

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)

正会員 ○村上泰司*1
 // 小山明男*2
 // 鈴木香菜子*3
 // 菊池雅史*2
 // 彦坂裕一*4

解体工事 建設リサイクル 事前調査
 解体工事費 廃棄物処理費 算出システム

1. はじめに

平成 19 年度産業廃棄物業種別排出量は約 4 億 1,900 万トンで、そのうちの約 2 割が建設廃棄物である。また、平成 19 年度産業廃棄物不法投棄量は約 10 万トンで、その約 8 割が建設廃棄物であることが分かっている。

今後、昭和 40 年代以降に急増した建築物が更新期を迎えて、建設廃棄物排出量が急増することが予想されている一方、特定建設資材以外の再資源化率は今なお低く、建築解体における環境問題を早急に解決する必要がある。

これらの状況を踏まえ、現行の建設リサイクル制度の課題として、社会資本整備審議会環境部会建設リサイクル推進施策検討小委員会、中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会建設リサイクル専門委員会が平成 20 年 12 月に公表した「建設リサイクル制度の施行状況の評価・検討についてとりまとめ」では、

- ・応分の費用負担に対する発注者等の意識が高くないこと
 - ・受注者（解体工事業者）の技術・資質の担保
 - ・分別解体の施工方法が不明確なケースがあること
 - ・廃石膏ボード等の再資源化の取組の遅れ
 - ・依然として不法投棄・不適正処理が多いこと
- 等が示された。

このとりまとめを受け、特定建設資材に係る分別解体等に関する省令及び建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律施行規則が一部改正（平成 22 年 4 月 1 日施行）され、課題の一部に対応策が示されたところである。

【改正の内容】

- ①届出者の負担の軽減、行政実務の効率化等の観点から届出書様式を改正
- ②取組が遅れている木材の再資源化を促進するため、木材の分別の妨げとなる建設資材（石膏ボード等）を先に取り外すよう、解体工事の工程の順序を詳細化

本来、解体工事や廃棄物処理を適正に行うためには、解体工事業者などに適正なコストを支払う必要がある。しかし現在、発注者（以下施主とする）及び元請建設業者において、必ずしもこの認識が十分ではない。また、解体工事業者と元請建設業者の間において、解体工事と廃棄物処理の契約と支払いを一括で行うことが多く、解

体工事コストと廃棄物処理コストの内訳が不明瞭になっている。これらの要因から、施主側からのコストダウンの要求が加速し、下請である解体工事業者及び廃棄物処理業者に適切なコストが支払われず、建設廃棄物の処理に費用をかけることが出来なくなってきている。

適正処理、再資源化の実施には適切な処理計画、再資源化計画に基づいた解体工事が不可欠である。その実施のためには適切な施工手順と再資源化・適正処理費用の算出が不可欠である。

本技術開発では、解体工事の費用に関する発注者・受注者の合意形成の確保に寄与することを目的に、解体工事費、収集運搬費、再資源化・適正処理費用、解体・収集運搬・処理処分に伴う二酸化炭素排出量の概算システムの開発を行う。

2. 研究組織と技術開発項目の構成

本技術開発の研究組織図を図-1 に示す。

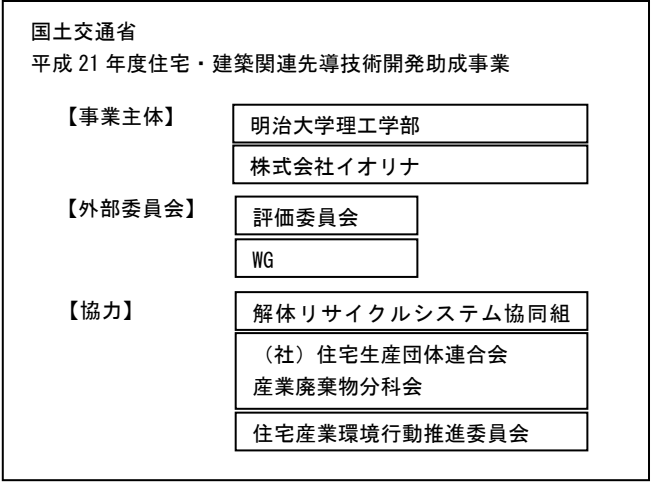


図-1 研究組織図

本技術開発の開発項目は次のとおりである。概略図を図-2 に示す。

- ①事前調査の実施方法に関する研究
- ②分別解体手順に関する研究
- ③各工程の人工数および解体工事費用の積算方法に関する研究
- ④建設廃棄物量、解体工事費、収集運搬費、再資源化・適正処理費用及び二酸化炭素排出量（解体・収集運

搬・処理処分)の概算システムに関する研究

概算システムは受注者のみならず、発注者も利用出来る手法とする。そのため、構造、用途、延床面積等の建物に関する情報から、工程ごとの人工数、解体工事費、建設廃棄物量、収集運搬費、再資源化・適正処理費用、及び二酸化炭素排出量(解体・収集運搬・処理処分)の算出を行うことができるシステムとする。精算システム、解体実験、統計資料に基づき概算システムを開発する。概算システム：対象建築物の構造、延べ床面積等の入力により建設廃棄物、解体工事費、再資源化・適正処理費用、二酸化炭素排出量を概算するシステムである。精算システム：対象建築物の事前調査により、新築工事と同様な図面を作成し、積算するシステムである。(W造ではシステム開発が既になされている)

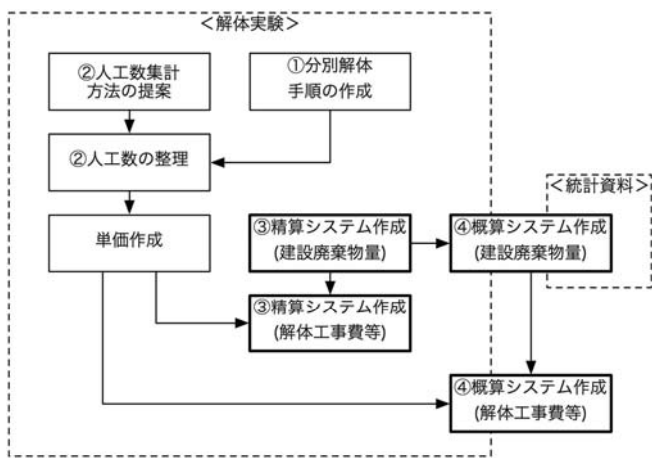


図-2 技術開発項目の構成

3. 調査項目および方法

3.1 調査物件の概要

平成 21 年度は 3 棟のW造の詳細調査(解体実験)、50 棟(46 物件)の簡易調査のデータ集計(人工、建設廃棄物量、CO2 排出量)を行った。

1) 詳細調査

解体工事現場に実際に赴き調査項目を細かく記入していく。詳細調査対象物件の概要を表-1 に示す。

表-1 詳細調査対象物件概要一覧

No.	着工日	完了日	用途	階数	延床面積 (㎡)	施主名 (イニシャル)	工法	工事場所(番地なし)
3	8月17日	9月2日	住宅	1	226.34	LM様	木軸	神奈川県厚木市長谷
12	9月10日	9月26日	住宅	2	91.5	SK様	木軸	神奈川県相模原市陽光台
30	11月2日	11月18日	住宅	1	200.81	T.S様	木軸	神奈川県伊勢原市

2) 簡易調査

解体工事現場へ赴き事前調査を行う。他の調査項目を解体業者に記入依頼し調査を行う。簡易調査対象物件の概要を表-2 に示す。

表-2 詳細調査対象物件概要一覧

調査物件の延べ床面積	~ 100 ㎡	100~ 150 ㎡	150~ 200 ㎡	200 ㎡ ~	合計 (物件)
東京都	7	8	1	0	16
神奈川県	14	11	4	1	30
合計	21	19	5	1	46

3.2 調査方法の概要

1) 事前調査

詳細調査、簡易調査ともに、事前調査シートを用いて、物件情報、外部・内部仕上げ材、外構等を調査した。手書き図面とシート記載情報から精算システムを用いて各物件の平面図、立面図等を作成した。

解体工事物件事前調査シート

業者名		TEL	
担当者		FAX	
現場名	様邸解体工事 お客様連絡先 TEL ()		
外部仕上げ			
構造区分	木造軸組・2×4・木質パネル・軽量鉄骨プレハブ・その他()		
基礎	布基礎鉄筋 (有・無)	立上り部分	H= W=
		フーチング	H= W=
土	台 CCA処理木材(防腐処理土台): 有・無		
屋根	瓦・瓦棒(カラー鉄板)・銅板・セメント瓦		
	その他()	勾配:	/100
アスベスト含有建材 (※確認済)	住宅屋根用化粧スレート・波形スレート・()		

図-3 解体工事物件事前調査シート

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

調査シートを用い、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。

4) 重機使用調査

重機の名称とバケット容量、その稼働時間を調査した。

5) 通勤時使用車両調査

通勤に使用された車両名、その台数と走行距離(km/L)を調査した。

4. まとめ

本技術開発では、全 49 物件(53 棟)の収集データから、実際の解体工事における各調査項目の傾向を調査し、延べ床面積から簡易に人工数、廃棄物量、CO2 排出量を算出することが可能かを検証し、解体工事費用算出システムを構築する。

*1 イオリナ

*2 明治大学理工学部 教授 博士(工学)

*3 国士舘大学理工学部 博士(環境学)

*4 解体リサイクルシステム協同組合

*1 Iorina Co.Ltd

*2 Prof., School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr.Eng.

*3 Lecturer., School of Science and Engineering, Kokushikan Univ., Dr.Env.

*4 KRS Co-operation

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)

正会員 ○彦坂裕一*1
 〃 小山明男*2
 〃 村上泰司*3
 〃 鈴木香菜子*4
 〃 菊池雅史*2

解体工事 木造 分別
 作業時間 延べ床面積 石綿含有建材

1. はじめに

本報は、前報に引き続くもので、適切な分別解体工事が行われた場合の人工費用の算出を目的に、作業にかかる人工数について調査検討を行った結果について述べる。

2. 調査項目および方法

1) 作業の分類と調査の方法

本調査で分類した作業項目とその内容を表-1 に示す。調査は本報その 1 で述べたように日報として、作業項目ごとに時間を記入し、それを解体工事物件ごとにとりまとめた。図-1 に人工調査シートの例を示す。

2) 人工の算出方法

記入された作業日報シートの時間を以下の式 1 に代入し 1 日に実施された各作業の人工数を算出した。

$$\frac{\text{各作業の延べ時間(分)} \times \text{出面人工(人日)}}{\text{1日の作業の合計時間(分)}} = \text{作業項目ごと人工(人日)} \dots \text{式1}$$

同じ作業項目が複数日に跨って実施された場合は、式 1 で求めた人工を合計して、最終的に作業項目ごとの必要人工数を解体工事物件ごとに算出した。

3. 調査結果および検討

1) 事前調査

図-2 は事前調査に要する人工数と延べ床面積の関係である。調査結果には、事前調査時間がゼロとなったものが多々ある。しかし、事前調査は建設リサイクル法上でも必要な作業で必ず実施されている。そこで、調査後に解体工事業者にヒアリングをしたところ、工事現場内での作業が少なかったため、このような回答結果となった。実際には、工事現場内での調査以外に、建物周辺調査やその後に必要となる書類作成などもこの作業に含まれているため、図-1 の結果を勘案すると事前調査の必要人工数は、1 人日とすると良いと考えられる。

2) 仮設作業

仮設作業については、設置と撤去を別々に調査した。仮設作業は、本体工事とは別に扱われることもあり、ここでは設置・撤去の両方を合算して仮設作業とし、図-3 に人工数と延べ床面積の関係を示す。図によれば、延べ床面積との相関は小さいが、解体される建物が大きくなるに従って必要人工数が多くなる傾向が読みとれる。

3) 解体工事作業

図-4 に躯体撤去作業に要する人工数と延べ床面積の関係を示す。解体工事物件の延べ床面積が大きくなるほ

ど必要な延べ人工数が増加する傾向を示している。他の作業項目に比べてバラツキも小さい。これは、今回の調査範囲が木造で、構法も在来軸組構法に限定されたためと考えられる。2×4 など今後解体物件の増加が見込まれるものについては、さらに調査が必要といえる。

図-5 に基礎撤去に要する人工数と延べ床面積の関係を示す。基礎撤去作業の人工数は、躯体作業と同様な傾向を示している。しかし、住宅の基礎については、解体工事物件の築年数によって、仕様が若干異なる場合がある

表-1 作業項目と内容

作業項目	作業内容
①事前調査	届出書、分別解体等の計画等の作成や、解体工事全般に係わる事項の調査
②準備作業	発注者への説明、届出の確認、作業員に対する告知や作業場所の確保、等
③仮設作業	足場、養生シート、等の設置
④建具・設備撤去	畳、窓ガラス、照明器具、等の撤去
⑤内装材の撤去	クロス、化粧板、石膏ボード、等の撤去
⑥内装材撤去(石綿含有建材)	石綿障害予防規則を遵守し、保護具着用、湿潤化のうえ撤去
⑦屋上・外部設置物の撤去	外部ベランダ、温水器、太陽電池パネル等の撤去
⑧外装材の撤去	屋根葺材・外壁材の撤去
⑨外装材撤去(石綿含有建材)	石綿障害予防規則を遵守し、保護具着用、湿潤化のうえ撤去
⑩躯体撤去	躯体の撤去
⑪仮設撤去	足場、養生シート、等の撤去
⑫残渣物撤去	コンクリートがらに他の建設廃棄物が混入する事を防ぐ作業
⑬基礎撤去	基礎及び基礎杭の撤去
⑭整地作業	整地作業、境界塀や周辺の破損の確認及び清掃、等
⑮付帯工事	建築物以外の門、地中埋設物、等の撤去

①事前調査

出面人工 (本日の作業員人数)	作業内容	作業に従事した人数 *a	重機使用		時間	
			<input type="checkbox"/> 0.25 () 台	<input type="checkbox"/> 0.4 () 台		
			何時	何時迄	分 *b	合計時間
事前調査とは、「届出書」「分別解体等の計画等」の作成や、解体工事全般に係わる事項を適切に調査することをいいます。	周辺調査 道路状況・撤出経路・近隣 注意事項	人	:	~	:	分
	対象建築物 構造・面積・付着物の有無・ 残存物品	人	:	~	:	分
	作業場所確認	人	:	~	:	分
	届出書の作成	人	:	~	:	分
		人	:	~	:	分

図-1 調査シートの例 (事前調査)

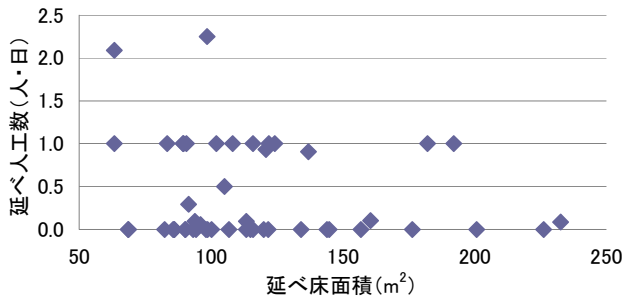


図-2 事前調査の人工数と延べ床面積の関係

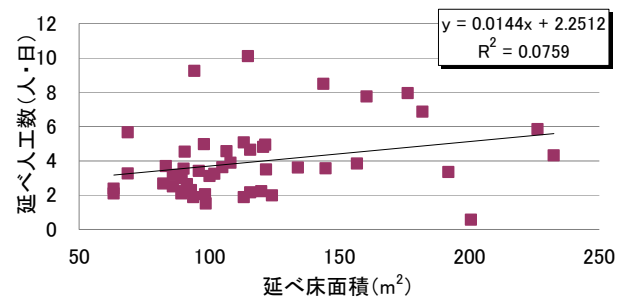


図-3 仮設足場設置の人工数と延べ床面積の関係

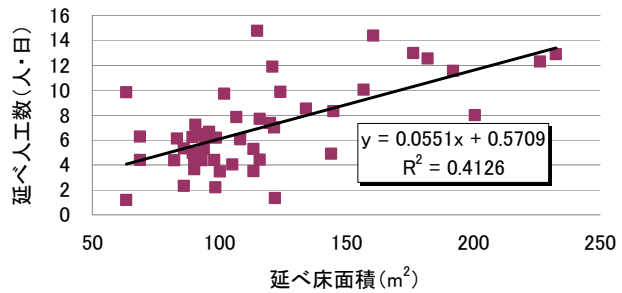


図-4 躯体撤去の人工数と延べ床面積の関係

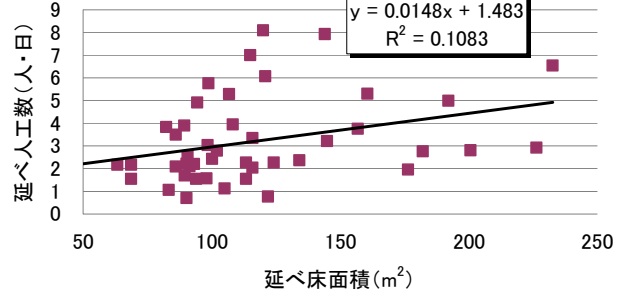


図-5 基礎撤去の人工数と延べ床面積の関係

ため、あるいは整地作業や残差物の撤去作業と混同される作業でもあるためか、延べ床面積との相関はそれほど高くない結果となった。

図-6 および図-7 に、内装材および外装材撤去の人工数と延べ床面積の関係を示す。石綿含有建材が有る工事（石綿含有でない建材を撤去する人工も含む）と無い工事で比較して、両者の差は小さい。これは、内外装材の撤去において手作業による分別が徹底されていたためと考えられる。よって、石綿含有建材の有無によらず必要な人工数を延べ床面積から算出可能である。ただし、湿潤処理、防塵マスクなどが必要でコスト面からは、これらを管理費として計上する必要があるだろう。

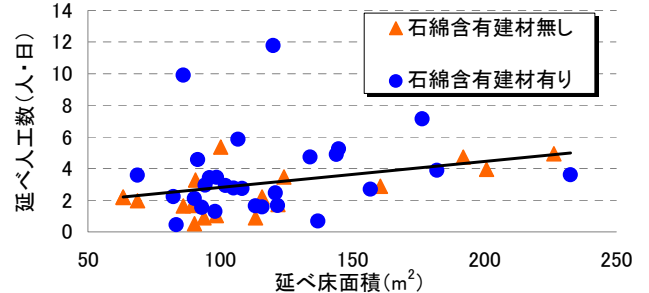


図-6 内装材撤去の人工数と延べ床面積の関係

なお、実施した調査物件のうち、内装材で 28 物件、外装材で 21 物件で石綿含有建材が使われていた。また、内外装材どちらにもアスベスト含有建材が使われていないものは、13 物件であった。つまり、現在解体されている木造住宅の約 3/4 は、何らかの形で石綿含有建材が使われていると考えられる。

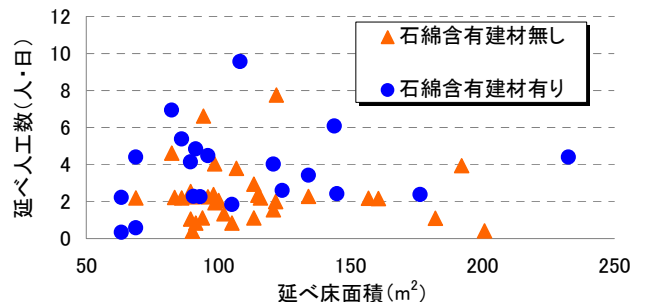


図-7 外装材撤去の人工数と延べ床面積の関係

図-8 に各作業を合算した総延べ人工数と延べ床面積の関係を示す。個々の作業項目の人工数と延べ床面積の関係は相関に強弱があるが、総延べ人工数でみるとバラツキは小さく、建物面積から必要人工数は概算可能である。

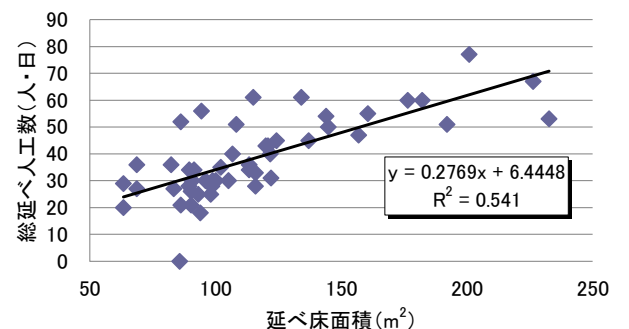


図-8 総延べ人工数と延べ床面積の関係

4. まとめ

各作業項目とも解体工事物件の延べ床面積が大きくなるに従って、必要な人工数が増加する傾向が確認できた。この結果をもとに、延べ床面積から簡易に人工数を推定でき、解体工事費用算出システムに利用可能といえる。

*1 解体リサイクルシステム協同組合

*2 明治大学理工学部 教授 博士 (工学)

*3 イオリナ

*4 国士舘大学理工学部 博士 (環境学)

*1 KRS Co-operation

*2 Prof., School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr.Eng.

*3 Iorina Co.Ltd

*4 Lecturer., School of Science and Engineering, Kokushikan Univ., Dr.Env..

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)

正会員 ○鈴木香菜子*1
〃 小山明男*2
〃 村上泰司*3
〃 菊池雅史*2
〃 彦坂裕一*4

解体工事 分別 建設廃棄物
廃棄物発生量 運搬回数 運搬距離

1. はじめに

本報は、前報に引き続くもので、適切な分別解体工事が行われた場合の建設廃棄物量やその処理費用の算出を目的に、廃棄物発生量や収集運搬について調査検討を行った結果について述べる。

2. 調査項目および方法

本調査で分類した廃棄物の種類を表-1 に示す。調査は本報その1 で述べたように、産業廃棄物管理票（マニフェスト）に記載されたデータを元にして、各種の廃棄物の排出量と運搬車両、運搬回数、運搬距離を、解体工事物件ごとにとりまとめた。

3. 調査結果および検討

1) 廃棄物発生量

図-1 にがれき類の発生量と延べ床面積の関係を示す。基礎のコンクリートに用いられていたもので、延べ床面積が大きいほど発生量が増加する傾向を示しており、相関も高い。

図-2 にガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くずの発生量と延べ床面積の関係を示す。コンクリートブロックやタイルなどに用いられていたもので、バラツキが非常に大きい。

図-3 に廃プラスチック類、図-4 に金属くずの発生量と延べ床面積の関係を示す。いずれも延べ床面積が大きいほど発生量が増加する傾向を示すが、バラツキは大きい。なお、繊維くずについても同様の傾向がみられた。

図-5 に木くずの発生量と延べ床面積の関係を示す。本調査の調査対象が木造戸建て住宅であるため、他の廃棄物よりも発生量が多い。延べ床面積が大きいほど発生量が増加する傾向を示しており、相関も比較的高い。

図-6 に廃石膏ボードの発生量と延べ床面積の関係を示す。本調査では、全ての内装下地材に石膏ボードを使用していた物件は少なかったが、今後解体される物件では増加すると推測される。延べ床面積が大きいほど発生量が増加する傾向を示していることから、一般的な内装材として石膏ボードが多く活用されていることが分かる。

図-7 に安定型産業廃棄物と管理型産業廃棄物が複合したもの、すなわち混合廃棄物の発生量と延べ床面積の関係を示す。混合廃棄物は本来、安定型と管理型に分類されるが、木造建築物から安定型混合廃棄物が排出されることは少ないため、本調査では1つの項目として扱っている。延べ床面積が大きいほど発生量が増加傾向にある。

なお本調査では、表-1 の分類のうち、ゴムくず、汚泥、紙くず、廃油、燃え殻、がれき類（石綿含有）、石膏ボード（石綿含有）については、排出が確認されなかった。

表-1 廃棄物の種類

①がれき類
②ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず
③廃プラスチック類
④金属くず
⑤ゴムくず
⑥汚泥
⑦木くず
⑧紙くず
⑨繊維くず
⑩廃油
⑪燃え殻
⑫金属くず（鉛を含むもの）
⑬廃石膏ボード
⑭安定型産業廃棄物と管理型産業廃棄物が複合したもの
⑮がれき類（石綿含有）
⑯ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず（石綿含有）
⑰廃プラスチック類（石綿含有）
⑱石膏ボード（石綿含有）
⑲安定型産業廃棄物と管理型産業廃棄物が複合したもの（石綿含有）

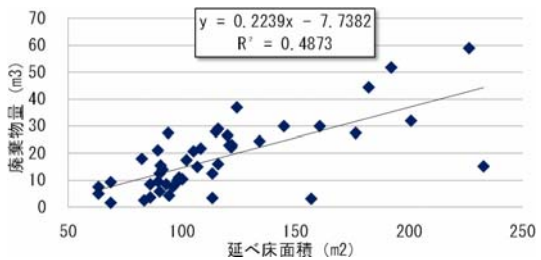


図-1 がれき類の発生量と延べ床面積の関係

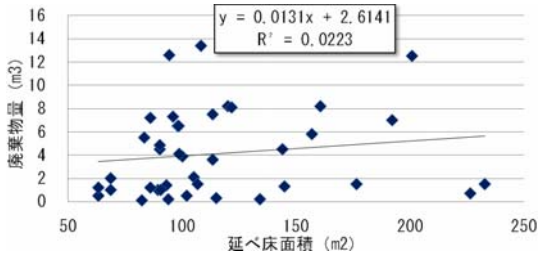


図-2 ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くずの発生量と延べ床面積の関係

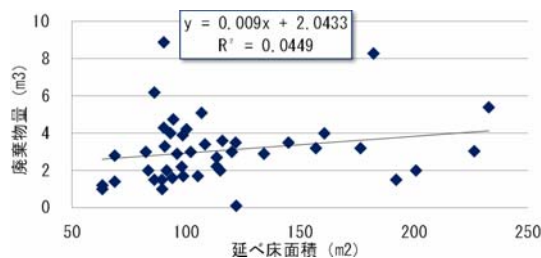


図-3 廃プラスチック類の発生量と延べ床面積の関係

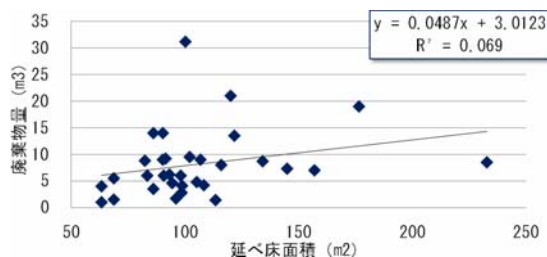


図-4 金属くずの発生量と延べ床面積の関係

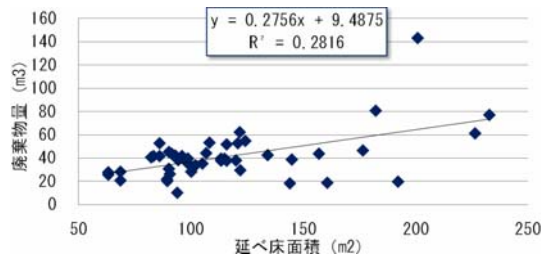


図-5 木くずの発生量と延べ床面積の関係

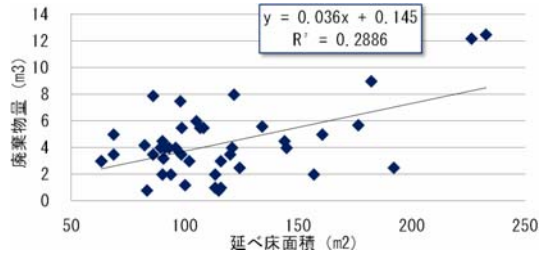


図-6 廃石膏ボードの発生量と延べ床面積の関係

2) 石綿含有廃棄物の発生量

本調査では、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」及び「混合廃棄物」として排出された廃棄物中に石綿を含有するものがあつた。その大部分は「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」に分類される。図-8に石綿を含有したガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くずの発生量と延べ床面積の関係を示す。

3) 廃棄物の延べ運搬回数

図-9に廃棄物の延べ運搬回数と延べ床面積の関係を示す。延べ床面積が大きいほど運搬回数が増加傾向にある。なお、延べ床面積が極端に小さい(90m²以下)場合に大きくバラツキが生じているが、これは少量の建設廃棄物でも工程毎に分別して運搬したためと考えられる。

4) 廃棄物の運搬距離

廃棄物の運搬距離は、物件の立地と解体業者が持ち込む処理施設の立地によって大きく異なり、統一性がない。例として、各物件におけるがれき類の運搬1回あたりの運搬距離を図-10に示す。運搬距離には5km未満から40km以上まで大きなバラツキが生じている。

また、石綿含有廃棄物の運搬1回あたりの運搬距離は400km以上の場合が多く、廃棄物の種類によって運搬距離は大きく異なっている。

4. まとめ

各廃棄物とも、解体工事物件の延べ床面積が大きくなるに従って廃棄物発生量が概ね増加する傾向を確認することができた。この結果をもとに、延べ床面積から簡易に廃棄物発生量を推定することができ、解体工事費用算出システムに利用可能であるといえる。

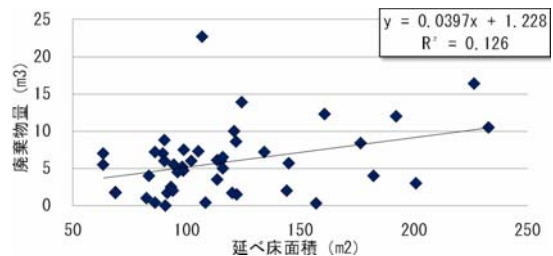


図-7 混合廃棄物の発生量と延べ床面積の関係

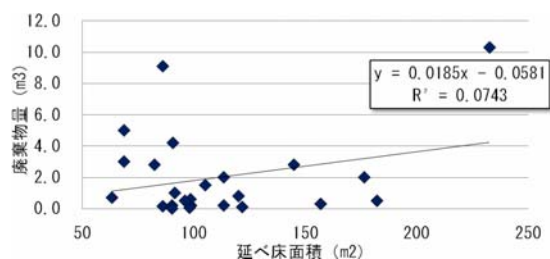


図-8 ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず(石綿含有)の発生量と延べ床面積の関係

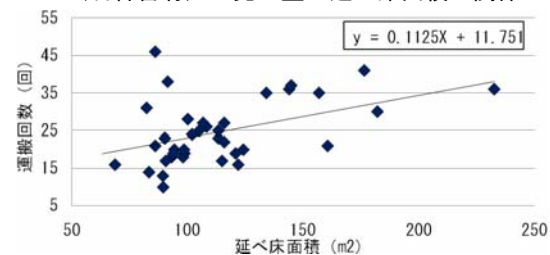


図-9 廃棄物の延べ運搬回数と延べ床面積の関係

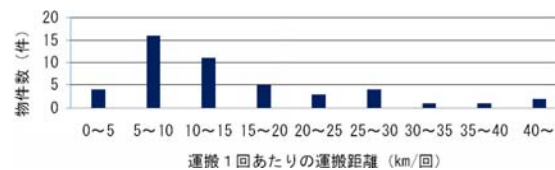


図-10 がれき類の運搬1回あたりの運搬距離

*1 国土館大学理工学部 博士 (環境学)

*2 明治大学理工学部 教授 博士 (工学)

*3 イオリナ

*4 解体リサイクルシステム協同組合

*1 Lecturer., School of Science and Engineering, Kokushikan Univ., Dr.Env.

*2 Prof., School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr.Eng.

*3 Iorina Co.Ltd

*4 KRS Co-operation

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)

正会員 ○平田耕一*1
〃 小山明男*2
〃 村上泰司*3
〃 鈴木香菜子*4
〃 菊池雅史*2

木造 解体工事 重機
建設廃棄物 運搬 LCCO₂

1. はじめに

本報は、前報に引き続くもので、木造戸建て住宅の解体工事に伴う CO₂ 排出量を把握することを目的とし、通勤車両、重機、収集運搬車両の使用燃料の調査結果について述べる。

2. 調査方法

CO₂ 排出量を通勤車両、重機、収集運搬車両の3つに区分して、使用燃料を調査・推定し、燃料の CO₂ 原単位を乗算することにより、解体工事に伴う CO₂ 排出量とした。表-1~3 に各燃料使用量の調査表の例を示す。この調査票に基づいて解体工事現場ごとに集計した。

通勤車両による CO₂ 排出量は表-1 に示す調査表に基づき会社・現場間の距離を通勤距離とし、これと燃費より燃料使用量を推定し、燃料の CO₂ 排出原単位¹⁾ を乗算して算出した。

重機による CO₂ 排出量は表-2 に示す調査表に基づき開始時刻と終了時刻から使用時間を算出し、使用重機のバケット容量から燃料消費量²⁾ を推定し、燃料の CO₂ 排出原単位を乗算して算出した。

収集運搬車両による CO₂ 排出量は表-3 に示す調査表に基づく走行距離と使用車両による燃費³⁾ から燃料使用量を推定し、燃料の CO₂ 排出原単位を乗算して算出した。

これらの算出方法をまとめると以下の式1~3となる。

- 通勤車両による CO₂ 排出量＝
通勤距離 ÷ 燃費 × CO₂ 排出原単位・・・式1
- 重機による CO₂ 排出量＝
使用時間 × 燃料消費量 × CO₂ 排出原単位・・・式2
- 収集運搬車両による CO₂ 排出量＝
走行距離 ÷ 燃費 × 燃料 CO₂ 排出原単位・・・式3

3. 解体工事に伴う CO₂ 排出量の分析

解体工事に伴う CO₂ 排出量と延べ床面積との関係について分析を行った。通勤車両による CO₂ 排出量と延べ床面積との関係を図-1 に示す。本報その2において報告した通り、人工数は延べ床面積に比例することが確認されたが、通勤車両による CO₂ 排出量をみると延べ床面積との相関は認められなかった。これは、作業員の通勤による CO₂ 排出量は、現場までの距離が支配的であることによる。

なお、調査表の未記入が多く、標本数が少なかった。そこで、図-2 に今回調査した解体工事の現場と本社まで

の距離別物件数を示す。多くの物件が 10~40km 内であるが、なかには 100km を超えるものもあり、平均値としては 40km 程度となっている。図-1 に用いた物件の平均距離は、42.2km であることから、解体工事における通勤による CO₂ 排出量を簡易的に求めるあるいは仮定する場合には、図-1 の平均値 287.9kg-CO₂ とすれば良いと考えられる。

表-1 通勤車両調査表の例

会社一現場間距離	20km	
使用車両	普通乗用車 1t車・2t車	普通乗用車 1t車・2t車
	3t車・4t車 10t車	3t車・4t車 10t車
燃費(km/l)	17	15

表-2 重機調査表の例

使用重機	0.25m ³	0.25m ³
	0.45m ³ ()	0.45m ³ ()
使用時間	開始時刻	10:30
	終了時刻	16:30
		15:00
		17:00
		5:30
		2:00

表-3 収集運搬車両調査表の例

使用車両	1t車・2t車	1t車・2t車
	3t車・4t車 10t車	3t車・4t車 10t車
運搬時間	現場出発時刻	8:00
	処理施設到着時刻	8:30
	処理施設出発時刻	8:45
走行距離(km)	現場到着時刻	9:15
	会社出発時メーター	2,143
	帰社時メーター	2,200
		11:00
		11:20
		11:40
		12:00
		3,300
		3,340
		57
		40

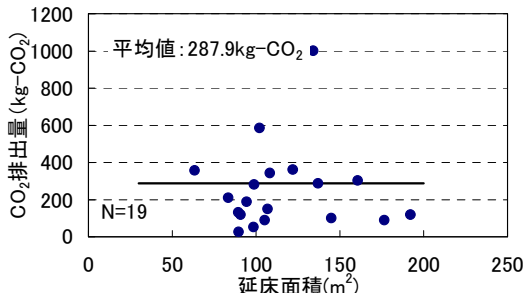


図-1 通勤車両による CO₂ 排出量と延べ床面積との関係

重機による CO₂ 排出量と延床面積との関係を図-3 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。

収集運搬車両による CO₂ 排出量と延床面積との関係を図-4 に示す。本報その 3 で示したように、廃棄物の運搬回数は延床面積にほぼ比例することが確認されている。しかし、収集運搬車両による CO₂ 排出量をみると延床面積との相関はそれほど強くない。これは、中間処理施設までの距離が支配的であることが要因と考えられる。また、石綿含有建材が発生すると、運搬距離が 400km 以上にもなることなどにも起因している。

ただし、延べ床面積が大きくなれば、CO₂ 排出量が大きくなる傾向は、通勤と廃棄物運搬を比べると後者の方が強い。これは、廃棄物運搬ではコストや運搬時間削減を目的に、近郊の中間処理施設に搬入しようとする傾向が少なからずあるためと考えられる。

4. CO₂ 排出量予測式の提案

図-3、4 の回帰式および図-2 の平均値に基づき、解体工事における CO₂ 排出量予測を行った。CO₂ 排出量と延床面積との関係を図-5 に示す。延床面積が 50~200m² における CO₂ 排出量は、通勤が 30~15%、重機が 30~45%、収集運搬が 40%を占める。

また、既往研究⁴⁾で耐用年数 30 年、延べ床面積約 120m² として試算された在来木造戸建住宅における LCCO₂ は、資材生産、資材輸送、施工、運用、保守、更新、解体廃棄で、11.5%、6.5%、0.3%、73.8%、5.5%、2.2%、0.3%とされ、総量では 44.6t-C (163.5t-CO₂) としている。今回の結果をもとに試算すると、延べ床面積 120m² の建物の解体時 CO₂ 排出量は、1470kg-CO₂ となり、建物ライフサイクル中の 1%程度となる。また、今回のデータには中間処理や最終処分が含まれないため、廃棄まで含めると解体・廃棄に関する CO₂ 排出量は既往の研究に比べて大きくなる。

5. まとめ

解体工事に伴う CO₂ 排出量について調査・予測を行った結果についてまとめると大要以下のとおりである。

- ・重機による CO₂ 排出量は延床面積に比例するが、通勤、収集運搬は解体建物の所在地の影響が大きい。
- ・単位面積当たりの CO₂ 排出量は 10~16kg-CO₂/m² であり、延床面積が広がるほど CO₂ 排出量は少なくなる。
- ・今後の課題としては通勤車両による CO₂ 排出量の精度の向上が挙げられる。

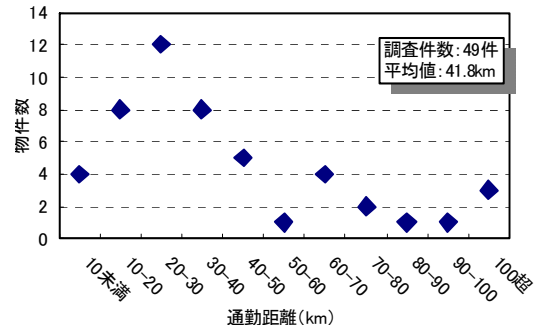


図-2 通勤調査における距離別物件数

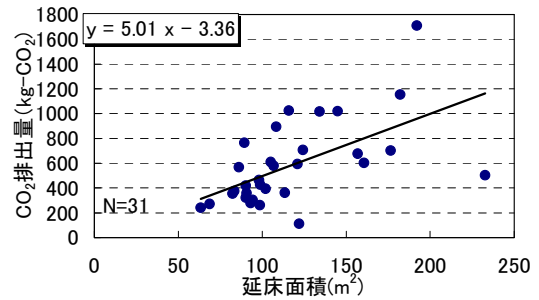


図-3 重機による CO₂ 排出量と延床面積との関係

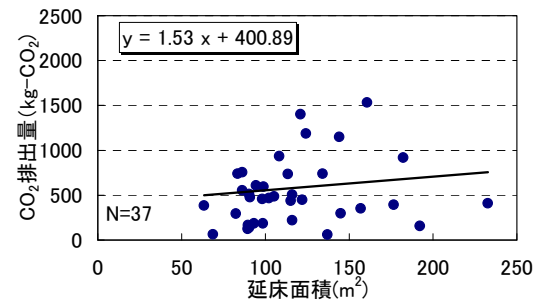


図-4 廃棄物運搬による CO₂ 排出量と延床面積との関係

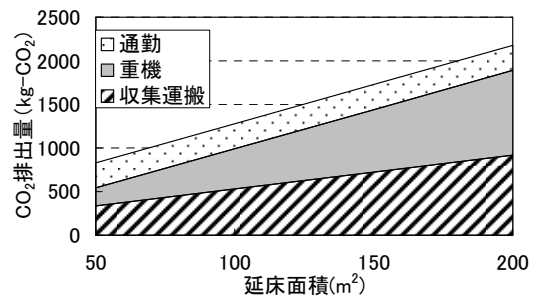


図-5 CO₂ 排出量予測式の算出結果

【参考文献】

- 1) 環境省：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧、<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/material/itiran.pdf>, 2010.3
- 2) 日本建設機械化協会：平成 21 年度版建設機械等損料表, 2009.5
- 3) 経済産業省・国土交通省：ロジスティクス分野における CO₂ 排出量算定方法共同ガイドライン Ver.3.0, <http://www.greenpartnership.jp/pdf/co2/guidelinev3.0.pdf>, 2010.3
- 4) 野田美智子, 渡辺俊行, 龍有, 赤司泰義：在来木造戸建住宅の LCE・LCCO₂ 評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.849-850, 1997.9

*1 エコシスコンサルティング

*2 明治大学理工学部 教授 博士 (工学)

*3 イオリナ

*4 国土館大学理工学部 博士 (環境学)

*1 Ecosys Consulting Co.Ltd

*2 Prof., School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr.Eng

*3 .Iorina Co.Ltd

*4 Lecturer., School of Science and Engineering, Kokushikan Univ., Dr.Env.

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)

正会員 ○小山明男*1
 // 村上泰司*2
 // 鈴木香菜子*3
 // 菊池雅史*1
 // 平田耕一*4

解体工事 コスト 人工
 廃棄物処理 建設廃棄物 収集運搬

1. はじめに

本報は、前報に引き続くもので、適切な分別解体工事が行われた場合の適正な工事費用算出を目的に、前報までの実験データをもととし、木造戸建て住宅の解体工事費算出のための概算システム構築について述べる。

2. 解体工事費用概算システムの構成

2.1 システムの構成

図-1 に一般的な解体工事費の構成を示す。前報から各種工事における人工数や各種建設廃棄物発生量が推定できることが分かったことから、必要な原単位として実験結果を用い、また一般的な単価設定を、既存の資料や解体業者・中間処理施設の方々へのアンケート結果をもとに定め、解体工事費算出システムを構築した。

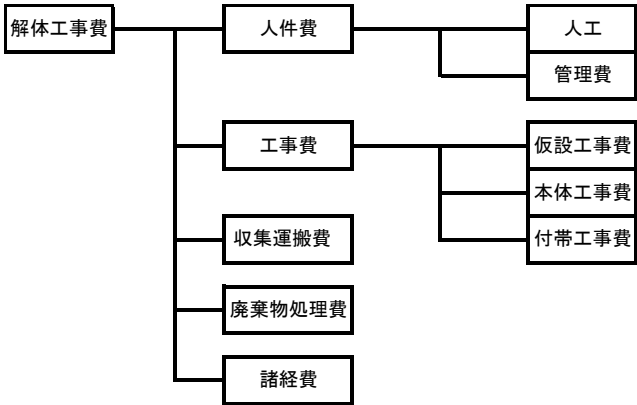


図-1 一般的な解体工事費の構成

一般的な解体工事費のうち大きな割合を占めるのは、人件費、収集運搬費および廃棄物処理費で、そのほかに資機材の損料などがある。本システムでは費用構成を、人工費用、廃棄物処理費用、収集運搬費用、外部足場架拵損料、養生シート費用および諸経費として設定した。

2.2 使用データ

表-1 に人工算出のための予測式を示す。式中の x は当該建物の延べ床面積 (m²)、y は必要な人工数 (人日) である。また、先に報告した各作業のうち、仮設の設置と撤去、外装の撤去と躯体撤去、基礎撤去作業と整地作業などは一つの作業項目としてまとめている。これは、外装材と躯体は重機を用いて同時に作業を行うためである。

表-1 人工算出のための予測式

作業項目	予測式
事前調査	y = 1
準備作業	y = 0.012x - 0.055
仮設作業	y = 0.032x + 1.349
建具類撤去・建設設備類撤去	y = 0.022x - 0.826
内装材の撤去	y = 0.027x + 0.529
屋上・外部設置物の撤去	y = 0.013x - 0.544
外装材の撤去と躯体材撤去	y = 0.067x + 4.459
残渣物の撤去	y = 0.016x + 0.102
基礎撤去作業と整地作業	y = 0.021x + 2.934
付帯工事	y = 0.029x + 0.622
雑作業	y = 0.026x - 0.098

また、表-2 に廃棄物種類ごとの発生量予測式を示す。式中の x は人工と同様であるが、y は廃棄物発生量 (m³) である。廃棄物発生量については、重量の方が正確ではあるが、一般にマニフェストに記載されているものがかさ容積であることを考慮している。

表-2 廃棄物発生量の算出データ

廃棄物種類	予測式
がれき類	y = 0.222x - 7.391
ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず	y = 0.013x + 2.509
廃プラスチック類	y = 0.009x + 1.991
金属くず	y = 0.052x + 1.875
木くず	y = 0.274x + 9.933
繊維くず	y = 0.009x + 0.606
廃石膏ボード	y = 0.035x + 0.343
混合廃棄物	y = 0.040x + 1.293
ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず(石綿含有)	y = 0.0185x - 0.05
廃プラスチック類(石綿含有)	y=0.2
混合廃棄物(石綿含有)	y=0.8

2.3 コスト算出方法

人件費については、表-1 から算出した延べ人工数と、1日当たりの人工単価 17,300 円¹⁾の積により算出した。廃棄物処理費用については、中間処理業者および解体工事業者へのアンケート結果をもとに、表-3 に示す単価を設定し、発生量との積により算出した。収集運搬費、外部足場架拵損料および養生シート費用については、アンケート結果をもとに表-4 の設定単価に当該建物の延べ床面積を掛けることで算出した。なお、諸経費については、重機の損料、工事管理費および利益などが含まれること

となるが、これは業者ごとに設定するもので、工事費に対して一律 10%などと掛けて求めることとした。

3. 解体工事費用概算システムの検証

諸経費を計上しない場合の本システムによる解体工事費用の見積もり金額と延べ床面積の関係を図-2 に示す。図中に延べ床面積 130m² の場合の例を示したが、人工、建設廃棄物処理、収集運搬および外部足場架掛損料・養生シートとの費用比率は、概ね 4 : 4 : 1 : 1 程度となる。

本調査では、解体工事物件ごとに各社の見積もりを提供してもらった。そこで、本システムで算出した予測見積額と解体業者の実際の見積額を比較して、図-3 に示す。いずれも、延べ床面積が大きくなれば、解体工事費も高くなっている。バラツキがあることは、解体工事物件の仕様が様々であることを考えればやむを得ないといえる。

本システムで算出される見積額に比べて、実際の解体工事見積額の方が高めとなっているが、これは予測見積額には諸費用を含んでいないため、諸費用を全体の 10% または 20% と設定したものと比較すると、実際の解体工事業者の見積もりとほぼ一致すると推察できる。

すなわち、人工費用、建設廃棄物処理費用、収集運搬費用および外部足場架掛損料・養生シートについて算出される本システムの見積額に対して、次のような費用を諸費用等として設定するのが適当と考えられる。

- ・ 諸費用：見積額×10%
- ・ 安全管理経費（石綿含有建材無し）：見積額×5%
- ・ 安全管理経費（石綿含有建材有り）：見積額×10%

また、図-3 中には実勢単価とされている解体工事物件の坪あたり 3.5~6 万円の場合についても例示しているが、今回調査した物件の見積額および本システムの見積額ともこの範囲内にある。解体工事物件の延べ床面積を入力するだけで工事費用が算出される簡易なものであることを考えると、本システムは十分に実用性の高いものであると判断できる。

4. まとめ

本研究の調査をもとに簡易な解体工事費算出システムとして実用性が高いものが提案できた。今回の研究では簡易なシステム構築を第一義の目標として実施したため、各種予測は延べ床面積のみによって成立している。今後より精度の高いシステムを構築するには、建物の築年数や地域性なども考慮した詳細な検討が必要である。

【参考文献】

1) 国土交通省：平成 21 年度公共工事設計労務単価(基準額), <http://www.mlit.go.jp/common/000036033.pdf>, 2010.3.20

【謝辞】

本研究は、平成 21 年度住宅・建築関連先端技術開発助成事業により実施した。また、調査に際しては明治大学修論・卒論生の呉秀卿さん、金子遼祐君、佐藤将光君、国土館大学卒論生の小林成寛君の協力を得た。ここに厚く謝意を表します。

表-3 廃棄物処理費の設定単価

廃棄物種類	設定単価(円/m ³)
がれき類	4000
ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず	9000
廃プラスチック類	7000
金属くず	1000
木くず	5000
繊維くず	27445
廃石膏ボード	12000
混合廃棄物	15000
ガラスくずコンクリートくず及び陶磁器くず(石綿含有)	30000
廃プラスチック類(石綿含有)	30000
混合廃棄物(石綿含有)	30000

表-4 廃棄物処理費の設定単価

項目	設定単価(円/m ²)
収集運搬費	1130
外部足場掛損料	600
養生シート	200

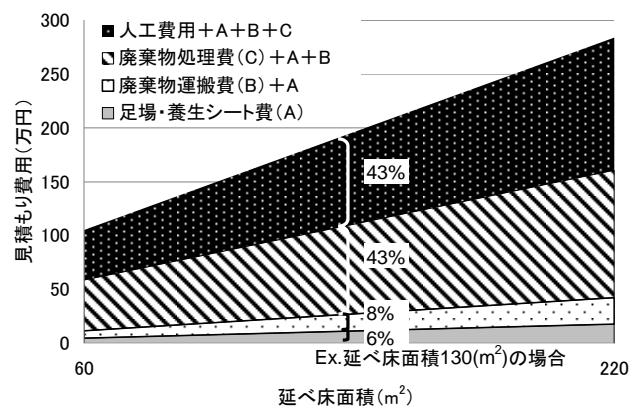


図-2 見積もり費用と延べ床面積の関係

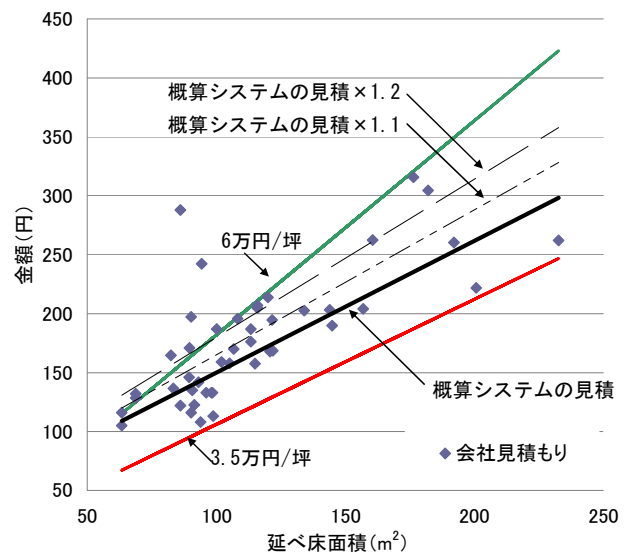


図-3 概算システムと実態の見積もり比較

*1 明治大学理工学部 教授 博士 (工学)

*2 イオリナ

*3 国土館大学理工学部 博士 (環境学)

*4 エコシスコンサルティング

*1 Prof., School of Science and Technology, Meiji Univ., Dr.Eng.

*2 Iorina Co.Ltd

*3 Lecturer., School of Science and Engineering, Kokushikan Univ., Dr.Env.

*4 Ecosys Consulting Co.Ltd