

手壊し法による住宅解体廃木材の再資源化

宮崎博文¹・田中 圭²・井上正文³・高梨啓和⁴・平田 誠⁵・羽野 忠⁶

¹正会員 大分県衛生環境研究センター 主幹研究員 (〒870-1117 大分市高江西 2 丁目 8 番)

E-mail : miyazaki-hirofumi@pref.oita.lg.jp

²工修 大分大学工学部福祉環境工学科 助手 (〒870-1192 大分市旦野原 700)

³工博 大分大学工学部福祉環境工学科 教授 (〒870-1192 大分市旦野原 700)

⁴工博 鹿児島大学工学部生体工学科 助教授 (〒890-0065 鹿児島市郡元 1 丁目 21 番 40 号)

⁵工博 大分大学工学部応用化学科 助教授 (〒870-1192 大分市旦野原 700)

⁶工博 大分大学工学部応用化学科 教授 (〒870-1192 大分市旦野原 700)

木造住宅の解体工事から発生する廃木材の再資源化を図るため、柱、梁などの主要な部材を生かし取りし、適切な加工を施し、再び建築用材に使用する手壊し法を考案した。現在、一般に行われている分別法と本システムとを、解体工事、廃棄物処理、再資源化の各過程において環境及び経済的側面から比較検討を行った。

分別法に比べ本システムは、エネルギー消費、所要経費ともに少なく、得られた木材の材質は、建築用材への再利用にとって支障なく、既存の加工技術により古材、再製材、集成材への再資源化が可能な優れたシステムであることがわかった。

Key Words : *handworked demolition system, classified demolition system, recycling of timbers, conventional wooden structure*

1. 緒言

建設業から発生する産業廃棄物は、全産業から発生するその約 20% を占めているが、これまでに廃棄物の発生抑制や有効利用の促進などの施策が講じられ、最終処分量は、平成 12 年度までの 5 年間で約 3 分の 1 に減少している。しかしながら、建設発生廃木材のリサイクル率は、建設副産物の中でもアスファルトコンクリート塊の 98%、コンクリート塊の 96% と比較して低く 38% にとどまっている¹⁾。

平成 14 年 5 月 30 日に本格施行された「建設資材再資源化法」により、廃木材についても再資源化が義務付けられ、さらには、同年 12 月 1 日をもって、ダイオキシン類の発生抑制のため廃棄物の焼却基準が大幅に強化され処分費用が嵩むようになったことから、廃木材の再資源化システムの構築が急務となっている。これまで廃木材は、主に木材チップとして木質ボード、紙パルプ、燃料用等に有効利用されてきたが、近年、これらの需要が低迷しており、新たな用途開発が求められている。

建設発生廃木材の大半は、木造住宅の解体により発生することから住宅解体の実態が調査され、発生

物の種別ごとの数量や、解体に要した手間数等が明らかにされている^{2),3),4),5),6),7)}。しかしながら、これらの調査が廃棄物発生量の把握や分別方法の検討を目的に行ったものが多く、再資源化を促進するための知見を得るためには、さらに別の角度からの調査が必要である^{8),9)}。

筆者らは、実際の住宅解体工事を調査する中で、廃木材の再資源化を阻害する要因を分析し、解体廃木材のうち柱、梁等 6 種類の主要な部材（以下「主要部材」という。）については、古材、製材、集成材として建築用材等の用途に高度利用を図ることが適切であるとして、手壊し解体工法及び古材の建築用材への加工法を要素技術とする住宅解体廃木材の再資源化システムを考案した^{10),11),12)}。

この中で、解体廃木材の再資源化に当たっては、木材を必要以上に細かな木質エレメントに裁断することなく、木材の持つ建築材料としての機能を生かした活用法を第一義的に考えた。また、効率的な分別を行い廃棄物の発生量を減らし、廃棄物処理に係る環境負荷や処理コストを削減し、木材の高付加価値製品を生産する環境効率性及び経済効率性の高いシステム作りをめざした。

この再資源化システム(以下、「手壊し法」という。)を、現在、一般に行われている分別解体によるシステム(以下、「分別法」という。)と対比し、解体発生物の数量や解体工事の手間数等の計測結果に基づき、環境及び経済的側面から比較検討を行った。さらに、古材の加工において重要な要素となる手壊し解体で生かし取りした部材の性状、数量等についての計測を行い、既存の加工技術に基づく実用化が有効であることを確認した。

2. 住宅解体廃木材再資源化の背景と手壊し法の概要

(1) 住宅解体の状況

木造住宅を解体して得られる廃木材は、昭和30年代頃までは、主要部材は、そのまま建築用材として、残りの端材も燃料等として余すことなく使用されていた^{7),13)}。その後の社会経済の発展を背景により迅速な住宅建設が要請され、機械を多用する解体が主流となった。このため廃木材は、分別可能なも

のがかろうじてチップ材等に再資源化されて、残りの多くは焼却処分されてきた。近年、廃棄物をめぐる社会情勢の変化に伴い、解体発生物の再資源化率の向上が求められ、木材やコンクリート塊を分別し、可能な限り再資源化する分別解体が定着してきた。

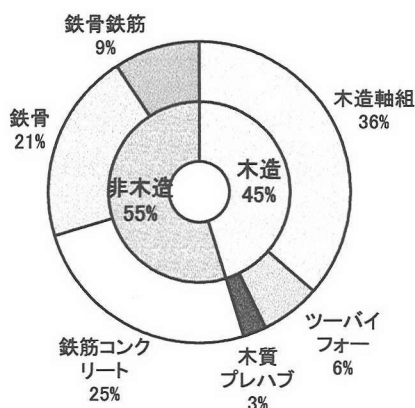


図-1 住宅の構造別工法別着工戸数
(平成12年「住宅着工統計」から)

表-1 木造住宅解体戸数の推計

(単位：千戸)

H6~10年 の着工戸数 (A)	総戸数		増加戸数 (D) = C - D	減失戸数 (E) = A - D	年間減失 戸数 (F) = E / 5	平均減失 戸数率 (G) = F / B
	H5 (B)	H10 (C)				
3,298	31,258	32,332	1,074	2,224	445	0.0142

(注) 解体戸数は、(C) × (G) = 459(千戸)で求められる。解体戸数からの木材発生量を推計する方法を本文末尾付録に掲載

表-2 木造住宅の解体工法の比較

種別	解体工法の特徴	発生する廃木材の状態
機械解体	全工程を機械により解体する。解体発生物はほとんど混合状態で、ミンチ解体とも呼ばれる。解体作業は短時間で済むが、混合廃棄物の処分が困難で不適正処分の要因となる。	廃木材に折れ、裂け等の破損が見られる。混合廃棄物の分別は困難をきわめる。
分別解体	廃木材とガレキ類を可能な限り分別するため瓦、建具類、石膏ボード等をあらかじめ手壊して除去した後、軸組を機械により解体する。建設資材再資源化法に規定する標準的工法	廃木材には破損が見られるが、チップ・ボード材等に有効利用できる。
手壊し解体	建物の大部分を手壊して解体する工法。断面の大きな廃木材を付加価値の高い建築用材として有効利用するのが目的で、作業効率を考慮して適所に動力工具や機械を使用する。	柱、梁等の主要部材を生かし取りする。状態に応じてカスケードの有効利用ができる。
移築解体	住宅再生や移築を目的とした解体工法。使用可能な部材をすべて、破損しないように丁寧に取り外し再使用するもので、高度な解体技術と相当な作業日数を要する。	再使用する部材は、仕口・継手の形状を保存し、健全な状態で取り出す。

(注) 手壊し解体は、本稿で述べる工法である。

手壊し法は、廃木材の再資源化を分別法よりさらに促進するため、木造軸組構法(在来工法)の住宅の解体において、木材の生かし取りが可能な手壊し解体工法を用いるものである。在来工法の住宅は、図-1に示すように平成12年着工戸数の比率で木造住宅の80%、全住宅の36%を占めており、鉄筋コンクリート造、鉄骨造等他の工法の住宅と比較すると、使用されている建築材料は、木材主体で種類が少なく、本来、リサイクルに適した設計であったが、近年、異種材料が複雑に組み合わせられた造りになっており、リサイクル率を高めるためには、解体や分別の仕方を工夫する必要がある。

全国の木造住宅の解体戸数は、住宅・土地統計調査¹⁴⁾及び建築動態統計調査¹⁵⁾の結果をもとに、表-1に示す方法により推計することができ、これによると木造住宅の解体から発生する廃木材の数量は約500万トン/年に達し、再資源化の促進は急務となっている。

木造住宅の解体の仕方やその呼称については、現在のところまだ統一されたものがないため、社団法人全国解体工事業団体連合会、本多・山田¹³⁾、建設リサイクル法の呼称や分類を参考にしうえて、本稿においては、解体工法の種別とその内容について表-2にまとめた。表中「手壊し解体」とあるのが本システムの解体工法である。

(2) 廃木材の有効利用の状況

分別解体は、瓦、建具、石膏ボード等を手壊しで除去し廃木材をガレキ類と分別するが、軸組を機械で解体するため主要部材は破損し、主にチップ用材として再資源化されている。これに対し手壊し解体は、主要部材を生かし取りできるので、より付加価値の高い建築用材への再資源化が可能である。

筆者らがこれまで行った住宅解体調査を検討する中で、廃木材の再資源化を阻害する要因について分析した結果を表-3に示した。これらの検討結果をもとに、木材が本来有する建築用材としての特質を最大限に生かすこと、すなわち大断面材の粉碎加工は必要最小限にとどめ、木材をカスケード的に利用することを基本とした手壊し解体による再資源化システムを考案した。手壊し法の目的と期待される効果を図-2に示す。

表-3 廃木材の再資源化を阻害する要因

解体法	材に欠損を生じ建築用材への再利用は不可 端材の多くは混合廃棄物となり分別が困難 野放図な解体、廃棄物処理が容認されてきた
経済要因	手壊し解体によると手間賃がかさむ 主な用途であるチップ材の需要が低迷 採算の採れるリサイクル用途がない 総合的な再資源化施設の投資額が過大
木材の性状	金物、電線、塗料、モルタル等の異物の付着 表面の劣化・汚損及び材の腐朽・蟻害がある 仕口、継手、貫穴、切欠きなどの欠損がある 寸法(特に、長尺方向)が不揃い 材の欠損等に起因する強度不足がある 一時期の住宅建築に低質の木材が多用された
技術要因	健全材を得るには手壊し解体の技術が必要 廃木材の製材、集成材化技術が未開発 古材を再使用する伝統工法の継承がない 解体が困難な建築構造の増加

(注) 本多, 山田による阻害要因の分析が参考になる¹³⁾。

【目的】 木材の建築用材としての機能を
生かした有効利用をめざす
【対象】 木造軸組構法(在来工法)住宅
【工法】 手壊し解体工法

有効利用法

古材製品	再製材品	集成材品
古材の風合い を生かした用 途、材面清浄、 欠損部修正	材の狂いや劣 化を除去する ため製材機で 表面切削加工	小断面材、短 尺材から梁、 柱等の規格品 を集成加工

特徴

環境効率	経済効率
廃棄物の再資源化により環境負荷を削減 木材の住宅への再蓄積 で森林資源保全、CO ₂ 発生抑制	解体廃棄物処分費用を 節減 廃木材の付加価値化に よる利潤

図-2 手壊し法の目的と期待される効果

3. 調査方法

(1) 手壊し法と分別法との比較

調査は、解体工事業者の請負工事から調査の目的に合致するものを選択し、手壊し法については、筆者らが考案した工法により、また、分別法については、(社)全国解体工事業団体連合会から示された工法により作業員が工事を行い、筆者らの指揮のもと5～6人の学生、大学院生が計測等を行った。

調査対象は、大分市内における隣接する2棟の木造住宅(A、Bとする。)の解体工事で、両物件の建築様式、規模、築後年数は、表-4に示すとおりでほぼ同等である。このうちAは、手壊し法にて、Bは、分別法にて行われ、両者の比較を行うために次の方法により調査を行った。

a) 解体発生物の調査

いずれの方法においても分別され計測可能な木くず、コンクリート片、瓦、石膏ボード、金属・廃プラスチック類、混合廃棄物の6種類について、発生量及び再資源化量を計測した。発生物の種別ごとの計測方法は、表-5に示す方法に基づき行った。

b) 解体手間数の調査

作業工程ごとに従事した作業員の人数及び作業時間の計測を行った。足場・養生シート仮設工事、基礎コンクリートばらし、整地作業の各工程は、共通

表-4 調査対象住宅の概要

記号	工法	築後年数	階数	延床(m ²)	屋根	外壁
A	手壊	30	1	67	瓦	モルタル
B	分別	30	1	84	瓦	モルタル
C	手壊	15	2	97	瓦	サイディング

表-5 解体発生物の計測方法

種別	手壊し解体	分別解体
木くず	主要部材は材積、端材は嵩から重量換算	トラックスケール
CO片	トラックスケール	
瓦	枚数を数計し重量換算	
石膏B	袋詰して秤量	
金属等	積上げた嵩から重量換算	
混合物	トラックスケール	

(注) CO片：コンクリート片、石膏B：石膏ボード

しているので集計から除外した。

(2) 主要部材の性状調査

手壊し法で生かし取りされた柱、梁、桁、母屋、大引、土台の6種類について、再資源化に必要な性状に関する調査を行った。調査対象は、手壊し法により行われたA及び佐伯市内の住宅Cの2件である。

調査は、Aについては解体工事現場内で、Cについては近くの資材置場に運搬した後、それぞれ部材ごとに整理して並べ目的とする測定を行った。

a) 目視による材質の判定

A、Cについて、発生した主要部材の全てを対象に、構造用製材の日本農林規格(JAS)の目視等級区分製材規格に基づき、貫通割れ及び腐朽の程度について目視による材質判定を行った。

判定は、構造用Iの3級の基準とし、貫通割れについては、「小口において長辺の寸法の2倍以下、材面において材長の3分の1以下であること」を、腐朽については、「顕著でないこと、すなわち、占める面積があまり大きくなく、ほとんど強度に影響を及ぼさないこと」を部材の全数について調査した。

b) 付着金物類の計測

Aについて、柱(全数44本)及び梁・桁(全数23本)の中から単純無作為抽出法より、各10本の試験体を選び、釘等の付着金物の計測を行った。また、Cについて、釘等の付着金物を除去する手間数を求めるため、主要部材の全数156本について、2名の作業員による釘仕舞い作業時間を計測した。

c) ヤング係数及び含水率の計測

Cについて、主要部材の全数156本について、タッピング法(木材の小口に木槌で衝撃を加え、反対側の小口においてマイクロホンで衝撃音を測定し、FFT周波数分析法でヤング係数を求める計器を使用する)によりヤング率を、高周波含水率計により含水率の測定を行った。

4. 調査結果

(1) 発生物量及び再資源化量の比較

解体工法の異なるA、Bについて、発生物量と再資源化量との比較を表-6に示した。

発生物の種別ごとの数量比率は、手壊し法の場合、文献3)、4)、5)の調査結果(発生物の組成分析)に近い値を示したが、実際に機械を使用して解体した分別法の場合、瓦、石膏B等手壊しにより発生したものは同様の比率であったが、機械解体による発生

表-6 解体発生物の数量と有効利用量

(単位：左欄 kg/m² 床面積，右欄 発生量合計に対する%)

種別	手壊し解体 (A)				分別解体 (B)			
	発生量		有効利用量		発生量		有効利用量	
木くず	78	13.9	64	11.5	49	11.0	13	3.0
CO片	347	62.5	210	37.8	165	36.9	95	21.3
瓦	58	10.5	0	0	45	10.1	0	0
石膏B	10	1.9	0	0	9	2.1	0	0
金属等	9	1.6	4	0.8	4	0.9	2	0.5
混合物	54	9.6	0	0	174	39.0	0	0
計	556	100	278	50.1	446	100	110	24.8

物については、混合物に含まれて計量されるので違った結果となった。

分別法では混合物となっていたものの中から、手壊し法により木くずの26%、コンクリート片の69%を新たに分別回収することができ、混合廃棄物の比率は、39%から10%へほぼ4分の1に減少した。また、再資源化率は、分別法の25%に対し、手壊し法では、50%となり、特に、木材においては、3%から12%へ増大した。

(2) 廃棄物処分費用の比較

再資源化できずに処理処分する廃棄物について、表-7に示すとおり、種別ごとの単価を乗じることにより処分費用の比較を行った。この結果、手壊し法は、分別法に比較して224千円/戸(3.3千円/床面積1m²)少なく済み、これを床面積135m²(41坪)の標準的規模の住宅(以下、「標準住宅」という。)に換算すると451千円となり、手壊し法は、分別法に比較して、処分量で約50%、処分費用で約40%少ないことがわかった。

(3) 解体手間数の比較

解体工法の異なるA、Bについて、解体手間数の計測結果を表-8に示した。この結果をもとに、単位床面積当りの人工数(人・時/m²)を求め、標準住宅に換算すると、手壊し法、分別法の手間数はそれぞれ142、26人・時となり、手壊し法は分別法に比較して、116人・時多く要する結果となった。

本調査では、解体手間数を求めるために作業時間を計測する方法で行ったので、人工数を人・時で示したが、1日当たりの正味作業時間数を6時間とし人工数を人・日であらわすと、標準住宅換算で手壊

し法、分別法は、それぞれ24、4人・日となり、手壊し法が20人・日多くなる。

また、単位床面積当りに換算すると0.18、0.03人・日/m²となり、野城の調査¹⁶⁾による移築解体の0.18~0.21人・日/m²、除去解体の0.05~0.08人・日/m²にそれぞれ近似した結果となった。

(4) 主要部材の性状等について

A、Cを手壊し解体して得られた主要部材は、それぞれ116、156本で、床面積1m²当たりの材積は、それぞれ0.064m³、0.061m³であった。これらについて目視による材質判定を行った結果、貫通割れの欠点はすべての部材で見られなかったが、築後30

表-7 廃棄物の処分量と処分費用

(単価，費用：千円，処分量：ton)

種別	単価	手壊し法 (A)		分別法 (B)	
		処分量	費用	処分量	費用
木くず	15	0.9	13.5	3.1	46.5
瓦	5	3.9	19.5	3.9	19.5
CO片	5	9.3	46.5	5.6	28.0
石膏B	10	0.7	7.0	0.7	7.0
金属等	5	0.3	1.5	0.2	1.0
混合物	20	3.6	72	14.1	282
計	—	18.7	160	27.6	384

(注) 単価は、大分市内の業者からのヒアリングによるもので、延床面積の異なるBの廃棄物量は、Aの延床面積当りに換算した。

表-8 解体手間数の計測結果

区分	工 程	手壊 (A)	分別 (B)
準備	足場・養生シート	共通 (手作業)	
内部 1	家具・建具, 内壁・石膏ボード	共通 (手作業)	
内部 2	胴縁・間柱, 天井・造作	12.4	機械
外壁	モルタル・ラス板, 庇・戸袋	20.2	
屋根 1	瓦・屋根材	共通 (手作業)	
屋根 2	野地板・垂木	6.6	機械 計 16
軸組	小屋組み, 梁・桁, 柱・鴨居	23.8	
床組	床板・根太, 大引・土台	7.7	
基礎	基礎コンクリート, 整地	共通 (機械)	
合計		70.7	16

(単位：人/時)

(注) 機械使用の場合、オペレータ 1, 手元作業 3 人従事

年の A で柱の 16%, 土台の 24% に、築後 15 年の C で柱の 5%, 土台の 21% に軽微な又は顕著な腐朽が見られた。

次に、A の柱及び梁の付着物を調査するため無作為に各 10 本抽出し計数した結果、一本当たり平均して柱では 31 本 (11 本/m) の釘が、梁では 3.4 本 (1 本/m) の釘と 1 本のかすがいが付着していた。また、C の主要部材 156 本の釘仕舞い作業を行った結果、手間数は、6 (人・時) で、標準的な住宅に換算して 8.4 (人・時) となり、解体作業全体の手間数の 5% であった。

次に、C の主要部材 156 本について、曲げヤング係数の測定を行った結果、全ての部材において、機械等級区分製材の規格 (JAS) における曲げ性能基準の 40 tf/cm² 以上を満たしていた。また、含水率の測定結果は、平均値で 14.5% の良好な乾燥状態であった。

5. 手壊し法の評価

(1) 環境及び経済的側面

解体工法の異なる A, B における調査結果をもとに、手壊し法と分別法とを解体作業、廃棄物処理、再資源化の各過程に分け、環境、経済の両側面から表-9 に示す項目及び指標における評価を行った。解体作業については、手壊し法、分別法で相異なる工程のみを抽出し比較を行った。廃棄物処理、再資源化についても、表-10 に示すように、手壊し法、分別法で異なる取扱がなされた木くず、CO 片、混合

物について、処分・再資源化方法ごとに数量配分し、各工程ごとに積上げを行った。数量配分は、手壊しで発生した木くずのうち主要部材については、梁・桁などの大断面材を中心に、古材として再利用するのが適当な部材を古材に、大引・土台等材表面の劣化が見られるが通直で欠損の無い部材は再製材に、ほぞ穴、腐朽等の欠損のある部材は、有用部位を切出して加工できる集成材に有効できるとして仕分けを行った結果である。

なお、積上げに用いた燃料・電力についての LC-CO₂ 排出原単位は、軽油 0.779 kg-C/1, A 重油 0.705 kg-C/1, 電力 0.129kg-C/kwh (日本建築学会の公表データで出典は、文献 19) である。最終的に、環境の評価指標は、CO₂ 換算のエネルギー消費量 (kg-C) で、経済の評価指標は、経費と売上の合算額 (千円) で表した。表-11 に結果を示した。

解体作業、廃棄物処理、再資源化の全てにわたり総合的な評価を行うと、手壊し法が分別法に比較して環境側面でのエネルギー消費及び経済側面での所要経費がともに少なく優れていた。

(2) 古材の建築用材への加工

古材をチップ材に再資源化する限りでは、多少の材質の劣化・腐朽、欠損、付着金物等は支障にならないが、建築用材として再資源化するに当たっては一定の要件をクリアしなくてはならない。A, C について手壊し法で得られた主要部材の測定結果から判断する限り、ごく少数の著しい腐朽のある部材を除けば、木質材料の観点からは古材、再製材、集成

表-9 評価項目及び指標

過程	評価項目	評価指標		環境負荷算定対象の範囲
		環境	経済	
解体作業	相異なる工程（表-9中の区分で、内部2、外壁、屋根2、軸組、床組）	ツカミ具付重機、クレーン、ダンプの燃料（軽油）使用量	作業手間数（賃金）、使用機械、車両のリース料金	工事現場内作業から発生物運搬まで
廃棄物処理	焼却処分及び埋立処分	廃棄物焼却炉、最終処分場で稼動する重機等の燃料（軽油、重油）使用量	廃棄物処分料金	処分場内作業及び設備の運転
再資源化	古材修整加工、再製材、集成材製造、チップ製造、再生骨材製造	各生産設備の電力使用量	製造に要する経費（売上金額の50%相当と仮定）、売上金額	再資源化工場内の当該製品製造に係る設備の運転

（注）環境の評価には、建設機械や工作機械の製造、工場建屋の建設などにかかる間接的な資源・エネルギー消費は含まない。

材の用材として十分価値がある。特に、含水率は、気乾平衡状態にあり、用材としては理想的である。木材加工業者からのヒアリングや古材の試験加工を通して検討を行った結果、加工区分の振分けを図-3の要領により行うことにより、用材の歩留まり及び付加価値を最大にできることがわかった。

(3) 木材資源の循環

建築解体廃木材の再資源化は、世界的に枯渇が懸念されている森林資源の保全に重要な役割を担っている。同時に、木材資源は、地球環境における炭素循環に大きく係わっており、建築用材として住宅中に再ストックされることにより大気中のCO₂を一定期間固定することが可能で、地球環境保全の見地からも効果を期待できる^{17),18)}。

手壊し解体による得られる主要部材は、A、Cについての結果を平均すると床面積1㎡当たり0.063㎡/㎡で、標準住宅1戸当たりでは8.5㎡となる。

木材の密度を0.5t/㎡とすると重量にして4.3tとなり、木材中の炭素含有量は約50%であるので炭素量として2.1tとなる。この値を電力使用量に換算（換算係数¹⁹⁾:0.129kg-C/kwh）すると16,700kwhとなり、標準家庭の年間電力使用量を3,250kwhと仮定すると、手壊し法により主要部材の全てを建築用材として住宅中に再ストックすることにより、標準家庭における5.2年分の電力使用に際し排出するCO₂量相当分を固定できる結果となった。

6. 結言

筆者らは、既存の生産設備を活用し新たな設備投資が不要でしかも木材の建築用材としての機能を生かす再資源化システムである手壊し法を考案した。

表-10 発生物の種類ごとに設定した処理処分・再資源化方法及び数量配分

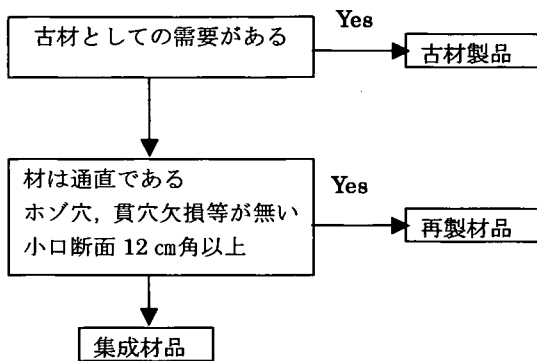
（単位：kg/床面積1㎡）

区分	種別及び発生量	方法及び数量配分		
手壊	木くず	78	古材	20
			再製材	5
			集成材	10
			チップ材	29
			焼却処分	14
	CO片	347	再生骨材	210
分別	CO片	165	埋立処分	137
			チップ材	13
	混合物	54	焼却処分	36
			埋立処分	54
			再生骨材	95
	CO片	174	埋立処分	70
混合物	174	埋立処分	174	

表-11 手壊し法と分別法との環境、経済面における評価

評価項目	環境側面：エネルギー消費量 (kg-C/標準住宅1戸)		経済側面：経費、売上額 (千円/標準住宅1戸)	
	手壊し	分別	手壊し	分別
解体工事	155	232	365	187
廃棄処分	25	84	323	634
資源回収	74	40	△152	△12
総合評価	254	356	536	809

(注) 資源回収の△印は資源化製品の製造経費を差し引いた売上額を示す。経費としてはマイナス表示となる。



(注) 図中で Yes は、必要条件である。

図-3 古材加工区分の振分け

本法による解体調査や得られた古材の試験加工から次のことが明らかになった。

- ①解体作業、廃棄物処理、再資源化の全てにわたる総合評価で、手壊し法は、分別法に比較してエネルギー消費、所要経費ともに少なく、環境面及び経済面において優れたシステムである。
- ②手壊し法により得られた木材は、ごく少数の腐朽材を除去し釘等の付着金物を取り除けば、建築用材への再使用に際し木質材料的になら支障はなく、既存の加工技術により古材、再製材、集成材への再資源化ができる。

今後、手壊し法が広く普及されるためには、解体技術の普及を図ると同時に、古材製品の供給先となる木造建築において、伝統工法の継承が確実に行われるよう建築技術者の養成が重要になるものと思われる。

また、住宅の建築年代が新しくなるにつれ、プラスチック等の複合材料の使用やボードを釘打ちした構造が増え解体作業に支障が出始めており、早急に易解体設計の導入を図る必要がある。この問題については、筆者らの今後の研究課題としたい。

謝辞：本研究を行うに当たり、財団法人住宅総合研究財団の平成14年度研究費助成を受けた。記して感謝する。

付録

H10年における滅失戸数は、表-1中、C×Gで求められ、459千戸と推計できる。これと比べ平成12年の木造住宅除去戸数の統計値¹⁴⁾は、171千戸と少なく、建築物除去届けが出されずに除去された住宅が多いものと見受けられる。統計値¹⁴⁾から除去木造住宅の平均床面積は、109㎡であり、H10年の木造住宅滅失床面積は、459千戸×109㎡=50,031千㎡と推計できる。

住宅1戸当りの木材使用原単位を0.2㎡/㎡とすると、除去により発生する木材は、10,006千㎡となり、木材の密度を0.5とすると重量にして約500万トンとなる。

一方、平成12年度建設副産物実態調査¹⁾では、建設廃木材500万トン、建設混合廃棄物500万トンとなっており、建設混合廃棄物に含まれている廃木材を考慮すると600~700万トンになるものと推計される。このうち、木造住宅の解体により発生するものは500万トン程度と考えられるので、滅失戸数の推計によって求めた廃木材量にほぼ一致する。

参考文献

- 1) 国土交通省, 平成 12 年度建設副産物実態調査結果, 2002.
- 2) 建設省建設研究所: 廃棄物の建設事業への利用可能性に関する研究, pp. 5-10, 1983 同題, pp. 4-6, 1984.
- 3) 渡部護弥, 菊地雅史, 紅谷裕, 大島正明: 住宅副産物の発生量等に関する調査研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), No.1406-1408, pp. 811-816, 1995.
- 4) 埼玉県解体業協会: 解体廃棄物の組成分析, pp. 30-54, 1996.
- 5) 住宅産業解体処理業連絡協議会: 資源循環型解体試験解体工事報告書, pp. 1-16, 1999.
- 6) 橋本征二, 寺島泰: 建築解体廃棄物の原単位設定, 廃棄物学会論文誌, Vol. 10, No. 1, pp. 35- 44, 1999.
- 7) 社団法人全国解体工事業団体連合会: 木造建築物解体工事の現場「木造(軸組)住宅解体組成分析調査報告」, pp.32-54, 2000.
- 8) 恒次祐子, 軽部正彦, 外崎真理雄: 木質系住宅解体材における再資源化率向上のシナリオとその評価, 日本建築学会環境系論文集, 第 567 号, pp. 1-6, 2003.
- 9) 野城智也: 戸建住宅の解体実態から見た解体材利用阻害要因, 廃棄物学会誌, Vol. 11, No. 2, pp. 117-125, 2000.
- 10) 宮崎博文, 手壊し解体工法による古材の有効利用について, 木材学会九州支部研究発表会論文集, 2002.
- 11) 宮崎博文, 住宅解体廃木材の有効利用をめざした手壊し解体工法について, 全国環境保全公害防止技術研究発表会講演集, 2003.
- 12) 宮崎博文, 田中圭, 井上正文, 高梨啓和, 平田誠, 羽野忠, 住宅解体廃木材の有効利用をめざした手壊し解体工法の提案, 廃棄物学会論文誌, Vol. 14, No. 4, pp. 219-227, 2003.
- 13) 本多淳裕, 山田優: 建設副産物・廃棄物のリサイクル, 省エネルギーセンター, pp. 202 - 206, 1994.
- 14) 総務省統計局, 平成 10 年住宅土地統計調査集計, 住宅産業情報サービス, 2000.
- 15) 国土交通省, 平成 13 年度版建築統計年報, 建設物価調査会, 2001.
- 16) 野城智也: 解体される住宅の構造材の再利用のための工法システム開発に関する基礎的研究 (1), 住宅総合研究財団研究年報, No. 20, pp. 369-379, 1993.
- 17) 有馬孝礼, エコマテリアルとしての木材, 材料, 43, pp.127-136, 1994.
- 18) 大熊幹章, 炭素ストック, 収支の観点から見た木材利用の評価, 木材工業, Vol. 53, No. 2, pp. 54-59, 1998.
- 19) 井村秀文, 建設の L C A, pp. 47-50, オーム社, 2001.

(2003. 5. 22 受付)

RECYCLING OF TIMBERS FROM WOODEN HOUSE BY HANDWORKED DEMOLITION SYSTEM

Hirofumi MIYAZAKI, Kei TANAKA, Masafumi INOUE, Hirokazu TAKANASHI,
Makoto HIRATA and Tadashi HANO

For the purpose of recycling of timbers from wooden house we devised the handworked demolition system that was possible to get main components such as pillars, beams etc. in perfect, and to reuse for building woods after processing. We compared this system to classified demolition one that was now in use, on environmental and economical point of view, through demolition, waste disposal and recycling processes.

This system was proved to be better than classified one, because it consumed less energy and expenses, and provided useful building woods, and was used exist wood manufacturing.