

# 事務所ビルにおける省エネルギー対策

坪田 祐二\*

## Integrated Energy Efficiency Systems for the Office Building

by

Yuji TSUBOTA

### Abstract

This paper introduces several results, which was adopted in a building, of my R&D works while I had studied in a utility company. This building is currently engaged in various efforts that aim to achieve a creative research environmental with lower energy consumption and to contribute to create a pleasant environment in surrounding areas. Work being undertaken includes a fusion of architectural planning and system planning, the development of a Cold Air Distribution System using Ice Storage, and the promotion of energy conservation without loss of comfort in perimeter zones (window) by controlling heat and light. Furthermore, thanks to a next-generation building control system and precise energy operation management by the building operation working group, annual energy consumption is now about 1,356MJ/m<sup>2</sup>, showing an energy saving of 35%.

All results written in this paper are belonged to TEPCO, so you must refer to the original reports shown in the references.

**Keywords:** Energy Conservation, Cold Air Distribution System, Intelligent Window System, Lighting Control

### 1. はじめに

本建物は、エネルギー会社の研究センターとして建設され、平成6年9月に一期工事が竣工し(Photo1)、平成13年12月に全工事が竣工したものであり、ここでは、一期工事を中心に建物の省エネルギー対策について紹介する。

本建物は、エネルギーの有効利用を図ったモデルビルとして推奨できるよう、蓄熱式空調システムを中心に各種省エネルギー・システム、負荷平準化技術を適用したモデルケースとして位置づけられている。また、その計画にあたっては、創造の場にふさわしい快適性を保ちながら将来の変化にも対応可能なよう、建築、設備が一体となったシステム構築を行った。

その際、本建物の設備計画においては、次の4項目を重点に計画し、環境に配慮した省エネルギーを実践した。

- ①建築計画と設備計画の融合
- ②熱と光の制御による開口部の快適環境と省エネルギーの実現
- ③氷蓄熱を有効活用した低温冷風空調システムの開発
- ④情報・制御の統合による環境管理とエネルギー管理の高度化

### 2. 建築および設備概要

本建物においては計画の初期段階から意匠・構造・設備の技術者が、従来の分野の枠を越えた一體的な検討を行った。これにより、配置計画、平面計画、断面計画において、次節以下に示すような省エネルギー、快適性の向上、将来のフレキシビリティへの十分な配慮が可能となつた。

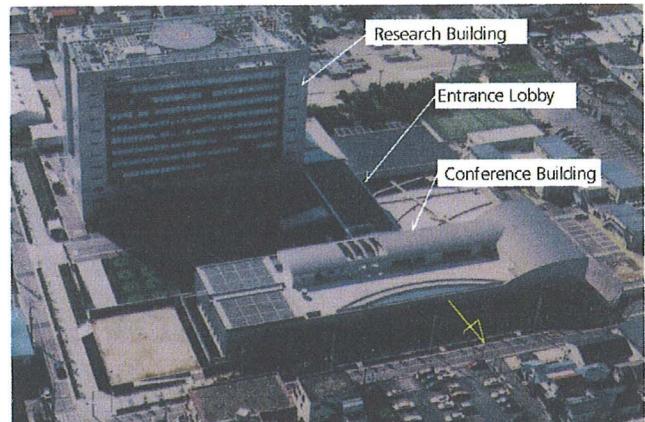


Photo1 View of the R&D center building(1st Phase)

基本的な施設配置としては、全体を高層の研究棟と低層の厚生会議棟に二分し、両棟の間にバッファゾーンとしての機能も持つ大空間のエントランスロビーを配置し、明快なゾーニングとしている。高層の研究棟は敷地中央に置き、周辺への日影の影響を極力抑えるとともに、外部騒音の影響も緩和している。また、負荷の中心となる研究棟の地下には電気室や熱源機械室・蓄熱槽などを集中配置し、厚生会議棟へは設備洞道を設け供給処理系の用に供することで、省エネルギー・日常点検の省力化・設備改修時への対応性向上などの効果を生み出している。

建築・設備概要を以下に示す。また、第1研究棟の基準階平面図をFig.1に示す。第1研究棟は、基本的に南側を研究室、北側を実験室として使用している。

\* 工学部建築学科教授 工博

所在地 横浜市鶴見区

敷地面積 46,042m<sup>2</sup>

竣工 1994年9月

構成建物

第一研究棟 11F、B1F S+SRC 造 28,481m<sup>2</sup>厚生・会議棟 4F、B1F SRC 造 9,911m<sup>2</sup>エントランスロビー S 造 1,121m<sup>2</sup>

主要設備

熱源 水冷ダブルバンドルブラインチラー

空冷ブラインヒートポンプチラー(熱回収型)

アイスオンコイル型氷蓄熱槽

温水槽

空調機 各階 AHU 方式 VAV、VVW

窓システム 自動制御ブラインド内蔵ベンチレーション窓  
(第1研究棟南側)

照明 昼光利用制御、適正照度維持制御(第1研究棟南側)

### 3. 热と光の制御による開口部の快適環境と省エネルギーの実現

#### 3.1 ベンチレーション窓

本建物では、窓からの流出入エネルギーを低減するため研究棟南面にベンチレーション窓を採用している。この窓システムは二重ガラスの間にブラインドを設置するとともに、内ガラス下部から室内の空気を吸い込み、ガラス間を通して室外に排出する構造になっている。Fig.2に示すように、ブラインドは日射によって温められるが、この熱は室内に入る前にガラス間を流れる空気によって室外に排出されるため、窓面からの日射による冷房負荷は従来の1/3程度に低減される。また、室内外の温度差により窓面を出入りする熱も、同様に屋外へ排出されるため、これによる空調負荷も従来の1/3程度に低減される。このほか、内ガラスの表面温度が室温に近づくため、窓際の温熱環境の改善も同時に実現されている。これらにより窓際の空調機とそれに伴う配管工事が不要となっている。

なお、排出される空気量は通常の換気に必要な空気量以下であるため、そのために余分なエネルギーを使用するものではない。

この窓のブラインドは、日射を有効に遮ることが必要であるが、可能な限り眺望を確保するため、スラット(羽根)の昇降および角度の自動制御システムを採用している(Fig.3)。スラットの角度制御は、一定の強さ以上の直射日光が、一定の距離以上、窓から室内に入ってこないように自動でコントロールされている。また、太陽の方位により物理的に直射日光が窓面に当たらない場合や、長時間曇りの状態が続くといった場合には、ブラインドを上昇させる制御も行っている。これにより、ベンチレーション窓で日射による熱の制御を行うとともに、眺望を可能な限り確保し、執務環境の向上が可能となっている。

#### 3.2 照明制御システム

窓近傍では、昼間は窓を通して昼光が入ってくるため、昼光と人工照明を合わせた照度が基準値を満足すればよい。そこで、本建物ではブラインドの状態から室内への昼光導入量を演算し、その結果により南側窓際2列の照明器具を必要量だけに調光する昼光利用制御を採用した(Fig.4)。昼光に応じて照明器具を制御する方式は以前から提案されていたが、これまでの照明器具

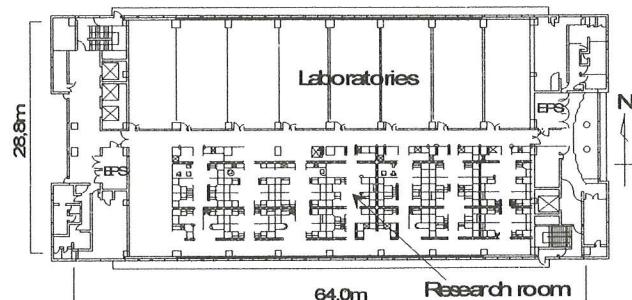


Fig.1 Typical Floor Plan of the Research Building

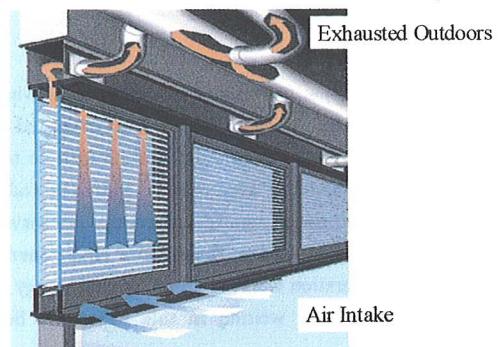


Fig.2 Ventilation Window

Morning & Evening : raised      Nighttime: fully closed

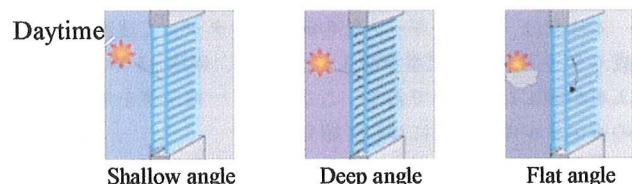


Fig.3 Image of Slats Control

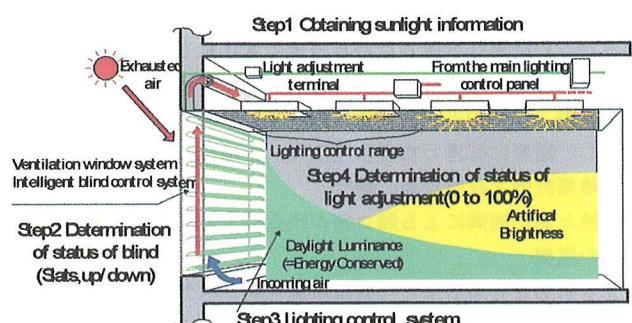


Fig.4 Lighting Control System using Daylight

では0~100%の範囲での連続調光ができず、ON-OFF制御が併用されていた。ところが、ON-OFF時には急激に照度が変化するため執務者に受け入れられないという課題があった。また、ブラインドが手動で動かされるため、的確な照度計算が不可能でもあった。今回、自動制御ブラインドにより室内への昼光導入量が演算可能となるとともに、広範囲での調光可能な照明器具の開発が行われ、受容性の高いシステム構築が可能となっている。

Fig.5に1日の照明システムの動作状況を示すが、机上面照度は750lxを維持しながら、日射に対応して、窓側から1、2列目の照明が制御されている状況がわかる。

本建物では窓側2列を星光の影響範囲として昼光利用照明制御を行っているが、3列目以降では、適正照度維持システムを採用している。通常の照明器具選定では将来の器具の汚れや効率低下等による照度の低下を加味しているため、初期は照度に余裕がある。そこで、この余裕分を適正值まで低減するのが適正照度維持システムである。本建物では机上面照度が750lxになるように照明器具の出力を毎月1回、自動チューニングしている。なお、照明器具には発光効率の高いHf照明器具を採用しており、昼光利用制御、適正照度維持制御と合わせ、年間の照明用エネルギー消費を1/2に低減している(Fig.6)。また、照明器具は発熱体でもあるため、その消費エネルギーの低減に伴い、建物全体での冷房負荷が約1割低減されている。

#### 4. 氷蓄熱を有効活用した低温冷風空調システムの開発

本建物では電力の有効活用のため大規模な氷蓄熱を採用している。氷蓄熱は近年、急速に普及しているため、技術的説明は省略するが、その課題としては製氷用熱交換器の追加や製氷に関わる冷凍機の効率低下等に伴う設備費、運転費の増加があげられる。これらを補い、システムとしての経済性と省エネルギー性を高めるため、氷蓄熱の持つ低温に着目し、10°Cの冷風(従来は16°C)を直接室内に吹出す低温冷風空調システムを開発して本建物に採用した。開発にあたっての懸念事項としては、

- ①冷たい空気は密度が高いため天井の吹出口から拡散せずに下降し、ドラフト感と温度分布のムラが生じないか。
- ②吹出口で結露が発生しないか。
- ③低温冷風に伴い低湿度になることによる居住性に問題はないか。

等があった。そこで、採用に先立ちコールドドラフトや結露の問題に関する実験と解析を繰り返して、それらの解決を図るとともに、低温、小風量でも充分な拡散性能を持つ角型高拡散型吹出口を開発した(Fig.7, Photo2)。

低温冷風による効果としては、従来より小風量で空調するため、ダクトや空調機が小型化でき、ファン動力が低減されることがあるが、本建物ではダクトの梁貫通により階高が縮小されるという効果も得られている(Fig.8)。なお、本建物では負荷に応じて風量を制御する変風量方式を採用しており、実測データをもとに、従来の16°C吹出しのシステムと送風機動力を比較すると、Fig.9に示すように約4割の電力量削減効果となっている。

#### 5. その他の省エネルギー、省資源技術

本建物では太陽光発電、燃料電池といった新しい発電システムを研究用として数年間設置したほか、磁気軸受式の排熱回収冷凍機の採用、雨水の雑用水系への利用を行っている。また、エントランスロビーでは、冷房負荷の大きな西面が大きなガラス面であり、空調負荷を抑えるために低放射フィルム内蔵ペアガラスや外ブラインド(自動制御内蔵)を採用している。

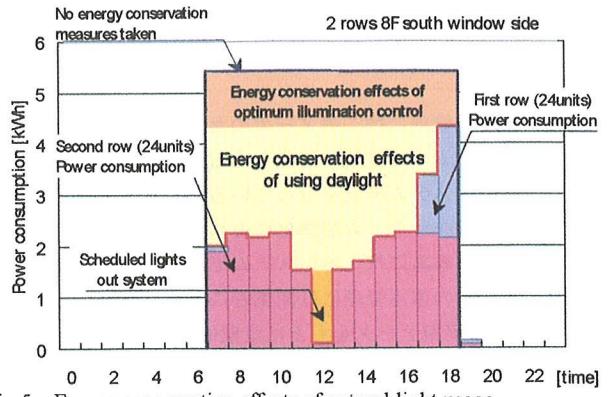


Fig.5 Energy conservation effects of natural light usage  
(clear weather)

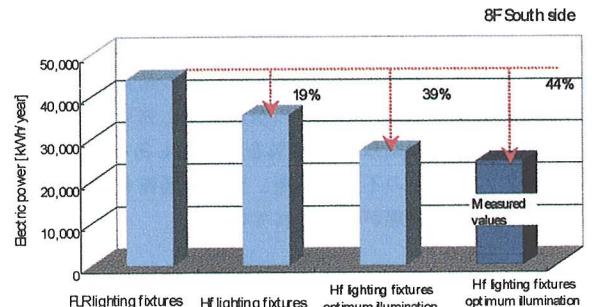


Fig.6 Energy Conservation Effect of Lighting Control System

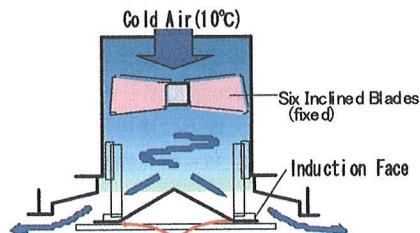


Fig.7 Section Image of Air Outlet for Cold Air Distribution

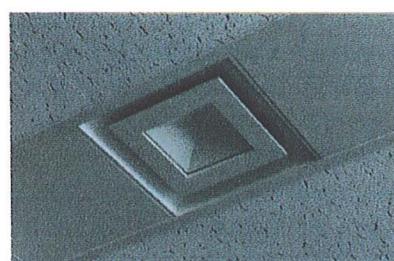


Photo 2 Air Outlet for Cold Air Distribution

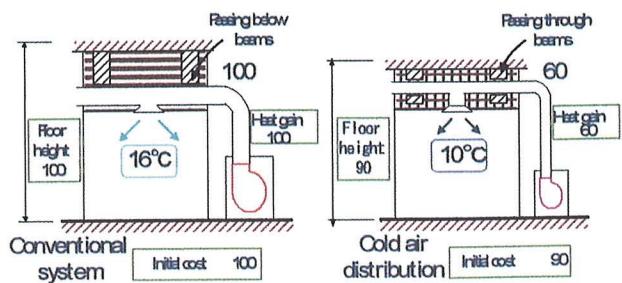


Fig.8 Benefits of Cold Air Distribution System

## 6. 情報・制御の統合による環境管理とエネルギー管理の高度化

設備の制御・管理には、異メーカーのセンサ、制御機器や機能別の制御システムとの接続を可能とするためLANを用いたオープン思想のシステム構成を行っている。また、計測データの処理・保存フォーマットの標準化により、汎用ソフトを利用した各種の解析が容易に行えるシステムである。

なお、本建物の運用管理には関係者によるワーキンググループを設け、運転実績データをもとに定期的な検討会を行い、数々の改善により設計思想の具現化を図っている。

最も顕著な事例としては、残業時の照明のタイムスケジュール制御がある。実測データから、夜間に執務者がいない場合でも、かなりの照明が点灯されていたことから、19時と22時に各スパン2列の照明を消灯し、残業者は各スパンのリモコンスイッチで自席付近を点灯することにした。その結果、不要な点灯が防止されるとともに、退社時の消灯意識も強くなり、対策前に比べ照明用電力の低減率が10%を越す階もあった。

このほかにも、設備の不具合箇所、交換履歴等も関係者で共有でき、適切な維持管理が進められている。

## 7. 省エネルギー効果

これら技術の有効性を確認するため、各種の実測とともに温熱環境や視環境についてのPOE(居住後評価)を実施し、温熱感、照明制御、ブラインド制御のいずれも十分な満足が得られていることを確認している。なお、年間の一次エネルギー消費量は約370kWh/m<sup>2</sup>年であり、35%の省エネルギーを達成した(Fig.10)。

さらに、蓄熱式の採用により、電力の使用が夜間に移ったことで、CO<sub>2</sub>、SO<sub>X</sub>、NO<sub>X</sub>の発生量も35~40%低減しており、環境面でも大きな効果を上げている(Fig.11)。

## 8. おわりに

本センターは竣工して10年目が過ぎ、この建物に勤務する人々や運用管理に携わる人々もこの建物に愛着を感じ、ここで働くことを自慢に思っているようである。計画から設計・施工そして運用と各段階での大胆かつきめ細かな配慮により、環境・省エネルギー建築賞の建設大臣賞、空気調和・衛生工学会賞技術賞、日本照明学会賞大賞、電気設備学会賞施設賞、ニューオフィス大賞、Gマークと多くの賞を受賞し、昨年は空気調和・衛生工学会賞十年賞を受賞している。今でも大勢の方々が見学に訪れているそうである。

最後に、本紹介は筆者が東京電力在職中の研究活動として実施した省エネルギー建築について述べたものであり、電気学会での研究会にて報告した内容から主要部を再掲したものである。筆者の企業在職中の成果はすべて東京電力に属するものであり、本文中の内容を引用する際は、本論文を引用せず、参考文献から引用してください。

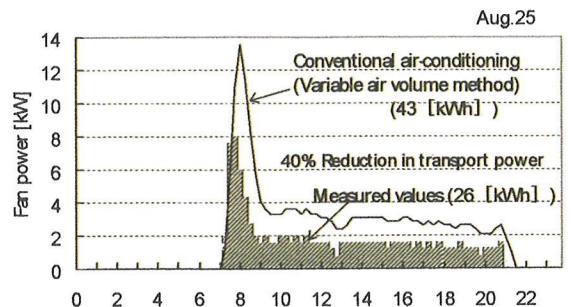


Fig.9 Reduction in Fan Power through Cold Air Distribution System

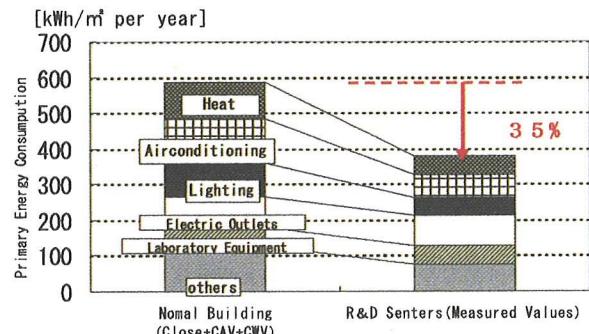


Fig.10 Reduction of Primary Energy Consumption

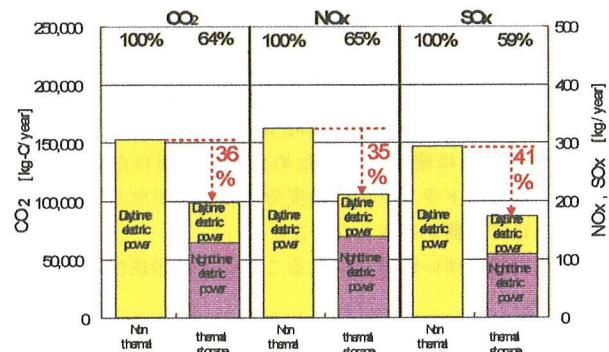


Fig.11 Environmental Load Reduction Effects

### 参考文献

- 坪田祐二:「事務所ビルにおける省エネルギー対策」: 電気学会一般産業研究会 GID-03-5, pp.1-5 (2003-9)
- 柳原、鈴木他:「東京電力技術開発センターの空気調和設備」: 空気調和・衛生工学 Vol.71 No.11, pp.23-34 (1997-11)
- 坪田祐二「電気設備における環境負荷低減技術—東京電力技術開発センターの場合ー」BE 建築設備, 第 560 号, pp.39-48, (社)建築設備総合協会(1997-10)
- 鈴木孝佳: 東京電力技術開発センター, IBEC, No.106, pp.24-29, (財)住宅・建築省エネルギー機構(1998-5)
- 東京電力技術開発センターにおける省エネルギー・負荷平準化への取り組み, 電気設備学会誌, Vol.18 No.12, pp.34-39 (1998-12)
- Y.Tsubota and K.Yamakawa: "Energy Conservation in TEPCO R&D Centers", Proc. Eco Design '99, pp.1008-1011, Tokyo, JAPAN (1999-2)
- Y.Tsubota and K.Yamakawa: "An Integrated Energy Efficiency System for the Building", Proc. IERE Workshop on Energy Efficiency in Industries, Montreal, CANADA (1999-6)