

# 次世代技術を導入した環境配慮型建築（その1）

技術研究所本館の計画

川島 実

（技術研究所）

中村 卓司

（技術研究所）

佐藤 文人

（設計本部）

## Environmentally Conscious Building with State of the Art Technologies (Part 1)

- Planning the Main Office Building of the Institute of Technology -

by Minoru Kawashima, Takuji Nakamura and Humito Sato

### Abstract

One of the design concepts for the main office building of the Institute of Technology, Shimizu Corporation, is environmental consciousness. The design incorporates state of the art environmental technologies, including a TRIMAX thermal storage HVAC system, task and ambient air conditioning with personal diffusers, slurry ice transportation, free cooling, fresh-air intake control according to CO<sub>2</sub> concentration, a zone control system using positioning data with PHS, etc. The LCCO<sub>2</sub> reduction target of 35 percent compares well to that of an ordinary office building, and the monitoring system will be able to measure and analyze the target.

### 概要

清水建設技術研究所新本館は環境配慮型建築を設計コンセプトの一つとして計画を行った。特に、省エネ・環境負荷低減の技術として TRIMAX 蓄熱空調システム、パーソナル吹き出し口を使ったタスク&アンビエント空調、氷水搬送、外気冷房、CO<sub>2</sub> 外気量制御、PHS 位置情報利用の省エネ制御システムなど、さまざまな革新的技術を盛り込んで計画した。本報ではそれらの技術と、LCCO<sub>2</sub> 排出量を一般事務所ビルより約35%低減するよう目標性能を定めて計画したことについて述べると共に、今後これを検証してゆくために設置したモニタリングシステムの内容について報告する。

### § 1 . はじめに

1997年12月に京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)以降、我々の生活や事業活動の中で地球温暖化防止に関するさまざまな取り組みが求められている。建築物に関しても全く同様であるが、建築物の省エネルギー、環境負荷低減を考えるにはその企画から設計、運用、改修、解体まで建物生涯(ライフサイクル)に亘って配慮してゆくことが重要である。

清水建設(株)技術研究所新本館は環境負荷低減を大きなテーマに、さまざまな新技術を盛り込み、「研究・開発・実証の場」として計画した。

本報では2003年10月に竣工した新本館の建築設備関連技術を中心にその概要を報告する。次報以降には年間の運転実績や性能検証について報告する予定である。

### § 2 . コンセプト

新本館は清水建設創業200年の節目に、21世紀をリードする先進技術を実証し、都心型の技術研究所としてお客様と当社との技術的な接点の場となるよう、以下を設計コンセプトとして計画した。

時代の変化にフレキシブルに対応できる空間構成  
ライフサイクルに亘る省エネ・環境負荷低減の実現

次世代型安全・安心建築の実現

IT・高度情報化時代に相応しい建築機能と設備機能の実現

先進の建築技術、情報・設備技術など革新的技術の実証

特に環境負荷の低減に関しては、建築的手法や各種省エネ技術を効果的に組み合わせるパッケージングすることによって、ライフサイクルに亘るCO<sub>2</sub>排出量を従来の一般的事務所ビルに比べて約35%削減する

“エコビルバック35”を実現するように計画した。

### § 3 . 建築の概要

最も大きな建築的特徴は1階にある独立の6本柱によって建物が支えられていることである。2～5階部分のメガトラスを持つケージ(鳥かご)状構造体とその上の一回り小さな6階を持つ建物全体が6個の免震装置に載っている。1階の柱間は32mの長スパンを持つ大架構となっており、この新構造システムは、都市域での既存建物をまたいで建設するような都市再生にも使える技術として開発・採用した。建物をケージ状構造とすることで、内部には広い無柱空間を実現し、設備の配置計画や内装のシステム化などを検討することによって、空間構成のフレキシビリティと機能的な長寿命を具現化した。

1階のピロティー空間は構内通路にもあたるため、大型建設車両が通過できる5mの高さを確保し、多目的な半外部空間とした。1階にはエントランスホールと機械室、2階に食堂、ショールーム、3階～5階はオフィス空間、6階は情報センター等を配置した。5階屋上部には屋上ピオトープ、壁面緑化を設置した。

また、次世代の安全・安心技術として、構造ヘルスマニタリングシステム、火災フェイズ管理型防災システム、ドレンチャー水幕型防火区画システムを採用し、設計時には建物全体での耐火性能を確保する新耐火設計手法を用いて設計を行った。

情報化技術関連では、従来のオフィスLAN、設備制御、音声・電話、映像系の情報をIP技術で一元化したIP統合技術、オープン化環境に対応したLONWORKS®システム、快適で安心な無線環境のための電磁環境制御技術を導入した。

写真 - 1 に建物外観を、表 - 1 に建物の概要を示す。



写真 - 1 技術研究所新本館 外観

### § 4 . 空調設備の概要

空調設備は当社の開発した「TRIMAX(トリマックス)蓄熱空調システム」を全面的に採用した。TRIMAX蓄熱空調システムは

ダイナミック型氷蓄熱「ダイレクト・ピュア・アイス」、

全面床吹き出し空調「フロアフロー」、

躯体蓄熱「ストラストレージ」、

の3技術から成る空調システムであり、省エネルギー・電力負荷平準化に加え、高い快適性を実現する空調方式である。

「ダイレクト・ピュア・アイス」は約-2の過冷却水をつくり高効率に製氷するもので、ブライン(不凍液)や添加剤を一切使わない環境に優しい製氷ヒートポンプユニットである。本建物では粒状の氷を製造するダイナミック型の特徴を最大限に生かし、氷粒を含んだ0の冷水を4、5階の空調機に送る新方式の“氷水直送冷房”を採用した。

「フロアフロー」はOAフロア下の配線空間に空調空気を吹き込み、居室の床全面から均一に空気を滲み出す空調方式である。孔明きOA床と通気性カーペットを使用することで床面には吹き出し口を全く持たないことが特徴である。給気用のダクトや吹き出し口が不要となり、天井デザインの自由度が高い空調システムである。本建物の一部は天井を張らずに高い天井高を確保した事務室空間となっている。

躯体蓄熱「ストラストレージ」は、床スラブコンクリートおよびOAフロアの床材に夜間電力時間帯に蓄熱することで、昼間の空調負荷を削減する新しい蓄熱方式である。本システムでは空調機のリターン側にダンパーを設けるだけで、OAフロア下空間の空気循環による蓄熱運転を実現している。

熱源は1階の設備ヤードと5階屋上に分け、各階の

表 - 1 建物概要

住所	東京都江東区越中島
主要用途	技術研究所
階数	地上6階
構造	鉄骨造、一部鉄筋コンクリート造
建築面積	1,919m <sup>2</sup>
延べ床面積	9,634m <sup>2</sup>
基礎	鋼管コンクリート杭
躯体構造	鉄骨、ケージ状ストラクチャー
免震構造	鉛プラグ入り積層ゴム柱頭免震
外装	ガスケットカーテンウォール、アルスター鋼板
屋根	構造用デックプレート+断熱材+シート防水
内装	天井：岩綿吸音板、一部デック表し 床：OAフロア+タイルカーペット 壁：プラスチック+EP塗装



常図 - 4 に示す経路となる。外気は必要量だけ VAV により導入される。サプライ側にはダクトは無く、リターン側に二重床から戻るダクト、外気ガラリからの切り替えダンパーを持つ。

夜間の躯体蓄熱時は図 - 5 に示すように、冷風を二重床内に循環させて蓄冷を行う。通常は 1 次エネルギー消費量の少ない夜間電力を利用した早朝約 3 時間の躯体蓄熱を行う。空調時のサプライ温度は 18 に対し、躯体蓄冷時には 13 の設定とした。躯体蓄熱することで冷房ピーク時の約 2 割を夜間電力時間帯にシフトし、運転コストの削減に寄与する。

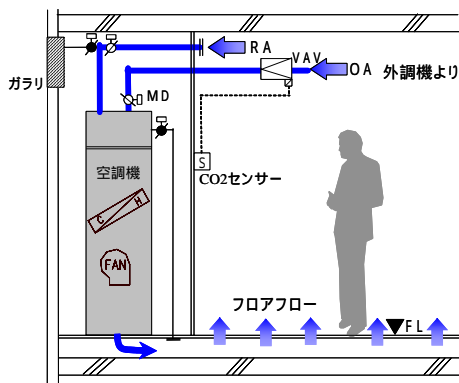


図 - 4 通常の床吹き出しモード

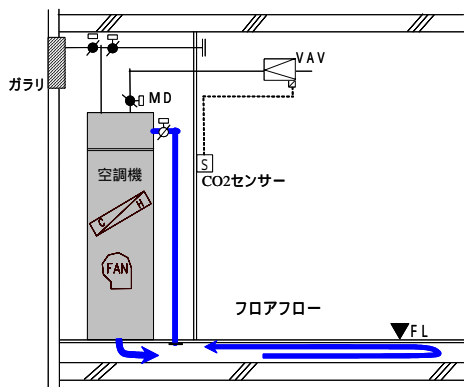


図 - 5 夜間躯体蓄熱モード

### (5) 外気冷房 + 外気蓄冷

中間期に外気冷房や外気蓄冷を行い、冷凍機動力および冷水ポンプ動力低減を図る方式とした。フロアフローは通常の天井吹き出し空調に比べ吹き出し温度が多少高めめの設定となっている特徴を活かし、外気冷房適用期間の拡大を狙っている。空調機にはガラリからの外気取り入れダンパーを設け、全外気運転を可能とした。外気冷房時は図 - 6 に示すように空調機から室内に導入した外気は吹き抜けを通り、6 階に設けられた排気窓から排出される。外気冷房の可否は中央からのモード設定と内外エンタルピ差、上下限温度より各空調機が個別判定を行う。室温制御は、外気とリターンの風

量比により行い、全外気運転で設定温度が満たせない場合は冷水を供給する。また、外気冷房時には外調機からの外気導入を閉じ、外調機の熱負荷および動力削減も図っている。

さらに、この外気冷房モードを夜間躯体蓄熱時に取り入れる外気蓄冷モードを設定した。通常、夜間躯体蓄熱時は図 - 5 に示すように、冷水を用いて冷風を作り二重床内を循環させて蓄冷を行う。これに対し外気蓄冷モードは、外気温が十分低い場合に全外気運転を行い、冷水を用いることなく冷熱を躯体に蓄熱するモードで大幅な省エネルギーを期待できる。また、外気冷房モードと同様に床下を通った外気は室内からコアの吹き抜けをとり 6 階の排気窓から排出されるため、躯体に蓄冷されるばかりでなくナイトパージ的に建物全体が冷やされる効果が期待できる。

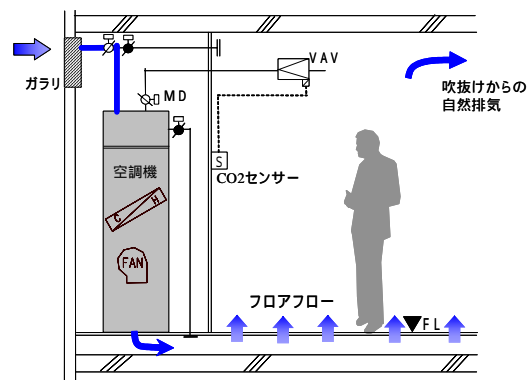


図 - 6 外気冷房、外気蓄冷モード

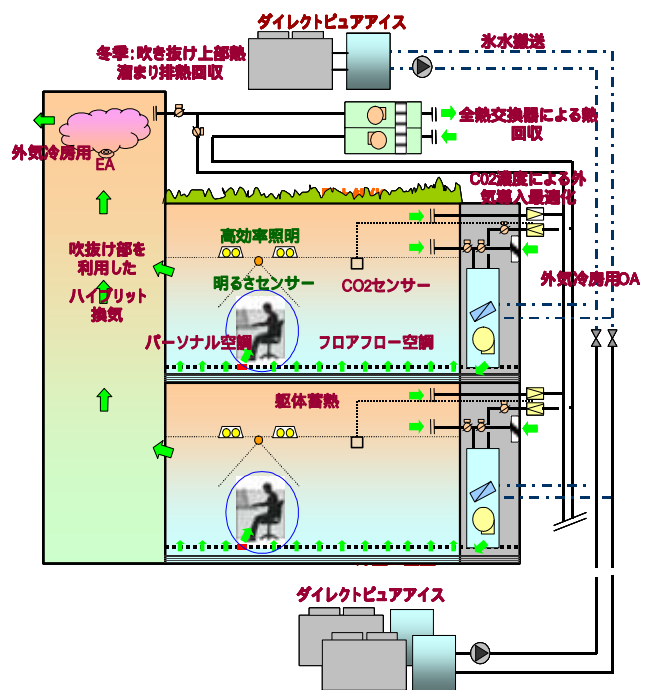


図 - 7 省エネ空調設備関連 概要図



### (6)ハイブリッド換気システム

外気取り込みには図 - 6 に示すように空調機のファンを利用するが、図 - 7 のように排気経路として吹き抜けを通じ自然排気することでファン搬送動力を抑制する。

### (7)全熱交換器による排熱回収

図 - 7 にあるように5階屋上に設置した全熱交換器により空調時の外気排熱回収を行い外気負荷低減を図る。また冬季は居室温度より高い吹き抜け上部空間の空気に切り替えて排気することで、より高温の熱回収を行う。

### (8)CO<sub>2</sub>濃度による最適外気取り入れ制御

室内CO<sub>2</sub>濃度によりVAVとインバータで最適外気取り入れ量を制御することで、外気負荷低減と、外調機ファン動力削減を図る。また、この制御方式は後述(10)の に説明する居住者の位置情報を利用した外気量最適化制御と切り替えが可能とした。

### (9)タスク&アンビエント空調

写真 - 2 のように居住者個人が自由に空調空気供給量を調整できる新開発の「パーソナル吹き出し口」を机下に設置した。人の居るタスク域を効率よく空調し、かつ、周囲であるアンビエント域の空調条件を緩和することで、省エネルギーと快適性を両立した“タスク&アンビエント空調”が実現できる。均一な環境を維持するよう空間全体を攪拌する従来型の空調方式に対し、気流感の少ないフロアフローに「パーソナル吹き出し口」で好みに応じた気流感を与えることで、より高い温熱快適感が得られる空調方式である。本空調方式は知的生産性向上が求められるオフィスや研究施設等に適した空調方式と考えている。



写真 - 2 パーソナル吹き出し口設置状況

### (10)PHS 位置情報利用省エネ制御システム

技術研究所の敷地内の電話は全面的に構内 PHS を採用した。今回、電話交換機 (PBX) から PHS 端末位置情報を抽出する技術を新たに開発したことで、ゾーンごとの在室人数をリアルタイムに把握することが可能となり、図 - 8 に示すように、以下の2項目の自動制御を実現した。

残業時の切り忘れ防止 : 残業時に在室人員がゼロとなった時点で当該ゾーンの照明・空調を停止する。

外気導入量適正化制御 : ゾーンごとの外気導入量を在室人員に応じた適正量に絞り、外気負荷の低減を図る。(CO<sub>2</sub>制御と切り替え可能)

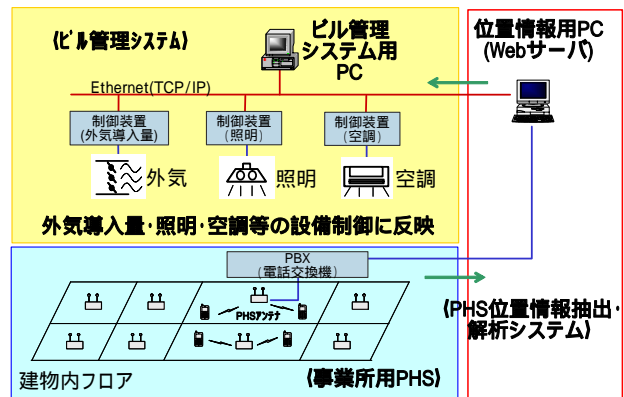


図 - 8 PHS を利用したビル制御システム全体構成

### (11)塵埃量による排気量制御

各階リフレッシュコーナーの排気ファン ON/OFF 制御を塵埃センサーにより行うことでファン搬送動力を軽減する。

### (12)高効率照明+スケジュール制御

インバータ式の高効率 Hf 蛍光灯を天井照明に採用し、スケジュール制御することで照明エネルギーの無駄の削減を図る。また、オフィス空間では天井照明と机上照明を分け、“タスク&アンビエント照明”を実現することで省エネルギーを図る。

### (13)明るさセンサーによる照明制御

明るさセンサーにより外光にあわせた調光および初期照度補正を制御することで照明エネルギーを削減する。また、6階の一部に新開発の「グラデーションブラインド」を使った昼光利用を採用した。このブラインドはスラット角度が徐々に変化しているブラインドで、日射を天井面の広い範囲に反射し室内照明の削減に寄与することができる。スラット角度は太陽位置演算機能を持つ自動制御ユニットにより最適化を行う。

## § 6 . 計画時の環境負荷低減性能

建物計画時には、一般事務所ビルに対して LCCO<sub>2</sub> 排出量削減 35% を実現すべく、外皮構造や建物使用条件、採用省エネ技術の組み合わせなどを変化させてシミュレーション計算による検討を行った。

まず、基準となる一般ビルの年間 1 次エネルギー消費量は、IBEC の省エネルギーハンドブック 2002 記載の事務所ビルの統計値[2041MJ/(m<sup>2</sup>・年)]を用いた。次に当社開発の設備システムシミュレーションプログラム SimPeace を用いて、省エネルギー設備を有しない場合、上述の技術を導入した場合について空調用電力、照明・コンセント・エレベータ等について消費電力量を求めた。

次に、建設、運用、維持、解体時の CO<sub>2</sub> 排出量を LCA 支援システム GEM-21 を用いて算出した。

その結果、図 - 9、10 に示すように年間の 1 次エネルギー消費量では一般ビルに比べ、省エネルギーシステム導入前で 30%、導入後で 46% の削減となった。また、LCCO<sub>2</sub>(60 年間)では一般ビルに比べ、省エネルギーシステム導入前で 17%、省エネルギーシステム導入後で 36% の削減となった。また、一般ビルと月単位の年間消費電力量予想は図 - 11 に示すような結果となった。

また、建築物総合環境性能評価システムによる本建物の評価は図 - 12 に示すようにランク「A」となった。

採用した環境低減技術をまとめたものを図 - 13 に示す。

さらに、付け加えれば、建設時においても環境負荷低減を考慮して以下を実践した。

伐採した樹木の循環資源化 100%

凝集脱水装置による杭打設時泥水の減量化

解体コンクリートからの再生微粉末を使った地盤改良

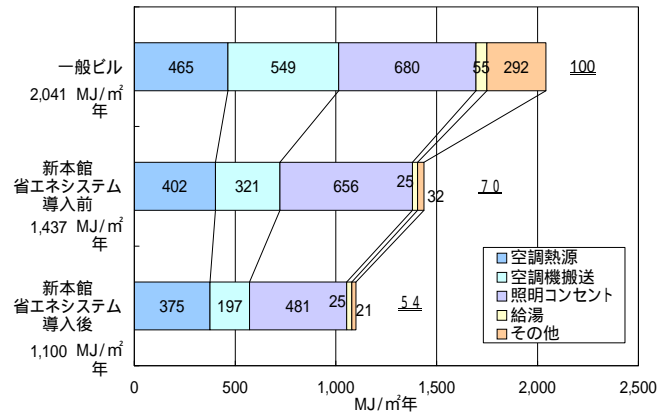


図 - 9 年間 1 次エネルギー消費量の比較

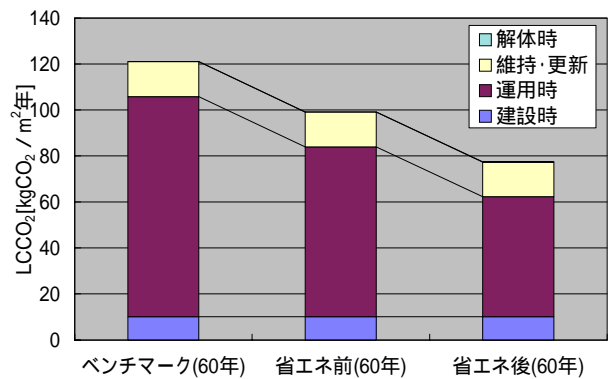


図 - 10 LCCO<sub>2</sub> の比較

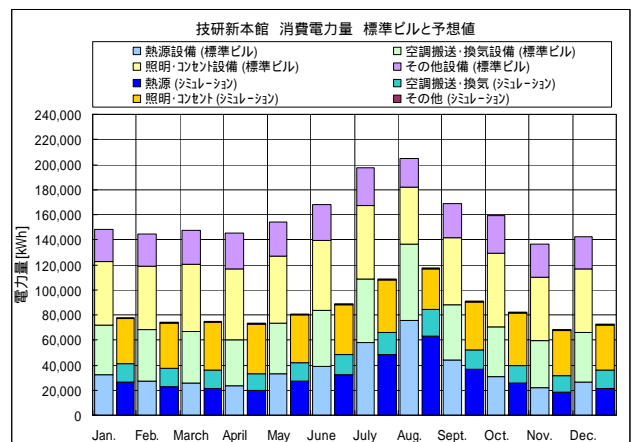


図 - 11 一般ビルと省エネ後の消費電力量予想

## § 7 . 設備制御システムと設備モニタリングシステム

### (1) オープン化・WEB 対応ビル管理システム

建物全体のビル管理システムとしては、WEB 対応の SCADA ソフトを採用した。これにより、パスワードがあれば、社内ネットワーク (イントラネット) 上のどの PC からでも、WEB ブラウザによりビル管理システムにアクセスし、従来の中央監視装置と同様の操作が可能なシステムとして構築した。画面例を図 - 14 に示す。

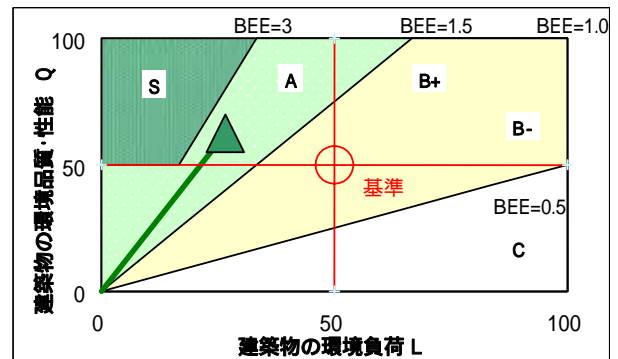


図 - 12 CASBEE 評価シート

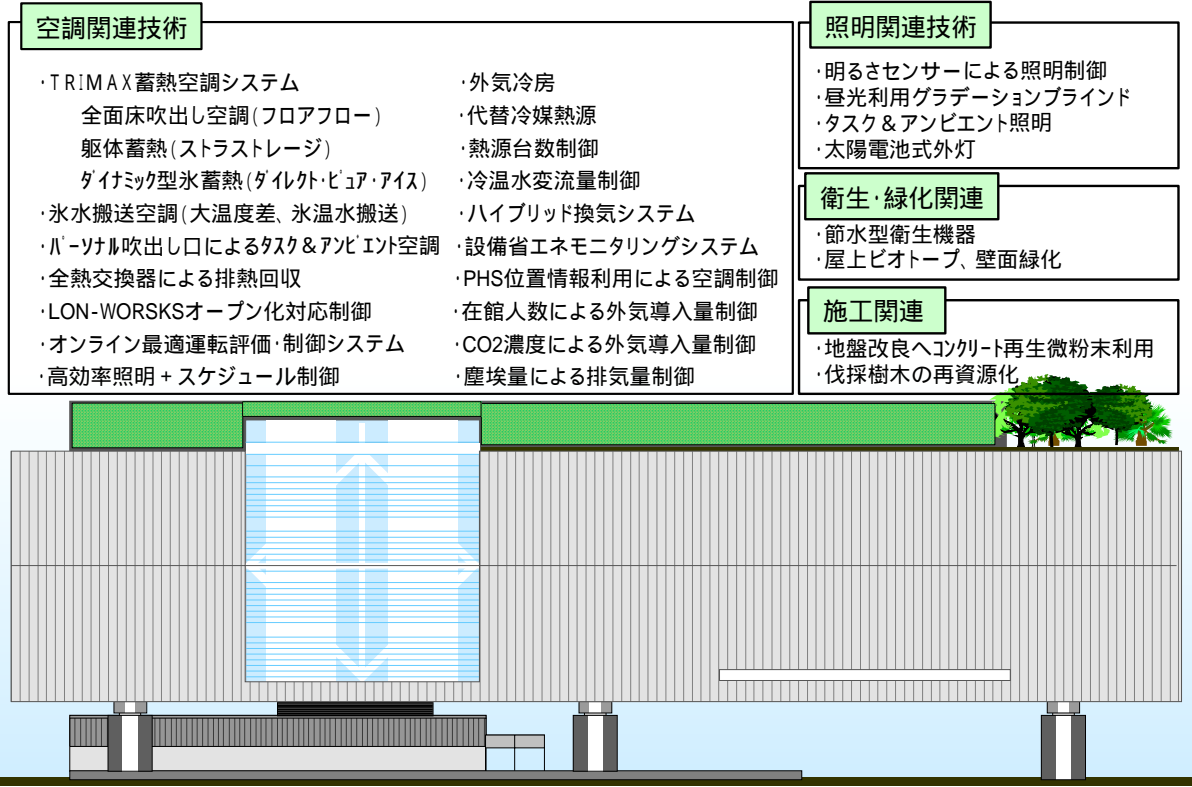


図 - 1 3 技研新本館の環境負荷低減技術

制御システムは PC ベースであるため、ビル管理設備の簡素化・省スペース化を実現でき、ビル管理室を設けなくても、自席 PC を中央監視設備として代用することも可能である。また、LONWORKS®システムを採用しており、ローカルの計測・制御のポイントは1000を越えるが、PC 上の管理ポイントは約 700 点であり、その内温度・流量など 200 点ほどをデータ収集に使用している。

(2)設備モニタリングシステム

設備モニタリングシステムは TRIMAX をはじめとする本建物の導入技術の効果の検証、竣工時の運転診断、運用時の継続的な運転診断を目的に、ビル管理システムとは別に構築した。

設備モニタリングシステムは図 - 1 5 に示すように、5 階・6 階熱源ヤード系統、1 階～4 階系統、1 階熱源ヤード系統、4 階増設系統からなり、各階 EPS・熱源ヤードにデータロガーのセンサーユニットを設置し、将来的な増設・変更に対応できるようになっている。主な計測項目を表 - 3 に示す。電力量計は全 51 台、熱源機、ポンプ等を個別に計測している。また、各階ゾーン別に電力量を計測しており、特に 3 階 4 階 5 階の事務室は照明とコンセントを個別に計測している。エネルギー面では熱源機の生産熱量・放熱量、2 次側系統の負荷熱量の測定を行っている。また、4 階、5 階の事務室は同一平面計画となっているため、条件を変えた比較対照試験に対応した計測項目が設定されており、ゾーン別に冷温水負荷の測定が可能である。また、4 階 5 階のインテリア空調機の 4 台について、冷温水側・空気側の出入り口、スラブ温度、床下温度、パーソナル吹出し口温度などの詳細部の測定を行っている。



図 - 1 4 ビル管理システムの WEB 画面



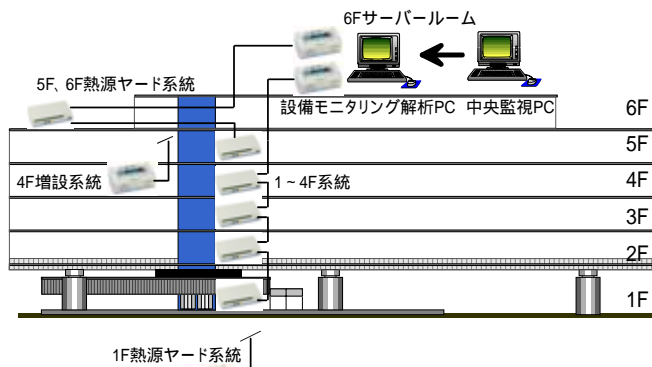


図 - 15 設備モニタリングシステム系統図

表 - 3 データロガー、およびセンサー一覧

項目	センサー	個数
データロガー	江藤電気Cadac2	2セット
	江藤電気Cadac21	2セット
電力量計	電子式普通電力量計 M8P-K30VR他	51
配管内水温	配管挿入型温度検出器 TTN10-150	35
配管内流量	電磁流量計 MGM1010K	19
ダクト内温湿度	ダクト挿入型温湿度発信器 THDN12-200	17
ダクト内風量	エアロアイ MAE + 微差圧発信機GC62-262	17
スラブ温度	表面温度測定用熱電対 TC-T-G-0.65-C1-0.3SP	64
床下空間温度	測温抵抗体 TY7820Z0P00	16
T&A吹出し口温度	測温抵抗体 R5X-P-S-35-t2.0固定板-0.5ED	16
AHU電流値	スローバルス変換機 M2SP-2A-M2-ME	20
VOC	小型ニオイセンサ ES-V6	4
日射量	全天日射量計 PCM-03	1
外気温湿度	通風型温湿度発信器 PVC-03	1

設備モニタリングシステムで収集したデータはビル管理システムの約 200 点と合わせ、6 階サーバールームに設置した設備モニタリング解析 PC に転送し、1 分単位でのデータ蓄積、エネルギー解析等を行っている。また、ビル管理システムと同様に図 - 16 にあるような WEB 画面で配信を行っている。

<参考文献>

- 1) 斎藤, 折原: “清水建設技術研究所新本館”, MENSIN No.42, 2003年11月号, P2 - 7 .
- 2) 斎藤, 折原: “都市を跨ぐ建築物 清水建設技術研究所新本館”, 建築技術, 2004年4月, p140-141 .
- 3) 山崎: “技研新本館の電気設備”, 電気と情報設備工事, 電設技術, 2004年7月号 .
- 4) 小林: “PHS位置情報を活用したビル制御システム”, 電気設備学会全国大会, 2004年9月 .
- 5) 小林: “PHS位置情報を活用したビル制御システム”, 建築設備士, 2004年9月号 .
- 6) 山崎: “PHS位置情報を活用したビル制御システム”, 建築設備と配管工事, 2004年11月号 .
- 7) IBEC: “住宅建築省エネルギーハンドブック2002” .
- 8) 川島: “清水建設技術研究所新本館計画”, BE建築設備, 2003年10月号, P57 - 62 .
- 9) 川島, 中村他: “次世代技術を盛り込んだ環境配慮型建築 (第1報) 建築設備の概要”, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 2004年9月 .
- 10) 中村, 川島他: “次世代技術を盛り込んだ環境配慮型建築 (第2報) 新規導入設備、モニタリングシステムの概要とシミュレーションによる比較”, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, 2004年9月 .
- 11) 佐藤博一, 山本裕治他: “構内 PHS を利用した位置情報把握システムの開発”, 清水建設研究報告, Vol.80, 2004年10月 .



図 - 16 設備モニタリングのWEB画面例

§ 8 . まとめ

技術研究所新本館の省エネ・環境負荷低減に関する技術を中心に計画時に盛り込んだ内容と、シミュレーション検討による性能の目標値として LCCO<sub>2</sub> が 35%削減する建物として計画したことを報告した。

本建物では竣工以来、運転データの収集と性能検証を進めており、次報以降ではその検証結果について報告を行ってゆく予定である。

なお、技研新本館の計画・建設は、建築事業本部や技術研究所など多くの部署からのプロジェクトメンバーにより行われたものである。意匠、構造、防災、情報などに関する詳しい情報は参考文献を参照されたい。