

カーボンニュートラル賞

受賞名称
第9回カーボンニュートラル賞 中国・四国支部
カーボンニュートラル賞選考支部名称
第9回カーボンニュートラル賞選考委員会 中国・四国支部
業績の名称
ダイダエネフィス四国 『ZEB』を実現する省エネルギー技術と快適性の取組み
所在地
香川県高松市本町6番17号

応募に係わる建築設備士の関与

ダイダエネフィス株式会社	杉浦 聡
--------------	------

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	ダイダエネフィス株式会社					
建築主	ダイダエネフィス株式会社					
設計者	ダイダエネフィス株式会社					
設計者	株式会社NTTファシリティーズ					
設計者	四電エンジニアリング株式会社					
施工者	ダイダエネフィス株式会社					
施工者	株式会社NTTファシリティーズ					
建物利用者	ダイダエネフィス株式会社					
延床面積	1,181.75	m ²				
階数	地上3階	地下-階	塔屋-階			
主用途	事務所					
竣工年月日	2019年5月					

支部選考委員長講評

本件（ダイダエネフィス四国支店「エネフィス四国」）では「ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）技術の更なる深化」「IoT利用による快適性の向上」「汎用機利用による経済性の向上」というコンセプトの下、快適な室内環境を保ちつつ、エネルギー消費量の削減に取り組み、一次エネルギー削減率60.0%、二酸化炭素削減量75.0%を達成しています。

省エネルギーへの取組み・工夫としては、（1）空調熱源容量のダウンサイジング、（2）躯体蓄熱等によるピーク負荷低減、（3）自然光利用とタスク・アンビエント照明導入による照明エネルギーの低減等が挙げられます。（1）のダウンサイジングについては、外皮性の向上や躯体蓄熱によるピーク負荷削減により熱源容量を一般的な容量（200W/m²）の25%程度まで落としています。（2）のピーク負荷の低減に関しては、事務室の床および外壁内に敷設された配管に地中熱を熱源とする中温冷水を送ることによって躯体蓄熱を行っているほか、南面に庇付きバルコニーを配し、東西面の開口部を最小化することにより直達日射を抑制するなどの工夫を行っています。（3）のアンビエント照明に関しては、同社開発品の設備機器一体型ユニット「シーリングフリー」を用いることにより、机上面照度500lx程度でありながら暗さを感じさせない照明空間を実現しています。

室内の快適性を向上するために、本件では同社開発品のイス型タスク空調「クリマチェア」と前述のシーリングフリーとを連携したタスク・アンビエント空調を導入しています。クリマチェアは無線通信によって、後述のクラウド型自動制御システムに接続されており、例えばクリマチェアの使用状況を踏まえてアンビエント空調を調整するというような連携制御が可能となっています。

再生可能エネルギーの利用・工夫としては、（1）採熱杭およびアースチューブによる地中熱利用、（2）太陽光発電システムの導入が挙げられます。（1）の地中熱は杭中に挿入されたUチューブを通して採熱され、夏期においては躯体蓄熱用冷水の熱源、冬期においてはヒートポンプの熱源として利用されています。アースチューブは外気取り込み時に利用され、夏期においては外気を8%予冷、冬期においては55%予熱する効果を示しています。（2）の太陽光発電には単結晶ヘテロ接合型太陽電池（191W/m²）を使用しており、限られた屋根面において高効率な発電を実現しています。またBCP対策として蓄電システムを導入しており、太陽光発電と蓄電池を連携させることで、災害時にも数日程度の業務継続を可能としています。

空調・照明制御の先進的な取り組みとして、本件ではクラウド型自動制御システムを導入しています。システムのクラウド化により、エネルギー消費量や室内環境データの収集・分析、制御のチューニング、継続的な設備の運用改善が可能となります。本件では運用開始以来1年2か月の間に9回の運用会議を開催し、クラウド型自動制御システムを通して外気導入量の調整等様々な運用改善に取り組んでいます。この成果として設計時よりも運用時にもZEBを達成しています。このほか、事務所内におけるエネルギー消費量の見える化やバイオフィリックデザインの適用など、環境性と快適性をともに向上させる特徴的な取り組みも見られます。

関与した建築設備士の言葉

本建物はエネフィス九州に続く2例目の自社ビルでのZEB化事例です。エネフィス九州での課題解決をテーマに、より快適でより省エネな建物を追求しました。また安価に建設することでZEBの普及も狙いました。

負荷低減や様々な省エネ手法により、設計時および運用段階においても『ZEB』を実現し、見える化や定期的な運用会議により、利便性や快適性についても継続的に向上させています。

政府の表明した「2050年CO₂排出実質ゼロ」に向け、建物の運用によるCO₂排出削減の要求はますます高まってきています。建てるだけでなく、運用においてZEBの性能を発揮することが重要であり、遠隔で建物のエネルギー等の運用状態を監視・分析する、弊社クラウド型自動制御システムを活用して、継続的なチューニングを行い、カーボンニュートラルの実現に貢献してまいります。

(杉浦 聡：ダイダン株式会社)

業績の名称： **ダイダエネフイス四国『ZEB』を実現する省エネルギー技術と快適性の取組み**

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取組みの説明

1/4

業績の概要

■ はじめに

本建物は当社 四国支店において、**継続的なエネルギー消費量の削減**および**快適な室内環境の実現**を両立させたZEBとして建設した。計画のコンセプトに、**ZEB技術の更なる深化、IoT利用による快適性の向上、汎用機器利用による経済性の向上**を掲げた。

運用にあたっては**継続的な計測/検証**を行い、機器運転効率の向上や運転時間の最適化によるエネルギー消費量の削減およびアンケート調査や執務者へのヒアリングによる執務環境の向上に努めた。その結果、運用実績として『**ZEB**』を達成した。

環境認証を3つ取得している。計画～竣工時点において、BELSでBEI 0以下となる『**ZEB**』、CASBEEで最高位 Sランクを取得した。運用時点において、DBJ Green Building認証で4つ星を取得した。

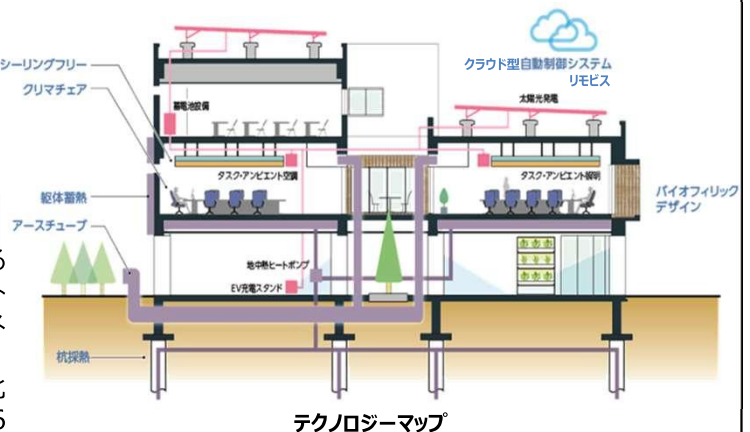
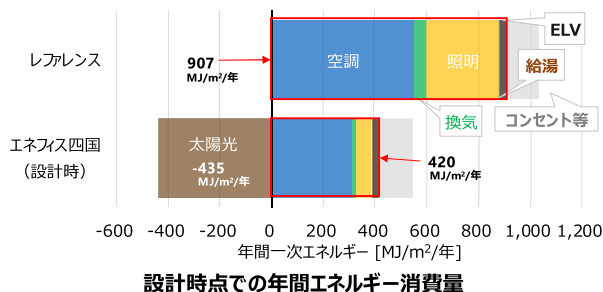
■ テクノロジーマップ

本建物に実装した技術一覧をテクノロジーマップにまとめる。ピーク負荷削減のための**躯体蓄熱**、省エネルギーのための**タスク・アンビエント照明**、快適性向上のための**タスク・アンビエント空調**、健康的な働き方実現のための**バイオフィリックデザイン**、外気処理負荷削減のための**アースチューブ**、再生可能エネルギーである**地中熱利用**のための**杭探熱**、これら各技術を統合・最適化するための**クラウド型自動制御システム**等を導入した。

■ BELSによる『ZEB』評価

設計時点において、BELS評価によりBEI 0以下となる『**ZEB**』を達成した。全体のエネルギー消費量（コンセント等除く）はレファレンスビル907 MJ/m²/年 に比べて、エネフイス四国では420 MJ/m²/年と53%削減した。

各用途のエネルギー消費量を見ると、レファレンスビルに比べて空調用途で236 MJ/m²/年、照明用途で216 MJ/m²/年 削減しており、これら用途の省エネルギーが寄与した結果といえる。加えて、太陽光発電による435 MJ/m²/年の創エネルギーにより、『**ZEB**』を達成した。



■ 建築概要

所在地	香川県高松市	建築面積	481 m ²
建物用途	事務所	延床面積	1,181 m ²
構造	RC造	工期	2018年5月
階数	地上3階		～2019年5月

■ 設備概要

熱源方式	空気熱源マルチパッケージ型空調機 20HP 地中熱ヒートポンプチラー 10kW (暖房時のみ)
空調方式	パッケージ空調 (一部、壁床躯体蓄熱)
その他	杭探熱 20m×12本、アースチューブ 600φ×20m
電気設備	太陽光発電パネル 49kW、蓄電池設備 78kWh

省エネルギーへの取組み・工夫

■ ダウンサイジング

空調熱源容量のダウンサイジングに取り組んだ。熱源容量は冷房56kW、暖房能力は63kWであり、延床面積あたりの冷房能力は**47 W/m²**、暖房能力は**53 W/m²**である。外皮性能の向上、負荷削減、躯体蓄熱によるピーク負荷削減により一般的な容量(=200W/m²)の25%程度とした。

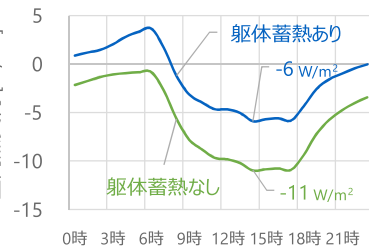
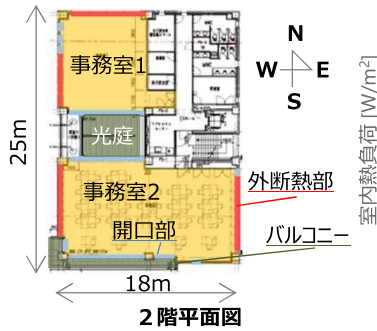
■ ピーク負荷削減

ピーク負荷削減のために、高断熱化、外断熱および躯体蓄熱による積極的な躯体への蓄熱に取り組んだ。

高断熱化：南側開口部には幅1.4mの庇付きバルコニーを配し、東西面の開口部を最小限とすることで直達日射の侵入を抑制した。



外断熱：事務室部分の外壁に外断熱工法を採用し、躯体蓄熱効果を向上させた。
躯体蓄熱：事務室部分の床および外壁部分の躯体内に配管を敷設し、中温冷温水を送水した。冷房時の熱源として、基礎杭を利用した地中熱利用である杭採熱を利用し、暖房時の熱源として地中熱HPを利用した。冬期日中の熱負荷を3~5 W/m²程度抑制させる効果を確認した。



冬期の躯体蓄熱の効果

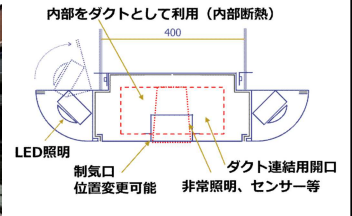
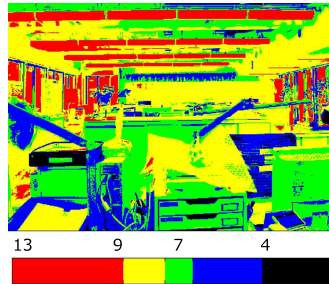
自然光利用とタスク・アンビエント照明

照明エネルギーの削減のために自然光利用およびタスク・アンビエント照明に取り組んだ。

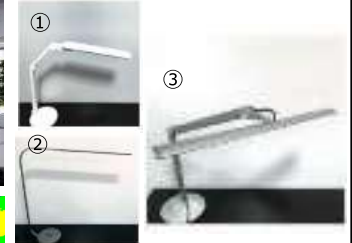
自然光利用：南側庇付きバルコニーによって、盛夏日中の直射日光を遮りつつ、事務室内に自然光を供給する。事務室1と2の間に配した光庭により、自然光および眺望を事務室1および2の両方に提供する、執務者の健康増進に寄与する平面計画とした。

タスク・アンビエント照明：タスク・アンビエント照明は、全般照明方式と比較し40~60%程度省エネであるとされる。しかしながら、照明出力を抑制するため室内が薄暗く感じる問題が生じる。そこで、当社開発品「シーリングフリー」を導入した。1/4円弧状の発光面が連続して執務者の視界に入るため、光天井のような明るい空間を形成する特徴を有する。ここで、明るさ画像により天井面におけるNB値を評価すると、明るいといわれる黄色（7.5~9）以上の範囲が広い。そのため、机上面照度は500lx程度でありながら、暗さを感じさせない照明空間を形成することができる。

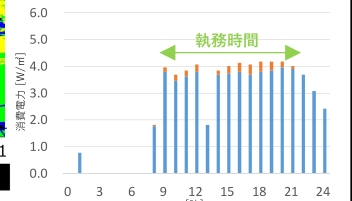
次に、タスク照明として、特徴の異なる3種類の機器を用意し、執務者自身で選択できるようにした。タスク照明①は一般的なタイプ、②は照射範囲が広いタイプ、③は光源の位置を自由に調整できるタイプである。設計図を確認する頻度の多い執務者は手元の影などができないように調整できる③を選ぶ傾向にあった。各自で積極的に照明環境を選択することで、自己効力感を高めることを意図している。エネルギー消費量の実績値はアンビエント照明 3.5 W/m²、タスク照明 0.2 W/m²、合計 3.7 W/m²であった。これは日本建築学会で定める照明環境基準（5 W/m²）よりも低く、省エネルギー性の高い照明環境であることを確認した。



設備機器一体型ユニット「シーリングフリー」



3種類のタスク照明



明るさ画像 (NB値分布)

タスクアンビエント照明 消費電力

イス型タスク空調によるパーソナル空調

快適性向上のためにパーソナル空調として、当社開発品のイス型タスク空調「クリマチェア」を導入した。アンビエント空調としてシーリングフリーを導入した。

イス型タスク空調：代謝量や着衣量がそれぞれ異なる執務者にとって、快適な温熱環境はそれぞれ異なることから、各個人で暑さ・寒さを調整できるイス型タスク空調「クリマチェア」を導入した。クリマチェアは送風モードと加熱モードを有しており、出力を5段階で調整可能である。

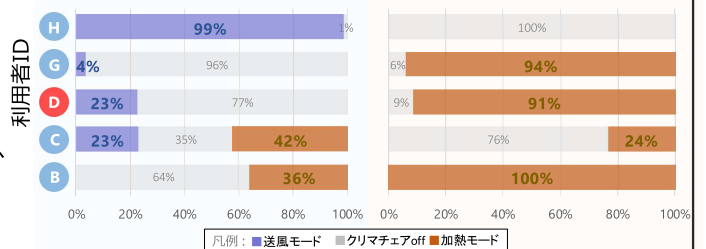
冷却・加熱効果を表す等価温度をサーマルマネキンを用いて評価したところ、送風モードで-0.7℃、加熱モードで1.2℃の効果を確認した。

利用実績によると、夏期に送風モードを使用する人もいれば、加熱モードを利用する人もいるなど、暑さ・寒さの感じ方に応じて、各自で使い方が工夫されていた。

クリマチェア利用者の温熱環境満足度は、非利用者に比べて高く、快適な温熱環境形成のためには、利用者が各自で調整可能なパーソナル空調の提供が有効であったと考える。



イス型タスク空調「クリマチェア」



夏期におけるクリマチェア使用率 (19/8/5 ~ 8/30)

冬期におけるクリマチェア使用率 (20/1/6 ~ 1/31)

クリマチェア利用実績

クラウド型自動制御システム

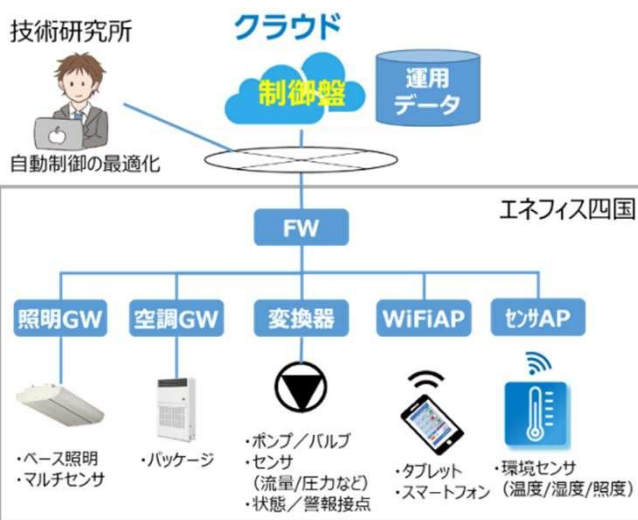
空調や照明の制御のためにクラウド型自動制御システム「リモビス」を導入した。IoT化された（＝無線化され、かつ個別のIDを有する）設備機器を想定した自動制御システムであり、クラウド上にソフトウェア化して実装している。これにより、通常では現地に設置される自動制御用コントローラーおよび中央監視盤が不要となる。現状でIoT化されていない機器は個別にゲートウェイ（GW）等を介して通信する。

クラウドからエネルギー消費量や室内環境のデータを収集・分析することができるため、都度チューニングが可能となる。継続的な運用の改善を図ることができる。

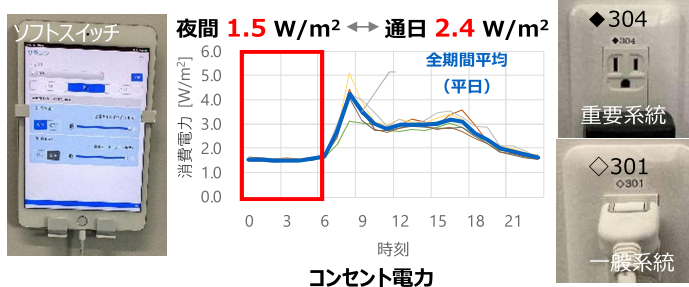
タスクとアンビエントの無線通信による連携： クリマチェアは無線通信可能であり、使用状況をクラウド型自動制御システムにアップロードする機能を有する。クリマチェアの使用状況に応じて室内のアンビエント空調の設定温度等を変更し、執務者にとってより快適な環境とすることが可能である。たとえば、クリマチェアの利用率が高く、かつクリマチェアの出力も高い場合、設定温度を1～2℃変更することができる。

DALI照明制御： 照明制御にはDALIを用いており、1灯ごとにアドレスを設定し、ON/OFFや出力を制御する。マルチセンサーを用いた人の在不在と昼光利用による調光消灯制御や、夜間時に壁際エリアの人が不在でも壁面付近の明るさ感を向上させるウォール照明制御を導入した。

ソフトスイッチの実装： 現地での空調・照明のON/OFF、設定温度の変更や照明の調光・調色はタブレット型コンピュータの専用アプリから操作できる。



クラウド型自動制御システム「リモビス」のイメージ図



コンセント電力

待機電力削減

待機電力の削減のため、コンセントを常時給電可能な重要システム（サーバー等）と夜間の最終退社後に回路を遮断する一般システム（タスクライト等）に分けている。これにより夜間のコンセントシステムの電力を1.5W/m²に抑制した。

エネルギー見える化と運用会議の継続

一次エネルギー消費量の推移をエントランス部分や給茶機スペースにおいて表示している。来訪者への説明時や勤務者への省エネ意識の啓蒙に用いている。

運用上の問題共有や改善策検討を目的とした運用会議を運用開始から1年2ヵ月間に計9回開催した。利用者・設計者・施工者・評価者が参加することで、ニーズに合わせた運用調整を即時に共有・検討した。この会議により、実際の在室人数に合わせた外気導入量への調整（設計0.2人/m²→実際0.05人/m²）、地中熱採熱スケジュールの適正化等、多数の運用改善を図った。また、クラウド型自動制御システムによる遠隔からのチューニングによって、建物利用者が現地で直接作業する手間を最小限としながら運用最適化した。

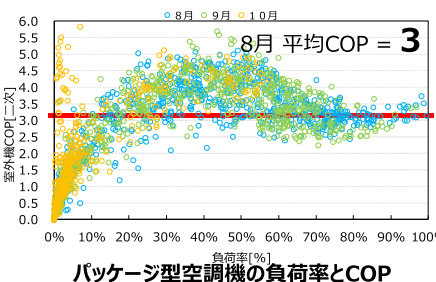
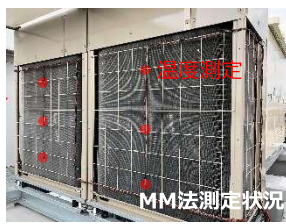
性能評価の継続

今後のZEB普及に向けて、詳細な運用データを取るべく性能評価した。たとえば、パッケージ空調機の負荷率をMM法（Multi-Split Measuring Method）により評価したところ、夏期において50～60%の運転が多くみられた。ピーク時には100%を示しており、ダウンサイジングによる効果が表れた。

2019年8月の期間平均COPは約3を示した。より高効率を目指すために、設定温度の統制、風量設定の見直し等の運用上のノウハウを得た。



見える化画面



パッケージ型空調機の負荷率とCOP

運用含めたバイオフィリックデザイン

健康的な働き方のためにバイオフィリックデザインに基づき屋内緑化およびオフィス菜園に取り組んだ。執務者へのヒアリングによると、コミュニケーションを活性化させる効果を得られた。

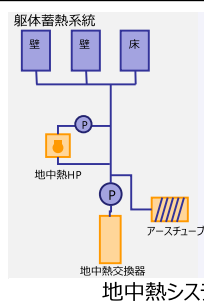


生育途中の野菜

再生可能エネルギーの利用

杭採熱による地中熱利用

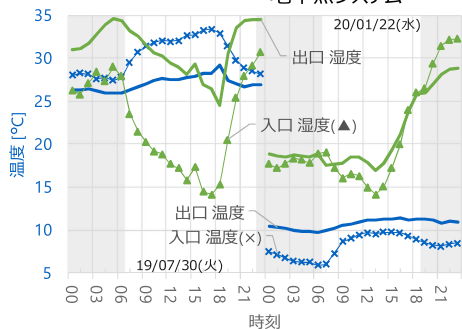
杭の中にUチューブを挿入して地中から採熱する杭採熱に取り組んだ。夏期は躯体蓄熱用冷水の熱源、冬期は地中熱ヒートポンプの熱源として利用する。冬期の実績でいえば、早朝の躯体蓄熱時（3時間）のみの運転とし、70~90W/m採熱した。採熱期間を限定すれば躯体蓄熱により5W/m²程度の負荷削減が可能であった。



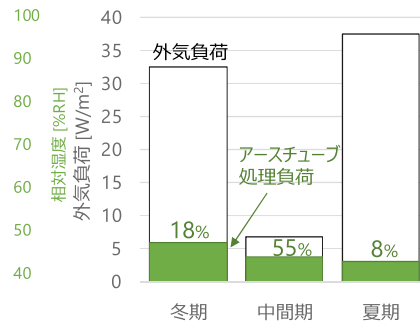
地中熱システム

アースチューブによる外気処理

取込み外気の冷却・加熱のためにアースチューブを導入した。実績として、夏期は出口温度が入口温度に比べて3~4℃低く、冬期は1~4℃高い値であった。外気負荷のうち、夏期は8%、中間期は55%、冬期は18%を冷却・加熱する効果が見られた。



アースチューブ入口・出口の温度



アースチューブが処理した外気負荷

太陽光利用

屋上に太陽光発電パネルを設置した。太陽電池モジュールは変換効率が高い単結晶ヘテロ結合型（320W）を採用し、計155枚（49.6kW）設置した。

BCP対策として蓄電池システムを取り入れた。容量は78kWhであり、停電時において空調を稼働した状況でも7~8時間分の電力を供給できる。災害時等において使用を限定すれば数日の業務が可能である。



運用実績

運用時でも『ZEB』達成

運用から1年間（'19年10月~'20年9月）の一次エネルギー消費量は空調、換気、照明、給湯、エレベーター用途の合計で347MJ/m²/年（コンセント他除く）であった。太陽光発電による一次エネルギー創出量は452MJ/m²/年となった。結果として、運用時において消費量が創出量を下回る『ZEB』を達成した。実績値からBEIを計算すると-0.1となる。これは設計値に比べて小さく、特に空調用途の一次エネルギー消費量が62MJ/m²/年小となった影響である。

執務者の温熱環境満足度を調査したところ、夏期においては半数以上から満足側の回答を得た。温冷感申告を得点化したTSVは0.7と概ね中立的な環境であった。一方で、冬期では不満側の回答が多くなり、TSVは-1.0とやや寒い環境となった。実際に室温が設定温度に到達するまでの立ち上がり時間を見ると6時間と長くかかっていることが原因である。2年目以降の運用改善項目と考える。

COVID-19の影響

2020年4月以降、積極的な窓開け運用を実践している。中間期はほぼ常時、盛夏でも1時間のうち10分程度は窓を開けていた。そのため、窓開け運用以降のCO₂濃度は以前に比べて低い値であった。

ただし、夏期の室内温湿度の上昇（平均2°C、3g/kg'）、室外機の出力の増加（平均2kW）が見られたため、外気負荷の増加が考えられる。当初より換気量は50CMH/人と十分な量を確保していることから、快適性・省エネ性を担保しつつ、より最適な運用とすることが課題である。

まとめ

- 設計時・運用時共に『ZEB』を達成
- ダウンサイジング（冷房47W/m²、暖房53W/m²）により高負荷・高効率帯での運転を実現した

