

性能設計に基づく建築材料選定支援システム構築に関する研究

—データベース構築のための調査・研究—

主査 野口 貴文^{*1}

委員 兼松 学^{*2} , 黄 光律^{*3} , 丸山 一平^{*4} , 長井 宏憲^{*5}

住宅建築の外壁を構成する部材・材料の性能値と、住空間に対して要求される性能との関係を把握し、ユーザーまたは設計者の要求から最適な外壁の構成材料を決定する「材料選定支援システム」を構築するための基礎的資料を作成することが本研究の目的である。住宅全体、内部空間の各種性能に関して外壁が関連する性能事項は多岐にわたるが、それらを各レベルで明確にし、最適な材料・部材を選定することが重要である。そこで、建築物が製品として合理的に生産される「工業化住宅」の生産過程を調査対象として、各住宅メーカーにヒアリング調査をすることで、設計評価手法と管理システムを検証した。

キーワード：1) 性能設計，2) 材料選定，3) 性能評価，4) 性能規定，5) 最適化，
6) データベース，7) 工業化住宅

A STUDY OF THE SELECTION SYSTEM FOR BUILDING MATERIAL BASED ON PERFORMANCE DESIGN

— A Research for Model of Database —

Ch. Takafumi Noguchi

Mem. Manabu Kanematsu, Kwang Ryul Hwang, Ipppei Maruyama and Hironori Nagai

It is the purpose of this research to create the fundamental data for building the "Material selection support system" which determines the optimal composition of the materials of the wall from a demand of users and architects. The performance matter to which the wall relates about the various performances of internal space is various, it is important to clarify them on each level and to select optimal material and component. Then we verified the performance evaluation method and the management system of each housing company which produce the "prefabricated houses".

1. はじめに

1.1 研究の目的

現在の建設・建築業界は生産活動とその枠組みの在り方を社会的に問われ、大きな変革の時期を迎えている。近年このような動向を受けて、建築基準法の一部改正、住宅品質確保促進法の導入による住宅の性能表示制度等の法改正や制度の見直しが行われてきた。性能規定化によって、建築物を製品として品質保証し、その責任の所在を明らかにするという、ユーザー指向の生産体系が目指されている。規格・基準の再構築の動きは国際的なものであり、同時に国際規格化への対応も急がれる。また、性能規定化に伴う建築設計理論の体系的な再編も必要である。

これまでの仕様規定型設計手法から性能規定型設計手法への変換を達成するためには、施主、ユーザーおよび設計者、施工者など建築物の生産から使用・解体に係わる人間からの様々な要求に対して、必要十分な機能・性能を確保できる建築設計のためのシステム構築が必要となってくる。それら要求される性能が達成すべき目的に

応じて、そのような評価システムの形式は幾通りにも存在しうる。例えば、平面計画・導線計画の最適配置、災害時の避難経路の最適化、構造計算システム、環境負荷評価ツールなど。また初期計画、設計段階、供用期間から解体にいたるまで、建築物の時間の流れに応じて評価システムの形式や求められる解は異なってくる。

本研究では、その中でも特に設計段階において建築材料・部材を選定するためのシステム構築を目指し、要求条件に対する最適な材料の選定・組合せを提案できる体系づくりを考える。そのための基礎的資料として、多種多様な建築材料のデータベース構築、それらを選定するための評価基準を明らかにする必要があると考えられる。研究範囲として、住宅の外壁部材に限定し壁面を構成する各種部材・材料の性能値の検討を行った。

1.2 研究の概要

住宅建築の外壁を構成する各種部材・材料の性能値と、住空間に対して要求される性能との関係を把握し、一般ユーザーの要求から最適な外壁の構成材料を決定する

*1 東京大学 助教授

*2 東京大学 助手

*3 建築研究所

*4 東京大学 博士課程

*5 東京大学 博士課程

「材料選定支援システム」を構築するための基礎的資料を作成することが本研究の目的である。住宅全体、内部空間の各種性能に関して外壁が関連する性能事項は多岐にわたるが、それらを各レベルで明確にし、最適な材料・部材を選定することが重要である。そのためには、実際の建築設計行為において様々に蓄積されるデータを参照することで、要求性能とそれに対応する材料の性能を結ぶ体系を構成する必要がある。性能データをもとに、材料レベルの性能・品質が上位の部材レベル、もしくは住空間レベルの性能とどのような関係にあるのかを検討し定義しなければならない。

しかし、この段階において、ユーザーからの要求に込めうる材料・部材の性能データが必ずしもすべて揃っていないのが現状である。つまり、設計者・施主からの要求を、部材・材料または空間レベルの性能値として表現するための指標が定義されていない分野がある。例えば、環境負荷評価、美観・意匠性能評価のための指標が挙げられる。これらの評価基準は、新しい技術や材料の登場によって変化してゆくことが考えられ、柔軟に対応できる体系づくりを目指さなければならない。また、最終的に部材・材料選定において最適化手法を適用することを視野に入れておく必要もあるだろう。壁部材の性能を階層的に体系化しデータベースの構造をモデリングすることの目的は、設計者・施主の多種多様な要求性能に対して、合理的に最適な材料選定を行うことであり、多次元の評価関数に対して膨大なデータ中から最適な部材・材料の組み合わせを探索する必要があるからである。

2. 建築の性能論

2.1 性能論の歴史的動向

建築における性能という概念は、性能規定化が具体的に進み始めた現在に至るまで、過去様々な形で論じられてきた。建築物の性能に関する主な研究・出来事を表2-1に示す。住宅における総合的な性能の捉え方として一般に基本とされるのはWHO（世界保健機構）が「健康な居住環境の基礎的條件」として提唱した4つの性能を挙げることができる。安全（Safety）、健康（Healthy）、効率（Efficiency）、快適（Comfort）の4段階の性能である。国内においては、西山卯三による住宅の質と性能の関係の研究、田村恭によるBuilding Element（建築単位）という概念の導入など、50年代頃から建築物の性能評価が研究対象となり、「住宅性能論」という言葉も生まれた。また池辺陽は、デザイン情報のシステム化、性能論にもモジュールを中心として建築設計の体系を組織化することで、空間の持つ人間的な必然性の把握という観点から人間にとって必要な空間はどの程度であるかを確認する研究を行った。その一環として「立体最小限住居」シ

年号	建築の性能に関する研究・出来事
1941	・「住宅の質について」西山卯三
1950	・「建築基準法」「建築士法」「国土総合開発法」公布
1955	・日本住宅公団設立
1957	・田村恭（早稲田大学）が「BEの評価」発表（建築雑誌） Building Elementの性能や材料設計について述べる
1959	・内田祥哉（東京大学）がBuilding Elementの研究発表
1961	・建設省建築研究所、材料設計に関する研究発表を開始 ・WHO（世界保健機構）による「健康な居住環境の基礎的條件」のためのレベル提唱
1963	・プレハブ建築協会、建築材料、部材の性能標準研究開始 ・雑誌「新建築」が各種建築物の性能評価を企画、一年間連載
1965	・日本建築学会大会研究協議会「建築の性能について」開催
1966	・建築雑誌「建築の性能」特集
1968	・日本建築センター、住宅性能標準原案作成開始
1972	・建設省建築研究所、工業化住宅評定基準案作成 ・「建築構法に着目した構法選択システムに関する研究」大野啓司 ・建設省総プロ「住宅性能総合評価システム」開始
1973	・BL（優良住宅部品）認定制度発足
1974	・性能の考え方を取り入れたJASS5の改訂
1975	・「建築評価に関する研究」吉田俊郎
1976	・住宅公団、初の性能発注によるPC住宅を契約
1977	・建設省、住宅性能保証基準案まとめ
1978	・財団法人性能保証住宅登録機構の設立認可
1982	・住宅性能保証制度全国に普及 ・建設省、「住宅性能保証制度」実施
1983	・性能を基盤とした建設省総プロ「新建築構造体系の開発」開始
1994	・日本建築学会大会PD「性能規定への移行に対する材料施工分野の課題と展望」開催
1995	・国際建物性能評価プロジェクトグループ発足
2000	・住宅品質確保促進法の施行 ・改正建築基準法の施行 ・品確法性能表示制度の開始

表 2-1 建築物の性能に関する年表

リーズを手がけている。内田祥哉は、BE（Building Element）の定義・分類から性能の表現、構法の選択に至る一連の建築設計の流れをシステム化する研究を行った。このBE論から始まる建築のシステム化は、壁・床・天井等建築部材の部品化へとつながる。

このような流れのなか、昭和38年には雑誌「新建築」誌上において「建築用途別性能評価」の特集が1年間連載される。美術館、戸建・集合住宅、事務所、学校の用途別に光環境、居住性、耐久性、経済性などの評価を行った。しかし、この試みは部位別・用途別性能論となっていたため建築物総体としての性能評価には至らなかった。

建築物への要求を材料レベルの性能まで落とし込み、性能論の立場から材料選定を行った建設省建築研究所材料グループにおける「材料設計に関する研究」は本研究の端緒となっている。要求される条件がそれぞれの部材・材料の性能項目について10段階のグレーディングへと変換される筋道が網羅的・組織的に示され、建築物を総体として捉えた体系的な研究であった。要求性能と部材・材料別の定量的性能との、両者のグレーディングのすり合わせがこの選定手法の最も重要な点であった。また、70年代から始まった建設省総プロによる「住宅性能総合評価システム」は2000年から導入された住宅性能表示制度の基礎ともなっている。住宅性能の表示制度は現状では任意の制度であるが、今後消費者が建築物の性能に対する意識を向上

させていくとともに、住宅の具体的な性能評価が当たり前になってゆくと考えられる。

2.2 データベースの利用

過去の性能論的設計手法、材料選定手法の研究における課題は、膨大な量の建材データを如何にして管理するかであり、それらデータベースから多様な要求に対する最適解を与える最適化手法や建築空間のシミュレーションツールが存在しなかったことであった。

しかし、昨今の情報技術の発展により、計算機の性能と通信速度は向上し、ビジネス分野のみならずエンジニアリング分野においてもデータベースの蓄積と管理・処理が実現されているのが現状である。同時に、数値・テキストデータに加えて図形・画像などのマルチメディアデータの蓄積や、それらを意思決定のような非定型的情報処理に活用するための研究も盛んに行われており、建設業界においても関係情報の共有・電子化の動きが益々強まっている。性能規定化と住宅性能表示制度の整備・浸透とともに、消費者の建築物の性能への意識が高まってくれば、現在のような情報化社会においては建築材料のデータベースの質の向上が望まれると考えられる。図2-2にデータベース構築の基本的な関係を示す。

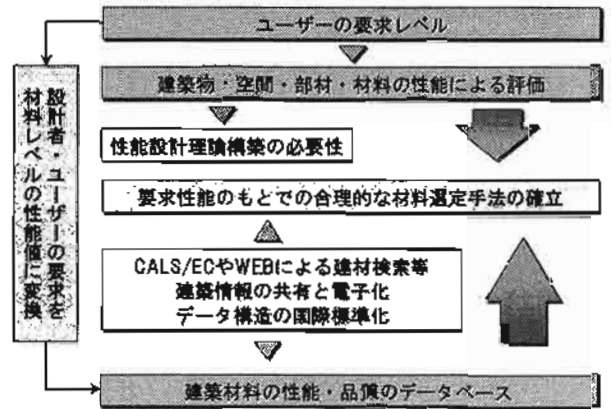


図 2-1 材料選定手法

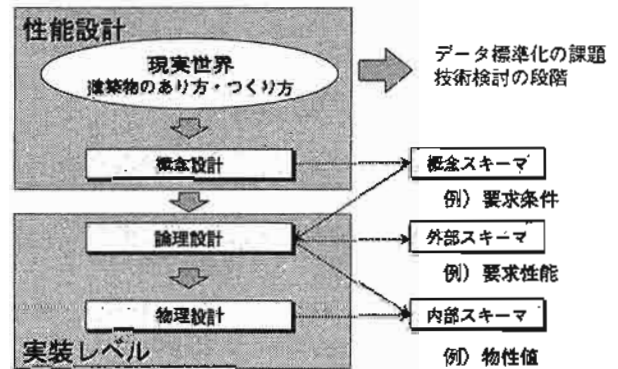


図 2-2 データベース構築

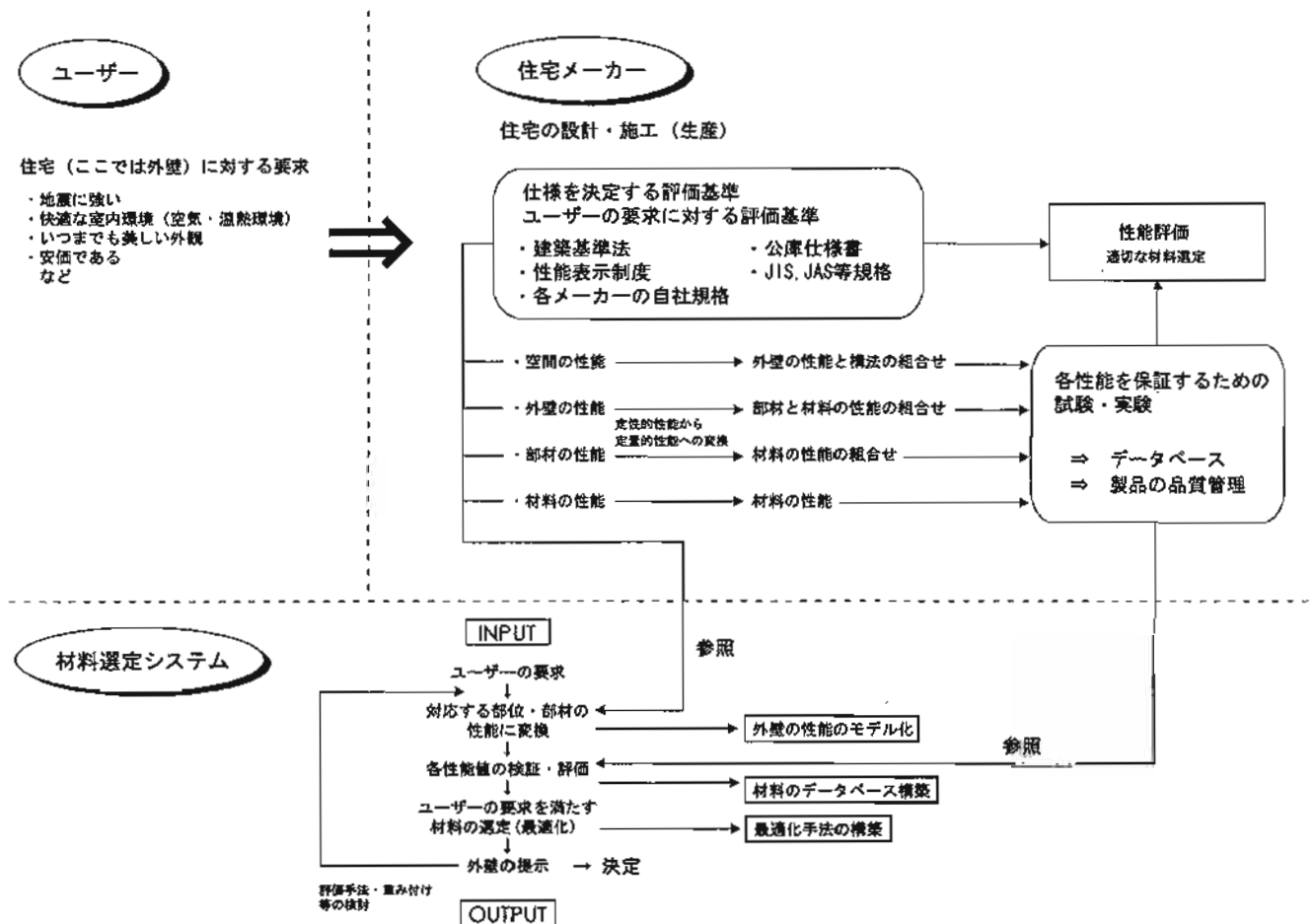


表 3-1 研究におけるヒアリング調査の位置付け

建築材料のデータベース構築における動向として、将来の企業間電子商取引を見据えた建材情報流通の電子化と、CADソフト等へのオブジェクトデータの実装に向けたデータ構造の標準化（製品データの表現と交換を規定した国際標準 STEP など）を挙げることができる。特に前者においては情報化社会の進展にともない、建設関係のポータルサイトや建材検索サイト、住宅設備・建材メーカー商品のアウトレットサイトなどがネット上に散見される。これらは単なるカタログの電子化の段階にとどまっているため、商品検索や企業検索にしか対応できていないのが現状であるが、近い将来、詳細な定性的・定量的な性能要求に対応できる建材検索の可能性も考えられる。

3. 住宅メーカーへのヒアリング調査

3.1 調査の目的

現在の一般的な設計手法においては、建築物や空間に対して全ての要求性能を明確に設定した上で構工法・材料を選定する、といった手法は確立されていない。またそれは現実的なものではない。用いられる構工法や材料の選定は設計者・施工者の経験に拠る部分が多く、定められた基準を満たし得る仕様（Specification）を各々が持ち合わせているため、実際の設計行為における材料選定の手法を、ユーザーの要求とそこから導かれる要求性能という形式に変換することは困難である。

そこで、建築物を製品として明確に品質を定め、合理的な生産ラインを持つ「工業化住宅」の生産過程を調査対象とし、設計情報が生産情報へと変換され管理されるシステムとはどのようなものであるか検証することを目的としたヒアリング調査を行った。

住宅メーカーにおける製品の生産過程を調査し、ユーザーの要求に対応する性能（外壁を構成する各種部材・材料の性能値）・建材の性能をどのように管理しているかを把握し、建築材料選定支援システムにおける性能データベースを構築する上での参考資料とするため、調査内容として以下の項目を考慮した。



写真 2-1 外壁の層構成の一例

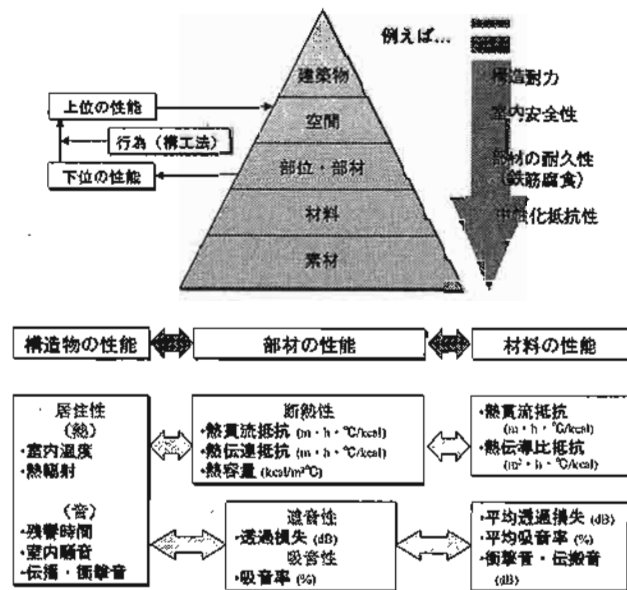


図 3-1 階層化された要求性能構造

部位	部材	材料	要求性能項目または性能値			
外周壁	外装材	張材 塗材 パネル・ブロック	セメント系 木質系 プラスチック系 窯業系 金属系 コンクリート系 鉄鋼系 石材 樹脂系	比重 圧縮強度 曲げ強度 引張強度 せん断強度 ヤング係数 耐衝撃性 寸法の精度 変形追随性	熱貫流率 熱伝達率 熱膨張係数 吸水率 含湿率 耐透水性 乾燥収縮率 透過損失 吸音率	反射率 光沢率 日射反射率 撥水性 色柄 質感
	内装材	同上				
	接合部	力学接合部 機能接合部				
	絶縁・緩衝材	保温・断熱・遮熱材 遮音・吸音・防振材				

表 3-2 外壁への要求性能項目

3.1.1 外壁の構成材料の調査

メーカーの生産する住宅の外壁がどのような材料で構成されているのかを把握する。「工業化住宅」においては、外壁製品として数種類の複合壁体があらかじめ設定されているため、構法・材料の組合せは限られている。

そこで、住宅外壁を構成する部材・材料の詳細な製品データ・性能値を可能な限り収集することを目的とする。この調査では住宅メーカー内のみならず、今後それぞれの材料の供給先である建材メーカーまで調査対象を広げる必要があると考えられる。

3.1.2 ユーザーの要求に対応する外壁材料の性能値とその評価基準の調査

ユーザーが住宅に対して要求する事項は、例えば、室内空間が季節毎に快適である、結露しない壁、いつまでも美しい外観を保つ、地震に強い、などといった定性的な要求（機能）である。このような要求に対して、住宅の定量的な値（性能）としてどのような部位・材料の性能値を対応させているのかを把握する。表3-2に外壁への要求性能項目を示す。

例えば、法規で定められた基準を最低限のものとし、尚且つ近年施行された性能表示制度に示されるように、ある要求性能に対しては指定された性能値を満たしていれば十分である、というような評価基準を住宅メーカーがどのように設定しているのかを調査するのが目的である。

3.1.3 室内空間、各部材・材料の性能の検証方法の調査

前項で述べたようにユーザーの要求に対しては、住宅の定量的な性能値によって機能を確保する。そこで各要求事項に対応する性能値の検証方法の把握をする必要がある。室内空間の性能、各部材・材料の持つ性能を、生産過程のどの段階においてどのような試験方法に従って行っているのかを調査する。

3.1.4 設計手法とデータ管理手法の調査

住宅メーカーはそれぞれの構法（鉄骨造・木造）と外壁製品（複合壁体）の数種類の組合せによって、供給する住宅のバリエーションに幅をもたせている。従って、自由な平面計画による差異を除けば、各メーカーの商品は十数種類程度であり、構法・材料の組合せも膨大なものではない。そのなかで、顧客毎に提案される要求事項に対して差別化をはかる手段を調査することも重要である。

住宅の設計段階で、ユーザーの要求条件に加えて自然環境や社会的な制約条件に対して、構法や外壁を構成す

る材料（特に外装仕上材）をどのような基準で選定しているのかを把握する。

以上、大きく分けて4項目の調査事項を考慮した。

3.2 各メーカーの性能評価

今回、ヒアリング調査として大手住宅メーカー4社（木質・鉄骨系3社、ツーバイフォー1社）の研究所を訪問した。ヒアリング調査に際しては上記の調査事項に加えて、性能設計による材料選定システム構築の概論を説明した上で、その問題点などを議論した。表3-1に本研究における今回の調査の位置付けを示す。

以下にそれぞれの調査結果を示す。

3.2.1 A社のヒアリング調査結果

1) 材料の選定

A社は木造住宅を基本としている。外壁となる木質パネルの構成は、全ての商品においてほぼ同じ材料を流用して使用しており基本的な組合せは固定されている。断熱材・防水シート類において3,4種類の選択幅をもつ程度で（外装材料は除く）、選定材料の種類自体は少ない。また、会社の創立当初から壁体材料の構成方法はほぼ変化はない。つまり完全に経験により出来上がった仕様に従っている。材料の選定に関しては品質が保証されたものであるという前提のもと、各材料の性能が選定の上での重要項目とはなっていない。その理由として、各材料の品質とコストのバランスを考慮した上で、尚且つ大量の製品を注文することから、信頼の置ける材料メーカーから製品を購入しているということが考えられる。その材料の性能評価の基準としてはJAS, JIS規格等の他にクロードの自社規格を持ち、必要に応じてその規格で評価する場合がある。

2) 温熱環境について

断熱層に使用される材料の断熱性能で所定の性能を確保していると判断された場合は、内外装仕上げ等のその他の構成層による断熱性能は考慮に入れない。従って断熱性は断熱層の材料のみで評価する。特殊な外装材料を施す場合、外壁構成材料の組合せを変更するときは、その都度断熱性能の検証を行うことになっているが、これは稀なケースである。また、計算によって断熱性能が把握できる場合は試験は行わず計算結果のみで評価している。

3) 気密性能

気密性は、壁体を構成する材料の接合・構工法、または施工の良否による影響が非常に大きい性能であるため、部材・材料による機能負担ではない。したがって、

材料の基礎物性			強度					熱			水		
			比重	曲げ強度	引張強度	衝撃強度	弾性率	線膨張	熱伝導率	比熱	熱抵抗値	熱線膨張率	吸水率
評価指標	一次評価	二次評価	三次評価										
安全性	構造安全性	地震力	風力										
			衝撃力										
			防火安全性	出火防止性									
	機能・品質の展開	防火安全性	類焼防止性										
			耐火性										
	温熱空気環境	日常安全性	接触安全性										
結露防止性		断熱性											
		防湿性											
	保温性	保温性											

展開された品質
と物性値のチェック

表 3-3 品質展開表の参考例

設計段階で性能評価を下すことができない為、竣工後一軒づつ気密性能を確認する作業が必要となる。

よって評価している。従って要求性能からのトップダウン的な性能評価をしているわけではなかった。

4) 構造安全性・耐久性能

壁パネルの実大試験によって構造安全性を確認している。性能値は住宅金融公庫の仕様書を参照している。

耐久性においては、寸法変化と耐凍害（凍結融解）性能を確認事項としている。特に外装材料に関しては必ず行う。材料選定のための性能評価としては、外装材料は意匠性主導で選定されているために耐久性能は二次的な評価となる場合が多いようである。

各部位・材料における性能のランク付けは明確には定量化されていなかったが、材料選定支援システム構築においては、要求性能のグレーディングのつけ方が重要な課題となる。

6) 意匠性

外壁の材料選定における外装材料の意匠的な性能評価はプライオリティが高い。新しいコンセプトの住宅商品を開発する際は、社内の設計部によってデザイン傾向の意思決定が行われ、それによって材料メーカーに外装材料を作成させる。JISの外装材関連の規格を満たしていれば、その他性能的な面ではほぼ考慮する必要はない。外装材料における評価指標は、意匠性と耐久性、そして経済性とのバランスであると考えてよい。

7) まとめ

A社の場合、材料選定に関する全体的な傾向として性能評価をシステムティックに行ってはいなかった。選定の基本は、法的な基準、仕様書の規格に則って材料、外壁の性能を評価し、特殊な場合において独自の検証法に

3.2.2 B・C社のヒアリング調査結果

B・C社はともに鉄骨系住宅を中心として住宅を生産している。

1) 材料の選定

B社において、外装材料の選定基準はすべてJIS規格にしたがっている。構造安全性・音・熱に関する性能もA社同様、公的な規格にそれぞれ準拠しつつも、特別な場合において自社独自の規格を適用する方法は変わらなかった。公的な基準を建築物が確保すべき最低限の性能レベルと考えるならば、要求されるレベルがそれを上回って評価しなければならない重要な要求項目として、耐久・維持保全性、環境負荷性、意匠性が挙げられた。これら項目の性能評価は長年の経験による自社規格が適用される。特に使用材料の環境負荷性や自然親和性などは、近年になって考慮すべき項目として加えられ、公的な基準以上の性能を確保すべきものだ、との認識が存在した。

2) 品質の管理方法

C社において、製品の基本的な品質管理のためのシステムとして、品質展開表を採用していた。部材・材料別にそれぞれに要求すべき機能を、一次・二次・三次の三段階までの性能に展開することで、対応する確認すべき評価指標を単純化・明確化している。これは建築物の要求性能の構造が階層化したものであるという基本的な認識に基づいている。部材・材料別に機能が展開されるのは、使用される材料によって評価すべき機能・変換の方

法が一定でないことによる。このように展開された材料に要求される機能と、各部材・材料の基礎物性（性能値）との対応関係をマトリック上で確認することによって、品質の管理を行うシステムである。表 3-3 に品質展開表の簡単なイメージを示す。このシステムによって材料の選択のための意思決定を行っているのではなく、あくまで事後チェック機構としての役割が強い。

C 社は比較的新しい外壁製品、新しい外装材料を積極的に導入する傾向が強いことから、このようなチェック機構を必要としている、という背景がある。新しい製品を導入し機能を追加するときは、改善される性能事態は初期段階から明確に把握・認識することが比較的簡単にできるが、そのことにより生じる欠陥や性能低下を予測することは困難だからである。C 社では製品開発における性能評価のチェック機構として、このようなシステムを以後更新しながら対応する。

3.2.3 D 社のヒアリング調査結果

D 社はツーバイフォーの住宅メーカーである。外壁となるパネル材の構成材料である石膏ボード、断熱材などは住宅の省エネルギー基準に、その他防水紙やラスなどは公庫の仕様書に応じてそれぞれ選定されている。外装仕上げは、導入時期においてはモルタルスタッコ調の湿式仕上げであったが、ヒビ割れの発生に対する繊維材混入などの試行錯誤があった後、追い塗りが可能な軽量モルタルの使用や、半乾湿式、乾式、タイル張りといった多様な表情をつくり、様々なユーザーのデザイン要求に対応できるようになっている。

したがって、完全に仕様化された外壁材料の構成において仕上げ材の美観評価と耐久性が材料選定における性能評価の重要な項目となっている。

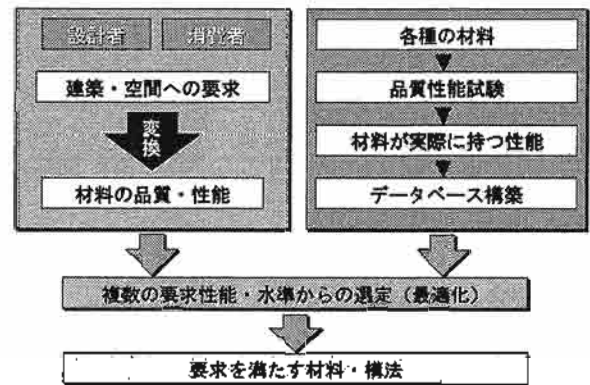
4. 材料選定のための課題

以上のように住宅メーカー 4 社に、それぞれ性能評価の現状と品質管理の手法についてのヒアリング調査を行った。また同時に、性能規定型の設計手法の立場からの材料選定システムのあり方についてディスカッションを行った。

その中で、現在の建築設計手法が性能規定という概念を将来的にどのように組み込んでいくのか、性能設計の立場から外壁材料選定の評価指標として最も明らかにすべき項目は何であるか、などといった議論を行った。この章では、その際に明らかになった材料選定システム構築のための課題や問題点、新しく明確にすべき外装材料の性能評価指標について検討することで、建築物の性能評価と材料選定システム構築のための今後の方向性を考える。

用語	記述	定義
機能 (Function)	定性的	ある用途・目的を達成するための対象物の働き形式
性能 (Performance)	定量的	機能を果たすための対象物の使用時の能力・挙動
仕様 (Specification)	確定的	要求された機能・性能を発現するために経験的に提案される具体例

表 4-1 機能・性能・仕様の定義



従来の最適化・設計手法

- ・エンジニアによる判断
- ・設計者による判断
- ・エキスパートシステム

⇒ 経験的・推論的な最適化・設計行為

得来の最適化・設計手法

- ・性能論に立脚した設計手法
- ・コンピュータシミュレーションによる最適化手法の適用

⇒ 理論的・研究的な最適化・設計行為

図 4-1 材料選定の概略

4.1 建築生産における仕様と性能の関係

工業化住宅の生産における外壁材料選定手法の調査は、効率的な生産・施工体制のもと、工学的な経験により定められた仕様による機能・性能の確保という従来通りの設計手法が運用されていることを確認するに留まった。今後、性能規定型の設計手法への移行のためには、建築物全体に対する要求性能を明確にすることが最も重要な課題であるが、それと同様に明確な要求性能が設計者・消費者から与えられた場合に、設計される部位・部材の生産方法や生産体制が、その要求に柔軟に対応することができるかどうか、という点も課題として挙げられるだろう。従来の仕様規定型設計手法では、具体的な構工法と使用材料が規定され、それに従って施工管理を確実に行うことができれば、結果的には要求性能を満足する建築物をつくるのが可能である。このことは生産量が大量になるほど、安全性が高く効率的な設計手法であるため、築件数が比較的大きい工業化住宅建築にとって

仕様の果たす意味は重要である。表 4-1 に機能・性能・仕様の定義を、図 4-1 に材料選定のための最適化・設計手法の概略を示す。

一方で、性能規定型の設計では、要求に対して解析やシミュレーションによる建築物全体の性能発現の確認・判定は理論上可能であっても、現時点ではあまり現実的なものとはいえない。すべての段階で性能規定型の設計手法を用いようとすると、かえってそのようなシステムは機能しなくなる可能性も考えられるからである。要求される性能に対して明確な評価関数がなかった場合は、その性能評価に関してはやはり仕様によって対応する必要がある。設計手法の体系化のなかで、仕様規定と性能規定の共存のあり方をどのように考えていくかは重要な課題であるといえる。

4.2 選定手法の構築について

住宅の外壁材料選定システムにおけるユーザーの位置付けについては、そのターゲットを細かく絞ることでシステムの持つべき評価関数や提示すべき解が異なってくる可能性が考えられる。

システム構築におけるこの種の議論は、現在使用・開発されている様々な建築物の性能評価ツールにおいても重要な課題である。設計支援のための様々なツールが、その簡便性のために、ある種のゲーム的なパラメータステディに陥ってしまう危険性や、デザインプロセスに完全に組み込んで使用されるべきなのか、それとも技術者間の設計情報のコミュニケーションツールであるのか、などといった議論は多い。具体的なシステムの運用方法と社会的なコンセンサスを得ること、これらのバランスを欠いてしまうと、曖昧で歪んだ評価を下す結果となり、客観的で正確な情報を得られない可能性があるため、評

価システムだけが先行し実際の設計・施工の現場に適用されにくくなる。

住宅を購入するユーザーの立場に立てば、耐地震性能や空気・温熱環境などといった詳細な性能値に対しては、要求性能という形で提示できるものでは必ずしもない。エンドユーザーには要求性能を提示することができないこと、漠然とした評価しかできない場合が多いことを十分に認識しておくべきである。普段は意識されない建築物の機能・性能部分は、何かしら問題が生じたときに初めて、確保しておくべき機能・性能であった、と認識されるものである。

したがって、性能設計型の材料選定システムが、対象としてエンドユーザー指向であるのならば、設計段階におけるユーザーにとって隠れた性能（認知しない性能）は、その性能値の提示によって責任の所在を明確にするという機能にとどめ、消費者の関心の高い美観・意匠性能を定量的に提示することで空間デザインをシミュレーションすることの方が、材料選定の支援システムにとってより効果的であると考えられる。

一方で、建築生産に関わる技術者にとってのツールとしてのシステムであるとするれば、前述した通り、設計支援ツールの社会的・技術的な位置付けを明確にしておかなければ、説得力を持ち得る解の導出システムを構築できない。また、仮に外装材料の組合せの最適解が得られた場合に、その解自体の良否に対する評価を下すのが誰であるべきか、そしてそれは可能であるのか、最適な材料組合せを施工段階で実現できるだけの技術を保証できるのかどうか、また、現行の仕様規定によって構築される外壁に対してそれを性能的に上回る有意義なバリエーションを提案することができるのかどうか、といった問題点がある。

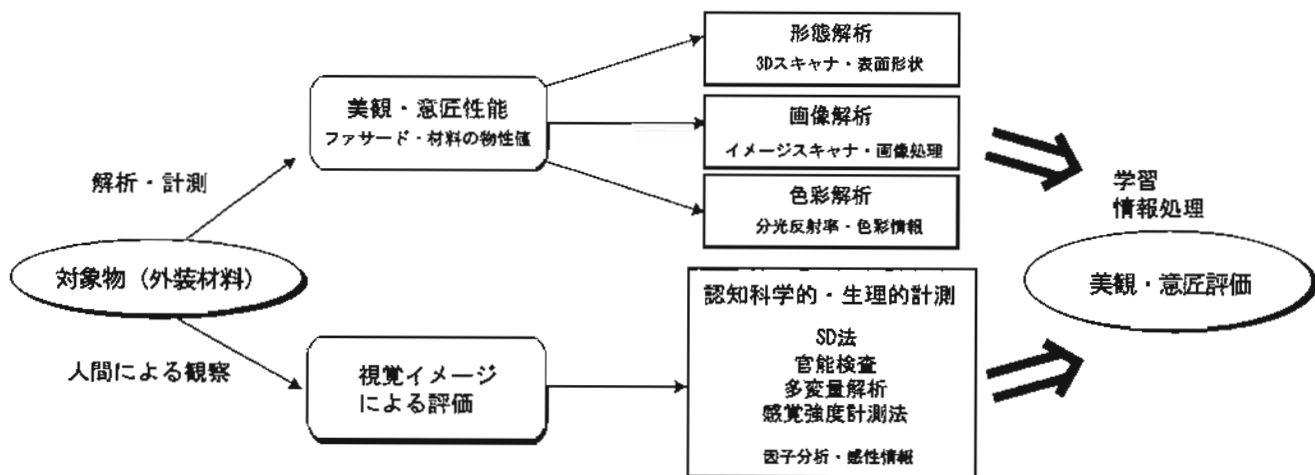


図 4-2 視覚・感性情報と物性情報

システムのユーザーの細分化と、技術的対応のあり方の検討が今後の課題となる。

4.3 耐久性

住宅の外壁材料の選定に関わる性能評価指標において、耐久性能の時間的変化の予測は、設計者・生産者にとって重要な項目である。耐久性は消費者の関心が高い美観に直接関わる要求性能であるため、性能設計に組み込む際には欠かすことのできない評価指標である。

現状では、外装材料の促進劣化試験による結果と、実際に建築されている建物の劣化、フィールドでの暴露試験との関連性が明確に定量化されていないため、例えば外装サイディングやタイルなどの性能10年保証といった言葉も曖昧なものになってしまう。また、劣化についてはその作用因子が複合的な場合、評価が難しくなる。適切な維持・管理手法を用いることで建築物の構造的もしくは美観的な寿命を永らえさせることができるという最適な維持・保全計画提案のためにも、外装材料の耐久・劣化性能の性能評価指標としての確立が必要であり、材料選定の評価性能として最も重要な項目の一つである。

4.4 美観・意匠性

外壁材料と建築物の性能との関連において明確に評価指標が定まっていない項目として美観・意匠性の評価がある。この美観・意匠性の評価という分野は、対象物に対する人間の視覚情報から得られる感性・感覚という主観的な情報を定量的に分析し、それらの感覚・イメージを対象物の物理的な情報へと翻訳または理論的に関連付けさせる技術であり、一般的に感性工学として提唱されている。図4-2に視覚・感性情報と物性情報の関係を示す。

建築物に対する感性情報を抽出するために用いられる手法としては、アンケート法、官能検査、セマンティック・ディファレンシャル法(SD法)、感覚強度計測法、プロトコル法などがある。このような感性情報の定量化においては建築分野においても多くの研究事例がある。この定量化手法は、対象物と感覚との間の因子分析によって、主要因子による意味空間の中に、測定対象物がどのように位置付けられるのかを分析することで、人間の感性情報を定量化するという手法が一般的である。

このような定量化については、人間の感性が一般に非線形であること、定量化された感性情報を対象物の物性値に結びつけて設計体系に組み込むことが困難であること、といった課題が存在している。特に後者の課題は、建築物の外装材料を性能論に立脚して選定しようとする場合においては工学的設計体系への感性の取り込みという重要な問題として十分な検討を要する。建築物のファサードを構成する外装材料における物理的な情報の解析

は、材料の形状解析、イメージの画像解析などによって測定される物性値を性能値として評価する手法が考えられる。これらの解析のなかで、人間が建築物に対して美観や意匠的な情報として認知する感性情報に主たる寄与のある材料の物性値を取り出す作業が今後の重要な課題である。そして、それら感性情報と材料物性の間に存在する非線形な関係を特定することで、美観・意匠性能を性能規定型の設計体系に導入する可能性が生まれる。

この美観・意匠性能の定量化という分野の進展が、材料選定支援システムの最も重要な課題であり、本研究においても今後明らかにしていかなければならない分野である。

5. まとめ

本研究において、性能規定型の設計手法を体系化し、最適な材料選定のための設計支援システム構築と、そのための材料物性値のデータベース構築が最終的な目標であり、特に住宅の外壁を対象として住宅メーカーへのヒアリング調査を行った。

現状の工業化住宅生産の現場における設計段階での材料選定に関わる性能への対応、品質の管理法などの調査を行ったが、性能規定が実際に建築物の評価として導入されはじめて日が浅いことから、今回の調査においてはシステムティックな材料性能の評価・管理を行っている例を確認することはできなかった。また、これまでの仕様規定型から性能規定型の設計手法への変換の必要性は認識されてはいたが、具体的な形式や経済的な利点が存在しないことによって、現状の仕様に従う設計手法が当分持続するであろうという傾向が伺えた。

今後の性能規定型の設計手法への変換の問題点として、全ての性能評価項目を取り扱う体系が存在しないこと、つまり階層化された体系的設計論と、構工法(施工法・部材接合法)の評価理論構築が求められる。また、建築の性能にたいする十分な社会的コンセンサスが存在しないことや、性能規定によって建築設計を行うことで仕様規定に従う以上の工学的・経済的利点が現時点で得にくいことが考えられる。

材料選定のための支援システムを構築するためのデータベースについては、現在確認されている空間性能と材料性能の関係に加えて、美観・意匠性能と耐久性能をいかに情報蓄積することができるかが課題である。今後は建築物の性能評価体系の更なる明確化とともに、いまだ定量的に指標化されていない美観・意匠性能の解析が必要である。

<参考文献>

- 1) 建築材料設計研究会編著：性能からみた建築材料設計用教材，彰国社
- 2) 内田祥哉：建築の生産とシステム，星雲社
- 3) デザイナーのための内外装材チェックリスト，建築文化，彰国社
- 4) 大野隆司：建築構法計画資料，市ヶ谷出版社
- 5) 真鍋恒博：図解建築構法計画講義，彰国社
- 6) ハウスジャパンプロジェクト：21世紀型住宅のすがた，東洋経済