

平成 31 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の質に関する調査・検討)

研究報告書

令和 2 年 3 月

名古屋大学
東京大学
国立環境研究所
立命館大学

<サマリー>

I 研究計画・成果の概要等

1. 研究の背景と目的
2. 3年間の研究計画及び実施方法
3. 3年間の研究実施体制
4. 本研究で目指す成果
5. 研究成果による環境政策への貢献

II 平成31年度の研究計画および進捗状況と成果

1. 平成31年度の研究計画
2. 平成31年度の進捗状況および成果（概要）
3. 対外発表等の実施状況
4. 平成31年度の進捗状況と成果（詳細）
 - (1) 資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理
 - (2) 各要因に関連するデータベースの構築
 - ① 物質の入れ替わり
 - i) トップダウン手法による我が国全体のストックフロー図の修正
 - ii) 耐久消費財の寿命データ推定の更新
 - iii) 物質利用時間の計測による物質の入れ替わり
 - ② 稼働率・利用度
 - i) 物質ストックが提供するサービス利用度の比較
 - ③ ストックあたりのサービス発生量
 - i) 二次資源としての供給可能量
 - ii) セクター別物質ストック使用効率の推計
 - (3) 資源生産性の向上に資する物質ストック関連指標の提案
 - ④ 統計処理手法の確立
 - ⑤ 実務ベースの物質ストック把握手法
 - (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

III 今後の研究方針（課題含む）

IV 添付資料（参考文献、略語表、調査票、付録 等）

<サマリー>

2019年度は、物質ストックの状況に関して「物質の入れ替わり」、「サービス容量」、「稼働率・利用度」のそれぞれの項目について、データベース構築の更新・修正を行った。さらに、3年間の研究計画に従い、物質ストック関連指標の提案に向けた統計手法をはじめとする実務ベースの手法の検討を行った。本研究では、物質ストックに関連する要因について図-1のように5つの項に分類し、そのうち第2項から第4項の①物質の入れ替わり、②稼働率・利用度、③サービス発生効率を対象に研究を行っている。それぞれの項目は図-2にあるようなデータベースをもとに評価され、前年度よりこれらデータベースの構築・拡充を行い、研究成果として報告した。

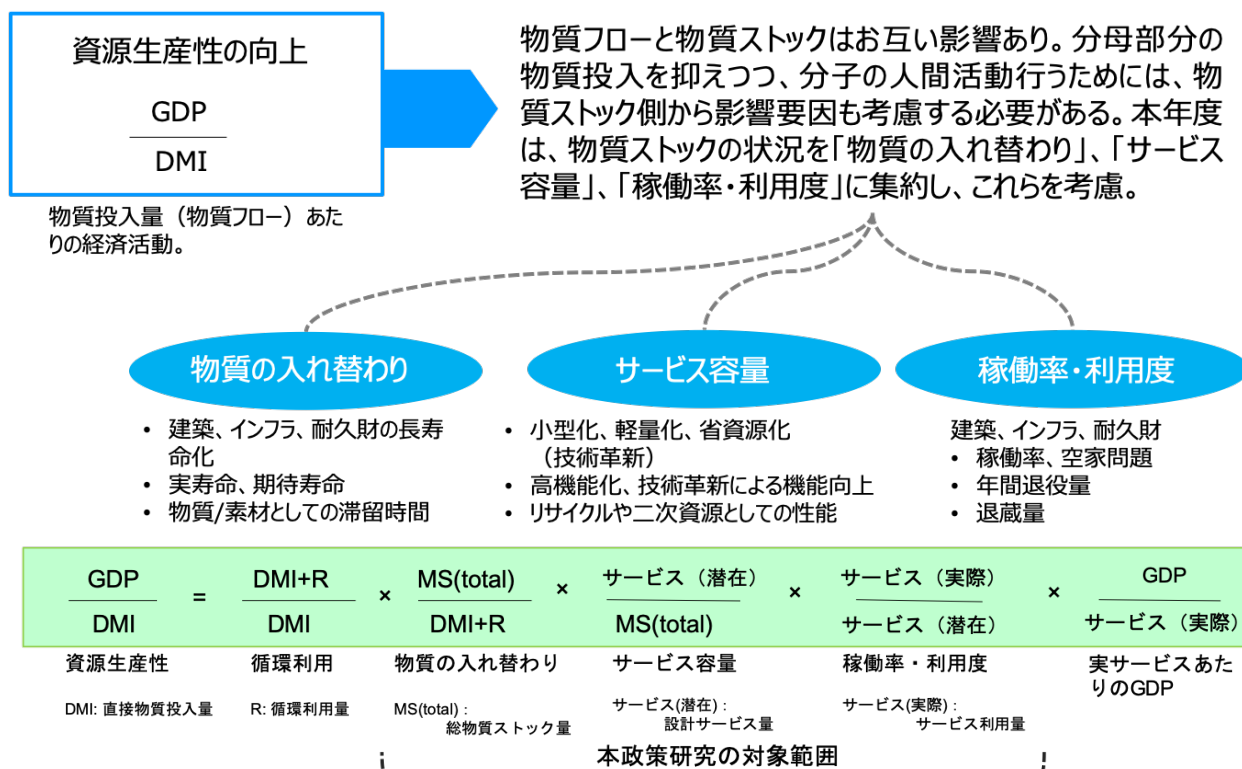


図-1 本研究における物質ストック評価のための把握対象

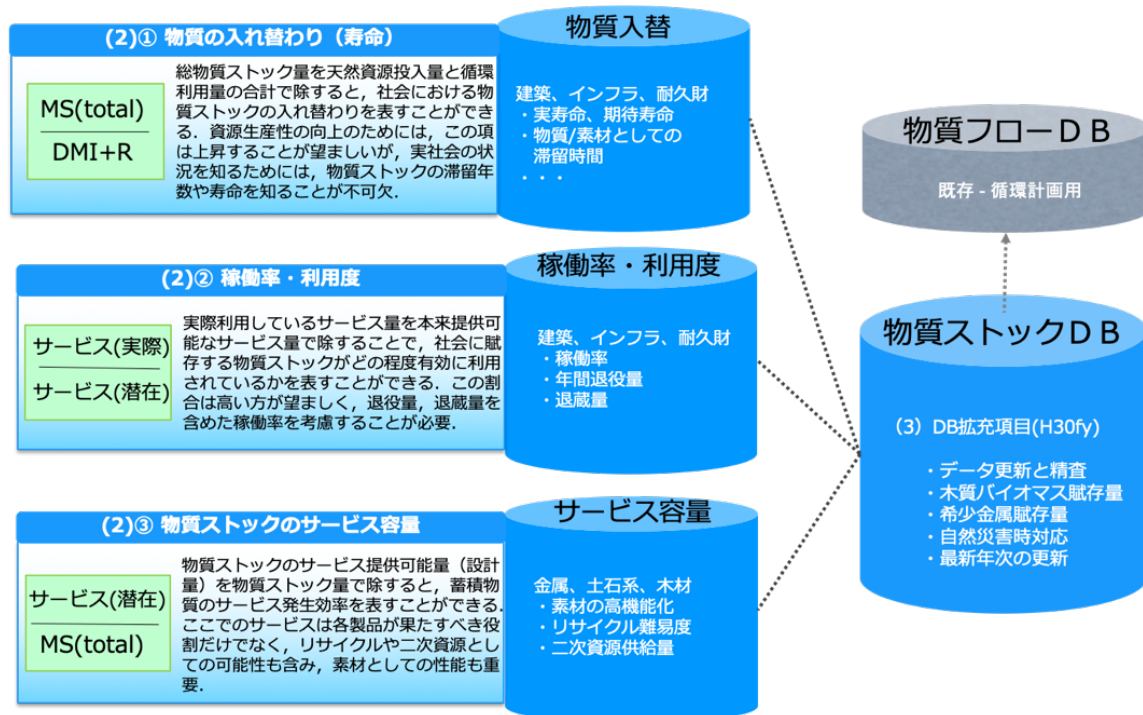


図-2 各要因項に対する必要なデータベース

本年度の進捗を示すため、前年度および本年度の実施内容について図-3にまとめた。本年度の成果として、物質ストックデータベースに関して最新年次で追加推計を実施し、二次埋蔵量データベースの拡充として、ポリ塩化ビニル(PVC)の推計を行った。物質入替の項目では、素材（プラスチック、鉄、木材）を対象に新たに利用時間を推計した。また、昨年度に構築した建築物の滞留年数の補正評価モデルを用いて、建築物ストックの利用度を推計した。さらに、稼働率・利用度及びサービス容量の項目に関連し、セクター別物質ストック使用効率の推計を行った。

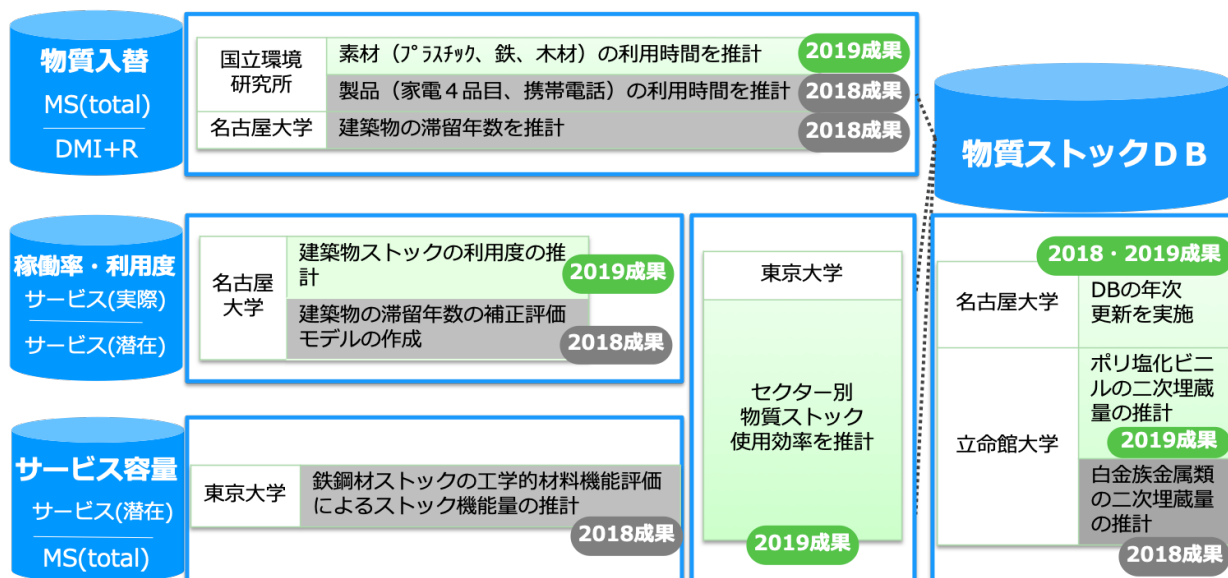


図-3 各要因項のデータベース構築に関する H30 年度の成果及び今年度の成果

<Summary>

Material stock stored in societies in the form of durable goods, buildings and infrastructures and so on provides various services drawing people's wealth and plays indispensable roll for societies. The importance of decoupling has been pointed out by UNEP and the 5th Environmental Plan (2018). Considering that material Flow is inextricably linked to material stock, total material consumption, recycled and reused amount, net addition to stock and waste generation are affected by the situation surrounding material stock. In order to improve resource productivity, it is necessary to know the status associated with material stock. In this project, quantification of material stock over time is aimed to improve the resource productivity and based on the quantification research on material stock, the subject of quality of material stock is discusseed through the index setting.

In FY 2019, the database had been updated and collected for each of the items "replacement of materials," "service capacity" and "operating rate/in-use material stock rate" regarding the material stock. Also, according to the three-year research plan, practical method including statistical approach is examined to propose the indicators related to material stock.

In this project, factors related to material stock are classified into 5 items and researches on section 2 to 4, subsection 1. replacement of materials, 2. opelating rate/utility level and 3. efficienvy of service capacity are conducted. Each item was evaluated based on the database constructed. These databases have been constructed or expanded from previous year and disclosed in this report. As a result of research in this year, additional estimation was conducted for the material stock database with the latest year and the secondary reserves database was expanded. As an example of the secondary reserves, database expansion of the polyvinyl chloride (PVC) was performed. In the item of replacement of materials, using time for the materials (plastic, iron, wood) was estimated. In addition, by using the corrected evaluation model for the length of stay of buildings which was made in the last year, material stock of building was evaluated according to its utility level. Furthermore, the efficiency for the use of material stock by sector in relation to occupancy rate/in-use material stock rate and service capacity was estimated.

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様々な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。デカップリングの重要性はUNEPや第五次環境基本計画(H30)にて指摘されている通りであるが、それにつながる資源生産性は、循環型社会形成推進基本計画(H30)にて既に数値目標が設定されており、毎年度算定が実施されている。資源生産性は「GDP/天然資源投入量」で表されるが、天然資源投入量は物質フロー全体が深く関わっている。実際には、物質フローは物質ストックと表裏一体であり、総物質消費量、循環利用量、蓄積純増量、廃棄物発生量等は物質ストックの状況に影響を受けている。資源生産性の向上を目指すためには、関連する物質ストックの状況を知る必要がある。

循環型社会形成に資する物質ストックに関する国内、海外での研究事例はまだ少なく、物質ストックの定量化に関する研究事例は増えているものの、物質ストックの質に関する知見は少なく、循環型かつストック型の社会形成を目指すための物質ストックの量と質の両面を明らかにする研究が求められている。申請者らの研究グループは、環境省循環計画分析・新指標検討WGを通じて、これまで実施してきた物質フロー・ストックの定量化と関連する資源効率性指標群の研究成果を提供・議論し、環境政策への貢献を続けている。物質ストックの定量化研究をベースとして、本研究課題である「物質ストックの質」に関する検討を一部進めており、本研究を進める環境を既に整えている。

本研究では、申請者らの過去の研究成果や海外の知見を生かし、資源生産性の向上に資する物質ストックの状況を、経年的に定量化・指標化することを目標とする。具体的には、以下の4項目を中心に調査・検討を行う。

- (1) 資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理：物質ストックが提供しているサービスと社会への影響を分類し、資源生産性の向上に資する良質なストック、良質ではないストックを明らかにする。「質」には様々な側面があり一概に評価することは難しいため、循環政策への反映を考慮し、資源生産性の向上に寄与する要因について検討を行う。
- (2) 各要因に関連するデータベースの構築：資源生産性の向上に資する重要な柱と考えられる物質ストックの①物質の入れ替わり、②稼働率・利用度、③ストックあたりのサービス発生量、に関するデータベースの整備を行う。
- (3) 物質ストック関連指標の提案：(1)(2)に基づき、資源生産性の向上に資する定期的に計測可能な指標について検討を行う。物質ストック指標を定量的かつ経年的に計測するために必要な④統計処理手法を確立し、政策に必要なデータとして随時更新可能な⑤実務ベースの物質ストック関連指標の把握手法を検討する。
- (4) 物質ストックの質の違いによる環境・経済・社会に与える影響：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。環境・経済面からの国内外の有識者によるアドバイザリー会合を実施する。

2. 3年間の研究計画及び実施方法

本研究では、下記の項目の通り研究を実施する。

(1) 資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理

物質ストックが提供している社会サービスには様々な側面があり一概に評価することは難しい。まずは、循環政策への反映を考慮し、資源生産性の向上に寄与する物質ストックに関連する要因について検討を行う。資源生産性を物質ストックに考慮して要因分解を行った例が図-i である。ここでは、資源生産性を試行的に要因分解したものであるが、主に5つの項に分類している。第1項目は、天然資源投入量（DMI）で総物質投入量（DMI+Recycle）を除し、循環利用がどの程度あるのか表している。第2項目は、総物質ストック量を総物質投入量で除し、社会での物質の入れ替わりを年数で表している。第3項目は、実際に使っている物質ストック量を総物質ストック量で除し、物質ストックの稼働率や利用度を表している。第4項目は、現役物質ストックのサービス発生効率を表し、最終項はサービスあたりのGDPを示す。ここで、第2項目から第4項目が物質ストックに関連が深く、本研究が対象とするものである。(2)につながる①物質の入れ替わり、②稼働率・利用度、③サービス発生効率の側面からデータの収集およびデータベースの構築を進める。

$\frac{\text{GDP}}{\text{DMI}}$	=	$\frac{\text{DMI+R}}{\text{DMI}}$	$\times$	$\frac{\text{MS(total)}}{\text{DMI+R}}$	$\times$	$\frac{\text{サービス（潜在）}}{\text{MS(total)}}$	$\times$	$\frac{\text{サービス（実際）}}{\text{サービス（潜在）}}$	$\times$	$\frac{\text{GDP}}{\text{サービス（実際）}}$
資源生産性		循環利用		物質の入れ替わり		サービス容量		稼働率・利用度		実サービスあたりのGDP
DMI: 直接物質投入量		R: 循環利用量		MS(total): 総物質ストック量		サービス(潜在): 設計サービス量		サービス(実際): サービス利用量		

本政策研究の対象範囲

図-i 資源生産性の要因分解

(2) 各要因に関連するデータベースの構築

資源生産性の向上に資する重要な柱と考えられる物質ストックの①物質の入れ替わり、②稼働率・利用度、③ストックあたりのサービス発生量、に関するデータベースの整備を行う。

- ① 物質の入れ替わり：総物質ストック量を総物質投入量（天然資源投入量と循環利用量の合計）で除すると、社会における物質ストックの入れ替わりを表すことができる。資源生産性の向上のためには、この項は上昇することが望ましいが、実社会の状況を知るためには、物質ストックの滞留年数や寿命を知ることが不可欠であり、関連するデータベースの構築を行う。
- ② 稼働率・利用度：現役である物質ストックの量を総物質ストック量で除すると、社会に賦存する物質ストックのうち有効に利用できている物質ストックの割合を表すことができる。この割合は高い方が望ましいが、退役量、退職量を含めた稼働率を考慮することが必要となる。これらに関連するデータベースの構築を行う。
- ③ サービス発生効率：物質ストックから得られるサービスを現役物質ストック量で除すると、蓄積された物質が社会に対して発生しているサービスの発生効率を表すことができる。ここでのサー

ビスは各製品が果たす役割だけでなく、リサイクルや二次資源としての可能性も含み、素材としての性能評価も重要となる。

(3) 資源生産性の向上に資する物質ストック関連指標の提案

上記を考慮し、循環政策をはじめ環境政策に資する計測可能な指標について検討を行う。物質ストック関連指標を定量的かつ経年的に計測するために必要な④統計処理手法を確立する。ここでは、(1)において要因分析を行ったことを受けて、環境政策に資する指標について、(2)のデータベース構築を用いて、指標体系の構築を行う。

さらに、環境政策、特に循環型社会形成推進基本計画の推進に必要な情報として、定期的に更新可能な⑤実務ベースの物質ストック指標の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

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。環境・経済面からの国内の有識者検討会の開催に加え、海外の事例とも比較することで、良質な物質ストックによる豊かさ、さらには、低炭素社会・循環型社会・自然共生型社会の三社会統合に資する検討を行う。質的区分を考慮した物質ストックとその社会への影響については、広範囲に渡る環境・経済面からの助言が必要となるため、アドバイザリーボード会合を組織し、継続的な議論・更新・見直しを進める。アドバイザリーボード会合のメンバー（案）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）、眞弓浩三教授（徳島大学）、近藤康之教授（早稲田大学）、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 Heinz Schandl 教授（オーストラリア連歩科学産業研究機構 CSIRO、ISIE 会長）、Fridolin Krausmann 教授

（オーストリア IFF 社会環境研究所）、Walter Reinhardt 博士（UNEP）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。

本研究の実施に当たって、各年度に行う計画を以下に示す。(図-ii、表-i)

【2018 年度】

「(1) 資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理」を実施するとともに、「(2) 各要因に関連するデータベースの構築」を行う。さらに、翌年度より「(3)物質ストック関連指標の提案」を実施するため、「(3)④指標の統計処理手法」に必要な(2)①②③の暫定結果の整理を行う。また、(1)および(3)の実施のために、環境・経済面から分析を行う研究者を中心に組織したアドバイザリー会合を通じてヒアリングを行い、様々な分野から本研究成果の検証を随時行う。これにより、「内部会合」→「研究成果進捗」→「アドバイザリー会合」→「環境省担当課打合せ」→「内部会合」といった PDCA サイクルにより研究自体の質の向上を目指す。

【2019 年度】

前年度に整理した事例をさらに更新しつつ、(2)①②③の手法の検討の見直しを進め、その時点での研究成果に基づき、「(3)④物質ストック関連指標の統計処理手法」の検討に着手する。(2)①②③については、データや手法の更新を進め、先のPDCAサイクルにより手法や対象分野を補完しつつ(3)につながるデータの分析を行う。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指標把握手法」の検討を同年後半から開始する。

【2020 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」を行い、(2)①②③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外部有識者検討会を通じて環境面、経済面から検討を行う。

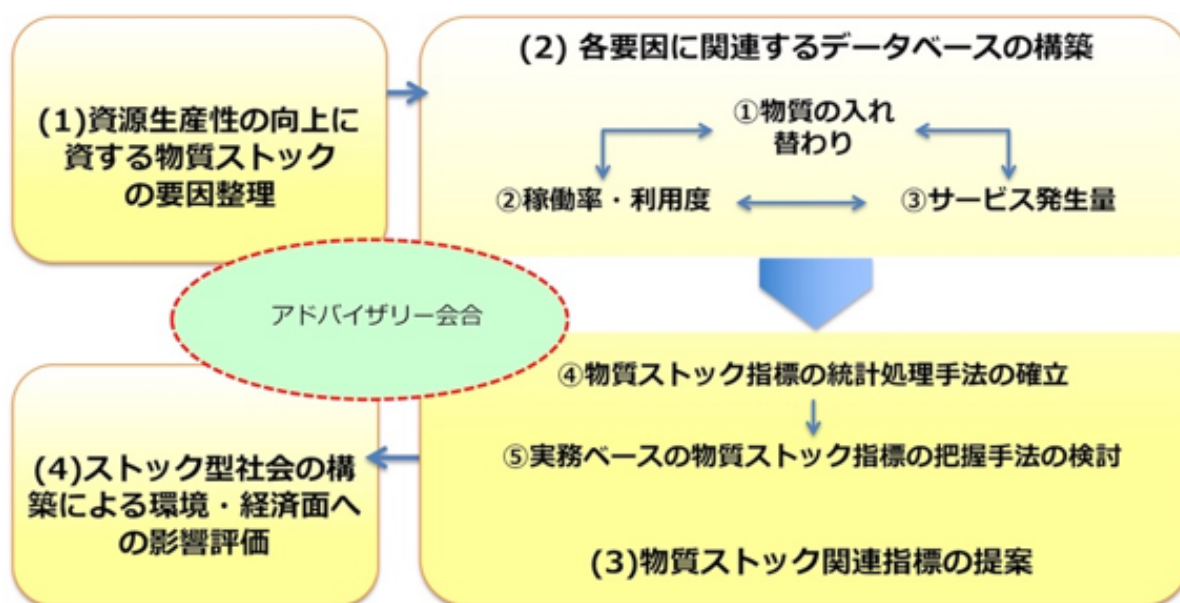


図-ii 本研究の構成

表-i 本研究の工程表

	2018年(H30)			2019年(H31)			2020年(H32)		
(1)資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理									
(2)各要因に関連するデータベースの構築									
①物質入替DB									
②稼働率・利用度 DB									
③サービス効率 DB									
(3)物質ストック関連指標の提案									
④統計処理手法の確立									
⑤実務ベースの物質ストック把握手法									
(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-ii に示す体制で実施する。(2)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。(4)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。

表-ii 本研究の実施体制

	谷川	橋本	醍醐	小口
(1) 資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理	◎	○	○	○
(2) 各要因に関連するデータベースの構築				
①物質入替 DB	○建設		○製品	◎耐久財
②稼働率・利用度 DB	◎退役	○二次	○退蔵	
③サービス効率 DB	○土石	○木材	◎鉄鋼	
(3) 物質ストック関連指標の提案				
④統計処理手法の確立	○	◎		
⑤実務ベースの物質ストック把握手法	◎			
(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

本研究を通じて以下のような成果が見込まれる。（括弧番号は上記の研究目的と対応）

(1) (2) 既存の物質ストック推計に資源生産性の向上に資する要因の分析という視点を加え、要因ごとのデータベースの構築を行うことで、物質ストックの状況とその変化を明らかにすることができる。

(3) (4) 定期的に計測できる物質ストックの質に関する指標を提示し、我が国の物質ストックの状況を明らかにする。さらに、統計情報を用いて随時更新する実務的な作業につなげる。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

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、第五次環境基本計画（H30）における重点政策「②国土のストックと指定の価値向上」の実現へ寄与するとともに、第四次循環型社会形成推進基本計画（H30）にて今後の課題とされる物質ストック関連項目の指標検討に資するものである。

1. 平成 31 年度の研究計画

まず、「(1)資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理」について、前年度の成果に対するご意見をもとに、それぞれの要因について再検討・修正を行う。(2)①物質の入れ替わり、②稼働率・利用度、③サービス効率については、前年度までに蓄積されたデータベースの更新及び、推計手法の再検討・修正を行う。本研究年度には、前述のデータベース構築と平行して「(3)④物質ストック関連指標の統計処理手法」の検討に着手し、その一部として環境省による物質フロー統計に準じた物質ストック・フロー図の修正・一部詳細化を行う。なお、修正の際は今までと同様に統計等、継続的に更新可能なデータを用いる。また、本研究で用いられるPDCAサイクル(図-1)に則り、有識者との会合を通し、次年度の「(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」を念頭に入れ、様々な手法や対象分野を考慮しつつ、影響評価の手法を検討する。

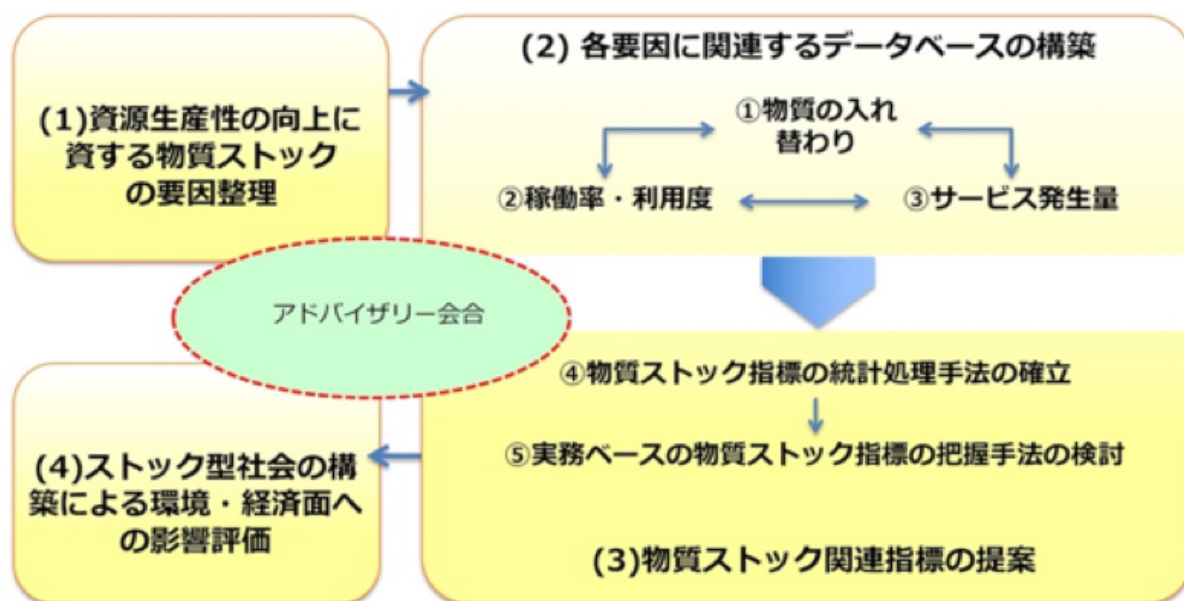


図-1 本研究の構成

物質ストックの区分について、前年度の意見を受け再検討を行う。その際、環境・経済面から分析を行っている研究者とのヒアリングを通し、様々な分野から物質ストックに関する議論・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り、特に人工資本ストックについて、大沼あゆみ教授（慶應技術大学）、馬奈木俊介教授（九州大学）と改善・活用に向けた議論を行い、次年度以降に検討する(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に着手する前段階として、環境・経済的な知見を念頭に入れた修正を行う。また、物質ストックフローを学問分野として扱う 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）にも研究協力を求め、国際的な観点からの知見の提供を求める。

(2) 物質ストックの定量的評価の更新・修正

昨年度に行った①分析・評価手法と②個別事例に基づくケーススタディのうち、②について更新可能な最新年度のデータベースを用いた推定の更新を行う。

②個別事例に基づくケーススタディ

前年度までに推計手法を構築したものについては最新の年次のデータをもとに更新する。建築物については、昨年度に検討した①を用いて、利用されなくなった退役と利用に耐えうる機能を失った退蔵ストックを分類し新たに物質ストックの推計を行う。また、耐久消費財について、平均使用年数とストックフロー比の推計方法を整理・更新し、平均使用年数の長期化による新製品の需要削減効果を分析する。

③ 統計処理方法の確立

前年度に作成した環境省による物質フロー統計に対応した物質ストック・フロー図について、統計等の収集性がより高いデータを用いることを念頭に、不足していた項目を修正、継続的に更新可能なストック・フローデータの構築を検討する。

④ 実務ベースの物質ストック把握手法の検討

物質ストックの把握手法について、各分野における詳細な投入情報を整理する。ストック量、退役量の推計に用いられる設定について、今後の実務ベースの把握を踏まえ、既往研究による手法または推計に必要な設定等、次年度以降も利用可能な状態に整理する。

(3) 我が国に蓄積された物質ストック状況の把握

(1)と(2)で整理された内容を受けて、物質ストックの現況を定量化することで、今後の政策提言に向けた物質ストックデータベースを構築する。

(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

物質ストックの定量化について行われてきた研究成果に加え、本研究で扱うストックの質に関する成果・手法を整理したのち、これらが環境・経済に及ぼす影響についてどのように評価すべきか、そのベースとなる概念について検討する。影響評価に着手する前段階として、環境・経済の分野から物質ストックをどう見るのか、どのような形であるのが望ましいのか、異なる研究分野の外部有識者との総合的な議論を行い、本年度の研究を修正・進展させる。

(1) 資源生産性の向上に資する物質ストックの要因の再検討

$\frac{\text{GDP}}{\text{DMI}}$	=	$\frac{\text{DMI}+\text{R}}{\text{DMI}}$	×	$\frac{\text{MS}(\text{total})}{\text{DMI}+\text{R}}$	×	$\frac{\text{サービス（潜在）}}{\text{MS}(\text{total})}$	×	$\frac{\text{サービス（実際）}}{\text{サービス（潜在）}}$	×	$\frac{\text{GDP}}{\text{サービス（実際）}}$
資源生産性		循環利用		物質の入れ替わり		サービス容量		稼働率・利用度		実サービスあたりのGDP
DMI: 直接物質投入量		R: 循環利用量		MS(total): 総物質ストック量		サービス(潜在): 設計サービス量		サービス(実際): サービス利用量		

本政策研究の対象範囲

(2) 各要因に関連する手法の検討・見直し

i) トップダウン手法による我が国全体のストックフロー図の修正

15

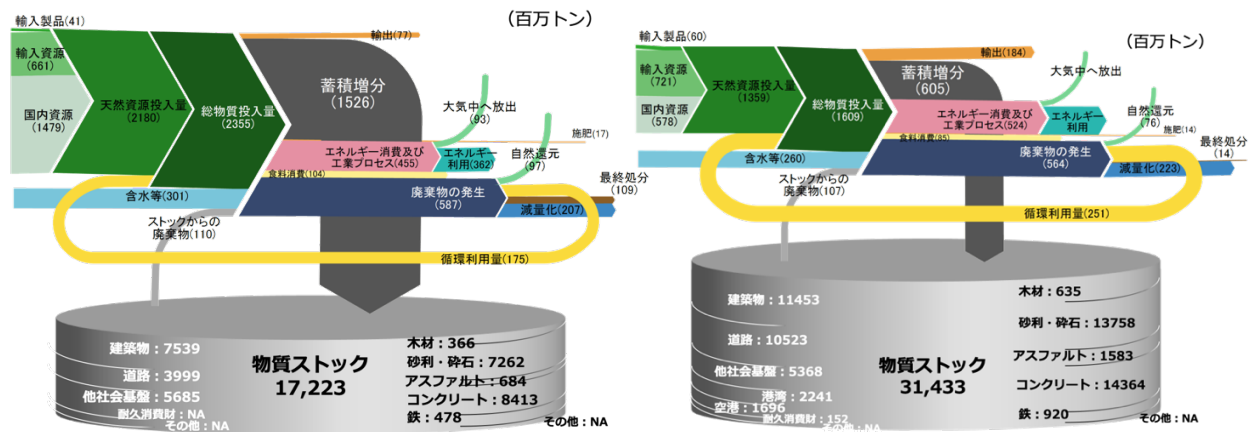


図-3 我が国の物質ストック・フロー 1990年(左)と2015年(右) (既往成果をもとに一部修正)

ii) 耐久消費財の寿命データ推計の更新

昨年度報告書において、2017年度までの主要耐久消費財6品目の平均使用年数と平均使用年数の簡易指標としてのストック／フロー比（ある年の販売量に対するストック量の比）の推定と、平均使用年数の長期化による買替需要の削減効果の分析を行った。今年度はこのデータを更新し、推定可能な直近の年度である2018年度のデータを追加した。

推計の結果、2018年度の平均使用年数は2017年度以前の傾向に沿ったものとなっており、冷蔵庫、洗濯機、乗用車では2017年度とほぼ同様、エアコンはわずかではあるが短期化、テレビと携帯電話では2017年度と比べて5%程度長くなっている（図-4）。平均使用年数の長期化による新製品の需要削減効果の計算結果について、平均使用年数が2017年度と2018年度で大きくは変化していないことから、2000年度を基準とした使用年数延長による2018年度における新製品の需要削減効果は、基本的に2017年度と大きく変わらない。ただし、エアコンでは若干の平均使用年数の短期化（と保有台数の増加）を受けて、2018年度の新製品需要は2000年度に対して10%程度増加している。一方、他の5品目については、2018年度においても平均使用年数が2000年度の値のまま推移した場合の計算値に対して実際の新製品需要は100%を下回っており、2000年度と比較した場合の使用年数の長期化による新製品の需要削減効果が見られた。

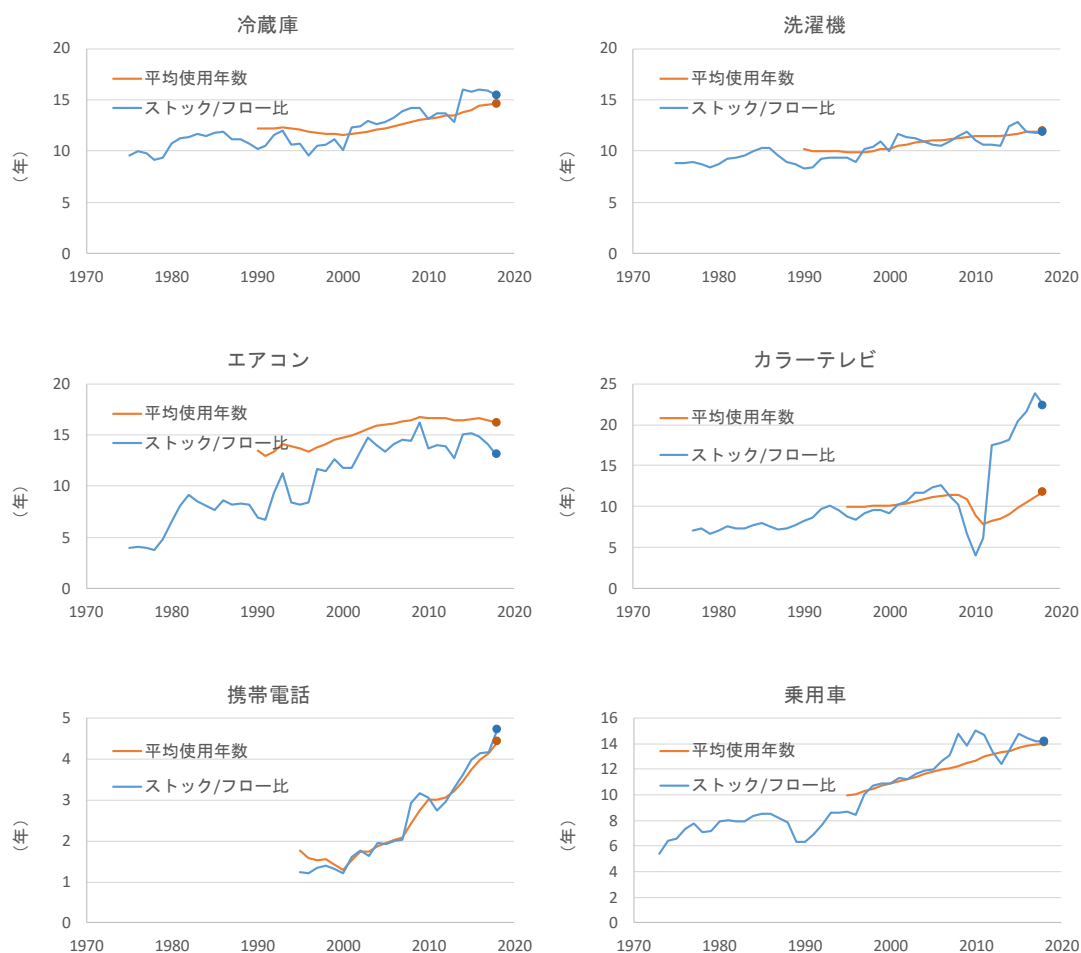


図-4 主要耐久消費財 6 品目の平均使用年数とストック／フロー比
(プロットは今年度データ更新した 2018 年度の推定値)

iii) 物質利用時間の計測による物質の入れ替わり

本項では、社会における物質の長期利用の進捗を計測するための指標としての「物質利用時間」を計測する手法を提案し、木材、プラスチック、鉄鋼を事例として、社会における物質利用時間と平均使用回数（使用サイクル数）の計測を試みている。物質利用時間の計測手法は、物質利用時間の分布にパラメトリックな統計分布関数を仮定し、ある物質の投入量（時系列データ）と物質利用時間（残存割合）の分布から計算されるストック量が、外的に与えられるストック量の値と一致するように、物質利用時間の分布の平均値を推定するものである。

2000～2015 年において、鉄鋼の平均総物質利用時間は約 5 年（36 年→41 年）、1 回あたりの平均物質利用時間は約 4 年（26 年→30 年）長くなっている結果であった。表-1 に示すように、延長年数の絶対値は鉄鋼が最も長く、2000 年を基準とした延長の割合で見れば木材の物質利用時間が最も延長されている。しかし、木材、プラスチック、鉄鋼のいずれについても過去 20 年前後の期間で社会においてより長く利用されるようになってきている傾向が見てとれる。総物質利用時間を 1 回使用の利用時間で除して求めた社会における物質の平均的な使用回数（使用サイクル数）をについて、木材、プラスチックの平

均的な利用回数は過去増加しているのに対し、鉄鋼については2000年に1.4回であった平均的な利用回数がそれ以降やや減少している結果となった。これは、直接的には粗鋼生産量に対する老廃スクラップ量の割合（すなわち投入量に占める再生材の割合）が減少していることによる。使用済みとなって排出される量を分母としたリサイクル率は向上しているものの、需要量の増加とスクラップ発生量の減少によって投入量に占める再生材の割合がやや下がっており、この影響によるものと考えられる。

表-1 2000-2015年における物質利用時間の傾向

	平均総物質利用時間			1回あたりの平均物質利用時間 (新材・再生材の平均)		
	2000年	2015年	増加分	2000年	2015年	増加分
木材	9.9年	13年	+3.2年(+32%)	7.7年	9.4年	+1.7年(+22%)
プラスチック	6.3年	7.4年	+1.1年(+17%)	4.5年	4.7年	+0.2年(+5%)
鉄鋼	36年	41年	+5年(+14%)	26年	30年	+4年(+16%)

表-2に物質利用時間および平均的な使用回数の結果をまとめる。計測を行った期間においていずれの物質も総物質利用時間は長期化しているが、その要因は物質によって異なる。木材については1回あたりの平均利用時間も長期化していることから木材使用製品の長期使用が進展していると考えられ、平均的な使用回数も増加していることから再生利用の促進も総物質利用時間の長期化に寄与していると示唆される。プラスチックについては、1回あたりの平均使用時間は横ばい、平均的な使用回数は増加であることから、再生利用の促進によって総物質利用時間が長期化してきたと考えられる。鉄鋼については1回あたりの平均物質利用時間は長期化しているが、平均的な使用回数はやや減少していることから総物質利用時間の長期化に対する再生利用の寄与は小さいと考えられる。

表-2 計測期間における物質利用時間および平均的な使用回数の傾向と要因

	平均総物質利用時間	1回あたりの平均物質利用時間	平均的な使用回数	総物質利用時間増加の要因
木材	増加	増加	増加	・長期使用/再生利用の進展
プラスチック	増加	横ばい	増加	・再生利用の促進
鉄鋼	増加	増加	やや減少	・長期使用の進展

②物質ストックの稼働率・利用度

i) 物質ストックが提供するサービス利用度の比較

物質ストックが提供するサービスの利用度に関して、空き家の物質ストック推計を行った。前年度の研究成果である建築物の滞留年数の補正評価モデルを用い、使用年数モデル法により住宅の物質ストックを推計した。さらに、住宅の物質ストック量を住宅土地統計調査から得られる空き家率で按分することで、空き家の物質ストック量及び住宅の利用度を推計した。資材投入原単位は国土交通省の建設資材・労働力実態調査に基づく原単位を用いた。空き家率については住宅土地統計調査における空き家の

うち、長期にわたり不在の住宅や取り壊すこととなっている住宅である「その他の住宅」を対象とした。推計の結果、住宅全体の蓄積量は2008年から2018年で47.4億トンから51.9億トンに増加し、空き家(その他の住宅)の蓄積量は2.3億トンから2.96億トンに増加していることが判明した。また構造種別の空き家(その他の住宅)の蓄積量は2018年で木造1億9,300万トン、SRC造・RC造7,600万トン、S造2,700万トンであり、構造種別利用度では木造住宅が最も低く、91.4%と判明した(図-5、図-6)。

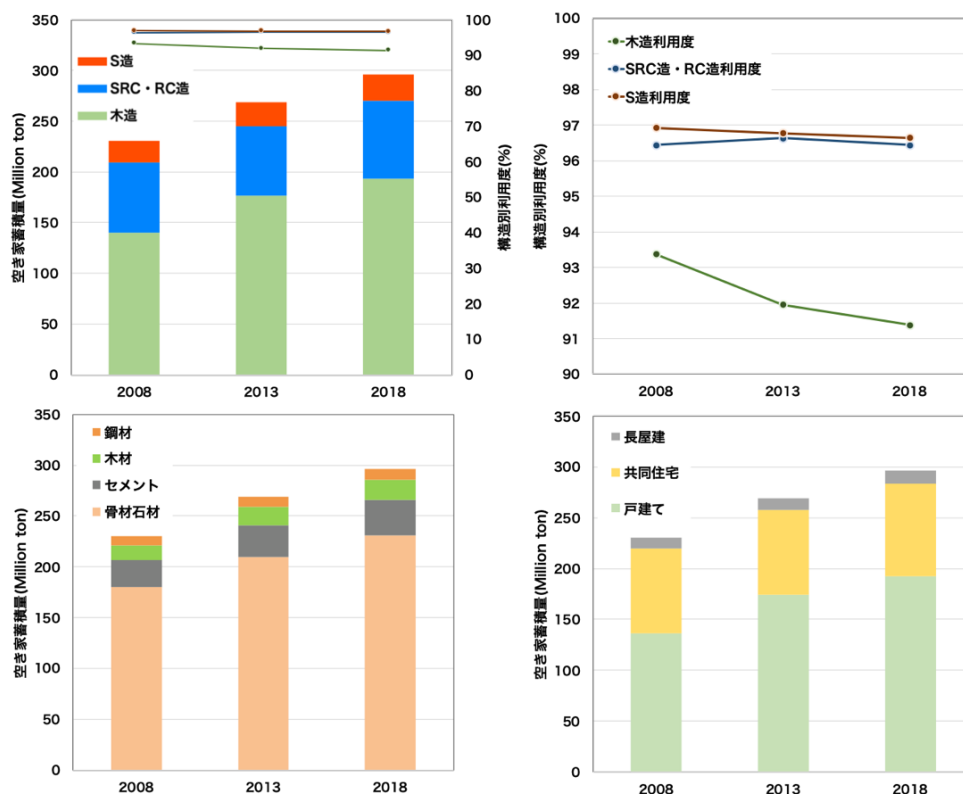


図-5 住宅の利用度と空き家の蓄積量

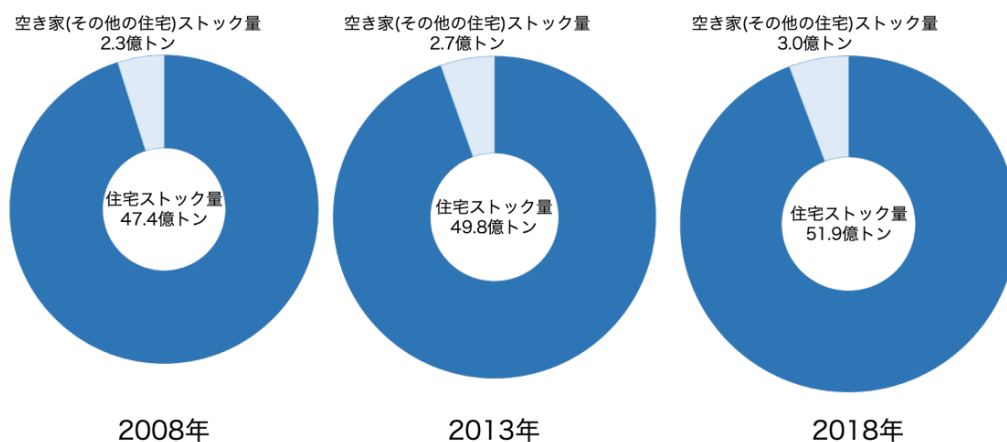


図-6 住宅全体のストック量に占める空き家ストック量(2008年、2013年、2018年)

③ ストックあたりのサービス発生量

i) 二次資源としての供給可能量

本年度は、マテリアルリサイクルに適した素材であるポリ塩化ビニル(PVC)を対象に、日本の経済社会に存在する製品や廃棄物としてのストック量を推計した。さらに、その存在状況に関わる知識が多く経済的に利用できる量、すなわち二次埋蔵量を明らかにした。

1年以内の二次埋蔵量および准二次埋蔵量、将来の二次埋蔵量および准二次埋蔵量の合計を二次埋蔵量と称して推計を行った。推計結果を表-3に示す。蓄積なく1年以内に発生する二次埋蔵量は約1千tで、蓄積なく1年以内に発生する二次資源量の1%と推計された。一方、蓄積から1年以内に発生する二次埋蔵量は約206千tで、蓄積から1年以内に発生する二次資源量の30%と推計された。つまり、70%は非経済的もしくはその他の二次資源として廃棄処理もしくは残置される結果となった。また、蓄積から1年以内に発生しない二次埋蔵量は約8,531千tで、蓄積から1年以内に発生しない二次資源量の37%と推計された。さらに、1年以内に発生する二次埋蔵量の合計は207千tで、2016年の需要量の約0.2倍であり、需要量を大きく下回る結果となった。リサイクル率の向上によって、新規需要を更に代替していくことが望まれる結果となった。管理された埋立地の廃棄物も16,607千tと推計され、経済社会における製品のストック量である23,932千t(と比較可能な値であった。プラスチック樹脂を埋立地から掘り起こし、リサイクルすることは現状では困難ではあるものの、相当量のPVCが埋立地に蓄積していることが示唆された。また、残置され散逸したPVCも1,709千tと推計され、最終製品のストック量の7%程度に相当することから、これの有効活用・適正処理の必要性も示唆された。

耐用年数が長く、リサイクル率の高い建設分野での利用、特に比較的単体での回収が可能なパイプ等としての利用に関しては、今後もより適切な回収システム構築に向けた努力が望まれる。また、回収が難しくリサイクル率の低いフィルム系は、使用の削減が望まれる分野であると考えられた。

表-3 2016年におけるPVCの二次資源の類型結果(単位:千t)

	製品			管理された 埋立地の 廃棄物	散逸した 物質
	1年以内に 発生する		1年以内に 発生しない		
	蓄積 なく	蓄積 から			
経済的	1	206	8,531	-	-
准経済的				-	-
非経済的	116	483	14,712	16,607	1,709 (13,710)*
その他					

*燃焼により散逸した物質量を参考値として記す。

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。

有識者会合

<第1回 物質ストック有識者会合>

日 時：2019.6.4 14:00-15:30

場 所：名古屋大学環境総合館 5 階 516 号室

参加者：南斎規介室長(国立環境研究所)、谷川寛樹教授(名古屋大学)、奥岡桂次郎助教授(名古屋大学)、Yang Dong 助手研究員(山東省科技発展戦略研究所)

議 題：国立環境研究所の南斎氏と物質ストックに関する指標整理について、総合的な議論を行った。

<第2回 物質ストック有識者会議>

日 時：2019.6.25 15:30-17:00

場 所：名古屋大学環境総合館 5 階 516 号室

参加者：藤野純一上席研究員(地球環境戦略研究機関)、谷川寛樹教授(名古屋大学)、奥岡桂次郎(名古屋大学)、Yang Dong(山東省科技発展戦略研究所)

議 題：地球環境戦略研究機関の藤野氏と本研究成果の政策反映の方向性について、総合的な議論を行った。

<第3回 物質ストック有識者会合>

日 時：2019.7.29 15:00-17:00

場 所：名古屋大学東京オフィス 丸の内三菱ビル

参加者：大沼あゆみ教授(慶應義塾大学)、環境省担当官、醍醐市朗特任准教授(東京大学)、小口正弘主任研究員(国立環境研究所)、橋本征二教授(立命館大学)、高木重定主任(みずほ情報総研)、中西翔太郎氏(みずほ情報総研)、谷川寛樹教授(名古屋大学)

議 題：慶應義塾大学の大沼教授と本研究メンバーが物質ストックの質について情報共有と議論・検討を行った。

<第4回 物質ストック有識者会合>

日 時：2019.8.22 10:00-12:00

場 所：名古屋大学環境総合館 5 階 516 号室

参加者：山末英嗣教授(立命館大学)、谷川寛樹教授(名古屋大学)、奥岡桂次郎助教授(名古屋大学)、Yang Dong 助手研究員(山東省科技発展戦略研究所)

議 題：立命館大学の山末教授と物質ストックの質について、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：2019.12.10 15:00-17:00

場 所：名古屋大学環境総合館 5 階 516 号室

参加者：松井孝展助教授(大阪大学)、谷川寛樹教授(名古屋大学)、白川博章准教授(名古屋大学)、李强教授(北京師範大学)Yang Dong 助手研究員(山東省科技発展戦略研究所)

議 題：ストックの質にかかる事例整理と研究報告を行い、今後の研究の方向性について総合的な議論を行った。

環境省原課担当者会議

<第1回 環境省原課担当者会議>

日 時：2019.5.13 14:00-15:00

場 所：環境省 循環社会推進室

参加者：環境再生・資源循環局 奥山航氏、谷川寛樹教授(名古屋大学)

議 題：本研究課題に係る研究計画の遂行に関して、環境省循環社会形成推進課担当官と今後の方向性や研究成果の政策反映に向けた打ち合わせが行われた。

<第2回 環境省原課担当者会議>

日 時：2019.7.29 14:00-15:00

場 所：名古屋大学東京オフィス 丸の内三菱ビル

参加者：大沼あゆみ教授(慶應義塾大学)、環境省担当官、、醍醐市朗特任准教授(東京大学)、小口正弘主任研究員(国立環境研究所)、橋本征二教授(立命館大学)、高木重定主任(みずほ情報総研)、中西翔太郎氏(みずほ情報総研)、谷川寛樹教授(名古屋大学)

議 題：物質ストックの環境経済面からの指標について、総合的な議論・検討を行った。

<第3回 環境省原課担当者会議>

日 時：2019.12.10 13:00-14:00

場 所：環境省 循環社会推進室

参加者：環境再生・資源循環局 奥山航氏、谷川寛樹教授(名古屋大学)

議 題：原課打ち合わせ及び研究関連の事務的連絡について確認を行った。

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。

<査読付論文>

- 1) 三俣陽太郎、橋本征二：日本におけるポリ塩化ビニルの二次埋蔵量の評価、土木学会論文集 G（環境）、Vol. 75、No. 6、pp. II_7-II_15（2019）
- 2) 福谷大樹、Matthew J. Eckelman、橋本征二：欧日米における白金族金属二次埋蔵量の将来推計～次世代自動車の導入を考慮して、エネルギー・資源学会論文誌、Vol. 40、No. 3、pp. 59-68（2019）
- 3) Jing Guo, Alessio Miatto, Feng Shi, Hiroki Tanikawa: Spatially explicit material stock analysis of buildings in Eastern China metropolis, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 46, pp. 45-54（2019）
- 4) Wendy Wuyts, Alessio Miatto, Raphael Sedlitzky, Hiroki Tanikawa: Extending or ending the life of residential buildings in Japan: A social circular economy approach to the problem of short-lived constructions, Jrnal of Cleaner production, Vol. 231, pp. 660-670（2019）

<口頭発表（国際学会）>

- 1) Jing Guo, Tomer Fishman, Yao Wang, Alessio Miatto, Wendy Wuyts, Zheng Licheng, Heming Wang, Hiroki Tanikawa: Development and sustainability challenges chronicled by a century of construction material flows and stocks in Tiexi, China, The 10th International Conference on Industrial Ecology (ISIE 2019), 2019, 2019.7.7-11, Beijing, China.
- 2) Masahiro Oguchi, Seiji Hashimoto, Mitsunori Hirai, Ichiro Daigo: Measurement of material use time as an indicator of efficient utilization of material stock, The 10th International Conference on Industrial Ecology (ISIE 2019), 2019, 2019.7.7-11, Beijing, China.
- 3) Naho Yamashita, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa: Spatial Estimation of Potential Wood Resources in Japan's man-made Forests, The 10th International Conference on Industrial Ecology (ISIE 2019), 2019, 2019.7.7-11, Beijing, China.
- 4) Wendy Wuyts, Alessio Miatto, Raphael Sedlitzky, Hiroki Tanikawa: Understanding and managing residential buildings in Japan's transition toward a stock type society, The 10th International Conference on Industrial Ecology (ISIE 2019), 2019, 2019.7.7-11, Beijing, China.
- 5) Masahiro Oguchi, Tomohiro Tasaki, Atsushi Terazono, Daisuke Nishijima: A product lifetime model for assessing the effect of product lifetime extension behavior by different consumer segments, The 3rd Product Lifetimes and The Environment Conference (PLATE2019), 2019, 2019.9.18-20, Berlin, Germany.

<口頭発表（国内学会）>

- 1) 松尾祐磨、藤田恭介、奥岡桂次郎、谷川寛樹：空港・港湾を対象とした輸送インフラ毎の旅客数及び貨物量と物質ストックの比較、土木学会中部支部研究発表会（2019年3月2日、名古屋）
- 2) Selenge Dima, Bungo Nishio, Tomoya Asakuma, Keiji Ookuoka, Hiroki Tanikawa: Comparison of New York and Tokyo's material stock of buildings estimation model using nighttime light data, Annual meeting of the Chubu branch of JSCE, 2019, 2019.3.2, Nagoya
- 3) 奥岡桂次郎、山下奈穂、谷川寛樹：木材資源はどこにある？-森林、製材、傾斜、及び都市-、第15回GISコミュニティフォーラム、ポスター発表、2019.05.23-24
- 4) 斎藤隆成、西尾文吾、奥岡桂次郎、谷川寛樹：深層学習を用いた衛星夜間光データによる物質ストックの推計に関する基礎的検討土木学会関西支部研究発表会（2019年5月25日、大阪）
- 5) 森田大登、正木晃平、奥岡桂次郎、谷川寛樹：4d-GISを用いた北九州市の建築物の物質ストック・フロー推計と地域情報との関係分析、土木学会関西支部研究発表会（2019年5月25日、大阪）
- 6) 吉田英立、朝隈友哉、奥岡桂次郎、谷川寛樹：地理情報システムを用いた九州全域の建築物に関する物質ストックデータベースの構築、土木学会関西支部研究発表会（2019年5月25日、大阪）
- 7) 朝隈友哉、奥岡桂次郎、谷川寛樹：年代間の同一性判定システムを用いた東京都市圏における物質代謝の推計、環境科学会2019年会、（2019年9月13-14日、名古屋）
- 8) 斎藤隆成、奥岡桂次郎、谷川寛樹：衛星画像を用いた建築物および道路ストック推計に向けた真相学習によるピクセル分類手法の提案、環境科学会2019年会、（2019年9月13-14日、名古屋）
- 9) 正木晃平、奥岡桂次郎、谷川寛樹、深堀秀敏：区間残存率法を用いた将来の建築副産物発生量の推計-4d-GISによる北九州市のケーススタディ-、環境科学会2019年会、（2019年9月13-14日、名古屋）
- 10) 森田大登、正木晃平、奥岡桂次郎、谷川寛樹、深堀秀敏：北九州市の立地適正化計画が物質ストックに与える影響の定量化、環境科学会2019年会、（2019年9月13-14日、名古屋）
- 11) 山下奈穂、奥岡桂次郎、谷川寛樹：都市・森林間の最適な輸送経路による木質資源循環圏の時空間分析-木曾川流域における搬出優先度を加味したケーススタディ-、環境科学会2019年会、（2019年9月13-14日、名古屋）
- 12) 山本大陸、藤田恭介、奥岡桂次郎、谷川寛樹：利用区分に応じた物質ストックデータベースの構築-現役・退蔵を考慮した住宅のケーススタディ-、環境科学会2019年会、（2019年9月13-14日、名古屋）
- 13) 吉田英立、朝隈友哉、奥岡桂次郎、谷川寛樹：二次資源量推計に向けたGISによる東京都市圏の建設ストックデータベースの構築、環境科学会2019年会、（2019年9月13-14日、名古屋）
- 14) Luong Manh Hung, Keiji Ookuoka, Hiroki Tanikawa: A study on Relationship between Transportation System and Environmental Impact Indicators in Hanoi, Vietnam, Society of Environmental Science, Japan, 2019, 2019.9.13-14, Nagoya
- 15) Maria Gracia Dabon, Keiji Ookuoka, Hiroki Tanikawa: Socioeconomic Metabolism of the Central Visayas Region of the Philippines, Society of Environmental Science, Japan, 2019, 2019.9.13-14, Nagoya

- 16) Narantsetseg Ishdorj, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa: The Sustainable Urbanization of Ulaanbaatar City, Mongolia Using Time-series GIS Database, Society of Environmental Science, Japan, 2019, 2019.9.13-14, Nagoya
- 17) Yong Roitha, Hiroki Tanikawa, Keijiro Okuoka: Low-carbonization of Water Supply and Sewerage System in Phnom Penh Capital City, Cambodia, Society of Environmental Science, Japan, 2019, 2019.9.13-14, Nagoya
- 18) 朝隈友哉、奥岡桂次郎、谷川寛樹：同一性判定システムを用いた東京都市圏における建設資材の偏在性及び動態に関する研究、第30回廃棄物資源循環学会、(2019年9月19-21日、東北)
- 19) 正木晃平、奥岡桂次郎、谷川寛樹：4d-GISによる最尤法を用いた建設副産物発生量の将来推計-名古屋市中心部のケーススタディー、第30回廃棄物資源循環学会、(2019年9月19-21日、東北)
- 20) 山下奈穂、奥岡桂次郎、谷川寛樹：廃棄物産業連関表及び森林・都市動態モデルによる木質資源量の評価、第30回廃棄物資源循環学会、(2019年9月19-21日、東北)
- 21) 三俣陽太郎、橋本征二：日本におけるポリ塩化ビニルの二次埋蔵量の評価、第47回環境システム研究論文発表会 (2019年10月26-27日、東京)
- 22) 山下奈穂、奥岡桂次郎、谷川寛樹：日本の人工林における地理空間情報を用いた部位別・年齢別木質資源量の推計、第47回環境システム研究論文発表会 (2019年10月26-27日、東京)
- 23) 斎藤隆成、平井千津子、谷川寛樹：深層学習を用いたストック推計に向けた研究-東京都市圏におけるケーススタディー、2019年度環境情報科学研究発表大会、(2019年11月27日、東京)
- 24) 森田大登、正木晃平、深堀秀敏、東修、白川博章、谷川寛樹：地理的・社会的要因を考慮した空き家分布のモデル化に関する研究-福岡県北九州市を対象としたケーススタディー、2019年度環境情報科学研究発表大会、(2019年11月27日、東京)
- 25) 吉田英立、朝隈友哉、谷川寛樹：GISを用いた東京都市圏における建設ストックの時空間分析、2019年度環境情報科学研究発表大会、(2019年11月27日、東京)
- 26) 三俣陽太郎、L. Ciacchi、橋本征二：日中欧におけるポリ塩化ビニルの二次埋蔵量、潜在廃棄物量の評価、第15回日本LCA学会研究発表会 (2020年3月10-12日、東京)
- 27) 見邨朋哉、橋本征二：ストック型社会に向けた蓄積物質使用効率指標の検討:高速道路を対象として、第15回日本LCA学会研究発表会 (2020年3月10-12日、東京)
- 28) Zhang, J., 橋本征二: Assessment of secondary lead reserves and potential lead waste of nations, 第15回日本LCA学会研究発表会 (2020年3月10-12日、東京)

4. 平成 31 年度の研究状況と成果（詳細）

(1) 資源生産性の向上に資する物質ストックの要因の再検討

物質ストックが提供しているサービスと社会への影響を分類し、資源生産性の向上に資する良質なストック、良質でないストックを明らかにした。物質ストックの質には多様な側面があるため、一概に評価することは容易ではない。今年度は、昨年度の報告に対する意見や今後の循環政策への反映を考慮し、資源生産性の向上に寄与する要因について、再度検討を行った。

循環型社会形成推進基本計画が定める目標指標である、資源生産性、循環利用率、最終処分量の 3 指標がそれぞれ物質ストックの「量」およびその「状況（質）」に深く関わることを念頭に一部修正を行った。特に資源生産性について、昨年度までは物質フロー指標の分子を人間活動量によって示していた部分を、環境省の循環型社会形成推進基本計画で用いられる資源生産性の概念との整合性のため、本年度以降は GDP を用いることとした(図-1.1)。従って GDP を天然資源投入量（DMI）で除して求める資源生産性は、循環利用（第 1 項目）、物質の入れ替わり（第 2 項目）、サービス容量（第 3 項目）、稼働率・利用度（第 4 項目）、実サービスあたりの GDP（第 5 項目）に要因分解される。第 2 項から第 4 項が物質ストックに関連が深い項目であり、本研究の対象である。

$\frac{\text{GDP}}{\text{DMI}}$	=	$\frac{\text{DMI}+\text{R}}{\text{DMI}}$	$\times$	$\frac{\text{MS}(\text{total})}{\text{DMI}+\text{R}}$	$\times$	$\frac{\text{サービス（潜在）}}{\text{MS}(\text{total})}$	$\times$	$\frac{\text{サービス（実際）}}{\text{サービス（潜在）}}$	$\times$	$\frac{\text{GDP}}{\text{サービス（実際）}}$
資源生産性		循環利用		物質の入れ替わり		サービス容量		稼働率・利用度		実サービスあたりの GDP
DMI: 直接物質投入量		R: 循環利用量		MS(total): 総物質ストック量		サービス(潜在): 設計サービス量		サービス(実際): サービス利用量		
{ ----- } 本政策研究の対象範囲										

図-1.1 本研究における物質ストック評価のための把握対象(H31 年度・修正後)

(2) 各要因のデータベース構築に関する手法の検討・見直し

(1)を受けて、資源生産性の向上に資する重要な柱と考えられる①物質の入れ替わり、②稼働率・利用度、③ストックあたりのサービス発生量に関するデータベースの整備を進めるとともに、昨年度作成した手法の検討を行い、必要部分に関しては修正を行った。図-2.1 は昨年度作成した各要因項に対する必要なデータベースに、本年度の成果を図示したものである。物質入替の項目では、プラスチック、鉄、木材を対象とした素材の利用時間を推計した。稼働率・利用度の項目では、昨年度作成した建築物の滞留年数の補正評価モデルを用いて、建築物ストック利用度の推計を行った。また、稼働率・利用度及びサービス容量について、セクター別物質ストックの使用効率を推計した。さらに、前年度の成果を受け、物質ストックのデータベース構築に関し、物質ストック・フロー図の一部修正及び年次の更新を行った。対象の物質として、ポリ塩化ビニルの二次埋蔵量の推計も行った。

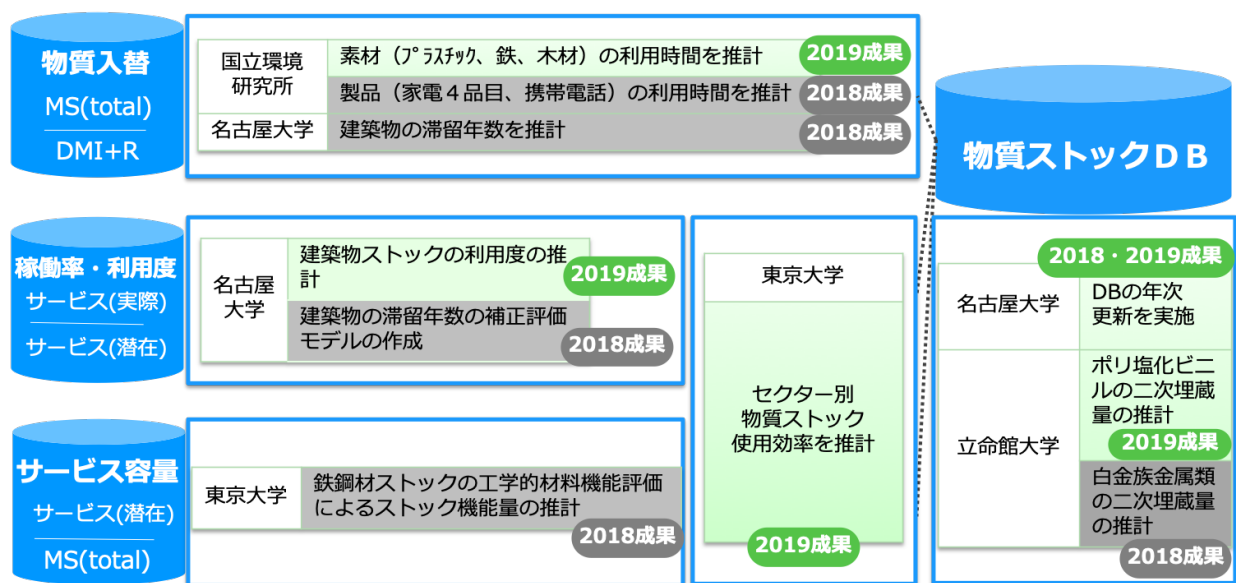


図-2.1 各要因項のデータベース構築に関する H30 年度の成果及び今年度の成果

① 物質の入れ替わり

i) トップダウン手法による我が国全体のストックフロー図の修正

前年度の成果として環境省の物質フロー図に準じて作成した 1990 年から 2015 年の物質ストック・フロー図について、不足していた「施肥」の項目を追加した。また、ストックから廃棄される物質の量を「ストックからの廃棄物」という項目に示し、追加・修正を行った。

a) 施肥について

施肥について、農林統計協会のポケット肥料要覧から、生産量と輸入量を足したもののから輸出量を減じたものを推計年のフローとする。なお、生産量と輸入量は普通肥料と特殊肥料を対象とする。輸出量は硫酸、尿素、塩安、硝安、石灰窒素、過りん酸石灰、よう成りん肥、重過りん酸石灰、カリ肥料、りん安系複合、その他複合、油粕類、魚粉の合計とする。

b) ストックからの廃棄物量について

1990 年から 2015 年の物質ストック・フロー図について、「ストックからの廃棄物 (Outflow from Stock)」の算出方法を確立し、次年度以降において推計の再現性を保つことが可能にした。廃棄物の分類は、環境省の廃棄物の広域移動対策及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書 廃棄物等循環利用量実態調査編から、65 種類を対象とした。廃棄物は、①全てフローから排出されるもの、②全てストックから排出されるもの、③ストック・フローから一定の比で排出されるものの 3 種類に分類されると仮定し、③の排出元ストック・フロー比を廃棄物ごとに設定した。各廃棄物の発生量に③から得られるストックからの廃棄物係数（排出元がストックである割合）を乗じることで、ストック部分から排出される廃棄量を算出する。

表-2.1 は各廃棄物を①から③に分類した表である。以下、排出元のストック・フローを設定する廃棄物の詳細である。廃プラについて、産廃統計のプラ製造業の割合はフローとし、その他はストックとする。紙については製造業からの排出はフロー、建設業と情報業は製品ストックを使うとする。木について、林業、木材製造業、木材卸業、燃料卸業などはフロー、製品ストックを使うとする。建築業は一部フローとし、「建設副産物実態調査」の発生量のうち、「木材計」の中の「伐木材・除根材」の割合をフローの割合と設定する。繊維は製造業からの排出はフロー、建設業は製品ストックを使うとする。金属は一部の製造業（鉄鋼業、非鉄金属製造業、家具・装飾製造業、化学工業）はフローと考え、その他はストックする。がれきについて、新築工事からのがれきはフロー、既築工事からのがれきはストックとする。建設副産物実態調査における発生量のうち、アスファルト・コンクリート塊及びコンクリート塊について、解体及び修繕に区分されているものをストックからの廃棄物とし、新築・増改築、民間土木、公共土木に区分されているものをフローからの廃棄物とする。建設副産物実態調査では発生量と搬出量にほぼ差がないことから、発生量は搬出量と等しいとして扱う。CJC に分類される廃棄物のうち、廃プラ、紙、木、繊維、ゴム、金属、がれきは有価物であるため、全てストックからの排出であるとする。鉄スクラップについて、鉄源協会の統計から自家発生スクラップと加工スクラップはフロー、老廃スクラップはストックと仮定する割合を利用する。一般廃棄物から、分類「等」に投入される廃棄物のうち、紙くず、廃プラ（PET 含む）は有価物であり、ストックからの廃棄物とする。

表-2.2 に排出元ストック・フロー比を示す。ストック量係数が 1 である場合、その廃棄物は 100% ストックから排出されることを意味し、0 は 100% フローから排出されることを意味する。例えば、一般廃棄物のプラスチックは全てストックから発生し、木竹草類等は全てフローから排出される。産業廃棄物の廃プラは 92% がストックから排出され、残りの 8% がフローからの排出と設定される。

表-2.1 廃棄物排出元の分類

		①全てフローからとするもの	②全てストックからとするもの	③割合を設定するもの	ストックの割合を設定するもの 参照データ
一廃	06.プラスチック		○		京都市役所<京都市情報館>ごみ処理に関する統計 ①業者収集ごみの組成実態調査 ②家庭ごみの細組成調査
一廃	06.ペットボトル		○		
一廃	07.紙		○		京都市役所<京都市情報館>ごみ処理に関する統計 ①業者収集ごみの組成実態調査 ②家庭ごみの細組成調査
一廃	08.木竹草類等	○			
一廃	09.繊維		○		
一廃	10.厨芥		○		
一廃	12.金属		○		
一廃	13.ガラス		○		
一廃	13.陶磁器類等		○		
し尿	22.し尿	○			
産廃	01.燃え殻	○			
産廃	02.汚泥(下水)	○			
産廃	02.汚泥(上水)	○			
産廃	03.廃油	○			
産廃	04.廃酸	○			
産廃	05.廃アルカリ	○			
産廃	06.廃プラ			○	
産廃	07.紙			○	
産廃	08.木			○	H29年度産業廃棄物排出・処理状況調査 建設副産物実態調査
産廃	09.繊維			○	
産廃	10.動植	○			
産廃	11.ゴム		○		
産廃	12.金属			○	H29年度産業廃棄物排出・処理状況調査
産廃	13.カウ陶	○			
産廃	14.鋳さい	○			
産廃	15.がれき			○	建設副産物実態調査
産廃	16.ばいじん	○			
産廃	18.家畜ふん	○			
産廃	19.家畜死体		○		
CJC	01.燃え殻	○			
CJC	03.廃油	○			
CJC	04.廃酸	○			
CJC	05.廃アルカリ	○			
CJC	06.廃プラ		○		
CJC	07.紙		○		
CJC	08.木		○		
CJC	09.繊維		○		
CJC	10.動植	○			
CJC	11.ゴム		○		
CJC	12.金属		○		
CJC	13.カウ陶	○			
CJC	14.鋳さい	○			
CJC	16.ばいじん	○			
統外	07.古紙		○		
統外	12.アル缶		○		
統外	12.スチール缶		○		
統外	07.飲料用紙		○		
統外	12.鉄スクラップ			○	一般社団法人日本鉄源協会「わが国の鉄スクラップ国内需給(2017年度)」
統外	12.廃自動車		○		
統外	13.ガラスびん		○		
統外	31.もみがら	○			
統外	32.稲わら	○			
統外	33.麦わら	○			
一廃→等	07.紙くず		○		
一廃→等	08.木竹草類等	○			
一廃→等	13.ガラス陶磁器	○			
一廃→等	09.繊維	○			
一廃→等	06.廃プラ(PET含む)		○		
産廃	02.その他(無機性汚泥)	○			
産廃	02.その他(有機性汚泥)	○			
統外	10.食品廃棄物		○		
CJC	18.家畜ふん	○			
CJC	19.家畜死体		○		
統外	34.汚泥	○			
CJC	35.がれき		○		

表-2.2 に排出元ストック・フロー比

ストック量係数					
一廃	06:プラスチック	1	CJC	06:廃プラ	1
一廃	06:ペットボトル	1	CJC	07:紙	1
一廃	07:紙	1	CJC	08:木	1
一廃	08:木竹草類等	0	CJC	09:繊維	1
一廃	09:繊維	1	CJC	10:動植	0
一廃	10:厨芥	1	CJC	11:ゴム	1
一廃	12:金属	1	CJC	12:金属	1
一廃	13:ガラス	1	CJC	13:ガラス陶	0
一廃	13:陶磁器類等	1	CJC	14:鉱さい	0
し尿	22:し尿	0	CJC	16:ばいじん	0
産廃	01:燃え殻	0	統外	07:古紙	1
産廃	02:汚泥(下水)	0	統外	12:アルミ缶	1
産廃	02:汚泥(上水)	0	統外	12:スチール缶	1
産廃	03:廃油	0	統外	07:飲料用紙	1
産廃	04:廃酸	0	統外	12:鉄スクラップ	0.48
産廃	05:廃アルカリ	0	統外	12:廃自動車	1
産廃	06:廃プラ	0.92	統外	13:ガラスびん	1
産廃	07:紙	0.31	統外	31:もみがら	0
産廃	08:木	0.58	統外	32:稲わら	0
産廃	09:繊維	0.78	統外	33:麦わら	0
産廃	10:動植	0	一廃→等	07:紙くず	1
産廃	11:ゴム	1	一廃→等	08:木竹草類等	0
産廃	12:金属	0.45	一廃→等	13:ガラス陶磁器	0
産廃	13:ガラス陶	0	一廃→等	09:繊維	0
産廃	14:鉱さい	0	一廃→等	06:廃プラ(PET含む)	1
産廃	15:がれき	0.23	産廃	02:その他(無機性)	0
産廃	16:ばいじん	0	産廃	02:その他(有機性)	0
産廃	18:家畜ふん	0	統外	10:食品廃棄物	1
産廃	19:家畜死体	1	CJC	18:家畜ふん	0
CJC	01:燃え殻	0	CJC	19:家畜死体	1
CJC	03:廃油	0	統外	34:汚泥	0
CJC	04:廃酸	0	CJC	35:がれき	1
CJC	05:廃アルカリ	0			

1990 年から 5 年ごと 2015 年までの物質ストックから排出された廃棄物の量を示す（表-2.3）。1990 年には 11,033 万トンであり、1995 年 11,311 万トン、2000 年 11,866 万トン、2005 年 11,005 万トン、2010 年 11,397 万トン、2015 年には 10,797 万トンであった。

今年度は、推計の再現性、透明性を重視し本手法を採用したが、排出元ストック・フロー比は年次によらず一定に設定されていることが課題である。図-2.2 は各年におけるストックからの廃棄物を示しているが、排出元ストック・フロー図が一定に設定されていることから、廃棄物量の増減の影響を直接受ける結果となっている。しかしながら、現行の統計においてストックからの廃棄物を推計しているものではなく、推計の精度についてさらなる検討が必要である。将来的な政策や社会の動向を加味し、年次ごとに係数を詳細化することも視野に入れる必要がある。次年度以降、建設廃棄物や金属など、一部の廃棄物について、本プロジェクトで行ってきたストック量と比較し、妥当性の検討を行う。また、2011 年の東日本大震災に見られたように、自然災害によって膨大な災害廃棄物が排出されるケースもあることから、係数を用いた推計に加え、実際の統計値と併せた推計が望ましい。

a)、b)の結果を受け、昨年度作成したストック・フロー図の修正を行った。図-2.3 は 1990 年のストック・フロー図、図-2.4 は 2015 年のストック・フロー図である。残りの年度については、(3) ④統計処理手法の確立にまとめて掲載する。

表-2.3 物質ストックから排出される廃棄物量

ストック由来量(万トン)		1990	1995	2000	2005	2010	2015
一廃	06:プラスチック	627	614	657	520	372	396
一廃	06:ペットボトル	0	9	63	59	50	56
一廃	07:紙	1,230	1,603	1,904	2,001	1,700	1,596
一廃	08:木竹草類等	0	0	0	0	0	0
一廃	09:繊維	152	165	141	181	183	145
一廃	10:厨芥	1,742	1,685	1,804	1,587	1,424	1,377
一廃	12:金属	318	286	247	176	162	161
一廃	13:ガラス	337	331	263	184	139	148
一廃	13:陶磁器類等	307	221	147	136	155	111
し尿	22:し尿	0	0	0	0	0	0
産廃	01:燃え殻	0	0	0	0	0	0
産廃	02:汚泥(下水)	0	0	0	0	0	0
産廃	02:汚泥(上水)	0	0	0	0	0	0
産廃	03:廃油	0	0	0	0	0	0
産廃	04:廃酸	0	0	0	0	0	0
産廃	05:廃アルカリ	0	0	0	0	0	0
産廃	06:廃プラ	399	575	533	557	569	628
産廃	07:紙	37	59	67	54	36	29
産廃	08:木	381	415	320	345	355	420
産廃	09:繊維	8	6	6	7	6	7
産廃	10:動植	0	0	0	0	0	0
産廃	11:ゴム	9	9	4	5	3	2
産廃	12:金属	384	292	365	493	326	389
産廃	13:ガラス陶	0	0	0	0	0	0
産廃	14:鉱さい	0	0	0	0	0	0
産廃	15:がれき	1,260	1,345	1,353	1,393	1,340	1,477
産廃	16:ばいじん	0	0	0	0	0	0
産廃	18:家畜ふん	0	0	0	0	0	0
産廃	19:家畜死体	3	15	16	20	16	12
CJC	01:燃え殻	0	0	0	0	0	0
CJC	03:廃油	0	0	0	0	0	0
CJC	04:廃酸	0	0	0	0	0	0
CJC	05:廃アルカリ	0	0	0	0	0	0
CJC	06:廃プラ	0	0	0	0	72	126
CJC	07:紙	404	93	372	447	512	0
CJC	08:木	0	0	0	0	92	187
CJC	09:繊維	20	7	6	0	1	1
CJC	10:動植	0	0	0	0	0	0
CJC	11:ゴム	0	0	0	0	0	56
CJC	12:金属	768	694	427	80	593	0
CJC	13:ガラス陶	0	0	0	0	0	0
CJC	14:鉱さい	0	0	0	0	0	0
CJC	16:ばいじん	0	0	0	0	0	0
統外	07:古紙	867	1,098	1,375	1,002	1,109	1,627
統外	12:アルミ缶	1	2	3	7	4	8
統外	12:スチール缶	30	48	47	45	42	30
統外	07:飲料用紙	1	2	2	3	4	4
統外	12:鉄スクラップ	1,020	995	1,112	1,088	1,544	1,432
統外	12:廃自動車	375	358	334	237	302	259
統外	13:ガラスびん	352	385	300	205	147	113
統外	31:もみがら	0	0	0	0	0	0
統外	32:稲わら	0	0	0	0	0	0
統外	33:麦わら	0	0	0	0	0	0
一廃→等	07:紙くず	0	0	0	0	0	0
一廃→等	08:木竹草類等	0	0	0	0	0	0
一廃→等	13:ガラス陶磁器	0	0	0	0	0	0
一廃→等	09:繊維	0	0	0	0	0	0
一廃→等	06:廃プラ(PET含む)	0	0	0	0	0	0
産廃	02:その他(無機性汚泥)	0	0	0	0	0	0
産廃	02:その他(有機性汚泥)	0	0	0	0	0	0
統外	10:食品廃棄物	0	0	0	174	140	0
CJC	18:家畜ふん	0	0	0	0	0	0
CJC	19:家畜死体	0	0	0	0	0	0
統外	34:汚泥	0	0	0	0	0	0
CJC	35:がれき	0	0	0	0	0	0
合計		11,033	11,311	11,866	11,005	11,397	10,797

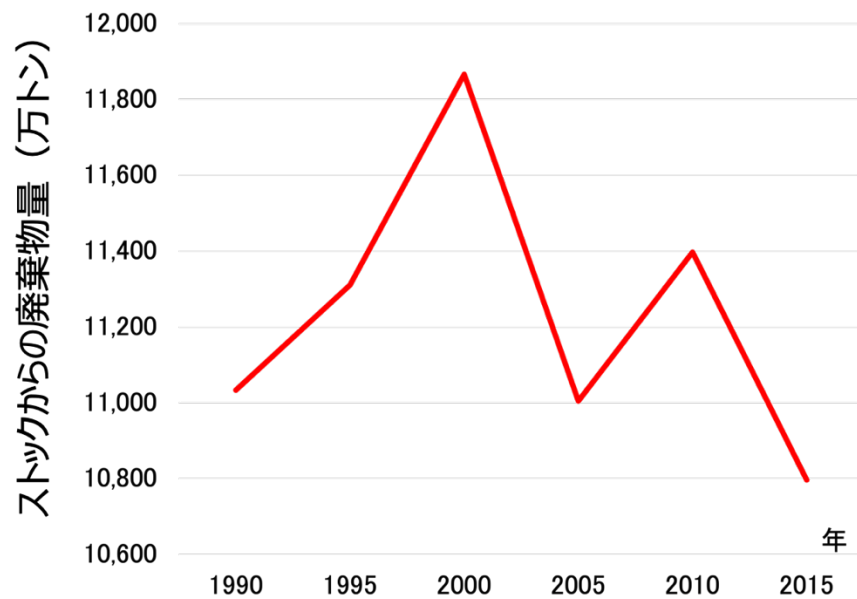


図-2.2 ストックからの廃棄物量

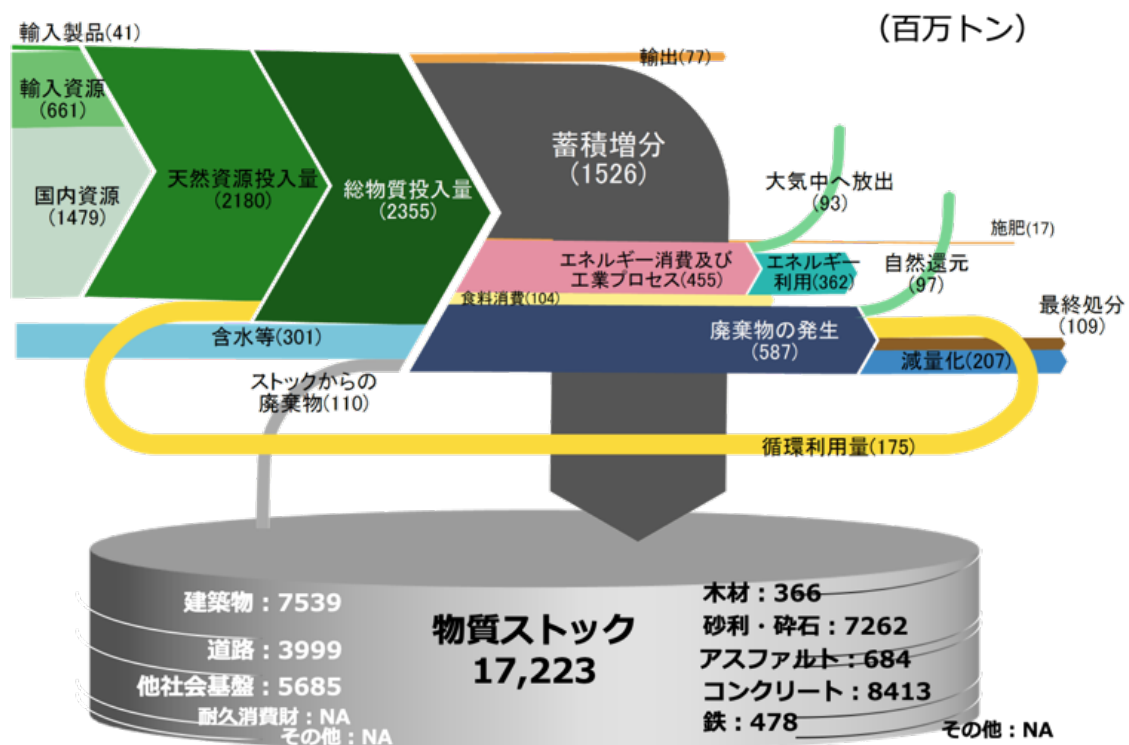


図-2.3 我が国の物質ストック・フロー 1990年 (既往成果をもとに一部修正)

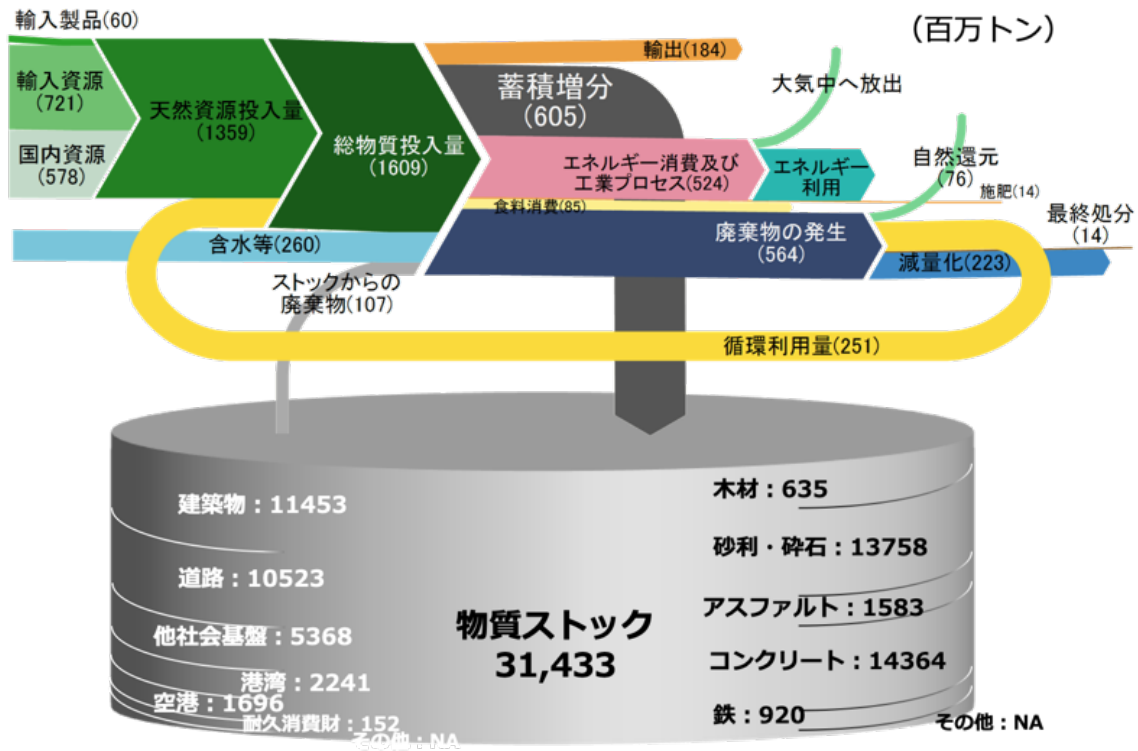


図-2.4 我が国の物質ストック・フロー 2015年（既往成果をもとに一部修正）

<引用文献>

環境省の廃棄物の広域移動対策及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書 廃棄物等循環利用量実態調査
編 https://www.env.go.jp/recycle/report/h29-10/post_3.html

京都市役所<京都市情報館<ごみ処理に関する統計①業者収集ごみの組成実態調査②家庭ごみの細組成調査

H29 年度産業廃棄物排出・処理状況調査 建設副産物実態調査

H29 年度産業廃棄物排出・処理状況調査

一般社団法人日本鉄源協会 「わが国の鉄スクラップ国内需給（2017 年度）」

ポケット肥料要覧 農林統計協会編

ii) 耐久消費財の寿命データ推定の更新

昨年度報告書において、2017 年度までの主要耐久消費財 6 品目の平均使用年数と平均使用年数の簡易指標としてのストック／フロー比（ある年の販売量に対するストック量の比）の推定と、平均使用年数の長期化による買替需要の削減効果の分析を行った。今年度はこのデータを更新し、推定可能な直近の年度である 2018 年度のデータを追加した。

平均使用年数の推定と平均使用年数の長期化による買替需要削減効果の分析は昨年度と同様に、ポピュレーションバランスモデル（製品の販売台数、保有台数、退役・排出台数の台数収支からある時点における残存割合分布を推定する方法）を用いて行った。手法の詳細および推定のためのデータ出典は昨年度報告書を参照されたい。総保有台数は消費動向調査（内閣府）および全国消費実態調査（総務省）、電気通信事業者協会による統計（契約数データ）、自動車検査登録情報協会の統計を用いて更新し、販売台数は日本電機工業会、日本冷凍空調工業会、電子情報技術産業協会、MM 総研、自動車検査登録情報協会、全国軽自動車協会連合会のデータを用いて更新した。

図-2.5 に、2018 年度のデータを追加した平均使用年数およびストック／フロー比の推定結果を示す。2018 年度の平均使用年数は 2017 年度以前の傾向に沿ったものとなっており、冷蔵庫、洗濯機、乗用車では 2017 年度とほぼ同様、エアコンはわずかではあるが短期化、テレビと携帯電話では 2017 年度と比べて 5%程度長くなっている。

また、平均使用年数の長期化による新製品の需要削減効果の計算結果に最新データを追加したものを図-2.6 に示す。図には、平均使用年数が 2000 年度の値のまま推移した場合の新製品需要台数を 1 とした場合の実際の新製品の販売台数の比を示している。平均使用年数が 2017 年度と 2018 年度で大きくは変化していないことから、2000 年度を基準とした使用年数延長による 2018 年度における新製品の需要削減効果は、基本的に 2017 年度と大きく変わらない。ただし、エアコンでは若干の平均使用年数の短期化（と保有台数の増加）を受けて、2018 年度の新製品需要は 2000 年度に対して 10%程度増加している。一方、他の 5 品目については、2018 年度においても平均使用年数が 2000 年度の値のまま推移した場合の計算値に対して実際の新製品需要は 100%を下回っており、2000 年度と比較した場合の使用年数の長期化による新製品の需要削減効果が見られている。

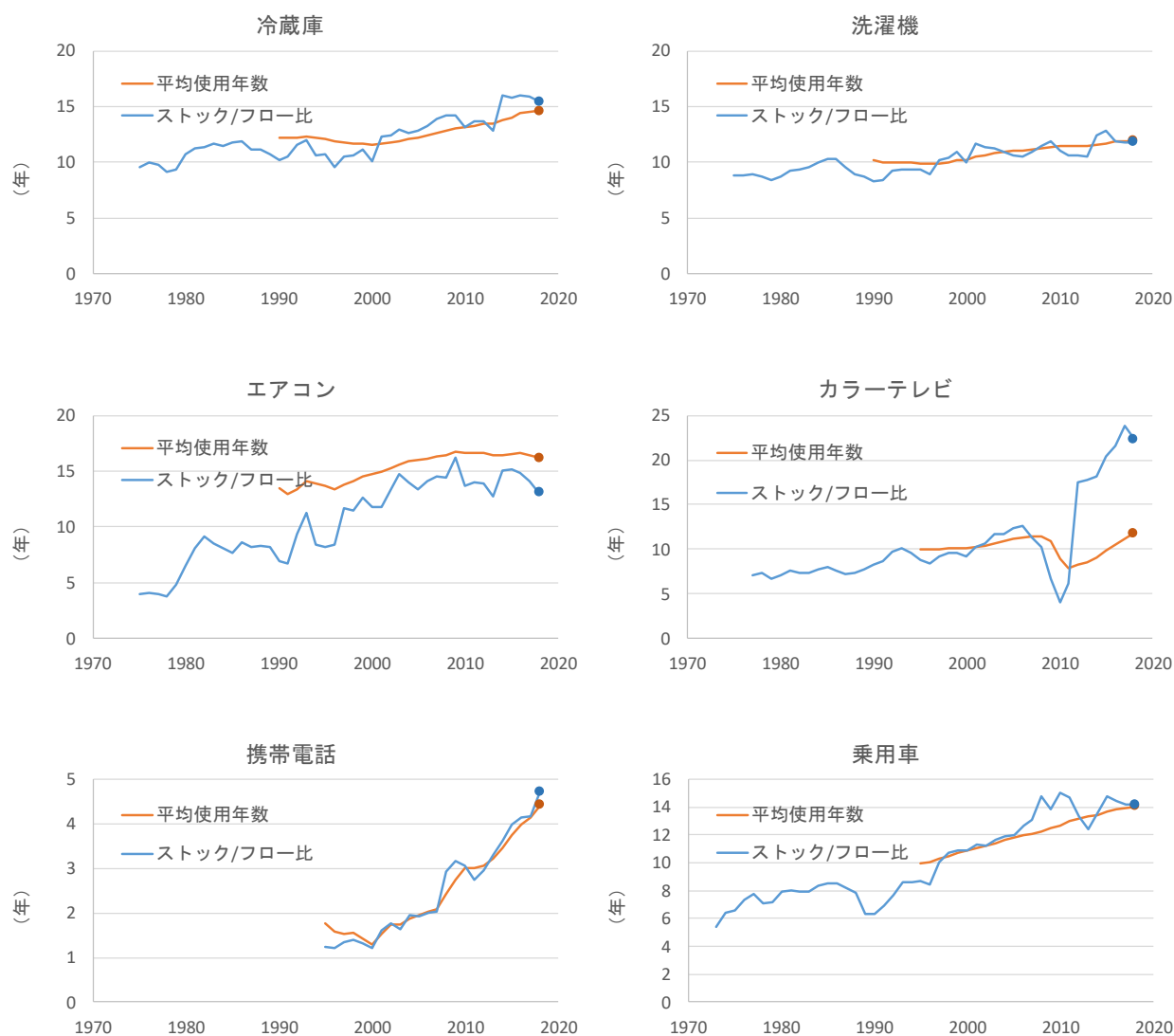


図-2.5 主要耐久消費財 6 品目の平均使用年数とストック／フロー比
(プロットは今年度データ更新した 2018 年度の推定値)

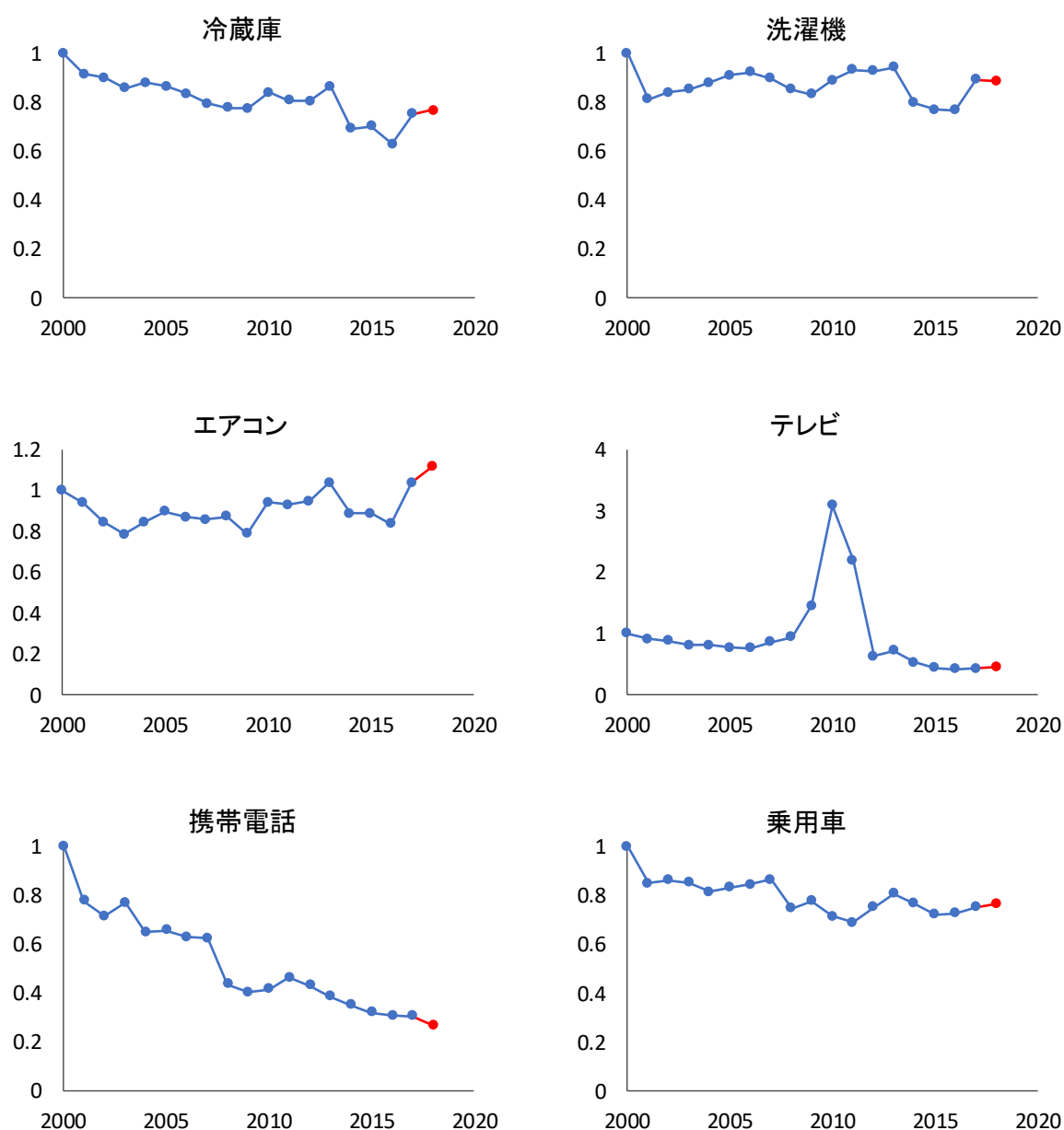


図-2.6 2000-2018 年度における平均使用年数の長期化による新製品の需要削減効果の分析結果
(平均使用年数が 2000 年度の値のまま推移した場合の新製品需要台数を 1 とした場合の実際の新製品
販売台数の比、赤色のプロットは今年度データ更新した 2018 年度の計算結果)

iii) 物質利用時間の計測による物質の入れ替わり

環境省環境研究総合推進費（3K163001）において小口らは、社会における物質の長期利用の進捗を計測するための指標としての「物質利用時間」を計測する手法を提案し、木材、プラスチック、鉄鋼を事例として、社会における物質利用時間と平均使用回数（使用サイクル数）の計測を試みている（橋本 2019、小口ら 2018）。これらの計測結果は、社会における物質の入れ替わりの状況を把握するための指標として有用である。

上記で提案された物質利用時間の計測手法の概要を図-2.7に示す。この手法は、物質利用時間の分布にパラメトリックな統計分布関数を仮定し、ある物質の投入量（時系列データ）と物質利用時間（残存割合）の分布から計算されるストック量が、外的に与えられるストック量の値と一致するように、ある時点における物質利用時間の分布の平均値を推定するものである。この方法は、ポピュレーションバランスモデルとも呼ばれる耐久消費財等の製品寿命分布の推定方法を援用しており、製品の販売台数の代わりに物質投入量、保有台数の代わりに物質ストック量を用いたものである。

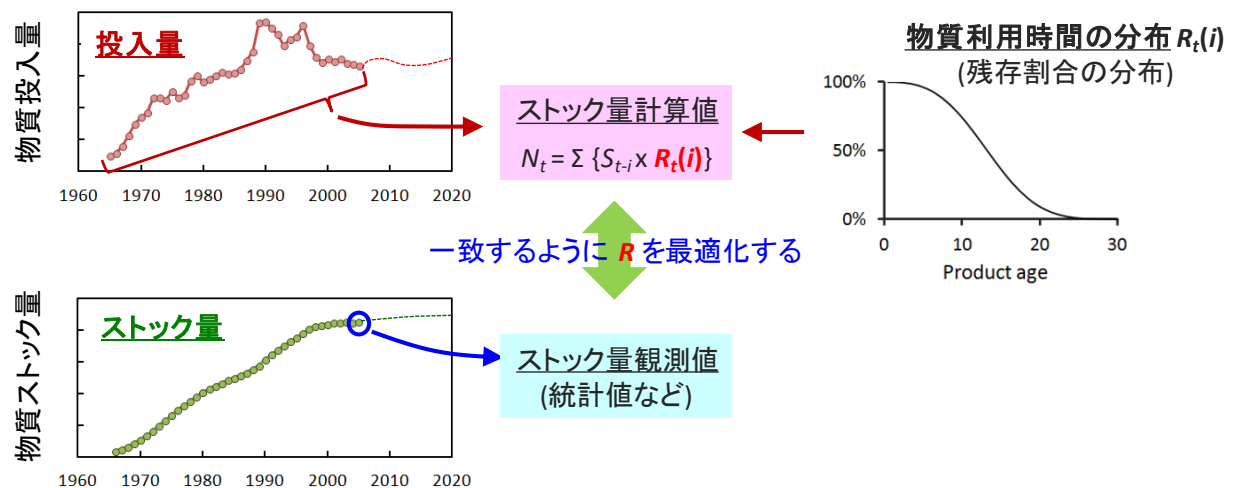


図-2.7 物質利用時間の計測手法の概要

この手法で計測される「物質利用時間」の定義は、計算に用いる物質投入量および物質ストック量データの定義によって決まる。すなわち、物質投入量と物質ストック量の由来が新材のみ、再生材のみ、新材・再生材の両方（合計）のいずれであるかによって決まる。理論的にはこれらの組み合わせによって図-2.8に示すような複数の定義が得られるが、実務的に計測可能である物質利用時間は主に以下の2つである。

- ① 新材投入から再生利用を経て最終的に廃棄物として排出されるまでの「総物質利用時間」
- ② 投入から排出までの「1回あたりの物質利用時間（新材・再生材の平均）」

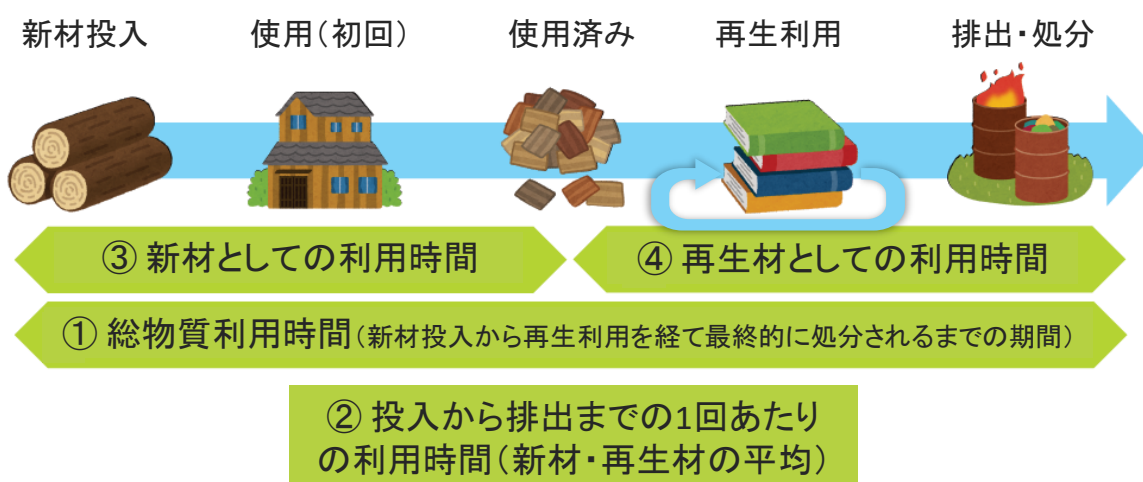


図-2.8 異なる物質利用時間の定義（イメージ）

環境省環境研究総合推進費（3K163001）（橋本（2019））では、この手法を用いて木材、プラスチック、鉄鋼の「総物質利用時間」および「1回あたりの物質利用時間（新材・再生材の平均）」を計測し、その結果から社会における平均使用回数の計算を行っている。ただし、鉄鋼については計算に用いた投入量データの見直しを行う必要が課題として残されていた。また、同推進費研究では、過去から現在までの物質利用時間の変化の傾向の計測までを行っているものの、その変化（延長または短期化）の要因の考察は不十分であった。そこで本研究では、鉄鋼の投入量データの再作成を行い、鉄鋼の物質利用時間の計測および平均使用回数の計算について修正を行った上で、木材、プラスチックの計測、計算結果との再比較を行った。また、3種の物質について、過去から現在までの物質利用時間の変化の要因を考察し、整理した。

鉄鋼の投入量は以下の方法で作成した。まず、粗鋼生産量に対する老廃スクラップ量の割合を求めた。この割合を普通鋼および特殊鋼投入量（間接輸出分除く）に乗じたものを国内再生材投入量とし、これを全投入量から差し引いたものを国内新材投入量とした。なお、粗鋼生産量は鉄・非鉄金属・金属製品統計（経済産業省）等から入手し、老廃スクラップ量、普通鋼および特殊鋼投入量（間接輸出分除く）はDaigo et al.（2015）およびHatayama et al.（2010）のデータを更新したものを用いた。国内ストック量はDaigo et al.（2015）およびHatayama et al.（2010）のデータを更新したものを用いた。作成した鉄鋼の国内投入量および国内ストック量データを図-2.9示す。

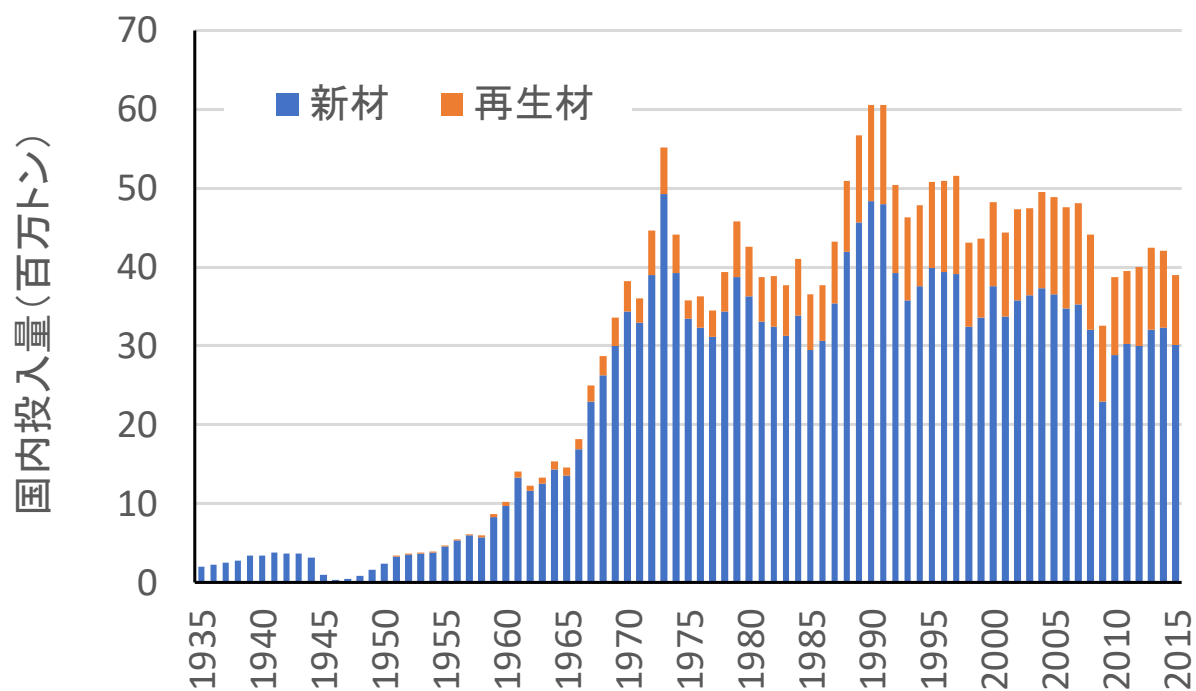


図-2.9 作成した鉄鋼の国内投入量データ

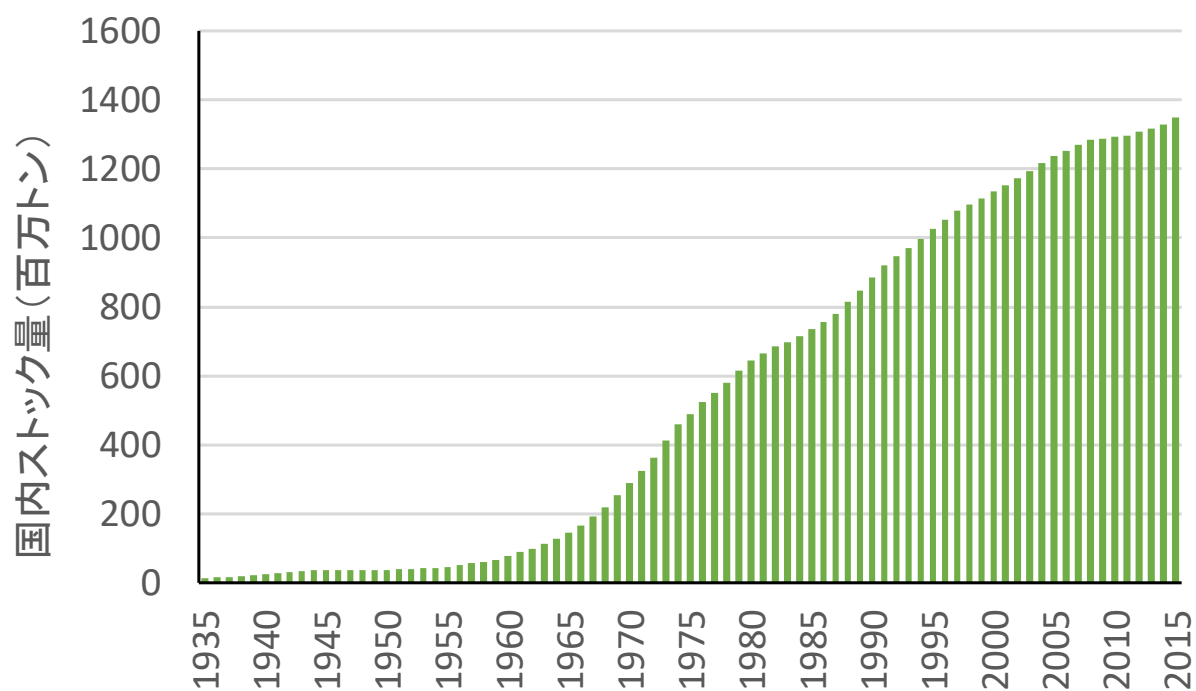


図-2.10 作成した鉄鋼の国内ストック量データ

作成した鉄鋼の国内新材投入量、国内再生材投入量データ、ストック量データを用い、前述の手法によって平均物質利用時間を推定した。物質利用のバウンダリは日本国内とし、使用済みとなった物質が輸出された時点で国内での利用は終了したものとした。また、物質利用時間の分布はワイブル分布関数に従うと仮定し、形状パラメータは耐久財の平均的な値として3.0と仮定した。

鉄鋼の物質利用時間の計測結果を図-2.11に示す。図には木材、プラスチックの物質利用時間（橋本2019）も合わせて示している。2000～2015年において、鉄鋼の平均総物質利用時間は約5年（36年→41年）、1回あたりの平均物質利用時間は約4年（26年→30年）長くなっている結果であった。表-2.4に示すように、延長年数の絶対値は鉄鋼が最も長い、これは鉄鋼の物質利用時間自体が木材やプラスチックと比較して長いためであり、2000年を基準とした延長の割合で見れば木材の物質利用時間が最も延長されている。しかし、木材、プラスチック、鉄鋼のいずれについても過去20年前後の期間で社会においてより長く利用されるようになっている傾向が見てとれる。

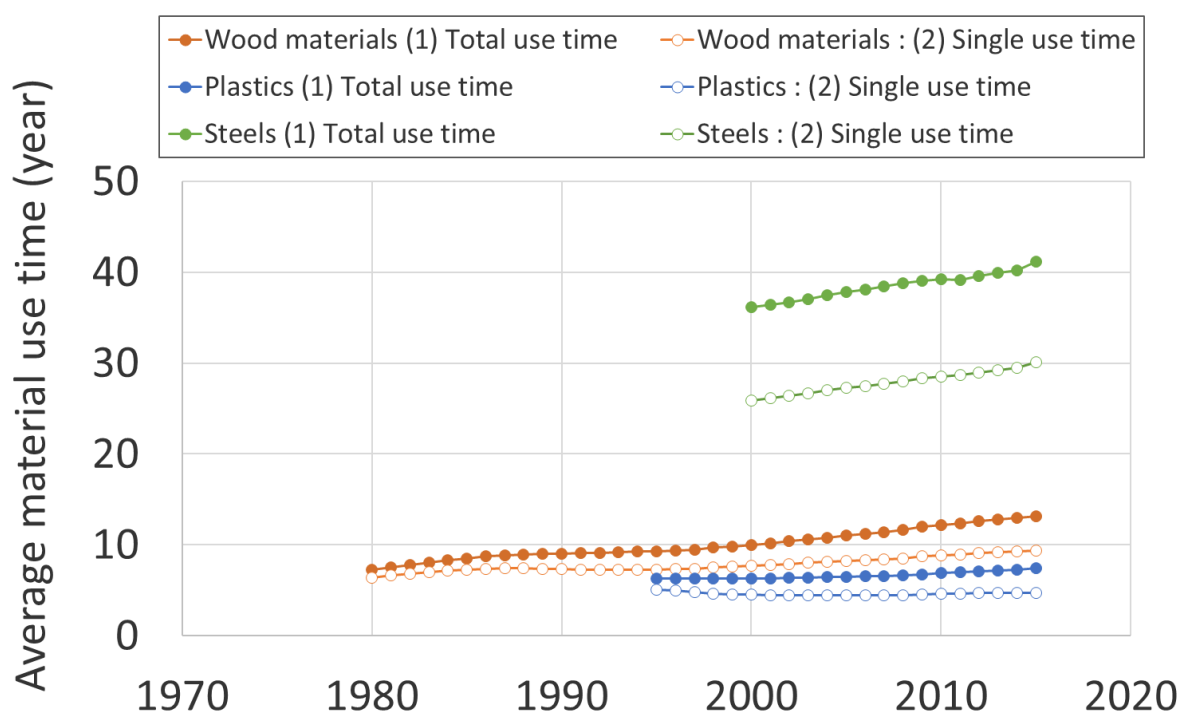


図-2.11 鉄鋼、木材、プラスチックの物質利用時間の計測結果

表-2.4 2000-2015 年における物質利用時間の傾向

	平均総物質利用時間			1 回あたりの平均物質利用時間 (新材・再生材の平均)		
	2000 年	2015 年	増加分	2000 年	2015 年	増加分
木材	9.9 年	13 年	+3.2 年 (+32%)	7.7 年	9.4 年	+1.7 年 (+22%)
プラスチック	6.3 年	7.4 年	+1.1 年 (+17%)	4.5 年	4.7 年	+0.2 年 (+5%)
鉄鋼	36 年	41 年	+5 年(+14%)	26 年	30 年	+4 年(+16%)

図-2.12 に、総物質利用時間を 1 回使用の利用時間で除して求めた社会における物質の平均的な使用回数（使用サイクル数）を示す。木材、プラスチックの平均的な利用回数は過去増加しているのに対し、鉄鋼については 2000 年に 1.4 回であった平均的な利用回数がそれ以降やや減少している結果となった。これは、直接的には粗鋼生産量に対する老廃スクラップ量の割合（すなわち投入量に占める再生材の割合）が減少していることによる。鉄鋼について、使用済みとなって排出される量を分母としたリサイクル率は向上しているものの、需要量の増加とスクラップ発生量の減少によって投入量に占める再生材の割合がやや下がっており、この影響によるものと考えられる。

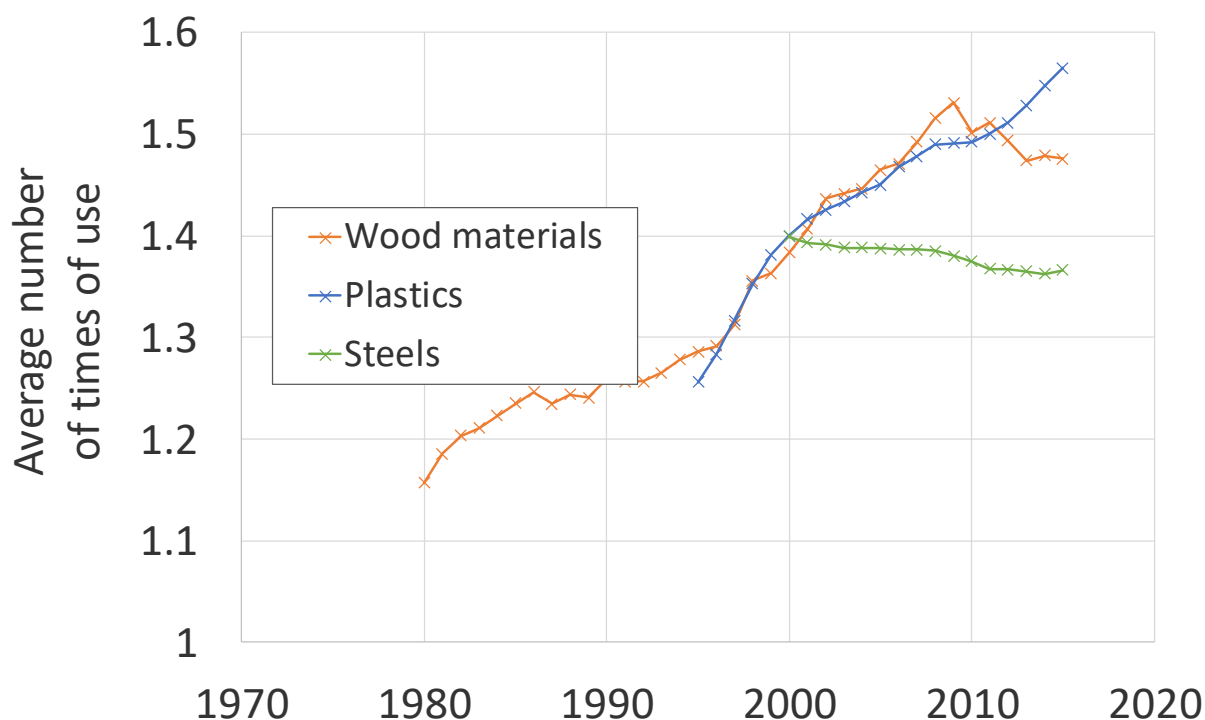


図-2.12 社会における物質の平均的な使用回数（使用サイクル数）

表-2.5 に物質利用時間および平均的な使用回数の結果をまとめた。計測を行った期間においていずれの物質も総物質利用時間は長期化しているが、1 回あたりの平均物質利用時間と平均的な使用回数の変化の傾向に違いがあることから、総物質利用時間の延長に寄与している要因は物質によって異なることがわかる。例えば、木材については、1 回あたりの平均利用時間も長期化していることから木材使用製品の長期使用が進展していると考えられるとともに、平均的な使用回数も増加していることから再生利用の促進も総物質利用時間の長期化に寄与していると考えられる。これに対して、プラスチックについては、1 回あたりの平均利用時間は横ばいであることからプラスチック使用製品の長期使用はマクロで見ればほぼ進展していないが、平均的な使用回数が増加していることから再生利用が進んでおり、これによって再生材の利用時間も含めたプラスチックという物質全体の総物質利用時間は長期化してきたものと考えられる。また、鉄鋼については 1 回あたりの平均物質利用時間は長期化していることから鉄鋼使用製品の長期使用は進展しているが、平均的な使用回数はやや減少していることから総物質利用時間の長期化に対する再生利用の寄与は小さいと考えられる。なお、鉄鋼について平均的な使用回数がやや減少していることは必ずしも再生利用が後退していることを意味しない。前述のとおり、鉄鋼の平均的な使用回数の減少は、直接的には粗鋼生産量に対する老廃スクラップ量の割合（すなわち投入量に占める再生材の割合）が減少していることによる。すなわち、需要量の増加とスクラップ発生量の減少（鉄鋼使用製品の長期使用の影響）によって投入量に占める再生材の割合がやや下がっていることが原因であり、必ずしも使用済みとなって排出される量を分母としたリサイクル率が低下しているものではない。

表-2.5 計測期間における物質利用時間および平均的な使用回数の傾向と要因

	平均総物質利用時間	1 回あたりの平均物質利用時間	平均的な使用回数	総物質利用時間増加の要因
木材	増加	増加	増加	・ 長期使用の進展 ・ 再生利用の促進
プラスチック	増加	横ばい	増加	・ 再生利用の促進
鉄鋼	増加	増加	やや減少	・ 長期使用の進展

<引用文献>

橋本征二（2019）環境研究総合推進費補助金総合研究報告書「循環型社会形成に関わる新たな評価指標と指標体系」（3K163001）

小口正弘、橋本征二、平井満規（2018）物質ストック指標としての物質利用時間の計測：木材を事例としたケーススタディ、第 29 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演要旨集、361-362

Daigo, I., Iwata, K., Ohkata, I., Goto, Y. (2015) Macroscopic evidence for the hibernating behavior of materials stock, Environmental Science and Technology, 49, 8691-8696

Hatayama et al. (2010)

Hatayama, H., Daigo, I., Matsuno, Y., Adachi, Y. (2010) Outlook of the world steel cycle based on the stock and flow Dynamics, Environmental Science and Technology, 44, 6457-6463

② 稼働率・利用度

i) 物質ストックが提供するサービス利用度の比較

日本全国の物質ストック・フローについて、サービス利用度の区分に従うよう構造物の投入量・蓄積量・排出量及び住宅の退蔵量や現役量を推計した。住宅の物質ストックの推計には、前年度の研究成果である滞留年数の補正評価モデルを採用し、使用年数モデルにより原単位法を用いた。推計した住宅の物質ストック量を住宅土地統計調査から得られる空き家率で按分することで空き家の物質ストック量及び住宅の利用度を推計した。日本では建築物や社会基盤施設の整備が進んでおり、それに伴って発生する建設副産物の増加や、自然災害による損壊及び耐用年数の経過から大量に排出される廃棄物が物質フローや環境に及ぼす影響が懸念されている。少子高齢化、人口減少を迎えている本国において、建築物や社会基盤施設の蓄積量を定量化し、どれだけのサービスが提供されているのかを把握することは、物質フローを適切に保つストック型社会への以降に重要な役割を果たす。そこで、推計には国内資源投入の85%を占める、建築物や社会基盤施設に投入される土石系資源を対象とした（図-2.13）。

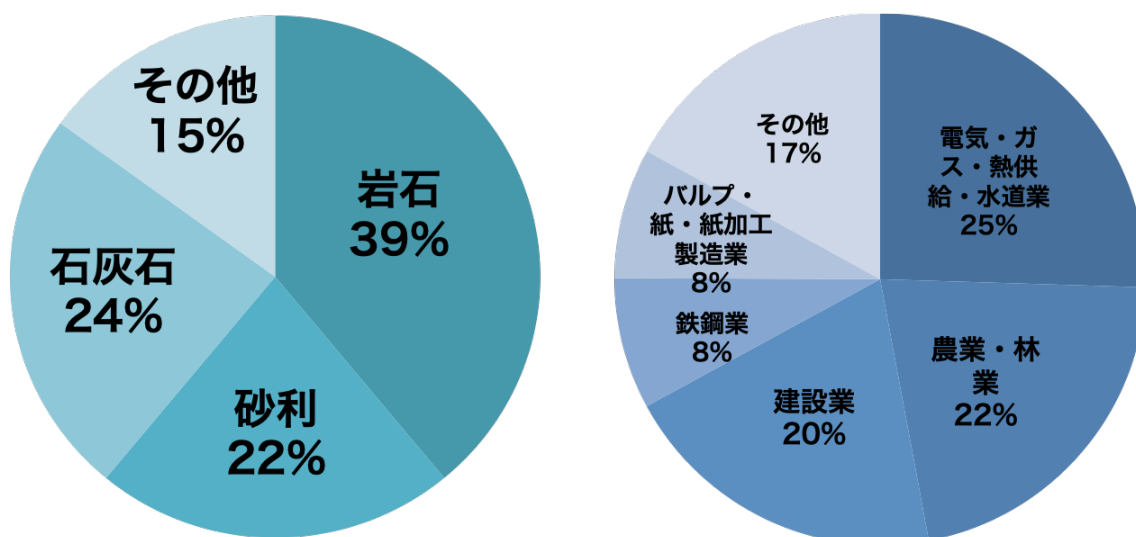


図-2.13 国内資源投入量の構成比（左）と業種別産業廃棄量の構成比（右）

（出所：日本の物質フロー（2010）、産業廃棄物の排出及び処理状況調査業種別排出量（2010））

我が国は、OECD 諸国の中でも少子高齢化が深刻であり、人口減少に転じているにも関わらず、住宅戸数が増加し続けている。換言すると、使われてない住宅、使えなくなった住宅の増加が示唆される。現に、日本の空き家戸数は2013年で819万戸であり、全体の13.5%を占めている。さらに、空き家率は年々増加傾向を示している（平成25年住宅土地統計調査）。このまま少子高齢化、人口減少が深刻化すれば、住宅のみならずその他建築物や社会基盤施設も必要以上に社会に蓄積する可能性が高く、過剰な資源投入や、使われなくなった構造物から排出される廃棄物が膨大な量になることが予想される。そこで、今まで取り組まれてきた物質ストックの定量化に加え、ストックの質や価値を評価することが重要である。谷川ら（2017）は物質ストックを利用度別に区分した概念図を図-2.14のように示した。図中に示す各項目について、現役量は経済活動に寄与するストック（In-use Stock）であり、退蔵量は経

済活動に寄与しないストック (Obsolete Stock) である。なお年間退役量は現役量のうち、その年に経済活動に寄与できるが利用されなくなったストックを表している。年間退蔵量はその年に経済活動に寄与できず退蔵ストックとなった量を示している。

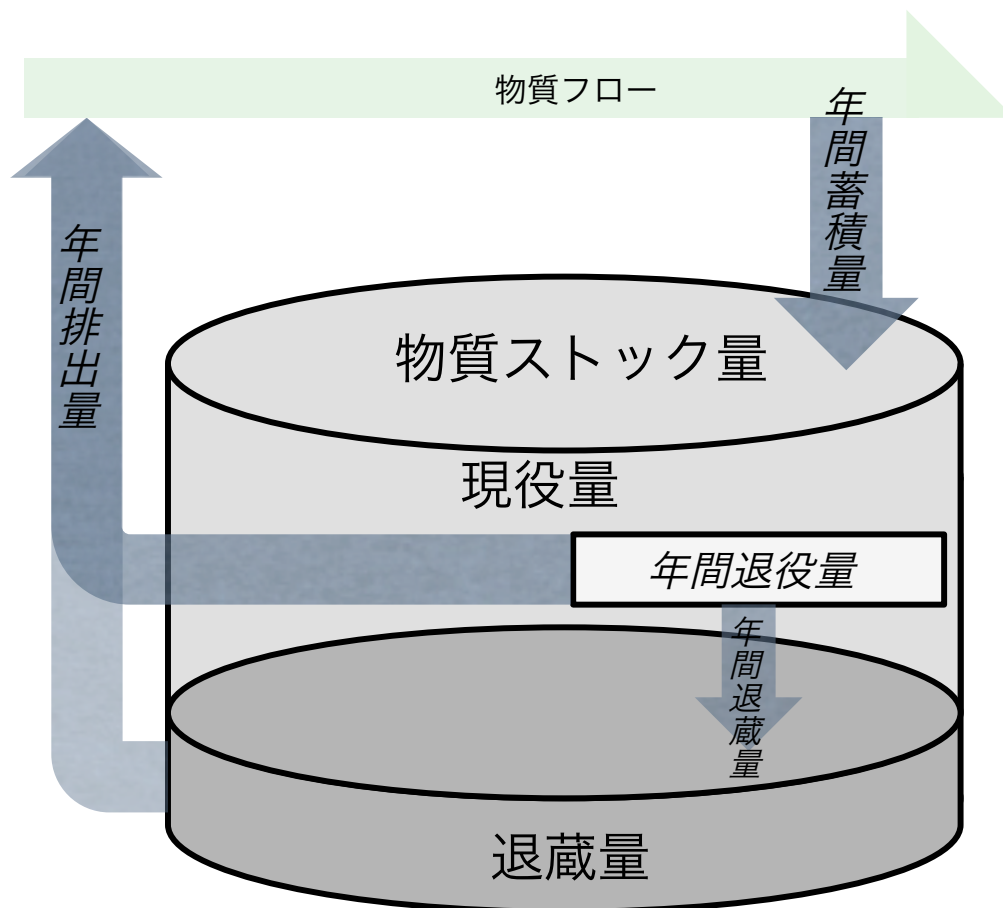


図-2.14 物質ストックの利用度別区分の概念図
(出所：谷川ら（2017）)

谷川ら（2017）においては日本全体の物質ストック・フローの定量化に加え、物質ストックの区分について利用形態別、物質別、利用度別に区分し、ストックが排出される過程について、現役量、退役量、退蔵量、排出量に整理している。本研究では、谷川ら（2017）の区分に従い、日本全体の建築物、道路、その他社会基盤施設の物質ストック・フローを推計するとともに、空き家問題が顕著である住宅について蓄積量と退蔵量の推計及び検討を行った。

推計にあたり、まず日本全体の建築物について使用年数モデル法を用いた住宅の蓄積量及び空き家の蓄積量を算出する。使用年数モデル法とは、物質ストックを過去から推計年までの資材の投入量と残存率を用いて得られる残存量の累計によって推計する手法である。使用年数モデル法の推計フローを図-2.15 に示す。日本全体の建築物について、住宅の蓄積量および空き家の蓄積量を推計する。その際、製品寿命着工床面積に小松ら（1998）が検討した残存率を参考に延べ床面積を算出した。算出した延床面積を原単位法により国土交通省の建設資材・労働力需要実態調査（建設部門）業務調査に基づく建設資

材投入原単位を乗じることによって建築物の蓄積量を推計する。なお推計した建築物の蓄積量は構造種別、用途別に集計し、居住用の建築物の蓄積量に住宅土地統計調査における構造種別の空き家率を按分することで空き家の蓄積量を推計した。本モデルによる推計では、建築物の物質ストック内の構造種、用途、建築年代など詳細な情報を都道府県別に得られるため、住宅土地統計調査の用途に応じた推計が可能である。

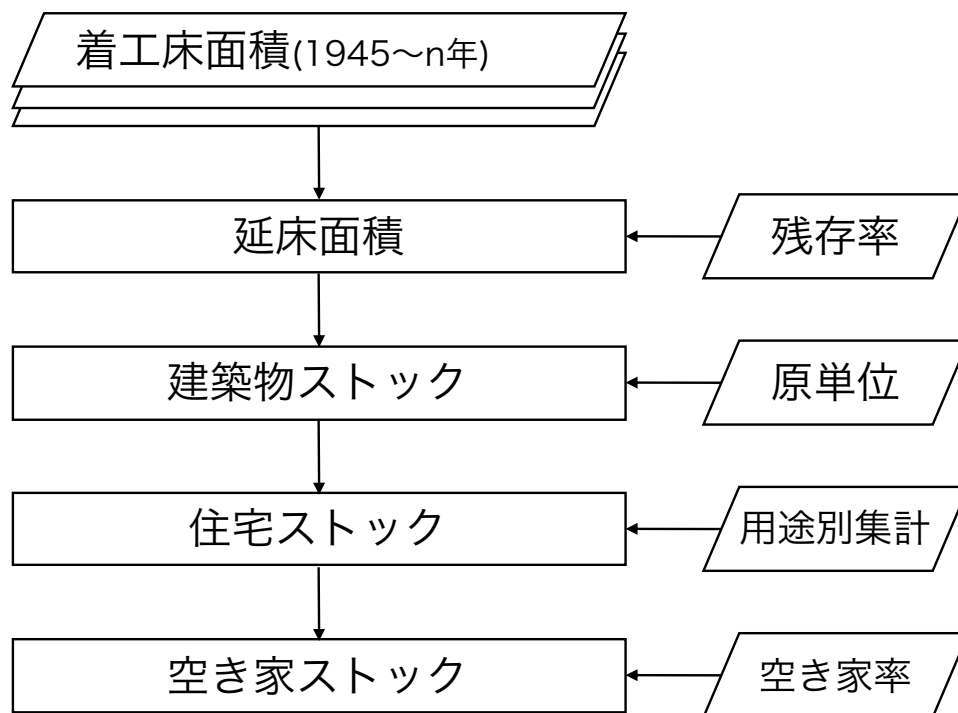


図-2.15 使用年数モデル法を用いた研究フロー図

a) 使用年数モデル法による建築物の延床面積の推計

構造別、建設年代別の延床面積について、統計では詳細が把握できないため、長岡ら（2009）の手法に習い、使用年数モデル法により式（1.1）に示されるような建築物の着工面積に残存率を乗じることによって建築物の延床面積を算出した。着工面積については国土交通省の建築統計年報をもとに構造種別、用途別に集計し、残存率は小松ら（1992）が推計した建築物の構造種別（木造、鉄筋コンクリート造（RC造）、鉄骨鉄筋コンクリート造（SRC造）、鉄骨造（S造））について分類した故障確率密度関数を参考に、木造については対数正規分布を、それ以外の構造種についてはワイブル分布を使用した（式（1.2）、式（1.3））。

$$TF_{i,t,k} = \sum_{k=1945}^t (R_i(t-k) \times CF_{i,k}) \quad (1.1)$$

なお、 TF ：延床面積（ m^2 ）、 $R(t-k)$ ：建築物残存率、 CF ：着工床面積（ m^2 ）、 i ：構造種、 t ：推計する年代、 k ：着工された年代とする。

$$R(x) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^x \frac{1}{t} \exp \left\{ -\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\} dt \quad (1.2)$$

なお、 $R(x)$ ：建設年 x 年における残存率、 x ：築年数、 μ ：平均値、 σ ：標準偏差とする。

$$R(x) = \exp \left\{ -\left(\frac{x - \delta}{\eta} \right)^m \right\} \quad (1.3)$$

$R(x)$ ：建設年 x 年における残存率、 x ：築年数、 m ：形状パラメータ、 η ：尺度パラメータ、 δ ：位置パラメータとする。

故障確率密度関数の各パラメータについては小松ら（1992）により推計された値があるが、設定されたパラメータは小松らが調査した 1987 年当時の残存棟数や除却棟数に従っている点を留意しなければならない（表-2.6）。解体床面積に関して、統計値と延床面積に小松らの廃棄率（=1-残存率）を乗じ、推計された床面積を比較すると、図-2.16 に示すように近年の値は統計値との乖離が大きいことが確認される（付録 A 参照）。なお、統計値に関しては総務省の固定資産の価格等の概要調書に示される構造種別の建築物の延床面積と着工面積から式（1.4）より減失床面積を算出する。本研究では小松ら（1992）の設定した構造種別のパラメータを基準とし、建築物の廃棄率について大方ら（2012）を参考に解体床面積に関して統計値と廃棄率から推計される解体床面積の誤差二乗和が最小となるように 10 年の着工年代コーホートを設定し、10 年ごとにパラメータ補正を行った。図-2.16 に示されるように、パラメータ変化させた補正・評価モデルによる推計値は小松ら（1992）の設定したパラメータを用いた推計値と比較して統計値との乖離が小さくなった。

$$DF_t = CF_t - (TF'_t - TF'_{t-1}) \quad (1.4)$$

いま、 TF' ：固定資産の価格等の概要調書における延床面積（㎡）、 CF ：着工面積（㎡）、 RF ：残存床面積（㎡）、 DF ：減失床面積（㎡）、 t ：推計する年代、 k ：着工された年代、 i ：構造種とする。

表-2.6 構造種別廃棄曲線パラメーター一覧

（出所：小松ら（1992））

構造	寿命分布関数	パラメータ				
		μ	Σ	m	η	δ
木造	対数正規分布	3.655	0.633	—	—	—
SRC 造	ワイブル分布	—	—	14.06	154.9	-112.4
RC 造	ワイブル分布	—	—	3.091	61.20	-3.740
S 造	ワイブル分布	—	—	6.747	64.37	-28.44

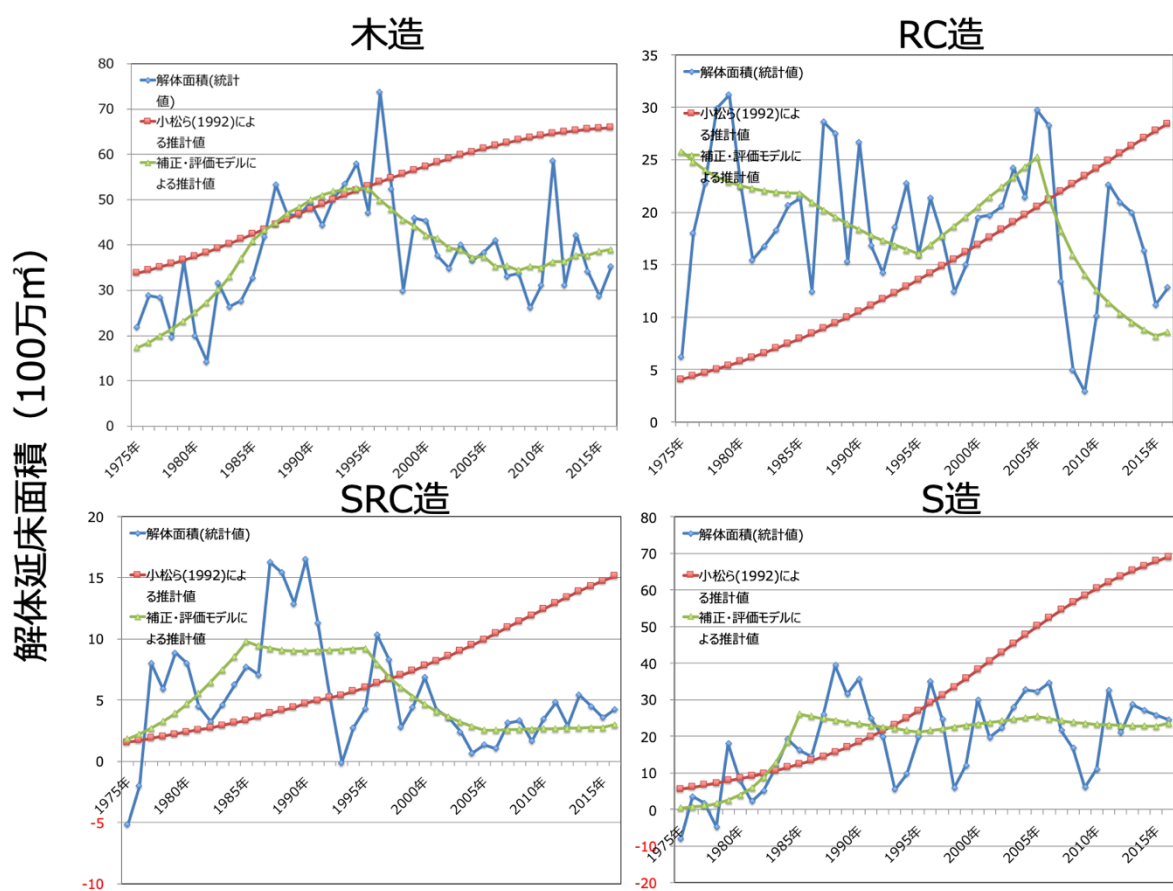


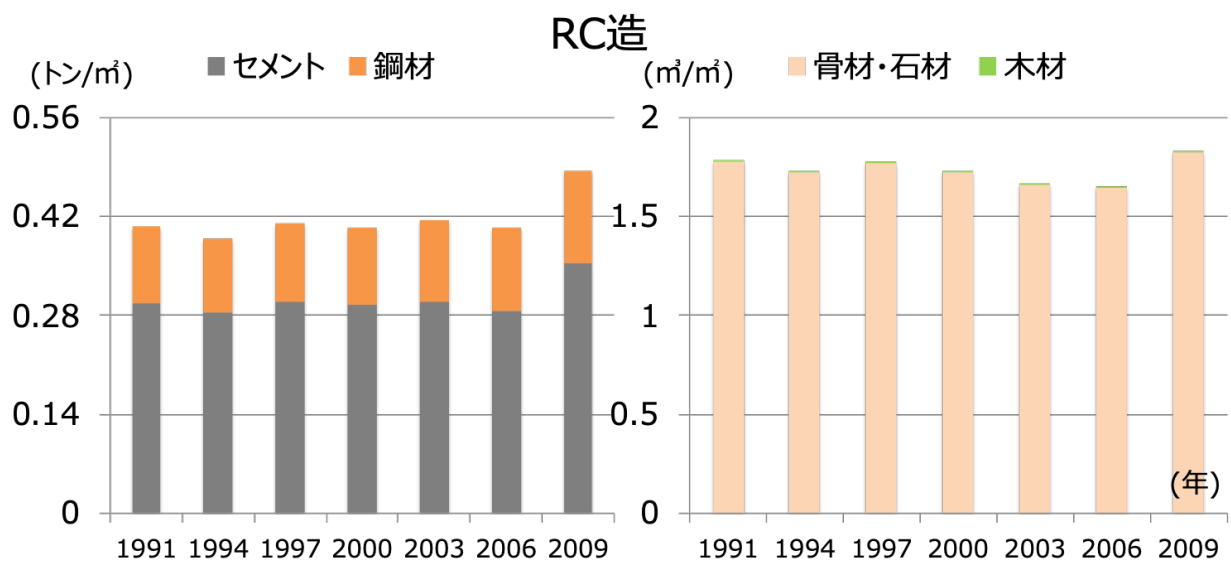
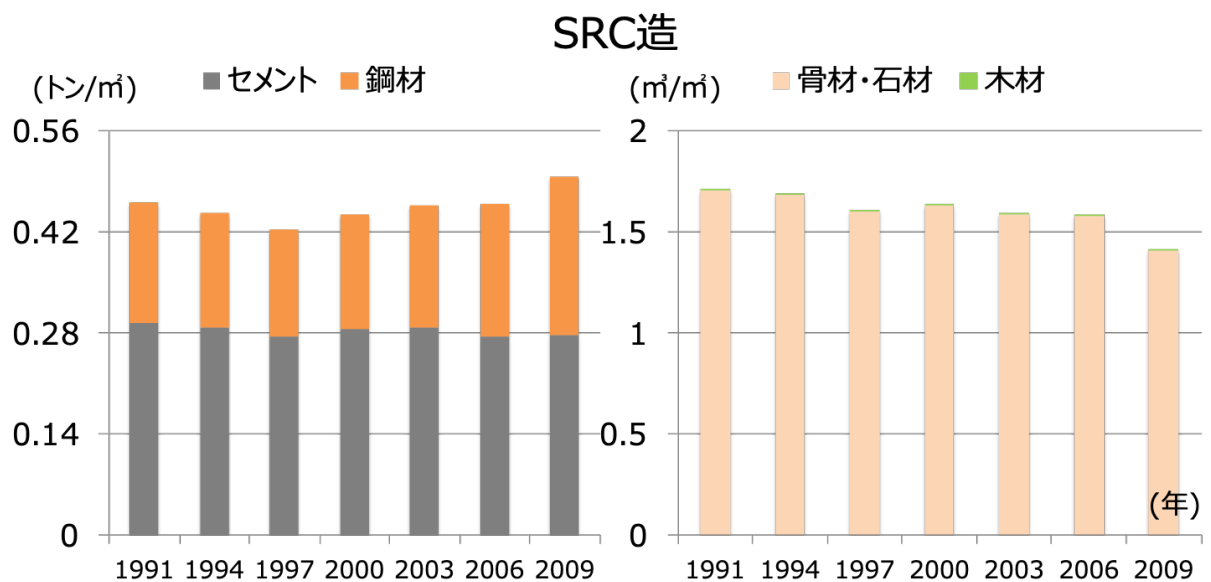
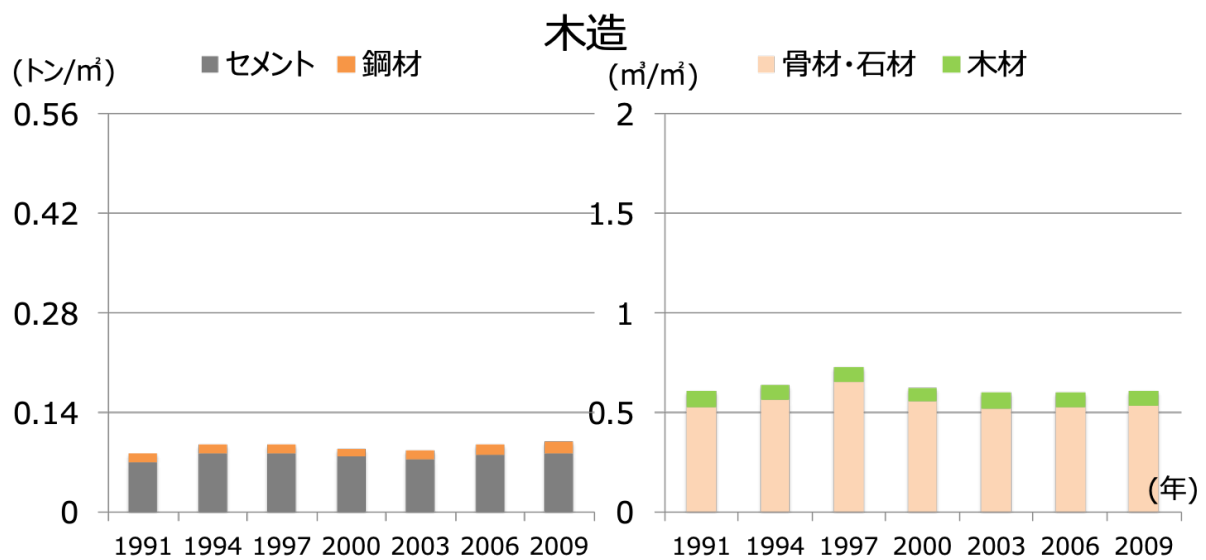
図-2.16 構造種別建築物の解体延床面積推移

b) 建築物及び住宅の蓄積量の推計

建築物及び住宅の蓄積量は式 (1.5) に示すように、原単位法に基づき、各年代、構造種、用途別の延床面積に乘じることで算出した。使用した原単位は主要な建設資材（セメント、骨材・石材、木材、鋼材）について、国土交通省の建設資材・労働力実態調査をもとにサンプル調査が行われ、算出された建築物の構造種、着工年代、地域別に整備された資源投入原単位を用いた。全国の主要な構造酒について、それぞれの建設資材投入原単位を図-2.17 に示す。なお、一覧表は巻末付録 A に掲載する。なお、データの制約から、1991 年以前及び 2009 年以降については直近の年次の値を採用するとした。

$$MS_t = \sum_{k=1945}^t \sum_n (I_{n,k} \times R_n(t-k) \times A_{n,k}) \quad (1.5)$$

MS : マテリアルストック (ton)、 I : 資材投入原単位 (ton/m²)、 $R(t-k)$: 建築物残存率、 A : 着工面積 (m²)、 n : 構造種、 t : 推計する年代、 k : 着工された年代とする。



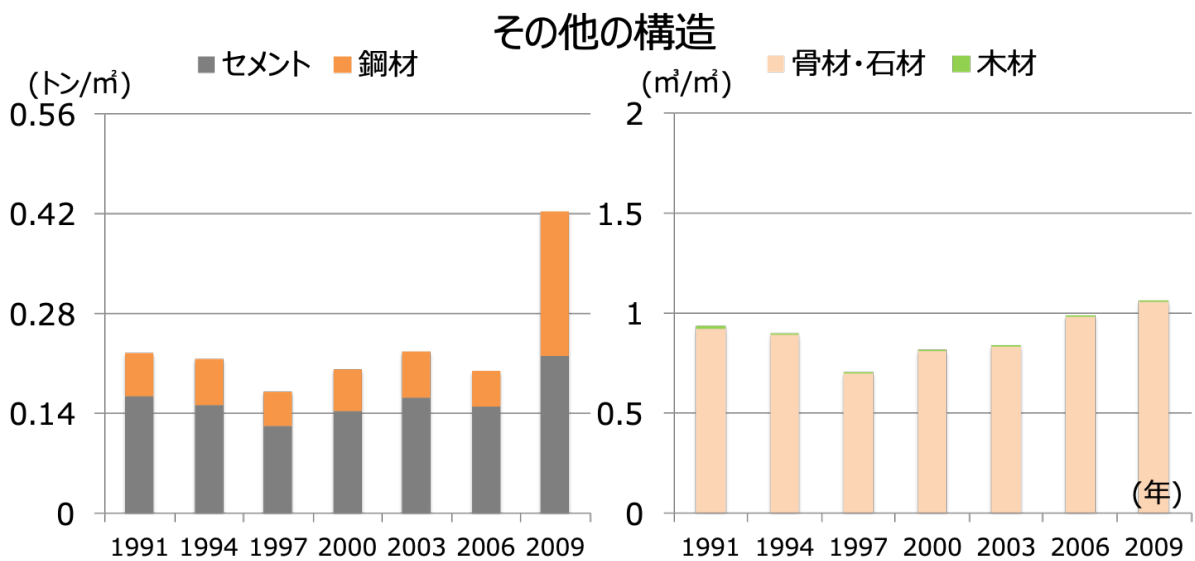
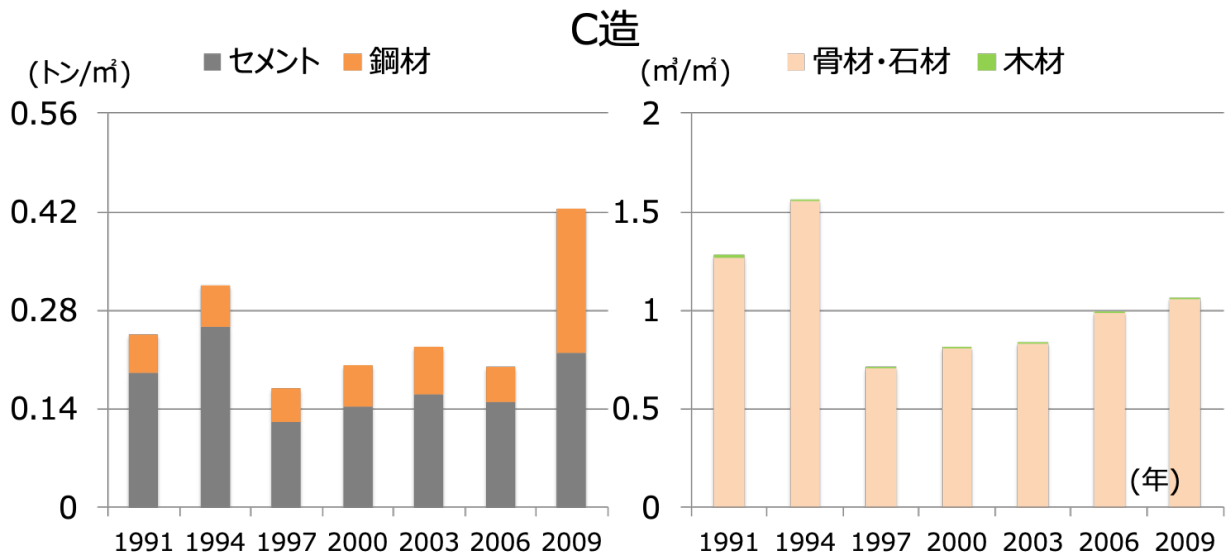
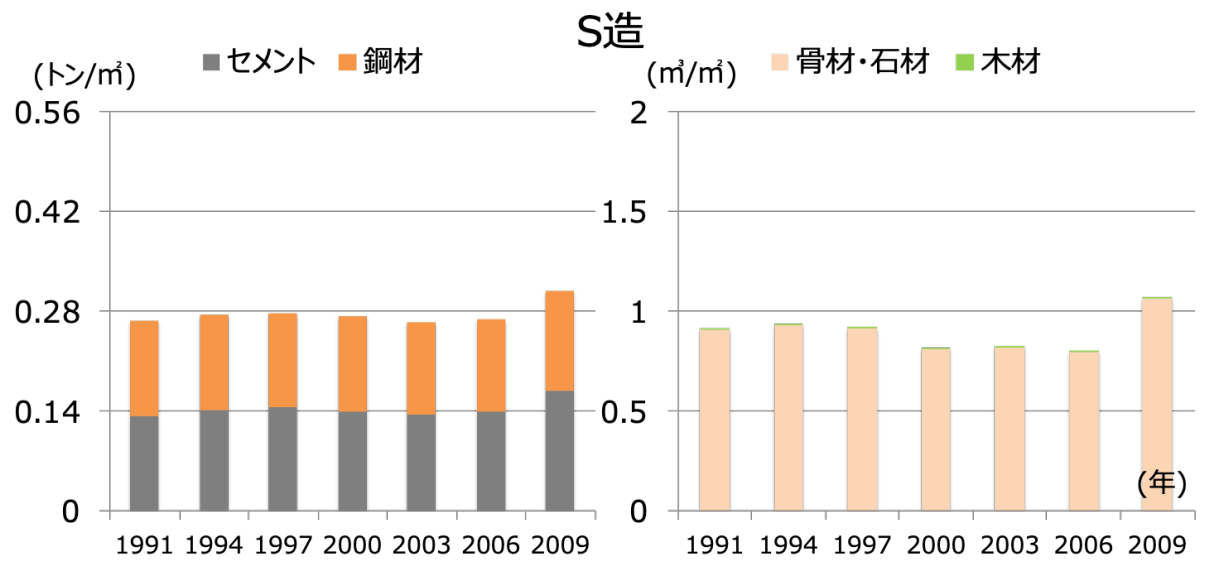


図-2.17 構造種別の資源投入原単位

c) 空き家の蓄積量の推計

空き家に関して現行の統計では物量単位での情報が把握できないため、使用年数モデル法を用いた住宅の物質ストック量の推計結果について、住宅土地統計調査の空き家率で按分し、空き家の物資ストック量の推計を行った（式（1.6））。住宅戸数について、住宅土地統計調査より2008年、2013年、2018年の空き家戸数を都道府県、構造、建て方、空き家の種類のそれぞれの区分で集計し、空き家率を算出した。

$$MS_t^v = \sum_{n,i,j} (MS_{t,n}^h \times \frac{NB_{n,i,j}^v}{NB_{t,n}^h}) \quad (1.6)$$

ここで、 MS_t^v ：空き家のマテリアルストック (ton)、 MS_t^h ：住宅のマテリアルストック (ton)、 NB^v ：空き家の住宅戸数 (戸)、 NB^h ：住宅総戸数 (戸)、 n ：構造種、 i ：住宅の建て方、 j ：空き家の種類、 t ：推計する年代とする。

住宅土地統計調査における構造種は木造、防火木造、鉄筋・鉄骨コンクリート造、鉄骨造、その他に分類されており、住宅の蓄積量推計における構造種と対応させるため、表-2.7 に示す対応表を作成した。住宅土地統計調査における防火木造及び木造（防火木造を除く）に関しては、使用年数モデル法における木造に対応させ、木造と木造（防火木造を除く）の住宅戸数の合計について空き家率を算出した。使用年数モデル法におけるSRC造をRC造は住宅土地統計調査の鉄筋・鉄骨コンクリート造に対応させ、住宅のRC造の蓄積量とSRC造の蓄積量の合計に鉄筋・鉄骨・コンクリート造の空き家率を乗じることによって鉄筋・鉄骨コンクリート造の空き家の蓄積量を推計した。空き家の住宅の建て方に関しては、戸建て、共同住宅、長屋建の三種類に分類した。空き家の種類は表-2.8 に示すように、二次的住宅の「別荘」及び「その他」、「賃貸用の住宅」、「売却用の住宅」、「その他の住宅」の五種類に分類した。

表-2.7 構造種の対応

使用年数モデル法	住宅土地統計調査	住宅土地統計調査における構造種の説明
木造	防火木造	柱・はりなどの骨組みが木造で、屋根や外壁など延焼のおそれのある部分がモルタル、サイディングボード、瓦、トタンなどの防火性能を有する材料でできているもの
	木造(防火木造を除く)	建物の主な構造部分のうち、柱・はりなどの骨組みが木造のもの。ただし、「防火木造」に該当するものは含めない。
鉄骨造	鉄骨造	建物の骨組みが鉄骨造（柱・はりが鉄骨のもの）のもの
鉄筋コンクリート造 鉄骨鉄筋コンクリート造	鉄筋・鉄骨コンクリート造	建物の骨組みが鉄筋コンクリート造、鉄骨コンクリート造又は鉄筋・鉄骨コンクリート造のもの

表-2.8 空き家の種類

(出所：住宅土地統計調査「用語の解説」)

二次的住宅	別荘	週末や休暇時に避暑・避寒・保養などの目的で使用される住宅で、 ふだんは人が住んでいない住宅
	その他	ふだん住んでいる住宅とは別に、残業で遅くなったときに寝泊まりするなど、 たまに寝泊まりしている人がいる住宅
賃貸用の住宅		新築・中古を問わず、賃貸のために空き家になっている住宅
売却用の住宅		新築・中古を問わず、売却のために空き家になっている住宅
その他の住宅		上記以外の人が住んでいない住宅で、 例えば、転勤・入院などのため居住世帯が長期にわたって 不在の住宅や建て替えなどのために取り壊すことになっている住宅など

空き家率に関しては構造種別に住宅の総数に占める住宅の建て方別、空き家の種類別の空き家戸数を空き家率として採用している。例えば、木造戸建て「その他の住宅」の空き家率は木造住宅の総数に占める木造戸建て「その他の住宅」の空き家戸数である。住宅ストックについては建て方の分類ができないことから、空き家率の分母には構造種別の住宅総数を用いた。

推計された空き家の蓄積量について、空き家の種類における「その他の住宅」は、長期に渡って不在の住宅や建て替えのため取り壊す予定の住宅を指す。このようなストックは社会に滞留するストックのうち、利用できないストックに区分されるポテンシャルが高く、住宅の退蔵ストックに評価される。また、「二次的住宅」、「賃貸用の住宅」、「売却用の住宅」のストックは利用可能ではあるものの、ストックとして機能を果たしていない可能性が高い。空き家の蓄積量に対して、空き家の「その他の住宅」以外の住宅ストックは現役量（In-use Stock）として推計年に利用されている、もしくは利用可能な住宅ストックであることが示唆される。しかしながら、共同住宅や長屋建などの住宅は、空き部屋数として空き家率を考慮しているため、取り壊し待ちである「その他の空き家」が必ずしも建物全体を指すとは限らず、推計された蓄積量が示す値に関しては戸建て住宅を同一の概念で扱われない点に留意が必要である。

a) 建築物及び住宅の蓄積量の推計結果

1945年から2018年までの建築物の用途別・構造種別・資材別蓄積量の推計結果を図-2.18、図-2.19、図-2.20に示す。2018年で建築物の蓄積量は全体で105.7億トンと判明し、資材別の蓄積量では骨材・石材82.8億トン、鋼材6.9億トン、セメント13.2億トン、木材2.7億トンであった。骨材・石材の蓄積量の増加が著しく、建築物の蓄積量に大きな影響を与えることが判明した。また、構造種別の蓄積量は木造25.6億トン、SRC造11.9億トン、RC造36.1億トン、S造32.1億トンで、RC造が最も多く蓄積していると判明した。用途別の蓄積量では非住宅が53.8億トンで住宅が51.9億トンであり、建築物の蓄積量の49%を住宅が占めていると判明した。住宅土地統計調査における住宅総数は増加傾向を示しており、今後も建築物の蓄積量は増加することが示唆される。なお、構造種ごとの住宅の資材別蓄積量は巻末付録Aに掲載する。使用年数モデル法による蓄積量推計では、建築物の構造種や用途などの

蓄積物の蓄積されている状態を詳細に把握でき、蓄積量の利用度区分の現役、退蔵等の判別するにあたり用いられる。

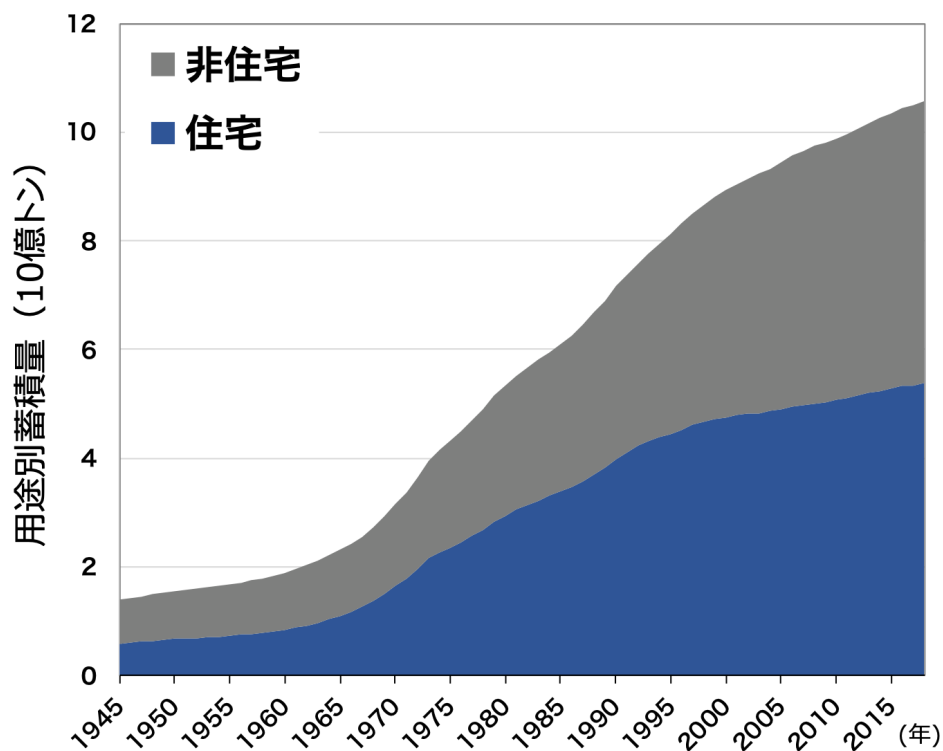


図-2.18 建築物の用途別蓄積量

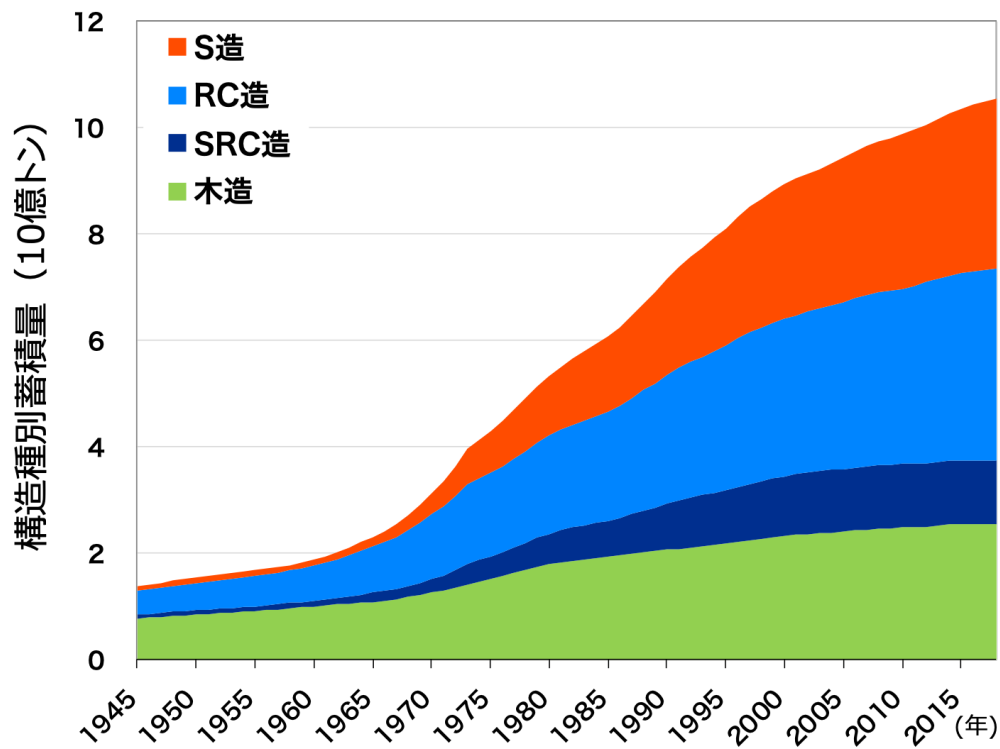


図-2.19 建築物の構造種別蓄積量

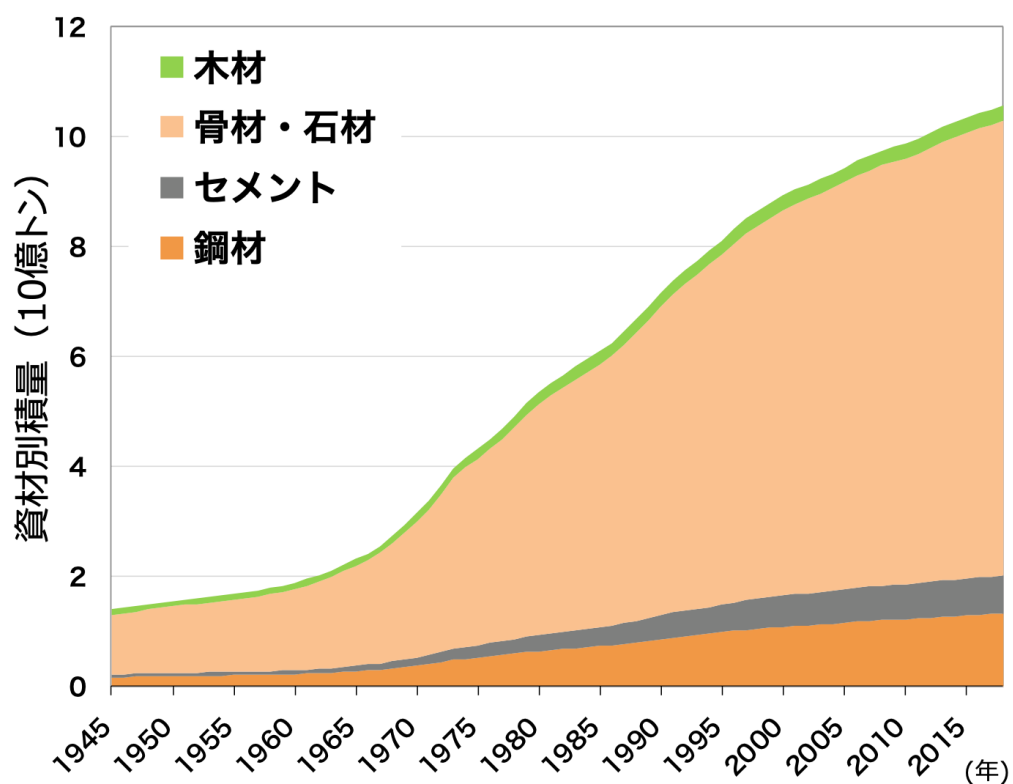


図-2.20 建築物の資材別蓄積量

1990年から2018年までの住宅の構造種別・資材別蓄積量の推計結果を図-2.21、図-2.22に示す。2018年の住宅の蓄積量は全体で51.9億トンと判明し、構造種別の蓄積量は木造22.4億トン、SRC造3.9億トン、RC造17.6億トン、S造7.6億トンであった。建築部全体の蓄積量と比較すると住宅の蓄積量は木造の割合が大きく、2018年の建築物の蓄積量に占める木造建築物の蓄積量は24.2%であるのに対し、2018年の住宅の蓄積量に占める鉄骨造住宅の蓄積量は15.3%と判明した、住宅の蓄積量は1990年から2018年まで単調増加傾向を示しており、今後も住宅個数の増加から住宅の蓄積量は増加すると示唆される。なお、構造種ごとの住宅の資材別蓄積量は巻末付録Aに掲載する。

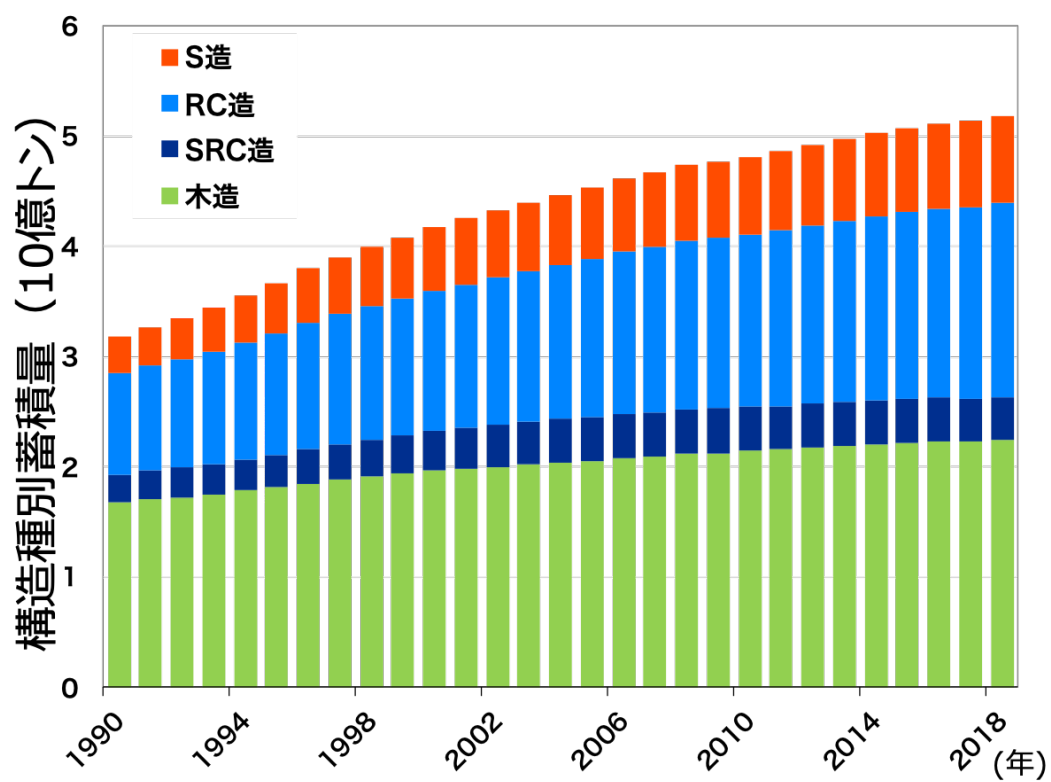


図-2.21 住宅の構造種別蓄積量

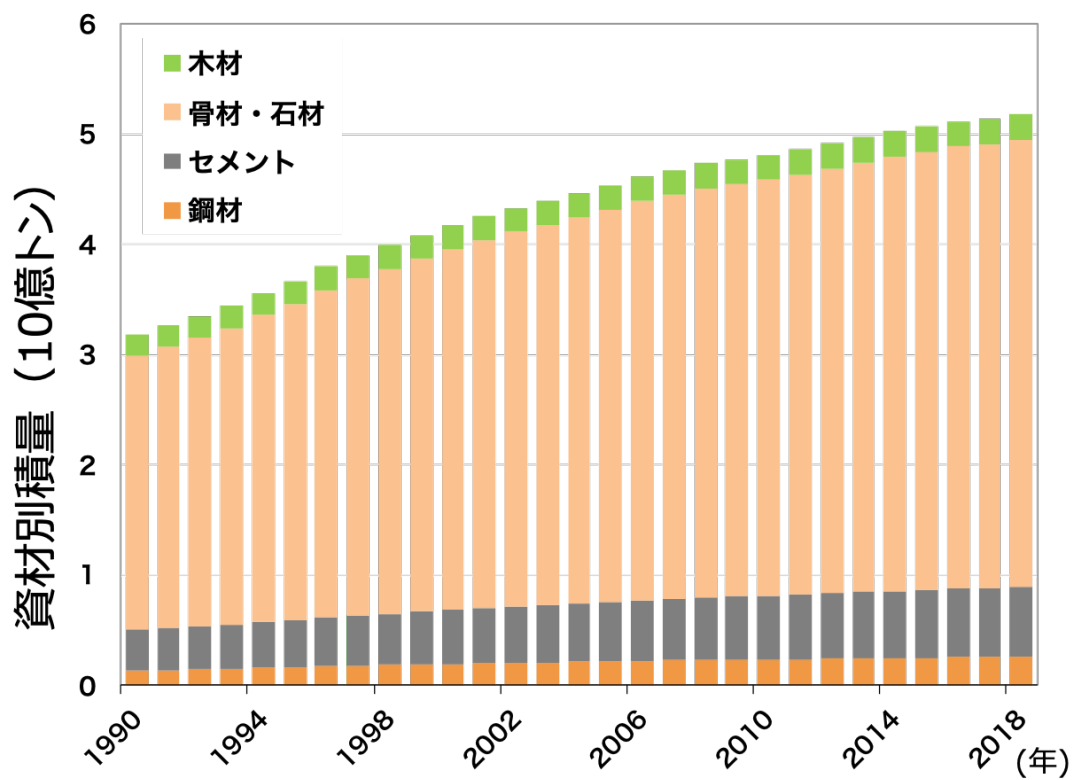


図-2.22 住宅の資源別蓄積量

b) 空き家の蓄積量推計結果

2008 年、2013 年、2018 年の空き家の構造種別・種類別蓄積量の推計結果を図-2.23、図-2.24 に示す。空き家の蓄積量は 2008 年、2013 年、2018 年でそれぞれ 7.3 億トン、7.8 億トン、8.1 億トンと判明した。2018 年の構造種別の蓄積量では鉄筋鉄骨コンクリート造が最も多く 3.8 億トンであり、ついで木造 2.8 億トン、鉄骨造 1.5 億トンであった。また空き家の種類別の蓄積量では「賃貸用の住宅」の蓄積量が最も多く、4.5 億トンで、次いで「その他の住宅」が 3.0 億トンであった。

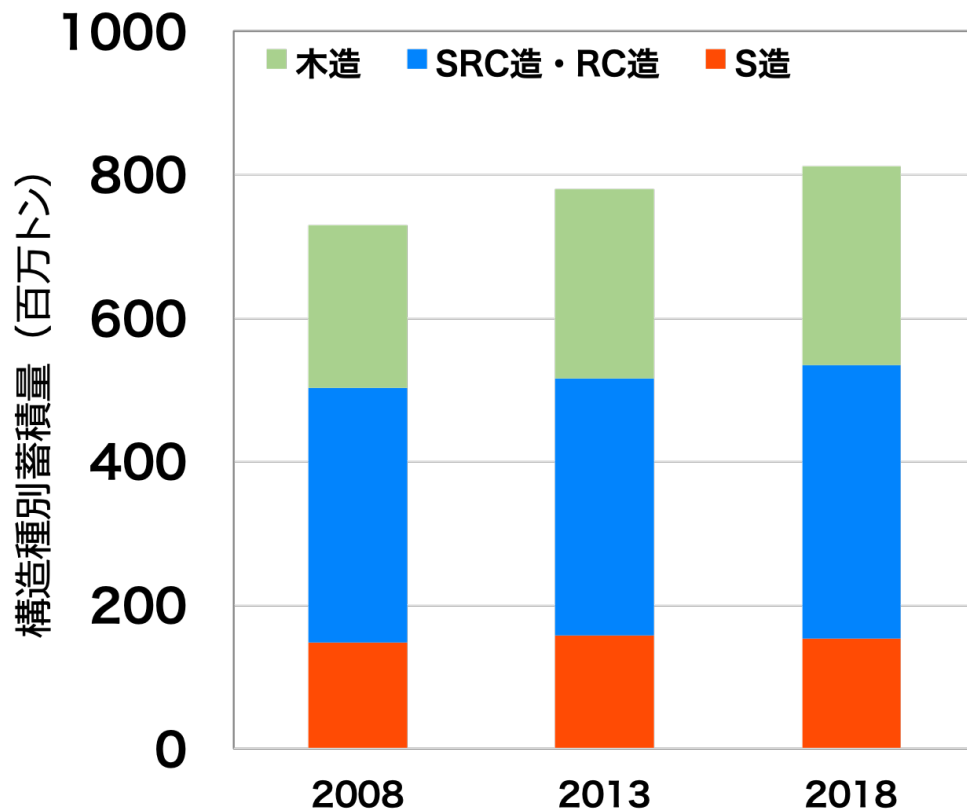


図-2.23 空き家の構造種別蓄積量

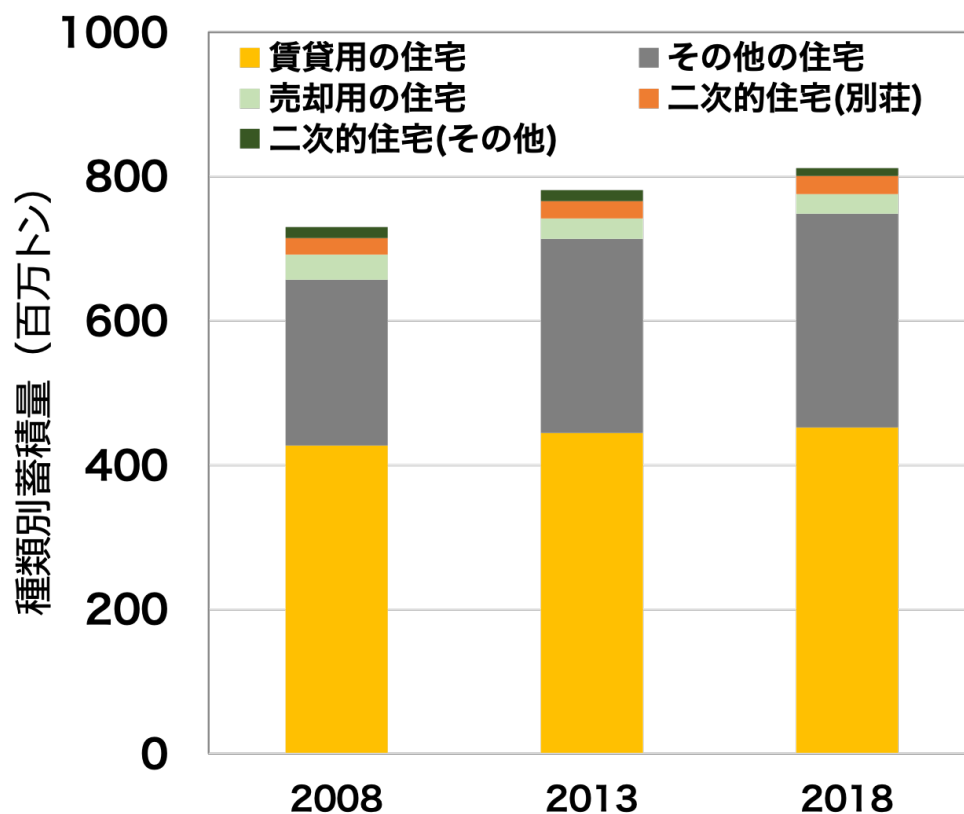


図-2.24 空き家の種類別蓄積量

住宅の蓄積量の種類別内訳を図-2.25 に示す。なお、図中の現役量は空き家以外の住宅の蓄積量であり、現役として利用されている住宅の蓄積量を表している。住宅の蓄積量に占める空き家の蓄積量は2008年、2013年、2018年でそれぞれ18.2%、18.6%、18.6%であった。空き家の蓄積量を住宅全体の蓄積量に対する割合で見ると横ばいであるが、住宅の蓄積量は2008年から2018年の10年間で4.5億トン増加しており、住宅の蓄積量が増加するほど、空き家の蓄積量は増加していくと示唆される。空き家以外の人が居住している蓄積量は2018年で43.7億トンであり、住宅蓄積量に対する住宅の空き家以外の蓄積量の割合を稼働率とすると稼働率は84.3%と判明した。2008年の空き家を除く住宅の蓄積量は40.1億トンであり、3.6億トン増加していることが判明したが、稼働率は2008年で84.5%であり、稼働率が増加したわけではない。人口減少に伴い、住宅の需要が減少するにつれて今後空き家の蓄積量は増加し、住宅の蓄積量に対する空き家の蓄積量の割合も増加が懸念される。特に「賃貸用の住宅」などが賃貸待ちとして長期間にわたり利用されなければ「その他の住宅」として取り壊し待ちの住宅となることも懸念される。住宅の退蔵量にあたる「その他の住宅」の蓄積量に関して、今後も把握していくことが利用度区分を考慮した物質ストック・フロー推計で重要である。

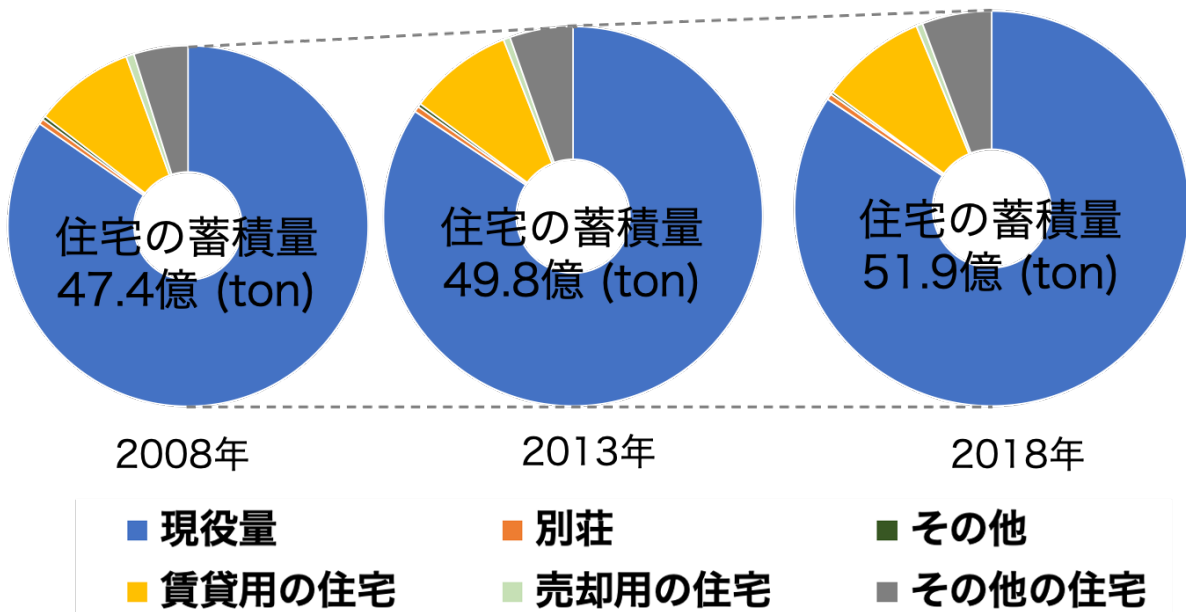


図-2.25 住宅の空き家の種類別蓄積量

住宅の利用状況に関して図-2.26 から図-2.28 に 2008 年、2013 年、2018 年の都道府県別の住宅の蓄積量の内訳を 100%積み上げ棒グラフで表した。また都道府県別の住宅の蓄積量の内訳の詳細な値について表-2.9 (2008 年)、表-2.10 (2013 年)、表-2.11 (2018 年) に示し、2008 年から 2018 年での蓄積量の変化量を表-2.12 に示した。2018 年で住宅の蓄積量に対する現役量の割合が最も少なかったのは山梨県で 72.6%と判明し、次いで和歌山県が 74.7%、長野県が 76.1%であった。長野県と山梨県に関して、比較的「二次的住宅（別荘）」の割合が大きく、それぞれ 3.5%、4.9%であり、山梨県は全都道府県の中で最も「賃貸用の住宅」の割合が最も大きく、和歌山県の住宅の蓄積量 4290 万トンの 12.7%が「その他の住宅」の蓄積量となっていることが判明した。住宅蓄積量に対する現役量の割合が最も大きかったのは沖縄県で 88.1%であった。

2008 年から 2018 年での物質ストックの変化に関して、住宅全体の蓄積量が減少したのは秋田県のみで 32 万トンの減少が判明した。現役量の蓄積量が減少したのは秋田県、山形県、新潟県、徳島県、愛媛県の 5 県で新潟県が最も減少し、110 万トンの減少が判明した。現役量の減少は東北や北陸、四国地方などの地方に多いことが判明した。東京都に関して「賃貸用の住宅」が全都道府県中最も増加し、1130 万トンの増加が見られた。また東京都は「その他の空き家」について唯一減少しており 58 万トンの減少が見られた。東京都の住宅は過剰に建設が進んでおり、賃貸されずに空き家となっている空き家が多いことが示唆される。また今後東京オリンピックの開催に伴い建設された住宅がその後空き家となり増加することが懸念される。

2008年

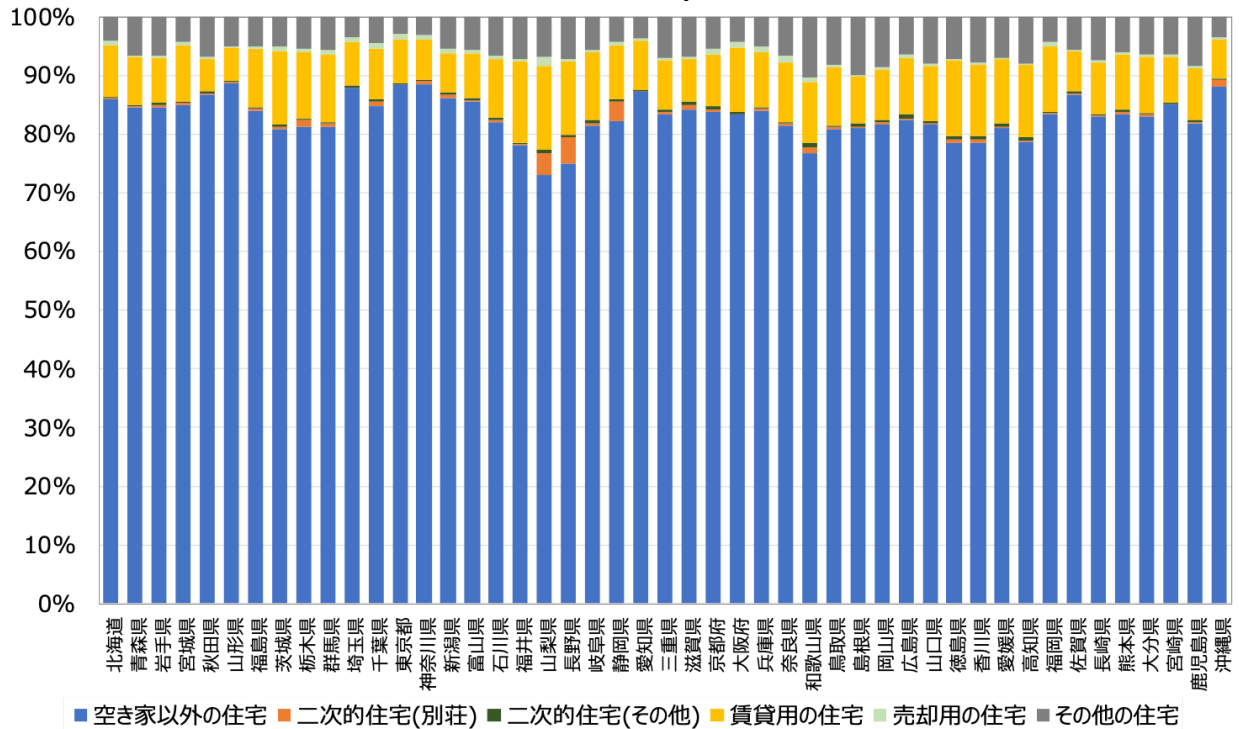


図-2.26 都道府県別住宅の利用状況（2008年）

2013年

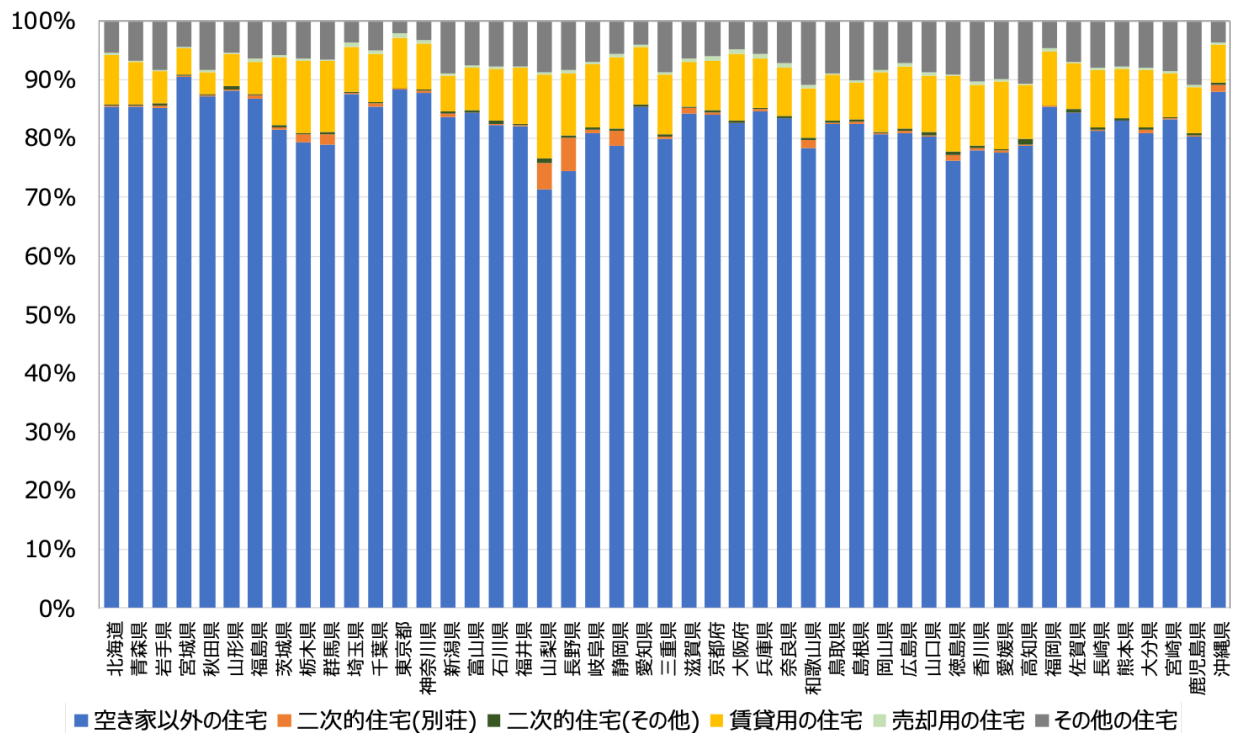


図-2.27 都道府県別住宅の利用状況（2013年）

2018年

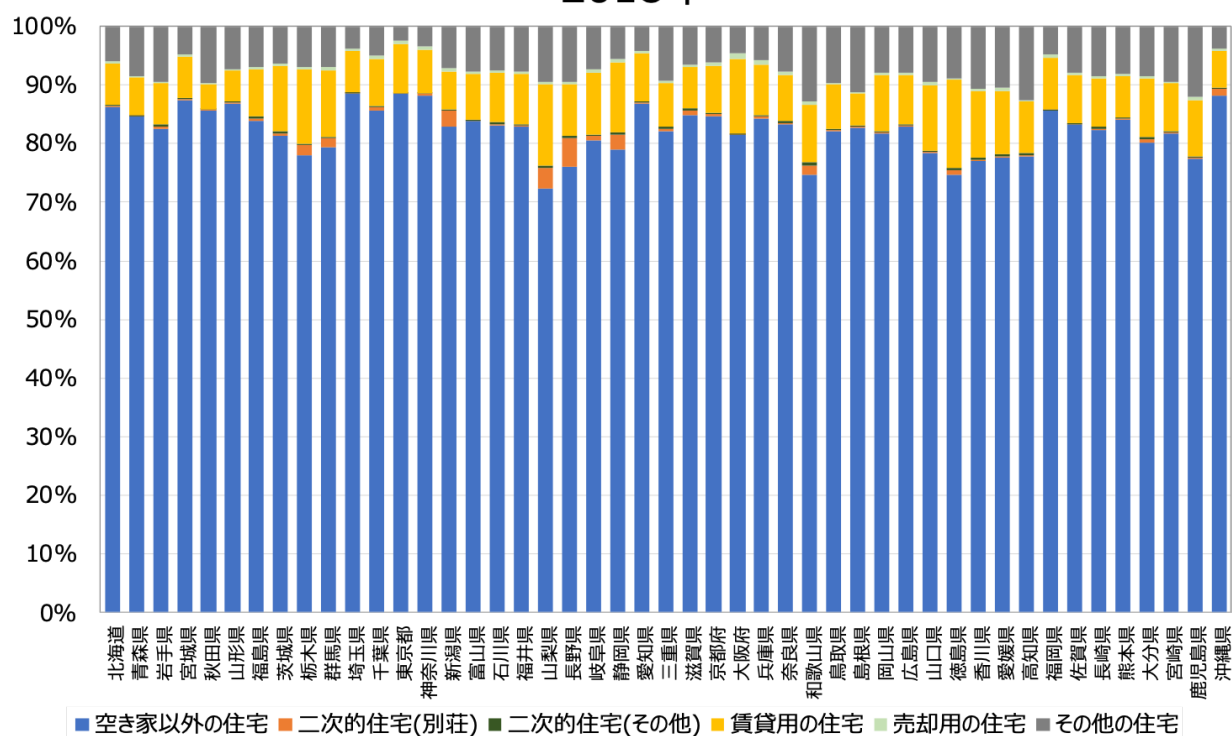


図-2.28 都道府県別住宅の利用状況（2018年）

表-2.9 都道府県別住宅の蓄積量内訳(2008 年)

百万トン	住宅蓄積量	空き家以外の住宅	二次的住宅(別荘)	二次的住宅(その他)	賃貸用の住宅	売却用の住宅	その他の住宅
北海道	226.14	194.20	0.54	0.40	20.02	1.60	9.38
青森県	42.77	36.13	0.13	0.08	3.47	0.12	2.83
岩手県	41.47	35.07	0.12	0.17	3.16	0.15	2.79
宮城県	88.63	75.31	0.24	0.22	8.52	0.51	3.83
秋田県	39.34	34.15	0.06	0.11	2.21	0.15	2.67
山形県	38.54	34.17	0.06	0.08	2.19	0.09	1.96
福島県	61.91	52.03	0.25	0.13	6.12	0.20	3.19
茨城県	99.32	80.31	0.35	0.42	12.52	0.70	5.03
栃木県	66.80	54.21	0.83	0.16	7.50	0.38	3.71
群馬県	65.54	53.24	0.34	0.22	7.57	0.52	3.65
埼玉県	247.87	217.71	0.23	0.62	18.58	2.25	8.48
千葉県	235.14	199.12	1.84	0.87	20.25	2.68	10.39
東京都	529.62	468.06	0.19	1.29	39.38	4.86	15.84
神奈川県	366.61	324.67	1.90	0.63	25.32	2.94	11.16
新潟県	84.28	72.60	0.54	0.34	5.49	0.73	4.57
富山県	40.29	34.48	0.02	0.18	3.10	0.20	2.31
石川県	41.28	33.84	0.17	0.17	4.14	0.25	2.72
福井県	26.98	21.08	0.02	0.06	3.78	0.09	1.95
山梨県	28.56	20.88	1.01	0.22	4.07	0.41	1.98
長野県	79.96	59.88	3.63	0.36	10.00	0.35	5.74
岐阜県	65.02	52.90	0.31	0.36	7.48	0.30	3.67
静岡県	141.45	116.27	4.71	0.52	12.95	0.89	6.11
愛知県	292.93	255.60	0.22	0.70	24.16	1.51	10.74
三重県	63.75	53.11	0.31	0.29	5.34	0.27	4.43
滋賀県	54.98	46.25	0.50	0.27	4.02	0.22	3.72
京都府	87.47	73.30	0.24	0.67	7.64	0.81	4.81
大阪府	333.23	277.55	0.13	1.24	36.77	3.46	14.09
兵庫県	230.42	193.63	0.61	0.76	21.43	2.19	11.80
奈良県	49.43	40.29	0.12	0.14	4.99	0.64	3.25
和歌山県	41.52	31.89	0.39	0.30	4.31	0.33	4.31
鳥取県	19.02	15.36	0.08	0.04	1.89	0.08	1.56
島根県	20.80	16.86	0.04	0.12	1.68	0.05	2.05
岡山県	60.63	49.54	0.13	0.23	5.32	0.20	5.20
広島県	106.31	87.53	0.35	0.78	10.24	0.50	6.92
山口県	51.19	41.77	0.10	0.18	4.87	0.18	4.09
徳島県	35.70	28.01	0.18	0.25	4.59	0.10	2.56
香川県	34.93	27.43	0.16	0.21	4.26	0.11	2.76
愛媛県	49.16	39.87	0.10	0.22	5.40	0.16	3.42
高知県	24.27	19.08	0.07	0.16	2.97	0.04	1.95
福岡県	200.83	167.46	0.23	0.54	22.48	1.55	8.58
佐賀県	23.94	20.76	0.05	0.11	1.63	0.07	1.33
長崎県	43.62	36.18	0.08	0.10	3.82	0.18	3.26
熊本県	54.07	45.06	0.26	0.15	5.08	0.24	3.28
大分県	43.91	36.40	0.17	0.14	4.17	0.16	2.87
宮崎県	37.67	32.04	0.03	0.09	2.93	0.18	2.40
鹿児島県	54.21	44.34	0.10	0.20	4.78	0.20	4.59
沖縄県	67.63	59.52	0.80	0.23	4.41	0.26	2.42
合計	4739.16	4009.10	22.93	15.73	427.01	34.04	230.35

表-2.10 都道府県別住宅の蓄積量内訳(2013 年)

百万トン	住宅蓄積量	空き家以外の住宅	二次的住宅(別荘)	二次的住宅(その他)	賃貸用の住宅	売却用の住宅	その他の住宅
北海道	234.25	199.95	0.58	0.59	19.50	1.25	12.39
青森県	43.61	37.28	0.09	0.07	3.12	0.13	2.93
岩手県	42.73	36.39	0.17	0.20	2.37	0.07	3.53
宮城県	93.07	84.26	0.11	0.22	4.22	0.19	4.08
秋田県	39.46	34.42	0.05	0.09	1.47	0.13	3.31
山形県	39.11	34.52	0.04	0.21	2.14	0.09	2.11
福島県	64.20	55.77	0.29	0.20	3.45	0.40	4.11
茨城県	105.02	85.60	0.44	0.31	12.18	0.46	6.02
栃木県	70.66	56.04	0.99	0.20	8.66	0.22	4.54
群馬県	68.59	54.20	1.24	0.19	8.29	0.16	4.51
埼玉県	265.11	232.35	0.20	0.58	20.57	2.07	9.34
千葉県	247.48	211.25	1.49	0.56	20.51	1.51	12.16
東京都	571.13	505.11	0.15	0.90	48.60	4.66	11.71
神奈川県	387.01	339.53	1.38	1.11	30.08	2.43	12.48
新潟県	85.90	71.88	0.47	0.39	5.14	0.32	7.71
富山県	41.37	34.90	0.04	0.13	3.01	0.20	3.09
石川県	42.31	34.83	0.10	0.21	3.74	0.14	3.29
福井県	27.69	22.74	0.04	0.05	2.68	0.04	2.14
山梨県	29.68	21.18	1.33	0.23	4.27	0.12	2.56
長野県	81.89	61.07	4.59	0.37	8.63	0.38	6.85
岐阜県	67.98	54.97	0.46	0.28	7.23	0.35	4.69
静岡県	148.80	117.11	3.97	0.46	18.08	0.86	8.32
愛知県	313.03	267.59	0.13	0.77	30.64	1.52	12.38
三重県	66.26	52.96	0.31	0.19	6.79	0.27	5.73
滋賀県	57.67	48.56	0.54	0.22	4.39	0.33	3.63
京都府	90.97	76.55	0.28	0.42	7.64	0.56	5.51
大阪府	352.04	290.97	0.12	1.12	40.18	2.62	17.03
兵庫県	239.14	202.50	0.64	0.84	19.76	2.27	13.13
奈良県	50.93	42.50	0.06	0.18	4.16	0.36	3.67
和歌山県	42.46	33.30	0.59	0.17	3.53	0.26	4.62
鳥取県	19.19	15.83	0.06	0.07	1.47	0.05	1.72
島根県	21.08	17.39	0.07	0.08	1.36	0.05	2.13
岡山県	63.65	51.43	0.13	0.14	6.41	0.26	5.28
広島県	109.98	89.09	0.28	0.41	11.65	0.60	7.95
山口県	52.64	42.34	0.07	0.28	5.09	0.29	4.57
徳島県	36.06	27.50	0.32	0.22	4.64	0.12	3.25
香川県	36.30	28.35	0.08	0.18	3.79	0.16	3.75
愛媛県	50.29	39.06	0.12	0.19	5.77	0.17	4.99
高知県	24.55	19.34	0.06	0.20	2.27	0.08	2.60
福岡県	211.80	180.95	0.21	0.40	19.36	1.15	9.73
佐賀県	25.08	21.19	0.01	0.13	1.95	0.06	1.74
長崎県	44.77	36.37	0.10	0.19	4.37	0.19	3.54
熊本県	57.12	47.42	0.08	0.19	4.77	0.25	4.41
大分県	45.04	36.43	0.28	0.16	4.47	0.16	3.54
宮崎県	38.97	32.47	0.02	0.09	2.95	0.11	3.32
鹿児島県	56.42	45.33	0.13	0.17	4.42	0.23	6.14
沖縄県	75.33	66.26	0.93	0.21	4.87	0.29	2.78
合計	4977.80	4197.03	23.81	14.76	444.63	28.58	268.99

表-2.11 都道府県別住宅の蓄積量内訳(2018年)

百万トン	住宅蓄積量	空き家以外の住宅	二次的住宅(別荘)	二次的住宅(その他)	賃貸用の住宅	売却用の住宅	その他の住宅
北海道	241.68	208.35	0.45	0.39	17.18	0.83	14.49
青森県	44.19	37.36	0.08	0.08	2.80	0.11	3.75
岩手県	44.11	36.41	0.17	0.13	3.11	0.10	4.19
宮城県	98.82	86.33	0.22	0.18	6.92	0.37	4.79
秋田県	39.02	33.42	0.05	0.06	1.62	0.09	3.79
山形県	39.35	34.15	0.08	0.08	2.06	0.12	2.87
福島県	67.91	56.95	0.27	0.23	5.51	0.22	4.74
茨城県	109.90	89.39	0.41	0.39	12.40	0.41	6.90
栃木県	73.46	57.37	1.18	0.15	9.38	0.29	5.10
群馬県	70.94	56.27	1.09	0.22	8.06	0.34	4.96
埼玉県	279.13	247.25	0.19	0.43	19.30	1.32	10.62
千葉県	259.05	221.79	1.48	0.60	20.65	1.60	12.94
東京都	612.36	542.12	0.11	0.64	50.65	3.59	15.26
神奈川県	402.02	354.37	1.35	0.47	29.51	2.45	13.87
新潟県	86.14	71.48	2.24	0.23	5.61	0.41	6.17
富山県	42.12	35.31	0.04	0.09	3.28	0.14	3.26
石川県	42.97	35.66	0.13	0.14	3.65	0.11	3.27
福井県	27.91	23.15	0.03	0.08	2.36	0.11	2.17
山梨県	30.74	22.21	1.07	0.16	4.28	0.12	2.89
長野県	82.80	63.01	4.05	0.30	7.31	0.30	7.83
岐阜県	69.98	56.43	0.44	0.18	7.44	0.31	5.19
静岡県	153.50	121.34	3.93	0.41	18.33	1.05	8.44
愛知県	329.38	286.19	0.12	0.65	27.46	1.38	13.58
三重県	67.76	55.64	0.32	0.26	4.97	0.20	6.36
滋賀県	59.43	50.45	0.45	0.23	4.18	0.30	3.84
京都府	93.97	79.61	0.33	0.17	7.50	0.48	5.87
大阪府	368.74	300.47	0.11	0.82	47.13	3.16	17.05
兵庫県	246.14	207.55	0.65	0.41	21.55	1.92	14.06
奈良県	51.62	43.01	0.08	0.19	4.09	0.27	3.99
和歌山県	42.85	32.04	0.62	0.22	4.23	0.28	5.46
鳥取県	19.23	15.79	0.04	0.05	1.44	0.06	1.85
島根県	21.20	17.51	0.05	0.06	1.17	0.04	2.38
岡山県	66.20	54.14	0.13	0.14	6.24	0.25	5.30
広島県	112.84	93.52	0.24	0.29	9.47	0.47	8.84
山口県	53.56	42.03	0.09	0.10	6.00	0.26	5.09
徳島県	36.34	27.15	0.25	0.17	5.44	0.12	3.21
香川県	37.51	28.86	0.07	0.21	4.24	0.15	3.97
愛媛県	50.75	39.37	0.10	0.21	5.44	0.29	5.35
高知県	24.66	19.18	0.06	0.07	2.17	0.05	3.13
福岡県	223.58	191.23	0.17	0.35	19.61	1.58	10.65
佐賀県	26.04	21.68	0.03	0.02	2.13	0.12	2.05
長崎県	45.53	37.43	0.13	0.19	3.73	0.19	3.86
熊本県	61.03	51.30	0.12	0.13	4.26	0.23	5.00
大分県	45.99	36.88	0.25	0.14	4.61	0.18	3.92
宮崎県	40.09	32.79	0.02	0.08	3.28	0.15	3.77
鹿児島県	58.71	45.43	0.17	0.13	5.60	0.31	7.07
沖縄県	84.17	74.19	0.99	0.20	5.28	0.23	3.27
合計	5185.44	4373.59	24.67	11.12	452.61	27.06	296.39

表-2.12 都道府県別住宅の蓄積量の変化量(2008年-2018年)

変化量(百万トン)	住宅蓄積量	空き家以外の住宅	二次的住宅(別荘)	二次的住宅(その他)	賃貸用の住宅	売却用の住宅	その他の住宅
北海道	15.54	14.15	-0.09	-0.02	-2.83	-0.77	5.11
青森県	1.41	1.23	-0.05	-0.00	-0.67	-0.01	0.92
岩手県	2.65	1.34	0.05	-0.04	-0.06	-0.05	1.40
宮城県	10.19	11.02	-0.02	-0.03	-1.60	-0.14	0.96
秋田県	-0.32	-0.72	-0.01	-0.05	-0.59	-0.06	1.12
山形県	0.81	-0.02	0.02	-0.00	-0.13	0.04	0.91
福島県	6.00	4.92	0.02	0.10	-0.61	0.01	1.55
茨城県	10.58	9.08	0.06	-0.03	-0.12	-0.29	1.87
栃木県	6.67	3.16	0.34	-0.01	1.88	-0.10	1.39
群馬県	5.41	3.03	0.76	0.00	0.48	-0.17	1.31
埼玉県	31.26	29.55	-0.05	-0.19	0.72	-0.92	2.15
千葉県	23.91	22.67	-0.36	-0.28	0.40	-1.08	2.55
東京都	82.75	74.06	-0.08	-0.64	11.27	-1.27	-0.58
神奈川県	35.41	29.70	-0.55	-0.15	4.19	-0.48	2.71
新潟県	1.87	-1.11	1.70	-0.12	0.12	-0.32	1.60
富山県	1.83	0.83	0.02	-0.09	0.18	-0.05	0.94
石川県	1.68	1.83	-0.04	-0.02	-0.50	-0.14	0.55
福井県	0.93	2.07	0.01	0.03	-1.42	0.02	0.22
山梨県	2.18	1.33	0.07	-0.06	0.22	-0.29	0.92
長野県	2.84	3.13	0.42	-0.06	-2.69	-0.05	2.09
岐阜県	4.95	3.53	0.12	-0.19	-0.04	0.01	1.52
静岡県	12.05	5.07	-0.78	-0.10	5.38	0.17	2.33
愛知県	36.45	30.59	-0.10	-0.05	3.30	-0.13	2.84
三重県	4.02	2.54	0.01	-0.02	-0.37	-0.07	1.92
滋賀県	4.45	4.20	-0.05	-0.05	0.15	0.08	0.12
京都府	6.50	6.32	0.09	-0.50	-0.14	-0.33	1.06
大阪府	35.51	22.93	-0.02	-0.42	10.36	-0.29	2.96
兵庫県	15.71	13.92	0.05	-0.35	0.12	-0.27	2.25
奈良県	2.19	2.72	-0.05	0.05	-0.91	-0.37	0.74
和歌山県	1.33	0.15	0.23	-0.08	-0.08	-0.05	1.15
鳥取県	0.21	0.43	-0.04	0.01	-0.46	-0.02	0.29
島根県	0.40	0.66	0.00	-0.06	-0.51	-0.02	0.32
岡山県	5.57	4.60	-0.00	-0.09	0.92	0.05	0.10
広島県	6.53	5.99	-0.11	-0.49	-0.77	-0.03	1.92
山口県	2.37	0.26	-0.01	-0.08	1.13	0.08	1.00
徳島県	0.64	-0.86	0.06	-0.09	0.84	0.02	0.66
香川県	2.58	1.43	-0.08	0.00	-0.02	0.04	1.21
愛媛県	1.59	-0.50	0.00	-0.01	0.04	0.13	1.93
高知県	0.40	0.10	-0.01	-0.09	-0.79	0.00	1.18
福岡県	22.74	23.77	-0.06	-0.19	-2.87	0.03	2.07
佐賀県	2.09	0.92	-0.02	-0.08	0.50	0.05	0.72
長崎県	1.91	1.25	0.05	0.09	-0.10	0.02	0.60
熊本県	6.97	6.24	-0.14	-0.03	-0.82	-0.01	1.72
大分県	2.08	0.48	0.08	-0.01	0.44	0.02	1.06
宮崎県	2.42	0.75	-0.01	-0.01	0.36	-0.04	1.37
鹿児島県	4.50	1.09	0.08	-0.07	0.83	0.10	2.47
沖縄県	16.54	14.68	0.20	-0.03	0.87	-0.03	0.85
合計	446.29	364.49	1.73	-4.60	25.60	-6.98	66.04

c) 「その他の住宅」の蓄積量及び住宅の利用度

「その他住宅」に関して 2008 年、2013 年、2018 年の蓄積量及び住宅の利用度について図-2.29 に示した。2018 年で「その他の住宅」の蓄積量は 2 億 9,600 万トンであり、構造種別に木造 1 億 9,300 万トン、鉄筋・鉄骨コンクリート造 7,600 万トン、S 造 2,700 万トンであった。資源別では、セメント 3,400 万トン、骨材・石材 2 億 3,000 万トン、木材 1,900 万トン、鋼材 1,100 万トン蓄積されていることが明らかになった（図-2.30）。また住宅の建て方別の蓄積量では戸建て 1 億 9,200 万トン、共同住宅 9,100 万トン、長屋建 1,300 万トンと判明し、戸建ての蓄積量が 64.9%を占めることが分かった（図-2.31）。また、「その他の住宅」の蓄積量の増加量を年間あたりに換算すると年間退蔵量は 2008 年から 2013 年で 770 万トン、また 2013 年から 2018 年では 550 万トンであった。住宅の利用度に関して図中の利用度とは住宅全体の蓄積量に占める、空き家の蓄積量のうち「その他の住宅」の蓄積量の有り合いを示したものである。換言すると、住宅の蓄積量のうち、住宅の昨日として利用可能である割合を示しており、2018 年で構造種別の木造の利用度は 91.4%と最も低く、鉄筋・鉄骨コンクリート造は横ばいであったが、木造に関しては減少傾向であることが判明した。住宅の蓄積量で最も多くを占めるのは木造住宅であり、今後利用度の減少傾向が続けば、「その他の住宅」の蓄積量は増加することが示唆され、社会に蓄積する住宅のうち、利用可能でない住宅量が多く退蔵することが懸念される。

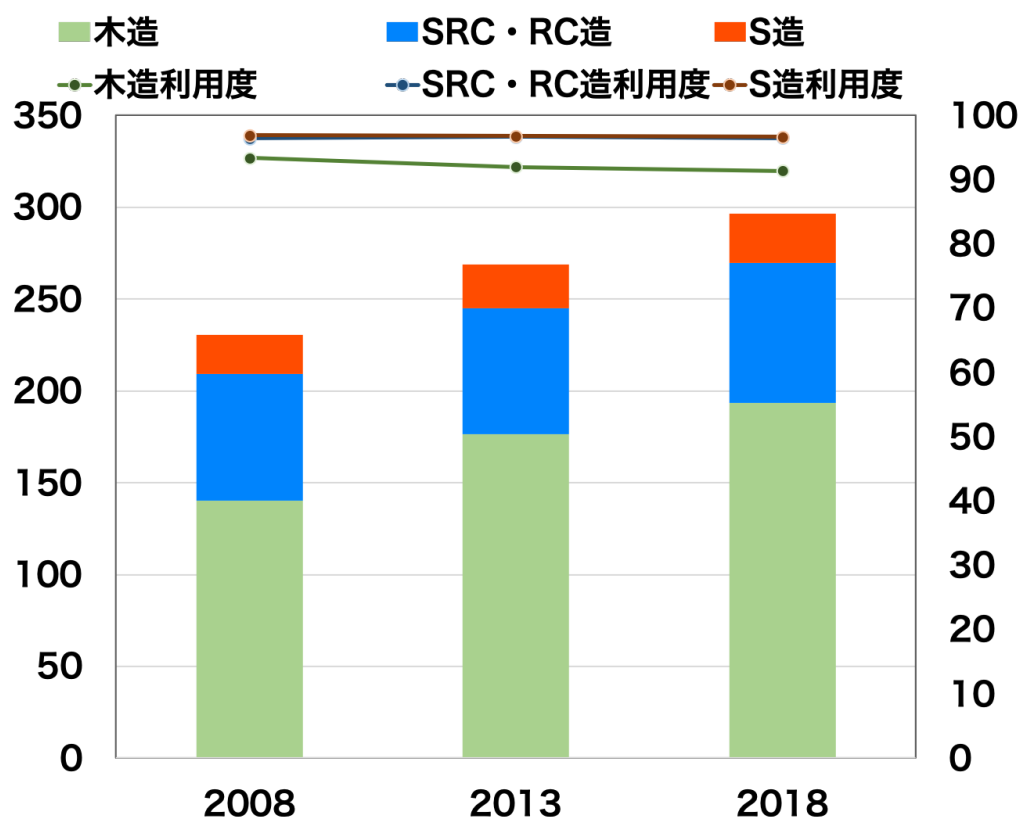


図-2.29 空き家の構造種別蓄積量及び住宅の利用度

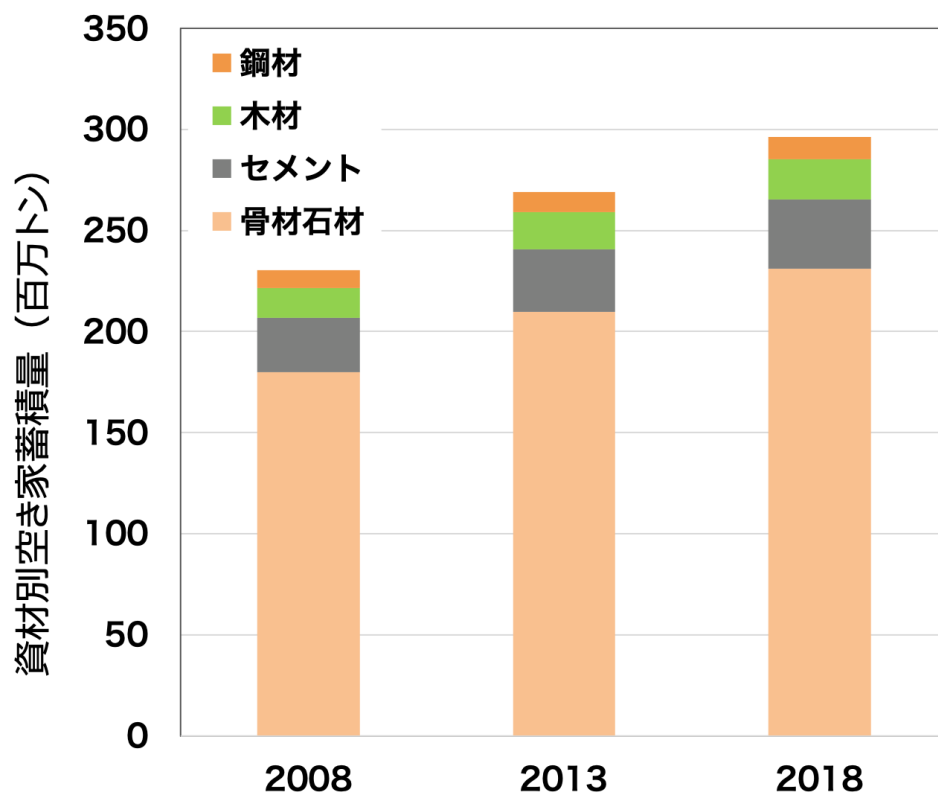


図-2.30 資源別の空き家の蓄積量

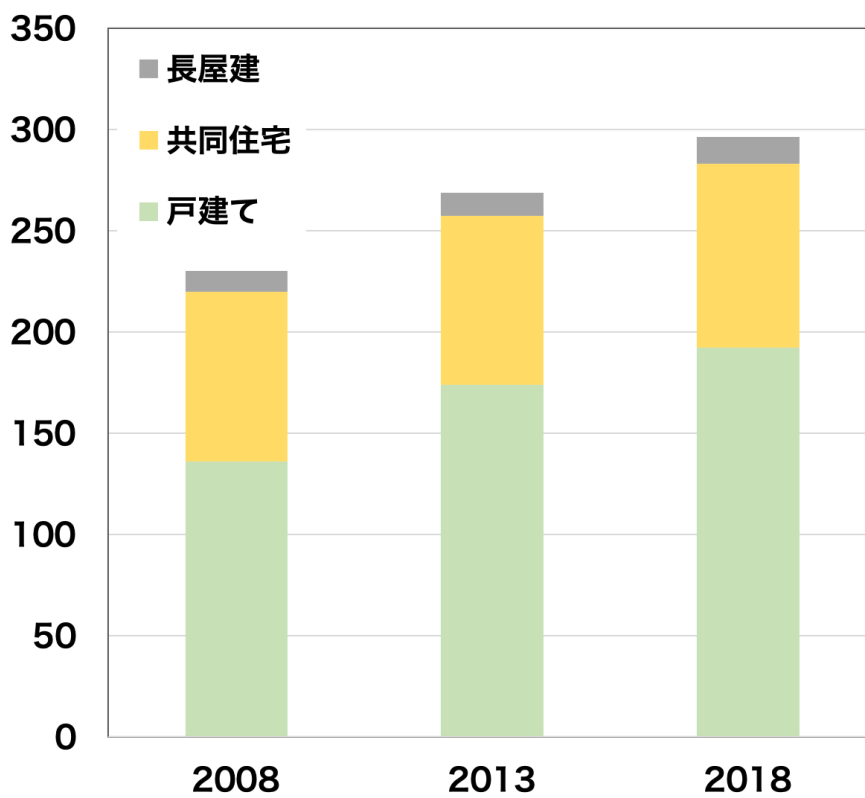


図-2.31 建て方別の空き家の蓄積量

本項における今年度の研究では、ストック型社会の形成に向け、どれだけの物質ストックが実際に利用されているのかに焦点を当てた推計を行った。物質ストックの質の評価を重要視し、日本全体の建築物・社会基盤施設の利用度区分を考慮した結果をまとめたものを図-2.32 から図-2.33 について 2008 年、2013 年、2018 年の年次ごとに示す。推計の結果、日本全体の建築物の蓄積量の推計結果は 2018 年で 105.7 億トンと判明し、構造種別の蓄積量では RC 造 36.1 億トン、S 造 32.1 億トン、木造 25.6 億トン、SRC 造 11.9 億トンであった。また用途別の蓄積量では住宅の蓄積量が建築物全体の 46%を占めており、住宅数の増加から、今後も建築物の蓄積量は増加が示唆される。また、使用年数モデル法を用いた日本全体の住宅の蓄積量の推計結果は 2018 年で 51.9 億トンと判明し、建築物全体では RC 造が最も多くを占めたのに対し、住宅蓄積量では木造が 22.4 億トンと最も多くを占めた。住宅の蓄積量は単調増加傾向にあり、今後も増加が示唆される。建築物の蓄積量の推計結果を住宅土地統計調査における空き家率で按分して求めた空き家の蓄積量は 2018 年で 8.1 億トンと判明し、2008 年から 10 年間で 0.8 億トンの増加が示された。「賃貸用の住宅」が最も多くを占め 4.5 億トンで次いで「その他の住宅」が 3.0 億トンであった。「その他の住宅」の蓄積量は住宅の退蔵量にあたり、物質ストック利用の観点から今後の把握・管理が重要となる。

推計において、木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造、鉄鋼鉄筋コンクリート造を主要な構造種として推計を行ったが、コンクリートブロック造など、その他の構造種も加味する必要がある。また、谷川ら（2017）の利用度区分に従う物質ストック・フロー推計として住宅を対象とした蓄積量、退蔵量、現役量の推計を行ったが、併せて年間退役量の推計を行う必要がある。本研究で対象としなかった住宅以外の建築物やその他の構造物についても利用度区分に従う推計をすることで物質ストックの利用度区分に従う情報を詳細に示す必要がある。退蔵ストックの将来推計を行うことで、将来の物質ストックの質の変化や廃棄物などのフローへの影響を考察することで、ストック型社会の形成に寄与する。

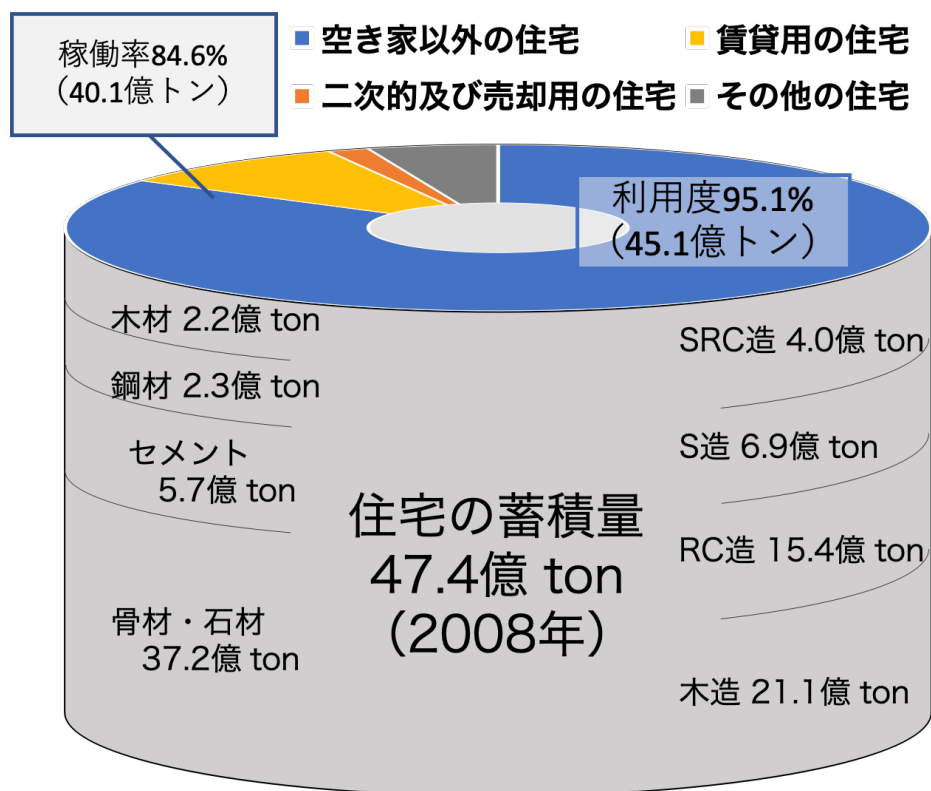


図-2.32 住宅蓄積量、利用度、稼働率(2008年)

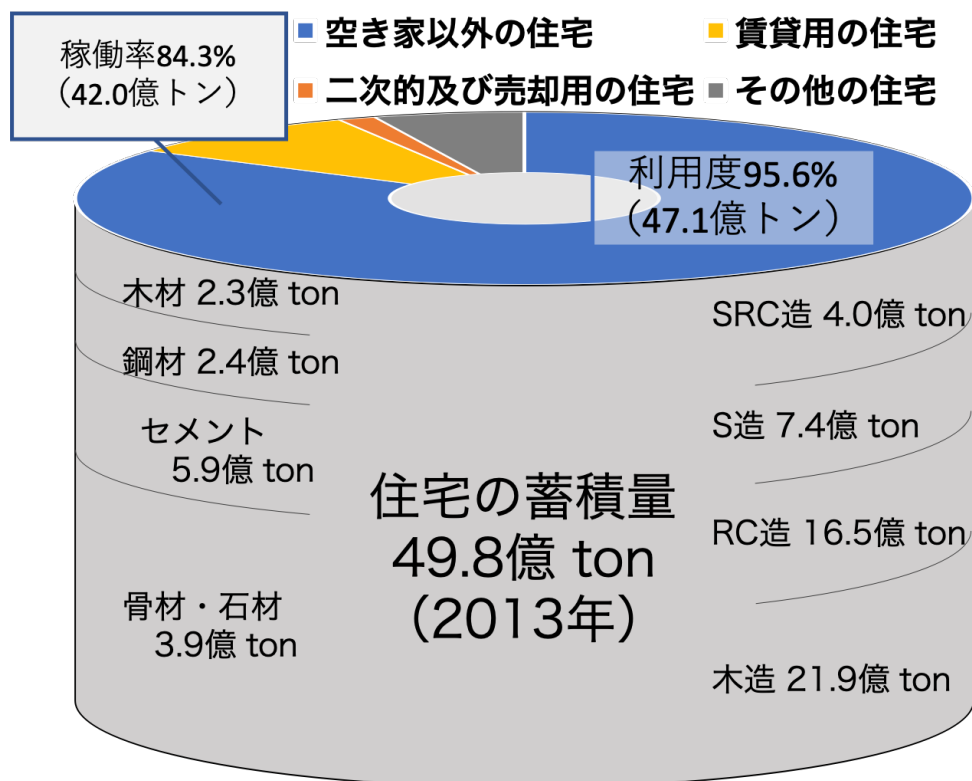


図-2.33 住宅蓄積量、利用度、稼働率(2013年)

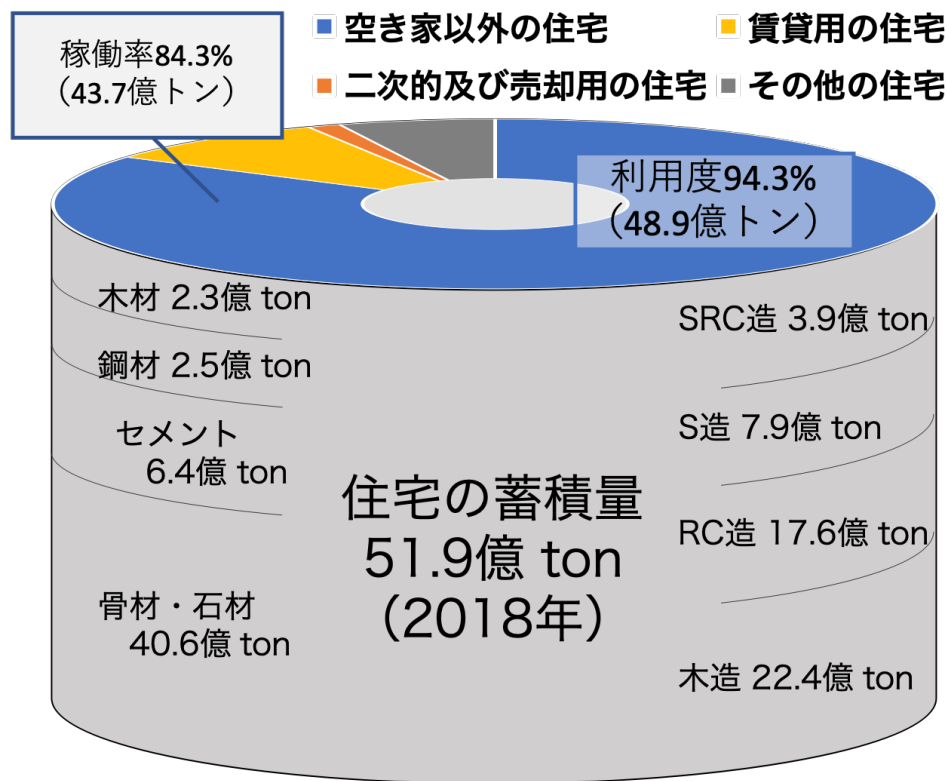


図-2.34 住宅蓄積量、利用度、稼働率(2014 年)

<引用文献>

- 小見康夫, 栗田紀之(2010): 長寿命化トレンドを考慮した建物残存率のシミュレーション, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 75, No656, pp2459-2465
- 加用千裕, 荒巻俊也, 花木啓祐(2008): 木材資源フローに着目した温室効果ガス排出削減政策シナリオ評価フレームの構築, 土木学会論文集, Vol. 64, pp207-220.
- 坂本辰徳, 谷川寛樹, 橋本征二, 森口祐一(2004): 地域マテリアルフロー推計に用いる都市構造物の資材投入原単位と耐久年数の推計, 環境情報科学論文集 18, pp. 271-276.
- 小松幸夫, 加藤裕久, 吉田倬郎, 野城智也(1992): 我が国における各種構住宅の寿命に関する調査報告, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 439 号, pp101-110
- 醍醐市朗, 五十嵐佑馬, 松野泰也, 足立芳寛(2007): 日本における鉄鋼材の物質ストック量の導出, 鉄と鋼, Vol. 93, No. 1, pp. 66-70.
- 醍醐市朗, 田崎智宏, 橋下征二, 村上進亮(2009): 物質ストック推計のための手法比較, 第 4 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, D3-10, pp. 292-293
- 田中健介, 早川容平, 奥岡桂次郎, 杉本賢二, 谷川寛樹(2013): 都道府県における建築物・社会基盤施設の経年マテリアルストック推計に関する研究, 土木学会論文集 G(環境), Vol169, No. 6(環境システム研究論文集 第 41 巻), pp. II_25-II34
- 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, Vol.28, No.6, 431-437.

Alessio Miatto, Heinz Schandle, Hiroki Tanikawa(2017) : How important are realistic building lifespan assumptions for material stock and demolition waste accounts?, Resources Conservation and Recycling, Vol.122, pp.143-154

Daniel B. Muller(2006) : Stock dynamics for forecasting material flows-Case study for housing in the The Netherlands, ECOLOGICAL ECONOMICS, Vol.59, pp142-156

Fridolin Krausmann, Simone Gingrich, Reza Nourbakhch-Sabet(2011) : The Metabolic Transition in Japan-A

Material Flow Account for the Period From 1878 to 2005, Journal of Industrial Ecology, Vol.15, No.6, pp.877-891

Seiji HASHIMOTO, Hiroki TANIKAWA, Yuichi MORIGUCHI(2007) : Where will large amount of materials accumulated within the economy go?-A material flow analysis of construction minerals for Japan, WASTE MANAGEMENT, Vol.27, No.12, pp.1725-1738.

Seiji HASHIMOTO, Hiroki TANIKAWA, Yuichi MORIGUCHI(2007) : Where will large amount of materials accumulated within the economy go?-A material flow analysis of construction minerals for Japan, WASTE MANAGEMENT, Vol.27, No.12, pp.1725-1738.

環境省(2017):環境統計集, 我が国の物質フロー

環境省(2017):環境統計集, 我が国の物質フロー指標の推移

環境省(2013):第三次循環型社会形成推進基本計画(平成25年度), 1p.

環境省(2008):第二次循環型社会形成推進基本計画(平成20年度), 35p.

環境省(2013):第三次循環型社会形成推進基本計画(平成25年度), 20p.

環境省(2010):第三次循環型社会形成推進基本計画(平成25年度), 日本の物質フロー(2010), 23p.

環境省(2012):産業廃棄物の排出及び処理状況調査(平成22年度実績), 18p

経済産業省(2014):総合エネルギー統計

世界銀行(1990-2015):世界開発指標(1990-2015)

国土交通省(1960-2016):建築着工統計年報

国土交通省(1976-2009):建設資材・労働力実態調査(建設部門)業務調査

財務省統計局(2008, 2013):住宅・土地統計調査

③ ストックあたりのサービス発生量

i) 二次資源としての供給可能量

プラスチックは加工性が高く、合成方法などによって様々な特性を有することから、多くの製品の原材料となっている。しかしながら、その生産には化石燃料が使用されており、資源の節約、気候変動の緩和などの観点からその循環的な利用が望まれる。プラスチックは、樹脂の製造工程に比べて製品への加工工程における環境負荷が小さいことから、樹脂の製造工程を回避できるマテリアルリサイクルが有効である。特に、ポリ塩化ビニル(PVC)は、製品の劣化が起りにくいこと、異物混入の影響を受けにくいこと、再生用途が多岐にわたること、他のプラスチック樹脂よりも製品への加工工程における環境負荷が小さいこと等の特性から、マテリアルリサイクルに適した素材とされる。一方、PVCが他のオレフィン系の樹脂に混入すると、リサイクルの障害となることから、PVCを単体で回収することが重要である。

本年度は、このPVCを対象に、日本の経済社会に存在する製品や廃棄物としてのストック量を推計するとともに、このうち、その存在状況に関わる知識が多く経済的に利用できる量、すなわち二次埋蔵量を明らかにした。

まず、プラスチック循環利用協会が作成しているプラスチックのマテリアルフロー図を参考にPVCのマテリアルフロー図を作成し(図-2.35)、その推計を行った。図-2.35において「製品」とは出荷量データにおけるPVC製品であり、「最終製品」とは「製品」を加工し最終的に利用に供されたPVC製品とした。なお、「最終製品」は消費者が購入する最終製品という意味ではなく、PVC製品としての最終製品(住宅におけるPVCパイプなどの部品を含む)である。さらに、本研究では、「製品生産」や「製品加工」プロセスにおいて発生する廃PVCのうちリサイクルされるものを「加工スクラップ」、「使用済み製品」のうちリサイクルされるものを「老廃スクラップ」、両者を併せて「回収スクラップ」と呼ぶこととした。なお、「製品生産」プロセスにおいて発生する廃PVCは、同プロセス内でリサイクルされることが多いため、「製品生産」プロセスの「加工スクラップ」はないものとした。また、使用済み製品の一部は残置されたり散逸したりするため、図-2.35においては「残置物・散逸物」も示している。

対象とする「製品」は、塩ビ樹脂用途別出荷量の分類に合わせて図-2.35に示す18品目とした。加工後の「最終製品」も同じ品目である。また、対象とする期間は、PVC樹脂出荷量が利用可能な1955年から2016年とした。

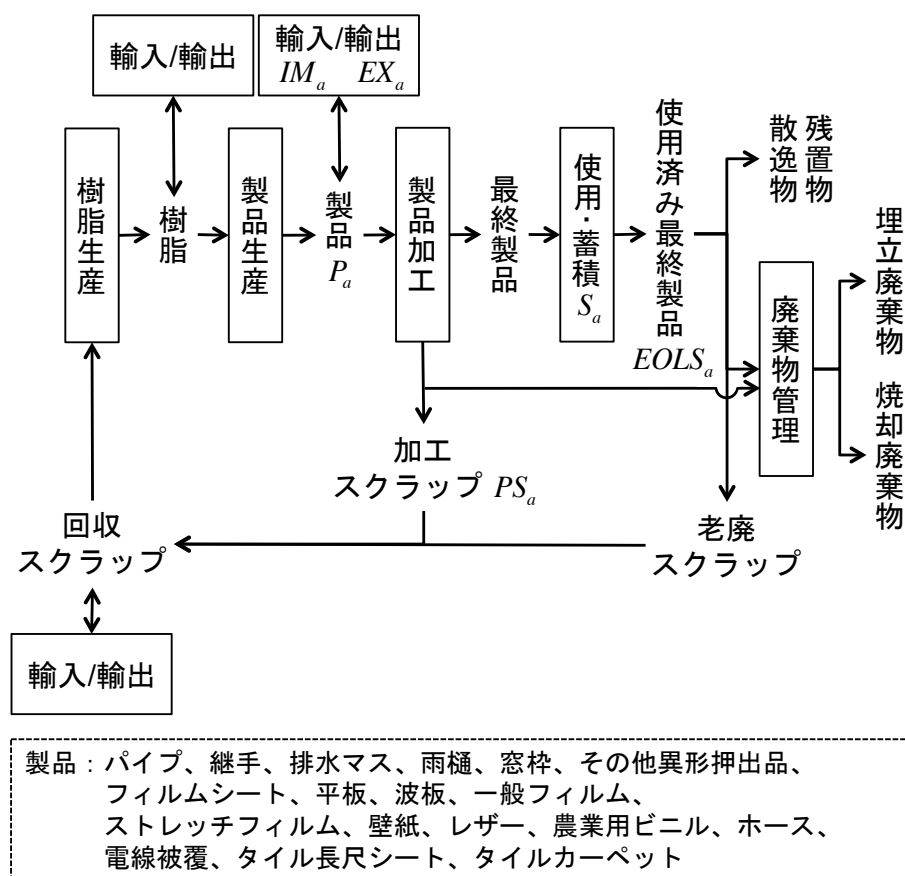


図-2.35 PVC のマテリアルフロー図

ここで、Hashimoto ら（2008）は、天然資源（一次物質）の分類方法を参考に、経済社会に存在する二次資源を「二次物質の存在状況に関わる知識」と「収益性」で分類している（表-2.13(a)）。「二次物質の存在状況に関わる知識」とは都市鉱山学的な知識とでもいうもので、一般的には毎年廃棄される（1年以内に発生する）「製品」、使用中の（1年以内に発生しない）「製品」、「管理された埋立地の廃棄物」、「散逸した物質」の順にその存在状況に関する我々の知識は多いと考えられる。「収益性」は「経済的」「准経済的」「非経済的」「その他」で分類されるが、経済的な資源とは経済的に回収できる資源、非経済的な資源とは技術的には回収できるが経済的には回収できない資源である。准経済的な資源は、経済的な資源と非経済的な資源の境界にあるものであり、その時々々の需要状況や生産技術によって収益性が変わる可能性がある資源を指す。また、「その他」は、その品質が低すぎるか、あるいはその他の理由で潜在的に経済的な利用ができない物質である。

表-2.13 二次資源の類型

		二次物質の存在状況に関わる知識			
		多		少	
		製品		管理された 埋立地の 廃棄物	散逸した 物質
		1年以内に 発生する	1年以内に 発生しない		
		蓄積 なく	蓄積 から		
収益性	高	経済的	1年以内の 二次埋蔵量 SR ₁ SR ₂	将来の 二次埋蔵量 SR ₃	
		准経済的	1年以内の 准二次埋蔵量 SR ₁ SR ₂	将来の 准二次埋蔵量 SR ₃	
		非経済的	1年以内の 非経済的 二次資源量 UM ₁ UM ₂	将来の 非経済的 二次資源量 UM ₃	非経済的 二次資源量 UM ₄
	低	その他	回収 不可能な 二次物質 UM ₁ UM ₂	回収 不可能な 二次物質 UM ₃	回収 不可能な 二次物質* UM ₄ UM ₅

*燃焼により散逸した物質量を参考値として記す。

(a) 橋本ら⁹⁾¹⁰⁾による類型

		二次物質の存在状況に関わる知識			
		多		少	
		製品		管理された 埋立地の 廃棄物	散逸した 物質
		1年以内に 発生する	1年以内に 発生しない		
収益性	高	経済的	1年以内の 二次埋蔵量	将来の 二次埋蔵量	
		准経済的	1年以内の 准二次埋蔵量	将来の 准二次埋蔵量	
		非経済的	1年以内の 非経済的 二次資源量	将来の 非経済的 二次資源量	非経済的 二次資源量
	低	その他	回収 不可能な 二次物質	回収 不可能な 二次物質	回収 不可能な 二次物質

(b) 本研究での類型

この枠組みは主に金属資源を想定して構築されているが、本研究はプラスチックを対象としていることから、以下の改変を行った。まず、プラスチックの場合は、耐用年数が1年未満の製品が多くあることから、表-2.13(a)の「1年以内に発生する」の列を「蓄積なく」発生するものと「蓄積から」発生するものを耐用年数の違いにより区別した。「蓄積なく」発生とは、耐用年数が1年未満の製品(フィルムシート等)が比較的短期間で使用済み製品として発生する状況であり、「蓄積から」発生は耐用年数が1年以上の製品(パイプ等)が長期間ストックされてから使用済み製品として発生する状況である。これにより、一定期間「埋蔵」されるもの(耐用年数が1年以上の製品)とそうでないもの(耐用年数が1年未満の製品)を区別した。また、プラスチック廃棄物は燃料利用や焼却など燃焼に供されるものも多いことから、表-2.13(a)の「散逸した物質」において、そうした情報を補足的に示すこととした。こうしてプラスチック用に改変した類型が表-2.13(b)である。

本研究では、表-2.13において太線に囲まれている部分、すなわち1年以内の二次埋蔵量および准二次埋蔵量、将来の二次埋蔵量および准二次埋蔵量の合計を二次埋蔵量と称して推計を行った。

使用中の最終製品としてのPVCのストック量は、下式(2.1)(2.2)で推計した。これは、表-2.13における「製品」の総量である。

$$S(t) = \sum_a S_a(t) \quad (2.1)$$

$$S_a(t) = \sum_i \{(P_a(i) + IM_a(i) - EX_a(i)) \times Y_a(i) \times R_a(t-i)\} \quad (2.2)$$

ここで、 $S(t)$ はt年期末における使用中の最終製品としてのPVCのストック量(t)、 $S_a(t)$ はt年期末における使用中の最終製品aとしてのPVCのストック量(t)、 $P_a(i)$ はi年における製品aとしてのPVC出荷量(t/y)、 $IM_a(i)$ はi年における製品aとしてのPVC輸入量(t/y)、 $EX_a(i)$ はi年における製品aとしてのPVC輸出量(t/y)、 $Y_a(i)$ はi年における製品aの加工歩留(-)、 $R_a(x)$ は最終製品aのx年後の残存率(-)、iは1955年からt年、tは1955年から2016年である。なお、 $S(t)$ は図-13の「使用・蓄積」、 $P_a(i)$ は「製品」、 $IM_a(i)$ 、 $EX_a(i)$ はその輸出入量に対応している。また、 $Y_a(i)$ は図-13の「製品加工」プロセスにおける最終製品への転換率である。 $R_a(x)$ は最終製品がx年後に製品として使用されている割合であり、耐用年数が1年未満の製品は $R_a(x) = 0$ とした。

また、PVCの二次埋蔵量は、下式(2.3)～(2.6)で推計した。二次埋蔵量に関しては表-2.13(b)における「蓄積なく1年以内に発生する二次埋蔵量および准二次埋蔵量：SR₁」と「蓄積から1年以内に発生する二次埋蔵量および准二次埋蔵量：SR₂」「将来の二次埋蔵量および准二次埋蔵量：SR₃」をそれぞれ推計した。

$$SR(t) = SR_1(t) + SR_2(t) + SR_3(t) \quad (2.3)$$

$$SR_1(t) = \sum_a (EOLS_a(t) \times r_a(t)) \quad (2.4)$$

$$SR_2(t) = \sum_a \left(EOLS_a(t) \times (1 - LB_a(t)) \times r_a(t) \right) \quad (2.5)$$

$$SR_3(t) = \sum_a \{S_a(t) \times (1 - LB_a(t)) \times r_a(t)\} - SR_2(t) \quad (2.6)$$

ここで、 $SR(t)$ は t 年におけるPVCの二次埋蔵量(t)、 $SR_1(t)$ 、 $SR_2(t)$ 、 $SR_3(t)$ はそれぞれ蓄積なく1年以内に発生するPVCの二次埋蔵量および准二次埋蔵量(t)、蓄積から1年以内に発生するPVCの二次埋蔵量および准二次埋蔵量(t)、1年以内に発生しないPVCの二次埋蔵量および准二次埋蔵量(t)、 $EOLS_a(t)$ は t 年における使用済み最終製品 a としてのPVC発生量(t)、 $LB_a(t)$ は t 年における使用済み最終製品 a としてのPVC発生量のうち地中に残置された比率(-)、 $r_a(t)$ は t 年における最終製品 a としてのPVCの二次埋蔵率(-)である。ここで、二次埋蔵率とは、使用中の最終製品としてのPVCのストック量(残置されるものを除く)のうち、二次資源として経済的に回収が可能なものの比率である。

なお、 $EOLS_a(t)$ は、下式(2.7)で推計した。

$$EOLS_a(t) = \sum_i \{ (P_a(i) + IM_a(i) - EX_a(i)) \times Y_a(i) \times f_a(t-i) \} \quad (2.7)$$

ここで、 $f_a(x)$ は最終製品 a の x 年後の廃棄率(-)であり、耐用年数が1年未満の製品は $f_a(0) = 1$ 、 $f_a(x \geq 1) = 0$ とした。耐用年数が1年以上の製品の $f_a(x)$ は対数正規分布を仮定した。また、 $R_a(x)$ とは以下の関係にある。

$$f_a(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} e^{-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.8)$$

$$R_a(x) = 1 - \int f_a(x) dx \quad (2.9)$$

ここで、 μ 、 σ はそれぞれ $f_a(x)$ のパラメーターであり、下式(2.10) (2.11)で表される。

$$\mu = \log \frac{m^2}{\sqrt{v + m^2}} \quad (2.10)$$

$$\sigma = \sqrt{\log \left(\frac{v}{m^2} + 1 \right)} \quad (2.11)$$

ここで、 m 、 v はそれぞれ $f_a(x)$ の平均、分散であり、 $v = m / 3$ とした。

また、表-2.13(b)における「非経済的な二次資源」「回収不可能な二次物質」は区別することが難しいため、その合計を下式(2.12)～(2.17)で推計した。

$$UM_1(t) = \sum_a \{ EOLS_a(t) \times (1 - r_a(t)) \} \quad (2.12)$$

$$UM_2(t) = \sum_a \{EOLS_a(t) \times (1 - LB_a(t)) \times (1 - r_a(t)) + EOLS_a(t) \times LB_a(t)\} \quad (2.13)$$

$$UM_3(t) = \sum_a \{S_a(t) \times (1 - LB_a(t)) \times (1 - r_a(t)) + S_a(t) \times LB_a(t)\} - UM_2(t) \quad (2.14)$$

$$UM_4(t) = \sum_a \sum_i \{EOLS_a(i) \times (1 - LB_a(i)) \times (1 - r_a(i)) \times LA(i) + PS_a(i) \times (1 - r_a(i))\} \quad (2.15)$$

$$UM_5(t) = \sum_a \sum_i \{EOLS_a(i) \times LB_a(i)\} \quad (2.16)$$

$$PS_a(t) = (P_a(t) + IM_a(t) - EX_a(t)) \times (1 - Y_a(t)) \quad (2.17)$$

ここで、 $UM_1(t)$ は蓄積なく1年以内に発生するPVCの非経済的な二次資源量および回収不可能な二次物質質量(t)、 $UM_2(t)$ は蓄積から1年以内に発生するPVCの非経済的な二次資源量および回収不可能な二次物質質量(t)、 $UM_3(t)$ は1年以内に発生しないPVCの非経済的な二次資源量および回収不可能な二次物質質量(t)、 $UM_4(t)$ は管理された埋立地におけるPVC量(t)、 $UM_5(t)$ は地中に残置され散逸したPVC量(t)、 $PS_a(t)$ はt年における加工スクラップとしてのPVC発生量(t)、 $LA(i)$ はリサイクルされなかった使用済みPVCのうち埋立された比率(-)である。

推計に用いたデータとデータの加工方法は以下の通りである。

a) 出荷量： $P_a(i)$

塩ビ工業・環境協会、プラスチック製品統計年報、塩化ビニル管・継手協会のデータを組み合わせて、1955年以降の製品としてのPVC出荷量のデータを作成した。塩ビ工業・環境協会及びプラスチック製品統計年報において、塩ビ樹脂の用途別出荷量及び生産品目別消費量のデータが提供されているが、両者の製品分類が異なっていることから、対応を取り製品を分類した。製品出荷量の算出方法を表-2.14にまとめる。まず、塩ビ工業・環境協会の出荷量の合計値がプラスチック製品統計年報の消費量の合計値より大きいことから、前者の方がフローの全体を捉えているものと判断し、1997～2016年については塩ビ工業・環境協会の用途別出荷量のデータをそのまま用いた。次に、1955～1996年については、塩ビ工業・環境協会の樹脂生産量を、プラスチック製品統計年報の製品分類の生産品目別消費量の比(1969年以前は1970年の比に同じと仮定)で按分した。プラスチック製品統計年報への製品の振り分けは、表-2.15に従った。更に、各製品分類の内訳は塩ビ工業・環境協会の1997年における用途別出荷量の比で按分した。最後に、「パイプ」については、プラスチック製品統計年報のほかに経済産業省の報告書に塩化ビニル管・継手協会出典の1955以降のパイプの出荷量のデータが掲載されており、このデータを用いて推計を行った。具体的には、1997年以降の塩ビ工業・環境協会と塩化ビニル管・継手協会のパイプ出荷量の比から1955～1996年の出荷量を推計し、上記の推計によるパイプ出荷量をこれに置き

換えた。また、「パイプ」は土木用と建築用では耐用年数が異なるため、パイプの出荷量のうち土木用と建築用の比率が1:1であるとした。こうして推計した用途別出荷量の推移を図-2.36に示す。また、このうち建設材、その他の内訳を図-2.37、図-2.38に示す。建設材は継手、排水マス、雨どい、窓枠、壁紙、タイル長尺シート、タイルカーペットからなり、その他は、その他異形、フィルムシート、平板、波板、一般フィルム、ストレッチフィルム、レザー、農ビ、ホースである。

表-2.14 製品出荷量の算出方法

1955～ 1969 年	塩ビ工業・環境協会の樹脂生産量と1970年におけるプラスチック製品統計年報の製品全体の出荷量と各製品の出荷量の比率の積から塩ビ工業・環境協会の製品分類へ割り振り
1970～ 1996 年	塩ビ工業・環境協会の樹脂生産量と各年におけるプラスチック製品統計年報の製品全体の出荷量と各製品の出荷量の比率の積から塩ビ工業・環境協会の製品分類へ割り振り
1997～ 2016 年	塩ビ工業・環境協会の製品別出荷量を使用

表-2.15 プラスチック製品統計年報への振り分け区分

プラスチック製品統計年報	塩ビ工業・環境協会
フィルム・シート、合成皮革、機械器具部品、日用品・雑貨、容器、発泡製品	フィルムシート、一般フィルム、ストレッチフィルム、壁紙、レザー、農ビ、電線被覆
板	平板、波板
パイプ・継手	パイプ、継手
建材	排水マス、雨どい、窓枠、タイル長尺シート、タイルカーペット
強化製品・その他	その他異形、ホース

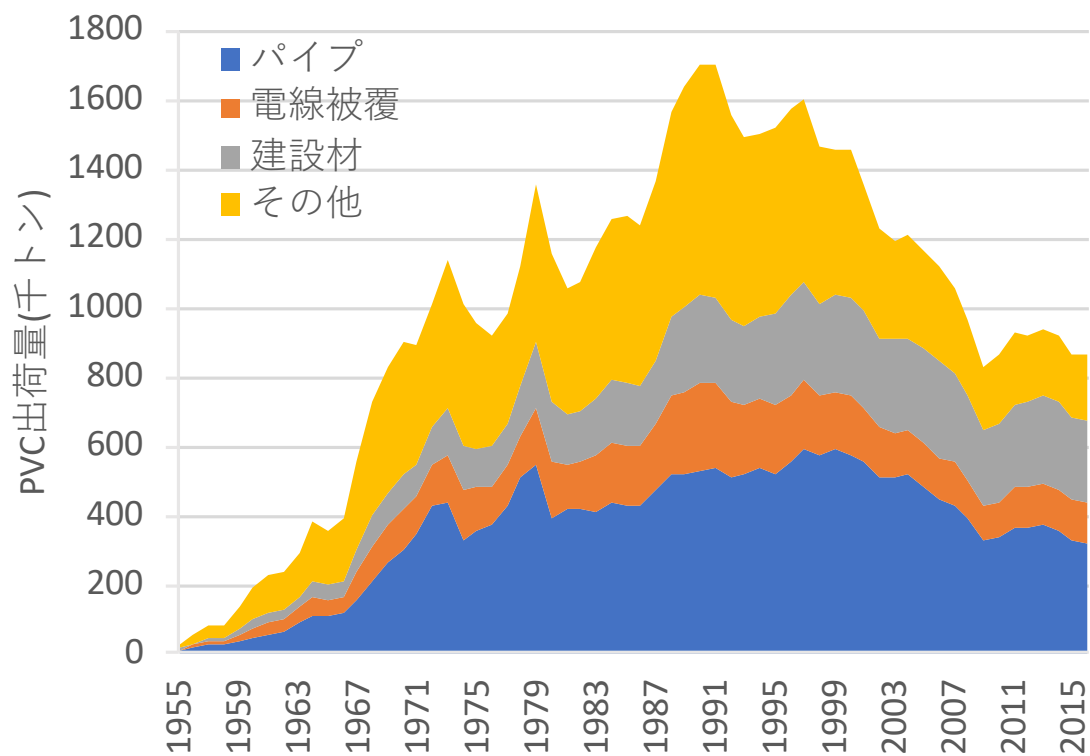


図-2.36 製品としての PVC 出荷量の推移

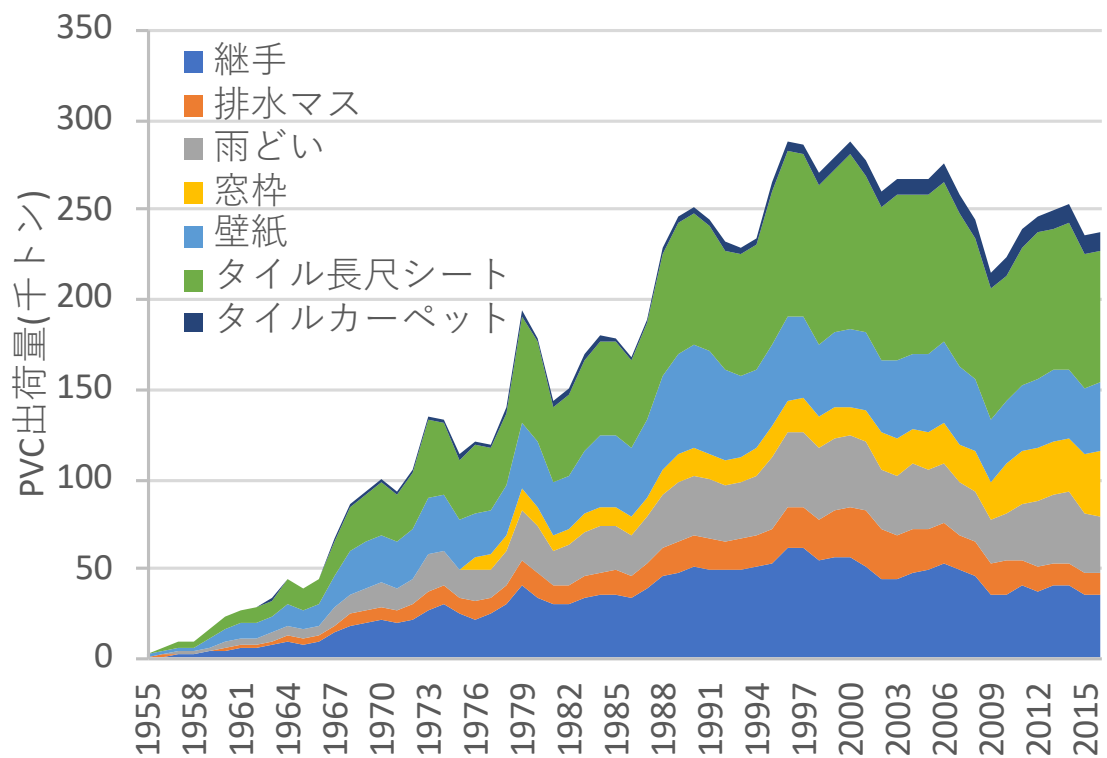


図-2.37 パイプを除く建設材としての PVC 出荷量の推移

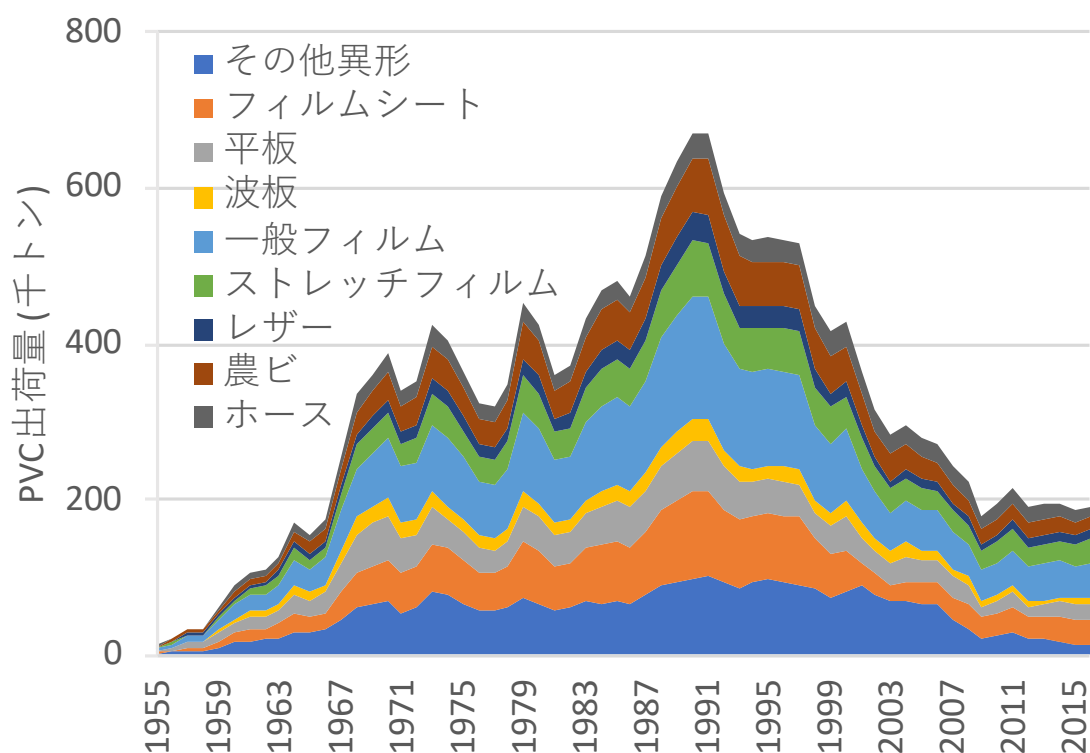


図-2.38 その他製品としてのPVC 出荷量の推移

b) 輸出品、輸入品： $IM_a(i)$ 、 $EX_a(i)$

財務省の貿易統計をもとに推計を行った。塩ビ工業・環境協会の製品分類と貿易統計の製品分類は異なっていることから、製品の分類・対応を行った。製品分類の輸出入量を貿易統計より集計し、各製品分類の内訳は塩ビ工業・環境協会の用途別出荷量の比で按分した。なお、貿易統計における一次製品とはPVC樹脂であり、これは上記の出荷量に含まれないことから、全18用途に按分した。貿易統計の製品分への振り分けを、表-2.16に示す。

表-2.16 貿易統計の製品分類への振り分け区分

貿易統計	塩ビ工業・環境協会
一次製品	全18用途
プラスチックの棒及び型材	排水マス、雨どい、窓枠、その他異形
管、継手、ホース	パイプ、継手、ホース
床用敷物、壁・天井被覆	壁紙、タイル長尺シート、タイルカーペット
板材、シート、フィルム	フィルムシート、平板、波板、一般フィルム、ストレッチフィルム、レザー、農ビ、電線被覆

c) 加工歩留： $Y_a(t)$

製品加工プロセスにおける加工歩留は、多くの製品について 95 %と仮定した。ただし、「パイプ」は高村ら（2015）、「壁紙」「タイル長尺シート」「タイルカーペット」は松田と久保田（2011）のデータを用いて、建設現場における加工歩留を設定した。「継手」「排水マス」「雨どい」に関しては必要な数値の入手が困難であったことからパイプに同じとした。なお、加工歩留は推計期間を通じて一定とした。これらをまとめたものが表-2.17 である。

d) 二次埋蔵率： $r_a(t)$

上述の通り、二次埋蔵率は、使用中の最終製品としての PVC ストック量(残置されるものを除く)のうち、二次資源として経済的に回収が可能なものの比率である。これを端的に表すものが、PVC 二次資源の評価を行う時点における使用済み PVC 製品のリサイクル率(以下、リサイクル率)と考えられる。ここでは、使用中の最終製品も将来使用済みとなれば同じリサイクル率で経済的に回収されることを仮定している。これは評価時点の経済性にもとづく二次資源量の評価であり、一次資源量の評価と同じ考え方である。また、仮に評価時点でのリサイクル率が過去のリサイクル率より低い場合、過去には経済的に回収できたが、評価時点では経済的に回収できないものがあるということであり、過去における最大のリサイクル率と評価時点でのリサイクル率の差を用いて准二次埋蔵量进行评估することができる。PVC については時系列でのリサイクル率のデータはないことから、現状のリサイクル率を用いて、二次埋蔵量と准二次埋蔵量の合計进行评估することとした。

リサイクル率は塩ビ工業・環境協会および各種文献等から入手し、推計期間を通じて一定とした。具体的には、フィルム系やその他異形押出品など包装・日用品は中井ら(2000)、床材は塩見ら(2008)、窓枠は経済産業省北海道経済産業局(2008)、電線被覆材は産業用電線・ケーブル専門委員会(2004)、パイプ、継手、雨どい、壁紙、農業用ビニルは塩ビ工業・環境協会のデータを用いた。また、排水マス、平板、波板に関しては必要な数値の入手が困難だったため雨どいのリサイクル率と同等と仮定した。なお、ここで用いるリサイクル率は、使用済み最終製品(残置されたものを除く)のうち、リサイクル工場に搬入された量である。これらをまとめたものが表-2.17 である。

e) 耐用年数： m

各最終製品の耐用年数は磯部ら(2016)を参考に表-2.17 のとおり設定した。

表-2.17 推計に用いたデータ

製品または最終製品	加工歩留 $Y_a(t)$ (%)	二次埋蔵率 $r_a(t)$ (%)	耐用年数 m (年)
パイプ(土木)	94	58	50
パイプ(建築)	94	58	30
継手	94	58	30
排水マス	94	23	30
雨どい	94	23	30
窓枠	95	18	30
その他異形押出品	95	1	5
フィルムシート	95	1	*
平板	95	23	10
波板	95	23	10
一般フィルム	95	1	*
ストレッチフィルム	95	1	*
壁紙	64.6	6	5
レザー	95	1	5
農業用ビニル	95	71	3
ホース	95	1	*
電線被覆材	95	44	15
タイル長尺シート	94.7	0.14	5
タイルカーペット	44.4	1.47	5

*耐用年数1年未満の製品については廃棄率 $f_a(0) = 1$ 、 $f_a(x \geq 1) = 0$ 、残存率 $R_a(x) = 0$ とした。

f) 埋立された比率： $LA(i)$

埋立処理の比率はプラスチック循環利用協会が公表しているデータを参考に設定した。図-2.39に示す公表データが2000年からのため1999年以前は2000年の比率に同じとした。なお、建設材は分別が難しいものと考え、すべて埋立処理されるとした。

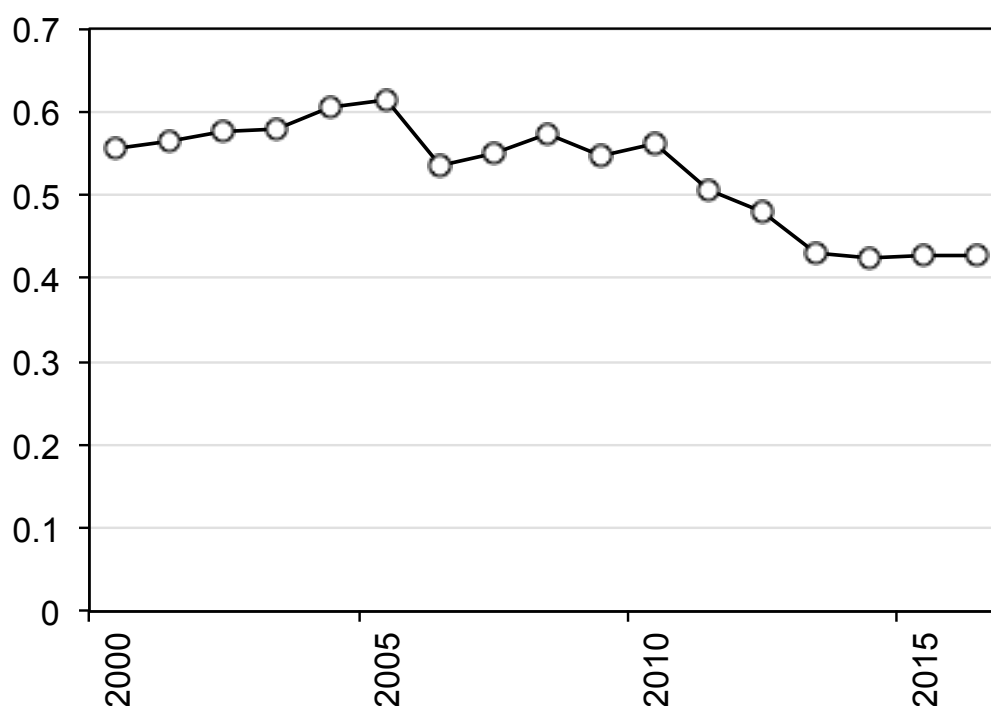


図-2.39 埋立された比率の推移

g) 地中に残置された比率： $LB(t)$

PVC パイプ・継手の工業用やインフラ設備としての用途では地中埋設が多く、使用済み後も回収されず地中に残置されるものがある。これら地中に残置される可能性がある使用中のパイプ・継手に関しては非経済的な二次資源として扱った。既往研究を参考に、リサイクルされない使用済みパイプ・継手のうち、33.2%を地中に残置される比率と設定した。

最終製品としての PVC のストック量の結果を図-2.40 に示す。また、このうちパイプを除く建設材、その他の内訳を図-2.41、図-2.42 に示す。最終製品としての PVC のストック量は増加傾向から 2000 年を過ぎたところから徐々に横ばいとなっている。これは PVC 製品の出荷量の減少と長期耐久製品で出荷量の大きい建設材や電線被覆材の廃棄量の増加が原因と考えられる。2016 年における PVC のストック量は約 24 百万 t であり、パイプが 75%、電線被覆材が 7%、建設材が 16%、その他が 2%と推計された。パイプは出荷量が多く、耐用年数が土木用で 50 年、建築用で 30 年と設定しているため、ストック量が多くなっていると考えられる。しかし、近年では出荷量が減少していることに加え、耐用年数を超え廃棄量が増加してきているためストック量が増加から横ばいとなってきている。今後も廃棄量は増加すると考えられることから、ストック量も減少していくと予想される。なお、表-2.17 に示す各最終製品の耐用年数を±10%変化させてストック量への影響を見たところ、パイプの寿命の変化の影響が大きく、±5.5%程度ストックの総量に変化した。パイプはストック量に占める割合が大きいことから、より適切な耐用年数の設定が必要であり、そのための検討を行っていく必要がある。また、表-2.17 において加工歩留 95%と仮に設定している製品について、これに±5%とした場合のストック量への影響を見たところ

ろ、±0.5%程度ストックの総量が変化した。製品の耐用年数と比べると影響は小さく、二次埋蔵量の評価には大きな影響を与えないものと考えられる。

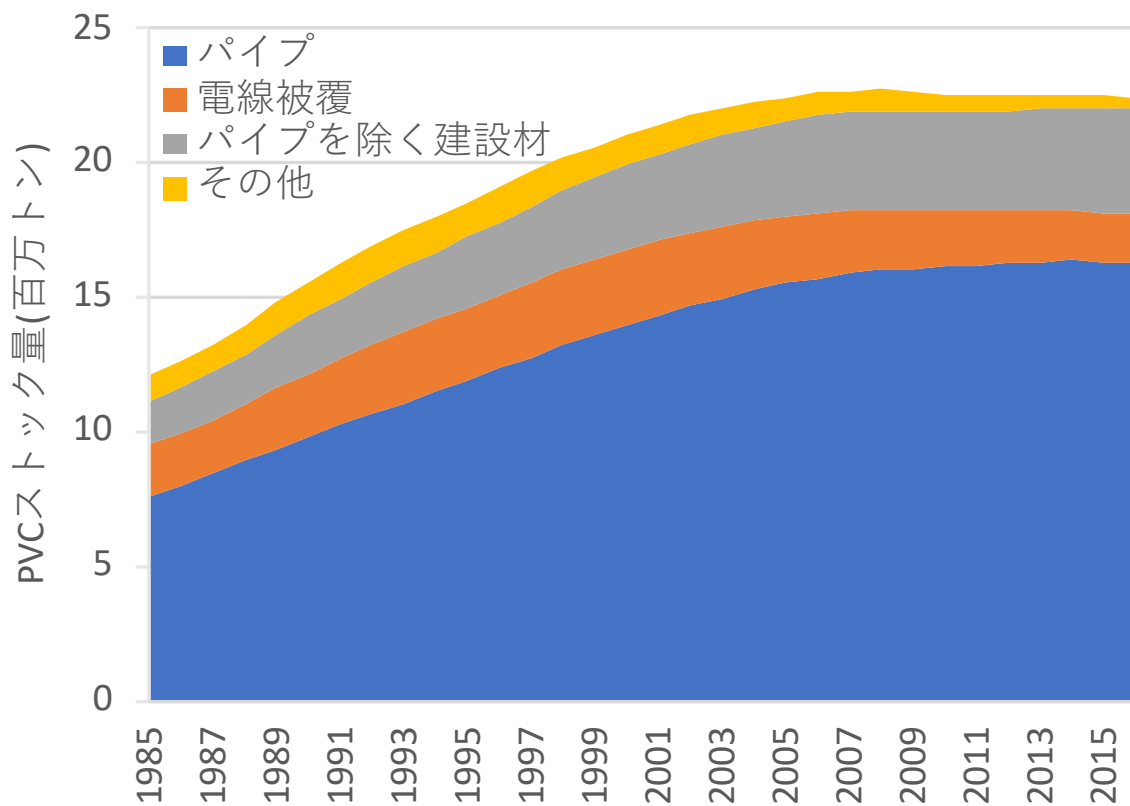


図-2.40 使用中の最終製品としてのPVCのストック量の推計結果

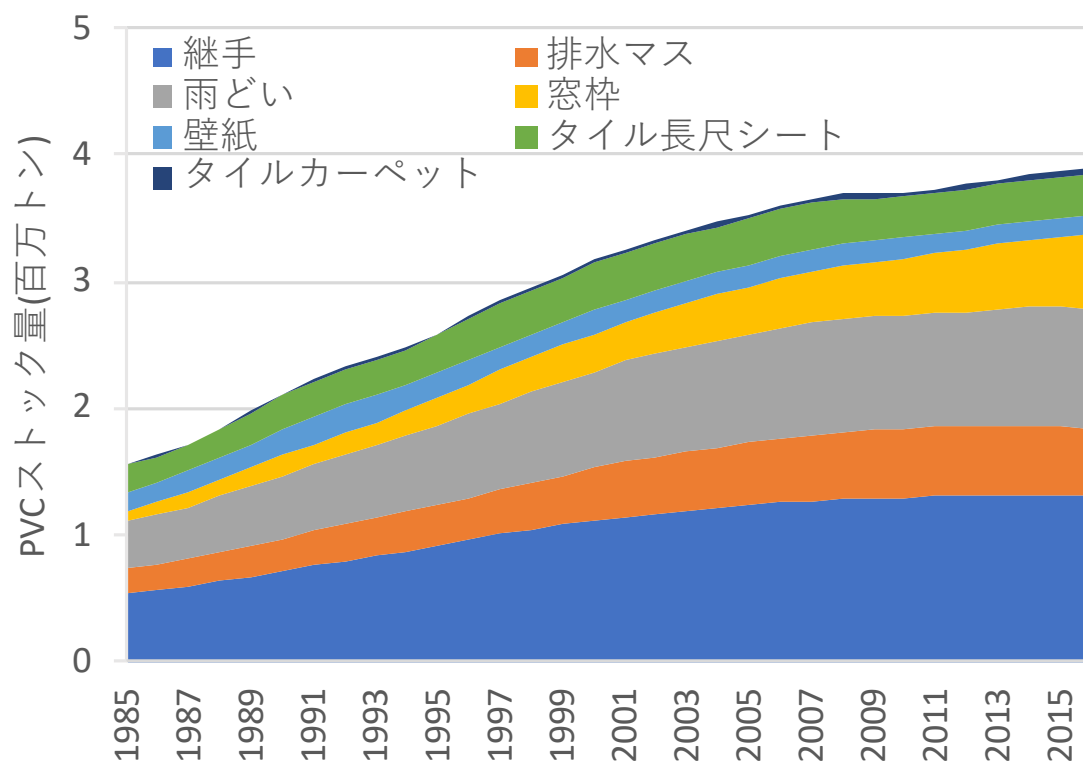


図-2.41 パイプを除く建設材としてのPVCのストック量の推計結果

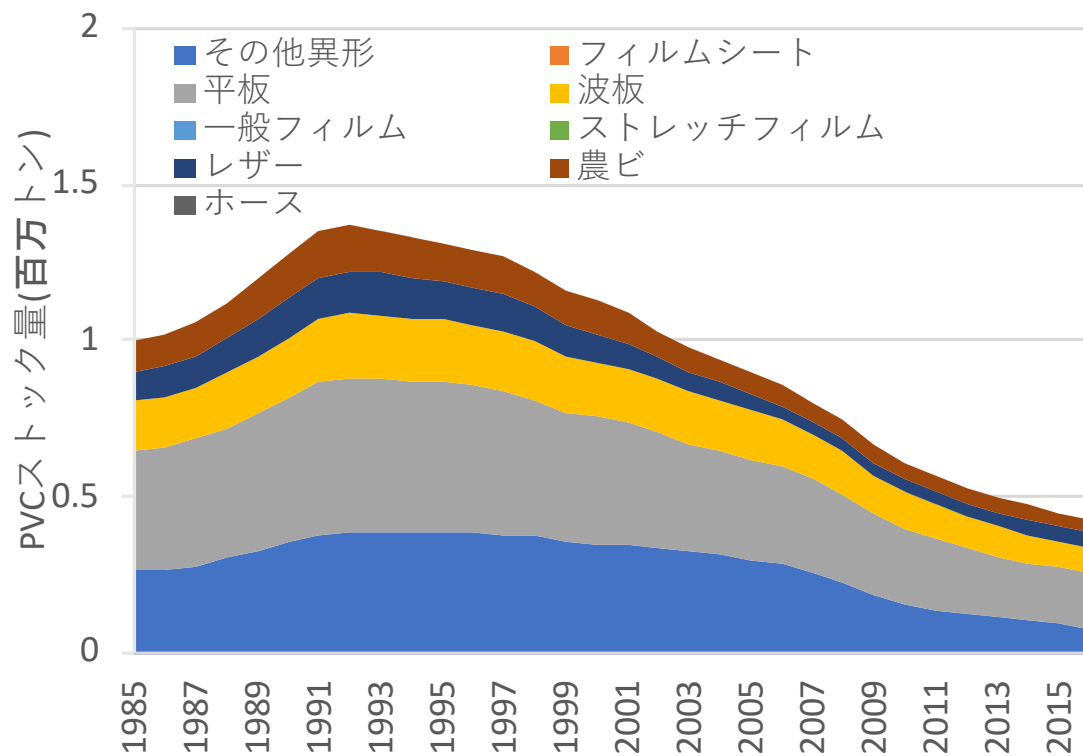


図-2.42 その他製品としてのPVCのストック量の推計結果

また、2016 年における PVC の二次埋蔵量推計結果を図-3.43、表-2.18 に示す。また、このうちパイプを除く建設材、その他製品の二次埋蔵量を図-2.44、図-2.45 に示す。2016 年における PVC の二次埋蔵量は約 8,737 千 t と推計され、これは同年の需要量である 927 千 t の約 9 年分に相当する結果となった。最終製品別では、パイプとしての二次埋蔵量が約 660 千 t で同需要量の約 20 倍、電線被覆材としての二次埋蔵量は約 710 千 t で同需要量の約 6 倍、建設材としての二次埋蔵量は約 996 千 t で同需要量の約 4 倍、その他としての二次埋蔵量は約 70 千 t で同需要量の約 0.4 倍と推計された。経済社会において多くの PVC 二次資源を埋蔵していると言えるが、我が国では PVC のリサイクルの多くを海外に依存してきていることから、プラスチックの輸出に関わる昨今の情勢が続けば、リサイクル率は低減し、二次埋蔵量も減少する可能性がある。したがって、国内における回収ルートの確立、リサイクル技術の向上が求められる。

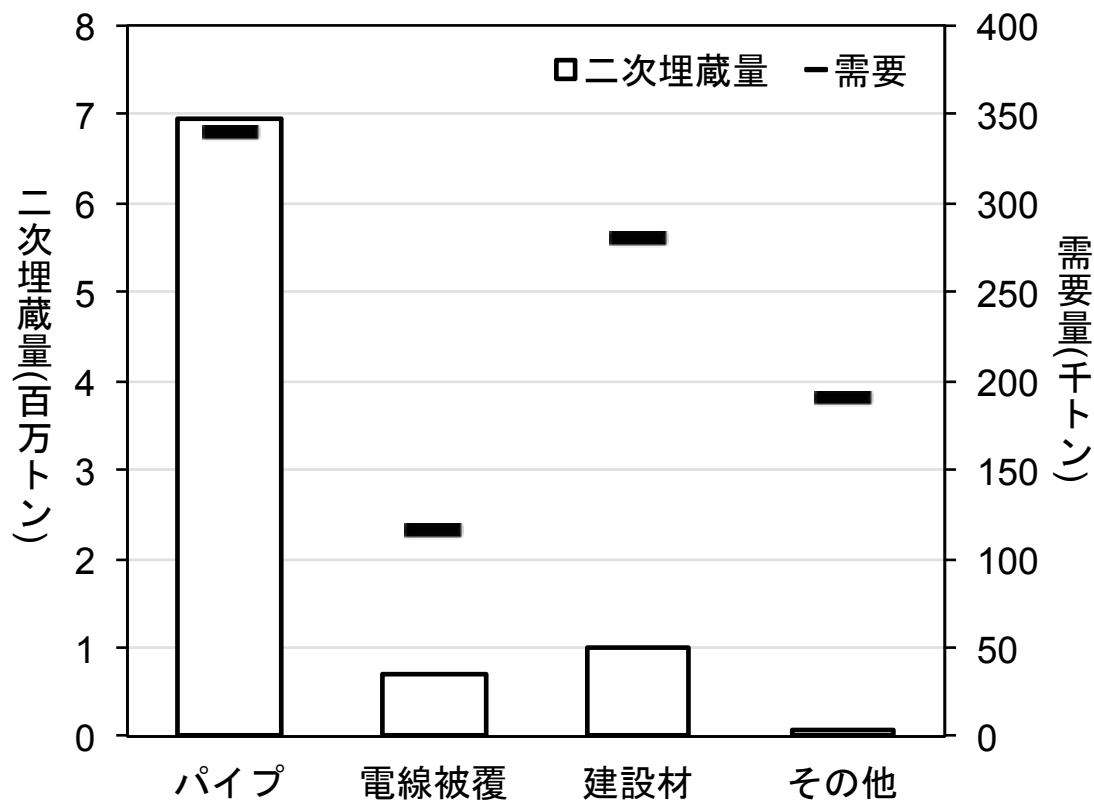


図-2.43 2016 年における PVC の二次埋蔵量の推計結果

表-2.18 2016 年における PVC の二次埋蔵量の推計結果

	二次埋蔵量(千トン)	需要量(千トン)
パイプ	6,960	340
電線被覆材	710	117
パイプ除く建設材	996	280
その他	70	190

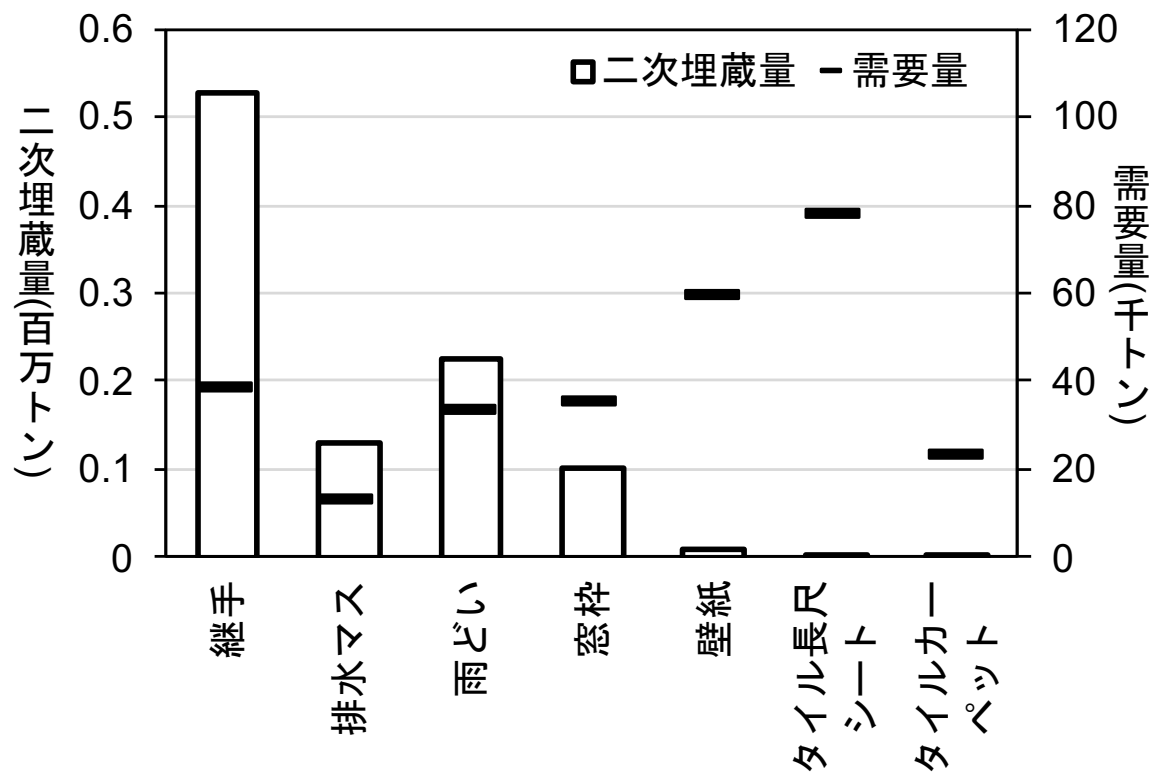


図-2.44 パイプを除く建設材としての PVC の二次埋蔵量の推計結果 (2016 年)

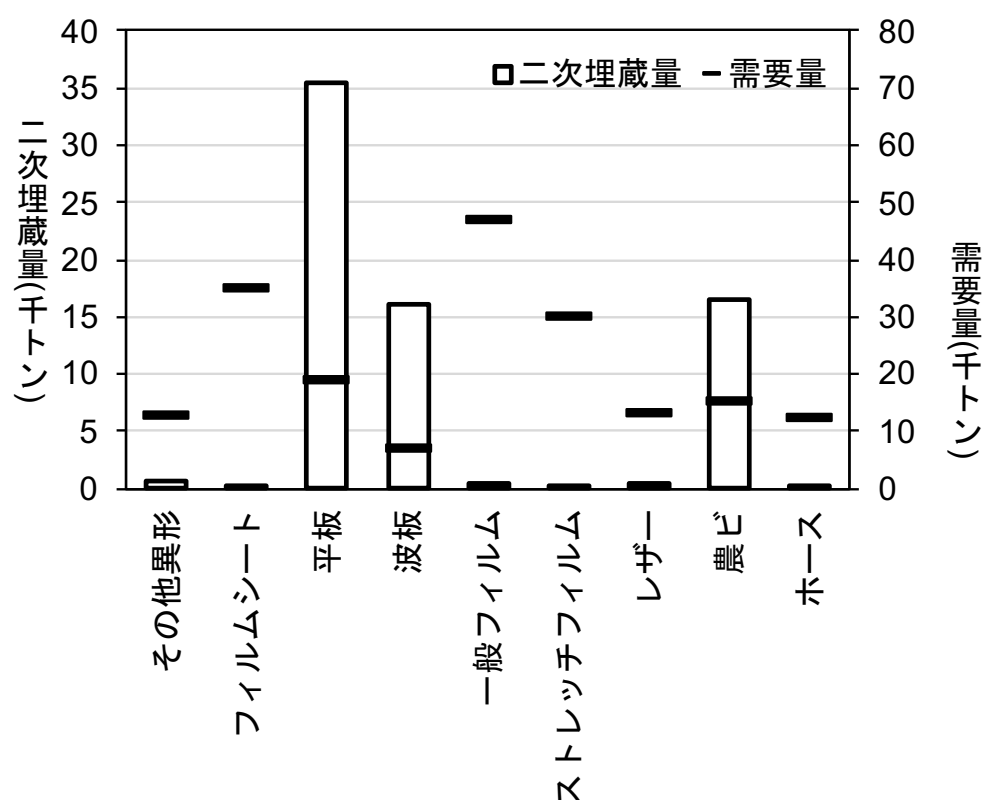


図-2.45 その他製品としてのPVCの二次埋蔵量の推計結果（2016年）

最後に、表-2.13(b)の類型に沿った2016年の推計結果を表-2.19に示す。蓄積なく1年以内に発生する二次埋蔵量は約1千tで、蓄積なく1年以内に発生する二次資源量(1+116千t)の1%と推計された。これは、フィルムなどの耐用年数が1年以内の製品のリサイクル率が低いためである。一方、蓄積から1年以内に発生する二次埋蔵量は約206千tで、蓄積から1年以内に発生する二次資源量(206+483千t)の30%と推計された。耐用年数が1年以上の製品のリサイクル率がより高いためであるが、それでも70%は非経済的もしくはその他の二次資源として廃棄処理もしくは残置される結果となっている。廃棄量の推計結果は、図-2.46及び、図-2.47（パイプを除く建設材）、図-2.48（その他製品）に示す。また、蓄積から1年以内に発生しない二次埋蔵量は約8,531千tで、蓄積から1年以内に発生しない二次資源量(8,531+14,712千t)の37%と推計された。上記30%と異なるが、これはストックされている最終製品の構成が、1年以内に発生する使用済み最終製品の構成と異なるためである。また、1年以内に発生する二次埋蔵量の合計は1+206=207千tで、2016年の需要量の約0.2倍であり、需要量を大きく下回る結果となった。リサイクル率の向上によって、新規需要を更に代替していくことが望まれる。管理された埋立地の廃棄物も16,607千tと推計され、経済社会における製品のストック量である23,932千t(=206+483+8,531+14,712千t)と比較可能な値となった。プラスチック樹脂を埋立地から掘り起こしてリサイクルすることは現実的ではないが、相当量のPVCが埋立地に蓄積していることが示唆された。また、残置され散逸したPVCも1,709千tとなっており、最終製品のストック量の7%程度に相当することから、これの有効活用・適正処理の必要性も示唆された。

耐用年数が長く、リサイクル率の高い建設分野での利用、特に比較的単体での回収が可能なパイプ等としての利用に関しては、今後もより適切な回収システム構築に向けた努力が望まれる。また、回収が難しくリサイクル率の低いフィルム系は使用の削減が望まれる分野であると考えられる。

なお、本推計を改善する上では、最終製品の使用年数分布に関する情報のほか、各使用済み最終製品のリサイクル率に関する情報を時系列で整備していくことが必要である。

表-2.19 2016 年における PVC の二次資源の類型結果(単位：千 t)

	製品			管理された 埋立地の 廃棄物	散逸した 物質
	1年以内に 発生する		1年以内に 発生しない		
	蓄積 なく	蓄積 から			
経済的	1	206	8,531	-	-
准経済的				-	-
非経済的	116	483	14,712	16,607	1,709 (13,710)*
その他					

*燃焼により散逸した物質量を参考値として記す。

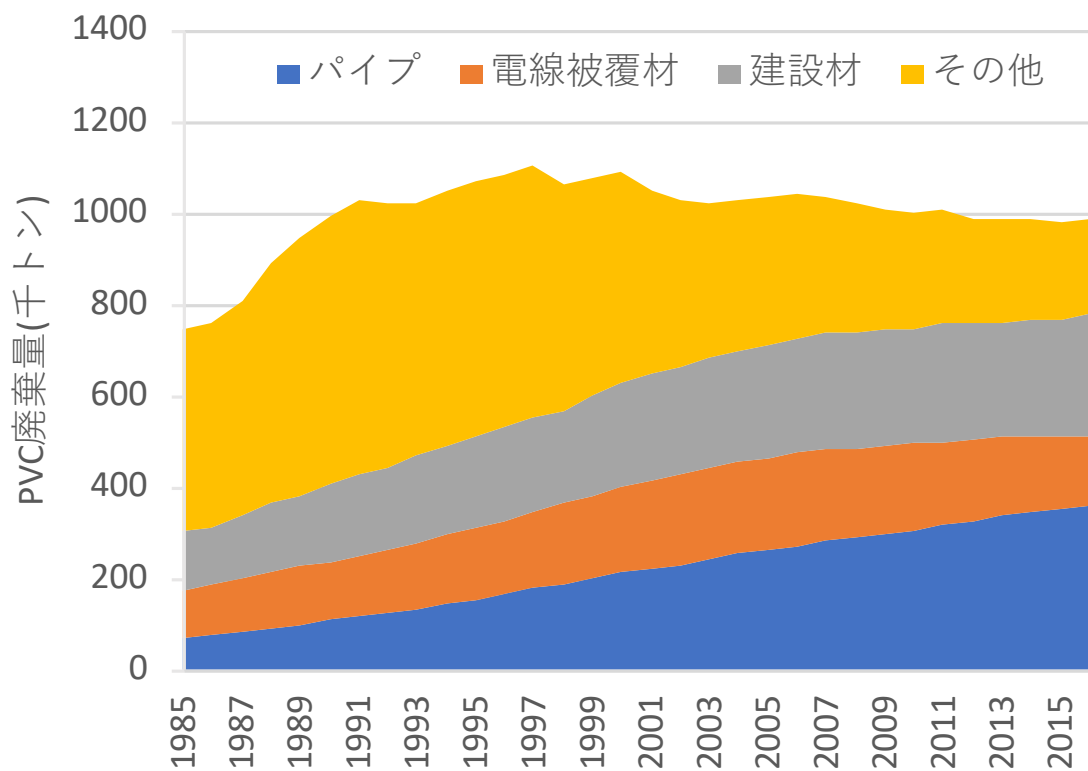


図-2.46 PVC の廃棄量の推計結果

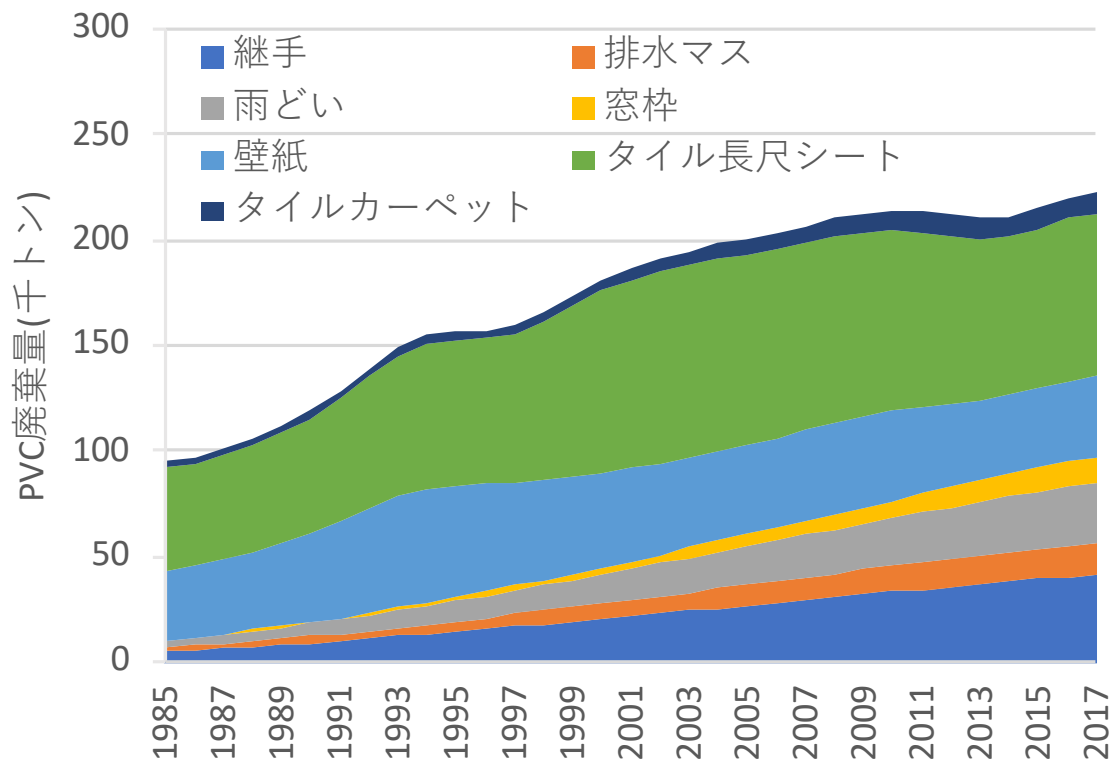


図-2.47 パイプを除く建設材としての PVC の廃棄量の推計結果

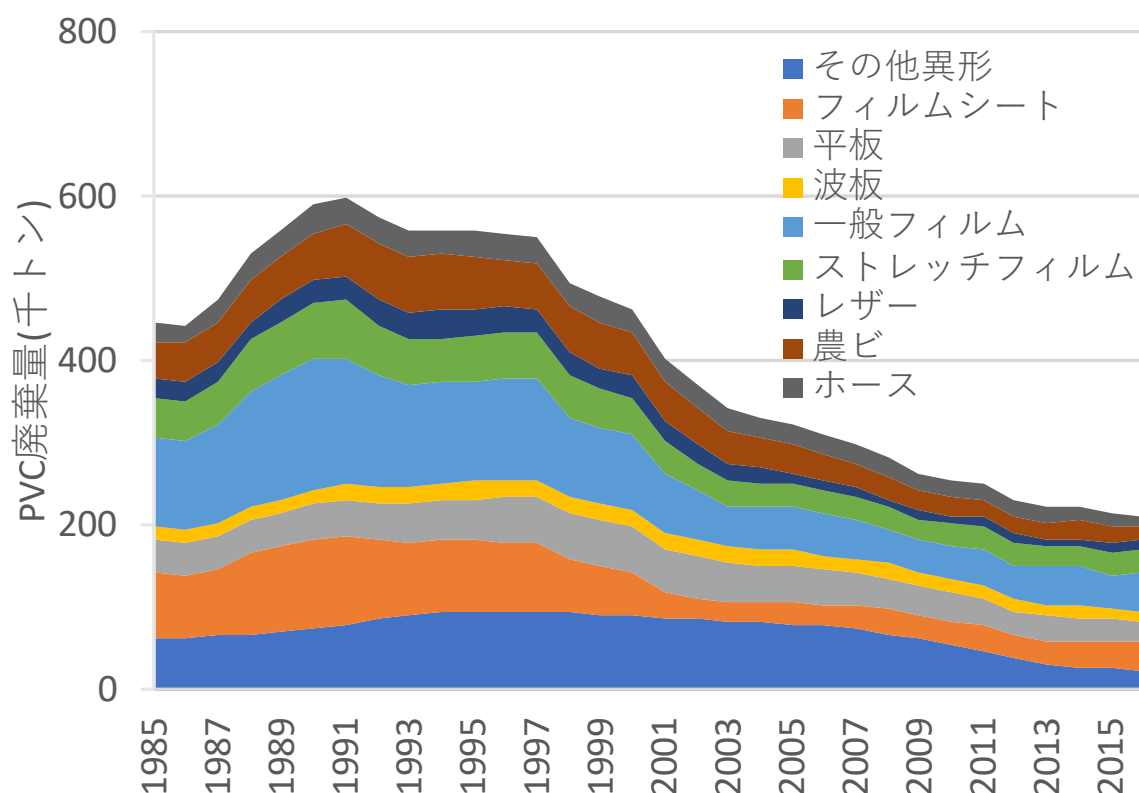


図-2.48 その他製品としての PVC の廃棄量の推計結果

<引用文献>

- 塩ビ工業・環境協会：環境特性，製造時の LCI データ，http://www.vec.gr.jp/kankyo/kankyo1_1.html
- 西嶋渉：プラスチック混合物から塩素含有プラスチックの分離方法，
https://shingi.jst.go.jp/past_abst/abst/p/08/803/hiroshimal53.pdf
- 日本容器包装リサイクル協会：プラスチック製容器包装に係る実証試験結果報告，https://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/upload/jissyoushiken_youyaku.pdf
- 中井和彦，内海秀樹，寺島泰（2000）塩化ビニル樹脂のストック量と廃棄量の予測及びマテリアルフローの解明，第 28 回環境システム研究論文発表会講演集，pp.113-120
- 磯部孝行，清家剛，金容善，伊藤篤史，原田優作（2016）東アジアにおける塩化ビニル廃材のマテリアルフロー分析，日本 LCA 学会誌，Vol.12，No.3，196-207
- Ciacchi, L, F. Passarini, I, Vassura (2017) The European PVC cycle: In-use stock and flows, Resources, Conservation and Recycling, Vol.123, 108-116
- Kleijn, R, R. Huele, E. van der Voet (2000) Dynamic substance flow analysis: the delaying mechanism of stocks, with the case of PVC in Sweden, Ecological Economics, Vol.32, pp.241-254

Zhou. Y, N, Yang, S. Hu: Industrial metabolism of PVC in China (2013) A dynamic material flow analysis, Resources, Conservation and Recycling, Vol.73, pp.33-40

Hashimoto. S, I. Daigo, S, Murakami, K. Matsubae-Yokoyama, M. Fuse, K. Nakajima, M. Oguchi, H. Tanikawa, T. Tasaki, E. Yamasue, and O. Umezawa (2008) Framework of Material Stock Accounts - Toward Assessment of Material Accumulation in the Economic Sphere. Proceedings of the 8th International Conference on EcoBalance, C-08

橋本征二 (2012) 社会に蓄積する二次資源の類型, 金属, Vol.82, No.7, pp.572-576

Maung, K. N., T.Yoshida, G. Liu, C. M. Lwin, D. B. Muller, and S. Hashimoto (2017) Assessment of secondary aluminum reserves of nations, Resources, Conservation and Recycling, Vol.126, pp.34-41

Maung, K. N., S. Hashimoto, M. Mizukami, M. Morozumi, and C. M. Lwin (2017) Assessment of the secondary copper reserves of nations, Environmental Science and Technology, Vol.51, No.7, pp. 3824-3832

Maung, K. N., Lwin, C. M, S. Hashimoto (2019) Assessment of secondary zinc reserves of nations, Journal of Industrial Ecology, in press

福谷大樹, 橋本征二 (2018) 日本における白金族金属類二次埋蔵量の類型, 第13回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, pp.382-383

プラスチック循環利用協会: プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況, <https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf>

塩ビ工業・環境協会: 資料室, 統計集, http://www.vec.gr.jp/lib/lib2_1.html

経済産業省: プラスチック製品統計年報

経済産業省 (2001) 塩化ビニル管産業の課題と将来展望に関する研究報告書, 4

財務省: 貿易統計

高村秀紀, 浅野良晴, 生駒翔也 (2015) 建設副産物の発生量と発生時期の予測に基づく回収の効率化, 日本建築学会環境系論文集, 第80巻, 第708号, pp.185-191

松田智, 久保田宏 (2011) 使用済み塩ビ製品のリサイクルの効用評価—「社会エネルギー消費量」概念による新評価法の提案—, 環境技術, Vol.40, No.3, pp.167-173

塩見達郎, 立花潤三, 半沢祥二, 後藤尚弘, 藤江幸一 (2008) 建設廃棄物に含まれる塩化ビニル樹脂の地域内リサイクルのライフサイクル評価, 環境システム研究論文集, Vol.36, pp.491-497

経済産業省北海道経済産業局, 日本資源技術株式会社 (2010) 樹脂サッシの廃棄状況の実態やリサイクルのために必要な技術や仕組み等に関する調査

産業用電線・ケーブル専門委員会, 電線・環境技術小委員会 (2004) 電線の環境技術調査報告書, 技術資料第137号

塩ビ工業・環境協会: リサイクルに関する塩ビ業界の取組みと進展〜リサイクルビジョンフォローアップ, <http://www.vec.gr.jp/recycle/pdf/followup2011.pdf>

塩ビ工業・環境協会: リサイクルに関する塩ビ業界の取組みと進展〜リサイクルビジョンフォローアップ, <http://www.vec.gr.jp/recycle/pdf/followup2010.pdf>

ii) セクター別物質ストック使用効率の推計

物質ストックの質に関しては、その評価においてさまざまな考え方や観点があると考えられる。そもそも、本研究で対象としている物質ストックは、経済学における人工資本と類似の概念と捉えることもできるが、その目的が異なるため、それら用語が包含する物質の境界は全く同一ではない。物質ストックの包含する物質の境界に関しては、economy-wide material flow analysis の手法を開発する際に、国際的に精緻に議論されてきており明確である。資源あるいは資源循環の観点に立脚する本研究では、やはり評価対象範囲は物質ストックの定義に従うのが望ましいと考えられる。

物質ストックは、資源を人間に有用な化学種である材料として生産し、それらが部品等として組み上がった製品や構造物として社会の中に存在している状態であり、資源の一形態である。製品や構造物は、我々のニーズを満たすために機能やサービスを提供しており、価値を有する。それらの質を評価する1つの考え方として、価値を経済的な視点から評価した貨幣価値による評価尺度が考えられるが、貨幣価値は本研究で欠かせない評価尺度である物質量との間において物価の変動や固有の市場の状況に依存した数量的関係を有する。そのため、貨幣価値によって物質ストックの質を評価することは本研究の目的に合致しない。

機能やサービスも、その種類によっては貨幣価値と同様の性質のものもあると考えられるが、物理量で計量できる機能やサービスは、物質量との間において比例関係が常に成り立つ。例えば、戸建て住宅の延べ床面積を機能として、機能あたりの物質量としての建築物の鉄筋使用量は、市場の状況に依存せず一定である。例えば、売り手市場であるから、鉄筋の量を減らすような事象は生じないと考えられる。ただ、その機能あたりの物質量において、その機能の設定方法にもよるが、技術や消費者の選好の変化に応じて、時間や場所に依って変化することは考えられる。例えば、戸建て住宅の平均的な鉄筋使用量とすると、戸建て住宅に占めるRC造の割合が増えれば増えるほど、平均的な鉄筋使用量は増えることになる。ただ、RC造戸建て住宅であれば、耐震基準が変わらなければ平均的な鉄筋使用量は変化しないと考えられる。

本研究では、MFAの過去からの研究によって得られている知見としての「より少ない物質ストック量による社会が望ましい」との方向から、物質ストック量とともに、その生産性とでもいうべき、提供するサービスや稼働率に言及はしているものの、ここで対象としているサービス量は物質量との間に線形関係のあるものだけであることを明確に前提としなければならない。

今年度は、いくつかのサービスの提供量が定量でき、かつ、それらサービスを提供するために必要な物質ストック量が定量できるものを選定し、それらの物質ストック量あたりのサービス提供量の時系列変化を分析することを試みた。先述の「より少ない物質ストック量による社会が望ましい」との方向性において、同じサービスを提供するために必要な物質ストックが、より少ないような物質ストックの方が、物質ストックとしての「質」が良いとした。ここでは、物質ストックを用いたサービス提供であるため、物質ストック量あたりのサービス提供量を物質ストックの使用効率 ε と称した(式(3.1))。

$$\varepsilon = \frac{s}{m} \quad (3.1)$$

ここで、 s はサービス量、 m は物質ストック量である。

まず、評価する対象の選定を行う。物質ストックが提供するサービスには、電子レンジが「食品を温める」ように製品が提供するサービスもあるが、電話網が「音声を遠隔に伝える」ようにインフラが提供するサービスもある。後者の場合では、電話機は、固有の端末番号を有し、電話網を伝達する信号と音声の変換する端末であり、音声を遠隔に伝達する機能は提供していない。

既存の研究から、日本における物質フローでは、製品としての物質ストックに比べ、インフラとしての物質ストックの量が多いことが知られているため、ここでは、インフラが提要するサービスを選定することとした。容量をサービス量とするインフラに関しては、容量と物質量の間には、明確な線形関係があると考えられるため、時系列を評価することは、構造物の技術的な変化や技術に対する規制の変化（耐震基準など）を分析することに過ぎないと考えられた。そこで、本研究では、建築物、ダムなどの容量や容量に類する面積がサービス量として適当なインフラについては、分析対象としなかった。

昨年度は、異なる種類の製品を対象に、それら製品としての物質ストック量あたりの提供サービス量としての容量を比較した。1つには、時系列変化ではなく異なる製品での比較であれば、技術的な変化ではなく、それら製品の効率の違いの要因の解明に意味があると考えられたためである。そこで、本年度は、サービス量として容量ではないものの物理量として定義できるものとして、質量を持たない電力量ならびに情報量をケースとし、それぞれを提供するための物質ストックとして電力インフラならびに情報通信インフラを対象とした。なお、物質ストック量は、素材別に分析することとする。そこで、定量対象の素材として統計情報が整備されているベースメタルを対象とし、鉄鋼材、アルミニウム素材、銅素材の定量化を行う。

サービス量には、提供側から観測される量と、消費側から観測される量がある。例えば、電力は常時需給が均衡しているため、比較的提供側と消費側の間には差異が少ないようにも思えるものの、発電端における電力量と、需要端における電力量との間には、送電ロスや需給ギャップの調整のための揚水発電を用いた際の蓄電ロスなど約8%の差異があることが知られている。情報通信においては、情報発信者が提供する情報流通量と、情報消費者が受信する消費情報量が該当する。前者の例は、電話網で音声を伝送する、インターネットでブログ記事を伝送し表示する、放送電波でテレビ番組を伝送し受像機で表示する、郵便ネットワークで郵便物を輸送し配達するなどが挙げられる。後者の例は、電話に出て話を聞く、ブログの記事を読む、テレビ番組を視聴する、郵便物を開封して読むなどが挙げられる。本研究では、サービス量としてシステムでのロスも含め需要者が消費した量（消費サービス量）として定量することとした。そのため、電力インフラにおける消費サービス量は、消費電力量とし、情報通信インフラにおける消費サービス量はラジオ、テレビ、電話、インターネットを用いた消費情報量とした。それぞれの定量に用いたデータについて、以下に詳述する。

a) 消費電力量

総合エネルギー統計^[1]から年度別消費電力量のデータを得た。各年の消費電力量は各年 3 月までの年度の 4 分の 1 と 4 月以降の年度の 4 分の 3 の合計とした。

b) 消費情報量

情報流通インデックスの計量に用いられる消費情報量の算出方法^[2]を適用し、各メディアの 1 年間で

の総利用時間と消費情報量としての単位情報量の積として算出した。

(1) テレビ・ラジオ

総務省のデータベース^[3]からラジオおよびテレビそれぞれの1日当たり1人当たりの平均視聴時間のデータを得た。消費情報量としての単位情報量（消費単位情報量）については、人間の情報認知に関する様々な研究事例を踏まえて、英語環境と日本語環境との差異なども考慮した日本における研究^[4]の成果から、視覚情報は223 bps（ビット/秒）、聴覚情報は105 bpsを用いた。ラジオは、人間が受け取る聴覚情報（音声、音楽）の意識的知覚情報量として聴覚情報の消費単位情報量を用いた。テレビは、視覚情報と聴覚情報の足し合わせとして、上述の視覚情報と聴覚情報の消費単位情報量を合計した。

(2) 電話

電気通信事業者の統計年報^[4]から加入電話、公衆電話、ISDN、IP電話、携帯電話・PHSを合わせた1年間の総通信時間を得た。消費単位情報量には上述の聴覚情報のものを用いた。

(3) インターネット

総利用時間については、情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査^[5]から1日当たりの1人当たりのインターネット利用時間を得て、1年間の総人口における総利用時間を導出した。消費単位情報量は、動画配信や音楽配信など音声情報も増えていてくるものの、先述の視覚情報のものを用いた。

物質ストックの定量化には、トップダウンアプローチである動的マテリアルフロー分析を用いた。過去からの社会への用途別の各素材投入量と、それらの用途ごとの製品寿命分布から、物質ストック量を推計した。各素材の用途別投入量は、統計における分類に依存して区分されるため、本研究で対象としたインフラに關与する用途を抽出した。製品寿命分布は以下の式の形式によるワイブル分布を用いた。各用途に対して設定したワイブル分布のパラメータならびにその時の平均寿命については表-2.20に示した。なお、1959年以前の投入量ならびに初期物質ストックは0としたが、推計開始年から30年以上の1990年ごろには、推計開始当初の投入量はその頃の投入量に対して小さいこともあり、結果には影響しないと考えられた。

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{(x-x_u)}{\lambda}\right)^m} \quad (3.2)$$

表-2. 20 各素材における統計用途区分ごとの製品寿命分布に用いた
ワイブル分布のパラメータと平均寿命

素材 (サービス)	統計用途区分	m	λ	x_u	平均寿命 [年]
鉄鋼材（電力）	鉄塔	1. 8	56. 2	0	50
	電力業・通信業	1. 8	34. 9	0	31
	回転機械	1. 7	11. 2	0	10
	静止機械	1. 7	21. 3	0	19
鉄鋼材（通信）	鉄塔	1. 8	39. 4	0	35
	電力業・通信業	1. 8	32. 6	0	29
	通信機械	1. 9	6. 8	0	6
アルミニウム電 線（電力）	電力	3. 5	19. 4	0	17. 5
アルミニウム電 線、鋳造品、ダ イカスト、鍛造 品（通信）	電気通信	1. 75	17. 3	0	15. 4
銅電線（電力）	電力	3. 5	19. 4	0	17. 5
	重電（回転電気機械）	2. 06	20. 4	0	18. 1
	重電（静止電気機械）	2. 06	20. 4	0	18. 1
銅電線（通信）	通信	3. 5	19. 4	0	17. 5
	電気通信機械	1. 75	17. 3	0	15. 4
伸銅品（通信）	電気機械器具製造業	1. 75	17. 3	0	15. 4

各素材の投入量は、全ての素材において統計から直接は得られない。統計から得られるデータは各用途への需要量であり、その後、各素材は加工・組み立てののちに製品の中の部品として社会に投入される。そのため、加工時に発生する端材分は投入量から差し引く必要がある。そこで、各素材の各用途別の加工スクラップ発生率を用いた（表-2. 21）。鉄鋼材においては複数年で調査されているため、その間は線形で変化するものとした。ただし、加工スクラップ発生率が得られるのは大きな用途区分であるため、本分析の用途とは合致していない。そこで、表-2. 22 に本研究で用いた統計区分用途と大きな用途区分との対応を記した。

表-2.21 用途ごとの加工スクラップ発生率

		建設	産業機械用	電気機械用	電力
鉄鋼材	1988 年	4%	17%	22%	
鉄鋼材	1993 年	3%	18%	20%	
鉄鋼材	2003 年	11%	17%	15%	
アルミニウム素材 (電線・圧延品)	通年	30%	10%	10%	0%
アルミニウム素材 (鋳造品・ダイキャスト)	通年	10%	10%	10%	—
銅 (伸銅品)	通年	30	45	50	

表-2.22 統計用途区分と用途大分類との関係

素材 (サービス)	統計用途区分	間接輸出入用途
鉄鋼材 (電力)	鉄塔	建設
	電力業・通信業	産業機械
	回転機械	産業機械
	静止機械	産業機械
鉄鋼材 (通信)	鉄塔	産業機械
	電力業・通信業	産業機械
	通信機械	電気機械
アルミニウム電線 (電力)	電力	電力
アルミニウム電線、鋳造品、ダイキャスト、鍛造品 (通信)	電気通信	産業機械
銅電線 (電力)	電力	電力
	重電 (回転電気機械)	産業機械
	重電 (静止電気機械)	産業機械
銅電線 (通信)	通信	電気機械
	電気通信機械	電気機械
伸銅品 (通信)	電気機械器具製造業	電気機械

さらに、国内で生産された製品の一部は輸出され、国内で販売される製品の一部は輸入されているため、最終製品の輸出入の割合についても考慮した。特に最終製品の輸出入の割合については統計などから直接得られないため、鉄鋼材における IISI(iron and steel institute、現 world steel association)が開発した貿易コード別の鉄鋼材含有原単位法によって日本鉄源協会が日本における鉄鋼材の間接輸出入量をもちいた。ただし、アルミニウム素材や銅素材においては、鉄鋼材のような手法が開発されていないため、鉄鋼材における用途別需要量に対する間接輸出入量の比率を、同じ用途に対して適用することとした。ただし、間接輸出入割合が得られるのは大きな用途区分であるため、鉄鋼材であっても本分析の用途とは合致していない。そこで、表-2.22 の対応に従った。次に、時系列の間接輸出入割合を表-2.23 に示す。

表-2.23 用途別間接輸出入割合（単位：％）

年	建設	産業機械	電気機械	年	建設	産業機械	電気機械
1980	0	42	42	1999	0	59	50
1981	0	53	50	2000	0	56	47
1982	0	54	46	2001	0	50	43
1983	0	57	52	2002	0	33	36
1984	0	55	50	2003	0	33	33
1985	0	78	53	2004	0	44	39
1986	0	73	50	2005	0	50	47
1987	0	73	56	2006	0	69	70
1988	0	58	49	2007	0	54	83
1989	0	60	50	2008	0	56	86
1990	0	60	51	2009	0	67	75
1991	0	54	45	2010	0	40	76
1992	0	62	54	2011	0	43	78
1993	0	72	53	2012	0	48	76
1994	0	69	53	2013	0	43	96
1995	0	70	51	2014	0	42	95
1996	0	66	54	2015	0	48	96
1997	0	62	51	2016	0	30	76
1998	0	64	51				

c)鉄鋼材

(1)電力インフラ

鉄鋼材の統計分類のうち「15 鉄塔」、「25 電力業・通信業」、「45 回転電機」、「46 静止電機」のそれぞれの一部を電力インフラとして計上した。「15 鉄塔」、「25 電力業・通信業」は、電力事業と情報通信事業に用いられている。そこで、鉄塔受注統計から得られた割合で、電力と情報通信に按分した。

「45 回転電機」は、機械統計から得られる投入額から、電力、鋳工業、運輸に按分した。「46 静止電機」は、明確な割合が得られなかったため、電力と鋳工業に2分の1ずつ按分した。

(2)情報通信インフラ

先述と同様に「15 鉄塔」、「25 電力業・通信業」の一部と「48 通信機械」を電気通信インフラとして計上した。「15 鉄塔」、「25 電力業・通信業」については、先述の通りである。

d)アルミニウム素材

(1)電力インフラ

アルミニウム素材には、電線、圧延品、鋳造品、ダイカスト、鍛造品の区分がある。電力インフラに関しては、アルミニウム電線のうちが電力用途の分類が該当するとした。圧延品、鋳造品、ダイカスト、鍛造品で、電力インフラに用いられているものは無視できるほど小さいとした。

(2)情報通信インフラ

アルミニウム電線、鋳造品、ダイカスト、鍛造品は、それぞれの「電気通信」用途の分類を用いた。圧延品に関しては、統計区分「電子通信機器」を用いた。なお、統計区分が過去から変遷しており、1979年以前は「電子通信機器」という区分はない。1965年から1979年は「その他の電気機械器具」を「電子通信機器」と「その他の電気機器」に1980年の比で按分することで用いた。1964年以前は「電気機械器具」を「民生用電気機械器具」、「電子通信機器」、「その他の電気機器」に1980年の比で按分することで用いた。

e)銅素材

(1)電力インフラ

銅素材に関する統計には、電線に関する統計と伸銅品に関する統計に大別される。電線について、電線統計の統計分類のうち「電力」と「重電」の一部を対象とした。伸銅品については、その用途分類から、電力インフラに用いられる量は無視できるほど小さいと考えた。

「重電」の分類は、回転電気機械、静止電気機械などの製造販売業とされている。そこで、機械統計の生産額の比で回転電気機械と静止電気機械に按分した。次に、電力インフラとして計上する量はc.(1)の鉄鋼材と同様の手法とした。電線統計の用途区分も過去に変遷しており、1979年以前は「重電」の区分がなく、「電気機械」の需要量を「重電」、「家電」、「電子通信機械」、「電装品」、「その他電気機械」に1980年の需要量の比で按分した。

(2)情報通信インフラ

電線統計における統計区分「通信」と「電気通信機械」を電気通信インフラとした。1979年以前は「電気通信機械」の区分がないため、「電気機械」を「重電」、「家電」、「電子通信機械」、「電装品」、

「その他電気機械」に1980年の比で按分した。

伸銅品は、1967年以前の統計区分では業種別となっており「通信機械器具製造業」があったため、当該区分を計上した。1967年から1984年は「通信機械」の統計区分があったため、当該区分を計上した。1984年以降は「電気機械器具製造業」と区分が統合されたため、1984年の「通信機械」と「その他の電気機械器具製造業」の比で按分した。

以下、推計の結果である。物質ストック量が初期値の設定の影響をほぼ受けていないと考えられ、さらに全ての消費サービス量のデータが得られた1990年以降の時系列の変化を結果として以下に示す。

図-2.49に電力インフラ用の物質ストック量の推移を示した。近年の3つの素材すべてで電力インフラ用の物質ストック量は減少傾向にあると推計された。

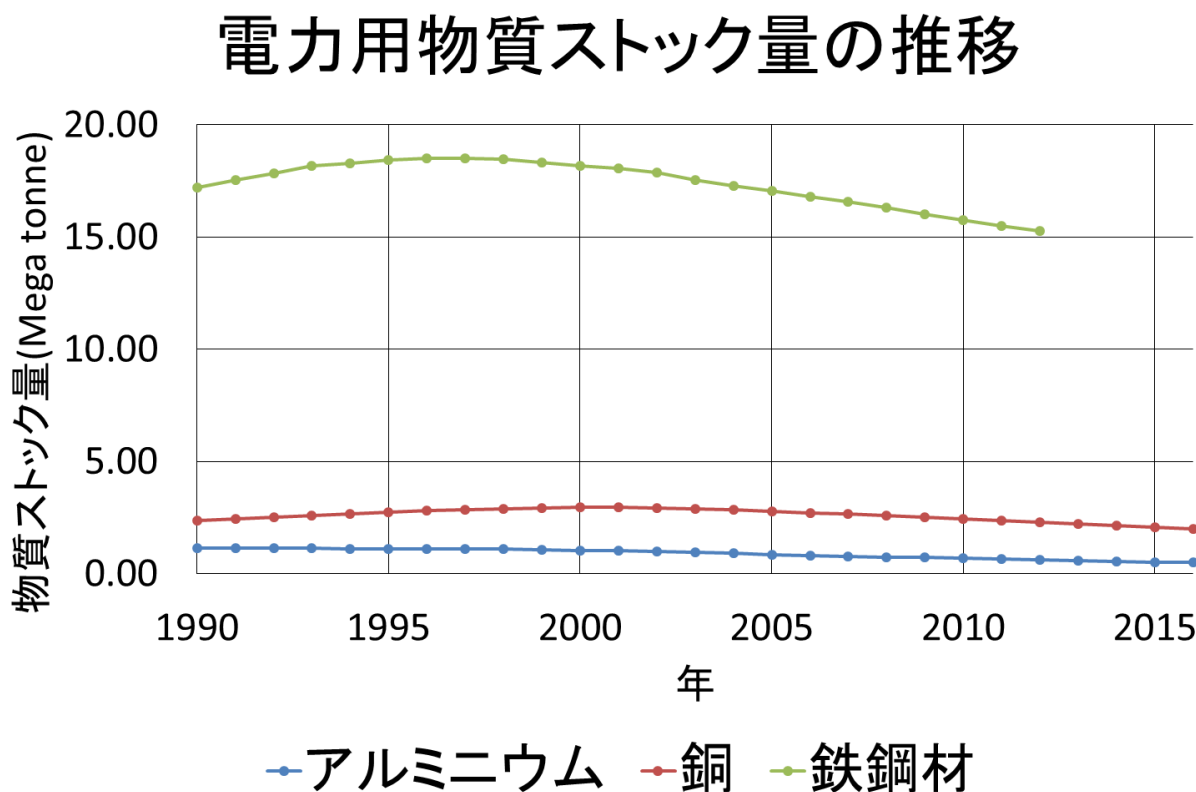


図-2.49 電力インフラにおける物質ストック量の推移

次に、電力インフラの提供する消費電力量の推移を図-2.50に示す。消費電力量は2007年ごろまでおむね増加傾向であったが、それ以降やや減少傾向に転じている。また、図-2.49と図-2.50の情報から、電力インフラにおける物質ストックの使用効率の時系列変化を図-2.51に示す。どの素材も近年では使用効率は上昇していると推計された。消費電力量が大きく変化していないことから、物質ストック量が小さくなる一方、同等の消費サービス量が提供されていたためと考えられた。

消費電力量の推移

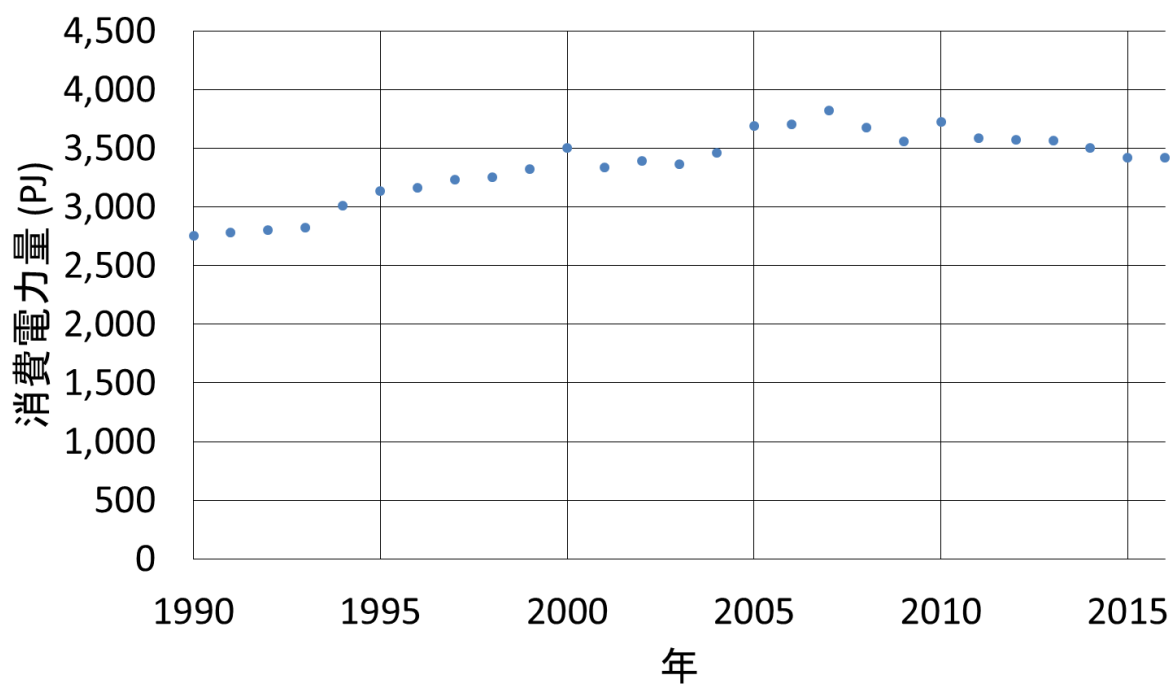


図-2.50 消費電力量の推移

電力用物質ストック使用効率の推移

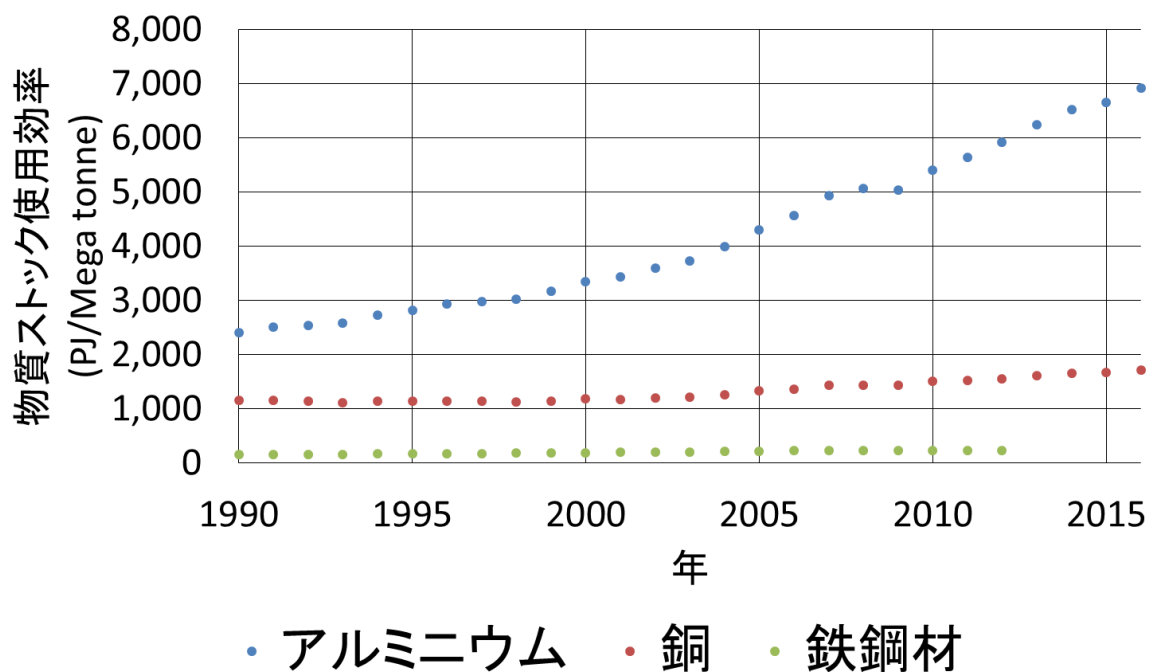


図-2.51 電力用物質ストック使用効率の推移

次に、情報通信インフラにおける物質ストック量の推移を図-2.52に示す。鉄鋼材のストック量のみ増加し、アルミニウム素材と銅素材のストック量は減少していると推計された。また、情報通信インフラが提供する消費情報量の推移を図-2.53に示す。評価対象期間において、消費情報量はおおむね単調に増加してきたと推計された。

図-2.52ならびに図-2.53の結果をもとに推計される、情報通信インフラにおける物質ストック使用効率の推移を図-2.54に示す。物質ストック量が減少していたアルミニウム素材と銅素材では、使用効率が増加していた。一方、物質ストック量が増加傾向にあった鉄鋼材では、使用効率が低下していると推計された。

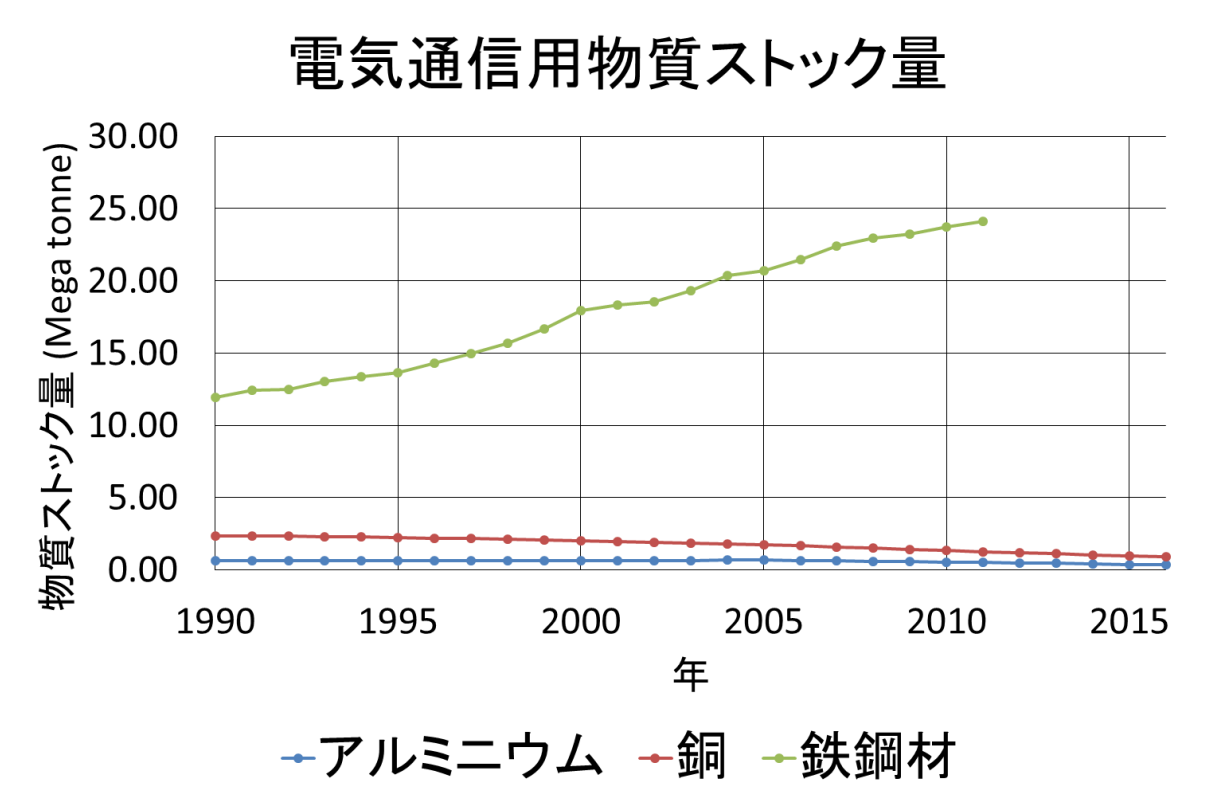


図-2.52 情報通信インフラにおける物質ストック量

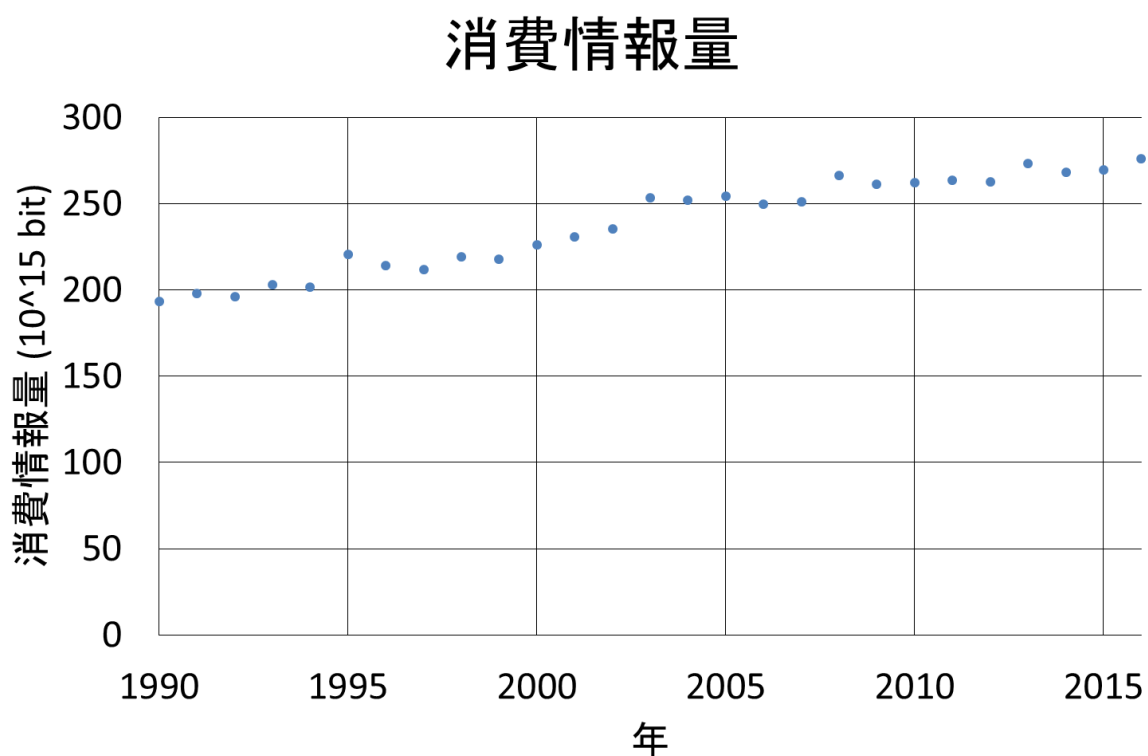


図-2.53 消費情報量

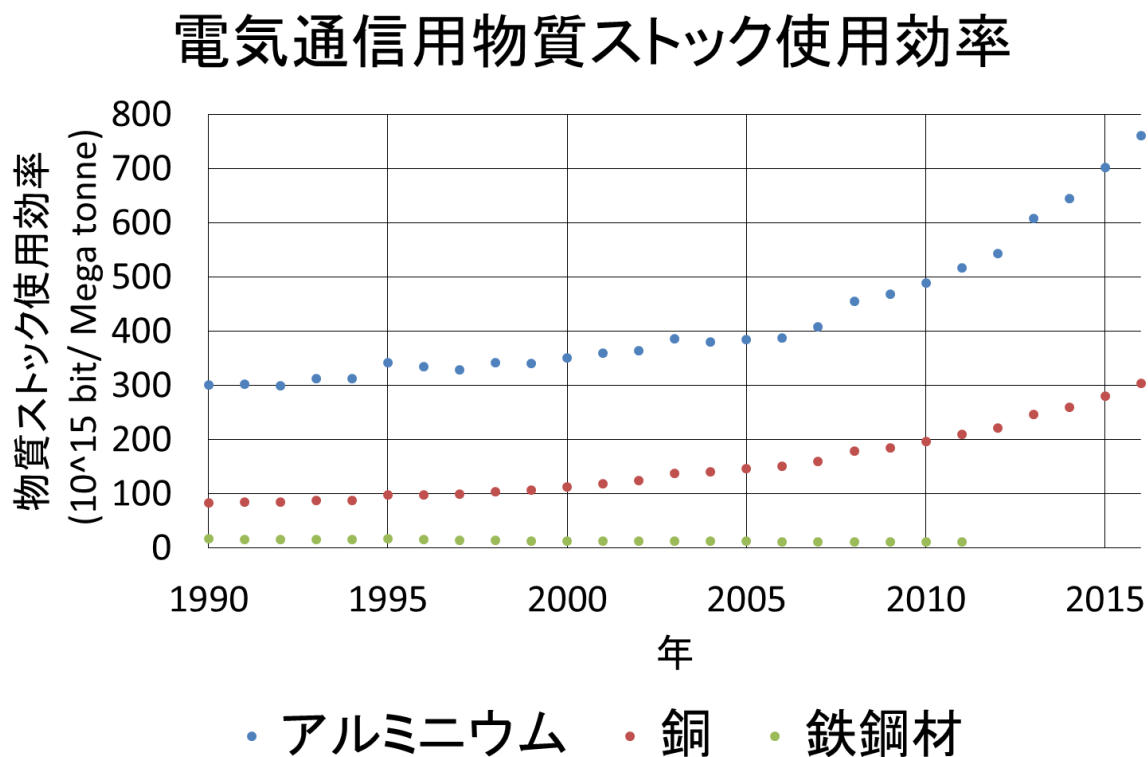


図-2.54 情報通信用物質ストック量使用効率の推移

また、電力インフラについてサービス容量の算出を試作的に試みた。サービス容量を以下の式で計算した。

$$\text{サービス容量} = \frac{\text{発電可能電力量}}{\text{物質ストック量}}$$

発電可能電力量は、発電設備容量から1年間で発電可能な電力量として算出した。原子力・エネルギー図面集^[6]から各年度の発電設備容量を得た。2008年から2015年の各年の発電設備容量は各年3月までの年度の4分の1と4月以降の年度の4分の3の合計とした。2007年以前及び2016年以降は発電可能電力量に対する消費電力量の割合がそれぞれ2008年、2015年と等しいとして消費電力量から算出した。サービス容量（電力）としての発電可能電力量の推移を図-2.55に示す。発電可能電力量は増加していた。発電可能電力量に対する消費電力量は40%から50%の間を推移していた。発電可能量を物質ストック量で除算したサービス容量の推移を図-2.56に示した。消費電力量と類似の結果で、サービス容量についても増加傾向がみられた。これは、先述の通り図-2.49に示す物質ストック量の減少傾向に起因すると考えられた。

電力量の推移

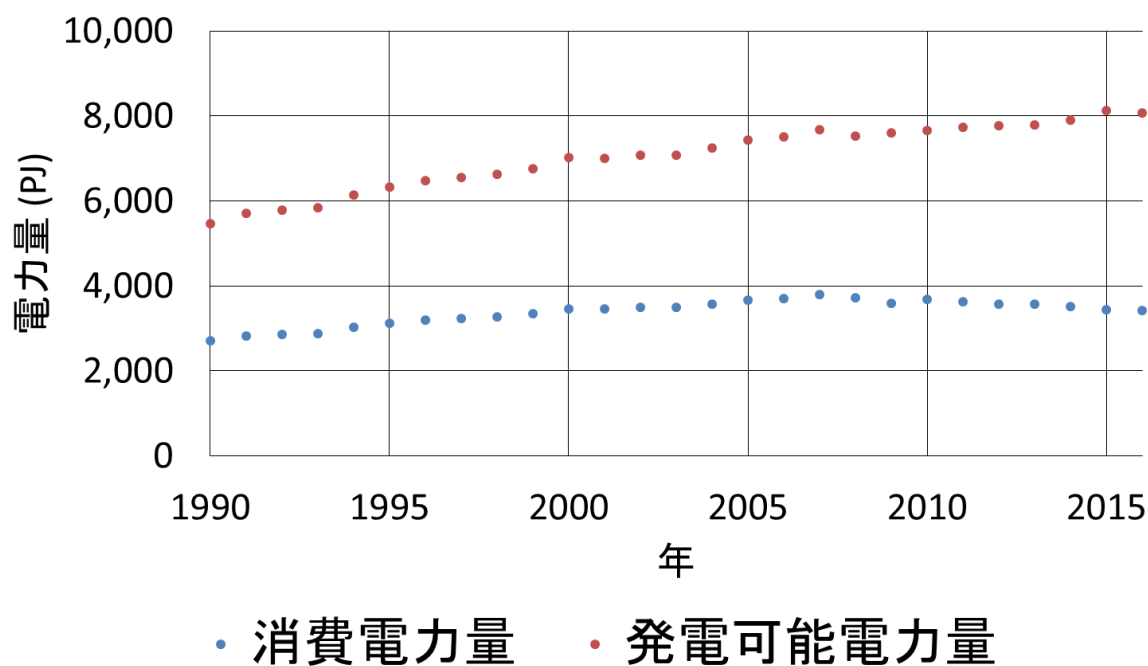


図-2.55 消費電力量と発電可能電力量の推移

電力用サービス容量の推移

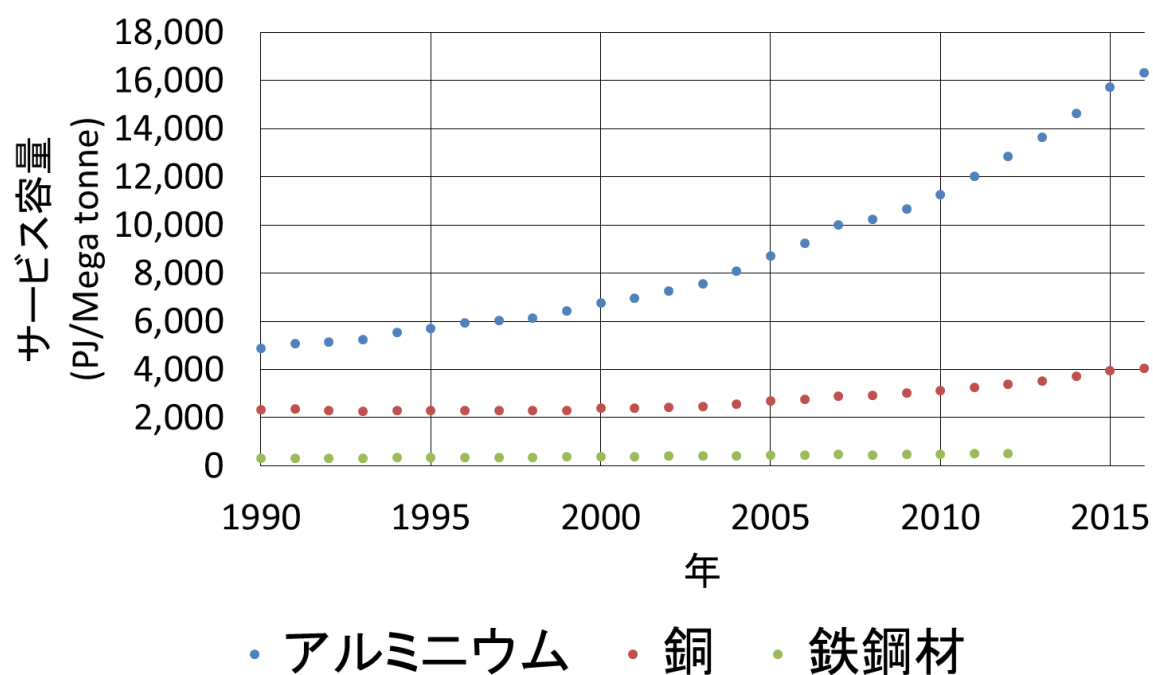


図-2.56 電力用サービス容量の推移

<引用文献>

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁；総合エネルギー統計，2019
- [2] 情報通信政策研究所調査研究部；我が国の情報通信市場の実態と情報流通量の計量 に関する調査研究結果(平成 21 年度) ―情報流通インデックスの計量―，2011
- [3] 総務省情報通信統計データベース；ラジオ及びテレビジョン平均視聴時間量の推移
- [4] 電気通信事業者協会；テレコムデータブック 2018
- [5] 総務省情報通信政策研究所；情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査報告書，各年度版
- [6] 日本原子力文化財団；原子力・エネルギー図面集，2018

(3)資源生産性の向上に資する物質ストック関連指標の提案

(1)、(2)の成果を受け、循環政策を始めとする環境政策に資する計測、再現可能な指標の検討を行った。物質ストック関連指標を定量的かつ経年的に計測するために④統計処理手法の確立を行い、(1)で行った要因分析に基づき、環境政策に指標について検討した。また、(2)のデータベース構築を用いて、指標体系の構築を提案する。さらに、環境政策、特に循環型社会形成推進基本計画の遂行に必要な情報として、定期的に更新可能な⑤実務ベースの物質ストック把握手法の検討を行った。

④統計処理手法の確立

(2)① (i)で新たに検討した項目を前年度まで行ってきた蓄積増分法による推計結果に加え、物質ストック・フロー図の修正を行った。

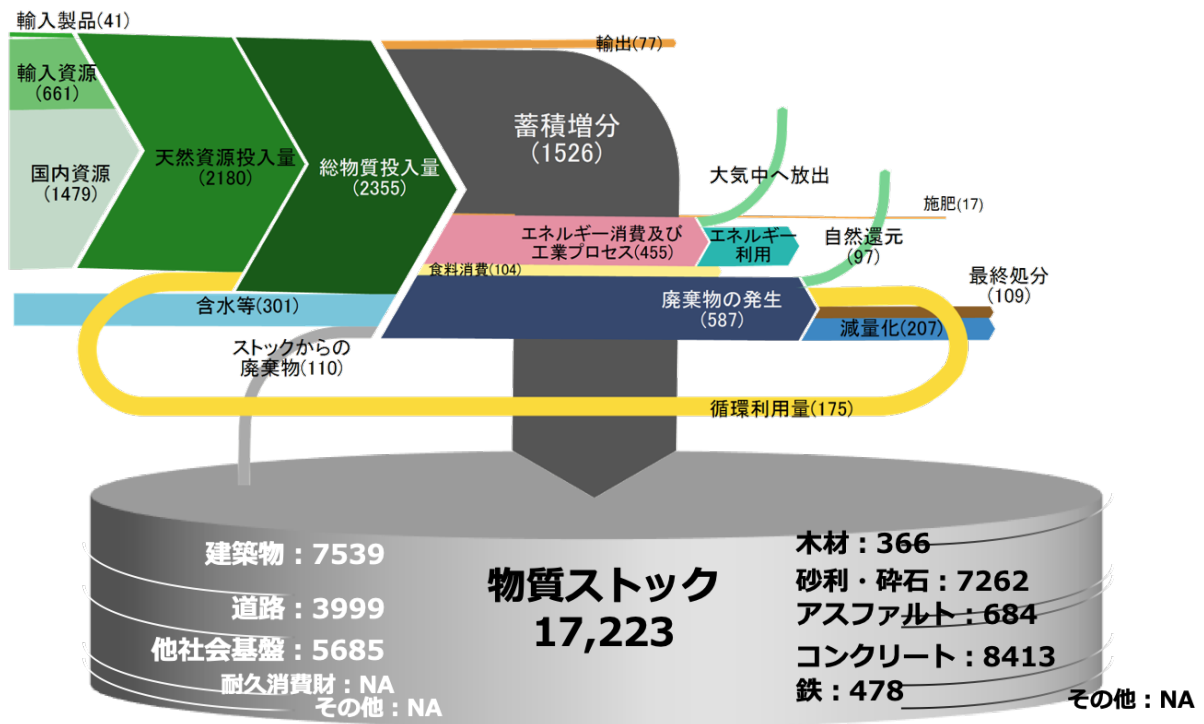


図-2.57 我が国の物質ストック・フロー 1990年（百万トン）

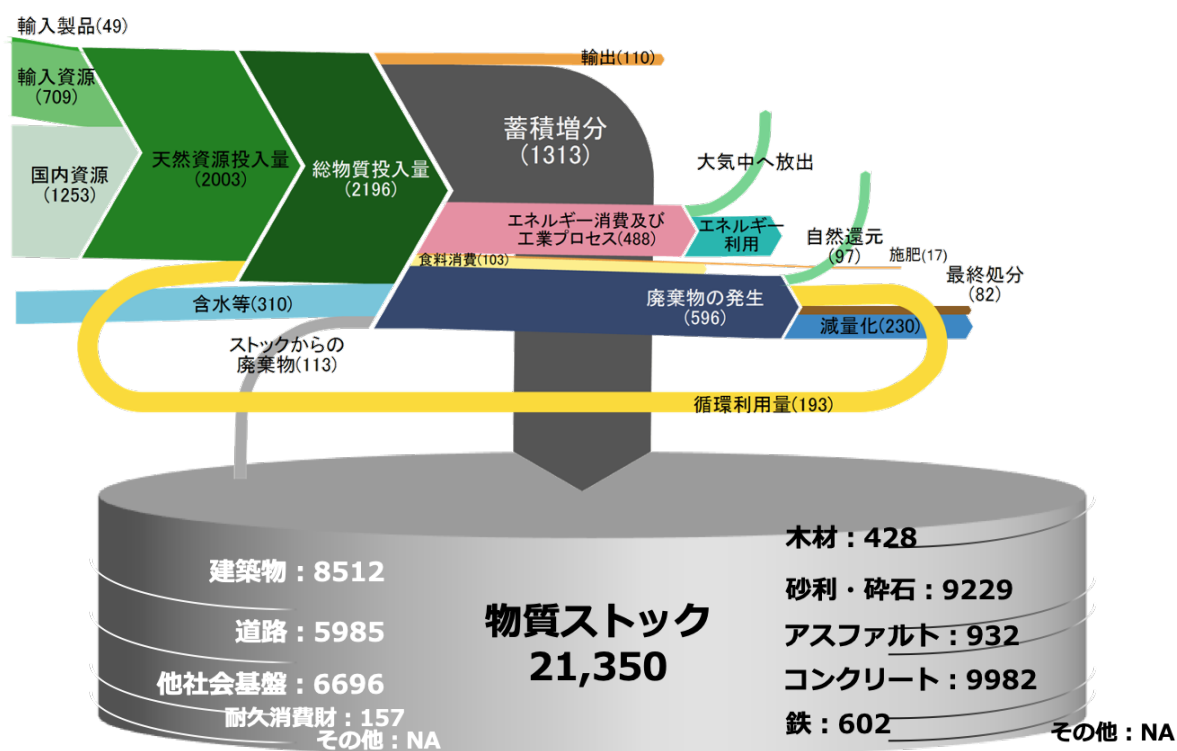


図-2.58 我が国の物質ストック・フロー 1995年（百万トン）

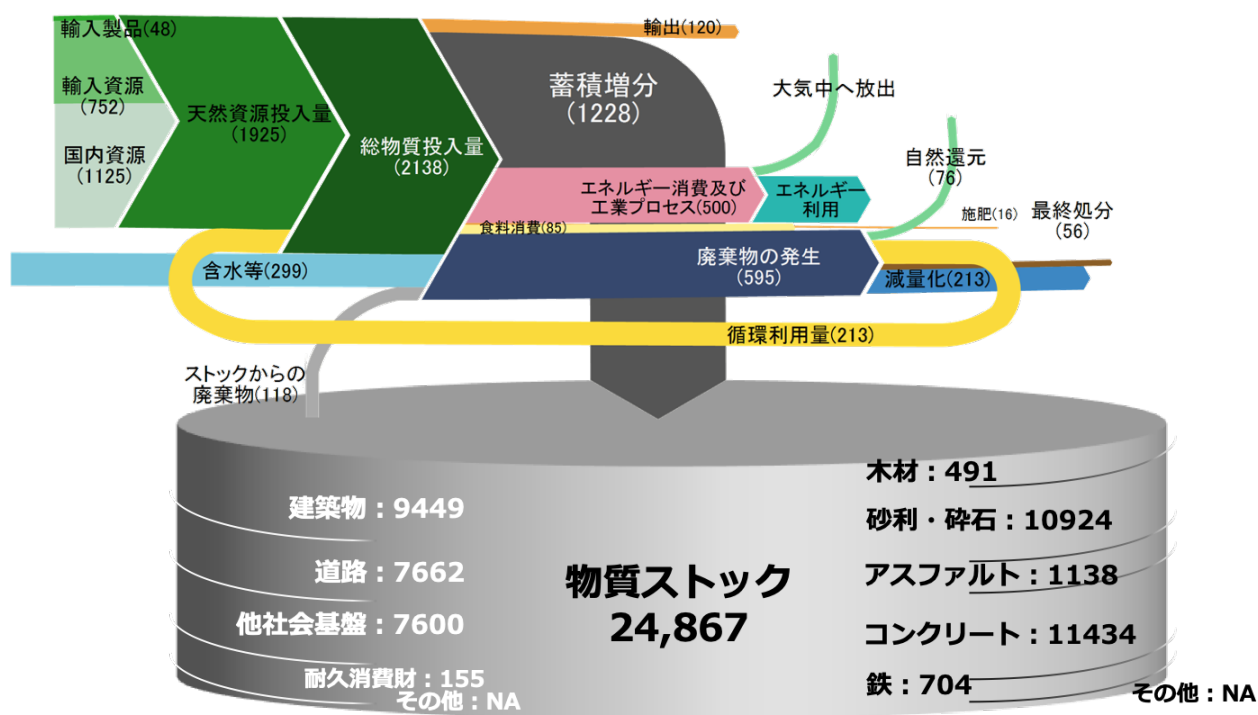


図-2.59 我が国の物質ストック・フロー 2000年（百万トン）

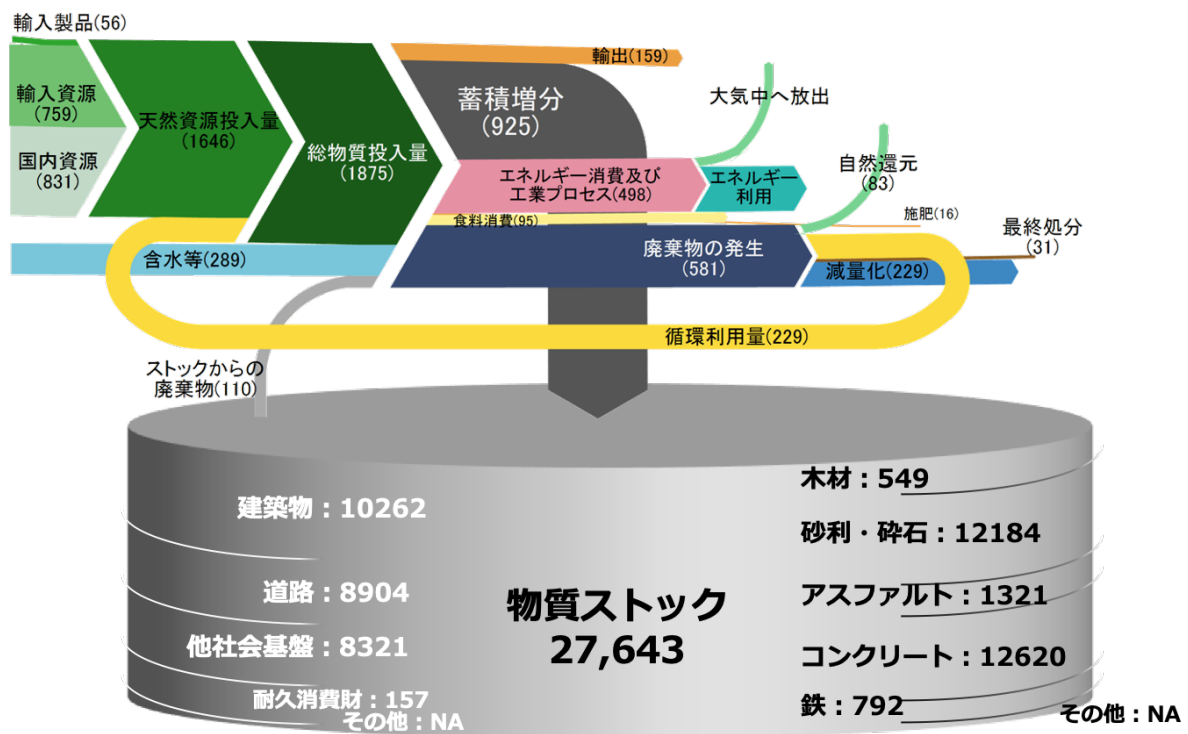


図-2.60 我が国の物質ストック・フロー 2005年（百万トン）

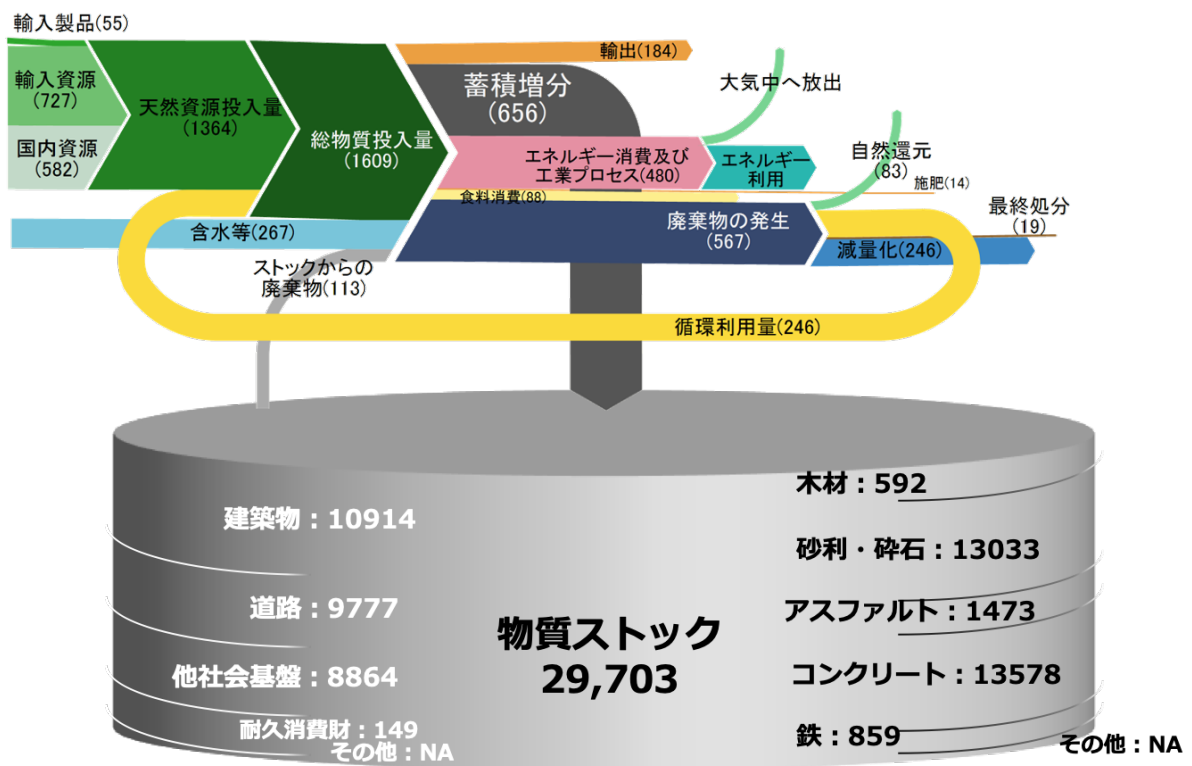


図-2.61 我が国の物質ストック・フロー 2010年（百万トン）

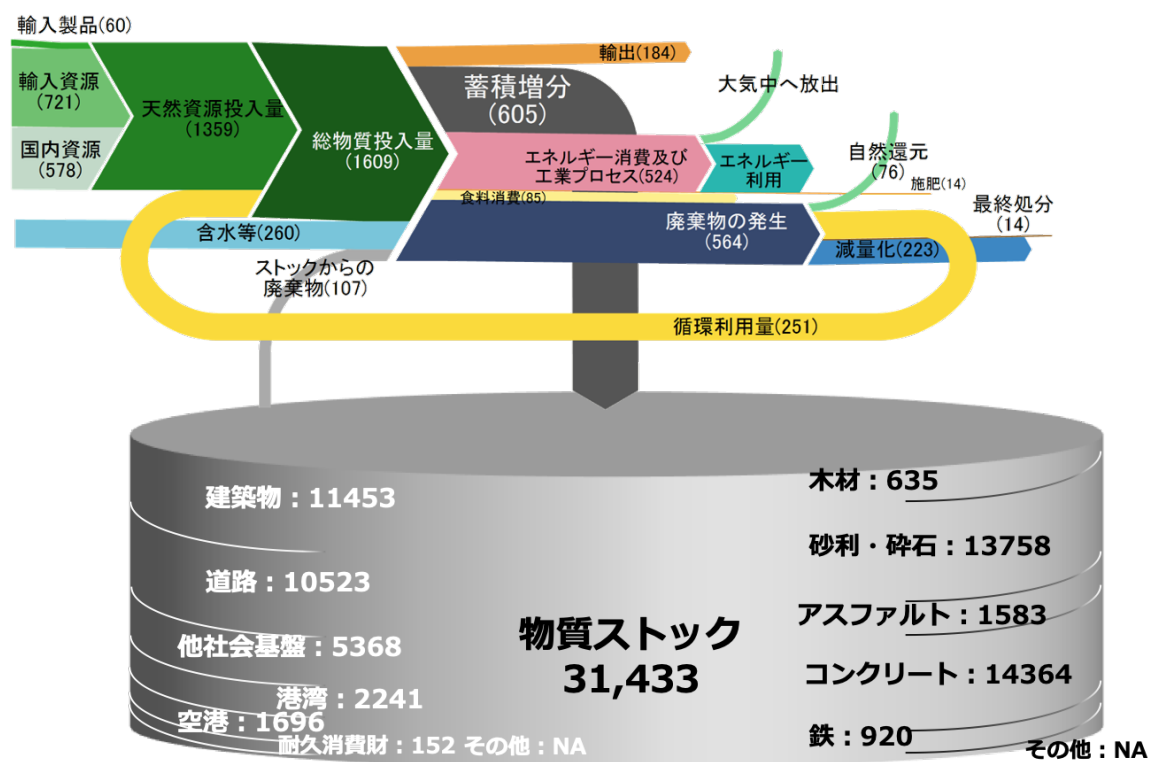


図-2.62 我が国の物質ストック・フロー 2015年 (百万トン)

⑤実務ベースの物質ストック把握手法

循環型社会形成推進基本計画の点検作業の一環として、環境省では例年、12月～3月にかけて2年度前のEW-MFA（我が国の物質フロー）のデータを更新している。我が国の物質フローにおいて物質ストックは蓄積純増としてインプット側の物質フローが示されているが、蓄積純増はその他の項目の残渣項として整備されており、十分な精度があるとは言えない。そこで、環境行政の実務において物質ストックデータの活用を促進するために、環境省におけるEW-MFAの整備と連動する物質ストックデータの整備手法を確立することは役に立つと考えられる。一方で、物質ストックデータの整備の観点からは、物質ストックの中には、詳細が様々な統計に散在することでデータの収集が困難であるものや、統計の作成方法の改定等により同じ対象であっても異なる分類が採用されていることなどの課題を従来の検討で明らかにしてきた。そこで、本項目は今後の物質ストック関連指標の整備に向け、実務ベースで把握できる再現性の高い一般化手法を開発し、整理することを目的とした。結果として、物質ストックの把握に使用する統計の一覧を表-2.24から表-2.28にまとめた。

表-2.24 物質ストック定量化に使用する主な統計

＜土石系資源（セメント，砂利，砕石）＞

出典	部門		範囲	単位
国土交通省総合政策局 「建設副産物実態調査」	コンクリート塊	土木，建築 着工	1990- 2012	重量
	アスファルト・ コンクリート塊	土木，建築 着工		重量
一般社団法人セメント協会 「需要部門別販売高」	鉄道，電力，セメント製品，港湾， 道路・橋梁，土木，建築（官公 需）， 建築（民需），自家用，その他		1990- 2015	重量
国土交通省総合政策局 「残コン・戻りコンの発生 抑制有効利用に関するアン ケート調査」	戻りコンクリート	着工	2005	重量
経済産業省製造産業局住宅 用業建材課 「砕石統計年報」	天然資源	コンクリート 用，道路用， その他	1990- 2015	重量
	再生骨材	コンクリート 用， 道路・その他用		
経済産業省製造産業局住宅 用業建材課 「砂利採取業務状況報告 書」	なし 採取地別（河，山，陸，海，他） 種類別（砂利，砂，玉石，玉砕）の み記載		1990- 2014	体積

表-2.25 物質ストック定量化に使用する主な統計<鋼材>

出典	部門		範囲	単位
一般社団法人産業 管理協会 「リサイクルデー タブック」	加工スクラップ	製造	1978- 2015	重量
	老廃スクラップ	土木 建築		
一般社団法人日本 鉄鋼連盟 「鉄鋼統計要覧」	普通鋼材	土木 建築 その他建設	1990- 2015	重量
日本鉄源協会 「てつげんくおー たりー」	加工スクラップ (発生率・出荷 率)	土木 建築	1990- 2018	率
日本鉄源協会 「てつげん年報」	鉄スクラップ (流通量)		1990- 2018	重量
一般社団法人日本 鉄鋼連盟 「普通鋼地域別用 途別統計月報」	普通鋼材 (品種別)	住宅 (基礎杭)、住宅 (その 他用)、鉱工業・農林水産業 建築物 (基礎杭)、鉱工 業・農林水産業建築物 (そ 他用)、商業・サービ ス業用建築物 (基礎杭)、商 業・サービス業用建築物 (その他用)、公務・文 教・公益・その他建築物 (基礎杭)、公務・文教・ 公益・その他建築物 (その 他用)、橋梁 (道路用)、 橋梁 (その他用)、タンク (石油精製業用)、タンク (化学工業用)、タンク (ガス業用)、タンク (そ 他用)、鉄塔、鉱業 (含 原油・天然ガス生産業)、 鉄鋼業、造船業、石油精製 業・化学工業、その他民間 土木、道路、港湾、治山治 水、鉄道、電力業・通信業	1970- 2018	重量

		ガス業、水道業、その他公益及び公共事業、建築金物、建築用付属資材、仮設材・コンクリート製品製造用及びその他建材用、建設業者向け、輸出向け鉄鋼物		
鉄鋼新聞社 「鉄鋼年報」	特殊鋼	建築 土木	1970- 2018	重量
経済産業省 「鉄鋼・非鉄・金属製品統計年報」	鉄スクラップ（消費量）			重量
総務省 「貿易統計」	鉄スクラップ（輸出量）	鉄鋼のくず及び鉄鋼の再溶解用のインゴット		重量
日本鉄源協会 「てつげん年報」	鉄鋼材間接輸出	土木 建設		重量

表-2. 26 物質ストック定量化に使用する主な統計<木材>

出典	部門		範囲	単位
国土交通省総合政策局 「建設副産物実態調査」	建設発生木材	建築 着工	1990- 2012	重量
農林水産省生産流通消費統計課 「木材需給報告書」	製材品	土木 建築	1990- 2015	体積
	合板	土木 建築		

表-2.27 物質ストック定量化に使用する主な統計<PVC>

出典	部門	範囲
塩ビ工業・環境協会 「生産・出荷実績」 「用途別出荷量」	フィルムシート、一般フィルム、ストレッチフィルム、壁紙、レザー、農ビ、電線被覆、平板、波板、パイプ、継手、排水マス、雨どい、窓枠、タイル長尺シート、タイルカーペット その他異形、ホース	1997 - 2016
経済産業省 「プラスチック製品統計年報」	フィルム・シート、合成皮革、機械器具部品、日用品・雑貨、容器、発泡製品、板、パイプ・継手、建材、強化製品・その他	1955 - 2016
塩化ビニル管・継手協会「製品出荷統計」	塩化ビニル管、継手	1955- 2016

表-2.28 物質ストック定量化に使用する主な統計<白金族金属>

出典	部門	範囲
Johnson Matthey 「Market data tables」	Autocatalyst, Chemical, Electrical, Glass, Investment, Jewellery, Medical & Biomedical, Petroleum, Other	1980 - 2018

(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

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った。環境・経済面からの国内の有識者検討会を実施し、さらに海外の研究者とも議論の機会を持ち、海外のストック研究の事例と比較・検討を行った。プロジェクトメンバー内での認識のすり合わせに加え、良質な物質ストックによる豊かさ、また、低炭素社会・循環型社会・自然共生型社会の三社会統合について、幅広い視点から議論・検討を行った。質的区分を考慮した物質ストックとその社会への影響については、広範囲に渡る環境・経済面からの助言が必要であったため、アドバイザー会合に有識者を招聘し、継続的な議論・更新・見直しを行った。本項目は2020年度の研究計画の範囲であるが、(2)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、プロジェクトメンバー内で認識を深めるため、計画を前倒しし、豊かさと物質ストックとの関係性についての意見を交換した。

<国際学会における物質ストックの議論>

2019年の7月に北京で行われた産業エコロジー国際会議（Internayionsl Society for Industrial Ecology; ISIE）において、物質ストック及び都市鉱山に関する特別セッションが開催された。物質ストックに関するセッションでは、住環境の物質ストック・フローに関する先端研究と将来展望という題目で、Yale大学のAlessio Miatto氏によってワークショップが開かれた。ワークショップでは都市

の物質ストック・フローに関して、各国の研究機関から先端研究の進捗報告が行われ、参加者とのワークショップが行われた。本プロジェクトメンバーからは谷川寛樹（名古屋大学）が参加した。物質ストック・フローを推計する際、時間的空間的な範囲・分析の境界をどこに置くか、住環境の物質フロー分析で扱う資源の種類、関連研究との境界(research scope)をどこに定めるか等が主な論点となった。先進国における物質ストック研究の進捗に比べ、データの精度や問題意識の不足から、発展途上国での物質ストック研究の停滞も課題として挙げられ、日本における物質ストック研究がどのように貢献できるのか意見交換を行った。

都市鉱山関連のセッションでは、循環経済のための都市鉱山：年における物質ストック・フローの題目で、Leiden 大学の Ester van der 氏をはじめとする研究者による口頭発表、意見交換が行われた。口頭発表は Nico Heeren 氏、Tomer fishman 氏、Yupeng Liu 氏、Minming Hu 氏、Benjamin Sprecher 氏によって行われ、本プロジェクトメンバーからは谷川寛樹（名古屋大学）が発表した。都市鉱山（urban mining）とは、都市から排出される廃棄物の中に存在する有用な資源を、都市における鉱山に見立てたものである。このような金属資源は再生利用することができ、地上資源の一つと考えられている。建築物や社会基盤施設、製品が保有する都市鉱山資源の各国の類似性や差異について、また、都市鉱山のストックを定量化する一般化手法を開発することが可能であるのについて、都市鉱山の検討を通じた循環経済の実現に関する議論が行われた。

<有識者による環境・経済面の議論>

（１）外部有識者会議として、2019 年 7 月に大沼あゆみ教授（慶應義塾大学）を招聘し、経済学におけるストックと「物質ストック」に関する意見をいただいた。大沼あゆみ教授は生物多様性や環境経済について著作を発行している。物質ストックの質についてご意見をいただき、環境・経済面の視点を踏まえプロジェクトメンバーと意見交換を行った。以下、大沼あゆみ教授から頂いたご意見をまとめる。

まず、ストック・フローを経済学的に理解すると、フローとは時間の幅を持って定められるものを指し、給与や消費、投資、輸出入などが例に挙げられる。ストックとは時点で定められるものであり、石油の埋蔵量やマネーサプライ、資本、資産、国富などを指す。ストック・フローを離散型で定式化すると、

$$W(t+1) - W(t) = y(t) - c(t) \quad (4.1)$$

で表される。 $W(t)$ は t 期首の資産ストック水準であり、 $y(t), c(t)$ は t 期における所得と消費のフローを意味する。これを、離散型の一般式にしたものが式(4.2)、連続型の一般式にしたものが式(4.3)である。

$$W(t+\Delta) - W(t) = [y(t) - c(t)]\Delta \quad (4.2)$$

$$\lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{W(t+\Delta) - W(t)}{\Delta} = \dot{W}(t) = y(t) - c(t) \quad (4.3)$$

ストックの経済価値を考える際、ストック自体は存在するだけでは価値を生まず、有形・無形の有用なフローを生むことにより価値を生むという点に留意しなければならない。人工資本ストックの経済価

値は人工資本がサービスを生むとき、人工資本が一単位増えることでどれだけ生産が増えるかによって示すことができ、資本の限界生産性に近い考えを応用することができる。したがって、

$$\frac{F(L, K + \Delta K) - F(L, K)}{\Delta K} = F'_K \quad (4.4)$$

と示す。ここで、 L は労働量、 K は人工資本ストックである。限界価値を利用する理由として、市場価格とシャドープライスの存在が挙げられる。消費者の需要量が決まる際、市場価格 p に限界効用が等しくなるように需要量を決定する。すなわち、財の社会的評価は市場価格＝限界効用と等しいと考えられる。また生産者の資本サービスの需要量は、利子率 r に資本の限界生産性が等しくなるように決定される。つまり、資本サービスの社会的評価は利子率＝資本の限界生産性と等しくなる。

$$\max_c u(c) - pc \Rightarrow p = u'(c) \quad (4.5)$$

$$\max_K F(L, K) - rK - wL \Rightarrow r = F'_K \quad (4.6)$$

ここで、 p ：市場価格、 r ：利子率、 w ：賃金とする。市場で取引されない財であっても、限界価値を見つけることで経済的価値としてみなすことが可能であり、これをシャドープライス（影の価格）、または帰属価値という。また、サービスを生むストックの経済的価値は、将来にわたって生じるサービスの割引現在価値の総和である。例えば毎年 q だけの賃料が入る不動産の価値 V_L は、今年取引を開始し、来年以降賃料が入ると仮定すると、以下のように表すことができる。

$$V_L = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{q}{(1+r)^t} = \frac{q}{r} \quad (4.7)$$

したがって、人工資本 K の経済価値について一般化すると、

$$V_K = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{rK}{(1+r)^t} = \frac{rK}{r} = K \quad (4.8)$$

もしくは、以下のように表せられる。

$$V_K = \int_0^{\infty} rK e^{-rt} dt = K \quad (4.9)$$

解釈の仕方としては、人工資本 K を保有する者にとって、今の時点で資本を売却することと、保有し続けて毎年資本のレンタル料を受け続けることは同等の価値を持つことを意味する。

上記で述べた経済学的なストックの解釈を踏まえ、本プロジェクトに対するコメントを以下まとめる。

①貨幣換算によるストックの評価

様々な人工資本の評価を物量単位で行うことは質を評価する上で有意義である。しかしながら、いくつかの不足点が生じることに留意する必要がある。資本ストックは、1) 製品を生産する、2) 人・モノを運搬する、3) 居住や労働の空間を提供する、という三種類のサービスを提供するストックに分類できる。これらについて、物量単位による評価では、各資本の貢献を経済全体で足し合わせるができない点、資本間で貢献の大きさを比較できない点、各資本の貢献対象でのみ時系列的に比較可能である点、の三点が課題である。したがって、人工資本ストックを同基準で扱うために、貨幣換算で評価することが必要である。例として、森林の経済評価を挙げる。森林の有する生態系サービスのうち代表的なものとして、供給サービス、調整サービス、文化サービスについて、供給サービスは市場価格を適用した有形フローの価値評価が可能である。調整サービスは、森林や自然などの無形サービスが炭素固定やダム・防波堤、漁礁などの役割を提供していることから、表明選好法、代替法、顕示選好法によって価値を示すことができる。観光資源や生物多様性などの文化サービスは、旅行費用法や表明選好法によって価値を表すことができ、生態系サービスのうちそれぞれのサービスが有する価値を足し合わせることで、森林の価値が評価できる。

森林の評価が生態系サービスの評価で表されるように、人工資本ストックを評価するには、人工資本ストックがどれだけ有効利用されているか、そのストックが貢献するサービスに着目する必要がある。いま、社会に $(K_1, \dots, K_n)$ の人工資本ストックが存在する。社会全体の人工資本ストックは $K = \sum_{i=1}^n \phi(K_i)$ として表され、人工資本ストックを何らかの関数を用いて足し合わせたものとする。（ ϕ は重量や金銭価値など。）人工資本ストックの経済への貢献は、各資本の提供するサービスの経済的価値 v_i の総和 $\sum_{i=1}^n v_i \equiv v$ で表される。単純に、ストックの価値 e_s は $e_s = \frac{v}{K}$ とする。

a) 資本価値からサービス価値を求める場合、

$$V_K = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{v}{(1+r)^t} \Rightarrow v = rV_K \quad (4.10)$$

$(K_1, \dots, K_n)$ に対して、

$$v_i = rV_{K_i} \Rightarrow v = \sum_{i=1}^n v_i = r \sum_{i=1}^n V_{K_i} \quad (4.11)$$

市場価格を P_{K_i} とすると、 e_s は以下の基本式のように定義される。

$$e_s = \frac{r \sum_{i=1}^n P_{K_i}}{K} \quad (4.12)$$

e_s の経年変化を見る場合は、利子率 r を一定とし、 P_{K_i} は実質値にする。なお、土地と一体の人工資本は、土地価格を控除する必要がある。

b) 市場価格や帰属価値を用いる場合、持家住宅は国民経済計算の帰属家賃で代替することができる。オフィス、自動車、家電等は賃貸料やリース料を用いて算出する。ただし、家計部門の自動車、家電等の耐久消費財は国民経済計算では人工資本には含まれない点に注意が必要である。

②人工資本ストックをどのように定式化するか

単純に、 $q(K)$ を重量換算した人工資本ストックとすると、

$$K = \sum_{i=1}^n q(K_i) \quad (4.13)$$

と表すことができ、国民経済計算とどのように整合的かを比較できる。ただし、ここで課題としてあげられるのが、古い人工資本と新しい人工資本が同じサービス価値を生む場合どう評価するかである。同価値のサービスを提供する際、1)古い人工資本を使っている方がより評価されるべきか、2)新しい人工資本を使っている方がより評価されるべきか、もしくは3)人工資本が新旧いずれの場合であってもサービス価値を区別しないのか、検討が必要である。国民経済計算との整合性を評価するにあたり、国民経済計算における資本劣化の扱いについて述べる。固定資本は貨幣単位で扱われており、資本の劣化分は控除される。例えば、物的固定資産純投資＝(1)住宅投資＋(2)その他建物・構築物投資＋(3)機械・設備投資－固定資本減耗であり、物的固定資産＝基準時点の資産＋毎期の純投資である。このように、国民経済計算では人工資本劣化は控除され、足し合わされるが、物質ストックの計算には設置年数に関わらず重量が足し合わされている。そのため、国民経済計算との差異が明確であり、説明する必要がある。一方で、国民経済計算と整合的に足し合わせられる可能性もあり、以下のように説明できる。

$$K^* = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{t=0}^T (1 - \delta)^t q(K_{it}) \right) \quad (4.14)$$

または、

$$K^* = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{t=0}^{\infty} \frac{q(K_{it})}{(1 + \delta)^t} \right) \quad (4.15)$$

ここで、 K^* 資本劣化を考慮した人工資本ストック、 δ :資本減耗率、 t :各人工資本の設置年数である。式4.15より、古い人工資本がより多く含まれているほど、 K^* は小さくなる。つまり、

$$e_s = \frac{v}{K^*} \quad (4.16)$$

同じサービスが生む出す人工資本群の年齢が高いほど評価は高くなることがわかる。このような考えの一部は、経済面から見たストックの評価の指標、もしくはサブ指標に応用できる可能性がある。

④ 稼働率とマクロ経済モデル

マクロ経済モデルでは資本稼働率が導入されている。

$$Y = F(L, \theta K), 0 < \theta \leq 1 \quad (4.17)$$

なお、 θ :資本稼働率であり、部門別（製造業、非製造業）に異なる数値が適用される。資本稼働率が低い場合、需要が不足しているために利用されていない資本ストックが存在すること、総需要の拡大を行っても、物価に大きな変動を与えないということを含意している。住宅のサービス稼働率を提示すると、そのような社会や資源循環の観点から見た解釈を説明することが望ましい。資本稼働率 θ を用いると、当該部門におけるサービスを推計、 e_s を導出できる。国民経済計算によって固定資産額 V_K は公表されていることから、

$$e_s = \frac{r\theta V_K}{K} \quad (4.18)$$

と示される。なお、 V_K は資本減耗を控除済みであるとみなすことができるため、 K を単純総和で表すことも可能である。本式は、マクロレベルの指標として検討することができ、資源生産性との関連を踏まえ整理する必要がある。

⑤ 指標の構築に向けて

人工資本の設置年数を考慮した物質ストック指数が作れるのか検討する。時点0を基準年とした場合の時点 t の物質ストック指数について、以下のように捉えることができる。

$$p_s = \left(\frac{1}{1+\delta}\right)^s \cdot q_s^0 = \sum_{i=1}^n q_{is}^0, q_s^t = \sum_{i=1}^n q_{is}^t. \quad (4.19)$$

ここで q_{is}^0 、 q_{is}^t は s 年前に設置された人工資本 i の各時点での重量を示す。 p_s :劣化係数である。

$$\begin{aligned} \gamma_{0t} &= \frac{\sum_{s=0}^T q_s^t p_s}{\sum_{s=0}^T q_s^0 p_s} \times 100 \\ &= \sum_{s=0}^T \left(\frac{q_s^0 p_s}{\sum_{s=0}^T q_s^0 p_s} \right) \frac{q_s^t}{q_s^0} \times 100 = \sum_{s=0}^T \omega_s^0 \left(\frac{q_s^t}{q_s^0} \right) \times 100 \end{aligned} \quad (4.20)$$

ここで、 γ はラスパイレズ指数であり、 ω_s^0 は年齢 s の人工資本の時点0での資本劣化調整済みウェイトである。いま、 $g_{0t} = \sum_{s=0}^T q_s^t p_s / \sum_{s=0}^T q_s^0 p_s$ とすると、 γ_{0t}/g_{0t} は物質ストック総体の古さを表す。

以上のように、環境経済面から評価するストックの質と本プロジェクトで扱ってきた物質ストックの質には、捉え方の背景から差異が存在するが、いずれも認識をすり合わせることで適応できる推計手法も多く、今回のご意見を受けて検討する必要がある。

<新国富指標推計へ物質ストック情報の提供>

本研究から得られる物質ストック情報を環境・経済面からも評価するための試みとして、新国富推計に向けた議論を進めている。九州大学の馬奈木俊介教授との連携を図り、研究成果である建築物・道路ストックのメッシュデータを提供することによって、新国富指標の精緻化が可能であるか検討が行われている。

新国富（Inclusive Wealth）とは、オープンデータを基盤として地域の豊かさを測る新しい経済指標でとされる。図-2.63に新国府の分類を示す。その際、人工資本、人的資本、自然資本の三種類の資

本によって包括的な評価を行う。新国富指標では、GDP が市場で取引される財の注目する指標であるのに対し、自然環境や健康など、金銭価値で捉えづらい豊かさも扱われる。また、時間的な観点からも、現在の所得や消費などのフローだけではなく、将来どれだけの資本が蓄積するかも考慮し、地域の持続可能性を測ることができる。このように、資本ストックを含め数値化し、持続可能性を定量的に測る指標が新国富である。新国富である人工資本、人的資本、自然資本のうち、建築物や道路ストックに代表される人工資本は現在の世代の豊かさに直接影響を与えるとされている。地域で今後どこまで社会資本を整備すべきか、現存する資本の評価を踏まえ、議論されている。このような現在・将来世代の豊かさを測る指標の精緻化のため、人工資本の推計基盤データとして本研究で得られた建築物、道路ストックの利用が計画されている。

本計画は、物質ストックを環境・経済面から評価する上で有用であると考え。図-2.64、図-2.65 に提供する建築物及び社会基盤施設ストックのメッシュデータのイメージを示す。ストックのメッシュデータは、新国府における価値指標に従い、図-2.66 のように人工資本の分布地図を作成する際に活用されうる。

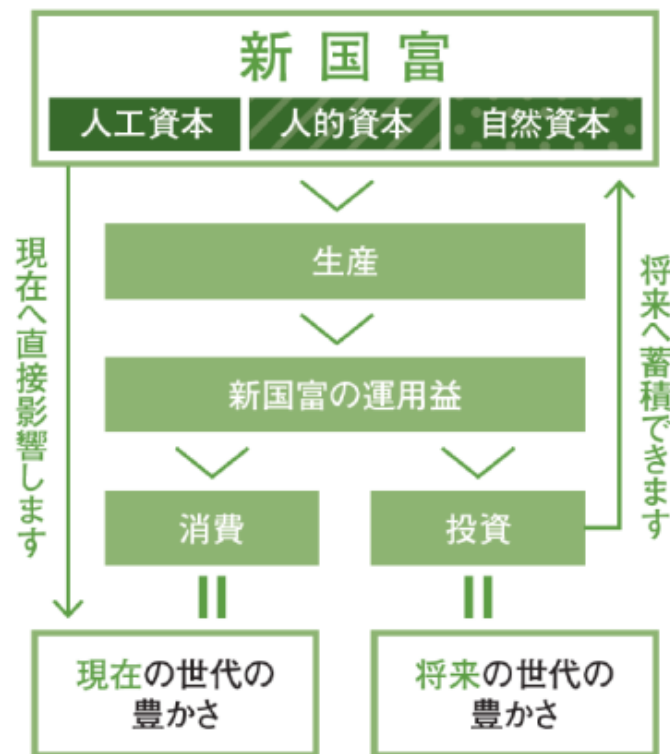


図-2.63 新国富における人工資本の立ち位置

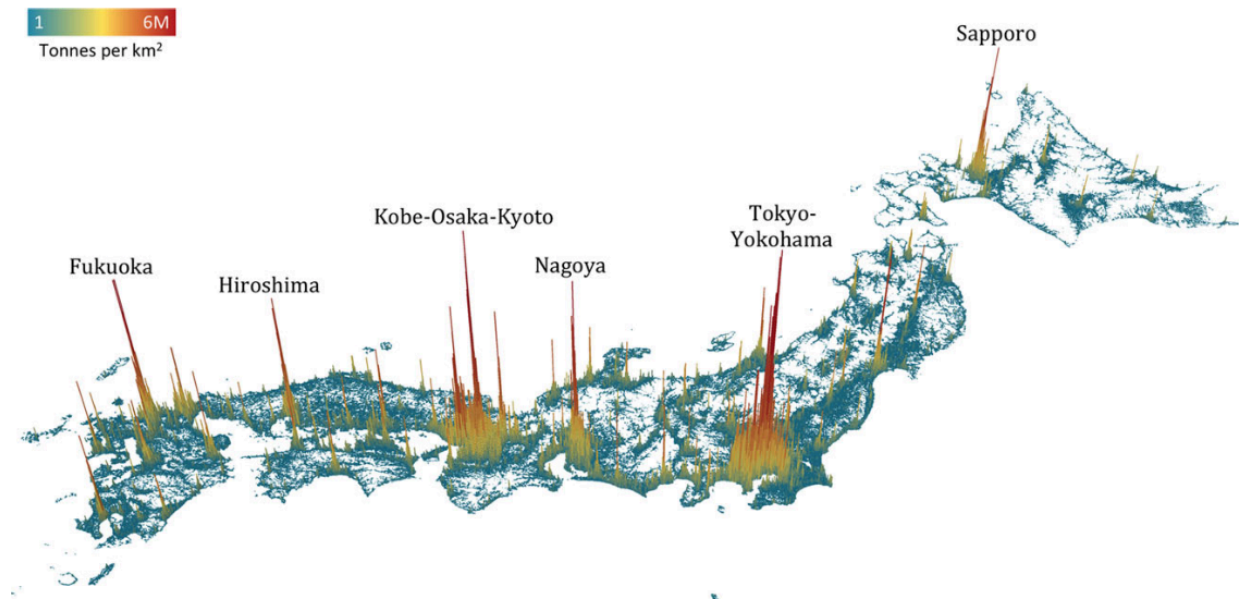


図-2.64 日本全国人工資本ストック（建築物）のメッシュデータ（2009年）
（出所：Tanikawa et al., 2015）

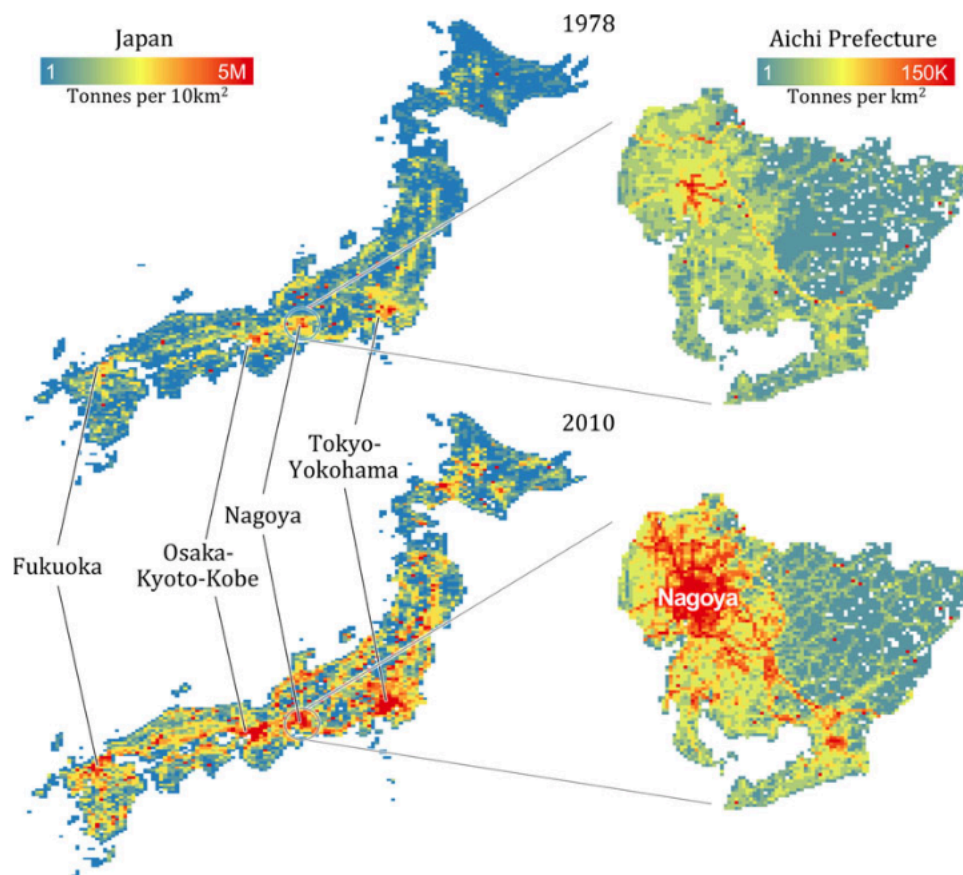


図-2.65 日本全国および愛知県における人工資本ストック（社会基盤施設のメッシュデータ）
（出所：Tanikawa et al., 2015）

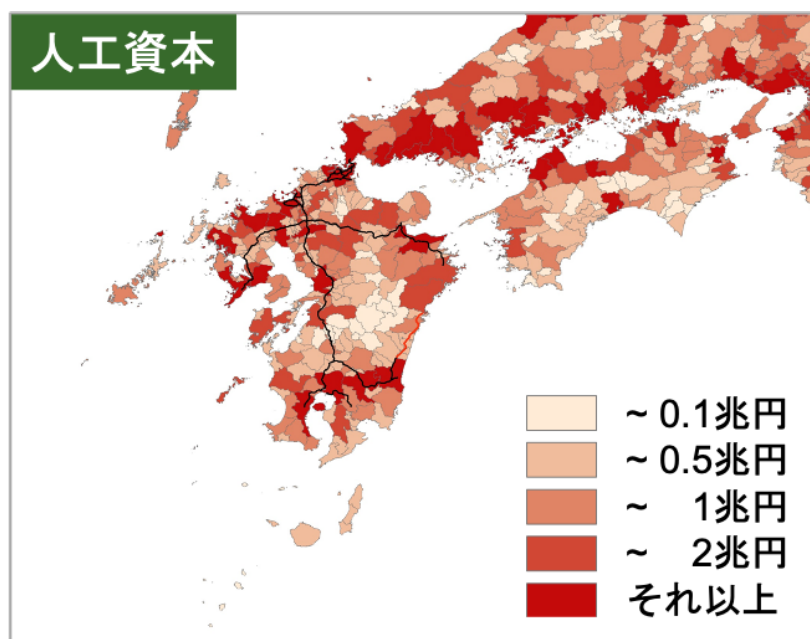


図-2.66 新国富指標作成に向けた物質ストックデータ活用の例

Ⅲ 今後の研究方針（課題含む）

今年度の分析では、（１）資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理として、前年度に引き続き、物質ストックの状況変化と資源生産性に関する要因分解式を評価コメントに従い修正し、各要因のデータベース構築との関係を明確化した。今年度の評価コメントに基づき物質ストックの質的分類についてより明確に示せるよう、最終年度に向けて議論を深める。（２）物質ストックの状況に関して「物質の入れ替わり」、「サービス容量」、「稼働率・利用度」のそれぞれの項目について、データベース構築の更新・修正を行った。次年度では、データベースの拡張・更新・修正を引き続き進めるとともに、各データベース間での連携を深め、物質ストック DB 全体での精緻化・拡張を目指し、循環基本計画への物質ストック・物質フロー関係の指標構築を支援することを目指す。

（３）物質ストック関連指標の提案に関して、（１）（２）に基づき、資源生産性の向上に資する定期的に計測可能な指標について検討を行った。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の検討を今年度行ったため、最終年度では、政策に必要なデータとして随時更新可能な実務ベースの物質ストック関連指標の把握手法を引き続き検討する。

（４）物質ストックの質の違いによる環境・経済・社会に与える影響に関して、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ため、最終年度では今年度に引き続き、環境・経済面からの国内外の有識者によるアドバイザリー会合を実施し、物質フロー指標をサポートする物質ストック指標やそのデータベースに関して議論の整理を行うことで、循環基本計画や同政策へさらなるインプットを目指す。

IV 添付資料

◆ 有識者会合の議事録まとめ

環境省の第Ⅳ期環境経済の政策研究「我が国に蓄積されているストックの質に関する調査・検討」プロジェクトメンバーによる有識者会合に開催し、議事内容を下記の通り整理した。有識者会合の体制は以下の通りである。

＜有識者（プロジェクトメンバー）＞	
谷川 寛樹	名古屋大学 環境学研究科 教授 研究代表
橋本 征二	立命館大学 理工学部 教授
醍醐 市朗	東京大学大学院 工学系研究科 准教授
小口 正弘	国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 主任研究員
＜事務局＞	
高木 重定	みずほ情報総研株式会社環境エネルギー第1部 課長
中西 翔太郎	みずほ情報総研株式会社環境エネルギー第1部 コンサルタント

有識者会合は全3回実施した。各回の概要を表-4.1に示す。また、プロジェクトの進捗を環境省環境再生・資源循環局総務課循環型社会推進室に報告する打合せに同行した（表-4.2）。この会の議事概要も併せて示す。

表-4.1 有識者会合の開催概要

	日時・会場	主な論点・備考
第1回	2019年5月8日（水） 名古屋大学環境総合館	・評価委員コメントを受けた今後の方向性の検討 ・各グループの研究計画について
第2回	2019年7月29日（月） 名古屋大学東京オフィス	・環境省報告に向けた各グループの進捗整理 ・大沼先生ご講演
第3回	2019年11月22日（金） 東京駅近傍の会議室	・スケジュール等に関する全体確認 ・進捗報告

表-4.2 環境省環境再生・資源循環局総務課循環型社会推進室への報告

	日時・会場	主な論点・備考
第1回	2019年7月29日（月） 名古屋大学東京オフィス	・研究計画および進捗状況の報告
第2回	2019年12月10日（木） 環境省	・研究計画および進捗状況の報告

(1) 第1回有識者会合の要旨

■ 評価委員からのコメントへの対応について

- ・ 特に問題なければ、資源生産性（GDP/天然資源投量）に戻す。
- ・ 素材の機能とサービスの関係性について精査する。機能とサービスのつながりが分かりやすい事例（例えば、火力発電所の効率向上とその素材等々）についてもケーススタディの実施を検討する。
- ・ 環境経済学の専門家数人にヒアリングして、方法論などについてプロジェクトメンバーの知見を深める。
- ・ 国立環境研究所にてシェアリングについても取り組む予定。

■ 各グループの研究計画について

- ・ 各グループの研究計画を整理した（表-4.3）。
 - 名古屋大：建設に係る各種 MFSA を実施予定
 - 東大：ストックとフローの関係性（ストックから生み出すフロー）を精査
 - 国環研：過去の推進費の成果を用いてシェアリング等に取り組む
 - 立命館：鉄などの二次資源の埋蔵量を推計

表-4.3 各グループの研究計画・担当

	谷川	橋本	醍醐	小口
(1) 資源生産性の向上に資する物質ストックの要因整理	◎	○	○	○
(2) 各要因に関連するデータベースの構築				
①物質入替	○建設		○製品	◎耐久財
②稼働率・利用度	◎退役	○二次	○退蔵	
③サービス効率	○土石	○木材	◎鉄鋼	
(3) 物質ストック関連指標の提案				
④統計処理手法の確立	○	◎		
⑤実務ベースの物質ストック把握手法	◎			
(4) ストック型社会構築の環境・経済面への影響評価	◎	○	○	○

(2) 第2回有識者会合の要旨

■ 環境省報告に向けた各グループの進捗整理

- ・ 名古屋大学はインフラ（特に空港・港湾）の分解能を向上させた物質ストック推計の更新作業を実施。ISIEにおいて物質ストックの特別セッションと都市鉱山の特別セッションを実施。
- ・ 東京大学はストックの形成および、形成されたストックが提供するサービスに係る情報間の関係性を整理している。定量的に結び付けにくい部分もあるが、あるストックが他の製品のライフサイクルに及ぼす影響から、サービスの向上に寄与するストックを評価したい。
- ・ 立命館大学ではPVCのストックの質について中国との国際比較も進めながら研究を進めている。

※ 国立環境研究所については時間不足のため、報告時間をとることができず。

(3) 第3回有識者会合の要旨

■ プロジェクト全体の示し方について

- ・ 我が国の物質フロー図と物質ストックを結び付けたかたちで示すことができるとよいだろう。そのうえで、それぞれのサブデータベースがアップグレードしている点について報告する。
- ・ 政策に活かされている部分についても報告が必要。
- ・ 大沼先生の説明を受けて、固定資本の減耗、償却については、検討を深める余地があることを示してくださった。
- ・ 長寿命化が進む際に、ある一定のビンテージの製品群が大量に存在すると、更新も集中してしまうので、本来は平均的に分散しているほうが望ましい。

(4) 第1回環境省報告の要旨

■ 研究計画および進捗状況の報告

- ・ 環境省担当官からのフィードバックは以下の通り。
 - 物質ストックに係る整理は循環基本計画の宿題であり、政策的な出口と学術的な価値の両方を意識した検討を期待する。
 - ストックの現状について、評価されやすいものを具体的に捉えてみることは、重要なステップだと考えている。
 - 環境分野では2050年の温暖化目標が極めて重要。ストック型社会による貢献を示せると環境行政としてもありがたい。
 - 建設リサイクル法の今後の見直しを考えるうえでもストック研究には意味があるだろう。今後発生したがいき類を受入可能な再生利用先が見つかるかの見通しがたっていない。
 - 成果は循環経済へのインプットにもなるだろう。公共施設の質の改善等に繋げていくこともできるのではないか。

(5) 第2回環境省報告の要旨

■ 研究計画および進捗状況の報告

- ・ 質疑応答の時間を十分に取れず。

◆ ストックに関するレビュー論文での紹介

建築物ストックに関する研究分野において、その進捗や将来の展望を評価するレビュー論文が2019年に上梓された。当論文では建築物ストックに関する各国の研究についてまとめられており、本プロジェクトの研究成果を含む論文もいくつか紹介された。また、テキストマイニングによって関連する投稿論文への貢献が大きい人物を抽出した結果では、本プロジェクトメンバーである谷川寛樹（名古屋大学）、橋本征二（立命館大学）、醍醐市朗（東京大学）が挙げられており、本プロジェクトの結果を含め、日本における建築物ストックに関する研究が各国と比べても先駆的であることが示された。

論文名：Maud Lanau, Gang Liu, Ulrich Kral, Dominik Wiedenhofer, Elisabeth Keijzer, Chang Yu, and Christina Ehlert (2019) Taking Stock of Build Environment Stock Studies: Progress and Prospects, *Environmental Science & Technology*, 53, 15, pp. 8499–8515

<論文概要>

社会における物質のメタボリズムには、建築物や社会基盤施設に蓄積された物質ストックが重要な役割を果たす。物質ストックは現代の社会と人間の暮らしを支え、経済、エネルギー利用と排出を通して物質循環を促し、二次資源の受け皿にもなっている。本レビュー論文では、過去10年に行われた建築物ストックの研究の進捗について、包括的かつ批判的なレビューを行うことを目的とする。1985年から2018年にかけて発行された全249の論文について、計量書誌学的分析を行った。ストックの種類（ストックの状況など）や手法の種類（対象や単位）、空間の範囲や解像度のレベル、時間の区切り等の特色を評価した。それぞれの推計手法の強みや課題についても指摘した。既存の研究を比較すること

で、明らかに先進国、都市において産業化を通じた建築物ストックの増加が見られたが、GIS や建築手法、データの精度の改善によりより確からしい結果が得られることが示唆された。このような建築物ストックに関する先駆的な知識によって、持続可能な都市づくりや循環経済、気候変動、SDGs に関する社会・政策的議論が活発になりうる。

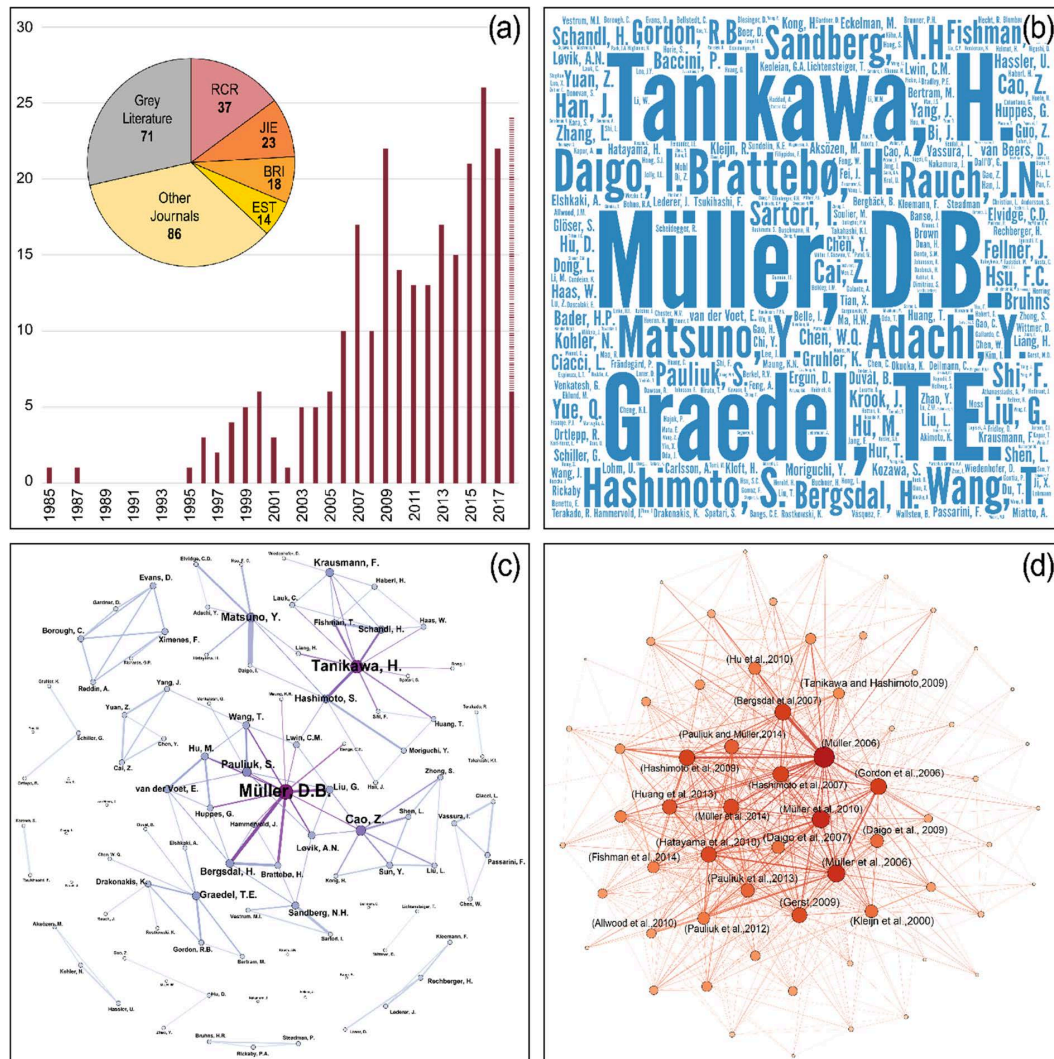


図-4.1 建築物ストックに関する投稿論文の計量書誌学的分析

(a) 各論文集に掲載された論文の数

(b) 論文著者の投稿論文数に応じたビジュアルデザインの重み付きリスト
(著者名の大きさが大きいほど全体に占める著作の割合が大きいことを示す)

(c) 研究者間のネットワーク

(d) 建築物ストックに関する主要な文献の引用ネットワーク

(出所 : Maud et. al., 2019)

◆ 本年度の研究成果報告

本年度の研究報告として、以下の内容を外部発表した。

<査読付論文>

- 1) 三俣陽太郎、橋本征二：日本におけるポリ塩化ビニルの二次埋蔵量の評価、土木学会論文集 G（環境）、Vol. 75、No. 6、pp. II_7-II_15（2019）
- 2) 福谷大樹、Matthew J. Eckelman、橋本征二：欧日米における白金族金属二次埋蔵量の将来推計～次世代自動車の導入を考慮して、エネルギー・資源学会論文誌、Vol. 40、No. 3、pp. 59-68（2019）
- 3) Jing Guo, Alessio Miatto, Feng Shi, Hiroki Tanikawa: Spatially explicit material stock analysis of buildings in Eastern China metropolis, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 46, pp. 45-54（2019）
- 4) Wendy Wuyts, Alessio Miatto, Raphael Sedlitzky, Hiroki Tanikawa: Extending or ending the life of residential buildings in Japan: A social circular economy approach to the problem of short-lived constructions, Jnl of Cleaner production, Vol. 231, pp. 660-670（2019）

<口頭発表（国際学会）>

- 6) Jing Guo, Tomer Fishman, Yao Wang, Alessio Miatto, Wendy Wuyts, Zheng Licheng, Heming Wang, Hiroki Tanikawa: Development and sustainability challenges chronicled by a century of construction material flows and stocks in Tiexi, China, The 10th International Conference on Industrial Ecology (ISIE 2019), 2019, 2019.7.7-11, Beijing, China.
- 7) Masahiro Oguchi, Seiji Hashimoto, Mitsunori Hirai, Ichiro Daigo: Measurement of material use time as an indicator of efficient utilization of material stock, The 10th International Conference on Industrial Ecology (ISIE 2019), 2019, 2019.7.7-11, Beijing, China.
- 8) Naho Yamashita, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa: Spatial Estimation of Potential Wood Resources in Japan's man-made Forests, The 10th International Conference on Industrial Ecology (ISIE 2019), 2019, 2019.7.7-11, Beijing, China.
- 9) Wendy Wuyts, Alessio Miatto, Raphael Sedlitzky, Hiroki Tanikawa: Understanding and managing residential buildings in Japan's transition toward a stock type society, The 10th International Conference on Industrial Ecology (ISIE 2019), 2019, 2019.7.7-11, Beijing, China.
- 10) Masahiro Oguchi, Tomohiro Tasaki, Atsushi Terazono, Daisuke Nishijima: A product lifetime model for assessing the effect of product lifetime extension behavior by different consumer segments, The 3rd Product Lifetimes And The Environment Conference (PLATE2019), 2019, 2019.9.18-20, Berlin, Germany.

<口頭発表（国内学会）>

- 29) 松尾祐磨、藤田恭介、奥岡桂次郎、谷川寛樹：空港・港湾を対象とした輸送インフラ毎の旅客数及び貨物量と物質ストックの比較、土木学会中部支部研究発表会（2019年3月2日、名古屋）
- 30) Selenge Dima, Bungo Nishio, Tomoya Asakuma, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa: Comparison of New York and Tokyo's material stock of buildings estimation model using nighttime light data, Annual meeting of the Chubu branch of JSCE, 2019, 2019.3.2, Nagoya
- 31) 奥岡桂次郎、山下奈穂、谷川寛樹：木材資源はどこにある？-森林、製材、傾斜、及び都市-、第15回GISコミュニティフォーラム、ポスター発表、2019.05.23-24
- 32) 斎藤隆成、西尾文吾、奥岡桂次郎、谷川寛樹：深層学習を用いた衛星夜間光データによる物質ストックの推計に関する基礎的検討土木学会関西支部研究発表会（2019年5月25日、大阪）
- 33) 森田大登、正木晃平、奥岡桂次郎、谷川寛樹：4d-GISを用いた北九州市の建築物の物質ストック・フロー推計と地域情報との関係分析、土木学会関西支部研究発表会（2019年5月25日、大阪）
- 34) 吉田英立、朝隈友哉、奥岡桂次郎、谷川寛樹：地理情報システムを用いた九州全域の建築物に関する物質ストックデータベースの構築、土木学会関西支部研究発表会（2019年5月25日、大阪）
- 35) 朝隈友哉、奥岡桂次郎、谷川寛樹：年代間の同一性判定システムを用いた東京都市圏における物質代謝の推計、環境科学会2019年会、(2019年9月13-14日、名古屋)
- 36) 斎藤隆成、奥岡桂次郎、谷川寛樹：衛星画像を用いた建築物および道路ストック推計に向けた真相学習によるピクセル分類手法の提案、環境科学会2019年会、(2019年9月13-14日、名古屋)
- 37) 正木晃平、奥岡桂次郎、谷川寛樹、深堀秀敏：区間残存率法を用いた将来の建築副産物発生量の推計-4d-GISによる北九州市のケーススタディー、環境科学会2019年会、(2019年9月13-14日、名古屋)
- 38) 森田大登、正木晃平、奥岡桂次郎、谷川寛樹、深堀秀敏：北九州市の立地適正化計画が物質ストックに与える影響の定量化、環境科学会2019年会、(2019年9月13-14日、名古屋)
- 39) 山下奈穂、奥岡桂次郎、谷川寛樹：都市・森林間の最適な輸送経路による木質資源循環圏の時空間分析-木曽川流域における搬出優先度を加味したケーススタディー、環境科学会2019年会、(2019年9月13-14日、名古屋)
- 40) 山本大陸、藤田恭介、奥岡桂次郎、谷川寛樹：利用区分に応じた物質ストックデータベースの構築-現役・退蔵を考慮した住宅のケーススタディー、環境科学会2019年会、(2019年9月13-14日、名古屋)
- 41) 吉田英立、朝隈友哉、奥岡桂次郎、谷川寛樹：二次資源量推計に向けたGISによる東京都市圏の建設ストックデータベースの構築、環境科学会2019年会、(2019年9月13-14日、名古屋)
- 42) Luong Manh Hung, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa: A study on Relationship between Transportation System and Environmental Impact Indicators in Hanoi, Vietnam, Society of Environmental Science, Japan, 2019, 2019.9.13-14, Nagoya

- 43) Maria Gracia Dabon, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa: Socioeconomic Metabolism of the Central Visayas Region of the Philippines, Society of Environmental Science, Japan, 2019, 2019.9.13-14, Nagoya
- 44) Narantsetseg Ishdorj, Keijiro Okuoka, Hiroki Tanikawa: The Sustainable Urbanization of Ulaanbaatar City, Mongolia Using Time-series GIS Database, Society of Environmental Science, Japan, 2019, 2019.9.13-14, Nagoya
- 45) Yong Roitha, Hiroki Tanikawa, Keijiro Okuoka: Low-carbonization of Water Supply and Sewerage System in Phnom Penh Capital City, Cambodia, Society of Environmental Science, Japan, 2019, 2019.9.13-14, Nagoya
- 46) 朝隈友哉、奥岡桂次郎、谷川寛樹：同一性判定システムを用いた東京都市圏における建設資材の偏在性及び動態に関する研究、第30回廃棄物資源循環学会、(2019年9月19-21日、東北)
- 47) 正木晃平、奥岡桂次郎、谷川寛樹：4d-GISによる最尤法を用いた建設副産物発生量の将来推計-名古屋市中心部のケーススタディ-、第30回廃棄物資源循環学会、(2019年9月19-21日、東北)
- 48) 山下奈穂、奥岡桂次郎、谷川寛樹：廃棄物産業連関表及び森林・都市動態モデルによる木質資源量の評価、第30回廃棄物資源循環学会、(2019年9月19-21日、東北)
- 49) 三俣陽太郎、橋本征二：日本におけるポリ塩化ビニルの二次埋蔵量の評価、第47回環境システム研究論文発表会 (2019年10月26-27日、東京)
- 50) 山下奈穂、奥岡桂次郎、谷川寛樹：日本の人工林における地理空間情報を用いた部位別・年齢別木質資源量の推計、第47回環境システム研究論文発表会 (2019年10月26-27日、東京)
- 51) 斎藤隆成、平井千津子、谷川寛樹：深層学習を用いたストック推計に向けた研究-東京都市圏におけるケーススタディ-、2019年度環境情報科学研究発表大会、(2019年11月27日、東京)
- 52) 森田大登、正木晃平、深堀秀敏、東修、白川博章、谷川寛樹：地理的・社会的要因を考慮した空き家分布のモデル化に関する研究-福岡県北九州市を対象としたケーススタディ-、2019年度環境情報科学研究発表大会、(2019年11月27日、東京)
- 53) 吉田英立、朝隈友哉、谷川寛樹：GISを用いた東京都市圏における建設ストックの時空間分析、2019年度環境情報科学研究発表大会、(2019年11月27日、東京)
- 54) 三俣陽太郎、L. Ciacchi、橋本征二：日中欧におけるポリ塩化ビニルの二次埋蔵量、潜在廃棄物量の評価、第15回日本LCA学会研究発表会 (2020年3月10-12日、東京)
- 55) 見邨朋哉、橋本征二：ストック型社会に向けた蓄積物質使用効率指標の検討:高速道路を対象として、第15回日本LCA学会研究発表会 (2020年3月10-12日、東京)
- 56) Zhang, J., 橋本征二: Assessment of secondary lead reserves and potential lead waste of nations, 第15回日本LCA学会研究発表会 (2020年3月10-12日、東京)

<参考文献>

(2)①i)

環境省の廃棄物の広域移動対策及び廃棄物等循環利用量実態調査報告書 廃棄物等循環利用量実態調査
編 https://www.env.go.jp/recycle/report/h29-10/post_3.html

京都市役所<京都市情報館<ごみ処理に関する統計①業者収集ごみの組成実態調査②家庭ごみの細組成調査

H29 年度産業廃棄物排出・処理状況調査 建設副産物実態調査

H29 年度産業廃棄物排出・処理状況調査

一般社団法人日本鉄源協会 「わが国の鉄スクラップ国内需給（2017 年度）」

ポケット肥料要覧 農林統計協会編

①ii)

橋本征二（2019）環境研究総合推進費補助金総合研究報告書「循環型社会形成に関わる新たな評価指標と指標体系」（3K163001）

小口正弘、橋本征二、平井満規（2018）物質ストック指標としての物質利用時間の計測：木材を事例としたケーススタディ、第 29 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演要旨集、361-362

Daigo, I., Iwata, K., Ohkata, I., Goto, Y. (2015) Macroscopic evidence for the hibernating behavior of materials stock, Environmental Science and Technology, 49, 8691-8696

Hatayama et al. (2010)

Hatayama, H., Daigo, I., Matsuno, Y., Adachi, Y. (2010) Outlook of the world steel cycle based on the stock and flow Dynamics, Environmental Science and Technology, 44, 6457-6463

②i)

小見康夫、栗田紀之(2010)：長寿命化トレンドを考慮した建物残存率のシミュレーション，日本建築学会計画系論文集，Vol. 75, No656, pp2459-2465

加用千裕，荒巻俊也，花木啓祐(2008)：木材資源フローに着目した温室効果ガス排出削減政策シナリオ評価フレームの構築，土木学会論文集， Vol . 64, pp207-220.

坂本辰徳，谷川寛樹，橋本征二，森口祐一(2004)：地域マテリアルフロー推計に用いる都市構造物の資材投入原単位と耐久年数の推計，環境情報科学論文集 18, pp. 271-276.

小松幸夫，加藤裕久，吉田倬郎，野城智也(1992)：我が国における各種構住宅の寿命に関する調査報告，日本建築学会計画系論文報告集，第 439 号，pp101-110

醍醐市朗，五十嵐佑馬，松野泰也，足立芳寛(2007)：日本における鉄鋼材の物質ストック量の導出，鉄と鋼，Vol. 93, No. 1, pp. 66-70.

醍醐市朗，田崎智宏，橋下征二，村上進亮(2009)：物質ストック推計のための手法比較，第 4 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集，D3-10, pp. 292-293

田中健介，早川容平，奥岡桂次郎，杉本賢二，谷川寛樹(2013)：都道府県における建築物・社会基盤施設の経年マテリアルストック推計に関する研究，土木学会論文集 G(環境)，Vol169, No. 6(環境シ

ステム研究論文集 第 41 巻), pp. II_25-II34

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, Vol.28, No.6, 431-437.

Alessio Miatto, Heinz Schandle, Hiroki Tanikawa(2017): How important are realistic building lifespan assumptions for material stock and demolition waste accounts?, Resources Conservation and Recycling, Vol.122, pp.143-154

Daniel B. Muller(2006): Stock dynamics for forecasting material flows-Case study for housing in the The Netherlands, ECOLOGICAL ECONOMICS, Vol.59, pp142-156

Fridolin Krausmann, Simone Gingrich, Reza Nourbakhch-Sabet(2011): The Metabolic Transition in Japan-A

Material Flow Account for the Period From 1878 to 2005, Journal of Industrial Ecology, Vol.15, No.6, pp.877-891

Seiji HASHIMOTO, Hiroki TANIKAWA, Yuichi MORIGUCHI(2007): Where will large amount of materials accumulated within the economy go?-A material flow analysis of construction minerals for Japan, WASTE MANAGEMENT, Vol.27, No.12, pp.1725-1738.

Seiji HASHIMOTO, Hiroki TANIKAWA, Yuichi MORIGUCHI(2007): Where will large amount of materials accumulated within the economy go?-A material flow analysis of construction minerals for Japan, WASTE MANAGEMENT, Vol.27, No.12, pp.1725-1738.

環境省(2017):環境統計集, 我が国の物質フロー

環境省(2017):環境統計集, 我が国の物質フロー指標の推移

環境省(2013):第三次循環型社会形成推進基本計画(平成 25 年度), 1p.

環境省(2008):第二次循環型社会形成推進基本計画(平成 20 年度), 35p.

環境省(2013):第三次循環型社会形成推進基本計画(平成 25 年度), 20p.

環境省(2010): 第三次循環型社会形成推進基本計画(平成 25 年度), 日本の物質フロー(2010), 23p.

環境省(2012):産業廃棄物の排出及び処理状況調査(平成 22 年度実績), 18p

経済産業省(2014):総合エネルギー統計

世界銀行(1990-2015):世界開発指標(1990-2015)

国土交通省(1960-2016):建築着工統計年報

国土交通省(1976-2009):建設資材・労働力実態調査(建設部門)業務調査

財務省統計局(2008, 2013):住宅・土地統計調査

③i)

塩ビ工業・環境協会:環境特性, 製造時の LCI データ, http://www.vec.gr.jp/kankyo/kankyo1_1.html

西嶋渉:プラスチック混合物から塩素含有プラスチックの分離方法,

https://shingi.jst.go.jp/past_abst/abst/p/08/803/hiroshima153.pdf

日本容器包装リサイクル協会:プラスチック製容器包装に係る実証試験結果報告, https://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/upload/jissyoushiken_youyaku.pdf

- 中井和彦, 内海秀樹, 寺島泰 (2000) 塩化ビニル樹脂のストック量と廃棄量の予測及びマテリアルフローの解明, 第 28 回環境システム研究論文発表会講演集, pp.113-120
- 磯部孝行, 清家剛, 金容善, 伊藤篤史, 原田優作 (2016) 東アジアにおける塩化ビニル廃材のマテリアルフロー分析, 日本 LCA 学会誌, Vol.12, No.3, 196-207
- Ciacci. L, F. Passarini, I, Vassura (2017) The European PVC cycle: In-use stock and flows, Resources, Conservation and Recycling, Vol.123, 108-116
- Kleijn. R, R. Huele, E. van der Voet (2000) Dynamic substance flow analysis: the delaying mechanism of stocks, with the case of PVC in Sweden, Ecological Economics, Vol.32, pp.241-254
- Zhou. Y, N, Yang, S. Hu: Industrial metabolism of PVC in China (2013) A dynamic material flow analysis, Resources, Conservation and Recycling, Vol.73, pp.33-40
- Hashimoto. S, I. Daigo, S, Murakami, K. Matsubae-Yokoyama, M. Fuse, K. Nakajima, M. Oguchi, H. Tanikawa, T. Tasaki, E. Yamasue, and O. Umezawa (2008) Framework of Material Stock Accounts - Toward Assessment of Material Accumulation in the Economic Sphere. Proceedings of the 8th International Conference on EcoBalance, C-08
- 橋本征二 (2012) 社会に蓄積する二次資源の類型, 金属, Vol.82, No.7, pp.572-576
- Maung, K. N., T.Yoshida, G. Liu, C. M. Lwin, D. B. Muller, and S. Hashimoto (2017) Assessment of secondary aluminum reserves of nations, Resources, Conservation and Recycling, Vol.126, pp.34-41
- Maung, K. N., S. Hashimoto, M. Mizukami, M. Morozumi, and C. M. Lwin (2017) Assessment of the secondary copper reserves of nations, Environmental Science and Technology, Vol.51, No.7, pp. 3824-3832
- Maung, K. N., Lwin, C. M, S. Hashimoto (2019) Assessment of secondary zinc reserves of nations, Journal of Industrial Ecology, in press
- 福谷大樹, 橋本征二 (2018) 日本における白金族金属類二次埋蔵量の類型, 第 13 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp.382-383
- プラスチック循環利用協会: プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況, <https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf>
- 塩ビ工業・環境協会: 資料室, 統計集, http://www.vec.gr.jp/lib/lib2_1.html
- 経済産業省: プラスチック製品統計年報
- 経済産業省 (2001) 塩化ビニル管産業の課題と将来展望に関する研究報告書, 4
- 財務省: 貿易統計
- 高村秀紀, 浅野良晴, 生駒翔也 (2015) 建設副産物の発生量と発生時期の予測に基づく回収の効率化, 日本建築学会環境系論文集, 第 80 巻, 第 708 号, pp.185-191
- 松田智, 久保田宏 (2011) 使用済み塩ビ製品のリサイクルの効用評価—「社会エネルギー消費量」概念による新評価法の提案—, 環境技術, Vol.40, No.3, pp.167-173

塩見達郎，立花潤三，半沢祥二，後藤尚弘，藤江幸一（2008）建設廃棄物に含まれる塩化ビニル樹脂の地域内リサイクルのライフサイクル評価，環境システム研究論文集，Vol. 36，pp. 491-497

経済産業省北海道経済産業局，日本資源技術株式会社（2010）樹脂サッシの廃棄状況の実態やリサイクルのために必要な技術や仕組み等に関する調査

産業用電線・ケーブル専門委員会，電線・環境技術小委員会（2004）電線の環境技術調査報告書，技術資料第 137 号

塩ビ工業・環境協会：リサイクルに関する塩ビ業界の取組みと進展～リサイクルビジョンフォローアップ，<http://www.vec.gr.jp/recycle/pdf/followup2011.pdf>

塩ビ工業・環境協会：リサイクルに関する塩ビ業界の取組みと進展～リサイクルビジョンフォローアップ，<http://www.vec.gr.jp/recycle/pdf/followup2010.pdf>

③ii)

経済産業省資源エネルギー庁；総合エネルギー統計，2019

情報通信政策研究所調査研究部；我が国の情報通信市場の実態と情報流通量の計量 に関する調査研究結果(平成 21 年度) —情報流通インデックスの計量—，2011

総務省情報通信統計データベース；ラジオ及びテレビジョン平均視聴時間量の推移

電気通信事業者協会；テレコムデータブック 2018

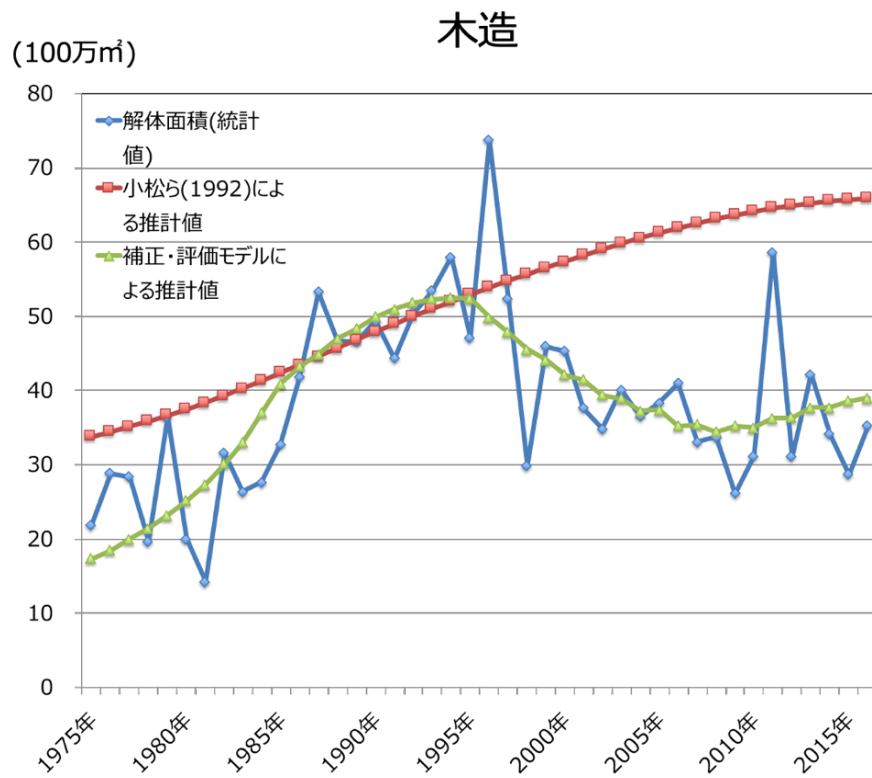
総務省情報通信政策研究所；情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査報告書，各年度版

日本原子力文化財団；原子力・エネルギー図面集，2018

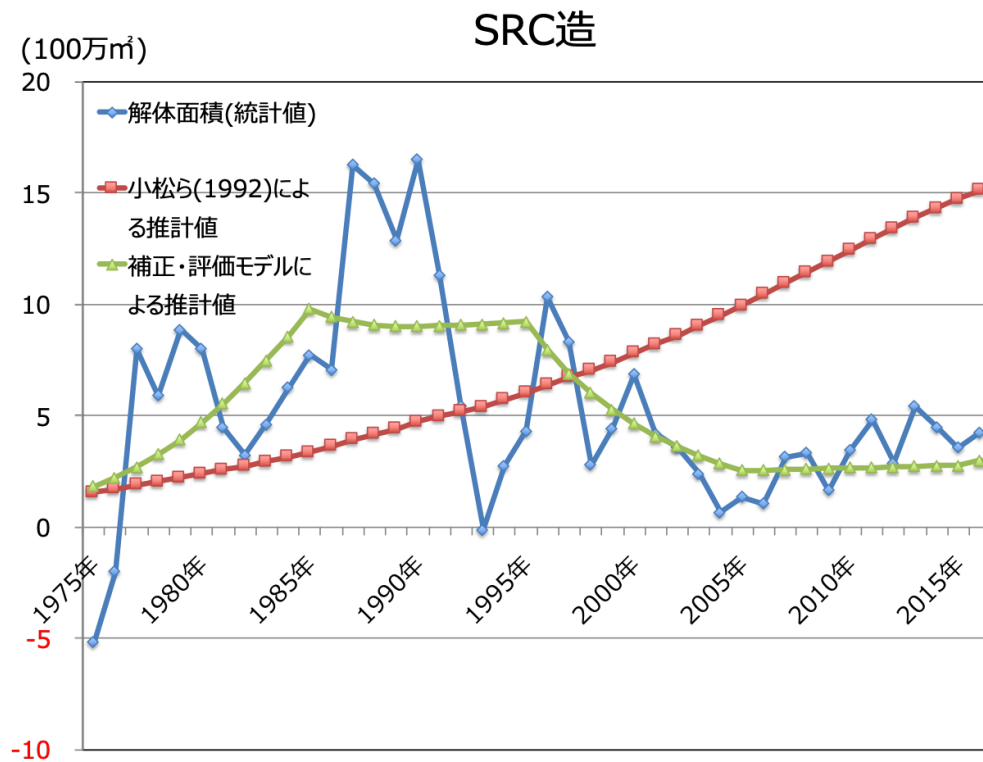
<付録>

付録 A 表-1 主要な建設資材の資材投入原単位

年	材料名	単位	木造	SRC 造	RC 造	S 造
1991	セメント計	t/m ²	0.071	0.294	0.297	0.133
	骨材・石材計	m ³ /m ²	0.318	1.095	1.130	0.580
	木材計	m ³ /m ²	0.209	0.029	0.040	0.023
	鋼材計	t/m ²	0.013	0.167	0.110	0.134
	棒鋼合計	t/m ²	0.010	0.094	0.102	0.034
1994	セメント計	t/m ²	0.082	0.287	0.284	0.142
	骨材・石材計	m ³ /m ²	0.346	1.082	1.105	0.604
	木材計	m ³ /m ²	0.224	-	-	-
	鋼材計	t/m ²	0.014	0.161	0.105	0.134
	棒鋼合計	t/m ²	0.011	0.090	0.096	0.031
1997	セメント計	t/m ²	0.083	0.275	0.299	0.145
	骨材・石材計	m ³ /m ²	0.342	1.036	1.148	0.581
	木材計	m ³ /m ²	0.222	-	-	-
	鋼材計	t/m ²	0.014	0.150	0.112	0.133
	棒鋼合計	t/m ²	0.011	0.090	0.100	0.032
2000	セメント計	t/m ²	0.078	0.285	0.294	0.139
	骨材・石材計	m ³ /m ²	0.363	1.085	1.157	0.599
	木材計	m ³ /m ²	0.200	0.021	0.028	0.010
	鋼材計	t/m ²	0.011	0.160	0.109	0.134
	棒鋼合計	t/m ²	0.010	0.090	0.100	0.027
2003	セメント計	t/m ²	0.075	0.287	0.300	0.136
	骨材・石材計	m ³ /m ²	0.370	1.050	1.152	0.670
	木材計	m ³ /m ²	0.232	0.020	0.023	0.009
	鋼材計	t/m ²	0.012	0.170	0.116	0.129
	棒鋼合計	t/m ²	0.010	0.100	0.102	0.031
2006	セメント計	t/m ²	0.081	0.276	0.287	0.141
	骨材・石材計	m ³ /m ²	0.391	1.045	1.128	0.659
	木材計	m ³ /m ²	0.220	0.012	0.028	0.007
	鋼材計	t/m ²	0.014	0.183	0.116	0.129
	棒鋼合計	t/m ²	0.012	0.080	0.103	0.029
2009	セメント計	t/m ²	0.084	0.277	0.353	0.170
	骨材・石材計	m ³ /m ²	0.399	1.003	1.253	0.832
	木材計	m ³ /m ²	0.201	0.008	0.016	0.006
	鋼材計	t/m ²	0.016	0.221	0.131	0.139
	棒鋼合計	t/m ²	0.014	0.092	0.113	0.030

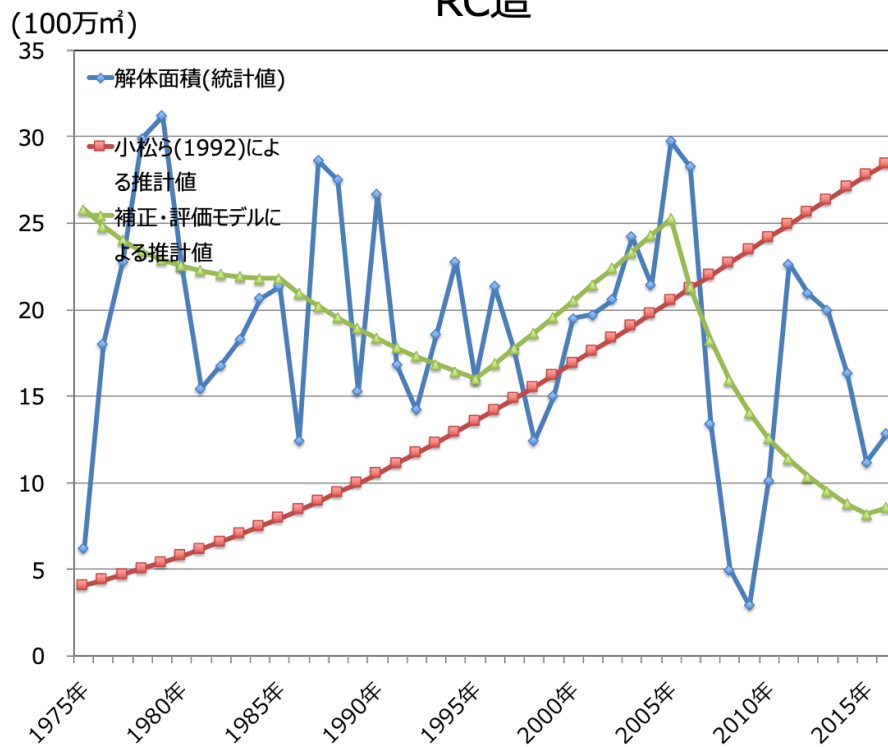


付録 A 図-1 構造種別建築物の解体延床面積推移（木造）



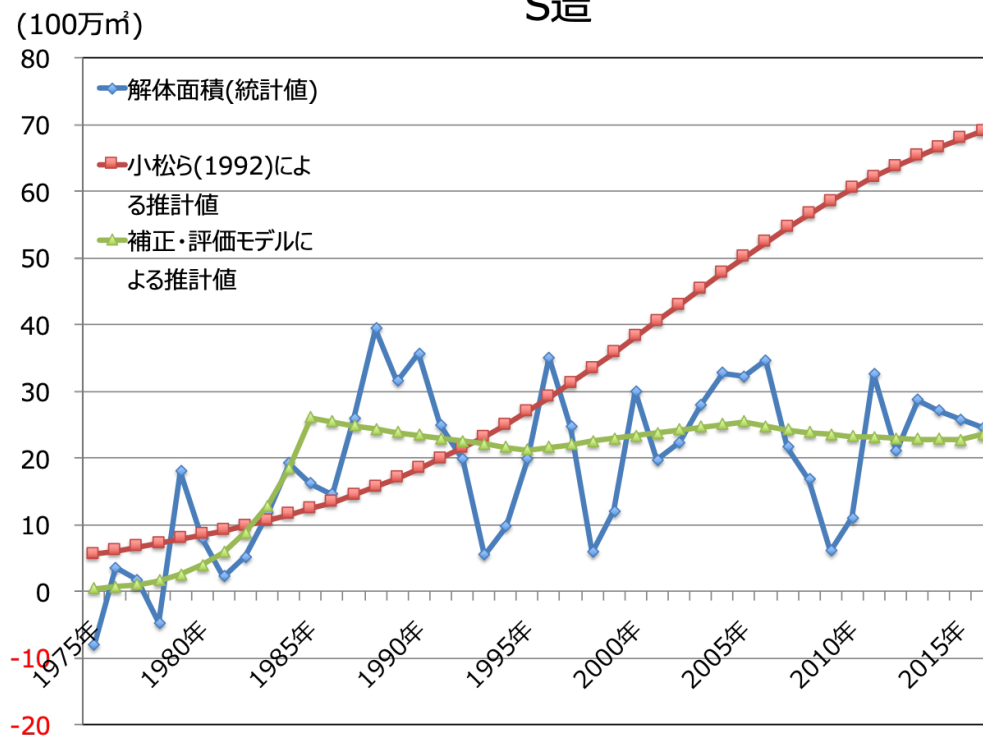
付録 A 図-2 構造種別建築物の解体延床面積推移（SRC 造）

RC造

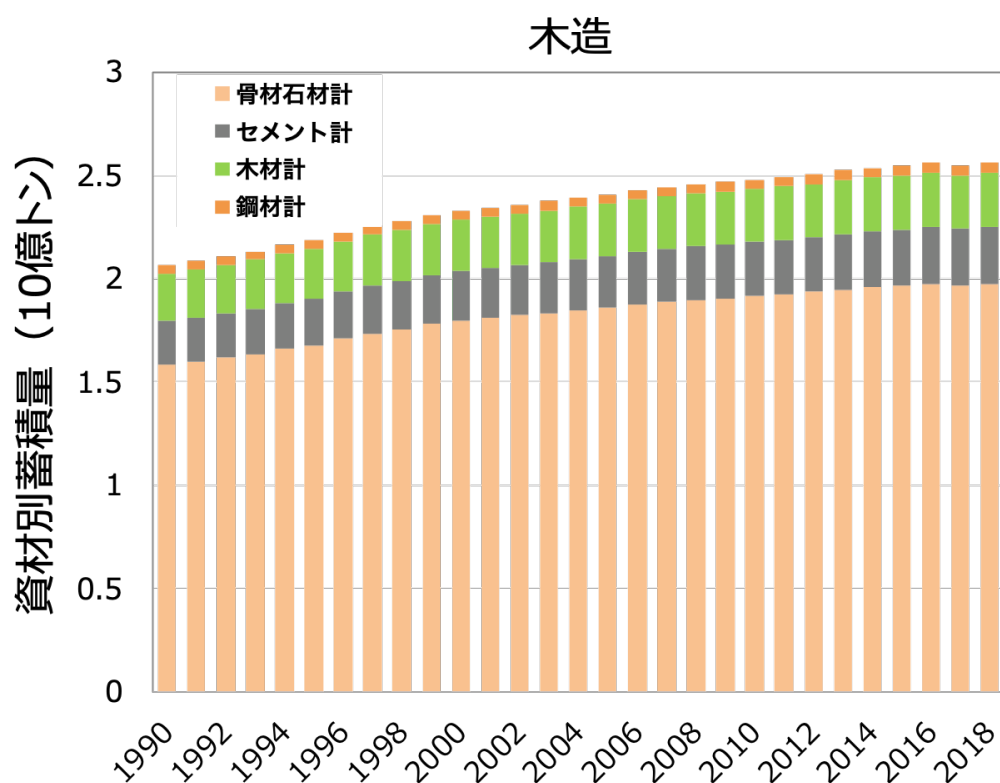


付録 A 図-3 構造種別建築物の解体延床面積推移 (RC 造)

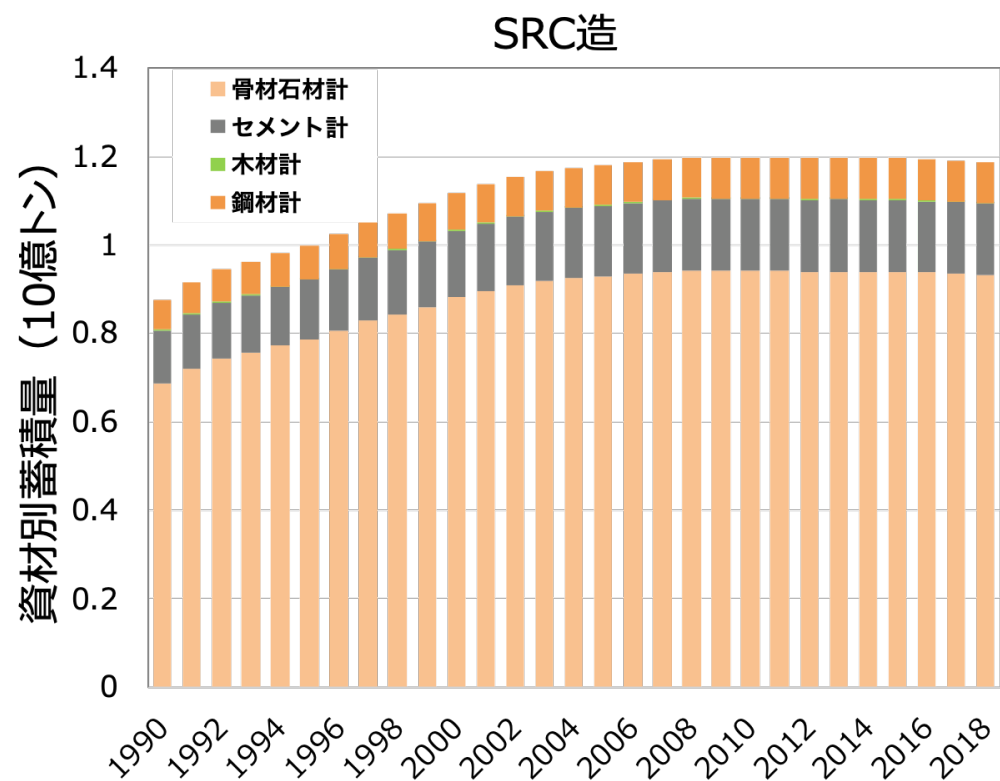
S造



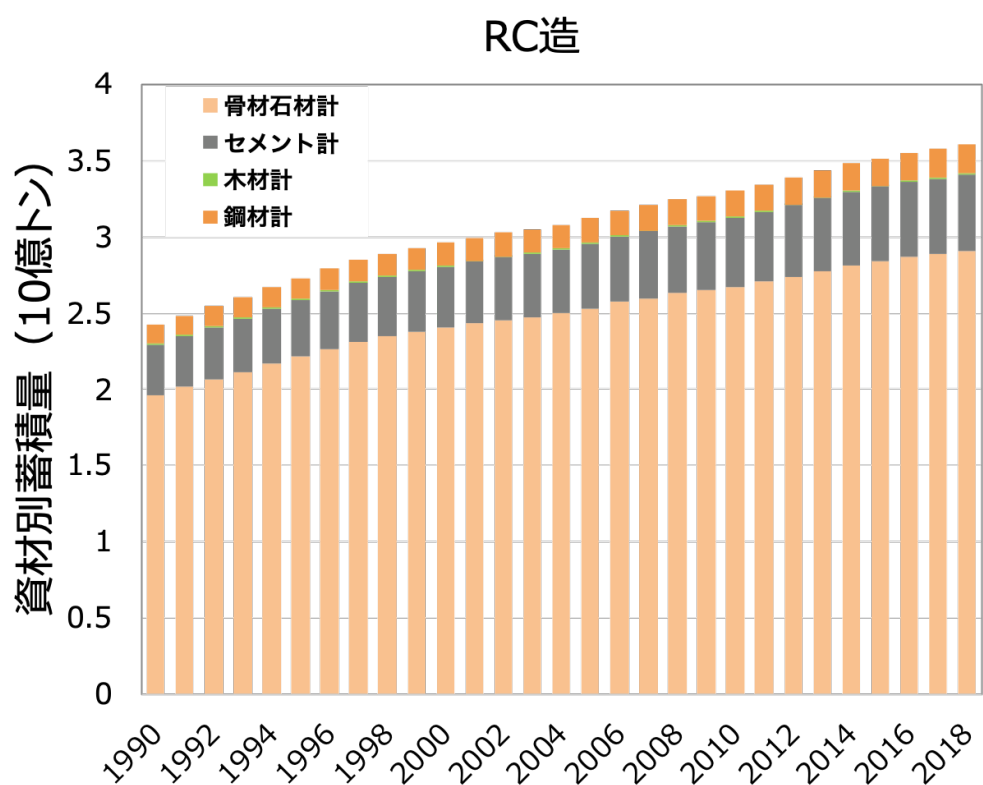
付録 A 図-4 構造種別建築物の解体延床面積推移 (S 造)



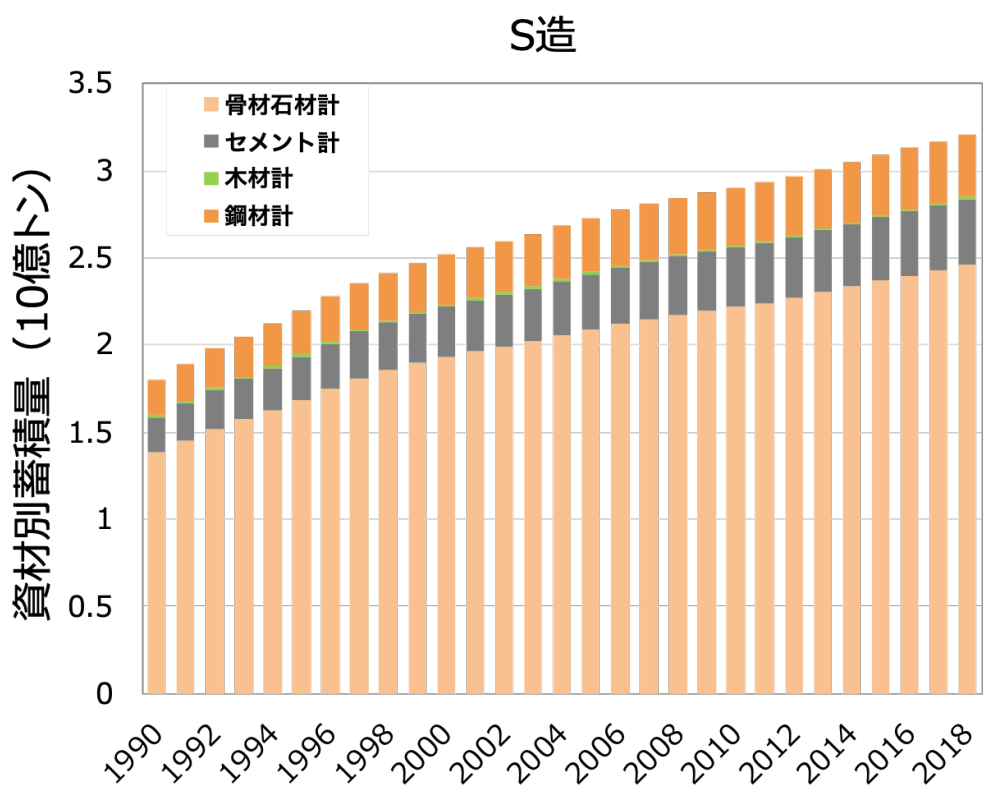
付録 A 図-5 建築物の構造種別資材蓄積量 (木造)



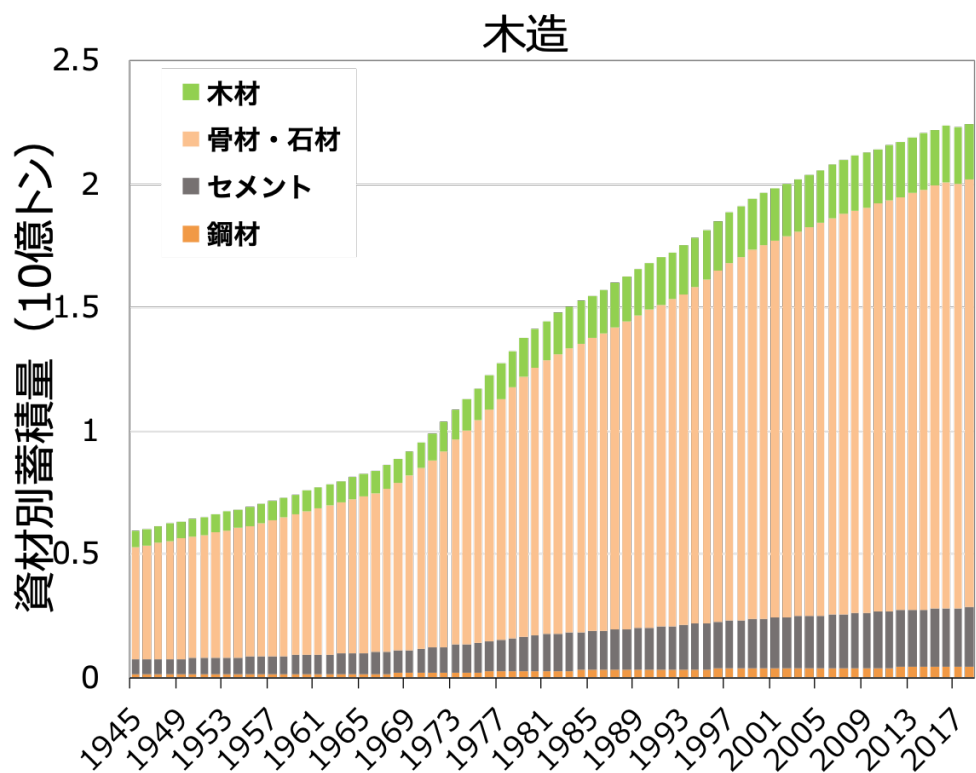
付録 A 図-6 建築物の構造種別資材蓄積量 (SRC 造)



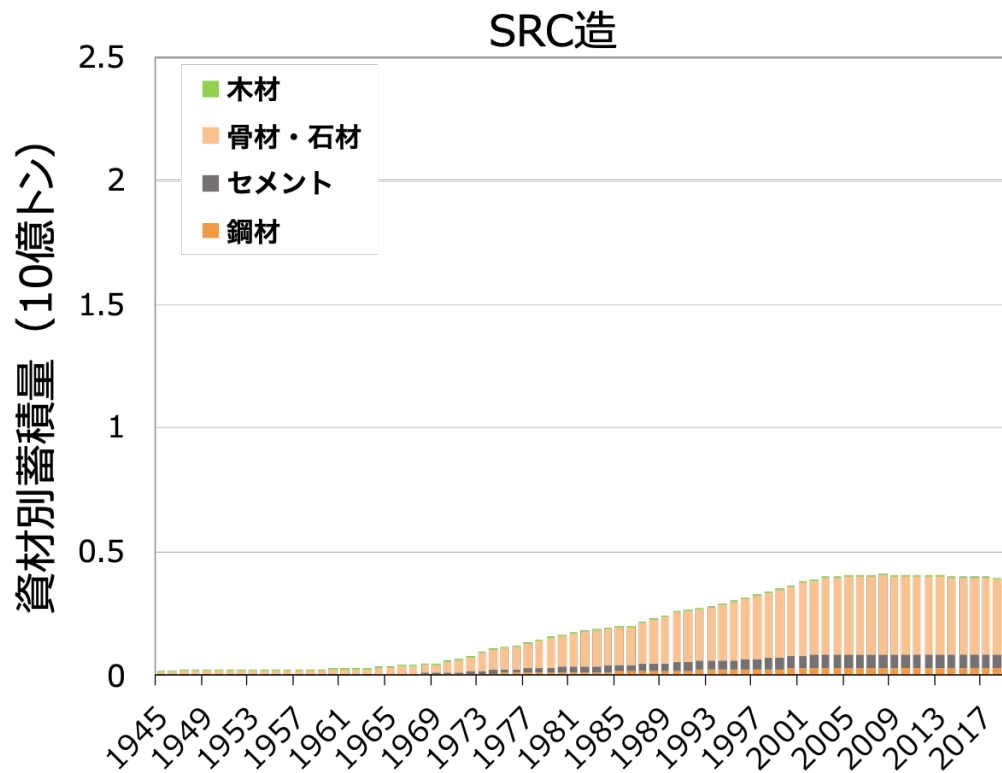
付録 A 図-7 建築物の構造種別資材蓄積量 (RC 造)



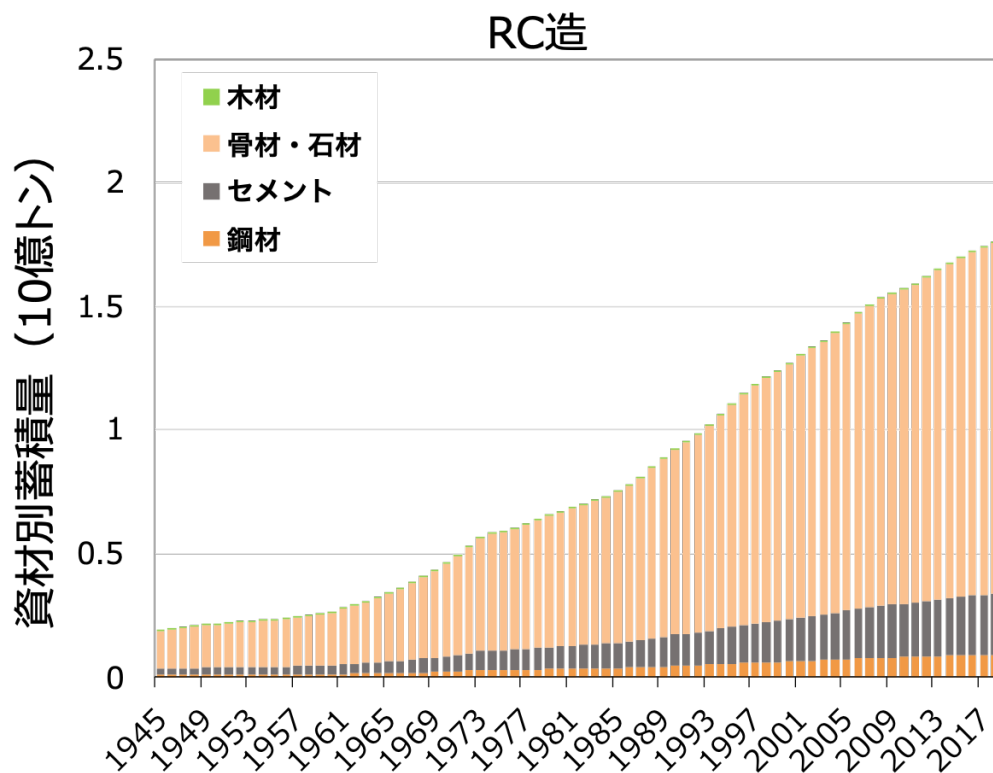
付録 A 図-8 建築物の構造種別資材蓄積量 (S 造)



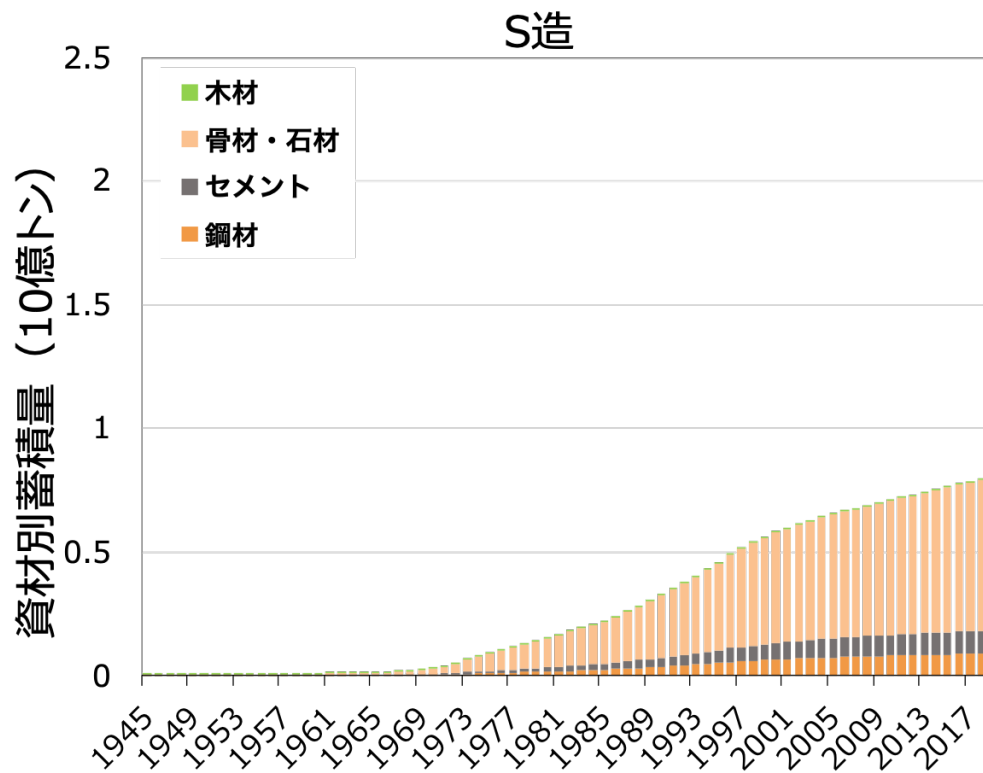
付録 A 図-9 住宅の構造種別資材蓄積量 (木造)



付録 A 図-10 住宅の構造種別資材蓄積量 (SRC 造)



付録 A 図-11 住宅の構造種別資材蓄積量 (RC 造)



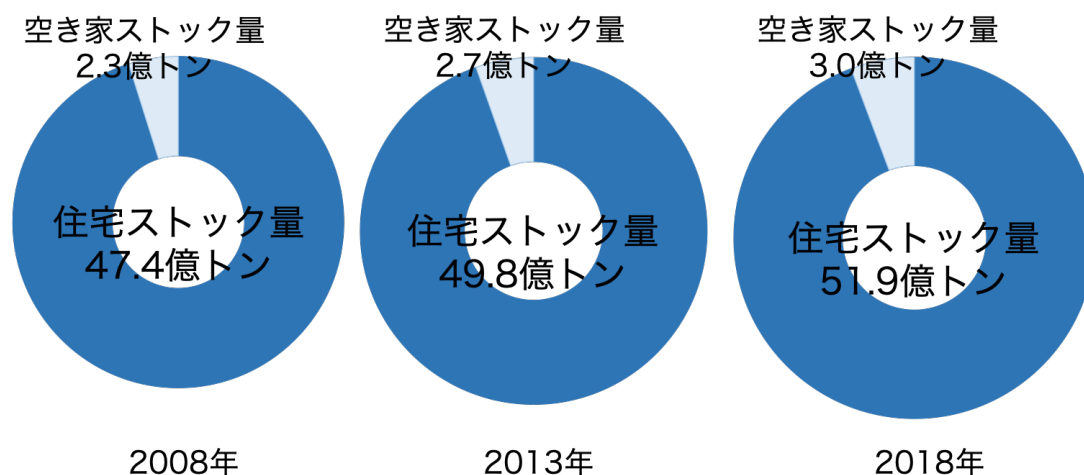
付録 A 図-12 住宅の構造種別資材蓄積量 (S 造)

付録A 表-2 住宅の構造種別資材蓄積量（1990年-2018年）

住宅蓄積量	(Million ton)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
木造	セメント	172.11	174.20	176.53	179.25	183.27	186.71	191.39	194.60	197.25	200.34
	骨材石材	1289.29	1304.89	1322.37	1342.71	1368.79	1390.87	1421.60	1448.29	1470.62	1496.32
	木材	187.92	190.19	192.74	195.70	198.13	200.09	203.08	204.47	205.51	206.87
	鋼材	31.52	31.90	32.33	32.82	33.49	34.06	34.85	35.34	35.74	36.21
	合計	1680.83	1701.17	1723.96	1750.49	1783.69	1811.73	1850.93	1882.70	1909.12	1939.74
SRC造	セメント	33.93	35.39	36.16	36.75	38.20	39.78	41.63	43.58	44.94	46.37
	骨材石材	197.59	206.07	210.58	213.98	222.54	231.89	242.78	254.20	262.10	270.46
	木材	0.46	0.48	0.49	0.50	0.49	0.48	0.47	0.47	0.46	0.46
	鋼材	19.29	20.11	20.55	20.88	21.69	22.57	23.60	24.65	25.38	26.15
	合計	251.27	262.05	267.78	272.11	282.92	294.72	308.49	322.90	332.88	343.44
RC造	セメント	125.50	129.54	133.29	138.22	144.30	149.56	155.22	160.29	164.20	168.13
	骨材石材	750.35	774.53	796.94	826.38	863.47	895.52	930.04	959.97	983.02	1006.15
	木材	3.01	3.10	3.19	3.31	3.27	3.23	3.18	3.14	3.09	3.04
	鋼材	46.42	47.92	49.31	51.13	53.37	55.30	57.39	59.31	60.80	62.29
	合計	925.28	955.09	982.73	1019.04	1064.41	1103.60	1145.83	1182.71	1211.10	1239.61
S造	セメント	36.91	39.35	42.14	45.14	48.43	51.77	55.72	58.82	61.42	64.14
	骨材石材	253.00	269.66	288.79	309.34	330.86	352.67	378.45	397.72	413.82	430.68
	木材	2.05	2.18	2.34	2.50	2.48	2.46	2.44	2.41	2.39	2.36
	鋼材	37.25	39.71	42.52	45.55	48.64	51.78	55.49	58.29	60.63	63.08
	合計	329.21	350.89	375.79	402.52	430.42	458.69	492.09	517.24	538.25	560.25
住宅合計	セメント	368.46	378.47	388.12	399.34	414.20	427.82	443.96	457.29	467.81	478.98
	骨材石材	2490.22	2555.14	2618.68	2692.41	2785.67	2870.95	2972.88	3060.19	3129.56	3203.62
	木材	193.43	195.96	198.76	202.02	204.37	206.26	209.18	210.49	211.44	212.72
	鋼材	134.48	139.63	144.71	150.38	157.19	163.72	171.33	177.59	182.54	187.72
	合計	3186.59	3269.21	3350.27	3444.15	3561.44	3668.75	3797.34	3905.56	3991.35	4083.04

住宅蓄積量	(Million ton)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
木造	セメント	203.15	205.44	207.65	209.83	212.17	214.42	217.24	219.50	221.83	223.61
	骨材石材	1515.65	1531.22	1546.35	1560.31	1575.55	1590.07	1606.68	1619.68	1633.15	1642.34
	木材	208.28	209.30	210.29	211.78	213.44	215.01	216.91	218.33	219.83	220.58
	鋼材	36.53	36.78	37.03	37.33	37.66	37.97	38.46	38.85	39.25	39.63
	合計	1963.62	1982.74	2001.33	2019.25	2038.82	2057.47	2079.28	2096.37	2114.06	2126.15
SRC造	セメント	48.49	50.42	51.99	53.08	53.72	54.03	54.34	54.49	54.56	54.43
	骨材石材	282.58	293.58	302.50	308.48	311.91	313.58	315.33	316.14	316.54	315.70
	木材	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.42
	鋼材	27.35	28.43	29.31	29.96	30.34	30.53	30.76	30.88	30.95	30.89
	合計	358.86	372.87	384.24	391.96	396.41	398.58	400.87	401.93	402.48	401.44
RC造	セメント	172.58	177.04	181.24	185.47	190.12	195.86	202.07	206.21	210.62	213.14
	骨材石材	1031.95	1057.74	1082.06	1104.42	1129.04	1159.73	1194.84	1218.11	1242.99	1254.66
	木材	2.98	2.93	2.87	2.81	2.75	2.69	2.64	2.59	2.56	2.52
	鋼材	63.95	65.60	67.17	68.84	70.68	72.94	75.55	77.31	79.16	80.09
	合計	1271.46	1303.30	1333.34	1361.54	1392.59	1431.23	1475.10	1504.22	1535.32	1550.41
S造	セメント	66.82	69.00	71.02	72.92	74.78	76.49	78.24	79.66	81.15	82.50
	骨材石材	445.80	457.93	469.10	480.15	490.93	500.80	509.99	517.35	525.10	533.24
	木材	2.33	2.31	2.28	2.25	2.22	2.19	2.16	2.14	2.11	2.08
	鋼材	65.65	67.73	69.66	71.44	73.18	74.78	76.34	77.60	78.93	79.91
	合計	580.60	596.97	612.05	626.77	641.12	654.27	666.74	676.76	687.30	697.74
住宅合計	セメント	491.05	501.89	511.90	521.30	530.79	540.81	551.89	559.86	568.16	573.67
	骨材石材	3275.97	3340.46	3400.01	3453.36	3507.44	3564.18	3626.84	3671.28	3717.79	3745.94
	木材	214.05	214.98	215.89	217.29	218.86	220.33	222.14	223.49	224.92	225.61
	鋼材	193.47	198.54	203.16	207.57	211.86	216.23	221.11	224.64	228.29	230.52
	合計	4174.55	4255.88	4330.96	4399.52	4468.94	4541.54	4621.99	4679.27	4739.16	4775.74

住宅蓄積量	(Million ton)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
木造	セメント	225.72	227.81	230.04	232.77	234.80	236.79	238.99	239.21	241.24
	骨材石材	1653.67	1664.77	1676.78	1691.92	1702.53	1712.89	1724.55	1721.38	1731.85
	木材	221.59	222.56	223.64	225.09	225.99	226.85	227.86	226.71	227.56
	鋼材	40.06	40.50	40.96	41.52	41.94	42.36	42.82	42.91	43.34
	合計	2141.04	2155.64	2171.42	2191.30	2205.26	2218.89	2234.22	2230.22	2243.98
SRC造	セメント	54.29	54.15	54.02	53.84	53.68	53.52	53.34	53.13	52.90
	骨材石材	314.82	313.98	313.12	312.05	311.07	310.04	308.96	307.70	306.28
	木材	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40
	鋼材	30.83	30.78	30.73	30.64	30.57	30.49	30.41	30.31	30.19
	合計	400.36	399.33	398.28	396.94	395.73	394.45	393.12	391.54	389.76
RC造	セメント	216.02	219.80	224.02	228.60	232.64	236.31	240.10	243.23	246.47
	骨材石材	1268.37	1286.76	1307.54	1330.30	1350.29	1368.46	1387.24	1401.90	1417.73
	木材	2.49	2.47	2.44	2.42	2.40	2.38	2.36	2.32	2.31
	鋼材	81.16	82.56	84.12	85.82	87.31	88.67	90.07	91.23	92.43
	合計	1568.05	1591.58	1618.12	1647.14	1672.64	1695.82	1719.78	1738.69	1758.93
S造	セメント	83.89	85.25	86.64	88.23	89.60	90.98	92.32	93.58	94.70
	骨材石材	541.71	549.96	558.36	568.09	576.43	584.83	593.03	600.64	607.39
	木材	2.06	2.03	2.01	1.98	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86
	鋼材	80.94	81.93	82.95	84.13	85.14	86.15	87.13	88.03	88.82
	合計	708.59	719.18	729.95	742.43	753.12	763.90	774.39	784.13	792.77
住宅合計	セメント	579.92	587.01	594.71	603.44	610.71	617.59	624.76	629.15	635.30
	骨材石材	3778.56	3815.47	3855.80	3902.35	3940.31	3976.23	4013.78	4031.62	4063.24
	木材	226.56	227.48	228.51	229.90	230.76	231.57	232.53	231.32	232.13
	鋼材	232.99	235.77	238.75	242.11	244.96	247.67	250.43	252.48	254.77
	合計	4818.04	4865.74	4917.77	4977.80	5026.74	5073.06	5121.51	5144.58	5185.44

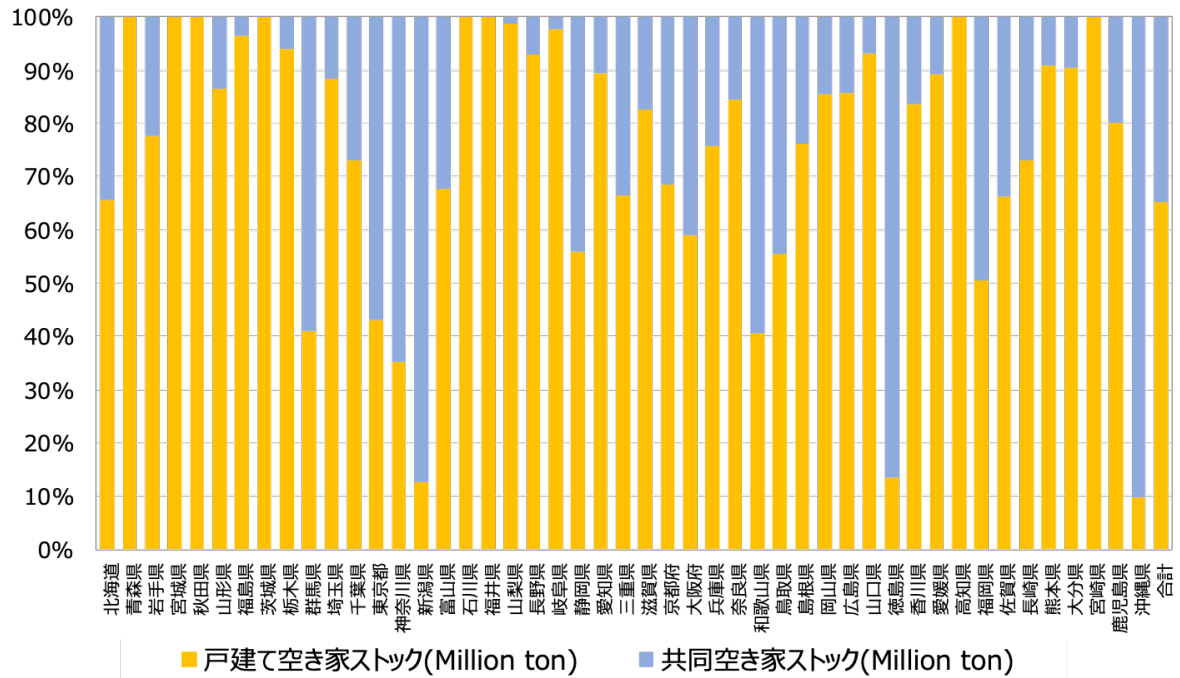


付録A 図-13 退蔵量と現役量の推移

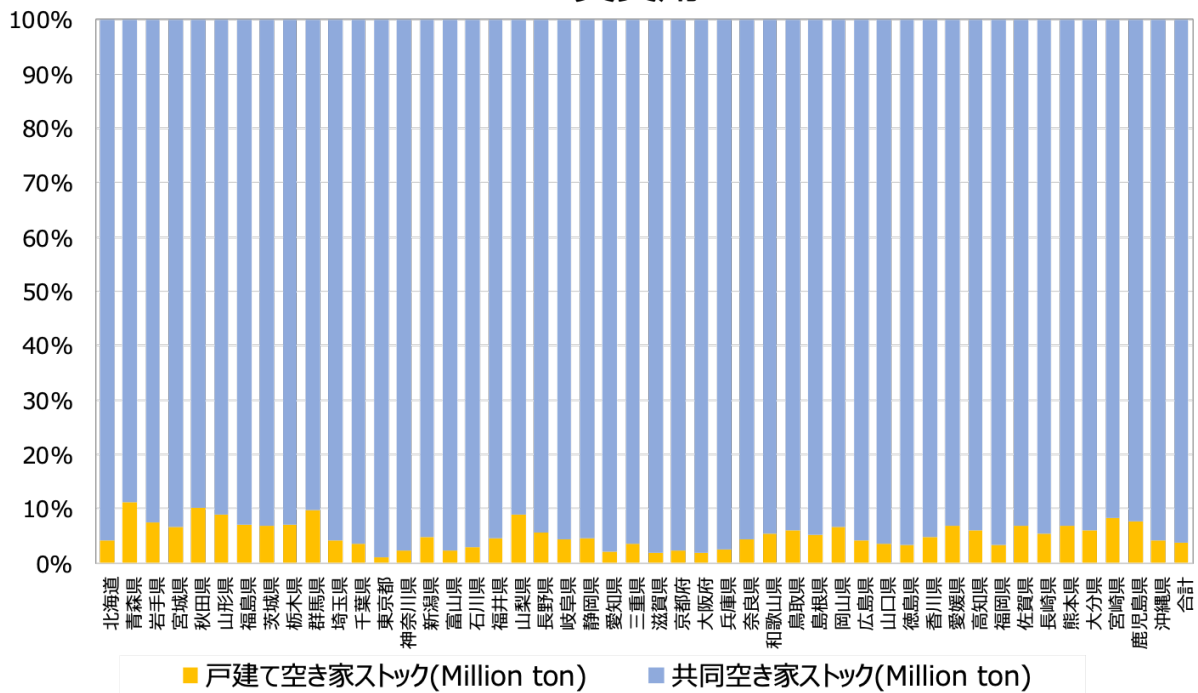
付録A 表-3 「その他の住宅」の戸建空き家率（2008年、2013年、2018年）

木造	2008	2013	2018	鉄骨造	2008	2013	2018	鉄筋・鉄骨コンクリート造	2008	2013	2018
北海道	0.0412	0.0526	0.0529	北海道	0.0019	0.0020	0.0020	北海道	0.0011	0.0012	0.0010
青森県	0.0601	0.0728	0.0907	青森県	0.0128	0.0000	0.0052	青森県	0.0000	0.0045	0.0065
岩手県	0.0711	0.0852	0.1013	岩手県	0.0000	0.0040	0.0068	岩手県	0.0040	0.0038	0.0018
宮城県	0.0444	0.0435	0.0494	宮城県	0.0037	0.0014	0.0060	宮城県	0.0013	0.0012	0.0008
秋田県	0.0706	0.0867	0.1003	秋田県	0.0000	0.0122	0.0000	秋田県	0.0030	0.0048	0.0076
山形県	0.0526	0.0601	0.0762	山形県	0.0000	0.0067	0.0075	山形県	0.0021	0.0024	0.0040
福島県	0.0542	0.0676	0.0804	福島県	0.0048	0.0051	0.0061	福島県	0.0028	0.0030	0.0041
茨城県	0.0532	0.0670	0.0740	茨城県	0.0115	0.0078	0.0090	茨城県	0.0032	0.0032	0.0047
栃木県	0.0538	0.0708	0.0802	栃木県	0.0079	0.0093	0.0131	栃木県	0.0126	0.0059	0.0059
群馬県	0.0636	0.0824	0.0858	群馬県	0.0065	0.0083	0.0074	群馬県	0.0053	0.0063	0.0062
埼玉県	0.0351	0.0433	0.0443	埼玉県	0.0027	0.0044	0.0036	埼玉県	0.0011	0.0012	0.0011
千葉県	0.0481	0.0585	0.0606	千葉県	0.0043	0.0057	0.0048	千葉県	0.0006	0.0008	0.0016
東京都	0.0277	0.0296	0.0258	東京都	0.0034	0.0040	0.0030	東京都	0.0008	0.0007	0.0006
神奈川県	0.0264	0.0322	0.0340	神奈川県	0.0024	0.0028	0.0019	神奈川県	0.0007	0.0006	0.0008
新潟県	0.0555	0.0663	0.0806	新潟県	0.0066	0.0085	0.0115	新潟県	0.0020	0.0031	0.0048
富山県	0.0690	0.0857	0.0866	富山県	0.0055	0.0047	0.0164	富山県	0.0034	0.0075	0.0114
石川県	0.0678	0.0900	0.0965	石川県	0.0038	0.0073	0.0052	石川県	0.0039	0.0045	0.0052
福井県	0.0759	0.0867	0.0878	福井県	0.0133	0.0106	0.0238	福井県	0.0074	0.0098	0.0089
山梨県	0.0900	0.1169	0.1278	山梨県	0.0138	0.0183	0.0277	山梨県	0.0066	0.0127	0.0151
長野県	0.0805	0.1032	0.1149	長野県	0.0150	0.0103	0.0105	長野県	0.0038	0.0059	0.0120
岐阜県	0.0696	0.0863	0.0960	岐阜県	0.0089	0.0150	0.0174	岐阜県	0.0067	0.0075	0.0101
静岡県	0.0489	0.0627	0.0719	静岡県	0.0064	0.0097	0.0089	静岡県	0.0029	0.0048	0.0053
愛知県	0.0475	0.0552	0.0541	愛知県	0.0076	0.0083	0.0095	愛知県	0.0021	0.0025	0.0020
三重県	0.0856	0.1117	0.1251	三重県	0.0141	0.0183	0.0233	三重県	0.0060	0.0126	0.0135
滋賀県	0.0685	0.0731	0.0789	滋賀県	0.0213	0.0189	0.0173	滋賀県	0.0031	0.0057	0.0037
京都府	0.0700	0.0800	0.0782	京都府	0.0096	0.0133	0.0096	京都府	0.0030	0.0036	0.0021
大阪府	0.0446	0.0589	0.0554	大阪府	0.0084	0.0097	0.0101	大阪府	0.0016	0.0020	0.0015
兵庫県	0.0618	0.0741	0.0782	兵庫県	0.0133	0.0143	0.0151	兵庫県	0.0026	0.0036	0.0037
奈良県	0.0700	0.0844	0.0894	奈良県	0.0216	0.0129	0.0186	奈良県	0.0056	0.0059	0.0066
和歌山県	0.1064	0.1328	0.1591	和歌山県	0.0235	0.0221	0.0258	和歌山県	0.0173	0.0259	0.0309
鳥取県	0.0935	0.1046	0.1179	鳥取県	0.0170	0.0101	0.0060	鳥取県	0.0069	0.0058	0.0098
島根県	0.1118	0.1243	0.1436	島根県	0.0103	0.0159	0.0070	島根県	0.0027	0.0052	0.0044
岡山県	0.0917	0.1134	0.1168	岡山県	0.0081	0.0114	0.0112	岡山県	0.0055	0.0047	0.0097
広島県	0.0878	0.1099	0.1232	広島県	0.0085	0.0093	0.0137	広島県	0.0021	0.0036	0.0033
山口県	0.1085	0.1306	0.1486	山口県	0.0081	0.0135	0.0150	山口県	0.0065	0.0105	0.0115
徳島県	0.1109	0.1421	0.1672	徳島県	0.0195	0.0304	0.0223	徳島県	0.0161	0.0217	0.0235
香川県	0.0972	0.1313	0.1318	香川県	0.0185	0.0277	0.0314	香川県	0.0095	0.0097	0.0139
愛媛県	0.1033	0.1393	0.1572	愛媛県	0.0147	0.0174	0.0233	愛媛県	0.0115	0.0154	0.0170
高知県	0.1197	0.1627	0.1965	高知県	0.0191	0.0163	0.0196	高知県	0.0078	0.0139	0.0152
福岡県	0.0573	0.0734	0.0767	福岡県	0.0073	0.0087	0.0072	福岡県	0.0012	0.0020	0.0020
佐賀県	0.0634	0.0907	0.0993	佐賀県	0.0050	0.0091	0.0068	佐賀県	0.0042	0.0042	0.0055
長崎県	0.0874	0.1122	0.1206	長崎県	0.0083	0.0149	0.0134	長崎県	0.0046	0.0051	0.0058
熊本県	0.0781	0.1073	0.1079	熊本県	0.0072	0.0064	0.0128	熊本県	0.0045	0.0050	0.0059
大分県	0.0914	0.1185	0.1314	大分県	0.0120	0.0107	0.0132	大分県	0.0061	0.0084	0.0073
宮崎県	0.0891	0.1140	0.1354	宮崎県	0.0048	0.0140	0.0076	宮崎県	0.0028	0.0056	0.0071
鹿児島県	0.1291	0.1711	0.1891	鹿児島県	0.0197	0.0168	0.0244	鹿児島県	0.0084	0.0130	0.0147
沖縄県	0.1486	0.1885	0.2071	沖縄県	0.0119	0.0200	0.0273	沖縄県	0.0231	0.0247	0.0264

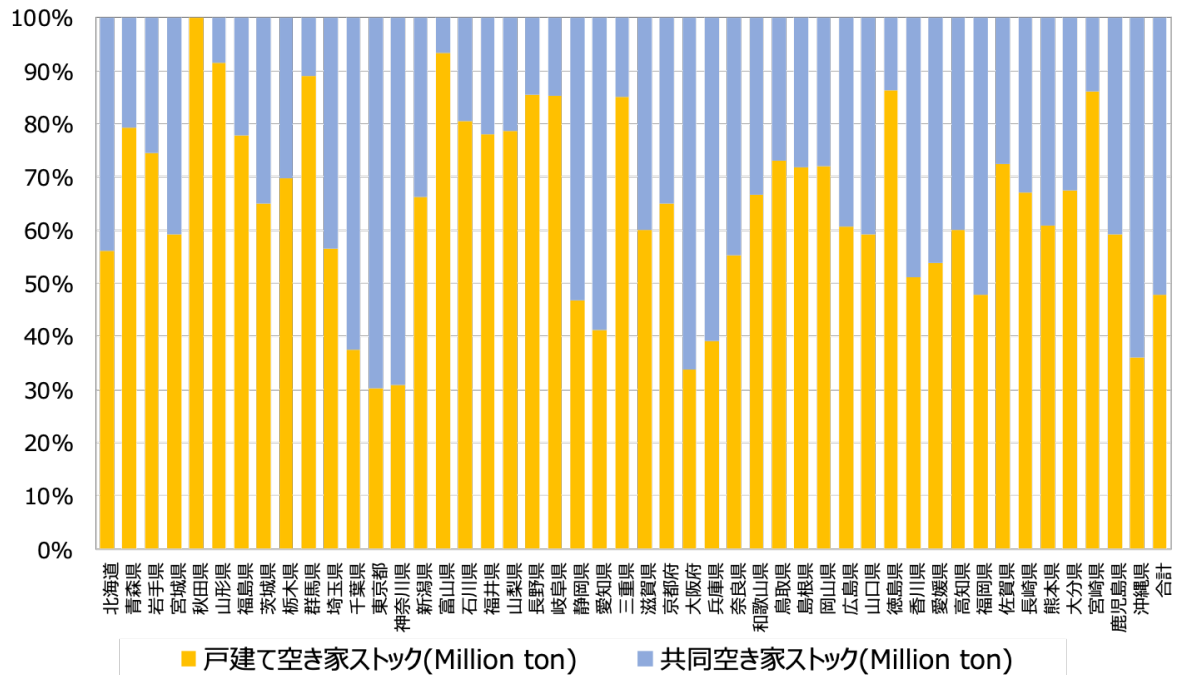
別荘



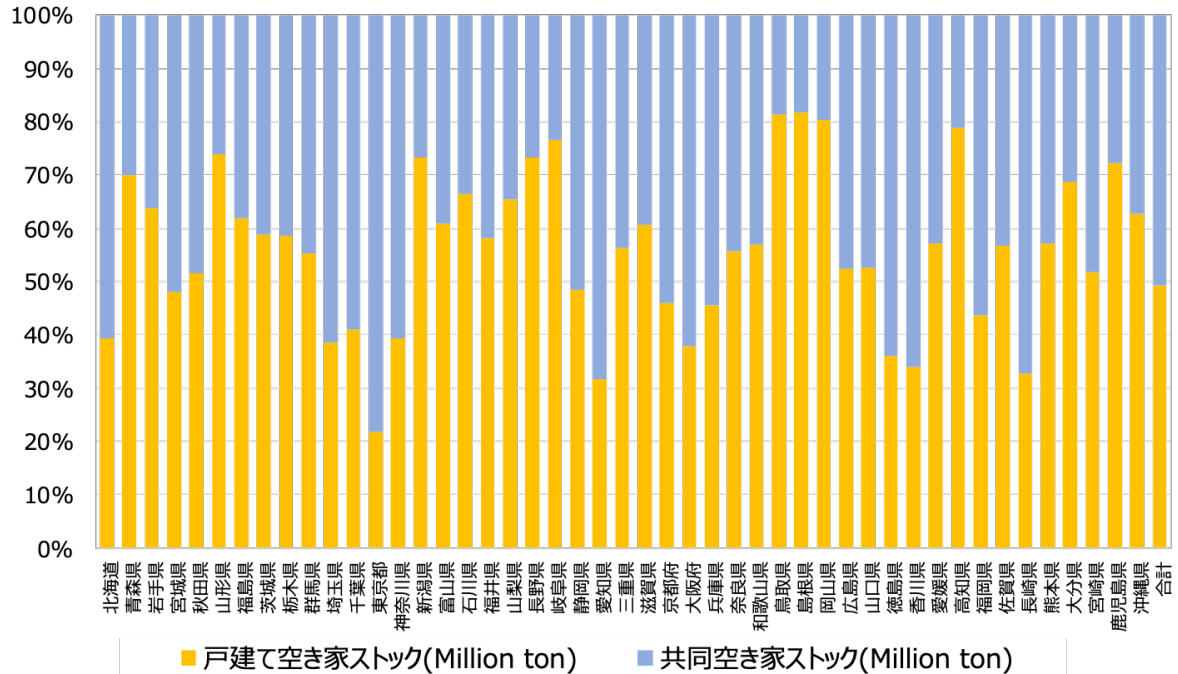
賃貸用



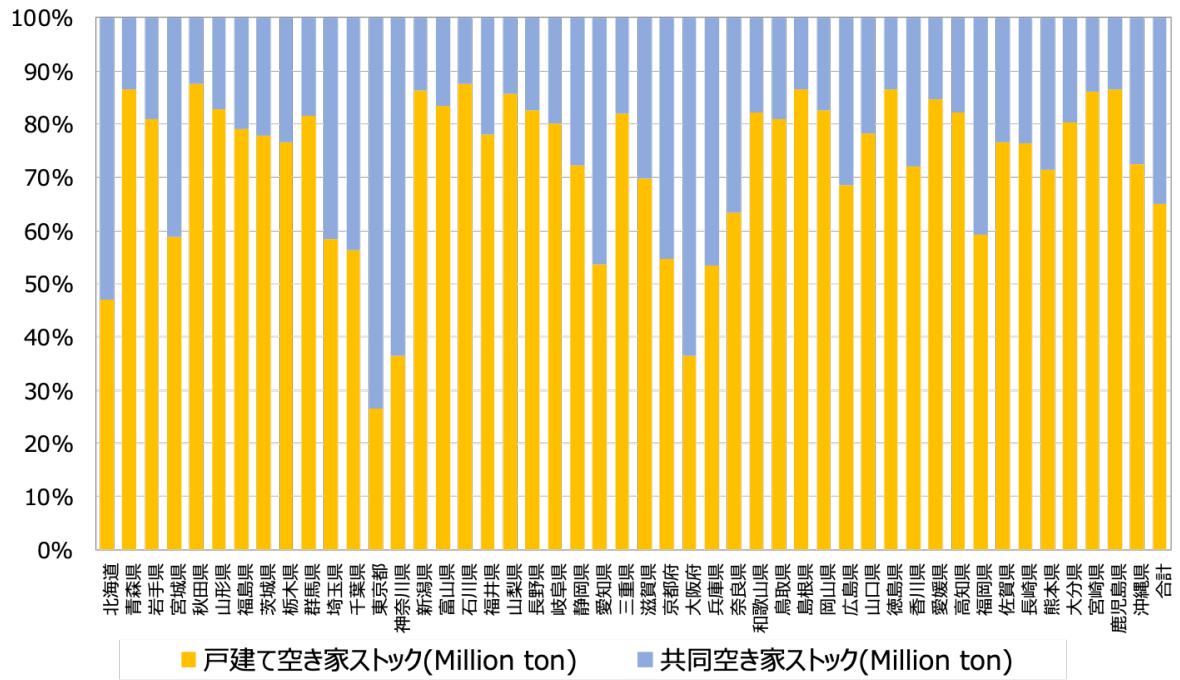
売却用



その他



その他住宅



付録 A 図-14 空き家の種類別建て方割合 (2018 年)