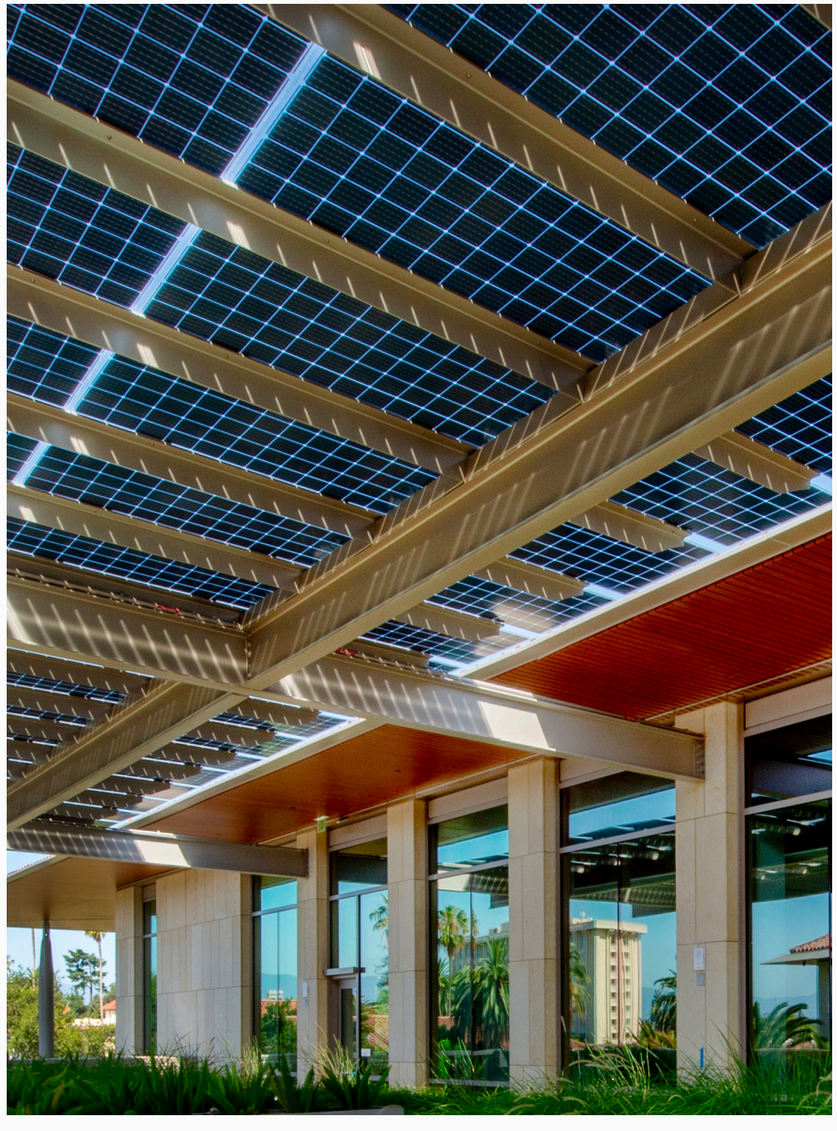






311 Third Transformation, San Antonio, Texas, Lake|Flato, Image Courtesy Robert G. Gomez





建築・設計者のための カーボンマネジメント ガイド

AUTODESK

建築・設計者のためのカーボンマネジメントガイド

このガイドブックを手に取っていただきありがとうございます本書は、建築や設計を通じて私たちの環境を形作る建築家や設計者の皆さまのために作成されました。

私たちの目的は皆さまとその業務をサポートし皆さまの会社で利用可能なテクノロジー ツールを使用してサステナブルな設計を追求するための重要な情報を提供することです。

設計プロセスの早い段階、つまり設計上の決定に影響を与えやすい段階で、建物のカーボンインパクトを解析する方法について説明します。

また、標準のアーキテクチャ ワークフロー内で、計画から詳細設計、文書化まで、エンボディド カーボンとオペレーショナル カーボンの両方を総合的に管理する方法についても説明します。また、カーボン分析がビジネスにもたらすメリットを理解するためのインサイトも提供します。

内容

04 はじめに

06 第 1 章: 設計プロセスの最初の段階から
カーボンを追跡することの重要性

09 第 2 章: カーボン分析ツールをワークフローに
組み込むための 5 つのステップ

13 第 3 章: カーボン分析を取り入れることは
建築の実務にとって良いビジネスである

17 第 4 章 設計プロセスにおけるカーボン
分析ツールの役割：オートデスクのサポート

22 まとめ: サステナブルな未来で
建築・設計者に力を与える



はじめに

建築・設計者として、皆さまは私たちの生活環境を形作るデザイナーです。
その知識とスキルを活かして、人々が暮らし、働き、遊ぶ空間を新たに設計し、また既存の空間に革新的な改修を施していきます。この働きは、気候変動における炭素排出量の影響を軽減するための大きなチャンスをもたらします。

規制の増加や政府のネットゼロ政策により、EU の建物のエネルギー性能指令の規制枠組みなど、サステナビリティが設計要件として重視されるようになっています。厳しさを増す基準や義務に加えて、さまざまなコミットメントが増加しています。
たとえば、環境データの報告（AIA 2030 コミットメント）や、LEED、BREEAM、DGNB、パッシブ ハウス、ゼロ エネルギー認証、Living Building Challenge などの自主的な環境認証プログラムへの準拠などです。

低炭素建築ストックに対する市場の需要がかつてないほど高まり、「転換点に達した」ことは驚くべきことではありません。サステナビリティの基準を満たす設計は、環境にも人にも、そして皆さまの会社のビジネスにもメリットをもたらします。

建築設計やグリーン建築の実践において炭素削減の優先度が高まっていますが、これまで、建物のカーボン フットプリントを推定または定量化して、エンボディド カーボンや予測されるエネルギー消費量などの主要な指標を正確に計算することは困難でした。

BLDUS/Grass House (c)Ty Cole/OTTO

幸い、初期段階でのカーボン評価はより身近なものになりました。統合された解析、堅牢なプラットフォーム対応 API、AI を活用したツールにより、リアルタイムの設計フィードバックが可能になり、設計オーサリング テクノロジーの直感的なダッシュボードでデータを接続できます。

これらのツールを使用すると、環境のサイト状況を解析し、建築資材を定量化し、BIM ワークフローに直接統合された設計のエンボディド カーボンと予測されるオペレーショナル カーボンの両方を測定できます。さらに、初期段階の評価で AI を活用することでこのワークフローを高速化し、数十のデータソースとデータ タイプを集約し、より堅牢なデータ駆動型の情報を提供することができます。

強化されたワークフローと接続されたデータにより、設計上の意思決定におけるトレードオフを評価し、バランスを取ることが可能になります。これには、最適な空間配置、エンボディードカーボンの予測、エネルギー効率、再生可能エネルギーシステムによるオフセットなど、重要な課題が含まれます。

サステナビリティは単にカーボンだけの問題ではありません。これら多面的な設計基準をバランスよく調整し、プロジェクトの目標を達成することが重要なのです。

> 気候変動への最大の効果を得るためには、
> プロジェクト開発の初期段階が最も重要です。
> この段階ではデータは限られていますが、解決策の
> 選択肢は無限に広がっています。」
>
> — EHDD FAIA、プリンシパル/Brad Jacobson 氏



第 1 章

設計プロセスの最初から カーボンベースラインを 設定することの重要性

設計チームは、設計や構想の初期段階にカーボン評価を組み込むことで、最大の影響を与えることができます。これにより、カーボン排出削減の基準値とプロジェクト目標を設定することが可能になります。

早い段階で開始することで、「第一歩を踏み出す」ことができます。つまりカーボンベースラインを作成し、そこから設計プロセス全体を通じてカーボンの影響を継続的に測定および管理することができます。初期評価を行う前に先に進むほど、どの設計上の決定がカーボンに影響を与えるかを理解するためのコンテキストが少なくなります。

ベースラインが確立されると、建物の設計や改修プロジェクトのライフサイクル全体にわたって、カーボンを管理し、ベースラインに対するカーボン削減努力を測定することができます。建築プロジェクトの総カーボン排出量を測定するには、サプライチェーン、マテリアル、運用パフォーマンスなどの詳細な分析が必要です。この複雑さのため、これらの解析を行うには、独自のツールセットを持つ専門家に頼らなければならない場合があります。

これらの解析の多くは、通常の BIM ワークフローと統合されておらず、カーボン評価など設計プロセスの後半で行われる傾向があります。この時点で、専門家の役割は、指標を検証し、可能な場合は変更を提案することです。ただし、設計が最初からカーボン排出量に対して最適化されていない場合は、検討して実装する段階的なオプションの数は少なくなり、その影響も小さくなります。そして、後の段階で変更を行った場合はコストが高くなります。

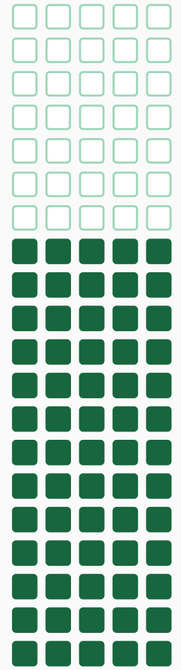
ただし、設計プロセスの初期段階からよりサステナブルな成果を目指して設計し、ベースラインとカーボン削減目標の設定に努めることで、カーボン排出量の削減のためのより広範で影響力のある機会領域を切り開くことができます（品質、パフォーマンス、サステナビリティの証明）。

認証の目標とベンチマークを念頭に置いて、非常に早い段階からテストと最適化を行うことで、これらの要件を満たすことに取り組むことができます。また、建物の形状、構造システム、エンベロープとファサードのマテリアル、インテリアのアウトフィッティングなど、すべての設計の選択肢の役割と影響を解析できます。建築ワークフローに組み込まれた解析ツールから得られる明確なデータとインサイトにより、概念設計フェーズでのよりスマートで十分な情報に基づいた意思決定が可能になります。

どのような結果を目指す場合でも、設計の選択肢とその影響について「適切に」理解し、それらをまだ最適化できる段階で評価することが重要です。

65%

プロジェクトの総カーボン排出量のうち、概念設計の終了時点ですでに決定されている割合[1]



[1] Hakkinen, T., Kuittinen, M., Ruuska, A., & Jung, N.（2015 年 7 月 21 日）。建物の設計プロセスにおけるエンボディド カーボンの削減。



エンボディド カーボンとオペレーショナル カーボン

「エンボディド カーボン」とは？

エンボディド カーボンとは、建築資材の抽出、製造、輸送、設置、保守、廃棄から生じる温室効果ガス（GHG）の排出を指します。

これらの初期段階での排出量は、世界の年間温室効果ガス排出量の約 13% を占め、建設作業に伴う環境への影響は、建物が建設された時点、つまり建物が占有または使用される前に決定されるため、「エンボディド カーボン」と呼ばれます。

「オペレーショナル カーボン」とは？

カーボン排出は、エネルギーを生み出すために化石燃料を燃焼することによって生成され、建物の運用フェーズ、つまり建物が通常の運用で使用されてから使用されなくなるまで排出されます。

これらの排出はオペレーショナル カーボンと呼ばれ、建物の暖房、冷房、換気、照明、電力供給のために使用されるすべての運用エネルギー源の消費によって生じる副産物であり、世界の温室効果ガス排出量の約 28% を占めています。



第 2 章

カーボン分析ツールを ワークフローに組み込むための 5つのステップ

概念設計の段階でエンボディド カーボンとオペレーショナル カーボンを総合的に考慮してカーボン解析を開始することで、まずベースラインを設定し、そこから設計とサステナビリティに関するトレードオフをより適切に評価および管理できるようになることがわかりました。

では、設計および計画ワークフローにカーボン解析を統合するにはどうすればよいでしょうか？また、カーボンの影響を理解し、見積もるにはどうすればよいでしょうか？

ここでは、5 つの手順を説明します。

1

パッシブ デザイン戦略を最適化するために現場を解析することから始めます

プロジェクトの開始時から、気候、周辺の建物、現場の状況などの環境要因を考慮することが、サステナブルな設計の決定の基礎となります。Autodesk Forma などの使いやすいクラウド ソフトウェアを使用すると、幅広いデータにアクセスできるため、設計中に微気候、風、太陽光条件に合わせて現場での設計をリアルタイムで最適化できます。これにより、より早期に適切な意思決定および実装が可能になり、分断された互換性のないツールセットへの依存を減らすことができます。

2

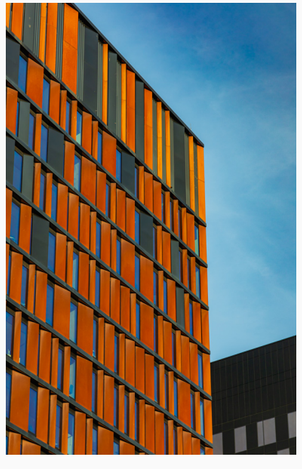
さまざまな設計戦略を用いて反復する

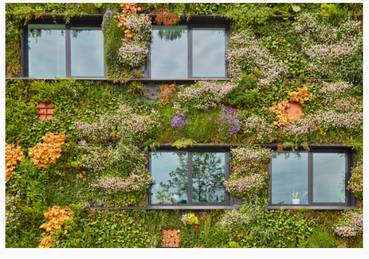
強力な API に基づく Autodesk Forma や Insight などのクラウドベースのツールを使用すると、建物の形状、スペース、マテリアル、および建設システムを概念レベルで評価および解析し、設計プロセスを継続することができます。プログラムによる基準に加えて、さまざまなマテリアル、構造、フロア エリア、窓サイズ、その他の変数を反復処理して、それらがカーボン排出量にどのように関係するかを確認できます。

この評価により、他のすべての機能的および実用的な目標と調和しながらプロジェクトのカーボン排出量を削減することを目指して、さまざまな設計オプションの影響とトレードオフを検討できます。









3

プロジェクトの目標に対する設計オプションのベンチマーク

特定の目標と成果を達成したい場合はカーボン解析を使用して、これらの目標に対してさまざまな設計戦略をテストします。

エンボディド カーボンを削減するという一般的な目標であれ、エネルギー使用度や太陽光発電に関するより具体的な目標であれ、早い段階で設計戦略をベンチマークすることで、最適な効率とコストでそれらの目標を達成することができます。

4

設計中の追跡

LEED、BREEAM、DGNB などの認証プログラムは、早期の環境設計分析を組み込み、性能が良く、効率的で、健全な建物の設計戦略を最適化するプロジェクトに与えられます。このプロセスは、すでに説明した 3 つのステップから始まります。ブラウンフィールドをサステナブルにアップグレードする場合でも、グリーンフィールド プロジェクトにおけるマテリアルやシステムの影響を理解する場合でも、最もサステナブルな成果は概念設計から始まります。早期にサステナビリティ解析を始めて、設計全体を通して進捗を追跡し、目標に対するパフォーマンスを追跡することで、プロジェクトの目標や認証を達成する成功の可能性を最大限に高めることができます。

5

詳細な設計フェーズで
サードパーティ エコシステムを活用

オートデスクのツールは、よりサステナブルな成果をめざすプロジェクトにおけるカーボン使用量の追跡において、他に類を見ない独自のスタートを切ることを可能にします。しかし、カーボン解析に焦点を絞るためには、特殊なツールが必要になる場合があります。

カーボン解析の拡張に役立つさまざまなサードパーティ ソリューションがあります。これらは、特定の標準や規制、または地域の要件を満たすことに重点を置いているものもあれば、特定のローカル データ ソースへのアクセスを提供するものもあります。tallyCAT（マテリアルの組み込みカーボン解析）や One Click LCA、tally LCA（ライフサイクル評価計算ツール）などのツールは、オートデスク プラットフォームの拡張機能であり、詳細な解析とレポート要件を可能にします。

Autodesk Platform Services（APS）を使用すると、設計データにアクセスしてカーボン解析を実行するカスタム ツール、ダッシュボード、ワークフローを構築できます。解析をクラウドに移行することで、リソースを拡張し、ジョブをより迅速に実行できます。

企業は APS を使用して、エンボディド カーボンとパフォーマンス データを Forma、BIM 360、Revit に取り込んでいます。設計時に、建築資材、ガラス、機械システムの初期および長期的なサステナビリティの計算を確認できます。

また、Autodesk App Marketplace にはすぐに利用可能な数千のアプリケーションが揃っています。
また、APS認定パートナー（Sustainability Tech Partnersを含む）は、カスタムソリューションの構築を提供することができます。



第３章

カーボン分析を取り入れることは、建築設計業務にとってメリットのあるビジネスです

カーボン管理は、プロジェクトの環境への影響を軽減する設計に役立ち、地球規模の気候目標の達成に貢献します。

しかし、カーボン解析への投資は企業のビジネスにとってもメリットがあります。まず、商業プロジェクトと公的資金によるプロジェクトの両方で、サステナブルな設計がますます求められています。さらに、付加価値サービスを通じて専門知識と差別化から収益を生み出し、次世代の優秀な人材を自社に引き付けることができます。

ここでは、カーボンに関する専門知識を活用してビジネスを構築できる 4 つの具体的な方法を紹介します。

1

プロジェクトのライフサイクル全体にわたってより多くのサービスを販売する

建物の設計と改修のライフサイクル全体にわたってカーボン解析などのサステナビリティ評価を実施できることで、影響力、設計のインパクト、付加価値のあるサステナビリティ サービスを販売する能力が強化されます。ベースラインを確立し、1 つ以上のサステナビリティ目標を推奨すると、プロジェクトの方向性に良い影響を与える可能性があります。これには意図的な設計の反復に関する方向性のアドバイスが含まれる場合があります。たとえば、機械システム戦略と建築システム戦略のトレードオフの全般的な解析や、さまざまな種類のエンベロープ システムを比較することによる建物の運用コストの節約の予測などです。

2

ベスト プラクティスのリーダーとして会社を差別化する

既存のワークフローにカーボン分析を取り入れることで、プロジェクト成果に大きな影響を与えることができます。この専門知識は、他社との差別化にもつながります。

解析ワークフローの適用においてリーダーシップを発揮し、建築および建築設計におけるサステナブルな成果を推進することで、サステナビリティにおける実証可能な成功を通じて市場での自社の評判を高めることができます。

3

認定要件のパフォーマンス分析の専門家になる

カーボン解析ツールを使用して認証要件を満たす結果を提供することで、建物の性能を向上させる認証を希望するクライアントへのサービス範囲が広がります。

4

カーボン分析により、オーナー、オペレーター、クライアントとの距離が縮まります

建築プロジェクトの長期的なオペレーショナル カーボンを理解し、最適化する能力は、特定の建築パフォーマンス基準を満たし、望ましい資金調達オプション（たとえば、LEED または BREEAM スコアの高いプロジェクトで利用できる場合があります）の資格を得たいと考えているオーナー、オペレーター、クライアントにとって貴重な情報です。運用コストを削減できれば、提案の競争力が高まり、相互に利益のある長期的関係の構築にも役立ちます。



311 Third Transformation, San Antonio, Texas, Lake|Flato, Image Courtesy Robert G. Gomez



311 Third Transformation, San Antonio, Texas, Lake|Flato, Image Courtesy Robert G. Gomez

ある建築会社が、どのようにして創業
100 年の元自動車販売店をサステナブルな
デザインの象徴に変えたのか。

動画を見る ›

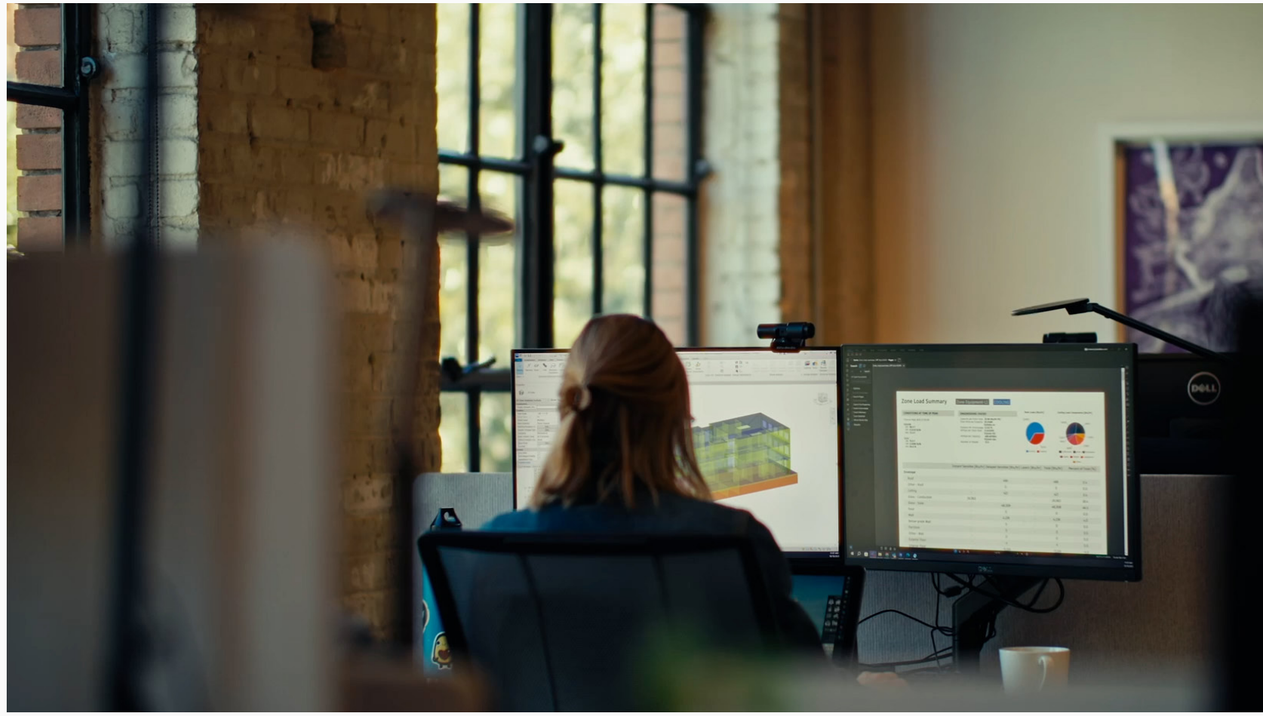


311 Third Transformation, San Antonio, Texas, Lake|Flato, Image Courtesy Robert G. Gomez

第 4 章

設計プロセスにおける カーボン分析ツールの役割: オートデスクのサポート





カーボン管理ツールによって、建物の設計におけるカーボン排出量を定量化し、解析し、最小限に抑える方法について詳しく見てきました。しかし、それはどのツールでしょうか？そして、プロセスのどの段階で使用する必要があるのでしょうか？

エンボディド カーボンを計算するプロセスには、採掘、精製、製造、物流、廃棄にわたる大量のマテリアル データと製品の透明性が必要です。オペレーショナル カーボンを計算することは、エネルギー源を決定し、暖房、冷房、照明、電化製品、機器などのエネルギー使用量を計算することを意味します。その情報を集め、CO2 等価量に変換し、建物の耐用年数にわたって予測することができます。

業界は、環境製品宣言（EPD）の実施を通じて、この複雑なプロセスを標準化しています。EPD は、独立して検証されたライフサイクル評価に基づいて厳密にテストされた環境データを提供します。

オートデスクは、EPD マテリアル データを使用して、建築プロジェクトのエンボディド カーボンを削減できる情報に基づいた意思決定に必要なデータとインサイトを提供するソリューションと統合の開発およびサポートに投資してきました。

設計プロセスのあらゆる段階で、オートデスクのツールとプラグインを使用して、カーボン解析機能を概念設計と標準 BIM ワークフローに拡張できます。そのため、複雑で分断されたツールセットに煩わされることなく、設計から文書化までのサステナビリティ プロセスを管理できます。

311 Third Transformation, San Antonio, Texas, Lake|Flato, Image Courtesy Robert G. Gomez

Autodesk Forma における エンボディド カーボン解析

Autodesk Forma は、概略設計に対応したクラウド ソフトウェアです。強力かつ簡単に使用できる、AI を活用したツールが備わっています。

Autodesk Forma を使用すると、現実世界のコンテキスト データを使用してサイトを迅速にセットアップし、複雑な 3D デザインを数分でモデル化できます。特別な専門知識がなくても、日光、風、騒音、微気候、またはエンボディド カーボンなどの要素を考慮して設計を反復することができます。無限の可能性からコンセプトを検討し、パフォーマンスやサステナビリティ、居住適性を評価し、最適化して最善の結果を導き出します。これらはすべて設計の段階で行うことができます。

建設会社 EHDD と共同で開発されたForma のエンボディド カーボン解析を使用すると、プロジェクト計画プロセスの初期段階での敷地の実現可能性やマス・スタディを行う際に、主要なマテリアルの選択と建物の形状によるカーボンの影響をより深く理解できます。マテリアルの適合性を評価し、設計上の決定が関連するカーボン排出に与える影響を迅速に確認できます。

初期のコンセプト計画は、影響を与える機会が最も大きいと同時に、設計変更によるコスト リスクが最も低いポイントでもあります。

Autodesk Forma を使用すると、クライアントや社内の関係者との間で、プロジェクトのカーボン排出量に関する会話を早い段階で開始できます。また、詳細設計プロセスを続行するために、Forma と Revit の解析アプリケーション間でデータをスムーズに受け渡すことができます。こうすることで、Forma でエンボディド カーボンの早期フェーズ評価を開始し、詳細設計フェーズ中に Insight で総カーボンについてより統合された評価を実施することができます。

> テクノロジーがカーボン排出量を管理する最大の機会は、Forma のようなツールを使用することです。Forma では、設計をリアルタイムで解析できます。設計作業を行う中で、その情報やフィードバックを得ることができれば、建設環境によるカーボンの影響を減らすために必要な目標を達成できるようになります
>
> — Stantec 社、プリンシパル、デジタル プラクティスマネージャー/Mike DeOrsey 氏

詳細はこちら>



Autodesk Insight でエンボディド カーボンとオペレーショナル カーボンを視覚化

新しい建築作業だけでなく、改修や再利用などのプロジェクトにも理想的な次世代の Autodesk Insight を使用すると、主要なサステナビリティ指標と予測されるエネルギー パフォーマンスを視覚化でき、原因と効果のフィードバックをリアルタイムで提供して、より良い成果をもたらすことができます。

次世代の Autodesk Insight は、Revit と統合して柔軟なダッシュボード、直感的なインターフェイス、およびカーボン解析結果の調査、視覚化、比較を容易にするシンプルな解析アプローチを提供するクラウド サービスです。

Insight は、Revit のエネルギー解析用モデルをオペレーショナル カーボン（OC）解析およびエンボディド カーボン（EC）解析の開始点として使用します。オープンで拡張性に優れた Insight は、建物の形状と向き、エンベロープのデザイン、内部荷重、HVAC システム、マテリアルの種類と数量、再生可能エネルギー オフセット、エネルギー コストなど、統合されたビルディング システムの相互に関連する影響を測定、視覚化、比較するのに役立ちます。

Insight は、Revit のエネルギー解析用モデルに保存されているオペレーショナル カーボンおよびエンボディド カーボン データを定量化して視覚化するのに役立ちます。Revit から建物のエンベロープ性能、マテリアル仕様などのデータを集約して視覚化し、さらにカーボンの影響とエネルギー オフセットなどの要素間の相互作用を表示できます。

詳細はこちら>

サステナビリティのための
サードパーティ統合を調べる

Embodied Carbon in Construction Calculator (EC3)：
利用可能なマテリアルとサプライヤーを解析して、エンボディド カーボンの削減を支援する無料のオープンソース ツールです。このツールは、カテゴリー内での比較を可能にし、データベースは特定の製品およびマテリアルのための環境製品宣言 (EPD) 専用です。オートデスクは EC3 のリード スポンサーであり、Autodesk Construction Cloud の Takeoff など、オートデスクの設計および建設ソフトウェアとの統合を通じて、ユーザが簡単にアクセスできるようにしています。

tallyCAT：Tally Climate Action Tool を使用すると、Revit モデルと EC3 ツール間でリアルタイムのエンボディド カーボン データ接続が可能になり、Revit を離れることなく EC3 の全機能を利用できます。

この無料ツールを使用すると、Revit モデルとコンポーネントに注釈を付けて再利用したり、マテリアルとアセンブリのライブラリを保存して将来使用したりできます。

tallyLCA：tallyLCA を使用すると、カテゴリー間およびシステム間のライフサイクル アセスメント比較 (LCA - 製品またはサービスのライフサイクル全体にわたる潜在的な環境影響の解析) と設計オプションの比較を Revit モデル内で直接実行できます。
製品を指定せずに LCA を作成し、システム設計オプションを比較することもできます。

One Click LCA – One Click LCA を使用すると、Revit モデル データをエクスポートし、ライフサイクル全体のカーボン計算のための LCA を簡単に実行できます。このツール (別途有償のライセンスが必要) は、BIM データを世界中のデータベースのエンボディド カーボン データに接続します。

One Click LCA が Autodesk Platform Services に接続できるようになりました。これにより、Revit にアクセスしなくても、Autodesk Cloud Models を使用してカーボン評価とライフサイクル評価および EPD を自動的に取得できます。





「サステナビリティへの動機は、私たちの目的、つまりアイデアを実現し、レガシーを残し、私たちが住むコミュニティを改善することに立ち返ります。」

— Aurecon 社デジタル担当マネージング プリンシパル/David Mackenzie 氏

「建築・設計者は気候変動と闘う上で重要な役割を果たします....彼らは、革新的なデザイン、教育、支援ポリシー、研究を統合することで大気汚染を大幅に削減することができます。」

— Lake Flato 社、テクノロジー ディレクター/Dan Stine 氏

まとめ：サステナブルな未来で建築・設計者に力を与える

建築環境はカーボン排出量の約 40% を占めています。その構築環境を構想し、創造するのは皆さま自身です。そして、排出量の削減に取り組むことで、サステナブルな未来の創造においてかけがえのない役割を果たすことになります。

オートデスクは、クライアントへのプレゼンテーションからチームの設計インサイトまで作業をより簡単に、より生産的に、よりサステナブルにし、実際に使用して実装できる答えを提供するツールによって、皆さまの独自のスキルとビジョンをサポートし、強化することを目指しています。

カーボン解析ツールを使用することで発見される情報により、より持続可能な建築世界のために排出量を削減する上でより大きな効果を発揮できるようになります。

トータル カーボン マネジメントのツールについてもっと知りたい場合

建築設計者向けのソリューションを探す ›