

環境配慮型外皮の設計プロセスに関する研究 ～技術主体に着目して～

Study on design process of environmental-conscious skin
—focusing on agent of technologies—

学籍番号 47-096822
氏名 妹尾 悠貴 (Seno, Yuki)
指導教員 清家 剛 准教授

1. 研究の背景・目的

地球温暖化現象の抑制を目的として、建築物の省エネルギーを目標とする建築設計が求められている。建築物において省エネルギーを達成するための手段として多くの建築物において行われるのが建築物の外皮に対して環境配慮的な手法を取り入れることである。環境技術の進展によって、環境性能とともにデザインとしても新規的な試みが常に行われている。

その中で、環境配慮型外皮の設計手法を普及させる試みも多く、現に様々な設計手法をまとめた研究文献や市販の書籍も多数存在する。それらに記述されている情報は、大きく分けて意匠設計者向け、設備設計者向け、施主向けのものなどに分けられるが、意匠設計者向けのものに関しては、建築部位ごとの要素技術の解説など、技術そのものの認知・普及にとどまっている。しかしながら実務としての設計プロセスでは、技術を知っているだけではなく、それがどのように実現するのか、効果をどうやって確認するのか、意思決定する必要がある。また専門的な知見や技術が設計体制として技術者と設計者によってどのように組みあさられて建築が結果として環境配慮を実現しているの

か、考察した研究は少ない。特に新規的な技術を伴った外皮を設計する場合などは、どのような情報をどのように組織するかを明らかにすることは設計者にとって重要なことである。本研究では、メーカー、ファサードエンジニアリングコンサルタント、設備設計者など、設計の中心となる意匠設計者に対して情報提供を行うことができる主体のことを「技術主体」として定義し、意匠設計者が技術主体からどのように情報を引き出し、環境配慮を行っているのかを明らかにすることで、各立場の意匠設計者にとっての環境配慮型外皮の設計プロセスを導き出すための知見とするのが本研究の目的である。

2. 研究の方法

本件では、雑誌「新建築」の記事・データベースより抽出した環境配慮に対して新規的な技術を取り入れた・もしくは生み出した建築事例から、まず意匠設計者が技術主体を組織として内部にもっているかいないかで分類し、内部に持っている場合はどのような技術主体をもっているのかによって、設備・構造技術者だけのものと、設備・構造・施工技術者・技術研究所が内部化されているものを基準に設けて分類し、各々の事例をヒアリング対象とした。建築外皮におけるエンジニアリ

表1 ヒアリング対象とした事例と内容

設計者タイプ	内部に技術主体をもたない		内部に設備・構造設計者をもつ				内部に設備・構造・施工・技術研究所の部署をもつ	
事例名	事例A	事例B	事例C	事例D	事例E	事例F	事例G	事例H
用途	病院	公園施設	オフィス	オフィス	オフィス	オフィス	オフィス	オフィス
通常的环境配慮型外皮とは異なる特徴	緑化技術を応用したワイヤーを用いた緑化ルーバー	曲面を伴った緑化屋根と可動性をもった大型ガラス扉	ヒートアイランド現象を抑制する効果をもつ気化冷却機能のルーバー	アトリウム外皮に対しての気化冷却効果を狙った配管+ルーバー	地下空間に対して光を多量に取り入れることのできるトップライト	資源循環性を目的とした住宅用大梁による集成材緑化ルーバー	PVと外装と構造を一体化させたPCカーテンウォール	ユニット化し中空層を薄く抑えたダブルスキンスァード

ングに関して通常とは異なるエンジニア・メーカー特有の技術をもつ主体と関係している事例を選び、なかでも新規技術に対して取り組んでいるものに対して設計の中心的な意思決定者である意匠設計者に対してヒアリングを行った。1) 施主要求から施工段階に至る設計プロセスの全体の流れと、2) 設計プロセスの各段階において関係した技術主体とその関係、の2つを中心にヒアリングを行った。

3. ヒアリング調査 (現状把握)

ヒアリング調査での各事例の現状把握において、情報提供のあり方として特徴的であった事柄に関して述べる。

事例 B では、外部のアトリエ事務所が設計初期段階で外部空間との繋がりを重視した外皮コンセプトアイデアとして、大きく開閉する可動性ガラスカーテンウォールを提案し、さらにカーテンウォール性能に関しても経験を活かした構法アイデアによって解決していた。また、温熱・照度に関するシミュレーションをスタディには使わず、初期段階の方針確認のためだけに用いていた。

事例 C では、新しい外皮の性能としてヒートアイ

ランド現象の抑制を試みているが、気流・温熱シミュレーションだけでなく施工段階において大学研究室と共同し気化冷却効果について実物大実験を行うことで施主理解を得ることができた。

事例 E では、通常は不利となる地下空間での光環境の検討に関して、外部ファサードコンサルタントと共同することで、性能実現に向けた仕様の提案に対して徹底した光環境シミュレーションを行うことができ、意匠設計者と協議をしながら、性能と仕様を最適化させながら打ち合わせを行いコンセプトを実現していた。

事例 F では、短期間で設計しなくてはならない建築の設計に対して、3R 率の向上を目的として現地の建材や流通経路までの情報をゼネコン・地元工務店から得て、リユース可能な資材を設計にすぐに採用することができた。

事例 G では、様々な環境要素技術を取り込んだ外装と構造の一体化した外皮に対して、組織内施工部の協力により様々な技術主体にサポートされた状態での実物実験を行い、性能が実現されているかについての確認検証を行うことができた。また、設計初期段階でのコストなどに関する実現可能

情報提供のあり方	主に情報提供していた技術主体	設計事務所がどの技術主体を内部化しているか	情報提供のあり方の定義	具体例
仕様アイデア	外部意匠設計者	内部技術主体なし	コンセプトに合致する新規的な外皮の仕様とその構法などに関して情報提供する	設計経験ノウハウを用いた仕様の提案 など
	ファサードエンジニアリングコンサルタント	設備・構造技術者を内部化		
	メーカー	設備・構造・環境技術者を内部化		
性能アイデア	外部意匠設計者	内部技術主体なし	環境性能に関して、新たに着目されていない要素に着目しそれに関して情報提供する	温熱だけでなく視覚的な効果に着目する など
	ファサードエンジニアリングコンサルタント	設備・構造技術者を内部化		
	内部エンジニア	設備・構造・環境技術者を内部化		
仕様要求スタディ	複数の技術主体	全ての意匠設計者	仕様の実現に対して環境性能または構造性能を確保して実現をサポートするプロセスでの情報提供	構造と外皮の一体化のために必要な構造の設計 など
性能要求スタディ	複数の技術主体	全ての意匠設計者	環境性能の実現に対して、仕様の検討を繰り返して性能を達成する中でやり取りされる情報提供	外皮のユニット化実現のためディティールの革新に対して情報を提供 など
スタディシミュレーション	ファサードエンジニアリングコンサルタント	設備・構造技術者を内部化	環境性能を視覚化し、仕様の検討にフィードバックして仕様と性能の往復を素早くすることを可能にする情報提供	光を屈折するアクリルルーバーのスタディ など
	内部エンジニア	設備・構造・環境技術者を内部化		
実現可能性チェック	メーカー	全ての意匠設計者	コスト、性能などに対してチェックを行い、実現可能性のチェックをしてその結果を提供	早い段階からのメーカーコンサル など
	ファサードエンジニアリングコンサルタント	内部技術主体なし		
確認検証	ゼネコン	全ての意匠設計者	環境性能その他の性能が実現しているかを実験などで確認する中での情報提供	大学研究室による気化冷却効果実物実験 など
	大学研究室	設備・構造技術者を内部化		

表2 技術主体による情報提供の分類

性のチェックをメーカーに情報を提供してもらっていた。

4. 技術主体の分析

3のヒアリングより、各事例で技術主体がおこなった情報提供の在り方に関して分類した(表2)。技術主体が行う情報提供の分類として、まず「仕様アイデア」「性能アイデア」「仕様要求スタディ」「性能要求スタディ」に関する情報提供が存在した。上記4つの分類は設計プロセスの内容そのものに関わる情報提供であるといえる。また、それとは別に設計内容そのものではないが、設計を進める上で補完的な役割を果たす情報提供として「スタディシミュレーション型」「実現可能性チェック型」「確認検証型」と分類することができた。

5. 設計プロセスの分析

実際のヒアリングから設計プロセスを記述した。

5-1. 技術主体を内部化していない設計者の場合

事例A・Bでは、外部の意匠設計者が仕様アイデア・性能アイデアに対して情報提供を行っている。それは設計者としてのノウハウが大きく影響している。また事例Bでは3で述べたように温熱・照度に関するシミュレーションの情報が確認検証型で提供されている。また両者に共通してファサードエンジニアリングコンサルタントが入っているが、情報提供としては実現可能性チェック型と確認検証型の情報提供のみを使っているというもので、設計プロセス自体には影響を与えていない。基本的には意匠設計者の経験ノウハウによって設計が進んでおり、スタディに関してシミュレーションは用いていないが、基本設計プロセスの役割分担も他の事例と比べると曖昧な関係を持ちながら行われていた。

5-2. 組織として設備・構造技術者を内部化している設計者の場合

事例C~Eでは組織内部部署やファサードコンサルタントにスタディシミュレーションの情報提供をうけている。さらに事例C、Eの2事例は企画段階からスタディシミュレーションの情報提供が初期から実施設計まで存在することにより、設計プロセスに関わる技術主体との情報共有を常に意識した設計プロセスとなっていた。技術主体の外皮コンセプトを作る段階からの情報提供が散逸することなく、つねに統合関係を持ちながら設計プロセスを進ませることができた。また企画段階で組織内部部署から性能アイデアに関する情報提供を

受けていた事例Cは、環境性能に対して独自のコンセプトを作り出せた。事例Fでは、高い3R率を実現するコンセプトであったため、ファサードエンジニアコンサルタントは参加しない代わりに地元工務店が情報提供を行った。設計プロセスは多くの情報が平行関係で検討され、シミュレーションも確認検証として提供されている。

5-3. 設備・構造・施工・技術研究所を内部化している設計者の場合

事例G・Hでは、多くのメーカーと共同関係を持ったうえで設計を進めていた点は共通していた。さらに事例Hにおいては、同時に4つの案に対して平行に検討を進め、シミュレーションを設計段階の一時期における4案に対して行い比較することで、メリットデメリットを比較し、新規技術を採用する意思決定に役立てていた。また事例Gでは、様々な技術目標を持ち、それらを平行的に検討したあと、それぞれに対する実験を設計段階からすることで、平行した検討を確認して性能を確保することができたと考えられる。

事例Hでの平行的な案比較は、実験検証の前倒し・先延ばしができることが条件であり、事例Gは実施設計まで設計を柔軟に変更することのできる施工部を内部化していることによって可能になることを示した事例であると考えられる。

5-4. 設計プロセスの分析の方法

実際の設計プロセスをみたうえで、事例ごとの技術主体からの情報提供を別の視点から分析した。ヒアリングから設計プロセスを記述するに際して、技術主体の役割分担の集合としての設計プロセスの各要素は、1) 前後関係、2) 平行関係、3) 統合関係、であらわされた。(表3)。

1) 前後関係とは、一旦区切りをつけて次のステップとして入れることのできる設計プロセスのあり方である。ヒアリングから、情報提供の中で必ず確認検証に関するものは前後関係として設計プロセスに入っていた。

2) 平行関係とは、ある段階の情報提供が他の情

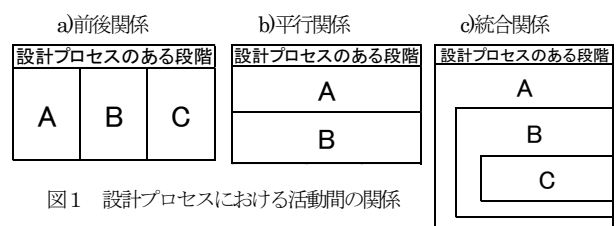


図1 設計プロセスにおける活動間関係

報提供・検討と同時平行に行われる設計プロセスである。情報提供の仕方の中では、実現可能性チェックに関するものが多くが平行関係として設計プロセスに関係しており、他のものは前後関係として入っていた。

3) 統合関係とは、ある設計を前提として、次のステップに分離していくことなく、また平行して進行するものでもなく常に相互に影響を与えながら設計プロセスが進んでいくものである。これらを図としてまとめると図1のようになった。

さらにこれらを用いて事例B、C、Hを設計プロセスを図としてまとめた(図2)。

6. 設計プロセスの分析のまとめ

内部に技術主体をもっていない事務所においては、設計プロセスを大きく統合的に設計しており、それは意匠設計者によるノウハウの情報提供が大きく影響していることがわかった。また設備・構造を内部化している場合は、シミュレーションを繰り返し行うことで、各技術主体とのコンセンサスをとることが可能にしていた。ここでアトリエ事務所にとっての経験ノウハウと組織設計事務所のシミュレーションは、ともに設計プロセスを統合関係にするために使われていることがわかった。シミュレーションを、技術主体間のコンセンサスとして用いることでより情報提供を引き出し、結果として経験ノウハウに近い形で使うということができると考えられる。そしてその統合的な関係を導くスタディシミュレーションを行う技術主体は事例Cでは内部エンジニアのみ、事例Dでは内部エンジニアと外部の技術主体の両方、事例Eでは外部のファサードエンジニアであった。よって、内部化しているエンジニアの数に依存せず、統合的な設計プロセスをつ

くりだすにはスタディシミュレーションによる情報提供がコンセンサスをとることに貢献できると考えられる。

事例G・Hでの同時平行的な検討は、施工部を内部化していることによると考えられる。確認検証が基本設計段階まで早めることができ、実施設計段階でも大きく設計を変更できる、つまり設計プロセスにおける前後関係を調整できることによって可能になっていると考えられる。

以上の分析より、技術主体を内部化していない意匠設計者は設計プロセスとして統合関係を経験ノウハウで構築することができ、また設備・構造を内部化した場合はノウハウだけではコンセンサスはとれず、シミュレーションによって行われ、さらに施工と技研を内部化した場合は設計プロセスを確認検証などの情報提供を変化させることで平行関係や前後関係を調整することが可能になっていた。

7. 設計プロセスの構造に影響する技術主体

設計プロセスの具体的内容に相当する仕様と性能に関する情報提供に対して、スタディシミュレーション、確認検証は設計プロセスの構造に影響する情報提供であるということがわかった。またそれから、そういった情報提供が可能な技術主体は、新規性のある革新的な環境配慮型外皮を目指すときに、設計プロセス構造そのものに対して影響力のある技術主体であると考えられる。それは最初に述べたように仕様・性能という手法だけの領域では捉えられない部分であり、今後こうした革新が行われる環境配慮型外皮技術にたいして、その都度手法を求めただけではわからない情報提供から、今後の環境配慮をとらえることが必要である。

図2 設計プロセスの図式化(上から事例C、事例H)

企画		基本設計段階				基本～実施設計段階	実施設計～施工段階	施工後	
施主要求	一般的には悪いとされる環境条件をどのように克服するのかわかる課題	シミュレーションを行いながらのコンセプトディスカッション	シミュレーションで検証するべき光環境指標の確認				別案とのシミュレーション比較・コンセプトを参照しつつ検討し、実現案に決定	外皮を構成する建材に関するコスト・見積りの確認による設計検討	外皮の部分実物実験による光環境の検証
			ステップごとのシミュレーションチェック・パターン比較による最適化						
			着目した光の性質を活かした外皮の設計・検討	1/10模型による光環境の検証	実験を受けての問題解決	外皮の支持構造の設計・検討			
企画段階		基本設計段階				実施設計～現場施工段階		施工後	
施主要求	CO2低減のための複数の各技術目標	一体化のための緩衝材開発・部分的な実験				実物大での実験検証によるCW性能・構造耐震性能の確認		実現案	
		接合部に関する検討・設計							
		塗料の検討・開発							
		設備と外装の一体化について実験をしながら問題点の検討・設計				風圧・止水などCW性能としての実験・検証			
		室内空調設備に関する新規の開発				実物空間の製作による人を使った検証実験			