

タイ王国
省エネルギープロジェクト開発計画調査

第1次調査報告書
(窯業・ガラス、紙)

1983年1月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1050112[0]

タイ王国
省エネルギープロジェクト開発計画調査

第1次調査報告書

(窯業・ガラス、紙)

1983年1月

国際協力事業団

| | |
|--------------------|-----|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 日 '84. 8. 24 | 122 |
| 登録No. - 13854 | 67 |
| | MPT |

目 次

I 総 括

| | |
|--------------------------|----|
| 1. 第1次調査の目的 | 1 |
| 2. 調査団の構成 | 3 |
| 3. 調査の日程 | 5 |
| 4. 診断対象工場 | 6 |
| 4.1 業種別・製品別 | 6 |
| 4.2 診断対象工場の規模 | 7 |
| 5. 調査の方法 | 8 |
| 5.1 工場診断 | 8 |
| 5.2 カウンターパートへの技術移転 | 9 |
| 5.3 関連情報の収集 | 9 |
| 6. 工場診断の結果 | 10 |
| 6.1 工場管理の状況 | 10 |
| 6.2 エネルギー消費の状況 | 15 |
| 6.3 窯業, ガラス | 18 |
| 6.3.1 概 況 | 18 |
| 6.3.2 ガラス工業(びん・ガラス食器製造業) | 18 |
| (1) 業界の概況と診断工場の位置付け | 18 |
| (2) 製造工程と設備概況 | 19 |
| (3) エネルギー消費形態 | 20 |
| (4) 主要エネルギー管理項目 | 21 |
| (5) 改善目標と予想効果 | 23 |
| 6.3.3 タイル・磚子・陶器製造業 | 24 |
| (1) 業界の概況と診断工場の位置付け | 24 |
| (2) 製造工程と設備概況 | 25 |
| (3) エネルギー消費形態 | 26 |
| (4) 主要エネルギー管理項目 | 26 |
| (5) 改善目標と予想効果 | 28 |

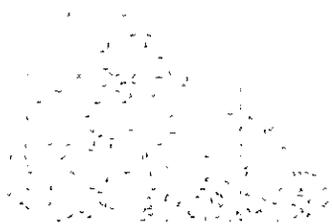
| | |
|---------------------------|----|
| 6.4 紙 | 29 |
| (1) 業界の概況と診断工場の位置付け | 29 |
| (2) 製造工程と設備概況 | 30 |
| (3) エネルギー消費形態 | 32 |
| (4) 主要エネルギー管理項目 | 32 |
| (5) 改善目標と予想効果 | 38 |
| 7. 収集情報資料 | 39 |

II 個別工場診断報告

添付資料

1. Questionnaire
2. Check List
3. 計測機器一覧表

I. 総 括



1. 第1次調査の目的

国際協力事業団（JICA）は、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”）に基づき、1982年8月15日から9月18日までの35日間に亘り、日本の財省エネルギーセンター（ECG）のメンバーからなる第1次調査団をタイ王国に派遣した。

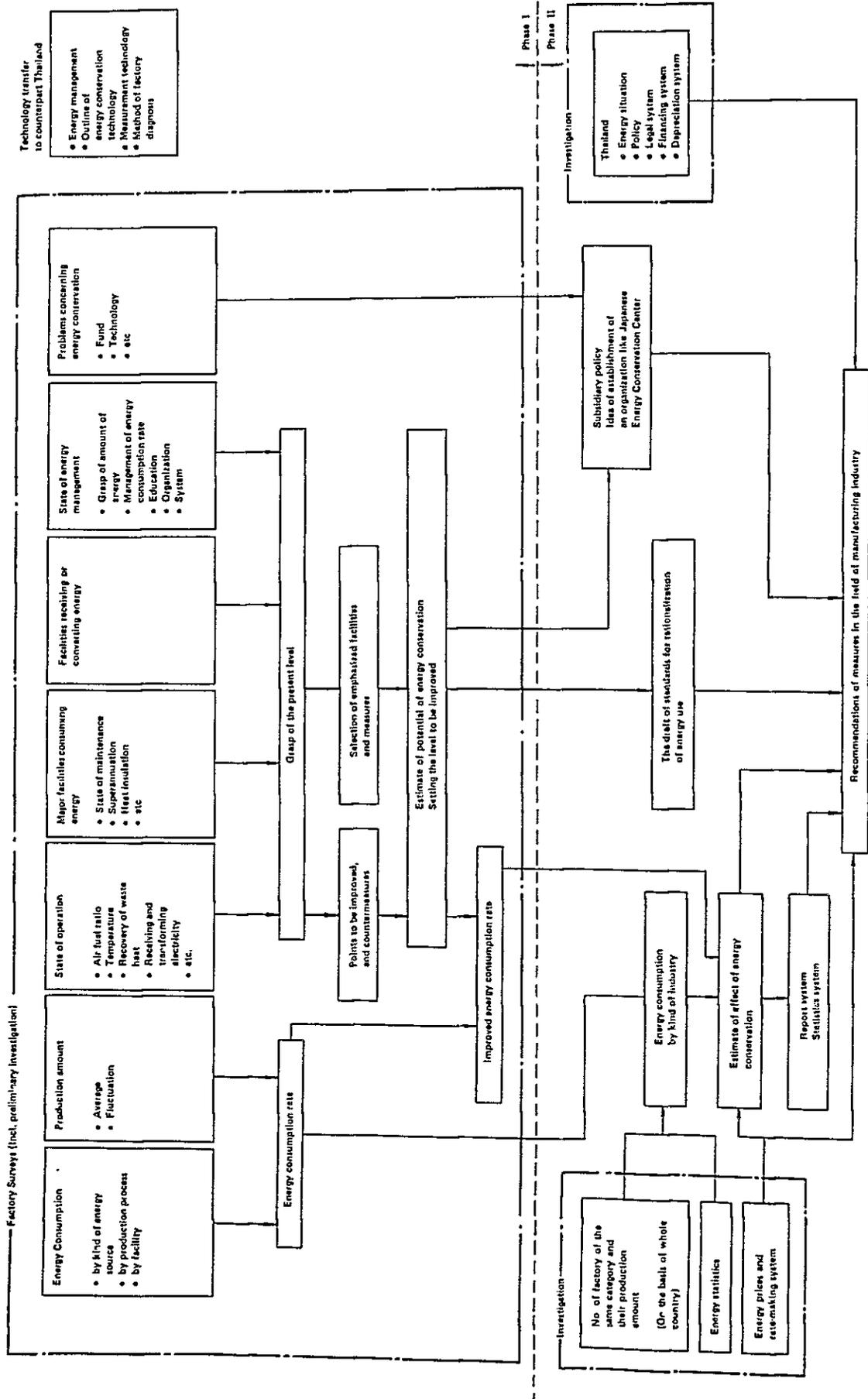
“the Scope of work”で合意された調査のフレームワークは第1図のとおりである。

今回実施した第1次調査は、このうちフェーズIの一部をなすものであり、

- (1) 窯業・ガラス10工場、紙9工場を対象とする工場診断の実施
- (2) タイ王国カウンターパートへの省エネルギーのための計測・診断技術の移転
- (3) タイ王国工業分野におけるエネルギー一般事情に関する関連情報の収集

を行うことが、その目的であった。

第 1 図 Framework of Thailand's Manufacturing Industry Energy Conservation Investigation



2. 調査団の構成

調査団の構成は第1表のとおりである。

工場診断に際しては、業種毎に窯業・ガラスと紙の2班に分れて調査に当たった。各班はそれぞれ熱エネルギー担当2名、電力エネルギー担当1名で編成した。

第1表 調査団の構成

| 担 当 | | 氏 名 | 現 職 |
|-------------|----|---------|-----------------------|
| 団 長 | | 植 政 一 | (財)省エネルギーセンター 専務理事 |
| 副 団 長 | | 井 口 光 雄 | " 常務理事 |
| 窯業・ガラス 班 | 熱 | 伊 藤 真 純 | " 中国支部 事務局長 |
| | " | 大 野 欣 雄 | " 嘱 託 |
| | 電力 | 杉 本 利 夫 | " " |
| 紙 班 | 熱 | 小 泉 陽 | " 北海道支部 事務局次長 |
| | " | 中 尾 薫 | " 嘱 託 |
| | 電力 | 栗 田 賢 一 | " " |

また、工場診断に際しては、調査団への協力と工場診断技術の実地習得を兼ねて、NEA及び Ministry of Industry (MOI) のカウンターパートが同行した。

このほか、MOI、大学、タイ日経済技術振興協会(TPA)、Thailand Institute of Scientific of Technological Reserchのメンバーがオブザーバーとして随時、参加した。

第2表 カウンターパートの氏名

| 班 別 | 氏 名 | 所 属 |
|-------------|--------------------------|-----|
| 窯業・ガラス 班 | Mr. Pramoul Chanpong | NEA |
| | " Danai Egkamol | " |
| | " Supachok Kusolsong | " |
| | " Banphot Diskul | " |
| | " Derake Wuthichok | MOI |
| 紙 班 | " Mingsak Tangtrakul | NEA |
| | " Supon Khwankongrai | " |
| | " Adisai Pornchai | " |
| | " Tummasak Suwanathep | " |
| | " Tawathai Titiwudtiwong | MOI |

3. 調査の日程

| | |
|----------|---|
| 8月15日(日) | 成田発, バンコク着。 |
| 16日(月) | JICAバンコク事務所, 日本使館, NEA, JETRO, TPAを訪問し, 調査計画説明並びに現地事情聴取。 |
| 17日(火) | NEAのTamachart 規制部長と打合せ。 計測機器解梱, 点検整備。 |
| 18日(水) | MOI, タイ工業協会を訪問し調査計画説明。 カウンターパートに計測機器取り扱い方法を説明。 |
| 19日(木) | NEAのPravit 長官と会見, 調査計画説明。 カウンターパートに診断チェックリストの内容説明。 診断の準備作業。 |
| 20日(金) | }工場診断。 |
| 9月16日(木) | |
| 14日(火) | JICAバンコク事務所長, 日本大使館の田島書記官に経過報告。 |
| 16日(木) | MOIのVira 局長, Yingyong 検査部長に終了報告。 タイ工業協会省エネ委員会の委員と懇談。 |
| 17日(金) | TPA訪問。NEA Pravit 長官に第1次調査の概要報告。 |
| 18日(土) | バンコク発, 成田着。 |

4. 診断対象工場

4.1 業種別，製品別

診断対象工場は第3表のとおりであり、いずれもバンコク首都圏及びその周辺地域に位置する。

第3表 診断対象工場

| 工 場 名 | 製 品 | 診断月日 |
|------------------------------|-------------|----------|
| (窯業・ガラス) | | |
| BANGKOK GLASS INDUSTRY | ガラス壘 | 9/2～3 |
| SAMUTPRAKAN GLASS INDUSTRY | 〃 | 8/31～9/1 |
| THAI NEUTRARN GLASS INDUSTRY | コップ，灰皿 | 8/20 |
| ASIA GLASS INDUSTRY | コップ，グラス | 8/26 |
| UNION MOSAIC INDUSTRY | タイル | 9/13～14 |
| THAILAND TILE AND POTTERY | 〃 | 9/9～10 |
| SUPER FIBRE CEMENT | スレート | 8/23～24 |
| APA INDUSTRY | 注射アンプル，チューブ | 8/30～31 |
| SIAM INSULATOR | 高圧碍子 | 9/6～7 |
| ARMITAGE SHANKS(BANGKOK) | 衛生陶器 | 9/15～16 |
| (紙) | | |
| HIANG SENG FIBRE CONTAINER | 製 紙 | 9/6，8 |
| THAI DEVELOP PAPER | 〃 | 8/30～31 |
| CARD BOARD(THAILAND) | 〃 | 9/13 |
| V.SANG THAI PAPER FACTORY | 〃 | 9/15 |
| INDUSTRY KRUNGTHAI | 〃 | 9/2～3 |
| ARKANAE PAPER INDUSTRY | 〃 | 8/26～27 |
| NEW CENTURY PAPER | 〃 | 9/9 |
| CENTRAL PAPER INDUSTRY | 〃 | 8/20～21 |
| SANG-NGAM INDUSTRY | 段ボール | 8/23 |

4.2 診断対象工場の規模

対象工場を、タイ王国製造業の現況を参考にして規模別に分類すると第4表のようになり、比較的バランスよく選定されている。

第4表 診断対象工場の規模

| | 工 場 規 模 | | | |
|----------------------|---------|---|---|----|
| | 大 | 中 | 小 | 計 |
| (窯業・ガラス) ガラス壘・コップ | 1 | 1 | 2 | 4 |
| タイル | 1 | 1 | — | 2 |
| その他 | 1 | 3 | — | 4 |
| 小計 | 3 | 5 | 2 | 10 |
| (紙) 製紙 | 1 | 4 | 3 | 8 |
| 段ボール | — | — | 1 | 1 |
| 小計 | 1 | 4 | 4 | 9 |
| 合計 | 4 | 9 | 6 | 19 |

ただし、この中には目立ったエネルギー消費設備を持たず、診断工場として必ずしも適当と思われない工場もあった。

5. 調査の方法

5.1 工場診断

5.1.1 書類による事前調査

予め、N E Aを通じて Questionnaire（添付資料1）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. エネルギー消費量（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

5.1.2 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2）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

5.1.3 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・計測の重点箇所

5.1.4 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たのデータ採取
- c. 計測機器（添付資料3）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
 - －熱の動力への転換の状況
 - －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

5.1.5 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。

5.2 カウンターパートへの技術移転

5.2.1 計測機器の取り扱い

まず工場診断に先立ち，NEAにおいて，取扱説明書に基づいて機器性能，用途，取り扱い方法を説明した。その後，診断時に工場で計測の実地指導を行った。

5.2.2 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。

5.3 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。

6. 工場診断の結果

6.1 工場管理の状況

6.1.1 総括

A すべての工場で経営者や管理者は、エネルギー価格高騰のためもあって、省エネルギーの必要性については十分認識していると思われた。しかし省エネルギー実施のための具体的な対策がとられている例は少なかった。

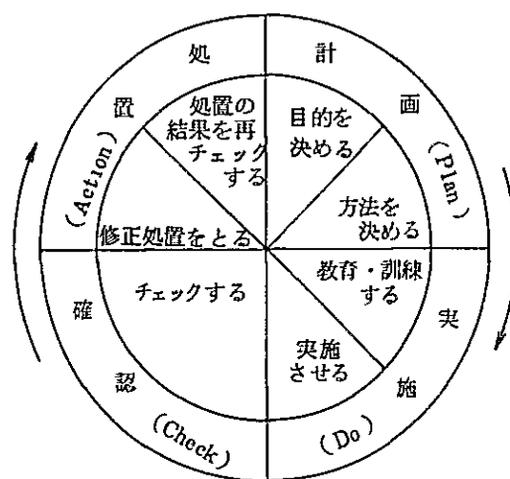
即ち、省エネルギー目標値を設定している工場はなく、また最近設備対策を行った工場も少ない。

B 小規模工場の経営者の中には、長期的な観点からの企業の発展策を考えず、目先の利益だけを追求する傾向がみられる。なかには、できるだけ投資を避け最小限の設備にしておきたいという考え方の人もみられた。

C ほとんどすべての工場で、科学的な計数管理の手法がとられていない。省エネルギー技術レベルを高めるには、デミング博士の提唱するPDCAのサークルを回す管理法を採用するのが有効である。

即ち、エネルギー消費に関する重要項目について改善を進めるには、

- a 現状を十分把握したうえで、経済性・技術レベルを勘案して改善目標を定め、改善案を作成する。
- b 改善案の実施に当っては、職場の末端まで趣旨、内容が徹底するようにする。
- c 実施した結果を、正確に把握するため計測器の充実をはかる。
- d 実施した結果と計画との間に差を生じた場合、その原因を徹底的に調べて改善案の手直しを行う。
- e 修正した改善案をあらためて実施する。



第2図 デミングサークル

というサイクルを繰り返して行わなければならない。

D 整理整頓の悪い工場が多い。工場規模がある程度大きい工場でも、設備の裏側は乱雑なところが多く、設備点検が十分行われているとは思えない。

このことは管理者の目が職場に十分行きわたっていないことを示している。整理整頓は工場の管理状況の指標になる。

タイ日経済技術振興協会で研修を受けた人が中心になってこの面の改善を進め、際立って良好な状態を示している工場もあった。

6.1.2 エネルギー消費量の把握と計測

A エネルギー消費の実態を定量的に、正確に把握することが省エネルギーの出発点である。しかし、一般的に計量用・管理用の計器が十分設置されておらず、また設置されていても故障している場合が多い。例えばボイラーに給水量計のついている工場は1カ所しかなく、これでは燃料流量計があってもボイラー性能を常時チェックできる状態にない。

電気室の電流計・電圧計・力率計についても数が不足していたり、故障したまま放置されている例が多かった。

B 小規模企業では生産量やエネルギー消費量を感覚的に把握しているだけで、記帳されていない。

C 日報類が作成されている工場でも、多くの場合、そのデータは担当者の手にとどまり、エネルギー原単位を算出して改善のための解析まで行っている例は少ない。

6.1.3 品質管理

A 一般的に製品の不良率が高い。あるガラス工場では40%にも達していた。不良品発生の原因はいろいろあるが、次の諸点が工場診断の際観察された。

- － 人手作業によるバラツキ
- － 原材料取り扱いの不良による異物混入
- － 設備の手入れ不良
- － 設備不良

B 品質管理用の試験設備がなかったり、せつかく立派な器具を持っていながら、有効に利用されていない例もあった。

C 不良品を発生させることは、それまでに使われたエネルギーがすべて無駄になることであり、品質管理の徹底は省エネルギーの面からも極めて重要なことである。

不良品発生に関連する製造上の要因を定量的に調査し、重点管理項目を定めて標準化したり、自動制御装置を取り付けたりして、製造条件の安定化をはかる必要がある。

6.1.4 設備管理

A 設備の点検・整備が十分行われていない。例えば、モーターや機器の基盤（ベース）の腐食やガタつき、配管支柱の不備、駆動用ベルトの弛みや脱落、変圧器の油の汚れ、蒸気配管

の保温の脱落や蒸気漏れなどである。これらは直接的にエネルギーを損失するのみならず機器の寿命を縮め、間接的にもエネルギー損失の原因となる。

B 電気設備の配線系統図がほとんどの工場で作成されていない。

配線系統図を作成して、どの系統にどの負荷が入っているかを把握しておかないと、運転状態と力率の関係や負荷配分の良否が検討できない。更には事故の際の迅速な対応措置がとれないことにもなる。

今回の調査では、カウンターパートの協力を得て、できるだけ配線系統図を作成するように努め、報告書に添付した。

6.1.5 安全管理

A 一般的に、安全対策が不十分である。例えば、次のようなケースが多く見られた。

- ・ プラットフォームや階段に手すりがない。
- ・ ベルトや回転機器のカバーがない。
- ・ 有害物に対する保護具の着用が守られていない。

B 工場の安全管理確保のための諸制度、例えばボイラー、高圧ガス設備（LPG貯槽）、石油など危険物取り扱い設備等についての設備設置基準、定期的な検査体制、運転・取り扱いの基準、運転者の資格制度が十分整備されていないように見受けられた。

誤まった作業が行われている例もあり、今後産業規模の拡大とともに問題を起す危険がある。

6.1.6 従業員教育

A いわゆるブルーカラーに対する教育は全く行われていない。

ある管理者が「ワーカーは責任感が薄い。設備対策に頼らざるを得ない。」と言っていたが、従業員を信頼していないし、信頼できるように育成する努力もされていないように見受けられた。技術者のレベルアップも大切だが、直接エネルギーを消費する現場にいて、実際をよく知っている技能者のレベルアップが省エネルギーの面でも極めて有効である。

B 技術者については、社外の研修を受けさせたりしている例がある。一部の工場では、その効果により近代的な管理が進められようとしており、この面でも改善のポテンシャルが感じられる。

C 作業標準書が作成されていないので、技術の蓄積がはかれない。このため人が変わると作業方法が変わってしまうおそれがある。

D 従業員から改善提案を募集して、審査のうえ採用可能な案については、提案者を表彰するという制度がない。

従業員からの改善提案がある工場もあったが、その処理の仕方が決まっていないため、途中で握りつぶされてしまっている。

この制度は、仕事の改善に対する従業員の関心を喚起するだけでなく、更に企業に貢献できたという満足感を通じて従業員のモラル向上にも役立つ。

E 二つの工場では、ワーカーによる業務改善の小集団活動（QCサークル）を取り入れるべく準備中であり、その成果が期待される。この活動は日本では、多くの成果を挙げており、欧米でも取り入れようとする企業がふえている。

6.1.7 情報交換

A 一般に各企業とも閉鎖的で、ライバル会社に対する警戒心が強く、技術情報の交換が行われていない。

日本においては、情報交換が企業間競争と矛盾なく行われているが、それには次のような要因が考えられる。

- a. 先進技術は特許や実用新案制度で保護されている。
- b. 技術開発や省エネルギー実績は、その企業の技術力を示すとともに国の政策に協力する経営姿勢のあらわれでもあるので、企業はむしろ積極的にPRしようとしている。
- c. 各業界には技術委員会があり、業界共通の問題について意見交換をする場が設けられている。
- d. 技術情報の提供は、一方的にライバル会社を利するだけでなく、ギブアンドテークの関係から、全体のレベルアップになるという認識がある。
- e. 機器のメーカーのみで、あるいはメーカーとユーザーが共同で、省エネルギーの新技术を開発するケースも多く、この場合はメーカーの販売政策上、積極的にPRされる。
- f. 技術専門の出版物・新聞が大量に刊行されている。

B 原料供給者や製品納入者との縦の情報交換や共同研究も行われていない。

ユーザーからの改善要求が技術開発の刺激となる。

C 診断時のディスカッションに際し、工場側から広範囲の質問を受け、技術情報に対し工場の経営者・管理者が強い関心を持っていることが感じられた。

6.1.8 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）

A 事前に配布した Questionnaire（添付資料1）を利用して行ったアンケート調査の結果を第5表に示す。

無回答が6工場あったが、小規模工場であってこれらの点について関心が薄かった場合と、大規模工場であってもアンケート記入者がこれらの質問に答える立場にはない、ということ

で無記入の場合もあった。

B 回答が多かったのは、

- a. 経済性に関するものとして、エネルギー価格の見通しが不明(9)、エネルギーコスト増を製品価格に転嫁できる(10)、の2点が多かった。(括弧内は回答数。以下同じ)。

しかし、後者の点については工場で実際にヒヤリングしたところでは、現在は不況で競争が厳しく、エネルギー価格が上昇しても製品価格に転嫁し得る状況にはないとのことであった。

- b. 従業員の質に関するものとして、従業員の意識が低い(10)、従業員教育のできる人がいない(9)、が目立っている。

これは技術者が不足(6)、ということとも関連している。

直接エネルギー消費機器を取り扱っている人々のレベルアップをはかることは、省エネルギー推進上極めて大切なことであり、アンケートはこの面の対策を急ぐ必要性を示している。

第5表 「省エネルギー推進上の問題点」に関するアンケート回答状況

(19工場中・回答有が13工場, 回答無が6工場)

| 設 問 | 紙 | 窯業・ガラス | 計 |
|-----------------------|----|--------|----|
| (1) エネルギー価格の見通しが不明 | 2 | 7 | 9 |
| (2) エネルギーコスト比率が小さい | 0 | 1 | 1 |
| (3) エネルギーコスト増を製品価格に転嫁 | 4 | 6 | 10 |
| (4) エネルギー供給が不安定(停電など) | 2 | 3 | 5 |
| (5) 技術者が不足 | 3 | 3 | 6 |
| (6) 良い省エネ機器が入手困難 | 1 | 1 | 2 |
| (7) 実施事例など情報が入手しにくい | 1 | 2 | 3 |
| (8) 研究開発体制が不十分 | 2 | 0 | 2 |
| (9) 設備改善資金が不足 | 1 | 1 | 2 |
| (10) 設備が老朽化 | 0 | 1 | 1 |
| (11) 従業員の意識が低い | 5 | 5 | 10 |
| (12) 従業員教育のできる人がいない | 4 | 5 | 9 |
| (13) 計量設備が不十分 | 1 | 4 | 5 |
| (14) 原単位解析を行う時間がない | 0 | 1 | 1 |
| (15) 政府施策の情報が不足 | 1 | 1 | 2 |
| (16) 政府の助成策が不足 | 3 | 2 | 5 |
| (17) その他(マーケット) | 2 | 1 | 3 |
| 計 | 32 | 44 | 76 |

6.2 エネルギー消費の状況

診断工場の中には、優秀な設備を備え、エネルギー消費の原単位も優れた水準に達している工場があった。

しかし、一方ではせつかくの設備が十分活用されていなかったり、あるいは設備そのものに問題があったりして、改善の余地を多く残している工場もみられた。

なお、石油からのエネルギー代替をはかるため、亜炭やソーダストを燃料とするボイラーを設置した工場も4工場あったが、試運転段階のところもあり、設計どおりの性能は出ていない状態であった。

6.2.1 燃料の燃焼の合理化

A 燃焼用の空気は多すぎると、火炎温度を低下させるとともに、排ガスへの熱損失も増大させる。また少な過ぎると不完全燃焼となり、熱量が十分に利用できない。

今回の診断の結果では、空気比が多過ぎるところ、少な過ぎるところ、炉の両側のバランスの悪いところがあった。

空気比を改善するだけで、13%程度の省エネルギーをはかれるとみられる炉もあった。

B バーナーの向きが悪く、バーナータイルに炎が当たっている例も多かった。

C 燃料の発熱量のチェックが行われていない。

6.2.2 加熱・冷却並びに伝熱の合理化

A 抄紙機のドライヤパートのロール表面など伝熱面の掃除が不十分なものが多い。

B タイル焼成の匣のように、目的物以外のものの加熱に使用されているエネルギーの低減をはかる必要がある。

C 加熱用スチームの圧力が必要以上に高すぎるものがあった。

6.2.3 放射・伝熱等による熱損失の防止

A 古い炉には放熱の多いものがある。構成煉瓦の材質上の制約はあるが、断熱を強化する必要がある。

B 蒸気管の保温が破損しているところが多い。また蒸気のパルプ、ヘッダー、給水タンクなどの個所で、保温が行われていないところが少なくなかった。また蒸気漏れの目立つ工場もあった。

C 抄紙機のフードのないもの、あっても高さの不十分なものが見受けられた。

D 乾燥室などで扉や囲いの際間の多いものがあった。

6.2.4 廃熱の回収利用

A 抄紙機ドライヤの廃熱、トンネルキルン排ガスなど廃熱回収の余地が残されている。

B 排ガス、廃熱を回収しているが、その輸送管が断熱されていなかったり、使用先の気密が悪いためせっかく回収したエネルギーが十分に利用されていない例があった。

C スチームのコンデンセート回収は比較的多く実施されているが、小さい給水タンクに戻しているためオーバーフローしてそのまま捨てられているケースもあり、十分活用されているとは言えない。

6.2.5 熱の動力等への変換の合理化

今回の訪問工場では、定常的に運転している自家発電設備はなかったが、背圧タービンによる発電設備を建設中のもの1工場、設置検討中のものが1工場あった。

燃料を燃焼させて、単に低圧蒸気を発生させるのではなく、高圧蒸気を発生させて発電用に使用し、発電タービンから出る低圧蒸気を加熱用に用いるのは、エネルギーの有効利用をはかるうえで、極めて効果的であり、今後この方式が増加することが望まれる。

6.2.6 抵抗等による電気の損失の防止

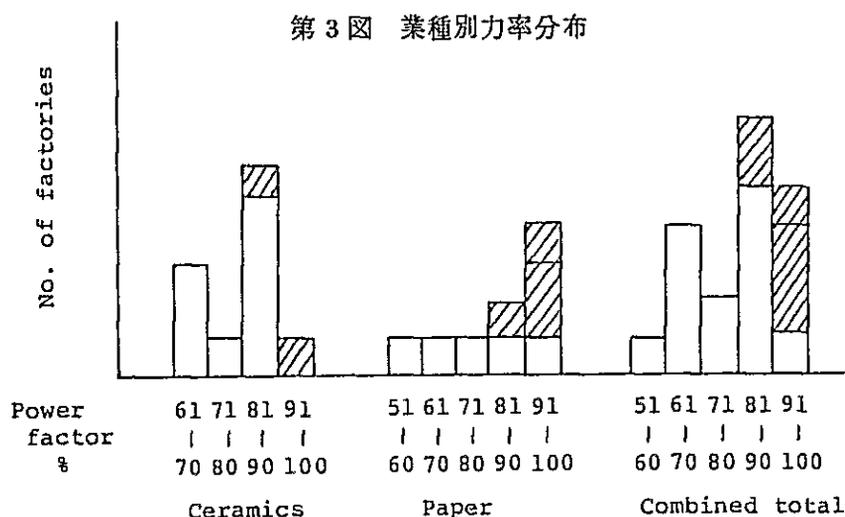
A 力率（有効電力 / 皮相電力）を高めることは、皮相電力を小さくし、変圧器、送電線、発電機等供給設備における電力損失を軽減し、設備容量を小さくすることができる。

このため、日本では力率 85 % を境として、これより低い場合にはペナルティを、高い場合にはインセンティブを与える制度がある。タイの場合、MEA ではペナルティ制度のみがとられている。

力率を改善するには、負荷設備の稼働台数の調節や、容量の適正化により、モーターの負荷を定格に近付けることや、コンデンサの設置が必要である。

このような合理化努力や投資に見合うインセンティブ制度が設けられることが望ましい。ただし、過大なコンデンサの挿入によって進み力率となっている工場もあったので、設置に当っては十分検討する必要がある。

力率は、工場の負荷の状態にも左右されるが、今回の診断工場の例では第 3 図のようになっている。なお、二次電圧が定格より高目になっている工場も多い。これは電源電圧の降下に備えてタップを設定しているためと思われるが、力率低下や照明器具等の寿命短縮につながる。



Factories where condensers are installed.

B 工場増設に伴って、変圧器を増設した結果、過大容量になっている例が多い。変圧器も一種の電力消費機器であり、統合して稼働台数を減らすことにより、省エネルギーをはかるこ

とができる。

- O 単相負荷の加え方が悪いため、三相に不平衡を生じている工場もあった。このため逆相のトルクを発生し、モーター出力が低下する結果となっている。

6.2.7 電気の動力・熱等への変換の合理化

- A ベルト駆動の機器で、ベルトが所定本数ついていなかったり、たるんだりしている例が多い。

- B コンプレッサについては、その稼働台数を減らし得ると思われる工場、空気吸入口をもっと低温側に移した方がよいと思われる工場、バルブが破損しているのではないかとと思われる工場などが見受けられた。

- O 工場照明は、屋根からの自然採光を利用し、昼間はほとんど消灯されており、この点良好な状態であった。

ただし、照明器具の清掃を励行すること、昼光色から白色蛍光灯への切り替え、あるいは屋外照明灯については高圧ナトリウムランプを採用するなど、高効率照明器具への切り替えが望ましい。

6.3 窯業・ガラス

6.3.1 概況

タイ王国の窯業製品は、セメント・ガラス・タイル・衛生陶器・煉瓦などである。近年、タイル・衛生陶器及び磁器は輸出が順調に増加し、タイ王国の有望な輸出商品になりつつある。

しかしながら穀物市況の悪化による農民の購買力低下、住宅建設の低調等のため内需は不振であり、一般的に操業度は低下している。

今回の診断対象工場にはセメント工業は含まれておらず、ガラス工業のうち、びん・ガラス食器製造業、タイル製造業、高圧磚子製造業、衛生陶器製造業、スレート製造業、アンブル製造業等が含まれている。

6.3.2 ガラス工業（びん・ガラス食器製造業）

(1) 業界の概況と診断工場の位置付け

タイ王国における主要工場は次の五つである。

その他小規模の工場を合わせて合計 32 の工場があり、1980 年にはタイ王国全体で 413×10^3 t/y の生産が行われている。

今回の工場診断は、第 6 表のうちから 2 工場、小規模工場から 2 工場が対象に選ばれている。本年度のタイ王国全体の生産規模は明らかでないが、今回診断した 4 工場の生産量は全体の

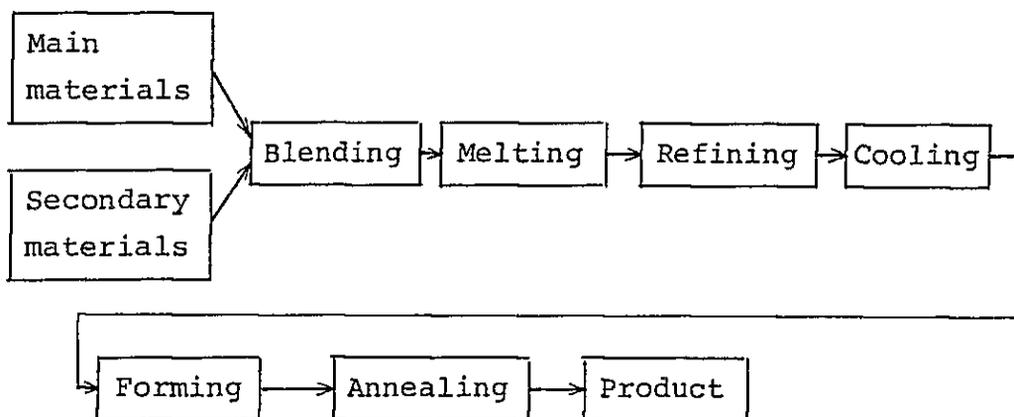
％程度をカバーするものと推定される。

第6表 主要ガラス製造工場

| Name | Nominal production capacity | Estimated capacity |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Bangkok Glass Ind. | 300 t/d | 150 |
| Thai Glass Ind. | 390 | 300 |
| Bangna Glassworks | 210 | |
| Kaew Prakarn Glass | 140 | |
| Samutprakarn Glass Ind. | 120 | 100 |
| Total | 1,160 | |

(2) 製造工程と設備概要

A 製造工程は第4図のとおりである。



第4図 ガラス製品の製造工程

B 主原料のうちカレット（屑ガラス）は、作業上・品質調整上の必要から用いられるが、カレット量が増加するほど、溶解所要熱量は低下する。通常30～40％のカレットが用いられるが、今回の診断工場では40～80％使用されていた。

C 溶解炉は最もエネルギーを消費する設備であり、「るつぼ窯」と「タンク窯」の2種がある。一般に小規模工場では、前者が用いられるが、今回の診断工場ではすべて後者が用いられていた。また、その燃焼排ガスからの熱回収設備として「レジェネレータ」と「レキュペレータ」の2種があるが、それぞれ2工場ずつ使用されていた。

D 成型工程は「自動成型機」を使用しているのが3工場、うち1工場は「人手成型」を併用していた。

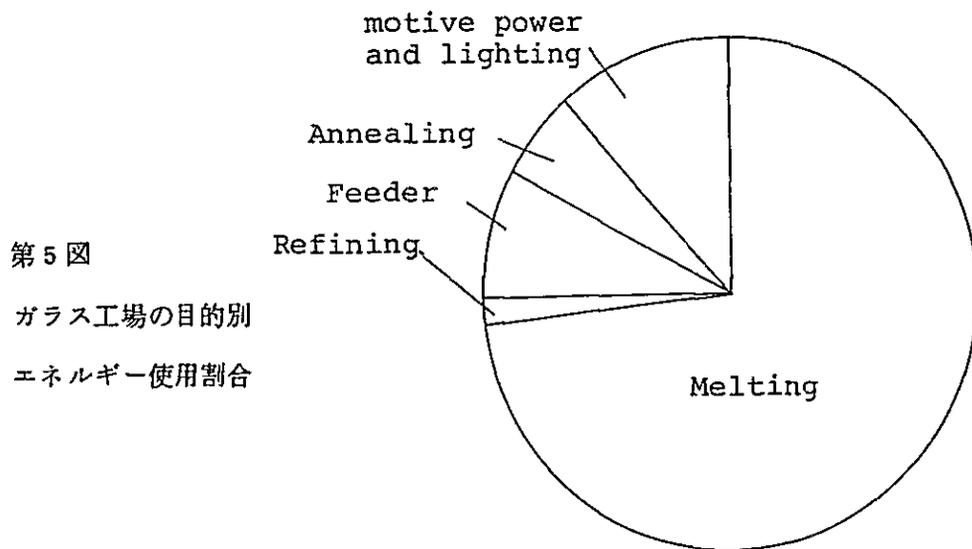
E 徐冷炉はすべて連続炉であったが、ラジアント型3，直火型1の割合に分れていた。

(3) エネルギー消費形態

A ガラス工場では、エネルギーは次のような形で用いられている。

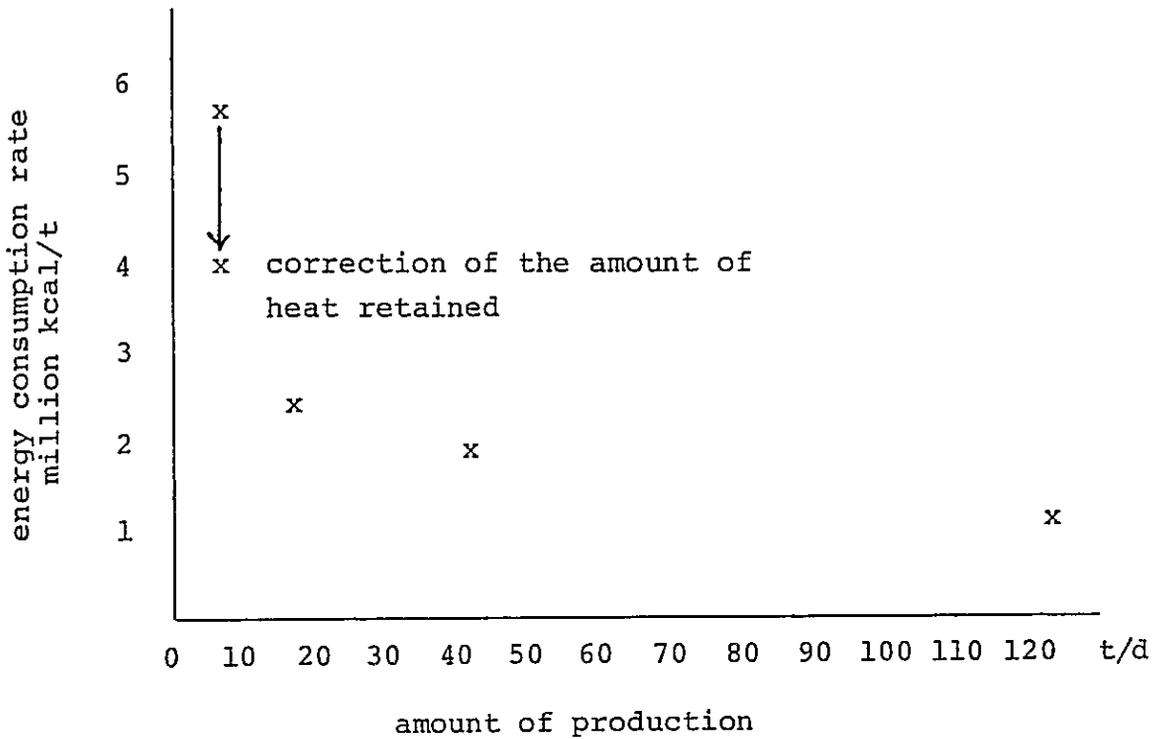
| 目的 | 設備 | エネルギー源 |
|--------|--------|---------------|
| ガラス溶融 | 溶融槽 | 重油，電力 |
| 清 澄 | 清澄槽 | ディーゼル油，LPG，重油 |
| 冷 却 | フィーダ | LPG |
| 焼 鈍 | 焼鈍炉 | 重油 |
| 空気圧縮 | コンプレッサ | 電力 |
| 照明，その他 | | 電力 |

B 目的別の使用割合の1例を示すと第5図のとおり。



C このうち最も割合の高い溶解エネルギーについて、生産量当りの原単位をみると第6図のようになっている。この数値は次項に述べるように多くの要因に左右されるが、一般的に大型炉では小さく、小型炉では大きい値を示す。

ただし、最小の炉については設備に問題があり、操業状態も異なる点に注意しなければならない。



第6図 溶解エネルギー原単位

(4) 主要エネルギー管理項目

A 溶解炉, リファイナ

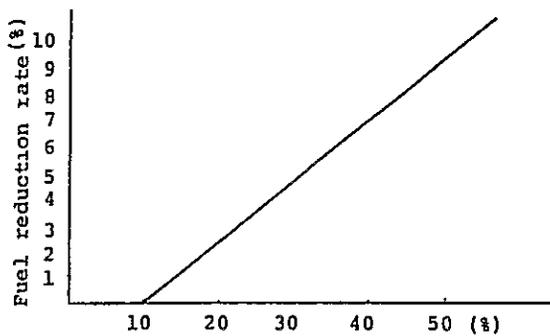
a. カレット配合比

カレット配合は, 単に屑ガラスを回収利用するだけでなく, それにより作業性が改善され, 溶解も容易になり燃料の節減が可能になる。第7図は日本の9社の実炉成績を整理したもので, カレット配合比の増加とともに, 燃料消費量が減少することを示している。品質に影響しない範囲で配合比を増加させることが望ましい。

今回の診断工場では, 40~80%と比較的多くのカレットが使用されていた。

b. 空気比

燃料を燃焼させる場合, 通常は不完全燃焼を避けるため, 理論的な空気必要量より多目の空気を炉に入れる。しかし, その量



第7図 カレット配合比と燃料節減率

出典: 渡辺・小川; 「セラミック」Vol 13 No 3 P.208

が多すぎると火炎温度を低下させるとともに排ガスへの熱損失を増大させる。今回の診断工場の例では、空気比はそれぞれ1.01, 1.11, 1.14, 1.83となっている。1.01の炉では明らかに不完全燃焼となっており、カーボンが生成している。また1.83のものは過大であり大きな熱損失を生じている。空気比を低下させるには、次のことが必要である。

- 燃料霧化のよい適正な容量のバーナーを用いる。
- 炉壁や開口部からの空気吸い込みを極力防ぐように蓋をすることと炉内圧力を適正に維持する。

c. 炉及び熱回収設備の壁面からの放熱防止

溶解炉においては、耐火物の寿命の点から、保温を十分に行っていなかったが、近年耐火物の品質が向上し保温の強化が可能となった。今回診断工場の場合も、4工場のうち3工場については高品質の耐火物が使用されていた。

溶解炉壁面温度は110℃～120℃と極めて優秀な値の工場もあったが、他は300℃～440℃となっている。

保温強化は炉の建設時から実施する方が容易かつ安全であるが、稼動中の炉についても吹付法などによって断熱強化をはかることは可能である。日本でもレジェネレータの断熱強化を行った例が多い。

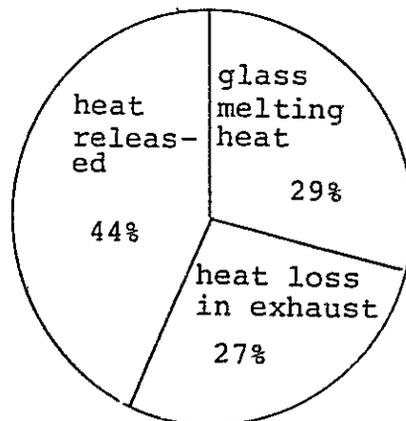
d. 排ガス温度

今回の診断工場では、いずれも廃熱回収設備が設けられていた。その出口の排ガス温度は次のとおり。

| | |
|--------------|------------|
| レジェネレータによるもの | 540℃, 550℃ |
| レキュペレータによるもの | 480℃, 672℃ |

e. 溶解炉の熱勘定

溶解炉の熱勘定結果は第8図のとおり。



第8図
溶解炉の熱勘定結果
(3工場の単純平均)

B 徐冷炉

成型操作中の冷却過程で生じた歪みを除くため、徐冷点以上に加熱した後、肉厚に応じて徐冷する炉である。成型機を出た時の熱を逃さないようにすれば、計算上は徐冷炉での加熱はほとんど必要ないとされているので、できるだけ炉内に冷風を入れないようにする必要はある。設備的にはマッフル式より直接加熱式の方が効果的であり、コンベアネットの熱容量を減らすための軽量化や、排熱利用が考えられる。

操業面では、バーナーの空気比や取り付け調整に留意する必要がある。今回の診断では、バーナー調整のよくないものが1工場あった。

C 電力消費設備

電力の約半分は成型機用空気の圧縮に使用されている。

この電力の節減をはかるためには、圧縮空気の圧力をできるだけ低くすること、漏れや逃しを少なくしてコンプレッサの稼働台数を減らすこと、コンプレッサの弁の整備を完全に行うこと、ベルトの弛みをなくし動力伝達の効率を高めること、アンロード状態での運転時間を減らすよう運転台数をこまめに調整すること、取り入れ空気をできるだけ低温個所から取るようにすることなどが必要である。

電力原単位は次のとおり。

| | |
|--------------|-----------------------|
| ー自動成型工場で | 275 kWh/t , 198 kWh/t |
| ー自動人手併用成型工場で | 181 kWh/t |
| ー人手成型工場で | 154 kWh/t |

(5) 改善目標と予想効果

・改善目標

a. カレット配合比

良質のカレットの入手の可能性、製品の品質規格との関連があるので、一律の目標は設定しない。

b. 空気比

大きな数値を示している工場もあり、当面 1.3 を目標値とする。

c. 壁面温度

壁面を構成している煉瓦の品質による制限があるので既設炉については、一律目標を設定できない。

新設炉については、特に侵食のおそれのある個所を除き、200℃以下を目標とする。

廃熱回収設備については、型式による差、設備の部位による温度差があるため、目標

設定は行わない。

d. 排ガス温度

既存設備の改造は困難であり、新設の場合もスペースによる制約を受けるので目標設定は行わない。

e. 受電力率

当面 85 %以上を目標とする。

• 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は次のようになっている。

熱料節減見込量

| | |
|-------|-----------------|
| 空気比改善 | 193 kl/y |
| 放熱防止 | 263 kl/y |
| その他 | 112 kl/y |
| 合計 | 568 kl/y㉔ |

全体の燃料消費量 (重油換算) 13,421kl/y㉕

$$\frac{\text{㉔}}{\text{㉕}} \times 100 = 4.2 \%$$

電力節減見込量 309 × 10³ kWh/y㉖

全体の電力消費量 15,349 × 10³ kWh/y㉗

$$\frac{\text{㉖}}{\text{㉗}} \times 100 = 2.0 \%$$

今回の診断工場は、全ガラス工場(びん、ガラス食器)の1/3程度をカバーしていると見られるので、これが全体を代表するものと仮定すると、タイ王国全体では燃料約1,700 kl/y、電力約 930 × 10³ kWh/y の節減が見込まれる。

なお、診断 4 工場のうち、全生産量の 2/3 を生産している大手工場が際立って良好なエネルギー消費状況を示しており、そのため平均的な節減率が低くなっていることに留意しなければならない。

6.3.3 タイル・磚子・陶器製造業

(1) 業界の概況と診断工場の位置付け

A タイル製造業は 1970 年代に急成長し、約 11 万 t の生産能力に達しているが、やはり不況のため稼働率が低下している。

モザイクタイルは全体の約 70 %を占めるとみられるが、4 社でそのほとんどを生産しており、特にそのうち 1 社が約 50 %のシェアを有している。現在の生産量は業界全体で

酸化期の排ガスはドライヤの熱源として利用されている。更に天井放熱を利用して燃料油予熱を実施している工場もあった。トンネルキルンには排ガス温度の高いもの、パーナー部の煉瓦が薄くて放熱量の多いものもある。

E 力率改善用のコンデンサがついていたのは1工場だけであるが、ボールミルとプレス個別機器に設備されていた。

(3) エネルギー消費形態

A これらの工場では、エネルギーは次のような用途に用いられている。

| 目的 | 設備 | エネルギー源 |
|---------|----------|------------|
| 粉 碎 | ボールミル等 | 電 力 |
| 混 合 | アジテータ | 電 力 |
| 成 型 | プレス | 電 力 |
| 焼 成 | キルン, 電気炉 | 重油・ケロシン・電力 |
| 乾 燥 | ドライヤ | 廃熱利用・スチーム |
| 照明, その他 | — | 電 力 |

B エネルギーの大半は焼成及び乾燥用の燃料であり、全体エネルギーの92%が燃料、8%が電力である。

電力の中ではボールミルとプレスに1/3が消費されている。

C エネルギー原単位は、タイルが5,300千kcal/t、磚子が4,000千kcal/t、衛生陶器が7,300千kcal/t程度となっている。

(4) 主要エネルギー管理項目

前述のように、総エネルギーのうち92%が、燃成用及び乾燥用の燃料であるが、乾燥用エネルギーはほとんどが焼成炉の廃熱で賄われているので、焼成用燃料の節減が省エネルギーの重点項目となる。陶磁器焼成については、いくつかの特徴的な点がある。即ち、

- 水分の蒸発や、粘土の収縮等による破損がないよう注意する必要がある。
- 製品により異なるが、一般に1,100℃以上の高温にする必要がある。
- 製品によっては、焼成段階で雰囲気ガスの酸化性を調節する必要がある。また、焼成後は燃焼ガスとの接触を避けなければならない。
- 製品以外に、製品の保持や保護のための棚板や匣のような道具を必要とし、その重量も大きく加熱のためのエネルギー所要量も多い。
- 製品も道具もいずれも熱の伝導度が悪く、比熱も大きい。
- 台車下部は高熱から保護しなければならない。

このために、高温炉で長時間をかけて焼成しなければならずエネルギー消費量も多い。

A 燃料の燃焼の合理化

燃焼の場合の空気比は、できるだけ1に近い方が熱損失が少なくすむ。窯業製品の場合、品質との関連もあるので注意しながら、なるべく1に近づけるように努力する必要がある。

トンネルキルンの場合、次のことが必要である。

- －冷却帯からの空気流入を防ぐよう炉圧を管理する。
- －台車下からの冷風洩れこみを防ぐようサンドシールを整備する。
- －バーナー位置に応じて燃料量を調節する。
- －出入口の開放は炉圧を乱すことがあるので、なるべく短時間にすむか、2重扉とする。

今回の診断工場では比較的良好な値を示しているが、マッフルキルンで左右のバランスが悪く、一方は空気過剰、一方は空気不足となっていたものがあつたほか、台車下から空気が洩れこんでいる炉もあつた。

また、燃料霧化のよいバーナーを選定することや、バーナータイルに直接炎が当たらないよう、セッティングに注意することも大切である。

B 伝熱改善

炉内ガスによる伝熱をよくするため、できるだけ炉壁や天井との隙間が少なくなるように、窯詰め方法を工夫する。

また、一般に焼成速度を上げるほど燃料原単位が改善される傾向にあるので、原料や炉温の管理を強化し、一步一步努力する必要がある。マッフルキルンによる間接加熱は熱効率が悪いので、直火式炉の採用が望ましい。

C 熱容量の改善

製品に対する棚板や匣の熱容量が大きいので、できるだけ軽量化をはかる必要がある。

タイルの場合は、製品を加熱するのに必要な熱量の4倍の熱量を匣の加熱に費している。シャトルキルンの場合は加熱冷却が繰り返されるので、炉体熱容量の軽減が大切である。今回診断工場では、セラミックファイバ内張りが施工され、熱容量の低減がはかられていた。

ただし、この場合、点検を強化し、ファイバ断片が製品の上に落ちないように注意しなければならない。

D 断熱の強化

トンネルキルンは表面積が大きく、放熱が大きい。このため、最近ではロックウール吹

き付けにより断熱を強化する例が多く、表面温度を 40℃位まで低下させるようになって
いる。

今回の診断工場のトンネルキルンはいずれも石油危機以前に建設されたもので、1基は
70～90℃、1基は 120～140℃の表面温度を示していた。

しかし、断熱を強化すると内部の煉瓦温度が上昇するので、その温度に煉瓦が耐え得る
かどうかを十分チェックしておかないと炉を破損することになる。今回診断の1基の炉に
ついては煉瓦構成の点で断熱強化は困難であり、適当な時期に積み替える方がよいと思わ
れる。

台車上面の断熱も顕著な効果がある。セラミックファイバを敷いたり、軽量の耐火断熱
煉瓦に交換することが行われる。断熱がよく、サンドシールのよい台車の場合、冷却用空
気を投入しないですませることも可能である。

E 廃熱利用

トンネルキルンにおいては、燃焼ガスは製品の予熱に利用され比較的溫度が低くなって
いる。重油を燃料とする場合、排ガス中の硫黄化合物のため 200～250℃程度以下まで冷
すと、熱回収設備を腐食させるので熱回収には限界がある。

一方、冷却帯からの排空気は利用価値が高く素地乾燥に利用されている。しかしせつか
くの乾燥室が密閉度が悪く、有効に利用されていない例や、廃熱配管の保温が行われてい
ない例もみられた。

また、この熱を燃焼用空気の予熱に利用することも効果が大きいですが、実施されていたの
は、4工場のうち1工場だけであった。

なおキルンの上部の放熱を利用して燃料油の予熱を行っている工場もあった。

(5) 改善目標と予想効果

• 改善目標

a 空気比

シャトルキルンについては、焼成時期によって空気比を変更するので目標設定は行わ
ないが、酸化期においても空気比を 1.4 程度にとどめることが望ましい。トンネルキル
ンについては焼成帯直後で 1.3 とする。

b 炉内伝熱改善

c 熱容量の改善

d 断熱の強化

既設炉については、炉体を構成している煉瓦の特性によって断熱強化が困難な場合が

あるので目標設定は行わない。新設炉については、焼成帯天井で表面温度 100℃以下を目標とする。

e 廃熱利用

燃焼排ガスの排出温度は 250℃以下を目標とする。

f 受電力率

当面 85%以上を目標とする。

• 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は次のようになっている。

燃料節減見込量

| | | |
|----------------|---|---|
| 空気比改善 | 800 kℓ/y | |
| 断熱強化 | 957 kℓ/y | |
| 廃熱利用 | 633 kℓ/y | |
| 合計 | 2,390 kℓ/y | Ⓐ |
| 全体の燃料消費量(重油換算) | 10,898 kℓ/y | Ⓑ |
| | $\frac{\text{Ⓐ}}{\text{Ⓑ}} \times 100 = 21.9\%$ | |
| 電力節減見込量 | $73 \times 10^3 \text{ kWh/y}$ | Ⓒ |
| 全体の電力消費量 | $10,412 \times 10^3 \text{ kWh/y}$ | Ⓓ |
| | $\frac{\text{Ⓒ}}{\text{Ⓓ}} \times 100 = 0.7\%$ | |

今回の診断工場の全生産量は、全体の約 1/2 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るとタイ王国全体では燃料約 4,600 kℓ/y、電力約 $150 \times 10^3 \text{ kWh/y}$ の節減が見込まれる。

6.4 紙

(1) 業界の概況と診断工場の位置付け

タイ王国の製紙業は、1962 年以来成長を続け、現在では 49 工場が稼働しており、1981 年の生産は約 36 万 t/y であった。

品目別の工場数と製造能力は第 7 表のとおり。

また、タイ王国における主要企業としては第 8 表のようなものがある。

第7表 製紙工場数

| Category of paper | No. of mills | Production capacity |
|--------------------------|--------------|---------------------|
| Printing paper | 8 | 74,600 t/y |
| Paper for industrial use | 21 | 285,070 |
| Tissue paper | 7 | 30,550 |
| Miscellaneous | 13 | 21,400 |
| Total | 49 | 411,620 t/y |

第8表 主要製紙工場 (単位: t/y)

| Name | Printing paper | Paper for ind. use | Miscellaneous |
|-------------------------------------|----------------|--------------------|---------------|
| Siam Kraft Paper Co., Ltd. | | 99,000 | |
| Thai Union Paper Co., Ltd. | 24,500 | 25,000 | 7,000 |
| Hian-Seng Fibre Container Co., Ltd. | | 51,000 | |

今回の診断工場には、上表の大規模工場から1工場(200t/d)、中規模工場から4工場(25~38 t/d)、小規模工場から3工場(7~12 t/d)が選ばれており、その合計生産量は約12万 t/y で全生産量の1/3程度に当ると推定される。

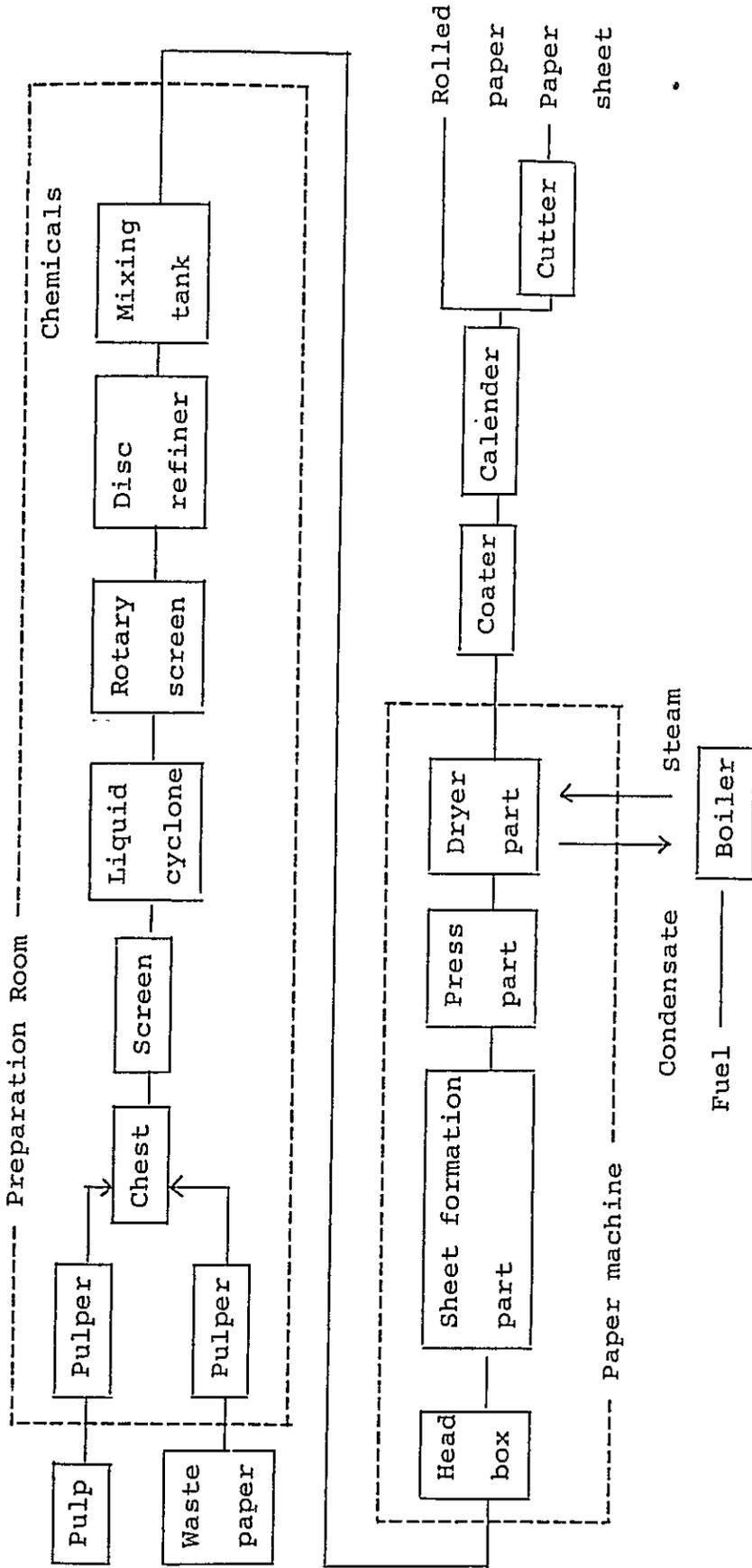
(2) 製造工程と設備概況

A 製造工程の代表的なものを第10図に示す。

B 故紙のリサイクル利用は省資源、省エネルギーのために有効なことであり、タイ王国で盛んに実施されている。

ホワイトペーパーをつくらしている工場でも60%以上、段ボール箱用紙をつくらしている工場では85%以上故紙を使っており、故紙のみを用いている工場も3工場あった。

C プリパレーション工程は、原料の脱塵、磨砕、スラッシュ化を行う工程であり、設備の組み合わせは多様であった。



第10图 製紙工程

一般的に計器の数が少ないこと、設備の保全が不十分なことが観察された。

D 抄紙機は、ウェットシートをプレスや加熱によって脱水乾燥する工程であり、生産規模や紙厚によって、マシン速度も異なり 10～300 m/分 の間に分布している。

ドライパートでは、熱を逃さないためフードをつけるのが一般的であるが、今回の診断工場では 15 基のうち、フードのあるのが 5 基、フードがあるが十分活用されていないものが 5 基、フードのないものが 5 基となっていた。

またフードの裾が大きく開いていて冷風を吸込んでいる例もみられた。

フードの排気は 60～70℃あり、この熱を回収して水の予熱に使うことができるが、このような設備のある機械はなかった。

E 乾燥用の熱源としては、4～5kg/cm²G の低圧蒸気が用いられる。そのボイラーの燃料として重油の代りに亜炭やソーダストを用いるものが増えており、8工場のうち2工場で亜炭、2工場でソーダストを用いるボイラーの運転を始めていた。重油ボイラーはすべて炉筒煙管方式であり、廃熱回収設備はついていない。また給水量計のついていたのは一つだけであり、蒸発量は全く把握されていない。

(3) エネルギー消費形態

A 製紙工場でのエネルギーは、次のような形で用いられる。

| 目的 | 設備 | エネルギー源 |
|-----------|--------|---------------|
| 乾燥用スチーム発生 | ボイラー | 重油, 亜炭, ソーダスト |
| 製紙 | 回転機器 | 電力 |
| | ポンプ | |
| | 抄紙機 | |
| | 廃水処理設備 | |
| 照明 | | 電力 |

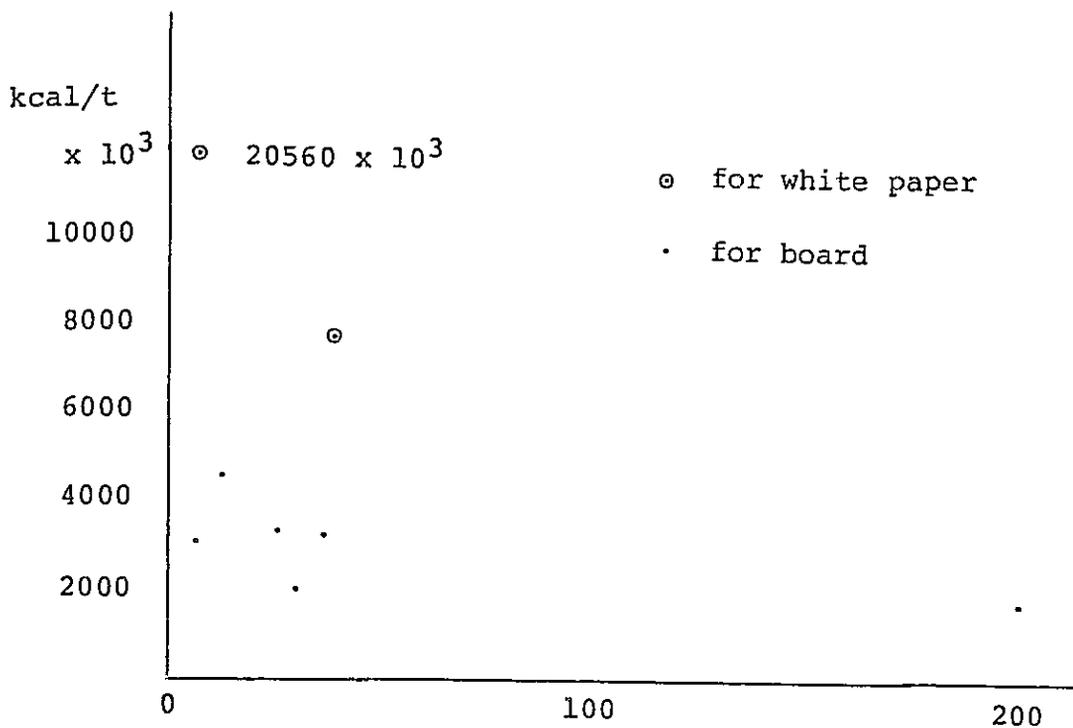
B 全使用エネルギーのうち約 82%が燃料、約18%が電力である。

C 紙 1 t をつくるための消費エネルギーは、第 11 図のようになっている。

最も高い値は、ホワイトペーパー専門であることのほかに極端に歩留の悪い工場の値である。

(4) 主要エネルギー管理項目

A 製紙工場では、まずパルプ又は故紙のファイバを水中に 1%以下の濃度で分散させ、これを薄いウェットシートに形成し、更に機械的、熱的に脱水させるというのが工程の基本になっている。従って、この大量の水をいかに効率よく除去するかが省エネルギーのボイ



第 11 図 製紙エネルギー原単位

ントになる。それとともに紙切れや不良品の発生を防止し、歩留を向上させることも重要である。

B プリバレーション

原料の取り扱いに注意して、泥などの不純物が混入しないようにするとともに、プリバレーションで十分不純物を除き、不良品の発生や乾燥エネルギーの増加を防ぐ。

今回の診断工場の中には原料用紙の上を土足で歩いている例もみられた。

C プレスパート

a. プレス圧力を定期的に測定し、できるだけプレスを利用できるようにする。

圧力測定を行っていたのは 1 工場だけであった。

b. プレスロールのクラウン形状や、ゴムの弾力性を定期的に測定し、不具合が発見された場合、早期に切削ないし張り替えを行う。すべての工場で行われていなかった。

c. プレスパートのフェルトは、弾力性を保持し、目詰まりを防ぐよう十分洗浄する。

このことの重要性がほとんど認識されていない。

D ドライパート

a. ドライパートのロール内のコンデンセートのフィルムができるだけ薄くなるようサイホン进行调整する。

このこともほとんど行われていない。

- b. ドライパートの熱が放散しないようフードを取り付ける（前出）。
- c. 蒸発した水分を速やかに排出するよう通気に努める。
- d. フードからの排気は 60～70℃の熱を持っているので、回収して水の加熱に用いる。
（前出）

E スチーム及びコンデンセート

- a. 加熱用スチームは潜熱を有効に利用するため、できるだけ低圧（3kg/cm²G程度）にして用いる。

一般的に 4～7 kg/cm²G で用いられている。

- b. 発生したコンデンセートをフラッシュタンクに導き、0.5 kg/cm²程度に減圧し、フラッシュした蒸気をドライヤの前段に用いる。フラッシュタンクは 2工場にあったが、フラッシュ蒸気の利用は完全には行われていない。

- c. コンデンセートは、集めてボイラー給水に再利用し、保有する顕熱の活用と、給水処理負荷の低減をはかる。

コンデンセートの回収は 6工場で実施されていたが、給水タンクは全く保温されておらず、また折角回収したものをオーバーフローさせているところもあった。

- d. スチームトラップを定期的に点検し、スチームの漏洩を防ぐ。トラップ不良のため、スチームが給水タンクにまで流入している工場もあった。
- e. スチームの配管、ヘッダー、バルブの保温を十分に行う。特にバルブの保温が不十分であった。

F ボイラー

- a. 蒸発倍数による管理

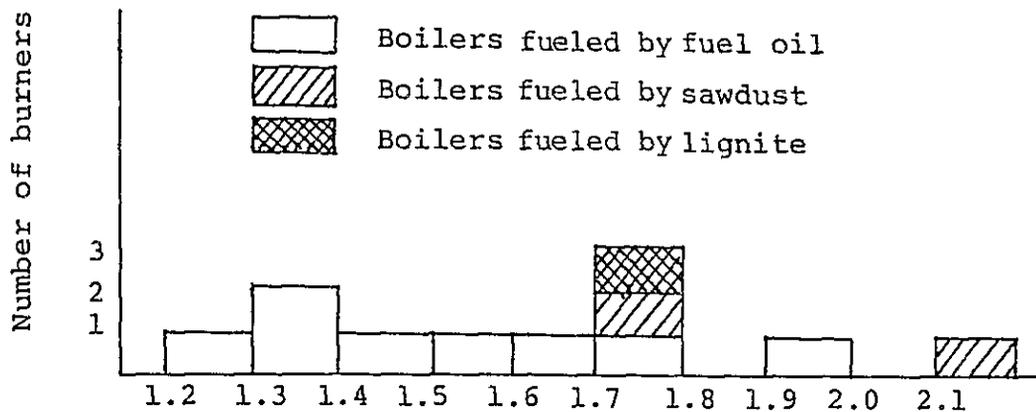
蒸発倍数 = $\frac{\text{給水量}}{\text{燃料量}}$ を毎日計算し成績を判定する。

今回の工場では給水量計のあるボイラーは一つしかなく、このような管理は全く行われていない。

- b. 燃焼用空気比の低減

余分な空気を炉内に入れることは、排ガス損失の増大につながる。排ガスの酸素含有量を測定して調節することが望ましいが、分析計のない場合は、煙突から黒い煙の山ない範囲で押し込み空気量を最低にするように調整することと、ダンパーや排ガスブローを調節して炉内の負圧が高すぎないようにすることが必要である。空気比は重油ボイラーの場合 1.3 程度に、固体燃料の場合でも 1.7 以下にすることが望ましい。

今回診断工場における空気比の状況は第 12 図のとおり。



第12図 空気比

c. 缶体の放熱防止

一般的にマンホール部の保温がなされていなかった。

d. ボイラーチューブの汚れ防止

給水処理は8工場のうち6工場で実施されていたが管理は十分に行われていない。清缶剤は使われているが、使い方の悪い所もあった。スケール除去は1年に1回、スート除去は半月ないし1年に1回という頻度で幅があるが、ソーダストを使うものでは頻度が多くなっている。

e. ブロー量の適正化

ブローのやり方は、一定しておらず、水面計を確認するという安全対策もとられていない。連続ブローや、ブロー水の廃熱回収も行われていない。ブロー水を再び給水タンクに戻すという誤った作業を行っている工場もあった。

ボイラー水の電導度測定を行った結果は第13図のようであり、ブローは十分行われていないことを示している。

この場合、スケール生成により伝熱係数を低下させるとともにボイラーチューブを劣化させるおそれがある。

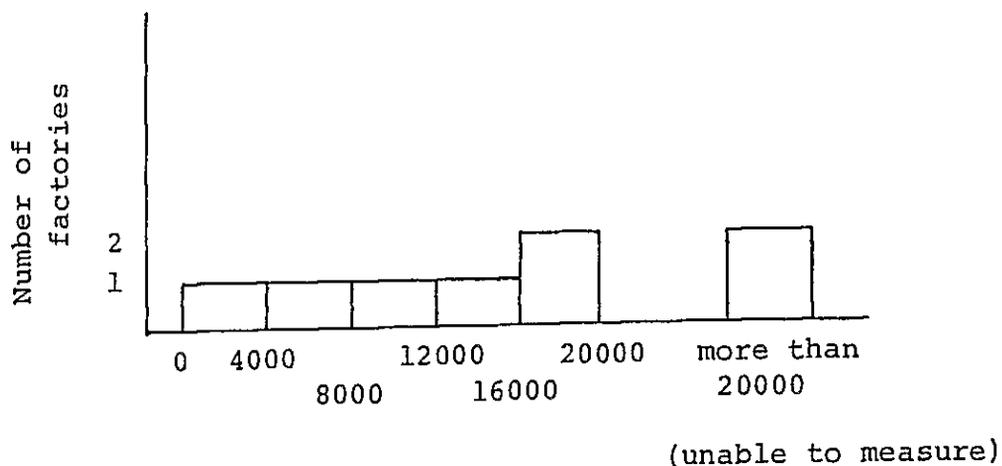
日本の規格では、ボイラー水の電導度は、 $6,000\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下にすることになっている。

(蒸発率 $30\text{ kg}/\text{m}^3\text{h}$ 以下の丸ボイラー)

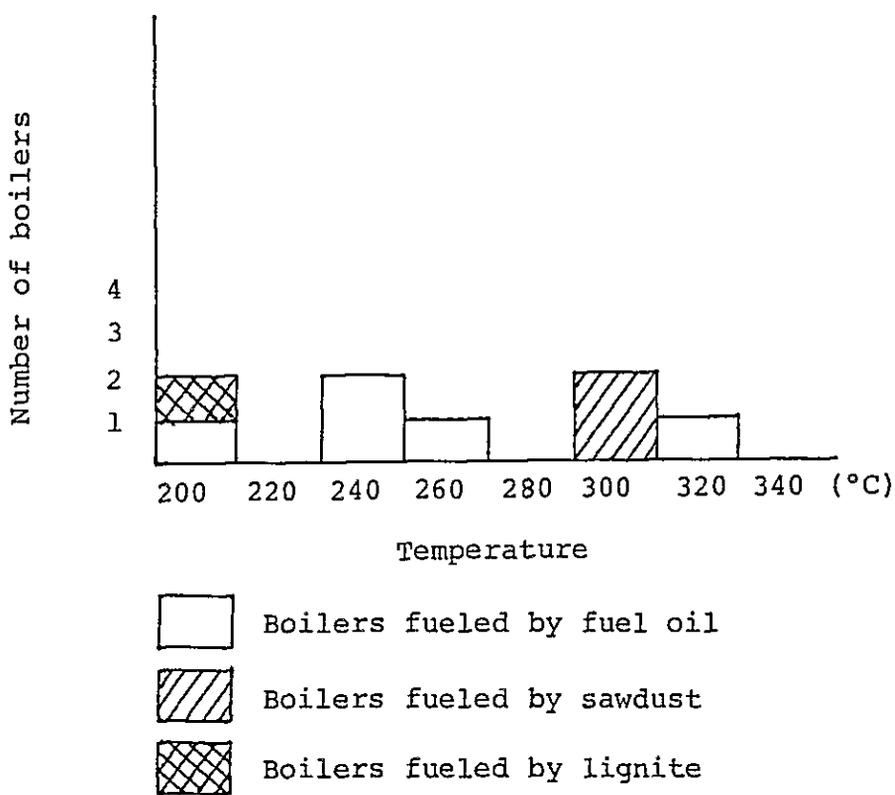
f. 排ガス廃熱の回収

ボイラー排ガスの温度は第14図のような範囲に入っている。

高硫黄含量の燃料については、排ガスの硫酸腐食の問題があり、 $200\sim 250^\circ\text{C}$ 以下には下げ難い。



第13図 ボイラー水電導度 (μS/cm)



第14図 ボイラー排ガス温度

G 電力消費設備

- a. パルパーやリファイナの歯型を改良し、所要電力を減らす。
- b. レイアウトを整備し、配管経路の短縮をはかるとともにチェストの個数を減らしてポンプの運転動力を減らす。
- c. 駆動ベルトは、所定本数を確実に用い、弛みのないよう調整する。
3本掛のところを1～2本しかかかかっていない所もあった。

d. リキッドサイクロンには前後に圧力計を取り付け、詰まりによる能力低下のないよう管理する。

圧力計があり、正常に作動していたのは2工場だけであった。

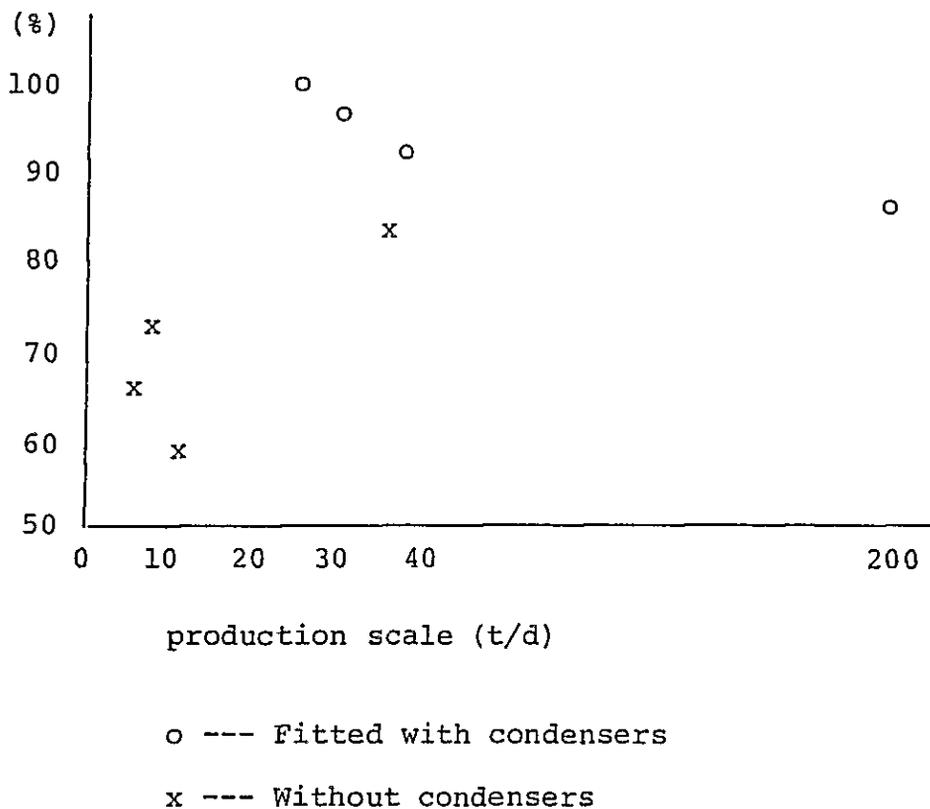
e. サクションボックス用ナッシュポンプの水封を完全にする。

水封が不完全で空転状態になっている工場もあった。

f. 低負荷機器（パルパー、リファイナ、変圧器等）の運転台数の統合をはかる。そのためには生産計画をたて品種毎にまとめて効率的な運転を行うようにする必要がある。変圧器も低負荷のものがあり、3工場では統合して運転台数を減らし得ると認められた。

g. 力率測定の結果は第15図のようであった。

一般的に過大能力のモーターが設備されているため、力率が低い。小規模工場を除いて、コンデンサが設置され、力率改善が行われている。しかし一部の工場では自動力率調整装置が故障しており、進み力率になっている工場もあった。



第15図 力率測定の結果

h. 一般的に計器が少なく、盲運転になっている。

エネルギー消費に関連する計器～流量計、圧力計、温度計、電圧計、電流計、力率計、電力計～を逐次整備し、生産状況との関連を求めながら管理していくことが必要である。

(5) 改善目標と予想効果

• 改善目標

a～e項で述べたストックプリペレーション、プレス、ドライイングの各工程における諸対策については、製品や設備構成が工場毎にかなり異なるため、定量的な目標設定はできない。

f. ボイラー

空気比の改善目標は、当面次のとおりとする。

重油燃料ボイラーについては 1.3

固体燃料ボイラーについては 1.5

排ガス温度は、ボイラーの構造、廃熱回収設備の有無、伝熱面の汚れ等によって左右され、設備面での対策を必要とする場合がある。

改造又は新設後の排ガス温度目標値は、250℃とする。

g. 受電力率

当面85%以上を目標とする。

• 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は次のようになっている。

燃料節減見込量

| | | |
|----------|------------|---|
| 空気比改善 | 1,668 kl/y | |
| 断熱強化 | 419 kl/y | |
| 廃熱利用 | 1,022 kl/y | |
| 製紙工程の合理化 | 3,106 kl/y | |
| 合計 | 6,215 kl/y | Ⓐ |

全体の燃料消費量(重油換算) 29,397 kl/y Ⓑ

$$\frac{\text{Ⓐ}}{\text{Ⓑ}} \times 100 = 21.1\%$$

電力節減見込量 171 × 10³ kWh/y Ⓒ

全体の電力消費量 79,763 × 10³ kWh/y Ⓓ

$$\frac{\text{Ⓒ}}{\text{Ⓓ}} \times 100 = 0.2\%$$

今回の診断工場の全生産量は、全体の約1/3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るとタイ王国全体では、燃料(重油換算)約18,600 kl/y、電力約510 × 10³ kWh/yの節減が見込まれる。

7. 収集情報資料

1. NEA, Thailand Energy Situation, 1980
2. NEA, Oil and Thailand, 1980
3. NEA, Electric Power in Thailand, 1980
4. EGAT, Basic Electricity Wholesale Tariff, April 1982
5. Retail Price of Oil Products
6. Total Oil Based Energy Consumption by Group of Industry, 1979
7. NEA, Thailand's ENCON Measures and Activities up to 1981
8. The 5th National Economic and Social Development Plan: Plan of Implementation for Energy Conservation in Industrial and Transport Sectors (1982-86)
9. The Organization Chart of Thailand Government Offices relating to Energy
10. Chronological Data on the Output of Major Industrial Products (1980, 1981)
11. The Number and Types of Factories in Thailand, 1979
12. Bangkok Nihonjin Shokokaigisho (The Japanese Chamber of Commerce and Industry in Bangkok), Tai Koku Keizai Gaikyo (An Outlook for Thailand's Economy, 1980-81)
13. UNDP/UNIDO, Energy Saving Scheme: Thailand (March, 1982)
14. A Prospectus of The Technological Promotion Association (Thai-Japan)

Ⅱ．工場別診断報告

(窯業・ガラス、紙)

目 次

| | |
|---|-----|
| 1. BANGKOK GLASS CO., LTD. | 41 |
| 2. SAMUTPRAKARN GLASS INDUSTRY CO., LTD. | 51 |
| 3. THAI NEUTRAL GLASS INDUSTRIES CO., LTD. | 63 |
| 4. ASIA GLASSWARE CO., LTD. | 75 |
| 5. THE UNION MOSAIC INDUSTRY CO., LTD. | 89 |
| 6. THAILAND TILE AND POTTERY CO., LTD. | 103 |
| 7. SUPER FIBRE CEMENT CO., LTD. | 113 |
| 8. APA INDUSTRIES CO., LTD. | 121 |
| 9. SIAM INSULATOR CO., LTD. | 129 |
| 10. ARMITAGE SHANKS (BANGKOK) CO., LTD. | 137 |
| 11. HIANG SENG FIBRE CONTAINER CO., LTD. | 147 |
| 12. THAI DEVELOP PAPER CO., LTD. | 165 |
| 13. CARD BOARD (THAILAND) CO., LTD. | 183 |
| 14. V SANG THAI PAPER FACTORY CO., LTD. | 203 |
| 15. INDUSTRY KRUNGTHAI CO., LTD. | 219 |
| 16. ARKANAE PAPER INDUSTRY | 249 |
| 17. NEW CENTURY PAPER INDUSTRY CO., LTD. | 263 |
| 18. CENTRAL PAPER INDUSTRY CO., LTD. | 281 |
| 19. SANG - NGAN INDUSTRIES CO., LTD. | 299 |

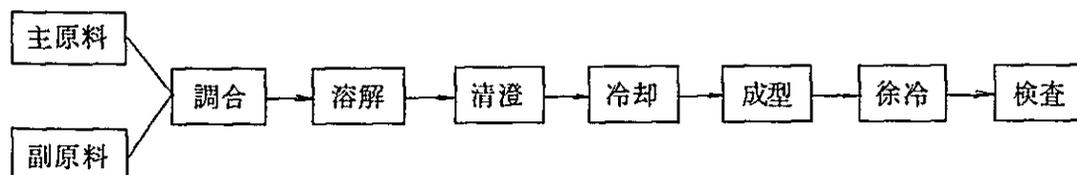
1. BANGKOK GLASS INDUSTRY CO., LTD.

1. 工場の概要

| | | |
|------------|---|--------------------|
| 所在地 | 47/1 Moo 2, Rangsit-Nakornnayok Rd. KM 7, Tambol Buengyeeto, Amphur Tanyaburi Phatumtanee | |
| 資本金 | 500 million bahts | |
| 業種 | Glass | |
| 主要製品名 | Glass bottles | |
| 年間生産高 | 40,000 t | |
| 従業員数 | 500人 | |
| 年間エネルギー使用量 | 電気 | 10,512,000 kWh |
| | 燃料 | Fuel oil 5,840 kl |
| | | Diesel oil 43.2 kl |
| | | LPG 840 t |
| 面談者 | Factory Manager Soknsong Kiratibotra, | |
| 診断日 | 9/2 ~ 3, 1982 | |
| 診断員 | M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

- 大手ガラスビンメーカー 5 社のうち第 2 位の企業であり、ドイツ Sorg 社の設計により 1979 年に建設された工場である。「ある程度近代的な工場と自負している」との工場長の言葉どおり、広大な敷地に整然と配置され、炉の断熱や計装も整った立派な工場である。
- 推定能力 150 t/d であるが、不況のため多量の在庫を抱え、100 ~ 120 t/d の生産を行っている。
全般的に管理もよく行われており、エネルギー原単位もすばらしい水準を示していた。
- カレットの使用割合は 50 ~ 60 % であり、製品歩留も 90 % 前後の値を示している。

2. 製造工程

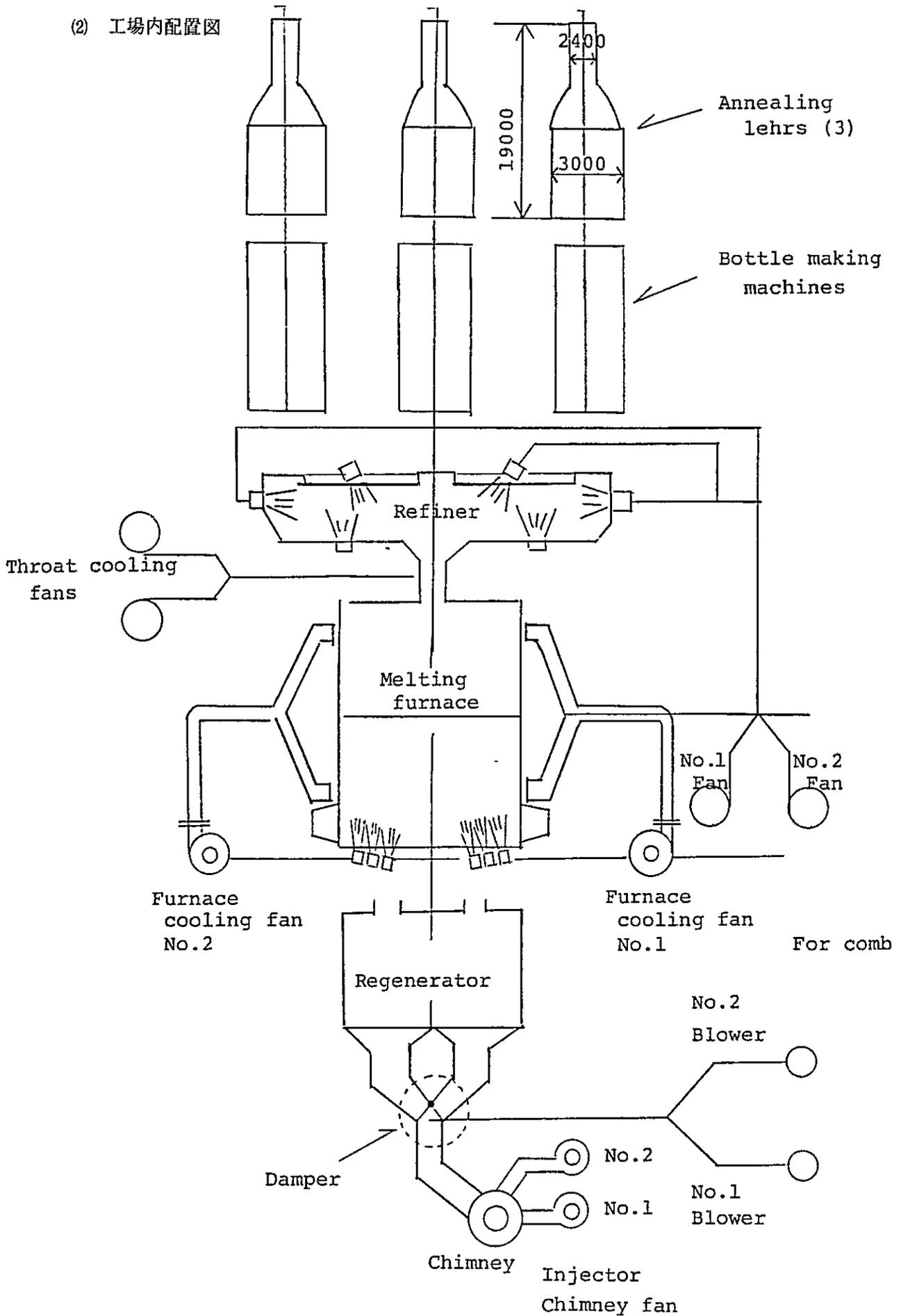


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

| 名 称 | 基数 | 型 式 等 |
|------------|----|--|
| 溶 解 炉 | 1 | エンドポート式タンク窯 重油加熱 1,300 kW ブースタ付 蓄熱式廃熱回収装置 (レジェネレータ) |
| リファイナ | 1 | LPG 加熱 |
| Forehearth | 3 | LPG 加熱 |
| 成 型 機 | 3 | |
| 徐 冷 炉 | 3 | 直接加熱熱風循環式 |
| コンプレッサ | 3 | 270 HP (1 基予備) |
| | 2 | 75 HP (1 基予備) |
| | 2 | 40 HP |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

- 月間のエネルギーコストは4～5百万Btに達するため、その低減に力を入れている。
エネルギー消費量は工程別に毎日記録され、原単位も算出されている。これらのデータは、Emhart社に送って解析してもらっており、原単位は世界的にも10位以内に入る成績となっているとのことであった。
- 組織も明確になっていて、電気担当、熱エネルギー担当、データ解析担当者が決められている。
- 従業員の意識高揚のため、工場長の呼びかけも行われており、節電ステッカーも壁にはられていた。
- スタッフは年2～3回研修会に派遣しているが、ワーカーに対する系統的な教育はなされていない。

5. 燃料の消費状況

- 燃料使用量は次のとおりであり、大半を占める重油は主に溶解炉で使用されている。

| | |
|--------|------------|
| 重油 | 5,840 Kl/y |
| ディーゼル油 | 43.2 Kl/y |
| LPG | 800 t/y |

- ガラス溶解量トン当り燃料消費量（燃料原単位）は117kg-Oil/tと極めて良好な値を示している。
- 溶解炉の熱勘定の結果は次表のとおりである。

溶解炉の熱勘定

| 入 熱 | | | 出 熱 | | |
|--------|------------------------------|------|-----------|----------------------------|------|
| 燃料の燃焼熱 | 1,106($\times 10^3$ kcal/t) | 100% | ガラス溶解熱 | 480($\times 10^3$ kcal/t) | 43% |
| | | | 排ガスの持ち去る熱 | 224 | 20 |
| | | | 放熱(溶解槽) | 97 | } 37 |
| | | | "(蓄熱室) | 104 | |
| | | | その他 | 201 | |
| 合計 | 1,106 | 100 | 合計 | 1,106 | 100 |

注1) 熱勘定計算諸元

| | | | |
|--------|-----------|---------|-------------|
| ガラス生産量 | 5.05 t/h | カレット使用量 | 55% |
| 重油消費量 | 111.5kg/t | ガラス溶解熱 | 480 kcal/kg |

| | | | |
|----------------------|---------------|--------|--------------------|
| 重油発熱量(低位) | 9,920 kcal/kg | 炉壁放散熱 | 後出 |
| 排ガス中O ₂ % | 2.1% | 溶解槽表面積 | 273 m ² |
| レジェネレータ出口排ガス温度 | 540℃ | 蓄熱室表面積 | 493 m ² |

注2) 熱勘定計算式

入 熱

- 重油消費量 111.5 kg/t-glass × 低位発熱量 (H_l) 9,920 kcal/kg = 1,106 × 10³ kcal/t-glass

出 熱

- ガラス溶解に必要な熱量
カレット使用量 55%, 溶解温度 1,550℃ のときのガラス溶解熱 480 kcal/kg
- 排ガスの持ち去る熱量
- レジェネレータ出口ガス量の推定 (Rosin の式による)

$$\text{理論空気量 (A}_0\text{)} = \frac{0.85 H_l}{1,000} + 2.0 = 10.43 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{理論排ガス量 (G}_0\text{)} = \frac{1.11 \times H_l}{1,000} = 11.01 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{空気比 } m = \frac{21}{21 - 2.1} = 1.11$$

$$\text{実際排ガス量} = G_0 + (m - 1) A_0 = 11.01 + (1.11 - 1) 10.43 = 12.16 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{ガラストン当り排ガス量} = 12.16 \times 111.5 = 1,356 \text{ Nm}^3/\text{t-glass}$$

$$\text{排ガスの熱量} = 1,356 \times 0.33 \times (540 - 40) = 223,700 \text{ kcal/t-glass}$$

• 放熱量

溶解槽

$$\text{放熱量 } 1,790 \text{ kcal/m}^2\text{h (at } 114^\circ\text{C)} \times 273 \text{ m}^2 = 488,670 \text{ kcal/h}$$

$$\text{ガラス溶解量 } 5.05 \text{ t/h}$$

$$\text{ガラストン当り放熱量 } 488,670 \div 5.05 = 96,800 \text{ kcal/t-glass}$$

レジェネレータ

$$\text{放熱量 } 1,200 \text{ kcal/m}^2\text{h (at } 69^\circ\text{C)} \times 439 \text{ m}^2 = 527,160 \text{ kcal/h}$$

$$\text{ガラストン当り放熱量 } 527,160 \div 5.05 = 104,300 \text{ kcal/t-glass}$$

6. 熱管理の問題点とその対策

(1) 空気比

排ガス中 O_2 は2.1%，空気比1.11と良好な値を示している。ただし，空気比制御の方法が排ガス中の O_2 を分析してフィードバックするのでなく，燃料とブローアからの空気量の比例制御によって行っている。しかし，燃焼に必要な空気はブローアからのみでなく，原料投入口等からの吸込空気によっても供給されるので，この方法では燃焼負荷が変化した時，正しい制御ができないことになる。

当日の数値でこの関係を示すと次表のようになる。

| 燃料量 (A) | 必要空気量 ($m=1.11$) | 開口部からの 吸引量 | ブローアで吹き 込むべき量 (B) | 比例調節計の 必要設定値 B/A |
|------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| kg/h | Nm ³ /h | Nm ³ /h | Nm ³ /h | |
| 400 | 4,632 | 1,647 | 2,985 | 7.46 |
| 500 | 5,790 | 1,647 | 4,143 | 8.29 |
| 600 | 6,948 | 1,647 | 5,301 | 8.84 |
| 700 | 8,106 | 1,647 | 6,459 | 9.23 |
| 800 | 9,264 | 1,647 | 7,617 | 9.52 |

すなわち，燃焼負荷の増加とともに設定値を上げるように基準を設けて調整してほしい。なお，煙道入口の O_2 ％が9％程度に増加しており，切り替えダンパーのシールから空気がもれているとみられる。レジェネレータ出口ガス温度のカーブが左右でやや異なるのは，このためかと思われる。リーク量は3,800 Nm³/h 近くあり，ブローア能力の35％にも達しているので負荷増加時には，空気不足を生ずるおそれがあるので，リーク量を時々監視する必要がある。

(2) 炉体放熱

溶解炉の表面温度及びヒートフラックスは次表のようになっている。

| 場 所 | 表面温度 ℃ | ヒートフラックス kcal/m ² h |
|------------------------|-----------|-----------------------------------|
| タンク窯側面 (バーナーからみて左側) | 110 | 1,630 |
| | 117 | 2,016 |
| | 115 | 1,720 |
| | 平均 | 1,790 |
| レジェネレータ上部側面 | 69 | 1,200 |

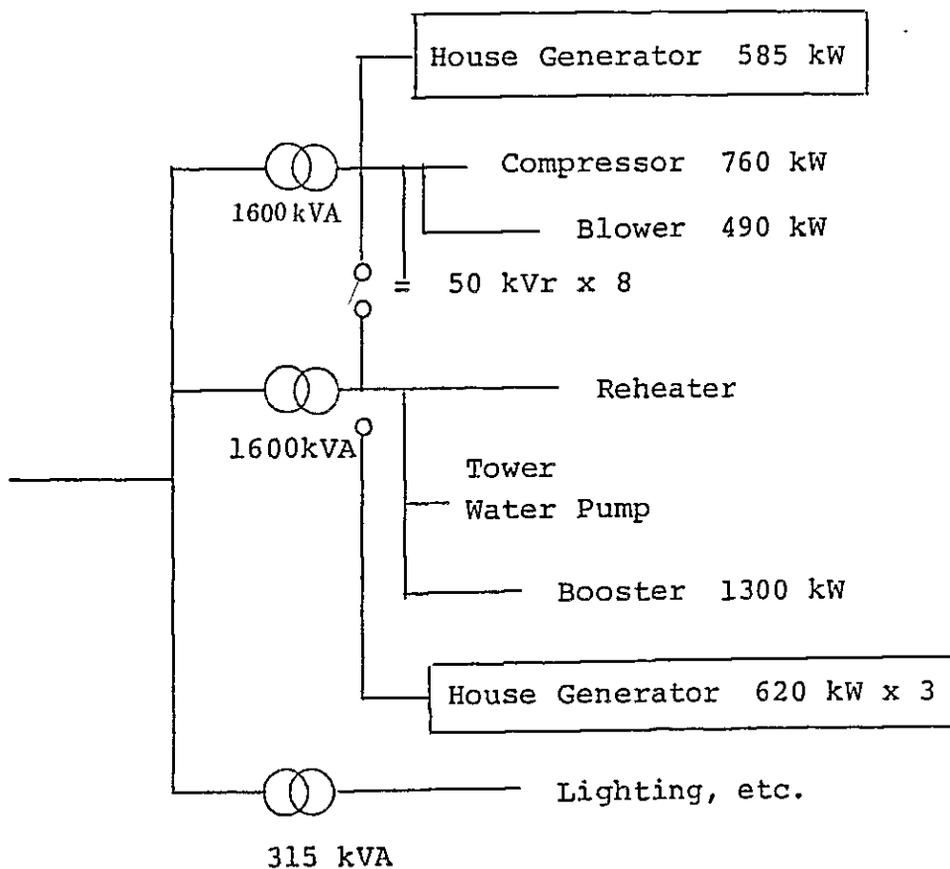
断熱の状況は一般に良好であるが、レジネレータへのダクト、レジネレータ等内部煉瓦に負担のかからない所では吹き付けによる断熱強化を検討されたい。

7. 電力の消費状況

(1) 電力消費に関する主要指標は次のとおり。

- ・電力会社 : PEA
- ・ピーク・デマンド : 2,500 kW
- ・使用電力量 : 1,054,244 kWh/m
- ・負荷率 : 58.6 %
- ・ペナルティ・フィ : なし
- ・力率 : 90 %
- ・トランス : 1,600 kVA 2台, 315 kVA 1台

(2) 配線系統図



受電設備は工場を中心の、負荷設備に近い位置にある。トランスは1,600 kVA 2基が独立に使用され、両トランスに対する負荷はだいたいバランスしていたが負荷率はいずれも50%以下であった。力率改善コンデンサも400 kVr 備えられ力率90%が保たれている。

また、自家発電装置のディーゼル発電機4基約2,500 kWが備えてあり、有事には2~3秒で稼働できるよう、よく手入がされていた。

工場の主要負荷はコンプレッサ450 kWとブロワー400 kWで、これらが約60%近くを占め、その力率は84%程度に保たれている。

照明用には別に315 kVAのトランスが設置され、工場内の照明とエアコンディショナの他諸施設及び社宅の電気を供給している。

工場入口から約500 mにわたって街路灯(250 W×28基)があり、工場構内には水銀灯(1,500 W×約20基)が設置されている。

工場建屋には昼光色蛍光灯が数多く使われている。また、エアコンディショナは約60セット、約100 kWが事務所、操作室、食堂などに設けられている。

8. 電力管理の問題点と対策

(1) ピークデマンドの管理

診断当日の電力負荷(1,441 kW)、操業状況からみてピークデマンド(2,500 kW)が過大と思われる。

当日は電力ブースタが停止していたが、この電力負荷も従来の実績からみて全体の26%、300~500 kW程度にとどまると推定されるので、これを含めてもなお500 kW位ピークデマンドが過大である。従ってピークデマンドを適切に管理し、負荷率の改善をはかればその分だけ電力料金(基本料金)の節減が可能になる。

その方法は、まず主要電力設備の同時稼働をできるだけ回避するよう月間生産計画や生産工程を改善することである。

また、予め電力負荷をその重要度に応じてランク付けしたリストを作成しておき、全体の電力負荷が管理基準値をこえる場合には、リストに従って可能なものから設備の運転を停止することも有効かもしれない。

(2) コンデンサ

力率改善用のコンデンサ(400 kVr)のコンデンサ容器が過熱している。

通風を改善して、コンデンサ容器の放熱を促進するとともに電圧を定格電圧以下に保つことが必要である。

(3) モーターの稼動状況

モーターの稼動状況は次表のとおりで、大部分は良好な運転状態であった。

| 機 器 | 容 量 A | 当日負荷測定値 B | 力 率 | B/A |
|-------------------|-----------------|-----------|------|------|
| コンプレッサ | 270 HP (202) kW | 186 kW | 85% | 92% |
| ” | 270 (202) | 181 | 87 | 90 |
| ” | 75 (55) | 51 | 89 | 93 |
| クーリングファン | 150 (110) | 78 | } 92 | 71 |
| ” | 150 (110) | 81 | | 74 |
| ” | 150 (110) | 83 | | 75 |
| ” | 75 (55) | 40 | | 73 |
| throat fan | 25 (19) | 15 | | 79 |
| インジェクタ | 50 (37) | 27 | | 73 |
| クーリング ウォーターポンプ | 60 (45) | 44 | | 98 |
| Reheater #1 | 47.5 kW | 19 | } 60 | } 42 |
| ” #2 | 47.5 | 22 | | |
| ” #3 | 47.5 | 19 | | |

(4) 照 明

工場入口に至る道路に設けられた街路灯(蛍光水銀灯 250 W×28基)は数が多すぎるので、その一部を消灯して省エネルギーをはかることが可能と思われる。また、工場構内に設けられた水銀灯(1,500 W×20基)は、省エネルギー型ランプに変更することが望ましい。

これによって、約7%の電力節減が可能になる。

$$\{(250 \times 28) + (1,500 \times 20)\} \times 0.07 \times 10 \text{ h/d} \times 360 \text{ d/y} = 9,300 \text{ kWh/y}$$

$$9,300 \text{ kWh} \times 1.995 \text{ Bt/kWh} = 18,600 \text{ Bt/y}$$

なお、不要の電灯をこまめに消灯するとともに、蛍光灯では安定器で電力が消費されるので必ずスイッチで消灯することが必要である。

(5) エアークンディショナ

工場全体で約60セット(合計容量約100 kW)のエアークンディショナがある。

空調負荷を節減するためには空調設定温度を少しあげ、運転時間を決めるなど、具体的な目標をたてて管理するとともに、壁、窓、ドアの断熱強化、室内から熱の発生源をとり除くことが必要である。

こうした方法により、約2%の電力節減ができる。

$$100 \text{ kW} \times 0.02 \times 10 \text{ h/d} \times 360 \text{ d/y} = 7,200 \text{ kWh/y}$$

$$7,200 \text{ kWh/y} \times 1.995 \text{ Bt/kWh} = 14,000 \text{ Bt/y}$$

9. まとめ

エネルギー消費状況は良好である。照明や空調についてさらにこまめな省エネルギーをばかれば、次のような節減が期待できよう。

| | | |
|---------------------|------------|-------|
| 照明灯数の削減と高効率型ランプへの変更 | 9,300 kWh | |
| 空調管理の強化 | 7,200 kWh | |
| | <hr/> | |
| 計 | 16,500 kWh | 0.1 % |

2. SAMUTPRAKARN GLASS INDUSTRY CO., LTD

1. 工場の概要

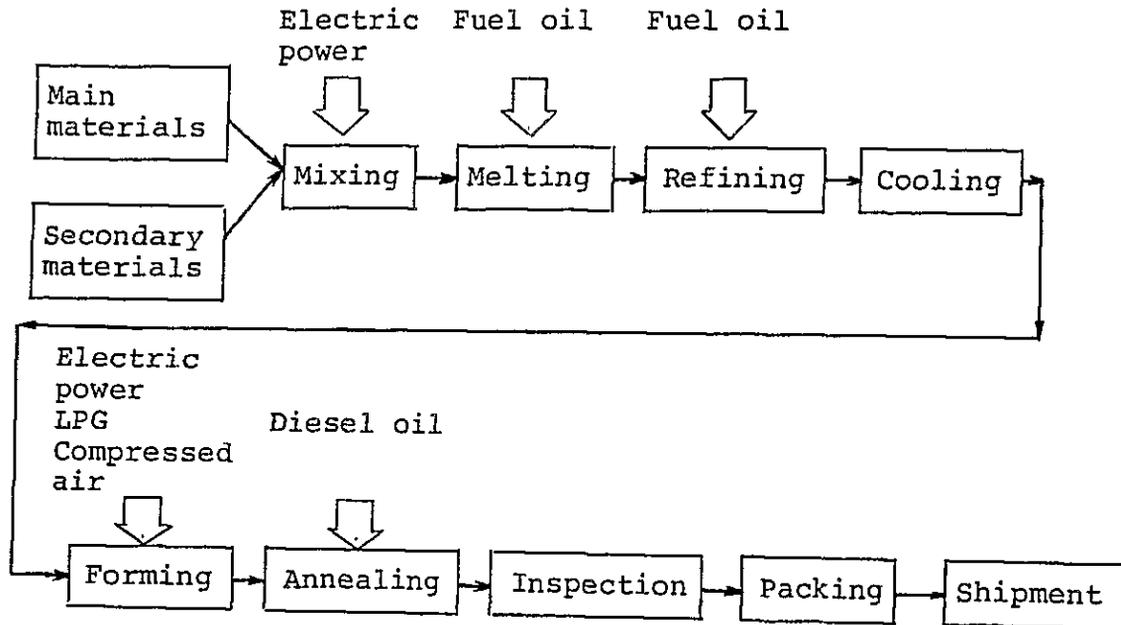
| | | |
|----------------|---|---------------------------|
| 所在地 | 7/1 Moo 7 SOI, Sukapibal 16, Poochaosamingpral Rd., PHRA Pradaeng, Samutprakarn | |
| 資本金 | 70 million bahts | |
| 業種 | Glass | |
| 主要製品名 | Vials and bottles | |
| 生産高 | 41 t/d | |
| 従業員数 | 198人 | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 3,960,000 kWh |
| | 燃料 | Fuel oil 2,500 ~ 3,500 kl |
| | | Diësel oil 335 kl |
| 面談者 | deputy managing director S. Taison | |
| 診断日 診断員 | 8/31~9/1, 1982 M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

- バンコク市の中心から東南へ車で約1時間の所にある近代的なガラス工場で、1978年から操業を開始し日本の山村ガラス㈱と技術提携をしてドリンク剤の瓶を製造している。
- この工場では燃料費の製造原価に対する比率が34%を占めるため、エネルギーの合理的使用は製造コスト引下げのために不可欠の要因であることを十分認識しており、経営者の省エネルギーに対する関心は非常に強い。

今回の診断調査に対する工場側の期待は大きく、指摘を受けた問題については予算の許す限り実施して改善の効果を挙げたいとのことであった。

- 現在の生産は41 t/d、全従業員198名が常備である。
- カレットの使用割合は80%と高い。製品の不良率は20~25%とやや多い。
- これまで省エネルギー対策として実施したことは、「溶解炉出入口部分の断熱強化」であるが、去年取り付けたばかりで炉材への影響などは未だ明らかではないとのことである。
- なお大部分の機械設備及び煉瓦などは日本製であり、生産管理にも日本的手法が多く採り入れられている。溶解炉は2基保有しているが、不況のため1基は休止中である。

2. 製造工程

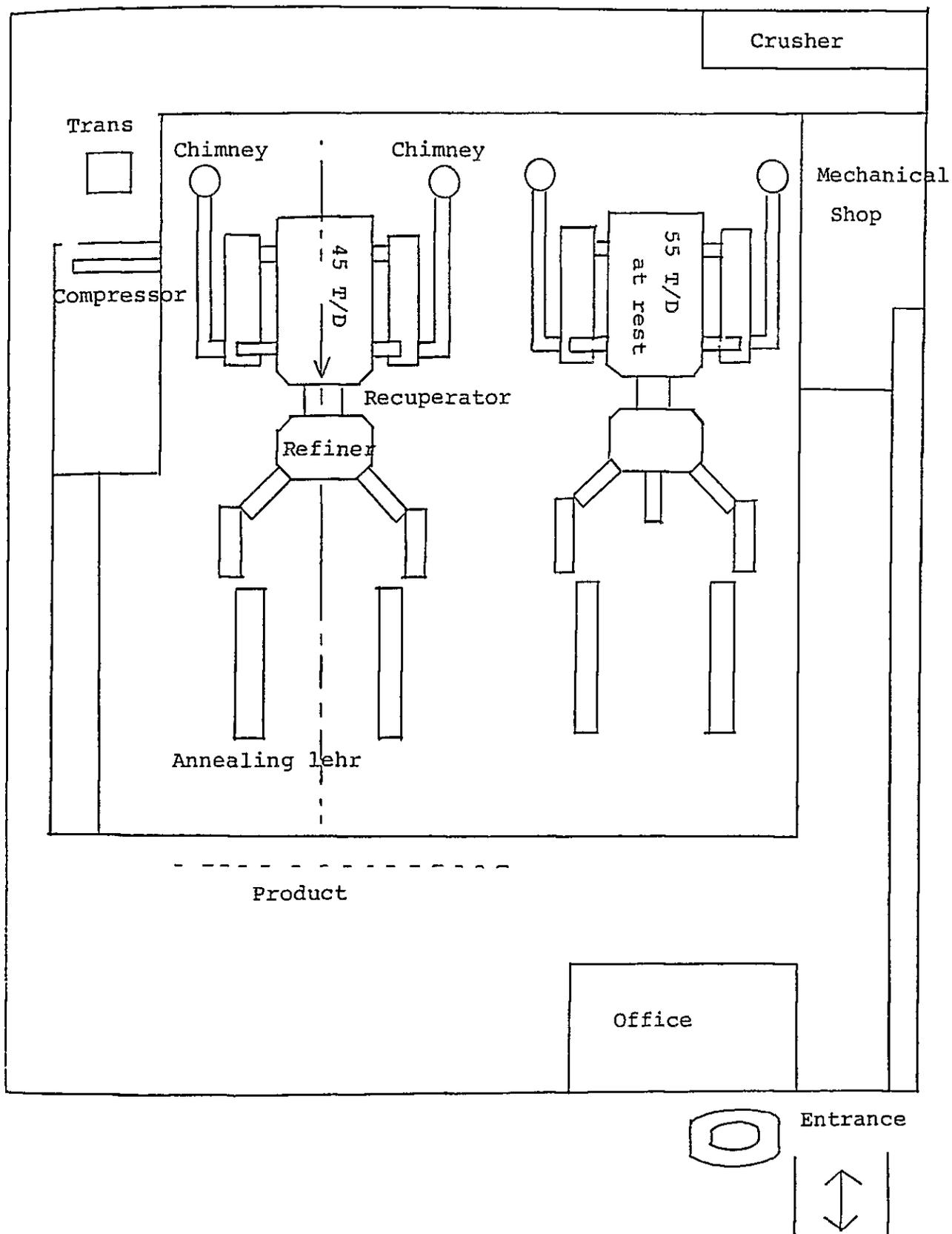


3. 主要設備の概要

(i) 主要設備

| 名 称 | 基 数 | 型 式 等 |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 溶 解 炉 | 1 (45 t/d) 1 (55 t/d) 休止中 | タンク窯 重油加熱 セラミックレキュペレータ 2基 |
| 清 澄 窯 | 2 (内1基) 休止中 | 重油加熱 |
| Fore Hearth | 4 (内2基) 休止中 | |
| 成 型 機 | 4 (内2基) 休止中 | |
| 徐 冷 炉 | 4 (内2基) 休止中 | ディーゼル油加熱 |

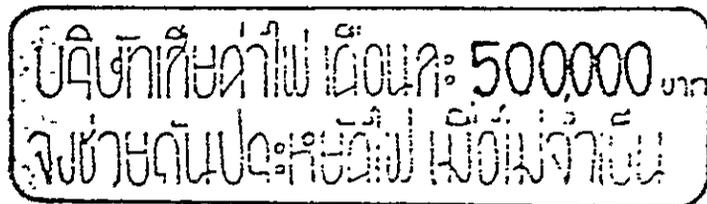
(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

- 燃料の使用量及びガラス溶解量トン当りの燃料消費量(燃料原単位)は、毎日チェックしている。
る。
- 燃料原単位は以前 250~260 l/tであったが、現在は210~220 l/tまで下ってきている。
しかしこの数字に満足しているわけではなく、なんとか改善したい意向である。
- 省エネルギーについてのミーティングは毎月2回定期的に実施している。その内訳は、
工場別に 月 1回
会社全体として 月 1回
である。また改善提案制度を導入しており、採用した分について、その度毎に報奨を出すことはしていないが、年末の評価の際に考慮されるようになっている。
- 従業員教育としては次のことを行っている。
 - (1) 社内教育
 - (2) 幹部には社外研修(保養所を利用して教育)と外国留学を実施している。
- また、次のようなステッカーを利用して、従業員の意識の高揚に努めている。

いま、電気代に月
50万パーツ払っ
ています



- 業界の各社が集まって、省エネルギー対策について協議を行ったことがありますか、という質問に対する回答は、『以前には大手メーカー4社が集まってエネルギー問題などについて協議を行ったことがある。技術者同士の話ではある程度うまくいったが、ビジネスの問題が入って来ると結局成功しなかった』ということであった。

5. 燃料の消費状況

- 燃料使用量は、
重油 2,500~3,500 kl/y
ディーゼル油 355 kl/y

であり、溶解用には重油、徐冷用には重油とディーゼル油を混合したもの(LDO)を、フィーダーにはLPG及びLDOを使用していた。

- 溶解炉の熱勘定の結果は、次表のとおりであり、排ガスによる熱損失と、放射伝熱による熱損失を合せて、全体熱量の約75%が失われていると推定される。

溶解炉の熱勘定

| 入 熱 | | | 出 熱 | | |
|--------|-------------------------|-------|---------------|-------------------------|-------|
| | ×10 ³ kcal/t | % | | ×10 ³ kcal/t | % |
| 燃料の燃焼熱 | 1,918.0 | 100.0 | ガラスの溶解熱 | 444.0 | 23.2 |
| | | | 排ガスの持ち去る熱 | 514.6 | 26.8 |
| | | | 放射・伝導その他による損失 | 959.4 | 50.0 |
| 合 計 | 1,918.0 | 100.0 | 合 計 | 1,918.0 | 100.0 |

注1) 熱勘定計算諸元

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| ガラス溶解量 | 1.71 t/h |
| 重油消費量 | 342 kg/h (357 l/h) |
| 重油発熱量(低位) | 9,590 kcal/kg |
| 排ガス中 O ₂ % レキュペレータ入口 | 2.1 % |
| “ レキュペレータ出口 | 8.6 % |
| レキュペレータ入口排ガス温度 | 1,320 ℃ |
| “ 出口排ガス温度 | 480 ℃ |
| カレット使用量 | 80 % |
| ガラス溶解熱 | 444 kcal/kg |
| レキュペレータ出口予熱空気温度 | 520 ℃ |

注2) 熱勘定計算式

入熱

- 重油消費量 200 kg/t-glass × 低位発熱量 (H_l) 9,590 kcal/kg

$$= 1,918 \times 10^3 \text{ kcal/t-glass}$$

出熱

● ガラス溶解に必要な熱量

カレット使用量 80%, 溶解温度 1,400 ℃ のときのガラス溶解熱 444 kcal/kg

● 排ガスの持ち去る熱量

レキュペレータ出口排ガス量の推定 (Rosin の式による)

$$\text{理論空気量 (A}_0\text{)} = \frac{0.85 \times H_l}{1,000} + 2.0 = 10.15 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{理論排ガス量 (G}_0\text{)} = \frac{1.11 \times H_l}{1,000} = 10.64 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{空気比 } m = \frac{21}{21 - 8.6} = 1.69$$

$$\text{実際排ガス量} = G_0 + (m - 1)A_0 = 10.64 + (1.69 - 1)10.15 = 17.64 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{ガラストン当り排ガス量} = 17.64 \times 200 = 3,528 \text{ Nm}^3/\text{t-glass}$$

$$\text{排ガスの熱量} = 3,528 \times 0.33 \times (480 - 38) = 514,600 \text{ kcal/t-glass}$$

6. 熱管理の問題点とその対策

(1) レキュペレータ内の空気漏洩

燃焼排ガス中のO₂%をレキュペレータ入口及び出口で測定した結果を見ると、入口2.1%と比べ出口では8.6%と大きく増加している。

この結果から、レキュペレータ内で空気が排ガス側に洩れていることが推定できる。

いまレキュペレータ入口及び出口の排ガス量を算出して比較し、洩れ空気量を計算すると、

$$\text{漏洩空気量} = \left(\begin{array}{c} \text{レキュペレータ} \\ \text{出口排ガス量} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{レキュペレータ} \\ \text{入口排ガス量} \end{array} \right)$$

| | 燃焼排ガス中 O ₂ % | 空気比 m | 燃焼ガス量 Nm ³ /kg-Oil |
|-----------|----------------------------|----------|----------------------------------|
| レキュペレータ入口 | 2.1 | 1.12 | 11.83 |
| レキュペレータ出口 | 8.6 | 1.69 | 17.60 |

従ってレキュペレータ内で空気側から排ガス中へ漏洩した空気の量は、

$$(17.60 - 11.83) \text{ Nm}^3/\text{kg} \times 342 \text{ kg/h} = 1,973 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

となる。

この空気がレキュペレータの中のどの部分で逃げているか分からないので、リークがない時の条件の計算はできない。

仮に、必要空気量の75%がレキュペレータを通過すると考えると、

$$10.15 \times 1.12 \times 0.75 \times 342 = 2,916 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

であり、設計どおりの650℃になっていた時に比べて、

$$2,916 \times (650 - 520) \times 0.31 = 117,500 \text{ kcal/h}$$

燃料換算12 kg/h(燃料使用量に対して3.6%)入熱が減っていることになる。

また必要空気量2,916 Nm³/hに対して、リーク量が1,973 Nm³/hと68%に達しており、ブローの押し込み量は必要量の1.68倍を要することになり、ブローの能力不足を生ずるおそれがある。煙突から薄い黒煙が見られたので、空気不足になっているようにみられる。

レキュベレータの修理は作業中は不可能なので、炉圧調整で二次空気の量を加減するようにしてはどうかと考える。

(2) 溶解炉壁面の断熱強化

炉壁表面温度は、

長手方向の側面温度 平均 215 ℃

炉底表面温度 平均 294 ℃

放熱損失は、

側面 対流損失 1,420 + 放射損失 2,082 = 3,502 kcal/m²h

底面 対流損失 1,536 + 放射損失 4,132 = 5,668 kcal/m²h

となっている。

いま側壁の70%及び底面にセラミックファイバ（25mm厚、λ = 0.25）を張付けた場合の損失減を求めると、

$$\text{側面 現在の熱抵抗 } \frac{1,400 - 215}{R} = 3,502 \quad R = 0.338$$

$$\text{断熱強化後の熱抵抗 } R' = 0.338 + \frac{0.025}{0.25} = 0.438$$

$$\text{放熱損失 } \frac{1,400 - 38}{0.438 + \frac{1}{20}} = 2,791 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{断熱材と煉瓦の境界温度 } \frac{1,400 - x}{0.338} = 2,791 \quad x = 456 \text{ ℃}$$

$$\text{断熱材表面温度 } \frac{1,400 - x}{0.438} = 2,791 \quad x = 178 \text{ ℃}$$

$$\text{放熱損失減 } (3,502 - 2,791) \times 24.8 \text{ m}^2 = 17,633 \text{ kcal/h}$$

$$\text{重油換算 } \frac{17,633}{9,590} = 1.8 \text{ kg/h}$$

$$\text{底面 現在の熱抵抗 } \frac{1,400 - 294}{R} = 5,668 \quad R = 0.195$$

$$\text{断熱強化後の熱抵抗 } R' = 0.195 + \frac{0.025}{0.25} = 0.295$$

$$\text{放熱損失 } \frac{1,400 - 38}{0.295 + \frac{1}{20}} = 3,948 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$\text{断熱材と煉瓦の境界温度 } \frac{1,400 - x}{0.195} = 3,948 \quad x = 630 \text{ ℃}$$

$$\text{断熱材表面温度 } \frac{1,400 - x}{0.295} = 3,948 \quad x = 235 \text{ ℃}$$

$$\text{放熱損失減 } (5,668 - 3,948) \times 31.4 \text{ m}^2 = 54,008 \text{ kcal/h}$$

重油換算 $\frac{54,008}{9,590} = 5.6 \text{ kg/h}$

重油節減効果は、合計 $1.8 + 5.6 = 7.4 \text{ kg/h} \rightarrow 64.8 \text{ kl/y}$ で重油使用量の 2% に当る。

節減金額 287,000 Bt/y に対し、施工費は概略 120,000 パーツとみられ、短期間での資金回収が可能である。

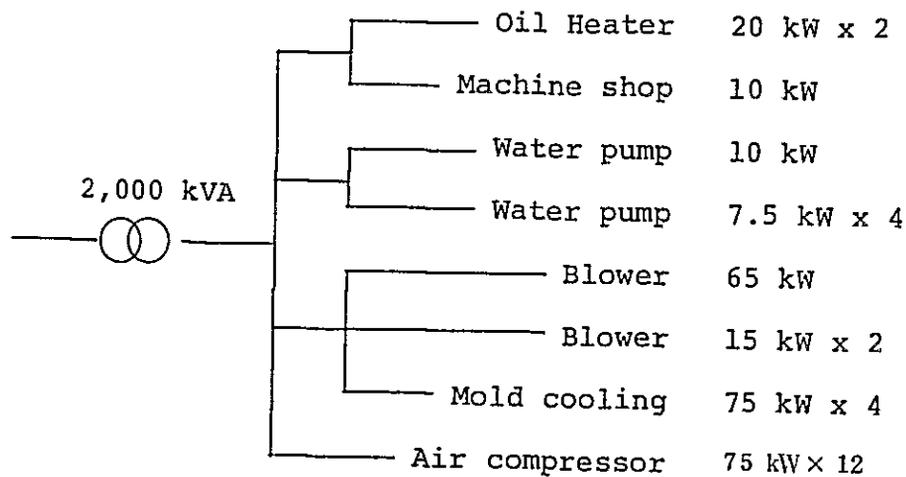
ただし、内部の煉瓦温度が上昇するので、材質を考慮しながら断熱を進められたい。

7. 電力の消費状況

(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

| | |
|-----------|-----------------|
| ・電力会社 | : PEA |
| ・ピーク・デマンド | : 500 kW |
| ・使用電力量 | : 296,000 kWh/m |
| ・負荷率 | : 85.6 % |
| ・ペナルティ・フィ | : 315 kVr |
| ・力率 | : 62.8 % |
| ・トランス | : 2,000 kVA |

(2) 配線系統図



8. 電力管理の問題点と対策

ガラス溶解炉 2 基に見合う電気設備が設けられている。現在、溶解炉 1 基が休止中なのでその分だけ電気設備が過剰になっており、必要以上に運転されている設備もあった。

(1) トランス

- a. 測定した負荷は約 800 kVA (480 + j 620) であるのに対し、現在のトランス容量 2,000 kVA は大きすぎる。

溶解炉 1 基の休止が長期に亘るものであるならば、トランス容量を 1,000 kVA 1 台に変更することが望ましい。

この場合には、1,000 kVA トランス 1 台の無負荷損に相当する電力が節約できる。すなわち、

$$1,000 \text{ kVA} \times (1 - 0.985) \times 0.2 \times 8,640 \text{ h/y} = 25,900 \text{ kWh/y}$$

となり、

$$25,900 \text{ kWh/y} \times 1.61 \text{ Bt/kWh} = 41,000 \text{ Bt/y}$$

の節約となる。

- b. トランスの二次電圧を測定した結果、405V (モーター端子でも 391 ~ 398 V) であり高い。

トランスのタップ替えを行い、二次電圧を正常な 380 V にするとトランスの損失が減少するとともに、モーター等の力率が 3 ~ 5 % 改善される。

この場合、トランスの損失の減少分は

$$2,000 \text{ kVA} \times (1 - 0.986) \times 0.2 \left[\left(\frac{405}{390} \right)^2 - 1 \right] \times 8,640 \text{ h/y} = 2,400 \text{ kWh/y}$$

$$2,400 \text{ kWh/y} \times 1.61 \text{ Bt/kWh} = 3,900 \text{ Bt/y}$$

となる。

なお、受電盤の計器は 380 V を指示していたので、計器の調整をする必要がある。

(2) コンプレッサ

コンプレッサ用電力は、全体の約 53 % を占めており、この部門での省エネルギーが肝要である。

- a. 運転中の 75 kW のコンプレッサ 5 台の負荷は実測の結果、全体で 256 kW (256 + j 247) であり、1 台当りの負荷率もすべて 70 % 以下 (平均約 68 %) と低位にとどまっている。

このため力率も低い。

これを改善するためには、コンプレッサの稼働台数を減らし、1 台当り負荷率を高めることが望ましい。

稼働台数を 4 台に減らし、それぞれをフルロードで運転したとすると、その容量は合計

で 300 kW (75 kW × 4) となり、これで現在の負荷に十分見合うものとなる。こうすることによりコンプレッサ 1 台分の無負荷損が減る。

実際の運転に当っては、3 台をフルロードで運転し、残り 1 台をバルブ調整することにより負荷変動に対応するとよい。

一般に負荷変動に対応するには、小容量のコンプレッサを使うことが有利である。

上記のとおり、コンプレッサを 1 台停止することによる電力損失の節減量は、年間約 42,000 kWh と見込まれる。

$$75 \text{ kW} \times (1 - 0.935) \times 8,640 \text{ h/y} = 42,120 \text{ kWh/y}$$

$$42,120 \text{ kWh/y} \times 1.61 \text{ Bt/kWh} = 67,813 \text{ Bt/y}$$

更に、残りの 4 台のコンプレッサの力率は実測の 68% から約 84% に向上し、負荷は 256 + j247 から 256 + j165 となるが、これによりトランスの損失は次のように減少する。

(なお、トランスは 1,000 kVA に変更した場合とする)

$$1,000 \times 0.015 \times 0.8 \times \left\{ \left(\frac{572}{1,520} \right)^2 - \left(\frac{463}{1,520} \right)^2 \right\} \times 8,640 = 5,000 \text{ kWh/y}$$

$$5,000 \text{ kWh/y} \times 1.61 \text{ Bt/kWh} = 8,200 \text{ Bt/y}$$

また、ペナルティ・フィは 82 kVr (= 247 - 165) の分が軽減される。

$$82 \text{ kVr} \times 15 \text{ Bt/kVr} \times 12 \text{ m/y} = 14,700 \text{ Bt/y}$$

となる。

b. コンプレッサの空気取入口が工場内の上部の高温部に設けてあった。

一般にコンプレッサの所要電力は、吸引側の空気の圧力と空気量に比例し、空気量は取り入れ空気温度 T に比例する。従って圧縮動力を P とすると、

$$P = K \times T \quad (\text{ただし、} K \text{ は比例定数})$$

となる。

このため、コンプレッサ空気吸入口の位置を変更して、極力冷えた空気を取り入れるようにすることが望ましい。もし取り入れ空気温度を 35℃ から 25℃ に 10℃ 下げたとすると、圧縮所要動力の低減率 ΔP は、

$$\Delta P = \frac{P - P'}{P} = \frac{(273 + 35) - (273 + 25)}{273 + 35} = 0.032$$

となり、電力節減量は、

$$256 \text{ kW} \times 0.032 \times 8,640 \text{ h/y} = 71,000 \text{ kWh/y}$$

であり、

$$71,000 \text{ kWh/y} \times 1.61 \text{ Bt/kWh} = 114,000 \text{ Bt/y}$$

となる。

この他に圧縮空気の漏洩をよく点検するとともに、使用圧力を少しでも下げるよう検討することが省エネルギー上有効である。

(3) ブロワー

稼動中のMold Cooling fan 75kW×2台と Exhaust fan 5.6 kW×2台の負荷が著しく小さかった。

前者の負荷は 45.9 kW (45.9 + j68) で定格容量の 31%，後者は 2.7 kW (2.7 + j6.6) で定格容量の 24%であった。

Mold Cooling fan の容量を半減して 37.5 kW にすれば、負荷率は 70% 程度に向上できる。電動機損失は 75 kW のときは $75 \times 0.1 \times 0.7 = 5.25 \text{ kW}$ 。35 kW にしたときは、 $37.5 \times 0.12 \times 0.85 = 3.83 \text{ kW}$ と推定される。よって両者の差が電力節減分となる。

すなわち、

$$(5.25 - 3.83) \times 2 \text{ 台} \times 8,640 \text{ h/y} = 24,600 \text{ kWh/y}$$

となり、

$$24,600 \text{ kWh/y} \times 1.61 \text{ Bt/kWh} = 39,600 \text{ Bt/y}$$

となる。

次に 2 台の Exhaust fan のうち負荷の軽い方の 1 台を止めると実測値での 1.08 kW 分が節減される。すなわち、

$$1.08 \text{ kW} \times 8,640 \text{ h/y} = 9,300 \text{ kWh/y}$$

となり、

$$9,300 \times 1.61 \text{ Bt/kWh} = 145,000 \text{ Bt/y}$$

となる。この Exhaust fan は測定日に 1 台停止してみたが、操業には何等異常は発生しなかった。

9. ま と め

以上の対策が、すべて実施された場合の効果は下表のようになる。

| 項 目 | | 節 減 可 能 量 | % |
|------------------|------|---------------|-------|
| 炉体断熱の強化 | 重油 | 65 kl/y | 2.0 |
| トランス容量減 | 電力 | 25,900 kWh/y | } 5.1 |
| トランス二次電圧調整 | 電力 | 2,400 kWh/y | |
| コンプレッサ1台停止 | 電力 | 47,120 kWh/y | |
| コンプレッサ吸入口変更 | 電力 | 71,000 kWh/y | |
| クーリングファンの小型化 | 電力 | 24,600 kWh/y | |
| Exhaust fan 1台停止 | 電力 | 9,300 kWh/y | |
| | 電力小計 | 180,320 kWh/y | |

3. THAI NEUTRAL GLASS INDUSTRIES CO., LTD.

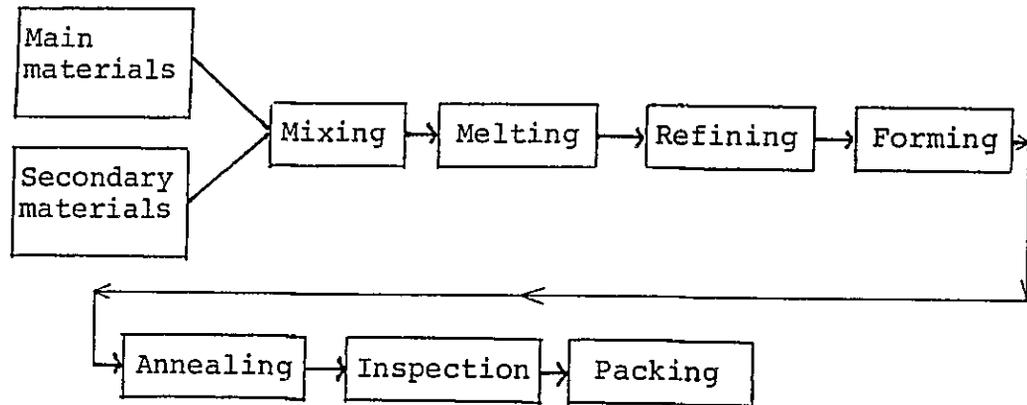
1. 工場の概要

| | | |
|----------------|--|----------------------|
| 所在地 | 67/1 SOI 58 Kasemsuk, Phetkasem Rd., Bangkok 16, Thailand | |
| 資本金 | 4 million bahts | |
| 業種 | Glass | |
| 主要製品名 | Glass dishes and bowls | |
| 年間生産高 | 10 t/d | |
| 従業員数 | 60人 | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 54,240 kWh/m |
| | 燃料 | Fuel oil 1,620 kl/y |
| | | Diesel oil, 324 kl/y |
| 面談者 | Managing Director Somsak Chanudomphorn | |
| 診断日 診断員 | 8/20 ~ 21, 1982 M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

- 工場はバンコクから南西へ車で約1時間、ハイウエーから側道に入った工場団地の一角にある。
- 同社は約1年間操業を中止していたが約2カ月前から生産を再開した。
設備能力は20 t/dであるが、現在の生産量は10 t/d程度である。
- 社長は、ガラス製造に30年の経験を有し『再開に当って自らの設計で炉を改修した。エネルギー消費は炉の設計で決まるので他工場より良くなっている筈と考えている。主要製品はコップ及び皿などであるが、問題は不良率の高いことで現在約40%のものを20%程度まで減らすことが当面の課題である』とのことである。
また社長は、溶解炉の省エネルギーに関する海外情報を取りよせ自ら研究するだけでなく、海外の工場を視察するなど技術の向上に熱心である。
- 2カ月前の生産再開後は生産品目をそれまでの注射筒や薬ビンからコップ、皿に転換したがまだ日が浅く、新しい製品の製造については十分な自信がもてない状況である。
- 従業員は全部で60人。20人ずつ3交代で作業している。
製品価格は3年前から上昇しておらず、エネルギー価格の上昇は収益を圧迫している。概算すると売上げに対するエネルギー費の比率は30%にも達すると推定される。

ガラス・メーカー間の競争が激しいため、エネルギー費の上昇分を製品価格に転嫁できないこともあって、省エネルギーのための設備投資をする余裕はない。

2. 製造工程

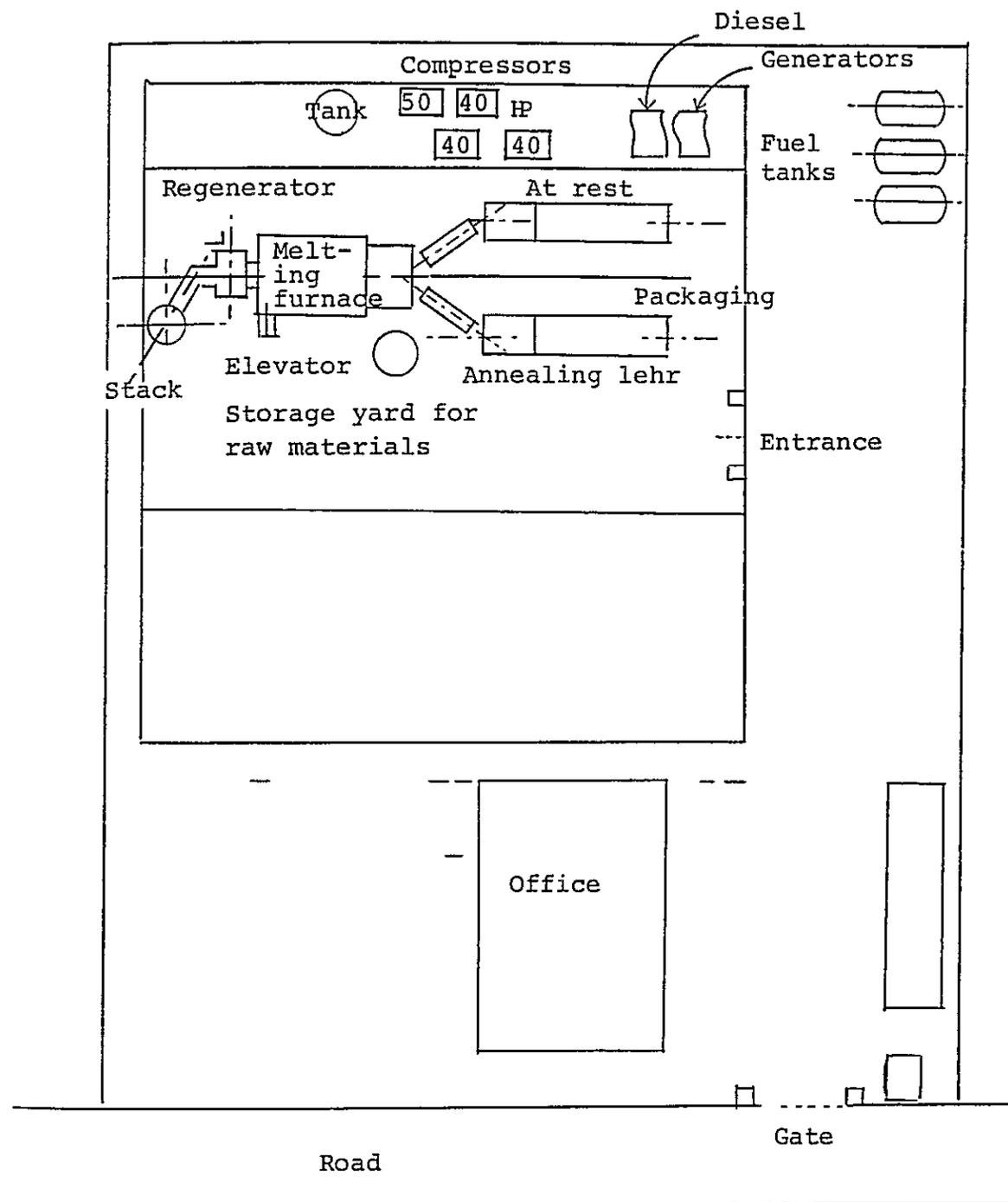


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

| 名 称 | 基 数 | 型 式 等 |
|--------|-------------------|------------------------|
| 溶 解 炉 | 1 | エンドポート型, 20t/d 重油加熱 |
| 排熱回収装置 | 1 | リジェネレータ |
| 徐 冷 炉 | 2 (内1基 休止中) | ラジアント型 ディーゼル油加熱 |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

社長1人で技術全般を取りしきっている状況である。燃料や電力の消費量についても、特に毎日調べているわけでないが、成績の良否は経験的に判断できるとしている。従って、生産条件とエネルギー消費についての計数的な検討はされていない。

従業員に対するの教育も特に行ってはならず、不用電灯の消灯などを指示している程度にとどまっている。

5. 燃料の消費状況

○燃料使用量は次のとおり。

| | | |
|--------|------------|-----|
| 重油 | 1,620 kl/y | 溶解用 |
| ディーゼル油 | 324 kl/y | 徐冷用 |

ガラス溶解量に対する燃料消費量の割合（エネルギー原単位）は原料処理量が15～17 t/d、重油使用量が4,200 l/dであるから262.5 l/tとなっている。一般に100 t/d程度の炉のエネルギー原単位は120～140 l/t程度となっており、この工場では小型のためと排ガス損失が多いため高い値となっている。

○溶解炉の熱勘定の結果は次表のとおり。

溶解炉の熱勘定

| 入 熱 | | | 出 熱 | | |
|---------------|-------------------------|-----|---------------|-------------------------|-----|
| | ×10 ³ kcal/t | % | | ×10 ³ kcal/t | % |
| 重油を燃焼して得られる熱量 | 2,392 | 100 | ガラス溶解に必要な熱量 | 500 | 21 |
| | | | 排ガスの持ち去る熱量 | 817 | 34 |
| | | | 溶解窯の炉壁から逃げる熱量 | 676 | 28 |
| | | | その他 | 399 | 17 |
| 合 計 | 2,392 | 100 | 合 計 | 2,392 | 100 |

注1) 熱勘定計算諸元

| | |
|-------------|----------------------|
| ガラス溶解量 | 0.667 t/h |
| 重油消費量 | 164.5 kg/h (比重 0.94) |
| 重油低位発熱量(HL) | 9,700 kcal/kg |
| カレット添加率 | 40%～50% |
| 溶解温度 | 1,520 ℃ |

| | |
|----------------------|----------------------|
| ガラス溶解熱量 | 500 kcal/kg |
| リジェネータ 出口排ガス温度 | 550 ℃ |
| 排ガス中O ₂ % | 9.5 % |
| 炉壁面積(上面) | 16.64 m ² |
| ” (側面) | 33.60 m ² |
| ” (下面) | 16.64 m ² |

注2) 熱勘定計算式

入熱

• 重油消費量 $246.6 \text{ kg-Oil/t-glass} \times 9,700 \text{ kcal/kg-Oil} = 2,392,000 \text{ kcal/t-glass}$

出熱

• ガラス溶解に必要な熱量

カレット添加率40%, 溶解温度1,500℃のとき 500 kcal/kg

• 排ガスの持ち去る熱量

$$\text{理論空気量 } (A_0) = \frac{0.85 H \ell}{1,000} + 2.0 = 10.2 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{理論排ガス量 } (G_0) = \frac{1.11 H \ell}{1,000} = 10.8 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{空気比 } (m) = \frac{21}{21 - O_2} = 1.83$$

$$\text{実際排ガス量} = G_0 + (m-1) A_0 = 19.3 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{排ガスの持ち去る熱量} = 19.3 \times 246.6 \times (550 - 30) \times 0.33 = 816,710 \text{ kcal/t}$$

• 放熱損失熱量 Q

溶解炉・炉壁表面温度は第1図のようになっているので300℃として計算する。

(a) 輻射による損失熱 Q_R

$$\begin{aligned} Q_R &= 4.88 \epsilon_1 A_1 \left\{ \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right\} \\ &= 4.88 \times 0.9 \times 66.8 \times \left\{ \left(\frac{300 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{30 + 273}{100} \right)^4 \right\} \\ &= 291,750 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

(b) 対流による損失熱 Q_C

$$\text{上向き水平面の熱伝達率 } \delta_1 = 2.8 \times \Delta t^{0.25} = 11.35 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\text{下向き水平面の熱伝達率 } \delta_2 = 1.5 \times \Delta t^{0.25} = 6.08 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

垂直面の熱伝達率 $\delta_3 = 2.2 \times d^{0.25} = 8.92 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

上面からの損失熱 Q_{C1}

下面からの損失熱 Q_{C2}

側壁面からの損失熱 Q_{C3}

とおくと,

$$Q_{C1} = 11.35 \times 16.64 \times (300 - 30) = 50,993 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{C2} = 6.08 \times 16.64 \times (300 - 30) = 27,316 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{C3} = 8.92 \times 33.60 \times (300 - 30) = 80,922 \text{ kcal/h}$$

$$\text{合計 } Q_C = 159,231 \text{ kcal/h}$$

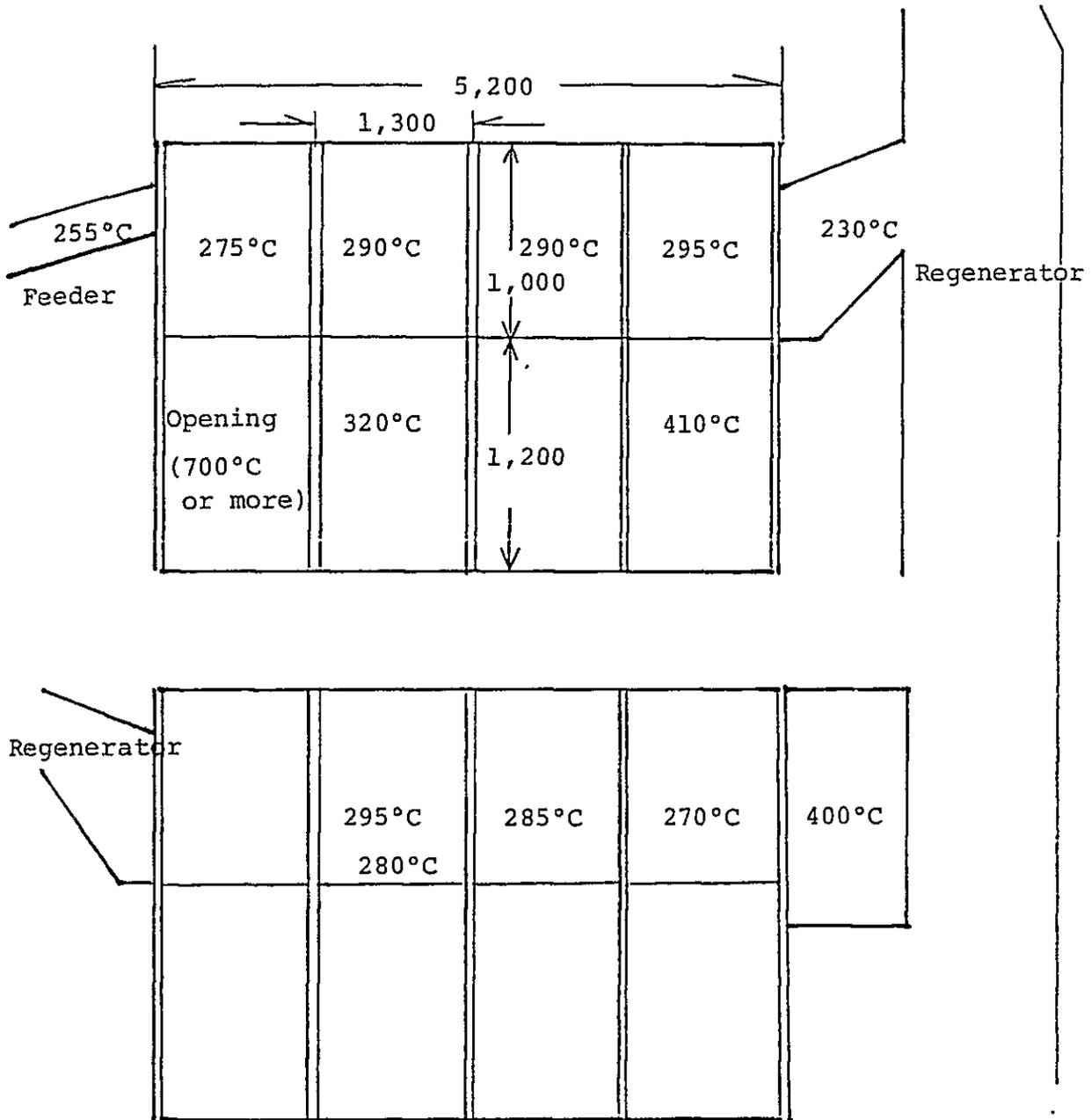
(c) 合計 放熱損失熱量

$$Q = Q_R + Q_C = 450,981 \text{ kcal/h}$$

(d) ガラス 1 トン当りの溶解炉放散熱量は,

$$\frac{450,981 \text{ kcal/h}}{0.667 \text{ t/h}} = 676,000 \text{ kcal/t-glass}$$

第1図 溶解炉の壁面温度



6. 熱管理の問題点とその対策

(1) 空気比

ガラス溶解炉の排ガスの酸素分析をした結果は、リジェネレータ底部で $O_2 = 9.5\%$

$$\text{空気比} = \frac{21}{21 - 9.5} = 1.83$$

となっている。

すなわち実際の空気量が、理論的必要量の1.8倍と非常に多くなっている。余分な空気を炉内に入れることは、火炎温度を低下させるとともに、排ガスに逃げる熱量も増加させることになり、熱効率を大きく低下させることになる。

空気比を適正にするためには、

- (a) 炉内圧力が過度にマイナスにならないようにダンパーの開度を調節する。炉内の圧力がプラスかマイナスかは原料装入口などの煙の流れ、又は気流の状態から容易に判断することができる。
- (b) 炉壁煉瓦の目地に詰めものをして冷たい空気の侵入を防止する。
- (c) 原料装入口など開口部の面積を必要最小限とし、必要時以外は閉めて空気を吸込まないようにする。
- (d) 燃料霧化の良いバーナーを用い空気量を絞ることが必要である。

空気比 (m) を改善して、測定時の 1.83 から 1.5 又は 1.3 としたときの効果は、次表のようになる。

| 空気比 | 1.5 のとき | 1.3 のとき |
|--------------|---------|---------|
| 燃料節約率 % | 8.4 | 12.6 |
| 燃料節約量 kl /y | 128.8 | 193.0 |
| 燃料節約金額 Bt /y | 605,360 | 907,840 |

改善効果の計算

$$\text{排ガス量 } G_0 + (m-1) A_0$$

$$m = 1.83 \text{ のとき } 10.8 + (1.83 - 1) 10.2 = 19.3 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$m = 1.5 \text{ のとき } 10.8 + (1.5 - 1) 10.2 = 15.9 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$m = 1.3 \text{ のとき } 10.8 + (1.3 - 1) 10.2 = 13.9 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

有効熱及び固定熱損失の計を A ,

燃料量をそれぞれ x_0, x_1, x_2 とすると、

$$m = 1.83 \text{ のとき } 9,700 x_0 = A + 19.3 \times (550 - 30) \times 0.33 x_0$$

$$m = 1.5 \text{ のとき } 9,700 x_1 = A + 15.9 \times (550 - 30) \times 0.33 x_1$$

$$m = 1.3 \text{ のとき } 9,700 x_2 = A + 13.9 \times (550 - 30) \times 0.33 x_2$$

これを解くと、節減量が上表のように算出される。

(2) 溶解炉側壁の断熱強化

耐火物に高級なものを使用しているので、液面部以外は更に断熱を強化することが望ましい。

側壁の70%及び底面に25mm程度のセラミックファイバを張って、表面温度を240℃程度に低下させれば、

| | | 改善前 | 改善後 | 放熱減 |
|----|---------------------|-----------------------------|-------|---------------|
| 側面 | 14.6 m ² | 6,776 kcal/m ² h | 4,541 | 32,631 kcal/h |
| 底面 | 16.6 m ² | 6,010 | 4,186 | 30,278 |
| 計 | 39.0 m ² | | | 62,909 |

これは、重油換算 6.5 kg/h で、使用量の4%に相当する。

$$\text{コスト節減は } 6.5 \times 365 \times 24 \times \frac{1}{0.94} \times 4.7 = 284,700 \text{ Bt/y}$$

断熱強化のための費用は、40,000 パーツ程度とみられるから、資金は短期間に回収できる。

ただし、現在の壁の表面が断熱材でカバーされて700℃近くに上昇するので、内部煉瓦の浸食の少ない部分から順次改善を進めるようにされたい。

蓄熱室については、耐火物の問題が少なく、日本でも断熱を強化している例が多い。断熱強化の検討を望む。

(3) 徐冷炉

徐冷炉のオイルバーナーは取り付け状態が悪く、バーナータイルに炎が当たっている。そして一つのバーナーでは、空気を過剰に入れ過ぎて炎が吹き飛んでいた。

この炉には煙道がなく、上部から放炎している。

空気予熱器を取り付けて排熱を回収するか(架台の改造が必要)、直接加熱式に改造すれば燃料の節約が可能である。成型後のガラスの持つ熱を利用し、徐冷炉に侵入する空気を防げば、熱量はほとんど要らないものである。

冷却部前半の保温は上半部保温材の脱落しているところがあり、正しい冷却曲線に乗らないおそれがある。徐冷炉出口のコンベア末端部に製品落下防止受皿を設けること。

(4) その他

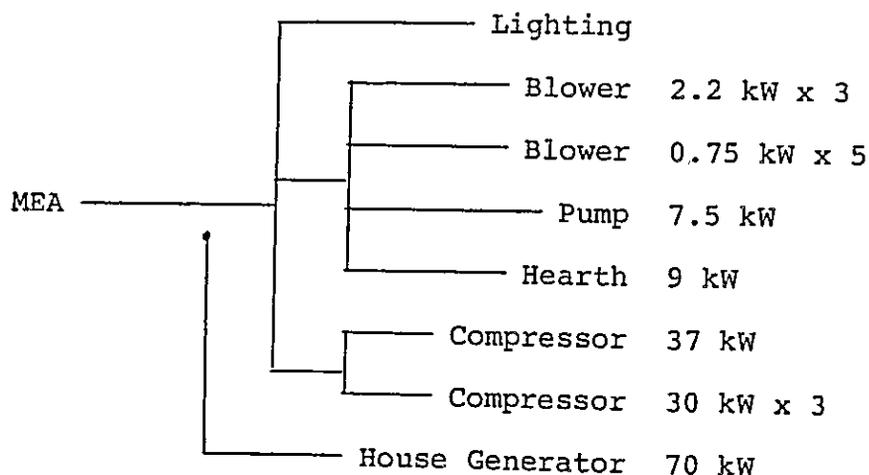
- a. ロなまし用の LPG-O₂ バーナーは不要時消火するか、炎を小さくするようにする（O₂バーナーでなく、高圧空気バーナーでもよいのではないと思われる）。
- b. コンプレッサ室の床を整備し油汚れを無くする。
配管には支柱を立てて振動を防止する。
- c. コンプレッサなどのベルト類への安全カバーやステーキング，ラダーへの手摺，ファンの安全カバーの取り付けは，作業安全対策として必要である。

7. 電力の消費状況

(1) 電力消費に関する主要指標は次のとおり。

| | |
|-----------|----------------|
| ・電力会社 | : MEA |
| ・ピーク・デマンド | : 112 kW |
| ・使用電力量 | : 54,240 kWh/m |
| ・負荷率 | : 69.2 % |
| ・ペナルティ・フィ | : 15 kVr |
| ・力率 | : 81 % |
| ・トランス | : なし |

(2) 配線系統図



8. 電力管理の問題点とその対策

(1) 力率

電気料金票中のペナルティ・フィ 15kVr とピーク・デマンド 112 kWから逆算すると力率は 81 %でやや低い。

(2) コンプレッサ

4台が並列運転されていて、そのうち50 HPのコンプレッサの負荷は26 kW(30 kVA)で定格の71%、40 HPの1台は17 kW(18 kVA)で定格の57%、もう1台も大体同じ程度であったが、残りの1台は無負荷に近い状態で運転されていた。また4台を合計した負荷も軽かった。

コンプレッサは大型機を極力フルロードとして、小型機1台で変動負荷に対応するのがよい。

この負荷調整は、おのおののコンプレッサにつけられた圧力弁の調整によって行う。

ここではまず3台の負荷を95%程度にし、これで圧力を保ち得れば、残る1台を止める。しかし更に軽負荷になった場合は、3台のうち1台を負荷調整に用いる。

このように負荷分担を変え40 HP 1台を止めれば、 $\sqrt{3} \times 380 \text{ V} \times 24 \text{ A} \times 0.55 = 8.7 \text{ kW}$ の電力節減となり、年間節減量は75,000 kWh/y、金額として109,500 Bt/yになる。また無効電力が11 kVr/m少なくなることから、ペナルティ・フィが無くなるので2,000 Bt/yが節約される。

次に、コンプレッサ4台共に振動が激しくベルトが切れているものもあった。空気パイプも振動していた。これ等に対しては、振動を止め、ベルトは正しく取り付けるように補修して安全運転と稼働時間の向上を計るようにしてほしい。

電源の各線電流値は175 Aから198 Aであり、違いが大きい。これにより振動が発生したり電源電圧の不均衡を招くおそれがある。負荷のとり方を検討して平衡するようにすること。

(3) 照明, その他

不要灯のつけっぱなしや、作業員用のクーリングファンが人がいない時でも回りっぱなしになっていたが、従業員が常に心掛けて自ら消すように指導していただきたい。

9. ま と め

以上の対策を実施することによる効果は、下表のとおりである。

| 項 目 | | 節減可能量 | % |
|--------------------|----|--------------|----|
| 空気比の改善 | 重油 | 193 kl/y | 12 |
| 溶解炉側壁の 断熱強化 | 重油 | 61 kl/y | 4 |
| コンプレッサ 40 HP 停止 | 電力 | 75,000 kWh/y | 12 |

4. ASIA GLASSWARE CO., LTD.

1. 工場の概要

| | | |
|----------------|---|-------------------|
| 所在地 | 72 Suksawat Rd. Soi Wat Kun k Tombol Bangku, Prapadang, Samutprakarn | |
| 資本金 | 3 million bahts | |
| 業種 | Glass | |
| 主要製品名 | Glass products | |
| 年間生産高 | 1460 t | |
| 従業員数 | 120人 | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 18,800 kWh/m |
| | | Fuel oil A 948 kl |
| | 燃料 | Diesel oil 263 kl |
| | | LPG 40 kl |
| 面談者 | Factory Manager Tesnirunprasert Engineer Sawai | |
| 診断日 員 | 8/26 ~ 27, 1982 M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

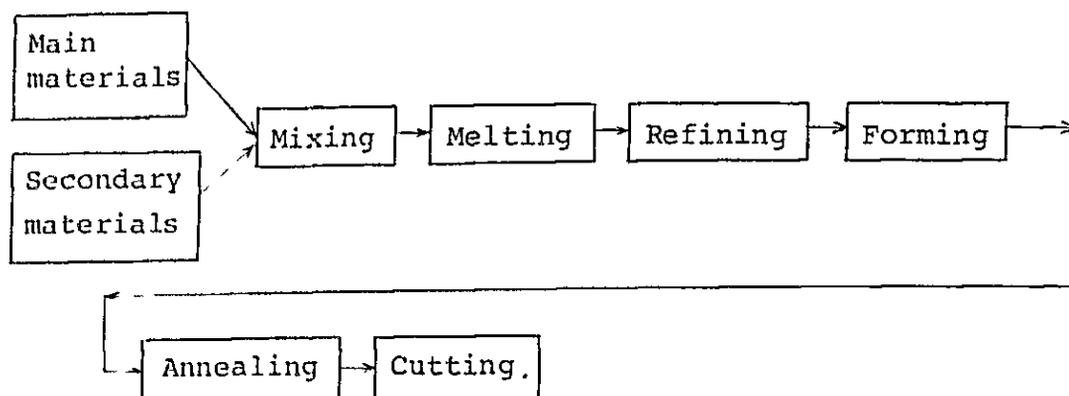
- 工場はバンコクの中心から南へ車で約40分のところにある。
- 工場ができた当時の溶解炉は、ドイツの Sorg 社設計によるものであったが、1982年3月に自社技術で改修した。

この時、生産能力を縮小(19 t/dから10 t/dへ)したが、レキュペレータはそのまま、オイルバーナーは2本のうち1本をそのまま使用した。

- 従業員は120名である。成型作業はすべて手作業で、広い工場の中央に位置する溶解炉のまわりに大勢の従業員が集まり、ガラス玉を吹いている。
- 現在の生産は4~6 t/dで、1日16時間操業であるが、午前0時~8時の間は保熱している。製品の歩留は80%とのことであるが泡が完全に除去できず、透明度の高い良品質のコップが生産できないことが問題になっている。

従って、経営者の関心は、目下のところ製品の品質向上に集中しており省エネルギー対策に関しては、これからといった状態である。

2. 製造工程

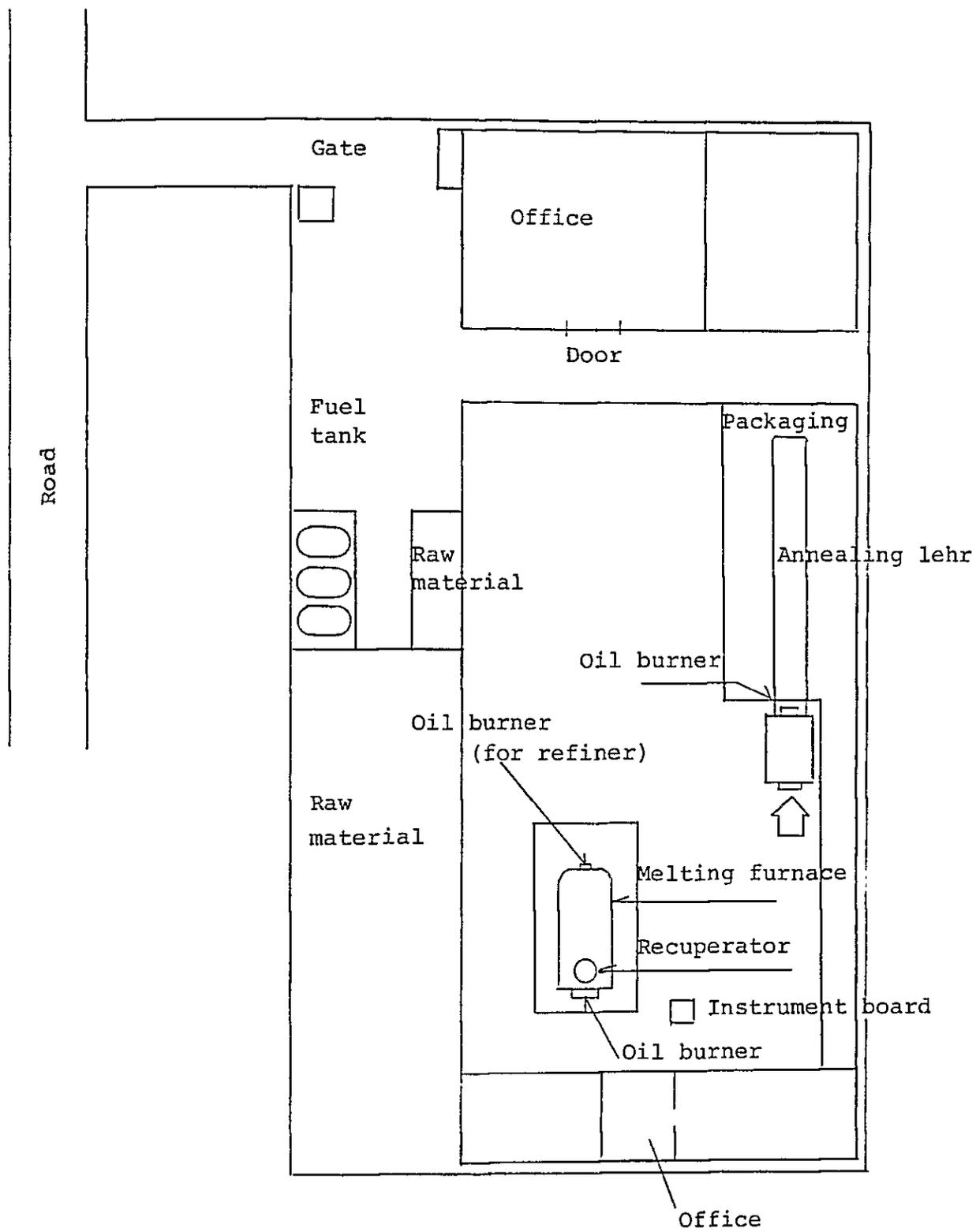


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

| 名 称 | 基 数 | 型 式 等 |
|--------|-----|-------------------------|
| 溶 解 炉 | 1 | エンドポート型, 10 t/d 重油燃焼 |
| リファイナ | 1 | |
| 排熱回収装置 | 1 | レキュペレータ (金属製空気予熱器) |
| 徐 冷 炉 | 1 | ラジアント型 |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

- 省エネルギー目標の設定は特に行っていない。

燃料使用量の測定記録は毎日1回実施しているが、原単位の把握などデータの解析やエネルギー関係の原価計算は特にやっていない。

- 工場内に省エネルギー推進のための組織、制度はなく、従業員への教育やPRも実施していない。

技術者が1人いて、毎日の操業状況や、エネルギー消費量を克明にノートに記入していた。このエンジニア1人にすべてを頼っている状況である。

5. 燃料の消費状況

- 年間 948 kl の重油と 263 kl のディーゼル油、40 kl の LPG を使用しており、燃料の大部分は溶解用の重油である。溶解炉に設計上の問題があり種々調節した結果、現在はレキュベレータのダンパーや、リファイナ煙道を極端に絞ってプラス圧とした変則的な操作がなされている。また、溶解炉の火炎の一部をリファイナにもまわして、その温度維持に使用している。
- また、1日のうち8時間操業を休み、保熱しているため、生産量に比べ多量の燃料が消費されている。

燃料原単位

$$\frac{2,596 \text{ l/d} + (720 \text{ l/d} \times 10,770/10,239)}{5.76 \text{ t/d}} = 582 \text{ l/t}$$

- 溶解炉とリファイナの熱勘定の結果は次表のとおりで、熱効率は8.7%と低位にとどまっている。

注 2) 熱勘定計算式

入熱

- ・ 燃料の燃焼熱量

溶解炉 $10,239 \text{ kcal/kg} \times 2,531 \text{ kg/d} = 25,914,909 \text{ kcal/d}$

リファイナ $17,770 \text{ kcal/kg} \times 612 \text{ kg/d} = 6,591,240 \text{ kcal/d}$

合 計 $32,506,149 \text{ kcal/d}$

出熱

- ・ ガラス溶解熱量 $490 \text{ kcal/kg} \times 5,760 \text{ kg/d} = 2,822,400 \text{ kcal/d}$

- ・ 排ガス損失熱量

| | | A 重油 | ディーゼル油 |
|---------|------------------------------|------|--------|
| 理論空気量 | $A_0 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ | 10.7 | 11.2 |
| 理論燃焼ガス量 | $G_0 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ | 11.4 | 12.0 |
| 実際燃焼ガス量 | $G \text{ Nm}^3/\text{kg}$ | 11.6 | 14.2 |
| 空気比 | m | 1.02 | 1.2 |

溶解炉の排ガス損失熱 Q_{E1}

$$Q_{E1} = 11.6 \text{ Nm}^3/\text{kg} \times 2,531 \text{ kg/d} \times (672 - 33) \text{ }^\circ\text{C} \times 0.33 \text{ kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 6,191,059 \text{ kcal/d}$$

リファイナの排ガス損失熱 Q_{E2}

$$Q_{E2} = 14.2 \text{ Nm}^3/\text{kg} \times 612 \text{ kg/d} \times (1,400 - 33) \text{ }^\circ\text{C} \times 0.33 \text{ kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 3,920,326 \text{ kcal/d}$$

リファイナ排ガス温度 1,400 $^\circ\text{C}$ とする。

$$Q_{E1} + Q_{E2} = 10,111,385 \text{ kcal/d}$$

。炉壁放散損失熱量

(a) 対流による損失熱

| 位 置 | α kcal/m ² h °C | t °C | Δt °C | A m ² | $Q = \alpha \Delta t A$ kcal/h |
|-----------|--------------------------------------|---------|------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 本 体 側 面 | 9.75 | 380 | 347 | 17.93 | 60,662 |
| " 上 面 | 12.40 | 420 | 387 | 7.08 | 33,976 |
| " 下 面 | 6.65 | 360 | 327 | 7.08 | 15,396 |
| スタック 側 面 | 8.1 | 220 | 187 | 15 | 22,720 |
| " 上 面 | 10.5 | 230 | 197 | 3 | 6,206 |
| " 下 面 | 5.4 | 200 | 167 | 2.3 | 2,074 |
| レキュペレータ側面 | 7.9 | 200 | 167 | 23 | 30,344 |
| 合 計 | | | | | 171,378 |

(b) 輻射による損失熱

$$\epsilon = 0.9$$

| 位 置 | 表面温度 °C | T ₁ °K | T ₂ °K | A m ² | $Q = 4,884 \epsilon A \left\{ \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right\}$ kcal/h |
|-----------|------------|----------------------|----------------------|---------------------|---|
| 本 体 側 面 | 380 | 653 | 306 | 17.93 | 136,392 |
| " 上 面 | 420 | 693 | 306 | 7.08 | 69,048 |
| " 下 面 | 360 | 633 | 306 | 7.08 | 47,236 |
| スタック 側 面 | 220 | 493 | 306 | 15 | 33,168 |
| " 上 面 | 230 | 503 | 306 | 3 | 9,285 |
| " 下 面 | 200 | 473 | 306 | 2.3 | 4,174 |
| レキュペレータ側面 | 200 | 473 | 306 | 23.0 | 41,741 |
| 合 計 | | | | | 341,044 |

$$a) + b) \quad 512,422 \text{ kcal/h} \times 24 \text{ h} = 12,298,128 \text{ kcal/d}$$

6. 熱管理の問題点とその対策

(1) 燃焼の改善

溶解炉出口の排ガス中O₂は0.4%で空気不足の状態になっている。炉内の火炎が黄色で不透明になっていること、レキュペレータ下部のダクトにカーボンが堆積することからも、不完全燃焼になっていることが裏付けられる。

ガラスの泡切れ不良はガラス温度が低いために起こることも多く、燃料が不完全燃焼してい

るため、十分な熱量がガラスに伝えられていないことが原因の一つとみられる。

バーナーへの供給空気量を増加すること。レキュペレータのダンパーをもっと開いて炉圧を下げる必要がある(この時、レキュペレータ入口温度が上り過ぎるようなら、煉瓦を一部抜いて空気を吸いこませレキュペレータを保護すること)。

溶解炉室容量の縮小を行っているが、溶解炉室容量 10m³、燃焼室負荷 300,000kcal/m³h とすると、燃焼可能量は、293 kg/h であり、炉室容量は十分にある。

ただ仮に、150 kg/h の燃料を一つのバーナーで燃す場合、炎の長さは、

$$L = \frac{1,500,000 \text{ kcal/h}}{413,000 \times 0.8} = 4.5 \text{ m}$$

(ただし、413,000 はバーナー型式による係数、0.8 は燃料の種類による係数)

となり、現在の炉室の長さでは不十分である。現在リファイナまで炎がのびているのもそのため、従ってガラスのヒートパターンも正常になり難い。これを解決するにはバーナーを2本に分割するか、短炎の高負荷バーナー(例-ボルテックスバーナー)に取り替える。この場合は炉体の一部を改造して、火災安定のための燃焼室を設ける必要がある。この場合の経費は、30万パーツ程度必要とみられるが、10%程度の燃料節減は可能とみられる。

(2) 電気ブースタの取り付け

このように熱効率の悪い炉の場合、むしろ電気ブースタを取り付ける方が運転も容易でエネルギー効率が向上する。これは、炉内に電極を入れ、直接ガラスに通電して加熱するもので、電熱分のみについては80%程度の熱効率が期待できる。タイ国を始め東南アジア各国でも実例は多く、炉を冷さなくても取り付けは可能である。費用は100万パーツ程度必要となろう。

品質面の問題を解決するには、上記の二つの対策のいずれかをとる必要があり、同時に省エネルギーにもなる。

(3) 溶解炉の断熱強化

現在の炉本体表面温度は平均して390℃であり、熱損失は、

対流による熱損失 3,362 kcal/m²h

放射による熱損失 7,874 kcal/m²h

合 計 11,236 kcal/m²h

$$\text{炉壁の熱抵抗} \quad 11,236 = \frac{1,500 - 390}{R} \quad \therefore R = 0.099$$

これにセラミックファイバブランケット（厚 25mm, $\lambda = 0.25$ ）を張付けると、熱抵抗は、

$$0.099 + \frac{0.025}{0.25} = 0.199$$

に増加する。室温 33°C とすると、

$$\frac{1,500 - 33}{0.199 + \frac{1}{30}} = 6,323 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

に放熱が減る。この時、張付けた境界温度は、

$$\frac{1,500 - x}{0.099} = 6,323 \quad x = 874 \text{ }^\circ\text{C}$$

表面温度は、

$$\frac{1,500 - x}{0.199} = 6,323 \quad x = 242 \text{ }^\circ\text{C}$$

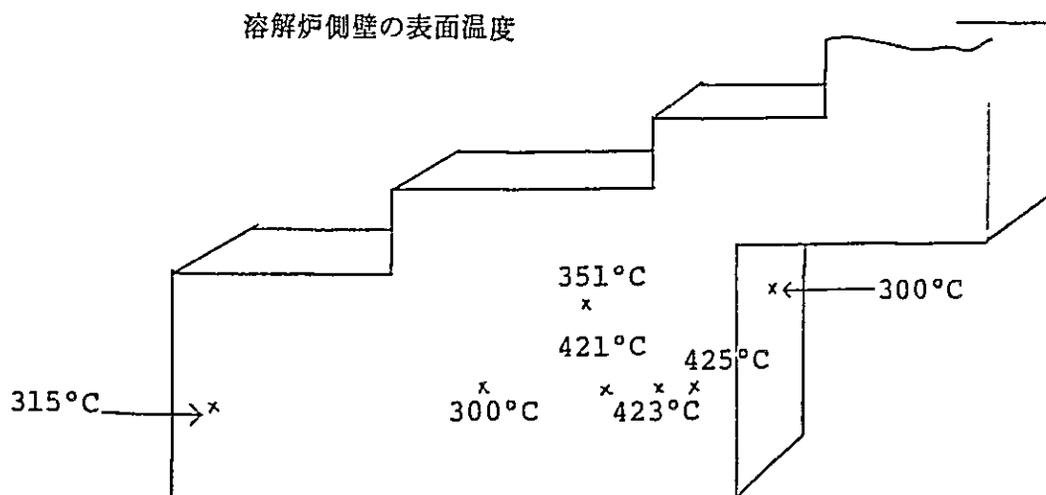
放熱損失減は、

$$(11,236 - 6,323 \text{ kcal/m}^2\text{h}) \times 32 \text{ m}^2 = 157,216 \text{ kcal/h}$$

重油換算 $\frac{157,216}{10,240} = 15.4 \text{ kg/h}$

$$15.4 \times \frac{1}{0.975} \times 24 \times 365 = 138 \text{ kl/y}$$

であり、年間使用量の15%の節減が可能である。

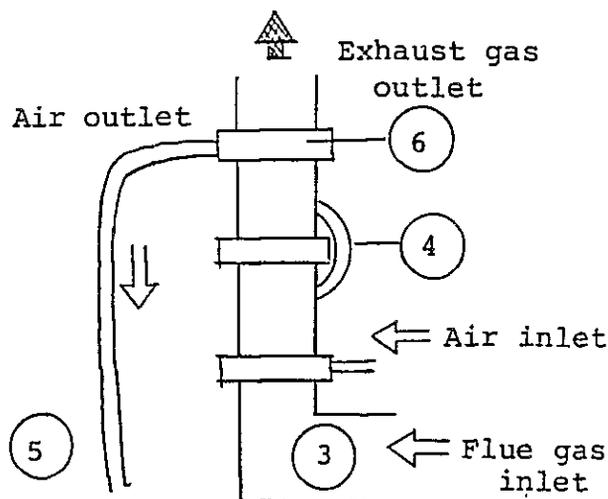


断熱強化の費用は60,000パーツ以下とみられるので、短期間での資金回収は可能である。ただし、上記のように内部煉瓦の温度が上昇するので、煉瓦寿命に注意しながら実施を進められたい。

(4) レキュベレータの熱空気ダクトの保温改善

図はレキュベレータ部分の測定記録であるが、熱空気の温度降下が著しく大きいので断熱保温状況の改善が必要と思われる。

| 測定位置No | 温度 |
|--------------|--------|
| 1 リファイナリー温度 | 1,250℃ |
| 2 溶解炉内温度 | 1,493 |
| 3 燃焼ガス入口温度 | 1,373 |
| 4 予熱空気温度(中間) | 505 |
| 5 同 (ダクト途中) | 398 |
| 6 排ガス出口温度 | 672 |



(5) その他

a. リファイナ用バーナーの熱焼空気の予熱については、燃焼排ガスからの熱回収あるいは溶解炉上部の熱空気の吸収使用が有効である。

後者の場合、年間でディーゼル油16kl程度の節減が可能と思われる。

b. 溶解炉と徐冷炉の間の距離が長いため、吹き上り製品を運搬する途中で放熱損失が発生している。

将来、工場のレイアウトを再検討する際の課題であろう。

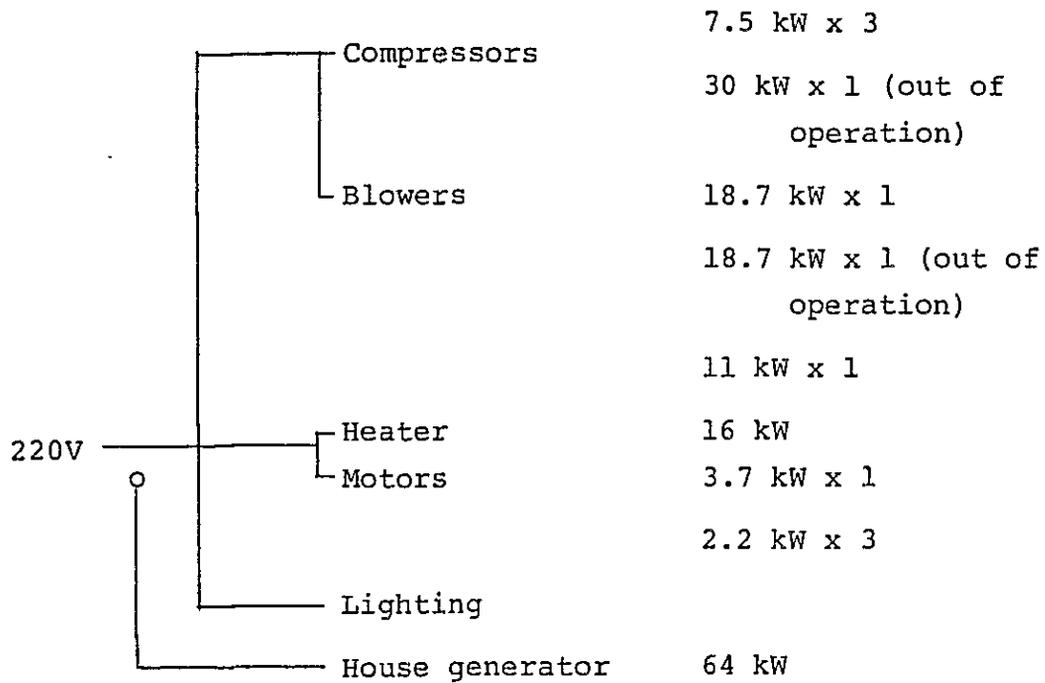
c. 休憩時には 口焼き用のLPGバーナーを消火するべきである。

7. 電力の消費状況

(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

- 電力会社 : MEA
- ピーク・デマンド : 27 kW (実測 33 kW)
- 使用電力量 : 18.800 kWh/m
- 負荷率 : 96.7 %
- ペナルティ・フィ : なし
- 力率 : 実測 66 %
- トランス : なし

(2) 配線系統図



8. 電力管理の問題点とその対策

(1) 力率, 電圧降下

総合力率が低い(66%)。また受電点から主要負荷(コンプレッサ)まで約30mの間の電圧降下が8~9Vになっている。

この対策として主要負荷位置に20kVrのコンデンサを位置するか又は配線をより太いものにとり替える必要がある。こうすることにより、モーターの始動が容易になり電線内損失が減少する。

(2) コンプレッサ

コンプレッサ3台(各7.5kW)のうち2台の力率が70%程度と低く、またモーターの端子電圧も213Vと低い。

この対策として、コンプレッサのスイッチ位置に20kVrコンデンサを設置することが有効である。

また、コンプレッサの平均負荷率は75%であるが2台が70%程度とやや低い。今後は2台に95%程度の負荷を与え、他の1台で負荷調整(圧力弁調整による)を行うことが望ましい。

現状では、空気タンクからの空気漏れを利用して圧力調整を行っているが、これを圧力弁調整に変更することにより、コンプレッサを1台停止できる可能性がある。この場合の電力節減量は次のとおり。

$$4 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times 360 \text{ d} = 34,000 \text{ kWh/y}$$

(3) ブロワー

2台のブロワーモーター(合計29.7kW)の負荷はわずか9kW(18kVA)であり、力率も51%と低い。

従って、風量の適正化を図った後なお負荷が少ないときは、ブロワーをより小型なものに置換えることが可能と思われる。

仮に、大きい方のモーター(18.7kW)を11kWのものに置換えた場合の電力節減量は、約3,540kWh/yである。

$$18.7 \text{ kW} \text{ モーターのロス} : 18.7 \text{ kW} \times (1 - 0.86) \times 0.64 = 1.68 \text{ kW}$$

$$11 \text{ kW} \text{ モーターのロス} : 11 \text{ kW} \times (1 - 0.84) \times 0.72 = 1.27 \text{ kW}$$

$$\text{差引ロス軽減量} : (1.68 - 1.27) \times 24 \text{ h} \times 360 \text{ d} = 3540 \text{ kWh}$$

9. ま と め

上記のような対策を、すべて実施するとした場合のエネルギー節減量は下表のようになる。

| | | | |
|---------------|--------|--------------|------|
| バーナー交換 | 重油 | 95 ℓ/y | 10 % |
| 溶解炉壁の断熱強化 | 重油 | 138 ℓ/y | 15 % |
| リファイナ燃焼空気の高温化 | ディーゼル油 | 16 kℓ/y | 6 % |
| コンプレッサ台数減 | 電 力 | 34,000 kWh/y | |
| ブローの小型化 | 電 力 | 3,540 kWh/y | |
| | 電力計 | 37,540 kWh/y | 17 % |

なお、溶解炉を電気ブースタ方式に変更した場合は、入熱は半分以下にできるとみられるが、発電効率を考慮すると国全体としての省エネルギーにはならない。

5. THE UNION MOSAIC INDUSTRY CO., LTD.

1. 工場の概要

| | | |
|----------------|---|-------------------|
| 所在地 | A. Nangkou Saraburi | |
| 資本金 | | |
| 業種 | Ceramics | |
| 主要製品名 | Mosaic tiles | |
| 年間生産高 | 15,000,000 square feet | |
| 従業員数 | 863人 | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 558,420 kWh/m |
| | 燃料 | Fuel oil 6,500 kl |
| | | Diesel oil 90 kl |
| 面談者 | Niwat Udompongsanon, assistant managing director, and Surachai Meetunkij, electrical engineer | |
| 診断日 診断員 | 9/13～14. 1982 M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

○タイ国におけるモザイクタイルの最大手の工場で、15百万 ft^2/y の生産能力を有し、約 50% のマーケットシェアを占めている。

日本の勝淡陶の技術協力により 9 年前に操業を開始したが、その後経験を積み、現在は独自の技術で操業している。

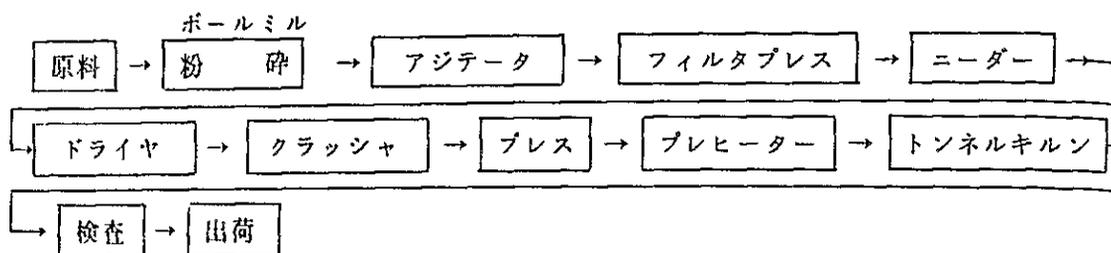
○工場のレイアウトは整然としており、概して清掃もよく行われている。

○工場スタッフもよく揃っており、現在までにバーナー交換、排熱による燃料予熱装置、廃熱利用による原料の流動乾燥炉（試運転中）の設置などの合理化工事を実施している。

○また操業面でもエネルギー原単位向上のための工夫を行っており、省エネルギーに対する積極的な姿勢がうかがえる。

製品歩留は約 90% である。

2. 製造工程

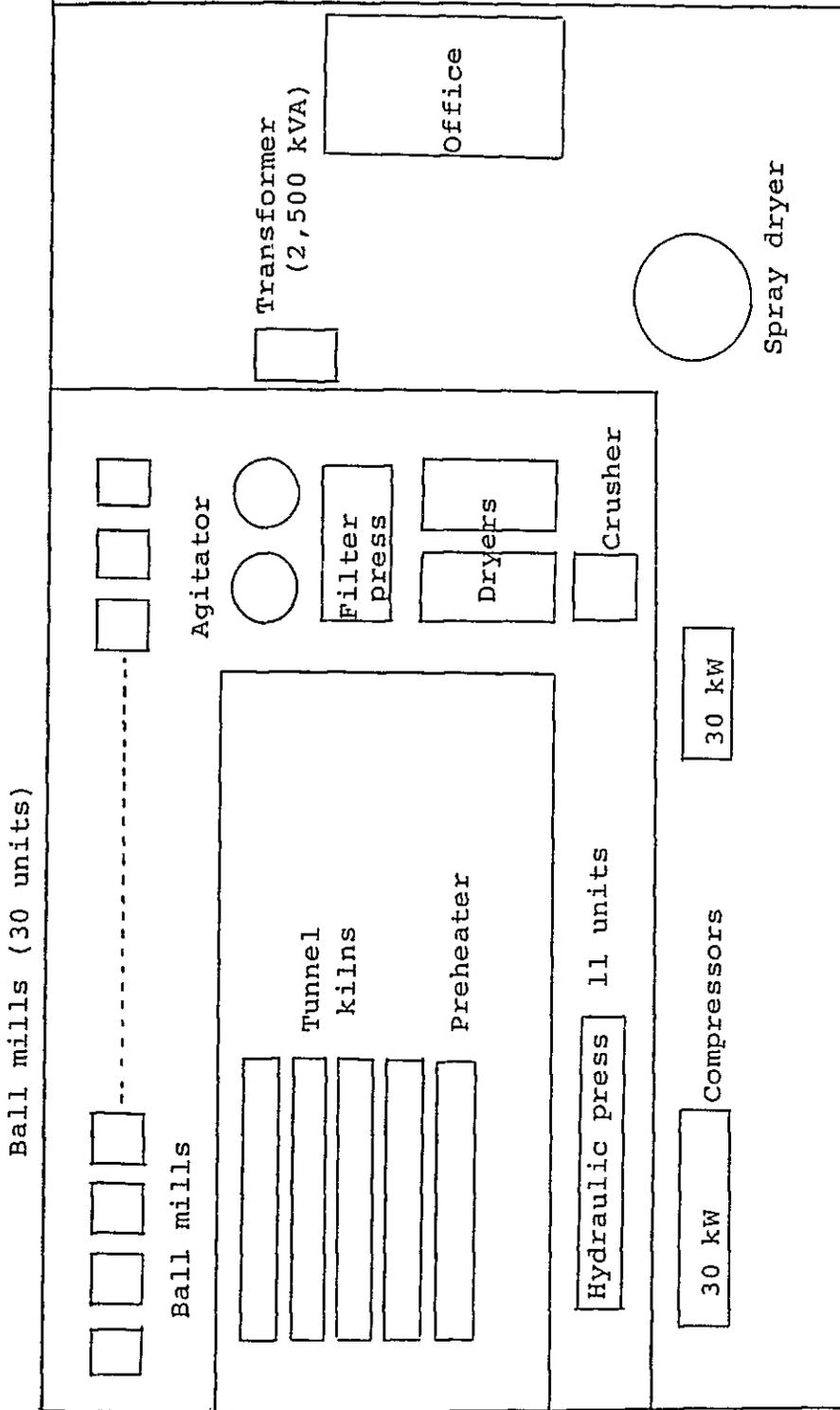


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

| 名 称 | 基 数 | 型 式 等 |
|-----------|-----|-------------------------|
| ボ ー ル ミ ル | 30 | |
| ド ラ イ ヤ | 2 | メッシュコンベア式 キルン排ガス廃熱利用 |
| プレヒーター | 1 | トンネル式 キルン排ガス廃熱利用 |
| トンネルキルン | 4 | 高砂工業製 サイドバーナー |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

- 省エネルギーを実施するという方針は決定されているが、燃料節減率や達成期限に関する具体的な目標値は設定されていない。
- エネルギー消費量は、燃料については月毎に集計されているが、電力については集計されていない。
また、データ解析についても、原単位は月毎に算出把握されているが、その変動要因分析は担当者ベースにとどまっている。
- 省エネルギー推進のための組織はないが、有能な担当者（工場担当、炉担当、電力担当）を中心に省エネルギー対策が検討されており、前記のような設備面での対策のほか各キルン毎に、焼成曲線の近い銘柄のものを集めるとか、サヤ内部のスペースの活用によりサヤ対製品の重量比率を下げるなどの努力をしている。
- 改善提案は、時々あるものの、有効かどうかの判定が難しいため、実績表彰は実施していないなど、提案制度はうまく機能していない。

5. 燃料の消費状況

- 燃料使用量は次のとおり。

重油 6,500kl/y（発熱量 9,500kcal/l，比重 0.93）

ディーゼル油 90kl/y

重油はトンネルキルンのみに使用され、ドライヤ、プレヒーター用にはキルン排ガス廃熱を利用している。

また試運転中のスプレードライヤには加熱炉も備えている。

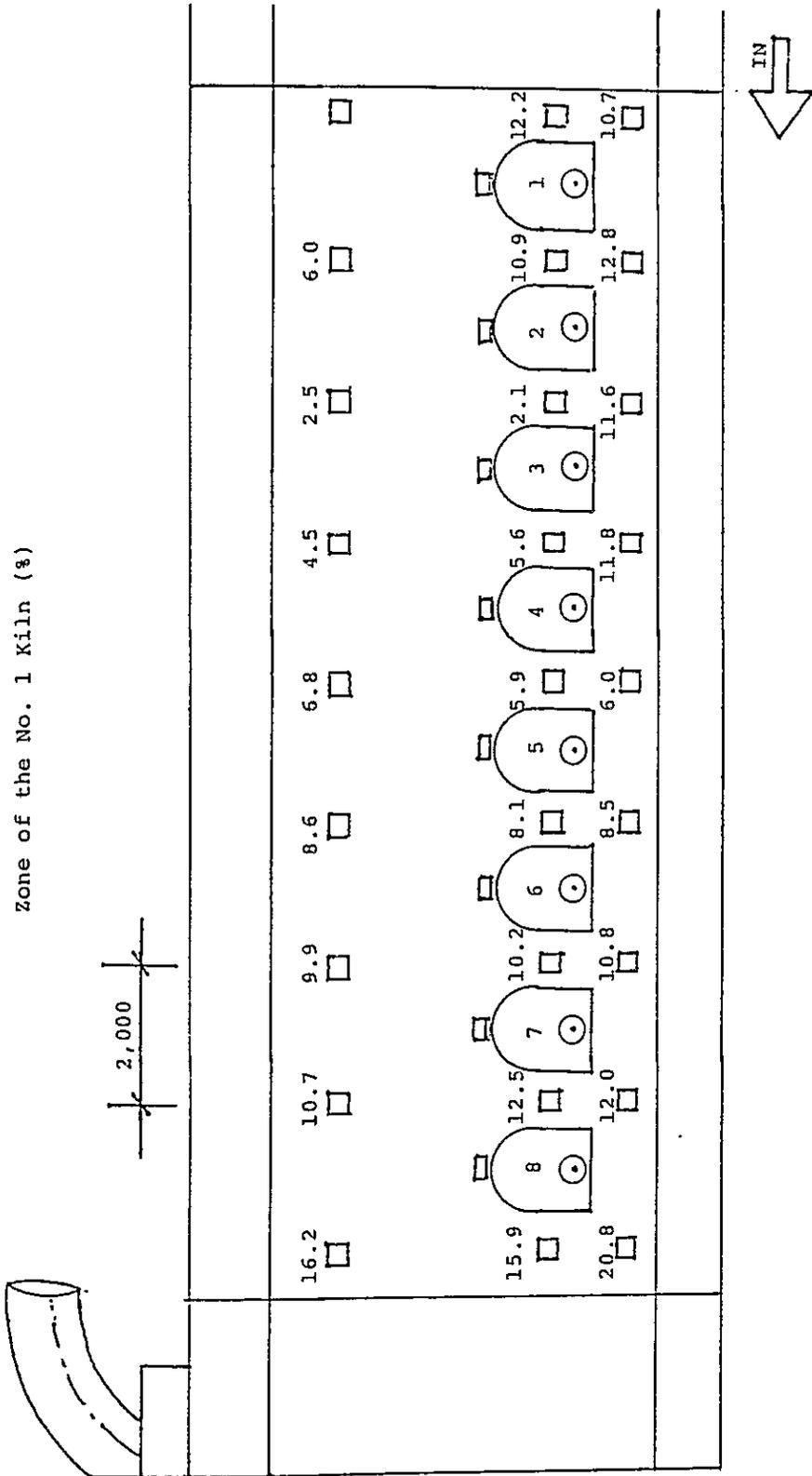
- 燃料原単位は、 $0.433\text{l}/\text{ft}^2$ （ $433\text{l}/\text{t}$ ）である。
- トンネルキルンの熱効率は 8.8 % であり、旧型のトンネルキルン使用の場合の平均的な値となっている。

$$\text{有効熱 } Q_E = 1,000\text{kg}/\text{t} \times (1,200 - 30\text{ }^\circ\text{C}) \times 0.31\text{kcal}/\text{kg}^\circ\text{C} = 362,700\text{kcal}/\text{t}$$

$$\text{入熱 } Q_I = 433\text{l}/\text{t} \times 9,500\text{kcal}/\text{l} = 4,113,500\text{kcal}/\text{t}$$

$$\text{熱効率 } \eta = \frac{Q_E}{Q_I} \times 100 = 8.8\%$$

第1圖 Oxygen Content in Gases in the Firing
Zone of the No. 1 Kiln (8)



6. 熱管理の問題点とその対策

(1) 空気比管理

№1キルンにつき焼成帯を中心に炉内ガスの O_2 分析を実施した。測定値は第1図のとおり。
この測定値から次のことが考えられる。

- a. 高さ方向に上、中、下と色見穴から3点毎の測定を行ったが、上と下で差のあるところ（例えば、№1バーナーから№4バーナーまでの間）はカー下打込み空気の漏れと考えられる。

こうした漏れは、温度ムラひいては製品の品質ムラにもつながるので台車整備の対策が必要である。

- b. 台車の流れ方向に対する差（上段の値）は小さく、かつガスの流れに向って漸減しており、ガスの流れは良好と認められる。

- c. 上、下に対しても下、中、上と減少しており、製品出口からの侵入空気が天井を走っていないと認められ、台車積みの良好なことから、入口出口の扉は正しく閉められていることがわかる。

上記の対策として、次の各項が必要と思われる。

- a. カー下冷却空気の漏れ防止

カー下冷却空気の漏れこみによる熱損失量を求めてみると、次のようになっている。

$$\text{重油発熱量} \quad H_f = 10,200 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{理論空気量} \quad A_0 = \frac{0.85 H_f}{1,000} + 2.0 = 10.67 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{理論排ガス量} \quad G_0 = \frac{1.11 H_f}{1,000} = 11.32 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{実際排ガス量} \quad G = G_0 + (m-1)A_0$$

$$\text{空気比} \quad = \frac{21}{21 - (O_2)}$$

第1図からみて O_2 は3%から、冷却空気の侵入によって11%まで増加している。

$$m_1 = \frac{21}{21-3} = 1.17 \quad G_1 = 13.13 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$m_2 = \frac{21}{21-11} = 2.10 \quad G_2 = 23.06 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$\text{排ガス増加量} \quad G_2 - G_1 = 9.93 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

排ガス排出温度を 250℃ とすると、熱損失増加量は、

$$181\text{l/h} \times 0.93 \times 4 \times 9.93 \times 0.33 \times 250^\circ\text{C} = 551,600\text{kcal/h}$$

燃料量 比重 基数 排ガス 比熱 温度
増加量

燃料換算 58l/h で、使用燃料の 8% に相当する。

カー下冷却空気の洩れを防ぐには、

- ① 台車スカートを手正しく取り付けて、隣りの台車とスカートが一直線になるよう正しく整備すること。
- ② 台車の長さ方向に鉄棒から煉瓦がはみ出した台車が散見されたが、隣りの台車と密着するよう整備すること。
- ③ スカートの光り具合を見て、サンドシールが正常に行われるような砂の補充を行なうこと。

が必要である。

また台車整備を完全にするとともに、吹込空気量の減少に努めなければならない。

- b. 出入口開放によるガス圧の変動を最少限にすること。台車の出し入れの時、扉の開放時間をなるべく短くするよう努めること。

日本の例によれば、扉の開閉によるガス流の乱れは、O₂連続分析の結果からみて復旧に約10分を要するとみられる。このため、二重扉にしている工場も多い。

- c. 比例調節バーナーを採用しているが、油量の増減に伴い空気量が自動的に増減し炉内のガス流を乱すことになる。

空気比調整は、炉圧管理を含めて実施し、バーナーの比例機構ははずして油量だけの制御としたい。

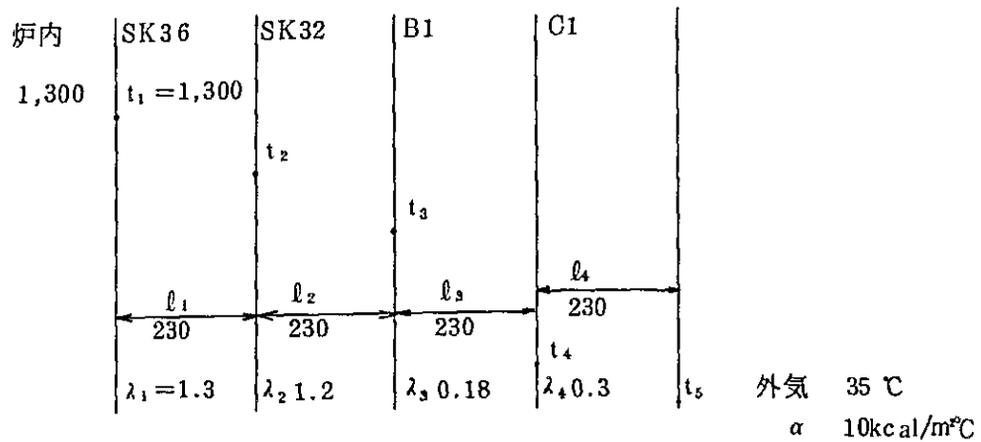
(2) 炉体断熱

- a. 炉体放熱が大きいので検討した。

日本では、運転中に断熱材を吹き付けて、10%程度省エネルギー効果を出している例がある。

施工に先立って、炉の構成材料（耐火煉瓦、断熱煉瓦など）の耐火度、アーチ受けの構造などからのチェックをする必要がある。

- ① 炉壁の構成及び条件



② 伝熱抵抗 R

$$R = \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} + \frac{l_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha} = \frac{0.23}{1.3} + \frac{0.23}{1.2} + \frac{0.23}{0.18} + \frac{0.23}{0.3} + \frac{1}{10}$$

$$= 2.514$$

③ 熱貫流率 K

$$K = \frac{1}{R} \quad K = 0.398 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

④ 貫流熱量 $Q = q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = K(t_1 - t_0)$

$$= K(t_1 - t_0)$$

$$= 0.398(1,300 - 35) = 503 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

(この値は当日の実測値 540 kcal/m²h ~ 510 kcal/m²h とほぼ合致する)

⑤ 各煉瓦境界点の温度

$$q_1 = \frac{\lambda_1}{l_1} (t_1 - t_2)$$

$$= \frac{1.3}{0.23} (1,300 - t_2) = 503$$

$$t_2 = 1,211 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$q_2 = \frac{\lambda_2}{l_2} (t_2 - t_3) = \frac{1.2}{0.23} (1,211 - t_3) = 503$$

$$t_3 = 1,115 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$q_3 = \frac{\lambda_3}{\ell_3} (t_3 - t_4)$$

$$\frac{0.18}{0.23}(1,115 - t_4) = 503$$

$$t_4 = 473$$

$$q_4 = \frac{\lambda_4}{\ell_4} (t_4 - t_5)$$

$$= \frac{0.3}{0.23} (473 - t_5) = 503$$

$$t_5 = 87 \text{ }^\circ\text{C}$$

$t_3 = 1,115 \text{ }^\circ\text{C}$ で、現状で既にB1耐火断熱煉瓦の使用安全温度 $900 \text{ }^\circ\text{C}$ を越えており、外部に更に保温することは不可能である。

炉のメーカーに問合せたところ、機械的な衝撃による壁表面のいたみを考え、内部に耐火度の低い煉瓦を使用するという常識に反するような炉型構成になっているとのこと、残念ながら全面的な断熱強化はできない。

機会をみて炉壁更新を検討されたい。

b. バーナー部分のみの断熱強化

バーナー部分の炉壁（230mm厚さ）が薄いので下記条件で放散熱を推定した。

| | | |
|----|---|--|
| 炉内 | $1,300 \text{ }^\circ\text{C}$ $1,300 \text{ }^\circ\text{C}$ $\lambda = 1.4$ t_1 $\ell = 0.23$ | $=$ $Q = 5,900 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ $t_1 = 330 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| | | 外気 $35 \text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha = 20 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ |

バーナー部の面積は、

$$0.9 \text{ m} \times 0.9 \text{ m} \times 8 \text{ 対} \times 2 = 13 \text{ m}^2$$

放熱量は、

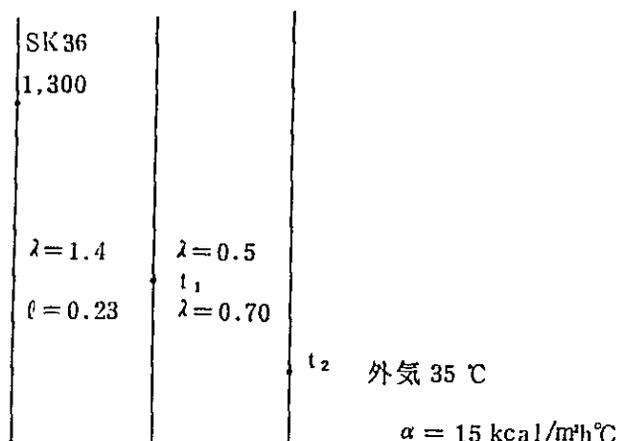
$$5,900 \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 13 \text{ m}^2 \times 24 \text{ h/d} \times 360 \text{ d/y} = 662,688,000 \text{ kcal/y}$$

となり、バーナー部以外の焼成帯全側面の放熱量

$$503 \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 100 \text{ m}^2 \times 24 \text{ h/d} \times 360 \text{ d/y} = 434,592,000 \text{ kcal/y}$$

の 1.5 倍となる。

パーナー部に外部から断熱煉瓦を 1 枚追加した場合



$$Q = 1,830 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$t_1 = 999 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 157 \text{ }^\circ\text{C}$$

となり、大幅に放熱は防げる計算となる。

燃料の年間節減量は、

$$(5,900 - 1,830) \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 13 \text{ m}^2 \times 4 \times 8,640 \text{ h/y} \times \frac{1}{9,500 \text{ kcal/l}} = 192.5 \text{ kcal/y} (\Delta 3\%)$$

金額にして、

$$192.5 \text{ kcal/y} \times 4.789 \text{ Bt/kcal} = 922 \times 10^3 \text{ Bt/y}$$

となる。一方施工費は、 $2,000 \text{ Bt/m}^2$ とみられるから、

$$2,000 \times 13 \times 4 = 104,000 \text{ Bt}$$

であり、極めて短期に回収可能である。

これだけの工事で施工業者を呼ぶことは困難なので、よい機会をとらえて実施されたい。

実際の施工に際しては施工業者の意見に従われたい。

(3) 台車の断熱強化

台車の加熱に必要なエネルギーは大きな割合を占めるので、台車上部を断熱することは効果的である。耐火煉瓦を減らし、軽量の耐火断熱煉瓦に交換したり、セラミックファイバの上に Sic 吹き付けたものを張ったりする。

日本の例では、25 mm のセラミックファイバを張って 5 ~ 8 % の省エネルギーをはかった例がある。

更に、炉内温度が上るための生産能力向上や、冷却帯での冷却速度の増加という効果もある。

(4) 排熱回収

a. 燃焼用一次空気の予熱 (No 2 ~ No 4 キルンに該当)

冷却帯からの空気は乾燥用等に用いられているが、直接燃焼用の一次空気に使用すれば燃料の節減をはかることができる。

乾燥用排熱は不足することはないと思うが、仮に不足した場合、スプレードライヤの運転状況にマッチした量の燃料を乾燥用に使う方が全体として省エネルギーになる。

一次空気は、燃焼用空気の 10 ~ 30 % 程度が用いられる。

いまこの量を 20% として、冷却帯の余熱で賄い、冷却カーブの 400 °C 以降で採取するものとして効果を検討する。

燃料油の使用量は 180 l/h 窯,

$$A_0 = \frac{0.85 \times H\ell}{1,000} + 2.0 = 10.0 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

m = 1.2 として 20 % の空気量を求めると,

$$10.0 \text{ Nm}^3/\text{kg} \times 1.2 \times 180 \text{ l/h} \times 0.953 \times 0.2 = 412 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

200 °C の空気が得られるとすれば,

$$0.31 \text{ kcal}/\text{Nm}^3\text{C} \times 412 \text{ Nm}^3/\text{h} \times (200 - 30) \text{ }^\circ\text{C} = 21,712 \text{ kcal/h}$$

$$21,712 \text{ kcal/h} \div 9,500 \text{ kcal/l} = 2.3 \text{ l/h}$$

燃料使用量は、180 l/h であるから,

$$2.3 \text{ l/h} \div 180 \text{ l/h} \times 100 = 1.3 \%$$

の燃料節減となる。

b. 燃焼用空気の予熱 (No 1 キルン)

No 1 キルンについては、比例調節バーナーであるから、全量が予熱効果の対象となる。

$$\begin{aligned} 0.31 \text{ kcal}/\text{Nm}^3\text{C} \times 10.0 \text{ Nm}^3/\text{kg} \times 1.2 \times 180 \text{ l/h} \times 0.953 \times (200 - 30) \text{ }^\circ\text{C} \\ = 108,482 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

燃料油に換算して,

$$108,482 \text{ kcal/h} \div 9,500 \text{ kcal/l} = 11.4 \text{ l/h}$$

以上 4 基の炉については,

$$2.3 \text{ l/h} \times 3 + 11.4 \text{ l/h} = 18.3 \text{ l/h} \rightarrow 160 \text{ kl/y}$$

空気予熱は、600 °C 程度までは実施されているが、バーナーの耐熱性をメーカーに確認の上、実施されたい。

c. キルン天井熱の油予熱への利用

№1キルンで実施されており、立派なことと感ずる。

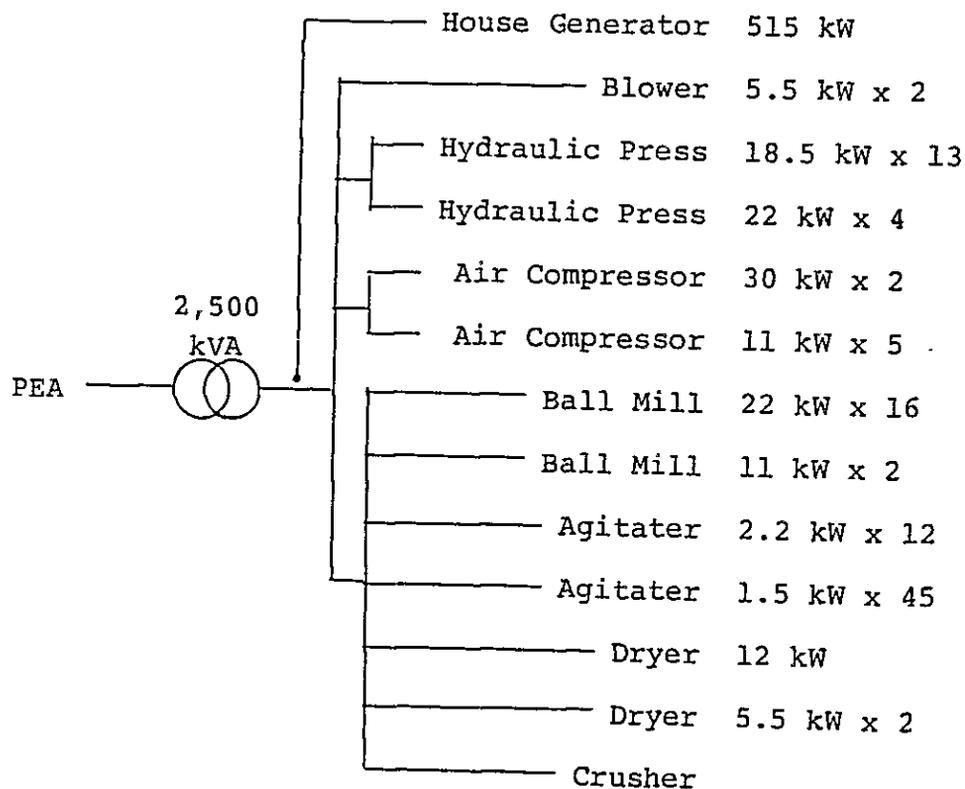
なお、日本では、火災の心配から、炉上では水を加熱し、その水で燃料油を加熱するようになっている例が多い。

7. 電力の消費状況

(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

| | | |
|-------------|----|---------------------|
| ◦ 電力会社 | : | PEA |
| ◦ ピーク・デマンド | : | 1,245 kW |
| ◦ 使用電力量 | : | 558,420 kWh/m |
| ◦ 負荷率 | :: | 62.2% |
| ◦ ペナルティ・ファイ | : | なし |
| ◦ 力率 | : | 実測 93% |
| ◦ トランス | : | 2,500 kVA 22kV/400V |

(2) 配線系統図



本工場は大工場であるだけに設備が整っていて、力率改善に積極的である。また毎時間の電力を記録しているが、日負荷曲線が有効に使われていなかった。

8. 電力管理の問題点と対策

(1) トランス

主要機器のスイッチにおける電圧は下表のとおりで、トランスとの距離及びコンデンサの有無に拘わらず 391～398 V と高い。

主要負荷稼動状況

| 機器名称 A | トランスからの距離 | 電 圧 | 電 力 B | 力 率 % | | B/A % |
|------------------------------------|--------------|------------------|------------------|-------|------|----------|
| | | | | C あり | C なし | |
| コンプレッサ 30 HP (22kW) | 遠 い (約 70 m) | 393 ^V | 15 ^{kW} | 87 | 73 | 68% |
| | 中 間 | 398 | 17 | 98 | 79 | 77 |
| | 近 い | 398 | 18 | 100 | 82 | 82 |
| Hydraulic Press 30 HP (22kW) | 遠 い (約 50 m) | 393 | 21-48 | 94 | — | 95 |
| | 中 間 (約 25 m) | 397 | 15 | — | 64 | 68 |
| コンプレッサ 30 HP (22kW) | 遠 い (約 30 m) | 392 | 29 | | 89 | 97 |
| | 近 い (約 25 m) | 391 | 28 | | 92 | 93 |

モーターは供給電圧が高い場合は力率が低下するため、供給電圧を 380 V 又はそれより僅か低くなるようにトランスのタップを接続替える。この処置によりモーターの力率は 2～3% 程度改善され、トランスの鉄損も電圧の二乗に比例して減少する。

いま 2,500kVA トランスの鉄損を 1.3% とすると、鉄損減少分は、

$$2,500 \times 0.013 \times 0.2 \times \left\{ \left(\frac{400^2}{390} \right) - 1 \right\} \times 8,760 = 3,000 \text{ kWh/y}$$

となる。

(2) 日 負 荷

日負荷状況によれば使用電力がピークに達するのは 1 日 1 回で 9～10 時頃であり、その後順次低下し、11 時過ぎには著しく減少する。また午後及び夕方にも短時間午前によくピークが現われる。

従って、午前 9～10 時のピークを抑えるため工場の始業時に機器を同時に運転開始をしないで、時間をずらして始動するように運転管理をすると良い。

特にボールミルの運転管理を行うと効果があるであろう。ピークを約 7% 抑えたとして、電力料金の節減量は $1,245 \text{ kW} \times 0.07 \times 88 \text{ Bt/kW} \times 12 \text{ m/y} = 92,000 \text{ Bt/y}$ となる。

(3) 力 率

工場の力率はコンデンサが 300kVr (10kVr × 30) 設置されているため、94 %である。

ところがボールミル用 30 HPモーターの個々に力率改善コンデンサが 10kVr ずつ入っているため、配線のロスが軽減されているが、トランスから近距離のもの力率が 100 %を越しているものもあった。

この対策としては、41 ボールミルのうち力率が 95 %以上になっているもの (トランスに近いもの 5 台位) のコンデンサを取外し、小型モーターの回路 (受電室) に一括して入れることが望ましい。

何故なら、コンデンサは集中的に、かつ、小型で連続的に運転されるモーターに対して、取付ける方がより効果的であるからである。

9. ま と め

以上の対策を実施することにより次表のような省エネルギー効果が期待される。

| 項 目 | | | |
|---------------|-----|-------------|------|
| 台車整備による空気洩れ防止 | 重 油 | 508 kℓ/y | 8 % |
| バーナー部断熱強化 | 重 油 | 192 kℓ/y | 3 % |
| 台車上部断熱 | 重 油 | 500 kℓ/y | 8 % |
| 燃料空気予熱 | 重 油 | 160 kℓ/y | 2 % |
| | 小 計 | 1,360 kℓ/y | 21 % |
| トランス電圧タップ切替 | 電 力 | 3,000 kWh/y | — |

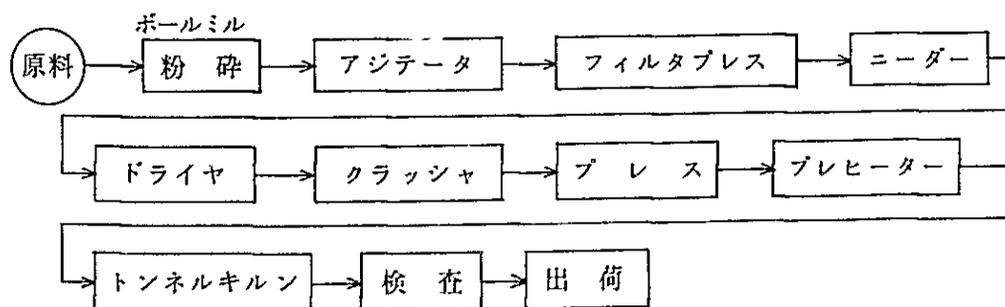
6. THAILAND TILE AND POTTERY CO., LTD.

1. 工場の概要

| | | |
|------------|--|-------------------|
| 所在地 | 131 Shertakish 1 Rd., Omnoi, Amphor Kratumbaen, Samutrsakorn | |
| 資本金 | 10 million bahts | |
| 業種 | Ceramics | |
| 主要製品名 | Mosaic tiles and quarry tiles | |
| 年間生産高 | 2,400 t | |
| 従業員数 | 85人 | |
| 年間エネルギー使用量 | 電気 | 639,020 kWh |
| | 燃料 | Fuel oil 1,152 kl |
| 面談者 | Prakob Liupolvanish, assistant manager | |
| 診断日 | 9/9 ~ 10, 1982 | |
| 診断員 | M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

- 工場の生産能力は 10 t/d であるが、現在の生産は 7 t/d でうちクォーリタイル 60%、モザイクタイル 40% の比率になっている。
- 燃料費の売上に対する比率が 30 ~ 40% にも達するので、工場長は省エネルギーへの関心が深く、熱心に現場視察し、自らも操業改善の検討を進めている様子であった。
現在のキルンは 10 年前のものであり、改善したい希望をもっている。
- 工場は粉塵が多いが、比較的良好に整理整頓されている。設備管理の面では、特に台車の整備がよく行われているのが目についた。

2. 製造工程



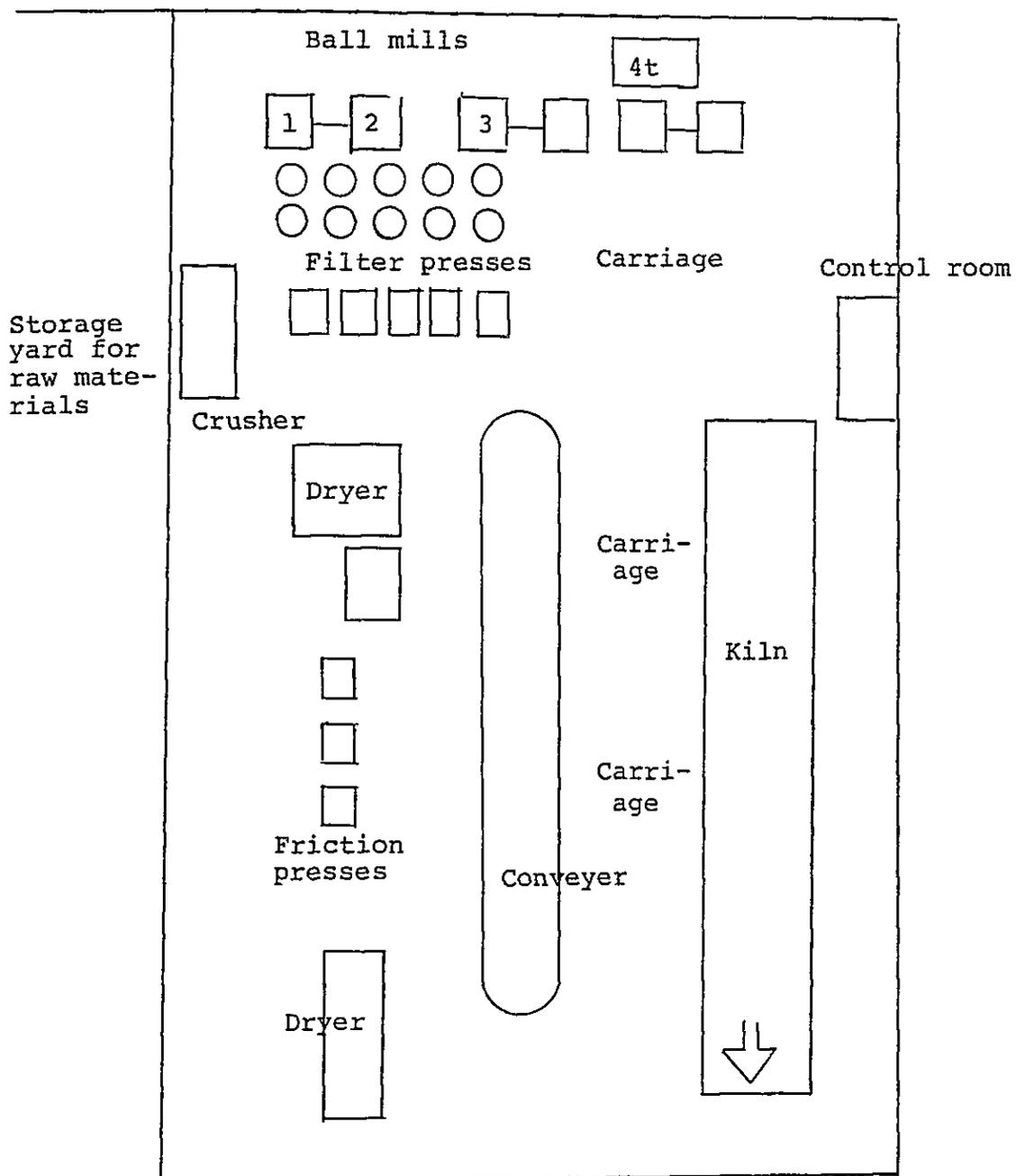
3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

)

| 名 称 | 基 数 | 型 式 等 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|--|---------------|--------|-----|-----|---|---|--------|--------|--------|--------|---|-------|-------|---------------|--|---|-------|-------|-------|--|
| ボールミル | 7 | 2t×6, 4t×1は休止 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| フィルタプレス | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ドライヤ | 2 | 排熱利用, 乾燥室 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ドライヤ | 1 | ネットコンベア 排熱利用 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| プレス | 4 | 300t×1, 100t×3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| トンネルキルン | 1 | サイドバーナ 日本 美濃窯業製 <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td></td> <td>予熱帯</td> <td>焼成帯</td> <td>冷却帯</td> <td>計</td> </tr> <tr> <td>長</td> <td>21,450</td> <td>21,300</td> <td>21,070</td> <td>63,820</td> </tr> <tr> <td>幅</td> <td>3,400</td> <td>3,900</td> <td>2,300 ~ 2,760</td> <td></td> </tr> <tr> <td>高</td> <td>2,650</td> <td>2,650</td> <td>2,650</td> <td></td> </tr> </table> | | 予熱帯 | 焼成帯 | 冷却帯 | 計 | 長 | 21,450 | 21,300 | 21,070 | 63,820 | 幅 | 3,400 | 3,900 | 2,300 ~ 2,760 | | 高 | 2,650 | 2,650 | 2,650 | |
| | 予熱帯 | 焼成帯 | 冷却帯 | 計 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 長 | 21,450 | 21,300 | 21,070 | 63,820 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 幅 | 3,400 | 3,900 | 2,300 ~ 2,760 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 高 | 2,650 | 2,650 | 2,650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

- 工場長は省エネルギーに関心が深く、なお10%程度の省エネルギーをはかりたい希望を持っている。しかし特に目標として従業員に提示している数値はない。
- 燃料消費量は毎日の日報でわかるようになっているが、原単位検討は行っていない。
- 推進組織は特別のものを考えず、日常業務の一つとして運転責任者に注意させている。
従業員のうちエンジニアについては外国の技術者による教育を受けさせており、一般従業員に対してもモーターの一斉起動を避けるようにする等の教育は実施している。従業員からの改善提案については、その良否を判断し難いという理由で積極的に募集し表彰するという制度はつくっていない。
- 計測は比較的によく実施されており、炉の温度計、圧力計、燃料流量計が整備されており、その指示は日報に記録されていた。

5. 燃料の消費状況

- 燃料はトンネルキルンのみで消費されており、乾燥にはキルンの廃熱を利用している。

生産量 2,400 t/y, 7 t/d

燃料油 1,152 Kℓ/y 発熱量(推定 9,500 kcal/ℓ)

燃料原単位 480 ℓ/t 4,560,000 kcal/t

- 熱効率は8.3%であり、旧式のトンネル窯使用の場合の平均的な値となっている。

焼成温度 1,250℃ 平均比熱 0.31 kcal/kg℃とすれば、

有効熱 $1,000 \text{ kg/t} \times (1,250 - 30)^\circ\text{C} \times 0.31 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} = 378,200 \text{ kcal/t}$

入熱 $480 \text{ ℓ/t} \times 9,500 \text{ kcal/ℓ} = 4,560,000 \text{ kcal/t}$

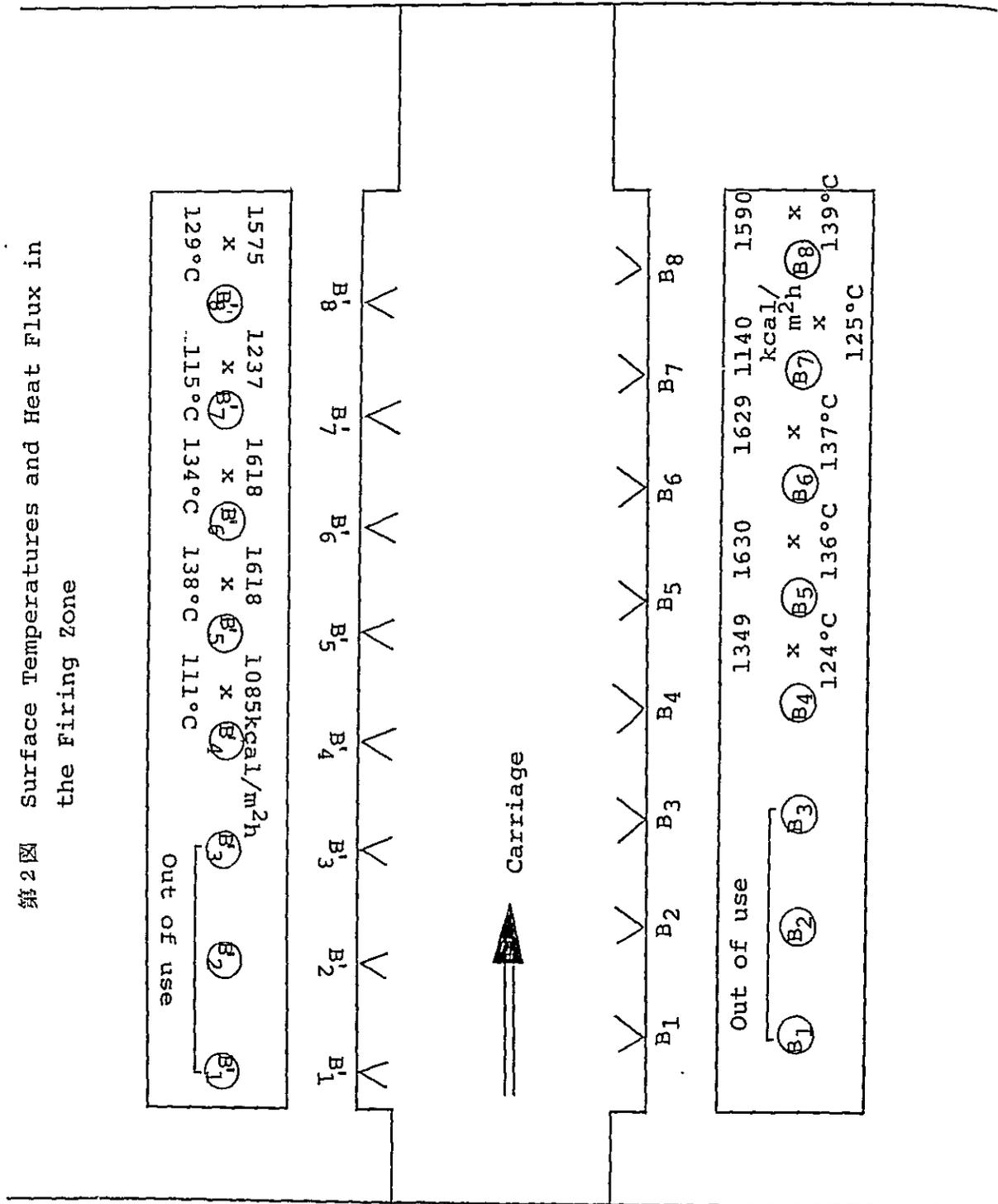
熱効率 8.3%

6. 熱管理の問題点とその対策

(1) 燃焼管理

- 焼成帯パーナーは8対のうち予熱側3対を消火しており、工夫のあとが認められる。
- 前述のとおり台車整備は良好でスカート鉄板も曲ったものがなく、サンドによる光り方が均一になっていた。また、煉瓦の膨出したものもなかった。ガス分析の結果からも台車下冷却空気の炉内への洩れは認められなかった。

第2圖 Surface Temperatures and Heat Flux in the Firing Zone



サンプリングチューブが普通鋼管であったので、やや低目の数値を示しているかも知れないが、空気不足気味である。炉圧と各バーナー燃料量、空気量の調整が必要であろう。

- d. バーナーでの燃料霧化が悪く、火花が見られた。その原因はノズルの汚れ、バーナー方向の良否、アトマイズ空気の不足、油量の絞り過ぎなどが考えられる。現在の消費量とバーナーの仕様書とをチェックしてみる必要がある。
- e. 炉内ガス流れの乱れを防ぐためには、出入口扉の開放時間をなるべく短くすることが必要である。エアーカーテンの設置とか、二重扉にするとかの対策が望ましい。
- f. 返り油の油温が 40℃ となっており低過ぎるので、温度計の取り付け状況をチェックし、油温が本当に低下しているならば、保温をする必要がある。

(2) 炉体の放熱

焼成帯の表面温度と熱流の測定値は第 2 図のようにになっている。

表面温度平均 129℃

熱流束 1,447 kcal/m²h

この部分の両側壁と天井を合わせた面積は 122.5m² であり、放散熱量は、

$$1,447 \times 122.5 = 177,300 \text{ kcal/h}$$

となる。

日本では、炉体表面にロックウールを吹き付けて断熱を強化している例が多い。

仮に 25 mm のロックウールを吹き付けたとすると、表面温度が 107℃ になり、放散熱量が 991 kcal/m²h に低下する。

これは燃料に換算すると、

$$(1,447 - 991) \text{ kcal/m}^2\text{h} \times 122.5 \text{ m}^2 \times \frac{1}{9,500 \text{ kcal/l}} = 5.9 \text{ l/h}$$

の節減量に当り、4.5% の省エネルギーが可能である。焼成帯に加え予熱帯の断熱も強化すれば更に多くのエネルギー節減が可能で、5% 以上の減少が見込める。

施工費は約 2,000 Bt/m² と見込まれるので、予熱帯、焼成帯の全部 383 m² を断熱すると経費は、

$$2,000 \text{ Bt/m}^2 \times 383 \text{ m}^2 = 766,000 \text{ Bt}$$

一方、燃料の 5% が節減されると、

$$1,152 \text{ Kl/y} \times 0.05 \times 4.75 \text{ Bt/l} = 274,000 \text{ Bt/y}$$

のコストダウンになるので、2.8 年で回収できる。

ただし、表面の断熱を強化すると、炉壁中間部の温度が上昇するので、その温度に使用中の煉瓦が耐えうるかのチェックを忘れてはならない。

(3) 窯詰め方法の改良

炉壁と被加熱物の間隙はできるだけ小さくして、ガス流のバイパスを防ぐことが必要である。その目安として炉内断面と同じ型のゲージを設け、台車積みの際チェックすることが一般に行われている。簡単なことであるから、ぜひ実施されたい。

(4) 台車上の断熱強化

台車上の耐火煉瓦を減らし、代りに軽量の耐火断熱煉瓦又はセラミックファイバで、断熱を行うことは顕著な効果がある。試みに、セラミックファイバで断熱した台車を通してみると、その位置の温度上昇が認められ、効果が確認できる。

日本の例では、50mmのセラミックファイバの施工により8%程度の省エネルギーが達成されている。

(5) 道具の軽量化

台車1台当たりタイル量は約350kgであるのに対し、サヤの重量は1,400kgで約4倍の重量になっている。所要熱量もこれに伴って増加するので、サヤの軽量化、サヤの中の空間をできるだけ減らすように製品を詰める工夫をする必要がある。

(6) 廃熱利用

冷却帯からの熱空気は余剰となっていると思われるので、その一部を燃焼用空気の予熱に利用することは大きい効果がある。

ブロワーでの一次空気送入量は、サクションでの流速測定から1,600 Nm³/hである。これが200℃になったとすると、

$$1,600 \times (200 - 30) \times 0.31 = 84,320 \text{ kcal/h}$$

燃料油換算で、

$$\frac{84,320}{9,500} = 9 \text{ l/h}$$

となり、燃料使用量の7%に当る。

ブロワーやバーナーの耐熱度に注意しながら、漸次熱空気に切換えて行くことが望ましい。なお200℃の場合、ブロワーを通る空気量は、

$$1,600 \times (1 - 0.07) \times \frac{273 + 200}{273} \times \frac{1}{60} = 43 \text{ m}^3/\text{s}$$

となり、ブロー能力(45 m³/s)の範囲におさまる。

(7) 乾燥室の気密不良

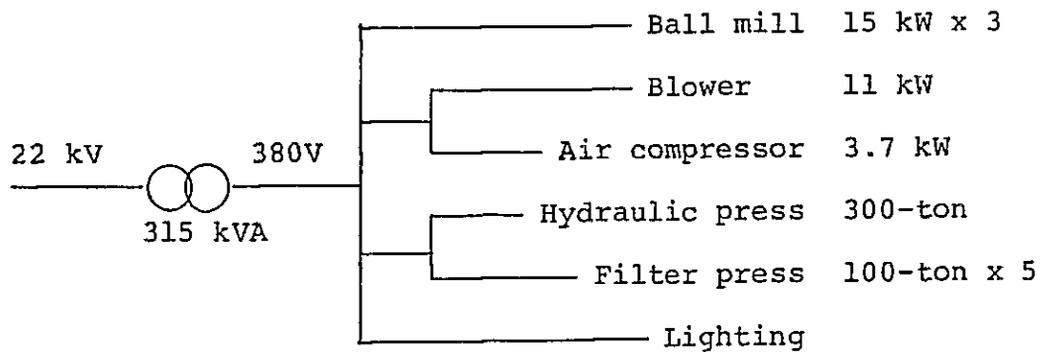
乾燥室のドアが不備であり、せっかくの廃熱が十分利用されず、室内の温度分布も不均一になっている。扉を完全にし、熱風の吹出しも数カ所から均等に噴出させるようにして、乾燥ムラをできるだけ減らすことが大切である。

7. 電力の消費状況

(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

| | |
|-----------|-----------------|
| ・電力会社 | : PEA |
| ・ピーク・デマンド | : 148 kW |
| ・使用電力量 | : 639,020 kWh/y |
| ・負荷率 | : 50.7% |
| ・ペナルティ・フィ | : なし |
| ・力率 | : 実測 64.5% |
| ・トランス | : 315 kVA |

(2) 配線系統図



8. 電力管理の問題点と対策

(1) トランス

トランスの二次電圧を測定した結果、400Vと高い。トランスのタップ替えを行い、二次電圧を390V位（負荷設備の端子で380V又はそれ以下）にすることが望ましい。これによりトランスの損失が減少するとともにモーター等の力率も若干改善される。

また力率が64.5%と低い。トランス位置に力率改善用コンデンサ（80kVA）を設置すれば、全体の力率は約92%に改善されよう。

上記によるトランス損失の減少効果を試算すると次のとおり。

$$315 \text{ kVA} \times (1 - 0.979) \times 0.8 \times \left\{ \left(\frac{233 \text{ A}}{466 \text{ A}} \right)^2 - \left(\frac{168 \text{ A}}{466 \text{ A}} \right)^2 \right\} \times 8,640 \text{ h/y} \\ = 5,500 \text{ kWh/y}$$

注) 変圧器定格電流：466A

力率65%時：233A

力率92%時：168A

(2) その他

製品検査個所の照度が低い（50ルクス）。

蛍光灯（40W×2）を増設して照度を上げると、検査効率の向上が期待できよう。

9. まとめ

以上の対策を実施すると、下記のような省エネルギーが見込まれる。

| | | |
|----------|-------------|------|
| 炉体断熱強化 | 58kl/y | 5% |
| 台車上面断熱強化 | 92kl/y | 8% |
| 燃焼用空気の予熱 | 80kl/y | 7% |
| 計 | 230kl/y | 20% |
| 力率改善 | 5,500 kWh/y | 0.9% |

7. SUPER FIBER CEMENT CO., LTD.

1. 工場の概要

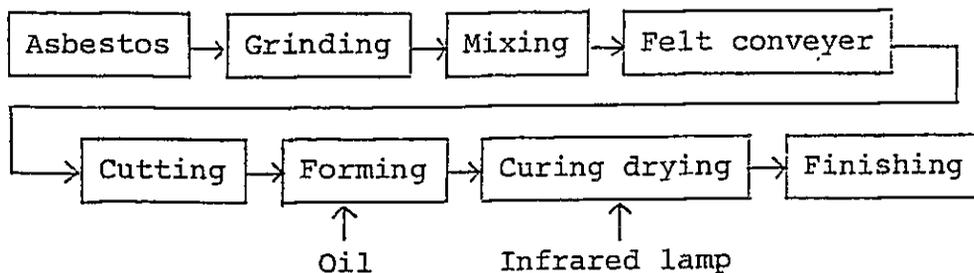
| | | |
|----------------|---|-------------------|
| 所在地 | 88 SOI S. Thaisare 2, Suksawad Rd., Samutprakarn | |
| 資本金 | 30 million bahts | |
| 業種 | Ceramics | |
| 主要製品名 | Asbestos fibre cement sheet | |
| 年間生産高 | 47,500 t | |
| 従業員数 | 491人 | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 2,506,250 kWh |
| | 燃料 | Diesel oil 473 kl |
| 面談者 | Smooth Poothavorn, factory manager | |
| 診断日 | 8/23 ~ 24, 1982 | |
| 診断員 | M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

◦ 建築用スレート板（波板及び平板）約 4,000 t/m を製造しており、国内 7 工場のうち 4 番目位の規模である。

製品乾燥（養生）に以前は蒸気を使用していたが、6 カ月前に赤外線ランプ加熱に変更している。石油を 473 Kl/y 使っているが、離型剤として使っているもので、燃料消費はない。

◦ 工場長の最大の関心事は歩留で、クラック等により出荷時で 4 ~ 5 % の不良品が発生している点を問題にしていた。また赤外線ランプの寿命も短いということであった。

2. 製造工程

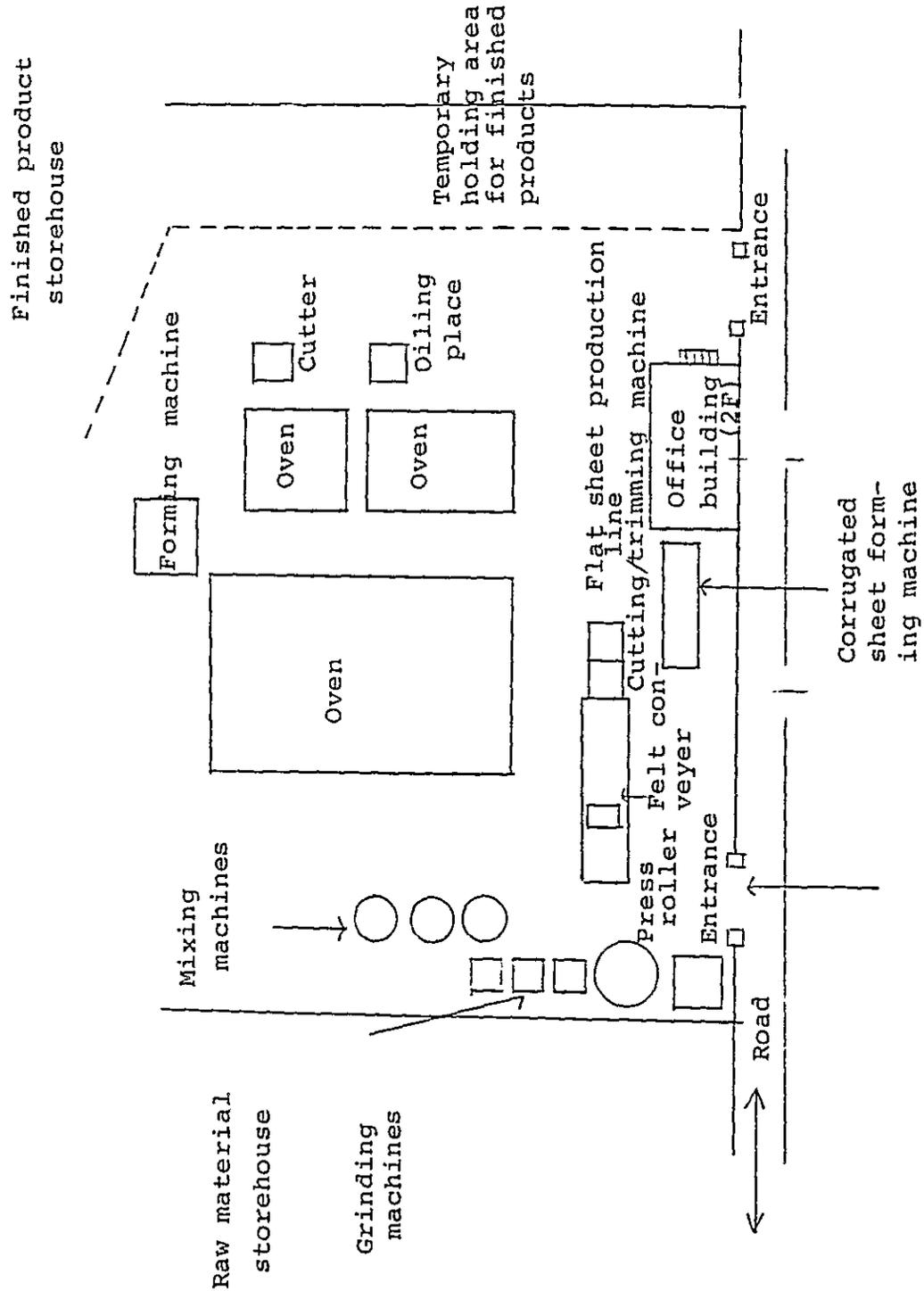


3. 設備概要

(1) 主要設備

| 名称 | 基数 | 型式等 |
|-----------|----|----------------------|
| フォーミングマシン | 3 | 37 kW , № 2は休止 |
| ドライヤ | 3 | 平板用 60 kW, 波板用 40 kW |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

○種々のデータの収集、整理はよく行われており、我々の質問に対しても迅速に必要なデータが提示された。

不良率や設備故障率についても原因別に毎日記録されていた。

月別コスト目標が設定され、現場事務所にグラフで表示できるよう準備されていた。

○従業員の教育については、定着率が悪いということで実施されていない。

人の異動の多い時にも、同一の製品をつくれるよう作業標準を定めておくことが必要だが、作成されていない。

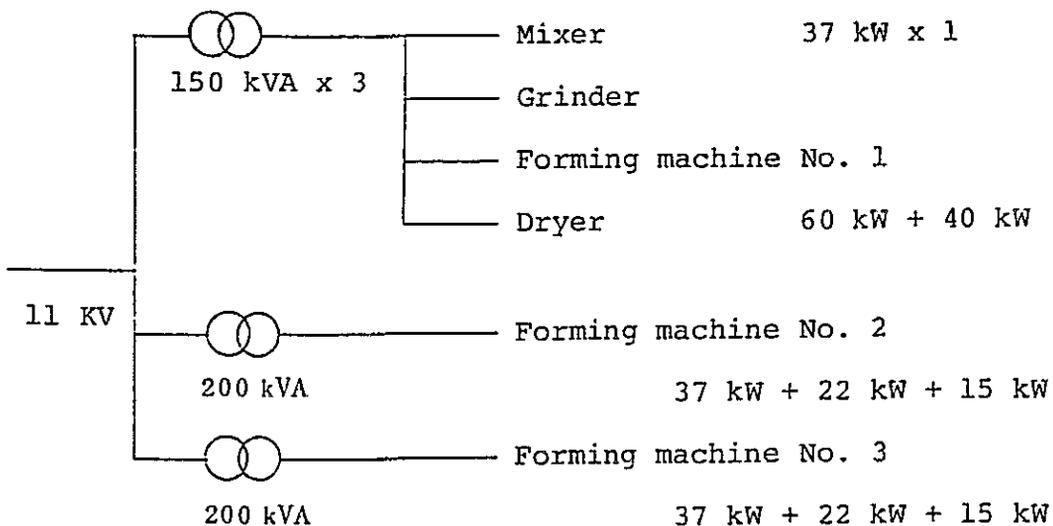
このためか、製品の品質に無頓着な従業員も見られた。

5. エネルギー消費状況

(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

| | |
|-------------|--------------------|
| ・ 電力会社 | : MEA |
| ・ ピーク・デマンド | : 600 kW |
| ・ 使用電力量 | : 266,000 kWh/m |
| ・ 負荷率 | : 61.6 % |
| ・ ペナルティ・ファイ | : 162 kVr |
| ・ 力 率 | : 75 % (実測 80 %) |

(2) 配線系統図



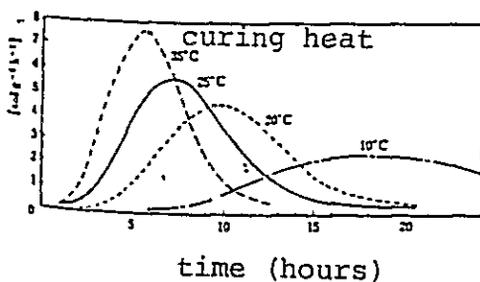
6. エネルギー管理の問題点と対策

(1) 反応熱の利用

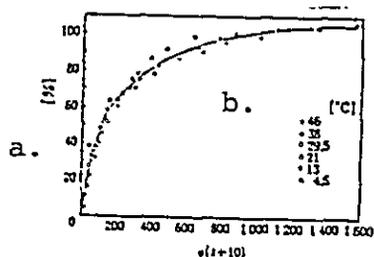
成型後のスレートはディーゼル油を塗った型枠にはさみ、台車に積んでドライヤに搬入、赤外線ランプで加熱し約8時間養生したのち、ドライヤから出して型外しし、更に室内で自然養生をしている。

ポルトランドセメントの水和発熱速度と養生温度の関係は図のとおりであり、温度が高い程早い時期に反応が進む¹⁾。

1) 化学便覧 P.399



また強度の発現は養生日数 (a) と温度 (t) の積 $a(t+10)$ と図のような関係にあり、温度が高い程早く強度が上昇する。しかし余り高過ぎると最終強度が低下する。



a. relative strength

b. curing heat

このように温度を高めることは反応を促進するが、セメントは水和により 125 cal/g の発熱をするので、保温してこの反応熱をできるだけ利用した方がよい。

ところが、ドライヤのスレート壁に孔があいていたり、出入口のカーテンが完全に床まで垂れていなかったりして気密性が悪く、熱を室外に逃していた。補修するとともに従業員に正しくカーテンをしめるよう教育してほしい。

品物の温度分布を測定した結果は、次のとおりである。

| 側面温度 | 段数 | 入室 20 分後 | 2 時間後 | | 8 時間後 | |
|------|----|----------|-------|-----|-------|-----|
| | | 長 側 面 | 長側面 | 短側面 | 長側面 | 短側面 |
| 上段 | 1 | 42℃ | 50℃ | 50℃ | 51℃ | 48℃ |
| | 6 | 41 | 60 | 64 | 57 | 58 |
| | 11 | 39 | 66 | 65 | 63 | 61 |
| | 16 | 39 | 65 | 62 | 64 | 61 |
| | 21 | 38 | 63 | 59 | 63 | 60 |
| 下段 | 26 | 41 | 59 | 55 | 61 | 58 |

| 上面温度 | 台車Ⅰ | 台車Ⅱ | 台車Ⅲ |
|------|-------------|-------------|-------------|
| | 48℃ 48℃ | 48℃ 48℃ | 45℃ 46℃ |
| | 56℃ 63℃ 54℃ | 54℃ 62℃ 55℃ | 58℃ 62℃ 54℃ |
| | 50℃ 50℃ | 48℃ 48℃ | 51℃ 47℃ |

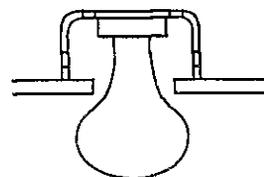
以上二つのデータからみると、赤外線ランプによる熱効果よりも自己発熱による温度上昇の方が支配的とみられる。

従って、ドライヤにはできるだけ密に台車を入れ反応熱を相互に利用するのが効果的である。また、台車におおいをかけるのもよいことである。

このようにしてある程度室温が上がったら、赤外線ランプは消灯しても差し支えないと思われる。

(2) 赤外線ランプの寿命

ランプ寿命を短くする原因の一つにソケット部の過熱がある。当工場の場合、測定したところ 320℃ になっていた。ソケット部を室外に出し、空冷されやすいようにする必要がある。



なお、台車の入っていないドライヤのランプもつけ放しになっていた。

(3) ディーゼル油の節減

離型剤としてのディーゼル油が過剰に塗られ床にしたたり落ちている。塗布機の最終段に絞りロールを入れるとよい。

(4) クラック防止

湿板の縦横の強度差が極端に大きい。ファイバが縦方向にのみ並んで入っていることを示している。

ファイダ内の液がローラーの回転につれて同方向に動きファイバが一方向に揃ってしまっているためと思われる。ファイダへの給液方法を工夫して、槽の長手方向にも攪拌するようになる必要がある。

ファイバとして木綿を使う希望があるようだが、ビーターを使って繊維を十分離解させなければならぬ。

ビーターは、タイ国内製紙工場(Card Board Thailand,あるいはIndustry Krung-Thai)に遊休品があるので問い合わせてみてはいかがであろうか。

なお、湿板の上にカッターの屑が乗っていたり、厚みゲージのローラー位置が悪く製品になる部分に傷をつけていたり、不良品の発生につながるような点が見受けられた。

(5) トランスの過負荷

No1トランス(450 kVA)は14%の過負荷になっている。力率も悪い(68%)ので200 kVAのコンデンサをつけるか、又は負荷の一部を他のトランスに移すことが必要である。200 kVAのコンデンサを入れることにより次のようになる。

| | 負 荷 | 力 率 | 皮相電力 |
|-----|-------------|------|-----------------|
| 現 状 | 350 + j 373 | 68 % | 512 kVA (114 %) |
| 改善後 | 350 + j 173 | 89 % | 390 kVA (87 %) |

変圧器の銅損減は、

$$450 \text{ kVA} \times 0.016 \times \left\{ \left(\frac{782}{684} \right)^2 - \left(\frac{611}{684} \right)^2 \right\} \times 8,760 = 32,100 \text{ kWh/y}$$

またベナルティ・ファイ 29,000 Bt/y も不要になる。

コンデンサ設置費用は50,000 バーツ程度とみられるから、短期間での資金回収が可能である。

(6) 電圧降下

No3変圧器から50 HPモーターまでの間で26Vも電圧降下をしている。線が細すぎるのか、別の原因によるのか調査が必要である。

(7) そ の 他

変圧器室に水が溜っており、漏電事故の心配がある。排水に留意されたい。

フォーミングマシンの駆動用ベルトが5本中2本切れており、伝導損失を生じている。また

ベースが腐食して振動が激しく故障の危険性が多い。

9. ま と め

上記の対策により次のような効果が期待される。

トランス力率の改善 32,100 kWh /y 1%

製品強度をチェックしながら、赤外線ランプの消灯に努めれば、更に多くの電力節減が可能である。

8. APA INDUSTRY CO., LTD.
APA CONTAINERS CO., LTD.

1. 工場の概要

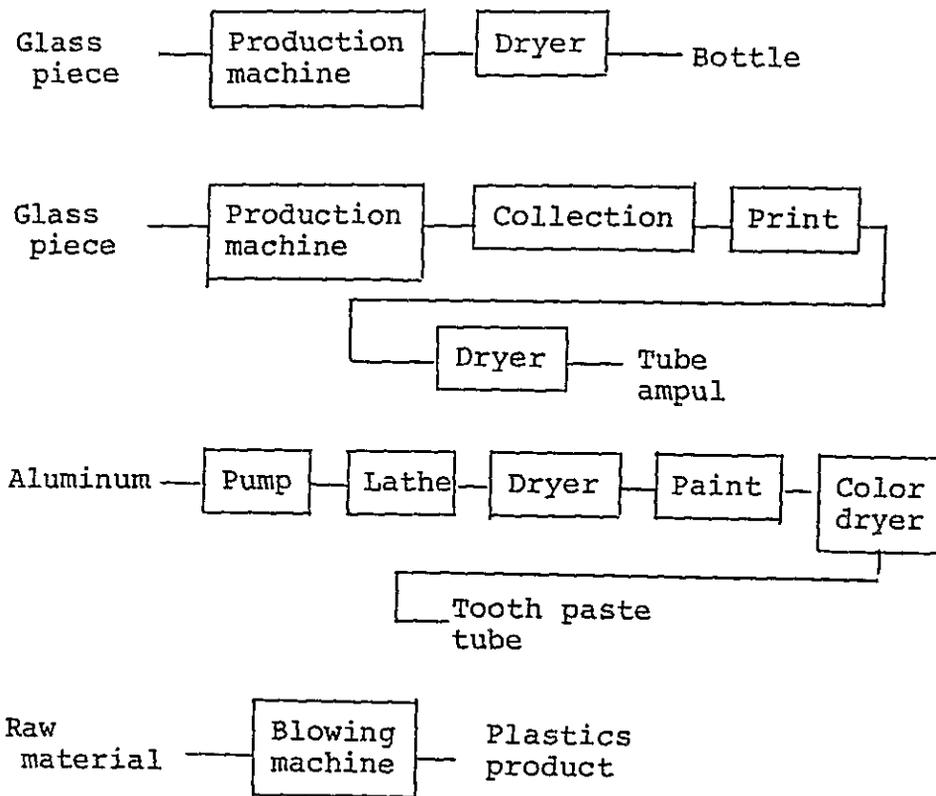
| | | |
|----------------|--|--------------------------------------|
| 所在地 | 3530 Bang-na Sukhumvit Rd., Bangkok | |
| 資本金 | | |
| 業種 | Glass | |
| 主要製品名 | Tooth paste tubes, plastic containers, vial | |
| 年間生産高 | 150 t | |
| 従業員数 | 270人(industry) 67人(container) } 337人(total) | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 2,316,960 kWh |
| | 燃料 | LPG 15,600 kl |
| | | O ₂ 68,400 m ³ |
| 面談者 | Varavut juijenrob, and Somsak Suthikavilkul | |
| 診断日 診断員 | 8/30 ~ 31,1982 M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

○ アンブル、薬用小瓶等ガラス製品、歯みがき用アルミニウムチューブ、射出成型プラスチック成品と多様な製品をつくっており、工場も Apa Industry と Apa containers が同じ敷地内に併設されている。典型的な加工工業であり、ガラス製品は日本から輸入したガラス管を加工して製造している。

アンブル製造では、タイ国最大の工場で12台のマシンを使用している。

○ エネルギー消費の小さい工場であるが、電力や酸素の使用量が設計値より多くなっている点を問題としていた。また製品不良率が、ガラス関係 20%、アルミチューブ関係 15%程度あるので、その原因解明に努めているとのことであった。

2. 製造工程

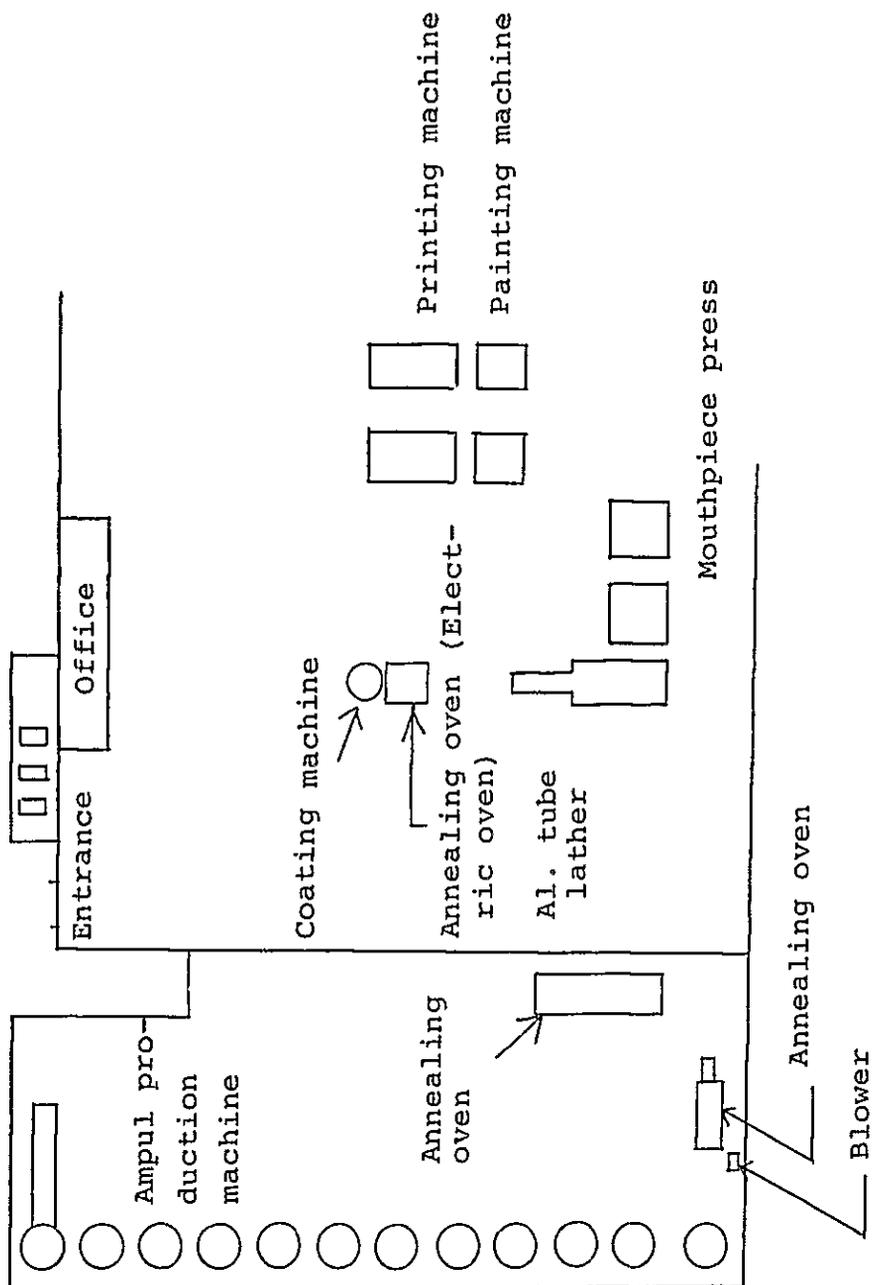


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

| 名 称 | 基 数 | 型 式 等 |
|-----------------|-----|--------------------------------------|
| ガラス瓶製造機 | 1 | 1,800 ボトル/h |
| ガラスチューブ製造機 | 9 | 4,500 チューブ/h × 1 2,300 チューブ/h × 8 |
| アルミニウムチューブ製造用旋盤 | 3 | |
| 射 出 機 | 2 | |
| 焼 鈍 炉 | 8 | LPG加熱 3 電気加熱 5 |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

全体のエネルギー消費量は月々把握している。製品のサイズ別エネルギー消費量も一度測定したことがあるが、定期的な原単位計算は行っていない。

省エネルギーのための組織的な活動は行われていないが、幹部会議の中で時々議題として取上げている。

従業員教育は採用時の一般教育以外、特に実施はしていない。

品質管理には特に力を入れており、独立した試験室を設けていた。

5. 燃料の消費状況

燃料使用量は次のとおり。

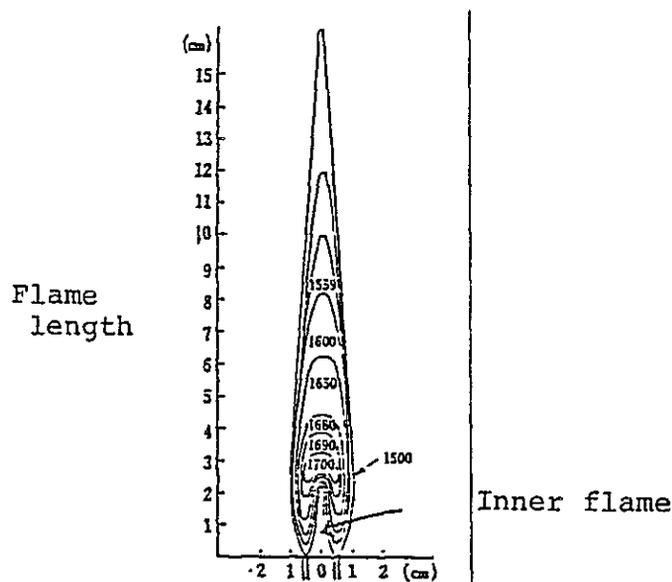
| | | |
|----|-----|--------------------------|
| 燃料 | LPG | 15,600 kg/y |
| | 酸素 | 68,400 m ³ /y |

LPGは、ガラス瓶とガラスチューブの製造及び焼鈍用のみに使われており、他の製品の製造は、酸素による燃焼で行っている。また焼鈍用のLPGは2～3カ月前から使い始めたばかりである。

6. 熱管理の問題点とその対策

(1) アンブル加工機のバーナー

アンブル加工機の炎を観察すると、最近設置した機械以外は、炎が長炎になっており、炎の最高温度の所が、ガラスに当たっていない。ガス炎の温度分布の1例を図に示すが、内炎の先端から数mmのところのところに最高温度部があり、アンブル製造の場合、この点に被熱物がくるように調節する。



20% mixed gas (specific gravity 0.50) + air

この工場の場合、炎はやや酸素不足であり、酸素を増加することにより内炎の長さを短くすることができる。

たまたま訪問中に逆火を起こしていた。逆火はガスの噴出速度が燃焼速度より遅い場合に起こる。酸素増加により、燃焼速度は増加するが、その値は次の式で示される。

$$\text{プロパン} \quad U_{\max} = 45.5 \{ 9.43 (M - 0.21)^{0.88} + 1 \} \quad \text{cm/s}$$

$$\text{ブタン} \quad U_{\max} = 37.5 \{ 11.3 (M - 0.21)^{0.82} + 1 \} \quad \text{cm/s}$$

$$\text{ここで} \quad M = \frac{O_2}{O_2 + N_2}$$

酸素 100 % の時は、それぞれ 394 cm/s , 387 cm/s となるので、この速度以上でノズルを通す必要がある。その他一般的に逆火を防止するには、

- ㊸ ノズルを小さく深くし、数を多くするとともにガス圧を高くする。
- ㊹ バーナーヘッドを冷却する。あるいは熱伝導しにくいセラミック製とする。

が行われる。

この工場の場合、ノズル内径が大きくなってきているものとみられるので、設計値どおりのものに交換されたい。それによって、LPG , O₂ 量の削減と逆火による損失を防ぐことができる。

(2) 徐冷炉

徐冷炉の目的はガラス内の歪を除くため、550℃前後の範囲で徐冷することであるが、製造直後の製品は、十分な熱を持っているので、温度の下らないうちに徐冷炉に入れ、徐冷炉には冷たい空気をできるだけ入れないようにすれば、燃料は余り多くを要しない。品質をチェックしながら、出口側バーナーから順次絞って行くように検討されたい。

なお、加熱エネルギーの大部分がトレイ加熱に使われているので、今後の改造に当ってはできるだけ軽量のものに交換されることが望ましい。

7. 電力の消費状況

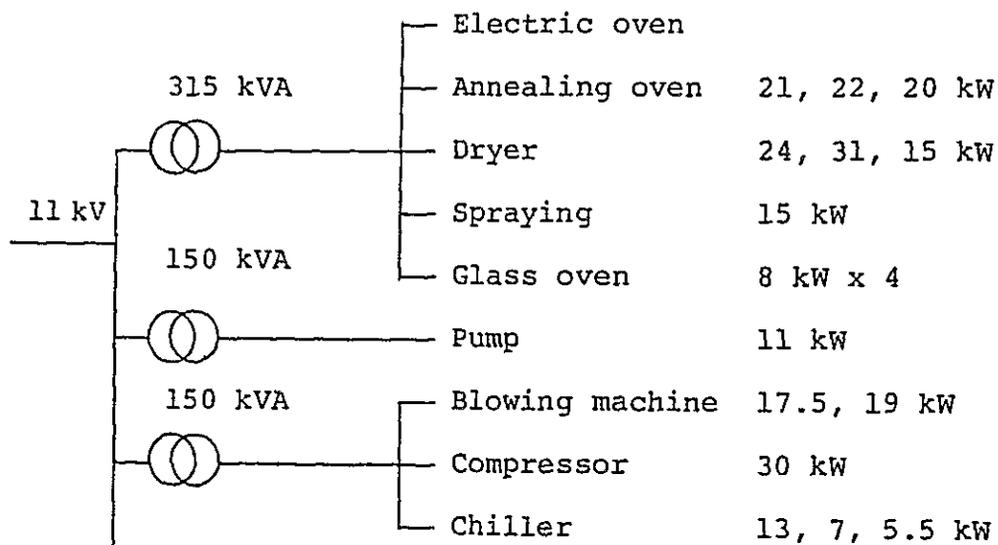
(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

| | | |
|------------|------------------|-----------------|
| ○ 電力会社 | : MEA | |
| ○ ピーク・デマンド | : 261 (240) kW | , 207 (55) kW |
| ○ 使用電力量 | : 117,000 kWh/m | , 47,700 kWh/m |
| ○ 負荷率 | : 62.2% | |
| ○ ペナルティ・フィ | : 97 kVr | , 5 kVr |
| ○ カ率 | : 71 (86)% | , (83)% |
| ○ トランス | : 315 kVA × 1 | , 400 kVA × 1 |
| | 150 kVA × 2 | |

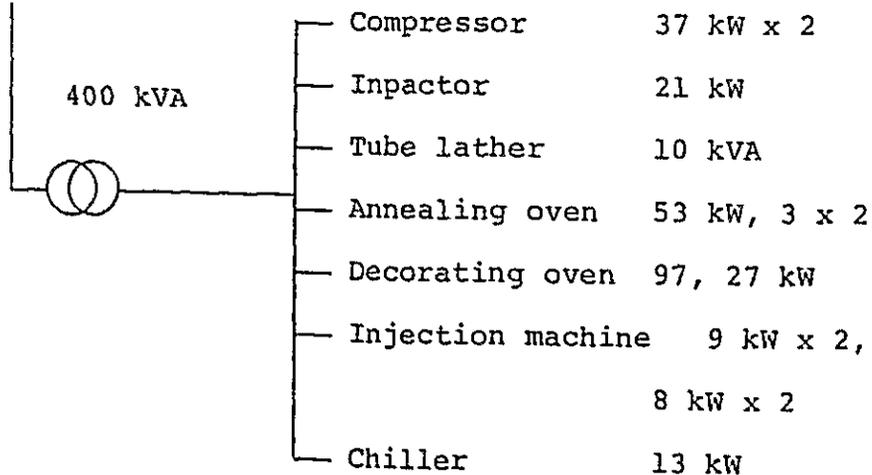
注) 左側の数値はApa Industryを、右側の数値はApa Containersをそれぞれ示す。
 ()内の数値は、当日の実測値を示す。

(2) 配線系統図

(Apa Industry)



(Apa Containers)



Apa Industryでは240 kWの負荷のうち67%が電気炉であり、この他にもプラスチック部門でヒーターが使われている。このため不平衡電流が多く、電源にも負荷にも悪影響を与えていると考えられる。

アルミチューブの焼鈍炉の表面温度は40℃前後で、放熱量も180～210 kcal/m²h と少なく保温は良好であった。

8. 電力管理の問題点とその対策

(1) トランス

Apa Industryの3台のトランスは、いずれも二次電圧が高い(397～408 V)。プラスチック工場用の3号トランスは力率が低い(78%)。

トランスのタップ替えを行って二次電圧を約390 Vにすれば、トランスの損失が若干減少しまた力率も少し改善することができる。

なお、屋上のトランス設置場所に水溜りが見られた。これはトランスのケースの腐食・漏電の原因となる可能性があるので早期に排水する必要がある。

(2) 力率

総合力率が低い、その原因はプラスチック工場の小型軽負荷のモーターと推定される。今後より詳細に調査し、適正容量のものに置換えることが望ましい。

(3) 電気炉

炉の出入口からの熱損失が大きい。開口部をできるだけ覆って小さくし輻射、対流などの熱損失の減少をはかる必要がある。

これにより電気炉全体で5～7%程度(約10 kW)が節減され、年間約57,000 kWhの電力節減が可能になると見込まれる。

$$10 \text{ kW} \times 16 \text{ h/d} \times 360 \text{ d/y} \cong 57,000 \text{ kWh}$$

(4) ブローイングマシンルームの空調

ヒーター付の機械が設置してある室を空調冷房しているが、支障のない限り室の冷房設定温度を高めるとか、冷却する部分を極力小さくして、空調用負荷を減らすことが望ましい。こうすることにより、ヒーター用負荷も減らすことができよう。

(5) ブローイングマシンの配線

Neutral Lineに流れる電流が多く(20%)電流の不平衡が見られた。

なるべく負荷が平衡するように接続し、モーターの異常発熱、振動の発生を防止することが望ましい。

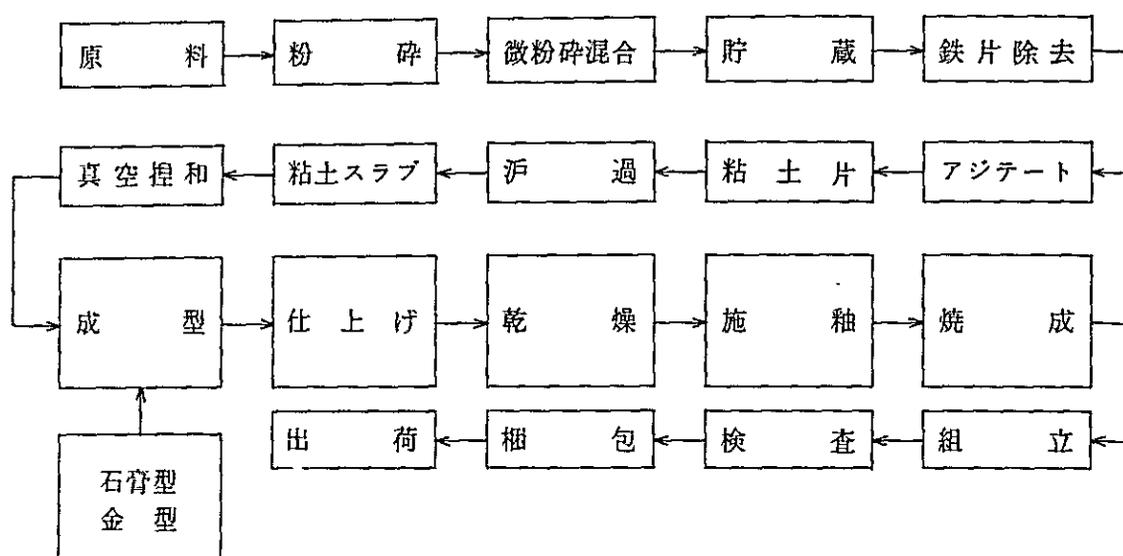
9. SIAM INSULATOR CO., LTD

1. 工場の概要

| | | |
|----------------|---|-------------------|
| 所在地 | Bangchan Industry Area, No. 1-2 and 15-18, Bangkok-Meanfuri Rd. Meanfuri, Bangkok | |
| 資本金 | 25 million bahts | |
| 業種 | Ceramics | |
| 主要製品名 | Insulator, lighting arrestor | |
| 年間生産高 | 4200 t | |
| 従業員数 | 200人 | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 1,032,000 kWh |
| | 燃料 | Kerosene 1,440 kl |
| 面談者 | Chief engineer Sombratana Bonnag vice president (Technical) Somrak Watananusan | |
| 診断日 診断員 | 9/6 - 7, 1982 M. Ito, Y. Ohno, and T. Sugimoto | |

- 高圧碍子製造工場としてはタイ国で最大の工場である。バンコク市の中心部から北東へ車で約40分 Bangchan 工業団地の中であり、建物の設計は近代的で美しい。この工場ができてから7年、いろいろな種類の碍子を造っている。良い原料を入手するためには地方を回るなど原料調達には苦勞をしている。
- 省エネルギーは会社の方針として取り上げており、いままでにもキルンの内側へのセラミックファイバ・ライニングを実施し、これにより焼成時間を従来の40時間から24時間に短縮する効果を挙げている。今年になって乾燥機を1基増設したが、これもキルンの排熱の一部を利用できるように設計されている。

2. 製造工程

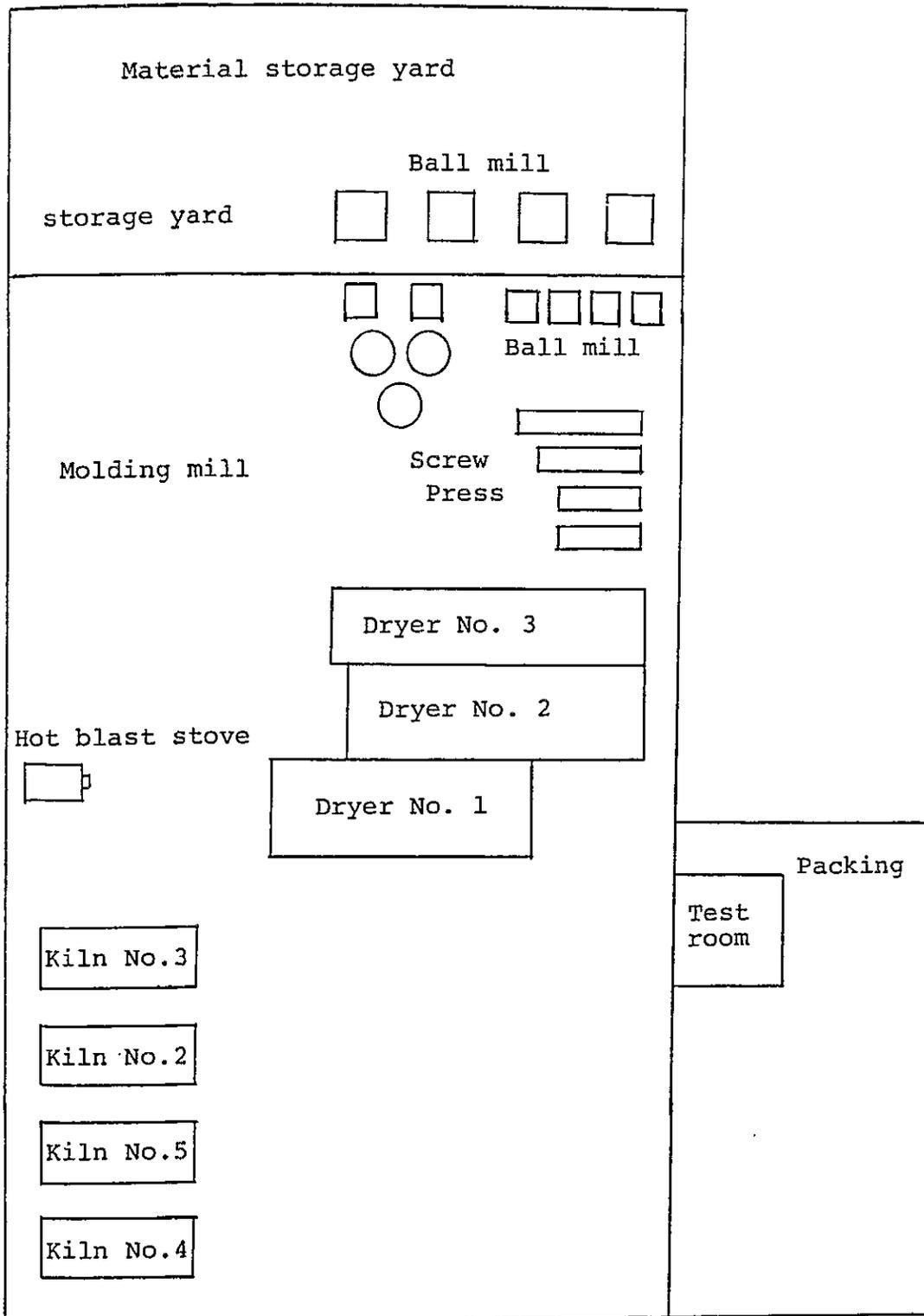


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

| 名称 | 数量 | 型式等 |
|-------------|----|--|
| ボールミル | 10 | 22 kW × 4 , 7.5 kW × 4 , 3.7 kW × 2 |
| Screw Press | 4 | 7.5 kW |
| ドライヤ | 3 | シャトルキルン排ガス及び熱風利用 |
| 焼成炉 | 4 | シャトルキルン, セラミックファイバ内張 10 t / バッチ, 台車数 10, バーナー 22 本, 2 基休止中 |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況¹

- 省エネルギーは会社の方針としては進めることになっているが、はっきりした目標値はまだ設定されていない。エネルギー消費についての主要設備別の統計は熱関係はきちんと管理しているが、電気の方は工場の拡張などで忙しくあまりやっていない。

原単位は判っているが日本のように管理図を作るまでにはいっていない。原価計算は月に1回やっているが、それを工程別に分けたり、キルンの熱勘定も行ったことはないので、方法がわかれば実施したいとのことである。

- 省エネルギー組織は作られていない。日本で成功している改善提案制度は採り入れたいが、まだ実施していないとのこと。従業員の教育は工場内では行われておらず、TPAのセミナーにスタッフが出席する程度である。

5. 燃料の消費状況

- 燃料は灯油で、1,440 kl/yのほとんどを焼成用に、一部を熱風発生用に使用している。

焼成炉の熱効率 η は、

| | |
|-------|-----------------------------------|
| 焼成量 | 5,300 kg/バッチ |
| 焼成温度 | 1,280 °C |
| 焼成品比熱 | 0.31 kcal /kg °C |
| 燃料消費量 | 2,400 l/バッチ |
| 燃料発熱量 | 8,245 kcal / l (9,600 kcal /kg) |

とすると、

$$\eta = \frac{5,300 \times (1,280 - 30) \times 0.31}{8,245 \times 2,400} \times 100 = 10.4 \%$$

と低い値になっている。

これは炉体や台車等の昇温に多くの熱量を必要とすること、排ガスが高温のまま排出されることによる。排ガス廃熱は酸化期のみ乾燥用熱源として利用されている。

6. 熱管理の問題点とその対策

(1) キルン側壁からの放散熱量

キルン№4について放散熱量を測定した結果は、

| | |
|----------|------------------------------|
| 放散熱量(平均) | 1,133 kcal /m ² h |
| 表面温度 | 110 °C |

キルン表面積 122.6 m²

∴ 放散熱量 1,133 × 122.6 = 139,000 kcal / h

となり、油 17 l/h に相当する。

表面が鉄皮なのでその表面を断熱することは難しく、鉄皮と煉瓦との間に隙間があれば断熱材を充填すればよい。

内部は既にセラミックファイバを張ってあるので、施工上の問題や炉内容積縮少の問題があるが、経済的にはまだ厚みを増す余地がある。

(2) 燃焼管理

オイルバーナーがバーナータイルのセンターに向って正しくセットされていないので、炎がバーナータイルに当たり、カーボンを発生したり、あるいは炎が外部に流れたりしていた。

燃料調整はこまめに実施されているようなので、バーナー位置の調整にも気を配ってもらいたい。バーナーを支えるフレキシブルチューブがやわらか過ぎる点に問題があるので、鉄皮に簡単なサポートをつけるとよい。

(3) 燃焼排ガスの廃熱利用

燃焼排ガスは高温で炉から出ているが、酸化期のみ、乾燥炉熱源として使用されている。この場合も配管は保温されておらず十分に活用されていない。

排ガスラインに熱交換器を置き、空気を加熱して、燃焼用空気及び乾燥炉熱源に用いるようにすれば廃熱の利用率も上り、燃料の節減をはかることができる。

仮に、空気を 200℃まで加熱した場合の効果を求めてみる。酸化期・還元期を通じての平均空気比を 1.1 とすると、

$$\text{必要空気量 (A)} = \left\{ \frac{0.85 \times 9,600}{1,000} + 2.0 \right\} \times 1.1 = 11.2 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

加熱空気の増加熱量

$$11.2 \times (200 - 30) \times 0.31 = 590 \text{ kcal /kg-Oil}$$

$$\frac{9,600 - 590}{9,600} = 0.94$$

従って、6%燃料が少なくてすむことになる。

(4) 台車の軽量化

カートップの耐火煉瓦の一部を耐火断熱煉瓦に取り換えることによって、床下への放熱を防止すると同時に、従来と同じ燃料使用量で炉内温度の顕著な上昇を見ることができ、省エネルギー

一効果は大きい。日本の例では、5～8%のエネルギー節減がはかられている。

(5) 台車管理の改善

- a. 台車間接統部の煉瓦が膨出している。
- b. 台車下綱板製スカートが歪んで、隣の台車との間が密着していない。
- c. 台車下シール部の砂が半分減っている。

これらの点を補修し、砂を補充することによって冷空気の炉内への侵入を防ぐ。また吹込空気量も順次減らすように努めること。

(6) 焼成作業終了後キルンの扉は閉める

シャトルキルンでは炉体昇温用の熱量が全体の25%程度にも達する。従って焼成作業終了後、台車を出したあとの扉開放は大きな熱の損失を招く。台車のキルンへの出し入れ方法を改善して、扉の開放時間をできるだけ短縮することが望ましい。

(7) 燃料転換の効果

品質上の問題と灯油の価格がA重油と余り変わらないために現在灯油を使用中であるが、この種のキルンでは一般的にはA重油の使用が普通であるので、これからは製造技術の向上で品質をカバーしながら、少しでもコストの安いA重油への転換を計るのもコスト対策の一つであろう。年間144万バーツの燃料費の節約ができる。

(8) 乾燥室内温度均一化

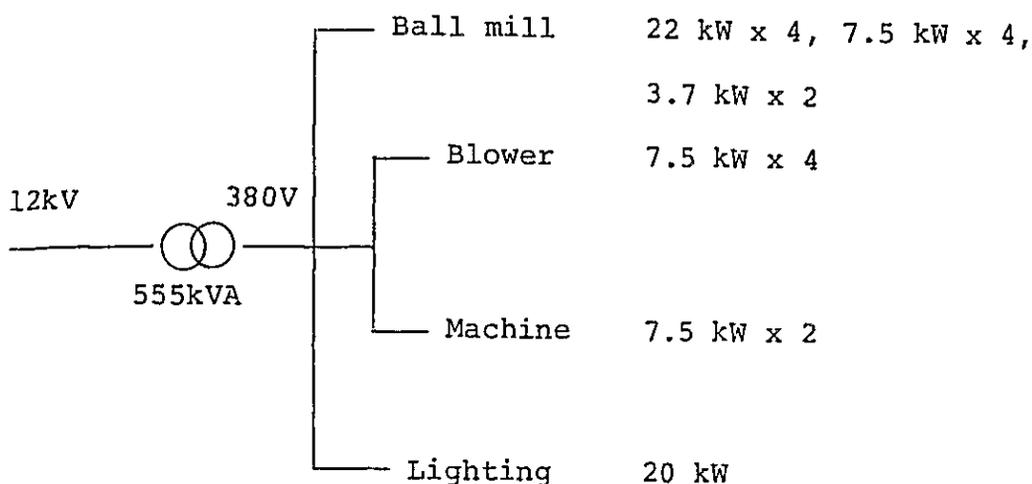
乾燥室内熱空気の循環を良好にするため設置してある送風機の取り付け位置が壁面に近過ぎて、十分に空気の循環ができないように見受けた。取り付け方法、数量を再チェックする必要がある。

7. 電力の消費状況

(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

| | |
|------------|----------------|
| ・電力会社 | : MEA |
| ・ピーク・デマンド | : 183 kW |
| ・使用電力量 | : 85,200 kWh/m |
| ・負荷率 | : 85.6% |
| ・ペナルティ・ファイ | : 15 kVr |
| ・力率 | : 62% (実測65%) |
| ・トランス | : 555 kVA |

(2) 配線系統図



8. 電力管理の問題点と対策

(1) 力率

小型モーター回路の負荷が軽い(55%)こともあり、力率は65%程度と低くなっている。

50 kVr のコンデンサ 2 基を設置すれば力率は 85 % に改善される。

これによる効果は、

◦ 変圧器銅損の減少 : 電流が 351 A から 268 A に減ることにより、

$$555 \text{ kVA} \times (1 - 0.98) \times 0.8 \left\{ \left(\frac{351}{843} \right)^2 - \left(\frac{268}{843} \right)^2 \right\} \times 8,640$$

$$= 55.2 \times 10^3 \text{ kWh/y}$$

◦ ペナルティ・フィ不要

$$1,875 \text{ Bt/m} \times 12 = 22,500 \text{ Bt/y}$$

コンデンサ 設置のための費用は、約 30,000 円 であり 6 カ月以内に資金は回収される。

(2) ボールミルモーターのオーバーロード

4 t のボールミルのモーターはオーバーロードになっており、25 HP から 30 HP に交換されたが、その後充填量を増加したため再びオーバーロードになっている。モーターやミルベアリングの寿命を縮めることになるので、規定量の充填に抑えなければならない。

(3) 設備保全

ボールミルのベルト弛み、照明ランプの汚れ、スイッチ類の破損がみられる
また正確な配線系統図がない。

9. ま と め

上記のような対策を講ずることにより次のような省エネルギー効果を期待できる。

| | | | |
|----------|--------------|--------|------|
| 燃焼用空気の予熱 | 86 kℓ/y | 6 % | |
| 台車の断熱 | 115 kℓ/y | 8 % | |
| | 小計 | 201 kℓ | 14 % |
| 力率改善 | 55,200 kWh/y | 5 % | |

10. ARMITAGE SHANKS (BANGKOK) CO., LTD.

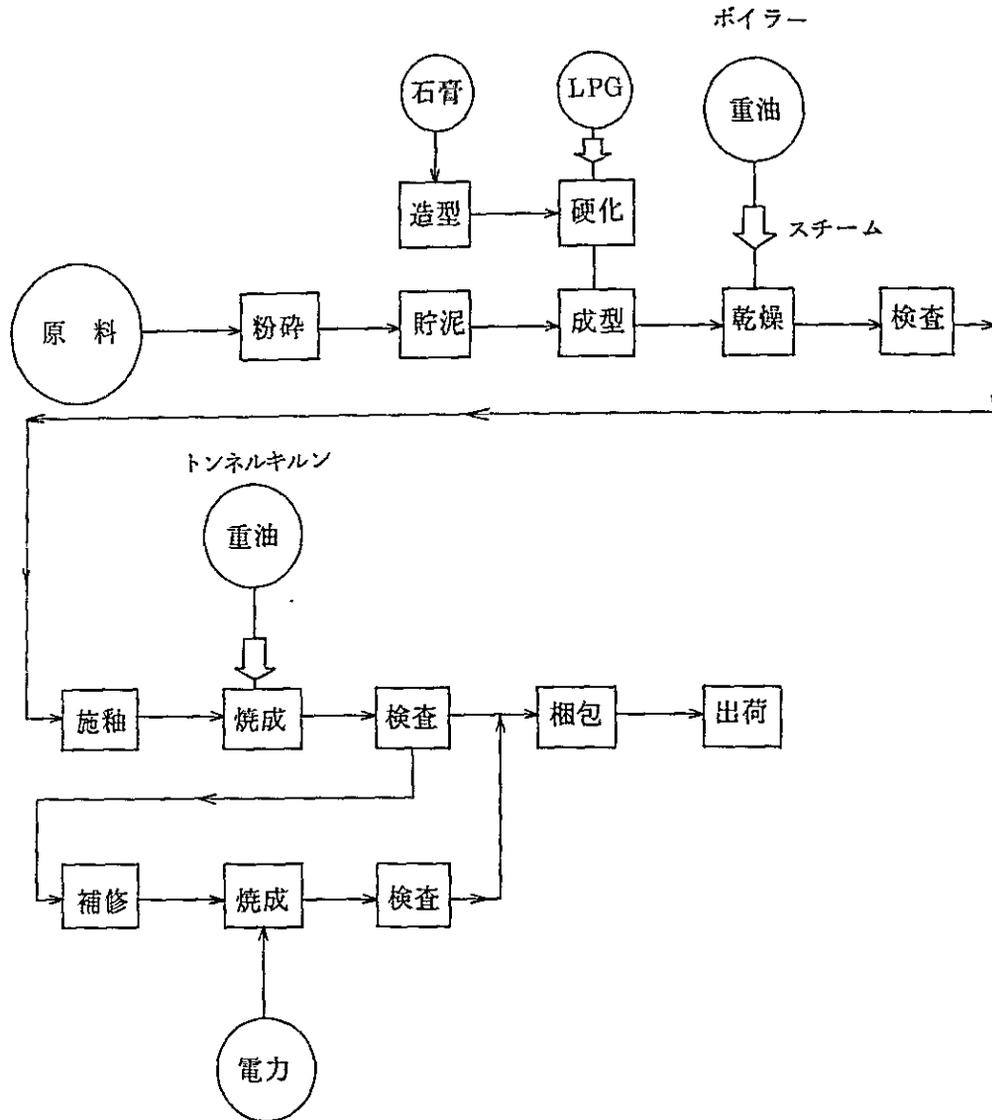
1. 工場の概要

| | | |
|----------------|---|-------------------|
| 所在地 | 33 Khor, Viphavadee Rangsit Rd., Don Muang, Bangkok | |
| 資本金 | 90 million bahts | |
| 業種 | Ceramic | |
| 主要製品名 | Sanitary ware | |
| 年間生産高 | 220,000 units | |
| 従業員数 | 225人(160 at present) | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 2,034,000 kWh |
| | 燃料 | Fuel oil 1,806 kl |
| | | Diesel oil 8 kl |
| | | LPG 48 kl |
| 面談者 | Prakob Prohmvitak, B. Sc. (Chula) in Chem. Eng. | |
| 診断日 診断員 | 9/15~16, 1982 Y. Ohno, T. Sugimoto | |

- バンコク市の北々東，市の中心部から車で約40分の距離にあり，空港へ延びるハイウエーに面している。1969年に工場建設が始まり，1971年に生産を開始した。その後，需要が旺盛で，増資によって現在の9,000万バーツとなった。英国との合弁会社で，技術提携もしているが，英側の持株は10%，1カ月に1～2回人が来る程度で常駐はしていない。
- 従業員はフル稼働のときは225名であったが，生産を40%に落している現在は160名になっている。全員常備ではあるが月給制をとっているのはスタッフのみである。
- 衛生陶器を製造している工場はいま国内に4社あるが，高級品については当社と American Standard 社でマーケットシェアの半々を占め，残り2社は規模も小さい。しかし同業他社との競争は激しく，エネルギーコストが上昇しても製品の値上げはできない状況にある。
- 製品の生産量を表わすのはユニットという個数単位を用い，トン数では表わしていない。製品の大きさは種々あり一定ではないので，製品別のコストは不明であるが平均値は把握されている。

設備能力としては1,500 unit/dあるが，現在の生産量は約40%に落ちている。

2. 製造工程

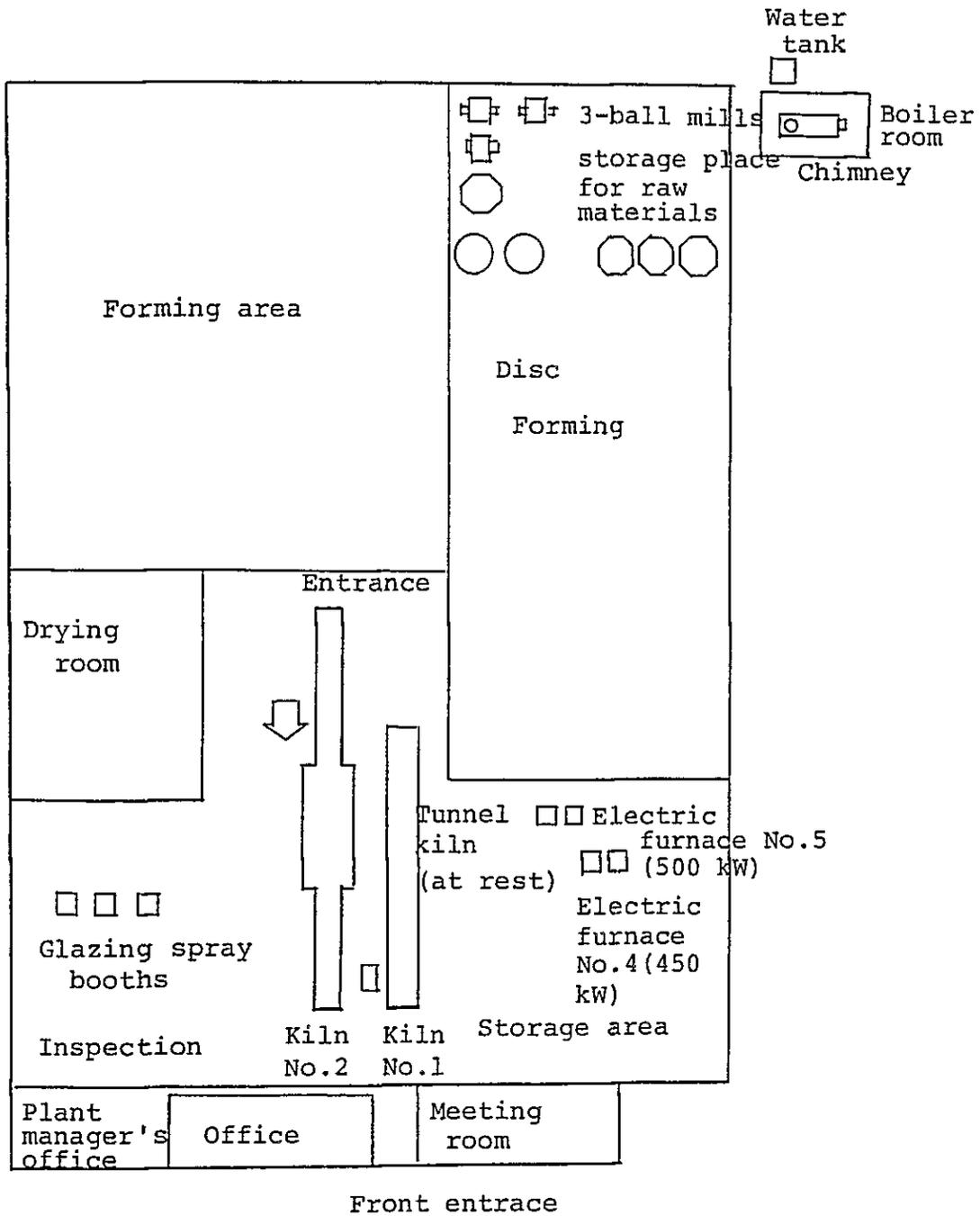


3. 主要設備の概要

(1) 主要設備

| 名 称 | 数 量 | 型 式 等 |
|---------|-----|---|
| ボールミル | 3 | |
| トンネルキルン | 1 | Drayton 社製 マッフル式 |
| トンネルキルン | 1 | Gibbons 社製 (休止中) |
| 電 気 炉 | 2 | Donald Shelley 社製 トップハット型 500 kW , 450 kW |
| ボ イ ラ ー | 1 | 炉筒煙管式 2t / h , 7 kg/cm ² G |

(2) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

- 省エネルギーについて会社として強い関心を持っている。すでにトンネルキルンの台車トップや電気炉の断熱改善（セラミックウール使用）、キルン冷却帯からの熱空気の燃焼用空気としての利用が実施されており、更に余った熱空気を乾燥用に使用する計画も持っている。しかし、具体的な省エネルギーの目標数値は決められていない。
- 工場全体のエネルギー消費量は毎日計測、チェックされている。原価計算も行っているがエネルギー原価計算は個々の工程別に細かくは実施していない。熱管理関係の計測はたまにボイラーの排ガス中のCO₂濃度%を測るくらいであり、熱勘定表を作ったことはいままでにない。
- 省エネルギーのため委員会やプロジェクトチームを作って組織的な活動をしたことはなく、工場長が節約するように呼びかけを行っている程度である。

従業員教育としては3人位をTPAに派遣して研修を受けさせている。QCサークルを発足させるべく準備中であった。従業員の改善提案もあまり出されていない。

業界などで企業の上層部間の意見交換はあるが余り深くなくお互に遠慮している。かつては同業者間の工場見学が実施されたことがあったが、今は行われていない。

5. 燃料の消費状況

年間の重油消費量は1,806 kℓ/yでその大部分がトンネルキルンに使用されている。ボイラーは気温の低い場合にのみ稼動している。

キルンの熱効率ηは、

| | |
|------------|-----------------------------------|
| 平均重量 | 14 kg/ unit |
| 年間生産量 | 220,000 unit/y |
| 焼成温度 | 1,130 °C |
| 焼成品比熱 | 0.337 kcal/kg°C |
| 燃料消費量 | 1,806 kℓ/y (1,694 t/y) のうち 90 % |
| 燃料発熱量 (He) | 9,692 kcal /kg |

とすると、

$$\eta = \frac{14 \times 220,000 \times (1,130 - 30) \times 0.337}{1,694,000 \times 9,692 \times 0.9} \times 100 = 7.7 \%$$

と低い値を示している。

この炉はマッフル炉であり、予熱帯での熱交換が少なく排ガス温度が高くなるためである。

6. 熱管理の問題点とその対策

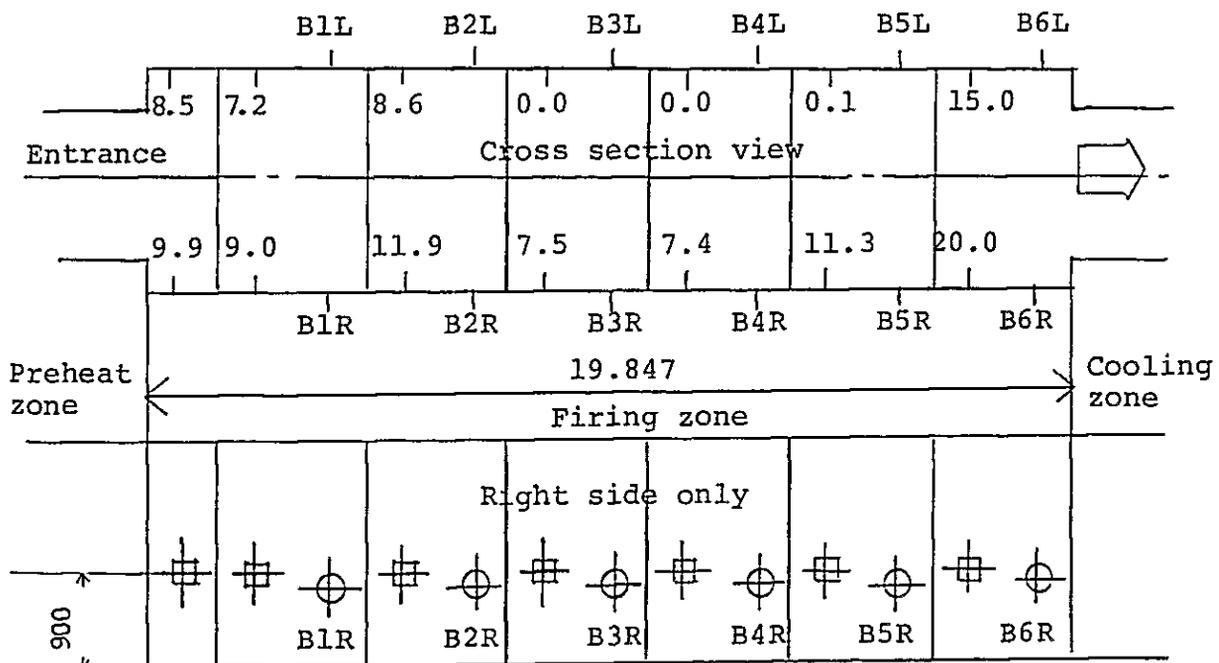
(1) トンネルキルンの燃焼管理改善

マッフル式トンネルキルン焼成帯の酸素濃度分布を測定した結果、キルン両サイドの同一位置においてマッフル内の O_2 濃度にかなり著しい差のあることがわかる(測定結果参照)。これはマッフル内部で燃焼ガスの流れ方が左右不均衡の状態にあることを示すもので、不完全燃焼と火炎温度低下による焼成の不均一と排ガス損失の増加の原因となっている。

次の方法によって、各バーナーが均一な燃焼をするように改善されたい。

- ㊦ 誘引排風機吸込側ダンパーの調整
- ㊧ オイルバーナーの二次空気ダンパーの調整
- ㊨ 酸素分析計による定期的なガス分析

トンネルキルン焼成帯マッフル内の酸素濃度分布



燃焼帯出口でのO₂%は平均して9.2%になっており、

$$\text{空気比 } m = \frac{21}{21 - 9.2} = 1.78$$

と出口近くで多くの空気が吸いこまれていることを示している。

この空気比を $m = 1.3$ まで改善した時の効果を以下に計算する。

$$\text{理論空気量 } A_0 = \frac{0.85 \text{ H}\ell}{1000} + 2.0 = 10.2 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{理論燃焼ガス量 } G_0 = \frac{1.11 \text{ H}\ell}{1000} = 10.8 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$\text{燃料発熱量 } H\ell = 9,692 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{実際燃焼ガス量 } G = G_0 + (m - 1) A_0 = 10.8 + (m - 1) 10.2 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$m = 1.78 \text{ のとき } G_1 = 18.8 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

$$m = 1.3 \text{ のとき } G_2 = 13.9 \text{ Nm}^3/\text{kg-Oil}$$

燃焼排ガス温度は500℃以上で、当日正確な測定はできなかったが、700℃と仮定すると、排ガスの持ち去る熱は、

$$Q_1 = 18.8 \times 700 \times 0.33 = 4,343 \text{ kcal/kg-Oil}$$

$$Q_2 = 13.9 \times 700 \times 0.33 = 3,211 \text{ kcal/kg-Oil}$$

従って燃料量は、 $\frac{9,692 - 4,343}{9,692 - 3,211} = 0.82$ に低下する。

年間燃料節約量は、

$$1,806 \text{ k}\ell/\text{y} \times 0.9 \times (1 - 0.82) = 292 \text{ k}\ell/\text{y}$$

が期待される。

(2) キルンの廃熱利用

空気比の改善を行っても、なお60万kcal/h程度の熱が燃焼排ガスとして排出されている。一方乾燥室には、ボイラーによるスチームを供給しているので、この排熱を利用することを検討されたい。

これには、次の二つの方法が考えられる。

④ 伝熱面積80m²程度のレキュペレータを設置して高温空気をつくり、現在の冷却帯空気にかえて燃焼用に利用する。冷却帯空気は乾燥室に導く。

排ガス温度250℃まで熱回収したとすると、1,651kcal/kg-Oil程度の熱が回収できる。この場合、空気温度は約530℃になるので、パーナー等耐熱性に留意する必要がある。

現在の予熱空気温度を 50℃としたとき、省エネルギー効果は、

$$\frac{9,692 - 3,211}{9,692 + 1,651 \times \frac{480}{530} - 3,211} = 19\%$$

⑥ 排熱ボイラーを設置してスチームを回収し、乾燥用熱源とする。

$$\text{回収スチーム量} = \frac{1,651 \times 190}{(661 - 50)} = 513 \text{ kg/h}$$

となり、時間的に平均して使用すれば、ほぼ現在の発生スチーム量に匹敵する。

(3) ボイラー

診断当日ボイラーは休止中であったため測定はできなかったが、ボイラー室を視察した結果改善すべき事項は次のとおりである。

- ① 給水タンク（ドレン回収タンク）の保温
- ② 排ガス温度が 400℃と高い — 排熱回収
- ③ ボイラー後面マンホールの保温

(4) その他

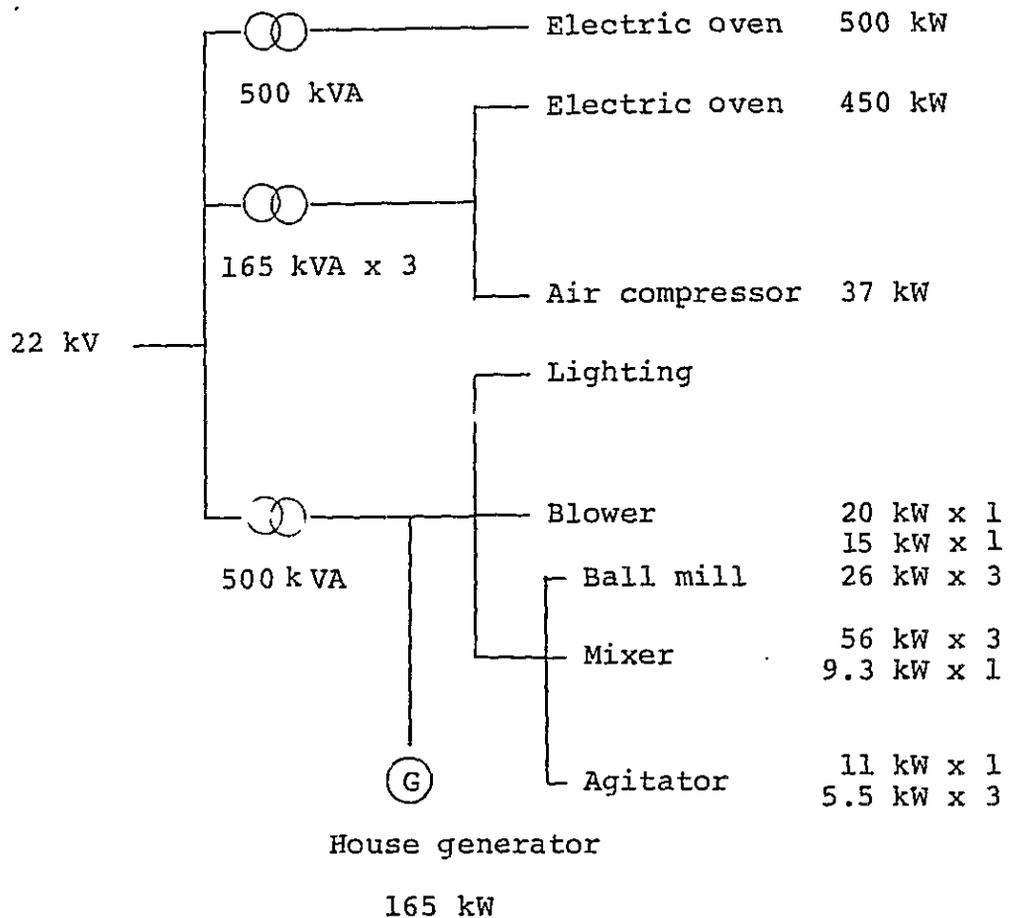
乾燥室のスチームトラップはコンデンセートの熱も利用できる温度調節トラップの方がよい。またマッフル式トンネルキルンは効率が悪いので、直火式のものに切替えられる傾向にある。

7. 電力の消費状況

(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

- ・ 電力会社 : MEA
- ・ ピーク・デマンド : 600 kW
- ・ 使用電力量 : 170,000 kWh/m
- ・ 負荷率 : 39.4%
- ・ ペナルティ・フィ : なし
- ・ 力率 : 実測 84%
- ・ トランス : 1,501 kVA

(2) 配線系統図



8. 電力管理の問題点と対策

- (1) 電気炉では 300 ~ 600 A の大電流が ON-OFF を繰り返していたが、このような方法ではトランスの銅損が大きい。電流を二分し、連続分と、ON-OFF する調節分に分割する方がよい。
- (2) ボールミルは夜間のみ運転されているが、ピークを低くするには有効である。
駆動用ベルトがゆるんでいたりと、カバーと接触したりしているので補修を要する。
- (3) ミキサーの負荷が著しく少ない(22%)。いつもこのように低いのであればモーター容量を 56 kW から 36 kW のものに取り替えた方がよい。3 台中 2 台を取り替えたとすると、電力損失の減少は次のとおり。

$$\{ 56 \text{ kW} \times 0.1 - 36 \text{ kW} \times 0.08 \} \times 2 \times 5 \text{ h/d} \times 330 \text{ d/y} = 9 \times 10^3 \text{ kWh/y}$$

- (4) コンプレッサは16%もオーバーロード状態でモーター温度も高い。圧縮空気の圧力をできるだけ下げ、漏洩や雑用への使用を防いで負荷を下げる。電圧も高過ぎるので(399V)変圧器のタップを切り替えて適正化(380V)することが必要である。これによってモーターの効率、力率が向上する。
- (5) 照明のたま切れ、カバー汚れ、不要灯の消し忘れがみられる。
- (6) Glazing 作業台は排気孔の付着物を掃除して抵抗を減らすようにする。また使用していない台の排気孔には蓋をすること。

9. まとめ

上記の各対策を実施した場合、次のような省エネルギー効果が期待できる。

| | | |
|---------------|-----------------------|------|
| トンネルキルンの空気比改善 | 292 kℓ/y | 16 % |
| トンネルキルンの廃熱利用 | 307 kℓ/y | 17 % |
| 小 計 | 599 kℓ/y | 33 % |
| ミキサーモーターの小型化 | 9×10^3 kWh/y | — |

11. HIANG-SENG FIBER CONTAINER CO., LTD.

1. 工場の概要

| | | |
|----------------|---|----------------------|
| 所在地 | 110/G Area 4 Tambol Ban-koh Town District Samut-Sakorn Post Number 74000 | |
| 資本金 | 150 million bahts | |
| 業種 | Paper | |
| 主要製品名 | Kraft paper, liner board, multi wall shopping bag | |
| 年間生産高 | 60,000 t | |
| 従業員数 | 400人 | |
| 年間エネルギー 使用量 | 電気 | 36,000,000 kWh |
| | 燃料 | Bunker oil 10,500 kl |
| | | Diesel oil 50 kl |
| | | Kerosene 100 kl |
| | | Gasoline 10 kl |
| 面談者 | Dr. Chavalit, factory manager | |
| 診断日 診断員 | 9/6 ~ 7, 1982 A. Koizumi, K. Nakao, and K. Kurita | |

○ペーパーマシンは2ラインあるが、No 1ラインは停止して特殊紙用に改造中である。No 2ラインは10年前に建設し、5年前にオーバーホールしたもので、生産能力200 t/dの立派な設備である。

Acurayシステムにより、紙の水分、重量のコンピュータコントロールを行っている。

○更に約6億パーツを投じマシンスピード600 m/s、生産能力300 t/dのNo 3ラインを建設中で、その完成の暁には、Siame Kraft Paperを抜いてトップの企業になる。

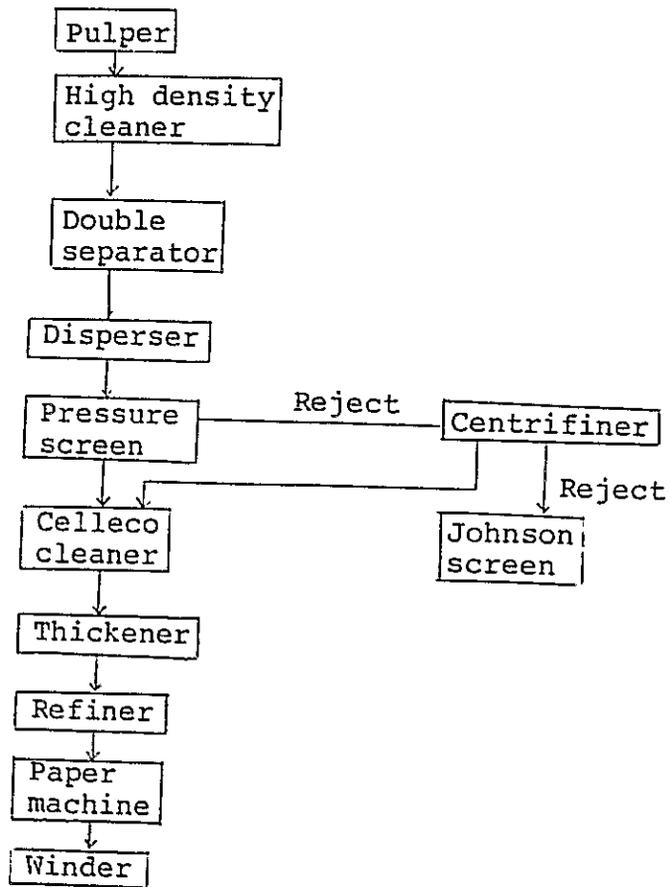
No 3ラインの建設にあわせて背圧タービン発電機(12,000 kW)を備えた高圧ボイラー(83 kg/cm², 84 t/h)を建設中であり、この設備の投資回収年数は3年以内を見込んでいる。

最新鋭設備の導入を行い、積極的な事業展開を行っている。

○原料はほとんど故紙を使用し、ライナーボードやショッピングバッグ用紙など4種類の製品(150 ~ 160 t/d)を製造している。

2. 製造工程

(No. 2 Machine line)



3. 主要設備の概要

№1抄紙機は現在停止中のため№2抄紙機系統のみを示す。

(1) ストックプリパレーション

| 工 程 | 主 要 装 置 | |
|-----------------------------|--------------------------|----|
| Repulping | Pulper | 3基 |
| Separating and Screening | • High density Cleaner | 1式 |
| | • Double separator | 1式 |
| | • Disperser | 1式 |
| | • Closed Pressure Screen | 1式 |
| | • Liquid Cyclone | 1式 |
| Thickener | Cylinder Filter | 1式 |
| Beating and Refining | Refiner | 1式 |

(2) ペーパーマシン

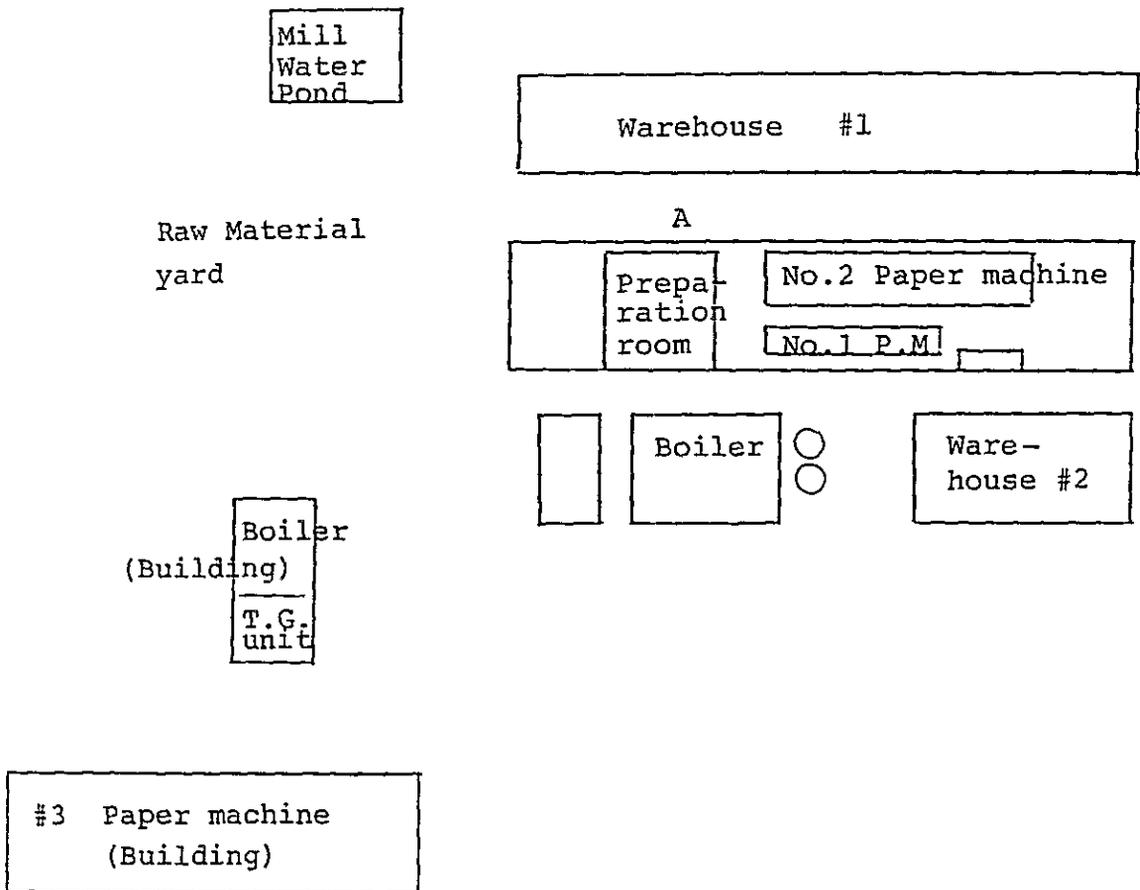
72" 4,160 mm長網多筒式 (Fourdrivier Muldryer)

| 主要装置 | 型 式 等 |
|--------------|----------------------|
| Flow box | 密閉型 (Double slice) |
| Press | Hi Nip Press |
| Dryer | 4群, 38 Cylinders |
| Hood | Open hood |
| Hot air blow | P.V. Roll |
| 伸 縮 機 | Clupak |
| 表面サイズイング | Size Press |
| Winder | 2 Drum式 |

(3) ボイラー

| ボイラー番号 | № 1 | № 2 | № 3 |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 圧 力 | 8kg/cm ² | 8kg/cm ² | 8kg/cm ² |
| 蒸 発 量 | 9,000kg/h | 10,000kg/h | 10,000kg/h |
| 燃 料 | Heavy Oil | Heavy Oil | Heavy Oil |

(4) 工場内配置図



4. エネルギー管理状況

。工場長は米国で管理技術を学んだ人で、計数的な管理は進んでいる。毎日の品種別生産、電気・燃料の使用量原単位が表示されており、過去の原単位平均値も求められている。しかし省エネルギーの目標値は設定されていない。

幹部の連絡会議は定期的に行われているが、ワーカーに対する教育は行われていない。近代的な工場の割にマシンの裏側等が汚く、十分な点検が行われていないことを示している。

。再び原料にまわる損紙を土足で踏んだり、取り扱いが粗雑である。品質上のトラブルの原因になることなどを従業員に十分教育する必要がある。

ペーパーマシンのフードには大きく「Safety First」と書かれていたが、このように従業員への呼びかけを行っている工場は、今回の診断工場ではこの工場のみであった。

5. 燃料の消費状況

3基の重油焚きボイラーを並列に運転し、蒸気圧に応じて発停している。

各ボイラーの燃料消費量は次のとおり。

| | | |
|-----|--------|-----|
| № 1 | 7,410 | ℓ/d |
| № 2 | 8,840 | ℓ/d |
| № 3 | 9,720 | ℓ/d |
| 計 | 25,970 | ℓ/d |

発生したスチームはペーパーマシンに使用され、フラッシュ蒸気の利用や60%程度のコンデンサート回収も行われている。

給水流量計がないので推定値となるが、熱効率を計算すると次のようになり、80~85%程度とみられる。燃料原単位は品種によって異なるが、当月の例では170ℓ/t程度となっている。

№ 1 ボイラーの熱勘定

| 入 熱 | | | 出 熱 | | |
|--------|------------------------|-------|-------------|------------------------|-------|
| 項 目 | 10 ³ kcal/h | % | 項 目 | 10 ³ kcal/h | % |
| 燃料の燃焼熱 | 3,102.1 | 99.5 | 蒸気の保有熱量 | 2,672.5 | 85.7 |
| 燃料の顕熱 | 15.2 | 0.5 | 廃ガスの持ち去る熱量 | 284.3 | 9.1 |
| | | | ブロー水の持ち去る熱量 | 4.6 | 0.2 |
| | | | 炉体からの放散損失熱量 | 155.9 | 5.0 |
| 合 計 | 3,117.3 | 100.0 | 合 計 | 3,117.3 | 100.0 |

注1) 熱勘定計算諸元

| 燃料の種類 | | 重油 |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 燃料消費量 | (F) | 322kg/h |
| 燃料発熱量(低位) | (H _l) | 9,634 kcal /kg |
| 燃料の比熱 | (C _P) | 0.45 kcal /kg |
| 燃料の温度 | (T _F) | 135°C |
| 基準温度 | (T ₀) | 30°C |
| 廃りス中のO ₂ % | (O ₂) | 6.1% |
| 廃りス温度 | (T _G) | 210°C |
| ボイラ水量 | (B) | 50kg/h |
| ボイラ水温度 | (T _B) | 176°C |
| 給水温度 | (T _w) | 85°C |
| 蒸気圧力 | (P) | 8kg/cm ² g |

注2) 熱勘定計算式

入熱

- 1) 燃料の燃焼熱(Q_c)

$$Q_c = F \times H_l = 3,102.1 \times 10^3 \text{ kcal /h}$$

- 2) 燃料の顕熱(Q_s)

$$Q_s = F \times C_P (T_F - T_0) = 15.2 \times 10^3 \text{ kcal /h}$$

出熱

- 1) 廃りスの持ち去る熱量(Q_r)

$$\text{理論空気量}(A_0) = 0.85 H_l / 1,000 + 2.0 = 10.19 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$\text{理論廃りスガス量}(G_0) = 1.11 H_l / 1,000 = 10.69 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$\text{空気比}(m) = 21 / (21 - O_2) = 1.41$$

$$\text{実際廃りスガス量}(G) = G_0 + A_0 (m - 1) = 14.86 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$Q_r = F \times G \times 0.33 (T_G - T_0) = 284.3 \times 10^3 \text{ kcal /h}$$

- 2) ボイラ水の持ち去る熱量(Q_B)

$$Q_B = B \times (T_B - T_w) = 4.6 \times 10^3 \text{ kcal /h}$$

- 3) 炉体からの放散熱量(Q_R)……入熱の5%と仮定

$$Q_R = (Q_c + Q_s) \times 0.05 = 155.9 \times 10^3 \text{ kcal /h}$$

4) 蒸気の保有熱量 (Q_v)

$$Q_v = Q_c + Q_s - Q_E - Q_B - Q_R = 2,672.5 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

5) 蒸気の蒸発量 (S)

$$\text{蒸気のエントルピー} (E_s) = 661.93 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{給水のエントルピー} (E_f) = 85 \text{ kcal/kg}$$

$$S = Q_v \div (E_s - E_f) = 4,632 \text{ kg/h}$$

№ 2 ボイラーの熱勘定

| 入 熱 | | | 出 熱 | | |
|--------|------------------------|-------|-------------|------------------------|-------|
| 項 目 | 10 ³ kcal/h | % | 項 目 | 10 ³ kcal/h | % |
| 燃料の燃焼熱 | 3,400.8 | 99.5 | 蒸気の保有熱量 | 2,821.7 | 82.6 |
| 燃料の顕熱 | 16.7 | 0.5 | 廃ガスの持ち去る熱量 | 420.3 | 12.3 |
| | | | ブロー水の持ち去る熱量 | 4.6 | 0.1 |
| | | | 炉体からの放散損失熱量 | 170.9 | 5.0 |
| 合 計 | 3,417.5 | 100.0 | 合 計 | 3,417.5 | 100.0 |

注) 熱勘定計算諸元及び計算式

燃料消費量 (F) 353 kg/h

廃ガス中のO₂% (O_2) 8.8 %

廃ガス温度 (T_G) 230 °C

他のデータは№ 1 ボイラーと同一である。

推定蒸発量 4,891kg/h

№ 3 ボイラーの熱勘定

| 入 熱 | | | 出 熱 | | |
|--------|------------------------|-------|-------------|------------------------|-------|
| 項 目 | 10 ³ kcal/h | % | 項 目 | 10 ³ kcal/h | % |
| 燃料の燃焼熱 | 3,738.0 | 99.5 | 蒸気の保有熱量 | 3,173.0 | 84.5 |
| 燃料の顕熱 | 18.3 | 0.5 | 廃ガスの持ち去る熱量 | 390.9 | 10.4 |
| | | | ブロー水の持ち去る熱量 | 4.6 | 0.1 |
| | | | 炉体からの放散損失熱量 | 187.8 | 5.0 |
| 合 計 | 3,756.3 | 100.0 | 合 計 | 3,756.3 | 100.0 |

注) 熱勘定計算諸元及び計算式

燃料消費量 (F) 388 kg/h

廃ガス中のO₂% (O₂) 8 %

廃ガス温度 (T_g) 210 °C

他のデータはNo 1 ボイラーと同一である。

推定蒸発量 5,500 kg/h

6. 熱管理の問題点と対策

(1) ストックプリパレーションパート

段ボール故紙のみを原料とする設備としては、すべての要因を満足できるシステムである。当日の製品には異物の混入が多かったが、品質の悪い故紙を使用中とのことであり、特に問題となる個所は見当らなかった。

プリパレーション工程の電力原単位について質問があったが、機器組み合わせは種々の方法がとられており、統計的に把握されていない。省エネルギーセンターに報告されている改善事例では 100 t/d の規模で 86 kWh/t 故紙となっている。

(2) プレスパート

Wet sheet 成形までの設備は、三菱-Veloit の Counterflow Hi-Nip Press を備えた優秀な設備である。また、ドライヤパートには1群にシングルキャンバス、クレバック設備、ホットエアブローによるドライヤポケット対策設備があり、Dryer endにはAcculay社のB/M計を設置して紙の重量、紙の水分のコンピュータコントロールを行っている。

現在 300 m/min のスピードで運転中であるが、500 m/min が可能な設備であり、非常に余裕のある操業状態である。

ドライヤに導入されるWet sheetの水分は 63.5 g/m²、51 % というから、ハイニッププレスの脱水性能は群を抜いている。

(3) ドライヤパート

ドライヤはオープンフードである。3群のドライヤフロントでペーパーのバックフラッシュを感じたので持参した温湿計 Hygrometer で測定を試みたが上段、下段のいずれもメーターの指示針が大きく振れて測定不能であった。(振れ範囲RH 51 % ~ 81 %)

これはドライヤ側面からの外気とシリンダ間からのペーパーとが正常な置換状態にないためと思われる。フードの下端からフローアまでプロテクタをとりつけると、側面下部の外気は流速をまして、シリンダからのペーパーとの置換も順調に進むと思われる。

また、3群下部キャンバスも、3群入口でかなり温度が下がっていた。これも外気と接触し放熱してしまうためと考えられる。

クローズトフードにするのが最も効果的であるが、当面の対策としては透明フィルムなど内部状況が見え、紙切れ時には容易に開放できるカーテンを吊り下げるのがよい。これにより約2%の蒸気使用量の節減率が見込まれる。

(4) ボイラー

○蒸気流量計が設備されているが活用はされていないようである。保守を十分に行う必要がある。①給水流量計、②給水温度計、③燃料油温度計、④廃ガス温度計、⑤O₂メーターが設備されていなかった。

・来年リプレースされるので多くを望めないが、これらのメーターの数値を現在使用中のボイラー日誌に追加記入すれば、ボイラー管理を一層充実したものにすることができる。例えば、廃ガス温度の変化によりボイラーチューブの汚れが早期に見つけられる。

○ボイラー性能は下記のとおりである。

| ボイラー番号 | 定格蒸発量 | 実際蒸発量 | 負荷率 |
|--------|-------------|-------------|--------|
| № 1 | 9,000 kg/h | 4,632 kg/h | 51.5 % |
| № 2 | 10,000 kg/h | 4,891 kg/h | 48.9 % |
| № 3 | 10,000 kg/h | 5,500 kg/h | 55.0 % |
| 合 計 | 29,000 kg/h | 15,023 kg/h | 51.8 % |

負荷率は約50%で3台運転しているが、このような運転の方法は放熱が多く、空気比管理も困難で効率が悪いので2台(№2と№3)運転し、うち1台を最大連続運転をして、№1ボイラーをON-OFFして蒸気量を維持する方法とするのがよい。

空気比はいずれも高目で1.41, 1.72, 1.62となっているが、1.3位まで減らすよう調整されたい。このことにより燃料は2.2%減少できる。

○給水、ボイラー水の水質

原水は工業用水で軟水器は1,600ℓ×3台である。軟水はボイラー以外にも一部ペーパーマシンでも使用している。

水質の記録は下表のとおりである。

| | I. 業用水 | 給 水 | ボイラー水 |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| pH | 7.7 | 8.3 | 10.82 |
| Conductivity | 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 9,130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |
| Hardness | 300 ppm | 10 ppm | 120 ppm |
| Phosphate | 20 ppm | 20 ppm | 40 ppm |
| Iron | 0.15 ppm | 0.15 ppm | 0.5 ppm |
| Chloride | 30 ppm | 10 ppm | 160 ppm |
| Silica | 20 ppm | 7.5 ppm | 50 ppm |

フロー量の管理目標値はボイラー水の電気伝導度 5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ とのことで、1時間に1回の割合でボイラー水の電気伝導度を測定しているとのことであったが、9,130 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と大きい値になっている。

フロー量は 50 kg/h 程度と推定されるが増加する必要がある。

pHは 11 ~ 11.8が望ましく、アルカリ注入量を増すこと。

オイルサービスタンクに保温がしていないので、保温し表面は防水すること。

サーモスタットを付けスチーム量を制御すること。

給水タンクも保温すること。またオーバーフローがあるので水位制御装置を修理すること、などが必要である。

(5) 蒸気配管

ペーパーマンソンの蒸気配管の保温は良好であった。

各ボイラーの主蒸気弁には保温がなかったので保温をすること。

この主蒸気弁は、口径 6 インチなので保温のない時の放熱損失はバルブ 1 個当り 2,810 kcal/h , 3 個合計で 8,430 kcal/h となる。

これを保温すれば約 75 %の放散熱量が減少するので、燃料に換算すると次のとおりである。

$$\frac{\text{減少する放散熱量}}{\text{ボイラー効率} \times \text{燃料発熱量}} = \frac{8,430 \times 0.75}{0.85 \times 9,634} = 0.77 \text{ kg/h}$$

これは約 0.1 %の燃料節約となる。小さいようだが年間約 30,000 パーツの節減になる。蒸気洩れはなく、よく管理されている。

スチームトラップも大体良好な状態に整備されていた。

7. 電力の消費状況

ドライヤーヘルパー、リワインダのモーターが直流モーターでサイリスタによって制御されている点は進んでいる。ほとんどのトランスに力率改善用のコンデンサがついているが、ON-OFFは手動によっている。

工場の表側は清掃されているがサイリスタ用トランス周辺は紙屑で一杯で危険であった。2～3カ月毎に8時間程度の停電、毎日のように瞬時停電があるとのことで、電力供給の不安定を問題にしていた。

(1) 電力消費に関する主要な指標は次のとおり。

- ・電力会社 : PEA
- ・ピーク・デマンド : 6,000 kW
- ・使用電力量 : 36,000,000 kWh / y
- ・負荷率 : 71.4 %
- ・ペナルティ・フィ : なし
- ・力率 : 83 %
- ・トランス : 合計 9,000 kVA
- ・電力原単位 : 685.7 kWh / t

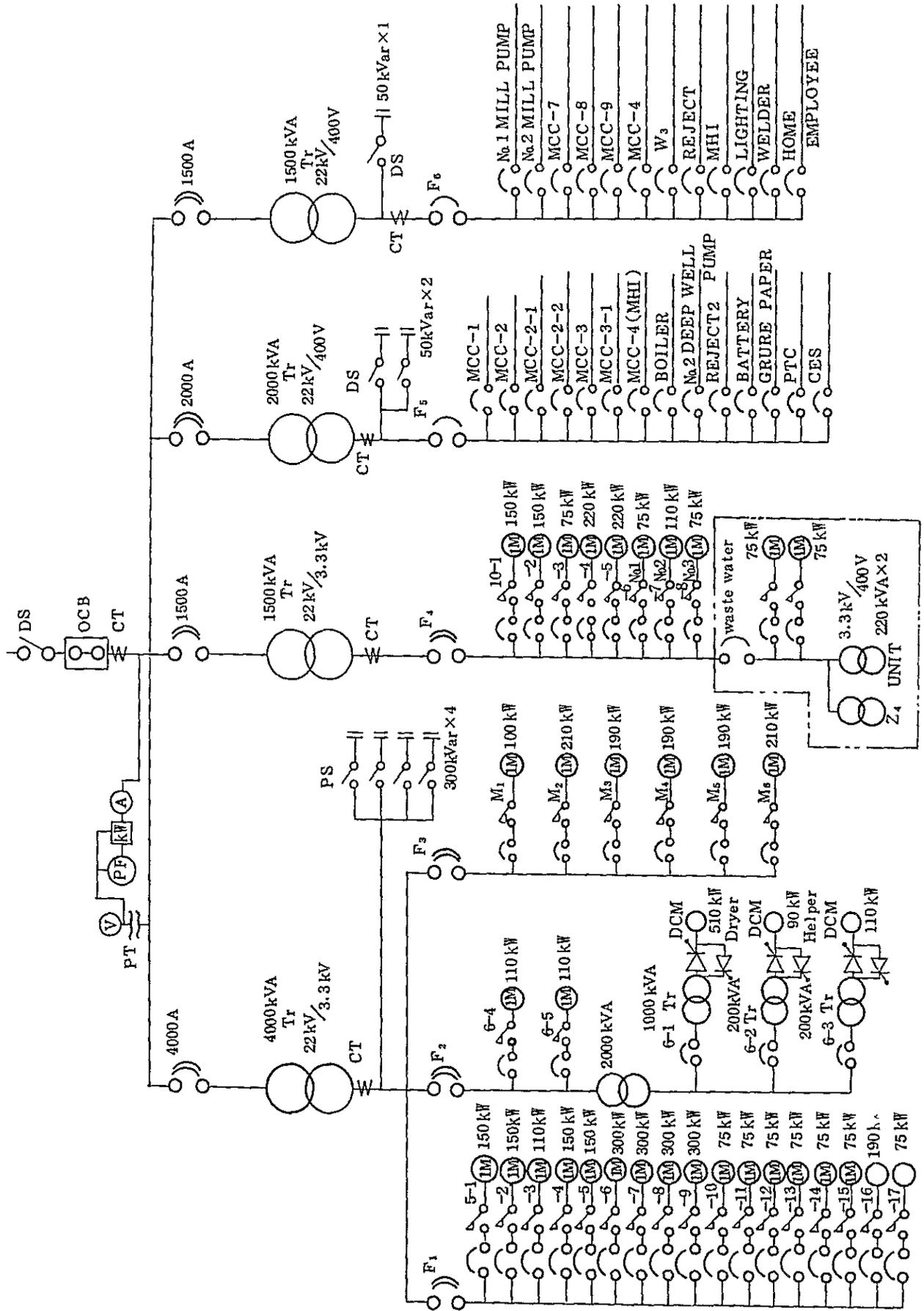
電力原単位は製品別に管理されていた。

| Grade No | 電力原単位 | | 備 考 |
|----------|-------|-------|---------------------------------|
| | 標 準 | 実 際 | |
| 4070 | 920 | 1,150 | 中芯で127 g/m ² |
| 2105 | 650 | 640 | 中芯で105 g/m ² |
| 2127 | 610 | 620 | ショッピングバッグ用で70 g/cm ² |

(2) 配線系統図

配線系統図が整備されていて、受電側の各指示計も十分に整備されていた。

配線系統圖



8. 電力管理の問題点と対策

(1) ピーク・デマンドと負荷率

工場長の話によれば、年間電力使用量は 36,000,000 kWh で稼働日数は 350 日とのことである。従って平均電力は 4,285.7 kW で負荷率は 71.4 % である。

(2) トランス

主トランス及びコンデンサの仕様は下表のとおりである。

| ライン番号 | トランス容量 | 電 圧 | コンデンサ容量 | 備 考 |
|-----------|-----------|--------------|-------------|----------------|
| F 1 ~ F 3 | 4,000 kVA | 22 kV/3.3 kV | 300 kVr × 4 | 常時 900 kVr を挿入 |
| F 4 | 1,500 kVA | 22 kV/3.3 kV | なし | |
| F 5 | 2,000 kVA | 22 kV/400 V | 50 kVr × 2 | |
| F 6 | 1,500 kVA | 22 kV/400 V | 50 kVr × 1 | |

これらのトランスの負荷状況は次のとおりであった。

| ライン番号 | トランス容量 | 電 力 | 皮相電力 |
|-----------|-----------|-----------------|-----------|
| F 1 ~ F 3 | 4,000 kVA | 2,800 + j 1,195 | 3,044 kVA |
| F 4 | 1,500 kVA | 650 + j 575 | 868 kVA |
| F 5 | 2,000 kVA | 1,070 + j 798 | 1,335 kVA |
| F 6 | 1,500 kVA | 600 + j 197 | 631 kVA |
| 合 計 | 9,000 kVA | 5,120 + j 2,765 | 5,819 kVA |

上記の表からトランス容量が大きすぎるので、F 4 ラインの 1,500 kVA トランスのロードを F 1 ~ F 3 ラインの 4,000 kVA トランスに移すとともに、900 kVr のコンデンサを増設する。この時皮相電力は 3,497 kVA となる。また F 6 ラインの 1,500 kVA トランスのロードを F 5 ラインの 2,000 kVA トランスに移すとともに 600 kVr のコンデンサを増設する。この時皮相電力は 1,716 kVA となる。このトランス台数の削減により節約できる電力は次のとおりである。

F 4 ライン 1,500 kVA トランスの減少する鉄損は $4.55 \text{ kW} \times 365 \text{ d/y} \times 24 \text{ h/d} = 39,858 \text{ kWh/y}$,
 減少する銅損は $16 \text{ kW} \times \left(\frac{868}{1,500}\right)^2 \times (365 - 24) \text{ d/h} = 43,847 \text{ kWh/h}$,
 4,000 kVA トランスの増加する銅損は $20 \text{ kW} \left\{ \left(\frac{3,497}{4,000}\right)^2 - \left(\frac{3,044}{4,000}\right)^2 \right\} \times (365 - 24) \text{ d/y}$
 $\times 24 \text{ h/d} = 30,312 \text{ kWh/y}$ となるので、

損失の減少分は $39,858 + 43,847 - 30,312 = 53,393 \text{ kWh/y}$

次に、F6ライン 1,500 kVA トランスの減少する鉄損は $39,858 \text{ kWh/y}$,

減少する銅損は $16 \text{ kW} \times \left(\frac{631}{1,500}\right)^2 \times (365 - 24) \text{ d/y} \times 24 \text{ h/d} = 23,172 \text{ kWh/y}$,

2,000 kVA トランスの増加する銅損は $17 \text{ kW} \left\{ \left(\frac{1,716}{2,000}\right)^2 - \left(\frac{1,335}{2,000}\right)^2 \right\} \times (365 - 24) \text{ d/y}$
 $\times 24 \text{ h/d} = 40,431 \text{ kWh/y}$

となるので、損失の減少分は $39,858 + 23,172 - 40,431 = 22,599 \text{ kWh/y}$ となる。

以上により 1,500 kVA トランス 2台を使用しないで運転すると、

$$53,393 + 22,599 = 75,992 \text{ kWh/y}$$

の節約となる。そしてコンデンサ 1,500 kVr の増設費は約 320,000 円と推定される。

トランス油の汚れが油面計を通して目立った。シリカゲルの変色も目立つので、トランス油の濾過をする必要がある。

(3) モーターの稼働状況

モーターの稼働状況は下表のとおりであり、定格電流の 50% 以下で運転していたモーターは次の 3 台であった。

ディスポーザ 220 kW 39.6 %

ディスポーザ 220 kW 38.6 %

No 2 Dryer well pump 110 kW 49.6 %

| Used for: | kW | Rated voltage | Rated current Ⓐ | Load current Ⓑ | $\frac{\text{Ⓑ}}{\text{Ⓐ}} \%$ |
|-----------|-----|---------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|
| Pulper | 150 | AC 3,000 V | 34.1 A | 22.7 A | 66.6 |
| " | 150 | " | 34.1 | 23.5 | 68.9 |
| " | 110 | " | 27 | 16.2 | 60 |

| | | | | | |
|------------------------------|-----|-----------------------|-------|--------|--------|
| Centrifiner | 150 | " | 34.1 | Stop | - |
| " | 150 | " | 34.1 | 22.1 A | 64.8 |
| Double Disc refiner | 300 | " | 68 | 34.1 | 50.1 |
| " | 300 | " | 68 | 52.5 | 77.2 |
| " | 300 | " | 68 | Stop | - |
| " | 300 | " | 68 | Stop | - |
| Vaccum pump | 75 | " | 17.1 | 16.6 A | 97.1 |
| " | 75 | " | 17.1 | Stop | - |
| Back water pump | 75 | " | 17.1 | 15.2 A | 88.9 |
| " | 75 | " | 17.1 | 13.3 A | 77.8 |
| Refiner | 75 | " | 17.1 | 11.9 A | 69.6 |
| Deep well pump | 75 | " | 17.1 | 14 | 81.9 |
| Centrifiner | 190 | " | 43 | Stop | - |
| Top-finer | 75 | " | 17.1 | 10.1 A | 59.1 |
| Dryer | 510 | DC _{440 V} | 1,200 | 900 | 75 |
| Helper | 90 | DC _{440 V} | 220 | 150 | 68.2 |
| Rewinder | 110 | DC _{440 V} | 250 | 200 | 80 |
| Hot air roll dryer device | 110 | AC _{3,300 V} | 27 | 13.8 | 51.1 |
| " | 110 | " | 27 | Stop | - |
| Vaccum pump | 100 | " | 22.7 | 21.7 | 95.6 % |
| " | 210 | " | 46 | 34.5 | 75% |
| " | 190 | " | 43 | 26.4 | 61.4% |
| " press | 190 | " | 43 | 23.7 | 55.1% |
| " wire | 190 | " | 43 | 26.2 | 60.9% |
| " roll | 210 | " | 46 | 39.1 | 85% |

| | | | | | |
|----------------------|-----|---|------|--------|-------|
| Pulp pump | 150 | " | 34.1 | stop | - |
| " | 150 | " | 34.1 | 21.5 A | 63% |
| " | 75 | " | 17.1 | 17.1 | 100% |
| Disposer | 220 | " | 50 | 19.8 | 39.6% |
| " | 220 | " | 50 | 19.3 | 38.6% |
| No. 1 Deep well pump | 75 | " | 17.1 | Stop | |
| No. 2 Deep well pump | 110 | " | 25 | 12.4 A | 49.6% |
| No. 3 Deep well pump | 75 | " | 17.1 | 14.2 | 83% |
| Waste water pump | 75 | " | 17.1 | Stop | |
| " | 75 | " | 17.1 | Stop | |

プリレーションパートのポンプでV-ベルト駆動のものうち、3本掛のベルトのうち1本しかないものも見られた。スリップによる電力のロスを生ずるのでベルトを補修すること。

(4) 電圧

F 1～F 3 ライン及び F 4 ラインのトランスの二次電圧は 3,200 V 以上で高かった。モーターの定格電圧が 3,000 V であったので、トランスの二次側端子を変更して 3,050～3,100V まで下げるようにするとよい。そして F 5 ラインのトランスの二次電圧は 375～380 V と低いので、二次側の端子変更により 385～390V になるようにするのがよい。

(5) 照明

照明は蛍光水銀灯を使用していて昼間はよく消灯されていた。屋根からの昼光の取り入れ面積は現在の2倍にしてもよいのではないかとと思われる。

(6) 電流の不平衡

F 6 ライン用 1,500 kVA トランスの 390 V の電流に 3% 強の不均衡率があった。この不均衡率は 2% 以下ならば特に問題はないが、2% 以上になると効率が 1～2% 下がる。照明や溶接等の単相負荷を接続替えするか、ケーブルのトランスポジションを行うとよい。

9. まとめ

以上の各対策を実施することにより次のような節減が期待できる。

| | | | |
|----------------------|--------------|--------------|-------|
| ペーパーマシンフードにカーテンの取り付け | 210 kℓ/y | 2 % | |
| ボイラー空気比の改善 | 210 kℓ/y | 2 % | |
| スチームバルブの保温 | 7 kℓ/y | 0.1 % | |
| <hr/> | | | |
| 小 計 | 427 kℓ/y | 4 % | |
| トランスの統合 | 75,992 kWh/y | 75,992 kWh/y | 0.2 % |

