

自然エネルギーを最大限に活用した 中規模オフィスの ZEB 化

稲 田 雄 大

ICI LAB エクスチェンジ棟は、ZEB と知的生産性向上を実現する次世代型オフィスをコンセプトに計画、建設された中規模オフィスビルである。計画地の豊かな自然環境を最大限に活用する計画とし、井水を利用した空調システムや自然換気を採用することで大幅な省エネルギーの実現、屋根・壁面に設置した太陽光発電による創エネルギーにより、運用段階においても『ZEB』を達成している。本稿では、導入技術の効果検証結果および竣工後 5 年間の建物運用実績を報告する。

キーワード：ZEB、省エネルギー、井水利用、自然換気、放射空調、太陽光発電

1. はじめに

近年、地球温暖化対策の進展とともに安全・安心や生産性向上、健康など「働き方」への関心が高まっており、大幅な省エネルギーを実現する ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）と室内外的環境品質向上、知的生産性向上との両立を図るオフィスが注目を浴びている。

本稿では、「ZEB と知的生産性向上を実現する次世代型オフィス」をコンセプトに計画された ICI（Incubation×Cultivation×Innovation）LAB エクスチェンジ棟（写真—1）の導入技術と竣工後 5 年間の運用実績を報告する。

2. 施設概要

「ICI LAB」は従来の技術研究所の概念を覆すオープンイノベーションを前提とした施設を目指してお

り、外部の研究者やベンチャー企業が集う開かれた施設として計画された。

(1) 敷地概要

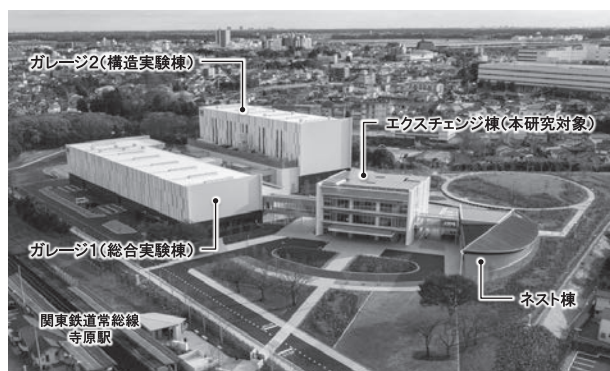
本施設は茨城県取手市に立地し、関東鉄道常総線寺原駅前の約 52,600 m² の敷地に建設されたもので、管理中枢機能を受け持つ「エクスチェンジ棟」、リフレッシュスペースとなる木造の「ネスト棟」、実験施設の「ガレージ 1（総合実験棟）」「ガレージ 2（構造実験棟）」の 4 棟より構成されている（写真—2、表—1）。計画敷地は、一級河川である利根川とその支流となる小貝川との間に位置し、井水が豊富である。また、緑が豊富な自然豊かな環境にあり、本計画以前よりあった樹木は極力残す計画とした。

(2) 建物概要

エクスチェンジ棟は、地上 3 階建ての RC-S 造（柱 RC 梁 S）で柱スパンを大きくし、執務室は無柱の広



写真—1 エクスチェンジ棟 外観（南面）



写真—2 対象施設の鳥瞰写真

表—1 施設概要

名称		ICI LAB
敷地概要	所在地	茨城県取手市
	敷地面積	52,572.43 m ²
エクスチェンジ棟 (本研究対象)	用途	事務所
	構造・階数	RC-S造（免震構造）・地上3階
	延床面積	2,122.2 m ²
ガレージ1 (総合実験棟)	用途	実験施設
	構造・階数	S造・地上2階
	延床面積	4,982 m ²
ガレージ2 (構造実験棟)	用途	実験施設
	構造・階数	S造・地下1階，地上2階
	延床面積	3,525 m ²
ネスト棟	用途	事務所・リフレッシュスペース
	構造・階数	木造・地上1階
	延床面積	644 m ²

い空間を確保している。南・北面はハイサッシュを設置し開放性が高くフレキシビリティに優れた空間構成となっている。東・西面には、トイレや機械室、階段室などのコア部分を配置し、外皮からの熱負荷削減に配慮した。建物南側には豊富な井水や雨水を利用した大きな水景を配置し、景観に配慮するだけでなく、水面に反射した太陽光を、室内採光としての補助的利用や、壁面設置の太陽光パネル（写真—1）への間接的利用をすることで、さらなる効率化を図った。

(3) 設備概要

主な設備概要を表—2に示す。空調設備は、豊富

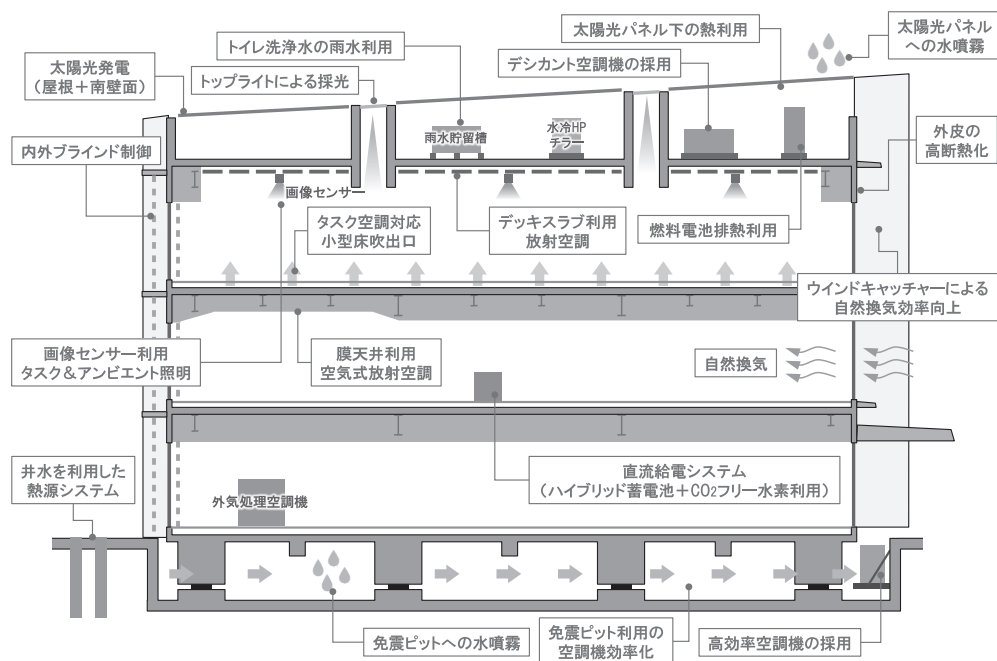
表—2 設備概要

空調設備	熱源	地中熱利用水冷 HP チラー 10 kW×9 台
	空調	外気処理空調機 天井放射空調（井水利用水式・空気式） 空冷 HP パッケージエアコン
	換気	第1種，第3種，自然換気併用
衛生設備	給水	受水槽＋加圧給水方式（井水利用）
	給湯	局所式電気温水器，燃料電池排熱利用
電気設備	受電	単相：127 kVA，三相：94 kW (施設全体容量：6,100 kVA)
	照明	LED 照明（300～750 lx） 人感センサ・画像センサ制御
	中央監視	監視点数約 900 点
	太陽光発電	屋上：110.7 kW，壁面：21.6 kW

な井水を最大限活用するため、地中熱利用の水冷 HP チラーを採用した中央熱源方式とした。3階執務室は、外気処理空調機＋天井水式放射空調とし、その他のフロアや会議室などの個室は利便性を考慮し、外気処理空調機＋空冷 HP パッケージエアコンとした。また、詳細は後述するが、中間期には自然換気を併用することで、空調消費電力の削減を図った。太陽光発電設備は屋上（傾斜約4°）と南壁面に計132.3 kW 設置し、余剰電力については施設内の他の建物で利用している。

3. ZEB 実現に向けた導入技術と実績

導入技術概要を図—1に示す。研究開発拠点として新技術実証の場として実験的な技術も導入した。



図—1 導入技術概要

(1) 内外ブラインドによる日射負荷のコントロール
南・北面には自然豊かな計画地の眺望を確保するためにハイサッシュを採用し、南面には室内外に電動ブラインドを設置した。内外ブラインドとも太陽の位置や天候により自動で昇降とスラット角を変更するシステムとした。夏期の建物南面における日射遮蔽は重要な要素であったため、多くの選択肢の中から眺望を確保しながら、日射を確実に遮蔽できる外ブラインド方式を採用した。一方で冬期は、内ブラインドを利用することで日射熱を室内に取り込み暖房負荷の削減を図った(図-2)。



図-2 内外ブラインド設置状況(南面)

(2) 井水を最大限に活用した熱源・空調システム
図-3に夏期冷房運転時における地中熱オープンループ空調システムの概要を示す。建設前の該当敷地には、ハウストマト栽培場とゴルフ練習場があり、ハウス内の散水や根の冷却、ゴルフボールの洗浄や飲料水として井水を使用。井水が豊富かつ年間を通して温度が一定であることがわかっていった。そこで本計画では、豊富な井水を最大限に活用する熱源・空調システムを採用した。汲み上げた井水は熱交換器を介し、冷房時は外気処理空調機の予冷と3階の放射パネルに送水した後に、水冷HPチラーの冷却水としてカスケード利用している。暖房時は、外気処理空調機の予熱および水冷HPチラーの採熱水として利用し、3階の天井放射パネルへは水冷HPチラーより温水を供給する。水冷HPチラーは10kW×9台と細分化し、負荷に応じた台数制御を行うことで、低負荷時においても高効率で運転できるよう配慮した。

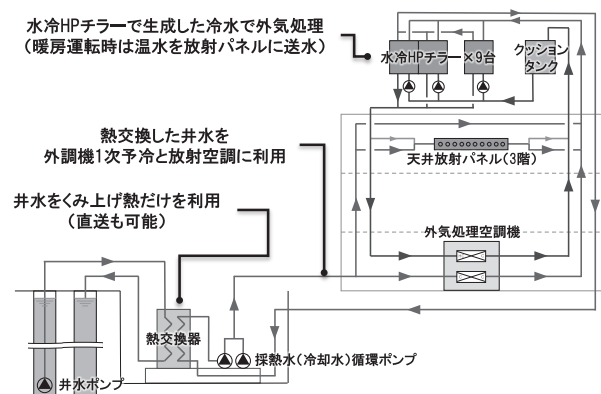


図-3 地中熱オープンループ空調システム概要(夏期・冷房運転時)

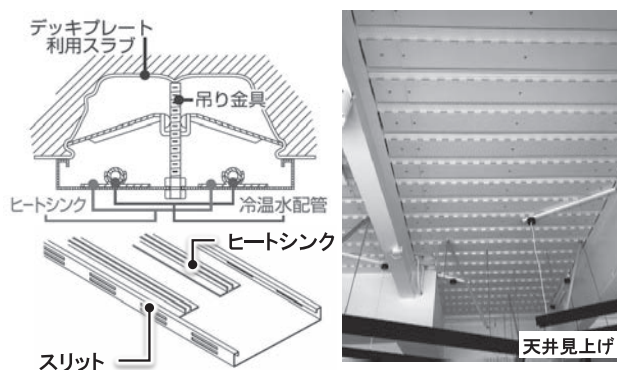


図-4 デッキスラブ利用水式放射空調(3階)

二次側空調システムは、タスク&アンビエント空調とし、アンビエント空調にはデッキスラブ利用水式放射空調(図-4)を、タスク空調にはファン付きの小型床吹出口(図-5)を採用した。水式放射パネルは、躯体工事のデッキプレートに通常は照明器具等を固定する吊り金具で固定しており、放射面積を多く確保するとともに、パネル側面にスリットを設けることで冷気其自然降下も期待できるよう新規に開発した。タスク空調の小型床吹出口は、床下に外気処理した空気を給気し、利用者が必要に応じてフットスイッチにて操作することで、省エネかつ快適性を確保できるように計画した。

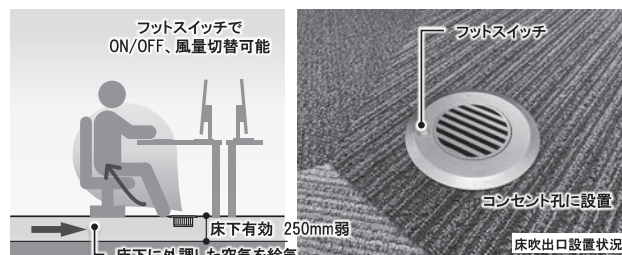
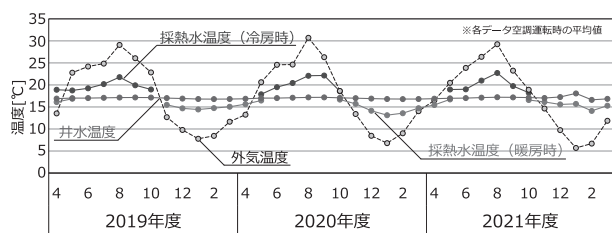


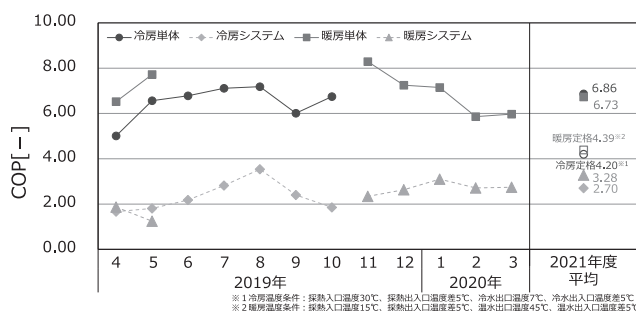
図-5 タスク空調用小型床吹出口(3階)

図-6に空調運転時における各種温度の年間推移を、図-7に2019年度の熱源単体・システムCOPを示す。運用段階においても井水温度は年間を通じて変動がなく約17℃と一定であることを確認した。各季節の採熱水温度を見ても、夏期は外気温度より低

く、冬期は外気温度より高く、熱源機に有利な条件で運用できており、熱源単体COPは冷暖ともに定格値より良い結果となった。一方で、熱源システムCOPについては井水ポンプや採熱水循環ポンプなどの搬送動力が多いため、中間期に低下しているものの、運用改善により冬期から向上する結果となった。継続して



図—6 空調運転時における各種温度の年間推移



図—7 熱源単体・システム COP

データ分析および運用改善を行い、さらなる効率向上を図っている。

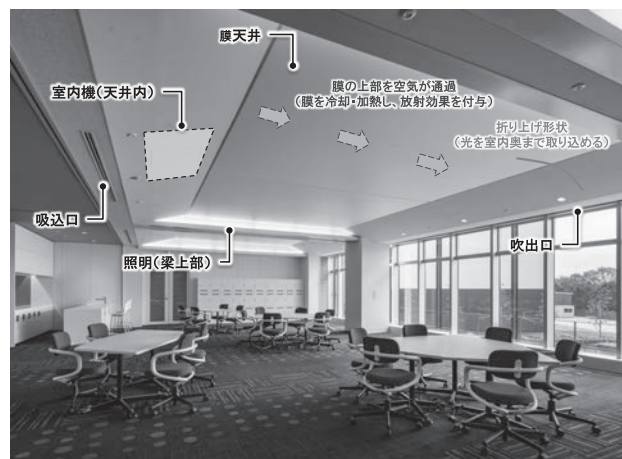
(3) 膜天井利用空気式放射空調

図—8 に膜天井利用の空気式放射空調を採用した2階執務室の様子を示す。天井内にパッケージエアコンの室内機を設置し、膜の上部を空気が通過することにより、膜材自体を冷却・加熱し放射効果を得られる空調方式とした。また、天井を折り上げ形状とすることで、南面のハイサッシュからの採光を室内奥まで取り込めるよう配慮した。

(4) 免震ピット内の地中熱を利用した空調機の高効率化

図—9 に免震ピットドライエリアへの室外機設置状況を示す。免震装置が設置されたピット階を給気経路として利用するクールピットの事例は多いが、ピット内の臭気やカビの対策が必要な事例も多くある。今回はドライエリアに空冷 HP パッケージエアコンの室外機を設置し、ピットを経由した空気を室外機の吸い込みとすることで、地中熱による吸い込み温度緩和効果での効率向上を図った。

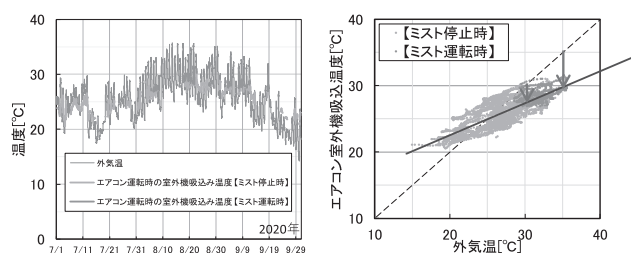
図—10 に2020年夏期の外気温度と室外機吸い込み温度の実績を示す。外気温度と比較してピット内を通過した空気は、ピット内の熱（地中熱）の効果により、外気温度30℃の時に約2.5℃、外気温度35℃では約5℃低下することを確認した。参考ではあるが、メーカーカタログより、夏期ではCOP約1.4向上（外気



図—8 膜天井利用空気式放射空調（2階）



図—9 免震ピットへの室外機設置状況



図—10 外気温度と室外機吸い込み温度

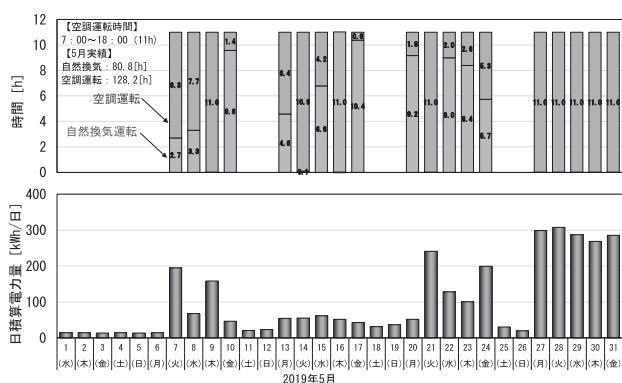
温34.4℃・ピット内28.4℃・ Δt 6.0℃）、冬期では、COP約0.9向上（外気温度0.0℃・ピット内7.0℃・ Δt 7.0℃）となり、通常の設置方法と比較して、高効率な運転ができることを示唆した。なお、ピット中央部の温度が28℃以上の時に井水を利用したミストを散布し、気化冷却によるさらなる温度緩和を試みたが、ピット内部の湿度が常に高い状態であり、効果は見られなかった。

(5) 自然換気による中間期の空調消費電力削減

計画地での中間期や夏期の朝夕における風向は、時期・時間により大きく異なる。そこで、どの風向からの風も取り込めるよう建物四隅に取入口を設けた。また、より多くの風を取り込むために取入口は建築的工夫により、風を積極的にとらえる形状（ウインドキャッチャー）とした。建物の内部に入った風は、北東または南西の階段室を介して屋上に抜ける構造とし、無風時にも強制的に外気を誘引できるよう誘引ファンを設



図一 11 各所の自然換気窓



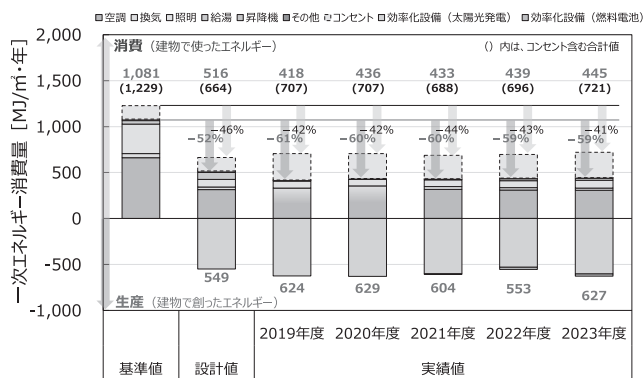
図一 12 自然換気運転時間・空調消費電力

置した。なお、各所の換気窓は、外気条件に応じて自動制御を行い、自然換気有効時には熱源・空調を停止し、空調の消費電力削減を図った（図一 11）。

図一 12 に自動制御により運用した 2019 年 5 月の自然換気運転時間および空調消費電力の実績を示す。上段の運転時間より、自然換気での運転時間は 80.8 時間となり、月の約 4 割を自然換気にて運用できていることを確認した。とくに 5 月中旬ごろは自然換気の運転時間が長く、熱源システムの停止時間が長くなり、空調消費電力を大幅に削減できることを確認した。

4. 竣工後 5 年間の年間一次エネルギー消費量の実績

図一 13 に竣工後 5 年間における年間一次エネルギー消費量の実績値を示す。なお、図中には Web プログラムによる基準値および設計値を併記した。基準値 1,080 [MJ/m²・年]（コンセント除く）と比較して、各年度ともに約 60% 減と設計値を上回る省エネ運用



図一 13 一次エネルギー消費量実績値（基準値、設計値、実績値）

ができており、竣工後 5 年間に於いて『ZEB』を達成した。各用途における消費実績については、空調用途が最も多く、消費全体の約 5 割を占めており、空調用途のエネルギー削減が重要であることを再確認した。また、太陽光発電実績については、2020 年度まで設計値を大幅に上回る発電ができていたが、2021 年度より発電量が減少した。要因としては、太陽光パネルの汚れの堆積による効率低下やパワーコンディショナーの給気フィルター目詰まりが原因の出力抑制によるもので、メンテナンスを行った結果、2023 年度において発電量が回復していることを確認した。

5. おわりに

本計画では、計画敷地が持つ自然エネルギーを最大限活用し、運用段階において『ZEB』を実現した。今後も継続してエネルギー管理を行い、さらなる省エネルギーに取り組んでいく。検証した技術やデータは、様々な建物の省エネルギーや環境負荷低減、快適性向上のために活用していく所存である。

最後に、計画・設計・施工・検証と、様々な場面において多大なるご指導とご協力を頂いた関係者の皆様に、この誌面をお借りして深く御礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

稲田 雄大（いなだ ゆうた）
前田建設工業㈱
建築事業本部 プロジェクト推進部

