

[招待論文：総説・レビュー論文]

街を資産として次世代へ引き継げるか？ ストック型社会構築への挑戦

Can Our Stocked Material Be Passed on as an Asset to the Next Generation?

The Challenge of Establishing a Stock-Type Society

谷川 寛樹

名古屋大学大学院環境学研究科教授

Hiroki Tanikawa

Professor, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Correspondence to: tanikawa@urban.env.nagoya-u.ac.jp

Abstract: 日本の物質ストックは次世代に資産として残すことができるだろうか。気候変動や少子高齢化はすでに進行している。遠い未来と思われていた 2050 年の社会の絵姿を描ける準備はできつつある。本稿では、次世代を豊かにする資産を多く蓄積するストック型社会の概念について整理し、社会を支える物質ストックに関する既存研究の成果に基づき、身近なところからストック型社会の構築について考察した。

Can Japan's material stock be left as an asset for future generations? Climate change, declining birth rates, and an aging society are already underway. We are getting ready to plan for society in 2050, which was thought to be a distant future. This article summarizes the concept of a stock-type society that accumulates many assets that will enrich the next generation. It discusses establishing a stock-type society from many perspectives based on existing research.

Keywords: ストック型社会、マテリアルストック分析、物質フロー、隠れたフロー、総物質関与量
stock-type society, material stock analysis, material flow, hidden flow, total material requirement

1 はじめに

2002年、当時の大ボスから面白い研究会があるので行くよう言われ、同年9月14日(土)に北九州市の九州国際大学次世代システム研究所へ向かった。駆け出しの研究者だった30歳そこそこの私は、和歌山大学システム工学部に勤めており、都市の資源・エネルギーフローや地域の温暖化対策など環境システム研究を行っていた。10人前後の小さな研究会であったと記憶しているが、ここで当時所長を務めておられた岡本久人先生から、「ストック型社会」のアイデアを植え付けていただいた。都市環境・建設分野の研究を行っていたことから親和性も高く、その後の私の研究内容を大きく転換させる重要な概念となった。岡本先生は、ご退職後も次世代システム研究会会長として北九州で活動を続けておられ、2023年現在も日本の社会をストック型に転換する様々な政策を提言し続けている^{1),2)}。

「ストック型社会」とは何か？私の解釈で端的に言うと、“世代を超えて資産が蓄積できる社会”である。

本稿を“循環創造学”特集に寄稿するにあたり、社会のフロー的側面ではなくストック的な側面に焦点を当て、次世代が豊かになるためのストック型社会について考えていきたい。

2 社会を支える物質量はどれほど必要か？

私たちの社会はどのようなものに支えられているだろうか？(図1、図2)外に出て見回すと、移動を支える自転車、車、バス、鉄道、道路や橋梁、暮らしを支える住宅、マンション、オフィスビル、それらにエネルギーや水を送る電線、電柱、上下水道、ガス配管等がある。それらの背後には資源・エネルギーフローの上流側にある変電所や発電所、ガス貯留施設、浄水場などがあり、下流側には排出物を処理するためのリサイクル施設、焼却場、下水処理場、廃棄物最終処分場など、実に多くの施設に支えられている。

先進国のような豊かな生活を送るために必要とされる物質量をまず確認していきたい。図3はこれまで社会に蓄積し、人間活動を支えていると考えられる物質ストック量(一人あたり)の世界的な比較である³⁾。本研究は当研究室も協力し、2010年までの世界の長期統計データを用い、世界の社会活動を



図1 北九州市洞海湾周辺の様子（筆者撮影）



図2 オランダ・アムステルダム中心部の様子（筆者撮影）

支える物質量の定量的把握を目指した研究である。上部の実線は Industrial とあるが、先進国平均物質ストック量の推移である。先進国平均は一人当たり約 320 トンほどだが、人口密度の高い日本では一人当たり約 300 トンの物質ストックにより支えられている。先進国では、RoW (Rest of World、先進国以外) に比べて約 10 倍の物質ストック量により社会が支えられており、我々の利便性の高い生活はそれだけ多くの物質ストック量により支えられていることがわかる。また、世界全体の物質ストック量が、20 世紀中に約 23 倍に増加したことも同研究から明らかになった。経済発展とともに物質ストックが増加し続ける傾向は収束しそうにない。

日本の状況をもう少し詳しく見てみよう。図4は1990年と2015年におけ

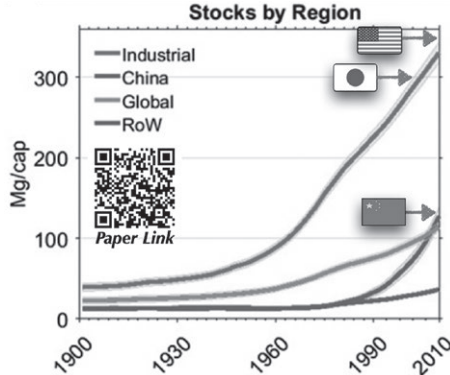


図3 社会を支えている物質量：世界の地域別ストック量
(引用：Krausmann et al., 2017、筆者加筆)

我が国の物質ストック・物質フローを表している。上部は、“わが国の物質フロー”として環境白書に毎年掲載されている部分である。しかし、フローとストックは表裏一体であり、筆者らの研究プロジェクトにてストック部分を書き足している。1990年の物質フロー部分を概観すると、国内から約15億トン、国外から7億トンの物質を社会に投入し、約15億トンが建築物や社会基盤施設（インフラ）、耐久消費財のようなストックになり、約10億トンがエネルギーや食料のような直接消費に回っている。同年のストック量は172億トンであった。四半世紀後の2015年では、投入量は37%減少、ストックになる量は60%減少、エネルギー・食料等は3%増加している。さらに、このような物質フローを支えている物質ストックは83%ほど増加している。社会を支えている物質ストック量は増加しているが、新たに物質ストックを形成する物質フローは減少しているため、社会としては良い方向に向かっているのかもしれない。“…かもしれない”と書いたのは、物質ストックの状況や将来の社会状況等を考慮するとなかなか良いとは言い切れないからである。現状では物質ストックがある一定のレベルに達して、新たな投入が低下し一定水準で推移すると、物質ストックとフローが飽和したような安定状態になると考えられる。新たな投入量が少なくなり、経済活動が活発になると資源生産性は高くなり、自然資源の投入に頼らない持続可能な経済活動に近づく

はずである。いわゆる資源デカップリングと呼ばれる状態で、理想的な持続可能型の社会である。しかし、物質ストックとして過去に蓄積した建築物やインフラは更新時期を迎える、もしくは、既に迎えているものも多い。さらに気候変動に適応するための新たな都市機能の強化を行い、人口減少や高齢化社会に適応できる柔軟な都市構造を実現するためには、新たなストック形成は不可欠である。このように、物質ストックの再構築が行われると、物質フローにおける投入量と排出量の増加は避けられず、今後、資源デカップリングを実現できるかどうかは不透明である。

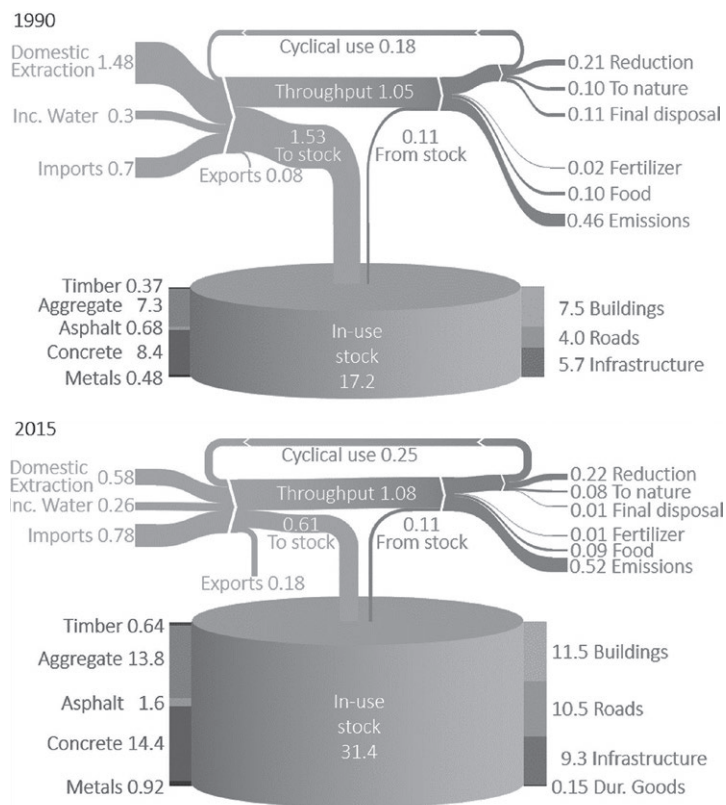


図4 日本社会を支えている物質ストックと物質フロー、1990年 vs 2015年
(単位：10億トン、引用：Tanikawa et al., 2021、筆者加筆)

3 物質ストックとフローの裏に：TMR（関与物質総量）と CO₂

“Every kilogram of material we use comes with an environmental impact.
Professor. Dr. Stefan Brinzeu, Universität Kassel”
(私達が使っているすべての物質の重さには環境影響が伴う)

前章で述べたように、社会を支えている物質ストックは、建築物やインフラ、車や家具などの耐久消費財などから構成される。構造物や製品の製造にあたっては、その素材として様々な資源が必要となる。構造物を建設するためには、コンクリートや木材、さらには鉄鋼や銅、アルミといった金属素材、プラスチック、ガラスなどが都市を形成する上で不可欠である。

図4に示した物質フローの下の物質ストックの部分（タンクのようにになっている部分）には、物質ストックを構成する素材とその量を掲載している。2015年の物質ストック314億トンのうち、素材別に見て圧倒的に多いのは、コンクリートの144億トンと、砂や砂利・石材のような土石系資源の138億トンである。これらは物質ストック全体の約9割を占めており、都市形成の裏では大量の土石系資源がどこかの山から採取されている。しかし、採取地ではすぐに土石系資源だけが採取できるわけではない。露天掘りの場合、元々表層に存在していた森林をはじめとする生態系を一旦除去し、資源採取を始めることになる。その場合、利用したい資源量より更に多くの地表の物質攪乱が生じる。このような生産に関与する物質量を“関与物質総量（Total Material Requirement: TMR）”と呼び、単位は重量トン（ton-TMR, kg-TMR）が用いられることが多い。気候変動に関連する議論では温室効果ガス排出量（特にCO₂排出量）を環境影響指標として取り上げることが多いが、TMRを環境影響指標として考慮すると人間活動が自然を攪乱した量が見えてくる。特に、重機を使った土砂移動は土砂を実際に移動する量より遥かに少ない軽油を使うため、重機利用による直接CO₂排出量をもとに環境影響を考慮すると、生態系への影響や森林が失ったCO₂吸収効果などが見落とされがちである。資源採取跡地は、覆土して植林すれば数十年で元に戻るようにも



図5 日本有数の生産量を誇る大分県津久見市の石灰石採取地（筆者撮影）

思われるが、実際には生態系の回復に至るまでには更に長い年月が必要となる。そのため、気候変動影響を考慮する温室効果ガス排出量と、素材や製品の背後にある環境影響の評価につながる代理指標である TMR を同時に考慮することが重要である。

このように、TMR は重要な指標であるが、推計には膨大な情報が必要であるため、十分な整備が進まなかったことも事実である。しかし、立命館大学・山末英嗣研究室を中心とする研究グループにより、TMR 原単位データベースの整備が進んでおり、現在では身の回りの多くの素材や製品に対して推計できるようになった⁵⁾。例えば、わが国の物質ストックの半分弱を占めるセメントコンクリートでは、セメントの TMR 原単位は、約 5.8 kg-TMR/kg であることが明らかになっている。セメントの生産では、主な材料となる石灰石を掘り出し、粘土や珪石と一緒に 1400 度を超える熱を使いクリンカを作り出す。さらにクリンカを粉砕することでセメントとして利用できるようになる。これらの生産過程で関係する物質・エネルギー量をすべて重量換算すると、コンクリートの材料となるセメントを生産するために、その生産量の 5.8 倍の何らかの物質攪乱（セメントとなる物質質量を含む）が起きていることを表している。国土交通省⁶⁾によるとセメント製造・運搬に係る CO₂ 排出量は 0.84 kg-CO₂/kg であることから、セメントを利用するにあたりその量の等倍弱の CO₂ 排出

量だけではなく、6倍弱のTMRについても考慮することで、地球環境全体の持続可能性を数値指標として大きくカバーできるようになる。

4 “世代を超えて資産が蓄積できる社会”へ

このように社会を支える物質ストックを整備することは多くの環境影響の上に成り立っているが、忘れてはならない点は、“一旦蓄積したものをどれほど長く使えるか”という観点である。利用できる期間の長短により、CO₂やTMRの大きな製品を導入する評価も変わってくる。例えば、筆者が自宅にドラム式洗濯乾燥機の導入を検討する場合を考える。製品Aは製品Bに比べ、価格が1.5倍の30万円、製品寿命は2倍の15年、年間の維持管理費は0.5倍の1万円、両製品とも製造段階までのCO₂とTMRは同じであるとする。筆者の残存寿命があと30年だとして、次の30年で製品Aを購入しつづけると、計2回の購入と維持で90万円ほど必要になる。一方、製品Bを購入し続けると、30年間で計4台ほど購入する必要があり、維持費を合わせると合計金額は140万円ほどになる。このように、単純に安価か、高性能な製品が良いというわけではなく、製品寿命の長さが経済的・環境的な優位性に影響する場合がある。このことは、住宅やビル、インフラでも同じことが言え、維持しやすく、機能性が高い状態を長く保持できる社会は持続可能性も高いと言える。

寿命に関しては、いくつかの言葉や概念が存在する。

- 耐用年数：経済的概念。減価償却資産が利用に耐える年数。実際に製品が廃棄されるまでの年数ではない。
- 耐久年数：製造元により調査された、製品が使用に耐える期間
- 製品寿命：製品が販売されてから廃棄されるまでの期間⁷⁾
- 設計寿命：所定の機能・性能がすべて維持されて運用可能である期間(JAXA)⁸⁾
- 社会的寿命：製品としては利用できるがライフスタイルなど社会的状況の変化に対応できなくなるまでの期間
- 経済的寿命：販売後年数が経過し製品の維持費用が高額になり維持ができなくなるまでの期間

- 物理的寿命：製品を構成している部品等が物理的に使用できなくなるまでの期間
- 現役年数：製品の機能を使うことができた年数^{4),9)}
- 退職年数：製品の機能は使っていない（使えない）が保有し続けた年数。使わないが保管している携帯や、誰も使わない空き家のような状態^{4),9)}
- 滞留年数：製品の販売後から廃棄されるまでの年数。現役年数+退職年数^{4),9)}

このうち、固定資産税などでよく使われる“耐用年数”は、上記に記した通り、経済的な概念であって、実際に製品が廃棄されるまでの年数を表しているわけではない。例えば、一戸建て木造住宅では耐用年数は22年となっているが、現在の木造住宅の“製品寿命”は、フラット35基準程度で50年～60年、長期優良住宅認定であれば100年超とされている¹⁰⁾。実に3世代近くが居住し続けられるような木造住宅が日本には多く存在する。日本全体の住宅の品質向上により住宅の“製品寿命”は伸び続けている。“耐用年数”経過後に減価償却が終わったことで、建物の価値までゼロになってしまうという考え方は、実際の建物の資産価値を評価しているとは言いがたい。一定年数経過後も“製品寿命”を残す住宅の資産価値が適正に評価されない社会構造、税制、都市計画、価値観は、ストック型社会の構築を目指すためには再考の余地が大きい。

さらに、製品寿命を短くする要因として、製品を構成する部品ごとに耐久年数が違い、部品の修理または交換ができなくなる事もあげられる。メーカーは、製品の交換部品を発売後一定期間保有しているが、部品の保有期間を過ぎるとメーカーでの修理対応はできなくなり、さらには個人で修理しにくい設計になっている場合も多く、メーカーの部品保有期間そのものが製品寿命になる場合も多い。

身近な衣服に関して、昨今のファストファッションとは一線を画すストック型社会構築につながる取り組みを紹介したい。図6はオランダで筆者が購入したアウトドアウェアで、価格は他の有名アウトドアメーカーと比較しても同程度であるが、製品タグには次のような記述がある。



図6 オランダでのアウトドアウェアのストック型につながる取り組み (Ayacucho, <https://www.ayacucho-outdoor.com/>)

“Designed for generations”, “Wear me, love me, repair me, recycle me”.

(AYACUCHO)

このメーカーの服は、何世代にもわたって使えるようデザインされており、着用、使って、修理して、リサイクルできることが謳われている。同社のHPを見ると、“収益の一部は世界の貧困問題解決に取り組む団体に資金を提供しており、その団体を通して現地での商品開発も行っている”とある。商品の長寿命化に加えてSDGsの多くの項目にも配慮しており付加価値が多層化されている。日本国内でも、“長く着られる”ことを販売戦略に取り込む企業も出てきた。このような取り組みが一般的になると、ストック型クロージングも加速されることが考えられる。

さらに、品質の良いものを長期間使えるようになることで、次の所有者も決まりやすくなる。古着屋のようなリサイクルショップだけではなく、メルカリのようなオンライン・フリーマーケットサービスを利用することで、次の持ち主に直接繋いでいく事が可能になっている。特に子供服などは、子供の成長が早く、製品寿命が長くても利用期間が限られている。このような場合はオンライン・フリーマーケットを使って、利用者を繋いでいくことが、新規の

自然資源投入を避け、品質の高いものを長く使い続け、製品の価値を残し、ストック型社会の礎となると考えられる。このようなサービスは、ストック型循環、もしくはストック型フローとも呼ぶべきなのかもしれない。

5 ストック型社会に資する循環創造へ

冒頭に示した図1と図2を改めて参照いただきたい。2015年における北九州市の人口は93万人（人口集中地区（DID）人口密度5,500人/km²）、アムステルダムは人口82万人（6,000人/km²）である。アムステルダムは首都機能を有し、地質条件も大きく異なるため単純な比較はできないが、両都市とも同じような人口規模であり、人々の暮らしを支える都市機能の大きさは近いと考えられる。歴史的に見てもアムステルダムの中心部は、4世紀ほど前の1600年ごろに6万人ほど、北九州市の中心部小倉も1600年ごろに3万人から4万人ほどであった。都市機能を発揮するインフラや建築物、耐久消費財といった物質ストックの物質総量は近いと考えられるが、土地を除く建築物や耐久消費財の価値評価は全く異なる。筆者の知人が、アムステルダム郊外でベットルームが3つある3階建てのTerraced house（左右の壁を共有する長屋のような住宅）を購入したが、築90年の建物だけで約4,000万円であったとのことである。リフォームや修理をしながら住み続けることで、100年近く経過しても価値を有している。むしろ100年近く経過していることによる周辺環境の成熟性や利便性なども含めて、この地域に住むことの付加価値を見出しているのだろう。おそらく知人がこれから更に建物に手を加え、より魅力的な住宅に改装すると建物の市場価値も上がっていくだろう。ちなみに筆者は北九州市で2002年に長寿命で環境配慮型を謳う新築マンション（3LDK）を4,000万円近くで購入したが、20年後に中古物件として売ったところ1,200万円であった。次世代に資産を残すどころか、負の資産を残さないよう努力するばかりである。車などの耐久消費財も同じように欧米に比べて中古の価値は低いのが実情である。このように、投資した物質ストックの価値が大幅に下がる日本は、先進国の中でも珍しい。日本はGDPの伸びが低く、物価の上昇分を除く給与水準も四半世紀ほど上がっていないと言われる。実際には、建築物などの物質ストックの市場価値の低下が大きいため、



Lifespan of MS	State	Impact
<p>Shorter フロー型</p> 	<p>Keep re-building MS by every generation. For Generations! 毎世代ごとのMS更新</p>	<p>High Lv. resource input / output and CO2 emission for MS. High cost to keep city service. Over capacity of recycling</p>
<p>Longer ストック型</p> 	<p>Accumulation of CAPITAL beyond generations 世代を超えた資産の蓄積</p>	<p>Low Lv. resource input / output and CO2 emission for MS. Possibilities of Urban mining with future tech. Barrier to install innovative technology</p>

図7 ストック型社会とフロー型社会（岡本，2005；2006、筆者加筆）

給与から支出している住宅ローンは、将来住宅を売却しても多くが戻って来ない可能性が高い。現行世代が築いた社会を次世代が有効に活用できれば次世代はより豊かになるはずで、新しいことにチャレンジし、変わり続ける社会状況に対応しやすくなる。1世代ごとの買い替え・建て替え型のフロー型社会と将来世代に資産として残せるストック型社会はどちらが良いだろうか。

図7は、ストック型社会とフロー型社会の利点・欠点を比較するために、岡本久人先生の著書^{1),2)}をもとに筆者が加筆したものである。フロー型社会では、毎世代ごとに物質ストックを更新して、高コストで都市サービスを維持し続けるが、大量の資源投入・排出・リサイクルを行う必要がある。その代わり、社会全体での新技術の導入・普及が早いのも事実である。その一方で、ストック型社会では、文化を継承し世代を超えた資産の蓄積を実現することで、ゆったりとした物質代謝にもとづく、物質ストック活用型・高付加価値型の経済活動を行う。

日本の物質ストックは次世代に資産として残すことができるだろうか。気候変動や少子高齢化はすでに進行している。遠い未来と思われていた2050年の社会の絵姿を描ける準備はできつつある。本特集である循環創造学は、持続可能性に大きく貢献し、将来世代に大きく影響する。次世代に贈れる資産を多く蓄積することを目指すストック型社会の概念が、循環創造学に貢献できることを祈りたい。

参考文献

- 1) 岡本久人 (2006) 『ストック型社会への転換—長寿命化時代のインフラづくり—』鹿島出版.
- 2) 岡本久人 (2005) 『ストック型社会—あなたの未来を豊かにする日本の変え方—』電気書院.
- 3) Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., Miatto, A., Schandl, H., Haberl, H. (2017) “Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use”, *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America)*. 114 (8), pp.1880-1885.
- 4) Tanikawa, H., Fishman, T., Hashimoto, S., Daigo, I., Oguchi, M., Miatto, A. (2021) “A framework of indicators for associating material stocks and flows to service provisioning: Application for Japan 1990-2015”, *J Cleaner Production*. 285, p.125450.
- 5) 立命館大学 山末英嗣研究室 「関与物質総量について」 <https://www.yamasue-lab.net/> (2023年9月1日アクセス)
- 6) 国土交通省 (2007) 「社会資本整備審議会第6回環境部会資料 建設施工分野における地球温暖化対策について (平成19年2月)」 <http://www.mlit.go.jp/singikai/infra/kankyuu/6/images/04.pdf> (2023年9月1日アクセス)
- 7) Oguchi, M., Tasaki, T., Daigo, I., Hashimoto, S. (2010) “Lifespan of Commodities, Part I”, *J Industrial Ecology*. 14 (4), pp.598-612.
- 8) JAXA 宇宙航空研究開発機構 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 (2015) 「衛星の設計寿命に関する考え方」 https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/059/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2015/06/08/1358245_6.pdf (2023年9月1日アクセス)
- 9) 谷川寛樹、醍醐市朗、小口正弘、奥岡桂次郎、高木重定 (2017) 「物質ストック・フローに着目したストック型社会構築に向けた指標」『廃棄物資源循環学会誌』28(6), pp.431-437.
- 10) 国土交通省 土地・建設産業局不動産課住宅局住宅政策課住宅局住宅政策課 「期待耐用年数の導出及び内外装設備の更新による価値向上について」 p.12 基礎・躯体に係る期待耐用年数の目安 <https://www.mlit.go.jp/common/001011879.pdf> (2023年9月1日アクセス)

{受付日 2023. 10. 2}

