

最新の病院設計

Latest hospital design

株式会社日建設計 エンジニアリング部門 設備設計グループ
NIKKEN SEKKEI LTD, Engineering Department, M & E Engineer Group

浅川 卓也

Takuya ASAGAWA

キーワード：省エネルギー（Energy Saving）、手術室空調（Operating room air conditioning）、放射空調（Radiant air conditioning）、データ連携（Data linkage）、DX（Digital transformation）

1. はじめに

病院では、高度医療機器の導入、IT化および診療環境を確保するためにエネルギー消費は増加傾向となっており大規模病院における一次換算エネルギー消費量原単位は、約 3,000MJ/m²・年とオフィスに比べ大きい傾向となっている。

一方、地球環境に配慮した低炭素社会化に向け、事業者の経営判断による効果的な省エネルギーへの取り組みが期待されている中で、医療機関も社会的責任を果たすべく、積極的に具体的な取り組みによるエネルギー使用（CO₂ 排出）量の削減、即ち環境負荷の削減が求められている。そうした社会環境の課題解決を目的とした設計と合わせて、ITを活用した設計として Building Information Modeling（BIM）を用いた作図、シミュレーション、積算など様々な用途に上手く活用する方法を模索している段階である。

本稿では、こうした社会環境の変化に即した環境建築、BIM を用いた設計手法について実際の病院設計事例をベースに紹介する。

2. 病院の環境配慮手法

愛媛県松山市にある約 700 床の大規模病院では、地域から信頼と急性期・高度医療への期待に応える地域医療支援病院の整備と合わせて、環境モデル都市松山が掲げる環境への取り組み方針に倣い、「快適な療養環境の創出と提供」、「環境に優しいガーデンホスピタル」、「自然エネルギーを活用したエコホスピタル」の実現に向け設計した事例を紹介する。

2. 1 環境配慮 5 つの取り組み

環境手法の構築にあたり以下の 5 つのキーワードを掲げ設計に取り組んだ。（図 1 に概要を示す）

(1) 自然環境と共存

- ・太陽光発電、太陽熱給湯、自然採光、自然換気など太陽の恵を活かす省エネ手法を採用。
- ・日射負荷が特に大きい南面は建築ファサードを工夫し「自然採光と日射負荷低減」を両立。

(2) 安心して快適なエコホスピタルの構築

- ・快適でエコな病室環境として、4床室のベッド毎の温調、照明には調光・昼光センサーなどを採用。
- ・患者・執刀医に優しくエコな手術室を目指し国内初のHFC冷媒を使った放射式空調を採用。

(3) 省エネ技術の利用

- ・IT製品、センシング技術、厨房機器のデマンドデータを統合し厨房換気エネルギーを低減。
- ・高効率機器、水蓄熱槽、換気排熱・地熱利用機器等を採用し大幅にLCCO₂を低減。

(4) 広めるエコ・続けるエコの発信

- ・BEMSを単なる見える化に留めず、院内スタッフがエコ活動に取組みし易いようスマート端末と連携したBEMSを構築。

(5) 非常時のエネルギー自立と省CO₂を両立する取組

- ・非常時のエネルギー自立として「自然エネルギー利用、雨水・排水のリサイクル、インフラの多元化」などを計画。平常時は他のシステムと組み合わせ環境に優しく、高い省CO₂技術として構築。

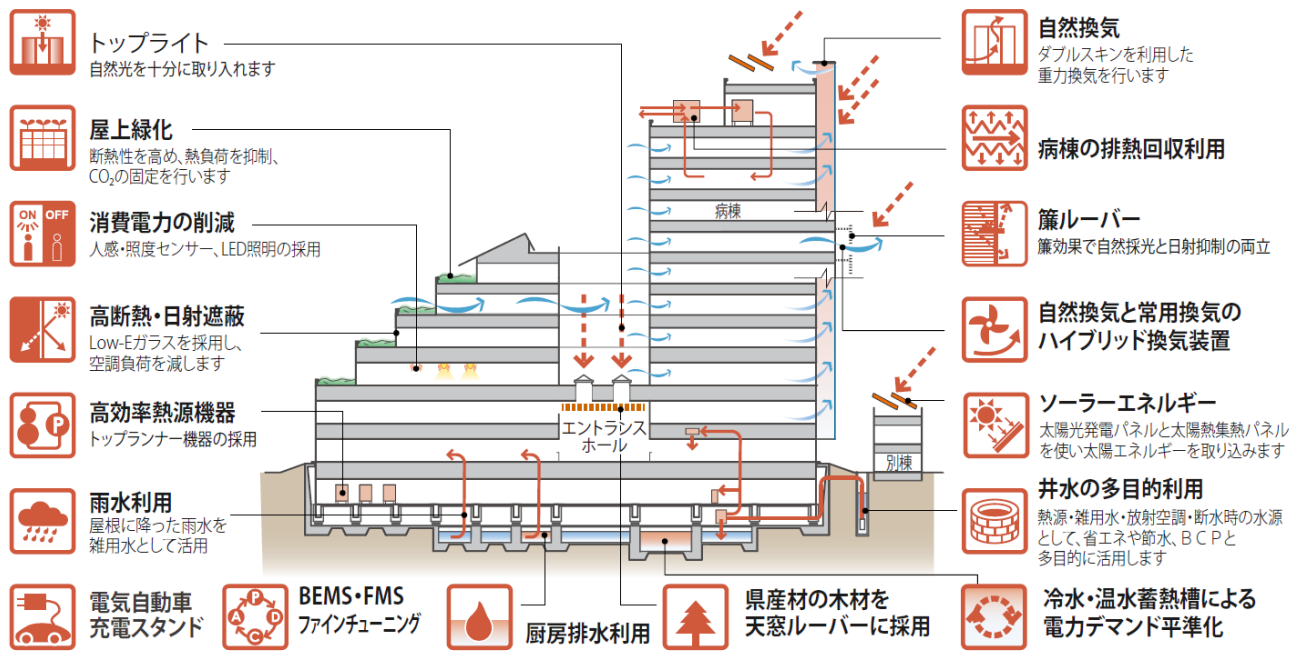


図1 省CO₂技術のアプローチイメージ

2. 2 手術室の放射・対流併用空調システムの開発

2. 1 環境配慮手法で紹介した「(2) 安心して快適なエコホスピタルの構築」の国内初のHFC冷媒を使った放射式空調を採用について詳しく説明をする。

(1) 開発背景

手術室内では、手術時に医療スタッフや医療機器等からの発熱が多いため、年間を通して冷房運転を行うことが多い。更に、手術室内の空気清浄度を維持するため、天井から吹出された清浄空気が直接手術野に供給される。このため、患者は手術中、常時天井からの冷気流に曝され局所的な体温低下やそれに伴った手術部位感染や麻酔覚醒の遅延など、患者の術後の回復や健康状態にも影響を与える可能性が示唆されており、術中の低体温防止は患者の体調管理上、重要な課題となっている。

また、近年術中に発生するサージカルスモークにより医療従事者が汚染物質を吸い込むことで健康被害が発生しているとの報告がある。そこで、従来空調である対流空調（以下、対流空調）に加え、天井面及び壁面に放射パネルを導入することで、冷気流の吹き出し温度や風量を緩和し、患者の低体温化を防止、安定した空気清浄度を提供すると共に、サージカルスモークの拡散を抑制できる可能性があると考え、放射・対流併用空調方式を新規開発に至った。

(2) 開発技術

図2に新規開発した空調システムを示す。特徴として、天井、壁面に放射パネルを設置し多くの室内発熱を除熱。手術内容により不足する発熱や、急冷・急暖要求があった場合は壁面にビルトインしたファンコイル（以下従来空調と呼ぶ）により天井面からの冷暖房空気を送風。この従来空調システムは放射パネルで室内熱処理が可能時は清浄度維持のために運転。

放射パネルへの熱源は、水温を嫌う部屋でもあるため国内空調技術としては初の冷媒を用いた。冷媒を製造する熱源ユニットの熱源水として、15～40℃程度で年間冷暖房が可能な熱源ユニットを開発し、夏は冷却水等の排熱を用いて空調が可能で省エネルギーなシステムとなっている。

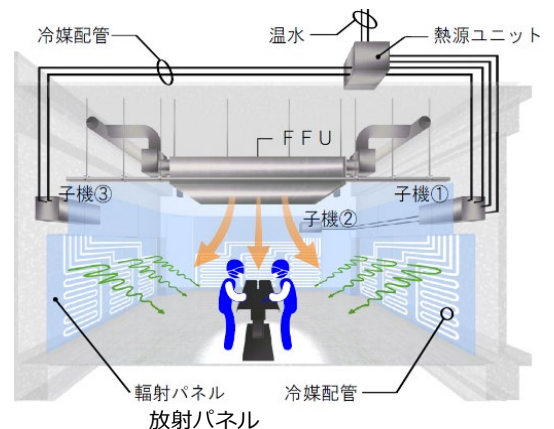


図2 開発システムのシステムフロー図

3. 意匠・構造設計から設備設計へ「i」をつなぐBIM

現状、各社において Building Information Modeling (BIM) を用いて作図、シミュレーション、コストなど様々な用途に上手く活用する方法を模索している段階である。

しかし、設備設計者目線で BIM を考えた場合、誰しもが日々の業務において BIM との関わりが深いとは言い難いのも事実である。その背景には、施工図に比べ深度化するにも、建築情報が設計中盤頃まで纏まらず作図レベルを 2 次元で検討せざるを得なかった。また、意匠・構造モデルは基本設計段階では建築情報（面積、天高など）がアナログデータのため、負荷計算・換気計算などの技術計算に多くの時間を費やし、3 次元図面に避ける時間が少なかったことが挙げられる。

どうすれば設備設計者が BIM の恩恵を受けられるか考えた一つの答えが「i : Information」、を如何に部門間でつなげるかであった。BIM とは、BI (Building Information) と M (Modeling) の複合用語であり、設計者が最も重要なのは「Building Information」、つまり設計情報「i」が意匠・構造・設備でコンカレントに繋がっていることが BIM を活用する最大のメリットである。本稿では、「i」を設計に活かすための取り組み、データ連携の先に見えてくる課題と展望について、1,000 床を超える大規模病院での設計事例をベースに紹介したい。(図 3、4 BIM 作図事例)

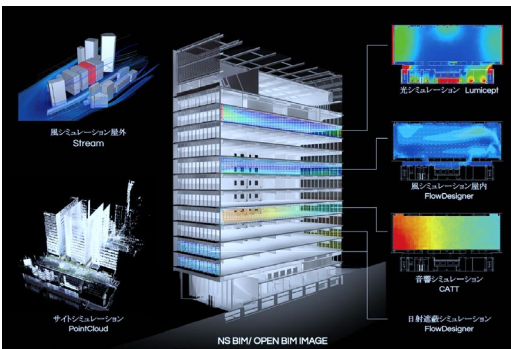


図 3 BIM とシミュレーション統合例

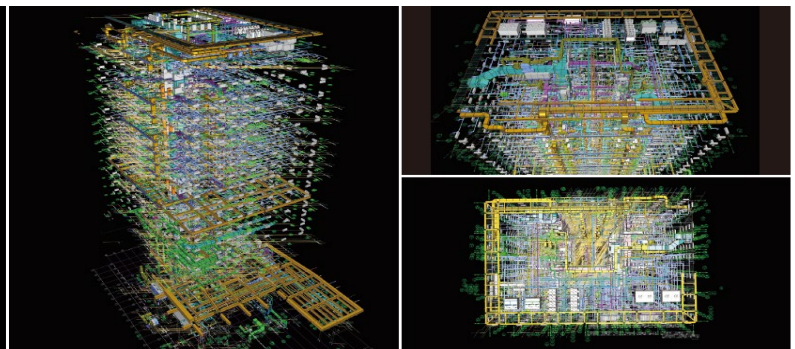


図 4 意匠・構造・設備のモデル統合例

3. 1 設計手順がBIMの課題

部門間連携について基本設計を例に挙げると、設備設計が使いたいのは面積・天高・階高・梁成など納まりや機器選定の目安となる「数値=i (information)」が欲しいが、そうした情報を意匠・構造から得られるのは基本設計中盤～後半になりがちだが、設備が欲しいのは初期～中盤である。(図 5)

一方、データが出たとしても、デジタルデータであれば Excel などを利用して技術計算などに活かせるが、手書きメモによる伝達、得た図面から面積などの数値算出となると、作業効率が悪く、結果として部門間連携はアナログでしかできない結果となる。こうしたアナログを中心とした 2 次元設計の進め方を、3 次元つまり BIM 版の設計手順を作っていくことが大きな第一歩と考える。

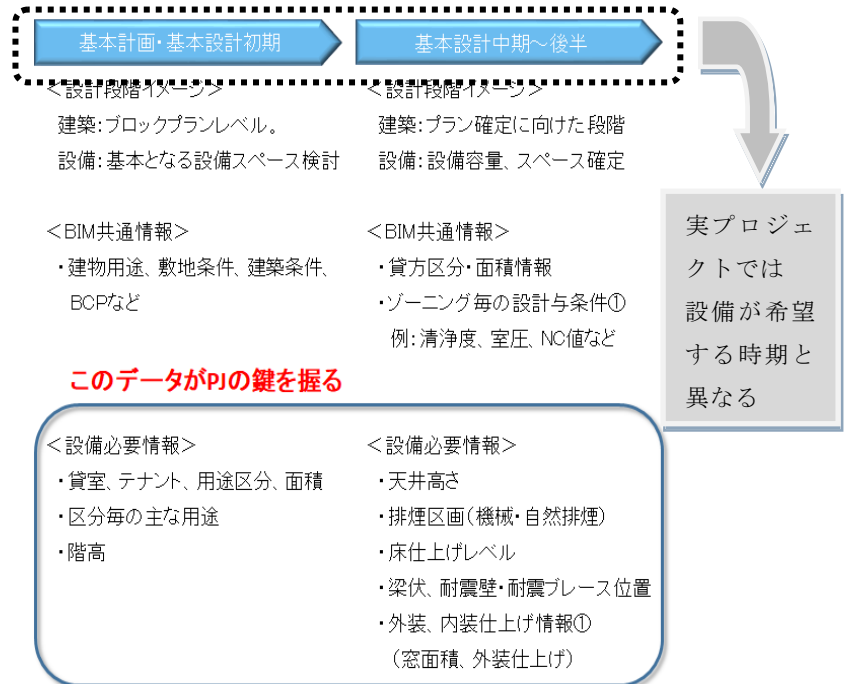


図 5 基本設計時のデータ連携フロー例

3. 2 コンクリートエンジニアリングへの取り組み

設計手順の在り方が課題とするなか、社内のいくつかのプロジェクトではこの課題を乗り越えるような取り組みが進められるようになってきた。図6 BIMと連携した建築設備諸元の整合確認ツールに示すように、意匠・構造が構築するBIMモデルに含まれる建築諸元情報をExcelに取り出し、シームレスに引き継いで設備検討に反映させることで、これまでより早く、正確に検討サイクルを回すことができるようになり、その結果を意匠・構造と共有することで、密に部門間連携を図ることができつつある。

そのために、誰がどこまでのデータをどのタイミングで入力するかというワークフローを、総合設計事務所の強みが発揮できるようにBIMをプラットフォームとして再構築しデジタルトランスフォーメーション(DX)を推し進めることで、意匠・構造・設備が早い段階から膨大な設計情報のやりとりの大部分を、アナログな紙やCADから、BIM(3D Modelと Information)のデジタルデータの連携ができた。

一方、各部門でデータ連携するには、入力する内容によっては意匠ではなく設備が入力した方がよい項目もある。今回検討した病院設計では、意匠側がRevitモデルから室諸元をExcelで書き出し、元データに清浄度、室圧、空調与条件などをExcelに入力したものを建築のRevitモデルへ戻すのではなく、設備がRevitモデルへ直接諸元情報を入力した。One ModelでRevitを操作した例は本件が初めての試みであったが、設備プロット図作成後の建築プラン変更への追従性、部門間の不整合防止、諸元情報の色塗り平面図作成などトータルで設計プロセスを考えるとOne Modelでの作業は効率的であったといえる。

こうした設備がデータを待つのではなく、欲しいデータを設備自ら作り出すアプローチによって、BIデータをリアルタイムに、効率的に設計に活用することができた。

Check Status	UID	レベル	名前	面積	(仕)床仕上	(仕)天井高	(仕)天井仕上	(仕)壁仕上	(施)床下地	手洗	流し台・作業流	手洗	便器	ベッド	打合せテーブル(片側)	打合せテーブル(両側)	供給エリア設定	環境条件	コンセント										LAN交差			一般照明器具								
																			電源	照明	電話	データ	無線LAN	有線LAN	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具	照明器具			
意匠モデルから生成されたBIM室諸元 (抜粋)																		設備諸元(モデル照合)										時系列の変更差分を カラー表示で可視化												
																												天井仕上情報									壁仕上情報			床仕上情報
		1F	Staff Lounge	19.59	VT01	2400																																		
		1F	Treatment Room	17.44	VS02	2700																																		
		1F	Room A	66.74	VS02	5000																																		
		1F	Room B	51.99	VS02	5000																																		
		1F	Room C	2.6	VS02	2400																																		
		1F	CP	3.86	TL01-FL	2400																																		
		1F	CP	3.86	TL01-FL	2400																																		
		1F	CP	2.18	TL01-FL	2400																																		
		1F	CP	2.14	TL01-FL	2400																																		
		2F	Room A	8.1	VS02	2400																																		
		2F	Room B	8.52	VS02	3000																																		
		2F	Room C	84.56	VS02補助高さ	3000																																		
		2F	Room D	63.89	VS02補助高さ	3000																																		
		2F	Room E	2.16	TL01-FL	2400																																		
		2F	Room F	2.14	TL01-FL	2400																																		
		2F	Block Reception	7.1	VS02	3000																																		
		2F	Block Utility	5.21	VS02	2700																																		
		2F	Reception Room	11.85	VS02	3000																																		
		2F	Reception Room	10.8	VS02	3000																																		
		2F	Reception Room	10.8	VS02	3000																																		
		2F	Reception Room	10.8	VS02	3000																																		
		2F	Reception Room	10.8	VS02	3000																																		
		2F	Reception Room	10.8	VS02	3000																																		
		2F	Reception Room	6.89	VS02	2400																																		
		2F	Nurse Work Care	62.61	VS02	2700																																		
		2F	Colled Utility	5.18	VS02	2700																																		
		2F	Staff Lounge	18.5	VT01	2400																																		
		2F	Treatment Room	18.9	VS02	3000																																		
		2F	Treatment Room	17.86	VS02	2700																																		
		4F	Staff Lounge	18.25	VS02	2700																																		
		1F	廊下	12.48	VS02	2400																																		

図6 BIMと連携した建築設備諸元の整合確認ツール

3. 3 部門を超えた“BIM Collaboration”の挑戦

前項では、意匠・構造・設備が早い段階から連携するコンクリートエンジニアリングのツールとしてRevitを使った取り組み例を紹介したが、部門間連携の潤滑油としては非常に有効であったが、設備の作図ツールとしては一切使っていない。

それでも、設備がRevitを使いOne modelに拘ったのは「BI」をコンクリートに繋ぐことで、基本設計→実施設計→確認申請→施工→運用を一貫したデータ管理により、部門間連携の強化、設計・施工の効率化、LCCの縮減とった点が挙げられる。そうなることを期待しOne Modelでの入力をもたらした効果を紹介する。

(1) データ受領方法

現状、設備図面は建築と同じBIMソフトを使うことが少ないため、ifcファイル形式をベースとした連携となっている。一方、ifcデータによるデータ連携の課題もあるが、正確に意匠と構造データが整合していれば、ソフト互換については、あまり重要ではないと考えている。

そうした視点のもと先ず意匠・構造でのデータ連携は、意匠、構造が同じソフト系なのか否かでアプローチが変わってくるが、図7で示すようにRevitデータによるデータ連携方法をタイプA、タイプB1、B2の3つに区分した。

タイプは、意匠で梁伏、床下げ情報などを入れる方式である。基本設計初期において、設備がBIMによる納まり検討をするにはなるべく早い段階で梁伏、床下げ情報が欲しいがこの方式の場合、納まりが厳しそうなエリアについて意匠との調整だけで可能となる。一方、実施設計・現場までこのモデル作成方法を続けるのは課題もあるため、設計図としてはタイプB1からB2へ移行していくのが多くの流れと考える。

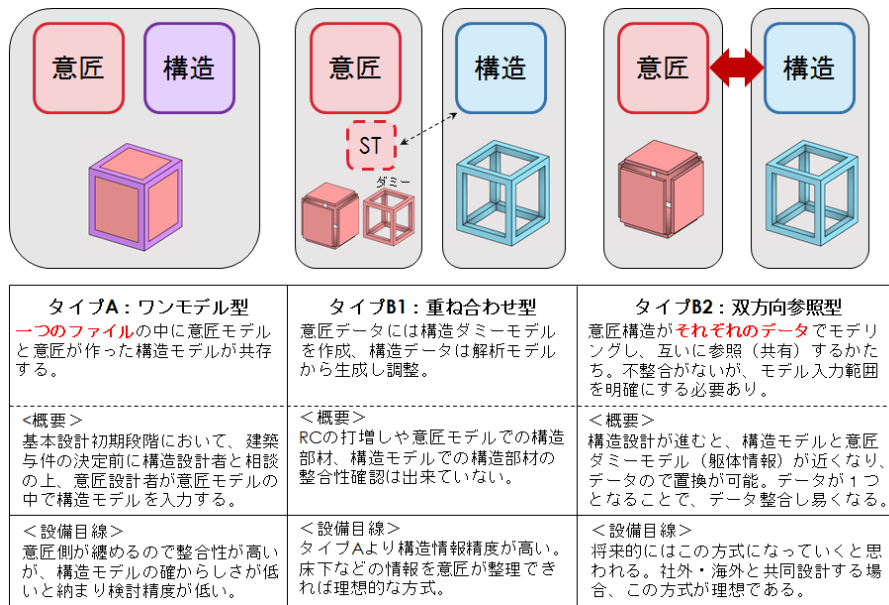


図7 意匠・構造データ連携のパターン分け

(2) データ連携による便利機能

今回取組んだ病院では防水対応の二重床や医療機器の床下げなど仕上げレベルが複雑なため、梁高さ、床下げレベル、天井高などバラバラな図面を重ねてどこが設備の納まりが悪いのか検討するのは、多大な労力を要する。こうした状況を打破するためタイプB1の手法で意匠情報と構造モデルを重ね、“DynamoとExcel”を使い梁下から天井までの有効懐が500mmを下回る箇所を平面図に表記させた。(図8)

この機能により、梁下500mmを切る場所は設備の納まり上リスクがある場所と考え、BIMによる納まり対象場所が絞られるため、従来手書きで断面図を書いて検討に比べ、よりスピーディーに、効率的に納まり検討を行うことができた。

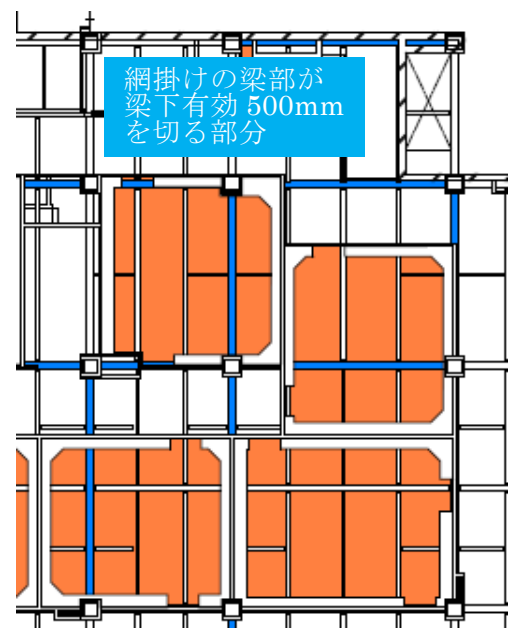


図8 天井内有効寸法確認

(3) データ連携を活用するには

BIMを活用するために最も重要視したのは、複雑な設計条件や設備から意匠・構造への要求条件を如何に部門間で「i」を共有するかであった。病院設計を通じ感じた重要ポイントは以下である。

- ・基本設計初期に設備検討用の意匠・構造BIMデータを意匠が作成し、更に階高、天高など建築条件変更要望をBIMで随時意匠が修正し、データで建築図を供給できたこと。
- ・Revitモデルをifc、PDF、Autocadへの変換を定期的実施し、図面変更箇所を共有。
- ・意匠のRevitモデルに設備が設備プロット、設計条件（室圧、空調・消火範囲等）を同じデータにて行うために、Revitの同時作業許可、設備のファミリー、ビュープレート作成協力。

上記内容は、コンカレントにデータ連携するために必要な対応ではあるが、実際の設計（現場も同様と考える）では、部門間の壁やお互いに必要なデータの相互理解度など様々な要因から決して容易なアプローチではないと考えるが、本件では早期にRevitを使うと決めた段階で従来とは違ったアプローチをプロジェクトメンバー内で共通テーマとして認識しあった意義は大きかった。

3.4 「i」から設備の技術計算へ

これまで意匠・構造・設備がデータ連携を進めることを書いてきたが、連携するその先に設備が最も求めるのは「技術計算」へ活かすためである。空調設計の設計例となるが、技術計算を進めるには図9の建築情報が必要となる。このデータが意匠よりルールに沿った形で設備へデータ提供することで基本設計段階であっても精度が高い検討が可能となる。次に、そのデータをもとに空調側では技術計算に移行させる。現在取組んでいるのは、換気計算、負荷集計を進めて、そこから図10の例のように外調機、室内機器系へ連動させて機器選定まで自動化させようとしている。そこからさらに機器表へ展開し動力リストを電気設計側に渡すことで、設備間のコンカレント強化を目指している。初期段階はプランが動くため、どこから自動計算化を進めるか判断に悩むが、一旦技術計算の骨組みを作ると実施設計、現場段階での変更にも柔軟に対応ができるため、トータルで考えた場合効率化になると考えている。

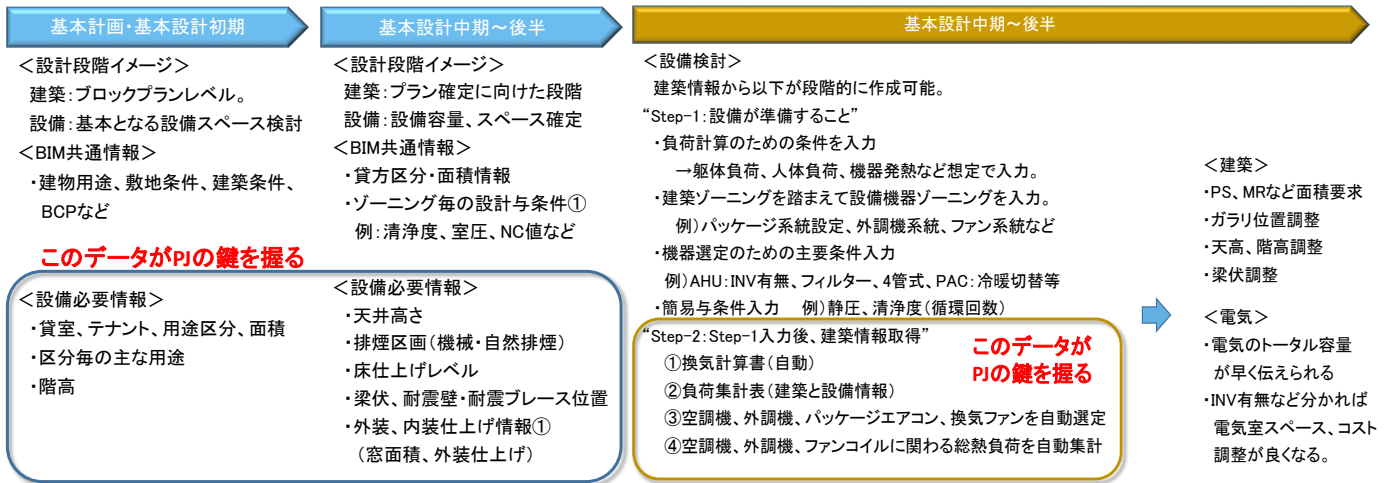


図9 建築→設備へのデータ連携

図10 設備内での技術計算フロー

4. おわりに

今回紹介した病院の環境配慮、BIM取り組み事例は、医療行為を優先としながら複雑な医療設計を、どう社会的ニーズの変化、デジタル化に対し合わせていったのかの例として紹介した。BIMによる3次元作図は10年以上前から取り組んできたが、設計者が使うBIMのメリットは作図より情報、すなわち「i」をコントロールすることではないかと思ひ、紹介した病院事例ではようやくその第一歩を踏み出した段階ではあるが、データ連携もたらず未来は非常に明るいと考えており、今後もさらに「i」を活かすための研究を進めていく次第である。