

2.2.9 住宅研究部

成熟社会に対応した郊外住宅市街地の再生技術の開発

Development of regeneration technology and technique for residential suburb in a mature society

(研究期間 平成30年度～令和4年度)

住宅研究部		住宅性能研究官	長谷川 洋
建築研究部	基準認証システム研究室	主任研究官	坂下 雅信
建築研究部	材料・部材基準研究室	主任研究官	土屋 直子
都市研究部	都市施設研究室	室 長	中西 賢也
都市研究部	都市開発研究室	室 長	石井 儀光

[研究目的及び経緯]

都市の郊外には、高度経済成長期以降、大量の住宅団地が計画的に供給され、郊外市街地を形成している。公共施設整備率の高い「まち」であるが、オールドタウン化が進行しており、その再生が社会的課題となっている。そこで本研究では、「安全の確保」、「多世代コミュニティの形成」、「QOLの向上」という3つの再生目標を実現するため、①既存住宅の長寿命化に係る耐久性向上技術、②共同住宅の住戸の空間拡大技術、③生活支援機能（買い物、高齢者支援、子育て支援等）の誘導に係る計画技術、④新モビリティ（パーソナルモビリティ、ライドシェア、自動運転電動カート等）を活用した高齢者等の移動環境の向上技術についての研究開発を行う。

令和元年度は次の研究成果を得た。①RCの耐久性評価の高度化に向けて、各部材の現況性能と性能低下速度等の関係に着目した耐久性評価指標（案）を提示した。また、RC造躯体内部への浸水による不具合事象の事例データの収集・分析を継続的に行い、浸水箇所や浸水経路、不具合の発生事象等の知見を得た。②RC造壁式共同住宅の開口形成による空間拡大技術の確立に向けて、想定建物を対象とした平面架構モデルを用いた骨組解析を行い、必要な補強量を算定するための知見を得た。また、開口形成により低下した耐力の回復に適用可能な補強工法を選定し、補強方法のイメージを作成した。③郊外住宅団地の持続可能性を評価する指標案を提案した。また、具体の郊外住宅団地を対象とし、居住者の買い物等の生活実態や生活支援機能の導入ニーズを把握する調査を実施し、生活支援機能の誘導による生活環境の改善手法を検討するための知見を得た。④具体の郊外住宅団地を対象とし、居住者の交通行動に関する調査結果を分析し、適用可能性のある交通ネットワークパターンを作成した。また、グリーンスローモビリティの利用可能性に関する調査を行い、社会実装に向けた検討課題や郊外住宅市街地への適用可能性の検討のための知見を得た。

被災した戸建住宅の修繕方法に関する調査研究

Study on repairing methodologies for detached houses damaged by disasters

(研究期間 令和元年度～令和2年度)

住宅研究部 住宅計画研究室

主任研究官 渡邊 史郎

[研究目的及び経緯]

被災した戸建住宅について、修繕により原状復帰を目指すか、解体の後に新築、若しくは住替えを行うかの意思決定を、所有者は迫られることになる。災害公営住宅への整備も視野に入れば、できるだけ速やかな意思決定を行う必要がある。本研究では、被災した住宅の損壊状況を整理した上で、どのような修繕を行ったかについて、実態調査を行い、被災した戸建住宅に対する、より便益性の高い再建方針を選択するための技術的な資料を整理することを目指す。令和元年度は、現地調査を実施し、広島県三原市で床上浸水被害を受けた戸建住宅の補修工事11件の事例収集を行った。これらに基づき、工事内容・工事金額が浸水深・躯体構法とどのような関係にあるかを分析した。令和2年度は、浸水深1階階高まで事例を拡充し、補修・再建方法のパターンを類型化し、便益性の高い再建方法と与条件の関係を整理する。

既存住宅ストックの再利用可能性の定量的評価方法に関する研究

A study of quantification method for possible reutilization of existing-housing-stocks

(研究期間 令和元年度～令和2年度)

住宅研究部 住宅計画研究室

主任研究官 内海 康也

[研究目的及び経緯]

人口減少、空き家数の増加を背景に、既存住宅ストックについては、「利用できるものは利用し、除却すべであるきものは除却する」との考え方のもと、適切な対処が必要な状況にある。この効率的な実施のためには、再利用可能な既存住宅ストックの現状値および量的推移の将来見通しを的確に把握することが重要となってくる。このため本研究では、「既存住宅ストックの再利用可能性」を定量的に把握する手法を開発する。

令和元年度は、再利用可能な既存住宅ストックの実態把握を行うため、住宅・土地統計調査の公表結果を用いて、住宅・世帯属性別住宅数・世帯数データの整理を行った。これを踏まえ、令和2年度は、「既存住宅ストックの再利用可能性」を定量的に把握するための具体的な手法を開発する予定である。

仮設・復興住宅の早期整備による応急対応促進

－既存住宅の住みながら改修可能判断の判定基準に関する研究－

Promotion of quick supply of temporary housing and disaster public housing -Development of criteria for judging houses which can be repaired and renovated while living-

(研究期間 平成 30 年度～令和 2 年度)

住宅研究部

住宅研究部 住宅計画研究室

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室

住宅性能研究官

室 長

主任研究官

室 長

長谷川 洋

藤本 秀一

渡邊 史郎

片山 耕治

[研究目的及び経緯]

首都直下地震、南海・東南海地震等の大規模災害時には大量の応急仮設住宅、復興住宅（災害公営住宅）が必要となる。これら住宅の供給コストの低減、被災者の早期の居住の安定を図るには、軽微・小破等の民間共同住宅についても迅速に安全性確保による活用可能性の判定を行い、借上げ仮設住宅として活用するほか、借上げ仮設住宅を住みながら改修によって居住性を向上させることにより、借上げ復興住宅化することも求められる。

本研究では、住みながら改修の可能性の判定基準や適用可能な改修工法の評価基準、既存住宅を復興住宅として改修する上での居住性に係る要求水準（基準）を確立・明示することにより、民間の技術開発投資を促進・誘発し、被災建物の補修・改修による活用を促進することを目的とする。

今年度は以下の研究を実施した。

(1) 被災建物の住みながら改修による使用継続性の判定基準の開発

- ・東北地方太平洋沖地震による被災マンションを対象とした既往調査データ（約 300 件分）の追加分析から、被災の箇所・内容・程度と復旧工事の内容・費用・工期、資金調達の方法等の関連を把握、類型化を行った。復旧計画・工事に関与したマンション管理士、施工業者、当時の管理組合役員等へのヒアリング調査から、5 つのマンションについて住みながら改修に係る詳細データを取得し、実態の把握・分析、課題整理を行った。
- ・RC 造の公社賃貸住宅の耐震改修工事（RC 壁の研り、梁への削溝、床スラブのコア抜き等）において発生する騒音・振動等のデータを実測（棟内 7 箇所）し、棟内での固体伝搬音の予測分析を行った。あわせて居住者の感じ方についてアンケート調査から把握し、騒音・振動の実測データとの比較・検証を行った。

(2) 借上げ復興住宅として活用可能な建物の判定基準の開発

- ・既存住宅の居住性に係る仕様・性能レベルは建設年代による差異が大きいことから、公共賃貸住宅、民間分譲マンションの仕様・性能レベルの時代的変遷を整理・分析した。既にある程度改修が進んでいると思われる年代のものについては、想定される改修後の仕様・性能レベルもあわせて整理した。これらから居住性向上改修の前提となる既存建物のベースの仕様・性能レベルを把握した。
- ・借上げ公営住宅制度におけるストック活用の実態（ストック活用の戸数・住宅種別、居住性に係る要求項目及び水準等）について、地方公共団体へのアンケート調査から把握・整理した。現状ではストック活用型はかなり限定的であり、借上げ基準についても新築の公営住宅整備基準（参酌基準）の部分的適用や要求水準の緩和により対応している状況を確認した。

住宅ストックの所有・利用・管理の状態変化に関する研究

Research on transition of ownership, use and management of existing houses

(研究期間 平成 30 年度～令和元年度)

住宅研究部 住宅計画研究室
Housing Department
Housing Planning Division

室 長 藤本 秀一
Head FUJIMOTO Hidekazu

In recent years, as the population and the number of households decrease, the increase of vacant houses that are not properly managed has become a social problem. Proper management of vacant houses and effective use as necessary facilities in the area are required.

In this research, we clarified the tendency of change in space usage and change in ownership/use/management of buildings when a vacant house is converted to a share house or a facility such as a living support facility.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の住宅は量的には充足しており、人口・世帯数が減少するなかで管理不全空き家の増加が社会問題化している。こうした状況下では、一時的な空き家状態も含め、空き家化の経緯・プロセス、建物（住宅ストック）の状態、建物利用ニーズ等を踏まえて、以後の建物利用（除却、処分を含む）の判断、維持管理を適切に行うことがより必要とされる。

本研究では、戸建て住宅（持家）が築年を経るなかで、住まい方の多様化に対応した新たな居住形態、福祉系施設等の高齢社会の地域ニーズに対応した転用等の実態を建物の所有・利用・管理の形態変化を含めて把握し、今後の空き家の柔軟な利活用等の促進方策の検討に向けた基礎資料を作成することを目的とする。

〔研究内容〕

(1) 戸建て住宅（持家）の所有・利用形態等の変化の把握及び類型化

戸建て住宅（持家）ストックを対象として、戸建て住宅（戸建て持家としての流通及び戸建て借家への転用を含む）以外への用途転用及びその際の建物の所有・利用・管理の形態変化の実態について、既往文献、ウェブサイト等から事例及び情報収集を行い、特徴整理、類型化を行った。

(2) 空き家相談の実態と問題解決状況の把握・分析

関東地方に所在するA市における無料空き家相談会参加者へのフォローアップ調査（2019年度実施）データから、空き家相談の対象建物の状況（建物概要、築年数、空き家期間、損傷の有無等）、相談内容、相談会での問題解決の有無、相談会後の行動等の実態把握、関連分析を行った。

〔研究結果〕

(1) 戸建て住宅（持家）の所有・利用形態等の変化の把握及び類型化

戸建て住宅（持家）について、建設後の建物利用状態の変化をモデル的に示したものが図1となる。管理不全に陥らせないための空き家管理、戸建て住宅以外への利活用が重要となる。施設入所等による長期不在や物置利用等、建物所有者が空き家と認知していないが、常住者が不在の空き家への対処も課題である。

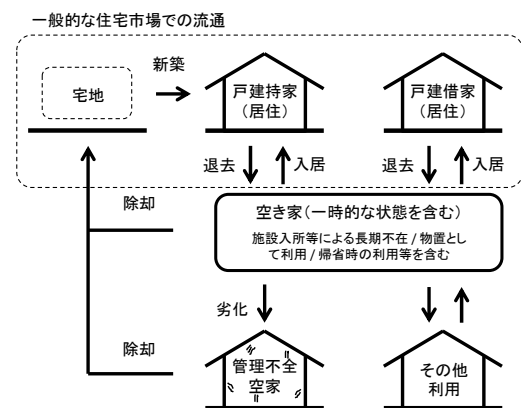


図1 戸建て住宅の建物利用の状態遷移モデル

戸建て持家、戸建て借家としての利用以外の建物利用（用途転用）について、建物の所有・利用・管理の主体変化と利用用途から整理、類型化したものが表1である。概ね9類型に分類される。

類型1、類型7では所有者の居住、使用を継続したまま空きスペースをこうした建物用途に供出している例もみられる。類型1では管理・運営を専門の事業者担っている。

建物売買による用途転用は類型4、6等、資金回収が可能な用途に限られる。類型9のように地域施設への利用に供するため自治会等の地域組織へ無償譲渡に近い形で提供されることもある。

賃貸による利活用は事業系、非営利系を含めて幅広くみられる。事業運営側で改修費用を負担する一方、賃料は低く抑える、あるいは一定期間を無償貸与とし

て、貸与期間終了後に改修後の建物を所有者に返還することも行われている。

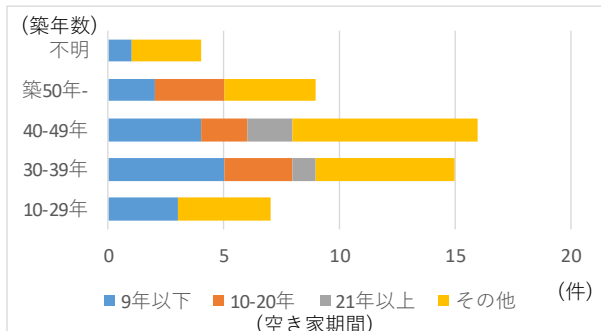
表 1 戸建て住宅の用途転用と所有・利用形態等

建物利用	住宅系		非住宅系	
	複数世帯利用 (シェアハウス、 ク・グループホーム 等)	事業系(宿泊 施設、カフェ 等)	福祉・生活 支援系(デ・イ ビ・ス、児童福 祉施設等)	非営利系 (地域の居場 所、集会所 等)
所有者管理	類型 1	—	—	類型 7
賃貸/管理 運営：第三 者	類型 2	類型 3	類型 5	類型 8
売買/所 有・管理： 第三者	—	類型 4	類型 6	(類型 9)

(2) 空き家相談の実態と問題解決状況の把握・分析

相談物件は築 40 年以上が過半を占め、空き家期間は古い住宅ほど長期の傾向である。空き家になった理由は「相続で取得したが入居なし」「別の住居へ転居」がそれぞれ約 1/3 である。

空き家期間が 10 年未満の住宅では相談会で約半数が解決に至っているが、10 年を超えると解決が難しくなっている。現在利用中を含むその他では約半数が解決に至っており、このうち築年数の浅い住宅でより解決の割合が高い傾向がある。相談内容との関係でみると、売却で約半数、解体はほぼ全数が解決する一方、利活用や維持管理は解決に至っていない。



その他には、未回答の他、現在は居住中又は利用中を含む。利用中であっても常住者が不在等、いわゆる空き家状態に近いものが相当数存在することが予想される。

図 2 相談物件の築年数と空き家期間

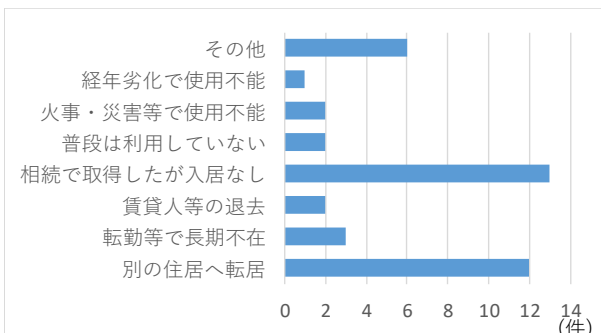


図 3 空き家になった理由

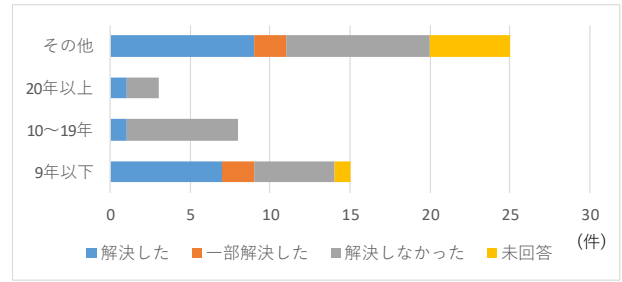


図 4 空き家期間と相談会での解決の有無

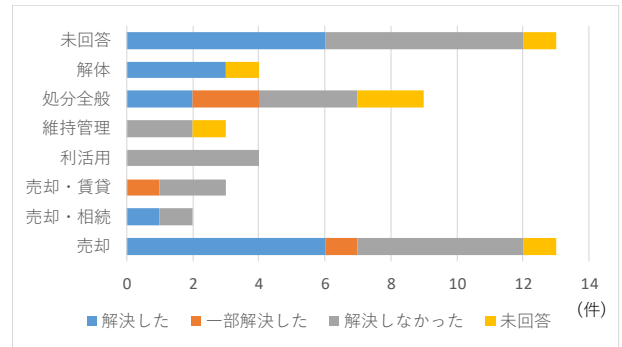


図 5 相談内容と相談会での解決の有無

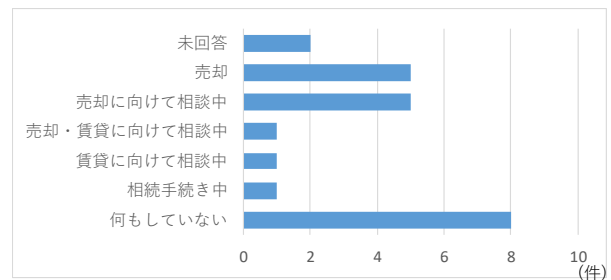


図 6 相談会後の行動・状況

(相談会で解決しなかったと回答した人)

相談会で解決しなかったと回答した人の相談会後の行動・状況を見ると、1/3 は何もしておらず、約半数は売却又は売却に向けて相談中である。

非常に限られたサンプル数ではあるが、以上から次の傾向が読み取れる。

- ・空き家期間が短い（特に 10 年未満）ほど、相談内容の解決に至りやすい。
- ・売却、解体等の目的が明確な相談は解決の割合が高いが、賃貸等の利活用や維持管理の選択肢に幅がある相談、あるいは方針が定まらないなかでの相談は一度の相談会での解決は困難である。後者の相談は回数を重ねるなど、時間を掛けた対応が求められる。

[成果の活用]

本調査結果は、空き家の利活用及び予防的な空き家対策の推進に向けたガイドライン、指針等を改訂する際の基礎資料として活用する予定である。

住宅所有者に住宅改修の有用性を効果的に伝えるための、住宅性能 の見える化手法の活用策に関する研究

Study of visualization method of housing performance of housing improvement to homeownerse.

(研究期間 平成 30 年度～令和元年度)

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室	室 長	片山 耕治
Housing Department	Head	KATAYAMA Koji
Housing Stock Management Division	研 究 官	西田 和生
	Researcher	NISHIDA Kazuo

In the renovation of existing homes, there is currently little progress in improving these generally invisible home performances related to thermal environment and seismic performance.

By utilizing methods of visualizing house performance in the renovation of existing houses, homeowners can judge the current house performance and the effects of the renovation, and it can be expected that this will greatly motivate the renovation.

In recent years, there has been a tendency that water disasters and landslide disasters due to concentrated torrential rain and local heavy rain increase. Wooden houses are required to be promptly rehabilitated in the event of inundation in the event of floods, etc., and house renovation is being performed. This study made interviews with Kurashiki City and construction companies in Kurashiki City in 2018 and 2019, and conducted a feasibility study of methods of visualizing home performances.

〔研究目的及び経緯〕

人口減少社会の到来により、既存ストックの有効活用が求められる中、インスペクションの仕組みの整備など既存住宅の流通の仕組みが整えられつつある。一方で、既存住宅の改修において、温熱環境や耐震性能に関するこれらの一般的に目に見えない住宅性能の向上については、なかなか進まない現状がある。

こうした、既存住宅改修における住宅性能の見える化手法の活用により住民が現状の住宅性能や改修の効果を判断でき、改修の大きな動機付けになることが期待できる。

また、近年、集中豪雨や局所的な大雨（いわゆるゲリラ豪雨）による水災害や土砂災害が増加する傾向にある。木造住宅は、洪水等も浸水被害に際して速やかな復旧が求められ住宅改修が行われるが、その際に、既存住宅改修における見えない住宅性能の向上を図ることの可能性について、7 月豪雨災害の被害を受けた倉敷市において倉敷市、工務店のヒアリング等を行い、災害の発生した 2018 年、ある程度復旧が進んだ 2019 年に現地のヒアリングを行い、取り組み状況の事例調査を行った。

〔研究内容〕

1. 災害発生年度のアリリング結果

(1) 工務店・建築設計事務所へのヒアリング結果 (2019 年 2 月 19 日実施)

平成 30 年 7 月の西日本豪雨災害の水害を受けた住宅の改修における耐震改修・断熱改修の実施予定、実

施状況について倉敷市内の工務店及び建築設計事務所 6 者にヒアリングを行った。ヒアリングに際しては、耐震改修、断熱改修の効果の見える化手法の活用事例を用意し、水害を受けた木造住宅の改修への活用の可能性と実際の対応状況についてヒアリングを行った。

ヒアリングを実施した時点では、それぞれの工務店等は真備地区における水害を受けた木造住宅の改修に関わっており、主としてこれからの改修工事を実施する予定となっている状況であった。

ヒアリングの結果、耐震化については既存の各種見える化手法により住宅所有者はその効果を理解していることが確認できた。熊本地震など最近の地震被害も広く報道されており、耐震改修促進法に基づく倉敷市の耐震改修工事に対する補助金(限度額 60 万円)による支援の取り組みもあることなどから、今回の水害からの復旧の際に実際に活用している例も見られた。

一方、水害からの復旧という性格上、早く自宅に住みたいというニーズが高いこと、補助金の申請手続き等に時間がかかることもあり必ずしも耐震改修に積極的に取り組まれている状況ではないことが伺えた。

断熱改修については、断熱改修の効果について外壁等の断熱性能について計算をして示す等の取り組みは見られたが、サーモグラフィー画像を使って効果の可視化をするといったことは行われていない。

水害からの復旧に併せた断熱改修については、補助金といった支援はないものの、水害により撤去した旧

い断熱材を新しい現行の断熱材に交換をすること等により、一定の断熱性の向上が図られることが伺えた。

なお、水害を受けた住宅の改修においては、新築と違い、施工後のにおいの問題や不具合が生じる恐れなどが懸念され、改修工事をどの範囲、どの程度まで行うのかについて不安があるという声が工務店等からあった。

(2) 行政へのヒアリング結果（2019年3月5日実施）

工務店へのヒアリングを踏まえて、倉敷市の建築指導行政担当者にヒアリングを行った。

真備町地区では水害以前には実績のなかった耐震改修の取り組みが進んでいることが市の補助金の申請等の状況から明らかになった（図-1）。耐震改修については従来から市としても推進をしていること、断熱改修については比較的温暖なためニーズも高くなく、補助金等の支援の取り組みもほとんどないことが分かった。

また水害後の住宅の復旧の取り組みに対してまとまった資料がなかなかないという声があった。

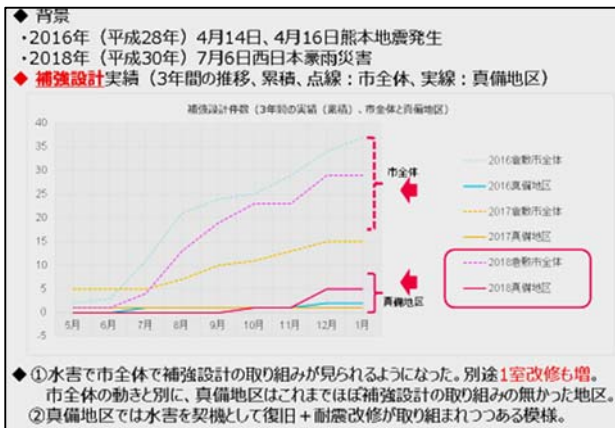


図-1 真備町地区の耐震化の取り組み状況

2. 災害発生の次年度のアリリング結果

(1) 工務店・建築設計事務所へのヒアリング結果（2019年12月4日及び2020年3月13日実施）

2019年2月19日にヒアリングを実施した工務店等に対してその後の状況についてヒアリングを実施した。なお、ヒアリング対象の事情を踏まえ6者のうち4者のヒアリング及び施工現場の調査を実施した。前回の調査から約1年経過をしていることから施工実績等を踏まえた話を聞くことができた。

耐震改修については、必要性は理解されているものの早く自宅に住みたいということが優先され、必ずしも取り組まれないことが伺えた。なお、補助金に魅力はあるものの、工期の問題ではなく市の補助金の申請に時間がかかることが課題との声があった。

断熱改修については、断熱改修の効果について住宅所有者から特に説明ニーズはないものの、水害を受けて撤去した断熱材を新しく断熱材に交換することにより従前に比べ断熱性の向上が一定程度図られている。

なお、水害を受けた戸建て住宅の改修においては、施工後のにおいの問題や不具合が生じる恐れなどの懸念については、各工務店等からは、住宅所有者に改修範囲・改修内容を事前に丁寧に説明することにより施工後に特段のトラブルは生じていないとのことだった。

(2) 行政へのヒアリング結果（2020年2月12日実施）

工務店へのヒアリングを踏まえて、倉敷市の建築指導行政担当者にヒアリングを行った。

耐震改修工事の申請に時間を要するという課題に対して、できるだけ早く事務処理が進むように行政側で実務的に工夫を行うことで耐震化の促進を支援する取り組みが見られた。

【研究成果】

限られた数ではあるが、今回の工務店等のヒアリング調査から確認ができたのは以下の通りである。

(1) 耐震改修について既存の見える化手法は有効であり、その効果の認知度は高く、補助があることも相まって、水害の復旧時に耐震改修がなされる事例が見られた。

また、断熱改修については水害という状況であれば断熱材の撤去、交換という過程で一定程度の断熱性の向上が図られている。

(2) 耐震改修については、行政が補助金に関する課題に対し必要な工夫を行うことで水害の復旧に併せて耐震改修が促進されている。

(3) 水害を受けた戸建て住宅の改修において、改修の際に手を入れない部分等が原因でにおいが残るのではないかと等の施工後の不安については、事前に改修範囲・改修内容を丁寧に説明することで現時点ではトラブルになっていない。

【成果の活用】

本研究は水害発生時の戸建て住宅の復旧に際してのアドバイスなどの技術支援のための基礎資料として活用する予定である。

なお、地元の行政等の取り組みとして、参考文献に示した「平成30年7月豪雨における被災住宅の復旧方法について」といった復旧の記録についてホームページでも公表されており、水害の復旧に際して耐震改修を実施した事例が参照可能となっている。

【参考文献】

1) 岡山県土木部都市局建築指導課・(一社)岡山県建築士事務所協会：平成30年7月豪雨における被災住宅の復旧方法について令和2年(2020年)3月
<https://www.pref.okayama.jp/uploaded/attachment/268351.pdf>

公共賃貸住宅に係る Building Information Modeling 検証調査に関する研究

Study of Building Information Modeling for public housing

(研究期間 平成 30 年度～令和 3 年度)

住宅研究部	住宅性能研究官	長谷川 洋
住宅研究部 住宅ストック高度化研究室	室 長	片山 耕治
	主任研究官	三島 直生
住宅研究部 住宅計画研究室	室 長	藤本 秀一

[研究目的及び経緯]

国土交通省では i-Construction の取り組みをはじめ、建設事業における生産性の向上が求められている中で、今後、公共賃貸住宅分野における建築技術職員の減少等が進むことも予想されており、建設事業に係る設計業務・施工・維持管理業務の効率化と品質の確保を図ることが急務となっている。

本研究では、平成 30 年度から令和 3 年度の 4 カ年で公共賃貸住宅の設計及び維持管理業務において汎用的に利用できる BIM モデルの作成・導入に向けて、独立行政法人都市再生機構（以下、UR）の実際の賃貸住宅建設（建替）事業を対象として検討を行い、公共賃貸住宅の建設事業に適した BIM モデルの作成及び利用に関するガイドライン案の作成を行うこととしている。

今年度は建築研究所、UR と連携し、公共賃貸住宅に係る維持管理 BIM モデルの試作を行い、日常管理等の維持管理業務へ IoT 機器の導入によるデータ収集と維持管理 BIM モデルとの連携について調査を行ったところである。

来年度は、維持管理への BIM モデルの適用について更に検討を行い、公共賃貸住宅等の建設及び維持管理業務等への BIM 導入による生産性の向上・管理の高度化等への寄与を目指す。

AR 技術を応用した現場情報共有システムの開発に関する研究

Study on development of on-site information sharing system applying AR technology

(研究期間 令和元年度～令和 2 年度)

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室	主任研究官	三島 直生
--------------------	-------	-------

[研究目的及び経緯]

生産性改善が必要とされる建設生産および維持管理の現場において、AR (Augmented Reality・拡張現実) 技術を応用することで各種の情報を詳細な 3 次元位置情報とともに表示し、他者と共有し、保存していつでも呼び出すことのできる技術の開発およびその有効性の検証を行う。

令和元年度は、デバイスとして市販のスマートフォンのみを使用し、マーカレスで単眼カメラからの画像のみによる空間マッピング、AR オブジェクトの設置、外部サーバへの保存、外部サーバからのダウンロードによる他端末による AR 情報の共有が可能であることを確認し、現場における位置特定手法としての有効性が確認された。

令和 2 年度においては、将来的な BIM データとの連携を想定し、スマートフォンで利用可能な GPS データと AR 情報の連携に関する技術開発を行うとともに、建設生産および維持管理の各段階における活用方法に関する検討を行う。

木造住宅の水分の非破壊調査手法に関する研究

Study on moisture condition non-detractive survey technique in of the wooden house

(研究期間 令和元年度～令和2年度)

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室

室 長 片山 耕治
研 究 官 西田 和生

【研究目的及び経緯】

木造住宅では、雨水浸入、結露が発生し、構造躯体、下地材、接合金物などが劣化して住宅全体の耐久性が損なわれている。しかも、居住者が気づく時には劣化は進行しており損失が大きくなっている。従って、雨水浸入、結露の発生を早期に調査・検知する手法とその運用についての技術情報が必要である。

本研究では、木造住宅の劣化危険性判定のための水分測定手法について、軽微な非破壊の調査では観察が困難であった外壁内部について、高周波容量式含水率計を用いて、石こうボードや構造合板などの壁材越しに間柱の含水率変化に伴った値を得ることができた。

本調査方法を実際に活用するには、適応できる工法や壁材の含水率等の条件、測定手順や判定基準などの整備を進める必要がある。

超高齢社会における AI・IoT 技術の住宅活用へのニーズと課題に関する研究

Study on needs and issues for the application of AI/IoT technology to house in a super-ageing society

(研究期間 令和元年度～令和2年度)

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室

主任研究官 小野 久美子

室 長 片山 耕治

住宅研究部 住宅生産研究室

室 長 布田 健

【研究目的及び経緯】

昨今のわが国における AI・IoT 技術の進歩は目覚ましく、住宅においてもこれらの技術を備えた AI・IoT 化が急速に進んでおり、快適な空間の提供をはじめ、日常生活行動の支援や、見守り、一部の介護サービスの代替手段として、高齢世帯においてもこれらの技術の活用が期待できる。本研究は高齢社会におけるより良い住環境を整備することを目的として、住宅への AI・IoT 技術を導入する上でのニーズや課題等の整理を行い体系的な整理を行う。また高齢期における住宅改修への応用や、今後それらが標準的な装備となることを想定して、関連する規基準への適用可能性についての基礎的な検討を行うものである。

令和元年度においては、AI・IoT 技術に関連した新しい技術の動向調査として、機器開発メーカーへのヒアリングや開発状況・活用事例等の情報収集を行った。また建築側からのアプローチとして、ユーザー側のニーズや今後の開発につながるような技術（シーズ）について、高齢者福祉・介護施設に関連する専門家へのヒアリングを実施した。また一般市民を対象として高齢期における IoT 機器の活用に関する意識調査を実施した。

室内環境の質と省エネ性の両立に資する光・熱の空間分布性状の把握に関する研究

Study on visualization of spatial distribution of light and heat to understand relation between indoor environmental quality and energy saving performance

住宅研究部 建築環境研究室

(研究期間 令和元年度～令和2年度)
室 長 三木 保弘

[研究目的及び経緯]

建築物の室内環境の質と省エネ性の向上のため、室内環境の空間分布の考慮が必要である。しかし、室内環境と省エネ性の関係は、従前は断面・平面など2次元的な分布性状でしか把握できていなかった。そこで本研究では、室内環境と省エネ性の関係把握を容易にする光・熱の3次元的な空間分布性状を可視化する方法を研究する。

本年度は、可視化のベースとなる画期的な図法のアイデアを考案し、それに基づき多様な光・熱環境の分布表示の詳細を検討するためのプログラム作成を行った。

次年度は、具体的な建物の室における、光・熱環境のスカラ量及び方向別の量の空間分布を3次元的に可視化し、室内環境と省エネ性の関係の把握がしやすい可視化を検討する。

複雑な光環境の質を評価する新たな空間分布指標の開発：光のむらと方向性に着眼して

Development of new spatial distribution index to evaluate quality of complex lighted environment: Focusing on non-uniformity and directionality of light

住宅研究部 建築環境研究室
建築研究部 設備基準研究室

(研究期間 平成30年度～令和2年度)
室 長 三木 保弘
主任研究官 山口 秀樹

[研究目的及び経緯]

本研究は、空間全体の局所的な光の密度変化を「むら」、空間全体の方位に応じた光の偏りを「方向性」とする着眼により、複雑な光環境の質を明快に評価する新たな空間分布指標の開発を目的としている。

本年度は、夜間の複数の住宅照明空間について想定される行為や雰囲気配慮した様々な明るさ分布となる照明環境を構築し、印象評価の被験者実験及び物理量の測定を行った。また、夜間のオフィス照明に関しても試行的な実験を行った。住宅の実験の結果分析から、求められる雰囲気や様々な雰囲気の評価構造が導出され、空間分布として部分的な暗さを意識的に作る意義を見いだした。また具体的な空間分布指標案を導いた。

最終年度の次年度は、印象評価の結果と物理量の空間分布指標の関係を明らかにする予定である。

処理熱量の偏在による効率低下を考慮したマルチ形エアコンの 設計評価技術の開発

Energy efficiency evaluation for design method of multiple split-system air conditioners with unbalanced load operation

(研究期間 平成 29 年度～令和元年度)

住宅研究部 建築環境研究室
Housing Department
Building Environment Division

主任研究官
Senior Researcher

宮田 征門
MIYATA Masato

The number of buildings that adopt the multiple split-system air conditioners is increasing, but there are still many unclear points about its actual performance, in particularly, with regard to performance under partial load condition. In order to clarify the system efficiency under partial load condition, this research measured fundamental data on the energy efficiency of the multiple split-system in an experimental facility that connects multiple constant temperature and humidity chambers and clarified the influence of the unbalance heat load to the system energy efficiency and developed an estimation method of the operation efficiency.

〔研究目的及び経緯〕

本研究の目的は、中小規模の非住宅建築物を中心に多く採用されているが、未だそのエネルギー消費特性には不明な点が多いマルチ形パッケージエアコン（1台の室外機に複数台の室内機を接続して冷暖房を行うシステム）について、処理熱量の偏在による効率低下を考慮した新たな設計評価手法を開発することである。マルチ形エアコンのエネルギー消費性能（定格能力や消費電力）の試験条件や計測方法は JIS B 8615 で規定されているが、JIS に基づく性能（JIS 性能）は幾つかの限定された理想条件下での試験結果であり、JIS 性能と実際に機器が建築物に据え付けられて運転したときの性能（実態性能）には乖離がある¹⁾。筆者らは、この差の要因を明らかにすることを目的として実験室実験を行っており、これまでに 1) 低負荷率時における頻繁な発停、2) デフロストや油戻し等の特殊な制御によるロスが差の要因になっていることを示したが²⁾、この実験の過程で複数ある室内機の処理熱量が均等ではなく偏りがある場合に JIS 性能と実態性能との乖離が大きくなる傾向を確認した。そこで、本研究では、室内機の処理熱量の偏在がマルチ型エアコンのエネルギー消費性能に与える影響を明らかにし、この影響を設計時において定量的に予測する方法の開発を行う。

〔研究内容〕

1. 実働負荷試験状態における実態性能の把握

処理熱量偏在時の効率の変化について、より確からしいデータを取得するための実験室実験を行う。

2. 処理熱量偏在時のエネルギー消費効率の推定法の開発

実験室実験の結果より、処理熱量が偏在する場合に

なぜ効率が低下するかを明らかにし、この影響を定量的に予測するモデルを開発する。

〔研究成果〕

(1) 実働負荷試験状態における実態性能の把握

マルチ形パッケージエアコンの運転データ取得は、国立研究開発法人建築研究所内にある「業務用空調システム性能評価施設」にて行った。この施設は、室外機が設置される屋外環境を模擬する「室外機ボックス」と、室内機が設置される室内を模擬する「室内機ボックス」からなり、室内機ボックスには実建物で発生する室内顕熱・潜熱発熱量（冷房負荷、暖房負荷）を任意に模擬する機能がある。

本研究では、定格暖房能力が 22.4kW（8HP）である国内メーカー製のエアコンを対象とし、5.6kW の室内機を 4 台接続した状態で試験を行った。図-1 に暖房運転時の試験結果を示す。図の青丸は処理熱量の偏在がない場合の試験結果であり、それ以外は処理熱量に偏在がある場合の試験結果である。図より、処理熱量に偏りがある場合は、運転効率は低下する傾向があることが分かる。今回の試験条件では、最大で 15% 程度の効率低下が見られた。また、たとえ室内機を停止していても運転効率は低下することが分かった。冷房運転時についても暖房運転時とほぼ同じ傾向であることが分かり、処理熱量に偏りがある場合は、エネルギー消費効率が最大で 20% 程度低下することが分かった。

(2) 処理熱量偏在時のエネルギー消費効率の推定法の開発

負荷偏在時にエネルギー消費効率が低下するメカニズムを解明するために、実験室で行った実験結果を詳

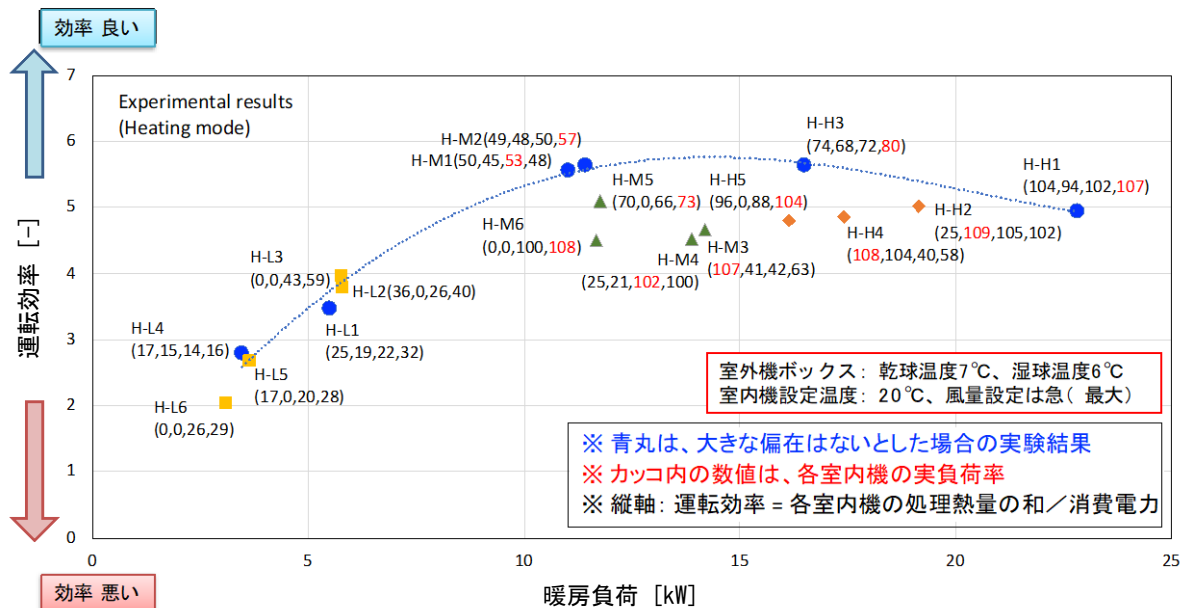


図-1 業務用空調システム性能評価施設における実働性能試験の結果（暖房運転時）

細に分析した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 暖房運転時における室内機最大負荷率（運転している室内機の負荷率のうち、最も大きい負荷率）と冷媒圧力（凝縮圧力）の関係を図-2 に示す。図より、両者には正の相関があることが分かる。冷房運転時についても同様の結果が得られた（ただし、冷房運転時は冷媒圧力として蒸発圧力を使用）。
- 2) 暖房運転時における冷媒圧力（凝縮圧力）と運転効率の関係を図-3 に示す。図より、両者には正の相関があることが分かる。冷房運転時についても同様の結果が得られた。

これらの知見より、以下の手順で処理熱量偏在時のエネルギー消費効率を推定する方法を開発した。

- 1) 各室内機の負荷率を算出する。
- 2) 運転している室内機の負荷率のうち、最も大きい負荷率（室内機最大負荷率）を算出する。
- 3) 図-2 の関係を使用して、室内機最大負荷率から冷媒圧力を推定する。
- 4) 図-3 の関係を使用して、冷媒圧力からエネルギー消費効率を推測する。

[成果の活用]

本研究の成果は、限定された機種に対する結果であるため、今後他機種でも同様の結果が得られるかを検証したうえで、省エネルギー基準におけるエネルギー消費性能評価手法等に反映することを検討する。

[参考文献]

- 1) 宮田征門、吉田治典、澤地孝男、桑沢保夫：個別分散型空調システムの運用段階における実性能とJIS 試験法による性能の比較、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1265-1266、2011

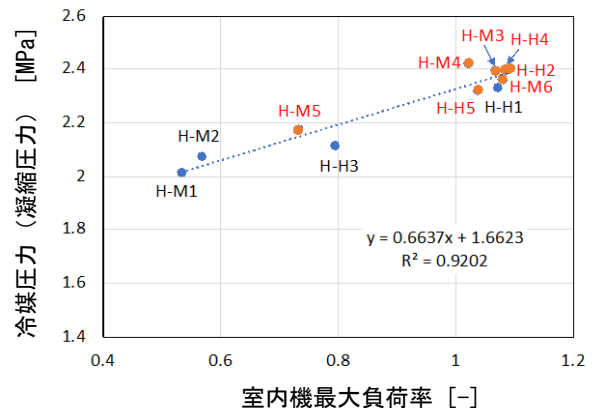


図-2 室内機最大負荷率と冷媒圧力の関係（暖房運転時）

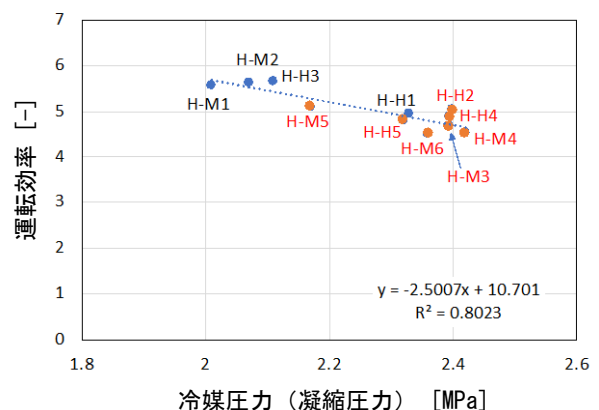


図-3 冷媒圧力と運転効率の関係（暖房運転時）

- 2) Napoleon ENTERIA, Hideki YAMAGUCHI, Masato MIYATA, Takao SAWACHI and Yasuo KUWASAWA: Performance evaluation of the variable refrigerant flow (VRF) air-conditioning system subjected to partial loadings at different outdoor air temperatures, Journal of Thermal Science and Technology, Vol.11, No.2, pp.1-13, 2016

省エネ基準適合性判定プログラムの入出力データを活用した

省エネルギー設計の実態把握に関する研究

Research on actual status of building energy saving design by analyzing of input/output data of the energy performance calculation program

(研究期間 平成 30 年度～令和元年度)

住宅研究部 建築環境研究室
Housing Department
Building Environment Division

主任研究官
Senior Researcher
室 長
Head

宮田 征門
MIYATA Masato
三木 保弘
MIKI Yasuhiro

In order to achieve further energy savings in buildings, it is important to accurately clarify the actual situation between energy saving performance and building envelope and equipment design specification followed by taking effective policy measures. In this research, a method that utilizes the input/output data of the program that judges compliance with the building energy codes (Web Program), is adopted as a trial, and the big data on the design specifications and energy saving performance of commercial buildings is collected and analyzed for the first time. In this research, using the input/output data of the Web Program, for 14,802 commercial buildings submitted to the administrative agency in FY2018, the design specifications and energy saving performance of commercial buildings are analyzed separately for climate region, building type and building size, etc..

[研究目的及び経緯]

建築物のエネルギー消費量の削減は、エネルギー資源に乏しい我が国にとって喫緊の課題である。国が定めた削減目標を達成するためには、より一層効果的な施策を講じる必要があるが、その施策立案のためには客観的な根拠データが必要となる。国土交通省住宅局では、この根拠データを得るために、所管行政庁及び登録省エネルギー判定機関（両者を合わせて「所管行政庁等」という。）に対して、民間事業者（建築主）から提出された省エネルギー基準の評価結果（設計時）を集計して国土交通省住宅局に報告することを依頼している。しかし、現状では、所管行政庁等の集計作業は手作業となるため負担が大きく、また、負担を考慮して収集する情報を限定しており詳細な情報が入手できないため、膨大なデータがあるにもかかわらず充分には活用できていないという課題がある。

そこで、本研究では、省エネルギー基準への適合性を判定するために国総研及び建築研究所が開発したオンラインプログラム（以下、「Web プログラム」という。）の入出力データを活用し、所管行政庁等の負担を増やさずことなく、上述の課題を解消して建築物の省エネルギー設計の実態を網羅的に把握し分析する方法について検討を行った。ここでは、国土交通省住宅局住宅生産課から試行的に提供を受けた平成 30 年度に所管行政庁等に届出や適合性判定の申請があった非住宅建築物のデータ（計 14,802 件）を対象とし、どのように有効データを抽出するか、データを活用してどのような分析が可能であるか等について検討した結果を示す。

[研究内容]

1. データの収集方法に関する検討

Web プログラムのサーバー上には計算結果が改竄されていないことを所管行政庁等が確認できるように各建築物の入力情報及び計算結果を暗号化した上で保存している。このデータの中から有効データを抽出して収集する方法を試みる。

2. 建物の設計仕様とエネルギー消費性能の分析

取得したデータを地域毎、建物用途毎、規模毎等に集計し、外皮の断熱性能や設備機器の効率、エネルギー消費性能評価結果等の平均値や分布などを分析する。

[研究成果]

(1) データの収集方法に関する検討

本研究で採用したデータ収集方法の全体像を図-1に示す。Web プログラムのサーバー上のデータには、

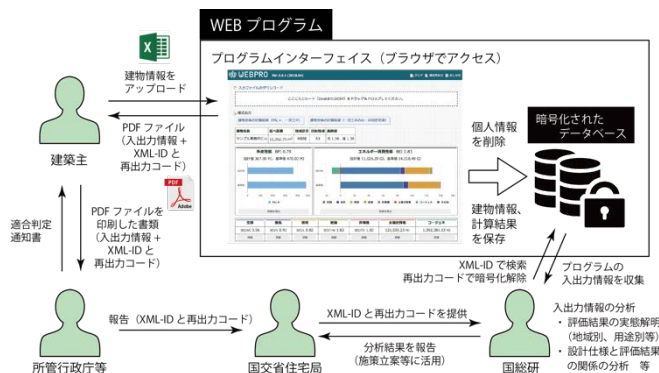


図-1 Web プログラムの入出力データの収集方法

設計途中の最終版ではないデータも混入しているため、次の手順で有効データの抽出を行った。

- 1) 民間事業者（建築主）から提出された計算結果（WebプログラムからPDF形式で出力される。所管行政庁等には印刷された紙で提出される。）に印字されている「XML-ID」と「再出力コード」を所管行政庁等が集計して、国土交通省住宅局に報告する。
- 2) 国総研は国土交通省住宅局から情報を受け取り、サーバー上のデータを検索し（「XML-ID」がデータの識別名である）、暗号化を解除する（「再出力コード」が解凍パスワードである）

収集したデータ数を、地域別（省エネ地域区分、8区分）、評価方法別（詳細計算法である「標準入力法」と簡易評価法である「モデル建物法」）、延べ面積別に集計した結果を表-1に示す。なお、所管行政庁等から報告があった物件は16,101件であるが、そのうち1,261件が計算対象設備なし（Webプログラムで計算を行っていないもの）、38件が無効データ（XML-IDや再出力コードの記入ミス等によりサーバーから有効なデータを入手できなかったもの）であった。これらのデータを差し引いた計14,802件を分析対象とした。

表-1 収集したデータ数

地域の区分		1地域	2地域	3地域	4地域	5地域	6地域	7地域	8地域	計
標準入力法	総数	18	26	34	75	120	446	41	35	795
	500m ² 未満	5	5	20	32	37	109	14	13	235
	500～2000m ²	9	19	6	32	50	218	20	15	369
	2000m ² 以上	4	2	8	11	33	119	7	7	191
モデル建物法	総数	204	340	640	1060	2958	7799	703	303	14007
	500m ² 未満	51	85	157	305	691	1994	199	65	3547
	500～2000m ²	105	156	327	493	1404	3678	343	152	6658
	2000m ² 以上	48	99	156	262	863	2127	161	86	3802
計	222	366	674	1135	3078	8245	744	338	14802	

(2) 建物の設計仕様とエネルギー消費性能の分析

まず、建築物全体のエネルギー消費性能の分析を行った。結果の一例として、省エネ地域区分6地域（関東を含む温暖地）における、モデル建物法で申請された建築物（7,799件）のエネルギー消費性能の分布を図-2に示す。図-2の左上のグラフは建築物全体のエネルギー消費性能を示すBEImの分布を示しており、BEImが1.00以下であれば当該建築物は基準適合となる。その他のグラフは設備毎（空調、換気、照明、給湯、昇降機）のエネルギー消費性能の評価結果（空調はBEIm/AC、換気はBEIm/V、照明はBEIm/L、給湯はBEIm/HW、昇降機はBEIm/EV）を示している。

建築物全体のBEImの平均は0.76であり、比較的余裕をもって基準適合していることが分かる。照明の

BEIm/Lの平均は0.60で、これが建物全体のBEImを押し下げている。換気のBEIm/Vや給湯のBEIm/HWの値は建物によってばらつきが大きいことが分かる。

次に、各設備の設計仕様とエネルギー消費性能の関係に関する実態を分析した。結果の一例として、床面積あたりの空調熱源機器（冷房熱源）の容量[W/m²]と、空調設備のエネルギー消費性能（BEIm/AC）の関係を図-3に示す。図より、BEIm/ACが小さい省エネ建築物は熱源機器の容量が小さいことが分かる。適切なサイズ（容量）の熱源機器を選定することが省エネに繋がっており、省エネ性能の評価に反映されていることが分かる。

[成果の活用]

本研究で試行した省エネ基準適合性判定プログラムの入出力データを活用した実態把握方法を採用すれば、行政負担を減らしつつ、タイムリーに的確な情報を提供し、実態を踏まえた建築物の省エネルギー施策の立案を支援することが可能になる。本研究で収集したデータを分析した結果は、国土技術総合研究所資料として公開をする予定である。

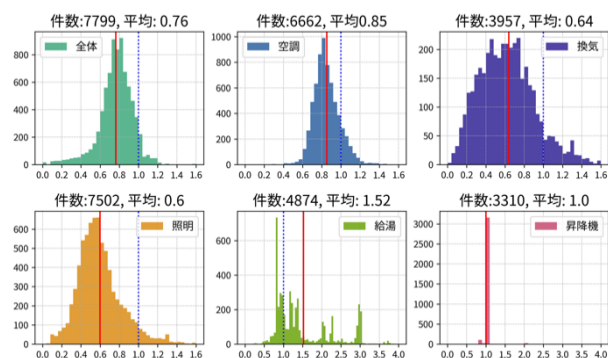


図-2 省エネ地域区分6地域（関東を含む温暖地）の省エネ性能（BEIm）の評価結果の分布

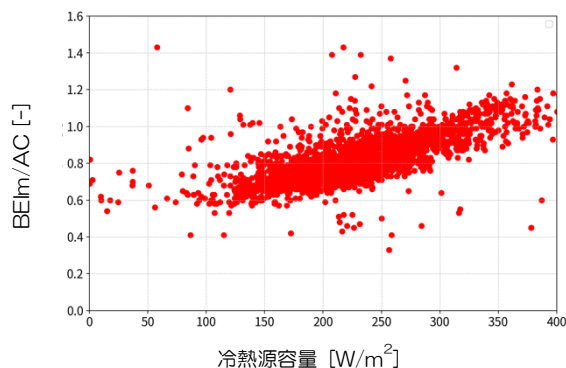


図-3 床面積あたりの空調熱源機器の容量[W/m²]と空調設備の省エネ性能 BEIm/AC の関係

住宅における太陽光発電および蓄電池の設計の 実態に関する調査研究

Survey on the procedure for determining specification of a photovoltaic power generation system
and a battery energy storage system in planning a house building

(研究期間 令和元年度)

住宅研究部 建築環境研究室
Housing Department
Building Environment Division

主任研究官 羽原 宏美
Senior Researcher HABARA Hiromi

In recent years, a photovoltaic power generation system and a battery energy storage system are becoming popular as house building equipment. However, it is uncertain whether these systems provide the expected performance, because there are not target values for their performance and general methods for determining their specification in planning a house building.

Therefore, target values for the performance and general methods for determining the specification of a photovoltaic power generation system and a battery energy storage system in planning a house building are required to promote proper planning of the systems.

This survey was carried out to research the procedure for determining specification of a photovoltaic power generation system and a battery energy storage system in planning a house building through interviews with 6 housing supply companies

〔研究目的及び経緯〕

太陽光発電に対する固定価格買取制度による経済的インセンティブの低下や災害時における非常用電源としての期待の高まりから、太陽光発電と蓄電池から成るシステムの住宅への導入が進みつつある。しかしながら、太陽光発電と蓄電池から成るシステムには、住宅設計における設計目標がなく、また、設計方法も確立されていないため、意図する性能が実際に得られているかは疑わしい。

従って、太陽光発電と蓄電池から成るシステムの適正な導入のためには、設計目標の整備や設計方法の確立が必要となるが、その事前検討として、現状を明らかにするために、太陽光発電と蓄電池から成るシステムの設計の実態（何を設計目標として、どのように仕様を決定しているか）を調査して課題を整理する必要がある。

本研究では、事業規模の異なる住宅供給事業者（6事業者）を対象に、実際の住宅設計における太陽光発電および蓄電池の仕様の決定方法等を聴取した。

なお、本研究は、事項立研究「災害後における居住継続のための自立型エネルギーシステムの設計目標に関する研究（平成2年度～平成4年度）」のプレスタディとして、実施するものである。

〔研究内容〕

ヒアリング調査は、住宅を供給する事業者もしくはは

その設計を請け負う事業者とし、可能な限り大手ハウスメーカー、地場の中小工務店等の、規模の異なる事業者とした。表-1にヒアリング対象事業者の概要を示す。調査実施期間は、2019年10月から同年12月とし、対面形式で行った。

表-1 ヒアリング対象事業者の概要

No.	事業規模	事業内容
1	大手	注文住宅
2	大手	注文住宅, 分譲住宅(土地売上含む), 賃貸住宅, 特殊建築物
3	大手	注文住宅, 分譲住宅
4	中堅	注文住宅
5	中堅	注文住宅, 分譲住宅(土地売上含む), 賃貸住宅
6	小規模	注文住宅, 分譲住宅

ヒアリング調査では、次の項目について聴取した。

- ①これまでの導入実績（太陽光発電導入物件、蓄電池導入物件、またこれらの組み合わせシステム導入物件）
- ②導入検討時の太陽光発電や蓄電池の導入に対する施主の意識（積極的導入、災害時非常用対策など）
- ③太陽光発電と蓄電池から成るシステムを導入する場合の設計目標の設定方法
- ④太陽光発電と蓄電池の仕様（容量、蓄電池・パワ

ーコンディショナー設置場所（屋内設置・屋外設置）パワーコンディショナーのタイプ（専用型/ハイブリッド型）等の決定方法

- ⑤設計時に参考とする図書、情報等
- ⑥設計を行う上での問題点（例えば、不足している情報など）
- ⑦導入検討ならびに設計時の年間シミュレーション等の有無
- ⑧太陽光発電と蓄電池の運用実績

[研究成果]

実際の住宅設計における太陽光発電および蓄電池の仕様の決定方法等についてヒアリング調査を行い、次の結果を得た。

- ・いずれの事業者においても、具体的な設計目標を定めて、それを満たすように太陽光発電と蓄電池の仕様を決定するというプロセスは採られていない。
- ・太陽光発電については、屋根の面積や予算に応じて積載するパネル枚数を決定している。蓄電池については、蓄電池メーカーのラインナップから予算に応じて選択されている。
- ・意図する性能に対して太陽光発電と蓄電池とを適切に組み合わせるための情報がないため、上記のような方法により仕様を決定せざるを得ない。

なお、各ヒアリング項目について得られた主な情報は、次の通りであった。

- ①これまでの導入実績
 - ・調査対象とした事業者においては、太陽光発電システムの導入実績は、供給戸数の半数以上に搭載されている状況であった。なお、2019年は太陽光発電システムの余剰電力の固定価格買取制度が終了する世帯が出現する年であり、また余剰電力の買取価格が低下していることから、2019年度の採用実績は減少傾向にあるようであった。
 - ・蓄電システムについては、大手の事業者においては年間1,000件を超える導入実績があったが、中堅～小規模の事業者においては現時点では年間0～数件程度であった。
 - ・現時点では、蓄電池の販売価格が高額であることから設置に至るケースは限られているものの、近年の大型台風等に伴う停電の発生から、一般消費者の関心は増えている印象があるということであった。
- ②導入検討時の太陽光発電や蓄電池の導入に対する施主の意識
 - ・全ての事業者から、施主がシステムの導入を積極的に望むケースはないという回答があった。
 - ・太陽光発電の導入に関しては、ZEH 推奨を目標とする販促があるなど、事業者の積極的な提案によるところが大きいようであった。

③太陽光発電と蓄電池から成るシステムを導入する場合の設計目標の設定方法

- ・ZEH を推奨する事業者では、ZEH 基準がひとつの設計目安とされていた。
- ④太陽光発電と蓄電池の仕様の決定方法
 - ・予算に応じた住宅・設備仕様の選定が大前提とされていた。
 - ・いずれの事業者においても、積載可能な太陽光発電システムのパネル枚数を屋根の面積から見積もり、最終的な決定は予算に応じて行われていた。
 - ・蓄電池の蓄電容量は、太陽光発電システムの仕様を目安とするが、最終的には予算に応じて決定されるとのことであった。
 - ・ただし、現時点では、蓄電池のラインナップは多くないことから、太陽光発電システムとのマッチングに配慮することは難しいということであった。

⑤設計時に参考とする図書、情報等

- ・太陽光発電および蓄電池については、事業者が設計や設備機器の選定を直接行わないことから、設計の際に参考とする図書や情報等は特になかった。

⑥設計を行う上での問題点

- ・太陽光発電システムと蓄電システムの容量の選定方法やマッチングの手法について情報が不足していた。
- ・蓄電池は、使い方によっては増エネとなる可能性があり、これを施主に対して説明するのは難しいが、蓄電池の有用な使い方について公平に解説した資料がないとのことであった。

⑦導入検討ならびに設計時の年間シミュレーション等の有無

- ・導入検討時には、施主のライフスタイル（家族人数など）に合わせた光熱費シミュレーション等を示した上で、仕様の提案が行われていた。
- ・蓄電池に係る部分は、主に機器メーカーが担当していた。

⑧太陽光発電と蓄電池の運用実績

- ・導入実績が最も多かった事業者においては、HEMS によるデータ収集が行われており、設備機器等の稼働状況を監視し、運用実績の分析結果を施主にフィードバックするサービスが行われていた。

[成果の活用]

本調査の成果は、事項立研究「災害後における居住継続のための自立型エネルギーシステムの設計目標に関する研究（令和2年度～令和4年度）」において活用する。

建築物のエネルギー消費性能の向上を目指した

ファサード設計法に関する研究

Research on facade design method for improvement of energy saving performance of building

(研究期間 平成 29 年度～令和元年度)

住宅研究部 建築環境研究室
Housing Department
Building Environment Division

室 長 三木 保弘
Head MIKI Yasuhiro
主任研究官 羽原 宏美
Senior Researcher HABARA Hiromi
主任研究官 宮田 征門
Senior Researcher MIYATA Masato

住宅研究部
Housing Department

住宅情報システム研究官 桑沢 保夫
Research Coordinator for KUWASAWA Yasuo
Housing Information System

In order to achieve further energy saving in buildings, it is important to reduce the load on building equipment by facade design (planning of exterior walls, windows, roofs, etc.) at an early stage in the building design process. The purpose of this study is to improve design method of energy saving performance of building by facades. Indices and calculation methods for individual facade performance are examined, and then systematic simulations are performed on combined effects of facade on air conditioning and lighting equipment. As a result, it has been shown that combination of outdoor solar shading and indoor blind operation can achieve energy saving performance that secures indoor environment. Using this, technical document on energy saving facade design is compiled.

〔研究目的及び経緯〕

建築物の更なる省エネ化を実現するには、建築設計プロセスの上流側であるファサード（外壁、窓、屋根などの建築外皮）の設計により、空調負荷など、設備にかかる負荷そのものを削減することが重要である。ファサード設計は、空調設備と照明設備のエネルギー消費量に対し相互に影響を及ぼすが、その影響を適切に評価できていない。また、ファサードや設備で生じる温熱・光環境等の室内環境は、一年を通じて評価される省エネとの両立という点で適切な評価ができていない。そこで本研究は、ファサードによる建築物のエネルギー消費性能及び室内環境の評価法と設計法の整備を目的とし、ファサード個別性能の指標及び計算法の整理、ファサードの空調・照明設備への複合的影響を考慮した省エネファサード設計の技術資料の作成を行った。

〔研究内容〕

1. ファサード個別性能の指標及び計算法の整理

国内外の規格や既往研究を調査し、ファサードの熱・光の個別性能を示す評価指標と計算方法を調査し、省エネファサード評価法、設計法の前提を整理する。

2. ファサードの空調・照明設備への複合的影響検討を考慮した省エネファサード設計の技術資料の作成

ファサードの空調・照明設備への複合的影響を考慮した省エネ性能を統合的なシミュレーションで検討し、省エネファサード設計に関する技術資料を作成する。

〔研究成果〕

(1) ファサード個別性能の指標及び計算法の整理

熱性能は、ファサード面での評価指標や計算法は確立している。ファサードにより生じる室内温熱環境は上下温度差の指標がある一方、それをういた年間の室内環境の評価は難しく、本研究では現時点で空調負荷は室温一定の設定を前提として計算すべき事が示された。光環境性能は、ファサードによる室内に対する採光性能を確率的に年間評価する指標があるが、詳細な計算が必要で、省エネ性能の算定と結びついていない。しかし、採光により室内で昼光が少ない部分を照明調光制御で補う計算法は確立している。従って、全体の必要な明るさは確保した照明設備のエネルギー計算法をベースに、直射光による室内からの窓面の眩しさ（グレア）を防ぐファサード仕様を前提とすることとした。

(2) ファサードの空調・照明設備への複合的影響を考慮した省エネファサード設計の技術資料の作成

ファサードの影響が大きい昼間に執務する事務所を対象とした。日本の事務所のファサードは、窓＋ブラインドが主流で、省エネ基準でも、ブラインドの運用は、熱環境性能は角度 45° 固定、光環境性能は明るさセンサで調光できる場合に、固定もしくは気象条件に応じ角度変化する自動制御ブラインドを評価している（図-1 左）。しかし、屋外に日射遮蔽物が設置される場合、ブラインド設定との組合せにより効果は増減する可能性がある。特に手動制御は、日射遮蔽が必要な晴

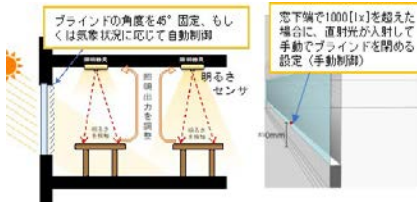


図-1 ブラインド運用の設定

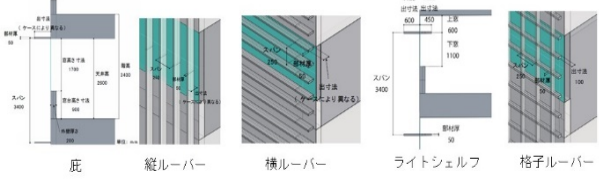
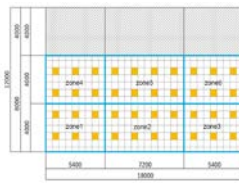
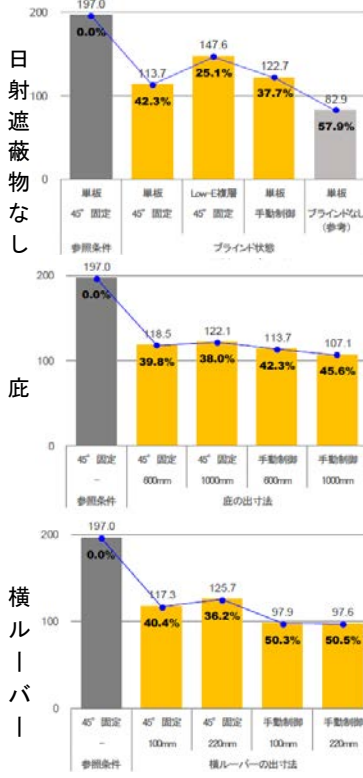
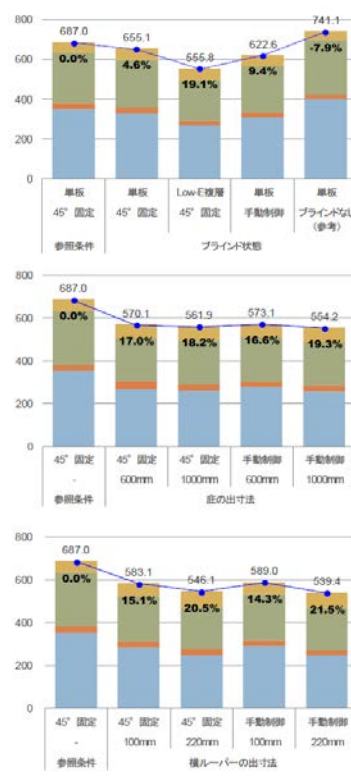


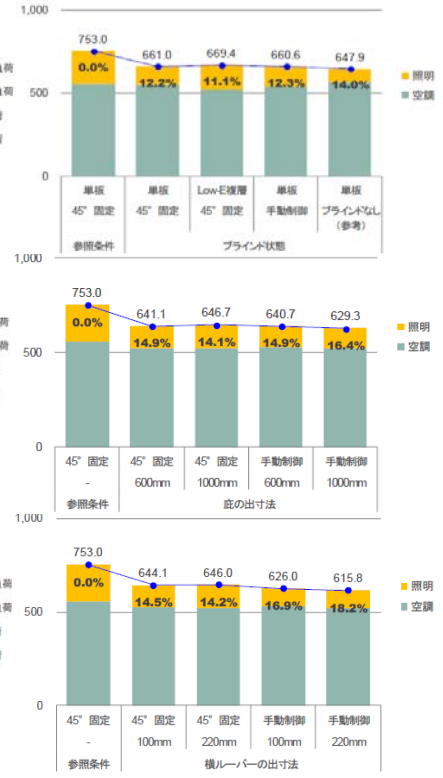
図-2 検討に用いた中規模建物の基準階平面と日射遮蔽物の種類



床面積当たり年間照明
一次エネルギー消費量 (MJ/m²年)



床面積当たり年間
空調負荷 (MJ/m²年)



床面積当たり年間空調・照明
一次エネルギー消費量 (MJ/m²年)

図-3 日射遮蔽物の種類・仕様とブラインド設定の組合せが年間の空調・照明エネルギー消費量に及ぼす影響

天時でも、遮蔽物の効果で年間にブラインドを開けられる時間が増え、室内環境を確保しつつ年間空調・照明エネルギー消費量をより削減できる可能性がある。そこで、手動も含むブラインド設定を評価できる計算法の条件を設定した(図-1右)。次いで、ファサードの空調・照明設備への複合的影響を考慮した省エネ性能について、空調負荷はEnergyPlus、光環境はRadianceという学術分野で広く用いられるソフトウェアで、南向きファサードを中心とした系統的な年間シミュレーションを行った。大規模建物モデル(執務室の奥行きが長い)で試行した結果、設計で最も重視される年間の空調負荷は冷房負荷が支配的で、ファサードの違いのエネルギー消費量全体への影響は非常に小さかった。ただし昼光利用効果は高く、照明削減効果は向上した。これを踏まえ、ファサードの空調・照明への影響が大きい中規模建物モデル(コアを除く執務室の奥行き8m)で、日射遮蔽物を庇、縦ルーバー、横ルーバー、ライトシェルフ、格子ルーバーとし(図-2)、ブラインド設定(自動制御除く)との組合せで系統的な年間シミュレ

ーションを行った。その結果、大規模建物より空調に対する照明削減効果の影響が大きくなり、ファサードの種類とブラインド設定の組合せで日射遮蔽と昼光利用を両立させる省エネ効果が高いケースがあることがわかった(図-3)。日射遮蔽物無し、庇、横ルーバーで、執務時間中照明は100%点灯の参考条件と比較すると、日射遮蔽物がある場合は無しに比べ年間空調・照明エネルギー消費量の削減効果が高かった。特に、窓面全体に日射遮蔽を行って光を室内へ反射する導光効果のある出寸法が長い横ルーバーで、ブラインド手動制御の場合に最も効果が高い結果が得られた。その他、南以外の方角の検討や設計実務者の実務における留意点等のヒアリングも行った。これらの結果を基に、ファサードの仕様とエネルギー消費性能・室内環境の関係などの具体例と共に、設計・施工・運用時の留意点をまとめた省エネファサード設計の技術資料を作成した。

【成果の活用】

省エネファサード設計ガイドライン作成や省エネ基準の評価法策定に向けた基礎資料として活用する。

タイル仕上げ外装パネルの浮き等不具合補修工法に関する研究

Study on repair method of troubles such as exfoliation of tile finished exterior panel

(研究期間 平成 30 年度～令和元年度)

住宅研究部 住宅生産研究室
Housing Department
Housing Production Division

室 長
Head
主任研究官
Senior Researcher

布田 健
NUNOTA Ken
根本 かおり
NEMOTO Kaori

Exterior materials that are tiled on extruded cement plat panel (ECP) of steel structures have a high risk of exfoliation, and it is necessary to develop a safe repair method to prevent exfoliation. In this study, an experiment was conducted on the method of fastening the tile finish to the ECP with an anchor pin and epoxy resin injection.

[研究目的及び経緯]

工期短縮や施工の合理化等のニーズにより鉄骨造建築物も多く建設され、その壁面を構成する材料も多様化している。特に中低層建築物では押出成形セメント板(Extruded Cement Panel 以降、ECP と呼ぶ)や ALC 板(Autoclaved Lightweight aerated Concrete, 軽量気泡コンクリート)等のパネルが多く用いられ、表面仕上げには美観や耐久性を目的としたタイル仕上げも多い。

近年、台風並みの強風(暴風)により ECP のタイル仕上げが広い面積で剥落する事故が各地で発生した(写真-1)。調査から ECP のフラットパネルにモルタルでタイル張り施工した仕上げであることが分かったが、ECP のタイル仕上げ補修方法は規定がなく、ECP の躯体への取付け工法によりパネルの取替えが難しい場合あり、現状では剥落箇所と周辺のタイル仕上げを剥がしモルタルまたは有機系接着剤でタイル張替える方法が一般的である。なお、建築工事監理指針^{*}等では ECP にモルタルでタイル仕上げする場合はタイルベースパネルを用いることを示しているが、準拠せずフラットパネルのタイル仕上げしたものが各地あると推察される。タイル仕上げ剥落防止安全性の観点から補修工法を考える必要があり、ECP は中空層があり(図-1)薄肉であるパネルの特徴を鑑みて鉄筋コンクリート躯体のタイル仕上げの補修工法の適用が難しいことから、ECP のタイル仕上げのための剥離補修工法について検討した。

本研究では、ECP のタイル仕上げの剥落防止を目的とした補修工法の施工技術を実験により試行した。

[研究内容]

1. 研究の概要

本研究は 2018 年度から 2019 年度の 2 年計画で実施しており、仕上げタイルの変形追従性を高め、剥離が生じた場合の剥落防止性能を付与するため、アンカーピンおよびエポキシ樹脂注入工法で ECP に固定する補修工法を検討することとした。

2. 2018 年度の検討内容

仕上げタイル ECP 試験体の模擬剥離(図-1 及び写真-1)の作製方法は、ECP 表面の所要面積に特定の瞬間接着剤を塗布し十分に硬化した後、タイル張付けモルタルを施工して界面で材料が接着しない方法とした。ECP のダメージとなる割れ・欠けを生じさせずに穿孔する方法として、タイルの目地部分に ECP 専用ドリル刃を取付けた回転式電動ドリルで施工することに決定した。施工時の粉塵や騒音の少ない水循環式無振動ドリルによる施工は、ECP の割れ・欠けは無かったものの断面に中空層のある ECP では水が循環できずに中空部に流入するため、今回の検討から除外した。

3. 2019 年度の検討内容

仕上げタイルを ECP に固定するアンカーピンの種類(形状)や注入するエポキシ樹脂の粘度および注入方法を検討した。アンカーピンニングの検討に先立ち、ECP を欠損させず固定できるアンカーピン選定の予備実験を行い(写真-2)、11 種類の中からリベットアンカー(ECP 専用:径 4.5 mm・長さ 28 mm)、プレスアンカー(皿頭形状:径 4 mm・長さ 38 mm)、ドリルビス(ジャックポイント)の 3 種類を選定した。エポキシ樹脂注入は充填や施工性も確認するため手動および低圧樹脂注入(2 器具)とし、手動樹脂注入用は粘度の異なる 2 種について検討した。施工後の性能評価法は油圧式簡易引張試験器を用いて補修箇所の接着強度を確認した。仕上げタイル ECP 試験体の模擬剥離の浮き代(隙間)の確保は、屋内で一定期間養生した試験体を一時的に屋外に移し仕上げタイル面に日射を当て浮きの促進を図り、打診により一部に明確な浮き音(打診音が接着性を確保している仕上げタイルよりも高い)が確認できた時点で実験を開始した。



写真-1 押出成形セメント板のタイル仕上げ剥落

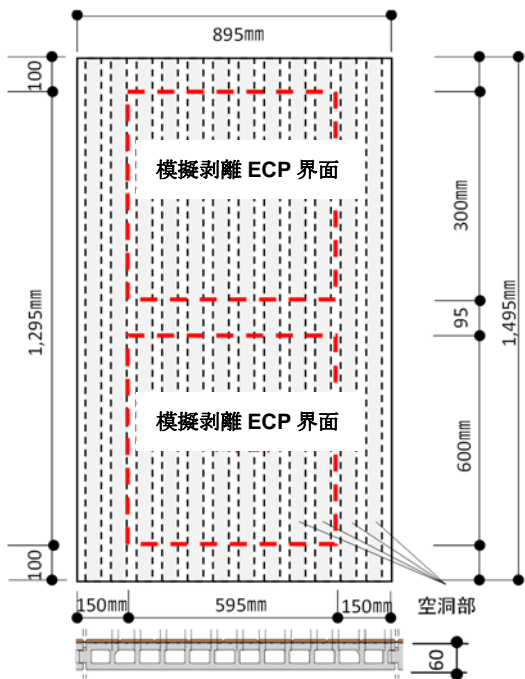


図-1 ECP の模擬剥離と中空の位置

【研究成果】

(1) タイル仕上げの固定方法

固定方法は表-1 に示す 9 種類とし、手動のエポキシ樹脂注入は、浮き代(隙間)0.1mm、直径 30cm の円状に充填することを想定し 1 箇所につき約 9g 注入した。引張接着試験の結果は、タイルの接着強度 0.4N/mm^2 を上回った固定方法は手動でエポキシ樹脂注入を行った プレスアンカー 1 箇所とドリルビス 2 箇所であった。この 3 箇所に共通したのが、エポキシ樹脂注入前の打診で浮き音が確認された点である。試験で破断した接着面の周辺仕上げを剥がして観察したところ、接着強度が確保された固定方法はいずれもアンカーピンを中心に円状にエポキシ樹脂が充填されていた。一方、接着強度が確保されなかった固定方法はアンカーピン周辺にエポキシ樹脂が確認できず、低圧樹脂注入もエポキシ樹脂の粘度に関わらず充填を確認できなかった。その面をさらに詳しく観察したところ、エポキシ樹脂は極薄く広がっていることが分かった。このことから、タイル仕上げと ECP を接着できるエポキシ樹脂には厚みが必要と推察される。今回の実験では試験体の浮き代(隙間)が不十分であったため、目的としたアンカーピンとエポキシ樹脂注入を併用した固定方法の有効性の確認が果たせなかった。試験体の模擬剥離に浮き代(隙間)を確実に設け、同じ固定工法と材料で再検討する必要がある。

(2) 今後の課題

これまでは補修工法を施工の面から検討を行ってきたが、本来 ECP に穴を開けることは断面欠損となり安全性確保のために力学的な検討が必要である。今後は

力学的な観点からタイル仕上げ ECP にアンカーピンニングやエポキシ樹脂注入で補修することで、ECP の強度低下や仕上げタイルの剥落抵抗性がどの程度確保できるのかについて検討を行う必要がある。



日射を当て浮きの促進

写真-1 模擬剥離を設けた ECP 試験体の作製



側面中空部のピンの様子

写真-2 アンカーピンの選定のための予備実験

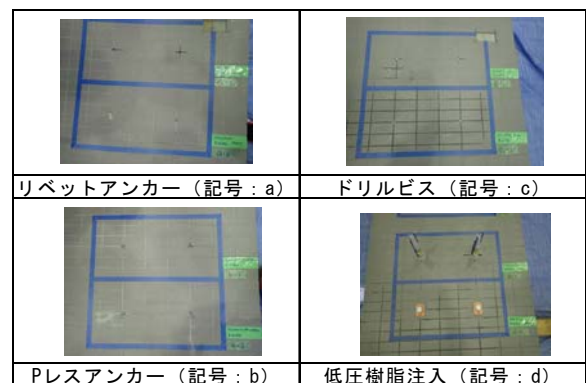


写真-3 タイル仕上げの ECP 固定法の検討

【成果の活用】

本調査結果は、ECP パネルの改修工事設計・施工マニュアル等を作成する際の基礎資料として活用する予定である。

表-1 タイル仕上げ固定法引張試験の結果

固定方法	エポキシ樹脂粘度	記号	枝番	接着強度(N/mm)
リベットアンカー	高粘度	a-1	1	0.14
			2	0.2
	やや高粘度	a-2	3	0.28
			4	0.18
プレスアンカー	高粘度	b-1	5	0.37
			6	0.37
	やや高粘度	b-2	7	0.42
			8	0.31
ドリルビス	高粘度	c-1	9	0.07
			10	0.98
	やや高粘度	c-2	11	0.07
			12	1.02
低圧樹脂注入①	低粘度	d-1	13	0.16
			11	0.11
低圧樹脂注入②	低粘度	d-2	12	0.16
			13	0.39

【参考文献】

※ 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築工事監理指針(平成 28 年版)上巻」、一般社団法人 公共建築協会

ライフステージに即したバリアフリー効果の見える化手法の確立

Establishment of the Visualization of the Barrier-free Effect in line with a Life Stage

	(研究期間 平成30年度～令和2年度)
住宅研究部 住宅生産研究室	室長 布田 健
	主任研究官 根本 かおり
住宅研究部 住宅ストック高度化研究室	主任研究官 小野 久美子

[研究目的及び経緯]

超高齢社会に向かう日本では、住宅におけるバリアフリー化が喫緊の課題となっている。近年、新築のバリアフリー化はだいぶ進んだ一方で、既存住宅については工務店などの個別の改修技術にとどまっており、活動負担の軽減、介護負担の軽減、改修コスト、介護コストといった、総合的なバリアフリーの観点からみた合理的な改修にまでは至っていない。そこで本研究では、住環境における活動のしやすさを Mets (Metabolic equivalents) という身体活動量を評価指標として住宅のバリアフリー性能を見える化し、居住者のライフステージに即したバリアフリー技術の検討を行っていく。

令和元年度は、被験者実験から評価項目の数値化を行い、①住宅性能表示制度（高齢者等配慮等級）等の項目を参考に、一般ユーザーを対象としたバリアフリー環境のチェックリストを作成した。②BIM 技術を援用し、実際の住宅内における「行動時間」「行動頻度」「各居室の滞在時間」と、そこで行われる日常生活動作による身体活動量(Mets:Metabolic equivalents) の関係を紐付け、住宅のバリアフリー環境評価ツールの開発を行った。