

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

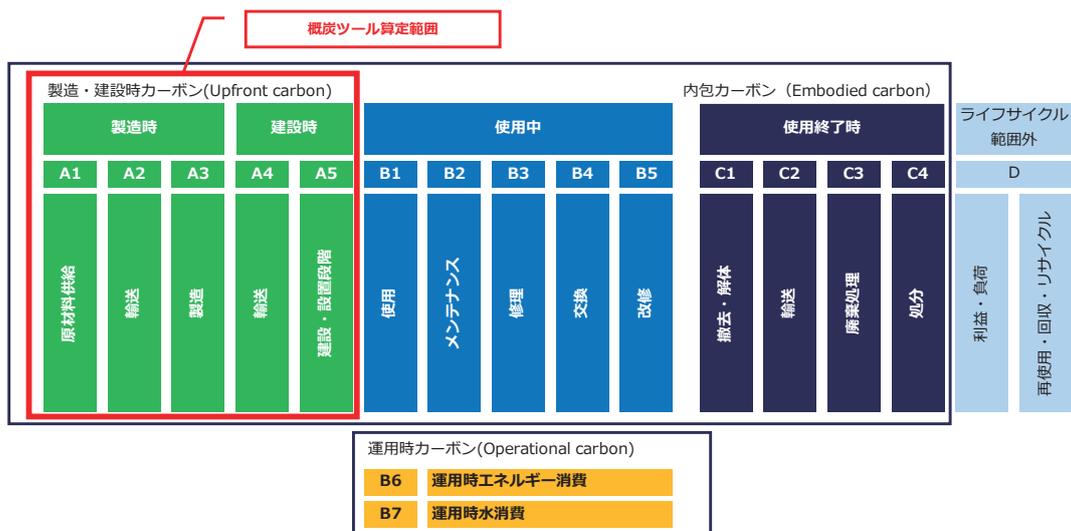


図1 概炭ツールの扱うCO₂

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いた概算ツールは、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）。

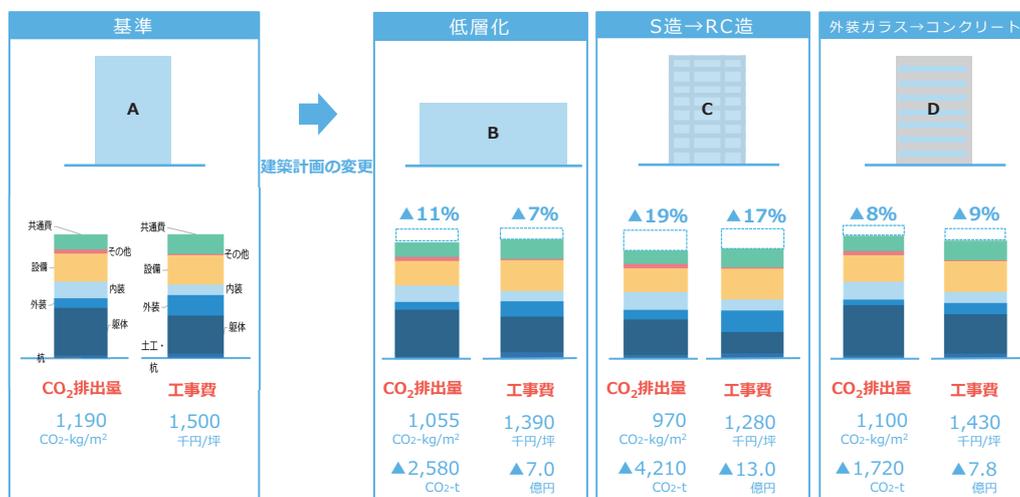


図3 建設時CO₂排出量シミュレーション結果

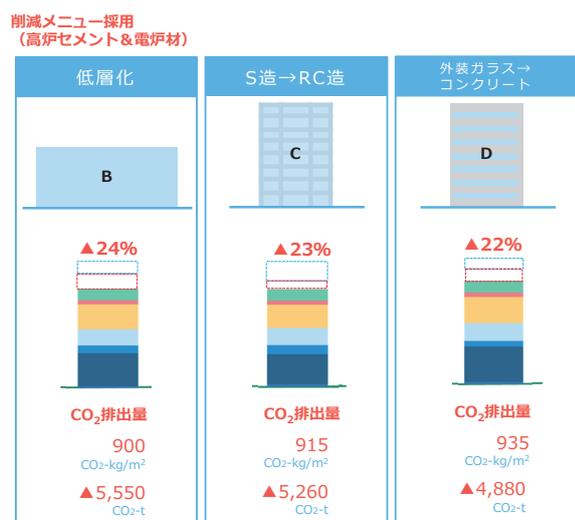


図4 削減メニューを使用した場合のシミュレーション結果

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。