

# ゼロカーボンビル建設プロジェクトにおける脱炭素技術

豊村 裕・敦賀谷 俊・光本 皓平

近年、建築分野においては欧米を中心に従来の建築物の運用段階に発生する CO<sub>2</sub> の削減だけでなく、建設から解体に至るまでの建築物のライフサイクル全体を通じた CO<sub>2</sub> の削減に向けた議論が展開されている。国内においては、産官学の連携により、ライフサイクルカーボンの評価手法を整備することを目的に「ゼロカーボンビル (LCCO<sub>2</sub> ネットゼロ) 推進会議」が 2022 年 12 月に設置され検討が開始されている。本誌においては、実際のプロジェクトにゼロカーボンビルを適用している技術事例や取り組みについて紹介する。

キーワード：大成建設グループ次世代技術研究所、ゼロカーボンビル、T-ZCB、建築物のライフサイクル CO<sub>2</sub>

## 1. はじめに

2022 年度の日本の温室効果ガス排出量のうちエネルギー起源 CO<sub>2</sub> が約 85% であり、そのうち建設業界が関与するオフィスなどの建築物や住宅からの排出である「業務その他部門」と「家庭部門」の CO<sub>2</sub> 排出量（電気・熱配分後）が約 30% を占めている。両部門においては、省エネルギーの推進や電力の排出原単位の改善などにより排出量は減少しているが、日本国の掲げる 2030 年温室効果ガス排出削減目標や 2050 年カーボンニュートラルに向けては、長期間ストックされる建築物や住宅における ZEB や ZEH のさらなる普及促進が必要であり、建設業界への期待・プレッシャーがさらに大きくなるものと考えられる。

一方で近年、2023 年の G7 気候・エネルギー・環境大臣会合コミュニケで示された、建物のライフサイクル全体の温室効果ガス排出量削減目標を推進することなど、建築物の使用段階だけでなく、建材の製造・調達、施工、建築物の使用段階、解体までを含めたライフサイクル全体での温室効果ガス排出量（ライフサイクルカーボン）の削減が求められている。我が国では、「ゼロカーボンビル (LCCO<sub>2</sub> ネットゼロ) 推進会議」が建築物ライフサイクルカーボン算定ツール (J-CAT) を開発するなど、算定方法の共通化などに向けた取り組みが進められている。

こうした取り組みに先立ち、ライフサイクルの CO<sub>2</sub> 排出量に着目し、独自の評価システムである T-ZCB（ゼロカーボンビル：以下、本システム）を構築し、

実プロジェクトにおいて実証を開始している。

## 2. 実プロジェクトにおけるゼロカーボンビルの実証

カーボンニュートラルの実現に貢献する様々な技術開発や実証試験などに取り組むため、埼玉県幸手市において大成建設グループ次世代技術研究所の建設に着手した。本研究所は、大成建設技術センター（神奈川県横浜市）、大成ロテック技術研究所（埼玉県鴻巣市）に続く第三の研究開発拠点として、2025 年度中に各施設を完成させて順次運用を開始するとともに、新設の管理研究棟で「ゼロカーボンビル」の実現を目指している（図—1、2）。



図—1 イメージパース全景



図ー2 イメージパース管理研究棟全景

### 3. 本システムの概要

非住宅建築物の脱炭素化を促進するため、ホールライフでのCO<sub>2</sub>排出量評価システムを開発した。建設資材の調達や施工から、建物竣工後の運用・修繕段階、解体に至るまでのCO<sub>2</sub>排出量に関してホールライフで実質ゼロとなる建築物をNet-ZCBと定義し、またCO<sub>2</sub>を削減する割合によりランク分けを行うことでZCBの到達度を定量化する。カーボンニュートラル社会を実現するために建設業界の目指すべき道筋として、本システムで評価する建築物を増やし、CO<sub>2</sub>削減状況と設計手法を体系化することで、ゼロカーボンビルの普及を促進する意図がある（図ー3）。

### 4. 調達段階における導入技術

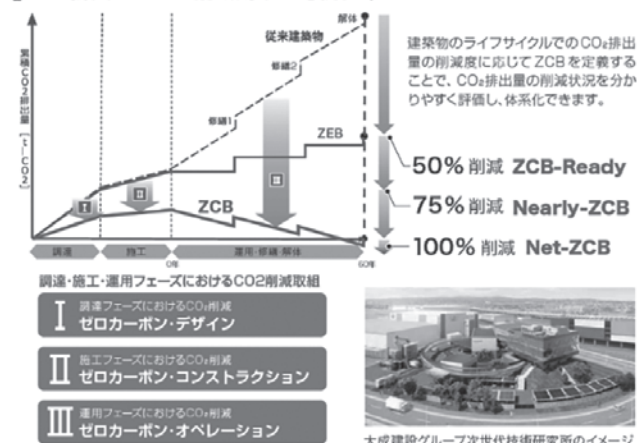
調達段階においては、建築、構造、設備の各分野において、独自技術を含む様々な低炭素化技術を採用し、標準建築物と比較し約10%のCO<sub>2</sub>排出量を削減している。主な低炭素化技術を下記に示す。

#### (1) 木質建築化

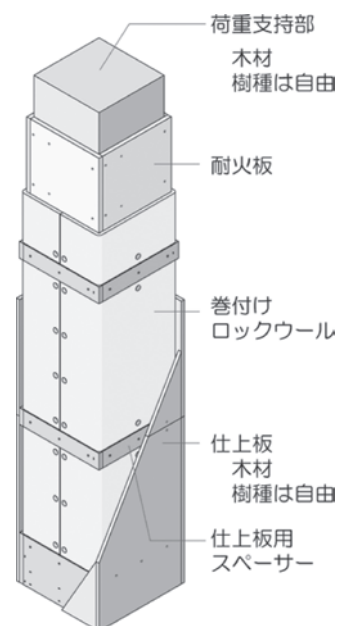
管理研究棟は、地上4階建てのうち、1～2階までが鉄筋コンクリート造、3～屋上階までが純木造の混構造を採用している。木造部分には開発した1時間耐火木質柱・梁を採用した。この1時間耐火木質柱・梁の耐火被覆に巻付けロックウールを採用することにより、従来の告示仕様耐火被覆材と比較し耐火被覆部のCO<sub>2</sub>排出量も低減している（図ー4）。

また、床にはCLTを用いた大スパン床ユニットを採用することで、無柱空間を実現し、フレキシブルなオフィス空間を実現するとともにユニット化による高速施工を実現している。これらの木材は埼玉県秩父産

### CO<sub>2</sub>排出量および削減効果を可視化 | T-ZCBチャート



図ー3 本システムチャート



図ー4 耐火柱の構成

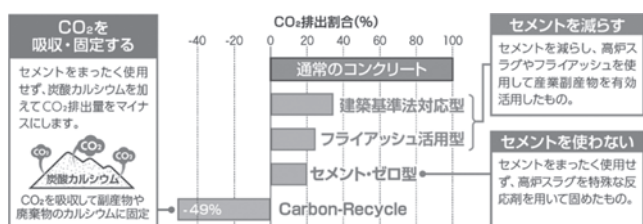
材を使用しており、埼玉県、(株)ウッディーコイケと3者で「埼玉県森林（もり）づくり協定」を締結し、伐採した森林に植林活動を行う予定であり、自然環境の保護とさらなるCO<sub>2</sub>削減を期待している（写真ー1）。

#### (2) 環境配慮コンクリート・低炭素型鋼材の採用

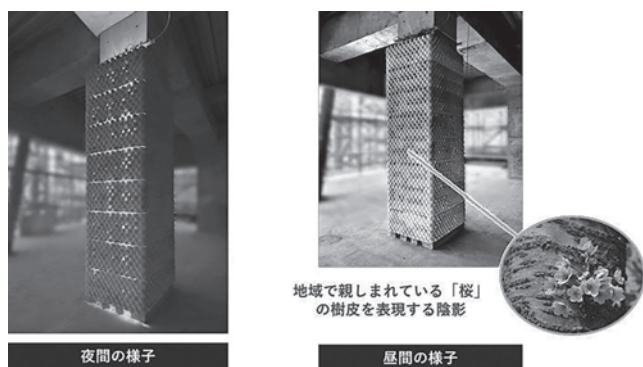
鉄筋コンクリートのコンクリートおよび鉄筋、その他鉄骨部材には、環境配慮コンクリートと低炭素型鋼材を採用している。環境配慮コンクリートは、一般的なコンクリートに比べCO<sub>2</sub>排出量を削減しているコンクリートであり、建築基準法対応型、フライアッシュ活用型、セメント・ゼロ型、Carbon-Recycleの4つの種類があり、管理研究棟では、構造躯体に建築基準法対応型、一部の柱仕上材に3Dプリンタで成形したCarbon-Recycleを採用している（図ー5、6）。



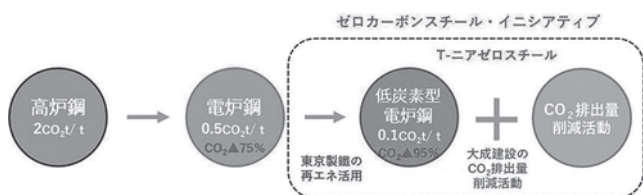
写真—1 大スパン床ユニット



図—5 環境配慮コンクリート



図—6 柱仕上材に3Dプリンタで成形したCarbon-Recycle



図—7 脱炭素化に向けたプロセスとゼロカーボンスチール・イニシアティブ

低炭素型鋼材は、電炉鋼材を採用することで従来の高炉鋼材と比較してCO<sub>2</sub>排出量を75%削減するとともに、電炉鋼メーカーとのイニシアチブにより製造時電力に再エネ電力等を活用することで、さらに脱炭素化を進めてCO<sub>2</sub>排出量95%削減を実現している(図—7)。

### (3) 外装・内装材へのリサイクル建材の採用

管理研究棟では外装・内装に様々なリサイクル建材

を採用することで低炭素化を図っている。主なリサイクル建材としては、リサイクルアルミ、リサイクルせっこうボードがある。

リサイクルアルミは、(株)LIXILが開発した原材料の70%にリサイクルアルミを使用した循環型低炭素アルミ形材「PremiAL R70」をビル建材(アルミ建具)として採用しており、一般的に外装で多く使用されるアルミ建具のCO<sub>2</sub>排出量の削減を行っている。

リサイクルせっこうボードは、吉野石膏(株)が開発した原料せっこうにリサイクルせっこうを100%使用し製造時のCO<sub>2</sub>排出量が少ないせっこうボード「タイガー R100」を採用した。内装材に多く使われているせっこうボードを低炭素化することで、内装材を起因とするCO<sub>2</sub>排出量を低減している。

### (4) 設備機器の低炭素化

現在、建築設備分野では、メーカーからの調達品が多い特性上、オペレーショナルカーボンを削減する低炭素化手法が中心である。また、省エネルギー・創エネルギーに資する高効率設備機器や太陽光パネルの導入はエンボディドカーボンの増加をもたらす側面があり、ホールライフカーボンを意識した設備機器の調達でゼロカーボンビル達成の鍵となる。

今回、研究管理棟に導入する建築設備機器のうち、配電盤、アルミ導体ケーブル、パッケージエアコンなど建築設備機器の調達時において、CO<sub>2</sub>排出量を削減する工夫を施した。各設備機器に対する施策概要と削減比率は以下の通りである。

- ・配電盤：筐体に前述の「低炭素型鋼材」鋼板を採用  
削減率：-18% (キュービクル式配電盤)，-23% (動力盤・分電盤) (写真—2)
- ・アルミ導体ケーブル：地金製造に再生可能エネルギーを使用したアルミ導体ケーブルを採用  
削減率：-44% (図—8)
- ・パッケージエアコン：組立工場における再生可能エネルギー活用等による製造時CO<sub>2</sub>排出量の削減  
削減率：-100% 相当 (図—9)

上記のほか、アルミ箔をラミネートした段ボール製の空調用ダクト(コルエアダクト)をはじめとする従来技術についても、CO<sub>2</sub>排出量低減の観点から採用した。

## 5. 施工段階における導入技術や取り組み

### (1) ゼロカーボン・コンストラクション

工事中に発生するCO<sub>2</sub>排出量を「実質ゼロ」とする取り組みを、「ゼロカーボン・コンストラクション」



写真-2 配電盤



図-8 アルミ導体ケーブル



図-9 パッケージエアコン室外機

と称して2021年から、実プロジェクトにおいて取り組みを進めてきた。

一般的に工事中のCO<sub>2</sub>排出は、燃料由来によるものと電力由来によるものに大別され、燃料については、場内で稼働する油圧ショベルやダンプトラック等の建設機械や、ラフタークレーンやコンクリートポンプ車等、現場を出入りする車両での燃料がCO<sub>2</sub>排出量のカウント対象となる。電力については、工事現場内で使用する仮設電源や、工事用仮設事務所で使用される電力使用に伴うものが対象となる。また、燃料・電力においてもまずは基本となるのが、「なるべく使用量を減らす」削減対策である。

## (2) 燃料由来 CO<sub>2</sub> の削減対策

建設重機オペレーターに対して省燃費運転講習会を実施し、急発進や空ぶかし等による無駄な操作を抑えることで燃費改善に努めている。また、掘削残土を場外へ運び処分するのではなく、盛土など場内で再利用することで掘削残土を運び出すダンプトラックの台数を減らし、燃料を使う行為そのものを減らす。さら



写真-3 (株)タダノ製 25t電動ラフタークレーン

に建設重機を電動化／ハイブリッド化することで燃料使用量の削減を図っており、本プロジェクトにおいては(株)タダノ製の25t電動ラフタークレーン・電動タワークレーン・ハイブリッドコンクリートポンプ車・ハイブリッド式油圧ショベル等を採用している(写真-3)。

さらに、使用量を削減した燃料を低炭素または脱炭素化するために、軽油代替燃料を採用しており、B5（対軽油CO<sub>2</sub>削減率5%）・サステオ20（対軽油CO<sub>2</sub>削減率20%）・RD（対軽油CO<sub>2</sub>削減率100%）の3種燃料を建設機械や車両ごとの特性に応じ使い分けを行っている。

## (3) 電力使用量の削減

工事用仮設照明のLED化に加えて工事用仮設事務所を『ZEB』化し、仮設建物でありながらも本設建物と同様に省エネ性に配慮した事務所とした。適正な断熱性能を確保し、市場で容易に調達可能な汎用性の高い、高効率エアコンやLED照明を採用し、燃焼を伴うガス給湯器ではなく、電気温水器を利用した給湯設備とした。さらにサーキュラーエコノミーにも配慮したリユース品の太陽光パネルを設置し、仮設事務所において『ZEB』認証を取得した(写真-4)。

## (4) オフセットについて

施工時においてCO<sub>2</sub>削減に対して直接的な削減効果のある対策を取り入れても、削減しきれない残りのCO<sub>2</sub>排出量については、対象が短期間であり建物竣工時点で数量を確定することが可能で、建物として残らない仮設対応であることから、クレジット等を用いてオフセットすることで、施工時のCO<sub>2</sub>排出量を実質ゼロとすることとした。

燃料由来のCO<sub>2</sub>はJクレジットを用いてオフセッ



写真—4 仮設事務所全景

トし、電力については保有の再生可能エネルギー由来電源から生み出されたトラッキング付非化石証書等の環境価値を使用することにより、ゼロカーボン・コンストラクションを実現する。

## 6. 運用段階における導入技術

### (1) 外装システム・自然換気・自然採光による CO<sub>2</sub> 削減対策

管理研究棟の外装はダブルスキン構造および日射遮蔽型 Low-E ペアガラスを採用することで、断熱性能を高め、室内の空調にかかるエネルギーを削減している。ダブルスキン上部には、換気用給気取り入れ口を接続しており、外気と比較しエネルギーの観点で有効と判断される場合、バイパス経路として利用できる。ダブルスキン内には木ブレースを配置しており、構造・視認性・日射遮蔽の観点で、最適な配置を導き出している。また、ハイサイドライト・トップライトを利用した自然換気・自然採光を積極的に行うことで換気や照明にかかるエネルギーを削減し、CO<sub>2</sub> 排出量の低減に寄与している。

### (2) BELS 認証『ZEB』の取得とさらなる創エネルギー設備の設置

管理研究棟は、建築物省エネルギー性能表示制度 BELS において、評価対象範囲における一次エネルギー消費量について標準建築物の基準値-115%を見込み、『ZEB』認証を取得した(図—10)。

運用段階の低炭素化に資する設備技術としては、開発の自動環境制御システムによる照明空調省エネルギー制御や、大容量の太陽光発電システム、ガラス一体型発電システム、大容量蓄電システムの導入が挙げられる。その他汎用的な技術として、超高効率ビルマルチ空調機、全熱交換器、CO<sub>2</sub> ヒートポンプ式給湯器、



図—10 BELS 認証プレート・ラベル

高効率 LED などを採用している。

なお管理研究棟の基準 CO<sub>2</sub> 排出量のうち、オペレーショナルカーボンは 63%を占めているが、ゼロカーボンビルを達成するにあたっては、オペレーショナルカーボンをゼロとする『ZEB』に留まらず、削減しきれなかったエンボディドカーボンについても相殺する必要がある。本計画ではそれに対応したさらなる太陽光発電設備を計画しており、次節で述べるエネルギーマネジメントシステムと合わせ、有効活用する計画としている。

### (3) エネルギーマネジメントシステムの構築

将来的なゼロカーボンビルの達成のためには、設計値として算出されるオペレーショナルカーボンの削減量を、省エネルギー・創エネルギー設備のマネジメントを通して、運用時に適切に管理していく必要がある。

管理研究棟のエネルギーマネジメントシステムとしては、当社開発のクラウド型 BEMS を採用しており、運用段階でのエネルギー収支の見える化に加え、本社担当部署において運用状況を遠隔で管理、省エネアドバイスを提供する「エネルギーサポート」を行う。また、エネルギー収支を基に CO<sub>2</sub> 排出量の見える化にも対応し、ZCB に向けた達成状況の推移を管理することができる。

さらに、ゼロカーボンビル達成のために設置される大容量の太陽光発電設備利用の最大化を図るため、過去の運転実績データや気象情報などから翌日の需要電力量・発電電力量を予測し蓄電池の充放電制御を行う、需給一体型管理システムを採用している。

## 7. 修繕・解体段階における導入技術

### (1) 修繕／改修段階における CO<sub>2</sub> 削減のポイント 修繕／改修段階における CO<sub>2</sub> 削減のポイントとし

では、長寿命化建材の採用、メンテナンス点数の削減が必要となる。また、調達時と同様に低炭素化した建材や設備機器を採用することも修繕／改修段階で重要となってくる。そのため、本施設に採用しているリサイクル建材、アルミ導体ケーブル、段ボールダクトなど、修繕／改修段階においても新築時と同様にCO<sub>2</sub>削減に寄与している。

## (2) 解体段階におけるCO<sub>2</sub>削減のポイント

解体段階におけるCO<sub>2</sub>削減のポイントとしては、解体重機の低炭素化、廃材のゼロエミッション化、躯体等の再利用、フロン類の回収が必要となる。解体工事における現段階の算定においては現在の技術と同等でCO<sub>2</sub>排出量を算出しているが、実際には60年後となるため、将来的にはさらなるCO<sub>2</sub>削減施工が期待できる。また今後は、資源循環（サーキュラーエコノミー）も考慮した建材・設備機器の開発・設置計画などの考え方が益々重要になってくると考えられる。

## 8. おわりに

今後は、本プロジェクトの建設・運用で得られる知見を活かし、建物のライフサイクルにおけるCO<sub>2</sub>排

出量の把握・管理および削減に向けた様々な技術の導入を進めていくとともに、建物の新築・改修を検討するお客様に対し、ゼロカーボンビルの提案を積極的に行い、社会とお客様の環境課題解決に向けて取り組んでいく。

J C M A

### 【筆者紹介】

豊村 裕（とよむら ゆう）

大成建設㈱

サステナビリティ総本部

サステナビリティ経営推進本部

カーボンニュートラル推進部

課長代理



敦賀谷 俊（つるがや しゅん）

大成建設㈱

設計本部 建築設計第四部設計室

アーキテクト



光本 皓平（みつもと こうへい）

大成建設㈱

設計本部 設備設計第三部設計室

