

## 第Ⅶ部門

## 1994 年から 2014 年における 4d-GIS による都市構造物を対象とした名古屋市中心部における物質ストック・フロー分析

名古屋大学工学部 学生会員 ○大澤啓裕

名古屋大学大学院環境学研究科 学生会員 野中一鴻, 正木晃平, 正会員 奥岡桂次郎, 谷川寛樹

## 1. はじめに

我が国では、戦後の高度経済成長期において資源の大量投入・廃棄を繰り返すことで、都市構造物を建築資材として蓄積してきた。環境省(2017)<sup>1)</sup>の作成した物質フロー図によると、2014 年度の総物質投入量は 16.5 億トン、廃棄量は 5.6 億トンである。うち 2.6 トンが循環利用され、蓄積純増量は年間 5.3 億トンにのぼる。大量の物質フローは環境負荷に大きな影響を与える。循環型社会を形成する上で廃棄物の発生源となる物質ストックや、物質フローを詳細に把握することが重要になる。その手段としてマテリアルストック・フロー分析(Material Stock Flow Analysis)があげられる。都市部には物質ストックの大部分を占める都市構造物が集中しており、人口の変遷といった社会的背景や、地理的要因によって物質代謝の傾向が異なる。

MSFA に関する既往研究は多数行われており、対象地域や推計方法は用いるデータベースや手法によって様々である。環境省(2017)<sup>1)</sup>が産業の製造・輸出入の統計情報から全国での物質フローの推計を網羅的に行っている。しかし、統計データのみでは地理的要因を考慮することが困難である。田中ら(2013)<sup>2)</sup>は統計情報と GIS(Geographic Information System)データを用いることにより都道府県ごとに建築物・土木構造物の MSFA を行った。しかし、経済的・社会的要因を考慮することが難しい。Tanikawa *et al.* (2009)<sup>3)</sup>は、和歌山市中心部とマンチェスター市中心部を対象に GIS を用いた経年データベースを構築することで都市構造物の物質ストック量、建築物の平均耐用年数を推計した。また、青柳ら(2015)<sup>4)</sup>は名古屋市中心部について、建築物を対象に 1970 年から 2009 年の 39 年間における GIS データベースを構築し、MSFA を行い、用途地域の変更が物質ストック・フローに与える影響を定量化した。GIS を用いることで地理的要因を考慮した詳細な MSFA が可能になるが、4d-GIS を用いた既往研究はまだ少ないため、より長期間での 4d-GIS の構築が必要である。

本研究では、青柳ら(2015)<sup>4)</sup>で構築された名古屋市中心部における 6 年代に 1949 年、1960 年、2014 年を追加し、65 年間にわたる 9 年代の 4d-GIS を構築し、建築物の MSFA を行った。

## 2. 研究方法

## 2.1 物質ストック推計方法

建築物の物質ストック推計には原単位法を用いて、構造種別に対応する資材投入原単位を乗じた。資材投入原単位は単位面積あたりに投入される資材の重量である。建築物の資材投入原単位については Tanikawa *et al.* (2009)<sup>3)</sup>、時系列の原単位を用いた

建築物の物質ストックは式(1)により推計した。

$$MS_{s,m} = TFA_s \times MI_{s,m} \quad (1)$$

$MS_{s,m}$  : 建物構造種別  $s$  の構造物の、建設資材  $m$  の建設資材ストック[kg]

$TFA_s$  : 建物構造種別  $s$  の構造物の、延床面積[m<sup>2</sup>]

$MI_{s,m}$  : 建物構造種別  $s$  の建築物の、建設資材  $m$  の資材投入原単位[kg/m<sup>2</sup>]

## 2.2 物質フロー推計方法

4d-GIS により都市の経年変化を観測し、フローを推計した。GIS 上で、ある 2 つの年代を見比べ、古い年代のみに存在する建築物を減失建築物、新しい年代のみに存在する建築物を着工建築物とし(図-1)、それぞれを抽出し、ストック推計と同様、原単位法で推計した。

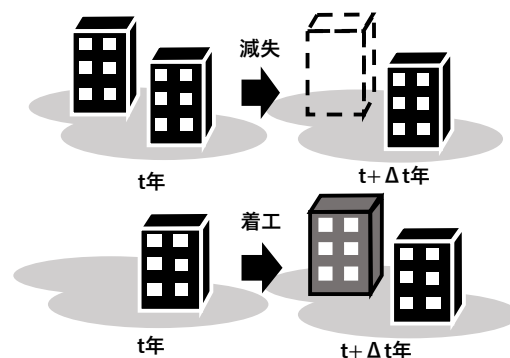


図-1 減失・着工建築物の判別

### 3. 研究結果と考察

#### 3.1 物質ストック推計結果

対象エリアにおける各年代の建築構造種別での建築ストックを表-1に、各年代における資材別の物質ストックの内訳を図-2に示した。各年代の物質ストックの大半をコンクリートが占めることが示された。木造の物質ストックについては、1949年から2014年の間に単調に減少し、65年間で242万トン減少した。鉄骨造の物質ストックについては、表-1に示すように1949年から1970年の間に128万トン増加し、1970年からは減少傾向を示した。RC造物質ストックについては1949年から2014年まで単調に増加し、65年間で3558万トン増加したが、2009年から2014年における増加量は他年代と比べ微増であった。名古屋駅周辺の再開発によって、「JRゲートタワー」や「名古屋ビルディング」、「御園座」を建造するために建物が取り壊された時期であったことが大きな要因として挙げられる。

表-1 構造種別建築ストック(Mt)

|     | 1949 | 1960 | 1970  | 1980  | 1990  | 1997  | 2003  | 2009  | 2014  |
|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 木造  | 1.87 | 2.82 | 2.61  | 2.62  | 2.32  | 2.14  | 1.29  | 1.29  | 1.23  |
| 鉄骨造 | 0.61 | 0.76 | 1.82  | 2.64  | 3.25  | 2.98  | 2.74  | 2.32  | 2.20  |
| RC  | 2.40 | 3.34 | 8.46  | 16.10 | 25.88 | 27.82 | 32.30 | 37.72 | 37.98 |
| 合計  | 4.88 | 6.92 | 12.89 | 21.36 | 31.46 | 32.94 | 36.34 | 41.33 | 41.41 |

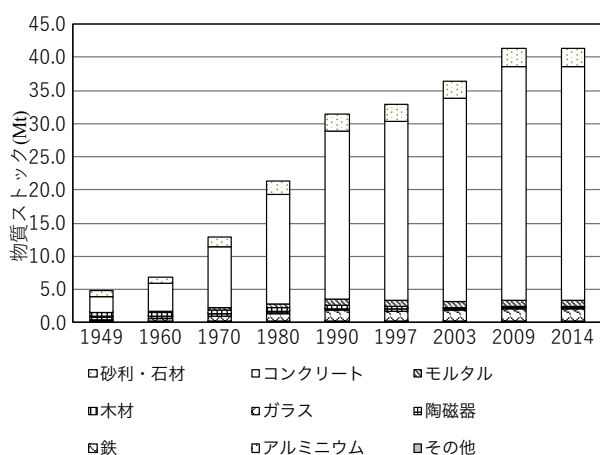


図-2 資材別の物質ストック推計値(Mt)

#### 3.2 物質フロー推計結果

名古屋市における構造別の各年代のフローを表-2に示す。結果より、木造は1960年から排出量が増加し、同時期には鉄骨造の投入量が増加している。1997年には鉄骨造とRC造の排出量が増加し、RC造の投入量も増加している。RC造は1949年から増加傾向にあり、名古屋の開発が進み、技術の発展にともない建物が高層化したことによるRC造の増加が伺える。1997年には名古屋の再開発により建物の取り壊しが進み、建築

基準法の改正の影響も受け、より高層化が進んだことが投入量・排出量の増加の要因として挙げられる。2009年から2014年には排出量と投入量が同程度となっており、1949年から投入され堆積した物質ストックが取り壊される期間に入ったことが要因として挙げられる。

表-2 物質フロー推計結果(Mt)

|           | 排出量  |      |      | 投入量  |      |       |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|
|           | 木造   | 鉄骨造  | RC造  | 木造   | 鉄骨造  | RC造   |
| 1949-1960 | 0.06 | 0.01 | 0.00 | 0.15 | 0.08 | 0.06  |
| 1960-1970 | 0.75 | 0.14 | 0.00 | 0.44 | 1.07 | 4.98  |
| 1970-1980 | 0.98 | 0.54 | 0.23 | 0.47 | 1.21 | 7.83  |
| 1980-1990 | 0.54 | 0.62 | 0.34 | 0.17 | 1.18 | 7.89  |
| 1990-1997 | 0.33 | 0.62 | 0.37 | 0.09 | 0.43 | 4.54  |
| 1997-2003 | 0.82 | 1.54 | 5.84 | 0.44 | 1.89 | 12.61 |
| 2003-2009 | 0.48 | 1.68 | 8.00 | 0.48 | 1.25 | 13.39 |
| 2009-2014 | 0.11 | 0.26 | 2.43 | 0.07 | 0.16 | 2.74  |

#### 4. おわりに

本研究では、名古屋市中心部における経年変化の可視化を目的とし、都市構造物の物質ストックを推計した。1949年から2014年の名古屋市中心部において、物質ストックが3327万トン増加した。2009年から2014年における物質フローとして、投入量が297万トン、排出量が280万トンであった。他年代と比べて小さく、RC造の投入量と排出量がバランスして、飽和の傾向が示された。

今後の課題としては、より正確な現在における都市動態を把握するために、対象地域と短い期間におけるデータの追加を拡充し、詳細なストック・フローの推計が必要である。また、経済的・社会的要因を考慮できていないことが挙げられる。具体的には、新たにパラメータを追加し物質ストックの増減に影響する要因の分析が必要である。

謝辞：本研究は、環境省環境研究総合推進費(2-1711)、第III期環境経済の政策研究、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)26281056, 15H02863, 15H02862)の一環として実施したものである。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 環境省：平成28年度版環境・循環型社会・生物多様白書, p169, 2016.
- 2) 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.6II\_25II\_34, 2013.
- 3) Tanikawa, H. Hashimoto, S.: Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS, Building Research & Information, 37(5), pp. 483-502, 2009.
- 4) 青柳淳之介, 奥岡桂次郎, 杉本賢二, 谷川寛樹:名古屋市中心部における4d-GISを用いた年の経年変化によるMSFAに関する研究, 環境システム研究論文集, Vol.43, pp.II\_467-II\_474, 2015.