

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 8日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560574

研究課題名（和文） 木造住宅の分別解体および廃棄物処理の適正化に関する研究

研究課題名（英文） Research on appropriate system on demolition work of wooden houses

研究代表者

菊池 雅史（KIKUCHI MASAFUMI）

明治大学・理工学部・教授

研究者番号：90130806

研究成果の概要（和文）：戸建て住宅における解体工事および廃棄物処理について、実際の解体工事物件を調査することで、適切な方法を確立するための検討を行った。本研究から、工程ごとの必要時間、廃棄物種類と発生量、有害物がある場合の処理の手間、ならびに解体工事以降の処理によって生じる環境負荷を求めた。これより、有害物処理を考慮に入れた解体工事や廃棄物処理のマネジメントに必要な基礎資料が得られた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to establish the appropriate system on demolition work of wooden houses. In this research, the followings has been investigated; 1) Requirement working time to deconstruction process, 2) Amount of construction waste, 3) Environmental impact on processing of construction waste. 4) Required cost to demolition work.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築構造・材料

キーワード：解体工事・建設廃棄物・戸建て住宅・作業時間・石綿・環境負荷

1. 研究開始当初の背景

循環型社会形成推進基本法および建設リサイクル法の本格的施行以来、建設廃棄物の再資源化率は高い水準を維持している。これは、再資源化に関する手法及び環境負荷評価の提案などが活発に行われた成果ともいえる。一方で、廃棄物の不法投棄に占める建設廃棄物の割合は、依然高い状況にある。これは、解体工事や廃棄物処理といったものが従来の建設業者や技術者にとってブラックボックスとして、処理されてきたためと考えら

れる。そこで、適正な解体工事や廃棄物処理手法についての検討は重要な課題である。

本研究は、広範な実解体工事の調査を元に検討を行い、成果の公開によって、今後の建築解体業者のあり方、事前調査のための検査機関の確立などの建築解体に関わる社会的なシステムの提案を行うことを目標とする。

2. 研究の目的

資源循環型社会構築に向けて、建築業界において、建設廃棄物の適正処理は喫緊の課題

である。適切な解体工事では、石綿など有害物資の適正処理や、建設廃棄物の再資源化の推進を図る分別解体手法の確立が望まれる。

そこで本研究では、有害物質除去と廃棄物の再資源化の両方を視野に入れた建築物解体マネジメント手法を確立することを目的とし、実際の解体工事業者の協力を得た調査から、適切な解体手順や廃棄物処理手法の提案を目指す。

研究における有害物の具体的対象として、石綿含有建材を取り上げ、有害物以外にも各種工程における環境負荷を算出することで、環境影響を考慮した解体工事確立の基礎資料を得る。

調査手法は、実際の解体工事に調査員が常駐する、または工事現場管理記録を入手し、解体工事に係る様々なデータ（作業工程と必要人員、廃棄物発生量、重機の稼働時間）を得る。また、廃棄物処理については、環境負荷算出のため中間処理場へのアンケート調査を行う。これによって、解体工事の計画・マネジメント手法の提案のための基礎資料を実験・調査・検討を通して作成する。さらに、適正な工事のためには、それに見合った費用負担が原則となることから、調査データを用いて、戸建て住宅の規模（延べ床面積）ごとの適正費用の算出を行う。

3. 研究の方法

(1) 調査物件の概要

調査した全物件の概要を表1に示す。対象は、東京都および神奈川県合計63物件の戸建て木造住宅である。

表1 調査対象の解体物件の概要

延べ床面積	～100㎡	100～150㎡	150～200㎡	200㎡～	合計
東京都	7	8	1	0	16
神奈川県	25	14	6	2	45
合計	32	22	7	2	63

(2) 解体現場における調査項目および方法

1) 事前調査

詳細調査および簡易調査については、物件情報、外部・内部仕上げ材、外構等を調査し、図面化した。なお、簡易調査の一部については、工期の関係で建物外・内観の写真を撮るだけのものもあった。

2) 人工調査

作業項目別に調査シートを作成し、各作業項目①事前調査、②準備作業、③仮設作業、④建具・設備撤去、⑤内装材の撤去、⑥内装材（石綿）撤去、⑦屋上・外部設置物の撤去、⑧外装材の撤去、⑨外装材（石綿）撤去、⑩躯体撤去、⑪仮設撤去、⑫残渣物撤去、⑬基礎撤去、⑭整地作業、⑮付帯工事（における作業人工数と作業時間を調査した。

礎撤去、⑭整地作業、⑮付帯工事）における作業人工数と作業時間を調査した。

3) 産業廃棄物の搬出に関する調査

表2に示す廃棄物の種類ごとに排出量と運搬車両、運搬における走行距離を調査した。

表2 調査対象の廃棄物種類

特定建設資材廃棄物 (トン)	他の建設廃棄物 (トン)	
	コンクリート	コンクリート及び鉄からなる資材
アスファルトコンクリート		
木材		

4) 重機使用調査

重機の名称と容量およびその稼働時間を調査した。

(3) 環境負荷の算出に関する調査

解体現場から排出される廃棄物の環境負荷算出を目的に、中間処理場へのアンケート調査を行った。調査項目を表3に示す。

表3 廃棄物処理に関わるアンケート項目

①	施設名、住所
②	受け入れ産業廃棄物中の建設廃棄物の割合
③	処理フロー
④	年間の総エネルギー消費量
⑤	重機による年間総エネルギー消費量
⑥	運搬車による年間総エネルギー消費量
⑦	建設廃棄物の種類、量、処理方法、処理量
⑧	施設から持ち込み先までの詳細
⑨	処理に使用する機器
⑩	処理に使用する重機
⑪	廃棄物の処理・運搬に使用する車両種類

4. 研究成果

(1) 解体工事人工数の予測方法

建物情報として、建物内周長、建物外周長、建物体積および部屋数を事前調査の図面から求め、これらと人工数の直線一次式としての相関係数を最小二乗法により求めた。その結果を表4に示す。これより、内装工事が建物内周と、外装工事が建物外周と相関性が高いなど、延べ床面積やこれらの情報を活用することで、工事内容に応じた人工数予測が可能となる。予測値と実測値の比較を図1に示す。

表4 建物情報と人工数の相関関係

	延べ床面積 (㎡)	部屋数 (室)	物件内周 (m)	物件外周 (m)	体積 (m³)
①事前調査					
②準備作業	0.34	0.21	0.15	0.04	0.28
③仮設作業	0.14	0.11	0.05	0.10	0.13
④建具	0.16	0.11	0.12	0.15	0.21
⑤内装材	0.06	0.07	0.22	0.12	0.06
⑥内装材 (石綿)	0.04	0.05	0.16	0.09	0.00
⑦屋上設置物	0.21	0.18	0.05	0.05	0.37
⑧外装材	0.01	0.01	0.00	0.12	0.01
⑨外装材 (石綿)	0.07	0.06	0.11	0.15	0.03
⑩躯体材	0.40	0.27	0.21	0.20	0.37
⑪仮設の撤去	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00
⑫残渣物	0.15	0.13	0.17	0.11	0.07
⑬基礎	0.10	0.05	0.10	0.01	0.03
⑭整地作業	0.06	0.02	0.12	0.07	0.05
⑮付帯工事	0.20	0.12	0.14	0.10	0.12
雑作業	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01

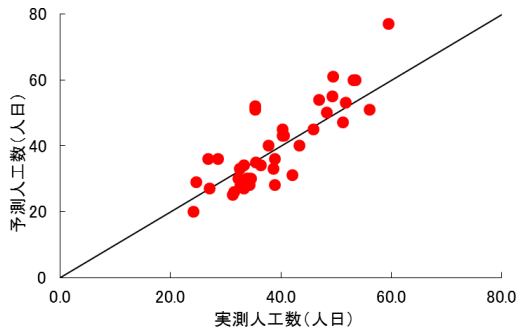


図1 人工数予測値と実測値の比較

(2) 廃棄物発生量の予測方法

各種廃棄物排出量と建物の基本情報の関係を直線一次式とし、最小二乗法により相関係数 (r2 値) を求めた。その結果を表5に示す。延べ床面積やこれら情報を利用して廃棄物発生量の予測が可能となる。予測値と実測値の比較を図2に示す。

表5 建物情報と廃棄物発生量の相関関係

	延べ床面積 (m ²)	部屋数 (室)	物件内周 (m)	物件外周 (m)	体積 (m ³)
がれき類	0.49	0.48	0.36	0.19	0.42
ガラス、コンクリート及び陶磁器くず	0.02	0.02	0.05	0.01	0.01
廃プラスチック類	0.04	0.08	0.03	0.01	0.03
金属くず	0.12	0.30	0.17	0.14	0.13
木くず	0.28	0.22	0.23	0.13	0.19
繊維くず	0.20	0.07	0.14	0.04	0.11
廃石膏ボード	0.27	0.07	0.11	0.03	0.23
混合廃棄物	0.12	0.06	0.05	0.04	0.17
がれき類(石綿)	0.54	0.83	0.03	0.98	0.67
ガラスくず(石綿)	0.06	0.00	0.09	0.04	0.04
廃プラ類(石綿)	0.06	0.01	0.06	0.02	0.01

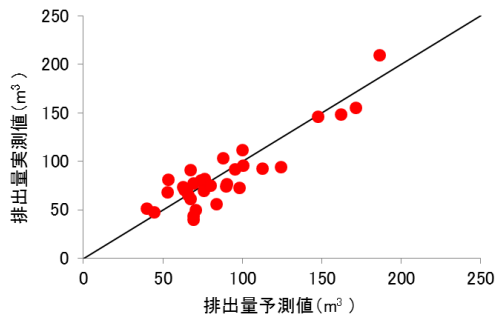


図2 廃棄物排出量の予測と実測の比較

(3) 分別解体の手間と人工数の関係

詳細調査した物件の各工程での所要時間を表6に示す。本調査の3物件ではB邸だけが石綿含有建材が無かったため、B邸の外装材の撤去(石綿含有建材を含む:⑧+⑨)は、他に比べて短い。

また、C邸では内装材の撤去時に、せっこうボードに仕上げ材として張り付けられた壁紙を剥がした。これをB邸と比較してみると、約10時間程度が壁紙を剥がすのに必要な作業時間となり、これを人工数に換算すると、1人あたり一日の作業時間6時間として1.5~2人日とすることができる。建材の中でもせっこうボードは排出量が多いが、再資源

化のために壁紙を剥がす必要がある場合は、上記の人工数程度の費用が発生すると考えればよい。ただし、現状では大量に処理できるせっこうボードの再資源化方法が定まっておらず、その多くは管理型最終処分場において処分されていると思われる。

表6 解体作業別の所要延べ時間

	A邸	B邸	C邸
S:延べ床(m ²)	221.93	84.88	103.95
築年数(年)	23	43	31
①事前調査	0.0	9.0	0.0
②準備作業	0.0	0.0	0.0
③仮設作業	24.0	36.0	24.5
④建具類撤去・建設設備類撤去	0.0	8.0	8.8
⑤内装材の撤去	108.0	8.0	18.7
⑥内装材の石綿含有建材撤去	0.0	0.0	0.0
⑦屋上・外部設置物の撤去	0.0	14.0	2.0
⑧外装材の撤去	0.0	9.0	31.2
⑨外装材の石綿含有建材撤去	25.0	0.0	16.8
⑩躯体材の撤去	147.0	41.0	56.0
⑪仮設(足場)の撤去	14.0	3.0	6.5
⑫残渣物の撤去	0.0	0.0	0.0
⑬基礎撤去	66.0	50.0	30.8
⑭整地作業	33.0	10.5	11.9
⑮付帯工事	11.0	0.0	3.1
雑作業	27.7	5.0	0.0
H:延べ作業時間(hr)	478.7	236.5	241.3
H/S(hr/m ²)	2.16	2.79	2.32

次に、床面積が100 m²以下の物件、100 m²~150 m²の物件、150 m²以上の物件の3つに分類し、それぞれの内外装材撤去への合計作業時間を物件数で割り、1棟当たりの内外装材撤去にかかる作業時間を比較した。結果を図3、4に示す。

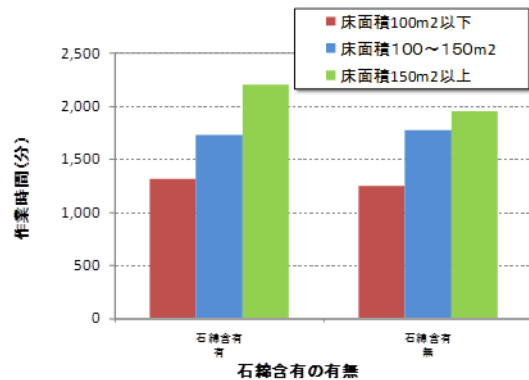


図3 石綿の有無による内装撤去時間の比較

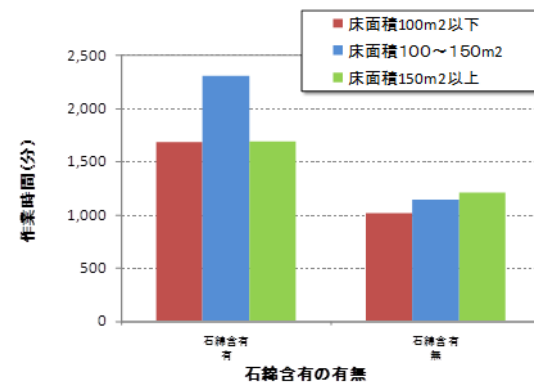


図4 石綿の有無による外装撤去時間の比較

内装材においては、石綿含有建材の有無で、作業時間にあまり変化が生じない結果が出た。これは、調査の対象が戸建て住宅であるため、物件の間取りに大きな違いがあり、石綿含有建材を有していない物件の方が総内壁量が多いなど、石綿含有建材の有無の観点からは、撤去時間に大きな差はみられなかった。また、床面積での影響は、床面積の増加とともに作業時間も比例的に増加しているため、あまり関係がないことがわかる。

一方、外壁材撤去においては、石綿含有の有無による撤去作業時間に明白な差が表れた。石綿含有建材を含む物件の方が、含まないものに対し 1.6~2 倍もの撤去作業時間が生じていることがわかった。内装とは違い、外装においては、物件ごとの間取りにあまり関係なく外壁量は床面積に対して一定であることが多く、石綿含有建材への撤去作業に要した時間が明白に表れたと推測できる。

(4) 解体工事における環境負荷

重機による CO2 排出量と延床面積との関係を図 5 に示す。重機の使用は躯体、外装、基礎に利用されることが大半で、これらの量に依存するため、CO2 排出量と延床面積には相関関係が確認された。ただし、細かくみると延床面積が等しくとも平屋と 2 階建では重機の使用時間が異なり、後者の CO2 排出量がより多くなるなどの傾向がみられた。

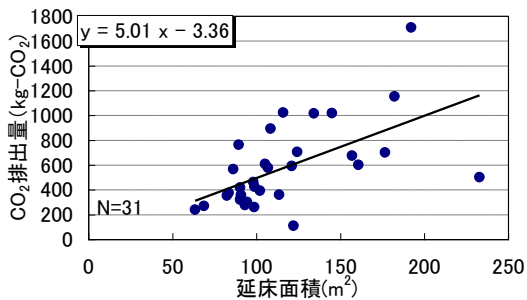


図 5 重機による CO2 排出量と延床面積

(5) 解体工事からの廃棄物輸送の環境負荷

解体工事現場および中間処理場の住所から、地図ソフトによって廃棄物の運搬距離を求めた。図 6, 7 に廃棄物種類ごとの運搬距離を示す。図中の縦線は、物件ごとに異なる距離の範囲を示すものであり、棒グラフは平均距離を示している。

運搬距離は、解体物件の立地に左右されるため、いずれの廃棄物も最小・最大距離の幅が大きい。しかしながら、平均的にみれば廃棄物種類によらず概ね運搬距離は 50km 程度である。また、コンクリートがらについては、運搬距離が小さく、他のものの半分程度（約 25km）程度である。これは、コンクリートの受入処理施設が広範に立地していることによるものと考えられる。

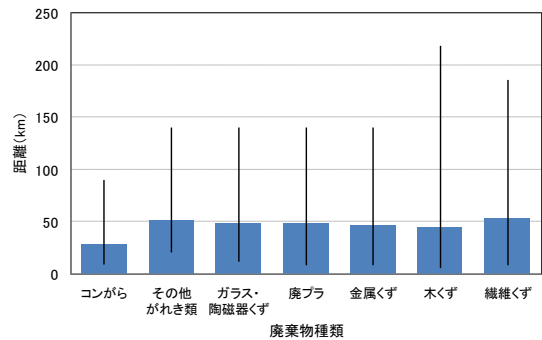


図 6 廃棄物種類ごとの運搬距離 (その 1)

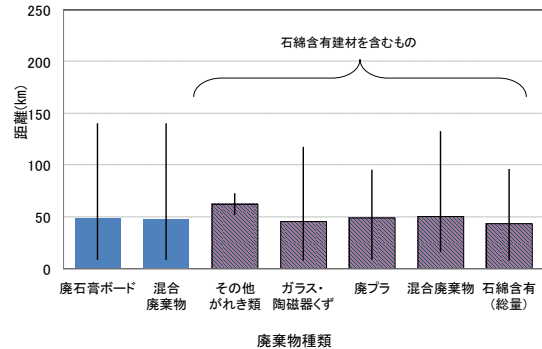


図 7 廃棄物種類ごとの運搬距離 (その 1)

廃棄物運搬車の運搬経路を図 8 に示す。図中の記号 D は各経路の距離である。実際には、事務所から工事現場に廃棄物運搬車で通勤し、解体工事が終了した後、自社に戻る途中で中間処理場によるケースが多い。

そこで、解体現場から中間処理場に廃棄物を運搬する際の走行距離を 2 通り仮定した。仮定走行距離 A (以下、距離 A) は、中間処理場を経由して事業所まで戻る経路であり、仮定走行距離 B (以下、距離 B) は、解体現場と処理場を往復する経路である。D1 を通勤と捉え、解体工事の環境負荷算出から除外する場合の廃棄物運搬距離は、距離 A=D2+D3-D1、距離 B=2×D2 となる。

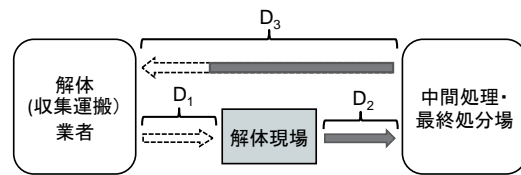


図 8 廃棄物の運搬経路

廃棄物運搬車はすべて 4ton 車と仮定し、燃費法から算出した。木造戸建て住宅の解体工事による CO2 排出量を解体工事(重機使用)と廃棄物運搬の積み上げとした場合の結果を図 9 に示す。

これより、廃棄物運搬を最大に見積もることとなる仮定 B では、重機による環境負荷以上に、運搬による環境負荷がかなり大きくなる。すべての場合で、仮定 A や仮定 B の方法がとられるわけではなく、実際にはこれらの

経路が混在するため、CO2 排出量は、廃棄物運搬を最小と最大に見積もった場合の間の範囲にあると考えられる。

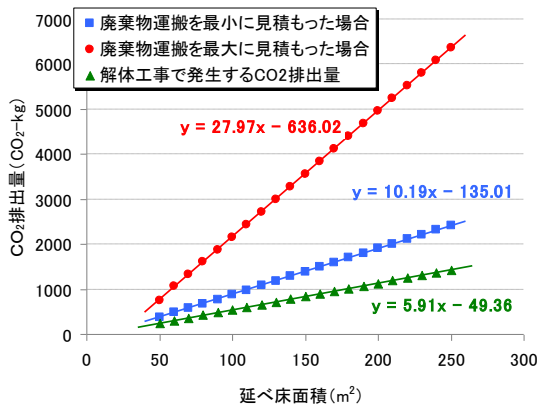


図9 解体工事および廃棄物運搬によるCO2 排出量の推定

(6) 中間処理以降の廃棄物処理の環境負荷

中間処理業者へのアンケートより、解体現場から排出された廃棄物が処理されるまでの環境負荷を求めた。中間処理場における年間あたりの廃棄物処理に消費される総エネルギー量と、廃棄物の総受け入れ量から、廃棄物1 トンを処理するのにかかるエネルギー量を導き出し、廃棄物1 トンを処理するのに排出されるCO2 量を求めた結果を表7に示す。

表7 廃棄物処理にかかわるCO2 原単位

廃棄物種類	CO2排出量 (kg-CO2/t)
木くず	19.27
廃プラ	23.30
コンクリート	1.47
繊維くず	54.58

この原単位を用い、廃棄物の中間処理以降に掛かる環境負荷を解体物件の床面積ごとに求めた結果を図10に示す

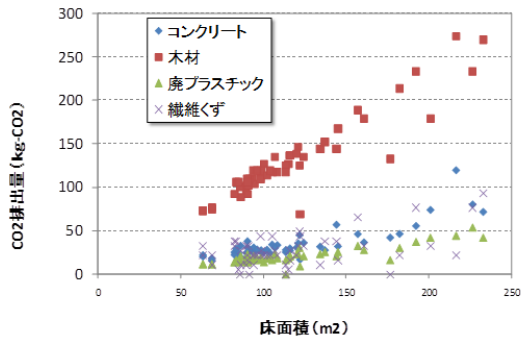


図10 廃棄物ごとの処理による環境負荷

床面積の増加に伴い、中間処理以降の廃棄物の環境負荷も直線的に増加する結果が得られた。ここで示す床面積ごとの環境負荷は単純に原単位と廃棄排出量をかけたものであり、この比例関係は、廃棄物排出量と床面

積の関係に依存している。なお、石綿含有建材や石膏ボードなど廃棄物の発生が環境負荷に及ぼす影響が大きいと考えられるものもあるため、今後追跡調査を行う予定である。

(7) 解体工事および廃棄物処理に係わる環境負荷

図11は、これまでの調査結果から、解体現場での重機等の使用による消費エネルギーによるCO2 排出量、廃棄物運搬時の消費エネルギーによるCO2 排出量および中間処理以降の廃棄物処理の消費エネルギーによるCO2 排出量をまとめて示したものである。

これより、床面積の増加に伴い、解体時、輸送時、処理時の環境負荷はいずれも増加している。これは、床面積の増加に伴い、解体作業にかかる時間および重機使用量の増加、廃棄物量増加による運搬回数および処理量の増加によると推察できる。また、解体現場から搬出時の輸送とそれ以降の処理に掛かる負荷とが同程度であることがわかった。

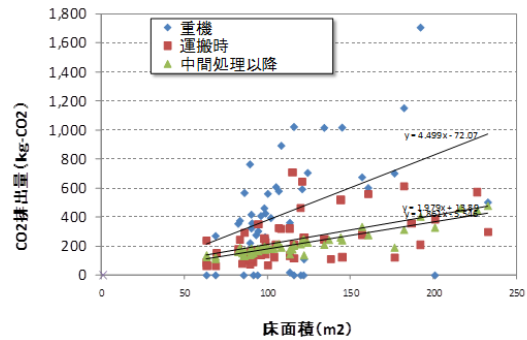
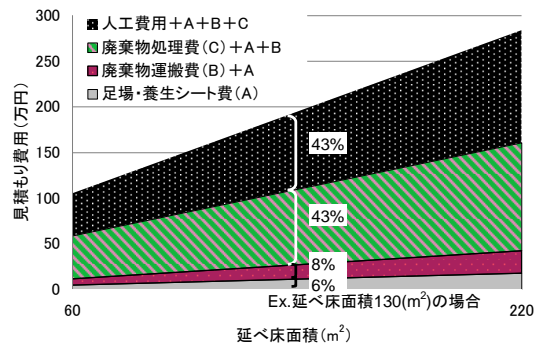


図11 解体以降の工程別環境負荷

(8) 解体工事費の予測

人件費、廃棄物処理費等について単価調査を行い、本研究で得られたデータをもとに、解体工事費用の予測を行った結果を図12に示す。



適正な解体工事および廃棄物処理にかかわる費用が予測でき、これらは実際の見積もり金額ともおおむね一致していた。

(9) まとめ

本研究をまとめると大要以下のことがいえる。

- 1) 解体工程ごとの作業時間から、それぞれの作業の難易度がわかり、分別解体を行う場合の手間と所要時間の関係を提示した。
- 2) 有害物がある場合の作業時間の増減の程度がわかり、物件ごとの作業予測や手順作成に役立つ資料が提示できた。
- 3) 解体工事、廃棄物運搬、中間処理における環境負荷を算出することができた。また、これらが物件の床面積から予測できることも判明した。
- 4) 作業に必要な人工数や廃棄物発生量から解体工事に必要な費用の予測が可能となることを提示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計8件)

- ① 小山明男, 菊池雅史, 佐藤隆軌, 藤沼智洋, 山口晃平: 木造住宅の分別解体及び廃棄物処理の適正化に関する基礎的研究 その3 廃棄物輸送による環境負荷, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 1101-1102, 2012. 9. 12-14 査読無し
- ② 村上泰司, 小山明男, 鈴木香菜子, 菊池雅史, 彦坂裕一: 木造戸建て住宅の解体工事に伴う解体工事費および二酸化炭素排出量の概算システム構築に関する技術開発 その1 研究概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 229-230, 2010. 8. 23-25 査読無し
- ③ 彦坂裕一, 小山明男, 村上泰司, 鈴木香菜子, 菊池雅史: 木造戸建て住宅の解体工事に伴う解体工事費および二酸化炭素排出量の概算システム構築に関する技術開発 その2 人工調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 231-232, 2010. 8. 23-25 査読無し
- ④ 鈴木香菜子, 小山明男, 村上泰司, 菊池雅史, 彦坂裕一: 木造戸建て住宅の解体工事に伴う解体工事費および二酸化炭素排出量の概算システム構築に関する技術開発 その3 廃棄物発生量調査結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 233-234, 2010. 8. 23-25 査読無し
- ⑤ 平田耕一, 小山明男, 村上泰司, 鈴木香菜子, 菊池雅史: 木造戸建て住宅の解体工事に伴う解体工事費および二酸化炭素排出量の概算システム構築に関する技術開発 その4 CO2 排出量の調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 235-236, 2010. 8. 23-25 査読無し
- ⑥ 小山明男, 村上泰司, 鈴木香菜子, 菊池雅史, 平田耕一: 木造戸建て住宅の解体工事に伴う解体工事費および二酸化炭素排出量の

概算システム構築に関する技術開発 その5 解体工事費の算出システム, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 237-238, 2010. 8. 23-25 査読無し

⑦ 小山明男, 佐藤隆軌, 菊池雅史: 木造住宅の分別解体及び廃棄物処理の適正化に関する基礎的研究 その1 分別解体工事費の予測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 989-990, 2011. 8. 23-25 査読無し

⑧ 佐藤隆軌, 小山明男, 菊池雅史: 木造住宅の分別解体及び廃棄物処理の適正化に関する基礎的研究 その2 分別解体手法に関する検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 991-992, 2011. 8. 23-25 査読無し

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www.isc.meiji.ac.jp/~zaiken/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊池 雅史 (KIKUCHI MASAFUMI)
明治大学・理工学部・教授
研究者番号: 90130806

(2) 研究分担者

小山 明男 (KOYAMA AKIO)
明治大学・理工学部・教授
研究者番号: 90285099

(3) 連携研究者