

## 特集論文

# ライフサイクルCO<sub>2</sub>削減に向けた 木造ZEBへの挑戦

Reducing Life Cycle CO<sub>2</sub> Emissions by Achievement Wooden ZEB

穴澤勝彦\*

Katsuhiko Anazawa

片山勇気\*

Yuki Katayama

鹿野智裕\*

Tomohiro Kano

岡田菜々美\*

Nanami Okada

\*三菱電機ビルソリューションズ(株)

## 要 旨

世界的に運用エネルギー削減からライフサイクル全体のCO<sub>2</sub>削減に注目がシフトする中で、国内でもライフサイクルCO<sub>2</sub>の制度化に向けた動きが始まっている。木材は持続可能な建材であり、地震の揺れを軽減できる特長から、地震の多い日本で以前から活用されている。また、木材特有の親しみや温かみを覚える心理的効果もある。近年では、鉄筋コンクリートと比較したCO<sub>2</sub>貯蔵メリットのある建材として大型の建築物にも木材が使用されるなど、ますます注目が高まっている。

このたび、三菱電機ビルソリューションズ(株)(MEBS)は木造建築の魅力を発信するポラスグループ<sup>(1)</sup>と連携し、ZEB(net Zero Energy Building)プランナーとして各種設備の設計・施工を一手に担って、国内初<sup>(注1)</sup>の建造物“木造75分準耐火構造+『ZEB』”を含む木造3棟で『ZEB』を達成した。

(注1) 2024年10月21日現在、ポラスグループ調べ

## 1. まえがき

持続可能な建築の実現に向けた重要な要素として木造建築物が注目されている。理由の一つとして、建設プロセス、廃棄物処理など、建築物の全過程にわたる環境負荷が低いことが挙げられる。まず木材の生産過程では、ほかの建材と比較してエネルギー消費が少なく、CO<sub>2</sub>排出量も低い。それに加えて、木材は炭素を固定化する性質を持ち、建築材料として使用されることで長期間にわたって炭素を貯蔵する役割を果たすことが知られている。

本稿で述べる工事の施主であるポラス(株)は埼玉県越谷市に本社を置く木造建築に強みを持つ大手ハウスメーカーで、不動産、建設工事を中心に27のグループ会社を統括している企業である。ポラスグループの中大規模木造建築(ポラステクノシティ、図1)で新たな可能性を見いだしたいという強い思いを受けて、『ZEB』達成に向けてZEBプランニングや設備設計・施工について長年の経験を持つMEBSがパートナーになって、設計段階から連携しプロジェクトを組むことになった。

設計や施工を進めるに当たって、木造建築物ならではの課題にも直面した。鉄筋コンクリート(RC)造や鉄骨(S)造とは違って、木造建築で強度確保するためには梁(はり)を更に太く、多くする必要があり、施工上の障害になった。それに加えて、『ZEB』を実現するに当たってRC造やS造と比較して、木造建築は一般的に気密性が低いため、外気負荷が高くなりやすいという障害もあった。これらの木造建築特有の様々な技術的困難を乗り越えて、国内初の木造75分準耐火構造+『ZEB』建物を含む3棟の『ZEB』を実現させることに成功した。次にこの事例を述べる。



	オフィス棟	研究棟	実験棟
ZEBランク	『ZEB』	『ZEB』	『ZEB』
BEI	-0.06	0.00	-0.03
用途	事務所(交流と学びの場)	事務所(開発現場 見学)	事務所(開発現場 見学)
延床面積	2,252.0m <sup>2</sup>	1,342.0m <sup>2</sup>	1,050.0m <sup>2</sup>
構造種別	木造 75分準耐火構造	木造 60分準耐火構造	木造 60分準耐火構造
建物規模	地上3階	地上3階	地上1階
導入設備(空調)	ビル用マルチエアコンほか 11系統	ビル用マルチエアコンほか 7系統	ビル用マルチエアコンほか 3系統
〃(換気)	ロスナイ・天井扇ほか 48台	ロスナイ・天井扇ほか 33台	ロスナイ・天井扇ほか 6台
〃(給湯)	小型電気温水器 14台	小型電気温水器 10台	小型電気温水器 2台
〃(照明)	LED Myシリーズほか 521台	LED Myシリーズほか 274台	LED Myシリーズほか 101台
〃(システム)	BuilUnity 1台	BuilUnity 1台	BuilUnity 1台
〃(昇降機)	三菱エレベーター AXIEZ 1台	三菱エレベーター AXIEZ 1台	

BEI : Building Energy Index(エネルギー消費性能)

出典: ポラステクノシティホームページ  
<https://www.polus.co.jp/polus-techno-city/>

図1-ポラステクノシティ及び『ZEB』取得建物概要

## 2. 設備設計／ZEBプランニング

この章では、ZEBの概念と、ZEB化に向けた設計プロセス及び技術について述べる。

### 2.1 ZEBの概念

2019年に確立された日本でのZEBの定義<sup>(2)</sup>は、図2に示すとおり、建築的手法と高効率な設備機器の導入及び適切な設備制御によって、室内環境の質を維持しつつ、大幅な省エネルギー化を実現した上で、基準一次エネルギー消費量の50%以上を削減することが求められる。このようにZEBは環境負荷の低減や運用コストの削減が期待されて、持続可能な社会の実現に寄与している。また、地球温暖化対策やエネルギー自給率向上の観点からも重要な取組みである。

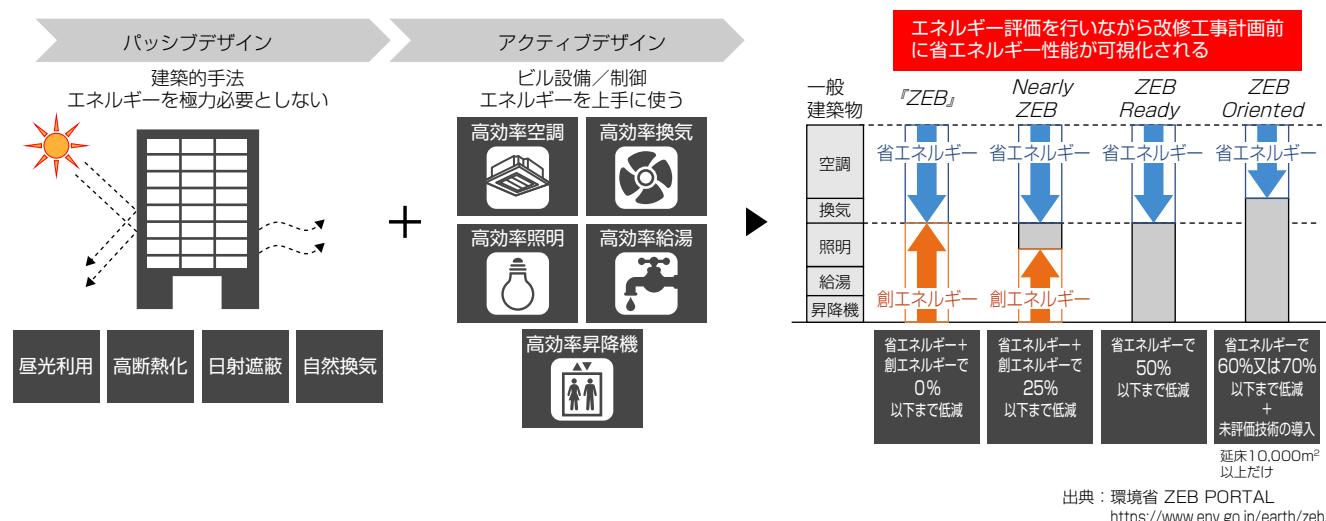


図2-ZEBの定義

### 2.2 ZEB化に向けた設計プロセス

図3に、一般建築物でのZEB化を検討する際の設計プロセスを示す。『ZEB』の達成に向けては、コストや仕様の制約があることから建築計画の初期段階からZEB化を考慮した設計が求められる。この建築計画でも、設計取りまとめを担

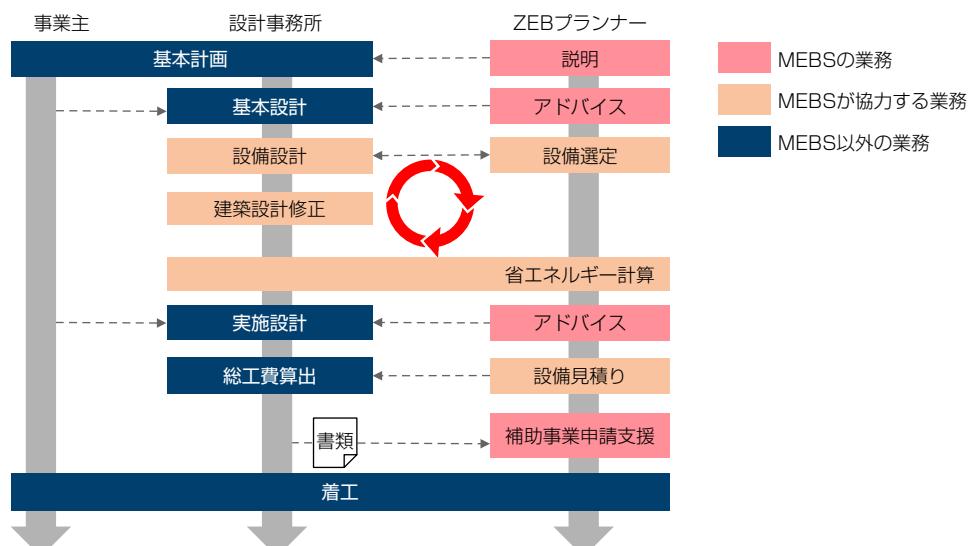


図3-ZEB化に向けた設計プロセス

当するポラテック(株), (株)ポラス暮し科学研究所と, 設備設計及びZEBプランナーを担当するMEBSが基本設計の段階から協力し, この設計プロセスに基づいて建築／設備設計を実施した。具体的には, 建築図に基づいて設備を選定し, エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)標準入力法<sup>(3)</sup>(以下“WEBPRO”という。)を用いた省エネルギー計算によってBEIを算出し, 目標とするZEBランクの達成有無を確認する。設備機器が確定した段階で設備見積りを作成し, 予算化を行った。しかし, 『ZEB』達成に向けては木造建築物ならではの障壁があり, 一般建築物とは異なる検討が必要であったことから, 2. 3節でその工夫した内容について述べる。

## 2. 3 木造建築物のZEB化実現に向けた適用技術

### (1) 空調設備

ZEBでは省エネルギー性の向上とともに快適な室内環境を保つため顧客との協調が不可欠であり, 余剰な空調機器の能力はZEB化の妨げになる。木造建築物は気密性の低さから外気負荷の影響が大きいため, 外気負荷以外の負荷要素についてシビアな検証が必要になる。そこで, 部屋ごとの用途・人員等のヒアリングを設備設計部門と綿密に行い, WEBPROの計算結果が最良になるまで熱負荷計算と空調機器の能力選定を繰り返し実施した。並行して熱負荷計算及び気流解析の結果を建築設計部門と共有し, 断熱材を含む部屋全体の環境構築についても協議を行うことで, 最適な空調機器の能力と断熱材の組合せによる省エネルギー性と快適性を両立した。それらに加えて, 空調機はマルチ形を採用し, 热源の集約化と台数制御機能を採用することで, 更なる省エネルギー化を実現した。

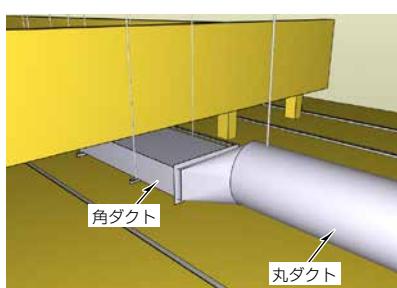
また, 空調ダクトの設計では, 木造建築物の特徴から梁下のスペースが狭いため, ダクトサイズを部分的に変形する検討が必要になった。このとき, 間雲にダクトサイズを小さくすると圧力損失が大きくなり送風機出力の増加につながるため, 空間が確保できる部分はダクトサイズを最大化して, 梁下の狭い箇所は圧力損失の小さなアスペクト比のダクトサイズを選定し, 施工担当者と打合せを実施して最短のダクトルートを検討した。これらを行うことによって, 省エネルギー性を損なわずにダクト設計を完遂した(図4(a))。

### (2) 換気設備

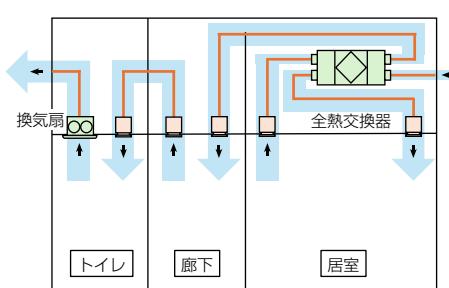
居室の空調熱負荷の軽減に向けて, 換気設備に全熱交換器(ロスナイ)を採用し, 热交換効率を最大限確保するために風量を給気量=排気量と設定した。一方, トイレや倉庫は排気だけを行うことから, 適切な給気を行わないと建物内が負圧になってしまう。そのため, 通常設計では屋外に排気している全熱交換器の排気をトイレや倉庫の前室(廊下)に供給する計画にして, 建物全体の空気圧バランスの均一化を図るとともに, 換気設備での無駄なエネルギーを排除した(図4(b))。

### (3) 照明設備

原設計段階から三菱電機照明(株)と連携を図って照明設計を実施した。設備設計部門と打合せを重ねて, 意匠, 照度計算, 機器配置, 消費電力の適正化を図った。また, 消費電力削減のため, 照明制御システム(MILCO.NET)を導入した。人感センサーによるON/OFF制御や各天井面に照度センサーを設置し, 昼光の影響を考慮して室内全体の照度を一定に保つ自動調光制御を採用した。また, ポラステクノシティでは子ども向けの体験イベント等も多数開催されていることから, キッズスペースに青空教室をイメージした青空照明“misola”を採用した。省エネルギー一辺倒ではない, 居心地の良い温かみを持った空間作りを提供した(図4(c))。



(a) ダクトサイズ検討例



(b) 換気設備系統図



(c) misola天井面設置状況

図4-ZEB化実現のための導入技術例

### 3. 設備工事

この章では、今回の事例の建設工程と設備施工上の課題、及び解決策について述べる。

#### 3.1 工事計画とスケジュール

軸組み工法での木造建築物は、上棟してから仕上げ工事の間に耐力壁工事・耐火外壁工事を行うため、設備工事を実施する場面で建築施工部門との工程調整が多く発生する。特にカセット形室内機は耐火基準によって12mmの石膏(せっこう)ボードで囲う耐火処置が必要であることから、①吊(つ)り金物施工(設備工事)②石膏ボード囲い(建築工事)③室内機吊り込み(設備工事)の順序で施工を行うため、室内機ごとに施工スケジュールについて建築施工部門と綿密な工程調整を実施した。毎日の工程打合せと建築工事の進捗確認を徹底した結果、工期遅延させることなく無事故・無災害で工事を完遂させることに成功した(図5)。

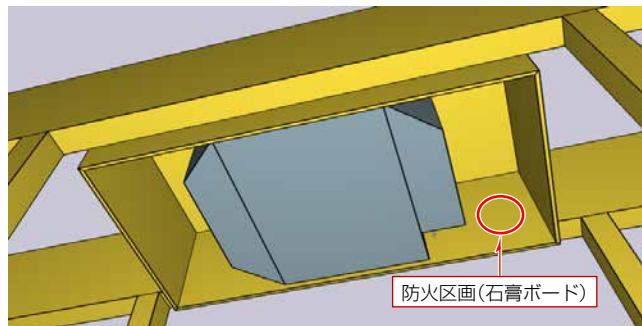


図5-室内機見上げ図

#### 3.2 木造建築物向けの設備施工上の課題と解決策

木造建築物はRC、S造に比べて大スパンを確保するため、柱、梁の本数が増えて梁成が大きくなる。柱と梁は1,000mm以下のピッチで配置されて、梁下と天井面までのスペースは狭い部分でわずか150mmしかなく、設備設計・施工に大きな制約を受ける。今回、天井カセット形4方向吹出しタイプの室内機を多く採用したが、梁に囲まれた855mm四方のスペースに外寸840mm四方の室内機を配置する必要があり、梁と機器の隙間は15mmしか余裕がなく施工者泣かせの状況であった。また、75分準耐火構造を達成させるために必要になる室内機を囲う石膏ボードの施工によって吊り金物がずれてしまうことを防止するため、石膏ボード施工前に吊り金物の寸法確認、修正を繰り返し実施して、mm単位の精度を確保した(図6)。

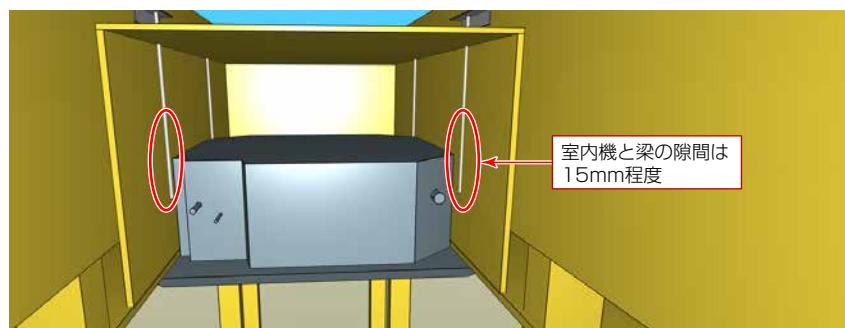


図6-室内機納まり図

## 4. 設備運用

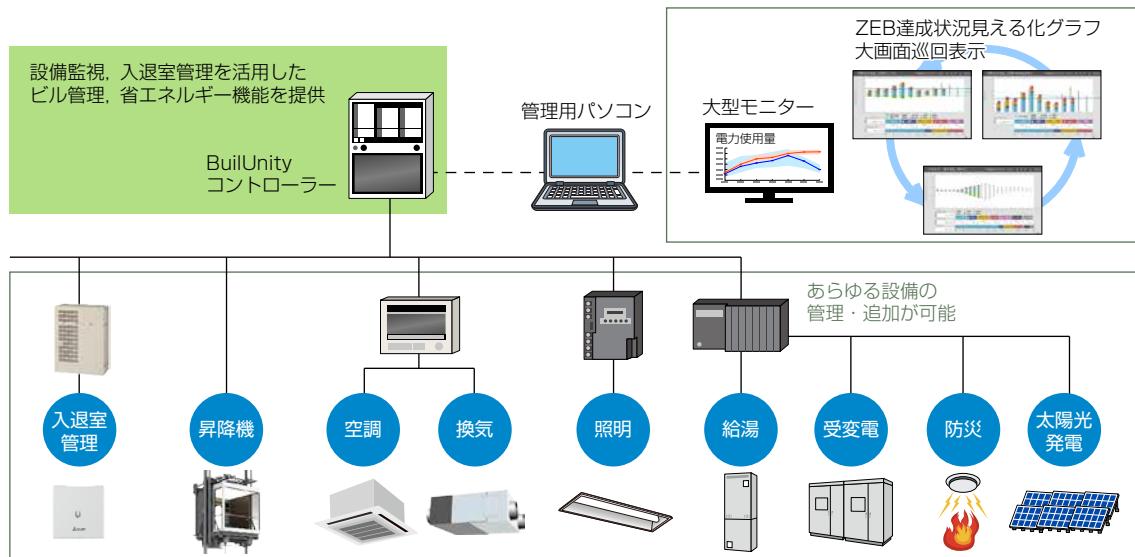
この章では、ZEB化を実現するための設備運用について述べる。

### 4.1 運用段階でのZEB化の実現

この建物は、BELS(Building-Housing Energy-efficiency Labeling System)のZEBランクで『ZEB』の評価を得ている。しかし、WEBPROによる評価は設計値に基づくものであり、あらかじめ設定された条件／運用シナリオに沿った設備稼働を前提としたエネルギー試算である。そのため、実運用でのBEIは、実際の環境(天気などの外部環境、建材や什器(じゅうき)等の内部環境)や社内規則(稼働日、出退勤時間など)、設備のスケジュール設定などの建物運用に基づく設備の使い方に大きく依存することから、実運用で目標とするZEBランクを達成するためには、エネルギーの見える化と運用計画に基づくシミュレーションが必要になる。この技術については、4.2節で詳しく述べる。

### 4.2 BEMS設備の活用

建物のエネルギー利用状況を把握するためのBEMS(Building Energy Management System)設備として“BuilUnity”(ビルユニティー)を導入している。システム構成を図7に示す。BuilUnityは計量データの帳票出力機能やZEBグラフ等の機能を持っており、ZEBの運用支援の役割を担っている。ZEBグラフでは、ZEBの達成状況や日々のエネルギー収支をショールーム内の大画面モニターに表示することで、見学者に対して建物の省エネルギー性能を視覚的に訴求でき、ZEBの実効性を社外に向けて広く発信することが可能になっている。



また、設備運用では三菱電機製空調コントローラー(AE-200J)や照明制御システム(MILCO.NET)と連携し、監視制御の統制を図っている。設備の最適な運用計画の策定を進めて、更なる省エネルギーの達成と『ZEB』を維持するとともに、IoT(Internet of Things)プラットフォーム“Ville-feuille”(ヴィルフィーユ)を活用することで、クラウド上から複数拠点のデータ収集や設備の監視制御を可能にした。今後は蓄積された計量データや運転情報をポラス(株)内で分析し、ZEB化を実現するために実運用に沿ったシミュレーションを行う。また、ダッシュボードによるグラフ表示を行うことによって、ポラスグループ全体での省エネルギー改善計画立案や省エネルギー効果の確認、省エネルギー運用の定着などへの活用も期待できる(図8)。



図8-エネルギー管理機能監視画面

## 5. むすび

今回の事例は、空調・換気・照明・給湯・BEMSの設計施工をZEBプランニング業務から設備設計、施工管理まで一貫して実施したMEBS初の木造新築での『ZEB』案件であり、中でもオフィス棟は木造75分準耐火構造+『ZEB』を達成した国内初の建物である。このプロジェクトに参画したことから、三菱電機グループとして今後更にZEBソリューションへの関わりを深めることで、地球規模で課題になっている温室効果ガスの削減につながるものと確信する。

### 参考文献

- (1) ポラスグループ：トップページ  
<https://www.polus.co.jp/>
- (2) 環境省：ZEB PORTAL  
<https://www.env.go.jp/earth/zeb/>
- (3) 国立研究開発法人 建築研究所：建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報  
<https://www.kenken.go.jp/becc/>