

証券界のシンボル・大阪証券取引所ビルの設備計画 equipment planning of Osaka Securities Exchange building

(株)日建設計
Nikken Sekkei Ltd.
田中 宏昌
Hiromasa Tanaka

キーワード：ファサードデザイン(facade design)、床吹き出し空調(under floor air distribution system)、
高効率熱源(efficient heat source system)、エネルギー分析システム(energy analysis system)

1. はじめに

昭和9年竣工の大阪証券ビル老朽化と、立会場機能が不要となったことから、事務所・商業を誘致する多機能複合ビルへの建て替え計画である。旧ビルは、日建設計の前身「長谷部竹腰事務所」の代表作品で、交差点に面して「ドーム」を有するその特徴的な外観は、各所から保存に対する要望が高まり、「ドーム面外壁の現物保存」「ドーム内部広間と外観両袖の再現保存」「低層部軒高、ボリュームの再現」等の現物およびイメージ保存を行うこととなった。

建物は、公道を隔てて、立体駐車場、エネルギーセンターが入る別館と本館の2棟構成となり、地下駐車場で連結している。本館には、B1F～2Fが飲食店を中心とした商業、3階が大学、4,5階が大阪証券取引所、7～23階がテナントオフィスで構成されている。

設備計画は、最新のオフィスビルとして高い付加価値を提供し、さらに、建物全体が将来においても価値を失わない設備計画を目指した。その具体的手法について、以下に記す。



図 1-1 新建物外観



図 1-2 旧大阪証券ビル

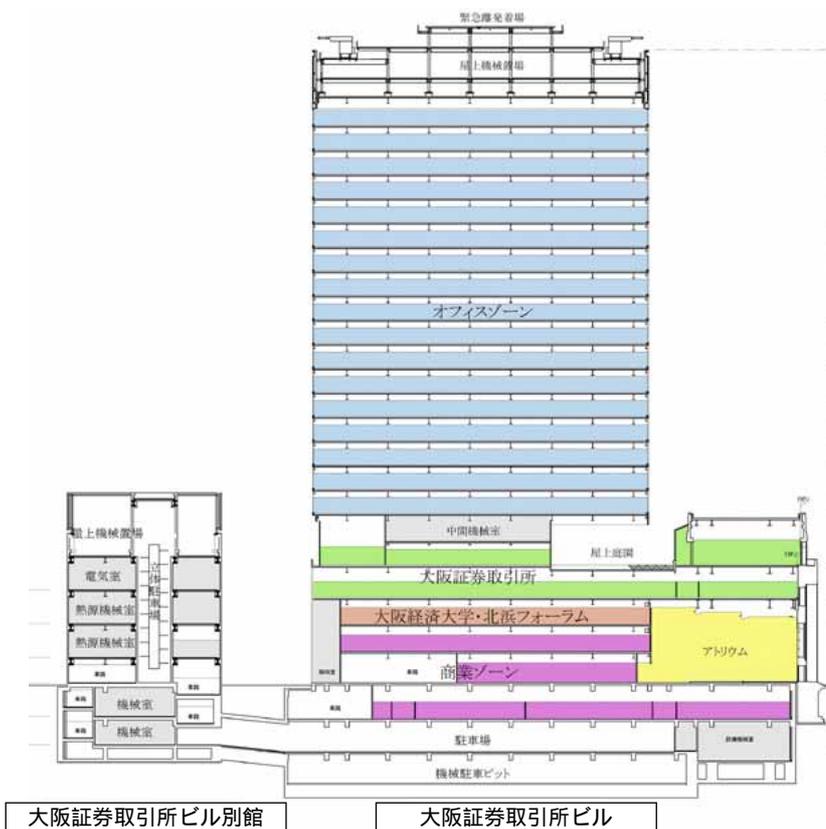


図 1-3 建物断面

2. ファサードデザインとリカバリーファン

オフィスの窓周り(ファサード)システムは、空調負荷や、執務者の快適性、眺望などのオフィスアメニティにも影響を与える重要な要素である。本計画では、主方位を日射の影響を受けない北面に配置し、全面ガラスにより優れた眺望を確保した。断熱性能に優れる Low-e ガラスを採用するとともに、暖房時にインテリア天井内の暖気をペリメーターに供給するリカバリーファンを設置して、大きな窓面による暖房負荷の増加、コールドドラフトによる快適性の低下を解消した。

図 2-2 に、熱線反射ガラスと Low-e ガラスのペリメーターにおける暖房時の快適性を、PPD (不満足者率) により評価した結果を示す。Low-e ガラスの窓際の PPD は約 5% (PMV=-0.25) なのに対して、熱線反射ガラスの場合は 15% (PMV=-0.75) となっている。この差を解消するためには、熱線反射ガラスの場合の室温を約 0.5 上げる必要がある。

オフィスの床吹き出し空調は、熱の移動と空調吹き出しが同じ方向になるので、上下方向に温度差が生じやすい。そこで室内温度よりも高くなる天井内の空気を暖房に熱回収利用を図った。

図 2-3 は、1月15日(日)~1月18日(水)までのテナント内のペリメーターの室温とインテリア天井内温度、および外気温の時刻別推移を示す。天井内温度がペリメーターの室温よりも高くなっていることがわかる。図のハッチ部分が、空調運転時間帯(空調立ち上がり運転用時間を含む)を表すが、この時間帯内での天井内温度と室内温度の差の平均は、2.3 である。この場合の熱回収できる熱負荷は、1日当たり 2,500MJ となり、これは、熱負荷計算による1月の平均窓際暖房負荷の46%に相当する。



図 2-2 基準階事務所内観

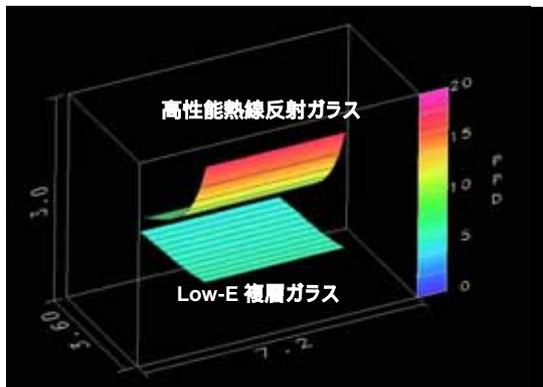


図 2-2 PPD の比較

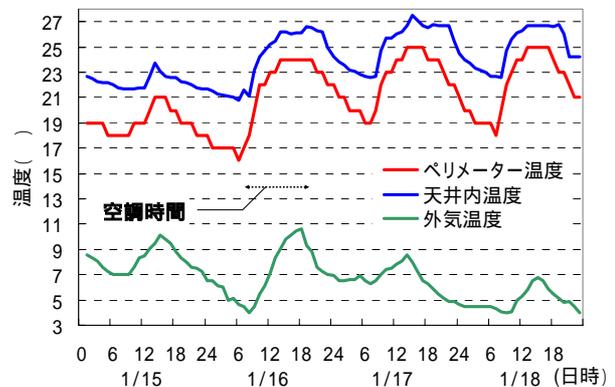


図 2-3 ペリメーターと天井内温度計測結果



図 2-4 空調断面概念図

3 . 床吹き出し空調

テナントオフィスとしての付加価値を高める工夫として、空調システムは、床吹き出し空調を採用した。床吹き出し空調方式は以下の特徴が挙げられる。

- 執務者1人に1個の床吹き出口でパーソナル性が高い。床から天井、熱や埃を効率的に除去する。
- 空調増強や間仕切り変更に対して、床吹き出口の増移設のみで対応ができ、廃棄物も発生しない。

図3-に基準階の空調機および床吹き出口の配置を示す。搬送動力の低減ときめ細かな温度制御を実現するため、床吹き出口はゾーンごとに空調負荷に応じて風量が制御するシステムとした。吹き出し口の増移設に対するフレキシブル性を持たせるために、各吹き出し口は、コネクター接続とし、配線に予長を持たせることにより、容易に更新が行えるようにした。

また、執務者の嗜好により、風向と風量を変更できるパーソナル空調を実現した。図3-2.3に床吹き出口の詳細を示す。風量は、室内の温度信号により3段階の自動風量調整を行うとともに、吹き出し口に手動風量切替スイッチを設置した。風向は、同心円状の旋回気流(拡散気流)と一方向気流と同心円状旋回気流を混ぜることにより指向性を持たせた気流(指向気流)の切り替えが容易に行えるようにした。

実験装置にて、吹き出し口の気流試験及び温度測定を行い、その効果について確認した。図3-4,5に温度、風速測定結果を示す。指向性吹き出しは、床吹き出口から1m離れた着座位置での風速および上下温度差は最大0.22m/s、2.4となっており問題ないレベルであることを確認した。風速、温度の分布も吹き出し口を中心に偏りが無い。一方指向性吹出の場合は、着座位置床上1mの地点において、風速0.51m、室温24となっており、気流を積極的に感じられるようにして、涼を得るといった当初のコンセプトが十分実現できていることを確認した。

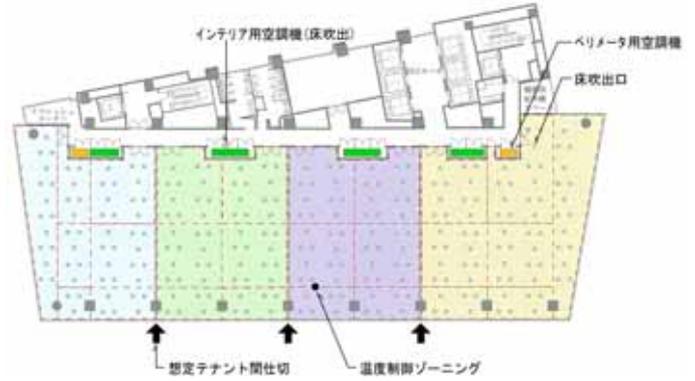


図3-1 空調機と床吹き出口の配置

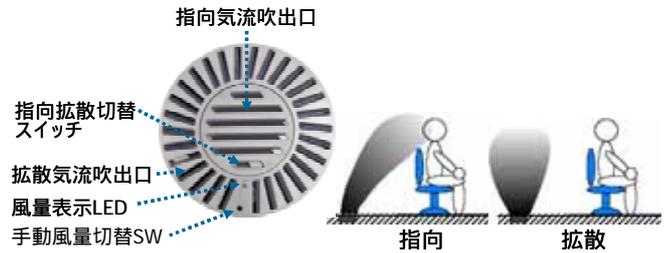


図3-2 床吹き出口詳細

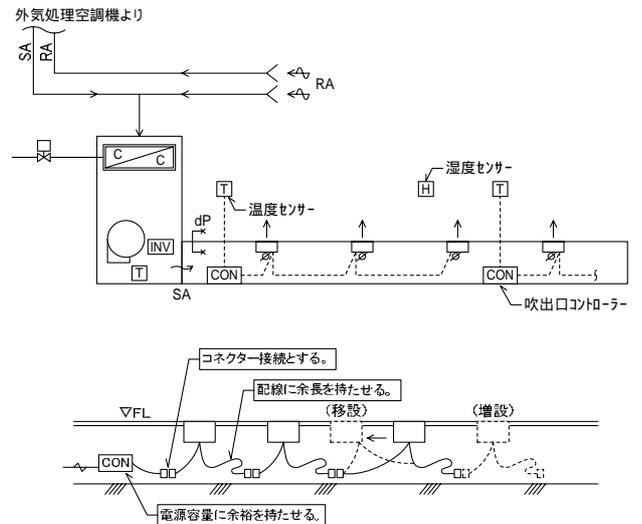


図3-3 床吹き出口の制御と増移設対応

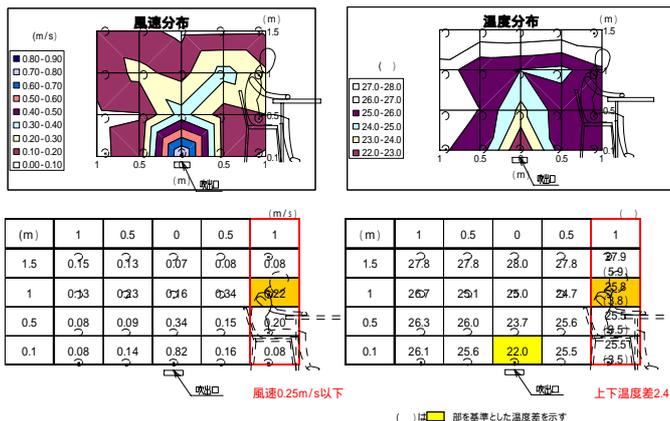


図3-4 拡散性吹出計測結果

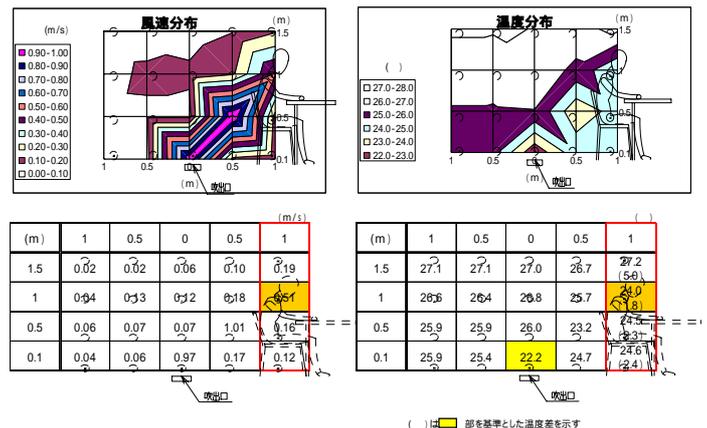


図3-5 指向性吹出計測結果

4. 高効率熱源システム

将来においても価値の高いビルとなるために、ランニングコストの安い設備システム、改修のしやすい設備システムを念頭に熱源計画を行った。

熱源、冷却塔、受変電などの主要設備は、別館をエネルギーセンターとして集約設置した。管理の一元化を図り、テナントの密集する本館の機能に影響を与えることなく将来の大規模な改修工事が可能な計画としている。熱源システムは、最高効率の熱源を採用するとともに、搬送動力を低減す省エネルギー手法を積極的に採用して熱源システム全体として効率が高くランニングコストが安いシステムを目指した。

図 4-2 に熱源系統図を示す。主熱源のガス吸収式冷温水機 (6,329MJ/h × 2 台) は、冷房時の一次エネルギー換算 COP=1.27 (低位発熱量換算時は COP=1.41)、ターボ冷凍機 (5,063MJ/h × 1 台) は一次エネルギー換算 COP=2.12 (二次エネルギー換算 COP=5.86) と、竣工時の最高効率機種となっている。図 4-3 に負荷率と、ガス冷温水機とターボ冷凍機の単体の COP の相関を示す。高負荷時はターボ冷凍機の効率が高いことが分かる。

ガス吸収式冷温水機の年間平均 COP は 1.1、ターボ冷凍機の年間平均 COP は 1.7 であった。図 4-3 には、機器性能曲線を合わせて示すが、ほぼ性能通りの能力が発揮されていることが分かる。

また、ダイナミックアイス型氷蓄熱システムは、ブライン取り出し温度が-2.8 (汎用機種は-5~8) と高いため効率が高く、COP=2.69 (二次エネルギーCOP=4.37) の効率で製氷が可能である。また、ダイナミック型の特性を活かして、短時間に解氷することが可能で、夏場のピーク電力負荷を大きく削減できる。氷蓄熱槽は、別館内の駐車場車路のデッドスペースを有効利用した躯体利用蓄熱槽とした。

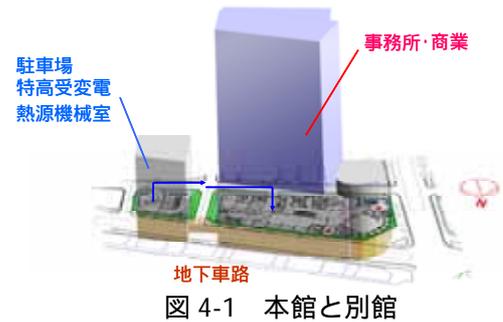


図 4-1 本館と別館

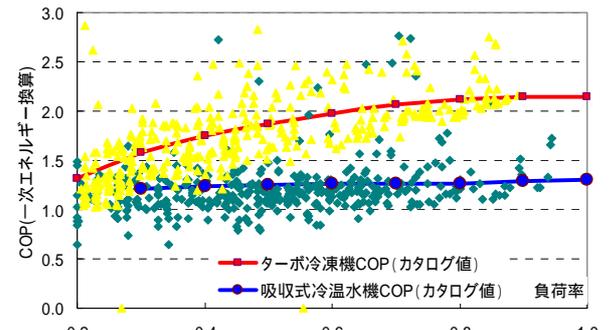


図 4-3 機器性能曲線と実測値

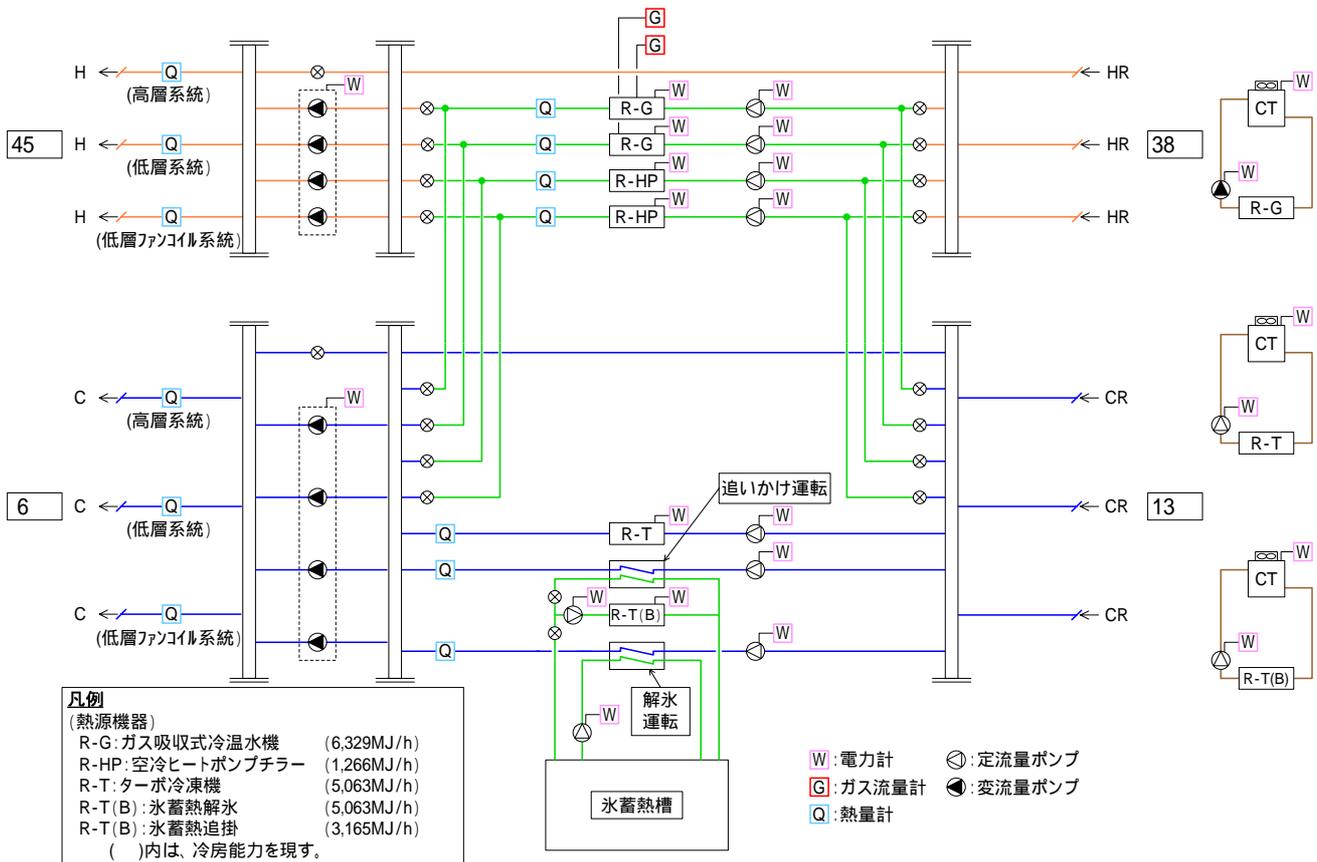


図 4-2 熱源システムと計測ポイント

搬送エネルギーは事務所ビルの一次消費エネルギーの約3割を占める。この搬送エネルギーの徹底的な削減を目指して、大温度差送水（ $t=7$ ）および二次ポンプの台数制御に加えて、二次側機器の末端差圧を一定とするようにポンプの速度圧を制御する方式を採用した。空調機二方弁に必要以上の圧力をかけるポンプ差圧一定制御に比べて最適な運転が可能である。図4-3に冷水二次ポンプの負荷率と電力消費量の相関を示す。破線は、損失水頭30mH、ポンプ効率0.6の条件ポンプ台数制御+インバーター制御の場合のポンプ動力の概略を示す。これらの破線に対して、実測値は下回っており、流量が変化することに伴う、配管抵抗の減少も考慮に入れた、今回の末端差圧制御の優位性が確認できる。

また、最も補機動力の大きなガス吸収式冷温水機の冷却水システムについても変流量制御とした。

図4-4に、9月～7月のガス吸収式冷温水機の負荷率と、冷却水ポンプの電力消費量の頻度の相関を示す。ガス吸収式冷温水機の負荷率は、年間を通じて0.3～0.5の範囲に集中している。一方、冷却水ポンプ（定格55kW）の電力消費量は、20～30kWと定格値の35～55%に集中しており、冷却水の変流量制御により冷房負荷に応じて冷却水量が制御されていることがわかる。

図4-5は、オフィス部分の一次エネルギー消費量の内訳を、文献のデータと比較したものを示す。熱源に関するエネルギーについては、その他用途との熱量按分とした。面積当たりの消費量は、1,963MJ/m²年となり、文献によるデータより約7%下回った。用途毎のエネルギー消費量の構成は、空調全体で約53%を占め、そのうち熱源本体は、27%となった。照明・コンセント負荷は、35%であった。いずれも、文献によるデータとほぼ同じ割合となっていた。

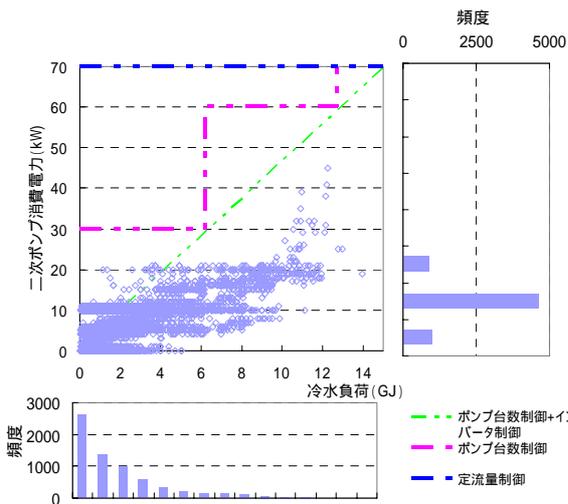


図4-3 二次冷水ポンプの負荷率と消費電力

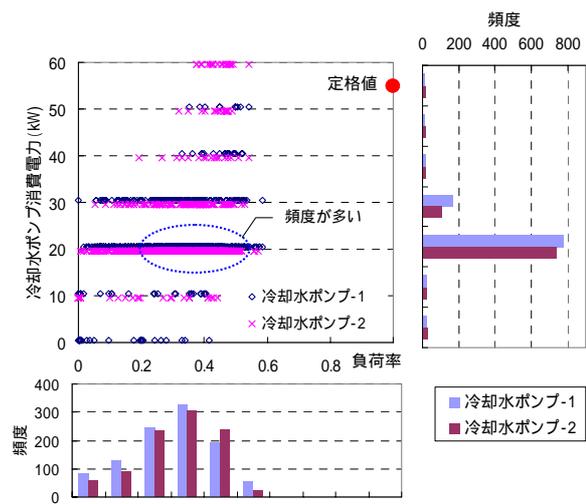


図4-4 冷却水ポンプの負荷率と消費電力

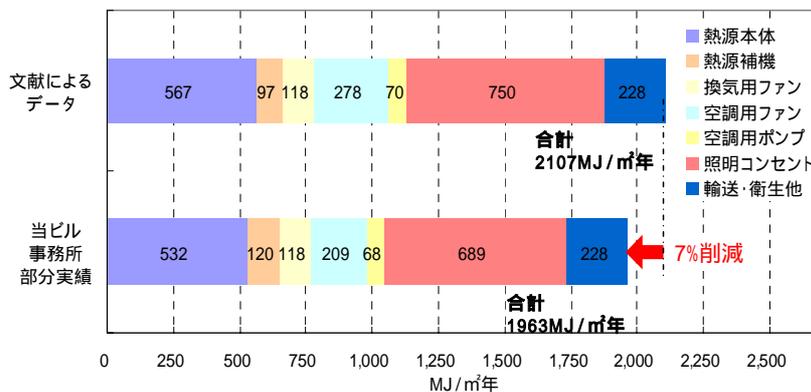


図4-5 オフィスの一次エネルギー量

5. エネルギー分析システム

省エネルギー対策の推進には、計画的かつ継続的な改善が重要であることはいうまでもない。これまでのデータ分析の方法は、単純に一定期間におけるエネルギーの分析にすぎなかった。一方、テナントビルの場合、たとえば定時時間内の空調コストについては、共益費という形で各テナントから徴収されるが、ビルオーナーにとってこの共益費を出来るだけ安くすることがビルの価値を高める上で大変重要である。そこで、共益費の中に占める空調のコストとエネルギーを分析することにより、ビルオーナーの省エネルギーに対する意識を高め、継続的な省エネルギー改善につなげることが出来ると考えた。

一般的には中央監視盤は、日報、月報の作成を主な目的としているため、特定の期間（季節、時間、平日休日・・・）を抜き出してデータ整理ができない。そこで、中央監視盤のデータを、表計算ソフトに適したデータに変換するとともに、指定期間内を時間ごと、系統ごとに平均集計する、プログラムソフト（BA-DSP: Building Automation Data Sort Program）を開発、特定の期間を対象としたエネルギー分析が容易に行えるようにした。

以下に、BADSP を利用してオフィスの共益費における熱源コストの割合や、定時時間帯以外の低負荷時における熱量とコストについて検討を行った例を示す。

図 5-1 は、オフィスの共益費の時間帯における空調熱源の運転原価（ただし基本料金を除く）を表したものである。年間平均で、テナント面積あたりの従量料金は、約 60 円/月 m² となった。テナント面積あたりの基本料金は、電気基本料金；42.7 円/月 m²、ガス料金；15.0 円/月 m² となっており、基本料金を含むテナント面積あたりの熱源コストは、約 120 円/月 m² であることがわかった。

図 5-2 は、9 月～7 月までの平日の空調要求面積割合と標準偏差の分布である。空調要求面積割合とは、空調運転をしているテナント面積の合計を全テナント面積で除した値である。いわゆる共益費に含まれる朝 9～18 時までは、ほぼ 100% の空調要求面積となっており、ばらつきも小さい。18 時以降 22 時までは、40% 前後となり空調要求に若干のばらつきが見られ、標準偏差は約 5% 程度であった。22 時以降は、10% 以下となり、ばらつきも小さくなる。図 5-3 は、同じ期間の土日祝の空調要求面積割合と標準偏差の分布である。9～18 時までは、30% 程度の要求面積割合があるが、平日と異なり、標準偏差が、15% 程度となりばらつきが大きくなっている。18 時以降は、10% 以下となり、ばらつきも 3% 以下と小さくなる。以上より、土日祝日の昼間以外は、年間を通してばらつきはほとんど見られない（5% 以下）ことがわかった。また、土日祝日昼間のばらつきは、土曜日と日祝日の空調残業要求の頻度が異なるためと予想される。

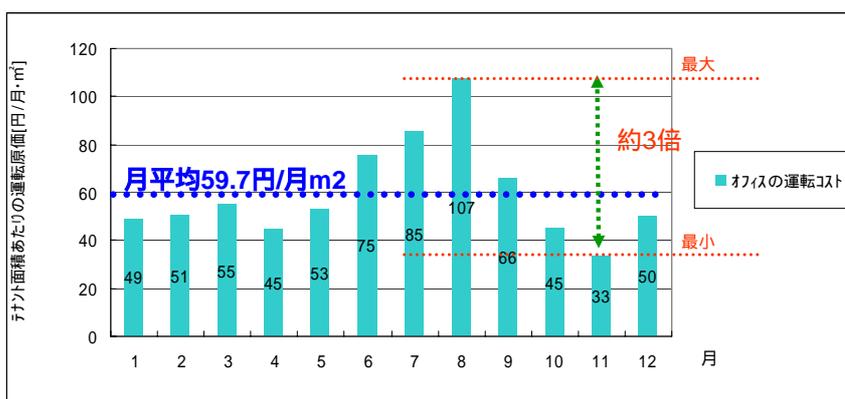


図 5-1 テナント面積当たりの熱源原価

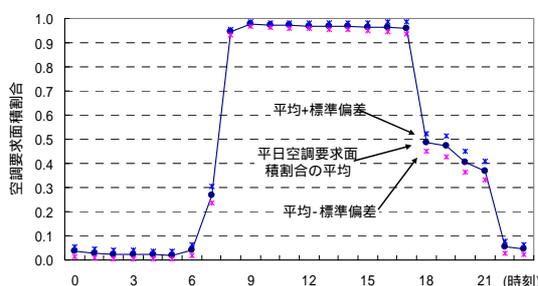


図 5-2 平日の空調要求面積割合

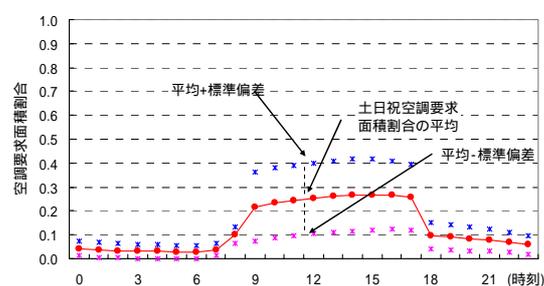


図 5-3 土日祝の空調要求面積割合

図 5-4 は、時間毎の空調要求面積当たりの熱源運転コストを表す。コスト単価は、以下の 3 つの価格帯に大きく分けることができる。 8～22 時；0.5 円/hm² 以下 23～1 時；2～4 円/hm² 2～6 時；5 円以上/hm² 共益費に含まれる時間帯とそれ以外の時間帯の空調熱源コスト原価が大きく異なっていることがわかる。

図 5-5 は、空調要求面積割合と熱源運転コストの関係を表したものである。空調要求面積が 10%を下回る場合に急激にコストが上昇する傾向となった。また、各データを累乗式で近似すると、非常に良い精度で近似曲線が描けることがわかった。この時間帯での熱源運転を効率的に行うために、小容量でかつ低負荷運転時に効率が増える高効率モジュラー型インバータチラー等の設置が今後望まれると思われる。

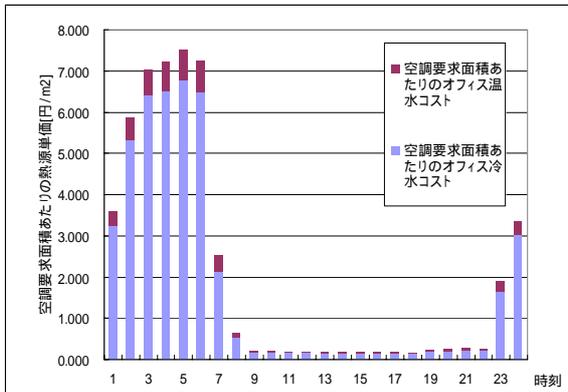


図 5-4 時間毎空調要求面積あたりの熱源運転コスト（平日）

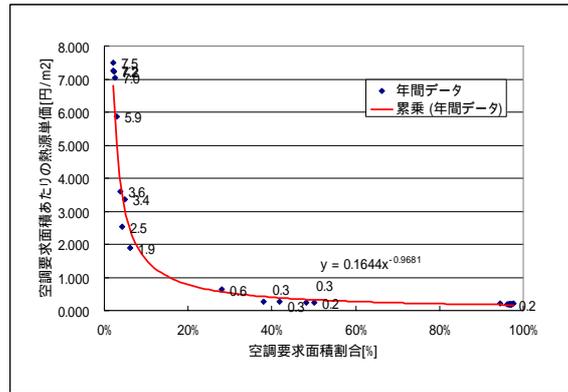


図 5-5 空調要求面積割合と熱源運転コスト（平日）

6. さいごに

最新のオフィスに相応しい付加価値を生み出す設備計画として、ファサードデザインと床吹出し空調を組み合わせたシステムを紹介した。テナントビルでの床吹出し空調方式は、これまで採用例が少なく今後の参考事例としていただければありがたい。

計測システムを充実するとともに、中央監視盤のデータを整理するソフト（BA-DSP）を開発した。これにより、様々なデータ整理を可能とし、例えばオフィスの空調利用の実態など、これまでにはないデータ蓄積が行えた。今後、建設が増えると予想される類似施設にとって、貴重な参考データとなると期待している。

本建物の計画・設計・施工に関する多くの人々のご協力に対し、この場をお借りして謝辞を申し上げます。