

## カーボンニュートラル賞

<b>受賞名称</b>
第11回カーボンニュートラル大賞、第11回カーボンニュートラル賞 関東支部
<b>カーボンニュートラル賞選考支部名称</b>
第11回カーボンニュートラル大賞選考委員会、カーボンニュートラル賞選考委員会 関東支部
<b>業績の名称</b>
高砂熱学イノベーションセンター 環境負荷低減と知的生産性向上を両立した研究施設
<b>所在地</b>
茨城県つくばみらい市富士見ヶ丘2-19

### 応募に係わる建築設備士の関与

高砂熱学工業株式会社	木村 健太郎
株式会社三菱地所設計	羽鳥 大輔

### 応募者又は応募機関

代表応募者・機関	高砂熱学工業株式会社		
建築主	高砂熱学工業株式会社		
設計者	株式会社三菱地所設計		
設計者	株式会社竹中工務店		
施工者	株式会社関電工		
施工者	株式会社ヤマト		
延床面積	11,764	m <sup>2</sup>	
階数	地上2階	地下-階	塔屋1階
主用途	研究施設		
竣工年月日	2020年1月		

### カーボンニュートラル大賞選考委員長講評

<p>本施設は、地球環境負荷低減と知的生産性向上を両立したサステイナブル建築をコンセプトに、風と光を屋内に取り入れるゾーニング、外ブラインドやコンピューテーショナルデザインによる外ルーバーなどのパッシブ建築の工夫に加え、間接照明システムや潜顕熱分離空調等の先進的な設備導入、地下水熱とバイオマスCHP排熱を利用した省エネ熱源システムなどの省エネ・再エネともに、電力オフグリッドを目指した電源システムとその最適制御など高度な技術を導入するなど、先進性・独創性のある取り組みにチャレンジしている。その結果、Nearly ZEBのBELS認証を取得するとともに、継続的な環境性能検証にも取り組み、運用実績では施設全体でNearly ZEB、オフィス棟で『ZEB』を達成している。太陽光発電、バイオマス発電の再エネで約8割を賄い、グリーン電力購入と合わせ、カーボンニュートラルに挑戦する意欲的な物件であることが選考委員会にて高く評価され、カーボンニュートラル大賞にふさわしいと判断された。</p>
--

## 支部選考委員長講評

本建物は、「地球環境負荷低減と知的生産性向上を両立したサステナブル建築」を設計コンセプトとして計画されている。建築計画における空調負荷抑制や地下水等の自然エネルギーの利用、潜顕分離空調等の先進的な設備導入により大幅なエネルギー消費量の削減を図っている。特に、省エネ熱源システムや電力オフグリッドを目指した電源システム及びシステムの最適制御など高度な技術が惜しみなく導入されている。

このように、先進性の高い環境技術を複合的に採用し、敷地全体では「Nearly-ZEB」、オフィス棟での「ZEB」を実現している点を高く評価する。

本建物では、現在考えられる環境技術を惜しみなくつぎ込み、オフグリッドにまで踏み込んでカーボンニュートラルに挑戦する意欲的な物件であり、今後の技術展開・普及に期待を持たせる好事例と思われる。

### ①省エネルギーへの取り組み・工夫

執務環境に以下の多くの工夫がみられる。

光と風を執務空間に効率よく取り入れるために、間仕切りが無い一体空間や吹き抜けを取り入れたプランニングを行い、中間期での自然換気利用により空調電力を33%削減した結果を得た。

特に、温熱環境を自由に選択できるような3種類のパーソナル空調機の開発導入の他、執務室に新規開発した天井放射空調パネルと組み合わせた間接照明システムを開発し、従来照明と比較し64%の省エネを実現しているなど、従来の省エネ技術を一歩進め、より洗練させている点を評価する。

### ②脱炭素燃料（水素・アンモニア等）への取り組み、工夫、③再生可能エネルギー利用・工夫、

本建物の大きな特色として、「カーボンニュートラルを目指した省エネ・創エネ・蓄エネシステム」が挙げられる。バイオマスCHP排熱と地下水熱を積極的に利用した省エネ熱源システムを構築している。地下水熱は3段階のカスケード利用を行うことで冷水の63%を、バイオマスCHP排熱によって温水の93%が処理されている。

電力オフグリッド化を目指し、逆潮流をできない条件下で200kW太陽光発電に加え大容量蓄電池（Li-ion電池、NAS電池）を増設し、電力自給率80%の高い創エネ・蓄エネシステムを構築している。単純にハードとして省エネ・創エネ機器を設置するのではなく、消費と発電を予測し最適運転が可能となるエネルギーマネジメントシステムを開発、運営している点も高く評価する。

## 関与した建築設備士の言葉

高砂熱学イノベーションセンターは、「地球環境負荷低減と知的生産性向上を両立したサステナブル建築」を設計コンセプトとして計画され、ZEBを実現するために省エネと快適性を追求した建築計画、設備計画を行うとともに、竣工後も継続的な環境性能検証を行ってきました。エネルギー面では電力系統へ逆潮流不可という立地上の制約のなか、地下水利用、バイオマス発電と排熱利用、太陽光発電に加え、大容量蓄電池の設置によりオフグリッドでも建物が自立できる計画としました。その結果、施設全体でNearly ZEB、オフィス棟で『ZEB』を、CO<sub>2</sub>排出量としては100%削減のカーボンニュートラルを実現しました。今後も本施設を学びの場として地域に公開するとともに情報発信を継続することによりカーボンニュートラルの実現に向けて社会貢献する所存です。

最後に、計画から運用までご尽力頂いた関係者の皆様に深くお礼を申し上げます。

(木村健太郎：高砂熱学工業株式会社、羽鳥大輔：株式会社三菱地所設計)

業績の名称： 高砂熱学イノベーションセンター 環境負荷低減と知的生産性向上を両立した研究施設

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

1/4

1. はじめに

高砂熱学イノベーションセンター（写真1、図1）は、「地球環境負荷低減と知的生産性向上を両立したサステナブル建築」を設計コンセプトとして計画された。建築計画における空調負荷抑制や地下水等の自然エネルギーの利用、潜顕分離空調等の先進的な設備導入により大幅なエネルギー消費量の削減を図っている（図2）。また、太陽光発電、バイオマス発電、蓄電池の導入により再生可能エネルギーを有効活用し、運用段階において**施設全体でNearly ZEB**を達成している。



写真1 高砂熱学イノベーションセンター



図1 施設配置図

建築概要	
建築名称	高砂熱学イノベーションセンター
所在地	茨城県つくばみらい市富士見ヶ丘2-19
主要用途	研究施設
建築主	高砂熱学工業(株)
設計	(株)三菱地所設計（基本設計、空調衛生電気の実施設計）、(株)竹中工務店（意匠構造の実施設計）
施工	(株)竹中工務店(建築・昇降機設備)、(株)関電工(電気設備)(株)ヤマト(衛生設備)、高砂熱学工業(株)（空調設備）
建築面積	7,129.74 m <sup>2</sup>
延床面積	11,763.97 m <sup>2</sup>
建物高さ	15.455 m
階数	地上2階 塔屋1階

空調設備概要	
熱源設備	・ 地下水熱利用(オープンループ)+排熱利用+空冷HPチラー方式
空調設備	・ 執務室系統：過冷却再熱式外調機(2台)+放射空調+DCFCU(105台)+タスクデスク(79台) ・ 会議室・応接室系統：水熱源個別空調 ・ カフェレストラン・エントランス・展示系統：デシカント外調機
換気設備	・ 全熱交換器の採用(WC排気も熱交換に利用) ・ 位置情報センサーを用いた外気導入制御
中央監視	・ 監視項目：状態・計測・計量・室内環境他 5,500点 ・ クラウド監視・BACnet・Modbus・JSON・APIなど
自動制御	・ PLC・DDC方式 ・ 無線・人位置検知他によるシステム構築

電気設備概要	
発電機器	・ 木質バイオマスガス化発電設備(2台) 発電出力40kW/台、排熱100kW/台 ・ 太陽光発電機 200kW
蓄電池	・ リチウムイオン電池 430kWh+3,000kWh(蓄電容量) ・ NAS電池 1,200kWh
制御	・ EMSによる発電量と使用電力の予測による蓄電容量や受電量などの制御
照明設備	・ 照度：執務室 300lx、研究室 500lx ・ 照明制御：昼光制御、人感センサー点滅制御、タイムスケジュール制御

衛生設備概要	
給水方式	・ 受水槽+加圧給水方式 ・ 上水系統+地下水系統+雑用水系統
排水方式	・ 建屋内外：汚水雑排水合流式 ・ 自然流下、実験排水のみポンプアップ
器具	・ 節水器具の採用
その他	・ 水景ろ過、pH調整水処理、特殊ガス

**特長1 ZEBを実現した建築計画と性能検証** (①省エネ)

- ・ 風と光を屋内に取り入れるゾーニング
- ・ 環境スクリーンとしての外皮計画
- ・ 独自開発した間接照明システム
- ・ パーソナル空調機の開発と導入展開
- ・ 継続的な環境性能検証の取り組みと環境認証評価

**特長3 施設全体でのエネルギー量・CO<sub>2</sub>排出量の評価**

- ・ 棟別エネルギー消費量の推移 (①省エネ③再エネ)
- ・ ZEBの達成状況の評価 (敷地全体で**Nearly ZEB**、**オフィス棟で『ZEB』**)
- ・ BEIでの評価
- ・ CO<sub>2</sub>排出量での評価

**特長2 カーボンニュートラルを目指した省エネ・創エネ・蓄エネシステム** (①省エネ③再エネ)

- ・ 地下水熱とバイオマスCHP※排熱を利用した省エネ熱源システム
- ・ 太陽光とバイオマスCHPを組合せた創エネルギーシステム
- ・ 電力オフグリッドを目指した蓄電池の増設とEMSの開発

**特長4 空調技術の伝承と地域に貢献する拠点づくり**

- ・ 空調の歴史伝承、空気の体験
- ・ 地域に貢献する拠点づくり

※バイオマスCHP：バイオマスガス化熱電併給システム (Combined Heat & Power System)  
(評価項目：①省エネ ②脱炭素燃料 ③再エネ ④カーボンクレジット)

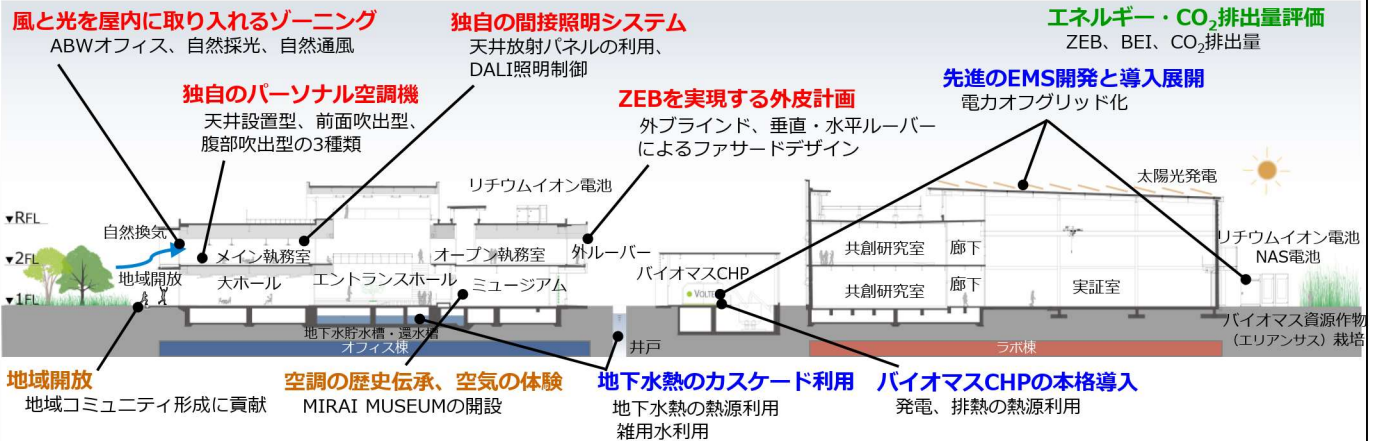


図2 環境断面図及び特長

## 2. ZEBを実現した建築計画と性能検証

### 2.1 風と光を屋内に取り入れるゾーニング (①省エネ)

オフィス棟は、中間期の自然換気を効率的に行うために、北東の卓越風を積極的に取り込み東西方向に間仕切りのない一体空間としセミオープンなエリアとした。上部開口を設けた中央の吹抜けからは各所に自然光が差し込み、照度や明るさ感を得られる計画とした(図3、写真2)。ラボ棟との結節点となる南西側には展示やワイガヤスペースを、北側には空調が必要なメイン執務室とした。中間期に自然換気の有無によるエネルギー消費量を比較検討したところ、自然換気(日中平均5.7回/人相当)することにより空調の一日の消費電力が**33.4%削減**となり、自然換気による省エネ効果を確認できた。

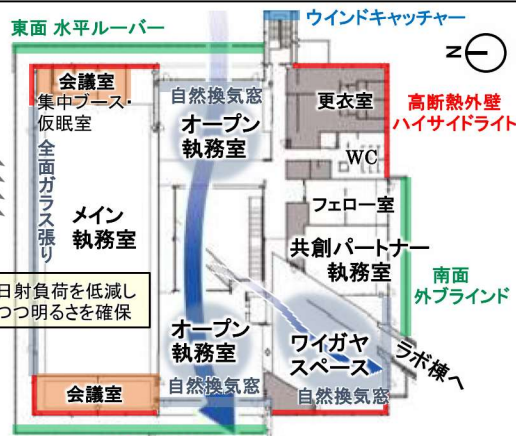


図3 オフィス棟2階平面図

### 2.2 環境スクリーンとしての外皮計画 (①省エネ)

南面のバルコニーには、曇量解析と太陽位置によりスラット角度を自動制御する外ブラインドを設置した(写真2)。自然換気のため開口を大きく設けた東西面は、外壁をセツバックさせバルコニーの奥行きを深くとり、緩衝領域を設けることにより室内外の一体利用を可能とした。東西面のバルコニーの外ルーバーは、コンピューショナルデザインにより、日射取得熱量、室内光環境等を目的関数としてルーバーの形状と角度の最適化を行っている。



写真2 各ファサード面を室内側から見た様子

### 2.3 独自開発した間接照明システム (①省エネ)

2Fメイン執務室は新規開発した天井放射空調パネルと組み合わせた間接照明システム(図4)を導入し、机上面アンビエント照度を300lxとし不足分をタスクライトで補うタスク・アンビエント照明方式とした。間接照明はアンビエント照度で机上面300lxとなるように65%調光を上限として運用しており、65%調光時の消費電力は約4.2W/m<sup>2</sup>である。従来の机上面700lxの照明の消費電力を7W/m<sup>2</sup>と想定すると、ベースの消費電力は約40%の省エネとなった。さらに、照明制御を活用し、晴天日(2021年3月18日)では**従来照明と比較して約64%の省エネ**(消費電力:約2.5W/m<sup>2</sup>)を実現した(図5)。



図4 天井放射パネルを利用した間接照明システム

### 2.4 パーソナル空調機の開発と導入 (①省エネ)

本オフィスでは、執務者個人の代謝量や温熱嗜好に応じて、温熱環境を自由に選択可能とするために、ABW(Activity Based Working)を導入しているが、その選択幅に更なる多様性を持たせるために、タスク域の調整を個別に行う3種類のパーソナル空調機を開発し、導入した(図6、写真3)。本パーソナル空調機は、夏季には地下水を冷熱源とし、冬季にはバイオマスCHPの排熱を温熱源とした省エネルギーな仕様となっている。また、外気投入量をベースにミニマム設計した外調機により、在室人数で風量を制御し、確実な換気と省エネを両立した。

### 2.5 継続的な環境性能検証の取り組み

これらのシステムを導入した執務エリアにおいて各シーズンでアンケート調査(図7)と詳細室内計測を行い、快適性の面においても運用改善を行った。アンケート結果からは、「非常に満足」~「どちらでもない」の回答が、夏季は75%、冬季は80%を占め、高い満足度を得られた。今後も継続して環境性能検証を継続すると同時に、新しい技術を取り入れてカーボンニュートラルと知的生産性向上に向けた取り組みを継続していく。

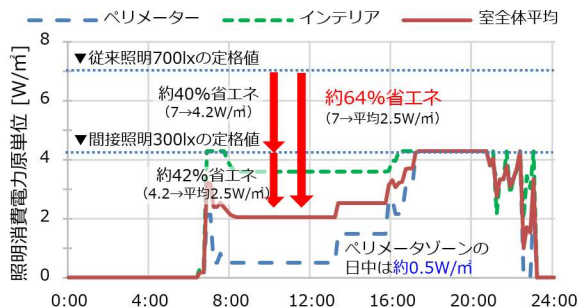


図5 晴天日のメイン執務室照明の消費電力原単位時間推移

### 2.6 環境認証制度における評価

各種評価制度の認証も取得した(図8)。BELS認証では、標準入力法(WEBプログラム)での計算でBEI=0.09となり、BELS評価★5つの**Nearly ZEB**を獲得した(創エネを除くとBEI=0.33)。CASBEE-WOの評価では、総合評価**86.6点のSランク**認証を取得した。特に知的生産性の評価は全て4.0以上のスコアと高かった。建物の総合環境性能評価として、LEED®v4では、**72点のGold認証**を取得した。

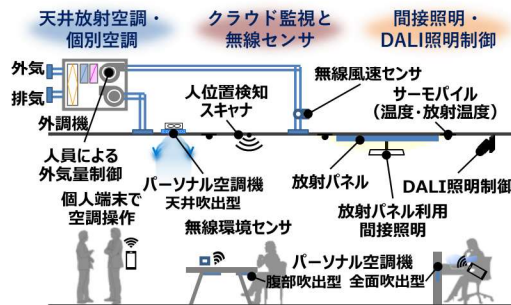


図6 オフィス棟執務室の空調設備

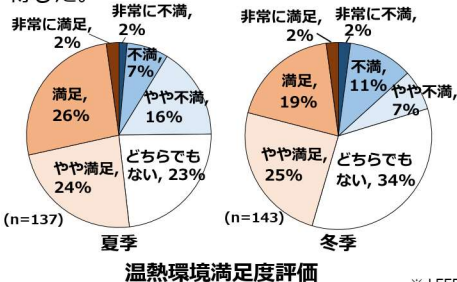


図7 アンケート調査結果の一例

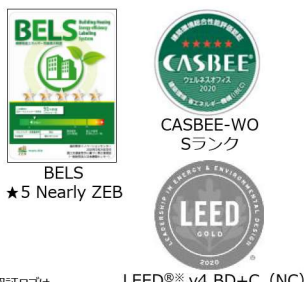


図8 取得した環境認証



写真3 パーソナル空調機

### 3. カーボンニュートラルを見据えた省エネ・創エネ・蓄エネシステム

電力系統へ逆潮流不可という制約のなか、地下水より冷熱と井水、木質チップより電力と温熱、太陽エネルギーより電力を取得し、さらに敷地内に大容量蓄電池を設置することでオフグリッドでも建物が自立するエネルギー計画とした(図9)。

#### 3.1 地下水熱とバイオマスCHP排熱を利用した省エネ熱源システム

##### 1) 地下水熱利用の運用実績 (①省エネ③再エネ)

汲み上げた地下水をエントランスの床放射、日中の外調機や放射空調等へ利用した後、さらに水熱源ヒートポンプユニットの熱源水とする3段階の熱のカスケード利用を行い搬送動力の削減や熱源機の高効率化を図った(図10)。2021年度の地下水熱利用の運転実績を図11に示す。地下水の汲上温度は、年間を通じて15℃~18℃で、平均16.6℃で安定して供給されていた。地下水熱利用による冷水熱量とヒートポンプチャラーで供給される冷水熱量を比較したところ、施設全体の冷水熱量のうち、63%を地下水熱で処理しており、安定した冷熱源であることを確認した。一次ポンプを含む冷水システムCOPは、地下水熱が6.5に対してヒートポンプは4.1となり地下水熱利用の省エネ性を確認できた。また、給排水衛生用途で使用した水のうち、約80%は地下水だったことから、上水使用量削減の面からもCO<sub>2</sub>排出量削減に寄与していることを確認した。

##### 2) バイオマスCHP排熱利用の運用実績 (①省エネ③再エネ)

図12に2021年度のバイオマスCHPの排熱利用熱量の推移を示す。年間の積算値で見ると、バイオマスCHPの排熱のうち約43%を空調、約54%を木質チップの乾燥工程で使用されていた。木質チップの含水率管理に自身の排熱を使用し、省エネと安定稼働を実現した。その他、吸着式冷凍機で1.7%、給湯で1.6%が使用された。2021年度の運転実績から、バイオマスCHPの空調での排熱利用量は1,607GJ/年に対して、排温水の搬送動力は46GJ/年であり、少ない投入エネルギーで暖房できていることを確認できた。また、施設全体の温水熱量のうち、93%をバイオマスCHPの排熱で処理しており、安定した温熱源であることを確認した。

#### 3.2 太陽光とバイオマスCHPを組合せた創エネルギーシステム (③再エネ)

創エネルギー設備として、太陽光発電200kWに加えて、ラボ棟の実験装置の24時間稼働を想定し電力の安定供給可能なバイオマスCHP(写真4)を2台導入し、バイオマスエネルギーをベース電源とした。運用段階においては、課題の把握と運用改善を繰り返すことで、バイオマスCHPの安定稼働と排熱の有効利用を実現した。

#### 3.3 電力オフグリッドを目指した蓄電池の増設とEMSの開発 (③再エネ)

立地の逆潮流(売電)不可という制約の中、大容量蓄電池(写真5、リチウムイオン電池3,000kWh+NAS電池1,200kWh、オフィス棟の電力消費量の約5日分に相当)を増設して電力オフグリッド化を目指した。また、エネルギーマネジメントシステム(EMS、図13)を開発し、AIを用いて天気予報などから太陽光発電量を予測し、建物消費電力量予測と合わせて蓄電池や発電機の最適制御を行った。これらの取り組みにより、電力自給率が80%(バイオマス発電比率:55%)と高い水準を実現し、BCPの観点からも非常に優れたシステムであることを示した(図14、図15)。

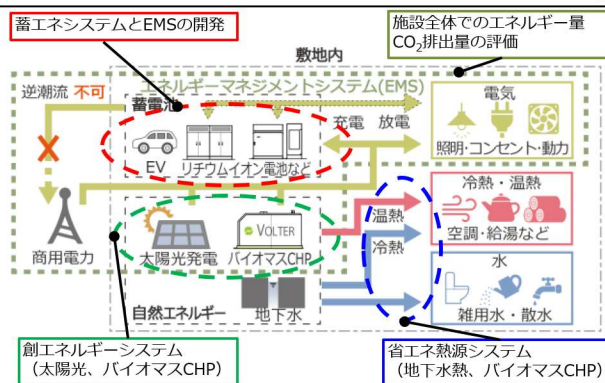


図9 省エネ・創エネ・蓄エネシステム概要図

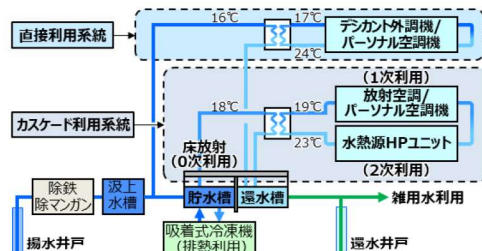


図10 地下水熱利用の概要図

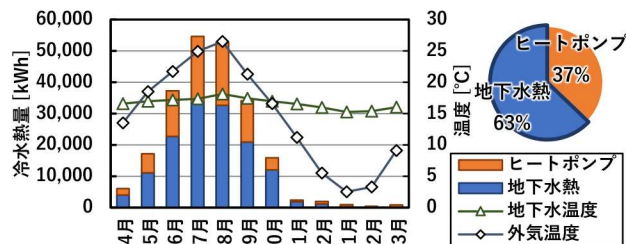


図11 地下水熱利用の運転実績(2021年度)

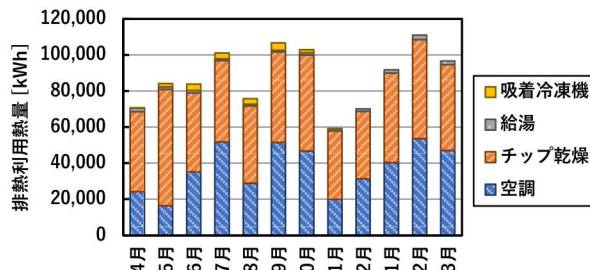


図12 バイオマスCHPの排熱利用熱量の実績(2021年度)



写真4 バイオマスCHP

写真5 増設蓄電池の設置状況

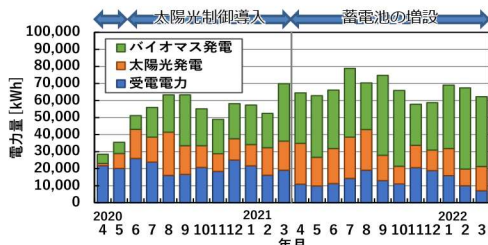


図14 受電電力量及び再生可能エネルギー電力量の推移



図15 電力構成比率の年度比較

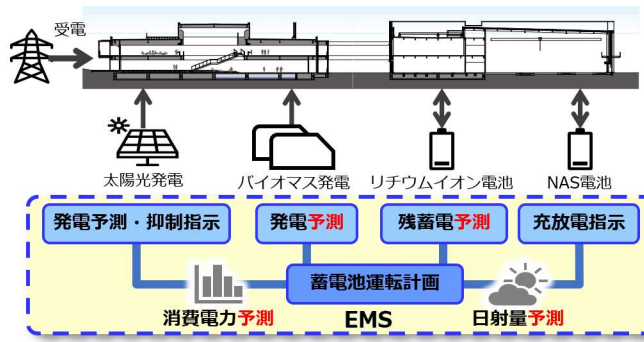


図13 EMSの概要

## 4. 施設全体でのエネルギー量・CO<sub>2</sub>排出量の評価

### 4.1 棟別エネルギー消費量の推移 (①省エネ)

図16に負荷単位の電力量より算出したオフィス棟とそれ以外(ラボ棟、設備展示棟等を含む)の電力消費量の推移を示す。2021年度の年積算値は、執務や来客対応のオフィス棟では、初年度の2020年度に比べて21%減少したのに対し、実験を行うラボ棟では実験装置等の稼働増加により43%の増加となり、敷地全体では10%の増加となった。図中の折れ線の供給電力と積上棒グラフの間で約5%の差があるが、トランスや送電での損失や計測誤差によるものと考えられる。



図16 棟別の消費電力量の推移

### 4.2 ZEBの達成状況の評価 (①省エネ③再エネ)

竣工後2年間継続的に運用改善を行った結果、敷地全体では**Nearly ZEB**、オフィス棟で『ZEB』を達成した(図17)。ここで基準値は、旧技術研究所の移転前の4年間の実績値の平均(敷地全体3,150MJ/(m<sup>2</sup>・年)、オフィス棟1,389MJ/(m<sup>2</sup>・年))を使用している。エネルギー消費量原単位では2021年度で施設全体で1,397MJ/(m<sup>2</sup>・年)、オフィス棟で489MJ/(m<sup>2</sup>・年)となった。

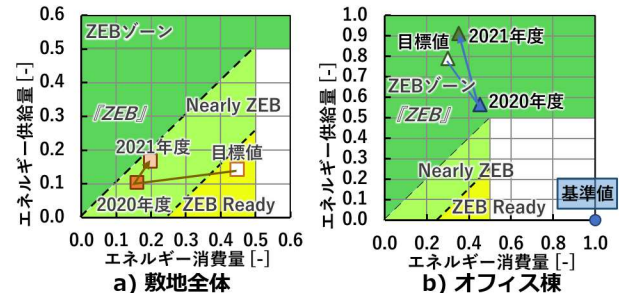


図17 ZEBチャートでの達成状況の評価

### 4.3 施設全体のBEIでの評価 (①省エネ③再エネ)

図18にBEI及び発電/消費原単位の比較を示す。BELSの基準値に対する再エネを含む計算値は0.09であるのに対し、2021年度の運用実績値では0.11となった。BELSのその他に相当するコンセントや実験装置等を除く原単位でみると、BELSを上回る結果となった。

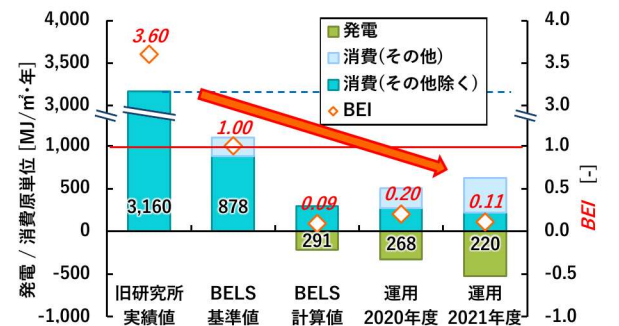


図18 BEIでの比較 ※ 図中の赤字はBEI(右軸) 黒字は消費原単位(その他除く)(左軸)

図19に旧技術研究所を除くエネルギー原単位の内訳を示す。その他を除く消費エネルギー原単位で比率の大きい空調設備では運用実績値がBELSの設計値を下回り省エネ運用となっているとともに、照明設備はBELSの計算値とほぼ同程度であることが確認できた。

### 4.4 CO<sub>2</sub>排出量での評価 (①省エネ③再エネ)

図20にCO<sub>2</sub>排出量の基準値(旧技術研究所の実績値)と当施設の実績値の比較を示す。2020年度は基準値に対しては97%削減、2021年度は100%削減となり、化石燃料を一切使用しない**100%カーボンニュートラル**を達成している。これは、バイオマスCHP、太陽光発電の再生可能エネルギーの活用に加え、水力発電由来のグリーン電力(東京電力、アクアプレミアム)を2020年7月から購入開始したためである。

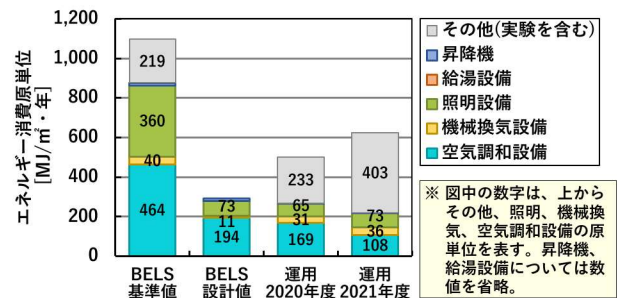


図19 エネルギー消費原単位の内訳の比較

## 5. 空調技術の伝承と地域に貢献する拠点づくり

### 5.1 空調技術の伝承の場 (普及性)

本施設は当社が担ってきた空調技術を足掛かりとして環境創造を情報発信する場でもある。当社の初代社長である柳町政之助のアンドロイドが環境や空調技術に関して紹介するプレゼンルームや、地域の子供たちが“空気”について体験し学べるミュージアム空間「AERA(アエラ)」などを設置した(写真6)。

### 5.2 地域貢献への取り組み (普及性)

地域貢献として施設廻りのオープンスペースを利用して「たかさごマルシェ」(野菜直売、施設内見学)等の開催により地域交流の場の提供を行っている。また、当社で開発した災害時避難所用空調ブースや体育館向け空調システムを小学校に提供するなど、地元つくばみらい市と安全や教育などの面で連携を進めている(写真7)。

## 6. おわりに

### 6.1 先進性・獨創性

本施設では潜顕分離と個別空調を組合せた空調システムやエネルギー自立型施設のEMSなど先進性の高い技術を導入するとともに、通常は建築設備として採用されることの少ないバイオマスCHPや大容量蓄電池を組合せ、逆潮流不可という制約の中、オフグリッドを見据えた獨創性の高いエネルギー需給システムを構築した。

### 6.2 普及性と今後の取組み

今回本施設に導入した設備システムは実際に運用を行いながら改良・改善を図った上で、世の中に展開し社会実装していく。また、現在開発中の水素エネルギー等の先端技術の実証の場として活用し、迅速に社会実装を目指す。

今後も本施設の空調設備や再生可能エネルギー設備を学びの場として積極的に地域に公開し、情報発信を継続していくことで、地域の発展にとどまらずカーボンニュートラルの実現に向けて社会貢献していきたい。



写真6 空調技術の伝承の場



写真7 地域貢献への取組み