

 **AUTODESK**

# サステナビリティを 中心とした 建築設計

革新的で使いやすいツールで、  
設計の初期段階からサステナビリティを推進



# サステナビリティを 礎に未来を築く

企業における意思決定者の83%が、サステナビリティを重要な課題と捉えています。2023年2月に発表されたPwC社の調査によると、60%の企業がサステナビリティ戦略を既に策定しています。また、同じ割合の企業が、少なくとも一般的な環境・社会・ガバナンス（ESG）基準を確立していると回答しています<sup>1</sup>。ところが、建設業界のサステナビリティに関するデータに、こうした良い取り組みの成果はいまだに表れていません。2021年の、建築・施工分野におけるエネルギー・プロセス関連の二酸化炭素排出量は、世界全体の約37%、エネルギー需要は34%以上を占めています。<sup>2</sup>

建設業界の関係者は現在、社会・環境・技術の変化に伴うさまざまな課題に直面しています。「サステナビリティ」は間違いなく、建築設計者にとっても各種施工業者にとっても大きな課題のひとつですが、それ以上に、サステナブルな未来へとつながる革新的なソリューションを見出すことには、莫大な可能性が秘められています。つまり、建築設計者が日々の業務の中で常にサステナビリティを考慮することで、多大な効果が得られる可能性があるのです。

OECDの試算によると、2030年には、気候変動による損失額が年間約6.9兆ドルに達する見込みです<sup>3</sup>。その深刻な状況を踏まえると、建築業界全体で積極的にこの問題に取り組む必要があります。世界中でサステナブルな設計・施工を推進していくことは、温室効果ガスの排出を削減するための最も重要な手段のひとつです。リサイク

ル資材の利用などの資材効率化戦略をG7諸国と中国が実施するだけでも、住宅の材料サイクルによる温室効果ガス排出量を2050年までに80%以上削減できます<sup>4</sup>。建築設計者は、建築後の環境形成に大きく寄与しています。それをふまえると、建築設計者はサステナビリティの問題に取り組む責任を負っているのです。

建築設計にサステナビリティの観点を組み込むプロセスは、さまざまな理由から困難であることが、以前からわかっています。サステナビリティは、エンボディドカーボン、予測されるエネルギー消費量、利用可能な太陽光発電量など、実に幅広い情報に基づいて熟考する必要があります。しかし、建築設計者がそうした情報を計画の初期段階で入手できることはなかなかありません。それにもかかわらず、最終的な成果に最も大きく影響するのは、設計上の意思決定なのです。通常、こうした情報の取得・解析・評価には、各種専門家の協力と、時間やコストのかかるプロセスが必要となりますが、そのための時間がプロジェクトのスケジュールに組み込まれていることはほとんどありません。しかし本書に示すように、建築設計者は現在では、サステナビリティを検討するために不可欠なデータを、計画の初期段階で入手できるようになりました。この変化によって、建築設計の計画プロセスには、劇的な変化がもたらされます。

サステナビリティを建設プロセスに組み込むためのもうひとつの課題は、既存の設計プロセスと建物に必要なサステナビリティの解析プロセスが、たいてい別々に行われていることです。計画・設計の検討段階の初めにサステナビリティ解析プロセスを実施する方法は、多くの関係者にとって、慣れ親しんでいる既存のワークフローとは異なります。一部の建築設計者は、計画・設計の初期段階でサステナビリティ基準を設計コンセプトに組み込んでいますが、この作業には手間がかかります。しかし今では、デジタル設計ツールが進化し、手に入りやすくなったことで、そんな従来の常識も変化しつつあります。Autodesk Formaなどの新しいアプリケーションを使用すれば、建築設計者やプランナーはプロジェクトの初期段階から、サステナビリティのデータとインサイトを活用できるのです。

1 出典：Die Bauindustrie in anspruchsvollen Zeiten: Geopolitik, Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Eine PwC-Studie zum Umgang der Baubranche mit den aktuellen Herausforderungen (2023年2月)

2 2022 GLOBAL STATUS REPORT FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION

3 出典：Energy & Climate Intelligence Unit | Climate economics - costs and... (eciu.net)

4 <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31715/RECC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

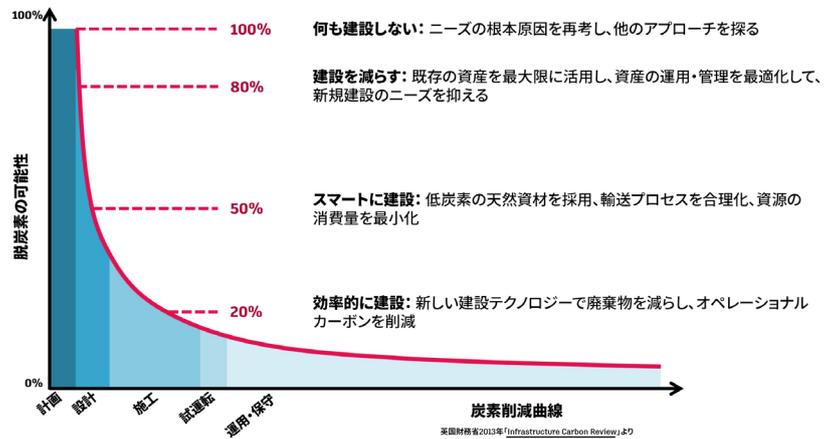


## 新たな計画手法

サステナビリティの要素や他の関係者からの情報を、プロジェクト開始時からシームレスに組み込むためには、統合された設計プロセスが必要です。プロセスが統合されていれば、建築設計者は設計プロセスの一部としてサステナビリティを設計に組み込むことができます。長期的な成功を実現するためにも、設計プロセスにサステナビリティを組み込むことは不可欠です。そうすることでレビュー/修正の反復サイクルが確立します。そして設計者は、初期の設計段階から最後の引き渡しまでのプロセス全体を通じて、さまざまな要素のトレードオフを検討しながら、サステナビリティとビジネス成果を積極的に推進していくことができます。

最新のクラウドベースのデジタル設計ソフトウェアは、そうしたワークフローを実現する、建築設計者に役立つツールを搭載しています。こうしたツールを業務に取り入れることで、建築設計者はプロジェクト開始時からサステナビリティソリューションを設計に効果的に組み込めるようになります。そして結果的に、建設分野のサステナビリティ向上につながります。

## 最も効果的なのは早期からの炭素削減



# 建設業界の炭素排出

世界の温室効果ガス排出量の約40%が建物の建設・利用に起因しています<sup>5</sup>。さらに世界経済の継続的な成長に伴い、2060年の原材料の消費量は、2022年のほぼ倍になると見込まれています<sup>6</sup>。

建設プロジェクトのライフサイクルのどこで炭素排出が発生しているかを調べることは、建築設計者にとって特に重要です。エンボディドカーボンは、建物を構成する資材の採取・製造・輸送・廃棄に伴う炭素排出量を指します。そしてオペレーショナルカーボンは、建物利用（エネルギー、水、メンテナンス、修復など）に伴う炭素排出量を指します。このエンボディドカーボンとオペレーショナルカーボンを合計した排出量が、総炭素排出量となります。

5 出典：Embodied Carbon - World Green Building Council (worldgbc.org)

6 出典：Embodied Carbon - World Green Building Council (worldgbc.org)

## 建設ライフサイクルの炭素排出





# 高まるプレッシャーと インセンティブ

近年では、サステナビリティを設計に組み込むことを求める声の高まりとともに、建築設計者に対するプレッシャーが着実に増えています。サステナビリティ実現に対する社会やクライアントの期待がますます高まっていることや、気候変動問題の目標達成に向けた政治的取り組みによって規制が変化していることが、こうした建築設計者に対するプレッシャーの源となっています。こうした情勢に伴い、建物オーナーによる経済的なプレッシャーもますます高まっていることを、建築設計者は感じています。今後はサステナビリティが建物の財政状況を大きく左右するようになることが、その大きな理由です。つまり、サステナビリティ基準を設計に組み込むことは、今や経済的な側面においても必須になりつつあります。

サステナビリティ基準を満たすことができない建築設計会社は、競合他社に遅れをとり、評判を落とすリスクを負うことになります。それだけでも、建築設計会社が積極的にこの問題に対応すべき理由としては十分です。

さらに各国政府も、サステナブルな設計を推進するためのプレッシャーを強めています。多くの国や地域が、サステナブルな建築設計と施工を義務化する法律や規制を制定し、エネルギー効率、節水、環境に優しい資材の使用を要件として定めています。「脱炭素」は、温室効果ガスの排出量を削減し、気候対策の目標を達成するための重要なスローガンとして、立法上の中心的な戦略となっています。世界における主な取り組みとしては米国

のインフレ削減法（IRA）、英国の炭素管理規定、世界的に適用される PAS 2080 規格、欧州グリーン ディール（地球温暖の上昇を摂氏 2 度未満に抑えることを目標とする気候変動対策を規定したパリ協定に基づき、2050 年までに欧州を気候中立大陸にすることを目指す戦略）などがあります。いずれの取り組みも、プレッシャーをかけるというよりも、奨励することを目的とした内容となっています。アイルランドは、クリーン テクノロジー企業を対象とした大規模な助成金という形で、温室効果ガス排出量の削減に向けた具体的なインセンティブ政策を設けています。PAS 2080 では、インフラから排出される温室効果ガスを規制する世界的な規定が定められていますが、これに準拠することは義務ではありません。

また、LEED（Leadership in Energy and Environmental Design）や BREEAM（Building Research Establishment Environmental Assessment Method）などのサステナビリティ認証は、多くのクライアントによって義務付けられた結果、広く普及しました。サステナビリティに関する建設業界の位置付けを変えることが、その取り組みの目的でした。また、2023 年春には EU で、建物のエネルギー性能指令（EPBD）の改正案が採択されました。その他の規定と同様に、2028 年時点で新しく建設される建物はすべて、排出ゼロを義務化することが定められています。また、同じく 2028 年時点の新築建物には、技術的・経済的に実現可能な場合は、必ずソーラー システムを取り付けることも義務付けられています。



# サステナブルな設計を 実現するための3つの方法

建設業界のサステナビリティは、脱炭素、サステナブルな資材への切り替え、エネルギー効率の最大化、廃棄物やコストの削減など、多数の要素で構築されます。つまり、その各領域にサステナブルな建物を実現する機会が潜んでいるということです。オペレーショナルカーボンや年間燃料消費量の削減、再生可能エネルギーの生産などは、サステナビリティの取り組みにおけるオプションのほんの一部にすぎません。

サステナブルな建物を生み出すための対策や選択肢は、他にも多数あります。しかし、各ケースごとに試行錯誤を繰り返しながら最適な方法を決めていくやり方では、効率が悪く時間もかかります。そこで、「まず設計して、後で解析する」原則を成果ベースの設計へと進化させる必要があります。プロジェクトの各フェーズで設計の解析を何度も繰り返しながら、期待するパフォーマンスが得られるかどうかを確認するのが、そうすれば、設計内容とパフォーマンスを確実に関連付けながら、設計を進めることができます。

ここで重要な役割を果たすのがテクノロジーです。建築設計者はデジタルツールを使用して、設計上の意思決定がどのような影響をもたらすかを視覚化し、リアルタイムでトレードオフを検討できます。そのため、設計の初期段階から環境的な要素を効果的に評価して設計に反映させることができ、困難かつコストのかかる設計変更を回避できます。たとえば、窓と壁の面積比率を変更すると運用エネルギーはどう変化するか、風の流量や昼光量による影響はどうか、などを評価できます。建築設計者が情報に基づいて賢明な気候対策を設計に取り入れるためには、設計プロセスの各段階で十分なデータやインサイトが必要となります。デジタルツールを利用することで、そうしたデータやインサイトの収集が可能になります。そして建築設計者はその情報に基づいてエネルギー効率を最大限に高め、エンボディドカーボンや資材使用量を削減し、敷地内で生成する再生可能エネルギーを最適化することができます。

テクノロジーの活用によってもたらされるメリットは、このように、データに基づく意思決定が容易になるだけではありません。新たな形の統合環境で関係者全員と効率的にコラボレーションすることも可能になります。設

計プロセスの初期段階から、すべての関係者がデジタルツールで目標を定義し、ソリューションを開発し、互いに情報交換し、フィードバックをやりとりできる作業環境を構築できます。このような設計コラボレーションが実現することで、建築設計者は効率的に、定義された目標を達成できます。

このアプローチがワークフローにもたらすメリットを、以下のセクションでご紹介しましょう。計画の初期段階で、建築設計者が特定のソフトウェアをどのように活用できるかを、3つのシナリオで具体的に説明します。

## 1. プロジェクト初日から サステナブルな設計を開始

建築設計者は設計プロセスの開始時に、建物のさまざまな要件を既存の条件の枠組みに合わせるためにはどうすればよいかを検討する必要があります。クライアントの考えや予算、空間的・技術的な要件、周辺環境、建物の用途など、すべてを互いにバランスよく考慮しなければなりません。これらの要素が計画プロセス全体のガイドラインとなり、最終的な設計を形づくることとなります。そのため、それぞれの要素をサステナビリティの観点でも検討する必要があります。そんなサステナブル設計をサポートするのが、クラウドベースの計画・設計ソフトウェアである Autodesk Forma などのデジタルツールです。

建築設計者は Forma のさまざまな関連機能を活用することで、サステナビリティを「考慮する」だけでなく、プロジェクト初日からサステナビリティを主軸に設計を進めることができます。たとえば予測解析機能を使用すれば、設計中の建物が周辺環境や地形などの要素に与える影響を、設計作業を進めながらリアルタイムで確認できます。実際に施工が始まる前から、日照条件や昼光利用の可能性、風、微気候などの重要な環境要素を考慮して、設計を簡単に最適化および調整することができます。さらにワークフローが進めば、Forma で作成した設計を Revit へとシームレスに転送して詳細設計のフェーズに移行します。Revit では、詳細な予測解析を利用して、設計における個々の意思決定が、エンボディドカー



ボンとオペレーショナル カーボンの両方に及ぼす影響を調べることができます。Revit は、幅広くさまざまなソリューションとシームレスに統合可能な、オープンで拡張性に優れた特長を備えています。Revit でネイティブに機能するアプリケーションのほか、サードパーティ製アプリケーションとも統合するため、簡単に外部のデータソースを取り込んで設計アプローチを最適化することができます。サステナビリティ解析に役立つツールには、Autodesk Insight（炭素インサイトのテクニカルレビュー）、tallyLCA、tallyCAT（ベータ版）、One

Click LCA などがあります。これらのツールを使えば、より多くの選択肢を短時間で検討し、設計要件に最適なコンセプトを簡単に見つけることができます。

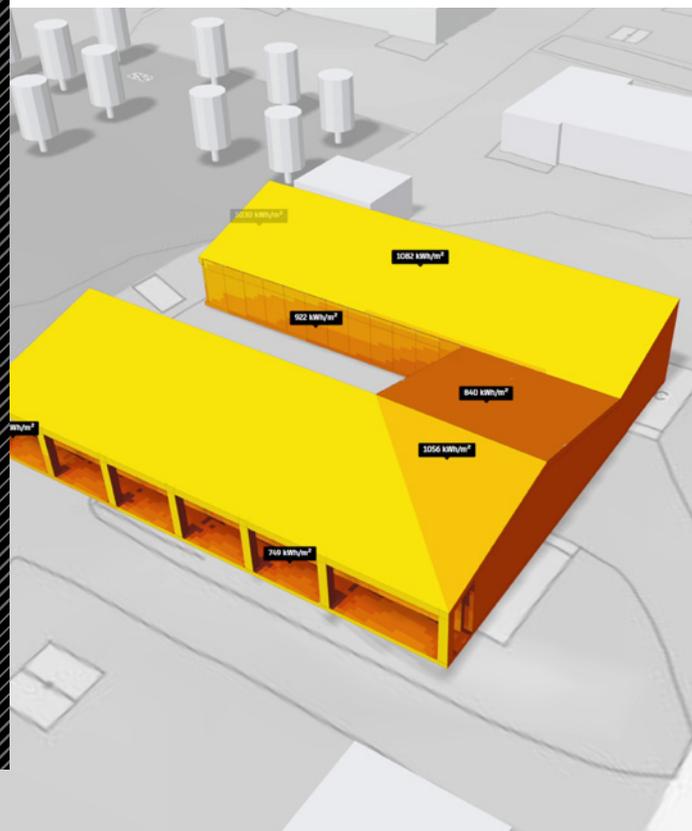
建築設計者やプランナーは、建物の利便性やクオリティ、経済性、耐久性、性能などの特定要素を調べることで、レジリエンスとサステナビリティを向上させて建物寿命を伸ばすことができ、結果として長期的な観点で環境への影響を低減させることができます。このアプローチによって設計プロセスは根本的に変わり、設計によってサステナブルな建物を実現する上で新たな可能性が生まれ

ます。設計プロセス全体を通して迅速かつスマートな意思決定が可能になり、データに基づくパワフルなインサイトを活用することで、アイデアやコンセプトを生み出し、テストし、さまざまなオプションを選択する作業が効率的になります。良質なデータが得られれば、人と地球の両方にとって、より良い成果が得られます。これはシンプルではありますが、影響力のある事実です。

Forma は、大きな可能性をもたらすソフトウェアです。建設会社の Arcadis 社は、この Forma を計画フェーズの初期段階から活用しています。同社の建築設計チームは、Autodesk Forma の環境解析ツールを使用したマルチステップのワークフローを構築し、計画の初期段階から設計プロセスにサステナビリティを組み込んでいます。プロジェクトの初期段階からサステナビリティに取り組むことは理にかなっていると、Arcadis 社の建築設計者たちは話します。取り組みを始めるのが早ければ早いほど、費用対効果が上がるからです。Forma を使用すると、日照、運用エネルギー、太陽エネルギーなどの要素に関する情報が得られるだけでなく、建築設計者とサステナビリティ専門家の間のコミュニケーションが円滑になり、密な連携によって優れたソリューションが生まれ、成果が向上し、結果的にサステナビリティの目標達成に役立ちます。

「サステナブルな設計は選択肢のひとつではなく、必要不可欠なものと私たちは考えています。たとえば、Forma の運用エネルギー解析ツールを使用すれば、プロジェクト開始時から設計上の意思決定による影響を詳しく理解できるため、サステナブルな設計を実現しやすくなります。サステナブルな設計が実現しやすくなったのは、こうしたツールのおかげです」Arcadis 社 建築設計・都市計画主任/Pablo La Roche 氏

[Autodesk Forma の詳細はこちら](#)



## 2. アダプティブ リユース

最もサステナブルなアプローチのひとつは、既に存在するものを、必要な形に作り変えることです。これは建物にも当てはまります。「アダプティブ リユース」では、建物の寿命を延ばすことができます。

このアプローチは、社会的・経済的にも、サステナビリティの面でも大きなメリットをもたらします。そのため、今後 10 年の間に行われる不動産開発の 90% がアダプティブ リユースによるものになるだろうと専門家は予測しています。<sup>7</sup>

建物の再利用は、建築的・文化的遺産を保存し、無駄な取り壊しをなくし、都市部の環境悪化に対処する方法として非常に効果的です。建築設計者は、新しい資材の使用を減らし、建物のエネルギー効率を最適化することで、プロジェクトのエンボディド カーボン削減できます。「リノベーション」と「リユース」のプロジェクトでは、建物を新規建設する場合よりもエンボディド カーボンが一般的に 50~75% 少なくなります。<sup>8</sup>

<sup>7</sup> 出典：Adaptive reuse of commercial real estate – QuickLook blog | Deloitte US

<sup>8</sup> 出典：<https://www.aia.org/articles/70446-ten-steps-to-reducing-embodied-carbon>

ReCap Pro を使用して、既存の構造物と資材の属性を正確にキャプチャし、作り変えて再利用すれば、新しい建材の必要量が減り、資源の保護につながります。リアリティ キャプチャと 3D スキャンの機能を搭載する ReCap Pro を使用して、建築設計者とエンジニアは、既存の建物やインフラからリアルな 3D モデルを作成できます。写真、レーザー スキャン、ドローン画像などのさまざまなデータ ソースを取り込み、実際の構造物の情報を総合した正確なデジタル モデルを生成できます。プロジェクト関係者はこのモデルを通じて、建物の現況を細部まで理解し、検証することができます。その豊富な情報に基づき、アダプティブ リユースのプロジェクトで、設計上の判断を的確に導くことができます。ReCap Pro は BIM プロセスにも対応し、Revit などの他の設計ツールともシームレスに連携します。資材や構造物のアダプティブ リユースに ReCap Pro を使用することで、建設プロジェクトに伴う二酸化炭素排出量を大幅に削減することができます。ReCap Pro はこのようなアプローチで、サステナブルな建築プロジェクトの推進に役立ちます。

Vigentina9 プロジェクトの要件は明確でした。ミラノの素敵な小道にある歴史的な建物を、周辺の独特な雰囲気合った外観で再生したいということでした。プロジェクトチームは、建物内部を安全に解体する必要があったほか、元の建物の構造を維持しつつファサードのデザインを現代風に作り変えるためにバランスをとりながらリノベーションを実現する必要がありました。Lombardini22 S.p.A. のチームは、ReCap Pro と Revit を使用することでこの課題を解決しました。このプロジェクトは後に、AEC Excellence Award を獲得しました。

ReCap Pro の詳細はこちら



### 3. コラボレーションがレベルアップ

建築プロジェクトのカギとなるのはコラボレーションです。建築設計の作成と実現は、さまざまな関係者の協力がなくては成り立ちません。そのため、最新の設計アプローチにおいては、すべての分野の関係者がひとつに連携し、あらゆる情報にアクセスできる環境を構築することで、最善の成果を目指します。Forma、Revit、ReCap Proなどのデジタルツールをプロジェクトで活用することで、コラボレーションや調整がスムーズになります。関係者全員が同じデジタルモデルにアクセスしながら作業を進めることができるため、各専門家のさまざまな観点から、設計が適切か、変更が必要かどうかをチェックできます。計画の早い段階から、すべて

の関係者が必要な情報にアクセスできるようにすることで、手戻り発生のリスクを最小限に抑え、プロジェクトをスケジュールどおりに完了させることが可能になります。計画・設計にデジタルソフトウェアを使用すると、相互に関連付けられた統合データに対して、各関係者がさまざまな種類の解析を行いながら、同時進行で意思決定を行うことができます。プロジェクトチーム全体で、十分な情報を基に話し合いながら設計の質やパフォーマンスを高めることができるため、プロジェクト管理が効率的になります。さらにFormaのAPIで拡張機能を作成し、チームのニーズとワークフローに合わせてFormaをカスタマイズすることで、よりシームレスかつ柔軟なプロセスを構築することもできます。

地方自治体が、地域の密度を高めたい場合、アダプティブリユースのアプローチがしばしば手段として選ばれます。BPDの場合も同様です。オランダとドイツで事業を展開する業界最大手の不動産デベロッパーは、ドイツのニュルンベルクで始まる住宅開発プロジェクトの設計コンペに備えて、既存のタワーと近隣の建物を再利用することを考えました。同社はFormaを使用することで、地方自治体やコンペ参加者と手軽にコミュニケーションを交わすことができ、プロジェクトの機会とリスクを特定し、コンセプトをチェックして自社の設計がサステナビリティや気候条件に及ぼす影響を把握することができました。コンセプトの修正も、ボタンをクリックするだけで簡単に行えました。

「Formaのおかげで現場評価や話し合いにかかる時間が大幅に短縮した結果、プロジェクトの最も重要な課題に集中して取り組むことができました。人々が楽しく健康的に充実した生活を送れる、サステナブルで高品質な住宅をつくるという課題です」  
BPD社プロジェクト開発者/Fabian Kuusik氏

サステナビリティの課題に対処する必要がある場合は、このアプローチを取り入れることで、サステナビリティコンサルタントとのコラボレーションが非常に効率的になります。こうしたコンサルタントは、設計プロセスを左右する重要な役割を果たしています。そのため、彼らがプロジェクトのデジタルモデルにアクセスできる環境を構築することが重要です。コンサルタントはこのモデルを通じて、設計プロセスの早い段階からサステナビリティを念頭に置いて作成された設計を受け取ることができ、クリエイティブかつ影響力のある設計アドバイスの提案にフォーカスすることができます。



# 未来への展望

現在、世界的に、サステナブルな経済へのパラダイムシフトが起きています。そして建築設計業界もまた、時代にふさわしい取り組みを行うことを求められています。そして建築設計者は、建物やインフラの構想、施工、運用、最終的な解体までを考慮した、サステナブルな設計を実現する責任を負っています。建築設計者とプランナーは、両者で力を合わせて、より良い未来の実現に大きく貢献していく義務を負っています。そのためには、建設業界から排出される二酸化炭素の削減に積極的に取り組み、限りある資源を慎重に使用し、サステナブルな構造物の建設に積極的に関与していく必要があります。

現代の建築設計者とプランナーは、建設業界の二酸化炭素排出量を最小限に減らし、資源を節約し、サステナブルな建築を通じて未来に良い影響をもたらす上で、重要な役割を担っています。計画・設計の早期段階からデジタルテクノロジーを活用すれば、初めから積極的にサステナビリティを設計に組み込むことができます。必要なソフトウェアを連携させながらスムーズにワークフローを進めることで、関係者、情報、アイデアがひとつにつきながら、統合された新しい働き方を構築できます。

---

最新の作業環境を一から構築する場合も、既存の作業環境をアップデートしていく場合も、オートデスクのソリューションが、あらゆるケースを幅広くサポートします。プロジェクトの初日からサステナブルな設計を作成できる環境を、実現しましょう。

---

