

地域安心居住機能の戦略的ストックマネジメント技術の開発

Development of Strategic Management Technology for Residential Functions to Protect Secure Life of Local Residents

(研究期間 平成 27～29 年度)

住宅研究部	住宅性能研究官	長谷川 洋
Housing Department	Research Coordinator for Housing Performance	Hiroshi HASEGAWA
住宅研究部 住宅計画研究室		室長 藤本 秀一
Housing Department Housing Planning Division		Head Hidekazu FUJIMOTO
建築研究部 材料・部材基準研究室		室長 古賀 純子
Building Department Building Materials and Components Division		Head Junko KOGA
都市研究部 都市開発研究室		室長 勝又 済
Urban Planning Department Urban Development Division		Head Wataru KATSUMATA

We developed the following methods in this study. 1) Planning method of housing safety net by cooperation of public housing and private rental housing. 2) Planning methods and durability evaluation method of repair and renovation for the long life of public housing. 3) Forecasting method of future necessary quantity and proper placement by region of facility functions supporting regional habitation.

【研究目的】

人口減少・超高齢社会において、誰もが地域で安心居住できる住環境の形成が求められている。こうした中で、これまで国民の居住の安心を支えてきた公営住宅、特定公共賃貸住宅等（以下「公営住宅等」という。）は、国及び地方公共団体の財政制約の高まりを受けて量的な拡大が期待できず、またストックの老朽化対策が課題となっている。一方で、民間借家等の民間空き家は一貫して増加してきている。このため、公営住宅等のストックを従来以上に合理的にマネジメントするとともに、民間借家の空き家を有効活用していくことが課題となっている。さらに、地域の安心居住に向けては、住まいの機能に加え、医療・子育て支援・高齢者福祉施設等の地域居住支援機能を地域の拠点に誘導するなど適正配置していくことが課題となっている。

上記の課題認識を踏まえ、国土交通省総合技術開発プロジェクトを実施し、次の研究開発を行った。①公営住宅等と民間借家の連携による住宅セーフティネットの計画手法、②公営住宅等の長寿命化に係る改修等の計画手法及び耐久性評価手法、③地域居住支援機能の地域別将来必要量及び適正配置の予測手法。

【研究内容】

課題1. 公営住宅等と民間借家の連携による住宅セーフティネットの計画手法の開発

地方公共団体において低所得者等の住宅の確保に特に配慮を要する者（以下「要配慮者」という。）の将来世帯数を推計するプログラムを開発した(図1)。

本プログラムは Microsoft Excel 上に住宅関連統計データを投入することで 2015 年現在から 2045 年までの 5 年毎の時点での全域及び小地域(中学校区等)別の要配慮者の世帯数を推計できる。また、推計結果を踏まえ、公営住宅の管理戸数及び民間借家の活用戸数の目標設定、地域で活用可能な民間借家の空き家戸数の推計、民間借家の活用に向けて家主の不安を取り除くための居住支援サービスの提供体制の構築に係るケーススタディを要配慮者の需要等が異なる 2 都市で実施し、手法を一体的にとりまとめた。

併せて、民間借家を活用する上で確保されるべき居住水準について検討し、基準案を提示した。

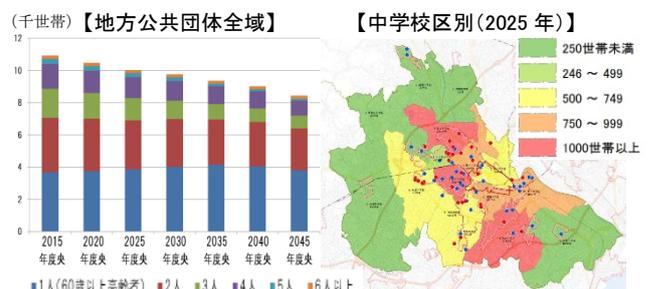


図1 要配慮世帯の推計結果例

課題2. 公営住宅等の長寿命化に係る改修等の計画手法及び耐久性評価手法

(1) 長寿命化に係る改修の計画手法

地方公共団体において公営住宅等ストックの長期的な活用の見通し(30年間程度)を策定する手法を開発した。将来の公営住宅等の需要、団地の立地、

住棟の仕様・性能水準、劣化状況等を踏まえ、建替や改善等の事業量の平準化のため各ストックの想定供用期間を設定する考え方を基本としている(図2)。

また、長期的な活用の見通しに基づいて個別ストックの改善・修繕の実施時期、内容、目標とする性能水準等をプログラム化する手法を開発した。人口・世帯規模や公営住宅等の需給事情が異なる2都市においてケーススタディを実施し、市全域での事業費試算、中学校区単位等の地域レベルの需要予測に基づく個別団地の改善・修繕計画のプログラム化の試行を行い、適用例としてとりまとめた。

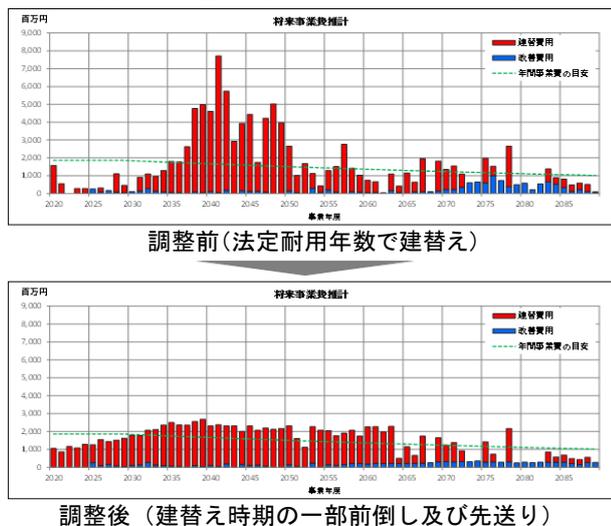


図2 事業実施時期の調整による事業量平準化の例

(2)外壁・防水層等の改修に係る耐久性評価手法

R C造公営住宅等の長寿命化に大きく影響する外壁・防水層を主対象とし、補修・改修部分の劣化や耐久性に関する実態調査を踏まえ、点検・診断手法をとりまとめた。また、補修・改修後の耐久性評価の考え方を整理し、地方公共団体職員が調査・診断結果や目標とする供用期間に応じた補修・改修工法の選定や改修後の維持管理を適切に行えるための技術資料をとりまとめた。表1に改修後の防水層の耐久性に影響する既存防水層の状況の判断基準(例)と対応する見本写真例を示す。既存防水層の状況のうち、経年変化状況、納まり(立上り納まり、勾配不良、防水層貫通配管等、屋上設置物)を挙げ、各々i~iiiの3段階でチェックポイントを整理している。

表1 既存防水層の状況の判断基準(例)ー立上り納まり

i (良好)	ii (高さは良好、水切りが不十分)	iii (立上り高さが不十分)

課題3. 地域居住支援機能の地域別将来必要量及び適正配置の予測手法

地域の人口・世帯構造の変動に応じ、医療・福祉施設等の地域居住支援機能の必要量と適正配置を、各機能の成立人口・圏域や費用対効果に基づき空間的かつ時系列的に推計する「地域居住支援機能適正配置予測プログラム」を開発した。本プログラムは、主に地方公共団体での利用を想定し Microsoft Excel ベースで、都市レベルでの小地域単位の将来人口予測と各機能の過不足予測から、地域レベルでの各機能の整備・運営に係る主体別(地域住民、施設事業者、地方公共団体)の費用対効果の算出まで、一貫的かつ容易に行うことが可能である(図3)。

併せて、立地適正化計画や公営住宅団地等への機能併設事業に係る計画立案等における本プログラムの活用方法を解説した手引き(案)を作成した。

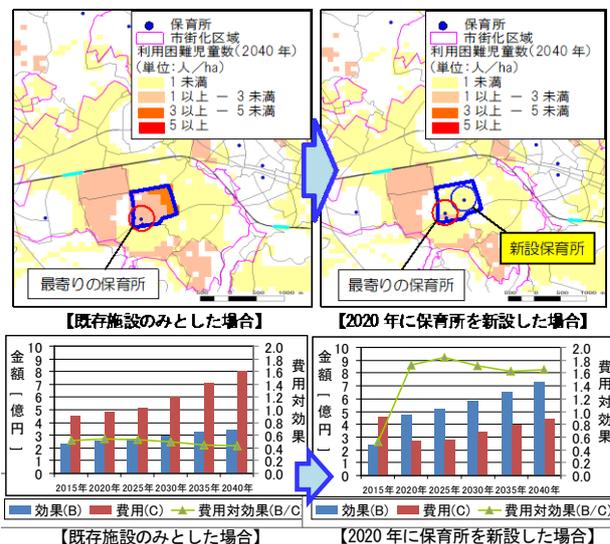


図3 保育所の将来不足量と地域住民の費用対効果の推計例

【成果の反映と活用】

中間年での成果のうち、課題1の要配慮者の推計プログラムは、「公営住宅等長寿命化計画策定指針(改定)」(平成28年8月・国土交通省住宅局住宅総合整備課)に反映された。また、民営借家の活用に係る居住水準案は「住宅確保要配慮者に対する賃貸住宅の供給の促進に関する法律(改正:平成29年4月26日法律第24号)」に基づく「共同居住型住宅の登録基準(告示・国土交通省告示第941号)」に反映された。さらに、課題2のR C造公営住宅の点検・診断手法については「公営住宅等日常点検マニュアル」(国土交通省住宅局住宅総合整備課・平成28年8月)に反映された。

その他の最終成果は地方公共団体の「公営住宅等長寿命化計画策定指針」や「立地適正化計画作成の手引き」等を補完する技術ツールとして普及を図る。

良質な住宅ストック形成及び継承に資する

性能評価・表示手法に関する研究

Study on evaluation and indication system of housing performance
to maintain and improve the quality of housing

(研究期間 平成 28～29 年度)

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

室長
Head

藤本 秀一
Hidekazu FUJIMOTO

System that maintain and inherit good quality housing is required. The purpose of this study is to obtain basic data for improving evaluation and indication system of housing performance. This study clarified the actual condition of improvement of housing performance by remodeling, and the problem of evaluation and indication system of existing housing performance.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の総住宅数は 6,063 万戸（平成 25 年）、総世帯数は 5,246 万世帯で戸数的には充足しており、空き家の増加が問題化するなか、住宅ストック活用型市場への転換が求められてきた。しかし、住宅リフォーム市場規模、既存住宅取引数は、ともに伸び悩んでおり、住宅ストック活用型市場への転換が遅れている。こうしたなか、平成 28 年の住生活基本計画（全国計画）の見直しにおいて、住宅の維持管理やリフォームの適切な実施により、住宅の価値が低下せず、資産として次の世代に継承されていく新たな流れ（新たな住宅循環システム）の創出が掲げられ、既存住宅の価値向上を反映した評価方法の普及、住宅性能表示、住宅履歴情報等を活用した情報提供の充実が必要とされている。

本研究は、良質な住宅ストックの形成と継承に資する性能評価・表示手法の整備に向けた技術資料を整理することを目的とする。

〔研究内容〕

(1) 新築住宅の性能確保の状況

住宅性能評価の状況から、近年の新築住宅の性能確保の状況を整理した。評価実績は設計住宅性能評価書の交付ベースで戸建て住宅、共同住宅等をあわせて平成 22 年度以降は概ね新築住宅着工戸数の 22～24% 程度で推移している。

戸建て住宅では劣化対策、耐震性（倒壊等防止）、維持管理性（専用配管）ともに等級 3 が 90% 超を占める一方、共同住宅等では劣化対策は等級 3 が 90% 超であるが、耐震性（倒壊等防止）は等級 1 が約 90%、維持管理性（専用配管）は等級 3 が約 20%、等級 2 が 80% 弱に止まっている。共同住宅等の共用部分に係る維持

管理性（共用配管）は等級 3 が 10% 弱、等級 2 が 70% 強、更新対策（共用排水管）は等級 1 が 90% 超、高齢者等対策も等級 1 が 80% 強、等級 3～4 があわせて 20% 弱という状況にある。

長期優良住宅の認定実績からみると、戸建て住宅では住宅性能評価（設計）とほぼ同戸数の認定実績（単年度当たり）を有する。これは性能評価を取得する住宅のほとんどが長期優良住宅の認定基準を満たしているともみることもできる。劣化対策、耐震性等の個別性能項目の等級取得状況とも符合する。一方、共同住宅等では、長期優良住宅の認定戸数は新築住宅着工戸数の 1% にも満たない状況にある。個別性能項目の評価状況からも共同住宅等の評価基準をクリアするのが戸建て住宅に比べて難しい状況にあることが分かる。

(2) 改修による住宅性能向上の実態把握

長期優良住宅化リフォーム推進事業の採択事例（平成 26～27 年度に事業採択され、完了報告済である戸建て住宅及び共同住宅等）を対象に、リフォーム項目、リフォーム後の性能水準等のデータ収集、分析を行い、改修による住宅性能向上の実態を把握した。

リフォーム実施と性能向上の関係について、表 1（共同住宅等）、表 2（戸建て住宅）に示す。長期優良住宅化リフォーム基準の概要は表 3 の通りである。

共同住宅等の共用部リフォーム（住棟単位で実施）では、大規模修繕としての給排水管更新、窓サッシの二重化等、維持管理性能、省エネ性能の向上（A 基準）を図るものが多くみられた。耐震改修も 3 団地 18 棟でみられた。

戸建て住宅では築年数の古いものほど劣化対策が、また旧耐震基準の事例で耐震改修が多くみられた。省

エネ性の向上は築年数に関係なく広く実施がみられたがA基準が多かった。維持管理性の向上は他の性能項目に比べてリフォーム実施の割合が低い傾向にある。

(3) 既存住宅における住宅性能表示等の利用状況

住宅性能評価（既存住宅）の利用状況及び利用の動機について把握した。住宅性能評価（既存住宅）の利用は戸建て住宅、共同住宅等ともに低い状況にある。また、ほぼ現況検査により認められる劣化等の状況に

表1. リフォーム実施と性能基準の関係（共同住宅等）

劣化	基準の状況	団地		棟		戸	
		リフォーム有	リフォーム無	リフォーム有	リフォーム無	リフォーム有	リフォーム無
共用	S基準	1	2	1	2	5	80
	A基準	5	9	5	43	313	1735
専有	S基準	1	4	1	4	2	13
	A基準	1	17	1	22	6	222
小計		8	30	8	64	326	1,841
合計			38		72		2,167

耐震	基準の状況	団地		棟		戸	
		リフォーム有	リフォーム無	リフォーム有	リフォーム無	リフォーム有	リフォーム無
共用	S基準	3	7	18	12	716	562
	A基準	0	11	0	20	0	919
専有	S基準	0	0	0	0	0	0
	A基準	0	2	0	6	0	159
小計		3	19	18	33	716	1,482
合計			22		51		2,198

省エネ	基準の状況	団地		棟		戸	
		リフォーム有	リフォーム無	リフォーム有	リフォーム無	リフォーム有	リフォーム無
共用	S基準	1	0	1	0	52	0
	A基準	9	0	17	0	725	0
専有	A基準未満	1	6	1	32	9	1347
	S基準	3	0	3	0	3	0
専有	A基準	14	0	14	0	23	0
	A基準未満	5	1	5	6	17	200
小計		32	6	40	32	820	1,347
合計			38		72		2,167

維持管理	基準の状況	団地		棟		戸	
		リフォーム有	リフォーム無	リフォーム有	リフォーム無	リフォーム有	リフォーム無
共用	S基準	2	0	2	0	14	0
	A基準	5	4	31	4	1332	386
専有	A基準未満	1	5	1	13	20	381
	S基準	4	0	4	0	16	0
専有	A基準	9	7	14	7	212	7
	A基準未満	0	3	0	3	0	8
小計		19	19	45	27	1,385	782
合計			38		72		2,167

表3. 長期優良住宅化リフォーム基準の概要

	S基準	A基準
1. 構造躯体等の劣化対策	新築認定基準（＝劣化対策等級3に加え、構造の種類に応じて定められた基準）に適合。 ただし、一部の基準については同等と認められる代替基準による適合可。	劣化対策等級2に加え、構造の種類に応じて定められた基準に適合。 ただし、一部の基準については同等と認められる代替基準による適合可。
2. 耐震性	新築認定基準に適合。又は、次のいずれかに適合。 ①新耐震基準による住宅（住宅の着工時期がS56年6月1日以降）であり、かつ木造住宅にあつては基礎が鉄筋コンクリート造であるなど、一定の措置が講じられている。 ②耐震改修促進法に基づく耐震診断により、 $l_s \geq 0.6$ 、 $q \geq 1.0$ （木造は $l_w \geq 1.0$ ）。	S基準に適合。又は、新耐震基準による住宅（住宅の着工時期がS56年6月1日以降）。
3. 省エネルギー対策	次のいずれかに適合。 ①新築認定基準（＝断熱等性能等級（省エネルギー対策等級）4）に適合し、一定の気密性が確保。 ②一次エネルギー消費量等級4に適合し、一定の断熱措置が講じられ、一定の気密性が確保。	次のいずれかに適合。 ①断熱等性能等級（省エネルギー対策等級）3に適合し、開口部が一定基準を満たし、一定の気密性が確保。※住宅の部分による適合も可 ②一次エネルギー消費量等級4に適合し、一定の断熱措置が講じられ、一定の気密性が確保。 ③別紙「評価基準」に示すタイプA～Cのいずれか
4. 維持管理・更新の容易性	新築認定基準（＝維持管理対策等級3）に適合。 ただし、一部の基準については同等と認められる場合、当該基準を代替可能。	維持管理対策等級2に適合。 ただし、一部の基準については同等と認められる場合、当該基準を代替可能。
5. 高齢者等対策	新築認定基準（＝高齢者等配慮対策（共用部分）等級3のうち一部の項目）に適合。 ただしエレベータ設置に代えて階段両側手すり設置を可。	新築認定基準（＝高齢者等配慮対策（共用部分）等級3のうち一部の項目）に適合。 ただしエレベータ設置を除く。
6. 可変性	新築認定基準（＝躯体天井高さ2,650mm以上）に適合。又は、主たる居室天井高さ2,400mm以上	－

※新築認定基準＝H21年国交省告示第209号「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」

※高齢者等対策、可変性は共同住宅等のみに適用

関するものである。

利用の動機については、戸建て住宅では事業者が定期点検（10年目点検等）の際に性能評価を受けることを保証の条件としている場合がある。共同住宅等の場合は、買取再販で事業者が付加価値を付けるためや、既存住宅瑕疵保険に入るための現状検査と併せて性能評価を受ける例がみられる。いずれも現況検査のみの場合が多い。

表2. リフォーム実施と性能基準の関係（戸建て住宅）

劣化対策	S リフォーム有	S リフォーム無	A リフォーム有	A リフォーム無	A未満 リフォーム有	A未満 リフォーム無	計
1950(S25)～80(S55)	135	0	235	7	1	2	380
1981(S56)～99(H11)	229	85	895	170	4	28	1,411
2000(H12)～09(H21)	84	100	179	83	0	12	458
不明・空欄	14	1	29	5	1	3	53
計	463	186	1,345	265	6	45	2,310

耐震性	S リフォーム有	S リフォーム無	A リフォーム有	A リフォーム無	A未満 リフォーム有	A未満 リフォーム無	計
1950(S25)～80(S55)	290	62	17	8	1	2	380
1981(S56)～99(H11)	217	269	126	768	3	28	1,411
2000(H12)～09(H21)	3	171	5	264	0	15	458
不明・空欄	10	8	4	27	1	3	53
計	523	513	154	1,067	5	48	2,310

省エネ対策	S リフォーム有	S リフォーム無	A リフォーム有	A リフォーム無	A未満 リフォーム有	A未満 リフォーム無	計
1950(S25)～80(S55)	113	1	184	9	19	54	380
1981(S56)～99(H11)	131	0	989	30	70	191	1,411
2000(H12)～09(H21)	8	0	377	27	3	43	458
不明・空欄	6	2	25	2	5	13	53
計	258	4	1,581	68	97	302	2,310

維持管理	S リフォーム有	S リフォーム無	A リフォーム有	A リフォーム無	A未満 リフォーム有	A未満 リフォーム無	計
1950(S25)～80(S55)	113	15	81	44	10	117	380
1981(S56)～99(H11)	177	96	162	342	20	614	1,411
2000(H12)～09(H21)	4	38	11	189	2	214	458
不明・空欄	6	8	8	16	1	14	53
計	301	158	266	591	33	961	2,310

住宅ストックの介護福祉施設への活用可能性の定量的評価手法に関する研究

Research on the evaluation method for possible use existing housing stocks to care-welfare facilities

(研究期間 平成 27～29 年度)

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

研究官
Researcher

内海 康也
Koya Utsumi

The increasing number of elderly leads increasing demand for elder care, and, the population decline leads to a surplus of housing stock. From the point of view of improving care facilities, this situation can be regard as an opportunity to utilize “unused redundant housing stock” as a means to handle “the shortage of care facilities.” This study aims to develop a system for quantitative evaluation of this utilization possibility.

〔研究目的及び経緯〕

近年の日本社会においては高齢化の進展にともない、高齢者を対象とする介護福祉と連携した住環境整備の充実が求められている。その一方で、急激な人口減少により住宅ストック等のハード的な資源は余剰の傾向にあり、この状況は、「ハード的な施設の需要（介護福祉施設整備へのニーズ）と供給（住宅ストックの活用ニーズ）とのミスマッチが生じている状態」として捉えることができる。

本研究は、このミスマッチの解消のために、需要と供給それぞれのニーズがどこに存在し、どのように推移しているかについて適切に把握することで、両者の一体的な課題解決に向けた基礎的検討を行う。これにより、市街地の再編成の観点も含めた形での住宅ストックおよび介護福祉施設整備の適切なマネジメントのための基礎として、地域ごとに既存住宅ストックの介護福祉施設への活用可能性を定量的に評価するシステムを開発することを目的とする。

〔研究内容〕

1. 小地域データの推計

国勢調査、住宅・土地統計調査等の既存統計資料を活用する形で、居住状況、住宅状況に関するデータの推計を行った。

2. 既存住宅ストックの活用可能性の検討

介護福祉施設に関する状況および住宅ストックの転・活用事例についての情報収集、ならびに、住宅ストックの介護福祉施設への活用可能性を評価するモデルの構築を行った。

3. 介護福祉施設への需要量の評価

介護福祉施設の整備へのニーズに関する情報収集、ならびに、介護福祉施設への将来的な需要を評価するモデルの構築を行った。

4. 介護需要の観点から見た住宅ストックの活用可能性の検討

住宅ストックと介護福祉施設の面から見た、供給側（既存住宅ストック）の状況と、需要側（介護福祉施設利用ニーズ）の状況を検討可能とするシステムを開発する。

〔研究成果〕

(1) 小地域データの取得

作成したデータは各統計資料の調査項目についての多次元クロス表である。これは公表されている資料に含まれない情報を有していることから、既存資料では得られない分析等が可能となったため、(2)以降に先駆けて基礎的な検討を行った。

(2) 既存住宅ストックの活用可能性

2-1) 活用可能既存住宅ストック量の把握

既存住宅ストックの介護福祉施設等への活用可能性を検討するために、介護福祉施設の事例および住宅ストックの転・活用事例についての情報収集・整理を行った。特に、サービス付き高齢者向け住宅や通所型施設等の様々な目的・用途に対応する形で住宅ストックを活用していくために必要な条件を整理し、活用可能性の評価に適切な項目を抽出した。

2-2) 将来活用可能住宅ストック量の推計

既存住宅ストックの介護福祉施設への活用・転用可能性を検討するため、住宅ストックの利用されている状態（[居住あり]と[空家]）に着目し、両者間における経年的な状態変化を解析することで将来的な住宅ストック動態を把握・推計する手法を新たに開発した（図1）。これによって、住宅ストックが空き家化する割合は経年的に概ね一定であり、除却割合が低下している状況を明らかにした（図2）。これをもとに、既存住宅ストックの介護福祉施設への活用・転用可能性を数的に評価するモデルを構築した。

(3) 介護福祉施設への需要量推計

3-1) 現在の介護福祉施設への需要量の推計

介護福祉施設等への需要がどの程度存在するかを把握するために、介護福祉施設の近年の整備状況や事例についての情報収集・整理を行った。特に、年代・要介護度等に応じた適切な施設整備を実施する

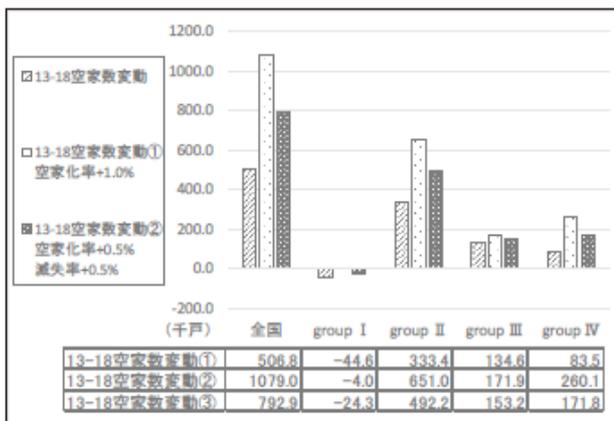


図1 推移傾向別グループ別13-18空家変動数

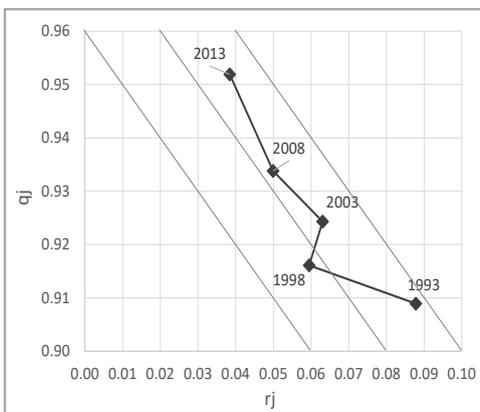


図2 1993~2013 住宅存続割合 q_1 ×住宅滅失割合 r_j

ためのポイントとなる項目を抽出した。また、性別・年齢別要介護度および家族型別に想定される生活スタイル等に基づき、地域で生じる介護需要量を推計する手法を開発し、具体的な介護需要の見通しに合わせた対策を検討した（図3）。

3-2) 将来的な介護福祉施設への需要量の推計

将来的な介護福祉施設への需要量を数的に評価するモデルを構築し、介護施設需要の推移について検討した。特に、年齢、性別に基づいた、コーホート法等の従来の人口推計手法に対し、家族型の経年推移についても反映した形で人口推計を行う手法を新たに開発した。これにより、詳細な多次元クロス表を推計することが可能となった。

(4) 介護需要の観点から見た住宅ストックの活用可能性の検討システムの開発

以上(1)~(3)を踏まえ、活用可能ストックと介護需要の現在および将来のバランスを検討するシステムを開発した。これにより、具体的な地域を対象として、現在の活用可能住宅ストック量および福祉介護施設への需要量、ならびに、将来の活用可能ストック量および介護需要量を把握することが可能となった。地域の特性に合わせるかたちで住宅ストックと介護需要を一体的にマネジメントしていくための基礎的な検討手法が得られた。

[成果の活用]

本研究で得られた成果は、自治体における既存ストックの活用や、増大する介護需要への対処に際してのより効率的な対応方策の検討に資すると考えられ、中長期的な高齢者対策および住宅ストックマネジメントへの活用も期待される。

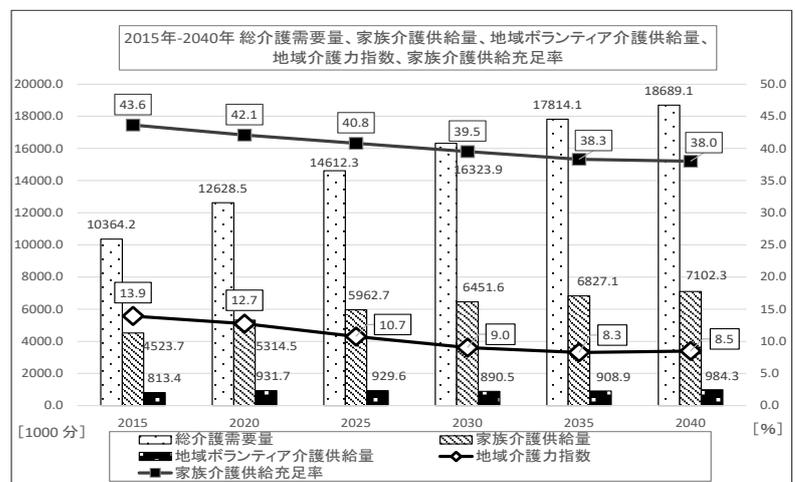


図3 2015~2040年総介護需要量、家族介護供給量等

地域の建設事業者を主体とした仮設建築物における

新規技術の適用とその後の展開

Reuse of temporary buildings and subsequent development of new construction technologies applied to the buildings by regional builders

(研究期間 平成 25～27 年度)

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

研究官
Researcher

渡邊 史郎
Shiro WATANABE

Due to partial relaxations of the Japanese building code, temporary buildings have offered many opportunities to experimentally developing and applying new construction technologies for regional builders, which are commonly limited with technologies and capital. However, there are little literature on the buildings or the technologies after dismantling. This study examined what technologies were applied to temporary buildings including expo buildings and post-disaster houses and showed how the technologies were developed and to what extent the intended reuse was accomplished actually.

〔研究目的及び経緯〕

建築基準法令等が緩和される仮設建築物は、地域の事業者に対して特殊な構法・建材が実験的に適用する多くの機会を与えてきた。しかし、仮設建築物としての供用を終えた後について、参照できる既往の資料は限られている。このため、上記の新規技術は個別的な試みとして等閑にされ、建築技術の進展に資する機会が失われている。本研究では、過去の仮設建築物に新規に適用された技術を整理した上で、その後の当該技術の改良がどのように試みられ、さらには当該建物が供用後にどのように再利用されたかについて実態を明らかにすることを目的とする。

〔研究内容〕

本研究では博覧会建築と応急仮設住宅を仮設建築物の対象とした。博覧会については1990年大阪花博、2001年北九州博覧祭、2001年福島うつくしま博、2005年愛知万博を対象とし、応急仮設住宅については2011年東日本大震災、2012年九州北部豪雨において建設された応急仮設住宅2例を対象とした。それぞれの関係者に対して聞き取り調査・関連資料の調査を実施した。

1. 新規技術と緩和規定との関係に関する調査

仮設建築物の緩和規定と新規技術の関係を整理した。

2. 博覧会建築の再利用の実態把握

2000年以降の3博覧会については閉会後の再利用が積極的に検討・実施された経緯から、それぞれの博覧会での再利用に向けた適用技術の特徴及び制度的な運用の方針について把握した。

3. 応急仮設住宅の再利用性の実態把握と環境負荷を踏

また再利用の検討

住田町、阿蘇市の木造仮設住宅2例の再利用の実態を把握した。また、住田町の仮設住宅を対象としたLCA評価を行い、再利用の意義について検討した。

〔研究成果〕

(1) 新規技術と緩和規定との関係に関する調査

緩和規定の整理： 応急仮設住宅と博覧会建築とでは、それぞれ建築基準法85条第2項^{注1}、第5項が適用されるため緩和要件が異なる。第2項では、行政手続きに関する規定、第37条材料、第40条条例が緩和されるが、第5項では適用される。一方、第5項では21～27条までの防耐火規定が除外されるが、第2項では24、25条等木造の外壁の規定は適用される。法施行令では、緩和規定の多く（第3章8節構造計算等）が共通するが、41～43条の木造に関する規定、第5章避難施設等の緩和は第5項には認められない。

新規技術の動向： 大阪花博で、展示施設の設計を受託したA社への聞き取り調査によれば、外壁・屋根の簡素化等、防耐火規定の緩和を最大限に活かしたが、令第5章避難施設の規定に適合するため、防災計画の評定・大臣認定を取得する必要があった。また、令第3章8節構造計算の緩和がなされるものの、完成から解体まで実質1年以上設置される場合を考慮すると、速度圧の低減を適用した程度であった。2000年以降の博覧会では、環境負荷を抑える施設整備が目指され、大阪花博のような画期的な構造方法の開発ではなく、むしろ再利用性を高める技術に焦点が置かれた。

表 博覧会における再利用を促す技術と制度的な取組み

博覧会	再利用を促す取組み	
	特徴的な建築技術	契約・仕組み
2001年 北九州	・支保工,足場板等の仮設材の利用 ・小規模施設の規格化	・全ての建物をリース契約により建設 ・閉会後の再利用も受注者の契約事項
2001年 福島	・小規模施設の規格化 ・使用木材を1mモジュールに統一	・一部の建物をリース契約により建設
2005年 愛知	・構造・仕様を規格化した鉄骨ユニットによる展示施設(グローバル・コモン) ・仮設建築物と恒久建築物の合築	・一部の建物をリース契約により建設 ・専門家委員会による3Rに有利な建設工法の検討 ・解体部品・建材の引取りの公募

(2) 博覧会建築の再利用の実態把握

2000年以降の3博覧会に共通して、規格型の施設における材料・構工法の工夫が見られた。愛知万博では、グローバル・コモンという規格化された鉄骨ユニットが展示施設として設けられた。北九州博覧祭においても、展示施設以外の規格型の小規模施設に、鉄骨を用いたテントを採用した。一方で、うつくしま博では、地元木材の活用が方針づけられ、事務所・飲食店等の規格型の施設については再利用を促すために1mモジュールのプレカット材で建設された。

3博覧会では、協会発注の施設の多くをリース契約で整備した。特に北九州博覧祭では、解体後の再利用も施工業者側の契約事項とした。一方、施設整備の規模が著しく大きい愛知万博では、全ての施設をリース契約で整備することは現実的ではなかった。グローバル・コモンについては協会が主導し、移転先を募集したが、全159.5ユニットのうち、移転に至ったのはわずか31ユニットであった(近隣の工場・倉庫として転用)。また、解体部品・材料の引取りを、協会がHPを通じて広く公募したが、電化製品等の設備を除き、その引取りは低調に終わった。部品・材料自体は無償であっても、運搬・保管に係る費用・手間が忌避されたと考えられる。

(3) 応急仮設住宅の再利用の実態把握と環境負荷を踏まえた再利用の検討

住田町、阿蘇市に建設された応急仮設住宅はいずれも再利用された。住田町内に建設された93戸(棟)の木造仮設住宅のうち13戸について、建設から5年以上経過した時点で払下げが募集され、近隣の住居や倉庫として移築された(写真1)。再建築に際しては、RC基礎化や防火外壁の設置等の追加工事が伴った。

一方、阿蘇市のT2では、全48戸のうち15戸が仮設建築物としての供用を終え、再建支援住宅として再利用された。災害救助法で定める1年間延長の特例が認められなかったため、基準法への適合のため基礎改修が行われた。ただし、1年間のみ延長利用を前提とした改修であり、「恒久化」ではなく、むしろ「延命化」といえる。基礎改修は、災害救助法で定める供用期間

の終了時から建築基準法で定める仮設建築物の供用期間が終了するまでの約3ヶ月間で工事を行う必要があったため、既存木杭を包含するかたちで、直接コンクリートを打設する短工期の工法が選択された。当初の基礎高が400mm程度確保されていたことが幸いし、コンクリートの打設を円滑に進めることができた。



写真1 移転・再築された木造仮設住宅(住田町)(筆者撮影)



写真2 木造仮設住宅のRC基礎改修工事(阿蘇市)(熊本県提供)

本研究では、住田町の応急仮設住宅(T1)の設計図書・発注関連書類等に基づき、標準的な住戸当たり(2DK)のGHG排出量を算定した(図)。なお、S1、S2は東日本大震災で大手メーカーによって建設された応急仮設住宅であり、各々木造、軽量鉄骨造である^{注2}。T1のGHG排出量は大手2社に比べ著しく低く、環境負荷は小さいといえる。T1は厚さ30mmの落込み板に断熱性を期待していたため、一般的な仮設住宅に比べプラスチック性の断熱材やグラスウールの使用量が際立って少なかった。また、T1の鉄骨材は接合金物に限られ、鉄の使用量も少なかったことも寄与している。

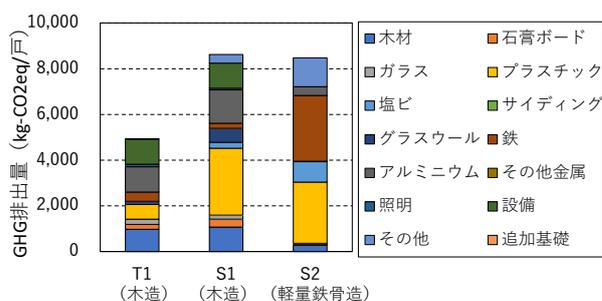


図 木造仮設住宅 T1 と大手住宅メーカーの仮設住宅 S1, S2 の建設時の GHG 排出量^{注2}

[成果の活用]

中長期利用を前提とした災害後住宅の初期仕様の設定、基準法適合のための改修手法について、環境負荷軽減の視点を踏まえた検討に資することが期待される。

注1) 発災から1ヶ月以内に建設される応急仮設住宅には第85条第1項が適用されるが、第2項のものに比べ実績が限られる。

注2) 清家剛氏(東京大学准教授)と当研究課題の研究分担者である磯部孝行氏(武蔵野大学助教)による算出結果を引用した。

自治体住宅計画立案のための将来住宅需給量推計手法に関する研究

Research on estimation method of future demand and supply of housing for housing planning in municipalities

(研究期間 平成 28～30 年度)

住宅研究部 住宅計画研究室

室 長 藤本 秀一
研 究 官 内海 康也
研 究 官 小林 英之

[研究目的及び経緯]

人口減少下において住宅ストックは余剰の傾向にあり、今後の住宅計画においては既存住宅ストックを適切に活用していくことが重要となっている。これに対処するためには、地域・自治体ごとに「将来的な住宅需要」および「既存住宅ストック数の動向」の見通しを得ることが必要だが、地域の特徴も踏まえた詳細な情報は不足している状況にある。

本研究は、地域ごとの将来の①住宅供給量および②住宅需要量を把握し、③両者のバランスの比較検討を可能とするシステムを構築することを目的としている。また、得られた結果を用いることにより自治体が適切な住宅計画を立案できるよう支援する。本年度は、需要の基礎となる人口推計において、家族型別人口の経年変動を反映する形での「②住宅需要量」の実態把握および推計を可能とする手法を開発し、住宅需要の推移傾向を把握した。

木造公営住宅の改修・修繕等の計画手法に関する研究

Research on planning method on refurbishment and renovation of wooden public houses

(研究期間 平成 29～30 年度)

住宅研究部 住宅計画研究室

研 究 官 渡邊 史郎

[研究目的及び経緯]

近年、全国の木造公営住宅の多くが耐用年限を迎え、その適切な維持管理が望まれる。しかし、木造建物の中長期的な改修・修繕の計画策定に関する資料は不足している。本研究では、これまでの木造公営住宅の改修・修繕等の実施履歴を、住宅のタイプ及び修繕の方法や周期などの点から体系的に整理・分析した上で、活用方針に応じた改修・修繕等の計画モデルを示すことを目的とする。

本年度は、統計資料に基づき一部の小規模な市町村において公営住宅の木造率が著しく高いことを確認した。また、事業主体から収集した既存住棟の図面調査にもとづき、建設年代別の構法・仕様の傾向（90年代までは基礎高が300～400mm程度であり、浴室も湿式が主流であること等）を把握し、修繕工法に違いを与える因子となり得ることを確認した。さらに、費用負担の大きい外壁修繕に着目し、事業主体への聞き取り調査と資料分析にもとづき、修繕工法が塗替えと付加の2つに分かれることを把握した。最後に、外壁仕様に応じた修繕計画の代表的なシナリオ（定期的な塗替え、数回の塗替えと1回の付加）を策定し、それぞれの長期の管理コストを比較した。

住まいの安全策の実施に向けた阻害要因と対策に関する研究

Research on Impediments and Countermeasures for Implementation of Housing Safety Measures

(研究期間 平成 28～29 年度)

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室

室長

中西 浩

Housing Department Housing Stock Management Division

Head

Hiroshi NAKANISHI

In order to overcome obstacles and challenges of implementing safety measures by residents, in this research, focusing on the renovation of existing houses, we will formulate promotion of safety measures, based on an interview survey to residential renovation installers and a questionnaire survey to residents.

【研究の背景】

近年、自然災害の発生や、超高齢社会の進展に伴う事故の発生が顕著になる中、居住者の安全性の確保・向上が望まれている。

これまで、住宅分野において、耐震、防火、住宅内事故防止、防犯など、個別分野の研究の蓄積が行われ、原因分析とともに解決策に導く成果が出され、一部は法令、基準の作成・改正に寄与している。

しかし、これら住宅における安全対策は、住宅が私有財産であることもあって、大半が住民の自助に委ねられるものであること。さらに、一般の住民に対して、建築知識や工事に関する面倒な対応を迫る必要があること等の阻害要因があり、特に既存住宅では、対策が円滑に進まないケースが見られる。

本研究では、既存住宅の「改修」に焦点を当て、住民が阻害要因を乗り越えて、自主的に安全対策を進めやすくするための検討課題を提起し、検討課題に対応できる有効な具体的方策を見つけることをめざした。

【研究内容】

1. 住宅が関係する災害・事故の態様の把握と対策についての調査

住宅が関係する災害・事故の態様毎に、危害要因(Hazard)^{*1}の連鎖をETA^{*2}又はFTA^{*3}により解析し、危害要因の連鎖を阻止して災害・事故に結びつかないようにするために、住民が自ら実施できて効果がある対策を、安全対策の推進事項として抽出した。(表1)

*1 危害要因(Hazard)：災害や事故の原因を作るもの。JISQ0073では「潜在的な危害の源」。大きく分けて、自然環境由来、社会環境・人間由来のものがある。例えば、「大地震」や「激しい揺れ」「大津波」は、最初に起こる自然環境由来の危害要因であり、さらに、「建物の倒壊」「火災の発生」「逃げ遅れ」等の社会環境・人間由来の危害要因がその後に関わり連鎖することにより、被害が出て「震災」となる。

*2 ETA(Event Tree Analysis)：危害要因の連鎖を順番に追って行き、想定される被害を解析する手法。自然災害の場合に用いやすい。また、具体的な災害、事故の進展・拡大を阻止する対策の検討に用いられる。

*3 FTA(Fault Tree Analysis)：災害、事故から、原因のとなる危害要因の元をたどって解析する手法。災害や事故の防止が人為的に可能な日常災害に用いやすい。

時期	目的	大地震時の住宅関連災害	日常災害・疾病（転倒・転落・墜落・溺水・ヒートショック）
事前	災害事故防止又は被害軽減	住宅の立地場所の選定 地盤改良、新築・建替え 耐震診断・耐震改修 造り付け収納庫の整備 家具の転倒防止 寝室に家具を置かない 落下物対策 感震ブレーカーの設置 窓ガラス飛散防止 防犯対策 緊急避難場所・経路確認	体力の維持、体調の管理 段差の解消 手すり等の掴める物を設置 障害物の片付け 滑りにくい床、階段に滑り止め 照明の改良 バルコニーの物を片付け 断熱改修による室内温度差縮小 熱い湯や長風呂を避ける。 浴室、脱衣室の暖房 かかり湯をして体を温める。
	被害軽減	食料・水・生活用品備蓄 災害時持出品の準備 火災保険・地震保険加入 災害時要援護者の登録	床材を柔らかくする。 障害物を少なくする。 入浴前の声かけ 緊急通報装置を取り付ける。
発生時	被害軽減	経路の確保。身を守る。 被災者を救出する。 初期消火活動。 ブレーカーOFF。戸締り 緊急避難場所に逃げる。	119番通報 応急処置（心肺蘇生、回復体位、他）

表1 住民の自助による安全対策の推進事項の例
(赤字は住宅の新築・改修に関わる内容)

2. 阻害要因解消のための課題や方策についての調査

既存住宅の「改修」に焦点を当て、住民が自助で安全対策を実施する際の阻害要因を解消し、自主的に進めやすくするための検討課題を提起するとともに、既存住宅改修の実務担当者へのヒアリング調査(表2)及び改修工事を経験した住民へのWEBによるアンケート調査(表3)を通じて、検討課題への有効な具体的方策を抽出した(表4)。

調査	ヒアリング対象
A	建築関係者（一級建築士、インテリアコーディネーター、大手ハウスメーカー設計担当、大学教授[専門：建築環境工学]）
B	地場密着で、「いい家」を追求している工務店
C	高密度高断熱住宅を得意とする一級建築士事務所
D	リフォーム関連の業界団体、福祉住宅改修工事を得意とするリフォーム会社、断熱改修など住宅の性能向上改修に積極的に取り組むリフォーム会社
E	水回りを中心に手掛けるリフォーム会社

表2 既存住宅改修の実務担当者へのヒアリング調査

スクリーニング調査		本調査
調査の位置づけ	条件に合う対象者を抽出し、本調査対象者を抽出するために実施	スクリーニング調査で抽出した対象者に対して実施
対象者	年代 50 歳以上、北海道（住宅の省エネルギー基準 1 地域）と沖縄（同 8 地域）を除く国内に居住	自宅は、階段があり、浴室等に窓がある戸建住宅で持ち家。築年数 10 年以上。過去 5 年以内にリフォームの経験あり。
	年代：5 歳階級で均等割付（50-54 歳、55-59 歳、60-64 歳、65-69 歳、70 歳-74 歳、75 歳以上）	
対象者数	10,000 人（配信数）	500 人
スクリーニング調査・本調査での調査項目		
1. 対象者属性	個人属性	性別、年齢、居住地域（モニター属性）、ひとり暮らしかどうか
	家族属性	要介護、持病あり、階段昇降困難、住宅内事故等経験
2. リフォームの内容、自宅建物属性	リフォーム内容	リフォーム内容別経験～意向、内容別リフォーム時期、内容別リフォーム日数、内容別リフォーム主体、リフォーム工事現場の確認経験
	建物属性	木造か否か、大規模リフォーム経験の有無、住宅築年数・居住年数、浴室等仕様（ユニットバス、浴室暖房、脱衣所暖房）など
3. 住宅の安全策に関する知識		認知度、認知時期、知識をリフォームの参考にしたか、知識入手経路
4. リフォーム動機		最初のきっかけ・動機
5. リフォーム評価、住環境評価		重視度と満足度、リフォーム前後の環境性能評価、自宅環境評価（「住みよい」など）、永住意向、「終の棲家」意向、住宅投資意向
6. リフォーム感想		リフォーム困り事、反省点（自由記述）、よかったと思う点（自由記述）

表 3 住宅改修を経験した住民への WEB 調査の概要

	阻害要因	検討課題	具体的方策（調査で検証）	
事前段階	安全性向上のための改修の有用性や必要性が認知されない。	耐震性や温熱環境の向上、住宅内事故対策の周知	情報提供	◆ヒートショックなどの知識を、テレビや雑誌などのマスメディア、web サイト等、さまざまなメディアで広く発信し、多くの人知ってもらう必要。
	安全性向上のための改修の機会がない。	改修しやすい機会を捉える。	住民が改修に踏み切る機会づくり	◆きれいにするためのリフォームの機会を捉える。 ◆高齢者には、孫や子どもからの要望の形で改善を勧める。（ただし、住民意識調査では、家族や親族等からのすすめがリフォームのきっかけとなった人は少なかった。）
改修準備段階	きれいにすることや老朽設備を交換すること以外に、何を手掛けて良いかわからない。改修のための知識・情報が少ない。	中立的な第三者（建築士、医師、ケアマネジャー等）による助言。インターネット等での実例情報提供。	専門家の助言	◆工務店等の専門家を交えて検討できるような仕組みを構築。 ◆医師など建築以外の専門家からも、エビデンスに基づき、「健康維持のために、住環境の改善が必要。」と助言をしてもらえる仕組みを構築。
	改修効果が目に見えず、取りかかりにくい。（特に耐震性能や温熱環境）	視覚的に見せる技術（サーモカメラ等）の有効活用。改修済住宅の見学（現場での体感）	見える化	◆体感できるモデル住宅や、温度や気流の吹き出しを一目瞭然と理解できるサーモカメラの導入は有効。既に使用しているリフォーム事業者もいる。
			情報提供	◆リフォームの適正価格はどの程度かを判断するための参考情報として、信頼できる統計資料をさまざまなメディアで広く発信する。 ◆高気密高断熱は、室内空間の快適さに加え、トータルコスト（イニシャル＋ランニング）のお得感を P R。
	改修実施段階	金銭負担が重い（特に年金生活者）	補助、融資、税制優遇措置の充実。優先実施箇所や実施手順の工夫。	情報提供
税制優遇拡大				◆リフォーム関連税制優遇の対象を、親の家をリフォームしてあげた場合の子どもにまで拡大。バリアフリーリフォームの税制優遇の対象を 5 歳未満の者にも拡大。
改修実施段階	施工の出来不出来が不明。トラブルへの対応が不安。	施工者情報の充実 施工実例の紹介 インспекション 瑕疵保険の活用	工事の工夫	◆耐震改修と断熱改修は、壁を破るため、一緒に実施するのが経済的。
			事業者の知識・技術の向上	◆リフォーム事業者が、効果的なリフォーム実施のための知識、技術を高める機会を作る。事業者が良質な施工実績を web サイトで自ら P R するようにする等、豊富な知識・高い技術がないと営業しにくい状況をつくる。
			情報提供	◆信頼できる事業者を選べる仕組みを整備（事業者登録制度、マッチング）

表 4 既存住宅の改修に際しての、安全対策推進の阻害要因・検討課題と、検討課題に対応できる具体的方策

〔研究成果と課題〕

以下の表 4 に、具体的方策をとりまとめた。

住民の改修の動機が、きれいにしたい、老朽化した設備を直したいというものが多く、改修の諸々の効果については、改修実施後になってわかったという回答が多かった。

現時点では、まずは、きれいにしたい、老朽化した設備を直したいという当初の住民の改修動機をうまく捉えて、専門家が安全対策の実施について住民に勧めていくことが、住まいの安全策推進の有効な方策となっている。

一方、見た目で判断しにくい安全性能については、赤外線をとらえて温熱環境を画像で示すサーモグラフィカメラが使われ、木造住宅の耐震性能を画像で示すソフトが出ている状況にある。

温熱環境や耐震性能に関するこれらの見える化ツールの活用がさらに普及することで、住民が現状の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予測できた。

今後も、見えない住宅性能項目の視覚化や数値化についての、さらなる研究開発が望まれる。

なお、工事費用の見積もりに苦労したり、予算オーバーを経験したりした住民も少なくないこと、温熱環境については改修の効果が十分に現れないケースもあり、住宅改修事業者がさらに技術的研鑽を積む必要があること、改修工事への税制優遇措置は、住宅の所有者が高齢化して（収入の少ない年金生活者になって）からでは費用負担軽減への寄与が少ないこと、等の実態も判明した。

木造住宅の劣化危険性判定のための水分環境調査手法に関する研究

Research on deterioration survey technique by moisture condition for results of the wooden house

(研究期間 平成 29～30 年度)

住宅研究部 住宅ストック高度化研究室

室 長 中西 浩
主任研究官 西田 和生

[研究目的及び経緯]

木造住宅は、不適切な設計・施工により、雨水の浸入や結露により水分環境が悪化し、構造躯体、下地材、接合金物などが劣化して住宅全体の性能が損なわれている。推奨工法の提案などにより適正な工法の選択や施工の普及を進めているが、既存の住宅や対応できていない住宅では、時間が経過して劣化が発見されたときには劣化が進行しており構造材の交換や大規模修繕、建て替え等損失が大きくなっている。木造住宅の劣化危険性判定のため住宅外皮部分の水分環境調査手法について特性を調査し検証することにより、調査手法の運用・活用方法について研究するものである。

本年度は、木造住宅の劣化実態調査の事例や調査手法に関する技術資料や研究事例を収集・分析した。

建築物のエネルギー・室内環境評価の適正化に向けた執務者等の行動に関する調査

Survey on the user behavior of equipment and appliances for improving evaluation of energy use and indoor environment in the office building

(研究期間 平成 29～30 年度)

住宅研究部 建築環境研究室

主任研究官 羽原 宏美

[研究目的及び経緯]

内部発熱は、通常の空調設備設計では床面積当たりの原単位として与えられるが、室用途に応じて一意に設定されるため、OA 機器の省エネを勘案した設計には適さない。従って、ZEB 達成を目指す空調設備設計には、柔軟かつ合理的な OA 機器の発熱量設定法が新たに必要となる。そこで、本研究では、業態による執務者等の使用行動の相違を勘案した OA 機器の発熱量設定法の検討に向け、オフィスを対象とした OA 機器の保有状況・使われ方に関する実態調査を実施して基礎資料を整備する。

H29 年度は、資料調査を実施し、OA 機器の保有状況に加えて、内部発熱（機器発熱を含む）の多寡による空調エネルギー評価への影響について情報を収集・整理した。また、OA 機器の保有状況に関するアンケート調査を実施し、事務室を使用する職種の構成別に機器数量を整理した。

未利用熱エネルギーを活用した建築設備システムの 評価法に関する検討

Development of evaluation method of building equipment system using renewable energy
(研究期間 平成 28~29 年度)

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

主任研究官 宮田 征門
Senior Researcher Masato MIYATA

Air conditioning systems using renewable energy (for example geothermal heat) have been spreading in order to achieve further energy saving of buildings. This research develops an evaluation method of energy consumption performance based on simulation analysis and actual survey for advanced geothermal heat exchange system which can not be evaluated by present building energy standards.

【研究目的及び経緯】

建築物の更なる省エネルギー化を目指して、未利用熱エネルギー（地中熱、井水、河川水等）を活用した高度な空調・給湯システムが普及しつつある。国土交通省の総合技術開発プロジェクト「電力依存度低減に資する建築物の評価・設計技術の開発（H25-27）」（以下、「電力総プロ」）では、最も普及しているボアホール（ボーリング孔）型の地中熱利用システムを対象として、詳細な性能解析プログラムを開発して様々な仕様について解析を行い、その結果を集積して、設計時にエネルギー消費性能を評価する簡易手法を開発した。この成果は、非住宅建築物の省エネルギー基準の評価手法に組み込まれ、平成 28 年 4 月、省エネルギー基準への適合性を判定するためのプログラム（エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版））に反映された¹⁾²⁾。

一方、近年、更に高効率かつ経済性の高いシステム（杭利用型、水平埋設型、井水や河川水等の直接利用型等）が登場しつつあるが、これらは現状の基準では評価できないという課題が残っている。そこで、本研究では、これらのシステムを対象として、シミュレーション及び実測調査を実施して性能を分析し、前述のボアホール（ボーリング孔）型と同様に、省エネルギー基準用のエネルギー消費性能評価法を開発する。

【研究内容】

1. 地中熱交換器の分類と定義

地中熱交換器の種類毎に地盤との熱交換性能は異なるため、種類毎に評価法を作成する必要があるが、そのためには、熱交換器の種類に関する明確な定義が必要になる。特に、本研究の成果は省エネルギー基準の

評価方法として活用するため、熱交換器に関する高度な知識までは持たない審査者（登録省エネ判定機関）が図面をみて迷いなく区別できるように、明確なルールを作る必要がある。本研究では、建築設備設計者、施工者、学識者にヒアリングを行い、代表的な方式を見出し、これらについてその定義を作成する。

2. 地盤との熱交換量を推定する式の開発

現状の基準では評価できない「大口径固体充填」「間接型水充填」「直接循環型水充填」の 3 種類を対象として評価式の開発を行う。

【研究成果】

1. 地中熱交換器の分類と定義

ヒアリング調査等の結果に基づき、地中熱交換器の分類と定義を作成した。結果を図-1 に示す。充填材の種類、単一熱交換器中のパス数（1 つの地中熱交換器の中に熱媒を通す経路の数）、ボアホールの孔径（杭利用の場合は杭径）によって分類をすれば、現在、我が国で採用されている代表的な地中熱交換器はほぼ網羅して分類できることが判った。

2. 地盤との熱交換量を推定する式の開発

電力総プロの研究において、ボアホール型の地中熱交換器の性能は、相当熱交換器長（地盤の有効熱伝導率 $\lambda=2.0\text{W}/(\text{mK})$ 、ダブル U チューブにおける熱的に同等の熱交換器長）を算出することで推定できることが判っている。本研究でもこの成果を利用して、「大口径固体充填」「間接型水充填」「直接循環型水充填」の 3 種類について相当熱交換器長を算出する式を開発する。まず、性能解析プログラムを利用して理論計算を行い、

本計算方法における地中熱交換器の分類	シングルUチューブ	ダブルUチューブ	大口径固体充填				間接型水充填		直接循環型水充填	
充填材	珪砂、豆砂利、コンクリート等(固体)						水等(液体)			
単一熱交換器中のバース数*	1バース	2バース以上	1バース以上				熱交換器中の充填水と直接交換			
ポアホール孔径 杭径	200mm以下		200mm超				-			
地中熱交換器の例										
名称	シングルUチューブ	ダブルUチューブ	スパイラルチューブ	U字状チューブ	既成コンクリート杭 (固体充填)	鋼管杭 (固体充填)	場所打ち杭	既成コンクリート杭 (水充填)	鋼管杭 (水充填)	二重管 (同軸)
方式	ポアホール	ポアホール	ポアホール	ポアホール	杭	杭	杭	杭	杭	ポアホール
水平断面図 (例)										
垂直断面図 (例)										
材質 孔径・杭径 (例)	高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径100~200mm	高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径110~200mm	高密度ポリエチレン 孔径約500mm以上	架橋ポリエチレン管 孔径約300mm以上	杭:コンクリート 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約500mm以上	杭:スチール 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約200mm以上	杭:鉄筋コンクリート 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径:約500mm以上	杭:コンクリート 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約500mm以上	杭:スチール 内管:高密度ポリエチレン(Uチューブ) 孔径約200mm以上	外管:スチール 内管:ポリエチレン、塩ビなど 孔径約200mm以下
充填	珪砂、豆砂利、 コンクリート	珪砂、豆砂利、 コンクリート	珪砂、豆砂利	珪砂、豆砂利、 コンクリート	珪砂	珪砂	コンクリート	水	水	水
熱媒	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水・不凍液	水

図-1 省エネ基準の評価法における地中熱交換器の分類と適用条件

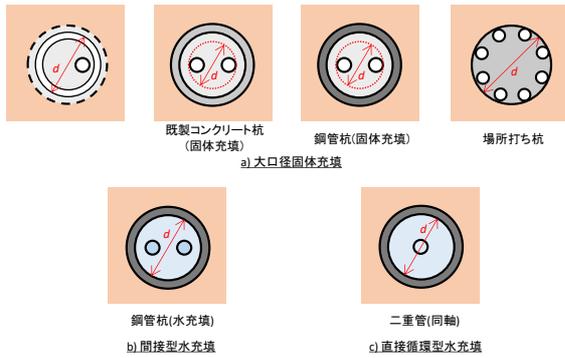


図-2 地中熱交換器断面の直径の定義

実際の地中熱交換器長 L と相当熱交換器長 L' の比(相当熱交換器長換算係数) l を算出する。換算係数 l は熱交換器の種類、直径に係る寸法 d 、地盤の有効熱伝導率 λ の関数として次式のようにになった。

a) 大口径固体充填：

$$\begin{cases} l = (-0.5953d + 1.2344)\lambda^{0.0475d - 0.2383} & (d < 0.6\text{m}) \\ l = (-0.2606d + 1.0246)\lambda^{0.0613d - 0.2943} & (d \geq 0.6\text{m}) \end{cases}$$

b) 間接型水充填：

$$l = (-0.881d + 1.6275)\lambda^{0.055d - 0.6618}$$

c) 直接循環型水充填：

$$l = (-1.0518d + 1.9231)\lambda^{0.2325d - 0.6564}$$

ここで、 λ は地盤の有効熱伝導率、 d は地中熱交換器断面の直径に係る寸法であり、図-2に定義する。

この換算係数の妥当性を検証するために、4つの実システムを対象として検証実験を行った。結果の一例を

図-3に示す。開発した評価方法は概ね精度良く実態の性能を捉えていることが判る。

【成果の活用】

本研究の成果は、非住宅建築物の省エネルギー基準の評価手法に組み込まれ、平成 29 年 10 月に「エネルギー消費性能計算プログラム (非住宅版) Ver. 2.4」に反映された。また、平成 30 年 4 月には、簡易評価法である「モデル建物法入力支援ツール Ver. 2.5」にも組み込まれ、省エネルギー基準の適合性判定のために使用されている。

【参考】

- 1) 国総研資料 No.973：平成 28 年省エネルギー基準 (平成 28 年 1 月公布) 関係技術資料 エネルギー消費性能計算プログラム (非住宅版) 解説
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn973.htm>
- 2) 建築研究所 (協力：国総研)：建築物のエネルギー消費性能に関する技術情報
<https://www.kenken.go.jp/becc/index.html>

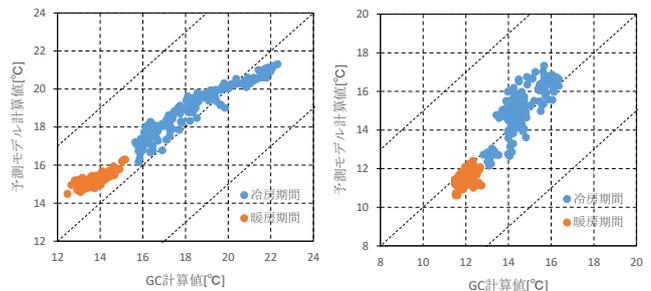


図-3 実システムにおける検証実験の結果 (左：大口径固体充填、右：間接型水充填)

建築設備の自動制御技術によるエネルギー削減効果の評価法の開発

Development of evaluation method of energy saving amount by building automation control systems

(研究期間 平成 28～30 年度)

住宅研究部 建築環境研究室

主任研究官 宮田 征門
室 長 三木 保弘
主任研究官 赤嶺 嘉彦

[研究目的及び経緯]

建築設備の自動制御技術の進展は近年目覚ましい。しかし、設計法や規格類が整備されていないため、現状の建築物省エネ法に基づく省エネルギー基準（非住宅建築物）では制御方式を一律で評価しており、各制御方式の特徴の差異を評価できない。本研究では、今後の建築物の省エネルギー化に対して重要な役割を果たすことが期待される建築設備の自動制御技術について、制御方式ごとに省エネルギー効果の評価が可能となる新たな評価方法を整備することを目的とする。平成 29 年度は、照明設備の明るさ検知制御（天井等に設置されたセンサーにより室内の明るさを検知し、その値に応じて照明器具の出力を制御）について、シミュレーション（Radiance）による解析を実施し、制御方式毎にエネルギー削減率を定めた。また、この制御が有効に機能するための照明器具の要件、併用される自動制御ブラインドの機能要件等を併せて整理し、審査機関により適切に評価が可能となるように資料を整備した。本研究の成果は、建築物省エネ法のエネルギー消費性能評価法に反映し、高度な自動制御技術の導入を促進し、更なる省エネルギー化の実現を目指す。

建築物のエネルギー消費性能の向上を目指したファザード設計法に関する研究

Research on facade design method aiming at improvement of energy consumption performance of building

(研究期間 平成 29～31 年度)

住宅研究部 建築環境研究室

室 長 三木 保弘
主任研究官 赤嶺 嘉彦
主任研究官 宮田 征門

[研究目的及び経緯]

建築物の CO₂ 排出量を 2030 年までに 2013 年比で 40%削減するためには（「日本の約束草案」H27.7）、更なる省エネが不可欠である。一方で、建築設備の効率向上には限界があるため、建築設計プロセスの上流側であるファサードデザイン（外壁、窓、屋根などの外皮計画）を見直し、機器にかかる負荷そのものを削減することが重要である。そこで、本研究では、ファサードのエネルギー消費性能の評価法の開発を行うとともに、その評価法を試行し、更なる省エネの実現に向けたファサード設計法を作成することを目的とする。

本年度は、国内外の規格や既往研究を調査し、ファサード性能を示す指標とその定量的評価方法及び、室内環境指標（温熱・光）と水準を整理し、次年度に実施するファサード評価法開発に必要な情報を整備した。また、断熱性能による温熱環境の差異について熱流体シミュレーションを実施し、本研究の成果とする設計法に反映するための知見を得た。

窓の多義性を考慮した居室の開口率のあり方に関する基礎的研究

Fundamental study on the size of window in habitable room considering polysemy roles of window

(研究期間 平成 28~29 年度)

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

室長
Head

三木 保弘
Yasuhiro MIKI

The purpose of this research is to examine the size of window for good habitable environment considering the polysemy roles of windows. Firstly, the relation of various windows' roles, functions, and performance (effect) was arranged based on the historical window meanings and social demands for the current window. Based on the results of the arrangement, we examined the definition of the aperture ratio and the method of adding the effect of the light guiding device to a minimum aperture ratio.

[研究目的及び経緯]

窓の大きさは、最低限の明るさ確保を目的に開口率（窓面積／床面積）で規定され、照明で代替できるため、眺望の心理的効果、自然光の生理的効果等の窓の多様な役割が忘れられ易い。その結果、省エネのため窓は無くても良いと判断される場合が生じる等、良好な居住環境確保に問題がある。

そこで、窓の多義性を考慮し、多様な役割・機能・性能（効果）の関係を現在の窓に対する社会的要求を踏まえ整理し、新たな定義の開口率（窓面積／壁面積）等による評価も含め良好な居住環境に向けた窓の大きさの在り方を検討する。

[研究内容]

1. 歴史的な窓の成り立ちと現在の窓に対する社会的要求を考慮した窓の役割・機能・性能（効果）の整理

現在求められる窓の多義的な役割・機能の抽象的な観点での整理を行う。国内外の窓の意義、役割、機能に関連する最近までの文献から、歴史的、物理的・心理的・生理的視点で収集し、主たる内容を抽出し、窓の使われる時間的な軸も考慮して整理するとともに、現在社会的に求められる窓への要求を踏まえ、目的に応じた体系的な図として整理し、多義性という観点での窓の大きさの最低限の目安を検討する。

2. 採光シミュレーションによる開口率の在り方検討

現行採光規定の算定根拠となった設定を基に、住宅居室の窓を想定した採光シミュレーションを精度の高いソフトウェアで行い、室内の照度分布に加えて窓面の輝度、室の壁面あたりの開口率等を算出し、現在の採光規定の代替指標を検討する。また、窓の多義性の観点からの最低限の窓の大きさがあるとした場合に、導光装置による光量確保の可能性について検討する。

[研究成果]

1. 歴史的な窓の成り立ちと現在の窓への社会的要求を考慮した窓の役割・機能・性能（効果）の整理

採光・換気等の物理的側面だけでなく、眺望の心理的効果、採光の生理的効果、歴史的意味などを含む近年迄の窓の文献を収集した。文献調査の内容を、窓概念成立に至った起源、窓の物理的役割と機能・性能、窓の心理的・生理的役割と効果として整理した(図-1)。更に、現在社会的に求められる持続可能性や災害時のレジリエンス等の考え方を含めた体系的な図として整理した(図-2)。これより、建築設計における目的に応じて窓を位置付けるための図が作成できたといえる。またこの図で、必要な開口率との関係を検討した結果、建築基準法の採光規定の最低値である開口率（窓面積／室床面積）1/10 の場合、標準的な住宅居室で窓面積

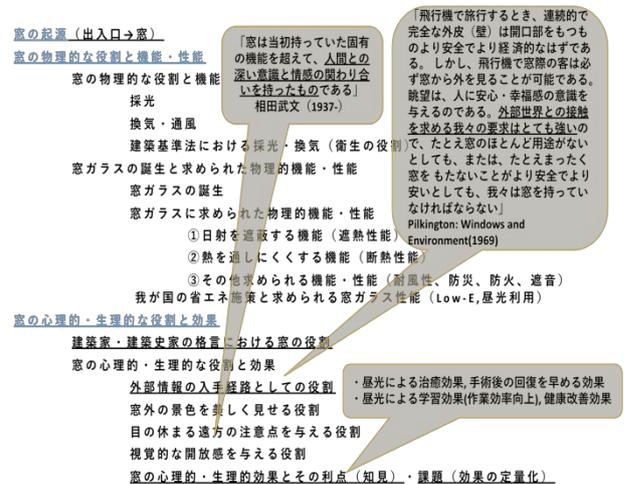


図-1 文献調査による窓の役割・機能・性能の整理

は1㎡前後となり、この大きさがあれば、避難が可能で眺望も確保できるなど、最低限の窓の役割・機能を多義的に有する大きさとなることがわかった。

[成果の活用]

今後の採光規定見直しの窓の大きさ検討に反映する。

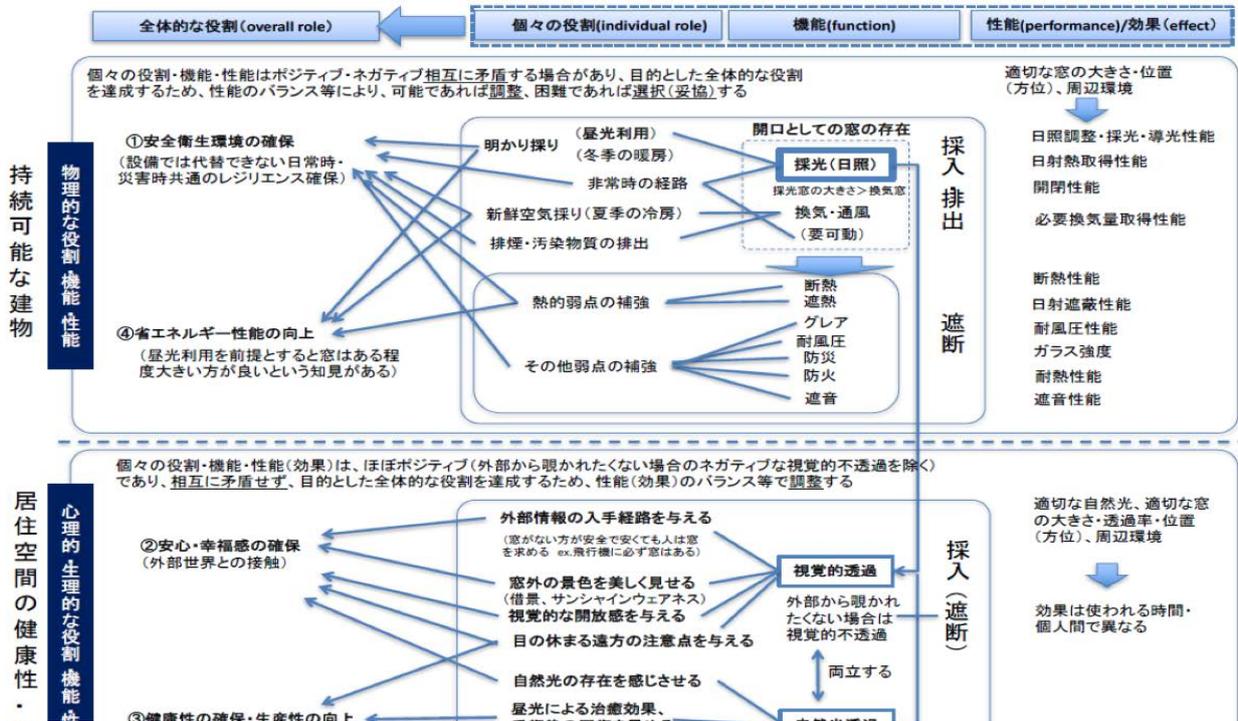


図-2 窓の役割・機能・性能（効果）の体系的整理

2. 採光シミュレーションによる開口率の在り方検討

現行採光規定の算定根拠の設定（図-3 等）を基に、住宅居室の窓を想定した採光シミュレーション（Integra 社 Inspirer による）で行い、床面照度に加え、窓面輝度、壁面あたりの開口率等を算出し、床面あたりの開口率の代替指標を検討した。最低限の採光レベルは曇天時が該当するが、この場合、窓面の輝度では採光量の判断が難しいことがわかった。しかし、壁面あたりの開口率は、窓からの採光可能な奥行きを考慮することで、床面積を考えない窓近傍の採光量確保の判断がしやすく、今後の指標の可能性があると示された。また、採光規定で定められる居室の1/7の開口率の場合で、図-3の採光上有効とならない6Fより下階の導光装置（図-4:ライトダクト）による採光量確保の可能性を検討した。その結果、直射光が得られる晴天時は1Fでも6F程度の室内の明るさが確保できる（図-5）が、曇天時は難しいことがわかった。最低限の窓の大きさがあるとした場合の導光装置による光量確保の可能性として、年間を通じての窓近傍の採光量検討も行うことで、窓の多義性を考慮した窓の大きさに関する指標をより明確に示すことが可能と考えられる。

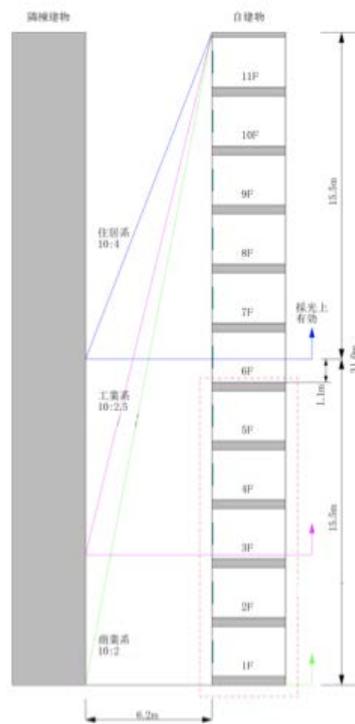


図-3 採光シミュレーションの設定（1F-6Fの比較）

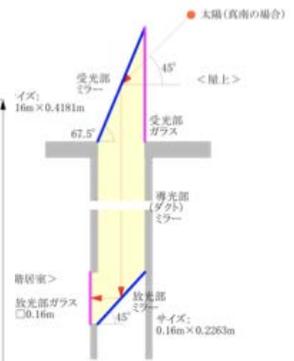


図-4 室内の導光装置（ライトダクト）

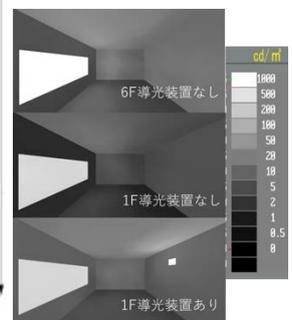


図-5 下階における室内の輝分布

ゼロエネルギー住宅の実現及び普及に関する基礎研究

Basic research on realizability and popularization of Zero Energy House

(研究期間 平成 28～29 年度)

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

主任研究官 赤嶺 嘉彦
Senior Researcher Yoshihiko AKAMINE

Various measures are being implemented to promote Zero Energy houses. In this research, the implementation status of these measures and tasks of evaluation method of energy saving technology are organized. And the evaluation method for the air collecting type solar system which has not been evaluated even though the recruitment record is not small was examined. The evaluation method for energy saving of hot-water supply system by this solar system is reflected in the web program conforming to the energy conservation standards, and operation has started in April 2018.

〔研究目的及び経緯〕

住宅の着実な省エネルギー化が求められており、エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月閣議決定）においては、「2020 年までに標準的な新築住宅で Z E H（Zero Energy House）の実現」、「2030 年までに新築住宅の平均で Z E H の実現」を目標として掲げている。

これに向けて、国土交通省は、中小工務店を対象とした「住宅のゼロエネルギー化推進事業（平成 24 年度～26 年度）」や「地域型住宅グリーン化事業（平成 27 年度～）」を通して、Z E H 実現のサポートを行っているところである。

本研究では、Z E H の定義及び、上記の補助事業に申請された Z E H で採用されている要素技術を確認するとともに、採用数は少なくないものの、省エネルギー効果を適切に評価できていない技術である「空気集熱式ソーラーシステム」について、その評価法の開発を行った。

なお、日本では、Z E H を「Nearly Z E H」と「Z E H」に分類し、それぞれ次のように定義している。

断熱性能は、両 Z E H 共通で、表-1 に示すように、省エネルギー基準よりも高い性能を持つことを必須としている。

表-1 Z E H 及び省エネルギー基準の断熱性能

地域区分	1 地域	2 地域	3 地域	4 地域	5 地域	6 地域	7 地域
Z E H	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
省エネ基準	0.46	0.46	0.56	0.75	0.87	0.87	0.87

注) 8 地域は断熱性能は求めない。

エネルギー消費性能は、両 Z E H とも、再生可能エネルギー（太陽光発電等）を除いて、省エネルギー基準で定める基準エネルギー消費量から 20%以上削減することが必須であり、その上で、再生可能エネルギーを導入することで、「Nearly Z E H」は、基準エネルギー消費量から 75%以上 100%未満の一次エネルギー消費量の削減、「Z E H」は、基準エネルギー消費量から 100%以上の一次エネルギー消費量の削減することとしている。

〔研究内容〕

1. 空気集熱式ソーラーシステムの概要

冬期の日中に、主に屋根面に設置された「集熱部」で太陽熱により外気を加熱し、床下の土間基礎を活用した「蓄熱部」を経由して室内に暖気を送ることにより、暖房負荷の削減を行う。「蓄熱部」を経由させることで、日照のない夜間においても暖房負荷を抑制することを期待している。

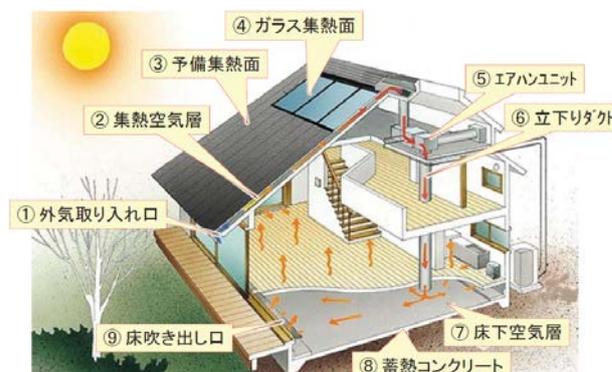


図-1 空気集熱式ソーラーシステムの概要
(冬期の日中)

非暖房期は、屋根で加熱された空気を、屋内を経由させずに排気する。その際、排気経路に設置された空気・水熱交換器を介して、貯湯タンクに湯を貯めることにより、給湯負荷を削減することができる。なお、暖房期であっても、室内が十分に暖かい場合は、貯湯タンクへの蓄熱を平行して行うこと場合もある。

このように、空気集熱式ソーラーシステムは、暖房負荷・給湯負荷を削減し得るものであるが、システムが複雑なこともあり、これまで、省エネルギー基準では、評価の対象外となっていた。一方で、上記のZEHの補助事業では、申請する建物は、省エネルギー基準の評価に基づき評価することが必須となっていたため、同システムは暫定的に集熱部の面積に応じた暖房負荷・給湯負荷の削減量の表に従ってみなし評価が行われてきた。

2. 空気集熱式ソーラーシステムの評価法の検討

省エネルギー基準に反映することを目的とし、同システムの評価法の検討を行った。検討にあたっては、「集熱部」、「蓄熱部」、「給湯用熱交換部」のコンポーネントに分割して検討を行った。同システムにおいて、最も重要となる「集熱部」について、集熱器の集熱効率の測定法は、「JIS A 4112 太陽熱集熱器」に規定されている。一方で、この規格においては、ある一定の集熱性能を有していることが必須となっており、同システムで一般的に採用されている太陽光発電機能付き集熱器や、金属葺き屋根を活用した補助的な集熱部分については、対象外とされていた。そこで、一般社団法人ソーラーシステム振興協会と協力し、JIS規格では対象外とされている集熱器を対象とした試験方法を定め、同協会の試験規格として、新たに「SS-TS010 空気集熱器の集熱効率試験方法」(図-2)を作成し、平成29年7月に公開され、運用が開始されている。

以上のように集熱器の性能を明確に定義した上で、それらから集熱量を推定し、暖房負荷・給湯負荷の削減量の評価方法を構築した。なお、同システムの空気搬送ファンや給湯採熱用のポンプの消費電力も想定し、同システムそのものの稼働に要するエネルギー消費量も評価に含めている。

【成果の活用】

本研究によって、開発した空気集熱式ソーラーシステムの評価法については、随時、省エネルギー基準に準拠した評価法(Webプログラム)に反映する。給湯負荷の削減については、既にWebプログラムに反映し、平成30年4月から運用が開始されているところである(図-3、図-4)。

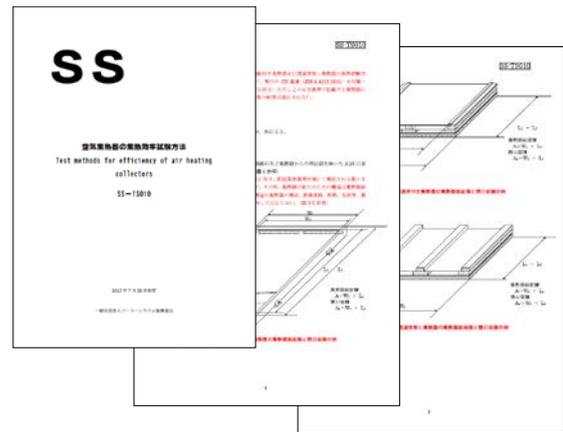


図-2 SS-TS010 空気集熱器の集熱効率試験方法



図-3 省エネルギー基準に準拠した空気集熱式ソーラーシステムの給湯負荷削減の評価法¹⁾



図-4 エネルギー消費性能計算プログラム(住宅版)²⁾

1) <https://www.kenken.go.jp/becc/house.html> (平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(住宅))

2) <https://house.app.lowenergy.jp/>

共同住宅等における災害時の高齢者・障がい者に向けた 避難支援技術の評価基準の開発

Development of the Evaluation Standard of the Refuge Support Technology for Elderly and Disability Person at the time of the Disaster in Apartment.

(研究期間 平成 27～29 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
Ken NUNOTA
根本 かおり
Kaori NEMOTO

建築研究部 防火基準研究室
Building Department Fire Standards Division
材料・部材基準研究室
Material and Component Standards Division

主任研究官
Senior Researcher
主任研究官
Senior Researcher

鈴木 淳一
Junichi SUZUKI
中川 貴文
Takafumi NAKAGAWA

In this study, we took it up about the support technology for the refuge at the time of the disaster. About this study contents is as follows. ①From the hearing to facilities manager, we performed the systematic rearranging of the refuge plan and the refuge support technology. ②Toward the development of the evaluation standard, we studied the human technology experiment for the operability and the safety. ③From the survey and the experiment, we made [The Guidelines plan for new Refuge Support Equipment which considered Elderly and Disability person].

[研究目的及び経緯]

現在、住宅や住環境における平常時のバリアフリー対応技術についてはだいたい整備されてきたが、震災や火災といった災害時の避難弱者に向けた支援技術、いわゆる非常時のバリアフリー対応技術については未だ課題は多い。従来の避難方法は、主に一般の健常者を想定したものであり、高齢者や障がい者を対象としたものとなっていない。国土技術政策総合研究所では、平成 27 年度より 3 年間のプロジェクトとして、災害時の避難困難者(高齢者、障がい者、子ども等)の安全かつ円滑な避難支援を目的に「共同住宅等における災害時の高齢者・障がい者に向けた避難支援技術の評価基準の開発」を行ってきた。

[研究内容]

1. 避難計画及び避難支援技術の体系的整理

避難困難者の避難に関する既往研究のレビュー、既往の避難支援技術の調査、施設管理者等に対するヒアリング調査、避難困難者に対するアンケート調査により実態の把握を行った。

2. 新たな避難支援装置の評価基準の整備に向けた人間工学的実験

避難支援装置の具備すべき機能や性能の評価を検討

するため、既存の避難器具と「新たな避難支援装置(以下、避難支援装置)」を対象とした、動作実験、心理評価実験を行った。

3. ガイドライン原案の作成及び避難訓練の実態調査

火災時の下方避難を支援する「避難支援装置」の普及に向け、「高齢者・障がい者等に配慮した新たな避難支援装置に関するガイドライン原案」を作成した。また、避難支援装置(立位単独型)を設置した施設における避難訓練等の実態調査を行った。

[研究成果]

1. 避難計画及び避難支援技術の体系的整理

避難困難者に対するアンケート調査(表 1, 図 1)を行ったところ、共同住宅等のバルコニー等からの避難において、高齢者は救助袋、緩降機、滑り棒、避難ロープを使うことに不安を感じている割合が高い。また、設計者施設管理者等へのヒアリング及び実態調査において、下肢不自由者や乳幼児も対象とすべきであること、また現場における垂直避難を支援する「避難支援装置」の必要性について、具体的状況を把握した。

2. 新たな避難支援装置の評価基準の整備に向けた人間工学的実験

(1) 避難支援装置(立位単独型)を対象に、操作に

要した時間や操作に必要となる動作ごとの危険や困難などについて各機器の評価を行った(図2)。その結果、「避難支援装置」は安全性、操作性の両面からの評価が高いこと、一方で新たな機器であるため、使い方の周知が必要であること等の事項が明らかとなった。

(2) 避難支援装置(立位単独型)の実験結果を踏まえて、保育園や施設での使用を想定した、避難支援装置(介助対応型)に特有となる、その構造に対する具備すべき機能及びそれらの安全性・操作性について、実験的検証を行った(図3)。

3. ガイドライン原案の作成及び避難訓練の実態調査

(1) 避難支援装置を開発する「開発者」、装置を設置する「設置者・建築設計者、施工者」、設置された装置を活用する「施設管理者・利用者」に向け、図4に示すガイドライン原案の作成を行った。ただし、本研究が対象としている「避難支援装置」については、開発の萌芽期であり市販されている製品も少ないため、今後、様々な機器が開発、社会に実装された段階で、本ガイドラインの更新やJIS化の検討を行う事が必要と考えられ、その原案として位置付くものである。

(2) 本研究で対象とした避難支援装置(立位単独型)と同様の装置が、実際の建物にも設置され始めており、障がい者施設における避難訓練等の実態調査を行った(図5)。その主な傾向として、本装置では、職員と利用者(障がい者)の避難時間にあまり差が無い。一方、救助袋の場合、利用者の避難時間は職員の約3倍を要し、その個人差も大きかった。

上述の通り、避難支援装置は避難時間も短く、安全性・操作性も高いため職員の評価が高い。また、通常使われる階段と避難支援装置の両方が使える状況なら、軽度の下肢障害者には装置を使わせたいという意見もあった。

表1 アンケート調査項目

対象	票数
①高齢者 共同住宅に居住する高齢者(65歳以上)	(目標) 200票 (分析対象) 273票 65~74歳 117票 75歳以上 156票 合計273票
②子ども連れ 共同住宅に居住する乳幼児のいる保護者	(目標) 100票 (分析対象) 140票

Q41	不安なく使うことができる	使うことに、やや不安がある	使うことに、とても不安がある	使えないとは思えない(不可能)	(%)
(1) すべり台(n=273)	35.2	28.9	17.9	17.9	
(2) 避難はしこ(n=273)	27.5	36.3	20.1	16.1	
(3) 救助袋(n=273)	14.7	40.3	26.0	19.0	
(4) 避難籠(n=273)	8.8	28.9	30.4	31.9	
(5) 避難籠(n=273)	24.2	33.0	21.2	21.6	
(6) 避難用タラップ(n=273)	33.7	33.3	17.2	15.8	
(7) 滑り敷(n=273)	11.0	25.6	28.2	35.2	
(8) 避難ロープ(n=273)	8.8	27.5	26.0	37.7	

図1 アンケート結果 避難器具の課題(高齢者)



図2 避難支援装置を用いた人間工学的実験(高齢被験者を用いた心理評価実験の様子)



図3 介助対応型装置に具備すべき寸法などの要件の検証(左:操作ボタンの位置、右:廊下幅の確認)



図4 高齢者・障がい者等に配慮した新たな避難支援装置に関するガイドライン原案



図5 避難訓練の実態調査による、救助袋と避難支援装置の避難時間の確認の様子

[成果の活用]

本開発で行ったガイドライン原案において、法令に定められた従来の避難器具の一般的な使用方法であるバルコニー等における避難以外にも、階段や吹き抜け空間、戸建て住宅のグループホーム等への転用に向けた採用など、新たな活用法を示すことが出来た。

外壁パネルの接着剤張りタイル仕上げに関する劣化 診断手法の研究

Study on the degradation check methods of tiled panels by glue outer wall

(研究期間 平成 28～29 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
Ken NUNOTA
根本 かおり
Kaori NEMOTO

When degradation proceeds with outer walls tile finishing, there is a possible which will delaminate. And so, the way as which degradation investigate and diagnoses an outer wall is prescribed. But, the degradation diagnoses is difficult for the outer wall where a tile was finished off in a panel by conventional investigation method. Therefore I performed experiment using variety of non-destruction tests and made the check way which can be applied clear.

〔研究目的及び経緯〕

タイル仕上げ外壁の劣化を放置すると最悪の場合には剥落し、人命や財産をおびやかす事故につながるおそれがある。このため補修・改修工事により健全な状態に回復させる必要があり、とりわけ劣化状態を正確に把握することが効果的・効率的な改修工事につながる。ことから調査・診断の正確さが重要となる。ところで外壁の調査・診断方法は部材ごとに適する方法が規定されているが、建築物は構造や施工労働者の減少などさまざまな理由からタイル仕上げの仕様も材料や工法において多様化しており、従来どおりの調査方法では診断が難しいことが懸念されている。従来の調査・診断方法とは RC 造の躯体にモルタルでタイル仕上げされた外壁を対象に開発・規定されており、ALC パネルならびに押出成形セメント板 (Extruded Cement Panel:以降、略称の ECP と記す) を下地としたタイル仕上げは既存の調査方法である打診検査では剥離検出が難しいと指摘されている。本研究ではパネル下地のタイル仕上げの検証に主眼をおき模擬剥離を設けた試験体を作製し、RC 造建築物のタイル仕上げの診断に用いられている打診検査法および赤外線法のほかに、コンクリートの非破壊検査法として用いられている診断装置を用いて適用条件ならびに検出程度を明らかにした。

〔研究内容〕

(1) ALC 下地および ECP 下地のタイル仕上げ試験体

ALC : 1500×605×100 mm および ECP : 1500×900×60 mm に有機系接着剤または比較のため張付モルタルで磁器質 50 二丁掛けモザイクタイルを張付け仕上げした試験体を 2 体ずつ作製した。試験体種類は表 1 に示す。

試験体には図 1 に示す形状および位置に仕上げの模擬剥離を設けており、その作製においてタイル陶片が剥離している状態およびパネル下地と張付材が接着していない状態(通称:ハダワカレと呼ぶ)を再現した。本試験体のハダワカレの浮き厚については調整していない。

表 1 試験体種類

記号	パネル下地	タイル張付材	模擬剥離 タイル(枚)
試験体A	ALC	有機系接着剤	42
試験体B		張付モルタル	
試験体C	ECP	有機系接着剤	65
試験体D		張付モルタル	

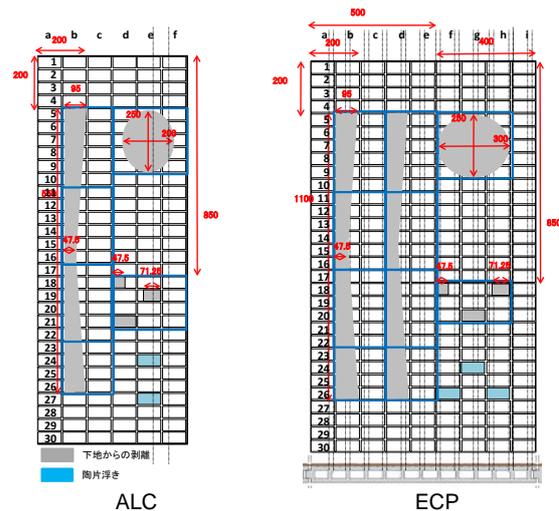


図 1 タイル仕上げの模擬剥離試験体概要

(2) 剥離調査方法の検討

タイル仕上げの剥離検査には、非破壊検査法として打診検査、赤外線法、電磁波レーダー法ならびに超音

波法の4種類を適用し試験した。それらの剥離検査結果から数カ所抽出し引張接着性試験（破壊検査）により接着強度と破壊面の確認を行った。

〔研究結果〕

(1) 打診検査結果

打診検査の結果は表2のとおり。試験体C(接着剤張りタイル)が最も剥離を検出でき、試験体D(モルタル張りタイル)が最も検出困難であった。なお、試験体C及びDのECP下地はパネル内に空洞があるため(図1)、打診は指先でタイルに触れて打音とともに振動も確認する方法で行った。ALC下地の試験体A及びBは模擬剥離以外でも剥離と診断する箇所があった。接着剤張りタイルとモルタル張りの検出の差はECPほどなかった。

(2) 赤外線法の結果

赤外線法は試験体A～D共にタイル陶片浮きの検出はできたが下地からの剥離の検出は困難であった。これはタイルに光沢がありかつ白色であったため周辺環境の映り込みや反射が影響したものと考えられる。タイル表面に光沢がなく明度が低いものであれば赤外線法でも検出率が上がる可能性がのこされている。

(3) 電磁波レーダー法および超音波法の結果

電磁波レーダー法によるタイル剥離の検出は全ての試験体で出来なかった。超音波法は下地からの剥離がタイルに掛かる面積が大きいほど波形が大きく検出可能であるが、タイル面積の半分以下の場合には波形が小さく判断が難しくなった。また、タイル陶片浮きに隣接する測定点の波形は陶片浮きよりも大きくなる傾向があった(写真1の試験体A参照)。

表2 打診検査結果

試験体/タイル位置		a	b	c	d	e	f	g	h	i	計
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	7	8	5				42
A	判定										
	○(枚)	-	20	-	5	6	3				34
	×(枚)	4	0	-	0	0	0				4
B	判定										
	○(枚)	-	22	-	6	8	4				40
	×(枚)	14	0	-	0	1	0				15
C	判定										
	○(枚)	-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
	×(枚)	-	0	-	0	4	0	0	0	-	4
D	判定										
	○(枚)	-	5	-	11	-	2	6	4	-	28
	×(枚)	-	0	-	0	-	0	0	0	-	0
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
C	判定										
	○(枚)	-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
	×(枚)	-	0	-	0	4	0	0	0	-	4
D	判定										
	○(枚)	-	5	-	11	-	2	6	4	-	28
	×(枚)	-	0	-	0	-	0	0	0	-	0
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
C	判定										
	○(枚)	-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
	×(枚)	-	0	-	0	4	0	0	0	-	4
D	判定										
	○(枚)	-	5	-	11	-	2	6	4	-	28
	×(枚)	-	0	-	0	-	0	0	0	-	0
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
C	判定										
	○(枚)	-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
	×(枚)	-	0	-	0	4	0	0	0	-	4
D	判定										
	○(枚)	-	5	-	11	-	2	6	4	-	28
	×(枚)	-	0	-	0	-	0	0	0	-	0
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
C	判定										
	○(枚)	-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
	×(枚)	-	0	-	0	4	0	0	0	-	4
D	判定										
	○(枚)	-	5	-	11	-	2	6	4	-	28
	×(枚)	-	0	-	0	-	0	0	0	-	0
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
C	判定										
	○(枚)	-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
	×(枚)	-	0	-	0	4	0	0	0	-	4
D	判定										
	○(枚)	-	5	-	11	-	2	6	4	-	28
	×(枚)	-	0	-	0	-	0	0	0	-	0
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
C	判定										
	○(枚)	-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
	×(枚)	-	0	-	0	4	0	0	0	-	4
D	判定										
	○(枚)	-	5	-	11	-	2	6	4	-	28
	×(枚)	-	0	-	0	-	0	0	0	-	0
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65
タイル模擬剥離(枚)		-	22	-	22	-	7	7	7	-	65

○：合致、 ×：誤診、 △：不検出

(4) 引張接着性試験の結果

試験結果は表3のとおり。タイル1枚に対し1/2以上の剥離面積が掛かると0.4N/mm²を下回る。ところが

試験体D(ECPにモルタル張り)は剥離面積が1/2以下でも1.0N/mm²以上の高い接着応力を有しており、いずれもタイル裏足と張付モルタルの界面で剥離していた。本試験では接着応力の高い理由は分からなかった。

〔まとめ〕

打診検査法はALCのタイル仕上げは剥離の近い箇所を誤診する傾向がみられるものの検出は比較的よくできていた。一方でECPのモルタル張りの検出は難しいことが確認された。赤外線法は今回用いたタイルに光沢があり明度が高かったため写り込みや反射でいっそう調査を困難とした。光沢度や明度に配慮した赤外線法の適用についても検討の余地が残っている。超音波法はパネルのタイル剥離診断への適用可能性がみられ、今後も検討の余地がある。

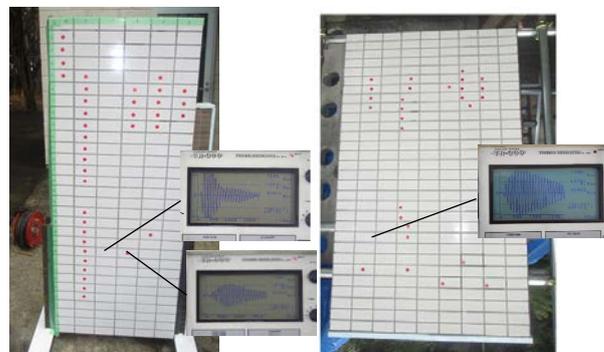


写真1 打診検査結果

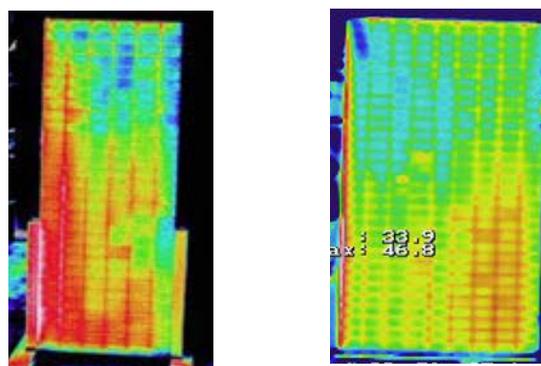


写真2 赤外線法による測定画像

表3 引張接着性試験結果 (単位：N/mm²)

接着区分	試験体A	試験体B	試験体C	試験体D
全面接着	0.78	0.74	1.50	2.55
1/3剥離	0.09	0.09	0.49	0.42
1/2剥離	0.19	0.14	0.24	1.78
2/3剥離	0.14	0.05	0.20	1.15
全面剥離	0.0	0.0	0.00	0.01