

**人口の高齢化と建築物の高齢化**  
**－建築生産・材料分野－**

建築生産研究グループ長・材料研究グループ長

長谷川 直司

# 人口の高齢化と建築物の高齢化

## —建築生産・材料分野—

建築生産研究グループ・材料研究グループ グループ長 長谷川 直司

### 目 次

- I はじめに
- II 建築生産研究と人口の高齢化
- III 高齢社会における暮らし自立を支援する研究
- IV 高齢化した既存の建築物を再生・活用するための研究
- V 耐久性に関する研究
- VI おわりに—温故知新
- 参考文献

#### I はじめに

日本社会のあらゆる場面で高齢化が進行している。急速な人口の少子高齢化は指摘されてから久しい。65歳以上の高齢者人口の総人口に対する割合（高齢化率）は、平成20年（2008）に人口の22パーセントを超え、現状で5人にひとりが高齢者である。今後の予測では、平成25年（2013）には4人にひとり、平成47年（2035）には3人にひとり、となっている。（H21版高齢社会白書）

一方で、建築物に目を向けると、分譲集合住宅（マンション）は現状で500万戸を超えているが、そのうち建築後30年を過ぎたものは100万戸を超えているといわれている。このほか、公営住宅のストック量は約350万戸、民間の賃貸住宅が600万戸程度であるので、そのうち相当数は経年的な老朽化が進んでいるものと考えられる。

人間と建築物の高齢化の問題は、必ずしもそれぞれが別個の問題ではなく、同時に顕在化することも多い。つまり高齢者が老朽化した住宅に住まう、といった事態は通常よくあることである。

さて、こういった状況をいたずらにネガティブに捉え、対策にばかり奔走するのは控えたい。明るい展望のなかで、加齢すればするほど人間が人間として生き活きと暮らすことができ、建築物は地域や環境に貢献する長寿命社会資本として、社会に存在することが非常に大切な時代になってきている、と考える。当然のことながら、“長寿”であるということは“めでたい”

ことなのである。

人間にしても建築物にしても時代の主役は高齢者である。この主役たちに対して建築技術はどのように貢献できるのだろうか。そしてその建築技術のための調査・試験・研究等を担う建築研究所として何を世の中に提示できるのだろうか。建築生産研究グループと材料研究グループはそれぞれの専門分野の知識と経験を駆使してこの課題に挑戦している。

#### II 建築生産研究と人口の高齢化

かつて、建築生産研究の軸は施工技術部門を中心とした研究が活発に行われてきた<sup>1)</sup>。例えば木造住宅の量産化工法、コンクリートの品質改良と施工技術の向上、仮設機材の施工法、プレレストレスト工法、補強煉瓦造の材料・構法・型枠構法などである。そういった、建築生産プロセスにおける施工フェーズに目を向けたとき、人口の高齢化の問題は直接的に、建設事業における技術労働者の高齢化に伴う建設作業効率の低下、過酷な労働環境での少子化に伴う作業従事者の減少、労働生産性の低迷など対処すべき多くの問題が存在していた。これに対して新技術を活用した、例えばエレクトロニクスを利用した技術及びシステムの開発や施工の自動化、自動化に適合した建築構法の開発が昭和の終わりから平成にかけての時代に精力的に取り組まれた。これらの研究は一定の成果をあげたうえで終了し、近年では建築研究所の生産研究部門で課題として取り上げることが影を潜めている。

今日では、建築生産研究の取り扱う範囲は広大になってきており、建築の企画・計画フェーズから建築設計・生産設計・施工の各フェーズはもとより、建築完成後の維持保全、改修工事そして解体工事までといった幅広いレンジに及ぶ実態としての建築物が調査・研究の対象となりうる。つまり建築生産研究とは、実際の建築活動に即した実物としての建築物（一分のスケールの建築物）を相手にしているということである。

さて、近年取り組んでいる、人口の高齢化対応の調査・研究は建築生産プロセスにおける特に設計フェーズに着目している。キーワードはユニバーサルデザインである。

### III 高齢社会における暮らし自立を支援する研究

わが国の少子高齢化は未曾有の速さで進んでいるが、自立した生活を送る高齢者も実際には多い。将来にわたって健康に暮らすためには、住空間のバリアや危険を取り除くことで自立した生活を送り、生き活きと暮らせる生活の範囲を広げることが大切である。また、たまたま介護が必要となった場合でも「寝かせきり」にしない環境整備も重要である。そのためには連続的かつ総合的な視点からの住宅の設計手法が求められている。

特に高齢者にとって、安全・安心を取り巻く状況は厳しいと言わざるを得ない。したがって、今後の高齢者人口の増加などを考えると、ますます社会の安全・安心に対する意識は高まるものと考えられる。

建築災害ということを直接意識しなくても、バリアフリーやユニバーサルデザインなどは、その第一の目的は安全に安心してモノや建築、生活環境を利用できることであろう。当然、国などもそれら社会のニーズをくみ取り、対策を取り始めている。当該研究に関連する建築や公共空間に目を向けても、平成18年（2006）12月に施行された「バリアフリー新法」（高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律）の中で、冒頭の目的で「高齢者、障害者等の移動上及び施設の利用上の利便性及び安全性の向上の促進を図り・・・」と謳われており、「安全性」が掲げられている。また同様に、国土交通省が平成17年（2005）7月に示した「ユニバーサルデザイン政策大綱」の中でも、「・・・可能な限り全ての人が、人格と個性を尊重され、自由に社会に参画し、いきいきと安全で豊かに暮らせるよう、生活環境や連続した移動環境をハード・ソフトの両面から継続して整備・改善していく・・・」となっている。

これら動向を受け、研究の分野においてもいくつかの新たな

動きが出ている。この安全に関する研究は、古くから大学や一部の企業などでは継続的に行われてきた分野であったが、その割にその重要性が認識され始めたのは実は最近のことで、そういう意味では新しい分野であると言える。

人が被害を被る災害には地震や台風などの自然災害といった非常時のものと、日常的なものがある。実は日常災害が災害全体に占める割合は意外と多く、加えて建築関連の死者数増加の直接の原因となっている。事故の中で最近最も多いのが風呂場などにおける溺水事故で、その犠牲者の数は65歳以上の高齢者と幼児が多くを占めている。次に多い要因としては、転倒や転落、墜落といった落下型の事故が多い。（図1）溺水事故に関しては、死に至るか全くの無傷かのどちらかの結果となることが多いが、落下型の事故に関しては、擦り傷程度の事故から死亡事故まで様々である。

転倒といえども、これが引き金となり高齢者が寝たきりになってしまうなど、その後の影響を考えると決して楽観視できない。転倒が要介護の原因の上位にあがっているのである。（H16 国民生活基礎調査）

具体の数字を見てみると、住宅内で起きる死亡事故が7,827人と建築災害全体9,120人（建築+住宅）の8割以上を占めており、我々が持つ「住宅は安全だ」という漠然とした印象より割合が高いと考えられる。さらに日常災害の中で増加傾向を示しているものが、「溺水」（死亡者数4,018人）と「転倒」（死亡者数1,589人）である。この犠牲者は65歳以上の高齢者が多く占めているという結果が出ている。（H17 人口動態統計）

住宅内において高齢者が被害を被るこういった日常的な災害を少しでも根絶に近づけることができるように、建築生産研究グループでは以下のような調査・研究を行って知見を得ている。

#### 1) 階段

階段について被験者実験による一対比較から安全性を数値化し、影響を与える要因および影響程度を数量化分析により抽出した。結果は予想したとおりであったが、それを定量的に捉え直したことに意義があると考えている。主な結果として、

- ①勾配の影響が最も評価され緩やかなほど評価が高い。
- ②手すり設置の評価は高い。
- ③蹴込板の設置は条件により安全性評価が分かれており個別に検討が必要である。
- ④勾配や手すりの効果は昇りよりも降りのほうが大きい。
- ⑤ノンスリップの効果、段仕上げの効果は有意には認められな

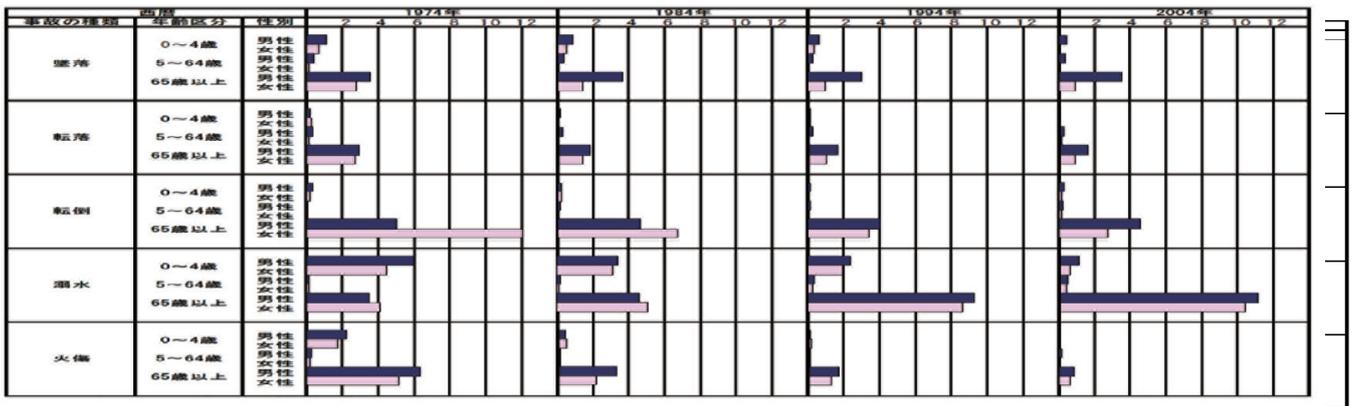


図1 家庭における「墜落」「転落」「転倒」「溺水」「火傷」による死亡率の経年的変化（年齢層別および性別に区分）（人/10万人・年）  
 （厚生労働省人口動態統計（H2004）をもとに、東京理科大学直井研究室で再構成した）



写真1 階段形状と安全性に関する検証



写真2 妊婦の階段昇降実験

いが、実際の使用では段表面が濡れている場合など他の要因による影響も考えて慎重な検討が必要であるなどの知見を得た。勾配という構造的な要因を除くと、やはり手すり設置の効果は大きいことが分かった。

## 2) 階段手すりの高さ

平成12年（2000）の建築基準法の改正施行の中で、建築物の階段に手すり設置が義務化されたが、その位置や高さまでは示されていない。使用者や使用状況が多岐にわたるため、現場での要求に合わせて個々に検討し設置することが望ましいと判断したからと考えられる。現状では、不特定多数の人が使用する場合、特段の理由がない限り階段段鼻の上部75～85cmの辺りに、また個々の住居を対象とした場合は70～90cm（例：『高齢者が居住する住宅の設計に係る指針』）あたりに設置することが多い。ただし、これら基準の使い方を仮に誤ると使用者にとって使いづらい手すりとなりがねない。そこで建築生産研究グループでは大規模な被験者実験（被験者85人、データ数2,040）を行い、使用者に応じた階段手すり高さを実験から求め、その結果を用いた算出法の提案を行った。（写真1～4）実験結果としては、

- ①階段手すりの高さに最も影響を与える身体部位は「身長」である。
  - ②階段勾配の違いは手すり高さに影響を与えない。
  - ③階段の昇降では降りの方が8cm程度高めを選ぶ。
- ということがわかった。

またこれらの結果から、適切な手すり高さの算出法を下記のようにした。ただし、靴を履く場所では靴底分の厚さを考慮する必要がある。

$$\text{手すり高さ} = 1/4 \times \text{身長} + 40 (\pm 3) \quad (\text{単位: cm})$$



写真3 被験者における一対比較実験



写真4 階段手摺高さの検証

### 3) 浴室

災害の実態からみて重要課題である浴室における「溺水」についての調査・研究はまさに現在進行中である。下に取り組んでいる課題の概要を掲げる。平成22年度(2010)いっぱいまで

を研究期間としている。(写真5)

①自立した生活のためには基本的な要件でありながら特に重要な行為である「入浴」について、浴室や浴槽のみならず入浴に関わるシステム全般に求められる「バリアフリー」や「事故防止対策」「健康」や「快適性」といった機能について、高齢者・子どもといった身体的な特徴や生理面など人的側面も考慮に入れながら、その要因の整理を行う。

②主に生理的側面に関わる項目について研究を行う。例えば、室内気候からみたヒートショック対策(温度のバリアフリー)やバリアフリー度(移動容易性)と身体活動量との関係など、生理的側面からみた入浴システムの機能について定量的に評価する。

③主に動作・行為に関わる項目について研究を行う。例えば、手すりの設置位置やエプロンのまたぎ高さ、水勾配と滑りやすさとの関係など、動作・行為に関連する入浴システムの安全性について、定量的に評価する。浴室手すりの設置については「住宅性能表示制度の技術解説」等に示されているが、位置については定性的な表現にとどまっており、本研究から浴室の広さ、使用者側の身体的特徴などに応じた参照データを導き出していく。

これらの調査・実験・研究を実施する施設として建築研究所では「ユニバーサルデザイン実験棟」を整備している。平成18年(2006)4月から始動させており、今年度には新たに空間行動計測室を配置した。今後はモーションキャプチャの技術を活用した人の動きのデータ収集に役立てる予定でいる。(写真6,7)

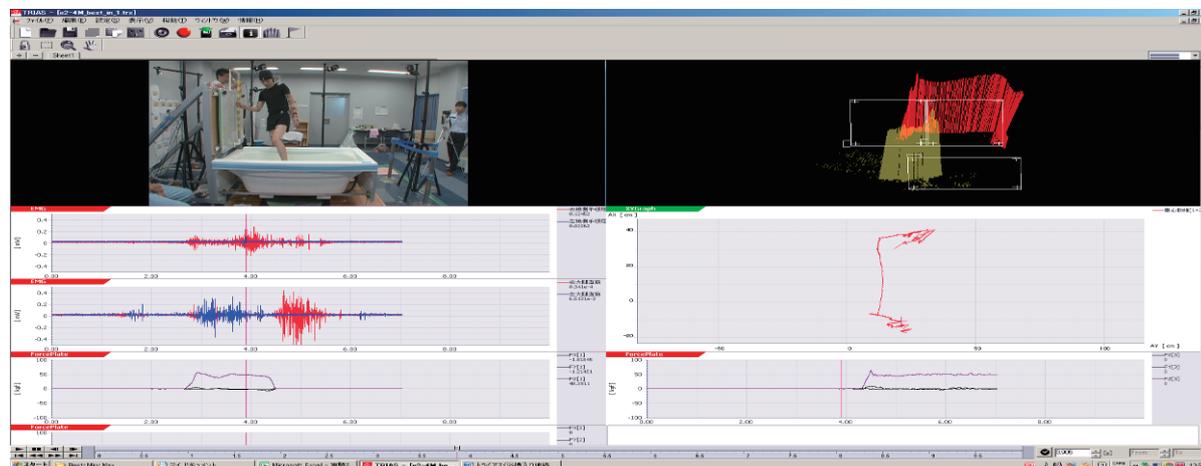


写真5 浴室における動作の体への負担の検証



写真6 ユニバーサルデザイン実験棟



写真7 高齢者におけるトイレ手摺の最適位置の検証

#### IV 高齢化した既存の建築物を再生・活用するための研究

既存の建物を有効に活用し、より長く使っていくことは、廃棄物の削減、低炭素社会の実現などといった社会的要請に応えるために必要不可欠な要件である。特に、これからの時代に問題となるのが、昭和30年代や40年代に大量供給された住宅ストックであり、躯体や設備の老朽化に加え、空間規模の狭小さによる空間的な質の低さなどが再生・活用のボトルネックとなる場合が少なくない。加えて、関係法令や融資制度等の社会的な枠組みも、高齢化した既存の建築物（以下、既存ストック）に対応したものとはなっていない現状もある。

建築研究所では、既存ストックの再生・活用の円滑化のために、平成18年度（2006）～20年（2008）度において「既存建築ストックの再生・活用手法に関する研究」と題した研究開発を実施し、成果をとりまとめた。研究項目の全体図を図2に示す。

この研究プロジェクトは、材料研究グループが代表と全体取りまとめを担ったが、研究内容の幅広さから、建築生産研究グループを始め所内関係各グループが参画して調査・研究を実施したものであることはいうまでもない。

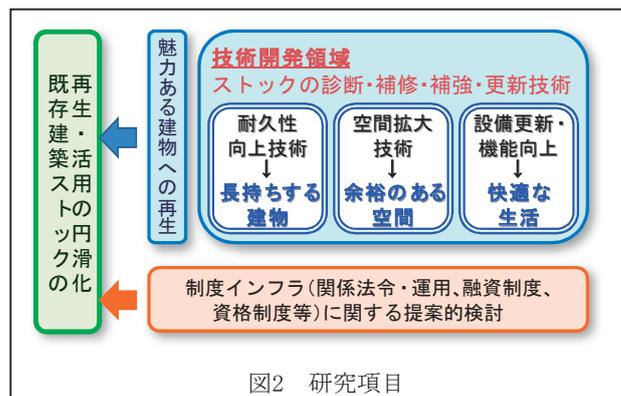


図2 研究項目

表1 再生・活用のための設計メニューと技術開発内容の対応

設計メニュー	適用技術	技術的課題・対応
水平住戸結合	戸境壁の切除	開口部分の補強
メゾネット化	スラブの切除	開口部分の補強
梁下寸法拡大	梁せいの低減	梁形状の変更と補強
接地階高拡大・低床化	地中梁の切除	梁形状の変更と開口部分の補強
設備更新	梁へのスリーブ貫通	貫通部分の補強
高耐久化	かぶり厚さ付加	付着性状、防耐火性等の評価

以下、研究成果の概要について記す。

##### 1) 材料における耐久性向上技術

材料的な側面の検討としては、耐久性を向上させるための技術が重要となる。これまでにも、既存建物の補修や改修工事は実施されているが、劣化が顕在化した部分の補修や劣化の進行の抑制ということに主眼が置かれてきた。既存ストックの再生・活用を考えた場合、供用期間の延長などが必要になる場合もあり、耐久性を積極的に向上させる技術、考え方が必要となってくる。

ここでは、耐久性を向上させる手法の一例として、ポリマーセメントモルタル（以下、PCM と記す）等を使用した補修工法について示す。既存躯体の改修工事において、湿式のPCMを乾式の吹付けモルタルで挟み込むように施工することにより、劣

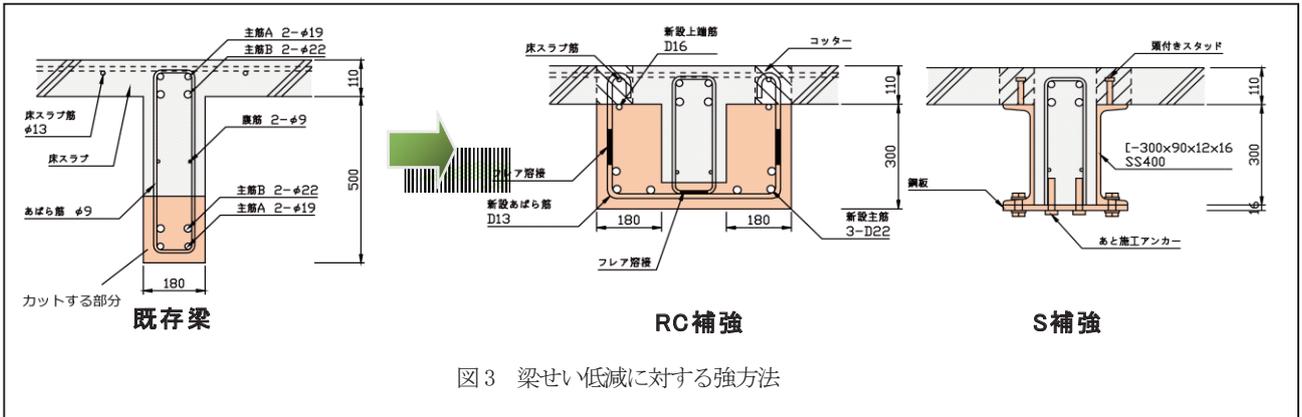


図3 梁せい低減に対する強方法

化因子の新入抑制と長期的な接着力を確保しかつ工期短縮の実現を可能にしている。長期的な使用を考えた場合、保護層の接着耐久性が気になるが施工後3年経過時点においては、既存躯体-PCM間およびPCM-吹付けモルタル間のいずれの界面も2N/mm<sup>2</sup>以上の高い接着強度を有していることを確認している。今後も継続的に確認を行う予定である。

またPCMは、有機材料を含むことからその防耐火性が懸念されている。材料研究グループとしては、ポリマーの種類や量、調合条件等と燃焼・発熱性状等について確認し、ポリマー量が一定の範囲内であれば不燃材料として評価できることを明らかにした。

### 2) 梁せい低減による空間拡大技術

空間拡大技術については、技術的に構造研究グループが主導的に調査・実験・研究を実施し、各種の技術メニューが得られたが、ここでは一例として梁せいの低減技術を示す。

既存の壁ばりなどの梁せいを低減することによって、室内空間（垂直方向）の自由度が大きくなる。本研究では、梁せいを低減させても耐力および剛性を確保するための補強方法について実験的な検討を行った。その結果、図3に示すような補強方法により、既存の梁と同等の耐力および剛性が得られることが確認された。

### 3) 設備更新・機能向上技術

既存の建築ストックは、将来的な設備更新や維持管理を考慮した設計とはなっていない場合が多く、ストックの再生において設備機器の更新が問題となる。さらに、埋込み配管が多く更新が困難なケースが多い。既存ストックの再生にあたっては、

当該設備の更新だけでなく、その後の更新も見据えた計画が必要となる。

本研究においては、設備機器や配管等を屋外化し、建物を長期的に使用するための計画的手法や更新の考え方等について整理している。図4にその一例を示す。

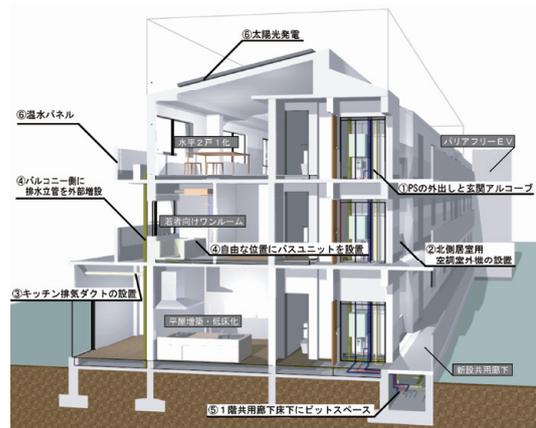


図4 既存RC造住棟における設備更新の考え方の例

今回提案した各要素技術は、単独で適用されるというのでは無く、複合することによって相乗効果が発揮されることが考えられる。つまり、空間拡大技術と併用して梁貫通部の補強や躯体の高耐久化などを実施することにより、供用期間の延長や設備関係のリニューアルなどのニーズにも対応した再生が可能になると思われる。また、既存ストックの再生・活用の阻害要因としては、プロジェクトが経済的に成立しないという側面も大きい。単一の性能向上のみでは建物の価値の上昇を見込むことは難しくても、総合的な性能の向上により、供用期間の延長や価値（家賃収入等）の上昇を見込むことができ、プロジェクトの成立す

る可能性も高くなることが期待できるようになる。

既存ストックの再生・活用に関しては、まだまだクリアしなければならない課題も多く残されているのが現状である。また、構造安全性の確保や空間規模の拡大だけでなく、耐久性、防耐火性、省エネ性、設備更新などそれぞれの性能を多面的に向上させることによって、本当の意味での「長く使える建物」に変えていく必要がある。これらの問題、課題の解決のためには、技術的な対応とともに、それらを適用した場合の具体的なイメージや事例の積み上げ、法制度や社会制度をストック対応型に変えていくための働きかけなどハード・ソフト両面からのアプローチが重要である。我々の技術開発や社会的な動向を足掛かりに、既存ストックの再生・活用が円滑に実施されるようになることを期待したい。

## V 耐久性に関する研究

材料研究部門にとって耐久性に関する研究は、数ある建築材料の研究テーマのなかでも最も重要な課題のひとつである<sup>1)</sup>。したがって、建築研究所創設の昭和20年代から営々と続けられており、今後も新材料の開発、環境影響の変化、社会のニーズの多様化などを背景にこの研究は続けられなければならない。

かつて、建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発（昭和55年～59年（1980～84）」（略して、耐久性総プロ）では、それまで技術的指標が明確でなかった既存建築物の保全技術及び新築建築物の耐久性向上のための設計・施工技術について、新技術開発、現存技術の再編・体系化により、総合的な技術指針を取りまとめた。この研究成果は、鉄筋コンクリート造、木造、鉄骨造をカバーし、さらに非構造部材や建築設備分野（配管、機器、電気）も含んでおり、実用性の高い指針類が取りまとめられた。

取りまとめられた指針類には、「劣化診断調査指針」、「補修・交換指針」、「目標耐用年数設定手法」、「施工管理・維持保全指針」等があり、今日ではこれらの当初の指針類の後継指針類が官公庁施設の新築・維持管理や多くの民間工事に広範に利用されている。近年では、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」における評価方法基準や「長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法の基準」のベースとして採用されている。

多くの知見を得て、広範囲な影響を与えた耐久性総プロの成果であるが、すでに四半世紀を過ぎた今日、いくつかの追加すべき内容や見直す部分もあるかもしれない。材料研究部門の先

達たちが打ち立てた耐久性総プロの輝かしい研究成果に敬意を払いつつ、今日の視点で、建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保ならびに維持保全手法の開発に関して調査・研究を開始したところである。

その開発動機は、持続可能な社会の実現のための地球規模的課題の一つとしての「低炭素社会の実現」について、そのための建築物を実現するための方策として、「建築物を長期にわたり良好な状態で使用する（建築物の長期使用）」ことを実現することである。そのための具体的方策を提案することは、建設分野に与えられた大きな命題であるとともに、最も現実的な方法であり、一度建てた建物は3世代、4世代と長きにわたり使うことが肝要である、と考えている。

その研究目的の概要は以下である。平成22年度（2010）いっぱいまでを研究期間としている。

- ①劣化しにくい建物を生産する上で必要となる耐久性評価や耐久設計の考え方を耐久性総プロ以降に新たに蓄積された多くの技術的な知見の分析に基づいて再検討し、新しい視点から耐久設計手法を再構築すること。
- ②建物の維持保全を的確に行うために必要となる維持保全に関する技術的な知見を整理し、維持保全手法を構築すること。
- ③建物の生産や維持保全などに関する情報を長期間、効率的に管理するために必要な情報管理手法を提案し、維持保全計画へ活用すること。

## VI おわりに——温故知新

人間の寿命には限りがある。かつて世界最高齢だった人は122年164日を全うしたということである。今後の医学の発展にもよるが、人間の最高寿命はせいぜい120歳といったところであろうか。ただ、決してそこまで生き抜こうと考える人は少ないであろう。重要なのは、加齢に伴い身体能力などが低下しても人間らしく生き活きと暮らすことができる、ということである。建築技術は人間の最高寿命を延ばすことはできないが、個々の人が与えられた人生を安心して豊かに過ごすことに関与することは可能であるし、そのための研究を実施することが生産研究グループを中心とした当研究所のミッションである。

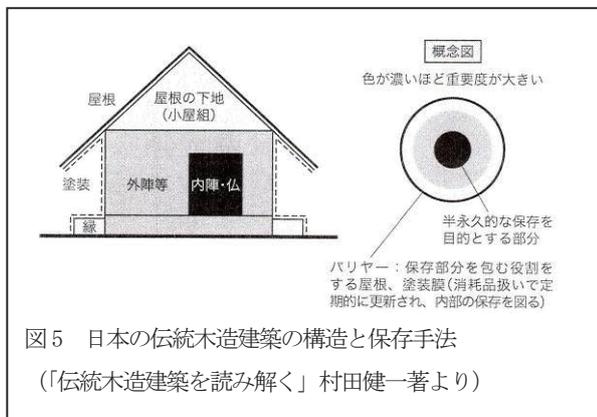
一方、建築物とはいうと、こちらはかなりの長寿命が可能であることは文化財建造物を見れば分かる。国内最古の建築物で

かつ世界最古の木造建築物である法隆寺金堂は築 1300 年をゆうに超える。まして、築 200 年程度の住宅などは、文化・文政期に建てられたのものなのでざらである。

ではなぜ、文化財になるような建物はそのような長期の使用に耐えられるのだろうか。以下は文化庁の村田健一主任文化財調査官からの受け売りである<sup>2)</sup>。

建物の各部位についてメンテナンスのメリハリをつけること。つまり、半永久的に保存する重要な部位は高耐久（150 年から 200 年耐久）とするとともに外皮で覆い劣化外力を軽減する。次の部位は中規模な耐久（30 年くらい）、そして直接に劣化外力を受ける部分はあえて 10 年くらいの低耐久として頻繁なメンテナンスを前提とする。要するに計画的な維持保全を前提とした材料・部材の設計が重要であるのである。更に村田主任調査官が重視するのは、職人の技術が師匠から弟子へと確実に受け継がれるような適切な（長過ぎない）修理サイクルの設定である。参考になる部分な多いにあると思われる。

建築物の高耐久と長期使用を実現するためには、耐久計画が巧妙に仕組まれたハードとしての構造体及び非構造部材等と、ソフトとしてのモニタリング及びメンテナンスのセットが重要であることを教えてくれる。



時代の主役である高齢者（人間も建築物も）の安全・安心・快適を支える建築技術のための研究に邁進してまいりたい。

#### 参考文献

- <sup>1</sup> 「建築研究所 50 年」編集：創立 50 周年記念事業実行委員会 出版小委員会 1996 年 10 月
- <sup>2</sup> 「伝統木造建築を読み解く」著：村田健一 発行：学芸出版社 2006 年 9 月