

LCA (建築物ライフサイクルCO₂の評価) ツールの現状

地球温暖化への影響が大きい温室効果ガス (Greenhouse Gas GHG) には、水蒸気、CO₂、メタン CH₄、一酸化二窒素 N₂O、フロンなど様々なガスがありますが、人為的に排出される温室効果ガスの中ではCO₂の影響が最も大きいとされています。

そのため、人間が社会経済活動を行うことに伴って発生するCO₂排出量の削減が世界的な課題となっており、太陽光や風力等の再生可能エネルギーの利用の拡大、家庭や産業界での省エネルギー化、電気自動車等の開発普及など、各分野で新しい研究開発や取り組みが行われています。

建築物については、国内のCO₂排出量に占める割合が高いと言われており、そのカーボンニュートラルを考えていく上では、様々な資機材の生産、建築工事の施工、完成後の建築物の運用、更に建築物の廃棄に至る、建築物のライフサイクルを通じたCO₂排出量を把握して評価することがとても重要になっています。

(一社)日本建築学会では、1999年に『建物のLCA指針(案)』を作成出版し、2003年、2006年、2013年と改定を重ね、現在新たな改定版の出版に向けて、検討を実施しています。

また、建築関係の各企業においても、それぞれの考え方と手法で、LCAツールの研究開発に取り組んでおり、現時点での成果が発表されています。

そこで、(一社)日本建築学会のLCA指針と最近公表された各社のLCA評価ツールについて、その概要や展開状況等を紹介していただきます。

今後の建築計画や資機材の選定等の御参考となれば幸いです。

日本建築学会の建物のLCA指針に関する活動 —最新版の紹介と改定に向けた取り組み—

広島県立大学法人県立広島大学 生物資源科学部生命環境学科環境科学コース 准教授 小林 謙介

1 はじめに

2020年の菅前首相の所信表明演説において、脱炭素・カーボンニュートラル社会の実現が宣言された。また近年のESG投資¹への関心の高さなどから、モノづくりや事業活動における環境負荷削減が今まで以上に強く求められるようになっていく。その環境負荷削減のための検討に不可欠なのが環境影響の定量化であり、環境影響を定量化する手法の一つがライフサイクルアセスメント（Life Cycle Assessment : LCA）である。

建築分野においても、LCAの活用は以前にも増して重要となっている。例えば、環境ラベルを活用した建築資材や建築物の情報開示、環境配慮型

建築物の設計、ESGの観点などからも環境負荷削減を考える上でLCAの実施が不可欠となっており、民間事業者も活発に取り組んでいる。また、国の政策でもLCAの概念を用いた取り組みもある。

学術的な立場からは、（一社）日本建築学会（以下、「日本建築学会」という）が2013年に建物のLCA指針を公表している。2013年以降の情報発信は主としてウェブサイト²で行っている。一方、建築を取り巻くLCAの活用状況は大きく変化してきており、建物のLCA指針も改定が必要な状況となっている。以上の内容を踏まえ、本稿では、建物のLCA指針の内容、改定に向けた活動について述べる。

2 ライフサイクルアセスメント（LCA）とは

建築物を例にとると、建築物に関する資源の採掘から、素材や部品の製造、施工、使用、修繕・更新、解体・廃棄に至る、建築物の一生（ライフサイクル）を考えることを、ライフサイクル思考（Life Cycle Thinking : LCT）という。また、環境から採取した資源の量、環境へ排出した物質量を定量化する方法がLCAである。建築物のライフサイクルにおけるCO₂排出量や温室効果ガスの発生量もLCAを用いて計算することができる。

LCAの実施では、一般に評価に直接的に関係するフォアグラウンドデータ（建築物の場合、建

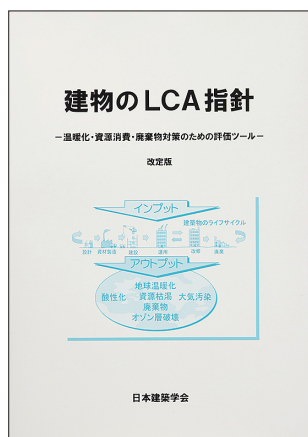


図1 『建物のLCA指針—温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール— 改定版』（一社）日本建築学会（2013）

1 環境（Environment）・社会（Social）・企業統治（Governance）に配慮している企業を重視した投資手法のこと

2 （一社）日本建築学会 地球環境委員会LCA小委員会 <http://news-sv.aij.or.jp/tkankyo/s5/>（参照 2023-02-14）

物に使用される建築資材やエネルギーの使用量など）を収集し、これにバックグラウンドデータ（原単位：単位量当たりの環境負荷排出量）を乗じて環境負荷量を算定する。これらで算定された環境負荷量を合計することでライフサイクルの環境負荷量が算出される。

このようなことから、LCAの実施においては、評価の考え方を整理すること、評価に必要な原単位を整備することが欠かせない。また、建築物は資材点数が非常に多く、評価作業が煩雑になる傾向にあるため、効率的な評価作業のためにツールを整備することが重要となる。

3 建築物のLCAに関する動向

建築物のLCAに関する動向として、まず、規格等の状況について整理する。LCAに関する規格には、ISO14040（JIS Q14040）、ISO14044（JIS Q14044）がある。ISO14040は原則及び枠組み、ISO14044は要求事項及び指針について記載されている。また、関連規格の例として、タイプⅢ環境宣言（Environmental product declaration：EPD）などがある。建築物を対象とした規格には、建築製品の環境宣言に関するISO21930がある。

次に、建築物に関わる活動におけるLCAを用いた活用例を概観する。サプライチェーン排出量の算定（Scope3）³は、事業者自らの排出だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量を算出する取組みで、建築業界でも関心が高い状況となっている。また、建物の環境性能を総合的に評価する例として、建築環境総合性能評価システム（Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency：CASBEE）⁴やLEED（Leadership in Energy &

Environmental Design）⁵がある。LEEDでは、LCAを実施し、一定条件を満たすと加点される仕組みになっている。加えて、EPDを取得した建材を一定以上用いることでも加点される仕組みとなっている。EPDは、我が国ではカーボンフットプリント・エコリーフ⁶があり、建築物での取得事例もある。また、こうした動きを受け、民間の事業者におけるLCA実施も活発化している。

4 建物のLCA指針

4.1 概要

日本建築学会では、1990年以降、LCAに関する委員会が設置され、継続的に指針の改定が行われている。現在は、地球環境委員会傘下のLCA小委員会がその役割を担っている（2023年2月時点）。公表物としては、1999年に『建物のLCA指針（案）』を発刊している。その後、2003年に（案）をとり、正式に『建物のLCA指針』として発刊された。2006年には資源循環性評価を可能とした改定版を公表し、併せて戸建住宅用ツールを追加している。更に、2013年には2005年版の産業連関表を用いた最新のデータベースに更新した改定版が発刊されている。本章では、2013年公表の改定版について概説する。

本指針の主要内容には、指針・原単位データベース・評価ツールがあり、以降それぞれの内容について述べる。

4.2 指針

建築物のLCA実施における評価の考え方を示している。特に、4.4節で示すような、建築物のLCAツールの中での取扱いやモデル建築物の評価ツールへの入力事例の解説も行っている。具体的に、建築物の評価を想定した目的と調査範囲の

3 環境省「サプライチェーン排出量算定」https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/index.html（参照 2023-02-14）

4 （一財）住宅・建築SDGs推進センター「建築環境総合性能評価システム（CASBEE）」<https://www.ibec.or.jp/CASBEE/>（参照 2023-02-14）

5 U.S. Green Building Council, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) <https://www.usgbc.org/leed>（参照 2023-02-14）

6 （一社）サステナブル経営推進機構「SuMPO環境ラベルプログラム」<https://ecoleaf-label.jp/>（参照 2023-02-14）

設定（前提条件として整理すべき内容）において設定すべき内容を整理している。また、インベントリ分析（CO₂排出量などの環境負荷排出量の算定）の実施では、新築・建替え・修繕・改修・廃棄プロセスや、使用時のエネルギー利用プロセスなどの、建築物のライフサイクルにおける各プロセスの評価の考え方などが示されている。

4.3 原単位データベース

本指針で提供される環境負荷原単位データベースは、2005年の産業連関表を用いて整備された環境負荷原単位データベースである。我が国の統計の一つで、総務省から概ね5年おきに公表されている産業連関表と呼ばれる統計から作成されたものである。本原単位データベースは、建築物に関わる重要な資源・素材などについて海外での生産活動の実態を反映させることができるよう工夫を行っている点などが特徴である。原単位は約500種類の部門毎に、価格（生産者価格・購入者価格）当たりの原単位、可能な部門について物量当たりの原単位が提供されている。評価可能な環境負荷物質は、エネルギー消費原単位、CO₂排出原

単位、SO_x排出原単位、NO_x排出原単位、CH₄排出原単位、N₂O排出原単位の6種類である。

構築した原単位データベースと建設部門分析用産業連関表を用いて、建築物の用途（例えば住宅・事務所・工場）別・構造（例えば木造・鉄筋コンクリート造・鉄骨造）別の延床面積当たりの環境負荷排出量の分析結果なども示されている。

4.4 評価ツール

評価ツールは、一般建築版、戸建住宅版の二つがある。戸建住宅版は一般建築版から派生したツールで、戸建住宅を対象として評価する場合に用いる。いずれも、設計初期段階において、建築物のライフサイクル全体を視野に入れた環境配慮設計ができるように開発されている。そのため、構工法、設備システムなどは大胆に簡略化されている部分もある。このことから、必要に応じて、本ツールの評価実施者が自らの評価目的に合わせて改良を加えることも重要である。

次にツールの概要について説明する。本ツールは、Microsoft Excelで作成されている。基本情報、建築工事情報、エネルギー消費量などの入力

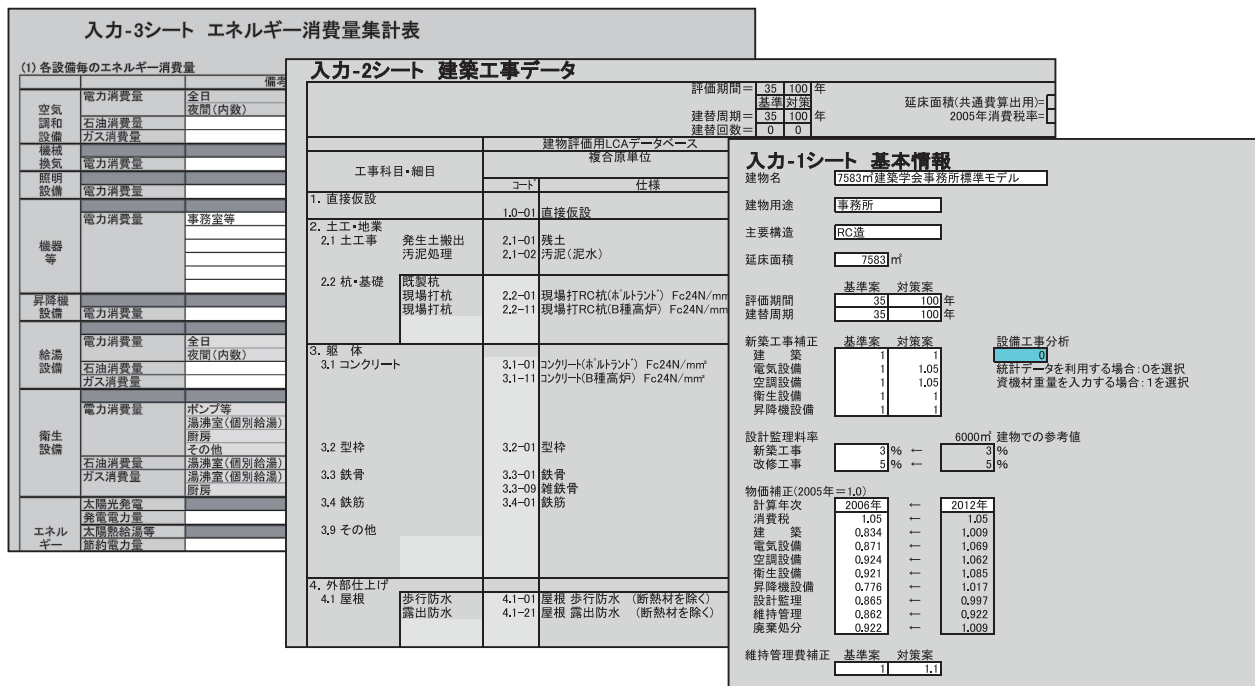


図2 評価ツール（一般建築版）（出典：（一社）日本建築学会）

シートから構成されており、これらのシートに必要な情報を入力することで、環境負荷量を算定できるようになっている。具体的に、基本情報（入力-1）シートでは、建物の規模・用途・名称・建築年などの情報を入力する。建築工事情報（入力-2）シートでは、基準案と対策案（対策案は検討する場合に入力）の建築資材投入量を入力する。なお、電気・空調・衛生・昇降設備において、投入資機材量は統計資料から計算された値を基に計算できるようになっており、ユーザは更新周期や修繕率を入力することで簡易的に評価できる（電・空・衛・昇シート：一般建築版のみ）。エネルギー消費量集計表（入力-3）シートでは、建築物の使用時のエネルギー消費量を入力する。なお、このエネルギー消費量は、エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）に基づく省エネルギー計画書の作成過程において、予め定められた標準的な条件におけるエネルギー消費量が算定⁷される場合は、その結果を活用できるようになっている。主としてこれらの情報を入力すると、環境負荷排出量を算定できる。

5 2013年版公表後の取組み

5.1 概要

2013年の指針出版後の取組みの成果は、LCA小委員会のウェブサイトから情報発信している。2023年2月現在では、現状・課題の整理、評価において有益な資料・データベースの公表、IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis)⁸を用いて評価を行う場合の補助ツールなどの情報が発信されている。本章ではこれらの内容のうち、主要な内容について記述する。

7 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/>（参照 2023-02-14）

8 国立研究開発法人産業技術総合研究所「Inventory Database for Environmental Analysis (IDEA)」<https://riss.aist.go.jp/idealab/>（参照 2023-02-14）

5.2 主な取組み内容

5.2.1 LCAを取り巻く現状及び課題の分析

建築分野におけるLCAの活用実態を明らかにするために建築分野でLCAを実施した経験がある者を対象とした、LCA利活用に関するアンケート調査が実施されている⁹。具体的には、過去の分析の評価の視点、関心のある環境負荷物質・影響領域、指針・ツール・データベースへの要望などの質問項目がある。

一例として、原単位データベースにどのようなデータがあることを望むかを質問した結果を紹介する。調査の結果、表1のような回答が得られた。具体的に、バックグラウンドデータの追加・他の影響物質・海外データ・単位換算データ・耐用年数データ・分類解説など多様な視点で指摘があった。今後は、エネルギー・CO₂等だけではなく、多様な環境負荷物質が評価できるよう、原単位の拡充やマルチクライテリア（温暖化だけではなく、酸性化、資源枯渇などの多様な環境影響を評価すること）に対応したデータベースの活用を行うことが重要と考えられる。更には、詳細な項目でのバックグラウンドデータの整備、単位換算データなどの充実も大きな課題といえる。

表1 原単位データベースについての自由回答

分類	内容
原単位追加	1人当たり直接・間接CO ₂ 排出量 生活パターンとエネルギー消費 資源消費等のもう一段詳細な資料 建材について更に細かい分類のデータ拡充 建材単位のデータベース 建物を構成する主要資機材の原単位追加 事務所などで使われる資機材データ拡充 設備機器DBの追加 産連法にないカテゴリデータの追加
他の影響物質	水質関連 (BOD, COD, SS, TOC) 多様な環境負荷物質
海外データ	貿易上関連の強い国の海外データベースが必要
単位換算データ	単位換算データ
耐用年数データ	更新回数(耐用年)に関するデータ
分類解説	積算資料で使われている品名での原単位の一覧
その他	CO ₂ 以外の影響領域を評価するため積み上げ方式のデータベースの採用あるいは連携強化 年次差の考慮 評価結果の精度に関する情報 価格とのバランスの整合性

9 小林謙介、磯部孝行 (2018)『日本建築学会技術報告集』58, pp.1129-1134

5.2.2 評価で活用可能なデータベースの充実

建築物を評価する場合、原単位データベースの充実はもちろんであるが、入出力データと原単位の単位が合致しないことが多いため、単位換算するためのデータベースの整備も不可欠となる。例えば、ある建築物を建築する場合に、その資材として製材が1 t使用されていたとする。この時、製材の原単位がm³当たりで整備されていたとすると、単位換算が必要になる。こうした背景を踏まえ、評価で活用可能なデータベースの充実も図られている。実建物の分析に基づき、優先的に作成すべきデータを抽出し、それらの単位換算データベースが構築され¹⁰、公開されている。

5.2.3 IDEA用評価ツール（補助ツール）

マルチクライテリアでの評価のためには、現在日本建築学会から公表されている原単位データベースでは、評価可能な環境負荷物質の種類が少ないため、評価が難しい部分もある。マルチクライテリア等での評価ニーズに対応するため、国内で最も規模が大きく、評価可能な環境負荷物質も充実したIDEAを用いることを想定した補助的なツール開発が試みられ¹¹、その試行版を公表している。

本ツールの特徴として、既に公開されているツールと同様に、一つの建物の評価や、基準案と対策案の2種類の比較分析などができるようになっている点が挙げられる。

6.2 指針

まず、指針の改定内容について述べる。これまででは、主として評価ツールにおける考え方が述べられるに留まっていた。最近では、Scope3やEPDを始め、活用が多岐にわたってきている。また海外の動向も踏まえつつ、我が国における様々な活用を考える上での基礎となるような指針を整備することが喫緊の課題である。

こうした状況を受け、LCA実施者が自身の評価目的に応じて必要な要件を取捨選択して評価できるよう、基本的な考え方（指針）を「建築物のLCA実施における評価の目安（案）」として整備し、2022年6月にウェブサイト上で公開した。本内容は、改定版でも盛り込む予定である。本目安（案）の位置づけを図3に示す。具体的には、表

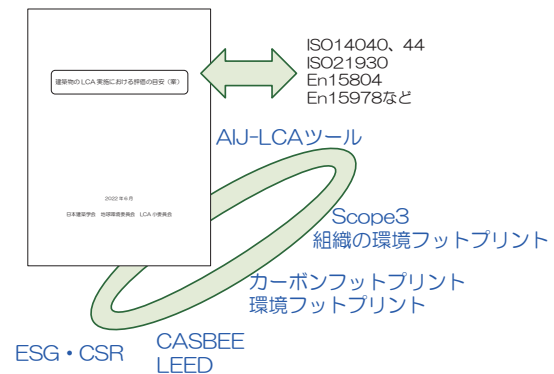


図3 評価の目安の位置づけ

6 現状における課題と指針 改定に向けた取組み

6.1 概要

現在、日本建築学会地球環境委員会LCA小委員会では、建物のLCA指針の改定作業が行われている。本章では、改定内容について公表可能な範囲で解説する。

10 小林謙介、下川夏寿輝、松崎麗衣、鈴木好幸、磯部孝行（2021）『日本建築学会環境系論文集』86、pp.388-398

11 小林謙介、王晓軒（2020）『第15回日本LCA学会研究発表会』pp.408-409

表2 評価の目安の記述内容（出典：（一社）日本建築学会）

1. 目安作成の目的	5. 各プロセスにおける評価の考え方
2. 建築物のLCAを取り巻く状況	5.1 新築に関するプロセス
2.1 LCAに関する規格	5.1.1 新築時の資材製造プロセス
2.2 活用例	5.1.2 新築時の資材の輸送プロセス
2.3 データベース	5.1.3 新築時の施工プロセス
3. 本稿で取り扱う評価の対象	5.2 建替
4. 評価の基本的な考え方	5.3 修繕・更新に関するプロセス
4.1 LCAの実施手順	5.4 改修に関するプロセス
4.2 目的と調査範囲の設定	5.5 維持管理に関するプロセス
4.2.1 概要	5.6 運用に関するプロセス
4.2.2 目的の設定	5.6.1 エネルギーの使用プロセス
4.2.3 システムバウンダリの考え方	5.6.2 創エネプロセス
4.2.4 評価における機能単位の考え方	5.6.3 水の使用プロセス
4.2.5 影響評価の範囲	5.6.4 運用時の廃棄物の処理プロセス
4.3 インベントリ分析	5.7 建物からの物質の放出プロセス
4.3.1 インベントリ分析の概要	5.8 解体・廃棄物処理プロセス
4.3.2 データ収集の考え方	5.9 その他
4.3.3 フォアグラウンドデータとバックグラウンドデータとの連鎖	6. 用語解説
4.3.4 分析精度と評価の限界	7. 参考文献
4.3.5 カットオフと分析精度	
4.4 影響評価（インパクト評価）	
4.5 結果の解釈	

2のような構成となっている。建物1棟（1戸）当たりの評価を念頭におき、プロセスの考え方、機能単位の考え方、評価の限界などについて記述されている。また、資材製造・施工・運用などのプロセス別に、収集すべきフォアグラウンドデータの内容、フォアグラウンドデータの情報源（データの収集・設定において有益となる資料等の情報源）などが示されている（図4）。

最新の動向・解析結果を踏まえた新しいガイドラインを提案
→ 建築学会から業界のガイドラインとして公表

5. 各プロセスにおける評価の考え方
5.1 新築に関するプロセス
5.1.1 新築時の資材製造プロセス

(1) プロセスの概要

建築物に投入される資材の生産に伴う環境負荷を算定するプロセスである。多くの場合、フォアグラウンドデータとして原材料・エネルギー投入量に関するデータを収集し、それにバックグラウンドデータを乗じる形で算定される。なお、詳細な評価を行う場合は、資材の原材料の製造（A-1）、原材料の輸送（A-2）、加工（A-3）について自らデータを収集して分析を行う。本プロセスで対象となる内容は以下などが考えられる。LCA実施者は評価目的に応じて適切に評価対象を選定し、算定を行うことが重要である。

- ✓ 原材料の製造： 資材の原材料は、資源採掘・原材料、リユース品、二次材料、電力・蒸気（一次）、電力・蒸気（二次）エネルギー回収、廃棄物輸送・処理（含梱包材）など
- ✓ 原材料の輸送： 原材料の輸送は、資源採掘・原材料等の加工工場への輸送
- ✓ 加工： 加工は、原材料・補助材料等による製品製造、電力・蒸気（一次）、エネルギー回収、二次エネルギー燃焼、製品の製造、梱包、廃棄物輸送・処理など

(2) 収集すべきフォアグラウンドデータ

収集すべき投入資材データは、建物に使用される投入資材すべてが原則である。また、評価する環境負荷物質によっては、単に材料量データだけを収集するだけではなく、製法（例：木材における乾燥方法）や素材の上流の情報も重要になることがある。また、…

記載内容のイメージ

評価対象範囲の考え方

集めるべきデータ

分析の際の注意点

図4 評価の目安の例

6.3 原単位データベース

2013年の指針では、2005年の産業連関表を基に作成された原単位データベースが提供されている。その後、時間が経過しておりデータベースの直近年への更新が喫緊の課題である。このほか、原単位データベースそのものだけでなく、建材に関する原単位や単位換算データベースなどの関連するデータベースの充実も重要な課題と認識している。

産業連関表は、2005年版公表後、2011年、2015年版が公表されている。産業連関表をベースに作成された原単位データベースとして、3EID (Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output Tables)¹² の2015年版が公表されている。そのため、本データベースを活用してデータの年次を更新することが検討されている。更に、より詳細なデータの整備が必要とされるデータは別途作成することも検討されている。また、産業連関表の物量表・生産額表などを用いて単価データベースなどを構築し、物量

12 独立行政法人国立環境研究所「Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output Tables (3EID)」https://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/page/what_is_3eid.htm (参照 2023-02-14)

当たりの評価が容易に実施できるよう検討が行われている。

2005年版の原単位も3EIDも主として温室効果ガスの排出量を算出することに主眼を置いており、マルチクライテリアでの評価は難しい。また、いずれもデータ数は産業連関表の部門数によって決定づけられるため約500種類であり、その中で建築物の評価に用いられる項目は極めて限定的である。そこで、多様な評価のニーズに応えるため、専門的に評価を行いたい場合は、IDEAを利用することも想定している。

2005年版の日本建築学会の原単位、3EID (2015年版)、IDEA Ver.3の特徴を表3に示す。それぞれは作成方法やデータの細かさなどが異なり、評価可能な内容も異なるなど、様々な差異が存在する。したがって、評価者の目的に応じて適切なデータベースを選択することが重要となる。

6.4 評価ツール

評価ツールについても多くの改善すべき点があると認識している。改善すべき点は多いが、まずはツール内に組み込まれているデータベースの更新、他のツールとの連携などの視点での改善が不可欠である。このほか、建材などの原単位の充実

表3 主要な原単位データベースの比較

名称	AIJ-LCA (2005)	3EID (2015)	IDEA Ver.3
作成主体	日本建築学会	国立環境研究所	産業技術総合研究所
データ数	約400	約400	約4700（分類数は約1800）
情報源	統計（2005年産業連関表）	統計（2015年産業連関表）	統計、実測、論文・報告書、理論計算値など
評価範囲	原材料、エネルギー、サービス、インフラなど、すべての活動を含む	原材料、エネルギー、サービスなどの活動を含む	原則として原材料、エネルギー
品質	すべて同じ情報源（産業連関表）を用い、データの代表性、地理的有効範囲（日本平均）などの品位は高い。またデータ作成方法の一貫性がある。	すべて同じ情報源（産業連関表）を用い、データの代表性、地理的有効範囲（日本平均）などの品位は高い。またデータ作成方法の一貫性がある。	情報源が異なるため、データ毎に品質が異なる。代表性、完全性、地理・技術的有効範囲などが、極めて品質が高いものもあれば、逆のものもある。
対象物質	6種類（エネルギー、CO ₂ 、SO _x 、NO _x 、CH ₄ 、N ₂ O）	8種類（エネルギー、CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O、HFCs、PFCs、SF ₆ 、NF ₃ ）	1000種類近い環境負荷物質
他の特徴	独自の計算方法を用いており、主要輸入材の影響が考慮されている	国内完結型（国内温室効果ガス排出量の報告値に一致）と外洋輸送を含めたものが公開	ISOに準拠を想定して作成。海外版（輸出入が盛んな12カ国）も公表。
価格	LCA指針に同封	無料公開	10万円/年～（内容による）

など、様々な課題がある。

現状では、2015年版原単位データベースの更新に伴い、ツールで利用する原単位の更新を行っている。また、2012年まで公表されていた各種のデータの年次の更新も実施する。例えば基本情報（入力-1）シートの建設物価指数データベースの更新が挙げられ、直近年のデータベースに更新中である。このほか、エネルギー消費量集計表（入力-3）シートのエネルギー消費量の集計表も最新のエネルギー消費量計算プログラムの出力結果から転記しやすいように入力シートの改善を図っている。

7 おわりに

本稿では、建築分野の学術的な部分でのLCAに関する動向について取り上げた。具体的には、現在の最新版である2013年に公表されている指針の内容について述べている。本指針は、主として、指針、原単位データベース、評価ツールから構成されており、ここでは、それぞれの概要を示した。また出版後に公表された関連内容についても述べた。具体的には、現状・課題の整理、評価

において有益な資料・データベース、IDEAを用いて評価を行う場合の補助ツールなどについて紹介した。更に、現在改定作業を実施している建物のLCA指針の改定版について、指針、原単位データベース、評価ツールのそれぞれの観点から、公表可能な内容について記述している。

今後については、まずは建物のLCA指針改定版の発刊が最優先である。ただ、出版後も継続的に、指針・ツール・データベースの改善が必要と認識する。まずは、建築物の評価に関する知見の充実が重要と考える。特にマルチクライテリア（多様な環境側面からの評価）での評価事例の蓄積は不可欠である。こうした知見の充実のもと、サイクルの考え方、配分の考え方、炭素固定・カーボンリサイクルなどの考え方など、現在は欠けている視点の考え方を指針に盛り込むことが重要である。原単位データベースの観点では、原単位データベースの拡充が不可欠で、特に建築材料に関するインベントリデータの充実が欠かせない。評価ツールは、BIM（Building Information Modeling）などの設計情報からデータを取り込むことで、出来る限り効率的にLCAの実施が可能とするための改善などが重要になると考える。

不動産事業における「建設時GHG排出量算定」の検討について

三井不動産エンジニアリング株式会社 プロジェクト本部 副本部長
 (一般社団法人不動産協会/建設時GHG排出量算定マニュアル検討会委員) 中村 仁

1 はじめに

近年、温暖化防止のための国際的枠組み「パリ協定」が採択され、2021年4月に政府が脱炭素に向けた新たな目標を掲げるなど、気候変動に対するグローバルな関心と対策の重要性が一層高まっています。こうした流れを受け、不動産事業、建設事業の各企業も温室効果ガス（GHG）排出量削減の中長期目標を設定するなど、具体的な取組みが加速しています。

三井不動産グループでは、2020年12月に温室効果ガス排出量（GHG）の中長期目標を設定しました。更に、2021年11月に具体的なアクションを実行するべく、2030年度のGHG削減率目標を40%（2019年度比）に引き上げるとともに、2050年度のネットゼロ達成のため、「脱炭素社会の実現に向けたグループ行動計画」（以下、「行動計

画」という）を策定しました。

「行動計画」の一つが、建築時のCO₂排出量削減に向けたサプライチェーン全体でのパートナーシップ強化です。建築時CO₂排出量を把握するツール整備や、建設会社等へ削減計画書提出を義務化するなど、建設会社や部資材メーカーを巻き込んだサプライチェーン全体でのCO₂削減を推進することとしました。

その具体策として、2021年末より「建設時GHG排出量の算出方法」について、三井不動産・三井不動産エンジニアリング・日建設計の取組みとしてスタートし、2022年3月末にその内容をプレスリリースしています。

並行して、2022年9月に（一社）日本建築学会「脱炭素都市・建築タスクフォース」においてこの取組みについて報告させていただいたところ、同業数社から同じ課題意識をお持ちである旨の反応をいただきました。これを受けて、2022年11月

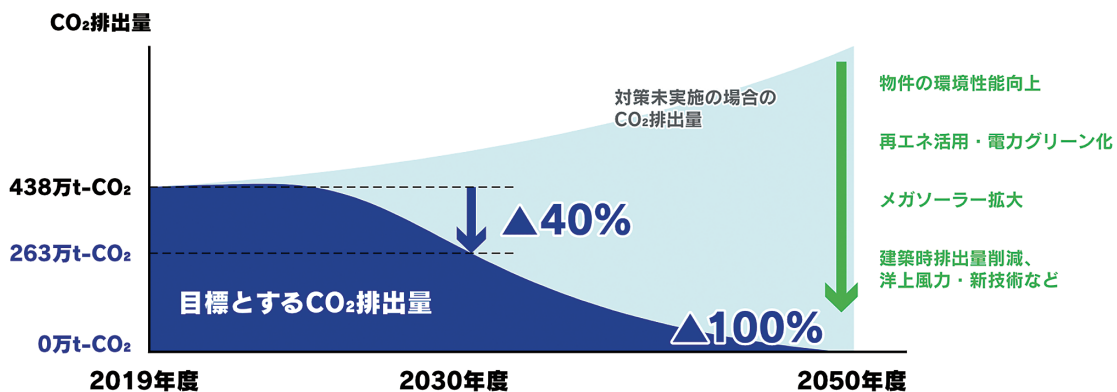


図1 排出量削減の目標設定

から（一社）不動産協会内に有識者を交えた検討会を組成して同業他社の方々と議論を深めているところです。2023年4月以降、当面は（一社）不動産協会内でマニュアルを公開し、協会会員会社の任意による運用開始の予定となっています。

本稿では、不動産事業における「建設時GHG排出量算定」の検討についてご紹介させていただきます。

2 GHG排出量削減に向けたサプライチェーン連携と算定ルールの必要性

現在、多くの企業が参加する国際的な温室効果ガス排出量(GHG)削減/目標達成イニシアティブであるSBT (Science Based Targets)¹では、自社 (Scope² 1、2) だけでなくサプライチェーン (Scope 3) からのGHG排出量の削減も求められています。当社グループにおけるScope 3には建設時（上流）と運用時（下流）がありますが、建設時が全体排出量の約半分を占めてお

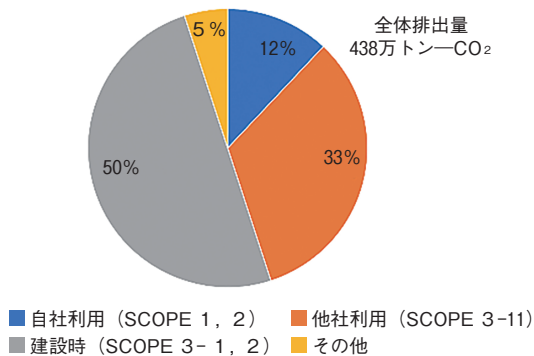


図2 SBTに基づく当社グループの温室効果ガス排出量 (2019年度分)

- 1 パリ協定（世界の気温上昇を産業革命前より2℃を十分に下回る水準（Well Below 2℃）に抑え、また1.5℃に抑えることを目指すもの）が求める水準と整合した、5年～15年先を目標年として企業が設定する、温室効果ガス排出削減目標のこと。
- 2 Scope 1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出（燃料の燃焼、工業プロセス）
Scope 2：他社から供給された電気・熱・蒸気の使用に伴う間接排出
Scope 3：1、2以外の間接排出（事業者の活動に関連する他社の排出）
更にカテゴリが細分化されている。

り、削減目標達成のためにはサプライチェーン全体で連携しながら建設時GHG排出量を削減していくことが不可欠となっています。

建設時GHG排出量削減に向けた行動の第一歩は排出量の算定・把握です。そのあり方について検討を始めました。

注：建設時GHG排出量については、EN規格³で定めるEmbodied Carbon⁴の中のUpfront Carbon⁵と同じ範囲であると捉えています。

3 建設時GHG排出量算定上の課題

GHG排出量算定方法のグローバルスタンダードとしては、SBTが準拠する「GHGプロトコルSCOPE 3 算定報告基準」が策定されており、日本では環境省/経済産業省がこの基準に基づいて「サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン」（以下、「基本ガイドライン」という）を発行しています。

基本ガイドラインでは「排出量＝活動量×排出原単位」を算定の基本としており、現在の当社グループにおける建設時GHG排出用の算定方法は、「排出量＝総工事金額（＝活動量）×排出原単位[kg/円]」となっています。この手法は、統計的に求められた「産業連関表」を参照し、企業活動における金額からCO₂排出量を推計する方法として、世界でもあまり類を見ない非常に優れた手法です。

しかし、建設時GHG排出量の削減を目的とした場合、この算定方法には以下のような課題があることが分かりました。

①物価変動や契約の状況により工事金額が変わっ

- 3 European Norm. EU域内における加盟国相互の貿易円滑及び産業水準の統一を狙った規格。欧州電気標準化委員会 (CENELEC：電気工学)、欧州電気通信標準化委員会 (ETSI：電気通信)、欧州標準化委員会 (CEN：その他) の三つの組織が策定。
- 4 「資材製造」、「建設」、「運用」、「廃棄」までの建物を建築・維持時に排出されるCO₂。運用時のエネルギー利用、水利用は含まない。
- 5 「資材製造」時の原材料調達から輸送・加工、「建設」時の資材輸送から建築までの建物の稼働前に排出されるCO₂。

てしまうと排出量も変わってしまう。

- ②工種別、資材別の排出量の内訳が把握できないため、削減計画が立てられない。
- ③資材毎や工種毎に排出量削減の取組みを行っても削減量を数値に反映できない。

4 「資材数量方式」の必要性和日本建築学会「建物のLCA指針」の活用

現状の算定方法「排出量＝総工事金額（＝活動量）×排出原単位 [kg/円]」の課題を解決するには、工種や資材別にGHG排出量を算定する「資材数量方式」（排出量＝Σ（資材数量または金額×排出原単位））による計算とする必要があります。

「資材数量方式」で算定して排出量を可視化することにより、建設時サプライチェーンにおける排出量削減ポテンシャルがどこにあるかを把握し、効果的な削減目標の設定が可能となります。また、企業による削減努力を数値に反映することも可能となり、削減量を経時的に追跡して進捗管理をすることや類似物件との比較検証をすることも可能となります。

「資材数量方式」による建設時GHG排出量を算定できるツールは複数あるようですが、工種別、資材別の物量や工事金額と国内の統計データに基づいた排出原単位の積上げ法で算定できる（一社）日本建築学会の「建物のLCA指針」を活用することが最も適切であると以下の理由により判断いたしました。

- ①特定の企業ではない公的学術機関により公平な視点で作成され、適宜更新されていること。
- ②学会により作成された原単位データベースは、「基本ガイドライン」の示す要件を満たしており、信頼性（データ典拠・情報源（産業関連表に紐づいている））、代表性（時間、対象地域、技術）が高く、かつ建設時サプライチェーンの実務算定者が容易に入手できること。
- ③表計算ベースの入力操作による計算によって工

種別、資材別にGHG排出量の算定・可視化ができる計算ソフトがあること。

図3は現状の算定方法と資材数量方式による算定方法の違いのイメージです。図の左側のように一つの数字だったものが、見積内訳の資材数量を活用することで工種や資材別の排出量に見える化されるというものです。

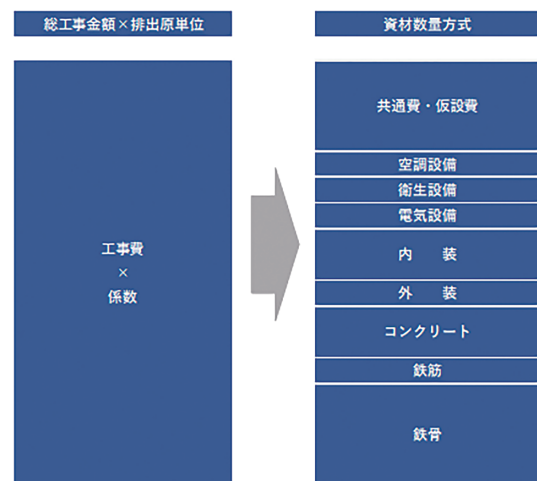


図3 算定方法の変化のイメージ

5 「マニュアル」策定の必要性

しかしながら、「建物のLCA指針」は様々な使用目的に応じられるように入力方法の自由度が高いため、利用者・算定者によって結果のばらつきが生じやすくなっています。そこで「建設時GHG排出量の算定」に携わる建設業界の実務者が同じルールで算定できるよう、以下のようなポイントにフォーカスした「マニュアル」の策定を行いました。

①解説などの充実

LCA算出などに関する実務者向けの情報を充実させ、理解を進みやすくした。

②入出力ツール

算出に用いる部材の仕訳や数量把握、それらの結果をまとめて計算、結果を分かりやすくグラフなどにアウトプットするエクセルシートを準備し、取りかかりやすくした。

③算出範囲の定義

事業費と整合する範囲の算出を明確化、物件比較範囲の明示（確認申請範囲等）。

④バウンダリー定義

SBT認証のバウンダリーと整合させるよう、海外消費まで含むように定義。

⑤原単位の工夫

建築学会DBを基本とし、一定の条件で他の原単位を利用するルールを示した。

⑥施工時削減の反映

現場管理費に紐づく仮囲い内の施工時エネルギー（軽油・電力）消費の反映。

で、一部の鉄骨を電炉材へ変更した場合の削減量が推計できます。コンクリートも部分的にB種コンクリートなどへ変更した場合の削減量が推計できます。

表1 資材別の排出量（例）

	工種	資材	排出量	割合
			kg-CO ₂ /m ²	%
1	建築	3.3 鉄骨	249.0	23.8%
2	建築	5.1 内部床	106.0	10.1%
3	建築	3.1 コンクリート	89.5	8.5%
4	建築	5.3 内部開口部	37.0	3.5%
5	建築	5.2 内壁	34.3	3.3%
6	建築	3.4 鉄筋	33.4	3.2%
7	建築	2.2 杭・基礎	25.5	2.4%
8	建築	5.9 内部雑	25.2	2.4%
9	昇降機	1.昇降機設備機器	24.5	2.3%
10	建築	3.9 その他	23.9	2.3%
11	建築	4.2 外壁	19.6	1.9%
12	電気	11. 雑材	16.6	1.6%
13	空調	4.2 パッケージ型	15.7	1.5%
14	空調	10.3 計装工事	14.0	1.3%
15	電気	1.1 キュービクル	14.0	1.3%

注 図4と表1は参考に掲載した算定結果のため、数値は一致しない。

6 算定のアウトプット

モデルビルの算定結果は以下のようになります。

- 用途：オフィスビル
- 延床面積：3,000坪
- 規模：地上11階地下なし 高さ約60m
- 主体構造：鉄骨造
- 外装：ECPパネル、アルミサッシュ窓

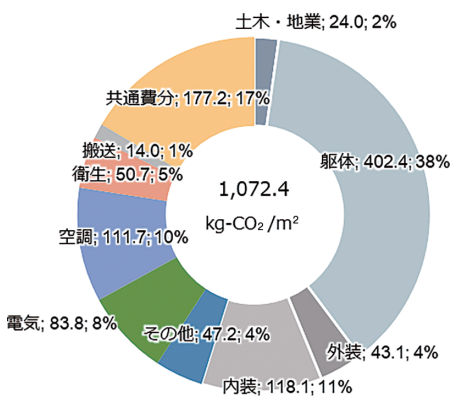


図4 排出量と工種別の比率

建築・電気・機械等工種別の排出量を見ると、躯体、外装、内装が大きいことが分かります。ここで、削減に有用となるのは、資材別の情報です。モデルビルは鉄骨構造であるため24%が鉄骨由来です。すべて高炉材を用いている前提なの

このように計算してみると、意外な事実が分かりました。それは、内部開口部と内部床の排出量が大きかったことです。内部開口部は鋼製建具が主であり、内部床は鉄とコンクリートによるOAフロアです。排出量の大きい素材を使っているために当たり前と言えば当たり前ですが、数値として見える化されると、今後の設計や新たな製品（木製建具や木製OAフロア等）の開発モチベーションに繋がるのではないかと期待されます。

7 算定方法の広がり

前述のとおり、総排出量が把握できる算定方法として現状の「総工事金額×排出原単位」による算定から、「建物のLCA指針」を活用して、事業主として発注した工事全般にわたって、できる限り細かく資材数量で入力を行い、一定の精度で工種別、資材別の排出量算定を行う「資材数量方式」へ切り替えることで、幅広くサプライチェーン全体の排出量削減の検証に繋げることを目指しました。これを「詳細算定法」と呼んでいます。

一方で、いくつかの事例の試算の結果、この算定には多大な時間と労力が必要となり、この算定マニュアルが多く事業者のサプライチェーンで汎用的に使われるためには、必要最小限の入力で一定レベルの精度の算定ができる方法も必要であると考えられました。

複数の物件で試算分析を実施したところ、建築の主要工事細目（土工・地業、躯体、内部仕上、外部仕上等）の排出量を合算すれば、建物の用途や規模によらず建設時GHG排出量の概ね6割～7割を把握できることが判明しました。これらの主要工事細目だけを資材別に資材数量で入力し、残りは「建物のLCA指針」で示された金額から推計される排出量で入力して加算した場合でも、算定精度の差が概ね10%前後程度であることが分かりました。これを「標準算定法」と呼んでいます。

事例研究や用途別の標準原単位の策定、新しい技術の検証等については「詳細算定法」を用いる必要がありますが、実務的には以下のような理由から「標準算定法」を主に利用すべく策定を進めています。

- ①事業者の算定目的は、工種・資材別の排出量を数値化し、より排出量の少ない工法・部材へ変更することによる削減効果を得ることにあるが、現段階では、部材等の排出量を表す「原単位」がまだ十分そろっていないために、実務的には排出量が多い鉄やコンクリートといった主要部材の削減効果の定量化が中心であること。
- ②算定に取り組みやすい状況を作ることが優先される時期であること。

更に、設計の初期段階において、地下工事の有無、フレームの評価、コンクリート等資材の選定等排出量を大きく左右する構造躯体のあり方を評価しやすくなるように、躯体だけの資材数量を算入して、残りは「建物のLCA指針」で示された金額から推計される排出量を用いた「簡易算定法」も定義しています。こうして建設ステージ・

算出の目的に合わせて算出方法を選べるようにしました。異なる算出方法で算出された数字は等価に比較することはできませんが、原単位などは同じものを用いているので、設計や施工の計画を進める上でよい羅針盤になると期待されています。

8 本マニュアル策定の課題

本マニュアルはまだ試行段階にあり、現時点での主要な課題は以下のとおりです。

1) SBT等のグローバルな認証との関係

本マニュアルを用いた計算によりSBT認証を得られることはまだ確認できていません。認証機関から認めてもらうのか、SBTの審査を行う監査機関から認めてもらうか、などいくつかの方法が想定されており調査中です。また、国際基準となっているGHG排出量算定方法との整合性、脱炭素化を中心に世界的な潮流となるESG投資⁶に活用できるグリーンビルディング認証（LEED）⁷等との連携等も重要な課題となっています。

例えば、算定範囲についてもしっかりした整理が必要です。「建物のLCA指針」をベースにした算出方法では、EN規格A1～A5、工種も建築、設備、施工などすべてを含み、原単位には「産業関連表」の考え方である波及効果を含んでいます。一方でLEED認証では、ISO準拠の原単位や計算方法を用いるという点が大きく異なりますが、原単位は一次データが基本であり、範囲はA1～A3、部位としては建築躯体と外装が評価の対象であるといった違いもありますし、このような算定範囲の違いは、各国の算定基準や認証機関でも考え方が異なることがあるようです。こうした算定範囲別の算定にも対応できるような仕組みの検討も進めています。

6 環境・社会・企業統治に配慮している企業を重視・選別して行う投資のこと。

7 人や環境について考慮した建物（グリーンビルディング）を評価する国際認証制度のこと。

2) 原単位の充実

「建物のLCA指針」に納められている原単位はまだ種類が少ないため、様々な建物における様々な資材の状況を反映し、資材の選択による削減効果を算出するには十分ではありません。既存のLCAデータベースや企業が提供するEPD⁸等の参照・取込、製品毎の複合原単位等の整備、米国などでも取組み事例がある業界標準値のような考え方等、様々な取組みを通して原単位を充実させ、算定と削減効果の確認が進めやすくなるような環境の整備が必要となっています。

3) カーボンオフセット

現在、Scope 3算定における炭素貯蔵の評価については様々な議論がなされていますが、具体的な評価方法は未だ定まっておられません。しかし昨今、建築物において木材による炭素貯蔵の重要性が指摘されており、炭素貯留の考え方、クレジット活用の考え方についても検討を進めていきたいと考えています。

4) 利用者のリテラシーの醸成

GHGは測定が困難です。算定結果については、「Scope 3算定は多くの場合、絶対の正しい方法、値は存在しません。」（出典：「スコープ3排出量算定の考え方について」CDP Worldwide-Japan、2022年5月19日）とあるように、分析精度と評価の限界に考慮して解釈する必要があります。

現状、国や都市、研究機関、評価機関においても基準や原単位の取扱いが異なっているという状況です。本マニュアルの利用にあたっては一定のルールの下で運用し、細かな数字に拘泥せず、「相場観」、「項目と規模を把握し削減に取り組むための指標」等を求めることが重要であると認識しています。幅広い選択肢の中で逐次適切な選択を行いながら算出し削減に取り組むという、利用

者のリテラシーの醸成が非常に重要な課題となります。

9 おわりに

（一社）日本建築学会「建物のLCA指針」という日本で唯一かつ貴重な研究成果を活用させていただいて、一定の算定結果は得られるようになったとはいえ、まだまだ課題が多い算定手法ではあります。（一社）不動産協会における活動を起点に、学識経験者との協働による様々な研究や建築時のCO₂排出量削減に向けたサプライチェーン全体でのパートナーシップの強化に今後も取り組んでまいります。

8 Environmental Product Declarationの略称。環境製品宣言と訳され、ISO14025に規定されるタイプⅢの環境ラベル。商品やサービスに関する関連する検証済の環境情報をライフサイクルの観点からまとめた報告書。

建設起因温室効果ガス（GHG）シミュレーションツール「概炭ツール」の開発

株式会社日建設計 設計監理部門 コストマネジメントグループ アソシエイト 土肥 哲生

1 はじめに

2050年までに温室効果ガス（GHG）排出をゼロにする「2050年カーボンニュートラル」に向けた動きが本格化しています。今後、様々な企業でGHG排出量の情報開示が必要となり、サプライチェーン全体でのGHG削減に向けた取組みが求められるようになります。その中でも、特に資機材の製造から施工において発生する、建設起因CO₂の把握は重要なテーマです。日建設計が取り組むプロジェクトにおいても、建設起因CO₂の発生量は設計仕様を決定する重要な指標になると考えられ、設計の各段階において建設起因CO₂

発生量を推定しながら設計を進めていく必要があります。そのために、検証や削減シミュレーションを行うことができるツールとして2022年11月に建設起因温室効果ガス（GHG）シミュレーションツール、通称「概炭ツール」の開発を行い、日建設計の関わるプロジェクトにおいて運用を開始しました。本稿ではその内容について紹介します。

2 概炭ツールの扱うCO₂

CO₂を始めとする温室効果ガス算定については各国・各学会・各業界で議論が続けられています。建設行為における建設・運用・廃棄までのCO₂は図1のように分類されており、概炭ツール

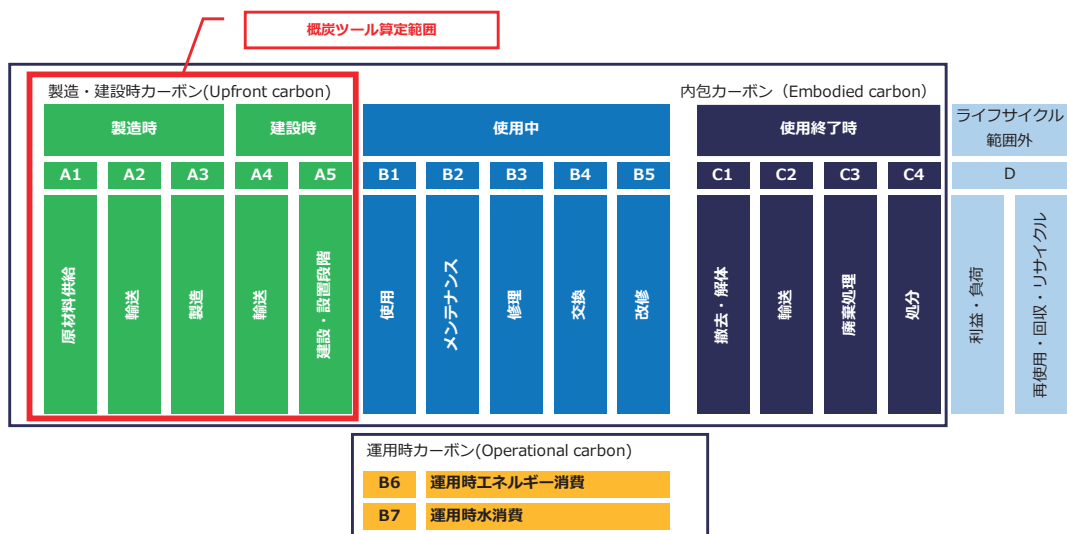


図1 概炭ツールの扱うCO₂

出典：WBCSD（持続可能な開発のための世界経済人会議）「Net-zero buildings: Where do we stand」図7（欧州規格 EN15978（2011）・国際規格 ISO21930（2017）にWhole life Carbon等の用語が追記された図）を基に筆者が和訳・一部追記。

はこのうち製造時・建設時に発生するCO₂（アップフロントカーボン）を算定対象としています。

「概炭」とは

建設起因温室効果ガス（GHG）シミュレーションツールの通称を概炭（ガイタン）ツールと呼称することにしました。概炭は建設起因CO₂を算定することを表す造語です。コストマネジメントの世界では一般に、概算工事費を算定することを「概算する」と呼んでいます。プロジェクトにおいて、いずれ概算と同じくらい当たり前に概炭という行為が定着すると考え、同じような語感として呼称しやすい概炭という言葉を使っています（商標登録申請中）。

概算ツールと概炭ツール

概炭ツールの開発は、日建設計が2004年に開発し様々なプロジェクトで活用してきた建設工事費算出ツール「概算ツール」の機能を拡張する形で行いました。建設時CO₂の算定は建設コストの算出とよく似た手法で行うことが可能です。建設コストの算出を行う場合、ごく初期の段階では、類似例の床面積当たりの単価を用いて算出する手法が一般的ですが、調整や比較検証が難しいという問題点があります。建設時CO₂の把握におい

ても同様に、床面積や工事費から算出する手法では、複数案の比較が困難であることや、個別の削減努力の効果を反映できないという問題点があります。

日建設計が従来から用いてきた概算ツールは、建物に使われている構造材、内外装材、設備機器、配管配線などの数量を想定し、そこに単価を乗じる「数量×単価」の形で算出を行っています。この方式を採用していることによって、複数案の比較分析やコストインパクトのある部分の分析や調整を行うことが可能です。これらの概算ツールにおける想定数量は、建設時CO₂算出にもそのまま応用が可能です。コストを算出する場合は単価を乗じますが、原単位を乗じると建設時CO₂が算出可能となります。この場合、数量の推計の精度が全体の精度を決定する重要な要素となりますが、建設コスト算出に運用してきた実績を基にしているため、精度よく算定することが可能です。

概炭ツールの概要

続いて、概炭ツールが具体的にどのようなものかを紹介します。ツールはMicrosoft Excelをベースとしており、入力する情報量に応じてSTEP 1からSTEP 3までの段階が用意されています。最も簡易なSTEP 1では、図2のような面

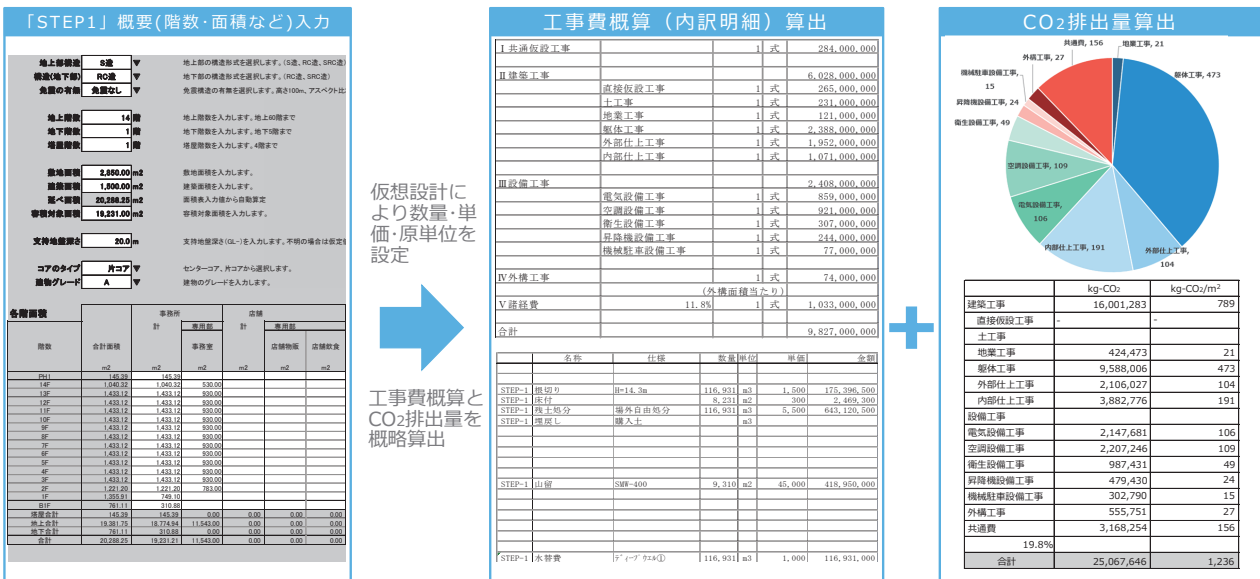


図2 概炭ツールの入力と出力結果

積表のみを入力することで算出が可能です。面積表には、階数、構造形式、用途、各階面積・階高、グレードなどの入力を行います。グレード設定では、内外装の仕様のほかに、耐震性能やCASBEEなどで採用されている選択項目をESG項目別〔S1〕健康・快適／〔S2〕BCP／〔S3〕地域社会寄与／〔E〕環境・省エネ・省資源）で入力できるようにしています。入算結果として概算工事費内訳明細と、建設時CO₂が同時に算出されます。

算出された建設時CO₂は工種ごとに表示され、詳細な内訳情報も参照することが可能です。更に、より詳細な情報をSTEP 2、STEP 3の入力によって変更し、設計の進捗に併せて精度を向上させることが可能です。STEP 2やSTEP 3で入力された変更情報は即座に概算コストと建設時CO₂排出量に反映され、それらの変更がコストとCO₂にどれだけインパクトを与えたかを容易に検証できます。

概炭ツールの特長・有用性

概炭ツールには主に三つの特長があり、それらを活かし様々な検討に活用が可能です。

①計画初期から仮想設計により算出が可能

詳細が決まっていない状態でも、仮想設計により主要資材の数量を含む明細項目を想定した出力が可能で、詳細情報や追加情報を加えることで、

段階的に精度を高めることができます。

②建築・設備ともに「数量×単価（原単位）」の形で詳細に算出

建築工事だけではなく設備工事についても仮想で数量が算出され詳細な検討が可能であり、形状や規模だけでなく耐震性能や環境性能の違いによるシミュレーションが可能です。

③工事費とCO₂排出量を同時に算出

建設時CO₂排出量と工事費は常に同時に算出されるため、両者を同時に勘案しながら調整が可能です。また、特定の要素技術ごとにCO₂排出削減量と工事費の関係を把握することができます。

シミュレーションの実例

実際にツールを用いたシミュレーションを行った事例を紹介します。設計初期段階でのボリュームスタディを想定し、中規模のオフィスビルに対して、

- ・階数
- ・構造形式
- ・外装種別

の三つの要素をパラメーターとしてシミュレーションを行いました（図3）。また、これらのパラメーターに加え、建設時CO₂排出量の削減メニューとして躯体コンクリートに高炉セメント、躯体鉄骨に電炉材を採用した場合の削減量についてもシミュレーションを行いました（図4）。

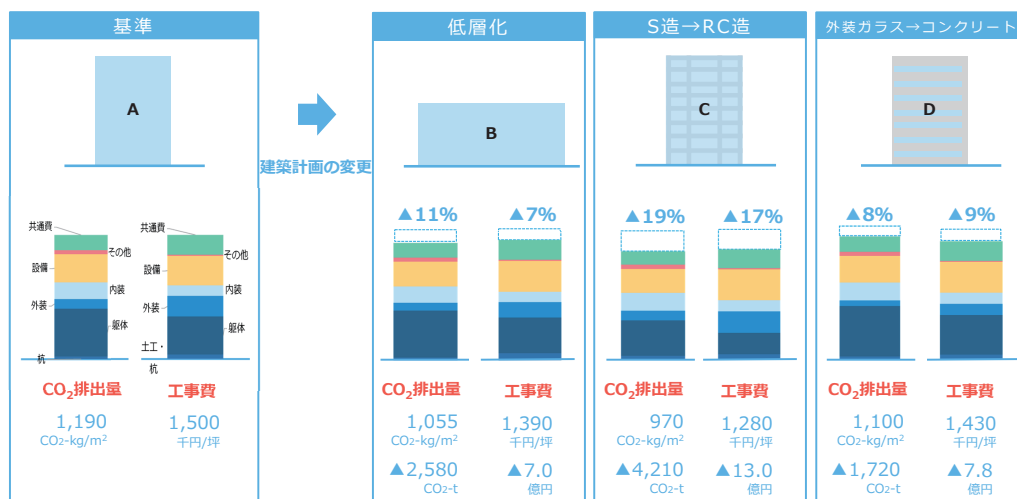


図3 建設時CO₂排出量シミュレーション結果

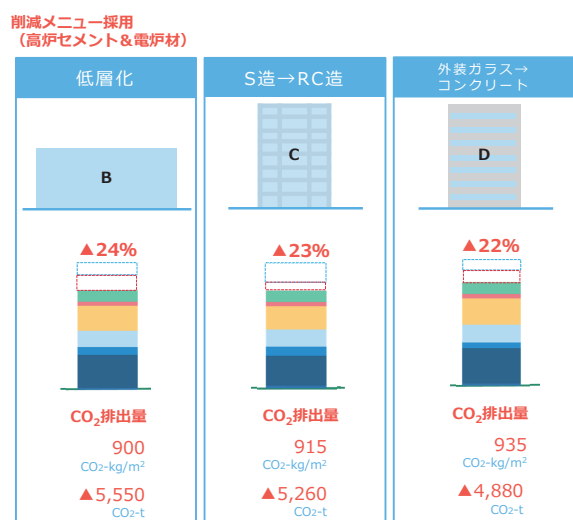


図4 削減メニューを使用した場合のシミュレーション結果

基準A案（鉄骨造、外装ガラスカーテンウォール、高層）に対して、最も建設時CO₂排出量が少ないものは、構造形式を変更したC案（RC造）で、約19%の差があることが分かりました。更にこの場合にはコストにおいても17%程度少ない値となっています。建設時CO₂とコストのためにはC案をベースに検討を行うことが有効であることが分かります。

一方で、削減メニューを採用した場合に最も建設時CO₂排出量の少ない案は、階数を変更したB案（低層案）となりました。削減メニューの有無によって、排出量が最も少ない案は異なる結果となりました。このように、構造形式や形状を決定する段階において、削減メニューなどを踏まえたシミュレーションが行えることで、より効果的なCO₂最小化の提案が可能になります。

なお、これらのシミュレーションにかかる時間はおよそ1時間です。そのため数多くの検証を素早く行えます。

3 今後の課題と開発

概炭ツールは、2022年11月より運用を開始したツールであり、今後随時更新が行われていくものです。現時点での課題や今後の開発の方向性について以下に記載します。

①削減メニューの更なる充実

建設時CO₂を削減する要素技術は、今後さらに開発されるものと期待されます。開発された削減技術を概炭ツール上に取り入れ、その効果シミュレーション機能を強化していく必要があります。

②算出結果のフィードバック

建設時CO₂排出量が算出された事例は、現時点では数多くなく、知見の蓄積は十分とは言えません。今後、実際のプロジェクトベースで詳細な検討が行われることが期待されます。また、2022年3月末には三井不動産・三井不動産エンジニアリング・日建設計の取組みとして、「温室効果ガス（GHG）排出量算出マニュアル」が策定されており、高精度のGHG排出量の算定が、広く多くのプロジェクトで行われることが期待されます。これらの結果のフィードバックを基に、検討手法やツールの改良を加えていく予定です。

4 おわりに

コストマネジメントからカーボンマネジメント

本稿でご紹介した概炭ツールは、日建設計がコスト算出のために蓄積した知見を応用して開発されています。前述のとおり、建設時CO₂の算出とコスト算出は類似点が多く、コストマネジメントのための技術は建設時CO₂のマネジメントにも広く応用できる可能性が高いと考えられます。建築コストの技術者は、建築設計・施工プロセスにおいて、コストのみならず建設時CO₂をマネジメントする「カーボンマネジメント」が新たな職能領域として期待されるものであると考えられます。また、コストマネジメントに関わる知見を多く保持している企業や各団体は、それらをコストだけでなくカーボンマネジメントへ活用することが求められるようになると思われます。

日建設計のコストマネジメントグループでは、それらに先駆けてコストマネジメントで培った知見をもとに、「概炭ツール」を始めとして、カーボンマネジメントを最重要課題として取り組んでいます。

国際規格に準拠した建築LCA算定用ソフトウェア「One Click LCA」

住友林業株式会社 筑波研究所 上席研究員 掛上 恭

1 はじめに

住友林業は、2021年にフィンランドのOne Click LCA社と、建物のCO₂排出量等を見える化するソフトウェア「One Click LCA」の、日本市場における単独販売代理店契約を締結した。

同ソフトウェアは、建物のライフサイクル全体でのCO₂排出量を精緻かつ効率的に算定できることが大きな特徴である。当社は、One Click LCA社と連携しながら、ソフトウェアを日本語に翻訳し、2022年8月から、同ソフトウェア日本版¹⁾の販売を開始した。以後も日本市場に合わせたカスタマイズ作業を進めながら、ユーザーがより利用しやすいソフトウェアとすべく改善に取り組んでいく。

欧米の建設業界では、ESG投資を呼び込む一助として建物のライフサイクル全体のCO₂排出量算定が標準化しつつあり、建物の脱炭素化に向けた動きが加速している。本稿では、One Click LCA、並びにOne Click LCA日本版の概要について紹介する。

2 建設部門における脱炭素化の動き

建設部門で排出されるCO₂は、居住時など建物の運用時に発生するオペレーショナルカーボン（暮らすときのCO₂）と、建物の建設・改修・廃棄時に発生するエンボディードカーボン（建てる

ときのCO₂）の2種類に分けられる。2020年においては、全世界で排出されるCO₂排出量の37%が建設部門から発生するものであり（図1）、このまま世界で人口増加が進み、建物数が増加すると、2050年までにこの割合は50%まで上昇することが見込まれている。

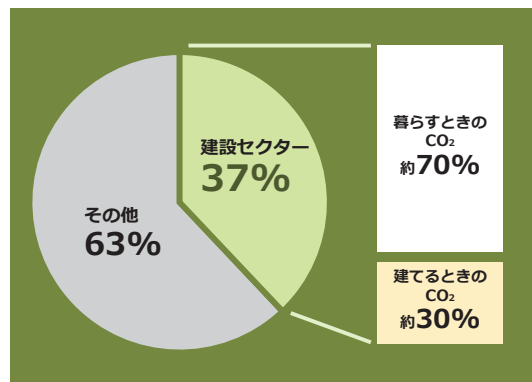


図1 世界の産業別CO₂排出率²⁾

オペレーショナルカーボンについては、省エネや創エネにより実現するゼロエネルギーハウジング（ZEH）やゼロエネルギービルディング（ZEB）の普及により、今後大きく削減が進んでいくと予想される。その結果、建設部門におけるCO₂として、今後はエンボディードカーボンの構成割合や重要性が増していくことが考えられる。

3 ソフトウェア「One Click LCA」の概要

3.1 One Click LCAについて

フィンランドに拠点を置くOne Click LCA社

は、2001年に設立され、建物のLCAやグリーンビルディング認証取得に関する各種支援ソフトウェアを開発・提供している。同社の提供するソフトウェア「One Click LCA」は、建物の脱炭素化に向けて先進的に取り組んでいる欧州や北米のニーズを捉え、ISOやEN規格などの国際規格に準拠したLCAの枠組みやデータベースを採用している。また、LEEDやBREEAMなど50を超えるグリーンビルディング認証とも連携している点なども評価され、現在世界130カ国以上で導入されている国際水準のソフトウェアである。

3.2 ISO・EN規格について

One Click LCAは、ISO14040・14044（ライフサイクルアセスメント）に準拠しており、LCAの基本的な枠組みや要求事項は（一社）日本建築学会から公開されている建物のLCA指針³⁾と同じである。一方で、One Click LCAはISO21929-1・EN15978（建物の建設における持続可能性）、ISO21930・EN15804（建材のEPD¹に関する原則と要求事項）にも準拠しているため、算定ルールや使用する原単位の規格が建物のLCA指針・LCAツールとは異なり、直接比較することはできない。

ISO21930・EN15804（建材のEPDに関する原則と要求事項）に準拠していることから、地球温暖化以外の環境影響（オゾン層破壊・酸性化等）や木材など炭素固定量も算定できる。樹木が成長する段階で吸収され木材に固定されたCO₂は最終処分時に焼却されると大気に戻るが、木材製品を長期利用し解体後に再利用することでCO₂排出量削減に貢献することが可能となる。またシステム境界を超えた任意の補足情報として、創エネによるGHG排出削減量や、解体資材の再利用（リユース・リサイクルに伴う材料代替・エネルギー代替）

によるGHG削減貢献量（回収便益）についても算定可能となっている。

3.3 One Click LCAの主な機能

One Click LCAには大きく分けて2種類の機能がある。建物に使用される資材数量をベースとした「詳細算定機能」と、設計の初期段階で使用する「簡易算定機能」のカーボンデザイナー 3Dである。

3.4 One Click LCAの「詳細算定機能」

「詳細算定機能」は、建物に使用する資材名・資材数量を基に、CO₂排出量を精緻に算定することが可能である。算定の手順は非常にシンプルであり、①BIMやExcelを使用して建物の部材と数量を入力し、②ソフトウェア内で入力した資材データに環境負荷を表す原単位を紐づけ、③数量と原単位をかけ合わせることで建物全体の環境負荷を算出するという流れである（図2）。BIMに関しては、一部のBIMソフト限定ではあるものの、プラグインと呼ばれるアプリケーションを追加することで、そのままOne Click LCAと資材情報を連携させることが可能である。プラグインに対応していないBIMソフトの場合も、BIMのデータをExcel出力し一部加工することで、One Click LCAへのスムーズな取込みが可能となる。

資材数量に原単位をかけ合わせて算定するのが算定の基礎となっており、各資材の原単位が精緻であればあるほど正確なLCA算定が可能という

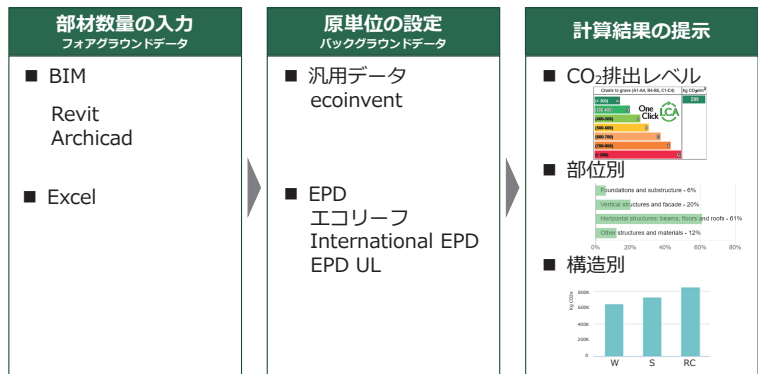


図2 One Click LCAの詳細算定機能の流れ

1 Environmental Product Declaration : 環境製品宣言 (3.6③にて後述)

ことになる。製品の環境情報の定量的な開示を行う環境ラベル「環境製品宣言（EPD）」が拡充することで、建物のCO₂排出量の精緻化に繋がっていく。

One Click LCA では、入力する資材数量の単位（m³・m²・kg等）に応じて、予め登録された厚（mm）・密度（kg/m³）・単位重量（kg/単位）等の情報により自動的に単位変換され、厚みを変更すると資材数量も換算される仕組みになっている。入手可能な数量データに応じて計算できるため、入力準備作業の軽減に繋がる。また、屋根・外壁・設備など複数の部材で構成される複合部材については、グループ化することでまとめて算定することができ、グループ化した資材は登録しておき再利用することが可能となっている。

3.5 One Click LCAの「簡易算定機能」

「簡易算定機能」はカーボンデザイナー 3D（図3）という機能名で、建物の階高、延床面積、そして建物の用途（オフィス、学校、病院等）などの情報を基にした概算算定である。建物の情報を入力すると建物の部位の数量が自動で設定され、その数量を基に各主要資材が使用される平米数（m²）が割り当てられる。「原単位」と呼ばれる資

材毎のCO₂排出量も自動で選択されるため、概算ではあるものの短時間で建物全体のCO₂排出量の算定が可能となる。自動設定される建物の部位や資材の平米数（m²）、原単位に関して、ユーザーが実態に合わせて変更することが可能であり、ユーザーにて概算算定の精度を高めることができることも大きな特徴である。

3.6 One Click LCAで使用可能な原単位

One Click LCAでは、以下の3種類の原単位が使用可能となっている。

- ①資材の種類毎に選択可能な世界中の「汎用データ」
- ②ユーザーが保有している「プライベートデータ」
- ③製品の環境情報の定量的な開示データである「環境製品宣言（EPD）」

これら原単位については以下のとおりである。

- ①資材の種類毎に選択可能な、世界中の「汎用データ」

One Click LCAでは エコインベント（Ecoinvent）と呼ばれる、欧州由来の汎用データを中心に、2022年8月現在で4,000以上の汎用データが登録されている。これらの汎用データは、建築資材に関する国際規格であるISO21930・EN15804（建材のEPDに関する原則と要求事項）に準拠している。国・地域による電力原単位の違いによる影響を補正し、日本のデータとして利用可能となっている。代表的な資材については、当社でIDEA原単位と比較し、データの対象範囲が合致、または近似するデータを選別し利用を推奨している。

- ②ユーザーが保有している「プライベートデータ」

One Click LCAでは、ユーザーが個々に保有している原単位のデータを、ユーザーのプライベートのデータとして予め登録し、算定

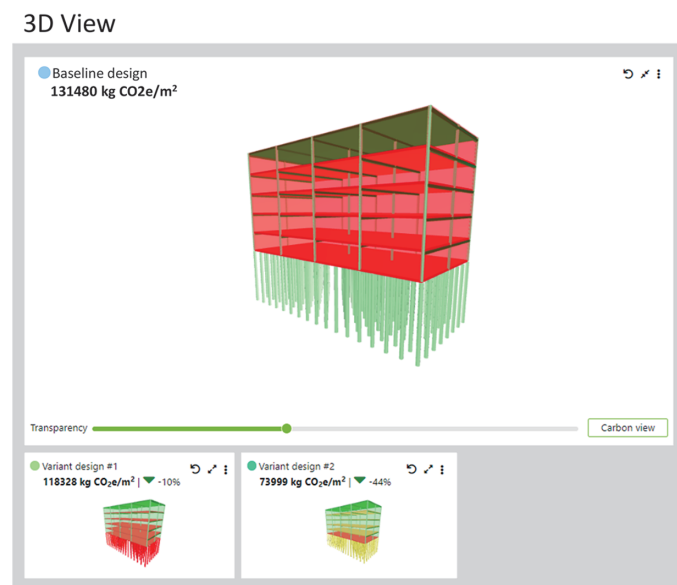


図3 カーボンデザイナー3D

に活用することが可能である。ユーザー自身が登録するデータを利用する権限を有している必要があるものの、日本の原単位データベースとして網羅性の高いIDEA、（一社）日本建築学会から公開しているAIJデータや、ユーザーがメーカーから個別にヒアリングした原単位情報などが該当し、これらをプライベートデータとして登録することで算定に使用することができる。

グリーンビルディング認証に活用する場合等、ISO準拠のデータベースが必須要件となる場合があるので注意を要するが、目的に応じて、ユーザーが希望する原単位で算定を行うことができるのがOne Click LCAの大きな特徴である。

IDEAはあくまで汎用データであり建築用データではないが、建築用データとして必要な情報（厚・密度・単位重量・CO₂固定量・再利用に関する情報等）を補足することで、ISO21930・EN15804に準拠したデータとして整備することが可能と考えられる。ISO21930・EN15804に準拠すれば、LEEDv4.1の要求にも準拠することになる。

③環境製品宣言（EPD）

環境製品宣言（以下、「EPD」という）とは、環境ラベルの一種である。環境ラベルは大きく分けて3種類存在し、EPDはタイプⅢに分類される（図4）。EPDラベルの中にも国や地域によって様々な種類が存在するが、どれもISO14025（建築資材はISO21930）に準拠している。日本では（一社）サステナブル経営推進機構（SuMPO）が認証機関を務める「エコリーフ」が主流となっている。環境問題に対する取組みが進んでいる欧米諸国への輸出が多い製品を中心に取得が進んでいるが、土木・建築関連は164件（790品目）に留まっている（2023年2月22日現在）。

EPDは、対象製品の環境情報の定量的な開示を目的としており、同じ種類の資材に一般的に適

用される汎用データではなく、EPDデータを使用した方が、より精緻なLCA算定が可能になる。One Click LCA社は世界中のEPDデータを収集し、ソフトウェア上に随時反映しており、ユーザーはそれらのEPD情報を検索、閲覧及び算定に利用することができる。環境負荷の少ないEPD製品を採用し、それを反映したLCA算定を行うことで、各建設事業者は環境負荷低減に向けた自社の取組みを定量的に示すことが可能となる。建設業界に広くLCAを普及させるために、EPD製品の拡充が喫緊の課題となっている。

3.7 One Click LCA算定結果について

One Click LCAでは、エンボディードカーボンの算定結果を様々なグラフで表現することが可能である（図5）。ライフサイクルの段階毎、部位毎、資材の種類毎にどの排出量が多いかなどを分かりやすく可視化することができる。そういった情報を基に、どの工程、部位、資材において削減取組みを進めれば、CO₂排出量の削減効果が大きいかなどの分析が容易となる。

また、One Click LCAでは資材を入れ替えた場合のCO₂排出量を簡単にグラフ等で比較できることも大きな特徴であり、建物全体の削減効果を比較しながら、資材選定を進めることも可能である。

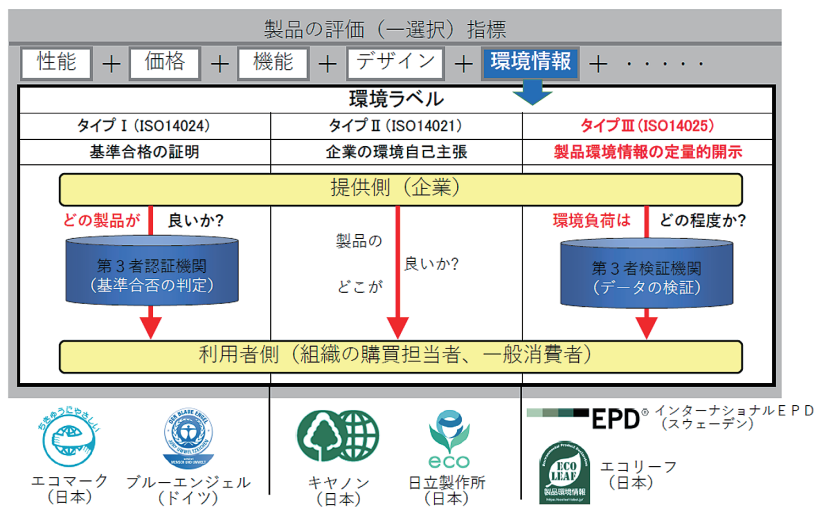


図4 環境ラベルの分類⁴⁾

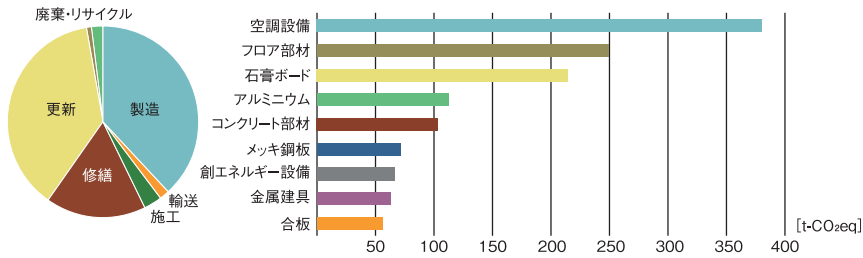


図5 One Click LCAでの算定事例⁵⁾

4 One Click LCA日本版

One Click LCAを日本で利用する上での課題として、算定条件などが日本の実情を反映していない点がある。また、見積明細の単位とOne Click LCA算定用単位が異なる場合など単位換算に手間がかかる。これら課題に対応し、One Click LCA日本版では、初期設定値に日本に適したものを選定、One Click LCA入力支援ツールを整備し、ユーザーに提供している。

4.1 日本の実情に合わせた初期設定値（輸送・更新・修繕・廃棄・リサイクル等）

日本の実情を反映するため、資材分類毎に輸送・更新・修繕の初期設定値を整備（表1）。他はOne Click LCAデフォルト値を使用している。

①輸送

CFPの製品カテゴリールールPCR（建築物）の輸送シナリオ⁶⁾を参照して設定した。

②更新

One Click LCAデフォルト値を初期設定とし、

LCMデータ集⁷⁾の購入者向けにOne Click LCA入力支援ツール上で日本版更新周期を選択可能とした。

③修繕

CASBEE_LCCO₂計算シートの算定条件を参照し、部位別に設定した。

④廃棄・リサイクル

廃棄・リサイクルは、日本の実情を反映していないため、日本版シナリオを準備中である。

表1 One Click LCA初期設定

項目	内容
輸送	市内・近隣：10 tトラック、30km
	県間輸送：10 tトラック、500km
更新	デフォルト：OCL初期設定
	選択：日本版初期設定（LCMデータ集参照）
修繕	躯体：0%、設備：2%
	外装・内装：1%（仕上材・石膏ボード含・下地材を除く）
端材	デフォルト：OCL初期設定
廃棄	デフォルト：OCL初期設定

4.2 One Click LCA入力支援ツール

見積明細の数量からOne Click LCAにデータを取り込む準備作業を軽減するため、入力支援ツールを用意している（図6）。算定に適した単位に数量を変換し、適切な資材との紐づけが可能とな

物件情報入力				※物件情報入力(展開)		※単位・原案変更時(展開)			※初期設定変更時(展開)					材料選択	
名称	摘要	数量	単位	部位	部材	明細単位	計算用単位	計算用数量	長さ	面積	体積	重量	比重	材料選択	
作業①				選択	選択	★	★	★	m/★	m ² /★	m ³ /★	kg/★	t/m ³		
見積明細などから転記				部位を選択	絞込	登録部材リストより選択	自動	自動	ここが連動	計算用単位を参照し、換算に必要な入力項目(体積・重量等)を提示入力情報を基に計算用数量を算出					作業④
									計算用単位を参照し、換算に必要な入力項目(体積・重量等)を提示入力情報を基に計算用数量を算出					比重算定用	
梁	105X350X3m	12本		柱材	■躯体で絞る	集成材(WW)	本	m3	1.202727273			0.11025			
壁下地合板	3×6 厚12	30枚		内壁	■躯体で絞る	合板	枚	m3	0.499742931			0.01944			
バルコニー笠木	幅150mm	7.2m		外壁	■外部で絞る	アルミ部材	m	kg	0.005832			0.0003	0.00081	2.7	
べた基礎スラブ	厚150	120m ²		スラブ(床・天井)	■躯体で絞る	コンクリート(Fc24N/mm ²)	m ²	m ²	120						
屋根		150m ²		屋根	■外部で絞る	陶器瓦	m ²	m ²	150						
窓	300×900	3ヶ所		窓	■外部で絞る	板ガラス	ヶ所	kg	0.01377			0.001836	0.00459	2.5	
床		20m ²		床・天井仕上	■内部で絞る	複合フローリング	m ²	m ³	0.24			0.012			
屋根 露出アスファルト防水		114.3m ²		屋根	■外部で絞る	アスファルト保護防水	m ²	kg	17145				15		

図6 One Click LCA入力支援ツール

る。作業シート上で以下の作業を行うことにより、One Click LCAにそのままデータを取り込める入力シートが完成する。

- ①見積明細の資材情報を転記、部位・部材を登録リストから選択。
- ②計算用単位を参照し換算に必要な情報の入力項目を表示、単位換算係数を入力。
- ③必要に応じて、計算用単位・厚み・初期設定値を変更。

5 今後の対応について

建築分野の脱炭素化に貢献するために、2023年2月よりEPD取得支援事業及びOne Click LCA算定受託事業を開始した⁸⁾。また、One Click LCA日本版の改善に引き続き取り組んでいく。

5.1 EPD取得支援事業

EPD取得に関する研修や申請作業のサポートを提供していく。木材・建材メーカー様とともにEPD製品のマーケティング活動、普及に向けて取り組んでいく予定である。

5.2 One Click LCA算定受託事業

当社がOne Click LCAを使用し、個別のプロジェクトに対するCO₂排出量の算定受託を行う。ソフトウェアを購入せずにプロジェクト単位で算定を希望する方を含めたあらゆる事業者の「建てる時のCO₂排出量（エンボディード・カーボン）」の見える化・削減をサポートしていく。

5.3 One Click LCA日本版の課題と対応

日本における実情を反映し、効率化を進め、更にOne Click LCAの利用価値を高めるため、今後以下の課題に取り組んでいく予定である。

- ①国内データの拡充（汎用データ、EPD、複合資材、設備、AIJ、IDEA）
- ②BIM・Excel入力を更に効率化
- ③カーボンデザイナー 3D日本モデルの設定

④日本用ベンチマークの設定

6 おわりに

住友林業グループは2022年2月に長期ビジョン「Mission TREEING 2030」⁹⁾を発表し、脱炭素社会の実現に向けた取組みを加速している。森林経営から木材建材の製造・流通、戸建住宅を始めとした木造建築請負、不動産開発、バイオマス発電まで「木」を軸にした住友林業のバリューチェーン「ウッドサイクル」を回すことで、森林のCO₂吸収量を増やし、建築での木材活用で炭素を長く固定し続けることが可能となる。「ウッドサイクル」を回し、自社のみならずお客様や取引先、そして社会全体への脱炭素化に貢献していく。

(参考文献)

- 1) One Click LCA日本版ホームページ：
<https://sfc.jp/treecycle/value/oneclicklca.html>
- 2) Global Alliance for Buildings and Constructionホームページ：
<https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction>
- 3) (一社) 日本建築学会「建物のLCA指針」2013
- 4) (一社) サステナブル経営推進機構「エコリーフ環境ラベルプログラムの概要」『環境ラベルの分類』p2
- 5) 平成28年3月林野庁「平成27年度 木材利用推進・省エネ省CO₂実証業務報告書」の公表データを基に「One Click LCA」を使って住友林業にて独自に算定した結果
- 6) (一社) サステナブル経営推進機構「製品カテゴリールール(PCR)：PA-241000-AA-05」p13, 2022
- 7) (公社) ロングライフビル推進協会『建築物のマネジメント用データ集 改訂版』pp.23-82, 2020
- 8) 住友林業ホームページ：
<https://sfc.jp/information/news/news2023.html>
- 9) 住友林業ホームページ：
<https://sfc.jp/information/vision/>

建築物からのライフサイクルCO₂排出量ゼロへのチャレンジ「T-ZCB」

大成建設株式会社 サステナビリティ経営推進本部環境経営推進部環境共創推進室長 重見 聡一

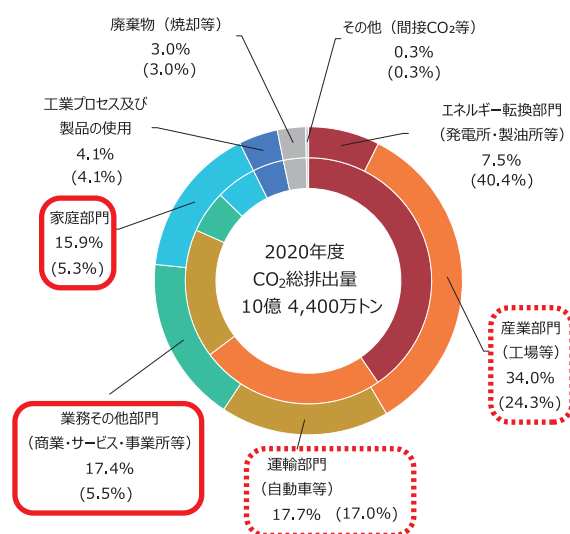
1 背景・取組み意義

再生エネルギーや低炭素燃料の開発・EVの普及など、2050年のカーボンニュートラル実現に向けた取組みが各地・各業界で進行している。最近では、世界情勢の不安定化やエネルギー価格の高騰で、脱炭素どころではないとの風潮もあるが、経済安全保障の観点でも再生エネルギーの重要性が再認識されているため、今後、更にカーボンニュートラルへの取組みが加速していくと考えられる。

我が国のCO₂排出量全体（2020年度10.44億t：図1参照）のうち、工場や自動車などから排出されるCO₂が大きいことは社会的によく知られているところである。

一方、建築物の運用に関わる排出量を明確に捉えることは困難であるものの、「家庭部門」「業務その他部門（商業・サービス・事業所等）」の排出量の多くの部分と、「産業部門（工場等）」の一部の排出に含まれていると考えれば概ね3分の1と考えられ、大きなウェイトを占めていると想定できる（図1）。

また、本誌読者の多くが関わっておられる「建設資材」に係る排出量については、当社が想定した標準モデル上、建物ライフサイクル全体の約15%を占めている。事務所等、一般的な建物の運用期間は60年と想定している中での比率であり、「建設資材」の排出量の大きさをご想像いただけ



(注1) 内側の円は、電気・熱配分前の排出量の割合（下段括弧内）。
外側の円は、電気・熱配分後の排出量の割合。
(注2) 統計誤差、四捨五入等のため、排出量の割合の合計は必ずしも100%にならないことがある。

図1 環境省2020年度（令和2年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について

出典：環境省「2020年度（令和2年度）の温室効果ガス排出量（確報値）について」P.17より

るのではないだろうか。

これらより、運用段階のみならず、建築物のライフサイクル全体のCO₂排出量削減が重要であることがご理解いただけるであろう。

更に、大阪大学下田教授が本誌115号（2022.1）で述べられているとおり、「建築は寿命が長く、おそらく2050年の風景の半分程度は既にできている状態」だと考えられる。現在計画・設計中の多くの建築物は、国がカーボンニュートラルを謳う2050年でも存在し続けることを踏まえると、一刻も早く建築物の脱炭素化を目指す必要があること

を実感していただけるのではないだろうか。

そのような中、現状、主に戸建て住宅に関するカーボンニュートラルの取組みが先行し、既にLCCM（ライフサイクルカーボンマイナス）住宅の評価方法は確立されている一方、非住宅建築物に関する「ゼロカーボンビル」に関する評価方法はまだ確立されておらず、取組みが後手に回っている。

そこで、当社は非住宅建築物の脱炭素化を推進するため、ライフサイクル全体のCO₂排出量評価システムとして「T-ZCB（ゼロカーボンビル）」を開発し、当社グループ次世代技術研究所の新築に適用することでゼロカーボンビル実現に向けた取組みをスタートした。

2 T-ZCBと「ゼロカーボンビル」のポイント

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CO₂排出量がライフサイクルで実質ゼロとなる建築物を「ゼロカーボンビル」と定義している。その実現は簡単ではないが、当社の目指すべき商品・サービスの象徴として、まずその評価システム「T-ZCB」を開発し、CO₂削減状況に応じた建物の評価指標を設定することで、ゼロカーボンビルそのものの実現・普及を目指している。

主なポイントは以下の3点である。

①「ライフサイクル」の「CO₂排出量」で建築物を評価

T-ZCBは建築物の「ライフサイクル全体」の「CO₂排出量」を評価している。これに対し、国が普及を推進し、少しずつ数を増やしている「ZEB」（ゼロエネルギービルディング）は、建築物の「運用段階」の「エネルギー消費量」の1年間の収支を評価したものとなっている（図2）。

このようにT-ZCBは、建築物に関連するCO₂排出量を直接評価することが可能なシステムとなっており、ZEBの考え方を、建築物の脱炭素化に向けて、更に進めたものと言えることができる。

②CO₂削減状況を「見える化」し、削減比率に応じたゼロカーボンビル目標を設定

建設を計画している建築物について、標準的な設計に基づくライフサイクルCO₂排出量と、採用するCO₂削減技術に応じたCO₂削減量を「見える化」することに加えて、目標を段階的に設定することで、敷地条件や予算等の制約・技術革新状況等に応じた目標設定が可能となっている。

これは、現在の技術・一般的な建設予算では、「ライフサイクルCO₂排出量がトータルで実質ゼロ」となるような「ゼロカーボンビル」の実現が非常に難しいことから、それを実現する前段階の目標も設定し、ゼロカーボンビルへの取組みを容易にすることを目的としたものである。

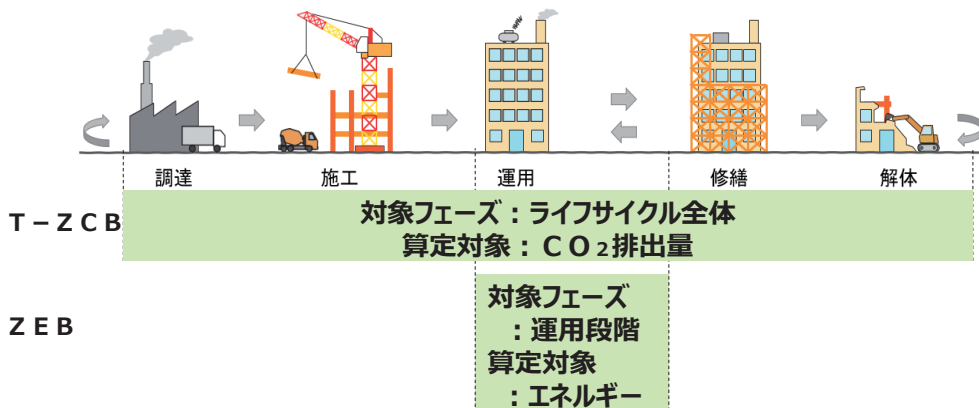


図2 T-ZCBとZEBの評価対象の違い

③建築物のライフサイクルCO₂削減の取組みをサプライチェーン全体で促進

T-ZCBの運用を進めることで、ゼロカーボンビルを実現するための具体的な活動にも繋げることができる。

建築物のライフサイクルCO₂排出量を削減することは、当社だけでは決して実現できないことである。異業種企業の皆様とも協働しながら、サプライチェーン全体での建築物の脱炭素化に繋げていくことを予定している。

T-ZCBに基づくCO₂排出量評価の中で、どのフェーズで、何に取り組むと、どれくらいのCO₂削減効果があるかを定量的に示すとともに、様々な脱炭素技術の具体的な採用シーン・コストを意識して進めることで、より効果的な技術開発を促進することを目指しているものである。

3 T-ZCBの概要

①T-LCAシミュレーター CO₂

「T-LCAシミュレーター CO₂」は、建築物の初期計画段階からライフサイクルCO₂排出量を容易に算出できるツールである。まず、計画している建物を標準的な建築物として設計した場合のCO₂排出量を計算し、次に、採用する脱炭素技術によって削減されるCO₂排出量を算出して、標準設計の場合の数値と比較し、CO₂削減割合を表示するものである。

主な特長は以下のとおりとなっている。

- ・早期にかつ容易に算出・評価可能

本ツールは、『建物のLCA指針』（(一社)日本建築学会から発行されている、建築物のライフサイクルにおけるCO₂排出量評価の指針）に準拠した評価体系を維持しつつ、当社独自の評価手法と蓄積したノウハウを利用することにより絞り込

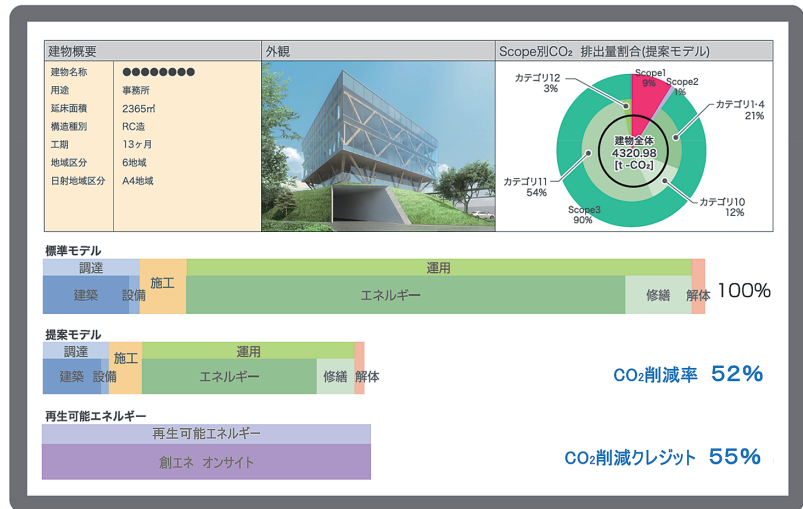


図3 「T-LCAシミュレーター CO₂」によるLCA全体評価

んだ約40項目から、短時間で容易に概算値を算出し、評価することが可能となっている（図3）。

- ・フェーズ毎のCO₂削減策を考慮した検討が可能

本ツールの適用により、建築物ライフサイクルの段階毎に設定されたCO₂削減策を選択することで、CO₂排出量や削減効果が算定できるため、初期検討段階からCO₂削減策を考慮した設計案の検討が可能となる（表1）。

表1 調達フェーズのCO₂削減評価例

調達フェーズ					
建築分野			設備分野		
番号	資材	削減率	番号	設備機器	削減率
1	CO ₂ 吸収RC	0.40%	1	ビルマル減	0.20%
2	高炉セメント	0.70%	2	照明減	0.10%
3	電炉鋼	0.60%	3	ダクト・配管再生	0.08%
4	木質化	2.20%	4		
5	グリーン調達品	0.20%	5		
6	緑地化	0.10%	6		
7			7		
8			8		
合計		4.20%	合計		0.38%

②T-ZCBチャート

T-ZCBチャートは、T-LCAシミュレーターCO₂の算定結果をグラフで表示するものである。横軸を年数、縦軸を累積のCO₂排出量として、標準的に設計した場合のライン・脱炭素技術を採

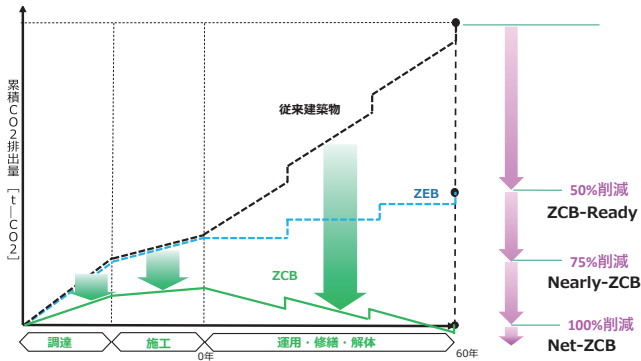


図4 T-ZCBチャート

用した場合のラインを表示し、ライフサイクル毎のCO₂評価を分かりやすく見える化したものとなっている（図4）。

これにより、建築物のライフサイクルにおけるCO₂の削減状況などを視覚的に把握することが可能となる。

また、段階的なゼロカーボンビルの普及・展開を目指し、標準的な設計からのCO₂削減率に応じてランク付けを行っている。具体的には、以下のとおりである。

- ・50%以上削減：ZCB-Ready
- ・75%以上削減：Nearly-ZCB
- ・100%以上削減：Net-ZCB

これは、お客様と対話しながら、立地や敷地条件・建設コストの制約などで、現状ではNet-ZCBが実現できない場合でも、手の届く目標を設定することで、できることから建築物の脱炭素化に着手することに繋げる意図がある。更に、将来的に新たなCO₂削減技術を導入することなども考慮した設計とすることで、長期的にゼロカーボンビルを実現していくことにも繋がるものと考えている。

もちろん、ZCB-Readyでさえ手の届かない物件も数多いことが想定される。その場合でも、お客様に対し、フェーズ毎の

脱炭素技術を体系的に提案することで、できることから脱炭素への取組みを開始することも可能となる。

4 ゼロカーボンビルを実現するための技術

建築物のライフサイクルCO₂を実質ゼロにすることは、当社の取組みだけでは実現できるものではない。ライフサイクルのすべてにわたるフェーズで異業種連携も含めて推進していく必要がある。

まず、現状、フェーズ毎に想定している様々な技術についてご紹介させていただく。

・設計・調達フェーズ：ゼロカーボン・デザイン

設計段階での使用資材の削減、低炭素型建材・長寿命化建材やCO₂吸収・固定建材の採用に加え、素材メーカー（セメント・鉄・プラスチックなど）や、商社、自治体・森林組合（木材）などの連携で材料製造時のCO₂削減への取組みを推進していく（図5）。

・施工フェーズ：ゼロカーボン・コンストラクション

掘削土量の抑制や専門工事会社と連携した重機の低燃費運転、建設機械メーカーと連携した低燃費・電動重機の開発・利用、作業所事務所のZEB化やLED照明の採用による電力消費量の削減、エネルギー関連企業と連携した脱炭素燃料・再生エネルギーの活用を進めている。また、施工時期や施工フェーズによって工事で使用する電力量が大きく変動するため、非化石証書やクレジット等を活用することによるCO₂排出量のオフセット

1 調達フェーズにおけるCO₂削減 ゼロカーボン・デザイン

<p>■ 資材の使用量削減</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨使用量の削減 (TASMO) ・杭本数の削減 など 	<p>■ 低炭素型建材</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨の電炉鋼採用 ・高炉セメントB種・C種の採用 ・T-eConcrete® 	<p>■ 長寿命化建材</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・長寿命化外装の採用 (フッ素樹脂塗装PC板) ・長寿命内装の採用 (アスロック板、PC板) 	<p>■ CO₂吸収・固定建材</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・T-eConcrete®/Carbon-Recycle ・地場産木材利用
---	---	--	---

➡ グリーン調達の最大化 (主要4品目に加えて、内装・外装・設備も考慮)

図5 調達フェーズ：ゼロカーボン・デザイン

を図るなど、経済合理性も踏まえたCO₂削減を進めているところである（図6）。

・運用フェーズ：ゼロカーボン・オペレーション

自然換気・自然採光の活用、高効率機器の採用・断熱性能の向上等、様々なZEB化技術の採用、外構・屋上・壁面緑化に加え、高効率な太陽光発電パネルの開発など創エネルギーの導入を行っている。また、地中熱、CO₂回収・貯留技術の活用等、将来的な革新技術の導入も見据えて技術開発を推進していく（図7）。



図6 施工フェーズ：ゼロカーボン・コンストラクション



図7 運用フェーズ：ゼロカーボン・オペレーション

以上の個別技術に関連して、CO₂排出量を削減するカーボンリサイクル・コンクリートや、CO₂排出量を適切に把握するシステムなど、異業種連携でサプライチェーンにおける脱炭素活動が始

表2 2022年度のCO₂削減に向けた主な異業種連携一覧

リリース内容	連携先等
「埼玉県森林（もり）づくり協定」を締結	埼玉県、ウッドイーコイケ
船舶輸送を用いた大規模広域CCS（CO ₂ の分離回収・輸送・貯留）バリューチェーン事業の実施可能性に係る共同スタディの実施について	伊藤忠商事株式会社 三菱重工業株式会社 株式会社INPEX
「T-eConcrete®/Carbon-Recycle」に製紙工程で生じる炭酸カルシウムを活用	広島県内製紙企業
大成建設株式会社、BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS社、DR. TECHN. OLAV OLSEN社による、日本国内での浮体式洋上風力発電の開発に関するMOU（覚書）締結について	BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS社、DR. TECHN. OLAV OLSEN社
「カーボンリサイクル・コンクリートを用いた根固めブロック」の現場実証を開始	日建工学（コンクリート製品メーカー）
建設業向けCO ₂ 排出量計測管理サービスの開発に着手	リバスタ（IT）
CO ₂ を固定した炭酸カルシウムのT-eConcrete®への活用に向け伊藤忠商事株式会社・Mineral Carbonation International社と協業開始	伊藤忠商事株式会社・Mineral Carbonation International社
CO ₂ を炭酸カルシウムとして固定化する技術のカーボンリサイクル・コンクリートへの活用に関する共同開発契約を締結	アイシン（自動車部品等メーカー）

まっている。当社のCO₂削減に向けた主な異業種連携の一覧は表2のとおりとなっている。

5 T-ZCBを活用し、ゼロカーボンビルの実現に着手

埼玉県幸手市に計画している当社グループ次世代技術研究所の新築において、国内初のゼロカーボンビルの実現を目指して取組みを具体的に開始



図8 グループ次世代技術研究所（埼玉県幸手市）のイメージ

したところである。前章で触れた様々な技術を活用しながら、まずは自社グループ施設で実装し、実務上の問題点の洗い出し・その解決策の立案を進めながら、近い将来、お客様の施設での実現を目指していく。

6 ゼロカーボンビル実現の課題

ここまで、当社の「T-ZCB」の概要と「ゼロカーボンビル」実現のための取組みについて述べてきたが、現実としてはまだまだ課題が多いことも事実である。主な課題は以下のとおりとなっている。

- ・規制緩和：建築基準法上、T-eConcrete[®]（CO₂排出量削減に寄与する当社独自のコンクリート技術）が活用できる部分が限られている。今後、規制緩和により、その活用の幅を広げていく必要がある。
- ・材料調達・施工フェーズのCO₂削減：コンクリートの脱炭素に関する取組みや、低燃費運転に関する専門工事会社との取組みなど、一部の企業との取組みには着手しているが、建設時の使用量が多い鋼材関連企業、燃料の燃焼によるCO₂排出量が多い建設機械関連企業、エネルギー関連企業との連携など、サプライチェーン全体での脱炭素への取組みを更に進めていく必要がある。
- ・運用フェーズのCO₂削減：設備機器の効率化に基づく省エネ性能向上には限界があり、再生可能エネルギーや炭素固定等の技術活用が必須と想定され、脱炭素技術の更なる多様化が必要である。
- ・GHGプロトコル¹との整合性：CO₂削減に関する第三者保証を取得する場合、「GHGプロトコル」に則る必要があるが、現状、先に挙げている「CO₂回収貯留技術」や森林等によるCO₂吸収固定については削減手法として認められて

いない状況である。CO₂吸収固定を認めるかどうか検討中との情報もあり、その検討結果によっては、お客様がCO₂削減技術の採用可否を判断する際に影響があると想定されるため、今後の動向を注視していく必要がある。

- ・コスト抑制：カーボンプライシング・脱炭素技術の導入に対する補助金の支給等、政策的に脱炭素化を促進する方策が実施されているが、更なる導入が望まれる。また、脱炭素技術のコストダウンに向けた継続的な努力も必要である。
- ・認知度UP：ZEB（ゼロエネルギービル）でさえまだまだ普及しているとは言いがたい状況である中、ZEBを更に進めたゼロカーボンビルの知名度は更に低いのが実情である。建築物の脱炭素化実現のため、長期的に粘り強く取り組み、同時に効果的に社会に情報発信しながら進めていく必要がある。

7 むすび

当社内でZEBに取り組み始めた頃、その実現は無理だという意見もある中、粘り強くチャレンジを続けることで、当社技術センターにおいて国内で初めて都市型ZEBを実現することができた。その普及はまだまだ道半ばであるものの、社会的にも徐々に広がりを見せている。冒頭で記載したとおり、今後計画される建築物の大部分は、国がカーボンニュートラルを目指す2050年にも存在し続けることを考えると、ZEBを更に進めたゼロカーボンビルへの取組みを今始めることは、決して早過ぎるものではない。できるところ・可能性があるところから具体的な取組みを始め、連携先も増やしながら進めていく。

あわせて、価格競争力のある技術開発を行い、環境価値を社会にアピールしながら、ゼロカーボンビルの普及を着実に進めていく決意である。

1 GHGプロトコル：温室効果ガス（Greenhouse Gas：GHG）の排出量を算定・報告する際の国際的な基準

効率的な算定を考えた 「積み上げ式CO₂排出量算定シート」

東急建設株式会社 建築事業本部 技術統括部 建築技術部 グループリーダー 加藤 晃敏

1 はじめに

近年、温室効果ガスのサプライチェーン排出量に対する重要性が高まっており、建築資材を製造するときに発生するCO₂排出量が注目されている（図1）。従来は工事金額に排出原単位を乗じる方法（以下、「概算式」という）によって算定されていたが、概算式ではCO₂排出量が一式で算定されるため、資材毎のCO₂削減の取組みが反映できないという課題があった。このため、資材毎にCO₂排出量を求めて積み上げる方法（以下、「積み上げ式」という）で算定する必要があるが、建築物の資材量は膨大であり、更に算定時には資材毎に排出原単位を割り当てるため、多大な労力と時間がかかる。

そこで当社では、積み上げ式によるCO₂排出量の算定をより効率化・自動化するため、独自の工夫を取り入れた「積み上げ式CO₂排出量算定

シート」を構築した。本稿では、当社が提案する積み上げ式CO₂排出量算定の考え方や手順について詳しく説明したい。

なお、文中で「CO₂排出量」と記載しているが、正確にはCO₂以外の温室効果ガスも含まれた「GHG排出量」であり、単位についても正式には「kg-CO₂eq」であるが簡略化して「kg-CO₂」と表記している。

2 従来の積み上げ式の問題点

2-1. 数量拾いの壁

一般的な積み上げ式の手順で建物のCO₂排出量を算定しようとする、まず「数量拾い」の壁が立ち上がる。建物は通常の製品とは違って膨大な建築資材が使用されており、建物毎に材料も異なるため、正確な数量を拾い出すことは非常に困難である。無理に拾い出そうとしても、人によって誤差が生じてしまう。

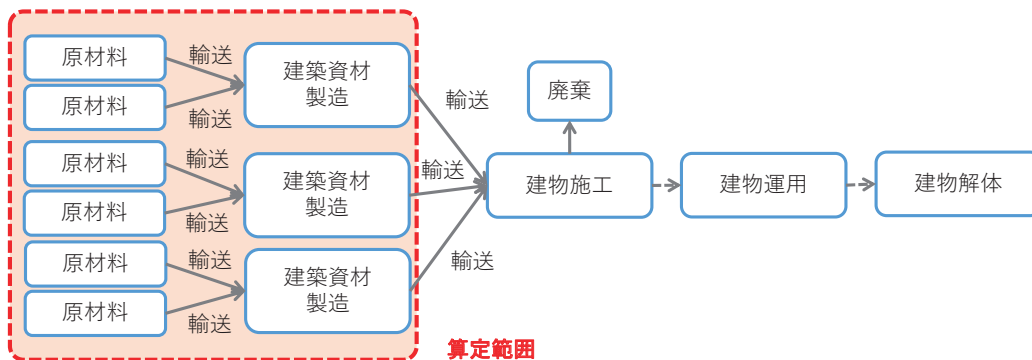


図1 本稿で扱うCO₂排出量の算定範囲

2-2. 排出原単位の壁

次に問題となるのが「排出原単位」の壁である。積み上げ式で算定する場合、積み上げベースの排出原単位を使用すべきであるが、一般的にはこれが有料なことが多い。無料で使用できる産業連関表ベースの排出原単位もあるが、元が金額ベースで算定されているため、折角資材を積み上げて算定しようとしているものに割り当ててしまうと、積み上げにしたメリットが薄れてしまう。

また、有料の積み上げベースの排出原単位を使用した場合でも、建築資材に割り当てる排出原単位は圧倒的に不足している。建物は特殊な部材が数多く使用されるため、やむなく代替部材で割り当てることが非常に多くなり、ここでも誤差が発生する。更に、掲載されている「単位」は、建築工事で通常扱う単位と異なる場合が多くあり、単位換算の手間も発生してしまうのだ。

2-3. 整合性の壁

こうして一生懸命拾い出して排出原単位を割り付けて算定した値は、往々にして概算式で算定したCO₂排出量より多くなる。当然のことであるが、積み上げ式では細かく拾うほど足し合わされる数が多くなるのでCO₂排出量がどんどん大きくなってしまふ。本来、方式が異なるCO₂排出量を比較すること自体がナンセンスであるが、数値として可視化されることで、弁解の余地なく比較されてしまうことが経験上よくある。

3 積み上げ式の問題を解決する当社の工夫

先に示した問題を解決するため、当社では独自の工夫を取り入れた積み上げ式算定手法（以下、「本算定法」という）を考案した。本算定法は、極力ルールを単純化することで、作業の効率化と算定誤差を最小化し、なおかつ積み上げ式の長所を得ることができると考えている。

当社では、本算定法による「積み上げ式CO₂排出量算定シート」を使って、2022年度より新築の建築工事のCO₂排出量を算定する取組みを始

めており、以下にその仕組みを詳しく解説する。

3-1. 算定フロー

一般的な積み上げ式の手順は、拾い出した各材料に排出原単位を乗じて合計するという非常にシンプルな手順である。本算定法も基本的な流れは同じであるが、図2に示す3ステップで算定している。

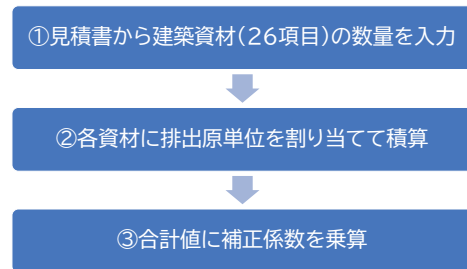


図2 本算定法の算定フロー

3-2. 拾い対象とした建築資材

本算定法の大きな特長の一つは、数量拾いの壁を打ち崩すために、対象とする建築資材を26項目に限定したことである（表1）。なお、26項目を決定する際には、以下を考慮して選定している。

①合計の重量比率が80%以上を占めること

環境省「Q&Aサプライチェーン排出量算定におけるよくある質問と回答（2021年3月改訂版）」¹⁾によると、原則としてすべての排出量を算定する必要があるとされつつも、許容される閾値として80%という値が示されている。当社では、積み上げ式の考え方から金額ではなく、一元的に扱うことができる物量として重量に着目し、

表1 算定対象とした26項目

1	杭	10	ECP	19	LGS(壁・天井等)
2	コンクリート (杭以外)	11	ロックウール	20	ボード類(壁・天井等)
3	鉄筋 (杭以外)	12	金属サンドイッチパネル	21	システム天井
4	鉄骨	13	金属鋼板	22	OAフロア
5	PCa部材	14	タイル	23	二重床
6	木(構造体)	15	石	24	フローリング
7	デッキプレート	16	SD	25	ユニットバス
8	砕石	17	アルミサッシ(ガラスを除く)	26	システムキッチン
9	ALC	18	ガラス		

※1～6は躯体関連項目

構成比を調査²⁾した。その結果、躯体関連の4品目だけで鉄骨造で87%以上、鉄筋コンクリート造で94%以上を占めており、上位の20品目程度まで含めることで97%以上の重量比率を占めることが分かった（図3）。

このような根拠から、当社では拾い出す項目を26項目に限定した。なお、26品目の選定は、重量比率で80%以上占めることができるように躯体関連の6項目（杭、コンクリート、鉄筋、鉄骨、PCa部材、木（構造体））は必須とし、残りの20項目は単純に重量の上位から選ぶわけではなく、更に次に示す点も考慮している。

②見積内訳から取り出しやすいこと

建設工事では見積時に内訳を作成するため、見積内訳から取り出すことができると、拾い作業が効率化・自動化できる。本算定法では、見積書を最大限に利用できるように、見積内訳から数量が取り出しやすいことを第二の選定条件としている。具体的には、役物などで拾い単位が変わるような項目は除外しており、これらは後述する補正係数で反映することとしている。

③積み上げ式用の排出原単位が存在すること

後述するが、積み上げベースの排出原単位が存在することを第三の選定条件としている。具体的には設備機器類の積み上げベースの排出原単位は、ほとんど存在せず、これらを無理やりに他の排出原単位を代替して割り当てると精度が落ちるため、無理に拾い出さずに補正係数で反映することとした。

3-3. 当社独自に排出原単位を整備

本算定では、積み上げベースの排出原単位として、基本的にはIDEAv3³⁾を採用している。ただし、IDEAv3に記載されているそのままのデータでは建設工事の見積項目に合わないことが多く、扱う単位も異なる。したがって、IDEAv3を基にして単位変換や標準仕様の設定を行い、先に示した26項目について、当社独自に編集した原単位を作成した。26項目以外にも、環境配慮建材やお客様から要望のあった材料については独自原単位として整備しており、必要な項目を追加した形でCO₂排出量や削減量を示すことができるようにしている。

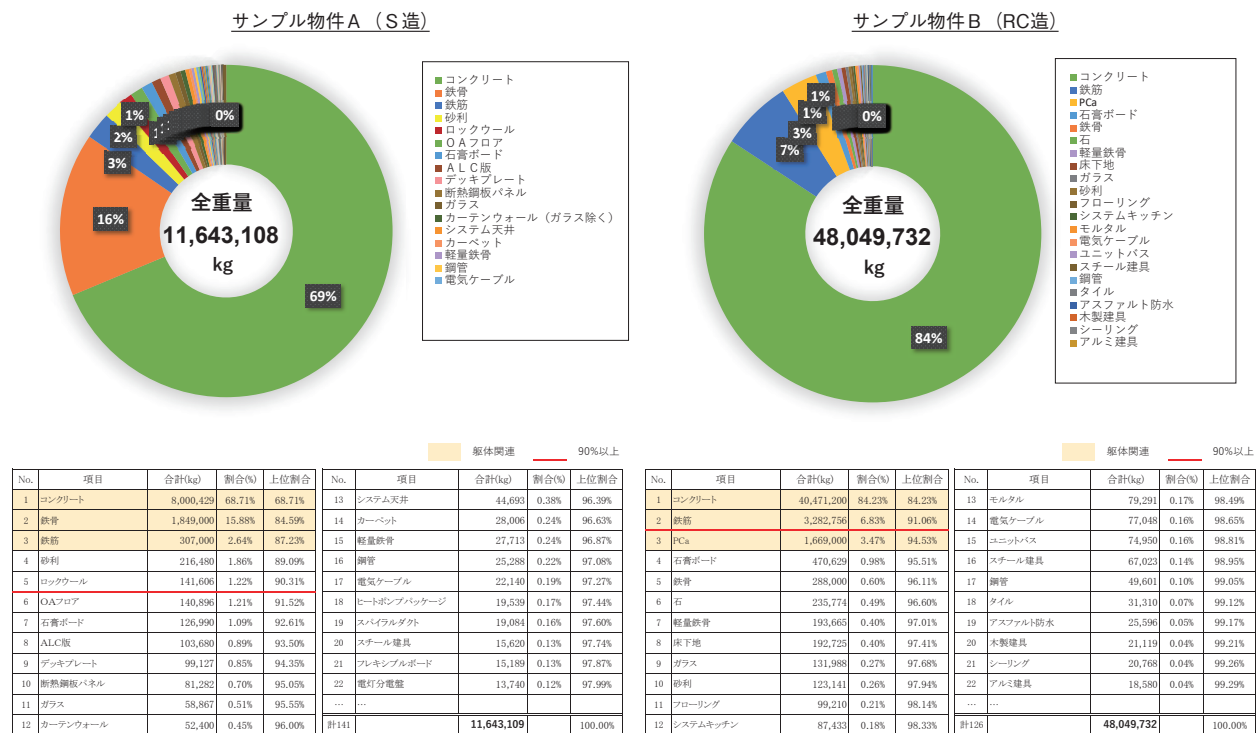


図3 重量比率の算定結果

物件	単位面積当たり CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /㎡)	物件	単位面積当たり CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /㎡)
住宅A	636.2	非住宅A	524.2
住宅B	705.3	非住宅B	550.4
住宅における 過去算定値の平均※①	642.5	非住宅における 過去算定値の平均※①	597.0
産業連関表ベースの 排出原単位 (2005年) 『住宅建築 (非木造)』※②	739.2	産業連関表ベースの 排出原単位 (2005年) 『非住宅建築 (非木造)』※②	619.3
補正係数 (住宅用) ※②/①	1.151	補正係数 (非住宅用) ※②/①	1.037

図4 補正係数の設定

3-4. 補正係数による整合性の調整

この補正係数が、本算定法の最大の特長と考えている。本算定法では対象とする建築資材を26項目に限定したため、残りの項目の排出量は補正係数をかけ合わせることで建物全体のCO₂排出量になるように補正することとしている。

補正係数は、過去に算定した単位面積当たりのCO₂排出量 (CO₂低減策を採用する前) を統計処理し、この平均値が産業連関表ベースの排出原単位⁴⁾に揃うように係数を設定している。補正係数は、産業連関表ベースの排出原単位に合わせて「住宅建築 (非木造)」と「非住宅建築 (非木造)」の2種類で集計しており、図4に2022年12月末時点の算定結果を示す。

排出原単位を積み上げベースで算定した結果と、産業連関表ベースで算定した結果では、根本的な考え方が異なるのでそもそも数値は整合しないが、現状では排出原単位の区別がされずに比較されることがよくある。本来は全項目を積み上げベースで算定した結果や統計が公開されていればこのような誤解はなくなるが、そこに至るには相応の期間が必要だと思われる。よって現段階では産業連関表とある程度の整合がとれるようにした。

3-5. 概算時 (初期段階) への対応

CO₂排出量は概算見積時にも求められることが多い。概算見積時は、先の26項目をすべて拾い出していないため、概算見積時に算定する場合には躯体関連の6項目を対象としている。これは概算時用の補正係数を別途用意することで、6項目

だけでもおよその数値を検討することを可能とした。

3-6. 「積み上げ式CO₂排出量算定シート」構築

これまでの考え方を反映させたエクセルシートが「積み上げ式CO₂排出量算定シート」(以下、「本シート」という)である(図5)。当社では本シートで、見積書から効率的に積み上げ式CO₂排出量を算定し、統計処理やお客様への提案を行っている(図6)。

3-7. 改定作業による精度向上

本算定法に用いる項目や補正係数は、定期的な見直しが必要であるため、社内にワーキンググループを設置している。ここで算定結果の集計・分析を踏まえて最新情報を本シートに反映させるようにしている。

4 まとめ

本算定法は、あくまで当社内におけるCO₂排出量算定の効率化、比較・分析、お客様へのCO₂排出量の可視化や低減提案を目的としている。このため、社内限定して算定ルールの単純化・効率化を実現できたが、これを業界全体のルールに適用するとなると、数量拾いや排出原単位の誤差など様々な課題があり、すべての目的に対応できる手法として確立することは非常に難しい。

現状のCO₂排出量算定に対する要望が増える中で、算定手法による誤差の違いを提供する側と

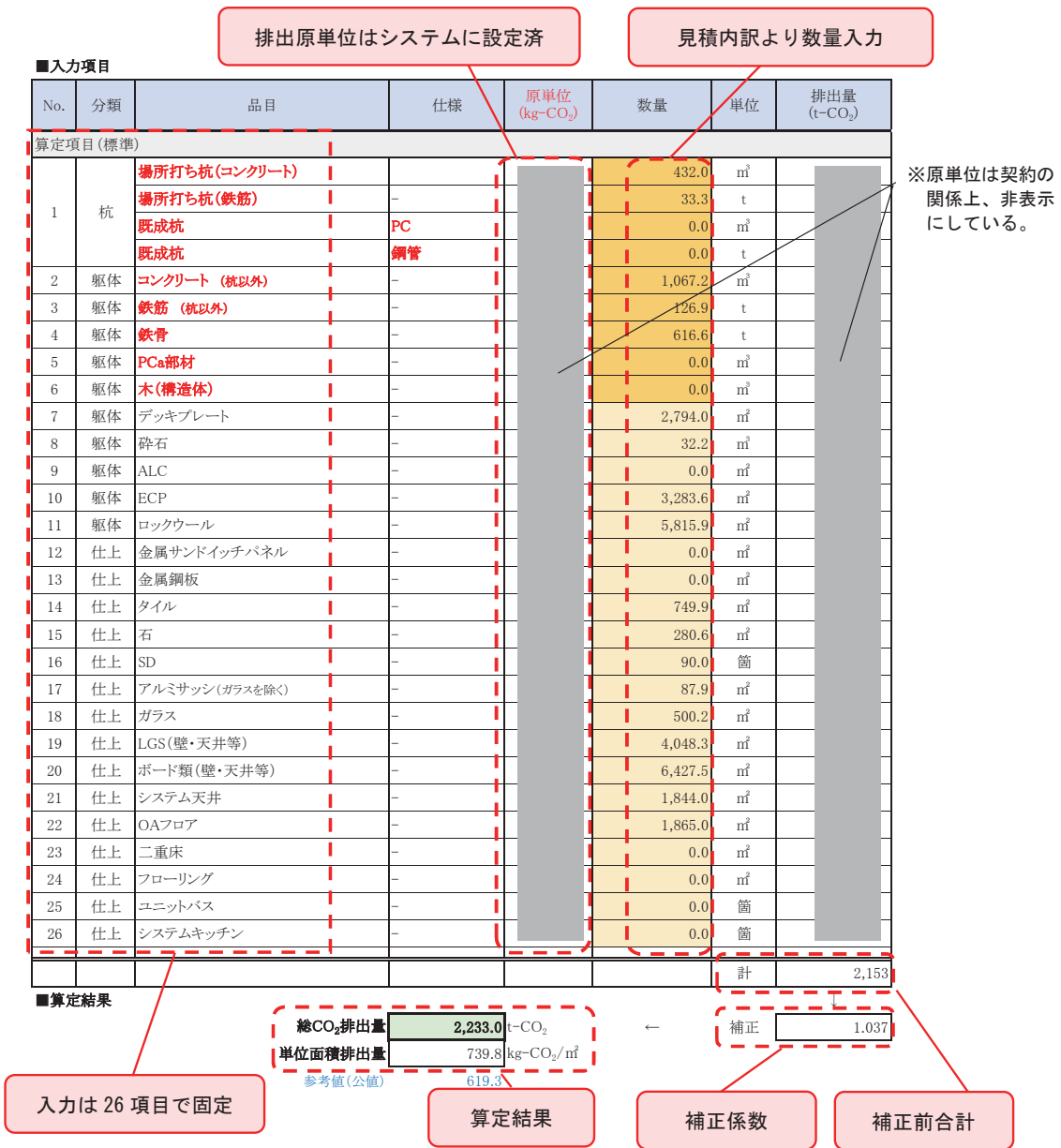


図5 「積み上げ式CO₂排出量算定シート」の概要

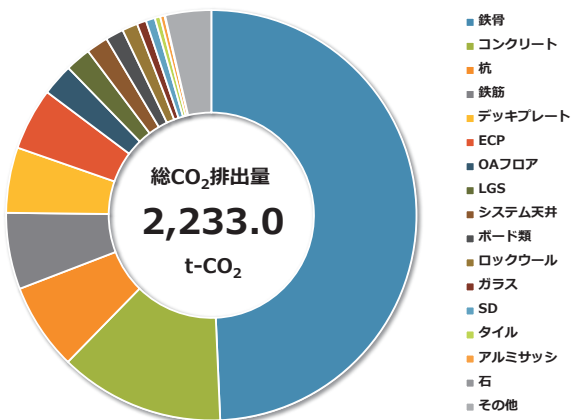


図6 CO₂排出量の提案例

される側の双方で理解し、その目的に合わせた最適な算定方法を選択できる必要があると感じている。

(参考文献)

- 1) 環境省「Q&Aサプライチェーン排出量算定におけるよくある質問と回答」2016.3 (2021.3改訂版)
- 2) 中村恵、加藤晃敏「建築資材のCO₂排出量算定における累積重量率の考察」『日本建築学会大会学術講演梗概集』2022.7
- 3) LCI データベース IDEA Version 3.2、国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 IDEAラボ
- 4) 環境省、経済産業省「サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等の算定のための排出原単位データベース (Ver.3.2)」