

エネルギー自立型サステナブル研究施設

ー全体概要および ZEB に向けた建築・設備計画と環境評価ー

清水昭浩・平原美博・木村健太郎
羽鳥大輔^{*1}・滝澤知史^{*1}・高西茂彰^{*1}
武藤友香^{*1}・牧野内絵理^{*2}・粕谷文^{*2}
フランサジオニジオ^{*3}・柳瀬真紀^{*3}

The Energy Self-Sufficient Innovation Center - Overall overview of the project, and planning and environmental evaluation of architecture and equipment for ZEB -

Akihiro Shimizu・Yoshihiro Hirahara・Kentarō Kimura
Daisuke Hatori^{*1}・Tomofumi Takizawa^{*1}・Shigeaki Takanishi^{*1}
Yuka Mutoh^{*1}・Eri Makinouchi^{*2}・Aya Kasuya^{*2}
Dionisio Franca^{*3}・Maki Yanase^{*3}

高砂熱学イノベーションセンターは、環境負荷低減と知的生産性を両立したエネルギー自立型研究施設を目指して、2015年より建設プロジェクトを開始し、2019年2月に工事に着手、2020年3月より運用を開始した。本報では、まず本プロジェクトの計画に関わる経緯および設計コンセプト、建築概要について説明する。次に、本施設の建築計画において留意した点と創エネルギー・電気・空調・衛生設備の概要について紹介する。最後に、本施設の環境性能評価結果について述べる。

1. はじめに

高砂熱学工業は、2023年の創立100周年に向けて、2015年11月に神奈川県厚木市の既存の技術研究所の移転計画に着手、2017年4月に茨城県より開発用地を購入するとともに、技術研究所と本社開発部門を統合した新たな研究開発組織を設立した。2019年2月に高砂熱学イノベーションセンター（以下、本施設、写真1参照）の工事に着手、2020年1月に竣工引渡を受け、3月より運用を開始した。本プロジェクトでは、設計コンセプトとして「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」を掲げ、以下の項目を具体的な目標とした。



写真1 高砂熱学イノベーションセンター全景^{※4}

※ 2019年度及び2020年度空気調和・衛生工学会大会講演論文^{1),2),3)}を加筆修正したものである。

^{*1} 株式会社三菱地所設計, Mitsubishi Jisho Sekkei Inc、^{*2} 株式会社竹中工務店, Takenaka Corporation、^{*3} 株式会社ヴォンエルフ, Woonerf Inc.

- ・心と身体の健康を実現する建築・設備プランを提供し、社員の生産性向上に寄与
- ・再生可能エネルギーを積極的に採用し、ZEB（Zero Energy Building、ZEB の評価については図 1⁴⁾ 参照）を達成
- ・施工現場での生産性向上に寄与する技術の活用
- ・オープンイノベーションや地域貢献に供する空間の提供

これらの目標の実現により環境やエネルギーの分野で社会貢献する研究施設を構築するとともに、図 2 に示すように、オフィス棟は実績値にて一次エネルギー消費量が正味 0 となる『ZEB』を、施設全体としては ZEB Ready 相当を目指した。社員の生産性向上に関しては、フリーアドレスを採用し建築計画と設備計画が融合した新しい働き方の変化に柔軟に対応する執務空間を計画した。オープンイノベーションに関しては、社外の研究者との研究開発を進めるための共創研究室や共創パートナー執務室を設け、社外の知識と知恵を取り込む創造のための空間を計画した。地域貢献に関しては、カフェレストランや隣接する小学校を意識した体験学習としての展示スペースやプレゼンテーションルームを設け、地域住民との交流の場を積極的に提供する計画とした。

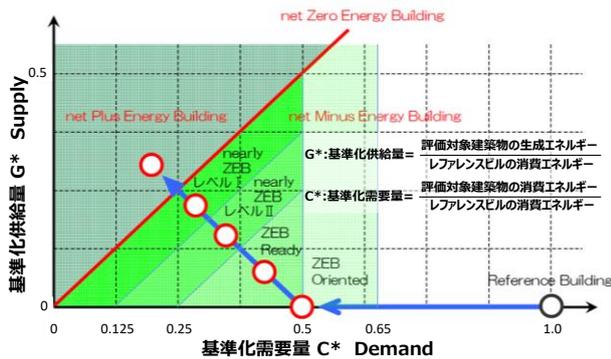


図 1 ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の段階的評価



図 2 本プロジェクトでの ZEB の目標値

2. 建築概要

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
 建築主：高砂熱学工業(株)
 用途地域：準工業地域
 敷地面積：22,746.18 ㎡
 建築面積：7,129.74 ㎡
 延床面積：11,763.97 ㎡
 構造：S 造
 階数：地上 2 階、塔屋 1 階
 主用途：研究所
 工期：2019 年 2 月～2020 年 1 月
 基本設計：(株)三菱地所設計
 実施設計：(株)竹中工務店（建築・構造・昇降機）
 (株)三菱地所設計（空調・衛生・電気設備）
 監理：(株)三菱地所設計
 施工：建築・昇降機 (株)竹中工務店
 衛生設備 (株)ヤマト（コストオン）
 電気設備 (株)関電工（コストオン）
 空調設備 高砂熱学工業(株)



図 3 配置図

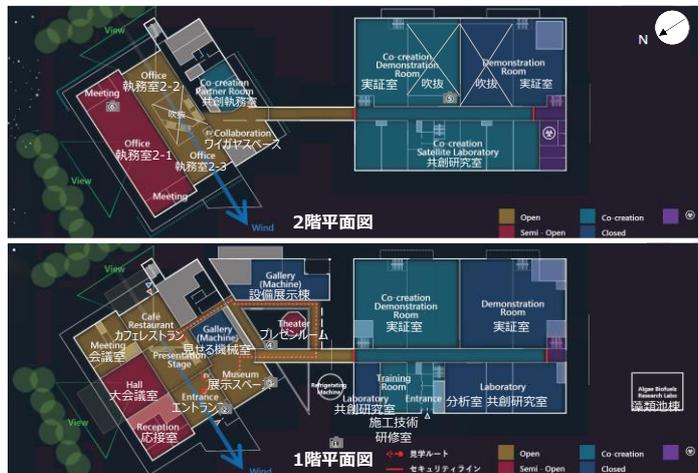


図 4 平面図

3. 建築計画

3.1 建築配置計画

図3に本施設の配置図、図4に平面図を示す。本施設は、展示エリアやカフェレストランと執務スペースを持つオフィス棟（約4,750㎡）と、研究開発のためのラボ棟（約6,050㎡）の主に2棟で構成される。

オフィス棟は、北東からの卓越風を効果的に取り入れるとともに、環境に即したファサードとなるように敷地北東側に南北に正対して配置し、周囲に地域との共生・調和を意図した広場を設置した。ラボ棟は、屋上に設置した太陽光パネルの効率を配慮して敷地南西に配置した。オフィス棟とラボ棟の間には本計画の主エネルギー源である木質バイオマスガス化CHP（以下、バイオマスCHP、CHP：Combined Heat & Power（熱電併給システム）の略）を有する設備展示棟を設置し、各棟を水盤と渡り廊下でつなぐ配置とした。

3.2 風と光を建屋内に取り入れるゾーニング

オフィス棟は、中間期の自然換気を効率的に行うために、東西方向の間仕切りをなくして一体空間とし、使い方の面からもオープンなエリアとした。中央には上部開口を設けた吹抜けを配置し、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。

ラボ棟との結節点となる南面には、展示スペース・ワイガヤスペースを設け、空調が必要な執務エリアや大会議室は北側に配置した。また、常時人が滞在しない会議室や更衣室、WCなどバックヤードは建屋4隅に配置し、1辺45mの正方形が用途の異なる9つのエリアに分けられる明快なゾーニングとした。

3.3 環境スクリーンとしての外皮計画

有効な自然換気と、直達日射を遮蔽しつつ必要照度を確保するために、全方位に2.5mはねだしたバルコニー（庇）を設けた。図5にシミュレーションによる自然採光・換気計画の概要を示す。CFDシミュレーションと照度解析手法を用いて得られた解析結果より、建物の開口位置及びサイズを決定した。

南面のバルコニーには、画像による雲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。自然換気のため開口を大きく設けた東西面は、外壁をセット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。図6に示すように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た。

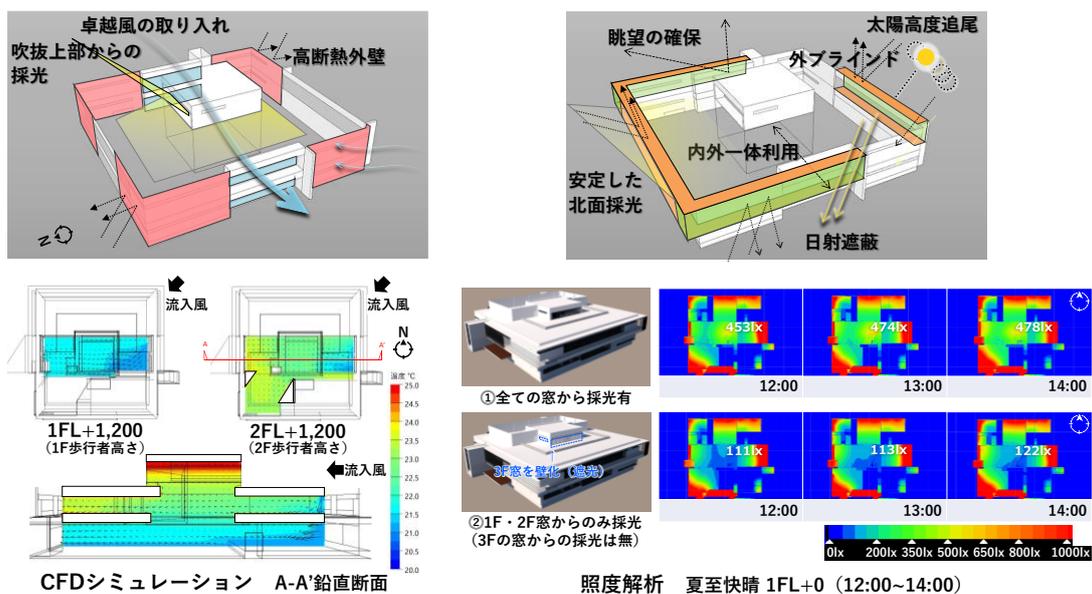
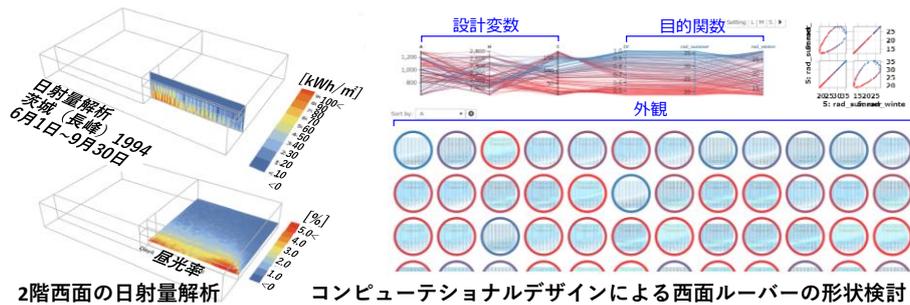
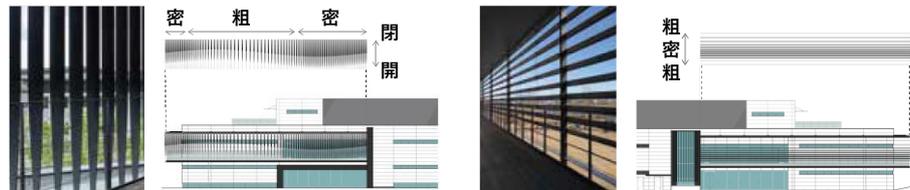


図5 シミュレーションによる自然採光・換気計画



2階西面の日射量解析 コンピュータシミュレーションによる西面ルーバーの形状検討



「空気の揺らぎ」光のsine curveが浮かび上がる、87本の形状の異なる縦ルーバー
西面縦ルーバー形状

「吹き抜ける風」対面道路と視線が交錯せず、外観の豊かな緑と空へ視線が抜ける横ルーバー
東面横ルーバー形状

図6 コンピュータシミュレーションによる東西ルーバー形状の決定

3.4 断熱性と日射遮蔽を考慮した外皮性能

表1に窓及び外壁の仕様を示す。オフィス棟の外壁には押出成形セメント板（ECP）を採用し、断熱は不燃ウレタンフォーム吹付 $t=35\text{mm}$ を行うことで熱貫流率 $U=0.61\text{W}/\text{m}^2$ とした。屋根面は外断熱 35mm に加え内断熱 35mm を行うことで熱貫流率 $U=0.27\text{W}/\text{m}^2$ とし、断熱性の高い建物としている。また、直達日射が入る東西・南面のガラスは $SC=0.29$ と日射遮蔽率の高い Low-E ガラスを採用した。東西面には前述の外ルーバー、南面には外ブラインドを採用し日射遮蔽を図った。

ラボ棟の実験室側はオフィス棟同様 ECP+断熱 35mm とした。また、半屋外空間である実証室の外壁には鋼板断熱パネルを採用し、屋上には断熱材入りのダブル折半屋根を採用し、断熱性に考慮した設計とした。

3.5 バイオフィリックデザイン

オフィス棟は、光・風・緑・水といった自然を居住者が感じることができるよう、人と自然の調和を目指したバイオフィリックデザインを取り入れた。

オフィス棟中央の吹抜け部（写真2参照）は、1階にプレゼンテーションステージ、1階から屋上までをつなぐ大階段、2階吹抜け周囲は回廊のように動線を配し、コミュニケーションや創造性の生まれる空間を目指した。プレゼンテーションステージには、茨城県の形を模倣したベンチを設置し、そのセンターには樹木を配している。

南側居室からは水盤が望められ、北側執務室前には豊かな植栽帯が広がり、仕上素材には石や木材を多く取入れるとともに、執務空間やカフェレストランには植栽を配することにより、バイオフィリックデザインと環境負荷低減を両立した建築計画とした（写真3参照）。

表1 窓及び外壁の仕様

オフィス棟	外皮仕様	U値
窓	東・西 Low-e ペアガラス：単体SC=0.31、内ブラインド	1.6
	南 Low-e ペアガラス：単体SC=0.31、外ブラインド	1.6
	北 Low-e ペアガラス：単体SC=0.52、内ブラインド	1.6
外壁	ECP ($t=60, \lambda=0.43$) +不燃ウレタンフォーム吹付 ($t=35, \lambda=0.026$)	0.61
主な屋根	押えコンクリート ($t=80, \lambda=1.4$) +押出法ポリスチレンフォーム保温板（3種bA） ($t=50, \lambda=0.028$) +RC ($t=150, \lambda=1.6$) +内断熱材不燃ウレタンフォーム吹付 ($t=35, \lambda=0.026$)	0.29
ラボ棟	外皮仕様	U値
窓	Low-e ペアガラス：単体SC=0.52	1.6
外壁 (低層部)	ECP ($t=60, \lambda=0.43$) +不燃ウレタンフォーム吹付 ($t=35, \lambda=0.026$)	0.61
外壁 (高層部)	鋼板断熱パネル ($t=91, \lambda=0.049$)	0.50
陸屋根 (実験室)	RC ($t=150, \lambda=1.6$) +硬質ウレタンフォーム保温板A種（2種1号） ($t=50, \lambda=0.023$)	0.41
ダブル折板屋根 (実証室)	グラスウール（インシュレーション工法） ($t=100, \lambda=0.05$)	0.46
床	RC ($t=200, \lambda=1.6$) +ポリスチレンフォーム保温版（3種） ($t=25, \lambda=0.028$)	0.81

注) U値：熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$]、SC：日射遮蔽係数 [-]、t：厚さ [mm]
 λ ：材料の熱伝導率 [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]



写真2 オフィス棟 吹抜け空間※4



b) オフィス棟1階 カフェレストラン



a) オフィス棟2階 執務室2-1



c) プレゼンルームと水盤

写真3 バイオフィリックデザイン※4

4. 設備概要

本章では、ZEB と創エネルギー及び電気・空調・衛生設備概要⁵⁾について述べる。

4.1 ZEB と創エネルギー設備

4.1.1 ZEB 達成のための目標値の設定

図7にZEBを目指した環境への取組概念図を、表2に一次エネルギー消費量の目標値を示す。ZEB達成のため、施設全体では既存の技術研究所の過去4年間の平均値以下でかつZEB Readyを達成するために16,340,000MJ/年を目標値とした。オフィス棟は既存の技

表2 一次エネルギー消費量の目標値

		一次エネルギー消費量 [MJ/年]	延床面積 [㎡]	一次エネルギー消費量原単位 [MJ/(㎡・年)]
敷地全体	既存研究所	同値 16,340,000	5,187	3,150
	本計画(目標値)	16,340,000	11,610	1,407
オフィス棟	既存研究所	2,451,000	1,764	1,389
	本計画(目標値)	1,979,974	4,750	417

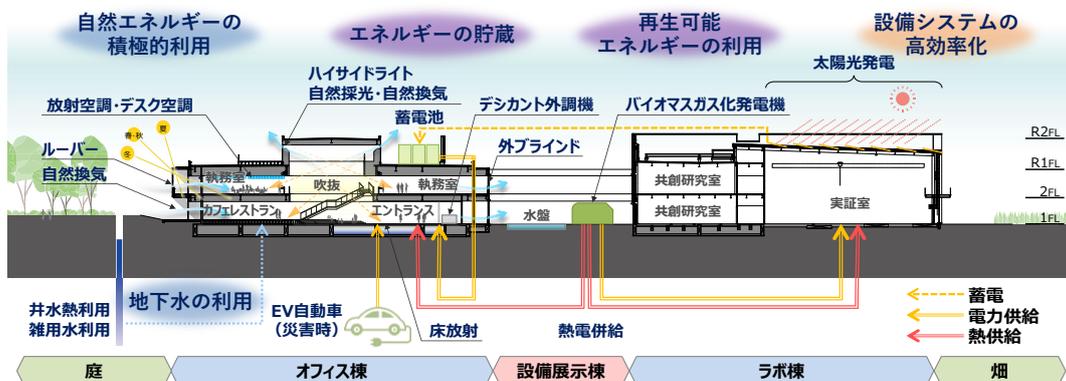


図7 ZEBを目指した環境への取組概念図

術研究所のオフィス部分の原単位の 70% 減である 417MJ/(m²・年)を目標値とした。

なお、設計段階でのコミッションングにおける実施設計段階での発注者要件書⁶⁾では、オフィス棟の目標値は 440MJ/(m²・年)、敷地全体では 1,480MJ/(m²・年)としていたが、その後の延床面積の増加や仕様の変更により、原単位の目標値はさらに小さな値とした。

4.1.2 BEST を用いたエネルギー消費量試算

オフィス棟の『ZEB』達成を確認するために、設計段階で本施設の設計内容に基づき建築物総合エネルギーシミュレーションツール BEST を用いて、一次エネルギー消費量の算出を行った。図 8 にオフィス棟の一次エネルギー消費量試算結果を示す。

比較として①空冷パッケージ空調、②空冷チラー+空調機、③空冷チラー+高温冷水空調の場合を試算した。①の一次エネルギー消費量原単位は 607.8MJ/(m²・年)となり、省エネルギー性能の高い建物であることを確認した。また、熱搬送を空気から水に変更することにより②③の順に数値が小さくなった。さらに本施設計画の④は、地下水熱やバイオマス CHP の排熱を利用することにより原単位は 343.6MJ/(m²・年)まで削減され、太陽光発電量の計画値 429 MJ/(m²・年)を下回ることにより、オフィス棟は『ZEB』が達成可能であることを確認した。

4.1.3 創エネルギー設備

表 3 に創エネルギー関連設備の概要を示す。天候により変動する太陽光発電に対し蓄電池を設置することで安定化を図るとともに、連続運転可能であるバイオマス CHP (詳細については別報⁷⁾参照)を導入することで電力自給率の向上を目指した。バイオマス CHP は常時電力需要があるラボ棟に給電し、太陽光発電は日中に電力需要が増加するオフィス棟に給電する計画とした。蓄電池は充放電効率に優れたリチウムイオン蓄電池を採用した。

なお現在、当施設の立地する地域は電力会社の配電網容量が逼迫しており電力逆潮が不可である。電力逆潮受入れについては国で検討中のノンファーム接続を試験採用する方向で電力会社と協議中であるとともに、将来のオフグリッド化も見据えて蓄電池の増設工事を進めているところである。

4.2 電気設備^{8),9)}

表 4 に電気設備概要を、表 5 に昇降機設備概要を示す。昇降機設備としては、オフィス棟とラボ棟に 1 基ずつエレベータを設置している。

4.2.1 受変電設備

6.6kV 一回線受電で計画し、ラボ棟、オフィス棟それ

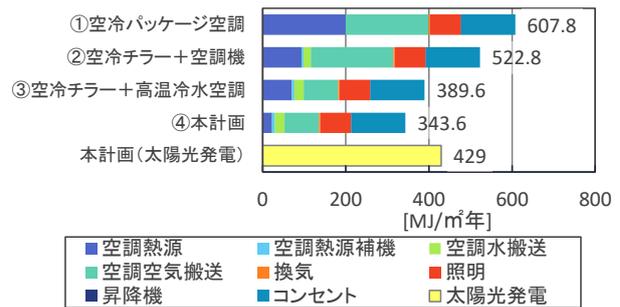


図 8 オフィス棟の一次エネルギー消費量試算結果

表 3 創エネルギー関連設備概要

項目	概要	
発電設備	木質バイオマス	発電量 40kW/台、2台
	ガス化発電設備	排熱量 100kW/台
	太陽光発電設備	発電量 約200kW
蓄電池設備	リチウムイオン電池	入出力 216kW 蓄電容量 : 430kWh

表 4 電気設備概要

項目	概要	
受変電設備	受電方式	6.6kV 1回線
	受変電形式	屋外設置、一般キュービクル形
	変圧器容量 (ラボ棟)	1φ3W 300kVA 3φ3W 1,300kVA
	変圧器容量 (オフィス棟)	1φ3W 200kVA、3φ3W 600kVA 3φ4W 700kVA、スコット 50kVA
	変圧器形式	油入
幹線・動力設備	動力負荷	3φ3W 210V
	電灯コンセント負荷	1φ3W 210/105V
	配線方式	ケーブルラック方式
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、初期照度補正
コンセント設備	OAコンセント	50VA/m ²
	その他	執務室コンセントタイムスケジュール制御
中央監視設備	監視点数	空調設備工事中中央監視にて統合監視
	監視項目	受変電・バイオマス発電機・太陽光発電・蓄電池・動力電灯盤他
	その他	BACnet・Modbus他
情報通信設備	拡声設備	アンプ容量 720W、非常業務兼用
自火報・防排烟制御設備	主受信機	GR型 1,020回線
	感知器	煙、差動式、定温式
避雷・接地設備	避雷方式	JIS A4201 2003 クラスIV (自主設置)
	接地方式・性能	単独接地方式
その他	インターホン設備	来訪者用、夜間用
	ITV設備	デジタルネットワークカメラ
	セキュリティ設備	非接触式ICカード

表 5 昇降機設備概要

項目	概要	
昇降機設備 (エレベータ)	常用 (オフィス棟)	15人乗り 45m/min 1台
	人荷共用 (ラボ棟)	30人乗り 45m/min 1台

ぞれの屋上に屋外型一般キュービクルを設置した。ラボ棟キュービクルで商用電力を受電し、高压でオフィス棟キュービクルへと送電する。キュービクルは中通路型として保守メンテナンス性に配慮するとともに、ラボ棟の屋上に設備架台を全面的に敷設し、将来の機器増設にも柔軟に対応できる計画とした。

4.2.2 幹線設備

幹線はケーブルラック方式とし、商用電力のみの AC 系統、太陽光発電・蓄電池の AC-GC 保安系統、及びバイオマス発電の AC-GC 保安系統の 3 系統としている。

4.2.3 照明設備

(1) 照明制御

全館 LED とし、在・不在制御、明るさ検知制御、スケジュール制御、初期照度補正等の照明制御手法を施設全体で採用した。運用段階でも自由に点灯区分等を変更できるように DALI 照明制御システムを導入し、働き方の変化に追従可能な計画としている。また、中央監視設備と連動させ、自然換気が有効な時間帯には窓の開閉を促すサインを照明で表現するようにしている。

(2) 放射パネルと組合わせた間接照明システム

主執務室には天井面設置の放射パネルと組合わせた間接照明システムを計画した(図9参照)。放射パネルはツヤが少なく反射率の高いものとし、かつ放射パネルの表面を上向き照明にて照射することで、グレアを抑制しつつ明るさ感を向上させている。なお、本執務室はタスクアンドアンビエント照明を採用しており、アンビエント照明は机上面照度 300lx に調光して運用している。

4.2.4 コンセント設備

待機電力削減のため、オフィス棟執務室の 1/2 程度のコンセントは夜間スケジュールにてオフとなる計画としている。主執務室の OA フロアコンセントは、OA 機器、デスク空調、タスクライトに分け、用途毎に電力計量を行い、OA タップの色や口数も使い分けしている。

4.2.5 エネルギー計量計画

運用段階での ZEB 実証分析のため、オフィス棟は負荷種別ごと(照明、コンセント、空調、給湯等)に計測ユニットを設置し、電力量の計量を行っている。単相負荷は盤ごと、動力負荷は系統ごとの計測とした。計量された電力量は、空調設備の中央監視設備で一括管理される。

4.3 空調設備

表6に空調設備概要を示す。以下では主として熱源設備を中心として説明する。

4.3.1 熱源設備

本計画における熱源システムは ZEB の実現とエネルギーの自立化のため、地下水熱とバイオマス発電機の排熱を使用した中央熱源方式としている。図10に熱源フロー図を示す。

(1) 冷熱源

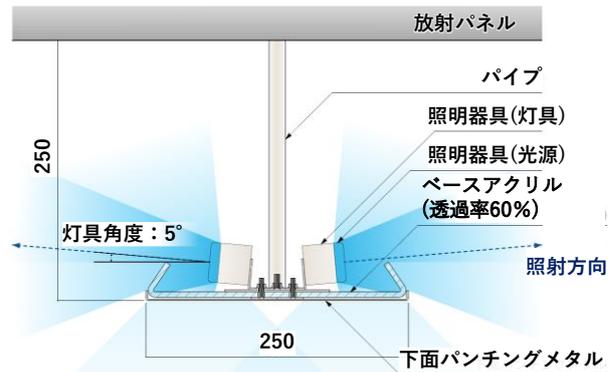


図9 間接照明システム

表6 空調設備概要

項目	概要	
熱源設備	熱源方式	地下水熱利用+排熱利用+空冷ヒートポンプチラー方式
	空冷ヒートポンプチラー	118kW 1台
	その他	地下水 500L/min 発電機排熱 100kW 2台
二次側空調設備	空調方式	会議室・応接室系統 水熱源個別空調方式 カフェレストラン・エントランス・展示系統 デシカント外調機方式 執務室系統 DCFCU・放射空調方式
	配管方式	冷温水、高温冷水×2、排熱温水
	主要空調機器	デシカント外調機 3台 外調機 2台、DCFCU 105台
換気設備	換気方式	各居室系統 1種換気 WC系統 3種換気
排煙設備	排煙方式	自然排煙方式
	監視点数	5,500点
	監視項目	状態・計測・計量・室内環境他
中央監視設備	その他	クラウド監視・BACnet・Modbus・JSON・API・WiFi・特小無線他
	制御方式	PLC・DDC方式
自動制御設備	その他	無線・人位置検知他によるシステム構築
	省エネルギー	地下水熱利用、全熱交換機、排熱利用、DCファンを用いた空調
その他	環境配慮対応	昼光利用、自然通風
	ユーティリティ設備	空冷ヒートポンプチラー 85kW×3台 (冷水・温水用)
		空冷ブラインチラー 95.2kW

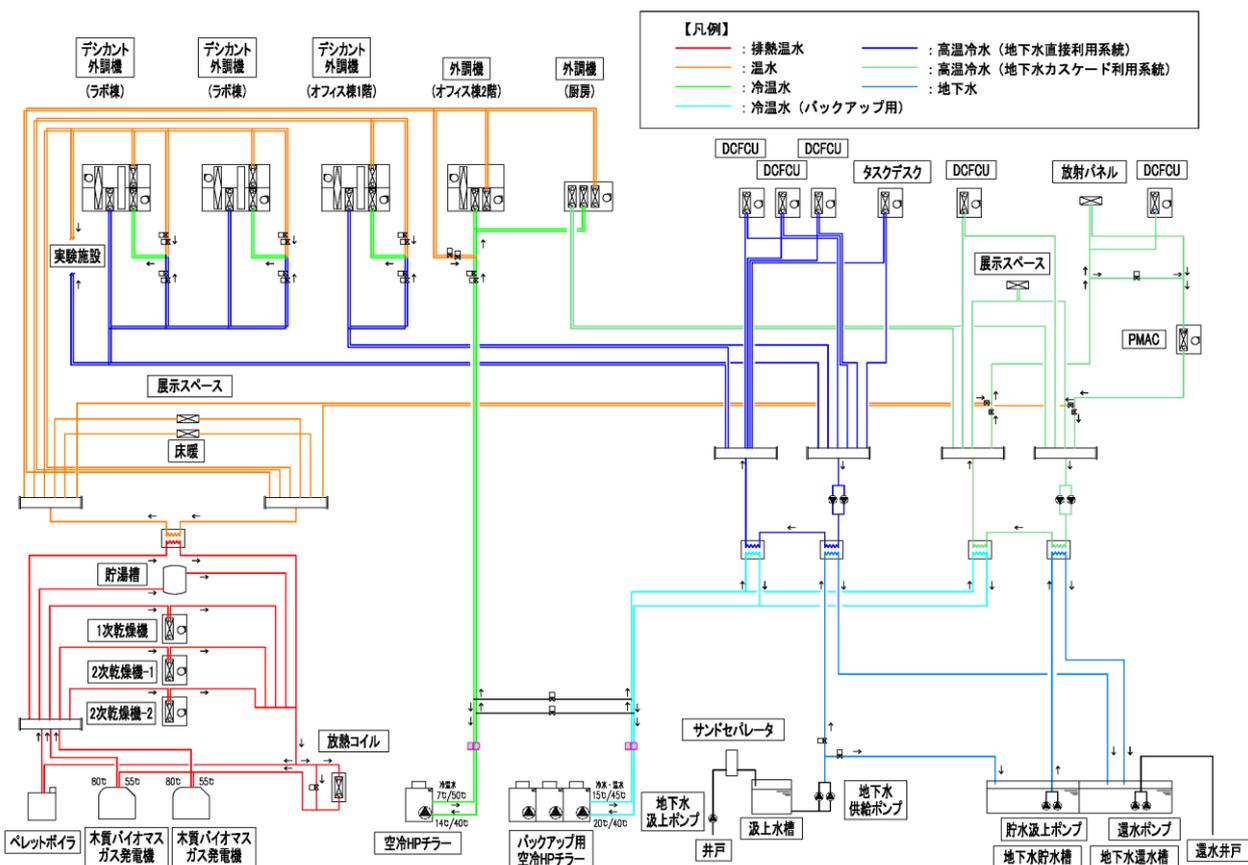


図 10 熱源フロー図

地下水熱利用 2 系統および空冷ヒートポンプチャラーの冷温水系統の 3 系統とし、さらにバックアップ用の空冷ヒートポンプチャラーを設けている。

図 11 に地下水熱利用の利用概念図を示す。地下水の汲上げ量に制限があるため、汲上げ時間を延ばすことを目的に、夜間に地下水を汲上げ貯水槽に貯留するカスケード利用系統と、日中の利用時に汲上げる直接利用系統の 2 系統とした。カスケード利用系統は、最初に 0 次利用として貯水槽の上部床を利用してオフィス棟 1 階エントランスの放射冷房を行い、その後 1 次利用で放射空調や DCFCU（直流ファンコイルユニットの略称）の冷熱源に利用、最後に 2 次利用として水熱源ヒートポンプユニット（PMAC）の熱源水として利用する。直接利用系統は、デシカント外調機、デスク空調機等に使用する。空冷ヒートポンプチャラーは屋上に設置し、7°C 冷水（設計往還温度差 7°C）、50°C 温水（温度差 10°C）をオフィス棟 2 階外調機に送水する。

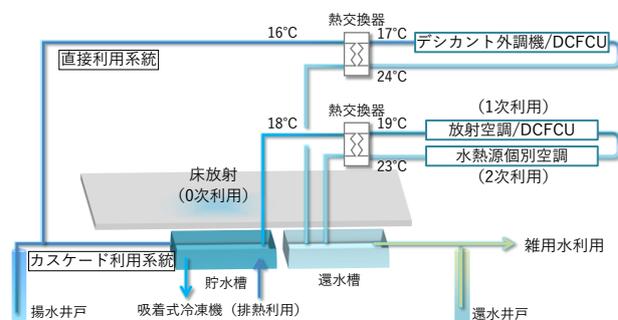


図 11 地下水熱利用の概念図

(2) 温熱源

バイオマス CHP の排熱が主で、70~80°C の排熱温水を熱交換後 60°C で温水供給している。温水は、暖房、給湯の他に、冷房時のデシカント外調機のロータの再生、オフィス棟 2 階外調機の再熱、燃料の木質チップの乾燥工程に利用する。

4.3.2 二次側空調設備

二次側空調設備は、外調機で外気を含めたベース負荷を処理し、不足分を放射空調や個別型空調で処理する方式を基本とし、各室の働き方に合わせてその組合せを決定している。詳細に関しては、別報¹⁰⁾で紹介する。

4.3.3 中央監視及び自動制御設備

現地に設置された中央監視を遠隔地のモバイル端末でも監視、操作できるようにクラウド型の中央監視システムを構築した。合わせて、温湿度、CO₂濃度、照度の他に、放射温度や制気口風量、個別型空調機の発停状態等を無線でデータ収集するシステムを構築した。詳細に関しては、別報¹⁾で紹介する。

4.4 衛生設備

表7に衛生設備概要を示す。以下に給水設備、給湯設備、排水設備の概要について説明する。

4.4.1 給水設備

上水は市水を引き込み、外構に設置した受水槽より飲料用、厨房、空調加湿用に供給している。井水は、汲上げた水を徐鉄・除マンガン処理し、空調で熱利用を行った後、還水槽に貯留する。貯留した井水の一部は井水受水槽へ送水し、WC手洗いや実験用水に供給している。建物内で使用しない井水は灌水や水盤への補給水に供給し、残りは還水井戸より地中に戻している。

4.4.2 給湯設備

オフィス棟の厨房やWCの給湯はバイオマスCHPからの排熱を熱源とした中央給湯方式とし、ラボ棟は電気温水器を設置し局所給湯方式とした。

4.4.3 排水設備

本地区の下水道は分流方式のため、汚水は汚水下水道へ放流し、雨水は外構に設置した雨水浸透・貯留槽を介して雨水下水道へ放流している。厨房排水は水処理を行い、オフィス棟トイレの洗浄水として使用している。また、ラボ棟の実験排水はPH処理を行った後、下水道に放流している。

5. 建物環境性能の評価

本施設はエネルギー自立型サステナブル研究施設として、高い環境性能を確保することを目的として設計している。建物環境性能を評価する指標は、国内や欧米を中心として開発されているが、本施設では省エネルギー性能をBELSで、総合的な建物環境性能をLEED[®]※5で、快適性・健康性をCASBEE-ウェルネスオフィス（以下、CASBEE-WOと略す）で評価するとともに、第三者による認証を取得した。

5.1 省エネルギー性能評価 BELS

建物のエネルギー性能をBELSにて評価した。BELSとは、(一社)住宅性能評価・表示協会が運用を行う省エネルギー性能に特化した評価・表示制度で、省エネ性能に優れた建築物が、社会で適切に評価される環境を整備することを目的に、建物の一次エネルギー消費量の評価指標BEI^{※6}をもとに省エネルギー性能を客観的に評価し、5段階の星マークで示される評価制度である。

本施設では、BEIは標準入力法(Webプログラム)を用いて算出した。計算の結果BEI=0.09となり、BELS評価の星★5つを獲

表7 衛生設備概要

項目	概要	
給水設備	水源	上水、井水
	系統	上水系統、井水処理系統、雑用水系統
	給水方式	受水槽+加圧給水方式
	受水槽概要	上水受水槽 5m ³ 、井水受水槽 5m ³ 、雑用水受水槽 5m ³
給湯設備	給湯方式	オフィス棟 中央給湯方式
		ラボ棟 局所給湯方式
排水設備	排水方式	建屋内 汚水雑排水合流式
		建屋外 汚水雑排水分流式
		自然流下、実験排水のみポンプアップ
衛生器具設備	主な特記仕様	節水器具の採用
消火設備	設置設備	オフィス棟 屋内消火栓設備
		ラボ棟 屋外消火栓・屋内消火栓設備
その他	厨房排水処理	膜分離活性汚泥法
	その他	水景ろ過設備、PH調整水処理設備、特殊ガス設備

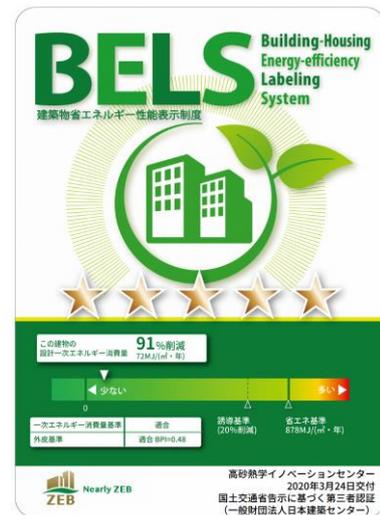


図12 BELS表示認証

表8 項目別 BEI

項目	BEI/AC	BEI/V	BEI/L	BEI/HW	BEI/EV
値	0.42	0.27	0.20	1.93	1.00

注) AC: 空調、V: 換気、L: 照明、HW: 給湯、EV: 昇降機

得、同時に Nearly-ZEB の認証を獲得している。図 12 に 2020 年 3 月に公布された BELS の表示認証のプレート板を示す。

表 8 に設備ごとの項目別 BEI を示す。最も基準一次エネルギー消費量に比べて削減した項目は照明であり、BEI/L=0.20 (基準値より 80%削減) であった。次に換気設備 BEI/V=0.27 (基準値より 73%削減)、空調設備 BEI/AC=0.42 (基準値より 58%削減) であった。太陽光発電の創エネルギーを含めて BEI=0.09 となり、創エネルギーを除くと BEI=0.33 となった。なお、BPI^{*7}=0.48 であった。

5.2 建物の総合環境性能 LEED®

LEED®は、米国グリーンビルディング協会 (USGBC:U.S. Green Building Council®) が開発・運用を行っている建物や都市についての環境性能評価システムである。今回、認証取得した LEED v4 BD+C (NC) は、建築設計と建築 (BD+C) の新築 (NC) にあたる認証で、必須項目を全て満たした上で、110 点満点の得点で Certified (40~49 点)、Silver (50~59 点)、Gold (60~79 点)、Platinum (80 点以上) の 4 段階で建物が評価される。本施設の認証結果は得点 72 点で 2020 年 7 月に Gold の認証を得た。図 13 に LEED®認証ロゴを示す。



図 13 LEED®認証ロゴ

図 14 に LEED®の各評価項目での得点割合を示す。統合的プロセス、水の効率的な利用、エネルギーと大気、革新性、地域別重み付の項目においては 80%以上の得点を獲得した。エネルギーと大気の項目では、必須項目「最低限求められるエネルギー性能」の必須条件を満たすために、オフィス棟執務室の 100V コンセントの 50%をスケジュール制御とした。また、本施設が ZEB を目指した建物であることから、「エネルギー性能の最適化 (18 点)」、「再生可能エネルギーの創出 (3 点)」の項目で満点を獲得することができた。革新性では、本施設がエネルギー自立を目指した計画であることやバイオフィリックデザインに配慮した設計であること、外構の植栽に果実を採用することで加点できた。

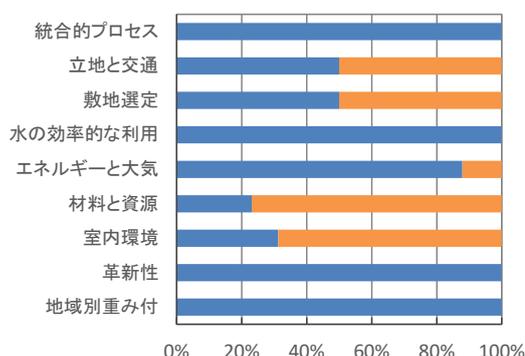


図 14 LEED®の各項目での得点割合

一方、材料と資源、室内環境の 2 項目においては 40%未満の得点となった。材料と資源の項目では、歴史的建造物の再利用やリノベーションの場合に高得点となる「建物のライフサイクル環境負荷低減」や建材の原材料の産地や成分の情報が必要な「建材の情報開示と最適化」の項目で、室内環境に関しては、VOC の含有量やその発散量の情報が必要となる「低発散材料」や「昼光利用」の項目で得点できなかったため低い評価となった。

5.3 快適性・健康性 CASBEE-ウェルネスオフィス (CASBEE-WO)

CASBEE-WO は、建物利用者の健康性、快適性の維持・増進を支援する建物の仕様、性能、取組みを評価するツールである。CASBEE-WO の総点数は 100 点であり、得点によって C ランク (40 点未満)、B-ランク (40~49 点)、B+ランク (50~64 点)、A ランク (65 点~74 点)、S ランク (75 点以上) の 5 段階で評価される。今回の認証申請時は先行評価認証期間となっており、(一財)建築環境・省エネルギー機構による評価認証に申請し、2020 年 10 月に総合評価 86.6 で S ランクの認証を得た。図 15 に CASBEE-WO の認証ロゴを示す。



図 15 CASBEE-WO 認証ロゴ

図 16 に CASBEE-WO の評価結果を示す。CASBEE-WO では、健康性・快適性、利便性、安全・安心、運営管理、プログラムの 5 つの大項目で評価するが、さらにその中には、図 16 に示すような中項目が含まれる。例えば健康性・

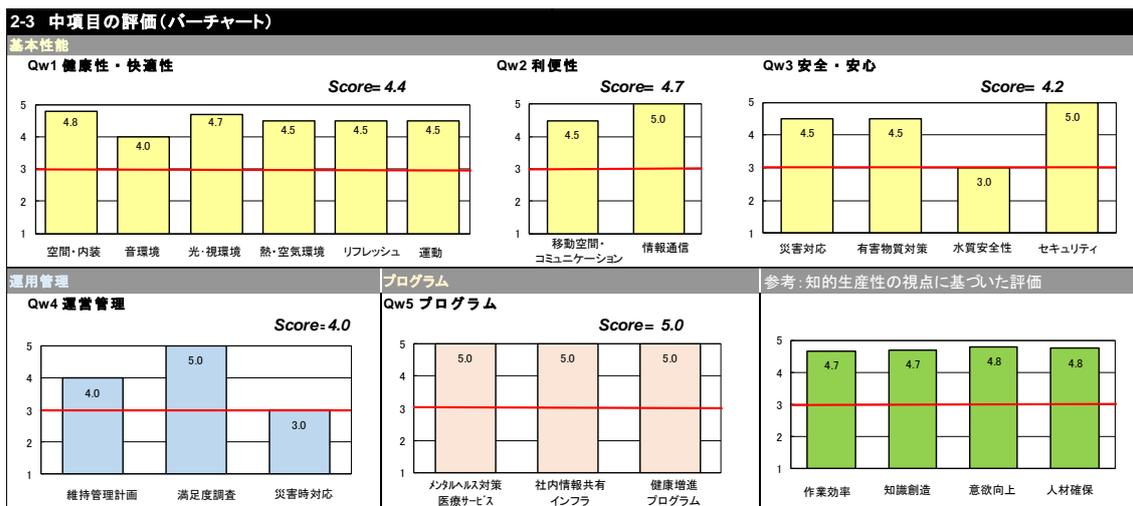


図 16 CASBEE-WO の評価結果

快適性の中には空間・内装という中項目があり、その項目に対してはさらにレイアウトの柔軟性、荷重のゆとり、設備機器の区画別運用の変異性等 10 項目の評価項目があり、採点基準に基づき評価項目ごとに 5 点満点で採点を行う。本施設では、中項目の項目に関しては概ね 4 点以上と高評価となっているが、水質安全性や災害時対応の項目が 3 点であり、まだ改善の余地があると考えられる。さらなる高得点を目指すとする、水質安全性に関しては、各階にミネラルウォーターサーバを設置、災害時対応に関しては、BCP 対策や消防訓練の充実、AED の適正な配置と教育活動といった対策が必要となってくる。

6. おわりに

2020 年 3 月から運用を開始した茨城県つくばみらい市に建つ高砂熱学イノベーションセンターに関して、本建設プロジェクトの経緯および設計コンセプト、建築概要について説明するとともに、本施設の建築計画での留意点や創エネルギー・電気・空調・衛生設備の概要について紹介した。また、環境性能評価として省エネルギー性能を BELS で、総合的な建物環境性能を LEED®、快適性・健康性を CASBEE-WO で評価し認証を受けた結果について述べた。運用開始から早 1 年が経とうとしているが、2020 年初旬からの新型コロナウイルスの影響で、当初の目標であった地域貢献等、まだ実施できていない項目もある。しかしながら、夏期、秋期、冬期の環境実測やアンケート調査の解析や BEMS に蓄積されたデータの解析等を行い、いくつかの知見を得られるようになってきている。それらの知見については、また別の機会でご報告することとする。

謝辞

本施設の建設に当たっては、設計関係者、施工関係者を含め多数の方々にご協力頂きました。また、設計段階では NPO 法人建築設備コミッション協会様に性能検証管理チームとしてご参加頂き、ご指導を頂きました。関係者の方々には誌面を借りてお礼申し上げます。

注釈

※4: 写真 1~3 は、(株)竹中工務店提供、小川重雄氏撮影。

※5: LEED®認証ロゴは、米国グリーンビルディング協会所有の登録商標であり、許可を得て使用。

※6: BEI⁽²⁾: Building Energy Index の略。BEI とは、エネルギー消費性能計算プログラムに基づく、基準建築物と比較した時の設計建築物の一次エネルギー消費量の比率のことで、再生可能エネルギーを除き $BEI \leq 0.50$ の場合に ZEB Ready、さらに再生可能エネルギー導入によって $0.00 < BEI \leq 0.25$ となる場合には Nearly ZEB、 $BEI \leq 0.00$ となる場合には『ZEB』と判定される。BEI の定義は以下の式で表される。

BEI=設計一次エネルギー消費量/基準一次エネルギー消費量

※7：BPI⁽²⁾：Building Palstar Index の略。BPI とは、省エネ法改正に伴い設けられた PAL*（外皮基準の指標）により算出される年間熱負荷の基準のこと。BPI の定義は以下の式で表される。

BPI=設計 PAL*/基準 PAL*

※PAL*（パルスター）は、建物の屋内周囲空間の床面積当たりの年間熱負荷のことを表す。

文 献

- 1) 武藤ほか:エネルギー自立型サステナブル研究施設の計画と実証(第 1 報), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, p185-188(2019)
- 2) 羽鳥ほか:同上(第 2 報), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, p149-152(2020)
- 3) 武藤ほか:同上(第 9 報), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, p177-180(2020)
- 4) 空気調和・衛生工学会:「ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の定義と評価方法」, p5(2015)
- 5) 高砂熱学工業作成、性能検証管理チーム協力:「(仮称) TNK イノベーションセンター 新築工事発注者要件書(企画・設計フェーズ(実施 設計))」, p16(2018.6)
- 6) 武藤ほか:高砂熱学イノベーションセンター, 建築設備士 第 52 巻・第 8 月号, p17-25, 建築設備技術者協会, (2020.8)
- 7) 元田ほか:エネルギー自立型サステナブル研究施設, 2020 年度イノベーションセンター報, p17-24(2021.3)
- 8) 高ほか:エネルギー自立型サステナブル研究施設の計画, 2019 年電気設備学会全国大会, p7-8(2019)
- 9) 高ほか:金属製放射空調パネルを利用した間接照明システム, 2020 年電気設備学会全国大会, p204-207(2020)
- 10) 木村ほか:エネルギー自立型サステナブル研究施設, 2020 年度イノベーションセンター報, p25-36(2021.3)
- 11) 柴田ほか:エネルギー自立型サステナブル研究施設, 2020 年度イノベーションセンター報, p37-47(2021.3)
- 12) 環境省ホームページ:「ZEB PORTAL(ゼブ・ポータル) 用語集」, (2021),
<http://www.env.go.jp/earth/zeb/terms/index.html>

ABSTRACT

The construction project of Takasago Innovation Center has started in November 2015 with the aim of becoming an energy self-sufficient research facility that achieves both reduced environmental impact and intellectual productivity. Construction of this facility began in February 2019, was completed in January 2020, and started operation in March. In this report, we will first explain the background, design concept, and architectural outline of this project. Next, we will introduce the points to keep in mind in the construction plan of this facility and the outline of energy creation, electricity, air-conditioning, and sanitary facilities. Finally, the results of the environmental performance evaluation of this facility will be described.
