解体工事事前調査手法とそれを採用した工事の報告

REPORT ON PRESURVEY SYSTEM FOR DEMOLITION WORK AND THE ADOPTED SYSTEM

山口善弘 — *1 菊池雅史 — *2
青山謙一 — *3 小山明男 — *4

Yoshihiro YAMAGUCHI — *1 Masafumi KIKUCHI — *2
Kenichi AOYAMA — *3 Akio KOYAMA — *4

キーワード:

建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律, 解体, 事前調査, 建設資材廃棄物, 二酸化炭素

Keywords:

Law for the recycling of construction materials, Demolition, Presurvey, Waste, Carbon dioxide

Law for the recycling of construction materials put demolition work under an obligation to do presurvey before the work, and to estimate the discharged construction waste. However, generally the period gave to presurvey is very short. This report shows presurvey system developed by the authors and the document of demolition work (Total floor area: 34,165m²).

1. はじめに

筆者らは、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（通称、建設リサイクル法）」の趣旨を解体工事において具現化するために、環境負荷の低減と資源循環を適正に処理する解体工事のシステム化に関する調査研究を1998年から進めている^{1)~3)}。また、2003年からは、東亜道路工業グループ4社と筆者らの研究室の間で、「建設リサイクル法に資する解体・再資源化システムの開発」を目的に環境解体システム開発委員会（委員長 菊池雅史）を設置し、共同研究を進めている^{4)~7)}。本報告は、これら一連の研究のうち、筆者らが開発した事前調査手法と、それを採用した明治大学校舎解体工事（延べ34,165m²）の工事結果についてとりまとめたものである。なお、本調査研究は、東亜道路工業グループからの研究費の提供と経済産業省関東経済産業局地域新規産業創造技術開発（平成16年度）による助成金ならびに明治大学の全面的な協力により遂行されたものであることを付記する。

2. 本報告の対象とした建築物

本報告で対象とした建築物を表1に示す。生田地区理工学部3号館（以下、3号館）は部分解体の工事であった。他の建築物は、建築物全体の解体である。生田地区理工学部1号館（以下、1号館）は2工期に分かれて行われており、それぞれ解体と新築の工期が分かれた工事である。1期が2001年11～12月（818m²）、2期が2002年7～10月（2,525m²）である。駿河台D地区（以下、D地区）は2005年9～12月、2006年3月に分かれて解体工事が行われた。こちらは地下躯体の一部を土留め壁として利用したため、当該部分の解体のみが後で行われたためである。

本報告は、既発表文献1～7の内容に加筆したものである。

*1 明治大学大学院理工学研究科 博士後期課程・工修
東亜道路工業

（〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田1-1-1）

*2 明治大学理工学部建築学科 教授・工博

*3 東亜道路工業 顧問

*4 明治大学理工学部建築学科 助教授・工博

図1 環境解体システム概要

表1 対象とした建物概要

名称	駿河台B地区				生田地区理工学部		駿河台D地区
	5号館	6・7号館	13号館	エネルギーセンター	1号館	3号館	
構造	SRC	RC	SRC	S	RC	SRC	SRC
延床面積	5,944	8,646	8,287	484	3,343	5,013 ^{*2}	2,448
階数	塔屋	2	3	3	-	2	1
	地上	5	5	8	4	9 ^{*1}	5
	地下	2	1	2	-	-	1
解体工期	2001.10～2002.5				2001.11～2002.10	2004.6～2004.11	2005.9～2006.3

*1 部分解体の建築物で、地上9階中の1・2階部分は工事対象外である

*2 延床面積は解体工事対象部分の面積である

*1 Graduate School of Science and Technology, Meiji Univ., M. Eng.
Toa Doro Kogyo Corporation

*2 Prof., Dept. of Architecture Faculty of Science and Technology, Meiji Univ., Dr. Eng.

*3 Adviser, Toa Doro Kogyo Corporation

*4 Assoc. Prof., Dept. of Architecture Faculty of Science and Technology, Meiji Univ., Dr. Eng.

3. 事前調査による各種数量算出方法

3.1 解体設計図書作成メソッド概要

環境解体システム(図1)は、解体工事に先立つ汚染土壌調査から再資源化までを一元管理し、工程全体を通しての資源循環、環境負荷低減、コスト削減を目指すものである。よって、解体工事の施工に際して工事計画、再資源化計画等の検討が特に重要となる。その中でも建設資材廃棄物見込量の算出は、これを元に各計画を立案するために的確になされる必要がある。図2の左側は木造建築物等の解体工事施工指針(案)・同解説⁸⁾の作業フローである。それに基づき解体設計図書作成メソッドは事前調査手法や解体設計図書作成を拡張し、建設資材廃棄物見込量の算出、各種計画の立案・検討を行うものである(図2)。そのため事前調査で収集する情報の質と量の確保が重要となる。通常、事前調査は供用期間中に行われることが多く、調査時間の確保が難しい。そこで、短時間で効率の良い情報収集手段として魚眼レンズを用いた記録と、TabletPCと解体設計 pluginを用いた記録を併用して事前調査を行い、それに基づき建設資材廃棄物、二酸化炭素排出量の見込みを算出した。

3.2 魚眼レンズを用いた仕上材料調査方法

事前調査では通常、写真による記録を行っている。しかし、普通のカメラでの撮影は以下の問題点が存在する。

a) 十分な焦点距離を確保できないため撮影範囲が狭い

b) 位置関係の把握が困難

c) 撮影した写真の管理が煩雑、確認作業が困難

d) 短時間でその後の作業に必要な情報を全て収集するには経験が必要

また、ビデオカメラでは上記 b) は対応できるが、a) は同程度であり、さらに時間軸が加わることにより写真よりも確認作業は時間がかかる場合がある。そこで、本研究ではパノラマ写真で利用されている魚眼レンズと Apple Computer の CubicVR^{®1)} 技術を使用した記録方法を用いた。

写真1は使用するカメラの外観である。図中の矢印の部分回転させ、120° 毎に撮影する(180° 毎でも可能だが、2枚の写真の一番歪みの大きい部分を後の編集作業で結合しなければならない)。撮影した3枚1組の写真をフリーウェアを用いて、歪みの補正、画像の結合等を行い、360° 自由に視点移動が可能な CubicVR に変換する。写真2は CubicVR の 90° 毎の画像である。

表2は3号館解体工事における事前調査(解体工事対象外の1階・2階を含む)での撮影・編集時間である。仕上材等の調査も並行しているが、1フロア毎に全部屋撮影後、仕上材等の調査という順序で行っているため、カメラの撮影時刻から所要時間を算出した。撮影時間は部屋の移動も含めた時間となっているが、1時間の編集時間も合わせて1組当たり約90秒で作成が可能という結果が得られた。また、事前調査(撮影時間含む)は1時間当りに約470m² 行えた。仕上材や設備機器等を記録するには十分な質の情報が短時間で収集できる事が確認できた。

3.3 解体設計 plugin による作図

建設資材廃棄物の見込量を算出するには図面から拾うのが確実かつ精度が高い。しかし、現在解体される建築物は竣工図、改修図が揃っていないことが少なく、図面の CAD データはほとんど無い。実際、一般的な事前調査では解体用の図面作成の有無にかかわらず、既存図面のコピーに書き込む方法が用いられている。この方法では見込量の算出時には手拾い等の作業を行わなければならないため、非効率

図2 解体設計図書作成メソッドの作業フロー

写真1 魚眼レンズ付きカメラ外観

写真2 CubicVR(左から左側、正面、右側、背面)

であり、現場での作業性・検索性も低い。以上の観点から、現場での作図が簡便となるプログラム（以下、解体設計 plugin）を作成した。

解体設計 plugin は汎用 CAD ソフト VectorWorks 用の plugin で、解体用図面の作成に特化したものである。写真 3 に示す TabletPC と併用する事により事前調査現場での作図が容易に行える。解体設計 plugin の主な特徴は 1. 解体用に図面ディテールを簡略化、2. TabletPC での作業に対応したユーザーインターフェースの 2 点である。

一例として図 3 に建具の作図について示す。解体設計 plugin の基本的な作図方法は、部材寸法等のデータベースと部材を符号で表した図形（図 3 II）の配置である。現場での入力作業は不安定であり、クリックがドラッグ等に比べ誤入力が少ないことから、クリックにより符号を配置する。また、一般に部材の寸法等の確認を行う際には対象となる部材を選択して寸法等を表示しなければならないが、符号で表示することにより、確認作業が容易に行える。符号が部材寸法等のデータ

表 2 撮影・編集時間

延床面積	[m ²]	6,358
部屋数	[室]	175
撮影時間	[h]	3.4
編集時間	[h]	1.0
撮影枚数	[枚]	555
	[組]	185

※撮影時間を除いた事前調査は 10 時間

写真 3 TabletPC

図 3 解体設計 plugin の例（建具）

図 4 解体設計図（3D 表示）

ベースと対応することにより、用途に応じた表現が可能となる（図 3 II～V）。柱や壁、梁も同様の作図方法である。

3.4 解体設計図書の構成

解体設計図は仕上材をハッチングや色で区別し、見込量の算出だけでなく、分別解体の施工指示書としても使用できる。解体設計 plugin によって作られた図面は 2D と 3D のハイブリット図形で構成されているため、事前調査後直ちに図 4 に示す様に空間として確認することが可能となる。建設資材の過不足を 3D 表示で視点を変えながら確認でき、積算作業も自動化しているの、拾い落としや二重拾いを防止する事が出来る。

解体設計書は工事計画書、特記仕様書等の他に建設資材廃棄物の見込量、解体工事費および二酸化炭素排出量から構成されている（表 3）。表 4 の諸元からデータベースを構築し、解体設計図から自動算出された見込量を入力後、使用重機や中間処理内容等を選定することにより、解体工事費と二酸化炭素排出量の算出が可能となる。

4. 解体工事調査による各種数量算出方法

解体工事により実際に排出された建設資材廃棄物量は、マニフェスト、スクラップ伝票から求めた。その際、容積表記の物および混合廃棄物は参考文献^{9), 10)}を基に質量換算を行っている。二酸化炭素排出量はバックホウ使用に係わるものは給油量から、その他機器・ダン

表 3 解体設計書（建設資材廃棄物・解体工事費・CO₂ 排出量）の例

建設資材廃棄物				
資材		面積 [m ²]	容積 [m ³]	質量 [t]
コンクリート類	基礎 RC	—	330.0	759.0
	地上 SRC	—	1,305.0	3,001.5
	...			
木質系	木質系ボード (壁)	193.4	1.7	0.9
	木質系ボード (天井)	100.0	0.6	0.3
	...			

解体工事費				
内訳	数量	単位	単価	計
基礎 RC 解体費	330.0	m ³	6,730	2,220,900
地上 SRC 解体費	1,305.0	m ³	5,670	7,399,350
コンクリート運搬処理費	1,635.0	m ³	4,900	8,011,500

CO ₂ 排出量				
作業内容	資材	車両台数 [台]	燃料使用量 [L]	計 [L]
1. 資材搬出	コンクリート	97.0	78.8	7643.6
	鋼材	6.5	78.8	512.2
	木材	0.6	78.8	47.3
			[L]	8439.5
			[kg-CO ₂]	21338.4
2. 躯体取壊し	...			
3. 仮設資材搬出入	...			
4. 資材積込・積降し	...			
5. 中間処理	...			
6. 共通費	...			

表 4 解体設計図書作成メソッドの諸元一覧

建設資材の単位質量	建築物荷重指針・同解説 ⁹⁾
解体費	公共建築工事積算基準 ¹³⁾
	公共工事設計労務単価 ¹⁴⁾
処理処分費	月刊積算資料 ¹⁵⁾
	月刊建設物価 ¹⁶⁾
重機・車両の燃料消費量	建設機械等損料算定表 ¹¹⁾
中間処理の二酸化炭素排出量	日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.383-384, 2001.9 ¹²⁾

表5 建設資材廃棄物の見込み値・実測値

	B地区		1号館		3号館		D地区	
	見込み値	実測値	見込み値	実測値	見込み値	実測値	見込み値	実測値
	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
コンクリート類	34,112	32,610	5,000	5,090	5,954	5,540	3,811	3,490
	105		98		108		109	
木材	194	254	38	36	69	68	8	19
	76		106		102		44	
金属類	3277	3068	297	278	576	426	309	215
	107		107		135		143	
仕上材	248	329	37	33	73	61	46	64
	75		112		120		72	
計	37,831	36,261	5,373	5,437	6,672	6,095	4,174	3,788
	104		99		109		110	

表6 二酸化炭素排出量の見込み値・推定値

	B地区		1号館		3号館		D地区	
	見込み値	推定値	見込み値	推定値	見込み値	推定値	見込み値	推定値
	[kg-CO ₂]	[kg-CO ₂]	[kg-CO ₂]	[kg-CO ₂]	[kg-CO ₂]	[kg-CO ₂]	[kg-CO ₂]	[kg-CO ₂]
見込み値	647,941	632,865	88,705	90,844	114,749	87,762	74,466	43,480
推定値								
精度 [%]	98		102		76		58	

表7 バックホウ稼働実績ベース燃料使用量の計算値・給油量

	B地区		1号館		3号館		D地区	
	計算値	給油量	計算値	給油量	計算値	給油量	計算値	給油量
	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]	[L]
計算値	160,326	127,602	17,994	17,096	21,246	20,387	10,451	8,769
給油量								
稼働率 [%]	80		95		96		84	

表8 解体工事調査結果概要

	① 延床面積 [m ²]	② 稼働日 [日]	③ 人工 [人・日]	④ 建設資材廃棄物 [t]	⑤ 二酸化炭素 [kg-CO ₂]
B地区	23,361	155	6,222	36,485	632,865
1号館	3,343	79	1,152	5,359	90,844
3号館	5,013	105	2,412	6,094	87,762
D地区	2,448	95	1,310	3,638	43,480

図5 人工数と人工数累計比率の推移 (B地区)

図7 人工数と人工数累計比率の推移 (3号館)

トラックに係わるものは工事日報、マニフェスト、スクラップ伝票等から稼働実績を求め、参考文献¹¹⁾を基に推定した。中間処理に係わる二酸化炭素排出量は、建設資材廃棄物量と参考文献¹²⁾を基に推定した。また、職種別人工数については工事日報から算出した。

5. 事前調査と解体工事調査の比較および各解体工事調査の比較

5.1 事前調査と解体工事調査の比較

解体設計図書作成メソッドにより求めた建設資材廃棄物見込量（以下、見込み値）と解体工事調査から集計した建設資材廃棄物排出量（以下、実測値）を表5に示す。B地区と1号館ではコンクリートがらを埋め戻しに使用したことにより、それぞれ、約5,700t、2,000tが現場から搬出されていないので、マニフェストから集計した質量に埋め戻し分を加えている。

解体設計図書作成メソッドでは建設資材廃棄物の種類を詳細（部位・仕上材毎）に区別しているが、解体工事では仕上材が混合もしくは混載される事が多く、マニフェストからは材料毎の数量を把握する事は困難である。そこで、建設資材廃棄物をコンクリート類、木材、金属類、仕上材の4種類に分類した。建設資材廃棄物の総質量での精度は±10%以内であった。B地区、1号館に比べ3号館、D地区の差異がやや大きくなったのは、3号館は部分解体の工事であり、駿河台D地区は解体工事に先立ちコンクリート強度を測定したが、設計図書の半分程度の部分が存在したことが総質量に影響しているものと考えられる。個々の資材ではコンクリート類以外はかなりのばらつきがある。木材、仕上材に関してはマニフェストが容積表記であったため、質量換算する際の実績率と混載・混合されて排出されているので構成内容により、みかけの密度が大きく変化した事が要因であるとする。

二酸化炭素排出量は解体設計図書作成メソッドにより求めた値を見込み値、解体工事調査から推定した値を推定値とした。二酸化炭素排出量の見込み値・推定値を表6に示す。建設資材廃棄物同様に

図6 人工数と人工数累計比率の推移 (1号館)

図8 人工数と人工数累計比率の推移 (D地区)

B地区、1号館は埋め戻したコンクリートの収集運搬、中間処理に伴う二酸化炭素排出量を加算している。解体設計図書作成メソッドでは表2に示したように1.～6.の作業に分類し、二酸化炭素排出量を算出しているが、現場では1台のバックホウが1日に躯体取り壊しや、資材積込積降しを行う等、工事日報等から作業時間を明確に分類するのは困難であった。よって、比較は合計値のみを対象とする。

B地区、1号館の見込み値と推定値はほぼ等しいが、3号館、D地区ではかなりの差異があった。3号館はバックホウの稼働延べ台数が見込み値に比べ少なく、小割作業を階上で行わなければならない程、作業スペースが狭かった事が逆に効率的な重機の運用に繋がったと考えられる。D地区は前述の通り、コンクリート強度が低いため、圧砕が容易であったことが差異の原因と考えられる。

表7はバックホウの稼働実績から参考文献¹¹⁾を基に算出した計算値と給油量を比較したものである。B地区、D地区は約8割の稼働率(=給油量/計算値)であったのに対して1号館、3号館は10割に近い稼働率である。明治大学の駿河台校舎は市街地に在り、B地区、D地区ともに敷地境界から1m足らずに近隣の建物が存在している。対して生田校舎は郊外に在り、1号館、3号館は他の校舎に囲まれている(3号館の作業スペースが狭いのは敷地の高低やキャンパス内の動線が要因である)。参考文献¹¹⁾には段取り等の時間も含めて1日の消費燃料量が記載されているので、狭隘な作業スペースでの工事では、近隣等への配慮によりバックホウの稼働率はさらに低くなり、本調査では通常よりも20%近く稼働率が低下していた。

5.2 各解体工事調査の比較

5.2.1 職種別人工数

各解体工事での稼働日数(工期中に実際、解体工事が行われた日数)、職種別人工数、建設資材廃棄物、二酸化炭素排出量を表8に示す。図5～図8に各解体工事における稼働日消化率(稼働日総計を100%とした場合の対象とする稼働日の比率)に対する職種別

人工数と人工数累計比率の推移を示す。稼働日消化率を3分割し、序盤、中盤、終盤とした。

序盤は足場の組立、内装解体が行われており、薦・普通作業員が多い。手作業が主体となるため、稼働日消化率に対する人工数累計比率は大きくなっている。中盤・終盤は躯体解体が行われ、機械作業が主となるために、人工数は序盤に比べ少なくなる。躯体解体に従事する特殊運転手・普通作業員が大半を占める。中盤と終盤は明確な違いがあらわれにくい、薦については工事の特徴があらわれている。B地区、1号館、D地区は躯体解体の進行に伴い足場・防音パネルの撤去を行っていることから、薦の人工数は中盤から終盤にかけて徐々に減少している。部分解体工事である3号館は、解体対象外の1階・2階部分の足場・防音パネルを短期間に撤去したことにより、終盤、薦の人工数が急増している。

図9に各解体工事での人工数累計比率の推移を示す。建築物全体を解体し、新築工事に移行したB地区、D地区がほぼ同じ推移を示している。3号館は部分解体工事であったことが影響していると考えられ、相対的に序盤に人工数が多くなっている。1号館は1期解体工事が稼働日に対して人工数累計比率が少なく、2期解体工事の中盤以降はB地区、D地区と似た推移を示している。

5.2.2 建設資材廃棄物搬出量・二酸化炭素排出量

図10に建設資材廃棄物搬出量比率の推移、図11、図12にバックホウ、ダンプトラック稼働に伴う二酸化炭素排出量比率の推移を示す。B地区、1号館はコンクリートの一部を埋め戻しに使用しているため、図10では搬出量比率累計が100%とはならない。また、バックホウ稼働に伴う二酸化炭素排出量比率には埋め戻しに使用したコンクリートも解体しているので含まれているが、搬出はされていないので、ダンプトラック稼働に伴う二酸化炭素排出量比率では対象外としている。

図10～図12は似たようなゆるやかなS字を呈した推移となっている。

図9 人工数累計比率の比較

図10 建設資材廃棄物搬出量累計比率の推移

図11 二酸化炭素排出量累計比率の推移(バックホウ)

図12 二酸化炭素排出量累計比率の推移(ダンプトラック)

図10と図11からコンクリートを埋め戻しに利用したB地区と1号館の建設資材廃棄物排出量とバックホウ稼働に伴う二酸化炭素排出量の推移は稼働日消化率80%でほぼ同様な値であることから、本調査ではコンクリート埋め戻しによる搬出量の影響は終盤にあらわれたとみられる。

5.2.3 解体工事調査結果の各項目の相関

表8の延床面積、稼働日数、人工数、建設資材廃棄物、二酸化炭素排出量について、B地区の各値を1.0とした場合の散分図を図13に示す。対象としている数が少ないので、明言は控えるが、今後も引き続き調査を行い、解体工事に関する各種傾向の把握ができるよう、各項目の相関関係について検討したい。

6. まとめ

本報告では、解体設計図書作成メソッドを用いて建設資材廃棄物、二酸化炭素排出量の見込みを算出した。また、解体工事調査を行い解体設計図書作成メソッドの妥当性について検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 一般に事前調査は時間的な制約が多いが、魚眼レンズを用いることで仕上材に関する情報収集は効率的に行うことが可能であった。
- (2) 解体設計図書作成メソッドによる建設資材廃棄物は総質量では高い精度が確認できた。二酸化炭素排出量は使用する重機の機種、作業スペースの影響が大きく、精度を確保するためには機種等の与条件を整合しなければならない。
- (3) 解体工事調査から職種別人工数、建設資材廃棄物、二酸化炭素排出量について検討を行った。解体工事の特徴が職種別人工数、特に薦にあらわれた。バックホウ、ダンプトラック稼働に伴う二酸化炭素排出量は建設資材廃棄物と同様な推移がみられた。

このことから、今後は以下の課題について検討し、実用化を目指したい。

- ・TabletPCと解体設計 plugin による積算工程までの作業効率への影響
- ・解体現場でのデータ収集を標準化するための工事監理・管理メソッドの構築
- ・より多くの使途、構造でのデータ収集、解体工事に関する各種傾向の把握
- ・竣工図等の図面がない場合の事前調査手法の構築

また、解体工事に関する歩掛り等は、公共建築工事積算基準でも全てが網羅されてはおらず、多くの解体調査によりデータベースを構築する必要がある。解体設計オブジェクトによるデータの収集は高い精度が期待できるが、多くの事例を処理するには適さない。同様に、全ての解体工事で図面を作成するのは時間、費用の点から困難であると予測される。解体設計オブジェクトを詳細法とする一方、簡易法も構築し量の面からもデータの充実を図り、解体設計オブジェクト、環境解体システムへフィードバックを行い、適応性、精度の向上に努めたい。

謝辞

本研究の実施にあたり、明治大学管財部施設課、鹿島建設株式会社、大成建設株式会社、株式会社鴻池組にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

図13 延床面積・稼働日数・人工数・建設資材廃棄物・二酸化炭素の各散分図

参考文献

- 1) 山口善弘, 菊池雅史, 小山明男, 坂元昭一: 建築分野における外部コスト評価に関する研究 その14. 解体工事に係るケーススタディー (解体設計), 日本建築学会学術講演梗概集 F-1, pp.1051-1052, 2002.8
- 2) 坂元昭一, 菊池雅史, 小山明男, 山口善弘: 建築分野における外部コスト評価の標準化に関する研究 その15. 解体工事に係るケーススタディー (廃棄物、二酸化炭素発生量予測), 日本建築学会学術講演梗概集 F-1, pp.1053-1054, 2002.8
- 3) 山口善弘, 福田俊之, 菊池雅史, 小山明男: 学校建築物における解体設計の適用性に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.1105-1106, 2003.9
- 4) 青山謙一, 柴田親宏, 前田雅慶, 杉山孝, 加藤聡, 菊池雅史: 環境解体 (ED) システム構築に関する研究 その1. 環境解体システムに関する研究概要, 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.231-232, 2004.8
- 5) 山口善弘, 柴田親宏, 青山謙一, 菊池雅史, 小山明男, 福田俊之: 環境解体 (ED) システム構築に関する研究 その2. 高精度・高効率解体設計システム, 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.233-234, 2004.8
- 6) 山口善弘, 菊池雅史, 小山明男, 福田俊之, 青山謙一: 環境解体システム構築に関する研究 その4. 解体工事調査結果, 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.1-2, 2005.9
- 7) 山口善弘, 菊池雅史: 明治大学理工学部研究報告, No.33, pp.17-29, 2005.9
- 8) 日本建築学会: 木造建築物等の解体工事施工指針 (案)・同解説, 日本建築学会 2002.11
- 9) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説, 日本建築学会 2004.9
- 10) 建築業協会: 建築系混合廃棄物の組成及び原単位調査報告書報告書・建築物の解体に伴う廃棄物の原単位調査報告書, pp.24, 2002.3
- 11) 日本建設機械化協会: 建設機械等損料算定表平成15年度版, 日本建設機械化協会, 2004.4
- 12) 金村千絵, 大島正明, 福田俊之, 村上泰司, 菊池雅史: 解体段階におけるエネルギー使用量及び二酸化炭素排出量調査 その2. 中間処理におけるエネルギー使用に伴う二酸化炭素排出量, 日本建築学会学術講演梗概集 A-1, pp.383-384, 2001.9
- 13) 建築コスト管理システム研究所: 公共建築工事積算基準平成17年度版, 建築コスト管理システム研究所, 2005.5
- 14) 平成16年度公共工事設計労務単価 <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/01/010323.html>
- 15) 経済調査会: 月刊積算資料, 経済調査会
- 16) 建設物価調査会: 月刊建設物価, 建設物価調査会

注

注1) Apple Computer のソフトウェア QuickTime の拡張仕様の一つ QuickTimeVR の機能。QuickTimeVR は水平方向 360° の画像を扱うが、CubicVR では、天地を含めた水平、垂直方向それぞれ 360° の画像を扱う。

[2006年4月20日原稿受理 2006年7月27日採用決定]