集合住宅の解体及びリサイクルのエネルギー消費に関する調査研究

主査　高　偉俊*1
委員　福田展淳*2，石川達郎*3，深堀秀敏*4，　徳原英利*5，立塚祐司*6，内木利行*7，　箱嶋隆*8

本研究では地球環境の視点から建材リサイクルのためのエネルギー消費を評価基準として選択する。住宅における省資源，省エネルギーの視点から，集合住宅を対象として，解体工事の現場からの追跡調査を行ない，住宅解体の現状，中間処理及び最終処分の現状を把握すると共に，解体工法や，解体材を再生するためのエネルギー消費量に関する計算方法を提示し，住宅解体から中間処理及び最終処分までの実態や特徴を明らかにすることを目的とする。本研究の最終目標として，建材リサイクルのためのエネルギー消費の評価手法を開発し，今後の循環型社会の構築及び建築環境産業の振興に貢献するものと期待できる。

キーワード　：1）建材，2）リサイクル，3）集合住宅，4）エネルギー消費，5）解体，6）再資源化，7）調査研究

INVESTIGATION ON ENERGY CONSUMPTION OF RECYCLE AND DEMOLITION IN HOUSE COMPLEX

— Building material　Recycle　House complex　Energy consumption　Demolition　Re-resource　Field study —

Ch.　Weijun Gao
Mem.　Hiroatsu Fukuda ，Tatsurou Ishikawa ，Hidetoshi Fukahori ，Hidetoshi Tokuhara, Yuji Tachizuka,　Toshiyuki Uchiki and Takshi Hakoshima

In this study,　the situation of building demolition construction has been firstly investigated for residential buildings. From the viewpoint of resource and energy saving,　we have examined the energy consumption for demolition,　recycle and re-use. According to field study,　a method to calculate the energy use to renew the building materials has been presented. By using an example of housing complexes,　the process of the demolition construction in 2001 and 2002 has been discussed. And the treatment method,　the schedule and energy use in each demolition construction project also have been analyzed.

1．研究の目的

わが国では，建設業界は約 3 分の 1 のエネルギーや資源を消費している。特に，90 年代に入り，建築物新築時総エネルギー消費量は 80 年代に比べ，2 倍近く増加している。その資材別構成比率は鉄が約 70%，セメントが約 15%で，合計 85%に達している。また，建築物新築時建物固定資源量も約 1.5 倍で，その内，鉄は 1.8 倍，セメントは 1.4 倍増加している。それに伴い，建設廃棄物の排出量も膨大で，全産業廃棄物の約 2 割を示している [1), 2)]。環境負荷の低減の為には，建築物解体材のリサイクル(再生)が急務である。平成 14 年 5 月 30 日に建設リサイクル法も施行された。建築解体の分野でも解体の手法が大きく変わってきていると考えられる。また，解体材を利用して製造された建築部材の中には，製造時よりもエネルギー消費量の少ない材がある可能性がある。建設産業は環境に多大な影響を与えており環境負荷の低減の為には，解体材のリサイクルに必要なエネルギー量を把握し，よりエネルギー消費量の少ないリサイクル材を使用することが必要であると考える。筆者ら [3)] の従来研究では，理論計算から，住宅解体のとき，解体材を再生するためのエネルギー消費量に関する計算方法を提示した。ライフサイクルの視点から，その手法を立証するため，更なる調査研究が必要である。

建材リサイクルを促進するため，建設廃棄物を再生する方法を評価する基準が必要である。本研究では地球環境の視点から建材リサイクルのためのエネルギー消費を評価基準として選択する。住宅における省資源，省エネルギーの視点から，集合住宅を対象として，解体工事の現場からの追跡調査を行い，住宅解体の現状，中間処理及び最終処分の現状を把握すると共に，解体工法や，解体材を再生するためのエネルギー消費量に関する計算方法を提示し，住宅解体から中間処理及び最終処分までの実態や特徴を明らかにすることを目的とする。本研究の最終目標として，集合住宅の解体のあり方，建材リサイクルのためのエネルギー消費の評価手法を開発し，今後日本の循環型社会の構築及び建築環境産業の技術開発のための指針と基準になるものと期待できる。

*1 北九州市立大学　助教授
*2 北九州市立大学　助教授
*3 北九州市環境局　主査
*4 北九州市監査課　課長
*5 株式会社響エコサイト　社長
*6 株式会社響エコサイト技術部　部長
*7 株式会社西日本産業　社長
*8 太平工業株式会社パーティクルボード事業部

2. 建設廃棄物のリサイクル現状に関する調査

本研究のテーマとして挙げている「建設廃棄物」は，産業廃棄物に含まれる。その排出量は年間約 8，500 万トンにも達し，全産業廃棄物の約 20%を占める程である。さらに最終処分される廃棄物のうち，44%を建設廃棄物が占めているのも現状で，今後，同じように最終処分される建設廃棄物が発生し続けると，その発生量は平成 12 年度の段階で約 8，500 万トンであったのが，平成 17 年度に 1 億トンに達する可能性がある[1)]。

建設廃棄物をはじめとする産業廃棄物が将来増加することは，もはや確実なものとなっている。このような現状の中，さまざまな企業が産業廃棄物のリサイクル事業を行ない始めた。

産業廃棄物の増加という問題と平衡し，我が国においてはもう 1 つ大きな問題がある。それは産業廃棄物の不法投棄である。平成 12 年度の段階で産業廃棄物の不法投棄量は，年間 40.3 万 t にも達している。近年は不法投棄件数なども減少傾向にあると考えられるが，平成 10 年度までは年々その件数も増え続け，廃棄物の処理に関して大きな問題を作ることとなった。産業廃棄物全体における不法投棄の現状は上記のとおりであるが，これらの大量な不法投棄量のうち，その約 60%は建設廃棄物である。これらの建設廃棄物は，ほとんどが建設現場あるいは解体現場から排出されたゴミで，処分費のコストダウンを図った一部の業者の悪質な行為が，このような結果をもたらしている。また，建設廃棄物の不法投棄件数に関しては，投棄量の割合を上回るほどで，全体の 67%を占めており，建設業界の見直しをせざるを得ない結果となっている。

今日，我が国ではこれらの産業廃棄物をどうリサイクルするかが最重要課題となっており，特に建設関連の廃棄物に関しては，平成 14 年 5 月 30 日に建設リサイクル法も施行された程で，廃棄物のリサイクルが盛んに行われ始めたことを物語っている。これに伴い，建築解体の分野でも解体の手法が大きく変わってきていると考えられる。

住宅解体材とは，建物の解体工事から出る建設汚泥，コンクリートガラなどを指している。以下の表 2-1 に建設省の定める建設廃棄物を一覧にしてまとめた。建設発生土等と建設廃棄物を併せて，建設工事及び解体工事からでる有価物及び廃棄物と定義されている。

3. 再生方法の分類

新規部材と住宅解体材を利用した再生部材との製造フローに関しては，素材から新規の住宅部材を製造するまでの工程は，一次加工と二次加工とに分けられる。素材を建築材料にする加工を一次加工といい，建築材料から住宅部材にする加工を二次

表 2-1　建設廃棄物の定義

分類		小分類		構成物
建設廃棄物	一般廃棄物	事務所ごみ等		現場事務所での作業、作業員の飲食に伴う廃棄物 (図面、雑誌、飲料空缶、弁当がら、生ごみ)
		燃え殻		現場内焼却残さ物(事務所ごみ)
	産業廃棄物	安定型	がれき類	工作物の除去に]伴って生じたコンクリートの破片　その他これに類する不要物 ①コンクリート破片 ②アスファルト・コンクリート破片 ③レンガ破片
			ガラスくず 及び陶磁器くず	ガラスくず、タイル衛生陶磁器くず、耐火レンガくず
			廃プラスティック	廃発泡スチロール、廃ビニール、合成ゴムくず、 廃塩ビパイプ、廃シート類
			金属くず	鉄骨鉄筋くず、金属加工くず、足場パイプや保安塀くず、廃缶類
			ゴムくず	天然ゴムくず
		安定型 処分場 で処理 できな いもの	汚泥	含水率が高く粒子の微細な泥状の掘削物。掘削物を標準仕様ダンプトラックに山積みができず、また、その上を人が歩けない状態(コーン指数がおおむね2以上又は一軸圧縮強度がおおむね1.5kg/cm2以下) 具体的には、場所打杭工法・泥水シールド工法等で生じる廃泥水
			ガラスくず及び陶磁器くず、 ガレキ類	廃石膏ボード
			廃プラスティック	有機性のものが付着・混入した廃容器・包装
			金属くず	有機性のものが付着・混入した廃容器・包装、鉛管
			木くず	解体木くず(木造家屋解体材、内装撤去材)、新築木くず(型枠、足場材等、内装・建具工事等の廃材)、伐採材、伐採根
			紙くず	包装材、ダンボール、型紙くず、障子
			繊維くず	廃ウェス、縄、ロープ類、畳、じゅうたん
			廃油	アスファルト乳材等の使用残さ液(タールピッチ類) 防水アスファルト、重油
			燃え殻	現場内焼却残さ物(ウェス、ダンボール等)
	特別管理 産業廃棄物		廃石綿等	飛散性アスベスト廃棄物(吹付け石綿・石綿含有保温材・石綿含有耐火被覆を除去したもの、石綿が付着したシート・作業衣等)
			引火性廃油	揮発油類、灯油類、軽油類

加工という。住宅の再生材料は，住宅を解体してから，再資源化され，住宅部材の材料として再び利用できる材料を指す。解体材から住宅部材を製造することを再生といい，その方法を再生部材までの加工状況によって，再使用，再利用，再生利用の３つに分類した。再使用は，解体された材料の形状・性質を変化させること無く，再び使用する方法を指す。再利用は，解体材を収集・分別した後，建築部材を構成する材料として加工する方法を指す。再生利用は，解体材を収集・分別した後，建築材料を構成する素材として加工する方法を指す。表 3-1 にまとめて記す。各再生方法の具体的例を表 3-2 にまとめて記す。

4. 住宅部材の解体及び再生の現状に関する調査

住宅解体材の現状を把握するためにハウスメーカー3 社，中間処理場 6 社及び再生工場 8 社へヒアリング調査を行った。ヒアリング調査により判明した現状の問題点は以下のとおりである。

①住宅部材が多種類の材料で構成されること

住宅部材の中には，多種類の材料が組み合わされた部材が多いため，再生時に材料毎に分別することが難しい。これらの部材は，分別の費用が高く，混合廃棄物として処理されている。具体的には，石膏ボードに接着されているビニルクロスがこれにあたる。

②住宅部材のメーカーが再生する義務を負わないこと

建材メーカーは，自社の製品に対する再生義務を負いない。しかし某メーカーによると，今後，「廃プラスチック」，「繊維板」，「塩ビ樹脂」，「ＦＲＰ」で構成される製品については，経済産業省の定めるリサイクル法の対象となる可能性が大きい。

③不透明な排出事業者責任

解体材は，解体業者→中間処理業者→再生工場或いは最終処分へと流れる。解体コストは，住宅居住者の負担であり，ハウスメーカーは解体業者に委託しているのが現状である。包装容器のリサイクル法の流れを見ると，製造物責任が原則となっており，建材の製造メーカーと建設業者にそれぞれ責任が分かれると思われる。

しかし，住宅部材は様々なメーカーのものが使用されており，それぞれに責任を負わせるには，デポジット制などの検討が考えられる。住宅居住者は，ハウスメーカーとの契約であるため，解体コストを不満とすると思う。住宅メーカーの競争が激しくなれば，ハウスメーカーの営業マンが「弊社では，解体コストはサービス料金となっております。」と言うのも十分に考えられる。

解体材は，居住者の私有財産であるため，どのように処理するのかは，ハウスメーカーが委託を受け，決定を下す。解体後の処理方法には，リサイクルから最終処分まで様々な技術があるが，各住宅の立地条件，各解体材の市場によって，最も安価な方法で処理されているのが現状である。

④どの廃棄物をどのように処理すればよいのか

主な建設廃棄物，汚泥，コンクリートガラ，木くず，金属くずなどは再生可能であり，再生率の目標値が設定されている。

表 3-1　再生方法の分類

再使用	解体材を分別・洗浄したのち再び部材として使用する。例：伝統木造軸組構法の梁・柱を手で壊して再び使用する。
再利用	解体材を分別・破砕・粉砕・焼却・減容・研磨などの処理を加え、材料として再び利用する。例：コンクリートガラを破砕・選別して、コンクリートの骨材として使用する。
再生利用	解体後、分別・破砕・粉砕・焼却・減容・精製などの処理を加え、素材として再び利用する。例：廃プラスチックをモノマーまで戻す。

表 3-2　解体材の再生方法及び再生用途

類	再生方法	再生材料	再生部材
汚泥	再利用	改良土　他	埋戻し土
がれき類	再利用	再生骨材　他	再生骨材コンクリート
木材	再利用	木材チップ　他	木質系繊維板
金属くず	再利用	粗鋼	鉄鋼製品
ガラスくず	再利用	ガラス・カレット	ガラスタイル、ブロッ
陶磁器類	再利用	再生骨材　他	再生骨材コンクリート
廃プラスチック	再利用	プラスチック・ペレット　他	プラスチック製品
	再生利用	スチレン・モノ	プラスチック製品
ゴムくず	再利用	ゴムチップ　他	ゴムタイヤ他

表 5-1　平成 14 年度北九州市公共工事における建築副産物リサイクル実績

解体材	現場搬出量（ｔ）	再生資源利用促進率（%）
コンクリート	25941	70.4
発生木材	1046	62.8
アスファルト	1522	92.1
伐木材	112	80.1
建設汚泥	2936	80.1
混廃	535	2.6
金属くず	774	81.2
廃プラ	287	5.4
紙くず	185	8.9
アスベスト	43	0
その他	522	24.2
廃棄物合計	33902	69.5
発生土	48855m³	64.1

一方住宅解体材は，複合材などが多く異物の混入率が大きいため，建築材料メーカーは責任を持って再生するか，最終処分にかかる費用を支払うべき。問題は，解体方法によって分別の難易度，再生率が上下する事である。解体材の適正な処理へ向けて実施するべき事は，①解体方法のマニュアル化，②この解体方法に基づいた場合の混合廃棄物の種類及び発生量，⑧混合廃棄物を構成する住宅部材の量に基づいて，建材メーカーが支払うべき費用を決定すること。

5. 北九州市公共工事における解体工事の建設廃棄物

この節では，福岡県北九州市を対象地域とし，産業廃棄物における建設廃棄物についての実態を踏まえて，平成 14 年度の公共工事解体工事における現状を把握し，建築物の解体から中間処理，最終処分，再資源化までの現状及び特徴を明らかにする。

北九州市公共工事の建設副産物について，北九州市建築都市局により搬出量ベースで集計されたデータを用いる。

5.1　北九州市平成14年度リサイクル実績

平成14年4月1日から平成15年度3月31日までの建設副産物搬出量についてまとめる。表5-1に，平成14年度の北九州市公共工事における建設副産物リサイクル実績を示す。総工事件数は115件，発生した建設副産物は合計33902トン，そのうち再資源化されたものは22341トンで，再資源利用促進率は69.5%である。発生土は48855m³で，発生土を含めた再資源利用促進率は64.1%となる。また，解体材別に再資源利用促進率をみると，特定資材にあたるコンクリートは70.4%，木材は62.8%，アスファルトは92.1%，伐木材は80.1%，金属くずは81.2%が再資源化されたものとわかる。

5.2　解体工事における公共工事の建設廃棄物搬出状況

図5-1に，平成14年度解体工事における構造別建設副産物の1㎡あたりの搬出量を示す。図5-2に，解体工事における構造別建設副産物の処理方法を示す。図5-1より，解体事例における1㎡あたりの建設副産物搬出量は，S造，CB造，RC造いずれにおいてもコンクリートの搬出量が突出しているが，図5-2より，建設副産物の処理方法をみると，木造以外の建築解体工事では，RC造では全体の100%近く，S造及びCB造では建築副産物全体の80%以上が再資源化処理されているとわかる。木造建築物では，建築副産物の大半は木材或いは伐木材であり，処理方法は，主に，再資源化，有償売却，焼却処分となっている。木造建築解体工事において，再資源化された建設副産物は全体の30%にも及ばないが，再資源化されたものに焼却処分処理及び有償売却されたものを併せれば，木造建築解体現場で発生した建設副産物全体の60%以上がリサイクルされていると判断できる。

5.3　集合住宅解体事例

平成15年4月現在，北九州市は同市内に33239戸，427団地の市営住宅を管理する。北九州市の団地建設のピークは1970年代半ばまでで，その後は，およそ一定の割合で建設及び建替え等が進められている。北九州市市営団地における建替え年数は築40年前後で，平成14年度には5つの市営住宅団地で解体工事が行なわれた。表5-2に，平成14年度に解体工事の実施された市営団地及びその他建築物について概要を示す。平成14年度市営団地解体工事における建設副産物総量は，H団地1061トン，OT団地2683トン，Y団地6647トン，K団地6647トン，H2団地1446トンで，団地ごとの再資源化率は，順に100%，97.5%，62.2%，99.8%，97.9%である。

6.　解体材の再生にかかるエネルギー消費量実態調査

6.1　調査概要

調査の目的は，再資源化処理のエネルギー消費量，2次加工のエネルギー消費量を明らかにする。

再資源化処理についての調査では，中間処理場における，再資源化処理のエネルギー消費量を調査した。

調査項目は，

・解体材の処理量（トン／月）

・再資源化処理の工程で使用している処理機械の性能（単位

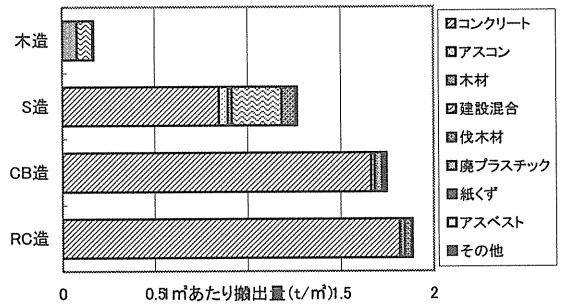

図5-1 解体工事1㎡あたりの構造別建設副産物搬出量

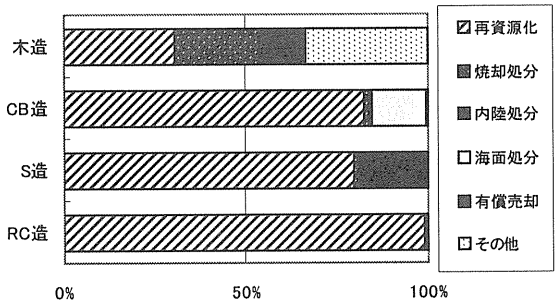

図5-2 平成14年度解体工事構造別建設副産物処理方法

表5-2 平成14年度北九州市公共工事における集合住宅の解体工事事例

工事名	建築面（㎡）	延床面（㎡）	構造	階数	建設副産物搬出総量（t）	再資源化建築副産物（t）	再資源化率（%）
H団地解体工事	988	494	CB造	2階	1061	1061	100.0%
OT団地解体工事	280	1606	CB造	2階	2683	2616	97.5%
Y団地解体工事	—	1684	CB造	1階	2875	1792	62.3%
K団地解体工事	614	2190	RC造	4階	6647	6634	99.8%
H２団地解体工事	—	1413	RC造	4階	1446	1415	97.9%
H教職員住宅解体工事	—	1047	RC造	2階	1763	1715	97.3%
Y教職員住宅解体工事	184	552	RC造	3階	831	826	99.4%

処理能力（t/h），動力(kW)）

・１月あたりの工場の電力，燃料の消費量（ＭＪ／月）

・解体現場～中間処理場までの輸送距離（km）

調査した会社はアンケートでは28社，ヒアリングでは6社であった。そのうち，取扱廃棄物に関して，汚泥は５社，がれきは９社，混合廃棄物は３社，木くずは２社，廃棄プラスチックは４社，発砲スチロールは３社，ガラスくずは３社，金属くずは5社であった。有効回答数は14社であった。表6-1には概要を示す。

２次加工についての調査では，再生部材の製造工程における２次加工のエネルギー消費量について調査した。

調査内容は

・再生部材の月間生産量（トン／月）

・再生部材を構成する材料の種類及び使用量

・製造工程で使用している処理機械の性能（単位処理能力（トン/時），動力(kW)）

・１月あたりの工場の電力，燃料の消費量（ＭＪ／月）

であった。

調査した会社はアンケートでは59社，ヒアリングでは8社であった。そのうち，廃棄物を主原料とする会社に関して，汚

表6-1　中間処理場への調査概要

調査目的	再生エネルギー消費量の計算方法を検証する
調査対象	建設廃棄物の中間処理を行っている会社
調査方法	アンケート調査　28社 ヒアリング調査　6社
調査内容	①解体材の処理量 ②再資源化工程及び処理機械の性能 ③各工程にかかる電力、燃料消費量 ④解体現場～再生工場への輸送距離
問題点	○解体時に請負契約が結ばれる為、再生にかかる費用が回収できない ○再生材料の品質が劣化する傾向にあるため利用用途が限られる ○解体方法及び再資源化処理に規則がない ○混合廃棄物の焼却コストに比べ、再資源化処理にかかるコストが高い

表6-2 再生工場への調査概要

調査目的	再生エネルギー消費量の計算方法を検証する
調査対象	再生部材を製造している会社
調査方法	アンケート調査　59社 ヒアリング調査　8社
調査内容	①再生材料の処理量 ②2次加工の工程及び処理機械の性能 ③各工程にかかる電力、燃料消費量
問題点	○再生材料の品質が劣化する傾向にあるため利用用途が限られる ○再生材料の費用が高い

表6-3　調査する再生建材メーカーの一覧表

主原料	再生方法	再生部材	製品名	製造元
建設汚泥	再生利用	改良土	マルセラ	MARU
	再生利用	汚泥調整剤	ST-エコロ	MITSU
	再生利用	盛り土		TANA
	再生利用	陶管	セラダクトA(エース)	SUGI
	再生利用	床仕上げ、内壁	SOILセラミックス	INA
下水汚泥・スラグ	再生利用	ヒューム管	エコノベル	THI
	再生利用	外壁材	エコ・チャート	KAKE
産廃焼却灰	再生利用	セメント	エコセメント	THSE
	再生利用	セメント	エコセメント	NE
セメント	再生利用	セメント板		NOZ
コンクリート破片	再利用	コンクリート用骨材	なし	FSP
	再利用	コンクリート用骨材	なし	THK
	再生利用	コンクリート用骨材		NDRO
	再生利用	コンクリート用骨材	アスファルト合材再生品、砕石再生品	NHD
	再利用	コンクリート用骨材	-	OSK
	再生利用	コンクリート用骨材	再生骨材	IWT
発泡スチロール	再生利用	埋戻し材	エコロベースIG	SIS
	再生利用	断熱材	EPF	OHP
	再生利用	軽量骨材	EPS骨材	HOS
間伐材、セメント粉、セラミック粉	再生利用	木質セメント板	MKボード	EMA
木くず	再生利用	木質繊維板	木毛セメント板(仮	THSK
	再生利用	木質繊維板	小型木材解繊装置	TYKF
	再生利用	木質繊維板	ノダハイベストウッド	ND
	再生利用	壁下地	ストロングボード	KFK
	再生利用	パーティクルボード	PEP	DTN
	再生利用	パーティクルボード	-	NSK
	再生利用	パーティクルボード	ミヤコボード	MFB
	再生利用	パーティクルボード		NNB
	再生利用	パーティクルボード	-	TBK
木くず、廃プラスチック	再生利用	内部仕上げ	ゼオパークウッド	NZN
メラニン化粧板	再生利用	メラニン化粧板		OMS
スチールパーティション	再生利用	パーティクルボード	フレキシブルウォールFCN型	ITK
パーティション トレイブースパネル	再生利用	パーティクルボード	リサイクル複合板	MJS
古紙、排煙脱硫石膏、高炉水砕スラグ	再生利用	石膏ボード	クリーンSG	NNS
石膏ボード	再生利用	石膏ボード	タイガーボード	YSN
	再生利用	石膏ボード		CYD
	再生利用	石膏ボード	セメント原料、土質改良材	THS
	再生利用	石膏ボード・木毛セメン	アドラ石膏ボード	NTSS
生石灰	再生利用	内部仕上げ	タナクリーム	TNSH
金属くず	再利用	棒鋼	H-con	HKKK
	再利用	鉄骨		SNT
				NTR
	再生利用	浄化槽	SUS444パネルタンク	MMK
アルミニウム	再利用	アルミ構造材	アルミニウム構造材	NAM
	再利用		アルミニウム	CGR
	再生利用	その他		SNA
	再生利用	アルミサッシ		TST
ガラスくず、アルミニウム	再生利用	内外壁、床、天井仕上	アルセライトGタイプ	TYA
ガラスくず、セメント、溶融亜鉛メッキ鋼板	再生利用	床材	カレットフロアー	KKY
	再生利用	床仕上げ、外壁、舗装	クリスタル・クレイ	NDG
ガラスくず	再生利用	タイル	REGA	TTO
	再生利用	タイル	ミラクルストーン	MRK
	再生利用	タイル	クリスタルクレイ	KRS
	再生利用	ブロック	セラロッサ	KRS
	再生利用	人工軽量骨材	スーパーソル	NFN
	再生利用	人工軽量骨材		KRS
	再生利用	吸音材	エスミュート	NNTK
	再生利用	吸音材	カレットハイソーン	NGJ
	再生利用	防水・シーリング材	Gライト 防水工法	TNT
ガラスくず、陶磁器くず	再生利用	仕上げ塗料	R-サンド 翔	UH
陶磁器くず		防水・シーリング材	陶器質施ゆう内装タイル	KYT
		防水・シーリング材	せっ器外装タイル(無釉)	KPES
		防水・シーリング材	シャトルシリーズ、アートテッセラ、シャトルポリッシュ、シャトルブラスト、リブクラフト、スクラッチタイル、ブリザード等	NTIK
		防水・シーリング材		SKZK
	再生利用	防水・シーリング材	ミラクルストーン	MRK
	再生利用	床材	リサイクルレンガ	NSY
ウレタンポリマー	再生利用	軽量骨材	ウレサンド-U	UBS
廃プラスチック	再生利用	その他	強化プラスチック	SSK
	再生利用	その他	プラスチック	TN
	再生利用	その他	プラスチック	HSE
	再生利用	その他	プラスチック	SNS
	再生利用	その他	ライトコンクリートM-I	MRM
	再生利用	その他	ABS樹脂	UBS
	再生利用	その他	プラスチック	PRS
ビニル、PET	再生利用	木材	M-WOOD2	MSW
樹脂	再生利用	樹脂サッシ		TKY
ビニル	再生利用	塩ビ		SBKK
廃ポリスチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン	再生利用	燃料油	廃プラ油化装置	KNK
廃石綿	再生利用	断熱材	エスファイバー	NSKR
	再生利用	断熱材		NTH
	再生利用	吸音材	ダイロートン	GIK
混合廃棄物	再生利用	その他	メタル	KWK

泥は6社，コンクリート破片は6社，木くずは9社，廃棄プラスチックは7社，ガラスくずは10社，金属くずは4社，陶磁器くずは6社であった。有効回答会社は28社であった。表6-2には概要を示す。

詳細に調査を行った再生部材の製造会社をまとめて表6-3に記す。項目によって重複があり，なおプライバシーを保護するたうめ，製造会社は任意表記にしている。

6.2 調査結果

6.2.1 再資源化処理についての調査結果

中間処理業者へ行った調査結果を表6-4にまとめて記す。

表6-4に示すように，工程等の違いによって再生エネルギーの消費量は大きな差があるが，がれき類の処理ではDISY社を除けば，再生エネルギー消費量は75～136の間にある。また木材チップの中間処理も概ね110～200の間に変化している。

後節の理論計算でさらに検討を行なう。

6.2.2 2次加工についての調査結果

以下に調査を行った再生部材の製造会社をまとめて記す。調査項目について表6-5にまとめる。表の前半は再生建材作るための材料及び使用量を，後半は使用燃料及び使用量を示している。アンケート会社の申告により最後の列に再生建材の製造エネルギー消費量を合計する。

7. 解体材を再生するためのエネルギー消費量に関する理論研究

住宅部材の製造エネルギー消費量の求めかたは，部材を構成する全ての材料に含まれるエネルギーと部材へと加工する時の2次加工のエネルギー消費量を合計する。材料に含まれるエネルギー消費量とは，材料を構成する全ての素材にエネルギーと材料へと加工するときの1次加工のエネルギー消費量を合計したものです。素材に含まれるエネルギーとは，素材を採集・精製するときのエネルギー消費量を指する。

表6-4 中間処理のエネルギー消費量

解体材の名前	再生建材の名前	再生方法	会社名	工程1	エネルギー1	工程2	エネルギー2	工程3	エネルギー3	再生のギー消費量
					(MJ/t)		(MJ/t)		(MJ/t)	(MJ/t)
汚泥	改良土	配合	MTSU	配合	1.26					1.26
	改良土	配合	KYBK							75
がれき類	コンクリート骨材	破砕	DKDB	1次破砕		2次破砕		選別		111
	コンクリート骨材	破砕	JRSY	1次破砕	5	2次破砕	63.6	選別	6.1	75
	コンクリート骨材	破砕	DISY							5
	コンクリート骨材	破砕	TKEI							136
木くず	木材チップ	破砕	DKDB	1次破砕		2次破砕		選別		111
	木材チップ	破砕	TKEI	1次破砕		2次破砕		選別		136
	木材チップ	破砕	ISTK	1次破砕		2次破砕		選別		197
	木材チップ	破砕	ICKN	電力	129	灯油	70		0	200
混合廃棄物	固形燃料	破砕・減容	DKDB	1次破砕		風力選別		2次破砕		111
ガラスくず・陶磁器類	ガラス・カレット	選別・破砕	IOGR	破砕	36					36
	ガラス・カレット	選別・破砕	TKEI	1次破砕		2次破砕		選別		136
金属くず	金属くず	破砕	DKDB	1次破砕		2次破砕		選別		111
	金属くず	破砕	TKEI	1次破砕		2次破砕		選別		136
プラスチック類	廃プラスチック	破砕	NSNT	破砕	167		0		0	167
	廃プラスチック	破砕・溶融	HUNS	破砕	225	溶融	543	灯油/溶融	445	1,212

表6-5 再生建材の製造エネルギー消費量

解体材の名前	再生建材の名前	再生方法	使用材料1	使用量1	使用材料2	使用量2	使用材料3	使用量3	材料合計Ton	使用燃料1	使用量1	使用燃料2	使用量2	使用燃料3	使用量3	再生製造エネルギー消費量(MJ/ton)
建設汚泥	改良土	再利用	建設発生土							電力	69	LPG	703		0	772
	セメント原料	再生利用	下水汚泥脱水ケーキ	28	都市ゴミ	0	石灰石	6.3	34							2,907
	内装用タイル	再生利用	建設発生土	502	珪石	4.2	消石灰	3.1	509	電力	1,967	ブタン	1,017	プロパン	113	3,098
木くず	パーティクルボード	再生利用	解体材チップ	48	接着剤	2,574	パラフィン	39	2,661							
	ハードボード	再生利用	維	622	接着剤	240	パラフィン	51	914							
	木質系外装用壁材	再生利用	廃木材チップ	89	PP樹脂	495		0	584	電力	14,586		0		0	14,586
		再生利用	廃木材チップ	89	PP樹脂	495	顔料	0	584	電力						
廃石膏ボード	石膏ボード	再利用	石膏	16	廃石膏15%	3	紙	1,067	1,086	電力	687	重油	2,750		0	3,437
アルミニウム	アルミ製内外装壁	再利用	アルミニウム再生地金	4,122	Gライト	1,402		0	5,524	鋳造		湯道切断		矯正		3,861
ガラスくず	床タイル	再生利用	セメント	1,900	ガラスくず	7	高炉スラグ	0	1,907	配合・混練		プレス		研磨		360
	ガラス・ブロック	再生利用	ガラスくず	35					35	LPG	17,841	電力	364			18,205
廃プラスチック	メラミン樹脂	再生利用	メラミン樹脂	1,541	フェノール樹脂	3,210	紙	10	4,760	電力	1,654	LNG	4,011	重油	12,630	18,296
廃石綿	再生断熱材(ロックウール)	再利用	高炉スラグ	74,662	珪石	3.3		0	74,665	電力	25	コークス	6,657	灯油	1,617	8,299

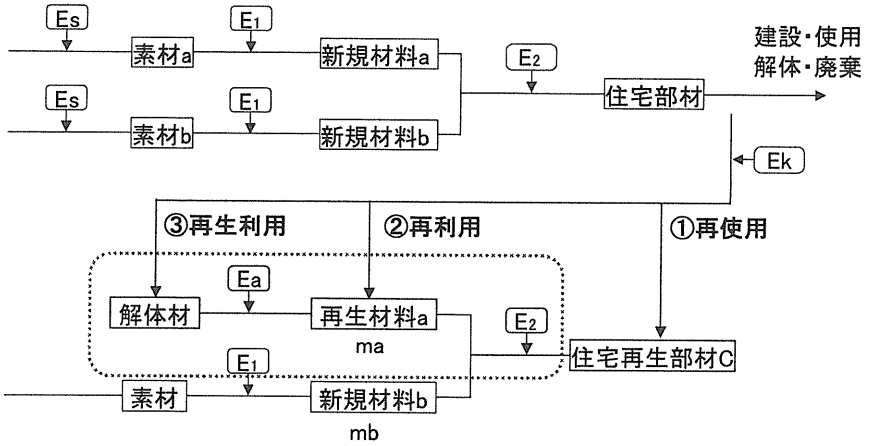

図 7-1　再生建材のエネルギー消費量の計算方法

7.1　計算方法の定義

再生部材のエネルギー消費量を，中間処理場における再資源化処理のエネルギー消費量，再生工場での２次加工のエネルギー消費量の合計と定義する。それぞれのエネルギー消費量は，工程に使用される処理機械の処理能力及び単位時間あたりの電力，燃料の消費量から求める。以下に，計算方法を図 7-1 に示しながら説明する。

新規の住宅部材の製造に消費されるエネルギー量は，素材を作るためのエネルギー消費量（Es），一次加工エネルギー消費量（E_1）と二次加工エネルギー消費量（E_2）の和として求められる[4]。

解体に必要なエネルギー量は解体エネルギー消費量（Ek）とし，解体材から再生材料までに必要なエネルギーは再資源化エネルギー（Ea）と定義した。再生時の住宅部材に消費されるエネルギー量は，解体エネルギー消費量（Ek），再資源化エネルギー消費量（Ea）と二次加工のエネルギー消費量（E_2）の和となり，これを住宅部材再生エネルギー消費量（Ec）と定義する。従って，住宅再生部材Ｃの住宅部材再生エネルギー消費量Ecは以下の式によって求められる。

$$Ec = \Sigma(Es + E_1)\cdot m_b + \Sigma(Ek + Ea)\cdot m_a + E_2 \quad (MJ/kg) \tag{1}$$

ここでは，

m_a：１kgの再生部材Ｃに必要な材料ａの重量（kg/kg）

m_b：１kgの再生部材Ｃに必要な材料ｂの重量(kg/kg)

Es：材料ｂに必要な素材をつくる為のエネルギー消費量(MJ/kg)

E_1：素材から新規材料ｂをつくるための一次加工エネルギー消費量(MJ/kg)

Ek：解体エネルギー量(MJ/kg)

Ea：解体材から再生材料 a までの再資源化エネルギー消費量(MJ/kg)

E_2：再生部材Ｃの１kgあたりに必要な二次加工エネルギー消費量(MJ/kg)

一次，二次加工に消費されるエネルギー量は加工に必要な燃料や電力の使用量及び再生材料の使用量から求める。(財) 国土開発技術研究センター「省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発」報告書（95 年）[4]では，部材ごとに加工の必要な電力，燃料原単位及び各構成材料の使用重量が発表されている。以下主に解体エネルギー消費量及び再資源化エネルギーについて述べる。

7.2 解体エネルギー消費量（Ek）

住宅を解体する際には，機械解体と手壊しの二通りがあり，それぞれ労働力と燃料が消費されているが，その正確な値が現状では明らかではないため，機械解体の時に関してはそのエネルギー消費量の値の試算を行った。

解体エネルギー消費量（Ek）は解体時に使用する重機のエネルギー消費量（Ew）と解体材を搬出する時の輸送エネルギー消費量（Et）との和により求める。(財) 日本木造総合情報センター「木質系部材等地球環境影響調査報告書」[5]では機械解体時に単位床面積あたりの重機のエネルギー消費量は約 28，000MJ/㎡と発表され，本文ではこれを原単位として引用した。従って，重機のエネルギー消費量は

$$Ew = 28,000 \times A \quad (MJ) \tag{2}$$

A ：住宅延べ床面積（㎡）

輸送エネルギー消費量は搬出車両の輸送回数，搬出車両の輸送エネルギー消費量及び輸送距離から求めた。従って

$$Et = \sum n \times Ew \times L \quad (MJ) \tag{3}$$

n ：解体材の排出原単位（kg/㎡）

Ew ：搬出車両の輸送エネルギー消費量（MJ/km）

L ：輸送距離（km）

搬出車両の輸送エネルギー消費量は車両の種類及び走行燃費によって計算できる。2ｔトラックと 4ｔトラックについての走行燃費は日産ディーゼルのデータ，10ｔトラックについての走行燃費は早稲田大学の調査報告書[6] よるデータを参考にした。トラックの燃料は，すべて軽油として考えた場合，軽油のエネ

表 7-1　再資源化処理にかかるエネルギー消費量の計算値

解体材	再生一次品	設備	処理手順	設備の名称	形式	出力	処理能力	単位重量出力	エネルギー消費量
						(kWh)	(t/h)	(kWh/t)	(MJ/t)
木材 集成材	解体材チップ （比重：0.352 t/m³）	定置式処理装置	解体木材						0.0
			破砕機	ハンマシュレッダ		260	30.1	8.6	31.0
			その他の設備及び照明			85	9.85507	8.6	31.0
		合計						17.3	62.1
	解体材フレーク 規格(3×1×1～15×3×4mm)	定置式処理装置	解体木材						0.0
			破砕機	ハンマーミル	350φ×500L	30	0.31	96.8	348.4
		合計						96.8	348.4
コンクリート	再生粗骨材 （比重：2.295 t/m³）[6]	定置式処理装置	再生粗骨材						0.0
			一次破砕装置	ジョークラッシャ	シングル・トッグル型[7]	75	30～60	1.7	6.0
			手動選別	コンベイヤー					0.0
			二次破砕装置	横型ハンマクラッシャ	シュレッダ型[7]	150	4～10	21.4	77.1
			振動ふるい装置		SBM-1500-3.7[8]	7.4	18	0.4	1.5
		合計						23.5	84.6
石膏ボード	石灰岩砕砂	定置式処理装置（高度処理）	石灰岩						87.6
			一次破砕装置	ジョークラッシャ	シングル・トッグル型[7]	75	30～60	1.7	6.0
			手動選別	コンベイヤー					0.0
			二次破砕装置	横型ハンマクラッシャ	シュレッダ型[7]	150	4～10	21.4	77.1
			振動ふるい装置		SBM-1500-3.7[8]	7.4	18	0.4	1.5
			湿式磨鉱型高度処理機	自生ミル	単一ドラム型[7]	300	0.5	600.0	2160.0
		合計						623.5	2332.2
鉄鋼製品	粗鋼(電気炉)*								11025.8
アルニミウム	アルミニウム(再生地金)[3]								25200.0

ルギー発生量は１Ｌあたり 40，000KJ である。これを１ｋｍ走行する時の輸送エネルギー消費量に換算するための式は，式 4 のようになる。

$$Ew = 40 \div 走行燃費 \qquad (MJ) \qquad (4)$$

躯体の再使用時は，全て手壊しにより解体すると仮定し，人力エネルギーは無視した。従って解体エネルギー消費量（Ek）は解体材の総重量が Ma であるときには，

$$Ek = \frac{Ew + Et}{Ma} \qquad (MJ/kg) \qquad (5)$$

7.3　再資源化エネルギー（Ea）

再資源化エネルギー消費量（Ea）は，中間処理の機械とその他の処理設備の単位処理能力あたりのエネルギー消費量から求めた。

$$Ea = \sum 3.6 \frac{Q}{P} \qquad (MJ/kg) \qquad (6)$$

Q　：機械（設備）の出力　(kW)
P　：機械（設備）の処理能力（kgh）

ただし，鋼材については，産業連関表を参考にして，粗鋼（電気炉）の製造エネルギー消費量を計算した。アルミサッシについては，再生地金の製造エネルギー消費量の値[4]を参考にした。例えば，コンクリート再生材料を作るためには，一次破砕装置で破砕して，そして選別を行ない，一定以上の大きさのもの二次破砕装置にかけて再び破砕を行ない，最終的に再生材料として再生粗骨材になる。この工程に必要な機械[7, 8, 9]は一次破砕用のジョークラッシャと二次破砕用のインパクトクラッシャと振動震い機，ベルトコンベア等であり，これらの機械の単位処理能力あたりのエネルギー消費量の総和から再資源化エネルギー消費量を求めた。表 7-1 に計算例を示す。その他の材料の再資源化エネルギー消費量は，同じ手法で求められる。

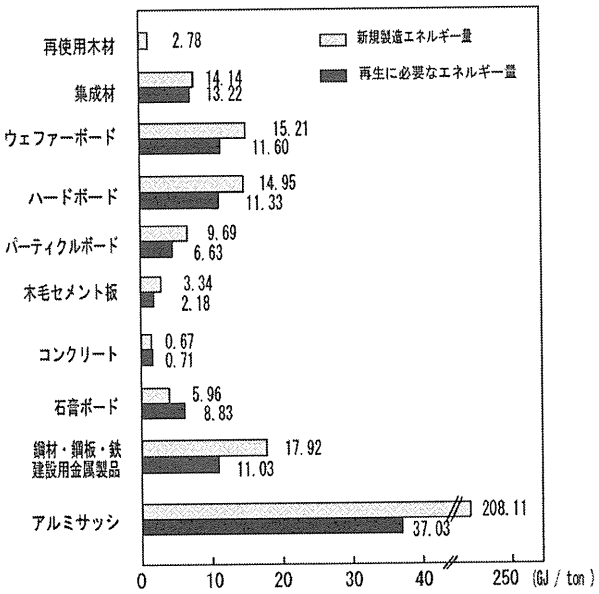

図 7-2　住宅部材の新規製造と再生エネルギー消費量の比較

7.4　住宅部材の再生エネルギー消費量の算定結果

式(1)を使用して各住宅解体材の再生時のエネルギー消費量を算定した。木材については再使用材についても算定した。鋼材は全て粗鋼(高炉)を材料として製造されたものとして計算している。算定結果を図 7-2 に示す。

解体材から木質ボードへの再生利用では，原料となる製材の製造工程が省かれ，再生エネルギー消費量の削減率は集成材の７%からパーティクルボードの 32%まで，平均で 22%になっている 。逆にコンクリートは，再生エネルギー消費量が 5%増加する。石膏ボードについては，解体材を細密な粉状に粉砕するため，新規の製造エネルギー量より 48%増加した。鋼材については，再生エネルギー消費量は約 40%削減された。アルミニウムは 80%強の再生エネルギー消費量が削減された。

表 8-1　OT 団地建物概要

	平成 13 年度事例	平成 14 年度事例
場所	北九州市八幡西区	
建築年数	築 35 年	
構造	補強コンクリートブロック造	
棟数	5 棟	6 棟
階数	2 階	2 棟
建築面積合計	656.6 ㎡	—
延べ床面積合計	809.2 ㎡	1608.6 ㎡

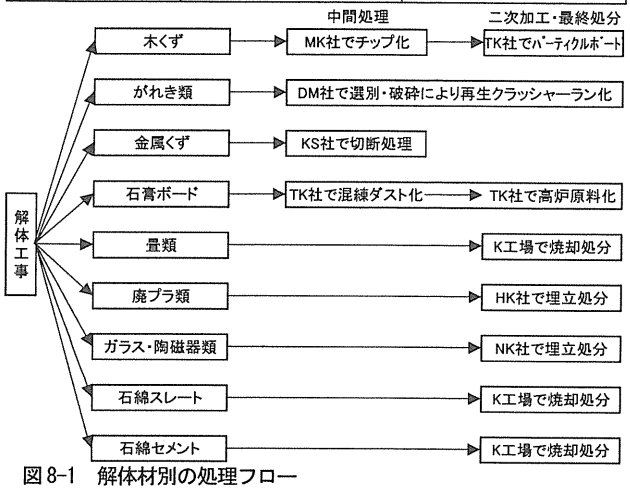

図 8-1　解体材別の処理フロー

8. 集合住宅解体リサイクルケーススタディ

事例研究として北九州市において，平成 14 年度に行なわれた集合住宅解体工事の現場からの追跡調査を行なう。そして平成 13 年度の解体工事の結果と比較をすることで，住宅解体の現状，中間処理及び最終処分の現状を把握すると共に，その時に消費

表 8-2　OT 団地解体工事概要

建設副産物の種類	平成 13 年度		平成 14 年度	
	処理方法	処理数量（t）	処理方法	処理数量（t）
石綿セメント	最終処分	0.61	—	—
石綿スレート	最終処分	12.44	—	—
ガラス、陶磁器類	最終処分	1.40	最終処分	2.00
石膏ボード	最終処分	21.85	中間処理	3.61
畳、襖、建設廃材	最終処分	6.40	—	—
畳類	—	—	最終処分	19.14
一般建材類	—	—	最終処分	7.24
木材類	中間処理	25.52	中間処理	29.14
木くず（生木）	最終処分	3.46	最終処分	1.61
廃プラスチック	最終処分	0.95	最終処分	0.35
金属くず	中間処理	28.98	中間処理	37.52
アスファルト	中間処理	95.02	中間処理	21.06
コンクリート	中間処理	862.64	中間処理	2561.40
合計	総排出量	1059.27	総排出量	2683.02
再資源化率	総排出量	95.6%	総排出量	98.9%

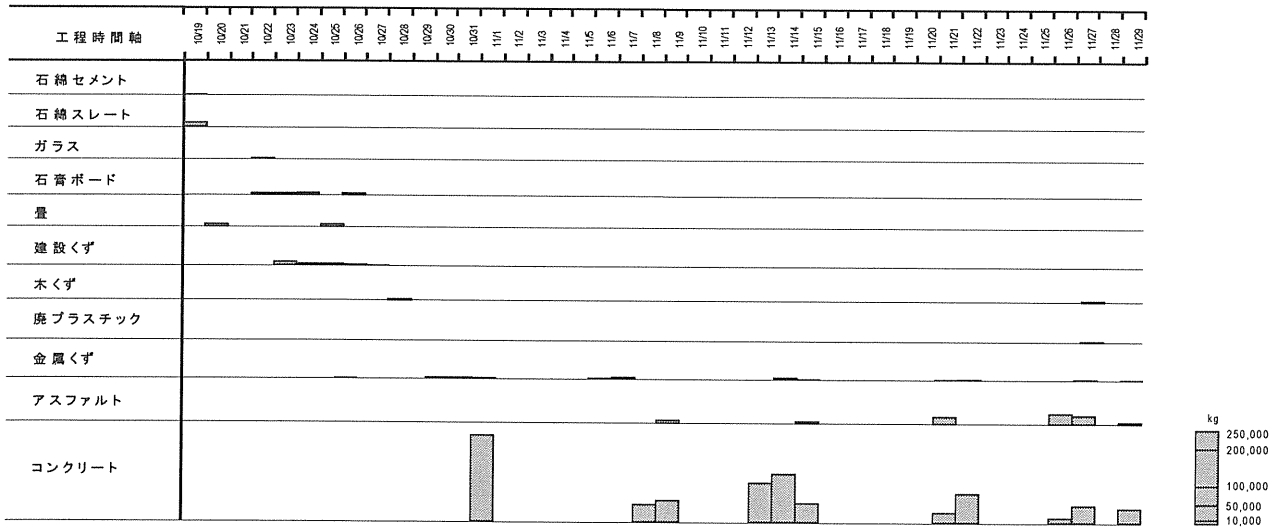

図 8-2　平成 13 年度・解体工事建材別工程と処理数量

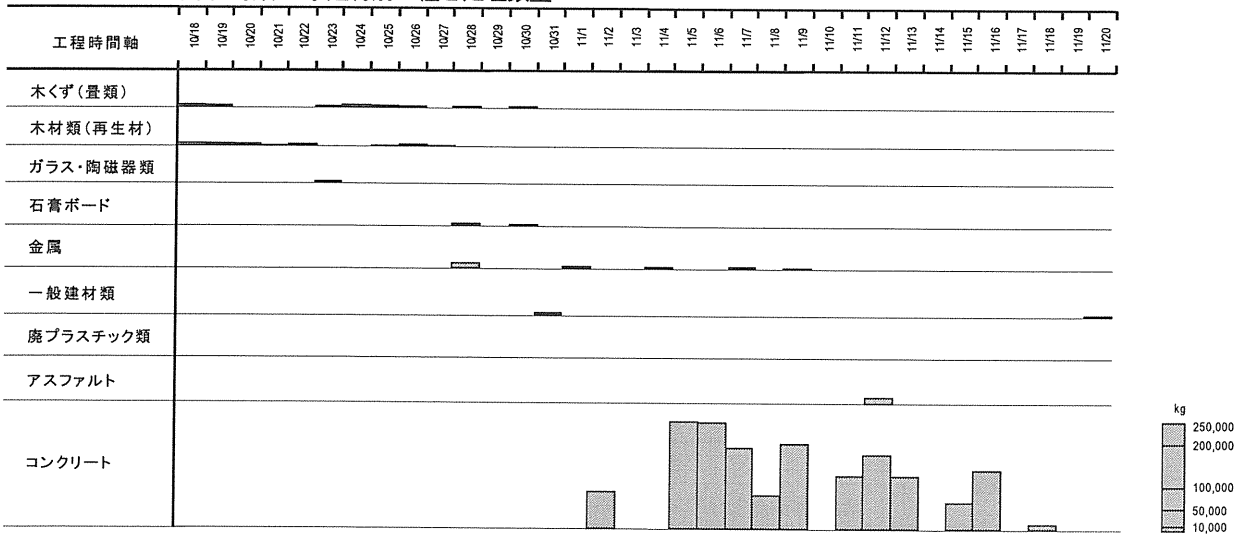

図 8-3　平成 14 年度・解体工事建材別工程と処理数量

したエネルギー量のケーススタディーを行ない，住宅解体から中間処理及び最終処分までの実態や特徴を明らかにする。

8.1 調査対象の概要

建設副産物処理方法の特徴を明らかにするため，平成13年度と平成14年度の団地解体工事の工程について，北九州市市営OT団地解体工事の例を取り上げる。これら2つの解体工事事例は，OT団地のもので，建物のデザイン等は異なるが，同団地内に建設されていた集合住宅である。表8-1に，建物概要を示し，表8-2に，平成13年度及び平成14年度の建設副産物処理方法ならびに建設副産物処理数を示す。OT団地では，解体工事を行なった解体業者が年度により異なるため，各業者の特性や相違点に着目し，解体工事の実態を把握する。

各年度の再資源化及び処理方法について述べると，再資源化については，建設副産物搬出総量における再資源化率は，平成13年度解体工事の95.56%に対し，平成14年度の解体工事は98.87%となっている。建設副産物ごとの処理方法については，大差はなく，平成13年度と平成14年度の解体工事で処理方法の異なるのは，石膏ボードのみで，平成13年度は最終処分処理されていたが，平成14年度は中間処理されるようになった。なお，建設副産物の種別は，平成13年度と平成14年度では，11種から9種になり，平成14年度の解体では石綿セメントと石綿スレート2種類の材料がリストに上っていなかった。

図8-1には，解体材別の処理フローを示している。平成13年度と平成14年度の調査によると，木くず・がれき類・金属くず・石膏ボードの4種類が中間処理及び二次加工により再利用されている。その他の解体材においては，埋立処分及び焼却処分されていた。

次に，平成13年度と平成14年度の解体工事工程について述べる。図8-2と図8-3には，それぞれの解体工事における処理工程と1日ごとの処理数量を示している。

まず，図8-2, 8-3においてコンクリート，アスファルト，金属の3種類に注目する。この3種類は，平成13年度の解体工事では比較的処理にばらつきがあった解体材だが，平成14年度においては，集中的に短期間で処理が行なわれているのが分かる。特にコンクリートを見ればわかりやすいが，1日にできるだけ多くの解体材を処理することで，作業に無駄がなく輸送の面でも一度にたくさんの解体材を運ぶことができ，輸送にかかるエネルギー消費量の削減に多いに役立っていることが予想できる。

8.2 解体及びリサイクルのエネルギー消費量

8.2.1 解体エネルギー消費量の算定

解体エネルギー消費量は，延べ床面積（㎡）×解体エネルギー消費量原単位28，000（MJ/㎡）の値となる。

計算結果を表8-3に示す。

8.2.2 輸送エネルギー消費量の算定

輸送エネルギー消費量については，前節で設定した計算方法で求めるが，解体材別に搬送される業者までの距離と，何tト

表8-3 解体エネルギー消費量

	平成13年度	平成14年度
解体エネルギー消費量(MJ)	22,657,600.0	45,040,800.0

表8-4 平成13年度解体工事における輸送エネルギー消費量

搬入先	解体材の種類	距離(km)	輸送エネルギー消費量(MJ)			
			2t車	4t車	10t車	合計
MK社	建設木くず	16.5	218.72	1,043.89	0.00	1,262.61
DM社	コンクリート	1.0	6.63	1,310.51	549.84	1,866.98
	アスファルト		79.54	198.84	0.00	278.37
NS社	金属くず	25.0	2,651.20	903.80	0.00	3,555.00
HK社	石綿セメント	26.0	172.33	0.00	0.00	172.33
	石綿スレート		0.00	1,174.94	0.00	1,174.94
K処分場	ガラス・陶磁器類	26.0	172.33	0.00	0.00	172.33
	石膏ボード		1,033.97	1,174.94	0.00	2,208.91
	廃プラスチック		172.33	0.00	0.00	172.33
K工場	木くず(生木)	10.0	66.28	0.00	0.00	66.28
	畳・襖・建設廃材		463.96	0.00	0.00	463.96
S工場	木くず(生木)	36.0	238.61	0.00	0.00	238.61

表8-5 平成14年度解体工事における輸送エネルギー消費量

搬入先	解体材の種類	距離(km)	輸送エネルギー消費量(MJ)			
			2t車	4t車	10t車	合計
MK社	建設木くず	16.5	0.00	2,833.41	0.00	2,833.41
DM社	コンクリート	1.0	0.00	0.00	3,887.25	3,887.25
	アスファルト		0.00	0.00	38.36	38.36
KS社	金属くず	35.0	0.00	0.00	4,027.91	4,027.91
TK社	石膏ボード	20.0	0.00	542.28	0.00	542.28
NK社	ガラス・陶磁器類	15.5	0.00	140.09	0.00	140.09
HK社	廃プラスチック	19.5	0.00	176.24	0.00	176.24
K工場	木くず(畳類)	10.0	0.00	1,626.84	0.00	1,626.84
S工場	一般建材類	35.0	0.00	1,265.32	0.00	1,265.32

表8-6 中間処理エネルギー消費量

解体材の種類	エネルギー原単位(MJ/t)	中間処理エネルギー消費量(MJ)	
		平成13年度	平成14年度
木くず	42.89	1,094.55	1,249.81
コンクリート	84.47	72,996.60	216,745.67
金属くず	47.81	1,385.53	1,793.83
石膏ボード	2,332.21	—	8,419.28

表8-7 エネルギー消費量の処理段階別合計と単位面積当たりのエネルギー消費量

		平成13年度	平成14年度
延べ床面積(㎡)		809.20	1,608.60
解体エネルギー消費量(MJ)		22,657,600.00	45,040,800.00
輸送エネルギー消費量(MJ)	合計(MJ)	11,632.64	14,537.70
	単位面積あたりのエネルギー消費量(MJ／㎡)	14.38	9.04
中間処理エネルギー消費量(MJ)	合計(MJ)	75,476.68	228,208.59
	単位面積あたりのエネルギー消費量(MJ／㎡)	93.27	141.87

ラックで何回輸送したかを分析した後，それぞれトラックの種類ごとに輸送エネルギー消費量を算出する。

表 8-4 と表 8-5 にそれぞれの解体工事事例における輸送エネルギー消費量を示す。

8.2.3 中間処理エネルギー消費量の算定

中間処理エネルギー消費量について，前節で定めた手法を用いて，中間処理エネルギー消費量原単位を予測する。石膏ボードに関しては平成14年度のみリサイクルが行なわれているため，平成14年度のみ算定を行なった。算定結果を表 8-6 に示す。

8.2.4 比較分析

平成13年度と平成14年度の2つの事例について，住宅解体から解体材の処理までに実際にかかったエネルギー消費量のケーススタディーを行なった。

比較を行なうため，それぞれの事例において処理段階別のエネルギー消費量の合計と単位面積当たりの輸送及び中間処理のエネルギー消費量を表 8-7 に示す。

表 8-7 より，解体エネルギー消費量においては，長時間重機を動かすことにより，莫大な数値となり，全工程の大半を占めていることが分かった。

輸送エネルギー消費量においては，3種類のトラック別に実際に輸送した回数と輸送量との関係から算定したため，延べ床面積と同じ比率にはならなかった。延べ床面積が 2 倍近くある平成 14 年度の方が，計算によると約 3，000MJ 多くなっている。しかし，単位面積当たりでは，13 年度より低くなっている。これは，表 8-4 と表 8-5 からも分かるように，10 t トラックなどで 1 度に多くの解体材を運ぶことで，輸送エネルギーの発生を抑えているからである。

中間処理エネルギー消費量に関しては，コンクリート廃材の量が極めて多いこともあり，コンクリート処理のエネルギーがほとんどを占めている。

9. まとめ

本研究の成果として以下のようにまとめて記す。

①住宅部材の解体及び再生の現状を調査より明らかにすること

我が国ではこれらの産業廃棄物をどうリサイクルするかが最重要課題となっており，特に建設関連の廃棄物に関しては，平成14年5月30日に建設リサイクル法も施行された程で，廃棄物のリサイクルが盛んに行われ始めたことを物語っている。これに伴い，建築解体の分野でも解体の手法が大きく変わってきていると考えられる。

住宅解体材の現状を把握するためにハウスメーカー3社，中間処理場6社及び再生工場8社へヒアリング調査を行った。ヒアリング調査により現状の問題点を判明した。

②再生方法を評価する基準としてエネルギー消費量を提案したこと

経済価値を評価基準とすると，経済価値の低い物質については再生しなくてもよいことになる。本研究では，より公平な指標としてエネルギー消費量を選定した。廃棄物の再生にかかるエネルギー消費量は，燃料などの費用に比例し，消費及び節約される物質はその製造にかかるエネルギー消費量に換算され評価される。

③建築材料の再生方法を新たに設定したこと

再生方法を再使用，再利用，再生利用の3つに分類し，再生方法を整理した。再使用は，解体された材料の形状・性質を変化させること無く，再び使用する方法を指す。再利用は，解体材を収集・分別した後，建築部材を構成する材料として加工する方法を指す。再生利用は，解体材を収集・分別した後，建築材料を構成する素材として加工する方法を指す。

④住宅部材の再生エネルギー消費量の算定方法を確立したこと

再生時の住宅部材に消費されるエネルギー量は，解体エネルギー消費量，再資源化エネルギー消費量と二次加工のエネルギー消費量の和となり，これを住宅部材再生エネルギー消費量と定義した。

本研究では，解体時に使用する重機のエネルギー消費量と解体材を搬出する時の輸送エネルギー消費量を計算するモデルを提案した。さらに，中間処理の機械とその他の処理設備の単位処理能力あたりのエネルギー消費量から再資源化エネルギー消費量を求める方法を確立した。

⑤住宅リサイクルにおける省資源，省エネルギーの評価手法を提示したこと

研究では，建材リサイクルのエネルギー消費量を算出するにあたり，1つの解体工事現場から追跡調査を行ない，解体の現状，輸送の現状，中間処理の現状と順序をたてて研究を進め，それぞれの解体工事の流れが把握できた。追跡調査によりエネルギー原単位及びエネルギー消費量の計算方法を設定し，実際にかかったエネルギー消費量算出のためケーススタディーを行なった。

10. 今後の展望

本研究では，住宅における省資源，省エネルギーの視点から，住宅解体のとき，解体材を再生するためのエネルギー消費量に関する計算方法を提示した。実際の住宅に対し，ケーススタディを行った。本研究の最終成果として，建材リサイクルのためのエネルギー消費の評価手法を開発し，今後日本の循環型社会の構築及び建築環境産業の技術開発のための指針と基準になるものと期待できよう。さらに，開発した評価システムをベースにし，さらに多くの民間企業を調査し，実用化及び普及のための技術開発を行うべきだと思う。その効果をケーススタディに通じて実証していく必要性もある。リサイクルを行うことで，省資源だけではなく，省エネルギー等にも大きな役割を果せる。省エネルギーと CO_2 の削減効果が大きく期待できる。新たな住宅リサイクル市場の促進に寄与できると思われる。

＜参考文献＞

1) 日本建築学科関東支部「建築副産物の再利用技術の現状途今後の動向」，1996.3
2) 建設副産物リサイクル広報推進会議，「総合的建設副産物対策」，１９９８年度
3) 高偉俊，有山広高，尾島俊雄，住宅解体材の再生エネルギー消費量の計算に関する研究，1999/2，日本建築学会論文報告集第516号，
4) (財)国土開発技術研究センター「省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発(建築委員会)報告書」，pp 39-76，1994
5) (財)日本住宅・木材技術センター「木質系部材等地球環境影響調査報告書」1997.3
6) 建材リサイクル研究会，建設資材総合リサイクルに関する調査研究プロジェクト，平成13年度報告書，早稲田大学理工学総合研究センター
7) 菊池雅史「再生コンクリートの建築構造用コンクリートへの適用」，第6回廃棄物学会研究発表会講演論文集，1995
8) 原田実「解体コンクリートの再生利用技術の研究」鹿島技術研究所年報，pp53-58，第43号，1995
9) 長岡茂徳「再生骨材製造装置」コンクリート工学，pp61-64，Vol.35，No.7，1997

＜研究協力者＞

小川由美子	北九州市立大学大学院	博士２年
阮　応君	北九州市立大学大学院	博士２年
隈　裕子	北九州市立大学大学院	修士２年
平松　謙一	北九州市立大学大学院	修士２年
新名　聡	北九州市立大学大学院	修士２年
小野　直	北九州市立大学大学院	修士２年
城下　直樹	北九州市立大学大学院	修士１年
金川　宗司	北九州市立大学大学院	修士１年
楊　涌文	北九州市立大学大学院	修士１年
本村　圭三	北九州市立大学学部	４年生
池　智大	近畿大学建築学科	４年生
中野　智幸	近畿大学建築学科	４年生

謝辞

本研究実施に当たって，財団法人北九州産業学術推進機構副理事長阿南惟正氏のご指導を頂き，調査においては，住宅解体現場，中間処理場及び再生工場へ調査に出向いた際に，快くご協力頂いた方々，共同研究で色々とアドバイスを頂いた九州産業大学西田先生，北山先生等にも感謝の意を表します。