

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12336

研究課題名（和文）戦略的資源利用のための静脈と動脈を連動させた産業連関分析手法の開発

研究課題名（英文）Development of an input-output analysis method that links venous and artery industries for strategic resource utilization

研究代表者

尾下 優子 (Oshita, Yuko)

東京大学・未来ビジョン研究センター・特任講師

研究者番号：50709227

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、社会経済への影響や変革を考慮した戦略的かつ効果的な資源利用システムの構築するために、資源の排出構造（静脈）と財・サービスの生産構造（動脈）の連関関係を体系的に示し、それぞれの変化による波及影響を分析可能とする「静脈と動脈が連動した」手法の開発が目的であり、重点分析対象とする重要資源およびその排出構造についての調査、重要資源の利用技術の調査および利用部門の選定、資源の排出構造（静脈）と利用構造（動脈）を連動させる分析手法の開発、資源の回収・利用システムの分析、社会経済システムの変革による資源排出量への影響分析のケーススタディ、分析結果の可視化を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

技術システムの社会経済への影響評価を含めた、資源回収・利用システムの検討・設計を行うためには、静脈と資源化された排出物を材料として投入する産業の生産活動との連動が必要である。さらに、社会変革によって産業構造が変化し、排出される資源量が変化することも検討する必要がある。戦略的な資源回収・利用システムの構築への提案を行うためには、動脈と静脈が連動した産業連関分析手法の開発が必要である。本研究は、これを提案するものであり、社会経済への影響や変革を考慮した上で、技術的・環境的に適切な資源回収・利用システムとは何か？を明らかにするものである。

研究成果の概要（英文）：This research aimed to develop a method that links the venous and artery industries, which would systematically show the interrelationships between the resource discharge structure (veins) and the production structure of goods and services (arteries), and enable the analysis of the ripple effects of changes in each, in order to build a strategic and effective resource utilization system that takes into account the impact on and change in the socio-economy. The research involved investigating important resources to be the focus of analysis and their discharge structures, investigating technologies for utilizing important resources and selecting utilization sectors, developing an analytical methodology that links the resource discharge structure (veins) and utilization structure (arteries), analyzing resource recovery and utilization systems, conducting case studies on the impact of changes in socio-economic systems on resource discharge, and visualizing the analysis results.

研究分野：環境経済学

キーワード：サーキュラーエコノミー 資源 再生利用 経済波及効果 社会経済性

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

パリ協定の日本の温室効果ガス排出量の削減目標の達成や持続可能な社会を実現するためには、資源の利用システムを再構築する必要がある。そのためには現在の資源の排出構造を特定し、効果的な回収・利用方法を検討するだけでなく、新たな資源利用システムに必要な産業構造を分析する必要がある。環境省が策定しているプラスチック資源循環戦略では、2035年までに使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル等によって有効利用することを目指しているが、現在、どのプラスチックがどのような性状で、どの産業・消費者から排出されているのかは十分には明らかにされていない。第5次環境基本計画における地域循環共生圏では、地域資源を活用した分散型エネルギーシステムが1つの柱として位置付けられており、各地域の森林資源の賦存量を特定する研究などは行われているが、その利用にどの程度の規模の林業や木材加工業が必要なのか、また食品廃棄物など産業から排出される資源を活用する場合でも、どの程度の規模のどの産業が地域に存在すれば当該エネルギーシステムが運用可能なのかについては十分に検討されていない。資源利用システムの導入によって生じる産業構造の変化や社会経済への影響を考慮した戦略的な資源回収・利用システムを構築するためには、資源の排出(静脈)と利用(動脈)が他産業の生産構造と連動した分析手法を開発し、その結果を可視化する必要がある。産業の生産構造と廃棄物の排出構造、廃棄物の処理・利用方法を体系的に表したものに廃棄物産業連関表(Waste Input-Output Table: WIOT)がある。WIOTは1年間に家庭やオフィス、産業などから排出される廃棄物量を種類別(紙類、金属類、ガラス、プラスチック類、家電類など)に記載しており、方法別の処理量、再資源化量とその利用先が記載されている。しかしながら、例えば、産業から排出されるプラスチック類は「廃プラスチック類」の1種類であり、燃料としての利用が多くを占める。カスケードリサイクルの観点からは、さらなる再資源化が不可能なエネルギー燃料としての利用よりも、技術的・エネルギー収支的・経済的に適切である場合は製品等への再利用が望ましい。技術システムの社会経済への影響評価を行うためには、資源化された排出物を材料として投入する(新設の)産業の生産活動との連動が必要である。さらに、人口減少やsociety 5.0)などで示される社会変革によって産業構造が変化し、排出される資源量が変化することも検討する必要がある。戦略的な資源回収・利用システムの構築への提案を行うためには、WIOTの拡張が必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「社会経済への影響や変革を考慮した上で、技術的・環境的に適切な資源回収・利用システムとは何か?」という問いに対して、資源の排出構造および利用システムの産業・社会経済への影響を分析するための手法を開発し、その結果を可視化することにより、戦略的な資源回収・利用システムの構築に資する提案を行うことである。

この目的は以下の2つの段階に分けられる。

(1) 重要資源の排出構造の特定および戦略的な資源回収システムへの提案

重要資源の排出について、排出部門・消費者の生産・消費水準との関係を明らかにすることにより、資源回収のターゲットを明らかにするだけでなく、人口減少や技術・社会変革による資源量の変化などを分析し、戦略的な資源回収システムへの提案を行う。

(2) 重要資源利用技術の導入による産業構造・社会経済への影響分析および技術評価

重要資源の利用技術を導入した場合の、資源排出部門への付加価値配分、資源利用部門の材料投入による波及影響、国内資源から生産される製品の増加による付加価値創出構造の変化⁷⁾、バージン材の代替によるバージン材供給部門およびその材料部門への負の波及影響などを分析し、社会経済的観点から利用技術の評価を行う。

本研究は、各産業部門や消費者の生産・消費活動と排出物(資源)の排出構造を結びつけ、生産や消費活動の変化による資源排出量の変化を分析できるだけでなく、静脈(排出)と動脈(利用)を有機的に結び付けることにより、排出量(静脈)の変化による利用技術(動脈)への影響や、排出物(静脈)を利用した技術(動脈)の社会経済への影響、利用技術(動脈)運用のために必要な排出物(静脈)の供給量とそのために必要な生産水準および波及影響などを分析可能である点で独自性および創造性がある。社会経済への影響や変革を考慮した戦略的かつ効果的な資源利用システムの構築に資する研究である。

3. 研究の方法

本研究の目的達成のためには、資源の排出構造(静脈)と財・サービスの生産構造(動脈)の連関関係を体系的に示し、それぞれの変化による波及影響を分析可能とする「静脈と動脈が連動した」手法の開発が必要であり、以下のフェーズ、項目によって構成される。

(1) 重点分析対象とする重要資源についての調査

今後の技術開発の観点、環境負荷低減や地域循環共生圏の観点、希少性の観点などから、特に重点的な分析が必要な重要資源を、政府や官公庁の資源戦略や専門家へのヒアリングから特定する。

(2) 重要資源の排出構造についての調査

(1)で特定した重要資源が、どの産業・最終消費者からどのような性状で排出されるのか、各産業・最終消費者の生産額・消費額と排出量との関係とともに調査を行う。この調査には、一般廃棄物処理実態調査結果や産業廃棄物排出・処理状況調査などの各種統計、専門家や企業へのヒアリング、文献調査を基に行う。

(3) 重要資源の利用技術の調査および利用部門の選定

(1)で特定した重要資源の利用技術システムについて、文献調査や専門家へのヒアリングを基に特定し、資源の供給先となる資源利用部門の選定および投入構造を作成する。例えば、森林資源(木製品部門から排出)の供給先としての木質バイオマス発電の投入構造は、再生可能エネルギー部門拡張産業連関表などを参考に作成し、バージン材の代替としてリサイクル材が利用され、既存製品が生産される場合は、当該製品の生産部門の投入構造を参考にバージン材とリサイクル材の利用によって異なる部分を調製する。

(4) 資源の排出構造(静脈)と利用構造(動脈)を連動させる分析手法の開発

WIOTを拡張し、仮想的な資源の供給部門(各部門・消費者からマイナス計上で供給)と、利用部門を作成することにより、静脈と動脈を連動させる分析手法の開発を行う。

(5) 資源の回収・利用システムの分析(2),(3)の調査結果の(4)への適用

(2),(3)での調査結果を(4)の手法を用いて分析することにより、2の(2)で示したような資源回収・利用システムの社会経済性の評価を行う。

(6) 社会経済システムの変革による資源排出量への影響分析のケーススタディ

人口減少や技術・社会経済システムの変革による産業の投入産出構造、最終消費者の消費額の変化を設定し、それによる資源排出量の変化や(5)の社会経済性の変化を分析する。

(7) 分析結果の可視化

物質のフローを体系的かつ視覚的に表すマテリアルフロー分析(Material Flow Analysis: MFA)や、価値の流れを視覚的に表す構造経路分析(Structural Path Analysis: SPA)などを用いて、分析結果を可視化することにより、資源のフローやその変化への理解を助け、専門家やステークホルダーとの議論に活用する。

4. 研究成果

上記の研究の方法に沿って、下記の研究を行った。

(1)~(3) 今後の技術開発、環境負荷低減や地域循環共生圏、希少性や価格変動の観点などから、特に重点的な分析が必要な重要資源を地域の産業や行政の観点からヒアリングを行い、またそれらの資源が、どの産業・最終消費者からどのような性状で排出されるのかの調査を統計データやヒアリング等から行った。

(4),(5)資源が排出される部門と使用する部門を産業連関表に組み込んだ表と分析手法の開発を行った。具体的には、鉄屑や非鉄金属屑などの部門を参考に静脈側を表現し、また各資源の再生プロセスの調査を行い、バージン資源のみを活用する部門と再生資源のみを活用する部門を動脈側に作成することで表現を行った。

(6)技術変革による使用資源や使用量の変化や再生材の使用率によって社会経済に与える影響についてのケーススタディを行った。

(7) 分析結果について、物質のフローを体系的かつ視覚的に表すマテリアルフロー分析や、価値の流れを視覚的に表す構造経路分析など、分析結果を可視化する分析体系を整備した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shoma Fujii, Yuko Oshita, Yasunori Kikuchi, Satoshi Ohara	4. 巻 16
2. 論文標題 Estimation of Relative Resource Circulation for Heat Exchangers Using Material Flow Analysis for Air Conditioners	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 737-746
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 5. 尾下優子、江欣樺、佐野友紀、山木亜由美、竇毅、堀啓子、菊池康紀、福士謙介
2. 発表標題 地域の産業構造とエコロジカルフットプリントの関係性：都道府県別の分析例
3. 学会等名 第18回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 尾下優子
2. 発表標題 ビヨンド・“ゼロカーボン”を目指す技術・地域設計：地産地消エネルギーによる地域経済循環の考え方
3. 学会等名 第9回電子デバイスフォーラム京都（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西澤孝行、半田陽一、米田聡、方琦、小原聡、尾下優子、藤井祥万、菊池康紀
2. 発表標題 業務用空調機における製造段階の環境負荷に関するホットスポット分析
3. 学会等名 第17回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 尾下優子、兼松祐一郎、菊池康紀、
2. 発表標題 基礎自治体レベルの地域産業連関表の作成と直接・間接GHG排出量の分析
3. 学会等名 第19回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 白新田佳代子、尾下優子
2. 発表標題 地域特性を考慮した新素材・新技術導入の社会経済的影響評価方法の検討
3. 学会等名 第19回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------