

国際エネルギー使用合理化等対策事業
国際エネルギー使用合理化基盤整備事業

「ASEAN諸国における主要産業の
省エネルギー推進事業」

成 果 報 告 書

平成 19 年 3 月

財団法人省エネルギーセンター

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くなった。

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。

このような状況下において、2000～2003年度のASEAN 10カ国を対象とする各国1業種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の実施成果に基づき、2004年度からエネルギー診断や改善策の実施と普及基盤の強化を目指す新たな段階に移行した。2006度も昨年に引き続き同事業を展開した。

このための有効な手段として Technical Directory の作成と業種毎のデータベース・ベンチマーク・ガイドライン作りを継続した。

一方、実施と普及の基盤を強化する活動として、過去にエネルギー診断を実施した工場で推奨された改善策の実施状況を調査するフォローアップ調査とエネルギー診断技術の移転を確実にするための簡易エネルギー診断を新たな工場で実施した。今年度はラオスでセメント、タイで鉄鋼、およびミャンマーでセメント・石油精製工場を対象とした。加えて、各国でセミナー・ワークショップを開催しホスト国以外の異業種からも政府・工場関係者を招待し、省エネルギー実施成功事例を発表してもらうことでASEAN域内の情報共有を図り、普及活動の基軸とした。なお、セミナー・ワークショップでは Technical Directory と、データベース策定に関する構想と策定方針も協議され、一部であるが具体例も披露された。

三年度目の活動実施の結果、上記の目標に向かって着実に省エネルギー推進活動の基盤が醸成されつつあり、大変有意義であったと確信する。

本プロジェクトがASEAN各国の産業部門の省エネルギー・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19年3月

財団法人 省エネルギーセンター

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くなった。

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。

このような状況下において、2000～2003年度のASEAN 10カ国を対象とする各国1業種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の実施成果に基づき、2004年度からエネルギー診断や改善策の実施と普及基盤の強化を目指す新たな段階に移行した。2006度も昨年に引き続き同事業を展開した。

このための有効な手段として Technical Directory の作成と業種毎のデータベース・ベンチマーク・ガイドライン作りを継続した。

一方、実施と普及の基盤を強化する活動として、過去にエネルギー診断を実施した工場で推奨された改善策の実施状況を調査するフォローアップ調査とエネルギー診断技術の移転を確実にするための簡易エネルギー診断を新たな工場で実施した。今年度はラオスでセメント、タイで鉄鋼、およびミャンマーでセメント・石油精製工場を対象とした。加えて、各国でセミナー・ワークショップを開催しホスト国以外の異業種からも政府・工場関係者を招待し、省エネルギー実施成功事例を発表してもらうことでASEAN域内の情報共有を図り、普及活動の基軸とした。なお、セミナー・ワークショップでは Technical Directory と、データベース策定に関する構想と策定方針も協議され、一部であるが具体例も披露された。

三年度目の活動実施の結果、上記の目標に向かって着実に省エネルギー推進活動の基盤が醸成されつつあり、大変有意義であったと確信する。

本プロジェクトがASEAN各国の産業部門の省エネルギー・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19年3月

財団法人 省エネルギーセンター

目次

まえがき

目次

短略表示

概要

・ 事業の目的および経緯.....	- 1
・ ラオス（セメント産業）	- 1
1. 活動概要.....	- 1
2. Lao Cement 社セメント工場省エネルギー調査.....	- 3
2.1 Lao Cement 社セメント工場の概要.....	- 3
2.2 セメント製造設備の概要.....	- 4
2.3 セメント工場エネルギー簡易診断.....	- 5
3. セミナー・ワークショップ.....	- 11
3.1 概要.....	- 11
3.2 セミナー・ワークショップ結果.....	- 12
4. 添付資料.....	- 17
・ タイ（鉄鋼産業）	- 1
1. 活動概要.....	- 1
2. Bangkok Steel 社製鉄工場省エネルギー調査.....	- 3
2.1 Bangkok Steel 社製鉄工場の概要.....	- 3
2.2 製鉄工場設備の概要.....	- 4
2.3 製鉄工場エネルギー簡易診断.....	- 6
3. セミナー・ワークショップ.....	-26
3.1 概要.....	-26
3.2 セミナー・ワークショップ結果.....	-27
4. 添付資料.....	-30
・ ミャンマー（セメント産業、石油精製産業）	- 1
1. 活動概要.....	- 1
2. Myanmar Ceramic 社セメント工場省エネルギー調査.....	- 3

2.1 Myanmar Ceramic 社セメント工場の概要	- 3
2.2 セメント製造設備の概要	- 4
2.3 セメント工場エネルギー簡易診断	- 7
3. Thanlyin 製油所フォローアップ調査	- 24
3.1 Thanlyin 製油所の概要	- 24
3.2 製油所精製設備の概要	- 25
3.3 製油所フォローアップ調査	- 26
4. セミナー・ワークショップ	-31
4.1 概要	-31
4.2 セミナー・ワークショップ結果	-32
5. 添付資料	-35
. アセアンとしての取り組みについて	- 1
1. 総括ワークショップ概要	- 1
2. 主要産業に関する総括ワークショップ	- 3
2.1 2006 年度の主要産業省エネルギー活動に関する ECCJ からの報告	- 3
2.2 ASEAN 諸国における省エネルギー活動状況	- 5
2.3 2006 年度実施 3 カ国からの報告概要	- 9
2.4 2007 年度 PROMEEC 活動計画	- 9
3. ポストワークショップ	-11
3.1 TD (Technical Directory) 構築の進捗状況	-11
3.2 DB/BM/GL 構築の進捗状況	-11
4. 添付資料	-12

本文で使っている短略表示 (Abbreviation) は次の通りである。

EE&C Energy Efficiency and Conservation

TD Technical Directory

DB/BM/GL Database / Benchmark / Guideline

ACE ASEAN Center for Energy

METI Ministry of Economy, Trade and Industry

ECCJ The Energy Conservation Center, Japan

Lao PDR

MIME Ministry of Industry, Mines and Energy

EE&S Office Energy Efficiency and Standard Office

Thailand

DOE Department of Energy

DODE Department of Alternative Energy Development and Efficiency

BSI Bangkok Steel Industry Public Co., Ltd.

Myanmar

MOE Ministry of Energy

EPD Energy Planning Department

MOI2 Ministry of Industry No.2 (No.2: Heavy Industry)

Malaysia

PTM Pusat Tenaga Malaysia (Malaysia 省エネルギーセンター)

概要

ASEAN 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7年目に入り、カウンターパートとなる ACE はじめ ASEAN 諸国関係者の活動も益々充実かつ定着し、最近の原油価格高騰に伴うエネルギー価格の上昇や 2005年2月16日の京都議定書発効を背景に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ていている。

今年度は第2段階に取り組み始めて3年目の年として、過去4年間のフェーズ1プロジェクト活動の成果を集約し、より一層の自助努力によるこれまでの成果の実施・普及に向けた年と位置付けられた。即ち、第2段階では、これまでの4年間で全ての ASEAN 諸国での10業種における工場でのエネルギー診断を実施した実績と成果に基づき、過去に各国で討議・提言された改善策を中心とする実際の改善を実施・普及するための基盤確立を目指すこととした。

具体的には、以下の活動をラオス（セメント産業）・タイ（鉄鋼産業）およびミャンマー（セメント産業と石油産業）の3カ国で実施した。

- ◆ 過去に診断調査した工場のフォローアップ調査と新規の工場の簡易エネルギー診断改善策の実施・普及上の問題点把握と改善策を策定する。
- ◆ 技術要覧（TD）の作成
セメント・鉄鋼・石油精製の3業種における、ASEAN 諸国で有効な技術と各技術の成功実施例を紹介して情報を共有し、これらの技術の実施・普及可能性を高める。
- ◆ データベース（DB）・ベンチマーク（BM）・ガイドライン（GL）の策定
省エネルギー活動を進めるための数値目標設定と目標達成のためのガイドライン提供の仕組みを作り、実施に移すことを目標とする。今年度の課題としてセメント産業におけるデータベース策定が必須である。

上記の国でエネルギー診断を含む調査やセミナー・ワークショップを実施した。各国での調査では、日本の専門家が過去に移転したエネルギー診断技術の習得状況を確認しながら再度現地の関係者を実地で指導し、技術移転をより確実にする活動を実施した。また、調査により改善の実施率が悪い工場があり、実施の障害になっている要因とその解決策を討議することにより将来の実施と普及への糸口を作ることができた。

各国のセミナー・ワークショップでは、上記に関する討議に加え当該国の工場関係者および他の ASEAN 諸国の異業種を含む工場・政府関係者（過去にエネルギー診断した工場の関係者を含む）に参加してもらい、それぞれの活動と改善策の実施例を発表してもら

った。各国でのセミナー・ワークショップには多数の参加者が集まり、このセミナー・ワークショップは情報の共有・普及の点で大きな役割を果たした。

今年度の事業における現地での活動は、2006年7月の Inception Workshop (ビル・エネルギー管理基盤整備の両プロジェクトと共通) で開始された。Inception Workshop で事業の円滑な開始を目的に実施計画が立てられ、現地業務の準備が確認された。その後、3ヶ国における調査とワークショップを2006年11月までに順調に実施できた。そして、2007年2月に行なわれた Summary / Post Workshops (ビル・エネルギー管理基盤整備の両プロジェクトと共通) では ASEAN 諸国から代表(Focal Point)を集め、3ヶ国での活動成果を ASEAN 諸国に共有してもらうための報告と、TD の作成や各国 DB / BM / GL の策定に関する討議が行なわれ、最後に来年度を含む将来の事業取り組み方針を協議して締めくくられた。

主要産業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。

．2006年10月2日 - 10月6日(出張：10月1日 - 10月8日)；

ラオスにおける現地業務(第1次)

1．ラオスでは、過去に水力発電設備の調査とフォローアップ調査、縫製工場の調査が行われているが、今年度は新規セメント工場簡易エネルギー診断を行い、調査結果の報告と討議を工場にて実施した。

2．ラオスにおけるセミナー・ワークショップ実施

ラオスでのセミナー・ワークショップには総勢 60 名近い参加者が参加し、以下を実施し大変活発な討議を通じた積極的な情報交換が行われた。

(1) 省エネルギー政策とプログラム(ラオスと日本)

(2) ラオスと他の ASEAN 諸国の産業関係者による省エネルギー実施事例発表

(3) ラオス・セメント工場の省エネルギー診断結果発表

(4) TD 作成方針と DB 策定活動方針の協議についての ACE からの発表

．2006年11月13日 - 11月24日(出張：11月11日 - 11月26日)；

タイとミャンマーにおける現地業務(第2次)

1．タイでは、過去に調査した苛性ソーダ工場のフォローアップ調査を行わずに、新規に鉄鋼工場のエネルギー診断を実施し、ミャンマーでは、セメント工場の新規エネルギー診断および石油製油所のフォローアップ調査を行い、調査結果の報告と討議を各

工場にて実施した。

2. 両国におけるセミナー・ワークショップ実施

各国 50 名を超える参加者を集め、以下を実施し大変活発な討議を通じた積極的な情報交換が行われた。とくにタイではセミナーでの発表内容はすべて鉄鋼に限定され、1 産業に限定して行われた初めてのセミナーであった。

- (1) タイ鉄鋼界における生産活動と日本の省エネルギー技術、ミャンマーや日本の省エネルギー政策とプログラム
- (2) 各開催国と他の ASEAN 諸国の産業関係者による省エネルギー実施事例発表
- (3) TD 作成方針の協議

. 2007年2月27日 - 2月28日(出張：2月25日 - 3月1日)；

Summary Workshop / Post Workshop (ブルネイ ダルスサラムで開催、ビルプロジェクトおよびエネルギー管理基盤整備プロジェクトと同時開催)

ASEAN10 力国から 11 名、ACE 5 名、ECCJ 4 名を加え総勢 20 名が出席し以下の総括と協議を実施した。3 力国での活動はおおむねインセプションワークショップで合意された実施計画とおりの成果を上げたことが確認された。

1. Summary Workshop

セッション 1：主要産業省エネルギー

- 本年度の活動結果・成果と評価
- 各国の活動評価や将来の改善策
- 各国の TD や DB 策定状況
- ASEAN の主要産業用 TD DB の策定状況
- 来年度以降の取組み方針

セッション 2：ビル省エネルギー

セッション 3：エネルギー管理基盤整備

2. Post Workshop

セッション 1：各プロジェクトの Summary Workshop 討議結果の総括

セッション 2：来年度以降の基本実施計画

今年度は持続的な省エネルギー活動の基盤を ASEAN 各国で確実に築いていくための支援を目指し、各国の一層の自助努力を求めてレベルを高めた活動を展開した。全ての国で

活動実施のための協力を得ることが出来た結果、本年度も大きな成果を得ることが出来た。一方で、本事業の内容が深まるにつれ、下記に示すいくつかの課題も明らかになってきており、来年度以降の問題解決に向けての取り組み強化を図るべきである。

(1) 本年度より OJT 方式によりローカルチームが主導して診断調査を行うこととなったが、まだまだ日本人専門家の支援に依存することが多く見られた。質問票の回収・計測機器の手配などの事前準備の徹底について一層の自助努力が求められる。

(2) 本年度に実施を予定されたセメント産業に関する In-house DB の構築については、DB 草案は作成されたが、不完全な部分が残っており計画達成までに至らなかった。In-house DB の意義をもう一度確認し、ステークホルダーに説明しつつ、早期の DB 構築に向けて ACE とフォーカルポイントが緊密な連携を取っていく必要がある。

(3) 本年度の診断調査に、ホスト国以外の国からの技術者の自主参加があった。本事業の成果を共有し、ASEAN 諸国に普及していく観点から画期的なことであった。この自主参加を複数国に拡大させていくことが今後の課題になる。

最後に、本事業の実施に際しては、ACE 始め各国の関連機関並びに関連企業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。

． 事業の目的および経緯

本事業は、主要産業分野における省エネルギー技術の普及促進を図る為、ASEAN 側の活動を支援することにより、当該各国における主要産業の省エネルギー対策の推進に寄与・貢献していくことを通じ、東南アジア諸国における省エネルギー並びに環境保全推進に寄与・貢献していくことを目的とする。

本プロジェクトは ASEAN 地域において増え続ける産業部門のエネルギー消費量を削減することを旨とし、2000年に ASEAN Center for Energy が主体となり設立された。ASEAN 側ではこのプロジェクトは PROMEEC (Major Industries) と称される。PROMEEC とは "Promotion of Energy Efficiency and Conservation" の略称で ASEAN 10ヶ国のエネルギー関係省大臣会合で認証されている経済産業省との協力プロジェクトである。この活動を通じて、ASEAN 諸国の産業部門の省エネルギー推進を、技術面、運営面から支援することに協力している。

本プロジェクトの目的は以下のとおりである。

- 1 . エネルギー部門における ASEAN 諸国と日本の協力関係をより親密にすること。
- 2 . ASEAN 諸国主要産業部門のエネルギーの効率化および省エネルギーを推進すること。
- 3 . ASEAN 諸国においてこの分野の日本の技術移転と省エネルギー優秀事例の導入を推進すること。
- 4 . エネルギー診断とその OJT を通じて ASEAN 諸国の資質をたかめること。
- 5 . ASEAN 諸国においてエネルギー診断のデータベース(DB)・ベンチマーク(BM)およびガイドライン(GL)を策定すること。

この協力事業は、これまでの ACE を含む ASEAN 各国との協議に基づき下記の3段階にて推進するとの認識に基づき、本年度は第2段階の活動の3年目としての位置付けである。第1段階での2000年3月までに、ASEAN 10ヶ国全ての国において活動を行った実績に基づき ASEAN 諸国間で対等な立場で省エネルギー活動を展開出来る基盤を築くことができた。

第1段階 日本から ASEAN 諸国への技術および経験の移転(2003年度に完了)

第2段階 日本と ASEAN 諸国と共同で、各国での改善策の実施と他国を含む普及

第3段階 ASEAN 諸国の自助努力で省エネルギーを推進

2004年度からこの基盤に基づき、実施と普及を推進するための基盤作りを開始した。即ち、過去にエネルギー診断を実施した工場でのフォローアップ調査、技術要覧(TD)作成および各国による各業種の DB / BK / GL 策定を活動の基軸としている。今年度はこれら

に従う活動を、ラオスでセメント、タイで鉄鋼、ミャンマーでセメントと石油精製を対象業種として実施した。

各国では、エネルギー診断技術の確実な移転を図るための新たな工場での OJT に基づく簡易エネルギー診断と、過去にエネルギー診断した工場において改善策の実施状況や問題点を把握するためのフォローアップ調査を地元関係者と共に実施した。加えて、セミナー・ワークショップを実施し、自国と他国から数業種の工場などから講師を招待して実施された改善策の成功事例や先端的な省エネ技術事例を紹介して、ASEAN 各国間での普及活動を行った。また、TD や各国用 DB / BK / GL の策定を推進するため、作成作業方針や作成済みの事例が報告された。これらの活動は訪問した各国に省エネルギー推進基盤構築のための核と、他国に対する普及のネットワークを構築することを目的にしている。

最終的に各国の代表を集めて総括ワークショップを開催し、各国での活動実績と成果を共有し将来の活動の基本計画を協議した。

．ラオス（セメント産業）

1．活動概要

ラオスにおける PROMEEC 活動では、フェーズ1で水力発電設備の省エネルギー診断とフォローアップ調査の省エネルギー診断が行われた。フェーズ2の活動では、業種をかえてセメント工場の省エネルギー診断指導(新規)が計画された。セメント工場は、Vientiane 市内から北 200 キロ、車で3時間の Vang Vieng 市に立地している国営の Lao Cement である。現地にはラオス政府の MEM から4名、Lao Cement から20名が参加し、3日間の省エネルギー診断活動を行った。Vientiane で開催されたセミナーでは、この診断結果が Lao Cement の技術者から報告された。

1．1 実施年月日

2006年10月2日～10月6日

1．2 実施場所

セメント工場（新規診断）： Lao Cement Co., Ltd. (LCC)
(Vientiane 市の北約 200km)

セミナー・ワークショップ： Vientiane 市 Dong Chang Palace ホテル

1．3 日程

10月2日(月) Vang Vieng 移動、セメント工場エネルギー診断 (LCC)

3日(火) セメント工場エネルギー診断 (LCC)

4日(水) セメント工場エネルギー診断 (LCC)

5日(木) セメント工場エネルギー診断 (LCC)、Vientiane 移動

6日(金) セミナー・ワークショップ開催

1．4 関係者

ラオス：

Ministry of Energy and Mines, MEM:

Mr. Khamso Kouphokham Deputy Chief of EMD, Electrical Engineer

Dr. Xayphone Bounsou Electrical Engineer

ASEAN Center for Energy (ACE) :

Ms. Evangeline L. Moises Chief, Information & Event Division

Mr. Ivan Ismed Project Officer

マレーシア、PTM:

Mr. Zul Azri Hamidon Energy Audit Engineer, Electrical Engineer

Ms. Norazean Mohd. Nnor Technical Assistant, Electrical Engineer

日本：ECCJ 国際エンジニアリング部

武田 曠吉、田中 秀幸、川瀬 太一郎

ラオス情勢（日本政府外務省ホームページ情報、（2007年2月データ））

1. 面積： 24万平方キロメートル（日本の約0.6倍）
2. 人口： 560.9万人（第3回国勢調査：2005年3月）
3. 民族： 低地ラオ族（60%）他、計49民族
4. 言語： ラオス語
5. 宗教： 仏教
6. 政体： 人民民主共和国（1973年2月成立）、議会は一院制
1997年7月、ASEAN加盟
7. 主要産業： 農業、工業、林業、鉱業及び水力発電
8. GDP（一人当たり）： 491ドル（2005年）{ GDP成長率7.3%（2005年）}
9. 総貿易額： （1）輸出 4.56億ドル（2004年10月～2005年9月）
衣料品、金・鉱物、電力、木材製品
（2）輸入 6.86億ドル（2004年10月～2005年9月）
燃料、工業製品、衣料用原料
10. 為替レート： 1ドル= 9,650キープ（2007年2月現在）
11. 経済概況： 市場経済の導入、開放経済政策を推進中。アジア経済危機後の緩やかな回復基調。
長期目標：2020年までにLDC（低開発国）脱却、2010年までに貧困の基本的な解決等
12. エネルギー事情：
2004年のエネルギー供給は約670ktoe（石炭：26.2%、石油：58.3%、電力：15.5%）であった。水力発電は3,327GWhで地域により一部輸入もあるが、差し引き65%近くを輸出している。石油は輸入に頼っていると見られるが正確な情報が無い。前述の数字に含まれていないが、ASEAN諸国で多く使用させているバイオマスは全体の約1/4を占めており、これらを含めて、エネルギー消費は住居で約50%、産業で20%、運輸で26%、その他となっている。（出展：PROMECC等での発表資料から）

2 . Lao Cement 社セメント工場省エネルギー調査

ラオスにある 3 社 5 工場のセメント工場のうち、今回の OJT 実践の場を選定されたのは、2 工場を有する Lao Cemento Co., Ltd. (LCC) である。

2 . 1 Lao Cement 社セメント工場の概要

セメント工場は Vientiane 市の北約 200km にある Vang Vieng 市郊外に立地していた。近くにはナムソン川が中国桂林を思わせる切り立った石灰岩の峡谷を豊かな水を湛え流れている景勝地である。一行は政府 (MEM) 関係者 4 人、ASEAN および ECCJ メンバー 7 人を含め、合計 11 人であった。セメント工場は 2 工場が同一敷地内にあったため、そこで 3 日間の診断指導を実施することができた。

(1) 会社名 : Lao Cement Co., Ltd. (1993 年設立)

(2) 製鉄所在地 : Vang Vieng Dist, Vientiane Province, Lao PDR

(3) 訪問日時 : 2006 年 10 月 2 日 ~ 5 日

(4) 調査訪問者 : Audit Team (1/2)

ラオス側 (MEM) :

Mr. Khamso Kouphokham Deputy chief of EMD, Electrical Engineer

Dr. Xayphone Bounsou Electrical Engineer

Mr. Viengsay Chantha Engineer

Mr. Khamsith Ackhavong Engineer

ACE:

Ms. Evangeline L. Moises Chief, Information & Event Division

Mr. Ivan Ismed Project Officer

マレーシア、PTM :

Mr. Zul Azri Hamidon Energy Audit Engineer, Electrical Engineer

Ms. Norazean Mohd. Nor Technical Assistant, Electrical Engineer

日本、(財)省エネルギーセンター :

武田 曠吉氏、田中 秀幸、川瀬 太一郎

(5) LCC 対応者、Audit Team (2/2) :

Mr. Thongchan Sounaphon Deputy Director of Plant 1

Mr. Vichith Souvannarath Deputy Director of Plant 2

Mr. Bouasavath Sophefmany Mechanical Engineer

Mr. Singeunh Leuangvansay QC Engineer

Mr. Houmphongh Soududuang Head of Raw Material

Mr. Thong Phoune Bosisakhoun	Deputy Head of Department
Mr. Korsavanthong	Head of Planning
Mr. Amkha Dethosonedy	Head of MTB
Mr. Phovanh Phomany	Head of Electricity
Mr. Bouasone Keopasert	Head of Department
Mr. Sisomphou Khongphalanh	Head of Department
Mr. Litthi Siriboun Heuang	Head of Department
Mr. Phoungoun Phimmasone	Head of Raw Material
Mr. Chanthay Vongnakhone	Head of Spare Parts
Mr. Khamla Noiphewphanh	Head of Production Plan
Mr. Keonkothoung	Head of AD
Mr. Vanh Malathong	Head of CMD
Mr. Chanthaehon Inthacvong	Head of CCR
Mr. Nantha Phuyphuthasak	Electrical Engineer
Mr. Oudomsine Khamsisopha	Electrical Engineer

(6) Lao Cement 社での活動スケジュール

日時	行事	担当	備考
10月2日 (月) 14:30-18:30	1. Vientiane Vang Vieng 移動 2. 自己紹介 3. PROMEEC 活動概要説明 4. スケジュール説明 5. 第一工場概要説明 6. 第二工場概要説明	全員 Ms. Evangeline、田中専門家 Mr. Khamso Mr. Thongchan Mr. Vichith	
10月3日 (火) 8:50-18:00	1. 工場見学 2. 省エネルギー対策及び診断手順 講義 3. 設備見学 4. 質問書に関する討議 5. 測定箇所・方法の確認	全員 川瀬専門家 全員 全員 全員	
10月4日 (水) 8:50-18:00	1. データ収集及び測定 2. データ解析法・熱精算講義 3. 電気省エネルギー講義	全員 川瀬専門家 武田専門家	
10月5日 (木) 8:50-12:00	1. 診断結果及び省エネルギー対策 の討議 2. 総括及び終了証授与 3. Vang Vieng Vientiane 移動	全員 Mr. Khamso, Ms. Evangeline 田中専門家	

2.2 セメント製造設備の概要

Lao Cement 社は国営企業で、Vang Vieng 市に2工場を有する。工場概要は以下の通りである。両工場は同一敷地内に500m離れた位置にあり、実質的に1工場である。

	第一工場	第二工場
建設	Dec, 1994	Jan, 2002
公称能力(トン/年)	90,000	210,000
キルンタイプ	シャフトキルン	NSP 付ロータリーキルン
燃料	石炭	石炭
従業員	244	294

ラオスにはセメント企業が3社あり、1社は国営、1社は民営、1社は半官半民である。生産能力は合計で60万トン/年でLao Cement社がその50%を占める。一方、需要は国内合計130万トン/年であり、その差をタイ、中国などからの輸入でまかなっている。したがって、工場の第一目標は、生産量増のため稼働日数の向上ということであった。両工場共に稼働日数300日以上を達成しているのは立派である。

セメント設備は中国企業によって建設されているが、主要機器は日米英独製であるのが興味深い。第二工場には現在も3名の中国人技術者が常駐し生産技術の指導をしているとのことである。ただ、省エネルギーについての指導はないようである。

2.3 セメント工場エネルギー簡易診断

(1) 診断の手順

OJT診断であること、PTM技術者が参加していることを考慮し、Local team主体で実施するよう意識付けしながら、以下の手順を進めた。

セメントプロセスおよび省エネルギー対策の概要講義

診断対象・データ収集/測定項目のブリーフィング

診断チームのグルーピング調整

データ収集・測定の実施

データ解析と報告

前の2項目は、初期情報を与える目的でECCJ専門家が担当した。使用した講義資料は資料 - 1および資料 - 2に示した。診断対象は時間的制約を考慮し、キルン熱精算、空気漏洩防止、大型回転機械の回転数制御に絞った。

診断チームのグルーピングはFocal pointのMr. Khamso Kouphokhamと工場、PTMが調整し、チーム編成を決定した。データ収集・測定はほとんどをECCJ専門家抜きで実施できた。データ解析は、結局ECCJ専門家が担当したが、セミナー・ワークショップの報告はLocal teamの技術者(第二工場所属、Electrical専攻)が行った。診断報告書は資料 - 3に示した。

(2) 省エネルギーに対する取り組み状況

省エネルギーの取り組みは 2004 年の PROMEEC ビエンチャン セミナーに参加した(*1) ことが契機で始まったということであった。燃料 SEC(*2)と電気 SEC の原単位管理は実施されているが、一部幹部の関心事項の段階にとどまり現場まで周知されている状況にはなっていない。省エネルギー推進委員会・エネ管理者の任命など組織作りはまったくなされていないし、カイゼン(*3)などの小集団活動もされていない。掲示板にはセメント生産量推移のグラフが掲示されているだけであった。

工場内は途上国にありがちな乱雑さは見られなかった。比較的、整理整頓されているという印象を受けた。第一工場はシャフトキルンという古い設備を使用しているが、そのわりには良く整備されて大事に使われていた。従業員の対応も礼儀正しく、話はよく聞いてくれるので好印象をもった。現在の彼らは省エネルギーの手法を知らないだけであって、必要なことを教えれば、彼ら自身で省エネルギーを推進するのではないかと感じた。

*1: Mr. Vichith Souvannarath (第二工場長) が 2004 年の PROMEEC セミナーに参加。

そのとき日本のセメント電力原単位につき質問し、情報を得ている。

*2: SEC : Specific Energy Consumption

*3: 改善はカイゼンと呼ばれていて、かつて JICA 専門家が指導したとのこと。

(3) 診断結果の概要

1) キルン熱精算およびその活用

キルン内部を流れるガス負荷を算出するためキルン熱精算を行った。ガス負荷が判ればクリンカーの最大生産可能量をおおよそ推定することができる。なお、キルン熱精算はエネルギーがどこで消費されているか、従ってどこに省エネルギー機会があるかについても示唆してくれる。熱精算は ECCJ から提供された Excel プログラムにより算出された。プログラムを構成する計算式は後章を参照されたい。プログラムに必要なデータは、現場での測定あるいは操業記録から収集された。時間の都合で一部のデータは推定値が使われた。従って、計算結果の精度を保証はできないが、大まかな方向を示すことはできる。さらに高い精度が必要な場合は、プロセスコントラクターに相談する必要がある。クリンカーの最大生産可能量は、キルンガス負荷におおむね比例するという仮定の下に予測される。キルンガス負荷の目標値として、日本セメント技術協会の公表しているデータが用いられた。その結果、第一キルンは現状の 230 トン/日に対し 266 トン/日まで増産可能、第二キルンは現状の 780 トン/日に対し 988 トン/日まで増産可能との予測がなされた。計算に使用された主なデータを次表に示した。

計算に使用された主なデータ

データ	単位	第一キルン	第二キルン
キルンタイプ		shaft	NSP
原料（乾燥重量）	t/d	370	1200
水分	wt% on wet RM	14	0
クリンカー	t/d	230	780
石炭	t/d	44	122
低位発熱量	kcal/kg	5600	5600
排ガス温度	degC	200	320
クーラーベント空気	%	-	10
排ガス O ₂	vol%	5	6

第二キルン熱精算結果

入熱		出熱	
燃料の燃焼熱	873.8	クリンカー生成熱	470.0
燃料の顕熱	0	クリンカー顕熱	19.2
原料の顕熱	0	クーラー空気の顕熱	-
燃焼空気の顕熱	0	原料含有水分の蒸発熱	0
		排ガスの顕熱	167.4
		クーラーベント空気の顕熱	7.3
		キルン放熱	30.4
		プレヒーター放熱	8.0
		クーラー放熱	4.0
		不明ロス	167.5
入熱合計	873.8	出熱合計	873.8
基準温度：室温			
単位：kcal per kg of clinker (kcal/kg-cl)			
クリンカークーラー：グレート式			

クリンカー最大生産可能量の推定

	第一キルン	第二キルン
キルンタイプ	Shaft	NSP
ガス負荷(m ³ N/kg-cl)	1.91	1.71
設計生産量 (t-cl/d)	200	700

実績生産量 (t-cl/d) @ 2006.10.3	230	780
推定最大生産量 (t-cl/d)	266	988
日本でのガス負荷 (m3N/kg-cl)	1.65	1.35
注1：本推算是多くの仮定に基づく。詳細検討の前の予備検討に使用のこと。		

2) 空気漏れ量の推定

空気漏洩を起こしやすい箇所はグレートクーラー、キルンまわりの摺動部、プレヒーター、粉砕ミル、電気集塵機である。どこで漏洩が起ころうと、送風ファンの動力消費増の原因となる。空気漏洩がグレートクーラーやキルンで発生した場合、燃料消費量の増加を引き起こす。設備が古くなるにつれ、空気漏洩の可能性が高まる。空気漏洩の早期発見のため、有効な方法は疑わしい箇所の酸素濃度の測定である。本診断では、ガス分析計の故障により、酸素濃度を測定できなかった。酸素濃度は空気漏洩の検知に重要であるばかりでなく熱精算の精度にも大きな影響を持っている。

3) 大型回転機械の速度制御

セメント工場では回転機械の動力消費が大きな割合を占める。多くの場合、必要以上に過大なサイズとなっており、動力を浪費している。また、適正サイズに設計されていても、生産量が低い場合には制御ダンパー絞りによるエネルギーロスが発生する。エネルギーロスは、制御ダンパーの開度、回転機駆動モーターの負荷（電流）を視ればおおよそ見当がつく。以下に収集データと速度制御を適用した場合の動力節減額推定値を示す。

ファン 番号 (*3)	サービス	定格 電流 (Ad)	定格 電圧 (Vd)	定格 kW (name plate) (*1)	実績 電流 (Aa)	節減額 (kWsaving)	ダンパー 開度 (%)
G6	セメントミル EP ファン	214.8	380	(1041)	188	62	38
G14	クーラーファン	102.6	380	55	73	31	73
G15	"	70.6	380	37	54	18	61
G16	"	85	380	45	48	32	60
G17	"	86	380	45	60	26	56

G23	一次空気ファン	56.8	380	21.6	24	0	100
K1	コーンミル ファン	102.5	380	(46.5)	56	75	50
K2	"	201	380	(87.8)	113	145	78
B26	ローミルファン	53.4	380	(41.6)	29	39	42
E13	ローミル EP ファン	214.8	380	(1041)	180	0	100
F23	IDF ファン	62.7	6000	630	51	0	100(*2)
						428	

*1 : () 数値は下記式により計算した定格電力値

$$\text{定格 kW} = \text{head(Pa)} \times \text{flow rate(m}^3/\text{min)} / 60000 / \text{fan efficiency}$$

*2 : F23 は流体継ぎ手による速度制御が採用されている

*3 : G23 はルーツブロー、他はすべて遠心ファン

速度制御による節減量の推定は、性能曲線上で実際の運転と定格運転を比較することにより行われる。残念ながら、F23 以外のファンについて性能曲線が入手できなかった。そこで簡便法として、電流値を比較する、いわゆる電流法により下記式に基づき、節減量を推定した。電流法は精度がよくないので、ラフな検討の場合にのみ使われるべきである。

$$\text{電力節減量} = \text{design kW} \times \{1 - (\text{actual ampere} / \text{design ampere})^3\} / \text{fan efficiency} \times \text{motor efficiency}$$

ここで、ファン効率、モーター効率はそれぞれ 0.7、0.8 と仮定された。

年間運転日数を 300 日とすれば、

$$\text{年間節減量} = 428 \times 300 \times 24 = 3,081,600 \text{ kWh}$$

4) Lao Cement 社への提言

(1) セメント増産の検討

前述の通り、既設キルンはラフな推定ではあるが 15% 乃至 26% のセメント増産余力を有している。生産能力不足のためセメントを輸入している現状を少しでも緩和するため、増産の検討が望まれている。増産の検討に当たっては、ガス負荷を算出し設備のボトルネックを確認しながら一步一步進めて行くことが重要である。また、

(2) 速度制御の検討

前述の通り、いくつかのファンはダンパー絞りにて運転され何百万 kWh の動力を浪費している。この動力浪費を低減する最も効果的な方法はインバーターを用いる速度制御である。インバーターが成功裏に適用できたとすれば、電力原単位で 13 kWh/t-clinker (*4)の改善が期待できる。速度制御導入の早急な検討が望まれる。

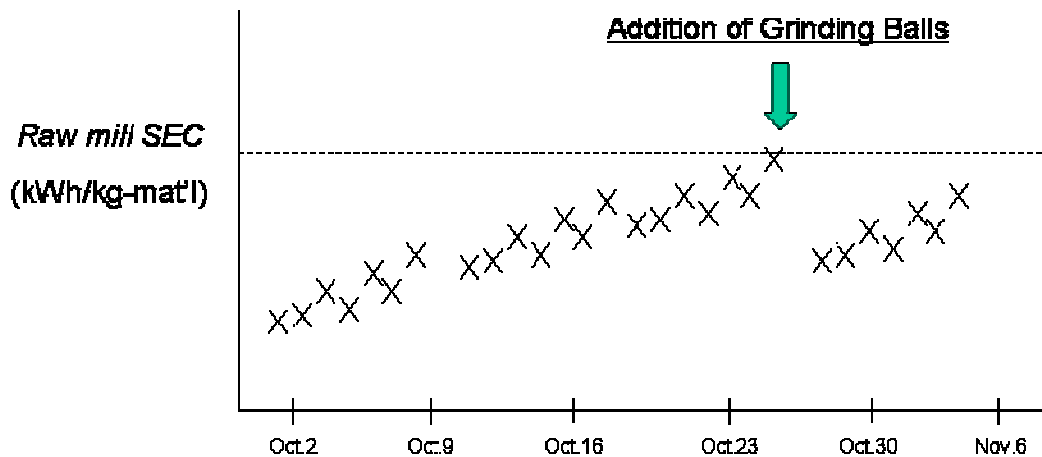
$$*4 : 428 \text{ kW} \times 24 \text{ h} / 780 \text{ t-clinker/d} = 13.1 \text{ kWh/t-clinker}$$

(3) 漏洩空気の防止

前述のとおり、空気漏洩はエネルギー浪費の原因となる。空気漏洩を検知する最も有効な方法は酸素濃度の測定である。そのため、携帯型の酸素分析計の購入が薦められる。酸素計として、長寿命で十分な精度を有するジルコニアセンサーが適当である。空気漏洩量の推算方法は資料 - 3 の Attachment を参照されたい。

(4) 粉砕ボールの管理

粉砕効率は粉砕ボールの直径により大きく影響される。粉砕ボールの直径は時間の経過とともに磨耗により縮減する。その結果、粉砕効率が低下し、原単位を悪化させる。逆に言えば、原単位を監視することにより、粉砕ボールの劣化が推定でき、適切なチャージの時期を知ることができる。さらにボールミル内部のボール量も粉砕効率に影響する。下記のように原単位を毎日プロットする方法が有効である。



(5) エネルギー管理システムの構築

エネルギー管理システム (EMS) の有効性はすでに先進国において実証されている。EMS の主な項目を下表に示した。

項目	活動	活動例
省エネ組織	組織 義務	省エネ推進委員会 エネルギー管理者 従業員教育
省エネ監視	データ追跡 目標設定	データ記録と配布 原単位管理 省エネ指標 (ex. 02%)
省エネ技術	技術評価	技術評価 エネルギー診断
運転と設備保全	日常活動	収率(オフスペック品の防止) 予防保全(計画外停止の回避)

前述のとおり、本工場ではエネルギー管理活動はほとんど行われていない状態である。
手始めに、下記の活動からスタートすべきと考える。

- 省エネルギー推進委員会の結成
- エネルギー管理者の任命
- 従業員教育（外部研修への参加など）
- エネルギーデータの記録と関係部署への配布

ここで、重要なことは工場幹部が本活動に強力な支援を与えることである。

3. セミナー・ワークショップ

3.1 概要

(1) 日時

2006年10月6日(金) 8:30 受付開始 17:30 閉会

(2) 場所

Dong Chang Palace Hotel, Vientiane, Lao PDR

(3) セミナー・ワークショップ発表内容

参加者は58名であった。

セミナーでは、ACEのASEAN EE&Cプログラム、ラオスのエネルギー鉱山省からラオスのエネルギー消費状況紹介、および日本の産業界EE&Cに関するECCJの指導やプログラムについて紹介が行われた。その後ASEANの省エネルギー活動事例として、ラオス、

マレーシア、ミャンマーおよびフィリピンから報告があった。

ラオス・セメント工場の診断結果は、前述の通り工場技術者から報告された。引き続いて、ECCJ からセメント製造機器や電気設備に関していくつかのコメントを発表した。ワークショップでは、EE&C 推進の障害や対応について ECCJ が、また産業の TD (技術要覧) および DB/BM/GL (データベース・ベンチマーク・ガイドライン) の開発状況に ACE は報告した。

(4) 出席者

ラオス側関係者：

Dr. Daovong Phonekeo Deputy Director General, Dept. of Electricity

Mr. Khamso Kouphokham Deputy Chief of Energy Management Div, MEM

Mr. Vanthong Khamloonylayvong Deputy Manager of Nam Ngum Hydropower Plant

その他ラオス一般参加者は 40 名程度 (金鉱山会社、食塩製造会社など)

ASEAN Center for Energy (ACE)：

Mr. Ivan Ismed Project Officer

Ms. Evangeline L. Moises Project Officer

マレーシア, PTM：

Mr. Zul Azri Hamidon Energy Audit Engineer

Ms. Norazean Mohd. Nor Technical Assistant

Ms. Meena Kumari Assistant Project Manager

フィリピン：

Mr. Marlon Romulo U. Domingo Department of Energy, Energy Efficiency
Division

ミャンマー：

Ms. Daw Hla Hka Kyi Deputy General Manager, Myanmar Petrochemical
Complex

日本、(財)省エネルギーセンター：

武田 曠吉、田中 秀幸、川瀬 太郎

3.2 セミナー・ワークショップ結果

セミナーは 58 人の参加者があり、Mr. Khamso Kouphokham (Deputy Chief, MEM, ラオスの FP) の司会で始められた。セミナープログラムは資料 - 4 - 1 を参照のこと。

(1) オープニングセレモニー (祝辞および開会の辞)

1) ACE

Ms. Evangeline が Dr. Weerawat Chantanakome (Executive Director, ACE) の挨拶

文を代読して、ACE 活動・POMECC 活動やセミナープログラムについて紹介した。

2) ECCJ

Project Leader の田中専門家が挨拶。本プロジェクトの意義、経緯、最近の状況、日本の ASEAN への協力・貢献などに言及した。

3) エネルギー鉱山省(MEM)

Dr. Daovong Phonekeo 次官補から挨拶。本年春のアセアン大臣会合での EE&C 取組み声明に触れながら原油高のもと、省エネルギーの重要性を強調された。METI/ECCJ、ACE の活動に謝意を示された。

(2) セッション 1 : Policy and Initiatives on EE&C

1) Overview of EE&C Programs on ASEAN (Ms. Evangeline Moises, ACE)

アセアンにおける ACE の位置、EC-ASEAN、SOME - METI など主な EE&C 活動、それに PROMEECC 活動を紹介した。アワードシステムなどへの参加呼びかけた(資料 - 4 - 2)。

2) Overview of Plans & Programs on EE&C in Lao PDR (Mr. Khamso Kouphokham, MEM)

ラオスはこれから省エネルギー法・規則など Future plan を作成していく段階である。まずは、政府系建物の省エネルギー、EDL による DSM 推進計画、エネ管理者制度から検討していきたい(資料 - 4 - 3)。

3) Initiatives and Programs of ECCJ on EE&C in Industry in Japan (田中専門家、ECCJ)

日本の省エネルギー政策および ECCJ の活動について紹介。3E の調和や省エネルギー法、指定工場、エネルギー管理士や国家試験、教育・研修、省エネルギー優秀事例全国大会などを紹介した(資料 - 4 - 4)。

(3) セッション 2 : EE&C Best Practices in Industries

1) Case Study 1 Hydro Power Plant (Lao PDR, Mr. Vanthong Khamloonylayvong)

Nam Ngum Hydro Power Plant は 2002 年に ECCJ 専門家による PROMEECC 第一回診断、2004 年にフォローアップ診断を受けている。報告は 2004 年時点の省エネルギー改善案実施を継続中というものであった。タービンランナーの補修や効率向上策実施、照明管理強化、発電所内危機の運転管理強化等で、年間の発電量増 15MWh、発電所内電力節減 53MWh という効果を上げている。ECCJ への謝意を繰り返し表明していた(資料 - 4 - 5)。

2) Case Study 2 Industries in Malaysia (Malaysia - Ms. Meena Kumari M.Nair)

マレーシア省エネルギーセンター (PTM) から省エネルギー活動に関する報告であっ

た。とくに MIEEIP 活動 (Malaysia Industrial Energy Efficiency Improvement Project) の成果を強調していた。PTM の診断チームが 48 工場を診断し、省エネルギーポテンシャルが RM108 million (30 億円以上) という結果であった。これらが実施されれば立派な成果と言える (資料 - 4 - 6)。

3) Case Study 3 - Oil refinery (Myanmar Ms. Daw Hla Hka Kyi)

Myanmar petrochemical complex はエネルギー省管轄下の国営企業である。2000 年に ECCJ 専門家による PROMEEC 第一回診断を、2004 年フォローアップ診断を受けた。発表は精製プロセスの説明と第一回診断内容の説明がほとんどであった。その後の省エネルギー活動については加熱炉のエクセスエア管理を実施しているぐらいであった。ECCJ への謝意を繰り返し表明していた (資料 - 4 - 7)。

4) Case Study 4 - Iron/Steel, Cement & Food (Philippines Mr. Marlon Romulo Domingo)

フィリピンエネルギー省から省エネルギー活動に関する報告があった。ここではとくに、2005 年の "Don Emilio Abello Energy Efficiency Awards" を受賞した棒鋼メーカー、亜鉛メッキ・カラー鋼板メーカー、セメントメーカーおよびパイナップル加工メーカーの省エネルギー活動が示され、SEC が大幅に改善されたことが数値で示された (資料 - 4 - 8)。

5) Results of Energy Audit of two cement factories

(Lao Cement Co. - Mr. Natha Phyphthasak, ECCJ 川瀬専門家、武田専門家)

Lao Cement 社の Mr. Nantha Phyphthasak から、これまで実施してきた同社 2 工場の省エネルギー活動および将来の活動計画について発表があった。同社では電気 の SEC 改善を積極的に進めている。取組みの結果、第二工場では 125kWh/t-cement の目標に対し、結果は 133.5kWh/t-cement であったとの報告があった。工場省エネルギー診断時には目標を設定して活動している等の情報は得られなかったが、実際には以前からある程度の活動がされてきていると考えられる。

また、将来計画として従業員教育、予防保全の強化、生産性の向上および省エネルギー推進組織の設立をあげていた。将来計画の各項目としてセミナーに先立ち実施した診断で ECCJ が与えたアドバイスがさっそく採用されていた (資料 - 4 - 9)。

セメント工場の診断結果について、川瀬専門家からキルンの熱精算診断結果 (速報値) の説明があった。同時にエネルギー管理システムを構築するようとの助言がされた。その例として、従業員教育の重要性、設備の日常管理の重要性が説明された。武田専門家から大型回転機械の回転数制御について診断結果 (速報値) の説明があった。

(4) セッション 4 : The Way Forward

- 1) Barriers and Measures to implement EE&C in Industry (ECCJ 川瀬専門家)
ECCJ の資料を利用し、当日の他の発表者の内容を引用しながらの説明であった(資料 - 4 - 10)。
- 2) Updates on the development of Technical Directory (ACE - Mr. Ivan Ismed)
Technical Directory (TD)の目的、作成方法・Format などの説明と TD のシートの実例の説明があった(資料 - 4 - 11)。
- 3) Updates on the development of Database/Benchmark/Guideline for Industry
(ACE - Mr. Ivan Ismed)
今回のセミナーに産業用 Database に関する資料等が間に合わず、PROMEEC ビル用の Database /Benchmark/Guideline 資料を使ってその目的、作成方法・Format などの説明があった(資料 - 4 - 12)。

(5) 質疑応答

前記したように各項目発表毎に Q & A があった。以下に質疑応答の例を示す。

Q: Lao PDR の水力発電では、第一回診断で受けた省エネルギー提案に対し実施率が低い、実施する上での障害は何だったか？

A: (Mr. Vanthong Khamloonylayvong) 資金ネックである。

Q: マレーシアでは省エネルギー診断の実績が上がっているが実施はされているのか？

A: (Ms. Meena Kumari) 大企業の一部は実施している。その他の企業は資金ネックのため検討中のところが多い。

Q: フィリピンの成功事例では実績を SEC 改善幅で定量評価している。セメントの事例では SEC が 130 から 70 まで改善されているが下がりすぎのように見える。

A: (Mr. Marlon Romulo Domingo) あとで見直す。

Q: 本日の参加会社のなかで、省エネルギー診断を自社で行っている会社はあるか？

A: ランサーン社(金塊製造)1社のみ

(6) 閉会の辞

Ms. Evangeline L. Moises および田中専門家の閉会の辞をもって終了した。

(7) 所感

Lao Focal point の Mr. Khamso Kouphokham は調整をよくやってくれた。宿泊手配、空港

送迎、工場移動手配、工場との日程調整、通訳、セミナー手配と八面六臂の活躍であった。マレーシア PTM の技術者 2 名が診断チームに参加してくれた意義は大きい。アセアン参加国間の技術移転は本 PROMEEC プロジェクトの目指すところである。今後はタイ ECCT、インドネシア KONEBA の協力も期待したい。

Lao Cement 社の対応も素晴らしかった。工場次長 2 名を含む 20 名がフルタイムで 4 日間の診断に参加してくれた。工場長からスピーチも行われ、20 名の参加者は全員英語で自己紹介していた。何人かはチェコ、ウクライナ、グルジア、ロシアなどの旧ソ連の大学を卒業している。規律もしっかりしており、きちっと教えれば答えてくれそうな印象をもった。惜しむらくは、Mr. Zamora (ACE) が多忙のため参加できなかったことである。

(8) 来年度 PROMEEC 活動への提言

1) 診断日数の増加

このプロジェクトは本来フォローアップ診断のために計画されたものである。フォローアップ診断の場合は、工場プロセスは既に把握され、診断対象も決まっているので、日程は短くてよい。現行の 5 日で十分であろう。

今回の診断は、名目はフォローアップ診断としても、実質は新規診断である。拠点都市から工場への移動に 0.5 日、設備見学など工場プロセスの理解に 0.5 日、プロセスの講義・診断手順の説明・診断グループの編成に 1.0 日、データ収集・測定・診断に 1.0 日、工場への診断結果の報告に 0.5 日、工場から拠点都市への移動に 0.5 日、セミナー・ワークショップに 1 日、合計 5 日を費やした。工場プロセスの理解と工場への診断結果報告を除いた本来の診断活動に当てられる時間は実質 2 日間に過ぎなかった。

工場の場合、地方に重要産業があることがあり、拠点都市から工場への移動に時間がかかる。たとえば 1 日もかかる場合は診断日程を 1 日延長するなどの柔軟な対応が必要であろう。また 2 工場以上を回る場合、工場から工場への移動時間も追加しなければならない。

ASEAN の工場診断の場合、事前にプロセス状況を把握することは一般に期待できない。質問書により事前把握に努めたにしても、工場側から入手できる情報は少なく、現地に入って作業しなければならないことが多い。

本プロジェクトでは OJT による診断技術の移転を目的の一つとしており、診断チームのメンバーを教育する時間も必要である。

以上の状況から、フォローアップ診断の場合は現行通り 5 日で十分であるが、新規診断が加わる場合は日程を増やすことを提案したい。来年度以降のプロジェクト活動計画作成に当たり考慮すべきと考える。

2) 事前準備の強化

今回、質問書（事前調査票）を送付したが十分な回答が得られなかった。現行の調査票は日本並みのデータ管理体制を有する工場を想定した詳細な質問を準備している。ASEAN 諸国の実情に鑑み、必要最小限の質問に絞った調査票を作り直すことを考えねばならない。

さらに、工場側に診断計画の詳細を事前に周知させておくべきである。少なくとも日程と診断項目を早い段階で工場側に伝えておき、工場幹部の了解をとっておく必要がある。ACE、Focal Point との事前準備開始を早める必要がある。現行の2ヶ月前の準備開始では遅いと思われた。ACE の対応迅速化を期待したい。

3) 計測機器の準備

少なくとも、熱電対センサー付温度計、ガス分析計、電力モニターが必要である。ECCJ 保有の計器は陳腐化と老朽化で使用不能の状態にある。住金マネジメント㈱などからリースすることを検討すべきである。

計測機器を PTM、ECCT などのアセアン諸国の機関から借用する方法も魅力的である。技術者付で借りれば、彼らが診断指導の先生役をすることもできる。域内技術者による指導という PROMEEC プロジェクトの趣旨にもかなう。

4. 添付資料

- (1) " Cement Process and Energy Saving "
- (2) " Promotion of Energy Conservation Activities in Factories (Electricity) "
- (3) " Report on Energy Audit of Lao Cement Co. "
- (4) " ASEAN PROMEEC Seminar/Workshop Program "
- 1 " Overview of EE&C Programs on ASEAN "
- 2 " Overview of Plans & Programs on EE&C in Lao PDR "
- 3 " Initiatives and Programs of ECCJ on EE&C in Industry in Japan "
- 4 " Case Study 1 Hydro Power Plant (Lao PDR) "
- 5 " Case Study 2 Industries in Malaysia (Malaysia) "
- 6 " Case Study 3 - Oil refinery (Myanmar) "
- 7 " Case Study 4 - Iron/Steel, Cement & Food (Philippines) "
- 8 " Results of Energy Audit of two cement factories "
- 9 " Barriers and Measures to Implement EE&C in Industry "
- 10 " Updates on the development of Technical Directory "
- 12 " Updates on the development of Database/Benchmark/Guideline for Industry "

Ⅲ. タイ（鉄鋼産業）

1. 活動概要

タイにおける PROMEEC 活動は、フェーズ 1（2003 年 11 月 24 日～28 日と 2004 年 1 月 12 日～16 日）で苛性ソーダ工場の省エネルギー診断が実施されている。フェーズ 2 の活動は、そのフォローアップ調査ではなく、業種をかえて鉄鋼の省エネルギー診断指導が計画された。製鉄所の省エネルギー診断指導は、Bangkok 市内から南南東の海岸近く車で 30～40 分のところに立地している Bangkok Steel Industry Public Co., Ltd. (BSI) であった。

BSI の現地ではタイ政府の DEDE から 7 名、BSI 製鉄所から 8 名が参加し、3 日半の省エネルギー診断活動を行った。

セミナーでは、この診断結果が BSI のマネジャーから報告された。タイでのセミナーは鉄鋼産業に限定したもので企画され、ASEAN 3 カ国からも鉄鋼産業の省エネルギー活動報告が行われた。

1. 1 実施年月日

2006 年 11 月 13 日～11 月 17 日

1. 2 実施場所

製鉄所（新規診断製鉄所）： Bangkok Steel Industry Public Co., Ltd. (BSI)
(Bangkok 市の南南東約 30km)

セミナー・ワークショップ： Bangkok 市

1. 3 日程

11 月 13 日（月）： 製鉄所エネルギー診断 (BSI)
14 日（火）： 製鉄所エネルギー診断 (BSI)
15 日（水）： 製鉄所エネルギー診断 (BSI)
16 日（木）： 製鉄所エネルギー診断 (BSI)、セミナー・ワークショップ準備
17 日（金）： セミナー・ワークショップ

1. 4 関係者

タイ：

Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), MOE

Dr. Prasert Sinsukprasert Senior Engineer

Mr. Sarat Prakobchart Senior Engineer

ASEAN Center for Energy (ACE) :

Ms. Evangeline L. Moises: Chief, Information & Event Division

Mr. Ivan Ismed: Project Officer

日本：ECCJ 国際エンジニアリング部 技術専門職

武田 曠吉、田中 秀幸

タイ情勢

(1) タイ一般事情 (日本政府外務省ホームページ情報、(2006年11月データ))

- 面積: 51万4,000km² (日本の約1.4倍)
- 人口: 6,242万人 (2005年)
- 首都: バンコク
- 人種: 大多数がタイ族。その他、華僑、マレー族、山岳少数民族等。
- 言語: タイ語
- 宗教: 仏教 (95%)、イスラム教 (4%)
- 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。
- 政治体制: 政体 立憲君主制
- 経済: 農業は就業者の約40%を占めるが、GDP (2004年) では10%を切る。一方、製造業の就業者は約15%だが、GDP (同) の35%、輸出額の85%を占める。一人当たりGDP 2,722ドル (2004年)
- 輸出: 輸出品: コンピューター、自動車・部品、集積回路、天然ゴム (2004年)
輸出国: 1. 米国 2. 日本 3. 中国 4. シンガポール 5. 香港
- 輸入: 輸入品: 原油、機械・部品、電気機械・部品、化学製品 (2004年)
輸入国: 1. 日本 2. 中国 3. 米国 4. マレーシア 5. UAE
- 経済概況: 経済成長率は、2003年は6.9%、2004年は6.1%の成長を達成した。2005年はスマトラ沖大地震及びインド洋津波被害、干魃の影響、世界的な石油価格の高騰等により若干減速し、4.5%の成長となった。

(2) エネルギー事情 (IEA 2004 Statistics (2006 Edition)から)

タイではある程度の化石燃料を産出している。2004年の産出量と消費部門は次の通りであった。

石炭は約20百万トン採れるが、約7.5百万トンを入力している。このうち60%あまりを電力に、残り40%は産業部門で消費されている。

石油は国内消費の20%の生産であり、80%を入力に頼っている。国内で精製し、製品の10%程度を輸出に回している。国内消費量の60%は運輸部門で、ついで住居、産業、エネルギー変換の順で消費されている。

天然ガスは必要量の70%あまりを産出している。その90%あまりをエネルギー変換に、残りのほとんどを産業部門で消費している。一部は非エネルギー用に活用されている。

バイオマスはエネルギー変換、産業部門および住居等で消費されている。

電力はほとんど自前で調達しており、数%を隣接国から輸入している。商業や住宅での消費が多くついで産業部門となっている。配電ロスが8%近くある。

2. Bangkok Steel 社製鉄工場省エネルギー調査

タイでは、数多くある製鉄所のうち、今回の OJT 実践の場を選定されていたのは、鉄筋バーを製造している BSI 社の製鉄所であった。

2. 1 Bangkok Steel 社製鉄工場の概要

製鉄所は Bangkok 市の南南東約 30km、タイ湾に近いところに立地していた。近くには多くの川があり、最近できたばかりの斜張橋を渡ってすぐのところであった。同じ様な橋が建設中も含めていくつもあり、急速にインフラが整いつつある状況が窺えた。

一行は政府 (DEDE) 関係者 7 人、ASEAN および ECCJ メンバー各 2 人の合計 11 人であった。タイでの活動は BSI の製鉄所 1 ヶ所のみであったので、そこで 3 日半の診断指導を実施することができた。

- (1) 会社名 : Bangkok Steel Industry Public Co., Ltd. (1964 年設立)
- (2) 製鉄所在地 : 27 Poochaosamingprai Rd. Phrapradang, Samutprakarn 10130, Thailand
- (3) 訪問日時 : 2006 年 11 月 13 日～16 日
- (4) 調査訪問者 : Audit Team (1/2)

タイ側 (DEDE, MOE) :

Mr. Sarat Prakobchart Senior Engineer
Mr. Somchat Tanglikhasit
Mr. Vachira Jindaphet
Mr. Chawalit Boonsang
Mr. Amornsak Rangsakorn
Mr. Pornchai Thernnoo
Mr. Cheerawat Nuannuam

ACE:

Ms. Evangeline L. Moises: Chief, Information & Event Division
Mr. Ivan Ismed, Project Officer

日本、(財)省エネルギーセンター、技術専門職 :

武田 曠吉氏、田中 秀幸

- (5) Bangkok Steel 社対応者、Audit Team (2/2) :

Mr. Chaitat Tanormsub Personel Department Manager
Mr. Viroon Kempthet Steel Factory Manager
Mr. Somchai Khamphoo Rolling Mill Production Manager

Mr. Taned Dejamornton
 Mr. Pongsthorn Rienthong
 Mr. Sumrong Boonchalee
 Mr. Pornthep Suwanmanee
 Mr. Taweechai Sornchui
 Mr. Jakaphol Nounkhain
 Mr. Anan Thaicharoen

(6) Bangkok Steel 社での活動スケジュール

日時	行事	担当	備考
11月13日 (月) 9:40-17:20	1. スケジュール打合せ 2. BSIより製鉄所概要説明 3. ECCJより日本のミニミル産業、診断法、電気設備改善事例説明 4. 第1回目製鉄所視察	全員 Mr. Chaitat、Mr. Somchai 田中専門職、武田専門職 全員	
11月14日 (火) 9:30-17:20	1. 現地測定項目の討議 2. 加熱炉簡易診断(温度測定等) 3. 質問書に関する討議	全員	
11月15日 (水) 8:50-17:20	1. 省エネ項目の討議 2. 加熱炉壁面放散熱解析説明 3. 電気設備簡易診断	全員	
11月16日 (木) 8:50-14:00	1. コンプレッサー省エネ対策討議 2. 診断結果討議	全員 + Mr. Him Navawangse (ISIT)	

2. 2 製鉄工場設備の概要

(1) 製鉄設備概要

診断チームのDEDEから今回訪問の目的やスケジュール等の説明の後、BSIの3名のManagerから会社概要パンフレットとPPT(スライド)および質問書回答を使って製鉄所概要の説明を受けた。その内容の概要を以下に示す。

会社設立は1964年、初めは素材購入から圧延のみを行っていたが、1973年から電気炉操業を始め、鉄筋バーを年45万トン生産できるようにした。現在、ピレットは一部購入しており、圧延設備能力は年60万トンである。製鉄所敷地内には亜鉛メッキ工場があるほか、クレーン製造工場も持っている。亜鉛メッキ工場およびクレーン製造工場は今回の診断対象には含まれていない。また、訪問時の週は2基ある圧延機の2号機は操業を休止していた。

製品： 鉄筋バー (Concrete reinforcing steel bar)
 Deform bar, Round bar: $\phi 6 \sim \phi 40$
 設備能力：500,000t/y
 生産量実績：314,877t/y (2005年)

(亜鉛メッキ鋼板： 130,000t/y (1983、1992、1997年))

設備： 25トン炉×2基(電炉能力300,000t/y)、CC(連続铸造設備)×2基、
連続加熱炉×2基、RM(連続圧延機)×2基
圧延素材不足分はタイ国内から購入している。

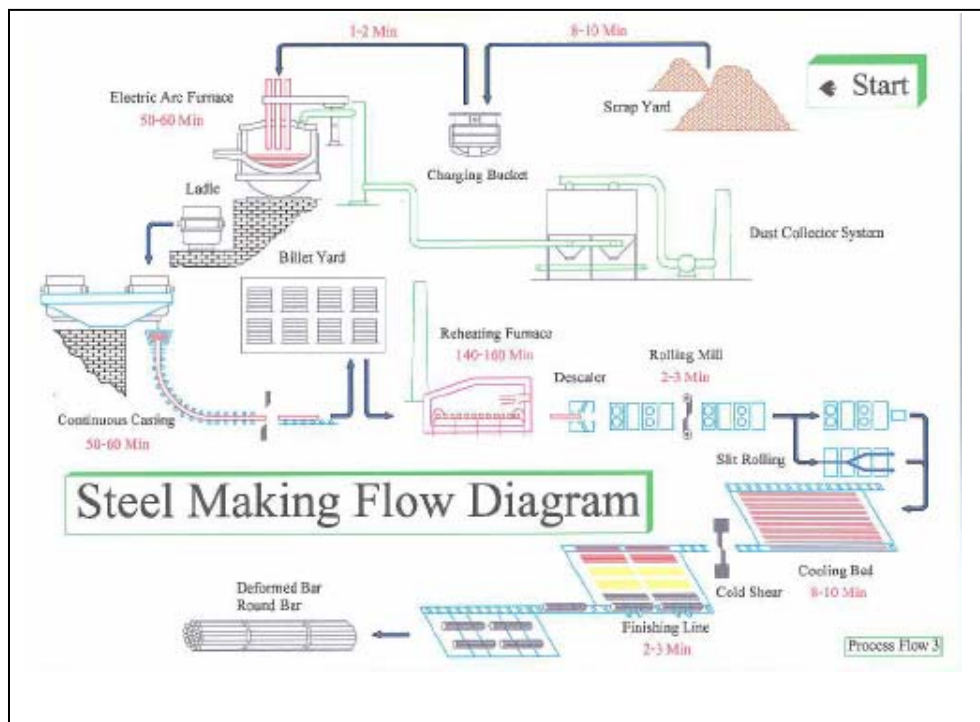
従業員： 600人

操業形態： 製鋼部門：3直、圧延部門：4直

(2) 鉄筋バー製造設備

1) 製造プロセス

鉄筋バー製造プロセスを図Ⅲ-2-1に示すが、市中スクラップを電気炉(EAF)で溶解し、その溶鋼を鍋(Ladle)に受ける。鍋からタンディッシュ(T/D)を介して連铸機(CCM)で铸込みビレット(Billet)とする。このビレットは高温であるが、いったん冷却して連続鋼材加熱炉(Reheating Furnace)にて1,200℃近くまで加熱し、圧延機(Rolling Mill)で鉄筋バーや丸棒に圧延する。圧延後冷却して、寸法裁断して必要量を結束して出荷される。



図Ⅲ-2-1 鉄筋バー製造プロセス

ここでは、エネルギーはつぎのように消費されている。

燃料： 重油 (バンカーC)：	連続鋼材加熱炉および鍋予熱
軽油 (灯油)：	電気炉バーナー
LPG：	タンディッシュ予熱

電力： 電気炉（スクラップ溶解）、
受配電設備、
連铸機、圧延機、集塵機、その他機器作動用モーター、
照明等

2) 主要設備

- 電気炉： 25 トン交流炉×2基 (DEMAG 製 (1973 年)、SOE 製 (1993 年)、
樋出鋼式、パイプ式酸素・炭素吹き込み装置付き、灯油バーナ
ー付き
- 連続铸造設備 (CC)： ビレット連铸機 (3 スラット) × 2 基 (1973 年、1993 年)
ビレットサイズは□130-7m および 11m
- 連続加熱炉： 旧加熱炉 (1964 年、今は廃却)、現在 2 基あり。
a. 50t/h 加熱炉 (1993 年 DANIELI 製、プッシャー式)
炉内寸法： 7,600W×1,600H×20,000L (mm)
重油バーナー：加熱帯 6 本、均熱帯 6 本、
定格油量：1,900L/h
レキュペレーター付き (燃料油 1,400kg/h 時、空気予熱温度
は、 $m = 1.1$ の場合 300°C)
燃焼空気ファン：20,000m³/h×67kW モーター
b. 70t/h 加熱炉 (1996 年、ウオーキングビーム式)
- 連続圧延機 (RM)： 2 基
a. 1 号連続圧延機 (RM# 1、1993 年)：50t/h
b. 2 号連続圧延機 (RM# 2、1996 年)：70t/h
- 集塵機： 電気炉直引 (2 炉)、建屋吸引 (2 炉) の統合式バッグフィルタ
ー吸引式集塵機 (ダクトで連結されているが、集塵機のみ 2 基)
ブロワー：(4,670m³/min (60°C) - DC600kW) × 2 基 +
(3,115m³/min (60°C) - DC400kW) × 2 基
- 空気圧縮機： ターボ圧縮機 1 台 ベーンコントロール式 (IHI 製、2003 年)

2. 3 製鉄工場エネルギー簡易診断

(1) エネルギー使用状況

BSI の製鉄所で使用されているエネルギーは前述のように、重油 (バンカーC)、軽油 (灯油)、LPG および電力である。鉄筋バー生産量とエネルギー消費量の変化を表 III-2-2 に示す。またこれらエネルギーの単価を表 III-2-3 に示した。
ここで酸素が入っているが、これは電気炉操業中に炭素粉とともに炉内に吹き込まれるも

ので、溶鋼温度上昇に寄与し、電力原単位削減に役立つ。エネルギーの一部として取り扱うべきであるが、炭素粉の消費量データがないため以下では除外して考える。

エネルギー単価は、表Ⅲ-2-3 に示すように、2年間の間に燃料で1.4~1.5倍に、電力では1.2倍近く値上がりしている。なお、表Ⅲ-2-4には製鉄所のエネルギー使用状況を示している。

BSI がとくに省エネルギーを進めたいと考えていたのは加熱炉用燃料（C重油）の削減であった。データ等からも2005年はC重油のみが増加している。

表Ⅲ-2-2 BSI 製鉄所の生産量とエネルギー原単位

年度			2003		2005	
鉄筋バー生産量 t/y			320,456	(100)	314,878	(98.3)
売上額 Million Baht/y			4,000	(100)	5,500	(137)
<u>エネルギー消費量</u>						
Bunker oil Grade-C (43,892kJ/kg、 比重 0.9554)	kL/y	鋼材加熱炉用、 鍋予熱用	12,708	(100)	15,277	(120.2)
Diesel oil	kL/y	電気炉バーナー用	3,233	(100)	2,292	(70.9)
LPG	kg	T/D 予熱用	37,900	(100)	36,000	(95)
Oxygen	km ³ /y	電気炉インジェクション用	8,251	(100)	8,212	(99.5)
電気	MWh/y	電気炉, 機器操作用	230,508	(100)	204,755	(88.8)
<u>エネルギー原単位</u>						
Bunker oil Grade-C	L/t		39.7	(100)	48.5	(122)
Diesel oil	L/t		10.1	(100)	7.3	(72)
LPG	kg/t		0.12	(100)	0.11	(92)
電気	kWh/t		719	(100)	650	(90)

表Ⅲ-2-3 エネルギー単価

エネルギー	単位	2003		2005	
Bunker oil Grade-C	Baht/L	7.548	(100)	11.146	(148)
Diesel oil	Baht/L	12.288	(100)	17.814	(145)
LPG	Baht/kg	14.162	(100)	16.130	(114)
Oxygen	Baht/m ³	4.200	(100)	4.196	(100)
電気	Baht/kWh	2.194	(100)	2.658	(121)

表III-2-4 設備別エネルギー消費割合

Energy	Energy/Use		Ratio (%)		Fuel & Electricity Ratio (%)	
Fuel	Heavy oil	Furnace #1	35.4	100	51.2	100
		Furnace #2	27.5			
		CGL	4.2			
		Boiler (CGL Plant)	0.5			
		Others	10.1			
	Diesel oil	EAF1 & 2	22.0			
	LPG	Tundish	0.3			
Electricity	EAF	45.1	100	48.8		
	Motor (>20kW)	38.6				
	Cooling system	5.7				
	Air Compressor	2.8				
	Air Conditioning	1.7				
	Lighting	0.6				
	Others	5.5				

CGL: Continuous Galvanizing Line

(2) BSI における省エネルギー活動

BSI では省エネルギーチームを作って活動している。

過去の BSI 独自の省エネルギー活動について、以下のものが説明された。

- 1) 圧延工場屋根および壁材（鋼板）を一定間隔で不透明プラスチックに交換し昼光を取り入れるようにした。（照明電力削減 = $\Delta 178\text{MWh/y}$ ）
- 2) クーリングタワーのファンをアルミニウムからグラスファイバーに変更した。
（モーター電力削減 = $\Delta 35\text{MWh/y}$ ）
- 3) 鉄筋バー焼入れ焼戻し（QTB）の乾燥エアノズルにソレノイドバルブを設置し、使用時のみ開とした。（エアコンプレッサーモーター電力削減 = $\Delta 89\text{MWh/y}$ ）
- 4) 加熱炉入り口の開口を約半分にした。（燃料油削減 = $\Delta 7,632\text{L/y}$ ）
- 5) 鉄筋バー結束機のスケール飛ばしエアノズルにソレノイドバルブを設置し、使用時のみ開とした。（エアコンプレッサーモーター電力削減 = $\Delta 60\text{MWh/y}$ ）
- 6) 油圧式チェーントランスファーを電動モーターとし、必要時のみの運転とした。（電力削減 = $\Delta 192\text{MWh/y}$ ）
- 7) 鉄筋バーのピンチロール、ローラーコンベアをパイプコンベアに変更した。（電力削減 = $\Delta 292\text{MWh/y}$ ）
- 8) その他として、集塵機増強とエアコンプレッサー更新（ベーン式からターボ式へ）を実施している。

以上の活動で、年間 215 万 Baht（約 700 万円）節減の効果が上がっている。

（3）診断チームからの説明

診断チームの ACE からは、口頭で METI-ASEAN PROMRRC について説明が行われた。

ECCJ からは PPT を使って、次の 3 件の説明を行った。

1) 「日本のミニミルの省エネルギー活動について」

セミナー用資料の内、製鉄所診断の参考となるところを中心に簡単に参加者に説明した。

2) 「診断の進め方」

製鉄所診断の手順および管理状況や設備等の診断チェックポイントについて説明した。

3) 「製鉄所電気設備の診断事例」

これも、セミナー用資料の内、事例部分について説明した。

BSI の製鉄所エネルギー診断には、前述のように毎日 20 名近くのチームメンバーが参加したが、診断実施に当たって結局は ECCJ がすべて率先してやらなければ進まない状態であった。

(4) 製鉄所簡易診断と測定結果

診断チームメンバーが製鉄所概要や診断法について理解できたところで、参加者全員で現地を視察した。設備は前述のように2系列あるが、そのうち稼働中の#1RM、DEMAG電気炉とCC、受電設備、および集塵設備を回った。現地診断は期間中3回行った。

現地の状況は以下のごとくであった。

現場を簡易診断した結果、省エネルギー対策が必要と思われる事項を列記する。

(熱関係)

- 1) 電気炉はスクラップ3回装入式(50%、36%、14%)、Tap-Tapは70分、電力消費は平均584kWh/tであった。
- 2) 電気炉のTap温度は時々1,700℃まで上げている。
- 3) 溶鋼鍋の予熱は、溶鋼鍋を横にしてC重油が使われている。排ガスは活用されていない。
- 4) CCMスタンド上の25t溶鋼鍋に蓋は設置されていない。
- 5) T/Dのカバーはあるが、開口部が大きい。役に立っていないと思われた。
- 6) 鍋～T/D～モールド間の溶鋼流は裸のままである。スリーブ状のカバーをつけるのが良い。
- 7) LFはない。
- 8) Billetは手入れなし、ホットチャージはされていない。
- 9) 炉の温度保持操業(1,050℃保持)
燃料油使用量は1,040L/3h、810L/3h20min、2,980L/14h40minとなっていた。
- 10) 排ガス中の酸素量は測定されていない。かつてのデータでは4%だったということであった。
- 11) 鋼材の加熱炉内スケールロス(全量 Fe_2O_3 とすると、1.75%の鉄ロスとなる。日本では0.7%のデータがある。1%くらいにはすべきであろう。)
- 12) 加熱炉の予熱空気温度は166.5℃と低い。

(電気関係)

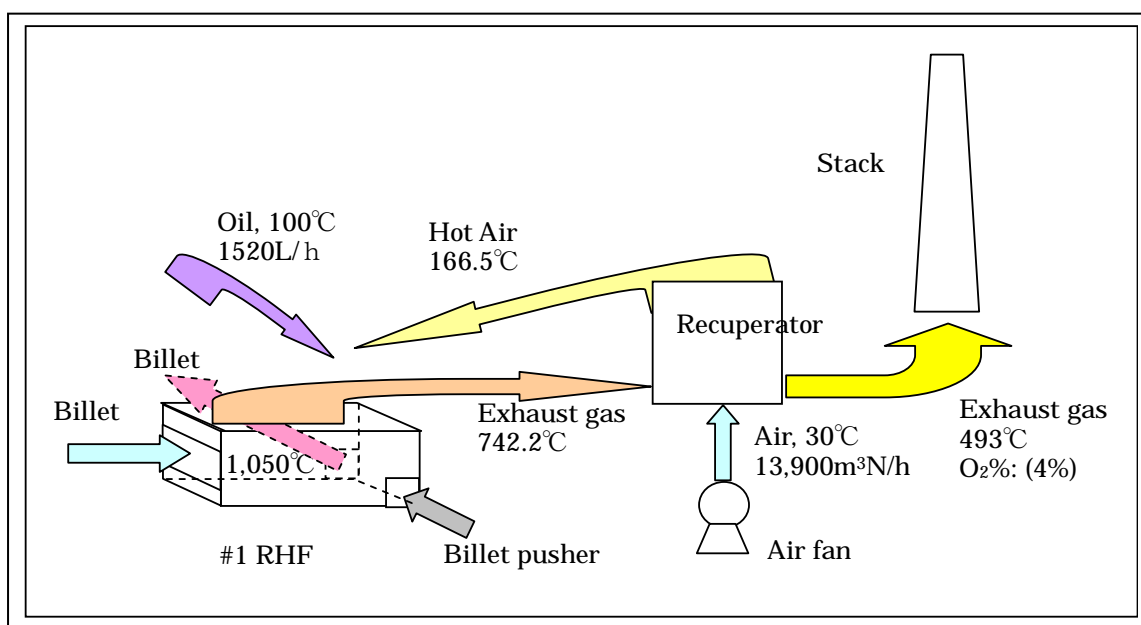
- 1) 工場変電室ではパワーファクター(Pf)は0.87であった。
- 2) 圧延工場(#1RM)の屋根・壁には昼光取り入れの半透明プラスチック板が一定間隔で鋼板に代って取り付けられていた。したがって天井照明は局所照明を除いて昼間はすべて消灯されていた。
- 3) クーリングタワーのファンブレードはアルミニウム製からGlass Fiber製に変更されていた。寿命は10年以上あり、モーター動力も削減できる。

- 4) エアコンプレッサーの圧力は、GTB（製品焼入れ）の乾燥のため、0.65MPa が必要である。エアコンプレッサーは4台あり、1基はメンテナンス中で2/3基操業であった。ただし運転中のターボコンプレッサー出口圧力は0.48MPaであった。
- 5) 電気料金にピーク時間あり。午後6時半～9時半
- 6) エアコンプレッサーシステムへのレシーバータンクの設置。容量の決め方について質問があり、セミナー時に説明した。

(5) #1 加熱炉簡易診断と測定結果、改善策について

加熱炉の表面温度および排ガスや燃焼空気温度を測定と操作室パネル等から確認した。

図Ⅲ-2-2に#1 加熱炉の燃焼関係のデータを示す。



図Ⅲ-2-2 #1 加熱炉の燃焼関係のデータ

1) 加熱炉表面温度

加熱炉表面温度は表Ⅲ-2-5に示しているように高めであった。表中に日本の加熱炉表面温度の基準値を示しているが、全般に高い温度を示している。加熱炉は2階床高さに設置してあるが、底面は近づけず測定できなかった。

表Ⅲ-2-5 加熱炉表面温度の測定値（平均値）

炉表面位置	上面	側面				下面(床下 架構上測 定不可)
		前面 (装入側)	側面		後面 (排出側)	
			左側	右側		
表面温度	165℃	137℃	100℃	80℃	150℃	-
日本基準値 (炉内 1, 050℃)	110/ 100℃	95/ 90℃				120/ 110℃

(日本基準値の上段は標準値、下段は目標値を示す。)

2) 加熱炉開口部

炉の開口部は3箇所ある。Billet 入口の開口部は7m×400mm、Billet 両端から炉壁までの隙間は片側400～500mm、Billet 上と入口開口部の上面との隙間270mmであった。(Billet 寸法は130mm角-6m位。)

また、Billet は炉側面からプッシャーで炉と直角方向へ押し出され、圧延ラインへ送られる。このプッシャーおよびBillet の出口には昇降式スライドゲートが設置されている。この密閉度が十分でなくしかも開時間が必要以上に長かった。10秒程度で良いと思われるところが測定では40秒掛かっていた。このゲート部の開口は縦・横が約0.5m×1m位と思われる。現地では高熱で近づけず測定不可、入手図面にも寸法記載なしであった。

3) 「# 1 加熱炉の炉体放散熱計算」

計算条件：実測温度が表Ⅲ-2-5に示す日本基準の目標温度より高い4面に対し、現在温度時と目標温度時の放散熱の差を計算する。計算の条件と結果を表Ⅲ-2-6に示している。計算結果、約1.5%の燃料削減が可能となる。

表Ⅲ-2-6 # 1 加熱炉の炉体放散熱計算

場所	上面	前面	左面	後面
面積, A(m ²)	9.01×21.5	9.01×2.2 (下0.5mは基礎部)	21.5×2.7	9.01×2.7
実測温度 Ta(℃)	165	137	100	150
目標温度 Tt(℃)	100	90	80	90
周辺温度 T0(℃)	30			
計算式	自然対流	$Q_n = [hc \times (Ta - T_0)^{0.25}] \times (Ta - T_0) \times A$ (W)		
	hc	3.26	2.56	
	輻射	$Q_e = 5.68 \times \epsilon \times \{ [(273+Ta)/100]^4 - [(273+T_0)/100]^4 \} \times A$ (W)		
	放射率 ε	0.3 (Aluminum painted surface)		

現在の放散熱	$Q1 = (Qn + Qe) = (362,889 + 120,965)W \rightarrow 483.9kWh/h \rightarrow 1,742MJ/h$
目標温度時の放散熱	$Q2 = (Qn + Qe) = (49,966 + 161,498)W \rightarrow 211.5kWh/h \rightarrow 761MJ/h$
改善効果	$\Delta Q = Q1 - Q2 = 981MJ/h$ Fuel oil saving = $981MJ/h / 41.934MJ/L = 23.4L/h \rightarrow \Delta 1.54\%$

(右面は、規定値以下の80℃なので改善不要、左面はこの数値まで改善する。下面は従来のみとする)

4) # 1 加熱炉の燃焼計算

燃料油「C重油」1,520L/hの燃焼状態について検討する。

BSIより入手した燃料油「C重油」の成分組成から、重量割合を次のように仮定して燃焼状態について検討する。

燃料供給量：	1,520L/h \rightarrow 1,452.2kg/h
燃焼用空気供給量：	13,900m ³ N/h
C重油成分組成：	C: 86.22%
	H: 11.51%
	S: 1.87%
	N: 0.30%
	Others: 0.10%
理論燃焼空気量：	$A0 = 10.80m^3N/kg-oil \rightarrow 15,683.8m^3N/h$
理論湿り燃焼ガス量：	$G0 = 11.442m^3N/kg-oil \rightarrow 16,616.1m^3N/h$
理論乾き燃焼ガス量：	$G0' = 10.153m^3N/kg-oil \rightarrow 14,744.2m^3N/h$

この結果、燃焼用空気ファン(設備能力20,000m³N/h)から供給されている空気量(13,900m³N/h)は、理論燃焼空気量(15,683.8m³N/h)より少ないこととなる。この差は、炉の開口部から侵入しているはずである。

さらに、鋼材から25kg/tのスケールが発生している(*1)とすれば、鉄の酸化に必要な酸素量(空気量)は次のようになる>(*1:ここでは25kg/tの鉄ロスとも考えられるが、一般よりかなり多いと考えられるので少ないほうのスケール量とした。)

加熱炉能力：	C重油1,520L/h使用時加熱炉能力40t/h (加熱炉能力50t/hはC重油1,900L/h使用時)
スケールの成分：	Fe ₂ O ₃ 100% (Fe = 70%、O ₂ = 30%)
スケール化する鉄ロス：	700kg/h (= 25kg/t-Billet \times 0.7 \times 40t/h)
鉄の酸化に要す酸素量：	210.6m ³ N/h 空気量= 1,002.9m ³ N/h、窒素量= 792.3m ³ N/h

BSI 情報では、排ガス中に 4 %の酸素が含まれている。現在も 4 %の酸素が含まれているものと仮定する。これに相当する余剰空気量は次のようになる。

酸素量 4 %に相当する余剰空気量 : $A1 = 3,655.6\text{m}^3\text{N/h}$

[計算式 : $A1 \times 0.21 / (14,744.2 + 792.3 + A1) = 0.04$]

総湿り排ガス量 : $21,064.3\text{m}^3\text{N/h} (= 16,616.4\text{m}^3\text{N/h} + 792.3\text{m}^3\text{N/h} + A1)$

総乾き排ガス量 : $19,192.1\text{m}^3\text{N/h} (= 14,744.2\text{m}^3\text{N/h} + 792.3\text{m}^3\text{N/h} + A1)$

以上から、外部から入っている空気量は、 $6,442\text{m}^3\text{N/h} (= 15,683.8 - 13,900 + 1002.9 + 3,655.6)$ となり、ブロワーから送られている空気量とあわせると、 $20,342\text{m}^3\text{N/h}$ である。すなわち、外部から入っている空気量は全体の約 31.7%と想定される。(なお、ここでは耐火物等から出てくるガス等は無視している。)

この状態は、燃焼管理(空気比管理)がうまく行えない状態であると言える。当然、炉体開口部を減らす等の対策を急ぎ取るべきである。

5) 空気比を下げた時の効果

a. 実際の空気比

排ガス中酸素濃度は測定されていないが、過去のデータどおり煙突下で 4%とする。実際の供給空気量は前述の通り、 $20,342\text{m}^3\text{N/h}$ である。これは Billet の酸化に使われる空気も含まれている。したがって、排ガス中の酸素濃度が 4%であっても空気比は $1.235 (= 21/(21-4))$ ではなく、 $1.3 (= 20,342/A0)$ となっている。

b. 余剰空気を半分に減らし、空気比を $m = 1.15$ にした場合、スケールの発生量も現在の半分に減ると仮定して以下計算する。

こうするためには、炉開口部を極力減らしてブロワーからの燃焼空気量を増やし、風量をコントロールできるようにすべきである。

余剰空気量 : $2,352.6\text{m}^3\text{N/h} (= A0 \times 0.15)$

スケール発生に要す空気量 : $501.5\text{m}^3\text{N/h} (= 1,002.9\text{m}^3\text{N/h} \times 0.5)$

窒素量 : $396.2\text{m}^3\text{N/h} (= 501.5\text{m}^3\text{N/h} \times 0.79)$

総湿り排ガス量 : $18,863.4\text{m}^3\text{N/h} (= G0 + 2,352.6\text{m}^3\text{N/h} - 501.5\text{m}^3\text{N/h} \times 0.21)$

総乾き排ガス量 : $16,991.5\text{m}^3\text{N/h} (= G0' + 2,352.6\text{m}^3\text{N/h} - 501.5\text{m}^3\text{N/h} \times 0.21)$

排ガス中の酸素量 : $2.29\% (= [2,352.6 - 501.5] \times 0.21 / 16,991.5 (\text{m}^3\text{N/h}))$

したがって、見かけ上の空気比は、 $1.12 (= 21 / (21 - 2.29))$ となる。

ここで、現状空気比 ($m = 1.3$) から、 $m = 1.15$ にした場合の燃料節約量を求めると次のようになる。計算では、空気比低減に伴う余分の排ガス量と燃料減少分の排ガス量の加熱

に要す熱量が不要になると考える。また、排ガス中の酸素の一部はスケール発生に使われるため排ガス量は、現状では 20,853.7 m³N/h (= 21,064.3 - 210.6) に、改善後は 18,758.1 m³N/h (= 18,863.4 - 105.3) となる。

計算の前提条件：

排ガスの温度： 742.2℃ (変わらないものとする。)

排ガス比熱： 1.381kJ/m³N・K

外気温度： 30℃

C 重油発熱量： 43,892kJ/kg

削減できる C 重油量： 0xkg/h = 66.1kg/h

$$\begin{aligned} \text{計算式：} & \{ [(1,452.2-0x)\text{kg/h}/1,452,2\text{kg/h}] \times (20,853.7-18,758.1)\text{m}^3\text{N/h} \\ & + 0x\text{kg/h}/1,452,2\text{kg/h} \times 20,853.7\text{m}^3\text{N/h} \} \times 1.381\text{kJ/m}^3\text{N} \cdot \text{K} \times (742.2-30)^\circ\text{C} \\ & = 43,892\text{kJ/kg} \times 0x\text{kg/h} \end{aligned}$$

削減率： 4.6% (= 66.1kg/h/1,452,2kg/h = 0.0455)

ただし、実際にはスケール発生熱 (鉄の燃焼による発熱) が減少する。

鉄の酸化熱 (= 5.588MJ/kg-Fe)、スケール平均比熱 (= 0.9MJ/kg-scale・K)、鉄平均比熱 (= 0.699 MJ/kg-Fe・K) を使い、鋼材加熱温度を 1,050℃ とすれば、約 1,746MJ/h の熱量に相当する燃料が必要となる。これは約 40kg/h の燃料油に相当する。したがって節減できる燃料油は 26kg/h (= 27.2L/h)、約 1.8% の節減となる。

6) レキュペレーターの効率

レキュペレーターは図Ⅲ-2-2 に示すように十分な効果を発揮していないと思われる。

1 加熱炉の規模で排ガス温度が 742.2℃ であれば、日本の法で決められている廃熱回収率は 35%、レキュペレーター出口温度は 460℃、予熱空気温度は 310℃ である (ただし、重油の場合で、外気温度 20℃、空気比 1.2 としたときの目標値)。

BSI の場合は、炉体開口部からの空気があるため、燃焼空気のすべてがレキュペレーターを通過していないので、燃料節減量は次のように示される。

- 現状：

$$\begin{aligned} \text{燃焼排ガスの持ち去る熱量：} & Q = 20,717,754\text{kJ/h} (= 21,064.3\text{m}^3\text{N/h} \\ & \times 1.381\text{kJ/m}^3\text{N} \cdot \text{K} \times (742.2-30)^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{予熱空気が持ち込む熱量：} & P = 2,466,555\text{kJ/h} \\ & (= 13,900\text{m}^3\text{N/h} \times 1.3\text{kJ/m}^3\text{N} \cdot \text{K} \times (166.5-30)^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$\text{燃料の発熱量：} F = 63,739,962\text{kJ/h} (= 1,452,2\text{kg/h} \times 43,892\text{kJ/kg})$$

$$\text{燃料の節減量：} 100 \times P / (F-Q+P) = 5.4\%$$

$$\begin{aligned} \text{廃熱回収率：} & 11.9\% \\ & (= 100 \times P / Q = 2,466,555\text{kJ/h} / 20,717,754\text{kJ/h}) \end{aligned}$$

- 空気予熱温度を 310°Cとした場合（排ガス量不変の場合）：

$$\begin{aligned} \text{予熱空気が持ち込む熱量： } P' &= 5,059,600\text{kJ/h} \\ & (= 13,900\text{m}^3\text{N/h} \times 1.3\text{kJ/m}^3\text{N/h} \cdot K \times (310-30)^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$\text{燃料の節減量： } 100 \cdot P' / (F-Q+P') = 10.5\%$$

$$\begin{aligned} \text{廃熱回収率： } & 24.4\% \\ & (= 100 \times P' / Q = 5,059,600\text{kJ/h} / 20,717,754\text{kJ/h}) \end{aligned}$$

したがって、燃料の節減量の両者の差は、5.1%となる。

- 空気比 1.15 時の計算（310°Cに予熱）（ $m = 1.15$ 、排ガス量が減る場合）：

$$\begin{aligned} \text{予熱空気が持ち込む熱量： } P'' &= 6,747,832\text{kJ/h} \\ & (= 18,538\text{m}^3\text{N/h} \times 1.3\text{kJ/m}^3\text{N/h} \cdot K \times (310-30)^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$\text{燃料の節減量： } 100 \cdot P'' / (F-Q+P'') = 13.6\%$$

$$\begin{aligned} \text{廃熱回収率： } & 37\% \quad (= 6,747,832\text{kJ/h} / 18,538\text{m}^3\text{N/h} \times \\ & 1.381\text{kJ/m}^3\text{N} \cdot K \times (742.2-30)^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

すなわち、空気比を下げると排ガス量が減るため、さらに 3.1%削減できることになる。これは現状に対し、空気比を 1.3 から 1.15 に下げ、炉内へ入る空気全量を予熱するとした場合、燃料の節減量は 8.2%、124,6L/h (= 1,520L/h × 0.082) となることを示している。

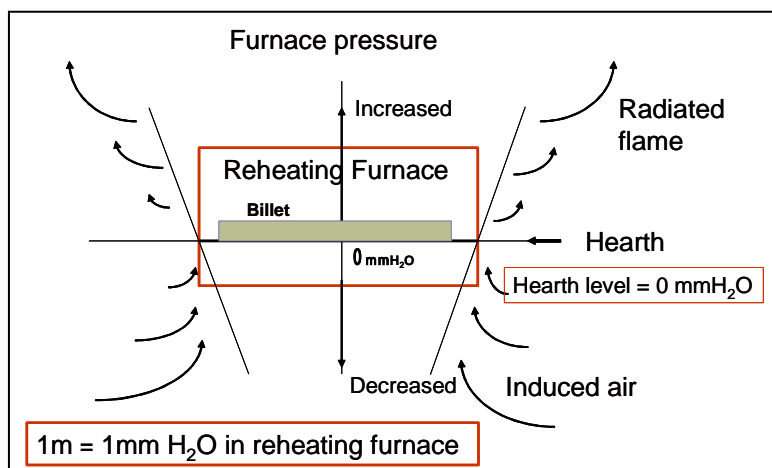
7) 炉開口部からの空気侵入について

開口部の大きさは前述のように、炉前（Billet 装入口）約 2m²が常時開、Billet 押出し口および Billet 出口はそれぞれ 0.5m²が 1 時間に 50 回、各 30 秒間開く（測定時は 40 秒間であったが、ここでは平均 30 秒とした。約 0.8m²が常時開状態に相当する）。したがって、炉全体では 2.8m²が常時開の状態である。

炉内圧が数 Pa にコントロールされているとのことであったが、空気侵入の速度は容易に 1m/sec を超える可能性がある（30°Cの場合 0.71m/sec で、6,442m³N/h の空気侵入が可能）。炉圧管理は材料装入レベルで、外部からの空気侵入、内部からのガス流出防止のために +1 ~ 10Pa（水柱 0.1 ~ 1.0mmH₂O）に保つことが望ましい。しかし、通常、炉圧検出は炉天井部で行われている場合が多い。その場合は高温ガスの浮力を考慮する必要があり、鋼材加熱炉では 1,100 ~ 1,200°C で図 III-2-3 に示すように 1m 高さで 1mmH₂O (= 10Pa) に相当するといわれている。

したがって、炉内圧は (+) であるが、これを低く制御すると材料装入レベルでは (-) 圧になっている可能性があり、外気が容易に侵入すると思われる。

また、炉体開口部から熱放散が発生するが、材料入り口は予熱帯で温度が低い、材料出口は開口が小さく大きな放炎はみられなかったのでここでは無視する。



図Ⅲ-2-3 炉内圧と空気侵入、ガス噴出の関係

8) 「熱いBilletを炉に装入する」とした場合、どれだけの燃料節約になるか。
 例えば、40t/hのBilletを常温より100℃高い温度で炉に装入した場合、
 普通鋼（軟鋼）の比熱： 0.507kJ/kg・K (100～150℃)
 Billetが持込む熱量： 2,028,000kJ (= 40,000kg×0.507kJ/kg・K×(130-30)℃
 燃料節減量(100℃当り)：46.2kg/h (= 2,028,000kJ/43,892kJ/kg)

これは100℃当りの燃料節減量であるが、実際には高温になるほどわずかであるが比熱が増えるため、燃料節減量がさらに増える。
 したがって、いったん冷やして炉内装入しているBilletを保温ボックス等で保ち、出来るだけ高温装入する工夫が必要である。さらに、600℃まで使用できる高温リフ・マグ(Lifting Magnet、600℃まで使用可)を採用すれば作業性はアップするだろう。

9) #1加熱炉の改善項目まとめ
 #1加熱炉の省エネルギーに関して述べたことを表Ⅲ-2-7にまとめて示す。

表Ⅲ-2-7 #1加熱炉の省エネルギー対策

対策案		方法、条件	燃料節減量および割合	
1.	炉体からの放熱を減らす(最高温度165℃)	炉体保温強化により、△981MJ/h	△23.4L/h	△1.5%
2.	燃焼空気比を下げる (現状の空気比1.3、スケール発生25kg/t、外部からの侵入空気31%)	空気比を1.15以下とする。 (スケール生成を半分とする。) 炉開口部ふさぎ、炉圧変更およびブロー風量コントロール等	△27.2L/h	△1.8%

3.	レキュペレーター熱回収力をアップする。 (仕様通りに戻す)	機器仕様（予熱空気温度 300～310℃）まで加熱温度を上げるようにする。レキュペレーターメンテナンス強化と空気全量予熱化。	空気比不変：1.3 △77.5L/h 空気比低減：1.15 △124.6L/h	△5.1% △8.2%
4.	炉体開口部を小さくする、開口時間を短くする等	侵入空気を減らし、必要空気をブローから供給するようにする。炉圧をあげる。	熱放散が減る。 計算は条件多く未実施。	
5.	高温ビレットを装入する。	保温ボックス、高温用リフ・マグ使用	100℃アップで、 △48.3L/h	△3.2%

加熱炉燃焼管理では空気比を下げるのが大事で、それを容易にするためには制御できない侵入空気量を減らす必要がある。レキュペレーターは仕様通りの機能が発揮できるように設備管理や運転管理を見直す。炉体からの熱放散は炉内外の断熱を強化することが望ましい。さらに、ビレットはいったん冷やすのではなく、できる限り高温で炉装入するよう例えば、保温カバーの設置、高温リフ・マグの採用を検討すべきである。

なお、表Ⅲ-2-7の効果はそれぞれ単独で計算したもので、仮定も含まれているため、全部を実現した場合、効果はその合計にならない可能性がある。

(6) 電気炉、連続鋳造機について

1) 電気炉の電力消費原単位が高い

2基の25トン電気炉1日分(2006年10月29日)の操業データを入手した。

それによると、29ヒートの平均値で

スクラップ装入： 3回、13.1t+10.2t+3.4t = 26.7t

タップ・タップ時間： 63.5分

歩留まり： 84.5%

酸素使用量： 46.19m³N/t

灯油： 6.75L/t

電力： 584kWh/t (溶解 431kWh/t+精錬 153kWh/t)

となっている。

省エネルギーの観点で見れば、電力の消費量がかなり高いと思われる。酸素、炭素粉(データがなし)および灯油は一般並みの量が使われていると思われるが、歩留まりが低いところをみるとかなりの鉄分が燃焼しているか、スクラップの性状が悪いかであろう。また、出鋼は樋出鋼で行われている。

電気炉作動の高速化、EBT (Eccentric Bottom Tapping)装置の導入、歩留まりアップのためのスクラップ事前処理 (不純物の分離)、さらにスクラップ予熱等の検討を行うことを提案したい。

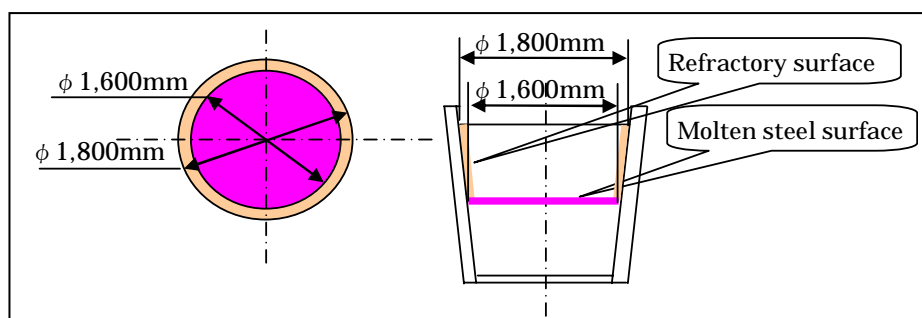
2) 25 トン溶鋼鍋、タンディッシュからの熱放散

連铸機への铸込時間中 25 トン溶鋼には蓋がつけられていない。タンディッシュにはカバーはあるが半分程度しか覆われていないため熱放散が生じている。

25 トン溶鋼鍋、タンディッシュにきちんとしたカバーをつけることが必要であろう。ここではその効果について試算する。

(1) 25 トン溶鋼鍋の場合

鍋内に半分の溶鋼が残っている状態が連铸機への铸込時間中継続すると考え、鍋上面から放散される熱量を試算する。図Ⅲ-2-4 に溶鋼鍋図を示すが、寸法は概略を示している。熱放散は、中心の溶鋼面からと内側面の耐火物からの輻射熱のみとする。



図Ⅲ-2-4 25t 鍋からの熱放散

計算条件

溶鋼面：	温度 $T = 1,650^{\circ}\text{C}$ 、輻射率 $\varepsilon = 0.28$ 、面積 2.0m^2
耐火物面：	温度 $T = 1,500^{\circ}\text{C}$ 、輻射率 $\varepsilon = 0.85$ 、面積 0.54m^2
外気温度：	$T_0 = 30^{\circ}\text{C}$
溶鋼比熱：	$0.867\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ (溶鋼温度 $1,600 \sim 1,650^{\circ}\text{C}$)
鍋内溶鋼保持時間：	32 分 (= $25\text{t} / (3 \times 0.13^2\text{m}^2 \times 2\text{m}/\text{min} \times 7.85\text{t}/\text{m}^3)$ (CCM は 3 ストランド、铸込み速度 $2\text{m}/\text{min}$)
計算式：	輻射熱 = $5.68 \times \varepsilon \times \{[(T+273)/100]^4 - [(T_0+273)/100]^4\}$ (W/m^2)

溶鋼面からの輻射熱：	435kW、232kWh (32 分間/回)
耐火物面からの輻射熱：	257kW、137kWh (32 分間/回)

合計の輻射放散熱： 369kWh = 1,328,000kJ

溶鋼温度降下量： 61°C (=1,328,000kJ/(25,000kg×0.867kJ/kg・K))

鍋蓋を使用した場合、その効果を半分とみて、溶鋼温度降下量は約 30°Cと予想される。

(2) タンディッシュの場合

現在のタンディッシュには蓋が設置してあるが、半分くらいしかカバーされていない。この範囲から放散される輻射熱は鍋の場合と同じように計算される。

計算条件

溶鋼面： 温度 $T = 1,600^{\circ}\text{C}$ 、輻射率 $\varepsilon = 0.28$ 、面積 1.0m^2
(タンディッシュ上面の半分とする。)

耐火物面： タンディッシュ内の溶鋼レベルは鑄込み中ほぼ一定に保たれるため、耐火物面からの放散は無視する。)

溶鋼比熱： 0.867kJ/kg・K (溶鋼温度 1,600~1,650°C)

タンディッシュ内容鋼保持時間： 32 分

溶鋼鍋と同じ式を使って計算すると、

タンディッシュ内容鋼面からの輻射熱： 157kW、84kWh (32 分間分)= 350,333kJ

溶鋼温度降下量： 16°C (= 350,333kJ/(25,000kg×0.867kJ/kg・K))

蓋を使用した場合、その効果を半分とみて、溶鋼温度降下量は約 8°Cと予想される。

以上の結果、溶鋼鍋とタンディッシュでの温度降下量は、38°Cと見られる。すなわち、現在 1,650~1,700°Cの電気炉 Tap 温度を約 40°Cくらい下げることが可能であろう。

この 40°Cに相当する電力削減量は、867MJ (= 25t×40°C×0.867kJ/kg・K)となり、電力換算では 240 kWh となる。これは 9.6kWh/t に相当する。

(7) 電気分野のエネルギー診断

4日間という短時間の診断であったが、工場側の熱心な対応により、下記のごとく多くの成果を得ることができた。今後のタイ側のフォローアップに期待したい。

1) 力率の改善

- ・工場全体の力率が0.76程度と低くかつ、追加の力率料金(力率0.85以下が対象)を支払っているとのことなので、力率改善コンデンサーによる対策(EAF用既設設備の活用を含む)の可否検討の実施を推奨する。力率改善により線路損失および変圧器銅損の低減による省電力効果も期待出来る。
- ・電気炉は無効電力の主な発生源でもあり特にEAF(SOE)の力率改善対策の検討を推奨する。

☆力率改善によるメリットについて技術指導を行った。メリット概算例を下記に示す。

前提条件：Jul. 30, 2006の電力データーを使用

平均電力：W=28,335[kW]

力率：0.76

無効電力：Q=W/cosθ×√(1-cos²θ)=28,335/0.76×0.65=24,234[kVar]

力率料金：T_R=14.02×R[B/M] (2004年度データーを使用)

R:月間内で15分最大無効電力量の15分最大電力量×61.97%の超過分
力率料金(年平均値を使用した試算)

力率料金超過加算判断ベース：Q≥28,335×0.6197=17,559[kVar]

力率改善前：T_{R1}=14.02×(24,234-28,335×0.6197)×12=1,123,002[B/y]

力率改善後：力率料金が加算されるケースは

$$1 \geq Q / (W \times 0.6197) = P \sin \theta / (P \cos \theta \times 0.6197) \quad P : \text{皮相電力}$$

$$\therefore \tan \theta \leq 0.6197$$

$$\theta \leq \tan^{-1}(0.6197) = 31.786[^\circ] \quad \cos \theta \leq \cos 31.786^\circ = 0.85$$

従って、2004年度の例では力率を0.85以上とすれば力率料金は加算されない。

力率改善0.85以上とすることによるメリット

前提条件のように仮定した試算結果：約3.4百万円/年(3円/Bと仮定)

従って、投資回収年数3年では約10百万円の投資が可能であるので既設設備EAF(SOE:BI 60)用コンデンサーの活用も考えデーターを精査してさらなる力率改善に関する検討を加えることを推奨する。

上記金額は仮データーによる試算であるが検討の際は実績値を使用する。

力率改善コンデンサーの設置規模概算

[配電設備の力率改善コンデンサー容量の計算例]

No.	用途	現状 (Jul. 30, 2006)			力率改善コンデンサー容量	
		電力 W [kW]	力率 $\cos \theta$	無効電力 Q [kVar]	力率 0.85 [kVar]	力率 0.95 [kVar]
BI6902	受電(主電源)	28,335	0.76	24,231	6,671	14,918
BI 10	RM 2	409	0.64	491	238	357
BI 20	BI 21~BI 24 配電	1,501	0.73	1,405	475	912
BI 30	RM 1	2,288	0.69	2,400	982	1,648
BI 40	BI 41~BI 44 配電	4,169	0.72	4,018	1,435	2,648
BI 50	EAF (DEMAG)	9,801	0.87	5,554	-520	2,333
BI 60	EAF (SOE)	12,266	0.80	9,200	1,598	5,168

(備考)・上表の現状の負荷状況の参考例は Jul. 30, 2006 の平均値を使用した。

・計算式

$$\text{無効電力} : Q = W / \cos \theta \times \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$$

力率改善コンデンサー ΔQ ($\cos \theta_1 \rightarrow \cos \theta_2$ へ改善)

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = W \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

$$= W \times (\sqrt{1 - \cos^2 \theta_1} / \cos \theta_1 - \sqrt{1 - \cos^2 \theta_2} / \cos \theta_2)$$

2) ポンプ

・現場確認結果、次のポンプは吐出弁を絞って運転しており、今後の詳細調査・検討によりバルブ圧損回収による省電力案件の成案化の可能性がある。

電気炉 : EAF (SOE) Inter Pump Return No. 6 (IM(C) 110kW)

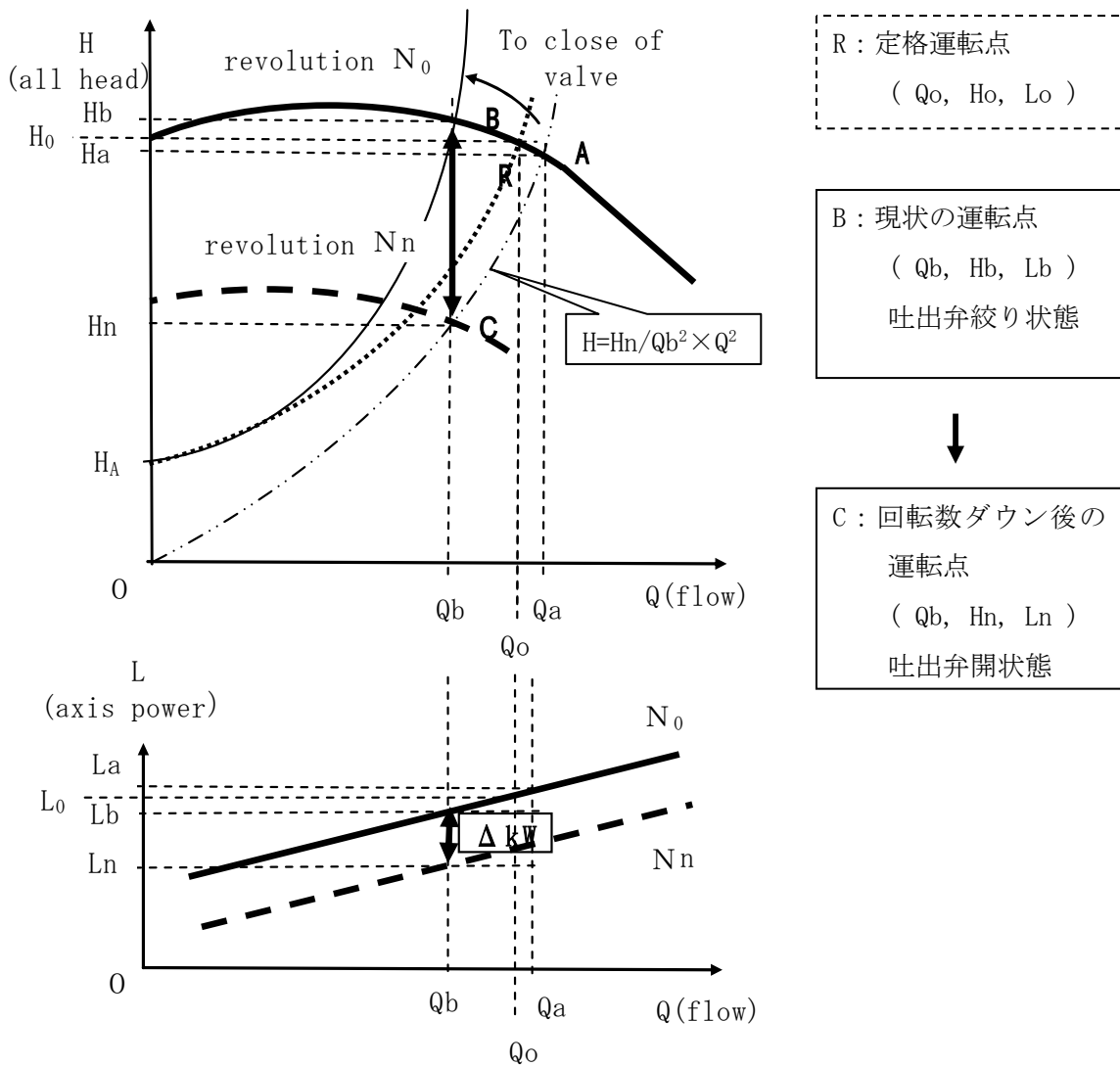
連鑄機 : CCM 冷却水ポンプは流量調節弁が絞られている。

圧延工場 : RM. 2 用冷却水ポンプ No. 2 ポンプ (QTB-RM2)

圧延工場 : RM. 1 用冷却水ポンプは吐出弁は全開状態であったがその他の工場の未確認ポンプも含め今後の調査に期待する。

☆インバーター導入による計算例

- ・現状の流量を維持し、吐出弁絞りをインバーターによる回転数ダウンに置換することによる省電力量を計算する。
- ・省電力の方法



[ポンプの回転数変更による省電力の方法]

・ 計算手順

- a) 現状の運転状態 C 点での (Q_b, H_n, L_b) を測定する。
 但し、 H_n : 吐出弁圧損を除いたポンプの全揚程, L_b' : 入力電力
 (H_n は吐出弁全開時の性能曲線上の運転点から抵抗曲線を引き Q_b との交点からも求めることも可能である。)
- b) 現状の性能曲線上の A 点の諸量 (Q_a, H_a, L_a) を求める。
 曲線 OC は原点を通る二次曲線であり、 $H = H_n / Q_b^2 \times Q^2$ (または $H = H_a / Q_a^2 \times Q^2$) である。
 この式を使用して曲線 OC を延長し現状の性能曲線との交点 A 点(または C 点)を求める。
- c) C 点で運転する場合のポンプ回転数 N_n を次式により求める。

$$N_n = N_0 \times \sqrt{H_n / H_a}$$
- d) 回転数 N_n で C 点運転時の軸動力を次の式で求める。

$$L_n = L_a \times (N_n / N_0)^3$$

e) 現状の流量で吐出弁絞りを回転数ダウンに置換することによる省電力量を計算する。

$$\Delta kW = Lb / \eta_{mb} - La \times (Nn/No)^3 / (\eta_{tc} \times \eta_{mc}) \times \eta_{pa} / \eta_{pc}$$

但し、 $Lb / \eta_{mb} = Lb'$ (入力電力)

η_{tc} : インバーター効率

η_{mc} : C点でのインバーター運転時の電動機効率

η_{pa}, η_{pc} : A, C点でのポンプ効率

また、実揚程 HA が大きいほど省電力量は減少する。

3) ファン&ブロワー

- ・ 圧延工場：RM. 1 加熱炉燃焼ブロワー(90kW) はダンパー制御を行っており、インバーター制御の導入によりダンパーロス回収による省電力の可能性はある。但し、インバーターの適用に当たってはブロワーの機械的な強度を含めた既設設備への可変速制御の適用可否の検討が必要である。RM2 加熱炉については未調査である。
- ・ 電気炉主集塵機に関しては直流電動機(600kW×2台、400kW×2台)の回転数制御による省エネ運転が行なわれている。ガスクーラーファンの使用方法は未調査である。

☆加熱炉燃焼ブロワーへインバーターを導入する場合の検討例

燃焼ブロワーは自動運転されており、運転点を固定して考えることが出来ないので次の表に示す如く運転状態（またはダンパー開度状態）をケース分けし、各ケース毎に入力電力、運転時間および風量を測定または性能曲線から求める。

[加熱炉燃焼ブロワーの検討例]

運転ケース区分	風量[Nm ³ /h]	運転時間[h/y]	省電力量ΔkW[kW]
CASE-1	Q ₁	T ₁	ΔkW ₁
CASE-2	Q ₂	T ₂	ΔkW ₂
～	～	～	～
CASE-i	Q _i	T _i	ΔkW _i

但し、省電力量ΔkWは次式で求める。(2. 1. 2 (1) 2) ポンプの項参照)

$$\Delta kW = Lb / \eta_{mb} - La \times (Nn/No)^3 / (\eta_{tc} \times \eta_{mc}) \times \eta_{fa} / \eta_{fb}$$

但し、 $Lb / \eta_{mb} = Lb'$ (入力電力)

η_{tc} : インバーター効率、 η_{mc} : B点でのインバーター運転時の電動機効率

η_{fa}, η_{fb} : A, B点での送風機効率

従って、年間の省電力量は次のようになる。

$$\Delta kWh = \Delta kW_1 * T_1 + \Delta kW_2 * T_2 + \sim + \Delta kW_i * T_i \quad [kWh/y]$$

4) エアーコンプレッサー

- エアーコンプレッサーの常用機はターボ式エアーコンプレッサーでありあらかじめ設定した圧力間でロード／アンロード運転による省エネルギー運転が行われている。但し、さらなる省電力を図るためには現状の消費空気量の変動並びにコンプレッサーの稼動・負荷状況の長期間(1週間以上)にわたる連続測定を行い、そのデータの解析により変動・部分負荷への対応策に関する検討を行う必要がある。
- 空気使用量の削減(エアー漏れ対策、省圧空ノズルの採用、ブロワー化など)および運転圧力の低減は継続的な省エネ課題である。

5) 圧延工場における自動シーケンスの改善

- 加熱炉抽出扉の開閉タイミングの自動最適化による熱損失の低減。
- 圧延ラインのテーブル、圧延機の自動シーケンスの改善による空転ロスの低減。テーブル、圧延機が圧延待機状態にも関わらず通常回転数で運転されているので、アイドル時は自動的に停止または回転数を下げてメカロス減による省電力を図ることを推奨する。(空転の防止)

3. セミナー・ワークショップ

3. 1 概要

(1) 日時

2006年11月17日(金) 8:30 受付開始 16:30 閉会

(2) 場所

Twin Towers Hotel、Bangkok、Thailand

(3) セミナー・ワークショップ発表内容

プログラムは資料No. 〃〃〃〃に示す。参加者は総勢50名程度であった。

タイからはISIT(タイ鉄鋼協会)の活動の紹介、およびBSI製鉄所から診断結果の発表があった。ASEANからはマレーシア、インドネシア、およびフィリピンから鉄鋼産業の省エネルギー活動事例が報告された。

ECCJからは日本の電気炉業界の省エネルギー活動として設備と電気について発表した。今回のタイにおけるセミナーは鉄鋼に限定したセミナーが企画され、これまで実施されてきた多くの産業にまたがる情報交換とは異なり、一つの産業に焦点を当てた初の試みであった。

(4) 出席者

タイ側関係者：

Mr. Tammayot Srichuai	Director, DEDE, MOE
Ms. Amaraporn Achavangkool	Senior Scientist, Technical and Efficiency Promotion Division, (DEDE), MOE
Dr. Prasert Sinsukprasert	Senior Engineer (DEDE), MOE
Mr. Sarat Prakobchart	Senior Engineer (DEDE), MOE
Mr. Hin Navawongse	ISIT
Mr. Somchai Khamphoo	Rolling Mill Production Manager

その他多数。

ASEAN Center for Energy (ACE)

Ms. Evangeline Moises	Chief, Information & Event Division
Mr. Ivan Ismed	Industrial Project Officer, PROMEEC

マレーシア

Mr. Ghazali Talib	Principal Engineer, PTM, Malaysia
-------------------	-----------------------------------

インドネシア

Mr. Zulham Lubis PT, Krakatau Steel, Indonesia

フィリピン

Mr. Loreto C. Carasi Dept. Of Science and Technology, Philippines

ECCJ：国際エンジニアリング部 技術専門職

武田 曠吉、田中 秀幸

タイ側一般参加者

タイ側の一般参加者は 35 名程度であった。参加者名簿未入手のため、詳細は不明である。

3. 2 セミナー・ワークショップ結果

セミナーは、総勢 50 人近くの参加者があり、Dr. Prasert Sinsukprasert (Senior Engineer (DEDE), MOE タイの FP) の司会で進められた。セミナープログラムは・・・に添付している。

(1) オープニングセレモニー (祝辞および開会の辞)

1) ACE

今回は SOME 開催の直前であったため ACE の Dr. Weerawat が欠席し、Ms. Evangeline が彼のメッセージを代読した。ACE や PROMEEC の簡単な紹介に始まり、ACE の行っているプロジェクトが紹介された。

2) ECCJ

田中技術専門職が日本側 (METI および ECCJ) を代表して挨拶した。本プロジェクトの意義、経緯、最近の状況、日本の ASEAN への協力・貢献などを話した。また今回の製鉄所の訪問についての協力への感謝を述べた。

3) タイ ISIT 代表

Mr. Hin が鉄鋼業界でのエネルギー消費が多いことを説明し、省エネルギーの重要性を述べた。このセミナーに電気炉や圧延関係者が多く参加していると紹介された。

4) タイ DEDE 代表

Mr. Tammayot Srichuai が挨拶され、石油の 60%は輸入されている。電力代も高く、産業ではその 36%を消費している。鉄鋼産業が最も消費しているが、まだまだ省エネルギーの余地がある。EE&C 活動、省エネルギー啓蒙等で石油を大切に使うようにすべきである。タイは ASEAN の EE&C 活動の中心になろうと述べられ、そして今回の活動について ACE、ECCJ、ISIT および診断受け入れの BSI に感謝された。

(2) Session 1：鉄鋼産業の EE&C について

1) Overview of Steel Industry in Thailand (Mr. Hin Navawongse, ISIT)

別添資料を使ってタイの鉄鋼産業の概要を述べられた。

タイの鉄鋼需要について、1998 年は前年の 800 万トンから半減したが、2005 年には 1400 万トン近くまで増加した。その後また下がり始め 2006 年は前年の 15%ダウンの見込みとなっている。ビレット、スラブ、熱延鋼板、メッキ鋼板等が輸入されている。資料には製品ごとのエネルギー原単位が示されている。最近は徐々に原単位が悪化している傾向が見られる。製品では鉄筋棒のエネルギー消費が最大で約 1/5 を占めている。

2) Overview and EE&C of Steel Industry in Japan (田中技術専門職, ECCJ)

日本の最近のミニミル製鉄所における省エネルギー活動状況や技術について概要を説明した。

(3) Session 2 : 鉄鋼産業の EE&C 事例発表

1) Case Study 1 (Mr. Ghazali Talib, PTM, Malaysia)

まず、MIEEIP (The Malaysia Industrial Energy Efficiency Improvement Project) の概要説明があった。鉄鋼については、年間 70 万トンの鉄筋や線材製造製鉄所の省エネルギー活動報告があった。電力は毎月 600 万 RM かかっている。加熱炉のレキュペレーターは硫黄堆積で効率が低く、一段式にもう一式を追加し二段式とした。エアコンプレッサーではピストン式からスクリー式に代えた。焼入れ用給水ポンプは VSD 化し、25%の電力削減を達成した。

そして、鉄源から鉄部と非鉄部を分離する設備導入について説明があり、この設備により 440 万 RM の削減ができるだろう。

2) Case Study 2 (Mr. Zulham Lubis, PT, Krakatau Steel, Indonesia)

Krakatau Steel は溶融還元鉄-電気炉-圧延製品を製造、年生産量 200 万トンの総合鉄鋼メーカーである。ここではエネルギーの 30%を N-ガス(主に溶融還元鉄製造で消費)、60%を電力で(主に EAF で消費)、残り 10%を石油として圧延で使っている。粗鋼までのエネルギーコスト比率は 22%となっている。

省エネ対策としては、鍋予熱排ガスをスラブ予熱に使う。スラブのホットチャージをする(530°C)、ビレットの輸送時間短縮と保温カバー導入、EAF 電極昇降コントロール採用、溶融炉への酸素付加操業等で年間メリット約 940 万ドルであった。

3) Case Study 3 (Mr. Loreto C. Carasi DOST, Philippines)

2 社の鉄筋バー製鉄所、1 社の亜鉛メッキ工場の省エネルギー活動について報告された。

鉄筋バー工場においては、加熱炉の空気比削減、炉内圧管理と開口部からの外気侵入防止、レキュペレーターの補修や交換、炉の放散熱削減、バーナーのメンテナンス強化、モニタリング強化。ポンプの変更や改造、圧縮空気漏れ防止、昼光の活用などが行われている。さらに、省エネルギーグループを組織している。

亜鉛メッキ工場は、システム改善のほか、鉄筋バー工場と同様の項目をきめ細かな管理で省エネを図った事例説明であった。

(4) Session 3 : 鉄鋼産業の電気設備の EE&C 事例 (武田専門職、ECCJ)

(5) Session 4 : BSI 製鉄所診断結果報告 (Mr. Somchai Khamphoo、BSI)

BSI から省エネルギー診断指導の結果報告が行われた。

会社概要に続き、エネルギー消費状況が示された。電気炉 - 圧延工場で鉄筋バーを製造しているが、日本の場合とは逆で、燃料のほうが電力より多く消費されている。燃料は2つの加熱炉で、電力は約半分が電気炉で消費されている。そのため、BSI では加熱炉燃料削減が急務と考えている。

これまでは、屋根からの昼光取り入れ、クーリングタワー改善、エアコンプレッサー変更等9項目の改善活動で年間約2.1百 Baht の効果を上げている。

また今回の診断では、加熱炉の改善、エアコンプレッサーの漏れ対策、EAF 冷却用ポンプの容量過多対策、鍋予熱の排ガス活用、連鑄の鍋やタンディッシュカバー設置、ビレットのホットチャージ等の改善が提案されたと紹介された。

これに関して、ECCJ からコメントとして、加熱炉の空気比、廃熱回収率、炉壁温度の日本の基準を示した。また、炉壁からの熱放散、圧縮空気の漏れ量さらにレシーバータンクの計算法について情報提供を行った。

(6) Session 5 : The Way Forward

1) Technical Directory (Mr. Ivan Ismed, ACE)

TD の目的、作成方法・Formatなどを説明し、更に実例を示して理解を深めた。Mr. Ivan から TD のシートの実例例につきさらに説明があった。既に産業で50例、ビルで33例のTDがACEのホームページで見られるとの説明には大きな関心が集まっていた。

2) Database/Benchmark/Guideline for Industry (Mr. Ivan Ismed, ACE)

DB の目的・意義と将来計画につき説明があった。

(7) 質疑応答およびコメント

Q & A は各説明後に時間が取られ、熱心な質問が活発に出た。主な質問例を示す。

Q: 電気炉の電力はどうか? BSI の数値は前出。

Q: 酸素の使用量は?

Q: 日本のシャフト炉の数は、シャフト炉からのダイオキシンはどれくらいか?

排ガスはシャフト炉で冷やされる、その後排ガスは燃焼するが最終的には集塵機(バグフィルター)でほとんどのダイオキシンは除去されると言われている。数値は公表されていない。

Q: 加熱炉の酸素が6%あるが、多すぎるか? スケールは2%ある。空気比が1.4であり、多い。1.2以下にはすべきである。

等

(8) 閉会の辞

Dr. Prasert Sinsukprasert の閉会の辞で、タイにおけるセミナーは盛会のうちに終了した。

4. 添付資料

(1) "ASEAN PROMEEC Seminar/Workshop Program"

1 "Overview of Steel Industry in Thailand"

2 "Overview and EE&C of Steel Industry in Japan"

3 "Energy Efficiency and Conservation for Industries EE Improvement Case Studies in Steel Industries"

4 "Energy Efficiency and Conservation Best Practices at PT. Krakatau Steel-Indonesia"

5 "Energy Conservation for the Philippine Steel and Iron Industries: Case Studies"

6 "Promotion of Energy Conservation Activities in Factories (Electricity)"

7 "BANGKOK STEEL INDUSTRY PUBLIC CO., LTD"

8 "Comments for EE&C in Iron & Steel Factory"

9 "Development of a Technical Directory for Major Industries and Buildings for ASEAN Member Countries"

10 "ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION (PROMEEC) - INDUSTRIES/BUILDINGS"

以上

・ ミャンマー（セメント産業、石油精製産業）

1．活動概要

ミャンマーにおける PROMEEC 活動は、フェーズ 1（2001 年 12 月 16 日～21 日）で Mann 製油所の省エネルギー診断を実施したことに始まり、フェーズ 2（2004 年 12 月 8 日～15 日）では Mann 製油所のフォローアップ診断と Thanlyin 製油所の省エネルギー診断およびセミナーを実施した。今年度はフェーズ 2 の第二ステップとして Thanlyin 製油所のフォローアップ診断と、新規産業としてセメント産業（Kyankhin Cement Plant、以下 KCP と表す）の省エネルギー診断指導が計画された。

1.1 実施年月日

2006 年 11 月 19 日～11 月 24 日

1.2 実施場所

セメント工場（新規診断工場）： Myanmar Ceramic Industries, Kyankhin Cement Plant
(Yangon 市の北北西約 250km、イラワディ河西岸近く)

フォローアップ診断調査： Myanmar Petrochemical Enterprise, No.1 Refinery
Thanlyin (Yangon 市の南東約 20km)

セミナー・ワークショップ： Yangon 市

1.3 日程

11 月 19 日（日）： 移動（Yangon 発 Kyankhin 着）およびエネルギー診断活動討議

20 日（月）： セメント工場エネルギー診断（KCP）

21 日（火）： セメント工場エネルギー診断（KCP）

22 日（水）： 移動（Kyankhin 発 Yangon 着）

23 日（木）： フォローアップ診断（No.1 Refinery Thanlyin）

24 日（金）： セミナー・ワークショップ

1.4 関係者

ミャンマー：

Ministry of Energy (MOE)

Mr. U Aye Kyaw Director

Mr. U Mg Mg Ohn Thaw Chief Officer

Ministry of Industry No. (2) (= 重工業部門) (MOI-2)

Mr. U Ohn Myint Director

Mr. U Thaung Nyunt Assistant Director

ASEAN Center for Energy (ACE) :

Mr. Ivan Ismed: Project Officer

Mr. Junianto M: Manager of Computer Center & IT

Malaysia

Mr. Nor Hisham bin Sabran: Expert PTM Malaysia

日本 : ECCJ 国際エンジニアリング部 技術専門職

小川 史雄、武田 曠吉、田中 秀幸

ミャンマー情勢

(1) ミャンマー一般事情 (日本政府外務省ホームページ情報、(2006 年 7 月データ))

- 面積: 68 万 km² (日本の約 1.8 倍)
- 人口: 5,217 万人 (ミャンマー政府 Statistical Year Book 2002)
- 首都: ネーपीドー (正式には発表されていない、ヤンゴンの北方約 300km。旧首都ヤンゴン)、2006 年 3 月頃までに政府機関は概ね移転を終了。
- 人種: ビルマ族 (約 70%)、その他多くの少数民族
- 言語: ミャンマー語 (文法は日本語に似ているらしい。)
- 宗教: 仏教 (90%)、キリスト教、回教等
- 略史: 諸部族割拠時代を経て 11 世紀半ば頃に最初のビルマ族による統一王朝 (パガン王朝、1044 年 ~ 1287 年) が成立。その後タウンゲー王朝、コンバウン王朝等を経て、1886 年に英領インドに編入され、1948 年 1 月 4 日に独立。
- 政治体制: 軍事体制 (暫定政府)
- 経済: 主要産業: 農業
 一人当たり GDP 107 ドル (2005 年推定)

(2) エネルギー事情 (IEA 2004 Statistics (2006 Edition) から)

ミャンマーではある程度の化石燃料を産出している。2004 年の産出量と消費部門は次の通りであった。

石炭 (瀝青炭・褐炭) は約 100 万トン採れ、その 80% 余りを輸出している。残り分の 80% は産業部門、他の 20% は民生部門で消費されている。

石油は精製後すべて国内消費にまわされ、その消費割合は運輸部門 77%、民生 12%、産業が 11% となっている。2004 年の原油産出は約 100 万トンであったが、2006 年はその約 2/3 にまで減少していると言われている。

N-Gas は約 320PJ (=10¹⁵J) の算出で、その約 80% を輸出している。用途は発電と産業部門の燃料となっている。ミャンマーではこの N-Gas の省エネルギーが最大の課題であるとみられる。また電力は約 6,400GWh で、公共・民生部門が 47%、産業 30%、そして送電ロスが 23% となっている。

2 . Myanmar Ceramic 社セメント工場省エネルギー調査

ミャンマーでは、国営のセメント会社が3社、民間が数社ある。セメント産業はミャンマーにおける重要産業であり、N-Gas や電力消費も多い。全体の生産量は日産9,000トン(=年産約320~330万トン)であるが、需要は約15,000トン/日となっていて、輸入が抑えられているため生産増が求められている。

今回は、国営企業の1つであるKCPがPROMEECの受け入れ工場として選ばれていた。

2 . 1 Myanmar Ceramic 社セメント工場の概要

工場はヤンゴン市の北北西約250km、イラワディ河西岸近くに立地している。ヤンゴン市(イラワディ河東岸)から車による移動であったが、この川には橋が少なくかなり北上して橋を渡り南下するルートを取った。一行は政府とThayet Cement工場(TCP、ヤンゴン市南東約200km)関係者、ASEANおよびECCJメンバーの合計13人であった。

最初の移動日の夕方、工場の概要を聴取し今回訪問の目的を確認、全体の予定を打合せた。2日目は石灰石採掘場からはじまり工場全体を見てまわった。後述するように熱と電気の省エネの視点から見た。先方と打合せて特にNo.3ロータリーキルンまわりの機器を代表例として取上げることとし、夕方現場にて各種測定を行った。第3日は必要な追加データを確認した上で再度現場にて追加の測定を行った。その午後はデータの整理、計算を指導し、加えて24日のセミナー・ワークショップで工場から発表すべき内容について助言した。今回の省エネルギー診断指導ではミャンマー側17名とASEAN・ECCJを加えた総勢23名が一体となって活動し、所期の成果を得ることが出来た。

(訪問概要)

(1) 会社名: Myanmar Ceramic Industries, KCP, (MOI (1))

(2) 工場所在地: Kyankhin 市街の西約4マイルのところ

(3) 訪問日時: 2006年11月19日: ヤンゴンより移動、打合せ

11月20~21日: 診断調査・討議

11月22日: ヤンゴン戻り

(4) 調査訪問者: 診断チーム (1/2)

ミャンマー側、

MOE:

U Aye Kyaw, Director Energy Planning Department (ミャンマーFP)

U Mg Mg Ohn Thaw Chief Officer, Energy Planning Department

MOI-2:

U Ohn Myint Director

U Thaung Nyunt Assistant Director, Ministry on Industry No.2

Major Aye Shwe Chief Engineer, Myanmar Economic Corporation (MEC)

U Saw Lwin	Assistant Chief Engineer, Cement Plant (Myaingalay), MEC
Mr. U Min Aung	Deputy General Manager (Production), TCP
Mr. U Win Myint Thein	Assistant General Manager (Planning) TCP
Mr. U Khin Mg Cho	Assistant General Manager (Planning) Kyaukse Cement Plant

ASEAN 他国からの参加者

Mr. Nor Hisham Bin Sabran	Energy Expert, PTM (マレーシア)
---------------------------	----------------------------

ACE:

Mr. Ivan Ismed	Project Officer
Mr. Junianto M	Manager of Computer Center & IT

日本、(財)省エネルギーセンター、技術専門職

田中 秀幸、武田 曠吉、小川 史雄

(5) Myanmar Ceramic 社対応者：診断チーム(2/2)

Mr. U Saw Fernando	Deputy General Manager (Planning)
Mr. U Aung Soe Naing	Assistant General Manager (Planning)
Mr. U Myint New	Assistant General Manager
Ms. Daw Khin Khin Win	Assistant General Manager (QC)
Mr. U Aung Baw	Manager (Rotary Kiln Department)
Mr. U Thein myint	Manager (Electrical Department)
Mr. U Win Naing	Assistant manager (Planning)

2 . 2 セメント製造設備の概要

(1) 工場の概要

製品： 普通セメント (Portland Cement)
生産量実績：330,000t/y (2005年4月 ~ 2006年3月)
設備： 1975年と1985年に川崎重工業(株)製の湿式ロータリーキルンを2基ずつ建設している。設備能力は各基とも400t/day
従業員数： 全体は不明、セメント工場ワーカーは1チーム18人の3チーム制
勤務体制： 12時間勤務-2班体制、操業は24時間連続操業

(2) セメント製造プロセスと設備

1) 製造プロセス

石灰石山はセメント工場から 10km くらいのところであり、150mm 以下に砕かれ、近くで採掘されたラテライト、粘土および珪砂等と混合されて貨車でセメント工場へ運ばれる。原料ミルで粉碎され水溶液(スラリー状)としてセメントキルンへ装入される。キルン燃料は N-Gas が当初から使われている。出来たクリンカーはセメントミルで石膏とともに粉碎されてセメントとなる。袋詰にされ出荷されている。

一連のプロセスはつぎのようになっている。

石灰石採掘場(Limestone Quarry) トラック搬送 1次クラッシャー BC搬送 2次クラッシャー 貨車搬送 サイロ 原料混合 原料粉碎ミル サイロ スラリー化
湿式ロータリーキルン クリンカー冷却 セメントミル サイロ パッキング トラック搬送等

2) 主要設備

各設備は 1975 年度および 1985 年度に各半数ずつ稼動している。なお、ミャンマーの年度は日本と同じ 4 月～3 月である。

石灰石破砕設備

1次クラッシャー： 1基、原石 150mm 以下破砕、設備能力= 300t/h 2基(実績値 = 240t/h)

2次クラッシャー： 1基、25mm 以下破砕、設備能力= 150t/h 2基(実績値= 120t/h)

原料粉碎設備

原料ミル： 湿式原料ミル： チューブミル(2,500mm × 12.5mL)
回転モーター：800kW (ミル回転=19.8rpm)
設備能力： 乾燥状態で 35t/h (実績値= 32.5t/h)
電力原単位： Ave. 20.1kWh/t-material (2004, 2005 年度)
基数： 4基

石灰石・ラテライト・粘土・珪砂等の混合物を粉碎する。

スラリー： ポンプ・モーター： 3基(30kW、55kW、75kW)

クリンカー焼成設備

焼成設備： キルン形式： 湿式ロータリーキルン、6点支持
モーター= 120kW、1.2~0.4rpm
寸法： ID 3,300mm × 125mL、耐火物厚み= 180mm
設備能力： 各 16.7t/h = 400t-Cl/d (実績値= 320t/d)
基数： 4基
燃料： N-Gas (天然ガス) 1,430~3,500m³N/h
発熱量 = 948Btu/SCF
ディストリビューション空気= 36m³N/min
焼成空気： 120m³/min、40℃、1,200mmAq

ファンモーター= 45kW

ID ファン： 2,350m³/min、180 、250mmAq、モーター= 170kW
ダスト除去：マルチサイクロン式

クリンカー冷却設備

冷却設備： 水平グレート式空気冷却
外面寸法： 2.5mW × 3.3mH × 13.6mL
(有効サイズ= 1,680mmW × 12mL、グレート面積= 20.2m²)
冷却空気： 空気流量：1,100m³/min、45 、230mmAq、モーター= 75kW
排出空気： 空気流量：930m³/min、180 、150mmAq、モーター= 45kW

設備能力は各基とも 300 日稼働で合計 48 万トン/年。ただし、常時 1 基は燃料 (N-gas) 不足で休止しているため、現状の年産能力は 363,800 トンとなっている。

セメント仕上げミル

仕上げミル： ミル形式： 密閉型横駆動式
寸法： 2,750mm × 8,219mmL
駆動モーター：800kW (ミル回転=19rpm)
設備能力： 22.5t/h (実績値= 20t/h)
基数： 4 基
実績被粉碎物： クリンカー = 18.48t/h
石膏 = 1.18t/h

ミルファン： 空気流量：39,000m³/h、45 、300mmAq、モーター= 55kW

バッグフィルターファン：空気流量：36,000m³/h、90

セメントサイロ

基数と容量： 12 基、31,000t

袋詰め設備 (パッカー)

設備能力： 各 50t/h (実績値= 35t/h)
基数： 4 基
輸送方式： トラック、貨車、船

(3) エネルギー使用状況とエネルギー消費量

セメント工場で使用されているエネルギーは N-Gas、ディーゼル油および電力である。N-Gas はセメントキルンのみ、ディーゼル油は車両用、電力は照明やそれ以外の設備用で電気機関車も含まれている。

とくに KCP が省エネを進めたいとしていたのは、燃料の N-Gas の削減であった。

セメント生産量とエネルギー消費量の変化を表 - 2 - 1 に示す。

表 - 2 - 1 セメント生産量とエネルギー原単位

年度	2004	2005	2006
クリンカー生産量 t/y	284,815 (100)	294,882 (103.5)	
セメント生産量 t/y (比)	323,712 (100)	354,170 (109.4)	
エネルギー消費量			
N-Gas(キルン用) MCu-ft/y (948Btu/SCF = 37,333kJ/m ³ N、 川崎重工(株)仕様書による。)	2,058.29 (100)	2,144.79 (109.4)	
電気 MWh/y	34,352.5 (100)	36,625.0 (106.6)	
エネルギー原単位			
N-Gas kcal/kg-clinker	1,726.34 (100)	1,737.7 (100.7)	
電気：			
原料粉砕 kWh/t-mat.	21.63	18.57	21.47
クリンカー焼成 kWh/t-mat.	23.67	23.23	24.58
クリンカー粉砕 kWh/t-mat.	33.18	39.89	40.56
梱包 kWh/t-mat.	2.12	2.77	2.43
工場全体 kWh/t-mat.	104.49 (100)	105.01(100.5)	115.04 (110.1)

N-Gas:発熱量 = 948Btu/Cu-ft = 8,436.4kcal/m³ = 35,321.5kJ/m³

(Cu-ft が SCF を意味する場合、(273.15+(60-32)×5/9)/273.15 = 1.05695、したがって

N-Gas 発熱量は 35,321.5×1.05695 = 37,333kJ/m³N となる。)

2.3 セメント工場エネルギー簡易診断

本工場は川崎重工業(株)が契約会社、さらに複数の日本企業が下請け会社となって2期にわたって建設された。操業開始は第1期1975年、第2期1985年である。現在は燃料の天然ガス不足のため4系統のうち3系統を稼働させている。

KCPが省エネを進めたいとしていたのは、燃料(N-Gas)の削減であった。加えて、電力の削減が可能なところについても助言して欲しいとのことであった。

はじめに工場を見て回ったときには、これらの項目を念頭に置いてチェックした。原料は近くの石灰石採掘場およびラテライト採掘場から搬入する。製品はポルトランドセメントで生産能力480,000トン/年、現状の生産量は約360,000トン/年である。

生産方式は石灰石、ラテライト、粘土を粉砕・混合してスラリーにしてロータリーキルンに供給し、焼成してクリンカーをつくる、湿式プロセスである。

最初の簡易診断調査は工程順に主だったところを回った。

(1) 簡易診断調査

1) 石灰石山へ行き、1次クラッシャーを調べた。この装置は断続的にやってくるダンブカーから放出される石灰石を 150mm 以下に破碎しているが、破碎時 25A～30A、非破碎時 13A に下がっていた。1次クラッシャーやベルトコンベヤーとも昼食時等 1 時間かそれ以上の休止時は運転停止（主導操作）となっていてエネルギー管理がされていることが認められた。集塵機ダクトのダンパーは 50% 開一定で運転されており、改善の余地がある。

2) セメント工場内の電気室
最近の電力消費量を確認した。

表 - 2 - 2 最近の電力消費量

年月	電力消費量	その他
2006 年 5 月	2,376,300kWh	Power factor = 0.9
2006 年 6 月	3,151,000kWh	
2006 年 7 月	2,886,700kWh	
2006 年 8 月	2,830,200kWh	
2006 年 9 月	2,630,200kWh	
2006 年 10 月	2,790,800kWh	

3) 非常用発電機 ディーゼルエンジン式、2 基

4) 原料粉碎ミル

粉碎後スラリー化されてスラリータンクへ送られる。スラリーの水分は 43% と高めの設定であった。

5) セメントミル

このミル 4 基は原料粉碎ミルと同じヤードに設置してあった。

6) キルン

4 基あるキルンの内 1, 2, 3 号基が稼動していた。キルン周辺はかなり高温であるとの印象を持った。燃料の N-Gas は、圧力 3.5kg/cm² で供給されている。流調弁でコントロールされていたが、燃烧空気はダンパー制御となっており、通常状態では 50% 開度のほぼ一定となっている。

排ガスの酸素濃度は測定したことがなくデータはなかった。稼動開始時のデータが随一であり、その時は 1.5% であったとの話であった。どの位置で測定したかも不明であった。キルン内では石灰石から大量の CO₂ が発生するので燃烧排ガスのみの場合よりかなり多目の酸素量であると言えるだろう。

7) クリンカー冷却装置

冷却空気装入のダクトにつけられたダンパーは 20%開度であった。この空気は一部が排気ファンで外部へ、残りはキルンへ入っている。

(2) セメント工場における省エネルギー技術の説明

設備の測定に先立ち、日本のセメント産業省エネルギー活動の実際や、電気設備の診断について ECCJ から PPT 資料を使って説明した。

日本では現在、湿式キルンは 1 基も稼動していない。90% が NSP (New Suspension Pre-heater) 式キルン、10% が SP (Suspension Pre-heater) キルンであり、全体平均の燃料原単位 (石炭換算) は 105kg (= 2,725.6MJ/t-cement) 電力原単位は 99kWh/t-cement である。かつての湿式キルンの燃料原単位は 1,357kcal/kg-clinker (= 5,681MJ/kg-clinker) であったと説明した。

また、電力削減の省エネルギー対策としてファン/ブローヤポンプの出口のダンパーを絞って運転しているものについて、インバーターを導入した場合の推定省電力量の計算につき解説した。

これらの説明である程度、セメント工場の省エネルギー対象設備を絞り込み、測定やデータ採取について討議しながら決めた。

(3) セメント工場測定項目確認

燃料では湿式ロータリーキルンのみであることから No. 3 号キルンに的を絞ってキルンやクリンカー冷却設備の表面温度測定をすることとした。そのデータを使って湿式ロータリーキルンのヒートバランスを取り、省エネルギーのための改善項目を確認する。とくにキルンの外部表面温度が高いことが懸念され、内部の耐火物やその状況に問題があるのではと思われた。電気設備では、キルン関係のファンやブローヤの使用状況を確認し、定格仕様との比較のため消費電力測定、空気の吸い込み風量を測定することを決めた。これらの測定には、ECCJ 持参の放射温度計、マンマーDOE から持参の赤外線温度計、マレーシア PTM から持参の接触式温度計や風速計、クランプ式電力計等を使用することとした。

キルン周りの温度測定は、2 日間にわたって 2 度測定した。その後、測定結果と KCP のデータを使ってキルンのヒートバランス計算方法の説明と実計算を行った。ここでは全計算は行わず、残りは KCP 側が行い、セミナーで発表された。

温度測定はマンマーF/P の Mr. Aye Kyaw が持参した赤外線放射温度計が威力を発揮した。これは UNIDO が MOE に譲渡したもので、デジタル式で応答が速く、しかも正確であった。ECCJ から持参した放射温度計は温度が高めに出て、しかも回転 (0.63 rpm) しているキルンに対し応答が遅く役に立たなかった。

2 日目は前日の測定結果説明と電気設備測定項目確認を行い、測定実施に移った。ここではマレーシアから持参の電力計や風速計が役に立った。電気についてはとくにファンに注目し、ダンパーが 20%開、50%開と絞りの大きいものについてモーターやファンの変更

等を提案した。

さらに、工場側ではファン等の性能曲線を急ぎ準備することとなった。幸い、設備は日本企業の納入であったことからこれらの資料がほとんど揃っており、しかも工場側の資料管理もきちんに行われていたので問題はなかった。

(4) No.3 キルン関係温度測定・結果

図 - 2 - 1 は湿式ロータリーキルン内の温度分布を示している。内部の最高温度は 1,400~1,450 に達する。したがって、キルン周辺の温度も高く、熱放散の占める割合も大きい。

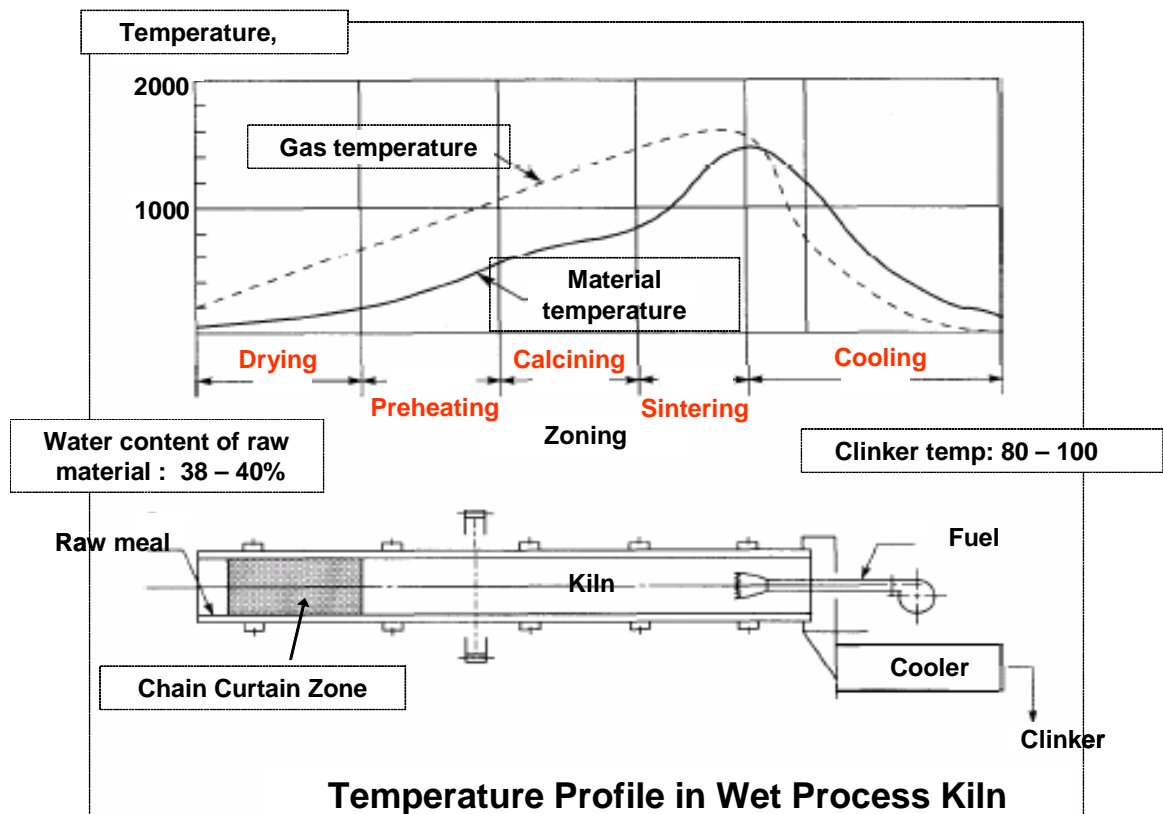


図 - 2 - 1 湿式ロータリーキルン内の温度分布（一般図）

キルン、クリンカークーラーおよびキルン出口のフード表面温度を測定した結果を表 - 2 - 3、表 - 2 - 4 及び表 - 2 - 5 に示している。これらの数値とセメント工場で得たデータを使って、湿式ロータリーキルンの熱バランスを計算した。

表 - 2 - 3 キルン表面温度測定値

Kiln Length from slurry inlet (m)	0	31.5	56.5	81.5	120	125
	31.5	25	25	38.5	5	
Kiln size (m)	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
Zone	Drying	Preheating	Calcining	Sintering	Cooling	
Kiln surface temp. measured ()	60 ~ 68	155 ~ 192	248 ~ 250	234 ~ 333	336 ~ 360	

Ave. kiln surface temp. ()	63	175	249	300	348
-----------------------------	----	-----	-----	-----	-----

表 - 2 - 4 クリンカークーラー表面温度測定値

Cooler position	Front face (Kiln side)	Side face (Both side)		Rear face	Top face (With dust)	Bottom face
		Kiln side	Rear side			
Dimension (m)	2.5×3.3	5×3.3	8.6×3.3	2.5×3.3	2.5×13.6	2.5×13.6
Measured temp. ()	118	86~98	50~74	73	42 (Dust temp.)	(35)
Ave. cooler surface temp. ()	118	94	65	73	Top surface is insulated by dust and bottom is the same temp. of room	

表 - 2 - 5 キルン~クーラー間フード表面温度測定値

Cover position	Front vertical face (Kiln side)	Side face (Cylindrical)	Rear vertical face
Dimension (m)	6.5/ 3.36 (Opening)	6.5×2.5L	6.5
Measured temp. ()	62	44, 46, 52, 57	62
Ave. cooler surface temp.()	62	50	62

(5) データ解析と診断結果の検討

1) 湿式ロータリーキルンの熱バランス計算

1) 前提条件

大気温度： 35oC (各計算は 35oC をベースとする。)

燃料条件： N-Gas: 2,500m³/h

N-Gas 発熱量： 40,914.5kJ/m³N (1,039Btu/SCF： KCP データ (最近の Thanlyin データと同じ。ただしここでは SCF (=Standard Cubic Feet, 60oF (=15.6oC))とした。)

燃焼用空気： 60m³/min、 42oC、 5.88kPa 55.1m³N/min、 比熱= 1.306kJ/m³N・K

スラリー： 37.9t/h、 35oC、 水分 = 43% (= 271.6kg-H₂O/min)

クリンカー： 13.5t/h、 70oC、 比熱 = 0.192kcal/(kg-cl・oC)
= 0.804kJ/(kg-cl・K)

焼成熟 = 570kcal/kg-cl = 2,386.5kJ/kg-cl

焼結熱= -100kcal/kg-cl = -418.7kJ/kg-cl

炭酸ガス発生量 = 0.27m³N/kg-cl

クリンカー冷却用空気： 669m³/min、 47oC、 2.45kPa 585m³N/min

クーラー排空気： 730m³/min、 135oC、 1.47kPa 496m³N/min

キルン排ガス： ファン： 1,140m³/min、 120oC、 2.45kPa 812m³N/min

ただし、キルン出口の排ガス温度は 130oC であり、ダクトで 10oC 冷却されている。

排ガス比熱= 0.388kcal/m³NoC × 4.1868kJ/kcal = 1.624kJ/m³N・K

キルン等の機器表面からの放散熱：

放散熱は輻射と自然対流による熱の和とし、下記の式を使う。キルンは水平円筒とみなす。

輻射: $Q_r = 5.68 \times \epsilon \times A \times \{ ((t_1+273)/100)^4 - ((t_0+273)/100)^4 \} \times 3.6/1000$ (MJ/h)

ここで、 ϵ ： 輻射率 = 0.8 とする。

A： 輻射面の面積 (m²)

t₁： 高温面の温度 (oC)

t₀： 外気温度 (oC)

自然対流: $Q_c = k \times (t_1 - t_0) \times A \times 3.6/1000$ (MJ/h)

ここで、k： 熱伝達率

平面の場合、 水平上面の $k = 3.26 \times (t_1 - t_0)^{0.25}$

垂直面の $k = 2.56 \times (t_1 - t_0)^{0.25}$

水平底面の $k = 1.74 \times (t_1 - t_0)^{0.25}$

水平円筒の場合、 $k = 2.44 \times \{(t_1 - t_0)/d\}^{0.25}$

d： 円筒の外径 (m)

以下に熱バランス計算を示す。

(1)入熱

a. N-Gas 燃焼熱

$Q_{i1} = 2,500\text{m}^3\text{N/h} \times 40,914.5\text{kJ/m}^3\text{N} = 102286250\text{kJ/h} = 102,286\text{MJ/h}$

b. 燃焼用空気顕熱

$$Q_{i2} = 55.1 \text{ m}^3/\text{min} \times 1.3 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \times (42 - 35) \text{ oC} \times 60 \text{ min}/\text{h} = 30,085 \text{ kJ}/\text{h} \\ = 30 \text{ MJ}/\text{h}$$

c. スラリー顕熱

$$Q_{i3} = 0 \text{ (温度が 35 度であるので入熱はなし。)}$$

d. クリンカー冷却用空気顕熱

$$Q_{i4} = 585 \text{ m}^3/\text{min} \times 1.3 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \times (47 - 35) \text{ oC} \times 60 \text{ min}/\text{h} = 547,560 \text{ kJ}/\text{h} \\ = 548 \text{ MJ}/\text{h}$$

(2) 出熱

a. クリンカー焼成熱

$$Q_{o1} = 13,500 \text{ kg-cl}/\text{h} \times (2,386.5 - 418.7) \text{ kJ}/\text{kg-cl} = 26,565,300 \text{ kJ}/\text{h} \\ = 26,565 \text{ MJ}/\text{h}$$

b. クリンカー顕熱 (クーラー出口)

$$Q_{o2} = 13,500 \text{ kg-cl}/\text{h} \times 0.804 \text{ kJ}/(\text{kg-cl} \cdot \text{K}) \times (70 - 35) \text{ oC} = 379,980 \text{ kJ}/\text{h} \\ = 380 \text{ MJ}/\text{h}$$

c. クーラー排空気顕熱

$$Q_{o3} = 496 \text{ m}^3/\text{min} \times 1.306 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \times (135 - 35) \text{ oC} \times 60 \text{ min}/\text{h} = 3,886,656 \text{ kJ}/\text{h} \\ = 3,887 \text{ MJ}/\text{h}$$

d. スラリー水蒸発熱

$$Q_{o4} = 37,900 \text{ kg}/\text{h} \times 0.43 \times [(100 - 35) \text{ oC} \times 4,1868 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) + 539 \times 4,1868 \text{ kJ}/\text{kg}] \\ = 41,212,297 \text{ kJ}/\text{h} = 41,212 \text{ MJ}/\text{h}$$

e. キルン排ガス顕熱

$$Q_{o5} = 812 \text{ m}^3/\text{min} \times 1.624 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) \times (130 - 35) \text{ oC} \times 60 \text{ min}/\text{h} = 7,516,522 \text{ kJ}/\text{h} \\ = 7,517 \text{ MJ}/\text{h}$$

f. キルンからの放散熱

キルンを 5 分割して、前項の計算式によって計算した結果は次の通りである。

$$Q_{o6} = 17,780 \text{ MJ}/\text{h}$$

g. クリンカークーラーからの放散熱

クリンカークーラーを温度範囲によって数分割して、前項の計算式によって計算した結果は次の通りである。

$$Q_{o7} = 226 \text{ MJ}/\text{h}$$

h. キルン/クリンカークーラー間フードからの放散熱

キルン/クリンカークーラー間フードを温度範囲によって数分割して、前項の計算式によって計算した結果は次の通りである。

$$Q_{o8} = 76 \text{ MJ}/\text{h}$$

以上をまとめると表 - 2 - 6 に示す湿式セメントキルンの熱バランス表となる。

表 - 2 - 6 湿式セメントキルン熱バランス表 (KCP #3 キルン)

Heat Input (MJ/h)		Heat Output (MJ/h)	
1. Combustion heat of fuel	102,286	1. Heat for clinkering	26,565
2. Sensible heat of fuel	0	2. Sensible heat of clinker	380
3. Sensible heat of combustion air	30	3. Sensible heat of cooler exhaust vent	3,887
4. Sensible heat of raw material	0	4. Heat of evaporating water	41,212
5. Sensible heat of cooling air for clinker cooler	548	5. Sensible heat of kiln exhaust gas	7,517
		6. Dissipation heat on kiln surface	17,780
		7. Dissipation heat from kiln hood	76
		8. Dissipation heat from cooler	226
		9. Unaccountable heat losses	5,221
	102,864		102,864

2) 湿式ロータリーキルンの耐火物検討

湿式ロータリーキルンの外面温度が高く、内部の耐火物状況がどうなっているかが懸念された。耐火物仕様はセメント工場から入手した。図 - 2 - 2 に高温度が測定された部分の耐火物配置を示している。

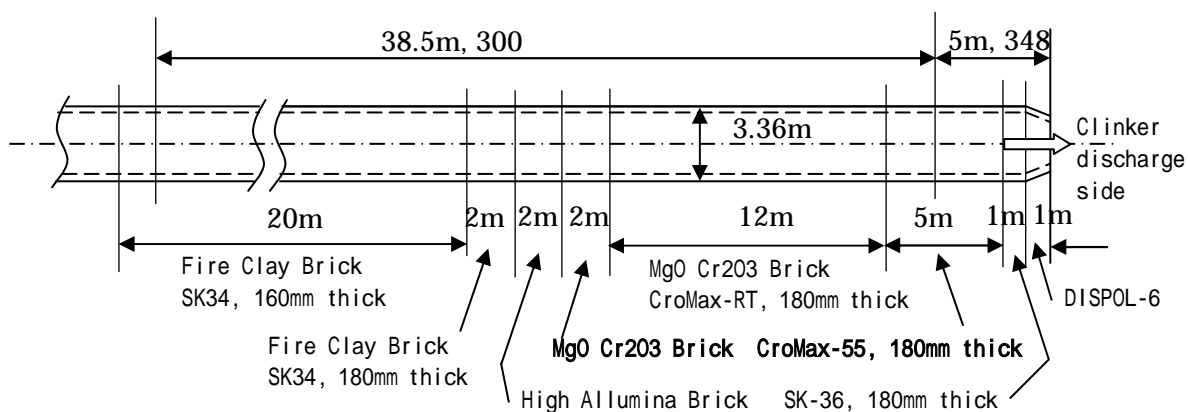


図 - 2 - 2 キルン高温部の耐火物配置

キルン高温部耐火物の物性値を下表に示した。

表 - 2 - 7 キルン高温部耐火物の物性値

Name	Thermal Conductivity		Refractoriness (Load 2kg/cm ²)	Chemical Composition (%)		
	350 kcal/mh	350 W/mhK		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
SK-34	0.9	1.047	1,370<	60>	38<	2.0>
Sk-36	1.15	1.337	1,480<	48>	51<	2.0>
CM-55	1.71	1.989	1,600<	Cr ₂ O ₃ 17>	MgO 55<	9.0>
CM-RT	2.10	2.442	1,630<	Cr ₂ O ₃ 11>	MgO 70<	6.0>
DP-6	1.20	1.396	1,500<	45>	54<	2.0>

キルン表面温度が 300 ~ 350 と高いため、耐火物の損耗が懸念された。そのため、クリンカー出口から 6 m の場所での耐火物 (CroMax : CM-55) について熱計算を試みた。

(1) 前提条件

キルン内温度は 1,400 (= t_i)

キルン表面鉄皮温度 (= t₃) (測定値は 300 であった。)

大気温度 : 35°C (= t₀)

キルン表面からの放散熱 : 放散熱は輻射と自然対流による熱の和とし、キルン熱バランス計算と同じ式を使う。キルンは水平円筒とみなす。

$$\text{輻射: } Q_r = 5.68 \times \epsilon \times A \times \{ ((t_3+273)/100)^4 - ((t_0+273)/100)^4 \} \text{ (W)}$$

ここで、 ϵ : 輻射率 = 0.8 とする。

A : 輻射面の面積 (m²)

t₃ : キルン表面鉄皮温度 (°C)

$$\text{自然対流: } Q_c = k \times (t_3 - t_0) \times A \times 3.6/1000 \text{ (W)}$$

ここで、k : 熱伝達率 = $2.44 \times \{(t_3 - t_0)/d\}^{0.25}$

d : 円筒の外径 (= 3.36m)

(2) 計算結果

計算は表面からの放散熱 (Q = Q_r + Q_c) を移動熱として、後述のキルン耐火物伝熱計算 (図 - 2 - 3) に示す式を用いて t₃ を求める。計算で得た t₃ と測定値の 300 と比較する。

a. キルン内耐火物表面温度が 1,400 の場合、t₃ = 378

b. キルン鉄皮表面温度が 300 の場合、t₁ = 927

となる。

これは、耐火物の厚みが 180mm とした場合であるが、キルン内部へのクリンカー付着が

あると見ることが出来る。測定温度のばらつき原因は、キルン鉄皮表面温度は耐火物が磨耗してくれば上がり、クリンカー付着があれば下がってくると考えられる。したがって、表面温度が高いところは耐火物損耗を警戒しなければならない。

キルン鉄皮表面からの放散熱は表面温度が高ければ増えることになり、定期的に測定して観察する必要がある。

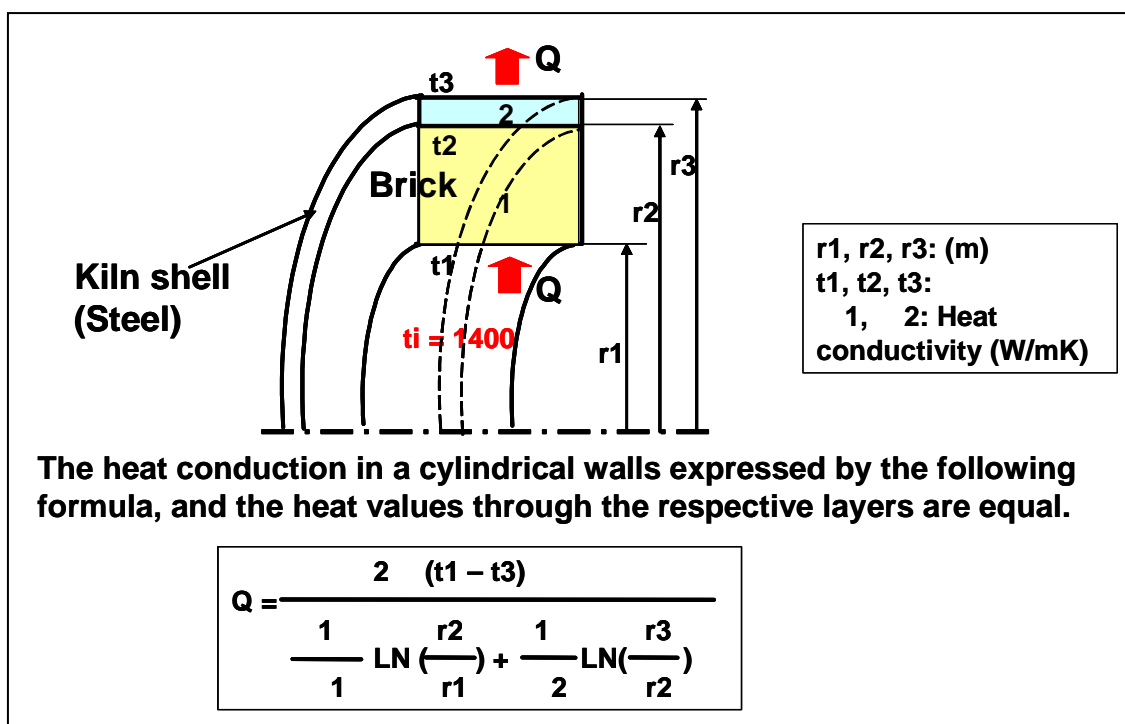


図 - 2 - 3 キルン耐火物伝熱計算

3) キルン内空気比・酸素含有量

燃料はN-gasが使われているが、セメント工場には詳細なN-gas情報がなかった。そこでThanlyin製油所(別項記述)で使われているN-gasデータを用いてキルン内空気比・酸素含有量を計算してみる。

(1) 前提条件

N-Gas (燃料)	使用量:	2,500m ³ N/h = 41.67m ³ N/min
	成分(Mole %):	CH ₄ : 95.0%、C ₂ H ₆ : 4.0%、C ₃ H ₈ : 0.7%、iC ₄ H ₁₀ : 0.3%
	発熱量:	1,039Btu/SCF

(2) 燃焼理論空気量計算

N-Gasを41.667m³N/min燃焼させるときの燃焼理論空気量は、下表に示すように227m³N/minとなる。

表 - 2 - 8 燃焼理論空気量

(mole, m³N)

Gas component		Oxygen	CO ₂ Gas	H ₂ O, Steam
CH ₄	0.95mole	0.95mole	0.95mole	1.90mole
C ₂ H ₆	0.04mole	0.14mole	0.08mole	0.12mole
C ₃ H ₈	0.007mole	0.035mole	0.021mole	0.028mole
iC ₄ H ₁₀	0.003mole	0.0195mole	0.012mole	0.015mole
Total	1.0mole	1.1445mole	1.063mole	2.063mole
N-Gas: 1.0mole		1.1445mole × 22.4m ³ N = 25.6368m ³ N Air = 25.6368m ³ N / 0.21 = 122.08m ³ N	23.811m ³ N	46.211m ³ N
41.667m ³ N/min / 22.4m ³ N = 1.860mole/min		Air = 1.860mole/min × 122.08m ³ N = 227m ³ N/min = A0	44.288 m ³ N/min	85.953 m ³ N/min

キルンに入る空気は、キルン熱バランス計算の項に示したとおり、次のようになる。

燃焼空気ブローから	55.1m ³ N/min
クリンカークーラー用空気ブローから	585m ³ N/min
クリンカークーラーからの排空気	-496m ³ N/min

$$\text{合計} = (55.1 + 585 - 496)\text{m}^3\text{N}/\text{min} = 144.1\text{m}^3\text{N}/\text{min}$$

この結果、キルンへ供給される空気量は約 83m³N/min (= 144.1m³N/min - 227m³N/min) 以上不足することとなる。N-Gas 燃焼のためには 100m³N/min 前後の空気がどこからか侵入しているか、上記ファン等の風量の誤差があるか、あるいはどちらも起きているかと考えられる。計器類の誤差があるかもしれない。

(3) 排ガス量計算

排ガス量は、キルン熱バランス計算の項および表 -2-8 から、空気比 1.0 の場合

燃焼空気の窒素量	A0 × 0.79 = 179.3m ³ N/min
燃焼時発生 CO ₂ 量	44.288m ³ N/min
燃焼時発生 H ₂ O 量	85.953m ³ N/min
原料焼成時発生 CO ₂ 量	0.27m ³ N/kg-cl × 13,500/60kg-cl/min = 60.75m ³ N/min
スラリー内水分蒸発 H ₂ O 量	271.6kg-H ₂ O/min / 18kg-H ₂ O × 22.4m ³ N = 338m ³ N/min

$$\text{合計} = 708.3\text{m}^3\text{N}/\text{min}$$

キルン排ガスファンの排気量は、 $812\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ であるので、 $103.7\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ がどこかからの空気もれこみ量となる。この値は空気比が 1.46 に相当する。この空気はキルン出側からファンまでの間で吸引されているものもあるかも知れない。ブレダスターのダスト掃除時に赤い煙が煙突から出ているのは外気侵入によるダスト吸い込みと思われるが、これは掃除時のみの現象であった。

空気の漏れこみの可能性は、キルン両端の固定部との摺動部およびキルンバーナー下の覗き穴、さらに冷却されたクリンカーの出口からの侵入空気などが考えられるが、スラリー装入側のシールはきわめて良好であった。クリンカークーラー周辺からの漏れこみの可能性が考えられるが、音がするような漏れこみがあるとは見えなかった。ここの測定はしていないがまたできるような状態ではなかった。

(4) クリンカークーラーの熱バランス

クリンカークーラーでは、高温クリンカー（他の事例から $1,200$ を想定）が 70 へ冷やされるために減る熱量が冷却空気の持ち去る熱量とクーラー放散熱の和となる。

クリンカーを冷却するに必要な熱量：

$$13,500\text{kg-cl}/\text{h} \times (1,200-70) \times 0.804\text{kJ}/\text{kg-cl} \cdot \text{K} = 12,265,000\text{kJ}/\text{h}$$

$$\text{クリンカー比熱} = 0.804\text{kJ}/\text{kg-cl} \cdot \text{K}$$

冷却空気の持ち去る熱量

クーラーへ入る空気量を $(585+Q)\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ 、温度を 42 とする。外部からの侵入空気量を $Q\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ とする。クーラーから出る空気量は IDF へ $496\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ 、キルンへ $(89+Q)\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ である。そして温度は、前者が 135 、後者を x とすれば、

$$496\text{m}^3\text{N}/\text{min} \times 60\text{min}/\text{h} \times 1.306\text{kJ}/\text{m}^3\text{N} \cdot \text{K} \times (135 - 42) \\ + (89 + Q)\text{m}^3\text{N}/\text{min} \times 60\text{min}/\text{h} \times 1.306\text{kJ}/\text{m}^3\text{N} \cdot \text{K} \times (x - 42) = 12,265,000\text{kJ}/\text{h}$$

したがって、

$$X = 42 + 110,393 / (89 + Q)$$

Q は前述の検討から、 $m = 1.0$ とした場合 $83\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ 、キルン出側排出ファンからみた場合は約 $104\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ となる。

Q を $100\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ と仮定すれば、キルンへ入っていく空気の温度は 626 、 $150\text{m}^3\text{N}/\text{min}$ とすれば、この温度は 504 となる。

いずれにしても、かなりの空気がどこかから入ってこない、クリンカーは 70 まで冷えないこととなる。

クリンカーが 70 まで本当に冷えているか、ファン風量等は正確な数値であるか、計測器や漏れの有無、温度のチェックも必要であろう。入手資料のみでは、これらの矛盾解決には結びつかない。

(5) スラリー水分量の低減化

KCP では、スラリー中水分は 43% で運転されている。日本の場合、現在湿式キルンは存在しないが、かつてのデータでは湿式ロングキルンのスラリー水分は 40% 以下で操業されていた。(窯業工学ハンドブックでは 34~37%、NEDO-ASEAN PROMEEC Report (FY2000) のガイドラインでは 38~40% となっている。)

ここで、水分を 1% 減らした場合の燃料節減量を試算すると次のようになる。

キルン熱バランス計算の項のデータ等を利用して、

$$1\% \text{相当の水分量} : 271.6 \text{kg/min} / 43 = 6.316 \text{kg/min}$$

水分蒸発および 130 °C まで加熱するのに必要な熱量 :

$$(100 - 35) \text{oC} \times 4,1868 \text{kJ/kg} \cdot \text{K} + 2,256.7 \text{kJ/kg} + 2.0934 \text{kJ/kg} \cdot \text{K} \times (130 - 100) \text{oC} \\ = 2,592 \text{kJ/kg}$$

$$1\% \text{水分量に要す熱量} : 6.316 \text{kg/min} \times 2,592 \text{kJ/kg} = 16,372 \text{kJ/min}$$

$$\text{N-Gas 発熱量} : 40,914.5 \text{kJ/m}^3 \text{N}$$

$$\text{N-Gas 節減量} : 16,372 \text{kJ/min} / 40,914.5 \text{kJ/m}^3 \text{N} = 0.4 \text{m}^3 \text{N/min} (= 24 \text{m}^3 \text{N/h})$$

N-Gas 節減量は、約 1% に相当する。したがって、スラリー中水分を 3% 減らせば N-Gas 節減量は約 3% となる。

(6) クリンカー焼成量増加の可能性

日本のセメントキルンの排ガス量と焼成クリンカー量との関係を下表に示している。

表 - 2 - 9 日本のセメントキルンの排ガス量と焼成クリンカー量との関係

Kiln Type	kJ/kg-clinker	Source	m ³ N/kg-clinker
Shaft kiln	3,936	Yogyo Kogaku H/B	1.65
Dry long kiln	6,226	JCA (1961)	2.62
Wet kiln	5,681	JCA (1961)	2.38
Lepol kiln	3,994	JCA (1961)	1.68
SP kiln	3,337	JCA (1981)	1.40
NSP kiln	3,237	JCA (1981)	1.35

(JCA: Japan Cement Association)

KCP ではクリンカー焼成に要す投入熱量は、前述のデータを用いて、7,577kJ/kg-cl (= 2,500m³N/h × 40,915kJ/m³N / 13,500kg) となる。これは表 -2-9 の日本の湿式キルンの 5,681kJ/kg-cl の約 1.33 倍である。また、キルン排ガス量は 812m³N/min なのでクリンカー 1 kg あたりの風量は、3.61m³N/kg-cl となり、表 -2-9 に示す 2.38m³N/kg-cl の 1.52 倍となっている。このことは現在消費している N-Gas エネルギー量のままで 1.3 倍以上のク

リンカー焼成の可能性を示している。

以上から、燃料節減についてのコメントとして、

1) キルン表面の温度管理をする。

キルン全長のクーラー側半分について 250 を超える部分の温度低減策を検討する。これには耐火物の材質変更、現状の1層を2層化しより低い熱伝導率を持った断熱材の活用等が上げられる。

2) N-Gas 燃焼用空気の侵入量が多いと思われる。ファンやブLOWERからの空気量では燃焼理論空気量に達せず、残りはキルン後部やクーラーからの侵入空気と見られる。あるいはファンやブLOWERの計器の狂いかも知れない。今回の診断では十分な確認が出来なかった。工場側で調査する必要がある。とくにクリンカークーラーの冷却では、クリンカーが十分に冷えるだけの冷却空気が供給されていないという結果である。

3) スラリーの水分量を下げる工夫をする。

スラリーの水分量はかつての日本のデータより3~9%も高くなっている。これを1%下げれば、燃料が1%節減できるはずである。スラリー輸送ポンプの仕様調査やキルン装入前にフィルタを設置して全量あるいは部分脱水することも可能であろう。

(6) 電気分野のエネルギー診断

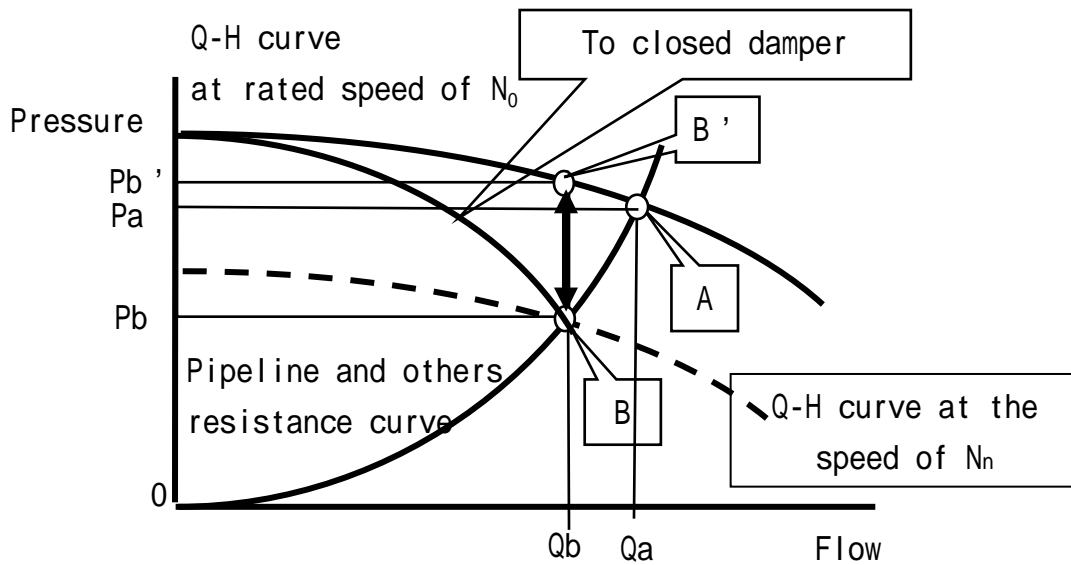
3日間という短時間の診断であったが、工場側の熱心な対応により、下記のごとく多くの成果を得ることができた。今後のミャンマー側のフォローアップに期待したい。

1) ファン＆ブローワー

- ・ 今回の調査結果、Fans&Blowers でダンパーを絞って運転している設備が多数あり今後の詳細調査・検討によりダンパーロス回収による複数の省電力案件の成案化が期待出来る。
- ・ 今回の調査で次の設備が省エネルギーの可能性があると判明した。
 - ・ Primary Crusher : Dust fan
 - ・ Rotary Kilns (No.(1),(2),(3)kiln): Air cooling fan, Discharge cooling fan, Primary air blower, Induced fan, Exhaust fan
 - ・ Finished Grinding Mill : Induced fan
 - ・ その他の設備は未調査である。

Air cooling fan for No.(3) kiln インバーターを導入する場合の計算例

・ 省電力ロジック



$$Q_b / Q_a = N_n / N_0, H_b / H_a = (N_n / N_0)^2$$

$$\text{axis power: } L_n / L_a = (N_n / N_0)^3$$

[Fans&Blowers のインバーター導入による省電力ロジック]

Qa は B 点での現状の圧力 Pb を測定しその値を使い抵抗曲線を二乗特性として延長した時の性能曲線との交点 A の風量値である。

今回は圧力 Pb が未測定であるが、計算例を作成する便宜上 Qa = Qo と仮定して計算する。

風量実測値 Qb(at 42)を標準吸込状態(at 20)へ温度補正をする。

$$Qb = 669 \times (273+20) / (273+42) = 622 \text{ [m}^3\text{/min]}$$

風量比からインバーター運転時の回転数 Nn を求める。

$$Qb / Qa = Nn / No$$

$$Nn = No \times Qb / Qa = 980 \times 622 / 1100 = 554 \text{ [rpm]}$$

現状の電動機入力電力とインバーター運転時の入力電力との差が省電力量となる。

インバーター効率 η_{tb} : 0.9、電動機効率 η_{mb} : 0.5 と仮定する。

但し、送風機効率(η_{fa} / η_{fb})は考慮していない。

$$\begin{aligned} kW &= Lb / \eta_{mb} - La \times Nn / No^3 / (\eta_{tb} \times \eta_{mb}) \times \eta_{fa} / \eta_{fb} \\ &= 54 - 70 \times (554 / 980)^3 / (0.9 \times 0.5) \\ &= 25.9 \text{ [kW]} \end{aligned}$$

但し、Nn の決定に際しては風量余裕代および調整代の確保、圧力上の問題の有無の確認などを考慮する必要がある。

2) ポンプ

- ・ Slurry pump(for Kiln, Finished Grinding Mill)は現場確認したが吐出弁の開度が不明だったので、その他の未確認ポンプも含め今後の調査に期待する。
- ・ 水処理設備のポンプは吐出弁は全開状態である。

3) その他

- ・ Primary Crusher は間歇負荷であり無負荷時の省電力の検討の余地がある。その他の間歇負荷設備についても同様である。
- ・ 受配電設備での力率に関する調査および改善対策の検討が必要である。
- ・ 建屋天井照明の水銀灯のナトリウム灯への置換による省電力の余地がある。
- ・ エアーコンプレッサー設備は未確認である。

3 . Thanlyin 製油所フォローアップ調査

ヤンゴン市内から南東方向に車で 30 分程度のところ、ヤンゴン川とバゴ (Bago) 川の合流点付近に立地している Thanlyin 製油所を再訪した。本製油所は 2004 年 12 月に ECCJ チームによる簡易診断を実施済みであり、今回はそのフォローアップという形であった。

Thanlyin 製油所の概要等については、前回訪問記録 (2004 年度 PROMEEC 報告書) に記載されているのでここでは概略のみにとどめる。

3 . 1 Thanlyin 製油所の概要

- (1) 会社名 : Myanmar Petrochemical Enterprise (MPE)
- (2) 工場名 : No(1) Refinery (Thanlyin Oil Refinery, 以下 TOR と表す。)
- (3) 訪問日時 : 2006 年 11 月 23 日 (木) 7:50 16:30
- (4) 場所 : ヤンゴン市近郊、市内から車で約 30 分のところ
- (5) 訪問者 : 診断チーム (1/2)

ミャンマー側、

U Aye Kyaw	Director, Ministry of Energy (MOE), Energy Planning Dep ' t
U Maung Maung Ohn Thaw	Staff Officer, MOE, Energy Planning Dep ' t
U Ohn Myint	Director, Myanmar Industrial Construction Services

他国からの参加者

Mr. Nor Hisham Bin Sabran PTM, Malaysia

ACE

Mr. Ivan Ismed Project Officer

Mr. Junianto M Manager of Computer Center & IT

日本、(財)省エネルギーセンター、技術専門職

田中 秀幸、武田 曠吉、小川 史雄

- (6) 先方対応者 : 診断チーム (2/2)

U Myint Oo	Deputy General Manager
Daw Yin Yin Oo,	Deputy General Manager (Production)
Daw Khin Khin	Assistant General Manager, COD
U Soe Hlaing	Deputy Assistant General Manager, COD
U Sein Than	Mechanical Engineer Superintendent
U Aye Cho	Electrical Engineer Superintendent

今回は、前回の急なアレンジで先方も準備不足とは違って、予め質問書を送付して回答を得ており、さらに追加で E-mail を送っていたので、効率的な議論および見学ができた。ただし、先方が用意していた現状と 5 年前との比較では原料が大幅に異なる（原油からコンデンセートへ）ので、FY2004 と FY2005 の数字を比較することとし、新たなデータも入手して議論した。現場の調査は主として COD (Crude Oil Distillation) 装置と Power Plant に絞り、とくに燃焼管理と Pumps & Fans を調査した。

3.2 製油所精製設備の概要

(1) 製品生産状況

原料の性状は、比重が軽く、ナフサ留分主体で、これにやや重質の留分が少量混合されている。沖合約 110km の地点で 10 万 DWT タンカーから 6,500DWT タンカーに積替えて運ぶ。

比重 60/60° F	0.75
API Gravity	57
硫黄分, 重量 (%)	0.005

原料の処理量は実績（2003 年 4 月 2004 年 3 月）によれば約 114 百万 IG/年、月間平均処理量約 43,460kl (9,100BCD) (BCD: Barrels per Calendar Day) であった。これを 2 基の常圧蒸留装置で次のように処理している。

CDU-B	約 6,000BCD (50% Load)		
CDU-C	約 3,000BCD (50% Load)	計	約 9,000BCD

主要な製品および生産量（シェア%）は次のとおり。

LPG（プロパンとブタンの混合物）	
自動車ガソリン	68%
ATF（ジェット燃料）	13%
HSD（軽油）	12%
他に溶剤や潤滑油（混合のみ）など	

(2) エネルギー使用状況

本製油所では燃料として Off Gas (Natural Gas と称する) のみを使用している。電気も自家発電なのでエネルギーの使用量はすべてこの NG 使用量に帰着される。

NG およびスチーム、電気の使用量は次のとおりである。

NG	1,600 百万 SCF/y
スチーム	360,000t/y
電気	19 百万 kWh/y

(3) 改善提言項目および改善効果

1) 常圧蒸留装置の技術的検討

省エネルギー検討の前段階として装置の操業状況をなるべく適正なものに近づけておくことが望ましい。その意味で常圧蒸留装置そのものについて技術的検討および多少の改造を行うこと、例えば蒸留塔上部の冷却能力増強、運転圧力の適正化などを提言した。

2) 省エネルギー項目

加熱炉の過剰空気率の分析をするためのポータブル式 O₂ 分析計で先ず過剰空気率の分析から手を付けることを助言した。また、スチームトラップの整備や配管の保温、低 Load 運転での機器類の性能見直しなど提案した。

3.3 製油所フォローアップ調査

2006年11月23日(木) ミャンマー政府関係者を含む訪問者9人と製油所側6人が参加してフォローアップ診断調査を行った。

はじめに製油所の操業やエネルギー消費状況の確認、次に現地診断調査、最後に省エネルギー対策について議論した。

(1) 生産および装置稼働状況

原料として海上の Yetagun 天然ガス田からのコンデンセートを2基の COD (B & C) で処理するという状況は変わっていない。製品パターンにも変化は無い。

1) 原料の性状

天然ガスの生産状況によりコンデンセートの生産量は変化するが、性状も多少変化している。最近の性状の例は次の通り。

比重 60/60oF 0.7437

API Gravity 58.8

硫黄分 重量% ほぼ0

2) 製品生産および装置稼働状況

製品パターンは以前と同様で FY2004、FY2005 の製品生産量は下表の通りである。専ら COD 装置のみ稼働していて2次装置は停止している状況にも変わりはない。しかし2年前の Audit 時は COD 装置2基で計約 9,000BCD の処理をしていたのに対して、FY2005 は 7,800BCD 程度である。この原因は以下のものであった。

a. コンデンセートの供給量の低下

b. Power Plant ボイラーが装置トラブルで停止し、停電(2回)

c. COD B の Overhead Condensers のトラブル(漏洩?)で COD 運転停止

資金不足で Preventive Maintenance が充分に行えていないのではないかとと思われる。

製品生産量もこれに従って低下している。

表 - 3 - 1 石油製品生産量

Fiscal Year		2004 ~ 2005		2005 ~ 2006	
Condensate charged		106,644,732 IG		99,850,029 IG	
Products		IG	Yield (%)	IG	Yield (%)
1	NAPHTHA	77,488,351	72.66	75,293,447	75.41
2	ATF (Aviation Turbine Fuel)	14,085,756	13.21	11,401,825	11.42
3	MK (Medium Kerosene)	8,871,982	8.32	7,668,202	7.7
4	GO (Gas Oil)	1,203,993	1.13	961,848	0.96
5	Others	537,993	0.5	447,019	0.45
Total		102,188,075	95.82	95,792,341	95.94

3) エネルギー使用状況

使用エネルギーは、以前は一次エネルギーとして FO (燃料油) も使っていたが、現在は NG (天然ガス) だけで、これを COD の加熱炉で直接燃焼している他、Power Plant ボイラーで燃焼して自家発電している。したがってこの製油所のエネルギー消費量はすべてほぼ NG 消費量に帰着させれば良い。エネルギー消費原単位は NG 消費量 (MSCF: Million Standard Cubic Feet) を製品生産量 (Imperial Gallons、英ガロン) で割った値で表現した。表 - 3 - 2 によれば、FY2004 の数字より FY2005 の数字が極端に改善されているが、前記したように疑問が残る。

表 - 3 - 2 Thanlyin 製油所におけるエネルギー消費量

項目		2001.4 ~ 2002.3	2004.4 ~ 2005.3	2005.4 ~ 2006.3
生産量 (IG)		142,247,290	102,188,075	95,792,341
Power (= N-Gas, MSCF)		1,520MSCF	1,373.1MSCF	1,414MSCF
COD " B "		FO: 2,022,417 IG 398,376GJ	N-Gas: 175.5MSCF 184,986.5GJ	N-Gas: 78.4MSCF 73,696GJ
COD " C "		FO: 718,024 IG 141,436GJ	N-Gas: 58.4MSCF 61,568.4GJ	N-Gas: 27.8MSCF 26,132GJ
SEC	Power	10.685SCF/IG 11,499kJ/IG	13.437SCF/IG 13,326kJ/IG	14.761SCF/IG 14,639kJ/IG
	COD " B+C "	FO: 0.0193IG/IG 3,795kJ/IG	2.289SCF/IG 2,413kJ/IG	1.109SCF/IG 1,042.3kJ/IG

(4) 精製設備の調査

現場では COD “C” 装置と Power Plant を調査した。どちらも三菱重工業(株)が建設したものであるが、その後のメンテナンスが不十分のためにはや装置の機能が発揮されているとは言い難い状況であった。

1) COD “C” 装置

加熱炉は自然のドラフトで燃焼空気が流入し、空気の予熱は行っていない。5基のバーナーで N-Gas を燃焼している。ここで発生させた過熱蒸気をストリッパーに吹き込んでいる。他は Side Stream について何も処理はしていない。

また低負荷操業項目としてポンプのうちで比較的大きいものを選び、さらに現場の制御盤で出口側の制御弁をかなり閉めて使用しているものとして、Pu-101 (Cold Crude Charge) について観察した。

しかし現場のポンプ入口・出口側の圧力計が事実上読めないなどの問題があり、十分な検討はできなかった。

2) 発電設備

1979年に建設された。ボイラーでスチームをつくって Extraction Condensing タイプのタービンで発電(3,300V)している。N-Gas の性状例(主にメタン)も入手したが、多少の変動はあるようであった。

もともと設置された計器類で今は使用されていないものがかかりあった。例としては

BFW (Boiler Feed Water)の pH, Conductivity

Fuel/Air Ratio など。

また低負荷操業の観点から特に次の2種を調べた。

Pu-401 (BFW Feed) Motor 200kW、 出口側 LIC C/V 開度 20%

FDF Co-401 Motor 280kW、 Damper を 10%まで絞っている

どちらの Motor も 3,300V であり、測定も難しかった。

現場全体の印象として、スチーム配管の漏洩やスチームトラップの不備、断熱不足などが目立った。また全体としてメンテナンスが不十分という感があった。

(5) 前回助言項目の実施状況および彼ら自身の改善状況

1) 熱交換機、塔、製品配管ライン、蒸気配管ラインの断熱強化を実施した。

2) 蒸気量を工場ニーズに合わせて発生させようにした。

3) 加熱炉の過剰空気を 5%未満(空気比 = 1.31 未満)で運転した。

4) 将来計画として熱交換器、コンデンサー、冷却器を追加設置する。

5) スチームトラップのメンテナンスと交換を必要に応じて行う。

等であった。

(6) 改善助言項目

今回のフォローアップ診断チームから提示された改善助言項目は次のものであった。

1) 設備メンテナンスを強化する。

装置トラブルや故障防止、コントロール計器類整備、基本データの収集など。

2) 低負荷操業対策を行う。

ボイラー用給水ポンプやファンの予備機器化等であった。

3) 低負荷操業対策の一例として発電設備の補機類にインバーターを適用できないかを検討するため代表的なファン&ポンプの現場確認を行なった。

調査結果 [Power Plant・ファン&ポンプの仕様とダンパー&バルブ開度]

データ 設備名	Flow Qo / now Qb [m ³ /min]	PressurePo, Ho / Pb, Hb [kPa], [m]	Motor Rating Lo [kW]	Input power / Axis Lb [kW]	Damper, Valve Dcl [%]
FDF	1,450 440*	7.65 [kPa]	280	142 128	28 (Damper, FIC401)
BFWP	1.175 0.25*	56.8 [m]	200	116 104	100 (delivery) 10 (LIC-401V)

(備考)・入力電力値は電流値から計算：3.21kV、力率0.8と仮定

・軸動力は(入力電力)×(電動機効率0.9と仮定)で計算した。

*流量は軸動力から動力曲線を使用して推定した。

但し、ファンのダンパー角度は30°と仮定。

(1) ファン(FDF)

FDFは吸込みダンパーを絞って運転しており、現状の運転状態が今後も継続するのであれば、省電力対策を行う必要がある。

現状の流量、圧力を測定し、余裕代も見込んだ小容量ファンへの置換またはインバーターの導入などを推奨する。

FDFへインバーターを導入する場合の計算例

QaはB点での現状の圧力Pbを測定しその値を使い抵抗曲線を二乗特性として延長した時の性能曲線との交点Aの風量値である。(性能曲線についてはMyanmar Ceramic社の図を参照)

今回は圧力Pbが未測定であるが計算例を作成する便宜上Qa = Qoと仮定して計算する。電流値からの風量推定値Qb：440 [m³/min]を使用する。

風量比からインバーター運転時の回転数 N_n を求める。

$$Q_b / Q_a = N_n / N_o$$

$$N_n = N_o \times Q_b / Q_a = 1470 \times 440 / 1450 = 446 \text{ [rpm]}$$

現状の電動機入力電力とインバーター運転時の入力電力との差が省電力量となる。

インバーター効率 η_{tb} : 0.9、電動機効率 η_{mb} : 0.5 と仮定する。

但し、送風機効率 (η_{fa} / η_{fb}) は考慮していな。

$$\begin{aligned} kW &= L_b / \eta_{mb} - L_a \times (N_n / N_o)^3 / (\eta_{tb} \times \eta_{mb}) \times \eta_{fa} / \eta_{fb} \\ &= 142 - 260 \times (446 / 1470)^3 / (0.9 \times 0.5) \\ &= 126 \text{ [kW]} \end{aligned}$$

但し、 N_n の決定に際しては風量余裕代および調整代の確保、圧力上の問題の有無の確認などを考慮する必要がある。

(2) ポンプ(BFWP : Boiler Feed Water Pump)

BFWP は流量調節弁を絞って運転しており、現状の運転状態が今後も継続するのであれば、省電力対策を取る必要がある。現状の流量、圧力を測定し、余裕代も見込んだ小容量ポンプへの置換などを推奨する。

- ・今回は FDF、BFWP のみ現場確認したが、その他の補機についても低負荷操業に合わせた全面的な見直しが必要である。

4 . セミナー・ワークショップ

4 . 1 概要

2006年11月24日(金) ミャンマー、ヤンゴン市でセミナー・ワークショップを開催した。

セミナー・ワークショップでは最初にミャンマーの MOE、Director である U Aye Kyaw による開会の挨拶があった。総勢 57 名の熱心な出席者があり、盛会かつ有意義なセミナー・ワークショップだった。今年度のセミナー・ワークショップの司会はどの国でも開催国の FP が行っており、ミャンマーでも U Aye Kyaw が司会をつとめた。彼はミャンマー側の VIP の役も兼ねていたので大忙しであった。今回は計 3 回の質疑応答の時間を取ったが、会場から熱心な質問が相次ぎ、充実した議論ができた。

(1) 日時

2006年11月24日(金) 8:00 受付開始 17:30 閉会

(2) 場所

Sedona Hotel、GF (Ballroom)、Yangon、Myanmar

(3) セミナー・ワークショップ発表内容

プログラムは添付資料に示す。ミャンマーからは MOE の全般的な省エネ活動の紹介、2ヶ所の石油精製工場とセメント工場から計 3 件の省エネルギー活動報告があった。ASEAN からはインドネシア、マレーシアおよびヴェトナムから報告された。

(4) 出席者

ミャンマー側関係者：

U Aye Kyaw Director, Ministry of Energy (MOE), Energy Planning Dep't
U Maung Maung Ohn Thaw Staff Officer, MOE, Energy Planning Dep't
U Aung Kyi Managing Director, Myanma Industrial Construction Services
U Ohn Myint Director, Myanma Industrial Construction Services
U Myint Soe Deputy Assistant Director, Myanma Industrial Construction Services
U Tin Oo Staff, Myanma Industrial Construction Services
U Thaug Nyunt Assistant Director, R & D, Directorate of Myanma Industrial Planning
Daw Hla Hla Kyi Deputy General Manager (Production), Myanma Petrochemical Enterprise (MPE), Petrochemical Complex, Thanbayakan, (Mann)

Daw Yin Yin Oo Deputy General Manager (Production), MPE, No.1 Refinery,
Thanlyin
U Saw Fernando Deputy General Manager (Planning), Myanmar Ceramic
Industries, Kyankhin Cement Mill
U Win Khaing General Secretary, Myanmar Engineering Society
U Than Tun Joint Secretary, Myanmar Institute of Strategic and
International Studies
U Lin Chairman, Yathar Cho Industry, Ltd.

その他多数。

ASEAN Center for Energy (ACE)

Mr. Ivan Ismed Project Officer

Mr. Junianto M Manager of Computer Center & IT

インドネシア

Mr. Subagyo PT Kertas Leces, Indonesia

ヴェトナム

Mr. Le Tuan Phong Ministry of Industry, Vietnam

マレーシア

Mr. Nor Hisham Bin Sabran PTM, Malaysia

ECCJ : 国際エンジニアリング部 技術専門職

小川 史雄、武田 曠吉、田中 秀幸

ミャンマー側一般参加者

主催者側も含めて計 57 名出席とのことであった（後日参加者名簿を受領）。電力、セメント、石油、繊維、窯業など各分野からの参加者があったが、ほとんどが国営企業であるため肩書からは区別がつかない。

4.2 セミナー・ワークショップ結果

(1) オープニングセレモニー（祝辞および開会の辞）

1) ACE

今回は SOME 開催の時期と重なったため ACE の Dr. Weerawat が欠席し、Mr. Junianto が彼のメッセージを代読した。ACE や PROMEEC の簡単な紹介に始まり、ACE の行っているプロジェクトにも触れた。（ACE の活動 Presentation とも関連。）

2) ECCJ

田中技術専門職が日本側（METI および ECCJ）を代表して挨拶した。本プロジェクトの意義、経緯、最近の状況、日本の ASEAN への協力・貢献などを話した。また今回のセ

メント工場・石油製油所の訪問についての協力への感謝とミャンマーの他工場の EC 活動への期待を述べた。

3) ミャンマー、MOE

U Aye Kyaw が MOE の Director General の代わりと断って挨拶した。ミャンマーの今日の状況、本プロジェクトの意義、関係者・参加者への感謝を述べ、今回の Seminar-Workshop の内容を簡単に紹介した上で開会を宣言した。

(2) Session 1 : Policy and Initiatives on EE&C

1) ACE Activities on EE&C (Mr. Junianto, ACE)

別添資料を使って ACE の諸活動、ASEAN の現状、EC/日本との Dialog、将来計画などにつき説明した。

2) Initiatives and Programs of ECCJ on EE&C in Industry in Japan (田中技術専門職, ECCJ)

日本の省エネの現状、省エネ法、産業部門での省エネの取組み、の3つに分けて詳細な説明があった。

3) Overview of EE&C Activities in Myanmar (U Aye Kyaw, MOE)

ミャンマーのエネルギー事情や政策の現状、今までに行われた諸活動、将来計画の3つに分けて説明があった。これまではフォローアップがまずく、一方エネルギーコストが安かったため EE&C 活動へのインパクトは小さかった。これからの EE&C 活動はエネルギー自給を目指すために行うとはっきり目的を示した。また、エネルギー問題に関わる省庁(5省)が多いのでその有効な Coordination が必要であると強調していた。

(3) Session 2 : EE&C Best Practices in Industries

1) Case Study 1 Experience and Application of EE&C in Leces Pulp and Paper Mill
- Mr. Subagyo (Indonesia)

2005年度 PROMEEC 活動でフォローアップ診断を行ったインドネシアの PT Kertas Leces 社の発表。この会社からは過去に度々セミナーで報告が行われている。

(一方ミャンマーの聴衆では国内各製紙工場から計7人が参加していた。)

2) Case Study 2 EE&C for the Textile Industry in Malaysia Mr. Sabran (Malaysia)

マレーシア PTM の省エネルギー指導活動のもので、ガラス工場および繊維工場の省エネルギー事例が発表された。

3) Case Study 3 EE&C for the Ceramics Industry in Vietnam Mr. Phon (Vietnam)

2004 年度 PROMEEC 活動でフォローアップ診断を行った、ヴェトナムの HAPOCO 社の省エネルギー改善事例につき発表された。

4) Case Study 4 Progress Report on Oil Industries earlier audited in Myanmar
Mrs. Hla Hla Kyi (Myanmar)

2001年の最初の PROMEEC エネルギー診断時と現状を比較して、改善されている旨の発表があった。しかし2004年度のフォローアップ結果への言及が無かった。製油所幹部もかなり入替わっている模様であり、製油所内部での業務引継ぎにも問題があるのではないかと察せられた。内容は2006年10月にLao PDRで報告されたものと同じであった。

5) Case Study 5 Results of Energy Audit in No(1) Refinery (Thanlyin)
- Daw Yin Yin Oo (Myanmar)

前日訪問時に急いで纏めた資料に基づく発表であった。エネルギー消費原単位の2005年の数字が2004年に比較して大幅に改善されたように見えるが、数字の妥当性は時間をかけて吟味する必要がある。

6) Case Study 6 Results of Energy Audit in Kyankhin Cement Plant
U Saw Fernando (Myanmar)

診断チームが同工場を訪問した際に先方に指導した内容、すなわちNo.3ロータリーキルンまわりの熱バランスの計算（さらに内部耐火物の補修による外壁温度の低下の可能性）および同Kiln関連のファンやブローアの省電力可能性について発表があった。この補足として、田中技術専門職から耐火物の設計時の基礎データに基づいた伝熱の計算（外壁温度の低下）の説明があった。

(4) Session 3: The Way Forward

1) Barriers and Measures on implementing EE&C in industry 小川技術専門職
2005年度発表の資料を利用し、セミナーの発表者の内容を引用しながらの説明であった。

2) Technical Directory Mr. Ivan

TDの目的、作成方法・Formatなどを説明し、さらに実例を示して理解を深めた。Mr. IvanからTDシートの実例につき説明があった。すでに産業で50例、ビルで33例のTDがACEのホームページで見られるとの説明には大きな関心が集まっていた。

3) Database/Benchmark/Guideline for Industry Mr. Ivan

DBの目的・意義と将来計画につき説明があった。

(5) 質疑応答およびコメント

前記したように3回にわたりQ & Aの時間が取られ、熱心な質問が活発に出た。以下に質疑応答の例を示す。

Q: 紙パの工場でボイラーを重油焚きからガス焚きに切替えた時にチューブも替えたのか?

A: (Subagyo氏) バーナーなどは取替えたがチューブは替えていない。

Q: 既設のモーターにインバーターを導入可能か?

- A：小生は過去に既設電動機を使用してインバーターを導入してきた経験がある。
既設電動機にインバーターを適用する場合には、高調波損失の増加による温度上昇、転流サージによる絶縁への問題点の有無、低速時の電動機冷却効果、加減速の繰返しによるファンも含めた機械的強度の検討などいくつかチェックすべき点があるので、その都度個別に各項目をチェックして対応している。
- Q:(というよりコメント) 省エネルギー実績を表現する場合、金額面を強調した方が上の人々に対して Appeal する人が多い。
- A: (U Aye Kyaw) 金額もさる事ながらミャンマーの場合、例えば天然ガスの絶対量が不足しているので、節減すればそれだけ他の面で有効利用できるという点が重要である。
- さらに U Win Khaing からは「ASEAN Award System にはミャンマーも将来積極的に参加したい。」とか、「TD も DB も大変良いことだ。METI/ECCJ/ACE に感謝したい。(会場の聴衆に) 皆でこれを大いに利用しようではないか。」といった前向きかつ Encouraging な発言が出た。

(6) 閉会の辞。

U Aye Kyaw が特に U Win Khaing (BOJ メンバーとして 12 月に来日予定) を指名して、同氏がスピーチした。「PROMEEC プロジェクトおよび本日のようなセミナー・ワークショップは大変に意義があるものであり、ミャンマーのニーズに応えるものである。」と話し、関係者に謝辞を述べた。

ついで本日の参加者への Certificates の授与式があった。

最後に U Aye Kyaw が再度本セミナー・ワークショップの意義を強調し、それが大変な成功裡に終わったこと、また関係者への謝辞や今後に対する期待などを述べた上で閉会を宣言した。

5 . 添付資料

(1) “ ASEAN PROMEEC Seminar/Workshop Program ”

- 1 “ ACE Activities on Energy Conservation & Efficiency “
- 2 “ Initiatives and Programs of ECCJ on EE&C in Industry in Japan ”
- 3 “ Overview of EE&C Activities in Myanmar ”
- 4 “ EXPERIENCE and APPLICATION of ENERGY EFFICIENCY and CONSERVATION in LECES PULP AND PAPER MILL ”
- 5 “ Presentation from Malaysia ”
- 6 “ Hai Duong Porcelain Company ”

- 7 “ Progress Report on Oil Refineries Earlier Audited in Myanmar ”
- 8 “ RESULT OF THE ENERGY AUDIT IN NO(1) REFINERY (THANLYIN) ”
- 9 “ Presentation from Kyankhin Cement Plant ”
- 10 “ Relation between the brick thickness and shell surface temperature ”
- 11 “ Barriers and Measures on implementing EE&C in Industry ”
- 12 “ Development of a technical directory ”
- 13 “ Development of a database for industry/building ”
- 14 “ Cement Process & Energy Saving ”
- 15 “ Promotion of Energy Conservation Activities in Factories (Electricity) ”

以 上

. ASEAN としての取組みについて

1. 総括ワークショップ概要

ASEAN 諸国の主要産業・ビルの省エネルギー推進およびエネルギー管理基盤整備の3プロジェクト共通の Summary Workshop と Post Workshop が **バンドルスリベガワン(ブルネイ)** で開催された。本ワークショップは ASEAN 10 カ国の代表と ASEAN Center for Energy (ACE) および (財) 省エネルギーセンター (ECCJ) の代表が一堂に会し、3プロジェクトの今年度実施実績・成果を評価し、来年度以降の取組方針を確認するものであった。各事業の総括ワークショップでは今年度の主要産業・ビル・エネルギー管理の3プロジェクトの活動結果が日本側から報告され、活動の評価や成果また課題につき参加者を含め全員で討議した。

1.1 Summary Workshop - Post Workshop 開催時期

2007年2月27日(火)～28日(水)

1.2 Summary Workshop - Post Workshop 開催場所

Oil & Gas Discovery Centre, Seria, Brunei Darussalam

1.3 Summary Workshop - Post Workshop 参加者

ASEAN10 カ国から 11 名、ACE 5 名、ECCJ 4 名を加え総勢 20 名が出席した。参加者名を下記に示す。

Brunei Darussalam (2名)

Mr. Hj ABD Shawal Yaman: District Electrical Engineer, Dept. of Electrical Service,
Ministry of Development, Nagara Brunei Darussalam

Dr. Kha Sheng Tan: Associate Professor and Head of Department of Engineering
Science, Universiti Brunei Darussalam, Brunei
Darussalam

Indonesia (1名)

Ms. Indarti: Head of EC Division, Ministry of Energy and Mineral
Resources (MEMR), Indonesia

Cambodia (1名)

Mr. Lien Vuthy: Head of Energy Efficiency and Standard Office, MINE,
Cambodia

Lao PDR (1名)

Dr. Daovong Phonekeo: Deputy Director General, Department of Electricity,
Ministry of Energy & Mines, Lao PDR

Malaysia(1名)

Mr. Hyshamudin Ibrahim: Program Manager, PTM, Malaysia

Myanmar(1名)

Mr. U Ohn Myint: Director, Works Planning Dept., Ministry of Industry
No. (2), Myanmar

Philippines (1名)

Mr. Jesus C. Anunciacion: Chief Science Research Specialist, EE&C Division, DOE,
Philippines

Singapore (1名)

Mr. Zulkarnain B H Umar: Engineer, Energy Market Authority, Singapore

Vietnam (1名)

Mr. Phuong Hoang Kim: Official on Energy and Environment, MOI, Vietnam

Thailand (1名)

Dr. Prasert Sinsukprasart: Department of Alternative Energy Development and
Efficiency (DEDE), Thailand

ACE (5名)

Dr. Weerawat Chantanakome: Executive Director

Mr. Christopher Zamora: Administration and Finance Manger

Ms. Maureen C. Balamiento: Database and IT Specialist

Mr. Ivan Ismed: Project Officer

Mr. Junianto M. : IT Staff

ECCJ (4名)

Mr. Tsuzuru Nuibe: Senior General Manager

Mr. Kazuhiko Yoshida: General Manager

Mr. Yoshitaka Ushio: General Manager

Mr. Taichiro Kawase: General Manager

2. 主要産業に関する総括ワークショップ

Workshop Agenda に従い、Dr. Prasert の進行で進められた。

2. 1 2006 年度の主要産業省エネルギー活動に関する ECCJ からの報告

第一次活動(フェーズ1)では ACE-ECCJ により ASEAN10 カ国の主要産業省エネルギー診断が行なわれている。第二次活動(フェーズ2)の第3年度として下記の3ヶ国において、各主要産業のフォローアップ診断調査、およびフェーズ1の診断指導の ASEAN における普及状況を調査する目的で一部新規工場の訪問調査を実施した。さらに、それぞれの国においてセミナー・ワークショップを実施した。総括ワークショップではこれら3カ国での活動の概要をまとめて報告した。

フェーズ2 第3年度 ASEAN 訪問国と業務期間

Lao PDR	2006 年 10 月 2 日 ~ 6 日
タイ	2006 年 11 月 13 日 ~ 11 月 16 日
ミャンマー	2006 年 12 月 5 日 ~ 12 日

表 -2-1 に各国に於ける活動状況を示す。

表 -2-1 Overview of Phase-2 Activities in 2006

Country		Lao PDR	Thailand	Myanmar	
		Oct. 2 ~ 6	Nov. 13 ~ 16	DEC. 5 ~ 12	
Items		Cement	Iron/Steel	Oil Refining Cement	
1. Follow-up / Energy Audit					
2. Seminar-Workshop		Lao PDR - MEM	Thailand - MOE	Myanmar- MOE	
1) EE&C Policy		ACE ECCJ	ACE ECCJ	ACE ECCJ	
2) EE&C Activities	Cement (Lao PDR, Myanmar)	Lao PDR - MEM		Myanmar- MOE	
	Ceramics (Vietnam)			Vietnam-MOI	
	Chemical (Caustic Soda) (Thailand)				
	Garment (Cambodia)				
	Food (Singapore)	Malaysia - PTM	ECCJ Indonesia- Krakatau steel Malaysia- PTM Philippines- DOST Thailand- Bangkok Steel		
	Iron/Steel (ECCJ/ASEAN)	Philippines- DOST			
	Oil Refinery (Myanmar)	Myanmar- MPE		Myanmar- MPE	
	Power (Lao PDR)	Lao PDR- Nam Ngum Hydro			
	Pulp/Paper (Indonesia)			Indonesia - PT Kertas Lece	
	Textile (Malaysia)			Malaysia - PTM	
Other Industries	Glass Malaysia-PTM				
3) Way Forward		1) What are the Barriers & Measures on the Implementation of EE&C [ECCJ] 2) Development of TD, DB/BM/GL for Industry [ECCJ & ACE]			
		1) What are the Barriers & Measures for the Implementation of EE & C [ECCJ] 2) Development of Technical Directory, DB/BM/GL for Industry [ECCJ & ACE]			

セミナー・ワークショップでは、開催国ブルネイの省エネルギー政策や産業の省エネ

ルギー活動が報告された。また、省エネルギー診断調査を実施した ASEAN 3 カ国の代表から、各国の主要産業省エネルギー活動が報告された。上記以外の国からの報告は、なかった。3 カ国の活動の概要を次項に示す。

(1) Lao PDR における活動

5 日間の活動期間中、最初の 4 日間にセメント工場の診断調査、5 日目の最終日にセミナー・ワークショップを実施した。

セメント工場の診断には 20 名の工場技術者の参加があった。工場概要の説明、質問書回答内容の確認をした後、2 基のキルンおよび大型ファンを中心に簡易診断を行った。収集したデータをもとに、キルンの熱収支等の計算演習を行い、プロセスの理解を深めるとともに、可能な省エネルギー対策を討議した。なお、マレーシアから 2 名の技術者が測定機器を持ち込み、診断活動を支援してくれたことは、意味がある。移転された技術を ASEAN 各国に普及させるという本プロジェクトの趣旨に合致するものである。セミナー・ワークショップで工場技術者から診断成果の報告がなされた。このセミナー・ワークショップには 58 名の参加者があり、省エネルギーに対する Lao PDR の関心の高さがうかがわれた。ASEAN からはマレーシアの産業省エネルギー推進、ミャンマーの石油精製、フィリピンの省エネルギー活動（製鉄など）が報告され、活発な質疑が交わされた。

(2) タイにおける活動

5 日間の活動期間中、製鉄（電気炉）1 工場の省エネルギー診断調査を 4 日間行い、5 日目の最終日にセミナー・ワークショップを実施した。

製鉄工場の診断には 10 名の工場技術者の参加があった。同工場は省エネルギーに積極的に取り組んでおり、これまでに昼光利用による照明エネルギーの節減など数多くの対策を実施済みであった。調査では、主として未対策であった加熱炉の炉壁放熱ロスおよび炉侵入空気ロスについて調査した。収集データを使用し、全員参加の OJT 方式にて節減額の算出などを行った。低コストの対策であり対策の早期実施が期待される。

50 名近い参加者となったセミナー・ワークショップで、診断成果が工場技術者の一人から報告された。セミナーでは、マレーシア、インドネシア、フィリピンからいずれも製鉄工場の省エネ事例が報告され、製鉄産業参加者にとって有益であったと考えられる。今回のように 1 産業に絞ったセミナーの開催は初の試みであり、今後のセミナー企画に対し参考となるだろう。

(3) ミャンマーにおける活動

6 日間の活動期間中、石油精製工場、セメント工場に対しそれぞれフォローアップ診断調査、新規診断調査を行った。6 日目の最終日にセミナー・ワークショップを実施した。2 工場間の移動を考え、6 日間の活動期間としたが、それでも移動に 2 日以上

を費やした。

フォローアップ診断調査を行った石油精製工場は、前回診断時と処理原油が変わり、また設備故障が発生したりしたため、前回の提案の一部は実施されていなかった。そのなかで5件中3件が実施されていたのは賞賛される。

新規診断調査を行なったセメント工場では、キルン表面の表面温度の測定が行われた。測定データを使って放熱計算が工場技術者自身によって行われた。放熱計算の結果、キルン内部の断熱レンガの損傷が明らかになるなど、参加者が測定技術とともに放熱計算の重要性を学んだことはたいへん有意義であったと思われる。また、この調査には11名の工場技術者が参加したがうち4名は他のセメント工場からの参加者であった。これは移転技術の国内普及促進に貢献するものと思われる。

上記診断の成果は、セミナー・ワークショップで工場技術者から報告された。報告の出来栄えから判断して技術移転は成功裏に行われたものと判断された。このセミナー・ワークショップには57名の参加者があった。ASEANからはインドネシアの紙パルプ産業、マレーシアの繊維産業、ヴェトナムのセラミック産業に関する事例が報告された。

2.2 ASEAN 諸国における省エネルギー活動状況

(1) 工場エネルギー診断、セミナー・ワークショップ参加者について

工場エネルギー診断参加者は、表 -2-2 に示すように OJT 指導を取り入れた 2005 年度に急増したが、2006 年度はその傾向がさらに顕著となった。数字的には、1 工場あたりの参加者はこの3年間、平均 1.6 人、4.2 人、12.5 人と増加している。OJT に対する関心が高まっていると解釈することは時期尚早であり、今後の推移を見守りたい。理由はどうあれ、参加者の増加は歓迎すべきことである。

一方、セミナー・ワークショップの参加者は、1 開催あたりの参加者はこの3年間、平均 71.5 人、56.5 人、55.6 人と推移し、近年は安定化傾向にある。

表 -2-2 各国における診断やセミナー参加者

項目		年度		
		2004 年度	2005 年度	2006 年度
エネルギー診断	診断工場数	7	9	4
	全参加者数	11	38	50
	平均人数/工場	1.6	4.2	12.5
セミナー・ワークショップ	開催回数	4	4	3
	全参加者数	286	226	167
	平均人数/回	71.5	56.5	55.6

(2) セミナーで報告された省エネルギー成功事例概要

表 -2-3 に示す如く、成功事例報告では7カ国から12項目の発表が行われた。ラオスの水力発電所の活動、フィリピンの製鉄工場、ベトナムのセラミック工場、インドネシアの紙・パルプ工場の省エネルギー活動は過去に発表済みの報告であった。同じ報告を複数回することは必ずしも無駄ではないが、やはり未公表事例の発表をしていただきたい。

表 -2-3 ASEAN 発表の省エネルギー成功事例

Country	Industry	EE&C Activities
Lao PDR	Hydro-power	Same presentation done in 2005
Malaysia	Iron/Steel Ind	2-stg recuperator, VSD for water pump, Screw air compressor
	General	Overview of MIEEIP project (PTM), Food, Glass, Textile, Iron/Steel
Thailand	Iron/Steel Ind	Daylight, cooling tower fan blade, air compressor replace, etc
Philippines	Food Ind	Insulation, cond.recovery, steam leak, Solenoid valves, etc
	Iron/Steel Ind	Same presentation done in 2005
	Cement Ind	VRM, 5-stg NSP, Damper VSD, Process A/M, Air leak repair (Kiln), O2 meter for Air leak, Air press 7Bar 6.8
Vietnam	Ceramics Ind	Same presentation done in 2004
Indonesia	Iron/Steel Ind	Slab preheat, slab hot charge, billet insulation cover, etc
	Pulp/Paper Ind	Same presentation done in 2004
Myanmar	Oil Refining	Lower tower pressure, tower off gas recovery
	Cement Ind	

(3) 主要産業に関する省エネルギー推進の障害と対策

企業トップの支援

(実態)

昨年度も指摘されたとおり、政策の不備、人材不足、技術不足、資金不足、情報不足等のため省エネが進まないという問題は依然として続いている。これらの障害の多くは、企業トップの姿勢と大きく係わっている。企業トップの支援があればこれらの障害の多くは除去される。たとえば企業トップの積極的な支援がある工場はどの国にあっても省エネが進展している例が多く見られる。

(対策)

今後の PROMEEC 活動も企業トップの意識改革に繋がるような活動を指向する必要がある。言い換えれば、省エネ活動をすれば利益が出て競争力がつくということを実感させるため

に何をやればよいかである。企業トップは投資リスクを常に考えており、こういった人達に高額投資の必要な提案をしても採用される可能性は低くなる。幸い、ASEAN 諸国の産業にはまだまだノーコスト対策が残っている。企業トップにノーコスト対策の有効性を実感させるために、ノーコスト対策を提案することである。

コアチームの能力向上

(コアチームの役割)

工場診断調査を行う理由は診断を実施するコアチームの育成にある。コアチームは OJT 方式により日本専門家から診断技術の移転を受け、習得した技術を活用して国内他工場の省エネ推進に貢献することを求められている。コアチームはフォーカルポイントを含む政府側チーム、ACE チーム、ローカル診断チーム(診断工場技術者プラス他工場技術者)で構成される。

(コアチームの業務)

- 1) 診断工場の選定(フォーカルポイント、ACE チーム)
- 2) 事前調査票の配布と回収(フォーカルポイント、ACE チーム)
- 3) ASEAN 他国参加者の募集および発表資料の収集と配布(ACE チーム)
- 4) 測定機器の手配(フォーカルポイント、ACE チーム)
- 5) 診断参加者の宿泊手配(フォーカルポイント、ACE チーム)
- 6) 診断工場での OA 機器、コピー、会議室等の手配(フォーカルポイント、ACE チーム)
- 7) セミナー・ワークショップ会場の手配(フォーカルポイント、ACE チーム)
- 8) 診断作業の実施(ローカル診断チーム、日本専門家はアドバイザーの立場)
- 9) データ解析・報告書速報の作成・工場への報告(ローカル診断チーム、日本専門家はアドバイザーの立場)
- 10) 診断結果のセミナー・ワークショップで発表(ローカル診断チーム)
- 11) TD/DB 成果のセミナー・ワークショップで発表(ACE チーム)
- 12) ホスト国のエネルギー状況のセミナー・ワークショップで発表(フォーカルポイント)
- 13) セミナー・ワークショップ会場での OA 機器、コピー等の手配(フォーカルポイント、ACE チーム)
- 14) セミナー・ワークショップ会場の準備、参加者名簿の作成、発表資料(電子資料)の収集と配布(ACE チーム)

(コアチームの課題)

OJT 方式による工場診断指導に参加して感じることは、診断や省エネルギー技術移転がコアチームへ円滑に進んでいないことである。たとえば、以下のような問題がある；

- 1) 事前調査票がほとんど記入されていないことが多い。これがないと、工場でヒアリン

グしなければならなくなり、診断に使うはずの貴重な半日を失うことになる。

- 2) 診断作業に入る前に、プロセスの概要、省エネ対策の概要を日本人専門家から説明しているが、十分に理解されていないのではと思われる。政府側チームや ACE チームは技術的な事項に通じ、とくに、ACE チームは TD/DB をまとめる役割をもつので、OJT を通じて各産業プロセスを良く理解しておく必要がある。
- 3) さらに、チームメンバーの役割分担が事前に決められていない。日本人専門家が説明して、測定箇所・測定方法、操業データの収集および各人の役割を決めている状態である。結局、日本人専門家が中心となって作業することが多くなる。
実態として、診断作業は日本人専門家がやっており、コアチームが日本人専門家の作業を見守っている状態である。これでは OJT になっていない。
- 4) 準備された測定機器が機能しないことが多い。診断前に校正しておく必要がある。
- 5) 測定データを使って演習を行い、また結果を報告した時質問がほとんどでなかった。多くの人が十分に理解できていないと思われた。短時間での説明と理解では無理があるとみられる。コアチームメンバーの経験や知識レベルをある程度そろえる必要があるだろう。

(今後の対策)

- 1) フォーカルポイントを含む政府チームは、2 ヶ月の準備期間中に少なくとも一度は受け入れ工場への事前訪問を行い、工場概要と工場調査、質問書回答、OJT 実施時の対応などを含む工場チームとの討議等をしておくべきである。
- 2) 政府チームや ACE チームに業種ごとの技術系アシスタントを付ける等の対策をとる必要があると思われ、準備期間中に予備知識を養っておくべきである。
- 3) 事前調査票回収不徹底には二つの側面がありそうである。一つは調査票にある質問が難解であること、もう一つは ACE チームのプロセス知識不足である。前者は、質問を平易にするとか、懇切な記入要領を作成するといった対策をとらねばならない。現在、この目的にあうような DB フォーマットをセメント工場対象に作成中である。後者はやはりプロセス知識の不足に起因するが、これも役割を自覚させつつ、地道な教育を続けるしかないだろう。
- 4) 共通の原因として、ASEAN の自助努力で省エネルギーを行うという認識が低いのではと思われる。ECCJ の日本人専門家を頼りにしている傾向が見られるので、各人の役割を再度確認し、自分たちがやるべき仕事だということを自ら理解する必要がある。これは一度で達成されるものではないが、工場診断の機会ごとに繰り返し確認していく必要がある。

(4) 2006 年度 ASEAN の省エネルギー活動まとめ

昨年度の報告書と同様に、ASEAN の国々において省エネルギー活動が年々盛んになっているとの印象を受けている。第一の要因は最近のエネルギーコストの高騰であり、これが省エ

エネルギーとコストダウン活動に拍車をかけている。第二の要因は PROMEEC 活動が知られるにつれて、企業トップの省エネルギーに対する認識が、年々高まってきている。省エネルギーはコストダウンに繋がり、企業の利益および環境保全に役立つということが判るにつれて、この活動はますます活発化すると思われる。ASEAN 諸国において省エネルギー推進にまだ多くの障害が残っているものの、この PROMEEC プログラムや各種の省エネルギー研修等によって障害が取り除かれていくものと考えられる。

2.3 2006 年度実施 3 カ国からの報告概要

総括ワークショップの席で、今年度の省エネルギー診断ホスト国となった 3 カ国から EE&C 活動が報告された。

(1) ラオス代表からの報告

セメント工場の診断結果についての発表があった。内容的には、昨年 10 月の工場診断セミナー・ワークショップでの発表と同一のプレゼン資料であった。一部資料に ECCJ 作成の資料がそのまま使われていた。ローカルチームの編成、工場診断時の業務調整など、フォーカルポイントの役割を十分理解していたことが判る。

(2) ミャンマー代表からの報告

ミャンマーのエネルギー政策、過去の国際協力による省エネ推進活動（たとえば、UNDP/ADB の支援、UNESCAP の支援、PROMEEC 活動）、将来計画（UNESCAP の支援、PROMEEC を含む ASEAN プログラム）について説明があった。石油精製工場のフォローアップ診断とセメント工場の新規診断を中心に昨年の PROMEEC 活動の説明があった。とくに、セメント工場の診断ではキルン表面温度の測定作業が写真を使ってリアルに説明されていた。

(3) タイ代表からの報告

鉄鋼産業におけるエネルギー診断活動を中心に PROMEEC の昨年の活動成果について説明があった。鉄鋼産業の診断は鉄鋼協会の協力を得て行なわれたこと、さらに診断の成果はウェブサイトへアップロードされたことが報告された。ワークショップ会場の無線 LAN を使い、診断成果が実演されたのが印象的であった。

2.4 2007 年度 PROMEEC 活動計画

2007 年度の METI-ASEAN PROMEEC は、ACE、ECCJ および ASEAN 各国の FP (Focal Point) が母体になって 2006 年度と同様の活動を続ける予定である。☒ -2-1 に予定表を示すが、2007 年度の現地調査は 9 月、11 月にそれぞれ 2 カ国、1 カ国で行う計画である。対象国の選定は、ホスト国だけでなく他国からのメンバーを含むコアチームを組織し、確実な調査前準備を確約できる国を募集し、2007 年度のインセプションワークショップで決定することにしている。選定された国では、強化 OJT によるフォローアップ調査、エネル

ギー診断、その後セミナー・ワークショップで診断チームから結果を報告する。業種は原則として、各国1業種で1ヶ国2工場を対象として調査を実施する。期間は1ヶ国あたり10日を基準とする。実施に当たって、ASEAN側は診断を受ける工場の確定、5人以上の診断チームの結成と役割分担の決定、事前学習の実施、さらに質問書回答の事前準備を義務付ける。

セミナー・ワークショップでは開催国からの省エネルギー活動報告と要請されたASEAN諸国からの発表等も予定している。ワークショップでは技術標準作成活動(TD)、データベース(DB)・ベンチマーク(BM)・ガイドライン(GL)の作成や状況に関する討議を予定している。

最後の締めくくりとして、2007年度のまとめと最終のワークショップを行う。

☒ -2-1 2007年度 PROMEEC 活動計画

PROMEEC (Industry) for 2007-2008: Basic Implementation Plan													
- Implementation Schedule - (Preliminary)													
ECCJ February 27-28, 2007													
Year		2007										2008	
Activities	Month	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(1)	Inception Workshop Preparation of Detailed Implementation Plan & Preparation			Inception W/S									
(2)	1st Site Activity (Follow-up Survey & Workshop (2 Countries))				Two Countries								
(3)	Results / Preparation for 2nd Site												
(4)	2nd Site Activity (Follow-up Survey & Workshop (1 Country))												
(5)	Analyses of 2nd Site Activity Results / Preparation for 3rd Site Activity												
(6)	3rd Site Activity (S & P-Workshop), TD dissemination & DB/BM/GL formulation)												
(7)	Report Writing												

3. ポストワークショップ

3.1 TD (Technical Directory) 構築の進捗状況

ACE が作成している Technical Directory の進捗状況について説明があった。現在までの登録は産業分野 75 件、ビル分野 35 件である。このシステムはほぼ出来上がっており、ASEAN 各国からの情報の提供が課題となっている。ACE のウェブサイトの情報提供のための Application Form を掲載し、誰もが情報提供をし易くする。省エネ機器・システム製造企業からの提供も開拓してゆく。この活動においても、持続性と信頼性が重要であり、これらを考慮した要員・予算計画を立てるべきである。

3.2 DB/BM/GL (In-house Database/Benchmark/Guideline) 構築の進捗状況

ACE で進めている産業部門の Database/Benchmarking/Guideline (セメント産業) の構築作業の進捗、およびシステムの概要について説明があった。

ある委員から企業にとって DB の意義はなにか、まず企業にとっての Benefit を明らかにした上でシステム設計に入るべきではないかとの疑問が呈された。別の委員から、企業に意義を理解してもらわないとデータ収集は困難になる、まず意義を明確にしてほしいとの意見が出た。ACE のこの活動における作業が不十分であったこと及び Focal Point (FP) が In-house Database の考え方について十分理解していないこともあり、この課題に議論が集中した。FP は政府の方針・政策を実施するための基準・標準としての Database/Benchmark/Guideline の必要性を常に考えており、In-house DB の必要性を理解しにくい面もある。しかし PROMEEC の活動では、工場現場の立場に立った Database/Benchmark/Guideline の構築を目指しており、Database は自社のエネルギー管理で使用するものである (In-house DB のネーミングの由来)。診断により得られたデータがその工場のエネルギー管理に如何に有益であるかを理解してもらい、継続的なデータ収集とその分析結果に基づくエネルギー管理を実施してもらうことに意味がある。公開できるデータはボランティアに ACE のウェブサイトを通して公開してもらい、ASEAN で共用してもらうという考え方が PROMEEC のこの活動のキーポイントである点を ECCJ から説明した。なお、現行の DB format (セメント) が In-house DB の趣旨に沿った項目を登録しているか、再検討する必要があると考えられる。

この Database/Benchmark/Guideline の構築は PROMEEC において、OJT を目的としたエネルギー診断活動、セミナー・ワークショップ活動、表彰制度 (ASEAN Energy Award) 等の活動にリンクし、ASEAN の省エネ推進を図るための Tool の 1 つであることを明確にできたと考える。

4 . 添付資料

(1) "ASEAN PROMEEC Summary/Post Workshop" (provided by ECCJ)

- 1 " Expected Status of PROMEEC Project in Asia and Cooperation by Japan "
- 2 " Summary of Local Workshops and Energy Surveys in Major Industries at Lao PDR, Thailand and Myanmar "
- 3 " Major Industry Proposed Plan in 2007-2008 "
- 4 " Summary of Local Workshops and Energy Surveys in Buildings (2006-2007) at Brunei Darussalam, Philippines and Vietnam "
- 5 " Future Plan for PROMEEC- Buildings (2007-2008) "
- 6 " Results of Activities (Intensive Seminar-Workshops / Visits, etc.) "
- 7 " ASEAN Energy Management System- Updated Plan - "
- 8 " Plan of Award System of Best Practices in Energy Management for Industries & Building "
- 9 " Proposed Future Plan "
- 10 " Achievement and Future Plan "

(2) "ASEAN PROMEEC Summary/Post Workshop" (provided by ASEAN countries)

- 1 " PROMEEC (Industry) 2006 in Lao PDR "
- 2 " Overview of EE&C Activities in Myanmar "
- 3 " PROMEEC Thailand 2006 Steel Industry Activities Summary "
- 4 " Status of Preparation of Technical Directory for Major Industries and Database for In-house Use by Industrial Sub-sectors in ASEAN "
- 5 " Technical Directory for Building and Industries "
- 6 " Finalized Plan of and Current Progress in Award System of Best Practices in Energy Management for Industries and Building "

以 上

本報告書の内容を公表する際はあらかじめ財団法人
省エネルギーセンター 国際エンジニアリング部の許可を
受けて下さい。

電話 03 (5543) 3018

Fax 03 (5543) 3022