

国際エネルギー使用合理化等対策事業
「ASEAN 諸国主要産業における
省エネルギー診断調査」

成果（調査）報告書

平成 1 6 年 3 月

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先 財団法人省エネルギーセンター

「ASEAN 諸国主要産業における省エネルギー診断調査」

財団法人省エネルギーセンター
平成 16 年 3 月

調 査 目 的

本調査は、アセアン諸国の主要産業に関し、アセアン側専門家と共同で代表的な工場、事業場について省エネルギー診断を実施し、当該工場のエネルギー消費の実態を把握すると共に、省エネルギー対策に関し適切な助言を行い、併せて同諸国に於ける標準的省エネルギー診断方法の確立を行おうとするものである。

まえがき

近年、地球温暖化防止への取組が人類共通の課題となる一方で、経済の持続的発展が求められる、全く互いに相反する厳しい条件を克服していかなければならなかった。

このような、厳しい条件を克服していくためには、エネルギーを効率良く使う技術、エネルギーをできる限り環境負荷にならないように使う技術、環境負荷にならないエネルギーの開発等の技術革新が求められる。

発展途上国の経済と環境の均衡ある発展に資するためには、それぞれの対象国におけるエネルギー使用と環境保全対策の実態を把握すると同時に、インフラの整備状況、生活習慣など国状を十分に調査し、対象国に対する受容可能でかつ適切な支援が必要である。

上述の状況下において、過去3年間のアセアン8カ国を対象とする各国1産業の省エネルギー診断調査ならびにエネルギー診断技術移転事業に続き、最終年の今年度は残り2カ国において同事業を展開した。昨年までの主要産業調査において明らかになった問題点や改善法についてはすでにアセアン諸国において共有されつつある段階であるが、省エネルギーを更に推進するためのデータベース・ベンチマーク・ガイドライン作りの基盤となる事を期待しつつ実施した。今年度は、アセアン諸国のなかでも新しい設備と優れた技術を持ち経済的にもますます発展を続けているタイとシンガポールが対象であり、タイの化学産業（苛性ソーダ工業）およびシンガポールの食品加工産業においてエネルギー診断調査を実施した。

現地でのエネルギー診断の進め方は、技術移転をより確実なものとするため OJT (On the Job Training) 方式を採用した。ワークショップでは収集データの解析結果を元にして具体的な討論を行なった。

これまでの4年間に ASEAN 10ヶ国全てでエネルギー診断やワークショップを OJT 方式で実施し、各国で主要産業の省エネルギー推進の共通基盤を築き、省エネルギー推進の方向性を確認できた事は、大きな効果を得られる可能性が高く大変有意義であったと確信する。

本プロジェクトがアセアン各国の省エネルギー・環境保全に寄与し、当該国が環境調和型持続可能な経済発展を遂げていくことを祈念すると共に、本事業が日本国および当該国の技術交流並びに友好の架け橋となることを期待している。

平成16年3月

財団法人 省エネルギーセンター

目 次

まえがき	
概要	1
Summary	4
．化学産業（苛性ソーダ工業）	
1．プロジェクト要約	- 1
1．1 調査対象および体制	- 1
1．2 タイの政治・経済情勢	- 2
1．3 タイのエネルギー事情	- 5
1．4 タイの苛性ソーダ工業	- 9
2．診断対象工場の概要	- 10
2．1 A社（苛性ソーダ工場）の概要	- 10
2．2 B社（苛性ソーダ工場）の概要	- 11
3．診断計画	- 13
3．1 診断の進め方	- 13
3．2 診断対象装置の選定	- 13
3．3 診断スケジュール	- 14
4．診断対象設備	- 15
4．1 塩水電解槽	- 15
4．2 苛性ソーダ濃縮缶	- 18
5．省エネルギー測定・調査結果	- 19
5．1 測定結果	- 19
5．2 その他の調査事項	- 21
6．省エネルギー提言と期待効果	- 22
6．1 省省エネルギー対策の視点	- 22
6．2 電解電力原単位の低減	- 24

7 . 省エネルギー推進のガイドライン	- 28
7 . 1 苛性ソーダ製造プロセスの概要	- 28
7 . 2 省エネルギー対策	- 34
7 . 3 省エネルギー推進のための留意事項	- 34

別添資料

別添 - 1	A 社のエネルギー使用状況 年間消費量、月間消費量、日間消費量、原単位
別添 - 2	B 社のエネルギー使用状況 最近の生産量 エネルギー使用状況：年間消費量、月間消費量、日間消費量
別添 - 3	日本の苛性ソーダ工業界のエネルギー利用状況(現地プレゼンテーションスライドからの抜粋)

．食品産業

1 . プロジェクト要約	- 1
1 . 1 調査対象および体制	- 1
1 . 2 シンガポールの政治・経済情勢等	- 2
1 . 3 シンガポールのエネルギー事情	- 5
2 . 診断対象食品産業（食品加工工場）の概要	- 7
2 . 1 C 社（乳製品加工業）の概要	- 7
2 . 2 S C M の概要	- 8
	[S C M: Super Coffeemix Manufacturing Ltd.]
3 . 診断計画	- 9
3 . 1 診断の進め方	- 9
3 . 2 診断対象装置の選定と質問書の回答確認	- 9
3 . 3 診断スケジュール	- 13
4 . 診断対象設備	- 15
4 . 1 C 社の診断調査	- 15
4 . 2 SCM の診断調査	- 21

5 . 省エネルギー調査・測定結果	- 24
5 . 1 C 社の調査、測定結果	- 24
5 . 2 S C M の調査、測定結果	- 27
6 . 省エネルギー提言と期待効果	- 29
6 . 1 C 社への提言と期待効果	- 29
6 . 2 S C M への提言と期待効果	- 33
6 . 3 省エネルギー効果のまとめ	- 36
7 . 省エネルギー推進ガイドラインと診断マニュアル	- 37
7 . 1 製造プロセスの概要	- 37

別添資料

別添 - 1	工場エネルギー診断のチェック項目(現地プレゼンテーション スライドからの抜粋)
別添 - 2	省エネルギー推進のガイドライン(現地プレゼンテーションス ライドからの抜粋)

概要

アセアン諸国は急速な経済発展を続けており、今後エネルギー消費量も急激に増加していくものと予想され、ますますエネルギーを効率良く使うことと地球温暖化防止への配慮が必要になると考えられる。

本プロジェクトも最終年の四年目に入った。カウンターパートとなる ASEAN Center for Energy (ACE) はじめ ASEAN 諸国関係者の活動もますます充実かつ定着し、当該諸国のエネルギー消費量削減に向けて意識改革が浸透しつつある。

今年度は、主要産業分野でエネルギー診断未実施のタイ・シンガポールが対象であった。タイ・シンガポールの2カ国では、各2工場のエネルギー診断とワークショップを実施した。

これらの成果は各国での主要産業の省エネルギー改善策に関する技術移転に基づく実施と普及を目指すための基盤になるものである。

これにより ASEAN 諸国全ての国で日本人専門家と共に省エネルギー診断活動を経験する機会を設ける事が出来た。どの国も同じように基本的なことを経験・理解し、ASEAN の省エネルギー活動をお互いに対等な立場で取組める基盤を築いたこととなる。また、今年度はこれまでの活動成果を集約し、より一層の自助努力によるこれまでの成果の実施・普及に向けた第2段階へのステップの年としても位置付けられた。

今年度の事業における現地での活動は、平成 15 年 10 月下旬の Inception Workshop (ビルプロジェクトと共通) で開始され、平成 16 年 1 月末に行なわれた Post Workshop (ビルプロジェクトと共通) において締めくくられた。

Inception Workshop では事業の円滑な開始を目的に、実施計画の説明と最終化および調査の着眼点を理解してもらう為に日本での技術の紹介を行なった。Post Workshop では2ヶ国での活動結果と成果を他の国にも共有してもらうため報告が行なわれ、今後のデータベース・ベンチマーク・ガイドライン作りに向けて ASEAN タスクフォースの活動結果を含め討議を重ねた。そして、最後に今後の改善策の実施と普及およびデータベース・ベンチマーク・ガイドライン作りの取組み方針を討議した。

本プロジェクトの本年度の具体的活動内容は、以下のとおりである。

2003 年 10 月 23 ~ 10 月 24 日 ;

“Inception Workshop of The SOME-METI Project on PROMEEC - Buildings and PROMEEC - Industries” (場所 Singapore でビルと共通)に参加。

- (1) 日本におけるビルと産業部門における省エネルギー推進のための最近の政策や法律のトピックスと、今回の事業に関わるエネルギー - 管理および代表的省エネルギー技術の紹介
- (2) 各国におけるこれまでの改善策の実施・普及の実現状況と取組みに対する報告
- (3) 2003 年度事業（ビルと主要産業）に関する実施計画の説明と協議
- (4) 主要産業とビルに関する現地調査のスケジュールや現地手配の打合せ

2003 年 11 月、12 月；タイ、シンガポールにおける主要産業診断調査（第 1 次）

タイでの活動として（11 月 24～28 日）

- (1) 日本の苛性ソーダ工業分野での省エネルギー活動・技術の紹介
- (2) 苛性ソーダ工業における EE&C 技術と実際の紹介、苛性ソーダ工場を対象とした診断調査（2 苛性ソーダ工場）とまとめ

シンガポールでの活動として（12 月 1～5 日）

- (3) 日本の食品加工工業分野での省エネルギー活動・技術の紹介
- (4) 食品加工工業における EE&C 技術と実際の紹介、食品加工工場を対象とした診断調査（2 食品加工工場）とまとめ

2004 年 1 月；シンガポール、タイにおける主要産業診断調査（第 2 次）

シンガポールでの活動として（1 月 6～9 日）

- (1) 食品加工工業における診断のポイントの紹介と 1 次調査の結果報告
- (2) 2 ヶ所の食品加工工業での診断調査結果の説明・討議と追加調査
- (3) 2 次調査の結果報告とデータベース、ベンチマークおよびガイドラインの紹介、EE&C に対する Management & Maintenance の紹介

タイでの活動として（1 月 12～15 日）

- (4) 苛性ソーダ工場の 1 次調査の結果報告
- (5) 2 ヶ所の苛性ソーダ工場での診断調査結果の説明・討議と追加調査
- (6) 2 次調査の結果報告とデータベース・ベンチマークおよび EE&C に対する Management & Maintenance の紹介

2004 年 1 月 28 - 31 日；

“Post Workshop on Promotion of Energy Efficiency and Conservation (PROMECC) (Major Industry and Building), SOME – METI Work Program 2003 – 2004 (場所は Singapore でビルと共通)に参加

- (1) 特別講演：日本におけるエネルギー管理とエネルギー管理者制度の紹介
- (2) 2003 年度産業の工場のエネルギー診断調査（タイの苛性ソーダ工業とシンガポールの食品工業）結果の報告、および対象各国のコメントと討議

(3) ASEAN データベース・ベンチマーク・ガイドライン作りに関するタスクフォースの活動結果の報告と討議

(4) 将来の取組み方針に関する提案および ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) 2004 - 2009 に関する考慮事項の討議 等

2 ヶ国とも診断対象工場が 2 ヶ所ずつ選定された。タイでは Rayong 地区の苛性ソーダ工場を、シンガポールでは市内と北部の町の工場を対象として診断調査を実施することができた。本年度調査したタイ・シンガポールでは、昨年同様良く協力していただいた。この点、ACE と各国政府が苦勞して調査工場を決定してくれた点、およびその準備と協力に甚大な努力を払って頂いた点に対して心から謝意を表したい。

1 次調査時に日本における工場の省エネルギー実態を紹介し、さらに 2 次では診断を進めるためのポイントを細かく紹介し、管理や設備メンテナンスについても説明した。

経済的には先進国並みで活発な産業活動を続けているタイ・シンガポールであるが、エネルギーの大半を輸入に頼っているため、本事業の活動に参加した関係者の省エネルギーに関する取組みには真剣なものが窺われた。対象工場からの参加者は勿論、関係者全員が実に熱意ある態度で我々と活動を共にして、業務を円滑に実施することができた。

実施にあたっては、現地調査の参加者を対象に“OJT (On the Job Training) in Field”にも重点をおき調査を行った。

その結果、日本人専門家によるいくつかの改善案提言が短期間のうちに実施され、または近く実施されようとしており得られた成果は大きかったと評価される。

今年度の 2 ヶ国での主要産業のエネルギー診断実施により、ASEAN 10 ヶ国全てが日本人専門家指導のもとで省エネルギー診断活動を経験した。各国が同じような基盤に立って、今後の自国および ASEAN 諸国での省エネルギー推進活動を展開出来る素地を築いたこととなる。

本報告書に記載された提言事項が早期に実現され、これらの資料と上記の経験が有効に活用されることを期待する。また、全ての成果が蓄積されて ASEAN 諸国へ普及され、将来の活動の基盤となって ASEAN 諸国の省エネルギーならびに環境保全の推進に寄与できることを切に望んで止まない。

最後に繰り返すが、本調査に際しては、ACE 始め各国の関連機関ならびに関連産業分野担当者の全面的協力が得られた。ここに紙面を借りて厚く謝意を表したい。

SUMMARY

The economy in ASEAN countries has been rapidly growing, as a result, it will be more required to efficiently use energy and to consider about the prevention of the global warming because of the quick increase in energy consumption.

The activities of ASEAN Center for Energy (hereinafter referred to as "ACE") have been established, which results in enhancing and disseminating the awareness of reducing energy consumption in the ASEAN countries.

This fiscal year, the target countries were Thailand and Singapore, which energy audit of main industries were not implemented yet.

Energy audits and workshops were carried out at each 2 factories at the two countries. These achievements would be basis of implementation and dissemination based on technology transfer regarding energy conservation improvement policies of major industries of each country.

We had the opportunity to experience energy conservation activities with Japanese experts at all of the ASEAN countries. Every country experiences and understands basic issues, which means foundation is established to deal, on even ground, with energy conservation activities of ASEAN countries.

This fiscal year is a year to consolidate the past activity accomplishment, a year to go on to the second step toward implementation and dissemination of the past achievement.

On-site activities of the project this FY, started at the Inception Workshop in late October of 2003 (same with the Building Project), and ended at the Post Workshop at the end of January of 2004 (same with the Building Project).

To start the project smoothly, action plan was explained and finalized, as well as Japan's technology was introduced for the understanding of research points, at the Inception Workshop.

At the Post Workshop, there was a report of activity results and achievements of the 2 countries so that they could be shared among other countries, and activity accomplishments of ASEAN taskforce toward establishment of database/ benchmark/ guideline in the future were discussed.

At the end, there was a discussion on implementation and dissemination of improvement

measures and approach strategy of creation of database/ benchmark/ guideline.
Specific details of activities through this project for this year are as follows:

Oct. 23-24, 2003:

Participate in “Inception Workshop of The SOME-METI Project on PROMEEC - Buildings and PROMEEC - Industries” (location: Singapore, same as Building project)

- (1) Latest policies and legal issues on energy conservation promotion of building and industry sectors in Japan, introduction of energy management of this project and representative energy conservation technology
- (2) Implementation and dissemination of improvement measures of each country up to now, and report on the activity
- (3) Explanation and discussion of action plan regarding FY2003 projects (building and industry)
- (4) Meeting on schedule and arrangement of site surveys of building and industry projects

Oct. & Nov., 2003; Audit Survey of Main Industries of Thailand & Singapore (primary) activity at Thailand (Nov. 24-28)

- (1) Introduction of energy conservation activities and technology of the caustic soda industry in Japan
- (2) Introduction of EE&C technology and actuality of the caustic soda industry, audit of 2 caustic soda plants and summarization

Activity at Singapore (Dec. 1-5)

- (3) Introduction of energy conservation activities and technology of food process industry in Japan
- (4) Introduction of EE&C technology and actuality of the food process industry, audit of 2 food process factories and summarization

Jan., 2004; Audit Survey of Main Industries of Thailand & Singapore (secondary) activity at Singapore (Jan. 6-9)

- (1) Introduction of audit points of the food process industry and result report of primary survey
- (2) Explanation, discussion and additional survey of audit results of food process industries at 2 sites
- (3) Result report of secondary survey and introduction of database, benchmark and

guideline, introduction of Management & Maintenance to EE&C

Activity at Thailand (Jan. 12-15)

- (4) Result report of primary survey at caustic soda factories
- (5) Explanation, discussion and additional survey of audit results of caustic soda factories at 2 sites
- (6) Result report of secondary survey and introduction of database, benchmark, and introduction of Management & Maintenance to EE&C

Jan. 28-31, 2004:

Participate in “Post Workshop on Promotion of Energy Efficiency and Conservation (PROMEEC) (Major Industry and Building), SOME – METI Work Program 2003 – 2004 (Location: Singapore, same as Building project)

- (1) Special lecture: Introduction of energy management and energy manager system in Japan
- (2) Energy audit of factories by industry in FY2003 (caustic soda industry in Thailand and food industry in Singapore) result report, and comments and discussion by target countries
- (3) Report and discussion on activity outcomes of taskforce of database, benchmark and guideline establishment for ASEAN
- (4) Proposals of activity strategy for the future year and discussion on issues to be considered regarding ASEAN Plan of Action for Energy Cooperation (APAEC) 2004-2009, etc.

2 sites were selected as target factories for audit for each 2 countries. Audits were implemented at caustic soda plants of Rayong district for Thailand, and factories in the city and northern area for Singapore.

We were provided effective cooperation like last year at Thailand and Singapore, this fiscal year's target countries.

We would like to thank, sincerely, the efforts of persons from ACE and governments of each country for selecting factories for survey, and related preparation and cooperation.

Energy conservation of factories in Japan was introduced at the primary survey, and at the second survey, points of audit were introduced in concrete, as well as explanation of management and facility maintenance.

Economically, Thailand and Singapore are pursuing active industrial activities at the level of advanced countries. However, enthusiasm to energy conservation of the participants of this project could be sensed due to its large import share of energy. Every involved persons worked earnestly with us, and business were carried out smoothly.

On implementation, OJT for participants of site surveys was emphasized and surveys were carried out.

Accordingly, improvement proposals by Japanese experts were put in practice, or going to be in practice shortly, which could be evaluated as a large achievement.

By the energy audit of major industries in the 2 countries, all 10 countries of ASEAN experienced energy conservation audit activities under the training of Japan experts. Each country has established basis to develop energy conservation promotion activities in home country and ASEAN countries in the future.

We would very much like to see these proposals put into practice at the earliest opportunity and effective use made of the manuals, thereby enabling us to contribute to the conservation of energy and protection of the environment in the ASEAN countries.

Finally, we would like to thank all those at ACE (ASEAN Center for Energy) along with the organizations and factories involved in each country for their cooperation

・ 化学産業
(苛性ソーダ工業)



ASEAN 主要産業省エネルギー診断調査、Workshop 参加者
(DEDE 関係者、苛性ソーダ工場関係者、ACE、ECCJ メンバー)
Bangkok、Thailand Workshop 会場にて (2004 年 1 月 12 日)

．化学産業（苛性ソーダ工業）

１．プロジェクト要約

本プロジェクトは経済成長著しいアセアン諸国を対象に同諸国の省エネルギー、環境保全および持続可能な経済発展に資することを目的とし、国際エネルギー使用合理化基盤整備事業の一貫として実施された。

本プロジェクトは ACE (ASEAN Center for Energy) を中核機関としてアセアン諸国の協力の下、主要産業に関わる省エネルギーを推進して行こうとするものであり、本年度調査対象国および企業のひとつとしてタイ王国およびその化学産業（苛性ソーダ工業）が選定された。以降、同国担当者との協議に基づき診断計画が策定され、2003 年 11 月 24 日～28 日および 2004 年 1 月 12 日～15 日間のうち 6 日間化学産業（苛性ソーダ工業）2 社のサイトにおいて、タイ王国 DEDE（代替エネルギー開発効率化局）の担当者を交え診断が実施された。

以下に同国の政治、経済状況も含め調査結果につき報告する。

１．１ 調査対象および体制

（１）対象国および対象企業

対象国： タイ王国

対象企業： A 社（苛性ソーダ工場）

B 社（苛性ソーダ工場）

（２）体制

１）タイ

a. D E D E (Department of alternative Energy Development and Efficiency):

Mr. Pravit Teetakaew (１次のみ)

Mr. Thamayos Srichuai

Mr. Chalermchai Phadunghus

Mr. Sarat Prakobchat

Mr. Ittipol Intamat

Mr. Chawalit Boonsang

Mr. Chatchawan Sripetchdee

Ms. Amaraporn Utchawangkul (２次のみ)

Mr. Sarawutt Preecha (２次のみ)

Dr. Prasert Sinsookprasert (２次のみ)

b. A 社： ３名

c. B 社： ６名

d. AC (Accredited Consultants)

Mr. Chaisak Chatruejansakul

Mr. Suwit Maungaram

Mr. Nutdhaoun Ngerbumroong

Mr. Viroj Tethuthapak

Mr. Sanit Athasart

2) ACE (ASEAN Center for Energy) :

Mr. Christopher ZAMORA

3) 日本：財団法人省エネルギーセンター

渋谷 浩志

国際エンジニアリング部・部長(1次のみ)

熊無 繁

国際エンジニアリング部 技術専門職

田中 秀幸

国際エンジニアリング部 技術専門職(2次のみ)

1.2 タイの政治・経済情勢

(1) 国勢

国名： タイ王国 (Kingdom of Thailand)

面積： 51 万 4000km²

人口： 6181 万人 (2001 年)

首都： バンコク

言語： タイ語

宗教： 仏教 95%、イスラム教 4%、他 1%

略史： タイ王国の基礎は 13 世紀のスコータイ王朝より築かれ、その後アユタヤ王朝 (14～18 世紀)、トンブリー王朝 (1767～1782) を経て、現在のチャックリー王朝 (1782～) に至る。1932 年立憲革命。

(2) 政治体制・内政

政体： 立憲君主制

元首： プーミポン・アドゥンヤデート国王 (ラーマ 9 世王) (1946 年 6 月即位、在位 57 年)

議会： 上院 200 名、下院 500 名の二院制 (両院とも民選)

政府： 首相名 タクシン・シナワット

外相名 スラキアット・サティアンタイ

内政： タイでは 1932 年の立憲革命以降、軍部主導の政治が続いていたが、92 年の軍と民主化勢力との衝突 (5 月事件) 以降、軍部は政治関与を控え、民主的な政権交代手続が定着している。

(3) タイ政治情勢

97 年に成立した新憲法に従って、2001 年 1 月に下院選挙が行われ、タイ愛国党の

圧勝によりタクシン政権が成立した。

1) タクシン政権の特徴

タクシン政権は、首相の強力なリーダーシップと下院における連立与党（タイ愛国党、タイ国民党、国家発展党）の安定多数（500 議席中 366 議席）を背景に、数々の経済改革政策を推進している。

- ・ 2001 年 1 月の下院選挙においてタクシン党首率いるタイ愛国党が単独過半数に迫る議席を確保し、第一党となった。
- ・ タイ愛国党は、4 党連立を形成し、2001 年 2 月 18 日、タクシン政権が、安定多数（500 議席中 325 議席（当時））をもって正式に成立した。
- ・ タクシン内閣は、施政方針演説において選挙公約に掲げた経済の建て直しを最重点政策とする緊急優先政策を打ち出し、各政策を具体的に実施してきている。
- ・ タクシン首相は下院での与党の圧倒的多数と政権内での強固な権力基盤に基づき、強力なリーダーシップを発揮し、数々の経済改革政策を推進している。現政権は従来の連立各党の利害調整型ではなく、トップダウンによる政策主導型の政権運営と成果主義の政策が特徴。タクシン政権の政権基盤は強固であり、同政権は 2005 年 2 月の任期満了まで継続するとの見方が強い。

2) 最近の政治情勢

- ・ 2002 年 10 月 3 日、省庁改正法が発効し、従来の 1 府 13 省 1 庁より 1 府 19 省に省庁が再編された。省庁再編では大学庁が廃止され（教育省に統合）、観光・スポーツ省、社会・人間開発省、天然資源・環境省、情報通信技術省、エネルギー省、文化省の 6 省が新設された。

(4) 外交基本方針

タイは伝統的に柔軟な全方位外交を維持しつつ、ASEAN 諸国との連携と日本、米国、中国といった主要国との協調を外交の基本方針としている。

タクシン政権は近隣諸国との関係の強化、各国との自由貿易協定（Free Trade Agreement : FTA）締結を目指す活発な経済外交、アジア協力対話（Asia Cooperation Dialogue : ACD）の提唱等、地域において積極的なイニシアティブを打ち出している。

(5) 経済

主要産業：2000 年の GNP において非農業部門の割合は約 9 割。うち工業部門は 33.4%を占める。GNP に占める農業の地位は低下しているが就業人口の約 4 割を占める重要産業である。

表 - 1 - 1 基礎経済データ

項目		年	1999	2000	2001	2002
GDP	億 US\$				1114	
一人当たり GNP	US\$				1818	
経済成長率	%		4.4	4.6	1.8	5.2
物価上昇率	%				1.6	
失業率	%				3.3	
総貿易額	輸出	億 US\$		3.3	653	
	輸入	億 US\$			618	

(為替レート 1 ドル = 約 41 バーツ (2003 年 9 月現在))

主要貿易品目：

輸出： コンピューター・同部品、IC、自動車、衣料、冷凍エビ、宝石、コメ

輸入： 機械・同部品、電子機器・同部品、原油、化学製品、IC 基盤、鉄鋼

主要貿易相手国 (2001 年)：

輸出： 1. 米国 2. 日本 3. シンガポール 4. 香港 5. 中国 6. マレーシア

輸入： 1. 日本 2. 米国 3. 中国 4. マレーシア 5. シンガポール 6. 台湾

表 - 1 - 2 対日貿易

		1999	2000	2001	2002
輸出	億円	10082	11423	12605	13146
輸入	億円	12848	14694	14425	16486
主要品目	輸出			魚介類、事務用機器、音響映像機器、肉類、半導体等電子部品	
	輸入			半導体等電子部品、鉄鋼、自動車の部品、プラスチック、原動機	

(財務省貿易統計)

1) 経済概況：

タイは、80 年代後半から日本はじめ外国投資を梃子に急速な経済発展を遂げたが、その一方で経常収支赤字が膨張し、不動産セクターを中心にバブル経済が現出した。その後、バブル破壊に伴い不良債権が増大し、経済の悪化を背景にバーツ切り下げの圧力が高まり、97 年 7 月、為替を変動相場制に移行するとバーツが大幅に下落し、経済危機が発生した。

タイ政府は、IMF および我が国を始めとする国際社会の支援を受け、不良債権処理など構造改革を含む経済再建に努力した。タイ政府の財政政策を含む景気対策、好調な輸出などにより低迷が続いていた経済は回復基調に転じた。

2001 年 2 月に発足したタクシン政権は、従来の輸出主導に加えて国内需要も経済の

牽引力とすることを訴え、農村や中小企業の振興策を打ち出している。タクシン政権の内需拡大政策の奏功と見られる個人消費の活性化等により、最近では経済の回復傾向が見られ、2002 年の経済成長率は、5.2%と経済危機後最も高い数字を記録した。

2) タイ経済情勢（経済危機とタイ政府の取組み）

- ・ 1997 年 7 月に起きた経済危機を克服するためチャワリット政権は IMF プログラムに基づく緊縮政策を実施し、為替レートの安定、経常収支の黒字化等の成果をあげた一方、実態経済は低迷を続け、金融機関を中心とする企業の倒産、失業者の増大、貧困層等への社会的影響が深刻化した。
- ・ これに対し 1997 年 11 月に発足したチュアン政権は、IMF の合意を得て、緊縮政策から内需拡大に政策を転換し、3 回にわたり、減税、雇用創出、公共投資、中小企業支援等を内容とする追加予算を含む総合経済対策を打ち出し、景気の回復を図り、特に、不良債権処理を促進するため、銀行ごとの資産管理会社の設立を促し、民間債務リストラおよび破産法等の経済関連法を改正・実施した。
- ・ 2001 年 2 月に発足したタクシン政権は、チュアン政権を大企業優遇の政策と批判し、草の根レベルからの経済回復を掲げて政権を発足させ、従来の輸出に加えて国内需要も経済の牽引力とすることを訴えている。具体的政策としては農民債務の一時モラトリアム、村落における開発基金の創設、一村一品運動、マイクロ・クレジットである国民銀行の創設等のボトムアップ的な所得拡大による内需拡大策をとるとともに、中小企業育成等による国内産業の強化と海外投資の積極的な誘致による国際競争力の向上を目指している。また不良債権問題の早期解決のために、政府主導の不良債権買い取り機構を設置した。

3) 現状と今後の見通し

- ・ 1999 年に、好調な輸出、政府の財政政策による下支え等により、経済は回復基調に転じ、2000 年 6 月をもって IMF の構造調整プログラムを終了した。2001 年に入り、米国経済の減速、不良債権処理を含む金融セクターの再建の遅れ等から経済成長に鈍化傾向が見られ、2001 年の経済成長率は、前年比 1.8%に止まった。
- ・ タクシン政権のボトムアップ政策の奏功と見られる個人消費の活性化等により、最近では経済の回復傾向が見られ、国家経済社会開発局（NESDB）は、2002 年の経済成長率を 5.2%と経済危機後最も高い数字を発表した。

1.3 タイのエネルギー事情

(1) エネルギー指標（2001 年）

一次エネルギー消費： 75.53 百万 TOE [日本の約 14.5%]
 一次エネルギー自給率： 約 47.4% [日本：約 20%]
 最終エネルギー消費： 54.3 百万 TOE [日本の約 15%]
 発電量： 102TWh [日本の約 10%]
 部門別最終エネルギー消費%：産業 39%、運輸 34%、民生・農業 27%
 燃料別一次エネルギー消費%：石油 43%、天然ガス 27%、石炭 11%、再生可能 17%、
 水力他 1%

表 - 1 - 3 一次エネルギー消費の GDP 原単位 (単位：toe/1,000US\$ in '95 価格)

	1990 年	1995 年	2000 年	2001 年
タイ	0.39	0.38	0.43	0.43
日本 (参考)	0.089	0.094	0.092	0.09

出典：IEA Energy Balances of OECD Countries (2000-2001)

IEA Energy Balances of Non-OECD Countries (2000-2001)

(2) エネルギー情勢

タイは 1980 年代半ば以降の農業中心から輸出主導型の経済への移行による急速な経済成長に伴いエネルギー需給構造が大きく変化した。急増する石油輸入によって 1980 年頃は伝統エネルギー（薪、稲わら、バガス等）を除く商業エネルギーの 90%以上を輸入に依存していたが、タイ湾での天然ガスおよび内陸における褐炭の開発・商業化等によって、1990 年代になってエネルギー自給率が 40%を超えるようになった。

1) タイのエネルギー資源：

タイは、石油、石炭、天然ガスといったエネルギー資源には余り恵まれていないが、天然ガスの比較的確認埋蔵量が多い。R/P 比は、石油が 9.5 年、天然ガスが 19.9 年となっており、いわゆる資源国とは言えない。

2) 一次エネルギー生産と消費

1995～2001 年におけるタイの一次エネルギー生産量の伸びは年平均 0.33%で大きくは変わっていないが、天然ガスが大幅な伸びを示し、石油も増加している。一方、バイオマスが減少傾向にある。天然ガスの自給率は 1995 年には 100%であったが、最近の需要増に対応するために、国内生産だけでは不足してきており、近隣国（マレーシア、インドネシア）からの輸入が行われており、2001 年には自給率が 75.1%に低下した。タイ政府はアセアンからのパイプライン供給の輸入政策を推進しており、1999 年よりミャンマーからのパイプラインによる供給が始まり輸入量が増加している。現在、さらにマレーシア、ベトナム、インドネシアからのパイプライン供給を計画・検討している。

石油の自給率（2001 年）はわずか 17%で、その輸入先は中東 74%、アジア 20%、その他 6%となっている。中東原油に対する依存度が高く、政府は供給面でのリスクがあると認識しており、石油供給セキュリティを高めていくために長期的取組みと短期的取組みが必要と認識している。長期的取組みとしては、石油供給源の多様化、エネルギー利用効率の向上、代替エネルギー開発、民営化・自由化による市場の効率向上が必要と考えている。短期的取組みとしては、一般に情報共有、需要制限、燃料転換能力確保、石油生産拡大、石油備蓄がある。

3) 最終エネルギーの用途別消費：

1995～2000 年におけるタイの最終エネルギー消費量の年平均伸び率は約 1.5%で、用途別では、輸送部門は同 0.3%増加、家庭部門は同-2.9%と減少、工業部門・農業部門・商業部門の年平均伸び率はいずれも 3～6%と比較的高い伸び率を示した。工業部門では、化学分野のエネルギー消費の伸び率が高く、非金属鉱物（セメント、ガラス等） 鉱業、建設分野におけるエネルギー消費は落ち込んだ。

表 - 1 - 4 工業部門における最終エネルギー消費実績推移（業種別）

	1995年		2000年		2001年		年平均伸率 1995～2001
	数量	構成%	数量	構成%	数量	構成%	
鉄鋼	522	3.2	645	3.2	617	3.0	2.8
化学	977	6.1	4040	19.9	4805	23.6	30.4
非鉄金属	-	-	-	-	-	-	-
非金属鉱物	4018	24.9	3130	15.4	3509	17.3	-2.2
輸送機器	-	-	-	-	-	-	-
機械	627	3.9	751	3.7	819	4.0	4.6
鉱業	28	0.2	11	0.1	17	0.1	-8.0
食品・タバコ	4954	30.7	5428	26.7	4756	23.4	-0.7
紙パルプ	269	1.7	381	1.9	388	1.9	6.3
木工	101	0.6	123	0.6	156	0.8	7.5
建設	278	1.7	150	0.7	130	0.6	-11.9
繊維・皮革	1249	7.7	1071	5.3	1061	5.2	-2.7
その他	3119	19.3	3777	18.6	4079	20.1	4.6
合計	16142	100.0	19507	95.9	20337	100.0	3.9

単位：千重油換算トン（ktoe）

出典：IEA Energy Balances of Non-OECD Countries (1995-1996, 1999-2000)

4) 電力：

1995～2001 年におけるタイの発電電力量は年平均 4.2%の伸び率であった。電源別で見ると、石油火力と水力による発電が減少している一方で、天然ガス火力、バイオマスによる発電の伸びが大きい。2001 年の発電で見ると、石油、石炭、天然ガス

による火力発電が 92.6%、水力・地熱発電が 6.3%、バイオマス発電が 1.3%となっている。

表 - 1 - 5 発電電力量の実績推移（電源別）

	1995年		2000年		2001年		年平均伸率 1995～2001
	発電	構成%	発電	構成%	発電	構成%	
石油	24403	30.5	10021	9.8	2926	2.9	-29.8
石炭	14780	18.5	17604	17.2	19622	19.2	4.8
天然ガス	33900	42.3	60808	59.4	72205	70.5	13.4
水力	6712	8.4	6026	5.9	6303	6.2	-1.0
地熱	1	0.0	2	0.0	2	0.0	12.2
バイオマス	265	0.3	1516	1.5	1362	1.3	31.4
合計	80061	100.0	95977	93.7	102420	100.0	4.2

単位：ギガワット時（GWh）

出典：IEA Energy Balances of Non-OECD Countries (1995-1996, 1999-2000)

5）エネルギー価格：

基本的にはタイのエネルギー価格は市場メカニズムに従っている。

電力は発送電を担当する EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand)、首都圏の配電を担当する MEA (Metropolitan Electricity Authority)、その他の配電を担当する PEA (Provincial Electricity Authority) の 3 組織によって供給されている。これらは全て国営企業である。タイの電力料金は基本料金と Ft (Fuel Adjustment Clause) 料金から構成されている。需要タイプと契約によって、基本料金と Ft 料金が異なる。1999 年の平均価格（Baht/kWh）は次の通り。

	都市（MEA）	その他（PEA）
家庭用	2.39 Baht/kWh	1.98 Baht/kWh
業務用	2.23	1.94
産業用	2.07	2.00
農業用	-	1.59
合 計	2.21	1.99

燃料の価格（タイ石油公社データ、2000 年 1 月）は次の通り。

ガソリン（有鉛）	15.19 Baht/L
ガソリン（無鉛）	16.19
ディーゼル	13.19
A 重油	7.80
C 重油	7.20

2001 年 11 月時点のタイ（バンコク）におけるエネルギー価格は下記の通り。

US\$ = ¥120 として

業務用電気料金	0.037 ~ 0.039 US\$/kWh	4 ~ 5 ¥/kWh
一般用電気料金	0.03 ~ 0.07 US\$/kWh	4 ~ 8 ¥/kWh
業務用ガス料金	0.10 US\$/立米	12 ¥/立米
一般用ガス料金	0.18 US\$/立米	22¥/立米
レギュラーガソリン	0.30US\$/L	36 ¥/L

出典：アジア主要都市・地域の投資関連コスト比較（日本貿易振興会・海外調査部
発行、2002 年 3 月）

1. 4 タイの苛性ソーダ工業

ASEAN 主要国は基礎素材産業である苛性ソーダ工場をもっている。プロセス形式は最近建設のプラントではイオン交換膜法が採用されているが、隔膜法や水銀法が残っているところもある。

タイはインドネシアに次いで 2 番目の生産能力を持っている。タイには 10 工場近くがあり、最近の 20 年内に 8 工場が建設されている。今回の調査時に、この内 3 工場のみが操業しているとの情報を得たが、浮沈の激しい産業との印象を受けた。企業が生き残るためには、省エネルギーをはじめ一層のコストダウンを図る必要があることを痛感した。

表 - 1 - 6 ASEAN 諸国の苛性ソーダ生産能力

国名	生産能力 t/y-100%NaOH	プロセス形式
Brunei Darussalam		
Cambodia		
Indonesia	634700	最新はイオン交換膜法
Lao PDR		
Malaysia	85300	イオン交換膜法
Myanmar	有り	
Philippines	33000	最新はイオン交換膜法
Singapore	65000	イオン交換膜法
Thailand	471800	イオン交換膜法
Vietnam	92500	最新はイオン交換膜法
日本	実生産：435 万 t/y (2002)	イオン交換膜法

（空白部は無し、またはデータ不明）

2. 診断対象工場の概要

タイの化学産業（苛性ソーダ工場）の省エネルギー診断調査を実施するに当たり、ECCJ は ACE に対し Bangkok 市内またはその周辺にある 2 つの工場の選定を依頼した。タイ政府担当部署は ACE からの依頼に対し、苛性ソーダ工場は Bangkok 地区ではなく、Rayong 地区（Bangkok 南東約 180 km、タイ湾に面した工業地区）の 2 工場を選定した。1 次診断の際に現地で 2 工場から守秘義務契約を課せられることになったため、以下の記事は省エネルギーに関するものに限定せざるを得ない事を断っておく。

以下に、選定された 2 苛性ソーダ工場の概要に付いてごく簡単に述べる。

2.1 A 社（苛性ソーダ工場）の概要

（1）一般事項

工場所在地： Rayong 地区（Bangkok の南東約 180km）
製品： 苛性ソーダと塩素ガス、他
従業員： 約 170 人（内技術者 16 人、操業 150 人）
勤務体制： 3 個班体制
組織図： A 社苛性ソーダ工場の組織を図 - 2 - 1 に示す。

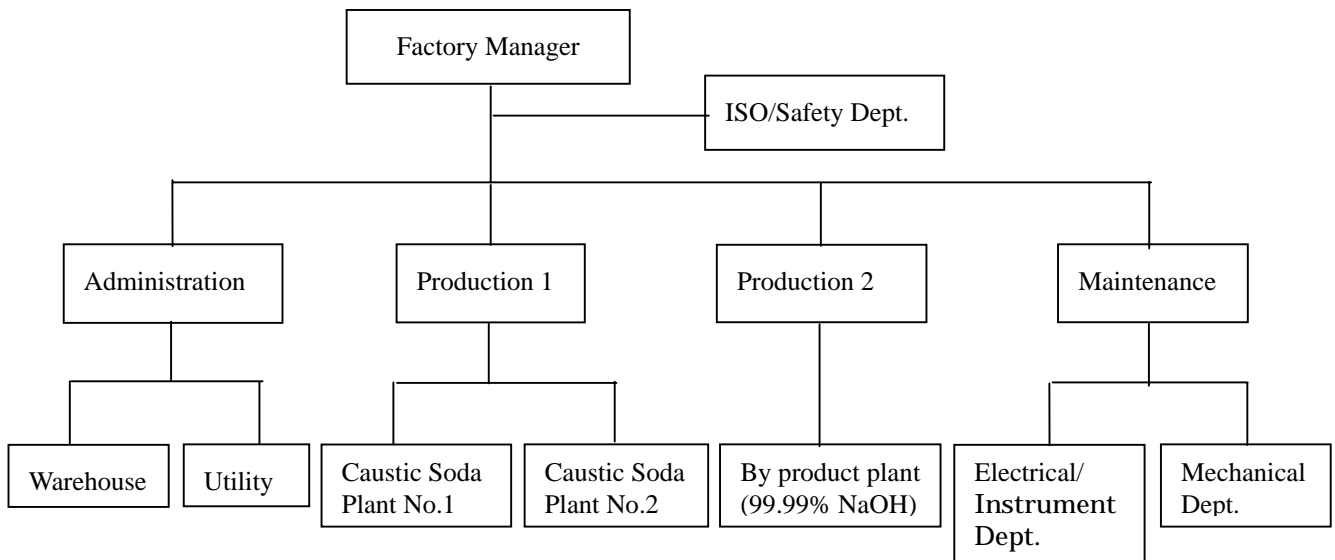


図 - 2 - 1 A 社苛性ソーダ工場の組織

操業概要： この工場は 1995 年に建設され、操業は 1996 年から行われている。苛性ソーダ製造が主目的で、1998 年にはバイポーラー設備を追加建設している。原料の塩は国内産出の岩塩を生産地で精製したものを利用している。

操業は 3 個班体制、NaOH 生産は 24 時間操業（349 日/年）で各ラインは年間 20 日の定期点検を行っている。

社内活動：ISO14001 取得済、2004 年には ISO9001 取得計画中
小集団活動を実施していて、約 20 グループある。

（ 2 ） A 社の設備と能力

ボイラーは無く、蒸気は近くの会社から供給されている。調査の対象は苛性ソーダ製造電解装置と苛性ソーダ濃縮装置としたため、ポンプ、エアコンプレッサー等のユーティリティ関係のデータは供与されなかった。

（ 3 ） 工場配置図

図面を入手しているが、小さくて読み取れず、また化学工場はプロセスが複雑であること、守秘義務契約の対象であることから、図面添付は省略する。

2 . 2 B 社（苛性ソーダ工場）の概要

（ 1 ） 一般事項

工場所在地： Rayong 地区（ Bangkok の南東約 180km ）
製品： 苛性ソーダと塩素ガス
従業員： 苛性ソーダ工場： Manager 以下 21 人（内技術者 2 人）
勤務体制： 4 班 3 交代、325 日操業/y
組織図： B 社苛性ソーダ工場の組織を図 - 2 - 2 に示す。

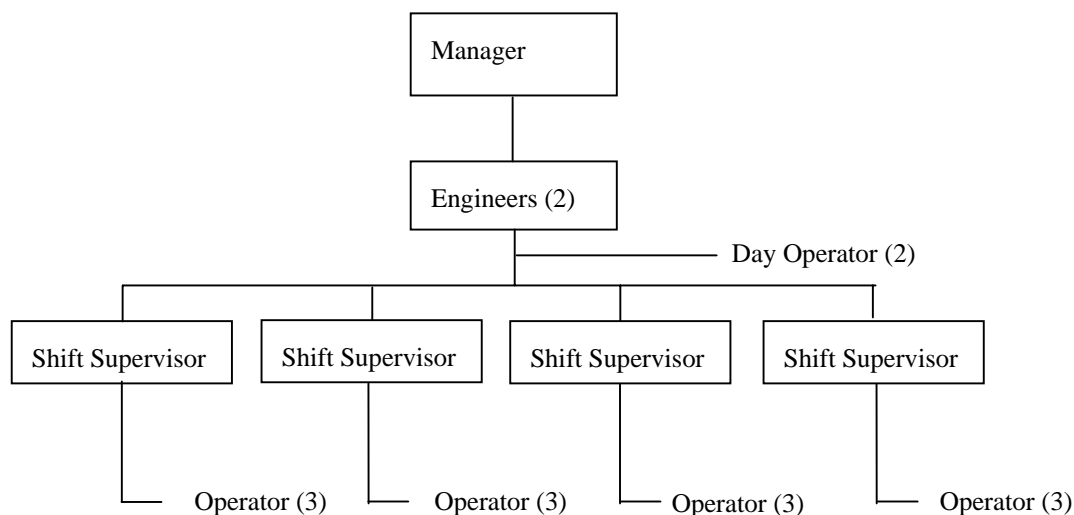


図 - 2 - 2 B 社苛性ソーダ工場の組織

操業概要： この工場は 1990 年に建設され、塩素ガス製造が目的である。原料の塩は

国内産出の岩塩を生産地で精製したものを利用している。

操業は3個班体制、24時間操業を行っている。

社内活動：ISO9001を1998年、ISO14001を1999年、TIS18001を2001年に取得済
TPM導入、工場に省エネルギー委員会を設立して活動中。

(2) B社の設備と能力

ボイラーは無く、蒸気は近くの会社から供給されている。調査の対象は苛性ソーダ製造電解装置と苛性ソーダ濃縮装置としたため、ポンプ、エアコンプレッサー等のユーティリティ関係のデータは供与されなかった。

(3) 工場配置図

守秘義務契約により図面入手は出来なかった。

3. 診断計画

タイを訪問して行う診断調査は、選定された 2 苛性ソーダ工場について製品製造工程・エネルギー・使用量・排熱利用実態をつかみ、省エネルギー推進のための改善案を提示するとともに、現地でワーク ショップを開催して、日本の省エネルギー技術や省エネルギー活動等を紹介し省エネルギー意識の向上・啓蒙普及を図ることであった。さらには、省エネルギー診断実施後、ASEAN 諸国の同種産業の実態・省エネルギー診断技術レベル等を勘案し、ASEAN 側省エネルギー推進者が標準的省エネルギー診断方法を確立するための支援を行うのが目的である。

実施に当たっては、調査を 2 回に分けて行った。

第 1 次現地調査では、第 1 回目のワーク ショップを行った。苛性ソーダ工場のエネルギー・診断のポイントや日本の苛性ソーダ工場で実施されている省エネルギー技術を紹介し理解してもらうことに努めた。

診断は、事前に送付した質問状による確認と、実際の工場で ACE がアレンジした現地の診断グループが派遣専門家の指導下で測定して実施する診断調査を同時進行で行った。各工場 2 日ずつ訪問した。

第 2 次現地調査は 1 回目診断の結果判明した省エネルギー改善案を、タイ政府担当部署 DEDE (Department of Alternative Energy Development and Efficiency) 関係者および各 2 社の管理者に説明した。さらに、その内容を確認するために再度現地を訪れ各工場 1 日ずつの診断調査を行った。

3. 1 診断の進め方

苛性ソーダ製造の主要工程は、工業塩溶解、塩水の高度精製、塩水の電気分解、希薄苛性ソーダ水溶液の濃縮そして生成した塩素ガスおよび水素ガスの精製工程で成り立っている。

診断にあたって事前に 2 社のフローシートは入手していた。それにより日本の一般的なフローと比較して大差のないことを確認していた。

したがって、苛性ソーダ製造工程でエネルギー消費の多い塩水電気分解槽および苛性ソーダ濃縮缶に焦点を絞ることにした。

二つの装置の運転データについては、計器室の DCS (Display Control System) および計器パネルの指示値を読み取り、現場では受入会社の担当員と共に装置の断熱状態を目視すると共に一部デジタル温度計などを使って確認することとした。

なお、現場での写真撮影は両社とも固く禁じられ、状況を示す情報は得られなかった。

3. 2 診断対象装置の選定

診断日数が限られていることもあり、両社と話し合っ て診断対象装置は前述のとおり、苛性ソーダ製造工程でエネルギー消費の多い塩水電気分解槽および苛性ソーダ濃縮缶に焦点をしばった。電解槽診断については系列毎（型式別）に、苛性ソーダ濃縮缶診断についてはそれぞれについて行うこととした。

3.3 診断スケジュール

診断サイトは、2社ともに Rayong の宿泊地から車で30分程度で行ける東部工業団地で、道路もよく整備されインフラ整備が終わっている感じを受けた。

受診2社の対応は好意的かつ協力的で、事前 に送付した質問表に対する回答も準備されており効率的な診断作業が実施できた。

診断スケジュールを次に記す。

(1) 1次調査日程：平成15年11月実施

- 11月24日（月） 1次ワークショップ：
苛性ソーダメーカー2社紹介（A社、B社）
ECCJ概要、工場診断手順、診断手法の紹介
- 11月25日（火） A社訪問診断
- 11月26日（水） A社訪問診断、データ整理とまとめ、診断結果報告
- 11月27日（木） B社訪問診断
- 11月28日（金） B社訪問診断、データ整理とまとめ、診断結果報告

(2) 2次調査日程：平成16年1月実施

- 1月12日（月） 2次ワークショップ：1次診断結果報告
- 1月13日（火） A社訪問診断および対策提言
- 1月14日（水） B社訪問診断および対策提言
- 1月15日（木） 最終ワークショップ：2次診断報告と総括、対策提言

4．診断対象設備

苛性ソーダ工場でのエネルギー消費のほとんどは、塩水電解槽の電解電力と苛性ソーダ濃縮用の蒸気である。したがって、前章で述べたように、診断対象設備は塩水電解槽と苛性ソーダ濃縮缶とした。

4．1 塩水電解槽

(1) A 社塩水電解槽

苛性ソーダ生産能力：250000t/y (50% 苛性ソーダ換算)

・系列1 (R C A - 1)

電解槽メーカー：旭硝子 (株) - 日本

電解槽呼称名：イオン交換膜法 A Z E C - F 2 (図 - 4 - 1)

型式：単極式 (モノポーラ)

電解電流 (Max)：1 5 4 k A

保有電解槽数：4 9 槽

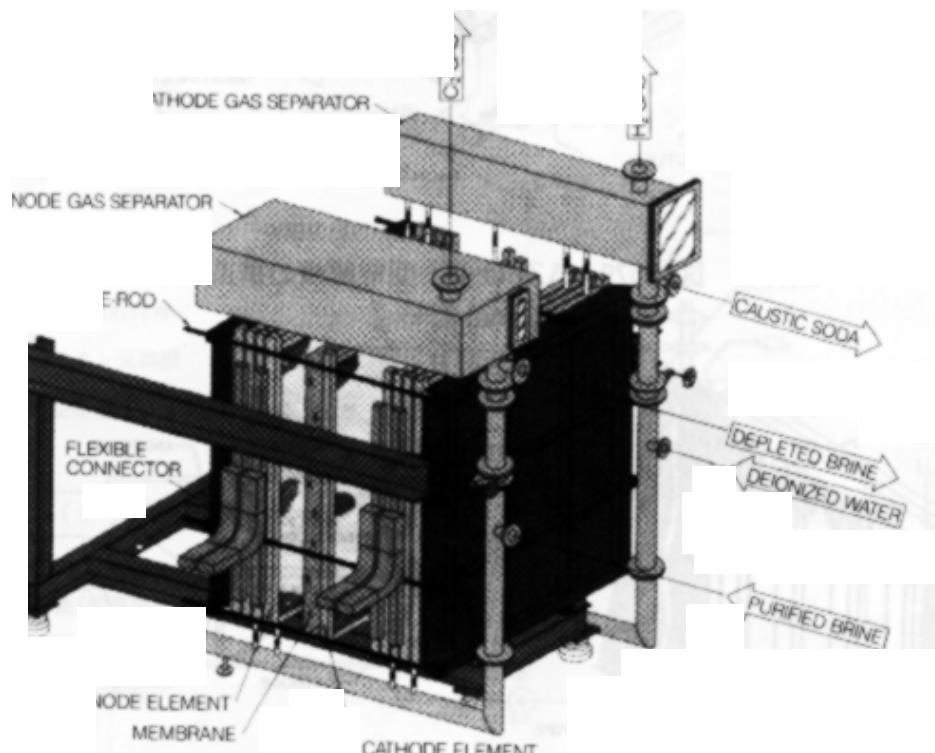


図 - 4 - 1 A Z E C - F 2 型電解槽の構造

・系列2 (R C A - 2)

電解槽メーカー : 旭硝子 (株) - 日本

電解槽呼称名 : イオン交換膜法 A Z E C - B 1 (図 - 4 - 2)

型式 : 複極式 (バイポーラ)

電解電流 (Max) : 1 4 . 4 k A

保有電解槽数 : 3 0 0 ユニット (4 槽 * 7 5 ユニット / 槽)

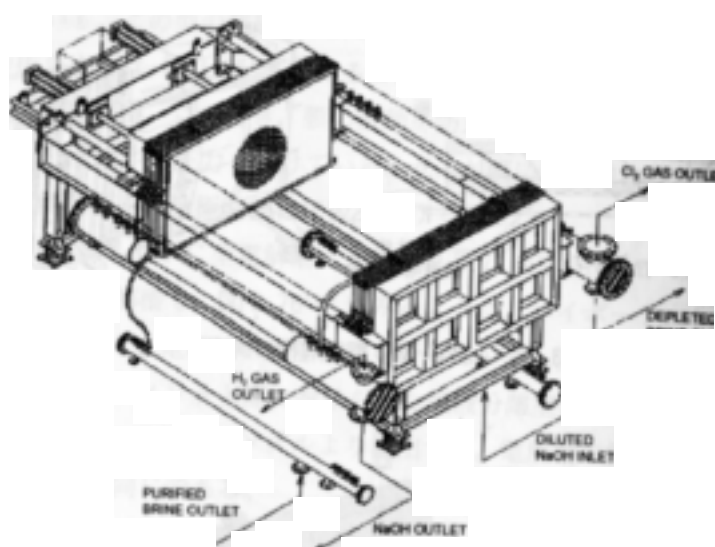


図 - 4 - 2 A Z E C - B 1 型電解槽の構造

(2) B 社塩水電解槽

苛性ソーダ生産能力 : 55000ton/year (50% 苛性ソーダ換算)

電解槽メーカー : 旭硝子 (株) - 日本

電解槽呼称名 : イオン交換膜法 A Z E C - M 3 (図 4 - 3)

型式 : 単極式 (モノポーラ)

電解電流 (Max) : 8 0 k A

保有電解槽数 : 3 0 槽

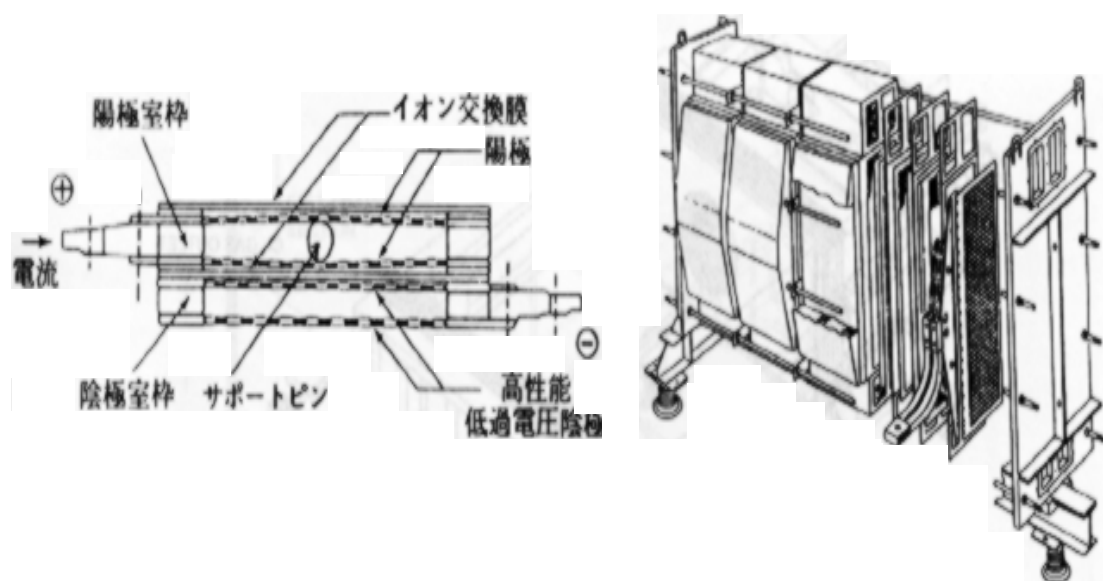


図 4 - 3 A Z E C - M 3 型電解槽の構造

4.2 苛性ソーダ濃縮缶

濃縮缶の概略フローを図 4 - 4 に示す。

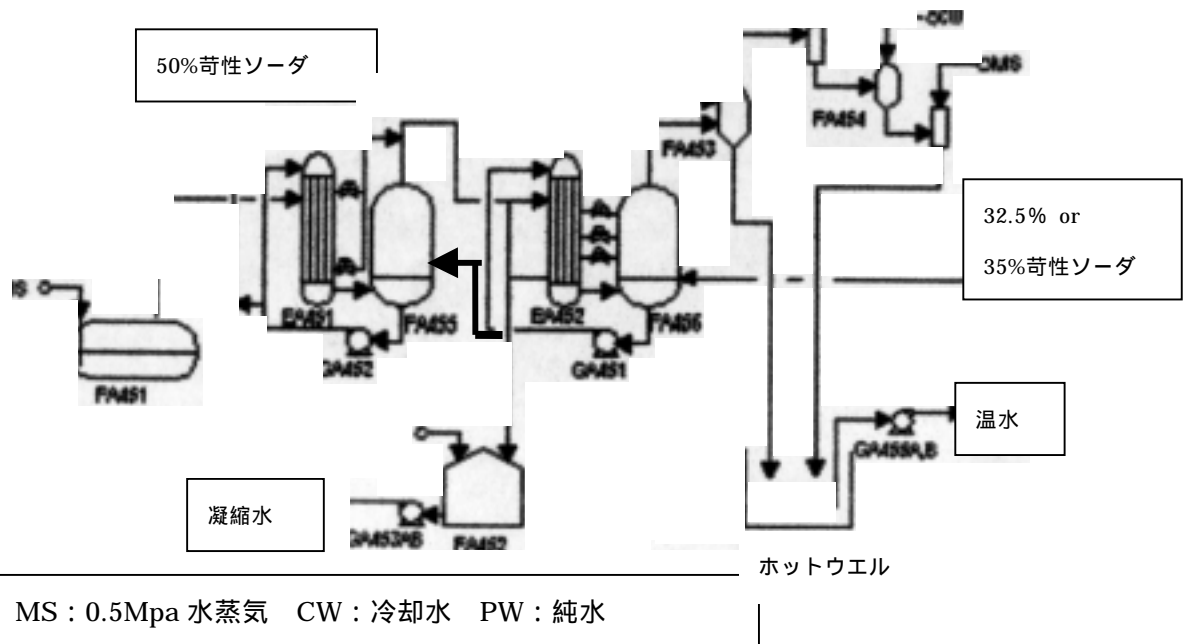


図 4 - 5 濃縮缶の概略フロー

(1) A社の苛性ソーダ濃縮缶

コントラクター : 旭エンジニアリング(株)
 型式 : 二重効用缶
 濃縮濃度 : 32.5%NaOH 50%NaOH

(2) B 社の苛性ソーダ濃縮缶

コントラクター : 東洋エンジニアリング(株)
 型式 : 二重効用缶
 濃縮濃度 : 35%NaOH 50%NaOH

5 . 省エネルギー測定・調査結果

5 . 1 測定結果

両社の塩水電気分解槽および苛性ソーダ濃縮缶等の測定結果を、それぞれ下記に示した。

測定は主として既設の計器の読み取りにより実施した。断熱効果に関するものは携帯の測定器により実施した。携帯用計器の準備については、それぞれ2社の担当員が迅速かつ協力的に対応してくれた。

(1) A 社のエネルギー (電気、蒸気) 消費量

1) 電解電力

調査時の操業データは次のとおりであった。

表 - 5 - 1 中央操作室コントロールパネルのデータ (2003 年 11 月 25 日 14 時)

電解槽	電解電流 (kA)	全電圧 (V)	電槽数
Monopolar	154	206	60
Bipolar No.1	12.1	497	2 Units (75 Cell/Unit)
Bipolar No.2	12.1	495	2 Units (75 Cell/Unit)
Bipolar No.3	12.1	483	2 Units (75 Cell/Unit)

a. 平均電解槽電圧 (Cell Voltage)

- ・ Monopolar 3.43V
- ・ Bipolar No.1 3.31V
- ・ Bipolar No.2 3.30V
- ・ Bipolar No.3 3.22V

b. 電解槽における電力消費 (DC - kWh/t-100%NaOH)

- ・ Monopolar 2419 ($96492 \times 3.43/3600/40/0.95 \times 1000 = 2419$)
- ・ Bipolar No.1 2335 ($96492 \times 3.31/3600/40/0.95 \times 1000 = 2335$)
- ・ Bipolar No.2 2328 ($96492 \times 3.30/3600/40/0.95 \times 1000 = 2328$)
- ・ Bipolar No.3 2271 ($96492 \times 3.22/3600/40/0.95 \times 1000 = 2271$)

ここで、Faraday 定数： 96492 (A · sec/mol)

NaOH 1mol の質量： 40 (g/mol)

電流効率： 95% (聞取り調査値)

2) 苛性ソーダ濃縮缶用蒸気

2003 年 11 月 25 日、14 時の中央操作室コントロールパネルのデータは次のとおり

であった。

蒸気使用量： 3.52t/h
NaOH 生産量： 7.5m³/h

苛性ソーダ濃縮缶用蒸気の原単位は 0.626t-Steam/t-NaOH であった。

$$\cdot (3.52\text{t-Steam/h})/(7.5\text{m}^3/\text{h})/(1.5\text{t/m}^3)/0.5 = 0.626\text{t-Steam/t-NaOH}$$

ここで、50%NaOH 溶液の比重： 1.5t/m³

(2) B 社のエネルギー (電気、蒸気) 消費量

1) 電解電力

調査時の操業データは次のとおりであった。

表 - 2 - 2 中央操作室コントロールパネルのデータ (2003 年 11 月 27 日 13 時 30 分)

電解槽	電解電流 (kA)	全電圧 (V)	電槽数
Monopolar	80	108 (107~109) Cell Voltage = 3.72V(Ave.) 通常は 102V とのこと	29

a. 平均電解槽電圧 (Cell Voltage)

・ Monopolar 3.72V

b. 電解槽における電力消費 (DC - kWh/t-100%NaOH)

・ Monopolar 2652 (96492 × 3.72/3600/40/0.94 × 1000= 2652)

ここで、Faraday 定数： 96492(A・sec/mol)

NaOH 1mol の質量： 40 (g/mol)

電流効率： 94% (聞取り調査値)

2) 苛性ソーダ濃縮缶用蒸気

2003 年 11 月 25 日、14 時の中央操作室コントロールパネルのデータは次のとおりであった。

蒸気使用量： 1.80t/h
NaOH 生産量： 3.2m³/h (2.4~4.0m³/h)

苛性ソーダ濃縮缶用蒸気の原単位は 0.750t-Steam/t-NaOH であった。

$$\cdot (1.80\text{t-Steam/h})/(3.2\text{m}^3/\text{h})/(1.5\text{t/m}^3)/0.5 = 0.750\text{t-Steam/t-NaOH}$$

ここで、50%NaOH 溶液の比重： 1.5t/m³

5 . 2 その他の調査事項

診断に先立ち、両者へ事前に送付した質問表に対する回答を入手したが、以下はその概要である。

(1) 電力等の価格

両社ともに電力および蒸気は何れも他社から購入している。

購入先: N P C (National Petrochemical Co., Ltd.)

- ・ 電力代: A 社 On peak : 2.6B/kWh、 Off peak : 1.1B/kWh
 Ave. : 2.1B/kWh
 Demand Charge : 74B/kWh
 B 社 1.9B/kWh (一定)
- ・ 蒸気代 : 635B/t
- ・ De-mineralized Water: 購入
- ・ N-Gas : 固形ソーダ製造用に使用

(2) 運転状況

両社ともに2月に20日間の計画停止を行っている。

現在の操業度は塩化ビニールの需要旺盛で100%負荷である。

そのため、塩水電気分解槽の稼働は昼夜ともに一定の高負荷運転を継続している。

6．省エネルギー提言と期待効果

6．1 省エネルギー対策の視点

苛性ソーダ製造プロセスにおける既存装置の省エネルギーの可能性を検討する場合、次のような視点が重要である。

- a. 運転条件などの改善によるエネルギー消費量低減の可能性の有無
- b. 装置外へ排出されるエネルギーの低減
 - ・ 蒸気凝縮水の有効利用
 - ・ 装置外壁面からの熱損失の削減
 - ・ 塩水電気分解槽から発生する塩素および水素の潜熱の有効利用
- c. その他一般動力機器等のエネルギー消費量低減の可能性の有無

以上の視点からエネルギー診断を行った結果、下記の点については省エネルギー管理がなされていることがわかった。

(1) A 社苛性ソーダ工場

1) 電気分解槽の電解電力原単位に関わるもの

電解槽の電解電圧の値は電解電力原単位そのものを示すことになる。それらを支配する一つの電解槽供給塩水の NaCl 濃度は、その温度に対して飽和濃度になっており、不純物も日本での標準的な値となっている。

2) 苛性ソーダ濃縮缶の蒸気原単位

二重効用缶の標準的な蒸発倍数 (1 t の水蒸気で蒸発させることの出来る水の量) を維持している。

3) 苛性ソーダ濃縮缶の蒸気凝縮水の有効利用

工場内の他のプラントへ温水として供給されており、熱の有効利用が行われている。

4) 装置外壁面からの熱損失の削減

苛性ソーダ濃縮缶外壁面の温度と状態を主として目視と触手で行ったが、温度も低く、断熱材の脱落等はなく極めて良く管理されている。

5) 塩水電気分解槽から発生する塩素および水素の潜熱の有効利用

熱回収設備が設置されていた。現在は高負荷で熱収支がとれないので実質使用は

していない。ただし、低負荷になった場合は使用可能なように整備されている。

6) その他

冷水塔冷却ファンのインバーター制御による省電力が行なわれている。

(2) B 社苛性ソーダ工場

1) 塩水電気分解槽の電解電力原単位に関わるもの

電解槽の電解電圧の値は電解電力原単位そのものを示す。それらを支配する一つの電解槽供給塩水の NaCl 濃度は、その温度に対して飽和濃度になっており、不純物も日本での標準的な値となっている。

2) 苛性ソーダ濃縮缶の蒸気原単位

二重効用缶の標準的な蒸発倍数(1 t の水蒸気で蒸発させることの出来る水の量) を維持している。

3) 苛性ソーダ濃縮缶の蒸気凝縮水の有効利用

苛性ソーダ製造の原料である原料塩の溶解工程で有効利用されている。

4) 装置外壁面からの熱損失の削減

苛性ソーダ濃縮缶の外壁面と温度を主として目視および触手で行ったが、一部断熱材の施していないところがあったが他の多くは正常できちんと装着されていた。なお、一部断熱材の施していない部分については指摘後、早急に施工されていた。担当員も素直に応じてくれ、省エネルギーに前向きに取り組んでいることが伺われた。

5) 塩水電気分解槽から発生する塩素および水素の潜顕熱の有効利用

熱回収設備が設置されていた。現在は高負荷で熱収支がとれないので実質使用はしていない。

ただし、低負荷になった場合は使用可能なように整備されている。

6) その他

原塩倉庫等照明の点滅の徹底がされている。

今回診断した結果にもとづき、省エネルギーの可能性のあるものについて提言を行うとともに期待できる効果について以下に示す。

6.2 電解電力原単位の低減

(1) A社苛性ソーダ工場

1) 電流密度と電槽電圧の関係

この工場の電解槽の「電流密度 vs. 電槽電圧」について日本の標準的な値と比較した結果を図 - 6 - 1 と図 - 6 - 2 に示す。

この工場は、「モノポーラー槽（単極式）」と「バイポーラー槽（複極式）」の両型式槽をあわせもっている。

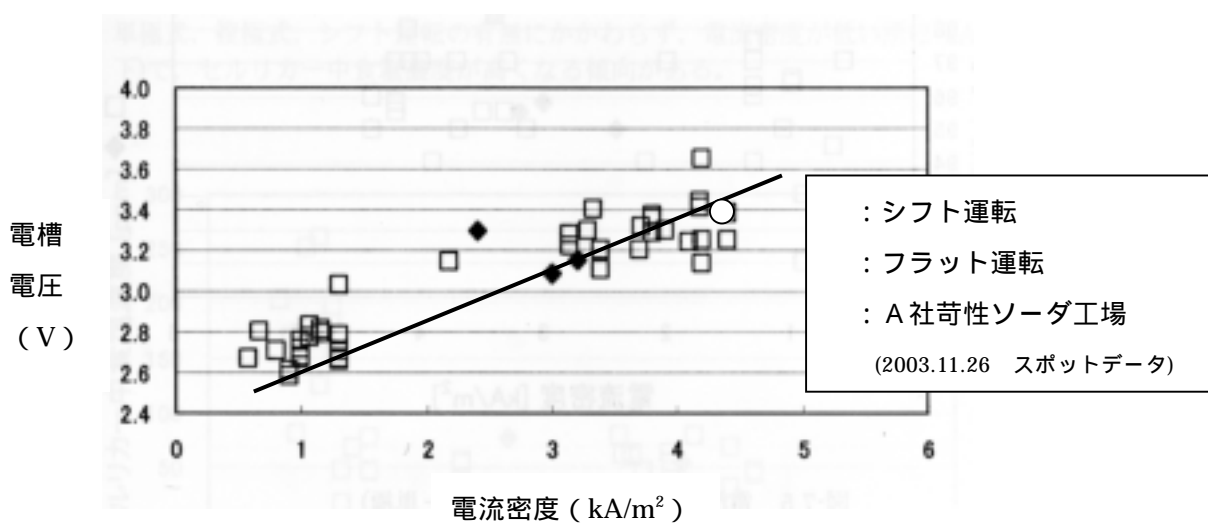


図 - 6 - 1 電流密度と電槽電圧の関係（モノポーラー）

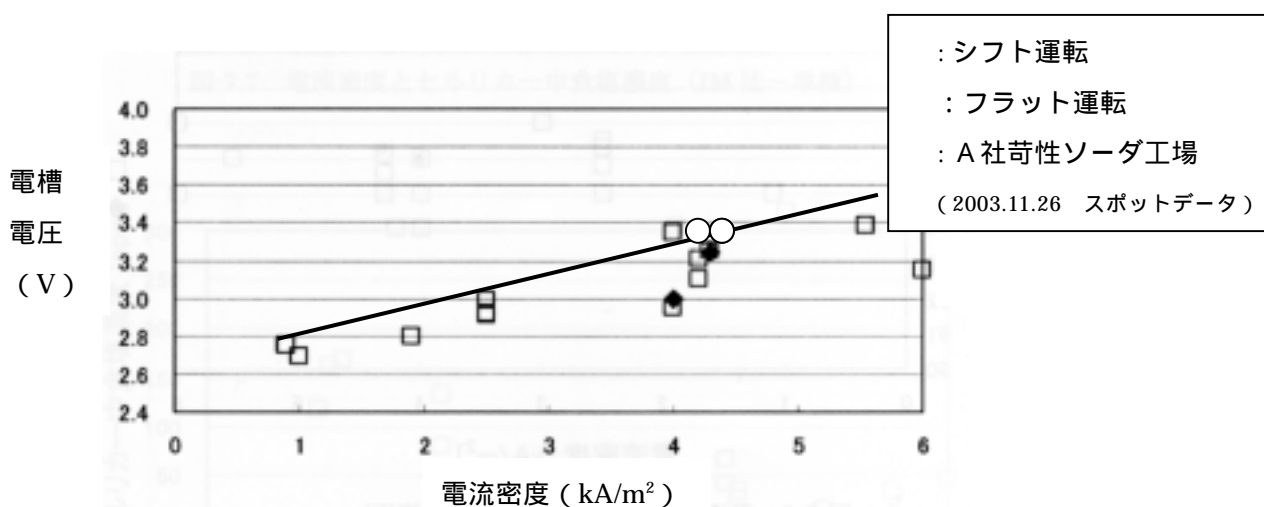


図 - 6 - 2 電流密度と電槽電圧の関係（バイポーラー）

この工場の 2003 年 11 月 27 日のスポットデータを図中に示したが、この時の電解電力原単位を日本の平均的な値と比較して示す。

a) モノポーラー槽

電流密度 (k A/m ²):	4.5
電槽電圧 (V):	3.43 (日本の平均的な値 ; 3.5)
電力原単位 (kWh/t):	2,419 (日本の平均的な値 ; 2,468)

b) バイポーラー槽

電流密度 (k A/m ²):	4.2
電槽電圧 (V):	
# 1 系 :	3.31 (日本の平均的な値 ; 3.30)
# 2 系 :	3.30 (日本の平均的な値 ; 3.30)
# 3 系 :	3.22 (日本の平均的な値 ; 3.30)
電力原単位 (kWh/t):	
# 1 系 :	2,334 (日本の平均的な値 ; 2,327)
# 2 系 :	2,327 (日本の平均的な値 ; 2,327)
# 3 系 :	2,271 (日本の平均的な値 ; 2,327)

以上より、モノポーラー槽およびバイポーラー槽ともに日本の平均的な値とほぼ同じ領域にある。図 - 6 - 1 ~ 2 「電流密度と電槽電圧の関係」の実線は、日本の平均的なところをとらえた線として挿入したものである。

2) 電力原単位低減策と効果

ヒヤリングによれば、適度に陽極および陰極のリコーティングを実施しているとのことであった。したがって、今後の更なる電力原単位低減への課題は過去にも実施していたことのあるシフト運転（終日同じ電解電流で運転するフラット運転ではなく昼間は電解電流を低く夜間はフルロードとする運転）を推奨する。

このためには、苛性ソーダ生産量が現在のように設計能力程度のものであれば電解槽数を増加させる必要がある。この場合、設備費との関係もあり増加する電解槽の数は生産計画との関係を含めて検討をする必要がある。

これを実施することは、将来購入電力単価の夜間休日と平日昼間との差がさらに大きくなった時には極めて大きなメリットを生むことになる。

ここでは、条件によりメリットが大きく変わるのでメリットの定量的な表現は差し控えるものとする。

(2) B 社苛性ソーダ工場

1) 電流密度と電槽電圧の関係

電解電力原単位について、その基礎となる電解槽の電圧について日本の標準的な値と比較した「電流密度 vs.電槽電圧」の図 - 6 - 3 に示す。

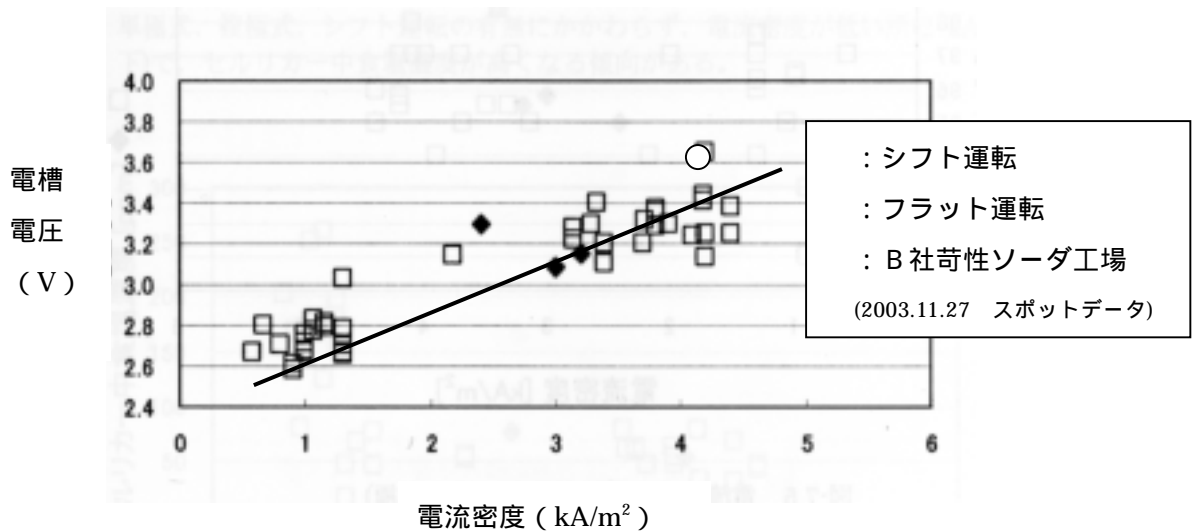


図 - 6 - 3 電流密度と電槽電圧の関係 (モノポーラー)

ここで、電解電力原単位の算出式を示す

$$\text{電解電力原単位} = [\text{電解電力使用量}] / [\text{苛性ソーダ生産量}]$$

$$\text{電解電力量 (MWh/t)} = [\text{電解電流 (kA)}] \times [\text{電槽電圧 (V)}] / [\text{整流器効率 (-)}]$$

$$\begin{aligned} \text{苛性ソーダ生産量} = & [\text{電解電流 (kA)}] / [96492 (\text{coulomb/F})] \times [3600 (\text{sec/h})] \\ & \times [40 (\text{gram-NaOH/mol})] \times [\text{電流効率 (-)}] \end{aligned}$$

以上をまとめ簡略化すると

$$\text{電解電力原単位} = \frac{0.670 \times (\text{電槽電圧})}{(\text{電流効率}) \times (\text{整流器効率})}$$

さらに電流効率を 0.95 とすると

$$\text{電解電力原単位} = 0.70 \times (\text{電解槽電圧}) / (\text{整流器効率}) (\text{MWh-DC/t-NaOH})$$

となる。

ここで電流効率および整流器の効率を一定とすると電解電力原単位は、電槽電圧

に比例しておりそれだけで電解電力原単位のおおよその値を知ることが出来る。

また、電流密度は、単位電極面積あたりに流している電解電流をいい、電解槽の電力面での性能を比較する場合は、一般的に電解電力原単位そのものの値よりも「電流密度に対する電槽電圧」で比較議論されることが多い。

図 - 6 - 3 「電流密度 vs.電槽電圧」の実線は、日本の平均的なところをとらえた線として挿入したものである。

この工場の 2003 年 11 月 27 日のスポットデータを図中に示したが、この時の電解電力原単位を日本の平均的な値と比較して示す。

電流密度 (kA/m²) : 4.2

電槽電圧 (V) : 3.72 (日本の平均的な値 ; 3.45)

電力原単位 (MWh/t) : 2,624 (日本の平均的な値 ; 2,433)

日本の平均的な値よりも極めて高いことがわかる。

電槽電圧の構成は、理論分解電圧、膜電位、陽極過電圧、陰極過電圧、膜による電圧降下、溶液による電圧降下そして気泡抵抗の電圧降下で構成される。

メンテナンス上、初期機能を維持していくためには膜の定期交換、陽極および陰極の活性の維持が必要となる。

2) 電力原単位低減策と効果

この工場として電解電力原単位低減即ち電槽電圧低減のためにとる対策と推定されるおおよその効果について記すと次のとおりである。

電解電力原単位低減をはかるためヒヤリングを含め検討を行ったが、問題は陽極の過電圧が上昇していること、また、膜の更新も遅れていることが判明した。

したがって、下記の対策をとることを推奨する。

a) イオン交換膜の新膜への交換:

25 ~ 43kWh/t の低減

b) 陽極リコーティング (陽極の再活性化処理) :

183kWh/t の低減

c) 電解槽導電体エコーライジングバーおよびフレキシブルバー締め付けボルトの本数を増加 :

3 ~ 9 kWh/t の低減

7. 省エネルギー推進のガイドライン

7. 1 苛性ソーダ製造プロセスの概要

苛性ソーダ製造業は、塩を主原料として苛性ソーダ、塩素等を生産する基礎素材産業で、その歴史は古く、経済の発展とともに成長してきたといっても過言ではなく、日常生活に使われる製品に深く関与した必要不可欠な基幹産業である。

この製造業は電力多消費産業といわれ、塩水を電気分解する際に多く消費される。製造方法は、水銀法設備からアスベスト隔膜法へ、さらに省エネルギー型のイオン交換膜法設備と製法が転換されてきている。

製造工程は、

原塩を溶解して飽和塩水とし塩水中の不純物を取り除く塩水精製工程、
精製された飽和塩水を直流電気で電気分解する工程、
電気分解槽で精製した苛性ソーダ濃度 30% 前後の希薄水溶液を、真空蒸発缶で蒸気を使い加熱蒸発させ苛性ソーダ濃度を 50% まで濃縮させる工程、
電解槽で生成した塩素を脱水乾燥後、液化またはガスのまま次工程へ圧送、
また水素については洗浄後次工程へ、
さらに塩素と水素を直接燃焼させ燃焼ガスを水に吸収させた合成塩酸工程、
最後に電気分解後の淡塩水中の溶存塩素ガスを放散させた後の廃塩素ガスを苛性ソーダで吸収処理させてできる次亜塩素酸ソーダ工程

から成り立っている。

前述したようにこの製造プロセスでは、電気分解槽で使用する電力と苛性ソーダ濃縮に使用する蒸気が省エネルギーの大きな対象である。

イオン交換膜法のプロセスフローを図 - 7 - 1 に示す。

Flow Sheet (Ion Exchange Membrane Method)

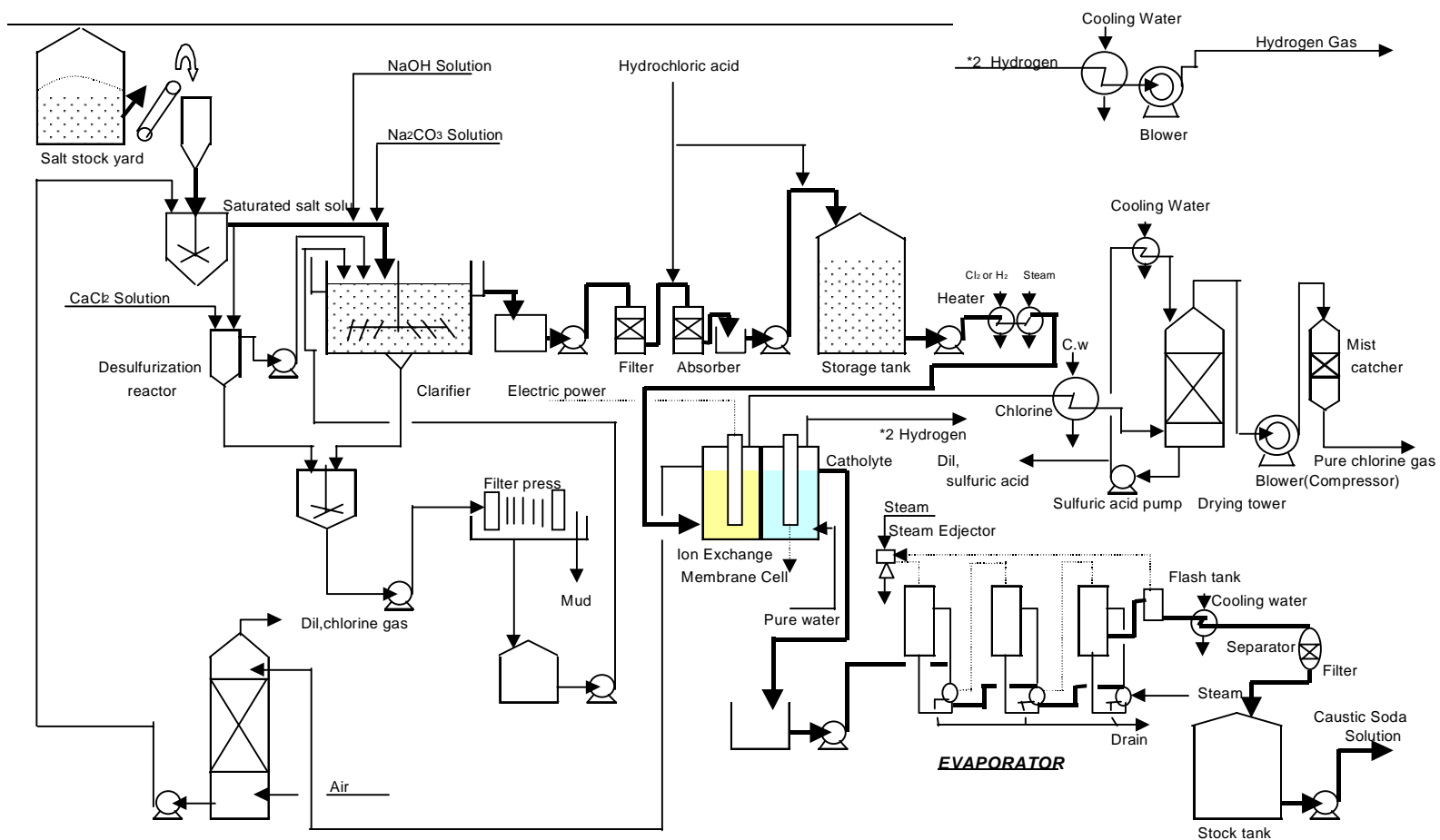
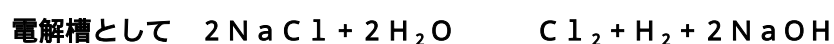
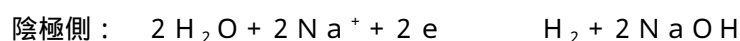


図 - 7 - 1 イオン交換膜法のプロセスフロー

(1) 塩水電気分解槽

塩水精製工程で不純物を除去した NaCl 濃度約 25% の飽和塩水は電気分解槽に供給される。電気分解槽では直流電気を流して原料である塩と水の電気分解を行っている。

反応は、次式に示す様に、陽極側で塩素が発生し陰極側では苛性ソーダと水素が発生する。



電解法による苛性ソーダの製造方法には、水銀法、隔膜法、イオン交換膜法の 3 種類がある。

現在、製造法の主流はイオン交換膜法である。この方式の電解槽にはモノポーラー槽（単極式）、バイポーラー槽（複極式）の二つの型式がある。

それらについて図 7 - 2、- 3 に示す。

この塩水電気分解工程は、苛性ソーダ製造プロセスの心臓部で、極めて重要且つ電力多消費の装置である。イオン交換膜は、フッ素系ポリマーで出来ており、陽極生成物と陰極生成物を混合させない機能をもっている。

電力の使用量は、陽極～陰極の電位差（即ち電槽電圧）、通電電流および時間の積で決まる。

したがって、省エネルギー（省電力）のポイントは、いかに電槽電圧を低くして操業するかにかかっている。

モノポーラー槽

バイポーラー槽

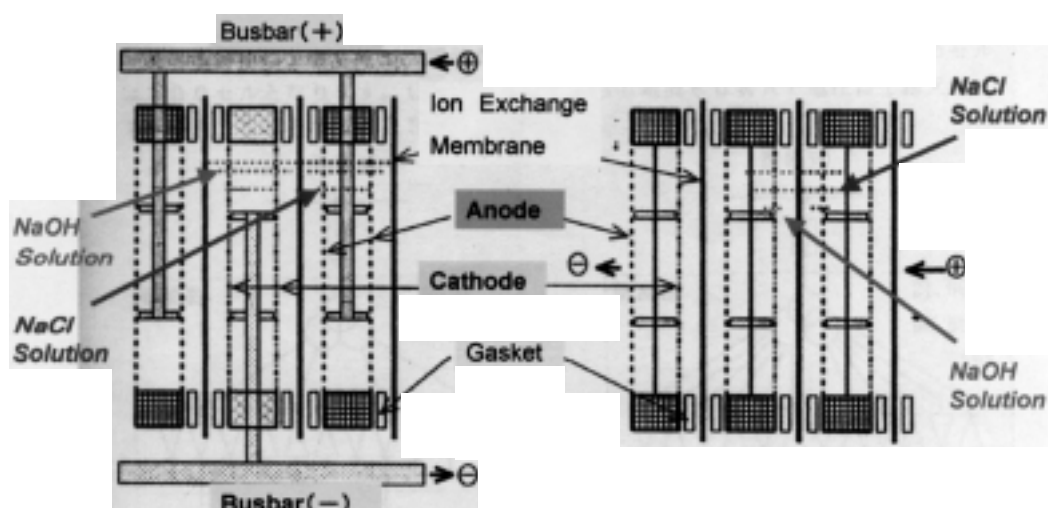


図 - 7 - 2 イオン交換膜法電解槽の種類

モノポーラー槽

バイポーラー槽

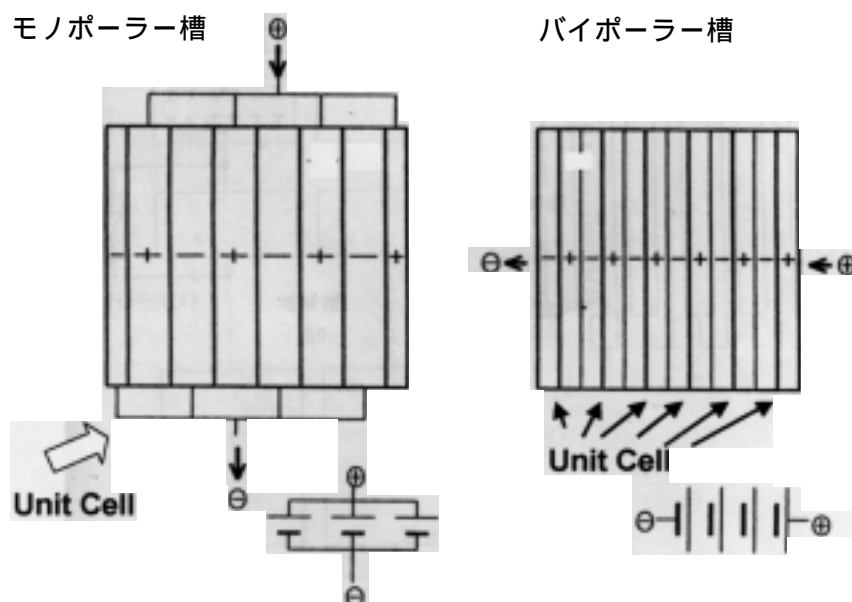


図 - 7 - 3 イオン交換膜法電解槽内の電気の流れ

次に日本での標準的なイオン交換膜電解槽の「電流密度と電槽電圧」の関係について示す。

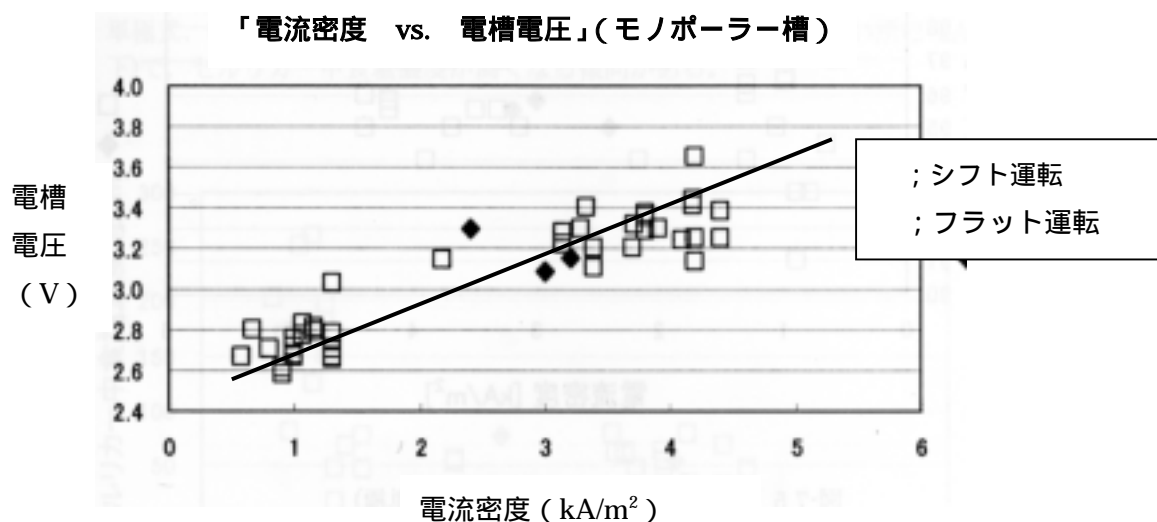


図 - 7 - 4 電流密度と電槽電圧の関係 (日本の標準的な例、モノポーラー槽)

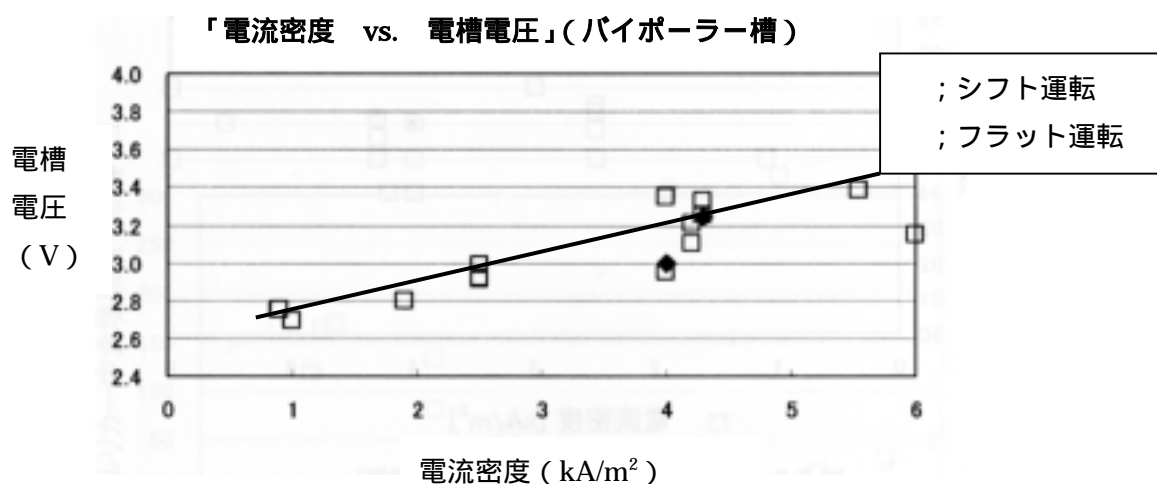


図 - 7 - 5 電流密度と電槽電圧の関係 (日本の標準的な例、バイポーラー槽)

(2) 苛性ソーダ濃縮工程

イオン交換膜電解槽で得られる陰極での生成液は苛性ソーダ濃度が約 30～35%と希薄である。一般に市販されている苛性ソーダは濃度が 50%である。このため水分を蒸発させて濃縮する必要がある。

濃縮を行うために希薄苛性ソーダを圧力 0.5MPa 程度の蒸気で加熱させて、0.005～0.010MPa の真空状態の蒸発缶に導入して苛性ソーダ濃度を 50%まで濃縮させる機能をもたせている。

濃縮缶は一般に希薄溶液から蒸発させたスチームの再利用を考えた効用缶が使われる。効用数は2～3が通常で、このことを二重効用缶および三重効用缶といっている。この工程の省エネルギー（省蒸気）のポイントは、真空度維持とポンプのシーリング水および雑用水の漏れこみを防ぐことである。

使用する蒸気の原単位は、効用数によって変わるが性能の良さはスチームエコノミー（蒸発倍数）によって表すのが一般的である。

註；スチームエコノミー（蒸発倍数）

理論上、1トンの蒸気では、1トンの水を蒸発させることが可能であるが、実際面では放熱等でこのようにはいかない。したがって、現実はこの程度の効率であるかを示す物差しとして使っている。

「効用数と蒸発倍数」の一般的な図を次に示す。

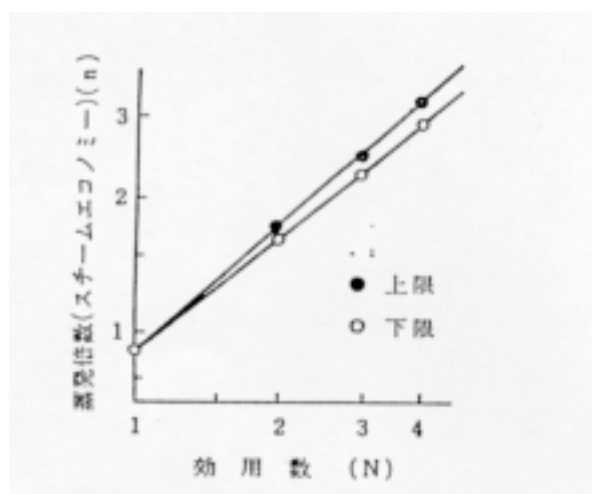


図 7 - 6 効用数と蒸発倍数

二重効用缶（N = 2）の場合について、蒸気原単位を次に示す。

上記の図から蒸発倍数（スチームエコノミー）の一般的な値は、1.6～1.7である。濃縮する希薄苛性ソーダを32.5%および35%とし苛性ソーダ濃度を50%まで濃縮した場合の蒸気原単位は、

32.5% 50%：

$$[(100-32.5)/32.5-(100-50)/50]/1.6 = 0.67 \text{ (t-steam/t-100\% NaOH)}$$

35% 50%：

$$[(100-35)/35-(100-50)/50]/1.6 = 0.54 \text{ (t-steam/t-100\% NaOH)}$$

となる。

供給蒸気の凝縮水（温水）を他プラントで使用している場合はこの値の10%前後が正常な値である。

7.2 省エネルギー対策

現在まで苛性ソーダ製造業で実施されてきた省エネルギー対策は、以下の様なものである。

- (1) ポンプの小型化
- (2) 他のプラントの廃熱回収
- (3) 塩素圧縮機のDSS (Daily Start & Stop) (但し、複数基設置されている場合)
- (4) 回転機器のインバーター化
- (5) 冷水塔ファンのON、OFF運転
- (6) 陰極再活性による電槽電圧低下
- (7) 塩素ガスおよび水素ガスの潜顕熱の回収
- (8) 低電気抵抗膜の採用
- (9) 陽極再活性による電槽電圧低下
- (10) フラット運転からシフト運転への移行

7.3 省エネルギー推進のための留意事項

イオン交換膜法における苛性ソーダ製造プロセスの省エネルギーを推進するための留意事項について記す。

- (1) イオン交換膜は非常にデリケートなものの故、取り扱いには十分に注意すること。
特に電解槽に供給する塩水の不純物は基準値を越えないように管理する必要がある。
不純物の蓄積により電槽電圧の上昇を引き起こすだけでなく、電流効率にも大きく影響を及ぼす。
- (2) 個々の電解槽の電槽電圧等は毎日きちんと管理図にプロットして傾向を把握管理すること。
- (3) 電極のリコーティングは、周期をきちんときめて実施すること。
- (4) イオン交換膜の更新にあたっては、膜メーカーが低電圧タイプや低酸素タイプ等種々の銘柄をもっているのでよく相談して決めること。
- (5) 電解槽をリニューアルしてスタートした場合は、必ず電槽温度が平衡になったところで導電体接続部のボルトの増し締めを実施すること。
このことにより電気の接触抵抗をできるだけ小さくすることができる。

なお、現地で説明に使った日本の苛性ソーダ工業会のエネルギー利用状況(スライド)から必要と思われるものを抜き出し、本文後に添付している。

以下にイオン交換膜法に関する省エネルギー事例の内4例を示す。

図 - 7 - 7 省エネルギー型イオン交換膜電解槽

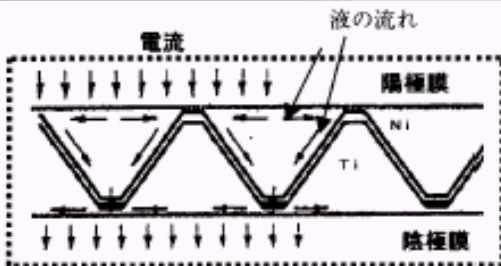
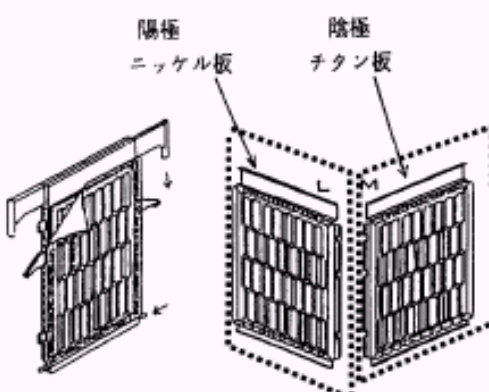

CS-PE-2		省エネルギー技術要覧						
[業種区分] 化学(苛性ソーダ)		名 苛性ソーダ製造工程	[エネルギー源] 電力					
[技術区分] 省エネ型生産設備		称 省エネ型イオン交換膜法電解槽	[実用化時期] 1994 年					
[概要]		この新たに開発された電解槽は、従来の複極式イオン交換膜法電解槽に比較して構造的に電圧低下が少ないので、電流密度を上げることが出来る省エネルギー型のコンパクトな食塩電解槽である。従来法と比較して、約 6% の省電力が達成できる。						
[原理・動作]		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>電流は図 1 に示すように、流れる。 Ni の電気伝導度は Ti の 6 倍であり、 Ti の部分を流れる電流が最小となる ので、構造的に電圧降下が少ない。</p> </div> <div style="flex: 2; text-align: center;">  <p>図 1 複極エレメントの断面図</p> </div> </div>						
[改善内容]		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>構造説明 形状図 系統図</p>  <p>図 2 複極エレメント組立図</p> </div> <div style="flex: 2; text-align: center;">  <p>図 3 電解液のフロー図</p> </div> </div>						
[改善効果]		<p>表 1 従来型複極式イオン交換膜法電解槽に対する改善型の省電力の効果</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>電力原単位の低減</td> <td>131 DC kWh/t-NaOH</td> <td rowspan="2">稼働条件: 生産規模 100,000 t-NaOH / y, 電流密度 3 kA/m²</td> </tr> <tr> <td>原油換算削減量</td> <td>3,183 kL/y</td> </tr> </table>		電力原単位の低減	131 DC kWh/t-NaOH	稼働条件: 生産規模 100,000 t-NaOH / y, 電流密度 3 kA/m ²	原油換算削減量	3,183 kL/y
電力原単位の低減	131 DC kWh/t-NaOH	稼働条件: 生産規模 100,000 t-NaOH / y, 電流密度 3 kA/m ²						
原油換算削減量	3,183 kL/y							
[経済性]		投資額: 1.2 億円 償却期間: 2 年 改善による効果: 62 百万円/年						
[参考事項]		この技術は、6 kA/m ² まで経済的に高電流密度運転ができる。						
[実施サイト]		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 主要事業所・実施例あり </div> <div> [引用文献・参考資料] 「ソーダ工業技術情報 (第 449 報) 1994 年 10 月」 </div> <div> [問合せ先] (社) 日本化学工業協会 → BCC (JIEC) </div> </div>						

図 - 7 - 8 食塩電解熱回収部ライン予熱器

CS-ME-1		省エネルギー技術要覧										
[業種区分] 化学(苛性ソーダ)		名 苛性ソーダ製造工程	[エネルギー源] 燃料(蒸気)									
[技術区分] 省エネ機器		称 食塩電解熱回収ブライン予熱器	[実用化時期] 1992 年									
[概要]		この改善は、隔膜法食塩電解槽より発生する塩素および水素ガスの顕熱を利用して、電解槽に供給するブライン(食塩水)を予熱する予熱器の設置である。										
[改善内容]		[改善前] 従来は、供給塩水の加熱はカーバイト製の熱交換器による蒸気加熱をしていた。										
構造説明		[改善後] (1) 改善後は食塩電解槽(特に隔膜法電解槽)より発生する塩素ガスおよび水素ガスの保有熱と熱交換することにより、従来の蒸気加熱による蒸気消費を削減できた。 (2) 図1に予熱器周りのフローを示す。 (3) 熱交換器形式はシェルアンドチューブ型熱交換器である。主要部の材質を表1に示す。										
形状図												
系統図												
		表1 ブライン予熱器の主要部の材質										
		<table><tr><td></td><td>シェル側の材質</td><td>チューブ側の材質</td></tr><tr><td>塩素ガス～塩水</td><td>TP35(チタン)</td><td>TTH35W(チタン)</td></tr><tr><td>水素ガス～塩水</td><td>SS40V(SS材)</td><td>TTH35W(チタン)</td></tr></table>			シェル側の材質	チューブ側の材質	塩素ガス～塩水	TP35(チタン)	TTH35W(チタン)	水素ガス～塩水	SS40V(SS材)	TTH35W(チタン)
	シェル側の材質	チューブ側の材質										
塩素ガス～塩水	TP35(チタン)	TTH35W(チタン)										
水素ガス～塩水	SS40V(SS材)	TTH35W(チタン)										
		図1 ブライン予熱システムのフロー図										
[改善効果]		表2 ブライン予熱器による熱回収効果										
		<table><tr><td></td><td>効 果</td><td>備 考</td></tr><tr><td>エネルギー回収量(蒸気換算)</td><td>18,000 t/y</td><td rowspan="2">生産量: 塩素 55,000 t/y (水素 17,500 km³)</td></tr><tr><td>原油換算削減量</td><td>1,468 kL/y</td></tr></table>			効 果	備 考	エネルギー回収量(蒸気換算)	18,000 t/y	生産量: 塩素 55,000 t/y (水素 17,500 km³)	原油換算削減量	1,468 kL/y	
	効 果	備 考										
エネルギー回収量(蒸気換算)	18,000 t/y	生産量: 塩素 55,000 t/y (水素 17,500 km³)										
原油換算削減量	1,468 kL/y											
[経済性]		投資額: 90 百万円 改善による効果: 30 百万円/年										
設備費		償却期間: 3 年										
[参考事項]												
[実施サイト]		[引用文献・参考資料]										
主要事業所・実施例あり		「ソーダ工業技術情報(第449報)1994年10月」										
		[問合せ先] (社)日本化学工業協会 → EOCJ(JIBC)										

図 - 7 - 9 イオン交換膜法電解用活性陰極の改善

CS-ME-2		省エネルギー技術要覧																									
[業種区分] 化学(苛性ソーダ)	名	苛性ソーダ製造工程	[エネルギー源] 電力																								
	称	イオン交換膜法電解用活性陰極の改善	[実用化時期] 1985年																								
[概要]		この改善は、苛性ソーダ製造工程の工業塩イオン交換膜電解法において、エネルギー損失の大きい陰極過電圧の低減化を目的として開発された活性陰極である。電極の過電圧は分解電圧と表面積によって決まることに着目し、電極の表面積を格段に大きくするコーティング方法により、大幅な電力の削減になった。																									
[原理・動作]		<p>[イオン交換膜法の原理とエネルギーロスの内訳]</p> <p>表1 イオン交換膜電解装置のエネルギーロス内訳</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>電力原単位(kWh/tNaOH)</th> <th>割合(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>イオン交換膜抵抗</td> <td>345</td> <td>40.3</td> </tr> <tr> <td>陽極液抵抗</td> <td>15</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>陰極液抵抗</td> <td>53</td> <td>6.1</td> </tr> <tr> <td>陽極過電圧</td> <td>67</td> <td>7.9</td> </tr> <tr> <td>陰極過電圧</td> <td>263</td> <td>30.7</td> </tr> <tr> <td>導体抵抗</td> <td>112</td> <td>13.2</td> </tr> <tr> <td>合 計</td> <td>755</td> <td>100.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>図1 イオン交換膜法の原理図</p>			電力原単位(kWh/tNaOH)	割合(%)	イオン交換膜抵抗	345	40.3	陽極液抵抗	15	1.8	陰極液抵抗	53	6.1	陽極過電圧	67	7.9	陰極過電圧	263	30.7	導体抵抗	112	13.2	合 計	755	100.0
	電力原単位(kWh/tNaOH)	割合(%)																									
イオン交換膜抵抗	345	40.3																									
陽極液抵抗	15	1.8																									
陰極液抵抗	53	6.1																									
陽極過電圧	67	7.9																									
陰極過電圧	263	30.7																									
導体抵抗	112	13.2																									
合 計	755	100.0																									
[改善内容]		<p>[活性陰極の構造]</p> <p>(1) 図2に網状の陰極を示す。また、その断面構造の模式図を図3に示す。 ステンレス製またはニッケル製の陰極基体上に、特殊なコーティングが施すことにより水素過電圧が低減される。</p> <p>(2) コーティング層はNi-C-Sの多孔質合金層である。</p> <p>(3) 通常の工業規模では、運転電流密度は20~40A/dm²であり、活性陰極は従来のものに比べ過電圧が0.2V以上低い。</p> <p>図1 網状陰極の図</p> <p>図2 断面構造の模式図</p>																									
[改善効果]		<p>表1 省エネ改善効果例 (生産規模: 100,000 t/y ベース)</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>電力原単位削減量</td> <td>150 kWh/(t-NaOH)</td> </tr> <tr> <td>年間電力削減量</td> <td>15,000,000 kWh/y</td> </tr> <tr> <td>原油換算削減量</td> <td>3,645 kL/y</td> </tr> </tbody> </table>		電力原単位削減量	150 kWh/(t-NaOH)	年間電力削減量	15,000,000 kWh/y	原油換算削減量	3,645 kL/y																		
電力原単位削減量	150 kWh/(t-NaOH)																										
年間電力削減量	15,000,000 kWh/y																										
原油換算削減量	3,645 kL/y																										
[経済性]		投資額: 2.6億円 改善による効果: 72.9百万円/年																									
[設備費]		償却期間: 3.5年																									
[参考事項]																											
[実施サイト]		[引用文献・参考資料]																									
主要事業所実施・類似例あり		「省エネルギー事例全集(1988)」p.197																									
		[問合せ先]																									
		(社)日本化学工業協会 → ECC(JIEC)																									

図 - 7 - 10 食塩電解槽の電解電力の削減

CS-OM-2

省エネルギー技術要覧

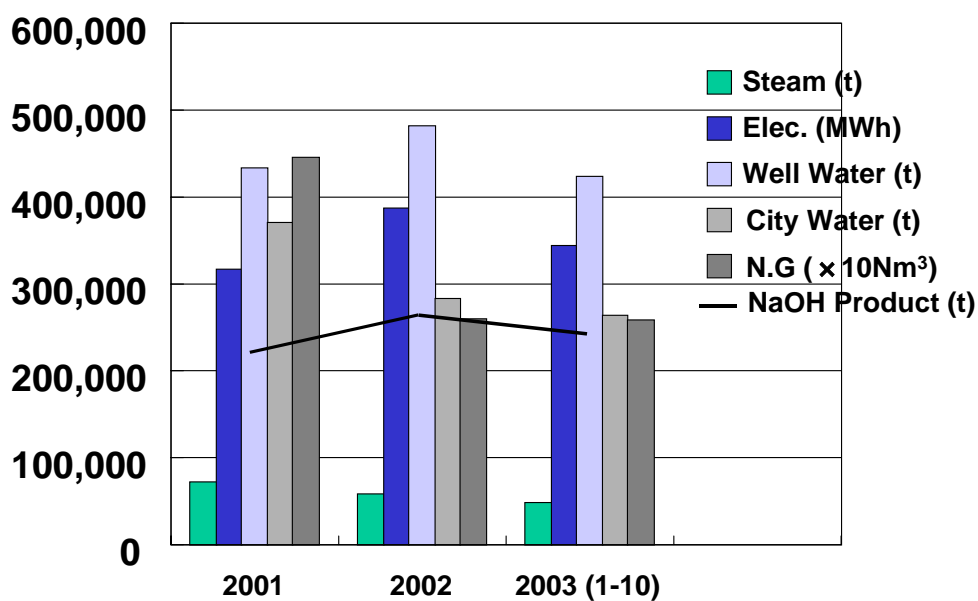
[業種区分] 化学(苛性ソーダ)	名 称	苛性ソーダ製造工程 食塩電解槽の電解電力の削減	[エネルギー源] 電力
[技術区分] 操業改善			[実用化時期] 1977 年

[概 要]	この改善事例は、苛性ソーダ製造工程の低操業時における食塩電解の電流負荷を下げるこ とにより、電解電力を低減させる省エネルギー運転法である。												
[原理・動作]	・食塩電解槽の電解電力(W)は①式に示すように、槽電圧(V)に比例し、槽電圧は②式に 示すとおり、近似的に電流(I)とほぼ直線関係にある。また、生産量(P)は電流と槽 数(n)の積に比例する。③式 $W = \frac{670 \times V}{\eta_c \times \eta_R}$ ① $V = a + b \times I$ ② $P = K \times n \times I$ ③ ここで、W：電解電力(AC-kWh/t)，670：電気化学当量(kA/t)，V：槽電圧(V)， η_c ：電流効率， η_R ：変流効率，I：負荷電流(kA)，a，b：定数，P：生産量， n：槽数，K：係数 改善箇所												
[改善内容] 構造説明 形状図 系統図	(1)③式より、一定の生産量に対しては槽数を増やして負荷電流を下げ、①、②式より省電力 が図れることが解る。しかし、単純に電流を下げたのでは、 ・電解液濃度の低下による濃縮用の蒸気原単位の増加 ・電解液温度低下による液抵抗の増加で電流効率が低下 ・隔膜槽の pH 変化に伴う隔膜の消耗劣化と電流効率の低下 などが起きる。 これらの対策として、 ・隔膜の調整および電解槽管理の徹底などにより電解液濃度低下を防止した。 ・発生水素ガスドレンの排熱利用による供給塩水の予熱により、電解液温を約 2℃上昇 させ電流効率を維持した。												
[改善効果]	<table><tr><th colspan="3">表1 省エネ改善効果例</th></tr><tr><th></th><th>削減効果</th><th>備 考</th></tr><tr><td>年間電力削減量</td><td>13,200,000 kWh/y</td><td>低減率 7.4%</td></tr><tr><td>原油換算削減量</td><td>3,208 kL/y</td><td></td></tr></table>	表1 省エネ改善効果例				削減効果	備 考	年間電力削減量	13,200,000 kWh/y	低減率 7.4%	原油換算削減量	3,208 kL/y	
表1 省エネ改善効果例													
	削減効果	備 考											
年間電力削減量	13,200,000 kWh/y	低減率 7.4%											
原油換算削減量	3,208 kL/y												
[経済性] 設備費	投資額： 1.3 億円 償却期間： 2 年 改善による効果： 64 百万円/年												
[参考事項]	この改善は隔膜法食塩電解槽の例であるが、波及効果としてはイオン交換膜法食塩電解槽 はもとより、電解法高純度クロム、二酸化マンガン製造プロセスにも適用できる。												
[実施サイト] 主要事業所実施・類似例あり	[引用文献・参考資料] 「省エネルギー事例全集(1980)」p.803	[問合せ先] (社)日本化学工業協会 → ECCI(JIEC)											

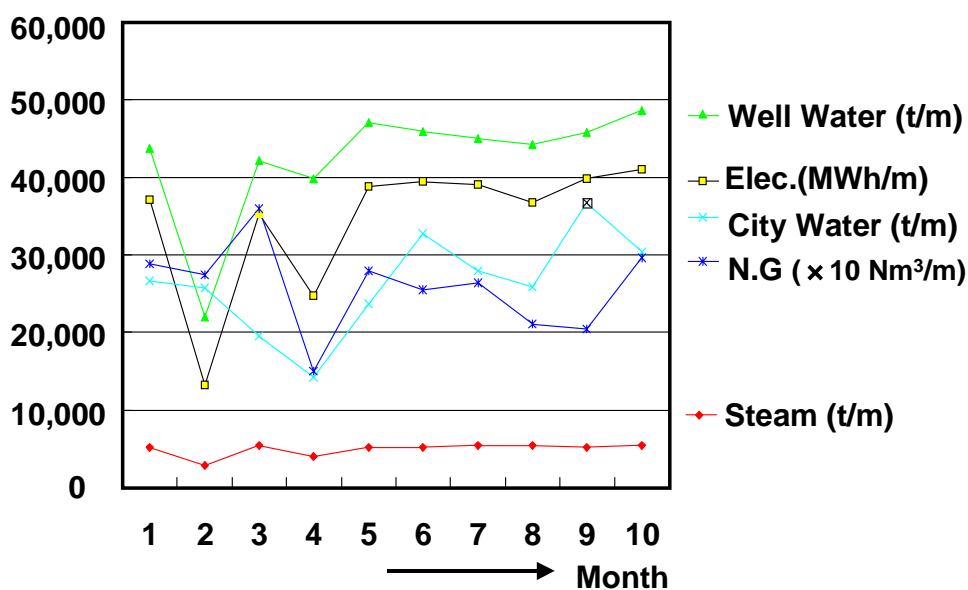
別添資料

- 別添 - 1 A社のエネルギー使用状況
年間消費量、月間消費量、日間消費量、原単位
- 別添 - 2 B社のエネルギー使用状況
最近の生産量
エネルギー使用状況：年間消費量、月間消費量、日間消費量
- 別添 - 3 日本の苛性ソーダ工業界のエネルギー利用状況
(現地プレゼンテーションスライドからの抜粋)

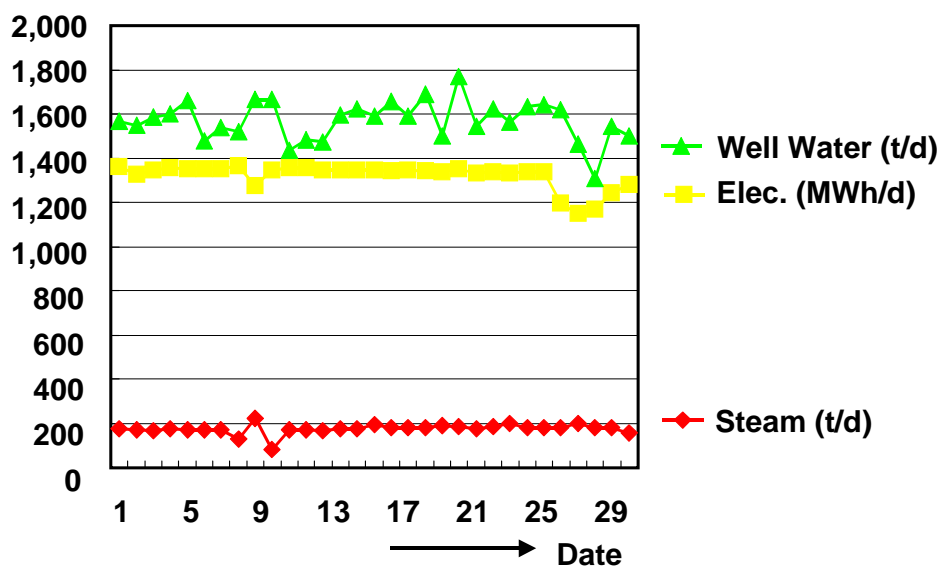
Recent Trend of Utility Consumption - Annual Utility Consumption



- Monthly Utility Consumption (2003)

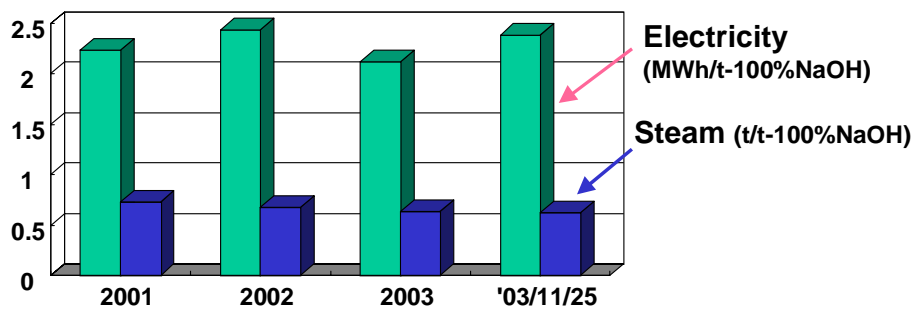


- Daily Utility Consumption (Oct. 2003)



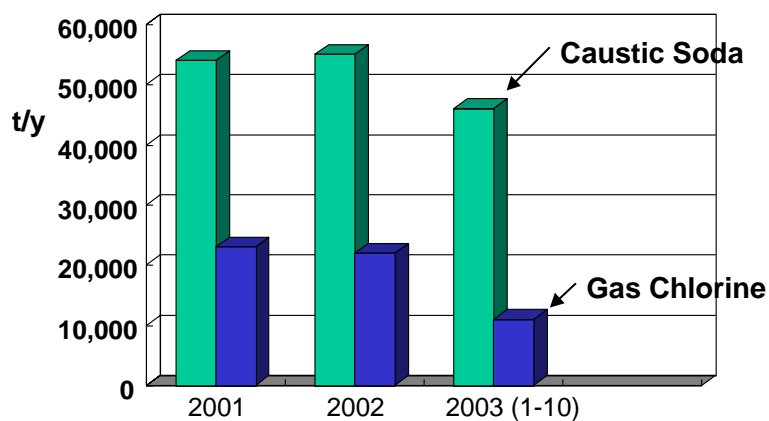
Unit Energy Consumption

Year		2001	2002	2003 (1—10)	'03/11/25 Spot data
Item					
Electricity	MWh/t-100%NaOH	2.233	2.433	2.117	2.384
Steam	t/t-100%NaOH	0.731	0.680	0.632	0.625
Catholyte	t-50%NaOH	208,707	265,819	238,964	41.6
Product NaOH	t-100%NaOH	99,136	86,391	77,663	5.63
Steam	t	72,510	58,783	49,098	3.52
Electricity	MWh	232,997	323,389	252,939	49.6

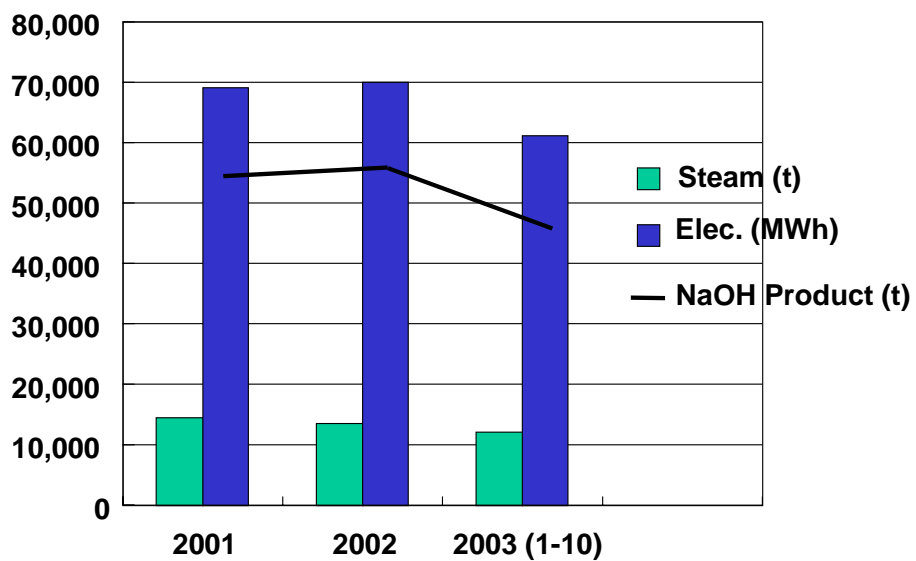


Recent Trend of Production

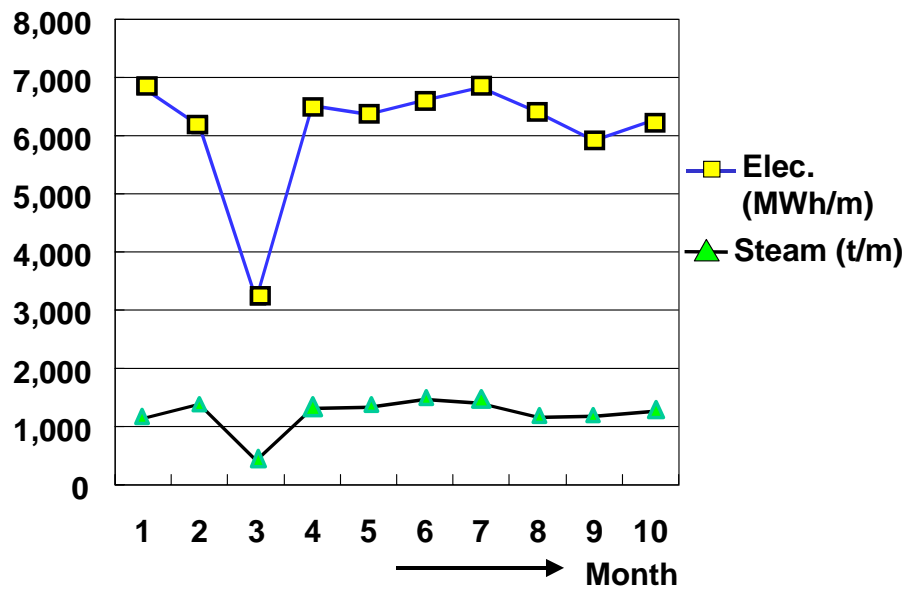
Item	2001	2002	2003(1-10)
Caustic Soda (t-50%NaOH/y)	54,000	55,000	46,000
Gas Chlorine (t/y)	23,000	22,000	11,000



Recent Trend of Utility Consumption - Annual Utility Consumption

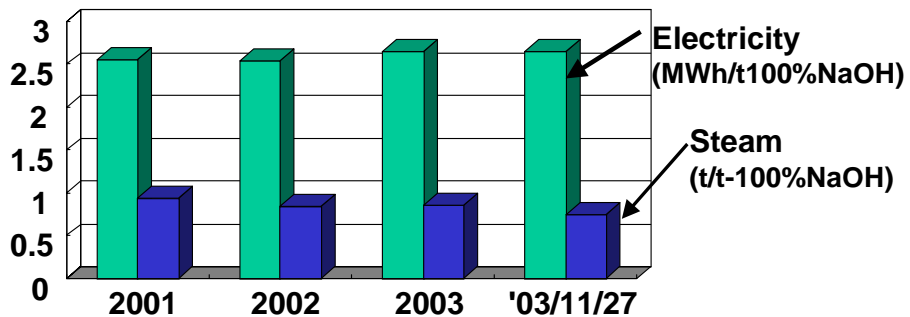


- Monthly Utility Consumption (2003, 1-10)



- Unit Energy Consumption

Items		2001	2002	2003 (1—10)	'03/11/27 Spot data
Electricity	MWh/t-100%NaOH	2.558	2.543	2.654	2.652
Steam	t/t-100%NaOH	0.936	0.849	0.859	0.750
Catholyte	t-50%NaOH	54,000	55,000	46,000	6.51
Product NaOH	t-100%NaOH	31,000	32,000	28,000	2.4
Steam	t/ y	14,502	13,577	12,027	3.52
Electricity	MWh / y	69,069	69,923	61,045	8.64



Benchmark / Guideline at Caustic Soda Industry

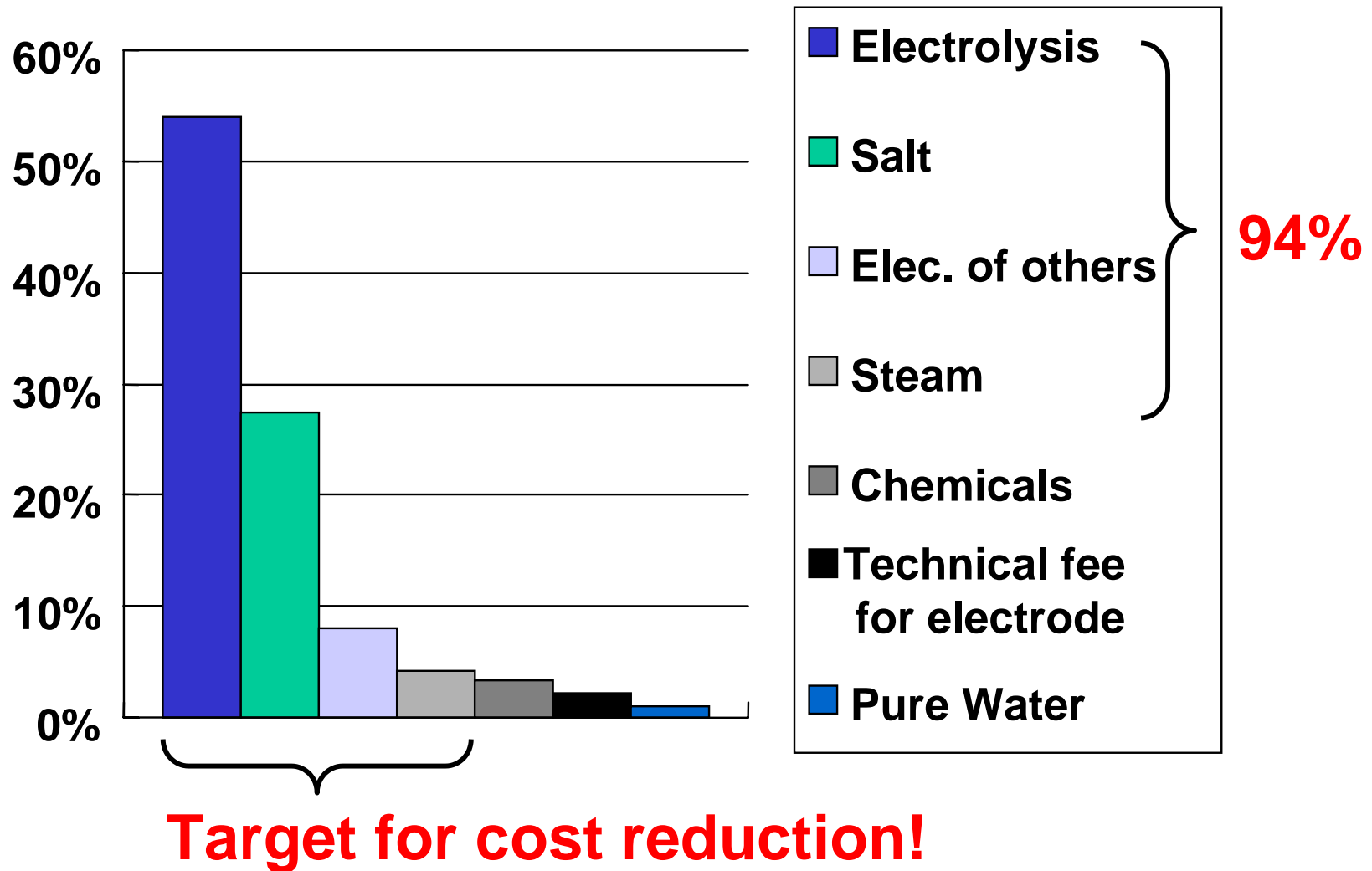
Contents

- 1. Composition of Variable Cost**
- 2. Benchmark for Caustic Soda Industry**
- 3. Check Items for Plant Operation and Maintenance (Examples in Japan)**

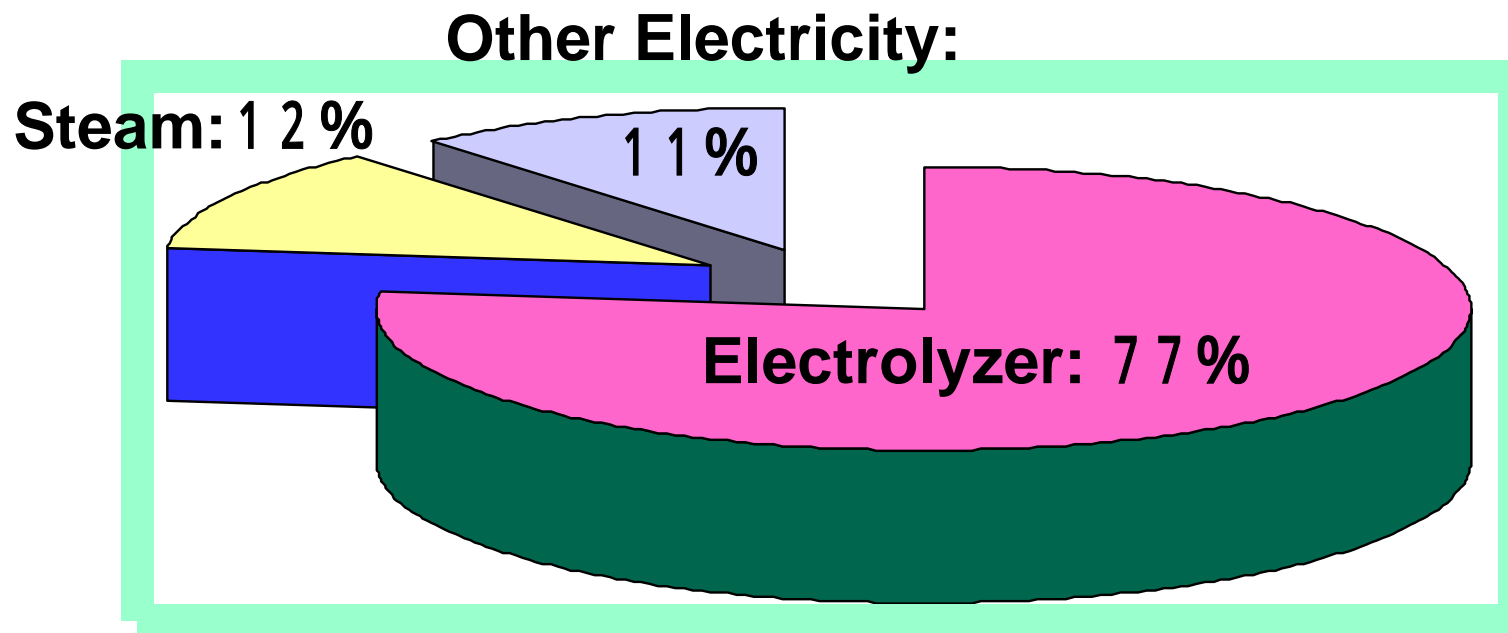
January, 2004

The Energy Conservation Center, Japan

1. Composition of Variable Cost



Composition of Energy Consumption



2. Benchmark for Caustic Soda Industry (1/2)

- **Electrolysis**

Monopolar cell (Current Efficiency: 0.95)

Current density 3 ~ 4.5 (kA/m²)

Cell voltage = 3.2 ~ 3.5 (V)

Unit consumption = 2.260 ~ 2.470 (DC-MWh/t)

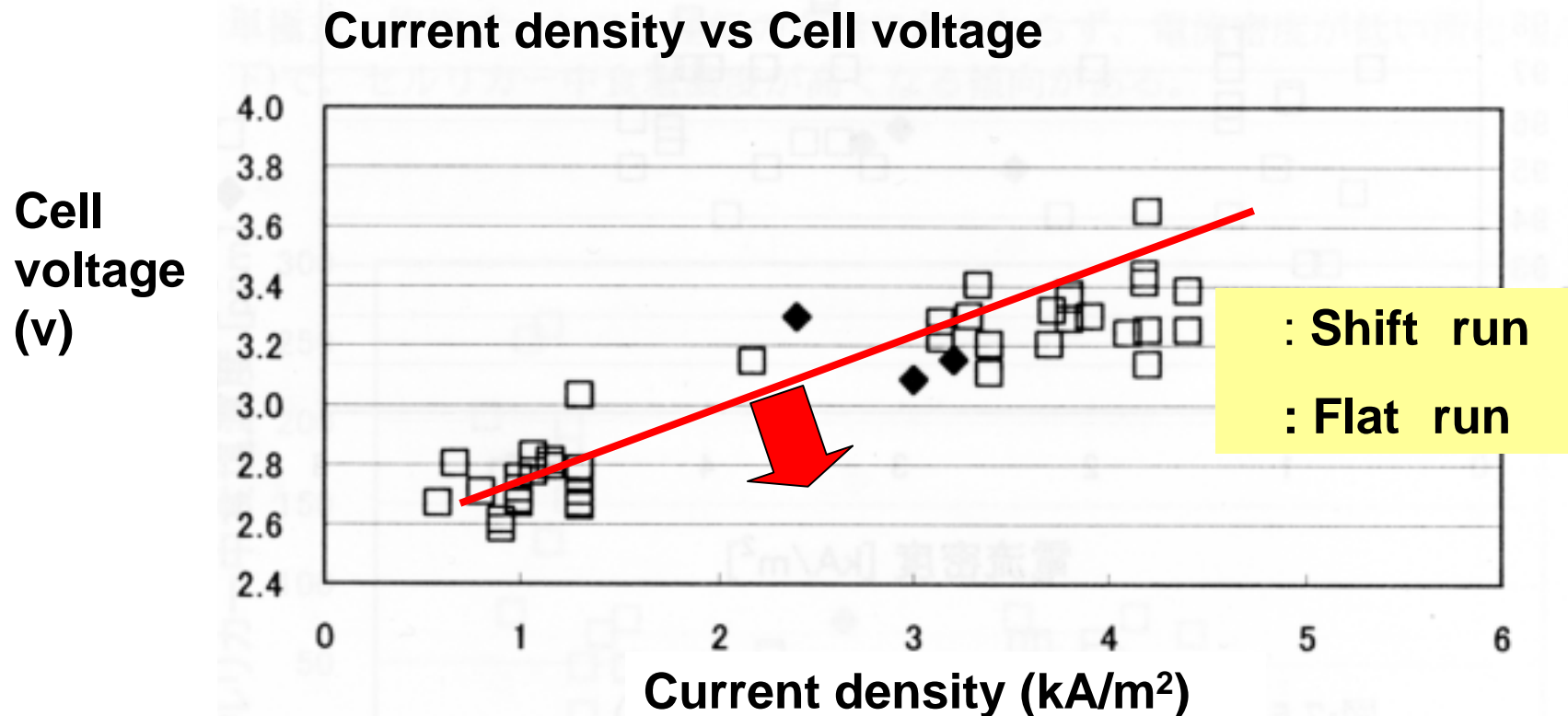
Bipolar cell (Current Efficiency: 0.95)

Current density = 4 ~ 6 (kA/m²)

Cell voltage = 3.2 ~ 3.5 (V)

Unit consumption = 2.260 ~ 2.470 (DC-MWh/t)

1) Monopolar cell

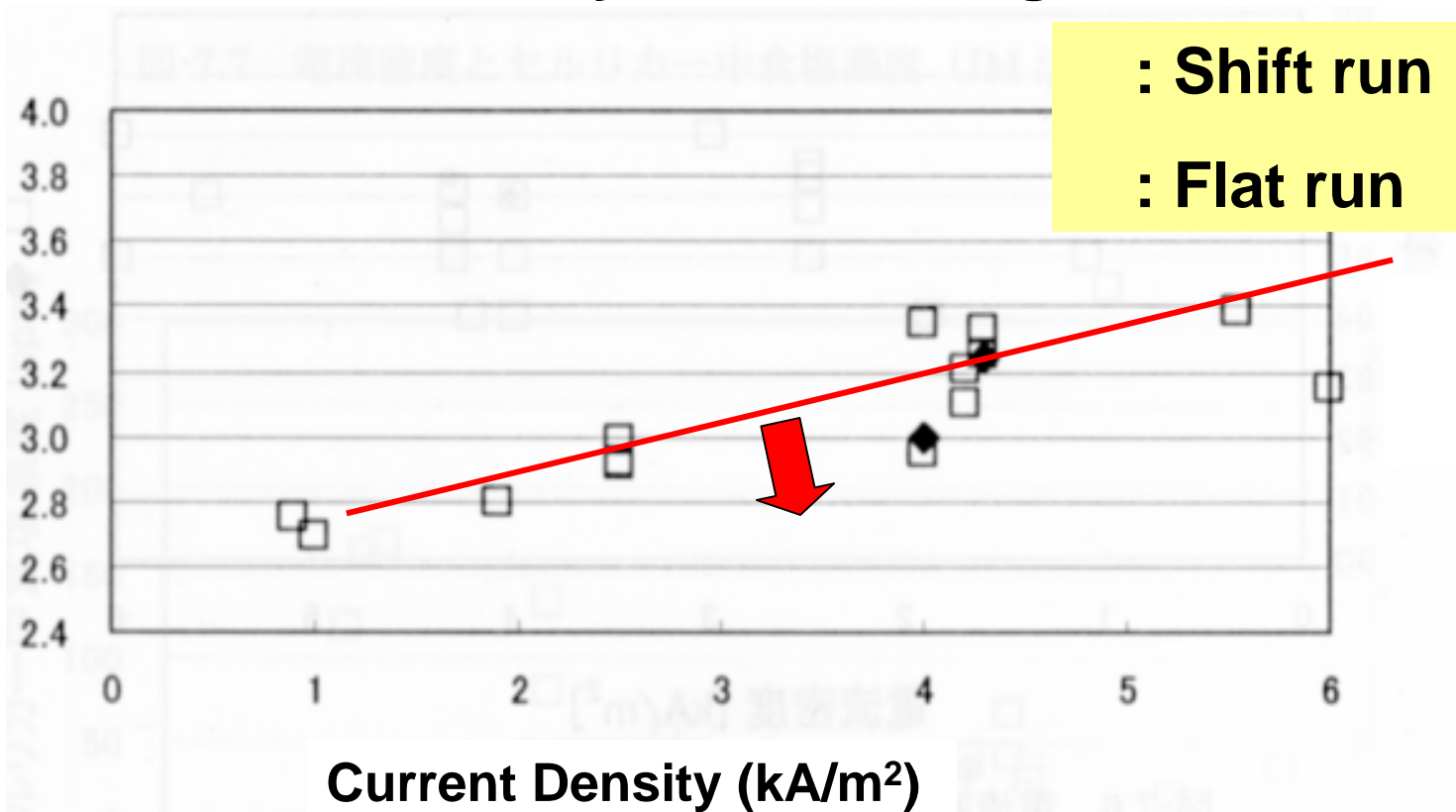


Current density	Cell voltage	Unit consumption (DC-kWh/t-NaOH, C_{eff} ; 0.95)
Example: 2.1kA/m ²	3.0V	2,116
4.2kA/m ²	3.5V	2,468

2) Bipolar cell

Current density vs Cell voltage

Cell
Voltage
(v)



Current Density (kA/m²)

Current density	Cell voltage	Unit consumption (DC-kWh/t-NaOH, C_{off} ;0.95)
Example: 2.1kA/m ²	2.9V	2,045,
4.2kA/m ²	3.2V	2,257

Electrolyzer:

Cell Voltage → Electricity Unit Consumption

Electricity Unit Consumption

$$= [\text{Electric Power Consumption}] / [\text{Product Volume of NaOH}]$$

$$= [(\text{Electrolysis Current (kA)}) \times (\text{C. V.}) / (\text{R. Eff.})] /$$

$$[(\text{Electrolysis Current (kA)}) / (96492 \text{ (Coulomb/F)})]$$

$$\times (3600 \text{ (s/h)}) \times (40 \text{ (g-NaOH/mol)}) \times (\text{C. Eff.})]$$

$$= 0.670 \times (\text{C. V.}) / (\text{C. Eff.}) / (\text{R. Eff.}) \quad (\text{AC- MWh/t- NaOH})$$

$$= 0.74 \times (\text{C. V.}) \quad (\text{AC- MWh/t- NaOH})$$

$$= 0.71 \times (\text{C. V.}) \quad (\text{DC- MWh/t- NaOH})$$

Here, **C. V.: Cell Voltage (v)**

C. Eff.: Current Efficiency (-) = 0.95

R. Eff.: Rectifier Efficiency (-) = 0.95 (AC), 1.0 (DC)



Benchmark for Caustic Soda Industry

(2/2)

- **Steam at evaporator**

Double Effect Evaporator

(Steam condensate is not used at other plants.)

Unit consumption:

Catholyte NaOH conc. = 32.5 ~ 35 (wt.%)

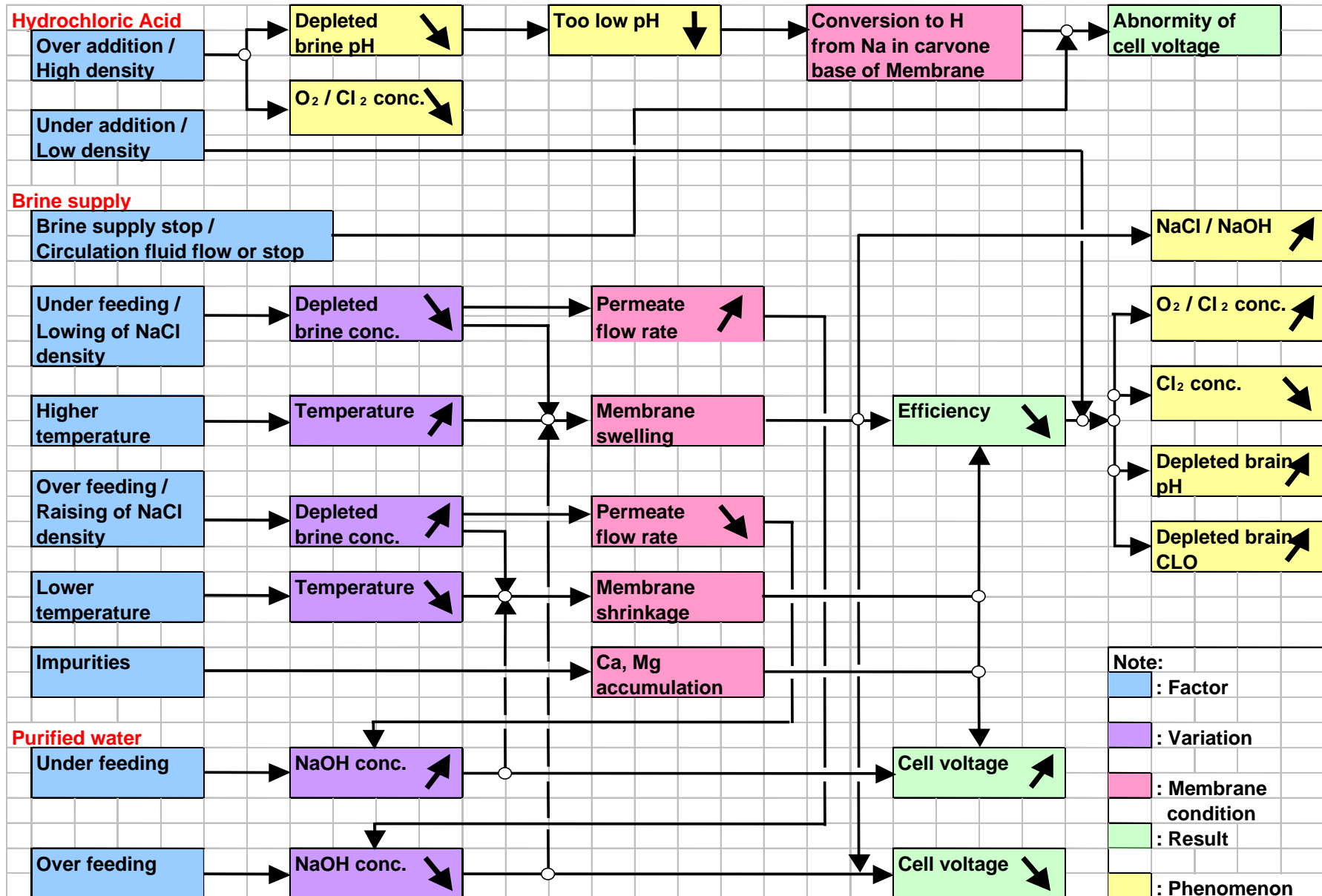
Product NaOH conc. = 50 (wt.%)

0.6 ~ 0.8 (t-steam/t- 100%NaOH)

3. Check Items for Plant Operation and Maintenance (Examples in Japan)

- 1) Operation conditions and factors**
- 2) Feeding brine specification**
- 3) Check items for plant operation
(Brine refinement & Electrolyzer)**
- 4) Check & action after maintenance**
- 5) Grasp method of change at Electrolyzer
by the day**
- 6) Recoating cycle of cathode & anode**

1) Operation Conditions and Factors



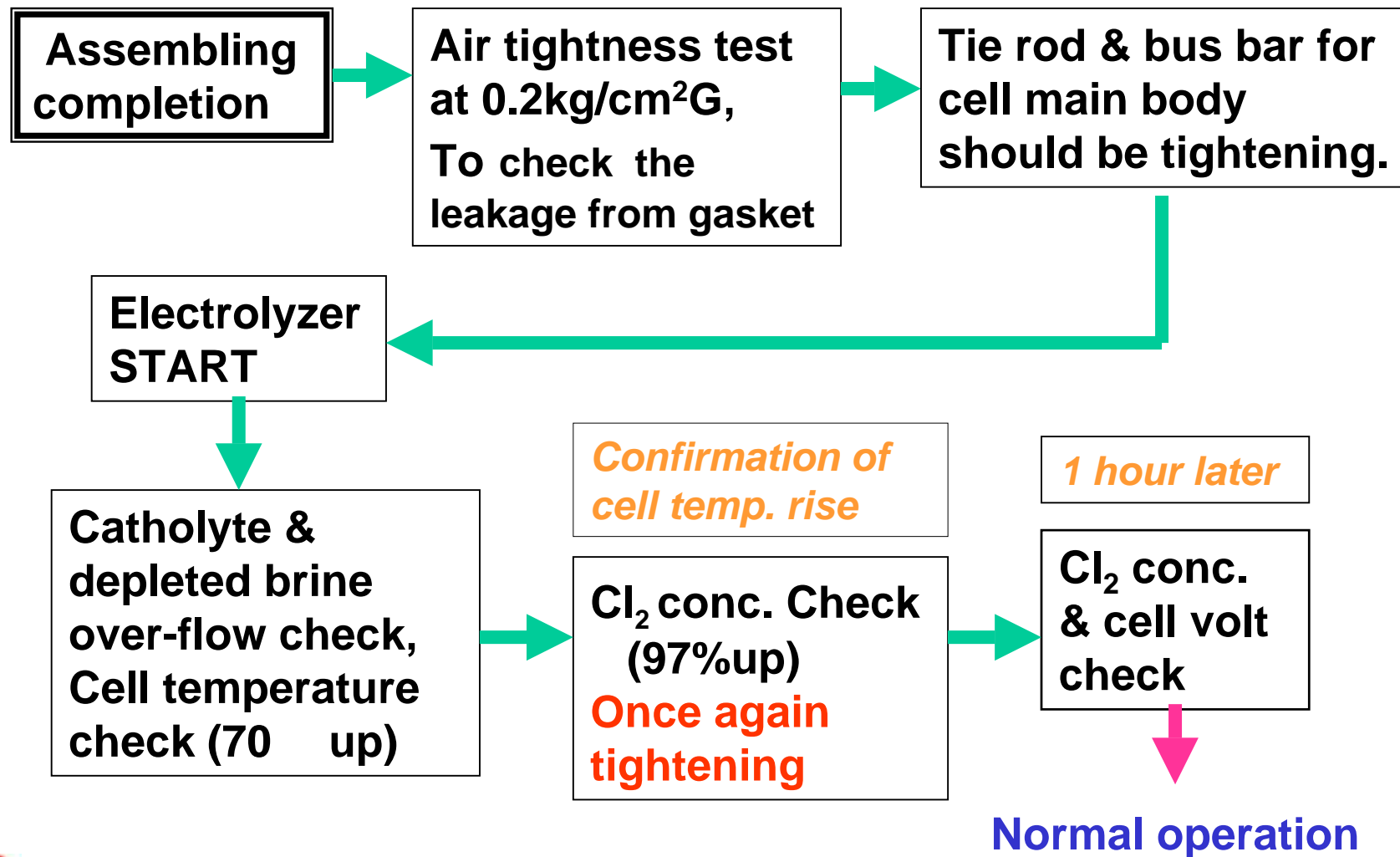
2) Feeding Brine Specification

Item	Unit	Standard Value	Item	Unit	Standard Value
NaCl	g/L	300 ~ 310	Al	ppm	< 0.1
Na₂SO₄	g/L	<5	SiO₂	ppm	< 5
NaClO₃	g/L	<20	Fe	ppm	< 0.2
Ca + Mg	ppb	<20 as Ca	Ni	ppm	<0.01
Sr	ppm	<0.06	TOC	ppm	<10
Ba	ppm	<0.5	I (Iodine)	ppm	<0.2
Hg	ppm	<15			

3) Check Items for Plant Operation (Brine Refinement & Electrolyzer)

Analysis					Continuous data
Feed Brine			NaClO ₃	> Once/d	Electrolyzer (individual)
NaCl	> Once/d		Na ₂ SO ₄	> Once/d	Cell Volt
Ca	Continuously		Catholyte		Cell Temp.
Mg	> Once/d		NaOH	Continuously	Brine Flow rate
Na ₂ SO ₄	> Once/d		NaCl	Continuously	NaOH Recirculation Flow
NaClO ₃	> Once/w		Electrolyzer (Individual)		
Depleted Brine			NaOH	> Once/w	
NaCl	> Once/d		NaCl / NaOH	> Once/w	
F-Cl ₂	> Once/d		Cl ₂	> Once/w	

4) Check and Action after Maintenance



5) Grasp Method of Change at Electrolyzer by the day

Prepare the data table for following factors by once a week, and make plans for the maintenance.

Cl₂ concentration

Cell voltage

Cell temperature

Cell life (Progress number of days)

Kind of membrane

Maintenance record

6) Recoating Cycle of Cathode & Anode

Cathode:

Electric Potential measurement

(Electrode maker)

Give the instructions by the result

(User)

Anode:

Recoating : 1 ~ 2 times/life

Usual life: Standard type = 10 years

Long life type = 15 years

—————→ All renewal

・ 食品産業



ASEAN 主要産業省エネルギー診断調査、Workshop 参加者
(EMA 関係者、食品産業関係者、ACE、ECCJ メンバー)
Singapore、Workshop 会場にて (2004 年 1 月 6 日)

．食品産業

１．プロジェクト要約

本プロジェクトは経済成長著しいアセアン諸国を対象に同諸国の省エネルギー、環境保全および持続可能な経済発展に資することを目的とし、国際エネルギー使用合理化基盤整備事業の一貫として実施された。

本プロジェクトはA C E (ASEAN Center for Energy) を中核機関としてアセアン諸国の協力の下、主要産業に関わる省エネルギーを推進して行こうとするものであり、本年度調査対象国および企業のひとつとしてシンガポール共和国およびその食品産業が選定された。以降、同国担当部門E M A (Energy Market Authority) との協議に基づき診断計画が策定され、2003年12月1日～5日および2004年1月6日～9日間のうち6日間食品産業2社のサイトにおいて、シンガポール共和国E M Aの担当者を交え診断が実施された。

以下に同国の政治、経済状況も含め調査結果につき報告する。

１．１ 調査対象および体制

(１) 対象国および対象企業

対象国 : シンガポール共和国

対象企業 : C 社 (乳製品加工業) および

Super Cofeemix Manufacturing Ltd. (以下S C Mと表示)

(２) 体制

１) シンガポール共和国

a. Energy Market Authority (EMA)

Mr. Abdul Rashid B Ibrahim	Deputy Executive Director
Mr. Zulkarnain B H Umar	Engineer, Consumer Education
Ms. Latha Ganesh	Executive Engineer
Mr. Melvin Tom	Engineer, Consumer Education

b. National Environment Agency (NEA)

Mr. Pang Hian Kiat Eddie	Engineer, Resource Conservation
Mr. Andy Wong	

c. Industrial Committee of Energy Efficiency

Mr. Vincent Low Loke Kiong	(Super Solution Pte Ltd)
Mr. Yeo Chee Kiong	(Precision O&C)

Mr. Colon koh	(Precision O&C)
Mr. Francis Plang	(Precision O&C)
Mr. Leow kok Chong	(Honeywell Pte Ltd.)

d. C 社食品工場

5 人：Plant Manager 他

e. S C M

Mr. Muhamad Muhtazam Noor Din	Technical Assistant
Mr. William ONG	General Manager
Mr. Dan Khoo Yew Meng	Technical Manager

2) ASEAN : ASEAN Center for Energy (ACE)

Mr. Christopher Zamora

3) 日本：財団法人省エネルギーセンター (ECCJ)

渋谷 浩志	国際エンジニアリング部・部長
森下 和夫	国際エンジニアリング部 技術専門職
田中 秀幸	国際エンジニアリング部 技術専門職 (2 次のみ)

1 . 2 シンガポールの政治・経済情勢

(1) 国勢

国名	シンガポール共和国 (Republic of Singapore)
面積	682.3km ² (東京 23 区 (617km ²) とほぼ同じ)
人口	約 413.1 万人 (含 1 年以上在住外国人)
首都	シンガポール
言語	国語はマレイ語。公用語として英語、中国語、マレイ語、タミール語
宗教	仏教、道教、キリスト教、回教、ヒンズー教
略史	1959 年 英国より自治権を獲得、シンガポール自治州となる。 1963 年 マレーシア連邦成立に伴い、その一州として参加。 1965 年 8 月 9 日 マレーシアより分離、シンガポール共和国として独立。

(2) 政治体制・内政

政体	立憲共和制 (1965 年 8 月 9 日成立)
元首	大統領 (任期 6 年。S・R・ナザン現大統領は、99 年 9 月、第 6 代大統領として就任)
議会	一院制、選出議員数 84 (任期 5 年)
政府	(1) 首相名：ゴー・チョクトン (人民行動党 [PAP] 90 年 11 月就任) (2) 外相名：ジャヤクマール (94 年 1 月就任)

内政 ゴー首相は、31 年間首相を務めたリー・クアンユー前首相（現上級相）より 90 年に政権を継承。2001 年 11 月に実施された総選挙において、与党人民行動党（PAP）は、84 議席中、82 議席（得票率 75.29%）を獲得するなど、内政は極めて安定している。なお、ゴー・チョクトン首相は、2007 年までに実施される次回総選挙より前に首相職を退くことを表明している。

（３）シンガポールの政治情勢

建国以来今日に至るまで、与党・人民行動党（PAP）が国会における圧倒的多数を占め政権運営を担ってきており、内政状況は安定している。90 年 11 月、31 年間首相を務めたリー・クアンユー首相（現上級相）よりゴー・チョクトン首相が政権を継承。

- ・ 2001 年 11 月に実施された総選挙において、PAP は、低迷する経済状況および米国での連続テロ事件を契機とする国民の不安感を背景に、84 議席中 82 議席を獲得（得票率では約 75%）し、圧勝を収めた。
- ・ なお、ゴー首相は、2007 年初めまでに実施される次回総選挙の少なくとも 2 年前に首相の職を退き、リー・クアンユー上級相の長男であるリー・シェンロン副首相に政権委譲することを明らかにしている。

（４）外交基本方針

ASEAN の連帯を重視。東アジアにおける大国間のパワー・バランスを重視。アジア・太平洋地域における米国の軍事的プレゼンスおよび政治的コミットメントを重視（ただし、非同盟諸国の一員でもある）。

- ・ 自国のおかれた不利な条件（狭い国土と少ない人口、資源のなさ）を直視し、戦略的な外交政策を展開している。東アジア地域における安定した国際環境を維持するとともに、多角的自由貿易体制の維持・強化を通じ世界経済へのアクセスを確保すること、また ASEAN 統合の推進、ASEAN+3、ARF、APEC 等、ASEAN 諸国との友好協力関係を基軸とした地域協力に注力している。また、冷戦終結後もアジア・太平洋地域における米国の軍事的プレゼンスおよび政治的コミットメントの維持を重視している（ただし、非同盟諸国の一員でもある）。
- ・ 自由貿易体制の確立・強化の取組の一環として、WTO 交渉以外にも、二国間自由貿易協定の推進を重視している。既に NZ、日本、EFTA（スイス、リヒテンシュタイン、ノルウェー、アイスランド）、豪州、米国とは FTA を締結（豪、米は未発効）、カナダ、メキシコ、インド等との間で交渉を行っており、EU、韓国、スリランカ、ヨルダン、バーレーン等との間でも検討を開始している。

（５）経済

主要産業 製造業（エレクトロニクス、輸送機械、石油製品、金属製品） 商業、金融

表 - 1 - 1 シンガポールの経済情勢

項目	年	1999	2000	2001	2002
GDP	百万 S ドル	137935	157000	152066	155727
1 人当たり GNP	US ドル	20598	22769	20544	20887
経済成長率	%	6.9	10.3	-2.0	2.2
消費者物価上昇率	%	0.0	1.3	1.0	-0.4
失業率	%	4.6	4.4	3.4	5.2
経常収支	百万 S ドル	25737	22894	28914	33490

（為替レート 1 シンガポール（S）・ドル＝約 68 円（2002 年 7 月現在））

主要貿易品目：

輸出：電気・電子製品、石油関連製品、通信・音響機器、化学製品

輸入：電気・電子部品、原油、化学品

表 - 1 - 2 シンガポール対日貿易

年	貿易額（単位：百万 S ドル）			貿易品目
	2000	2001	2002	
対日輸出	39955	28794	26080	機械機器、揮発油等石油製品
対日輸入	17949	16712	15990	半導体等電子部品、事務用機械

1）経済概況

マレーシアからの分離・独立（1965 年）後、「外資導入を軸とする工業化」等を積極的に推進。96 年 1 月、経済協力開発機構（OECD）途上国リストを「卒業」した。

- ・ 97 年のアジア通貨危機による域内の経済減速の影響等を受けて、98 年は実質 GDP 成長率が 85 年以来となるマイナス成長（-0.9%）に転落した。しかし、その後は、アジア経済の回復、エレクトロニクス製品需要の世界的拡大、国内消費の回復などに支えられ、99 年は、6.4%、2000 年には 9.4%の高い成長を記録した。
- ・ 2001 年に入ると、米国経済減速の影響等からエレクトロニクス製品の需要が低迷。輸出の大幅な減少により、製造業の成長率が大きく悪化（-11.5%）し、GDP 成長率も建国以来最悪のマイナス成長（-2.4%）を記録した。
- ・ 2002 年第 1 四半期もマイナス成長が続いたが、第 2 四半期は、製造業、特に化学関連部門の大幅な成長により 5 四半期振りのプラス成長（3.9%）に転じた。

その後もプラス成長を続け、2002年の通年では2.2%のプラス成長となった。

- ・ 2003年の経済成長見通しについて、政府は、当初2～5%と予測していた。しかし、3月～5月に国内および域内において流行した重症急性呼吸器症候群(SARS)の影響により、主に観光業・運輸業が打撃を受けた結果、2003年の第2四半期の成長率は-4.2%に落ち込み、8月、政府は、経済成長見通しを0～1%に下方修正した。なお、2003年第3四半期の成長率は、好調な国外需要をうけ、1.0%(速報値)に持ち直している。

2) 経済政策

- ・ 政府は、1999年1月、2010年までの産業基本政策である「インダストリー21」計画を発表。製造業とサービス業を軸とする知識集約型産業の世界的ハブを目指すことを目標に掲げた。戦略的産業としては、エレクトロニクス、石油化学、生命科学、エンジニアリング、教育サービス、医療サービス、物流、通信・メディア、地域統括サービスの9分野があげられている。2000年には個別分野の産業政策として「インフォコム21計画(情報通信、ネット・ビジネス)」「シンガポール・ゲノム計画(生命科学)」「科学技術2005年計画(科学技術)」などが発表された。
- ・ グローバリゼーションの進展や競争相手としての中国の台頭等により世界の経済環境が大きく変化する中で、自国の厳しい景気後退を目の当たりにした政府は、2001年12月、発展戦略を根本的に見直し、経済再編の青写真を提示するための経済検討委員会(Economic Review Committee: ERC。委員長:リー・シェンロン副首相兼蔵相)を設置した。約1年に亘る議論を経て、2003年2月に最終報告書が公表された。同報告書の内容は多岐にわたるが、その中心に据えられたテーマは、諸々の分野におけるアジア、ひいては世界におけるハブ機能の強化にあり、そのような観点から直接・間接に役立つ(1)税制改革、(2)教育産業の発展、(3)医療・保健サービスの向上、(4)金融センターとしての発展(5)デジタル・ハブとしての発展、(6)高付加価値の製造業育成、(7)物流ネットワークの整備、等に関連した政策提言が盛り込まれており、提言の多くは2003年度予算にも繁榮されている。

1.3 シンガポールのエネルギー事情

シンガポールで使用されている一次エネルギー(石油、ガス)は全量輸入である。石油が圧倒的に多いが年々ガスの輸入が増えつつある。太陽光発電も行われているが、全体の約0.2%程度である。

シンガポールのエネルギー事情を表 - 1 - 3 に示す。産業では化学・石油化学の

比率が高く 70%を超えている。食品加工業は産業用のその他項目中に含まれており、エネルギー消費量が括めない。食品加工業はシンガポールでは重要な産業であるが、エネルギー使用においてはマイナー産業の 1 つである。

表 - 1 - 3 シンガポールのエネルギー事情

(単位：1000toe)

種別	部門		2000 年		2001 年	
			部門別計	合計	部門別計	合計
供給	国内生産	太陽光発電等	64	24591	64	29158
	輸入	石油	23344		25088	
		ガス	1183		4007	
消費	発電用		5088	14305	6612	18553
	石油精製用		6177		7409	
	その他への変換用		3040		4532	
	産業用	鉄鋼	93	4001	89	3962
		化学・石油化学	2895		2888	
		その他	1013		985	
	運輸	空輸	2414	4388	2413	4559
		道路	1949		2120	
		その他	25		26	
	他部門	農業	3	1898	3	2084
		公共用	813		990	
		住宅	546		555	
		その他	536		536	

(出典：IEA 2003 Edition, Energy Balances of Non-OECD Countries, 2000-2001)

2. 診断対象食品産業（食品加工工場）の概要

シンガポール食品産業（食品加工工場）の省エネルギー診断調査を実施するに当たり、E C C J は A C E に対し 2 つの食品加工工場の選定を依頼した。シンガポール政府担当部署は A C E からの依頼に対し、前項に記載した 2 食品加工工場を選定した。

この 2 社からは、1 次診断受入れの前に守秘義務契約を求められた。実施段階では、C 社のみと契約をしたが、「Super Coffeemix Manufacturing Ltd. (S C M)」とは契約の必要が無く受入をして頂いた。したがって、本報告書の中でとくに C 社に関しては省エネルギーに関するものに限定せざるを得ない事を断っておく。

以下に、選定された 2 食品加工工場の概要について述べる。

2.1 C 社（乳製品加工業）の概要

(1) 一般事項

工場所在地： シンガポール市内
製品： 乳製品 7 品目
従業員： 640 人
勤務体制： 3 個班体制、24h/d、5.5d/w（月曜日朝 7 時～土曜日夕 7 時）

(2) 製造量とエネルギー消費量

1) 製造量（2003 年）

7 品目の乳製品と年間生産量を次表に示す。

表 - 2 - 1 乳製品と年間生産量

製品名	生産量	
	個装	ML
Sweeten Condensed Milk (練乳)	1750000ctns	25.7
Evaporated Milk (エバミルク)	1500000ctns	29.5
Vitagen Cultured Milk Drink	1800000bottles	0.23
Cup Yogurt	7200000cups	1.1
Juices		5.0
Pasteurized Milk (殺菌乳)		15.0
Jelly & Pudding	2200000cups	0.26

2) エネルギー消費量（2003 年）

C 社で消費している年間のエネルギー消費量を次表に示す。

表 - 2 - 2 年間エネルギー消費量

種類	使用量	平均単価 S\$	用途
電力	9800000kWh	0.122	一般用
軽油	3200000L	0.406	ボイラー、フォークリフト等
LPG	7000kg	15	缶缶殺菌用

2.2 S C Mの概要

(1) 一般事項

工場所在地： シンガポール北部 2 Senoko South Road
製品： 2品目：コーヒーミックス、シリアル (Cereal)
従業員： 95人
勤務体制： 1個班体制、8h/d、5d/w

(2) 製造量とエネルギー消費量

この工場で昨年6月までシリアルの加工を行っていたが、中国に生産を移管したので現在はコーヒーミックス・シリアルともに包装のみを行っている。消費エネルギーは電力のみである。

表 - 2 - 3 S C Mの月間エネルギー消費量

月	製造量 (Million Sachets)	電力消費量 (kWh)
2003年7	55.0	286391
8	55.0	282647
9	60.0	282987
10	56.0	288740

(Sachets: 小袋)

電力消費量は本社事務所分を含む。

3. 診断計画

シンガポールを訪問して行なう診断調査の目的は、まず、選定された2食品加工工場について製品製造工程・エネルギー・使用量・排熱利用実態をつかみ、省エネルギー推進のための改善案を提示する。また、現地でワーク ショップを開催して、日本の省エネルギー技術や省エネルギー活動等を紹介し、省エネルギー意識の向上・啓蒙普及を図る。さらには、省エネルギー診断実施後、ASEAN 諸国の同種産業の実態・省エネルギー診断技術レベル等を勘案し、ASEAN 側省エネルギー推進者が標準的省エネルギー診断方法を確立するための支援を行うこと等である。

実施に当たっては、調査を2回に分けて行なった。

第1次現地調査では、第1回目のワーク ショップを行なった。食品加工業のエネルギー診断のポイントや日本の食品加工業で実現されている省エネルギー技術を紹介し理解してもらうことに努めた。

診断は、事前に送付した質問状による確認と、実際の工場で ACE がアレンジした現地の診断グループが派遣専門家の指導下で測定して実施する診断調査を同時進行で行った。

第2次現地調査は1回目診断の結果判明した省エネルギー改善案をシンガポール政府担当部署 E M A (Energy Market Authority) 関係者、および各2社の管理者に説明した。

さらに、その内容を確認するために再度現地の診断調査を行なった。

3.1 診断の進め方

省エネルギー診断調査受け入れを承諾してくれた2社は1次各2日、2次は各1日づつの訪問となった。

1次の診断調査では、ACE および ECCJ から両社の Plant Manager に対し、今回の診断調査のいきさつと意義について説明した。現地調査では質問書の回答収集、工場視察およびエネルギー診断を実施した。

なお、現場での写真撮影は両社とも固く禁じられ、状況を示す情報が得られなかった。

3.2 診断対象装置の選定と質問書の回答状況

診断対象の2社はそれぞれ異なった製造プロセスであるため診断対象装置の選定において各社の現在状況を確認した上で決定することとした。

また、ECCJ から事前に送付した質問書は1社から回答を得ていたがその内容は会社概要の一部のみであり、エネルギー管理に関する情報は含まれていなかった。したがって、訪問時に確認することとなったが当方が希望する十分な情報入手可能な状況ではなかった。両社ともに製品毎の原単位の管理は実施されておらず、必要なデータも収

集されていなかったため、今回は個々の設備の省エネルギーに焦点を当てた診断を実施することとした。

診断対象設備の選定と質問書の確認結果を次の各項に示す。

(1) C 社 (乳製品加工業)

1) 診断対象設備の選定

C 社の訪問工場は 40 年前に操業し、拡張を繰り返しながら現在に至っている。7 種類の製品群が製造されており、各ライン(製品群)毎の現場でのデータ収集は実施されていない。時間の制約から今回の診断対象は製造量の多い練乳、エバミルクおよび殺菌乳のラインに限定することとした。

乳製品工場で使用されるエネルギーは

- ・電気(買電)： 冷却システム、空気コンプレッサー、冷蔵庫、空調、ポンプ、ファン、コンベア、照明その他設備の動力等
- ・蒸気： 加熱、殺菌、真空装置、蒸気洗浄等

であり、今回はエネルギー消費の多い蒸気システム、冷却システム、空気コンプレッサー、受変電設備を診断対象に選定した。

質問書の確認は前述の理由で必要なデータ入手が出来なかったが、議論の中で判明した事項を下記に示す。

2) 主要エネルギー消費設備

a. 練乳 (Sweeten Condensed Milk) 用

生産能力： 200000L/d (推定値)

粉乳溶解タンク、ホモゲナイザー(110Bar、60Hp)、パストライザー (プレート熱交)、真空濃縮器 (2 缶)、中間タンク (5 缶)、充填機 (350CPM)、ラベラー、箱詰機、パレタイザー

b. エバミルク (Evaporated Milk)

生産能力： 145000L/d (推定値)

粉乳溶解タンク、バランスタンク、パストライザー、ホモゲナイザー(250bar、100Hp)、プレクーラー (プレート熱交)、クーラー (プレート熱交)、中間タンク (3 缶)、充填機 (245CPM)、回転式滅菌機、ラベラー、箱詰機、パレタイザー

c. 殺菌乳 (Pasteurized Milk)

生産能力： 134400L/d (推定値)

溶解タンク (2 缶)、プレパストライザー (プレート熱交)、ホモゲナイザー(75Hp)、中間タンク (3 缶)、滅菌機 (プレート熱交、6000L/h)、ホモゲナイザー(50Hp)、中間タンク (12000L × 5 缶)、クーラー (プレート熱交)、充填機 (5700L/h × 2 機)、箱詰機、冷蔵保管

d. ユーティリティ設備

ボイラー（蒸気圧力：10Bars×188 ）

- ・ UK 製 2 基： @4.5t/h 1997/2002 年設置
- ・ Singapore 製 2 基： @2.27t/h 1988/1989 年設置
- ・ 排ガスをレキュピレータ：給水温度 30 70 2002 年に設置

空気コンプレッサー（吐出圧力：8.43kg/cm²）

シーケンサーによる台数制御を実施している。

- ・ 4 台(KAESAR)： @50HP 5.95m³/min
- ・ 3 台(IR ML)： @25HP

冷凍機（アンモニア冷凍機）

- ・ 1 台(MYCON)：75kW
- ・ 2 台(MYCON)：@55kW
- ・ 1 台(MYCON)：45kW

エバポラティブコンデンサー

4 台

冷水ポンプ

3 系統あり常時それぞれ 1 台のポンプが運転されている。

- ・ 2 台 (Vitagen 系統)： @35m³/h 7.5HP
- ・ 2 台 (Juice 系統)： @60m³/h 15HP
- ・ 2 台 (Milk 系統)： @40m³/h 10HP

氷蓄熱槽

1 基： 1200000kcal as Ice (15 ト)

1 基： 800000kcal as Ice (10 ト)

冷蔵庫

工場内に 4 冷蔵庫が 1 室、空冷コンデンシングユニット+ユニットクーラー

工場外に 4 冷蔵庫および - 20 を使用している。

トランス

2 基： @2.0MVA 力率：96%

3) その他確認事項

a. 電力料金（単位 S\$）

- ・ 基本料金（@kW）：契約分：7.3、超過分：10.99
- ・ 従量料金(@kWh)：
オフピーク（23:00～7:00）：0.07250+0.0015
ピーク（7:00～23:00）：0.09590+0.0142
- ・ その他料金：サービス料：約 2.5% 税金：4.0%

b. ボイラー給水コスト: 2.2S\$/m³

c. Vitagen Cultured Milk Drink

滅菌充填機を毎朝(9:00~11:00)蒸気殺菌実施している。

d. 冷蔵庫

基準温度は4℃であるが、各部屋の温度記録は-0.6, -0.5, 1.0, 1.0℃であった。この差はトラック出荷時の外気混入による温度上昇防止が目的である。

HACCP 管理基準上、4℃を超えることは許されない。

e. Sweeten Condensed Milk

- ・ 40年前からある設備であるが、保守を行って現在も使用している。
- ・ 真空濃縮器(最大 4,200L/バッチ、真空度: 2.0~2.9inHg)は蒸気エジェクター方式で700~1000kg/hの蒸気を消費する。
- ・ 蒸気エジェクターの運転確認(3段エジェクター方式+補助エジェクター)
- ・ 裸バルブの外表面温度を測定した。130℃
- ・ 裸エンドフランジの外表面温度を測定した。90℃
- ・ 充填用空缶の殺菌はLPG直火で行っている。(抜き取りで>149℃を確認)

f. Evaporated Milk

回転式滅菌機(FMC製)は125kg/hの蒸気を消費している。

g. 蒸気システム

Sweeten Condensed MilkおよびEvaporated Milk系のドレンは未回収。かつて実施したことがあるが、ボイラが8階にあって位置が高く回収に失敗した。

(2) SCM(コーヒーの調合・包装)

1) 診断対象設備の選定

SCMの訪問工場では現在、コーヒーミックスおよびシリアル調合および包装のみが行われている。それらの工程で使用されるエネルギーは全て電気である。ただし、製造現場でのデータ収集は実施されておらず、また受電が事務所(本社)と同一系統であり原単位の推定も不可能な状況であった。

- ・ 電気(買電): 空調、空気コンプレッサー、コンベア、照明その他設備の動力、事務所系の電力

今回はエネルギー消費が多いと推定される、空調、空気コンプレッサー、照明、受変電設備を診断対象設備に選定した。

質問書の確認は前述の理由で必要なデータ入手が出来なかったが、議論の中で判明した事項を下記に示す。

2) 主要エネルギー消費設備

a. コーヒーミックス

調合(2ライン) 包装(5ライン)

b. シリアル

調合（1ライン） 包装（3ライン）

c. 空気コンプレッサー（スクリュタイプ）

設定圧力 6.0kg/cm²

- ・ 2台： @125HP うち1台のみ使用
- ・ 1台： 50HP 休止中
- ・ 1台： 30HP 休止中

大型の1台のみを運転し空気の供給を行っている。頻繁にアンロード運転が繰り返されている。

d. 空気調和機

空調設定条件 室温 20、湿度 55～65%RH

- ・ 製造系 3台：@ファン 30kW 2台製造時に同時運転、休業時は1台のみ運転
- ・ 調合系 2台：@ファン 30kW 1台常時運転

e. 空冷コンデンシングユニット

- ・ 5台： @40HP × 2 Comp. 各空気調和機にそれぞれ対応

f. トランス

- ・ 2基： @2.0MVA、力率 = 99%

3) その他確認事項

a. 電力料金（単位 S\$）

- ・ 基本料金（@kW）： 契約分：7.33、超過分：10.99
- ・ 従量料金（@kWh）：
オフピーク（23:00～7:00）：0.06960+0.00150
ピーク（7:00～23:00）：0.09810+0.01420
- ・ その他料金：サービス料：約3.5% 税金：4.0%

3.3 診断スケジュール

診断調査を行なった2つの工場の1つはシンガポール市内、他は市内から車で約1時間のシンガポール最北部の町にあった。シンガポールは交通の便がよく、また訪問先の対応も申し分なかったため計画スケジュールとおりに進捗した。

（1）1次調査：2003年12月実施

- 12月1日（月） エネルギー効率化および省エネルギーに関するワークショップ
開催（EMA、NEA、C社、ACE、ECCJ他 計16名参加）
- 12月2日（火） C社工場訪問
エネルギー管理状況の確認と工場視察、診断実施

- 12月3日(水) C社で診断調査およびラップアップミーティング実施
- 12月4日(木) Super Coffeemix Manufacturing Ltd. (SCM) 工場訪問
エネルギー管理状況の確認と工場視察、診断実施
- 12月5日(金) SCM社工場訪問、まとめおよびラップアップミーティング実施

(2) 2次調査：2004年1月実施

- 1月6日(火) 食品工場診断のポイントおよび1次調査結果報告等のワークショップ開催(EMA、NEA、C社、ACE、ECCJ他 計12名参加)
- 1月7日(水) C社工場訪問
エネルギー管理状況の再確認、1次調査の結果詳細説明、省エネポテンシャルの試算
- 1月8日(木) SCM工場訪問
エネルギー管理状況の再確認、1次調査の結果詳細説明、省エネポテンシャルの試算、EMA局長への報告
- 1月9日(金) 省エネベンチマークおよびデータベース、各工場の省エネポテンシャルについてワークショップ開催(EMA、NEA、SCM、ACE、ECCJ他計10名参加)

4．診断対象設備

4．1 C社の診断調査

(1) 蒸気発生設備の設備仕様と運用方法

1) ボイラー

ボイラーは工場最上階(8階)に4基設置され通常は効率のよい下図aの2基で運転されている。

排ガスレキュピレータを2002年に設置して、給水を30～70℃へ予熱している。(設置費用、74000\$ 1.5年で回収可能) ボイラー配管図を以下に示す。

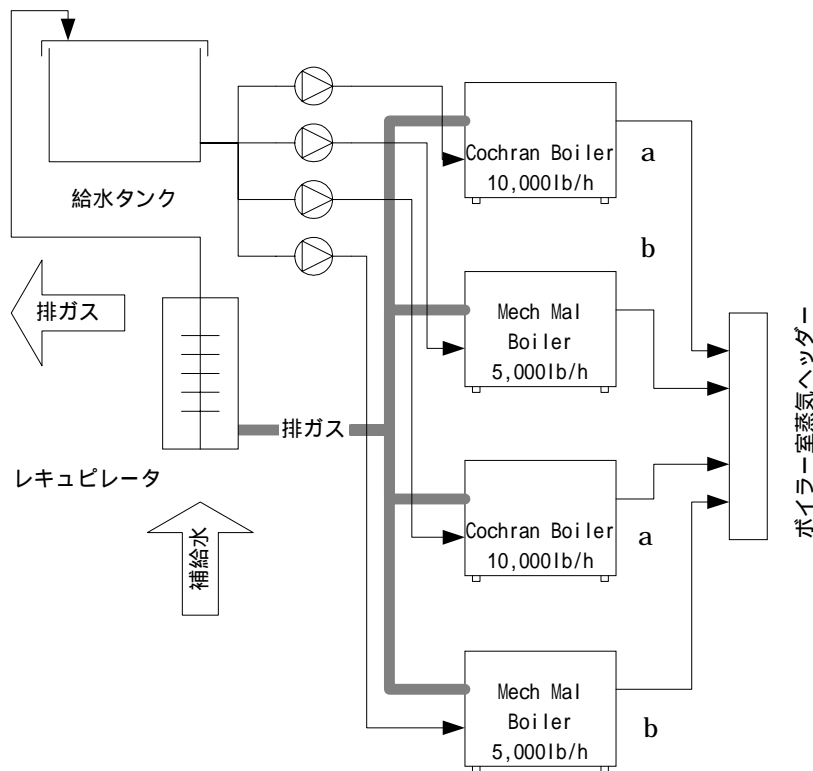


図 - 4 - 1 ボイラー配管図

a. 4.54t/h×10bar×2基

Cochran Boiler 1997/2002年設置 UK製 3パス炉筒煙管型

b. 2.27t/h×10bar×2基

Mech Mal Boiler 1988/1989年設置 SG製 2パス炉筒煙管型

(2) 蒸気使用設備の設備仕様と運用方法

蒸気は殺菌、加熱、濃縮および洗浄工程で使用される。要求される蒸気圧力は最大6 Barである。

1) 蒸気配管

当工場は増設に続く増設で蒸気配管は非常に複雑である。主配管のみのデータは次のとおり、

- 8 in (200A): 460ft (140.2m)
- 6 in (150A): 211ft (64.3m)
- 4 in (100A): 277ft (84.4m)
- 3 in (80A): 242ft (73.8m)

主配管以外に枝管や使用停止中の蒸気配管が多数存在する。

蒸気配管系統図および送気能力バランス表を以下に示す。

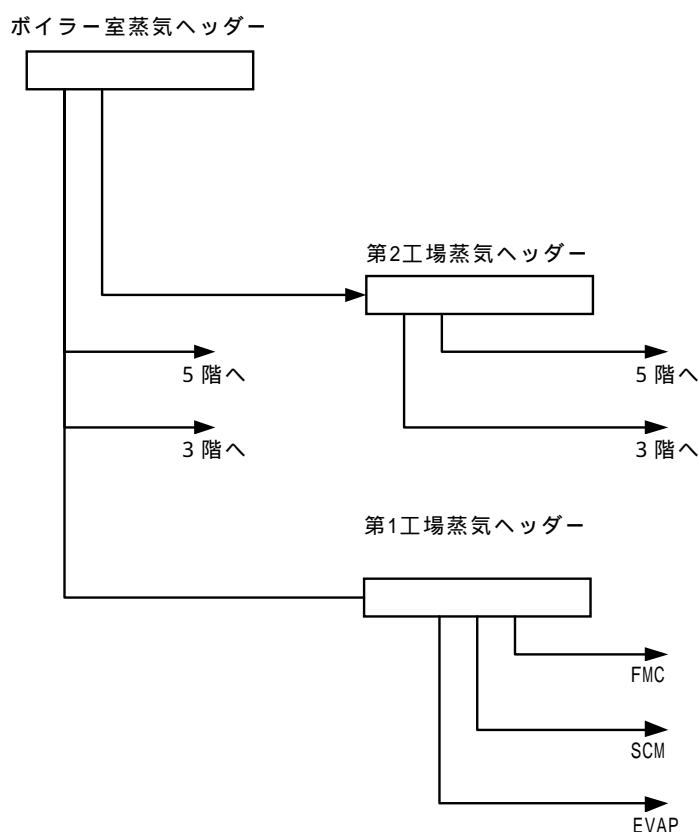


圖 - 4 - 2 蒸氣配管系統圖

表 - 4 - 1 送気能力バランス表

流速(m/s)	流速毎の流量 kg/h (圧力:9kg/cm ² 比容積:0.1943m ³ /kg)				
管径(A)	10	15	20	25	30
200	6094	9142	12189	15236	18283
150	3503	5255	7007	8758	10510
100	1613	2419	3225	4032	4838
80	947	1421	1894	2368	2842
50	407	611	814	1018	1221
40	252	378	503	629	755
25	111	166	222	277	332

2) 真空濃縮器(缶)

練乳 (Sweeten Condensed Milk) の濃縮工程に蒸気エジェクタ方式の真空濃縮器が利用されている。3 段の蒸気エジェクターを使用し 27inHg (50 ~ 75mmHg に相当) の状態で真空濃縮を行っている。1 バッチの製造量は最大で 4200L、1 缶あたり最大 16 バッチ/d、よって 1 日の最大製造量は

最大製造量=4200L/バッチ・缶×16バッチ/d×2缶=134000L/d

真空濃縮器の運転はバッチあたりの製造量を増加させたために変更されている。

a. 当初運転条件

まず、第1エジェクターとスタートエジェクターおよび第3エジェクターを運転し、缶内圧が20in（250mmHg）になった時点でさらに第2エジェクターを運転する。缶内圧が23in（175mmHg）になった時点第1エジェクターとスタートエジェクターを停止しそのまま最後まで濃縮工程を続ける。

b. 現状運転条件

最初から全てのエジェクターを運転し、缶内圧が 27 in (50 ~ 75mmHg) になった時点で第 1 エジェクターを停止しそのまま最後まで濃縮工程を続ける。

以下に真空濃縮器配管図を示す。

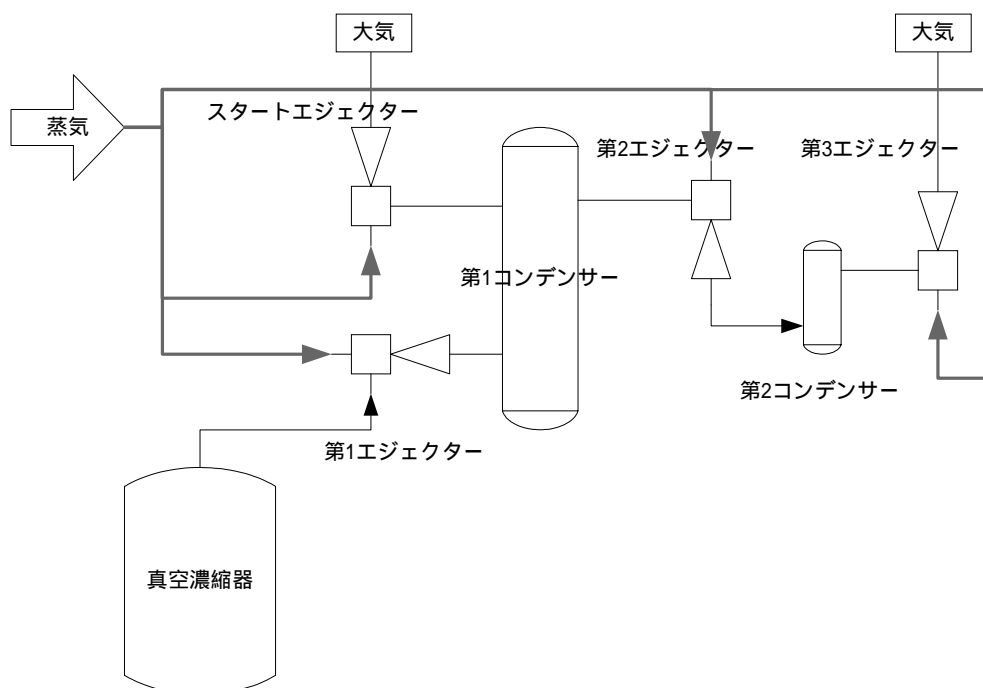


圖 - 4 - 3 真空濃縮器配管圖

3) ドレン回収

Sweeten Condensed Milk および Evaporated Milk 系の ドレンは未回収。かつて実施したことがあるが、ボイラが 8 階と位置が高く回収に失敗した。

(3) 冷却システムの設備仕様と運用方法

アンモニア冷凍機およびエバポラティブコンデンサーの組合せによって氷蓄熱槽に製造される 0℃ の冷水が 3 系統の冷水配管によって冷却プロセスに利用されている。通常、乳業工場では生乳の保存に多くの冷水が使用されるが、C 社においては生乳を原料として使用していないため設備としては比較的小さな規模である。これら 3 系統以外に旧工場に 1 系統の冷却システムを保有している。

以下に冷水システム配管図および冷水配管系統図を示す。

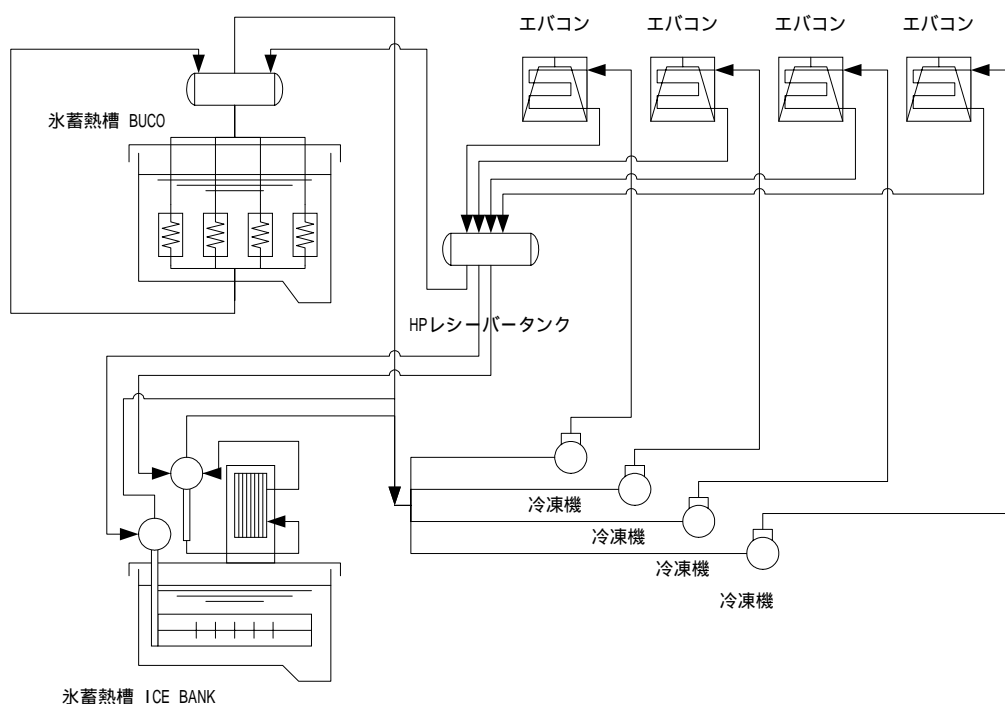


図 - 4 - 4 冷水システム配管図

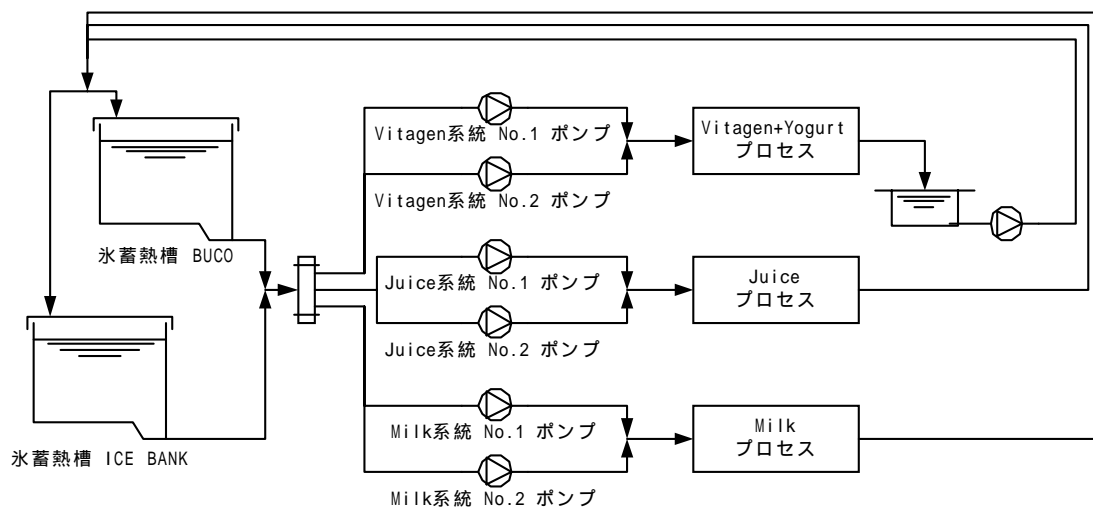


図 - 4 - 5 冷水配管系統図

1) 冷凍機

- a. 75kW レシプロアンモニア冷凍機： 1 台 MYCON 日本製
- b. 55kW レシプロアンモニア冷凍機： 2 台 MYCON 日本製
- c. 45kW レシプロアンモニア冷凍機： 1 台 MYCON 日本製

2) 氷蓄熱

a. および b. 2 基の氷蓄熱槽が設置されている。それぞれ異なったタイプの蓄熱槽である。製造設備が 24 時間稼動のため常に冷水が消費されている。蓄熱運転はスケジュールによって運転管理されているわけではなく成り行き運転となっている。氷の蓄積量は厚みセンサーで測定され最大量を検知したときに冷凍機の運転を停止する。

- a. 1200000kcal as Ice (15ト)： 1 基 BUCO
- b. 800000kcal as Ice (10ト)： 1 基 Ice Bank

3) 冷水配管系

3 系統の冷水配管によって Milk、Vitagen、Juice の各プロセスの冷却に利用されている。

- a. Vitagen 系統(level3)：冷水ポンプ 2 台 (@ 35m³/h 7.5HP) 供給 0 戻り 7.0
- b. Juice 系統(level3)：冷水ポンプ 2 台 (@ 60m³/h 15HP) 供給 0 戻り 5.0~10
- c. Milk 系統(level5)：冷水ポンプ 2 台 (@ 40m³/h 10HP) 供給 0 戻り 5.0~10

(4) 空気コンプレッサーの設備仕様と運用方法

7 台の空気コンプレッサーをレシーバータンクの圧力によって台数制御を実施している（吐出圧力：8.44kg/cm²）。すでに日本と同様の省エネ手法が採用されている。以下に空気コンプレッサー配管図を示す

- a. 50HP スクリューコンプレッサー：4 台 5.95m³/min Kaesar
- b. 25HP スクリューコンプレッサー：3 台 IR ML

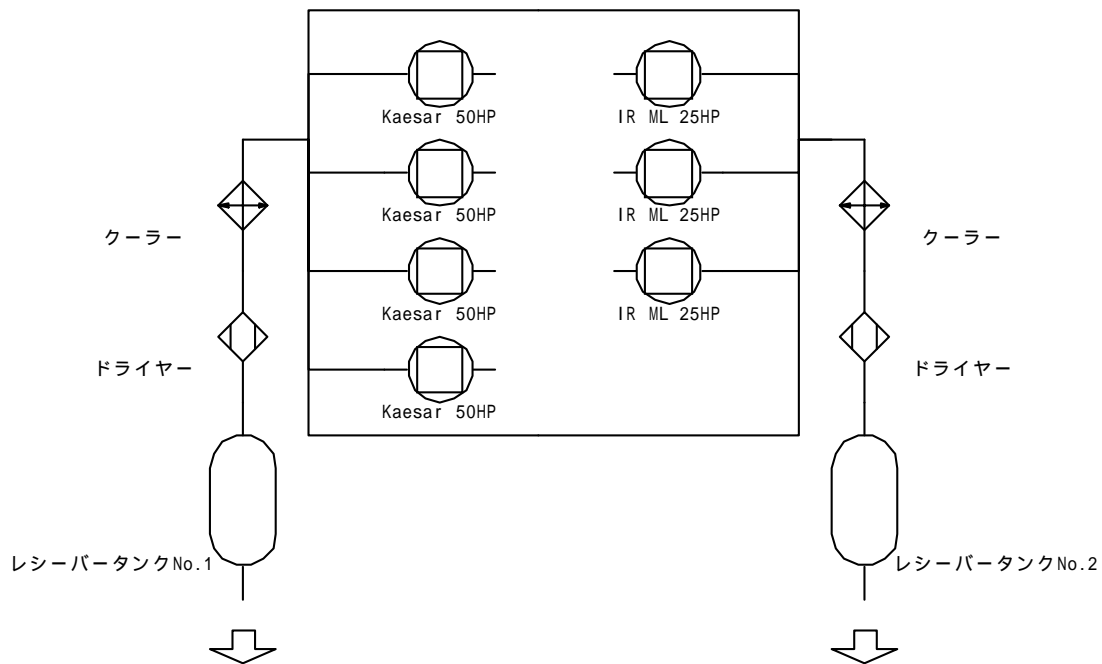


図 - 4 - 6 空気コンプレッサー配管図

(5) 受変電設備の設備仕様と運用方法

訪問時の電力使用状況は以下のとおり（2003 年 10 月の実績）

年間電力使用量：9800000kWh

月間電力使用量：850000kWh

契約電力：1650kW

最大電力：1736kW

力率：96%

であり、電力利用の平準化はかなり進んでいる。

- a. 2.0MVA トランス：2 基

4.2 SCMの診断調査

(1) 空調設備の設備仕様と運用方法

工場部分の空調は製造室系統と調合室系統の2系統で湿度管理が必要なため周年運転されている。空調方式はコンデンシングユニットと直膨式冷却コイルの空調機。空調機の噴出し温度は室温 20℃、湿度 55～65%RH を達成するために 10℃ 程度と推定される。

1) 空気調和機

5 台の空調機が設置されているが全て同一仕様、工場の大空間の空調をこれらで全てまかなっている。

電流計の直読値

- ・ 製造室系統 $300\text{A} (400\text{V}) = 208\text{kW}$ 空調機 2 台運転
- ・ 調合室系統 $90\text{A} (400\text{V}) = 62.3\text{kW}$ 空調機 1 台運転

仕様情報が得られなかったので、推定仕様は以下の通り

送風機： 風量 54000CMH 動力 30kW

冷却コイル： 210000kcal/h

空気調和系統図を以下に示す。

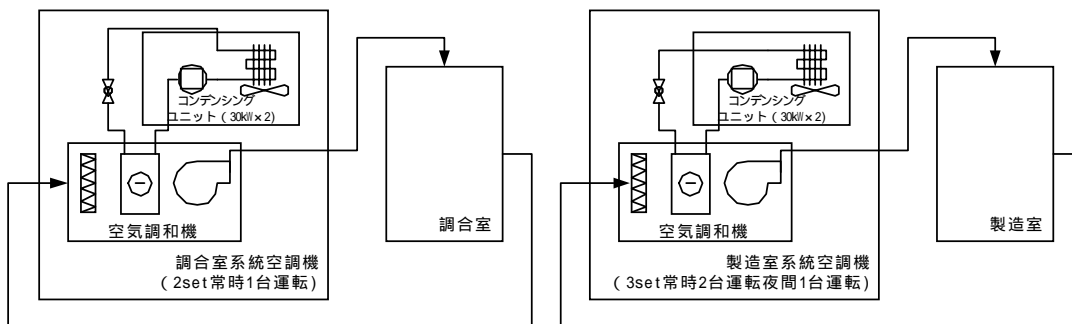


図 - 4 - 7 空気調和系統図

a. 製造室系統

直膨式冷却コイルの空調機 3 台のうち 2 台を製造時に使用、夜間は 1 台運転

b. 調合室系統

直膨式冷却コイルの空調機 2 台のうち 1 台を製造時および夜間に運転

2) コンデンシングユニット

40HP × 2 Comp. 空冷式コンデンシングユニット：5 台 各空気調和機にそれぞれ対応

(2) 空気コンプレッサーの設備仕様と運用方法

空気コンプレッサーとして現在 4 台を保有しているが、稼動しているものは 125HP 1 台のみ、能力に余裕があるため上限圧力 $8.3\text{kg}/\text{cm}^3$ と下限圧力 $7.6\text{kg}/\text{m}^3$ の間でアンロードを繰り返している。(15 秒間隔程度)

電流計の直読値

ロード時： $180\text{A} (400\text{V}) = 125\text{kW}$

アンロード時： $140\text{A} (400\text{V}) = 97\text{kW}$

- a. 125HP スクリューコンプレッサー：2 台（うち 1 台は新品未使用）
- b. 50HP スクリューコンプレッサー：1 台（現在、休止中）
- c. 30HP スクリューコンプレッサー：1 台（現在、休止中）
- d. 2.5m^3 レシーバータンク：1 基

以下に空気コンプレッサー配管図を示す。

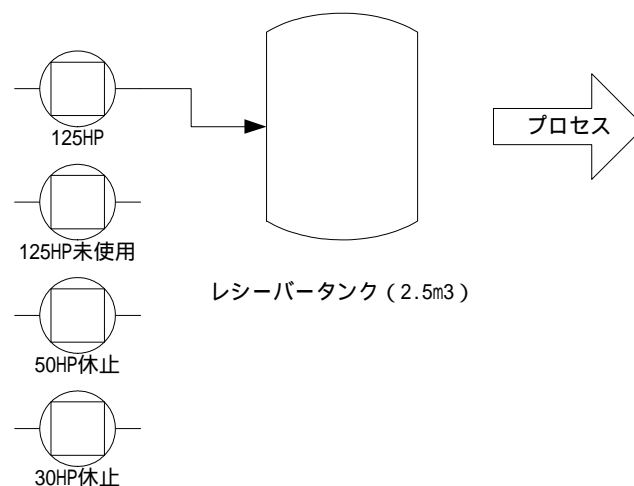


図 - 4 - 8 空気コンプレッサー配管図

(3) 照明の設備仕様と運用方法

工場の照明は 400w の天井照明で個々に Switch がついている。現在作業時間帯は全て点灯している。また、包装機の部分にはスポット照明が設置されている。

(4) 受変電設備の設備仕様と運用方法

訪問時の電力使用状況は以下のとおり（2003 年 10 月の実績）

月間電力使用量：289000kWh

契約電力： 850kW

最大電力： 749kW

力率： 88%

負荷率： 52%

2 台の 2.0MVA トランスにより 2 系統受電されている。

5. 省エネ測定・調査結果

5.1 C社の調査・測定結果

(1) ネルギー管理

既に ISO9002 が導入されており、モニタリングやその記録は適切に管理されている。しかしながら、エネルギー管理に必要なデータ収集は十分であるとは言いがたい。また、収集したデータの活用についても適切とはいえない。エネルギー管理手法の確立と目標設定、それに応じたモニタリング項目の決定、結果判定が重要である。

(2) 蒸気関連設備

1) ボイラー圧力

ボイラーの圧力設定は 10kg/cm^2 であるが、利用側の最大要求圧力は 6kg/cm^2 である。管路延長が長いことを考慮しても圧力設定の低下は可能と判断する。その対策としては以下が考えられる。

a. 蒸気配管の断熱強化

既存の蒸気配管は工場の増設等により工場内部に複雑に設置されている。現地調査では主配管の保温はほぼ適切で補修も行われている。しかしながら、バルブやフランジ等の保温は不十分かまたは実施されていない。さらに、枝配管にいたっては実態を把握することもできない状況である。配管からの熱損失の防止、さらに配管途中で発生するドレンの減少化によって、蒸気圧力を下げた場合の実流速の増加を現状配管でまかなえる可能性がある。

b. 不要配管の撤去

歴史ある工場なので設備の撤去、更新および増設が繰り返されている。そこには現在不要となった配管類が多数存在すると考えられ、これらからの熱損失も大きいので、撤去すべきである。

2) 真空濃縮器

Sweeten Condensed Milk の濃縮工程で消費される蒸気量は $700 \sim 1000\text{kg/h}$ であるとの説明を受けた。ただし、1 バッチあたりの仕込量が一定でなくその都度作業者の経験で調整しているようである。現状の運転は濃縮時間を短縮することに主眼が置かれており、改めて省エネの見地からの改善が必要である。以下に検討事項を取りまとめた。

a. スタートエジェクター

本来、スタートエジェクターは運転当初の系内空気排出のために設置されたものと考えられる。よって、缶内圧が基準値以下になれば停止する必要がある。(蒸気出口が大気開放されているためスタートエジェクター運転中は系の真空度はスタ

ートエジェクターに支配される。)

b. 運転条件と管理基準の確立

仕込量の定量化と運転スケジュールおよび管理基準の設定を行い、蒸気消費量を把握する必要がある。現地において時間毎の蒸気消費量をプロットしたチャートを確認したが、それは以前のデータで現状は仕込量が増えて適合していないとのことであった。

c. 蒸気エジェクター方式の見直し

蒸気エジェクター方式は短時間で必要真空度を得られるものであるが、蒸気消費量が多く省エネの見地からすれば問題である。適切な運転条件が確立されれば真空ポンプによる真空度確保が可能と判断される。

d. 系内への空気侵入の防止

運転中の系内への空気の浸入は生産性および省エネの両面から好ましくないものであり、現状の把握と防止策を実施する必要がある。

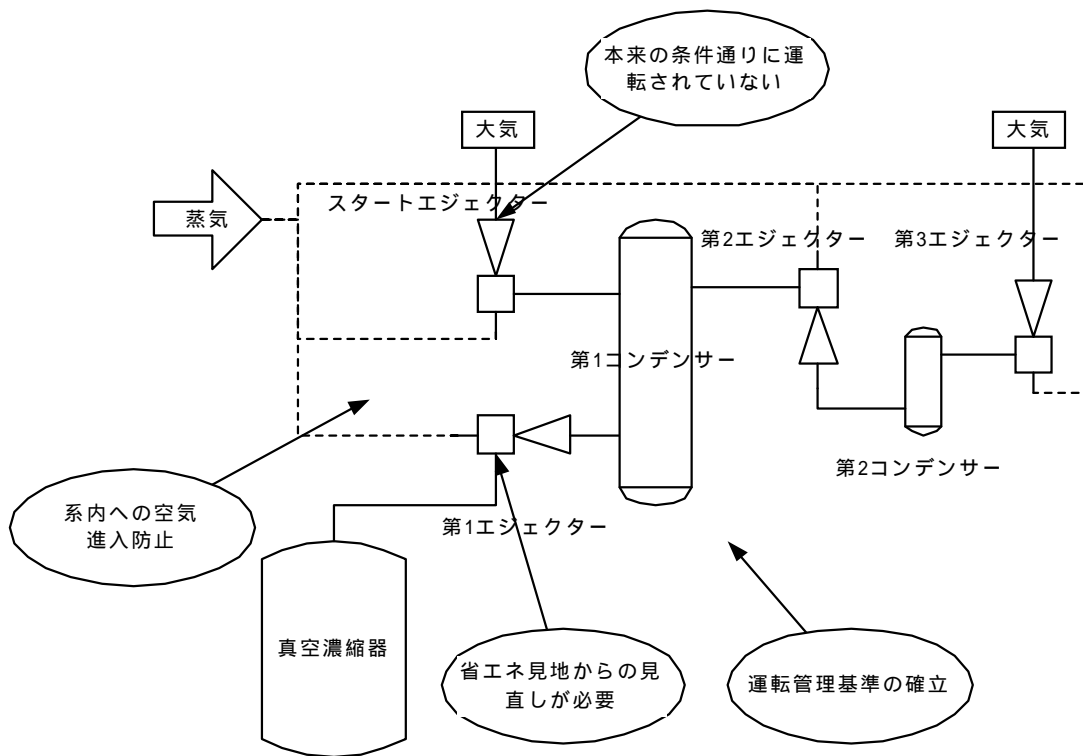


図 - 5 - 1 真空濃縮器改善検討

3) ラインに 20 箇所程度の蒸気トラップが設置されていると仮定しても、5 ラインある蒸気トラップとドレン回収各製品工場全体では 100 以上が設置されていることになる。現場ではトラップからの蒸気漏れが散見された。定期的な点検と必要な修理が

重要である。

また、Sweeten Condensed Milk および Evaporated Milk のラインからのドレン回収は行われていないが、ドレン回収槽を設置するなど極力ドレン回収を図るべきである。

(3) 冷水システム

シンガポールにおいては日本のような蓄熱システムに対する電力料金の優遇制度はないものの、冷水システムの運転の効率化をはかり電力消費量を低減する必要がある。冷水製造コストの把握とその削減策の検討項目を以下に示す。

1) 氷蓄熱槽の運転

冷水システムのログシートを確認すると午前7時頃から蓄熱(冷)量が増加し午後2時頃に蓄熱(冷)が完了している。現地で確認したところ、蓄熱(冷)および放熱(冷)のコントロールは生成氷の厚みのみで管理されており、スケジュールによる管理は実施されていない。つまり、製造側の需要に応じて冷凍機に余裕が生じたとき蓄熱(冷)され、冷凍機の余裕がなくなったときに放熱(冷)される。実際は3h/d程度の蓄熱(冷)運転とのことであった。

調査結果から判断すると、この蓄熱システムは「蓄える」というよりはむしろ「0の冷水を供給する」目的と判断される。よって、冷凍機的能力はプロセスの負荷に対して余力を持っており、蓄熱槽導入による電力のピークカットや冷凍設備の設備コスト削減には有効に機能していない。また、電力料金削減についても、オフピークの電力料金がピークに比較して蓄熱を積極的に進めるほど有利とはいえない。

2種類の異なった蓄熱槽を配管で並列に接続して同一の運転方式で管理しているようである。本来であればそれぞれに運転方法と管理基準があると思われる。今回は確認できなかったが、改善効果は十分あると推定される。

2) 冷水配管系

Vitagen 系統(level 3)、Juice 系統(level 3)および Milk 系統(level 5)の3系統の冷水配管系で構成され、Vitagen 系統(level 3)のみが冷水リターンタンクを持つ開ループでその他は閉ループ配管である。それぞれの冷水ポンプは、製造時には常時運転されており電力消費量は多い。

a. 冷水ポンプコントロール

冷水は製品冷却やタンク冷却の目的でそれぞれの熱交換器に供給されており、自動または手動の2方弁で流量調節が行われている。その流量変動は把握できなかったがインバーターによる流量制御の効果を検討すべきである。

b. 冷水温度設定

プロセスの冷却には0のチラー水と30程度のクーリングタワー水が利用されている。高温の製品の1次冷却にクーリングタワー水を使用し、2次冷却にチラー水を利用するなど省エネが図られている。

(4) 受変電設備

1) トランスの運転

2003 年 10 月の電気料金請求書から判断すると受電設備容量としては
 $1736\text{kW} \div 0.96 = 1808\text{kVA}$ であるが、2 MVA のトランスで 2 バンク受電されている。

2) 力率改善

現在の力率は 96%程度であるが、更なる改善が期待できる。

5 . 2 S C M の調査・測定結果

(1) エネルギー管理

製造にかかわる設備は良くメンテナンスされており、良い状態で運転されている。しかしながら、省エネルギーに関する取組みは十分でなく管理基準の設定、モニタリングおよび省エネ目標の設定は行われていない。短時間の調査からでも省エネポテンシャルの確認ができたので、エネルギー管理手法の確立と目標設定、それに応じたモニタリング項目の決定および結果判定等を実施すれば大きな効果が得られるものと判断する。

(2) 空調

取扱う原料・製品が粉体であり厳しい湿度管理が要求される。現在は製造室系統と調合室系統ともに大空間全体の空調を実施しているが、製造室系統については包装機周辺の局所空調に変更することで省エネが期待できる。また、製造室系統において温度むらが発生しており、それによって過冷状態の場所が存在している。空気分布の均一化や複数センサーの設置によってさらなる省エネが期待できる。

(3) 空気コンプレッサー

1 次調査において台数制御についてコメントしたところ、2 次調査では 125HP の 1 台単独運転から 30HP-50HP-50HP の 3 台による台数制御に変更計画中であった。

(50HP 1 台を新規購入し、125HP 2 台は関連会社に譲渡する計画)

(4) 照明

現在、照明に関する省エネ対策は検討されていない。比較的簡単にかつ安価に対策可能であり、検討に値する。

(5) トランスの運転

2003 年 10 月の電気料金請求書から判断すると、受電設備容量としては
 $749\text{kW} \div 0.88 = 851\text{kVA}$ であるが、2 MVA のトランスで 2 バンク受電されている。

それぞれのトランスにほぼ均等に負荷が分散しているとするとその負荷率は

負荷率： $851\text{kVA} \div 2 \div 2\text{MVA} = 0.21$ (21%)

となり、効率は 96～97%である。負荷率が 40%を下回る場合には 1 台の停止を考慮すべきである。

1) 力率改善

現在の力率は 88%程度であるので大きな改善が期待できる。

6. 省エネルギー提言と期待効果

6.1 C社への提言と期待効果

(1) ボイラー圧力設定の見直し

プロセスで要求される最大蒸気圧力は 6 kg/cm^2 であるので蒸気配管の断熱強化を実施すれば、ボイラー設定圧力を 8 kg/cm^2 まで低下させることが可能である。仮に 8 kg/cm^2 まで低下させたとなると、

- ・ ボイラー効率： 変わらないものとする。
- ・ 10 kg/cm^2 の蒸気潜熱： 477.2 kcal/kg
- ・ 8 kg/cm^2 の蒸気潜熱： 484.5 kcal/kg
- ・ 燃料費（年間）： $1300000 \text{ S\$}$

$$\text{年間燃料節} = \text{約 } 1300000 \text{ S\$} \times (1 - 477.2 \text{ kcal/kg} \div 484.5 \text{ kcal/kg}) = 19600 \text{ S\$/y}$$

(2) 配管の断熱強化、熱損失の防止

配管長の判明している蒸気主配管について節約蒸気量の試算を実施した。

- ・ ボイラー効率： 85%
- ・ 軽油発熱量： 9200 kcal/L
- ・ 軽油単価： $0.406 \text{ S\$/L}$
- ・ 給水単価： $2.2 \text{ S\$/m}^3$ ($0.0022 \text{ S\$/L}$)
- ・ 年間運転時間： 6552 hr/y
- ・ 10 kg/cm^2 蒸気の潜熱： 477.2 kcal/kg 表
- ・ 熱損失の低減量： 40827 kcal/hr （次表参照）

表 - 6 - 1 蒸気配管の熱損失試算

Piping Size	Unit	80A			100A			150A			200A		
		Pipe	Valve	Flange	Pipe	Valve	Flange	Pipe	Valve	Flange	Pipe	Valve	Flange
Heat Loss from Bare portion	kcal/hr.m	650	813	273	850	1080	332	####	1950	585	####	2856	748
Thickness of Insulation	mm	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Heat Loss after Insulation	kcal/hr.m	65	81	27	85	108	33	130	195	59	170	286	75
Reduced Heat Loss	kcal/hr.m	585	731	246	765	972	298	####	1755	527	####	2570	673

Length of Piping	ft	242			460			211			460		
		74			140			64			140		
Number of Valve and Flange			2	7		5	14		2	6		5	14
Total Heat Loss	kcal/hr		1793	1808		4529	4172		3752	3377		####	9414
													40827

Assumption;

Number of Valves 1 Valve for each 30 m of Piping

Number of Flange 1 pair Flange for each 10 m of Piping

Enthalpy of 10kg team 478 kcal/kg

Total Steam Loss 85 kg/hr

$$\begin{aligned}\text{年間燃料節約} &= 40827\text{kcal/hr} \div (9200\text{kcal/L} \times 85\%) \times 6552\text{hr/y} \times 0.406\text{S\$/L} \\ &= 13900\text{S\$/y}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{年間給水節約} &= 40827\text{kcal/hr} \div 477.2\text{kcal/L} \times 6552\text{hr/y} \times 0.0022\text{S\$/L} \\ &= 1230\text{S\$/y}\end{aligned}$$

- ・ 給水温度 70 のエンタルピー： 70kcal/kg
- ・ 10kg/cm³ 蒸気のエンタルピー： 634kcal/kg

$$\begin{aligned}\text{蒸気コスト（概算）} &= 0.406\text{S\$/L} \div (9200\text{kcal/L} \times 85\% \div \\ &\quad (634\text{kcal/kg} - 70\text{kcal/kg})) + 0.0022\text{S\$/kg} \\ &= 0.0315\text{S\$/kg}\end{aligned}$$

今回の調査では確認できなかったが蒸気枝配管はさらに多くの熱損失があるものと考えられる。よって、配管断熱強化による省エネポテンシャルは上記数値の数倍はあると見られる。

(3) 真空濃縮器の改善

真空濃縮器の蒸気エジェクターは多量の蒸気を消費している。真空ポンプに置き換えた場合の効果を試算した。ただし、現在の真空蒸発器の運転条件が明確でないので以下の仮定を用いた。真空ポンプ方式によるシステム構成を以下に示す。

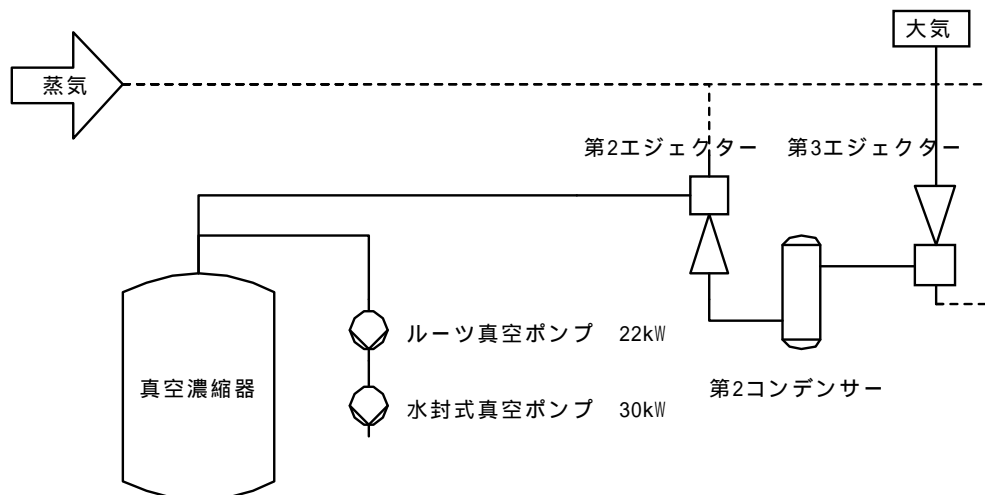


図 - 6 - 1 真空ポンプによる真空濃縮器検討図

1) 真空ポンプの選定

a. 運転方法

- ・ 蒸気エジェクター運転開始後 15 分で 40 の飽和水蒸気圧 (55.32mmHg) に達するものとする。その間の蒸気消費量を 900kg/hr とする。

- ・ 15 分経過後第 1 エジェクターを停止し第 2 および第 3 エジェクターのみを運転する。その間の蒸気消費量を 300kg/hr とする。20 の飽和水蒸気圧 (17.54mmHg) に達した時点で濃縮完了とする。

b. 原料の初期状態

- ・ 温度 60
- ・ 蒸発潜熱 563.3kcal/kg
- ・ 比熱 1.0kcal/kg・

c. 濃縮水量の推定

現地で必要濃縮水量の確認ができなかったので以下の方法で推定した。

製品 4,200L を製造する際の仕込み原料、中間製品量および必要濃縮水量の計算:

- ・ 仕込み原料 (60) を X_{60} L
- ・ 中間製品 (40) を X_{40} L

とすると次の関係式が成立する。

$$(X_{60} - X_{40}) \times 563.3 \text{ kcal/kg} = X_{40} \times (60 - 40) \times 1.0 \text{ kcal/kg} \quad (A)$$

$$(X_{40} - 4200 \text{ L}) \times 563.3 \text{ kcal/kg} = 4200 \text{ L} \times (40 - 20) \times 1.0 \text{ kcal/kg} \quad (B)$$

(A)(B) 両式より X_{60} 、 X_{40} を求めると

$$X_{60} = 4503 \text{ L}, X_{40} = 4349 \text{ L}$$

よって、必要濃縮水分量 = $X_{60} - X_{40} = 4503 \text{ L} - 4349 \text{ L} = 154 \text{ L}$

これは標準状態における 191.6 m^3 の水蒸気に相当する。

d. 真空ポンプの必要排気量の計算

蒸発缶の空間容量を 5.0 m^3 とすると必要排気量は、

$$\begin{aligned} \text{必要排気量} &= (191.6 \text{ m}^3 + 5.0 \text{ m}^3) \div 15 \text{ min} \times \ln(760 \text{ mmHg} \div 55.32 \text{ mmHg}) \times \\ &60 \text{ min/h} \\ &= 2008 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

e. 真空ポンプの選定

真空度からルーツ真空ポンプと水封式真空ポンプの組合せとする。

メーカーカタログよりそれぞれの電動機動力は

ルーツ真空ポンプ： 22kW

水封式真空ポンプ： 30kW

また、設備費は日本国内価格で約 9300 千円 (約 143000S\$)

2) 予測効果

a. 蒸気消費量の低減

蒸気コスト： 0.0315S\$/kg 前項で計算済み

年間運転時間： 6552hr/y (273d/y)

バッチ数： 32 バッチ/d

$$\begin{aligned} \text{蒸気消費量の低減量} &= (900 \text{ kg/h} - 300 \text{ kg/h}) \times 15/60 \text{ h} \times 32 \text{ バッチ/d} \times 273 \text{ d/y} \\ &= 1310400 \text{ kg/y} \end{aligned}$$

$$\text{蒸気コスト削減} = 1310400 \text{ kg/y} \times 0.0315 \text{ S\$/kg} = 41277.6 \text{ S\$/y}$$

b. 真空ポンプの電力消費量

電力コスト： 0.122S\$/kWh (調査書より)

$$\begin{aligned} \text{真空ポンプの電力消費量} &= (22\text{kW} + 30\text{kW}) \times 15/60\text{h} \times 32 \text{ バッチ/d} \times 273\text{d/y} \\ &= 113568\text{kWh} \end{aligned}$$

$$\text{電力料金} = 113568\text{kWh/y} \times 0.122\text{S\$/kWh} = 13855.3\text{S\$/y}$$

合計の効果は (41277.6S\$/y - 13855.3S\$/y = 27422.3 S\$/y) である。

(4) 冷水ポンプのインバーター制御

工場では冷水3系統で常時3台(5kW、7.5kW、11kW)の冷水ポンプが運転されている。平均の負荷率を60%と仮定するときのインバーターの導入による効果を予測する。

なお、インバーターは次図に示すような配管圧力一定方式で制御されるものとした。

なお、圧力センサーの設置位置は可能な限り遠方が望ましい。(例示ではc点)

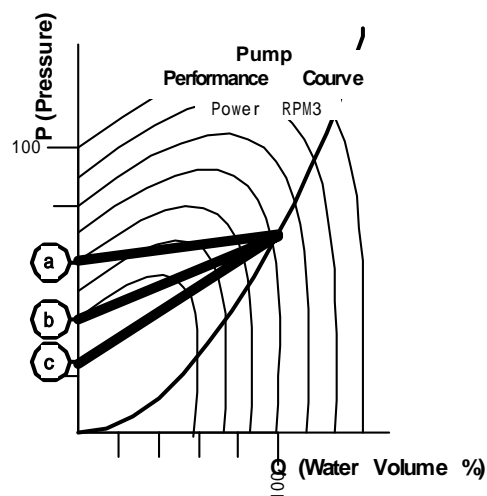
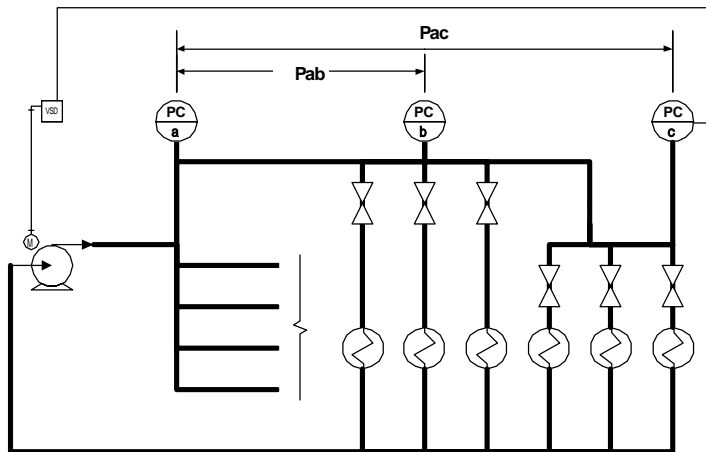


図 - 6 - 2 冷水ポンプのインバーター制御

1) 予測効果

a. 消費電力の低減

現状方式のバルブ制御における負荷率 60%の電力消費率： 90%

インバーター方式にした場合の負荷率 60%の電力消費率： 30%

$$\begin{aligned} \text{消費電力の低減} &= (5 \text{ kW} + 7.5 \text{ kW} + 11 \text{ kW}) \times (90\% - 30\%) \times 6552 \text{ h/y} \\ &= 92383.2 \text{ kWh/y} \end{aligned}$$

$$\text{電力料金の削減} = 92383.2 \text{ kWh/y} \times 0.122 \text{ S\$/kWh} = 11270.8 \text{ S\$/y}$$

b. 設備投資額

インバーター (3 台分)	350 千円
制御装置	750 千円
動力盤改造	?
設置工事費	200 千円
合計	1300 千円 (= 20000 S\$)

(5) トランス効率改善

2 MVA × 2 台のトランスにほぼ均等に負荷が分散しているとすると、その負荷率は負荷率：1808kVA ÷ 2 ÷ 2 MVA = 0.45 (45%) となり、効率は 97 ~ 98% である。負荷率が 40% を下回る場合には 1 台の停止を考慮すべきである。

1) 予測効果

負荷率が 35% 以下となり、効率が 1 % 低下したと仮定すると

年間電力消費量： 9800000 kWh/y

力率： 96%

平均電力コスト： 0.122 S\$/kWh

$$\text{消費電力の低減} = 9800000 \text{ kWh/y} \div 96\% \times 1\% = 102083 \text{ kWh/y}$$

$$\text{電力料金の削減} = 102083 \text{ kWh/y} \times 0.122 \text{ S\$/kWh} = 12454 \text{ S\$/y}$$

(6) 力率改善

2003 年 10 月の電気料金において無効電力料金が発生している。年間にすると大きな金額となり十分改善する意味がある。

$$\text{電力料金の削減} = 147386 \text{ S\$} \times 12 = 17686.32 \text{ S\$/y}$$

6 . 2 S C M への提言と期待効果

(1) 局所空調

製造室はおよそ 2500m² の面積と天井高さ 6.7m の大空間 (空間容積：16,750m³) である。その中で実際に原料等の粉体が露出するエリアは限定されている。この部分を囲い局所空調にすれば省エネ効果が期待できる。概念図を次に示す。

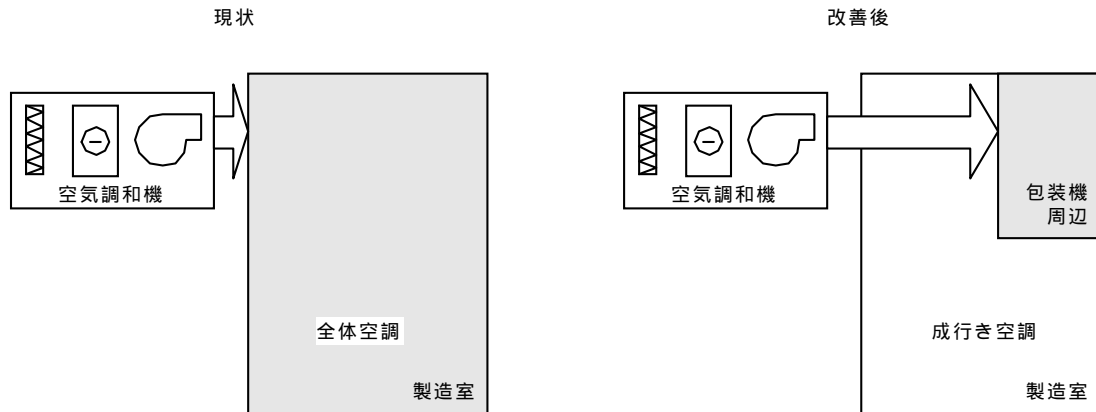


図 - 6 - 3 局所空調概念図

1) 局所空調エリアの推定と空調電力

a. 局所空調エリアの推定

床面積： 720m²

必要天井高さ： 4.5m

局所空調エリアの容積 = 720m² × 4.5m = 3240m³

b. 空調電力の推定

年間製造日数 260 日、製造時間 8 時間/d、として空調機の運転時間を推定した。

2 台運転（製造時）： 2 台稼働時間 = 260 日 × 8 時間/d = 2080h/y

1 台運転（製造休止時）： 1 台稼働時間 = 365 日 × 24 時間/d - 2080h = 7045h/y

負荷率を 70%、製造設備負荷は包装機および搬送設備であり空調負荷として大きな影響がないと仮定した。

現状空調電力 = (208kW × 2080h/y + 104kW × 7045h/y) × 70% = 815724kWh/y

局所空調電力 = 815724kWh/y × 3240m³ ÷ 16750m³ = 157788kWh/y

電力削減 = 815724kWh/y - 157788kWh/y = 657936kWh/y

2) 予測効果

上記計算のとおり、非常に大きな省エネ効果が期待できるが現状空調されている部分の対策やその他熱の浸入を考慮する必要があるので 50% の効果とすると

消費電力の低減 = 657936kWh/y × 50% = 328968kWh/y

電力料金の削減 = 328968kWh/y × 0.122S\$/kWh = 40134S\$/y

(2) 温度分布の均一化

現状のダクト吹出口にダンパーを設置し、個々の温度センサーによる制御を実施すれば温度分布の均一化が可能である。また、空気調和機のファンをインバーターによる回転数制御を実施するとさらに省エネルギーが期待できる（VAV コントロール）。概

念図を次に示す。

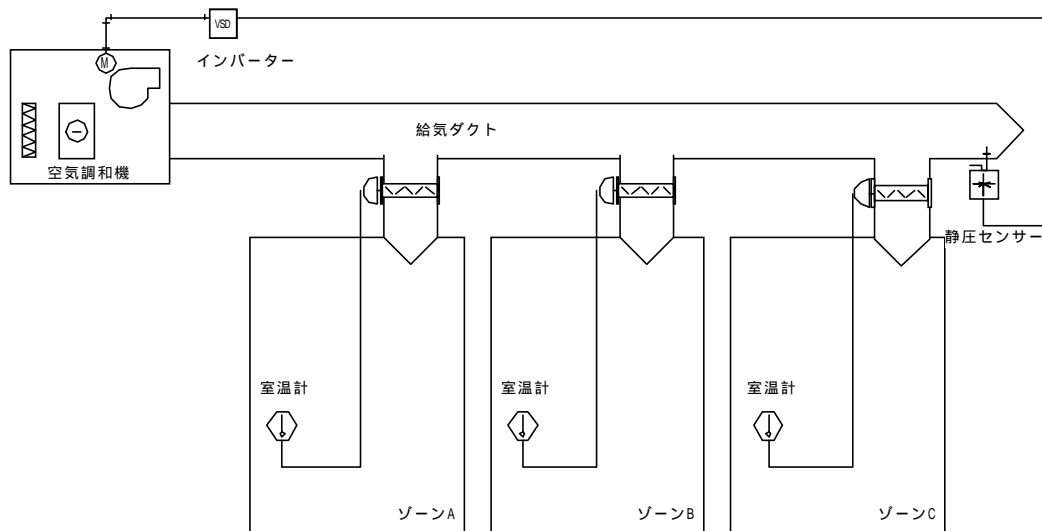


図 - 6 - 4 温度分布の均一化概念図

(3) 空気コンプレッサー運転の改善

30HP-50HP-50HP の 3 台による台数制御に変更計画中

(4) 照明の省エネ

照明設備は製造室の天井に設置されており、設備稼働時は通常全部点灯されている。
照明に消費される電力の把握と適切な照度基準の設定で省エネが図られる。

(5) トランス効率改善

受電設備容量 : $749\text{kW} \div 0.88 = 851\text{kVA}$ であるが、現在のトランスの負荷率は 20% 程度である。2 台あるトランスを 1 台運転 (1 台は予備) にすることで効率が約 1 % 向上する。電力消費量を 285000kWh、力率を 88% とすると、

$$\text{消費電量の低減} = 285000\text{kWh} \times 12\text{m/y} \div 88\% \times 1\% = 38864\text{kWh/y}$$

$$\text{電力料金の削減} = 38864\text{kWh/y} \times 0.122\text{S\$/kWh} = 4941\text{S\$/y}$$

(6) 力率改善

現地にて確認時には力率は 99% とのことであった。しかしながら、電力料金請求書から類推すると力率 88% となる。ただし、この無効電力に対する課金は計上されていない。(電力料金体系の確認が必要)

6.3 省エネルギー効果のまとめ

(1) C社の省エネルギー効果のまとめ

表 - 6 - 2 C社の省エネルギー効果

提言項目	予測効果	設備投資	備考
ボイラー圧力設定の見直し	19600S\$/y	不要	
配管の断熱強化、熱損失の防止	15130S\$/y	試算不能	予測は主配管のみで枝配管は更なる効果が期待できる。
真空濃縮器の改善	27422S\$/y	143000S\$	蒸気エジェクターを真空ポンプに変更する。
冷水ポンプのインバーター制御	11270S\$/y	20000S\$	
トランス効率改善	12454S\$/y	試算不能	
力率改善	17686S\$/y	試算不能	
合計	103562S\$/y		

(2) S C Mの省エネルギー効果のまとめ

表 - 6 - 3 S C Mの省エネルギー効果

提言項目	予測効果	設備投資	備考
局所空調	40134S\$/y	試算不能	
温度分布の均一化	試算不能	試算不能	
空気コンプレッサー運転の改善	実施中	実施中	
照明の省エネ	試算不能	試算不能	
トランス効率改善	4941S\$/y	試算不能	
力率改善	試算不能		

7. 省エネルギー推進のガイドラインと診断マニュアル

7. 1 製造プロセスの概要

食品工場の製造プロセスは

- ・ 製造アイテムが多い
- ・ 原料成分が変動する
- ・ 微生物管理

など、他の工業製品製造プロセスと比較して特殊な場合が多く、一般的にはバッチプロセスが採用されている。食品素材製造業（小麦粉、砂糖、油脂等）やビール醸造、飲料などの一部の食品製造業を除いてエネルギー管理に用いられる原単位の把握が難しく、同一製品の場合でも必ずしも同一プロセスで製造されるとは限らないため、同業他社の原単位の比較によるマクロ的な管理には適さないことが多い。その意味では工場、建物および製造ライン等のグループ毎の現状把握を行い、省エネポテンシャル、資金および人的資源から判断して工程毎の改善優先順位を設定して着実に向上を図る必要がある。改善目標は日々の記録データを分析することで決定されることとなる。次項に訪問工場の主要製品の製造プロセスを示す。

(1) C 社乳製品工場のプロセス

1) 練乳 (Sweeten Condensed Milk)

主なエネルギー消費工程は次のとおり

- a. 蒸気 真空濃縮器、パストライザー
- b. 電気 ホモゲナイザー
- c. 冷水 中間タンク冷却

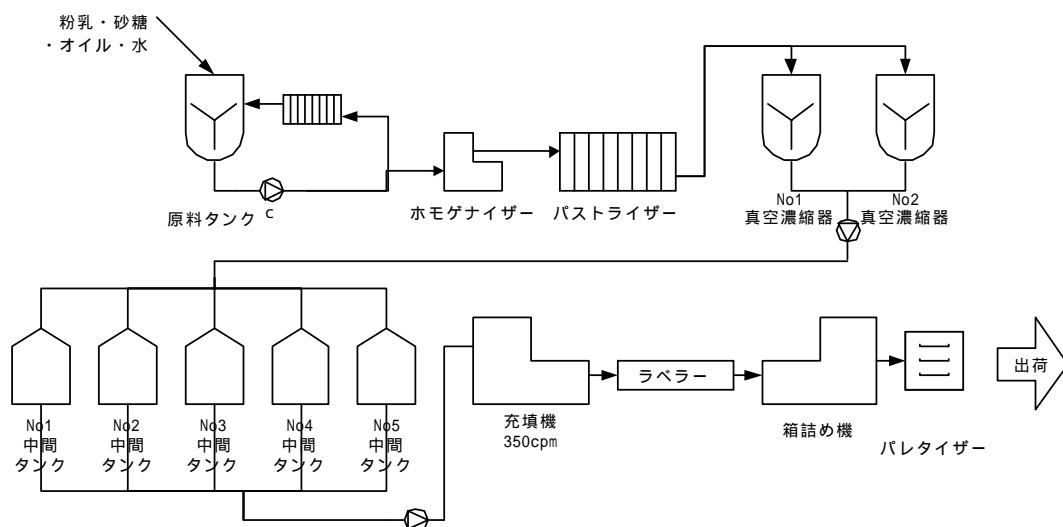


図 - 7 - 1 練乳 (Sweeten Condensed Milk) のプロセス

2) エバミルク (Evaporated Milk)

主なエネルギー消費工程は次のとおり

- a. 蒸気 パストライザー、回転式滅菌器
- b. 電気 ホモゲナイザー
- c. 冷水 冷却器、中間タンク冷却

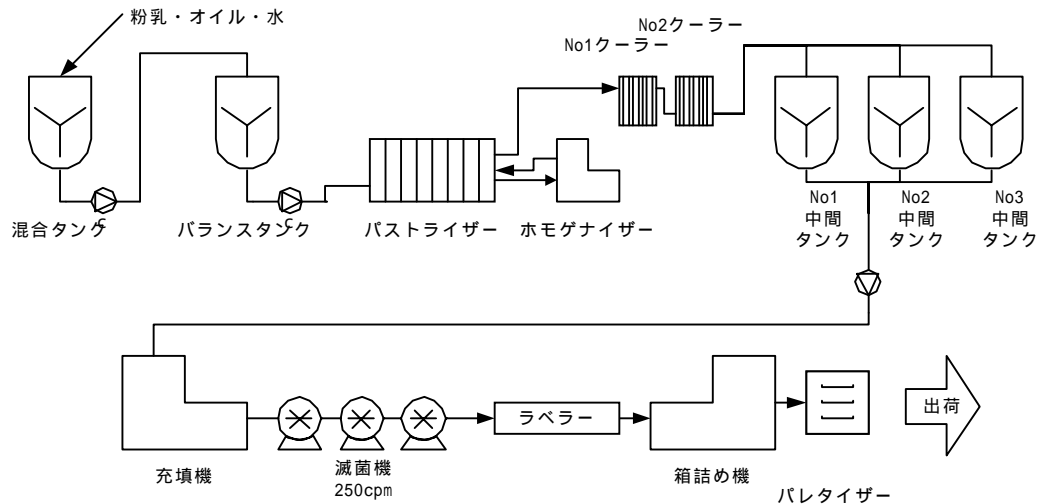


図 - 7 - 2 エバミルク (Evaporated Milk) のプロセス

3) 殺菌乳 (Pasteurized Milk)

主なエネルギー消費工程は次のとおり

- a. 蒸気 パストライザー、滅菌器
- b. 電気 ホモゲナイザー
- c. 冷水 滅菌器、中間タンク冷却、冷却器

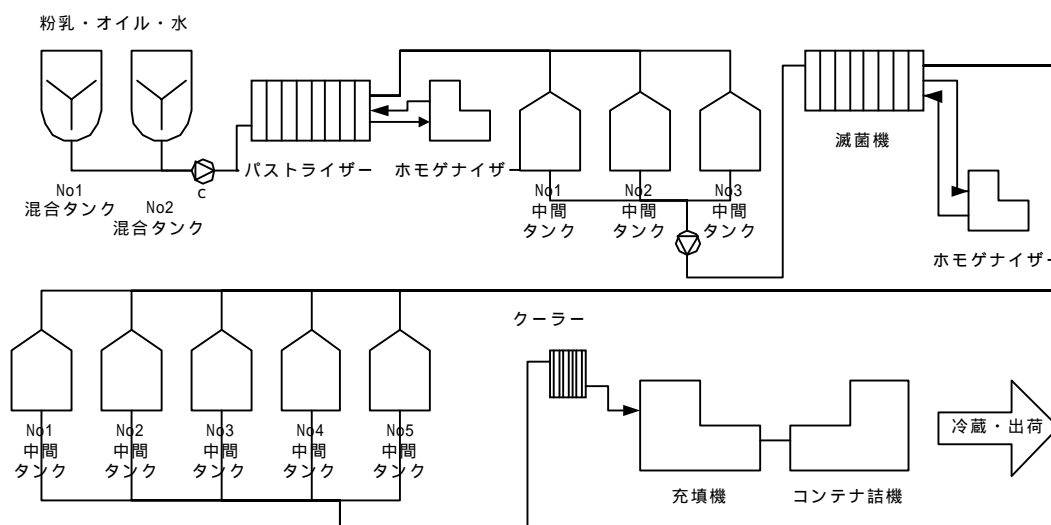


図 - 7 - 3 殺菌乳 (Pasteurized Milk) のプロセス

(2) SCMのプロセス

主なエネルギー消費工程は次のとおり

1) Coffee 混合・包装プロセス

a. 電気 空調設備、空気コンプレッサー

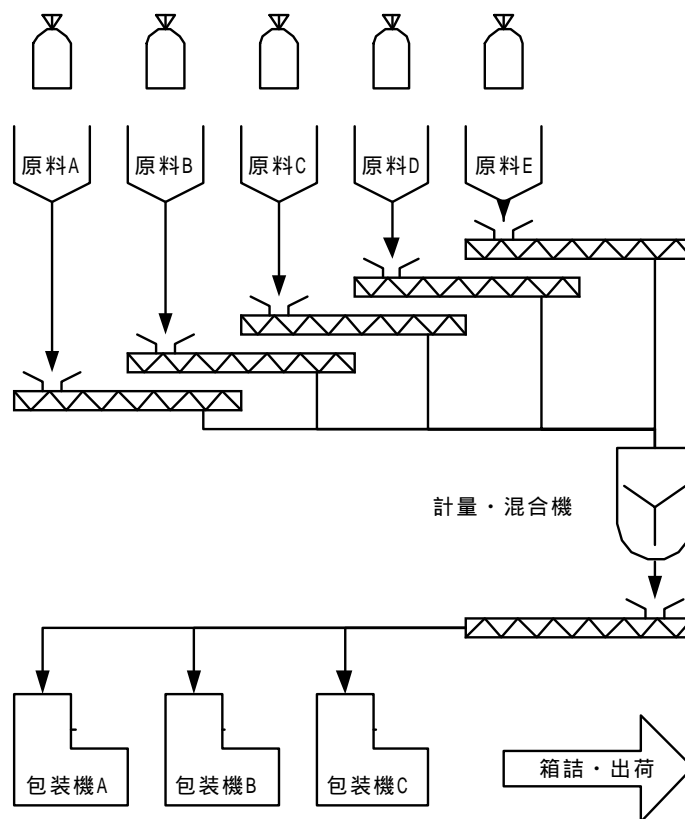


図 - 7 - 4 Coffee Mix のプロセス

7.2 省エネルギー推進のガイドラインと診断マニュアル

現地では、チェックリストによる問題点抽出および省エネルギー推進のガイドラインをスライドで説明した。ここではそのスライドから、必要箇所を抜き出し1つにまとめて添付資料として加えている。

別添資料

- 別添 - 1 工場エネルギー診断のチェック項目（現地プレゼンテーションスライドからの抜粋）
- 別添 - 2 省エネルギー推進のガイドライン（現地プレゼンテーションスライドからの抜粋）

**Check Items
at
Factory Energy Audit**

The Energy Conservation Center, Japan

Items to be Checked for Factory Energy Audits

1. General Management (1/2)

1. Energy management	<ul style="list-style-type: none">• Organization setup and personnel training• Consistency with environmental management• Energy conservation targets and investment budget• Mid-and-long term planning• Use of public preferential system• State of energy conservation implementation
2. State of measuring and recording	<ul style="list-style-type: none">• State of installation and use of measuring instruments• State of maintenance and checks for measuring instruments• Implementation of periodic measurements and recording
3. Maintenance and management of equipment	<ul style="list-style-type: none">• Periodic and daily checks• Repairing leaks (water, air and steam)• Thermal Insulation• Equipment cleaning (filters, strainers)
4. Energy consumption management	<ul style="list-style-type: none">• State of daily record keeping• Daily consumption volume and daily load curve• Monthly consumption volume and year- on- year comparative graphs

1. General Management (2/2)

5. Managing major products by energy intensity	<ul style="list-style-type: none"> • Energy intensity against shipping value • Energy intensity against production volume
6. Environment related management	<ul style="list-style-type: none"> • Prevention measures against global warming State of reduction measures against CO₂ emission • Utilization state of the energy conservation, recycle support law (energy conservation measures, promotion using recycle resources, measures against ozone layer destruction: introduction of freon-free type equipment, etc.) presence of project application, projected time • Using state of “LCA” (Life Cycle Assessment) (procurement production use disposal/recycle) • Disposal of wastes: measures for volume reduction, segmentation, resource recycling • Waste water treatment • LCA: Evaluation of effect on environment in an overall flow (materials procurement, production, uses, disposal and recycle)
7. Process improvement	<ul style="list-style-type: none"> • Operation improvement • Line reviews • Use of continuous production, higher efficiency, etc.

2. Air Conditioning and Cooling Systems (1/2)

1. Operation management	<ul style="list-style-type: none">• Optimization of setting temperature and moisture• Reduction in intake of outside air• Management of unit numbers in operation of heat source equipment• Change in temperature setting at cold water outlet• Operation on schedule• State of shutoff of outside air inflow and ventilation• Radiation heat insulation for high temperature equipment
2. Energy conservation measures	<ul style="list-style-type: none">• Enhancement of building insulation, shield against insolation• Use of outside air• Recovery of exhaust heat, heat pumps• Revolution control (VAV etc.)• Local cleaning, local exhaust ventilation• Reduction in air-conditioning volume• Use of ice thermal storage system

2. Air Conditioning and Cooling Systems (2/2)

3. Operation management for cooling equipment	<ul style="list-style-type: none">• Operating power of refrigerators• Inlet/outlet pressures of refrigerant• Inlet/outlet temperature and pressure of water
4. Operation management for auxiliary equipment	<ul style="list-style-type: none">• Operating power of cooling towers• Water quality control (Electric conductivity)• Pump operation power (water volume, lifting range)• Higher efficiency
5. Cold insulation/freezing equipment	<ul style="list-style-type: none">• In/out control• Thermal insulation control

3. Pumps, fans, compressors, co-generations, etc.

1. Operation management for pumps and fans	<ul style="list-style-type: none">• State of valve opening/closing• Route modification (piping and ducts)• Flow-rate and operating pressure• Design margin check• Control of revolution and number of units in operation
2. Operation management for compressor systems	<ul style="list-style-type: none">• Type review (screw/reciprocal/ blower)• Capacity and model matching• Reducing discharge pressure and final working pressure• Dividing high/low pressure lines• Ventilating systems and surrounding temperature• Review of piping size and route• Air receiver installation• Number control of units in operation• Capacity optimization control• Countermeasures to leakage• Use of waste heat

4. Boilers, Industrial Furnaces, Steam Systems, Heat Exchangers, Waste Heat, Waste Water, etc. (1/2)

1. Managing boiler/furnace combustion	<ul style="list-style-type: none">• Managing air ratio and exhaust gas• Burner, fuel and draft systems• Automatic combustion control system• Regenerative combustion system• Fuel conversion
2. Boiler/Furnace operation & efficiency management	<ul style="list-style-type: none">• Load factor & state of starting/stopping• Controlling number of units in operation• Heat efficiency, heat balance, heat distribution• Water quality and blow management
3. Boiler/Furnace insulation and radiating heat prevention	<ul style="list-style-type: none">• Furnace wall and duct temperature• Insulation and insulation materials (thermal storage loss)• Seals on openings and furnace internal pressure
4. Boiler/Furnace exhaust gas temperature management and waste heat recovery	<ul style="list-style-type: none">• Exhaust gas temperature• Heat recovery (Feed water and air pre-heat)• Exhaust gas circulation
5. Operation management for steam	<ul style="list-style-type: none">• Dryness and carry-over• System setting in steam pressure and temperature• Steam flow-rate

4. Boilers, Industrial Furnaces, Steam Systems, Heat Exchangers, Waste Heat, Waste Water, etc. (2/2)

6. Managing steam leaks and thermal insulation	<ul style="list-style-type: none">• Piping system, tanks, etc.• Load side equipment
7. Optimizing steam piping systems	<ul style="list-style-type: none">• Route and piping size• Eliminating unneeded pipes• Integrating multiple steam lines
8. Load leveling in steam system	<ul style="list-style-type: none">• Accumulator installation• Modification from steam ejector to vacuum pump• Measures for load side
9. Recovery and use of steam drainage	<ul style="list-style-type: none">• Steam pressure recovery (back pressure turbine)• Steam trap management• Drainage recovery point and system
10. Operation management for heat exchangers	<ul style="list-style-type: none">• Model adequacy• Adequacy of use and heating medium• State of system maintenance (fouling and pressure loss)• Temperature of heating medium and materials heated
11. Reducing waste heat and waste water	<ul style="list-style-type: none">• Recovery heat from hot water• Streamlining waste air ducts• Circulating cooling water for reuse• Managing impurity concentration in water

5. Power Receiving/Transforming Equipment, Motors, Lighting and Electric Heating Systems (1/2)

1. Power receiving equipment management	<ul style="list-style-type: none"> • Managing demand, load factor and power factor • Managing consumption • Charges management (contracted power) • Use of nighttime power
2. Substation facilities management	<ul style="list-style-type: none"> • Transformer capacity and voltage • Demand factor and load adjustment • Unneeded loads shutoff
3. Motor capacity and operation management	<ul style="list-style-type: none"> • Equipment capacity, voltage, number of units in use • Revolution control • Non-load operation stop
4. Operation management of lighting systems	<ul style="list-style-type: none"> • Use of high efficiency lamps and fixtures • Use of automatic flashing and localized lighting • Light installation location and divided circuitry • Proper illumination management • Turn off lights when unnecessary and use daylight • Cleaning or changing lighting fixtures
5. Operation management of electric heating systems	<ul style="list-style-type: none"> • Improvements in supply voltage and power factor • Material preheating at product in/out • Temperature and heating management • Insulation management • Load factor improvement • Continuous operation • Reuse of exhaust heat

5. Power Receiving/Transforming Equipment, Motors, Lighting and Electric Heating Systems (2/2)

6. Load leveling measures	<ul style="list-style-type: none"> • Reviewing operating pattern (operating time, operation rate, load factor, etc.) • Adaptation with proper equipment (accumulator, absorbing type cold/hot water equipment)
7. Electric power adjusting contracts, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Charges management (use of nighttime electricity) <ul style="list-style-type: none"> - Heat storing contract - Contracts in accordance with seasons and time zones - Peak time adjusting contract
8. Co-generation introducing plans	<ul style="list-style-type: none"> • Equipment type, capacity, fuels • Seasonal load fluctuation • Using rate, heat/electricity ratio • Checks, spare powers, measures against pollution
9. New energies etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Fuel cell • Photovoltaic generation • Solar heat

The Present Conditions of Food Industries in Japan

The Energy Conservation Center, Japan

Summary of Main Findings of “Walk Through” Audit

Energy management

- **To establish good energy management**
- **To use of monitoring and targeting methodology**

Steam System

- **To strengthen insulation on piping and valves**
- **To stop steam leakage**
- **To reduce steam pressure**
- **To study the use of waste condensate**
- **To check and maintain steam traps**

Power Receiving and Transformer

- **To check power factor and load of transformer**
- **To record and check the power consumption**

Fans and Pumps

- **To study on adoption of inverters for Fans and Pumps**

Summary of Main Findings of “Walk Through” Audit

Refrigeration

- **To study of enhanced utilization of ice storage**
- **To reexamine the set temperature of cold room**

Compressed air

- **To check air leakage**

Lighting

- **To study the appropriate luminance at the separated zone**

Voluntary Action Plans for EE&C of Japan Dairy Products Association

Type of business	Target for battle against global warming	Countermeasures
Dairy products [Japan Dairy Products Association]	Energy intensity should be cut down 0.5% of 1997 per annual rate of 5 years average between 1998 and 2002, and 1.0% of 1997 shall be cut down from 2003 to 2010. (Actual achievement was +1.3% in 1998.)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regroup / integration of dairy factories beyond individual corporate frameworks, regroup of transportation method of milk and dairy products 2. Introduction of energy saving equipment like boiler/co-generation, saving of energy in refrigerator, de-CFC 3. Reduction of product defective fraction and product scrap, etc. by quality and distribution management 4. Review of frequency and a small amount of deliveries etc.

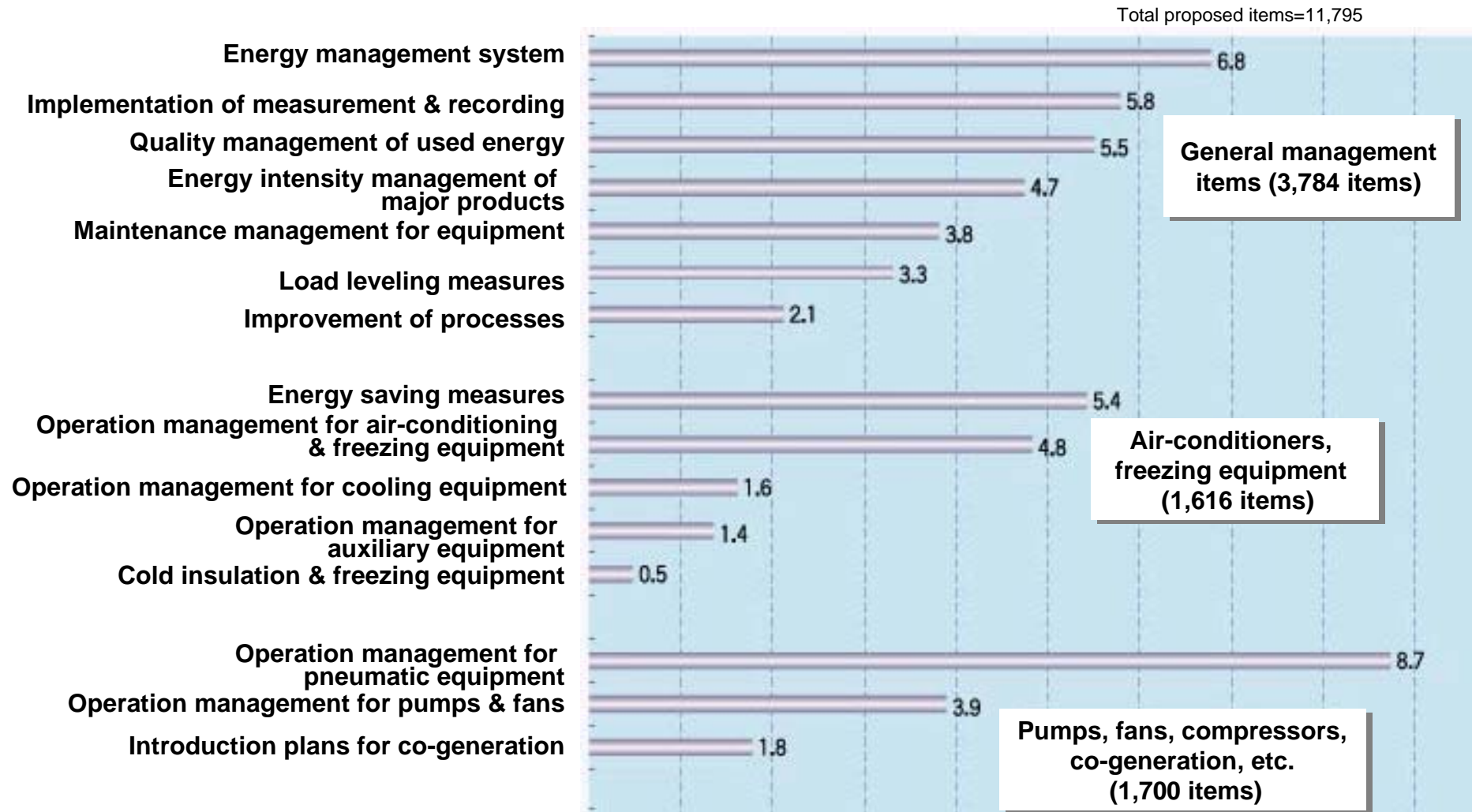
Energy Intensity of Food Processing Factories (1/2)

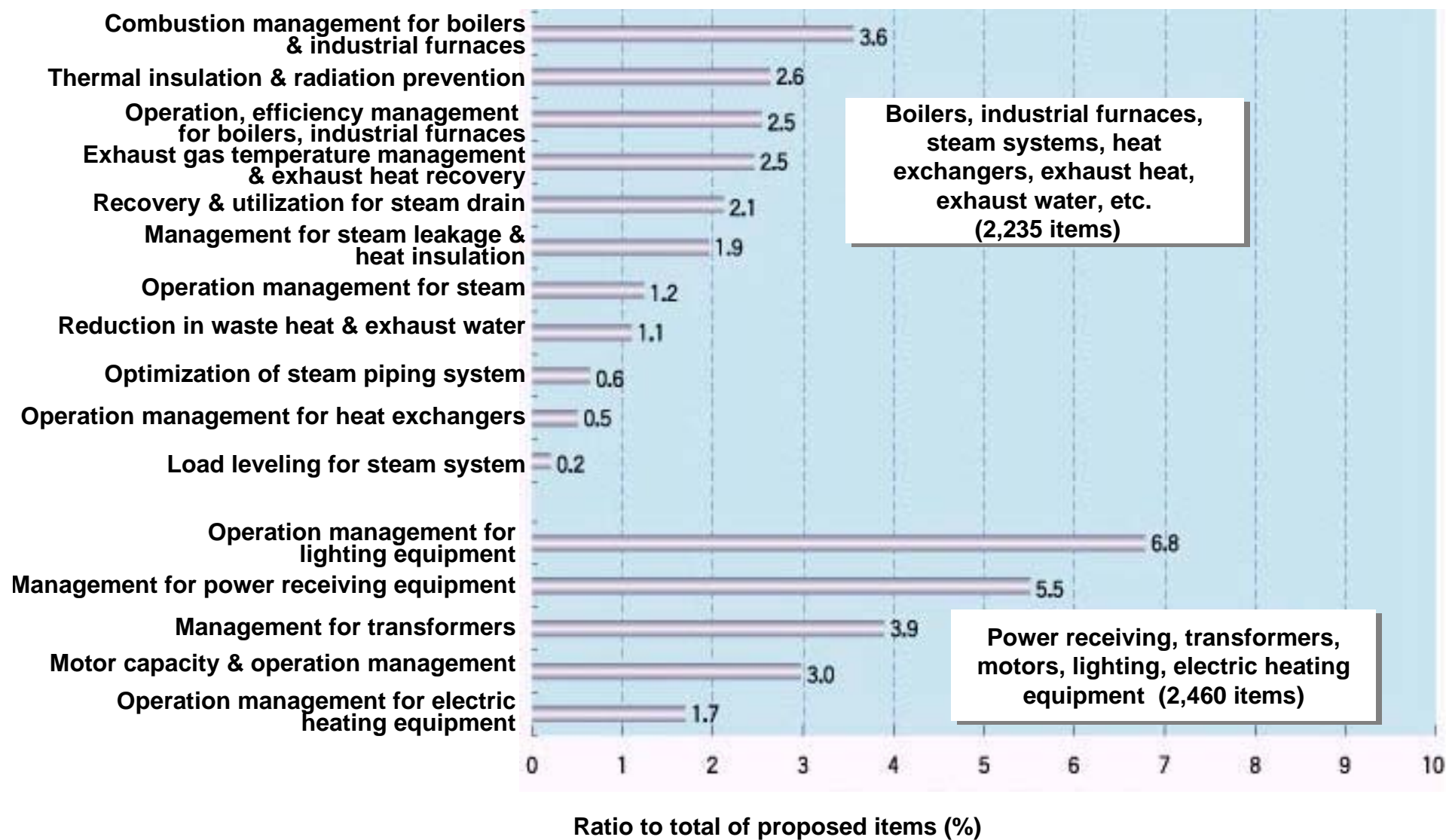
Type of industry		Beer brewing					
Plant name	Unit	All over plant			Kobe plant		
Fiscal year		1,999	2,000	2,001	1,999	2,000	2,001
Production	kl/y	2,857,000	2,737,000	2,580,000			
Electricity consumption	mWh/y	410,000	386,000	359,000			
Fuel consumption	ml/y	117,000	107,000	101,000			
Steam consumption							
Electricity intensity	kWh/kl	143	141	139	113	100	95
Fuel intensity	l/kl	41.1	39.1	39.2			
Steam intensity	t/kl				0.26	0.26	0.26
Type of industry		Beverage (Soft drink)					
Plant name	Unit	Kashiwa plant			Akashi plant		
Fiscal year		2,000	2,001	2,002	2,000	2,001	2,002
Production	kl/y	117,607	118,725	104,183	229,234	217,497	207,667
Electricity consumption	kWh/y	1,785,611	1,901,395	1,913,723	5,495,589	5,734,760	5,708,868
Fuel consumption	l/y	2,293,136	2,442,520	2,643,038	5,414,044	5,876,083	5,295,269
Steam consumption							
Electricity intensity	kWh/kl	15.18	16.02	18.37	23.97	26.37	27.49
Fuel intensity	l/kl	19.50	20.57	25.37	23.62	27.02	25.50
Steam intensity							

Energy Intensity of Food Processing Factories (2/2)

Type of industry		Dairy products					
Plant name	Unit	Sapporo	Atsugi	Noda	Nagoya	Fukuoka	Yokohama
Fiscal year		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Production	t/y	74,451	81,279	74,829	70,791	60,559	24,203
Electricity consumption	mWh/y	10,993	20,814	14,974	13,253	13,308	10,418
Fuel consumption	kl/y	2,490	3,297	1,307	1,620	1,545	1,057
Steam consumption							
Electricity intensity	kWh/t	147.7	256.1	200.1	187.2	219.8	430.4
Fuel intensity	l/tn	33.44	40.56	17.47	22.88	25.51	43.67
Steam intensity							
Type of industry		Meat processing					
Plant name	Unit	All over plant					
Fiscal year		2,000	2,001	2,002			
Production	t/y	132,000	135,000	149,000			
Electricity consumption	mWh/y	157,081	154,470	161,990			
Fuel consumption	kl/y	19,599	20,228	26,385			
Steam consumption							
Electricity intensity	kWh/t	1,188	1,146	1,087			
Fuel intensity	l/t	148	150	177			
Steam intensity							

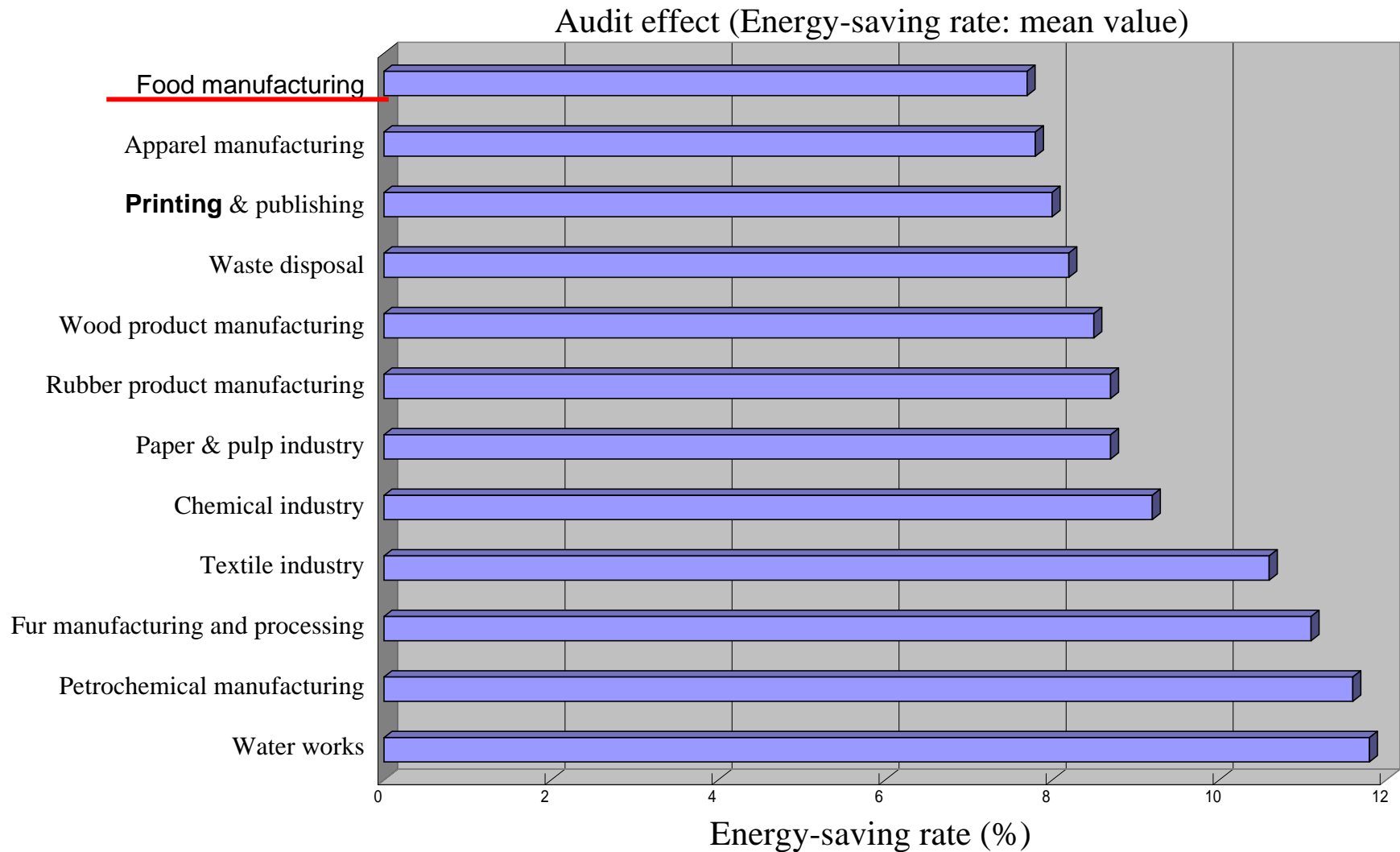
Improvement Items Proposed by Professional Auditors



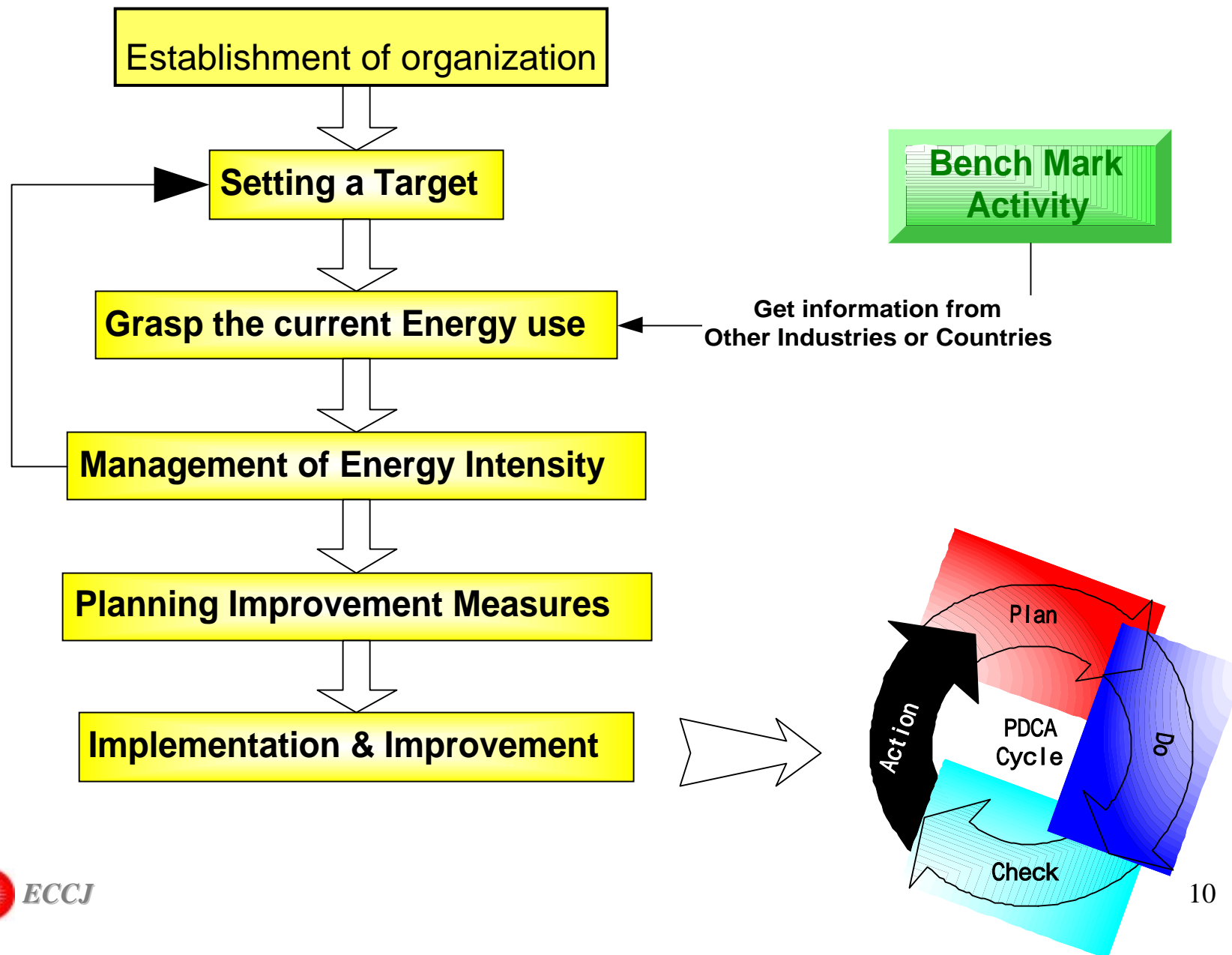


Audit Result

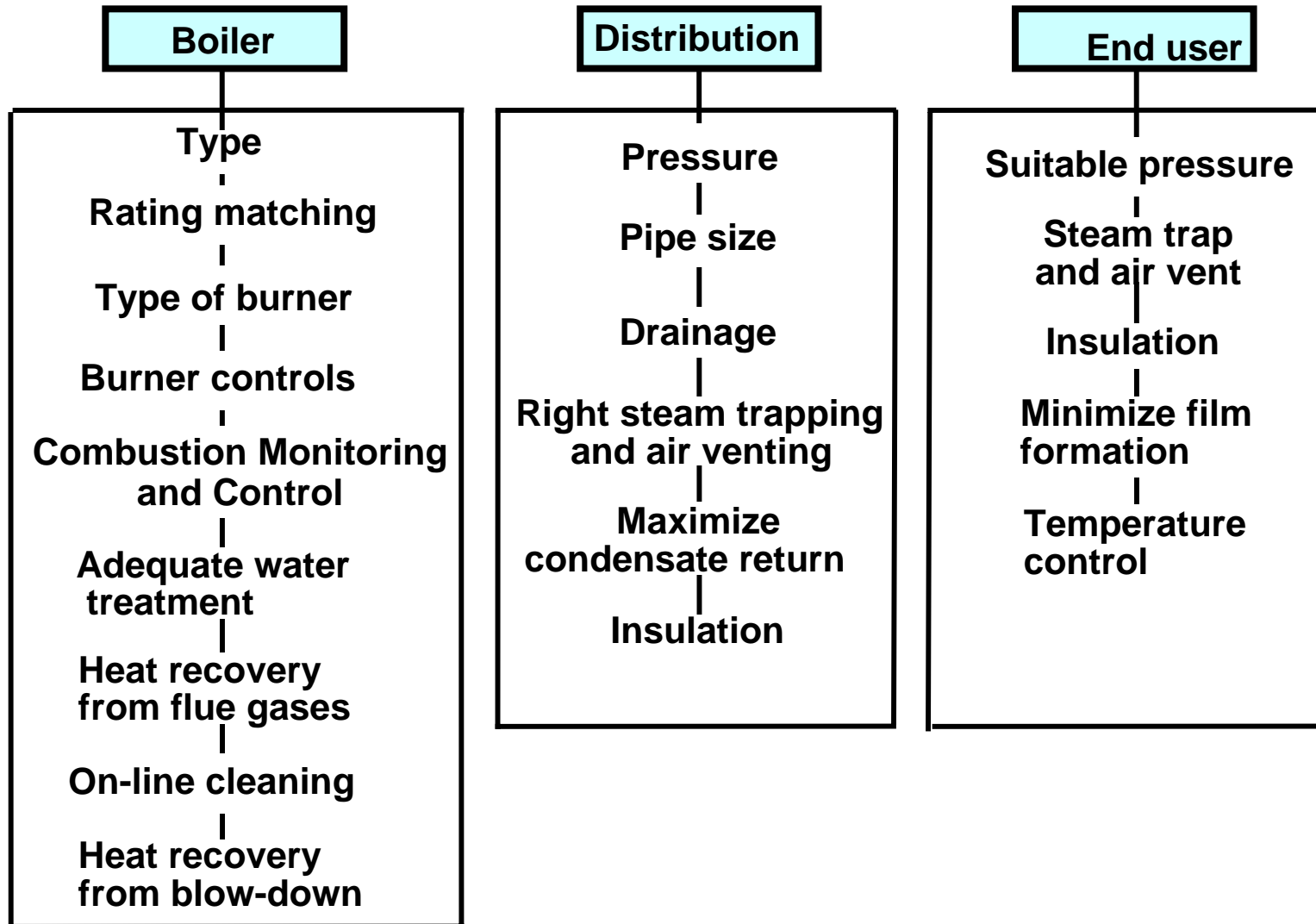
(Average energy-saving rate by industrial Sector)



Flow Chart of Energy Management



Energy Efficiency Improvement in **Steam**



Recommendation for Steam System

Boiler

- **Measurement of Boiler Efficiency**

Boiler efficiency is calculated from the amount of steam generating, and fuel consumption.

When the amount of direct steam generating cannot be measured, it judges from the amount of water supply.

- **Optimum Air Ratio = $0.21/(0.21 - O_2)$**

O₂: Measured by Handy Type Oxygen Analyzer

- **To Minimize Supply Steam Pressure**

Minimum pressure to satisfy process temperature

- **To Reduce Heat Loss from Boiler Parts**



Valves, piping, water level gage, etc

Recommendation for Steam System

Steam Distribution

- **Minimize Leakage**

If there is one 2mm hole on 5kg/ cm² steam piping, the amount of steam leakage will go up to 8kg/hr.

- **Maximize Condensate Return**

- **Improve Insulation Piping and Fittings**

Piping Size		25A		80A		100A	
		Pipe	Valve	Pipe	Valve	Pipe	Valve
Heat Loss from Bare portion	kcal/h/m	225	272	550	825	700	1,100
Thickness of Insulation	mm	50	50	50	50	50	50
Heat Loss after Insulation	kcal/h/m	35	42	60	90	75	115
Reduced Heat Loss	kcal/h/m	190	230	490	735	625	985

Air/Fuel Ratio for Boilers

Standard Air/Fuel Ratio
Target Air/Fuel Ratio

(-)

Category			Load factor (Unit: %)	Solid Fuel		Liquid Fuel	Gas Fuel	Byproduct Gas such as Blast Furnace Gas
				Fixed Bed	Fluidized Bed			
Electric Power Industry Use			75~100	- -	- -	1.05~1.2 1.05~1.1	1.05~1.1 1.05~1.1	1.2 1.15~1.2
Others	Amount of Evaporation	>= 30t/h	50~100	1.3~1.45 1.2~1.3	1.2~1.45 1.2~1.25	1.1~1.25 1.05~1.15	1.1~1.2 1.05~1.15	1.2~1.3 1.2~1.3
		30t/h > >=10t/h	50~100	1.3~1.45 1.2~1.3	1.2~1.45 1.2~1.25	1.15~1.3 1.15~1.25	1.15~1.3 1.15~1.25	- -
		10t/h > >=5t/h	50~100	- -	- -	1.2~1.3 1.15~1.3	1.2~1.3 1.15~1.25	- -
		5t/h >	50~100	- -	- -	1.2~1.3 1.15~1.3	1.2~1.3 1.15~1.25	- -

Waste Gas Temperature for Boilers

Standard Air/Fuel Ratio
Target Air/Fuel Ratio

()

Category			Load factor (Unit: %)	Solid Fuel		Liquid Fuel	Gas Fuel	Byproduct Gas such as Blast Furnace Gas
				Fixed Bed	Fluidized Bed			
Electric Power Industry Use			75~100	- -	- -	145 135	110 110	200 190
Others	Amount of Evaporation	>= 30t/h	50~100	200 180	200 170	200 160	170 140	200 190
		30t/h > >=10t/h	50~100	200 180	200 170	200 160	170 140	- -
		10t/h > >=5t/h	50~100	- -	- 300	200 180	200 160	- -
		5t/h >	50~100	- -	- 320	250 200	220 180	- -

Equipment for which the Power Factor should be Improved

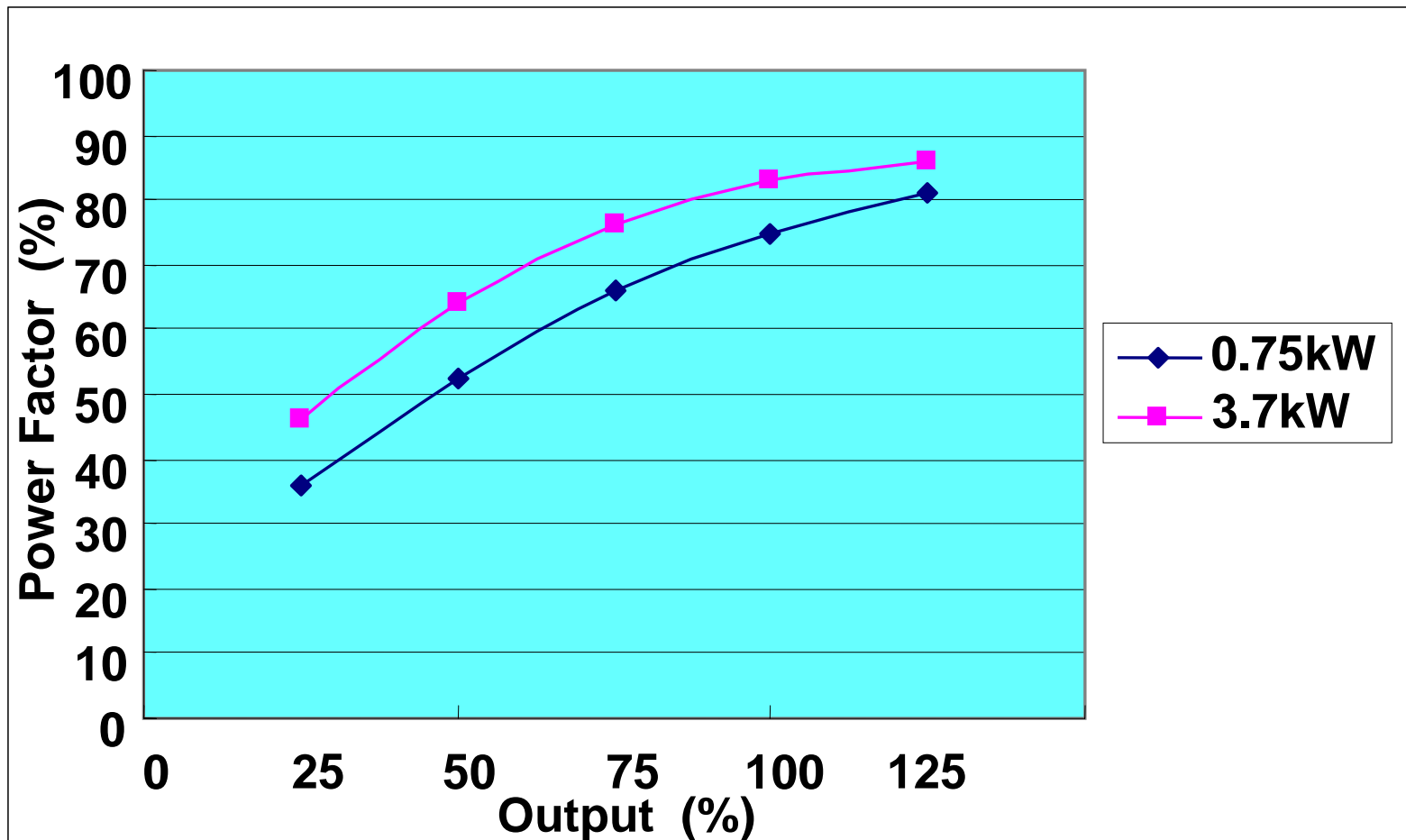
Equipment Name	Capacity (Units: kW)
Cage-Type Induction Motor	75
Coil-Type Induction Motor	100
Induction Furnace	50
Vacuum Melting Furnace	50
Induction Heating Equipment	50
Arc Furnace	---
Flash-Bat Welder (excluding portable types)	10
Arc Welder (excluding portable types)	10
Rectifier	10,000

Target Efficiencies for High-efficiency, Totally Enclosed Type Electric Motor (0.2 – 37kW)

Output (kW)	Standard Efficiency at Full Load (%)					
	2 Poles		4 Poles		6 Poles	
	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz
0.2	73.8	75.3	72.6	75.4	-	-
0.4	78	79.4	77.5	80	74.6	78
0.75	81.8	82.4	81.4	83.2	80	82
1.5	84.4	84.8	84.4	85.8	83.5	85
2.2	86.5	86.3	86.6	87.6	85.8	86.8
3.7	88	87.8	88.4	89.2	87.4	88
5.5	89.3	89	89.8	90.3	88.8	89.3
7.5	90.4	90	90.8	91	89.8	90.3
11	91.2	90.8	91.6	91.8	90.8	91.2
15	91.8	91.5	92.2	92.2	91.6	91.8
18.5	92.4	92	92.6	92.6	92.2	92.4
22	92.9	92.3	93	92.8	92.7	92.8
30	93.3	92.6	93.3	93	93	93
37	93.5	92.8	93.5	93.2	-	-



Power Factor of Induction Motor

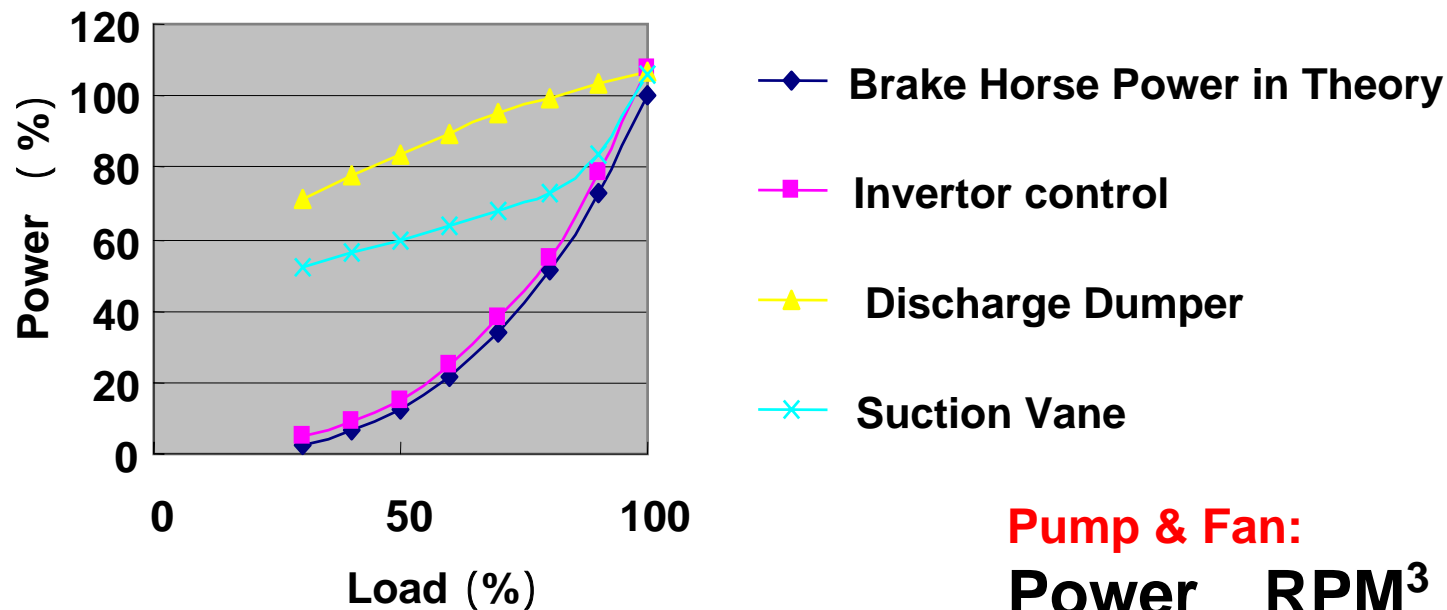


Refrigeration

- **Chilled Water Pump Control**

Inverter control is good for continuous running machine

Power Consumption Rate of Fan or Pump



Compressed Air System

- **Compressor Selection:**

Type: Small size = Reciprocal type

Medium size = Screw type

Large size = Turbo type

Selection: Lubrication or oil-less,
Number of compression stage,
Level of vibration and noise,
Capacity and Control method

- **Control of number of compressors in operation:**

High compressor efficiency is kept during partial load

- **The first to start is saving on the process side.**

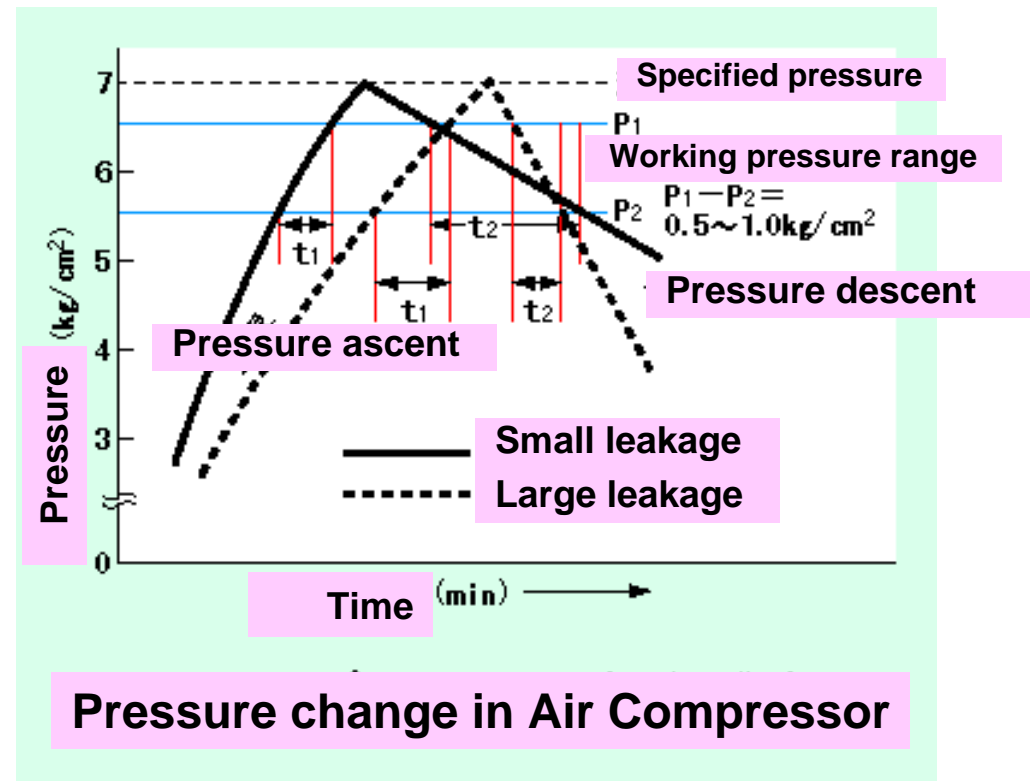
- Control optimum air pressure, reduce leakage & blow-off.

To check air leakage

- To check air leakage

L: Air leakage per cent

$$L = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \times 100(\%)$$



Lighting

The electric power for lighting can be reduced about 50% by the saved type lighting system of energy

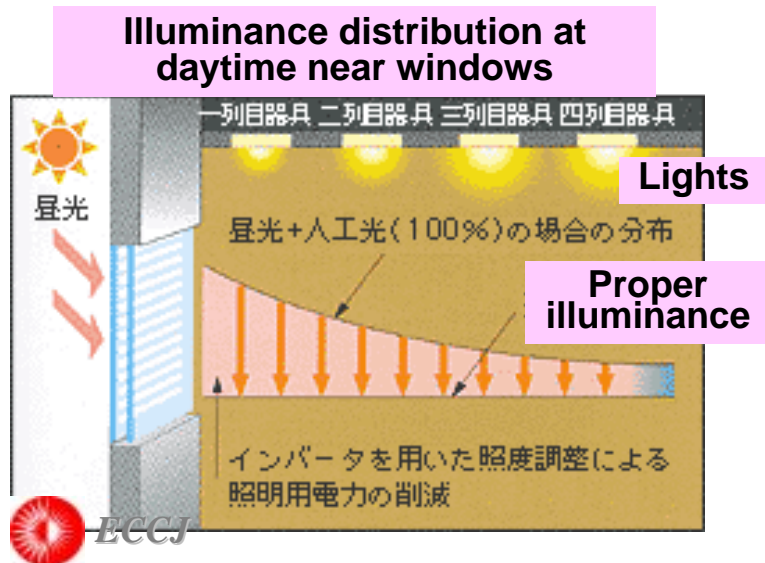
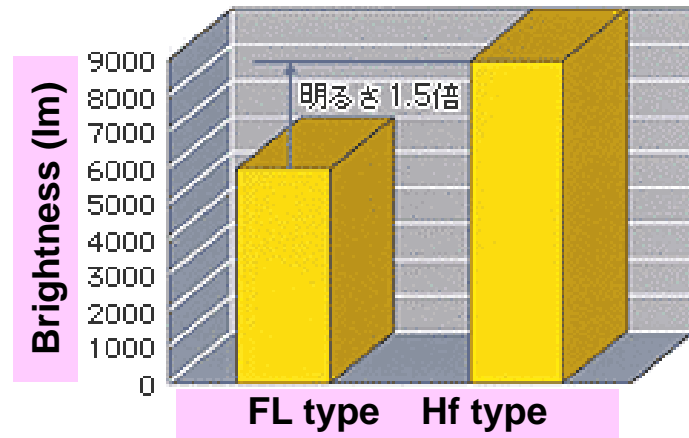
High efficient lamp

+

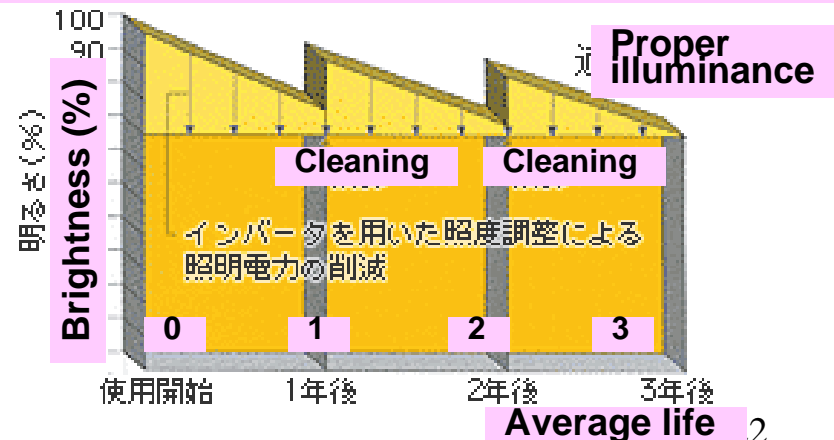
Lighting management using day light

+

Proper illumination maintenance system

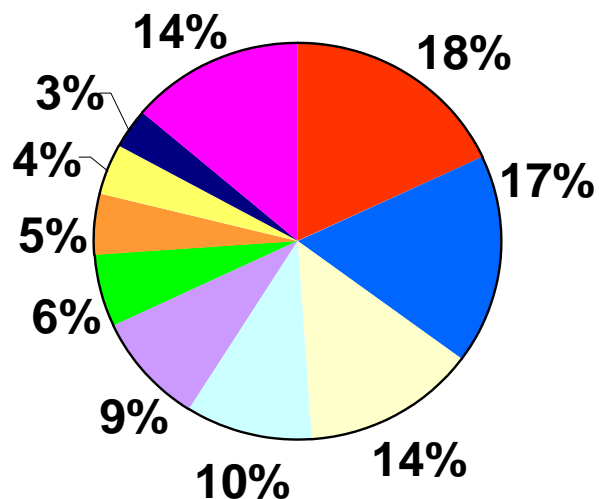


Brightness change of lighting fixture by time

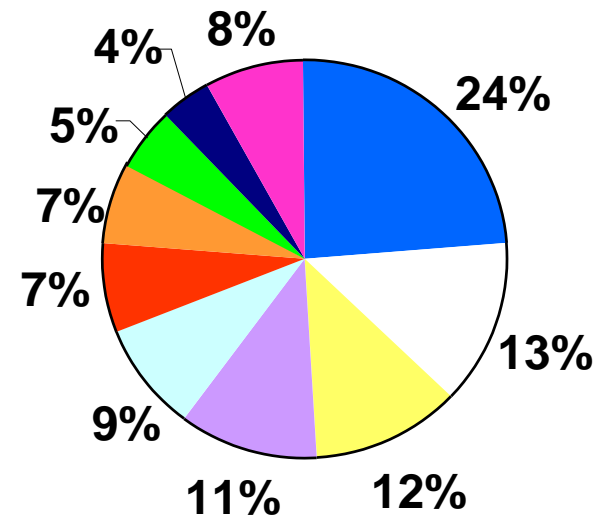


Installation Record of Industrial Co-generation (Up until March, 2003)

**Installation Percentage
by Industrial Sector
(Total installations =1,600)**



**Power Generation Percentage
by Industrial Sector
(Total Generation =5.074MW)**



本報告書の内容を公表する際はあらかじめ独立行政法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）国際事業部
の許可を受けて下さい。

電話 044（520）5190

Fax 044（520）5193