

都道府県別建物ストック需要の将来シナリオ分析

Future scenario analysis on building stock demand of each prefecture

大西 暁生*・河村 直幸**・奥岡 桂次郎***・谷川 寛樹****
Akio Onishi *・Naoyuki Kawamura **・Keijiro Okuoka ***・Hiroki Tanikawa ****

In recent years, from the perspective of the finite resources of nature, transition to stock-based society which reduces the amount of material input and waste is expected. Material cycle in the construction sector is large, so it is essential to reduce the material flow in this sector to reduce environmental impacts. In order to understand the trends in the material flow of the construction sector, it is necessary to understand the future demand for stocks based on social factors. In this study, we focus on building structures and organize the factors affecting the demand for existing building. Also, we estimate future demand for building stock in each of the multiple scenarios that reflect the different social perspectives. As a result, demand for stock building per capita is different from nearly 10 tons in each scenario.

Keywords: Stock-based Society, Building Stock, Prefecture, Future Scenario
ストック型社会, 建物ストック, 都道府県, 将来シナリオ

1. はじめに

前世紀は、資源を大量に消費し廃棄することで新たな価値を生み出すフロー型社会であった。我が国においても、高度経済成長期に大量の建設投資が行われ、社会基盤が拡充されてきた。建設業が人間生活の基盤を作り上げ、経済の発展に寄与してきた部分は大きい。しかし、資源の有限性などの観点から、今後は資源のフローを低水準に抑えていく必要がある。そのため近年、資源の投入・廃棄の量を低水準に抑えるストック型社会への移行が急がれている。このような社会変化の中、人間活動において使用される資源の重量と挙動をできる限り詳細に把握するため、マテリアルストックとフローの分析（以下、MSFA と記す）が進められている。MSFA の意義は、物質循環の各段階において生じる環境負荷を推計し、その負荷を削減することによってより効率的且つ持続可能な物質利用を目指すことにある。

MSFA 研究の代表的な例として、Hashimoto et al.¹⁾は建設関連の産業連関表を利用し、資材の投入・廃棄を推計することによってインフラ分野も含めた日本全体のストック量の推計を行った。さらに、特定地域の研究として Tanikawa & Hashimoto²⁾がマンチェスター市などを対象として MSFA に関連する GIS データを構築し、都市のメタボリズムについて分析した。さらに、長岡ら³⁾は都道府県・政令市ごとの都市構造物を対象としたマテリアルストックの推計を行っており、潜在的な廃棄物量を把握する際にマテリアルストックを地上部分と地下部分に分けて推計することの重要性を指摘した。ただし、既存研究の大半は、将来におけるマテリアルのストック需要量の変化、すなわち居住形態や人口動態、経済成長などの様々な要因がストック需要に与える影響をさほど考慮していない。とりわけ、更なる少子高齢化や転入超超過などが社会問題として懸念されている今、これらの社会的要因は将来におけるストック需要量に大きな影響を与えると考えら

れる。そのため、ストック需要量について議論する上において、社会全体の変化を出来るだけ踏まえた考察を行っていくことは非常に重要であると考えられる。しかし本来、こうしたストック量にはマテリアルの投入・廃棄が伴っており、資源の効率的な可能を論じる際には、こうしたストックとフローの双方を評価することが望ましい。本研究では、こうした全体の物質循環を把握する前段階として、対象とする構造物を建物に絞り、異なった社会像を反映した複数のシナリオを設定することによって、建物ストック需要量の将来推計を行う。ここでいう需要量とは、各時間断面において必要とされる最小限の量を意味しており、建物の供給側の条件次第では実存するストック量と合致しないことがある。

2. 分析方法

(1) 推計モデルの概要

本研究では、全国都道府県における建物ストック需要量を、社会変化を考慮したシナリオを用いて推計する。推計期間は 2005 年から 2050 年までとし、5 年ごとに推計を行う。推計に際して建物を住宅建物と業務建物に大別し、人口動態及び GDP 成長率を基本的な駆動力としたモデルを構築する。図 1 に、推計モデルのフローを示す。また、将来の社会経済の違いによる建物ストック需要量の変化を分析するため、BAU (Business As Usual) シナリオである現状維持型に加えて将来考え得る様々な社会像の中から 2 種類のシナリオを選択し設定する。

(2) 人口・世帯数の推計

人口の推計は、国勢調査から得られる 2005 年における男女 5 歳階級別人口を用い、コーホート要因法によって 2050 年までの都道府県別の人口を推計する。次に、世帯主率法を用いて推計人口から世帯数を推計する。世帯主率とは、5 歳階級別の人口及び

* 正会員 名古屋大学大学院環境学研究科(Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)
** 非会員 愛知県環境部資源循環推進課(Department of Environment, Aichi Prefectural Government)
*** 非会員 名古屋大学大学院環境学研究科(Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)
****非会員 名古屋大学大学院環境学研究科(Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)

5 歳階級別の世帯主の数から世帯数を推計する手法である。国勢調査から得られた男女 5 歳階級別の世帯主率を当該年の人口に乘ずることによって世帯数を求め、その合計によって当該年の世帯数が決まる。表 1 に、人口・世帯数に用いたデータを示す。

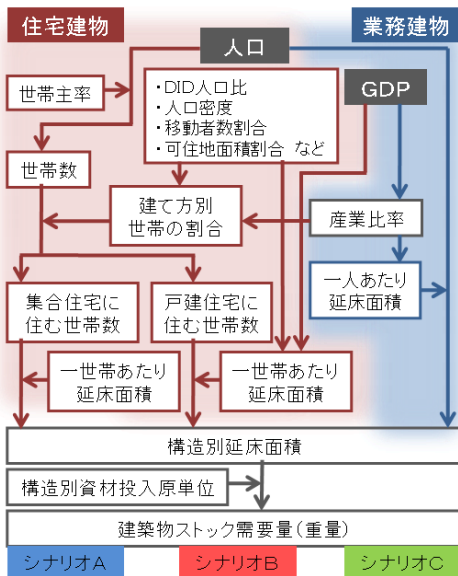


図 1 推計モデルのフロー

表 1 人口・世帯数に用いたデータ

基準値	男女別 5 歳階級別人口	平成 17 年国勢調査
変化要因	男女別 5 歳階級別世帯主数	平成 17 年国勢調査
	合計特殊出生率	統計局日本統計年鑑など
	男女出生比	統計局日本統計年鑑など
	生残率	第 20 回生命表
	男女別 5 歳階級別純移動率	平成 12 年・17 年国勢調査および第 20 回生命表

(3) 住宅建物ストック需要の推計

本研究では、住宅を建て方別（戸建・集合）、構造別（木造・非木造）の計 4 種類に分類する。特に住宅の建て方によって一世帯あたり延床面積および構造に大きな違いが生じるため、まず住宅の建て方別の世帯割合を推定し、前節で算出された世帯数を乘ずることによって建て方別の世帯数を推計する。さらに、構造別に配分する際には、データの制約上の関係から、建て方別・構造別の住宅棟数データを用いて比例配分する。

住宅の建て方の世帯割合は、被説明変数に国勢調査から得られる戸建住宅世帯の割合を、説明変数に住宅の建て方に影響を与える各要因を設定し重回帰分析によって求める。重回帰分析に用いたデータは 1980 年から 2005 年までの 5 年ごとのものであり、時系列及び都道府県のパネルデータを作成して推定を行う。ここで、長屋建住宅は居住形態を考慮し戸建住宅に含めることとした。表 2 に、推定結果を示す。次に、戸建住宅の一世帯あたり延床面積については、e-Stat 政府統計の総合窓口からデータを取得し、被説明変数を戸建住宅の一世帯あたり延床面積とし、説明変数にはその各要因を設定し重回帰式によって推定を行う。表 3 に、推定結果を示す。集合住宅の一世帯あたり延床面積については、重回帰式の推定結果が統計的に有意ではなかったため、経年に渡って 2005 年における基準値を用いる。

表 2 戸建住宅世帯の割合の推定結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数
3 次産業比率	-0.349** (-13.747)	-0.292
県総面積に対する可住地面積比	-0.068** (-3.429)	-0.083
人口密度 (人口/可住地面積)	-0.134** (-5.255)	-0.181
総人口に対する都道府県内での移動者数比率 (以下、域内移動者数比)	-0.770* (-2.072)	-0.053
DID 人口比	-0.362** (-14.557)	-0.565
沖縄 (ダミー変数)	-0.058** (-3.316)	-0.070
定数項	1.214** (72.968)	
重決定係数	0.896	
サンプル数	282	

括弧内の数字は t 値を示し、** : 1% 有意、* : 5% 有意である。

表 3 戸建住宅世帯の一世帯あたり延床面積の推定結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数
県総面積に対する可住地面積比	-22.628** (-2.661)	-0.188
DID 人口比	-50.615** (-7.223)	-0.530
一人あたり GDP	8.567** (5.716)	0.369
定数項	127.028** (25.370)	
重決定係数	0.362	
サンプル数	188	

括弧内の数字は t 値を示し、** : 1% 有意、* : 5% 有意である。

ここまでで算出された建て方別の延べ床面積から構造別の延床面積を算出し、構造別資材投入原単位を乘ずることによって住宅建物全体のストック量を材料別に求める。用いた構造別資材投入原単位は、長岡ら⁴⁾の研究の値を参考としている。ただし、この原単位は 2000 年時点での平均値であり、今後技術革新や長寿命化などの影響から原単位そのものが変化することが考えられる。しかし、今回はこの値を将来に渡って変わらないものと仮定し用いている。

(4) 業務建物ストック需要の推計

本研究では、業務建物の推計については簡略化し、人口規模に応じた延床面積が決定するものと仮定する。手順としては、まず土地総合情報ライブラリー⁵⁾の法人建物調査から得られた構造別の業務建物データを産業別に大別する。その後、2005 年における各産業の業務建物の一人あたり延床面積を決定し、産業構造の変化に伴い当該年度における一人あたり延床面積量の推計を行う。各都道府県の推定式は以下である。

$$FB_{i,j,t} = FB_{i,j,2005} \times \frac{\gamma_{j,t}}{\gamma_{j,2005}} \quad (1)$$

$FB_{i,j,t}$: t 年における構造別 i 産業別 j の業務建物一人あたり延床面積, $\gamma_{j,t}$: t 年における j 次産業生産額比率

ここで, 産業比率について以下のように推計する.

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{1,t} &= \frac{-1}{\exp(a_1 \ln y_t + b_1)} + 1 \dots \text{第1次産業} \\ \gamma_{3,t} &= \frac{-1}{\exp(a_3 \ln y_t + b_3)} + 1 \dots \text{第3次産業} \\ \gamma_{2,t} &= 1 - \gamma_{1,t} - \gamma_{3,t} \dots \dots \dots \text{第2次産業} \end{aligned} \right\} (2)$$

$\gamma_{1,t}$, $\gamma_{2,t}$, $\gamma_{3,t}$: それぞれ t 年における 1 次, 2 次, 3 次産業生産額比率, y_t : t 年における一人あたり GDP, a_1 , a_3 , b_1 , b_3 : 推定すべきパラメータ

上記のように推定した式を用いて, 各都道府県の業務建物全体のストックは以下のように推計される.

$$MSB_t = \sum_i \sum_j FB_{i,j,t} \times POP_t \times \alpha_i \quad (3)$$

MSB_t : t 年における業務建物ストック, POP_t : t 年における人口, α_i : 構造別資材投入原単位

(5) シナリオの設定

今後人口の減少に伴って建物ストックの需要量は減少していくと考えられるが, その際にどのような社会へ移行するかによって需要量が変わってくる. しかし, 日本の将来像を明確に予測することは困難である. 人口が都市部へ密集する可能性もあるが, 逆に郊外化, もしくはさらに広域なエリアへ分散する可能性もある. マクロな視点から日本全体の建物ストックの需要量がどのように変化するかを考察するため, 以下の 3 種類のシナリオを設定する.

① シナリオ A (現状維持型)

シナリオ A は現状維持型とする. 出生率を 2008 年基準 (全国平均値 1.37) で固定し, 世帯主率, 純移動率及びその他の 2 章 3 節において説明した変数を 2005 年基準で固定する. 一人あたり GDP のみ中位成長と仮定する.

② シナリオ B (都市集約型)

シナリオ B は都道府県の総人口に対する人口集中地区におけ

表 4 シナリオごとの条件設定

	シナリオA	シナリオB	シナリオC	変化する数値
一人あたりGDP	1.0%成長	2.0%成長	0.8%成長	住宅の建て方 (戸建/集合) 戸建住宅の一世帯あたり延床面積 業務建物の一人あたり延床面積
DID人口比	一定 (2005年基準)	20%増	20%減 (1970年水準)	住宅の建て方 (戸建/集合) 戸建住宅の一世帯あたり延床面積
域内移動者数比	一定 (2005年基準)	20%増	20%減	住宅の建て方 (戸建/集合)
出生率	1.37 (2008年基準)	1.31 (2006年水準)	1.70 (1988年水準)	人口
純移動率	一定 (2000-2005年)	15歳~29歳で 20%増	15~29歳で 20%減	人口
世帯主率	一定 (2005年基準)	生産年齢世帯 5%増	高齢者世帯 5%減	世帯数

る人口比 (以下, DID 人口比) が高い都市集約型の社会を想定しており, 3 次産業を中心に一人あたり GDP がやや高水準で成長するとしている. 過去の日本の傾向を見ると, このような社会においては集合住宅世帯の割合が増加する. 出生率を低水準 (全国平均値 1.31 : 2005 年基準) で移行させ, 世帯主率および純移動率を増加させることで今後社会問題として予想される単身世帯の増加および転入出超過を仮定する.

③ シナリオ C (分散定住型)

シナリオ C は, シナリオ B とは対照的に過去の日本の社会像に照らし合わせた定住型の社会を想定しており, DID 人口比を減少させることで戸建住宅世帯の割合を大きくした. 加えて高齢世帯の世帯主率を減少させることで世帯数が減少し一世帯あたり構成人数が増加するシナリオとする. 一人あたり GDP は低水準で成長するが, 出生率をやや高水準 (全国平均値 1.70 : 1988 年水準) とする.

以上の各シナリオにおいて, 2050 年までの人口動態および居住条件, 最終的な建物ストック需要量の変化を推計する. GDP 成長率以外の各変数の増減は全都道府県において経年で一定とし, 単純にシナリオごとの傾向が長期にわたって継続されると仮定する. シナリオごとの変数の増減とそれぞれの変数がモデル内で影響を与える数値について表 4 に示す. 一人あたり GDP 成長率については経済産業省の長期エネルギー需給見通し⁶⁾及び「2050 日本低炭素社会」シナリオチーム⁷⁾の「低炭素社会に向けた 12 の方策」中の値を参考としている.

3. 結果

(1) 社会経済, 居住条件などの推計結果

ここでは, 建物ストックの推計に必要な社会経済, 居住条件などの変化を示す. 本推計は, 各都道府県単位で行ったが, ここではまず日本全体での合計値もしくは平均値をもって示す.

表 5 に, シナリオ別の人口, 一人あたり GDP, 3 次産業生産額比, DID 人口比の結果を示す. 人口は, 2005 年に比べて, ど

表 5 シナリオ別の人口, 一人あたり GDP, 3 次産業生産額比, DID 人口比の結果

	人口 (単位: 100 万人)	一人あたり GDP (単位: 100 万円)	3 次産業生産額比 (単位: %)	DID 人口比 (単位: %)
2005 年	127.3	4.2	70.6	66.0
2050 年シナリオ A	93.5	5.8	73.7	66.0
2050 年シナリオ B	91.5	8.9	80.5	79.2
2050 年シナリオ C	104.5	4.9	70.3	52.8

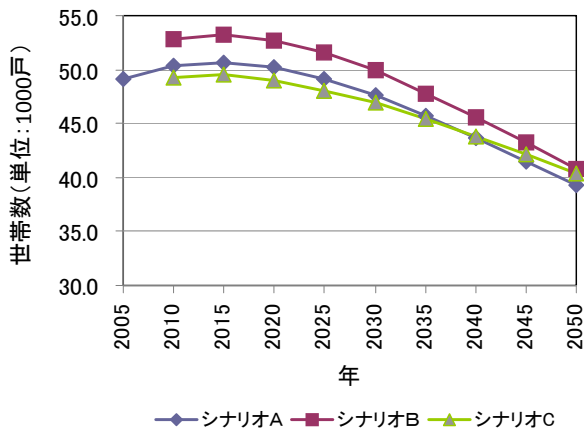


図2 世帯数の結果

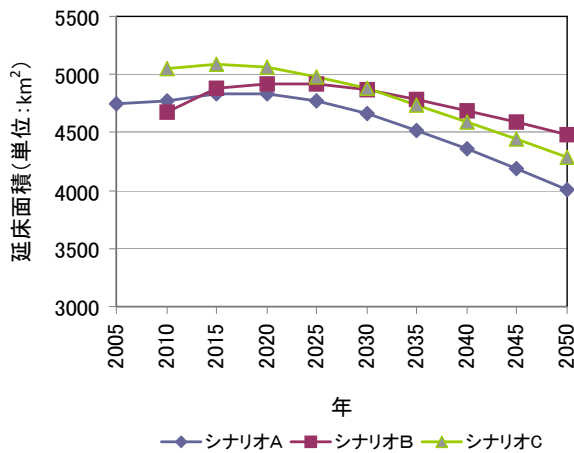


図3 住宅建物の総延床面積の結果

のシナリオにおいても減少傾向を示す。しかし、その減少が最も著しいのがシナリオ B であり、最も減少が鈍いのがシナリオ C である。一人あたり GDP は、2005 年に比べて、どのシナリオにおいても微増する。その中でも、最も増加するのがシナリオ B であり、最も増加が鈍いのがシナリオ C である。第 3 次産業は、2005 年に比べて、シナリオ A と B でその比率が上がり、シナリオ C において若干下がる結果となった。とりわけ、シナリオ B において第 3 次産業比率が 80% を超える結果となった。DID 人口比は、2005 年に比べて、シナリオ A が同水準、シナリオ B が増加、シナリオ C で低下する結果となった。

図 2 に、世帯数の結果を示す。この結果、どのシナリオにおいても、世帯数は 2015 年にピークを迎え次第に低下していく。この中でも、人口が最も低下するものの世帯主率が高いシナリオ B において最も増加することが分かった。これは、1 世帯あたりの構成人数が低下し核家族化が進むことを表わしている (2005 年の 1 世帯あたり構成人数は、およそ 2.7 人に対して 2050 年には 2.4 人程度になる)。シナリオ C においては、短期的には世帯数が最も減少するものの、長期的には出生率が高いことから人口が最も増加し、シナリオ A の世帯数を上回る結果となった。世帯構成人数も、シナリオ C において最も多くなることが分かった (2050 年において 2.8 人になる)。

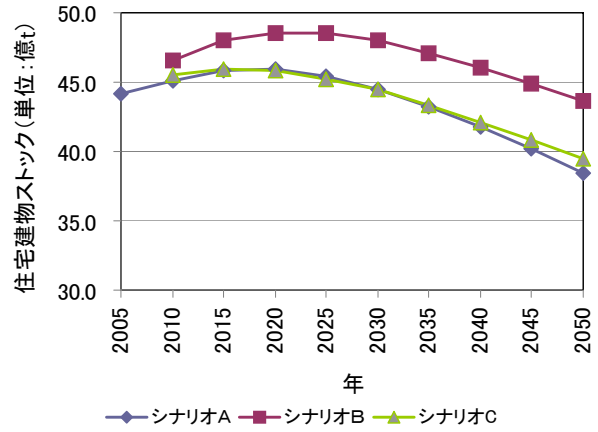


図4 シナリオ別の住宅建物ストック需要量の結果

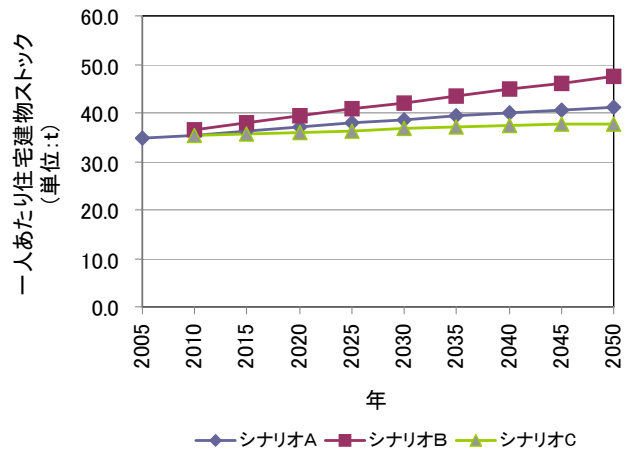


図5 シナリオ別の一人あたり住宅建物ストック需要量の結果

図 3 に、住宅建物の総延床面積の結果を示す。総延床面積は短期において、戸建住宅世帯の割合が大きいシナリオ C において最も大きくなるが、長期においては世帯数および戸建住宅の一戸あたり延床面積が最も増加するシナリオ B において最大となった。

(2) 住宅建物ストックの推計結果

図 4 に、シナリオ別の住宅建物ストック需要量の結果を示す。この結果、どのシナリオにおいても、人口および世帯数の減少に伴って、住宅建物ストック需要量が減少することが分かった。シナリオ B においては、集合住宅世帯の割合が最も増加し、加えて世帯数が最も大きくなるため、人口が最も減少するにも関わらず住宅建物ストックの需要量は全シナリオ中最大の 43.6 億トンとなることが分かった。シナリオ C においては、集合住宅世帯の割合は 3 つのシナリオの中で最小となったものの、人口が最大となるため住宅建物ストックはシナリオ A を若干上回る結果となった。

図 5 に、シナリオ別の一人あたり住宅建物ストック需要量の結果を示す。この結果、人口が最も低下するものの、住宅建物ストック需要量が増加するシナリオ B において最も多くなることが分かった。シナリオ C については、人口がシナリオ A より増加

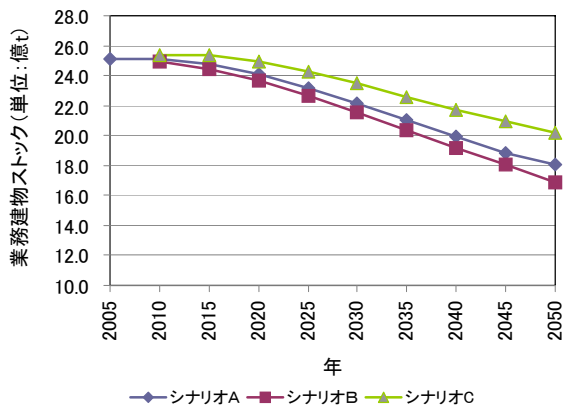


図6 シナリオ別の業務建物ストック需要量

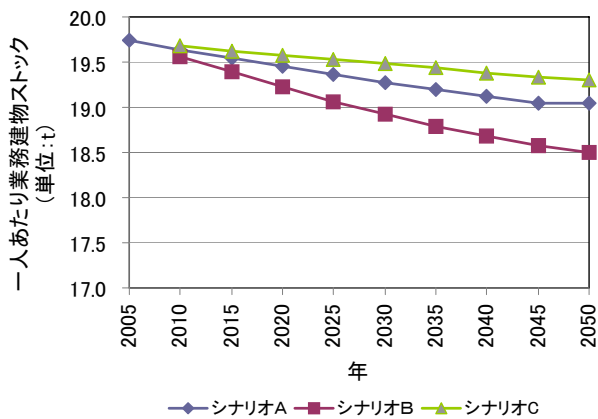


図7 シナリオ別の一人あたり業務建物ストック需要量

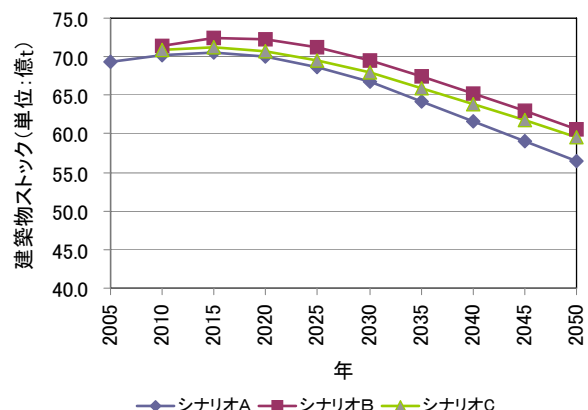


図8 シナリオ別の建物ストック需要量

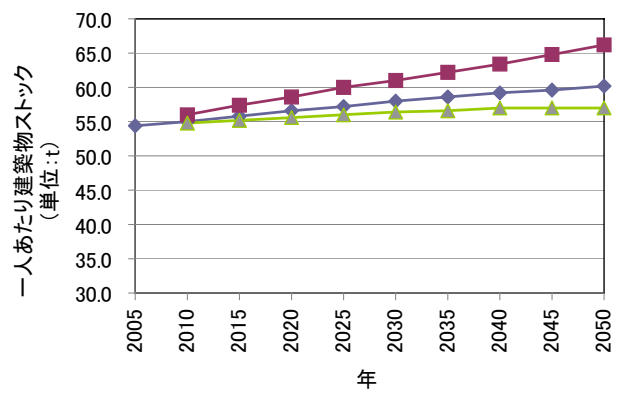


図9 シナリオ別の一人あたり建物ストック需要量

するため、一人あたり住宅建物ストック需要量は最も低くなった。

(3) 業務建物ストックの推計結果

図6に、シナリオ別の業務建物ストック需要量の結果を示す。この結果、本研究では、一人あたり業務建物ストックを基準年(2005年)で固定し、産業構造の変化による補正を加えるといった方法を用いたため、業務建物ストック需要量が人口規模に大きく依存する結果となった。つまり、人口の低下が強いシナリオCにおいて業務建物ストックの需要量が最も多く、人口の低下が最も著しいシナリオBにおいて業務建物ストックの需要量が最も減る。

図7に、シナリオ別の一人あたり業務建物ストック需要量の結果を示す。この結果、一人あたり業務建物ストックは、2次産業生産額比が最も大きくなるシナリオCにおいて最大となり、3次産業生産額比が最も大きくなるシナリオBにおいて最小となることが分かった。

(4) 建物ストックの推計結果

建物ストックとは、住宅建物ストックと業務建物ストックの合計値で表わされる。

2005年における建物ストック需要量は約69億トンと推計され、Hashimoto et al.¹⁾の推計結果である80億トンと比較すると若干小さい値となった。今回推計した住宅建物ストック需要量は世帯数

を基にして算出を行っており、空き家について考慮できていないため、既往研究のもの比べて推計結果が小さくなったと考えられる。例えば、2003年における実際の住宅戸数は世帯数の約1.15倍となっている。

図8に、シナリオ別の建物ストック需要量の結果を示す。この結果、シナリオごとの傾向を見ると、シナリオBにおいては世帯数および集合住宅世帯の割合が最大となるため、全体としての建物ストック需要量は最も大きくなり、2050年において約61億トンと推計された。シナリオCにおいては、戸建住宅世帯の割合が増加するものの業務建物ストック需要量が最も大きくなるためシナリオBより若干低く、2050年において約60億トンと推計された。

図9に、シナリオ別の一人あたり建物ストック需要量の結果を示す。一人あたり建物ストック需要量は、シナリオごとに大きな違いが見られ、シナリオBにおいて約66トン、シナリオCにおいて約57トンと推計され、10トン近くの差が生じることが分かった。

図10に、最も建物ストック需要が増加するシナリオBにおける建物ストック需要量の地域差を把握するため、各都道府県における建物ストックの変化率を示した。建物ストックの変化率とは2050年における建物ストック需要量を2005年時点のそれで除したものである。本研究においては2000年～2005年における人口の純移動率を基本として人口を算出しており、この5年間での人

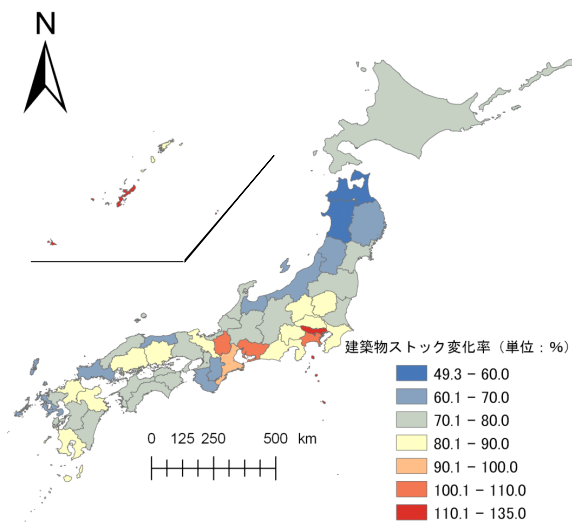


図 10 都道府県別建物ストック需要量
 の変化率の結果 (シナリオ B)

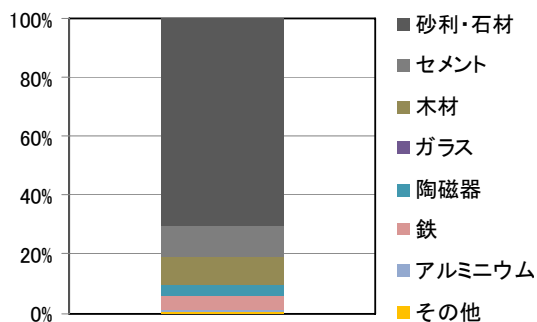


図 11 2050 年におけるシナリオ A の
 建物ストックの材料構成

口の転入出状況が建物ストックの需要量に多大な影響を与えた。転入が多い東京都・神奈川県・愛知県などの都道府県においては建物ストック需要量がやや増加するが、それ以外のエリアでは人口減少に伴い需要量が大きく減少する結果となった。特に 15 歳～29 歳人口の純移動率が高いシナリオ B においてその傾向は顕著であり、2050 年の東京都における建物ストックの需要量は日本全体の約 15.4% に達すると推計された。

図 11 に、参考までに、2050 年におけるシナリオ A の建物ストックの材料構成を示す。重量比では砂利・石材が全体の約 70% を占め、セメント・木材がそれぞれ 10% 前後であった。材料構成についてはシナリオごとに大きな差は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、異なった社会像を反映した複数のシナリオを設定することによって、都道府県別の建物ストック需要量の将来シナリオ分析を行った。このような分析を行うことによって、将来目指すべき社会像が展望できると同時に、低物質社会を実現するための物質循環全体のフローを把握する前段階となると考えられる。

今後の課題を以下にまとめる。

- 1) 今回は都道府県単位で推計を行ったため、都市部と郊外部などの明確な差異を反映できず、概ね日本全体での動向を把握するに留まった。具体的な政策に反映させるためにはより詳細な地域の空間単位で分析する必要がある。
- 2) 本研究は建設に関わるマテリアルストックのみを示したものであり、ストック型社会に向けた具体的な提言を行うためには今後建物供給側の条件を踏まえた上でインフラ分野を含めた建設業全体での資材の投入・廃棄量を推計していく必要がある。
- 3) 本研究では、シナリオ B において潜在的な物質の投入・廃棄量も大きくなる可能性があることを示した。しかし、長寿命化技術の導入によるフロー部分の削減、都市全体のエネルギー効率や交通分野などの環境負荷について考慮できていないため、一概にシナリオ B において環境負荷が最も大きいと結論付けることはできない。今後は建設資材の物質収支だけでなく、更に広範囲の人間活動全体から生じる環境負荷について考えていく必要がある。

謝辞

本研究は、環境省の地球環境研究総合推進費（研究課題番号 E-0806）「低炭素型都市づくり施策の効果とその評価に関する研究」（代表：井村秀文）の一環として行われたものである。記して深謝する。

参考文献

- 1) 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, Volume 27 (12), pp.1725-1738, 2007.
- 2) H. Tanikawa & S. Hashimoto: Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS, Building Research & Information, Volume 37, Issue 5 & 6, Pages 483 - 502, 2009.
- 3) 長岡耕平, 谷川寛樹, 吉田登, 東修, 大西暁生, 石峰, 井村秀文: 全国都道府県・政令都市における建設資材ストックの集積・分布傾向に関する研究, 環境情報科学論文集 23, pp.83-88, 2009.
- 4) 長岡耕平, 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に関する研究, 環境システム研究論文発表会講演集, Vol.36, pp.303-308, 2008.
- 5) 土地総合情報ライブラリー(2003): 平成 15 年法人建物調査 http://tochi.mlit.go.jp/kihon/h15_kihon/tatemono/t_index.html
- 6) 経済産業省, 総合資源エネルギー調査会需給部会: 長期エネルギー需給見通し(再計算), pp.3-12, 2009. <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g90902a01j.pdf>
- 7) 「2050 日本炭素社会」シナリオチーム (独)国立環境研究所, 京都大学, 立命館大学, みずほ情報総研(株)(2008): 低炭素社会に向けた 12 の方策