

# 特集 特殊空調機の電力低減 「業界初の外気負荷リニア制御の実現」\*

**Electric Power Reduction of Special Air Conditioner; “The First Realization in the Industry; Linear Control of the Load of Air Conditioners in an External Hygrothermal Environment”**

森島 弘

Hiroshi MORISHIMA

The Diesel Injection Manufacturing Department has as many as 11 special large air conditioners in processing and assembling rooms (constant temperature rooms) for ultra precision parts. Consequently, the energy cost of air conditioning accounts for a significantly high percentage, 27% of the total energy cost. To address this situation, by using the know-how accumulated through the maintenance of air conditioners, we have promoted energy-saving activities and set a goal of a 30% reduction in energy costs within three years: “EcoPlan 330 for Special Air Conditioners”. This article introduces one of these activities; the “linear control of the load of air conditioners in an external hygrothermal environment”. It was the first realization of its kind in the industry and yielded significant energy savings.

**Key words:** Energy saving, CO<sub>2</sub> emission reduction, Special air conditioning (clean room), Air conditioning system, Load control, Introduction of open air

## 1. はじめに

本件は2005年から2007年にかけて自動車部品用燃料噴射ポンプを生産する西尾製作所で実施した、ディーゼル噴射製造部の省エネ活動に関するものである。

本事例の対象設備であるノズル特殊空調機の概略はFig. 1に示すとおりで、研削と組付室の二つの大きな部

屋を、各々の空調機で「冷却」「過熱」「加湿」に、室内の温湿度を制御している。いずれも超精密部品の生産用で、極めて重要な設備である。特徴は外気を100%取り入れる空調システムで、大型の空調機器を持ち、年間7800万円ものエネルギーを消費する設備である。

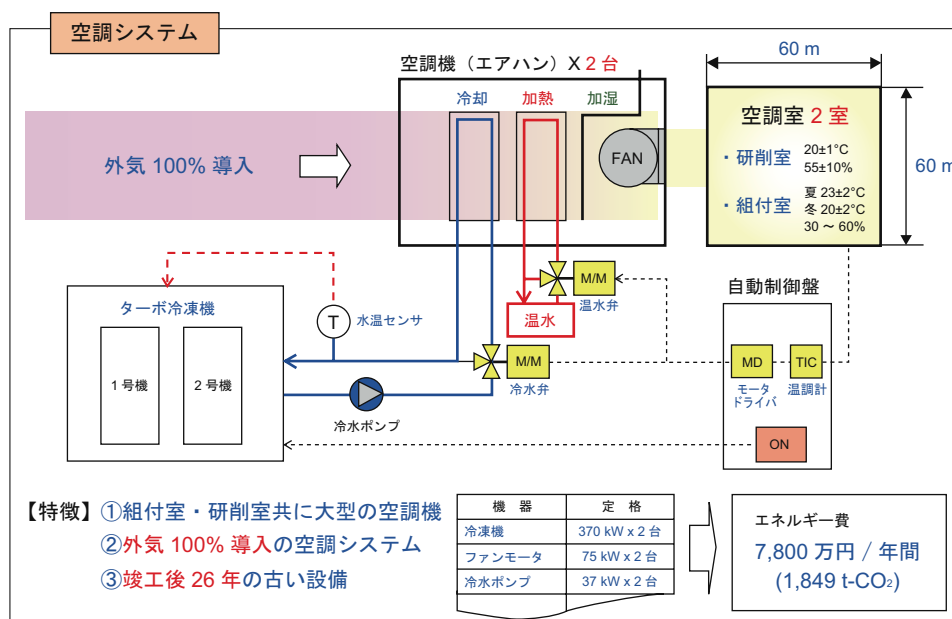


Fig. 1 Characteristics of the special air conditioning of the nozzle room

\* (財) 省エネルギーセンターの了承を得て「経済産業省主催 20年度 省エネルギー優秀事例全国大会応募事例 資源エネルギー庁長官賞」より、一部加筆して転載

## 2. テーマの選定理由

当社の環境方針「エコビジョン 2005」では、CO<sub>2</sub> 排出量を 2010 年までに 1990 年比 10%削減することを目標としており、全社で取り組んでいる。当部ではこれを受け、CO<sub>2</sub> とリンクしているエネルギー費の低減活動として、私達の利益創出グループを発足させた。グループは従来の空調メンテチームに省エネチームが合体したもので、今までの空調ノウハウと技能検定特級といったメンバーの高い技能スキルを活かし、04 年度より従来活動に加え、省エネ活動も推進することになった。

04 年度のエネルギー費は Fig. 2 で示すように全体の 8 割が電気であり、その中で空調設備は全社平均を上回る 27%を使っていることが分かった。更にその内容を見ると特殊空調機の保有台数が全社一多く、特殊空調のエネルギー費が全体の 52%と非常に多いことが分かった。

そこで、これまでの空調省エネ活動を振り返ってみると、一般空調では主にインバータ化によって、25%低減と大きな効果をあげてきたが、特殊空調については従来の省エネチームでは空調ノウハウがないため、ほとんど手付かずの状態であった。そこで今回、私たちの総力で特殊空調の省エネに取り組むことにした。

次に部内の特殊空調機を見てみると四つの工場に 11 台もの空調機を所有しており、その空調機毎のエネルギー費を調べてみると Fig. 3 で示すように、ノズル空調機が一番多いことが分かった。

またエネルギー効率という観点で、空調室の容積当りのエネルギー費を調べてみると、やはりノズル空調の効率が悪く、その影響で 405 工場の空調のエネルギー比率が最も高く、夏場の原単位悪化の要因にもなっていた。

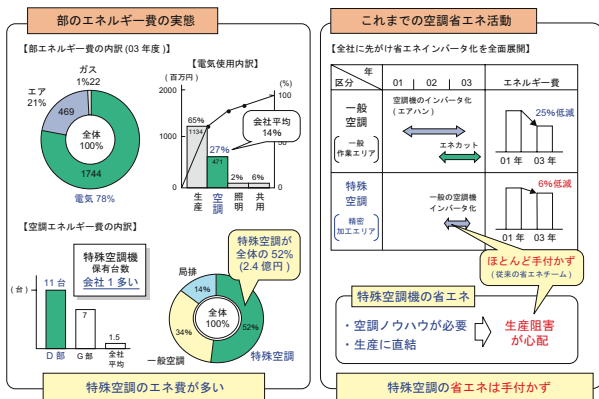


Fig. 2 Analysis of the current situation

以上の二つのことから、今回のテーマを「ノズル室特殊空調機の電力低減」と掲げ、取り組んでいくことにした。

## 3. 活動の経過と内容

### 3.1 省エネ切り口の抽出

ノズル空調のエネルギー効率の悪化要因を調べてみると Fig. 4 で示すように、一つ目として外気 100%の空調システムが挙げられる。一般的に冷房の空調負荷は外気を冷やすための外気負荷が半分以上を占めるが、ノズル空調は 100%外気を入れるため、更に冷房負荷がアップすることになる。

二つ目は設備の老朽化で、ノズルだけが使用年数 25 年を超え最も古く、老朽化等により効率の悪化につながっている。

更に三つ目として、インバータ化の改善実績を一般空調と比較してみると、ノズル空調の展開率は 16%と非常に低く、また、周波数の設定も甘くて低減率も悪い状態であった。以上のことより、私はこの「外気負荷の

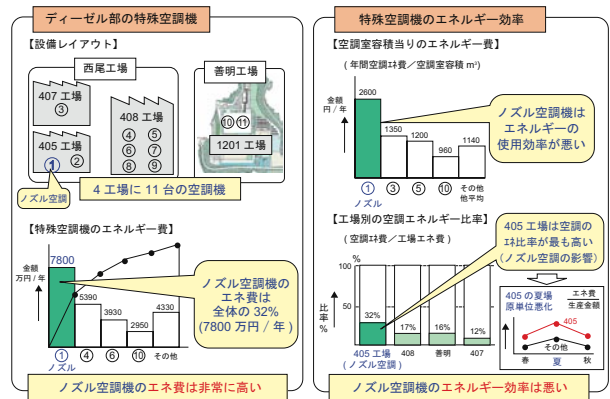


Fig. 3 Selection of target equipment for energy activities

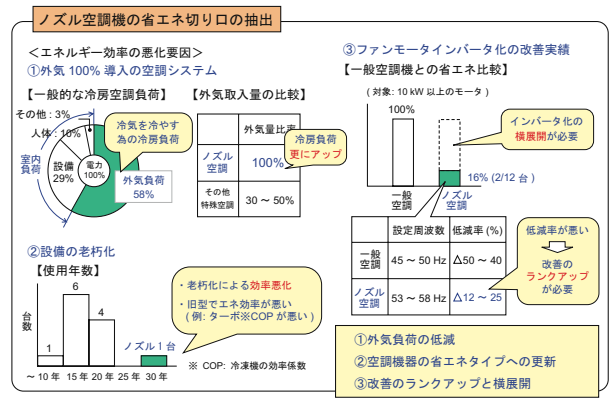


Fig. 4 Selection of key items for energy saving

低減」と「省エネタイプへの更新」、更には「改善のランクアップと全面展開」の三つの切り口で省エネを展開すれば、必ず大幅低減できると判断した。

### 3.2 活動の進め方

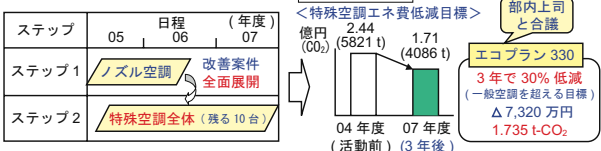
そして Fig. 5 で示すようにノズル空調と全体の計画を立案した。先ずノズル空調では、三つの切り口から出された図のような改善案・日程で進めて行く。ここで私は、次のような戦略を立てた。先ずは効率の悪いノズル空調にメスを入れ、成功させた後、残る 10 台の特殊空調機に全面展開して行く。そして特殊空調全体のエネルギー費を 3 年間で 30% 低減させる「ディーゼル特殊空調エコプラン 330」という、大きな目標を掲げ活動を展開していくことにした。その中より今回は、一番効果の大きい「外気負荷の低減」についての改善事例を以後説明していく。

#### ノズル空調の計画と全体の進め方 (私の戦略)

【ノズル室特殊空調機の省エネ改善計画】

切り口	改善案件	効果予測 (万円/年)	担当	05 日程	06 (年度)
①外気負荷の低減	室内設定温度の制御 ステップ1: 設定温度の段階制御 ステップ2: 外気負荷リニア制御	1,140	森島 佐藤	←	→
②省エネタイプへの変更	・ターボ冷凍機の更新 ・高効率インバータ化 ・冷水コイルの更新	670	森島 (施設部)	←	→
③改善のランクアップと展開	・インバータフィードバック自動制御化 ・実効負荷制御化	530	森島 垣原	←	→

#### 【特殊空調機全体の進め方】



「ディーゼル特殊空調エコプラン 330」で効果拡大を図る

Fig. 5 Schedule and targets of activities

### 3.3 対策案の検討

最初に、外気負荷を低減させる対策案として関係部署を交え検討したところ、予測どおり三つの案が出た。空調メーカからは、ノズルは昔の空調機で省エネが考慮されてないため、最近の空調機で採用されている内気循環方式や全熱交換機といった改造案が出され期待をしたが、いずれも見積金額、投資回収年ともに予想をはるかに上回り、今回は見送りとなってしまった。そこで私たちが提案した「空調スペックを見直し設定温度を上げる」案を、チームで進めて行くことにした。Fig. 6 で示すように空気線図を使い現状のエネルギー状態をみると、外気 33°C の空気が冷却され、先ず温度が変化し、更に冷却を続けていくと空気中の水分が凝縮し除湿され湿度も変化する。そしてその冷却エネルギーが今回のキーワードとなるエンタルピー、即ち冷凍機の電気代に直結する。

ここでのポイントは、この除湿のエネルギーが温度の 3 倍と非常に大きいことである。

そこで今回の対策案を確認してみると、例えば、室内の温度を 3°C 上げた場合の省エネ効果は、夏場では平均 30% 低減と推測される。即ち、この対策案を成功させれば大幅な省エネが図れることが分かった。しかし、温度を上げるには空調スペックの変更が必要なため、早速、上司の了解を得て、生技を交えスペックの見直しを行なった。そして加工精度等の項目を検討した結果、研削・組付室とともに設定温度をそれぞれのレベルに上げることの了解を得た。その見直し結果を基に取り組んだ活動として、先ずステップ 1 の「段階制御」があるが、これは Fig. 7 で示すように従来は外気温度に関係なく設定温度が一定であったものを、外気温度に合わせ設

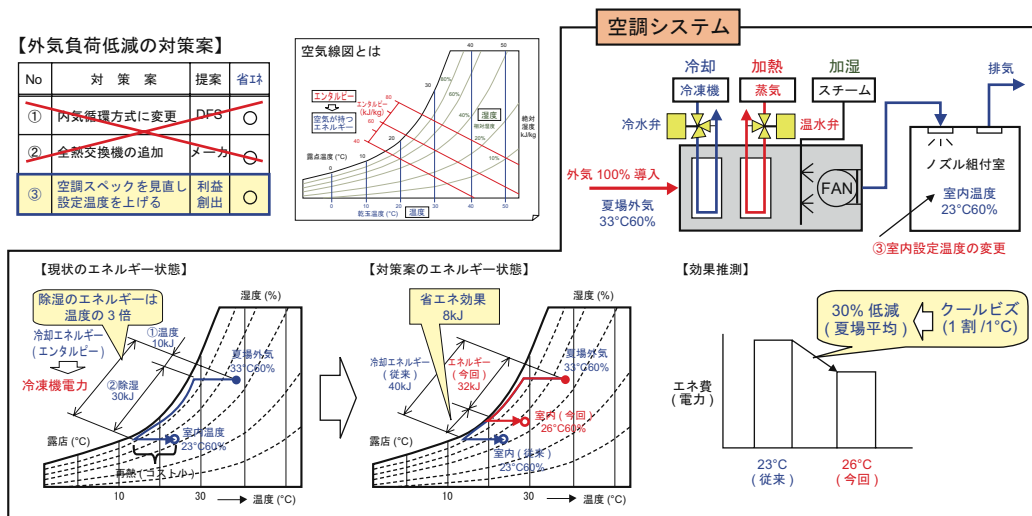


Fig. 6 Check of planned measures

定温度を季節毎に段階的に切り替えることにより、冷暖房負荷が減り省エネとなる制御である。

この「段階制御」を組付室へ応用した事例について説明する。ここでの課題は Fig. 8 で示すように「段階制御」を実施すれば効果は出るが、更に細かく、春秋といった中間期一日のエネルギー状態を調べてみると、

昼・夜の温度差が図のように大きく、冷暖房ともにムダな電力が発生していることである。そこで、ステップ1の研削室には、温度切替に制限がありこの対策は不可能であったが、今回の組付室は対策が可能ということで、私たちは、この一日の外気温の変化に対して設定温度をリニアに追従させ、「段階制御」の効果から

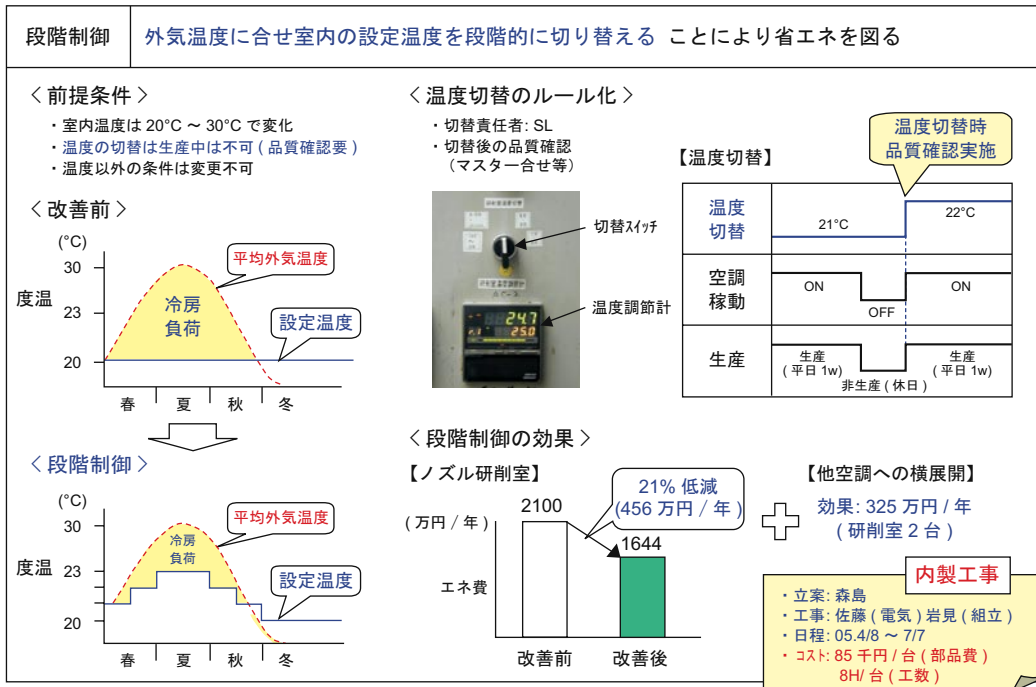


Fig. 7 Introduction of step control

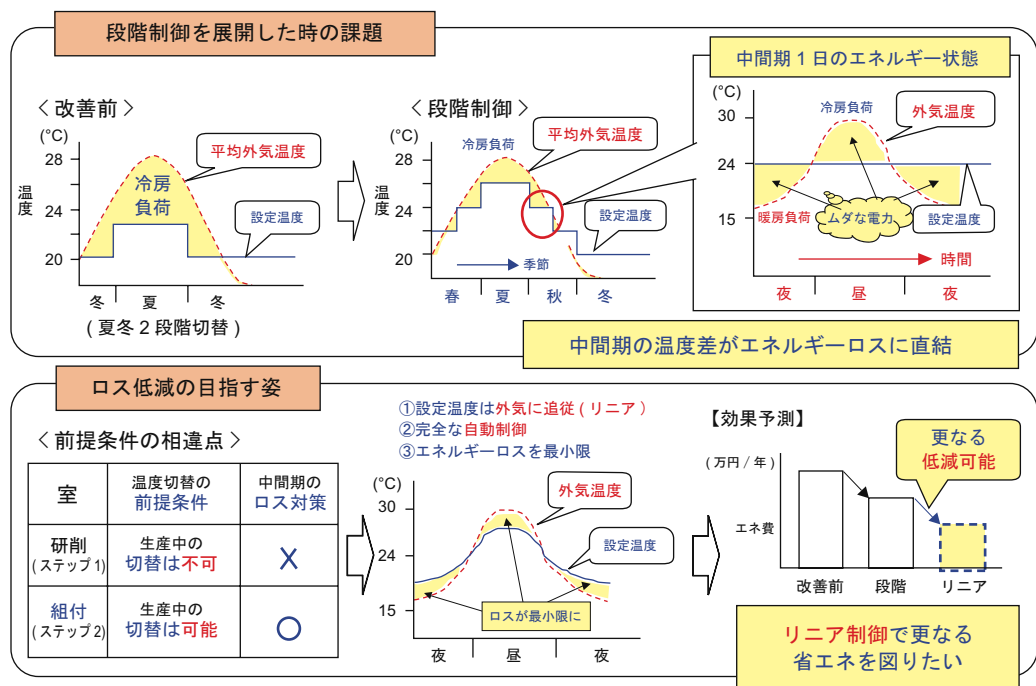


Fig. 8 Expansion to the assembling room

更なる省エネを図りたいと考え、具体的な制御方法を検討することにした。

チームで検討する中、Fig. 9 で示すように電気専門のAさんから比例制御の案が出された。それは、スペックの見直しで決定された20°Cから26°Cの設定温度を外気温度基準で比例変化させ、ロスを抑える制御である。しかし、前に説明したように除湿のエネルギーは温度の3倍必要であるため、この温度基準だけでなく、湿度も考慮した基準の選定が必要と判断し、その選定方法について、更に年間のシミュレーションで検討した。

その方法は、Fig. 10 で示すように空気線図を使い、

先ず年間の外気の温湿度と目標値である室内の条件を図のようにプロットする。次に、今回の検討項目である湿度に関係のある基準を四つ選んだ。

例えば、エンタルピーはこのラインになる。そして、四つの基準の中で年間を通して、この必要エネルギーが最も少なくなる基準を選択した。

その結果、Fig. 11 で示すように、例えば梅雨時の温度は低いが湿度は高いといったAゾーンをみてみると、温度基準では外気22°Cに対する設定は22.5°Cとなり20kJのエネルギーになるが、エンタルピー基準では設定が26°Cと上がるため、エネルギーも半分になるので、

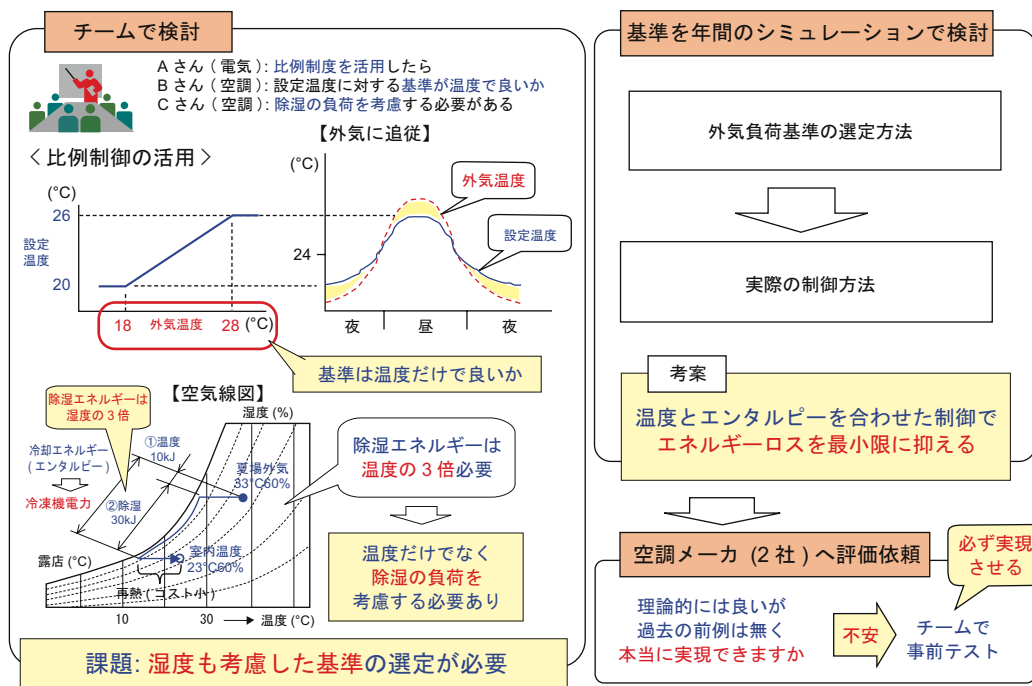


Fig. 9 Study of planned measures

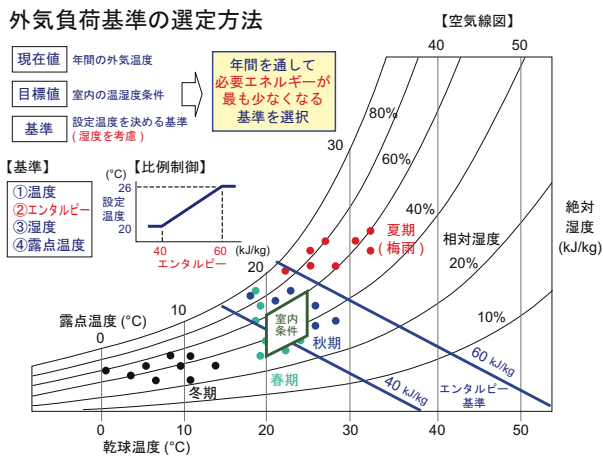


Fig. 10 Study of simulation 1

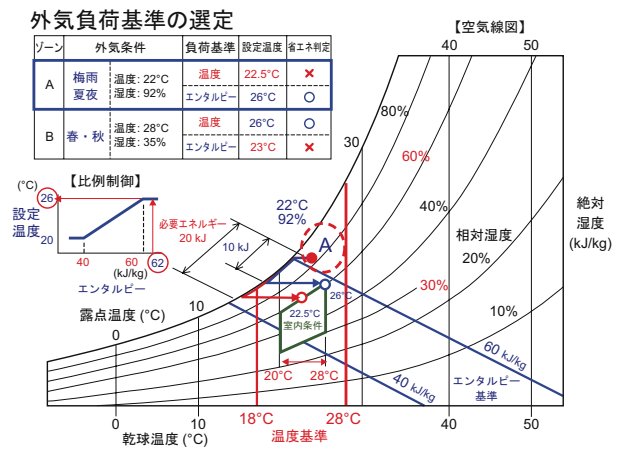


Fig. 11 Study of simulation 2

このAゾーンではエンタルピー基準を選択する。

しかし、Fig. 12で示すように、春秋といった湿度の低いBゾーンでは、エンタルピー基準では8kJ、温度では半分の4kJとなるため、Aゾーンとは逆の温度基準の選択となる。

以上 Fig. 13で示すように、年間の評価結果から、私たちは外気温度とエンタルピーの二つの基準を使い、設定温度の高い方を選択、即ちエネルギーロスを最小限におさえる制御方法を考案した。

### 3.4 事前テストの実施

そこで早速、この考え方を空調メーカーへ打診したところ、理論的には良いが過去に前例がなく、「本当にできますか?」と不安を示されたが、私たちは「必ず実現させる」という強い思いから事前テストで検証することにした。そのテスト内容は Fig. 14で示すように、

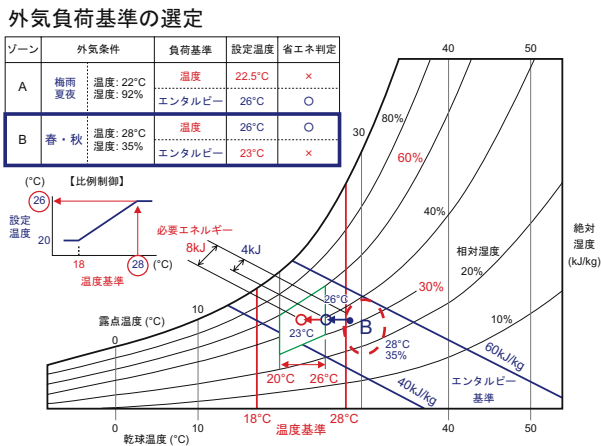


Fig. 12 Study of simulation 3

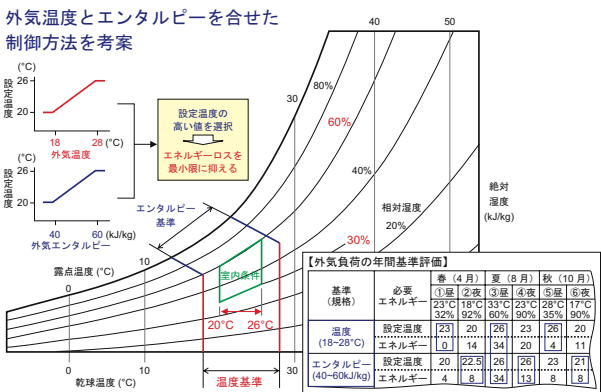


Fig. 13 Study of simulation 4

チームのノウハウでこのようなテストシステムを組み、この二つの項目をデータにて検証することである。その結果、例えば外気23°C90%の入力条件のエンタルピーの演算値・設定温度とも理論どおりの制御出力で、判定は「○」といった、私達の予測どおりの検証データを得ることができた。

早速データを基に再度メーカーへ確認し、メーカーも納得のもと、自信を持って対策に踏み切ることにした。

### 3.5 対策の実施

その対策は Fig. 15で示すとおりで、私達が作成した改造図面をもとに図のような制御フローで、中間期のエネルギーロスを最小限におさえることができた。その効果はノズル室では予想を上回る38%の低減、更に6台の横展開で、トータル3292万円と大きな効果を上げることができた。そして今回の改善を全て内製で実施し成功させたことにより、空調メーカーからは、今までに例の無い画期的な省エネ改善と称賛を頂き、業界初の「外気負荷リニア制御」を完成させることができた。

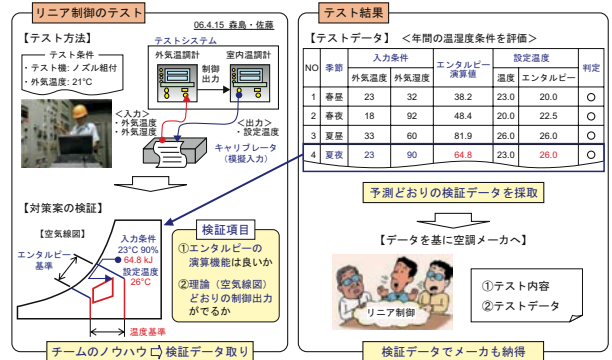


Fig. 14 Preliminary test

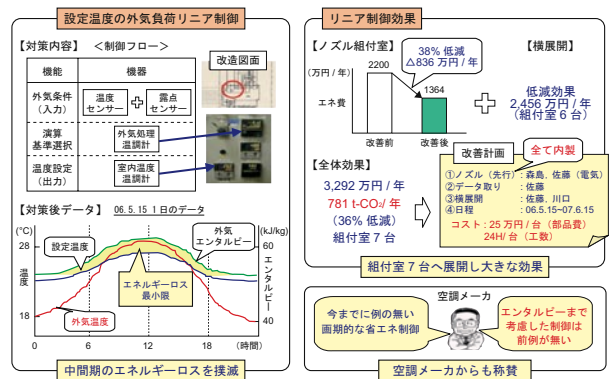


Fig. 15 Implementation of measures

#### 4. 省エネ効果のまとめ

以上、エコプラン 330 の効果をまとめてみると、Fig. 16 で示すように、今回の事例を始め、ほとんど内製で取り組み、特許も 3 件申請し、計 59 台の改善で、年間 9000 万円を超える効果を上げることができた。

その結果 CO<sub>2</sub> の低減を含めエコプランの目標を大幅に達成させることができた。

#### 5. 今後の計画

最後に今回の活動を振り返ってみると、私たちの強みである特殊空調のノウハウを活かし、高度な省エネ改善を実現させたことにより、チームのレベルアップが更に図れた。

今後は、今回の改善内容を省エネ仕様書としてまとめ、施設部へ反映し、施設部から全社へ展開していく。私たちは空調の省エネにおいて、常に全社のリーダー役を目指して行きたいと考えている。

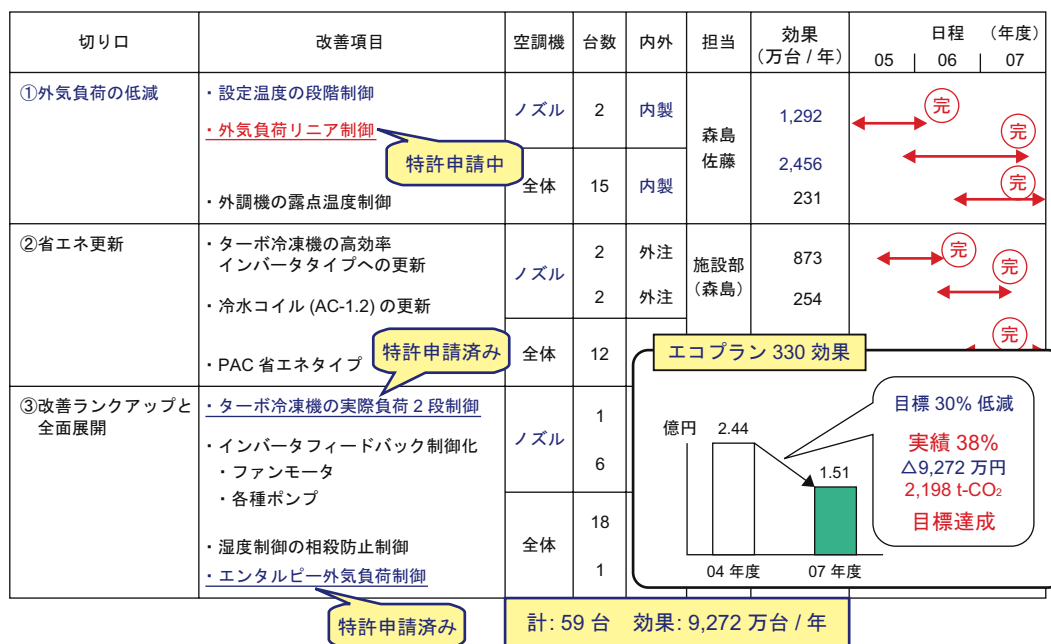


Fig. 16 Results of Ecoplan 330

< 著 者 >



森島 弘  
(もりしま ひろし)  
ディーゼル噴射製造部  
空調設備の保全と省エネ推進業務  
に従事