

環境配慮型事務所建築に関する研究

(第 1 報) カーボンマイナスを目指したグリーンオフィス棟の概要

STUDY OF ENVIRONMENTALLY-FRIENDLY OFFICE BUILDINGS

Part1 Overview of a GREEN OFFICE, aiming to achieve carbon-minus

竹中優揮*1, 村江行忠*2, 栗木茂*1, 伊藤優*3, 市川勇太*4

Yuki TAKENAKA, Yuki-tada MURAE, Sigeru KURIKI, Yu ITO and Yuta ICHIKAWA

Aiming not only to reduce CO₂ emissions through energy conservation by ZEB, but also to reduce the CO₂ balance in the life cycle including factors other than energy, the Environmental Technology Demonstration Building was refurbished and exhibited it while being used as an office. In this paper, we report on the plan of the newly constructed office, the wall greening unit that is a feature of the exterior, geothermal heat utilization by an open loop system with high heat recovery efficiency, and latent separation that allows the desiccant rotor to be refreshed with return air. We also report on environment-friendly technologies such as air conditioning, task ambient floor blowing air conditioning, a natural ventilation system that combines a sloping ceiling and dimming glass, and automatic air conditioning control equipment that is premised on AI control demonstration. In addition, a part of the summer energy consumption data after the start of operation is also reported.

Keywords: Carbon-minus, Net Zero Energy Building, Wall Greening, Utilization of geothermal heat, Task & ambient air conditioning
 カーボンマイナス, ネットゼロエネルギービル, 壁面緑化, 地中熱利用, タスク・アンビエント空調

1. はじめに

パリ協定での締結国の合意を受け、我が国でもカーボンニュートラルへの政策目標が示されことにより、低炭素社会実現に向けての取り組みは重要度を増している。筆者らは、建築物の省エネルギー化に資すべく、環境技術実証棟を建設し、様々な環境配慮技術に対して検証を行ってきた¹⁾。今回、ZEB による省エネルギーに伴う CO₂排出量の削減だけではなく、エネルギー以外の要素を含めた建物のライフサイクルでの CO₂収支をマイナスすることを目指し、環境技術実証棟をグリーンオフィス棟にリニューアルし、オフィスとして使用しながら実証的に取り組むこととした。

本報では、新たに構築したオフィスに採用した環境配慮技術の概要と運用開始後の夏期消費エネルギーデータの一部を報告する。

2. 計画コンセプト

本施設は ZEB である事を前提とし、リニューアル工事から解体に至るまでの CO₂収支をマイナスとするカーボンマイナスを目指すことをコンセプトに計画した。本取組においては、図 1 に示すように、改修、エネルギー消費、維持管理、解体にもなる CO₂排出量（プラス要因）と、木材などの低 CO₂資材への代替や木材による CO₂の固定化、緑化など植物による吸収、太陽光発電、地中熱による再生可能エネルギー利用などによる CO₂排出量削減効果（マイナス要因）の収支を概念としている。

3. 計画概要

写真 1 に外観写真、表 1 に計画概要を示す。設計省エネ性能

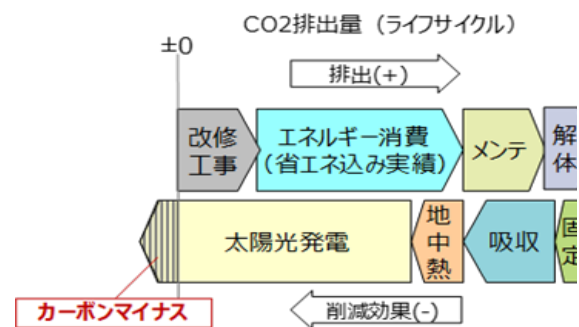


図 1 カーボンマイナスの概念



写真 1 外観写真

*1 戸田建設技術開発センター

*2 戸田建設技術開発センター 工学修士

*3 戸田建設技術開発センター 修士 (工学)

*4 戸田建設建築設計統轄部 修士 (工学)

Technology Development Center, TODA CORPORATION

Technology Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng

Technology Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng

Design Administration Division (Building Construction), TODA CORPORATION, M.Eng

(BELS) に関しては BEI : 0.00 で ZEB 認証を取得している。

なお、CO₂ 収支対象範囲として本施設南側に位置するビオトープなどを含む敷地約 1,200m² を想定している。

表1 計画概要

項目	概要
建設地	茨城県つくば市（戸田建設 筑波技術研究所内）
規模	RC 造（免震構造） 地上2階建て 建築面積：約 380m ² ，延床面積：約 674m ² 高さ：約 14.2m，階高：4.45m（1F，2F）
事務室	約 285m ² ×（1, 2F），天井高：2.9m（1F），3.05～3.5m（2F） 床：OA フロア（h250mm）＋フローリング 天井：システム天井（1F），在来工法傾斜天井（2F）
設計省エネ性能（BELS）	建物外皮性能（PAL）：260MJ/（m ² ・年） 一次エネルギー消費量：422.67GJ/年（BEI：0.00） 太陽光発電消費量（一次エネルギー）：429.37GJ/年 BELS 認証：「ZEB」

4. 環境配慮技術

表 2 に採用した環境配慮技術の一覧を、図 2 に環境配慮技術のイメージ図を示す。

合計 23 の要素技術を採用し、一部実証を行いながらカーボンマイナスを目指す運用を行う。以降、その一部を概説する。

4.1 壁面緑化ユニット

壁面緑化ユニット（図 3）は本施設の外観上の特徴にもなっている。施設建設時に伐採した樹木を原料の一部とした人工木製ルーバーを組み込んだユニットの寸法は 900w×400d×8,450h で、80 ユニットの 4 面に設置した。2FL と RFL に配置されるプランターには、登攀植物と下垂植物を組合せて、上下方向に植物が生育するように植栽している。コンセプトに沿って、緑化面積の

表 2 環境配慮技術一覧

No.	項目	概要	省エネ	低炭素化	室内環境	省資源
1	壁面緑化ユニット	眺望・採光と日射遮蔽両立と CO ₂ 吸収	○	○	○	
2	屋上緑化	断熱・蒸散効果と CO ₂ を吸収	○	○		
3	調光ガラス	階段室の熱・光環境制御	○	○	○	
4	高断熱ガラス	真空ガラス・Low-E ガラスの採用	○	○	○	
5	ブラインド制御	防眩を考慮した自然採光制御	○	○	○	
6	木質材料の活用	CO ₂ 固定化と室内環境の向上		○	○	○
7	伐採樹木の活用	実証棟時代採した樹木の活用		○	○	○
8	バイオフィリック	壁面緑化を考慮した室内緑化			○	
9	自然換気	吹抜けを利用した自然換気制御	○	○	○	
10	傾斜・曲面天井	効果的な自然換気・自然採光	○		○	
11	軽量天井材	地震・環境への配慮		○		○
12	超薄型断熱材	ヒートブリッジ低減	○	○	○	
13	太陽光パネル	最大面積を設置	○	○		
14	地中熱利用	オープンループ方式	○	○		
15	免震ビット給気	換気による外気負荷低減	○	○	○	
16	潜熱分離空調	効率的な潜熱処理	○	○	○	
17	タスクアンビエント	床吹出し空調方式による ABW 対応	○	○	○	
18	IoT 制御	AI を用いた環境制御	○	○	○	
19	サーカディアン照明	無線式 LED による時間帯制御	○	○	○	
20	空間環境音	環境音付加による環境向上			○	
21	消臭壁紙	トイレでの脱臭効果による換気量低減	○		○	
22	雨水利用	緑化灌水への利用		○		○
23	節水便器	節水により CO ₂ 排出量削減		○		○

拡大を図ると共に、日射負荷の制御及びルーバーによる捕風効果による自然換気の効率的な利用を図っている。

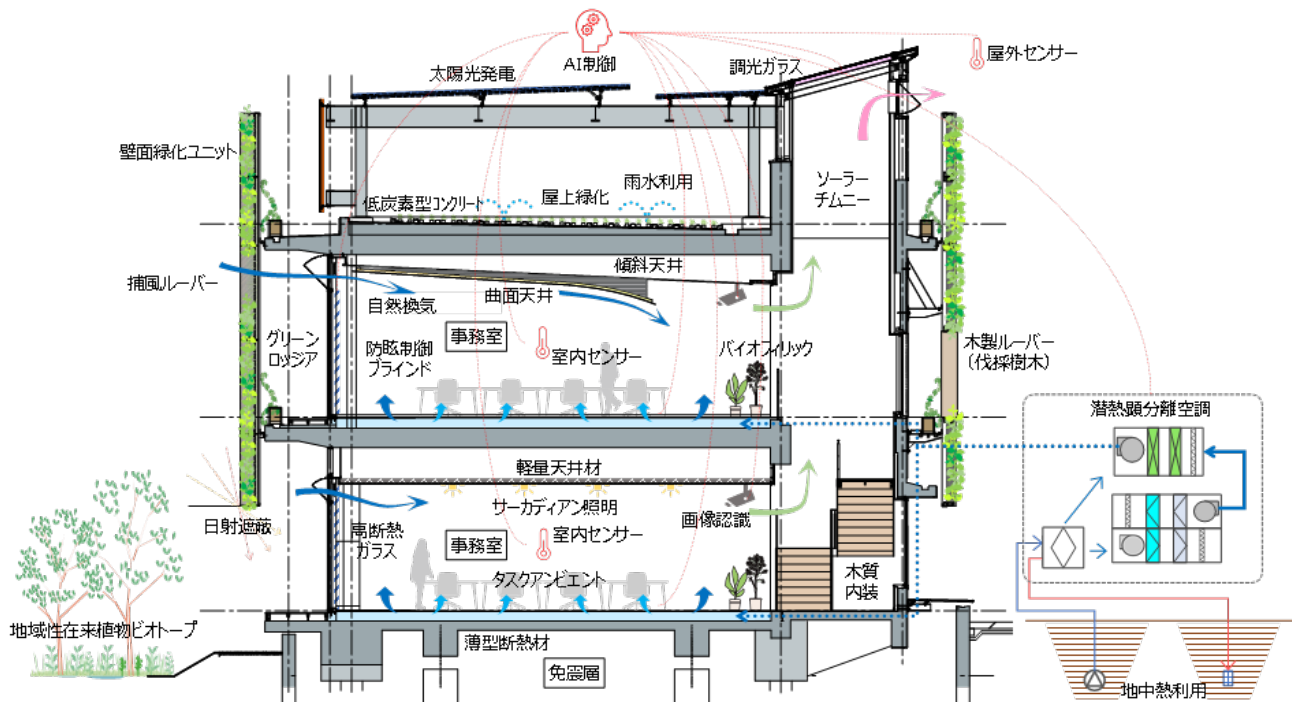


図 2 環境配慮技術のイメージ図

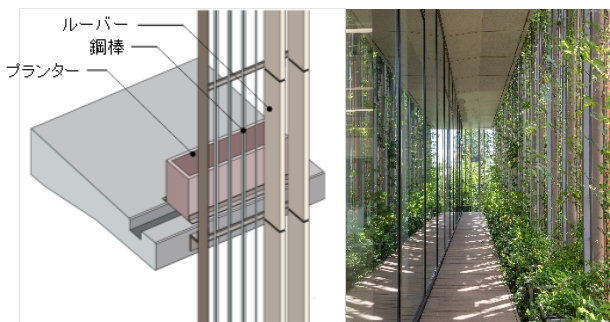


図3 壁面緑化ユニット

4.2 空調設備

空調系統図を図4に示す。

熱源は後述する地中熱利用を前提として、地中熱対応空水冷HP チャラーを採用した。本チャラーは熱源井の状況に応じて空冷運転への切替が可能となっている。

外気処理は潜熱処理の効率化の為、RA で再生可能なデシカントロータと全熱交換器を組み合わせた空調機を採用し、除湿空調の省エネ化を図っている。

また、外気処理空調機及び顕熱処理空調共にチャラー系統のコイルとは別に井水熱を直接利用する為のコイルを設け、チャラー運転時間の低減を図っている。

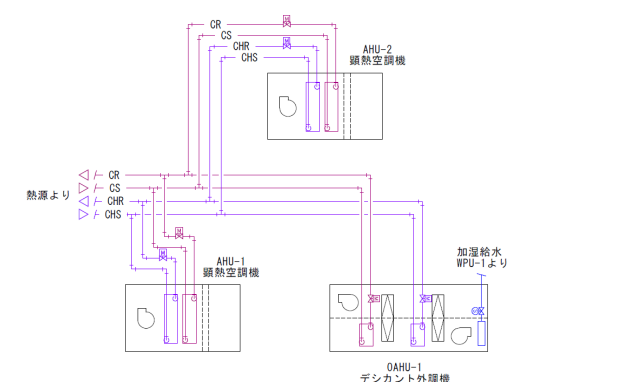
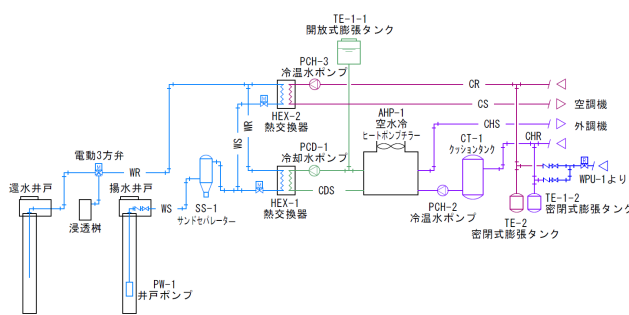


図4 空調系統図 (上：熱源側 下：空調機側)

4.3 地中熱利用 (オープンループ方式)

本計画ではクローズループ方式に比べて、熱回収効率が高いオープンループ方式を採用している。地中に存在する帯水層より揚水した地下水の熱を熱交換器で採熱する事で 16℃前後の地中熱を冷暖房に利用する。

基本設計スタート前にオープンループ方式の可能性を確認する為の調査を実施した。掘削長 100mのボーリング調査の結果、GL-50m付近に良質な砂礫層が有る事が判明した。この砂礫層の透水係数とオランダ地中蓄熱システム協会が提唱する経験式より、推定揚水量と推定還元量を算出したところ、地下水を 361L/min (推定還元量より) 使用出来る予測された。但し、水質に関しては鉄分が多く、マンガンも含まれている事から、揚水した地下水を水槽で貯めて、カスケード使用する方式ではなく、熱交換器での採熱後、空気に接触させずに還元井に戻す密閉回路とした。

調査の結果把握出来た地層断面図を図5に、調査結果の一覧を表3に示す。

熱源井利用を前提で空調の実施設計を行った結果、本計画での使用水量は 135L/min とした。

熱源井のケーシングパイプはスリット幅 0.6 mmのスクリーン加工がされているものとし、ケーシングパイプ周囲に充填するフィルタグラベルについても、粒径 0.8~1.25 mmのものを設置した。

表4に熱源井の仕様を、写真2にスクリーンパイプとフィルタグラベルを示す。

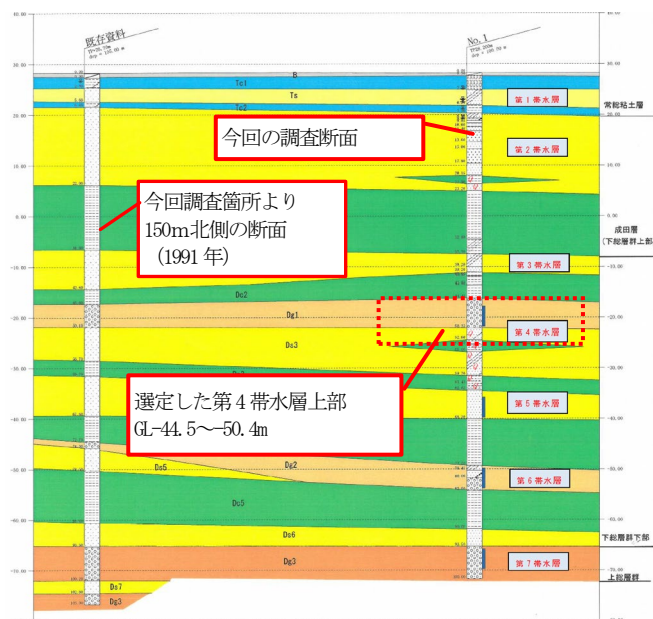


図5 地層断面図

表3 調査結果一覧

項目	調査結果
選定帯水層	第4帯水層上部 GL-44.5~50.4m
地層、層相	砂礫層 細~中砂及び径2~30mmの亜円礫主体 含水大
水質	鉄分：8.5mg/L
水温	16.1℃
推定揚水可能量	180~5,295L/min Ave 753L/min
推定還水可能量	155~1,161L/min Ave 361L/min

表4 熱源井仕様

項目	仕様
掘削深度	55.0m
ケーシング管	口径 315A 材質 PVC
井戸ポンプ	40A×135L/min×60m 3相 200V 2.7kW 139Φ×H1,123
揚水管	40A×4.0m×8本 (SUS304)

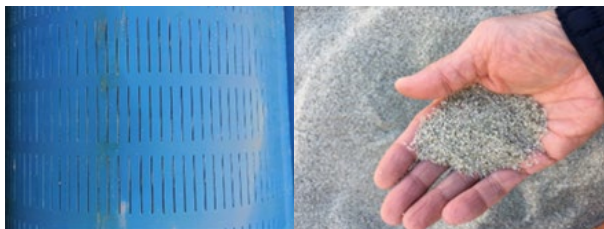


写真2 スクリーンパイプ (左) とフィルタグラベル (右)

4.4 自然換気

自然換気については、より効果を得る為の様々な手法をとっている。前述の緑化ユニットに組み込まれている捕風ルーバー、室内外の温湿度条件にて自動開閉する換気窓、南側窓面上部の自然換気口の配置及び曲面天井にて冷房効果が上がるよう計画している。特に曲面部の形状については、傾斜の角度、形状に関して気流解析による検討を行い、気流が部屋奥まで到達する天井形状を採用した。図8に採用した天井形状の解析結果を示す。また、階段室上部の吹抜をソーラーチムニーとし、温度差に

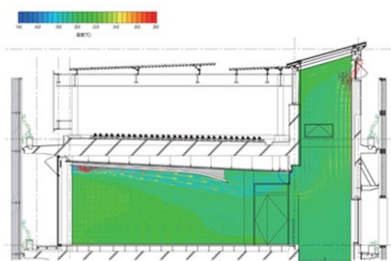


図8 自然換気の解析結果



写真3 調光ガラス



写真4 2階執務スペース

よる換気風量の促進を図った。ソーラーチムニー上部には調光ガラス (写真3) も採用している。写真4に曲面天井を採用した2階執務スペースを示す。

4.5 自動制御設備

今回の計画でも採用されており、近年主流となっている低負荷外装、高断熱建築の場合、冷房負荷、除湿負荷が増加する傾向が予想され、自然換気、地中熱利用、クールピット給気、外気冷房などの自然エネルギーの効率的な利用方法が課題になると考える。設計時点でもある程度の自然エネルギーの自動制御は見込んでいるが、運用開始後により省エネ効果を上げる為の制御フローの改善を行っていく。

また、今回一部の制御に AI を用いた制御を採用し、画像を使用する空調制御、BEMS による消費エネルギーデータを利用する省エネ制御について実証実験を行う。

5. 夏期消費エネルギーデータ

夏期、7/12~18 一日毎の太陽光発電量と消費電力量データと一週間の合計値のデータを図10に示す。

取得しているデータは夏期の一部のデータであるが、運用上は ZEB 以上、すなわちカーボンマイナスに寄与する可能性を示唆するものとなった。今後は運用面で更なる改善を行い、使用エネルギー削減を目指す。

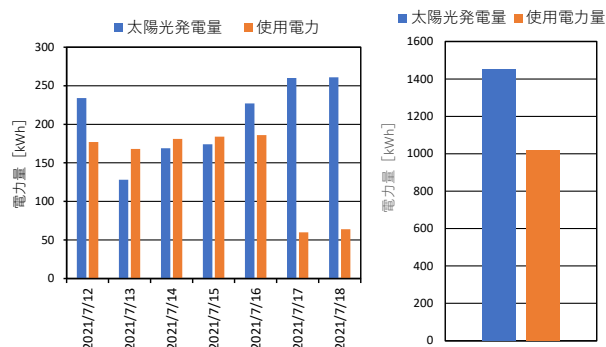


図10 7/12~18の発電量と使用電力量 (左:日毎、右:一週間合計)

6. おわりに

新たに構築した環境配慮型事務所建築についてその概要を報告した。

エネルギー消費という面だけではなく、CO₂排出を削減するという社会的ニーズは今後、さらに増してゆくと考えられる。

今後、本計画で採用している環境配慮技術の効果等について実証・検討を重ねていく予定である。

参考文献

- 1) 伊藤他: 最適なオフィス環境の創造を目指した要素技術に関する研究 (第1報)環境技術実証建物の概要と自然換気性能測定, 空気調和・衛生工学会学術講演梗概集(札幌), 2017