &= 2.2 \times (85 - 35)^{1.25} + 4.88 \times 0.92 \times \left[(273 + 85)^4 / 100^4 \right. \\ &\quad \left. - (273 + 35)^4 / 100^4 \right] = 292.5 + 333 = 625.5 \text{ kcal/m}^2\text{h} \end{aligned}$$

表面温度 50 °C のとき,

$$\begin{aligned} \text{表面からの放熱量} &= 2.2 \times (50 - 35)^{1.25} + 4.88 \times 0.92 \times \left[(273 + 50)^4 / 100^4 \right. \\ &\quad \left. - (273 + 35)^4 / 100^4 \right] = 64.9 + 84.6 = 149.5 \text{ kcal/m}^2\text{h} \end{aligned}$$

放熱量の差 = $625.5 - 149.5 = 476 \text{ kcal/m}^3\text{h}$

電力量に換算すると、

$476 / 860 = 0.553 \text{ kWh/m}^3\text{h}$, $0.553 \times 1.45 \text{ Bt/kWh} = 0.8026 \text{ Bt/m}^3\text{h}$

保温の費用を 650 Bt/m^3 とすると、 $650 / 0.8026 = 810 \text{ h}$ で Pay back できることになる。Heater の使用時間をもとにして、保温改善の経済性について検討されたい。

6.7 空気圧縮機の吸入空気について

吸入フィルタは極力直射日光をさけるべく、構造物の蔭に設置され、かつ Chilled water を注入して低い温度の空気を吸入する対策がとられている。

しかしながら、直近に1段、2段の Intercooler が置かれていて、それらから放散される熱のために吸入フィルタ近辺の空気温度が高められていて、吸入量確保を阻害する結果となっている。

簡単な遮へい壁などで Intercooler との間を仕切って熱空気の吸入を防ぐ対策をとることが望ましい。

6.8 エクスパンションエンジン周辺の空気洩れ

Shaft の Stuffing box 及び出口配管との接続フランジ部から低温空気の洩れが見られた。これらは寒冷源の直接的損失であるから、所要動力の増加につながることであり、好ましくない。

可動部分、振動部分のガスケットとしてはテフロン系の材料が優れた性能をもっているので、ステンレス鋼、アルミニウムなどの耐低温金属材で補強したテフロン系ガスケットを研究して、適切なものを選択し、試めすことを勧める。

9. まとめ

以上の対策を実施した場合の効果は、次の通りである。

	10^3 kWh/year	%
休日の変圧器開放	6.8	0.0
照明の効率化	2.5	0.0
廃窒素による冷却水温度低下	172.0	1.1
小計	181.3	1.1

SIAM UNION SAHAMITR CO., LTD.

1. 工場概要

Address	117 Thepark Rd. T. North Samrong A. Mueng Samutprakarn	
Capital	30 Million Bt	
Type of industry	Chemical	
Major products	Coconut oil, margarin and soap	
Annual product	Coconut oil 6,000 ton, Margarin 1,440 ton, Soap 1,900 ton	
No. of employees	150	
Annual energy consumption	Electric power	1,027.4 x 10 ³ kWh
	Fuel	Bunker A 200 kℓ Bunker C 800 kℓ
Interviewees	Factory manager	Mr. Banyat
	Technical adviser	Mr. Wiboon
Date of diagnosis	July 14 ~ 15, 1983	
Diagnosers	H. Igarashi, H. Murata, K. Kurita	

36年前に設立されたタイ王国資本の会社で、現在の工場は操業を開始してから16年になる。会社の所有者はこれまで3回変っている。

当初はココナッツのExpressionによる粗ココナッツ油の製造も行っていたが、現在はExpressionは休止して粗ココナッツ油を購入し、精製のみを行っている。製品のココナッツ油は大部分を自家消費にあて、残ったものを外販している。

更に当社はココナッツ油を出発原料としてマーガリン、石鹼、グリセリンを製造する総合油脂製品製造業者である。

タイ国における当社の生産規模はココナッツ油では3位、マーガリンでは2ないし3位、グリセリンでは4位、石鹼では6位に位置しており、総合の売上高からみて、油脂工業界では大手業者に数えられている。

原料がすべて国産品で調達できるので製品価格は十分国際競争力があり、また副生物に至るすべてを製品化しているので生産性の高い企業である。

2. 製造工程

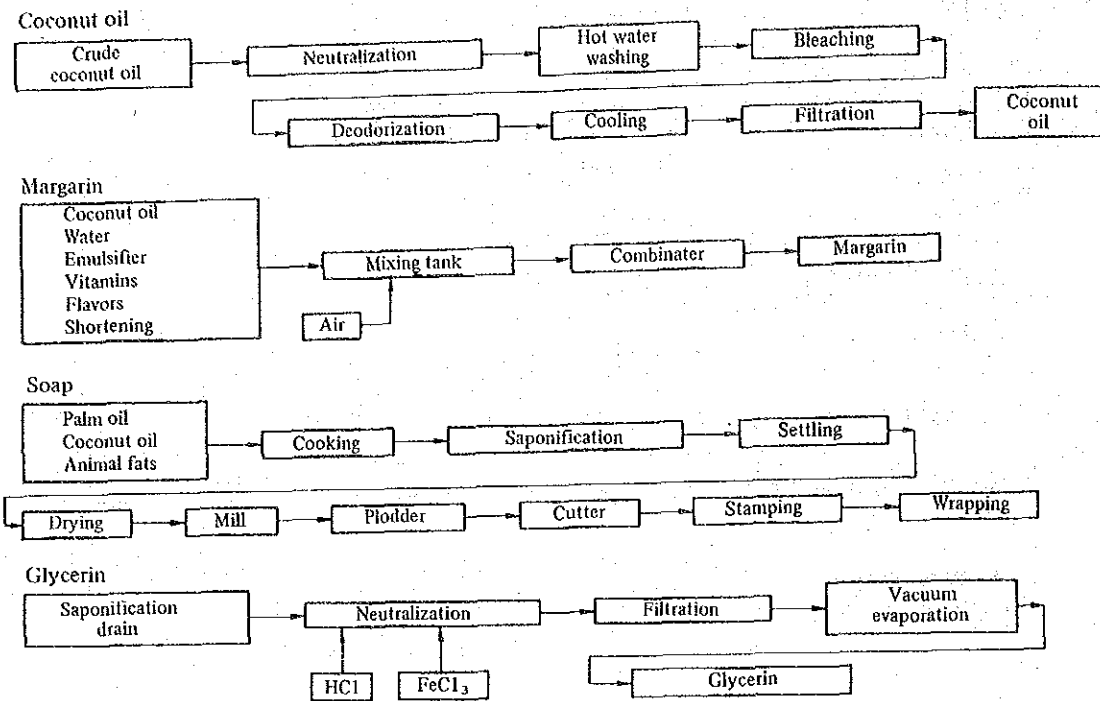


Fig. 5-1

3. 主要設備の概要

3.1 主要設備

Table 5-1

Name	No. of units installed	Type, etc.
Coconut oil plant	1	Neutralizer 3 Decolorizer 3 Hot water washer 2 Deodorizer 2 Oil cooler 1 Essotherm heater 1
Soap plant	1	Kettle 6 Flash dryer 1 Mill 1 Plodder 1
Margarin plant	1	Mixing tank 1 Combinater 1 Chiller unit 1
Glycerin plant	1	Neutralizer 1 Distillation column 1 Evaporater 1
Boiler	3	9 t/h x 10 kg/cm ² 2 1.7 t/h x 14 kg/cm ² 1

3.2 工場内配置図

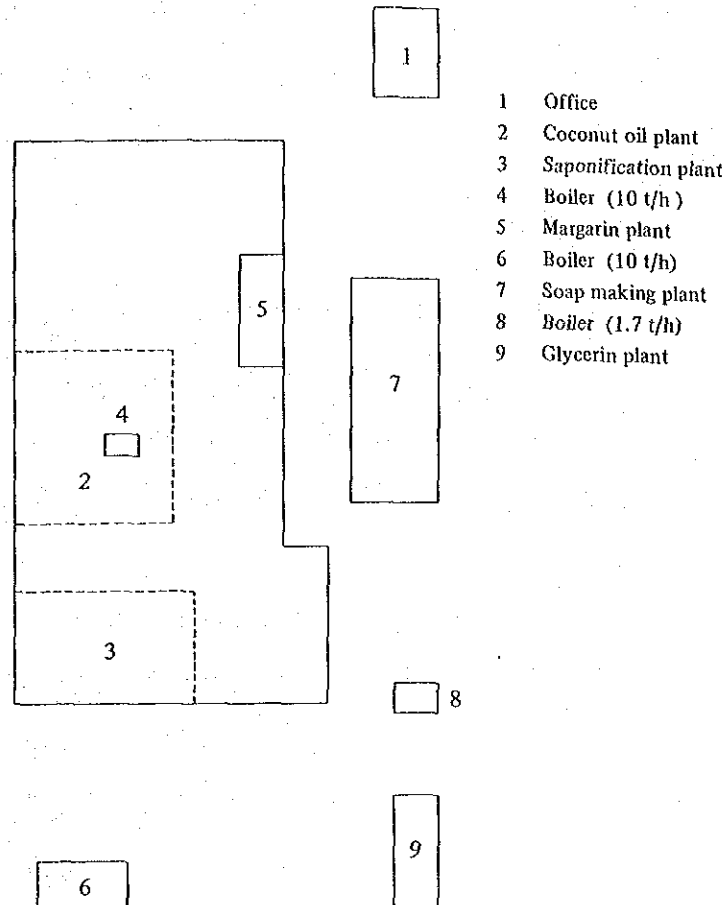


Fig. 5-2

4. エネルギー管理の状況

4.1 経営の姿勢

省エネルギー対策には極めて積極的に取り組んでおり、今年はずでに12万Btを機器、配管の保温及びコンデンセート回収工事に投資しており、更に10万Btの投資を予定している。発生蒸気の約30%のコンデンセートの回収ができていますが、今のところ投資効果の定量的確認はなされていない。ちなみに同社は、省エネルギー対策の具体的 Pay back time は決めていない。

新設ボイラ(9 t/h)が数カ月前から運転に入り、旧ボイラは休止したが、高効率による省エネルギーが期待される。

バッチ方式であるココナツ油の脱臭工程の連続式への更新工事が進行中であるが、完成すればこれまで利用されなかった排熱が回収されるのでメリットが大きい。

4.2 全員参加の状況

QCサークルのような自主活動はなく、作業改善提案も表彰制度もない。操業改善

はスタッフだけの仕事とされ、作業員は全く関与しないシステムである。

工場長からの省エネルギーに関する呼びかけは、会議の席上スタッフだけに対してなされている。

4.3 データによる管理

燃料使用量はそれぞれの種別毎に、毎日の貯槽の計量によって工場全体の消費量が把握されている。また燃料、原料、副原料の購入量は自家のトラックスケールによって実測して、取り引き伝票記載の数量を確認している。

電力は電力会社からの請求伝票によって、全工場の1ヵ月分の消費量が把握されている。

各工程に対する蒸気流量計及び電気機器の電力計が設けられていないので、それぞれの工程におけるエネルギー消費量の定量的把握ができない。蒸気使用カ所が数多く分散している当工場での確なエネルギー管理を行うためには、少なくともSaponification, Bleaching及びDeodorizingのごときエネルギーを特に多量消費する設備には、蒸気流量計の設置を勧める。

4.4 技術水準の向上

組織としての省エネルギー委員会は設けられていないが、毎週開催される定例会議において、工場長を中心にして省エネルギー問題を討議している。

外部の研修会には、ボイラ関係のみ年に1回参加させている。見学会は行っていない。また業界の共同活動、情報交換は全く行われていない。

5. 燃料の消費状況

5.1 燃料の消費状況及び使用内訳

A 重油 200 Kℓ/year

使用先—(1) ボイラ ($1.7 \text{ t/h} \times 14 \text{ kg/cm}^2$) 24 h/day \times 90 day/year 稼働

(2) 熱媒ヒータ 24 h/day \times 300 day/year 稼働

C 重油 800 Kℓ/year

使用先—ボイラ ($9 \text{ t/h} \times 10 \text{ kg/cm}^2$) 24 h/day \times 300 day/year 稼働

5.2 ボイラ熱勘定

給水流量積算計，蒸気流量積算計がなく，蒸発量が把握できないが，ブロー損失を0.5，放熱その他損失を5%と仮定して，概略の熱勘定を行った。その結果をTable 5-2に示す。

Table 5-2

Input			Output		
Item	10 ³ kcal/h	%	Item	10 ³ kcal/h	%
Heat of fuel combustion	1,085.70	99.7	Heat of steam	933.56	85.7
Sensible heat of fuel	3.47	0.3	Heat loss in exhaust gas	95.59	8.8
			Heat loss in blow water	5.56	0.5
			Heat release from boiler body, others	54.46	5.0
Total	1,089.17	100	Total	1,089.17	100

・熱勘定計算諸元

燃料の種類		C重油
燃料の消費量	(F)	110.0 kg/h
燃料の発熱量(低位)	(H ₀)	9,870 kcal/kg
燃料の比重	(SG)	0.952
燃料の比熱	(C _p)	0.45 kcal/kg °C
燃料の温度	(T _f)	105 °C
基準温度	(T ₀)	35 °C
廃ガス中のO ₂ %	(O ₂)	7.7 %
廃ガス温度	(T _g)	190 °C
ブロー水量	(B)	40 kg/h
ブロー水温度	(T _b)	179 °C
給水量	(W)	1,538 kg/h
給水温度	(T _w)	40 °C
蒸気圧力	(P)	9.0 kg/cm ² G
蒸発量(S = W - B)	(S)	1,498 kg/h
蒸気のエンタルピー	(E _s)	663 kcal/kg
給水のエンタルピー	(E _f)	40 kcal/kg

・熱勘定計算式

入熱

燃料の燃焼熱 (Qc) $1,085.70 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_c = F \times H\ell$$

燃料の顕熱 (Qs) $3.47 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_s = F \times C_p (T_f - T_o)$$

出熱

蒸気の保有熱量 (Qv) $933.56 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_v = S \times (E_s - E_f)$$

廃ガスの持ち去る熱量 (Qe) $95.59 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_e = F \times G \times 0.33 (T_g - T_o)$$

理論空気量 (A_o)

$$A_o = 0.85 \text{ H}\ell / 1,000 + 2.0 = 10.39 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

理論廃ガス量 (G_o)

$$G_o = 1.11 \text{ H}\ell / 1,000 = 10.96 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

空気比 (m)

$$m = 21 / (21 - O_2) = 1.58$$

実際廃ガス量 (G)

$$G = G_o + A_o (m - 1) = 16.99 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

ブロー水の持ち去る熱量 (Qb) $5.56 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

$$Q_b = B \times (T_b - T_w)$$

炉体からの放散熱量その他 (Qr) $54.46 \times 10^3 \text{ kcal/h}$

6. 熱管理の問題点と対策

6.1 ボイラ

(1) 燃焼改善

排ガス中の酸素濃度が、ボイラ負荷40%において7.7%と高目であり空気比は $m = 1.58$ である。この値は適正空気比 $m = 1.3$ に比べて大きく、バーナ用空気ダンプの調整を行って適正空気比で運転してほしい。

燃焼改善によって空気比 $m = 1.58$ を 1.3 に低減すると、燃料削減量は次の通りになる。 $m = 1.3$ のときの排ガス量 G' は次のとおりである。

$$G' = 10.96 + 10.39(1.3 - 1) = 14.08 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

燃焼改善後の燃料消費量を x kg/h とすると、ボイラ熱勘定表から次式が成立つ。

$$\frac{1,089.17 \times 10^3 x}{110} = (933.56 + 5.56 + 54.46) \times 10^3 + 14.08 \times 0.33$$

$$\times (190 - 35) x \quad x = 108.2 \text{ kg/h}$$

従って燃料削減率は、

$$\frac{F - x}{F} \times 100 = \frac{110 - 108.2}{110} \times 100 = 1.6 \%$$

年間燃料節約量は、

$$800 \text{ K} \ell / \text{year} \times 0.016 = 12.8 \text{ K} \ell / \text{year}$$

これを金額換算すると $12.8 \times 4,359 = 55,800 \text{ Bt/year}$ となる。

(2) 燃焼管理計器の設置

本ボイラは最近設置されたばかりの新しい設備であり保温状態もよく整備されていた。特に蒸気の消費量を把握できるスチームフローメータが設置されている点、エネルギー管理の熱心さがうかがえ、ぜひ有効に活用願いたい。このメータに更に積算計が付属できれば、ボイラの燃焼管理をよりきめ細かにできるので今後検討していただきたい。なお現在油流量計が設置されていないが、ボイラ効率の目安として日常管理する項目である蒸発倍数を把握するためにも、ぜひ油流量計の設置をお願いしたい。蒸発倍数は次の式で計算できる。

$$\text{蒸発倍数} = \frac{\text{蒸気発生量}}{\text{油消費量}}$$

以上の他、給水流量計及び排ガス温度計等、燃焼管理に役立つ計器の設置についても検討願いたい。

6.2 コンデンセート回収とフラッシュ蒸気の利用

蒸気使用設備が広範囲に各所にちらばっているが、コンデンセート回収が行われているのは油精製工程の一部とグリセリン製造工程であった。しかしコンデンセートが回収されている給水タンクの温度が 40°C 程度で、グリセリン工程が稼働していないとはいえ、計画通りの回収がされていないと判断する。以下にその原因と対策方法を説明する。

油精製工程から排出されたコンデンセートは一度回収タンクに集められ、ポンプで