

東京都における建築物ストック由来の廃棄物量の時系列的推計

小泉 裕靖^{1,2}・中谷 隼³・森口 祐一²

¹正会員 (公財) 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 (〒136-0075 東京都江東区新砂1-7-5)
E-mail:koizumi-h@tokyokankyo.jp

²正会員 東京大学大学院工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

³非会員 東京大学大学院工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

本研究は、東京都の建築物を事例として、所有者の価値観や経済状況の変化などの外圧を反映したフロー・ストックモデルを用いて、高度経済成長期に集中整備された建築物が耐用年数を迎える21世紀前半における建築物ストック由来の廃棄物発生量について時系列的推計を行った。また、将来の排出形態の変化として、現場内での再資源化、既存部材の再利用、有価売却などの不確実性を考慮し、処理すべき廃棄物の現場搬出量を推計した。この結果、2016年の建築物ストック由来の廃棄物量に対して、2030年は中位ケースで1.6倍であり、ピークを迎える2047年には2.8倍程度になると推計した。このことから、ピーク時期に備えて増強が必要な施設容量は、がれき類、木くず、混合廃棄物を対象とした場合、大型施設換算で、各々16～17、6～7、3～4施設であると試算された。

Key Words : construction waste , waste derived from building stock, flow and stock modeling, waste generation coefficient, TOKYO

1. はじめに

(1) 研究の背景

日本は1945年の終戦の荒廃から「奇跡」と呼ばれるほどの急速な復興を成し遂げた。特に都市部においては、急速なインフラ整備が進展し、これらは、現在も各都市の社会基盤として都市機能を支えている。その中でも、首都東京は日本の総面積の0.6%の土地の中に人口の10.4%、GDPの20%を占める産業・経済・文化・情報が集積した世界有数の大都市である。ここに投入され、蓄積され、排出される物質量は膨大であり、建築物だけを取ってみても、2016年度の着工量¹⁾は1,516万床²⁾であり、総ストック量²⁾は、6.7億床²⁾に及ぶ。更に、廃棄物の視点から見ると、建設系産業廃棄物は、建設副産物実態調査³⁾によれば、770万tonとなっており、これは日本全体の10.3%に相当し、全国一位となっている。

一方で、1964年の東京オリンピックを中心とする高度経済成長期に整備された大量の建築物や社会資本が、今後、耐用年数を迎えることから、老朽化ストックが建設系産業廃棄物として大量に排出され、その再生および処理能力、最終処分容量の不足が生じ、不適正処理や不法投棄の原因となることが危惧される。更に、

適正処理を担うべき再生・処理処分業は迷惑施設と捉えられ、新たな再生事業への参入への壁は高いと考えられる。このような状況から、21世紀前半の建設廃棄物が大量発生する局面において、その量を予測し、現時点から適切な再資源化・処理処分に備えておくことが必要な時期に来ていると言える。

(2) 研究の目的

そこで本研究は、東京都の建築物を事例として、21世紀前半を建築物ストック由来の廃棄物の増大局面と捉え、所有者の価値観や経済変化などの外圧を反映できるフロー・ストックモデルを使用し、その発生量と処理すべき現場搬出量についての将来推計を行う。そして、その受入先である処理処分や再資源化施設の不足容量を示すことにより、不適正処理の未然防止や再資源化促進のための関連業界や行政の意思決定に向けた基礎情報を提供することを目的とする。

(3) 既往研究

社会資本や建築物に関するフロー・ストック研究は、国内外で進められている。Hashimoto et al.^{4) 5)} は日本の建設資材におけるマテリアルフローの分析及び日本における潜在的な建設廃棄物と二次資源としての蓄積予測、

長岡ら⁹⁾は都道府県別の地上と地下のマテリアルストック推計、田中ら⁷⁾は都道府県における建築物・社会基盤施設ストックの推計、大西ら⁸⁾は全国のマテリアルストックの需要量推計、谷川ら⁹⁾はGISによる国内主要都市のストック量分析を行っている。各都市における事例研究としては、谷川ら¹⁰⁾は北九州市における都市構造物のマテリアルストックの推計と評価、長谷川ら¹¹⁾は北陸三県の市町村におけるマテリアルフロー・ストックの将来分析、饗庭¹²⁾は八王子市における建築ストックの存在状況、Muller¹³⁾はオランダの居住用住宅の物質フロー・ストック予測モデルを構築、Bergsda *et al.*¹⁴⁾はノルウェーの住居に関するストック分析、Fishman *et al.*¹⁵⁾は都市の成長とストック量変化のパターン分析などを行っている。また、堤・小松¹⁶⁾は大阪市の3地域の木造専用住宅の平均寿命の推移を、小松¹⁷⁾・¹⁸⁾は、全国の都市の家屋の寿命推計を行い、建物の寿命は使う人間が決定しており、使い勝手や経済状況の影響を受けるものの、その要因やその影響程度は明確ではないことを指摘している。

フロー・ストック分析の中でも、下流側、つまり減失や解体などの排出に着目した研究も多く見られる。橋本・寺島¹⁹⁾は建築物解体廃棄物の発生について予測手法の検討と将来予測、坂本ら²⁰⁾は土石系廃棄物の2030年度の最終処分削減目標に向けた物質フローの検討、川崙²¹⁾は建設混合廃棄物の資材としての再利用の可能性、堤ら²²⁾は大阪3地域の木造専用住宅のストックと除却動向のケーススタディ、藤川ら²³⁾は山口県の市部における建設廃棄物の排出と再生利用量予測、Hu *et al.*²⁴⁾・²⁵⁾は北京市における建設と解体に関するフロー・ストック分析や中国の都市部と地方部の住宅ストックの比較、Hu *et al.*²⁶⁾は北京市における居住用住宅の物質投入とストック及び排出の状況分析、Huang *et al.*²⁷⁾は中国の建設と解体における物質需要量と環境影響分析などを行っている。この他に、災害廃棄物の発生に関する研究としては、関野²⁸⁾は東日本大震災時のパーティクルボードのリサイクル、荒井ら²⁹⁾は東京都における1次仮置場に関する輸送計画、伊川ら³⁰⁾は近畿圏における広域連携、稲積ら³¹⁾は東日本大震災の津波堆積物の広域処理による処理スピードと長期的環境影響、加用ら³²⁾は東日本大震災災害廃棄物の東日本における広域連携のシナリオ分析、鶴房ら³³⁾は東日本大震災の沿岸市町村の処分量比較、金³⁴⁾は韓国における建設廃棄物の実態調査などがある。

これらの既往研究では、残存量と減失量は構造的な寿命（老朽化、耐久力低下）に応じた残存率に従っており、建築物が生産された時点で、その残存率が決まっているとの考え方に基いている。しかし、構造的寿命は残存率の基本要因であるが、それだけで決ま

るものではなく、所有者や使用者の持つ建築物に対する価値観やそれを超越するような大きな外圧などのその他の要因の反映についての課題が残っていると言える。また、災害や既存ストック由来の廃棄物については、発生予測やその広域的处理処分、周辺地域との連携などについて検討はされているものの、廃棄物増大局面において実際に整備しておくべき施設増強容量については示されておらず、迷惑施設と捉えられている廃棄物処理施設の今後の整備規模に関する課題があると考えられる。

2. 推計方法

(1) 使用したモデル

上記の既往研究で用いられているフロー・ストックモデルのうち寿命関数に基づくモデルでは、建築物や社会資本の残存率の分布が建設された時点に依存している。こうした考え方の背景には、建築物の寿命がその主要材料耐久性や構造体劣化に伴う耐用年数による構造的要因により決まるという前提があるものと考えられる。一方、筆者ら³⁵⁾・³⁶⁾は、建築物の残存率は、この構造的要因を基本としつつも、所有者世代が持つ価値観や意識と災害や大きな経済変化などの外圧にも依存すると考え、前者を概ね20年ごとを一世代とするワイブル分布で、後者を外生的変化係数による補正を行うことで、ストック量及び減失量（床面積）の時系列的变化を表現した。その基本式を以下に示す。

$$r(x, t) = \prod_{t > x} d(t) \quad t < x + i \quad (1)$$

$$r(x, t) = \exp \left\{ - \left(\frac{t - (x + i)}{\beta} \right)^\alpha \right\} \cdot \prod_{t > x} d(t) \quad t \geq x + i \quad (2)$$

$$S(t) = \sum_x P(x) \cdot r(x, t) \quad t > x \quad (3)$$

$$W(t) = S(t - 1) - S(t) + P(t) \quad (4)$$

$r(x, t)$: x年に投入された建築物のt年における残存率 [-]

$x + i$: x年に投入された建築物の減失開始年

$d(t)$: t年における外生的変化係数 [-]

α, β : ワイブル分布のパラメータ

$P(x)$: x年における投入（着工）量 [m^2]

$S(t)$: t年におけるストック量 [m^2]

$W(t)$: t年における排出（減失）量 [m^2]

なお、外生的変化係数については、筆者ら³⁵⁾が関東大震災や戦災などに伴う大量の滅失を表現するための係数であるが、バブル期におけるストック量の特異的な減少についても経済激変期の外圧ととらえ、反映させている。

(2) 滅失量（床面積）予測計算の条件

本研究では、前節で示したモデルを用いて、21世紀前半の廃棄物量予測するために、木造及び非木造（RC, SRC, S）の別に滅失量（床面積）を算出した。その計算条件については、以下のとおりとし、変数などについては、木造を表-1に、非木造を表-2にまとめた。

(a)建築年代の区分については、概ね20年を一世代として設定した。具体的には、投入（新築時）のみならず、そのストックを使用している世代による意識・価値観を考慮し、戦後～高度経済成長期（1949-1964）、高度経済成長～安定成長（1965-1985）、バブル期～バブル崩壊後（1985-2004）、将来を含むそれ以降（2005-2050）4区分とした。なお、20年を一世代としたのは、1区分、3区分、7区分など何回も条件を変えてトライアル計算を繰返し、統計値と

表-1 木造の建築年代区分別の変数

建築年代の区分意識・価値観	滅失時期	ワイブル変数		外生的変化係数（要因）
		α	β	
1949-1964 ビルド&スクラップ	建築後 10-70年	3.32	31.8	
1965-1984 ビルド&スクラップ	同上	2.09	35.6	
1985-2004 長期使用 もったいない	同上	5.00	45.0	1985-88年：0.99 1989-91年：0.98 1992年：0.99 (1985-92頃バブル経済)
2005-2050	同上	3.00	35.0	

※網掛け部はフィッティング計算による算出結果

表-2 非木造の建築年代区分別の変数

建築年代の区分意識・価値観	滅失時期	構造	ワイブル変数	
			α	β
1951-1964 ビルド&スクラップ	建築後 4-70年	RC	1.8	10.1
		SRC	1.7	8.3
		S	2.0	16.5
1965-1984 ビルド&スクラップ	同上	RC	2.0	36.3
		SRC	2.1	37.2
		S	1.6	27.7
1985-2004 長期使用	同上	RC	5.5	45.6
		SRC	8.5	55.0
		S	2.8	39.3
2005-2050	同上	RC	3.0	37.0
		SRC	3.0	37.0
		S	3.0	37.0

※網掛け部はフィッティング計算による算出結果

計算値の誤差が最も小さく、かつ、前後の世代との整合性が取れる区分であったためである。

(b)滅失期間については、構造や建材の耐用年数等からの木造、非木造ともに、滅失期間の終点が建築物の耐久性の限界として70年と設定し、この滅失期間の中で式(2)により残存率を決めていくという考え方をしている。この70年については、木造建築物では、橋本・寺島¹⁹⁾が木造建築物のライフタイムの中央値を38.7年、長谷川ら¹¹⁾が、戸建木造住宅の平均寿命を44.9年、集合木造住宅及び業務用木造を32.1年、堤ら¹⁶⁾が大阪市周辺の木造専用住宅で23.7～52.7年としていることから設定した。コンクリート構造物については、東京都における水再生センターや下水道管、地下鉄、浄水場、首都高速などのライフサイクルが50～80年^{37), 38), 39)}となっていることから、やはり70年と設定している。

なお、滅失期間の始点については、木造は築後11年目から滅失開始（ $i=10$ ）、非木造は4年目から滅失開始（ $i=3$ ）とした。この値については所有者世代の持つ価値観などの影響を反映するための変数とすることができ、例えば、好景気により滅失開始時期が急激に早まったなど社会変化に対し、後の廃棄物量増加時期の出現予測などができるが、今回は固定数としており、その検討はしていない。

(c)ワイブル変数については、1985-2004世代以前については、統計値とのフィッティングによる計算値、2005年以降の世代については、滅失期間の中央年がピークとなる形（正規分布に近い形）に設定している。

フィッティング計算は、筆者ら^{35), 36)}が示した方法、すなわち各年の着工量実績⁴⁰⁾から残存率計算で求めたストック量と各年のストック量実績⁴¹⁾の最小二乗和が最小となるワイブル分布の形状パラメータ及び尺度パラメータを求めている。

なお、2005年以降の世代については、統計値が2013年までであり、ここから次の20年（2005-2024）から分布全体を決めるのは危険であると判断した。その次の20年（2025-2045）については、完全な任意設定として中央年がピークとなる形で設定し、これを2005-2024区分に当てはめるところ、整合性が取れると確認できたので同一の設定とした。

(d)木造のバブル期（1985-92年）の外生的変化係数については、0.98～0.99と設定した。これは、この期間、ストック量実績の特異的な減少が見られ、ワイブル変数だけでは表現できないと判断し、この

期間の各年の減少が概ね1%程度であることを基本とし、バブル最盛期の3年間については、2%と考えて設定した。なお、非木造についてはストック実績が特異に変化をする時期が見られなかったことから、外生的変化係数は使っていない。

以上の条件から式(4)により減失量(床面積)を算出した。なお、式(3)にある着工量 $P(x)$ については、2014年以前は、公的統計による既知の実績値、2015年以降は、人口予測^{(2)・(3)・(4)・(5)}に応じたトレンド予測値としている。なお、マテリアルフロー・ストック分析の研究分野においては、投入(着工)量は、残存率に従う減失に伴うストック量不足分に対する補充量とすることが一般的であるが、ここで使用したモデルでは、その時の人口に応じて投入(着工)量が決まると仮定し、ストック量とは独立の量として扱っている。これは、今後、人口減少に伴う建設需要減少が見込まれる中、ストック不足量を供給するだけではなく、建設業界や行政などの積極的な需要喚起が投入(着工)を主導していく可能性があると考えたためである。

(3) 原単位の設定

モデル計算により算出した減失量は木造及び非木造(RC, SRC, S)の各々の床面積であることから、これを物質質量(ton)に変換するために用いた原単位を表3に示す。木造については、新・解体工法と積算⁽⁶⁾、建物等解体工事費等算定要領⁽⁷⁾、建設廃棄物処理マニュアル⁽⁸⁾から、非木造については、建設廃棄物処理マニュアル⁽⁸⁾の値を用いて計算したものである。

表-3 床面積あたりの発生原単位(単位: kg/床²)

品 目	木造	非木造			備考
		RC	SRC	S	
がれき類	222.7	1308.0	1287.0	507.6	
木くず	93.3	14.1	13.9	55.6	
混合廃棄物	107.1	5.6	2.4	4.5	下ごみ等
ガラス陶磁器くず	51.2	46.2	48.7	44.7	
廃プラスチック類	-	9.3	9.2	9.1	木造: 混廃扱い
石膏ボード	14.7	-	-	-	非木造: 混廃扱い
金属くず	7.1	97.9	141.4	82.3	
合 計	496	1481	1503	704	

3. 推計結果

(1) 建築物ストック由来の廃棄物発生量の推計

2(2)で計算した減失量(床²)に表-3の発生原単位を乗じ、建築物ストック由来の廃棄物の予測量を示したものを図-1に示す。なお、ここでは2016年を起点としているが、これは2016年築の建築物の廃棄物発生量ではなく、2016年に解体された建築物の廃棄物発生量として取り扱っていることに留意しなければならない。

これによれば、2030年の廃棄物発生量は、現在の1.6倍程度となり、ピークは2046年頃に来るとの計算結果となった。品目としては、がれき類が約8割を占めており、現行では有価売却されている金属くずに次いで、ガラス陶磁器など、木くず、混合廃棄物となっている。ピーク時期については、どの品目についても2047年頃に迎え、その量は2016年の2.8倍程度に達すると推計される。

これらは、高度経済成長期以降に整備された大量の建築物が21世紀前半に一齐に耐用年数を迎え、老朽化ストックが建設系産業廃棄物として大量に排出されることに起因すると考えられ、これを放置した場合、再生および処理能力、最終処分容量の不足が不適正処理や不法投棄を引き起こす可能性がある。一方、筆者ら⁽³⁶⁾は、今後の人口減少から21世紀後半にはストック量自体が減少し、排出量も減少すると予測しており、2046-2047年付近の建設廃棄物量のピーク時期に向け、いかに施設能力を確保すべきかが重要な課題となると考える。

(2) 現場搬出量推計と原単位に関するケーススタディ

表-3の原単位は、建設廃棄物の増加が問題となった1990年代～2000年代の排出をベースとして調査された各品目の発生量の原単位である。東京都の調査⁽⁹⁾によれば、建設廃棄物は、発生量と現場搬出量がほぼ等しくなっており、現場内利用や現場内減量は進んでいない

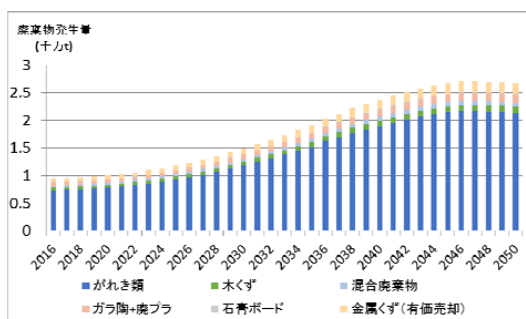


図-1 各年に解体された建築物ストック由来の廃棄物発生量の予測結果

ことから、現状では表-3の廃棄物発生量の原単位を、処理すべき廃棄物の現場搬出量の原単位と見なすことができる。ただし、将来における現場排出量を推計するに当たっては、以下のような不確実性要因を考慮する必要がある。すなわち、①床面積あたりの廃棄物発生量の原単位が増加、または②減少する可能性があり、かつ③発生した廃棄物のうち処理すべき割合が減少する可能性がある。具体的には、②のパターンとしては建築物の躯体自体の軽量化、③のパターンとしては現場内での再資源化による再利用、スケルトン利用による既存部材の再活用、有価物としての搬出などの進展が考えられる。一方、①のパターンとしては、躯体の重量化の他に、家具や大型家電など躯体以外の不要物の同時廃棄・同時搬出など、排出形態の変化などが想定される。

そこで、建築物ストック由来の廃棄物の現場搬出量の原単位に関するケーススタディを図-2の通り行った。ここでは、③の要因によって床面積あたりの搬出量が0.5、0.75倍となった場合の他、2050年に向けて、①の要因によって毎年1%ずつ増加、または②および③の要因によって減少していくパターンについて分析した。なお、原単位1.0の曲線が表-3の原単位を使用した場合、すなわち図-1の廃棄物発生量の推移と等しい場合であり、これを現場搬出量の中位ケースとする。

結果としては、廃棄物の現場搬出量は増加し、2047年頃のピークに向けてその不確実性も拡大するという傾向を示した。一方、原単位が減少していくパターン（1.0→0.66）は2045年にピークを越えるが、増加するパターン（1.0→1.34）では2050年までに減少に転じることはないと示唆された。

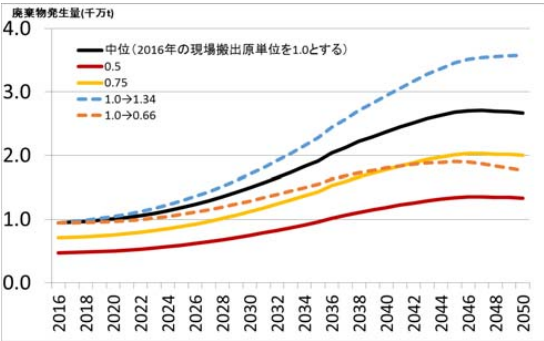


図-2 建築物ストック由来の廃棄物の現場搬出量の原単位に関するケーススタディ

※床面積あたりの現場からの廃棄物搬出量が2016年の値を中位として、0.5倍、0.75倍、増加傾向（1.0→1.34）、減少傾向（1.0→0.66）に変化した場合の比較

4. 21世紀前半の廃棄物処理能力の増強規模

前章で予測した廃棄物発生量を用いて、2030年と2047年付近の発生ピーク予測時に必要となる施設増強についての検討を行った。なお、ここでは、多量性の観点からがれき類、腐敗性があり管理型処分が義務付けられている木くず、雑多な廃棄物が混じった状態で排出されることから再資源化が困難である混合廃棄物の3品目を対象としている。その計算結果を表-4に示す。

増強施設数を算定するにあたって、廃棄物処理法に基づく処理業者や産業廃棄物処理施設の行政情報などから、関東圏における大手産業廃棄物処理業者の既存施設における施設規模（主として破碎処理）及び年間稼動日数を参考としている。ただし、ここで示した必要増強施設数は、東京都の建築物解体由来の廃棄物が対象であり、新築工事や土木工事あるいは他県から排出されるものは考慮していない。また、既存施設能力には余剰はないという仮定で算出している。これは、2000年代のバブル期の廃棄物増加期において既存処理施設では対応できなくなった結果、不法投棄などの不適正処理が急増していること、住民の環境意識から新たな処理処分施設の整備は困難となっていることなどの理由によるものである。なお、平成26（2014）年4月1日における関東一都六県における中間処理施設のうち「木くず又はがれき類の破碎施設」は1249施設⁵⁰⁾となっている。

今回予測した21世紀前半における建築物ストック由来の廃棄物排出量増大が、処理能力、最終処分容量の不足を引き起こし、不適正処理や不法投棄が再発すれば、その環境影響は大きく、復旧には多くの時間と費用を要することとなる。このピーク時期に向けた施設能力の確保は重要な政策課題であると考える。

表-4 2030年と2047年付近（発生ピーク時）に必要な施設増強

	A 排出増加量（t/年）	B 施設規模（t/日・施設）	C 年間稼動日数	必要増強施設数 A/（B×C）
がれき類	4,500,000 14,500,000	3,000	300	5 16~17
木くず	200,000 600,000	300	300	2~3 6~7
混合廃棄物	120,000 430,000	400	300	1 3~4

※上段：2030年，下段：2047年

5. おわりに

本研究では、21世紀前半における廃棄物増加局面において、所有者の価値観や意識を反映したモデルを用い、床面積ベースの減失量を計算し、原単位を用いて重量ベースの建築物ストック由来の廃棄物発生量予測を行った。その結果は、以下の通りである。

- (a)2030年の建築物ストック由来の廃棄物量は2016年に
対し1.6倍、2050年頃には2.8倍程度と推計された。
- (b)排出形態の変化などの不確実性を考慮し、原単位
に関するケーススタディを行ったところ原単位が
減少していくパターンにおいて、2045年にピーク
が現れると推計された。
- (c)がれき類、木くず、混合廃棄物を対象とした場合、
21世紀前半に備えておかなければならない施設増
強は各々16〜17、6〜7、3〜4施設であると推察され
た。

これにより、廃棄物増大局面における廃棄物量及び
その再生・処理処分不足量を示し、関連業界や行政の
率先行動を喚起するという意味で価値があると考えてる。
今後の研究展開としては、予測された廃棄物が適正に
処理されるための施設配置や立地条件など分析し、役
割分担、責任分担を早期から明確化しておくことが求
められる。

謝辞：本研究は、環境研究総合推進費1-1402の支援を受
けた。

参考文献

- 1) 東京都：平成28年度建築統計年報2017年版、調査結
果の概要（平成28年）、平成29年12月。
- 2) 東京都：東京の土地2013（土地関係資料集）、付表
5-1建物床面積（用途別）の推移、平成26年10月。
- 3) 国土交通省：平成24年度建設副産物実態調査、
[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusan
butsu/jittaichousa](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusanbutsu/jittaichousa), 2016.2閲覧。
- 4) Hashimoto.S., Tanikawa.H., Moriguchi.Y. : Where will
large amounts of materials accumulated within the econ-
omy go? - A material flow analysis of construction miner-
als for Japan, *Waste Management*, 27(12), pp.1725-
pp.1738, 2007.
- 5) Hashimoto.S., Tanikawa.H., Moriguchi.Y. : Framework
for estimating potential wastes and secondary resources
accumulated within an economy - A case study of con-
struction minerals in Japan, *Waste Management* 29, pp.
2859- pp.2866, 2009.

- 6) 長岡耕平, 稲津亮, 東岸芳浩, 谷川寛樹, 橋本征
二：全国の都道府県における地上と地下のマテリア
ルストック推計に関する研究,土木学会環境システム
研究論文集, Vol.37, pp.213-pp.220, 2009.
- 7) 田中健介, 早川容平, 奥岡桂次郎, 杉本賢二, 谷川
寛樹：都道府県における建築物・社会基盤施設の経
年マテリアルストック推計に関する研究, 土木学会
論文集G（環境）, Vol.69, No.6（環境システム研究
論文集第41巻）, II_25-II_34, 2013.
- 8) 大西暁生, 河村直幸, 奥岡桂次郎, 石峰, 谷川寛
樹：全国都道府県における都市構造物マテリアルス
tock需要量の将来シナリオ分析, 土木学会論文集
G(環境), vol.68, No.5 I_1-I_13, 2012.
- 9) Tanikawa.H., Fishman.T., Okuoka.K., Sugimoto.K. : The
Weight of Society Over Time and Space: A Comprehen-
sive Account of the Construction Material Stock of Japan,
1945-2010, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.19, No.5,
pp.778-pp.791, 2015.
- 10) 谷川寛樹, 松本亨, 井村秀文：都市構造物に関連し
たマテリアルストックの推計・評価に関する研究,
土木学会環境システム研究, Vol.27, pp.347-pp.354,
1999.
- 11) 長谷川正利, 大西暁生, 奥岡桂次郎, 戸川卓哉, 谷
川寛樹：持続可能な社会へ向けたCO2排出量及びマ
テリアルストック・フローの将来分析ー北陸三県の
市町村を対象として, 土木学会論文集G（環境）,
Vol.69, No.6（環境システム研究論文集第41巻）,
II_13-II_23, 2013.
- 12) 饗庭伸：建築年に着目した都市における建築スト
ックの存在状況に関する研究, 日本建築学会計画系論
文集, 第75巻, 第650号, pp.843-pp.851, 2010.4.
- 13) Muller .D.B. : Stock dynamics for forecasting material
flow-Case study for housing in The Netherlands, *Ecologi-
cal Economics*59, pp.142-pp.156, 2006.
- 14) Bergsdal .H., Brattebo.H., Bohné.R.A., Muller .D.B.: Dy-
namic material flow analysis for Norway's dwelling stock,
Bulding Research & Information 35(5), pp.557-
pp.570, 2007.
- 15) Fishman .T., Schandl.H., Tanikawa.H. : Stochastic Anal-
ysis and Forecasts of the Patterns of Speed, Acceleration,
and Levels of Material Stock Accumulation in Society,
Environmental Science&Technology, pp.3729-
pp.3737, February 29, 2016.
- 16) 堤洋樹, 小松幸夫：1980年以降における木造専用住
宅の寿命の推移, 日本建築学会計画系論文集, 第580
号, pp.169-pp.174, 2004.6.
- 17) 小松幸夫：1997年と2005年における家屋の寿命推計,
日本建築学会計画系論文集, 第73巻, 第632号,

- pp.2197-pp.2205, 2008.10.
- 18) 小松幸夫：住宅寿命について，住宅問題研究，vii.16, No.2, 2000.6.
 - 19) 橋本征二，寺島泰：建築解体廃棄物の発生予測，廃棄物学会論文誌，Vol.11, No5, pp.271-pp.27, 2000.
 - 20) 坂本光二，中山裕文，島岡隆行，長谷川良二，大迫政浩：循環型・低炭素型社会に向けた土石系資源循環のフロー制御に関する研究，土木学会論文集G（環境），Vol.67, No.6（環境システム研究論文集第39巻），II_235-II_242, 2011.
 - 21) 川寄幹生：廃棄物処理法の役割と適正処理の推進，廃棄物資源循環学会誌，Vol.25, No.6, pp.413-pp.419, 2014.
 - 22) 堤洋樹，小松幸夫，李祥準，平井健嗣：木造専用住宅のストックと除去の動向に関する研究 大阪3地域の木造専用住宅によるケーススタディ，日本建築学会計画系論文集，第75巻，第649号，pp.695-pp.700, 2010.3.
 - 23) 藤川洋平，樋口隆哉，浮田正夫，関根雅彦，今井剛：建設廃棄物の排出量および再生利用量の予測に関する研究：土木学会論文集G，Vol.62 No.1，pp.53-pp.60，2006.2.
 - 24) Hu.M., van der Voet.E., G.Huppes：Dynamic Material Flow Analysis for Strategic Construction and Demolition Waste Management in Beijing, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.14, No.3, 2010.
 - 25) Hu.M., Bergsdal.H., van der Voet.E., Huppes.G., Muller.D.B.: Dynamics of urban and rural housing stocks in China, *Building Research & Information* 38(3), pp.301-pp.317, 2010.
 - 26) Hu.D., You.F., Zhao.Y., Yuan.Y., Liu.T., Cao.A., Wang.Z., Zhang.J.: Input, stocks and output flows of urban residential building system in Beijing city, China from 1949 to 2008, *Resources, Conservation and Recycling* 54, pp.1177-pp.1188, 2010.
 - 27) Huang.T., Shi.F., Tanikawa.H., Jinling.F., Ji.H.: Material demand and environmental impact of buildings construction and demolition in China based on dynamic material flow analysis, *Resource, Conservation and Recycling* 72, pp.91-pp.99, pp.101, 2013.
 - 28) 関野登：震災廃棄物のパーティクルボードへのリサイクル，廃棄物資源循環学会誌，Vol. 23, No.6, pp.468-pp.475, 2012.
 - 29) 荒井康裕，池田有斗，稲貝とよの，小泉明，茂木敏，吉田慎太郎，飯野成憲：震災廃棄物の輸送計画に関するモデル分析ー1次仮置場の制約条件に着目した検討ー，土木学会論文集G（環境），Vol. 71, No.6（環境システム研究論文集第43巻），II_263-II_271, 2015.
 - 30) 伊川純慶，中久保豊彦，東海明宏：レジリエンス特性を踏まえた災害廃棄物（可燃系廃棄物）処理の対策効果分析ー近畿圏における広域連携を対象としてー，土木学会論文集G（環境），Vol.71, No.6（環境システム研究論文集第43巻），II_253-II_262, 2015.
 - 31) 稲積真哉，天津宏康，奥野直樹：環境影響を考慮した災害廃棄物の広域処理の必要性に関する一考察，廃棄物資源循環学会論文誌，Vol.23, No.4, pp.199-pp. 206, 2012.
 - 32) 加用千裕，石垣智基，山田正人，大迫政浩，立尾浩一：東日本大震災で発生した災害廃棄物の広域処理に関する一考察（第一報）ー費用と処理期間の低減効果ー，一般財団法人日本環境衛生センターホームページ，[http:// www.jesc.or.jp /Portals/0/center/library/H27saigai1.pdf](http://www.jesc.or.jp/Portals/0/center/library/H27saigai1.pdf)，2016.7.8閲覧
 - 33) 鶴房佑樹，森口祐一，中谷隼：東日本大震災における沿岸市町村の災害廃棄物の発生量・処分量の比較分析：土木学会論文集G（環境），Vol.70, No.6（環境システム研究論文集第42巻），II_23-II_32, 2014.
 - 34) 金相烈：韓国の建設廃棄物事情，廃棄物資源循環学会誌，Vol.20, No.3, pp.122-pp.123, 2009.
 - 35) 小泉裕靖，中谷隼，森口祐一：東京都における木造建築物のフロー・ストックの時系列的変化に関する研究，土木学会論文集G（環境），Vol.72, No.6（環境システム研究論文集第44巻），II_249-II_256, 2016.
 - 36) 小泉裕靖，中谷隼，森口祐一：東京都における木造建築物ストック推計とその管理方策に関する提案，土木学会論文集G（環境），Vol.73, No.6（環境システム研究論文集第45巻），II_157-II_167, 2017.
 - 37) 東京都：東京都長期ビジョン，都市戦略7（第3章），2014.12
 - 38) 東京都水道局：東京水道施設整備マスタープラン，第2章東京水道の現状，第3章施設整備に係る基本的な考え方，2015.2
 - 39) 東京都下水道局：東京都下水道事業経営計画2013，第二部主要施策の展開，2013.2
 - 40) 東京都：建築統計年報，着工建築物
 - 41) 東京都：東京都統計年鑑，地域，種類，構造別家屋の棟数及び床面積
 - 42) 東京都：新たな長期ビジョン（仮称）論点整理，平成25年11月
 - 43) 東京都：東京都昼間人口の予測概要，予測結果の概要，2015.3
 - 44) 東京都：人口動向資料「2020年の東京」，第6回行政経営会議，参考資料5，平成24年2月1日
 - 45) 東京都：人口統計のあらまし，第2表男女別人口の推

移-区市町村別- , 平成2年

- 46) 財団法人経済調査会：新・解体工法と積算，P279表
9-5
- 47) 福島県：建設等解体工事費等算定要領，木造建物，
非木造建物
- 48) 財団法人日本産業廃棄物処理振興センター：建設廃
棄物処理マニュアル，（参考）表2建物の解体に伴う
廃棄物発生原単位の事例，平成13年7月．
- 49) 東京都環境局：東京都産業廃棄物経年変化実態調査
報告書（2012年度実績），資料編．
- 50) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部：産業廃
棄物行政組織等調査報告書（平成25年度実績），平
成28年4月．

(2018. 8.24 受付)

TIME-SERIES ESTIMATION OF WASTE DERIVED FROM BUILDING STOCK IN TOKYO

Hiroyasu KOIZUMI, Jun NAKATANI and Yuichi MORIGUCHI

This study performed time-series estimation of waste derived from building stock in Tokyo at the early 21st century, which had been built intensively during rapid economic growth in 1950s'-1960s' , using the flow-stock model, reflected by the external pressure such as the sense of values of the owner and the great economic changes. In addition, We estimate the quantity of the waste at the time of discharge for transportation, considering the uncertainty such as the recycling at demolition site, reusing as the existing structure , and selling as valuables, corresponding to the waste generation coefficient. As a result, compared to at the average case, its quantity will be 1.6 times in 2030 and around 2.8 times in 2047 on its peak. And the lack capacity of its treatment or recycling for the peak of waste is calculated that the case of crushed concrete, waste wood, and mixed waste is equivalent to 16-17, 6-7, 3-4 large-scale facilities, respectively.