

**令和4年度 BIM を活用した建築生産・維持管理
プロセス円滑化モデル事業**

検証結果報告書

**【新菱冷熱工業株式会社中央研究所新築計画における
建物のライフサイクルにわたる BIM 活用の効果検証と課題分析(S5)】**

令和5年3月

**新菱冷熱工業株式会社
株式会社竹中工務店**

内容

1. プロジェクトの情報	1
1-1 プロジェクトの概要	1
1-2 検証対象の概要	1
2. 本事業を経て目指すもの、目的	3
3. BIM データの活用・連携に伴う課題の分析等について	4
3-1 施工技術コンサルティングの導入効果	4
3-1-1 分析する課題について	4
3-1-2 課題分析の進め方、実施方法・体制	4
3-1-3 課題分析の結果	4
3-2 設計 BIM を施工につなぐ要件分析	8
3-3 維持管理・運用 BIM 作成における課題分析	11
3-3-1 分析する課題について	11
3-3-2 課題分析の進め方	11
3-3-3 課題分析の結果	12
3-4 令和 2 年度からの課題分析のまとめ	19
4. BIM の活用による生産性向上等のメリットの検証等について	21
4-1 監理業務の効率化	21
4-1-1 定量的に検証する効果、目標、効果を測定するための比較基準	21
4-1-2 効果検証等の進め方、実施方法・体制	21
4-1-3 効果検証等の結果	22
4-2 設計変更の効率化	30
4-2-1 定量的に検証する効果、目標、効果を測定するための比較基準	30
4-2-2 効果検証等の進め方、実施方法・体制	30
4-2-3 効果検証の結果	31
4-3 令和 2 年度からの検証結果のまとめ	34
5. 結果から導き出される、より発展的に BIM を活用するための今後の課題	34
5-1 事業者として今後さらに検討・解決すべき課題	34
5-1-1 BIM を利用した建物のライフサイクルアセスメント	34
5-1-2 BIM による発注者メリットについて	40
5-1-3 施工技術コンサルティングについて	42
5-2 建築 BIM 推進会議や関係部会・関係団体等に検討してほしい課題	42
5-2-1 BIM 承認の実現	42
5-2-2 プロジェクト参加者のトレーニング	43
5-3 今後のガイドラインの見直しに向けた具体的な提言	43
5-3-1 総合図に関する記載の追加	43
5-3-2 各種 Issue の構造化について	43

6. EIR と BEP の分析	44
6-1 EIR の分析	44
6-2 BEP の分析	44
6-2-1 BIM の目的および活用事項と LOD について (3 章)	45
6-2-2 利用 CDE 環境 (添付 BEP 4 章)	45
6-2-3 関係者に必要なスキル (添付 BEP 5 章)	47

<参考資料>

1 EIR・BEP	
1-1 EIR (施工者向け)	
1-2 BEP (施工フェーズ)	
2 モデル事業 WG 発表資料	
2-1 発表資料 (令和 4 年 11 月開催)	
2-2 発表資料 (令和 5 年 1 月開催)	
3 その他	
3-1 図面の確認事項に対する BIM モデルによる表現方法案	
3-2 設計 BIM モデル引継ぎ資料	
3-3 BIM ツール使用方法に関する教育資料	

1. プロジェクトの情報

1-1 プロジェクトの概要

(1) 建物概要

本プロジェクトの建物概要を以下に示す。

- ・ 所在地 : 茨城県つくば市
- ・ 建物用途 : 研究所
- ・ 延床面積 : 約 4,800m²
- ・ 規模 : 地上 3 階
- ・ 構造種別 : 鉄骨造
- ・ 竣工予定 : 令和 5 年 10 月

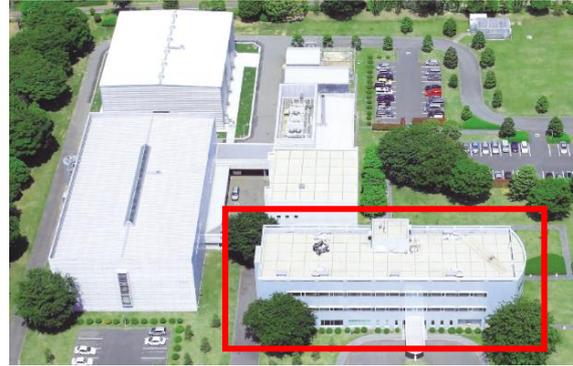


図 1-1 現在の研究所（赤枠内を建て替え）

(2) プロジェクトにおける事業者（提案者）の位置づけ

- ①新菱冷熱工業株式会社 : 発注者（=建物所有者）、施工者、施工技術コンサルティング業者、ライフサイクルコンサルティング業者、維持管理・運用 BIM 作成者、
- ②株式会社竹中工務店 : 施工者、施工技術コンサルティング業者

(3) プロジェクトの概要・特徴

本プロジェクトは、事業者が所有する研究施設の老朽化に伴い、さらなる研究開発力強化を目的とした「中央研究所再構築計画」の一環として実施する研究本館の建て替え（新築）工事である。本プロジェクトの特徴を以下に示す。

- ・ 研究所の規模や人員数などから、研究所員自ら施設の維持管理・運用を行っている。
- ・ 発注者が建築設備工事会社であることから、設備（空調・衛生・電気）の施工は発注者およびそのグループ会社が担当する。
- ・ 設計者、施工者との協議には、施設管理担当者に加え、発注者の設備エンジニアも参加する。

1-2 検証対象の概要

(1) 本事業で分析・検証する業務ステージとワークフローのパターン

本プロジェクトは「設計施工分離発注方式」であるが、基本設計から「工事受注を前提とした設備工事会社」が施工技術コンサルタントとして参画したため、ガイドラインのワークフローパターン④として検証している。

(2) 分析・検証の時期

これから BIM を活用するプロジェクト

(3) プロジェクト全体のスケジュールと分析・検証のスケジュール

図 1-2 に令和 4 年度のプロジェクト工程と事業計画を示す。本プロジェクトは、平成 31 年（令和元年）1 月から基本計画（S1）を開始し、令和 2 年 1 月に基本設計（S2）がスタート、そして令和 3 年 8 月から実施設計フェーズ（S3、S4）に移行し、令和 4 年 1 月に設計フェーズが終了した。S4 段階（令和 3 年 10 月スタート）から、建築工事の施工技術コンサルタントが参画し、設備のコンサルタントと協力して施工のフロントローディングを試行した。令和 4 年度は、10 月の着工に向けた施工の準備段階と着工

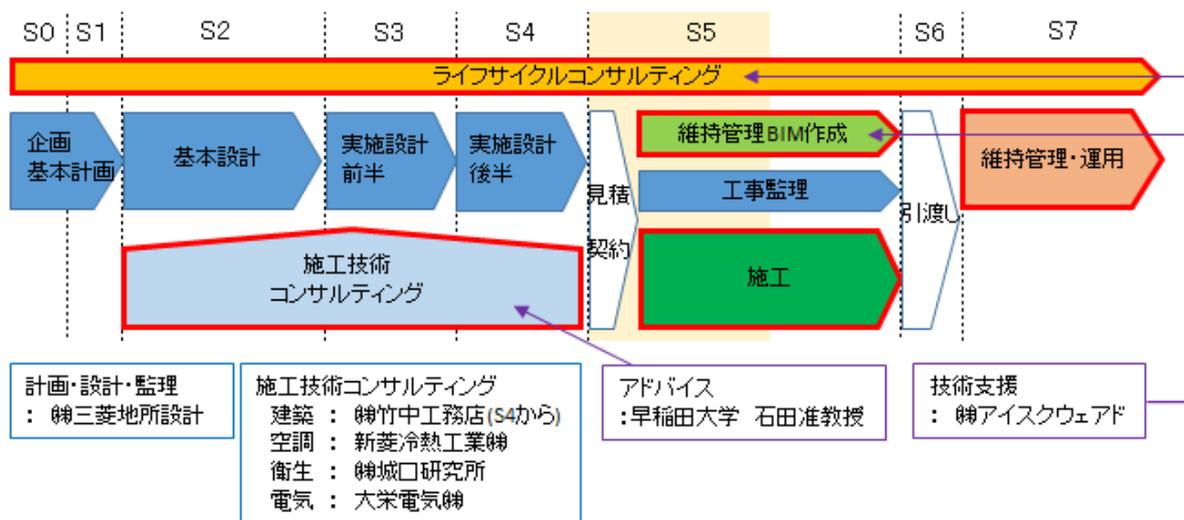
後の施工フェーズにおける検証となった。

(4) 分析・検証の実施体制、各プロセスでのそれぞれの役割分担

図 1-3 に検証の実施体制を示す。事業者は、プロジェクトの発注者であり、また、空調設備の施工者および施工技術コンサルタントでもある。さらに、ライフサイクルコンサルタントと維持管理・運用 BIM 作成者を発注者から選任し、ライフサイクルコンサルティングとしての FM 基本方針と発注者情報要件書 (EIR) の作成、および維持管理・運用 BIM の作成計画立案については、外部の有識者 (株)アイスクウェア) による技術支援を受けた。さらに、プロジェクトにおける BIM の進め方や事業の検証・分析方法の検討について、学識者 (早稲田大学 石田航星准教授) を会議に招聘し、適宜アドバイスを受けた。計画・設計・工事監理は株式会社三菱地所設計が担当し、建築工事の受注者は株式会社竹中工務店、設備工事は新菱冷熱工業株式会社 (空調)、株式会社城口研究所 (衛生) および大栄電気株式会社 (電気) となっている。

検証・分析項目	令和4年度												令和5年度
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
プロジェクト実施工程	S5 準備期間 (2023年9月まで)												S5 (2023年9月まで)
	既存解体												
検証1 BIMによる工事監理業務にかかる作業時間削減効果の検証				総合図作成、施工図作成・承認									工事監理
検証2 BIMによる設計変更にかかる作業時間削減効果の検証				設計変更に関する検討、協議 (随時)									
分析1 施工技術コンサルティングの導入効果の検証と分析		コンサル内容引き継ぎ					コンサル提案内容に基づく施工計画作成						導入効果の検証
分析2 設計BIMを施工につなぐための要件分析		設計情報共有方法検討						設計情報の共有					
		BIM引き継ぎ											
分析3 維持管理BIM作成における課題分析		施工BEPの作成					維持管理BIM作成の要件定義						維持管理BIMの作成

図 1-2 プロジェクトと事業のスケジュール



2. 本事業を経て目指すもの、目的

本事業の目的は以下の2つである。

- ・発注者のBIM活用メリットの明確化
- ・設備専門工事会社による施工技術コンサルタント業務の確立

(1) 発注者のBIM活用メリットの明確化

発注者のBIM活用メリットは、建物のライフサイクルにわたる総合的な価値が得られることである。設計・施工フェーズにおいては、建物のプランを3Dモデルで表現し、各種シミュレーションで性能を可視化することによって理解の深度が増し、意思決定の迅速化が図られる。また、建築部材や設備機器などの数量集計が簡単にできるため、設計内容や変更に対するコストの裏付けが明確になる。さらに、共通データ環境（CDE：Common Data Environment）での情報共有により、データの構造化と一元管理が可能となり、確認・承認業務の円滑化が図られる。

また、建物竣工後の維持管理・運用フェーズにおいては、FMに必要十分な建物情報を持つBIMが、FMシステムとデータ連携することによって、ビルメンテナンス業務の効率化はもとより、資産としての建物を適切な維持管理と運用により有効に活用することが期待できる。本プロジェクト（研究施設）の場合、施設内で行う各種実験装置の設置／盛替えについて、スムーズにかつ高精度に検討することができる。研究施設は、施設内にさまざまな実験装置等を複数設置する点が特徴的であり、装置等は、外形やユーティリティとの接点、発熱量など、その仕様はさまざまである。研究施設内では、隣り合う装置等が周囲環境も含めて互いに干渉しない、適切な実験条件を整えることが要求される。しかし従来の2Dによる竣工図をもとにした場合には、以下のような課題があった。

- ・2D図面であるため、施設利用者には理解しにくいものであり、必要な情報が欠落している場合もあり、実験装置の設置検討が難しい。
- ・各種シミュレーションのためのモデル作成に手間がかかる。
- ・隣接する他の研究エリアとの干渉（熱負荷、照度、気流、他）を事前に考慮した設計が難しい。

これらの課題に対し、BIMを利用すれば室内環境条件のシミュレーションはもとより、周辺エリアへの影響やユーティリティ使用に関するシミュレーション、さらには、実験装置や空調換気設備の入れ替え作業に関するシミュレーションなどにより、詳細な運用検討を多角的に行うことができる。あわせて、検討ケースごとに必要なコストを精度よく迅速に算出することができれば、適切なコスト管理が可能となる。

(2) 施工技術コンサルタント業務の確立

設備専門工事会社が設計に参画することにより、設備の納まり検討や施工計画を前倒しで行うなど、施工の合理化に寄与することは従来から認識されていた。これは建築工事（意匠、構造）においても同様である。BIMのガイドラインにおいて、この業務が施工技術コンサルタントの提供するサービスとして定義されたことは、発注者メリットはもとより、施工段階での手戻り防止や生産性の向上という点でも大変有意義である。本事業において、施工計画検討のフロントローディングによる効果を明確にするとともに、施工技術コンサルタントに求められる役割、業務内容について分析することで、施工技術コンサルタント業務の価値を明らかにし、コンサルタントとしての地位の確立に貢献する。

(3) BIMによる建築プロジェクトの全体最適化

従来のBIM活用は、設計、施工のプロセス間でBIMデータの連携が分断され、プロセス内の個別最適

にとどまっていた。本事業では、事業者が発注者としてプロジェクト全体を統括管理し、設計から施工、維持管理まで BIM データを一貫して活用する「つながる BIM」の実践に取り組む。そして、発注者と受注者(施工者)両方の立場で BIM 導入のメリットと課題を検討することにより、プロセスの部分最適にとどまらない、プロジェクトの全体最適化を図るための BIM 活用方法を見出す。

3. BIM データの活用・連携に伴う課題の分析等について

3-1 施工技術コンサルティングの導入効果

3-1-1 分析する課題について

S4 で施工技術コンサルタントが提案した内容は大きく以下の 3 項目である。

①工程の最適化

設計 BIM から集計される部材の数量を根拠に、施工技術コンサルタントが協力して工事工程表を作成した。さらに、作図発注工程表を作成することにより、もの決めの期間を含めた工程計画を作成した。

②工事の効率化

各階の内装工事と設備工事について、設備ユニット化と設備先行工事により現場工数を削減して、工期を短縮する計画を作成した。

③脱炭素の提案

使用する部材や機器の選定や現場工数の削減により、建物のライフサイクルにおける CO₂ 排出量の削減効果を提案した。

これらの提案のうち、①と②が、施工者による施工計画にもたらす効果を分析する。

3-1-2 課題分析の進め方、実施方法・体制

本プロジェクトは設計施工分離発注方式であるため、施工技術コンサルティングを受注した施工会社は S4 の時点では正式な工事受注には至っておらず、そのため施工担当者の配置が困難であった。一方、コンサルティングを担当した技術者は、施工担当者の意向や判断が必要不可欠であるという考えから、当初想定していた施工計画の前倒しや施工 BIM 作成の実施は難しいと判断し、施工技術コンサルタントの業務(役割)を、「発注者メリットの提案」と「施工計画のための事前検討と施工者への提案」に見直した経緯がある。そのため、令和 4 年度は、コンサルタントからの提案内容が施工者に引き渡されたのち、それがどのように活用されたのかについて施工者による施工検討結果とヒアリングにより分析する。さらに、施工技術コンサルティング導入により発注者が得られるメリットについて整理する。

【実施体制】

施工検討：施工者（竹中工務店、新菱冷熱工業）

分析（ヒアリング実施）：事業検証者

3-1-3 課題分析の結果

(1) 工程の最適化

建築と設備の施工技術コンサルタントが協力して工事工程表を作成し、それを基に工法および調達環

境・情報を考慮して作図/もの決め工程表を作成した。作成した作図/もの決め工程表をもとに先行発注が必要な鉄骨などの調達に向けた発注者との契約時期の合意、また契約図の発行に対する設計者との調整を行うことで、プロジェクト全体工程の最適化を図った。その結果、10月着工に先駆けて4月に契約を結び、工程に基づいて鉄骨の先行発注などを実施した。

また、着工後は施工技術コンサルティングで作成した作図/もの決め工程表をもとに総合図および施工図の進捗管理をするプロモーション工程を施工者が作成し管理を実施している。

専門性を有する施工技術コンサルタントが、S3-S4 段階でプロジェクトに参加し、施工者と契約する際に設計図や契約条件に施工性および調達環境の情報を盛り込み、プロジェクトスケジュールがコントロールされた状態で見積条件などを提示できることは、発注者およびプロジェクト全体にとって非常に有効かつ効率的である。本プロジェクトでは、施工技術コンサルティング会社と施工会社が同一であったため、S4 段階での施工技術コンサルタントの提案内容を施工者が理解することに問題はなかった。しかし、施工技術コンサルティング会社と施工会社が異なる場合でも同様に提案できるように、施工技術コンサルタントには高い技術力と専門性が求められる。

■ プロジェクトのスケジュール提案

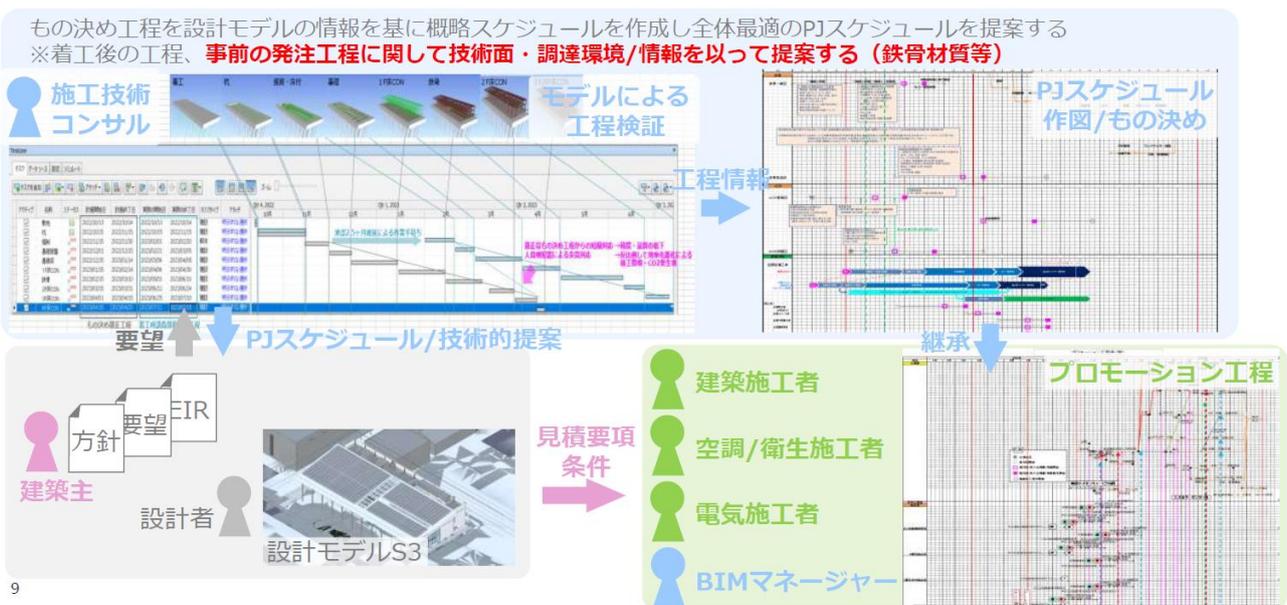


図 3-1 施工技術コンサルタント作成の作図/もの決めスケジュールと施工者作成のプロモーション工程

また、作図/もの決め工程およびプロモーション工程に関して、製作物などの各項目に対して日付に関する情報は工程線で確認できるが、その項目が建物のどの場所に配置されているかが理解しづらい場合がある。施工の知識や経験があれば工程線の持つ意味と意図を理解できるが、一般的な発注者にとっては、工程線からもの決めおよび発注のタイミングを理解することは難しいと思われる。これは工程遅延や圧迫の大きな要因の一つである「もの決め、作図、発注の遅れ」につながるものである。本プロジェクトでは、発注者を含むプロジェクト関係者全員が、もの決め、発注の時期に対する理解度を高め、共通認識を持つために、作図管理表とモデル内のオブジェクトが連携し、日付のパラメータにより、もの決め、作図、発注の時期を視覚化することで共有を図っている。図 3-2 に作図管理オブジェクトを示

す。作図管理表と連携しているため、作図回覧の進捗状況に応じて色が変わる。このオブジェクトを作図の対象物が設置される場所に配置することにより、対象物が配置される場所とその「もの決め」状況が紐づいて可視化される。

施工者へのヒアリングでは、発注するもの一つ一つの進捗については従来通りの作図管理表によって進捗を確認することができ、計画通りであれば問題にはならないが、作図の対象となる製作物の追加や遅れが発生した際には、該当する製作物だけでなく周辺の製作物や工事の進捗にどこまで影響が出るのかを確認する必要があり、作図管理オブジェクトによりモデルで視覚的に確認できると対処や判断がしやすく、非常に有効である、という評価を受けた。また1週間後や1か月後などの状況を視覚化し関係者へ周知することで、該当項目の管理だけでなくその周辺の製作物や工事進捗に対しての「気づき」を得ることが期待できるのでより効果的であるという意見があった。この対応に関しては今後の課題と考えている。

作図管理表



No.	建物名	種別	用途	種別	BIMモデル構築						工期	
					1階	2階	3階	4階	5階	6階		
09	三層ビル	事務所	アルファビル		2023/10/14	2023/11/7	2023/11/20	2023/12/3	2023/12/16	2023/12/30	2023/12/30	2023/4/17
10	三層ビル	事務所	アルファビル		2023/10/14	2023/11/7	2023/11/20	2023/12/3	2023/12/16	2023/12/30	2023/12/30	2023/5/10
11	五層ビル	事務所	デルタビル		2023/10/14	2023/11/7	2023/11/20	2023/12/3	2023/12/16	2023/12/30	2023/12/30	2023/4/17

作図回覧状況を管理



作図の進捗状況を可視化

図 3-2 作図管理表と連動した作図管理オブジェクト

施工技術コンサルティングで実施したモデルによる工程検討に対して、施工段階では検討したモデルに加え既存建物と仮設状況を含めたより詳細な工程検討と計画が必要となる。本プロジェクトでは、新築部分はモデルを活用し、既存建物や仮設に関しては点群データを活用して検討することとしている。図 3-3 に、本プロジェクトで既存建物解体後に計測した点群データ（左）と、新築する建物の BIM モデルを示す。点群データを活用する理由は、現場の現況に関してモデルで表現しきれていない仮設や設備配管や地盤・残置している樹木等の位置関係をモデル空間内に示すことができるためである。例えば重機の配置検討においては、周辺の状況により重機やアウトリガーの位置を墨出しする場合がある。そのような際に、詳細かつ正確な現地の状況を点群データから読み取ることができることは、仮設計画や

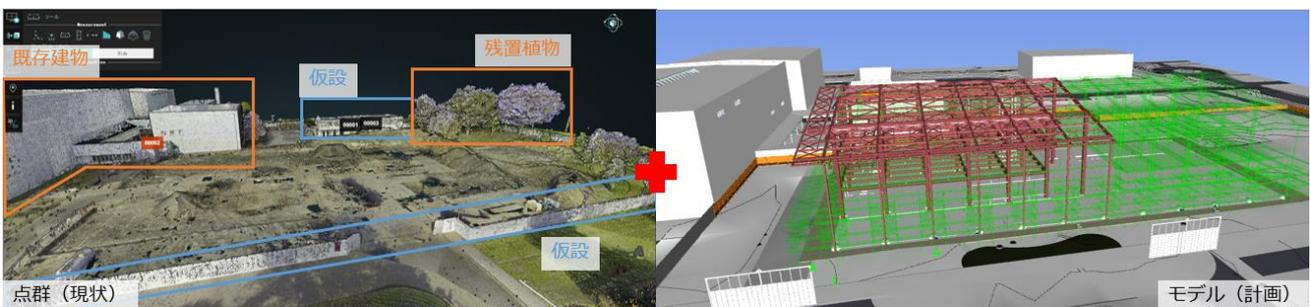


図 3-3 点群データ（現状）と BIM モデル（計画）の併用

重機配置に関してモデルだけでは判断できない「気づき」が得られ、検討の詳細度と正確性が上がる点に効果があると考えられる。

(2) 工事の効率化提案

施工に対する発注者の要望は、現場工数削減による工期短縮であった。それを理解した設備のコンサルタントは、「設備のユニット化と先行工事」を提案した。各階の共用部(廊下)天井内、および実験エリア(屋内露出)の空調配管と他設備をユニット化する、さらに、建築の間仕切壁設置工程を分割し、設備ユニットを設置するエリアを先行して実施すると同時に、他エリアの設備工事を可能な限り実施する、そして設備ユニット設置後、残りの間仕切壁工事を実施する、というプランである。工期短縮の裏付けとして、BIMから集計した部材数量から作業工数を計算し、従来工法の手順による作業期間と比較した。

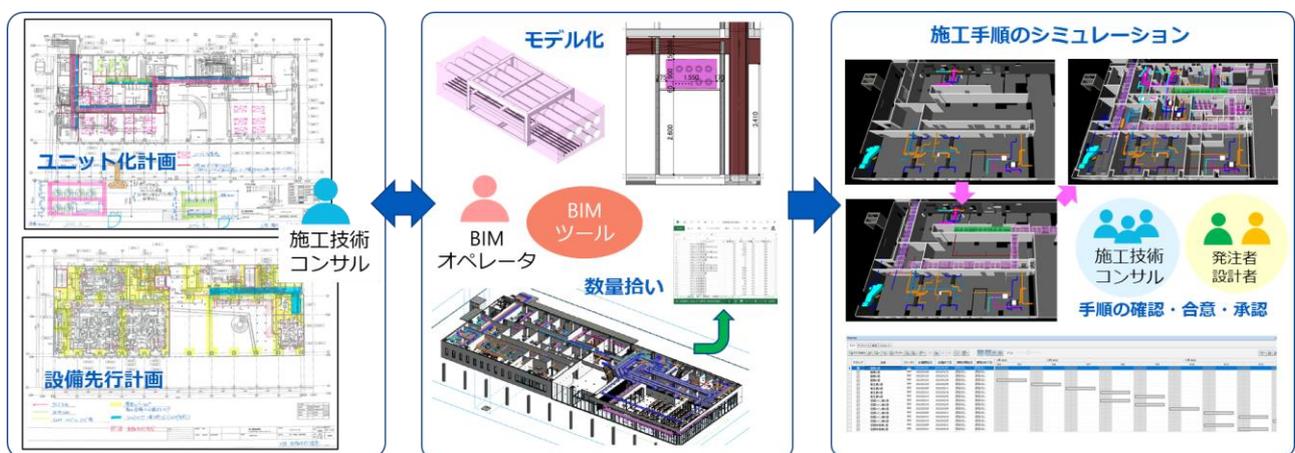


図 3-4 設備ユニット化+設備先行工事の提案（令和 3 年度に実施）

この提案を受け、施工者は提案内容の実現性を検討した。その結果、1階と3階は提案に沿った形でユニット化を計画するが、2階は従来工法で施工することとした。その直接的な理由は、天井内の設備の納まりが厳しいことであった。具体的には、1階天井内の空調設備と2階床下の実験排水設備の取り合いから、空調配管をユニット化する空間的な余裕がなく、空調配管を梁貫通とすることが最も合理的であると判断された。施工技術コンサルティングが実施された段階で実験排水配管のルートが未確定であったため、施工検討の結果ユニット化が可能であると判断されたが、施工フェーズで排水配管のルートが確定したのち改めてユニット化を検討した結果、実現が困難であるという判断になった。もちろん、配管径が小さく従来工法でも遅滞なく施工ができるという判断も同時になされた上での結論である。

一方、発注者のニーズが現場工数削減による工期短縮であるということを認識した施工者は、コンサルタントからの提案にはない、以下のような工法を計画した。

- ・空調機械室内の熱交換器と接続される配管設備をユニット化
- ・ファンコイルユニットと接続される配管・ダクト設備をユニット化
- ・配管・ダクト部材を可能な限りプレファブ化
- ・ロボットによる作業の自動化

これらのユニット化やプレファブリケーションは、メーカーや現場外の加工サイトで加工し、現場に搬

入することで現場工数を削減する。

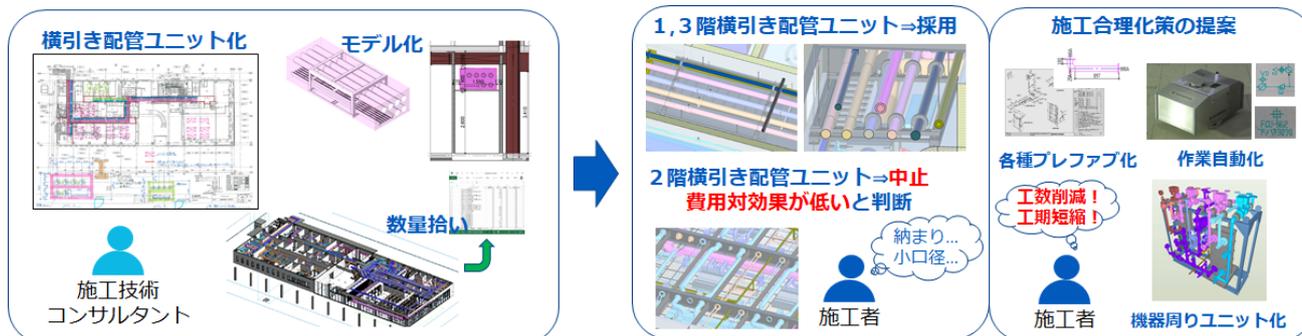


図 3-5 施工技術コンサルタントによる提案と施工者による施工計画

施工技術コンサルティングは、発注者が直接契約したコンサルタントにより、発注者の要望に基づいてさまざまな施工検討を行い提案する。そのため、以下のようなメリットが期待できる。

【施工技術コンサルティングのメリット】

- ①発注者との直接契約に基づくため、提案内容の検討は施工者の必須条件となる。
 - ②発注者の要望が理解できるため、提案以外の施策を引き出す動機付けになる。
 - ③契約直後からコストを含めた具体的な検討に着手することができる。
- この結果、発注者にとって納得感のある施工計画が、比較的短期間で作成される。

ただし、設計フェーズでの未確定な部分について、コンサルタントが十分に認識していないと、計画した内容が設計の確定後では実現できないという結果になる可能性がある。そのため、施工技術コンサルタントは設計情報を正確に把握し、未確定内容を考慮した柔軟性のある施工計画を立てることが求められる。そのためには、設計者からの設計情報の共有が必要となり、施工技術コンサルティングに対する設計者の理解と情報共有のルールが必要であり、発注者には、両者間の調整という役割が求められる。

3-2 設計 BIM を施工につなぐ要件分析

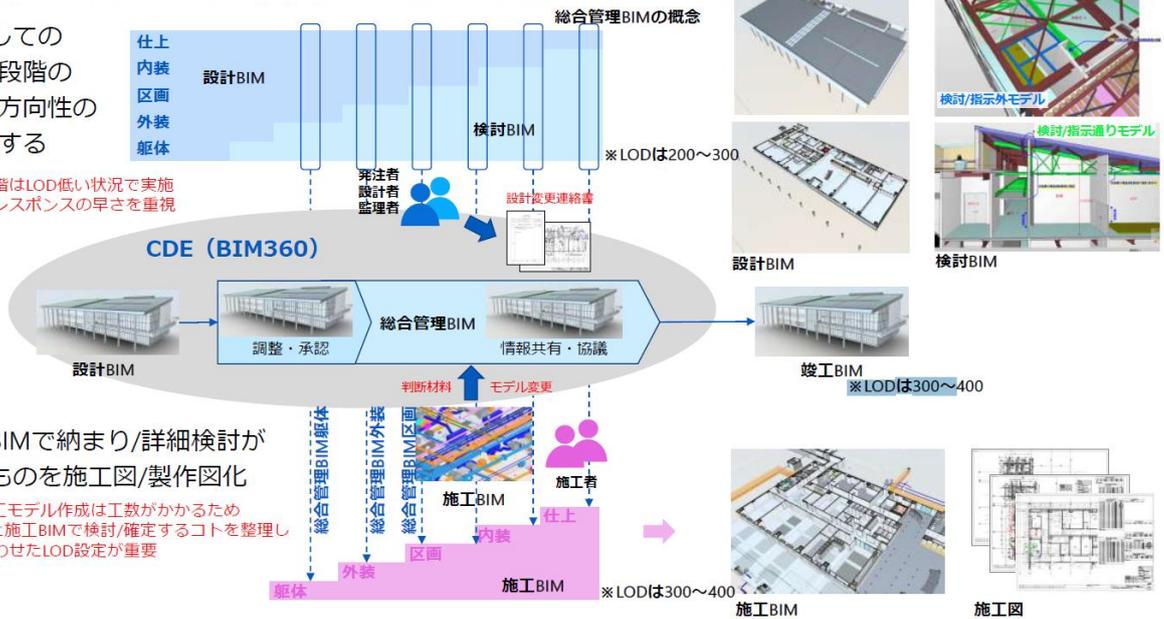
3-2-1 分析する課題について

本プロジェクトが設計施工分離方式であることから、設計 BIM の情報を施工 BIM につなげるために必要な情報およびモデリングルールの検証を課題とした。また、総合図調整における設計意図を集約・管理することを目的として、設計 BIM をベースに検討項目や追加変更項目に関して LOD200～300 程度の検討 BIM を作成し、設計意図を反映させ調整を行う総合管理 BIM を設定した。総合管理 BIM で設計意図を集約・管理することで、その情報をもとに発注者および設計者との合意をすることおよび施工モデルへの指示とすることで正しい情報を LOD200～300 の状態に保ち、その情報を維持管理につなげていくことを目的としてその検証を実施した。(図 3-6)

■ 設計BIM + 検討項目の「正しい」情報集約する総合管理BIMの運用

- ・ 総合図としての
躯体/内装段階の
設計指示/方向性の
検討/確定する

※ 総合図初期段階はLOD低い状況で実施
・ モデリングのレスポンスの早さを重視



- ・ 総合管理BIMで納まり/詳細検討が
完了したものを施工図/製作図化

※ LODの高い施工モデル作成は工数がかかるため
総合管理BIMと施工BIMで検討/確定するコトを整理し
検討項目に合わせたLOD設定が重要

13

図 3-6 総合管理 BIM の運用概念図

3-2-2 課題分析の進め方、実施方法・体制

設計 BIM に関する LOD/LOI は、EIR に規定されている。契約時に、設計者から施工者に対して設計モデルおよび LOD/LOI と懸案事項に関する説明を行う設計 BIM の引継ぎ会を実施した。設計担当者から LOD/LOI の説明と、設計 BIM に対するモデルの精度および検討中である旨を施工者に説明し、施工者はその説明を受けた上でデータを受領しその後の検討 BIM への活用および施工 BIM への活用へとつなげた。実施した引継ぎ会およびデータ確認に関して課題分析を行うにあたり、施工者に対し設計 BIM の LOD/LOI の評価および施工の目線で設計 BIM に入力されていてほしい情報やその他の要望などに関するヒアリングを実施した。

【実施体制】

設計 BIM の引継ぎ：設計者（三菱地所設計）

分析（ヒアリング実施）：事業検証者

3-2-3 課題分析の結果

(1) 設計 BIM 引継ぎについて

設計 BIM 引継ぎ会では、設計者から以下の資料が提示された。

- ① 設計 BIM ワークフロー
- ② モデリングガイドライン～要素別 LOD&LOI
- ③ 図面リスト
- ④ 設計 BIM モデル引継ぎ事項（参考資料 3-3）

①は S2 から S4 の各フェーズにおけるオブジェクトごとの LOD と LOI の遷移を表すフローチャートであり、②はオブジェクトごとに LOD が表すモデル形状と LOI が表す入力パラメータリストを表す資料で

ある。いずれも設計フェーズのBEPに示されている。③は設計図書の一覧であり、BIM (Revit) で作成した図面を明示している。また④は、「建築設計三会：設計 BIM の標準ワークフローガイドライン」に従って、実施設計図書と共に BIM の成果物を納品する際の「当該成果物の確定している範囲、モデリング・入カールール」をまとめた資料である。

設計 BIM 引継ぎ会終了後、建築と設備（空調）の施工者に対し、引継ぎに関するヒアリングを実施した。質問内容は下記の3項目である。

- ①設計 BIM の活用について
- ②「確定／未確定情報」について
- ③その他の情報について（設計ワークフロー、要素別 LOD&LOI、図面リスト）

表 3-1 にヒアリング結果の一覧を示す。

表 3-1 設計 BIM 引継ぎ内容に関するヒアリング結果一覧

	共通	建築	設備
1. 設計BIMの活用について			
(1)3Dモデル	施工検討や総合図調整、施工BIMのベースとして使用している。	VEや変更・検討項目をS4モデルに追加したりモデルを修正したりしている。 2Dと3Dの情報で整合が取れていない部分については、設計者に別途情報をいただいている。(当初は、求積図を基に判断することを考えていた)	検討開始時にモデルがあるのは有用である。(2Dを3Dにする手間が省ける) 納まりが厳しい場所がわかりやすい。 系統や用途別に色分けされているので、視認性が良い。
(2)属性データ		壁の表裏および厚さ情報をモデルに反映してほしい(初期検討に必要)。 マテリアルや線種に関する情報が多いので、整理されたものを引き渡してほしい。	設計値に適したサイズになっていない設備があったため、特記仕様書を確認する必要があった。 基本的に設計図書を正とするため、BIMの集計表ではなく、機器表をもとにしている。
(3)設計図書	設計図を正としている。		
2. 「確定／未確定情報」について			
	確定・未確定の情報が引継ぎで明確にされたのは有効だった。	設計図が基本で、詳細は詳細図を参照、とのことだが、詳細図を充てると整合が取れていない部分があった。その詳細図とモデルの対応部分を重ね合わせされていると気づきも早くも良いのではないかと思う。	確定しているパラメータが明示されているのは有効である。
	モデルへの情報反映については、引継ぎ以降のVEや変更を踏まえて継続的に管理・共有が必要と考える。		引き継がれたモデルが、「確定／未確定情報」と整合しているかの確認が必要だった。
3. その他の情報について			
(1)設計ワークフロー	最終的に引き渡される設計BIMに関する情報が最優先であるため、設計モデルの遷移に関する情報は「参考」と考える。		
(2)要素別LOD&LOI		壁芯と厚さまではモデルで表現してほしい。設備との総合図等の調整に活用できる。 建具情報の納まりに関しての開口芯・幅・寄りに関する正の情報がモデルor2Dを共有して欲しい。	納入仕様書によって詳細度が決まってくるため、参考資料とした。 変更(VE/OD)が頻繁に起こる可能性がある機器について、どこまで使用できるか。
(3)図面リスト		図面対応している部分に関して共有するのは良い。モデルがどこまで対応しているかについての情報共有があると面白いと思う。 躯体情報に関して設計図に入っているものはいただきたい。「屋上基礎/屋上勾配等の構造でとる」という設計意思に関しては、詳細度が低くてもモデルに入っているのも良いと考えている。	建築からの情報を正として利用するため、参考程度にとどめた。

表に示す通り、確定／未確定情報が明示されるのは施工者にとって有効であるとの回答であった。一方で、確定／未確定情報に関して「3Dモデルと2D図面に齟齬がある場合は、2D図面を正とする」という前提条件が提示されているため、信頼できる情報が2D図面となり、BIMの利便性を十分に活用できない可能性があると考えられる。

また、「壁について区画の仕様と芯/厚さがモデル表現されていれば総合図調整に使用できるため有効

である」という意見に関しては、設計モデルに反映させるべきか議論が必要であるが、設計モデルが担保すべき内容は設計意図や法規等であり、それらを明確にした上で EIR にて定義することが効果的であると考えられる。

「引継ぎ以降の変更を踏まえて継続的なモデル管理と共有が必要」という意見に対し、今回設定した契約図発行後の期中検討と対応のために総合管理 BIM の整備が重要であると共に、総合管理 BIM を管理・整備する役割の設定についても議論が必要であると考えられる。

(2) 総合管理 BIM について

施工 BIM 比べて LOD を低く（200 から 300）設定した総合管理 BIM により検討を行うことによって、モデル作成のレスポンスが早くなり、もの決め／方向性決定の効率化が図れた。また、検討のためのモデル作成、修正の手間が省けることで、結果的に施工 BIM の工数削減にもつながった。

総合管理 BIM の課題は以下のとおりである。

- ①設計変更の判断材料となる数量等の比較に関して、総合管理 BIM で対応できる範囲を拡充すること。
- ②設計内容の検討／調整に関する総合管理 BIM と施工 BIM との役割分担の整理と適切な LOD 設定。

②について、建築施工会社と設備施工会社では、施工図作成者の立場が異なる（建築：専門工事会社、設備：施工者自身）ため、モデル統合時に必要な詳細度（LOD）が異なる。そのため、設備との取り合い調整を考慮した建築モデルの LOD を適切に設定する必要がある。

3-3 維持管理・運用 BIM 作成における課題分析

3-3-1 分析する課題について

本プロジェクトでは、BIM のガイドラインに従い、ライフサイクルコンサルタント監修のもと維持管理・運用 BIM の作成を試行している。維持管理・運用 BIM の要件を定義するためには、維持管理・運用段階におけるファシリティマネジメント（FM）の戦略と計画を策定し、それに基づいた要件とすべきである。令和 2 年度の事業で EIR を作成したが、従来の施設管理（ビルメンテナンス）を前提とした EIR になっており、FM 戦略の視点が欠けていた。そのため、令和 3 年度の事業であらためて維持管理・運用段階における FM 戦略・計画を策定し、それに基づいた EIR の改訂を行った。受注者はこの EIR に従って BIM 実行計画書（BEP）を作成し、それに基づいて BIM（PIM）を作成していく。この PIM をベースに維持管理・運用 BIM を効率よく作成する方法について検討するとともに、作成上の課題や CDE の在り方などについて分析する。

3-3-2 課題分析の進め方

維持管理・運用 BIM の作成フローを明確にし、それに従った BIM 作成業務を実践する。発注者（事業者）に所属する技術者がライフサイクルコンサルタントとして維持管理・運用 BIM の作成仕様書を作り、PIM の情報の正しさをチェックして維持管理・運用 BIM 作成者に引き渡すところまでを行い、作成における課題を明確化し分析する。

なお、令和 3 年度に引き続き、ファシリティマネジメントの知見とともに BIM の情報マネジメントの知見を得るため、外部の有識者（㈱アイスクウェアド）の技術支援を受けた。

【実施体制】

ライフサイクルコンサルタント：発注者（新菱冷熱工業）

技術支援；外部有識者（アイスクウエアド）

分析：事業検証者

3-3-3 課題分析の結果

(1) 維持管理・運用BIM作成に関する課題分析

BIMのガイドライン（第2版）には、維持管理・運用BIMの作成において、「設計BIM 程度の形状詳細度・属性情報量（例えば設計者から引き渡されたBIM や属性情報リスト）をベースに、施工段階で確定する維持管理・運用に必要な情報の提供を施工者から受けて作成する場合を基本的な方法として想定して」いる、と記されている。また、「維持管理・運用段階での利用目的などに応じ、施工BIM から作成する場合」も考えられる、とも記されている。維持管理・運用BIMは、発注者が建物竣工後に使用するものであるため、確定した正しい情報のみによって作成されなければならない。プロジェクト期間中の維持管理・運用BIM作成においては、プロジェクト中に作成されるBIM（PIM）をベースにモデルや属性情報の詳細度（LOD/LOI）を維持管理・運用に必要な十分になるように調整することが、ゼロからBIMを作成するより明らかに効率的である。しかし、PIMはいわゆる「仕掛品」であるために、ベースにするPIMが正しい情報で作成されているか、未確定な部分や情報はどれなのかを確認する必要がある。設計BIMをベースにする場合、施工フェーズで発生する設計変更に従って変更内容を維持管理・運用BIMに反映する必要がある、ライフサイクルコンサルタントや維持管理・運用BIM作成者の業務が増加するという課題がある。一方、施工BIMをベースにする場合は、施工BIMの完成が竣工時またはそれ以降となるため、維持管理・運用BIMの納品が運用開始後になってしまうという課題がある。

前節で述べたとおり、本プロジェクトでは設計BIMをベースにして建築施工者と設備施工者それぞれが施工検討をしたモデルを統合し、取り合いの調整や納まりの確認を行うとともに、天井伏図や壁床プロット図といった従来の総合図による調整を、統合モデルで実施している。さらに、設計変更の内容についても、この統合モデルに随時記録、反映することで、常に最新の正しい情報が反映されたBIMとなり、これによる情報の一元管理を行っている。この統合モデルを「総合管理BIM」と称している。本プロジェクトでは、総合管理BIMを維持管理・運用BIMのベースにすることで、上記の課題を解決することができると考えた。前述の通り、総合管理BIMは、設計変更を含めその時点で確定している正しい情報が反映されているため、BIMの正しさをチェックする手間が少なく、また総合管理BIM作成の基本方針として、詳細度（LOD/LOI）を設計BIM以上に高めないこととしているため、詳細度の調整作業も軽減される。

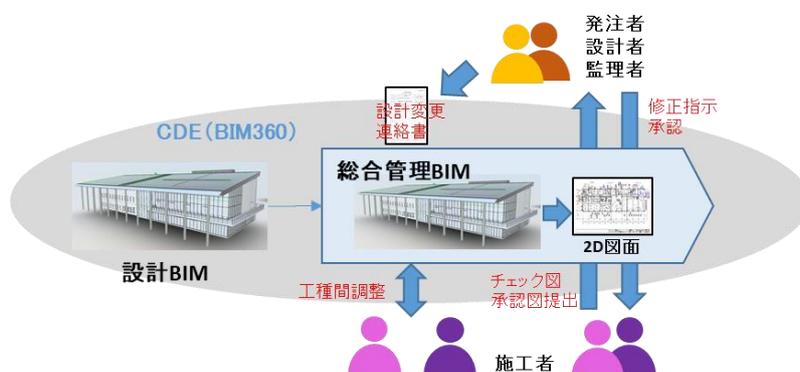


図 3-7 総合管理 BIM

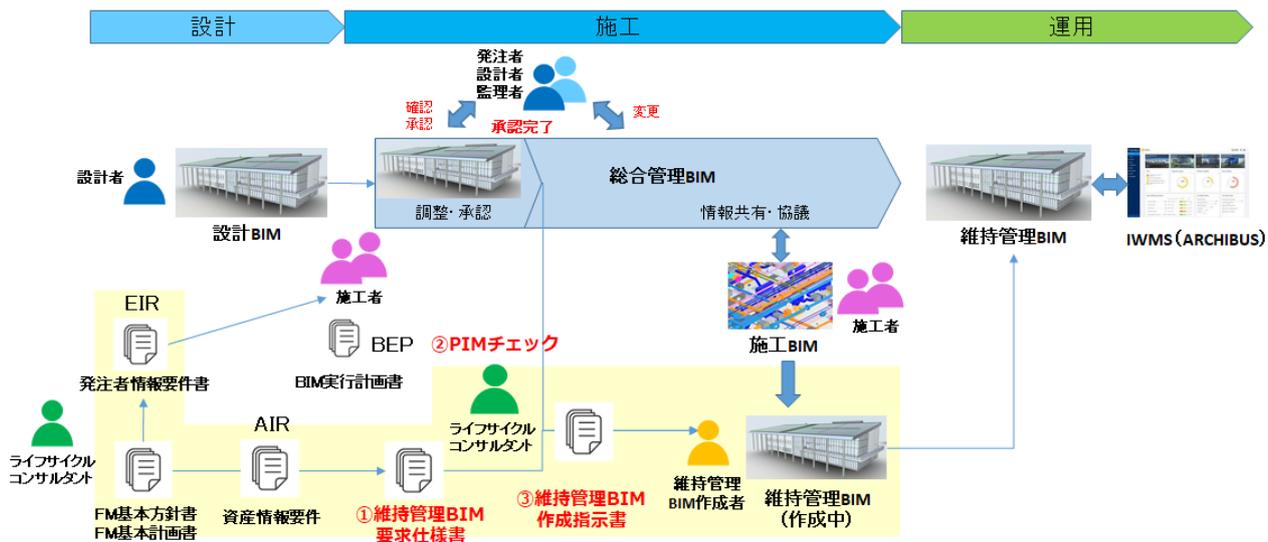


図 3-8 維持管理・運用 BIM 作成フロー

維持管理・運用 BIM は、FM 基本方針書・計画書に基づく資産情報要求事項（AIR：Asset Information Requirement）に基づき、ライフサイクルコンサルタントからの維持管理・運用 BIM 作成指示書に従って、維持管理・運用 BIM 作成者が作成する。あわせて、ライフサイクルコンサルタントは、維持管理・運用 BIM のベースとなる総合管理 BIM の情報の正しさを確認し、指示書とともに維持管理・運用 BIM 作成者に提示する。図 3-8 に、維持管理・運用 BIM 作成フローを示し、それぞれの作業内容を以下に示す。

1) AIR の定義

FM 基本方針書および計画書から、資産管理要件（AIR）を定義する。AIR は、維持管理・運用に必要な情報とモデルの詳細度に関する要求である。令和 3 年度の事業で報告したとおり、維持管理・運用に必要な情報（LOI）については、すでに整理をして発注者情報要件（EIR）の参考資料 1-1 として受注者（ここでは施工者）に提示した。令和 4 年度は、建物竣工後に使用する FM のためのシステム（本施設では ARCHIBUS）で FM 実行計画に基づいたシステムの使用方法を想定し、モデルの詳細度（LOD）について定義した。

本施設における維持管理・運用 BIM の活用レベルとして、表 3-2 に示すように、1) 日常管理、2) 研究員による実験計画・設備管理、3) 経営判断、という 3 段階を設定した。そして、それぞれのレベルにおける BIM の活用方法を想定し、必要な LOD を定義した。なお、設計 BIM の LOD レベルが 200 となっているため、その値を基準として設定している。

「研究員による実験計画・設備管理」について、本施設には、研究テーマの立ち上げや変更にかかる実験装置の新設・組み換え計画やエネルギー使用量の管理を、研究員自らが行うという特徴がある。実験装置の新設・組み換えにかかる給排水、給排気設備の接続計画においては、新設する設備と配管、ダクトの接続に関する取り合いを検討するため、図 3-9 に示すようにバルブやダンパーなどは詳細度を施工 BIM レベルにまで高めることとした。なお、接続のために必要なフランジやボルトに関する情報もパラメータとして入力することとしている。

表 3-2 BIM 活用レベルと必要な LOD

	活用レベル	活用方法の想定	必要 LOD
1	日常管理	a. 設備機器の配置と機器情報の確認 b. 点検・メンテナンス結果との関連付け	200
2	研究員による実験計画・エネルギー管理	a. 実験装置の搬入計画 b. ユーティリティの接続計画 c. 温熱環境とエネルギー使用量の管理	機器接続部分 は 350、その他 200
3	経営判断	評価指標の提示 例) 利用人数、エネルギー使用量、設備寿命	200

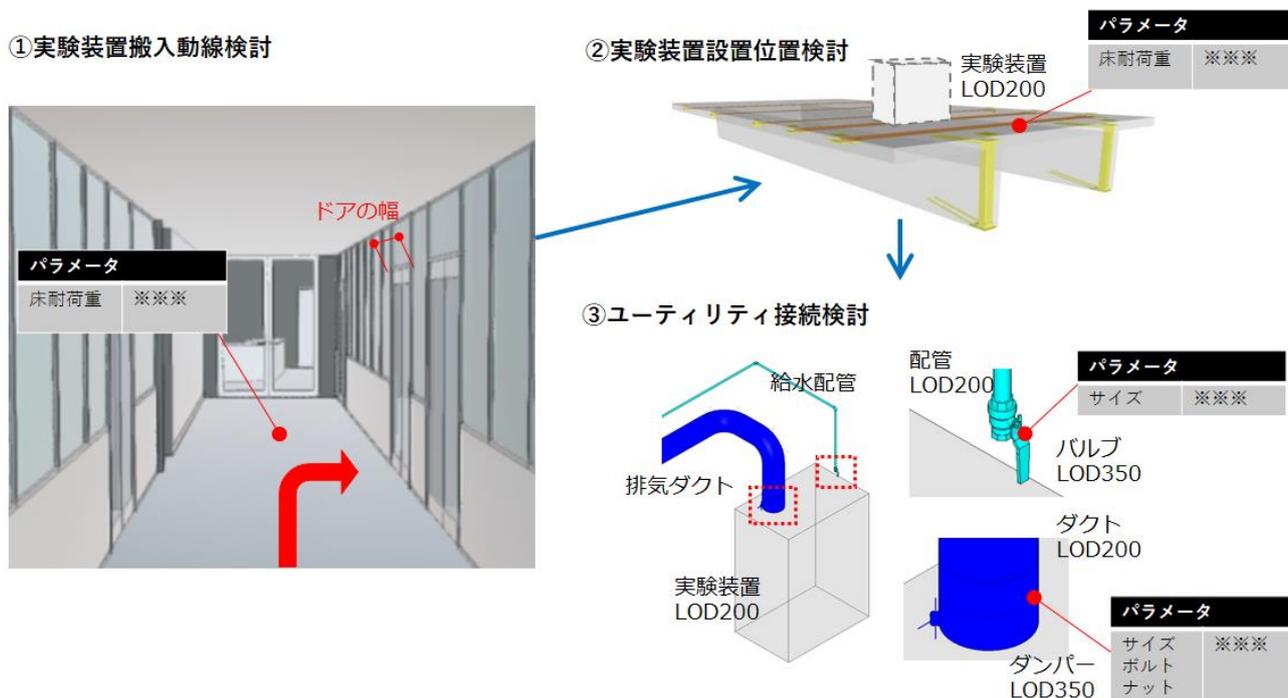


図 3-9 実験計画での BIM の活用と必要な LOD

2) 維持管理・運用 BIM 要求仕様書の作成

次に、維持管理・運用 BIM に関する発注者の要求事項をまとめた維持管理・運用 BIM 要求仕様書を作成する。発注者の情報要件をまとめるという点で、EIR と類似した内容となる。相違点は、維持管理・運用 BIM を作成するための作成事業者への入力情報を示すことと、維持管理・運用 BIM に必要な情報を全て網羅する必要があるということである。維持管理・運用 BIM 作成事業者は、BIM のモデリングスキルを有するが、建築およびファシリティマネジメントに関する専門家ではない場合が想定されるため、FM 基本方針書や資産要求事項をもとに、より具体的な仕様を指示する必要がある。

本プロジェクトでは、FM 基本計画書に基づき、既作成の EIR を参考にドキュメントとしてまとめた。ポイントを以下に示す。

①BIM 活用目的

FM 基本方針・基本計画に基づいて、特に維持管理・運用段階で BIM を活用する目的と方法を示す。EIR 同様、BIM の目的を明示し、作成事業者が発注者の意図を認識させることが、期待した成果物を得るために重要である。

②意思決定事項とそのための要求事項

作成途中での発注者の意思決定が必要となる事項とそのために必要な情報を明示する。まず、S5 終了段階で完成した維持管理・運用 BIM を承認するために、BIM 検査結果報告書の提示を求めている。また、S5 段階で生じる設計変更、および S6（竣工・引き渡し段階）で確認された BIM と実建物との不整合箇所、それぞれに対し、その内容を維持管理・運用 BIM に反映させるかどうかの意思決定のために、作成作業コストと納期への影響を提示することを求めている。

要求事項の補足として、以下の 2 点を記載している。

(a)維持管理・運用 BIM 作成指示書

維持管理・運用 BIM に関する詳細な仕様、作成条件を示す。維持管理・運用 BIM 作成事業者は本ドキュメントを確認の上、要求仕様の可否検討および制作に掛かる工数を算出の上、提示すること。

(b)BIM 検査結果報告書

維持管理・運用 BIM 作成事業者は作成指示書の通りに、維持管理・運用 BIM のデータが入力されていることを検査し、報告書として提示すること。

③提供データ

維持管理・運用 BIM 作成のため、ベースとする BIM モデル（ここでは総合管理 BIM）と作成指示書、その他関連書類について明示している。

④BIM データ引き渡しに関する規約

維持管理・運用 BIM の検収条件と納品後の瑕疵担保責任について明示している。

3)PIM のチェック

維持管理・運用 BIM 作成のベースとする PIM（ここでは総合管理 BIM）の状態を調べて維持管理・運用 BIM 作成事業者に提示することで、作業量の見積りがしやすくなる。そのため、BIM の集計機能を利用して、オブジェクトとそこに入力されているパラメータを出力して AIR と比較する。

4)維持管理・運用 BIM 作業指示書の作成

上記の要求仕様書とチェックを終えた PIM を維持管理・運用 BIM 作成者に提示するとともに、維持管理・運用 BIM 作成者が作業工数を正しく見積もりするための情報として、維持管理・運用 BIM 作成指示書を提示する。維持管理・運用 BIM 作成指示書に記載された主な内容を表 3-3 に示す。

表 3-3 維持管理・運用 BIM 作成指示書に記載される主な項目と内容

	記載項目	内容
1	希望スケジュール	納期とレビュー予定日、および検収期間の明示
2	作成要件	LOD：工種ごとに PIM と維持管理・運用 BIM の LOD を明示 LOI：オブジェクトごとのパラメータリストの提示
3	共通データ環境	フォルダ名と格納されるファイル、編集権限を示す。
4	提供データ	PIM：ファイル構成と維持管理・運用 BIM で使用するファイルの明示 関連資料：PIM 以外に必要な図書（設備機器表など）の明示
5	作業内容	PIM に対する作業内容を具体的に提示。（オブジェクトの修正内容、部屋の配置・調整内容、設備配置の調整内容、パラメータの設定内容、ビューの設定、など）
6	納品前確認	確認項目の明示と、確認のため以下のパラメータの追加を指示。 ・パラメータ名：納品前確認状況 ・値：未実施／実施済／実施済（要修正）
7	受入検査	受入検査項目と検査方法の明示。

総合管理 BIM をベースに上記の手順で維持管理・運用 BIM を作成する際に想定される課題について以下に述べる。

1) パラメータチェックの手間

現状の総合調整は工種間の取り合いや納まり、意匠に関わる設備機器の配置（天井伏図、壁床プロット図）などに関するものが大部分で、オブジェクトのパラメータ更新がおろそかになりかねない。そのため、ライフサイクルコンサルタントによるパラメータチェックが欠かせない。本施設の規模（地上 3 階、延床面積 4,800m²）程度であれば問題にならないかもしれないが、大規模な複合施設や病院などになると、維持管理の対象となる部材や機器の数量が多く、チェックするパラメータの数が膨大となる。その結果、ライフサイクルコンサルタントの作業量が增大し、時間とコストが増加する。これをいかにして削減するかが課題である。

今後、空間情報や幾何情報を主として施工図を作成することを目的とする現状の施工検討から、オブジェクトに入力されたパラメータ値による技術計算や工程計画など、データドリブンな施工検討に変えていくことにより、BIM データの重要性が認識され、データの更新を重視した仕事の進め方に変わっていくことが期待される。その結果、維持管理・運用 BIM 作成のためのパラメータチェック作業が軽減されていくこととなる。

2) 施工で確定する情報のタイムリーな受領

施工段階で確定する維持管理・運用 BIM に入力する情報（パラメータ）は、確定した時点で受領し BIM に入力していくことにより、より早期に維持管理・運用 BIM を完成させることができる。そのため、ライフサイクルコンサルタントは情報が確定するタイミングをあらかじめ入手し、データ受領のスケジュールを作成する必要がある。ISO19650 では、元請け受託組織が、受託組織から提示されたタスク情報デリバリー計画（TIDP）を取りまとめ、マスター情報デリバリー計画（MIDP）を作成すると規定

されているが、維持管理・運用 BIM で特に重要な設備機器の情報が確定する期日については、従来の「機器製作工程表」に納入仕様書の確定日として示されている。そのため、EIRに「維持管理に必要な情報が確定する予定日を提示すること」という記載をして、「機器製作工程表」に相当する計画書の提示を求めることが可能であると考ええる。

3) 総合管理 BIM 確定後の設計変更への対応

総合管理 BIM が確定したら、その BIM データを別ファイルとして保存し維持管理・運用 BIM 作成作業を開始する。それ以降に発生した設計変更については、ライフサイクルコンサルタントが確定情報をタイムリーに検知して、維持管理・運用 BIM 作成者に指示することとなる。そのため、変更に関する確定情報を適時入手するための仕組みが必要である。具体的には、設計変更に関する情報は CDE のコミュニケーション機能（Issue 管理機能）を利用して記録に残すことを前提に、その情報が自動的にライフサイクルコンサルタントに共有されるような運用ルールを設けることが考えられる。本プロジェクトでは、CDE としてオートデスク社の BIM360 を使用し、設計変更については「指摘事項」を使用して管理している。そこで、指摘事項のステータスフラグを「完了」に変更する際、「割り当て先」にライフサイクルコンサルタントを指定することが考えられる。

(2) 維持管理・運用 BIM 作成における CDE のあり方

国内の現状の一般的な BIM プロジェクトでは、CDE はプロジェクト期間中に利用されるものとして、主に受注者の情報共有と協働作業の場として設置されている。本プロジェクトでは、発注者が設置した CDE に、設計者、監理者、施工者が登録され、発注者をはじめとするプロジェクト関係者が情報を共有している。しかし、図 3-10 に示すように、CDE に対する要望や期待、使用目的や必要とするデータは発注者と受注者で異なるはずである。そのため、CDE は発注者が管理するものと受注者が管理するものに分けることが有効であると考えられる。

図 3-11 に示すように、受注者が管理する CDE では、プロジェクト情報モデル（PIM：設計 BIM や施工 BIM など、プロジェクト遂行のために作られる情報モデル）とそれに付随するさまざまな情報、意思決定のためのコミュニケーション履歴などが記録、共有され、プロジェクト期間中のみ使用される。アクセス権限を合理的に設定することで、任意のデータフォーマットや受注者独自のモデリングルールなどを利用することができる。一方、発注者管理の CDE では、資産情報モデル（AIM：維持管理・運用 BIM に相当）をはじめとした建物資産に関する情報を、建物のライフサイクルにわたって保存、活用、更新していく環境となる。また、資産情報のデータベース機能を持ち、FM のシステムと連携する。この 2 つの CDE の間で情報のやり取りやデータ連携ができれば、発注者の意思決定ポイント（DP）における情報の確認や、維持管理・運用 BIM に必要な情報の受け渡しが可能となる。そのため、発注者は CDE 間の情報交換における要件を整理し、発注者情報要件（EIR）に提示する必要がある。

図 3-12 に、建物のライフサイクルにおける CDE の構成と情報の受け渡しに関するイメージを示す。設計、施工フェーズにおいては、受注者管理の CDE で設計者から施工者への情報の受け渡しがなされる。

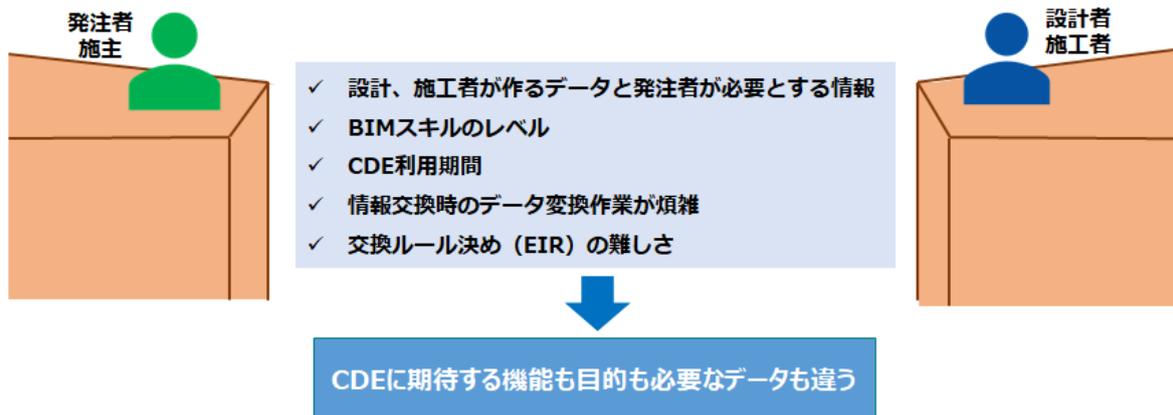


図 3-10 発注者と受注者の CDE に関するギャップ

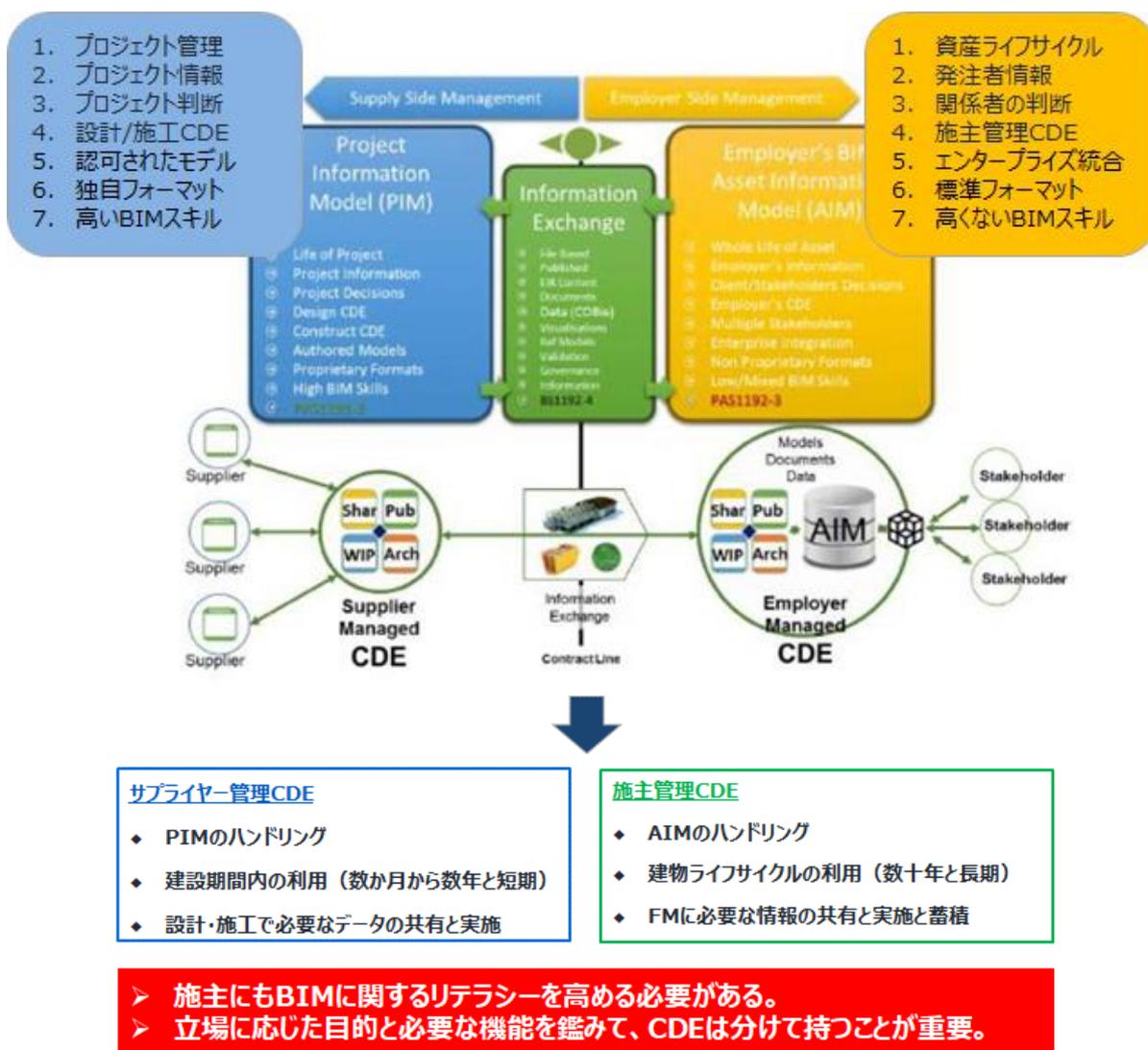


図 3-11 CDE の分割管理

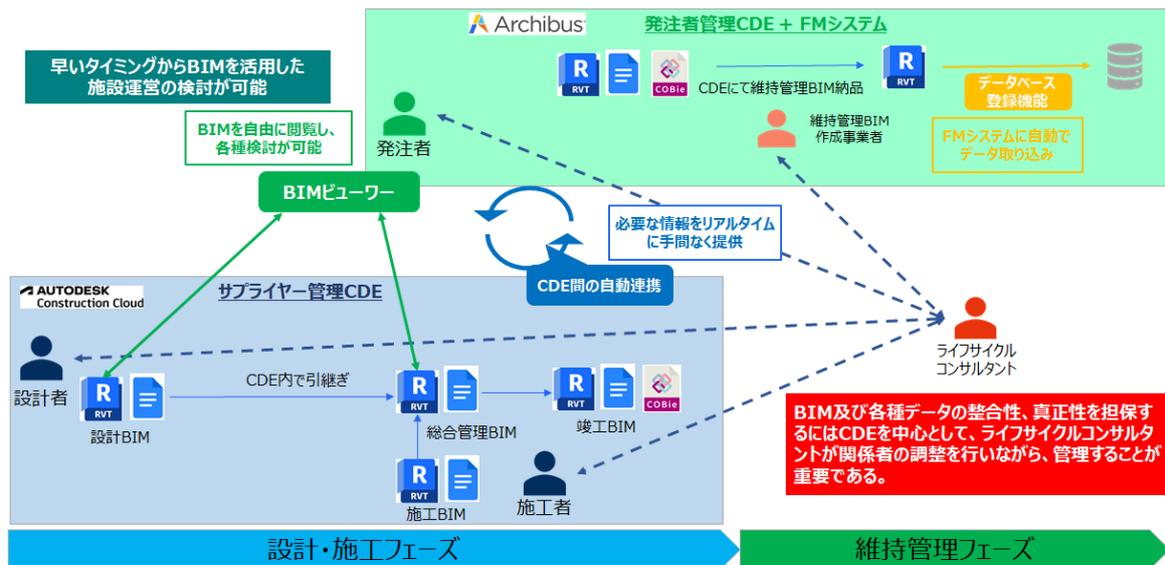


図 3-12 建物のライフサイクルにおける CDE の構成と情報の受け渡しに関するイメージ

る。設計、施工フェーズで作成される BIM は、BIM ビューイング機能により発注者が BIM を自由に閲覧することにより、プロジェクトの早いタイミングから、BIM を活用した施設運営の検討が可能となる。一方、発注者管理の CDE をプロジェクト期間中から立ち上げ、前述のように CDE 間のデータ連携を可能とすることにより、発注者が必要な情報をリアルタイムに手間なく提供することができる。維持管理・運用 BIM 作成者は、発注者管理の CDE で維持管理・運用 BIM を作成し、完成した BIM は FM のデータベースに連携され、必要なデータが取り込まれる。このような CDE の構成と仕組みにより、発注者が求める維持管理・運用 BIM を円滑に作成することができる。しかし、そのためには、各プロセスで作成される BIM および各種データの整合性と真正性が担保されている必要があり、BIM 作成にかかわる関係者間の調整と作成プロセスの管理が重要となる。この役割をライフサイクルコンサルタントが担うのであれば、BIM データに関する高度な管理能力と人的リソースが必要になると考えられる。

3-4 令和 2 年度からの課題分析のまとめ

本事業の目的に対し、令和 2 年度からの 3 年間で分析した結果について表 3-4 にまとめる。

発注者が求める BIM を実現する鍵は、すべての起点となる EIR とそれに対する BEP に依存する。そのため、発注者が EIR を、また受注者が BEP を容易に作成することができるようなテンプレートの整備など、環境整備が求められる。また、維持管理・運用 BIM の作成においても、FM 基本計画に基づいた BIM の要求仕様とそれを効率よく作成するための準備が重要となる。このように、BIM の導入と活用において発注者の役割が重要であり、それを支援する役割が求められる。特に維持管理・運用 BIM の作成を重視する場合はライフサイクルコンサルタントが、また工期の短縮や工事費の適正化などを重視する場合は施工技術コンサルタントが、それぞれ重要な役割を果たす。

また、設計 BIM を施工につなぎ、有効に活用していくためには、設計 BIM の確定・未確定情報などを施工者に明確に伝達することが重要であり、また、施工フェーズでの設計変更を含めた設計情報の一元管理のための BIM の継続的な管理が必要となる。総合管理 BIM は解決策の一つであるが、設計情報としての BIM をプロジェクト期間中にどのように管理すべきかについては、協議が必要な課題である。

表 3-4 課題分析結果一覧（3年分）

発注者メリットの明確化		
1	EIR 作成の課題分析	<p>以下のポイントを踏まえた EIR 作成のためのテンプレートや参考資料の整備が必要である。</p> <p>①FM 基本計画を作成しそれに基づいた要求事項を整理する。 ②BIM の活用目的と方法を明確にする。 ③BIM マネージャーと設計主幹の役割を明確にする。 ④設計成果物の未確定部分を施工者に伝達するよう求める。 ⑤維持管理・運用 BIM に必要な情報が確定するタイミングを明確にするよう求める。 ⑥発注者による意思決定の内容を明示し、BEP で具体的な時期を提示するよう求める。</p>
2	BEP 作成の課題分析	<p>以下のポイントを踏まえた BEP 作成のためのテンプレートや参考資料の整備が必要である。</p> <p>①発注者の意思決定事項に基づき、そのタイミングに必要な情報が含まれる設計施工プロセスを作成する。 ②オブジェクトの LOD と LOI を定義する。</p>
3	維持管理・運用 BIM 作成における課題分析	<p>①PIM のパラメータチェック作業が煩雑となる。 ②施工で確定する情報をタイムリーに受領するための方法。 ③維持管理・運用 BIM 作成開始後の設計変更への対応方法。 ④CDE の分割（発注者向けと受注者向け）による運用管理の煩雑化。</p>
施工技術コンサルティング業務の明確化		
1	施工技術コンサルタントの役割とメリット	<p>①設計の途中で要望や提案をするため、そのルールや方法を事前に取り決め、関係者間の調整を行うことが重要となる。そのために施主をサポートする役割が必要である。 ②設計施工分離方式では、工事受注前のコンサルティングから受注後の施工担当者への引継ぎ（発注者要望とそれに対する提案内容）が重要となる。</p>
2	施工技術コンサルティングの導入効果	<p>①施工技術コンサルタントが早期にプロジェクトに参画し、設計図や工事契約条件に施工性および調達環境の情報を盛り込み、プロジェクトスケジュールがコントロールできた状態で見積条件などの提示ができることは、発注者およびプロジェクト全体にとって有効かつ効率的である。 ②発注者との直接契約に基づくため、コンサルタントからの提案内容の検討は施工者の必須条件となり、また施工者にとっても発注者の要望が理解できるため、提案以外の施策を引き出す動機付けになる。この結果、発注者にとって納得感のある施工計画が、比較的短時間で作成される。</p>

BIM の引継ぎに関する課題		
1	設計BIMを施工につなぐ要件分析	<p>①設計BIMを施工につなぐために、設計者から施工者へ説明（確定／未確定範囲、モデリング・入力ルールほか）することが有効である。設計BIMへの情報の反映については、引き渡し後のVEや設計変更を踏まえて継続的に管理される必要がある。</p> <p>②設計BIMをもとにLOD200～300程度の検討BIMを作成し、設計意図を反映させ調整を行う総合管理BIMを定義した。施工BIMに比べて作成の手間が省けるため、検討のレスポンスが早まり、もの決めの効率化が図られた。また、決まった情報を施工BIMに反映させることで施工BIMの工数削減にも寄与した。</p>

4. BIMの活用による生産性向上等のメリットの検証等について

4-1 監理業務の効率化

4-1-1 定量的に検証する効果、目標、効果を測定するための比較基準

(1) 定量的に検証する効果

従来の2D図面による確認・承認作業に対する、BIMを活用した場合の作業時間削減率(%)

(2) 目標

図面確認・承認業務時間の20%削減

(3) 効果を測定するための比較基準

従来の2D図面での確認・承認業務時間

4-1-2 効果検証等の進め方、実施方法・体制

(1) 前提条件

- ①本プロジェクトは、施工において分離発注方式となっており、発注者が各工種の施工会社と個別に契約した。BIMの運営管理（BIMマネージャー）は、建築工事会社に委託している。
- ②すべての工種（建築・電気・空調・衛生）が同じオーサリングツール（オートデスク社 Revit）を使用しており、各工種のモデルを統合してCDE（オートデスク社 BIM360）により調整会議を行った。また、設計者および監理者との打ち合わせも、CDE上のBIMデータ（モデル、シート）を使用して実施した。
- ③本事業者は本プロジェクトの発注者でもあるため、事業検証に向けた工事管理方針に関する要求を出しやすい。

(2) 実施方法と体制

1) 実施方法

BIMを活用した確認・承認方法を設計者・監理者に提案し、実際に図面を回覧した結果を確認するとともに、ヒアリングを実施することによって従来の図面による確認作業との業務時間の差を推定する。

2) 体制

・BIMを活用した確認・承認方法の提案：BIMマネージャー

- ・提案に基づく確認・承認業務の実施：設計者、監理者
- ・ヒアリングの実施とまとめ：モデル事業者

4-1-3 効果検証等の結果

(1) 図面確認・承認業務の効率化について

1) 目的

従来、施工者は設計図をもとに施工検討を行い、他工種と重ね合わせ調整を行った総合図と、それに基づく各種施工図を作成し、設計者・監理者の確認・承認を経て工事を行う。BIM を活用することにより、以下に示すような根拠から、図面の確認・承認業務を効率化することができないか検証した。

【図面の確認・承認業務効率化の根拠（目論見）】

- ①BIM の視認性の良さ（3D）と属性情報の活用により 2D 図面のみの確認より作業性が向上する。
- ②CDE のレビュー機能により、回覧の自動化と進捗の管理（把握）が可能となる。

図面と BIM を併用して確認・承認することにより監理者の作業が効率化されると同時に、総合図や施工図に表現すべき情報を削減する、つまり施工者の作業効率化にもつながる。したがって、BIM による生産性向上を実現する上で重要な課題であると考えられる。

2) BIM を活用した確認・承認業務のための準備

まず、発注者からの要望として、監理者に BIM を活用した確認・承認を試行することを依頼した。これを受け、監理業務方針書の「総合図の作成要領と検討確認方法」には、「受注者は躯体図、各種施工図の作成に先立ち、監理者と作成方法について協議の上、建築・電気・設備の BIM モデルを重ねて整合をとった BIM モデル（BIM 重ね合わせモデル）および BIM モデルでの総合図を作成すること」「総合図（平面図）は、BIM 重ね合わせモデルの平面ビューより PDF 出力したものを作成し」と明記され、BIM の統合モデルを活用することがプロジェクトにオーソライズされた。

次に、CDE のレビュー機能を利用した回覧機能について、設計者・監理者および施工者へ操作講習会を実施した。回覧機能は、CDE 上で設定した回覧ルート（同時に複数人への回覧が可能）に沿って確認者にメールが送信され、メールに記載された URL から回覧対象（2D 図面および BIM）にアクセスし、必要なコメント等を書き込むことができる。さらに、回覧の進捗を閲覧する機能を有するため、進捗確認が容易となる。

そして、BIM マネージャーから、設計者・監理者および施工者へ、図面の確認事項に対する BIM モデルによる表現方法を提案した。参考資料 3-1 に BIM マネージャーからの提案内容の例を示す。作成にあたり、「総合図作成ガイドライン」（編集・発行：日本建築士会連合会）に示された各種総合図の確認項目を引用した。

以上の準備を経て、CDE で共有された設計 BIM をベースに統合モデルを作成（初期の総合管理 BIM）し、モデルとそこから切り出した 2D 図面の併用で、設計者および監理者と打合せ、確認・承認行為を実施した。

3) 実施結果

以下に、BIM を活用した図面の確認・承認回覧の試行経過を示す。最終的に、従来とほぼ同様の図面回覧となったため、BIM による確認・承認業務の明らかな削減効果は見られなかった。

【試行 1】 3D モデルと切り出した 2D シートを回覧し、必要な属性情報はモデルのプロパティを確認することとする。

⇒ 3D ビューを操作して一つ一つの寸法や材質を確認する必要があり従来に比べて手間が膨大となるため、回覧内容の再考を求められる。

【試行 2】 3D モデルと、必要最小限の寸法、属性情報や確認事項などを記載した種類別の 2D シートを回覧する。(図 4-1)

⇒ 複数のシートを確認する必要があるため、1 枚の図面にすべての情報が記載されている従来方法に比べ、別シートに記載された関係性が不明確なため、作業効率が低下する。

【試行 3】 2D シートに寸法を入れ、スリーブの属性情報を個々に書き出して表記する。(図 4-2)

⇒ 表示内容の確認に問題はない。しかし、多くの属性情報の引き出し線の配置に手間がかかり施工者の工数が増加する。

【試行 4】 多くの属性情報記載の手間や線や文字の重なりを解消する手段として、属性情報を BIM の集計表作成機能でリスト化し図面に添える。(図 4-3)

⇒ 確認の際、スリーブと集計表を交互に確認する必要があり多少抵抗感があるが、必要な情報は満足しており、この方法にて合意に至る。

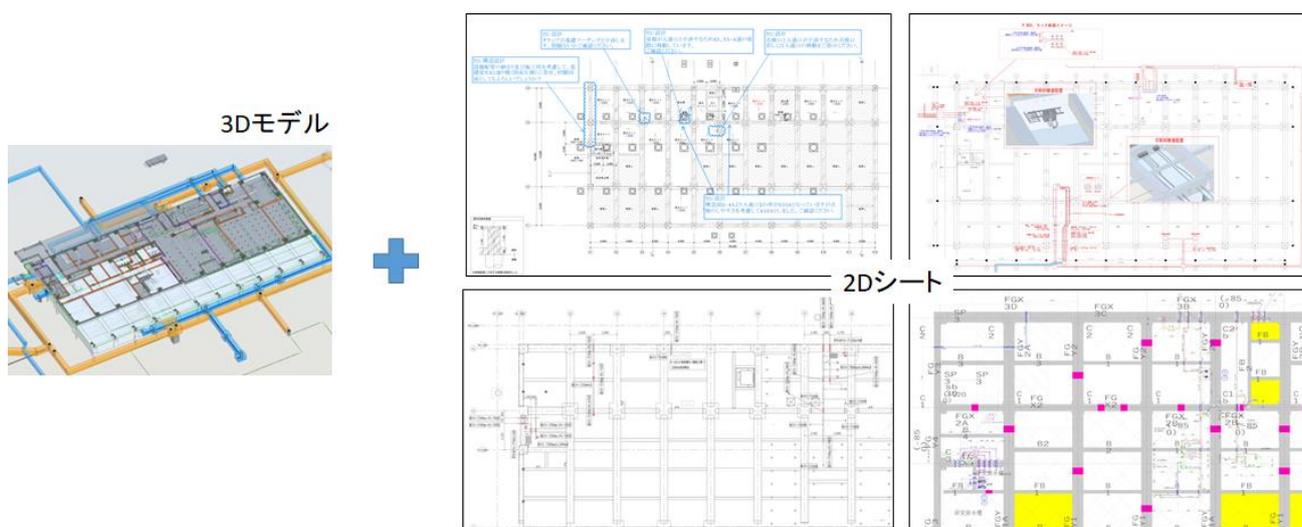


図 4-1 3D モデルと 2D シートの回覧

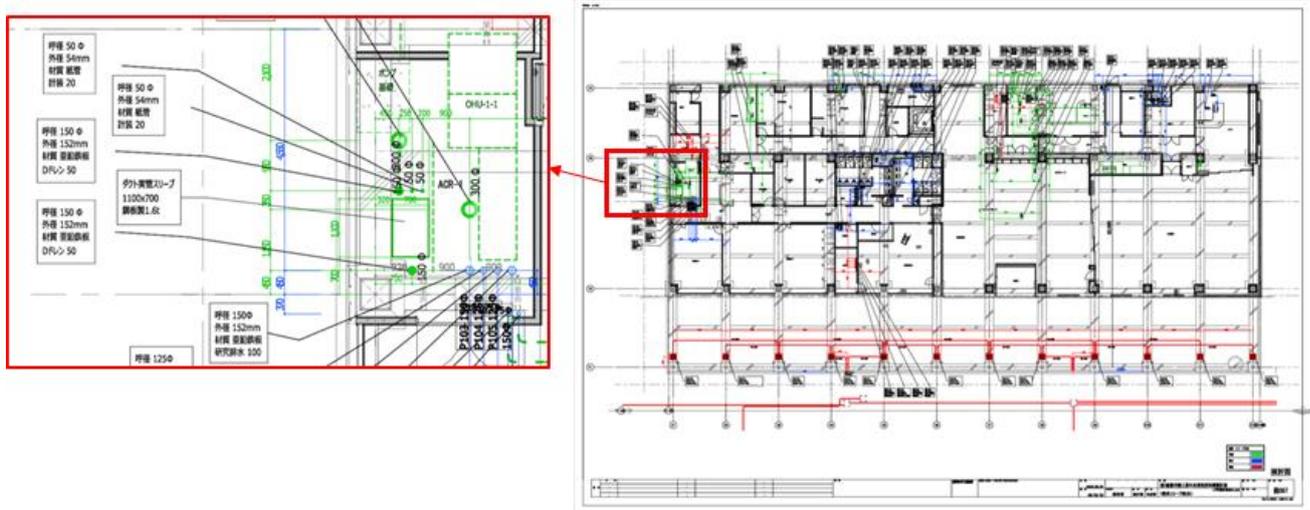
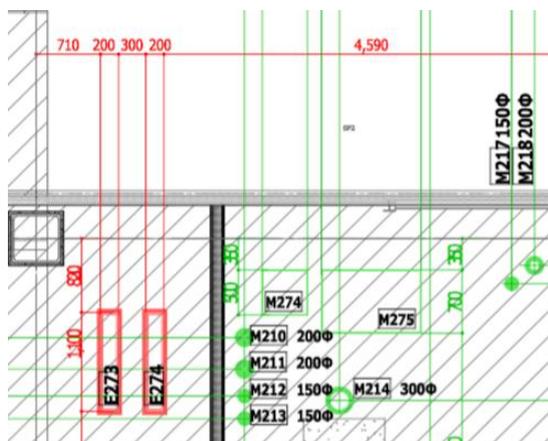
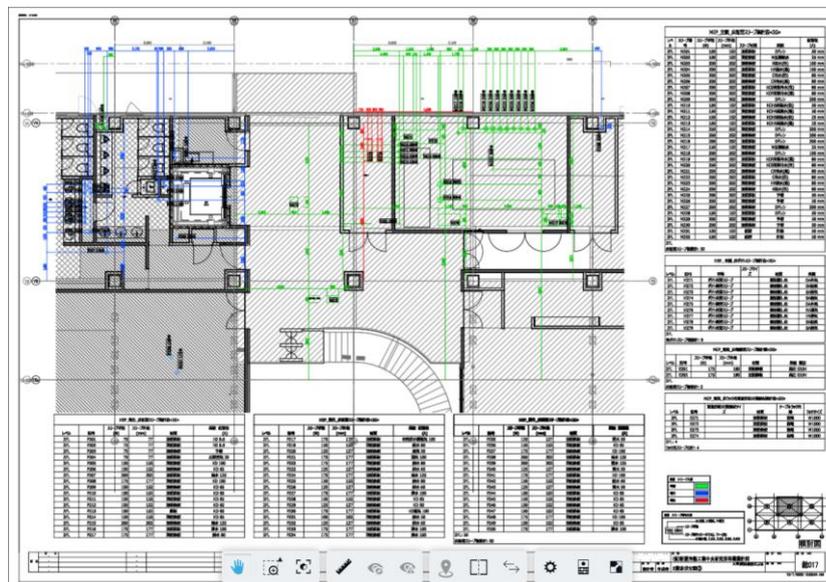


図 4-2 確認に必要な情報を盛り込んだ図面表現（従来と同等）



MEP_空調_床配管スリーブ集計表<2G>

レベル	スリーブ番号	スリーブ呼径 (φ)	スリーブ外径 (mm)	スリーブ材質	系統	配管径 (A)
2FL	M201	150	152	亜鉛鉄板	DFLン	50 mm
2FL	M202	100	102	亜鉛鉄板	W加湿給水	25 mm
2FL	M203	200	202	亜鉛鉄板	H温水(往)	100 mm
2FL	M204	200	202	亜鉛鉄板	HR温水(還)	100 mm
2FL	M205	200	202	亜鉛鉄板	C冷水(往)	80 mm
2FL	M206	200	202	亜鉛鉄板	CR冷水(還)	80 mm
2FL	M207	200	202	亜鉛鉄板	KCS高温水(往)	80 mm
2FL	M208	200	202	亜鉛鉄板	KCR高冷水(還)	80 mm
2FL	M209	300	302	亜鉛鉄板	DFLン	200 mm
2FL	M210	150	152	亜鉛鉄板	KCHS高温水(往)	50 mm
2FL	M211	150	152	亜鉛鉄板	KCHR高温水(還)	50 mm
2FL	M212	150	152	亜鉛鉄板	KCHS高温水(往)	25 mm
2FL	M213	150	152	亜鉛鉄板	KCHR高温水(還)	25 mm
2FL	M214	250	252	亜鉛鉄板	DFLン	200 mm
2FL	M215	250	252	亜鉛鉄板	DFLン	200 mm
2FL	M216	250	252	亜鉛鉄板	DFLン	200 mm
2FL	M217	150	152	亜鉛鉄板	W加湿給水	25 mm

図 4-3 BIMの集計機能を利用した図面表現

BIMによる図面確認・承認業務が効率化されなかった主な理由は、以下の3点にまとめられる。

①監理者は、施工および施工確認ができる図面を確認、承認する。

承認したもので施工ができるか、また工事確認ができるかという観点で、寸法など文字情報が記載された従来と同様の2D図面の提出を求めた。つまり、確認・承認行為は従来と全く変わらなかった。

②2D図面は、CDEからダウンロードされ関係者に配布された。

CDEのレビュー機能を利用するうえで、確認結果の書き込み機能の使い勝手が十分ではないという理由から、各自が好む書き込み手段を用いるために、提出された2D図面をダウンロードしてチェックしその結果をCDEに戻して回覧したが、レビューデータには反映されず不便を生じた。その結果、回覧の自動化と経過の管理機能が活かされていなかった。

③モデルによる確認は従来に比べ手間が増える。

モデルは視認性が良い反面、部材の属性や寸法など必要な情報は、プロパティの表示や寸法計測機能などを利用し、監理者自らが情報を「一つ一つ取りに行く」必要があり、関係性をチェックするためには1つ目のプロパティ情報を記憶したまま2つ目のプロパティを開いて比較、検討しなければならず、従来に比べてむしろ手間が増えると感じられた。従来の図面であれば、必要な情報がすべて記載されている。(抜けているものは追記させる)

これらの理由をもとに、BIMによる図面の確認・承認業務の効率化に向けた課題を整理すると以下のようになる。

【BIMによる図面確認・承認業務の効率化に向けた課題】

1. 確認する項目とその表現方法を事前に明確化する。

あらかじめ目的(確認項目)とその表現方法が決まっていれば、それに沿ったビューを作成、提示することで設計者・監理者は容易にその情報に到達することができ、モデルの視認性を活かした確認・承認ができると考えられる。前述の通り、本プロジェクトではBIMマネージャーから確認項目とその表現方法が提示されたが、設計者・監理者と施工者の間で、それを確定させるところまでは行きつけなかった。双方に相応の手間が発生するが、施工者の図面作成業務と設計者・監理者の図面確認・承認業務の効率化に向けた「フロントローディング」ととらえ、以下のような内容に関する表現方法を明確化しておくことが、BIMによる承認のために必要であると考えられる。

幾何情報：形状、サイズ、位置、スペース、など

属性情報：材質、用途、その他仕様、など

制約条件：離隔距離、施工可能範囲、など

2. 「図面承認」の意義の再検討

①施工図は、施工情報の伝達手段であり、施工情報を利用する「相手」や「利用方法」に合わせた伝達方法と、その承認方法の検討が必要である。

②承認した内容(項目)とその証拠(捺印に相当)がBIMに記録され、かつ改編不可能とするための方法の検討が必要である。

③図面との照合以外の方法で施工確認を行うための方法の検討が必要である。

(2) 施工確認業務の効率化について

1) 目的

監理者は、工事が設計図書の内容に適合しているかについて、現場に赴き、目視確認や施工者から提出される品質管理記録の確認などを行う。本業務が、BIM を用いることにより軽減される可能性について、躯体工事の配筋およびスリーブ検査を題材に検討した。

2) 検証内容

1 階床の躯体工事において、コンクリート打設前の配筋・床スリーブ設置工事後に、地上設置型 3D レーザースキャナ計測を実施した。得られた点群データを BIM モデルから切り出して作成した 2D 図に重畳した。計測およびデータ処理に要した時間を図に示す。

3) 検証結果

図 4-4 に、点群データを BIM から切り出した 2D 図に重畳した結果を示す。なお、図 4-5 は床スリーブの拡大図（上方向から）を示したものである。また、計測とデータ処理に要した時間を図 4-6 に示す。



図 4-4 点群データと BIM データの重畳

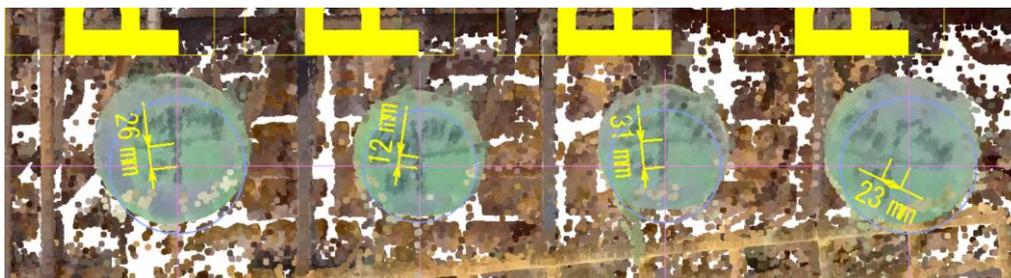


図 4-5 スリーブの各合図（図 4-4 の赤枠内）

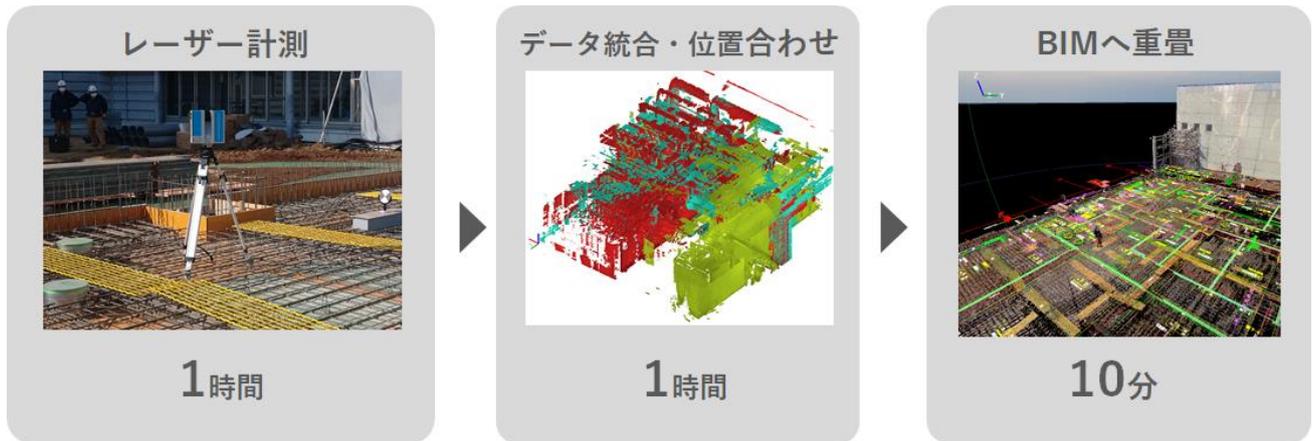


図 4-6 レーザー計測と点群データ処理に要する時間（実測値）

この計測データを監理者に提示し、ヒアリングを行った。結果を以下に記す。

【効果】

- ①スリーブの位置と寸法は、点群データとモデルの比較により確認が可能である。
- ②スリーブ周りに補強筋が入っていることが確認できる。
- ③点群データと写真（鉄筋の太さをスケールやマーク等で確認、など）を併用することによって、リモート検査の実現性が高まる。
- ④客観的かつ定量的な評価となることがメリットである。
- ⑤1階床配筋の上面高さが数値化されるため、現地で目視や抜き取り計測をするよりも効率的に高さの確認が可能となる。

【課題】

- ①角スリーブの内側寸法が確認できない（見えない）。
- ②スリーブの検査は、カメラを利用したリモート検査の運用を進めている（寸法計測は施工者が現地で実施）ため、点群データ利用による付加価値が必要である。
- ③監理業務が削減される一方で、施工者の業務が増えることが懸念される。

配筋・スリーブ検査がライブカメラや点群データで代替できれば、現地までの移動が不要となるため、本プロジェクトのようにオフィスから遠隔にある現場では、移動時間の削減効果が大きい（都内から現地（つくば市北部）まで往復約4時間）。検査時間は、従来方法も点群データによる方法もほぼ同じ（30～60分程度）であるため、単純計算で約80%の削減となる。

一方で、施工者にとっては、2時間程度の追加作業が発生し、レーザースキャナ計測のためのコストも発生する。また、スリーブ検査についてはすでにリモート検査が実用化され始めている。計測技術の進歩による時間短縮とコスト低下に期待するとともに、施工者の自主検査にも利用するなど、点群データを多角的に利用し費用対効果を高める必要がある。さらに、レーザースキャナ計測に限らず、デジタルデータを活用した検査、監理業務が標準化され、その費用と時間を工事見積に見込めるようになれば、さらなる効率化が期待できる。

(3) VR を利用した発注者による確認について

1) 概要

VR 技術を用いることで、関係者の意思決定、もの決めに与える効果を検証するため、VR 装置による総合管理 BIM の確認会を開催した。参加者は発注者と設計者、監理者および施工者である。今回用いた VR 技術は、早稲田大学石田航星准教授の研究室の成果であり、以下の特徴がある。

- ①バーチャル空間内においても手・体など身体の再現を行っている
- ②スイッチなどに手が触れることで、照明器具のオン・オフが行える
- ③現実の車いすの位置を把握し、バーチャル空間上にも反映できる

この技術を用いて、新菱冷熱工業株式会社中央研究所新築工事の以下の個所について検討を行った。

- a) 管理室のスイッチの位置
- b) トイレの入り口の検討
- c) 地下ピットの人通口の位置

2) 実験方法

図 4-7 に示すように PC、VR 装置、身体トラッキング装置とスクリーンを配置した環境で実施した。実験における VR 空間の例として、図 4-8 に人通口の検討の状況を示す。管理室のスイッチの位置については、被験者が VR 内で任意に選択した配置（壁からの距離、床面からの高さ）を記録した。図 4-9 に選択位置の散布図を示す。あわせて、被験者の骨格座標を取得し、一人目の被験者の右手位置を散布図として表示したものを図 4-10 に示す。

3) 被験者へのアンケート結果

実験後、被験者にアンケートを実施した。

- ①VR 空間内でボタン位置を変更する機能について、おおよそ肯定的な結果が得られた。
- ②VR の空間認識について、VR によってモデルが認識しやすくなるということが確認された。
- ③確認会全体について、VR による合意形成に肯定的な割合が高いが否定的な回答も見受けられた。

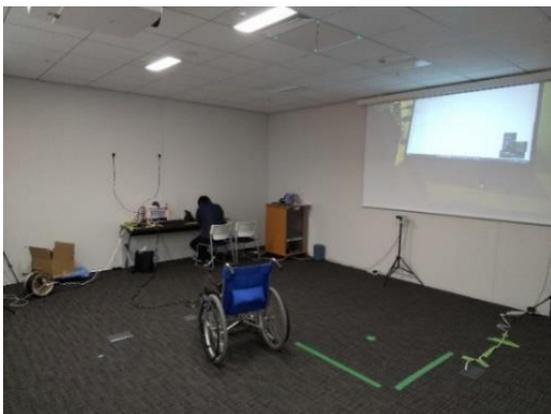


図 4-7 実験における VR 機器等の配置

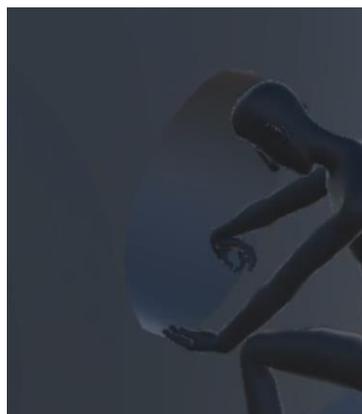


図 4-8 人通口の検討の状況

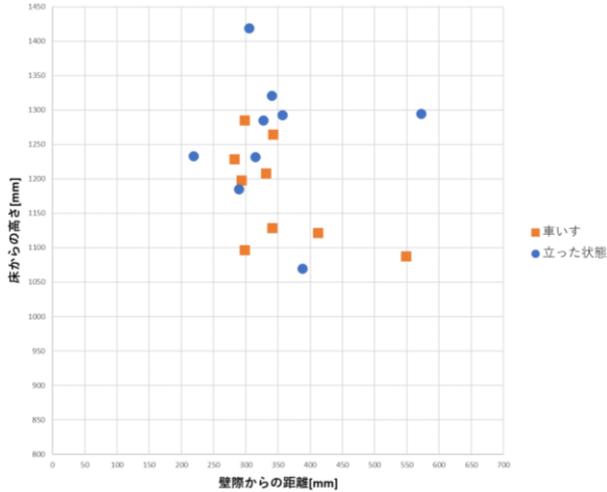


図 4-9 被験者が選択したスイッチ配置
目)

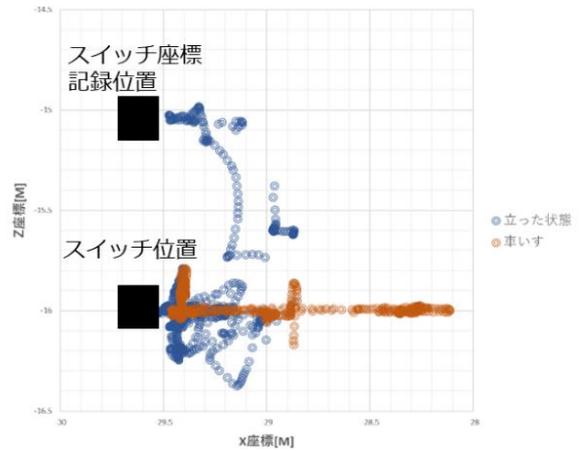


図 4-10 スイッチ検討時の右手の平面の座標(一人)

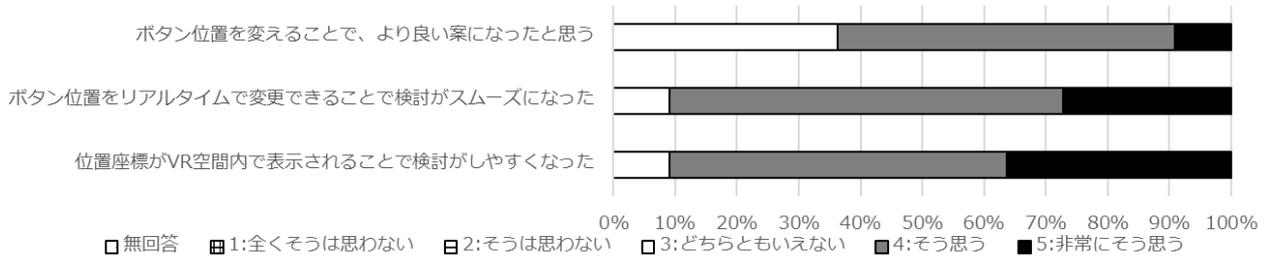


図 4-11 VR空間内でボタン位置を変更する機能についてのアンケート結果

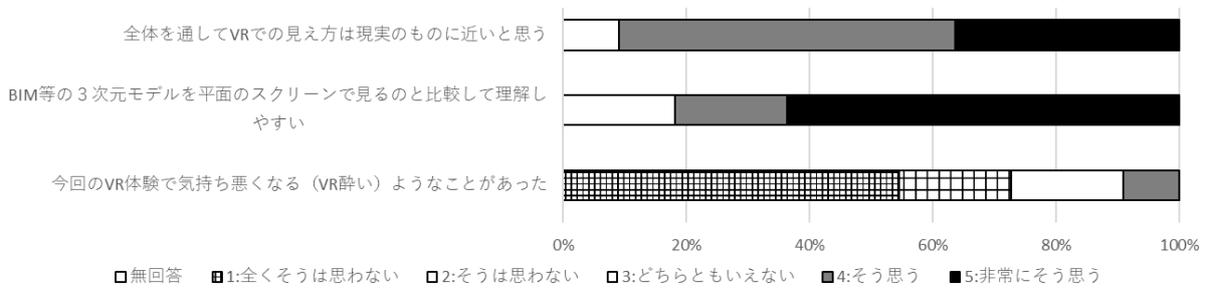


図 4-12 VRの空間認識についてのアンケート結果

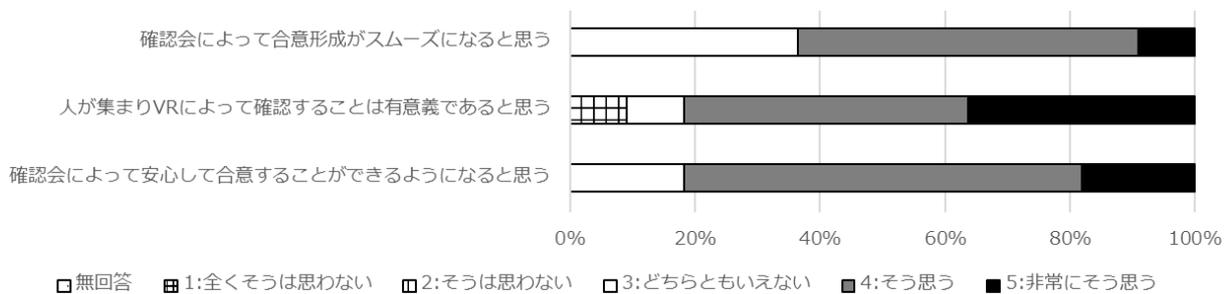


図 4-13 確認会全体を通しての感想についてのアンケート結果

4) まとめ

アンケート結果を踏まえ、VR 装置および VR による発注者確認の効果について、以下にまとめる。

①VR 空間内でボタン位置を変更する機能について

- ・座標表示は平面寸法と実際の寸法が一致している感覚があるという意見があり、有用性を確認した。
- ・ほかの建築部材においても流用できるという意見があり、活用が期待できる。

②VR の空間認識について

- ・吹き抜けの高さ方向が平面より現実に近いイメージで確認できたとの意見があり、空間の広がりを確認する場面で有効と考えられる。
- ・スケール感がわかり設計段階でのスタディに有効という意見があり、活用が考えられる。

③確認会全体を通して

- ・合意形成での課題の意見が多く、最終的なプランの合意を取る場面や2案あるうちから選ぶ場面など、選択結果を集約することができる場面にすることで解決できると考えられる。
- ・BIM で見えない色温度などを見たいという意見があり、BIM 外の情報を取り入れることも考慮される。

4-2 設計変更の効率化

4-2-1 定量的に検証する効果、目標、効果を測定するための比較基準

(1) 定量的に検証する効果

通常のワークフローに対して BIM/CDE を活用することによる作業削減率 (%)

※注意：事象/項目が変わると積み上げ数値は変動する。

(2) 目標

変更内容検証・判断・確定に発生する時間の 30%削減

(3) 効果を測定するための比較基準

以下の3項目に関して、通常のワークフローとの差を検証する。

- ①設計変更項目提示後の各種検討の効率化
- ②各種変更数量の算出時間の効率化
- ③Issue に対して CDE 活用による情報共有/解決の効率化

4-2-2 効果検証等の進め方、実施方法・体制

施工段階においても、発注者の要望と設計者からの提案、施工者からの提案等により設計内容が変更になる場合がある。設計者から提示された変更内容について、施工者は変更の判断材料として、変更によるコストの変動や確定までの期限などを示し、発注者に意思決定を仰ぐ。そして、変更内容確定後、図面を変更する作業が発生する。このような設計変更にかかる作業に BIM を活用することによって、BIM モデルの数量に基づく根拠が明確なコストと変更確定期限を迅速に提示することができ、変更判断がしやすくなるという発注者メリットが得られる。

効果検証は、従来の 2D 図面による設計変更に対する、BIM を活用した変更作業の作業時間削減率で評価するものとする。

4-2-3 効果検証の結果

(1) 設計変更指示に対して総合管理 BIM を活用し、おさまりに関しての検討/方向性を決定

① 検証 1：天井のぶどう棚に関する検討

本施設は屋根が片勾配の金属屋根であることから、最上階の 3F 部分には天井懐が大きいスペースが発生し、天井支持材としてぶどう棚が必要になる。そのぶどう棚鉄骨に対しての建築的および設備的な納まりに関して総合管理 BIM による重ね合わせを実施することで効率的に納まり検討を実施した。

- ・ 設計指示書に基づいた検討 BIM のモデリング

2D による作図時間=12 時間

モデリング作業時間=16 時間

- ・ 建築の納まりと設備との納まりに関する検討

2D による検討=3 回の打合せ (3 時間×6 人) =18 時間・・・指示、修正、再確認を含む

モデルによる検討=2 回の打合せ (2 時間×6 人) =12 時間・・・1 度の修正で目線合わせ可能以上より、従来の 2D 図面による方法に対し、約 7%の工数削減となった。

② 検証 2：屋根部分のトップライトと太陽光パネルの位置検討

トップライトの面積(削減)と太陽光パネルの配置が設計変更となった。これに対して屋根および太陽光パネルのモデルを変更し数量を算出して提示する一連の流れについて検討した。

- ・ 2D による作図時間=2 時間

- ・ モデリング作業時間=2 時間

これにより、従来の 2D との差はほぼなかった。しかし、これは変更の範囲と内容が小さいことも要因として考えられる。

検証 1, 2 を通して、モデリング工数に関しては、オペレーターの熟練度およびソフトの成熟度を加味すると今後短縮が期待できると考えられる。

(2) 各種変更数量の算出時間の効率化

① 検証 1：天井のぶどう棚に関する検討

ぶどう棚の数量は BIM データを入力する事で算出されるため、手拾いによる数量積算に加え、初期設定のみを整備すれば算出に関しての効率化が可能である。

- ・ 2D からの手拾い作業時間=4 時間

- ・ BIM からの数量拾い作業時間=1 時間

⇒ 75%削減

② 検証 2：屋根部分のトップライトと太陽光パネルの位置検討

- ・ 2D からの手拾い作業時間=1 時間

- ・ BIM からの数量拾い作業時間=1 時間

⇒ 削減効果なし(検討範囲が限定されている、形状が単純)

設計者へのヒアリングで、「太陽光パネルの数量だけでなく、ランニングコスト等を同時に検討、算出できると判断材料としてより有効である」との意見があり、BIM の属性データとその関連情報とのデータ連携の必要性が感じられた。

BIM から数量を集計する作業において、BIM の設定にかかる時間が大半であるため、建物規模や検討

範囲の規模が大きくなれば、作業効率の向上に期待できると考えられる。また、発注者/設計者等が設計変更を決断するための判断材料となる情報に対して、BIM の数量と属性の紐づけも課題であると考えられる。

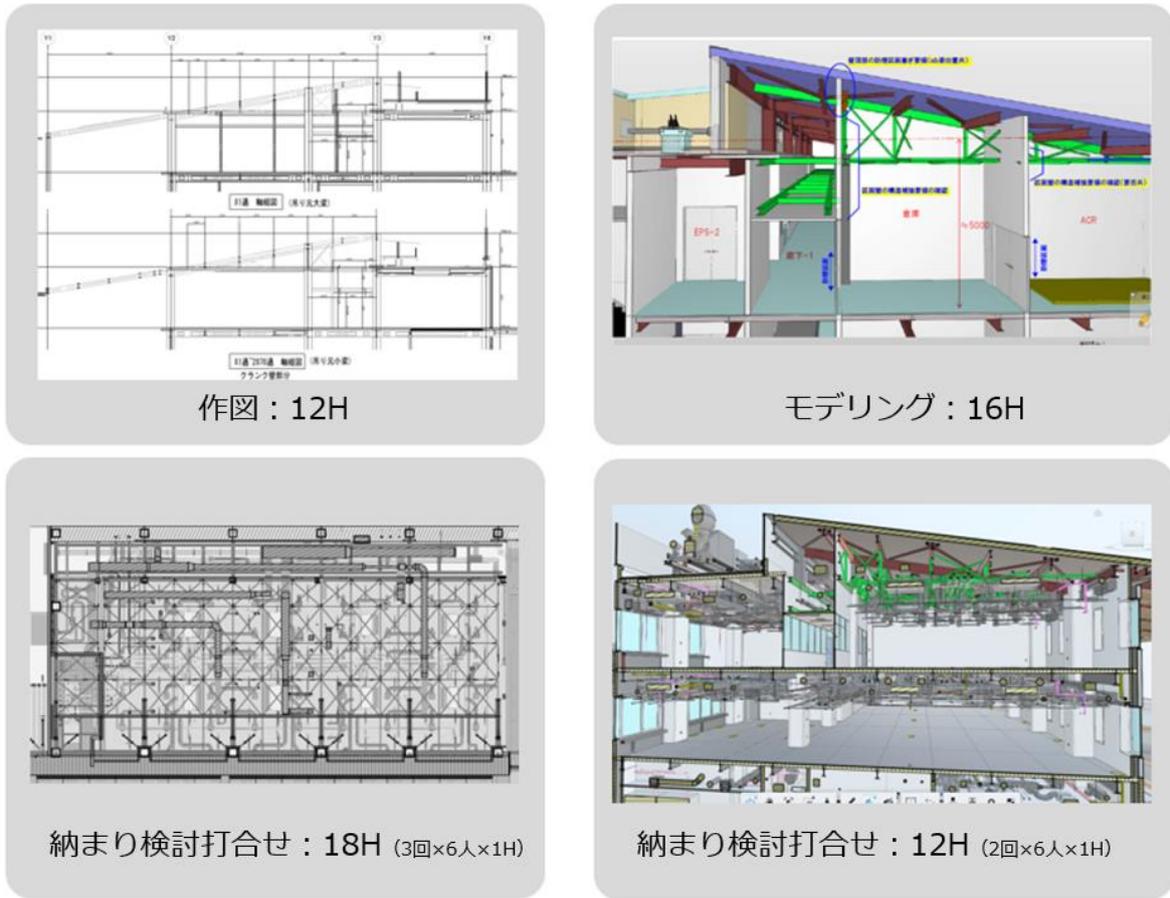


図 4-14 設計指示における検証 1 ぶどう棚鉄骨検討

【削減効果と目標】従来の2D 図面に対し、BIMを活用した場合の設計変更作業時間の削減：従来比30%削減

- 【検証】
- ・設計変更に対する採用可否の判断に必要な情報を明示する作業にBIMを活用。
 - ・作業時間削減効果とともに、数量集計機能を活用しコストとともにCO2排出量の増減を容易に確認できることを検証する。

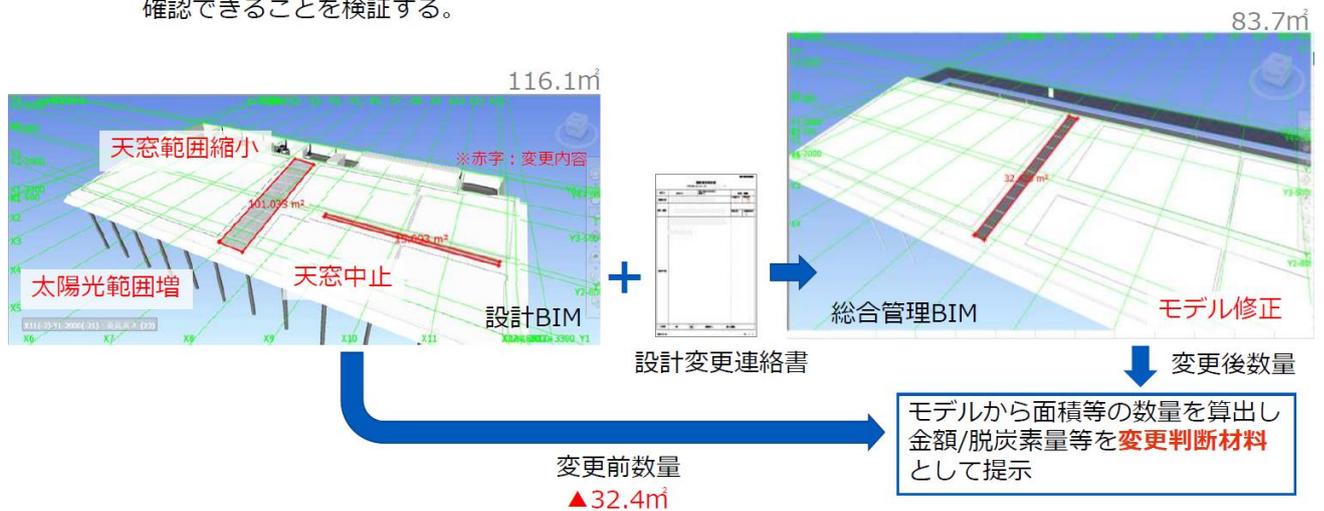


図 4-15 設計変更における検証 2 屋根および太陽光パネル変更

(3) 検証結果のまとめ

(1) (2)の結果をまとめると、表のようになる。検証 1 については約 15%の削減効果が見られたのに対し、検証 2 では 2D と BIM に作業工数に差が見られなかった。上述のように、BIM による設計変更にかかる作業工数削減効果は、検討対象や範囲に依存するものと考えられる。

表 4-1 BIM による設計変更作業の削減効果

	2D/BIM	作図/モデリング [h]	納まり検討[h]	数量算出[h]	合計時間[h]	削減効果[%]
検証 1	2D	12	18	4	34	15
	BIM	16	12	1	29	
検証 2	2D	2		1	3	0
	BIM	2		1	3	

(4) CDE 活用による情報共有/解決の効率化

設計者と施工者との間で交わされる質疑に関して、CDE ツールの指摘機能を使ってタイムリーな指摘回答のやり取りおよび情報共有を実施し、通常の表計算ソフト (Microsoft Excel) による管理とした。その結果、所要時間に関してはほぼ同じとなり、時間の短縮効果は見られなかった。

従来は、週単位の定例会議で Excel による質疑書の管理表を見ながら設計者と施工者および施工者間等関係者で問題点 (Issue) を共有し解決するのが一般的であるが、この CDE ツールの指摘機能を使うことにより、定例会議を待たずに関係者間での質疑/応答がなされ、不要な待機時間が削減される。また、従来一般的に利用されている E-mail 等による個別のやり取りは、担当者以外にはブラックボックスであることから情報の共有という点で問題があった。CDE ツールを中心に最新のデータによる討議や質疑応答などのコミュニケーション情報が記録に残ることにより、担当者だけでなく発注者や管理者にもそれらの情報が共有され、情報の透明性による間違い/手戻りの防止が図られる。また、質疑に関する情報 (項目、担当者、回答期限、など) に関して、各々のデータが構造化されるため、質疑の完了/未完了と「ボール」の所在等を管理することも容易である。所要時間の短縮効果は定量化できなかったが、同じ時間内で Issue が「構造化データ」になっている意義は大きいと考えられる。

質疑管理表 (CDEツール)

ステータス	ID	タイプ	サブタイプ	件名	場所	担当者	会社	期日	リンクドキュメント
未完了	266	指摘検討	電気検討	図1 シック張り材: 変更内容確認、図説	-			2024/01/24	SR-Taskub_Print
未完了	265	指摘検討	電気検討	ブロック機 アンテナ設置	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	264	指摘検討	電気検討	近接待機機と架台の手差	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	263	指摘検討	電気検討	図1 変更後の耐圧の設置内容の確認	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	262	指摘検討	電気検討	近アワとの支柱取付の手差	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	260	指摘検討	電気検討	近接機とシックの下の取付	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	258	指摘検討	電気検討	ブロックとアワの手差	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	257	指摘検討	電気検討	ブロックと架台の手差	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	256	指摘検討	電気検討	図1 シックとシックの手差確認	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	255	指摘検討	電気検討	ブロックとアワの手差	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	254	指摘検討	電気検討	図1 シック天井とシックの位置	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	252	指摘検討	建築検討	近接機設置確認	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	227	指摘検討	建築検討	大気汚染対策シールド検討	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	254	指摘検討	建築検討	電気設備の位置	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	175	指摘検討	建築検討	近接機設置確認シールド検討	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	170	指摘検討	建築検討	近接機設置確認シールド検討	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print
未完了	159	指摘検討	建築検討	近接機設置確認シールド検討	-			2024/01/23	SR-Taskub_Print

質疑の構造化データ化



タイムリーなコミュニケーション



図 4-16 関係者による CDE ツールを活用した Issue 管理

4-3 令和2年度からの検証結果のまとめ

本事業の目的に対し、令和2年度からの3年間で検証した結果について表4-2にまとめる。

表より、BIMの集計機能を利用したコスト概算作業については、部材の拾い作業が大幅に削減される一方、オブジェクトの作り方や粒度によって追加の手作業が必要となるなどの課題を明らかにした。工事監理業務の効率化については、図面の確認・承認業務では施工図の作成・提出が求められたために最終的には従来方法と変わらない結果となった。また、事業期間中に発注者による確認・承認フェーズにまで至らなかった。設計変更業務の効率化については、変更対象の内容や規模に依存するが、本事業で対象とした「ぶどう棚鉄骨の検討」の場合、約15%の削減効果が確認された。

また、施工技術コンサルティングによる工期短縮効果については、S2段階では特に設備について詳細な検討までには至らず、期待したような効果は得られなかったが、S4段階で実施した施工検討により、工程の最適化を図るとともに、最大で3週間程度の工期短縮が見込める工法を提案することができた。

表4-2 効果検証結果一覧（3年分）

発注者メリットの明確化		
1	設計者による建築コスト概算作業の削減	S2：従来比約26%削減 S4：従来比約24%削減
2	施工者による工事積算作業の削減	従来比約30%削減
3	工事監理業務の効率化	①図面の確認・承認業務：従来と変わらず ②工事の確認業務：デジタルデータの活用でリモート検査が可能＝移動時間の削減
4	設計変更業務の効率化	従来比約15%削減 ※対象の規模等に依存する
施工技術コンサルティング業務の明確化		
1	施工技術コンサルティングによる工期短縮	①S2：1日から5日間程度の削減 ②S4：最大3週間程度の削減

5. 結果から導き出される、より発展的に BIM を活用するための今後の課題

5-1 事業者として今後さらに検討・解決すべき課題

5-1-1 BIM を利用した建物のライフサイクルアセスメント

(1) 目的

地球環境負荷の低減は、全世界の喫緊の課題である。人間の社会活動や生産活動による環境への負荷を正確に評価することは、環境負荷低減のための基本となる。ライフサイクルアセスメント（以下、LCA）とは、製品が製造される過程における環境への影響を評価すること、または定量化する手法である。原料の調達から製造、流通、使用・維持、そして廃棄・リサイクルに至る全てのプロセスが対象であり、サービスやシステムもLCAの対象となる。建設プロジェクトにおけるLCAでは、建物の運用フェーズに大きなインパクトがあるため、製品の製造プロセスとともに運用プロセスも重要な評価対象となる。特に建築設備については、機器の運転によるエネルギー消費や排水・排気などによる影響を漏れなく評価する必要がある。

BIMを活用することで部材数量の根拠が明確となり、企画・設計、施工、維持管理・運用の各

フェーズで信頼性の高い正確な LCA が可能となる。そのため、発注者は LCA の結果に基づき、より環境負荷低減に寄与する意思決定ができるようになる。その結果、建物の環境価値が向上し不動産価値を高めることとなる。

本事業では、BIM による発注者メリットの明確化の一つとして、BIM を利用した設備分野の LCA プロセスを実践し、現状の課題を明らかにする。ここでは BIM オブジェクトに紐づけした Uniclass2015 に基づいて LCA を行うことで、国際的な評価結果として採用されることを意図している。なお、データ整備の制約から、ここでは空調ダクト設備のみを対象とした。

(2) インベントリデータと影響評価ソフトウェア

LCA の手法は、ISO14040 シリーズに記載されており、「目的および調査範囲の設定」「インベントリ分析」「影響評価」「解釈」の 4 つの段階に分けられる。本事業では、インベントリデータベースとして IDEA Version 3.1 を、また影響評価を行うソフトウェアとして MiLCA の利用を前提としている。

① IDEA

国立研究開発法人産業技術総合研究所により開発されたライフサイクルインベントリデータベースで、IDEA Version 3.1 は、約 4,700 種類の農・林・水産物、工業製品等の国内全ての製品・サービスの環境負荷物質を定量できるデータベースである。原単位あたりの環境負荷量の数値を提供するだけでなく、各製品の製造プロセスの入出データも提供されている*。

*一般社団法人サステナブル推進機構の web サイト (<https://sumpo.or.jp/consulting/lca/idea/>) から引用

② MiLCA

一般社団法人サステナブル経営推進機構 (SuMPO) が提供する LCA 支援ソフトウェアであり、IDEA のデータと素材の体積や面積等をマッピングさせ、各段階の環境影響因子の排出量を計算して見える化 (グラフ化) することができる。

(3) Uniclass2015 による分類

Uniclass2015 とは、英国の NBS が管理している施設・建物の構成要素やその情報の分類を 12 のテーブルに整理した分類体系であり世界的に活用されている。令和 2 年度の事業においても、設計フェーズの建築コスト概算のための分類コードとして使用し、その効果と課題を分析した。

Uniclass 2015 の Ss は、設備では「系統」に該当し、さまざまなシステムの分類ができる。また Pr は機器や器具など「もの」の分類に使用される。各オブジェクトのパラメータとして Ss と Pr を入力することにより、影響評価に必要な分類作業を容易かつ正確に行うことができる。Ss により「設置」「運転(運用)」「維持」等の影響が可視化しやすくなり、また Pr により部材の製作に必要な材料の種類、量、大きさ、運搬・設置に必要な人員等を定量化することができる。

(4) LCA 実施手順

1) BIM オーサリングソフトの設定

本プロジェクトでは、BIM オーサリングソフトとしてオートデスク社の Revit を使用しているため、以下の説明は Revit を対象としたものである。

① 各種パラメータ設定

図 5-1 に示すように、LCAに必要なパラメータとして、コード番号 (LCA Code Number)、素材名 (LCA Description)、素材の体積 (LCA Description 体積)、素材面積 (LCA Description 面積) をオブジェクト (ファミリー) に設定する。

②各種マテリアルの設定

図 5-2 に示すように、IDEA の製品コードと製品名を Revit のマテリアルとして登録する。

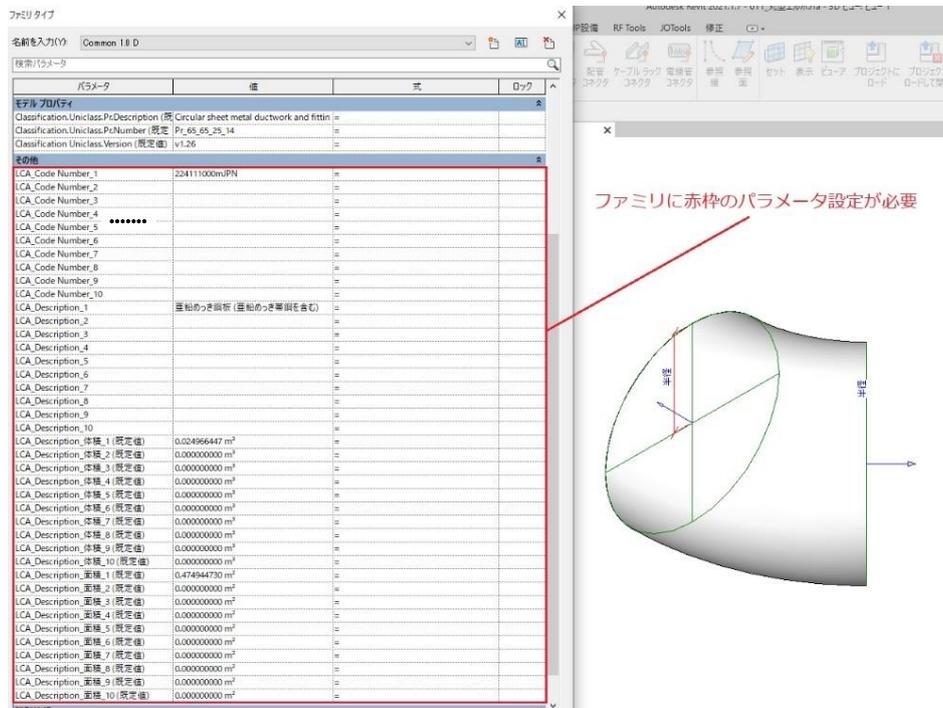


図 5-1 オブジェクトのパラメータ設定

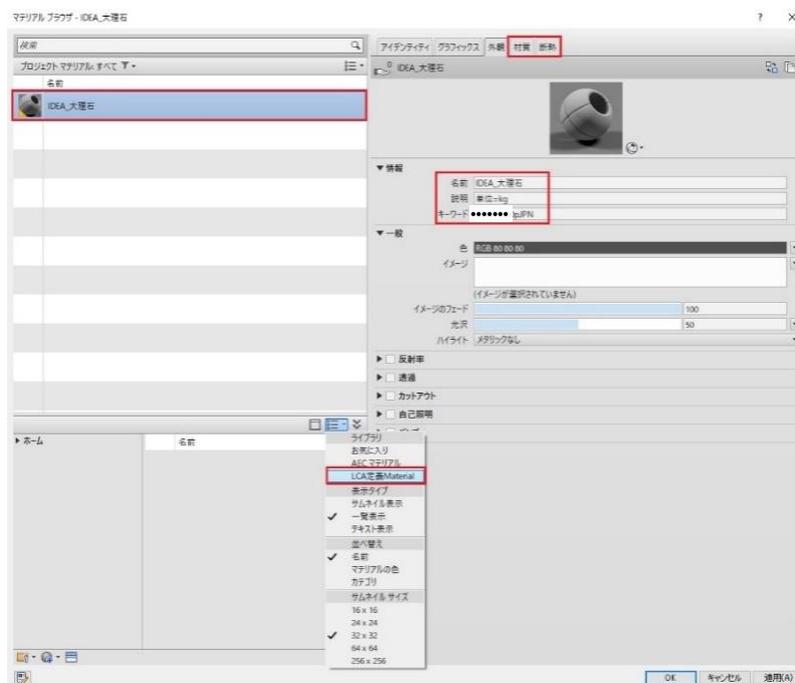


図 5-2 Revit のマテリアル登録

③データ収集

製品の製造に必要な原料の採取、運搬、製造、組み立て、設置、運用、維持、廃棄にわたるすべての段階で要した電力量を、メーカーのホームページや各種業者へのヒアリングなどにより可能な限り収集する。

④各ファミリに素材毎のマテリアルを設定

マテリアルをファミリの各部分に設定する。図 5-3 にダクト部材の例を示す。「マテリアル」に素材を割り当てるとともに、コード番号 (LCA Code Number) と素材名 (LCA Description) を割り当てる。

空調機器のように、複数のマテリアルによる部材で構成された製品の場合は、マテリアルの種類とそれぞれの体積が必要となるが、現状、そこまでの情報を提供しているメーカーは限られており、入手することが困難である。一方、MiLCA は空調機器 1 台に対する排出量の概算値をデータとして持っているため、ここではこの値を使用した。

⑤各素材の体積と表面積の算出

マテリアル設定されている部分ごとに体積と表面積を算出する。ここでは、Dynamo プログラムを用いている。

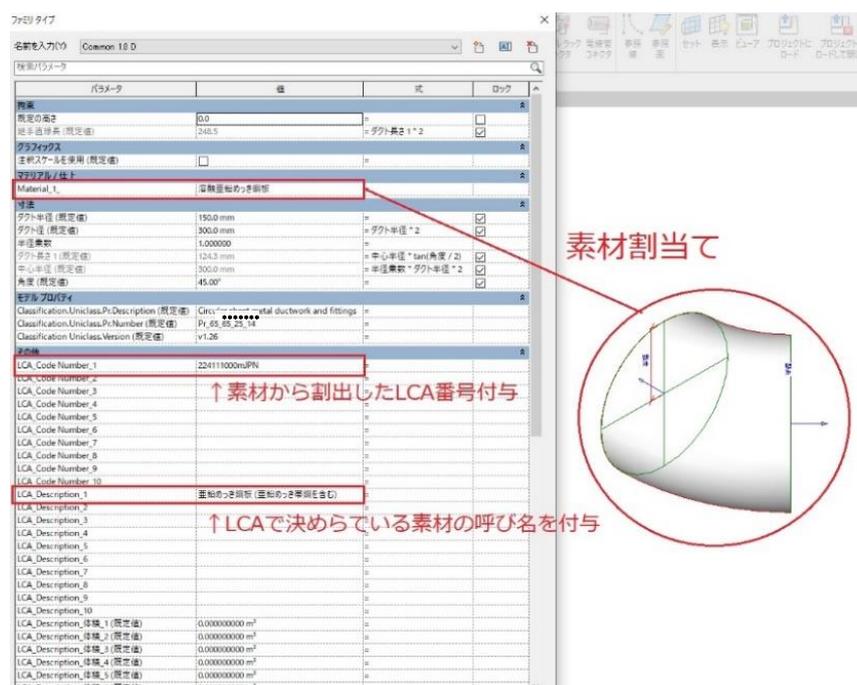


図 5-3 ファミリにマテリアルを設定

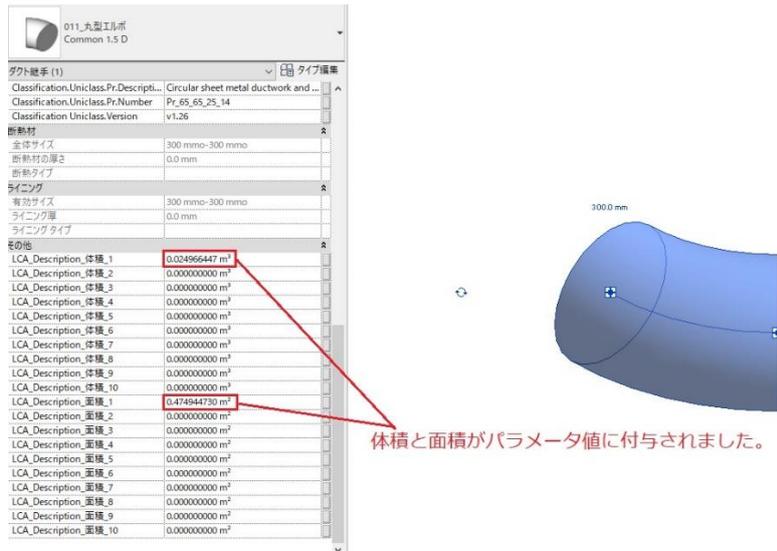


図 5-4 素材の体積と表面積の算出

⑥Uniclass の名称とコードの設定

図 5-5 に示すように、部材に対応する Ss と Pr それぞれの名称 (Description) とコード (Number) を設定する。

⑦IDEA 製品ナンバーの付与

BIM のパラメータを出力し、Uniclass による分類に対して、IDEA の製品名とコードをマッピングする。

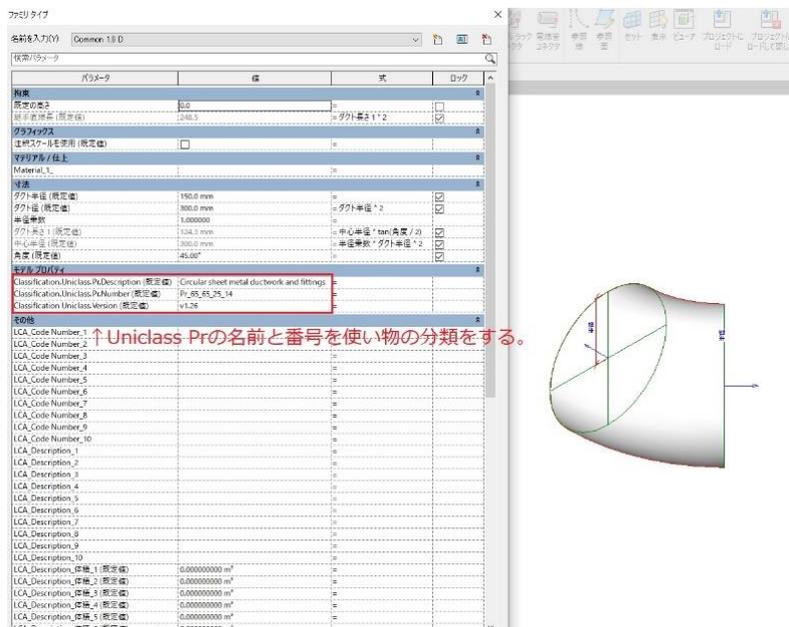


図 5-5 ファミリに Uniclass を設定

2) MiLCA により LCA を実施

①～⑦により作成されたデータを MiLCA の入力として、影響評価を行う。

(5) 現状の課題

上記の手順に沿って、BIM データから MiLCA への入力データを作成し、LCA を実施した。MiLCA による LCA の結果とそれに対する考察は、本検証の目的ではないため割愛する。ここでは、上記の作業を実施した結果明らかとなった課題について述べる。

1) オブジェクトの整備

LCA を計算するためには、素材の「体積」が必要になる。そのため、ファミリの部分ソリッドを分けてマテリアルを設定する必要がある。また、LCA のためのパラメータ設定が必要である。具体的には、各オブジェクトに対しそれを構成するすべての素材について、マテリアルとその体積、IDEA の素材名と番号というパラメータを設定する必要がある。そのため、作業に多くの時間と労力が必要となる。特にマテリアル設定に関しては、IDEA の設定値と符合させるためにマテリアル名やマテリアル自体の設定(素材・断熱等)を変更したりする調整作業に労力が必要であった(例: Revit マテリアルでは「プラスチック」でも、IDEA では多くの種類がある)。

体積の算出は、寸法パラメータ値を計算式で算出する方法、または Dynamo プログラムによりマテリアル毎に算出する方法を用いた。前述の通り、MiLCA は機器の種類単位(台、機、組、面)で概算値を求めることも可能であるが、概算値であるため計算結果の精度を確認する必要があると考える。

IDEA の値は、Revit User Group が提供するアドインソフト (JP 建築) を使い、パラメータをエクセルデータとして出力しマクロなどを使ってマッチングさせた後、Revit にデータを戻すことにより入力した。Uniclass2015 を設定したことで、「物」の分類は容易だったが、IDEA で設定されている「名前」と異なるため、マッチングさせるためのプログラムが必要であった。

2) 想定が必要な項目の存在

素材の採掘場所や運搬方法、製造に使ったエネルギーなどについては、それらの情報ソースにたどり着くことができず、やむなく想定値を使用することとした。以下に想定した値について示す。

① 資源採掘から設置までのプロセス

表 5-1 資源採掘から製品の設置までのプロセスに関する想定

プロセス	想定
資源採掘場所	原産国と輸入国のそれぞれ 1 位の国の採掘地
採掘場所から荷揚げ地までの輸送手段と距離	陸路: トレーラー、航路: タンカー船 採掘場所から港までの直線距離 (陸路)、および港から荷揚げ港までの距離 (航路)
荷揚げ地から工場までの運搬方法と距離	運搬方法: トレーラー 距離: メーカーの web サイトに記載のある工場までの直線距離
加工製造時間と要したエネルギー種類、量	時間: web サイトで検索した機器類の製造期間の平均値 エネルギー: 電力 10kW/台 (機器の場合)
加工製造工場から設置場所(現場)迄の運搬方法と距離	運搬: トレーラー 距離: 工場から現場までの直線距離

設置に要したエネルギーの種類と量	電力 100kw（搬入に必要な機器類で消費する電力の合計）
------------------	-------------------------------

②運転・保守、解体

BIM データとして、機器の仕様は入力されているが、運用条件は入力されていない。そのため、表に示すような想定が必要である。

表 5-2 運転・保守および解体に関する想定

プロセス	想定
機器類の運転時間	10 時間／日
運転によるエネルギー消費量	消費電力（メーカー提供値）
機器の更新時期	設置から 15 年
建物解体時期	竣工から 50 年
解体時に必要なエネルギーの種類と量	電力 100kw（合計値）
解体された後、廃棄処分場までの運搬方法と距離	トレーラー 現場から最も近い処分地までの直線距離

建築 BIM 推進会議の部会 2 は、BLCJ オブジェクト標準（BIM ライブラリー技術研究組合）に準じたメーカーオブジェクトを提供するよう製造者に働きかけている。それに加えて、製造者による LCA に必要なデータ提供を促進するために、BIM による LCA のワークフローを社会実装することが望まれる。

発注者が BIM を活用してプロジェクトを進めることにより、建物のライフサイクルにわたって想定される事象を BIM 上でシミュレーションすることで経営判断に資する未来予想が可能となり、また既存の手法では到達できなかった精度とともに、解決策を導くための労力を削減できることについては、BIM モデル事業およびこれまでの実プロジェクトを通じて明らかとなっている。BIM データによる LCA 作業の効率化と結果の信頼性向上は、環境配慮のための建築計画という施設の社会的価値を高めることとなり、発注者が BIM を導入するモチベーションにつながると考えられる。

5-1-2 BIM による発注者メリットについて

本事業の目的である「発注者メリットの明確化」について、令和 2 年度から 3 年間の事業により明らかとなったメリットを以下に示す。

(1) BIM の数量集計機能による根拠の明確化

本プロジェクトでは、設計者による建築コスト概算（S2, S4）および施工者（ここでは空調設備施工者）による工事積算において、BIM モデルからの部材集計機能を利用したコスト算出を試行した。数量拾いにおける BIM モデルの粒度や作成ルールによる課題が存在するが、いずれも、従来の 2D 図面によるコスト概算作業に比べて、作業時間を削減することができることが分かった。また、2D 図面では数量集計の手間が煩雑となるため、面積単価や歩掛率などによってコストの概算値としていたが、BIM の部材集計機能により、正確な数量を根拠としたコストが算出され、発注者がコスト管理を行う上でメリットとなる。また、令和 3 年度に実施した施工技術コンサルティングでは、提案する材料や工法による CO2

排出量を算出するために部材集計機能を利用した。令和4年度の事業においても、設計変更によるCO2排出量の変化を、変更可否の判断材料として提示した。5-1(1)でも述べたように、建物のライフサイクルにわたる環境影響を評価するニーズが今後ますます高まっていく中で、温暖化ガス排出量など地球環境に影響を及ぼす物質の排出量について、根拠が明確で信頼性の高い数値を算出することができるという非常に大きなメリットが得られる。

(2) 意思決定への効果

設計フェーズでは、S2の設計レビューの際、発注者がCDEのBIMモデルをウォークスルー機能などで自ら確認し、指摘をマークアップ機能で書き込み設計者に提示するという方法をとった。結果、使用者の視点で建物の完成形を確認し完成イメージを共有することができ、また2D図面では気づきにくい不具合を発見するなどの効果が得られた。発注者が構築したCDEにすべての関係者が参加してプロジェクトを進めているため、発注者は必要なタイミングでモデルを閲覧し確認、検討することができる。

また、発注者と設計者、設計者と施工者など、関係者間の質疑応答や提案などのコミュニケーションを、CDEのIssue管理機能(Autodesk Docsでは「指摘事項」)で行うことにより、Issueに関する作成者と担当者(回答者)、カテゴリと内容、日時と回答期限、さらに担当者による回答とステータス(未完了/回答済み/完了)などの情報が構造化されたデータとして記録されるため、発注者はいつでも意思決定(もの決め)の経緯とステータスを確認することができる。

(3) 維持管理・運用フェーズへの準備

建物の維持管理・運用で重要となるポイントは、建物の用途や規模、管理方針などによりさまざまである。本施設には、所属する研究員自らが実験設備の盛替え工事の計画を行うという特徴があり、それに合わせたFM基本方針と基本計画を作成した。このように目的に合わせて維持管理・運用BIMの作成計画を立てることにより、維持管理・運用フェーズで真に有用なBIMが作られる。さらに、設計・施工と並行して維持管理・運用BIMを作ることにより、建物の竣工前に維持管理・運用の具体的な計画をすすめることができ、また竣工と同時にBIMを受領し、FMのためのシステムにつなげて運用を開始することができる。

これらのようなメリットを確実に享受するために、以下のような点が重要であり今後の課題であると考えられる。

(a) EIRの重要性

BIMのプロジェクトの起点はEIR(発注者情報要件)にある。発注者がBIMを導入する目的を明確にし、成果物(納品物)とともにプロジェクト期間中の意思決定に関する要件を提示することが重要である。本事業を通じて特に重要と考える点は、「意思決定ポイントの明示」である。プロジェクトのどのタイミングでどのような意思決定をしたいのかを明確に示すことにより、受注者はBIMデータの作成プロセスを決め、作業の優先順位を決めることができる。意思決定ポイントがあいまいだと、発注者に必要な情報が必要なタイミングで得られないこととなる。例えば、BIMモデルを発注者にレビューするタイミングと対象範囲を明確に決めておくことにより、レビューの段階で必要な情報がすべて入力されたモデルを確認することができる。特に各ステージの途中で意思決定をする場合は、あらかじめEIRにその目的と要件、時期を明示する必要がある。

EIRの作成には、ファシリティマネージャーに代表される建物の維持管理・運用に関する専門知識、

経験とともに、従来の設計施工プロセス、並びに BIM データの構築に関する知識と経験が必要となる。このような多様な知識と経験を有するライフサイクルコンサルタントの育成が重要となる。

(b) 発注者のリーダーシップと BIM マネジメントの重要性

BIM のプロジェクトを円滑に進めるためには、プロジェクトに参加するすべてのステークホルダーが BIM に関する知識とスキルを持ち、従来とは異なる設計施工プロセスを柔軟に受け入れ、取り組んでいく必要があるが、現在の BIM 導入初期においてはそのような状況は望みにくく、不慣れな操作などによりプロセスで行き詰まりを感じるとすぐに従来の方法に戻そうとする力が働いてしまう。例えば、CDE による情報共有やコミュニケーション機能の活用についても、操作に不慣れな参加者は従来のメールやクラウドサーバの利用に流れてしまう。BIM による総合調整や打合せにおいても、ツールの操作に手間取る状況が続けば、従来の 2D 図面による調整、打合せの方が円滑に進められるという考えに立ち戻ってしまう。プロジェクトの遂行を優先すれば仕方がないという見方もできるが、発注者メリットの最大化を目指すためには、BIM ツールの操作性改善などの環境整備もさることながら、妥協しない姿勢での取り組みが求められる。そのため、特に BIM が普及するまでの間は、従来型の元請け会社に依存したプロジェクト運営から、発注者による BIM プロジェクト遂行に向けた力強いリーダーシップと、BIM マネージャーを中心とした緻密な BEP の作成とそれに沿ったプロジェクト運営が必須である。BIM により発注者メリットを追求するのであれば、発注者自身の意識改革が真っ先に求められる。そのうえで、BIM プロジェクトの遂行について発注者を支援する役割が必要であり、施工フェーズにおいては、施工業務と BIM 両方に精通した施工技術コンサルタントが適任であると考えられる。

5-1-3 施工技術コンサルティングについて

本プロジェクトでは、施工技術コンサルタントからの提案に対し、設備の納まりとコストの観点から工法に関する提案の一部を採用せず、替りに提案にはない工法を計画した。しかし、施工技術コンサルタントは発注者側の立場で参加しており、コンサルティング内容は見積条件にも含まれるため、施工者が提示する見積金額にはその内容が反映されてしかるべきである。よって、費用対効果やコスト増を理由に提案を不採用とすることは合理的ではないという見方もできる。一方で、コンサルタントによる施工計画が不十分であったために実現不可能と判断されたとすれば、発注者に委託されたコンサルタントの責任が問われかねない。しかしそれが施工フェーズでの設計変更に起因するものであれば、不採用も了承せざるを得ない。本プロジェクトは空調設備施工者が発注者と同一であるという特殊な事例であるため、上記の点について厳格に検証することはできなかった。施工技術コンサルティングをより価値のある業務にするためには、経験豊富なコンサルタントによる設計フェーズでの綿密な施工計画の立案と、施工者に対しコンサルティング結果の反映を見積条件として明示することが重要である。さらに、設計フェーズで可能な限りもの決めをするという発注者の意思が求められる。また、優先交渉権を持ってコンサルティングを請け負う施工者は、施工担当部署または担当者にコンサルタントを担わせる体制づくりが求められる。

5-2 建築 BIM 推進会議や関係部会・関係団体等に検討してほしい課題

5-2-1 BIM 承認の実現

前述の通り、BIM 承認の実現は、設計者・監理者の承認業務のみならず施工者の作図業務を効率化する

る。そのため、総合図の確認項目に対する BIM を活用した提示方法の具体例（リスト）が整備されることを希望する。例えば 4 章で示した「総合図作成ガイドライン」に記されている各図面の確認項目に対し、BIM による表示例を提示することで、事前検討と設計者・監理者との協議がしやすくなる。ただし、現在の建築現場には作業員が把握できる図面が必須であり、最終的には 2D データに変換しなければならない。今後、BIM データを作業員に合理的に提示する方法と、BIM データで正確かつ確実に検査する方法が開発されれば、2D 図面に頼らない施工が可能となり、さらに、施工の機械化やプレファブ化の促進によって 2D 図面が不要となり、BIM 承認が一般化することが予想される。

併せて、承認結果のエビデンスを残す方法の検討を希望する。例えば、CDE が持つ Issue 管理機能やレビュー機能を利用し、履歴を BIM データとともに CDE で統合管理するという方法が考えられる。BIM360（オートデスク社）の「指摘事項」の場合、各 Issue について、作成者と回答者、指摘内容と回答、回答期限、完了／未完了のフラグ、BIM データ（モデル、シート等）への紐づけ、といった情報が構造化データとして記録されるため、Issue の一元管理とともに確認・承認のエビデンスとしての役割も十分に果たせるものとする。

5-2-2 プロジェクト参加者のトレーニング

BIM プロジェクトの円滑な進行に向け、使用する BIM ツールの操作をプロジェクト参加者に習得させるために事前の操作トレーニングが必要となる。本プロジェクトでは、CDE の機能を利用した干渉チェックや Issue 管理機能、承認回覧（レビュー）機能を利用するため、BIM マネージャーが主導し数回にわたり操作講習会を実施した。参加者への教育は重要でありながら、その役割が BEP に定義されておらず、また講師を務めることへの報酬も明確になっていない。BIM プロジェクトの円滑な進行のため、BIM ツールの操作に関する教育を BIM マネージャーの業務として明確に位置づけ、報酬の対象にすべきであるとする。今後 BIM マネージャーの要件について整理される際に、この点についても検討していただきたい。

5-3 今後のガイドラインの見直しに向けた具体的な提言

5-3-1 総合図に関する記載の追加

BIM ガイドラインの「3-3. 設計～施工段階で連携し BIM を活用する手法について」の中で、設計 BIM が施工段階で有効に活用されるための一例として、本事業で試行した「総合管理 BIM の作成プロセス」を記載することを提案する。

一般的な民間工事の場合、監理方針書等により「総合図の作成」が求められる。BIM を用いたプロジェクトにおいても同様で、総合図を作成するために、各工種が作成した施工モデルを統合したモデルから平面ビューを切り出して総合図を作成することとなるが、この統合モデルを設計 BIM の編集により作成すれば、施工者の手間が省けて総合調整を迅速に行うことができる。さらに本プロジェクトで実践したように、設計変更に関する履歴も総合管理 BIM に反映させることにより、設計情報の一元管理が可能となる。

5-3-2 各種 Issue の構造化について

本事業で検証した CDE ツールを活用した Issue 管理について、タイムリーなコミュニケーションが可

能となり、またデータが構造化されることによる整理/対応が効率化されるという効果が得られる。Issueにかかるデータの構造化に関しては、企業やプロジェクト毎にそれぞれ設定されているのが現状である。現場毎に建種や規模に特徴はあるものの、指摘や質疑などに対する原因や事象に関しては一定の共通点があると考えられる。Issueにかかるデータの構造化に関する指針を示すことで、各プロジェクトのデータが各企業に集積され、更には建設業界全体のデータの構造化につながっていくことで、収集されたデータの分析/活用の基盤になると考える。本事業の検証は、設計変更に対する変更/指摘事項の構造化であるが、さらにその範囲を広げて、安全や品質などの指摘事項に関する構造化も同様であると考えられ、Issueの目的に合わせたデータの構造化の指針について検討し、ガイドラインで示されることは有用であると考えられる。ガイドライン第2版では、「3-2 多様な関係者の協働のあり方」が該当すると考える。

6. EIR と BEP の分析

6-1 EIR の分析

令和3年度の事業で報告の通り、本プロジェクトの発注者はS5フェーズに移行するにあたり、施工者に対する発注者情報要件（EIR）を作成、提示している。本年度の事業では、この施工者へのEIRについて、特に維持管理・運用BIM作成に関して修正が必要な箇所が明らかとなった。

4章で述べたとおり、維持管理・運用BIM作成にあたり、そのベースとなるBIM（PIM）のオブジェクトとそのパラメータなどについて、ライフサイクルコンサルタントがチェックをする必要がある。しかし、本プロジェクトで作成したEIRには、ライフサイクルコンサルタントによるPIMのチェックについて触れられていない。また、前述の通り、総合管理BIMを維持管理・運用BIM作成のベースにすることとしたため、EIRに記されたS5における意思決定事項に「総合管理BIMの情報の確認」を加え、その要求事項を「ライフサイクルコンサルタントによるオブジェクトとパラメータの確認」とした。

また、EIRには「維持管理・運用に必要な情報一覧」として、必要なオブジェクトとパラメータをリストにして提示されているが、それを施工者から受領するタイミングについては「適宜」というあいまいな表現で示されていた。そこで、その表現を次のように修正した。「施工段階で確定する情報の受け渡しについては、受注者が情報の確定する予定日を提示し、発注者およびライフサイクルコンサルタントとの協議により受け渡しのタイミングを確定し、それに従って維持管理・運用BIM作成者に提供する。」

6-2 BEP の分析

今回S5段階で作成したBEPに関しては、施工者の契約段階で発注者から示されたEIRを基に2016年に（一社）日本建築学会 情報システム技術委員会 設計・生産の情報化小委委員会 IPD コラボレーション研究WGで作成され、2016年「BIMの日」シンポジウムにて公開された設計・施工の各段階が網羅されているBIM実行計画書テンプレート（AIJ_BEP_Template_J_WD_v1.0_16, Feb, 2016）をベースとして作成をした。

各項目に対して準備し決めるべき項目がある中で下記3点に関して分析を行う。

- ①BIMの目的および活用事項とLODについて（添付BEP3章）
- ②利用CDE環境（添付BEP4章）
- ③関係者に必要なスキル（添付BEP5章）

6-2-1 BIM の目的および活用事項と LOD について（3 章）

施工技術コンサルティングおよび期中の BIM 活用を進めていく上で、BIM の導入効果を設定する際に、発注者の要望とプロジェクトの課題をもとに BIM 活用事項を整理することが重要であると考え。本プロジェクトでは効果の設定をする際に下記の 2 点の項目に関して事前に作成および関係者と共有した。

①BIM の活用目的および活用事項表

②BIM プロセスマップ

(1)BIM の活用目的および活用事項

EIR に記載されている発注者要望に加えて、プロジェクトに合わせた課題（初期は BIM での対応可否は除く）を挙げて、それぞれ BIM で対応できるかどうかを検討した上で、目的に合わせた BIM の活用事項を設定し、モデル/LOD/ソフト/人（教育に関しては 6-2-3 に記載）などの要因に関する整理を実施した。本事業での BEP に関する検証として、EIR に記載されている項目を盛り込むことは契約上必須であるが、施工者の効率化にかかる BIM 活用事項を記載することについては議論が必要であると考え。特に工程検討、安全管理に関しては請負の範疇であるが、それらに BIM を活用することによって発注者メリットが表れるのであれば、記載して評価をいただくことが重要であると考え。一方、請負範囲内で納まる取り組みで発注者メリットにつながらないものは BEP に記載する必要がないと考える。請負会社複数社にわたる取り組みであり、各々のモデル作成のタイミングおよび LOD/LOI を調整した上で実施することで効果が上がるものに関しては、情報を共有し合意するためのツールとして BEP を活用するなど、BEP の項目の目的によって発信先（発注者、設計者、施工者）が異なると考え。一つの仮説として、契約段階の条件に対して BIM 活用により効率化される（＝減額される）施工時 V E を正当に評価することが BIM の加速化につながるのではないかと考える。例として、デジタルモックアップなどを実施することにより実大モックアップが削減され、モックアップ作成費の減額とデジタルモックアップ作成費の差分が工事費の差額として合意されることはこれまでも実績があるが、それに加えて、モックアップ作成の省略により CO2 排出量が削減されたことを評価して、これを補助金などで奨励する、ということが考えられる。今後、BIM 活用により事前確認が可能な項目例を作成し、推進していくことが BIM 加速化の一助になると考える。

(2)BIM プロセスマップ

工事工程およびもの決め工程表に対して、モデルの作成時期および活用時期、モデルから情報をアウトプットするスケジュールを共有するために BIM プロセスマップを作成した。プロセスマップにより、モデルを作成するスケジュールを関係者と共有することで、各種の検討事項に対してモデルや情報を遅滞なく準備することができ、確実かつタイムリーに BIM 活用をコントロールすることができる。施工図も同様だが、BIM で検討する際に重要なのが、検討のアウトプットのタイミングに先駆けてモデルおよび情報と環境の設定が必要であることを、施工者間で共有することが重要でありタイミングを逃してしまうと BIM の活用に関しても上手くいかないことが多いので、BIM プロセスマップに関しては重要な作成/共有ツールと考える。

6-2-2 利用 CDE 環境（添付 BEP 4 章）

CDE 環境に関して、本プロジェクトではオートデスク社の BIM360 が指定され、これによるモデルの共有とともに、レビュー機能を利用した図面回覧（承認ワークフロー）、指摘事項ツールを活用した質

プロジェクト及び関係者のBIMの目的、関連する主要なBIM活用事項を以下に示す。←

フェーズ←	BIMの目的←	BIM活用事項←	関係職務←
施工← (S5-, S5) ← (4PH, 5PH) ←	課題の早期発見と解決←	□VHOにおいてBIMを使用して、プロジェクトの目的と← 不整合な箇所を共有して改善する←	O, C, M, E, P, ← VHO
	空間性能の可視化← 耐震性能の可視化←	□CDEにより施工者が発注者とBIMを共有し、随時確認する←	CDE
	建築コストの管理←	□BIMモデルを利用した次のシミュレーションを実施する← 実験装置設置計画、耐震性能←	CD, C, M, E, P, ← シミュ
	工期の適正化←	□設計変更案の採用可否判断の為、BIMを活用して← 建築コストの概算を算出する←	← 設変
	工事の効率化と手戻りの減少に よる円滑な引き渡し←	□BIMを活用し、搬入などの施工計画を詳細に行い← 工期の適正化を図る←	← 4D
工事の効率化と手戻りの減少に よる円滑な引き渡し←	□BIMによる業種間の整合性確保と共に、← 省力化工法やICTを利用した現場管理ツールなどを活用する←	← 施工管	
運営← (S6, S7) ← (6PH) ←	BIMと連携したFMシステムに よる建物情報の一元管理と有 効活用←	□施工段階で決定する維持管理・運用に必要な情報を、維持 管理BIM作成者に提供する←	CD, C, M, E, P, ← 維持管

図 6-1 BIM活用目的および活用事項

BIMプロセスマップ (プロモーション工程と連動)

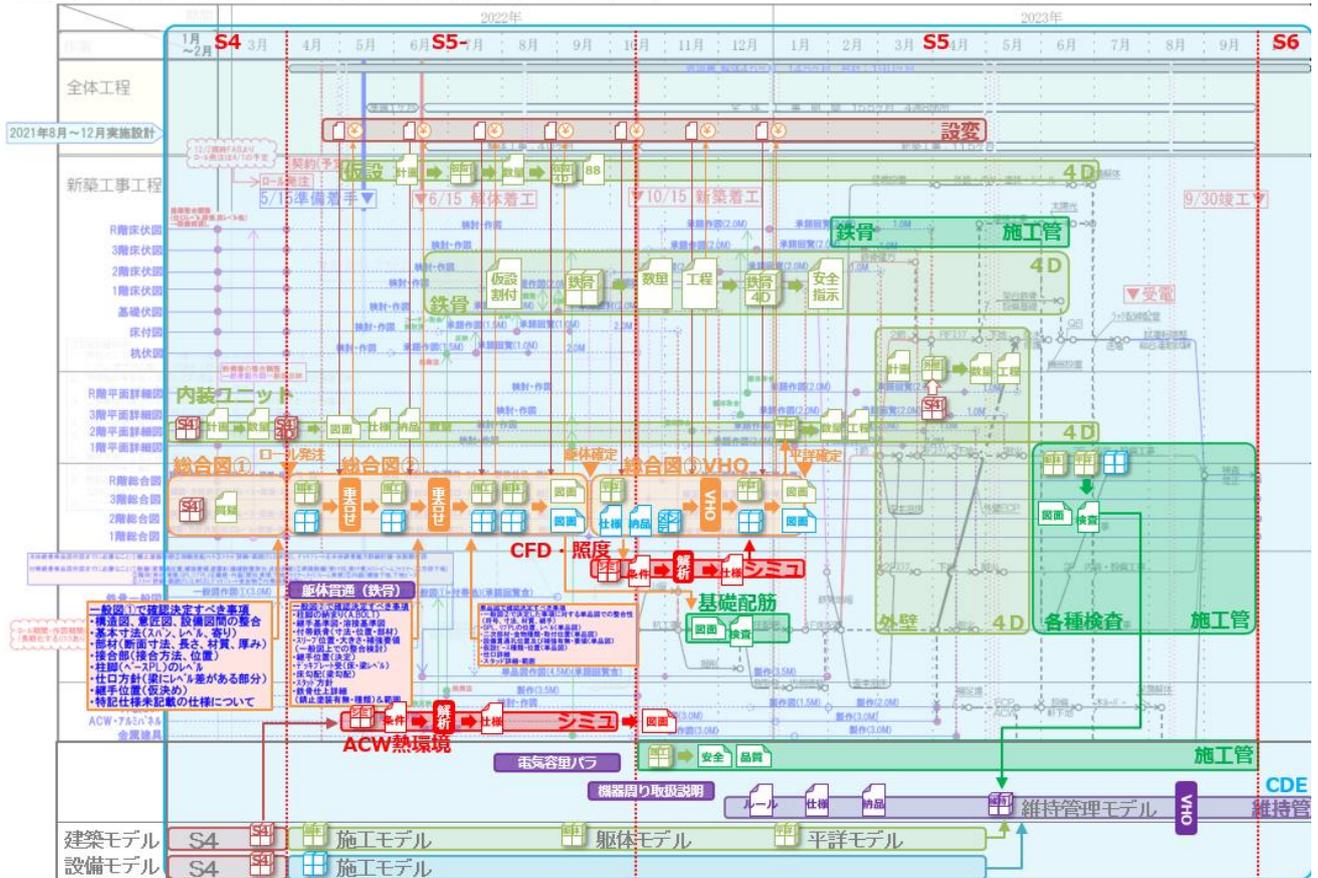


図 6-2 BIM プロセスマップ

疑や設計変更などの Issue に関するコミュニケーションおよび管理を実施した。フォルダ構成は、ISO19650 の構成に従い WIP/Shared/Publish/Archive で分けて実施している。この際の課題としては、データを共有する際のモデルデータのステータスに関して各関係者の認識をする事が改めて重要であると考ええる。

また、今までの 2D での施工図においては、WIP/Shared 等のデータ環境に関してルールを作らなくても”できてしまっていた”部分があったことに対して、CDE 環境を実際に使おうとするとオーサリングツールの設定と BIM360 の CDE ツールの設定と関係者の共有がポイントである。この設定に関しては、現時点では担当する個々のメンバーに定着するまでは環境設定とフォローをする専門者が必要であるのが現状と考える。回覧に関しても、活用する目的を明確にして活用するツールの選択/活用が必要と考える。今まで紙での図面回覧していたものを電子回覧とする際に下記 4 点に関して活用目的の明確化が必要と考える。

- ①チェック時の操作性
- ②回覧管理（誰が回覧の順番になっているかの管理）
- ③全体の進捗管理
- ④最新図管理と差分表示

上記の項目に着目し、活用する CDE ツールが持っている機能で得意な部分と機能にない部分を理解した上で活用方法/目的を設定して BEP にも反映する必要があると考える。

6-2-3 関係者に必要なスキル（添付 BEP 5 章）

BIM360 の各種実施に先駆けて、前項に記した BIM 回覧のために必要な 4 項目のうち、①チェック時の操作と②回覧管理に関して発注者、設計者、設計監理者、施工者に対してツールの教育を実施した。CDE を活用するプロジェクト初期段階で全体的な教育を実施し、その後進捗に併せて実際に操作に困った際に適時操作説明等の資料を作成しレクチャーをしてフォローを行ってきた。現時点では BIM に関しても CDE ツールに関しても初めてのツールを使うことへの抵抗感を無くすために手厚いフォローが必要と考える。その際、初期にレクチャーした説明資料での説明ではなく、困ったことについて 1 対 1 の説明をすることにより、操作者の疑問/ストレスを排除することが大切であると感じた。また、全体に普及するまでには教育が必要な状態が続くと考えられるので、初期の全体像を示すことと、タイムリーなフォローを継続的に行うことが必要であると考ええる。

謝辞

4-1-3 (3)にて報告した VR 装置を利用した発注者による BIM 確認の試行に際し、研究成果である VR 装置の導入と検証にご協力いただいた、早稲田大学理工学術院創造理工学研究科建築学専攻修士 2 年の津田英俊殿に心より感謝を申し上げます。