

24. ストック型社会を目指した都道府県別の 建物ストック需要量の将来推計

大西 暁生^{1*}・河村 直幸²・奥岡 桂次郎³・谷川 寛樹³

¹富山県立大学工学部環境工学科（〒939-0398 富山県射水市黒河5180）

²無所属（〒492-8463 愛知県稲沢市井堀中郷町118）

³名古屋大学大学院環境学研究科（〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 D2-1(510)）

* E-mail: akiol23@pu-toyama.ac.jp

近年、資源の有限性などの観点から、物質の投入・廃棄の量を低水準に抑えるストック型社会への移行が求められている。とりわけ、建設分野における物質循環は大規模であり、この分野におけるフローの削減が環境負荷の削減に果たす役割は大きい。このような状況の中、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が進められている。

本研究では、人工構造物のうち人間活動が反映されやすいであろう建築物（住宅建物と業務建物）に着目し、建築物ストック需要量に影響を与える要因を整理すると同時に、異なった社会像を反映した複数のシナリオ（現状維持型、都市集約型、分散定住型）を設定することで、建築物ストック需要量の将来推計を行った。この結果、2050年の一人あたり建物ストック需要量は、都市集約型において約66トン、分散定住型において約57トンと推計され、10トン近くの差が生じることがわかった。

Key Words : stock-based society, building stock, prefecture, future scenario

1. はじめに

以前までは、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が台頭していた。日本の高度経済成長期には、大量の建設投資が行われ、社会基盤が拡充されてきた。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ことが重要となる。そのため近年では、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。このような社会状況の変化から、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が進められている。マテリアルストックとフローの分析の意義は、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、効率的且つ持続可能な物質利用を目指すことにある。

関連する既存研究の例として、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に、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地上部分と地下部分に分けて推計した。こうした既存研究の大半は、将来におけるマテリアル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⁴⁾。とりわけ昨今、少子高齢化の進行や拠点地域への人口集中、また地方からの人口流出などが社会問題として懸念されており、こうした社会的動向は将来の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、ストック需要量の将来推計には、社会全体の変化を出来る限り考慮した評価・検討を行っていくことが望ましい。ただし本来、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同時に評価することが好ましい。本研究では、こうした物質循環の全体を把握する前段階として、対象とする構造物を建物のみに絞り、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。

2. 分析方法

(1) 将来推計モデルの概要

ここでは、都道府県別の建物ストック需要量を、社会変化を考慮したシナリオのもとで推計する。将来推計モデルは、推計の期間を2005年から2050年までとし、5年間隔で推計を行う。推計に際し、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⁴⁾。図-1に、将来推計モデルの枠組みを示す。設定したシナリオは、BAU（Business As Usual）である現状維持型と、将来考え得る様々な社会像の中から2つの異なったシナリオを選択した。

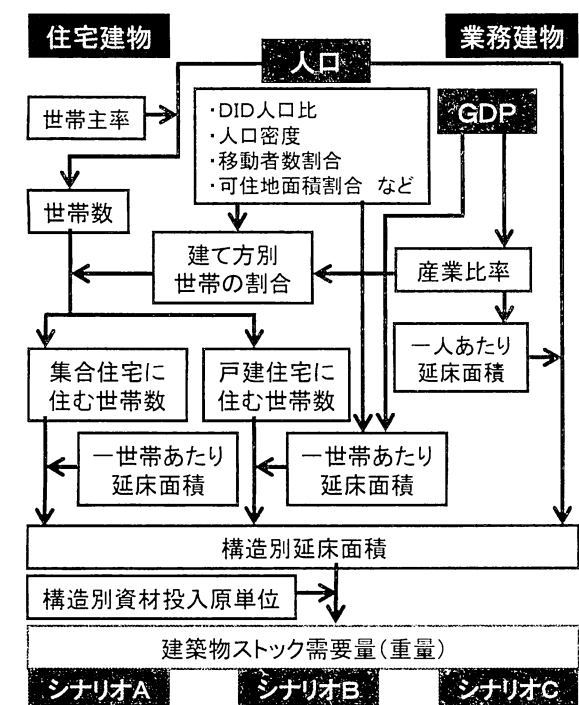


図-1 将来推計モデルの枠組み

(2) 人口・世帯の推計

人口の推計には、平成17年の国勢調査から得られる2005年における都道府県別の男女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求める。ここで、コーホート要因法には、人口以外にも、合計特殊出生率、男女出生比、生残率、男女別5歳階級別純移動率のデータが必要になるが、これらはそれぞれ統計局日本統計年鑑、第20回生命表、平成12年と17年の国勢調査などのデータから揃えた。ただし、将来推計をする際、そのシナリオ設定においてこれらの値を変えることがある。詳細は、同章5節で説明する。次に、世帯主率法を用いて推計した人口から世帯の数を推計す

る。ここで、世帯主率法とは、男女5歳階級別の人口と世帯主の数から世帯の数を推計する方法である。用いた世帯の数のデータは、平成17年の国勢調査のものである。

(3) 住宅建物ストック需要量の推計

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⁴⁾。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乗じることによって建て方別の世帯数を推計する⁴⁾。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⁴⁾。

住宅の建て方別の世帯割合の推計には、被説明変数に国勢調査から得られた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推定する。分析に用いたデータは、1980年から2005年までの5年ごとの都道府県別のものである。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⁴⁾。表-1に、戸建住宅世帯の割合の推定結果を示す。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分析によって推定する。表-2に、戸建住宅の一世帯あたり延床面積の推定結果を示す。集合住宅の一世帯あたり延床面積は、分析結果の推定が統計的に有意ではなかったため、経年に渡って2005年と同様とする。

上記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推計し、構造別資材投入原単位を乗じ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⁹⁾の研究から引用している。

(4) 業務建物ストック需要量の推計

業務建物の推計については、簡略化し、人口規模に応じて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⁴⁾。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、次式のように、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。

$$FB_{i,j,t} = FB_{i,j,2005} \times \frac{\gamma_{j,t}}{\gamma_{j,2005}} \tag{1}$$

$FB_{i,j,t}$: t 年における構造別産業別 j の業務建物一人あたり

表-1 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-2 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。

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、産業比率については次式によって推計する。

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

$\gamma_{1,t}$ 、 $\gamma_{2,t}$ 、 $\gamma_{3,t}$ ：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

上式のように推計した後、各都道府県の業務建物全体のストックは次式によって推計される。

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

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

人口減少に伴い建物ストックの需要量は減少傾向に向かうと予想されるが、その際にどのような社会へ移行するかによって、その需要量が変化すると考えられる。しかし、日本の将来像を確実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⁴⁾。

本研究では、日本全体及び都道府県別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、マクロな視点から、以下の3つのシナリオを設定する。また、そのシナリオの詳細を表-3に示す。

① シナリオA (現状維持型)

ここでは、出生率を2008年基準（全国平均値1.37）とし、世帯主率、純移動率及びその他の2章3節の変数は2005年基準で固定する。一人あたりGDPは、中位の成長を仮定する。

② シナリオB (都市集約型)

シナリオBは、都道府県ごとの総人口に対する人口集中地区における人口比（以下、DID人口比とのみ略す）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仮定している。過去の日本の傾向をみると、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）とし、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懸念される単身世帯の増加および転入出超過を表わす。

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を反映し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増加させる。また、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と仮定する。一人あたりGDPは低水準で成長するものの、出生率をやや高水準（全国平均値1.70：1988年水準）に設定する。

上記のシナリオを用いて、2050年までの人口動態及び居住条件、また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する。すなわち、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。表-3に、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⁹⁾を参考としている。また、シナリオの設定などの仕方については、「2050日本低炭素社会」シナリオチーム⁷⁾など

表-3 シナリオの詳細

	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	0.6%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 (2005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

表-4 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

の研究を参考としている。

3. 結果

(1) 社会経済、居住条件などの推計結果

まず、建物ストック需要量の推計を行う上で必要となる社会経済、居住条件などの推計結果を示す。本研究では、都道府県別で分析しているが、ここでは日本全体の推計結果を中心に示す。

表-4に、シナリオ別の人口，一人あたりGDP，3次産業生産額比，DID人口比の推計結果を示す。人口は、2005年と比較して、どのシナリオにおいても減少する。ただし、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年と比較して、どのシナリオにおいても微増する。その中でも、最も増加が著しいのがシナリオ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年と比較して、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次産業の比率が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が低下するといった結果となった。

図-2に、シナリオ別の世帯の数の推計結果を示す。こ

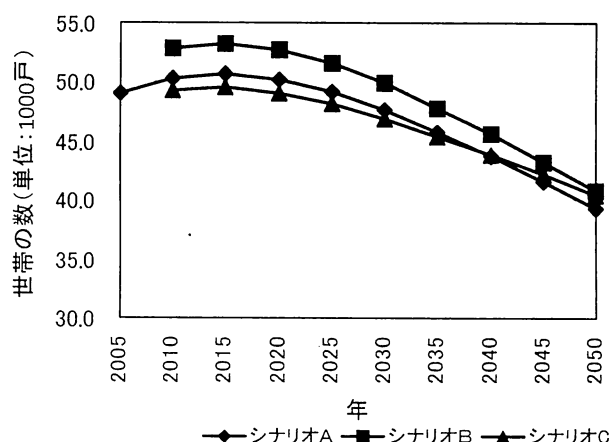


図-2 シナリオ別の世帯の数の推計結果

の結果、世帯の数は、どのシナリオにおいても、2015年をピークにその後低下していく結果となった。この中でも、シナリオBにおいて、人口が最も低下するものの、世帯が最も増加する結果となった。これは、1世帯あたりの構成人数が減少し、核家族化の傾向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、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わかった（2050年

において2.8人になる)。

図-3に、シナリオ別の住宅建物の総延床面積の推計結果を示す。総延床面積は、短期の傾向としては、戸建住宅世帯の割合が大きいシナリオCで最も増加するものの、長期の傾向としては、世帯数および戸建住宅の一世帯あたり延床面積が最も大きくなるシナリオBにおいて最大となることがわかった。

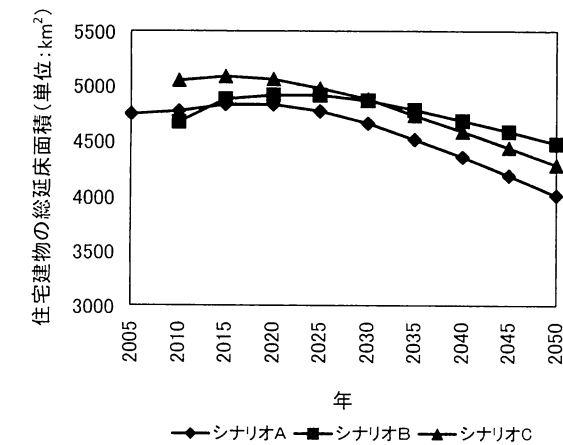


図-3 シナリオ別の住宅建物の総延床面積の推計結果

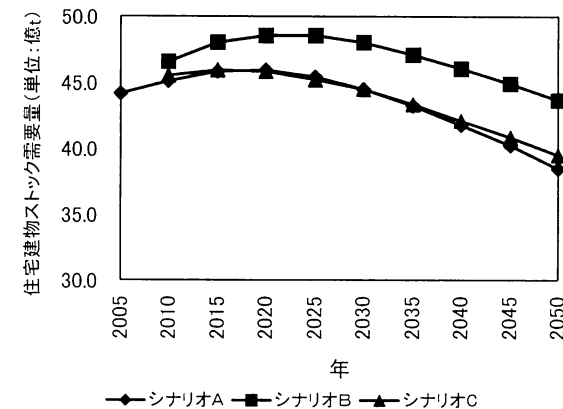


図-4 シナリオ別の住宅建物ストック需要量の推計結果

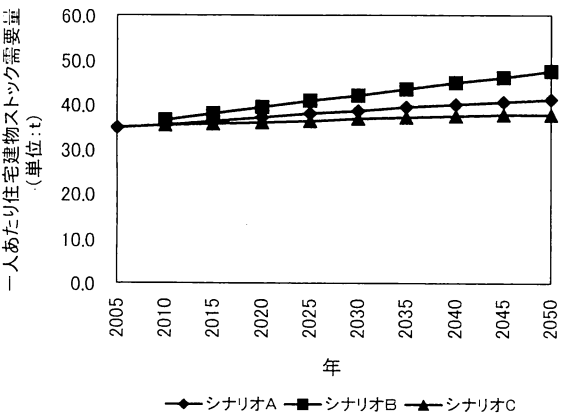


図-5 シナリオ別の一人あたり住宅建物ストック需要量の推計結果

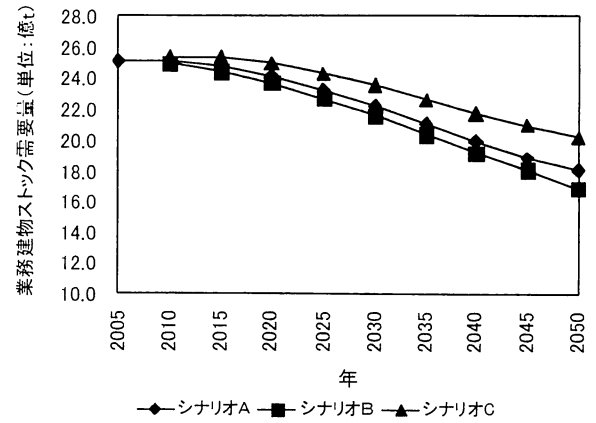


図-6 シナリオ別の業務建物ストック需要量の推計結果

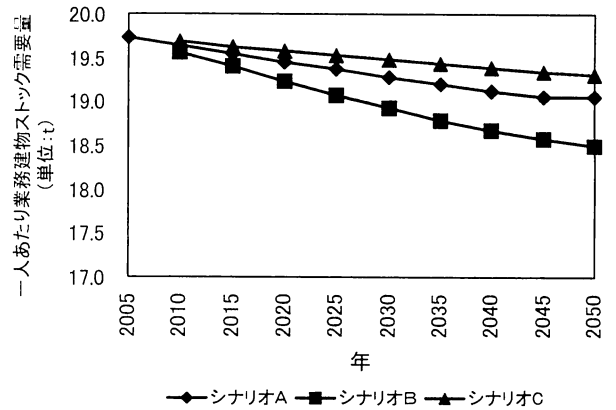


図-7 シナリオ別の一人あたり業務建物ストック需要量の推計結果

(2) 住宅建物ストック需要量の推計結果

図-4に、シナリオ別の住宅建物ストック需要量の推計結果を示す。この結果、どのシナリオにおいても、人口及び世帯の数の減少に伴い、住宅建物ストック需要量が低下することがわかった。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、さらに人口が低下するものの世帯数が最も大きくなるため、住宅建物ストック需要量がどのシナリオよりも大きくなることがわかった。その2050年の需要量は、43.6億トンである。シナリオCにおいては、集合住宅世帯の割合はどのシナリオよりも少なくなるものの、人口が最も増加するため住宅建物ストック需要量はシナリオ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推計結果を示す。この結果、人口が最も低下し、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わかった。シナリオCについては、人口がシナリオAより増加することによって、一人あたり住宅建物ストック需要量は最も減少する結果となった。

(3) 業務建物ストック需要量の推計結果

本研究では、一人あたり業務建物ストック需要量を基

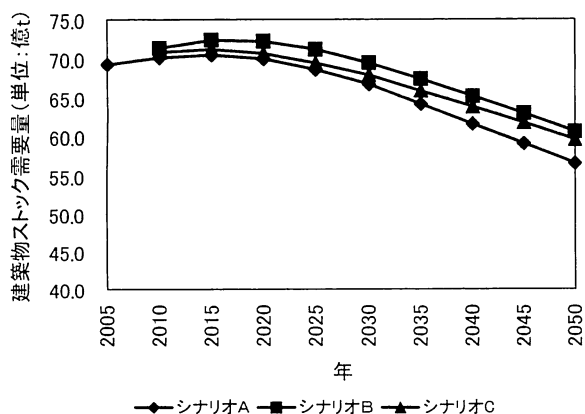


図-8 シナリオ別の建物ストック需要量の推計結果

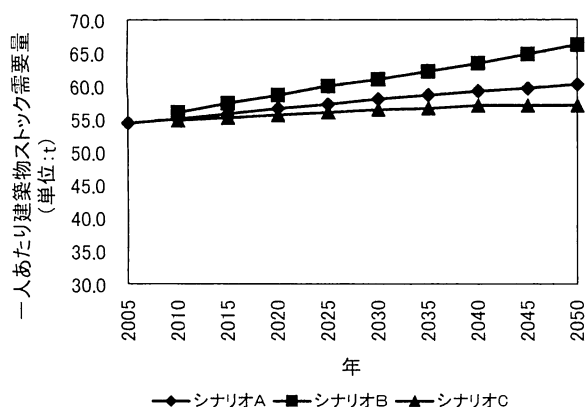


図-9 シナリオ別の一人あたり建物ストック需要量の推計結果

準年（2005年）で固定しているため、基本的には産業構造の変化と人口の増減のみが業務建物ストック需要量に影響を与える結果となる。とりわけ、産業比率の変化がシナリオ間で小さいため、人口の増減の変化が最も反映される結果となっている。図-6に、シナリオ別の業務建物ストック需要量の推計結果を示す。この結果、シナリオCにおいて、人口の低下が最も少ないため業務建物ストック需要量が一番大きくなった。その反面、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一番減少した。

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推計結果を示す。この結果、一人あたり業務建物ストック需要量は、2次産業比率が最も大きくなるシナリオCにおいて最大となり、3次産業比率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わかった。

(4) 建物ストック需要量の推計結果

建物ストック需要量とは、住宅建物と業務建物のストック需要量の合計値によって表わされる。

2005年の建物ストック需要量は、およそ69億トンと推計された。これは、Hashimoto et al.¹⁾の推計結果の80億トンと比較すると若干小さい結果となっている。これは、

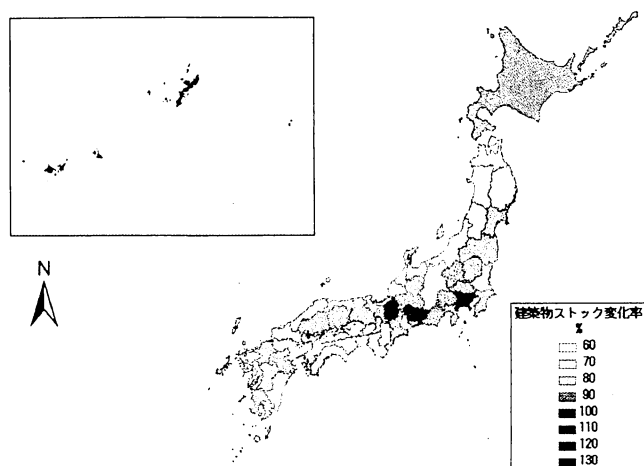


図-10 都道府県別建物ストック需要量の変化率の結果（シナリオB）

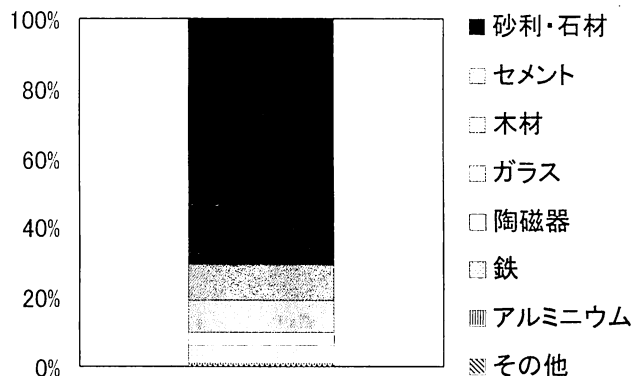


図-11 2050年におけるシナリオAの建物ストックの材料構成

推計した住宅建物ストック需要量が世帯数をもとに算出されており、空き家などの未利用の住宅については考慮できていないことが起因していると考えられる。例えば、2003年における実際の住宅戸数は世帯数の約1.15倍となっているため、上記の原因が推察できる。

図-8に、シナリオ別の建物ストック需要量の推計結果を示す。この結果、シナリオBにおいて、世帯数及び集合住宅世帯の割合が最も大きいため、建物ストック需要量は最大となり、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、業務建物ストック需要量は大きいものの、住宅建物ストック需要量が低下するため、建物ストック需要量はシナリオBより少なくなり、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推計結果を示す。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差異があり、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、これらの間でおおよそ10トン近くの差が生じることがわかった。

図-10に、シナリオBにおける都道府県別の建物ストック需要量の2005年と2050年の変化率を示す。シナリオBは、建物ストック需要量が最も増加するシナリオである。建物ストック需要量の変化率とは、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。本研究では、2000年～2005年の人口の純移動率の実績値を用いており、この5年間に於ける各都道府県への人口の転入出状況が結果に反映されている。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増加し、他方、それ以外の都道府県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においてその傾向が顕著であり、2050年の東京都における建物ストック需要量は日本全体の約15.4%に相当する結果となった。

図-11に、2050年におけるシナリオAの建物ストック需要量の材料構成を示す。その重量比では、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、シナリオごとでさほど大きな差はみられなかった。

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推計を行った。このような分析を行うことによって、将来の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) 本研究では、都道府県別で推計を行っているが、都市部と郊外部などの明確な差異を反映することは難しく、空間的に詳細な地域の動向を知ることはできない。今後、このような空間設定についても、データの有無及び入手の可能性を検討し、再考していきたい。
- 2) ここでは、建設に関わるマテリアルストック需要量のみを示している。ストック型社会に向けた具体的な提言を行うためには、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) 本研究の結果から、シナリオBにおいて、潜在的な物質の投入・廃棄量が大きくなる可能性を示した。しかし、建物ごとの耐用年数や長寿命化技術の導入によるフローの削減の効果などが検討できていないため、一概にシナリオBにおいて物質循環全体が最も大きいと結論づけることはできない。そのため、今後は建設資材の物質収支をできるだけ詳細に評価・検討すると同時に、その対策による効果なども分析に含めていきたい。

謝辞：本研究は、富山県立大学重点領域研究「富山県における地球温暖化の影響とその対策」（代表：大西暁生）の一環として行われたものである。

参考文献

- 1) Hashimoto S., Tanikawa H. and Moriguchi Y.: 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.
- 2) Tanikawa H. and Hashimoto S.: Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS, *Building Research & Information*, Vol.37, Issue 5 & 6, pp. 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 Vol. 23, pp.83-88, 2009.
- 4) 大西暁生, 河村直幸, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 都道府県別建物ストック需要の将来シナリオ分析, 都市計画報告集, No.9-2, pp.58-63, 2010.
- 5) 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.
- 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): 低炭素社会に向けた 12 の方策, 2008.