

人口統計を考慮した都市構造物のマテリアルストック・フロー分析 -名古屋市中心部と和歌山市中心部を対象として-

名古屋大学大学院 学生会員 ○野中一鴻 佐藤大起
名古屋大学大学院 正会員 奥岡桂次郎 谷川寛樹

1. はじめに

環境白書¹⁾の物質フロー図によると、我が国における2013年度の年間蓄積純増は5.2億トンであり、物質フローに伴う大量の物質蓄積が存在すると考えられる。構造物を建設・維持する際に物質フローが発生し、鋼材・コンクリート・木材といった建築資材が大量に蓄積している。また、各都市の人口等の社会的背景も様々であり、それに伴い建築資材の蓄積傾向も異なる。そして今後、耐用年数を迎えた建築資材が、大量に廃棄物となって排出される可能性がある。

循環型社会の構築に向けて、廃棄物の発生源となる物質蓄積や、都市構造物の更新頻度である物質代謝を詳細に把握することが重要である。さらに、複数の都市を詳細に比較し、人口の増減といった社会的背景や、地理的要因の違いについても考慮する必要がある。社会的・地理的要因を考慮した物質蓄積・物質代謝を詳細に分析する手段としてマテリアルストック・フロー分析(MSFA: Material Stock Flow Analysis)が挙げられる。

これまでに、Hashimoto *et al.*(2007)²⁾、田中ら(2013)³⁾、Fishman *et al.*(2014)⁴⁾、Tanikawa *et al.*(2015)⁵⁾は統計データを用いることで広範囲での都市構造物のMSFAを行った。しかし、統計データでは詳細な地域での分析は困難である。そこで青柳ら(2014)⁶⁾は名古屋市中心部において、建築物・道路・鉄道を対象に1970年、1980年、1990年、1997年、2003年、2009年の6年代でGIS(地理情報システム)データベースを構築し、MSFAを行なった。また、Tanikawa and Hashimoto(2009)⁷⁾は和歌山市中心部について、建築物を対象に1947年、1958年、1974年、1987年、2004年、5年代のGISデータベースを構築し、MSFAを行なった。

本研究では、名古屋市中心部と和歌山市中心部を対象に、人口統計と地理的要因を考慮した詳細なGISデータベースを構築することで、各構造物単位に着目し物質蓄積・物質代謝の定量化を行なった。名古屋市中心部については青柳ら(2014)⁶⁾を更新し、1960年を追加した7年代とした。和歌山市中心部についてはTanikawa and Hashimoto(2009)⁷⁾の和歌山市のデータを更新し、2009年、2014年を追加した計7年代とした。さらにより詳細なMSFAを行うため、道路と鉄道のデータベースを各年に追加した。

2. 推計方法

本研究における対象区域は名古屋市中心部約12km²、和歌山市中心部約11km²とした。また、各対象区域の人口あたりの物質蓄積量を算出するため、国勢調査の結果を元に各市が推計している学区別人口データを利用した。

2.1 物質蓄積量の推計

建築物は延床面積に、道路と鉄道は延長距離に資材投入原単位を乗じることで各構造物の物質蓄積量を推計した。

名古屋市の建築物に関して、1997年、2003年、2009年のGISデータについては株式会社ゼンリンのZ-map TOWNII⁸⁾を、1997年以前については整備されたGISデータが存在しないため、住宅地図を用いてデータを作成した。

和歌山市の建築物に関して、2009年、2014年のGISデータは名古屋市同様Z-map TOWNII⁸⁾を使用し、2004年のデータはZ-map TOWNII⁸⁾よりも精度が高い、和歌山市から提供された都市計画図デジタルマップを使用した。そのため2009年と2014年については、都市計画図を元に、更新されている建築物のみZ-map TOWNII⁸⁾より抽出した。2004年以前については、都市計画図と各年代の航空写真とを比較しGISデータを作成した。

Z-map TOWNII⁸⁾には構造種データが無いため、戸建住居を木造、戸建住居以外を非木造と仮定した。また、非木造のうち3階以下の建築物をS(Steel)造、4階以上の建築物をRC(Reinforced Concrete)造であると仮定した。

2.2 ロジスティック曲線を用いた耐用年数の推計

各建築物の着工年と解体年を入力することで、建築物の残存率曲線を求め、残存率が0.5となる経過年数を平均の耐用年数とし、建築年別の耐用年数を推計した。建築物は着工後ある一定の期間利用された後、解体されると考えられるため、残存率曲線は以下の成長率曲線(ロジスティック曲線)を用いた(式2)。

$$y(t) = \frac{K}{1 + \exp(b + at)} \quad (\text{式 2})$$

ただし、 $y(t)$:経過年数 t (年)における残存率、 K :飽和定数、 a 、 b :パラメータ、である。

3. 結果と考察

3.1 物質蓄積量の推計結果

名古屋市と和歌山市の構造別物質蓄積密度の推計結果を図-1に示す。名古屋市と和歌山市の物質蓄積量を比較するため、それぞれの対象区域の面積で除した。物質蓄積量の8割以上を建築物が占めており、特にRC造の変化が物質蓄積に最も大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。両市共に近年まで物質蓄積密度は増加傾向を示したが、増加の度合いに大きな違いが確認された。物質蓄積密度について、名古屋市は一定の傾きで増加したのに対し、和歌山市は2004年以降、微増したものの大きな変化は見られなかった。これは建築物の高層化に伴う構造種別の変化が影響していると考えられる。名古屋市については、商業地域における建築物の高層化とRC造の割合の増加が顕著であった。2009年の時点で名古屋市は和歌山市の約3.8倍の物質蓄積密度を有する結果となった。

3.2 一人あたり物質蓄積量と人口推計結果

図-2に名古屋市と和歌山市の一人あたり物質蓄積量と人口の推計結果を示す。一人あたり物質蓄積量は両市共に増加傾向を示した。人口において名古屋市は1960年以降、1997年まで減少し、緩やかな増加傾向を示した。1960年以降、名古屋市の対象区域内の南部は商業エリアとして利用された。地下鉄や道路といった

交通機関が整備されたため、ドーナツ化現象により居住人口が他の地域に移動したと考えられる。しかし近年では、人口が微増した。これは商業と住居の複合用途型マンションの出現などにより、商業エリアにも住居スペースが確保されたことが影響したと考えられる。

和歌山市は1947年以降、空襲からの復興により人口が9万人まで増加した。1974年以降は名古屋市同様にドーナツ化現象により人口が減少した。さらに2004年以降は緩やかな減少傾向を示した。1990年以降、和歌山市内で営業していた百貨店等の大きな商業施設が衰退した。これが一因となり、近年でも緩やかに人口が減少していると考えられる。

一人あたり物質蓄積量は人口の増減に大きく左右される。名古屋市では人口増加の影響により、一人あたり物質蓄積量の増加傾向は緩やかになると予測される。一方で和歌山市は近年では物質蓄積量は飽和状態にあるが、今後一人あたり物質蓄積量の増加が予測される。

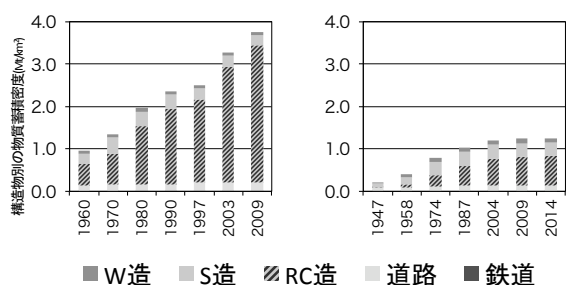
4. おわりに

本研究では名古屋市中心部と和歌山市中心部について、各構造物を対象にMSFAを行った。詳細なGISデータベースを構築し、構造物の物質動態を分析した結果、対象区域内の各構造物の特性が明らかとなった。今後、より詳細な人口分布を作成することで、物質蓄積や物質代謝と人口の動態の関係を明らかにする必要がある。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、環境省環境研究総合推進費(1-1402, 2-1404)、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)26281056)の支援を受けている。

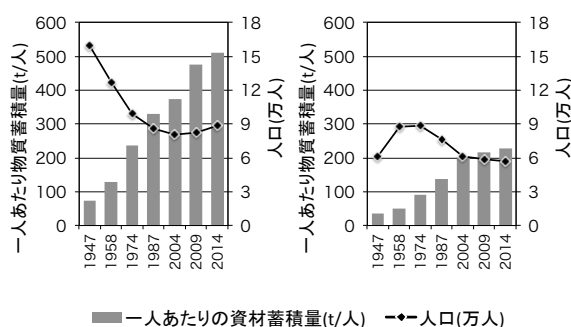
参考文献

- 1) 環境省：環境・循環型社会・生物多様性白書，p169，2016。
- 2) S. Hashimoto, H. Tanikawa, Y. Moriguchi: Where will large amounts of materials accumulated within the economy go? - A material flow analysis of construction minerals for Japan -, Waste Management, Vol.27, No.12, pp.1725-1738, 2007.
- 3) 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，環境システム研究論文集，Vol.41, pp.25-34, 2013.
- 4) Tomer Fishman, Heinz Schandl, Hiroki Tanikawa, Paul Walker, Fridolin Krausman: Accounting for Material Stock of Nations, Journal of Industrial Ecology, Vol.18, pp.407-420, 2014.
- 5) Hiroki Tanikawa, Tomer Fishman, Okuoka Keijiro, Sugimoto Kenji: The Weight of Society Over Time and Space: A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan, 1945-2010, Vol.19, pp.778-791, 2015.
- 6) 青柳淳之介，奥岡桂次郎，杉本賢二，谷川寛樹：名古屋市中心部の4d-GISによる用途地域ごとのマテリアルストック・フロー分析，環境システム研究論文集，Vol.42, pp.1-6, 2014.
- 7) H. Tanikawa, S. Hashimoto: Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS, Building Research & Information, Volume 37, (5) (6), 483 - 502, 2009.
- 8) 株式会社ゼンリン：Z-map TOWNII, 2009.



(a) 名古屋市中心部 (b) 和歌山市中心部

図-1 構造別物質蓄積密度の推計結果



(a) 名古屋市中心部 (b) 和歌山市中心部

図-2 一人あたり物質蓄積量と人口の推計結果