

3. 建築廃棄物の発生抑制, リサイクル技術

本研究は、建設発生木材及び建設混合廃棄物、特に木造住宅の解体によるものを主として、その発生を抑制するため、解体時における廃棄物の発生抑制に配慮した木造構工法の設計・施工技術を確立すること、建築材料及び部材の合理的な再資源化技術を確立すること、技術普及のために必要な木造建築物の評価ツール並びに技術基準を提案すること、廃棄物の発生を抑制するための技術・政策を検証するためのモデルを開発することを目的としている。

具体的な成果として、分別・解体・再資源化しやすい木造建築物の設計・施工事例を取りまとめたマニュアル（設計・施工事例集）、木質系材料の再資源化に関する技術指針案、物質循環算定プログラム、建設混合廃棄物の再資源化のための技術基準、再資源化シナリオのシミュレーションモデルなどの作成を行った。

3.1 木質系建築廃棄物の発生抑制技術の開発

3.1.1 研究の概要

木造住宅等の木造建築物の解体除却時に発生する廃棄物量は年々増加する傾向にあり、木造建築物における再資源化と資源循環化を促し、建築活動そのものから発生する廃棄物量を抑制するための新しい技術と仕組みに対する社会的要望が強い。建設廃棄物は、産業廃棄物全体の排出量の約2割、最終処分量の約4割を占めている。また、不法投棄量の多くを建設廃棄物が占めており、木造住宅解体時に発生する廃棄物についても不法投棄されているものがあり不法投棄量を増加させる一因となっている。廃棄物の不法処理は、地域環境に対して著しい悪影響を及ぼすものである。このような状況にあつて、建設廃棄物の適正な処理を推進するために必要な対策を講じることが重要な課題となっている。一方、建築系建設廃棄物は他の廃棄物に比べてリサイクルの取り組みが遅れており、地域環境の保全という観点から、有効な対策を講じることが重要な課題となっている。更に、平成14年5月には「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（以下、建設リサイクル法と呼ぶ）」が完全施行され、コンクリート、アスファルト、木材の特定建設資材について分別・再資源化が義務づけられ、平成22年における目標再資源化等率が95%と定められた。特に木造建築物由来の建設発生木材はリサイクル率が低迷しており、その再資源化を促すための関連技術を早急に整備する必要がある。

本研究においては、解体時における廃棄物の発生抑制について設計・計画段階で配慮した木造構工法の設計・施工技術を確立すること、建築材料及び部材の合理的な再資源化技術を確立すること、技術普及のために必要な木造建築物の環境負荷評価ツールを提案すること、廃棄物の発生を抑制するための技術・政策を検証するためのモデルを開発することを通して、木質系建築廃棄物の発生を抑制することを目的としている。

本研究は、①木造建築物の設計・施工段階に対応した廃棄物発生抑制型木造構工法技術の開発、②木造建築物の解体・除却に伴い発生する解体除却材の再資源化技術の開発を行うとともに、その普及のために③木造建築物の物質循環に対する評価技術、廃棄物発生抑制のための技術政策シナリオとその検証技術を開発し、木質系建築廃棄物の発生抑制を目指すものである。

3.1.2 研究の成果

(1) 廃棄物発生抑制型木造構工法の開発

木造建築物のうちの木造部分について、建物解体時における分別・再資源化を阻害している要因についての分析を行うとともに、分別解体・再資源化を容易にするための設計・施工技術を開発し、施工・解体実験により開発した資源循環型木造建築物の分別解体・再資源化の容易性についての検証を行った。具体的な研究開発実施内容は以下のとおりである。

a) 軸組構法住宅（手解体）と枠組壁工法住宅（機械手併用解体）の解体に関する分析

全解体工程のビデオ記録をとり、解体時間・手間の測定を行った。この結果により、解体分別阻害要因の抽出、整理を行った。

b) 解体木材の再資源化容易性に関する調査（軸組構法住宅解体材）

解体木材の損傷程度等の測定を行い、設計・施工上の課題を整理した。

調査対象とした建物のうちの1棟は、昭和49年に竣工され、平成12年に解体された物件であり、延べ床面積144㎡の2階建ての建物である。解体時に発生した解体材をほぼ全量収集し、発生数量、形状寸法、体積、重量、損傷の程度、付着物の存在状況について調査した。また、もう1棟は前述の解体手間に関する調査を行った軸組構法による住宅である。同様に解体時に発生した解体材を全量収集し、発生数量、形状寸法、体積、重量、損傷の程度、付着物の存在状況について調査を行った。

調査の結果、機械手併用により解体した建物については、断面欠損、力学的な損傷は柱材、梁材ともに9割近い材に存在しており、腐朽・蟻害は1割程度発生していることがわかった。また、付着物としては釘が最も多く、柱材の9割、また梁材の4割に釘が付着していた。ボルトについては梁材に多く付着しており梁材の約4割にボルトが付着していた。また、金物やその他の付着物（木片、プラスチック、石膏ボード、金属片など）は柱材に多く付着しており、金物については柱材の約4割、その他の付着物については柱材の約3/4に付着していることが明らかになった。木造住宅の解体材を処理（再資源化を含む）する方法を整理し、技術指針を作成するための貴重なデータを得た。

c) 解体・分別容易な設計・施工技術の開発

上記の成果を受けて、取り外しやすく作業性の高い接合方法等を取り入れた設計・施工技術の開発、提案を行った。

d) 解体・分別容易性検証のためのモデル試験棟及び2階建て試験棟の施工・解体実験

実大建物（試験棟）による施工・解体実験を実施し、従来型と改良型の比較を行い、改良型の有効性（解体時間・解体材の品質等）を検証した。

木造住宅を解体・処分する際の解体現場での分別作業時間、中間処理場での分別作業労力を少しでも軽減するための一つの対策として、解体時における分別の容易性に配慮して木造建築物を設計する必要があることから、現行の設計法のどの部分をどのように改良すれば、解体・分別・再資源化が行いやすくなるかについて検討した。更に、これまでに提案した具体の設計・施工方法を採用したモデル試験棟を建設し、分別・解体の容易性、並びに解体材の再資源化の可能性について検証を行った。

本課題の最終成果として、分別・解体・再資源化しやすい木造建築物の設計・施工事例を取りまとめたマニュアル（設計・施工事例集）を作成した。



写真-1 モデル試験棟の施工解体実験



写真-2 2階建て試験棟の施工・解体実験

(2) 建築材料・部材の再資源化技術の開発

木造建築物を構成する材料のうち、木質躯体材と仕上げ材料（木材以外の下地材等を含む）について、再資源化の各要素技術に関する現状把握、並びに実現可能性・容易性についての整理・分析を行った。また、木質系再生材料の一部については、同材料の需要拡大を喚起することを目的として性能評価を実施した。

a) 木質躯体材

木質系材料については、種々の再利用、再資源化のルートごとに許容される混入物の種類について整理した。

表-3 において木造住宅において躯体材に付着していることが想定される材料，資材について再資源化ルート毎の分別の必要性（混入の可否）に関する検討結果又はヒアリング調査結果をまとめた。（ただし，二重線で囲んだ部分を除いて，同表の内容は，担当者の知見に基づいて作成したものであり，今後の技術開発の進展状況等又は再資源化工場における設備の導入状況によって変化するものである。）

表-3 木材の再利用，再資源化のルート毎に必要な分別条件

再利用、再資源化ルート 材料、資材	部材 の再 利用	軸材 集成材 ラミナ	軸材 割裂 ストランド	面材用 チップ		MDF 等用 解繊	木片セ メント 板	木毛セメ ント板	マルチ ング	炭 化	熱源利 用/石 炭混焼	
木材	欠損部分	×	×	○	○	○	○	△	○	○	○	
	腐朽部分	×	×	△	×	×	×	×	○	○	○	
	薬剤処理部分	○	①	⑨	×	×	×	×	×	⑤	⑥	
金属 類	下地，仕上受け材+ 釘	×	×	×	○	○	○	△	○	○	×	
	くぎ，ビス（鉄）	×	×	×	○	○	×	△	④	○	×	
	くぎ，ビス（ステンレス）	×	×	×	×	×	×	×	④	○	×	
	ボルト，接合金物 （鉄）	×	×	×	×	×	×	×	④	○	×	
	アルミ	×	×	×	×	×	×	×	④	○	×	
	ステーブル（鉄）	×	×	×	×	×	×	×	④	○	×	
	無機 材料	コンクリート，モルタル	×	×	×	③	③	×	③	③	○	○
	石膏ボード，塊	×	×	×	③	③	×	⑦	③	○	○	
有機 材料	有機系発泡材	×	○	⑩	×	×	×	⑧	⑧	×	⑥	⑥
	紙類	×	○	⑩	⑪	×	×	×	×	×	⑥	⑥
	ビニルクロス	×	○	⑩	⑪	×	×	×	×	×	⑥	⑥
	プラスチック類	×	○	⑩	⑪	×	×	×	×	×	⑥	⑥
	接着剤塊	×	②	②	×	×	×	×	×	×	⑥	⑥

ただし，表中の丸数字には以下の条件が付与される。

- ①接着阻害を起こさない場合は分別不要○
- ②刃を痛めない場合は分別不要○
- ③少量，又は粉体である場合は分別不要○
- ④少量である場合は分別不要○
- ⑤土壌浸透に浸透する際に無害な場合は分別不要○
- ⑥ダイオキシンを発生しない熱処理を行う場合は分別不要○
- ⑦紙がなければ分別不要○
- ⑧セメントと混ぜるときに浮いてしまうので分別不要○
- ⑨作業者の安全性が確保されれば分別不要○
- ⑩量が少なければ分別不要○
- ⑪製造上は混入可○であるが，高品質を目指すとは×

同表における横軸が再資源化のルートであり，各々について要素技術が確立しているものについては再生材料の需要拡大に関する技術開発を行った。要素技術が完成していないものについてはその技術開発上必要となる技術資料の収集を行った。また，同表に示された分別条件に従った分別解体を実施した場合に係る人工数等を実際の木造住宅を解体して調査し，解体除却材の収集コスト及び各工場について行った再資源化材料製造コストの試算を基に再生材料の可能性について検討した。

再生木質ボードの利用拡大については，構造用合板並みの施工性を有する木質系再生ボード（パーティクルボード）の耐力性能等についての確認試験を実施し，用途拡大をはかるための基礎データを収集した。また，解体木材を原料とする高機能性木質ボードを別途開発しており，あわせて解体木材を原料とする木質系再生ボ

ードの用途拡大をはかるための方策について提案した。

さらに、これまでにほとんど解体木材が原料として利用されてこなかった木質系軸材料の原料として解体木材を利用するための技術開発を民間企業等と連携して行った。

b) 仕上げ材料

28種の建築仕上げ材料について、製造業者団体もしくは製造業者を対象としてヒアリング調査及びアンケート調査を実施し、各種建築仕上げ材料の「生産量」、「再資源化の現状」、「回収ルートの整備状況」、「再資源化技術への取り組み状況」、「具体的な再資源化技術の内容」等の内容をライフサイクルの段階（製造、建設、解体）毎に整理した。

上記の成果は、木質系材料の再資源化に関する技術指針案としてとりまとめた。

(3) 再資源化及び資源循環化技術の普及システムの開発

本課題では、個々の木造建築物について資源消費量及び廃棄物発生量を定量的に算出できる環境負荷評価ツールを開発し、必要なデータを収集するとともに、廃棄物の発生を抑制するための技術・政策を検討するための資源循環社会モデルを構築した。

a) 環境負荷データの収集と評価ツールの作成

木造建築物の建設、解体、処分という一連の活動における物質の流れと関連するエネルギー消費量（CO₂排出量）を算定するためのデータベースを構築した。また、個々の木造建築物について、建設、解体、処分過程における資源消費量、解体材排出量、エネルギー消費量（CO₂排出量）を定量的に算定するためのプログラムを作成した。（図-4）

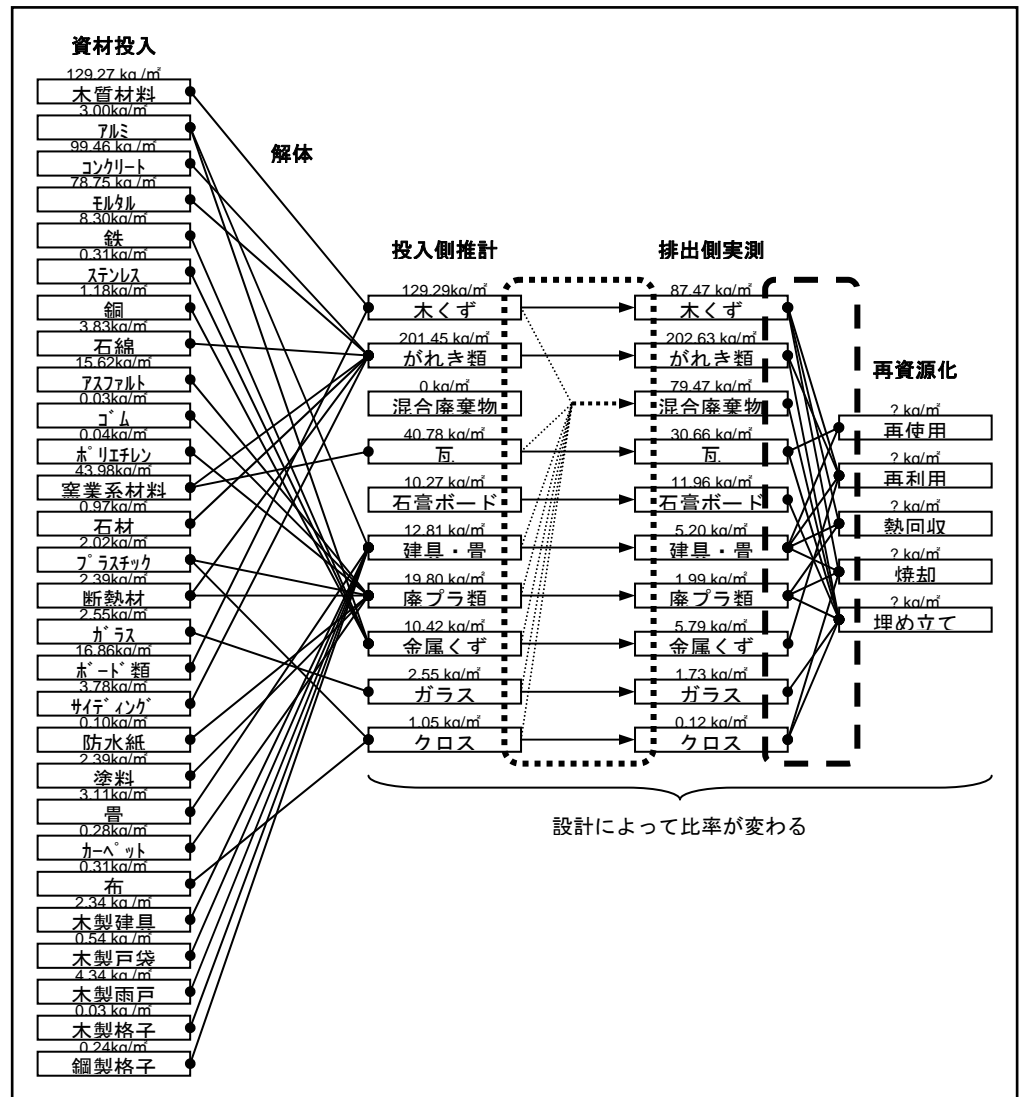


図-4 資材投入量と解体材排出量のフロー

さらに、マニフェスト伝票を用いて建設廃材と建築解体材の処理に関わる環境負荷量（主として輸送に係るエネルギー消費量）を算定する手法開発を行い、木造住宅のマニフェスト伝票を分析した。

これら成果は、物質循環算定プログラムとしてとりまとめた。

b) 資源循環社会モデル

木造建築物の廃棄物発生から再資源化までを定量的に把握する「資源循環社会モデル（マテリアルフローのシミュレーションモデル）」を開発し、都道府県レベルでの廃棄物発生抑制効果を検証するためのケーススタディを実施した。

このモデルは、各種統計データに基づき、当該地域における木質系廃棄物の発生量を推定し、その地域における処理施設の配置・移送距離・処理能力等から、各種技術・政策オプションによるシナリオ分析を行うものである。

ここでは、チップ化に偏らない再資源化ルートの開拓のため、集成材等として利用可能な高付加価値型再資源化の可能性を検討した。高付加価値型再資源化を含む多様なシナリオに対してシミュレーションを行った結果、現状の施設に加えて共同集積場を設け、適正な再資源化工場を設置することにより、再資源化率・移送距離（コスト、CO₂排出量）等の面から高付加価値型再資源化シナリオが有効であることが確認された。本課題の成果は、技術・政策シナリオとあわせて廃棄物の発生を抑制する制度等を検討するための技術資料としてとりまとめた。

3.1.3 施策への反映

前述したように建設リサイクル法が完全施行され、特定建設資材の平成22年度目標再資源化等率が95%と定められたが、建設発生木材はリサイクル率が低迷している。本研究の成果は、解体時における廃棄物の発生抑制について設計・計画段階で配慮した木造建築物を普及させるための制度を充実させるための基盤として活用されるほか、開発した技術の公表と技術指針の策定による成果の活用により限りある天然資源の有効利用の実現を促し、さらには健全な国土の創生や良質な地球環境の次世代への継承に繋がることが期待できる。具体的には、評価・検証ツールやデータベース（木質系解体材排出量原単位等）に関して、既に国や地方公共団体並びに学会等外部機関において引用されており、行政支援ツールとしての活用、また民間に対しては成果の実用化を促し広く技術が普及することなどが考えられる。

また、廃棄物問題については、総合科学技術会議において「ゴミゼロ型・資源循環型技術研究」が重点領域として挙げられ、重視すべき事項として「循環型社会変革シナリオ研究」が示されている。建築物のライフサイクルを通して、モノと情報の円滑な流れを促進する高度な資源循環社会システム（規格・法令・制度等を含んだ総合的概念）を構築していくことが今求められており、適正な政策立案に際して本研究成果が活用されることが期待される。

3.1.4 今後の課題

本研究成果において、当初の目標は概ね達成されたと考えられる。

今後の課題としては、①改修や増改築時に発生する解体材の分別と再資源化技術の開発、②有害物質を含んだ廃棄物の再資源化技術及び適正処理技術の開発などが挙げられる。これらについては、総プロ「持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発（SB総プロ）」等、別課題において研究を計画あるいは実施しているところである。

尚、本研究は総プロ「循環型社会及び安全な環境の形成のための建築・都市基盤整備技術の開発」の中課題「木質系建築廃棄物発生抑制技術の開発」として平成12年度に着手したものであり、独立行政法人建築研究所との連携において実施したものである。成果の詳細については、下記報告書を参照されたい。

国土交通省総合技術開発プロジェクト「循環型社会及び安全な環境の形成のための建築・都市基盤整備技術の開発 木質系廃棄物発生抑制技術の開発 報告書, 平成 15 年 3 月, 国土交通省

成果の公表

- 1) 中島史郎, 宮村雅史, 槌本敬大: 「軸組構法住宅解体木材の再生利用に関する分析 (1) 機械手併用解体による解体木材の性状」, 第 52 回日本木材学会大会研究発表要旨集, p.454, 2002.4.
- 2) 清野新一, 中島史郎: 「住宅解体材を原料とした家畜敷料の製造・輸送に係る炭素排出量調査」, 第 52 回日本木材学会大会研究発表要旨集, p.455, 2002.4.
- 3) 中島史郎, 宮村雅史, 河合誠, 平岡真由美, 大橋好光: 「木造住宅の分別解体・再資源化に関する研究 その 1 分別・解体しやすい枠組壁工法建築物の施工・解体実験」, 第 53 回日本木材学会大会研究発表要旨集, p.492, 2003.3.
- 4) 本橋健司, 中島史郎, 槌本敬大, 古賀(井戸川)純子, 清家剛, 名取発: 「木造建築物の分別解体・再資源化に関する研究 その 2 建築仕上げ材料の再資源化に関する現状調査」, 第 53 回日本木材学会大会研究発表要旨集, p.493, 2003.3.
- 5) 宮村雅史, 中島史郎: 「木造住宅の分別解体・再資源化に関する研究 その 3 在来軸組構法の分別解体と情報化について」, 第 53 回日本木材学会大会研究発表要旨集, p.494, 2003.3.
- 6) 槌本敬大, 古賀(井戸川)純子, 清家剛, 古賀美宏: 「木造建築物の分別解体・再資源化に関する研究 その 4 築 22 年の実大住宅から排出される資材量と解体木材の品質」, 第 53 回日本木材学会大会研究発表要旨集, p.495, 2003.3.
- 7) 古賀(井戸川)純子, 槌本敬大, 清家剛, 鈴木香菜子: 「木造建築物の分別解体・再資源化に関する研究 その 5 築 22 年の実大住宅における各資材の分別解体工数」, 第 53 回日本木材学会大会研究発表要旨集, p.496, 2003.3.
- 8) 古賀(井戸川)純子, 清家剛, 名取発, 本橋健司: 「建築仕上げ材の再資源化に関する現状調査」日本建築学会技術報告集 No.17, 2003.6.
- 9) 有馬孝禮, 中島史郎, 有川智: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 1 研究プロジェクトの全体」日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 10) 宮村雅史, 中島史郎, 大橋好光: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 3 分別解体容易な枠組壁工法住宅の開発」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 11) 平岡真由美, 中島史郎, 河合誠: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 2 分別・解体・再資源化に配慮した軸組構法住宅の開発」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 12) 宮本康太, 渋沢龍也, 鈴木滋彦, 中島史郎, 槌本敬大: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 4 解体材における異物混入の定量的評価」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 13) 新野武憲, 安村基, 河合誠, 中島史郎: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 5 面材を DH 釘およびビスで緊結した枠組壁工法耐力壁の耐震性能」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 14) 山畑信博, 中島史郎, 小玉祐一郎: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 6 積み上げ方式による建築資材の原単位調査」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 15) 服部順昭, 小池航, 中島史郎, 小玉祐一郎: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 7 一次マニフェストによる建設廃棄物処理プロセスの調査」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 16) 中島史郎, 小玉祐一郎, 岡建雄, 服部順昭, 山畑信博, 野口貴文, 河合誠, 澤地孝男: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 8 物質循環算定ツールの開発」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 17) 菊原淳也, 小林均, 福田展淳, 野村希晶, 武藤正樹, 有川智, 野城智也: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その 9 建設発生木材の再資源化の現状と課題」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), pp1095-1096, 2003.9.

- 18) 武藤正樹, 小林均, 福田展淳, 野村希晶, 菊原淳也, 有川智, 野城智也: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その10 高付加価値型再資源化プロセスと技術・施策の視点」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), pp1097-1098, 2003.9.
- 19) 野村希晶, 有川智, 武藤正樹, 小林均, 福田展淳, 野城智也: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その11 リサイクルロジスティクスモデルの開発ーモデルの概要」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), pp1099-1100, 2003.9.
- 20) 有川智, 野村希晶, 武藤正樹, 小林均, 福田展淳, 野城智也: 「木造住宅の分別解体・再資源化の促進に関する研究 その12 リサイクルロジスティクスモデルの開発ー結果概要」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), pp1101-1102, 2003.9.
- 21) 榎本敬大, 古賀(井戸川)純子, 清家剛, 鈴木香菜子, 村上泰司, 中島史郎, 本橋健司, 菊池雅史: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その1 本実験の目的と概要」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 22) 鈴木香菜子, 清家剛, 榎本伯一, 古賀(井戸川)純子, 榎本敬大: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その2 供試住宅の概要と各部構法」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 23) 村上泰司, 榎本伯一, 清家剛, 榎本敬大, 古賀(井戸川)純子, 本橋健司: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その3 各部位の分別解体方法と建設リサイクル法の位置づけ」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 24) 加納芳明, 古賀(井戸川)純子, 浅野精一, 榎本敬大, 澤石直史: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その4 木造住宅に投入されるプラスチック類の種類と数量の調査」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 25) 清家剛, 榎本敬大, 古賀(井戸川)純子: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その5 ガラス, サッシ等の再資源化の可能性と分別解体工数」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 26) 古賀(井戸川)純子, 榎本敬大, 本橋健司, 清家剛, 鈴木香菜子: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その6 内部構成資材の分別解体結果」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 27) 金村千絵, 榎本敬大, 古賀(井戸川)純子, 本間深雪: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その7 外装材の分別解体結果」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 28) 古賀美宏, 坂本功, 榎本敬大: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その8 躯体の分別解体工数と解体木材の品質」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 29) 合川尚毅, 清家剛, 鈴木香菜子, 古賀(井戸川)純子, 榎本敬大: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その9 機械作業, 手作業併用解体の解体工数との比較」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 30) 大島正明, 榎本敬大, 古賀(井戸川)純子, 村上泰司, 榎本伯一: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その10 解体工事における安全確保の現状と安全確保に係る手間」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 31) 本間深雪, 金村千絵, 榎本敬大, 古賀(井戸川)純子: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その11 各解体物件の発生資材量」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
- 32) 榎本伯一, 村上泰司, 榎本敬大, 古賀(井戸川)純子: 「構成資材の再資源化を企図した木造住宅の分別解体実験 その12 解体による発生資材量の予測と評価」, 日本建築学会学術講演梗概集(東海), 2003.9.
(雑誌等)
- 33) 「行政研究における住宅リサイクルへの取組」, 住宅, Vol.50, 2001
- 34) 「建設廃棄物再資源化処理の現場から」, FINEX, Vol.13, No.77, 2001
- 35) 「環境的側面から見た建築物のライフサイクルマネジメント」, 建築コスト情報, 2002 冬, 2002
- 36) 「建築廃材のリサイクル」, 木材工業, Vol.57, No.5, 2002
- 37) 「木造建築物構成資材の再資源化の現状」, 公共建築, Vol.45, No.176, 2003

3.2 建設混合廃棄物の合理的な再資源化技術に関する研究

3.2.1 研究の概要

建設リサイクル法で指定されているコンクリート塊、建設発生木材等の特定建設資材廃棄物に比べ、混合廃棄物は再資源化・縮減率が特に低迷しその約9割（H14副産物実態調査では64%）が最終処分されており、循環型社会の実現をさらに目指す観点から、これらの発生抑制、再資源化を進めるための技術開発が求められている。しかし、市場原則のもとでの再資源化は既に限界に近づいており、廃棄物の再資源化を促進し、最終処分量の削減を実現するには、市場原則を補完するなんらかの施策の適用または社会システムの構築が必要となっている。

本研究では、混合廃棄物についてより一層の再資源化を促進し、最終処分へ回る量・率の低減を実現するため、混合廃棄物に含まれる資材のいくつかの品目について、経済性・環境負荷の観点から社会的に受容可能な再資源化の技術基準案を作成するとともに、再資源化シナリオのシミュレーションに基づく検討を通して、合理的な再資源化のための施策検討に資する技術情報を整理することを目的としている。

建設廃棄物は、産業廃棄物全体に占める比率が大きいものの、再資源化への取り組みが必ずしも進んでいるとはいえない。これは、解体工事等から排出される廃棄物が多種、少量かつ分散して発生するという状況に加えて、現状では廃棄物の排出側と受け入れ側、つまり解体・分別する側と再生利用する側の考え方に大きな乖離があることに起因している。すなわち、これまで各メーカー・業界団体等が個別に策定していた各種基準を、排出から再資源化まで一貫した枠組みで見直し、適正な技術基準を整備することが求められているのであり、これら技術基準を開発し、今後のリサイクル技術の方向性を示すことによって、民間におけるリサイクル技術の開発を促し、新たな産業創出に繋がることを期待できる。また、これら技術の普及を実現するために、廃棄物行政を担う地方自治体と連携し、当該地域の特性に応じた再資源化シナリオを適用することにより、再資源化・縮減率が向上し、結果として廃棄物・不法投棄処理等の行政コスト低減にも資することが期待できる。

本研究は、①建設廃棄物の再資源化推進のための技術基盤の整備（資源循環に関する技術基準の開発）と②再資源化技術の普及基盤の開発（建設廃棄物の再資源化シナリオの開発及びシナリオの評価技術の開発）からなり、アウトプットとして建設混合廃棄物の解体・回収・処理に関する「品質基準案」の作成および合理的な再資源化のためのシナリオ分析を行うものである。

3.2.2 研究の成果

(1) 建設混合廃棄物の再資源化のための技術基準

建設混合廃棄物の回収・処理の現状と先駆的な再資源化の取り組みについて、建築資材・部材メーカー団体、ゼネコン等排出事業者、中間処理事業者及び再資源化原料製造業者等へのヒアリング並びに調査を実施した。その結果に基づいて、合理的な再資源化のための技術課題並びに受入条件の整理を行い、「解体材の品質基準」について検討を行った。

再資源化における技術基準を表-4に示す。表は中間処理、処理工場での受入条件であり、いずれも他の材料が混入しないよう分別が求められ、その他分別後の保管・管理が必要な水濡れ不可の条件、現場での分別に加えさらなる作業が求められる汚れの除去、寸法の制限などの条件も必要となる。また、一部で新築端材のみの受入もあるが、今後、解体系廃材が再資源化原料として受け入れられるためには、当該建設資材であると確度高く判別できること、劣化などによる品質の低下がないことなどの条件が求められ、そのための技術基盤が必要となる。

これらの受入条件の設定理由は、処理設備のポテンシャルからくる制約、処理設備の故障要因の排除のため、再生品の品質保持のため、再生品に不要な原料の排除のため、再資源化のシステム上の都合、など様々であり、条件緩和の可能性があるものは多くない。このうち、処理設備のポテンシャルからくる制約、処理設備の故障要因の排除のため、再生品の品質保持のため、再生に不要な原料の排除のため、再資源化のシステム上の都合、については解消可能であり、今後の技術開発要件として挙げることができる。

現状は廃棄物の排出者にとって厳しい基準といえるが、基準のクリアに向けて生ずる排出側のコストに相当する経済的なインセンティブなどがあれば、再資源化への実効性は十分あると考えられる。

表-4 各建設資材の再資源化（中間処理、処理工場段階）における技術基準案

材料	せっこうボード			パーティクルボード		FRP	ビニル系床材
	再資源化用途	せっこうボード原料	セメント原料	土壌改良材原料	燃料チップ化	RPF用チップ	セメント原燃料
処理、再資源化段階	中間処理	中間処理	中間処理	中間処理	中間処理	中間処理	処理施設
含水、水濡れ不可	水分10%以下		水濡れ不可	水分の多いもの不可	(特になし)		
他材料の分別	タイル、発泡スチロール不可	塩化ビニルクロス、ラス、プラスタ、金属不可	異物不可	金属等の異物を含まないもの		プラスチックの異物可(ハロゲン系は不可)	他の床材、異物、接着剤の付いたもの不可
新品(端材)のみ							新築端材のみ
自社、自協会製品のみ							
汚れ不可							汚泥・汚物が付着していないもの
寸法							
その他				CCAを含まないもの		移動式トイレについては要消毒	

材料	塩化ビニル管・継手			
	再資源化用途	塩ビ管・継手原料		
処理、再資源化段階	中間処理	契約中間処理会社	リサイクル協力会社	メーカー工場
含水、水濡れ不可				
他材料の分別	異物不可	異物不可	異物不可	異物不可
新品(端材)のみ				
自社、自協会製品のみ		協会団体の製品であること		協会団体の製品であること
汚れ不可	汚れ不可	汚れ不可	汚れ不可	汚れ不可
寸法	長さ95cm以下	長さ95cm以下	長さ95cm以下	長さ95cm以下
その他				

注) 表中の網掛け部分は、一定以下であれば異物混入を認めるなどの条件緩和が可能であるものを示す。今回の調査では中間処理工場を設け、一部の分別等の作業を処理工場で分担する例がみられた。

(2) 再資源化技術普及のためのシナリオ分析

全都道府県を対象として資源循環への取り組みに関する調査を行い、廃棄物処理・再資源化に関わる社会ニーズ及びその地域差について把握するとともに、再資源化にかかる環境負荷、経済的社会的適合性を考慮しながら、資材の特性に応じた再資源化シナリオのシミュレーションを実施した。これらの結果をもとに技術普及のための社会基盤について検討を行った。

経済的インセンティブに関連して、塩ビ管・継手協会が行っている二次輸送費の支援をケースとした再資源化シミュレーションを行った。開発したモデルは、リサイクルシナリオ、輸送距離、処理コスト等を入力し、マテリアルリサイクル率、最終処分量、環境負荷(CO₂発生量)等を出力する。ここでは首都圏を想定した各種条件を設定し、システムダイナミクスに基づくシミュレータ STELLA 上に実装した(図-5)。

各種シミュレーションの結果(図-6)、経済的インセンティブに繋がる協会の支援が、マテリアルリサイクル率の増加に寄与していることを定量的に確認することができたが、条件によってその効果に違いがあることも明らかとなった。また、マテリアルリサイクル率の上昇とともに環境負荷も増加しており、輸送距離と施設配置の問題等とあわせて、再資源化における現実的な問題点が指摘された。

以上により、今後の再資源化技術及び技術導入時の開発要件が明らかになるとともに、普及に向けた再資源化シナリオの検証が可能となった。

3.2.3 施策への反映

建設リサイクル法にかかる関連施策に対応して、特に建設混合廃棄物の排出量削減目標の達成(平成22年度において平成12年度比で50%削減)に向けた活用が期待される。

技術基準案は、建築物の解体、分別、回収、再生という建設廃棄物の再資源化に関わる各段階をつなぐ仕組みの提案・普及に繋がり、建設資材の資源循環について適切な技術開発・製品化が行われ、建設産業におけるリサイクルの拡充が図られるとともに、今後の建築物大量更新の時期に向けて建設リサイクルに関連する新規産業の創出も期待できる。

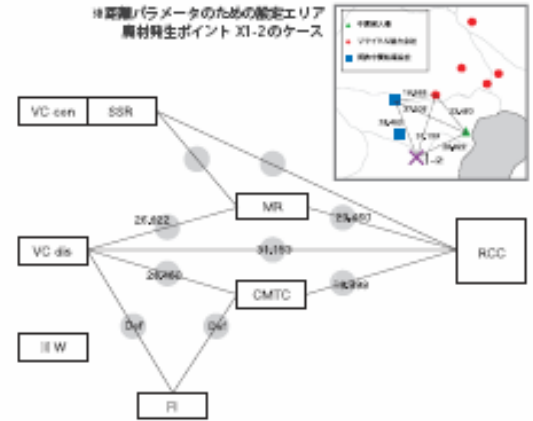


図-5 モデル(距離パラメータの設定例)

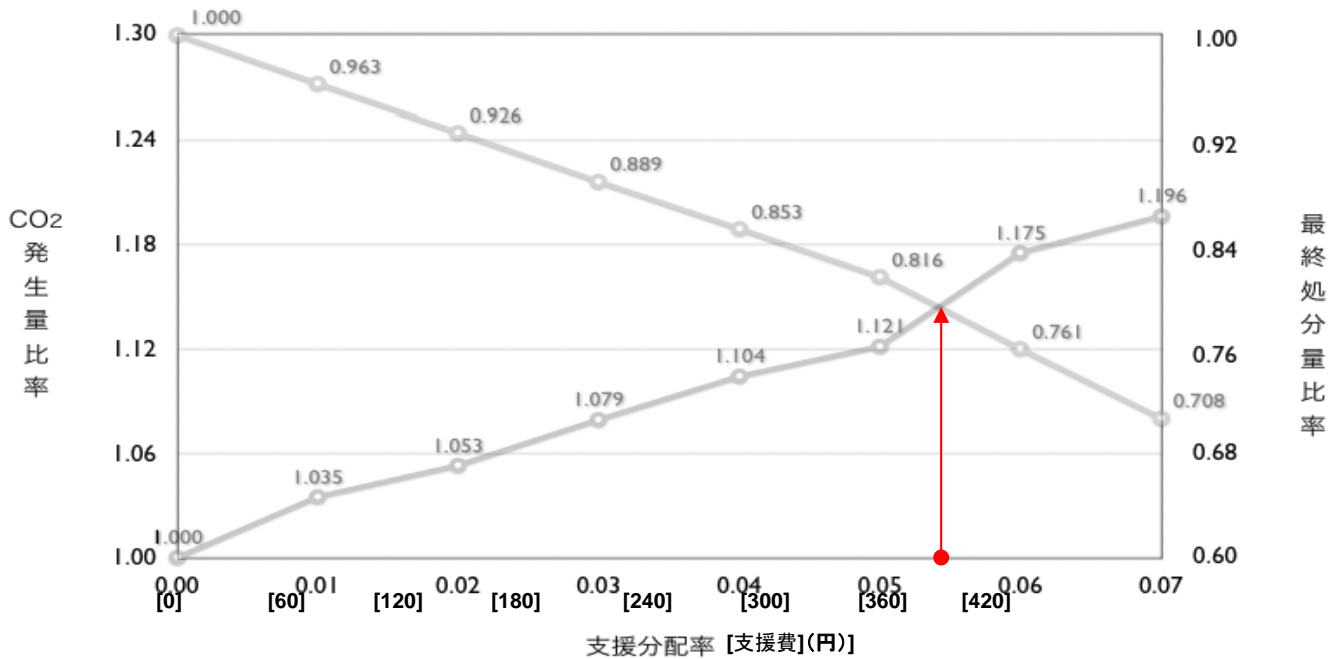


図-6 経済的インセンティブ最終処分率と環境負荷の関係

3.2.4 今後の課題

本研究成果において、当初の目標は概ね達成されたと考えられる。

しかしながら、再資源化シナリオ実現のための技術的条件／経済的条件の更なる明確化、再生資材の用途に応じた循環型建築材料の規格・基準については、本研究で得られた受入条件の設定理由等を詳細に分析し、今後の再資源化技術及び技術導入時の開発要件を明らかにすることが必要となる。更に、現状での再資源化における最大の課題は経済性にあるといえ、今後は、受入条件のみならず、受入条件のクリアにむけて生ずる排出側のコスト、受入側の条件解消により生ずるコスト等の検討が必要となる。

また、建材製造業のみならず他産業とこれらの受入条件等の情報交換をすることで、資源の有効利用の推進が期待できる。今後、広範な情報分析及び集約が望まれる。

尚、本研究は、総プロ「持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発（SB 総プロ）」のLCW評価手法の開発において、発展的に継続しており、成果の活用がなされる予定である。

成果の公表

- 1) 野村希晶, 有川智, 福田展淳, 小林均: 解体木質材の地域リサイクルシミュレーションモデルの構築, 日本建築学会構造系論文集, 第 587 号, pp.31-38, 2005.1.
- 2) 椎野潤, 高橋暁他: ICタグ利用による建設ロジスティクスの研究 その1 マテリアル循環の現状および課題の抽出, 日本建築学会学術講演梗概集 (F-1), pp.1423-1424, 2005.9.
- 3) 椎野潤, 高橋暁他: ICタグ利用による建設ロジスティクスの研究 その2 インフィル資材に対するICタグ読み取りの基礎実験, 日本建築学会学術講演梗概集 (F-1), pp.1425-1426, 2005.9.
- 4) 椎野潤, 高橋暁他: ICタグ利用による建設ロジスティクスの研究 その3 サプライチェーンにおけるICタグ実用化の基礎実験, 日本建築学会学術講演梗概集 (F-1), pp.1427-1428, 2005.9.
- 5) 高橋暁, 有川智, 武藤正樹, 古賀純子他: LCW算定標準に関する研究 その1 環境負荷積算の構想, 日本建築学会学術講演梗概集, 2006.9.
- 6) 古賀純子, 高橋暁, 有川智, 武藤正樹他: LCW算定標準に関する研究 その2 積算標準書式に基づくLCW算定の基礎的検討, 日本建築学会学術講演梗概集, 2006.9.
- 7) 武藤正樹, 高橋暁, 有川智, 古賀純子他: LCW算定標準に関する研究 その3 廃棄物分別シナリオ立案と妥当性検討, 日本建築学会学術講演梗概集, 2006.9.