

早稲田大学大学院 理工学研究科

博士論文概要

論文題目

資源循環型住宅の設計手法に関する実証的研究
Experimental Study on Design Methods of Resources Circulation House

申請者

かねもり	ゆき
金森	道
Yuki	Kanemori

建築学専攻 都市環境研究

2007年12月

建設リサイクル法の施行後、建設資材の資源循環は大きく前進した。しかし建材種類も豊富で小規模工事になり易い住宅建設資材に関しては、建設リサイクル法の規制対象とならない場合も多く、さらなる対策が期待される。現在、住宅の資源循環に関する施策は、一部建材のリサイクル材含有率の向上や、解体後の適正処理・リサイクル方法に重点を置きがちであり、設計時の対策でも仕様の羅列にとどまるなど、総合的な効果にはつながりにくい状態である。真に循環型社会に資する住宅の計画を推進するためには、設計の初期段階から運用・廃棄に至るまで想定した、設計手法の確立が必要である。

そこで本研究では、既存住宅の資源循環に関する現状調査をもとに、資源循環型住宅の概念とその設計手法を考察した。具体的には、まず既存住宅の解体・リフォーム実測を4件行って建材分別状況とその問題点を明らかにし、既存住宅ストックの仕様分析を行った。そして資源循環に関する性能評価指標を作成した。設計手法は基本計画プランの部材表に建材容積と重量を入れ、解体・リフォーム時の物量循環に関する予測評価を行いながらフィードバックしチェックをする手法を用いた。本研究ではこの手法を実証的に考察するため、戸建て住宅2例と、集合住宅1例については内装モデルとして、3例のケーススタディーを行った。そして具体的な設計と、実際の建設・運用・解体・再築実験を通じて、その導入効果の実証を行った。まず福岡県北九州市と岐阜県各務原市にそれぞれ与条件の異なる戸建て住宅を設計し、北九州では施工・解体・再築、各務原市では建設・運用の実測結果を分析し、導入効果を評価した。さらに都心集合住宅のケーススタディーでは、専用部である内装のモデル案を設計し、予測評価を行い、その部位構成の試作・解体・再築実験によって導入効果を評価した。以上のような実測結果から、資源循環型住宅の設計手法に実用性の考察と評価を可能にした。

第1章「本研究の位置づけと基本概念」では、最初に研究目的を述べ、環境問題の中での資源循環の位置づけと資源循環型社会の必要性を示した。平成15年度の日本の物質バランスにおける循環利用は11%で、産業廃棄物等の再使用・再生利用率は38%と、多くが減量化や最終処分となっている。また同年度の建設廃棄物の産業廃棄物に占める割合は18%であり、産業のうち第三位である。不法投棄量に関しては平成14年度で6割を占めている。このように建設廃棄物の再資源化率は改善が進んでいるものの、コンクリートなど特定廃棄物のみの向上であり、混合廃棄物の再資源化率は低いままに留まっている。そのうち住宅分野に関するデータは少ないが、本研究では試算によって住宅廃棄物の再資源化率が低いことを示した上で、その対策が進んでいないことを明らかにした。また日本の資源循環に関する既存研究や施策について調査した結果から、基本概念となる資源循環型住宅について、リサイクルの優先順位別に①長寿命化、②分別設計による再使用促進、③再生利用可能建材の使用が重要であることを示した。

第2章「住宅における資源循環の現状分析」では、まず4件の既存住宅のリフォーム・解体現場調査を行った結果、解体時に接着剤が分別を妨げることが、リサイクルを阻害する大きな要因であることを明らかにした。次に既存住宅の仕様の変遷を独立行政法人都市再生機構の住宅記録から調査し、新築着工現場でも最新の仕様を調査した。その結果、現状住宅ストックの仕様に関しては、昭和50年代から仕上げ部位においてはクロスの接着剤による接合が中心となり、それ以後その仕様が大きく変化していないことが分かった。そこで、現場で素材ごとに分けられたかどうか混合廃棄物発生量から測る分別解体率を設定し、モデル住宅平面に各年代の仕様を当てはめ、既存住宅ストックの仕様分析を行った。結果として、現場での分別解体率の予測が昭和30年代の59%、40年代の57%と比べると、昭和50年代以降は34%程度と大きく下がっていることが分かった。リサイクルを促進するには現場で混合廃棄物にしないことが重要であり、従って分別解体しやすい接合部の設計手法が重要であることを明らかにした。

第3章「資源循環型住宅の設計手法」では、以上の現状調査・分析をもとに、資源循環型住宅の設計手法を提示した。この設計手法では、リサイクルの優先順位を明確に示し、2章において設定した分別解体率と、分別解体率に素材別のリサイクル率をかけた再資源化率を資源循環性評価指標として設定し、資源循環型住宅の設計フローを作成した。これは気候や風などの地域的与条件、施主の要望などの計画的与条件から基本プランを作成し、資源循環型住宅の設計フローに当てはめて素材・接合部の選定をしていく手法である。本手法によれば部材表に各部材の更新年数・分別解体率・再資源化率を挿入して資源循環量計算で予測評価を行い、基準に合うまで設計修正を行うことが可能である。またこの物量計算をエネルギー・CO₂削減効果に換算することもでき、本論文ではこれらの評価方法を整え、施主側に住宅性能保証として活用することの可能性も示した。以上の設計手法を用いて、次章からはそのケーススタディーを行った。

第4章「広域資源循環型住宅の設計」では、北九州市において、都市近郊型のSOHO併設型戸建て住宅という与条件でケーススタディーを行った。北九州市は響灘エコタウンを有する産業都市で、リサイクル産業の育成に努めている。そこで全てマテリアル・ケミカルリサイクル可能な工業素材を使用する方針とした。構造には重量鉄骨、外装にアルミとガラス、内装にプラスチックで完全リサイクルできるものを採用し、その上素材ごとに分別可能な設計とし、工場生産によるユニット化を行った。設計時の予測では資源循環性能は分別解体率が0.98、再資源化率が0.87となった。このケースでは実際に施工・解体・再築実験を行い、部材リユース率では予測分別解体率と同じ98%（重量換算）を達成することができた。また、この実測によって設計手法の有効性ととともに、資源循環型住宅と部位

部材分別設計の導入効果に関する評価を行うことができた。

第5章「地域資源循環型住宅の設計」では、岐阜県各務原市に、山間郊外型のSOHO併設型戸建て住宅という与条件でケーススタディーを行った。岐阜県は木曽三川流域圏の中上流地域であり、上流側に有数の木材産出地を有し、下流側に陶磁器建材用の土の産地が広がる。そこで地域資源を活用する方針とした。木造軸組構造でヒノキ集成材、造作材はスギを採用し、外装に焼成セラミック、内装には未焼成セラミック板と和紙を選定した。その結果、地域資源活用率が重量換算で8割以上となり、地元資源を活用すれば建設時の輸送エネルギーも外国材利用に比べライフサイクルで2分の1以下にできることが分かった。本ケーススタディーでは敷地内の雨水や通風を活用し、運用でも省資源となるよう建材開発及び空間計画を行い、施工後に運用負荷の削減効果に関する実測を行った。その結果、実測値を用いたシミュレーションでは、年間使用エネルギーを45%以上も削減することができ、エネルギー面でも資源削減効果があることを明らかにした。

第6章「資源循環型内装システムの設計」では、首都圏に都市型集合住宅という与条件でケーススタディーを行った。集合住宅は長寿命化の観点から構造と内装の分離設計、すなわちスケルトン・インフィル化が社会的にも進みつつある。構造に関しては、素材数も限られほとんどが建設リサイクル法対象の特定建設資材であり、すでに資源循環が進んでいる。しかし内装については取り組みが遅れており、本研究では専有部である内装についてのみ資源循環型住宅のケーススタディーを行った。接着剤を全く使用しない方針で、主体構造と切り離された内装軸組を木軸、壁・天井に未焼成セラミック板、床は木質フローリングを採用し、全て乾式工法を採用した。設計時予測の分別解体率は0.98、再資源化率は0.90とした。このケースでは提案型内装仕様のモデルと従来型内装仕様のモデルをコンクリートのスケルトン内に試作し、解体・再築実験を行ってその効果を比較検討し、検証した。その結果重量換算で99%分別解体が実現され、混合廃棄物はほとんど出ず、設計時の性能を実測結果により確認することができた。

第7章「まとめ」では、以上設計手法とケーススタディーによる検討研究成果を総合的にまとめて示した。本研究の成果は、まず資源循環型住宅の設計手法を、分別解体率・再資源化率等を資源循環評価指標として予測評価を行いフィードバックができる設計手法として、確立できたことである。また、タイプの異なる3例の住宅のケーススタディーにより、予測評価した数値と実際に解体・再資源化を行った実測により確認することができたことが貴重な成果である。岐阜のケーススタディーでは、輸送や運用エネルギーの削減についても方針と効果を示すことができ、地産地消の資源循環型住宅の可能性を示すことができた。

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏 名 金森 道 印

(2007年12月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
修士論文	「住宅の完全リサイクルのための仕様書の作成に関する研究」、 早稲田大学 2000 年度修士論文
査読論文 (レフター付)	「集合住宅における内装材の分別解体・リサイクルに関する研究」、 日本建築学会環境系論文集、No.620、83-88、2007 年 10 月、 ○金森道、茂呂隆、尾島俊雄
査読論文 (レフター付)	「戸建て住宅における部位部材のリサイクル率に関する研究」、 日本建築学会環境系論文集、No.555、123-129、2001 年 5 月、 ○金森道、中島裕輔、尾島俊雄
国際会議 (レフター付)	Valuation for experimental studies of the 'Perfect Recycle House' -Reuse and Recycling Rate of the Case Study House-, Proceedings of Second International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign2001) Tokyo, Proceedings of EcoDesign2001 (S)41-46, December, 2001, ○Yuki Kanemori, Yusuke Nakajima, Hiroto Takaguchi and Toshio Ojima
講 演	近未来生活空間における居住・就業環境システムの構築に関する研究、日本建築学会 2007 年度全国大会講演梗概集、2007、 <u>金森道</u> 、尾島俊雄
講 演	岐阜PRHにおける保水性セラミックス外装の蒸発冷却効果に関する実測研究、2005年度 日本建築学会関東支部研究報告集、2006、木村麻紀子、川田昌樹、 <u>金森道</u> 、許雷、尾 島俊雄
講 演	岐阜PRHにおける緩衝空間を活用した室内環境制御に関する研究、2005年度日本建築 学会関東支部研究報告集、2006、川田昌樹、大滝将史、 <u>金森道</u> 、許雷、尾島俊雄
講 演	太陽電池の日射熱取得を活用した屋根システムによる省エネルギー効果に関する研究、 2004 年度日本建築学会関東支部研究報告集、2005、高橋宏樹、川田昌樹、滝澤知史、 <u>金 森道</u> 、許雷、尾島俊雄
講 演	集合住宅の試作内装システムの解体時における分別・リサイクルに関する実測調査研 究、2004 年度日本建築学会関東支部研究報告集、2005、菅田修、吉田徹、 <u>金森道</u> 、尾 島俊雄
講 演	住宅における自然換気を活用した省エネルギー手法に関する研究（その1）自然換気に 配慮した実験住宅の予測評価、日本建築学会 2004 年度全国大会講演梗概集、稲富浩樹、 滝沢知史、 <u>金森道</u> 、中島裕輔、尾島俊雄

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
講 演	S O H O空間における輻射冷暖房システムの有効性に関する研究（その１）（その２）、日本建築学会 2004 年度全国大会講演梗概集、2004、川田昌樹、滝沢知史、稲富浩樹、 <u>金森道</u> 、尾島俊雄
講 演	住宅のリフォーム時における内装材廃棄物削減に関する実験研究（その１）（その２）、日本建築学会 2004 年度全国大会講演梗概集、2004、吉田徹、山口隆生、 <u>金森道</u> 、中島裕輔、尾島俊雄
講 演	岐阜県におけるW-P R H型住宅普及に伴う地域木材循環の可能性に関する研究（その１）（その２）、日本建築学会 2003 年度大会梗概集、2003、稲富浩樹、有馬宏、 <u>金森道</u> 、中島裕輔、尾島俊雄
講 演	保水性セラミックス建材と燃料電池を利用した低環境負荷型建築に関する研究（その１）（その２）（その３）、日本建築学会 2003 年度大会梗概集、2003、中島裕輔、大久保綾子、杉原浩二、 <u>金森道</u> 、尾島俊雄
講 演	岐阜県材を活用したC-PRHの有効性に関する研究、2002 年度日本建築学会関東支部研究報告集、2003、中本俊一、稲富浩樹、有馬宏、 <u>金森道</u> 、中島裕輔、尾島俊雄
講 演	完全リサイクル住宅SPRHの省資源・省エネルギーに関する研究（１）建材の循環系で消費されるエネルギー量のシミュレーション、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1、2002、谷山達明、 <u>金森道</u> 、福田展淳、中島裕輔、周南、西田勝、尾島俊雄
講 演	完全リサイクル住宅SPRHの省資源・省エネルギーに関する研究（２）（３）、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1、2002、 <u>金森道</u> 、五十嵐健、中島裕輔、福田展淳、尾島俊雄
講 演	リサイクル建材の普及促進手法に関する研究 その１ その２、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1、2002、君塚尚也、 <u>金森道</u> 、高口洋人、中島裕輔、尾島俊雄
講 演	北九州市に建設された鉄骨造完全リサイクル型住宅における部位・部材の状態に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1、2002、隈裕子、 <u>金森道</u> 、五十嵐健、福田展淳、中島裕輔、周南、西田勝、尾島俊雄
講 演	S-PRHにおける新築・解体・再築実測調査（１）（２）（３）、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1、953-954、2001、 <u>金森道</u> 、大橋巧、五十嵐健、中島裕輔、尾島俊雄
講 演	再生部材を使用した住宅のCO2 排出量に関する研究(2)、住宅モデルによるCO2 削減量の計算、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1、931-932、2000、 <u>金森道</u> 、有山高広、高口洋人、高偉俊、尾島俊雄
	他、多数

早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他 （講 演）	近未来型住居を想定した環境構造化の試み、日本ロボット学会第 25 回学術講演梗概集、2007、小鷹研理、丹羽治彦、坂本義弘、大竹正海、 <u>金森道</u> 、菅野重樹
その他 （講 演）	マルチチャネルスードライトによるGPSに基づいた室内測位システム、日本ロボット学会第 25 回学術講演梗概集、2007、丹羽治彦、小鷹研理、坂本義弘、大竹正海、 <u>金森道</u> 、菅野重樹
その他 （講 演）	自動生成された住環境マップを利用したロボットの移動、計測自動制御学会第 50 回自動制御連合（SICE-SI部門）講演論文集、2007、小鷹研理、丹羽治彦、坂本義弘、大竹正海、 <u>金森道</u> 、菅野重樹
その他 （講 演）	マルチチャネルスードライトによるGPSに基づいた室内測位システム、計測自動制御学会第 50 回自動制御連合（SICE-SI部門）講演論文集、2007、丹羽治彦、小鷹研理、坂本義弘、大竹正海、 <u>金森道</u> 、菅野重樹
出版物	「ワボットのほん7」、中央公論新社、ISBN978-4-12-003798-6、2007、共著
出版物	「完全リサイクル型住宅Ⅳ（ハイブリッド編）」、早稲田大学出版部、ISBN978-4-657-07309-9、2007、共著
出版物	「完全リサイクル型住宅Ⅲ（再築・生活編）」、早稲田大学出版部、ISBN4-657-02930-4、2002、共著
出版物	「完全リサイクル型住宅Ⅱ（鉄骨造編）」、早稲田大学出版部、ISBN4-657-01306-8、2001、共著
出版物	「完全リサイクル型住宅（木造編）」、早稲田大学出版部、ISBN4-657-99414-X、1999、共著
設計競技 入賞	2004 年度日本建築学会技術部門設計競技「ユビキタス・ネットワーク技術を活用した建築・都市・環境空間システムモデル」、優秀賞（連名）
設計競技 入賞	2002 年度日本建築学会技術部門設計競技「ゼロエミッション化住宅」、優秀賞（代表）、一自己浄化するリサイクル仕様の家ー
設計競技 入賞	2001 年度日本建築学会技術部門設計競技「LCCO2 30%削減、耐用年数 3 倍延伸（100 年寿命）をめざす建築設計」、優秀賞（連名）
特許	屋根冷却システム、特許出願 2004-359966、出願日 2004 年 12 月 13 日、特許公開 2006-169736、公開日 2006 年 6 月 29 日、 <u>菅道</u> ほか 2 名
特許	ルーバー装置、特許出願 2004-210552、出願日 2004 年 7 月 16 日、特許公開 2006-28927、公開日 2006 年 2 月 2 日、 <u>菅道</u> ほか 2 名