

大手前合同庁舎のZEB化における 空調省エネ技術の評価について

小村 祐也¹・本多 順子²

¹近畿地方整備局 営繕部 保全指導・監督室 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前3-1-41)

²株式会社大林組 設計本部 設備設計部 (〒541-8630大阪府大阪市中央区北浜3-5-29)

国土交通省の官庁営繕事業では、2050年カーボンニュートラルに向けて、2022年度以後予定する新築事業を原則 ZEB Oriented 相当以上（建築物のエネルギー消費性能の向上等に関する法律（以下、「建築物省エネ法」という）における一次エネルギー消費量の削減40%以上）とすることを目標としている。大手前合同庁舎（以下、「本庁舎」という）は、国土交通省として初めて設計段階でZEB Orientedを達成した庁舎であり、2022年9月竣工後の運用段階においても達成したことが確認されている。本研究では、本庁舎の設計段階において導入した空調省エネ技術と、運用段階における導入空調省エネ技術の効果検証について報告する。

キーワード カーボンニュートラル、省エネ、ZEB

1. はじめに

大阪城公園の西側に位置する大手前地区は、国のブロック機関が入居する合同庁舎等が複数存在し、官庁街を形成している。今回、災害応急対策活動を行う地方ブロック機関を核とする合同庁舎を整備し、将来想定される大規模災害の発生を備えた防災機能の強化、地域と連携した庁舎整備により新たなまちづくり空間やにぎわいの創出等、地域の活性化に積極的に貢献するとともに、効率的な維持管理を図ることを目的に、本庁舎の整備が行われた。

設計当初は、省エネ技術を積極的に取り入れる事務庁舎として検討を開始したが、2019年2月にZEBの定義にZEB Orientedが追加され、設計段階から達成できていることが確認された。結果、国土交通省として初めて設計・竣工段階でZEB Orientedを達成した庁舎となった。

今後の設計にあたり、採用された省エネ技術が、運用段階において適切に性能が発揮されているか分析することが重要であると考えます。

本論文では、本庁舎の運用段階における一次エネルギー消費量の分析と、特にエネルギー消費量の割合が高い空調設備において導入した省エネ技術と、その運用段階の効果検証を報告する。

2. 施設概要

建物概要（写真-1参照）

所在：大阪府大阪市中央区大手前3-1-41

敷地面積：6,453.54m²

構造規模：鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）
地上14階、地下1階、塔屋3階
延床面積 48,901.90m²

用途：庁舎

竣工：2022年9月



写真-1 大手前合同庁舎全景

空調設備概要

熱源方式：モジュールチラー（冷凍・加熱能力
720kW×2台）
直だし吸収冷温水機（冷凍・加熱能力
352kW×3台）
空調方式：単ダクト方式（各階室内負荷処理空調
機＋外気処理空調機）

主熱源は、モジュールチラーと直だし吸収冷温水機の2種類を採用しており、モジュールチラーをベース運転とし、直だし吸収冷温水機で熱負荷の追従を図るシステムで計画した。



写真-2 塔屋1階設備機器置場

3. 一次エネルギー消費量

建築物省エネ法では、平成24年の標準設計を基準として、一次エネルギー消費量の削減割合で評価している。図-1に年間一次エネルギー消費量の基準値、設計値、2023年実測値、2024年実測値の比較を示す。設計値、基準値はエネルギー消費性能計算プログラム(標準入力法)にて算出した値である。一次エネルギー消費量の削減について、設計値では基準値より47%削減だったのに対し、2023年実測値では基準値より71%削減、2024年実測値では基準値より70%の削減だった。これは、照明設備、昇降機設備が設計値と同等のエネルギー使用量であることと比べ、省エネ技術の定量的な評価が難しく、外部環境の影響を受けやすい空調設備、換気設備において実測値が大きく削減されたことが要因となっている。

図-2に空調設備及び換気設備の月別一次エネルギー消費量と外気温度の推移を示す。年間一次エネルギー消費量において、2023年実測値に比べ、2024年実測値がわずかに高くなっていたのは、2023年に比べ、2024年において、7月は0.8℃、8,9月は0.7℃、10月は2.4℃と、冷房時期に外気温度が高かったことによる熱負荷の増加によるものである。

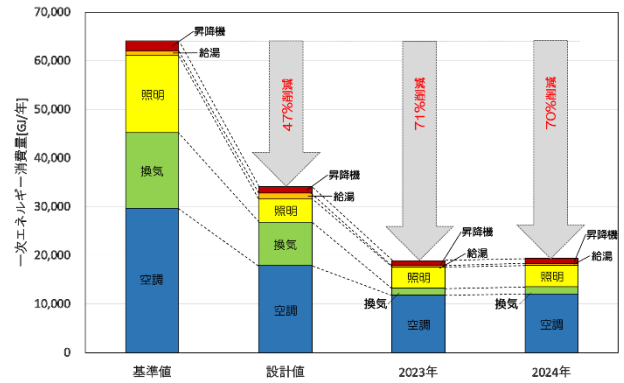


図-1 年間一次エネルギー消費量

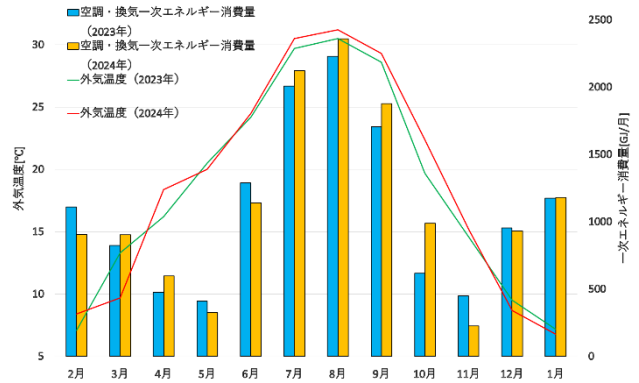


図-2 月別一次エネルギー消費量及び外気温度

図-3に空調設備の年間一次エネルギー消費量の設計値、2023年実測値、2024年実測値の比較を示す。設計値に比べて2023年実測値は34%、2024年実測値は33%の一次エネルギー消費量の削減効果があった。熱源（ガス）で設計値より若干の上昇がみられるが、熱源（電気）の削減が大きく、熱源全体としては減少傾向にある。空調ファンの削減は設計値と比較しても大きく、空調システムが効率よく運転していたことに加え、エネルギー消費性能計算プログラムで評価できない、Coil to Coil再熱方式・外調機のCO2制御等の省エネ効果によるものと推測される。

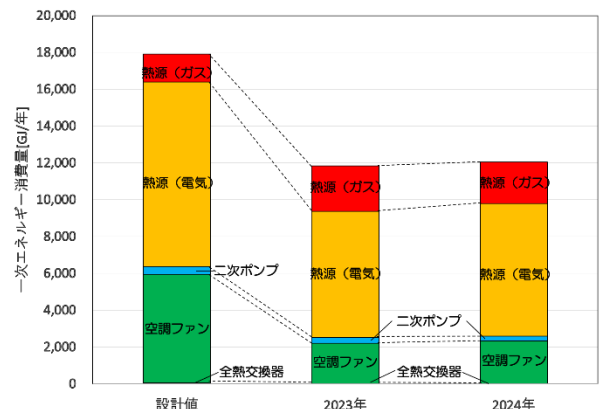


図-3 空調設備の年間一次エネルギー消費量

4. 空調システムCOP

本庁舎の熱源方式は、前述の通りモジュールチラーをベース運転としている。

図4.5に外気温度に対するモジュールチラーの冷房運転時及び暖房運転時のCOP（1時間当たりのエネルギー消費効率）を示す。実線は近似線を示す。

冷房運転時では外気温度が低い方が、暖房運転時では外気温度が高い方がCOPが高い傾向が読み取れる。

機器の定格COPは、冷房運転時は4.89、暖房運転時は2.75であったので、平均値では設計値よりも高いCOPで運転していたことが読み取れる。

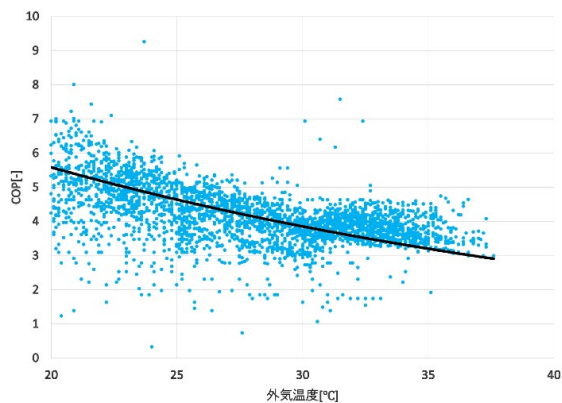


図4 モジュールチラー冷房時COP

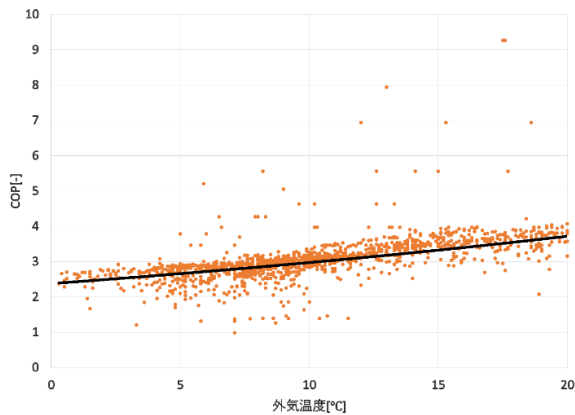


図5 モジュールチラー暖房時COP

本庁舎の空調方式は、単一ダクト方式を採用している。室内負荷処理空調機はVAV（可変風量）方式を採用し、空調負荷に応じて送風量を削減している。外気処理空調機は全熱交換器を採用し、取入れ外気と排出する室内空気の熱交換により空調負荷を軽減するとともに、外気の顕熱回収によるCoil to Coil再熱方式を採用することで除湿後の再熱に温熱源を不要とするなど省エネ化を図っている。また、室内のCO2濃度により外気量をコントロールし、外気負荷と送風量を低減している。

図-6,7に外気温度に対する冷房運転時及び暖房運転時の空調システム全体のCOPを示す。実線は近似線を示す。

エネルギー消費性能計算プログラムでの空調システムCOPは1.6であったので、設計値よりも高いCOPで運転していたことが読み取れる。

なお、COPに偏差が見られるのは、空調システムの効率は外気温度以外に外気湿度や室内負荷によって変動する部分負荷率の影響を受けるためであると考えられる。

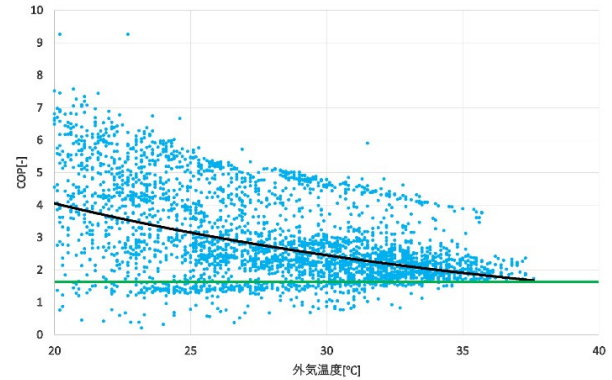


図-6 冷房時システムCOP

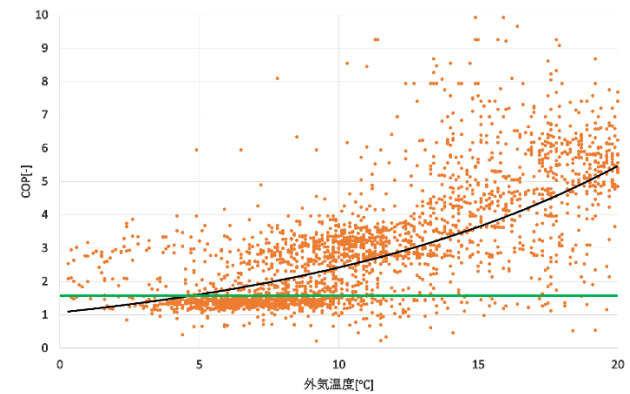


図-7 暖房時システムCOP

5. Coil to Coil 再熱方式

夏季の高い湿度を適切に処理するためには、給気温度より低い温度まで冷却して除湿する必要がある。Coil to Coil再熱方式は、冷却コイルにて冷却・除湿後の空気を再熱する際に必要な熱エネルギーを外気から回収することにより、省エネを図る方式である。

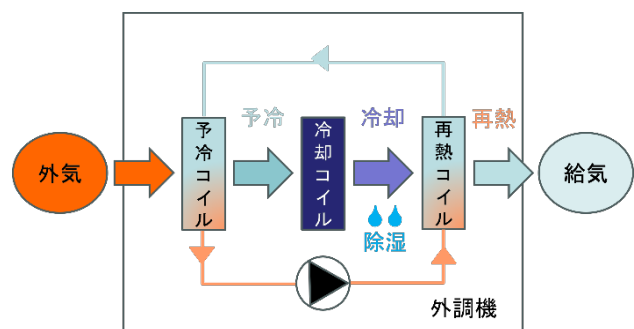


図-8 Coil to Coil再熱方式

図-9にCoil to Coil再熱方式を利用した場合と利用しない場合の外気処理空調機における年間処理熱量の比較を示す。非制御時推定処理熱量は、予冷コイルと再熱コイルでの処理熱量を冷却コイルでの処理熱量に加算したものである。Coil to Coil再熱方式を利用することにより、処理熱量を、2023年は554.5GJ(36.4%)、2024年には297.0GJ(21.6%)抑えることができています。この削減量は、設計値に反映されていない数値であり、空調システム全体の1割弱を占めていることより、設計値に比べて実測値が削減された要因の1つであったことが確認された。

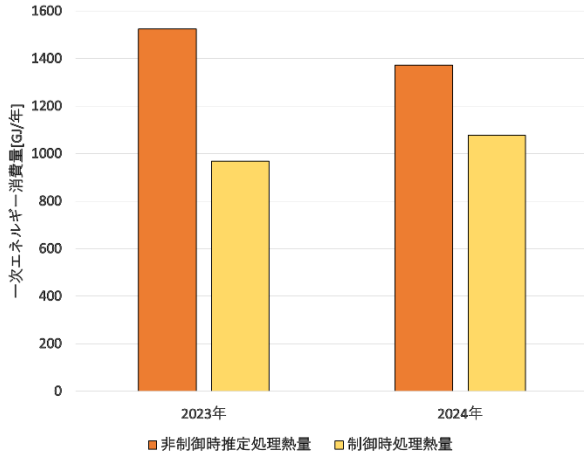


図-9 外気処理空調機処理熱量

6. CO2制御

外気処理空調機には室内のCO2濃度による外気導入量を制御するCO2制御を採用している。

図-10にCO2制御を利用した場合と利用しない場合の年間一次エネルギー消費量の比較と定格風量に対するCO2制御時の風量の比率を示す。非制御時推定一次エネルギー消費量は定格で運転した場合の外気処理空調機の電力量から換算した一次エネルギー消費量である。CO2制御を利用することで導入外気量が、定格風量の約40～80%に抑制されたことにより、外気処理空調機単体の年間一次エネルギー消費量は、2023年は974.8GJ(68.7%)、2024年は873.2GJ(59.7%)削減することができた。定量化は困難であるが、導入外気量を抑制することで空調システムの熱源で処理しなければならない熱負荷が低減されるため、空調システムCOPの向上にも寄与していると考えられる。

図-11にCO2制御利用時の庁舎内のCO2濃度を示す。CO2濃度は約400～800ppmを推移しており、室内の基準濃度1000ppmは超えておらず、導入外気量を制御しても、執務環境が悪化していないことが確認できた。

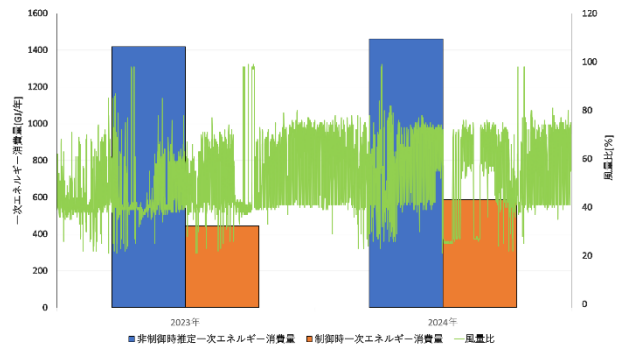


図-10 CO2制御による一次エネルギー消費量と風量比

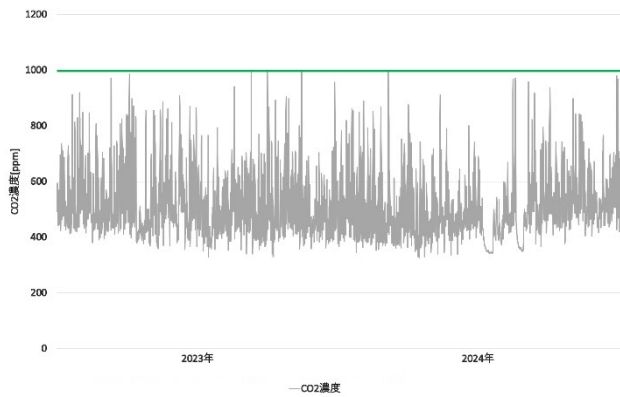


図-11 庁舎内CO2濃度

7. まとめ

設計段階、竣工段階において、ZEB Orientedを達成している本庁舎の省エネ性能について、運用段階における実測値により、改めて十分な省エネ性能を発揮していることが確認できた。また、設計段階で導入した省エネ技術に対し、運用段階の実績を基に検証を行い、省エネ効果を確認することができた。特にエネルギー消費性能計算プログラムにおいて、未評価項目となっている技術の省エネ効果も一定程度定量的に確認でき、今後の庁舎整備における様々な省エネ技術の積極的な採用に向け、その効果の根拠の一助となることが期待できる。

2050年カーボンニュートラルに向けて、省エネ技術の積極的な採用を図っていくとともに、その評価手法の把握と検証に努めたいと考える。

謝辞：本稿の作成にあたり、株式会社大林組の皆様にはご多忙にも関わらず、データの提供などの様々なご協力、ご助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。