

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 循環型かつストック型社会の形成に向けた物質ストック関連指標の提案—日本における都市構造物のケーススタディー—
(Proposal of material stock indicators towards Sound Material-Cycle and Stock-type Society: case study of urban structures in Japan)

氏 名 山下 奈穂

論 文 内 容 の 要 旨

自然環境から採取した資源は製品に加工・消費され、そのうちの一部は物質ストックとして社会に蓄積し、人々の生活を支える様々なサービスを提供している。物質ストックは長期間の使用を経てやがて廃棄物となり、最終処分もしくは再生利用のフローに排出される。物質ストックと物質フローはライフサイクルを通して相互に影響しあっており、循環型かつストック型社会の形成には物質ストックと物質フローの両者を健全に保つことが重要である。

循環型社会形成推進基本計画（以下、循環基本計画）では資源生産性をはじめとする物質フロー指標が設定され、資源の採取から消費、廃棄に至るまでのフローが経年で観察されている。他方、物質フローと比較して物質ストックに関する国内外の研究事例はまだ少なく、特に利用状況（質）に関する詳細はほとんど把握されていない。物質ストックは電子機器から輸送機械、土木構造物まで多岐にわたり、それぞれが異なる素材や寿命・サービスを有していることから、物質ストックの時空間的な分布や利用状態を網羅的に把握することは困難である。そのため、物質ストックはこれまで多くの研究で投入フローと排出フローの間を調整するブラックボックスとして扱われてきた。また、物質ストックの戦略的活用には、かつての大量生産・大量消費・大量廃棄型のフロー社会に見られるストックの量的拡大ではなく、「質の高い」ストックの形成が重要である。空き家や空きオフィス、廃トンネルなどの使われないストックは将来の廃棄物発生量や新規需要量に影響するため、物質ストックを量と質の両側面から明らかにする研究が求められている。

本論文では、都市構造物ストックフローのデータ整備を通して、循環型かつストック型社会の形成に資する物質ストック関連指標の提案を行う。また、物質ストックが間接的に社会経済にも

たらず影響を明らかにするため、現行の循環基本計画で用いられている資源生産性の要因分解式を開発し、個別のデータを用いて実証研究を行った。本研究は、物質ストックの定量化に留まらず、利用状況（質）に言及する点で政策的かつ学術的に有意義な研究であり、物質ストックを含むライフサイクル全体の資源効率の評価を試みる点で先駆的な取り組みである。

第1章では、本研究の背景として循環型社会及びストック型社会の概要を紹介し、物質ストックの戦略的活用による持続可能な資源管理に向けた枠組みを示した。また、研究の目的及び対象範囲を明らかにし、本論文の構成を示した。

第2章では、日本の物質ストックフローに関する基礎的な情報を整理し、資源循環を取り巻く現状と課題を明らかにした。循環基本計画では資源生産性をはじめとする物質フロー指標が経年で観察されているものの、都市構造物や耐久消費財として社会に蓄積される資源量である蓄積純増については他の項目の残差項として扱われている。蓄積純増の多くは建設資材として都市構造物に投入される土石系資源や鋼材、木材であると予想されるものの、その具体的な用途や内訳については推計手法を含め整備されていない。本章では、国内外の研究事例の中でもとりわけ物質ストックの利用状況や評価手法に関する知見が不足している点を指摘し、ライフサイクル全体での資源管理に向けた課題を整理した。

第3章では、非金属鉱物系資源の物質ストックフロー分析を通して、1990年から2015年にかけて物量投入産出表を整備し、資源の投入から廃棄に至るまでの資源の流れを明らかにした。推計の結果、非金属鉱物系資源の天然資源投入量は減少傾向にある一方、国内排出物量は近年やや増加していることが判明した。ただし、使用済み廃棄量に占める再資源化量の割合は1990年から劇的に向上していることから、排出された廃棄物量に関しては着実に循環利用が促進されていることが確認された。本推計を通して、ライフサイクルの中でもとりわけ物質ストックの解体・廃棄に関するデータが不足しており、退蔵ストックや散逸ストックに関する知見の収集が喫緊の課題であると示唆された。

第4章では、既存の物質フロー指標である資源生産性の要因分解式の開発を通して、物質の入れ替わり、稼働率・利用度、サービス容量の三指標を物質ストック関連指標として提案した。資源生産性は資源の供給元である自然環境と需要先である人間活動を中間地点を介さずに繋げる指標であり、物質フローが人々にもたらず直接的な効果を表現している。資源生産性は複雑な社会システムを簡便に評価する有用な指標であるものの、実際の社会を鑑みると、物質フローが資本の形成を通して経済社会に与える間接的な影響を考慮することが望ましい。そこで、物質ストックと物質フローの両者を評価する新たな枠組みとして資源生産性の要因分解式を開発し、このうち物質ストックと関連の深い三指標について、詳細な定義や推計手法の検討を行った。

第5章では、住宅を対象とした利用度別ストック量推計及び要因分解式の実証研究を行った。物質ストックの価値はその用途や種類によって多様であることから、第4章で開発した要因分解式を全ての物質ストックに一律に適用することは困難である。本章では、社会を構成する物質ストックの一例として住宅に着目し、サービスや利用度を個別に定義することで、現役量・退蔵量の

推計や住宅ストックの変化が資源生産性にもたらす影響の評価を試みた。推計の結果、住宅のストック量は1990年から単調増加しており、住宅の退蔵量にあたる「その他の住宅」のストック量も増加傾向であることが明らかになった。また、2008年から2017年にかけて資源生産性の向上に最も貢献したのは物質の入れ替わりの指標であり、サービス容量と稼働率の指標は資源生産性に負の影響を与えることが示された。

第6章では、各章のまとめと結論を示した。本研究成果である物量投入算出表や資源生産性の要因分解式の政策的活用について触れ、循環型社会及びストック型社会の形成に資する物質ストック評価手法の重要性について論じた。また、本論文を通して明らかになった課題を整理し、今後の展望を示した。