マテリアルストックデータベースの拡充と ストック利用効率の検討

山下 剛弥¹・奥岡 桂次郎²・谷川 寛樹²

¹学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町D2-1)

E-mail:yamashita.takaya@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町D2-1)

本研究では、都市に投入、蓄積、廃棄される物質のメタボリズムの把握の為、日本の社会基盤の中で大きな割合を占めていると考えられる港湾・漁港・海岸保全施設を対象としてマテリアルストックのデータベースを拡充し、既往の研究と比較した。また、推計したマテリアルストックを用い、MSPS(Material Stock Per unit of Service)指標を用いることによってストック利用効率を検討した。その結果、港湾・漁港・海岸保全施設の2005年におけるマテリアルストックはそれぞれ、783Mton, 1,714Mton, 472Mtonであると把握した。運輸関係におけるストック利用効率について、空港はストック利用効率上昇、道路・鉄道では輸送量、港湾では輸送客についてストック利用効率の低下がみられた。

Key Words : material stock , revision the data ,service, msp

1. はじめに

都市では様々な資源が投入され、蓄積し、廃棄される。環境省(2013)¹⁾によれば、平成23年度の日本では物質投入量が15.7億トンであり、建築物や社会資本として5.1億トンが蓄積された。この蓄積された物質をマテリアルストックと呼び、人々はマテリアルストックを利用することで経済活動を行っている。豊かさを生み出す効率的な資源蓄積がなされているか把握するため、マテリアルストックが私たちの生活に与えている効果を検討することは重要である。正確な効果の検討を行うためには、マテリアルストックの推計が欠かせない。推計の拡充にはより詳細なデータが必要であり、近年では、Tanikawa *et al.*(2009)²⁾やHashimoto *et al.*(2007)³⁾に挙げられるように、統計や地理情報システム(Geographic Information System : GIS)を用いた研究が進んでいる。しかし、マテリアルストックの定量的な推計は不十分である。日本のマテリアルストックを定量的に推計している研究は、Hashimoto *et al.*(2007)³⁾や内閣府政策統括官(2007)⁴⁾による投入金額ベースの推計がある。内閣府政策統括官(2007)⁴⁾は

対象分野への投資額を基に粗資本ストックを計算して、減価償却や物理的償却を考慮しながら社会資本ストックを推計している。Hashimoto *et al.*(2007)³⁾は産業連関表の投入額を用いて建設活動量を求め、単位建設活動量あたりに投入される建設資材を建設活動量に乗じることにより日本のマテリアルストックを推計し、さらに建設物の寿命を考慮しながら2030年までの蓄積量、排出量を予測した。その結果、2030年には約10億トンの物質量が廃棄されると推計した。金額ベースの推計では、金額の価値が年ごとに变化してしまうことや、金額からでは実際に存在している物質量が不明である、という問題点がある。上記の研究は金額に着目して推計しているが、一方物質量に着目している研究としては、1905年から1970年までに12回行われた国富調査が存在する。宮崎義一(1995)⁵⁾によれば、国富調査は政府、民間、品目、産業別に実質のマテリアルストックについて調査法を用いて推計した。しかし、1970年の国富調査以降公式なマテリアルストック推計は行われていない、戦前と戦後で調査の目的や項目分けが大きく異なる、莫大な費用が必要、などの理由のために推計資料として用いるのは難しい。長岡ら

(2009)⁶⁾は建築物・道路・下水道を対象として都道府県別にマテリアルストックを推計し、可住地面積で除すことによってストック密度まで推計している。結果として、全国平均が116kg/m²、最小が北海道39kg/m²、最大が東京952kg/m²となることを推計した。マテリアルストックデータベースの既往研究として、田中ら(2013)⁷⁾が挙げられる。統計情報と地理情報(GISデータ)を組み合わせることにより、長岡ら(2009)⁶⁾に加えて鉄道・空港・港湾・漁港・ダムのマテリアルストックの分布、集積傾向を経年的に推計した。田中ら(2013)⁷⁾のマテリアルストック推計結果を図-1、図-2に示した。結果として、1965年のマテリアルストックの総和は約7,300Mton、2010年では約20,300Mtonとなり、約2.8倍の増加であると推計した。しかし、港湾・漁港の推計について、港湾区域・漁港区域のみを対象としており、海岸域全てを網羅しているわけではない。また、「施設ごとに関する建設年データが欠落しているため、使用した2005年データに含まれている施設は、開港年当初から全て存在している」と仮定して推計している。それゆえ、施設の経年変化を正確に推計できておらず、図-2における1960年-2000年の港湾・漁港のマテリアルストックが過大推計であると考えられる。そこで、本研究ではマテリアルストックデータベース拡充として、港湾・漁港・海岸保全施設を対象として推計を行った。

推計したマテリアルストックを用いることでストック利用効率の検討を行う。内閣府政策統括官(2007)⁴⁾によれば、社会資本には図-3の様にフロー効果とストック効果が存在する。社会基盤を整備する投資による効果と整備されたストックの存在による効果である。ストック効果の研究として、肥田野

図-1 施設別マテリアルストック

図-2 施設別マテリアルストックの割合

図-3 社会資本の効果

(1997)⁸⁾はストック効果をヘドニックアプローチにより土地価格の社会基盤の整備前整備後の変化から推計し、林ら(2009)⁹⁾は交通利便性、居住快適性、安全安心性を考慮したQOL(Quality of Life)の観点から社会基盤が人々の生活に与えている影響を推計した。しかし、ストックに対するストック効果の効率については未だ検討されていない。フロー効果の指標としては、F.シュミット=ブレイク(1997)¹⁰⁾に記載のMIPS(Material Input Per unit of Service)という指標が存在する。MIPSは「資材投入量/サービス」を示しており、資源使用効率の指標として非常に重要である。消費財の場合、物質とサービスの関係が明確であり(洗濯機：洗濯)、サービスの質が容易に把握可能である。しかし、社会資本ストックの生み出すサービスは多種多様であり、一様に把握し難い。ストックが整備されることにより生活や経済の質が向上した事実は明らかであり、より良いストックを生かした社会が形成される必要がある。ストック効果とマテリアルストックの関係を示した上で、再資源化価値・使用価値を検討する指標が重要となる。本研究では物質量に価値を見出すストック型社会の観点から、ストック利用効率の検討を試みた。

図-4 マテリアルストック推計手順

2. 港湾・漁港・海岸保全施設マテリアルストックの推計及びストック利用効率検討方法

(1) 海岸の施設

港湾施設・漁港施設・海岸保全施設の関係について述べる。港湾施設は港湾区域内に存在する水域施設・外郭施設・係留施設・臨港交通施設・航行補助施設・荷さばき施設などである。港湾区域とは当該水域を経済的に一体の港湾として維持管理運営するために必要な最小限度の区域である。外郭施設とは、波や風などで岸や岸に存在する施設が壊れないように防護する施設である。係留施設とは船を停め、荷を陸にあげる為の施設である。次に、漁港施設は漁港区域に存在する水域施設・外郭施設・係留施設・輸送施設・漁船漁具保全施設・増殖及び養殖用施設などである。漁港区域とは、天然又は人工の漁業根拠地となる水域及び陸域並びに施設の総合体が存在する区域である。海岸保全施設は海岸保全区域内に存在する堤防・突堤・護岸・胸壁・離岸堤・砂浜・消波堤・その他の施設である。海岸保全区域とは、海水又は地盤の変動による被害から海岸を防護・管理する必要があると認められた区域である。本研究の推計フロー図を図-4に示した。堤防・護岸は港湾・漁港区域と海岸保全区域の両方に存在するが、推計の重複を避ける為に全て海岸保全施設として推計した。海岸保全施設として堤防・護岸・離岸堤・消波堤・突堤を、港湾施設・漁港施設として岸壁・防波堤を推計した。

(2) 港湾施設のマテリアルストック推計

本研究では国土数値情報の数値データ¹¹⁾と国土交通省調べ¹²⁾に記載の資料を用いた。数値データは港湾別に都道府県コード、港湾開港年、2008年時点の

外郭施設延長、2008年時点の係留施設延長のデータを含む。港湾区域には岸壁・防波堤・堤防・護岸・防砂堤・荷役施設・航路標識・その他等の施設が存在する。本研究ではマテリアルストック推計対象を、推計結果に大きな影響を及ぼすと考えられる岸壁・防波堤とした。しかし、外郭施設、係留施設内の防波堤、岸壁の延長はそれぞれ不明である。外郭施設の推計では、外郭施設延長における割合が公表されている広島県の港湾¹³⁾を例に、外郭施設における防波堤の割合を抽出して、各都道府県に適用し、防波堤延長とした。係留施設は、係留施設延長は全て岸壁であると仮定し、2008年のマテリアルストック($MS_{2008}^{Seaport}$)を求めた。国土数値情報の数値データだけでは年々増加していく施設量の変遷は把握し難い。国土交通省調べの資料には、全施設種含めた建設年度別港湾全施設数が記載されており、2008年に対する各年の施設存在割合の把握が可能である。防波堤と岸壁は防護を担う港湾の主要な施設であるため、全施設種含んだ全施設数の各年代存在割合と同じ挙動を示すと仮定した。国土交通省調べの資料より算出した2008年に対する各年代の施設存在割合(γ_y^s)を適用することで、マテリアルストック($MS_y^{Seaport}$)を推計した。推計は原単位法を用いて行い、推計式は式(1)に示した。

$$MS_y^{(Seaport)} = \gamma_y^s \cdot MS_{2008}^{(Seaport)} \quad (1)$$

$$\gamma_y^s = N_y^s / N_{2008}^s$$

$$MS_{2008}^{(Seaport)} = \sum_{i,n,j} (L_{i,n,2008} \cdot MI_{n,j})$$

ここに、 $MS_y^{(Seaport)}$ ：y年における港湾施設のマテリアルストック[ton]、 γ_y^s ：y年における2008年を基準とした港湾施設の存在割合[%]、 N_y^s ：y年に存在している港湾全施設数[個]、 N_{2008}^s ：2008年に存在している港湾全施設数[個]、 $MS_{2008}^{(Seaport)}$ ：2008年における港湾施設のマテリアルストック[ton]、 $L_{i,n,2008}$ ：2008年における港湾施設種nの施設iの延長[m]、 $MI_{n,j}$ ：施設種nにおける資材jの原単位[ton/m]、y：推計年、i：施設、n：港湾施設種、j：資材種とする。

原単位について、防波堤及び岸壁の原単位は田中ら(2013)⁷⁾に記載のものを用いた。防波堤の構造は最も主流である混成堤と仮定されている。港湾構造物の設計¹⁴⁾には混成堤についての基本設計図、各構造

部位の寸法，使用材料種，規格，量などが細かく記載されており，捨石基礎，ケーソン，中詰砂，上部コンクリートから成る混成堤基本設計図を用いて原単位を算出している．ケーソンとはコンクリートで作成された箱であり，中に砂や石材を詰めて整備する．岸壁の構造は矢板式岸壁であると仮定し，構造は矢板，タイロッド，裏込め材，舗装である．混成堤に加え，矢板式岸壁の基本設計図も記載されている為，基本設計図を用いて原単位が算出されている．

(3) 漁港施設のマテリアルストック推計

本研究では国土数値情報の数値データ¹¹⁾と三上ら(2014)¹⁵⁾に記載の資料を用いた．数値データは漁港別に都道府県コード，漁港開港年，2005年時点の外郭施設延長，2005年時点の係留施設延長のデータを含む．外郭施設・係留施設は，港湾施設と同じ機能である．漁港区域には岸壁・防波堤・堤防・護岸・給水施設・養殖用作業施設・その他等の施設が存在する．本研究では，港湾と同様に岸壁・防波堤を対象とした．港湾施設と同様に，外郭施設における防波堤の割合や施設量の変遷の把握を行うため，福井県の漁港施設¹⁶⁾と三上ら(2014)¹⁵⁾に記載の資料を用い，2005年のマテリアルストック($MS_{2005}^{(Fishing\ Harbor)}$)を求めたうえで，2005年に対する各年代の施設存在割合(γ_y^f)を用いて， y 年におけるマテリアルストック($MS_y^{(Fishing\ Harbor)}$)を推計した．三上ら(2014)¹¹⁾には全施設種含めた建設年度別漁港施設延長が記載されており，2005年に対する各年代の施設存在割合の把握が可能である．港湾同様に，防波堤と岸壁は全施設種含んだ全施設数の各年代存在割合と同じ挙動を示すと仮定した．推計は原単位法を用いて行い，推計式は式(2)に示した．原単位について，港湾と同様に防波堤及び岸壁の原単位は田中ら(2013)⁶⁾に記載のあるものを用いた．

$$MS_y^{(FishingHarbor)} = \gamma_y^f \cdot MS_{2005}^{(FishingHarbor)}$$

$$\gamma_y^f = X_y^f / X_{2005}^f \quad (2)$$

$$MS_{2005}^{(FishingHarbor)} = \sum_{i,n,j} (L_{i,n,2005} \cdot MI_{n,j})$$

ここに， $MS_y^{(Fishing\ Harbor)}$ ： y 年における漁港施設のマテリアルストック[ton]， γ_y^f ： y 年における2005年を基準とした漁港施設の存在割合[%]， X_y^f ： y 年に存在

している漁港全施設延長[m]， X_{2005}^f ：2005年に存在している漁港全施設延長[m]， $MS_{2005}^{(Fishing\ Harbor)}$ ：2005年における漁港施設のマテリアルストック[ton]， $L_{i,n,2005}$ ：2005年における漁港施設種 n の施設 i の延長[m]， $MI_{n,j}$ ：施設種 n における資材 j の原単位[ton/m]， y ：推計年， i ：施設， n ：漁港施設種， j ：資材種とする．

(4) 海岸保全施設のマテリアルストック推計

本研究では海岸統計に記載の海岸保全施設調¹⁷⁾を用いた．海岸統計には建設，運輸，農林水産の各省所管に関わる海岸の概況，事業，災害復旧について整理されている．海岸保全施設調には各年における海岸保全区域延長及び，施設種類別延長が記載されており，堤防・突堤・護岸・胸壁・離岸堤・砂浜・その他の海岸保全施設が存在している．本研究では，推計結果に大きな影響を及ぼすと考えられる堤防・護岸・離岸堤・消波堤・突堤を対象とし，マテリアルストック($MS_y^{(Coastal\ Facility)}$)を推計した．推計は原単位法を用いて行い，推計式は式(3)に示した．

$$MS_y^{(CoastalFacility)} = \sum_{n,j} (L_{n,y} \cdot MI_{n,j}) \quad (3)$$

ここに， $MS_y^{(Coastal\ Facility)}$ ： y 年における海岸保全施設のマテリアルストック[ton]， $L_{n,y}$ ： y 年における海岸保全施設種 n の延長[m]， $MI_{n,j}$ ：海岸保全施設種 n における資材 j の原単位[ton/m]， y ：推計年， n ：海岸保全施設種， j ：資材種とする．

原単位については，海岸保全施設構造例集¹⁸⁾に記載されている構造部の断面図の中から特異でない複数の堤防・護岸・離岸堤・消波堤・突堤の断面図を選択し，平均を求めて原単位とした．堤防は混成堤型，護岸は矢板式の直立型と仮定した．表法勾配が1:1より急なものを直立型，1:1より急でないものを傾斜型，2型の組み合わせたものを混成型と呼ぶ．堤防・護岸は，波に対する耐力を向上させる為，波返し工と呼ばれる鉄筋を含んだ構造である．断面図から推計する方法では，波返し工や矢板の原単位の推計が困難な為，土木工事積算基準マニュアル¹⁹⁾に記載のある海岸工事の例を元に原単位とした．矢板については土木工事積算基準マニュアルに重量の記載が無い為，最新土木施工法講座第港湾施工法(上)²⁰⁾に記載されている諸元を用いた．構造部に付随する消波ブロックは構造物のマテリアルストック

として大きな割合を占めていると考えられるが、場所ごとの存在の有無や、規模の違いが大きいので把握が困難である。このため、本研究では対象外とした。離岸堤・消波堤・突堤は碎石で作られた基盤の上にコンクリート塊を整備する方法が主流である。本研究ではコンクリート塊を不動テトラのテトラポッド構造であると仮定した。不動テトラが公表しているテトラポッド構造の空隙率50%²¹⁾を断面図の被覆面積に適用し、コンクリート部分の実面積とした。コンクリートや砂利・碎石は改訂版海洋・港湾構造物/PC構造物²²⁾に記載の密度を用いた。コンクリートについては、コンクリート標準示法書²³⁾に記載の配合表を用いて、セメント、水、砂利・碎石に分配した。

(5) ストック利用効率

推計したマテリアルストックを用いてストック利用効率を検討した。F.シュミット=ブレイク(1997)¹⁰⁾はMIPS(Material Input Per unit of Service)「資材投入量/サービス」という指標を用いて、資源使用効率を表している。しかし、社会資本はストックが生み出すストック効果に価値があるため、ストックとストック効果(サービス)を比較することにより、ストック利用効率を検討する。本研究では運輸部門ストックが生み出すサービスに着目し、道路・鉄道・港湾・空港を対象としてストック利用効率検討を行った。その際、GDPもストックの存在により生み出される一つのサービスであると考え、検討に加えた。その際、田中ら(2013)⁷⁾の推計した道路・鉄道・空港ストックデータを使用した。比較に用いたデータとして、全部門GDP[yen]²⁴⁾と比較を行い、道路・鉄道・港湾・空港について輸送量[ton]²⁵⁾ ²⁶⁾ ²⁷⁾ ²⁸⁾・輸送客[人]²⁹⁾・就業者数[人]³⁰⁾をそれぞれ使用した。多種のサービスの比較・検討を行う為、MIPSに似通った「マテリアルストック/サービス」をMSPS(Material Stock Per unit of Service)と題して検討に使用した。比較する対象は多岐にわたり、規模も単位もそれぞれ異なるため、それぞれ1970年を基準として成長率を検討した。就業者数についてはデータの制約により、欠如している年代は人数が線形に変化していると仮定して使用した。線形を仮定している為実際の値と大きく異なると思われる1970年の航空部門は1972年の就業者数を使用した。式(4)にMSPSの推計式を示す。

表-1 資材投入量原単位[ton/m]

原単位	施設種		セメント	鉄	砂利・碎石	計
田中ら	港湾施設	岸壁	3.18	3.89	94.60	101.67
	漁港施設	防波堤	58.10	17.2	1280.00	1355.30
本研究	海岸保全施設	堤防	3.02	0.03	58.80	61.85
		護岸	1.68	0.13	20.88	22.69
		離岸堤	9.67	0.00	93.21	102.88
		突堤	4.90	0.00	75.92	80.81
		消波堤	5.15	0.00	29.82	34.97

表-2 コンクリート配合表

コンクリート配合 1m3			
水	セメント	砂利・碎石	計
160kg	315kg	1823kg	2298kg

$$EI_{i,y}^j = MSPS_{i,y}^j = \frac{MaterialStock_{i,y}}{Service_{i,y}^j} \quad (4)$$

ここに、 EI ：ストック利用効率(MSPS)[ton/yen・ton・人]、 $EI_{i,y}$ ：y年における施設種*i*とサービス種*j*から算出されたEI[ton/yen・ton・人]、 $MaterialStock_{i,y}$ ：y年における施設種*i*のマテリアルストック[ton]、 $Service_{i,y}^j$ ：y年における施設種*i*のサービス種*j*によるサービス[yen・ton・人]、 y ：推計年、 i ：施設種、 j ：サービス種、とする。

3. 推計及び検討方法

(1) 港湾・漁港・海岸保全施設のマテリアルストック結果

a) 原単位

本研究で算出した堤防・護岸・離岸堤・消波堤・突堤の資材投入量原単位と田中ら(2013)⁷⁾に記載されている原単位を合わせて、表-1に示した。推計したコンクリートからセメントを算出した際に用いたコンクリート配合表を表-2に示した。原単位の資材はセメント、鉄、砂利・碎石である。沖合に整備するため水面下の基盤が多量に必要であるので、防波堤の原単位が一番大きく1,355tonである。沖合に整備される施設という面では離岸堤・消波堤も同じだが、防波ではなくあくまでも消波であり、透過性の構造であるために原単位は小さい。岸壁・防波堤について原単位はほとんど砂利・碎石が割合を占めている。鉄は構造の強度の面で非常に重要な資材であ

図-5 港湾・漁港・海岸保全施設のマテリアルストック

図-6 施設別マテリアルストックの推計結果

図-7 施設別マテリアルストックの割合推計結果

るが、水面上に防護機能を働かせる為に水面下に大規模な構造が必要であるため、岸壁を例にとると、砂・砂利が鉄よりも約75倍多く必要である。港湾施設及び漁港施設が海岸保全施設よりも鉄を多く含むのは、単に規模が大きいという理由だけでなく、産業の拠点となり、港内の施設及び水域の防護に強度のある施設を整備しているからである。

b) マテリアルストック

前章で述べた方法を基に港湾施設・漁港施設・海岸保全施設のマテリアルストック推計結果を施設種類別に図-5に示した。1965年におけるマテリアルストックは港湾施設・漁港施設・海岸保全施設それぞれ、120Mton、297Mton、239Mtonであり、2005年には783Mton、1,714Mton、472Mtonへと増加している。海岸保全施設のマテリアルストックが港湾施設・漁港施設と比較して小さいのは、前節でも述べたように、施設や水域の安定した防護機能を確保するためである。他の原因としては、原単位に構造部

の消波ブロックを考慮できていないことが考えられる。海岸保全施設のマテリアルストックは1965年から2005年にかけて約2倍に増えており、その中でも護岸・堤防・突堤は昔から多く存在しているが、離岸堤は1965年頃から増加し始めている。堤防・護岸は直接的に高潮や波から土地や人を守る施設であ

図-8 セメントフロー比較

り、沖合に整備される離岸堤・消波堤・突堤よりも整備時期が早いことが明らかとなった。港湾施設、漁港施設の MATERIALS STOCK は1965年から2005年にけて約6.6倍、約5.8倍に増加している。共に年代を経るごとに穏やかな増加へと変化し、施設や機能の充実がストックの増加を緩めていることを示している。港湾施設の方が漁港施設よりも岸壁の割合が大きく、規模や重量の大きい荷を輸送したり、大規模な船を泊めて荷を揚げる為の施設が充実していることがわかる。漁港の MATERIALS STOCK の方が大きい理由は、今回使用したデータ2005年時点で漁港が2,872港、2008年時点で港湾が1,021港であり、港数が約3倍の施設数であることが挙げられる。2005年時の MATERIALS STOCK をそれぞれ港数で除すと、漁港は0.60(Mton/港)、港湾は0.77(Mton/港)であり、港湾の方が1港当たりの MATERIALS STOCK が約0.17Mton大きいと示された。

た。全ストックの成長は1965年から2005年で約4.8倍、本研究で対象にしている3種類の MATERIALS STOCK の成長は約4.5倍であり、他種のストックと同様の成長をしている。MATERIALS STOCK の構成割合を見ると、田中ら(2013)⁷⁾の研究では過去に遡るほど港湾・漁港の占める割合が非常に大きくなっており、各年代で割合がほぼ一定値を表している本研究の推計結果がより実際に近い推計方法であると考えられる。

本研究の推計精度を検証する為に、一般社団法人セメント協会³¹⁾が公表している港湾・漁港のセメントフローの値と本研究のセメントフローを比較し、図-8に載せる。本研究の港湾・漁港に投入された量とセメント協会の値を比較してみると、本研究の推計はやや下回っているが近い値である。今回主要な施設のみを推計対象としていることが原因として挙げられる。今後対象施設の拡大が必要である。

(2) MATERIALS STOCK 推計検証

田中ら(2013)⁷⁾で推計された社会基盤 MATERIALS STOCK と本研究での推計グラフを図-6、図-7に載せ

(3) ストック利用効率

MATERIALS STOCK の成長率を MS 、就業者数・輸送量・輸送客・GDPの EI^I 、 EI^I 、

図-9 施設種別 EI

EP , EI , として1970年を基準とした2000年までの EI の成長率を図-9に示した。 EI はストックを分子として計算している為、成長率の上昇はストック利用効率の低下を示している。全体として、 EI は上昇傾向にあり、最も成長している港湾部門では8に達している。唯一、空港の EP , EP については2000年でも1以下であり、ストック利用効率の上昇が明らかとなった。部門ごとに着目すると、道路に関しては MS の上昇が他部門に比べ顕著であり、全体的に EI が2以上である原因であると考えられる。道路の EI の中で EP が最も上昇しており、輸送量においてストック利用効率が低下している。鉄道に関しては MS が2000年でも1であるが、 EI が低下している。つまり物質質量維持のまま利用効率が上昇している。 EP は5であり、輸送量のストック利用効率が低下していることがわかる。 EP は各年代で1に近い値であり、ストックの成長率と輸送客の成長率が一致している。しかし、 EP は上昇していないことから鉄道ストック利用効率は輸送客に関して輸送量よりも優れていると考えられる。空港に関して、唯一 EI と EP が低下していることから、ストック利用効率が上昇している。港湾に関して、 EI と EP が突出して上昇傾向である。 EP が上昇していることは、就業者数の面から見て利用効率が低下していることを示している。 EP が EI よりも上昇していることから、輸送量に関して輸送客の面より利用効率が低下していないと明らかになった。 EP は道路・鉄道・空港などの他部門と比較して上昇している。港湾の EP は上昇しているが、空港の EP は低下していることから推測できるように、航空産業が発達し、国外への移動に航空を利用する傾向にあると考えられる。

4. 結論

本研究では、社会基盤の中でも港湾・漁港・海岸保全施設を対象としてマテリアルストックデータベースの拡充を行った。推計したマテリアルストックデータを元に、既往研究における他の施設との規模の関連性、運輸サービスにおけるのストック利用効率を検討した。本研究より得られた結論を以下に示す。

- ・ 日本全国における港湾施設・漁港施設・海岸保全施設のマテリアルストックはそれぞれ、1965

年で、120Mton, 297Mton, 239Mtonであり、2005年には783Mton, 1,714Mton, 472Mtonへと増加した。港湾施設、漁港施設は約6倍に増加しているのに対し、海岸保全施設は約2倍の増加に留まる。

- ・ 既往研究と比較を行った結果、社会基盤マテリアルストックとして田中ら(2013)⁷⁾が推計した値よりもより実際に近い値を得ることができた。
- ・ 道路・鉄道・港湾・空港に関するストック利用効率検討を行い、空港の一部を除きストック利用効率が低下していることを把握した。
- ・ 特に道路・鉄道では輸送量、港湾では輸送客についてストック利用効率の低下がみられた。

謝辞: 本稿は、環境省環境研究総合推進費(1-1402), 科研費(基盤研究(B) 26281056, 25281065), の一環として行われたものである。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 環境省：平成25年版環境・循環型社会・生物多様性白書, pp.173-213, 2013.
- 2) Tanikawa, H., S. Hashimoto : Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS, - Building Research & Information, Volume 37, (5) (6), 483-502, 2009.
- 3) Hashimoto, S., H. Tanikawa, Y. Moriguchi : Where will large amount of materials accumulated within the economy go? - A material flow analysis of construction materials for Japan, Waste Management, Vol.27, No.12, pp. 1725-1738, 2007.
- 4) 内閣府政策統括官(経済社会システム担当)：日本の社会資本2007, pp.12-15, pp.154-227, 2007.
- 5) 宮崎義一：わが国の国富推計について, 日本學士院紀要, Vol.49, No.2, pp33-36, 1995.
- 6) 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, pp83-88, 2009.
- 7) 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, pp.25-34, 2013.
- 8) 肥田野登：環境と社会資本の経済評価, 勁草書房, 1997.
- 9) 林良嗣・土井健司・加藤博和：都市のクオリティ・ストック, 鹿島出版会, 2009.

- 10)F.シュミット=ブレーク：ファクター10，横山印刷，1997.
- 11)国土交通省国土政策局国土情報課国土数値情報 HP：
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> (参照 2014-6-5) .
- 12)国土交通省：港湾施設の建設年度別施設数，国土交通省社会資本メンテナンス戦略小委員会中間答申参考資料，p.51，2013.
- 13)広島県小湾企画課呉市港湾部HP：
toukei.pref.hiroshima.lg.jp/data/tone/54/tone-c06.xls (参照 2014-10-18)
- 14)松並仁茂：全建技術シリーズ27港湾構造物の設計，社団法人全日本建設技術協会，1980.
- 15)三上信雄：漁港施設のストックマネジメントについて，寒地土木研究所月報，No.735，pp36-44，2014.
- 16)福井県HP：福井県各港の漁港，<http://www.pref.fukui.jp/doc/suisan/gyokou/0100map.html> (参照 2014-8-5) .
- 17)国土交通省河川局：海岸統計，国土交通省河川局海岸室，1966，1971，1976，1981，1986，1991，2001，2006.
- 18)社団法人全国海岸教会：海岸保全施設構造例集，9，23，24，28，35，36，39，42，43，45，50，54，58，64，86，91，93，89，54，75，76，79，81，99，102，103，105，109，111，113，115p，1982.
- 19)建設物価調査会：土木工事積算基準マニュアル建設工事積算研究会編，奥村印刷株式会社，pp.526-545，1999.
- 20)比田正：最新土木施工法講座第16巻港湾施工法(上)，山海堂，308p，1962.
- 21)株式会社不動テトラ公式パンフレット HP：http://www.fudotetra.co.jp/products/images/tetrapod_fig07.pdf (参照 2015-2-4) .
- 22)平田輪那：改訂版海洋・港湾構造物/PC構造物，鹿島出版社，pp167，1994.
- 23)梅原秀哲：コンクリートを学ぶー施工編一，理工図書，156p，2011.
- 24)国民経済計算確報：内閣府.
- 25)国土交通省総合政策局情報政策課：港湾統計年報，港湾取扱貨物量，1970-2000.
- 26)運輸省：私鉄統計年報・民営鉄道統計年報，鉄道輸送-貨物，1970-2000.
- 27)国土交通省：陸運統計要覧，自動車輸送量-貨物，1970-2000.
- 28)国土交通省総合政策局情報政策課交通統計室：航空輸送統計年報，航空輸送量，1970-2000.
- 29)国土交通省総合政策局情報政策課：陸運統計要覧，交通関連統計資料集，1970-2000.
- 30)総務省統計局統計調査部経済基本構造統計課：事業所統計調査報告，事業所・企業統計調査，1972-2001.
- 31)一般社団法人セメント協会：セメントハンドブック，1976-2005.

(2015年8月14日受付)

REVISION OF JAPAN'S MATERIAL STOCK DATABASE AND REASSESSMENT OF THE STOCK EFFICIENCY TRENDS

Takaya YAMASHITA, Keijiro OKUOKA, Hiroki TANIKAWA

Japan has large numbers of seaports, fishing harbors, and coastal facilities. Therefore, quantifying the kinds of material stock in there infrastructures is important. This study showed that seaports, fishing harbors, and coastal facilities have accumulated 783Mton, 1714Mton, 472Mton of material stock, respectively. In this way, this study expands the database of Japan's material stock to include seaports, fishing harbors, and coastal facilities, and provides a reassessment of these stock efficiency trends compared with other stock types. These results help to evaluate society's metabolism (inflows, stocking, and demolition of material).

Reassessment of stock efficiency trends regarding units of transportation showed that airports' efficiency trends grew. Roads' and rails' trends regarding freight increased, while seaports' stock trends in regards to number of passengers declined.