

博 士 論 文

建築物ストックの将来推計と管理方策に関する研究  
－東京都を事例として－

小 泉 裕 靖

## 目次

第 1 章 序論	・・・1
1.1 背景と課題	・・・1
1.2 目的	・・・2
1.3 論文の構成	・・・2
第 2 章 既往研究と対象となる都市の概要	・・・6
2.1 既往研究	・・・6
2.2 東京都の概要	・・・10
2.2.1 基礎的統計データ	・・・10
2.2.2 建築物に関するデータ	・・・13
2.2.3 社会資本に関するデータ	・・・27
2.2.4 建設系廃棄物に関するデータ	・・・31
2.2.5 空き家に関するデータ	・・・37
2.2.6 戦災罹災に関するデータ	・・・38
2.2.7 関連ヒアリング調査	・・・39
2.2.8 関連する統計資料とその品質	・・・45
2.2.9 都市としての東京都の特徴と研究対象としての意義	・・・46
第 3 章 時系列フロー・ストック推計の手法と建築物への適用	・・・55
3.1 フロー・ストックモデル	・・・55
3.2 木造建築物の計算及び結果	・・・58
3.2.1 フィッティング計算方法	・・・58
3.2.2 計算結果	・・・63
3.2.3 感度分析	・・・65
3.2.4 各建築年代の滅失分布の推計結果	・・・71
3.3 非木造建築物の計算及び結果	・・・74
3.3.1 フィッティング計算の方法	・・・74
3.3.2 計算結果	・・・78
3.3.3 感度分析	・・・81
3.3.4 各建築年代の滅失分布の推計結果	・・・87
第 4 章 人口減社会における建築物ストックのシナリオ分析	・・・90
4.1 木造建築物シナリオ	・・・90
4.1.1 既存不適格木造の積極更新シナリオ	・・・90
4.1.2 経済格差による木造建築物更新の二極化シナリオ	・・・94

4.1.3	各シナリオにおけるストック量変化の比較	・・・98
4.2	非木造建築物シナリオ	・・・99
4.2.1	非木造積極更新シナリオ	・・・99
4.2.2	非木造もったいないシナリオ	・・・101
4.2.3	各シナリオにおけるストック量変化の比較	・・・103
4.3	木造建築物の空き家化に伴う老朽化ストック放置シナリオ	・・・104
4.3.1	長期使用に伴うシナリオ設定	・・・104
4.3.2	計算結果	・・・106
4.3.3	管理されない空き家の発生予測	・・・111
4.3.4	老朽化空き家の放置の可能性	・・・113
第5章 ストック由来の廃棄物量予測と処理費用試算に基づく処理体制の構築		・・・117
5.1	シナリオに基づく廃棄物発生量の予測	・・・117
5.1.1	原単位の設定	・・・117
5.1.2	廃棄物発生予測	・・・118
5.2	現状における解体・処理処分費用の試算	・・・121
5.2.1	計算方法	・・・121
5.2.2	解体・運搬に関する業界特性	・・・122
5.2.3	用途・構造別費用の試算	・・・124
5.3	21世紀前半における処理処分体制の構築	・・・144
5.3.1	廃棄物処理能力の増強の必要性	・・・144
5.3.2	立地条件	・・・146
5.3.3	責任分担及び運用・稼働に向けて	・・・147
第6章 低成長期への転換における建築物ストックの管理方策		・・・150
6.1	責任範囲	・・・151
6.2	資源循環関連法	・・・152
6.3	ライフサイクルを通じたデータ管理	・・・154
6.4	具体的な提案とその長所・短所	・・・156
6.4.1	具体的な提案	・・・156
6.4.2	各提案に関する長所・短所	・・・162
第7章 結論		・・・165
7.1	まとめ	・・・165
7.2	課題と今後の展開	・・・168

## 第 1 章 序論

### 1.1 背景と課題

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、2013 年度の着工量<sup>1)</sup>は 1,500 万床<sup>m<sup>2</sup></sup>であり、総ストック量<sup>2)</sup>は、6.7 億床<sup>m<sup>2</sup></sup>に及ぶ。更に、排出としての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<sup>3)</sup>によれば、770 万 t 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。

しかし、長期的視点から見れば、東京都の人口予測では、2020 年代には人口減少が始まり、少子高齢化がますます加速するとしている。都市としての活力が減退する中、格差社会形成に伴う経済格差が生じれば、老朽化した建築物などが更新されることなく放置される可能性も十分に考えられる。現に東京都は、「地域危険度が高く、かつ、特に老朽化した木造建築物が集積するなど、震災時に大きな被害が想定される地域」を整備地域として指定しており、その範囲は東京都区部の 1 割に相当する約 7,000ha に及ぶとしている。明日にでも発生するかもしれない首都直下地震という災害リスクを抱える東京都にとって、脆弱なストックの放置は、首都として致命的な欠陥となるのである。

一方で、中期的な視点から見れば、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ることが考えられる。これに伴い、再生および処理能力、最終処分容量の不足や、たとえ、再資源化できたとしても、需給ギャップから、不適正処理や不法投棄の原因となることが危惧される。

しかし、建設・整備に伴う資源投入、解体・廃棄に伴う排出物の再資源化の主体となる建設業界の現状は、多重下請構造、中小零細企業間の過当競争などの業界特性から、短期的な経済性重視にならざるをえないという事情を抱えている。更に、これからの資源の有効利用の

主体となるべき再資源化・処理処分業は、良好な生活環境を求める住民意識の高まりを背景に、迷惑施設として捉えられているという側面から、新たな再生事業へ挑戦しようとしても、その壁は高いと考えられる。

東京都をはじめとする各都市や関連する業界の現状を考えれば、社会資本や建築物などについて、投入（建設）～使用～排出（滅失・解体）～再資源化・処理処分を総体としてとらえ、その資源循環について中長期的視点から検討しなければならない時期に来ているのである。

## 1.2 目的

以上の背景及び課題を踏まえた上で、特に人口減少に伴い社会全体が拡大から縮小へと転換していくことが見えてきた今、長いライフサイクルを持つ社会資本や建築物の適正な資源循環・ストック活用に向けた管理方策を再構築していくことは、まさに、喫緊に必要とされている社会的要請事項であると言える。

そこで、本研究は、東京都の建築物を事例として、建築物ストックの時系列的変化に関する新たなモデルを作成し、将来シナリオを設定することで、建築物ストックと排出（廃棄物）の将来予測を行う。また、関連業界における現状を踏まえ、排出量増大局面（21世紀前半）に備えるべきことや、21世紀後半を見据えた建築物ストックの管理方策の解決策や具体的提案を行うことを目的とする。

以上により、本論文は、持続可能な物質循環と良質なストック形成維持がバランスした社会的取組みを示すという社会的価値を持つものとする。

## 1.3 論文の構成

以上の背景・課題・目的を踏まえて、本論文は図 1-1 のとおりの構成とする。

まず、第 2 章では、既往研究レビューと対象都市である東京都の概要をまとめた上で東京都における課題抽出と対象都市としての意義を明確にする。

第 3 章では、前章で抽出した既往推計手法の課題を検討し、所有者世代の持つ価値観や災害などの社会変動を考慮できる新たなフロー・ストックモデルを構築し、公的統計データとのフィッティングにより、建築物への適応を図る。また、ライフサイクルの長い建築物を対象としていることから、将来の不確実性に対する感度分析をあわせて行う。

第 4 章では、具体的なシナリオを設定し、前章で構築したモデルの特性を生かして将来推計を行う。具体的には、建築物更新に対する積極性の比較や空き家化に伴う老朽化ストックの放置の可能性などについて、21 世紀後半を見据えた長期的な課題を明示する。

一方、第 5 章では、21 世紀前半においては、高度経済成長期に集中整備された建築物が、まだ大量に廃棄されることが危惧されていることに着目し、前章のシナリオにおける床面積ベースを廃棄物量ベースへと原単位を用いて変換し、廃棄物増加局面における発生量予測を行う。また、建設業界や処理処分・再資源化業における現状特性や解体・処理処分費用に関する課題について試算を行うことにより整理し、中期的目標として 21 世紀前半を目標に必要となる処理処分体制の構築について、そのあり方を明示する。

そして、第 6 章では、第 4、5 章を踏まえ、低成長期への転換に向けた建築物ストックの管理方策について、21 世紀後半を見据え、持続可能な物質循環と良質なストック形成維持がバランスした社会的取組に関する具体的な提案を行っていく。

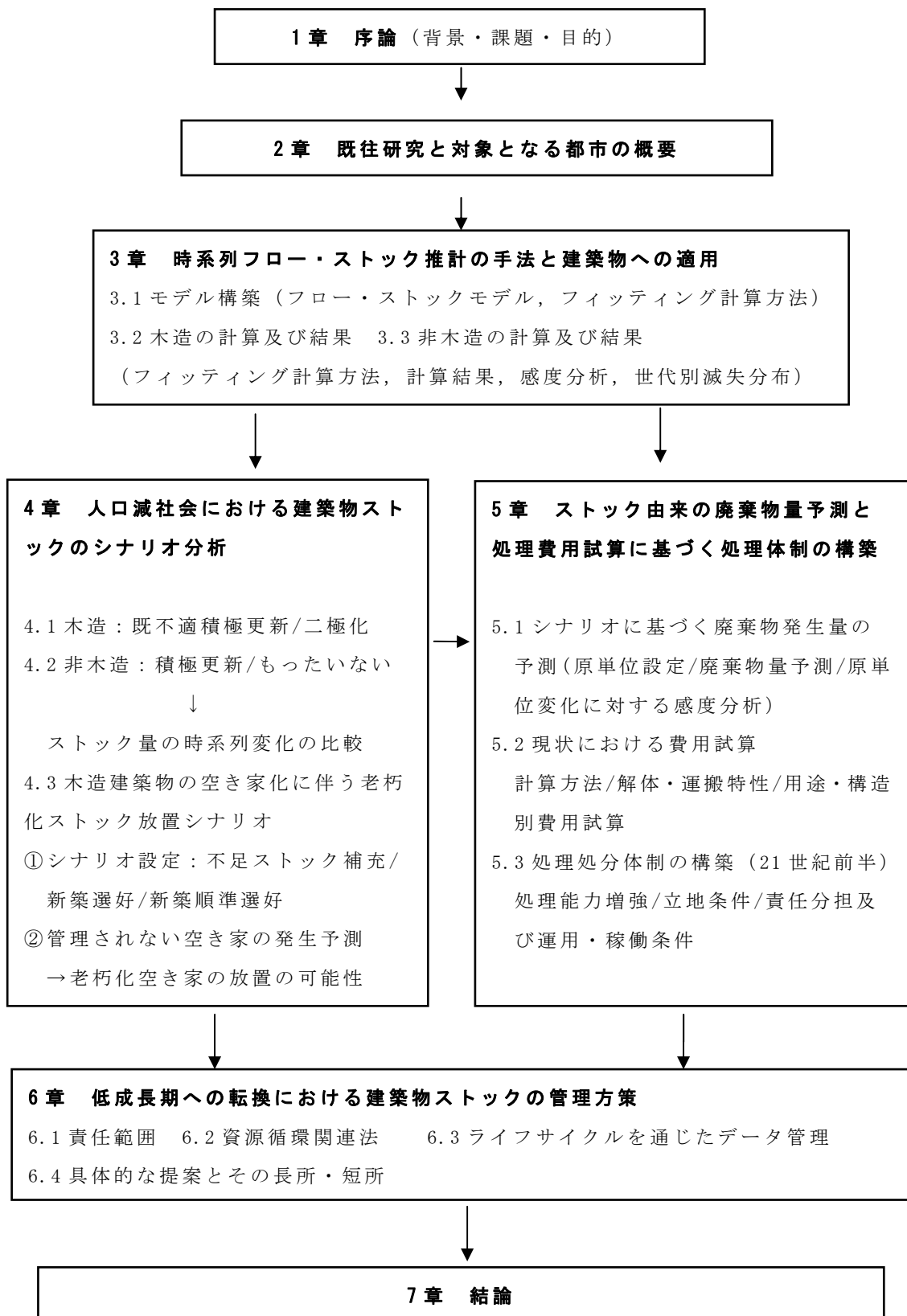


図 1-1 論文の構成

### 参考文献（第 1 章）

- 1) 東京都：平成 25 年度建築統計年報 2014 年版，調査結果の概要（平成 25 年），平成 26 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/fukusanbutsu/jittaichousa>，2016.2 閲覧．



## 第2章 既往研究と対象となる都市の概要

### 2.1 既往研究

社会資本や建築物に関するフロー・ストックに関する研究は、国内外で進められており、本研究のモデル作成に深く関わる分野である。たとえば、橋本・寺島<sup>1)</sup>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、Hashimoto *et al.*<sup>2),3)</sup>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<sup>4)</sup>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<sup>5)</sup>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<sup>6)</sup>は全国のマテリアルストックの需要量推計、谷川ら<sup>7)</sup>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。国内の各都市における事例研究としては、谷川ら<sup>8)</sup>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<sup>9)</sup>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<sup>10)</sup>は八王子市における建築ストックの存在状況、堤ら<sup>11)</sup>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<sup>12)</sup>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などを行っている。

これらの研究における予測モデルや計算は、2030年から2050年程度の目標年次に留まっている。これは、地震や水害などの不確実性要素が多いという日本の特徴から来ているものと考えられるが、海外の研究では、社会資本や建築物は長いライフサイクルを持つと考えており、多くは21世紀後半を視野に入れた設定をしている。日本においても、今後、長寿命化技術などの進展が見込まれることから、目標年次については、より長期スパンで考えるべきであるという観点から課題が残っていると言える。

一方、海外においては、Muller<sup>13)</sup>が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し、その後、Bergsda *et al.*<sup>14)</sup>はノルウェーの住居に関するストック分析、Fishman *et al.*<sup>15)</sup>は都市の成長とストック量変化のパターン分析、Hu *et al.*<sup>16),17)</sup>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.*<sup>18)</sup>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.*<sup>19)</sup>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。

これらの研究では、住居への投入量は人口とライフスタイルの変化

により決まり，これに必要となる投入物質の量が決まってくるとしており，このような過程を経て，蓄積されたストックは，構造的な寿命（老朽化，耐久力低下）に応じた残存率に従い，残存量と減失量が決まると考えている．つまり，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づいている．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考える．なお，家屋の寿命に関する研究としては，堤・小松<sup>20)</sup>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<sup>21),22)</sup>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，使い勝手や経済的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．

本研究は，建築物に関するフロー・ストックを対象としているが，都市に出入りする物質全体を都市代謝の視点から分析している事例研究もある．Sabine<sup>23)</sup>はパリ及びその近郊の物質代謝，Leonardo・Samuel<sup>24)</sup>はリスボンにおける代謝モデル計算，Halla *et al.*<sup>25)</sup>はトロントにおける都市代謝量の推計，Asif *et al.*<sup>26)</sup>はスコットランドにおける住宅のライフサイクルアセスメントを行っている．また，社会資本に着目したものでは，Busch *et al.*<sup>27)</sup>が低炭素で持続可能な社会資本のモデル化，Roelich<sup>28)</sup>が持続可能な社会資本のモデル化がある．

資源循環に関する研究については，処理体制構築に関わる分野であり，廃棄物の移動性や再資源化・処理処分施設の関する研究が行われている．川畑ら<sup>29)</sup>は建設廃棄物の中間処理能力の地理的な需給アンバランス，藤山・松本<sup>30)</sup>は産業廃棄物の品目別平均輸送距離の最適化を行っており，これらはともに，施設の適切な配置は，地域循環圏を形成する上で重要な要素であると指摘している．

広域移動性については，災害関連で多くの研究が見られる．関野<sup>31)</sup>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<sup>32)</sup>は東京都における1次仮置場に関する輸送計画，伊川ら<sup>33)</sup>は近畿圏における広域連携，稲積ら<sup>34)</sup>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<sup>35)</sup>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<sup>36)</sup>は東日本大震災の沿岸市町村の処分量比較を行っている．その他，池松ら<sup>37)</sup>は産業廃棄物税導入による処分量減量効果，Ni-Bin・Lin<sup>38)</sup>は台北における廃棄物の最適輸送のための中継所位置の分析，Mehdi *et al.*<sup>39)</sup>はイラン

における GIS を使った埋立処分施設の適正配置, Anifowose *et al.*<sup>40)</sup> はナイジェリアにおけるリモートセンシングによる埋立処分場の環境影響分析, Bosko・Igor<sup>41)</sup> はセルビアの衛生埋立地建設に関する事例, 金<sup>42)</sup> は韓国における建設廃棄物の実態調査をしている。

これらの研究では、既存施設への移動は、地理的分布と処理能力という受ける側の条件により決まると仮定しており、その現状把握や立地条件調査が主体となっている。しかし、実際には排出事業者責任を負う実業者が持込施設を決める主体であるという実態から、排出する側の特性や経済性を要因のひとつとして加味すべきであるという点で課題が残っていると考える。

人口減少が進む社会において、本研究が重要な社会的背景と考えている住宅ストック余剰による空き家化の問題を対象とした研究も行われている。金森ら<sup>43)</sup> は着工と滅失のバランスが崩れる余剰着工による空き家率推計, 秋山・柴崎<sup>44)</sup> はマイクロ人口統計による将来空き家分布推計, 水野ら<sup>45)</sup> は都市のスポンジ化とコンパクトシティ政策との連携, 丸山・大江<sup>46)</sup> は福井県における住宅所有関係別将来住宅ストックの推計, 福田ら<sup>47)</sup> は名古屋 20km 圏内の余剰人口による空き家予測, 長田ら<sup>48)</sup> は北陸 3 県における危険空き家の解体状況調査, 石河ら<sup>49)</sup> は千葉県の空き家化するおそれのある住宅数の推計, 水野ら<sup>50)</sup> は金沢市内の空き家への転居誘導の可能性, 中園ら<sup>51)</sup> は山口市と萩市の空き家所有者と移転者の意識調査, 樋野は<sup>52)</sup> 空き家適正管理関連条例制定などの取組み状況, 米山<sup>53)</sup> は空き家の利活用方法, 中ら<sup>54)</sup> は、空き家増加の要因分析と政策提言, 藤本<sup>55)</sup> は、兵庫県篠山市の古民家空き家活用事例, Vyas<sup>56)</sup> は、ニュージャージー・トレントン地区における空き家分布と犯罪発生との関係, Yin・Silverman<sup>57)</sup> は、米国バッファロー市の原因別空き家分布, Cui・Walsh<sup>58)</sup> は、ピッツバーグにおける空き家や担保物件と犯罪との関係, Accordino・Johnson<sup>59)</sup> は、コミュニティ形式と空き家の関係, Silverman *et al.*<sup>60)</sup> は、2008-2010 年の空き家調査分析などを行っている。

これらの研究では、空き家化の要因分析や将来予測が行われ、その利活用に向けた政策や制度構築、活用意識促進に関する提案が行われている。一方で、これらの研究の多くは、空き家率全体を対象としている。空き家には、人の受け入れなど都市容量として必要財産となる「管理されている空き家」と、放置され、腐朽化・老朽化のおそれのある「管理されない空き家」がある。現在及び将来において問題となるのは後者の性質を持った空き家と考えられることから、これらを分け

て、予測や分析していないところに課題があると考える。

社会制度やしくみに対する提言を目的とした研究も多く見られる。坂本ら<sup>61)</sup>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、小澤<sup>62)</sup>はインフラのアセットマネジメントシステム導入の将来展望、大迫<sup>63)</sup>は将来の環境に配慮した製品ライフサイクルのあり方、遠藤<sup>64)</sup>は CSR 経営が企業価値に及ぼす影響、醍醐・橋本<sup>65)</sup>は資源生産性や総物質需要などの指標の重要性、川寄<sup>66)</sup>は建設混合廃棄物の資材としての再利用の可能性、後藤<sup>67)</sup>は産業廃棄物税が不法投棄に与える影響について研究を行っている。

これらの研究では、現行の廃棄物処理法や建設リサイクル法などの問題点を勘案し、そのしくみの中で廃棄物の有効利用にむけた社会制度などに関する提言を行っている。このため、資源循環の起点が廃棄物の発生した時点となり、ライフサイクル全体の視点、すなわち、着工や投入時点が十分に反映されていないことに課題がある。

以上の既往研究の課題を踏まえ、本研究は以下の点を新たな視点として取り入れる。

第一に、将来に対する不確実性からこれまでの日本の研究では目標年次が 2030 年から 2050 年程度に留まっているのに対し、建築物の長いライフサイクルを考慮し、21 世紀後半を視野に入れた設定とする。

第二に、これまでのマテリアルフロー・ストック分析の研究分野では、構造的寿命が残存率の主要因としているのに対し、所有者や使用者の価値観、大きな外圧による影響を主要因として付け加える。

第三に、廃棄物の移動に関するこれまでの研究では、既存施設の地理的分布と処理能力という廃棄物受入れ側の条件により決まると仮定してきたのに対し、排出事業者責任を負う実作業者の特性や経済性が重要な要因となっていると考え、分析を行う。

第四に、これまでの空き家研究では、空き家全体を問題としているのに対し、空き家のうち、腐朽化・老朽化のおそれのある「管理されない空き家」を区別して分析する。

第五に、建築物のライフサイクル全体を考慮し、着工・投入時点を視野に入れた提言を行う。

## 2.2 東京都の概要

本節では，統計資料調査や関連ヒアリング調査を行い，東京都の概要をまとめることにより，本研究の対象都市としての意義について整理した．

### 2.2.1 基礎的統計データ

まず，研究対象とした都市東京都の活量に関する基礎的統計データを表 2-1 に示す．

東京都は人口，建築物量（着工，ストック量，事業所数など），廃棄物排出量などの事業活動に関する活量は非常に高く，ほとんどが全国 1 位となっており，その寄与率は全国の 1 割から 2 割程度となっている．一方で，人口 1 位に対し面積は 45 位であることから過密な都市構造であり，持ち家住宅率と 1 住宅当りの延床面積が全国最低の水準であることから，狭い間取りの賃貸住宅の寄与度が高いことが分かる．

以上のことから，都道府県と比較した場合にはその特殊性は見られるものの，建築物に関する主要統計（住宅数，事業所数，着工量，ストック量，建設廃棄物量など）は，全国の 1 割以上を占めていることなどが特徴と言える．

表 2-1 統計から見た東京都

	項 目	東京都	全国	順位	統計年次	東京/全国 %	
土地	面積	2,191 km <sup>2</sup>	377,972 km <sup>2</sup>	45位	2014.10.01	0.6	※1
住宅	住宅総数	7,352 千建物数	60,631 千建物数	1位	2013年度	12.1	※2
	持ち家住宅率	45.8%	61.7%	47位	2013.10.1		
	専用住宅の1住宅当たり延べ面積	63.54 m <sup>2</sup>	92.97 m <sup>2</sup>	47位	2013.10.1		
人口・世帯	人口総数(推計)	13,390 千人	127,083 千人	1位	2014.10.01	10.5	
	外国人人口	431 千人	2,122 千人	1位	2014.12.31		
	転入者数(他府県との移動)	457 千人	2,503 千人	1位	2015年		
	転出者数(他府県との移動)	372 千人	2,503 千人	1位	2015年		
	合計特殊出生率	1.15	1.42	47位	2014年		
	一般世帯数	638 万世帯	5,184 万世帯	1位	2010.10.01	12.3	
	一般世帯の平均人員	2.03 人	2.42 人	47位	2010.10.01		
労働	有効求人倍率	1.75	1.20	—	2015年平均		
	1人平均月間現金給与額(事業所規模30人以上)	468.7 千円	363.3 千円	—	2014年平均		
	1人平均月間総実労働時間(事業所規模30人以上)	149.9 時間	149.0 時間	—	2014年平均		
	完全失業率	3.6%	3.4%	—	2015年平均		
家計	1世帯当たり1か月間世帯の勤め先収入 [二人以上の世帯のうち勤労者世帯(農林漁家世帯を除く)]	553.9 千円	483.3 千円	—	2014年平均		
	1世帯当たり1か月間消費支出 [二人以上の世帯のうち勤労者世帯(農林漁家世帯を除く)]	353.3 千円	318.7 千円	—	2014年平均		※1
医療・衛生・環境	病院数	642 施設	8,493 施設	1位	2014.10.1	7.6	
	自然公園面積	79,889 ha	5,436,657 ha	27位	2015.3.31		
物価	消費者物価地域差指数(総合)						
	東京都-都区部、※51市平均(都道府県庁所在市及び政令指定都市の平均)	105.3	※100.0	—	2014年平均		
都民経済計算	都内総生産(名目GDP)	93.1 兆円	483.1 兆円	—	2013年度	19.3	
事業所	事業所数(民営事業所のみ)	654 千事業所	5,542 千事業所	1位	2014.7.1	11.8	
	従業者数(民営事業所のみ)	9,185 千人	57,428 千人	1位	2014.7.1	16.0	
農林水産業	農林産物出荷額	295 億円	84,000 億円	47位	2014年		
工業	製造品出荷額等(従業者4人以上)	82 千億円	3,051 千億円	15位	2014年		
商業・サービス業	年間商品販売額(卸売・小売業)	1,679 千億円	4,788 千億円	1位	2014年	35.1	
財政	一般会計歳入歳出予算額 (東京都及び国の一般会計当初予算)	7 兆円	96.3 兆円	—	2015年度	7.3	
警察・消防	交通事故発生件数	37 千件	574 千件	4位	2014年		
	刑法犯認知件数	160 千件	1,212 千件	1位	2014年		
	出火件数	4,830 件	43,741 件	1位	2014年		
	出火率(人口1万人当たりの出火件数)	3.65	3.41	18位	2014年		
廃棄物・資源循環	産業廃棄物の排出量	24,670 千t	392,840 千t	—	2014年度	6.3	※3.4
	建設廃棄物発生量	7,719 千t	74,842 千t	1位	2012年度	10.3	
	建設発生土の場外搬出量	5,993 千m <sup>3</sup>	140,794 千m <sup>3</sup>	1位	2012年度	4.3	※5
	建設発生土の搬入土砂利用量(現場内利用除く)	2,597 千m <sup>3</sup>	78,408 千m <sup>3</sup>	6位	2012年度	3.3	
	一般廃棄物の排出量	450 万t	4,432 万t	—	2014年度	10.2	※3.6
着工建築物	着工建築物	15,587 千床m <sup>2</sup>	134,021 千床m <sup>2</sup>	1位	2014年	11.6	※7
建築物ストック	建築物ストック量	64,492 万床m <sup>2</sup>	756,315 万床m <sup>2</sup>	1位	2008年	8.5	※8

※1 くらしと統計 2016 全国から見た東京都<sup>68)</sup>※2 平成 25 年度住宅・土地統計調査<sup>69)</sup>※3 東京都環境白書 2016<sup>70)</sup>※4 産業廃棄物の排出及び処理状況等(平成 26 年度実績)について<sup>71)</sup>※5 平成 24 年度建設副産物実態調査<sup>72)</sup>

※6 一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成 26 年度）について <sup>73)</sup>

※7 建築統計年報（東京都）<sup>74)</sup>

※8 建築物ストック統計検討会報告書（国土交通省）<sup>75)</sup>

次に、本研究において、建築物ストックの時系列的変化に関する新たなモデルを作成し、将来シナリオを設定し、建築物ストックと排出（廃棄物）の将来予測を行う上で重要な要素となる東京都の昼間・夜間人口の推移と将来予測について図 2-1 に示す。

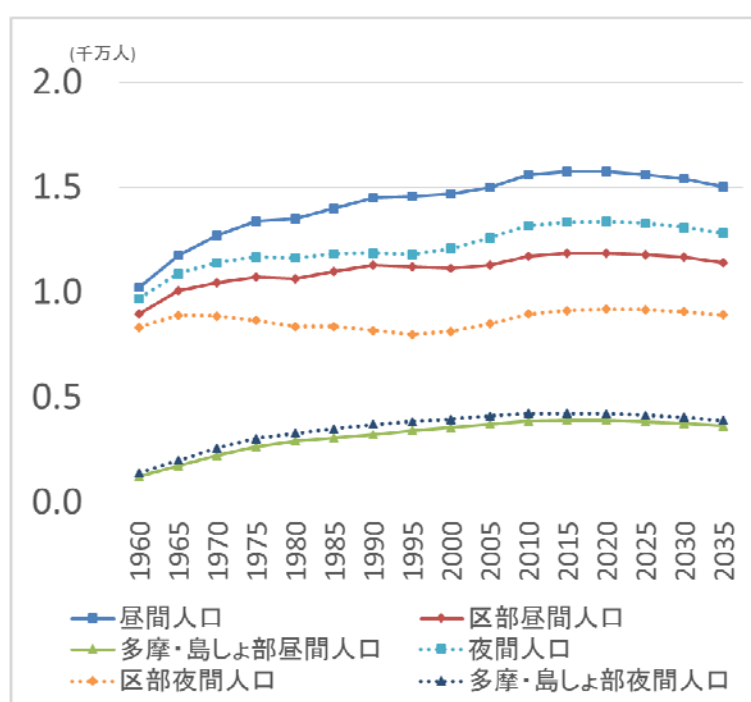


図 2-1 東京都の夜間人口及び昼間人口の推移と将来予測

新たな長期ビジョン（仮称）論点整理 <sup>76)</sup>，東京都昼間人口の予測概要 <sup>77)</sup>，人口動向資料「2020 年の東京」<sup>78)</sup>，人口統計のあらまし <sup>79)</sup> より作成

1960 年頃は区部も多摩も夜間・昼間人口の差は小さく、現在に比べると職住近接であったと考えられる。バブル期になると、区部はその差が広がり、「働く都市」としての色合いが濃くなる一方、多摩・島しょ部ではあまり影響は受けなっていないことが分かる。バブル崩壊後の 2000 年代になると区部は夜間・昼間人口差は再び縮小し、「住む都市」の色合いを取り戻していると考えられる。

将来予測としては、2020 年代に東京の人口はピークを迎え、その後は減少していくと予測している。

## 2.2.2 建築物に関するデータ

### (1) 着工量の推移

東京都における建築物の着工床面積の統計については、1951年から整備されており、その推移について、図 2-2 に木造、図 2-3 に非木造について示す。

木造については、終戦後の復興に伴い 1960 年に掛けて着工量が倍増し、高度経済成長期の 1970 年代にかけて 400～600 万床<sup>m<sup>2</sup></sup>で推移している。1980 年代以降は概ね 400 万床<sup>m<sup>2</sup></sup>前後で安定的に推移していることが分かる。

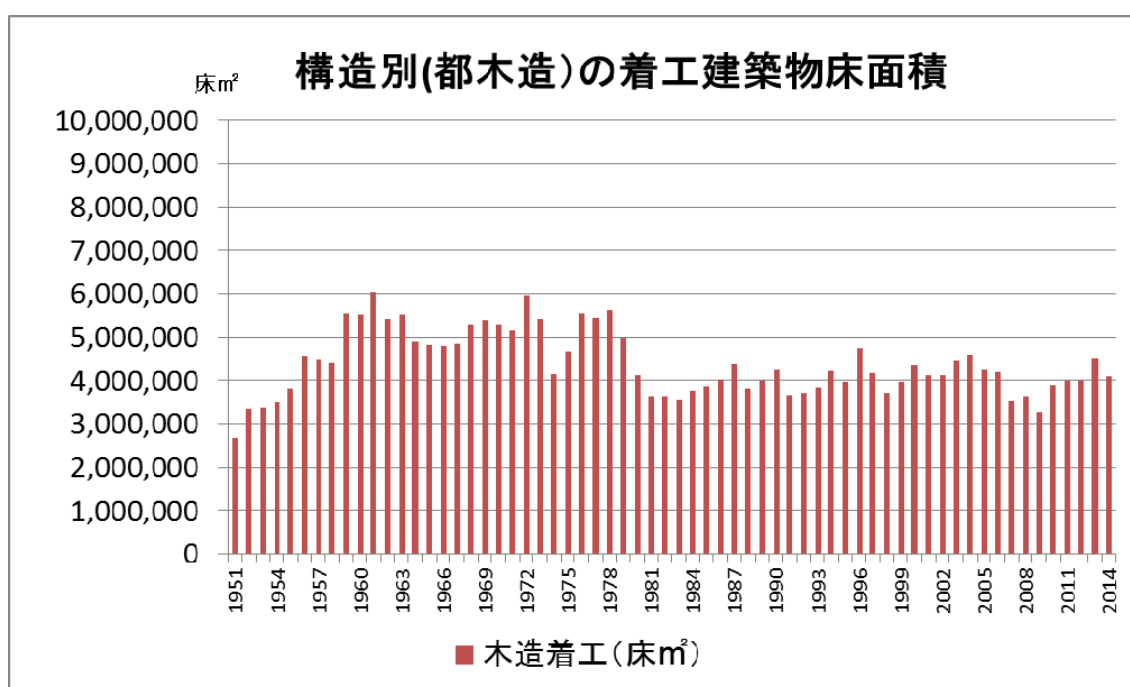


図 2-2 東京都における木造建築物の着工量

東京都：建築統計年報<sup>74)</sup>より作成



非木造については、戦後から高度経済成長期の 1970 年代前半までに急速に普及している。1970 年代の 2 度のオイルショックなどの影響により減少が見られるものの、1980 年代後半からのバブル経済により 1990 年頃にかけて急増し、崩壊後は 1,500 万床  $\text{m}^2$  前後で推移していたが、長引く景気低迷の影響から 2000 年代後半に入ると 1,000 万床  $\text{m}^2$  へと減少している。

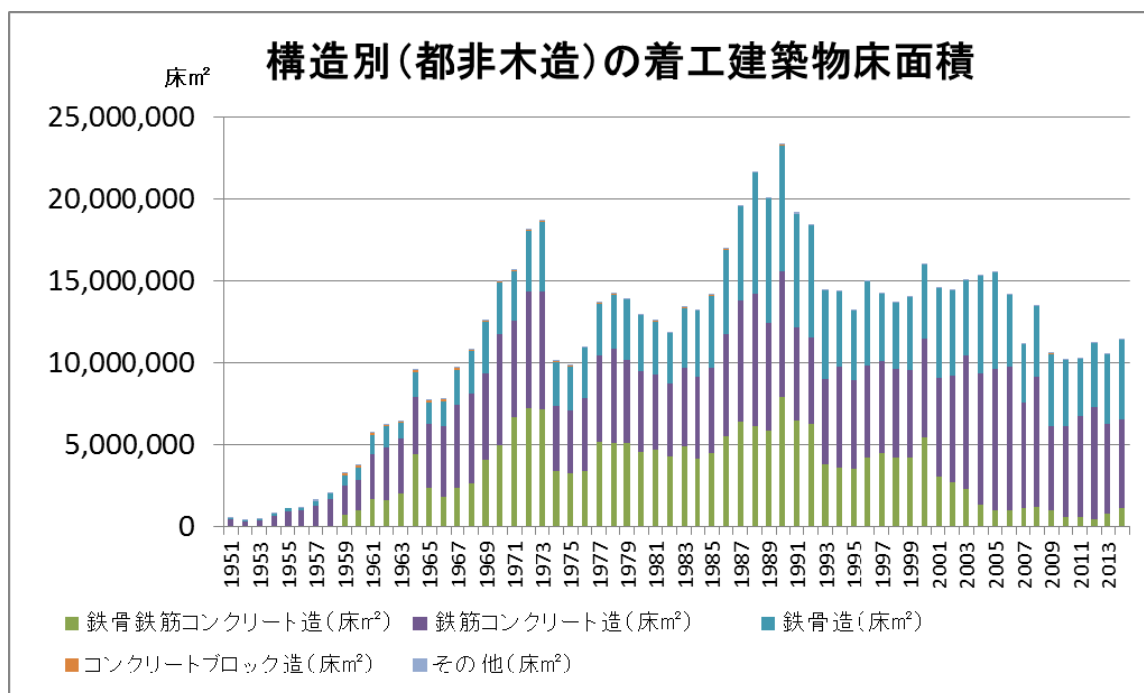


図 2-3 東京都における非木造建築物の着工量

東京都：建築統計年報<sup>74)</sup>より作成

木造と非木造の着工量の推移について比較すると、非木造が経済情勢の影響を受けているのに対し、木造は堅調に推移していると言える。

次に、この非木造の構造別の着工床面積について、鉄筋コンクリート造（RC造）を図 2-4、鉄骨鉄筋コンクリート造（SRC造）を図 2-5、鉄骨造（S造）を図 2-6 に示した。



図 2-4 東京都における非木造建築物の構造別着工量（RC造）

東京都：建築統計年報<sup>74)</sup>より作成

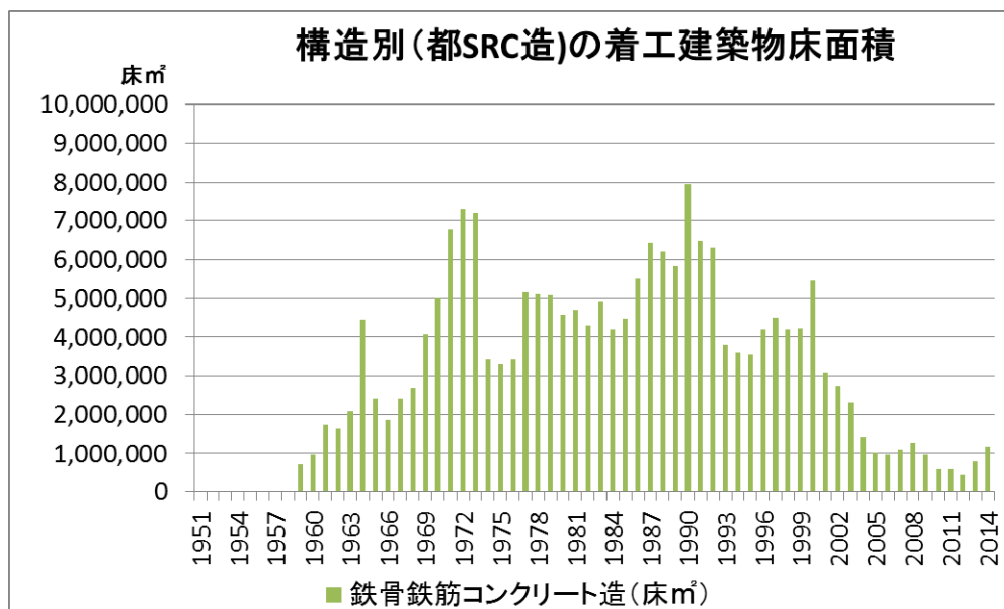


図 2-5 東京都における非木造建築物の構造別着工量（SRC造）

東京都：建築統計年報<sup>74)</sup>より作成

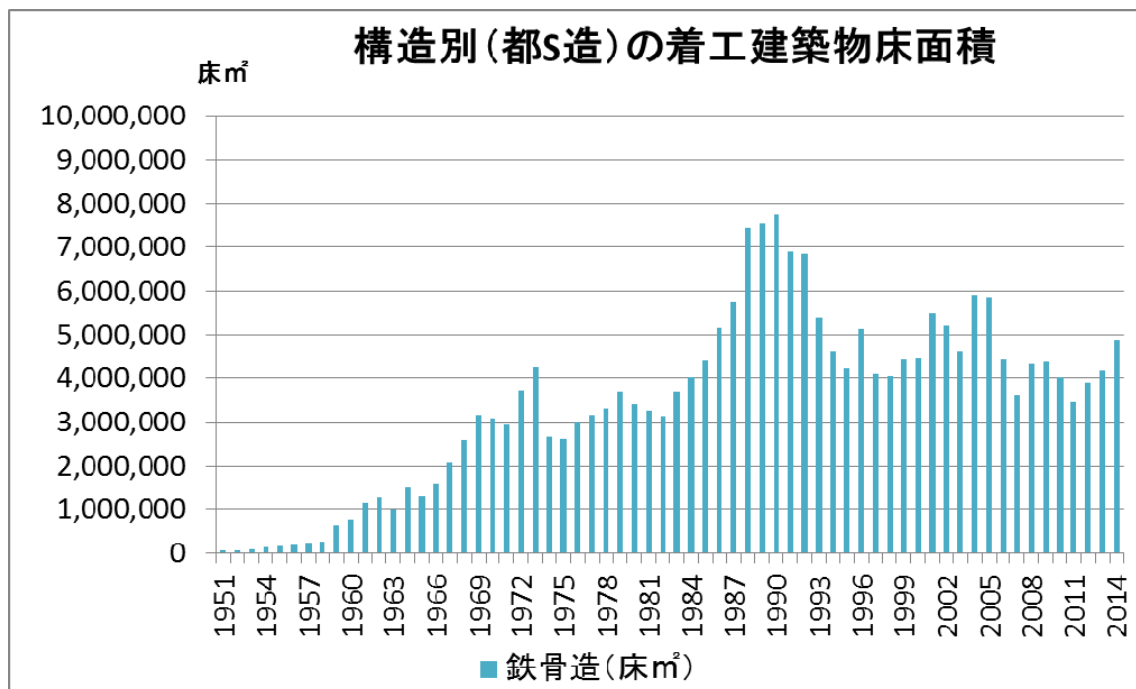


図 2-6 東京都における非木造建築物の構造別着工量（S 造）

東京都：建築統計年報<sup>74)</sup>より作成

3 構造とも高度経済成長期の 1970 年代前半までは、急増したのち、オイルショックなどの経済情勢の影響を受け、似たように推移しながら、1990 年頃のバブル時期にピークを迎えている。

ただし、バブル後については、SRC 造はその影響を大きく受け、着工量の激減が見られるが、RC 造と S 造については、堅調に推移している。

## (2) 非木造の使用用途別のストック量の推移

次に非木造の使用用途別のストック量の推移について、事務所系（事務所・店舗・百貨店・銀行）を図 2-7 に、住宅系（住宅・アパート）を図 2-8 に、病院・ホテルを図 2-9 に、工場・倉庫・市場を図 2-10 に示す。

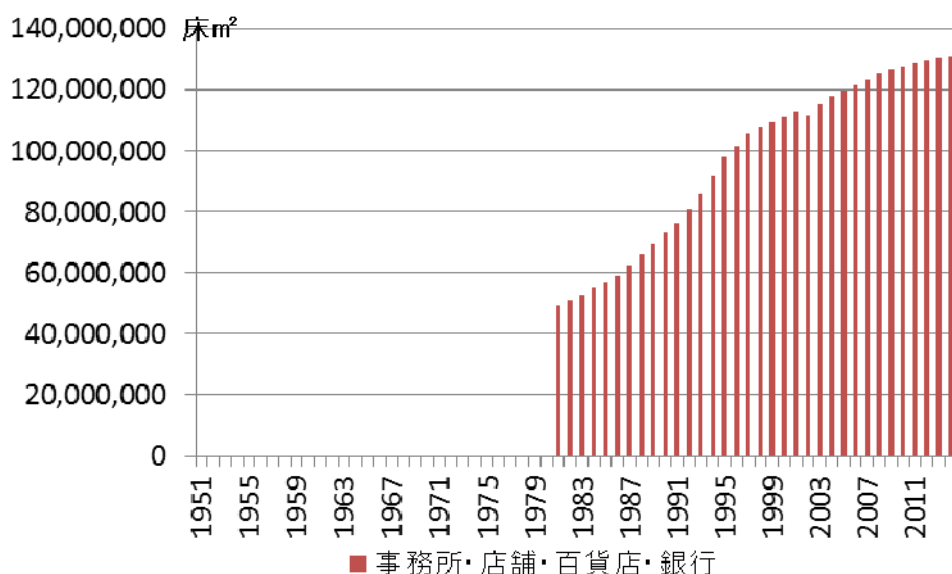


図 2-7 東京都における非木造建築物の使用用途別ストック量（事務所等）

東京都統計年鑑<sup>80)</sup>より作成

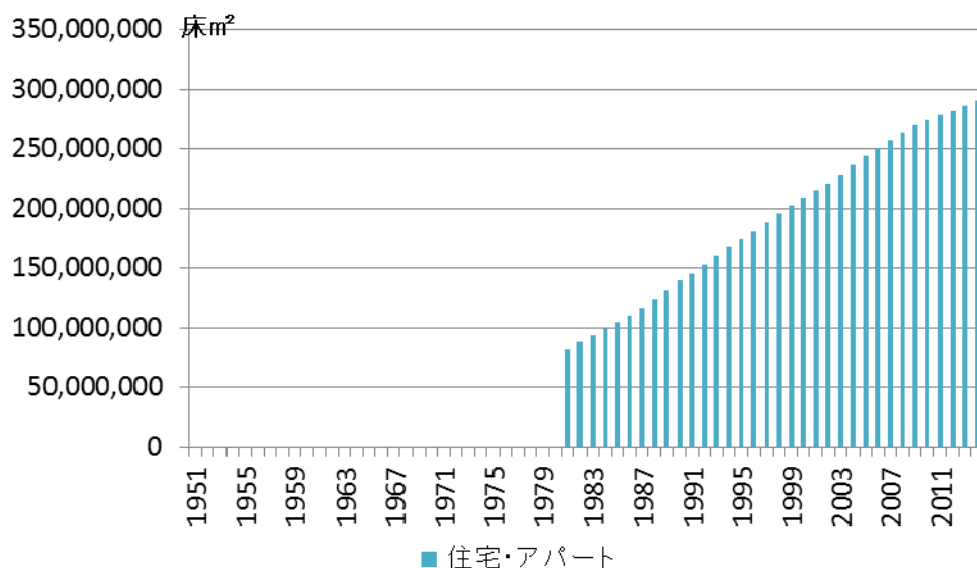


図 2-8 東京都における非木造建築物の使用用途別ストック量（住宅・アパート）

東京都統計年鑑<sup>80)</sup>より作成

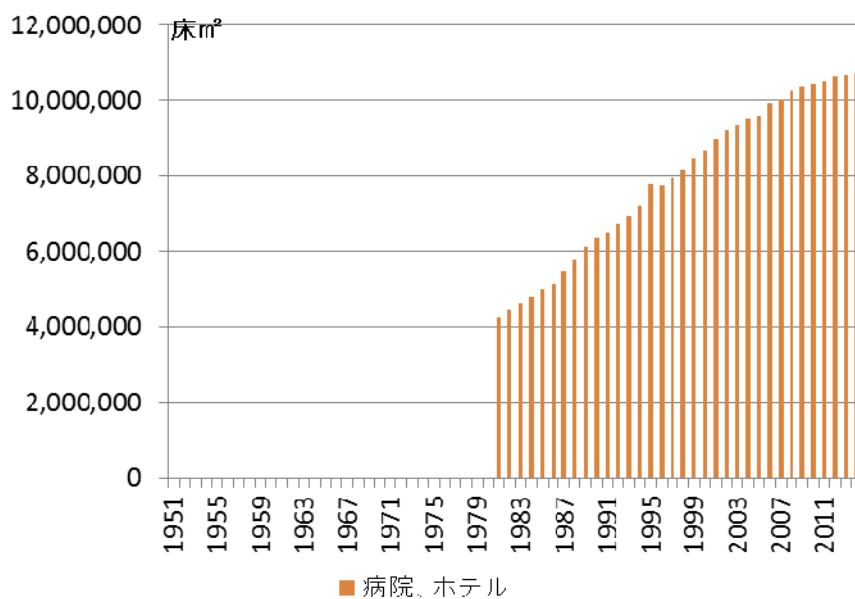


図 2-9 東京都における非木造建築物の使用用途別ストック量（病院・ホテル）  
東京都統計年鑑<sup>80)</sup>より作成

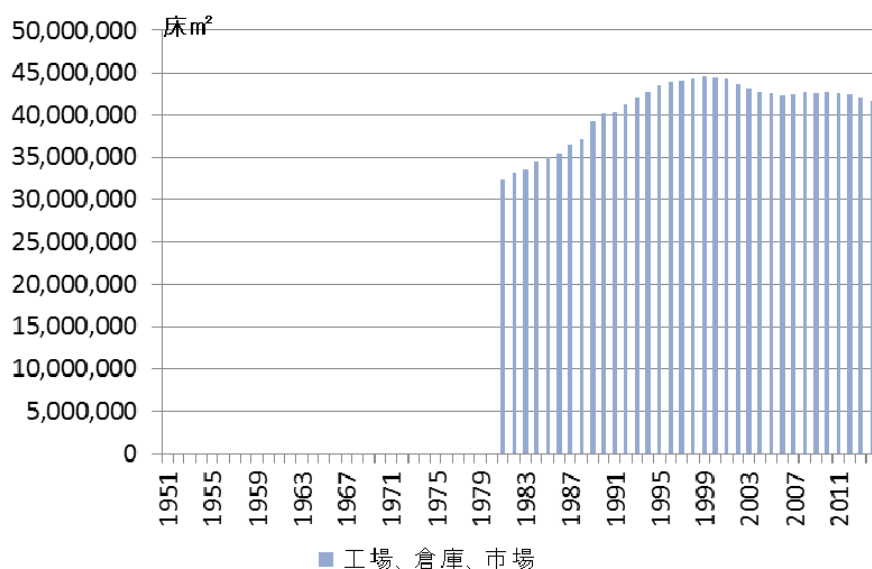


図 2-10 東京都における非木造建築物の使用用途別ストック量（工場・倉庫等）  
東京都統計年鑑<sup>80)</sup>より作成

事務所系，住宅系，病院・ホテルについては，1981年から2014年までは，一貫して増加傾向にあり，住宅系，病院・ホテルについては，堅調な増加傾向である一方，事務所系については，バブル期の1980年代後半から1990年代にかけての急増傾向が見られる。

工場・倉庫・市場については，1990年代までは増加しているが，2000年代に入ると減少傾向が見られる．これは，バブル期の開発にともない工場などが撤去され，移転したと推察される．これらの構成割合は，図 2-11 の通りである．

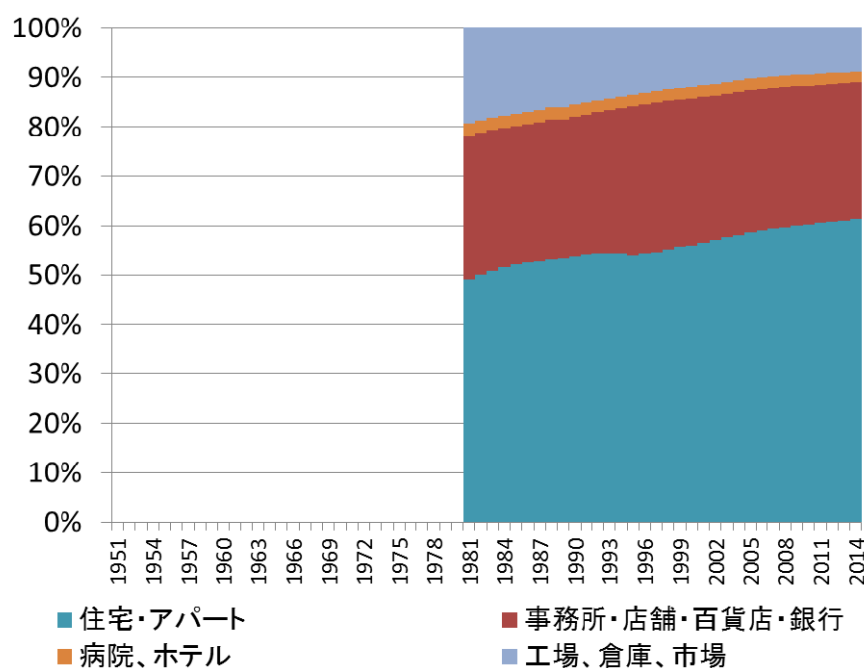


図 2-11 非木造建築物の使用用途別ストック量割合

東京都統計年鑑<sup>80)</sup>より作成

これによると，1981年には住宅系が5割，事務所系及び病院・ホテルが3割，工場・倉庫・市場が2割という構成になっている．2014年には，それがおのの6割，3割，1割となっている．非木造の半分以上はマンションなどの住宅系が占めていることが分かる．

また，事務所系及び病院・ホテルについては，構成割合が3割のままと変化がなく，事務所系が1割増，工場・倉庫・市場が1割減となっている．このことから，この30年間で，工場などの撤去・移転が進み，跡地にマンションが建築されたと推察される．

### (3) その他の建築物に関する資料

本研究に関するその他の資料について、次のとおりまとめる。

まず、全体の土地利用の制約条件などを考える上で必要となる統計値として、東京都の市区町村別の概算容積率を表 2-2 に示す。

東京都は「地域危険度が高く、かつ、特に老朽化した木造建築物が集積するなど、震災時に大きな被害が想定される地域」を「整備地域」<sup>81)</sup>としており、区部面積の約 1 割に相当する約 7,000ha を指定している。この整備地域における木造建築物の現状から、その床面積を推計したものを表 2-3 に示す。

地下構造物としての地下街を表 2-4 に、米軍基地を表 2-5 に、大規模な民間開発の代表例として大手町・丸の内・有楽町エリアの概要を表 2-6 にまとめる。

また、非住宅建築物の用途別・地域別のストック量割合を表 2-7 に示した。ここでは、固定資産税台帳などでは、把握の難しい非課税家屋に多くが該当する宗教用施設についての記載がされている。

表 2-2 東京都市区町村別の概算容積率

		A 宅地面積 (千床 m <sup>2</sup> )	B 建物床面積 (千床 m <sup>2</sup> )	C=B/A*100 概算容積率
区部	千代田	3,649	22,119	606.2
	中央	3,941	21,607	548.3
	港	9,224	36.225	392.7
	・・・			
	杉並	21,585	22,011	102.0
	足立	27,307	26,012	95.3
	練馬	28,300	26,270	92.8
	区部計	315,302	487,470	154.6
市部	武蔵野	6,307	6,761	107.2
	狛江	3,279	3,000	91.5
	調布	10,030	9,000	89.7
	・・・			八王子 70.5 町田 64.8
	羽村	5,407	3,111	57.5
	青梅	12,388	6,765	54.6
	あきる野	8,079	3,701	45.8
	市部計	239,597	174,440	72.8
西多摩部		8,481	3,910	46.1
合 計		563,362	665,820	118.2

東京の土地 2013（土地関係資料集）<sup>82)</sup> より作成

東京都全体としては、概算容積率は 120%であり、区部の概算容積率は市部のおよそ 2 倍程度になっている。特に千代田、中央、港など都心部では非常に高く、西に行くほど低くなっていく傾向が見られる。以



上のことから、２３区、特に都心部と多摩地区の土地利用には、まだ大きな違いがあり、土地利用の制限についても差があると考えられる。

表 2-3 整備地域における木造建築物の現状

整備地域名		A 面積 (ha)	B 人口 (人)	関係区	C 一人当た りの床面積 (床㎡/人)	D =B*C 整備 地域の床面積 (床㎡)	E= D/A 1ha 当 りの床面積 (床㎡ /ha )
合 計		6,887	1,793,600	—	—	55,946,175	8,123
1	大森中	195	68,500	大田	29.7	2,037,840	10,450
2	西蒲田	121	39,400	大田	29.7	1,172,130	9,687
3	羽田	50	10,900	大田	29.7	324,269	6,485
4	林試の森周 辺・荏原	1,027	268,200	目黒・品 川・大田	31.6	8,469,134	8,246
5	世田谷区役 所周辺・三 宿・太子堂	288	79,600	世田谷	34.7	2,762,536	9,592
6	北沢	134	33,700	世田谷・ 渋谷	34.7	1,169,566	8,728
7	南町・本町 (渋谷)・西新 宿	300	80,900	新宿・中 野・渋谷・杉並	32.7	2,646,329	8,821
8	阿佐ヶ谷・高 円寺周辺	273	77,100	杉並・中 野	32.5	2,509,066	9,191
9	大和町・野方	270	70,700	中野・杉 並	32.5	2,300,791	8,521
10	南長崎・長 崎・落合	233	66,600	新宿・豊 島	31.5	2,099,190	9,009
11	東池袋・大塚	172	34,200	文京・豊 島	32.4	1,106,503	6,433
12	池袋西・池袋 北・滝野川	172	75,000	豊島・ 北・板橋	30.5	2,290,892	13,319
13	大谷口周辺	249	65,600	豊島・板 橋・練馬	30.9	2,026,964	8,140
14	千駄木・向 丘・谷中	212	62,100	文京・台 東・荒川	31.7	1,968,970	9,288

整備地域名		A 面積 (ha)	B 人口 (人)	関係区	C 一人当た りの床面積 (床 m <sup>2</sup> /人)	D =B*C 整備 地域の床面積 (床 m <sup>2</sup> )	E= D/A 1ha 当 りの床面積 (床 m <sup>2</sup> /ha )
15	西ヶ原・巣鴨	103	32,700	豊島・北	31.4	1,026,313	9,964
16	十条・赤羽西	227	52,200	北	30.4	1,587,400	6,993
17	志茂	123	29,100	北	30.4	884,930	7,195
18	荒川	591	146,400	台東・ 北・荒川	31.1	4,547,329	7,694
19	浅草北部	208	48,500	台東	32.1	1,559,068	7,496
20	千住	168	50,200	足立	30.5	1,529,373	9,103
21	西新井駅西 口一帯	373	78,800	足立	30.5	2,400,689	6,436
22	足立	63	13,900	足立	30.5	423,472	6,722
23	北砂	87	31,600	江東	27.6	870,922	10,011
24	墨田区北 部・亀戸	514	110,800	江東・墨 田	29.0	3,217,981	6,261
25	平井	78	24,000	江戸川	28.9	692,571	8,879
26	立石・四つ 木・堀切	433	91,000	葛飾	30.8	2,800,569	6,468
27	松島・新小岩 駅周辺	135	24,700	葛飾・江 戸川	29.8	736,463	5,455
28	南小岩・東松 本	88	27,200	江戸川	28.9	784,914	8,919

※東京都：防災都市づくり推進計画（改定）<sup>83)</sup>，2016.3 及び東京都統計年鑑<sup>80)</sup>より作成

整備地域は、概ね東京23区部のうち外延に位置する地域に広がっていることが分かる。これらの地域について、各区の床面積当りの人口（概ね30人/床m<sup>2</sup>程度）から計算すると、床面積は概ね5,600万床m<sup>2</sup>であると推計できる。

表 2-4 東京都の主な地下街(2014.3 現在)

地下街名 (通称名)	所在地	開設 年月日	階層	延床面積 (㎡)
池袋東口 (I. S. P)	豊島区東池袋 1	1964. 9	B3	15, 435
八重洲	中央区八重洲 2	1965. 6	B3	72, 296
新宿駅東口 (ルミネエスト)	新宿区新宿 3	1964. 5	B3	18, 675
新宿駅西口 (小田急エース)	新宿区西新宿 1	1966. 11	B3	28, 130
京王新宿名店街 (京王モール)	新宿区西新宿 1	1976. 3	B6	17, 086
池袋西口 (東武ホープセンター)	豊島区西池袋 1	1969. 4	B3	14, 709
新橋駅東口 (ウイング新橋・しんちか)	港区新橋 2	1972. 6	B4	11, 703
歌舞伎町 (サブナード)	新宿区歌舞伎町 1	1973. 9	B2	38, 400
渋谷	渋谷区渋谷 2	1957. 12	B1	4, 676

東京都地域防災計画 震災編(平成 26 年修正)別冊資料 P277<sup>84)</sup> より作成

表 2-5 東京都内の米軍基地（2016.7.1 現在）

施設名	所在地	用途	面積（㎡）
赤坂プレスセンター	港区	事務所（新聞社、宿舎、ヘリポート）	26,937
横田飛行場	立川市，昭島市，福生市，武蔵村山市，羽村市，瑞穂町，（埼玉県狭山市）	飛行場，住宅，学校，事務所等	都内 7,136,404 埼玉県含 7,139,452
府中通信施設	府中市	通信（事務所，通信施設）	16,661
多摩サービス補助施設	多摩市，稲城市	ゴルフ場，キャンプ場など	1,957,190
大和田通信所	清瀬市，（埼玉県新座市）	通信施設	東京都 247,403 埼玉県含 1,196,524
硫黄島通信所	小笠原村	通信（訓練施設）	6,630,688
ニューサンノー米軍センター	港区	宿舎など	7,243

東京都の米軍基地対策<sup>85)</sup>より作成

表 2-6 大手町・丸の内・有楽町エリアの概要

区域面積	約 120ha
就業人口	約 23 万人
敷地面積	約 66ha
建物延床面積	約 678ha
建物棟数	104 棟（予定含む）
建築物年数	計画中 9.6%
	10 年未満 23.1%
	10～20 年 18.3%
	20～30 年 5.8%
	30～40 年 11.5%
	40 年以上 31.7%

大丸有エリアのご紹介<sup>86)</sup>より作成

表 2-7 非住宅建築物の用途別・地域別のストック量割合（2003）

単位：％

	北海道 東北	東京都	関東 （東京 都以外）	北 陸	中部	近畿	中国 四国	九州 沖縄	床面積 （km <sup>2</sup> ）
事務所	10.7	24.0	14.3	4.5	12.6	17.1	7.8	8.8	293
店舗	14.3	8.0	17.1	5.2	19.6	14.2	9.9	11.1	218
倉庫	12.2	6.4	19.3	5.7	15.4	16.7	14.6	9.6	170
工場	10.1	2.5	21.6	6.7	23.5	15.6	11.4	8.3	622
ホテル 旅館	22.4	8.4	13.3	6.8	16.8	13.8	7.7	10.8	56
文教用施設	8.6	18.6	20.4	3.2	12.7	17.8	7.6	10.8	83
宗教用施設	13.0	8.6	10.3	8.9	16.5	19.5	11.5	11.7	46

法人の建物所有の状況<sup>87)</sup>より作成

### 2.2.3 社会資本に関するデータ

本研究では、建築物を対象としているが、社会資本を構成する重要な要素として、土木構造物も重要であることから、東京都におけるこれらの施設についての調査を行った。

そこで、まず、社会資本の種類について表 2-8 のとおり、整理を行った。

表 2-8 社会資本ストックの種類（土木）

種別	主な社会資本
河川	築堤，護岸，堰，水門，排水機場
道路橋	<u>路体</u> ， <u>路床</u> ， <u>路盤</u> ，舗装，法面保護，中央分離帯， <u>共同溝</u> ，防護柵，防音壁，排水施設，橋梁，歩道橋， <u>トンネル</u> ， <u>カルバート</u>
海岸	堤防，護岸，消波ブロック，離岸堤，突堤，養浜，水門
砂防	堰堤， <u>床固</u> ，護岸， <u>水制</u> ，地滑・崖崩・雪崩防止施設
ダム	堤体
港湾	防波堤，護岸・岸壁，浮桟橋，船揚場，消波ブロック
鉄道	レール，枕木，路盤，踏切，停車場，橋， <u>トンネル</u>
空港	滑走路，排水施設，エプロン， <u>燃料タンク施設</u>
発電・送变电	取水堰，送水路，発電電所，鉄塔
上水道	取水堰， <u>導水路</u> ，沈砂池，浄水池， <u>配水池</u> ， <u>送配水管</u>
下水道	<u>管路</u> ， <u>人孔</u> ， <u>枳</u> ，ポンプ場，週末処理施設
土地造成	法面保護，擁壁，排水施設， <u>調整池</u>
農業土木	農道，用排水路
森林土木	林道，擁壁，法面保護，谷止，治山堰堤
公園	広場，園路，擁壁，スポーツ施設
地下構造物	<u>地下横断歩道</u> ， <u>地下駐車場</u> ， <u>共同溝</u>
橋梁	上部（桁，床版，舗装），橋台，橋脚， <u>杭</u> ， <u>ケーソン</u>

種別	主な社会資本
トンネル	<u>インバート，シールドセグメント</u>
鋼構造物	橋梁，鉄塔，門扉，水門，歩道橋

※下線部は地中埋設物

※土木施工管理技術検定・実務経験として認められる工事種別・工事内容等より作成

次に，これらの社会資本のうち，東京都が公共物管理者として，施設管理と運用している水道施設及び下水道施設について表 2-9 及び表 2-10 にまとめる．

表 2-9 東京都の水道施設ストック

施設など	規 模	備 考
給水区域	1,235 km <sup>2</sup>	
給水人口	1,295 万人	
配水管延長	26,613 km	
浄水場	12 か所，能力 6,859,500 m <sup>3</sup> /日	
水源施設（ダム）	4 か所，219,000,000 m <sup>3</sup>	都内分のみ
取水堰	3 か所，16 門	
配水池	41 か所 3,210,000 m <sup>3</sup>	

※東京都水道局事業概要（平成 26 年度版）<sup>88)</sup> より作成

表 2-10 東京都の下水道施設ストック

		区部	流域下水道 (26市3町 1村)	合計	参考・平成 24 都市計画 年報の東京・供用
計画人口 (人)		8,692,000 ※1	3,497,000	12,189,000	※1 平成 21 年 7 月決 定の流域別下水道整備 総合計画によるもの
計画面積 (ha)		57,839 ※1	49,095	106,934	処理区域 104,121 (全国 1,473,127)
管渠 管理 延長 (m)	幹 線	1,093,403	232,190	1,325,593	下水管渠 2,646,811 (全国 85,957,059)
	枝 線	14,882,075	—	—	
ポンプ所 (箇所)		86	2	88	ポンプ場 114 (全国 2,854)
日処理能力 (m <sup>3</sup> /日)		6,349,000	1,432,900	7,781,900	
水再生セン ター(箇所)		13	7	20	処理場 21 (全国 36,765)
人孔(個)		482,848	1,230(幹線 のみ)	—	

東京都下水道局事業概要(平成 26 年度版)<sup>89)</sup>より作成



また、東京都においては、その管理運用している社会資本についてアセットマネジメント等を実施しており、長期計画やマスタープラン等において、具体的な目標や計画を策定している。これらについて、表 2-11 にまとめる。

表 2-11 東京都施設のライフサイクルの考え方

対象施設 (都の管理)	長寿命化など予防保全型管理の考え方	耐用年数	既存施設の 整備ピーク時期	既存施設の寿命・ 再構築ピーク時期
橋梁	100年以上延命する長寿命化対策を 2024年度までに累計約160橋着手。	100年、延命化し、150年程度へ 例)勝鬃橋70年経過		
トンネル	点検に基づき優先度の高い26トンネル の対策に取り組む			
水再生センター (下水処理場)	施設は中長期的な事業の平準化/設備 は法定耐用年数の2倍程度延命化	法定耐用年数50年	1975-1985	2025-2035
下水道管	計画的な補修などにより30年程度延命 化させる/2029年までに都心4処理区の 再構築/115幹線、300kmの下水幹線再 構築	法定耐用年数50年 経済的耐用年数80年(長寿命化)	1970-1975 /1985-1995	2020-2025 /2035-2045
都営地下鉄	新たな検査手法を取り入れ、整備後50年 を経過する線について、コンクリート片の 剥離の主たる原因となる漏水対策に取り 組む。	整備後50年		
浄水場	更新に伴い低下する能力相当の代替施設 を整備した上で更新に着手する。	60年程度	1960-1975	2020-2030
設備系(ポンプ、 薬品注入、排水処 理、監視制御)		10～20年		
清掃工場	定期補修、故障、ごみ量変動に対応した 焼却余力確保/整備時期の平準化/長寿 命化(延命化)の導入	実績では24.3年 計画耐用年数25～30年 長寿命化施設40年	1997-2002	2021-2025
首都高	建設から50年が経過した5区間の大規模 模更新を計画的に推進	50～60年程度(首都高1,3,5号線 の計画から算定)		

東京都長期ビジョン<sup>90)</sup>、東京水道施設整備マスタープラン<sup>91)</sup>、東京都下水道事業経営計画 2013<sup>92)</sup>、一般廃棄物処理基本計画<sup>93)</sup>より作成

都有施設の耐用年数については、橋梁の 150 年程度が最長となっており、水道、下水道、都営地下鉄、首都高などの施設については概ね 50～60 年としているが、下水道管については経済的耐用年数 80 年と設定している。一方、清掃工場やポンプ場については、設備更新が関連することもあり、20～30 年程度の更新計画となっている。

## 2.2.4 建設系廃棄物に関するデータ

本項においては、ストック由来の建設廃棄物の発生予測を行う。このことに関し、2012年度における東京都における建設系産業廃棄物の主要5品目の排出インベントリについて、東京都及び国土交通省の調査資料に基づきまとめたものを以下に示す。

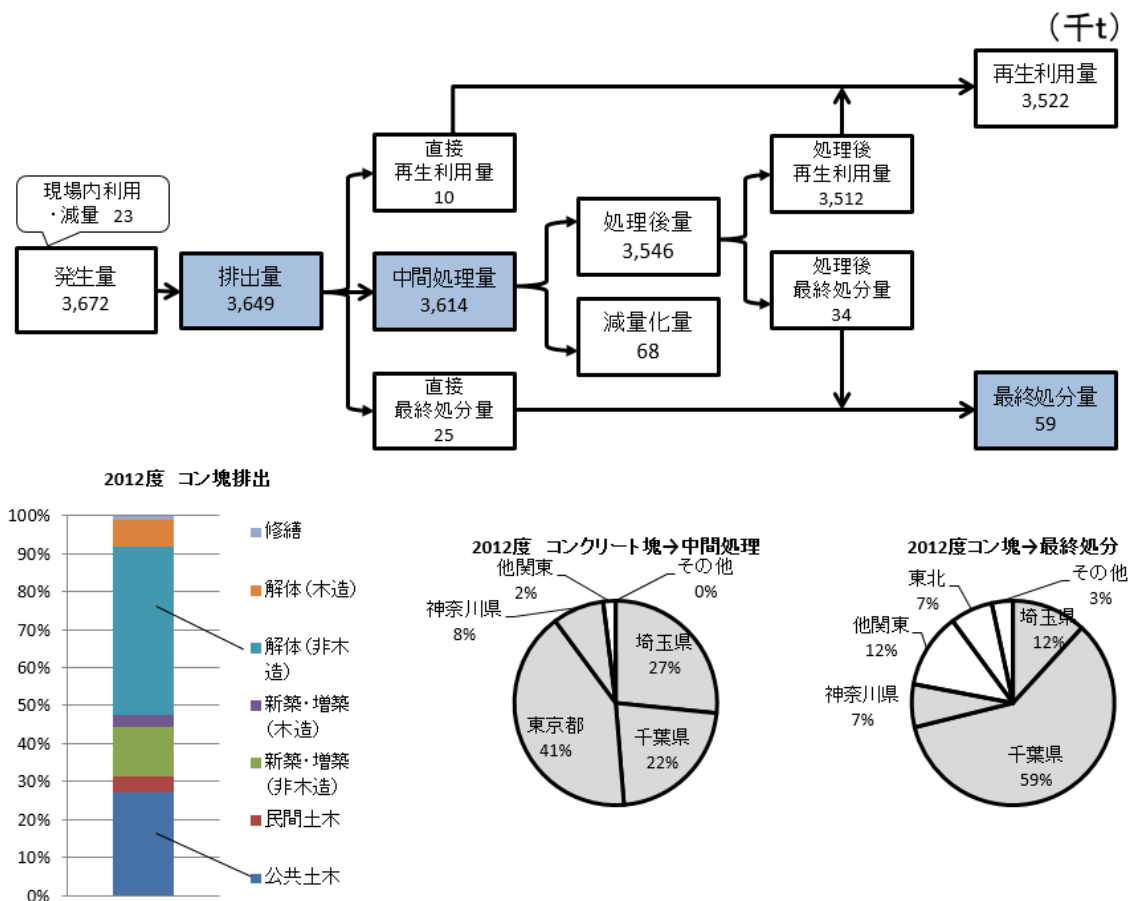


図 2-12 2012 年度・東京都排出の建設廃棄物インベントリ（コンクリート塊）

東京都産業廃棄物経年変化実態調査報告書<sup>94)</sup>，建設副産実態調査<sup>72)</sup>より作成

コンクリート塊に関するインベントリは図 2-12 のとおりである。

発生量としては、建設系廃棄物の中でも最も多量であり、重量換算係数（運搬時）が  $1.48 \text{ t/m}^3$  と重くてかさばる特性がある。解体（非木造）からの排出が 44% を占めており、これは鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造などの建築物の解体が主な排出源であると考えられる。公共土木からも 27% の排出があるが、基礎構造物、コンクリート舗装版のほかコンクリート二次製品なども含まれると考えられる。中間処理については、東京都内で 41%，一都三県で 98% が処理さ

れ、ほとんどが再生砕石や再生骨材として再生活用されている．最終処分量の絶対量は少ないにも関わらず，東京都内での処分は皆無となっており，他関東のほか，東北へも 7 %が移動している．

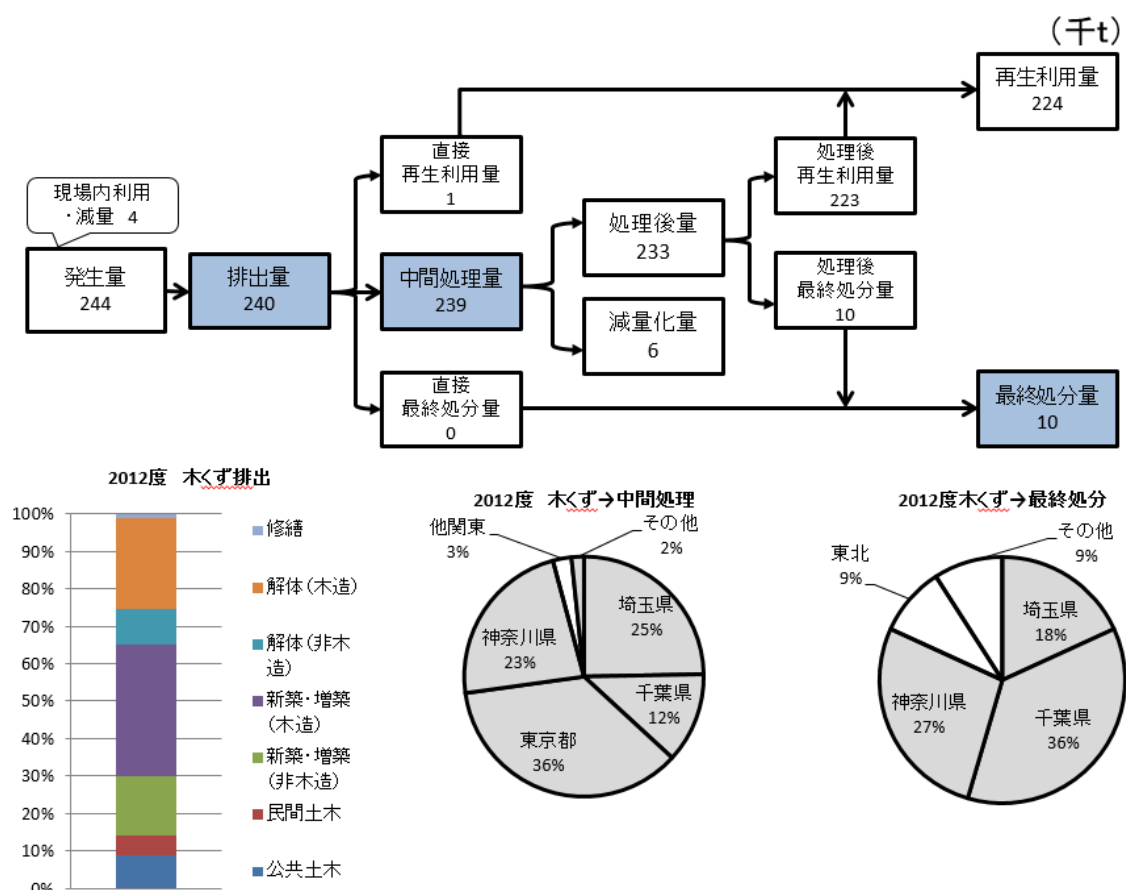


図 2-13 2012 年度・東京都排出の建設廃棄物インベントリ（木くず）

東京都産業廃棄物経年変化実態調査報告書<sup>94)</sup>，建設副産実態調査<sup>72)</sup>より作成

木くずに関するインベントリは図 2-13 のとおりである．

どのセクターからも排出されているが，新築・増築（木造）と解体（木造）の割合が比較的高い．中間処理については，東京で 36%，一都三県で 95%が処理されている．管理型処分品目であることから，処分容量不足や処分費が高くなること，建設リサイクル法による縮減が進んでいることから，チップ原料（製紙，ボード，燃料など）や畜産敷料材料，堆肥原料などへ再生が進んでいる．

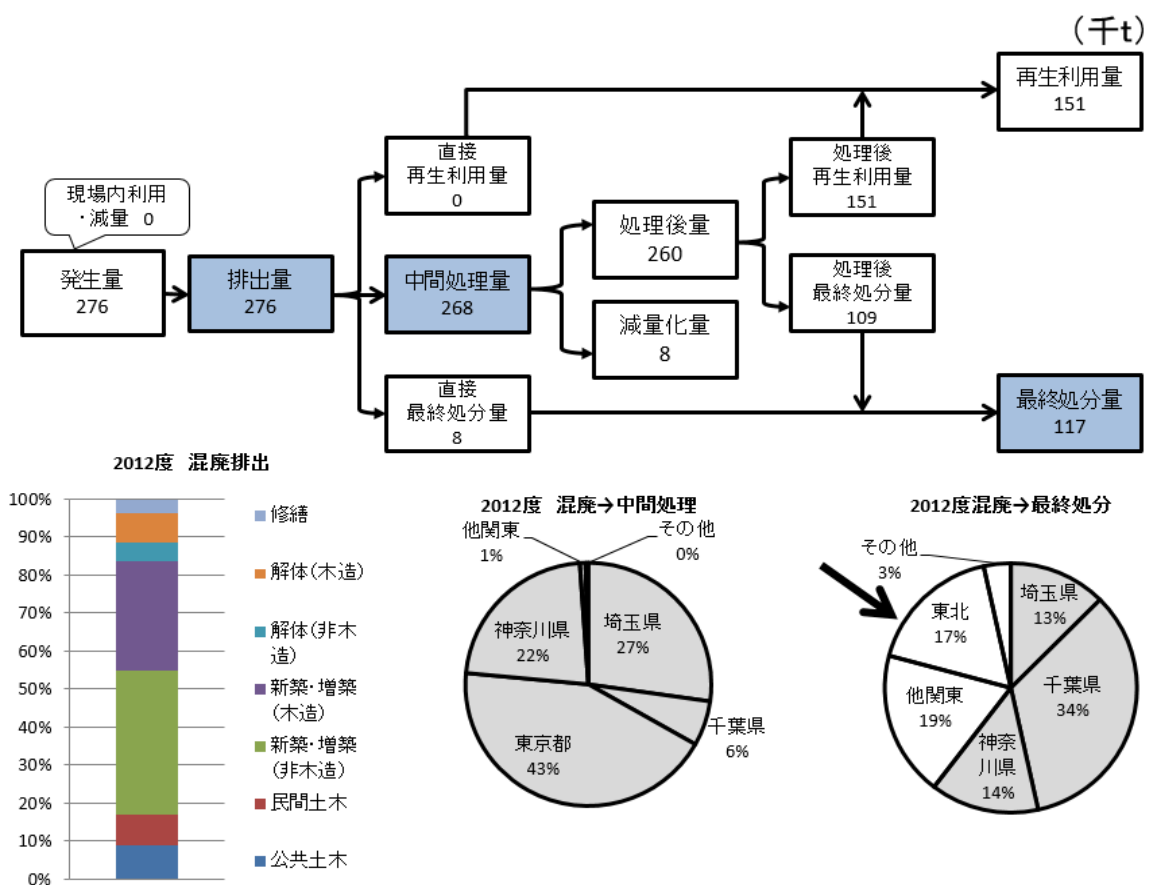


図 2-14 2012 年度・東京都排出の建設廃棄物インベントリ（混合廃棄物）

東京都産業廃棄物経年変化実態調査報告書<sup>94)</sup>，建設副産実態調査<sup>72)</sup>より作成

混合廃棄物に関するインベントリは図 2-14 のとおりである。

排出元については，新築・増築（非木造・木造）が 67%となっており，中間処理については，東京で 43%，一都三県で 99%が処理されている。ただし，他の品目と比較して最終処分される割合が高くなっており，一都三県以外で 39%が処分され，特に東北が 17%を占めていることから，広域移動性が顕著に見られる品目である。紙，木くず，廃プラなども含まれる雑多な廃棄物であり，再資源化には労力がかかることから，管理型処分場での最終処分の割合が高いと考えられる。

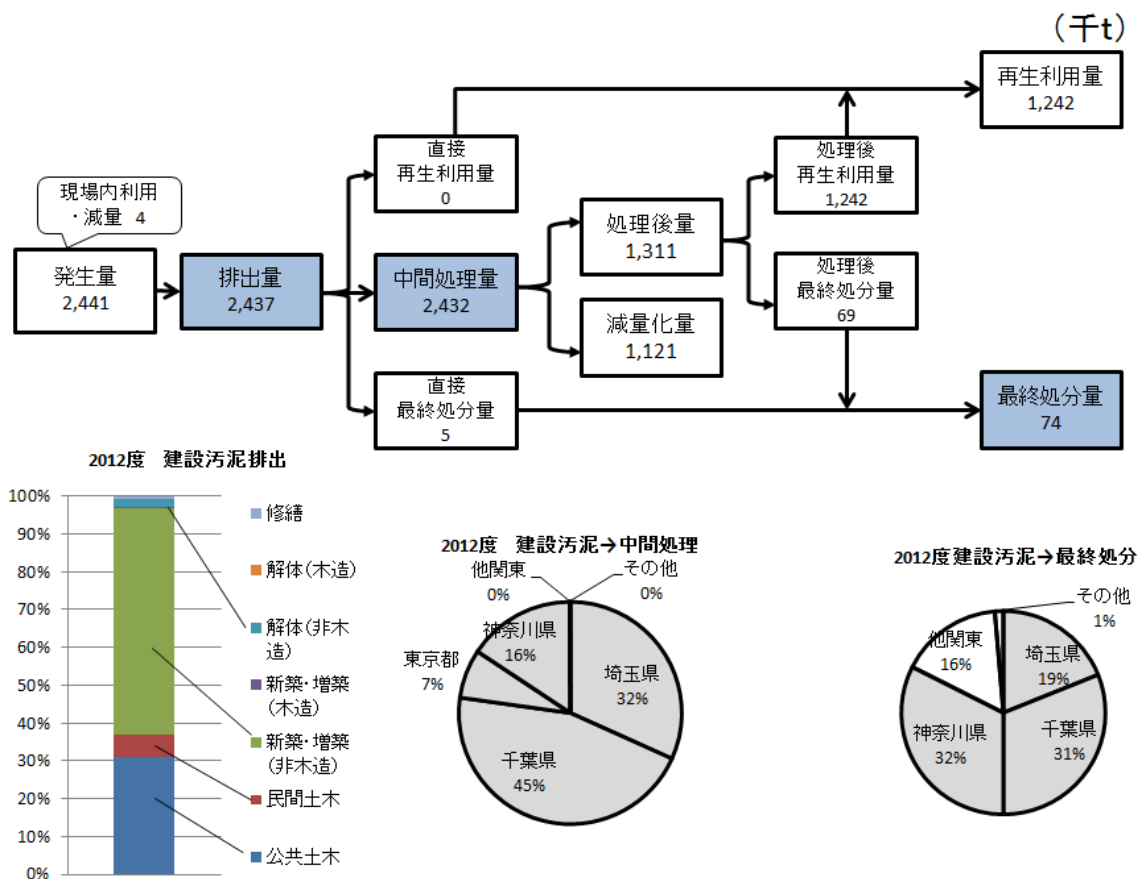


図 2-15 2012 年度・東京都排出の建設廃棄物インベントリ（建設汚泥）

東京都産業廃棄物経年変化実態調査報告書<sup>94)</sup>，建設副産実態調査<sup>72)</sup>より作成

建設汚泥に関するインベントリは図 2-15 のとおりである。

新築・増築（非木造）からの排出が 60%を占めている．これは基礎杭構築に伴う排泥などが主な排出源であると考えられる．このほか公共土木が 30%を占めており，基礎構築やトンネル工事などが排出源していると考えられる．中間処分についてはほぼ全量，一都三県で処理されているが，最終処分については，他関東及びその他で 17%を占めており，広域移動性がみられる．建設汚泥は発生時に含水率が高いことから，中間処理では脱水固化が主となるため，減量化率は他の品目に比べて高くなっている．発生現場で脱水すれば運搬量削減が可能であるが，東京では現場内にストックヤードや脱水施設設置のスペースがなく，現場内利用・減量は困難であると考えられる．

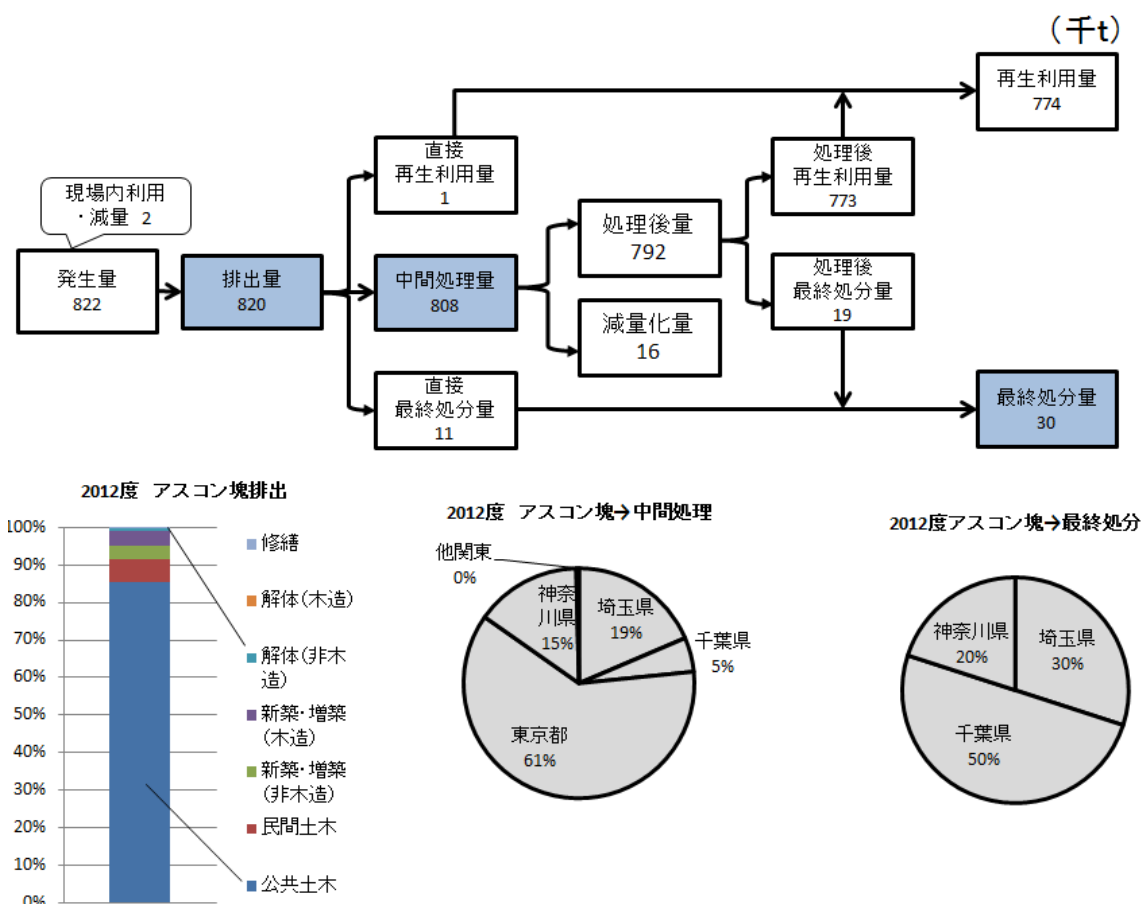


図 2-16 2012 年度・東京都排出の建設廃棄物インベントリ (アスコン)

東京都産業廃棄物経年変化実態調査報告書<sup>94)</sup>，建設副産実態調査<sup>72)</sup>より作成

アスファルトコンクリートに関するインベントリは図 2-16 のとおりである。

公共土木からの排出が 85%を占めており，主として，道路舗装の維持管理工事に伴う排出であるが，民間土木などからの駐車場や外構の維持管理も排出されていると考えられる．中間処理は東京都内 61%，一都三県でほぼ全量が中間処理，最終処分されていることから，広域移動の範囲が最も狭い品目である．アスファルト塊は再生アスファルトとしての再生が主となっており，公共セクターによる定常的な維持管理ルーチンが構築されており，需給のバランスが安定しているためと考えられる．なお，重量換算係数（運搬時）が  $1.48 \text{ t/m}^3$  であり，コンクリート塊と同様に重くてかさばる特性がある。

以上の建設系産業廃棄物のうち、建設発生木材（木くず）は再資源化の方法が多様であることが知られている。これらは建設現場から産業廃棄物として排出され、破碎処理施設にて中間処理された後に各再資源の原材料として各方面に供給されるのが一般的である。

そこで、破碎処理施設から出荷された建設発生木材の再資源化先の割合を表 2-12 に示す。

表 2-12 建設発生木材の破碎施設からの出荷先（用途別・全国）

出荷先の再資源化方法	割合（％）
パーティクルボード用	24.2
製紙用	18.3
堆肥	8.1
敷料	6.2
マルチング	2.2
サーマル	38.7 サーマルの内訳： 石膏ボード製造業 28.6 板紙製造業等 15.3 セメント製造業 6.0 パーティクルボード製造業 3.3 その他 35.2% 不明 11.5%
その他	2.3

※再資源化量（全国）は 2,836 千トン

建設発生木材のリサイクル推進方策等に関する連絡部会 千葉WG：千葉県における建設発生木材リサイクル促進行動計画<sup>95)</sup>より作成

もっとも多いのは、サーマル利用のための燃料使用であり、主として熱源利用に分類されるが、この中にはバイオマス発電などのエネルギー転換利用も含まれていると思われる。次に多いのがパーティクルボード利用であり、いわゆる、再生建材と呼ばれるものである。解体工事由来の木くずが再生建材へと再資源化することは、広い意味での再使用と解釈できることから、持続可能な資源循環系を形成している再資源化方法と考えられる。

## 2.2.5 空き家に関するデータ

本研究では，老朽化した建築物が更新されることなく放置される可能性を背景・課題の一つとして取り上げている．この結果として，空き家発生についても分析することから，その統計データについて図2-17の通りまとめた．

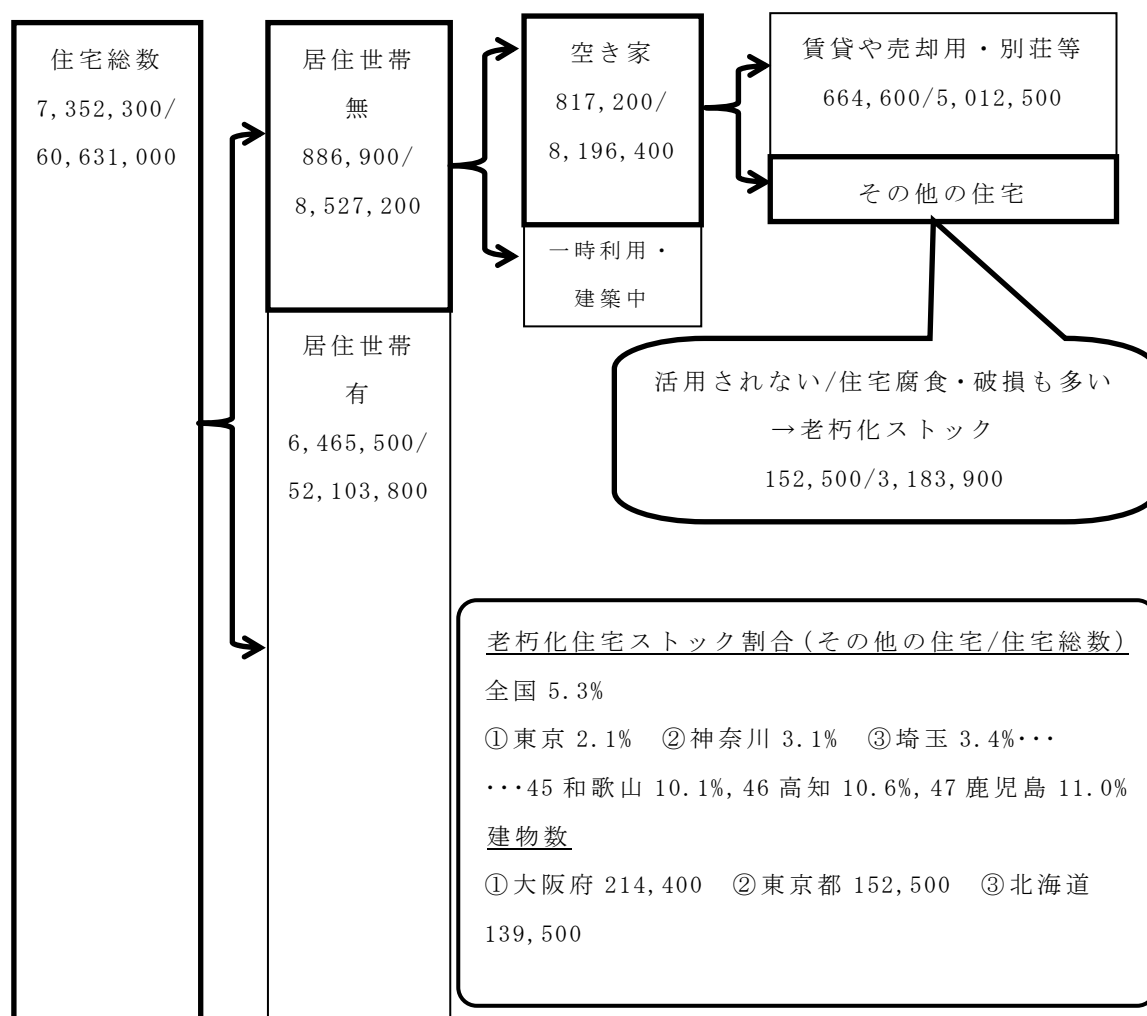


図 2-17 老朽化住宅ストック建物数（2013・東京都/全国）

平成 25 年度住宅・土地統計調査 <sup>69)</sup>より作成

東京都における空き家率は約 11%ととなっているが，9%は賃貸や売却用の管理されている住宅となっている．活用されず老朽化が危惧されるのは「その他の住宅」の 2.1%であり，全国最低となっている．全国平均は 5.3%，最高は鹿児島県の 11.0%となっているが，建物数としては大阪府に続き全国 2 位の約 15 万となっている．



## 2.2.6 戦災罹災に関するデータ

本研究では、災害などの社会変動が建築物の残存率に影響を与える  
と考える。そこで、1945 年終戦直後の戦災罹災データとして、その罹  
災世帯を図 2-18、罹災者人口を図 2-19 に示す。

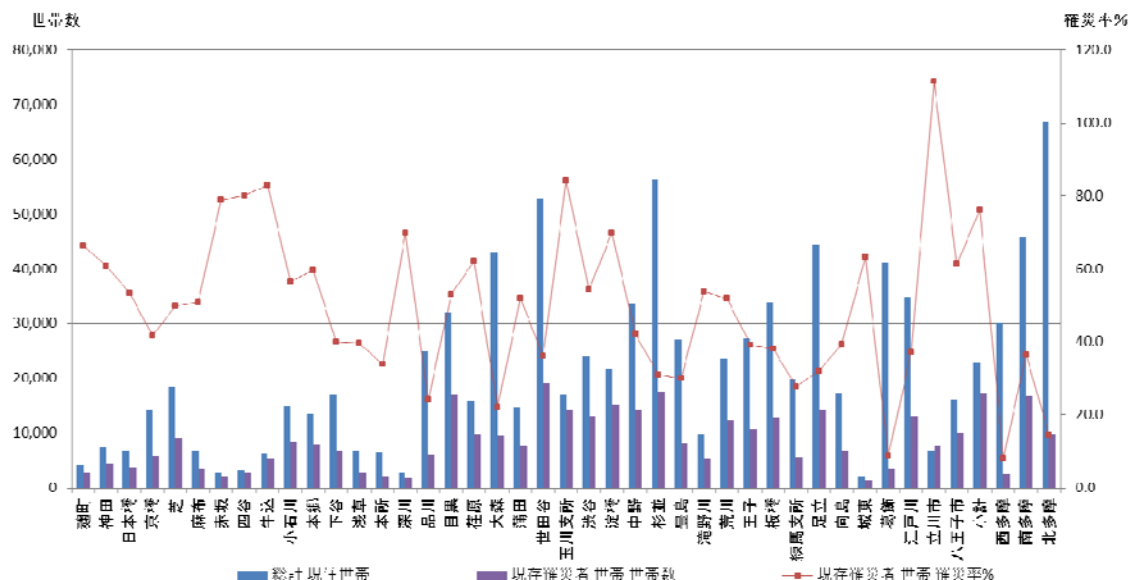


図 2-18 地区別の戦災罹災者世帯(昭和 20 (1945) 年 9 月 1 日現在・援護局調)  
東京百年史第五巻<sup>96)</sup> より作成

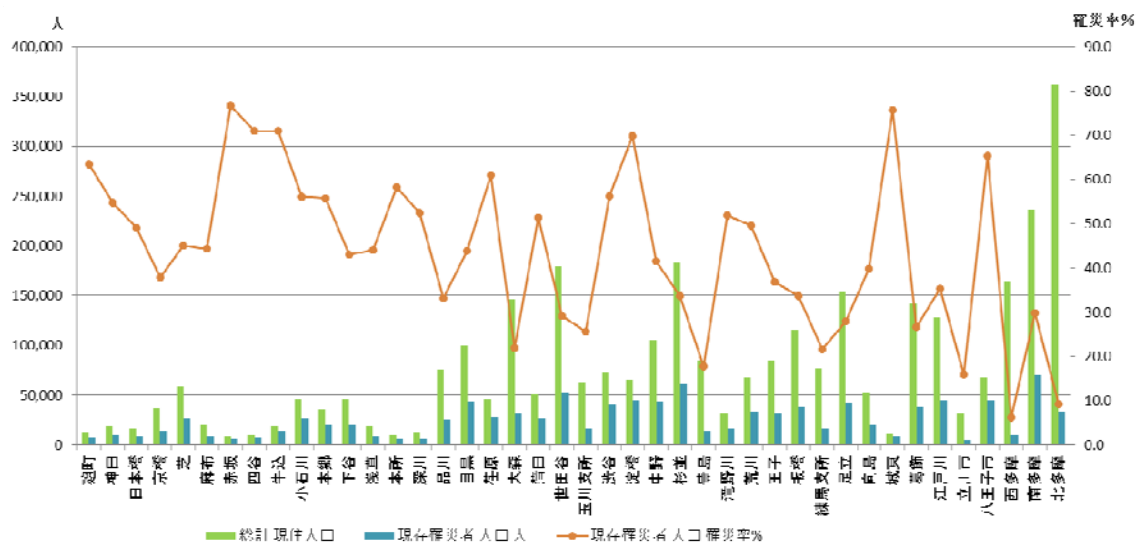


図 2-19 地区別の戦災罹災者人口(昭和 20 (1945) 年 9 月 1 日現在・援護局調)  
東京百年史第五巻<sup>96)</sup> より作成

平均罹災率は罹災世帯で 38.6%，罹災者人口で 32.9% となり，3 ～  
4 割が罹災していたと推測される。

## 2.2.7 関連ヒアリング調査

本研究では、建築物や建設系廃棄物の現状について把握するために、関係機関や事業者へのヒアリング調査を実施している。

都有施設の維持更新計画に関するヒアリングについて表 2-13 の通りまとめた。

表 2-13 都有施設の維持更新計画に関するヒアリング

日時/対象者	2016.1/東京都財務局
計画概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2015.3 に第二次主要施設 10 か年維持更新計画を策定</li> <li>・ 対象都有施設は 2,900 万床 m<sup>2</sup></li> <li>・ 都税事務所 25 箇所，都立高校 175 箇所，特別支援学校 65 箇所，都立病院 17 箇所，都営住宅 26.5 万戸，1500 団地，警察署 102 署，消防署 85 署</li> <li>・ 2009.2 に（第一次）主要施設 10 か年維持更新計画を策定（予算見込額 8,300 億円程度）</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 昭和 40 年代と平成一桁代に多く整備されている</li> <li>・ 前者は，建築後 40-50 年が経過し，老朽化が進んでいる</li> <li>・ 後者は，建築後 10 年以上が経過し，電気・空調・給排水の改修が必要となっている</li> </ul>

維持更新計画の対象となっている都有施設は約 2,900 万床 m<sup>2</sup>あり，それらの多くは昭和 40 年代と平成一桁代に整備されている。前者は，建築後 40-50 年が経過し，老朽化が目立ってきていることから，建替えや大規模改修が必要となってきた。後者については，躯体などの構造的な劣化は見られないが，電気・空調・給排水施設の老朽化が進んでいることから大規模修繕が必要な状況となっている。

次に多摩ニュータウンにおける空き家に関するヒアリングについて表 2-14 の通りまとめた。

表 2-14 多摩ニュータウンにおける空き家に関するヒアリング

日時/対象者	2016.5/東京都都市整備局
空き家の現状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 総面積 2,900ha, 29 団地, 9,203 戸</li> <li>・ 1969 (S44)~1974 (S49)年の建設：約 4,000 戸→老朽化</li> <li>・ 高齢化率が高い：50%（東京都 22.9%，多摩市 26.0%） →独居も増</li> <li>・ 空き家が少ない：3.8%（東京都 11%） →従前居住者の移転先がない</li> </ul>
具体的計画と発生した課題及び実施した対策	<p>諏訪団地建替計画</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 移転世帯 450 戸に対し，周辺の空き家は 150 戸→原位置建替は断念</li> <li>・ 学校跡地に移転先建設を計画</li> <li>・ 周辺道路未整備，住民反対（資産価値下落，圧迫感，既存樹木保護，富士山が見えない等）が発生</li> <li>・ 市長を交えた説明会などで合意形成（戸数減，高さ減，離隔確保，景観と調和した色彩，集会場設置など）</li> <li>・ 若い世代の呼び込みとまちの活性化</li> </ul>

多摩ニュータウンは 1970 年代前半に大規模開発が始まり，初期のものは建築後 50 年近くが経過していることから建替えなどの措置が必要な状況となっている。

高齢化率が高く，独居も進行しているものの，空き家率は 3.8%と全国平均の 13.5%と比較しても低いため，移転先の不足という課題を抱えている。諏訪団地建替計画では，学校跡地を移転先として計画しているが，周辺住民の合意形成に苦慮したとのことであった。

本研究では、管理されない空き家が老朽化し、放置される可能性を背景・課題の一つとして考えている。そこで、管理されなくなった空き家が、どのように老朽化・腐朽化していかについて、空き家の管理経験のある不動産業者に対しヒアリングを行った。その結果を表 2-15 の通りまとめた。

表 2-15 空き家の腐朽化に関するヒアリング

日時/対象者	2017.1/不動産業者（空き家管理経験あり）
腐朽化の症状	<p>①木造の場合、3 か月くらいで影響があらわれ、数か月で臭気発生</p> <p>②突然、管理されない空き家になる訳ではない</p> <p>売却や賃貸として管理→客が現れない→管理費や手間を惜しむ（それでも、客待ち）→ますます、客は現れない→次第に管理されなくなる→ボロボロに</p>
腐朽化する原因	<p>①換気不足と温度変化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>室内は高温多湿化→結露発生→細菌繁殖→昆虫（小動物）侵入→畳、フローリングは急速劣化、</li> <li>木質建材（屋根、梁、桁、柱、床、筋交い、根太、土台、化粧板など）が劣化、白蟻発生</li> <li>建材は膨張・収縮を繰り返し、壁や床に狂い発生→建屋全体に歪み</li> </ul> <p>②防水などの劣化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>雑草放置→雨どいなどに枯葉堆積→庇や野地板（屋根板）が腐食→雨水侵入</li> <li>給排水管内の水の移動停止→排水管にへドロ堆積、給水管に沈殿物生成→接合部やゴム部が急速劣化</li> <li>地下部分がある場合、雨水溜まりやブロック壁からの地下水侵入も</li> </ul> <p>③侵入者による窓ガラスなどの破壊→室内に風雨侵入</p>

木造の場合、管理されなくなるとその影響は3 か月くらいで現れ、その原因は、換気不足による害虫等の発生、温度変化による建材の狂いと歪み、防止機能劣化による水の侵入、侵入者による破壊などであるとのことであった。

本研究では、高度経済成長期に整備された建築物ストック由来の建設系産業廃棄物が大量に発生する可能性についても背景・課題の一つとしている。その中でも特に木くずは、バイオマス発電の燃料としての活用が見込まれており、地球温暖化対策の観点からも、その再資源化の動向には注目すべきであると考える。

そこで、現在、木質系バイオマス発電を行っている事業者に対しヒアリングを行い、その現状と課題について表 2-16 の通りまとめた。

表 2-16 木くず処理に関する業界状況のヒアリング

日時/対象者	<ul style="list-style-type: none"> <li>2015.12</li> <li>大手の産業廃棄物処理業者、木質系バイオマス発電事業者</li> <li>一廃木くず、建設系産廃木くず、剪定枝を利用したバイオマス事業実施</li> </ul>
建設系（解体）木くずの再利用材として取扱い状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>排出事業者が自ら持ち込んだものの処分費を受け取って、バイオマス発電（焼却）している。</li> <li>木くずを有価物として買取れるほど、発電での利益はない（処分費受取と売電の双方の収入がないと採算は合わない）</li> <li>処分費を受け取ると廃棄物処理業となるため、廃棄物処理法の厳しい規制を受けることとなり、そのための建設費（20 億円）や維持管理費（2.2～2.3 億円/年）などがかかる。</li> <li>売電については、FIT 価格で、産業廃棄物（木くず、紙くず、繊維くず）が 13 円/kwh、木くず 17 円/kwh、一般木材 24 円/kwh となっている。</li> <li>排熱利用は、周辺に熱を使う施設（ホテル、住宅、福祉施設等）がないこと、低温未利用（35℃程度）のお湯程度しか供給できないこと、などの理由により、行っていない。</li> <li>チップ化は、市場としてダブっており、処理費をもらったとしても、正直、採算は取れないと判断し、事業化していない。</li> </ul>

一般廃棄物、建設系産業廃棄物、剪定枝を燃料としたバイオマス発電を実施しているが、これらを有価物として買取れるほどの利益は無く、廃棄物処理業（焼却）として処理費をもらっている。このため、廃棄物処理施設としての規制がかかるため、焼却炉建設費や維持管理費は高く、新規参入業者にとっては難しい状況にあるとのことであった。

本研究では，関連業界における現況を踏まえて，廃棄物増大局面（21世紀前半）に備えるべきこととして処理能力の不足などについて解決策を示すことを目的としている．

そこで，現に稼働している廃棄物処理施設の状況や処理能力に関するヒアリングを行った．その結果を表 2-17 に示す．

表 2-17 廃棄物処理施設の稼働状況や処理能力に関するヒアリング

日時/対象者	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2016.8</li> <li>• 東京都内の不燃ごみ処理施設（公的施設）</li> </ul>
稼働状況・処理能力に関して	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不燃ごみから鉄，アルミを回収し，残渣物は最終処分</li> <li>• 最大処理能力 1,800t/日（48t/hr×2 系統×19hr/日）</li> <li>• 現状は 20 t /hr×2 系統×6hr/日=240 t /日</li> <li>• 稼働日数は 300 日/年．日曜日と正月は休止し，その他に 1 ヶ月と 1 週間程度の定期点検</li> <li>• 2008 年から廃プラスチックサーマル（廃プラスチックが不燃ごみから可燃ごみへと変更）化に伴い，処理量は激減</li> <li>• 公的機関なので，この処理実績でも稼働しているが，民間企業であれば，経営は極めて困難ではないかと推察</li> </ul>

本研究では、廃棄物に関するデータを分析対象としているが、これらの統計データは把握が難しく、推計している部分も多いことから、その推計方法について、行政担当者にヒアリングを行った。その結果を表 2-18 に示す。

表 2-18 東京都産業廃棄物経年変化実態調査報告書に関するヒアリング

日時/対象者	<ul style="list-style-type: none"> <li>2016.1</li> <li>東京都環境局資源循環推進部</li> </ul>
当該報告書の調査方法について	<ul style="list-style-type: none"> <li>目的：都内の産業廃棄物の排出及び処理の状況を把握</li> <li>毎年度実施</li> <li>対象：都内から発生する産業廃棄物</li> <li>方法：排出事業者へのアンケート調査，多量排出事業者の「産業廃棄物処理計画実施状況報告書」，産業廃棄物処理業者の「実績報告書」などのデータから，排出量等の推計</li> <li>建設業，製造業など 16 業種について，産業廃棄物の種類（品目）別の量を推計 (ストック由来の建設廃棄物に利用する際の課題)</li> <li>捕捉率，中小工事の拡大推計の精度（大規模事業者データによる中小事業者推計など）</li> <li>土木工事と建築工事，新築工事と解体工事（ストック由来）などを区別するのは難しい。</li> <li>「再資源化≠廃棄物」「自社やグループ協力による再利用≠廃棄物」という認識による過小</li> <li>過小申告バイアス（過積載，産廃運搬処理処分契約，廃棄物量を少なく見せたいなど）</li> </ul>

法定義務による報告書やアンケート調査によりデータから総量を推計するという手法を取っているが，そもそもの捕捉率が低く，特に大多数を占める中小工事は，回収が難しいとのことであった。更に，回答用紙に対する回答者の認識が必ずしも一致しておらず，同じ工種でも，新築工事に記載する者もいれば，解体工事に記載する者もいるとのことである。また，対外的に「廃棄物排出量を抑制している」と PR したいという意識から，各データを過少に申告する傾向があり，そのデータ精度は必ずしも高くはない，とのことであった。

## 2.2.8 関連する統計資料とその品質

本研究においては、公的統計データとのフィッティングにより、新たに構築したモデルを建築物に適用する。よって、以下に建築物のフロー及びストックに関する統計資料について、その長所や短所などの品質を表 2-19 の通りまとめる。

表 2-19 本研究に関連する統計資料とその品質（長所・短所）

出典名	長所	短所（不足部分）
建築統計年報 <sup>74)</sup> (東京都)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1951 年から毎年</li> <li>・ 構造別（木造，RC，SRC，S）</li> <li>・ 床面積で集計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建築着工の動向把握が主目的のため，滅失データは軽視</li> </ul>
東京都統計年鑑 <sup>86)</sup> (東京都)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造別（木造，RC，SRC，S）</li> <li>・ 床面積で集計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1981 年以降のみ（但し，毎年）</li> <li>・ 非課税家屋は含まれない</li> </ul>
建築物ストック統計 検討会報告書 <sup>75)</sup> (国土交通省・2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建築ストック把握が主目的</li> <li>・ 構造別（木造，非木造）</li> <li>・ 床面積で集計</li> </ul>	2008 年のみ
東京の土地 <sup>82)</sup> (東京都)	1975 年から毎年	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造別ではなく，用途別で集計（木造・非木造の区別不可）</li> <li>・ 島しょ部のデータなし</li> </ul>
東京の土地利用 <sup>97)</sup> (東京都)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 区部 1960 年～5 年毎</li> <li>・ 多摩部 1968 年～5 年毎</li> <li>・ 航空写真，現地踏査，GIS を活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 床面積や構造別ではなく，土地利用用途で集計</li> <li>・ 島しょ部のデータはなし</li> </ul>
住宅・土地統計調査 <sup>69)</sup> (政府統計の総合窓口・総務省)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1948 年～5 年毎</li> <li>・ 調査票を直接配布・回収（ボトムアップ）法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非居住や空き家は含まれない</li> <li>・ 主として建物数（世帯，戸）で集計</li> <li>・ 建築時期「不詳」が多い</li> </ul>



### 2.2.9 都市としての東京都の特徴と研究対象としての意義

以上の調査から、本研究における対象都市として、その特徴と研究対象都市としての意義について以下の通りまとめる。

- (a) 基礎統計によれば、他都道府県と比較した場合には、その特殊性が見られ、特に建築物に関する統計（住宅数、事業所数、着工量、ストック量、建設廃棄物量など）は、全国の1割以上の規模を占めている。
- (b) 木造建築物が集積するなど震災時に大きな被害が想定される地域が区部面積の約1割に相当していることから、災害時に甚大な被害が発生すると考えられる。
- (c) 建設系産業廃棄物の最終処分については、そのほとんどを東京都外の処理施設に依存していることから、今後、排出量増大局面における東京都の対応が周辺地域の処理処分体制へ大きな影響を与える可能性があると考えられる。
- (d) 活用されず老朽化が危惧される空き家率は全国最低の2.1%であるものの、建物数としては全国2位の約15万棟となっている一方、例えば、多摩ニュータウンの空き家率は3.8%と全国平均の13.5%と比較して低いが、近年は、高齢化と独居の進行が見られるなど、空き家大量発生の一歩手前まで来ており、現段階から対策を講じておく必要がある。

以上から、東京都は、都市としては特殊性を有するものの、建築物に関する寄与率が高い。また、課題が顕在化した場合、大きな問題となるばかりではなく、周辺地域への影響が大きいといえることから、東京都は本研究の対象として意義のあるものと考ええる。

## 参考文献（第 2 章）

- 1) 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.
- 2) Hashimoto.S., Tanikawa.H. ,Moriguchi.Y. : Where willl large amounts of materials accumulated within the economy go? - A material flow analysis of construction minerals for Japan, *Waste Management*, 27(12), pp.1725-pp.1738, 2007.
- 3) Hashimoto.S., Tanikawa.H. ,Moriguchi.Y. : Framework for estimating potential wastes and secondary resources accumulated within an economy - A case study of construction minerals in Japan, *Waste Management* 29, pp. 2859-pp.2866 ,2009.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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トック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.
- 7) Tanikawa.H., Fishman.T., Okuoka.K., Sugimoto.K. : The Weight of Society Over Timeand Space: A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan, 1945–2010, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.19, No.5, pp.778-pp.791, 2015.
- 8) 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.
- 9) 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－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.
- 10) 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.
- 11) 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.
  - 12) 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.62No.1, pp.53-pp.60, 2006.2.
  - 13) Muller .D.B. : Stock dynamics for forecasting material flow-Case study for housing in The Netherlands, *Ecological Economics*59, pp.142-pp.156, 2006.
  - 14) Bergsdal .H., Brattebo.H., Bohne.R.A., Muller .D.B.: Dynamic material flow analysis for Norway's dwelling stock, *Building Research & Information* 35(5), pp.557-pp.570, 2007.
  - 15) Fishman .T., Schandl.H., Tanikawa.H.: Stochastic Analysis 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) Hu.M., van der Voet.E., G.Huppel : Dynamic Material Flow Analysis for Strategic Construction and Demolition Waste Management in Beijing, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.14, No.3, 2010.
  - 17) Hu.M., Bergsdal.H., van der Voet.E., Huppel.G., Muller.D.B.: Dynamics of urban and rural housing stocks in China, *Building Research & Information*38(3), pp.301-pp.317, 2010.
  - 18) 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.
  - 19) 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.
  - 20) 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.
- 21) 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.
- 22) 小松幸夫: 住宅寿命について, 住宅問題研究, vll.16, No.2, 2000.6.
- 23) Sabine.B.: Urban Metabolism of Paris and Its Region, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.13, No.6, 2009.
- 24) Leonardo.R. ,Samuel.N.: A Material Flow Accounting Case Study of the Lisbon Metropolitan Area using the Urban Metabolism Analyst Model, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.18, No.1, 2014.
- 25) Halla.R.S., Shauna.D., Christopher.A.K.: Estimating the urban metabolism of Canadian cities : Greater Toronto Area case study, *Can.J.Civ.Eng.* Vol.30.2003.
- 26) M.Asif , T.Muneer, R.Kelly: Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland, *Building and Environment* 42, pp.1391-pp.1394, 2007.
- 27) Busch.J., Dawson.D., Roelich.K., Steinberger.J., Purnell.P.: Enhancing Stocks and Flows modeling to support sustainable resource management in low carbon infrastructure transition, International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs), 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software, Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany, R. Seppelt, A.A. Voinov, S. Lange, D. Bankamp (Eds.) , 2012.
- 28) Roelich.K.: Sustainable Resilient Infrastructure, *Undermining Infrastructure Brifing Note2*, pp.1-pp.6, 2012.
- 29) 川畑隆常, 大迫政浩, 山田正人, 田崎智宏, 松井康弘, 立尾浩一: 建設廃棄物の排出量と中間処理能力の地理的な需給アンバランスの解析, 廃棄物学会論文誌, Vol. 16, No2, pp.151-pp.162, 2005.
- 30) 藤山淳史, 松本亨: 産業廃棄物の広域移動に関する実態とその要因分析, 環境システム研究論文集, Vol. 37, 2009.10.
- 31) 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.
- 32) 荒井康裕, 池田有斗, 稲員とよの, 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.
- 33) 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.
- 34) 稲積真哉, 大津宏康, 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.
- 35) 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>,  
 2016.7.8 閲覧
- 36) 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.
- 37) 池松達人, 平井康宏, 酒井伸一: 産業廃棄物税による廃棄物の排出・処理フローへの課税効果の品目別分析, 廃棄物資源循環学会論文誌, Vol.23, No.2, pp.85-pp.99, 2012.
- 38) Ni - Bin.C., Lin.Y. T. : Optimal siting of transfer station locations in a metropolitan solid waste management system, Journal of Environmental Science and Health . Part A, *Environmental Science and Engineering and Toxicology* Vol. 32, Issue 8, 1997.
- 39) Mehdi.R., Abdolreza.E., Alireza.G., Hassan.S., Ladan.R.: Application of geographical information system in disposal site selection for hazardous wastes, *Journal of environmental Health Science & Engineering*, Vol.12, 2014.
- 40) Anifowose Y. B., Omole K. E., Akingbade.O. : Waste Disposal Site Selection using Remote Sensing and GIS: A Study of Akure and its Environs, Southwest-Nigeria, Proceedings of the Environmental Management Conference, Federal University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria, 2011.
- 41) Boško.J ,Igor. M. : Methodology for the Regional Landfill Site

*Selection, Sustainable Development - Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management*, chapter22, 2012.

- 42) 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.
- 43) 金森有子，有賀敏典，松橋啓介：空き家率の要因分析と将来推計，都市計画論文集，Vol.50, No.3, pp.109，2015.10.
- 44) 秋山祐樹，柴崎亮介：マイクロ将来推計人口データを用いた将来空き家分布推計，Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS, 2015.
- 45) 水野彩加，氏原岳人，阿部宏史：わが国の空き家及び空き地対策の現状とコンパクトシティ政策との連携手法の提案，都市計画論文集，Vol.51, No.3, pp.127，2016.10.
- 46) 丸山洋平，大江守之：地域人口推計を用いた住宅所有関係別将来住宅ストックの推計，都市計画論文集，Vol.51, No.3, pp.92，2016.10.
- 47) 福田紗央，杉本賢二，加藤博和，林良嗣：詳細建物データを用いた空き家予測モデルの構築，土木学会中部支部研究発表会，pp.337-pp.338，2015.3.
- 48) 長田洋平，樋口透，中出文平，松川寿也：地方都市における危険空き家の解体除去に関する研究-北陸3県内自治体を対象とした事例分析-，都市計画論文集，Vol.51, No.3, pp.20，2016.10.
- 49) 石河正寛，松橋啓介，有賀敏典，金森有子，栗島英明：空き家の地域内分布に関する現況および将来推計-世帯数と住宅数の差分に着目して-，都市計画論文集，Vol.51, No.3, 2016.10.
- 50) 水野智雄，山岸宣智，宮島昌克：密集市街地における転居者による空き家の耐震化促進に関する研究，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.69，No.4（地震工学論文集第32巻），I\_714-I\_726，2013.
- 51) 中園真人，繁永真司，村上和司，山本幸子，鷗心治：地方都市中心市街地における空き家の活用意向と借家再生の可能性-定期借家方式による民家再生システムに関する研究-，日本建築学会計画系論文集第618号，109-116, 2007.8.
- 52) 樋野公宏：空き家問題をめぐる状況を概括する，住宅，pp4-pp.14，2013.1.
- 53) 米山秀隆：空き家対策の最新事例と残された課題，富士通総研(FRI)経済研究所研究レポート，No.416，2014.5.
- 54) 中澤奈，本間翔子，田島翔平，長島悠歩：空き家問題解決案，ISFJ

- 政策フォーラム 2015 発表論文, 2014.11.
- 55) 藤本秀一：空き家の再生・活用を通じた地域運営の事例, オペレーションズ・リサーチ, pp138 (30) -pp.143 (35) 2012.3.
- 56) Vyas.N. : The Effects of Foreclosure-drive Vacant Properties on Crime in Trento, The College of New Jersey of Business Department of Economics, 2016.5.14
- 57) Yin.L., Silverman.R.M. : Housing Abandonment and Demolition : Exploring the Use of Micro-Level and Multi-Year Models, ISPRSInt.j.geo-Inf, pp.1184-pp.1200, 2015.4
- 58) Cui.L. , Walsh.R. : Foreclosure, vacancy, and crime, *Journal of Urban Economics* 87,pp.72-pp.84,2015.
- 59) Accordino.J., Johnson.G.T. : Addressing the Vacant and Abandoned Property Problem, *Journal of Urban Affairs* Vol. 22, Issue3, 2000.
- 60) Silverman.R.M., Yin.L. , Patterson.K.L. : Dawn of the Dead city: An Exploratory Analysis of Vacant Addresses in Buffalo ,NY2008-2010, *Journal of Urban Affairs*, Vol. 35, Issue2, 2013.
- 61) 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.
- 62) 小澤一雅：アセットマネジメントシステム導入の現状と将来展望, 土木学会誌第 99 巻第 7 号, 2014.7
- 63) 大迫政浩：わが国と欧州の廃棄物・3R 政策のあゆみ, 国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センターオンラインマガジン, 循環・廃棄物の基礎講座, 2014.8.
- 64) 遠藤業鏡：CSR 経営が企業価値に及ぼす効果, 経済経営研究 Vol.34, No.2, 2013.6.
- 65) 醍醐市朗, 橋本征二：物質フロー分析の近年の動向と課題, 廃棄物資源循環学会誌, Vol.20, No.5, pp.254-pp.263, 2009.
- 66) 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.
- 67) 後藤文豪：産業廃棄物税が不法投棄に与える影響, 政策研究大学院大学政策研究科, 修士課程まちづくりプログラム, 2012.2
- 68) 東京都総務局：くらしと統計 2016, 全国から見た東京都

- 69)総務省：平成 25 年度住宅・土地統計調査，都道府県編（都道府県・市区町村）
- 70)東京都：東京都環境白書 2016，3R・適正処理の促進と「持続可能な資源利用」の推進，2016.11
- 71)環境省：産業廃棄物の排出及び処理状況等（平成 26 年度実績）について，産業廃棄物の排出・処理状況について，2016.12
- 72)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/fukusanbutsu/jittaihouka>，2016.2 閲覧．
- 73)環境省：一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成 26 年度）について
- 74)東京都：建築統計年報，着工建築物
- 75)国土交通省：建築物ストック統計検討会報告書，建築物ストック統計[都道府県偏]，平成 22 年 3 月．
- 76)東京都：新たな長期ビジョン（仮称）論点整理，平成 25 年 11 月
- 77)東京都：東京都昼間人口の予測概要，予測結果の概要，2015.3
- 78)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
- 79)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
- 80)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
- 81)東京都：東京都長期ビジョン，用語解説，2014.12
- 82)東京都：東京の土地 2013（土地関係資料集），第 5 章建物利用の状況，2014.10
- 83)東京都：防災都市づくり推進計画（改定），第 7 章整備地域・重点整備地域の整備，2016.3
- 84)東京都：東京都地域防災計画 震災編（平成 26 年修正）別冊資料 P277
- 85)東京都都市整備局：東京都の米軍基地対策，  
[http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/base\\_measures/tonai/tonokiti.htm](http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/base_measures/tonai/tonokiti.htm)，2016.10.2 閲覧
- 86)（一財）大手町・丸の内・有楽町地区まちづくり協議会：大丸有エリアのご紹介，  
<http://www.otemachi-marunouchi-yurakucho.jp/introduction/>，2016.9.13 閲覧



- 87)国土交通省：法人の建物所有の状況，  
[http://tochi.mlit.go.jp/wp-content/uploads/2011/03/h15\\_kihon\\_report\\_ts\\_chap-5.pdf](http://tochi.mlit.go.jp/wp-content/uploads/2011/03/h15_kihon_report_ts_chap-5.pdf)，2016.8.20 閲覧
- 88)東京都水道局：事業概要（平成 26 年度版），第 1 章総説第 1 東京水道事業の概要
- 89)東京都下水道局：事業概要（平成 26 年度版），第 2 章 区部下水道，第 4 章 流域下水道
- 90)東京都：東京都長期ビジョン，都市戦略 7（第 3 章），2014.12
- 91)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
- 92)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
- 93)東京都 23 区清掃一部事務組合：一般廃棄物処理基本計画，第 6 章施設整備計画，2015.2
- 94)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
- 95)関東地方建設副産物再利用方策等連絡協議会 建設発生木材のリサイクル推進方策等に関する連絡部会 千葉WG：千葉県における建設発生木材リサイクル促進行動計画，参考資料-3，平成 17（2005）年 10 月
- 96)東京都：東京百年史第五巻 復興から壊滅への東京（昭和期戦前）P1335
- 97)東京都：東京の土地利用，2013.5

## 第3章 時系列フロー・ストック推計の手法と建築物への適用

### 3.1 フロー・ストックモデル

これまでのマテリアルフロー・ストック研究における建築物の残存率は、生産された時点で、その構造的要因により決まるという考え方に基づいているが、本章では、残存率は構造的要因のほかに社会背景や所有者の価値観が反映されるという考え方に基づいて、モデルを構築した。表 3-1 に残存分布を決める要素についてまとめた。

表 3-1 残存率を決めるための要素

残存分布を決める要素		本モデルでの反映例
構造物としての耐久性	主要材料耐久性や構造体劣化による耐用年数	滅失までの期間（滅失期間） 例）戦前の木造 40 年，コンクリート 70 年，長寿命建築 110 年など
所有者世代に依存する寿命	所有者が持つ価値観や社会背景 ・価値観（もったいない，災害経験，ビルド&スクラップ） ・経済格差や少子化など	・ワイブル関数の変数 ・概ね 20 年ごとの世代区分設定
災害や大きな経済変化，積極的公共施策等の外力	上記に超えた災害，経済激変，強力な行政誘導など	外力に対する補正係数（外生的変化係数）

この考え方に基づき、筆者ら<sup>1)</sup>は、建築物の残存率は、建築年代に依存する構造的な寿命が基本要因としつつも、所有者世代が持つ価値観や社会的背景と残存・滅失の割合に影響を与える各年（排出時点）における外圧（災害，戦争，大きな経済変化など）にも依存すると考え、これらは、ワイブル分布及に従い、外圧に対する補正を行うこととした。これは、分布形状，尺度を変数としており、所有者世代に依存する寿命に対応できる関数として最適であると考えたためである。以下のとおり基本式を設定した。

$$r(x,t) = \prod_{t>x} d(t) \quad t < x+i \quad (3-1)$$

$$r(x,t) = \exp\left\{-\left(\frac{t-(x+i)}{\beta}\right)^\alpha\right\} \cdot \prod_{t>x} d(t) \quad t \geq x+i \quad (3-2)$$

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

$$W(t) = S(t-1) - S(t) + P(t) \quad (3-4)$$

$r(x, t)$  :  $x$  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滅失開始年

$d(t)$  :  $t$  年における外生的変化係数 [-]

$\alpha, \beta$  : ワイブル分布の変数

$P(x)$  :  $x$  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 [ $m^2$ ]

$W(t)$  :  $t$  年における滅失量 [ $m^2$ ]

本モデルにおける入力数値，算出数値などの基本的な取扱いについて，下記の通りまとめた．

#### (1) 滅失期間

構造や建材の耐用年数等からの既知数値としている．この滅失期間の終点が建築物の耐久性の限界として設定し，この滅失期間の中で 3-2 式により残存率を決めていくという考え方をしている．

#### (2) 外生的変化係数

過去については東京史資料等からの既知数値，将来については防災資料からの既知予測値としている．

#### (3) ワイブル変数

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）に任意設定値としている．

#### (4) 投入（着工）量

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，残存率に従う滅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，本モデルでは，その時の人口に応じて投入（着工）量

が決まるとし、ストック量とは独立の量として扱っている。これは、図 2-1 及び図 2-2 によれば、1960 年以降は、夜間人口及び木造建築物着工量は安定的に推移していること、これから人口減少社会を迎える中、ストック量不足分を補充しているだけでは社会全体の縮小が進むことに対する抑制策として経済的、政策的施策や建設業界の営業対象が、その時の人口規模に対して行われていく社会を想定していることなどを考慮したためである。

#### (5) ストック量及び減失量

(1)～(4)の数値に基づき、ストック量は式 3-3 による計算値、減失量は 3-4 による計算値としている。

本モデルは、構造別（木造・非木造）や使用用途別（住居、事業系、工場や倉庫）のほか、所有形態（持ち家・借家や賃貸・区分所有）、利用形態（居住、一時利用、オフィス、サービス業）の変化、更にはライフスタイル・ビジネススタイル変化などの影響要因に対する汎用性を有している。ただ、対象とする世代区分の設定や用途別に関する着工データとストックデータの統計資料間の不整合などから、本研究では、構造別の区分に適用している。一方で、実社会においては、木造住宅、非木造住宅、非木造ビルなどの用途及びその変化などがフロー・ストックの影響要因となると考えられる。この点について本研究では、一括してワイブル変数で表現するに留まっており、個々の要因による影響を分析しきれていないことは、モデル運用上の限界であると言える。

## 3.2 木造建築物の計算及び結果

### 3.2.1 フィッティング計算方法

以上のモデルについて、統計資料に対する最小二乗和が最少となるようにワイブル変数について、フィッティング計算を行うこととした。以下に木造建築物を例として、計算方法を示す。

#### (1) 使用した統計資料

まず、使用した統計資料と投入量の予測方法を表 3-2 に示す。

表 3-2 木造建築物に関する統計資料と予測方法

	年代	統計資料又は予測方法
投入量 (床 $\text{m}^2$ )	1872- 1950	江戸東京木材史資料 <sup>2)</sup> より木材需給量から計算 ※ <sup>1</sup>
	1951- 2014	建築統計年報（東京都） <sup>3)</sup> の着工床面積
	2015- 2101	新たな長期ビジョン（仮称）論点整理（東京都） <sup>4)</sup> の人口予測から計算 ※ <sup>2</sup>
減失届量 (床 $\text{m}^2$ )	1954- 2013	建築統計年報（東京都） <sup>3)</sup> の減失床面積
ストック量 (床 $\text{m}^2$ )	1981- 2014	東京都統計年鑑（東京都） <sup>5)</sup> の木造建築物
夜間人口 (人)	1872- 2014	東京都の統計（東京都ホームページ） <sup>6)</sup>
	2015- 2101	新たな長期ビジョン（仮称）論点整理（東京都） <sup>4)</sup>
<p>※<sup>1</sup> 1950年以前については、東京都の建築物着工統計資料がなく、全国の木材需給量<sup>2)</sup>の統計資料が残っている。そこで、この統計と東京都の着工床面積<sup>3)</sup>がオーバーラップする1951-1960年の10年間を使って、1950年以前の着工量を推計することとした。まず、この10年間の東京都の着工床面積から原単位0.09t/床 <math>\text{m}^2</math>（表5-1木くず参照）を用いて東京都の建築物における木材使用量を算出した。ここから、この10年間の（東京都の建築物における木材使用量）/（全国の木材使用量）の平均が1.7%と算出し、この割合をもとに、1950年以前の東京都の建築物における木材使用量を推計し、再度、0.09t/床 <math>\text{m}^2</math>で割り返すことにより、着工床面積を推計した。</p> <p>※<sup>2</sup> 東京の着工床面積<sup>3)</sup>と夜間人口<sup>6)</sup>のオーバーラップデータ（2005-2014年の10年間）から夜間人口当たりの着工床面積を0.3（着工床 <math>\text{m}^2</math>/人）と算出し、これに2015年以降の予測人口<sup>4)</sup>を乗じて推計</p>		

なお，上記の統計資料のうち投入量，減失量及びストック量については，フィッティング計算の対象であり，重要な統計値であることから，その使用にあたっての留意点を表 3-3 にまとめた．

表 3-3 使用した統計データに関する留意点

	投入量，減失量		ストック量
出典	建築統計年報 目的：建築着工等の動向を把握する資料として，都市計画行政，住宅行政など都市政策上の各分野における基礎資料．東京都における建築物の動態を明らかにする		東京都統計年鑑 (1981-2014)
	投入 着工床面積 (1951-2014)	排出 減失床面積 (1954-2013)	
根拠となる生データ	建築工事届 (建築主→知事)	建築物除却届 (施工者→知事) 建築物災害報告書 (市区町村長へ報告)	固定資産税台帳登録の家屋 (法定免税点未満含む)
除外規定	10 床 m <sup>2</sup> 以下 仮設建築物 国宝・重要文化財	10 床 m <sup>2</sup> 以下	非課税家屋（国や自治体の公共施設，宗教法人，学校法人，社会福祉法人）
分類	居住専用住宅，居住専用準住宅，居住産業併用住宅，事務所，工場・作業所，倉庫，学校，病院，その他	除却，災害	専用住宅，併用住宅，アパート，その他
備考	なお，建築統計年報においては，「建築物でないもの」に「鉄道線路内の運転保安施設，プラットホーム上屋」「煙突，広告塔」「橋梁」など． 「改築」は除却・災害減失後に建築する工事(減失と着工の両方にカウントされている．		

## (2) 残存率の計算手法

次に、残存率及びストック量の計算手法としては、まず、1872年から2101年までの各年築の木造建築物に前記(3-2)式に基づく残存率を与える。たとえば、1905年築を考えた場合、1905年～1914年の10年間は、100%残存、つまり、この10年間は滅失しないと考える。滅失時期を建築後10年～40年と仮定すると、11年目の1915年から滅失が始まり、40年後の1945年まで滅失が続くと考えられる。

なお、この区分は1872-1923年に該当しているが、フィッティング計算のための統計資料が十分に存在しない。そこで、滅失などの統計資料によるフィッティングが可能な次区分の結果を考慮してワイブル変数を設定していることから精度的な課題はあるが、計算結果において、連続性や他の区分との関連性などから、十分に説明できる結果を得られたと判断した。

大震災による被害を考慮することとする。ここで関東大震災による影響として、木造建築物の3割が滅失したと考えることにより、外生的変化係数を0.7として1923年の分布値に0.7を乗じることとする。これにより、残存分布は図3-1のとおり補正される。

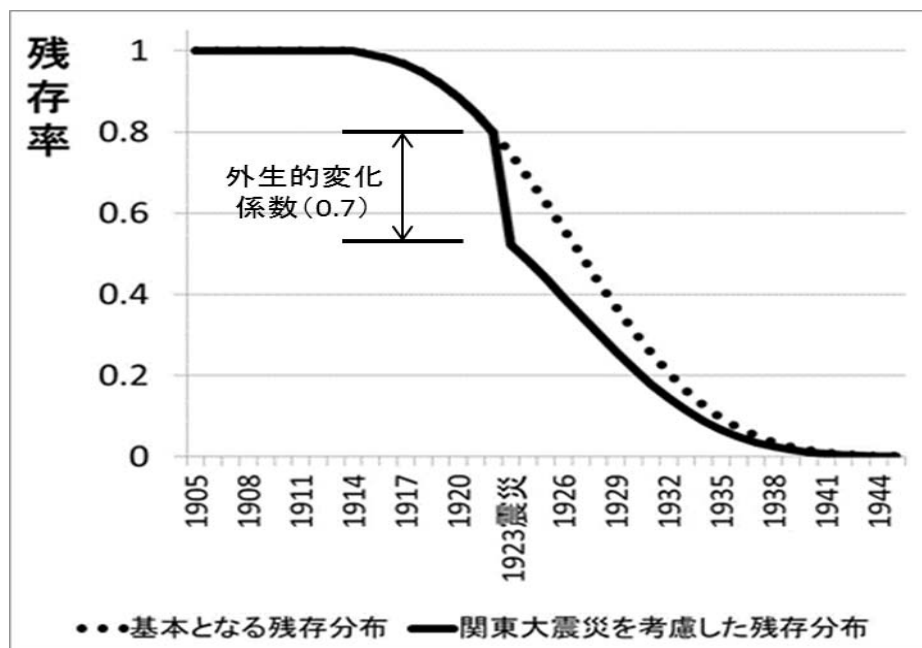


図 3-1 1905 年築の残存率曲線

この分布に対し、以上のような残存率を1872年築から2101年築まで作成し、各建築年の投入量（木造住宅着工延床面積）を乗じる。1905

年の投入量（着工床  $\text{m}^2$ ） $\times$ ある年の残存率＝1905 年築木造建築物のある年の残存量（床  $\text{m}^2$ ）とし，これらを各年ごとに合計することにより，各年のストック量（床  $\text{m}^2$ ）を推定することとした．

以上の考え方にに基づき，滅失時期及び外生的変化係数については，以下のような条件で設定した．（表 3-4 参照）

- (a)滅失時期を 20 年ごとの建築年代区分の区分別に設定し，それぞれについて残存関数のパラメータ  $\alpha$ ， $\beta$  を推計した．
- (b)ただし，1923 年の関東大震災と 1945 年に終戦を迎えた太平洋戦争直後については，復興期間として別途 3 年間の年代区分を設定した．
- (c)外生的変化係数は，1923 年の関東大震災で 0.7，1944 及び 45 年では太平洋戦争の罹災率<sup>7)</sup>を考慮して 0.9 及び 0.7 とした．また，1985～1992 年バブル期の 8 年間を 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．
- (d)ストック量の起点については，東京都において木造建築物ストック量が 0 となる年代を特定することは困難であることから，着工量の起点を 1872 年とし，残存年数を 40 年と仮定した上で，ストック量の起点は 1912 年として表現した．

建築年代の区分ごとの滅失時期などの設定条件は表 3-4 の通りである．滅失時期については，建築木材腐食が戦前では 20～30 年程度であったことから，滅失ピークが建築後 25 年程度となる 10～40 年とした．戦後においては，建築技術向上を考慮して 10～70 年と考えた．これは，橋本・寺島<sup>8)</sup>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<sup>9)</sup>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<sup>10)</sup>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，ピーク時期を建築後 40 年程度と設定したものである．



表 3-4 建築年代区分ごとの滅失

建築年代の区分	滅失時期	計算の目的 対象データ	主な出来事と各年の外圧に対する補正係数(外生的手変化係数)
1872- 1923	建築後 10-40年	主に1950-70年代の 滅失量に対するフィ ッティング計算	1923関東大震災 1923年：0.7
(1924- 1926)	建築後 0-40年		震災復興
1927- 1945	建築後 10-40年		1930大恐慌 1941-45太平洋戦争 1944年：0.9 1945年：0.8
(1946- 1948)	建築後 0-40年		戦災復興
1949- 1964	建築後 10-70年	主に1981-2013年の ストック量に対する フィッティング計算	1964東京オリンピック
1965- 1984	同上		1973,79オイルショック
1985- 2004	同上		1985-92頃バブル経済 1985-88年：0.99 1989-91年：0.98 1992年：0.99

計算方法は、Microsoft Excel のソルバーを用いて、1948 年までは 1954～1980 年までの滅失届量、1949～2004 年は 1981～2013 年のストック実績量に対し、最小二乗和が最少となるようにワイブル分布の変数について、フィッティング計算を行った。なお、2005 年以降の分布については、滅失時期を建築後 10-70 年とし、中心ピークが滅失期間の中央年となるワイブル分布（正規分布に近い形）の残存率と設定している。

ここで、建築年代区分については、本区分のほか、戦前、戦後の 2 区分、戦前、高度経済成長最盛期、安定成長～バブル期、バブル期後期の 4 区分などでフィッティング計算を行ったが、バブル期のストック量微減と滅失量変化の双方を再現するためには、最も適した設定が本区分であった。

### 3.2.2 計算結果

#### (1) ストック量（床面積）の推計結果

ストックに関するフィッティング計算の結果は図 3-2 の通りであり，比較データとして，ストック量実績（1981～2014）と夜間人口推移を合わせて，記載している．

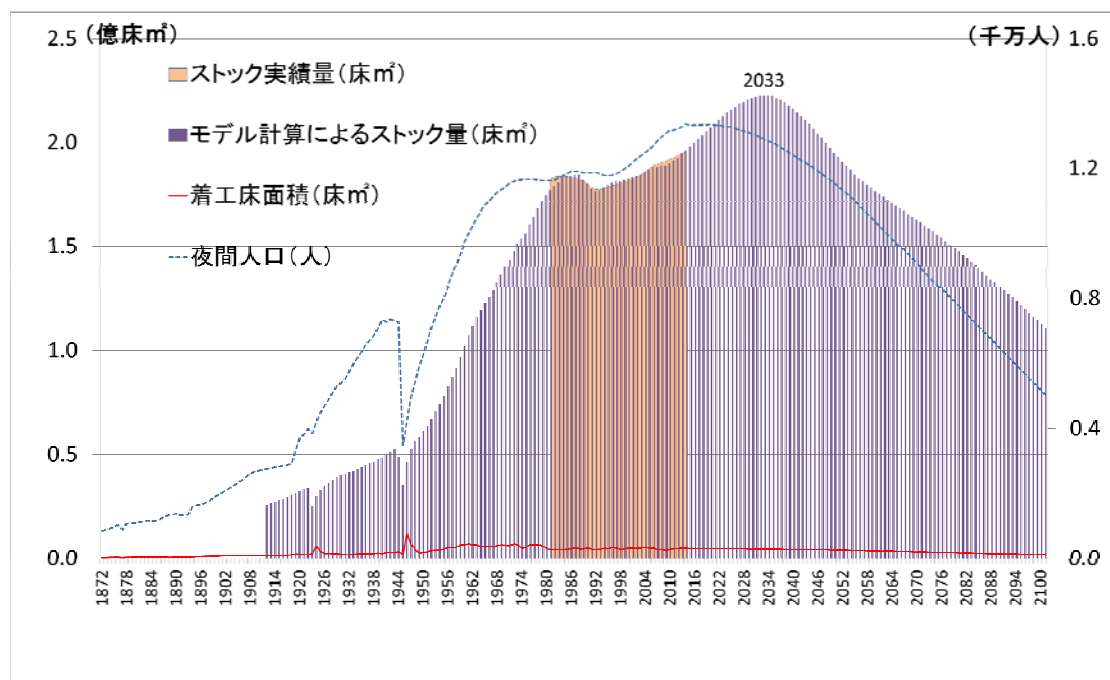


図 3-2 木造ストック量の推計結果

- (a) 外生的変化係数により，関東大震災（1923 年），戦災（1945～46 年）及びバブル期（1984～1993 年）におけるストック量減少を示した．
- (b) 1981～2014 年のストック量統計データとモデル計算のストック量推移が概ね一致した結果を得た．
- (c) ストック量は，2033 年頃にピークを迎え，その後，減少に転じるという結果となった．

## (2) 滅失量（床面積）の推計結果

滅失に関するフィッティング計算の結果は図 3-3 の通りである．比較データとしては，滅失届量及び投入量－ストック増加量から計算した滅失量を記載している．

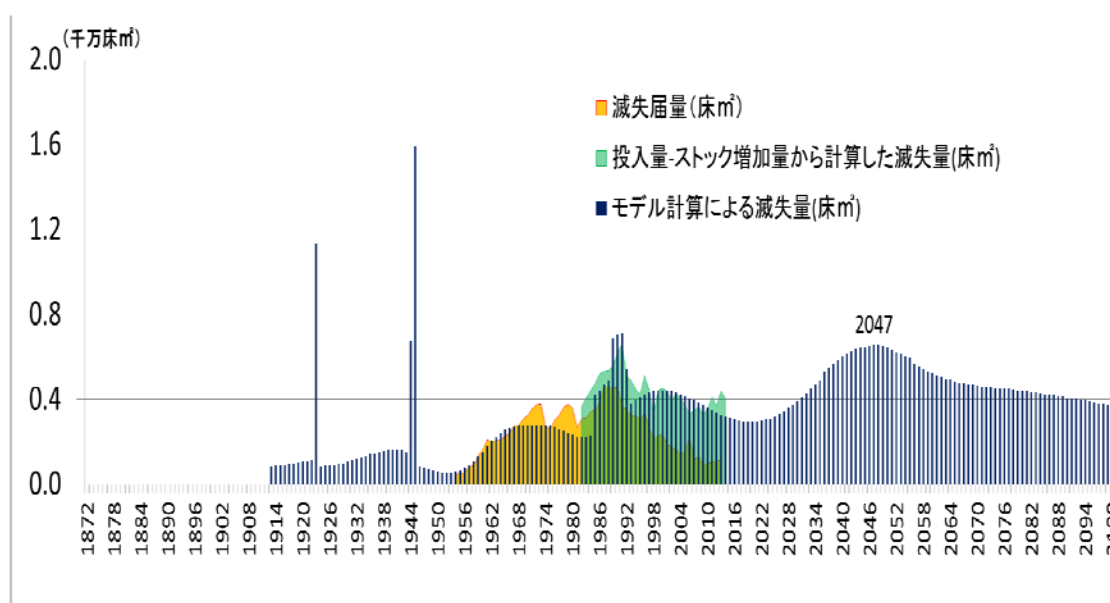


図 3-3 木造滅失量の推計結果

- (a) 関東大震災（1923 年）における滅失量は 1,100 万床㎡であり，直前 3 年間の平均の 10 倍程度の滅失が生じたという結果となった．
- (b) 戦災（1944～1945 年）における滅失量は 2,300 万床㎡であり，直前 3 年間の平均の 15 倍程度の滅失が生じたという結果となった．
- (c) 滅失量は，2047 年頃にピークを迎え，その後，減少に転じるという結果となった．

フィッティング計算による変数について、表 3-5 にまとめた。なお、2005 年～2101 年については、滅失期間の中央年（築 40 年）にピークとなる変数を設定した。これは、3.2.1(2)に示したとおり、木造建築物の滅失ピーク時期が建築後 40 年程度と考えているためである。以後、これを木造の現行トレンド維持シナリオとする。

表 3-5 木造の建築年代区分別の変数（現行トレンド維持）

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)
		$\alpha$	$\beta$	
1872-1923	建築後 10-40 年	2.91	17.5	1923 年：0.7 (関東大震災)
震災復興 1924-1926	建築後 0-40 年	3.05	22.1	
1927-1945 災害経験→強い家	建築後 10-40 年	8.50	25.5	1944 年：0.9 1945 年：0.8 (1941-45 太平洋戦争)
戦災復興 1946-1948	建築後 0-40 年	3.08	22.5	
1949-1964	建築後 10-70 年	3.32	31.8	
1965-1984	同上	2.09	35.6	
1985-2004 長期使用	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)
2005-2101	同上	3.00	35.0	

※ 網掛部はフィッティング計算による算出結果

### 3.2.3 感度分析

建築物はライフサイクルが長いことから、将来における傾向については不確実性を含んでいる。このため、以降のシナリオや仮説を設定する際には、その妥当性やモデルとしての説得力を検証する必要がある。残存率に影響を与える因子としては、例えば、機能性低下や再開発などの周辺事業環境により短期で滅失が行われる場合、歴史や文化的な価値観が滅失期間を伸ばす場合、建築基準法や長期優良住宅制度など施策展開など個別の事象による影響などが考えられる。

そこで、本モデルの特徴である滅失ピークと滅失期間に関する感度

分析を行った。

#### (1)滅失ピークに関する感度分析

これは、社会的背景などから建築物の所有者世代に依存する滅失ピークについて、感度分析を行ったものである。その設定条件は、以下の通りである。

(a)滅失は建築後 11 年目から開始し、滅失期間は 70 年

(b)滅失ピークが 20 年 ( $\alpha=1.5$   $\beta=20.0$ ) , 30 年 ( $\alpha=2.0$   $\beta=27.0$ ) , 40 年 ( $\alpha=3.0$   $\beta=35.0$ ) , 50 年 ( $\alpha=5.0$   $\beta=50.0$ ) となるワイブル変数

(c)2005 年以降に建築されたものに以下の残存率を適用しているため、ストック量と滅失量に影響するのは 2015 年以降となる。

以上について、その残存率曲線を図 3-4 に、滅失分布を図 3-5 に、その結果について、ストック量変化を図 3-6 に、滅失量変化を図 3-7 に示す。

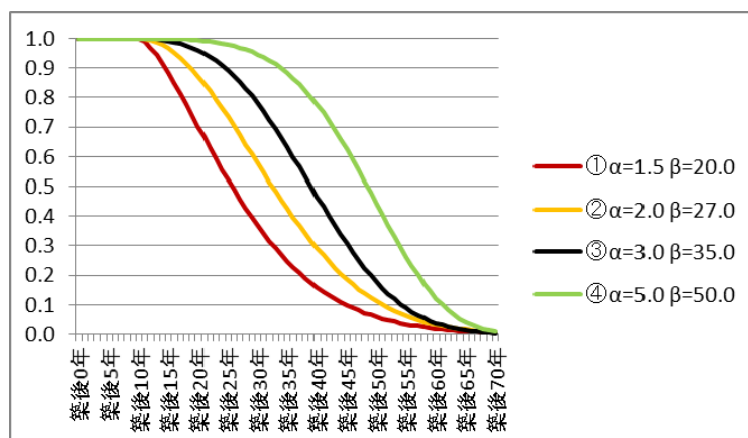


図 3-4 感度分析に用いる残存率（木造・滅失ピーク）

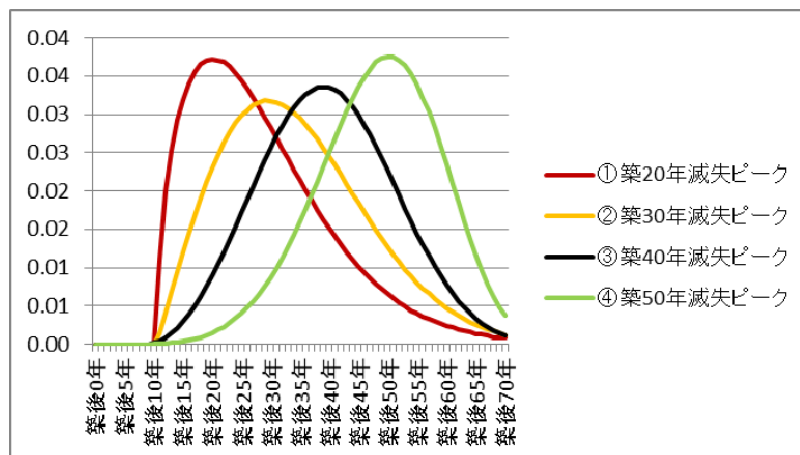


図 3-5 感度分析に用いる滅失分布（木造・滅失ピーク）

本モデルでは、各年の人口に応じて着工量が決まるとし、ストック量とは独立の量として扱っていることから、ストック量が着工に与える影響が考慮されていない。例えば、ストック量が極端減った場合、当然、必要なストック量を確保に向けて着工量は増えるだろうし、逆にストック量が増えすぎた場合には、土地の制約条件や地価高騰などにより、着工量が減ることが想定される。

これに関して、夜間人口当たりの着工量が減少するパターンと増加するパターンについて比較、検証を行った。

①着工量が減少するパターン

2015 年以降の夜間人口に応じた投入（着工）量を毎年 1 % ずつ減らしていくパターン。20 年後の 2034 年に 80% となるが、その後は 80% 維持と設定。

②着工量が増加するパターン

2015 年以降の夜間人口に応じた投入（着工）量を毎年 1 % ずつ増やしていくパターン。20 年後の 2034 年に 120% となるが、その後は 120% 維持と設定。

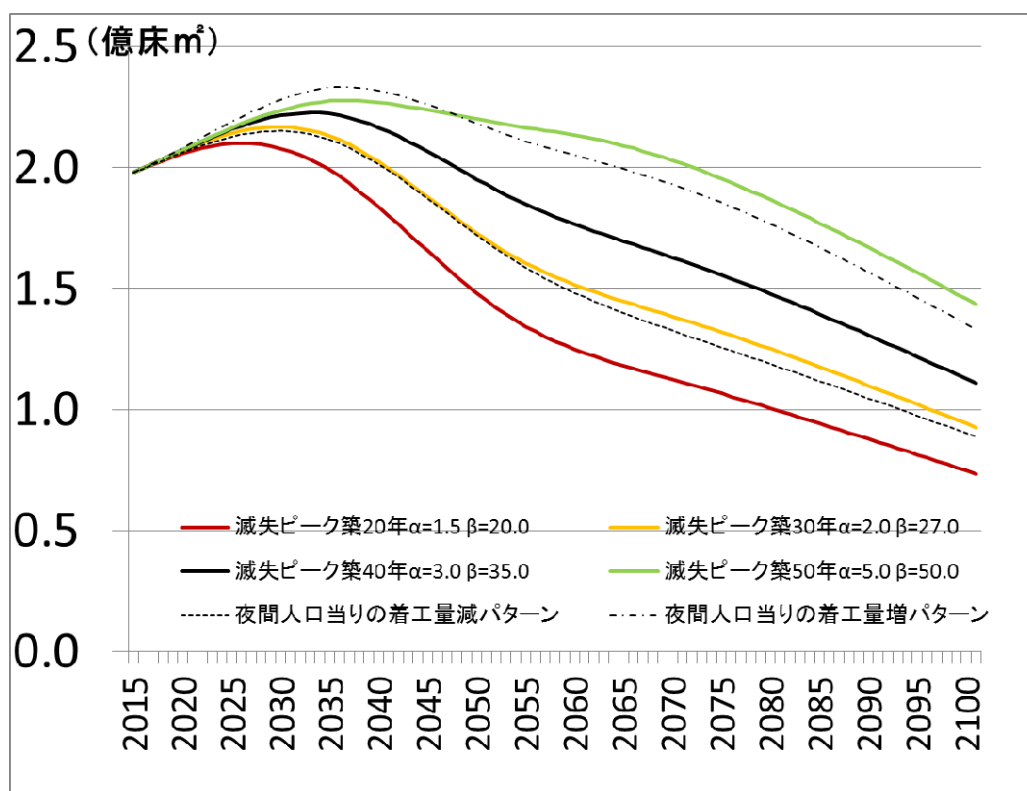


図 3-6 ストック変化量に関する感度分析（木造・滅失ピーク）

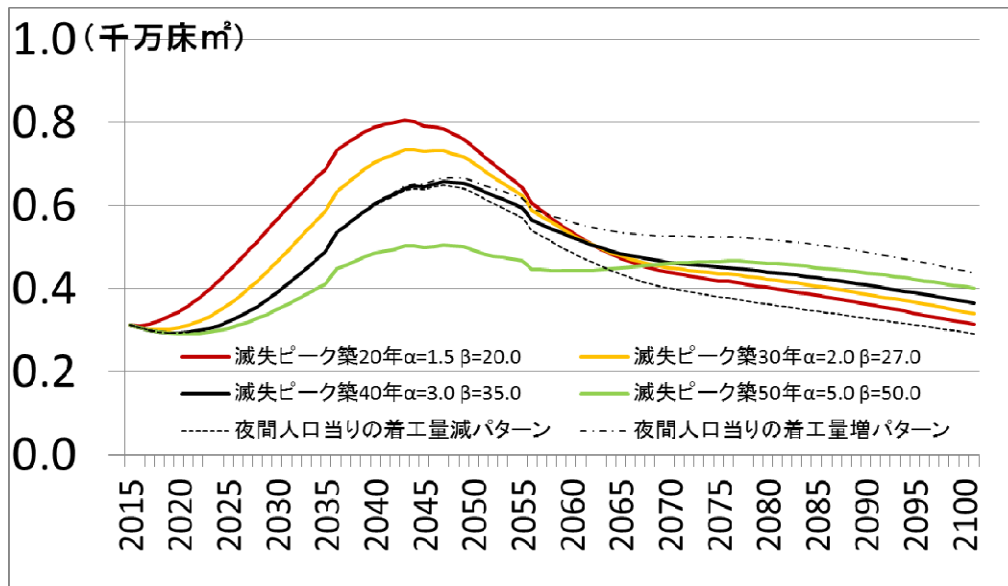


図 3-7 滅失量に関する感度分析（木造・滅失ピーク）

ストック量は 2036 年に築 50 年滅失ピークで 2.3 億床  $m^2$  となり，同年の築 20 年滅失ピーク量 2.0 億床  $m^2$  に対し 0.3 億床  $m^2$  の差となるが，その後，その差は 0.8～0.9 億床  $m^2$  程度へと拡大するという感度となった．また，着工量増パターンと減パターンと比較した場合，滅失ピークは築 20 年と築 50 年の間に納まる結果となった．

滅失量は築 20 年滅失ピークで 2043 年に約 800 万床  $m^2$ ，築 50 年滅失ピークで 2047 年に約 500 万床  $m^2$  となり，300 万床  $m^2$ （1.6 倍）の差異が生じるが，2070 年頃になると，その差異は縮小し，400 万床  $m^2$  付近へと収束するという感度となった．また，滅失ピークによる影響と着工量増パターン及び減パターンによる影響を比較した場合，後者による影響の方が大きいという結果となった．

## (2) 滅失期間に関する感度分析

同様に滅失期間についても，長寿命化やビルドアンドスクラップの再来など，不確実性を含んでいることから，感度分析を行った．その設定条件は以下の通りである．

- (a) 滅失は建築後 11 年目から開始し，滅失期間は 40 年（ワイブル変数  $\alpha=3.0$   $\beta=20.0$ ），70 年（ $\alpha=3.0$   $\beta=35.0$ ），110 年（ $\alpha=3.3$   $\beta=55.0$ ）
- (b) 2005 年以降に建築されたものに以下の残存率を適用しているため，ストック量と滅失量に影響するのは 2015 年以降となる．

以上について，その残存率曲線を図 3-8 に，滅失分布を図 3-9 に，その結果について，ストック量変化を図 3-10 に，滅失量変化を図 3-11 に示す．

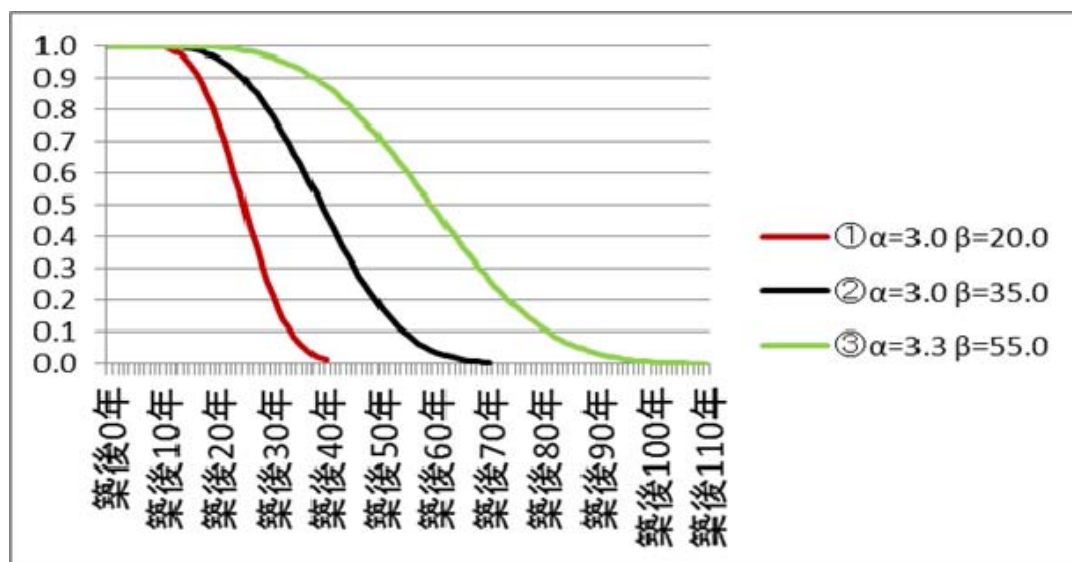


図 3-8 感度分析に用いる残存率（木造・滅失期間）

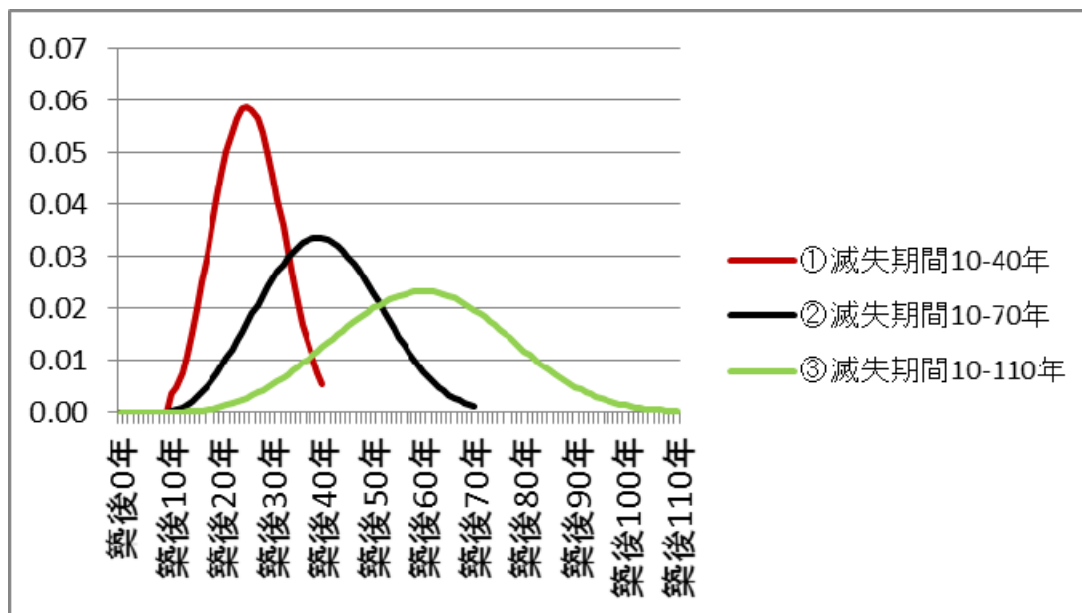


図 3-9 感度分析に用いる滅失分布（木造・滅失期間）



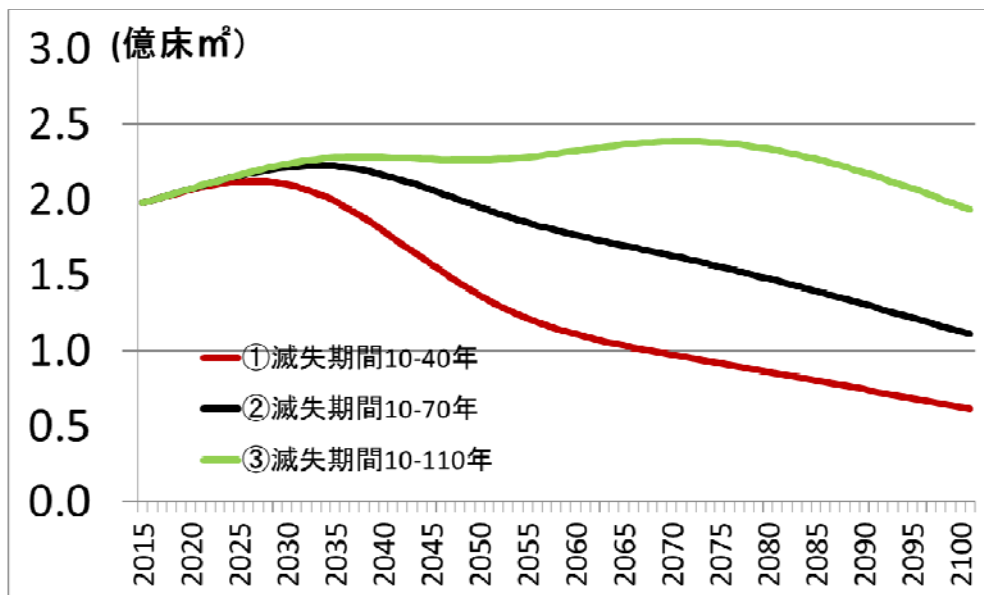


図 3-10 スtock変化量に関する感度分析（木造・滅失期間）

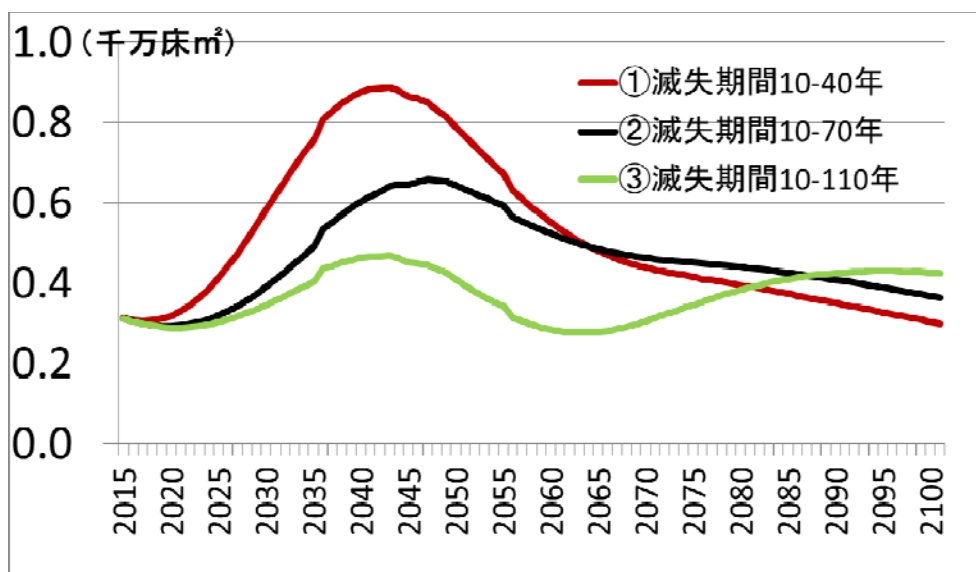


図 3-11 滅失量に関する感度分析（木造・滅失期間）

ストック量は滅失期間 110 年で 2071 年に 2.4 億床  $\text{m}^2$  となり、同年の滅失期間 40 年の 1.0 億床  $\text{m}^2$  に対し 1.4 億床  $\text{m}^2$  の差となるが、その後、その差は 1.3～1.5 億床  $\text{m}^2$  程度の差で推移するという感度となった。

滅失量は滅失期間 40 年で 2043 年に 890 万床  $\text{m}^2$ 、同年の滅失期間 110 年の 470 万床  $\text{m}^2$  と比較した場合、その差は 420 万床  $\text{m}^2$ （1.9 倍）となるが、その後、21 世紀末に向けて収束するという感度となった。

### 3.2.4 各建築年代の滅失分布の推計結果

フィッティング計算により得られたワイブル分布について，そこから算出される滅失分布を建築年代区分ごとに整理したところ，各所有者世代が置かれた社会的背景やそれに起因する木造建築物に対する価値観が以下のとおり反映されている．

#### (1) 1872～1948 年築までの滅失分布の変化

この建築年代区分については，戦前から終戦直後を建築年としており，当時の木材の腐食による耐久年数が 30 年程度と考え，建築後 10～40 年で滅失するという想定でフィッティング計算を行った．ただし，この区分では 1923 年の関東大震災及び 1941～45 年の太平洋戦争というフロー・ストックに大きな影響を及ぼす 2 つの出来事が起きている．これらについては，それぞれの発生直後には人口が大きく減少しているものの，数年程度で元に戻っていることから，迅速な復興作業が行われたと考えられる．この場合，被災直後はバラックなどの仮設構造物も多く建築されたと考え，建築直後から滅失が始まるという想定，つまり，建築後 0 年～40 年で滅失するという想定でフィッティング計算を行った．

その結果，戦前の木造建築物については，建築後 22 年程度で滅失のピークを迎えていたが，関東大震災の復興過程の 3 年間は，19 年程度で滅失ピークを迎える分布となった．一方で，復興から 3 年過ぎてからの建築物については，より頑丈で長持ちさせようという意識が働いたと考えられる．この結果として，建築後 35 年程度で滅失のピークを迎えるという結果を得ている．

以上の結果から考えると関東大震災を機として，これから新築していく建築物を長く使っていくもの考えるという社会的気風が生まれ，その効果は，滅失のピークを 12 年程度伸ばすことが示唆（図 3-12）された．

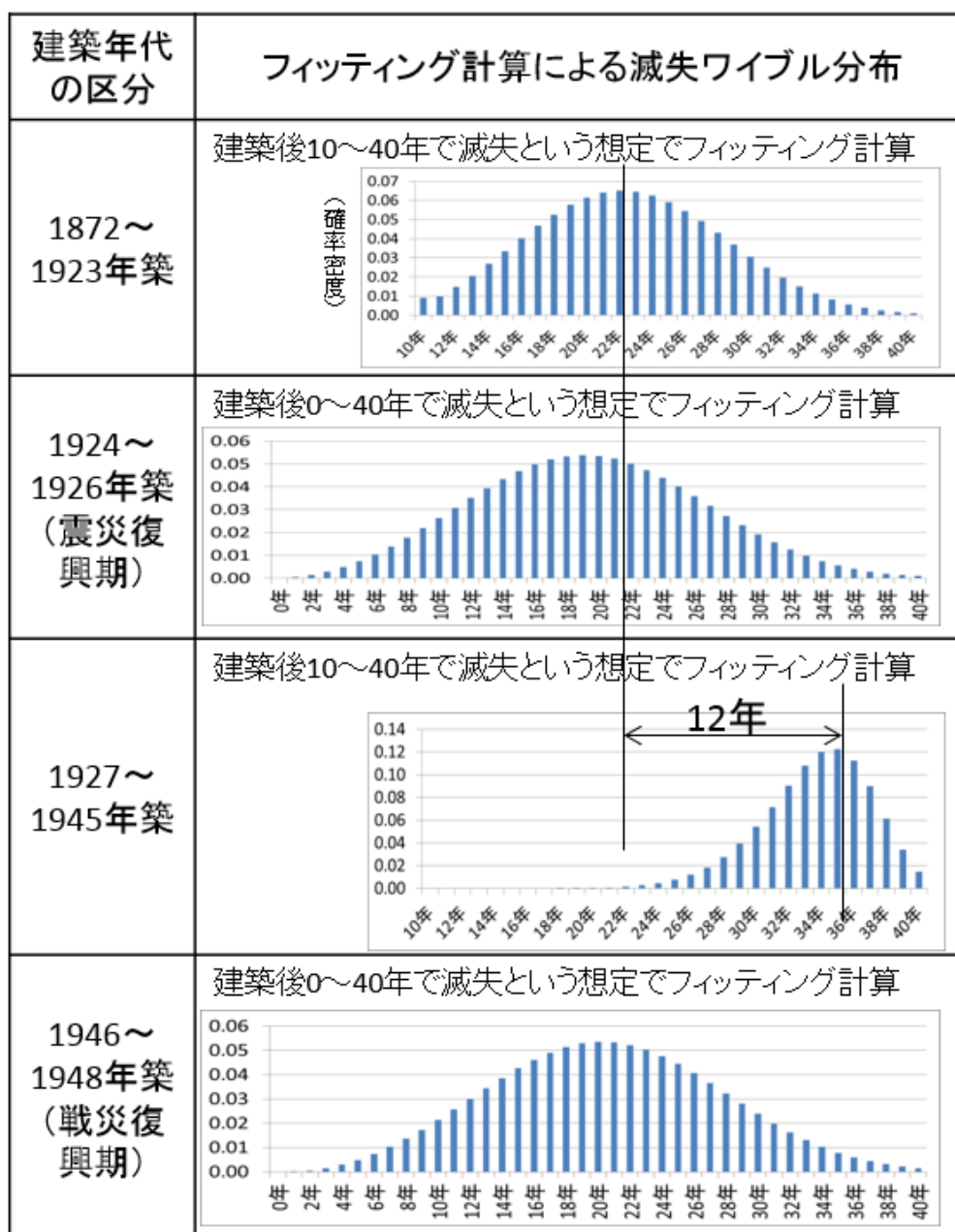


図 3-12 フィッティング計算結果に基づく建築年代の分布（戦前・終戦直後）

## (2) 1949～2004 年築までの滅失分布の変化

この建築世代区分については、戦後や高度経済成長期にかけて建築がはじまったものである。都民の生活環境や経済成長に伴い、木造住宅の耐久性も向上したと考え、建築後 10～70 年で滅失するという想定でフィッティング計算をおこなった。

1949～1964 年の高度経済成長最盛期においては、概ね建築後 37 年でピークを迎えるとの結果となり、前世代である 1925～45 年世代の建

築後 35 年のピークとほぼ一致している。

その後、1965～84 年世代の高度経済成長後期については、ピーク時期はほぼ変わらないものの、分散幅が大きくなるような分布形となっている。これは、この時期の建築物は、バブル期の前倒し滅失と長期に使っていかうという 2 つの意識が合わさって、形成された分布と考えられる。

最後に 1985～2004 年の世代においては、バブル時期の大量投入、大量排出の意識が収まり、より長期に物を使っていかうという意識が強まった世代であることから、ピークが 10 年程度伸びて（図 3-13）、建築後 47 年程度、滅失のピークが移動したことが示唆された。

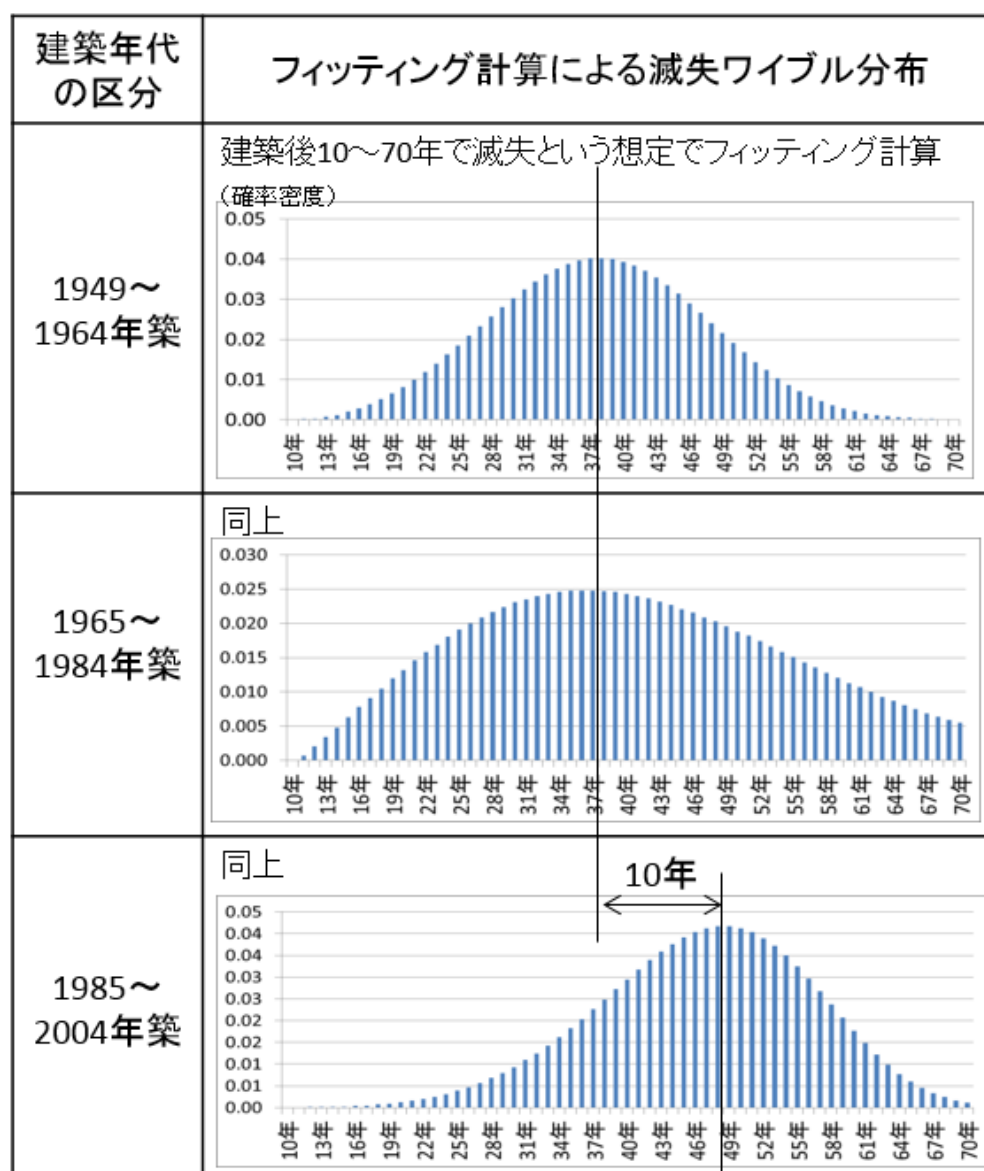


図 3-13 フィッティング計算結果に基づく建築年代の分布（戦後）

### 3.3 非木造建築物の計算及び結果

#### 3.3.1 フィッティング計算の方法

フィッティングの計算方法については，基本的には木造と同様の方法で行っており 3.1 で示したフロー・ストックモデルを使って，再現性の評価をしている．まず，資料した統計資料と投入量の予測方法については表 3-6 に示す．

表 3-6 非木造建築物に関する統計資料と予測方法

非木造	年代	統計資料又は予測方法
投入量（床 $\text{m}^2$ ）	1951-2014	建築統計年報（東京都） <sup>3)</sup> の着工床面積
	2015-2101	東京都昼間人口の予測概要（東京都） <sup>11)</sup> の人口予測から計算 ※2
減失届量（床 $\text{m}^2$ ）	1954-2013	建築統計年報（東京都） <sup>3)</sup> の減失床面積
ストック量（床 $\text{m}^2$ ）	1981-2014	東京都統計年鑑（東京都） <sup>5)</sup> の非木造建築物
昼間人口（人）	1872-2014	東京都の統計（東京都ホームページ） <sup>6)</sup>
	2015-2101	東京都昼間人口の予測概要（東京都） <sup>11)</sup>
※1 東京の着工床面積 <sup>3)</sup> と昼間人口 <sup>6)</sup> のデータから昼間人口当たりの着工床面積を RC 造 0.34, SRC 造 0.07, S 造 0.30（着工床 $\text{m}^2$ ／人）と算出し，これに 2015 年以降の予測人口 <sup>23)</sup> を乗じて推計		

次に，残存率及びストック量の計算手法としては，まず，1951 年から 2101 年までの各年築の非木造建築物に (3-2) 式に基づく残存率を与える．なお，非木造については，構造によりその残存率が変わると考えられることから，RC 造，SRC 造，S 造ごとにストック実績に対し，ワイブル変数についてフィッティング計算を行った．この 3 構造を合計することにより，非木造としてストック量及び減失量について，その合計量として表現することとした．

その他の計算条件や補正について，以下のとおり行っている．

#### (1) 減失期間の設定

非木造建築物については，戦後の復興にあわせて建設が進められていることから，着工統計が存在する 1951 年を起点とした．減失期間については，主構造部材と考えられるコンクリートの耐久性を考慮し，4～70 年のワイブル分布（築後 36 年が中心のピーク）とした．なお，減失開始年については，戦後直後の早急な復旧を目的とした建築物が，

1950-60 年代の高度経済成長期に、多く建替えられた可能性があると考え、築後 4 年から開始すると考えた。

また、その区分については、木造と同様に、概ね 20 年ごとの設定とし、

①1951-64 ②1965-84 ③1985-2004 ④2005-24 ⑤2025-2101  
の区分にしてフィッティング計算を行っている。なお、⑤については、4～70 年のワイブル関数で築後 36 年に滅失ピークが来る残存率と想定している。

## (2) 着工から完成までの時間差の補正

非木造建築物は、着工届が提出されてから完成までには、相当の工事期間が必要となるため、時間差が生じると考えられる。統計上の投入年は、着工届が提出された時点としているため、ストックとして形成された年との間には、その時間差を補正することが必要となる。

そこで、都内の主な大型開発について、その着工から完成までの時間差を表 3-7 に示す。

表 3-7 東京都における主な大型開発における着工と完成の時間差

開発地域	建築施設規模 (床㎡)	着工～完了 (着工/竣工)	開発手法
東京都庁	381,691	3 年 (1988.4/1991.3)	
恵比寿ガーデンプレイス	477,000	3 年 2 ヶ月 (1991.8/1994.9)	特定住宅市街地総合整備促進事業
晴海トリトンスクエア	670,000	7 年 8 ヶ月 (1994.3/2001.10)	晴海一丁目市街地再開発
六本木ヒルズ	729,000	3 年 1 ヶ月 (2000.4/2003.4)	六本木六丁目市街地再開発
東京ミッドタウン	563,800	2 年 9 ヶ月 (2004.5/2007.1)	赤坂 9 丁目地区再開発
東京スカイツリー+街区	230,000	4 年 6 ヶ月 (2008.7/2012.12)	押上・業平橋駅周辺土地区画整理

開発地域	建築施設規模（床㎡）	着工～完了（着工/竣工）	開発手法
二子多摩川	I 267,000 II 157,000	3 年 (2007.12/2010.11) 3 年 6 ヶ月 (2012.1/2015.6)	二子多摩川市街地再開発
虎ノ門ヒルズ	244,360	3 年 2 ヶ月 (2011.4/2014.5)	環二線新橋・虎ノ門市街地再開発（虎ノ門街区）

これによると、東京都内においては、大型開発でも着工から完成までが3年程度であること、比較的小さなマンションは1～1.5年で完成することから、その時間差については、RC造2年、SRC造3年、S造1年とすることとし、モデル計算上はこの時間差を投入年に反映させている。

### (3)非課税家屋（公共施設）のに対する補正

今回、フィッティング対象としたストック実績量（床㎡）は、1981～2014年の東京都統計年鑑<sup>5)</sup>を使用している。この統計値は、「都及び区市町村において保管している固定資産課税台帳に登録されている家屋で法定免税点未満の家屋も含む。非課税家屋を除く」としている。つまり、非課税対象となる公共施設はカウントされていないこととなる。1981年以降に完成した公共施設には、庁舎、官舎、公営住宅のほか、公立学校、警察署、消防署、福祉施設、病院などがあるが、その多くは非木造構造であると考えられることから、このための補正が必要となる。そこで、非木造ストック実績量に関する公共施設について表3-8のとおり補正を行った。

表 3-8 非木造ストック実績量に関する公共施設補正

東京都	床面積 (床 $\text{m}^2$ , 2009.3. 現在)
建築物ストック統計検討会報告書 <sup>12)</sup>	6,600,000

東京都	市区町村+都有施設床面積 (床 $\text{m}^2$ /人, 2010.3 現在)	夜間人口 (人, 2010.10 現在)	床面積 (床 $\text{m}^2$ )
特別区内	3.97	8,945,695	35,514,409
市町村内	4.11	4,213,693	17,318,278
合 計	—	13,159,388	52,832,687
全国自治体公共施設延床面積データ調査 <sup>13)</sup> ※			

A 東京都の公共施設（国，特別区，市町村）の床面積合計	59,432,687
-----------------------------	------------

構造		ストック実績量
RC	公共補正前（非課税家屋除く 2010.1 現在）	189,540,281
SRC	公共補正前（非課税家屋除く 2010.1 現在）	138,262,281
S	公共補正前（非課税家屋除く 2010.1 現在）	130,218,486
B 合計	公共補正前（非課税家屋除く 2010.1 現在）	458,021,048
	公共物割合	A / (A+B)
	公共物補正	(A+B) / B
		0.11486
		1.13

※普通財産も含んでいると考えられる。平成 28(2016)年 3 月末現在の東京都の公有財産：土地，建物を，学校，公園，庁舎などの一般財産，病院，中央卸売市場など地方公営企業法（昭和 27 年法律第 292 号）の一部適用事業用財産及び交通事業，水道事業，下水道事業など同法の全部適用事業用財産に区分して集計

ここでは，東京都内の国有財産については建築物ストック統計検討会報告書<sup>12)</sup>の値を，市区町村及び都有施設については全国自治体公共施設延床面積データ調査<sup>13)</sup>の一人当たりの公共施設床面積からの推計値を用いて，東京都内の公共施設（国，特別区，市町村）の床面積を 59,432,687 (床  $\text{m}^2$ ) と算出した。これを，ストック実績（非課家屋を除く）との比率を考えて，公共物補正として 1.13 と算出し，フィッティング対象の値として用いている。

なお，非課税家屋としては，この他に宗教施設，領事館，米軍施設，皇室関連，国宝・重要文化財などが考えられるが，ストック量として



は少ないと考え、補正対象としていない。

### 3.3.2 計算結果

以上の方法により、木造と同様にストック実績量に対し、最小二乗和が最少となるようにワイブル分布の変数について、フィッティング計算を行った結果について、ストックの時系列的変化を図 3-14 に滅失の時系列的変化を図 3-15 に示す。

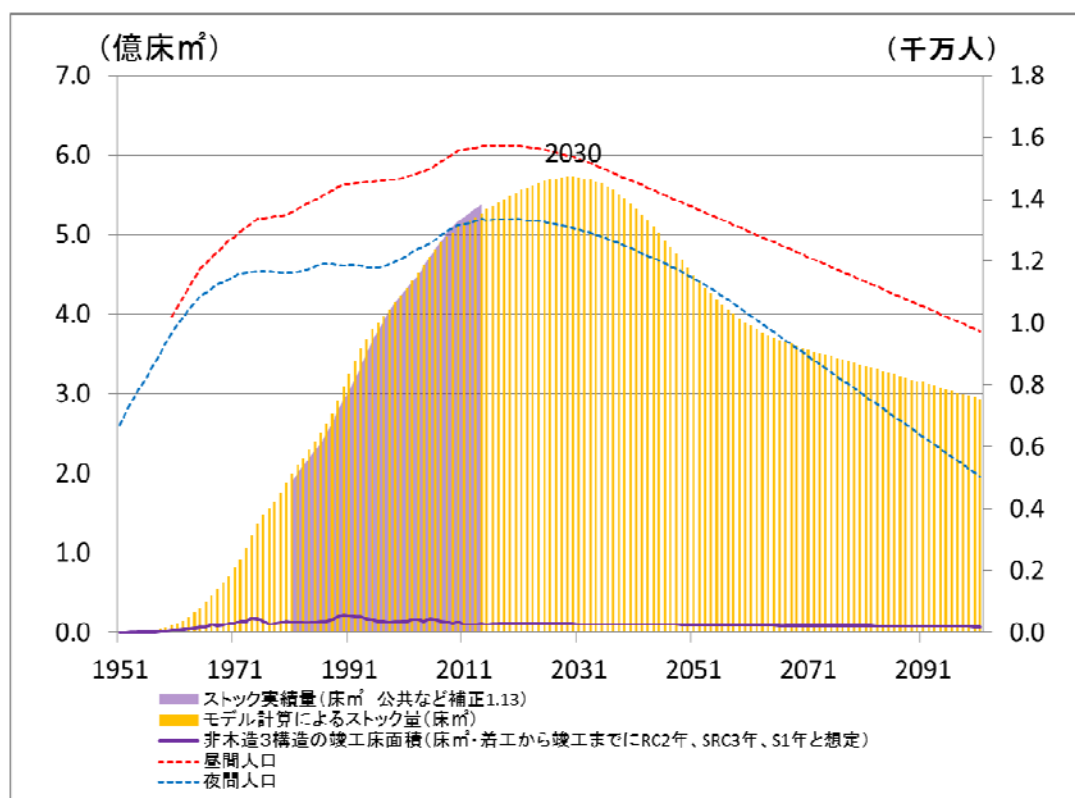


図 3-14 非木造ストックの時系列的変化

将来のストック量は、2030年にピークを迎え、その後、減少と予測される。なお、バブル期（1985-93）の増加量には、木造から非木造への手転換が寄与していると推察される。

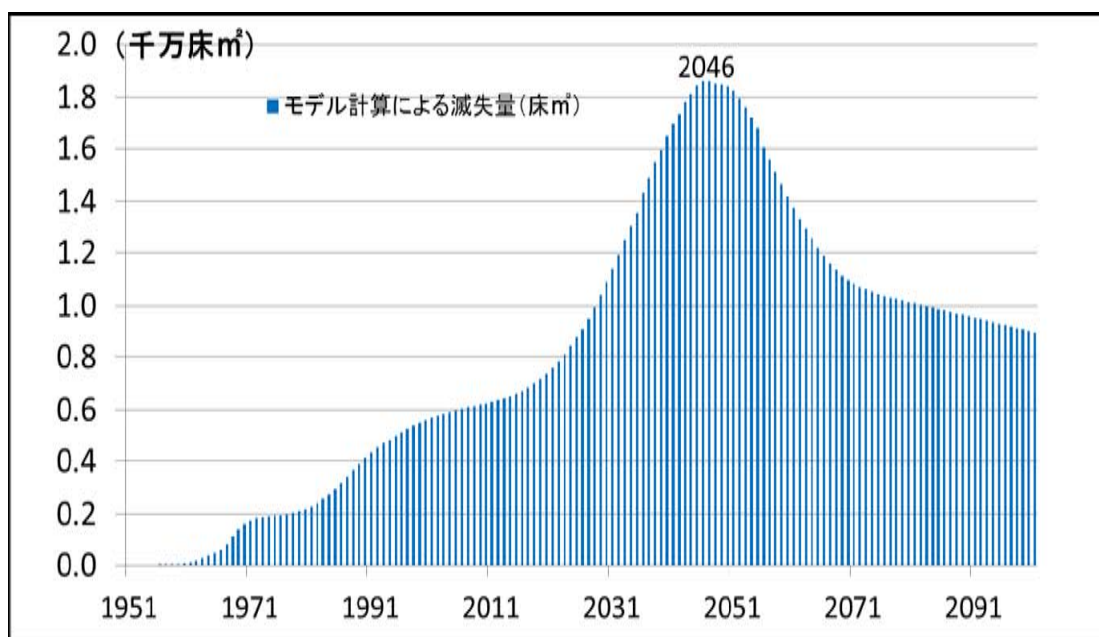


図 3-15 非木造滅失の時系列的変化

将来の滅失量は、2020 年代に急激に増加し、2046 年にピークを迎え、その後、すぐに減少が始まると予測された。また、ピーク滅失量は約 1,900 床㎡で、2015 年の 2.8 倍になることが示唆されている。

以上のフィッティング計算について、その滅失時期や変数などをまとめたものを表 3-9 に示す。なお、ここでは外生的変化係数は使っていない。

表 3-9 非木造の建築年代区分別の変数（現行トレンド維持）

建築年代の区分 意識・価値観	滅失時期	構造	ワイブル変数	
			$\alpha$	$\beta$
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	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
2005-2101	同上	RC	3.0	37.0
		SRC	3.0	37.0
		S	3.0	37.0

※ 網掛部はフィッティング計算による算出結果

1951 年～2004 年の 3 区分については、非木造 3 構造（RC、SRC、S）ごとにフィッティング計算により得られた結果を使っている。

2005 年～2101 年については、滅失期間の中央年（築 37 年）に滅失ピークとなる変数を設定した。これは、主要建材であるコンクリートの耐久性や表 2-11 にある都有施設のライフサイクルの考え方を参考とした。以後、これを木造の現行トレンド維持シナリオとする。

その結果を図 3-16 に示す。

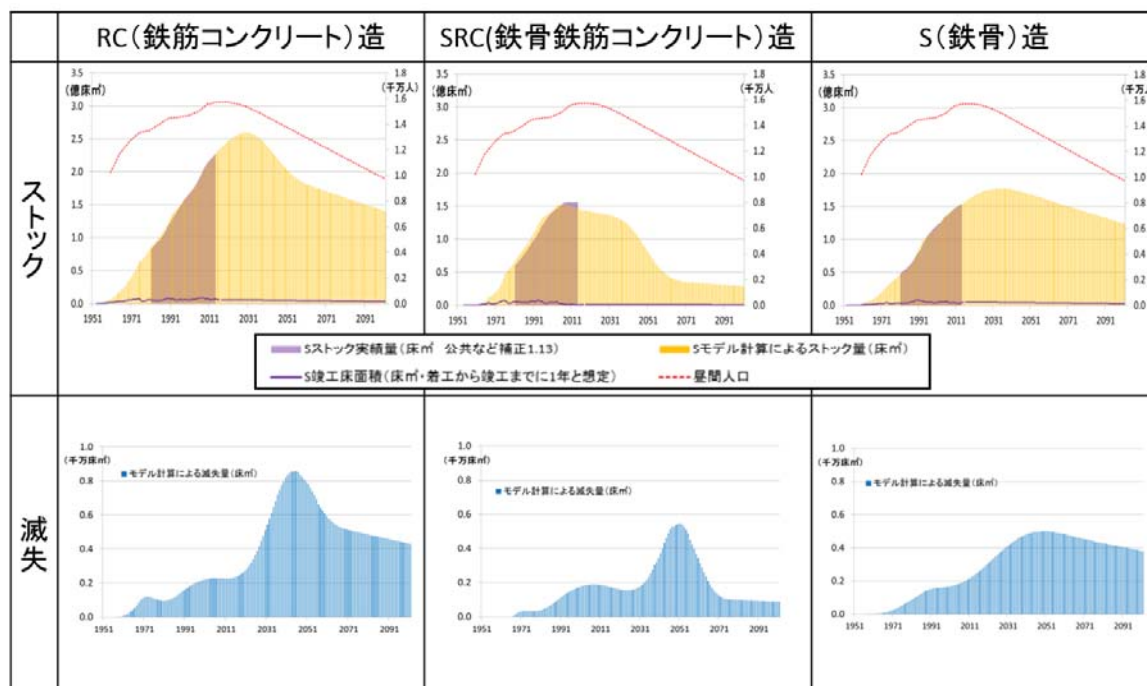


図 3-16 非木造の構造別ストックと減失の時系列的変化

全体への寄与度は RC 造が高い結果となった。また，SRC 造は，バブル崩壊後にはストック増加がほとんどなく，この構造はバブル期には需要が高かったものの，崩壊後には減少したと考えられ，景気に左右される構造であると推察される。一方で，S 造はバブル崩壊後も比較的，堅調に増加していることから，時代による影響をあまり受けない構造であると推察される。

なお，SRC 造のストック量実績に対するフィッティング計算の整合性が悪くなっているのは，SRC 造需要は景気変動を比較的，短期的，敏感に反応し，建築年代の区分が 20 年としているこのモデルでは，その変化に対応しきれなかったと考えられる。

### 3.3.3 感度分析

本項では，木造建築物と同様に，将来における不確実性に関連して減失ピークと減失期間に関する感度分析を行った。

#### (1) 減失ピークに関する感度分析

その設定条件は，以下の通りである。

(a) 減失は建築後 4 年目から開始し，減失期間は 70 年

(b) 減失ピークが 15 年 ( $\alpha=2.0$   $\beta=17.0$ )，25 年 ( $\alpha=3.0$   $\beta=25.0$ )，35 年 ( $\alpha=3.0$   $\beta=37.0$ )，45 年 ( $\alpha=5.0$   $\beta=44.0$ )，55

年 ( $\alpha=7.5$   $\beta=55.0$ ) となるワイブル変数

(c) 2005 年以降に建築されたものに以下の残存率を適用ため、ストック量と滅失量に影響するのは 2008 年以降となる。

以上について、その残存率曲線を図 3-17 に、滅失分布を図 3-18 に、その結果について、ストック量変化を図 3-19 に、滅失量変化を図 3-20 に示す。

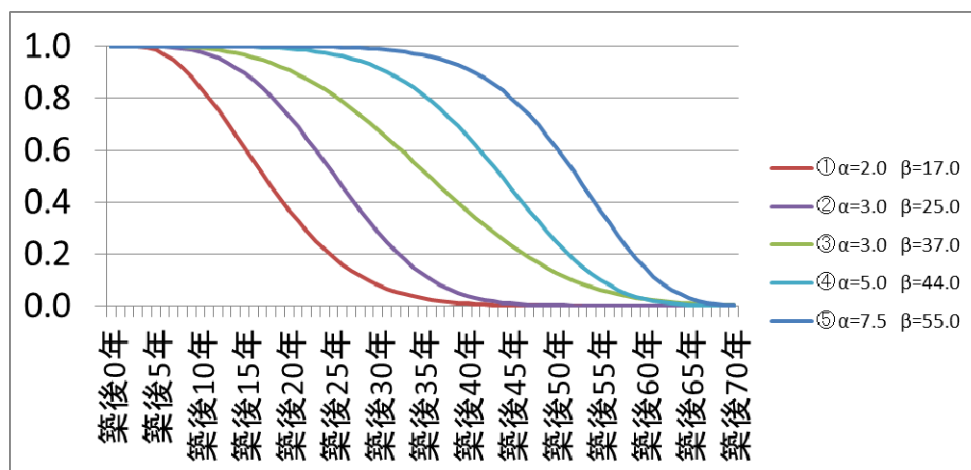


図 3-17 感度分析に用いる残存率（非木造・滅失ピーク）

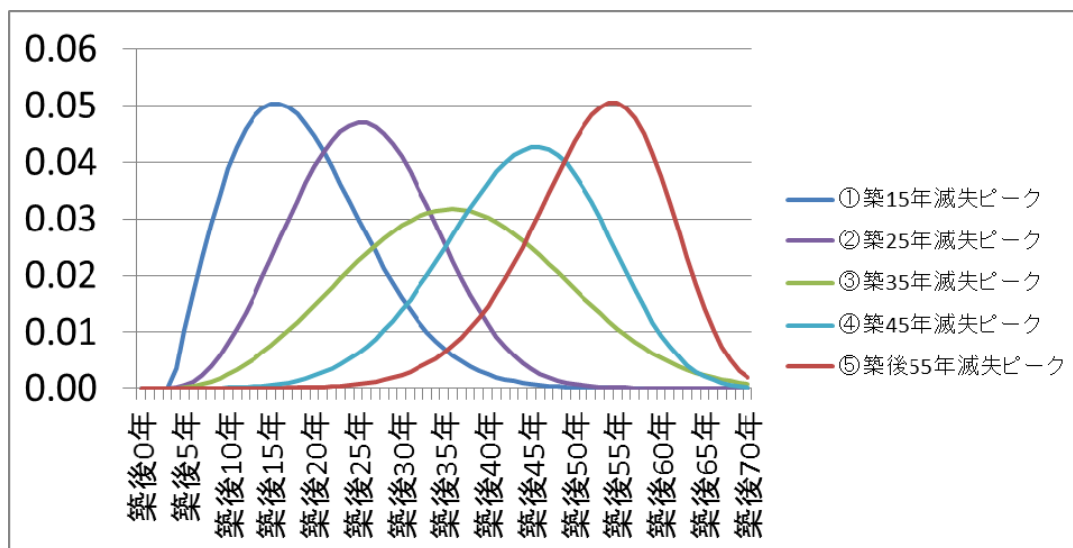


図 3-18 感度分析に用いる滅失分布（非木造・滅失ピーク）

非木造においても，木造と同様の理由から，昼間人口当たりの着工量が減少するパターンと増加するパターンについて比較，検証を行った．

①着工量が減少するパターン

2015 年以降の夜間人口応じた投入（着工）量を毎年 1 % ずつ減らしていくパターン．20 年後の 2034 年に 80% となるが，その後は 80% 維持と設定．

②着工量が増加するパターン

2015 年以降の夜間人口応じた投入（着工）量を毎年 1 % ずつ増やしていくパターン．20 年後の 2034 年に 120% となるが，その後は 120% 維持と設定．

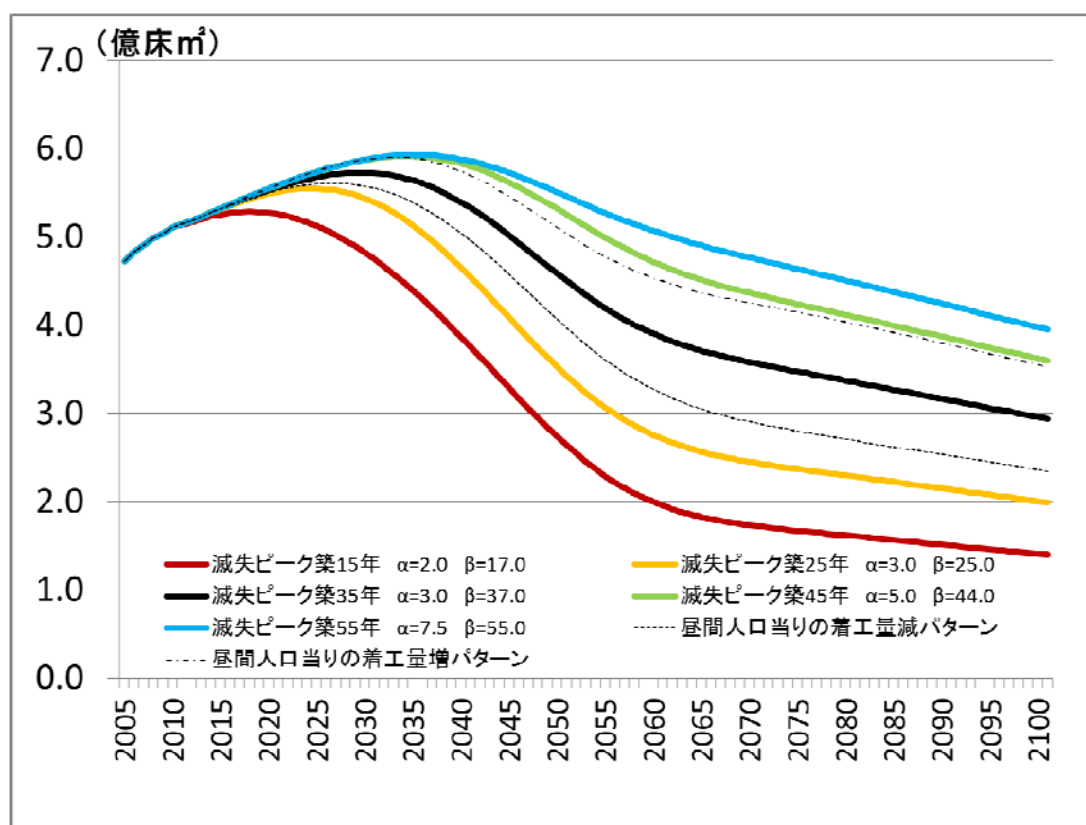


図 3-19 ストック変化量に関する感度分析（非木造・減失ピーク）

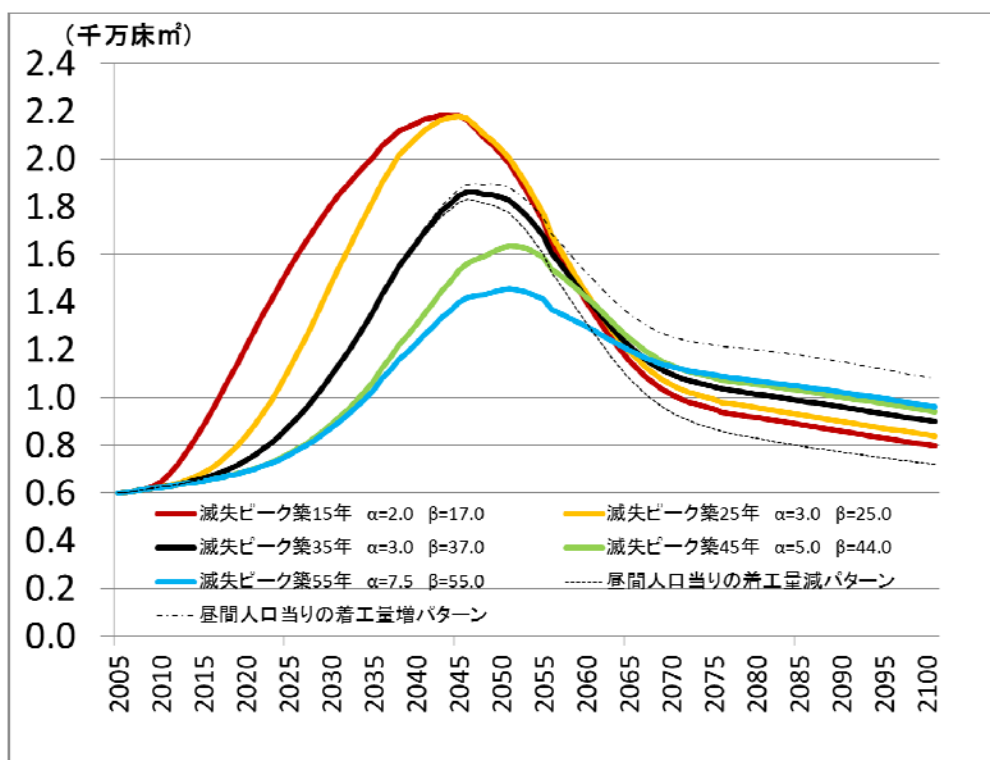


図 3-20 減失量に関する感度分析（非木造・減失ピーク）

ストック量は築 15 年減失ピークで 2019 年に 5.3 億床㎡，築 55 年減失ピークで 2035 年に 5.9 億床㎡となり，その差は 2050 年以降，2.5～3.0 億床㎡の差で推移するという感度となった．また，着工量増パターンと減パターンと比較した場合，減失ピーク築 25 年と 45 年の間に納まる結果となった．

減失量は築 15 年減失ピークで 2043 年に約 2200 万床㎡，築 55 年減失ピークで 2051 年に約 1450 万床㎡となり 750 万床㎡（1.5 倍）の差異が生じるが，21 世紀後半になるとその差異は縮小し，800～1,000 床㎡付近へと収束するという感度となった．また，減失ピークによる影響と着工量増パターン及び減パターンによる影響を比較した場合，後者による影響の方が大きいという結果となった．

## (2) 滅失期間に関する感度分析

設定条件は、以下の通りである。

(a) 滅失は建築後 4 年目から開始し、滅失期間は 40 年（ワイブル変数  $\alpha=3.0$   $\beta=23.0$ ）、70 年（ $\alpha=3.0$   $\beta=37.0$ ）、110 年（ $\alpha=3.7$   $\beta=55.0$ ）

(b) 2005 年以降に建築されたものに以下の残存率を適用したため、ストック量と滅失量に影響するのは 2008 年以降となる。

以上について、その残存率曲線を図 3-21 に、滅失分布を図 3-22 に、その結果について、ストック量変化を図 3-23 に、滅失量変化を図 3-24 に示す。

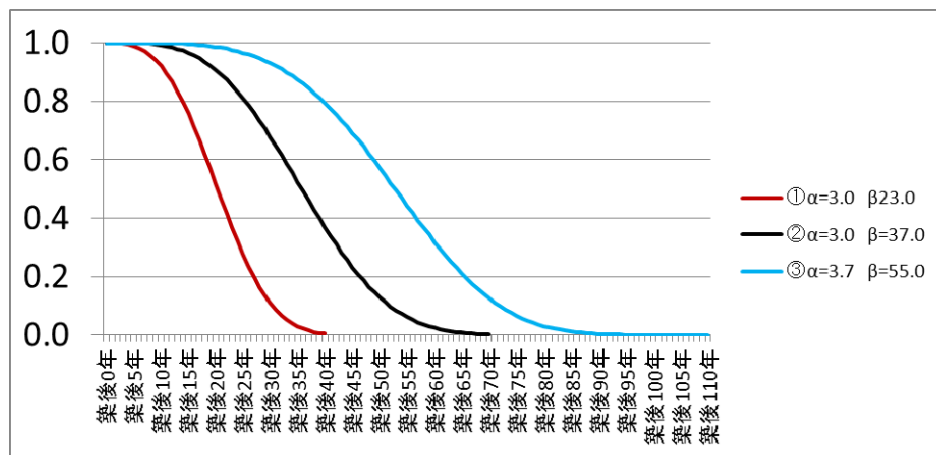


図 3-21 感度分析に用いる残存率（非木造・滅失期間）

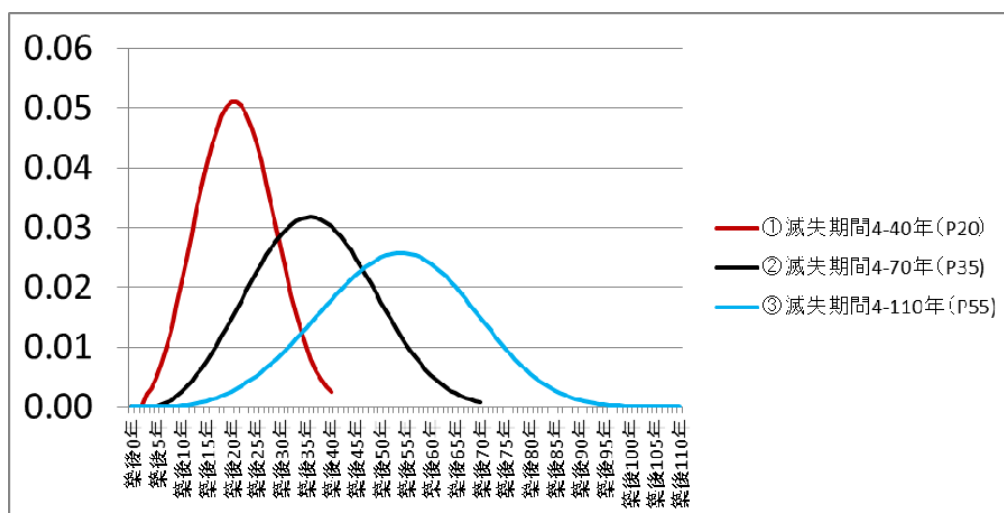


図 3-22 感度分析に用いる滅失分布（非木造・滅失期間）



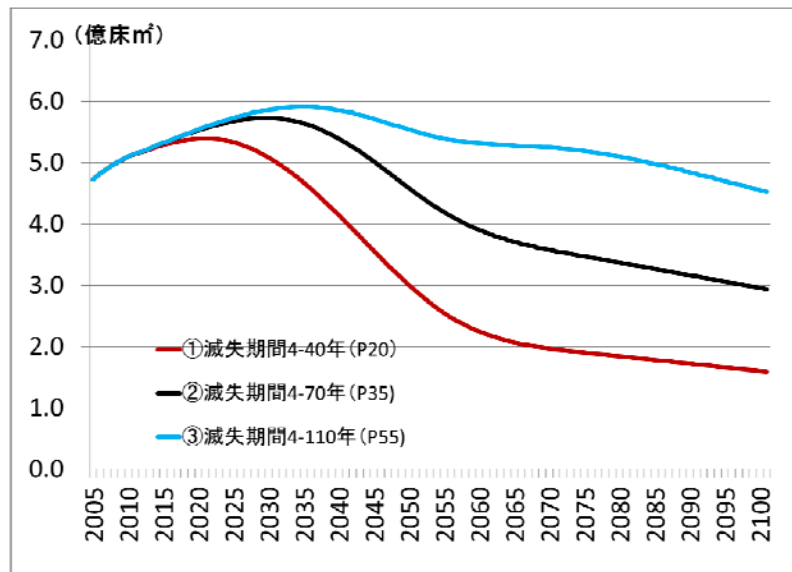


図 3-23 スtock変化量に関する感度分析（非木造・減失期間）

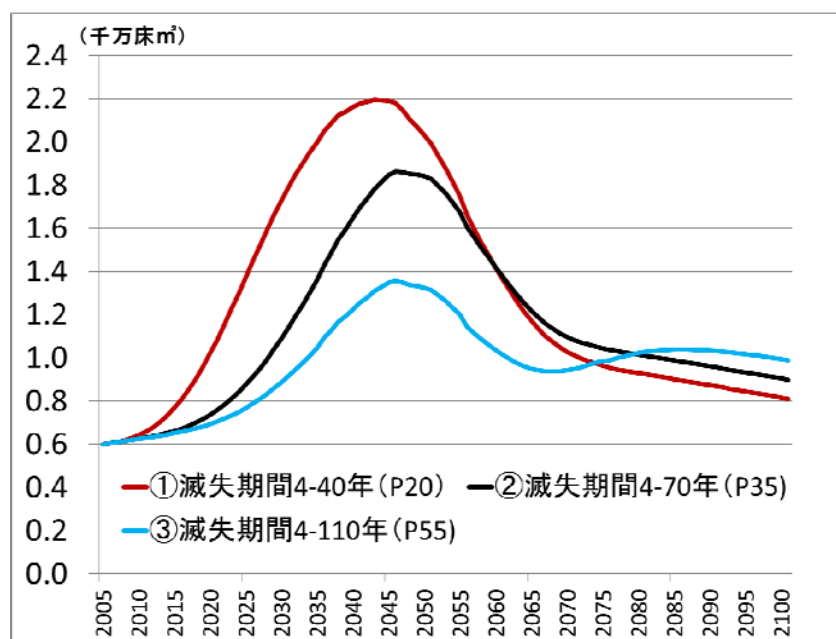


図 3-24 減失量に関する感度分析（非木造・減失期間）

ストック量は減失期間 110 年で 2035 年に 5.9 億床  $\text{m}^2$  で、同年の減失期間 40 年の 4.7 億床  $\text{m}^2$  との差は 1.2 億床  $\text{m}^2$  となるが、2070 年代には 3.3 億床  $\text{m}^2$  に拡大するとの感度となった。

減失量は減失期間 40 年で 2043 年に 2,200 万床  $\text{m}^2$ 、減失期間 110 年で 2046 年に 1,350 万床  $\text{m}^2$  となり、その差は 850 万床  $\text{m}^2$ （1.6 倍）となるが、その後、21 世紀末に向けて収束するという感度となった。

### 3.3.4 各建築年代の滅失分布の推計結果

以上のフィッティング計算により得られたワイブル分布について、そこから算出される滅失分布を建築年代区分ごとに整理したものを図 3-25 に示す。

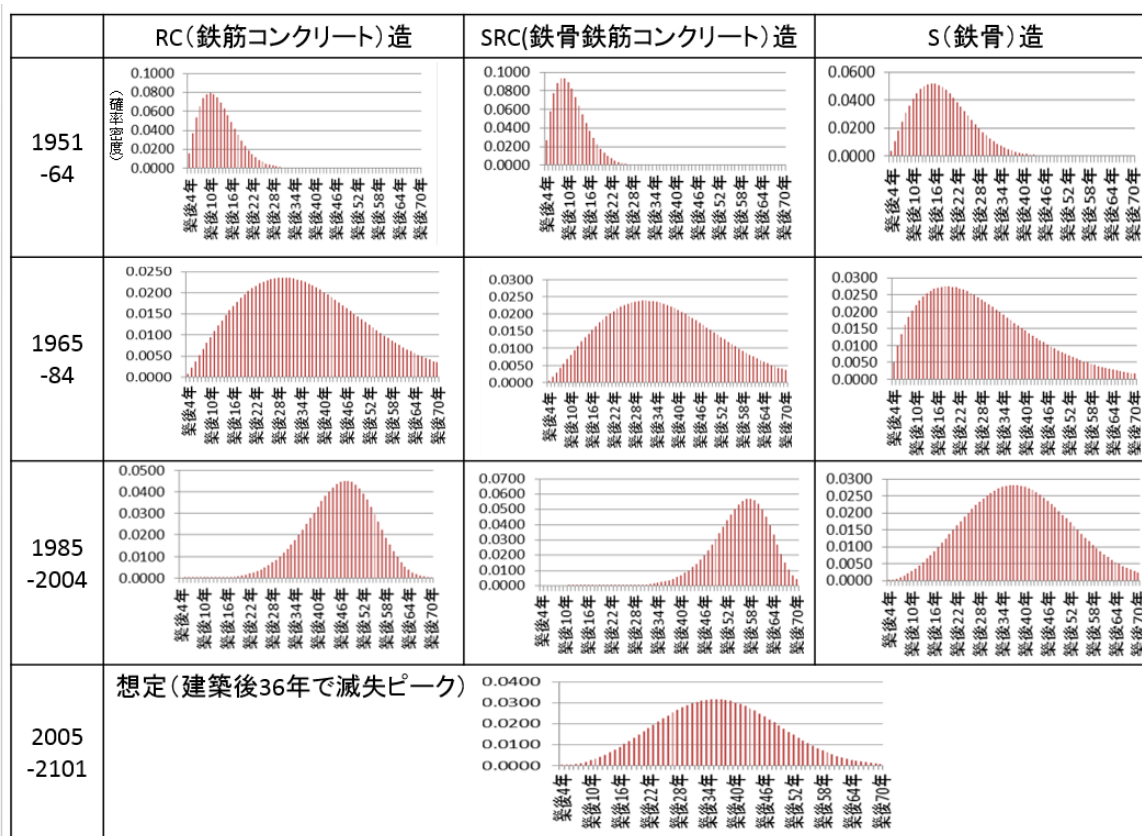


図 3-25 フィッティング計算結果に基づく建築年代の分布

これらは、滅失時期が建築後 4～70 年とした場合の滅失分布であるが、各所有者世代が置かれた時代の社会的背景やそれに起因する非木造建築物に対する価値観が構造別に以下のとおり反映されている。

#### (1) 1951～64 年築の滅失分布

RC 造, SRC 造, S 造ともに滅失時期が前倒しとなっている。これは、戦後直後の早急な復旧を目的とした建築物が、1950-60 年代の高度経済成長期に、多く建替えられたと考えられる。特に RC 造, SRC 造は建築後 20 年程度で急激に建替えられたのに対し、S 造の滅失分布は緩やかな幅を持っている。これは、S 造が住宅兼店舗のような住居系の性格の建築様式であることから、居住用として他の 2 構造よりも滅失が緩やかに進んだのではないかと推察される。

## (2) 1965～84 年築の滅失分布

この時期は高度経済成長期からバブル期前の安定成長期にかかる時代となっている。ここでは、どの構造においても前世代よりも滅失ピークが遅れて出ている。つまり、長期に使用していくという価値観のもとに建築されたものであったと推察される。この傾向は前世代で早期復旧として建築された RC 造と SRC 造において明確に見られる。一方で、S 造については、前世代の分布からは大きな変化は見られない。これは、住居兼店舗などとして堅調に推移していることに起因していると考えられる。

## (2) 1985～2004 年築の滅失分布

この時期は、バブル期からバブル崩壊にかかる時代となっている。ここでは、前世代から更に長期に使用していくという価値観が反映されている。特に SRC 造は、バブル期に多く選択された堅固で重厚な建築様式であり、滅失ピークが大きく後ろ倒しになる傾向が見られた。

### 参考文献（第3章）

- 1) 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.
- 2) 東京木材問屋共同組合：江戸東京木材史組合創立百周年記念出版別冊資料，平成21年11月30日.
- 3) 東京都：建築統計年報，昭和26年～平成25年，着工建築物.
- 4) 東京都：新たな長期ビジョン（仮称）論点整理，平成25年11月.
- 5) 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，1981-2013.
- 6) 東京都：東京都の統計，参考表4人口の推移  
<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/jugoki/2014/ju14q10001.htm>，2016.2 閲覧.
- 7) 東京百年史編集委員会：東京百年史第五巻 p1335 第五表戦災者現況調（S20.9.1 現在），昭和54年7月31日
- 8) 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.271-27, 2000.
- 9) 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－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.
- 10) 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，695-700，2010.3.
- 11) 東京都：東京都昼間人口の予測概要，予測結果の概要，2015.3.
- 12) 国土交通省：建築物ストック統計検討会報告書，（別添資料）建築物ストック統計[全国編]，平成22年3月.
- 13) 社会資本基礎データ研究会：全国自治体公共施設延床面積データ調査，2012.1.

## 第4章 人口減社会における建築物ストックのシナリオ分析

本章では、基本コンセプトを設定し、木造、非木造ごとに、より具体的な将来シナリオを設定していくこととした。

具体的には、以下とおりシナリオを設定し、分析を行った。

- ①木造：既存不適格木造の積極更新/経済格差による二極化
- ②非木造：経済回復による積極更新/既存利活用・もったいない
- ③空き家化に伴う老朽化木造建築物の放置

### 4.1 木造建築物シナリオ

#### 4.1.1 既存不適格木造の積極更新シナリオ

##### (1) シナリオの設定

シナリオコンセプトとしては、「東京都が、ポスト東京オリンピック・パラリンピックの事業として、災害に強い、レジリエントな街づくりを目指し、既存不適格（1981年以前築）の木造建築物の更新事業を強力に推進する」と設定した。

計画期間は、2021～2030年の10年間とし、強力な補助金による解体及び新築により、集中的に更新する。具体的には、1961年の木造壁率に関する建築基準法改正以前と1961年以降かつ1981年の新耐震に関する建築基準法改正以前の2区分に対する計画とし、1961年以前築については、最初の3年（2021-23）ですべて更新し、1962～1981年築については、10年かけて、順次、更新していくと考える。

また、解体された床面積は翌年に、木造新築として投入されると仮定し、非木造への転換や新築に伴う床面積の増減は、考慮しないこととした。このシナリオにおける条件を表4-1に示す。

表 4-1 既存不適格木造の積極更新シナリオの設定条件

建 築 年 代 の 区 分	滅 失 時 期	ワイブル変数		外 生 的 変 化 係 数 ( 要 因 )
		$\alpha$	$\beta$	
1872- 2004	表 3-5 と 同 様			
2005- 2101	建 築 後 10-70 年	3.00	35.0	2021 年    1961 年 以 前 築 : 0.7 

(2) 計算結果

以上の設定により計算したストック量と滅失の時系列的変化の結果を図 4-1, 4-2 以下に示す.

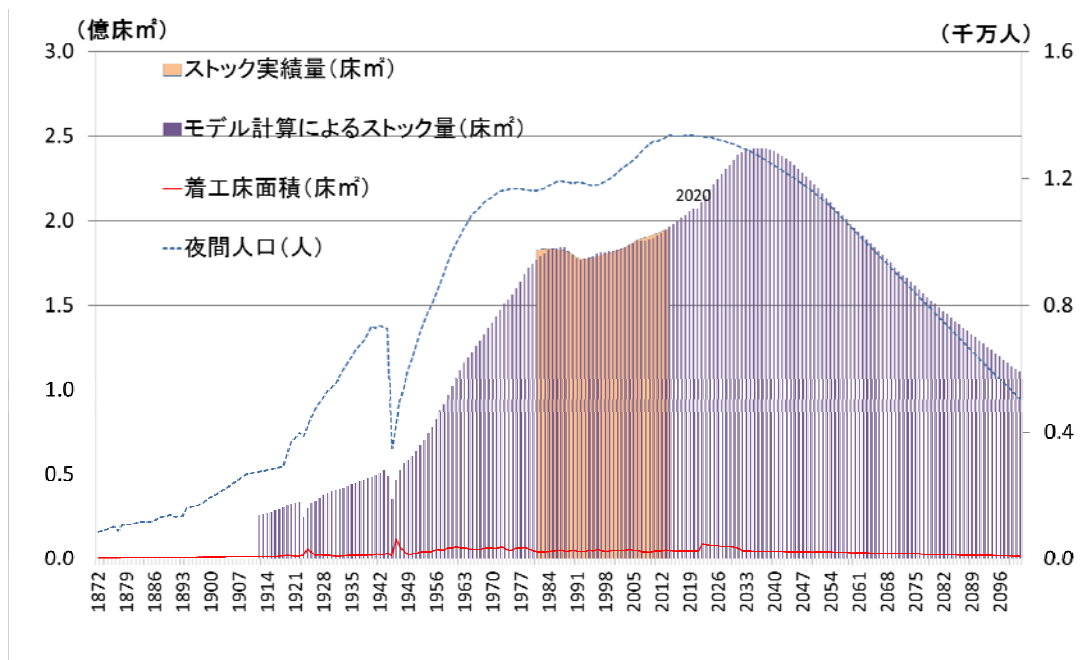


図 4-1 既存不適格木造の積極更新シナリオの時系列的ストック量変化

ストック量変化については、解体された床面積は翌年に、木造新築として投入されると仮定しており、計画初年度の 2021 年に若干の減少が見られるが、それ以降は、翌年に新築として投入されるとしているので、影響は限定的である。

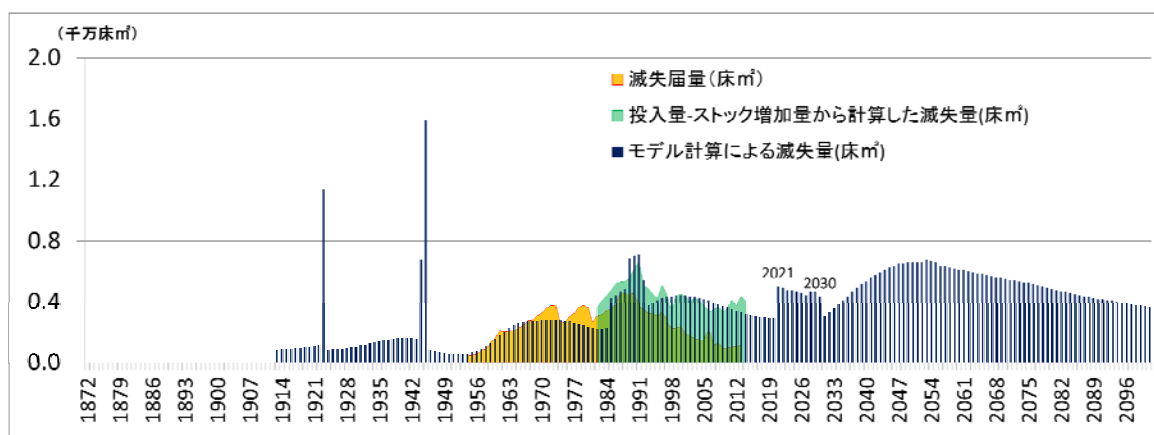


図 4-2 既存不適格木造の積極更新シナリオの時系列的滅失量変化

滅失については、計画期間前直近の 2020 年に比較して、2021～2030 年では 1.5～1.7 倍となるが、バブル最盛期の 1989～1991 年頃ほどの量とはならないと推計される。

表 2-3 によれば，東京都区部を中心に，老朽化した木造建築物が集積し，震災時に大きな被害が想定される「整備地域」<sup>1)</sup> は約 5,600 万床<sup>2</sup>と推計され，このシナリオ計算では，2031 年には既存不適格の木造住宅，約 3,000 万床<sup>2</sup>が更新できると推計されることから，整備地区と比較しても，相当な規模の既存不適格を 10 年間で更新することとなる。

### (3) 既存不適格木造の積極更新の効果

このように，東京都区部においては，震災時に大きな被害が想定されていることから，ここでは，外生的変化係数を用いて首都直下型地震を想定することにより，その更新効果を表現することとする。その想定条件は以下のとおりとする。

(a) 10 年間の更新が終了した 2031 年に地震が発生

(b) 計測震度 6.5（震度 7 に相当）

(c) 全壊率<sup>2)</sup>は 1961 年以前の建築は 83%，1962～1981 年は 62%，1982 年以降は 17%とし，外生的変化係数はおのこの 0.17，0.38，0.83。（1961 年の木造壁率に関する建築基準法改正以前，1962 年以降かつ 1981 年の新耐震に関する建築基準法改正以前，1982 以降の 3 区分において設定）

以上の条件により算出した現行トレンドシナリオ（木造）と既存不適格木造の積極更新シナリオにおける滅失の計算結果を図 4-3, 4-4 に示す。

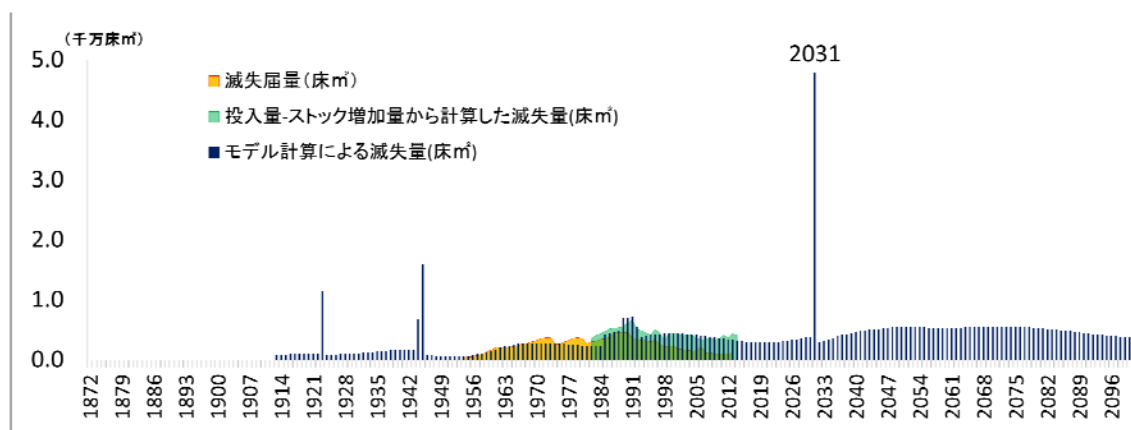


図 4-3 現行トレンドシナリオ（木造）における 2031 地震の滅失量



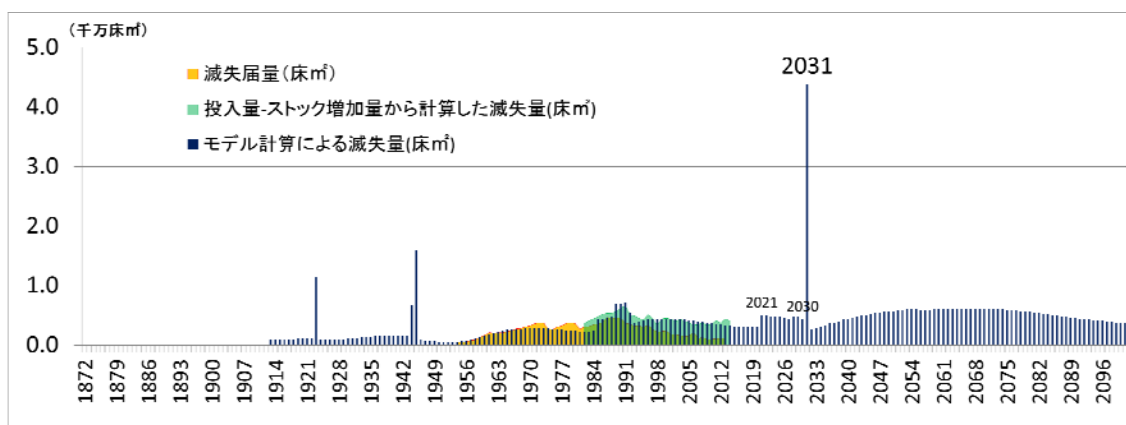


図 4-4 既存不適格木造の積極更新シナリオにおける 2031 地震の滅失量

この結果によれば、前者（現行トレンド）の滅失量が約 4,800 万床  $\text{m}^2$  なのに対し、後者（既存不適格木造積極更新）は、約 4,400 万床  $\text{m}^2$  となり、どちらも関東大震災の 4 倍、戦災の 2 倍程度の滅失が生じると予測される。また、前者と後者では約 400 万床  $\text{m}^2$  の差が生じるこつとなり、これは、一人当たりの床面積を 35 床  $\text{m}^2$ /人とするすると約 12 万人分の床面積に相当することとなる。また、後者のシナリオでは、2021 年～2030 年で、約 3,000 万床  $\text{m}^2$  を更新しており、その 13% の滅失量を減らす効果があると推計される。

#### 4.1.2 経済格差による木造建築物更新の二極化シナリオ

##### (1) シナリオの設定

このシナリオにおけるコンセプトについては、「経済格差が進み、その所得により早期に更新・建替える積極層（早期更新層）と構造的寿命限界近くまで使用し続ける層（限界使用層）の二極化が進行」と設定した。設定条件としては、滅失期間は建築後 10～70 年とし、2005 年以降建築されるものの滅失分布を前倒しと後送りの 2 つの分布で複合して、二極化を表現することとした。その設定条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 二極化表現のための 2 つの滅失分布

	早期更新層（前倒し滅失）	限界まで使用層（後送り滅失）
ワイブル変数	$\alpha = 4.0$ $\beta = 15.0$	$\alpha = 13.5$ $\beta = 50.0$
滅失のピーク年	建築後 25 年	建築後 60 年

以上の 2 つの分布の複合割合については、現在の東京都における年

収分布<sup>3)</sup>から（図 4-5）、将来、二極化が進んだという想定を行った。

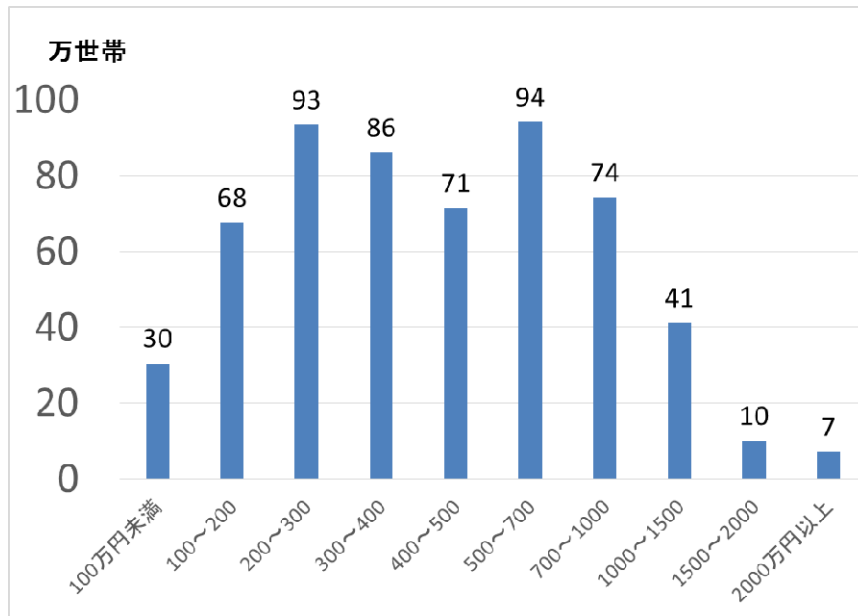


図 4-5 2013 年度の東京都の世帯年間収入分布

ここでは、以下のとおり経済的な区分を想定した。

(a) 限界使用層 世帯年間収入が 300 万円以下 191 万世帯 (33%)

(b) 早期更新層 " 1000 万円以上 58 万世帯 (10%)

2013 年度においては、(a) (b) の中間の層（世帯年間年収が 300 万～1000 万円）が 325 万世帯、57% が存在している。ここで、経済格差が進み、この中間層が早期更新層と限界使用層のどちらかに移行することにより二極化が進むと考える。現状の (a) : (b)  $\approx$  3 : 1 であることから、中間層もこの配分で二極化すると想定する。

以上により、経済格差による二極化後は、

(a) 早期更新層 世帯年間収入が 300 万円以下 436 万世帯 (75%)

(b) 限界使用層 " 1000 万円以上 138 万世帯 (25%)

となると考え、その滅失分布は図 4-6 として設定した。

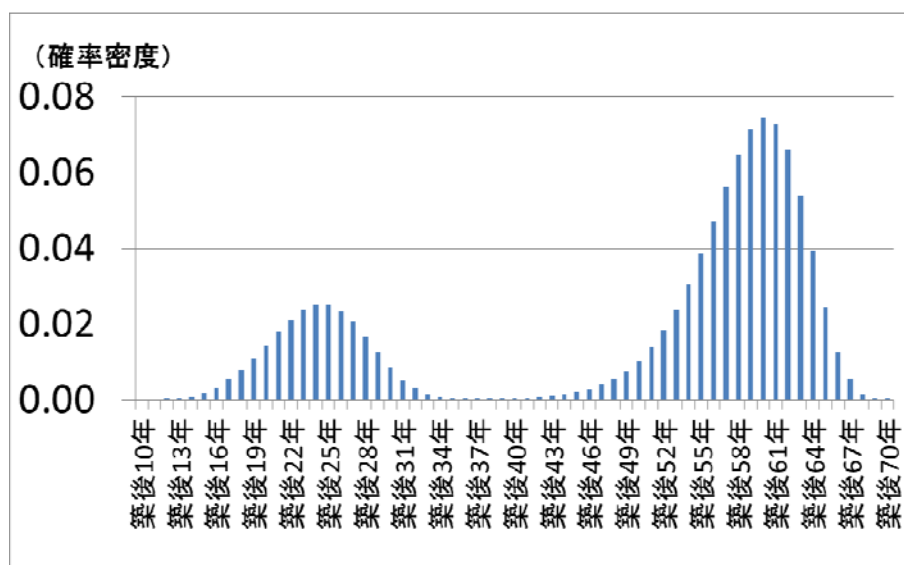


図 4-6 2005 年以降築の滅失分布（二極化）

## (2) 計算結果

以上の設定により，そのストック量の時系列的変化を図 4-7 に，滅失量の時系列的変化を図 4-8 に示す．

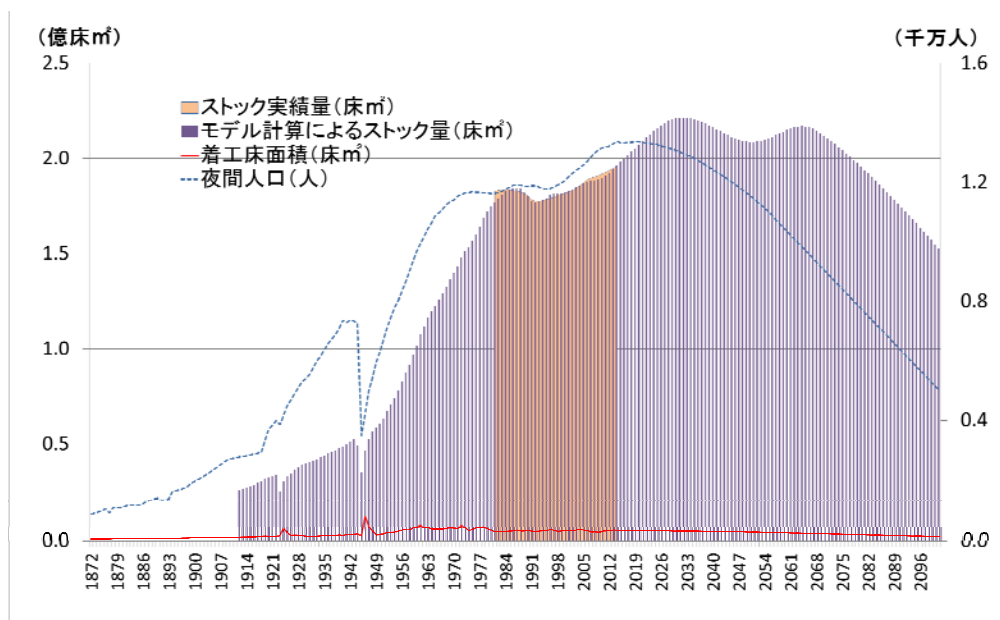


図 4-7 ストックの時系列的変化（二極化）

ストック量については，2032 年にピークを迎えるが，(a)層の滅失が集中することにより 2050 年頃に向けてストック量が減っていくことになる．その後，滅失量が二極間の谷に来るようになると滅失が減

少するため、ストック量は再び増加し、2064年に再びピークを迎える。以降は、(b)層の滅失がはじまることから、ストック量は減少しと予測した。

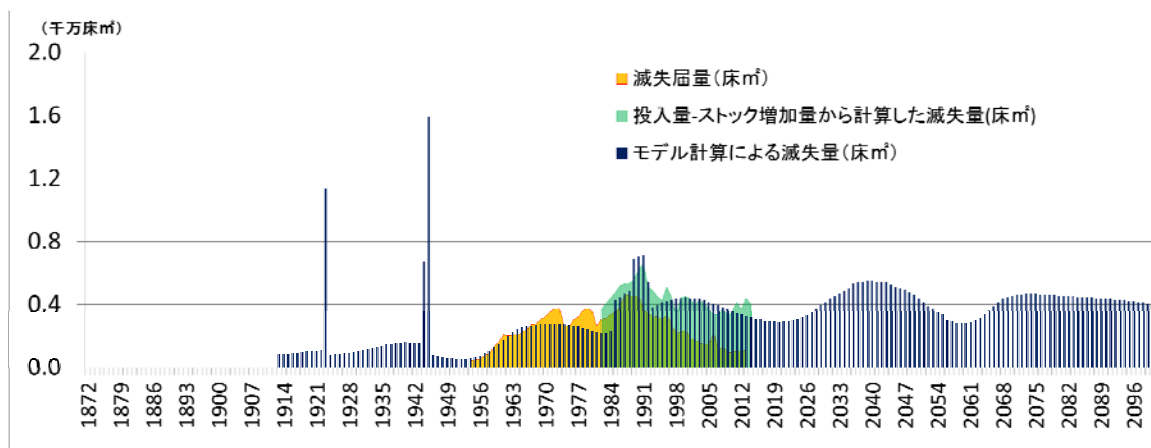


図 4-8 滅失の時系列的変化（木造・二極化）

滅失量については、2040年にピークを迎え、その後、減少し、2059年に底を迎えた後、2074年に再度ピークを迎える予測となっている。

#### 4.1.3 各シナリオにおけるストック量変化の比較

以上の結果より，現行トレンド維持シナリオ，既存不適格の積極更新シナリオ，経済格差による二極化シナリオのストック量の時系列的変化の比較を図 4-9 に示す．

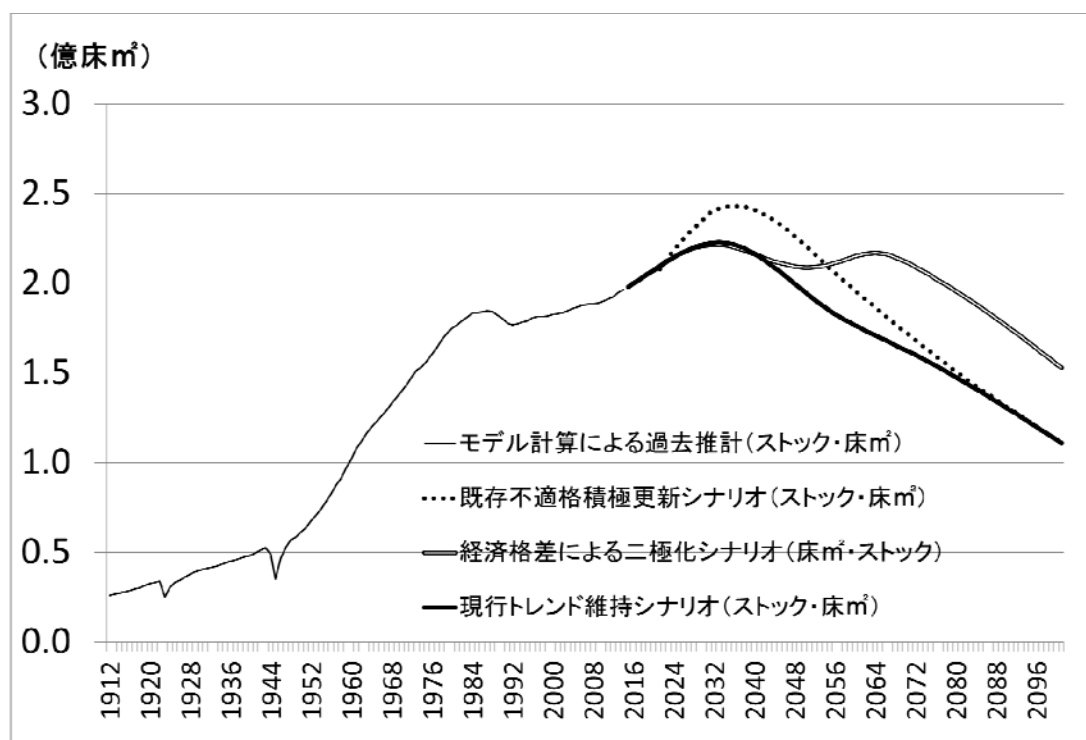


図 4-9 ストック量変化の比較（木造）

既存不適格積極更新シナリオでは，1981 以前に建築された木造を 10 年間（2021-2030）で新築に更新されていることから，2030 年代半ばにかけてストック量が増加することとなる．

また，経済格差による二極化シナリオでは，建替に消極的な限界使用層の長期使用により，2060 年代中ごろにピークがあらわれるが，その後は減少するものの，他のシナリオよりも 0.5 億床㎡多い水準で推移する．

一方，既存不適格などのシナリオも概ね 2070 年頃には，1.6～1.7 億床㎡程度に収束し，その後，ゆるやかに減少していくという予測結果となった．

## 4.2 非木造建築物シナリオ

### 4.2.1 非木造積極更新シナリオ

#### (1) シナリオの設定

シナリオコンセプトとしては、「アベノミクスにより景気は回復傾向となり，昼間人口の減少していく中，ダウンサイジングしながら，より良好な環境性と機能集中を意識した建替需要が喚起される」と設定した．具体的には，事業所系では，人員に合わせたコンパクトなオフィスや地上庭園などの快適空間確保など，住宅系では，世帯人数に合わせた間取りへの転換，低層化，家庭菜園などの空間利用が進展するなど，ビルド&スクラップ世代（1964-85）のアップサイジングを伴う更新時代の裏返しの事象が進展すると考える．

このシナリオの設定条件は表 4-3 に示す通りであり，滅失期間については，2005 年以降築は，1951～2004 年築と同様に建築後 4～70 年の設定で行うこととし，非木造 3 構造（RC, SRC, S）について，それぞれ以下の考え方により設定している．

RC 造と S 造については，2005 年以降築の滅失分布は，高度経済成長期の 1964-85 滅失分布を使用することで，経済成長時代のワイブル分布として表現する．ただし，SRC 造については，2005 年以降築は中心ピークが滅失期間の中央年となるワイブル分布（正規分布に近い形）とする．これは，SRC 造は堅固な構造であることが多く，長期的使用が見込まれていることから，景気変動により前倒し的な積極更新は難しいと考えたためである．なお，このシナリオでは外生的変化係数は使用していない．

表 4-3 非木造の積極更新シナリオの建築年代区分別の変数

建 築 年 代 の 区 分	滅 失 時 期	構 造	ワイブル変数	
			$\alpha$	$\beta$
1951- 2004	表 3-9 と 同 様			
2005- 2101	建 築 後 4-70 年	RC	2.0	36.3
		SRC	3.0	37.0
		S	1.6	27.7

## (2) 計算結果

以上の計算について、ストックを図 4-10 に、減失を図 4-11 に示す。

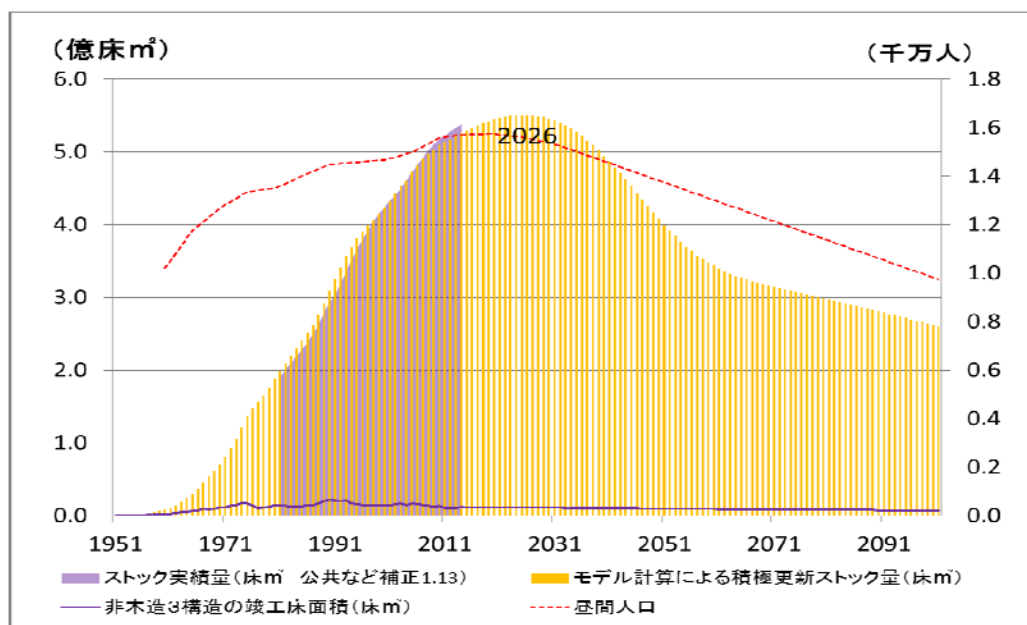


図 4-10 非木造の積極更新シナリオの時系列的ストック量変化

このシナリオのストック量については、2026 年にピークを迎え、その後は減少していくと推計された。

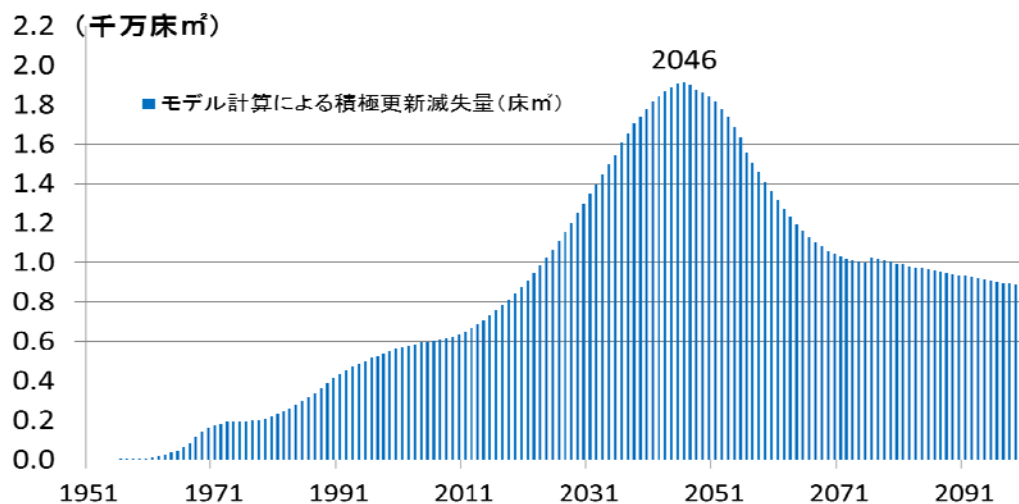


図 4-11 非木造の積極更新シナリオの時系列的減失量変化

このシナリオの減失量については、2046 年にピークを迎え、その後は減少し、2070 年代以降は約 1,000 万床  $m^2$  で、安定排出になると予測された。

## 4.2.2 非木造もったいないシナリオ

### (1) シナリオの設定

シナリオコンセプトとしては、「事務所、安定成長期を迎え、建築物への投資意欲が減退し、コンクリートの構造寿命（70年と想定）近くまで、既存建築物を利用する」「住宅においては、もったいない意識から、安易な建替えを選択しなくなる」という社会想定のもと設定した。なお、これ以外にも将来の課題のひとつとして、マンションに関しては、建替えたくても住民合意が得られず、躯体の老朽化が進み、住めなくなるまで滅失できないという事態も想定している。

以上のコンセプトから、このシナリオでの設定条件は、2005年以降に建築されたものについて、滅失ピークが後送りになるようなワイブル変数によって表現することとした。具体的には、非木造におけるフィッティング計算により、最も後送り傾向が見られた1985-2004のRC造のパターン（築70年を構造寿命として、築48年に滅失ピークがくるパターン）を非木造3構造（RC, SRC, S）に設定する。この場合、ワイブル変数は3構造ともに $\alpha=5.5$ 、 $\beta=45.6$ とし、このシナリオでは、外生的変化係数は、使用していない。

### (2) 計算結果

以上の計算について、ストックを図4-12に、滅失を図4-13に示す。

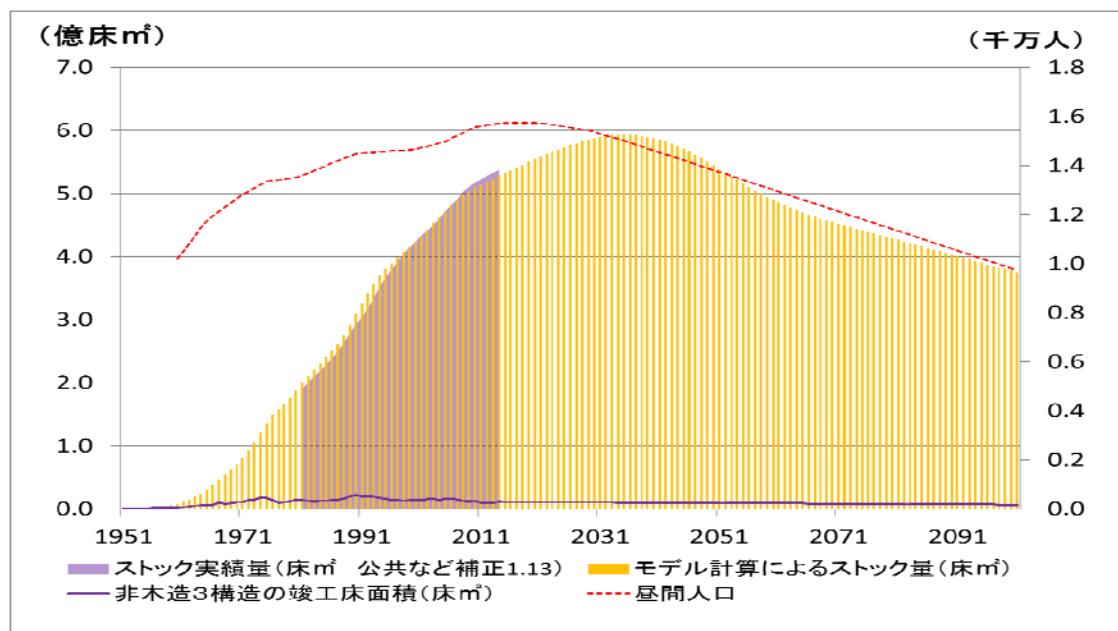


図 4-12 非木造のもったいないシナリオの時系列的ストック量変化

このストック量に 2036 年をピークに向け増加し、その後は、昼間人



口の減少に伴い，減少していくと予測した．

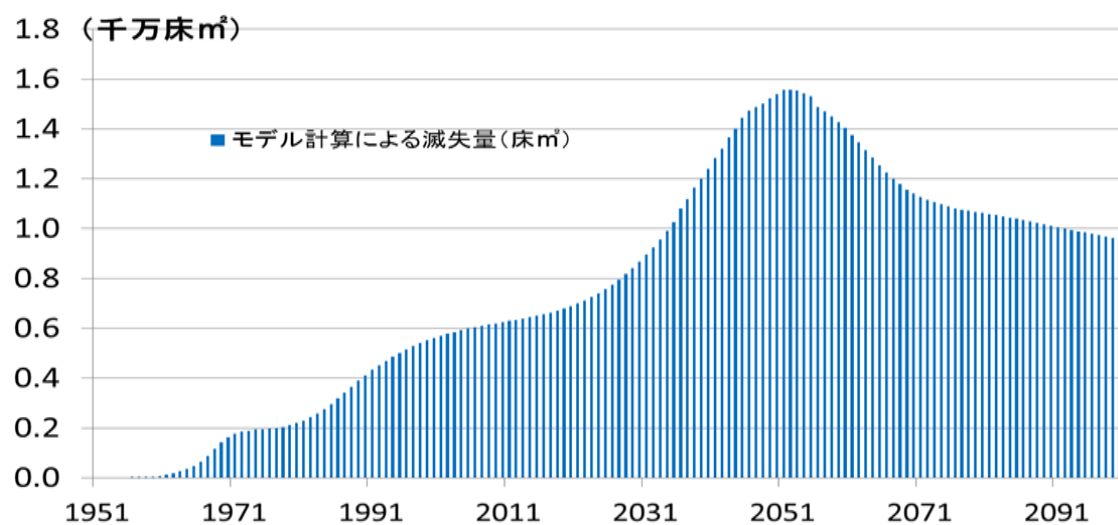


図 4-13 非木造のもったいないシナリオの時系列的滅失量変化

滅失量については，2004 年以前築と 2005 年以降築の滅失が重なることから 2052 年にピークまでは急激な増加傾向を示すが，その後は，減少していくと推計した．

### 4.2.3 各シナリオにおけるストック量変化の比較

以上の結果より，現行トレンド維持シナリオ，積極更新シナリオ，もったいないシナリオのストック量の時系列的変化の比較を図 4-14 に示す．

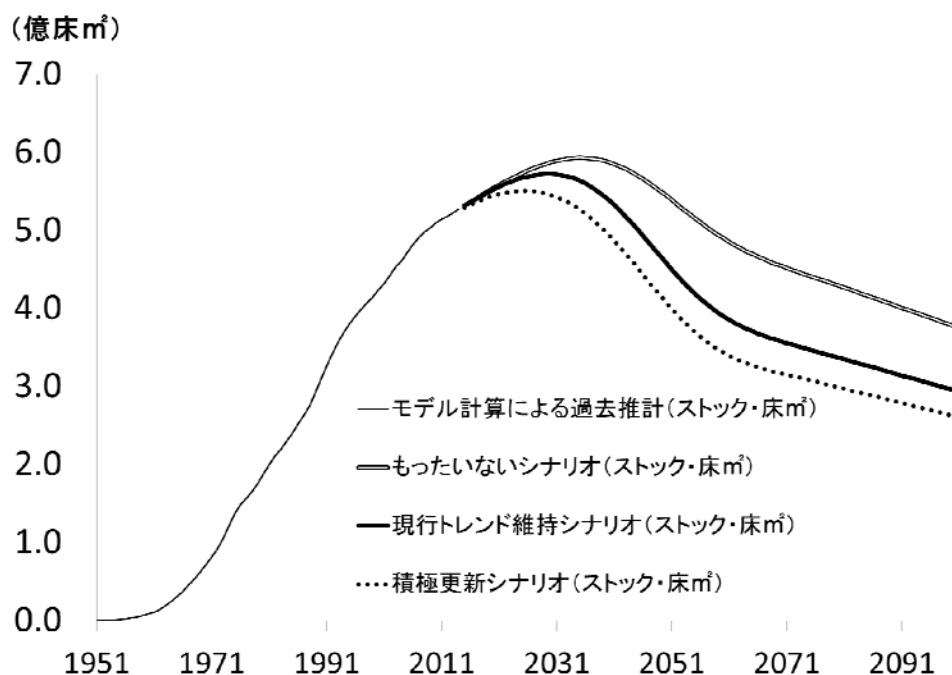


図 4-14 ストック量変化の比較（非木造）

3 シナリオともに 2050 年代までのストック量減少傾向に比べて，それ以降は緩やかになる傾向が示された。

また，もったいないシナリオでは 2036 年の 5.9 億床  $\text{m}^2$  ピーク，積極更新シナリオでは，2024 年の 5.5 億床  $\text{m}^2$  ピークとなり，約 0.4 億の差が生じる。

一方で，積極更新シナリオでは，新築投入量が減る一方，既存ストックをより前倒で滅失しているため，ストック量の減少が早くなると予測された。

### 4.3 木造建築物の空き家化に伴う老朽化ストック放置シナリオ

本節では，人口減による木造建築の需要減と長期使用化から管理されない空き家が発生し，老朽化ストックとして放置される可能性について分析する．なお，長期使用とは，建築構造物としての長期利用を目的とした技術開発に伴う長寿命化（積極的長期使用）の他，解体したいが，解体できずに老朽化し，放置されるもの（消極的長期使用）の概念を含んでいる．

#### 4.3.1 長期使用に伴うシナリオ設定

このシナリオの前提条件として，2005 年以降築の世代の滅失期間が，前世代の 10-70 年から 10-110 年築に長期使用化されたという設定とする．モデル計算に用いる世代区分，滅失時期，ワイブル変数，外生的変化係数を表 4-4 に示す．また，どの世代も滅失時期は建築後 11 年目から始まると仮定していることから，式 (2-1)，(2-2) では， $i=10$  と設定している．

表 4-4 モデル計算に用いた条件と変数

建築年代の区分	滅失時期	ワイブル変数		外生的変化係数 (要因)
		$\alpha$	$\beta$	
1872-2004 築	表 3-5 と同様			
2005-2101 築	建築後 10-110 年	3.30	55.0	

※1 1872-2004 年のワイブル変数と外生的変化係数は筆者ら<sup>4)</sup>のフィッティング計算による

※2 2005-2101 年築のワイブル変数は，滅失ピークが中心の 60 年となる値を設定

以上の前提条件に基づき，以下の 3 つのシナリオを設定する．

#### (1) 不足ストック補充シナリオ

既存ストック量に対し，その滅失による不足分だけを新築投入するシナリオであり，既存建築物を優先し，新築投入を抑制するという想定をしている．

このシナリオについては，以下の方法により設定した．

#### (a) 将来新築量

将来の新築量（床  $\text{m}^2$ ）については，着工床面積<sup>5)</sup>と夜間人口<sup>6)</sup>のオーバーラップデータ（2005-2014 年の 10 年間）から，夜間人口当たりの着工床面積を 0.3（着工床  $\text{m}^2/\text{人}$ ）と算出し，これに 2015

年以降の予測人口<sup>7)</sup>を乗じて推計している。

(b) 必要ストック量

木造ストック床面積<sup>8)</sup>と夜間人口のオーバーラップデータ(2005-2014年の10年間)から、夜間人口当たりの床面積を14.7(床 $\text{m}^2$ /人)と算出し、これに2015年以降の予測人口を乗じて必要ストック量を推計した。

なお、14.7(床 $\text{m}^2$ /人)については、非木造の夜間人口を含めた数値であり、木造・非木造ストック割合が2014年現在、1.96億床 $\text{m}^2$ :2.91億床 $\text{m}^2$ <sup>8)</sup>で、2:3程度であることを考慮すると、36(床 $\text{m}^2$ /人)となることから、妥当であると判断した。

(c) 新築投入割合の設定

次にこの必要ストック量確保のための補充量を設定する。必要ストック量は夜間人口の減少に伴い、減っていくことから、余剰ストックの発生を抑えるためには、夜間人口に応じた将来新築投入量も順次、減少することが条件となる。そこで、この新築投入量の設定を検討したところ、2020年までは、(a)で設定した0.3(着工床 $\text{m}^2$ /人)と同じとし、それ以降は2021-2030年を7割、2031-2040年を6割、2041-2050年を5割、2051-2060年を4割、2061-2101年を3割と減らしていくと仮定した場合、連続性などの観点から合理的な設定のひとつとなることが判明した。以上のことから、これを不足ストック補充シナリオとした。

(2) 新築選好シナリオ

既存建築物余剰があっても、夜間人口に応じて新築需要は変わらないとするシナリオであり、長期使用化により既存建築物に余裕ができるが、それとは関係なく、新築投入の需要は継続すると想定している。

(3) 新築準選好シナリオ

長期使用により既存ストックに余剰ができて、8割は今までどおり、新築を欲しがるというシナリオであり、本来なら新築を選択するであろう層の2割が、新築をあきらめて、既存ストックを選択すると想定している。2021年以降、夜間人口に応じた新築投入の割合を0.8に設定している。

### 4.3.2 計算結果

以上のモデルとシナリオ設定により計算した結果を図 4-15 に示す。

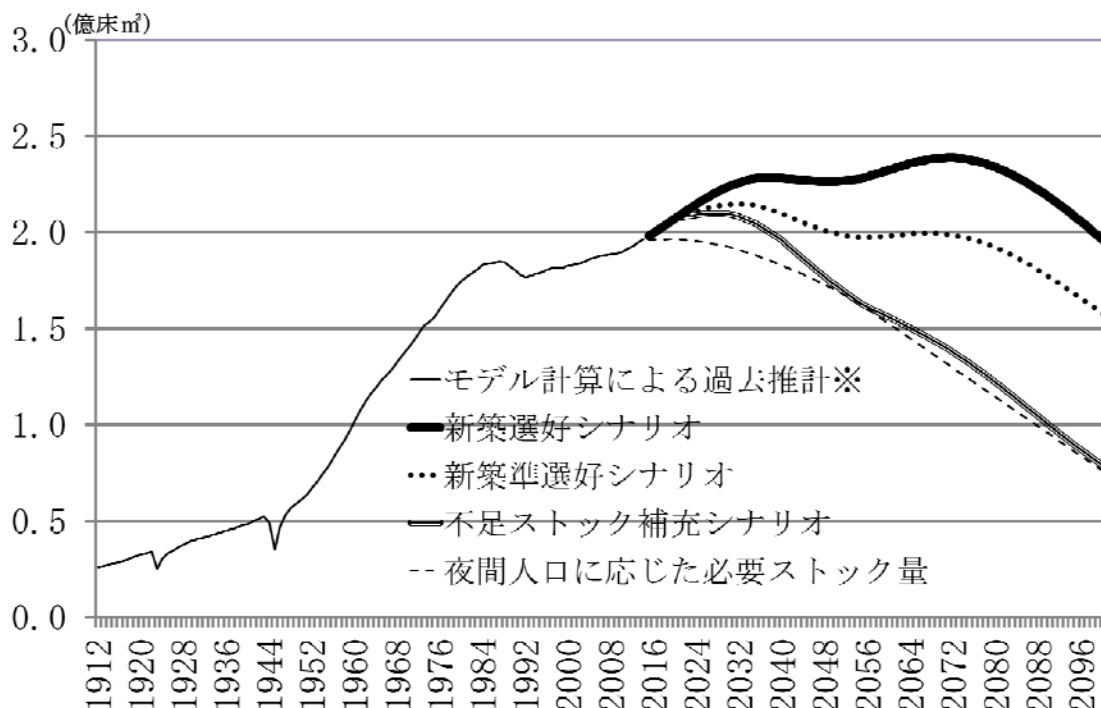


図 4-15 長期使用によるストック量の変化予測 ※筆者ら<sup>4)</sup>

不足ストック補充シナリオでは、2021 年以降、着工量を 10 年ごとに 7 割から 3 割まで減ると設定しているため、2028 年にピークを迎えた後は、一貫してストック量が減少し、2055 年以降は必要ストック量とほぼ同程度のストック量の水準になる。

新築選好シナリオは、最もストック量の多くなるシナリオとなっている。このシナリオでは、2020 年までの夜間人口増加に伴う着工量の増加による影響により、2038 年まではストック量も増加していく。その後、夜間人口減少に伴い着工量が減少するものの、70 年から 110 年に長期使用化により、1 年当たりの減失量が低減するという影響により、ストック量は横ばいとなるが、2050 年頃からは後者が優勢となり、2071 年のピークに向けてストック量は増加する。その後は、同じ残存分布の長期使用の建築物が大勢を占めるようになり、着工量は一貫して減少していくことから、ストック量もそれに応じて減少していくこととなる。必要ストック量との差が最も大きくなることから、空き家発生が高くなる可能性を示している。

新築準選好シナリオでは、2021 年から新築選好シナリオの 8 割の着

工量と想定しているため、ストック量の伸びは小さいが、新築選好シナリオと同様の理由により、ピークは 2032 年及び 2067 年と推計される。

以上のおおののシナリオについて、そのストックの築年別の割合を示したものを以下に示す。ここでは比較対象とする必要ストック量を以下の 2 つのパターンに分けて表現している。

(a) 夜間人口に応じたストック量

(b) (a) に対し、毎年 1 % 増（2064 年に 1.5 倍）と考えたストック量

(1) 不足ストック補充シナリオ (図 4-16)

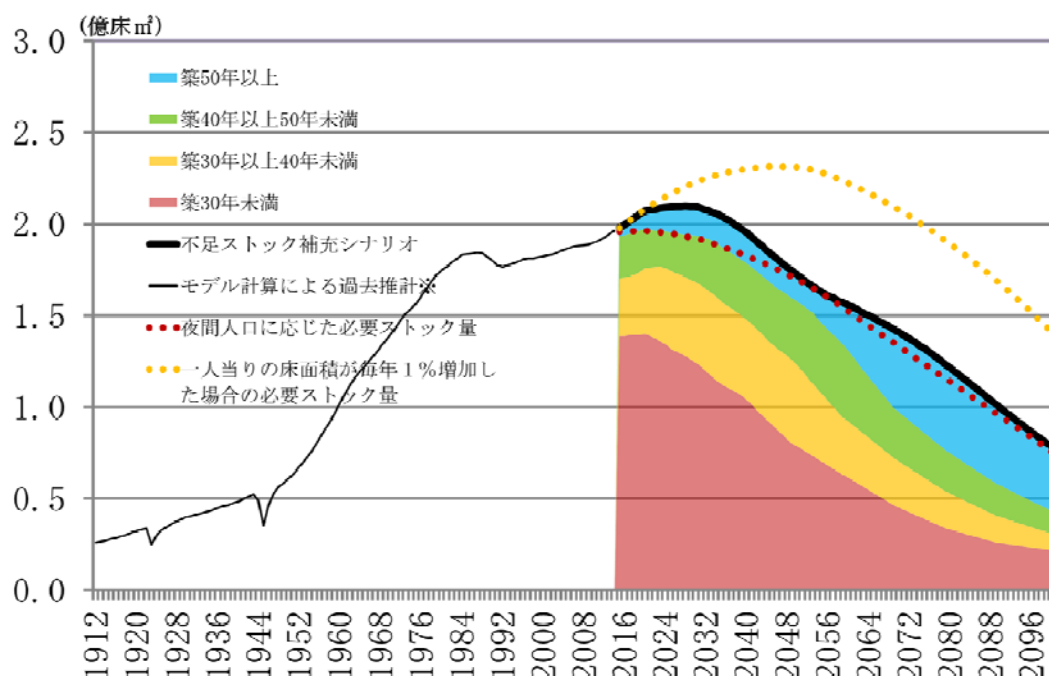


図 4-16 築年別ストック量曲線（不足ストック補充シナリオ）

このシナリオでは、概ね全て築年のストックを活用しなければ、必要ストック量(a)を維持できず、長寿命化による良質なストック活用が必要となり、これが実現できれば、2050 年以降、空き家問題は発生しない。

(2) 新築選好シナリオ（図 4-17）

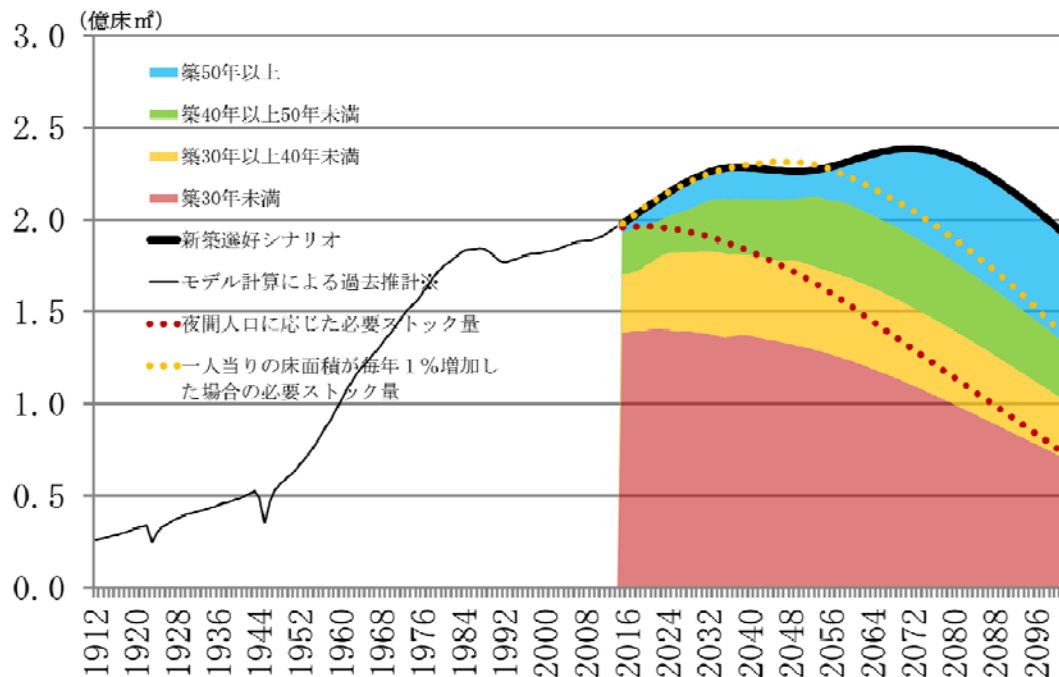


図 4-17 築年別ストック量曲線（新築選好シナリオ）

築 40 年ラインに着目した場合，2042 年までは，必要ストック量(a)がを下回るため，築 30 年以上 40 年未満や築 40 年以上 50 年未満の一部も活用しなければ必要ストック量(a)を維持できない．しかし，2043 年には必要ストック量(a)と築 40 年ラインが重なり，築 40 年以上は完全に余剰ストックとなる．更に，築 30 年以上 40 年未満であっても，21 世紀末に向かって，余剰ストック化が進み，これらが空き家化する可能性が想定される．

（最悪の管理パターン）

- (a) 新築時には，長寿命化建築物として良質なストックが提供されていたにもかかわらず，
- (b) 築 40 年後には，業界は新築を維持したいがため，まだ使える建築物の更新を勧める
- (c) 行政も「築 40 年以上の建築物の更新には補助金」など，この流れに乗ってしまう．

このシナリオについては，最も多くのストック量となるとともに，そこには，余剰ストックが多く含まれることとなるシナリオであり，空き家化及びその放置による耐久性低下から，災害発生時に多くの滅

失発生が推計される。

このため、以下の条件により、滅失量予測を行い、その結果を図 4-18 に示す。

- (a) 2050 年に計測震度 6.5（震度 7 に相当）の地震が発生
- (b) 管理されているもの（2013-2050 年築）は新耐震基準適合なので、全壊率は 17%
- (c) 管理されていない 23%（1980-2012 年築）の全壊率は、古くなればなるほど高くなるように設定（19%～83%）

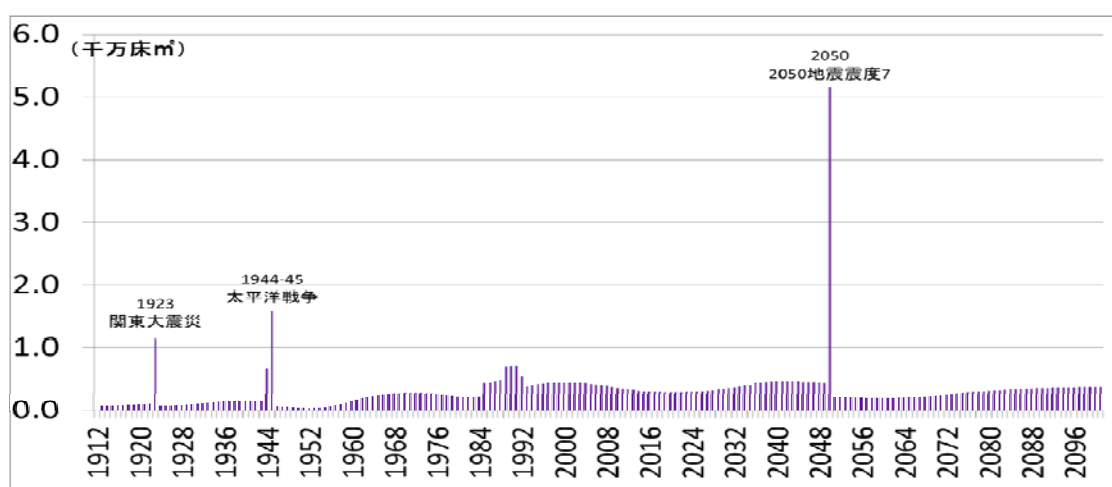


図 4-18 2050 年地震想定による滅失量予測（新築準選好シナリオ）

結果としては、滅失量は約 5,200 万床  $\text{m}^2$  となり、関東大震災（1,100 万床  $\text{m}^2$ ）の 4.7 倍、太平洋戦争（2,300 万床  $\text{m}^2$ ）の 2.3 倍に達すると推計された。この場合の震災廃棄物量は発生原単位を 0.5（t / 床  $\text{m}^2$ ）とすると 2,600 万 t 程度になるとの計算結果となった。



(3) 新築準選好シナリオ（図 4-19）

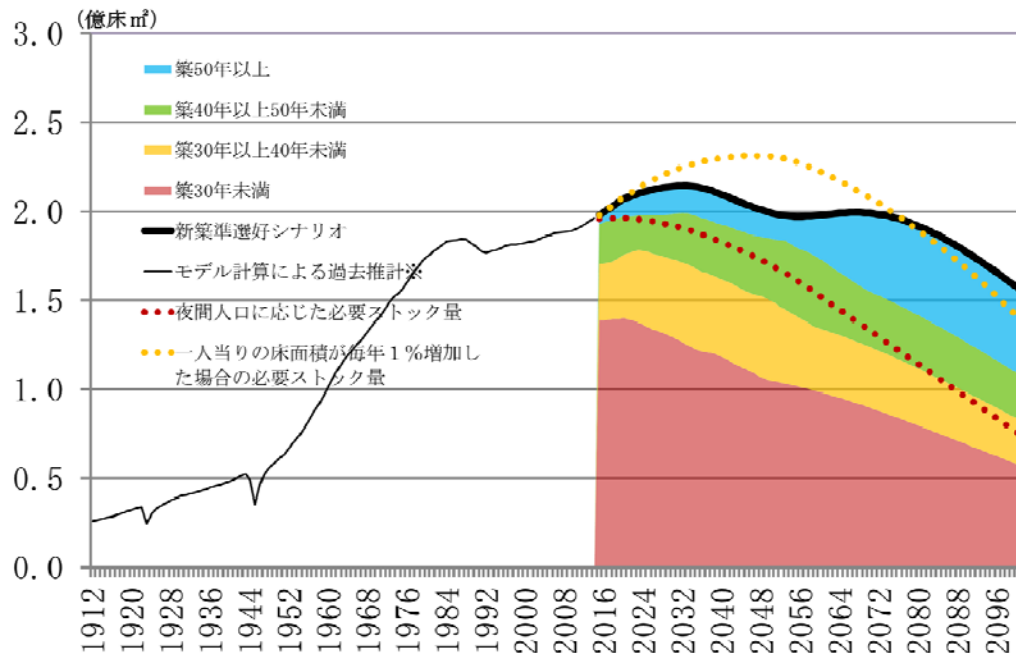


図 4-19 築年別ストック量曲線（新築準選好シナリオ）

このシナリオにおいても築 40 年以上 50 年未満ラインに着目すると、2050 年頃までは、その約半分を活用しないと必要ストック量(a)を確保できないが、その後、必要ストック量(a)のうち築 40 年以上の占める割合が徐々に減少し、2080 年頃になると築 40 年未満のものだけで必要ストック量(a)が確保できるようになり、築 40 年以上のものは、完全に余剰ストックとなるという結果になった。

この 3 つのシナリオについて、設定した 3 つの必要ストック量ラインとの比較をした場合、以下のとおり推察される

まず、必要ストック量(a)と比較した場合、どのシナリオでも築 30 年未満は必要となる。21 世紀後半になると、新築選好シナリオでは築 30 年以上、新築準選好シナリオでは築 40 年以上が不必要となっていくとなる。

次に必要ストック量(b)と比較した場合、新築選好シナリオでは 21 世紀後半では築 50 年以上が不必要となっていくが、新築準選好シナリオでは、必要ストック量(b)と同程度のストック量となる

本研究では、基本的には、既存ストックをなるべく活用し、新築投入量を制御していくべきであるという視点に重点を置いている。しかし、既存の建設業界にとっては、新築需要を守る（≡建設業界の利益

確保) という視点は、業界の発展などから重要なモチベーションである。このことから、新築準選好シナリオにおいては、一人当たりの床面積の増加により、余剰ストックはほとんど生じないという結果が出ていることから、「広い住宅を供給して、長く使ってもらう」という方策も一案であると考ええる。

#### 4.3.3 管理されない空き家の発生予測

木造建築物の長期使用の進展に伴うシナリオ比較を行っているが、本項では、最も余剰ストックが発生し、管理されない空き家化が深刻となる新築選好シナリオの結果に基づいて、老朽化木造ストックの放置に関する分析を行う。

ここでは、木造ストック余剰が発生した場合、空き家化し、古い築年ものから管理されなくなり、老朽化ストックとして放置され则认为。これ以外にも、「古い築年のものから」ではなく「立地条件の悪いところから管理されなくなる」なども考えられるが、公共交通が発達している東京都においては、前者のストーリーの可能性が高いと考えた。

##### (1) 管理されない空き家の発生率

総務省統計局<sup>3)</sup>は、2013年における空き家のうち、賃貸、売却など管理されている空き家以外を「その他住宅」として集計している。これらは、活用されず、腐食や破損が多いことから老朽化ストックと考えられており、ここでは、この「その他住宅」を「管理されない空き家」と表現することとする。この管理されない空き家は、東京都の住宅総数に対する割合は2.1%であり都道府県別では最低であり、全国では5.3%となっている。鹿児島県が最大で11%、政令指定都市では概ね5%以下の水準にある(表4-5)。

表 4-5 自治体別の管理されない空き家率(%)

全国	5.3	都道府県			
3大都市圏		東京都	2.1	福井県	7.3
関東大都市圏	3.0	神奈川県	3.1	広島県	7.3
中京大都市圏	4.4	埼玉県	3.4	岩手県	7.3
近畿大都市圏	5.1	愛知県	3.9	秋田県	7.5
政令指定都市		沖縄県	4.0	熊本県	7.5
札幌市	2.9	宮城県	4.2	長野県	7.6
仙台市	3.4	千葉県	4.6	大分県	7.7
さいたま市	2.8	大阪府	4.7	山梨県	8.0
千葉市	3.4	福岡県	4.7	長崎県	8.1
特別区部	2.2	静岡県	5.0	岡山県	8.1
横浜市	3.0	北海道	5.1	宮崎県	8.2
川崎市	1.8	山形県	5.1	鳥取県	8.3
相模原市	3.0	茨城県	5.3	三重県	8.3
新潟市	5.0	兵庫県	5.4	山口県	8.9
静岡市	4.8	栃木県	5.7	愛媛県	9.5
浜松市	4.2	京都府	5.9	島根県	9.5
名古屋市	3.2	滋賀県	5.9	香川県	9.7
京都市	5.5	福島県	5.9	徳島県	9.9
大阪市	4.5	青森県	6.2	和歌山県	10.1
堺市	4.6	群馬県	6.2	高知県	10.6
神戸市	4.5	岐阜県	6.6	鹿児島県	11.0
岡山市	5.9	石川県	7.0	※総務省:平成25年度住宅・土地統計調査より作成	
広島市	4.8	奈良県	7.0		
北九州市	5.6	富山県	7.0		
福岡市	2.4	佐賀県	7.1		
熊本市	4.8	新潟県	7.2		

現在の日本において、老朽化し、放置されている空き家の問題は、地方部で顕在化しており、東京都を含む大都市では、それほど大きな問題となっていないことから、本研究では、管理されない空き家の発生率は、5%を超えた場合が注意水準、10%を超えた場合に危険水準と考えることとした。

## (2) 管理されない空き家の予測量

そこで、新築選好シナリオにおける木造ストック量推計と管理されない空き家の発生率を考慮して、東京都における 2030 年と 2050 年における予測量を表 4-6 に示す。

表 4-6 管理されない空き家予測量

	2030	2050
A 必要ストック量（億床 $\text{m}^2$ ）	1.92	1.70
B=A*0.98*(上段 1.05, 下段 1.1) 管理される ストック限界量（億床 $\text{m}^2$ ）	1.97 /2.07	1.75 /1.83
C 新築選好型シナリオによるストック量（億 床 $\text{m}^2$ ）	2.24	2.26
D=C-B 管理されない空き家量（億床 $\text{m}^2$ ）	0.27 /0.17	0.51 /0.43
E=D/C*100 管理されない空き家の割合（%）	12.1 /7.6	22.6 /19.0

※管理されなくなる空き家率：上段 5%超/下段 10%超

A 必要ストック量には、現状の東京都における管理されない空き家を含んでいるため、B 管理されるストック限界量として算出する際には、東京都の管理されない空き家率 2.1%を考慮して、0.98 を乗じている。

### 4.3.4 老朽化空き家の放置の可能性

#### (1) 管理されない空き家の腐朽要因

管理されない空き家は、急速に腐朽や破損が進み耐久性が低下すると考えられているが、その具体的な腐朽要因及び過程を以下のとおりまとめる。

##### (a) 換気不足と温度変化による影響

室内が高温多湿化し、結露が発生すると細菌が増殖する。すると昆虫や小動物が侵入し、畳やフローリングは急速に劣化していく。続いて木質系建材（屋根、梁、桁、柱、床、筋交い、根太、土台、化粧版など）が劣化し、白蟻なども発生する。建材は膨張・収縮を繰り返す、壁や床に狂いが発生し、建屋全体に歪みが生じる。

## (b) 防水の劣化

周辺に雑草などが放置されることから、雨どいなどに枯葉が堆積し、庇や野地板（屋根板）が腐食し、雨水が室内に侵入する。地下部があると、雨水排水不足から水が侵入する場合もある。また、外見上の廃屋化が進むと侵入者による窓ガラスの破壊が行われ、風雨が室内へ入ることにより急速に劣化が進む。

なお、上記については、空き家管理経験のある不動産業者からのヒアリング調査結果（表 2-15）をまとめたものであるが、この他にも「木造の場合、3 か月くらいで様々な影響が現れ、数か月で臭気が発生しはじめる」「空き家の廃屋化は突然、起きる訳ではなく、はじめは売却や賃貸物件として管理していたものが、客が現れないことから、次第に管理費や手間をかけなくなり、ますます、客が来ないという悪循環を繰り返した末に、廃屋となっていく」などの管理状況の回答を得た。

## (2) 放置される老朽化木造ストックの発生予測

表 4-6 において、2030 年と 2050 年の管理されない空き家量の推計を行った。これらは、老朽化が進み、より古い建築年のものから放置されていく可能性が高いと考えられる。まず、図 4-20 に 2030 年及び 2050 年の築年数別の木造ストック量分布を示す。

なお、管理されなくなり、放置される原因としては、築年の他に交通アクセスなどの立地条件や商店や施設など周辺環境なども考えられるが、東京都は公共交通網が比較的発達しており、市街地も広範に分布していることから、築年による影響が最も大きいと考えた。

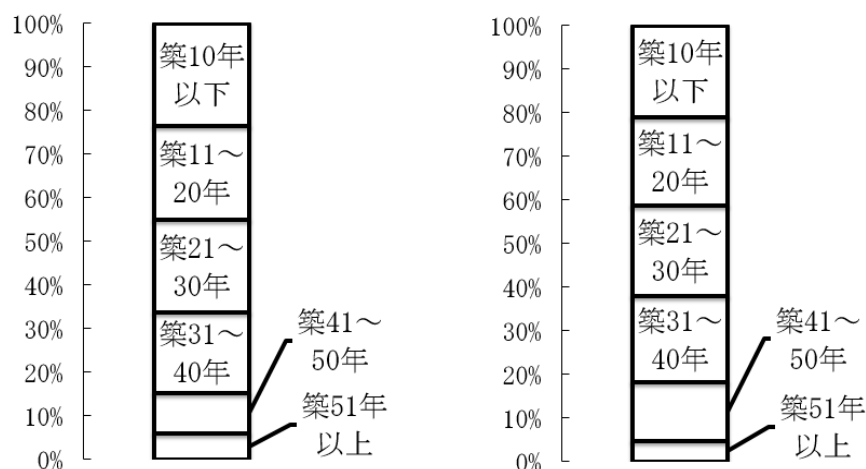


図 4-20 2030, 2050 年における築年数別ストック量分布 (%)

(左 : 2030 年, 右 : 2050 年)

ここから表 4-6 の E の割合となる築年数をまとめたものが、表 4-7 となる。

表 4-7 老朽化・放置されると予測される木造の築年数

管理されなくなる空き家率	2030	2050
5%超とした場合 (95%は管理)	築 43 年以上 1987 年以前築	築 38 年以上 2012 年以前築
10%超とした場合 (90%は管理)	築 48 年以上 1982 年以前築	築 40 年以上 2010 年以前築

東京都ははじめとした大都市においては、高度経済成長期に集中整備された建築物ストックが耐用年数を迎える一方、人口減少に伴う需要減少から、空き家化やその放置が危惧されている。これは、すでに地方都市で顕在化しており、建築物の長いライフサイクルを考えれば、喫緊の課題であり、今、まさに関連主体に対し、早急な対応に向けた方策を明示し、行動を促すべき時期に來ていると言える。

これら未然に防ぐために建築物に関わる発注者・施主、建設業界、所有者・管理者、行政などの関連主体が担うべき管理方策などをより、明確にしていく必要がある。

#### 参考文献（第4章）

- 1) 東京都：東京都長期ビジョン，用語解説，2014.12
- 2) 東京都防災会議：首都直下型地震等による東京の被害想定報告書，第3部被害想定手法，平成24年9月
- 3) 総務省：平成25年度住宅・土地統計調査，世帯の種類(3区分)，世帯の年間収入階級(10区分)，世帯人員(7区分)，住宅の所有の関係(6区分)別普通世帯数一都道府県，21大都市，東京都
- 4) 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.
- 5) 東京都：建築統計年報，着工建築物，昭和26年～平成25年.
- 6) 東京都：東京都の統計，参考表4人口の推移  
<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/jugoki/2014/ju14q10001.htm>，2016.2閲覧.
- 7) 東京都：新たな長期ビジョン（仮称）論点整理，平成25年11月.
- 8) 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，1981-2013.

## 第 5 章 ストック由来の廃棄物量予測と処理費用試算に基づく処理体制の構築

### 5.1 シナリオに基づく廃棄物発生量の予測

本節では，3 章で示した現行トレンド維持シナリオ（木造，非木造）の滅失予測をもとに，21 世紀前半の建築物解体由来の廃棄物量の予測を行うこととする．

#### 5.1.1 原単位の設定

モデル計算により算出した滅失量の単位は床  $\text{m}^2$  としており，これを物質量（t）に変換するために用いた原単位を表 5-1 に示す．

なお，木造については，新・解体工法と積算<sup>1)</sup>，建物等解体工事費等算定要領<sup>2)</sup>，建設廃棄物処理マニュアル<sup>3)</sup>から，非木造については，建設廃棄物処理マニュアル<sup>3)</sup>の値を用いて，使用用途のシェアは，住宅 60%，事業所 30%，工場等 10%（2014）として計算したものである．

表 5-1 床面積当たりの発生原単位 [単位：kg/床  $\text{m}^2$ ]

品 目	木造※ 1	非木造※ 2			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	下ごみなど
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	



## 5.1.2 廃棄物発生予測

### (1) 現行トレンドによる廃棄物発生量予測

以上の原単位を用いて、第3章で示した木造、非木造の現行トレンドの建設廃棄物の予測量を示したものが、図5-1である。なお、ここでは2008年を起点としているが、これは2008年築の建築物の原単位ではなく、2008年に解体された建築物の原単位として取り扱っていることに留意しなければならない。本モデル計算では、2040年代後半に廃棄物排出量のピーク予測していることから、その増大局面である21世紀前半について、現在との比較検討を行ったものが、表5-2である。

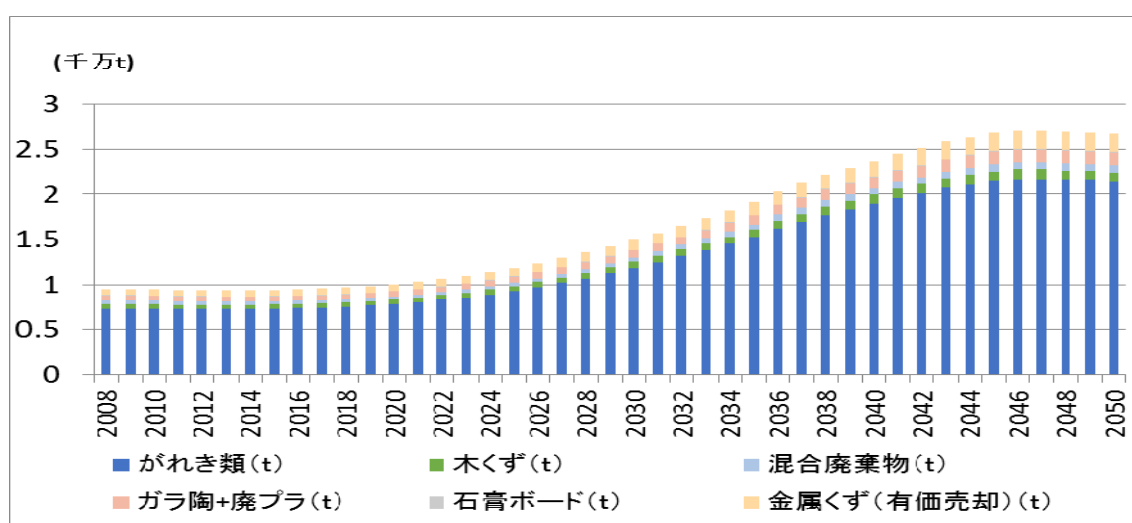


図 5-1 建築物解体由来の廃棄物量予測（現行トレンド）

表 5-2 廃棄物発生量比較（現行トレンド 2016,2030 及びピーク年）  
（単位：t）

	合計	がれき類	木くず	混合廃棄物	ガラ陶+廃 プラ	石膏ボ ード	金属くず （有価売 却）
2016	9,472,460	7,341,883	487,265	355,930	528,744	44,842	713,797
2030	14,946,886	11,827,377	686,056	469,386	801,521	57,424	1,105,121
2047ピーク予測	27,065,357	※21,707,604	1,081,192	785,885	1,373,500	96,637	2,020,539

※がれき類のピークは前年の2046年、21,717,585(t)と予測

これによれば、2030年の廃棄物量は、現在の1.6倍程度となり、ピーク

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、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。なお、金属くずについては、有価売却されていることから、ここに含めていない。

なお、表 5-1 の原単位については、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ものであり、将来における傾向については不確実性を含んでいると考える。また、現在の東京都における建設廃棄物のインベントリの中では、発生量＝現場搬出量となっており、現場内利用や現場内減量は進んでいない(図 2-12～図 2-16 参照)ことから発生原単位が現場搬出原単位になっていると言える。

そこで、建設廃棄物の現場搬出量に関する感度分析を図 5-2 の通り行った。ここでは、床面積当りの搬出量が、0.5, 0.75 倍となった場合の他、2050 年に向けて、毎年 1% ずつ増加又は減少していくパターンについても分析を行っている。なお、原単位 1.0 の曲線が表 5-1 の原単位使用、すなわち、図 5-1 の総量の推移となっている。

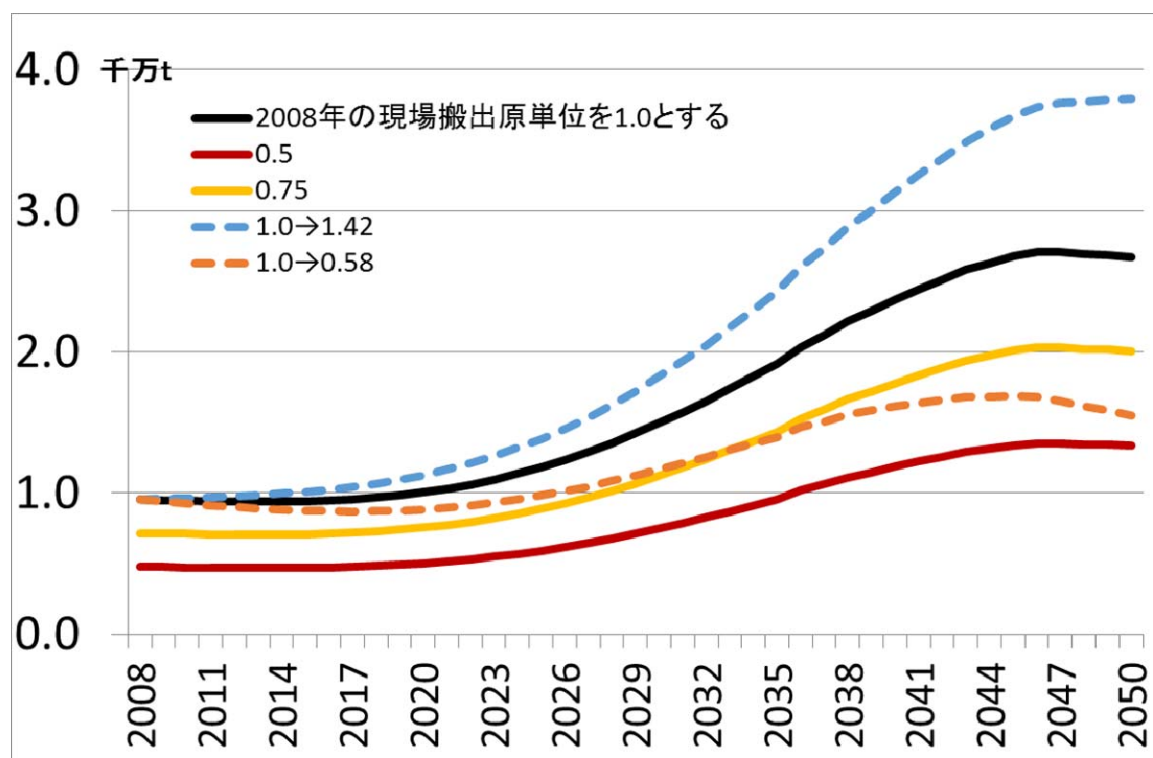


図 5-2 廃棄物の現場搬出量に関する感度分析

全体の傾向としては、廃棄物発生量は増加しているため、2047年頃のピークに向けて発生量の差は拡大することとなる。一方、原単位が減少していくパターン（1.0→0.58）は2045年にピークだが、増加するパターン（1.0→1.42）ではピークは現れない。

また、建設廃棄物の現場搬出原単位が減少するパターンとしては、建築物躯体自体が軽量化している場合の他に、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、原単位が増加するパターンとしては、躯体が重量化している場合の他に、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を想定している。

## (2) 積極更新シナリオによる廃棄物発生予測

前章では、具体的シナリオコンセプトを設定し、木造では既存不適格の積極更新、非木造では景気回復に伴う積極更新という2つの積極更新のシナリオ分析を行っている。(1)との比較として、この2つの積極更新に基づく建設廃棄物の予測量を図5-3及び表5-3に示す。

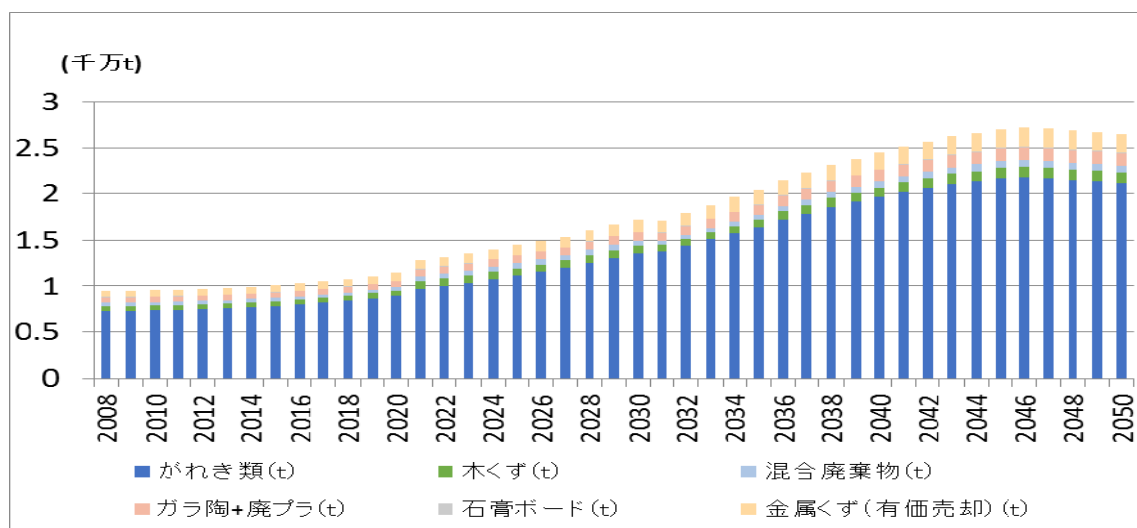


図 5-3 建築物解体由来の廃棄物量予測（積極更新シナリオ）

表 5-3 廃棄物発生量比較（積極更新シナリオ 2016,2030 及びピーク年）

（単位：t）

	合計	がれき類	木くず	混合廃棄物	ガラ陶+廃 プラ	石膏ボー ド	金属くず（有 価売却）
2016	10,297,065	8,006,823	522,277	360,069	574,878	44,842	788,176
2030	17,199,969	13,555,622	817,899	530,397	939,768	64,398	1,291,885
ピーク予 測（年）	27,211,450 （2046）	21,805,290 （2046）	1,105,213 （2048）	790,604 （2050）	1,391,251 （2046）	97,607 （2051）	2,051,623 （2046）

これによれば、2030 年の廃棄物量は、現在の 1.7 倍程度となり、ピークは 2046-2051 年頃で、2016 年の 2.6 倍程度に達するとの計算結果となった。

既存不適格木造を 10 年間で更新するシナリオを含んでいるため、2021～2030 年にかけて若干の廃棄物発生量が増加しているが、(1)と比較して、それほど大きな差は現れないと推計された。

## 5.2 現状における解体・処理処分の費用の試算

これまでの研究では、建設廃棄物の移動は、既存再資源化・処理施設の地理的分布と処理能力によって決まると考えられてきた。例えば、川畑ら<sup>4)</sup>は、“現状における産業廃棄物の排出量と既存施設の処理能力も踏まえた地理的分布を基に、処理フローを推定する中でそれらの空間的需給バランスを論じることができる”としている。これに対し、本節では、移動性は解体工事の実事業者の経済性に依存し、特に運搬特性が大きく影響すると考えた。

### 5.2.1 計算方法

解体工事及び処理処分の費用に関する基本式を以下に示す。

#### (1) 実事業者の収入

$$P = P_0 (1 - \alpha_0) (1 - \alpha_1) \cdots (1 - \alpha_n) \quad (5-1)$$

$P$ ：(n+1) 次下請として実事業者の受取金額

$P_0$  円：施主が元請に支払う金額

$\alpha_0$ ：元請の管理や手数料の割合

$\alpha_n$ ：n 次下請けの管理や手数料の割合

## (2) 実作業者の支出

$$C=D+T+R \quad (5-2)$$

C：実作業者が必要な経費

D：解体費用（人件費，重機損料，仮設費など）

T：運搬費用（人件費，車両損料，燃料費，道路料金）

R：再資源化・処理処分費用

この場合，実作業者は  $P - C$ （収益）の最大化を目指すことになるが， $P$  収入は施主と上位の請負業者の合意により決まり，実作業者の関与の余地はほとんどない． $D$  解体費は事業の目的（更地化）にかかる経費であり，削減が極めて難しい経費である．また， $R$  処理処分費は，施設の繁忙状況などの変動により決まるため，実事業者の関与は小さい．

一方，廃棄物をどこに運ぶかについては，実事業者任せられており， $T$  運搬費は実作業者の裁量により，選択のできる費用である．

### 5.2.2 解体・運搬に関する業界特性

以上の点から運搬は実作業者の経済的観点から重要である．まず，一般的な解体業やそこから発生する建設廃棄物の運搬に関する現状を以下にまとめる．

- (a) 3～4次以下の下請の中小零細業者や個人が多くを占める．
- (b) 当日搬出が原則である．都市部の解体現場は狭い場合が多く，重機やダンプなどの作業スペースの確保が優先される．このため，廃棄物の仮置場の確保は困難となっている．また，廃棄物を長時間，現場に留めておくことは，不法投棄誘発や周辺住民からの苦情の原因となることから，早期の搬出が必要となる．
- (c) 搬出時間が制限される．ダンプなどによる搬出時は，土埃の発生や交通安全上の問題が生じる．特に通学路や通勤路に重なる場合，朝 8:30 前の作業には制限などがかかるケースが多い．また，冬場は日没が早く，搬出先の処理処分施設への搬入時間にも制限があることから，現場から搬出する時間に制約がかかる．
- (d) 搬出準備に時間を要する．搬出時刻，積込時間，荷型成形（バラ物），搬出先施設営業時間が大きく影響する．
- (e) 配送期限や出来形・出来高・品質管理の概念がなく，安価な不適正処理につながる可能性がある．

以上の現状から，搬出回数と運搬時間・距離の関係について考えた場合，建設廃棄物の運搬費は1日あたりの車両損料（リース料）や雇上料で決まり，1日の運搬回数が多ければ多いほど，経済性が良いと考えられる．これを数式により表現すると以下のとおりとなる．

$$N = \frac{T - TR + TC}{TL + 2TC + TD} \quad (5-3)$$

N：1日の搬出回数（回，自然数）  
T：運搬車両の1日の拘束時間（hr）  
TR：休憩休息時間及び引継ロス（hr）  
TC：片道運搬時間（hr）＞0  
TL：積込及び荷姿成型時間（hr）  
TD：積下及び事務手続時間（hr）

（5-3）式における分子は運搬に使える時間であり，分母は1回の運搬にかかる時間となる．ここで T=8, TR=1.5, TL=TD=0.5 とし，N は正の自然数でなければならない条件から，（2）式の結果は表 5-4 のとおり整理することができる．

表 5-4 搬出回数と運搬時間・距離の関係

N (回)	TC (hr)	平均車速 (km/hr)	限界距離 (片道 km)	直線距離 =限界距離/1.2 (片道 km)
1	5.5	40（高速+一般道）	220	180
2	1.5	〃	60	50
3	0.7	20（一般道）	14	12
4	0.36	〃	7	5.8
5	0.17	〃	3	2.5
6	0.05	〃	1	0.8
7	≤ 0	運搬不可能		

この場合、N の値が大きい、つまり、一日の運搬回数が増えると、経済的に有利となることとなるが、N=3 以上では、片道 14km（直線距離 12km 程度）以下となり、施設が現場近傍になれば成り立たず、処理施設を見つけるのは困難であるケースが多く、実作業者は選択できないと考えられる。

### 5.2.3 用途・構造別費用の試算

以上の基本式により、用途や構造別に規模を想定し、収入、支出について試算したものを以下にまとめる。

#### (1) 木造住宅

想定した規模などは以下のとおりである。

- (a) 木造・住居用の 100 床  $m^2$ （30 坪）
- (b) 実働工程 10 日間（仮設養生 2 日、解体作業 6 日、片付撤収 2 日）
- (c) 建り法に基づく分別解体を実施
- (d) 4 t 車又は 2 t 車にて 1 日 2 回の当日搬出（10 t 車は不可想定）

以上の規模などから、公開されている見積及びヒアリング調査から実作業者の収入 P を表 5-5 のとおり試算した。

表 5-5 実作業者の坪当たりの収入（木造住宅）

実作業者が5次下請の場合	P <sub>0</sub>	1- $\alpha_1$	P <sub>1</sub>	1- $\alpha_2$	P <sub>2</sub>	1- $\alpha_3$	P <sub>3</sub>	1- $\alpha_4$	P <sub>4</sub>	1- $\alpha_5$	P
木造38坪	92,000	0.85	78,200	0.85	66,470	0.85	56,500	0.85	48,025	0.85	40,821
実作業者が2次下請の場合	P <sub>0</sub>	1- $\alpha_1$	P <sub>1</sub>	1- $\alpha_2$	P <sub>2</sub>	1- $\alpha_3$	P <sub>3</sub>	1- $\alpha_4$	P <sub>4</sub>	1- $\alpha_5$	P
木造38坪							53,000	0.85	45,050	0.85	38,293
実作業者が1次下請の場合	P <sub>0</sub>	1- $\alpha_1$	P <sub>1</sub>	1- $\alpha_2$	P <sub>2</sub>	1- $\alpha_3$	P <sub>3</sub>	1- $\alpha_4$	P <sub>4</sub>	1- $\alpha_5$	P
木造住宅2階38坪									41,600	0.85	35,360
木造住宅2階36坪									30,710	0.85	26,104
木造住宅2階38坪									41,900	0.85	35,615
木造住宅2階37坪									49,540	0.85	42,109
木造住宅2階34坪									50,970	0.85	43,325
木造住宅2階40坪									71,530	0.85	60,801
木造住宅3階35坪									68,300	0.85	58,055
木造住宅3階35坪									80,980	0.85	68,833
木造住宅1階38坪									42,280	0.85	35,938
木造住宅2階33坪									35,560	0.85	30,226
元請の場合	P <sub>0</sub>	1- $\alpha_1$	P <sub>1</sub>	1- $\alpha_2$	P <sub>2</sub>	1- $\alpha_3$	P <sub>3</sub>	1- $\alpha_4$	P <sub>4</sub>	1- $\alpha_5$	P
木造											35,000
平均(円/坪)											42,344

※施主ヒアリング（2008.10），P<sub>0</sub>：大手ハウスメーカー

※施主ヒアリング（2008.10），P<sub>0</sub>：地元建設業者

※東京都-木造住宅の解体費用相場：解体工事の匠 HP,

<http://kaitai-takumi.com/price/area/tokyo/>, 2016.819 閲覧)

※解体費用予測業者ヒアリング（2008.10）

ここでは、実作業者の収入は、42,300（円/坪）/3.3=1.3（万円/㎡）と推定されることから、1.3（万円/床㎡）×100（床㎡）÷130 万円と試算された。

次に、実作業者による支出であるが、工事費積算に一般的に使われている建築施工単価<sup>5)</sup>を用いて以下のとおり算出した。

解体費 D については、基本的には、上屋解体と内部造作解体とで構成され则认为したが、木造住宅の解体業者は、中小零細による下層下請業者であることから、通常の工事費に含まれる現場管理費、一般管理費は非計上と考えられることから、0.85 の割引率を加味している。

運搬費 T 及び再資源化・処理処分費 R については、解体に伴い廃棄物の発生量の把握が必要となることから、表 5-6 の解体時の発生原単位を用いて発生量を算出した。

表 5-6 発生原単位及び廃棄物量（木造住宅 100 床㎡）

品 目	発生原単位※		発生量		備 考
	kg/床㎡	㎡/床㎡（荷姿）	t	㎡	
がれき類	222.7	0.19	22.3	19.0	
木くず	93.3	0.44	9.3	44.0	
混合廃棄物	107.1	0.17	10.7	17.0	下ごみ，残渣物
ガラス陶磁器くず	51.2	0.05	5.1	5.0	
石膏ボード	14.7	0.04	1.5	4.0	
金属くず	7.1	0.08	0.7	8.0	有価売却
合 計	496.1	0.97	49.6	97.0	

※新・解体工法と積算<sup>1)</sup> 福島県：建物等解体工事費等算定要領<sup>2)</sup>，建設廃棄物処理マニュアル<sup>3)</sup> より作成



以上により運搬費 R については，4t ダンプ，2t ダンプにより運搬することとし，再資源化・処理処分費 R については，東京都，神奈川県，千葉県，埼玉県，茨城県，群馬県，栃木県及び山梨県への搬出方面別に算出を行った．その結果を，表 5-7 に示す．なお，比較例として，悪質業者がミンチ解体及び不法投棄を行った場合の試算結果も合わせて示す．

表 5-7 実作業者の支出と収益試算（木造住宅 100 床 m<sup>2</sup>）

搬出方面	P 収入 (万円)	D 解体費 (円)	T 運搬費 (円)	R 処理費 (円)	C 支出 =D+T+R (万円)	収益 (P-C) (万円)
東京	130	382,500	275,400 (2 回搬出/ 日)	793,000	150	-20
神奈川				490,900	110	20
千葉				609,400	130	+0
埼玉				442,500	110	20
茨城				304,500	100	30
群馬			489,600 (1 回搬出/ 日)	512,700	140	-10
栃木				685,900	160	-30
山梨				450,300	130	-0
不適正処理		170,000	127,500	0	30	100

(2) 木造アパート

想定した規模などは以下のとおりである．

(a) 木造・住居用の 150 床  $\text{m}^2$  (45 坪)

(b) 実働工程 14 日間（仮設養生 3 日，解体作業 9 日，片付撤収 2 日）

(c) 建り法に基づく分別解体を実施

(d) 4 t 車又は 2 t 車にて 1 日 2 回の当日搬出（10 t 車は不可）

以上の規模などから，公開されている見積から実作業者の収入  $P$  を表 5-8 のとおり試算した．

表 5-8 実作業者の坪当たりの収入（木造アパート）

	$P_0$ (円/坪)	$1 - \alpha_1$	$P$ (円/坪)
木造アパート 2 階 36 坪	46,296	0.85	39,352
木造アパート 2 階 36 坪	48,868	0.85	41,538
木造アパート 2 階 39 坪	56,923	0.85	48,385
木造アパート 2 階と自宅 48 坪	74,267	0.85	63,127
木造アパート 2 階 46.25 坪	45,045	0.85	38,288
木造アパート 2 階 48.5 坪	38,144	0.85	32,422
木造アパート 2 階 57.6 坪	46,131	0.85	39,211
木造アパート 2 階 59 坪	47,166	0.85	40,091
平均 (円/坪)			42,802

※解体工事の匠 HP， <http://kaitai-takumi.com/price/area/tokyo/>，201610.11 閲覧）より作成

ここでは，実作業者の収入は， $42,800 \text{ (円/坪)} / 3.3 = 1.3 \text{ (万円/床} \text{m}^2\text{)}$ と推定されることから， $1.3 \text{ (万円/床} \text{m}^2\text{)} \times 150 \text{ (床} \text{m}^2\text{)} \div 195 \text{ 万円}$ と試算された．

次に(1)と同様に使用した解体費 D、運搬費 T 及び再資源化・処理処分費 R の算出を行った。なお、使用した原単位及び発生量については、表 5-9 に示す。

表 5-9 発生原単位及び廃棄物量（木造アパート 150 床 m<sup>2</sup>）

品 目	発生原単位※		発生量		備 考
	kg/床 m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /床 m <sup>2</sup> （荷姿）	t	m <sup>3</sup>	
がれき類	222.7	0.19	33.4	28.5	
木くず	93.3	0.44	14.0	66.0	
混合廃棄物	107.1	0.17	16.1	25.5	下ごみ，残渣物
ガラス陶磁器くず	51.2	0.05	7.7	7.5	
石膏ボード	14.7	0.04	2.2	6.0	
金属くず	7.1	0.08	1.1	12.0	有価売却
合 計	496.1	0.97	74.5	145.5	

※新・解体工法と積算<sup>1)</sup> 福島県：建物等解体工事費等算定要領<sup>2)</sup>，建設廃棄物処理マニュアル<sup>3)</sup> より作成

以上により，(1)と同様に，実作業者の支出と収益を表 5-10 に示す．

表 5-10 実作業者の支出と収益試算（木造アパート 150 床  $\text{m}^2$ ）

搬出方面	P 収入 (万円)	D 解体費 (円)	T 運搬費 (円)	R 処理費 (円)	C 支出 =D+T+R (万円)	収益 (P-C) (万円)
東京	195	535,500	321,300  (2 回搬出/ 日)	1,189,300	200	-5
神奈川				736,200	160	35
千葉				913,900	180	15
埼玉				663,700	150	45
茨城				456,600	130	65
群馬			606,900  (1 回搬出/ 日)	769,100	190	5
栃木				1,028,700	220	-25
山梨				675,500	180	15
不適正処理		255,000	204,000	0	45	150

(3) RC 事務所ビル

想定した規模などは以下のとおりである.

(a) RC 造事務所ビル用の 300 床  $\text{m}^2$  (90 坪) , 3 ~ 4 階建

(b) 実働工程 50 日間 (仮設養生 10 日, 解体作業 35 日, 片付撤収 5 日)

(c) 建り法に基づく分別解体を実施

(d) コンクリートガラは 10 t 車, 他は 4 t 車又は 2 t 車にて 1 日 2 回の当日搬出

以上の規模などから, 公開されている見積から実作業者の収入  $P$  を表 5-11 のとおり試算した.

表 5-11 実作業者の坪当たりの収入 (RC 事務所ビル)

構造	階数	坪数	$P_0$ (円/坪)	$1-\alpha_1$	$P$ (円/坪)
RC ビル	4	67.0	102,985	0.85	87,537
RC ビル	地上 3B1	59.3	160,607	0.85	136,516
RC ビル	4	86.0	89,849	0.85	76,372
RC ビル (狭小地)	3	39.5	106,835	0.85	90,810
RC ビル (狭小地)	3	110.0	88,691	0.85	75,387
RC ビル (狭小地)	地上 3B1	173.0	81,520	0.85	69,292
RC ビル (狭小地)	地上 4B1	61.0	111,279	0.85	94,587
RC ビル	6	87.0	107,368	0.85	91,263
平均 (円/坪)					90,220

※解体サポート HP, [http://www.kaitai-support.com/exp\\_rc.html](http://www.kaitai-support.com/exp_rc.html), 2016.10.19 閲覧より作成

ここでは, 実作業者の収入は,  $90,220$  (円/坪)  $/3.3=2.7$  (万円/ $\text{m}^2$ ) と推定されることから,  $2.7$  (万円/床  $\text{m}^2$ )  $\times 300$  (床  $\text{m}^2$ )  $\div 810$  万円と試算された.

次に(1)と同様に使用した解体費 D、運搬費 T 及び再資源化・処理処分費 R の算出を行った。なお、使用した原単位及び発生量については、表 5-12 に示す。

表 5-12 発生原単位及び廃棄物量 (RC 事務所ビル 300 床 m<sup>2</sup>)

品 目	発生原単位※		発生量		備 考
	kg/床 m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /床 m <sup>2</sup> (荷姿)	t	m <sup>3</sup>	
がれき類	1365.5	0.91	409.7	273.0	
木くず	5.5	0.011	1.7	3.3	
混合廃棄物	2.2	0.008	0.7	2.4	下ごみ, 残渣物
ガラス陶磁器くず	32.7	0.032	9.8	9.6	
石膏ボード	9.7	0.028	2.9	8.4	
金属くず	126.5	1.425	38.0	427.5	有価売却
合 計	1542	2.42	462.8	724.2	

※建設廃棄物処理マニュアル<sup>3)</sup> より作成

以上により，(1)と同様に，実作業者の支出と収益を表 5-13 に示す．

表 5-13 実作業者の支出と収益試算（RC 事務所ビル 300 床 m<sup>2</sup>）

搬出方面	P 収入 (万円)	D 解体費 (円)	T 運搬費 (円)	R 処理費 (円)	C 支出 =D+T+R (万円)	収益 (P-C) (万円)
東京	810	3,784,000	1,338,000 (2 回搬出/ 日)	1,627,000	675	135
神奈川				850,000	600	210
千葉				1,534,000	665	145
埼玉				1,035,000	615	195
茨城				731,000	585	225
群馬			2,045,000 (1 回搬出/ 日)	825,000	665	145
栃木				1,538,000	735	75
山梨				575,000	640	170
不適正処理		1,746,000	1,199,000	0	295	515

#### (4) RC 住宅

想定した規模などは以下のとおりである．

(a) RC 造住宅の 230 床  $\text{m}^2$  (70 坪) , 3 ～ 4 階建

(b) 実働工程 40 日間 (仮設養生 5 日, 解体作業 30 日, 片付撤収 5 日)

(c) 建り法に基づく分別解体を実施

(d) コンクリートガラは 10 t 車, 他は 4 t 車又は 2 t 車にて 1 日 2 回の当日搬出

以上の規模などから, 公開されている見積から実作業者の収入  $P$  を表 5-14 のとおり試算した．

表 5-14 実作業者の坪当たりの収入 (RC 住宅)

構造	階数	坪数	$P_0$ (円/坪)	$1 - \alpha_1$	$P$ (円/坪)
RC	3	39.8	185,930	0.85	158,040
RC	4	62.5	129,264	0.85	109,874
RC	4	82.9	127,388	0.85	108,280
RC	4	83.0	126,506	0.85	107,530
RC	4	100.1	89,910	0.85	76,424
RC	3	99.0	46,764	0.85	39,749
RC	3	107.8	36,922	0.85	31,383
平均 (円/坪)					90,183

解体工事の匠 HP, [http://kaitai-takumi.com/price/type/rc\\_tokyo/](http://kaitai-takumi.com/price/type/rc_tokyo/), 201610.19 閲覧より作成

ここでは, 実作業者の収入は,  $90,183 \text{ (円/坪)} / 3.3 = 2.7 \text{ (万円/床}\text{m}^2\text{)}$  と推定されることから,  $2.7 \text{ (万円/床}\text{m}^2\text{)} \times 230 \text{ (床}\text{m}^2\text{)} \div 621 \text{ 万円}$  と試算された．



次に(1)と同様に使用した解体費 D、運搬費 T 及び再資源化・処理処分費 R の算出を行った。なお、使用した原単位及び発生量については、表 5-15 に示す。

表 5-15 発生原単位及び廃棄物量 (RC 住宅 230 床 m<sup>2</sup>)

品 目	発生原単位※		発生量		備 考
	kg/床 m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /床 m <sup>2</sup> (荷姿)	t	m <sup>3</sup>	
がれき類	1,221.5	0.814	280.9	187.2	
木くず	20.6	0.041	4.7	9.4	
混合廃棄物	7.9	0.030	1.8	6.9	下ごみ, 残渣物
ガラス陶磁器くず	56.9	0.056	13.1	12.9	
石膏ボード	10.1	0.029	2.3	6.7	
金属くず	73.7	0.830	17.0	190.9	有価売却
合 計	1,390.7	1.80	319.8	414.0	

※建設廃棄物処理マニュアル<sup>3)</sup> より作成

以上により，(1)と同様に，実作業者の支出と収益を表 5-16 に示す．

表 5-16 実作業者の支出と収益試算（RC 住宅 230 床 m<sup>2</sup>）

搬出方面	P 収入 (万円)	D 解体費 (円)	T 運搬費 (円)	R 処理費 (円)	C 支出 =D+T+R (万円)	収益 (P-C) (万円)
東京	620	2,759,000	1,014,000 (2 回搬出/ 日)	1,484,000	525	95
神奈川				780,000	455	165
千葉				1,323,000	510	110
埼玉				913,000	470	150
茨城				650,000	440	180
群馬			1,573,000 (1 回搬出/ 日)	801,000	510	110
栃木				1,320,000	565	55
山梨				602,000	490	130
不適正 処理		1,228,000	816,000	0	200	420

(5) S 造ビル

想定した規模などは以下のとおりである．

(a) S 造ビルの 250 床  $\text{m}^2$  (75 坪) , 3 ~ 4 階建

(b) 実働工程 40 日間 (仮設養生 10 日, 解体作業 25 日, 片付撤収 5 日)

(c) 建り法に基づく分別解体を実施

(d) コンクリートガラは 10 t 車, 他は 4 t 車又は 2 t 車にて 1 日 2 回の当日搬出

以上の規模などから, 公開されている見積から実作業者の収入 P を表 5-17 のとおり試算した．

表 5-17 実作業者の坪当たりの収入 (S ビル)

構造	階数	坪数	$P_0$ (円/坪)	$1-\alpha_1$	P (円/坪)
S (鉄骨ブロック造)	3	30.0	98,633	0.85	83,838
S	3	86.0	61,628	0.85	52,384
S	3	143.0	70,769	0.85	60,154
S	4	68.0	88,382	0.85	75,125
S (狭小地)	3	65.0	130,000	0.85	110,500
S	3	45.0	100,000	0.85	85,000
平均 (円/坪)					77,833

※解体サポート HP, [http://www.kaitai-support.com/exp\\_rc.html](http://www.kaitai-support.com/exp_rc.html), 2016.10.19 閲覧より作成

ここでは, 実作業者の収入は,  $77,833 \text{ (円/坪)} / 3.3 = 2.4 \text{ (万円/床} \text{m}^2\text{)}$  と推定されることから,  $2.7 \text{ (万円/床} \text{m}^2\text{)} \times 250 \text{ (床} \text{m}^2\text{)} \div 600 \text{ 万円}$  と試算された．

次に(1)と同様に使用した解体費 D、運搬費 T 及び再資源化・処理処分費 R の算出を行った。なお、使用した原単位及び発生量については、表 5-18 に示す。

表 5-18 発生原単位及び廃棄物量 (S ビル 250 床 m<sup>2</sup>)

品 目	発生原単位※		発生量		備 考
	kg/床 m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /床 m <sup>2</sup> (荷姿)	t	m <sup>3</sup>	
がれき類	744.4	0.496	186.1	124.0	
木くず	6.0	0.012	1.5	3.0	
混合廃棄物	1.4	0.005	0.4	1.3	下ごみ, 残渣物
ガラス陶磁器くず	31.2	0.030	7.8	7.5	
石膏ボード	8.5	0.024	2.1	6.0	
金属くず	181.2	2.042	45.3	510.5	有価売却
合 計	972.7	2.61	243.2	652.3	

※建設廃棄物処理マニュアル<sup>3)</sup> より作成

以上により，(1)と同様に，実作業者の支出と収益を表 5-19 に示す．

表 5-19 実作業者の支出と収益試算（S ビル 250 床 m<sup>2</sup>）

搬出方 面	P 収入 (万円)	D 解体費 (円)	T 運搬費 (円)	R 処理費 (円)	C 支出 =D+T+R (万円)	収益 (P-C) (万円)
東京	600	1,825,000	660,000  (2 回搬出/ 日)	845,300	330	270
神奈川				451,700	290	310
千葉				778,300	330	270
埼玉				527,200	300	300
茨城				385,700	290	310
群馬			1,017,000  (1 回搬出/ 日)	442,100	330	270
栃木				785,300	360	240
山梨				328,300	320	280
不適正 処理		650,000	637,500	0	130	470

(6) S 造住宅

想定した規模などは以下のとおりである。

(a) S 造住宅の 160 床  $m^2$  (50 坪) , 2 ~ 3 階建

(b) 実働工程 20 日間 (仮設養生 5 日, 解体作業 10 日, 片付撤収 5 日)

(c) 建り法に基づく分別解体を実施

(d) コンクリートガラは 10 t 車, 他は 4 t 車又は 2 t 車にて 1 日 2 回の当日搬出

以上の規模などから, 公開されている見積から実作業者の収入 P を表 5-20 のとおり試算した。

表 5-20 実作業者の坪当たりの収入 (S 住宅)

構造	階数	坪数	$P_0$ (円/坪)	$1-\alpha_1$	P (円/坪)
S (狭小地)	3	48.0	112,500	0.85	95,625
S	3	68.0	55,456	0.85	47,138
S	2	36.0	38,889	0.85	33,056
S	2	66.8	42,964	0.85	36,519
S	2	42.4	48,750	0.85	41,438
S (火災現場)	2	16.3	46,135	0.85	39,215
S	2	32.3	40,310	0.85	34,263
S	3	34.0	71,676	0.85	60,925
S	2	20.2	34,378	0.85	29,222
S	3	88.3	57,763	0.85	49,099
S	3	88.5	65,475	0.85	55,653
S	3	88.6	96,107	0.85	81,691
S	2	53.0	117,047	0.85	99,490
S	3	54.5	106,789	0.85	90,771
S	3	53.5	130,322	0.85	110,774
S	2	36.0	67,939	0.85	57,748
S	2	33.6	90,882	0.85	77,250
S	2	36.0	69,389	0.85	58,981
平均 (円/坪)					61,048

※解体サポート HP, [http://www.kaitai-support.com/exp\\_rc.html](http://www.kaitai-support.com/exp_rc.html), 2016.10.19 閲覧より作成

ここでは、実作業者の収入は、61,048（円/坪）/3.3=1.8（万円/㎡）と推定されることから、1.8（万円/床㎡）×160（床㎡）÷288万円と試算された。

次に(1)と同様に使用した解体費 D、運搬費 T 及び再資源化・処理処分費 R の算出を行った。なお、使用した原単位及び発生量については、表 5-21 に示す。

表 5-21 発生原単位及び廃棄物量（S 住宅 160 床㎡）

品 目	発生原単位※		発生量		備 考
	kg/床㎡	㎡/床㎡（荷姿）	t	㎡	
がれき類	411.4	0.274	65.8	43.8	
木くず	89.3	0.179	14.3	28.6	
混合廃棄物	6.3	0.024	1.0	3.8	下ごみ，残渣物
ガラス陶磁器くず	56.9	0.056	9.1	9.0	
石膏ボード	10.1	0.029	1.6	4.6	
金属くず	26.9	0.303	4.3	48.5	有価売却
合 計	600.9	0.87	96.1	138.3	

※建設廃棄物処理マニュアル<sup>3)</sup>より作成

以上により，(1)と同様に，実作業者の支出と収益を表 5-22 に示す．

表 5-22 実作業者の支出と収益試算（S 住宅 160 床 m<sup>2</sup>）

搬出方 面	P 収入 (万円)	D 解体費 (円)	T 運搬費 (円)	R 処理費 (円)	C 支出 =D+T+R (万円)	収益 (P-C) (万円)
東京	288	1,584,000	372,000  (2 回搬出/ 日)	751,500	270	18
神奈川				443,500	240	48
千葉				616,400	260	28
埼玉				444,200	240	48
茨城				298,900	225	63
群馬			613,000  (1 回搬出/ 日)	463,500	270	18
栃木				663,500	290	-2
山梨				384,800	260	28
不適正 処理		624,000	225,000	0	90	198



(7) 実事業者の集計試算例の搬出先別の比較

以上(1)～(6)について、構造別・用途別にその収支について比較したものを表 5-23 に示す。

表 5-23 実事業者の支出と収益試算の比較（構造別・用途別）

構造 用途	想定規模 床面積 階高 請負額※	搬出方面別の実事業者の利益（万円）			
		東京 都内	周辺 4 県（50km 圏内） 神奈川/千葉/埼玉/茨 城の平均	他関東（50km 圏外） 群馬/栃木/山梨の平 均	不適正 処理
木造戸 建住宅	100 床 m <sup>2</sup> 2 階 130 万円	▲ 20	+20	▲ 15	+100
木造ア パート	150 床 m <sup>2</sup> 2 階 200 万円	▲ 10	+40	▲ 5	+150
RC 事務 所ビル	300 床 m <sup>2</sup> 4 ～ 5 階 810 万円	+130	+200	+130	+520
RC 住宅	230 床 m <sup>2</sup> 3 ～ 4 階 620 万円	+100	+150	+100	+420
S 事務所 ビル	250 床 m <sup>2</sup> 3 階 600 万円	+270	+300	+260	+470
S 住宅	160 床 m <sup>2</sup> 2 ～ 3 階 290 万円	+20	+50	+15	+200

※実事業者の受取れる請負額

以上の結果を以下のとおりまとめる。

- (a) どの構造・用途を見ても、周辺 4 県の収益が高くなっている。これは、周辺 4 県と他関東の運搬回数の差（周辺 4 県は 2 回, 他関東

は 1 回) が収益に影響しているためである。なお、搬出方面が東京都内であれば、運搬回数は 2 回となるが、処理処分費が高いことから、収益が下がってくる。

(b) 木造解体の収益は低く、特に東京都と 50km 圏外では赤字となり、運搬費の差 20 万円が損益分岐点となっている。

(c) 事務所ビル解体は収益が高く、住宅系では RC, S, 木造の順で収益が低くなるという結果となった。

(d) 不適正処理については、運搬回数を夜間の 1 回としているが、安価なミンチ解体、大型ダンプによる混載、処理処分費がかからないなど、支出を大きく抑えることができることから、請負額の 3/4 程度の不当な利益となる。

### 5.3 21 世紀前半における処理処分体制の構築

東京都においては、1950-60 年代の経済成長期に、大量の建築物や社会資本が集中整備されており、今後、一斉に耐用年数を迎えることが予測されている。これに伴い、中期的には廃棄物発生量が増加することが考えられる。そこで、本節では、5.1 で想定シナリオに基づく 21 世紀前半の建築物ストックに由来する廃棄物の予測をしている。

そこでは、廃棄物が 2040 年代後半に向けて急増していくことを予測しているが、この廃棄物急増局面における管理責任や処理責任について、どのような方策が必要かを以下に示した。

#### 5.3.1 廃棄物処理能力の増強の必要性

まず、5.1 で示した現行トレンド予測から計算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、多量性のあるがれき類、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 5-24 に示す。

表 5-24 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 年間稼働日数	必要増強施設数 A/ (B*C)
がれき類	5,000,000 15,000,000	3,000	300	5～6 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 年付近（発生ピーク時・下段）

増強施設数を算定するにあたって、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及び年間稼働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府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。

上記の施設増強は、木造、非木造の合計となっているが、5.2では、用途・構造別に解体・運搬・処理処分の収支について試算を行っており、現時点では、木造住宅や木造アパートの実作業者の収益が低いあるいは、マイナスになるとの結果を得ている。非木造建築物の解体が技術的なスキルが必要である一方、木造建築物は、比較的単純な工事であり、過当競争状態にあることから、元請から低い価格で請け負っていることが考えられる。不法投棄などの不適正処理を増長させないためにも、木造建築物の解体工事から発生する廃棄物を優先に受け入れるなどの配慮が必要となる。

### 5.3.2 立地条件

立地については、5.2 において、1 日の搬出回数による経済性の観点から、直線距離で 50km 以内の位置に配置することが適当であるとの結論を得た。この範囲内であれば、排出場所に近いほうが有利ではあるが、逆に住民理解（整備スピード、稼動時間、騒音、振動など）、経済性（地価、維持管理や運転人件費など）、土地の確保（ストックヤード、メンテナンスヤード）などの制約が強くなることから、21 世紀半ばを整備目標とした場合、50km 付近に立地せざるを得ないと考えられることから、その概略立地を図 5-4 に示す。

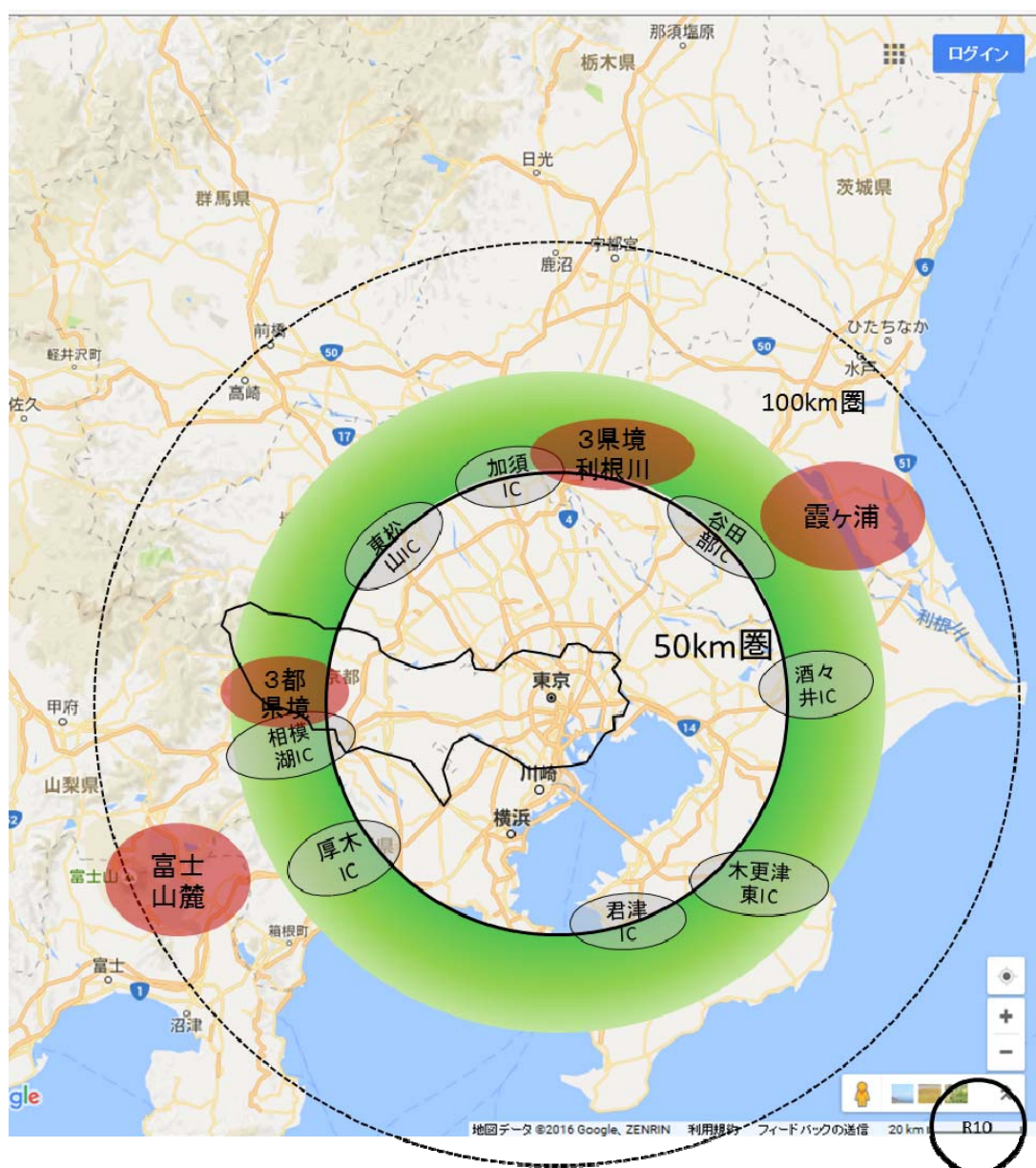


図 5-4 立地イメージ（東京都 50km 圏）

ここでは、適当な立地位置について、層状で表示しているが、この付近には、霞ヶ浦、県都境界、富士山麓など不適正処理や不法投棄が発生してきた地点を含むことから、これらの防止効果を見込むこともできる。

### 5.3.3 責任分担及び運用・稼働に向けて

以上について、21世紀前半の廃棄物増大局面における責任分担や稼働条件などを考慮し、その処理処分体制のあり方について、以下のとおりまとめる。

まず、対象とする廃棄物は、建設系産業廃棄物7品目（廃プラスチック、金属くず、ガラス及び陶磁器くず、がれき類、木くず、紙くず、繊維くず）のうち、多量性の観点からがれき類を、腐敗性があり、管理型最終処分が義務付けられている木くず及び処理困難性がある混合廃棄物とする。なお、金属くずは概ね、有価物として再生されていること、紙くずと繊維くずは、他の品目に比較して少量であることから、対象から外している。

立地条件については、前述のとおり、運搬特性の観点から東京の概ね50km圏付近が適正であると考ええる。

処理施設・再資源化施設の整備主体については、住民の廃棄物処理業界に対する不信感を考えれば、既存処理処分業者による事業拡大は困難であると言える。更に住民のリサイクルや環境意識の高まりから、単なる解体業者としての処理責任ではなく、それを建築した主体としての製造者責任の視点から、建設業界や建材メーカーが主体となるべきと考える。建設系産業廃棄物は、がれき類は再生砕石や再生骨材、木くずは再生建材など、現状においても次の建築材料として再資源化の可能性が高いことから、単なるリサイクルではなく、優先順位の高いリユースというアップサイクルへのモチベーションにもつながる。

ただし、例えば再資源化されたとしても、将来、その生産と需要がマッチングしているとは限らず、需給ギャップなどの不確定要素は考慮しておかなければならない。民間企業にとって、収益性は施設経営の重要な要素であり、安全性、安定性に基づく住民理解の醸成の観点からも、これをサポートするための公的関与は必要となる。具体的制度としては、PFI、コンセッション方式などがある。また、現在の再資源化施設は、廃棄物を材料として受入れる際に処理費を受け取り、再資源化したものを製品として売却する、いわゆる両取により成り立っている。しかし、この方式は、再資源化したものが売却できなくなる

と成り立たなくなり、廃棄物の受入だけを継続した結果、大量の廃棄物の放置という不適正処理の事態を招いてきた。

そこで、運用方法としては、将来の市況変化などの不確実性に伴う再生資源の需給ギャップリスクを考慮し、十分なストックヤード確保や安定的受入れを確保し、再生した資源は災害時などに備えてストックしておくという公共機能を併せ持った処理優先型のリサイクル施設とすることが適当である。また、将来需要を見越した高付加価値化へのアップサイクルを目指す意味でも、公的関与は必要となると考える。

この他には、現行の再資源化施設で見られるような受入品目の制限をせず、処理困難物についても安心して持込みができるようなにしておくことで、不適正処理の拡散防止の機能を持たせることや、木造建築物の解体・処理処分は、中小零細事業者の収益性などを考慮して、優先性や処理費負担の軽減などのしくみを構築しておくことにより、再資源化と適正処理がバランスした体制となると考える。

## 参考文献（第 5 章）

- 1) 財団法人経済調査会：新・解体工法と積算，P279 表 9-5
- 2) 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
- 3) 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．
- 4) 川畑隆常，大迫政浩，山田正人，田崎智宏，松井康弘，立尾浩一：建設廃棄物の排出量と中間処理能力の地理的な需給アンバランスの解析，廃棄物学会論文誌，Vol. 16，No2，pp.151-pp.162，2005.
- 5) 一般財団法人経済調査会：季刊建築施工単価，2016.7 夏．



## 第6章 低成長期への転換における建築物ストックの管理方策

本研究では、人口減少に伴い社会全体が拡大から縮小へと転換していくことが見えてきた今、長いライフサイクルを持つ社会資本や建築物の適正な資源循環・ストック活用に向けた管理方策について再構築すべき適正な時期に来ていると考えている。

4章のシナリオ分析では、21世紀後半までを視野に人口減少により建築需要は減っていくと推計しており、これに伴い、新築をモチベーションとする処理責任は減退していくことが考えられる。また、ストック、滅失ともに低成長への転換点が確実に見えてきている中で、建設業界などが、この限られたパイの取り合いに固執し、既存ストック管理や処理責任が軽視されていくことや既存の処理処分業界が、将来の再資源化への投資や技術革新の意欲を無くしていくことは容易に想像できる。一方、21世紀前半においては、建設系廃棄物発生量は、増加傾向となりりものの、5章では業界特性から、現在、その処理処分を担っている実作業者の責任には限界があることを示してきた。さらに、21世紀後半では、必要ストック量に対し、新築投入のアンバランスが起きることにより、管理されない空き家が発生し、何も利用されない退蔵化による資源利用の停滞のほか、腐朽化による耐久性が低下しによる災害時の倒壊や延焼の原因などになる可能性があると考えられる。

これらに共通する現状の問題は、ライフサイクルを通じた管理がなされていないことであると考えられることから、本章では、今、行うべき管理方策とそれを実現するための提案について論じる。

## 6.1 責任範囲

### (1) 現状の建築物の処理責任

現状における建築物の処理責任は、解体され、廃棄物が発生した時点を開始点と考えており、その概念図を図 6-1 に示す。

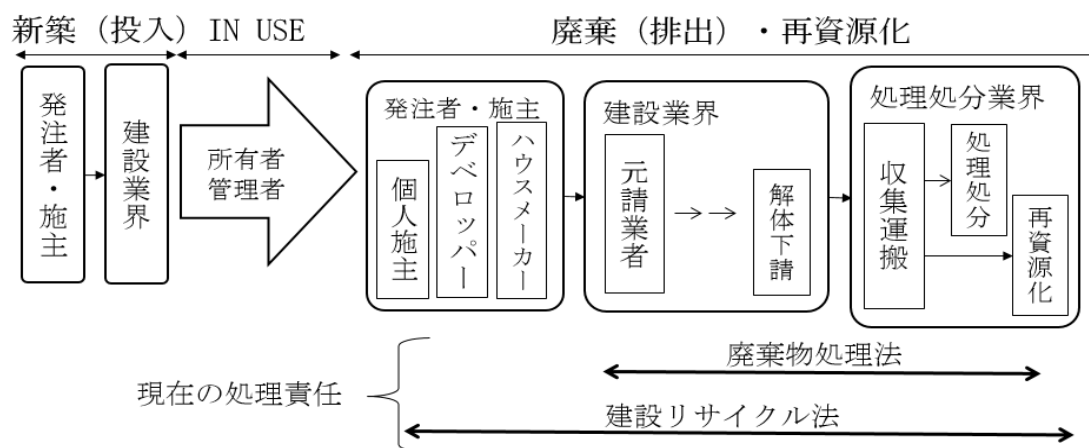


図 6-1 建築物の処理責任に関する概念図

法体系においても、廃棄物処理法では解体工事の元請業者が処理責任を負うこととされており、2000 年の建設リサイクル法施行に伴い、発注者や施主にその責任が拡大されたものの、やはり、解体・廃棄時点からの責任であることは変わっていない。

一方、一般的な拡大生産者責任(EPR)の定義としては、OECD<sup>1)</sup>は「製品のライフサイクルにおける消費者より後の段階にまで生産者の物理的又は経済的責任を拡大する環境政策上の手法」、東京都<sup>2)</sup>は「製品等の製造者や販売者が、その製品等が廃棄物になった後においても、自ら回収してリサイクルを行うなどの一定の責任を負うこと」としており、この原則に従うとすれば、本来は新築時の関連主体が負うべき責任と解される。

また、現在の処理責任のモチベーションは、解体工事そのものではなく、その後に行われる新築工事であると考えられる。東京都においては、まだ、新築を伴う建替需要が高いため、このしくみは成り立っているが、今後、人口減に伴い建替需要が減退していくと考えれば、誰が責任を負うかは大きな社会問題となる可能性がある。

以上の現状を踏まえ、本章では、建築物のライフサイクルにおける関連主体による管理方策について、まず、基本的なしくみとして、現行の処理責任を新築時の発注者・施主、建設業界、使用者としての所

有者・管理者及び建材製造者の生産者責任へと拡大していくべきであると考ええる。

これにより，責任の所在が明確になることや，建築時からの再資源化動機の醸成が見込まれる一方，長いライフサイクルを持つ建築物を対象とすることからその意識の減退が起きうること，そもそも，遠い将来に対し，建築時からの責任を負うことに対する不確実性へのリスクなどの課題については検討が必要となる。

## 6.2 資源循環関連法

再資源化に関する資源循環は，高度経済成長期の1970年に制定された廃棄物処理法により，廃棄物の視点から処理処分の範疇の中で資源管理されてきた歴史がある。この時期は，公害が大きな社会問題となっていた時期と重なり，廃棄物処理法は性悪説に基づく規制法となっている。その後，公害問題が解決に向かい，人の健康や生活環境が確保できるようになると，環境行政は大きな変革を向かえる。1993年に公害対策基本法が環境基本法へと変わり，2000年には循環型社会形成推進基本法が施行され，規制法的手法と資源循環推進という2本の柱のもと，資源循環施策が展開されることとなった。

現行における資源循環関連法体系を図6-2に示す。

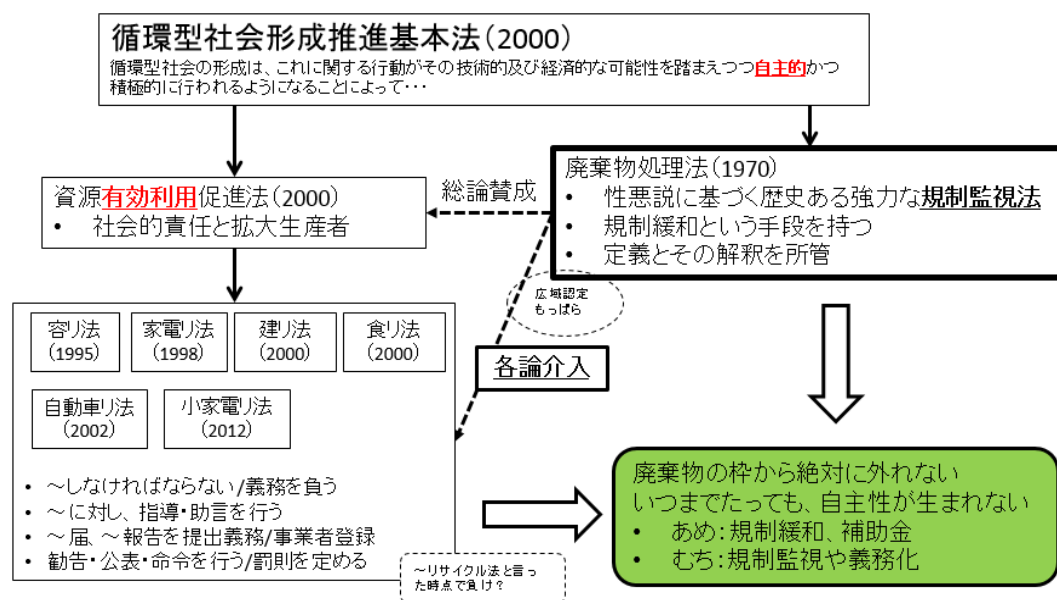


図 6-2 現行の資源循環関連法体系とその課題

現行法では，資源循環を推進するための循環型社会形成推進基本法を基本とし，個別リサイクル法により再資源化推進を，廃棄物処理法

で規制・監視を規定する体系となっている。しかし、実際は、歴史が長く、性悪説的に事業者を捉えながら、常に規制強化を行ってきた廃棄物処理法は、その権限が強く、循環型社会形成推進基本法の理念となっている「自主性」に対し、介入していると思われる部分がある。

この根本の原因は、総合判断説という極めてあいまいな判断基準に基づく廃棄物の定義を廃棄物処理法が所管していることにありと考える。現行の法体系では、「廃棄物」と判断された場合、再資源化意欲やその社会的要請とは無関係に、多くの規制がかかる仕組みとなっている。廃棄物処理法は、規制を強化してきたという歴史から、処理処分業や処理施設の許認可、産業廃棄物の管理伝票（マニフェスト）や産廃契約の義務化、処理施設の構造基準や維持管理基準、保管基準などの規制的手段を多く持っている。一般的に、行政によるリサイクル推進・誘導手法としては、補助金などによる経済的インセンティブの付与、優良事業認定などの公的認証による普及啓発などと並んで規制緩和があるが、この点には、廃棄物処理法に頼る部分が多く、結果として、一部の規制が緩和されたとしても、廃棄物という定義が残っている限り、その他の多くの規制がかかることとなり、自主的な資源循環やリサイクルの推進を萎縮させる原因となっている。

日本の各都市の中には、すでに人口減少がはじまっているところも多く、東京都においても 2020 年代には人口減少がはじまることが予測されている。本研究においても、シナリオにより多少の違いはあるものの建築物のストックは 2030 年代に、滅失は 2040 年代にピークを向かえ、その後、減少していくと予測している。

廃棄物処理法が高度経済成長期の拡大していく社会において、使用済の物質は資源価値のない有害物として拡散し、環境汚染を防ぐことを前提とした管理を目的に立法されたことを考えれば、縮小社会へ転換期を迎え、有害物ではなく、資源と捉えることが常識となってきた今、新たな各種立法の主旨を反映できるように見直すべきであると考ええる。

この場合、まず、廃棄物処理法は生産者責任を考慮した規制監視法へ特化し、その上で「廃棄物」や「再生資源」などの資源循環に深く関わる定義及び解釈は、資源有効利用促進法へゆだねるべきであると考ええる。そして、廃棄物の定義の根幹となっている「有価で売却できないもの」という範囲を「再資源化ができないもの」へと変更し、廃棄物の対象を絞った上で、徹底的に規制・監視を行うべきであると考ええる。

### 6.3 ライフサイクルを通じたデータ管理

建築物は長いライフサイクルを持つという特徴から、上流（投入～ストック形成）と下流（ストック～排出・廃棄）に至る過程において、統計上の分断が生じている。既往研究における推定計算においても、橋本・寺島<sup>3)</sup>が“建設省の調査によると、わが国で発生する建築物由来の解体廃棄物量は、・・・本稿の推計値とは3～4倍の開きがある”，長谷川ら<sup>4)</sup>が“本推計による結果が3.24Mt/年，建設副産物実態調査による結果が0.41Mt/年となり，本推計モデルが建設副産物実態調査に対して大幅な過大評価であることが示された”と指摘しており，廃棄物排出に関する調査精度や捕捉率の問題から，廃棄物の統計値が計算値に対して3～8倍の過小評価となっていると結論づけている。本研究においては，モデル計算値とストックに関する統計値とは良好にフィッティングできているが，廃棄物に関する統計とは既往研究と同様の傾向が示されている。（表 6-1）

表 6-1 モデル計算値と公的統計値との乖離 (単位: t)

年度	根 拠	がれき類	木くず	混合廃棄物	備 考
2012	モデル計算値	7,237,513	499,113	390,470	
	建設副産物実 態調査の排出 量(国交省)	1,532,800	117,600	51,300	新築増築 472,200/177,100/274,100 民間土木 127,100/17,300/32,600
	東京都産廃経 年変化実態報 告書の排出量 (東京都)	1,883,000	81,300	34,500	新築増築 580,000/122,400/184,500 民間土木 156,000/12,000/22,000
2008	モデル計算値	7,278,987	526,707	437,972	
	建設副産物実 態調査の排出 量(国交省)	1,157,700	80,300	79,200	新築増築 602,000/105,800/282,300 民間土木 236,600/13,400/15,000
	東京都産廃経 年変化実態報 告書の排出量 (東京都)	1,186,000	60,600	54,900	新築増築 616,000/79,900/195,600 民間土木 242,000/10,100/10,400

この点について、筆者ら<sup>5)</sup>は建築基準法上の滅失届出量(床面積ベース)の乖離がバブル崩壊後(1993年頃以降)の建設系産業廃棄物の不法投棄が顕在化した時期に拡大していることに着目し、「2000年に建設リサイクル法が施行され、解体届提出などの規制強化と行政指導が行われた反面、建築基準法上の滅失届は、提出義務者にとって二重手間であることから提出率が落ちていると推測される。」としているが、廃棄物量(重量ベース)の公的統計値との乖離については、依然として課題となっている。そこで、現在の統計調査において、乖離が生じている原因について、担当行政機関などへのヒアリング(表2-18参照)などにより以下にまとめた。

- ・ 捕捉率， 中小工事の拡大推計の精度（大規模事業者データによる中小事業者推計など）
- ・ 解体工事以外でのストック由来の排出（次期新築や土木など工事種別による時差排出）
- ・ 「再資源化≠廃棄物」「自社やグループ協力による再利用≠廃棄物」という認識による過小
- ・ 過小申告バイアス（過積載，産廃運搬処理処分契約，廃棄物量を少なく見せたいなど）

各データは管理目的に応じて統計調査されており，これらを単純に比較することは困難である．長いライフサイクルを特徴とする建築物について投入～使用～排出～再資源化・処理処分の資源管理をしていることは，各主体の社会的責任を果たすための第一歩であると考える．

## 6.4 具体的な提案とその長所・短所

以上の3点をこれからの管理方策の基本であることを考慮して，本節では，行政を含む関連主体に対し，以下のとおりの具体的な提案を行う．

### 6.4.1 具体的な提案

#### (1) 新築時における建築物版リサイクル券の導入

新築時点において，その解体や再資源化・処理処分の費用を負担する制度の導入である．デポジットや預かり金制度であり，基本的には，発注者や施主が責任主体となるが，建築物はライフサイクルが長く，権利移転などもあることから，その所有者や管理者による継承責任も発生する．

木造住宅の場合，東京都の新築戸建住宅の建築単価は，74.5（万円/坪）<sup>6)</sup>，木造住宅の解体費用は，3.9（万円/坪）<sup>7)</sup>であることから，その負担割合は5%程度となると推定できる．自動車リサイクル法の自動車リサイクル券など前例があるが，本研究においては2050年には，2012年以前産のものが老朽化木造ストックとして放置されはじまることが示唆されており，早期の導入を提案する．

なお、現在、民間による空き家対策として、滅失権取引が検討されている。これは、空き家化に備えて滅失費用を権利として、市場取引を通じて建設業者やハウスメーカーが新築時に購入する制度であり、本提案との比較及び違いを表 6-2 に示す。

表 6-2 滅失権取引と建築物版リサイクル券の比較

	滅失権取引	建築物版リサイクル券
目的	新築量は市場が決定するものとし、滅失を促進すること	生産者責任として、新築関連事業者（施主、建材メーカー、建設事業者）に処理処分責任の分担
資金取扱 主体	宅建業者を通じて市場取引	公的機関
徴収価格	滅失費以上とし、仲介手数料 100～200＋30～50 万円	解体・処理処分・運搬費 木造の場合 1.3 万円/床㎡程度
資金管理	市場取引により価値は変動 新築が多くなれば滅失権価格が上昇	公的機関より安定運用（固定管理）
拋出方法	建替時にはその滅失権を使う 滅失権がない場合は購入が必要	「新築時に負担、廃棄時に無償」を原則とし、当期充当（年金方式）も検討
利点・効果	滅失権＞滅失費用の場合は、所有者の利益となる 地方の方が滅失費用は安いので、滅失権を使って優先的に空き家滅失が進む	固定管理による安定運用 新築時からより高付加価値の再資源化への動機付け 良質なストック整備への動機付け
欠点・課題	滅失権＜滅失費用の場合、適正な滅失ができなくなるのでは？ 市場取引のため、流動性が高く、価格変動、地域間のアンバランスなど不安定	将来の解体・処理処分・運搬費の予測 長いライフサイクルの中で引継や継承が困難 徴収金の管理・運用・活用方法 フリーライダーや余剰金の発生

両者とも滅失・解体に関わる費用を新築時に徴収する前払い方式であることは同様であるが、滅失権取引は市場価格により変動するのに



対し、建築物版リサイクル券では、公共機関による安定運用を前提としている点に大きな違いがある。言い換えると、滅失権取引は建築物需要が活況となり、新築需要が既存建築物の滅失を誘発・牽引させていくことを前提としているのに対し、本提案の建築物版リサイクル券は、建築物需給量が落ち込み、滅失自体が停滞し、老朽化ストックとして放置されていくことを憂慮した制度提案となっているところに違いがある。

## (2) 再資源化を考慮した建材や工法選定の義務化

新築時建材については、再資源化を前提とした材料選択を義務化する。建材製造者が主体となり、建設業界などは、この考えに基づいた材料選択の義務を負うこととする。例えば、現行では、コンクリートは再生砕石としての垂直リサイクルによる再資源化が主流となっているが、建材製造者が、水平リサイクルである再生骨材としての再利用を建設業界へと進言し、自らその提供者として責任を果たしていくべきである。現状では、材料製造者は、処理責任義務を負っていないが、新築時の材料供給の他、多くの建設系廃棄物が建築材料として再資源化されていることから、管理責任を負うべき主体であると考ええる。

一方、解体に再利用しやすくなるような設計や工法の導入である。2000年の建設リサイクル法施行に伴い、ミンチ解体は禁止され、分別解体が義務化されている。これにより、適正な処理処分は進んでいるが、更に一步進め、新築の段階から再資源化を前提とした工法の開発・選択を目指すものである。

なお、建設リサイクル法の基本方針においても関係者の役割として、「設計時の工夫」や「分別解体及び再資源化が困難となる素材の非使用」が規定されているが、建設リサイクル法の対象である解体・廃棄時における処理責任の範囲から外れており、現時点では努力義務に留まっている。そこで、建設リサイクル法の適用範囲を生産者責任まで拡張し、新築時に解体時の資源利用や再資源化計画の作成を義務化するなど、より拘束力のある制度への転換を進めるものである。

## (3) ライフサイクルを通じた建築物カルテの導入と情報の一元管理

長いライフサイクルを有する建築物の資源管理のために、着工～使用～排出～再資源化・処理処分を通じた建築物のカルテの導入を提案する。記載内容は、設計思想（図面、維持管理手間、長期使用など）、新築工事関連（地盤、使用材料、建築確認、検査など）、診断・点検・

修繕・改修などの履歴，耐震化及び耐震化補強の有無などとする．責任分担としては，制度運用や統計データ管理を行政が負い，建設業者が新築時にその作成義務を，施主・発注者，所有者・管理者が継承義務を負うこととする．これは，例えば，建築確認手続きの中にカルテ作成義務化を盛り込めば，迅速に実現可能な施策である．これにより，行政は，カルテデータを集計・統計化することで，耐用年数超過の状況，災害時被害予測や事前復興計画策定などの中長期的な建築・住宅政策の立案へ活用することができると考える．

ただし，カルテ導入は新築が主となることから，既存建築物については，ばらばらに管理されている法定提出書類（建築確認資料，建設リサイクル法データなど），個別情報（総合設計，開発計画，長期優良住宅，住宅性能表示，住宅履歴情報など）とカルテを一元化し，ライフサイクルを通じた管理へと連結させていくことが必要となる．

なお，現在，長期優良住宅制度では住宅履歴書の保存が義務付けられているが，これは，認定を受けた場合に限定されていることから，本提案では，より広範な制度運用に向けて公共関与によるカルテ管理の提案としている．

#### (4) 既存ストック活用による新築選好意識の転換

本研究では，木造建築物について，人口減による需要減と長期使用化から管理されない空き家が発生し，老朽化ストックとして放置される可能性について分析した．その結果，2050年には最大で0.51億床 $\text{m}^2$ となり，木造ストック総量の23%を占める可能性があり，2021年以降，昼間人口に応じたトレンド着工量の7割程度とし，10年毎に1割程度の抑制量を増やしていく必要があると示唆した．

このような状況を回避するためには，行政が主体となり，中長期視点からの建築・住宅政策を講じる必要があり，既存ストック活用を最大限に図ることをベースとして，新築投入量の抑制を図る方法を提案する．

そのキーとなるのが，リノベーションによる既存ストック活用促進である．国土交通省は，新成長戦略（2010.6.18閣議決定）に基づき，中古住宅・リフォームトータルプラン<sup>8)</sup>を作成し，新築中心の住宅市場から，リフォームにより住宅ストックの品質・性能を高め，中古住宅流通により循環利用されるストック型の住宅市場への転換を進めている．これは，単なる増改築や営繕である「リフォーム」から，こだわりや新たな価値を生み出す「リノベーション」というコンセプトと

へと進化し、更に、用途変更を伴うコンバージョンも始まっている。  
これらの取組の意義としては、

- (a) ライフスタイル、ビジネススタイルに応じた様々な使用用途へ
- (b) 資産価値の維持・増大による循環利用促進
- (c) 低炭素化へ貢献

断熱改修，高気密化，再生可能エネルギー導入など

- (d) 新築に比べて費用が安く，中古住宅購入費とリノベーションを組み合わせたローンや欠陥に備えた保険などの商品との併用

- (e) 工期が短い（通常3ヶ月程度）

などが挙げられる。実施事例としては、社宅を高齢者施設へ、マンションにおける各室合併や2戸合併、オフィスビルをSOHO+賃貸マンションへ、倉庫をカフェや郊外形店舗へ、学校を商業施設へ、工場をアパートやオフィスへ、歴史的建造物を博物館や資料館へ、など掲げられるが、今後のストック余剰増大と空き家や空き室の有効利用を考えると、「選べる物件数の多さ」は大きな魅力になると期待される。これを促進するためには、ライフスタイルやビジネススタイルの変化に適したサービスを導入することが必要となる。

例えば、住宅系であれば、新婚期～育児期～教育期～子独立期～老夫婦期という各ライフステージに応じたリノベーションを担保した住宅提供、ビジネススタイルに柔軟に対応できるスケルトン構造のオフィスビルなど、解体・新築に頼らずに機能や用途変更できる方法が有効であると考えられる。また、住民や事業者が要求する周辺環境を整えることで、既存ストックの魅力向上を図ることもできる。例えば、保育園・医療・高齢者施設などの併設、既存建築物のバリアフリー化、シェアハウスやグループホーム・SOHOなどへの改築などは、既存建築物の魅力向上の要素となると考える。

また、前述した建築物カルテの活用による設計思想の可視化やその継承も既存ストック活用の大きなモチベーションとなる。建築物はライフサイクルが長いことから、設計時の使用材料、耐震設計や耐震補強の有無など、その寿命や性能に関わる設計思想が継承されず、築年だけにより、賃貸や売買などに関する価値判断とする傾向が見られる。これらの記録を公的資料として常時、可視化することができれば、新旧の管理者や所有者が、既存ストックの活用に対する判断基準とすることができるようになる。

なお、現在、行われている住宅性能評価制度や長期優良住宅制度は、建築主などが認定を求めて申請し、それを公的機関が評価・公表する

ことで付加価値を高めることを目的とした制度である。これらは、トップランナーを目指す事業者や環境意識の高い層への効果は高いが、これとは別に「安かろう，悪かろう」を対象とする市場への効果は低いという点で課題を抱えていることから，底上げ的な視点からの誘導を提案するものである。

#### (5) 有事に備えた基金の設立

本研究では，管理されない木造ストックが 2030 年には 8～12%，2050 年には 19～23%となると示唆した。文部科学省地震調査研究推進本部<sup>9)</sup>によれば，2012 年 1 月現在，首都直下型地震（M7）の発生確率は「今後 30 年以内に 70%程度」としており，非木造も含めた老朽化ストックが災害に直面した場合には，膨大な災害廃棄物となることが予想される。

この他にも，景気変動による不適正処理の急増なども考えられることから，不確実性に対する対応は常に考えておかなければならない。

そこで，災害発生時など有事の際に管理されない建築物ストックを処理処分するための基金の創設を提案する。災害発生前には迅速な復興に，不法投棄発生時には迅速な撤去などに，大きく寄与できるものとする。

なお，廃棄物に関する基金の例としては，最終処分場維持管理積立金や産業廃棄物適正処理センターにおける不法投棄の現状回復基金などがあるが，前者は最終処分場の終了・廃止に関わる費用の拠出を処分場設置者に積立させること，後者は，不法投棄による現状回復に関わる費用を産業界に拠出させることを目的としている。地震や水害などの災害は，自然現象であり，これらの復興に関わる準備としての基金は，基本的には公共が担うべきであるとする。

#### 6.4.2 各提案に関する長所・短所

以上の各提案について，その施策実現に向けて，長所と効果，短所と課題について表 6-3 のとおりまとめた．

表 6-3 各提案に関する長所・効果と短所・課題

提案	長所・効果	短所・課題
建築物版リサイクル券	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設時からの再資源化動機の醸成</li> <li>・良質なストック整備への活用</li> <li>・低い流動性（不動産）</li> <li>・品目が安定（建設産廃 7 品目）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長い使用期間に伴う引継や継承</li> <li>・徴収方式の選定</li> <li>・フリーライダー</li> <li>・廃棄時の費用予測</li> <li>・余剰金の発生</li> </ul>
再資源化を考慮した建材や工法選択	<ul style="list-style-type: none"> <li>・垂直から水平リサイクルへの転換</li> <li>・設計への再資源化意識の動機付</li> <li>・混合廃棄物など処理困難物の削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不確実性（再生材料の将来需給ギャップ，材料や施工技術革新）</li> </ul>
建築物カルテ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・行政施策への反映</li> <li>・不適正処理の監視</li> <li>・情報の一元化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存統計との統合</li> <li>・関連業者への周知</li> <li>・管理主体の選定</li> </ul>
既存ストック活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・良質なストック供給</li> <li>・建設廃棄物の削減</li> <li>・もったいない意識醸成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・住民の新築への選好意識の変革</li> <li>・不確実性（災害，ライフスタイル，建築物利用方法，都市構造の変化など）</li> </ul>
有事の備えた基金	<ul style="list-style-type: none"> <li>・有事の迅速対応（首都直下地震や不法投棄）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・費用算定</li> <li>・不確実性</li> <li>・拠出事案の選定</li> <li>・広域連携</li> <li>・管理主体の選定</li> </ul>

特に建築物版リサイクル券の提案においては，料金の徴収方法が，大きな課題となる．家電リサイクル法制定時には，後払いとしての「排出時に負担」，前払いとしての「販売時に負担し，廃棄時は無償回収」，「販売時に負担し，廃棄時に一部返還」及び「税金として徴収」の方法が検討された経緯がある．結果としては，耐久消費財であることを

理由に、「排出時に負担」を選択しているが、「再資源化を前提とした製品設計などへのインセンティブとして、前払いとすべき」という意見も強く出されている。建築物は、使用期間が耐久消費財よりも更に長いものの、不動産として流動性は低いという性格を持つことから、前払いにも一定程度の優位性があると考える。

また、自動車リサイクル法で議論されている余剰金については、シュレッダーダストの再資源化の進展や中古車の海外輸出に伴い廃棄物としての発生が抑制されていることなど、自動車特有の事情があるものの、建築物においても課題となる可能性がある。リサイクル券は、個々の建築物の処理処分費や再資源化費に使用されるのが原則であるが、余剰金が発生した場合も考慮し、当期充当方式の併用などによる廃屋対応、不法投棄、良質なストック整備、更にはごみ屋敷対策などにも拡張できるような制度として、あらかじめ検討しておく必要があると考える。

## 参考文献（第 6 章）

- 1) 経済産業省：OECD 拡大生産者責任ガイドンス・マニュアルについて，2001.
- 2) 東京都：東京都廃棄物処理計画<平成 23 年度-平成 27 年度>，附属資料Ⅲ用語解説
- 3) 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.271-27，2000.
- 4) 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－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.
- 5) 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.
- 6) 住宅金融公庫：個人住宅規模規格等調査，2004 年度
- 7) 解体工事の匠：東京都-木造住宅の解体費用相場，  
<http://kaitai-takumi.com/price/area/tokyo/>,2016.819 閲覧
- 8) 国土交通省：中古住宅・リフォームトータルプラン，2012.3
- 9) 文部科学省地震調査研究推進本部：首都直下地震防災・減災特別プロジェクト①首都圏でのプレート構造調査，震源断層モデル等の構築等，平成 23 年度成果報告書

## 第7章 結論

### 7.1 本論文のまとめ

本論文は、人口減少に伴い、拡大から縮小へと転換していく社会を見据え、建築物の適正な資源管理が行われる社会の構築に向け、建築物ストックの将来推計を行うとともに、その管理方策について提案を行ったものである。

第1章では、背景、課題、目的を示した。

大都市では高度経済成長期に整備された建築物や社会資本が一斉に耐用年数を迎える一方、人口減少による需要減少に伴い、老朽化ストックの放置が危惧されている。また、一時的には、大量の建設系廃棄物の発生による再生・処理処分容量の不足が懸念されているが、これを担うべき関連業界は、多重下請構造や中小零細企業間の過当競争状態から、短期的な経済性重視の構造となっている。このような状況から、投入（建設）～使用～排出（滅失・解体）～再資源化・処理処分までを総体として捉え、中長期的な視点から管理方策を再構築することは、喫緊の社会的要請事項であると言える。

そこで、本論文では、東京都の建築物を事例として、新たな時系列モデルを作成し、シナリオ分析を行った。また、シナリオに基づく廃棄物量予測や関連業界の現状特性を考慮した経済性試算などを行い、排出量増大局面に向けた備えるべき処理処分体制や、21世紀後半を見据えた建築物ストックの管理方策について提案し、持続可能な物質循環と良質なストック形成維持がバランスした適正な資源管理が行われる社会の構築に向けた取組みを示すことを目的とした。

第2章では、既往研究レビューと対象都市である東京都の概要をまとめた。

既往研究については、残存率などの将来推計に関する分野、建設廃棄物の処理処分に関する分野、将来の空き家化に関する分野などに大別してレビューを行った。ここでの課題としては、これまでのフロー・ストックモデルは生産時に一律に決まる仮定していること、建築物の寿命は人間が決定しているが、その要因や影響度合いは明確ではないこと、日本においては、これらの将来推計は、2030～2050年程度を目標年次とした研究に留まっていること、廃棄物の処理処分特性は、既存施設の地理的分布と処理能力などの受入施設側の要因により決まると仮定していること、空き家について「管理されている空き家」と老朽化し、放置のおそれのある「管理されない空き家」を分けて考えて



いないことなどに課題があることを示した。

また、東京都に関する統計資料や関連ヒアリング調査を行った。その結果、東京都は建築物に関する寄与率が高く、首都直下地震、建設廃棄物の急増、空き家化の進行などが危惧され、これが顕在化すれば周辺地域を含めて大きな問題となることから、研究対象として意義があることを示した。

第3章では、建築物ストック量及び減失量を推計するための新たなモデルを構築し、東京都の木造及び非木造建築物へ適用した。

フロー・ストックモデルについては、従来の考え方である構造物としての耐久性に加えて、価値観などの所有者世代に依存する寿命と災害や大きな経済変化を考慮できる新たなモデルを構築した。前者については、一世代を概ね20年としたワイブル関数で、後者は外生的変化係数として補正することにより残存率を表現し、公的統計データとのフィッティングを行うことにより建築物への適応を図った。

この結果、過去における減失に対する価値観の変遷として、木造建築物の場合、災害経験や長く使っていこうという意識は減失ピークを10～12年程度シフトさせる影響があったことが示唆された。また、将来について、現行のトレンドが維持された場合、ストック量は木造が2033年、非木造が2030年にピークとなり、その後は減少していくと推計した。なお、ライフサイクルの長い建築物を対象としていることから、将来の不確実性要因を考慮し、減失ピークと減失期間に対する感度分析をあわせて行った。

ここでは、所有者の価値観や災害経験などの変遷がストック量や減失量に与えた影響について示したこと、日本の研究ではあまり行われてこなかった21世紀後半までを視野に入れた推計という点で新しいと言える。このモデルの活用により、21世紀末までの時系列的変化を可視化し、関連業界や行政の施策を展開する上で必要となる様々なシナリオ推計に応用ができるという点で価値を持つものと言える。

第4章では、将来シナリオを設定し、新たに構築したモデルを使って推計を行った。

結果としては、既存不適格木造の積極更新シナリオでは、2030年代半ばに向けてストック量が急増すること、経済格差による二極化シナリオでは、2060年代半ばのストック量ピーク後に現行トレンド維持シナリオに対し0.5億床 $\text{m}^2$ 多い水準で推移すること、非木造については、もったいないシナリオと積極更新シナリオにおいて、ストック量ピークは前者の方が0.4億床 $\text{m}^2$ 多くなると推計した。このことから、建築物

更新に対する意識の違いや社会状況がストック量変化に影響を与えること、シナリオによりその差異はあるものの、概ね21世紀後半には減少していく方向であるという結果が得られた。また、既存不適格木造に関し、積極更新した場合としなかった場合について、地震想定による全壊床面積を比較したところ、その施策効果は、約12万人分の床面積の被害軽減につながる可能性があることを示唆した。

また、空き家化に伴う老朽化ストックの放置の可能性について、新築投入を管理しないまま長期使用が進行した場合の2030年と2050年における管理されない空き家の量及びその築年数について推計した。その結果として、2050年に木造建築物の23%が管理されない空き家になる可能性があることが示唆された。

これらの推計により、関連業界や行政が、現時点から考えておかなければならない課題と、未然防止のためには、今、まさに行動を起こす必要があることを明確にしたという意味で価値があると言える。

第5章では、前章のシナリオから21世紀前半における廃棄物増加局面における処理処分体制の構築についてまとめた。

まず、シナリオ分析における床面積ベース推計から、既存研究や調査による原単位を使用して、廃棄物の発生重量ベースへ変換し、建設廃棄物発生量予測を行った。この結果、2030年の建設廃棄物量は2016年に対し1.6倍、2050年頃には2.8倍程度と推計され、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施設であることを示した。なお、排出形態の変化などの不確実性を考慮し、原単位に関する感度分析をあわせて行った。

一方で、建設業界や再資源化・処理処分業界の現状と課題について、排出者側の視点から収益に関する試算を行った。この結果としては、採算を考慮した場合、適正な施設立地条件が直線距離50km以内であることや木造解体の収益性はRCビルなどと比較すると低く、その損益分岐点は運搬費の差であることを示した。この業界特性を踏まえた上で、公共を含めた関連業界における責任分担や将来の需給ギャップ発生などを考慮した運用・稼働条件を明示した。

これにより、関連業界や行政が21世紀前半に行うべき事項を明示し、その率先行動を喚起するという意味で価値があると考えられる。

第6章では、4章のシナリオ分析と5章の処理責任のあり方からから21世紀後半の低成長期への転換における建築物ストックの管理方策について提案した。

ここでは、まず、4章で分かったこととして、21世紀後半に向けて建築需要は減少し、次の新築をモチベーションとする処理責任は減退すること、ストック、減失量とも低成長への転換点が見えている中、再資源化や投資意欲の減退は避けられないこと、新築投入を管理せずに長期使用が進むことで管理されない空き家化が進み、それが災害被害拡大や資源利用の非効率性を招くこと、5章で分かったこととして、21世紀前半では、廃棄物排出量は増加する可能性があるが、現行の処理責任体制には限界があり、処理処分施設不足や不適正処理の再発が危惧されること、などについて整理した。

その上で、ライフサイクルを通じた管理方策の再構築が喫緊の課題であると考え、まず、建築物のライフサイクル全体を通じた責任範囲について、現行の処理責任だけではなく、新築時関連者（施主、建設業者、材料メーカーなど）などへの拡大、規制法としての廃棄物処理法に依存している資源循環関連法の改善及びライフサイクルを通じたデータ管理の必要性について、現状の課題とその改善の方向を示した。更に、これを実現するための具体的な提案として、新築時における建築物版リサイクル券の導入、再資源化を考慮した建材や工法選定の義務化、ライフサイクルを通じた建築物カルテの導入と情報の一元管理、既存ストック活用による新築選好意識の転換及び有事に備えた基金の設立など掲げ、その長所や効果と不確実性などの短所や課題について整理した。

以上のことから、4, 5章で抽出された課題や行うべき行動について、より具体的な提言を行い、実行可能性とその実現に向けた課題に迫っているということについて価値があると考え、本論文は、持続可能な物質循環と良質なストック形成維持がバランスした社会への取り組みを示すという観点から十分に社会的意義を持つものと言える。

## 7.2 課題と今後の展開

本論文では、長いライフタイムを持つ建築物を対象として、21世紀末を視野に入れた将来推計と管理方策について論述した。しかし、その課題を一言で表現すれば、「遠い将来の不確実性に対し、将来推計と管理方策は意味を持つものになるのか？」ということであろう。ライフサイクルが長くなればなるほど、社会変化の不確実性要因は拡大し、将来推計の精度は低くなることは容易に想像できる。特に、いつ発生するか分からない首都直下型地震、100年後の都市構造やライフスタイルの変化など、極め予測困難な未来に対し、その先の管理方策を論

じることの意味に疑問を呈することは自然であると言える。

しかし、一方で、不確実だからと言ってそれを放置，あるいは想定しない，という選択は，あまりに消極的であると考ええる。現に，東日本大震災以降，「想定外」という理由による不作為は許されなくなってきたことを考えれば，不確実な将来に対しても，責任を持ち，できうる限りの想像力を働かせ，対応方法を構築していくことが，今，求められている。

本論文では，新たなフロー・ストックモデルを構築し，積極更新，経済格差による二極化，もったいない意識，管理されない空き家など具体的シナリオ設定や首都直下地震に対する影響などの将来推計を行っているが，不確実性要素は無限に存在する。

例えば，所有形態（持ち家・借家や賃貸・区分所有）や利用形態（居住，一時利用，オフィス，サービス）の変化，より広い家に住みたいなどの床面積に対する意識変化，木造から非木造あるいは，その逆への移行などは建築物のライフサイクルに大きな影響を与える要因であると考えられる。

他にも，災害（外圧）では地震，水害（津波・高潮，洪水），大火災，戦争・内乱，噴火，隕石落下など，自然現象では気候変動（豪雨，旱魃，温暖化，雪害），ヒートアイランド，海面上昇，外来生物など，ライフスタイルの変化では世帯構成，持ち家又は借家選好性，医療や介護への要求，シェアハウス・グループホーム化，農業回帰など，ビジネススタイルの変化では SOHO・在宅ワーク，通勤方法や物流網，移民活用，雇用形態など，都市構造の変化ではコンパクトシティー，首都移転，高度利用，大深度利用など，経済要因では，スポーツイベント，エネルギー危機，税制，大企業破綻，バブル経済，再開発など，制度やしくみでは建築基準法改正，長期優良住宅制度，総合設計制度など，その他にも文化・歴史観，技術革新など不確実性要因は枚挙にいとまがない。

本研究で，これらのすべてをシナリオ分析することはできないが，これらのシナリオについても十分に対応できるモデルとなっていることから，数年おきにシナリオを見直しながら，新たな将来予測へと展開していくことができると言える。