

平成 27 年度 環境経済の政策研究
(我が国に蓄積されている資源のストックに関する調査・検討)
研究報告書

平成 28 年 3 月

名古屋大学
東京大学
国立環境研究所

I	研究計画・成果の概要等.....	2
1.	研究の背景と目的.....	2
2.	3年間の研究計画及び実施方法.....	3
3.	3年間の研究実施体制.....	5
4.	本研究で目指す成果.....	6
5.	研究成果による環境政策への貢献.....	6
II.	平成27年度の研究計画および進捗状況と成果.....	7
1.	平成27年度の研究計画.....	7
2.	平成27年度の進捗状況および成果（概要）.....	8
（1）	物質ストックの区分と具体事例の整理.....	8
（2）	物質ストックの環境・経済面での定量評価.....	9
（3）	蓄積された物質ストックの状況の把握.....	12
3.	対外発表等の実施状況.....	14
4.	英文サマリー.....	19
5.	平成27年度の進捗状況と成果（詳細）.....	21
（1）	物質ストックの区分と具体事例の整理.....	21
（2）	物質ストックの環境・経済面での定量評価.....	34
（3）	蓄積された物質ストックの状況の把握.....	61
III.	今後の研究方針.....	65
IV	添付資料（参考文献、略語表、調査票、付録 等）.....	66

I 研究計画・成果の概要等

1. 研究の背景と目的

物質ストックとは、社会に滞留し、人々の豊かさを引き出すサービスを提供するもので、耐久消費財や建築物、土木構造物など社会に不可欠なものであるが、国土の強靱化、人口減少・高齢化やインフラの維持管理費の増大といった社会の変化に対応したメリハリのあるストックの適正管理が求められる。既存の物質フローに加えて物質ストックを把握することは、貴重な資源の有効利用や将来の廃棄物量の削減に向けて重要であると同時に潜在的な二次資源を把握することにつながり、循環資源の高度利用と資源確保に資するものである。物質ストックを適正管理し、社会をフロー型からストック型に導くことで、自然資源投入量の低減化による自然環境への負荷低減および低炭素化にもつながり三社会統合化にむけた布石にもなる。

平成 15 年に始まった循環型社会形成基本計画では、その第三次計画までフローに着目した指標を元に目標を設定し、循環型社会の形成状況を計測してきた。しかし、第三次計画では、物質のフローとともに物質の「ストック」の重要性についても指摘しているが、ストックに関する指標については今後の検討課題として扱われている。循環型社会形成に資するストックに関する国内、海外での研究事例は少なく、循環型のストック型社会形成を目指すための研究が求められている。

以上より、本研究では、我が国に蓄積されている資源のストックに関する知見の必要性から、ストック型社会形成に資する豊かさを生み出す物質ストックを定量的・経年的に推計・評価を行うことを目標とする。具体的には、以下の 4 項目を中心に調査・検討を行う。

(1) 物質ストックの区分と具体事例の整理：

国内外の資源ストック分析の事例を収集し、日本に適用する場合の検討を行う。豊かさを生み出す物質ストックとはどのようなものか概念的な整理を行った上で、具体的事例の整理を行う。

(2) 物質ストックの環境・経済面での定量的評価：

具体的な事例整理に基づき、定性的評価から定量的評価へ結びつけるための①分析・評価手法の検討と②個別事例に基づくケーススタディを行う。

(3) 我が国に蓄積された物質ストック状況の把握：

物質ストックを定量的かつ経年的に計測するために必要な③統計処理手法の確立し、政策に必要なデータとして随時更新可能な④実務ベースの物質ストック把握手法を検討する。

(4) ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価：

推計した物質ストックがどのような要因に基づくものであるのか分析し、豊かさと物質ストックとの関係性について環境面、経済面から検討を行う。

これら 4 項目の作業を実施することで、豊かさを生み出す物質ストックとはなにか、どのように実務的に定量化し、評価するのかを検討し、ストック型社会が三社会構築にどのように貢献できるのか明らかにする。

2. 3年間の研究計画及び実施方法

本研究では図-1 に示されるよう、以下の4項目に則って計画を実施する。

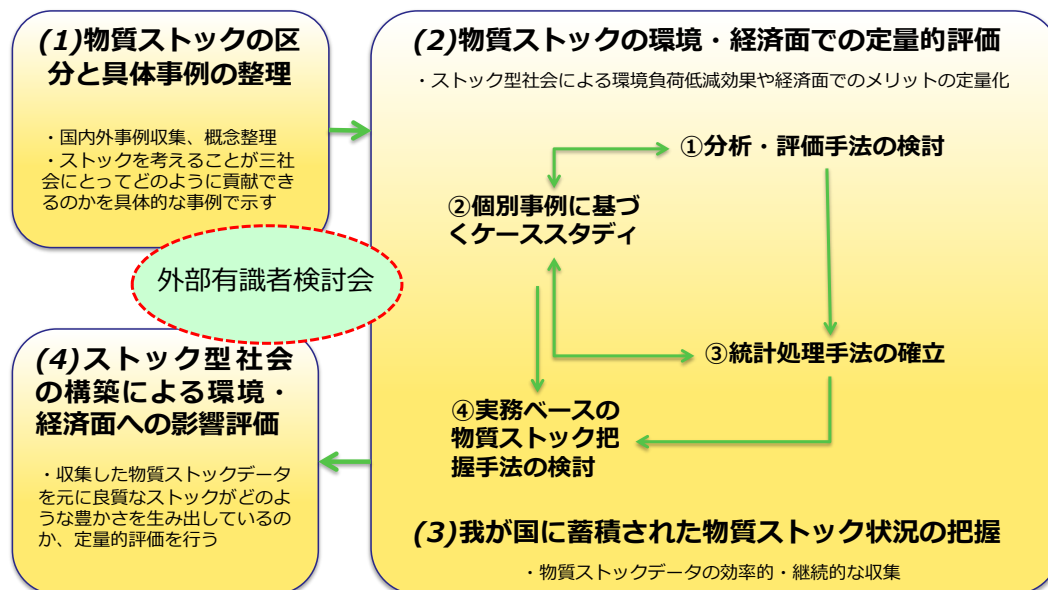


図-1 本研究の構成

(1) 物質ストックの区分と具体事例の整理

国内外の資源ストック分析の事例を収集し、日本に適用する場合の検討を行う。豊かさを生み出す物質ストックとはどのようなものか概念的な整理を行った上で、具体的事例の整理を行う。また、環境・経済面から分析を行っている研究者にヒアリングを行い、様々な分野から物質ストックに関する検討・整理を行う。物質ストックの区分は後の作業に大きな影響を与える重要な作業であるため、外部有識者検討会を組織し、継続的な議論・更新・見直しを進める。承諾を頂いている外部有識者検討会のメンバーは次の通りである。森口祐一教授（東京大学）、岡本久人会長（次世代システム研究会）、橋本征二教授（立命館大学）、眞弓浩三教授（徳島大学）、松本亨教授（北九州市立大学）、馬奈木俊介教授（九州大学）。

また、物質フローやストックを学問分野として取り扱う ISIE（Industrial Ecology 国際学会）での動向を同学会のボードメンバーで社会の物質代謝に詳しい H. Schandl 教授（オーストラリア連邦科学産業研究機構）、F. Krausmann 教授（オーストラリア IFF 社会環境研究所）にも研究協力を求め、国際的かつ学術的見地から知見の提供を求める。

さらに、ストック型社会に近いと言われている欧州の事例調査及び分析も行い、海外での国富調査の歴史や長寿命型ストックが生活に与える影響についても調査を行う。

(2) 物質ストックの環境・経済面での定量的評価

具体的な事例整理に基づき、定性的評価から定量的評価へ結びつけるための①分析・評価手法の検討、②個別事例に基づくケーススタディ、を行う。

①分析・評価手法の検討

(1)で整理した研究事例を元にストックを推計する手法をまとめ、推計値を評価するための評価軸の洗い出しを行う。例えば、物質フロー推計をベースに検討している循環計画の3つの目標値（資源生産性、リサイクル率、最終処分量）や UNEP IRP での Decoupling の議論や欧州が積極的に進め

る Resource Efficiency に対して、既存のストックがどの程度関連しているのか検討を行う必要がある。また、物質ストックの地理的分布やストック総体としての便益についても検討を行い、複合的な視点でストックの評価に結びつける。その上で、クオリティの高い物質ストック（クオリティストック）とはどのようなもの・状態であるのか検討を行う。

②個別事例に基づくケーススタディ

本研究メンバーが専門とする分野において関連する物質ストックの推計を行い、ストック推計によるメリットをケーススタディで把握する。ここで得られる推計値は③や④で得られた推計結果の検証用として不可欠である。

(3)我が国に蓄積された物質ストック状況の把握

物質ストックを定量的かつ経年的に計測するために必要な③統計処理手法の確立し、政策に必要なデータとして随時更新可能な④実務ベースの物質ストック把握手法を検討する。

③統計処理手法の確立

研究ベースでストックを精度良く推計するための手法について整理を進めたあと、既存の統計情報を用いる推計手法について整理を行う。ここでは、継続的にデータを得ることが可能な統計情報を用いて物質ストックを正確に推計するための手法を確立することを目的として、②の個別ケーススタディによる推計値と比較しながら手法の検討を進める。

④実務ベースの物質ストック把握手法の検討

年次更新される既存の統計を用い、③に近い精度で実務的に物質ストックを推計するための手法を検討する。この実務的手法をマニュアルとして整備することにより、シンプルに物質ストックの推計を行うことを目的とする。また、循環型社会形成推進基本計画の点検に用いられている物質フロー図ではストックの概念が含まれていないことから、本研究で推計した物質ストック情報を用いることで物質フロー図にストック情報を加味した物質フロー・ストック図についても検討を行う。

(4)ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価

推計した物質ストックがどのような要因に基づくものであるのか分析し、豊かさと物質ストックとの関係性について環境面、経済面から検討を行う。(3)で把握した日本全体の物質ストックに関して、(2)で検討した評価手法を用いて環境面及び経済面での影響を評価する。具体的には、豊かさを生み出すストックが増加するストック型社会シナリオ等を想定し、エネルギーや低炭素化、デカップリングについて評価を実施する。

本研究の実施に当たって行う計画を以下に示す。(表-1)

【2015 年度】

「(1)物質ストックの区分と具体事例の整理」を実施するとともに、「(2)物質ストックの環境・経済面での定量的評価」を行う。さらに、翌年度より「(3)我が国に蓄積された物質ストック状況の把握」を実施するため、「①分析・評価手法の検討」を始める。また、(1)の実施のために環境・経済面から分析を行っている研究者にヒアリングを行い、様々な分野から物質ストックに関する検討・整理を行う。さらに、研究メンバーにより「②個別事例に基づくケーススタディ」を実施し、個別分野での検討事例を積み重ねるとともに、最終年度に推計結果を得られた時の検証資料として利用する。

【2016 年度】

2015 年度に整理した事例をさらに更新しつつ、(2)①の手法の検討の見直しを進め、「(3)我が国に蓄積された物質ストック状況の把握」に着手する。まずは、②のケーススタディを参考に様々なデータから推計を進めつつ、「③統計処理手法の確立」を目指す。さらに、統計処理手法をより入手しやすいデータで整理しつつ(3)「④実務ベースの物質ストック把握手法」の検討を行う。

【2017 年度】

(1)～(3)の各項目を見直し、更新するとともに、「(4)ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価」をおこない、③④で推計した物質ストックがどのような要因に基づくものであるのか分析し、豊かさと物質ストックとの関係性について環境面、経済面から検討を行う。

表-1 本研究の工程表

	2015年(H27)	2016年(H28)	2017年(H29)
(1)物質ストックの区分と具体事例の整理		更新	更新
(2)物質ストックの環境・経済面での定量的評価			
①分析・評価手法の検討		見直し	見直し
②個別事例に基づくケーススタディ		更新	更新
(3)我が国に蓄積された物質ストック状況の把握			
③統計処理手法の確立			見直し
④実務ベースの把握手法の検討			
(4)ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価			

3. 3 年間の研究実施体制

上記の研究内容を表-2 に示す体制で実施する。(1)では、研究参画者による検討に加えて、外部有識者検討会を開催しストックの区分や整理について幅広い意見を考慮しつつ取りまとめを行う。また、②個別事例に基づくケーススタディでは、循環型社会推進基本計画で取り扱う項目のうち、物質ストックとして考慮すべき建築物や土木インフラストラクチャー、耐久消費財を取り上げると共に、その社会の滞留年数（≒寿命）について検討を行い、研究を進める。

表-2 本研究の実施体制

	谷川	醍醐	小口	奥岡
(1)物質ストックの区分と具体事例の整理	◎	○		○
(2)物質ストックの環境・経済面での定量的評価				
①分析・評価手法の検討	○	◎	○	○
②個別事例に基づくケーススタディ	◎ 寿命	○ 鉄製品	○ 耐久財	○ 建築土木
(3)我が国に蓄積された物質ストック状況の把握				
③統計処理手法の確立	◎	○		○
④実務ベースの把握手法の検討				◎
(4)ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価	◎	○	○	○

4. 本研究で目指す成果

本研究では4項目の作業を実施することで、それぞれの項目に対応して、以下の結果が成果として見込まれる。

(1)では、循環型社会形成を進めていく上で増やしていくべき豊かさを生み出す有用なストックを明らかにすることができる。また、既存の物質ストック分析に関する事例集を整理することはストック型社会を目指す上での物質ストックの計測方法の検討に役立つものである。

(2)(3)では、物質ストックの計測に関する推計手法が提供される。具体的には、統計情報等を用いて国レベルでの物質ストック量を推計する手法が確立されることで、我が国のストック型社会への移行状況を把握することが可能となる。また、物質ストックのうち、正のストックが増加することによる環境面・経済面での影響を定量的に示すことで、ストック型社会へ移行していくことの意義を客観的に示すことが可能となる。

(4)では、日本の物質ストックの時系列推計値とその蓄積された物質の内訳、蓄積年数および、蓄積された推移に関して要因分析の結果が提供される。我が国に蓄積されているストックの状況を定量的に示すことでストック型社会形成に向けた今後の施策について具体的に検討することが期待できる。

5. 研究成果による環境政策への貢献

第三次循環型社会形成推進基本計画では今後、天然資源の消費の抑制を図るため、製品寿命の長期化やリユース、リフォーム、リサイクル等により、豊かさを生み出す有用ストックが多く蓄積された「ストック型社会」を形成していく必要があるとされている。ストック型社会の形成を促していく観点から、ストック区分に係る整理を進めるとともに、ストックの種類毎の蓄積量、その利用価値等について、検討を進める必要がある。本研究の成果は、次期第四次循環型社会形成推進基本計画における物質ストックの指標検討に資するものである。

II. 平成 27 年度の研究計画及び進捗状況と成果

1. 平成 27 年度の研究計画

本研究の構成を図-1 に示しており、平成 27 年度の計画は以下の通りである。

主として、「(1)物質ストックの区分と具体事例の整理」を実施する。これにより、各分野で定義が曖昧な「ストック」というキーワードについて整理を行う。(1)における結果と平行して、「(2)物質ストックの環境・経済面での定量的評価」を行う。物質ストックの定量評価手法について「①分析・評価手法の検討」を開始することで、今後の分析結果からのフィードバックを行う基盤を構築する。また、(1)の実施のために環境・経済面から分析を行っている研究者にヒアリングを行い、様々な分野から物質ストックに関する検討・整理を行う。さらに、研究メンバーにより「②個別事例に基づくケーススタディ」を実施し、個別分野での検討事例を積み重ねるとともに、最終年度に推計結果を得られた時の検証資料として利用する。

(1)物質ストックの区分と具体事例の整理

国内外の資源ストック分析の事例を収集し、日本に適用する場合の検討と、物質フローやストックを学問分野として取り扱う海外研究機関の研究調査を行う。

(a) 豊かさを生み出す物質ストックとはどのようなものか概念的な整理を行った上で、具体的事例の整理を行う。

(b) 環境・経済面から分析を行っている研究者にヒアリングを行い、様々な分野から物質ストックに関する検討・整理を行う。物質ストックの区分は後の作業に大きな影響を与える重要な作業であるため、外部有識者検討会を組織し、継続的な議論・更新・見直しを進める。承諾を頂いている外部有識者検討会のメンバーは次の通りである。森口祐一教授（東京大学）、岡本久人会長（次世代システム研究会）、橋本征二教授（立命館大学）。

(c) 物質フローやストックを学問分野として取り扱う ISIE（Industrial Ecology 国際学会）での動向を同学会のボードメンバーで社会の物質代謝に詳しい H. Schandl 教授（オーストラリア連邦科学産業研究機構）、F. Krausmann 教授（オーストリア IFF 社会環境研究所）にも研究協力を求め、国際的かつ学術的見地から知見の提供を求める。

(d) ストック型社会に近いと言われている欧州の事例調査及び分析も行い、海外での国富調査の歴史や長寿命型ストックが生活に与える影響についても調査を行う。現地調査としてイタリア北部を訪問し、パドヴァ大学にて建築物の耐用年数と社会経済の関係などの研究調査を実施する。

(2)物質ストックの環境・経済面での定量的評価

具体的な事例整理に基づき、定性的評価から定量的評価へ結びつけるための①分析・評価手法の検討と②個別事例に基づくケーススタディを行う。

①分析・評価手法の検討

ストックを推計する手法をまとめ、推計値を評価するための評価軸の洗い出しを行う。また、物質ストックの地理的分布やストック総体としての便益についても検討を行い、複合的な視点でストックの評価に結びつける。その上で、クオリティの高い物質ストック（クオリティストック）とはどのようなもの・状態であるのか検討を行う。

②個別事例に基づくケーススタディ

専門とする分野において関連する物質ストックの推計を行い、ストック推計によるメリットをケーススタディで把握する。ここで得られる推計値は他の推計結果の検証用として不可欠である。

2. 平成 27 年度の進捗状況および成果（概要）

（1）物質ストックの区分と具体事例の整理

本研究では、物質ストックの区分について整理を行う。まず「ストック」という言葉が対象とする範囲は多様であり、人工資本だけでなく自然資本や社会関係資本等まで含めた幅広い概念となっている(図-1)。また、ストックの対象範囲によってストックが生み出す価値も多様である。本研究では、このうち構造物や製品等の「人工資本」を対象として検討を行うが、製品中に含まれる有害物質も対象とする。

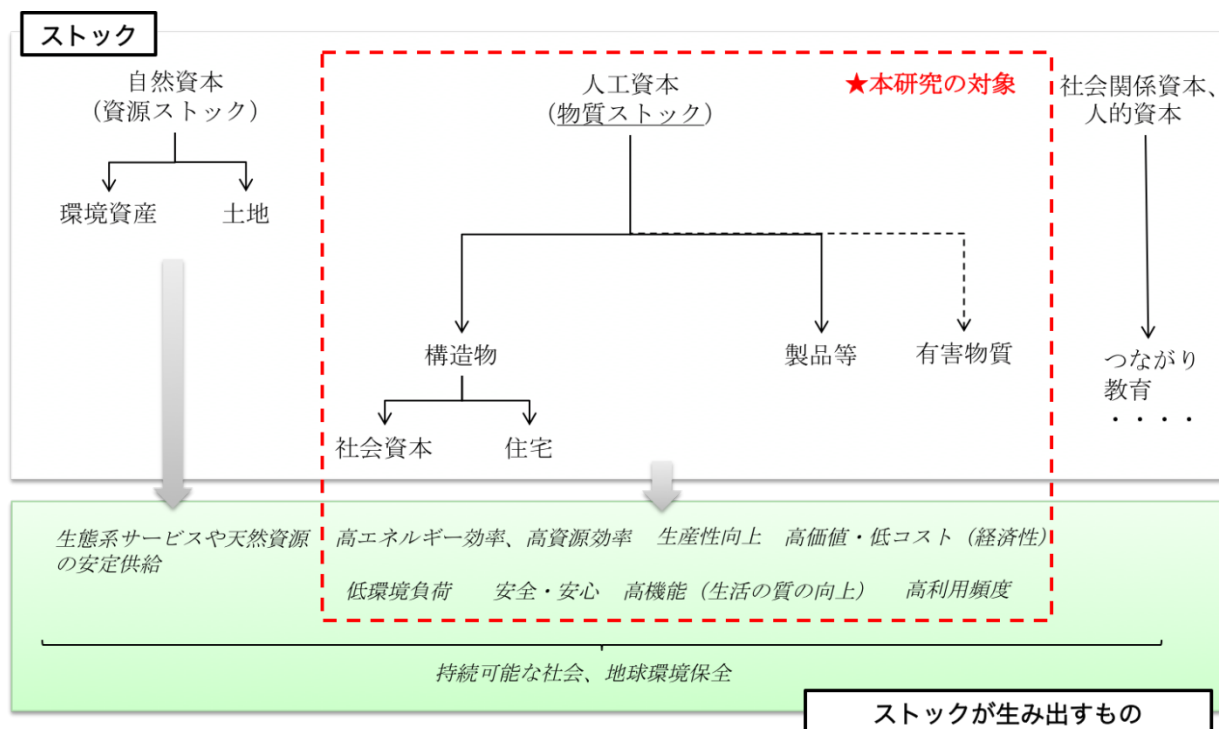


図-1 ストックの区分整理

次に、これまでに整理を行った「物質ストック」に着目したストックの区分方法について紹介する。なお、ストックの区分は研究対象とするストックや研究の目的に応じて異なると考えられる。表-1 に使用価値と資源化価値に応じた物質ストックの事例整理を示す。表-1 では、価値の種類に応じて豊かさを生み出す物質ストックと適切に管理する必要がある物質ストックを整理した。

ただし、表に示した事例はある対象物を各評価軸で見た場合のものであり、実際には複数の評価軸で見る必要がある。例えば、中山間地にある利用頻度の低い道路を考えた場合に、生産性や利用頻度で見ると低い評価となるが、ライフライン（機能）の視点で見た場合には高い評価になる可能性がある。

表-1 物質ストックの評価軸および事例

ストックの評価軸		豊かさを生み出す 物質ストックの事例	適切に管理する必要がある 物質ストックの事例
使用価値	エネルギー効率	・クリーンエネルギー自動車	・高燃費自動車
		・高気密・高断熱住宅	
		・高効率発電所	
	資源効率	・希少金属の回収が容易な使用済み 小型家電（都市鉱山）	・
	環境負荷	・	・フロン類
	生産性	・投資効率の高い社会インフラ	・未利用・低利用道路
	価値・コスト	・住宅（低コスト）	・空き家（住宅）
	機能	・ライフライン	・
	利用頻度	・高利用頻度な建築物	・未利用・低利用道路（インフラ）
	安全・安心	・	・最終処分場
資源化価値		・廃小型家電（希少金属回収可能）	・アスベスト、PCB 含有製品

（２）物質ストックの環境・経済面での定量評価

(2)-1 物質ストックの定量化

物質ストックの定量評価を行うには、基盤となるデータベース整備が必要である。上述のように区分整理した人工資本（物質ストック）を対象に、Top-down と Bottom-up にてデータベース整備を行う。Top-down アプローチでは、環境省による日本の物質フローの算定と同様の手法を用いた。貿易統計を主に、各種統計を基に、生産及び廃棄に係る投入量及び排出量を推計し、素材種ごとに集計を行った。物質フローより、投入量と排出量の差を取ることで社会への蓄積純増を算出し、ストックに関わる排出量よりストックからの廃棄量を推計した。Bottom-up アプローチでは、地理情報システム(GIS)を用いて、物質ストックのうち重量的に多くを占める建築物や社会基盤施設の空間情報を整備し、各種構造物に単位あたりの建設資材投入原単位を乗じることで物質ストックを推計した（図-2、図-3）。図-2 は構造物種別の日本全国の物質ストックの推計結果を時系列に整理したものである。1965 年の 41 億トンと比較すると 2010 年では 208 億トンと 5.1 倍ほど増加しており、日本の発展を支えてきた人工資本（物質ストック）の蓄積の状況が示された。また、図-3 は建築物の 2009 年における物質ストックを 500m メッシュで集計した結果である。建築物は人口分布と大きく関係しており、関連する物質ストックも都市部に大きく集積している。このように、物質ストックを地理的に可視化し、時空間における蓄積の動態を明らかにすることで、使用価値と資源化価値の評価に必要なデータベースを構築している。

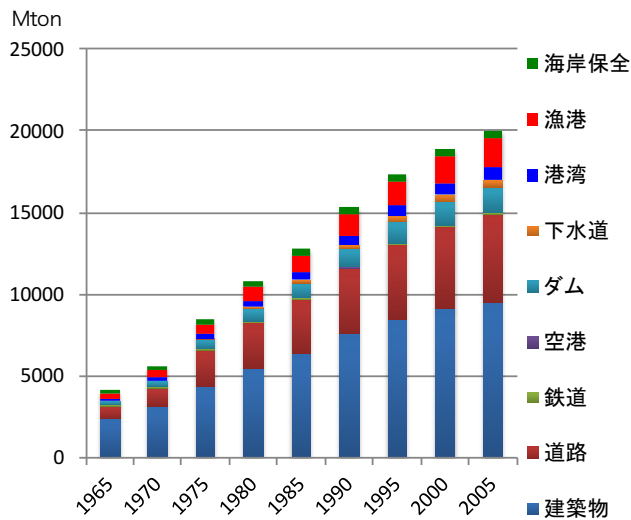


図-2 日本全国における物質ストック量

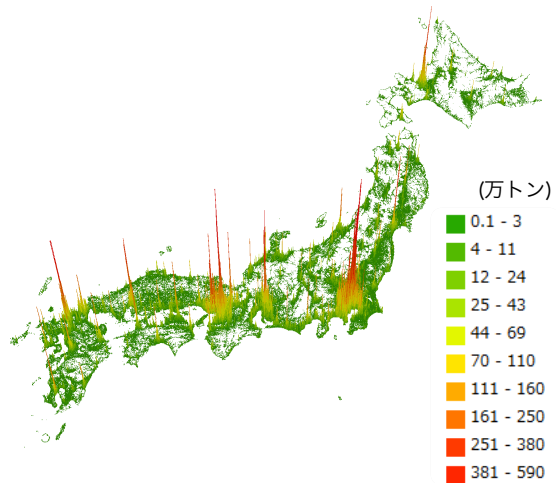


図-3 日本の建築物ストック量分布

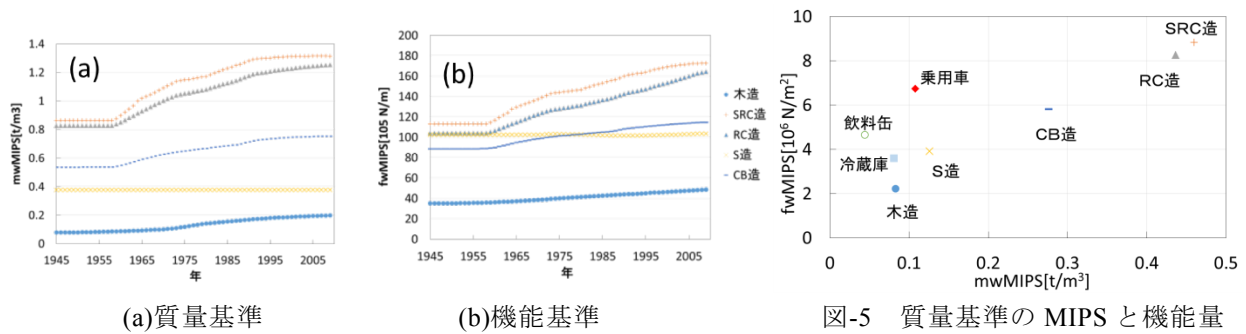
(2)-2 建築物ストックの機能量評価

MIPS(Material Intensity per Service)という指標は、単位サービス量あたりに、製品の全生涯にわたる物質消費量として提案された。一方で、物質科学的観点からは、物質は消費時点において何の機能も発現しておらず、その使用時に機能を発現し、価値を提供している。そこで、本課題の主題である物質ストックとしての使用量を material intensity とした MIPS が、従来の MIPS 同様に定義できる。実質上は、製品の製造時の加工歩留まりを無視すれば、製品への消費量と同じである。本研究では、resource decoupling に向けた MIPS 指標を、より詳しく理解し、低減するための政策に結び付けるために、先述の物質の発現する機能（価値）に着目した。材料の提供する機能量を MF と定義し、Material Intensity を MI、Service を S とすると、MIPS 指標は下式のように分解できる。

$$\frac{MI}{S} = \frac{MI}{MF} \times \frac{MF}{S}$$

右辺の第1項は、材料の機能量あたりの質量となり、強度を機能ととると比強度の逆数となる。これは、材料設計に関わる材料技術開発により向上させることのできる指標と言える。一方、右辺の第2項は、製品サービス（価値）量あたりの材料機能量であり、製品設計に依存する指標と言える。また、第2項は、従来の MIPS が質量基準の MIPS (mass-wise MIPS: mwMIPS) とすれば、機能基準の MIPS (functionality-wise MIPS: fwMIPS) と考えられる。ここでケーススタディとして、容器や建築物等の、空間を区切るという製品価値を有した構造体に着目した。構造体の骨格を構成する材料は、構造材と呼ばれ、主要な材料機能として強度が要求される。材料機能として、示強変数の強度に材積を乗じた機械的機能量（単位：N・m）を定義して用いた。サービス量には空間を用いた。建築物については構造別（木、SRC、RC、S、CB）に1945年から2009年までの時系列変化を評価した（図-4(a)、(b)）。それらに加え、現在の製品について冷蔵庫、乗用車、飲料缶を評価した（図-5）。図-4(a)と(b)から、建築物の fwMIPS は mwMIPS とほぼ同じ推移をしていることが分かった。これは第1項の材料機能が変化していないことを示唆する。材料技術は進歩しており、高機能材料が開発されてきているものの、建築物に用いられる汎用材の平均的な強度は、評価期間を通して変わって

いないことが分かった。新しい用途に向けての高機能材の開発だけでなく、汎用材へ従来と同じ価格で高機能化した材を提供できる技術開発が望まれよう。時系列で MIPS が増加したのは、本評価において製品価値を空間しか評価しなかったため、それ以外の耐震性等の価値の向上によるものと考えられた。図-5 は、原点からの傾きが比強度となる。飲料缶や乗用車では、先述のように空間以外の製品価値が要求されるため、大きな比強度になっていると考えられた。複数の価値を複合して評価する枠組みの構築が望まれる。



(a)質量基準

(b)機能基準

図-4 構造別建築物の MIPS の推移

図-5 質量基準の MIPS と機能量

基準の MIPS の関係

(2)-3 耐久財ストックの機能・環境負荷・寿命の分析

乗用車や電気電子機器などの耐久消費財は、市場での競争もあり製品の性能や機能が短期間のうちに大きく向上する場合も存在する。例えば、乗用車の燃料消費率の向上や家電製品の消費電力量の低減、電子機器の多機能化や性能の向上などである。そのような場合には、製品の長期使用が社会全体での製品価値や環境負荷とトレードオフの関係になることも予想される。そこで本研究では、耐久消費財ストックの平均使用年数、機能量、環境負荷についてその推移を推計、考察した。

推計にはポピュレーションバランスモデルと呼ばれる手法を用いた。ポピュレーションバランスモデルとは、耐久消費財の販売台数（過去からの時系列データ）、ストック台数、使用年数分布が全て整合するように推計を行う手法である。本研究では、販売台数およびストック台数（保有台数）の統計値を所与のものとし、販売台数と使用年数分布から推計されるストック台数が統計値と整合するように使用年数分布のパラメータ（平均使用年数）を最適化した。また、最適化した使用年数分布と機能量・環境性能等の区分別販売台数の統計値（時系列データ）を積和することで、各年における機能量・環境性能等の区分別ストック台数を推計した。

冷蔵庫を例とした推計結果を示す。図-6(a)は総ストック台数、図-6(b)は平均使用年数の推計値である。図-6(b)より、冷蔵庫の平均使用年数は長期化しており、今あるストックをより長く使用する傾向に移ってきていることがわかる。図-6(c)に冷蔵庫の容量区分別ストック台数の推計値を示す。冷蔵庫のストックは過去 20 年間に於いて大容量化が進んでおり、機能量を容量で測るとすれば冷蔵庫ストックの機能量は増加している。以上より、台数ベースでの議論においては、冷蔵庫のストックは使用期間の長期化と機能量の増加を両立する方向に推移していると考えられる。

一方、機能量の増加は環境負荷の増大に結び付く可能性も高い。冷蔵庫の例で言えば、大容量化は消費電力量の増大に直接影響するであろう。また、製品の環境性能が大きく向上していれば、長期使用と総環境負荷がトレードオフの関係となる場合もある。これらの点を考察するため、店頭販

売データ（POS データ）による年間消費電力量区別の販売構成比を用い、容量区別ストック量の推計と同様の手法で消費電力量区別のストック台数の推計を進めている。同様に、機能量の増加に伴う物質使用量の増加の可能性についても検討が必要である。

また、機能量（今回示した冷蔵庫の事例では容量）はストック使用価値の一側面であり、機能量の増加は使用価値の向上に結び付くものと考えられる。一方で、製品ストックの使用価値を測定する上では、その機能の必要性、すなわちそれだけの機能量が消費者にとって本当に必要であるかをも考慮する必要がある。この点は消費者の価値観や複数の性能・機能軸の考慮が必要であり単純ではないが、その評価方法について検討が必要である。

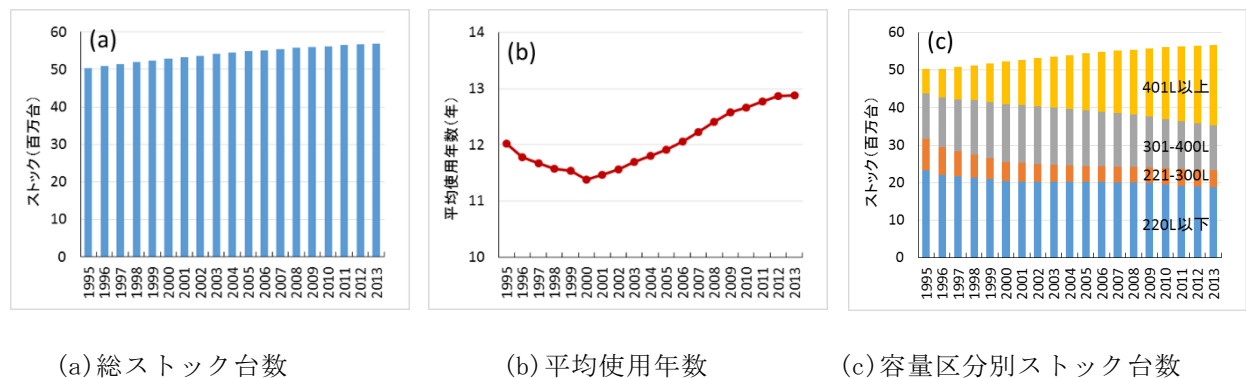


図-6 冷蔵庫ストックの推移

（３）蓄積された物質ストックの状況の把握

物質ストックは社会に蓄積された人工資本で使われた物質の総計であり、毎年の蓄積純増の累計である。蓄積純増は、物質フロー算定の結果として算出されており、ストックからの廃棄物がしめる廃棄物の発生の割合は高いことから、物質ストックと物質フローは相互に深い関係にある。物質フローについては、環境省・環境白書により物質フロー図として公表されているが、ストックとの関連を示した図は報告されていない。本研究課題では、物質ストックの状況の把握を目的として、既存の物質フロー図を拡張し、「物質ストック・フロー図」を作成した。図-7のように物質ストックはフローを支えるようなイメージで図示しており、蓄積純増や廃棄物の発生と関わっている様子を表している。さらに物質ストックの内訳として、製品別と素材別の物質量を記述することで国全体の様子を分かりやすく示している。（２）により定量化された値を整理し、日本の物質ストック・フロー図を作成した（図-8）。1990年と2010年を比較すると、総物質投入量が約24億トンから約16億トンと6割程度に減少しており、循環利用量は1億7500万トンから2億4600万トンと増加している。その一方で、物質ストックは約165億トンから208億トンと増加しているが、年々ストック増加のスピードは低減しており、ストック量は飽和の傾向にあるとも読み取れる。蓄積された物質ストックが物質フローを支えており、資源効率が拡大していることが示唆される。

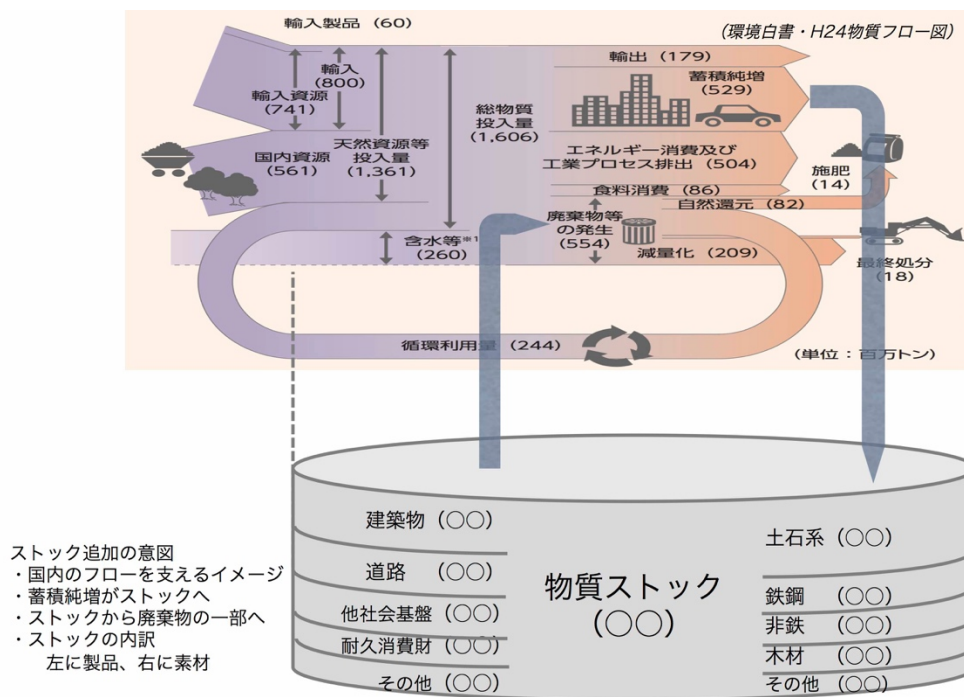
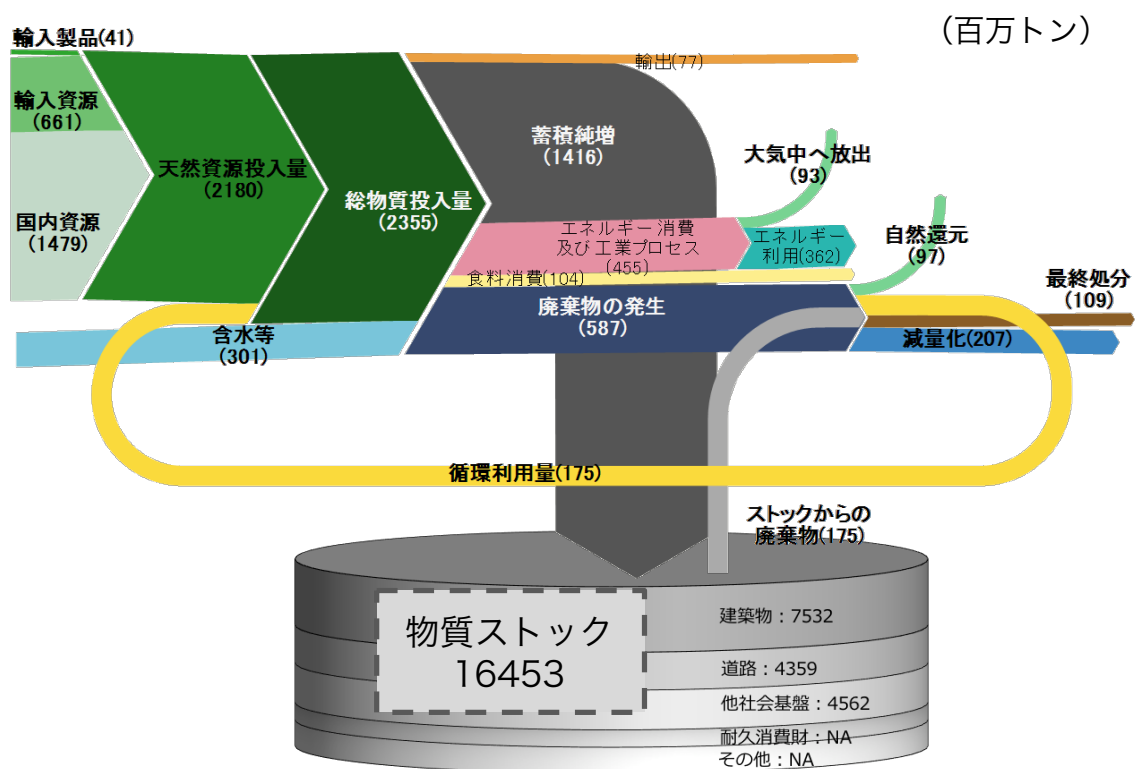
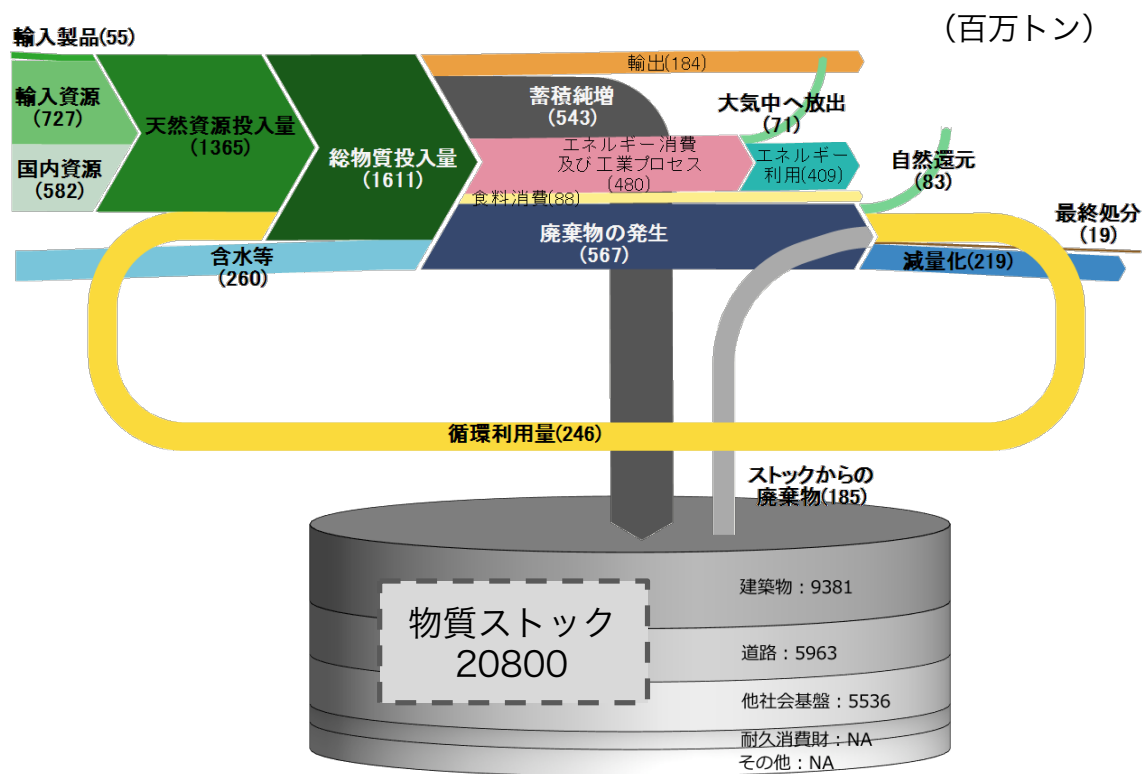


図-8 「物質ストック・フロー図」の概念



(a) 1990 年



(b) 2010 年

図-8 日本の物質ストック・フロー図

3. 対外発表等の実施状況

本研究では、研究実施に当たり有識者会合の開催を基盤としている。今年度開催した、及び開催予定である会合について、以下に記載する。

<第1回 環境省内部会合>

日 時：2015. 7. 29 10:00-12:00

場 所：環境省

参加者：環境省担当官、谷川(名大)、醍醐(東大)、小口(国環研)、奥岡(名大)、高木(みずほ)

議 題：本研究の遂行に関して、担当官と研究メンバーで情報共有と課題の整理がされた。

<環境科学 2015 年会 企画セッション>

日 時：2015. 9. 7 14:00-16:00

場 所：大阪大学

参加者：橋本(立命館大学)、村上(東大)、谷川(名大)、醍醐(東大)、奥岡(名大)

議 題：地球環境総合研究推進費 1-1402 に関連した企画セッション「資源価値を考慮したストック・フロー指標体系の構築」にて物質ストックの機能について報告・討議がなされた。

<第1回 物質ストック有識者会合>

日 時：2015. 9. 12 13:00-18:00

場 所：九州国際大学

参加者：岡本(九州国際大学)、谷川(名大)、醍醐(東大)、奥岡(名大)、高木(みずほ)

議 題：岡本先生と本研究メンバーがストック型社会の概念について議論し、「次世代システム研究会」にて発表を務めた。

<第2回 物質ストック有識者会合>

日 時：2015.9.15 13:30-14:30

場 所：

参加者：森口(東大)、橋本(立命館大学)、南斉(国環研)、谷川(名大)、醍醐(東大)、奥岡(名大)、高木(みずほ)

議 題：「ストックとは何か」について、議論を行った。

<第3回 物質ストック有識者会合>

日 時：2015.9.24 14:30-18:30、25 11:00-14:00

場 所：伊勢市 千の杜

参加者：橋本(立命館大学)、加河(九州大学)、谷川(名大)、奥岡(名大)

議 題：ストックにかかる事例整理と研究報告を行い、総合的な議論を行った。

<第4回 物質ストック有識者会合>

日 時：2015.12.21 14:00-17:00

場 所：名古屋大学

参加者：井村(横浜市立大学)、谷川(名大)、奥岡(名大)

議 題：ストックにかかる事例整理と研究報告を行い、総合的な議論を行った。

<第5回 物質ストック有識者会合>

日 時：2016.1.8 14:00-17:00

場 所：九州大学

参加者：加河(九州大学)、谷川(名大)

議 題：ストックにかかる事例整理と研究報告を行い、総合的な議論を行った。

<第2回 環境省内部会合>

日 時：2015.2.1 14:00-15:00

場 所：環境省

参加者：環境省担当官、谷川(名大)、醍醐(東大)、小口(国環研)、奥岡(名大)、高木(みずほ)、田邊(みずほ)

議 題：本研究の進捗状況に関して、担当官と研究メンバーで情報共有と課題の整理がされた。

<第6回 物質ストック有識者会合>

日 時：2016.2.2 14:00-18:00

場 所：名古屋大学

参加者：岡本(九州国際大学)、谷川(名大)、奥岡(名大)、高木(みずほ)、田邊(みずほ)

議 題：ストック型社会に向けた諸制度の変更や物質として定量化する視点など、総合的な議論を行った。

<第7回 物質ストック有識者会議>

日 時：2016.3.8 10:00-12:00

場 所：環境省

参加者：Prof. Heinz Schandl (Commonwealth Scientific Industrial Research Center, Australia)、Prof. Fridolin Krausmann (IFF / Social Ecology Institute, Alpen-adolia Universtat, Austria)、岡本久人教授 (九州国際大学)、谷貝 (環境省)、土屋 (環境省)、谷川 (名大)、醍醐 (東大)、小口 (国環研)、奥岡 (名大)、高木 (みずほ)、田邊 (みずほ)

議 題：「物質ストック研究」に関する有識者と環境省、本研究メンバーが政策貢献について議論を行った。

<第8回 物質ストック有識者会議>

日 時：2016.3.9 15:00-18:00

場 所：名古屋大学

参加者：Prof. Heinz Schandl (Commonwealth Scientific Industrial Research Center, Australia)、Prof. Fridolin Krausmann (IFF / Social Ecology Institute, Alpen-adolia Universtat, Austria)、Ms. Chikako Takase (United Nations Center of Regional Development)、谷川 (名大)、奥岡 (名大)、Tomer Fishman (名大)、Alessio Miatto (名大)

議 題：「物質ストック研究」に関する有識者を迎えて本研究メンバーが具体的な取組について議論を行った。

また、本研究の成果報告として以下の内容を外部発表した。

<査読付き論文>

- 1) Hiroki Tanikawa, Tomer Fishman, Keijiro Okuoka, Kenji Sugimoto: The Weight of Society Over Time and Space: A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan, 1945–2010, *Journal of Industrial Ecology*, Vol.19, No.5, pp.778-791, DOI: 10.1111/jiec.12284, 2015.
- 2) Tomer Fishman, Heinz Schandl, Hiroki Tanikawa: Stochastic Analysis and Forecasts of the Patterns of Speed, Acceleration, and Levels of Material Stock Accumulation in Society, *Journal of Industrial Ecology*, DOI: 10.1021 / acs.est.5b05790, 2016.
- 3) Ichiro Daigo, Kohei Iwata, Ikumi Ohkata, Yoshikazu Goto: Macroscopic Evidence for the Hibernating Behavior of Materials Stock, *Environ. Sci. Technol*, 49 (14), pp 8691–8696, 2015.
- 4) 木下卓大, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹：福島県沿岸地域北部におけるフライアッシュの建設資材利用に関する地域循環圏の検討, *土木学会論文集 G(環境)*, Vol.71, No.6, pp.II_133-II_138, 2015.
- 5) 青柳淳之介, 杉本賢二, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹：名古屋市中心部における 4d-GIS を用いた都市の経年変化による MSFA に関する研究, *土木学会論文集 G(環境)*, Vol.71, No.6, pp.II_467-474, 2015.
- 6) 松井健吾, 長谷川正利, 高木重定, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹：低物質化に向けた日本全国の土石系資源ストックフローモデルの構築, *土木学会論文集 G(環境)*, Vol.71, No.6, pp.II_309-317, 2015.
- 7) 山下剛弥, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹：マテリアルストックデータベースの拡充とストック効果の検討, *土木学会論文集 G(環境)*, Vol.71, No.6, pp.II_319-327, 2015.
- 8) 舟田享史, 醍醐市朗, 後藤芳一：鉄鋼材ストック・フローに着目した日本の高度経済成長期における需要量変遷の分析, *開発技術*, Vol.21, pp.1-13, 2015.
- 9) Ichiro Daito: Material Stock and the End-of-life Recycling Rate of Steel, *Steel Construction: Today & Tomorrow*, No.46, pp.9-12, 2015.

- 10) Oguchi M., Fuse M.: Regional and longitudinal estimation of product lifespan distribution: A case study for automobiles and a simplified estimation method, *Environmental Science and Technology*, Vol.49, pp.1738-1743, 2015.

<口頭発表（国際学会）>

- 1) I. Daigo, N. Sekine and Y. Goto: Structure of conditions for recycling from urban mine, *International Society for Industrial Ecology 2015 Conference*, Surry, 7-10 July 2015
- 2) I. Daigo: Dynamic change of material flow and cyclic use of steel, *Workshop on steel stock*, Shenyang, Liaoning, China, 24 Oct. 2015

<口頭発表（国内学会）>

- 1) 黒田将平, 杉本賢二, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 衛星夜間光を用いた都市域の抽出と空間活動量に基づく建設ストックの推計, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.
- 2) 舘文人, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: スtock型社会の形成に向けた建設系マテリアルストック評価指標に関する研究, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.
- 3) Castillon Mitchell Cua, 吉田圭介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: Calculation of Mining Anthropogenic Disturbance Using Remote Sensing in Caraga Region, Philippines, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.
- 4) 佐藤大起, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹, 深掘秀敏: 北九州市における地域特徴と建築物平均年齢との関係性, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.
- 5) 金城鐘頭, 吉田圭介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 一都四県の鉄軌道輸送システムを支えるマテリアルストックの推計, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.
- 6) 稲垣空, 松井健吾, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 土石系資源の都道府県別循環利用と二酸化炭素排出量の推計, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.
- 7) 小野聡, 宮川結衣, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 高速道路整備事業に関わる草本資源の処理方法と再資源化の有効利用評価, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.
- 8) 野中一鴻, 青柳淳之介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 土用途地域の経年変化による都市構造物の物質蓄積量・物質代謝の定量化, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会, 2016.
- 9) 稲垣空: 土石系資源を対象とした物質ストック・フローチャートの構築, 第 29 回環境情報科学学術研究論文発表会第 12 回環境情報科学ポスターセッション, 2015.
- 10) 小野聡: 高速道路整備事業に関わる草本資源の処理方法と再資源化の有効利用評価, 第 29 回環境情報科学学術研究論文発表会第 12 回環境情報科学ポスターセッション, 2015.
- 11) 野中一鴻: 用途地域の変遷に伴う都市構造物の物質代謝の定量化, 第 29 回環境情報科学学術研究論文発表会第 12 回環境情報科学ポスターセッション, 2015.
- 12) 八柳有紗, 谷川寛樹, 橋本征二: スtock型社会に向けたストック使用効率の評価 - 建設物を対象としたケーススタディ -, 第 43 回環境システム研究論文発表会, 2015.
- 13) 木下卓大, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 福島県北部沿岸地域におけるフライアッシュのクリンカー代替利用に関する地域循環圏の検討, 第 43 回環境システム研究論文発表会, 2015.

- 14) 青柳淳之介, 杉本賢二, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 名古屋市中心部における 4d-GIS を用いた都市の経年変化による MSFA に関する研究, 第 43 回環境システム研究論文発表会, 2015.
- 15) 松井健吾, 長谷川正利, 高木重定, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 低炭素化に向けた日本全国の土石系資源ストックフローの将来シナリオ分析, 第 43 回環境システム研究論文発表会, 2015.
- 16) 山下剛弥, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 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, 第 43 回環境システム研究論文発表会, 2015.
- 17) 谷川寛樹, 森口祐一, 橋本征二, 南斎規介: 資源価値を引き出す次世代マテリアルストックに関する研究, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 18) 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 居住密度に応じた都市圏の建築物需要量と二酸化炭素排出量の将来推計, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 19) 吉田圭介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 地形変化を伴う人為的撹拌に関する研究, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 20) 木下卓大, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 建設資材の地域循環圏形成に関わるフライアッシュの多様な地域循環利用オプションの検討, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 21) 黒田将平, 杉本賢二, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: リモートセンシングを用いたアジア都市の空間活動量の変遷に関する指標化, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 22) 松井健吾, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 低物質・低炭素化に向けた都道府県別土石系ストック・フローの将来シナリオ分析, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 23) 山下剛弥, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 一都三県を対象とした建築物・インフラストラクチャーの変遷に関する基礎的研究, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 24) 佐藤大起, 青柳淳之介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹, 深堀秀俊: 都市計画の変遷と建設系マテリアルストック・フローとの関係性, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 25) 金城鐘頭, 吉田圭介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 鉄軌道輸送システム整備に関わる経年マテリアルストック・フロー分析, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 26) 野中一鴻, 青柳淳之介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 用途地域の違いによる都市構造物の物質代謝特性に関する基礎的研究 -4d-GIS を用いた和歌山市中心部におけるケーススタディ-, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 27) 小野聡, 宮川結衣, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 高速道路整備事業に関する草本資源の有効利用ポテンシャル評価, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 28) 稲垣空, 松井健吾, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 建設部門の低物質・低炭素化に向けたセメントのマテリアルストック・フロー分析, 環境科学会 2015 年会, 2015.
- 29) 野中一鴻, 青柳淳之介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 和歌山市中心部をケーススタディとした用途地域別の耐用年数とマテリアルストック・フローの推計, 平成 27 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2015.
- 30) 小野聡, 宮川結衣, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 道路整備事業に関わる草本資源の有効利用ポテンシャル評価, 平成 27 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2015.
- 31) 朱雀健司, 黒田将平, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: リモートセンシングを用いたマテリアルストック推計の手法の検討, 平成 27 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2015.

- 32) 稲垣空, 松井健吾, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 都道府県における土石系資源のマテリアルストックフロー分析, 平成 27 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2015.
- 33) 金城鐘頭, 吉田圭介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: DEM を用いた鉄道整備に関わるマテリアルストック・フローの 3D 解析, 第 11 回 GIS コミュニティフォーラム, 2015.
- 34) 山下剛弥, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: マルチスケール型の経年マテリアルストック推計, 第 11 回 GIS コミュニティフォーラム, 2015.
- 35) 佐藤大起, 青柳淳之介, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 北九州市における 4 次元型建物詳細データを用いた将来廃棄物量の推計, 平成 27 年度廃棄物資源循環学会, 2015.
- 36) 松井健吾, 奥岡桂次郎, 谷川寛樹: 日本全国を対象とした建設廃棄物の道路用再生骨材利用に関するシナリオ分析, 平成 27 年度廃棄物資源循環学会, 2015.
- 37) 松井大輔, 醍醐市朗, 後藤芳一: 引張機エネルギーによる普通鋼需要量の評価手法の構築, 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 福岡, 16-18.Sep. 2015, PS-18
- 38) 醍醐市朗: ライフサイクル思考に基づく鉄鋼材料の社会的価値を高める 10 の方策, 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 福岡, 16-18.Sep. 2015
- 39) 松井大輔, 醍醐市朗: 引張機エネルギーによる普通鋼ストック量の評価手法の構築, 環境科学会 2015 年会, シンポジウム-4 (2015 年 9 月)
- 40) 鶴房佑樹, 中谷隼, 森口祐一: 災害廃棄物の発生量推計のための地域別物質ストック分析, 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会、柏, 千葉, B2-07. Mar. 2016.
- 41) 松井大輔, 醍醐市朗, 後藤芳一: 物質のライフサイクルを通じた機能と機能量の評価手法の構築, 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会、柏, 千葉, B2-02, 2-4. Mar. 2016.
- 42) 大木慧, 醍醐市朗, 後藤芳一: 主成分分析による用途別鉄鋼材需要量の時系列変化の分析, 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会、柏, 千葉, D2-09, 2-4. Mar. 2016.
- 43) 醍醐市朗, 畑山博樹, 中島謙一, 山末英嗣, 松八重一代, 小林能直: 素材の社会的価値評価のための枠組みの検討, 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会、柏, 千葉, P2-32, 2-4. Mar. 2016

4. 英文サマリー

In order to better understand the effects of resource consumption on the natural environment, the research field of material flows and stock accounting offers systematic methods of analysis. The material flow in Japan calculated by the Ministry of Environment covers inflow and outflow, and net addition of stock(NAS), however it doesn't indicate the material stock which has been accumulated in society. Material stock is closely related to services provided to society and the resource value recycled from output or demolish of stocks. This research focuses on the importance of material stock to achieve welfare, and aims to evaluate the time-series quantity of material stock in four steps, for the sake of the necessity of knowledge and information to clarify the material stock accumulated in Japan. In the first step, cases and patterns are collected domestically and internationally in order to examine adaptability to Japan. They are segmented and classified on the basis of structural objects and instruments. In the second step, several methodologies to evaluate material stocks quantitatively are presented evolved from the qualitative assessment in the first step. The specific case studies are examined based on each case. In the third step, in order to measure actual mass of material stock by year, a method of statistical processing is established on a high level which fits national

census requirements. Additionally, the question of how to figure out material stock is examined at a practical level. In the last step, the establishment of a stock-type society and its effects on environmental and economical aspects is evaluated. Analysis of the driving forces of material stock reveals the linkage between welfare and material stock. The knowledge accumulated with these steps can contribute to integrate three kinds of societies: low carbon society, sound material-cycle society, and natural symbiosis society. This study builds a material stock and flow model, and presents Sankey diagrams for the visualization of the results. After setting a base line scenario of slag cement, FA cement, and reclaimed aggregate, this study estimates the quantity of cement manufacture, reproduction aggregate circulation use, and CO₂ emissions in the future.

（天然資源の消費による影響をより良く理解するために、物質フロー・ストック勘定の研究領域ではシステムの分析手法が求められている。環境省による日本の物質フローは資源の投入と排出に加え蓄積純増を網羅的に算出しているが、これまで社会に蓄積された物質ストックは示されていない。物質ストックは社会に提供されるサービスと排出された物資の循環による資源化価値に密接に関わっている。本研究は、豊かさをもたらす物質ストックの重要性に着目し、日本に蓄積された物質ストックを明らかにする知見の必要性のために、四段階においてマテリアルストックの時系列での定量評価を目的とする。第一段階では、国内外の資源ストック分析の事例を収集し、日本に適用する場合の検討を行う。豊かさを生み出す物質ストックとはどのようなものか概念的な整理を行った上で、具体的事例の整理を行う。第二段階では、物質ストックの環境・経済面での定量的評価として、具体的な事例整理に基づき、定性的評価から定量的評価へ結びつけるための分析・評価手法の検討と個別事例に基づくケーススタディを行う。第三段階では、我が国に蓄積された物質ストック状況の把握として、物質ストックを定量的かつ経年的に計測するために必要な統計処理手法を確立し、政策に必要なデータとして実務ベースの物質ストック把握手法を検討する。最後の段階では、ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価として、推計した物質ストックがどのような要因に基づくものであるのか分析し、豊かさと物質ストックとの関係性について環境面、経済面から検討を行う。これら 4 項目の作業を実施することで、ストック型社会が三社会構築にどのように貢献できるのか明らかにする。以上より、物質ストック・フローモデルを構築し、可視化のため物質ストック・フロー図を作成した。高炉セメントと FA セメントのシナリオを設定した後、将来におけるセメント生産量とそれに伴う再生骨材循環利用量、酸化炭素排出量を推計した。）

5. 平成 27 年度の進捗状況と成果(詳細)

(1) 物質ストックの区分と具体事例の整理

本研究では、物質ストックの区分について整理を行うにあたって、事例をもとにストックの概念等の整理を行った。ストック型社会や物質ストックに関する分析を行っている研究事例について情報を収集し、豊かさを生み出す物質ストックの具体的な事例や物質ストックの評価手法等について整理を行った。

(1)-1 循環型社会形成推進基本計画（環境省）

- 第三次循環基本計画では、循環型社会形成の中長期的な方向性の一つとして、枯渇性資源は製品寿命の長期化やリユース、リサイクルにより、有用な「社会ストック」として経済社会でできるだけ長く有効活用されることを掲げている。
- また、物質フロー指標に関しても、これまでに着目してきたフローだけでなく、「ストック」にも焦点を当てて検討を行うとしており、今後の検討課題として「我が国に蓄積されている資源のストックに関する指標」を掲げている。

表-1 第三次循環型社会形成推進基本計画に記載されている「ストック」に関する記述

記載部分		記載内容
第2章 循環型社会形成に向けた取組の中長期的な方向性	第1節 自然界における循環と経済社会における循環が調和する社会	この社会では、自然の恩恵と脅威に対して謙虚さを保ち、一度自然界から取り出した枯渇性資源は、 <u>製品寿命の長期化やリユース、リサイクルにより、有用な「社会ストック」として経済社会でできるだけ長く有効活用され</u> るとともに、バイオマスなどの再生可能資源はその再生スピードの範囲内で活用される。これにより、大気、水、土壌、生物等の間の物質循環が健全化し、自然界における循環と経済社会における循環の間で調和が保たれることになる。
第3章 循環型社会形成のための指標及び数値目標		さらに、物質フロー指標のみでは捉えることができない、各主体の循環型社会形成のための取組の進展度合いを計測・評価し、更なる取組を促すために、第2次循環基本計画に引き続き、取組指標を定める。取組指標についても、目標を設定する指標に加え、当面の推移をモニターする指標を設定する。 加えて、 <u>今次計画では、循環型社会を形成する上で、物質のフローとともに重要な物質の「ストック」にも焦点を当てることとする。</u>
	第3節 今後の検討課題等 3 我が国に蓄積されている資源のストックに関する指標	循環型社会の形成に当たっては、 <u>物質のフローに加え、社会に蓄積される「ストック」についてもその状況を把握していくことが重要</u> である。我が国の物質フローでは、土石系、金属系、バイオマス系、化石系（プラスチック等）の区分で毎年度の蓄積純増量をデータ上計測しているが、今後、それらのうち、 <u>豊かさを生み出す有用なストックが多く蓄積された「ストック型社会」を形成していく必要がある。</u> 例えば、社会的なストックは、①使用価値の有無、②

記載部分		記載内容
		<p>資源化価値の有無などの視点に基づき整理していくことが可能であり、<u>価値が高い正のストックを増やして活用していくとともに、潜在的な廃棄物となり得る価値が低い負のストックについては適正に処理して、その抑制を図っていくことが求められる。</u></p> <p>このため、今後、ストック型社会の形成を促していく観点から、ストックの区分に係る整理を進めるとともに、我が国に蓄積されているストックの種類毎の蓄積量、その利用価値等に関する指標について、検討を進める。</p>
第5章 国の取組	第2節 国内における取組 1 「質」にも着目した循環型社会の形成 (1) 2Rの取組がより進む社会経済システムの構築	⑥ <u>長期にわたって使用可能な質の高い住宅ストックを形成するため、長期優良住宅認定制度の運用、認定長期優良住宅に対する税制上の特例措置の活用を促進する。</u>

出典：「第三次循環型社会形成推進基本計画」（環境省）より作成

また、参考までに第74回中央環境審議会循環型社会計画部会におけるストックに関する委員の意見を以下に示す。

- ✓ なるべく新たな資源投入を減らしながらも豊かな社会を築いていくということであれば、これまでため込んできたストックを大切に使う、あるいはこれからストックを築いていくときには、将来の国民の福祉により寄与しやすいようなストックをつくっていく必要がある。まずは概念整理。
- ✓ 企業の立場でストックを考えると、ストックは極力持たないのが経営の姿勢。国家としてのストックの考え方と企業の立場でのストックは異なる。
→在庫のようなストックもあれば生産設備のようなストック、公共の社会資本のようなストックもある。
- ✓ ストックをつくることが目的ではなく、それをきちんと使っていくということが主であり、大量生産、大量消費、大量廃棄ではなくて、いかに長期的に長もちするものに基づいて経済社会を豊かにするかという観点から、こういうストックということを考えたもの。
- ✓ 個々の建造物に関して見れば、日本の資源生産性は高いけれども、100年という時間幅での資源生産性はヨーロッパの方が高いということになるのではないかと。100年単位での資源生産性という観点の導入が必要なのではないか。
→本来100年もつものというのはきちんとそれなりの価値を持って、それなりの値段が評価されなければいけないわけですが、日本の場合は非常に中古品、住宅にしても車にしても、

急速に安くなってしまうという、そういう問題がある。

(1)-2 環境基本計画（環境省）

- 第四次環境基本計画では、国土としてのストック（人工資本や自然資本（国土が産み出す生態系サービス））に着目している。また、経済・社会のグリーン化に向けた課題として、「環境の質」という視点も一部盛り込まれている（理由は未確認）。
- なお、参考資料にある「総合的環境指標について」の中ではストックに関連した指標を自然資本、人工資本、社会関係資本毎に設定している。

表-2 第四次環境基本計画に記載されている「ストック」に関する記述

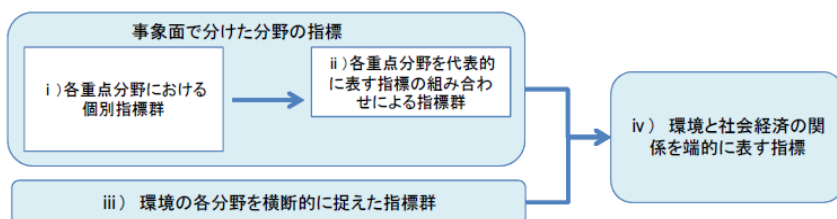
記載部分		記載内容
第1部 環境の状況と環境政策の展開の方向	第1章 環境の状況及び環境政策の課題と目指すべき持続可能な社会の姿 第2節 今後の環境政策の課題と目指すべき持続可能な社会の姿	<p>（1）今後の環境政策の課題</p> <p>・・・</p> <p>①エネルギー、資源、食料の持続可能な利用の下で環境、経済、社会を統合的に向上させるためには、再生可能エネルギーの導入拡大や省エネルギーを推進するとともに、使用済製品等の循環資源や、<u>我が国の領土や排他的経済水域等がストックとして有する価値、そこから生まれる生態系サービスとしての価値を持続可能なかたちで有効に活用する必要がある。</u></p> <p>我が国で過疎化、高齢化が進むことを踏まえると、<u>都市機能のあり方、都市や農山漁村の国土の保全のあり方を見直していく必要がある。</u>都市基盤などの人工的に整備されてきた様々なストックについては、<u>環境負荷の少ないまちづくりや、低炭素かつ自立・分散型のエネルギー供給システムの構築等により、適切な維持・更新を図り、それぞれが持つ機能を向上させていく必要がある。</u>また、<u>自然により形成されてきたストック、人工的に整備されてきたストックのいずれについても適切に管理していくための仕組みを構築していく必要がある。</u></p>
第1部 環境の状況と環境政策の展開の方向	第2章 今後の環境政策の展開の方向	<p>（3）持続可能な社会の基盤となる国土・自然の維持・形成</p> <p>○ストックとしての国土の価値の増大に向けた取組</p> <p>・・・こうした<u>生態系サービスを生み出す基盤となる自然環境を維持・回復し、国土のストックとしての価値を増大させていくとともに、国土から生み出される生態系サービスを持続可能なかたちで利用していくことが必要である。</u>・・・</p> <p>○環境保全上の観点からの国土利用メカニズムの構築</p> <p>・・・例えば、集約型都市構造の考え方のように、<u>都市の既存ストックを最大限活用した都市機能の集約化を進めるとともに、自動車利用から公共交通利用などへの転換を図ることにより、都市における社会経済活動によって生じる</u></p>

記載部分		記載内容
		<p>環境負荷を一層小さくすることが重要である。その際、<u>都市と相互補完的な関係にある都市周辺の農山漁村も含めた広域的な土地利用のあり方</u>についても検討していく必要がある。・・・</p> <p>○良好な環境の保全に向けた取組</p> <p><u>ストックとしての国土の価値を高めるためには、良好な環境を保全していくことが重要である。放射性物質、有害化学物質、不法投棄された廃棄物等による環境汚染から人の健康や生活、生態系を守ることの重要性が認識されている現在、・・・</u></p>
第2部 今後の環境政策の具体的な展開	第1章 重点分野ごとの環境政策の展開 第1節 経済・社会のグリーン化とグリーン・イノベーションの推進 第1項 経済・社会のグリーン化	<p>3. 施策の基本的方向</p> <p>(1) 基本的な考え方</p> <p>[需要側の行動を促す施策の方向性]</p> <p>①商品・サービスに係る環境に関する情報の共有、コミュニケーションの促進環境ラベリング、環境報告書などが、情報の受け手にとってさらに役立つよう、ステークホルダーとの双方向のコミュニケーションを重視しながら取組を進める。また、環境負荷の大きさに関する情報などフローに関する情報に加え、<u>環境の質に関するストックについての情報</u>も組み込んでいく。</p> <p>[供給側の行動を促す施策の展開]</p> <p>①事業者の環境マネジメントの促進及び取組状況についての情報開示</p> <p>A. 事業者の環境に取り組む能力の向上</p> <p>e. 現在各企業において独自に進められている環境会計手法の調査研究を行い、環境会計に関するガイドラインを持続可能な社会の形成に有効なものとして発展させる。その際、環境パフォーマンス評価での検討を反映させるとともに、<u>ストックの環境面からの評価指標を組み込む手法の検討</u>を進める。</p> <p>(3) 重点的取組事項</p> <p>②持続可能な地域づくりのための地域資源の活用と地域間の交流等の促進</p> <p>A. 地域資源の保全・活用と地域間の交流等の促進</p> <p>・・・都市基盤や交通ネットワーク、住宅を含む社会資本のストックについては、長期にわたって活用できるよう、<u>高い環境性能等を備えた良質なストックの形成及び適切な維持・更新を推進</u>する。・・・</p>

出典：「第四次環境基本計画」（環境省）より作成

1. 総合的環境指標について

指標タイプ	説明
事象面で分けた分野	
i) 各重点分野における個別指標群	事象面で分けた各重点分野に掲げた個別指標を全体として用いた指標群。 詳細な情報を基にした個別施策の点検への活用に資する。
ii) 各重点分野を代表的に表す指標の組み合わせによる指標群	事象面で分けた各重点分野に掲げた個別指標を全体として用いた指標群の中から、各分野を代表的に表す指標を選び、組み合わせた指標群。 各分野の状況に対する理解の容易さを重視し、各分野の簡潔な状況把握に資する。
iii) 環境の各分野を横断的に捉えた指標群	環境の各分野だけでなく社会経済との関係も含めた分野横断的な事象を測るための指標群。 環境問題の幅広い視点からの理解に資する。
iv) 環境と社会経済の関係を端的に表す指標	計画全体としての傾向把握について、メッセージ性の強さを重視した指標。 計画全体の進捗状況についての容易な把握に資する。



2

出典：「第四次環境基本計画」（環境省）の参考資料「総合的環境指標」

図-1 第四次環境基本計画における総合的環境指標①

1. 総合的環境指標について

iii) 環境の各分野を横断的に捉えた指標群

指標	説明
a) 環境負荷と経済成長の分離度に係る指標	環境効率性(※1)、資源生産性(※2)
b) 環境と経済との統合的向上に係る指標	環境分野の市場規模、環境ビジネスの乗況、グリーン購入実施率、環境報告書を作成・公表している企業の割合
c) 持続可能な資源利用に係る指標	再生可能資源投入割合
d) 環境技術や環境情報の整備状況に係る指標	環境分野の特許登録件数(※3)、環境情報に関する国民の満足度
e) 日本と世界の環境面での相互依存性に係る指標	消費ベース(フットプリント)の指標(※4) 資源の自給率(食料、木材、エネルギー)
f) 日本の環境面での国際貢献度に係る指標	○国：環境分野に関するODA拠出額 ○都市：国際に関連した環境活動を行っている自治体数 ○企業：— ○NGO/NPO：—
g) 持続可能な社会を支える自然資本に係る指標	森林面積・森林蓄積量(※2)、藻場・干潟面積(※2)
h) 持続可能な社会を支える人工資本に係る指標	○生活基盤：都市域における水と緑の面的な確保状況を示す指標(※2) ○環境負荷の少ない人工資本：再生可能エネルギーの導入量(※5)
i) 持続可能な社会を支える社会関係資本に係る指標	○主体の方： 【国民】体験型の環境教育・環境学習に参加した国民の割合 【地方公共団体】持続可能な地域づくりに向けた考え方や進め方に関する計画や方針が策定されている地方公共団体の割合 【事業者】ISO14001、エコアクション21等の登録事業数 ○主体間の連携： 計画の実施に際して地域の多様な主体が対話型で参画できている地方公共団体の割合、+ESDプロジェクトの登録数

※1 詳細については次頁「iv) 環境と社会経済の関係を端的に表す指標」を参照

※2 今後、グリーンイノベーションに関するデータを整備予定。

※3 データの把握が可能な項目についてのみ対象とする。

※4 「事象面で分けた重点分野における個別指標群」でも用いられている指標

※5 消費ベースの指標例：エコロジカル・フットプリント、資源生産性(消費ベース)

7

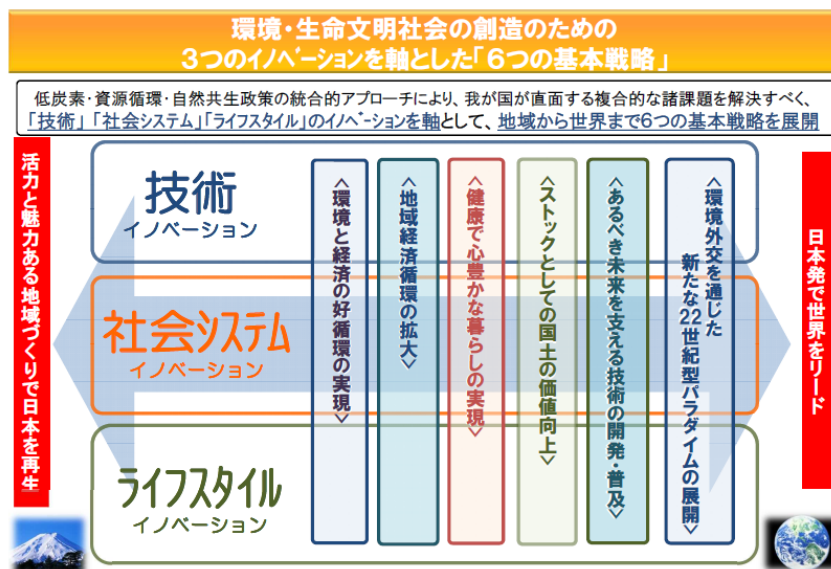
出典：「第四次環境基本計画」（環境省）の参考資料「総合的環境指標」

図-2 第四次環境基本計画における総合的環境指標②

(1)-3 低炭素・資源循環・自然共生政策の統合的アプローチによる社会の構築 -環境・生命文明社会の創造-（意見具申）（中央環境審議会、平成26年7月）

- 環境・経済・社会の複合的な諸課題を解決し、環境基本計画の基本的考え方である「環境・経済・社会の統合的向上」を更に進め、ビジョンである「将来に亘って続いていく真に持続可能な循環共生型社会」（環境・生命文明社会）の実現を図るための6つの基本戦略の一つ

として、「ストックとしての国土価値の向上」が挙げられている。



出典：「低炭素・資源循環・自然共生政策の統合的アプローチによる社会の構築
～環境・生命文明社会の創造～（意見具申）」（中央環境審議会、平成26年7月）

図-3 環境・生命文明社会の創造のための3つのイノベーションを軸とした「6つの基本戦略」

(1)-4 日本の社会資本（内閣府）

- 日本の社会資本は、社会資本の老朽化の進行や今後の更新等に要する費用の増大の懸念を踏まえ、限られた財源のもとで、今後も適切な社会資本サービスを提供しつづけていくために、社会資本のストックを正しく把握し、長期間適切に管理していく戦略を描くための基礎的な資料として社会資本のストックの推計を行っているもの。

図 3-3 17部門のストックピラミッド

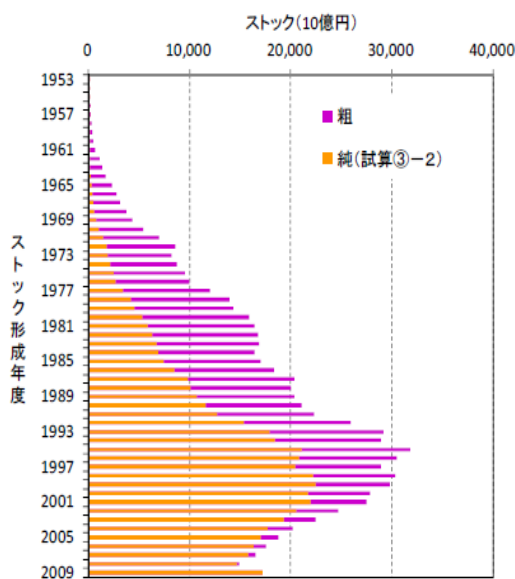
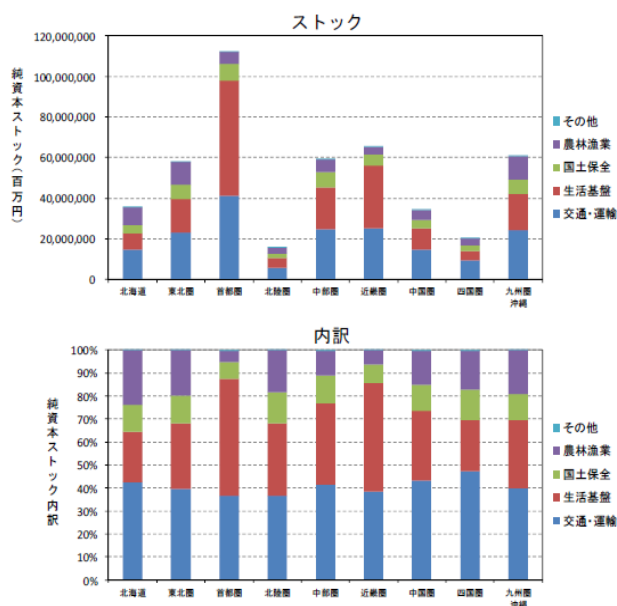


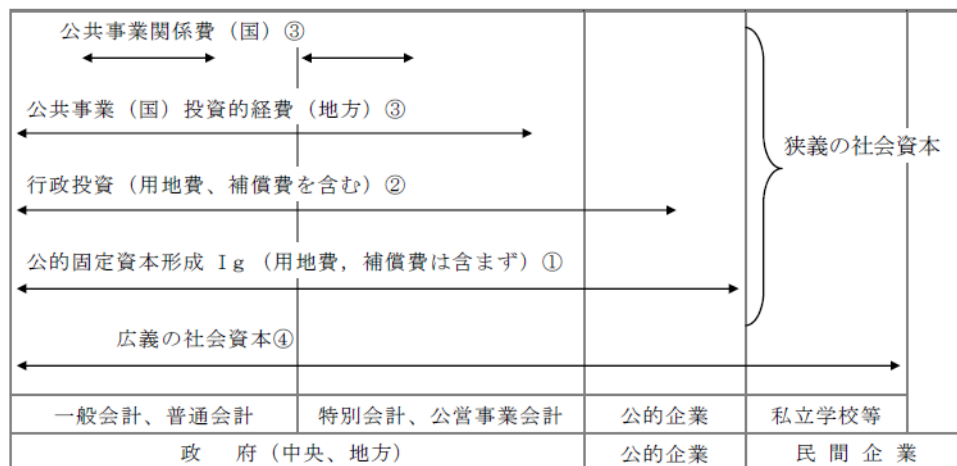
図 3-8 地域区分②での事業区別ストック（2009年度）



出典：「日本の社会資本 2012」（内閣府、平成 24 年 11 月）

図-4 ストックの推計結果

また、本資料では社会資本の範囲を「事業主体が公的な機関であるか否かを判断基準とした考え方」と「資本の機能面に着目した考え方（政府資本以外に民間資本も含む）」に分けて整理を行っている。



（注）この表は、社会資本形成に関連する諸概念の概要を把握するために作成したもので、細部については必ずしも正確ではない。

出典：「日本の社会資本 2012」（内閣府、平成 24 年 11 月）

図-5 フローからみた社会資本の範囲

(1)-5 ストック型社会論（次世代システム研究会）

- 次世代システム研究会が提唱する「ストック型社会」とは、以下のとおり。
- ・ 「ストック型社会」とは、先ず①社会資本・個人資産を長寿命型にし、モノとしての資産の世代間蓄積を図る社会です。その結果、国や地方自治体の財政や国民の生涯収支に「ゆとり」が生まれ豊かな社会になります。さらに②後世代の生涯資源消費量が小さくなり、国・地域における資源的自立も可能になります。③これによって持続的な社会繁栄と地球環境保全を両立できる社会になります。【次世代システム研究会の web サイトより抜粋】

(1)-6 平成 25 年度環境経済勘定セントラルフレームワークに関する検討作業報告書（内閣府）

- 平成 25 年度環境経済勘定セントラルフレームワークに関する検討作業報告書は、環境経済勘定セントラルフレームワークの勘定体系の検討及び作成するために必要な我が国データの検討を行ったもの。
- 環境経済勘定セントラルフレームワークは、国連統計委員会（UNSC）が 2012 年に開催した第 43 回会議において、同委員会により条件付きながら国際基準として採択された。これは

環境経済勘定にとって初めての国際統計基準であり、また、経済と環境の相互作用を理解し、環境資産ストックの蓄積及び変化を説明するための多目的な概念的枠組み。

表 2.3-2 物的供給・使用表の基本様式

	産業	家計	蓄積	海外	環境	合計
供給表						
自然投入					環境からのフロー	自然投入の総供給量
生産物	産出			輸入		生産物の総供給量
残留物	産業により発生した残留物	最終家計消費により発生した残留物	生産資産の廃棄・解体による残留物			残留物の総供給量
使用表						
自然投入	天然資源の採取					天然資源の総使用量
生産物	中間消費	家計最終消費	総資本形成	輸出		生産物の総使用量
残留物	廃棄物、その他の残留物の収集・処理		管理型埋立地での廃棄物の蓄積		環境に直接的な残留物フロー	残留物の総使用量

注：濃灰色のセルは、定義により空値である。空欄のセルは関連フローを包含していることがある。これらのフローについては、第3章において詳細に説明する。

表 2.3-3 資産勘定の基本様式

環境資産の期首ストック
ストックの増加
ストックの成長
新ストックの発見
再査定による上方調整
分類の変更
ストックの増加合計
ストックの減少
採取
ストックの通常の散失
災害などによる壊滅的損失
再評価による下方調整
分類の変更
ストックの減少合計
ストックの再評価*
環境資産の期末ストック

* 貨幣的資産勘定についてのみ該当する。

出典：「平成 25 年度環境経済勘定セントラルフレームワークに関する検討作業報告書」

(内閣府、平成 26 年 9 月)

図-6 環境経済勘定の基本様式

(1)-7 物質ストックの事例整理と区分のまとめ

以上の事例調査の結果より、表-3 にそのまとめを記載した。

表-3 事例調査によるストックの区分整理（まとめ）

	目的・狙い	対象	方向性	備考
①循環基本計画 (環境省)	豊かさを生み出す有用な ストックが多く蓄積され た「ストック型社会」	物質ストック	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 価値の高い正のストックは増加 ✓ 潜在的な廃棄物となり得る価値の低いス トックは抑制・適正処理 	使用価値の有無と資源価値の有無でス トックを分類
②環境基本計画 (環境省)	持続可能な社会の基盤と なる国土・自然の維持・ 形成	国土 ※「環境の質」 の視点もある	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 国土のストックとしての価値を増大(吸収 源や生態系サービス等)→自然資本 ✓ 環境負荷が小さいストックの増加(質を 高め、適切に維持管理・更新)→人工資 本 ✓ 良好な環境の保全(健康と環境を守る支 店) 	
③低炭素・資源循 環・自然共生政 策の統合的アプ ローチによる社 会の構築(中央 環境審議会)	ストックとしての国土の 価値の向上	国土	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 気候変動の緩和・適応に対応した空間施 策 ✓ 循環共生型の地域づくりと自然との共生 を軸とした国土の多様性の維持 ✓ 環境インフラを活用した社会インフラの 再構築 	
④日本の社会資本 (内閣府)	限られた財源のもとでの 適切な社会資本サービスの 提供	社会資本	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 需要創出効果:雇用の誘発、消費拡大 ✓ 整備効果:生産性向上、生活の質の向上 	社会資本の整備水準を把握するとともに、 将来に向けた社会資本政策を検討するた めの基礎的な資料
⑤ストック型社会 論(次世代シス テム研究会)	ストック型社会への転換 が、生活の豊かさ、経済 の安定、資源的自立、地 球環境保全に繋がる	? (主に住 宅?)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 長寿命型社会資本の世代間蓄積(ゆとり の蓄積) ✓ 資源自立圏形成と次世代の資源的(国 家)安全保障 ✓ 持続可能な人間社会と地球環境 	現在のフロー型(短寿命型)の社会構造 からストック型(長寿命型)の社会構造 へ移行
⑥平成25年度環境 経済勘定セント ラルフレーム ワークに関する 検討作業報告書 (内閣府)	— (環境資産ストックの蓄 積及び変化を説明するた めの多目的な概念的枠組 み)	環境資産スト ック(土地、自然 資源)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 環境と経済を統合し、「持続可能な開 発」を実現する見地から、環境と経済の 相互関係を把握可能な統計体系の確立 	環境経済勘定セントラルフレームワーク は、国連統計委員会(UNSC)が2012年 に開催した第43回会議において、同委員 会により条件付きながら国際基準として 採択。
⑦物質ストック勘 定体系の構築と その適用による 廃棄物・資源管 理研究(橋本征 二他)	物質フローの勘定体系と 整合した物質ストックの 勘定体系の考察(物質ス トックの種類について包 括的に検討)	物質ストック	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 物質ストックの種類:在庫、備蓄、使用 中の最終製品、冬眠中の使用済み製品な どの製品、管理された埋立地の廃棄物、 散逸した物質 	フローとストックを統合した物質管理の ための指標の開発や物質ストックの定量 化手法の開発や体系化、物質ストック勘 定の適用を検討。
⑧Economy-wide material flow accounts and derived indicators a methodological guide (European Commision)	国全体のマテリアルフ ロー会計と指標に関する ガイドライン(マテリア ルフロー会計におけるス トックに位置づけを整 理)	物質ストック	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 物質ストックの定量化の考え方が記載 	

以上より、図-7 に示すように、「ストック」という言葉が対象とする範囲は多様であり、人工資本だけでなく自然資本や社会関係資本等まで含めた幅広い概念となっている。また、ストックの対象範囲によってストックが生み出す価値も多様である。本研究では、このうち構造物や製品等の「人工資本」を対象として検討を行うが、製品中に含まれる有害物質も対象とする。

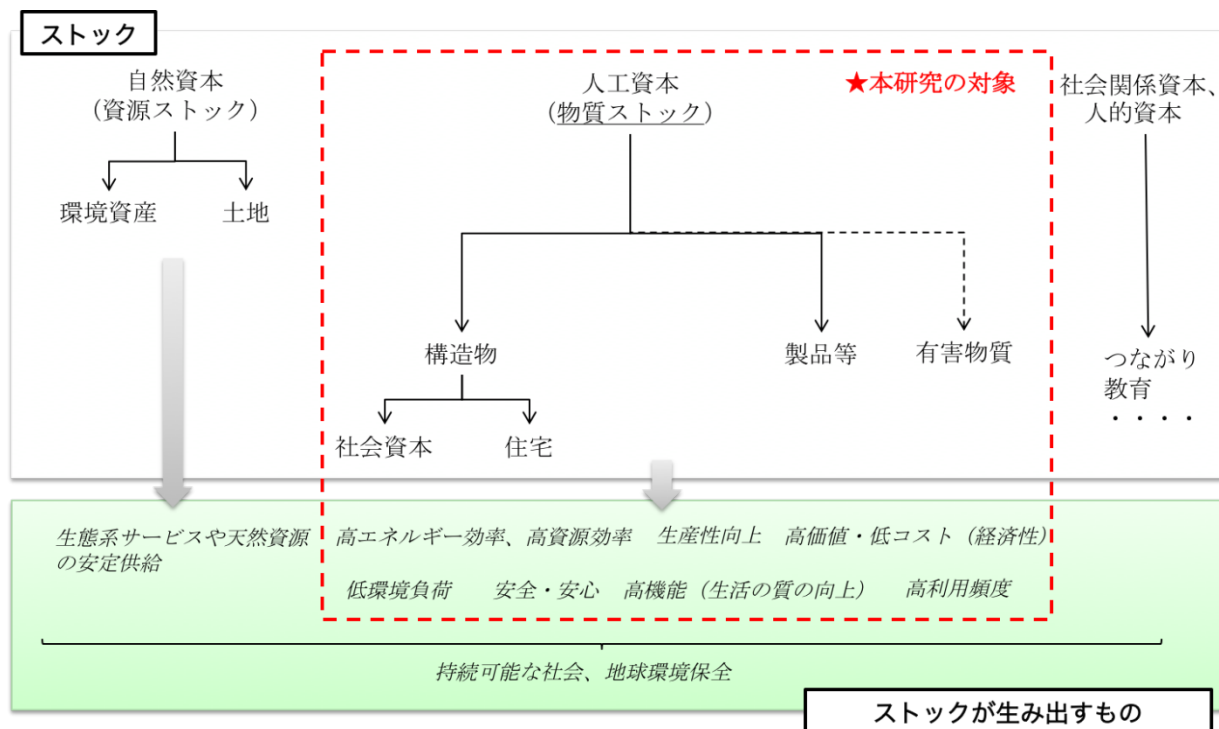


図-7 ストックの区分整理

(1)-8 物質ストックの評価軸および事例の整理

次に、これまでに区分の整理を行った「物質ストック」に着目したストックの評価軸と事例の整理について紹介する。なお、ストックの区分は研究対象とするストックや研究の目的に応じて異なると考えられる。表-4 に使用価値と資源化価値に応じた物質ストックの事例整理を示す。表-4 では、価値の種類に応じて豊かさを生み出す物質ストックと適切に管理する必要がある物質ストックを整理した。

ただし、表に示した事例はある対象物を各評価軸で見た場合のものであり、実際には複数の評価軸で見る必要がある。例えば、中山間地にある利用頻度の低い道路を考えた場合に、生産性や利用頻度で見ると低い評価となるが、ライフライン（機能）の視点で見た場合には高い評価になる可能性がある。

また、図-8 より図-10 までに、整理を行った有用な物質ストックの判断基準の整理結果を示す。

表-4 物質ストックの評価軸および事例

ストックの評価軸		豊かさを生み出す 物質ストックの事例	適切に管理する必要がある 物質ストックの事例
使用価値	エネルギー効率	・クリーンエネルギー自動車	・高燃費自動車
		・高気密・高断熱住宅	
		・高効率発電所	
	資源効率	・希少金属の回収が容易な使用済み 小型家電（都市鉱山）	・
	環境負荷	・	・フロン類
	生産性	・投資効率の高い社会インフラ	・未利用・低利用道路
	価値・コスト	・住宅（低コスト）	・空き家（住宅）
	機能	・ライフライン	・
	利用頻度	・高利用頻度な建築物	・未利用・低利用道路（インフラ）
	安全・安心	・	・最終処分場
資源化価値		・廃小型家電（希少金属回収可能）	・アスベスト、PCB 含有製品

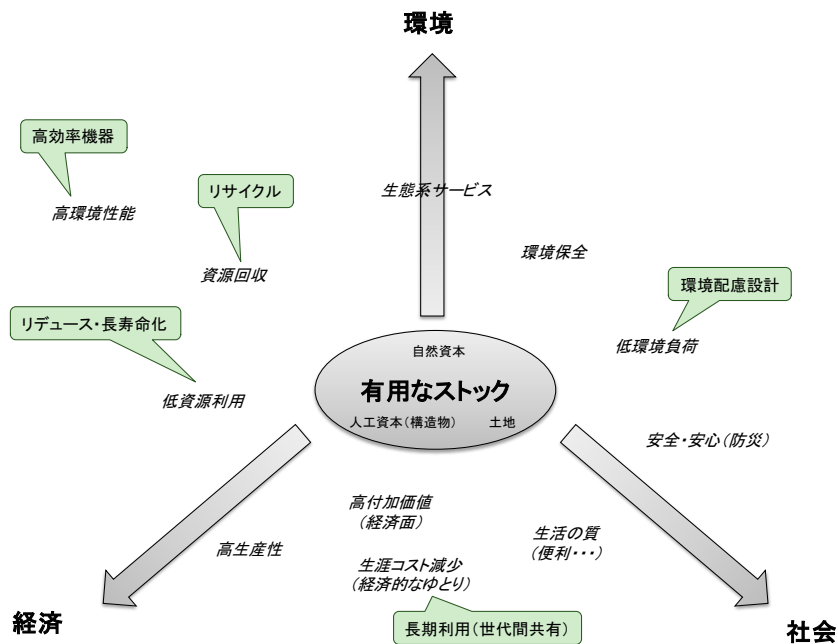


図-8 有用な物質ストックの判断基準

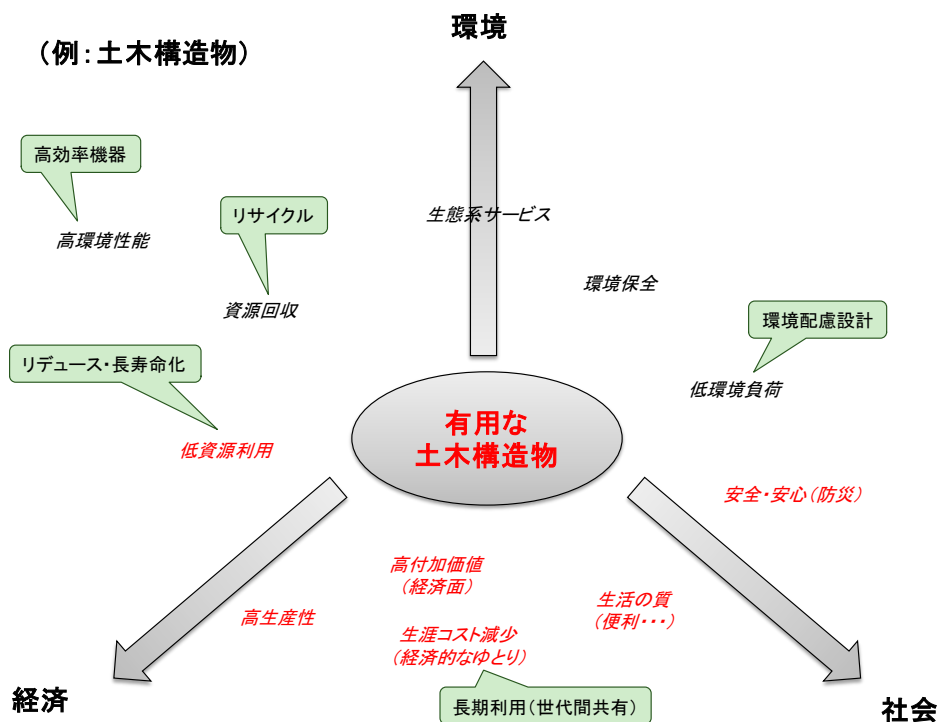


図-9 有用な物質ストックの判断基準 (例:土木構造物)

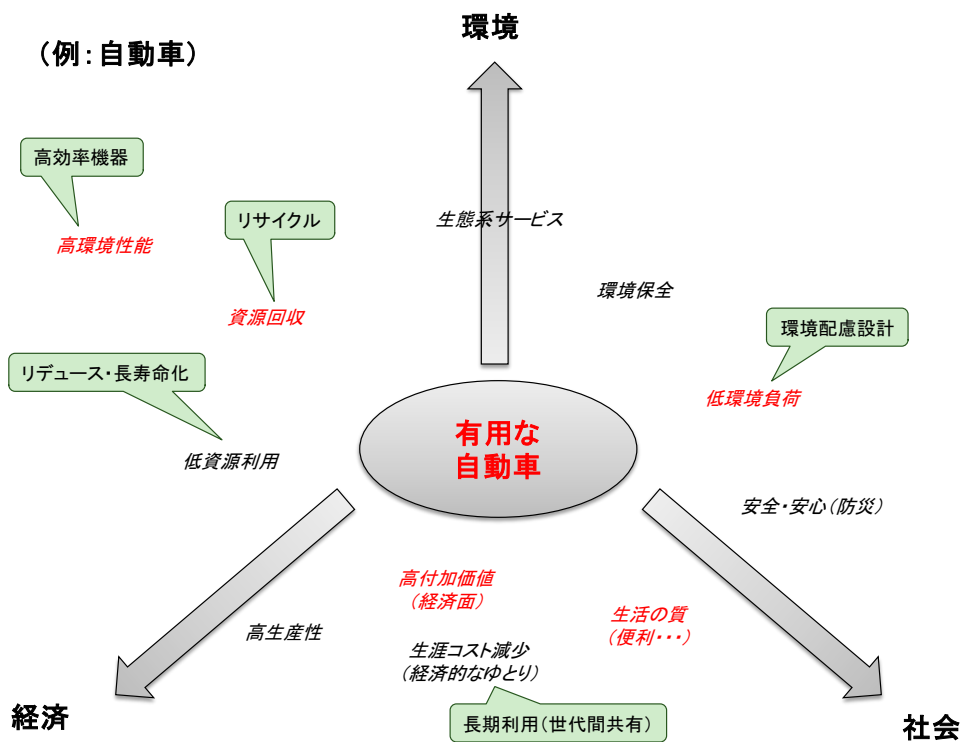
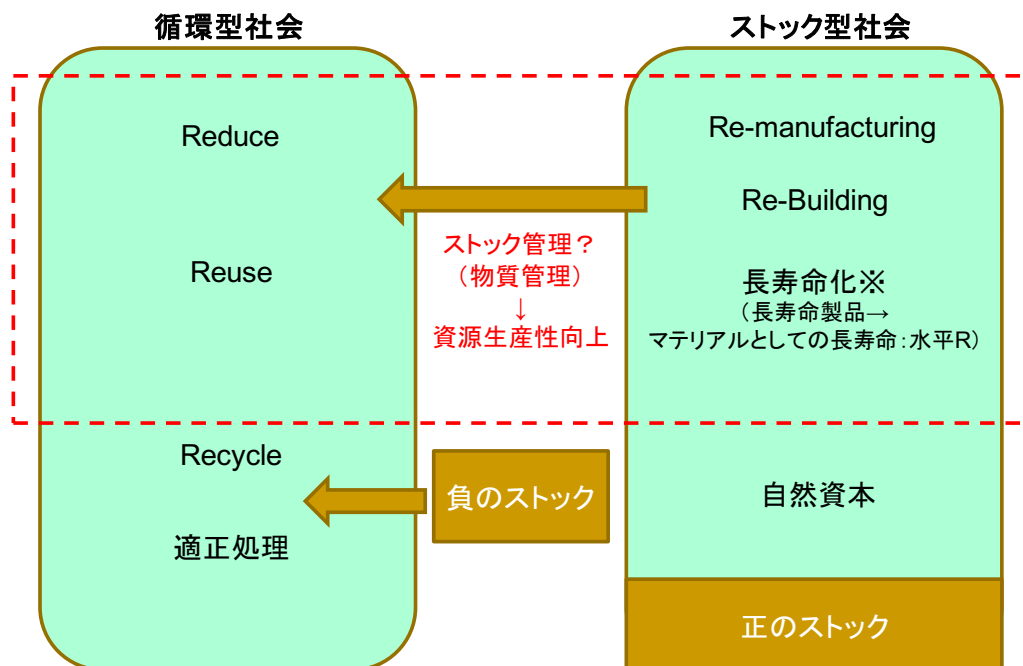


図-10 有用な物質ストックの判断基準 (例:自動車)

(参考) 循環型社会とストック型社会の対策の関係性



※長寿命製品だとフローとしての資源生産性は下がるが、マテリアルとしての長寿命であれば資源生産性は上がる。

図-11 循環型社会とストック型社会の対策の関係性

（２）物質ストックの環境・経済面での定量評価

(2)-1 物質ストックの定量化

物質ストックの定量評価を行うには、基盤となるデータベース整備が必要である。上述のように区分整理した人工資本（物質ストック）を対象に、Top-down と Bottom-up にてデータベース整備を行う。Top-down アプローチでは、環境省による日本の物質フローの算定と同様の手法を用いた。貿易統計を主に、各種統計を基に、生産及び廃棄に係る投入量及び排出量を推計し、素材種ごとに集計を行った。物質フローより、投入量と排出量の差を取ることで社会への蓄積純増を算出し、ストックに関わる排出量よりストックからの廃棄量を推計した。図-12に推計のフレームワークを示す。

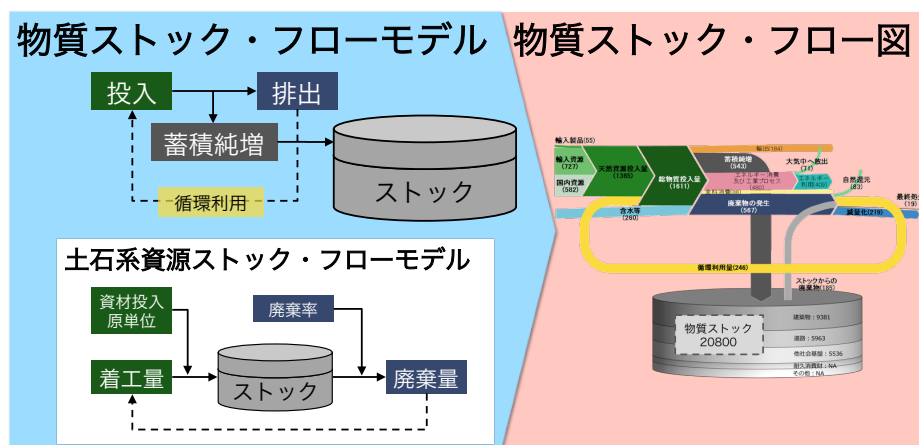


図-12 推計フレームワーク

対象を日本全国とし、物質フローを推計した。物質フローは入口側と出口側があり、入口側の項目を衣類や家具や電気製品などの輸入製品、化石燃料や食料資源などの輸入資源、化石燃料や金属・非金属鉱物、食糧資源、その他資源、農業残さなどの国内資源、天然資源投入量、総物質投入量、廃棄物等の含水がほとんどを占める含水等とし、出口側を鉄鋼や機械類や食料品などの輸出、蓄積純増、エネルギー及び工業プロセス排出、食料消費、廃棄物等の発生、自然還元、循環利用、減量化、最終処分とした。輸入製品、輸入資源、国内資源、輸出、エネルギー消費及び工業プロセス排出は表-5の統計から推計した。天然資源投入量は輸入製品、輸入資源、国内資源の合計値であり、総物質投入量は天然資源投入量と循環利用量の合計値である。エネルギー消費及び工業プロセスは二酸化炭素や酸素など分離して大気中へ放出されるものと化石燃料などエネルギー利用されるもので分かれる。廃棄物の発生は自然還元、循環利用、最終処分、減量化に分かれる。食糧消費は、食糧・飼料の国内供給量から家畜の排せつ量、下水汚泥量・し尿量、食品廃棄物の減量化量及び最終処分量、食品廃棄物の飼料以外の用途での循環利用量を差し引いて算出した。蓄積純増は、入口側の合計から輸出、エネルギー消費及び工業プロセス、食糧消費、廃棄物等の発生の項目を引いて算出した。また廃棄物の発生のうち、金属くず、ガラスくず及び陶磁器くず、廃プラスチック類、木くず、繊維くず、ゴムくず、がれき類、鉄スクラップ、廃自動車などストックに関連するものを算出し、一旦社会に蓄積されたのちに廃棄されるストックからの廃棄物とした。

表-5 物質フローモデル作成資料一覧

項目	統計資料(1990-2012)
輸入製品	総合エネルギー統計, 貿易統計
輸入資源	貿易統計
国内資源	総合エネルギー統計, 資源・エネルギー統計年報, 資源統計年報, 鉱業便覧, 砕石動態統計調査, 作物統計, 野菜生産出荷統計, 果樹生産出荷統計, 漁業・養殖業生産統計, 花き生産出荷統計, 木材受給報告書
輸出	総合エネルギー統計, 貿易統計
エネルギー消費・工業プロセス排出	総合エネ統計より推計

物質ストック量の推計結果は表-6 となった。物質ストック量は年々増加しており、2012 年の日本の物質ストックは 20880Mt となったが増加率を見ると減少傾向にあるため、将来的にストックは減少していくと考えられる。またストックからの廃棄量は 1990 年から 1998 年は減少傾向にあるがそれ以降は増加傾向にある。以上のことから、より長期間使用することが可能であり、様々な機能を持つような良質な建設を行い、効率の良いストックを形成することが大切である。

表-6 物質ストック量の推移

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
物質ストック(Mt)	16453	16810	17154	17439	17770	18073	18360	18624	18823	19019	19231	19468	19690	19909	20169	20413	20568	20646	20706	20850	20880
物質ストック増加率		2.12%	2.01%	1.63%	1.86%	1.68%	1.57%	1.41%	1.06%	1.03%	1.10%	1.21%	1.13%	1.10%	1.29%	1.20%	0.75%	0.38%	0.29%	0.69%	0.14%
ストックからの廃棄物	174.5	181.2	176.2	168.6	172.9	170.3	175.7	174.4	162.7	164.6	170.8	166.2	167.3	169.1	171.8	168.6	169.5	178.2	180.2	170.1	185.3

本研究では、都道府県別に建築部門と道路部門を対象としたストック・フローモデルを作成した。土石系資源の対象を建築部門では砕石、砂利、セメントとし、道路部門では天然資源と再生骨材の 2 種類の砕石と砂利とし、土石系資源の投入・廃棄量を 2010 年から 2050 年まで推計した。以下にモデルの構築に使用した土石系資源のデータに関する記述を行う。セメントは一般社団法人セメント協会の需要部門別販売高の建築(官公需)と建築(民需)の合計値を使用した。砕石は経済産業省製造産業局住宅窯業建材課の砕石等統計年報を使用し、コンクリート用部門をセメントの出荷量と同割合で配分されると仮定して按分した値を建築物の出荷量とし、道路用部門の値をそのまま道路の出荷量とした。砂利は経済産業省製造産業局住宅窯業建材課の砂利採取業務状況報告書の統計のうち玉石、海、他の部門に該当する量は建築や道路に用いられないため除外した。土石系資源のデータのうち砂利のみ単位が体積なため、一般社団法人日本砂利協会へのヒアリングより得られた 1 立法メートルあたり 1.6t という値を用いて重量への変換を行った。需用量には参考資料の値をもとに、コンクリート用：道路・道床用=7：3 と設定したのち砕石と同様にコンクリート用をセメントの出荷量で按分し、コンクリート用を建築部門の投入量、道路・道床用を道路部門の投入量とした。

建築部門では、土石系資源の出荷量を建設着工面積で除することで資材投入原単位を算出し、原単位に将来床面積を乗じることで将来の土石系資源の投入・廃棄量を推計した。着工面積は建築着工統計の時系列データを使用し、将来床面積は人口問題研究所のパラメータからコーホートモデルを組んで推計し、人口の将来推計値に世帯当たりの人口、世帯当たりの床面積のデータを用いることで推計した。

道路部門では、土石系資源の出荷量を道路面積で除することで資材投入原単位を算出し、原単位に将来道路面積を乗じることで投入・廃棄量を推計した。道路面積は道路統計年報の新規道路改良延長の時系列データを使用し、将来改良延長は将来人口より推計した。

本研究では1989年から2012年までのセメント、高炉セメント、FAセメントの生産量と消費量の比較及び整合性の確認を都道府県ごとに行った。全国のセメント生産量と消費量の推移を図-13、全国の高炉セメント生産量と消費量の推移を図-14、全国のFAセメント生産量と消費量の推移を図-15に示した。全国的に生産量と消費量がほぼ同量であり、整合性が確認された。セメントと高炉セメントの時系列変化は全都道府県減少傾向にあり、整合性が確認されない場所でも同様であった。

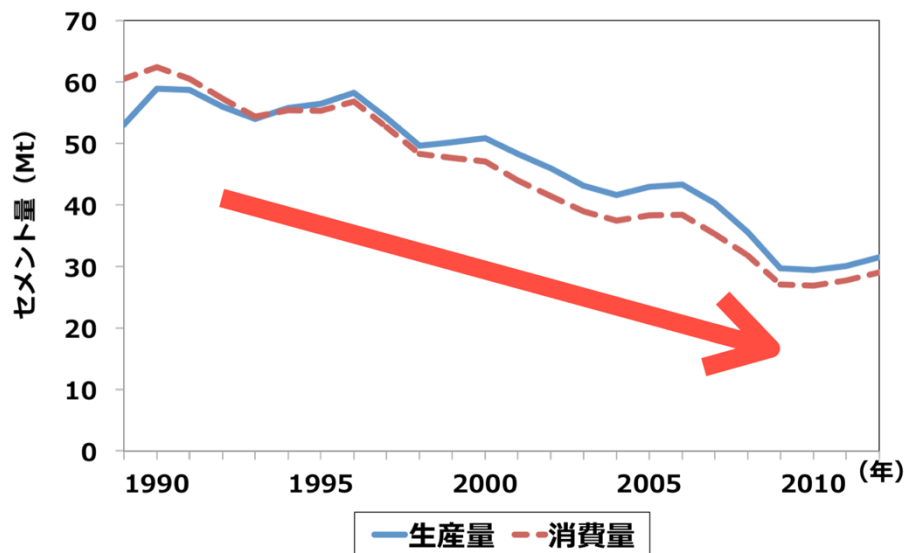


図-13 セメント生産量と消費量の推移

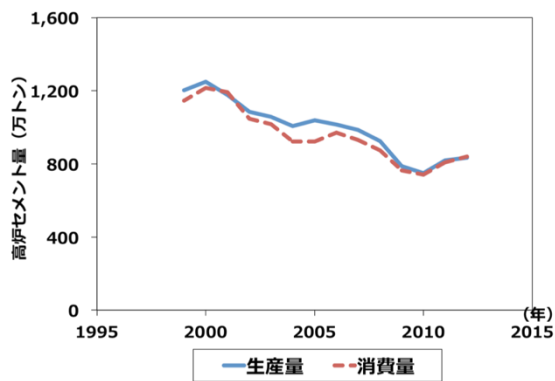


図-14 高炉セメント生産量と消費量の推移

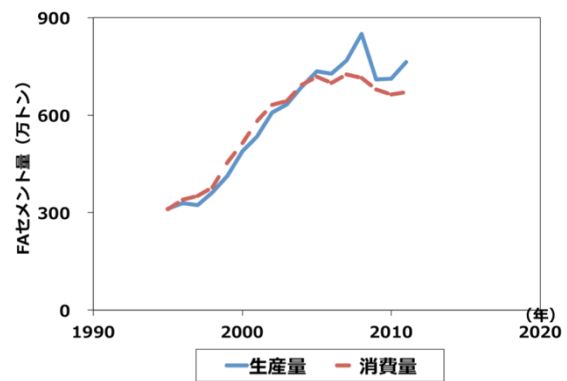


図-15 FAセメント生産量と消費量の推移

Bottom-upアプローチでは、地理情報システム(GIS)を用いて、物質ストックのうち重量的に多くを占める建築物や社会基盤施設の空間情報を整備し、各種構造物に単位あたりの建設資材投入原単位を乗じることで物質ストックを推計した（図-16、図-17）。図-16は構造物種別の日本全国の物質ストックの推計結果を時系列に整理したものである。1965年の41億トンと比較すると2010年では208億トンと5.1倍ほど増加しており、日本の発展を支えてきた人工資本（物質ストック）の蓄積の状況が示された。また、図-17は建築物の2009年における物質ストックを500mメッシュで集計した結果である。建築物は人口分布と大きく関係しており、関連する物質ストックも都市部に大

大きく集積している。このように、物質ストックを地理的に可視化し、時空間における蓄積の動態を明らかにすることで、使用価値と資源化価値の評価に必要なデータベースを構築している。

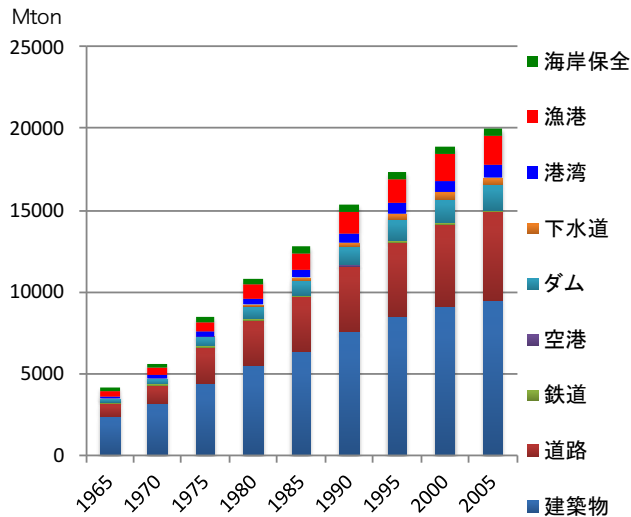


図-16 日本全国における物質ストック量

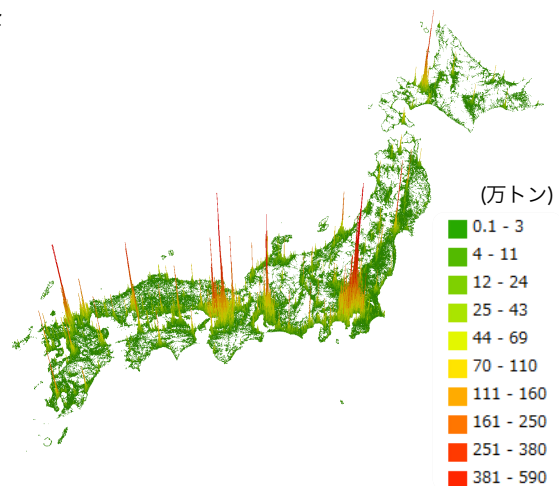


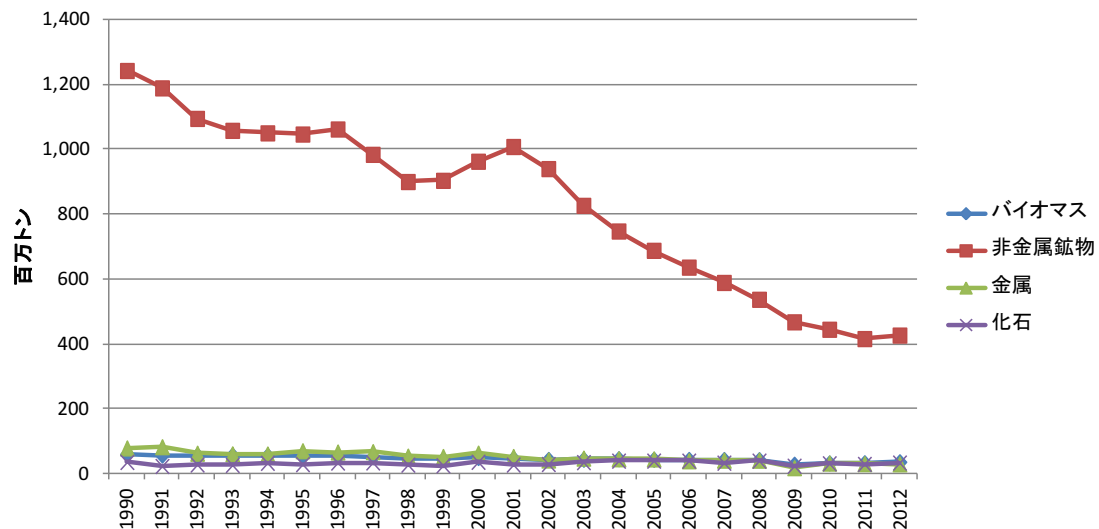
図-17 日本の建築物ストック量分布

また、ストック型社会形成に資する豊かさを生み出す物質ストックを定量的・経年的に推計・評価を行う準備として、表-7 に記載した項目についてデータの収集・整理を行った。

表-7 データの収集・整理項目の一覧

	データ項目	出典等
1	4資源別の蓄積純増量	「我が国の物質フロー図」(環境省)より推計
2	4資源別の蓄積量	1より推計(単純積み上げ・廃棄の想定なし)
3	建築物ストック (住宅延べ床面積(竣工年代・構造・用途別))	「建築物ストック統計」(国土交通省)
4	家電の保有台数	「家電産業ハンドブック」(家電製品協会)より推計
5	自動車の保有台数	「エネルギー・経済統計要覧」(省エネルギーセンター)
6	家電の平均使用年数	「消費動向調査」(内閣府)
7	家電の平均排出年数	「平成26年度使用済家電4品目の経過年数等調査(概要版)」 (家電製品協会)
8	自動車の平均使用年数	「四駆車 保有・普及率 車種別平均使用年数推移(各年3月末)」 (日本自動車工業会)
9	ごみ焼却施設における発電・熱利用の状況	「日本の廃棄物処理」(環境省)
10	長期優良住宅建築等計画の認定実績	「長期優良住宅の普及の促進に関する法律に基づく長期優良住宅 建築等計画の認定状況について」(国土交通省)
11	道路毎の交通量	「道路毎の交通量」(NEXCO東日本コーポレートサイト)
12	空き家率	「住宅・土地統計調査」(総務省)
13	最終処分場の残余年数及び残余容量	「日本の廃棄物処理」(環境省)

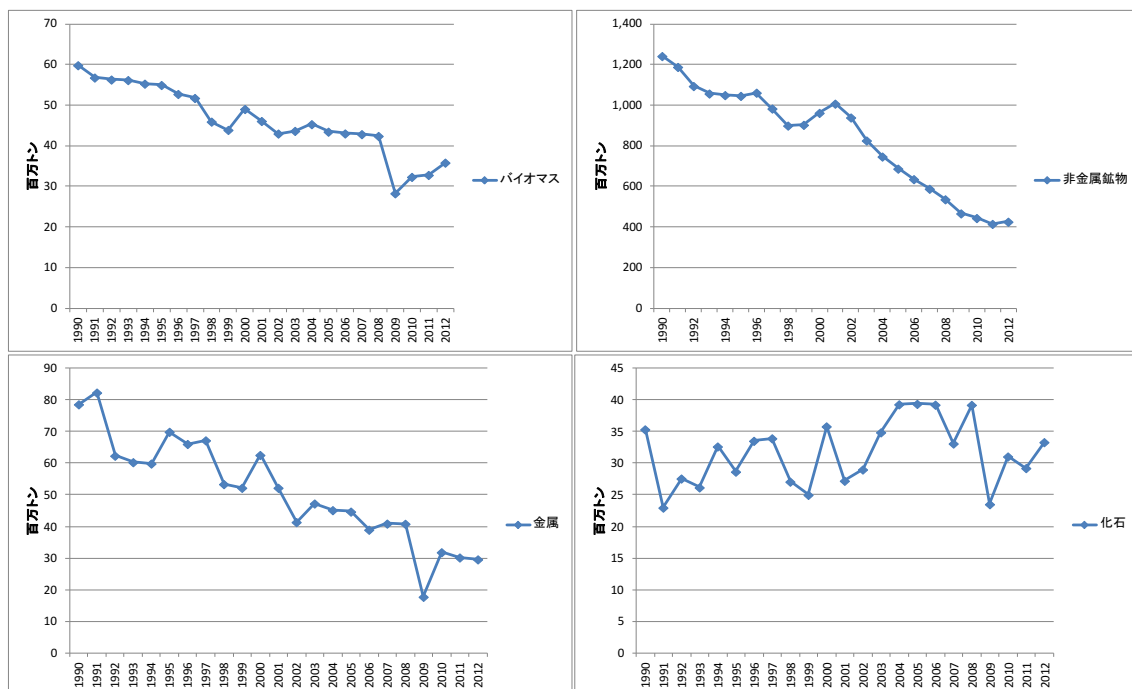
収集したデータベースは、主として物質ストック・フロー推計結果と統合して、図-18 から図-31 に 4 資源別の物質ストック・フローデータベースとして整理した。また、図-32 より図-47 までに示した各構造物及び耐久消費財別のデータベースは、次節以降および次年度以降の分析に用いる。



※蓄積純増量＝（天然資源等投入量＋循環利用量＋含水等）－（輸出量＋エネルギー消費及び工業プロセス排出量＋食料消費量＋施肥量＋循環利用量＋自然還元量＋減量化量＋最終処分量）

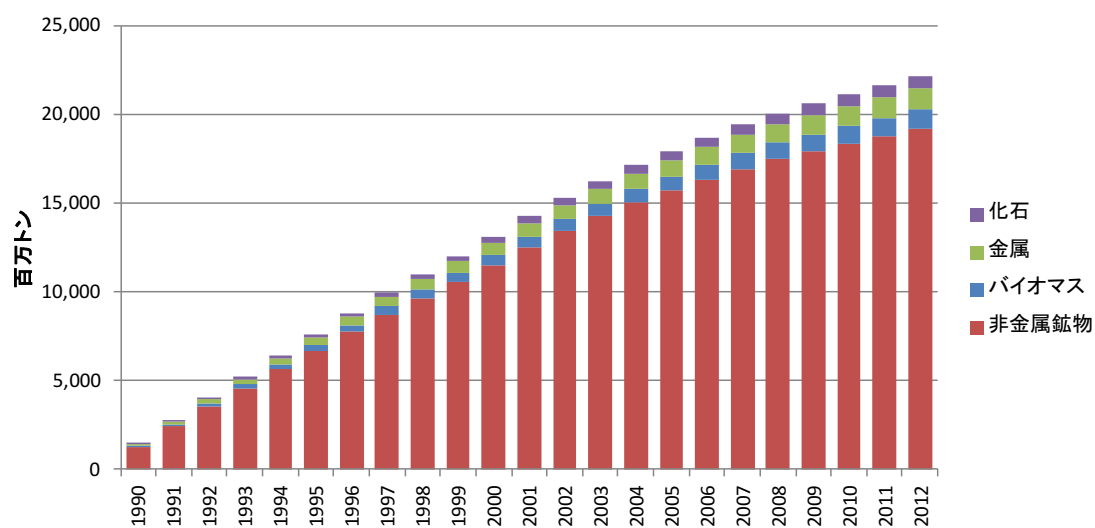
出典：「我が国の物質フロー図」（環境省）より推計

図 -18 4 資源別の蓄積純増量の推移



出典：「我が国の物質フロー図」（環境省）より推計

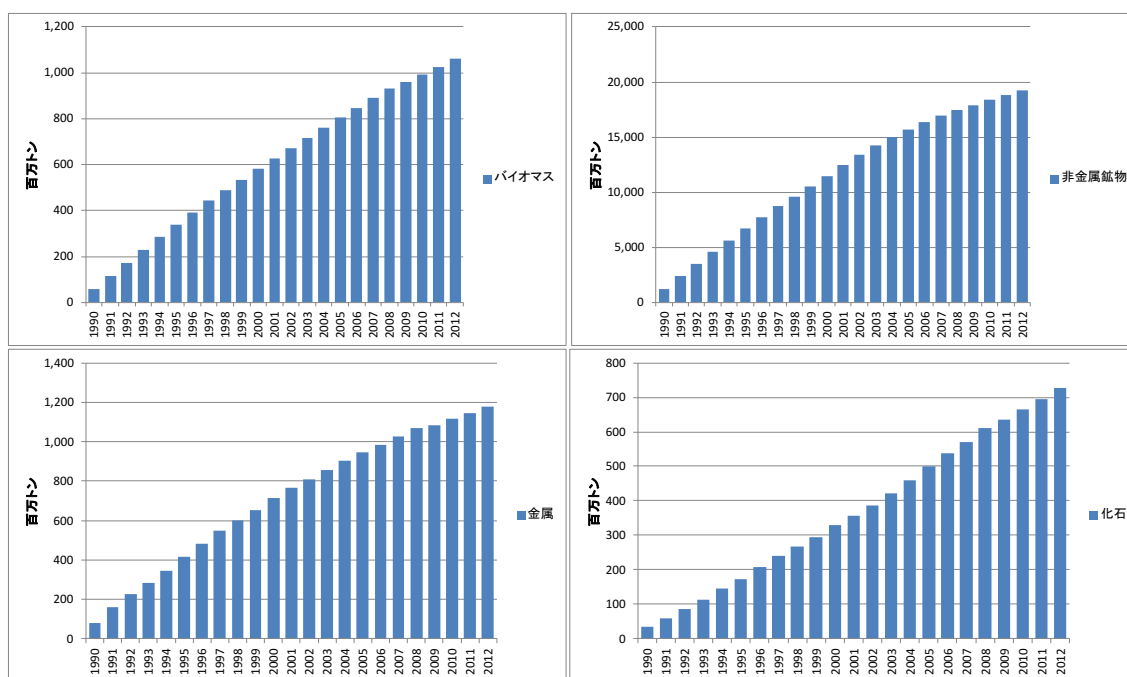
図-19 4 資源別の蓄積純増量の推移（資源別）



※蓄積量＝Σ蓄積純増量

出典：「我が国の物質フロー図」（環境省）より推計

図-20 4資源別の蓄積量の推移



出典：「我が国の物質フロー図」（環境省）より推計

図-21 4資源別の蓄積量の推移（資源別）

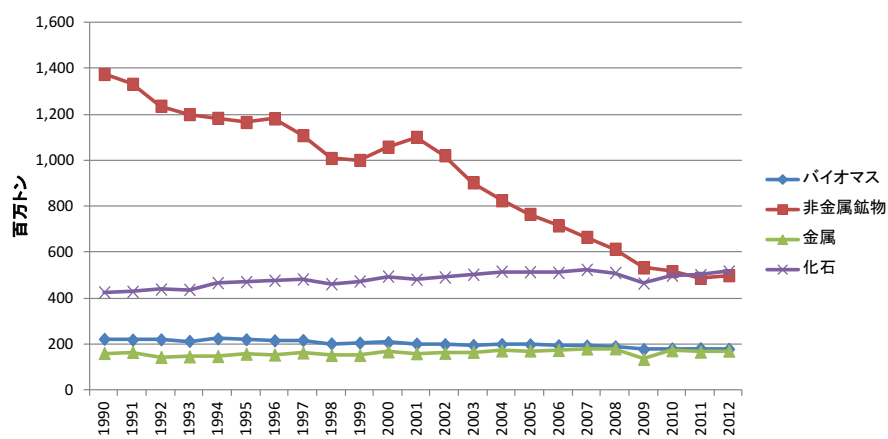


図-22 4 資源別の天然資源等投入量の推移

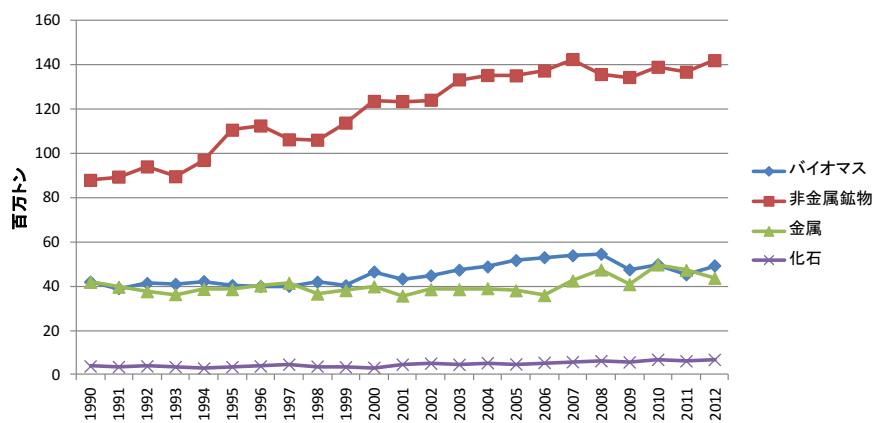


図-23 4 資源別の循環利用量の推移

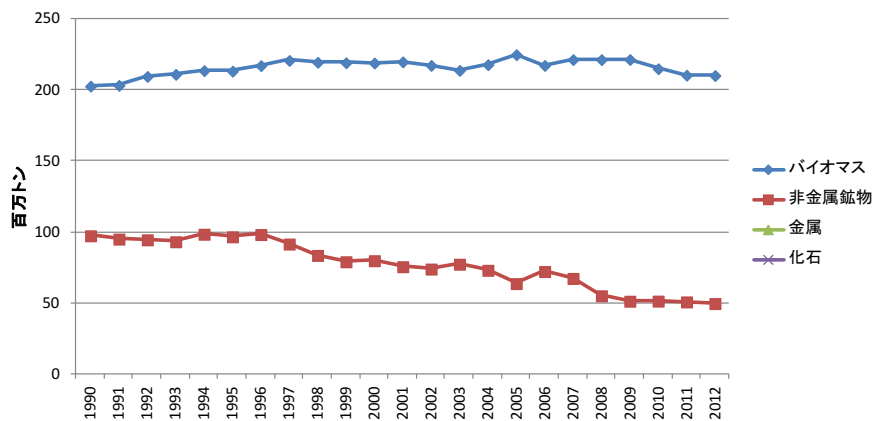


図-24 4 資源別の含水等の推移

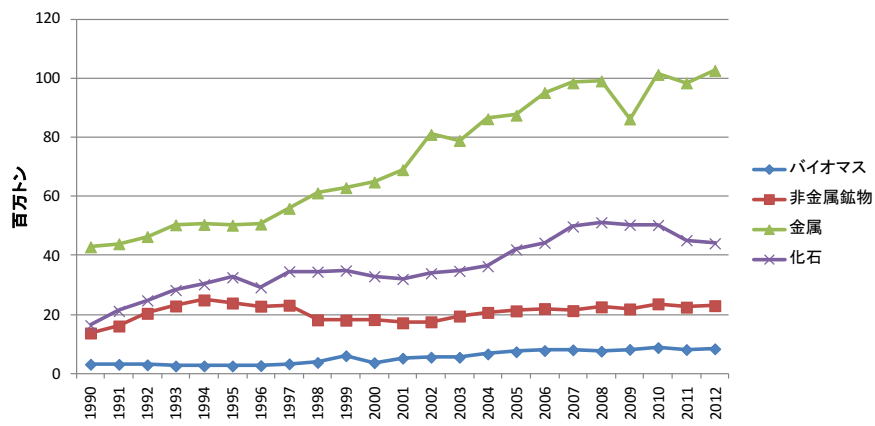


図-25 4 資源別の輸出量の推移

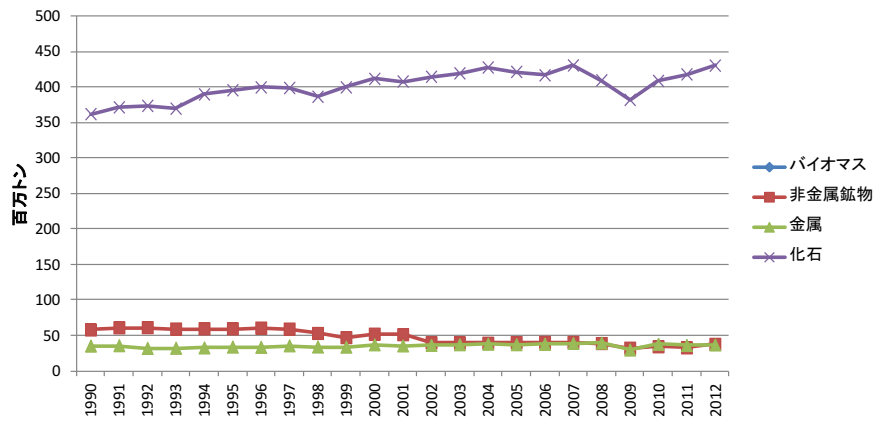


図-26 4 資源別のエネルギー消費及び工業プロセス排出量の推移

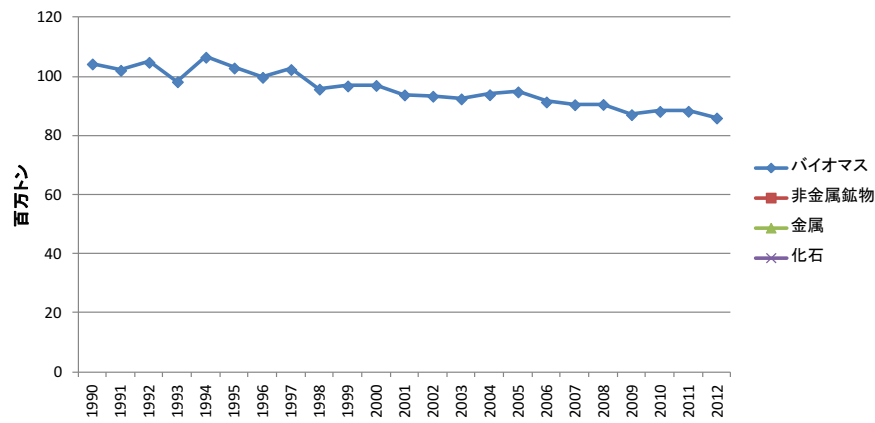


図-27 4 資源別の食料消費量の推移

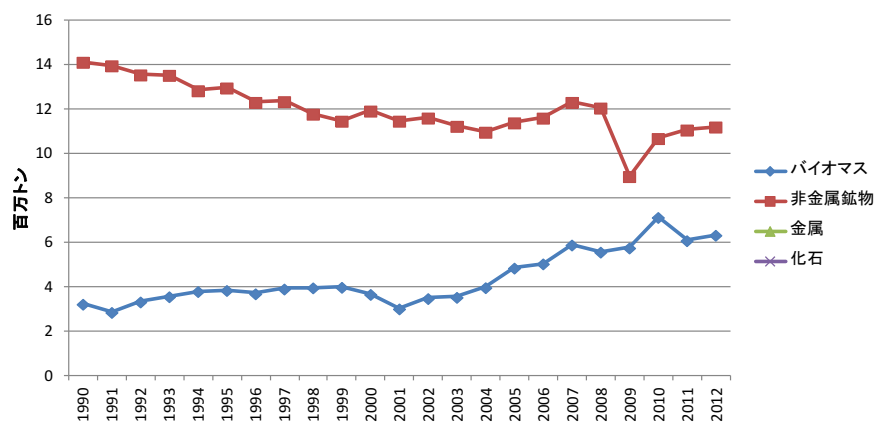


図-28 4 資源別の食料消費量の推移

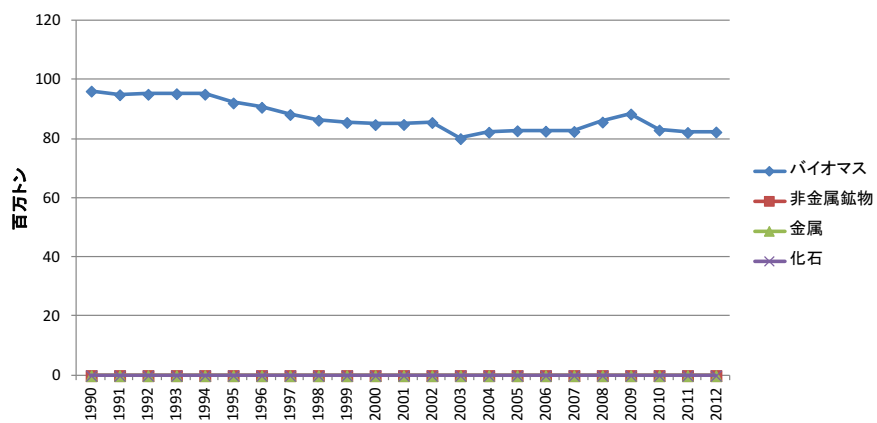


図-29 4 資源別の施肥量の推移

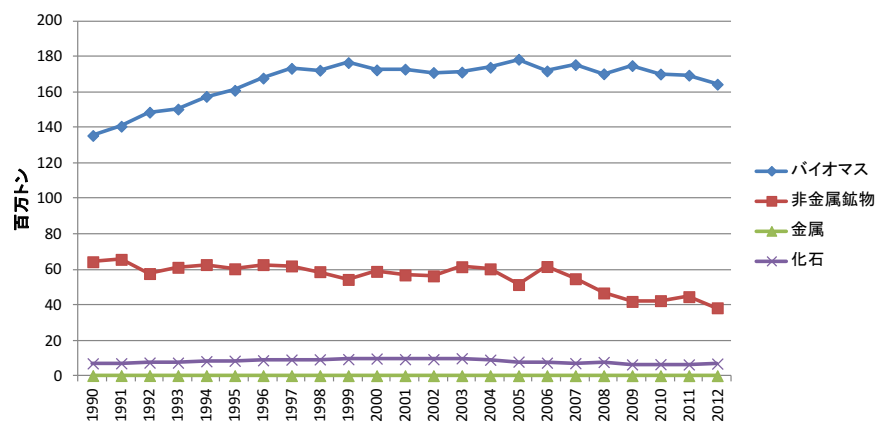


図-30 4 資源別の減量化量の推移

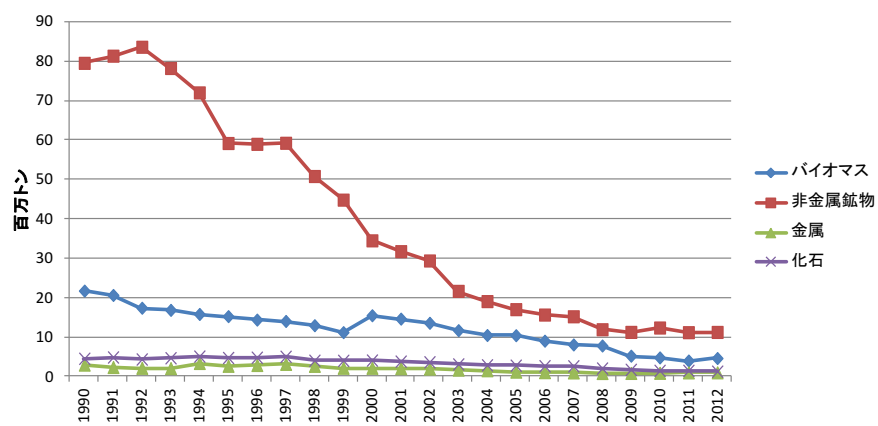
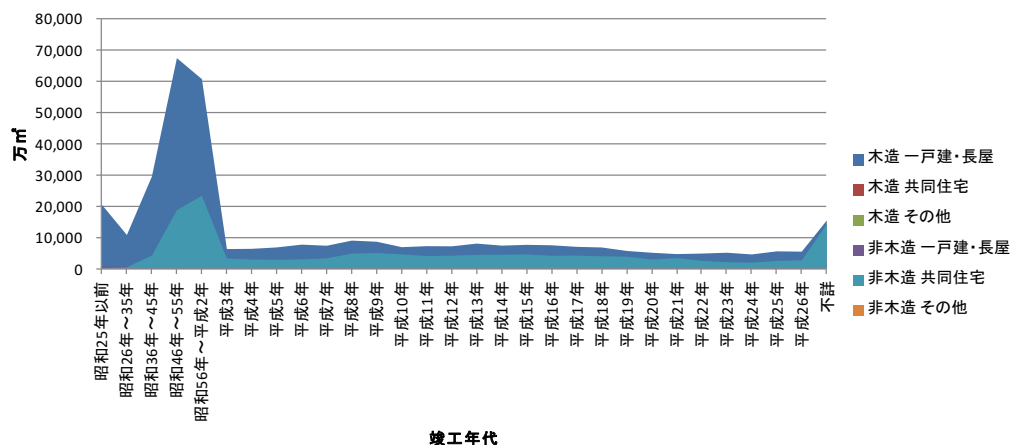
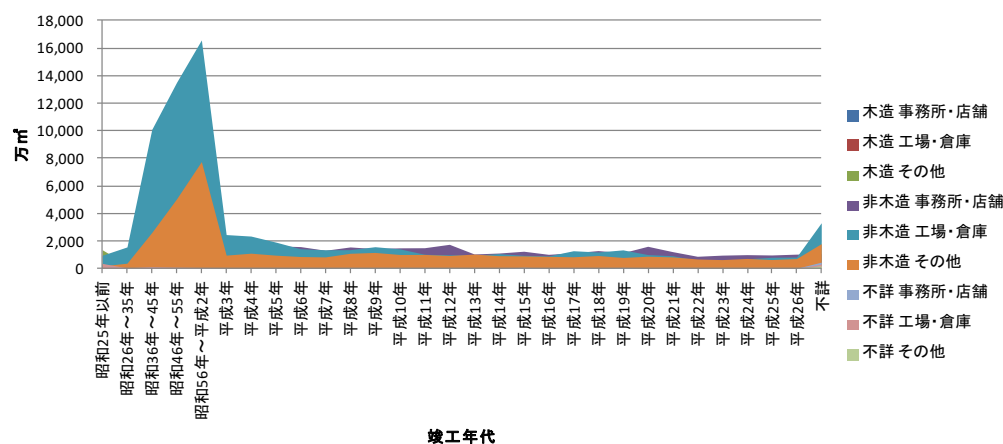


図-31 4 資源別の最終処分量の推移



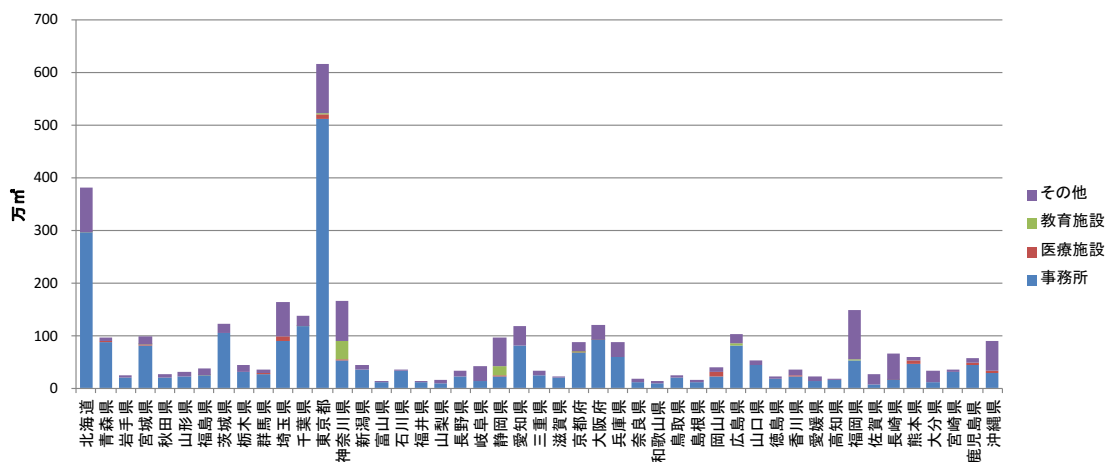
出典：「建築物ストック統計（平成 27 年 1 月 1 日現在）」（国土交通省）

図-32 住宅の竣工年代・構造・用途別延べ床面積（平成 27 年 1 月 1 日現在）



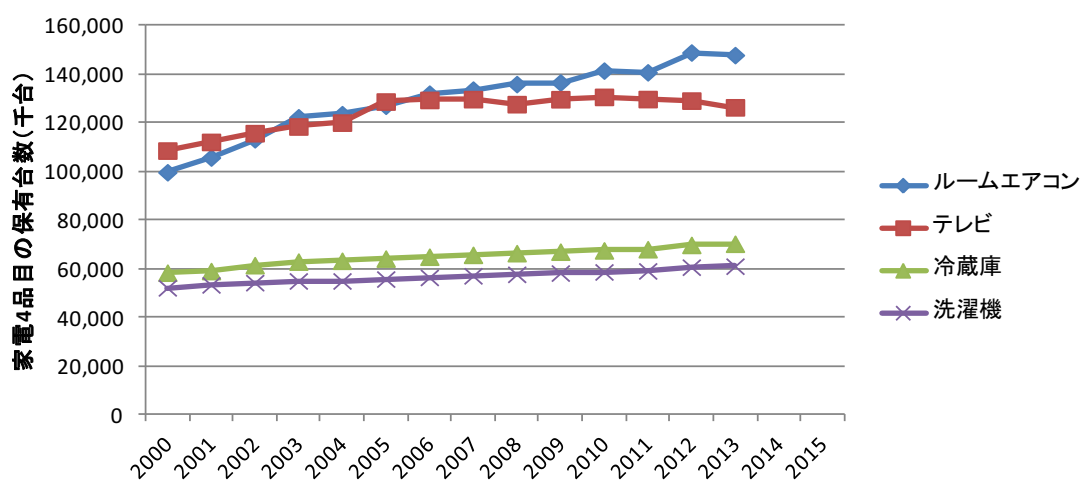
出典：「建築物ストック統計（平成 27 年 1 月 1 日現在）」（国土交通省）

図-33 法人等の非住宅の竣工年代・構造・用途別延べ床面積（平成 27 年 1 月 1 日現在）



出典：「建築物ストック統計（平成 27 年 1 月 1 日現在）」（国土交通省）

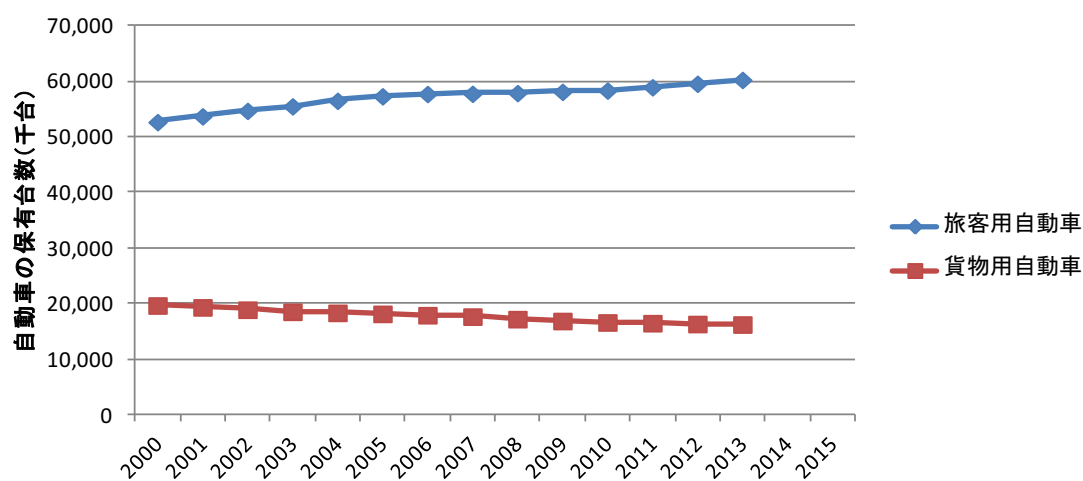
図-34 公共の非住宅の用途別延べ床面積（平成 26 年 3 月 31 日現在）



出典：「家電産業ハンドブック」（家電製品協会）

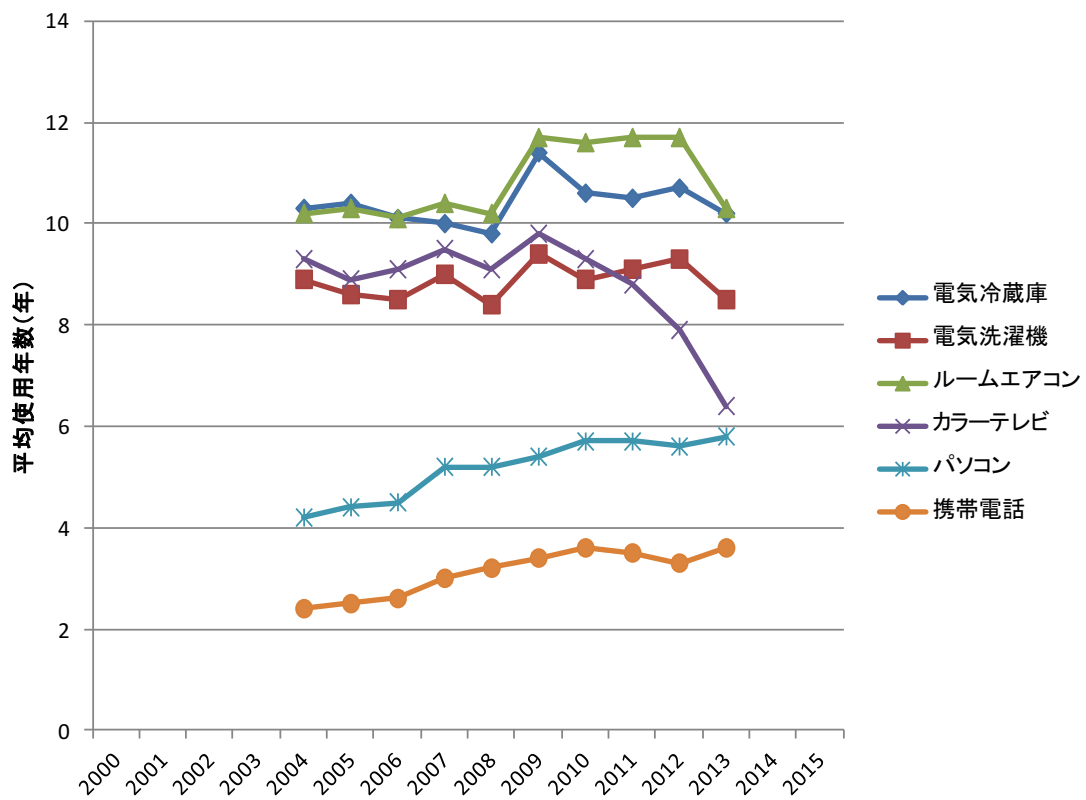
「エネルギー・経済統計要覧」（省エネルギーセンター）

図-35 家電の保有台数の推移



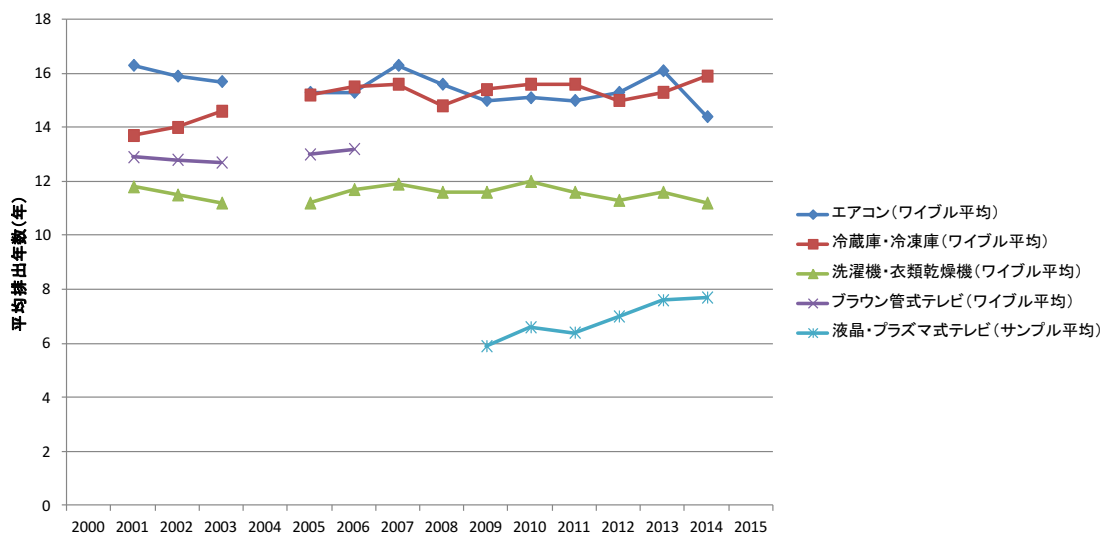
出典：「エネルギー・経済統計要覧」（省エネルギーセンター）

図-36 自動車の保有台数の推移



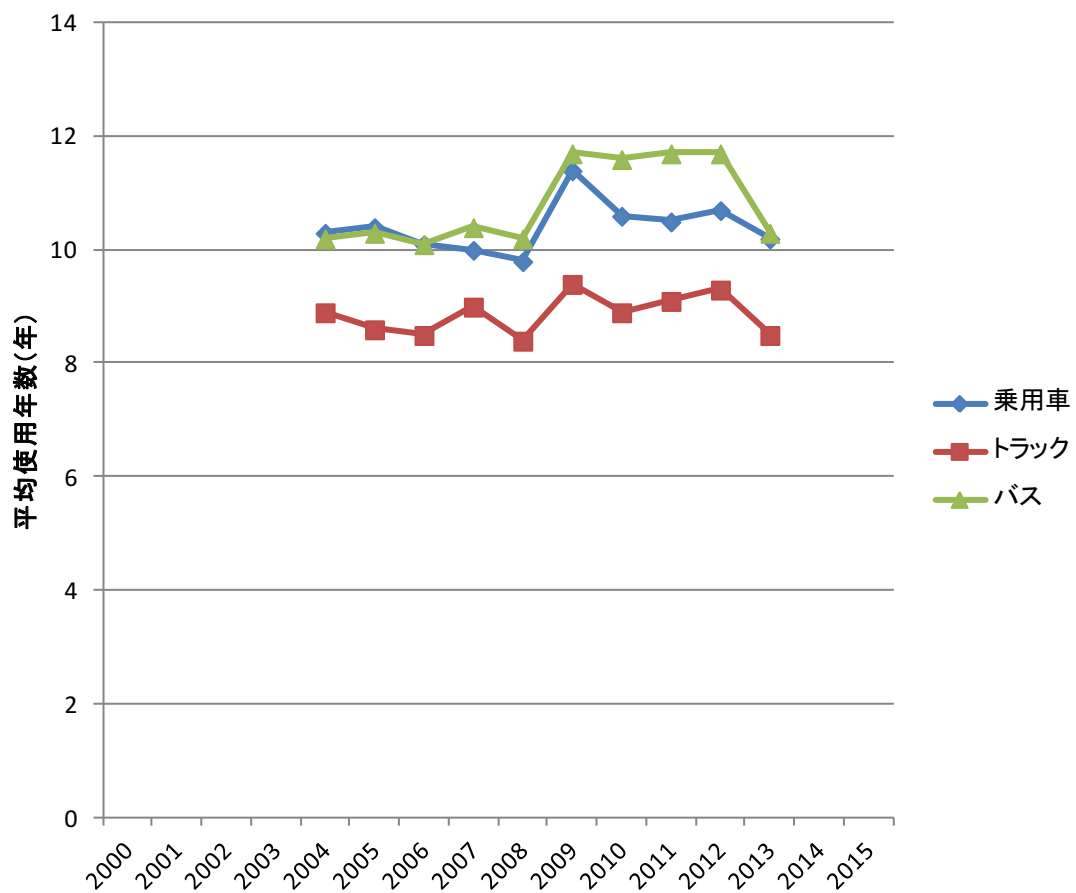
出典：内閣府「消費動向調査」主要耐久消費財等の買替え状況（総世帯）

図-37 家電の平均使用年数の推移



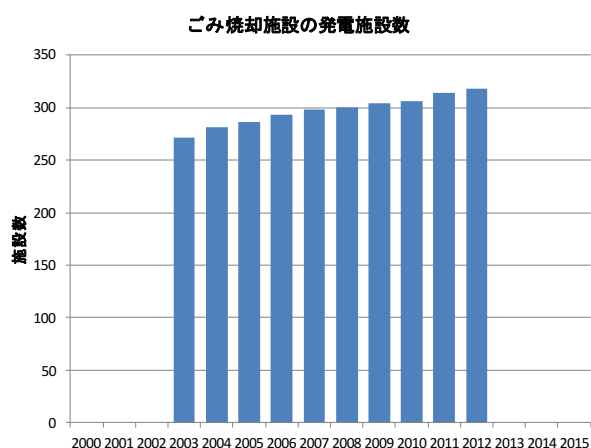
出典：「平成 26 年度使用済家電 4 品目の経過年数等調査（概要版）」（家電製品協会）

図-38 家電の平均排出年数の推移

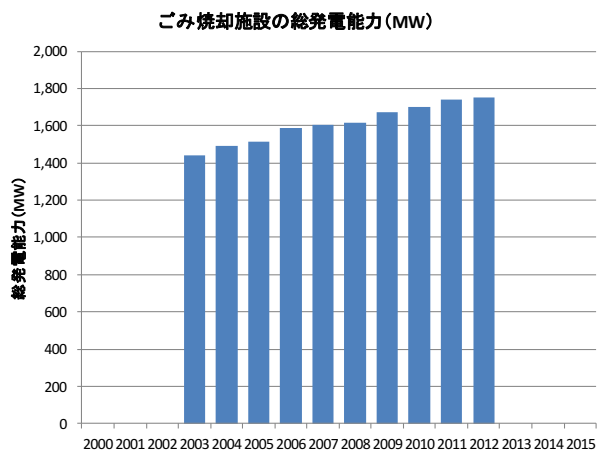


出典：「四駆車 保有・普及率 車種別平均使用年数推移（各年3月末）」（日本自動車工業会）

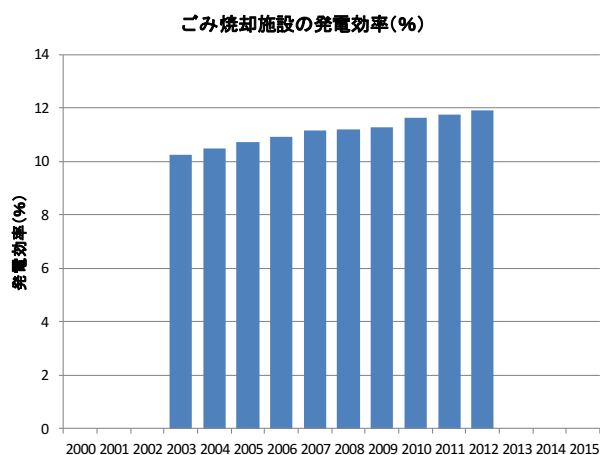
図-39 自動車の平均使用年数の推移



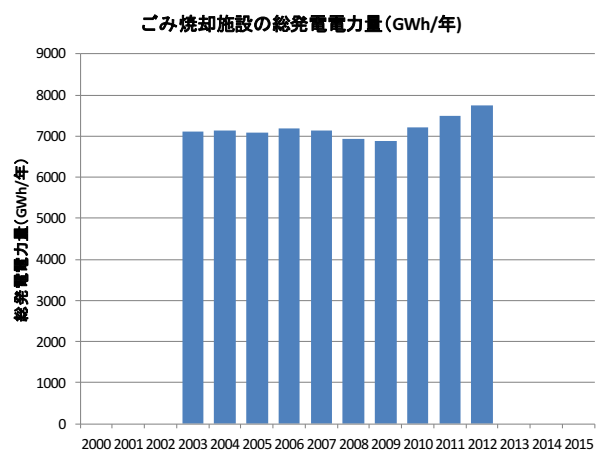
(a) ごみ焼却施設の発電施設数の推移



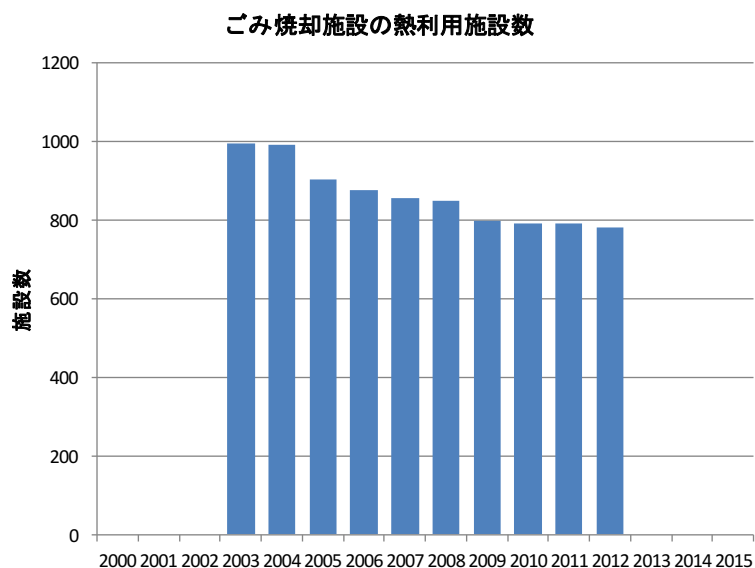
(b) ごみ焼却施設の総発電能力の推移



(c) ごみ焼却施設の発電効率の推移



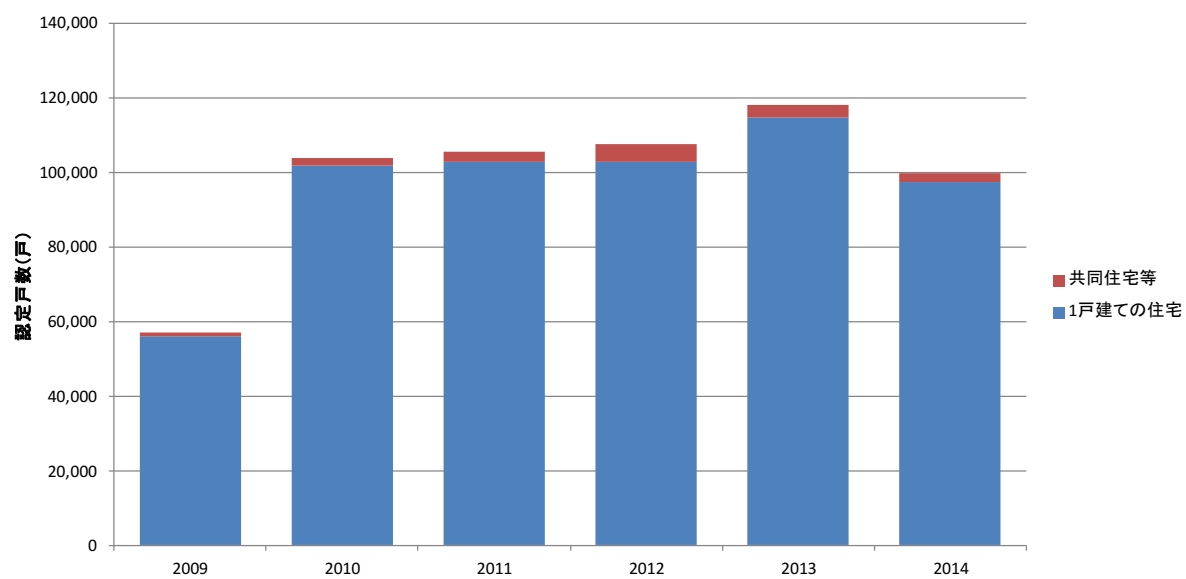
(d) ごみ焼却施設の総発電電力量の推移



(e) ごみ焼却施設の熱利用施設数の推移

出典：「日本の廃棄物処理」（環境省）より作成

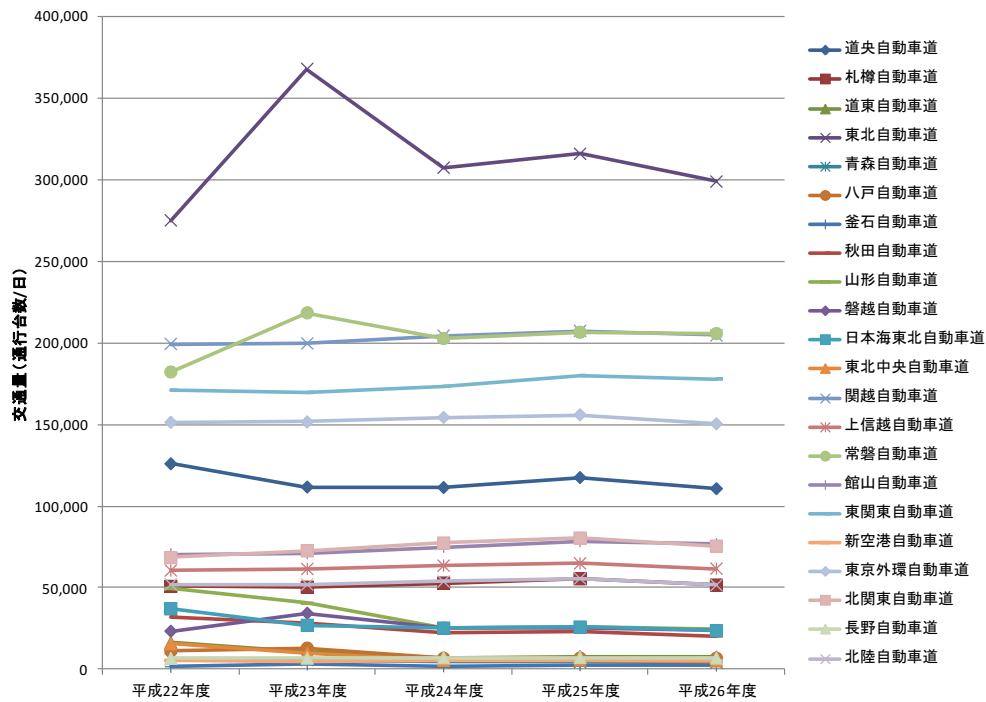
図-40 ごみ焼却施設に関わる統計情報



出典：「長期優良住宅の普及の促進に関する法律に基づく長期優良住宅
建築等計画の認定状況について」（国土交通省）

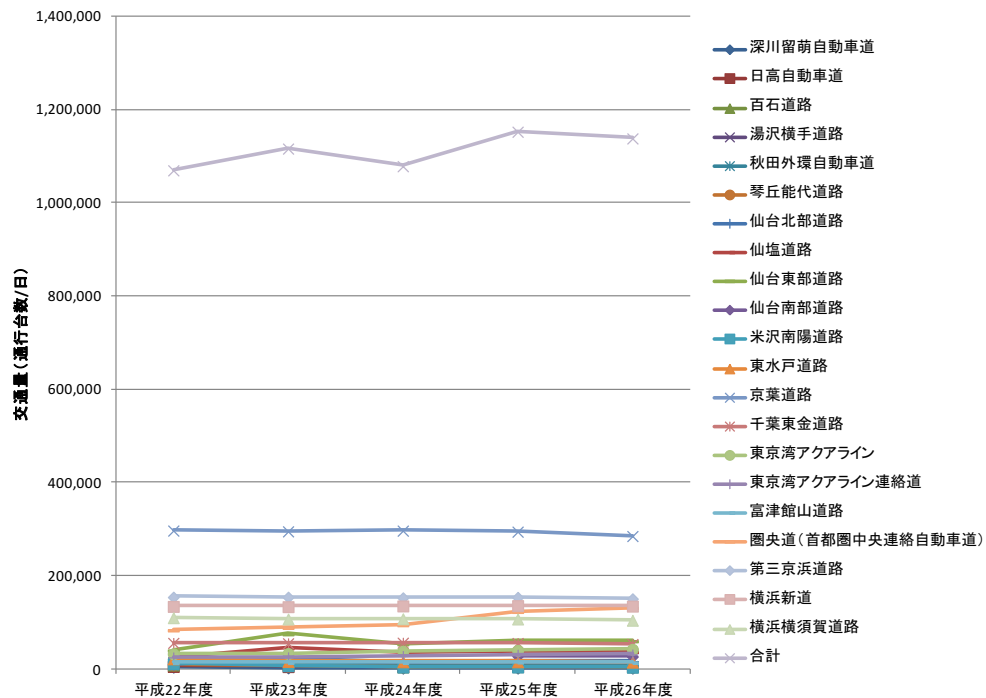
図-41 長期優良住宅建築等計画の認定実績の推移

道路毎の交通量



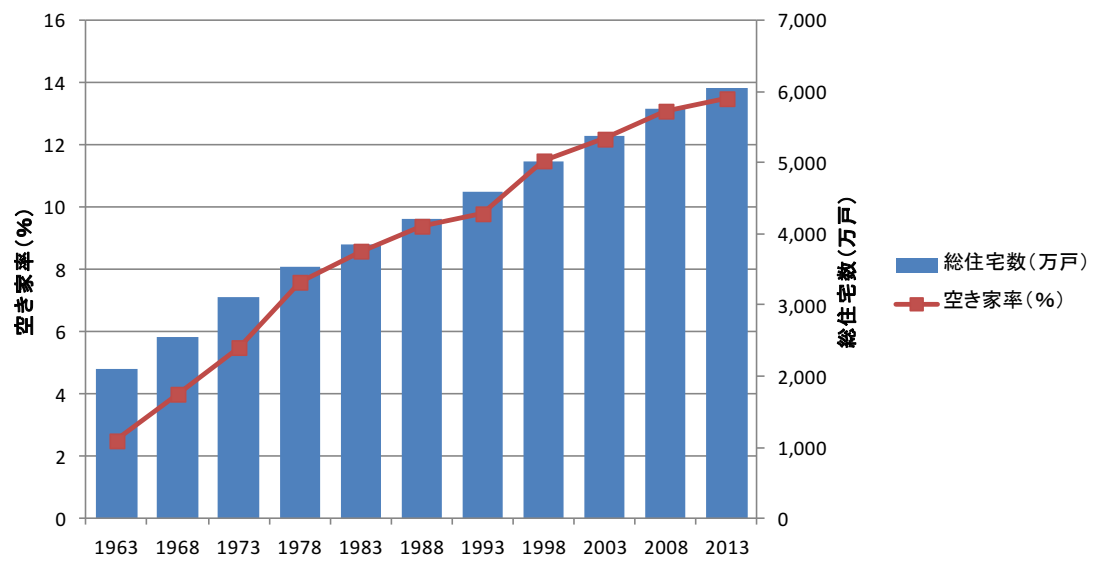
出典：「道路毎の交通量」（NEXCO 東日本コーポレートサイト）

図-42 全国路線網（高速道路）の道路毎の交通量の推移



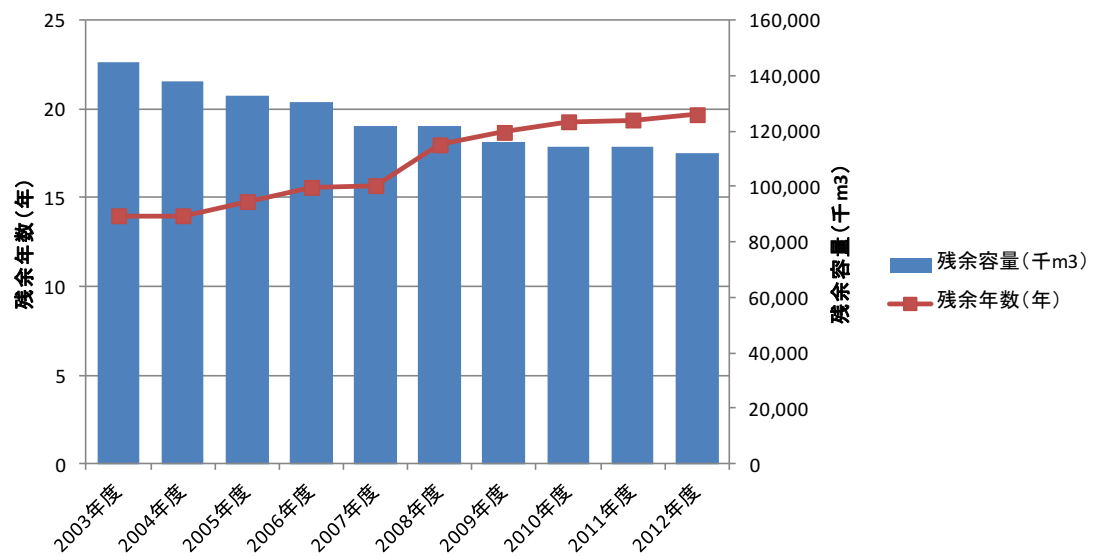
出典：「道路毎の交通量」（NEXCO 東日本コーポレートサイト）

図-43 全国路線網（一般有料道路）の道路毎の交通量の推移



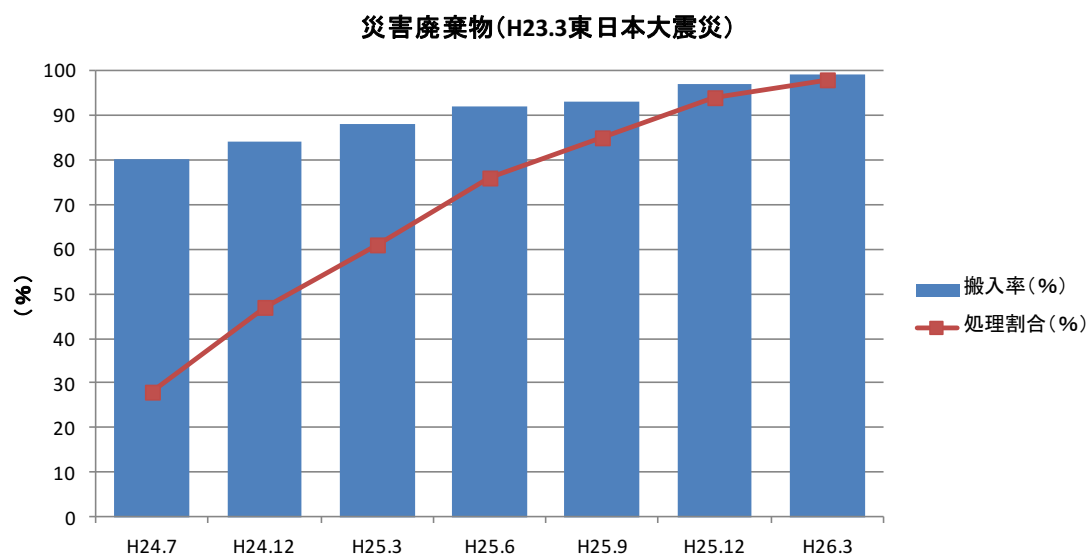
出典：「住宅・土地統計調査」（総務省）

図-44 空き家率の推移



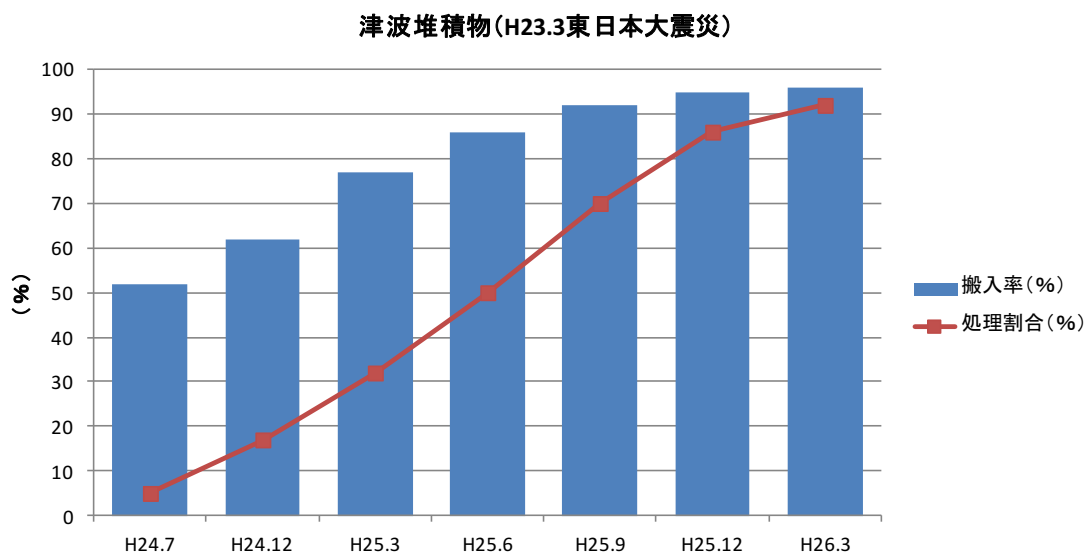
出典：「日本の廃棄物処理」（環境省）

図-45 最終処分場の残余年数及び残余容量の推移



出典：災害廃棄物対策情報サイト（環境省）

図-46 H23.3 東日本大震災の災害廃棄物の搬入率及び処理割合の推移



出典：災害廃棄物対策情報サイト（環境省）

図-47 H23.3 東日本大震災の津波堆積物の搬入率及び処理割合の推移

(2)-2 建築物ストックの機能量評価

天然資源を消費することによって、人間がいかに関生活の豊かさを得るかを考える。物質は、天然資源の状態から、素材、最終製品、廃棄物と姿を変える。これは、物質のライフサイクルと呼ばれる。我々は、物質のライフサイクルのうち、最終製品を使用することにより、豊かな生活を送っている。物質が人間にサービスを提供する概念図を図-48 に示した。

本研究では、「サービス」を「最終製品が人間に与える効用」と、その効用を定量したものを「サービス量」と定義した。また、「機能」は、「物質の働きのうち、サービスに影響するもの」と定義した。サービスは、人間の使用方法、使用環境などによって変わると考えられるが、製品の機能によって成り立っていると考えた。ひとつの製品機能がそのままサービスとなることもあれば、様々な製品機能が複合したものがサービスにもなりうると思った。最終製品は、その機能を発現するために、材料機能と製品設計が求められる。そのため、サービスを考える上では、材料機能と製品設計の2つの要素が重要なのではないかと考えられた。

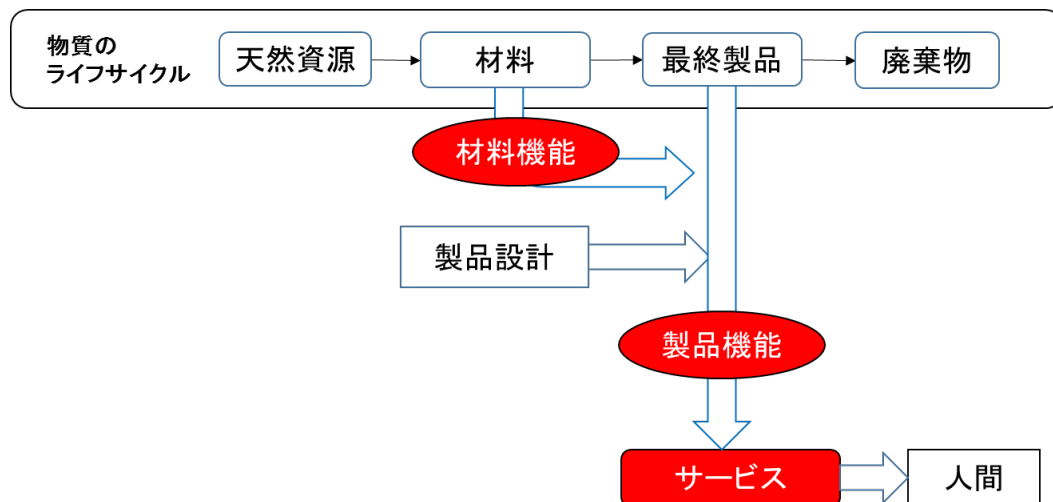


図-48 物質が人間にサービスを提供する概念図

MIPS(Material Intensity per Service)という指標は、単位サービス量あたりに、製品の全生涯にわたる物質消費量として提案された。一方で、物質科学的観点からは、物質は消費時点において何の機能も発現しておらず、その使用時に機能を発現し、価値を提供している。そこで、本課題の主題である物質ストックとしての使用量を material intensity とした MIPS が、従来の MIPS 同様に定義できる。実質上は、製品の製造時の加工歩留まりを無視すれば、製品への消費量と同じである。本研究では、resource decoupling に向けた MIPS 指標を、より詳しく理解し、低減するための政策に結び付けるために、先述の物質の発現する機能（価値）に着目した。材料の提供する機能量を MF と定義し、Material Intensity を MI、Service を S とすると、MIPS 指標は下式のように分解できる。

$$\frac{MI}{S} = \frac{MI}{MF} \times \frac{MF}{S}$$

右辺の第1項は、材料の機能量あたりの質量となり、強度を機能ととると比強度の逆数となる。これは、材料設計に関わる材料技術開発により向上させることのできる指標と言える。一方、右辺の第2項は、製品サービス（価値）量あたりの材料機能量であり、製品設計に依存する指標と言える。また、第2項は、従来の MIPS が質量基準の MIPS (mass-wise MIPS: mwMIPS) とすれば、機能基準の MIPS (functionality-wise MIPS: fwMIPS) と考えられる。本研究における評価対象製品は、建築物、自動車などの輸送機器、電化製品など躯体構造を持つ製品とした。これらの製品の構造を、本研究では「構造体」、また構造体に用いられる材料を「構造材」と定義した。

本研究で評価対象とした構造体は、「建築物」、「飲料缶」、「乗用車」、「冷蔵庫」とした。建築物については、「木造」、「鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造」、「鉄筋コンクリート(RC)造」、「鉄骨(S)造」、「コンクリートブロック(CB)造」の5つの構造別に評価を行った。

建築物では木材、鉄鋼材、コンクリート材を、飲料缶ではアルミニウム材を、乗用車では鉄鋼材を、冷蔵庫では鉄鋼材を、各製品を形成する構造材とした。構造体の持つ機能を考える。構造体は、それぞれの製品の形状を維持する機能を持っていると考えられる。建築物を例にあげる。建築物には、風圧力や地震力などの外力が働き、その際、構造を形成する、柱や梁などの部材には曲げが働く。構造体に用いられる構造材には、強度という機能が求められると考えた。本研究では、構造材に要求する機能は、「引張強さ」とした。建築物に用いられるコンクリート材のみ、データの入手性から、「圧縮強さ」を機能とした。材料機能として、示強変数の強度に材積を乗じた機械的機能量（単位：N・m）を定義して用いた。サービス量には空間を用いた。各構造体の物質投入量、サービス量、密度の推計を行った結果を表-8に示す。以下の値をもとに、MIPS評価を行った。

表-8 各構造体の物質投入量・サービス量・密度の推計結果

構造体	構造材	物質投入量 MI[t]	サービス量 S[m ³]	密度 [t/m ³]	備考
建築物 (木造)	木材	3.38×10^6	1.45×10^8	0.424	2009年に着工された建築物の総量
	鉄鋼材	6.47×10^4		7.86	
	コンクリート材	8.57×10^6		2.1	
	合計	1.20×10^7			
建築物 (SRC造)	木材	5.23×10^4	8.26×10^6	0.424	
	鉄鋼材	1.27×10^5		7.86	
	コンクリート材	3.62×10^6		2.1	
	合計	3.80×10^6			
建築物 (RC造)	木材	4.35×10^5	7.28×10^7	0.424	
	鉄鋼材	8.07×10^5		7.86	
	コンクリート材	3.05×10^7		2.1	
	合計	3.18×10^7			
建築物 (S造)	木材	4.26×10^5	1.19×10^8	0.424	
	鉄鋼材	5.30×10^6		7.86	
	コンクリート材	9.25×10^6		2.1	
	合計	1.50×10^7			
建築物 (CB造)	木材	2.33×10^3	2.38×10^5	0.424	
	鉄鋼材	4.25×10^3		7.86	
	コンクリート材	5.91×10^4		2.1	
	合計	6.57×10^4			
飲料缶	アルミニウム材	1.54×10^{-5}	3.50×10^{-4}	2.67	1製品あたり
乗用車	鉄鋼材	0.952	8.84	7.85	1製品あたり
冷蔵庫	鉄鋼材	4.04×10^{-2}	0.501	7.86	1製品あたり

各構造体中の構造材の平均引張強さ、または平均圧縮強さの推計結果を図-49 に示す。

引張強さについては、乗用車用鉄鋼材、建築物用鉄鋼材、冷蔵庫用鉄鋼材、飲料缶用アルミニウム材、木材の順に大きい値を示している。鉄鋼材の中では、乗用車、建築物、冷蔵庫用途の構造材の順に大きい値を示した。乗用車中の鉄鋼材は、車体の各部品に、490～1470 N/mm² の最小引張強さを機能として持つ、冷間圧延鋼板などの、高張力鋼板が用いられているため、引張強さの値が大きいと考えられた。建築物用途の鉄鋼材が、冷蔵庫用途の鉄鋼材よりも大きい値を示したことから、容積の大きな構造体ほど、引張強さが多く必要になるのではないか、と考えられた。各構造体中の構造材の平均引張比強度、または平均圧縮比強度の推計結果を図-50 に示す。平均引張比強度は、飲料缶用アルミニウム、乗用車用鉄鋼材、建築物用鉄鋼材、建築物用木材、冷蔵庫用鉄鋼材の順に大きい値を示した。

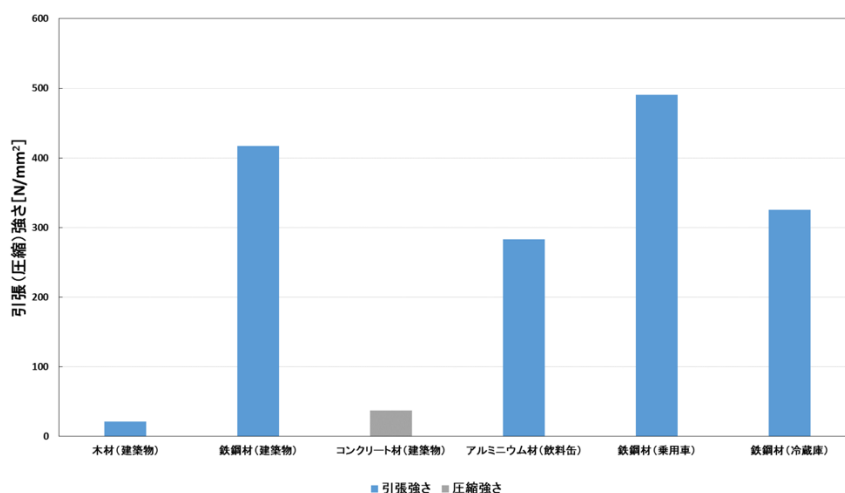


図-49 各構造体中構造体の平均引張（圧縮）強さ

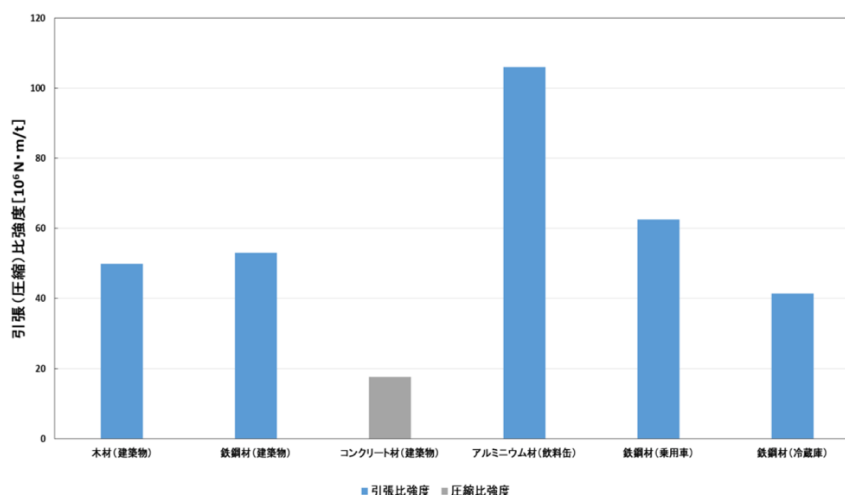


図-50 各構造体中の構造体の平均引張（圧縮）比強度

建築物については構造別（木、SRC、RC、S、CB）に 1945 年から 2009 年までの時系列変化を評価した（図-51(a)、(b)）。それらに加え、現在の製品について冷蔵庫、乗用車、飲料缶を評価した

(図-52)。図-51(a)と(b)から、建築物の fwMIPS は mwMIPS とほぼ同じ推移をしていることが分かった。これは第1項の材料機能が変化していないことを示唆する。材料技術は進歩しており、高機能材料が開発されてきているものの、建築物に用いられる汎用材の平均的な強度は、評価期間を通して変わっていないことが分かった。新しい用途に向けての高機能材の開発だけでなく、汎用材へ従来と同じ価格で高機能化した材を提供できる技術開発が望まれよう。時系列で MIPS が増加したのは、本評価において製品価値を空間しか評価しなかったため、それ以外の耐震性等の価値の向上によるものと考えられた。図-5 は、原点からの傾きが比強度となる。飲料缶や乗用車では、先述のように空間以外の製品価値が要求されるため、大きな比強度になっていると考えられた。複数の価値を複合して評価する枠組みの構築が望まれる。

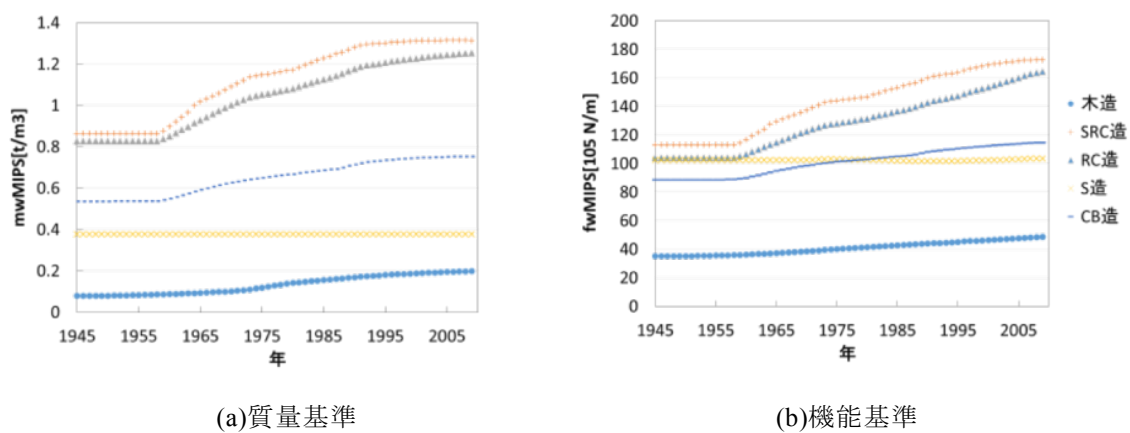


図-51 構造別建築物の MIPS の推移

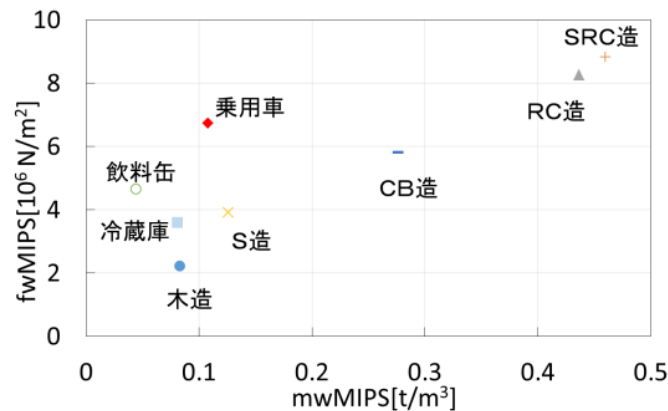


図-52 質量基準の MIPS と機能基準の MIPS の関係

(2)-3 耐久財ストックの機能・環境負荷・寿命の分析

乗用車や電気電子機器などの耐久消費財は、市場での競争もあり製品の性能や機能が短期間のうちに大きく向上する場合も存在する。例えば、乗用車の燃料消費率の向上や家電製品の消費電力量の低減、電子機器の多機能化や性能の向上などである。そのような場合には、製品の長期使用が社

会全体での製品価値や環境負荷とトレードオフの関係になることも予想される。そこで本研究では、耐久消費財ストックの平均使用年数、機能量、環境負荷についてその推移を推計、考察した。

推計にはポピュレーションバランスモデルと呼ばれる手法を用いた。ポピュレーションバランスモデルとは、耐久消費財の販売台数（過去からの時系列データ）、ストック台数、使用年数分布が全て整合するように推計を行う手法である。本研究では、販売台数およびストック台数（保有台数）の統計値を所与のものとし、販売台数と使用年数分布から推計されるストック台数が統計値と整合するように使用年数分布のパラメータ（平均使用年数）を最適化した。また、最適化した使用年数分布と機能量・環境性能等の区分別販売台数の統計値（時系列データ）を積和することで、各年における機能量・環境性能等の区分別ストック台数を推計した。本委託業務においてはこの方法を用いて冷蔵庫を事例とした推計、分析を行った。

図-53 に冷蔵庫の国内総ストック台数、図-54 に平均使用年数推定値の推移を示す。図-54 より、冷蔵庫の平均使用年数は2000年以降長期化しており、過去15年間程の間にわたり社会に存在する冷蔵庫ストックをより長期使用する傾向に社会全体が移ってきていることがわかる。

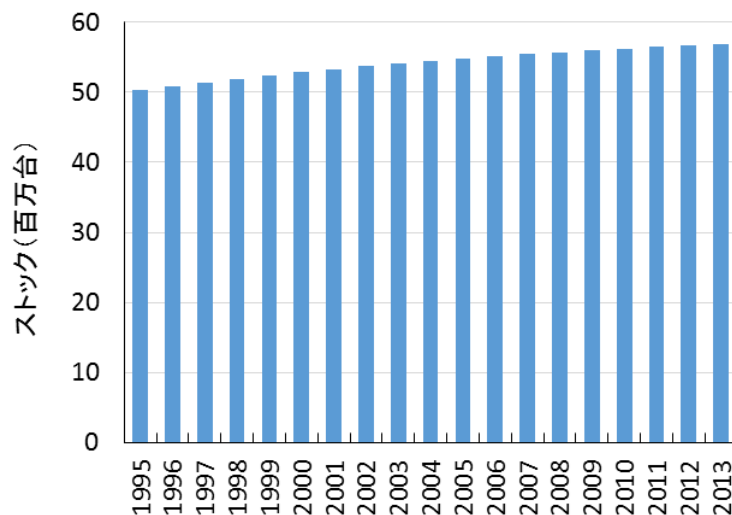


図-53 冷蔵庫の国内ストック台数の推移

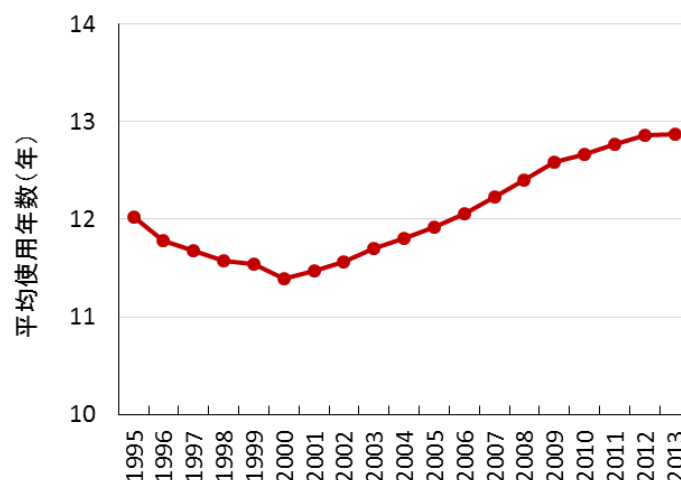


図-54 冷蔵庫の平均使用年数（推定値）の推移

次に、図-55 に冷蔵庫の容量区分別ストック台数の推計値を示す。冷蔵庫のストックは過去 20 年間に於いて大容量化が進んでいる。このことより、冷蔵庫の機能力を容量で測った場合には、冷蔵庫ストックの機能力は増加していることがわかる。すなわち、台数ベースでの議論においては、冷蔵庫のストックは機能力を増やしながら長期間使用される方向に推移しており、ストックを有効活用する傾向にあると考えることができる。

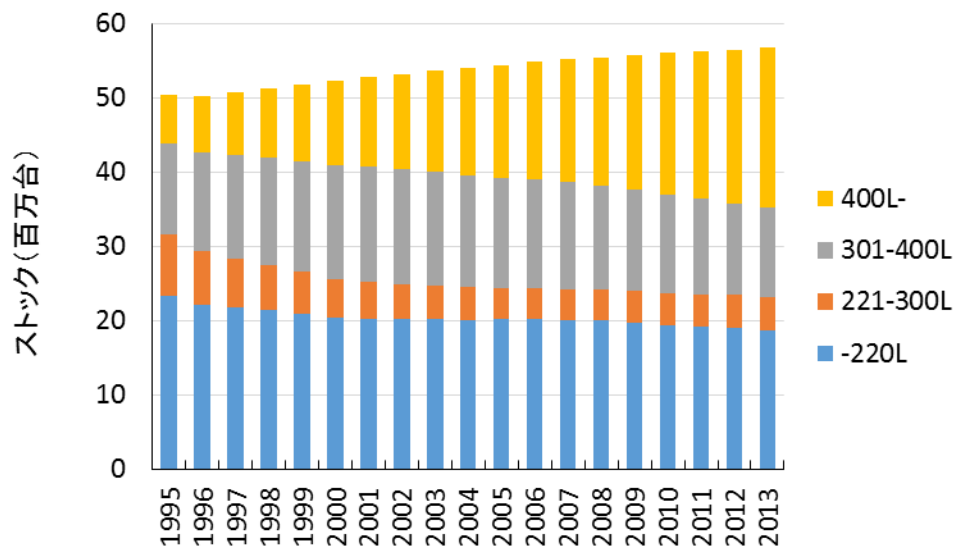


図-55 冷蔵庫の容量区分別ストック台数（推計）の推移

一方、機能力の増加は環境負荷の増大に結び付く可能性も高い。冷蔵庫の例で言えば、大容量化は消費電力量の増大に直接影響するであろう。また、製品の環境性能が大きく向上していれば、長期使用と総環境負荷がトレードオフの関係となる場合もある。これらの点を考察するための基礎データを得るため、店頭販売データ（POS データ）による年間消費電力量区分別の販売構成比を用い、容量区分別ストック量の推計と同様の手法で消費電力量区分別のストック台数の推計を行った。冷蔵庫の年間消費電力量区分別ストック台数を図-56 に示す。

冷蔵庫のストックは 2000 年代初頭までは年間消費電力量が 501kWh 以上の製品で占められていたが、その後はより省エネルギー型の製品が増えてきていることがわかる。なお、販売構成比で見れば現在は 300kWh 以下の製品が多くを占めていると考えられるが、ストックで見た場合には販売からの時間遅れが生じるため未だ 501kWh 以上の製品が一定程度存在している結果となっている。

大容量機種の製品ストックの増加と年間消費電力量のより低い製品ストックの増加が同時に起きていることから、消費電力量あたりでみた機能力（ここでは容量）の効率は高まっていると予想される。図-57 および図-58 に冷蔵庫の製品ストック全体での総容量（ストック台数×1 台あたり容量）と総年間消費電力量（ストック台数×1 台あたり年間消費電力量）の推移を示す。前者を後者で除して効率（L/kWh）として表現した数値の推移を図-59 に示す。過去 20 年間にわたり、年間消費電力量あたりの容量は 0.39 から 0.64 まで向上している。このことは、冷蔵庫の製品ストックが同じ消費電力量でより大容量の製品を使用できる状態に推移してきていることを示している。図-56 より、近年は効率の向上だけでなく、年間消費電力量が社会全体の総量としても減少していることから、冷蔵庫の製品ストックは本業務において検討した評価軸（平均使用年数、容量を指標とした

機能量、総年間消費電力量を指標とした環境負荷）全てにおいて望ましい方向へ推移していることがわかった。

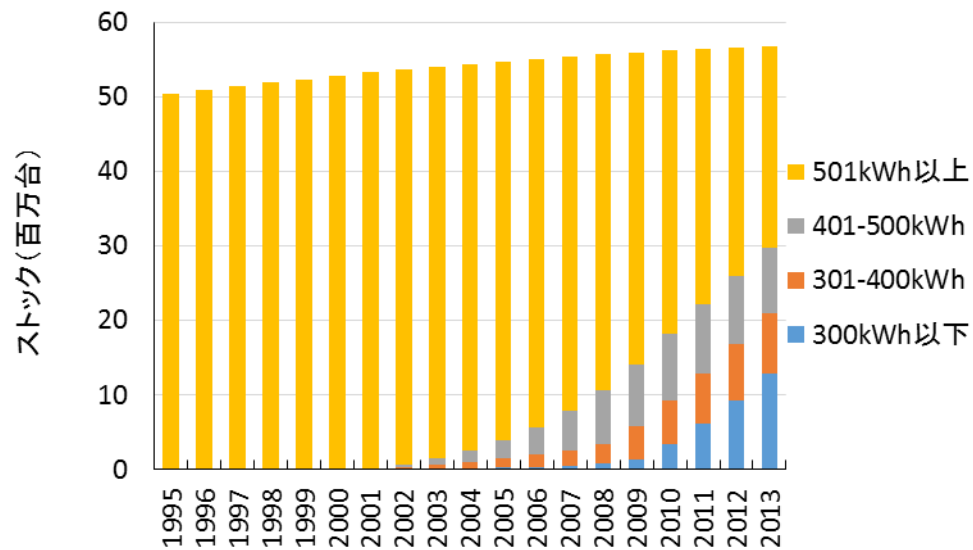


図-56 冷蔵庫の年間消費電力量区分別ストック台数（推計）の推移

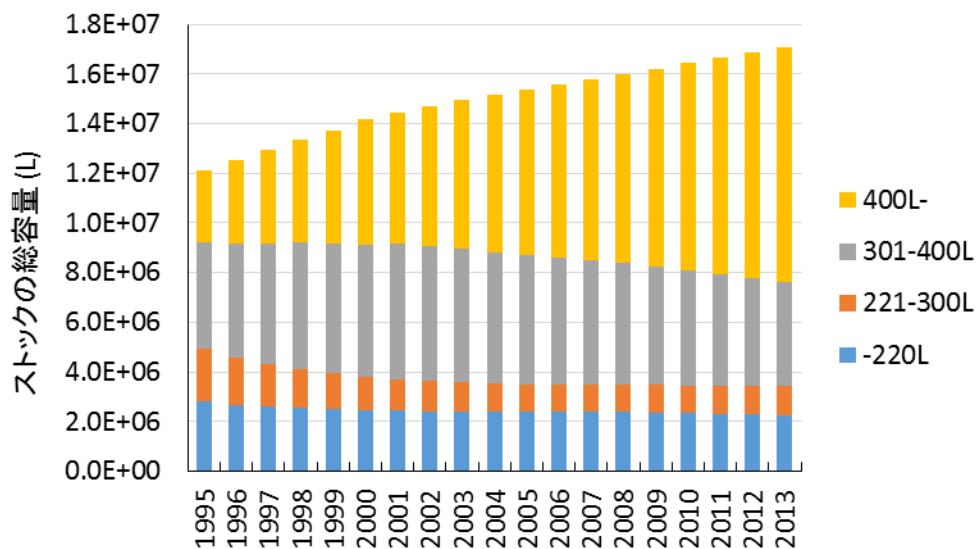


図-57 冷蔵庫ストック全体の総容量（台数×1台あたり容量）の推移

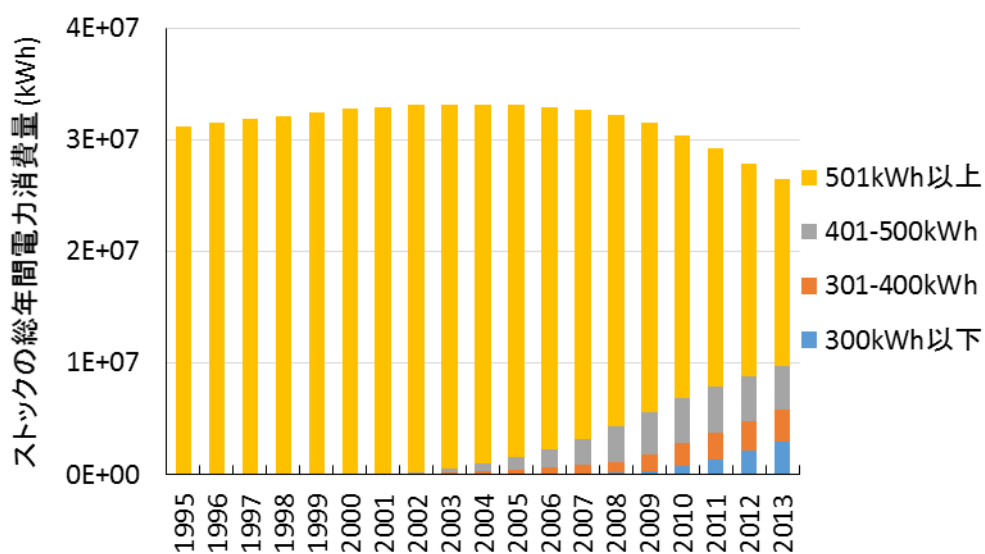


図-58 冷蔵庫ストック全体の総年間消費電力量（台数×1台あたり年間消費電力量）の推移

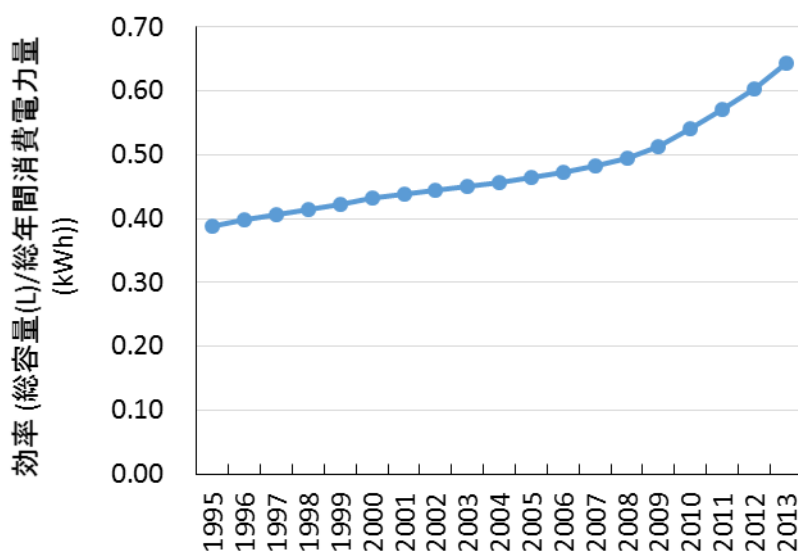


図-59 冷蔵庫ストック全体でみた機能量の対年間消費電力量の効率
（ストック全体の総容量／総年間消費電力量）

（３）蓄積された物質ストックの状況の把握

物質ストックは社会に蓄積された人工資本で使われた物質の総計であり、毎年の蓄積純増の累計である。蓄積純増は、物質フロー算定の結果として算出されており、ストックからの廃棄物が生じる廃棄物の発生の割合は高いことから、物質ストックと物質フローは相互に深い関係にある。物質フローについては、環境省・環境白書により物質フロー図として公表されているが、ストックとの関連を示した図は報告されていない。本研究課題では、物質ストックの状況の把握を目的として、既存の物質フロー図を拡張し、「物質ストック・フロー図」を作成した。図-60 のように物質ストックはフローを支えるようなイメージで図示しており、蓄積純増や廃棄物の発生と関わっている様子を表している。さらに物質ストックの内訳として、製品別と素材別の物質量を記述することで国全体の様子を分かりやすく示している。（２）により定量化された値を整理し、日本の物質ストック・フロー図を作成した（図-61）。1990 年と 2010 年を比較すると、総物質投入量が約 24 億トンから約 16 億トンと 6 割程度に減少しており、循環利用量は 1 億 7500 万トンから 2 億 4600 万トンと増加している。その一方で、物質ストックは約 165 億トンから 208 億トンと増加しているが、年々ストック増加のスピードは低減しており、ストック量は飽和の傾向にあるとも読み取れる。蓄積された物質ストックが物質フローを支えており、資源効率が拡大していることが示唆される。

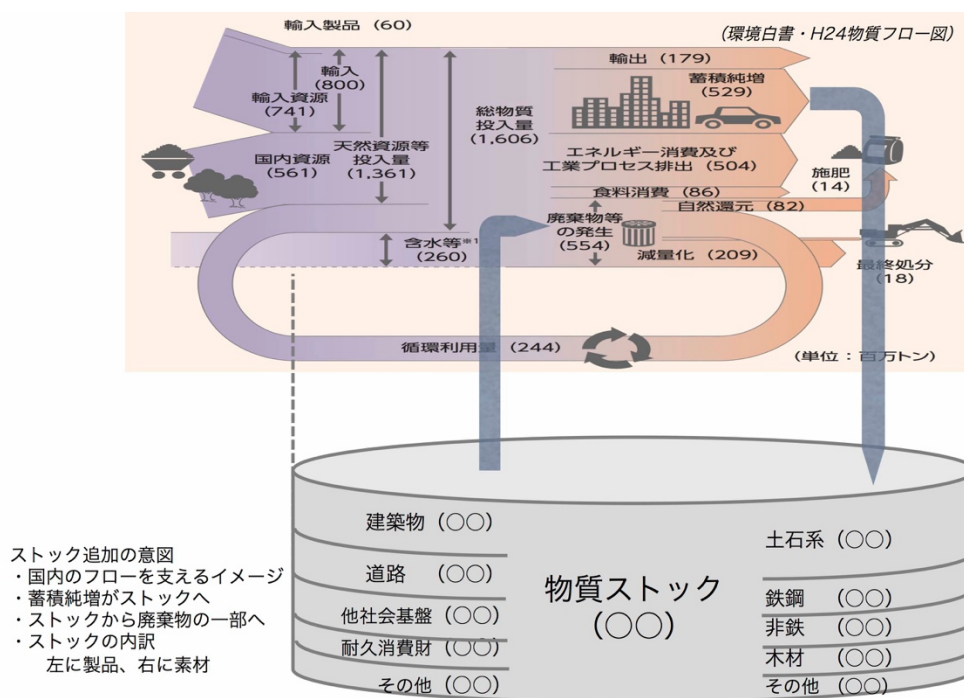
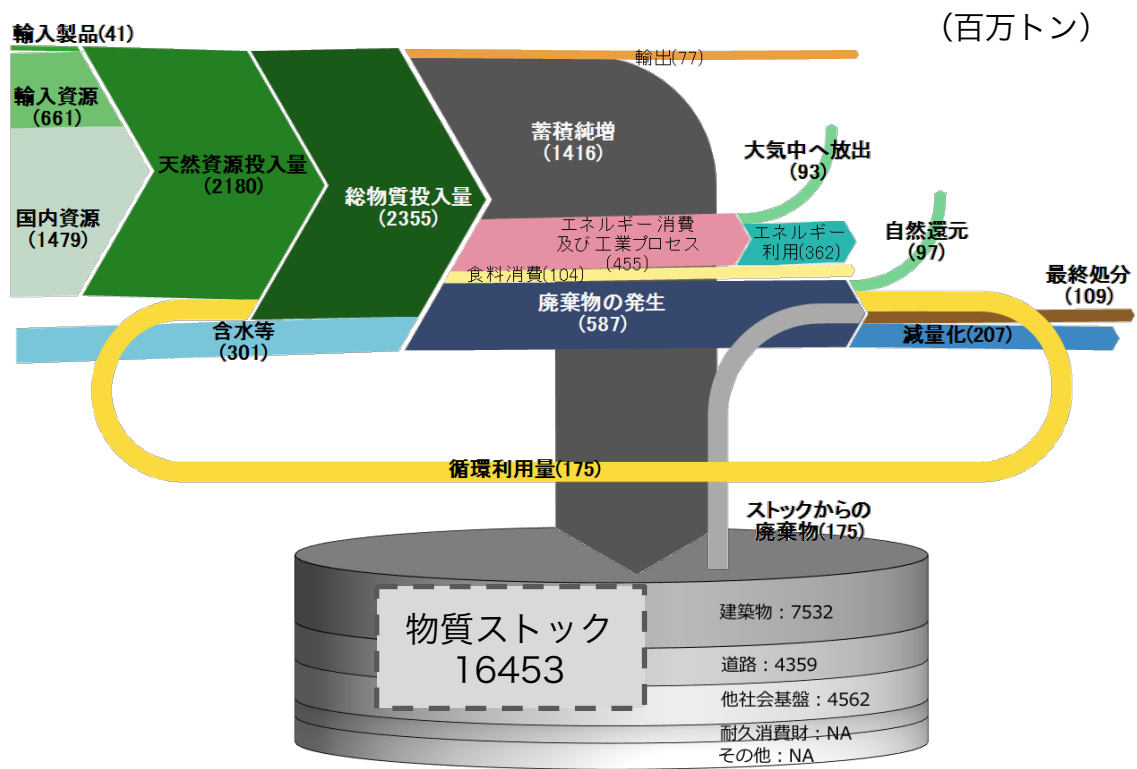
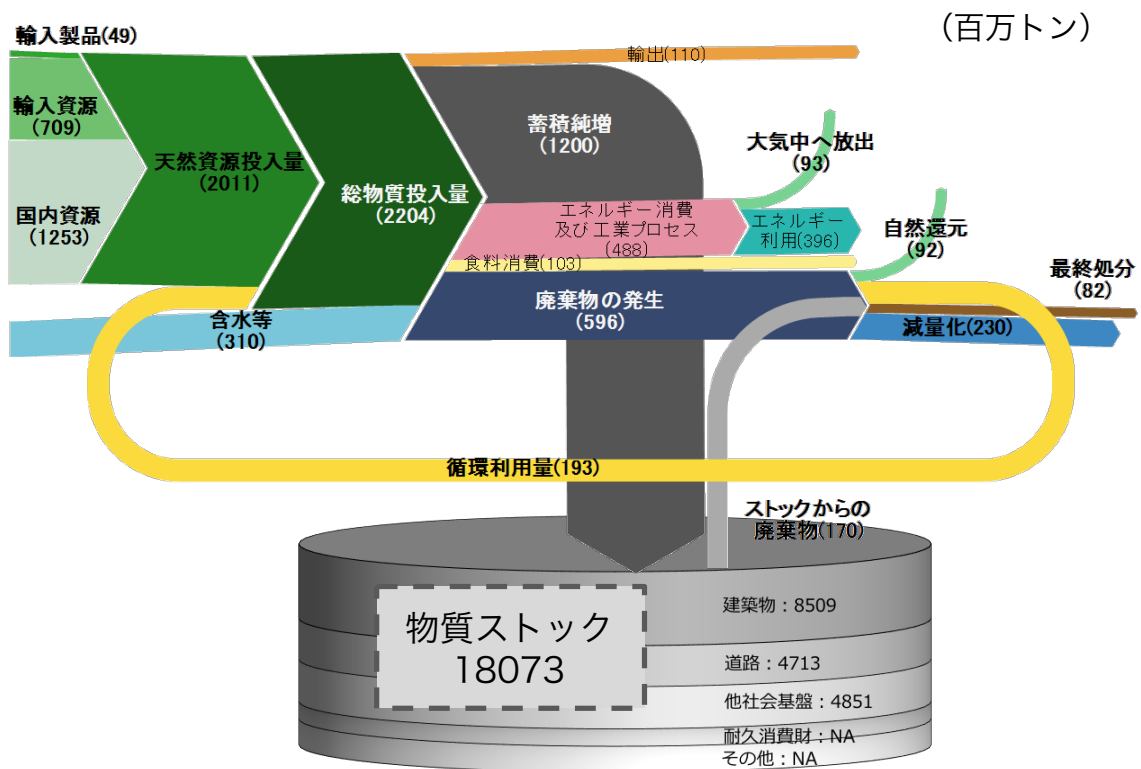


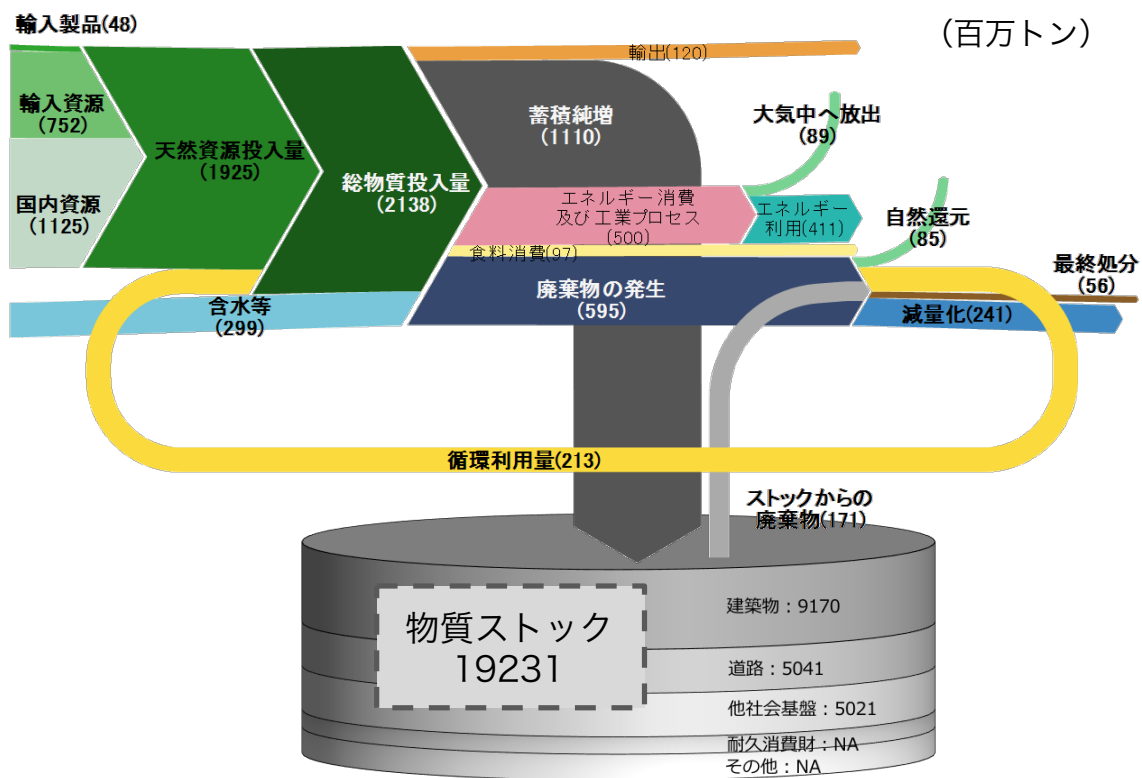
図-60 「物質ストック・フロー図」の概念



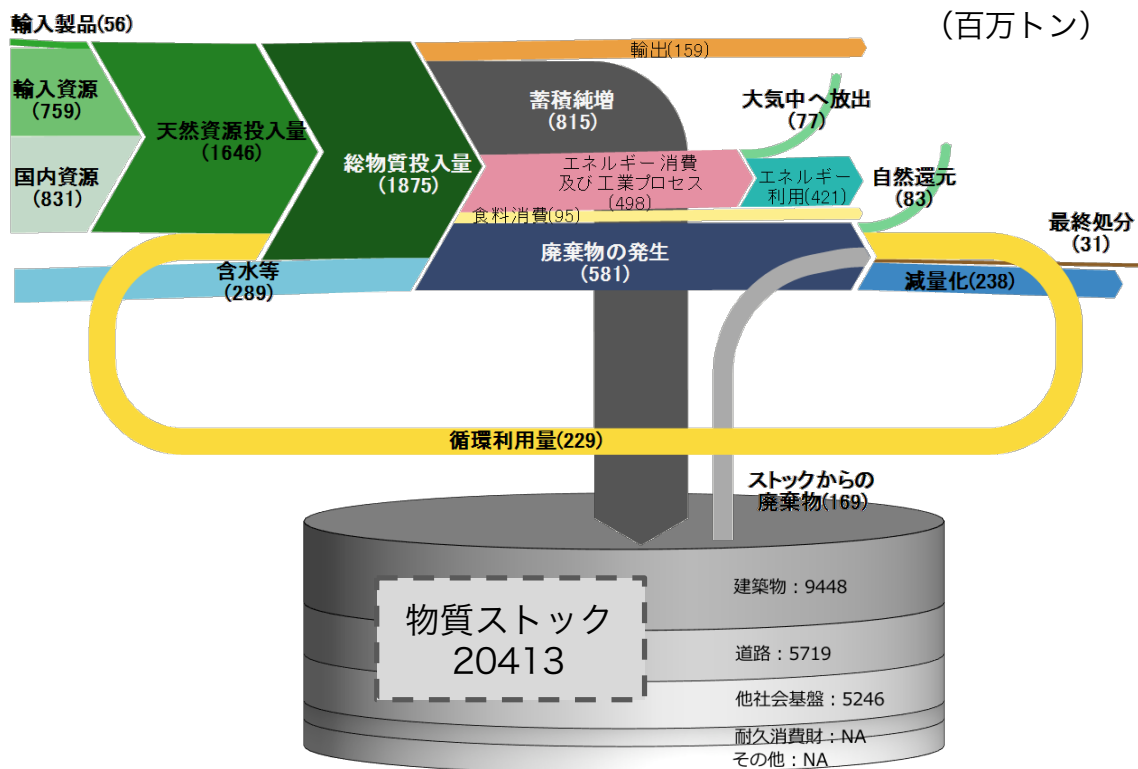
(a) 1990 年



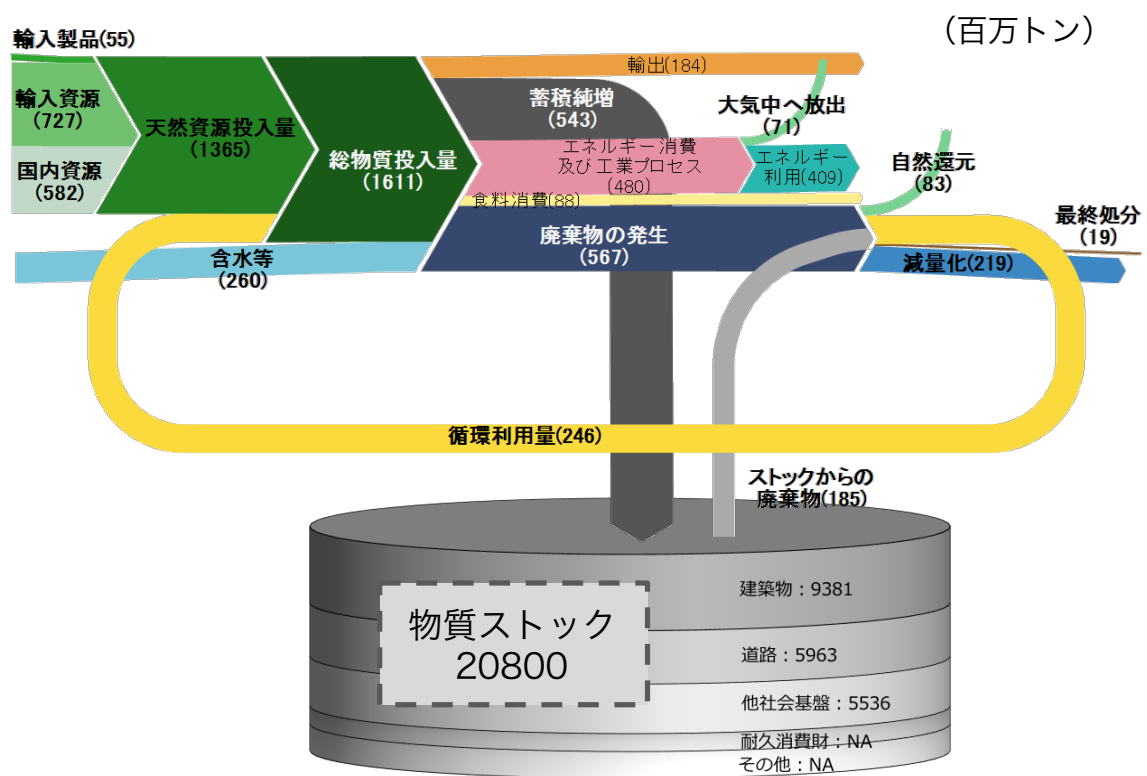
(b) 1995 年



(c) 2000 年



(d) 2005 年



(e) 2010 年

図-61 日本の物質ストック・フロー図



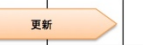


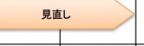




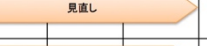


Ⅲ. 今後の研究方針

表-9 に本研究の工程表を再掲する。平成 27 年度では、(1)について 8 回の有識者会議を行い、(2)については個々のケーススタディを検討した。また、計画を前倒して(3)について、物質ストック・フロー図の作成を行い、環境政策への貢献を検討した。今後の計画として、(1)では、物質ストックの区分と整理については引き続き、有識者会議を行うことで検討を継続していく。添付資料に示すイタリア国パドヴァ周辺での現地調査より、ストックを長期的に用いることによる豊かさを考察できた一方、我が国でのケースとして適応するにはどのような検討が必要かを整理していく。また、(2)では個々のスタディを追加していくと共に、ストックによりもたらされる効果や機能を分解・抽出して推計する手法を確立する。また(3)におけるストックとフローの統合に有効な推計結果を積み上げていく。(3)については、実務ベースでの利用が可能なデータベースとなるよう、積み上げてきたデータを整理・分割し、公表されることを想定したデータベースを構築する。

課題としては、有識者会議について、より広範囲な専門家に依頼をして情報収集を行う必要がある。ストック型社会を形成するプロセスや、サービスを生み出すストックと物質ストック間のイメージの乖離など、物質ストックの専門家以外から既往のケースや、見落とされている検討を抽出していくことが重要である。また、統計情報によるデータベースの拡充だけでなく、地理情報を用いた物質ストックデータベースについても拡充の必要がある。

以上より、物質ストックを評価する事に関わり、「量を測る」とことと「質を測る」とことについて、さらなる整理が求められる。ストックが産み出すサービスにより、ストックを利用する主体の効率が増加することを評価する一方、維持管理に関わるメンテナンスのコストを明らかにし、個々のケースに応じて物質ストックの価値を整理していくことが重要である。

表-9 本研究の工程表

	2015年(H27)	2016年(H28)	2017年(H29)
(1)物質ストックの区分と具体事例の整理		更新 	更新 
(2)物質ストックの環境・経済面での定量的評価			
①分析・評価手法の検討		見直し 	見直し 
②個別事例に基づくケーススタディ		更新 	更新 
(3)我が国に蓄積された物質ストック状況の把握			
③統計処理手法の確立			見直し 
④実務ベースの把握手法の検討			
(4)ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価			

IV 添付資料（参考文献、略語表、調査票、付録 等）

表-10 審査・評価会時の採択条件・指摘事項への対応

採択条件および指摘事項	対応状況
採択条件) 環境省担当者とよく相談して、資源ストックの定義を明確にした上で研究を行うこと。	環境省担当者と打合せを重ねつつ、本研究で取り扱う物質ストックの定義について明確にし研究を進めている。
指摘事項) 研究代表者をはじめとする研究者のエフォート率が低いので、研究者のエフォート率向上や人員充実に努めること。	一部の研究メンバーのエフォートを上げるとともに、研究室の主要な研究プロジェクトの一つとして学生も配置しつつ研究を進めることで人員の充実に努めている。
指摘事項) 鉄などの主要物質のほかに、プラスチック、レアメタル・レアアース系など幅広い物質を視野に入れつつ、環境省担当者とよく相談して対象物質を検討すること。	環境省担当者と研究メンバーにて推計対象物質について検討し、まずは鉄や土石系など日本のマテリアルフローの主要物質について推計を進めるとともに、マテリアルフローが補足している物質についても今後ストック推計に反映すべく検討を進めている。
指摘事項) 資源ストックが環境に対してどのような価値があるのか、資源ストックに環境要素が入ることによって物質フローや経済にどのような影響があるのかについても分析することが重要である。	ご指摘の事項を踏まえて、物質ストックと物質フロー、環境、経済との関係性について、ストックの定義の部分で考慮しながら分析を進めている。
指摘事項) 天然資源の抑制などの各種政策に研究成果をどのように役立てていくのかについて検討・提案するなど、具体的な政策への適用を考慮しながら研究を進めていくべきである。	環境省担当者とともに物質ストックを用いた政策貢献について検討を進めつつ、フロー型社会からストック型社会へ移行するために必要な指標を構築するため、マテリアルストックデータベースの構築を進めている。

以下に、本研究に関わり開催された有識者会議及び現地調査の結果について付録を記載する。

<第1回 環境省内部会合>

日 時：2015.7.29 10:00-12:00

場 所：環境省

参加者：環境省担当官、谷川(名大)、醍醐(東大)、小口(国環研)、奥岡(名大)、高木(みずほ)

議 題：本研究の遂行に関して、担当官と研究メンバーで情報共有と課題の整理がされた。

内 容：

第3次循環型社会形成推進基本計画での課題

- ・ストックとは
- ・有用な資源とは

次世代システム研究会のストック型社会

- ・世代を超えて長く使えるものを
- ・長期利用で低コスト化を
- ・資源搾取の削減を
- ・三社会統合化

本研究で目指すこと

- (1)物質ストックの区分と具体事例の整理
- (2)物質ストックの環境・経済面での定量的評価
- (3)我が国に蓄積された物質ストック状況の把握
- (4)ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価

ストックの事例整理イメージ

自動車为例にした説明

外部有識者検討会

PDCA サイクルの様に、一連のフィードバックを

ストックの指標化

ベースは基本計画の三指標

これをサポートするようなストックのあり方を示す

良いストックを明確に示すのは困難

- ・次の世代が利用できることを優先するか
- ・そのものだけでなく、素材として2Rで利用できることを優先するか

インフラを整備・解体する中で、物質をどのように扱っていくか

- ・リサイクルを考えると、同じインフラストックでも、地上と地下で異なる
- ・再利用可能性は同じ軸に載ってくる

リサイクルを考慮する理由は、天然資源利用量削減と最終処分量削減

- ・精緻に計算すれば、投入回避量と廃棄回避量で評価可能

<第1回 物質ストック有識者会合>

日 時：2015.9.12 13:00-18:00

場 所：九州国際大学

参加者：岡本(九州国際大学)、谷川(名大)、醍醐(東大)、奥岡(名大)、高木(みずほ)

議 題：岡本先生と本研究メンバーがストック型社会の概念について議論し、「次世代システム研究会」にて発表を務めた。

内 容：

ストック型社会の構築に向けた論点（環境面から見た視点）

- ストックの定義は幅広い（自然資本、人工資本、社会関係資本、金融）
- ストック型社会の構築によるメリットを環境分野においても期待している
 - 具体的なメリットや構築のための具体的方策がわからない
 - 有用なストックとは具体的に何か。定量化できるのか。
- 有用なストックを選択する理由は多様（環境・経済・社会）
 - 携帯マグ：温度保持（機能性） vs ペットボトル：飲む量（機能性）や荷物（利便性）
 - 中古住宅：コスト（経済性） vs 新築住宅：文化・価値観（新品信仰）（社会性）
- 有用なストックの評価軸も多様（機能、価値、稼働率、耐用年数、・・・）
- 有用なストックを増やすためには多様な政策が必要
 - 金融政策（リフォームと固定資産税、耐震性と税制）
 - 国土政策（立地論）
 - 農林水産政策（自然資本の維持・管理）
 - 環境政策（省エネ製品への優遇措置）

同時開催：次世代システム研究会第90回定例研究会



次世代システム研究会
第90回定例研究会

メインプログラム

環境省 第10期 環境経済の政策研究 平成27～29年
「我が国に蓄積されている資源のストックに関する調査・検討」
についての発表とディスカッション

特別講師 谷川 寛樹 名古屋大学環境学研究所・教授
醍醐 市朗 東京大学工学研究科・准教授
高木 重定 みずほ情報総研・研究員

現在秋田県産が研究対象として、ストック型社会に関する政策研究を進めています。これに賛同して、当該研究のメンバーの你也加担になり、国レベルでのストック研究について協力いただきます。また、次世代システム研究会会員のディスカッションを行います。是非多くのご参加をお待ちしております。

同本会長ご挨拶・次世代システム研究会 各プログラム進捗報告など

2015.9.12 sat 15:00-
九州国際大学 1号館 1階 AL教室

お申込み・お問い合わせ 次世代システム研究会 事務局 山崎 由佳
TEL 093-731-7690 / FAX 093-731-7691 E-mail: yamaji-yusuke@theknot.jp

<第2回 物質ストック有識者会合>

日 時：2015.9.15 13:30-14:30

場 所：サピアタワー 5階 501

参加者：森口(東大)、橋本(立命館大学)、南斉(国環研)、谷川(名大)、醍醐(東大)、奥岡(名大)、高木(みずほ)

議 題：「ストックとは何か」について、議論を行った。

内 容：

ストックとは何か，ストック型社会とは何か

循環型社会という言葉自体では新しいことは生み出さない

Sound material cycle society と

北九州での事例

ストック型社会の方が通りが良い，まちづくり系の人たちであるため

循環型社会の受けはあまり良くないが

ストック特区を設けることも一案

シュリンクしながら高級住宅を準備しなくてはならない

有用なストックとは何か

経済性だけでなく

どう評価する？

単純にあると良いストック

レジリエンスに効果がある

負のストックの取扱について

災害時にネガティブになる

鬼怒川付近でも同様の問題があった

建設廃棄物がポテンシャルで見ると少ない

壊さないのか，壊すモノがないのか

バブル時に解体&着工をしすぎた

当時は付加価値を生むためであった

長寿命化を単純に評価すると後の世代に負担を押しつける

生産を挙げられる，付加価値とセットで

長寿命化とリサイクルは進めないと

安易に聞き心地の良いキーワードに乗っかってはいけない

最終的なとりまとめについて

三社会統合とストックフローの考えを結びつけられるように

ストック型社会の概念自体が未整理

指標化をしても使ってもらえなければ意味が無い

物質面での価値を評価する

最終的にはストックとフローを結びつけて絵を作成する必要がある

<第5回 研究グループ内部会合>

日 時：2015.11.6 13:00-15:00

場 所：みずほ情報総研 会議室

参加者：谷川(名大)、小口(国環研)、奥岡(名大)、高木(みずほ)、田邊(みずほ)

内 容：

良いストックとは

- ・ 質の高いストックの考え方は様々。
 - インフラで考えると、長寿命、レジリエンス、安心がキーワードとなる。

長寿命化

- ・ 自動車を買替えるのと、燃費が悪くても同じ車を乗り続けるのと、どちらが良いのか。
- ・ バウンダリーを引くのが難しい。良いストックは、時間軸によっても変化する。
- ・ 長寿命が、良いストックとは必ずしも限らない。寿命そのものが良いストックの指標には必ずしもならないのではないかと。買替えることで、環境負荷が増加すれば長く使うべきだし、減少するのなら買替えるべきである。
 - 現状のエアコンで10年使用しても、コストに影響しないのであれば12年使えば良いし、影響するのであれば8年使えば良い。
 - 今ある製品の機能がどうかということに着目してみれば良いのではないかと。機能が一定であれば変えるべきではないし、良くなるのであれば変えるべきである。
 - 10年使用する自動車についても、良いストックかどうかは、環境・経済・社会の3つの軸で見るなど、色んな側面で見ると判断しないといけない。
 - そのためにも、ケーススタディーでは数字で示す必要がある。

更新スピード

- ・ 更新スピードが早ければ、寿命は短くても良い。
- ・ 現状の寿命を固定して、「本来はこれくらいの機能が必要だろう」と、機能の最適解を出しても面白い。

新幹線

- ・ 使用頻度も入れる必要がある。新幹線は、その点は統計上クリアで分かりやすいし、性能の時系列データもあるはずだ。
- ・ スピードやCO2排出量など、性能の変化の記録はあるはずだ。

アンケート

- ・ アンケートは、自動車よりも将来性のありそうな家電について年度末から実施したい。

ケーススタディー

- ・ 機能、寿命、使用頻度など、軸がはっきりしていれば、ケーススタディーができる。
- ・ 最後に掛け算をすることで、良いストックがこれだけ日本中に普及すると、環境負荷がこれだけ下がるというような結果が提示できるのではないかと。

貨物

- ・ 旅客車両と貨物列車の比較はどうか。貨物輸送はトラックよりも効率はかなり良いが、更新はしてなさそう。

- 貨物を更新したら、どのくらい良いものになるのか見ても面白いのではないかな。
- 旅客と貨物はそもそも機能が異なる。貨物列車が最新になったところで意味はあるのかな。

福祉面から見たストック

- ・ 良いストックかどうかを、どこで線を引くのか。そもそも、車よりも歩いた方が良いのではないかなという話もある。車道を半分にして、自転車道を増やした方が社会的なストックは大きいとも考えられる。
 - 人の余命年数、life expectancy、人の健康寿命を増やすためのストックという考え方もある。
 - 人の寿命が伸びることが必ずしも豊かさとは限らない。
- ・ 岡本先生曰く、クオリティストックという考え方もある。

バウンダリーの切り方

- ・ どういった視点で評価するのか。例えば、特定の製品、機能（例：人の移動）、素材等を決めてその上で評価を行うのがよいか。
- ・ 人が何をしたいかとは、ニーズの話になる。ニーズを満たすための機能。
- ・ 素材で考えた場合には、それぞれのマテリアル（鉄、プラチナなど）について、何に使えば1番発揮できるか。
 - モノの最適用途を見出すということは、社会的に重要だと思う。ただ、価値観や、人の視点もある。

豊かさとは

- ・ 豊かさを何ではかるか。人の周りには「必要なもの」と「豊かにするもの」がある。
 - 途上国では、「必要なもの」を重要視、先進国では「豊かにするもの」を重要視。
 - 良いストックとは、「必要なもの」と「豊かにするもの」の両方を兼ね備えたモノではないかな。

災害とインフラ

- ・ イタリアも日本と同じように、地震や災害のある国。第二次世界大戦までは、最新のものを取り入れていたが、最近は新しいものを追い求めてない。
- ・ 災害の頻度とインフラの原単位の関係性を見てみたらどうか。同じ災害頻度でも、GDPによって、インフラの原単位が変わるのではないかな。
 - 日本は、他国と比べ、インフラの原単位が次々と上がっている状態にあるのではないかな。

建築基準

- ・ 1980年代に、建築基準法が制定されて以降、耐震化が考慮されていなかったものは、壊され、基準が上がる度に基礎の重さが増えているような状況。
- ・ 戦前は、家族が何世代も同じ家を使い続けていたが、今は人も動くし、新築に住むようになっている。
- ・ 本当にその基準を満たす必要があるのか。
 - チリのように災害に何度遭っても、建て直し続ける例もある。
 - 堤防も壊れても仕方ないという考え方もあるのではないかな。四万十川の沈下橋など。
 - 基準があるからといって、建て直す必要もないのではないかな。

名古屋大での計算

- ・ 建築物種類で、ストックの初期値をタンクモデルに入れて計算している。
 - 造られた時の耐用年数、壊れた時の耐用年数（推計が必要）
- ・ 家電はストックで、保有データは変動していない。成長曲線は外挿。

建築物のトレンド

- ・ 空き家は、demolition（取り壊し）に入っていない。
 - 住宅は良いが、商業施設の空き家は把握が難しい。
 - 床面積／人口を見てみると、東京は高いが、地方都市は空き家の増加により低い。空き家は駐車場などに変わり、ストックとしては0になる。
- ・ 戦後は、耐用年数は少しずつ伸びている。金利が安くなると、建て替えの更新スピードは上がる傾向にある。

<第6回 研究グループ内部会合>

日 時：2015.11.19 18:00-20:00

場 所：みずほ情報総研 会議室

参加者：谷川(名大)、醍醐(東大)、奥岡(名大)、高木(みずほ)、田邊(みずほ)

内 容：

個別のケーススタディの扱い

<名大>

- ・ 環境省の物質フロー図にストックを追加する
- ・ 1990年から2012年の物質フローのデータ
- ・ ストックをどう見る？
 - 初期値を固定にして、後はフローからNASを追加していく
 - 更に過去分の集計をすることにどう意味はある？

循環計画

- ・ ストックの位置づけ
 - 原案をこの研究で作成してベースにする
 - 方法論はそれぞれあるが、みずほの作業を軸にする。
- ・ 次期計画の目標をどう計算するかに関係している
 - 本来はストックベースで、差分としてのフローのあり方を考えるべき

計画書との対応

- ・ 「(1)物質ストックの区分と具体事例の整理」⇒様々なストック型社会の概念を整理
 - 小口先生：家電と鉄道にフォーカスしていく。別の推進費との兼ね合いもあるが
 - 名古屋大：土木
 - 環境省担当者はGHGを中心に、経済にも重点的に興味がある

醍醐さんの機能の議論をどう組み込むか

- ・ 「(2) 物質ストックの環境・経済面での定量的評価」
「①分析・評価手法の検討」⇒手法・研究計画のアウトプット（今年度）
「②個別事例に基づくケーススタディー」⇒個々の研究者の深掘りしたケーススタディ
 - 自由にやるが、ゴールは明確に。
 - 予定は来年
- ・ 「(3) 我が国に蓄積された物質ストック状況の把握」⇒物質フロー・ストック図の作成
 - 毎年更新可能

醍醐研学部生の卒論で

- ・ 建物の物質量を計算、床面積や強度と比較して、MIPS の様な評価を
 - 名大のストックデータと突き合わせて、成果を共有できるように
- ・ 空間を支持する、材料と強度と、 , , ,
 - 強度の定義が難しい
 - 建築だと引張と圧縮で別々。RC, S, W で結構変わってくる

谷川研学部生で

- ・ 建築物の原単位と耐用年数
- ・ 建築のデータベースをこの研究グループ全体で整理
 - 建築の基礎の下の捨コンにクラッシャーラン入っている

良いストックの定義を整理する

- ・ 良いストックとは何と定義をするかが、難しい。
 - 長く使えば良いのか？
 - どのあたりを良いストックとする？
- ・ 2軸で組み合わせて、範囲にあたりを付ける
 - 日本全体としては、「現在〇割が良いストックである」と、分析⇒その数を増やす社会を提案できるのではないかな。

軸の設定

- ・ 環境面：GHG 排出量、機能
- ・ モノ面：機能の更新スピード、寿命、使用頻度
- ・ 技術革新のスピード — 使用頻度
- ・ 技術革新のスピード — 新しく作り直した時の環境負荷量
 - どの段階で最新の省エネに変えるのか。適切なバランスがある。
 - 基本は長寿命化が望ましいが、技術革新のスピードが速いものは更新していくことが望ましい。
 - LCA で観たときに、エネルギー効率が支配的な財は更新頻度を上げて（鉄道や家電など, , ,）

経済の話

- ・ 経済の話をどう入れていくか
 - 分けるよりも、 経済／環境 というように同じところで考えた方が分かりやすいのではないかな。

- 直接金額で示す必要はない。あまり GDP を入れると、指標の話になってしまうし、それは他でやっている。
- スtock・フローの内容が経済と密接である

良いStock・悪いStock

- ・ 良いStockとは何か誰も示してはいない。
 - 循環型社会を構築する上で、Stockは大事！と言っているが、何を更新して、何を長く利用すべきか、は話されていない。
 - どのようなStock型社会を示していくのか。
 - 明確には提示できないが、いくつか例示はできる
- ・ 良いStock・悪いStockの内容を練る必要はある
 - 練らないと計画の②ケーススタディで重要になってくる。
 - GHG 軸の整理はできるが、全体感を考えたときには、GHG は関係ないのではないか。

インフラ

- ・ 土木系構造物でも、ものによって異なる。
 - 堤防などは極端な革新はない。1000 年そこにあれば良い。
 - 鉄道は機能向上が起こりうる。
 - 高速道路でも燃費が良くなるなど機能性の高いものがあるが、住宅の技術に比べれば革新スピードことはない。
- ・ これからつくるインフラに対して、Stockをどう持たせるか。
 - Stockの稼働率とリダンダンシーを観て必要以上の更新が発生しないよう、余裕を持った設計は必要。
 - 人口減少の中で、優先順位など見られれば既存の想定 of 枠組み以上に、機能の多様性を考慮すべき。
 - 今の公共事業は、その時点での最適なものを造るため、ギリギリの設計で安かろう悪かろう。将来はどう設計していく？余剰はどの程度必要？

維持管理型の社会

- メンテナンスをすることで、お金が地元に落ちて、社会雇用も産まれる。
- 維持管理型の社会を指向しているが、維持管理の財政もこれまでほどは積めない。
- 建物は市場原理が働くが、道路は無くすことはあまりない。
- 空家を壊すと、耐用年数は減少するが、機能の低下していたStockを減らすことができる。

評価手法の再考

- ・ 軸の課題
 - 明らかな結果を、2 軸でプロットした図を見せられると良いが、なかなか答えがない。
 - スペクトルが増えすぎると、一つの図にプロットするのが難しい。
- ・ 軸を使わない評価手法
 - 機能向上と耐用年数は定量化しやすいが、もやもやとしたものを、ランク評価して見せるのも手。(A, B, C、満足度…)

- (2)では、「多様なストック評価論」を示すこともあり。

海外

- ・ 海外では、良いストックをどう思うか。
 - イタリアでは、ストックは、あって当たり前であるべきもの。
 - 海外からは、工学系より、社会学系の人の話を聞いても面白そう。

軸

- ・ ストックは飽和している、単年のフローで割れば、ざっくりした耐用年数
- ・ 財ごと・素材ごとにみて、何があきらかになるのか、 , , ,
- ・ 何と比較してプロットすると興味深いのか、 , , ,
- ・ 機能として、Capacity（総量）で評価
 - Capacity とは、総量、空間の積数、道路交通量、下水処理能力（パイプの太さ）
 - 実際の旅客量より、設計輸送人員の方が良い。使用効率の話になってくる。
 - Capacity を縦軸で、横軸を耐用年数

LCA 学会に出してる内容で、 , , ,

- ・ 「機能のインベントリ：ミッドポイントとエンドポイント」
 - 同じ目的に対して、どの形で集計するか
 - 鉄道で言えば、貨物に旅客のトン換算を足したもの
 - ひとつのグラフにプロットできる
- 「モノ」が発揮できるポテンシャルを見るべき
- ・ 所有の形態を考えたときに、実際の利用までは追えない。
 - 持ち主が変わっていても、使っているのなら、ものの持っているポテンシャルや、Capacity で見ても良い。
- ・ 耐用年数のとらえ方
 - 機能としての耐用年数と、社会としての耐用年数

<第7回 研究グループ内部会合>

日 時：2016.1.15 18:00-20:30

場 所：みずほ情報総研 会議室

参加者：谷川(名大)、醍醐（東大）、小口(国環研)、奥岡(名大)、高木(みずほ)、田邊(みずほ)

内 容：

政策研究計画に対するアウトプットの方針

(1)物質ストックの区分と具体事例の整理

- ストックの区分の整理は3年かけてつくりあげる予定だが、打ち合わせの段階で現時点での成果を出す。
- ストックを評価することによる環境政策へのメリットがあるか。
- イタリアのケースや有識者会合を踏まえて、ブラッシュアップする予定。

(2)物質ストックの環境・経済面での定量的評価

①分析・評価手法の検討

②個別事例に基づくケーススタディ

- ストックが産み出す価値とは何か。
- 11/6, 16 の議事録を報告書に載せて、成果の紹介をする。

(3)我が国に蓄積された物質ストック状況の把握

③統計処理手法の確立

④実務ベースの物質ストック把握手法の検討

- 物質フローストック図を作成する。

(4)ストック型社会の構築による環境・経済面への影響評価

- ストックがあることで、本当に生活が豊かになるのか。有識者やイタリアの大学にも伺う。

物質フローストック図

- ・ 名古屋大松井さんが作成。
- ・ 1990～2005 年の 5 年毎の移動平均値を出した。（90 年の値は 88～92 年の平均値。）
- ・ 金属、土木系全部含んだ値となっているが、耐久消費財は入っていない。
- ・ 単位は 10^6 トン。だが、一桁ずれている可能性があるので確認する。
- ・ 一番下の「ストック」にレイヤーを入れて表示させたい。ストックのうち、土木、自動車等がどれだけ入っているか分かるように階層表示する。
- ・ 「廃棄物発生」は、入口と出口の矢印をストックとどこまで繋げるか。フローとの境をどうするか。

軸の設定

- ・ 部門軸と物質軸の両軸のマトリックスをつくってもよい。
- 「2. ストックの区分」について (p. 20)
- ・ 「社会関係資本」の下にも、具体的なキーワードを入れた方がよい。
 - 人的資本（人の繋がり）、地域環境力、福祉など
 - NP0 や浅野先生、鶴澤先生の好きな言葉

「2. ストックの区分—物質ストック—」 (p. 21)

- ・ 右下のストックの概念図は、「3. 環境政策の視点からみたストックの区分」の（1）～（3）とリンクしているのか。
 - リンクはしていない。正のストックは（1）、負のストックは（2）のイメージ。
 - この図は、まだ議論が煮詰まる前につくったもの。
- ・ 正負の境の線も、ライフサイクルによって動く。

負のストックという表現が正しいのか。 (p. 24)

- ・ 有害物質だが、有用性のあるものもある。ものがそこにあるだけではプラスかマイナスかは判断できない。
 - そのため、「適切に管理する必要がある」とした。
- ・ 科学的知見が増えることで、有害物質と認識されるので、ストックのリスクは変化する。（フロン、アスベストなど）
- ・ 何の軸で負となるかの判断が難しい。

- 燃焼効率の悪い施設は、コストの面で負になるのか。空き家は災害時の安全性の面で負となるのか。
 - ・ 負をリスクとした場合、発生頻度を掛けて定量化することも可能である。一方、正のものは、ずっと発現しているもの。
 - ・ 負に分布しているストックの山が、正の分布に変換していくことが、理想的な状態ではないか。
 - ・ 放射性物質の扱いは、安全面では負だが、医療の面では有用の場合もあるなど、難しい。
3. 環境政策の視点からみたストックの区分「(3) 我が国が保有する資源ストック」(p. 25)
- ・ 「廃棄された物質ストック」とは、ストックではなく、フローではないか。
 - 小型家電のように最終処分ではなく、分別して管理すれば、価値を残すためのストックとなるのではないか。
 - 震災の時には、セメントが不足し、最終処分場にある石炭灰を掘り起こして、仮設道路をつくった例もある。
 - 使用後・使用前で区別するのではなく、今あるストックの価値に使い終わった後の価値を想定して積み上げればよいのではないか。(ストックのポテンシャルを見る。)
 - ・ 「環境資産や土地等の自然資本は」とあるが、自然資本だけなのか。
 - ・ (3) の位置付けは(1) でもいいのではないか。
 - ・ 「低炭素社会」や「生物多様性」といった観点はここに入るのか。
- (参考) 有用な物質ストックの判断基準 p. 26
- ・ 軸の図は進捗しているか。
 - 今は進捗していない。今後は、この図の中に事例を入れていきたい。
 - 軸の外側に行くほど豊かさを産み出す価値が高いものとして、レーダーチャートのように評価をしてみたはどうか。(価値の高いトンネルと低いトンネルを評価してみて、面積の違いを表せたら面白い。)

MIPS

- ・
$$MIPS = \frac{MI}{S} = \frac{MI}{MF} \times \frac{MF}{S}$$
- ・ MIPS によって、時系列によって材料がどう変化するか見てみたが、1 割も変わっていなかった。
- ・ 異なる材で同じ機能・サービスをつくった時の価値を評価してみてはどうか。
 - 鉄／木材で家をつくる場合
 - 木材の種類(杉／ひのき)

MIPS と受注量

- ・ 棒鋼で、高機能が起こっていない。棒鋼のボリュームゾーンが大きいので、ここで技術革新が起これないと、全体のストックの価値が変化しない。
- ・ 建設廃材は、上流から上流に流れている。

<第7回 物質ストック有識者会議>

日 時：2016.3.8 10:00-12:00

場 所：環境省

参加者：Prof. Heinz Schandl (Commonwealth Scientific Industrial Research Center, Australia)、
Prof. Fridolin Krausmann (IFF / Social Ecology Institute, Alpen-adolia Universtat, Austria)、
岡本久人教授 (九州国際大学)、谷貝 (環境省)、土屋 (環境省)、谷川 (名大)、醍醐 (東大)、
小口 (国環研)、奥岡 (名大)、高木 (みずほ)、田邊 (みずほ)

議 題：「物質ストック研究」に関する有識者と環境省、本研究メンバーが政策貢献について議論を行った。

内 容：

- ・日本は、循環型社会と持続可能な社会に向けた政策立案に有効な指標群を整備した先駆的な国である。まだ知見として基礎が充実していないために、ゼロからコンセプトを構築していく必要がある。
- ・日本は、資源循環の指標をリードする存在であり、高い水準の政策目標を掲げている。資源生産性・循環利用率・最終廃棄物残余年数の3指標は追随されるべきであると考ええる。
- ・循環型社会形成推進に向けて、物質ストックに関わる指標を新しく考慮する必要がある。低炭素社会、生物多様性を含んだ高い水準の政策のために相乗効果とトレードオフを整理すると良い。ストックの情報は、経済活動や人々の暮らしなど社会の健全性に大きく関わるため、政策として相乗効果が期待できる。
- ・資材投入原単位をどのように評価していくかに課題は残るが、物質ストックの経済効率に関する指標化は日本経済の真の資源生産性を評価可能にする。
- ・ストックの指標化は、消費に関する物質のフットプリントや資材投入原単位に大きく関わる。
- ・物質ストックの定量化により、廃棄と循環のポテンシャルを評価できるため、長期にわたる日本経済の動態と、将来の3指標の目標設定にも関連が深い。
- ・構造物や住宅、交通と移動、農業と食料、上下水道と水、などのサービスに対応したシステムとして物質ストックを評価することは重要である。ストックが環境負荷全体に対しておよそ80%影響しており、物質ストックフローをモニタリングすることで、環境負荷の削減の方策をより効率よく評価できる。
- ・供用されるストックの耐用年数は、日本の循環効率に密接に関わり、長期化することで経済も含めた循環性のポテンシャルを引き延ばせる。
- ・物質ストック指標の構築は、伝統的な環境政策や経済や都市計画、厚生など一側面からみた政策を超えた、政策課題と問題解決の具体化を強める。
- ・日本の国際的なリーダーシップの期待値の成長は、G7での循環経済と3Rの推進であり、アジア太平洋地域の持続可能な発展には日本の環境政策が達成した成果の貢献が不可欠である。

<第8回 物質ストック有識者会議>

日 時：2016.3.9 15:00-18:00

場 所：名古屋大学

参加者：Prof. Heinz Schandl (Commonwealth Scientific Industrial Research Center, Australia)、
Prof. Fridolin Krausmann (IFF / Social Ecology Institute, Alpen-adolia Universtat, Austria)、
Ms. Chikako Takase (United Nations Center of Regional Development)、谷川(名大)、奥岡(名大)、
Tomer Fishman(名大)、Alessio Miatto(名大)

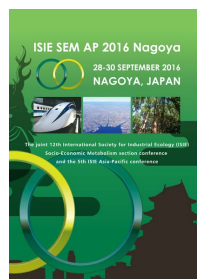
議 題：「物質ストック研究」に関する有識者を迎えて本研究メンバーが具体的な取組について議論を行った。



PreWorkshop of ISIE SEM-AP 2016

Date: Wednesday, 9th March, 2016
9:45 - 12:30

Venue: Environmental Building
3rd floor, Lecture Room 1, Nagoya University



International Workshop of Material Stock Analysis and Sustainable Material Use

Programme

Coordinator & Moderator: Prof. Hiroki Tanikawa (Nagoya University)

- 9:45 – 10:00 Opening Remarks by Dean of GSES, Prof. Hiroshi Kanzawa (Nagoya University)

- 10:00 – 11:00 Keynote

- Sustainable Material Use in Asia-Pacific counties
(Prof. Heinz Schandl, Senior Research Leader, CSIRO, Australia)

- The global metabolic transition: Modelling stock- flows dynamics in the 20th century
(Prof. Fridolin Krausmann, IFF, Alpen-Adria-Universität, Austria)

- 11:00 – 11:20 Presentation

- Material Stock Analysis and project overview, about ISIE SEM-AP Nagoya conference
(Prof. Hiroki Tanikawa, Nagoya University)

- 11:20 – 12:20 Discussions and Comments

- Prof. Heinz Schandl - Prof. Fridolin Krausmann
- Prof. Hiroki Tanikawa - Dr. Tomer Fishman

- 12:20 – 12:30 Closing Address by Prof. Hiroki Tanikawa

Contact : Hiroki Tanikawa
Keijiro Okuoka
E-mail: okuoka@nagoya-u.jp
Tel/FAX: 052-789-3840
Graduate School of Environmental
Studies, Nagoya University

This event is supported by the Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, and the Ministry of the Environment, Japan.