平成 23 年度成果報告書

国際エネルギー使用合理化基盤整備事業
省エネルギー人材育成事業
「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２４年３月

財団法人　省エネルギーセンター

目　次

Ⅰ．本事業の概要……1
Ⅱ．フィリピン（半導体製造工場他）……3
　１．活動概要……3
　２．省エネルギー診断 OJT（A 半導体製造工場）……3
　３．フォローアップ診断……11
　４．セミナー･ワークショップ……12
　活動状況写真：PROMEEC 産業事業@フィリピン……15
　資料 A：Results of Energy Audit OJT at Wacky Corporation……16
　資料 B：MHI Promotion Document……20
　資料 C：ECCJ Expert Presentation Document……22
Ⅲ．インドネシア（火力発電所）……23
　１．活動概要……23
　２．工場省エネ診断 OJT（B 火力発電所）……23
　３．磯子火力所の改造事例等の発表……35
　４．セミナー･ワークショップ……36
　活動状況写真：PROMEEC 産業事業@インドネシア……39
　資料－D：Results of Energy Audit OJT at B Power Plant……41
　資料－E：J-Power Presentation Document……44

Ⅰ．本事業の概要

アセアン諸国は急速な経済発展を続けており、今後エネルギー消費量も急激に増加していくものと予想され、ますますエネルギーを効率良く使うことと地球温暖化防止への配慮が必要になると考えられる。
本プロジェクトも１２年目に入り、カウンターパートとなる ACE はじめアセアン諸国関係機関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きている。
今年度はフェーズ３の第３年度目として、過去１１年間の活動成果を集約し、より一層の自助努力によるこれまでの成果の実施・普及を確立する年と位置付けられた。即ち、過去１１年間に全アセアン諸国１０業種の工場で実施した省エネルギー診断の成果を実施・普及するための省エネルギー推進基盤確立を目指すこととした。
具体的には、以下の活動をフィリピン（半導体製造業）およびインドネシア（火力発電所）の２カ国で実施した。

- ♦ 省エネルギー診断指導
  診断を希望した工場を訪問し、日本の専門家による省エネルギー診断の OJT を実施して、訪問国の省エネ政策立案者および省エネ診断指導者に省エネルギー診断技術を移転する。訪問、診断した工場に省エネルギー診断結果を報告して、今後の省エネルギー活動に利用する。
- ♦ セミナー・ワークショップの開催
  当該国の異業種を含む工場関係者および他のアセアン諸国の工場・政府関係者が参加し、それぞれの活動と改善実施例を発表し、成功事例・ノウハウといった成果をアセアン諸国に普及させる。
- ♦日本の省エネ技術・高効率機器の紹介
  今年度からはじめた事業である。省エネ診断結果を工場へ報告する最、およびセミナー・ワークショップにて日本の省エネ技術・高効率機器を紹介し、当該国のエネルギー高効率利用に資する。

主要産業プロジェクトの本年度の活動内容は、以下のとおりである。

１．フィリピンにおける現地業務：2011 年１０月１０日－１０月１４日

（１）フィリピン・マニラの半導体製造工場において省エネ診断 OJT を行った。現地工場の要望から省エネ診断 OJT は二日間のみとなった。現地診断チームはフィリピン・エネルギー省で組織され、診断先工場の技術者が診断チームに同行した。リーダーはエネルギー省の技術者が勤めた。なお、フォローアップ診断として 2009 年に診断した製薬工場を訪問し、全体指摘した事項が確実に実行されていることを確認できた。
（２）2009 年に省エネ診断を実施した製薬工場をフォローアップ診断を実施した。前回

指摘した改善項目が着実に実行、もしくは計画中であり、省エネ活動が確実に実施されていることを確認できた。

（３）セミナー・ワークショップには総計７４名が参加し、以下の発表と討議を通じて積極的な情報交換が行われた。

・省エネルギー政策とプログラムについてフィリピンおよび日本からの発表
・アセアン諸国の関係者による省エネルギー実施事例の発表
・現地診断チームによる省エネルギー診断結果の発表
・今年度より開始する日本の省エネ技術・高効率機器の紹介する試みは初回となった今回は JASE-World 所属会社の三菱重工の高効率冷凍器の紹介を行った。

２．インドネシアにおける現地業務：2011 年１１月２１日－１１月２５日

（１）インドネシアの首都、ジャカルタにある天然ガスを利用するインドネシア国営火力発電所にて省エネル診断 OJT を実施した。現地診断チームはインドネシア・エネ鉱業省、診断先工場の技術者他で組織された。省エネルギー診断 OJT のリーダーは火力発電所技術者が勤め、最終日のセミナー・ワークショップでは国営電力企業の研究所の職員がその任に当たった。

（２）セミナー・ワークショップには上記の技術者に加えて、国営火力発電所他からの参加者を含めて８０名が参加し、以下の発表と討議を通じて積極的な情報交換が行われた。

・省エネルギー政策とプログラムについてインドネシアおよび日本からの発表
・現地診断チームによる省エネルギー診断結果の発表
・第２回目となる日本の省エネ技術・高効率機器の紹介では、JASE-World 所属会社の電源開発㈱から技術者を派遣願い、日本の同業火力発電事業の高効率運転他に関して発表した。

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。

Ⅱ．フィリピン（半導体製造工場他）

１．活動概要

METI 委託事業である国際エネルギー使用合理化基盤整備事業のうち「ASEAN 諸国における主要産業の省エネルギー推進事業」を実施するため、１０月９日から１０月１５日までフィリピン・マニラに出張し、半導体製造工場の省エネ診断 OJT、製薬会社のフォローアップ診断およびフィリピン産業関係者・ASEAN 各国関係者との情報交換を目的としたセミナー・ワークショップを実施した。半導体製造工場の省エネ診断 OJT にはフィリピンのエネルギー省、診断先工場および ECCJ、ACE の技術者他の合計２１名が参加した。2009 年に診断した製薬工場のフォローアップ診断では、全体指摘した事項が確実に実行されていることを確認できた。セミナー・ワークショップでは総計４７名の参加者を得て成功裏に終了することができた。

出張者　ECCJ 技術協力部：岡本勤、技術専門家：川瀬太一郎、国徳和秀

活動日程　10/10　　DOE 訪問&打合せ
10/11-10/12　OJT 診断（A 半導体製造工場）
10/13　　フォローアップ診断（薬品工場）
10/14　　セミナー・ワークショップ

２．省エネルギー診断 OJT（A 半導体製造工場）

（１）参加者：２６名

DOE（８名）：Ms. Genevieve L. Almonares、Mr. Marlon Romulo U. Domingo、Mr. Maximino G. Marquez、Ms. R. P. Parreno Jn.、Ms. Vilma P. Reyes、Ms. Rose V Sarulory、Mr. Darwin P. Galang、Ms. Einor P. Quinto

A 工場（１３名）：菊池武夫・社長、鈴木信義 Adviser 他

ACE（１名）：Mr. Junianto M

ECCJ（３名）：岡本勤、川瀬太一郎、国徳和秀

（２）工場概要：A 工場

当工場は日本の半導体製造企業の関連工場で、1997 年に第一工場を操業開始し、2007 年に第二工場が操業を開始した。主要製品はパワー半導体であり、原料として半導体チップを購入し、半導体製品に組み立てる、所謂「後工程」の半導体製造工場である。

工場訪問の初日に副社長よりビデオを使った工場および CSR 活動の概要説明があった。次いで、施設部長より省エネ活動について説明があった。なお、当工場は省エネ活動に対して、2010 年のフィリピン DOE 省エネ賞を受賞した工場である。

従業員は約 850 名、内エンジニア 12 名を含む。社長を含め部長以上の主要ポストは

日本人が占める。1 日２シフトの２４時間連続操業を行っている。年間生産量は 3,566 万個、電力消費量 1,777 万 kWH で、日本の第一種エネルギー管理指定工場の規模に相当する。

（3）診断概要

1）診断チームの構成

OJT 対象者が DOE の３～４名、および ACE の１名であること、日数が実質 1.5 日と短期間であることから、診断チームのグループ分けは行わずに全体で一つのチームを構成し、省エネ診断 OJT を行った。チームリーダーには DOE/ Mr. Maximino G. Marquez が務めた。診断チームとしては上記 OJT 対象者に当該工場技術者が１名よび ECCJ３名の総計７～８名であった。

2）診断作業の手順

半導体製造工場であること、および DOE と ACE との今回の活動に関する Email 交信から「工場には秘密事項が多く、詳しくは見ることが出来ない」と推定したが、初日の相互挨拶以降、態度が大変に親密になり、クリーン・ルームを除く全設備へ入ることが出来た。なお、クリーン・ルーム外周はガラス張りになっており、クリーン・ルーム自体は外周より見ることができた。

また、事前に送付していた調査票の回答を日本出発の前に得ることができ、診断計画をあらかじめ策定したうえで現地活動を始めることができた。なお省エネ診断の対象設備はプロセスの中核部分は対象外であり、ユーティリティー設備および生産プロセスの周辺設備、具体的には熱回収設備や乾燥機、冷凍機などに限定することを確認した。

今回の OJT 診断では 1.5 日という時間的制約を考慮し、省エ診断作業の対象設備を絞ったが、当該工場の省エネ活動に対するヒアリング、工場設備の点検、計測機器を使った測定と操業記録等からのデータ収集、データの解析と省エネ対策立案、工場関係者への診断結果の報告という手順で行った。

3）計測機器の準備

計測機器は DOE から放射温度計１台、ECCJ から接触式温度計２台、温湿度記録計１台、クランプオンパワーモニター１台、サーモカメラ 1 台、接触式温度計１台、総計７台が提供された。計測機器の操作方法と使用時の注意点について事前説明を行った。とくに、クランプオン電力モニターの取り扱いについて、特別の注意を払い、操作は工場のエンジニアが行うことの確認を行った。提供された計測機器はいずれも有効に活用され、多くのデータを得ることが出来た。温度計は冷水ポンプ周り・冷却塔周り・AHU 周りの温度測定に活用された。パワーメーターはポンプのモータ電流を測定する際に活用された。

一般の工場では、測定に必要な計器として、パワーモニター、温度計に加えて、燃焼ガス分析用の酸素メーター、ファン空気量測定用の熱線風速計またはベーン風速計が強

く求められる。これらは、省エネ対策として頻用される燃焼管理およびインバータ制御の評価に不可欠の計器である。

４）測定作業およびデータ収集

OJT 参加者には事前に測定作業の目的、測定項目、測定箇所および使用する計測機器のガイダンスを行った。また、現場では設備ごとに点検目的を説明しながら点検を行う方法を試みた。これで OJT 診断の趣旨をかなり浸透させることができた。データ収集・データ解析の作業は時間の制約もあり、実質的に ECCJ の専門家が行った。一部の測定作業は、DOE および工場のエンジニアが担当した。

５）用役設備の診断

①水供給設備（冷凍機を含む）

①-1 Rough estimation of COP for No.3 chiller

一般に冷水チラーの性能は下記にて定義される成績係数 COP にて評価される。

チラーCOP = チラー冷却熱（kW）/ チラー投入動力（kW）

= カルノーCOP x 実サイクル効率 x 冷凍圧縮機効率

ここで、カルノー効率 = (冷媒蒸発温度)/（冷媒凝縮温度-冷媒蒸発温度）

冷媒蒸発温度・冷媒凝縮温度の測定はできなかったので、蒸発器出口配管温度・凝縮器出口配管の表面温度を測定し、この測定値からそれぞれの冷媒温度を推定した。その結果、冷媒蒸発温度は４℃、冷媒凝縮温度は５０℃と推定した。

カルノーCOP = (4+273)/((50+273)-(4+273)) = 6.0

チラーCOP(推定) = 6.0 x 0.81 x 0.8 = 3.9

カルノーCOP とチラーCOP の差は、膨張弁による効率低下・冷凍サイクルへの熱進入・蒸発器の性能・凝縮器の性能・圧縮機効率に起因する。

次のステップは冷水ユーザー側で実際に受け取った冷却熱に対する COP（ユーザーCOP）の評価である。ユーザーCOP は以下の式にて与えられる。今回、時間の都合で測定することはできなかった。

ユーザー冷却熱（kW） = 冷水流量 x 冷水比熱 x (冷水往き温度-冷水還り温度)

ユーザーCOP = ユーザー冷却熱（kW）/冷凍圧縮機モータ入力（kW）

チラーCOP とユーザーCOP の差は、冷水配管での熱浸入・冷水配管での圧力損失に起因する。今後の作業において、COP 低下原因の解明と除去が期待される。

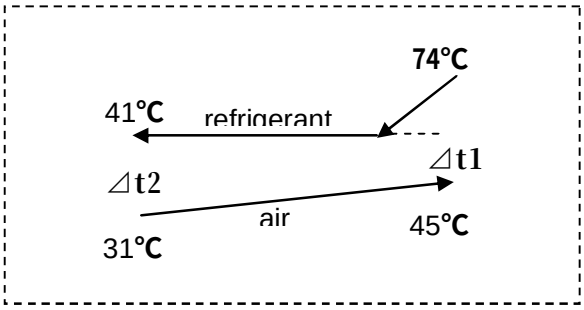
①-2 Evaluation of condenser performance

凝縮器の熱交換性能はチラーCOP に対して大きな影響を持つ。冷媒の凝縮温度が１℃下がれば、COP は３%上昇する、つまり圧縮機動力を３%節約することができる。

そこで、凝縮器の熱交換性能を評価することとした。一般に熱交換性能は高温側流体と低温側流体の対数平均温度差（LMTD）で評価される。

LMTD = (⊿t1 - ⊿t2) / ln (⊿t1 / ⊿t2)

ここで、⊿t1、⊿t2 は凝縮器入口・出口の両流体の温度差を示す。

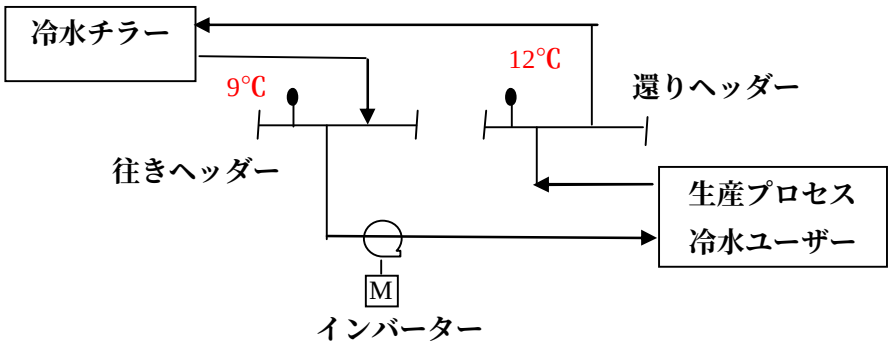


測定した凝縮器で空冷タイプであった。高温側流体は冷媒 R410A であり、低温側流体は空気である。高温側流体の温度は膨張弁入口配管の表面温度から推定した（本来は流体温度を直接測定する必要がある）。一方、低温側流体は温度計を空気流に直接に差し込んで測定した。低温側流体の出口温度は 45℃となり、高温側流体の入口温度 41℃を大きく超えてしまった。凝縮器ではこういった温度の逆転現象は起こらないので、なんらかの測定エラーと考えられる。低温側流体の測定位置を変えるなどの再測定が必要である。

①-3 Improvement of chilled water pump efficiency at part load

一般にポンプ・ファンなどの回転機械が低負荷運転されている時、回転数を下げることにより大きな省エネを図ることができる。特に遠心機械の場合、回転数の３乗に比例した省エネ効果を期待できる。

そこで、冷水ポンプの負荷を知る必要が生じる。現場設置の流量計がなかったので、ポンプ吐出弁の開度を調べたところ全開であった。これから、冷水はポンプの定格流量で流れていると推定された。一方、冷水供給温度と冷水還り温度を冷水ヘッダーのところで測定したところ、それぞれ９℃、１２℃であった。供給温度と還り温度の差は通常５℃で設計されているので、測定時点でのプロセス側の冷却負荷は３℃/５℃ｘ100 =６０%、つまり設計の６０%程度の低負荷と推定される。従って、往きと還りの温度差を５℃に挙げれば、流量を６０%まで減らすことができる。インバータを導入するとすれば、回転数を６０%まで落とすことができる。冷水がクローズドシステムで流れていると仮定すれば、ポンプ動力の節減量は、(1-0.63）x 100 = 78.4%と概算される。



②用水設備

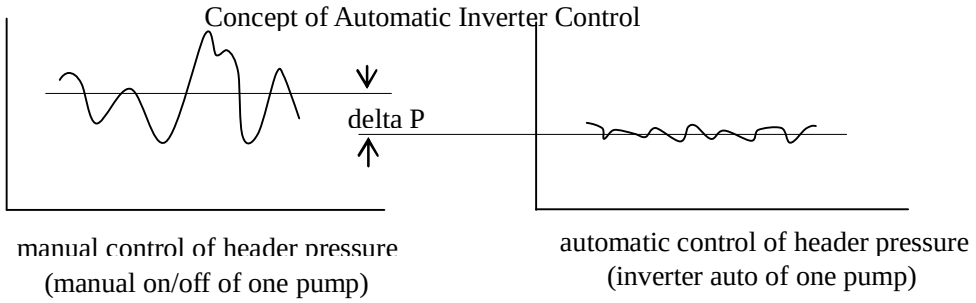
②-1 Waste heat recovery to pre-heating RO feed water

当工場の逆浸透膜（Reverse Osmosis Membrane/ RO）装置では原料水の温度制御をやっていない。従って、温水排熱あるいは冷水排熱を利用するニーズは存在しないことを確認した。なお、日本の半導体工場では、RO 装置の原料水は２４℃に温度制御される。これは RO 膜を通過する水の粘度を最適値に維持するためである。そこで、RO 装置のサプライヤーである ORGANO 社と原料水の温度制御の必要性について意見交換することをリコメンドした。

②-2 Application of inverter to water pumps

一般に、用水使用量はプロセスの要求に応じて変動する。この変動の程度は、ポンプ吐出圧力の変動を記録することで大略把握できる。変動は日間変動と季節変動について調査しておくことを薦めた。

インバータ回転数を操作変数とする PID 制御方式により、ポンプ吐出圧力を一定値にコントロールすることにより、ポンプ動力を節減することができる。下記のように、圧力変動と流量の値が知られれば、ポンプ動力の節減量を計算することができる。



Calculation : kW saving = delta P(m) * Q(ton/min)/(6.12 * η)

③圧縮空気設備

③-1 Reduce intake air temperature

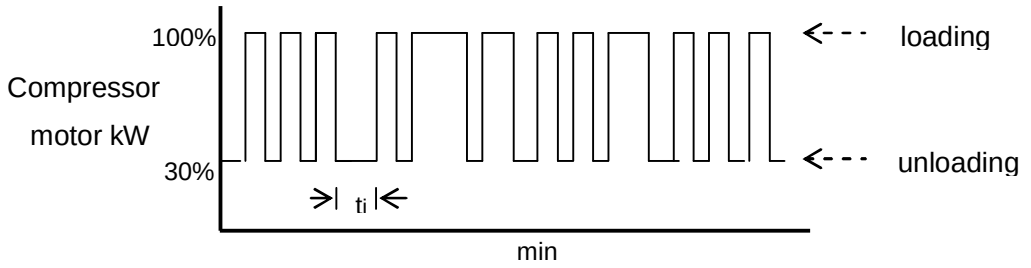
空気圧縮機の所要動力は、吸込み空気の絶対温度に比例する。吸入温度が２０℃から１０℃に低下した場合、所要動力は、((273＋20)－(273＋10)) /（20＋273）x 100 = 3.4% だけ減少する。

第一工場のコンプレッサー室では、吸入空気は天井に近い側壁からプロペラファン経由で取り込まれていた。地上から５m以上の高所空気であり、比較的低温の外気であった。

③-2 Reduce unloading losses

多くの工場で、空気圧縮機の無負荷運転時に電力を無駄に消費している。とくにスクリュー圧縮機の場合、無負荷時でも定格動力の３０%を消費する。無負荷ロスを量的に把握するため、圧縮機モータの電力を２４時間、５分毎に測定し、無負荷時間の割合を計算し、

次いでエネルギーロスを試算する。



Cumulative unloading time = Σ ti

無負荷ロスを低減するため、小型機の複数台運転やインバータ圧縮機が採用される。すでに複数台運転が行なわれている場合は、１台がインバータ機能を持てば十分である。

③-3 Reduce pressure drop between air supply and end user

圧縮空気は高価なユーティリティーである。日本では、コンプレッサー室と末端ユーザー間の圧力損失を 0.5bar 以下とするのが通常である。

そのために、細い配管を太い配管に取り替える、ループ型配管系に変更する、迂回配管を取り除く、バルブなどの圧損要素をミニマムとする、などの対策が採られる。

当工場ではループ型をすでに取り入れている。次のステップとしてやるべきことは、末端圧力の測定であり、0.5bar 以上であれば、前記の対策を採るべきである。

③-4 Minimize air leakage

当工場はエアリークテストをすでに実施しており、圧縮機動力の削減を達成している。

③-5 Reduce end-user's air pressure

当工場における末端ユーザーの圧空使用目的はエアシリンダー用とエアブロー用である。エアシリンダー用の要求圧力は 2-3bar、エアブロー用要求圧力は 1-2bar である。現在のコンプレッサー室送気圧力 6bar を 4.5bar 程度まで下げられる可能性がある。また、少量だが高い圧力、たとえば 5bar を要求する設備があるのであれば、小型の昇圧設備（ブースター）を取り付け、必要分だけ 4.5bar から 5.5bar まで昇圧することも考えられる。こうすれば、送気圧力を 4.5bar のまま低く据え置ける。

④空調設備（室外機のみ）

④-1 Application of inverter to makeup air fan

第一工場では３台の外気エアハンドラー（Makeup Air Handler/ MAH）を設置し、温度・湿度を調整した空気をクリーンルーム側壁に配置した多数の循環エアファンフィルターユニット（Recycle Air Fan Filter Unit/ RAFFU）に供給している。

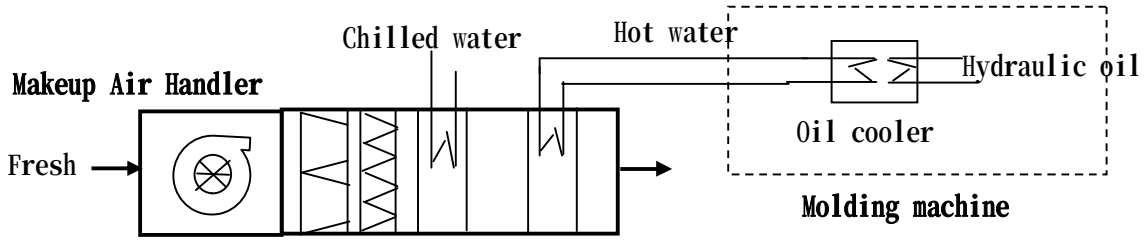
MAH には外気給気ファンがあり、当初は商用周波数６０Hz の固定速運転をしていた。現在はインバータを導入し４５Hz まで回転数を下げている。ただし、Hz は下げたが、固定速運転には変わりがない。

今後の課題は、外気条件（温度・湿度）に応じた可変速運転の導入である。これにより、乾期や夜間など潜熱負荷の低いときに、ファン回転数を落とした省エネ運転を行なうことができる。

④-2 Reduction of reheating losses

MAH の第一の機能は外気の除湿である。そのため、冷水コイルと温水コイルを有し、冷水コイルで外気を冷却除湿し、その後、温水コイルで再熱している。温水コイルの熱源として、クリーンルーム内にあるモールド機の排熱（油圧作動油クーラー）を温水として回収し再熱用の熱源としている。

日本では、温水コイルの熱源はスチームでありエネルギーコストを高くしている。本例はスチームを不要とし、同時にクリーンルーム空調負荷を下げるという二重の省エネを行なっている。



④-3 Minimize air conditioning load in clean room

半導体工場の後工程では、エネルギー消費の４５%をクリーンルーム空調関連と言われる。従って、クリーンルーム内の空調負荷を下げることは、ただちに省エネルギーに直結する。当工場では、クリーンルーム内の高温表面に保温を施すこと、油圧作動油クーラーの発生熱を温水に回収するなど、空調負荷そのものの低減対策をすでに実施済みである。

④-4 Review the key operating conditions of clean room

クリーンルームでは、微粒子のカウントを規定レベルまで低減するため、加圧・換気・清浄度クラスが重要な運転条件になっている。

加圧の場合、隣室との差圧を 0.03－0.05 インチ水柱とする必要がある。加圧するために必要な風量はクリーンルームの開口部面積の関数になる。風量を減らすことが省エネになるが、そのためには側壁/天井接合部のクラック、用役配管・ケーブルの側壁貫通部、差圧ダンパーなどの開口部面積を最小限にする必要がある。

換気の場合、清浄度クラスを維持するための換気回数{air change}を維持しなければならない。クラス 10,000 の場合、換気回数の推奨値は１時間当たり 60-120 回である。

清浄度クラスをあまり厳しくすると、エネルギーの無駄を引き起こす。製品の歩留まりを落とさない範囲で清浄度クラスを緩和していく必要がある。

今回の OJT 診断では、クリーンルームへの立入りが禁止されたため、クリーンルーム運転条件の緩和については診断しなかった。

⑤その他の知見

⑤-1 エネルギー管理体制

事前調査票に対する回答によると、同工場の省エネルギー推進活動は高い水準に達しているものと判断される。具体的にはエネルギー管理者が任命されていること、エネルギーデータのモニター・記録が行われていること、エネルギー削減目標を設定していること、エネルギー削減のための中長期計画を策定していること、小集団活動を大々的に推進していること、日本の半導体グループと連携をとっていることなどが確認できた。

特に印象に残ったのは小集団活動である。2007 年から見える化による省エネ推進活動を開始し、現在、６４グループ（742 名）を組織している。オフィス・廊下・カフェテリアはもちろん、作業現場でも、ランプの間引き・プルスイッチ活用による消灯を徹底していた。

⑤-2 用役設備のメンテナンス

工場建屋は、クリーンルームの大空間が中心にあって、これを回廊が取り囲み、その外側に AHU、倉庫、オフィス、カフェテリアが配置されている。冷水設備、空気圧縮機室は工場建屋の外にある。

クリーンルームおよび回廊はメンテナンスが行き届き、消灯などのエネルギー管理が徹底されていた。しかし、AHU 室と冷水設備（建屋の外）のメンテナンスは十分でないように見えた。たとえば、AHU 室では冷水ヘッダー（往き還り）の保温表面が水でひどく濡れた状態にあった。おそらく保温内部に水が浸透し、熱浸入を起こしていると推定される。

また、モールド機の排熱を回収するプレート熱交換器のプレートが汚染されている可能性が温度測定データから窺われた。熱交換器周りの保温劣化も進んでいるので分解清掃が必要である。戸外設置の冷水装置についても、とくに空冷コンデンサーの放熱フィンの劣化が進んでいた。配管の保冷も取替え時期に来ていると思われる。

⑤-3 照明設備の省エネルギー

照明設備の省エネ対策は徹底されていることが確認された。消灯などの管理面は前述したが、設備面でも多くの対策が採られていた。たとえば、局所照明(task ambientlighting)の導入、高効率蛍光ランプ・LED ランプへの転換などが進行中であった。また、全体照明(general lighting)の省エネを図るため、天井照明の高さを下げる計画もあるとのことであった。

（４）データ解析と簡易報告

OJT 診断の結果および問題点を最終日に工場幹部に速報として報告した。本速報はセミナー・ワークショップにおいて、ローカルチームのメンバーMr. Maximino Marquez から発表された。

（５）所感

A 半導体工場に対する省エネ診断は 1.5 日間と極めて短時間であったので、定性的な診断が中心となり、張り切って事前調査した専門家としては気が抜ける活動となった。当該工場は小集団活動が活発であった。工場に入った途端、クリーンであること・消灯・減灯が徹底されていることに強い印象を受けた。担当副社長が 4 年前に立ち上げた「見える化活動」の成果であることは間違いない。当工場では多くの省エネ対策を講じているが、電気エネルギー中心の対策に偏っている。熱と電気を統合して工場全体としての最適エネルギー利用を追及していくべきと考える。また、生産設備に比べて、用役設備のメンテナンスが弱いように見えた。とくに、AHU、エアーコンプレッサー室、戸外冷水装置については保温張替え、計測器補修が必要である。

３．フォローアップ診断

（１）参加者 １２名

Department of Energy/ DOE（３名）：Mr. Maximino G. Marquez 他

B 工場（５名）：Mr. De Leon 総務部長他

ACE（１名）：Mr. Junianto M

ECCJ（３名）：岡本勤、川瀬太一郎、国徳和秀

（２）フォローアップ調査の趣旨

当湖上に対し２００９年にＯＪＴ診断を実施した。今回の訪問では、前回 OJT において提案指導した省エネ対策の実施状況を調査した。

（３）フォローアップ結果

前回のフォローアップ調査以後の活動について、施設部長から説明を受けた。前回提案１０件に対して、８件が実施済み、２件が進行中であり、賞賛すべき実施状況であった。以下に主な成果を記した。

①クーリングタワー関係

提案 1：冷却水供給温度を上げて IDF ファンのモータ電力を節減する

現状：実施済み、温度を３１℃から３２℃に上げた

提案 2：冷却水ポンプにインバータを設置

現状：設置の検討中

②冷水チラー関係

提案：一次冷水ポンプにバイパス配管を設置し、一次ポンプを停止する

現状：実施済み、ただし二次ポンプの停止に変更した

③ボイラ室・スチーム供給関係収

提案１：ボイラ室・２階の未回収コンデンセートを回収する

現状：実施済み

提案２：不良スチームトラップの補修

現状：実施済み、超音波リークテストを半年に１回実施（Spirax Sarco 社外注）

④保温関係
　提案：ボイラ室・２階の保温不良箇所の補修
　現状：実施済み
⑤圧縮空気関係
　提案１：マイクロナイザー停止時の低圧運転
　現状：必要に応じて実施中
　提案２：圧縮機設定圧力の変更
　現状：実施済み、ベース機の圧力設定を 115psi カットアウト・105psi カットインに変更
⑥性汚泥装置関係
　提案１：溶存酸素計（DO 計）による曝気量管理
　現状：実施済み、DO 計を購入し管理に活用
　提案２：ルーツブロワーにインバータ導入
　現状：実施済み、DO 計とともに曝気量管理に活用
⑦その他の活動
　T8 ランプの T5 ランプへの転換：５０%転換済み
　AHU フィルターのクリーニング（逆洗）
　CEDI リジェクト水の回収再利用

（４）所感
　実質 2 時間の調査であり、数量的な裏づけをとれなかった。提案の技術的難度が比較的低いものではあったが、実施率の高さは評価されると感じた。

４．セミナー･ワークショップ

（１）日時場所
　　2011 年１０月１４日　０８：３０－１７：００
　　Makati Palace Hotel 3 階 Convention Hall

（２）参加者　：　７４　名
　セミナー参加者は ECCJ、ACE、DOE 等ヒィリピン政府関係者を含めて 74 名であった。フィリピン国内からも講演者を呼び、全体として盛りだくさんのプログラムが組まれ、17 時 30 分頃まで熱心に続けられた。セミナーの概要は以下の通り。

　セミナーの冒頭、フィリピン政府を代表して DOE 次官補の Mr. Matanog M. Mapandi 次長、ACE を代表して Mr. Junianto M、日本政府を代表して岡本が開会挨拶を行った。ECCJ 岡本の挨拶では今年の 3 月 11 日以降の各国の支援に関して、感謝の意を表した。セミナーでの各発表者の発表概要を以下に記載する。

（３）発表概要

SESSION I: Policies, Programs and Initiatives on EE&C

①Overview of ASEAN EE&C Programs and APAEC 2010-2015：

ACE の Mr. Junianto M より ACE の紹介、APAEC の概要、その中での ACE の役割、各国との共同事業である(A)日本との PROMEEC 事業と MTPEC、(B)EU との AEMAS および SOME-EU、(C)米国との共同事業、表彰制度、その他韓国、UNDP から提案中の事業が紹介された。その中で米国との事業は昨年 12 月に VN ハノイで開催された会合で、ASEAN 域内のラベリング制度と試験機器の導入支援と決めらている。

②Overview of Energy Efficiency in the Philippines：

DOE の Science Research Specialist, Energy Efficiency and Conservation Division/ Ms. Genevieve L. Almonares よりヒィリピンの部門別エネルギー需要予測、今年から 2030 までの省エネ Action Plan 等が紹介された。

③Japan's EC Policy and Measures and EE&C Experiences

ECCJ 岡本より冒頭に 3 月 11 日以降の各国の支援、津波による被害状況、福島第一原子力発電所の位置の PPT 資料を示して、引き続き日本の省エネルギー政策対策、産業の省エネルギー経験として以下を発表した。

・日本のエネルギー使用実績トレンド、各セクター別各国比較
・日本の省エネ政策の経緯
・日本企業の省エネに対する取組方法
・Top Runnner Progrum
・AEEC Web Site に搭載された優秀事例へのアクセス法とその事例を紹介

④Results of OJT Energy Audit at Wacky Corporation

DOE/ Mr. Maximino G. Marquez より半導体製造工場の省エネ診断 OJT の結果が紹介された。会社名を Wacky Corporation と名付け、川瀬＆国徳専門家が作成した PPT 資料に Mr. Maximino のコメントを最終ページに加えて発表した。（資料－A ご参照）

⑤Energy Management Practice

今年 ASEAN Best Energy Management Practice および ASEAN Best Special Energy Project の２件で表彰された東芝半導体製造工場の事例紹介が Mr. Christopher T. Bellaflor よりあった。また当工場は AEMAS の Gold Standard の No.2 として今年８月に認証されたとも紹介あった。低効率冷凍機の３基廃止、高効率水冷式の冷凍機１基新設および冷凍配管の統合、LED 照明の採用、冷却水配管の化学洗浄、廃熱回収、管理の面では改善・小集団活動などが紹介された。

⑥Energy Conservation activities of semiconductor manufacturers in Japan

ECCJ 国徳専門家より日本で省エネ優秀事例として表彰された待機電力の削減、ファン＆モータへのインバータ適用事例を発表した。また PPT 資料「Recording Instrument in EC activity」により持ち込んだ便利な測定機器に関しても説明があった。

⑦Training plan for energy management personnel

Energy Efficiency Practitioners Association of the Phils., Inc./ ENPAP の Mr. Bernard E. Pacia 社長からフィリピンのエネルギー管理およびエネルギー診断士の訓練および認証システム案の概要に関して説明があった。

SESSION III : The Way Forward

⑧Updates on the Development of PROMEEC EM Tools

ACE の Mr. Junianto M より、Technical Directory、In-house Database および ASEAN Energy Management Service and System に関する開発状況について説明があった

SESSION IV: EE&C Technologies

⑨Japanese State-of-the-Art Smart Energy Products

ECCJ 岡本より日本の高効率製品の紹介として JASE-World の紹介、技術集の一例として後で説明がある三菱重工㈱Centrifugal Chiller へのアクセス方法を示し、入手情報を表示＆説明した。続いて国徳専門家より三菱重工㈱大型冷凍機部より説明資料として入手した PDF 資料「MHI High-Efficiency Centrifugal Chiller」（添付資料－B）とその補足資料として三菱重工技報より抜粋して、作成した PPT 資料「Supporting Technology for High Efficiency Operation of Chilled Water Supply system」（添付資料－C）により三菱重工㈱高効率な大型冷凍機を説明した。なお、当件は今年度から新規に始めた事項である。当初、三菱重工㈱/MHI の担当者が出張して High-Efficiency Centrifugal Chiller に関して発表する予定でったが、日程が急遽短縮された影響から機器の MHI からの専門家派遣が対応できず、ECCJ 専門家が急遽対応した。

DOE/ Energy Utilization Management Bureau の Director、Ms.Evelyn N. Reyes より閉会の挨拶を受けてセミナーを閉会した。

（4）所感

ECCJ 専門家が測定器を持ち込んで説明した発表に際しては発表終了後、興味深げに実物を見に来て、質問していた。実物を見せた発表が効を奏したと思われた。また MHI の High-Efficiency Centrifugal Chiller に関して会場から折衝先を問われ、JASE-World の Web Site 紹介 PPT 資料から説明をした等のビジネス関連の発表では意義があったと言える。

なお、当活動に関して、Inseption Woksyop にて決定した日程と異なる状況となった。今年度から ECCJ 以外の専門家に参加願って、ASEAN 諸国にとって有意義な情報を提供したいと企画したが、前述のように専門家を招待することができなかった。当国にとって貴重な機械を失ったと推定する。FP には日程他に関する事前の調整を密にすることを希望したい。

活動状況写真：PROMEEC 産業事業@フィリピン

2011-10-10 DOEでの専門家講義

2011-10-10 工場での専門家診断情況

2011-10-11 省ｴﾈ診断２日目OJTﾒﾝﾊﾞｰ

2011-10-14 セミナー開催挨拶

2011-10-14 セミナー参加者

2011-10-14 セミナーでの専門家発表

別添資料（略）

Ⅰ：省エネルギー診断

１：Briefing of OJT Energy Audit for A-Facory

２：Presentation of Energy Conservation activities of semiconductor manufacturers in Japan

３：Briefing of Follow-up Survey at Amherst Laboratory

４：Tentative Power Recording for Energy Audit

５：FEP ENERGY AUDIT
６：Reply Questionnaire (final)
７：Briefing of OJT Energy Audit
８：A-Facory OJT 診断および B laboratories フォローアップ調査・専門家報告書
９：Result of OJT Energy Audit at A-Facory
１０：Initial Findings and Recommendations
１１：Briefing of Follow-up Survey at B Laboratory
１２：Progress in Implementation for proposal of 2009 OJT Audit

II：セミナー・ワークショップ
１：PROGRAM OF ACTIVITIES
２：Overview of ASEAN EE&C Programs and APAEC 2010-2015
３：Overview of Energy Efficiency in the　Philippines
４：Japan's EC Policy and Measures and EE&C Experiences
５：Results of OJT Energy Audit at Wacky Corporation
６：ENERGY MANAGEMENT PRACTICE
７：Presentation of Energy Conservation activities of semiconductor manufacturers in Japan
８：Recording Instrument in EC activity
９：Training plan for energy management personnel
１０：Updates on the Development of PROMEEC EM Tools
１１：Japanese State-of-the-Art Smart Energy Products & Technologies
１２：MHI High-Efficiency Centrifugal Chiller
１３：Supporting Technology for High Efficiency Operation of Chilled Water Supply system

資料 A：Results of Energy Audit OJT at Wacky Corporation

Schedule of Energy Audit

10/11(Tue)	Briefing of energy audit Expectation of factory towards energy audit Confirmation of reply to questionnaire Site tour & focusing Measurement & data collection
10/12(Wed)	Measurement & data collection (continued) Discussion & recommendation

Added

Semiconductor Manufacturing Factory

Upstream processes

Circuit design ⇒ photo mask ⇒ patterning on wafer ⇒ photo resist ⇒ etching ⇒ ion bombard ⇒ aluminum electrode ⇒ wafer test

Downstream processes

Wafer dicing ⇒ chip mounting ⇒ wire bonding ⇒ mold packaging ⇒ trim & form ⇒ burn-in ⇒ reliability test ⇒ product

3

Target Facilities

Utility Plants

(Boiler & Steam System)

Refrigeration & Air-Conditioning System

Water Supply System

Compressed Air System

Production Processes

Clean Room

Ventilation System

Air Conditioning Load (thermal load)

Other Facilities

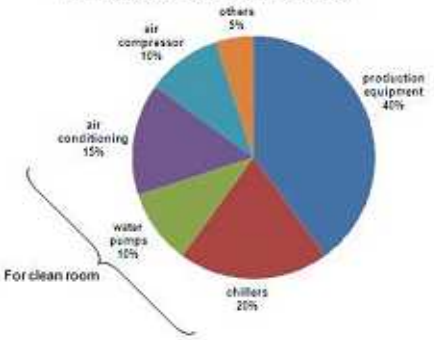
ECCJ

4

Refrig

Breakdown of Electricity Consumption

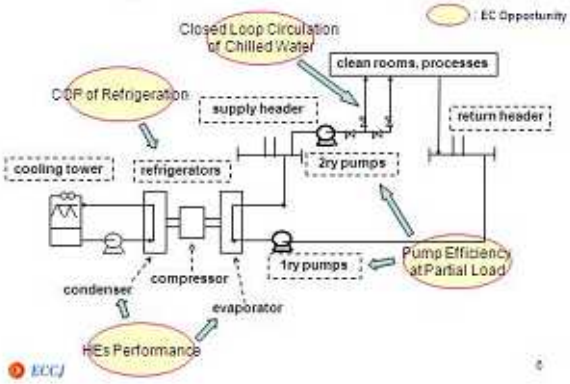
(Semiconductor Downstream Processes)



5

Refrigeration & Chilled Water System

: EC Opportunity



ECCJ

6

Comments

(1) Rough Estimation of COP for Chiller No.3

Condensing temp. tc = 50℃

(assume that tc is 5℃ higher than temp of air leaving the condenser)

Evaporating temp. te = 4℃

(assume that te is 5℃ lower than temp of CW leaving the evaporator)

∴ COP_{carnot} = (4+273) / ((50+273) – (4+273))

= 6.0

$COP_{estimated}$ = 6.0 x 0.81 x 0.8 = 3.9

Next step : calculate COP_{actual}, then compare with $COP_{estimated}$

COP_{actual} = Qcw x Cptw x (tcwin – tcwout) @evaporator

7

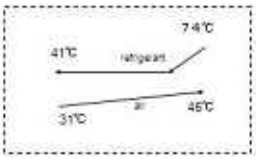
Comments

(2) Evaluation of Condenser Performance

Condenser type : Air cooled

Temp of air leaving condenser (45℃) is higher than refrigerant temperature (41℃). It is impossible.

There is some error in measurement.



8

Water Supply

Comments

(3) Closed Loop Circulation of Chilled Water

Plant introduced a closed system at the design stage.

(4) Improvement of CW pump efficiency at part load

CW supply temp : 9℃, return temp : 12℃

⊿ (supply – return) = 3℃

Generally, ⊿ temp is designed to be 5℃.

Small ⊿ suggests that process side cooling requirement may be lower than designed value.

In other words, CW rate may be over-sized, compared to actual requirement.

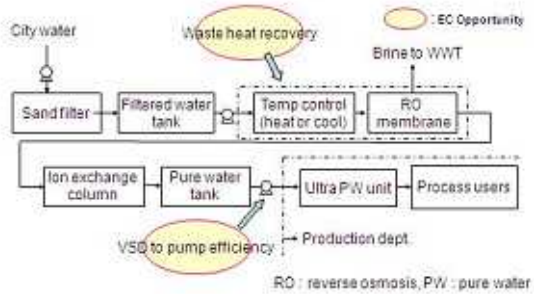
By introducing an inverter into the CW pump, pump power may be reduced.

In addition, an Inverter contributes to energy saving at part load operation.

9

Water Supply System

: EC Opportunity



RO : reverse osmosis, PW : pure water

ECCJ

10

Comments

(1) Waste Heat Recovery to Pre-heating RO Feed Water

In Japan, RO feed water is temperature-controlled typically at 24℃, for the purpose of keeping optimum viscosity of water flowing through RO membrane.
This plant, RO feed water is not temperature-controlled.
RO unit was supplied by Japan's Organo, water treatment facilities supplier.
Discussion with supplier is recommended concerning a necessity of feed water temperature control.

Comments

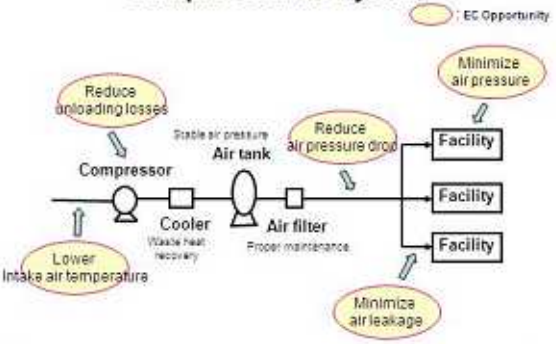
(2) Application of Inverter to Water Pumps

VSD, typically inverter, improves pump efficiency at part load and for over-sized pumps.
Before introduction, investigate an extent of load fluctuation, from the standpoint of daily change, seasonal change.

11

Compr Air

Compressed Air System



ECCJ

13

12

Comments

(1) Lower Intake Air Temperature

$$L = \frac{\kappa}{\kappa-1} \times R \times Ts \times \left[\left(\frac{Pd}{Ps}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1\right] \times \frac{\varphi}{\eta ad \times \eta t} \quad (kW)$$

Required compressor power, L is proportional to suction temperature Ts (absolute temp, degK).
This means that the lower temperature of air, the less energy consumption of compressor power.

In the compressor house of factory 1, outdoor air is in-taken through the window near the roof. Air at the higher place is relatively cool, and suitable as an intake air of compressor.

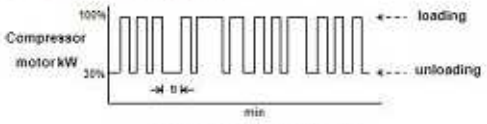
14

Comments

(2) Reduce Unloading Losses

Approximately 30% of power is wasted during unloading operation

➡ Study on/off operation, or larger air tank,
or inverter-controlled compressor



Cumulative loading time = Σti

Next Step : Measure a fraction of unloading time per day

15

Comments

(3) Reduce Pressure Drop between Air Supply and End User

In Japan, pressure drop is designed to be less than 0.5 bar.
In order to do that, the following measures are taken;

- replace with a large-size piping
- loop air distribution system
- remove a detour route of piping

Plant has already introduced loop system.
As the next step,

- measure end-of-pipe pressure
- introduce the above-mentioned measures

16

Comments

(4) Minimize Air Leakage

Plant has already performed air leakage test, and implemented air leakage measures.

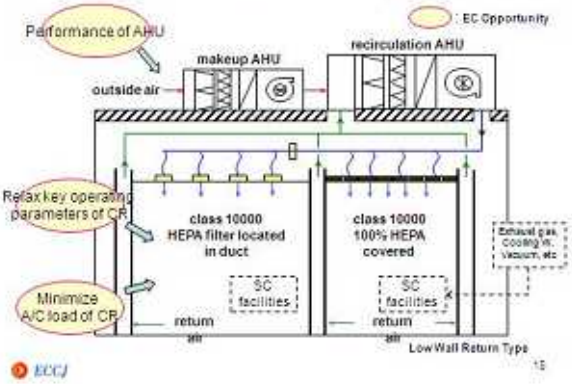
(5) Reduce End-user's Air Pressure

- Operated frequently at the air pressure higher than required
- Required air pressure :
  Air cylinder 2 – 3 bar (most cases), confirm req'd pressure
  Air blow (water removal): 1-2 bar
- Study air booster :
  for user which consumes small amount,
  but requires high pressure (for example, 5 bar)

17

Clean Room

Clean Room Air Conditioning System



ECCJ

18

Comments

(1) Application of Inverter to Makeup Air Fan

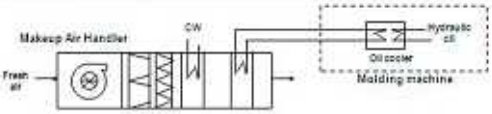
⇒ The inverter has been introduced, and the frequency of fan motor current has been decreased from 60 Hz to 45 Hz.

Comments

(2) Reduction of Reheating Losses

⇒ Make-up air handler (MAH) has a heat recovery coil, through which hot water flows. Hot water is heated by hot hydraulic oil of the molding equipment in the clean room, and then heat is released in the hot coil to reheat the cool dehumidified air in the MAH.

⇒ This is very smart heat recovery measure, because it eliminates reheating by steam and remove heat load of the air conditioning.



Comments

(3) Minimize Air Conditioning Load in CR

Plant has already insulated the hot surface of process equipment.

It greatly contributed to a reduction of air conditioning load in the clean room.

Comments

(4) Review the Key Operating Conditions of CR

a. Lowering pressurization pressure
⇒ Recommend ⊿P (from neighboring room) 0.03-0.05 inwg
⇒ Minimize openings in CR (cracks in wall/ceiling joints, penetrations of cables & utility lines)
b. Lowering air change rate
⇒ Examine a relationship of air change vs cleanliness
c. Review of cleanliness ⇒ avoid excessive cleanliness

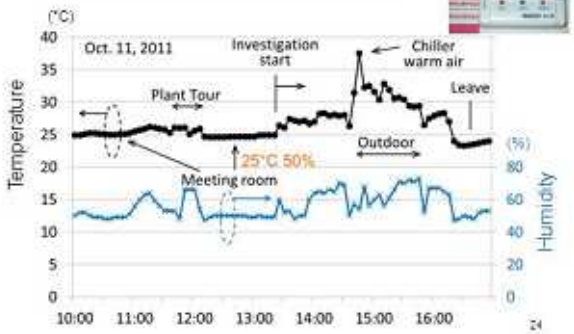
This was not examined in the audit, because of time availability.

A Comment on your EC Activities

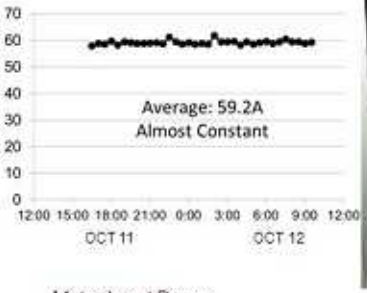
- Remarkable results were obtained with maximum efforts and minimum cost.
  – Lighting, Inverters, Thermal isolation,……
- All employees are involved in the EC activities.

It's very difficult for us EC experts to make good recommendations at such a excellent plant.

Thermo Recorder data



Pump Current measurement



Motor Input Power
= 1.732 x 220V x 59.2A x 0.85(PF) = 19.2kW

F1 Chilled water pump #3

	observed	specification	guesses
Chilled water temp	9-12degreeC	7-12degreeC	low load
pump flow		1,694L/min	>1,694L/min
total head	(total head 20m)	35m	low total head
pump in/out pressure	0-2kg/cm2		
moter output power		18.5kW	17.3kW (90%)
moter input	19.2kW		
flow ajustment valve	fully open		

Thermal load is low.
Chilled Water Flow is high.
Chilled Water Flow can be decreased.
If the Flow is decresed 20% using an inverter, the power wil be decreased.
P2=P1x0.8x0.8x0.9/0.95 (inverter efficiency: 0.95)
=19.2kWx0.54=10.3kW 46%reduction

Recommendation list

Target	Observation	Recommendation	Guessed Effect
Chilled Water Pump #3	Thermal load small CW Flow: too much	inverter adoption flow 80%	15KW --> 10KW
RO pump (F1)	intermittent operation	inverter adoption Continuous OP.	4kW --> 20%reduction
Meeting room Temp./Humid	26°C 60%	1degee up	3-6%% A.C. power reduction
Key parameter monitoring	not perfect	monitor and control	

Your EC activities would be a very good model in Philippines.

27

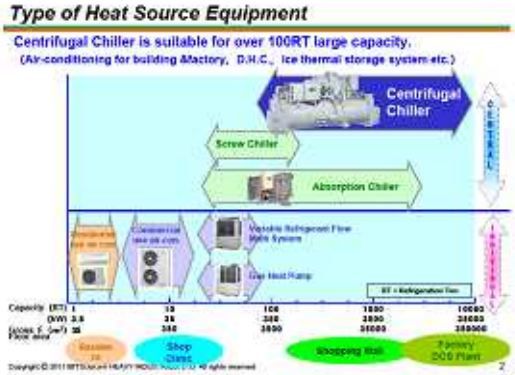
ECOs Recommendation

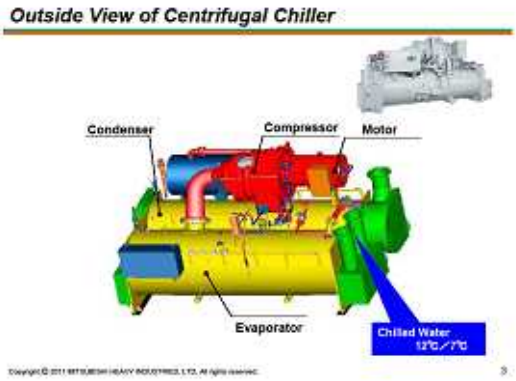
1. Overall Plant's performance
2. Lighting Fixtures Re-arrangement
3. Re-painting of walls and ceilings of old manufacturing area
4. Replacement of old luminaires including inefficient lamps
5. Installation of anti-heat coating glass partitions and glass windows
6. Insulate refrigerant pipings
7. Provide protection to outdoor condenser
8. Consider motor replacement with high-efficiency motors
9. Provide single switch to lighting and exhaust fan in the restrooms of male and female.
10. Installation of Facilities Energy Management System

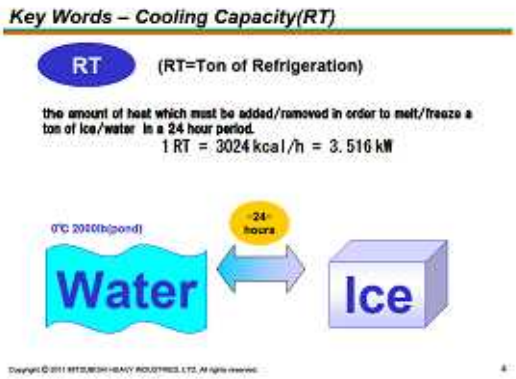
ECCJ

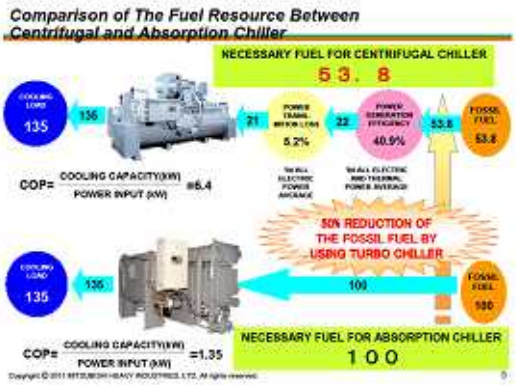
28

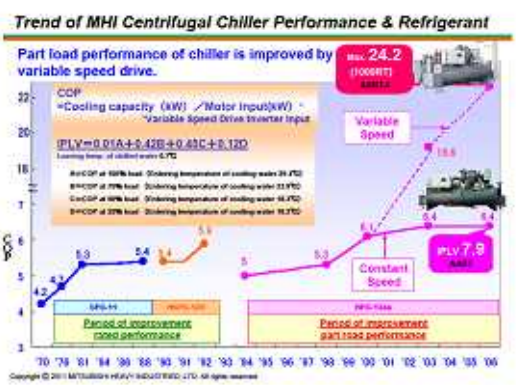
資料 B：MHI Promotion Document











Constant Speed : AART

AART series **Extremely High Efficiency**
at rated point and IPLV condition

Capacity : 230～5000RT

COP JIS standard **6.4**
Chilled Water 12℃/7℃

IPLV
Integrated Part Load Values based standards of The Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI550/590 2003 version)
7.9
Chilled Water 12.2℃/6.67℃

Copyright © 2011 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All rights reserved.

Variable Speed : AART-I (1/3)

Variable Speed Drive **AART-I series**

Capacity : 230～4000RT
Further Improvement of the Highest Part Load Performance in the World !

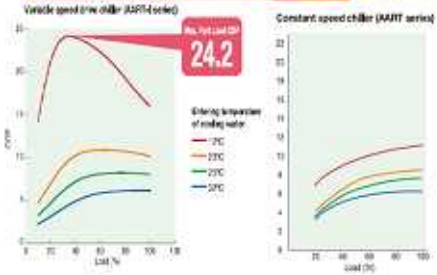
COP at Part Load **24.2**
1000 RT

Capacity Control Range
100%- 0%
Option

Copyright © 2011 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All rights reserved.

Variable Speed : AART-I (2/3)

maximum **COP** at Part Load : **24. 2**
1000RT
Chilled Water Leaving 7℃

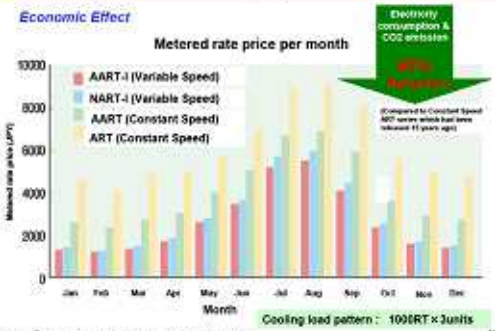


Copyright © 2011 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All rights reserved.

Variable Speed : AART-I (3/3)

Economic Effect

Metered rate price per month



Cooling load pattern : 1000RT × 3units

Copyright © 2011 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All rights reserved.

Variable Speed : ETI (1/4)

Variable Speed Drive **ETI series**

Capacity : 150～700RT

Built-in Inverter Panel

IPLV
Integrated Part Load Values based standards of The Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI550/590 2003 Version)
10.2
ETI-20, 40 Chilled Water 12.2℃/6.67℃

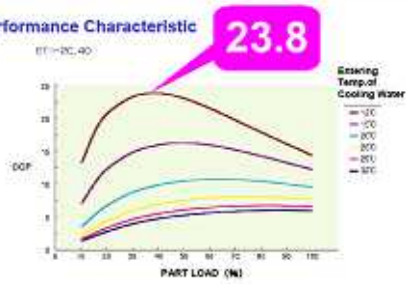
COP JIS Standard **6.1**
ETI-90A, 80A Chilled Water 12℃/7℃

COP at Part Load **23.8**
ETI-20, 40 Cooling Water 12℃/

Copyright © 2011 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All rights reserved.

Variable Speed : ETI (2/4)

Performance Characteristic

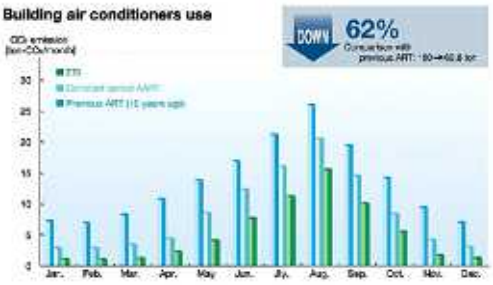


Copyright © 2011 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All rights reserved.

Variable Speed : ETI (3/4)

CO_2 Emission Reduction (Commercial)

Building air conditioners use



Variable Speed : ETI (4/4)

Running Cost Reduction (Commercial)

Building air conditioners use

Copyright © 2011 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All rights reserved.

Supporting Technology for High Efficiency Operation of Chilled Water Supply system

From MHI Technical Report Vol. 48 No.2(2011)

- Real-time Display of Achievable COP
- Total Operation Controller for Chilled Water Supply System

1

Real-time Achievable COP Display

Achievable COP is usually different from the rated COP because operation condition is different from the rated one.

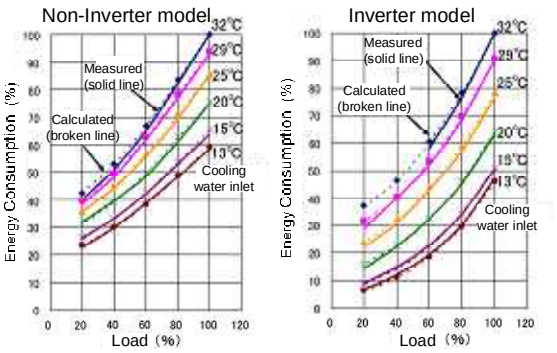
If Achievable COP and Measured COP are known, they help to keep high efficiency operation.

Real-time Achievable COP calculation method was established for both Inverter model and Non-inverter model.

2

Accuracy of COP Estimation

Deviation of Calculated COP and Measured COP is less than 3%



3

Total Operation Controller for Chilled Water Supply System

"Ene-Conductor"

It controls

- Chiller unit On/Off and Load allocation
- Chilled Water Flow
- Cooling Water Flow
- Cooling Tower Fan Speed

In order to maximize

Total System Efficiency

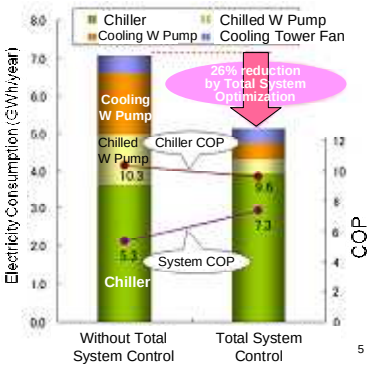
4

Simulation Results

Simulation Condition

Centrifugal Chillers (Inverter)	No of units	3
	Capacity	1000USRt
	Rated COP	6.1
Cooling Towers	No of units	3
	Fan Power	2 x 7.5kW
Chilled Water Pumps	No of units	3
	Input Power	2 x 37kW
	Pump efficiency	75%
Cooling Water Pumps	No of units	3
	Input Power	2 x 45kW
	Pump efficiency	0.75

Location: Japan



5

Ⅲ. インドネシア（火力発電所）

１．活動概要

PORMEEC 事業の主要産業の省エネルギー推進事業を実施するため、１１月２１日から１１月２６日までインドネシア・ジャカルタに出張し、火力発電所の省エネルギー診断 OJT、およびインドネシア産業関係者・ASEAN 各国関係者との情報交換を目的としたセミナー・ワークショップを実施した。診断 OJT には中央政府 6 名、診断先火力発電所関連 16 名、ECCJ 専門家 3 名、ACE の技術者 2 名の合計２７名が参加した。セミナー・ワークショップは上記参加者に加えて、地元産業界等から出席し、ACE&ECCJ 関係者を含めると出席者の合計は８０名であった

出張者　　ECCJ 技術協力部：岡本勤、技術専門職：檜垣定夫、武田曠吉
活動日程　11/21-11/24　OJT 診断および診断結果報告
　　11/25 セミナー・ワークショップ

２．工場省エネ診断 OJT（B 火力発電所）

（1）診断初日の参加者 ３２名
MEMR（６名）：Ms. Ani、Ms. Dewi、Mr. Dedi Suntoro、Mr. Andriyanto
Ms. Endang Widayati、Mr. Sonden Winarto
PT PLN 本社（ ４名）：Mr. Basuki Siswanto、Ms. Tiva Winahyu DH
Mr. Alsusilo Handoko、Mr. Arif Susetyo
B 火力発電所（１０名）：Mr. Rizki Dwi Kusworo、Mr. Arief Teguh 他
PT PJB／B 火力発電所除く（４名）＆その他（３名）
ACE（２名）：Mr. Pham、Mr. Bernard、
ECCJ（３名）：岡本勤、檜垣定夫、武田曠吉

（2）工場概要：B 火力発電所
インドネシア国営電力会社 PT PLN/ PERSERO に所属する B 発電所で、総発電能力は 1,650MW である。発電所には現在 9 発電設備があり、その内 2 基が汽力発電設備（No.4 & No.5)、残りは 7 基のガスタービンコンバインドサイクル発電設備であり、全体としては近代的な発電所である。1981 年より稼働を開始し、最初の汽力発電設備は GE 製であったが、その後の設備の新設、改造およびリハビリは総て三菱重工㈱が行っている。下表に各発電機の発電能力、保有発電機等を示す。

なお、今回省エネ診断 OJT の対象とした発電設備は下表の 1982 年設置の三菱重工㈱製の第 5 発電設備である。蒸発能力 636t/h の自然循環式水管式ボイラで、ガス・重油混焼、発電能力 200MW の混気/抽気/再熱/復水タービンである。

発電所の人員構成は Operation, Maintenance, Shift, Human Resorses, Engineering 等 7 名の Manager がおり、この上に General Manager（所長）がいる体制である。2000 年以前に建設された設備は Block 2 と称し、1 shift 10 名で操業し、発電所全体では社員 300 人がおり、それ以外に関連会社、協力会社ある。

設置年	総発電力/発電方式	発電能力 x 基数	燃料	主機製造元
1982	400MW/ STG	200MW/ST x2	ガス＆重油	三菱重工、三菱電機
1993	500MW/ CCGT	107MW/GT x3 + 185MW/ST x1	ガス	GE
2010	750MW/ CCGT	270MW/GT x3 + 70.6MW/ST x3	ガス	三菱重工、三菱電機

（STG：Steam Turbine Generator、CCGT：Combined Cycle Gas Turbine）

（3）診断概要

1）診断チームの構成

省エネ診断 OJT には上記参加者うち ACE および ECCJ 専門家を除く１６名が参加した。内分は MEMR から４名、B 火力発電所から３名、B 火力発電所を除く国営電力会社から６名、その他３名である。その１６名を熱エネルギー設備と電気エネルギー設備の 2 つのグループに分けて省エネルギー診断 OJT を実施した。リーダーと記録係を各グループより選任してもらった。両グループのリーダーには B 火力発電所のスタッフが選任された。最終日のセミナーでの報告には国営電力会社の研究所の女性博士が選ばれた。

2）診断作業の手順

診断作業は、当該工場の省エネ活動ヒアリング、工場設備の点検、計測機器を使った測定と操業記録等からのデータ収集、データの解析と省エネ対策立案、工場関係者への診断結果の報告という手順で行った。

診断作業の時点時点において、各種作業の意味を参加者に説明し、また、中間データ解析を行い、データ解析のプロセスを説明・指導した。

対話型の説明・指導を徹底するため、白板の前に参加者を集めて説明を行う、参加者自身で計測作業とその記録を行うという工夫をした。

3）測定器

日本より以下の６点の測定器を持ち込み、その用途および測定方法を指導した。実際の測定に際しては、最初に専門家が測定して、その模範を示して、その後、参加者に測定させて、記録を取らせた。

番号	計測器名	メーカー、型番、仕様	使用目的
1	サーモカメラ	NEC AVIO 赤外線テクノロジー㈱製 型番：F30W 仕様：計測温度：-20～350℃	機器、配管等の表面温度計測

2	接触式熱電対温度計	TESTO㈱製 型番：905-T2 仕様：レンジ：-50～350℃	機器、配管等の表面温度計測
3	放射温度計	㈱カスタム製 型番：IR-303 仕様：レンジ：-55～350℃	機器、配管等の表面温度計測
4	超音波漏洩検知器	EXAIR㈱製 型番：ULD 仕様：Max.6.1m 離れた場所まで圧縮空気等の漏洩を検知	・圧縮空気の漏洩確認 ・スチームトラップの作動確認
5	聴診棒	長いドライバーを使用	スチームトラップの作動確認
6	照度計/温度計/湿度計/風速計マルチメータ	メーカー：MK Scientific Corporation 製 型番：LM8000 仕様：温度レンジ：0～50ºC 湿度レンジ：10～90%RH 照度レンジ：0～20,000Lx	・空調状況の確認 ・照明状況の確認

4）OJT 省エネ診断の対象設備

今回の OJT 省エネ診断の対象とした第 5 発電設備は自然循環式水管ボイラ、重油燃焼が主で、天然ガスも燃焼可能な設備である。ただし、OJT 時は重油専焼であった。混気/抽気/再熱/復水タービン、運転開始は 1982 年、製造は三菱重工業㈱である。以下に設計条件と（）表示で OJT 診断時の条件を示す。

蒸気発生量：636t/h （624t/h）

蒸気タービン蒸気温度/圧力：12.65MPaG/538℃ （127MPaG/541℃）

蒸気タービン発電機出力：200MW （201MW）

5）OJT 省エネ診断内容

今回の発電所における省エネ診断指導の内容として、時間的な制約から以下に焦点を絞って実施した。

①ボイラ効率、蒸気タービンの発電機効率、発電設備総合効率の算出

②機器および配管類の保温、断熱状況の確認

③スチームトラップの作動点検方法

④制御用圧縮空気システム

⑤照明設備のサンプリング照度点検

⑥その他電気設備

6）OJT 省エネ診断結果

①-1 ボイラ効率、蒸気タービンの発電機効率、発電設備総合効率計算の指導

各効率の算出方法を指導するとともに、採取された実運転データに基づく計算を行わせ指導した。また、以下の内容についても指導した。

・ボイラでは排ガス中の O2%濃度は、自動でコントロールされているが、そのラボテスト結果も 1～2%と、重油燃焼がメインのボイラとしては問題の無いレベルであった。

・各効率の計算式は以下の通りであるが、蒸気タービンが再熱式であったため、ボイ

ラでは、ボイラ出熱に再熱で与えられた熱量を、また蒸気タービンでは、蒸気タービン入熱にボイラでの再熱熱量を加えた。

[ボイラ効率の計算式]

$$\text{Boiler Efficiency } (\eta) = \frac{\text{Heat Output}}{\text{Heat Input}} \times 100 \ [\%]$$

$$= \frac{Q \times (h_g - h_f)}{F \times GHV} \times 100 \ [\%]$$

Where

Q : Quantity of generated steam per hour [kg/h]
F : Quantity of consumed fuel per hour [kg/h]
h_g : Enthalpy of generated steam [kJ/kg]
h_f : Enthalpy of feed water [kJ/kg]
GHV : Gross (High) heating value of fuel [kJ/kg]

[蒸気タービン発電機効率の計算式]

$$\text{Boiler Efficiency Steam Turbine Generator } (\eta) = \frac{\text{Power Output}}{\text{Heat Input}} \times 100 \ [\%]$$

$$= \frac{E \times 3{,}600}{S \times h_s} \times 100 \ [\%]$$

Where

E : Generated Power [kWh]
S : Quantity of Inlet Steam per hour [kg/h]
h_s : Enthalpy of Inlet steam [kJ/kg]

[発電所総合効率の計算式]

$$\text{Overall Efficiency of Power Plant } (\eta) = \frac{\text{Total Power Output}}{\text{Total Boiler Heat Input}} \times 100 \ [\%]$$

$$= \frac{G_O \times 3{,}600}{F_O \times GHV} \times 100 \ [\%]$$

Where

G_O : Total generated Power [kWh]
F_O : Total quantity of consumed fuel per hour [kg/h]
GHV : Gross (High) heating value of fuel [kJ/kg]

[計算結果]

各効率の算出結果は次の通りであり、このクラス蒸気条件での発電設備としては妥当な値であった

Boiler Efficiency		
Energy output		
Live steam output	GJ/h	1,500.73
Reheat steam output	GJ/h	237.93
Auxiliary steam	GJ/h	-
Blow down	GJ/h	-
Total energy output	GJ/h	1,738.67
Energy input		
Heavy Fuel Oil HHV	kJ/kg	43,324.14
Fuel mass Flow	kg/h	46,188.00
Heat input	GJ/h	2,001.06
Boiler efficiency based on HHV	%	86.89

Steam Turbine Generator Efficiency		
Energy output		
Generation Power	kWh	200,200
	GJ/h	720.72
Energy input		
Main steam input	GJ/h	1,500.73
Reheat steam Energy　input	GJ/h	237.93
Total energy input	GJ/h	1,738.67
Steam turbine generator efficiency	%	41.45

Power Plant Overall Efficiency		
86.89×41.45	%	36.0

②保温、断熱状況の確認指導

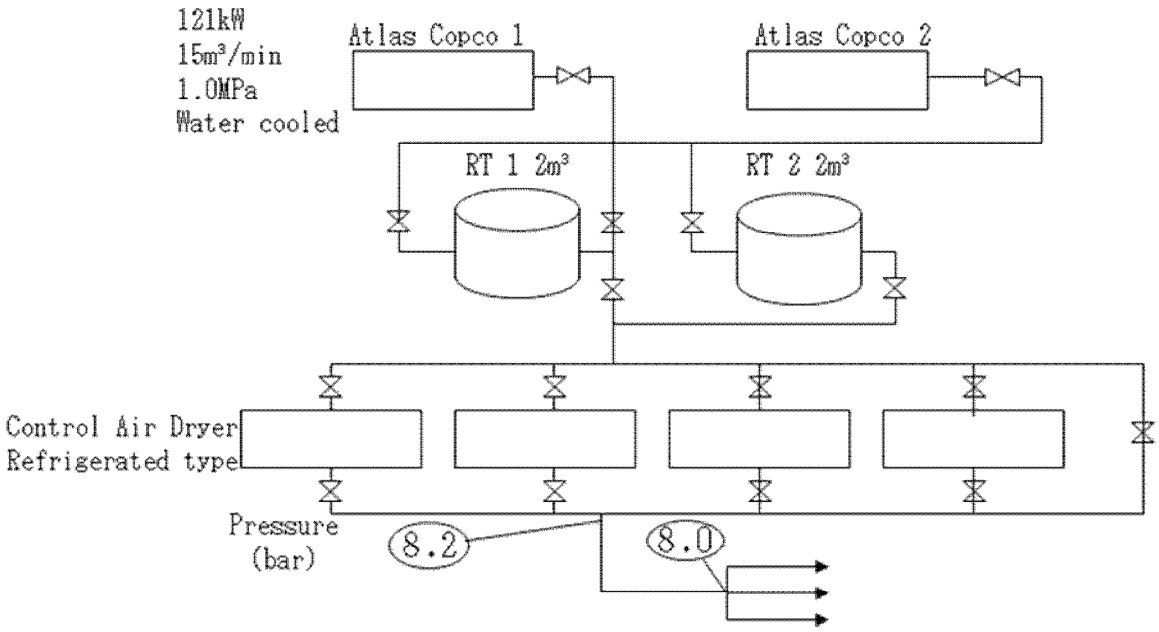
サーモカメラを使用して、ボイラ廻りの 2 箇所の熱モードでの写真および通常モードでの写真を撮影した。サーモカメラは広い範囲の表面温度分布が定量的に把握できるので、省エネ診断用計測器として、保温断熱状況の確認のためには非常に有効なものである。ボイラ側壁に関しては、一部温度が高い部分（最高温度が 65℃）が見られたが、全体的に温度は低く、断熱状況について特に問題はない。また、主蒸気配管の保温状況は良好であるが、周囲の 2 インチ配管の表面温度が約 120℃と高く、この部分の保温の不良が確認された。サーモカメラおよび測定事例はセミナーでの報告資料を参照願う。

③スチームトラップ点検の指導

本発電所ではそれほど多くのスチームトラップは使用されていないが、その主な使用箇所は重油バーナー元の重油蒸気ヒーター、蒸気移送配管等であった。蒸気移送配管の 1 台について、聴診棒を使用し、その点検方法について指導した（作動状況は正常）。併せてスチームトラップの定期点検の必要性を説明した。

④制御用圧縮空気システム

Unit 4,5 制御用圧縮空気システムのエア・コンプレッサは 2 台構成であり、常時 1 台(常用機：#1 または補助機：#2 の切替え使用)運転である。
容量制御方式は、ロード／アンロード制御方式で、#1 機のオンロード／アンロード設定圧力は 0.74 [MPa]／ 0.86 [MPa]でありエア・コンプレッサ吐出圧力により制御をしている。
更新年は 2002 年製と比較的新しいがインバータ機を採用していない。(設備新設または更新時の省エネ設備導入の検討は、省エネ対策上重要なファクターではある。)



Unit 4,5 制御用圧縮空気システムの構成

・Receiver tank capacity : 2 [m³] ×2 [set]
・Dryer : type : Refrigerated type ×4 [set]
・Number of current operating machine : 1[set]
・Automatic control : Start / stop operation : manual operation at control room
Automatic on load / unload change control : yes
・Setting value of load / unload pressure of each air compressor
AC #1: on-load: 0.74 [MPa], unload: 0.86 [MPa]

Unit 4,5 制御用エア・コンプレッサの仕様、使用状況

Facility name	Air Compressor				Motor			
	Type	Capacity control	[m³/min]	[MPa]	[kW]	[V]	[A]	[rpm]
ATLAS COPCO 1、2	Screw	On-load /unload	15	1.0	121	380	125.6	2,980

④-1 アンロード率の測定

[表 2.1.2-3　エア・コンプレッサ#1 のアンロード率の測定結果]

Measured data by audit members

Measurement term : abt. 6min ・ Data interval : 1 [sec], number of data : 6

Nov. 22, 2011

Facility Name	On load			Un load		
	Ave. [kW]	[sec]	[%]	Ave. [kW]	[sec]	[%]
ATLAS COPCO 1	128.3	177	51	27.3	169	49

(備考)(a) 入力電力の算出(測定値は電流、電圧値のみ)

ロード電力　　：√3 ×0.38[kV] ×216.6[A] ×0.9　　= 128.3[kW]

アンロード電力：√3 ×0.38[kV] ×　63.8[A] ×0.65 =　 27.3[kW]

電動機の効率､力率値は負荷率で変化するため､電動機試験成績表の入手の必要性を説明した。本来は全ての圧縮空気負荷条件を含む長時間の計測期間が必要であるが、今回はクランプ式電流計と時計を使用し測定者が現場に張り付いて測定したため､長時間の時系列データの収集が出来なかった。アンロード率は約 49%であり、大きなアンロードロスを発生している。更に､エア・コンプレッサはオンロード／アンロードを頻繁に繰り返しており(約 31 回/1h)、エア・コンプレッサの容量がエア消費量を大きく上回っていることを示唆している。

④-2 圧縮空気システムの圧力の確認

・レシーバタンク：8.5[kg/cm^2]、ドライヤー後：8.2[kg/cm^2]、制御弁前：8.0[kg/cm^2]

・制御弁使用圧力(減圧弁出力)：18～38[psig](0.12～0.26[MPa])(サンプリング点検)

エア・コンプレッサの吐出圧力は､約 0.8[MPa](アンロード/オンロード圧力の平均値)と通常に比べて高い。

・圧縮空気使用側の必要圧力は調査項目ではあったがヒアリング出来ておらず未確認である。これは､エア・コンプレッサの吐出圧力を低減する際の必須調査項目である。

④-3 エア漏れの測定

専門家持参のエア漏れチェッカーにより各現場のエア漏れ個所の調査を行なおうとしたが、時間切れで実施出来なかった。尚、当該プラントでは､定期的なエア漏れチェックは行われていない模様である。

④-4 温度データ

エア・コンプレッサの温度データ

Facility name of AC	Intake air Ti [℃]	Ambient Ta [℃]	Different temperature ΔT [℃]
ATLAS COPCO 1	34.3	33.0	1.3

エア・コンプレッサの設置場所は建屋内であるが、水冷式であるため入気温度は建屋内温度に近く､その差は問題とならないレベルである。

④-5 チェックリストによる調査結果の確認

エア・コンプレッサの省エネ・チェックリスト

No.	Check items	Examination result	Judgment or comment
1-1	Classification of load	(Constant, Variable, Intermittent)	
1-2	Measured data (average)	128.3 [kW], [m³/min], 8.0 [MPa]	[kW] : Input power
1-3	Unload factor [%]	49	Little data
1-4	Air leakage [%]		No check
1-5	Intake air & ambient temperature	Intake air 34.3 [℃], ambient 33 [℃]	Different temp. 1.3[℃]
1-6	Inspection & maintenance	(daily inspection, BDM, PM (TBM, CBM))	
2-1	Start / stop operation	(machine site operation, remote, automatic)	
2-2	Capacity control method	(suction valve etc., inverter type, turbo type)	On load / unload control
3-1	Reduction of compressed air consumption	(implementation, non-implementation)	
3-2	Reduction of delivery pressure	(implementation, non-implementation)	High delivery pressure
3-3	Changing to small capacity air compressor	(implementation, non-implementation)	
3-4	Lowering of Inlet air temperature	(implementation, non-implementation)	Unnecessary
3-5	Converting to inverter type air compressor	(implementation, non-implementation)	
3-6	Number control in operation	(implementation, non-implementation)	
3-7	Integrating air compressors	(implementation, non-implementation)	
3-7	Others counter measure(dryer and so on)	(implementation, non-implementation)	

④-5 省エネ効果の試算

測定データは数少なく単なる参考データではあるが、以下にそのデータを使用して省エネ効果の定量化を図った。

a) アンロードロスの削減

a)-1 Unit 4,5 制御用 AC へのインバータ機導入による省エネ

現状のロード負荷は入力電力 128.3[kW]、ロード率 51[%]であり、これに相当するインバータ機導入時の平均消費電力 65.4[kW]、インバータ効率 95[%]、モータ効率は略同等と仮定する。

(a) アンロードロスの削減による省電力

ΔkWh_1 = [(128.3kW×0.51 + 27.3kW×0.49) - (128.3kW×0.51 / 0.95)]×8,760 [h/y]

= (78.8 -68.9)×8,760[h/y] = <u>86,724 [kWh/y]</u>

(b) 吐出圧力低減による省電力

インバータ機導入により現状のオンロード圧力設定値 0.74 [MPa]に吐出圧力一定制御すると仮定する。

・圧力低減幅：" 0.8 [MPa] ⇒ 0.74 [MPa]" (▼0.06 [MPa])

・消費電力削減率

$W_2/W_1 = \{(0.74+0.1013) / 0.1013\}^{0.4/1.4}-1] / [\{(0.8+0.1013) / 0.1013\}^{0.4/1.4}-1]$

= 0.831 / 0.867 = 0.958

(note) 1.4 : insulation factor of air

・ ΔkWh_2 = 128.3[kW]×(1 - 0.958)× 8,760[h/y]×0.51 = <u>24,074 [kWh/y]</u>

c) 省電力量の合計

$\Delta kWh_1 + \Delta kWh_2$ = 86,724 + 24,074 = <u>110,798 [kWh/y]</u>

a)-2 Unit 4,5 制御用 AC 小容量化によるアンロードロスの削減

エア・コンプレッサの標準仕様機から選定するとして、当該機を 75kW 機に変えた場合の省エネ効果を試算する。

当該機のアンロード率 49%が 75kW 機稼働時には約 21%に低減する。

但し、この前提としてエア・コンプレッサ入力電力は容量に略比例、モータ効率は 0.9 と仮定する。

更に、75kW 機のアンロード時消費電力割合は当該機と同等とした。

ΔkW = (128.3kW×0.51 + 27.3kW×0.49) – (83.3kW×0.79 + 17.7kW×0.21)×8,760h/y

= (78.8 – 69.5) ×8,760h/y = 81,468 [kWh/y]

Power-Saving percentage = 9.3 / 78.8×100 = 11.8 [%]

b) エア・コンプレッサの吐出圧力の低減

現状のエア・コンプレッサの吐出圧力の平均は 0.8 [MPa]と通常に比べ高く、吐出圧力の低減による省エネ実現の可能性がある。

今回の診断では、各部の圧力分布や使用側の最小必要圧力などを明確化出来なかったので、ある前提条件の元で省エネ効果を試算する。

・吐出圧力低減幅

ロード／アンロード平均圧力:現状 0.8[MPa](0.74/0.86[MPa])⇒仮置き 0.66[MPa](0.6 / 0.72)

0.6 [MPa]:ドライヤ等圧損 0.05 + 配管圧損 0.05 + 最小必要圧力 0.5 と仮置き

$W_2/W_1 = \{(0.66+0.1013)/0.1013\}^{0.4/1.4}-1]/[\{(0.8+0.1013)/0.1013\}^{0.4/1.4}-1]$

= 0.779 / 0.867 = 0.899

ΔkW = 128.3kW×(1-0.899)×8,760h/y ×0.51 = 57,893 [kWh/y]

④-6 今後の省エネ検討に対する推奨項目

今回は OJT のための簡易診断であったが、実際の省エネ対策の実施に当たっては、エア・コンプレッサの負荷条件を全て網羅出来る期間のデータ収集が必要である。

更に、最大エア消費量、平均アンロード率や圧力降下量などの省エネ検討に必要な諸量も今後正確に把握すべきである。

(a) エア・コンプレッサのアンロードロスの低減

当該機はアンロード率が 49[%]と大きくこの低減による省エネ効果が期待出来る。

更に、Unit 4,5 プラント用 AC も調査時のアンロード率が約 54[%]と高く同様の状況下にある。

・インバータ式エア・コンプレッサの導入

投資効率が今後の検討課題であり、老朽更新または設備改造タイミングに合わせで検討するのがベターであると考える。

・小容量エア・コンプレッサへの交換

アンロード率を下げるために、圧縮エアの最大必要量を把握した上で小容量エア・コンプレッサへ交換することも検討推奨項目となる。新設機導入よりも既存遊休機がありそれを活用できれば投資効率上望ましい。

(b) エア・コンプレッサの吐出圧力の低減

今後は、現状の各部の圧力分布や負荷側の最小必要圧力などを調査の上で新たな吐出圧力目標を定め、ステップバイステップで吐出圧力の低減を行っていくことを推奨する。

(c) エア漏れの削減

エア漏れ個所は、日常点検､定期点検並びに､プラント定修時のエア漏れテストなどで適宜把握し補修していくことを継続実施していく必要がある。

(d) エア・コンプレッサの統合化に対する今後の検討

現状はユニット毎または用途別にエア・コンプレッサが設置されているが、それを統合することにより運転台数減､アンロードロスの低減などの省エネ効果が期待出来る。

Unit 4,5 用及び BLOCK Ⅰ,Ⅱ間のエア・コンプレッサの統合化は今後の検討課題である。

Unit 4,5 と BLOCK Ⅰ,Ⅱは管轄するコントロールルームが異なるので統合化上難しい面があると推察するので、先ずは Unit 4,5 制御用と Unit 4,5 プラント用エア・コンプレッサの統合を図るべきである。両者は場所的にも近く仕様及び使用圧力も略同等で連絡配管もある。

尚、エア・コンプレッサの統合に際し、台数制御の導入が必要となると考えられる。

⑤照明設備のサンプリング照度点検

照明設備は当初省エネ OJT 対象設備として考えていなかったが、初日のウォークスルー診断時に不要な点灯或いは過度な照明などが見受けられたので、急遽簡易診断をすることとした。

⑤-1 省エネの視点

(a) 徹底的な消灯管理

不必要個所、無人時の消灯

(b) 適正な照度管理

適正な照度基準の策定､過剰な照度の低減

(c) 高効率照明器具への交換

⑤-2 調査結果

Turbine Floor を除く屋内照明は蛍光灯(40W×2)を主体に使用し窓際は自然採光を併用している。Turbine Floor は高圧水銀灯(250W)と高圧ナトリューム灯(250W)使用エリアが半々である。

(a) 照明の消灯管理状況

無人エリアや晴天なのに出入口付近が消灯されていないなど消灯管理は不十分であるが、その半面一部の照明では間引き照明が行われていた。

(b) 工場の照度基準

特に明確な基準がない模様で、日本の照度基準の提供を要請されたので JIS Z 9110 を紹介した。

(c) 照度の測定

専門家持参の照度計を使用して、チームメンバーがサンプリング的に照度測定を実施した。

各所照度のサンプリング測定データ

Room name	Place	Time zone	Condition	Lux Std	Illumination [lx]		
Turbine Floor	3rd floor	10.00	cleaning	70-150	87	86	57
Control Room	3rd floor	10.15	cleaning	300-750	529	491	539
MCC Room	2nd floor	10.30	cleaning	150-300	65	112	116
Swich Gear	2nd floor	11.00	cleaning	150-300	26	73	148
BFP (Boiler feed pump)	2nd floor	11.15	cleaning	75-150	250	234	213
CP (Condensat Pump)	1 floor	11.30	cleaning	75-150	90	215	20
Relay House	2nd floor	13.00	cleaning	150-300	300	699	414
AUX Cooling Water	1 floor	11.45	cleaning	75-150	191	115	117

(備考)：照度基準は JIS Z 9110 の照度を準用、Condition は、照明器具(ランプ、反射板)の汚れ状況を示している。

照度基準に対し、照度の過不足個所が散見される。照度不足個所は殆どが非常駐個所であり、有人作業時以外は問題とはならないが、過剰照度個所は有人／無人に係わらず省エネ上は照度の低減が必要である。

(d) チェックリストによる調査結果の確認

照明設備の省エネ・チェックリスト

No.	Check items	Examination result	Judgment or comment
1-1	Measured illumination data [lx]		Sampling measurement
1-2	Unnecessary lamps	[W/set] × [set] = [W]	No check
1-3	Strict light out Management	(enough, indifferent, insufficiency)	Many unnecessary lightting
1-4	Light out / on operation place	(manual in room site, remote, auto)	
1-5	Dirty lamp & reflector	(nothing, little, many)	
1-6	Periodical Inspection & maintenance	(daily inspection, BDM, PM (TBM, CBM))	
2-1	Task ambient lighting	(implementation, non-implementation)	
2-2	Nature lighting	(implementation, non-implementation)	
2-3	Automatic lighting control	(implementation, non-implementation)	
3-1	More management of light out	(implementation, non-implementation)	
3-2	Reduction of illumination	(implementation, non-implementation)	
3-3	Introduction of high efficiency lighting facilities (lamp and/or reflector)	(implementation, non-implementation)	
3-4	Others counter measure	(implementation, non-implementation)	

⑤-3 今後の省エネ検討に対する推奨項目

照明設備の省エネ状況は、その工場の省エネ活動の推進状況を示す指標の一つであると考える。この点において、当該プラントの省エネ活動は、未だ改善の余地があるようである。

(a) 徹底的な消灯管理

・不必要な場所、無人時のきめ細かな消灯管理の実施

・自動的な照明スイッチの導入：通路等への人感センサーの設置、自然採光のあるエリアへの照度センサーの導入など。

・個別照明スイッチの設置：Relay House 入口などへ照明スイッチを設置し必要な時のみ点灯、無人時には消灯管理をする。

(b) 適正な照度管理

・適正な照度基準の策定

・不要な照明器具の撤去

・既存の照明灯のレイアウトの変更

・Task-Ambient Lighting の採用：Turbine Floor などは通路用に蛍光灯を設置し、通常は天井灯を全数消灯することを推奨する。

(c) 高効率照明器具への交換

・高効率反射板(鏡面型)の追加：蛍光灯(40W×2)⇒(40W×1)：約 50[%]の省エネ

・ Hf 形蛍光灯への交換：蛍光灯(40W)⇒(32W)：約 20[%]の省エネ

・水銀灯のナトリューム灯等への交換：Turbine Floor などの水銀灯が対象：約 30-50[%]の省エネ

・LED 照明の導入：蛍光灯代替：約 50[%]の省エネ、LED 照明の日本の省エネ事例を紹介した。

⑥ポンプ、ファン＆ブロワー設備

今回の診断では時間的な余裕が無く、ポンプ、ファン＆ブロワー設備の診断は見送ったが、当該プラント内には未だ多くの省エネ診断対象設備がありインドネシア側の今後の活動に期待したい。下記以外のその他のポンプ、ファン＆ブロワー設備の状況は未確認である。

(a) ポンプ設備

・Cooling Sea Water Pump (710kW×9)は現場確認したが、吐出弁は全開で負荷側には流調弁が無いとのことなので、適正な流量の把握と調整の余地があるものと考えられる。

・Boiler Feed Water Pump は、流体継手により回転数制御を行っている。

・洗浄ポンプは、現状把握が未達である。

(b) ファン＆ブロワー設備

・Unit 4 の GRF, FDF(2sets)はいずれもインバータを導入し吸込みダンパーを全開運転しているとのことであったが、Unit5 用及び BLOCK Ⅰ,Ⅱ用 GRF, FDF については未確認である。ダンパー制御の場合は省エネの可能性があり今後の検討課題として残る。

今回の対象設備は全体のほんの一部分ではあるが、圧縮空気システム、照明設備ともに今後の詳細検討結果の他所へのトランスファ効果が期待出来る。

省エネ検討案の一覧表

対象設備	省エネ推奨項目	省エネ率[%]	省エネ率 [kWh/y]
圧縮空気システム	a)-1 Unit 4,5 制御用 AC へのインバータ機導入による省エネ	16	110,798
	a)-2 Unit 4,5 制御用 AC 小容量化によるアンロードロスの削減	12	81,468
	b) Unit 4,5 制御用 AC の吐出圧力の低減(仮置き：▼0.14MPa)	8.4	57,893
	c) エア漏れの削減	-	-
	d) エア・コンプレッサの統合化に対する今後の検討	-	-
照明	a) 不要時の消灯管理(自動オン／オフ化、個別入切用スイッチ取付)	-	-

設備	b) 適正な照度管理(照度基準策定、不要照明灯撤去、レイアウト変更)	-	-
	c)-1 高効率反射板の取付	約 50	-
	c)-2 Hf 形蛍光灯への交換	20	-
	c)-3 水銀灯のナトリューム灯等への交換	30-50	-
	c)-4 LED 照明の導入(蛍光灯代替)	約 50	-

７）質疑応答

(Q) **インバータの導入効果について：**(A) **ポンプの吐出圧力一定制御を例にインバータによる回転数制御効果の説明を行った。**

（Q) **インバータ、**Hf **蛍光灯の高調波について：**(A)PWM **インバータに交流リアクトルまたは直流リアクトルを接続する。**Hf **蛍光灯は** JIS **規格に準拠して製作していれば高調波の問題は無い。**

（４）所感

OJT **省エネ診断対象の第** 5 **発電設備は約** 29 **年使用された設備であるが、全体的には設備の状況も良く、計器類も最新のものに更新されており、メンテナンスまたリハビリが適宜、適切になされている様である。一方、運転状況についても、汽力発電設備の総合効率については、ボイラの蒸気条件が支配的であるが、以下の効率に与えるその他の要因についても良く管理されている。**

今回の省エネ診断のために計測器類を準備し、それらの使用方法についての指導も併せて行ったが、数値を定量的に評価できる点では非常に有効であり、あくまでも設備の運転に悪影響を絶対に与えない範囲でこれらを活用した省エネ診断が望ましい。特に、サーモカメラについては、小型で使い易く、また、保温、断熱不良個所等が容易に、かつ定量的に診断出来ること等から、トレイニーも非常に興味を示していた。

インドネシア側チィームメンバーは PT. PJB **社を中心に** 8 **名で構成され、全員が熱心に取り組んでいた。インドネシア側参加者の技術レベルはかなり高く、また省エネに対する意識も高いことから、今後の彼らの活躍に期待したい。但し、省エネ診断経験が少ないように見受けられ、収集データ内容の不確かさ、発表資料内容の不十分さや指示待ちの姿勢が散見された。チィームメンバーは今後も更に省エネ診断の場数を踏んで実務経験を蓄積していく必要がある。この点において、今回の** OJT **診断はインドネシア側参加者に実際に診断に参加し主体的に活動して戴いたので有意義であったと確信している。**

３．磯子火力所の改造事例等の発表

省エネ OJT Group1, 2 **の発表の後、電源開発㈱から添付資料** C **に基づき磯子火力所の効率運転および設備更新に関して発表した（添付資料－**E **ご参照)。この発表に対して活発な質疑応答が行われた。その概要を以下に取りまとめた。**

（Q）IGCC **とコンベンショナルな石炭火力との違い?（**A）**最先端の** USC **である磯子でも効率は** 43%。IGCC **では発電効率は** 50%、IGFC **では** 60%。**これは重要な利点。**

現在試験中の設備であり、大規模化を検討中である。JP は 200MW 規模のプラントの建設計画がある。

（Q）乾式脱硫用の活性炭工場が必要か？（A）活性炭工場は発電所の近くではない。中国の活性炭を使用することもある。活性炭初期充填量は 4,000～5,000t/基、消耗に伴う年間補給量は 3,000～4,000t/h/y(/基)。

（Q）USC の知的財産権は例えば三菱か JP か、誰が持っているのか？（A）USC の開発には JP が政府の補助を得て開発してきた。この開発には、日本の全ての重工メーカが参加してきた。各メーカは独自の材料開発や設計に工夫をしてきたので、その点は各社の知的財産だが、USC 自体が誰かの知的財産だということはない。

（Q）IGCC 等技術開発コストは全部政府が持っているのか？（A）政府の補助を受けているが開発者（例えば JP）も資金を出している。

（Q）USC に使っている石炭の種類は、カロリーは？（A）インドネシア炭も焚いている。一般的には 6,200kca/kg 以上の高品位炭。

（Q）USC で低品位炭を焚く場合どうなるのか？ボイラが大きくなるとか？（A）その通り。技術的には問題ない。JP はセントラルジャワで 200MW の石炭火力プロジェクトを進めているが、インドネシアの亜瀝青炭を焚く予定。

（Q）石炭火力の利用可能率どれくらいか？（A）状況にるが 90%以上も可能。高砂の 40 年間の実績では平均 80%位だが、電力需要、法律（定検周期、期間）にも影響される。

（Q）SCR とは何か？インドネシアでは一般的ではないが。京都議定書に関係するのか？ FGD は湿式だが。（A）Selective Catalytic (NOx) Reduction で日本の他欧米でも一般的。NOx の低減なので地球環境というよりは地域環境への影響低減。SCR を使うかどうかは規制値による。FGD について湿式は多量の水が必要だが、磯子の場合は出力を 2 倍にしており湿式の場合は 2 倍の水が必要となるが工業用水の制約もあり乾式を使った。

（Q）combustion management system について説明してほしい。（A）プレゼンでは combustion simulation について説明した。これは JICA Study でインド火力発電公社（National Thermal Power Corporation Ltd/ NTPC）が抱えるボイラの問題を解決するために適用したもので、ボイラのパネルアレンジメントの改造を提案した。これは特別な事例。通常の燃焼管理は、運転操作により、メタル温度、排ガス温度などの中央監視計器、灰中未燃分などの分析値、のぞき窓からのバーナー燃焼状態等を監視して総合的に判断して行っている。JICA ホームページで JICA Study を検索してくれればレポートを見ることができる。

（Q）磯子の建設費は？（A）1,2 号で約 20 万円/kW。

４．セミナー･ワークショップ

（１）日時場所

2011 年１１月２５日　８：３０－１７：００

Bidakara Hotel 3 階 Convention Hall

（2）参加者　：　８０ 名

（3）発表概要

セミナーは ACE の Mr. Oscarlito C. Malvar により議事を進行した。MEMR, New and Renewable Energy and Energy Conservation/ NREEC の Chief of EEC, Ms. Indarti より冒頭の挨拶、ACE の Ms. Maureen および ECCJ 岡本より開催の挨拶を行った。ECCJ 岡本の挨拶では今年の 3 月 11 日以降の各国の支援に関して、感謝の意を表した。セミナーでの各発表者の発表概要を以下に記載する。

SESSION I: Policies, Programs and Initiatives on EE&C

①Overview of ASEAN EE&C Programs and APAEC 2010-2015 ：ACE/ Ms. Maureen より ACE の紹介、APAEC の概要、その中での ACE の役割、PROMEEC 事業と MTPEC 等を紹介した。当資料はマニラでの発表資料と同等である。

②OVERVIEW OF ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION ACTIVITIES IN INDONESIA ：FP Ms. Andria Feby Misna よりインドネシアでの 2010 年のエネルギー別需要実績と 2025 年までの需要予測、EC 政策の経緯＆計画、海外支援状況が紹介された。

③Japan's Energy Conservation Policy and Measures and EE&C Experiences：ECCJ 岡本より日本のエネルギー消費経緯、省エネ法の改訂経緯、Top Runner Program および AEEC Web Site に搭載された優秀事例へのアクセス法とその事例を紹介した。

SESSION II: EE&C Best Practices in Industries

④On the Job Training ENERGY AUDIT IN POWER PLANT：国営電力会社・研究所の Ms. TIVA WINAHYU 博士より実施した火力発電所の省エネ診断 OJT の結果が紹介された（添付資料－D ご参照）。

⑤Case Study of Successful EE&C Countermeasures：ECCJ 檜垣専門家より日本の発電所の省エネ事例３例を紹介した。

⑥Energy Conservation Successful Cases in Japanese Power Plants (Electrical Equipments)：ECCJ 武田専門家より日本で省エネ優秀事例として表彰された日本の火力発電所の省エネ事例 12 例を主体に紹介をした。省電力事例は 1999 年～2008 年の 10 年間の ECCJ 主催の省エネルギー優秀事例全国大会発表事例の中から抜粋した要約版である。次の 1 件の質問を受けた。

（Q）変圧器の事故予防について、（A）日本では 30 年以上前から変圧器の油中ガス分析による傾向管理を行ってきている。その際の診断基準は、各企業個別に設定している(因みに大分製鐵所では変圧器劣化診断基準として 1973 年に制定)。例えば、アセチレンが検出されると内部絶縁物が焼損している可能性がある（フルフラール、

CO + CO2　などは寿命診断にも用いられている)。油中ガス分析の詳細は、実施していると考えられるインドネシアの電力会社に問い合わせることを勧めた。

SESSION III : The Way Forward

⑦Updates on the Development of PROMEEC EM Tools：ACE の Mr. Pham より Technical Directory、In-house Database および ASEAN Energy Management Service and System に関して開発状況について説明があった。

SESSION IV: EE&C TECHNOLOGIES

⑧Japanese State-of-the-Art Smart Energy Products & Technologies：ECCJ 岡本より日本の高効率製品の紹介として JASE-World の紹介、技術集の一例として三菱重工㈱Centrifugal Chiller へのアクセス方法を示し、入手情報を表示&説明した。

⑨The Latest and High Performance Coal-fired Power Generation：J-Power 清水氏より昨日火力発電所と同様の発表を報告願った（添付資料－E ご参照)。活発な質疑応答の概要を以下に記載する。

（Q）IGCC/IGFC については詳しく知らないが、これらは複合発電所と思われる。コンベンショナルな石炭火力と異なると思うが、効率はどれくらいか？（A）IGCC/IGFC には燃焼火炉はなくガス化炉。 IGCC は、生成ガスが GT で燃焼しその排ガスが HRSG で蒸気を発生し ST で発電する dual combined sycle システム、これに対して IGFC は、生成ガスの一部が FC を通って発電し、残りの生成ガスと一緒に GT⇒HRSG⇒ST で発電する triple combined sycle システム。IGCC1500℃クラス GT の発電効率は 51－53%、IGFC は 60%以上。磯子は 43%。

（Q）IGCC/IGFC の石炭品質は？（A）日本は輸入炭を使っているが、品質は 6200kcal/kg 以上の良質炭を使っている。IGCC/IGFC においてもこのような石炭を使っていると思われる。しかし、ガス化炉の下部には溶融灰が落下する構造で、そのため低溶融点灰の石炭に適しているが、高融点灰の石炭に対しても炭種拡大のための試験をしている。

（Q）IGCC は商業運転？（A）実証試験中で商業運転ではない。

（Q）磯子の NOx 低減について驚いた。159ppm⇒13ppm。これは SCR により対応したと説明していたが他の低減方法はないのか？ （Q）旧磯子は NOx 低減のために Low Nox バーナーと 2 段燃焼を使っていた。しかし SCR は NOx を大きく低減することができる。これはアンモニアを注入して触媒により NOx を窒素ガスと水（水蒸気）に還元するもの。

（Q：ECCJ 武田専門家へ変圧器の効率性（健全性）判断指標についての質問／変圧器の状態がわからずに運転を継続していて火を噴くときもある)、（A：電源開発・技術者より補足説明）当プレゼンの中で JICA Study について説明したが、この中では変圧器の RLA（余寿命診断）も実施した。CO/CO2 分析、Furfural 分析、健全性判断に重要な絶縁紙の DP (Degree of Polymarization)など、いろいろな情報を JICA ホームページで Study Title を検索することにより無料で得ることがで

きる。

MEMR, NREEC の Director of Conservation, Ms. Indarti より閉会の挨拶を受けてセミナーを閉会した。

（4）所感

省エネ診断 OJT 結果の発表はフィリピンでの活動と同様に OJT 参加者から発表願った。資料作成および発表は洗練された資料となった。診断内容に関しては時間的な制約から充分とは言い難いが、OJT 時に説明および手渡した資料を活用して、今後の省エネ診断に活かして欲しい。工場での最終日とセミナーで、初めての試みとして同業火力発電所の日本の高効率運転状況他を発表願った。発表時の活発な討議にも現れているように、インドネシア側にとっては大変意義のある発表を聞くことが出来たと容易に推察できる。

なお、当活動に関して Inseption Woksyop にて決定した日程と異なる状況となった。今年度から ECCJ 以外の専門家に参加願って、ASEAN 諸国にとって有意義な情報を提供したいと企画して、実行した。したがって FP には日程他に関する情報交換を密にすることを希望したい。

活動状況写真：PROMEEC 産業事業@インドネシア

2011-11-21 省ｴﾈ診断初日/工場概要説明

2011-11-23 ｽﾁｰﾑﾄﾗｯﾌﾟの作動検査

2011-11-23 専門家のGroup-1指導

2011-11-22 専門家のGroup-2指導

2011-11-25 **セミナー会場**	2011-11-25 **セミナー情景（最終発表時）**

添付資料（略）

１：ムアラカン発電所の概要

２：会社組織図

３：Questionnaire

４：檜垣専門家報告： Muara Karang **火力発電所** OJT **省エネ診断報告書**

５：武田専門家報告：インドネシア火力発電所・電気関係省エネ診断・現地出張報告書

６：Energy Audit Plan of Facilities Related to Thermal Energy

７：Briefing of Energy Audit for Air Compressor

８：Instruments for Energy Audit

９：On the Job Training ENERGY AUDIT IN POWER PLANT

１０：J-Power **発表：**The Latest and High Performance Coal-fired Power Genera.

１１：J-Power **清水氏出張報告：インドネシア国営電力会社** PT. PLN (Persero)**ムアラ・カラン**(Muara Karang)**火力発電所の省エネ対策調査他**

１２：SEMINAR AGENDA

１３：Overview of ASEAN EE&C Programs and APAEC 2010-2015

１４：OVERVIEW OF ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION ACTIVITIES IN INDONESIA

１５：Japan's EC Policy and Measures and EE&C Experiences

１６：Case Study of Successful EE&C Countermeasures

１７：Energy Conservation Successful Cases in Japanese Power Plants (Electrical Equipments)

１８：Updates on the Development of PROMEEC EM Tools

１９：Japanese State-of-the-Art Smart Energy Products & Technologies

資料－D：Results of Energy Audit OJT at B Power Plant

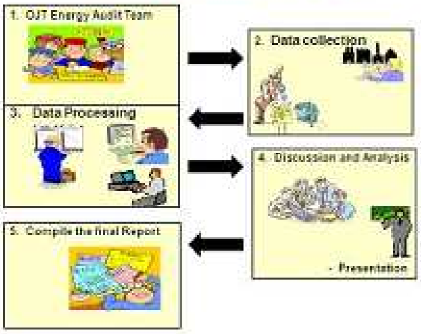
On the Job Training
ENERGY AUDIT IN POWER PLANT

Jakarta, 21-24 November 2011

Goal & Objectives

- Learn how to conduct audit energy in power plant equipment and facilities
- Identify, analyze and evaluate of thermal equipment (boiler, turbine & steam line) to improve the thermal efficiency of energy use without reducing the level of quality
- Getting the technical data and calculations
- Get recommendations for improving the efficiency such as: savings opportunities, modification of equipment.

Activities Scope



1	Air Compressor Recommendation
2	Lighting Facility Recommendation
3	Thermal Energy Recommendation

1	Air Compressor Recommendation

Air compressor list

Air compressor name	Number (set)	Air Compressor					Motor ___[V]		
		Type	Capacity control	[m³/min]	[MPa]	Maker/ year	[kW]	[A]	[rpm]
Atlas Copco 1	AII078120	ZR 132	8/12	15	10	2002	121	215.6	2960
Atlas Copco 2	AII078121	ZR 132	8/12	15	10	2002	121	215.6	2960
Eco Air 3		T220Z	18.9		10			252	2960
IR 1	1534800007022	SIERRA SH 132A		18.8	10.2				2960

Check sheet of Air Compressor

Air Compressor name	Air Compressor						Motor ___[V]		Inverter type	RT
	Type	Capacity control	[m³/min]	[MPa]	[kW]	Maker /year	[kW]	[A] [rpm]		[h]
Atlas No.1, No.2	Oil free screw	On load/unload			121				(yes/no)	[illegible]

No.	Check items	Examination result	Judgment or comment
1-1	Classification of load	(Constant, Variable, Intermittent)	
1-2	Measured data (average)	128 [kW] [m³/min] 8.0 [MPa]	[kW]: input power
1-3	Unload factor [%]	50	Little data
1-4	Air leakage [%]		No check
1-5	Intake air & ambient temperature	Intake air [℃], ambient [℃]	No measurement
1-6	Inspection & maintenance	(daily inspection, BDM, PM (TBM, CBM))	
2-1	Start / stop operation	(machine-site operation, remote, automatic)	
2-2	Capacity control method	(suction valve etc., inverter type, turbo type)	On load/unload control
3-1	Reduction of compressed air consumption	(implementation, non-implementation)	
3-2	Reduction of delivery pressure	(implementation, non-implementation)	High delivery pressure
3-3	Changing to small capacity air compressor	(implementation, non-implementation)	
3-4	Lowering of inlet air temperature	(implementation, non-implementation)	unnecessary
3-5	Converting to inverter type air compressor	(implementation, non-implementation)	
3-6	Number control in operation	(implementation, non-implementation)	
3-7	Integrating air compressors	(implementation, non-implementation)	
3-7	Others counter measure(dryer and so on)	(implementation, non-implementation)	
Audit result and/or recommendation items	1) Reduction of unload loss 2) Reduction of delivery pressure 3) Implementation of periodical air leakage test and air leakage parts repair 4) Integration air compressor and introduction of number control in operation		

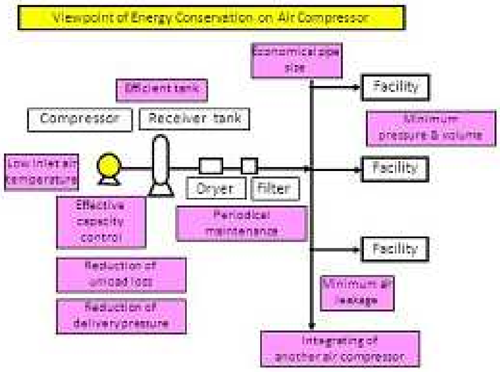
Reduction of unload loss

< measured data >
on load : 127.7 [kW], 50 [%], unload : 27.3 [kW], 50 [%]
* Input power [kW] = √3 × ___[kV] × ___[A] × ____(cosΦ)
on load : √3 × 0.38[kV] × 216.6[A] × 0.9 = 128.3[kW]
unload : √3 × 0.38[kV] × 63.8[A] × 0.65 = 27.3[kW]

a) Example case 1: converting to inverter type air compressor
(a) Power-saving by electric power consumption decrease
power-saving ΔkWh1
= [(128.3[kW] (on load) × 0.5 (on load factor) + 27.3 [kW] (unload) × 0.5 (unload factor)
− (128.3 [kW] (on load) × 0.5 (on load factor) / 0.96 (inverter efficiency)] × 8760[h/y]
= 10.27 × 8760[h/y] = 89,965 [kWh/y]

(b) Reduction effect of delivery pressure
* 0.7845 ⇒ 0.7257 [MPa]** (8.0 ⇒ 7.4 [kg/cm²])
electric power consumption ratio :
P_2/P_1 = [(0.7257+0.1013) / 0.1013][illegible] / [(0.7845+0.1013) / 0.1013][illegible]
= 0.7235 / 0.7546 = 0.9589
(b) power-saving
ΔkWh2 = 128.3[kW] (on load) × (1 − 0.9589) × 8760[h/y] × 0.5 (on load factor)
= 23,096 [kWh/y]

total power-saving
ΔkWh1 + ΔkWh2 = 89,965 + 23,096 = 113,061 [kWh/y]



Recommendation EC items of Air compressor

1) Reduction of unload loss
Large unload factor (change to frequent on load / unload) in now operation, but little measured data in this audit, therefore long term measurement is necessary.
Implementation of counter measure to large unload factor
(1) Sudgesst to inverter type air compressor
(2) Sudgesst to small capacity air compressor

2) Reduction of delivery pressure with to keepend pressure
High delivery pressure in now operation, therefore examination of pressure drop & adjustment to best delivery pressure is necessary.
(delivery pressure ≧ required use pressure + piping loss + safety margin)
Ex.) power-saving by delivery pressure reduction
* 0.7845 ⇒ 0.6865 [MPa]* (8 ⇒ 7 [kg/cm²]) : power-saving abt. 7[%]
* 0.7845 ⇒ 0.6374 [MPa]* (8 ⇒ 6.5 [kg/cm²]) : power-saving abt. 11[%]

3) Implementation of periodical air leakage check & air leakage parts repair

4) Integration air compressor & introduction of number control in operation
(1) Integration air compressor of each plant use
(2) Introduction of number control in operation
Use of installed PT of receiver tank

2 Lighting Facility Recommendation

Room name	Place	Time zone	Condition (*1)	Lux Std.	Illumination [lx]		
Turbine Floor	3rd floor	10:00	Daytime	70-150	87	88	87
Control Room	3rd floor	10:15	Daytime	300-750	528	481	559
MCC Room	2nd floor	10:30	Daytime	150-300	88	112	118
Switch Gear	2nd floor	11:00	Daytime	150-300	28	73	148
BFP (Boiler feed pump)	2nd floor	11:15	Daytime	75-150	280	224	213
CP (Condensate Pump)	1 floor	11:30	Daytime	75-150	90	218	20
Relay House	2nd floor	13:00	Daytime	150-300	300	558	414
AUX Cooling Water	1 floor	11:45	Daytime	75-150	191	115	117

Check sheet of Lighting facility

Room name	Category of Lamp	[W/lamp]	[set]	[W]	Illumination standard [lx]
(Sampling audit implementation)	Fluorescent lamp	40X2			
	Mercury-vapor lamp				
	Sodium lamp				

No.	Check items	Examination result	Judgment or comment
1-1	Measured illumination data [lx]		Sampling measurement
1-2	Unnecessary lamps	[W/set] X [set] = [W]	No check
1-3	Thorough light out Management	(enough, insufficient, [illegible])	Many unnecessary lighting
1-4	Light out / on operation place	(manual in room side, remote, auto)	
1-5	Dirty lamp & reflector	(nothing, [illegible], many)	
1-6	Periodical inspection & maintenance	(daily inspection, BDM, PM (TBM, CBM))	
2-1	Task ambient lighting	(implementation, non-implementation)	
2-2	Nature lighting	(implementation, non-implementation)	
2-3	Automatic lighting control	(implementation, non-implementation)	
3-1	More management of light out	(implementation, non-implementation)	
3-2	Reduction of illumination	(implementation, non-implementation)	
3-3	Introduction of high efficiency lighting facilities (lamp and/or reflector)	(implementation, non-implementation)	
3-4	Others counter measure	(implementation, non-implementation)	

Audit result and/or recommendation items	1) Implementation of strict light out management 2) Reduction of illumination 3) Converting to high efficiency light sources and

Recommendation EC items of lighting facilities

1) Implementation of strict light out management
(1) To light out at unnecessary time, in uninhabited places
(Ex. Relay panel room etc.)
(2) Automatic on / off control by motion sensor lighting, illumination sensor etc.
(3) Improvement from integrated switch to individual switch

2) Reduction of illumination
(1) Adequacy of illumination standard
(2) Removal of useless lighting
(3) Improvement of layout of illuminator

3) Converting to high efficiency light sources and fitting
(1) Introduction of mirror surface reflector
Ex.) fluorescent lamp 40W× 2 ⇒ 40W× 1
(2) Changing to Hf fluorescent lamp and ballast
Ex.) fluorescent lamp 40W⇒ 32W
(3) Changing to metal halide lamp and/or sodium lamp from mercury lamp
(4) Changing fluorescent lamp to LED lamp (50 percent more efficient)

3 Thermal Energy Recommendation

Instruments

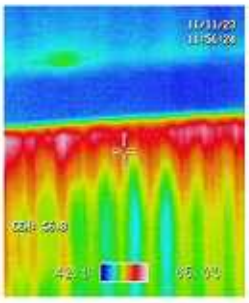
Acoustic Rod

Infra Red Camera

Portable Infrared Thermometer

Spot Checking by using Thermograph camera

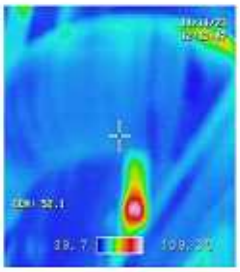
Normal mode Boiler surface of right side



Thermo mode Boiler surface of right side

Spot Checking by using Thermograph camera - con'd

Normal mode of main steam pipe line



Thermo mode of main steam pipe line

Checking Result of Insulation & Refractory by using Thermograph Camera

1. The condition of insulation & refractory are relatively good.
2. There are some hot parts where the temperature is high
3. It's very convenient to find out the hot parts by using thermograph camera
4. It's required to repair the insulation of the hot parts to reduce the the radiation and convection losses

Checking of Steam Traps

1) As a result of site survey, there would be about 30 steam traps in this power plant.
2) One steam trap was checked using an acoustic rod.
   - The action of steam trap was normal.
   - The bypass valve of steam trap was a little bit leaking.
3) it is recommendable to implement the periodical checking (such as every one year) of all steam traps and the maintenance.

Steam Trap for Fuel Oil Heater (TLV-made, 2-1/2" Free Float Type)

Steam Trap for LP Steam Transfer Line (Refox-made, 1" Free Float Type)

Effect of Periodical Maintenance of Steam Traps

Empirical malfunction rate of steam traps without any periodical maintenance: 20~30%

- Maintenance of whole steam traps based on periodical inspection including bypass valves
- Replacement or overhauling of following malfunctioned steam traps
  - Steam blowing
  - Blocking up
  - Chattering (Disc type), etc.
- Replacement of inefficient steam traps with energy-saving ones

Large Amount of Energy Saving

Empirical malfunction rate of steam traps with periodical and correct maintenance: lower than 10%

Steps to calculate Plant Efficiency

- Choose the proper methods
- Define system boundary
- Data collection & analysis
- Calculation
- Results Validation
- Reporting

Boiler Efficiency Calculation - Results

Energy output		
Live steam output	kJ/s	416,870.72
Reheat output	kJ/s	66,091.90
Auxiliary steam	kJ/s	-
Blowdown steam	kJ/s	-
Total energy output (QrO)	kJ/s	482,962.62
Energy input		
HHV	kJ/kg	43,324.10
Fuel mass flow	kg/s	12.83
Heat input	kJ/s	555,992.62
Boiler efficiency based on HHV	%	86.86

Calculation of Steam Turbine Generator Efficiency - Results

Energy output		
Generation Power	kWh	200,200
	GJ/h	720.72
Energy input		
Main steam input	GJ/h	1,500.73
Reheat steam intput	GJ/h	237.93
Total energy input	GJ/h	1,738.67
Steam turbine generator efficiency	%	41.45

CALCULATION OF OVERALL POWER PLANT EFFICIENCY

- Overall Plant Efficiency can be calculated

$$\eta = \frac{Q_{el}}{Q_{in}}$$

- Qel is generator output (kWe)
- Qin is useful heat input proportional to fuel burned (kJ/s)

CALCULATION OF OVERALL POWER PLANT EFFICIENCY

- Yields

$$\eta = \frac{200,000}{555,992.62} = 0.3597$$

- Then the overall power plant efficiency is 35.97%

資料－E：J-Power Presentation Document

Promotion for Energy Efficiency and Conservation (PROMEEC)-Industries in Indonesia

The Latest and High Performance Coal-fired Power Generation

Noriyuki SHIMIZU

J-POWER

Discussion Points

1. What is J-Power?
2. Historical trend of thermal efficiency improvement
3. The latest and high efficiency coal-fired thermal power station – Isogo TPS
4. Efficiency management and improvement for existing coal-fired TPSs

What is J-Power?

- Electric Power Development Company, Ltd.
- The largest wholesale electric power company in Japan
- Initially founded by the Japanese Government in 1952 and fully privatized in 2004
- Domestic wholesale installed capacity: 16,993MW
  - ✓ Coal: 8,412 (7 TPSs), Geo-thermal: 15, Hydro: 8,566
- Other power business installed capacity: 1,149MW
- Global power business
  - ✓ Consulting service: 320 projects in 63 countries, 1962 - Indonesia; Keramasan CCGT 80MW (PT. PLN), 2008 -
  - ✓ IPP: 3,708MW(share eq.) by 29 projects in 6 countries

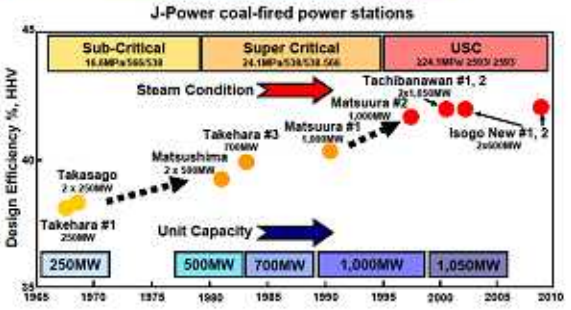
What is J-Power? (cont'd)

Trend of Efficiency Improvement

Coal-fired thermal power stations in Japan

1. Upgrade of steam condition
   - sub critical < 22.1MPa
   - super critical ≥22.1MPa, ≤ 566ºC
   - ultra super critical ≥22.1MPa, >566ºC
2. Size up of unit capacity
   - ~200MW to 1,000MW+
3. R&D of new technologies
   - IGCC
   - IGFC

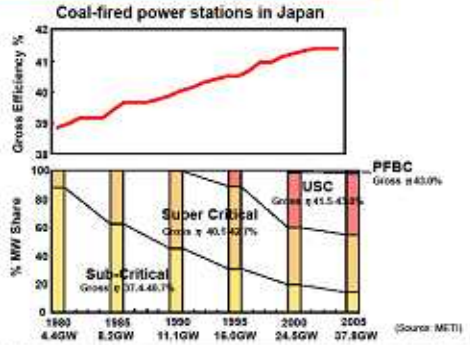
Efficiency Improvement



USC Coal-fired TPSs in Japan

Major EPCos	Power Station	MW	MPa/MST/RST	COD
Chubu	Hekinan #3	700	24.1/538/593	1993
Tohoku	Noshiro #2	600	24.1/566/593	1994
Hokuriku	Nanao Ota #1	500	24.1/566/593	1995
Tohoku	Haramachi #1	1,000	24.5/566/593	1997
J-Power	Matsuura #2	1,000	24.1/593/593	1997
Chugoku	Misumi #1	1,000	24.5/600/600	1998
Hokuriku	Nanao Ota #2	700	24.1/593/593	1998
Tohoku	Haramachi #2	1,000	24.5/600/600	1998
Shikoku	Tachibanawan	700	24.1/566/593	2000
J-Power	Tachibanawan #1	1,050	25.0/600/600	2000
Hokuriku	Tsuruga #2	700	24.1/593/593	2000
J-Power	Tachibanawan #2	1,050	25.0/600/600	2000
Chubu	Hekinan #4	1,000	24.1/566/593	2001
J-Power	Isogo New #1	600	25.0/600/610	2002
Hokkaido	Tomatoh Atsuma #4	700	25.0/600/600	2002
Chubu	Hekinan #5	1,000	24.1/566/593	2002
Kyushu	Reihoku #2	700	24.1/593/593	2003
Tokyo	Hitachinaka #1	1,000	24.5/600/600	2003
Tokyo	Hirono #5	600	24.5/600/600	2004
Kansai	Maizuru #1	900	24.5/595/595	2004
J-Power	Isogo New #2	600	25.0/600/620	2009

Historical Efficiency Improvement



R&D of New Technology

IGCC Demo Plant	IGFC Pilot Plant EAGLE
· Output: 250MWe	· Output: 8MWe
· Coal feed rate:1,700t/d	· Coal feed rate: 150t/d
· Test Period: 2007-2013	· Test Period: 2001-2014
· Developer: CCP R&D Co. (10 EPCos & CRIEPI)	· Developer: J-Power
· Air-blown gasifier	· Oxygen-blown gasifier

Nakoso IGCC Demo Plant, CCP R&D Co.

Wakamatsu Research Institute, J-Power

Isogo TPS

- Initially commissioned in 1969 (2x265MW) in urban area of Yokohama City
- Replaced/repowered in 2009 (2x600MW)
- Replacement under operation of old units
  - ✓ in the same area of 12 ha
  - ✓ Build (New #1), Scrap (Old #1&2) and Build (New #2)
  - ✓ replacement work 1996 – 2009
- Why replaced?
  - ✓ to meet Yokohama City Environmental Improvement 21st Century Plan
  - ✓ to meet increasing power demand in metropolitan area
  - ✓ to cope with aged facilities
- Apply the latest USC/environmental technology

Technical Features of Isogo TPS

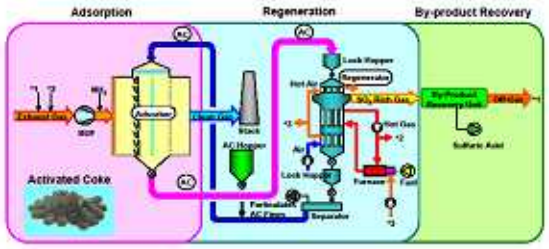
- USC
  - ✓ New #1; 25MPa/600/610
  - ✓ New #2; 25MPa/600/620
- Environmental control
  - ✓ Flue gas treatment;
    Dust: ESP
    SOx: Activated coke dry type FGD
    NOx: SCR
  - ✓ Waste water treatment system
  - ✓ Coal/ash scattering control;
    Coal: Indoor type silo & air-floating belt conveyor
    Ash: Indoor type silo
- Measures for small area of 12 ha
  - ✓ Tower type boiler and tall silos/tanks

Emission Regulation

- Close to the level of gas-fired TPS

		New Units		Old Units
		#1	#2	#1, #2
Dust	mg/m³N	10	5	50
SOx	ppm	20	10	60
NOx	ppm	20	13	159

Activated Coke Dry Type FGD



Replacement Milestone

Old 2x265MW

1996

New 2x600MW

2009

Replacement Milestone (cont'd)

- Sep 1996: Start replacement work
  (reduce coal storage area → remove existing outdoor BOP and construct coal silo there)
- Jul 1998: Start construction, New #1

Replacement Milestone (cont'd)

- Nov 2001: Start demolition, Old #1&2
- Apr 2002: COD, New #1
- Mar 2004: Complete demolition, Old #1&2

Replacement Milestone (cont'd)

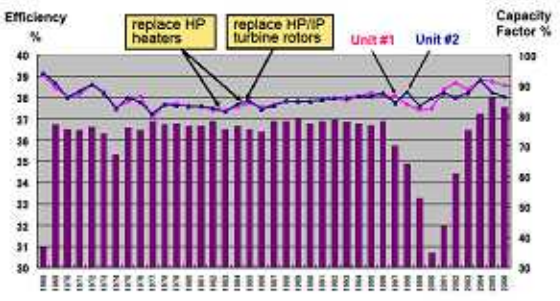
- Oct 2005: Start construction, New #2
- Jul 2009: COD, New #2

Efficiency Management

1. Efficiency of coal-fired power stations in Japan has been improved by upgrading of steam condition and size-up of unit capacity.
2. However, basis of efficiency management activities is same regardless of steam condition and unit size.
3. Such a basis can be applied to coal-fired power stations in Indonesia, where sub-critical and 300-600MW class units are dominant.

Typical Efficiency Management Record

J-Power Takasago coal fired power station, 2x250MW



Activities in Takasago during 40years

1. Shut-down Maintenance
   Boiler: Biannually, Turbine: once every 4 years
2. Major Replacements of Facility
   - Boiler Tubes & SH/RH: 1985, 86, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97 & 98
   - ESP Electrodes: 1987 & 88
   - Turbine Rotors: 1984 & 1985
   - FGD Absorbers: 1985 & 1986
   - Control System: 1985 & 1996
3. Daily Efficiency Management
4. CMMS (Computerized Maintenance Management System): 2002-
5. PdM (Predictive Maintenance by thermograph, vibration, oil analysis): 2002-

Typical Efficiency Management

1. Proper operation and maintenance to keep the efficiency at the level of the design efficiency
2. Active performance improvement by applying new technologies and/or replacing with high efficient equipment

Proper O&M

1. Monitor efficiency trend periodically
2. Analyze the deviation between current efficiency and the design efficiency to get the root cause, if any
3. Take countermeasures both during operation and /or periodical inspection shut-down

Typical O&M Activities

1. Operation
   - proper combustion management to reduce unburned carbon loss
   - proper soot blowing to prevent increase of flue gas temperature
   - proper management of feed water quality to prevent boiler tube corrosion and heat loss through boiler drum water blow
   - monitoring of air ingress into condenser

Typical O&M Activities (cont'd)

2. Maintenance
   - gap adjustment and replacement of turbine labyrinth seal
   - gap adjustment and replacement of AH seal
   - water washing and replacement of AH element
   - scale removal from turbine nozzle
   - boiler chemical washing
   - replacement of plugged condenser tubes

Active Performance Improvement

1. Gross heat rate improvement
   - AH leakage control system
   - high performance AH element
   - optimization of soot blowing
   - low flue gas O2 operation
   - high performance turbine blade and anti-erosive turbine nozzle
2. Net heat rate improvement (reduce in-house power consumption)
   - variable speed/pitch fans
   - partial in-service of aux. equipment

JICA Study in India

- JICA Study on Enhancing Efficiency of Operating Thermal Power Plants in NTPC-India
- Dec 2008 – Jan 2011
- JV of J-Power, Kyushu and Chugoku EPCos
- Objectives
  - ✓ Improve the efficiency of coal-fired TPSs sustainably
  - ✓ Transfer the technologies for the above objective
- for 9 units of 5 coal-fired TPSs, NTPC
- Study incl. economic/financial evaluation and CDM
  - ✓ Efficiency: AH, Condenser, Pump, BFP-T, C&I, BT
  - ✓ RLA: Boiler, Turbine, Generator/Transformer
  - ✓ O&M Procedure
  - ✓ Boiler diagnosis and Combustion simulation

Result of JICA Study

- Efficiency improvement
  - ✓ Various proposals were made; AH new seal system, Boiler furnace modification, O&M procedure, etc.
  - ✓ Some of them were implemented; Condenser air ingress improvement, Turbine seal fin treatment, etc.
  - ✓ The others are under progress for implementation including detail study/design by NTPC/OEMs, cost-effectiveness and timing adjustment.
- Technology transfer
  - ✓ A lot of technologies/information/exercises were introduced.
  - ✓ They were transferred through in-situ demonstration, trainings in Japan and Seminars/Workshops.
- Details: http://lvzopac.jica.go.jp/library/indexeng.html

Conclusion

- For newly planned coal-fired power stations;
  - ✓ New technologies such as USC can be applied to get better thermal efficiency.
  - ✓ This is also effective against Global Warming.
  - ✓ The latest environmental control technologies can also be applied to reduce pollution in local environment.
- For existing coal-fired power stations;
  - ✓ Proper management shall be conducted to keep the thermal efficiency at the design level.
  - ✓ Measures for efficiency improvement beyond the original design level can be considered through justification of related technologies.
- J-Power can provide assistance upon request.