

Environment Research and Technology Development Fund

## 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

行政報告データ等の活用による自治体レベルの  
物質循環分析手法の開発と応用

(3-1704)

平成29年度～令和元年度

Material Flow Analysis of Prefectures to Promote Sound Material Cycles by Use of Data in  
Official Reports Collected for Waste Management

〈研究代表機関〉  
早稲田大学

〈研究分担機関〉  
立命館大学  
国立研究開発法人国立環境研究所

令和2年5月

## 目次

I. 成果の概要	1
1. はじめに（研究背景等）	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発の方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた主な成果	
6. 研究成果の主な発表状況	
7. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	16
II-1 電子マニフェストデータ等を活用した廃棄物3Rと産業連携の分析 （早稲田大学）	16
要旨	
1. はじめに	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
II-2 一般廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した廃棄物フロー分析 （立命館大学）	33
要旨	
1. はじめに	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
II-3 産業廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した 産業廃棄物等の広域物流の要因分析 （国立研究開発法人国立環境研究所）	49
要旨	
1. はじめに	
2. 研究開発目的	

- 3. 研究開発方法
- 4. 結果及び考察
- 5. 本研究により得られた成果
- 6. 国際共同研究等の状況
- 7. 研究成果の発表状況
- 8. 引用文献

III. 英文Abstract

..... 62

## I. 成果の概要

課題名 3-1704 行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析手法の開発と応用

課題代表者名 近藤 康之 (早稲田大学政治経済学術院教授)

研究実施期間 平成29～令和元年度

研究経費(累計額) 56,440千円(研究経費は間接経費を含む)  
(平成29年度:19,132千円、平成30年度18,176千円、令和元年度:19,132千円)

本研究のキーワード 地域循環圏、地域循環共生圏、物質フロー分析、廃棄物産業連関分析、真のリサイクル率、廃棄物の広域物流

### 研究体制

- (1) 電子マニフェストデータ等を活用した廃棄物3Rと産業連携の分析(早稲田大学)
- (2) 一般廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した廃棄物フロー分析(立命館大学)
- (3) 産業廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した産業廃棄物等の広域物流の要因分析(国立研究開発法人国立環境研究所)

### 1. はじめに(研究背景等)

天然資源に乏しい我が国においては、廃棄物等の3Rの一層の進展が不可欠である。その実現のために、環境省により3R推進政策が進められている。とくに、我が国の循環型社会形成推進基本計画(以下、循環基本計画)においては、資源循環の態様と、資源循環の促進に向けた取組に関する諸指標が取り上げられ、資源生産性、循環利用率、最終処分量をはじめとする主要指標に対しては、システム分析(産業連関分析と物質フロー分析を含む)に基づいて目標値が設定されている。

資源循環の促進においては、一般廃棄物の処理が自治体の責任で行われることに限らず、地域の果たす役割は大きい。そのことに対応して、既に第1次循環基本計画から「地域における循環型社会」の形成が明記されていた。さらに、第2次循環基本計画の「地域循環圏」、第4次循環基本計画の「地域循環共生圏」へと発展し、地域と資源の特性に応じて資源循環等を促進する取り組みがなされている。また、地域循環共生圏は、第4次循環基本計画において取組の柱の1つにあげられており、地域の果たす役割は大きくなっている。

地域循環共生圏形成の進展については、共通の指標を一律にすべての地域に適用することが適当でない場合も考えられる。しかし、地域循環共生圏形成の流れをさらに進めるためには、地域における廃棄物等の循環によって低減される環境負荷や、地域産業で創出される所得・雇用などを指標として定量的な分析を行うことが望ましい。さらに、国・自治体による政策一般について、科学的エビデンスに基づく意思決定が求められていることから、自治体において廃棄物処理計画や循環基本計画を策定する際にも、産業連関分析と物質フロー分析のように、経済活動と廃棄物等の物質フローを明示的に考慮したシステム分析を実施することが望まれる。しかし、そのようなシステム分析の実施は、先進的な取り組みを行っている一部の自治体を除いて、容易ではない。

システム分析の実施には、それに適したデータベースの開発が不可欠である。我が国においては、適

正な廃棄物マネジメントの実施を目的とした様々な行政報告の制度があり、膨大なデータが蓄積されている。産業廃棄物のマニフェスト（産業廃棄物管理票）、産業廃棄物と一般廃棄物の多量排出事業者による実績報告などが、その例である。ただし、これらの行政報告データは、本来の廃棄物マネジメントの目的には部分的に活用されているものの、自治体におけるシステム分析には十分に利用されてこなかったと言えよう。

## 2. 研究開発目的

本研究は、自治体におけるシステム分析には十分に利用されてこなかった行政報告データ等を活用して、自治体（主として県）レベルの物質循環分析手法を開発するものである。

本研究では、3つのサブテーマごとに物質循環分析手法を開発し、事例研究のためのデータベースを構築したうえで、全体を統括するモデル分析には、廃棄物等のフローを明示した産業連関分析（廃棄物産業連関分析）の手法を応用する。これにより、環境と経済の好循環に対して、文字通り環境（環境負荷の低減）と社会経済（地域産業における所得・雇用の創出）に関するエビデンスを示し、地域循環共生圏の形成に貢献することが期待される。さらに、既に自治体において蓄積されている行政報告データ等を活用することにより、多額の経費のかかる新たな調査を実施することなく、若干の変更だけで各都道府県に適用可能な手法を提案し、地域循環共生圏の形成に貢献することを全体の研究開発目的とする。

研究開発目的を達成するため、3つのサブテーマごとの研究開発目標を次の通りとする。サブテーマ（1）では、行政報告データ等を活用した産業連関分析に基づく物質フロー分析のためのデータベースを構築する。とくに、産業廃棄物多量排出事業者報告、マニフェスト報告、経済センサスのデータを活用してデータベースを構築する。さらに、各サブテーマで構築されたデータベースを統合して構築したデータベースを利用して、廃棄物等のフローを明示した産業連関分析を実施する。ヒアリングを行うなど自治体と連携して、産業連関分析に基づいて地域に応じた施策を検討する。サブテーマ（2）では、様々なデータを用いて、自治体の処理・再資源化ルートを経由しない未把握の一般廃棄物量およびそのリサイクル量を推計するための手法を開発する。ケーススタディーを実施して、一般廃棄物統計におけるリサイクル量・リサイクル率と比較し、一般廃棄物統計では見えていない取り組みを評価する。サブテーマ（3）では、産業廃棄物多量排出事業者報告、マニフェスト報告データ、処分実績報告データを用いて、産業廃棄物の品目毎に、中間処理による質変換および位置データも含めた廃棄物フローデータベースを構築する。また、廃棄物の物流に大きな影響を与えている指標に関する調査を実施して、産業廃棄物が広域移動する要因を分析する。

## 3. 研究開発の方法

### （1）電子マニフェストデータ等を活用した廃棄物3Rと産業連携の分析

都道府県における廃棄物処理計画と循環基本計画は、地域の特性を考慮して作成されているものの、上で述べたようなシステム分析の実施は、先進的な取り組みを行っている一部の自治体を除いて、容易ではないと考えられる。そこで、都道府県における政策ニーズを確認するため、都道府県における廃棄物処理計画および循環基本計画の策定状況、そこで採用されている指標などについて調査した。図1.1.1の右図に示した実績値と目標値の関係は、都道府県における詳細なシステム分析の利用がさらに普及すれば、現状よりも地域の特性に応じた目標値を設定し、計画の着実な実施の進む可能性を示唆していると言えよう。

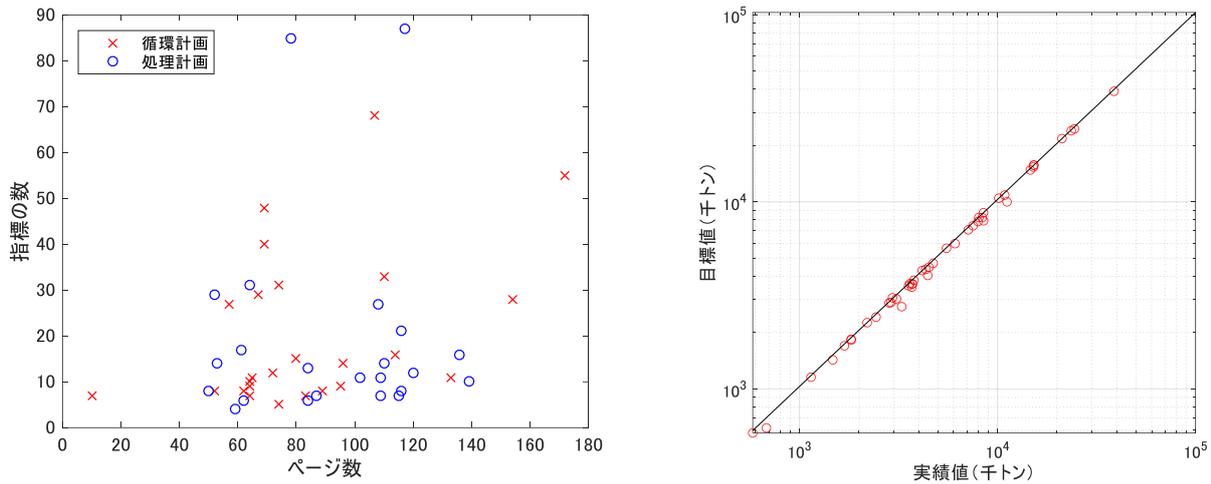


図1.1.1 都道府県の循環基本計画と廃棄物処理計画の分量と産業廃棄物排出量の目標値  
右図中の直線は目標値=実績値×103%の場合をあらわす。

地域産業連関分析の実施においては、地域内のサプライチェーンのみを遡及する方法ではなく、県境を跨ぐ取引や廃棄物等の移動を明示的に考慮するために、地域間産業連関表を推計する必要がある。推計のイメージは、図3.1.2に示した通りである。標準的な方法では、屑・副産物の取扱が適切になされない恐れがあることから、それに必要な自給率、移入率、輸入率などを検討し、必要に応じて新しい推計手法を構築する。

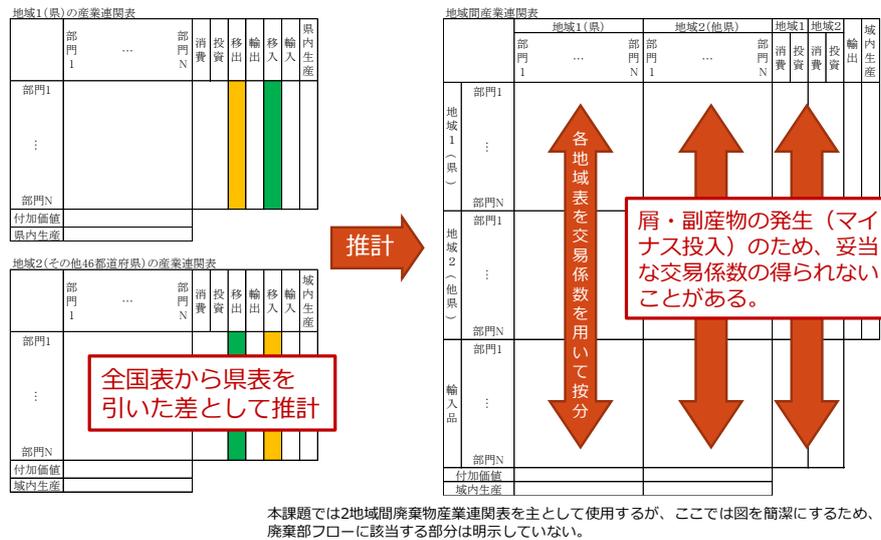


図3.1.2 地域産業連関表および地域間産業連関表の雛型

廃棄物のフローを把握するために、産業廃棄物処理計画書および処理計画実施状況報告書を有効に活用する。これらは、多量排出事業者（廃掃法による定義は、前年度の産業廃棄物の発生量が1,000トン以上または特別管理産業廃棄物の発生量が50トン以上である事業場を設置している事業者）により自治体（都道府県・政令市）に提出され、インターネットの自治体サイトで公表されている。事業者が提出する文書の様式には汎用スプレッドシート用の電子ファイルが活用されることもあるが、自治体により公表される計画書・実施状況報告書はPDF形式の電子ファイルであり、そのまま数値データとして分析に活用することができない状況である。そのため、インターネットで公表されている計画書と実施状況報告

書のファイルをダウンロードして、分析に必要な項目の電算化を行う。他の事業所レベルデータとのマッチングに利用することを考慮して、事業場の名称、所在地、業種、従業員数、活動量の電算化を行う。さらに、廃棄物の種類、処理項目別の数量等の電算化を行う。

産業連関表に対応した廃棄物フローを推計するためには、排出事業者の業種に関する情報を活用する必要がある。表3.1.1に示す2通りの方法を比較検討して利用する。

表3.1.1 産業部門別、廃棄物種類別の排出量推計方法の特徴

推計方法	品目・業種の詳細さ	利用できる事業所数
事業所レベルデータのマッチングによる方法	金額按分により、品目ごとの原単位を推計可	マッチングにおけるロスの（マッチしない事業所がある）ため、一部のデータしか利用できない。
事業所による行政報告データを組み合わせた積み上げ法	1つの事業所が対応する1つの業種よりも詳細化することは困難	業種の不明な事業所のデータを除いて、すべての事業所のデータを利用できる。

## (2) 一般廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した廃棄物フロー分析

一般廃棄物の処理・再資源化ルートには表3.2.1のようなものがあるが、家庭系のうち「市町村による回収」や「自治会等による集団回収」、事業系のうち「市町村による回収」については、その数量が把握されているものの、家庭系のうち「小売業者による店頭回収」「再資源化業者による回収」「資源ごみの抜き取り」、事業系のうち「再資源化業者による回収」「産業廃棄物への混入」については、その数量が未把握の状況にある。これら未把握の一般廃棄物フローの推計方法を整理するとともに、より適切な推計方法を提案し、これをいくつかの自治体(滋賀県、福島県、山形県、横須賀市)に適用して未把握の一般廃棄物フローを含めたリサイクル率(真のリサイクル率)を推計した。また、この推計をもとに通常のリサイクル率と真のリサイクル率の違いを考察して一般廃棄物統計では見えない取り組みを評価するとともに、推計方法の課題を整理した。表3.2.2に提案した推計手法の概要を示す。なお、「資源ごみの抜き取り」(未把握③)については、近年、多くの自治体でこの抜き取り行為を規制していること、推計の不確実性が高いことから、本研究では推計対象としない。

表3.2.1 一般廃棄物の処理・再資源化ルート

種類	処理・再資源化ルート		状況
家庭系	行政	市町村による回収	把握
	民間	自治会等による集団回収	把握
		小売業者による店頭回収(紙パック、食品トレイ、PETボトル、缶、瓶等)	未把握①
		再資源化業者による回収(古紙、家電製品等)	未把握②
		資源ごみの抜き取り	未把握③
事業系	行政	市町村による回収	把握
	民間	再資源化業者による回収(古紙、食品廃棄物等)	未把握④
		産業廃棄物への混入	未把握⑤

表3.2.2 提案した推計手法の概要

表3.2.1の状況	項目	概要	主要なデータ
未把握①	小売業者による店頭回収量	店頭回収実績の標本を用いて、店頭回収が行われている店舗の売り場面積で拡大推計	店頭回収の実績標本、協力店舗売り場面積
未把握② 未把握④	再資源化業者による回収量(古紙)	新聞と折込広告については、全国における新聞と折込広告の古紙回収量を対象地域の新聞の販売部数で按分推計/雑誌については、対象地域の販売部数に重量原単位、全国古紙全体の回収率を乗じて推計/その他の古紙については、事業系を対象に業種	新聞の販売量・回収量、事業所の資源化原単位

		別の資源化原単位に対象地域の従業員数を乗じて推計(新聞・雑誌・産廃を除く)	
未把握④	再資源化業者による回収量(食品廃棄物)	全国の業種別の食品廃棄物の資源化量に対象地域の従業員数で案分推計	食品廃棄物統計
未把握④	再資源化業者による回収量(事業系)	対象地域の事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告を集計	事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告
未把握⑤	産廃に混入した事業系一廃の排出量・再資源化量	対象地域の産業廃棄物多量排出事業者報告を集計	産業廃棄物の多量排出事業者報告

### (3) 産業廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した産業廃棄物等の広域物流の要因分析

2015年度の福島県について、排出者の自己処理の情報がある多量排出事業者実施状況報告書、委託処理の量と移動の情報に詳しい産業廃棄物管理票交付状況報告書及び電子マニフェスト登録等状況報告書、ならびに中間処理における物質変換の情報が特徴的な処分実績報告書を使用し、ある事業場から排出される、ある種類の産業廃棄物が、中間処理を経由して質変換し、最終処分または再生利用されるまでの域内外の流れ、すなわち産業廃棄物フローを図3.3.1の構造の中に整理し、産業廃棄物フローデータベースを構築して、輸送距離とフロー量の関係を分析した。エラーチェックは複数報告書にある同一事業場のデータを相互比較することで行った。

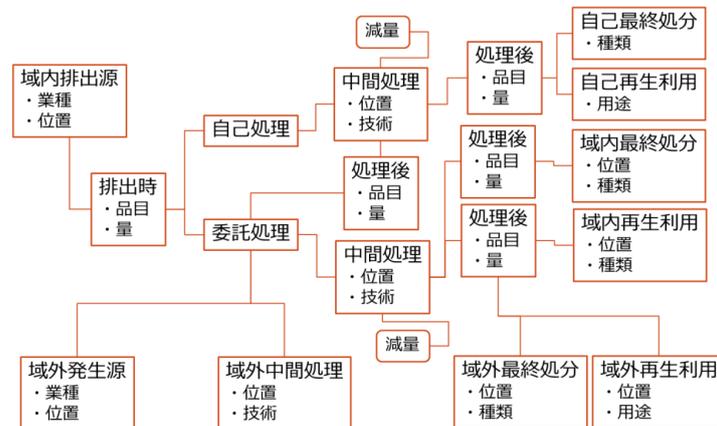


図3.3.1 産業廃棄物フローの構造

排出事業者と処分業者の位置情報が詳細に登録されているマニフェストデータより、アスファルト、コンクリート、木くず(抜根を除く)、廃プラスチック類(廃タイヤ、発泡スチロールを除く)の廃棄物フローを整理し、排出事業場と処理処分施設間の輸送距離を計測するとともに、産業廃棄物フローデータベースと突合して中間処理の技術情報等を、市販のデータベースと突合して処理処分施設の受入料金を付加して、輸送距離と処理料金の関係を分析した。

## 4. 結果及び考察

### (1) 電子マニフェストデータ等を活用した廃棄物3Rと産業連携の分析

地域産業連関表を推計する従来の方法では、適切に屑・副産物を取り扱えないことが確認されたため、新たな手法を開発した。その手法のイメージを図4.1.2に示す。我が国の産業連関表において、屑・副産物のフローがマイナス投入方式で計上されている。また、国産品と輸入品の区別も含めて、日本全国の産業連関表については、図4.1.2のように10のレイヤーに分解することができる。都道府県の産業連関表については、同様のレイヤーに分割するための情報は利用できないため、全国表のレイヤー間の構造を真似て10のレイヤーの初期値を推計する。

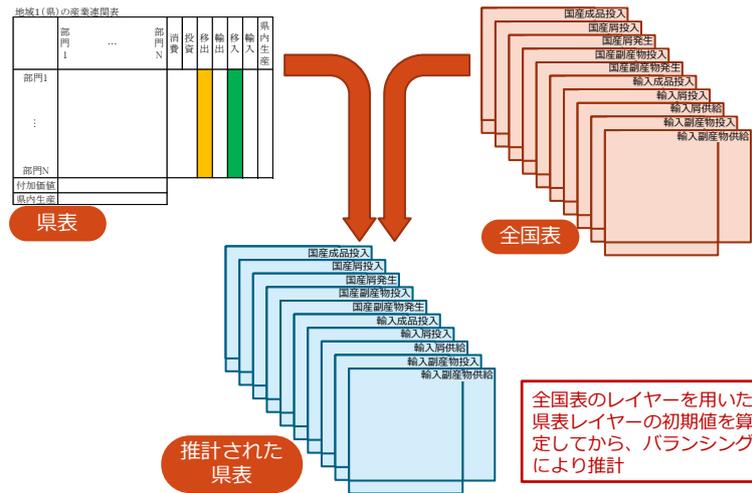


図4.1.2 県レベルの産業連関表の国産品・輸入品と屑・副産物のレイヤー推計のイメージ

多量排出事業者による報告データに基づいて、産業廃棄物の排出に関するデータベースを構築した。一部の業種を抽出することで、当該業種の特徴を把握することができる。図4.1.5は、食料品製造業の約600事業所を抽出したものである。全業種合計の場合と同様に、排出量において大きな割合を占める汚泥が、委託量においては相対的に小さな割合であることが確認できる。汚泥に次いで委託量が大きいのは食料品製造業の場合は動植物性残さである。個々の事業所のデータが公開されていることから、排出量、従業者1人あたり排出量、製造品出荷額あたり排出量などの分布をみることも可能である。図4.1.6は、排出量と委託量の分布を示したものである。このような分布を検討することにより、回答エラーチェックに役立つ場合がある。分析に際して、さらに業種分類を詳細化する必要性を検討することも可能である。また、このような分布の情報を公表することで、事業者に対してベンチマークを提供し、さらなる排出抑制などを促すことにも活用できると考えられる。

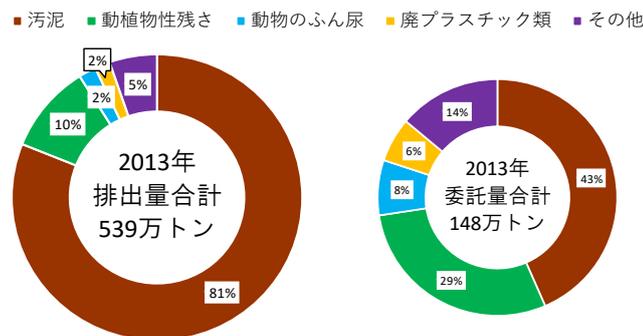


図4.1.5 食料品製造業（多量排出事業者）の産業廃棄物排出量と委託量

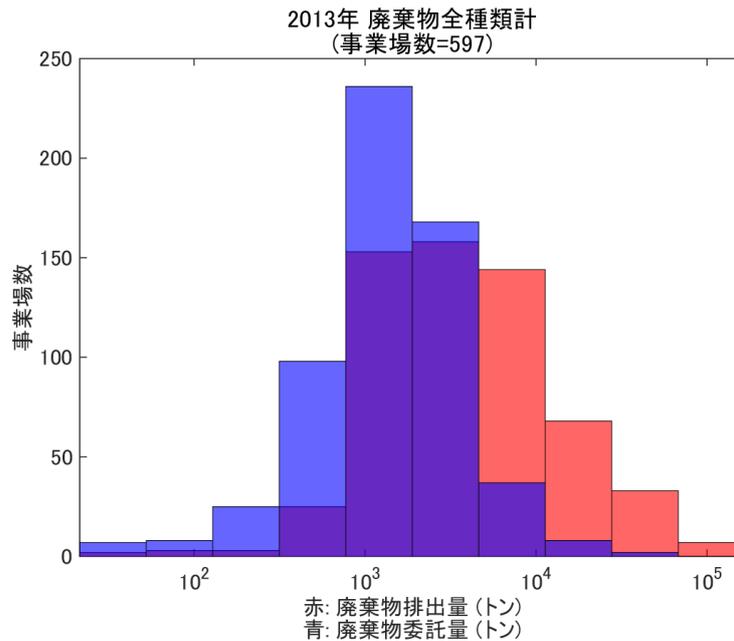


図4.1.6 食料品製造業（多量排出事業者）の産業廃棄物排出量と委託量の分布

構築したデータベースを活用して地域物質フロー分析を行うに際して、とくに廃棄物処理計画または循環基本計画のための目標値の設定に活用することを念頭に置いて、モデル分析の手順を構築した。まず、推計した産業連関表に対して、国の目標値の一部を近似するための補正を行う方法を検討した。これは、主要な取り組みに関する定性的な情報に基づくものである。同様の取り組みをあらかじめ補正を県の表に対して実施した結果は、地域の特性に応じた目標値の候補として活用することができる。

## （２）一般廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した廃棄物フロー分析

滋賀県及び福島県を対象とした一般廃棄物の再資源化総量の推計結果、及び真のリサイクル率の推計結果を図4.2.1～図4.2.4に示す。データの利用可能性から推計年度や推計対象範囲が各自治体により異なる点に留意されたい(滋賀県については注釈を記す)。滋賀県については、2009～2014年度における再資源化総量は170～180千ton/年と推計され、微減した後微増する結果となった(図4.2.1)。また、産業廃棄物への混入(再資源化量)を除く再資源化総量のうち、未把握の資源化量(小売業者による店頭回収量、再資源化業者による回収量)の割合は約50%と推計され、対象期間中において大きな変化はなかった(図4.2.1)。産業廃棄物への混入(再資源化量)を含む場合も同様である。未把握の再資源化量のうち、古紙(小売業者による店頭回収量の古紙、再資源化業者による回収量(古紙))が9割弱を占め、近年、小売業者による店頭回収量の古紙が顕著に増加していた。また、真のリサイクル率は現行のリサイクル率を約13%上回る結果となった(図4.2.2)。未把握の古紙の回収量とその要因であるが、古紙の回収総量に占める未把握の回収量の割合が大きく変化しなかったことから、真のリサイクル率の推移も現行のリサイクル率の推移ともほぼ同じ傾向を示した。なお、2014年にリサイクル率が上昇しているのは、ある自治体で中間処理後再生利用量が増加したためである。福島県については、再資源化総量自体に大きな変化の傾向はなかったが、未把握の再資源化量の割合は上昇傾向となった(図4.2.3)。また、現行のリサイクル率は約14%であるが、真のリサイクル率はこれを10%程度上回る結果となった(図4.2.4)。2016年度にやや減少した現行のリサイクル率に対し、真のリサイクル率はやや上昇となり、未把握の一般廃棄物フローを把握する重要性が示唆された。

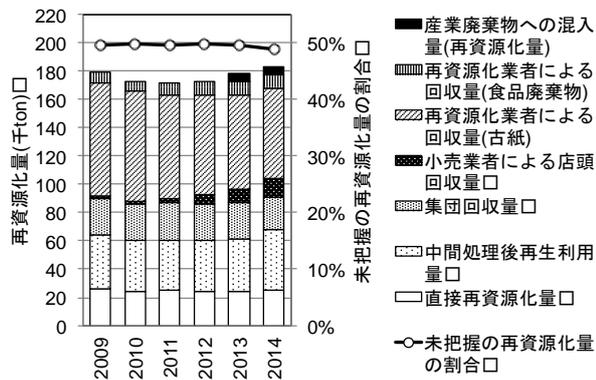


図4.2.1 一般廃棄物の再資源化総量の推計結果(滋賀県)

注1)「産業廃棄物への混入量(再資源化量)」は2013～2014年度のみ。

注2)「未把握の再資源化量の割合」は、産業廃棄物への混入量(再資源化量)を除く。

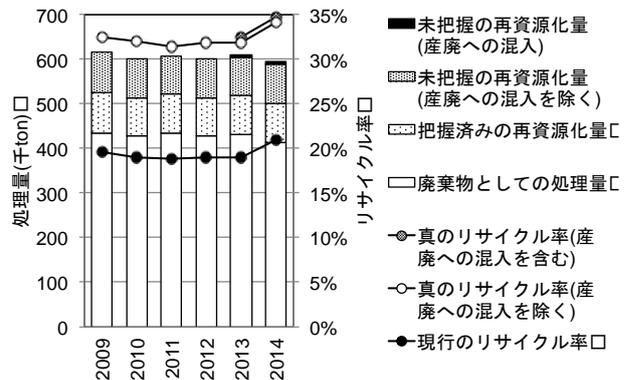


図4.2.2 一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果(滋賀県)

注)2013～2014年度の「廃棄物としての処理量」には、産業廃棄物への混入量のうち廃棄物として処理した量を含む。

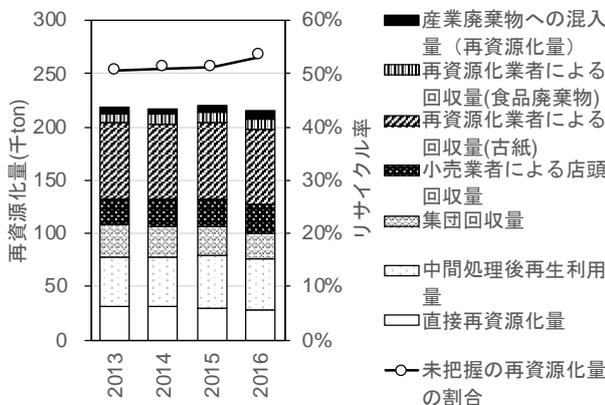


図4.2.3 一般廃棄物の再資源化総量の推計結果(福島県)

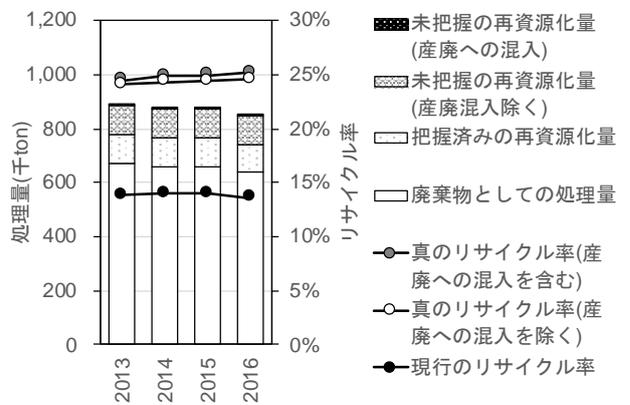


図4.2.4 一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果(福島県)

以上のような県レベルでのケーススタディーに加え、より小さな行政単位である横須賀市についても検討を行った。同市については、事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告の情報を活用した。なお、「小売業者による店頭回収量」及び「再資源化業者による回収量(古紙)」のうち家庭系古紙の回収量については、市レベルで利用可能なデータがないことから推計を行っていない。図4.2.5に再資源化業者による回収量(事業系古紙及び食品廃棄物)の集計結果を示す。段ボールの量が非常に大きく、新聞・雑誌と段ボールの再資源化率はほぼ100%であった。一方、OA紙、その他の紙類の再資源化率はそれぞれ、30%、40%程度、厨芥類の再資源化率は10%以下であった。これを一般廃棄物処理実態調査のデータに追加し、図4.2.6に一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果を示す。現行のリサイクル率は30数%でやや減少傾向にあるが、真のリサイクル率はこれを5～6%上回り減少傾向は明確に見られない結果となった。発生量が減少傾向にある中で、未把握の再資源化量に大きな変化がないためである。横須賀市についても、未把握の一般廃棄物フローを把握する重要性が示唆された。

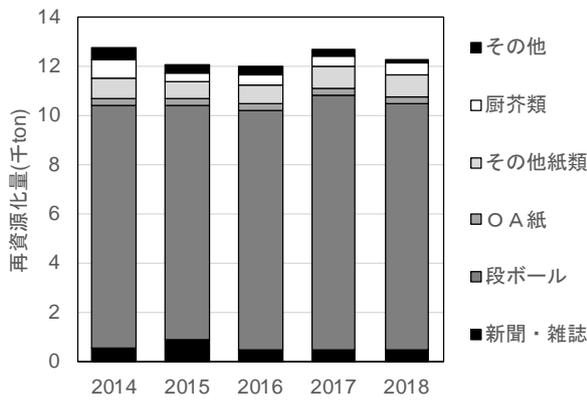


図4.2.5 再資源化業者による回収量の集計結果(横須賀市)

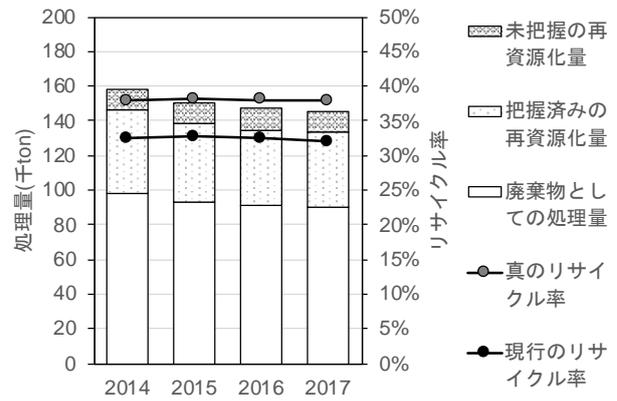


図4.2.6 一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果(横須賀市)

いくつかのケーススタディーを踏まえ、本研究で提案した手法は概ね多くの自治体で適用可能と判断された。なお、以下のような点が課題・留意点としてあげられる。

- ・ 小売業者による店頭回収量については、小売業者からのデータ提供が課題である。集団回収補助金と同様の制度で、小売業者からのデータ回収を制度化することも一案と考えられる。
- ・ 再資源化業者による回収量(古紙)については、家庭系の段ボールやその他の古紙が考慮できていない状況であり、その点で過小推計となっていると考えられる。
- ・ 再資源化業者による回収量(食品廃棄物)については、全国推計の再資源化量を従業員数で按分しているが、47都道府県における報告量との比較検証も必要である。
- ・ 産業廃棄物への混入については、産業廃棄物の一般廃棄物への混入(事業系の廃プラスチックなど)という逆の状況もあり、それとのバランスも重要である。紙くずについては再資源化業者による回収量(古紙)と一部二重推計の可能性もある。
- ・ 一般廃棄物の多量排出事業者報告が、複数の自治体で事業者の活動量データも含めて活用できれば、都道府県レベルでの未把握の一般廃棄物フローの推計をさらに拡張することが可能である。

### (3) 産業廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した産業廃棄物等の広域物流の要因分析

表4.3.1に処分実績データとして整備された廃棄物各品目の委託処理のフローの数と廃棄物量を示す。フローの数としては廃プラスチック類、がれき類、金属くず、ガラス陶磁器くず、木くずが1万件を超えて多い。フローの量としてはがれき類が約200万トンと最大であり、主に火力発電所から排出されるばいじんが約150万とこれに続く。

表4.3.1 処分実績データにおける廃棄物品目のフロー数と廃棄物量

	全体		県内→県内		県内→県外		県外→県内	
	フロー数	廃棄物量(t)	フロー数	廃棄物量(t)	フロー数	廃棄物量(t)	フロー数	廃棄物量(t)
燃え殻	303	154,254	173	64,789	54	62,481	76	26,984
汚泥	7,679	330,901	3,486	185,120	2,016	90,802	2,177	54,979
廃油	8,412	52,184	3,479	14,489	1,693	15,335	3,240	22,360
廃酸	2,413	64,346	489	3,044	708	10,987	1,216	50,315
廃アルカリ	2,773	38,345	714	13,898	1,135	20,608	924	3,839
廃プラ	35,474	217,069	30,279	125,589	3,535	35,198	1,660	56,282
紙くず	5,325	7,563	5,135	5,203	170	1,098	20	1,263
木くず	14,129	267,119	13,541	196,142	440	56,252	148	14,725
繊維くず	1,503	1,803	1,463	1,699	38	102	2	2
動植残さ	192	20,972	136	14,459	48	3,166	8	3,347
ゴムくず	5	9	5	9	0	0	0	0
金属くず	18,085	36,713	16,392	31,173	1,091	4,503	602	1,037
ガラスくず	17,322	134,543	14,973	104,113	1,492	15,385	857	15,045
鉱さい	184	122,175	85	25,691	82	91,151	17	5,333
がれき類	20,129	2,033,000	19,008	1,958,269	193	20,323	928	54,409
動物のふん尿	15	6,172	15	6,172	0	0	0	0
動物の死体	371	2,068	0	0	371	2,068	0	0
ばいじん	300	1,483,392	38	143,608	152	1,235,398	110	104,386
感染性廃棄物	5,560	10,309	2,379	4,180	559	602	2,622	5,527
動物固形物	0	0	0	0	0	0	0	0
混合物等	17,902	208,012	16,687	41,692	786	40,850	429	125,470
計	158,076	5,190,949	128,477	2,939,337	14,563	1,706,310	15,036	545,302

図4.3.1に産業廃棄物品目で特徴的移動を示すものをまとめた。9割程度のフローが、廃プラスチック類、木くずでは約200km以内の距離、がれき類、金属くず、動植物性残渣では約100km以内の距離で生じている。木くずは燃料などの資源としての需要があり比重が小さいため、引き合いがあれば遠距離まで移動、同じく比重が小さいプラスチック類は資源需要地と処分地への移動を示している。がれき類や金属くずも再生利用率が高いが、大きい比重が遠距離への移動を阻み、資源価値がより高い金属くずの移動距離が大きい。動植物性残渣は腐敗性のため輸送時間に制限があると考えられる。特別管理産業廃棄物である廃酸については取り扱い施設に限られる場合のフローを表している。以上のように、産業廃棄物の品目毎の地理的なフローは、廃棄物の性状や資源としての需要、処理処分等施設の位置で説明できる。

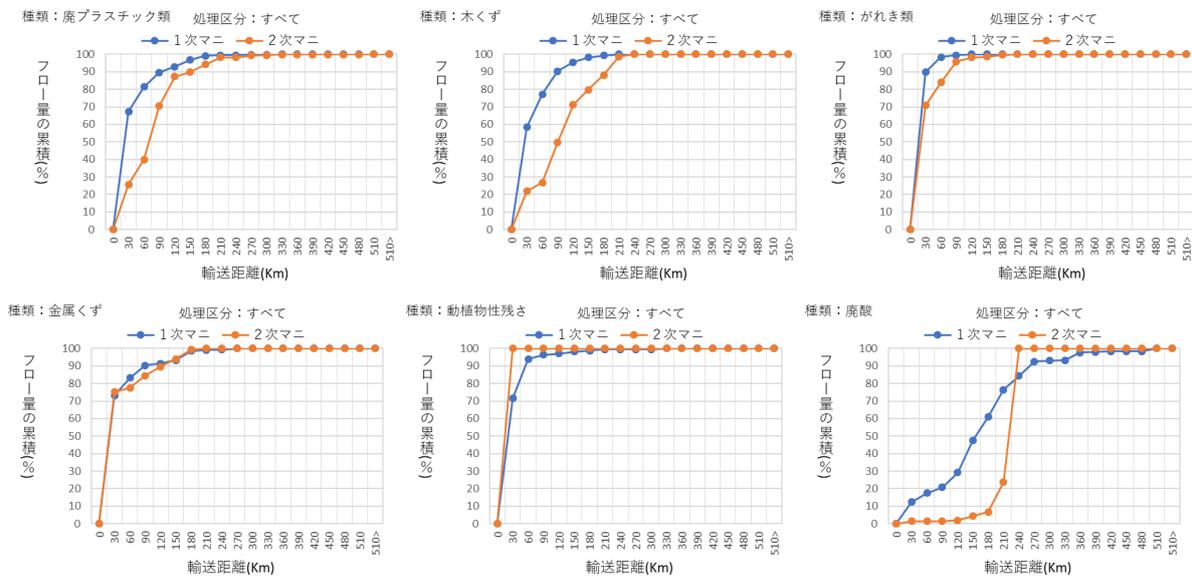


図4.3.1 産業廃棄物品目の輸送距離とフロー量の累積パーセント

表4.3.2 4種類の廃棄物における処理料金の概要

品目	データ数	処理料金 (円/t)				
		最大	最小	平均	中央	標準偏差
アスファルト	47	6,000	500	1,920	1,700	1,131
コンクリート	58	18,000	1,000	2,625	2,150	2,251
木くず	39	54,545	6,000	19,553	17,000	10,157
廃プラ	58	120,000	8,000	42,815	36,072	23,541
計	202	120,000	500	17,269	5,405	22,036

4種類の廃棄物種類の処理料金の概要を表4.3.4に示す。処理料金の平均値はアスファルトで1,920円、コンクリートで2,625円、木くずで19,553円、廃プラスチック類で42,815円である。処理処分施設毎に排出事業場から運ばれてくる一次マニフェストのフローの最大距離を抽出し、この距離を用いて各廃棄物種類の輸送距離と処理料金の関係を図4.3.2に示す。コンクリートでは傾向が明確ではないが、その他の廃棄物の種類においては一定距離以内では処理料金と関係がみられず、一定の距離以上では処理料金は低下してゆくが、処理技術またはそれに付随する再生利用率等には関係がなく、処理先は費用だけで選択されていると考えられる。

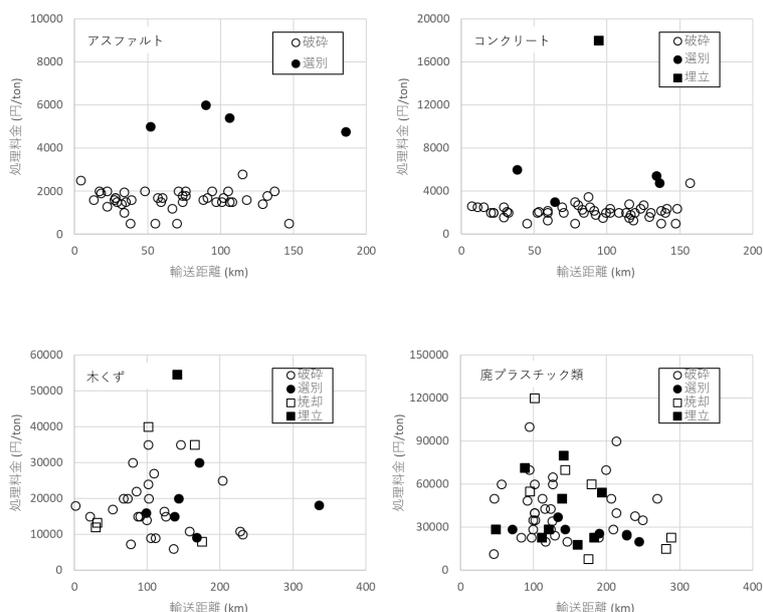


図4.3.2 最大輸送距離と処理料金の関係  
(一次マニフェスト・処理技術別)

#### (4) まとめ：研究開発目標の達成度

サブテーマ1については、産業廃棄物の物質フローデータベース構築のために、産業廃棄物多量排出事業者報告の電算化、およびマニフェスト報告と組み合わせた業種別種別別排出量の推計を実施した。さらに、経済センサス（活動調査）および工業統計の調査票データの二次利用申請を行い、廃棄物に関する製造業の事業場レベルデータとのマッチングを行った。ただし、マッチングの結果をデータベース構築に活用できる事業場数は、廃棄物に関する行政報告データの入手できる事業場総数の6割から7割に留まり、その妥当性に検討の余地の残る拡大推計を避けられないため、当初の予定を変更して、マッチングを必要としない手法を採用して産業廃棄物の産業部門別種別別排出量に関するデータベースを構築した。さらに、各サブテーマで構築されたデータベースを統合して、地域間廃棄物産業連関分析に必要なデータベースを構築した。また、自治体へのヒアリングを行い、本研究で実施する物質フロー分析と産業連関分析に対するニーズの確認を行った。構築したデータベースを利用して、地域に応じた廃棄物処理計画および循環基本計画の目標値の検討に活用するために、地域産業連関分析の手順を構築した。以上については、当初の研究開発目標を達成した。目標に挙げていた、さらなる自治体との連携（ニーズの掘り起こし、目標値の検討以外の施策検討）、および他の自治体で活用するためのツール等の開発は今後の課題である。なお、地域産業連関表推計のための従来の手法に、改善すべき問題点が見つかったため、それを解決した新たな推計手法を開発した。この点については、当初の目標以上の成果が得られた。

サブテーマ2については、様々なデータを用いて、自治体の処理・再資源化ルートを経由しない未把握の一般廃棄物量およびそのリサイクル量（小売業者による店頭回収量、再資源化業者による回収量、産廃に混入した事業系一廃の排出量・再資源化量）を推計するための手法を提案した。また、複数の自治体でケーススタディーを実施し、そのリサイクル率が一般廃棄物統計におけるリサイクル率を最大で10数%上回ること、自治体によっては一般廃棄物統計のリサイクル率が減少傾向にあるにもかかわらず推計したリサイクル率が上昇傾向となること等を示した。提案した手法は概ね多くの自治体で適用可能と判断され、研究開発目標を達成したが、一般廃棄物の多量排出事業者報告を活用して拡大推計を行うには、事業者の活動量データが必要であり、今後の課題である。

サブテーマ3については、福島県における2015年度の多量排出データ、マニフェストデータならびに処分実績データを用いて、各排出事業所から発生した産業廃棄物を、品目毎に、中間処理による質変換（す

なわち品目の変化)を組み入れ、最終処分または再利用先までの物流を紐付けしたフローデータを編集した。フローデータの起点、中間点、ならびに終点には位置データを付属させた。廃棄物の物流に大きな影響を与えている指標のうち、地域差や市場変動の大きい処理料金の調査を実施した。廃棄物フローについて、広域移動の実態と費用を比較して、福島県において産業廃棄物が移動する経済的要因を分析した。以上は当初の目標を達成した。目標に挙げていた、複数年度における廃棄物フローの変化や地域によるフローの特徴の分析、ならびに再生利用に向かうフローの再生利用用途と買取価格をデータベースに取り込んだ移動要因の分析については今後の課題である。

## 5. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

- ・ 本研究で提案した地域産業連関表の推計手法は、屑・副産物がマイナス投入方式で扱われている我が国の産業連関表の特徴に適切に対応したものであり、資源循環を扱うものに限定せず、また地域産業連関分析に限定せず、競争移輸入型の産業連関表(域内製品の購入と域外製品の購入が区別されていない産業連関表)全般に適用可能である。従来の推計手法の問題点を解決したものであることから、広く利用されることが期待される。
- ・ 産業連関表に対応した廃棄物フローについて、多量排出事業者による報告データ等を有効に活用して、従来よりも詳細な業種分類の情報を利用した推計方法を構築した。これに地域間産業連関分析の手法を適用することにより、地域に応じた廃棄物処理計画や循環基本計画における目標設定に貢献する可能性を示した。
- ・ これまで一般廃棄物の統計データでは把握されていなかった廃棄物のフローが整理されるとともに、これを推計する手法が提示されたことにより、その把握が一定程度可能となった。これにより、より実態に近い一般廃棄物フローのデータを提供できるようになった。また、こうしたデータを活用することにより、より実態に近いリサイクル率の算出、行政が関与しない廃棄物フローの情報に基づく政策の立案が可能となった。
- ・ 既存の行政情報を用いて、物質フローを分析する際に必須となる産業廃棄物の移動や処分、質変換の情報を包括的に格納したデータベースを構築する方法を示し、福島県においてそれを実践した。また、このデータベースを処理料金等の経済情報とリンクさせることにより、産業廃棄物の委託処理市場を分析する手法を示した。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

- ・ 環境省の「平成31年度第五次環境基本計画(循環型社会部分)、第四次循環型社会形成推進基本計画に係るフォローアップ及び平成32年版「循環型社会白書」作成支援等業務」(みずほ情報総研受託)の一環として、日本や欧州のリサイクル率に係る実態の調査、推計事例の整理が実施され、真のリサイクル率の考え方についてヒアリングを受けるとともに、推計結果が報告書に掲載された(p.277及び添付資料8-18)。
- ・ 本研究で示した手法の一部は、福島県、滋賀県、和歌山県、岩手県、静岡県において産業廃棄物処理計画等に用いる産業廃棄物統計の作成に活用されている。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ 環境省による循環基本計画の策定および進捗点検をはじめとして、産業連関表は広く活用されているため、本研究で提案した推計手法が活用されることが見込まれる。
- ・ 本研究で提案した手法を用いて、国の計画・基本方針に沿いながら、地域に応じた計画策定・目標設定をすることが望まれる。

- ・ 本研究で提案した手法を用いて、国や自治体が未把握の一般廃棄物フローを推計し、より実態に近いデータに基づき、政策の評価や新たな政策の議論をすることが望まれる。
- ・ 本研究で整理した未把握の一般廃棄物フローの表(表1.2.1)等を用いて、廃棄物の把握範囲を明確にし、リサイクル率の適正な国際比較に向けた議論を展開することが望まれる。
- ・ 廃棄物フロー情報を経済情報等とリンクさせる手法は、公共関与による産業廃棄物の処理処分施設の設置や、より経済性の高い再生利用用途への誘導、ならびに不適正な移動の監視に有効である。

## 6. 研究成果の主な発表状況

### (1) 主な誌上発表

<査読付き論文>

- 1) S. NAKAMURA and Y. KONDO: Resour. Conserv. Recycl. (139), 326-332 (2018)  
Toward an Integrated Model of the Circular Economy: Dynamic Waste Input-Output
- 2) E. DIETZENBACHER, B. VAN BURKEN, and Y. KONDO. Econ. Syst. Res. (31, 4), 505-519 (2019)  
Hypothetical Extractions from a Global Perspective
- 3) 渡辺梓、長野朝子、立尾浩一、橋本征二：廃棄物資源循環学会誌、Vol.30、pp.62-72 (2019)  
未把握の一般廃棄物フローの推計方法と真のリサイクル率：滋賀県の事例研究

### (2) 主な口頭発表（学会等）

- 1) Y. KONDO: Indian Conference on Life Cycle Management (ILCM 2017), New Delhi, India (2017)  
Promoting Circular Economy Strategies of Regions through Hybrid Input-Output Analysis (口頭発表)
- 2) 谷畑佑典、佐々木貴央、橋本征二：第13回日本LCA学会研究発表会（2018）  
物質収支をもとにした食品廃棄物量の推計（口頭発表およびポスター発表）
- 3) 渡辺梓、橋本征二：第13回日本LCA学会研究発表会（2018）  
一般廃棄物のリサイクル率の再定義～民間回収ルートによる再資源化量の推計（口頭発表およびポスター発表）
- 4) 近藤康之、橋本征二、山田正人：第13回日本LCA学会研究発表会（2018）  
企画セッション「行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析の展望」（口頭発表）
- 5) Y. KONDO: Gordon Research Conference on Industrial Ecology 2018, Les Diablerets, Switzerland (2018)  
Promoting Circular Economy Strategies of Prefectural Governments through Waste Input-Output Analysis (ポスター発表)
- 6) Y. KONDO: The 13th International Conference on EcoBalance, Tokyo (2018)  
Promoting Circular Economy Strategies of Regions through Waste Input-Output Analysis (口頭発表)
- 7) Y. KONDO: The 5th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCS) 2019, Bangkok, Thailand (2019)  
Waste Input-Output Analysis of Prefectures in Japan to Promote Sound Material Cycles by Using Data in Official Reports Collected for Waste Management (口頭発表)
- 8) 近藤康之、一杉佑貴：環太平洋産業連関分析学会・早稲田大学現代政治経済研究所廃棄物資源循環研究部会、東京（2018）  
産業連関分析セミナー「廃棄物資源循環の地域産業連関分析」（口頭発表）
- 9) 渡辺梓、立尾浩一、橋本征二：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会、名古屋（2018）  
未把握の一般廃棄物フロー及びそれに基づく真のリサイクル率の推計：滋賀県の事例（ポスター発表）

表)

- 10) 山田正人、立尾浩一、近藤康之：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会、名古屋（2018）  
行政報告データを組み合わせた産業廃棄物フローの整備について（口頭発表）
- 11) 近藤康之、橋本征二、山田正人：第14回日本LCA学会研究発表会、福岡（2019）  
企画セッション「行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析の展望」（口頭発表）
- 12) Y. TANIHATA, F. KRAUSMANN, T. SASAKI, and S. HASHIMOTO: The International Society for Industrial Ecology 6th Asia-Pacific Conference, Qingdao, China (2018)  
Agricultural Biomass Flows in Japan: Assessment by Six Indicators of Material Cycle (ポスター発表)
- 13) A. WATANABE, I. CHEN, H. MA, and S. HASHIMOTO: The 13th International Conference on EcoBalance, Tokyo (2018)  
Genuine Recycling Rates of Municipal Solid Waste: Comparing Japan and Taiwan (ポスター発表)
- 14) 清圭佑、谷畑佑典、橋本征二：第14回日本LCA学会研究発表会、福岡（2019）  
一般廃棄物中食品廃棄物・食品ロス量の推計と発生抑制・再資源化による効果の検討～滋賀県の事例研究（ポスター発表）
- 15) 谷畑佑典、F. KRAUSMANN、C. LAUK、佐々木貴央、橋本征二：第14回日本LCA学会研究発表会、福岡（2019）  
日本における農業系バイオマスの物質フロー～物質循環の6つの指標による評価（ポスター発表）
- 16) 渡辺梓、橋本征二：第14回日本LCA学会研究発表会、福岡（2019）  
人口減少社会における焼却施設のマネジメント：滋賀県を対象とした分析（ポスター発表）
- 17) Y. KONDO, S. HASHIMOTO, M. YAMADA, Y. ICHISUGI, H. TAKAYABU, A. WATANABE, K. TACHIO, and O. YONEDA: The 10th Conference of International Society for Industrial Ecology, Beijing, China (2019)  
Waste Input-Output analysis of prefectures in Japan to promote sound material cycles by using data in official reports collected for waste management (口頭発表)
- 18) 高藪広隆、立尾浩一、近藤康之：第30回廃棄物資源循環学会研究発表会、宮城（2019）  
産業廃棄物多量排出事業者の実績等報告に基づく廃棄物の物質フロー分析に向けて（口頭発表）
- 19) 山田正人、立尾浩一、近藤康之：第41回全国都市清掃研究・事例発表会、愛知、講演論文集、359-360（2020）  
産業廃棄物の移動要因の分析（口頭発表）
- 20) 近藤康之、橋本征二、山田正人：第15回日本LCA学会研究発表会、東京（2020）  
企画セッション「行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析」（口頭発表。なお、新型コロナウイルスの感染拡大の状況を踏まえて、学会自体は開催中止）
- 21) 原園康作、橋本征二：第15回日本LCA学会研究発表会、東京（2019）  
日本における農業系バイオマスの物質フローの推計～時系列分析（ポスター発表。なお、新型コロナウイルスの感染拡大の状況を踏まえて、学会自体は開催中止）
- 22) H. TAKAYABU, K. TACHIO, O. YONEDA, Y. KONDO: The 6th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCs) 2020, Tsukuba, Ibaraki (2020)  
Possible Full Use of Administrative Records for Material Flow Analysis of Industrial Waste in Japan (口頭発表。なお、新型コロナウイルスの感染拡大の状況を踏まえて、学会自体は開催中止)
- 23) M. YAMADA, K. TACHIO, Y. KONDO: The 6th 3R international Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCs) 2020, Tsukuba, Ibaraki (2020)  
Compilation of Database on Logistics of Industrial Waste Recycling and Disposal in Japan (口頭発表。なお、新型コロナウイルスの感染拡大の状況を踏まえて、学会自体は開催中止)

## 7. 研究者略歴

### 研究代表者

近藤 康之

早稲田大学政治経済学部卒業、博士（社会経済）、現在、早稲田大学政治経済学術院教授

### 研究分担者

1) 橋本 征二

京都大学工学部卒業、博士（工学）、現在、立命館大学理工学部教授

2) 山田 正人

北海道大学工学部卒業、博士（工学）、現在、国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター国際廃棄物管理技術研究室室長

## II. 成果の詳細

### II-1 電子マニフェストデータ等を活用した廃棄物3Rと産業連携の分析

学校法人早稲田大学政治経済学術院

近藤 康之

平成29～令和元年度研究経費（累計額）：26,800千円（研究経費は間接経費を含む）  
（平成29年度：10,295千円、平成30年度：7,698千円、令和元年度：8,807千円）

#### [要旨]

地域循環圏または地域循環共生圏の形成を通して、廃棄物等の排出抑制、有効利用、適正処理、および循環型社会の形成に資するため、都道府県によって廃棄物処理計画、循環型社会形成推進基本計画などが策定されている。国の計画策定と進捗点検においては、物質フロー分析や産業連関分析などを含むシステム分析が適用されているが、都道府県などの地域においては、一部の先進的な取り組みを行っている自治体を除けば、その実施は容易ではないと言えよう。本研究は、産業廃棄物のマニフェスト、多量排出事業者による計画と実施報告など、既に自治体に蓄積されているデータに基づいて物質フロー分析のためのデータベースを構築し、それをシステム分析に応用することによって、地域における廃棄物フローの把握、地域循環共生圏の形成、地域に応じた目標値設定の実現に資することを目的とする。

地域間産業連関分析に必要な産業連関表の推計に際しては、我が国の産業連関表において、屑・副産物の投入と発生が、いわゆるマイナス投入方式で計上されているために、標準的な計算式が妥当でない結果をもたらすことがある。この問題点を解消する新たな地域間産業連関表推計手法を構築した。産業連関表に対応した廃棄物フローの推計については、多量排出事業者による報告データ等を有効に活用して、従来よりも詳細な業種分類の情報を利用した推計方法を構築した。地域間産業連関分析により、地域に応じた目標設定に貢献する可能性を示した。

#### [キーワード]

地域循環圏、地域循環共生圏、物質フロー分析、廃棄物産業連関分析

#### 1. はじめに

天然資源に乏しい我が国においては、廃棄物等の3Rの一層の進展が不可欠である。その実現のために、環境省により3R推進政策が進められている。とくに、我が国の循環型社会形成推進基本計画（以下、循環基本計画）においては、資源循環の態様と、資源循環の促進に向けた取組に関する諸指標が取り上げられ、資源生産性、循環利用率、最終処分量をはじめとする主要指標に対しては、システム分析（産業連関分析と物質フロー分析を含む）に基づいて目標値が設定されている。

資源循環の促進においては、一般廃棄物の処理が自治体の責任で行われることに限らず、地域の果たす役割は大きい。そのことに対応して、既に第1次循環基本計画から「地域における循環型社会」の形成が明記されていた。さらに、第2次循環基本計画の「地域循環圏」、第4次循環基本計画の「地域循環共生圏」へと発展し、地域と資源の特性に応じて資源循環等を促進する取り組みがなされている。また、地域循環共生圏は、第4次循環基本計画において取組の柱の1つにあげられており、地域の果たす役割は大きくなっている。

地域循環共生圏形成の進展については、共通の指標を一律にすべての地域に適用することが適当でな

い場合も考えられる。しかし、地域循環共生圏形成の流れをさらに進めるためには、地域における廃棄物等の循環によって低減される環境負荷や、地域産業で創出される所得・雇用などを指標として定量的な分析を行うことが望ましい。さらに、国・自治体による政策一般について、科学的エビデンスに基づく意思決定が求められていることから、自治体において廃棄物処理計画や循環基本計画を策定する際にも、産業連関分析と物質フロー分析のように、経済活動と廃棄物等の物質フローを明示的に考慮したシステム分析を実施することが望まれる。

平成31年3月までに調査したところ、国の第3次循環基本計画（平成25年5月閣議決定）に対応するものとして、全47都道府県のうち19都道府県において、平成27年3月から平成29年3月までに循環基本計画が作成されていた。このうち北海道、福島県、愛知県のみにおいては循環基本計画とは別に廃棄物処理計画も作成されているのに対して、他の16都道府県においては廃棄物処理計画が循環基本計画の一部として作成されていた。図1.1.1の左図に、各県の計画の分量（ページ数）と指標の数についてまとめた。指標の数は10程度の計画が多い中で、90近い指標を採用している例もあった。同じ時期に作成された県の廃棄物処理計画における指標も含めても、資源生産性や循環利用率を採用しているのは北海道、秋田県、宮崎県のみであった。他方、ほとんどの都道府県において、一般廃棄物と産業廃棄物の別に、排出量および最終処分量に目標値を定めていた。図1.1.1の右図に、46都道府県の計画に記された産業廃棄物最終処分量の実績値と目標値の分布を示した。廃棄物処理法に基づく当時の国の基本方針における次期目標量（平成32年度）が「増加を約3%に抑制」であったため、実績値より3%大きい値、またはそれに近い切りの良い値を目標値としたのは、46都道府県のうち8県であり、実績値と同じ値を目標値としたのは5県であった。廃棄物処理計画と循環基本計画は、都道府県において地域の特性を考慮して作成されているものの、上で述べたようなシステム分析の実施は、先進的な取り組みを行っている一部の自治体を除いて、容易ではないと考えられる。図1.1.1の右図に示した実績値と目標値の関係は、都道府県における詳細なシステム分析の利用がさらに普及すれば、現状よりも地域の特性に応じた目標値を設定し、計画の着実な実施の進む可能性を示唆していると言えよう。

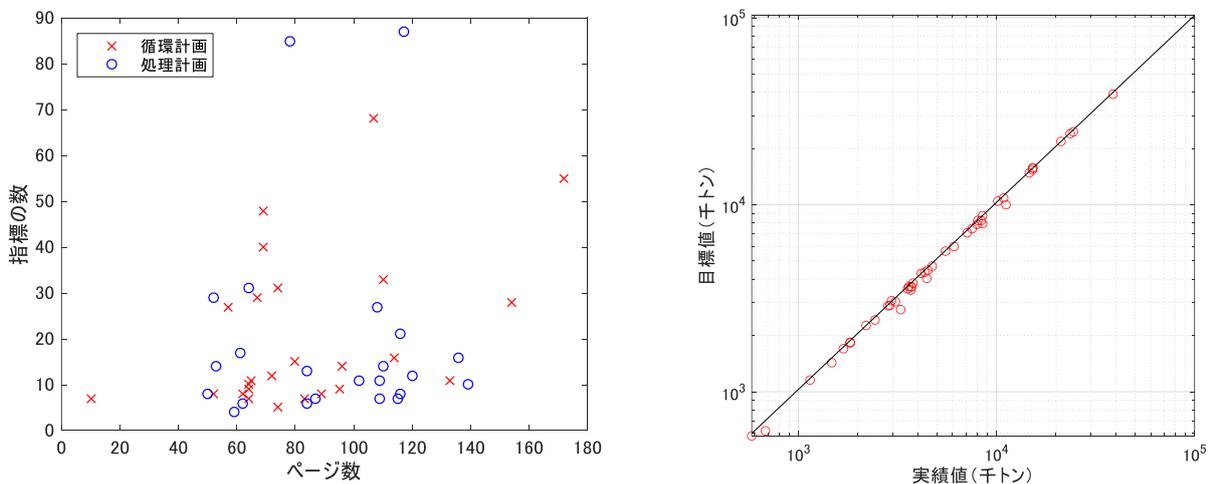


図1.1.1 都道府県の循環基本計画と廃棄物処理計画の分量と産業廃棄物排出量の目標値  
右図中の直線は目標値＝実績値×103%の場合をあらわす。

システム分析の実施には、それに適したデータベースの開発が不可欠である。我が国においては、適正な廃棄物マネジメントの実施を目的とした様々な行政報告の制度があり、膨大なデータが蓄積されている。産業廃棄物のマニフェスト（産業廃棄物管理票）、産業廃棄物と一般廃棄物の多量排出事業者による実績報告などが、その例である。ただし、これらの行政報告データは、本来の廃棄物マネジメントの目的には部分的に活用されているものの、自治体におけるシステム分析には十分に利用されてこなか

ったと言えよう。

## 2. 研究開発目的

本研究は、自治体におけるシステム分析には十分に利用されてこなかった行政報告データ等を活用して、自治体（主として県）レベルの物質循環分析手法を開発するものである。

本研究では、3つのサブテーマごとに物質循環分析手法を構築したうえで、全体を統括するモデル分析には、廃棄物等のフローを明示した産業連関分析（廃棄物産業連関分析）の手法を応用する。これにより、環境と経済の好循環に対して、文字通り環境（環境負荷の低減）と社会経済（地域産業における所得・雇用の創出）に関するエビデンスを示し、地域循環共生圏の形成に貢献することが期待される。さらに、既に自治体において蓄積されている行政報告データ等を活用することにより、多額の経費のかかる新たな調査を実施することなく、若干の変更だけで各都道府県に適用可能な手法を提案し、地域循環共生圏の形成に貢献することを全体の研究開発目的とする。

全体の研究開発目的に加えて、サブテーマ（1）では、行政報告データ等を活用した産業連関分析に基づく物質フロー分析のためのデータベースを構築する。とくに、産業廃棄物多量排出事業者報告、マニフェスト報告、経済センサス等のデータを活用してデータベースを構築する。経済センサス等の経済活動に関するデータについては、調査票データの二次利用申請を行い、廃棄物に関する事業場レベルデータとのマッチングを行い、データベース構築に活用する。さらに、各サブテーマで構築されたデータベースを統合して構築したデータベースを利用して、廃棄物等のフローを明示した産業連関分析を実施する。ヒアリングを行うなど自治体と連携して、産業連関分析に基づいて地域に応じた施策を検討する。

## 3. 研究開発方法

環境と経済に関するエビデンスを示して地域循環共生圏の形成に貢献するために、本研究全体を統括するモデル分析として、廃棄物フローを明示した産業連関分析（廃棄物産業連関分析）<sup>1)</sup>の手法を応用した分析を行う。図3.1.1に廃棄物産業連関表の雛型を示す。図中の「廃棄物純排出」は廃棄物の排出量から資源化量をひいた差をあらわす。

		動脈部門		処理部門		最終需要部門			国内生産
		部門 1	部門 N	処理 1	処理 K	消費	投資	輸出	輸入
動脈部門	部門 1								
	部門 N								
廃棄物純排出	廃棄物 1								
	廃棄物 M								
付加価値									
国内生産									
環境負荷	負荷 1								
	負荷 L								

単位：百万円

		廃棄物	
		廃棄物 1	廃棄物 M
処理部門	処理 1		
	処理 K		

単位：トン

廃棄物産業連関表                      廃棄物・処理対応表

図3.1.1 廃棄物産業連関表の雛型<sup>2)</sup>

廃棄物フローに関するデータベース開発については、産業部門（動脈部門、処理部門）別および廃棄物種類別の排出量と資源化量の推計、および廃棄物・処理対応表（資源化されずに処理される廃棄物量を種類別、処理部門別に整理した表）の推計を実施する必要がある。これらのうち、廃棄物・処理対応表の推計については、サブテーマ（3）の成果を活用して実施することが可能である。サブテーマ（1）においては、サブテーマ（2）およびサブテーマ（3）の成果を活用しながら、産業部門別および廃棄物種類別の排出量と資源化量の推計を実施する。その詳細について以下で述べる。さらに、本研究全体を統括するモデル分析に必要な、地域間産業連関表の推計方法についても以下で述べる。

### 3.1 地域間産業連関表の推計

総務省および都道府県により公表された産業連関表のうち、研究期間1年目の平成29年度中に入手可能な最新の産業連関表は、日本全国については平成23年（2011年）産業連関表であり、本研究で主な分析対象とする福島県については平成23年（2011年）および平成25年（2013年）の産業連関表が利用可能であった。屑・副産物の発生および投入に関する詳細な情報を有効に活用するために、平成23年（2011年）産業連関表を主たるデータとして使用することとした。本研究における廃棄物フローに関するデータベース整備の対象年を平成27年（2015年）とするため、平成23年（2011年）産業連関表に基づいて、平成27年（2015年）の地域間産業連関表を簡易な方法で推計して利用することとした。

都道府県により公表されている産業連関表は、いわゆる  $\{I - (I - M - N)A\}^{-1}$  型のレオンチェフ逆行列による経済波及効果の分析（サプライチェーンの遡及計算）に用いられることが多い。ここで、 $I$  は単位行列、 $M$  は輸入係数行列（商品ごとの県内需要に占める輸入品の割合を並べた対角行列）、 $N$  は移入係数行列（商品ごとの県内需要に占める移入品の割合を並べた対角行列）である。行列  $(I - M - N)A$  は、県内生産額あたりの県産品投入額をあらわす投入係数行列の推定値である。したがって、遡及計算の対象は県内のサプライチェーンに限定され、各産業部門における生産・所得・雇用は県内で生じるもののみが計算の対象である。すなわち、いわゆる跳ね返り効果（県内→県外→県内という経路で誘発される県内生産への効果）は分析の対象外である。県境を跨いで行われる廃棄物等の物流・広域移動も対象外であるため、 $\{I - (I - M - N)A\}^{-1}$  型のレオンチェフ逆行列によるサプライチェーンの遡及計算は、本研究で採用する手法としては適当でない。そこで、遡及するサプライチェーンの範囲を1つの県から日本全体へと広げ、かつ県内と県外における生産活動を区別して算定するため、分析対象としている県を1つの地域、その他の46都道府県をまとめて1つの地域とした2地域間表を作成して、地域間産業連関分析の手法を応用する。

地域産業連関表および地域間産業連関表の雛形を図3.1.2に示す。同図左上の地域1（県）の産業連関表は、分析対象の県により公表されたものを利用する。図左下の地域2（その他46都道府県）の産業連関表は、日本全国の産業連関表から地域1の産業連関表を引いた差として求めることとした。ただし、全国表には移出と移入は計上されていないため、地域1からの移出は地域2への移入（図中のオレンジ色部分）であり、逆に地域1への移入は地域2からの移出（図中の緑色部分）であるという関係に基づいて求める。これら2つの地域の地域産業連関表に基づいて、図右の地域間産業連関表を推計する。

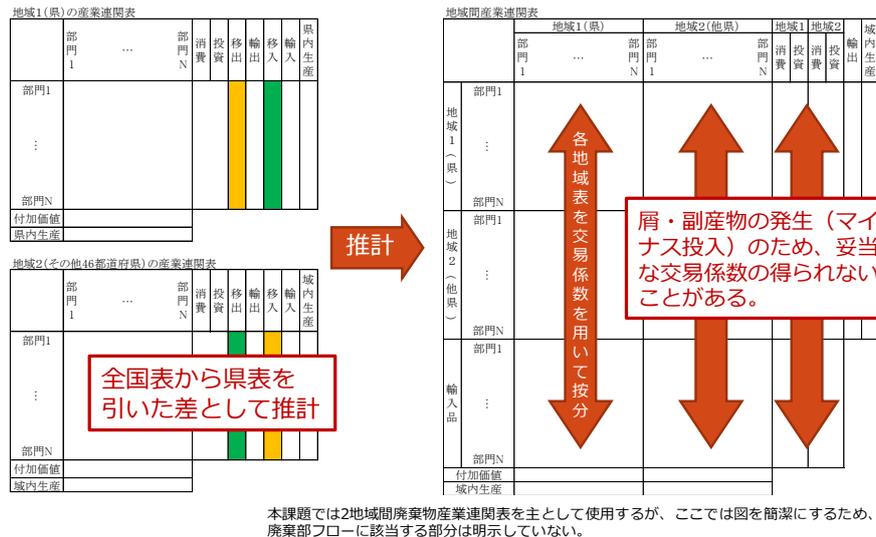


図3.1.2 地域産業連関表および地域間産業連関表の雛型

地域間産業連関表の推計方法は次の通りである。地域1における中間需要額の  $N \times N$  行列を  $Z_1$ 、地域1における移入係数と輸入係数の対角行列（サイズは  $N \times N$ ）をそれぞれ  $N_1$ 、 $M_1$  とする。同様に、地域2に関する行列を定義する。地域間表における中間需要額の行列  $Z$ （サイズは  $3N \times 2N$ ）は、次式に従って推計する。

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \\ Z_{31} & Z_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I - M_1 - N_1)Z_1 & (I - M_2 - N_2)Z_2 \\ N_1Z_1 & N_2Z_2 \\ M_1Z_1 & M_2Z_2 \end{bmatrix}$$

ただし、産業連関表において、屑・副産物の発生が、いわゆるマイナス投入方式で扱われているために、輸入係数と移入係数の分母に該当する商品ごとの域内需要計が正しく計算されないことがある。この問題が顕在化して、輸入係数と移入係数の値が得られない場合には、これを補正して地域間産業連関表を推計する方法を開発して利用する。

### 3.2 産業廃棄物の多量排出事業者報告データの整備

産業廃棄物処理計画書および処理計画実施状況報告書は、多量排出事業者（廃掃法による定義は、前年度の産業廃棄物の発生量が1,000トン以上または特別管理産業廃棄物の発生量が50トン以上である事業場を設置している事業者）により自治体（都道府県・政令市）に提出され、インターネットの自治体サイトで公表されている。事業者が提出する文書の様式には汎用スプレッドシート用の電子ファイルが活用されることもあるが、自治体により公表される計画書・実施状況報告書はPDF形式の電子ファイルであり、そのまま数値データとして分析に活用することができない状況である。そのため、インターネットで公表されている計画書と実施状況報告書のファイルをダウンロードして、分析に必要な項目の電算化を行う。他の事業所レベルデータとのマッチングに利用することを考慮して、事業場の名称、所在地、業種、従業員数、活動量の電算化を行う。さらに、廃棄物の種類、処理項目別の数量等の電算化を行う。

### 3.3 産業部門別・廃棄物種類別の廃棄物排出量・資源化量の推計

産業部門別、廃棄物種類別の排出量を推計するために、2つの方法を検討する。第1の方法として、2種類の事業所レベルデータのマッチングを行う。この方法の概略を図3.1.3に示す。マッチングの対象とする2種類のデータの1つは産業廃棄物に関する事業所レベルデータ（マニフェストデータ、多量排

出事業者の報告データ)であり、もう1つは生産活動に関する事業所レベルデータ(経済センサス(活動調査)、工業統計調査)である。後者の調査票データの二次利用申請を行い、提供を受けた業種を中心に名簿情報(事業場の名称、所在地など)に基づいて2種類の事業所レベルデータのマッチングを行う。

1つの事業所において複数の商品(製品・サービス)が生産されているため、2種類の事業所レベルデータのマッチングを行っても、それだけでは商品別の生産に由来する廃棄物排出量などを推計することはできない。したがって、何らかの追加的な情報または仮定に基づいて、事業所における廃棄物排出量を当該事業所で生産されている複数の商品に按分する必要がある。按分方法としては、事業所ごとに種類別廃棄物排出量を金額按分により商品に割り当てる方法を採用する。例えば製造業であれば、経済センサスと工業統計調査の調査票データから事業所ごとの品目別製品出荷額のデータが得られるため、そのデータを生産額の代理指標と見なして金額按分に利用することができる。この按分方法を適用して得られる事業所別商品別の排出量を、商品ごとにすべての事業所について集計することによって、分析対象地域における商品別の排出量を推計する。さらに、商品別の推計結果を産業部門ごとに商品について集計することによって、部門別排出量を推計する。

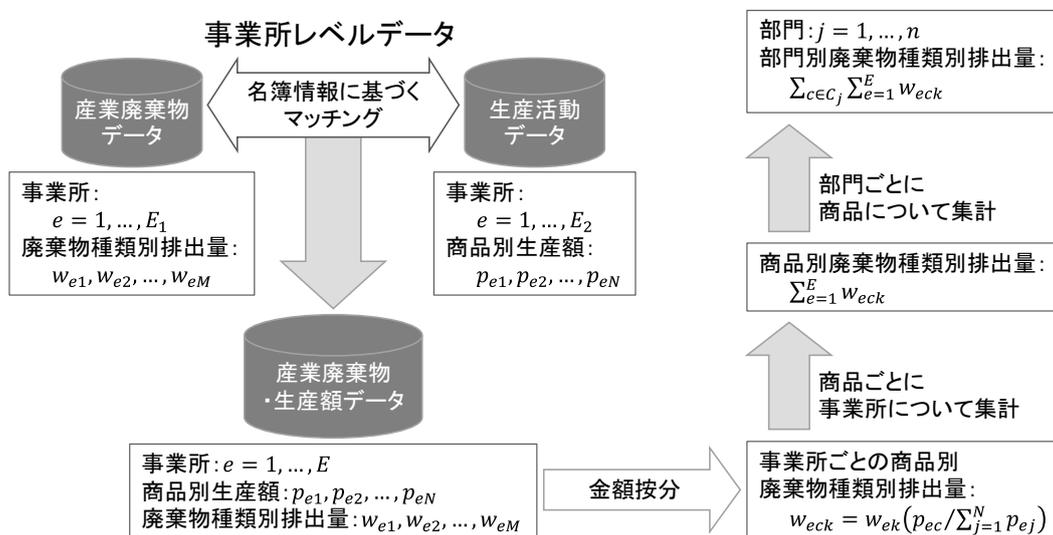


図3.1.3 事業所レベルデータのマッチングと産業部門別廃棄物種類別排出量の推計方法

第2の方法として、産業廃棄物に関する事業所レベルデータ(マニフェストデータ、多量排出事業者の報告データ)から得られる業種の情報を活用して、業種別に産業廃棄物の種類別排出量を積算する。マニフェストからは、排出事業者が廃棄物処理業者、収集運搬業者に委託した量が把握できる。他方、多量排出事業者による報告データからは、自ら処理・資源化した量なども把握できる。相対的に小規模な排出事業者(多量排出事業者でない事業者)について、排出量すべてを処理業者または収集運搬業者に委託すると想定すれば、行政報告データを組み合わせて積算することにより、産業部門別、廃棄物種類別の排出量を推計することができる。

どちらの方法も、仮定に基づく按分による計算が必要である。2つの方法の特徴を表3.1.1に示す。なお、両者に共通して、分析対象県のデータについては、マニフェストなどの非公表データも活用できるのに対して、他県のデータについては、確実に活用できる事業所レベルのデータは、一般に公開されている多量排出事業者による報告データに限られる。

表3.1.1 産業部門別、廃棄物種類別の排出量推計方法の特徴

推計方法	品目・業種の詳細さ	利用できる事業所数
事業所レベルデータのマッチングによる方法	金額按分により、品目ごとの原単位を推計可	マッチングにおけるロスの（マッチしない事業所がある）ため、一部のデータしか利用できない。
事業所による行政報告データを組み合わせた積み上げ法	1つの事業所が対応する1つの業種よりも詳細化することは困難	業種の不明な事業所のデータを除いて、すべての事業所のデータを利用できる。

## 4. 結果及び考察

### 4.1 地域間産業連関表の推計結果

福島県の2011年産業連関表（統合中分類）を用いて地域間産業連関表を推計するため、まず、産業部門ごとの移入率、輸入率、および自給率を算定した。結果を図4.1.1に示す。これらの比率の値は、いずれも0以上1以下で、3つの比率の合計は1に等しいはずである。しかし、銑鉄・粗鋼部門において移入率が1を上回り、自給率が負値となった。したがって、何らかの補正が必要であることが確認された。マイナス投入方式のために、輸入係数と移入係数の分母に該当する商品ごとの域内需要計が過少に算定されたことが主たる原因と考えられる。この問題への簡便な対応策として、次のように輸入率を算定した。まず、比較のために通常の輸入率の式を示す。

$$M_i = \frac{M_i}{D_i}, \quad D_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i$$

ここで、 $M_i$  は商品  $i$  の輸入額、 $D_i$  は商品  $i$  に対する県内需要計、 $z_{ij}$  は部門  $j$  による商品  $i$  への需要、 $f_i$  は部門  $i$  に対する県内最終需要額である。検討した簡便な対応策は、県内需要合計を次のように補正するものである。

$$M_i = \frac{M_i}{D'_i}, \quad D'_i = \sum_{j=1}^n \max\{z_{ij}, 0\} + \max\{f_i, 0\}$$

これにより、需要項目が負値の場合には県内需要計の計算に算定されず、正值の場合にのみ加算され、 $D'_i \geq D_i$  が成り立つ。実際、2011年福島県産業連関表（統合中分類）については、この簡便な方法によって、すべての部門に対して0以上1以下の自給率の値が得られた。

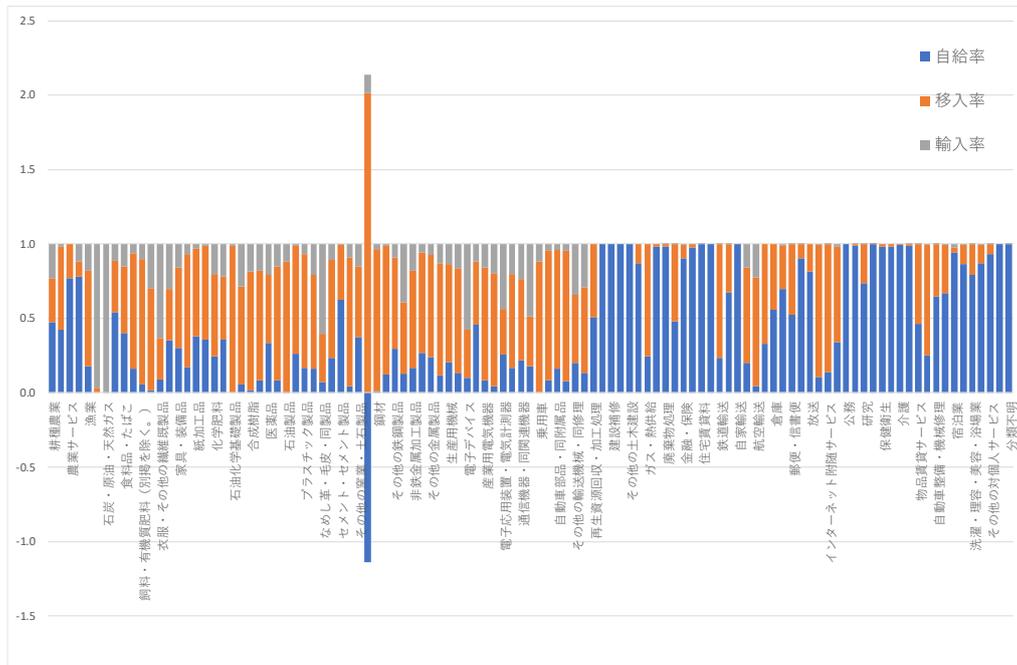


図4.1.1 福島県2011年産業連関表の部門別自給率・移入率・輸入率

ここで検討した簡便な方法の適用可能性を検討するために、他の都道府県の産業連関表についても、同様に自給率等と簡便な方法による値を算定した。その結果、この簡便法を適用した場合でも自給率の値が0より小さいなど、適当な値の得られない事例が見られた。そこで、より汎用性の高い方法を以下の通り開発した。

開発した方法のイメージを図4.1.2に示す。既に述べたとおり、我が国の産業連関表において、屑・副産物のフローがマイナス投入方式で計上されている。また、国産品と輸入品の区別も含めて、日本全国の産業連関表については、図4.1.2のように10のレイヤーに分解することができる。都道府県の産業連関表については、同様のレイヤーに分割するための情報は利用できないため、全国表のレイヤー間の構造を真似て10のレイヤーの初期値を推計する。

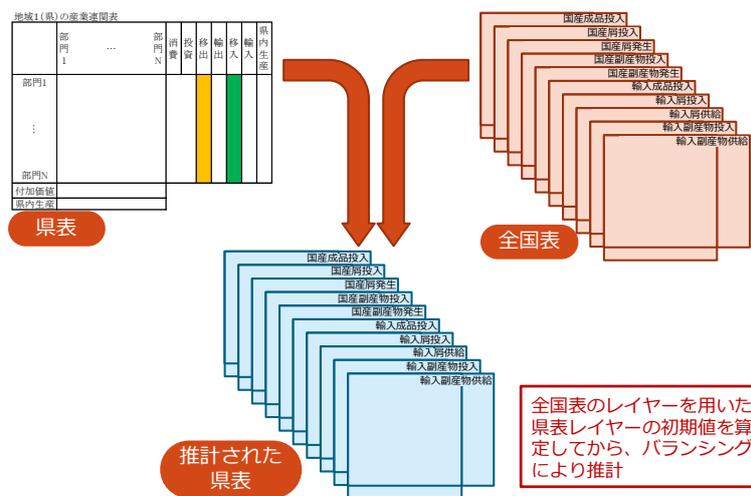


図4.1.2 県レベルの産業連関表の国産品・輸入品と屑・副産物のレイヤー推計のイメージ

レイヤーに分割された産業連関表について、行方向の需給バランスが取れていないため、以下の最適化問題を数値計算により解くことによって、バランスの取れた産業連関表のレイヤーを推計した。

最小化  $SSR_{nz} + \eta SSR_z$

制約 目的関数 1  $SSR_{nz} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} 1\{T_{ij}^{0(l)} \neq 0\} (T_{ij}^{(l)} / T_{ij}^{0(l)} - 1)^2$

目的関数 2  $SSR_z = \eta \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} 1\{T_{ij}^{0(l)} = 0\} (T_{ij}^{(l)})^2$

県産品需給  $\sum_{j \in J} T_{ij}^{(1)} = \sum_{j \in J} T_{ij}^{0(1)} \quad (i \in I)$

輸入品需給  $\sum_{j \in J} T_{ij}^{(6)} = 0 \quad (i \in I)$

層需給  $\sum_{j \in J} (T_{ij}^{(l)} + T_{ij}^{(l+1)}) = 0 \quad (i \in I; l = 2, 4, 7, 9)$

レイヤーの合計  $\sum_{l \in L} T_{ij}^{(l)} = \sum_{l \in L} T_{ij}^{0(l)} \quad (i \in I; j \in J)$

符号条件  $T_{ij}^{(l)}$  と  $T_{ij}^{0(l)}$  の符号は同じ  $(i \in I; j \in J; l \in L)$

ここで、 $T_{ij}^{(l)}$  は産業連関表の第  $l$  レイヤーの  $(i, j)$  要素をあらわす。上付き添字 0 の付されたものは初期値を、付されていないものは変数をあらわす。 $I$  と  $J$  はそれぞれ行番号と列番号の集合である。10のレイヤーは、(1)国産成品投入、(2)国産層投入、(3)国産品層発生、(4)国産品副産物投入、(5)国産品副産物発生、(6)輸入成品投入、(7)輸入層投入、(8)輸入層発生、(9)輸入副産物投入、(10)輸入副産物発生である(図4.1.2)。また、 $\eta = 10^{-6}$  を用いた。得られた推定結果のイメージ(ヒートマップ)を図4.1.3に示す。

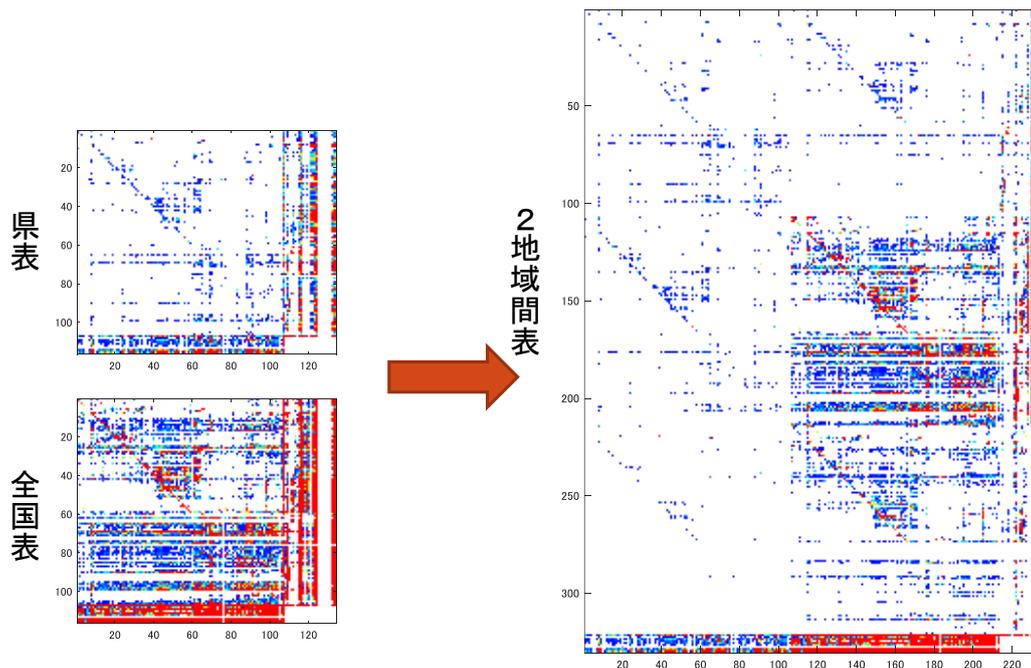


図4.1.3 推定された地域間産業連関表のイメージ(ヒートマップ)

#### 4.2 産業廃棄物の多量排出事業者報告データの整備

都道府県・政令市によりインターネットで公表されている2015年度の産業廃棄物多量排出事業者の報告データ（約17,900社）のファイルをダウンロードして、名簿情報（事業場の名称、業種、所在地、電話番号）の電算化を行った。また、従業員数、活動量、産業廃棄物の種類・処理項目別の数量データの電算化を行った。本研究の準備段階で既に電算化してあった2013年度の資料と合わせて、その概略を以下に示す。

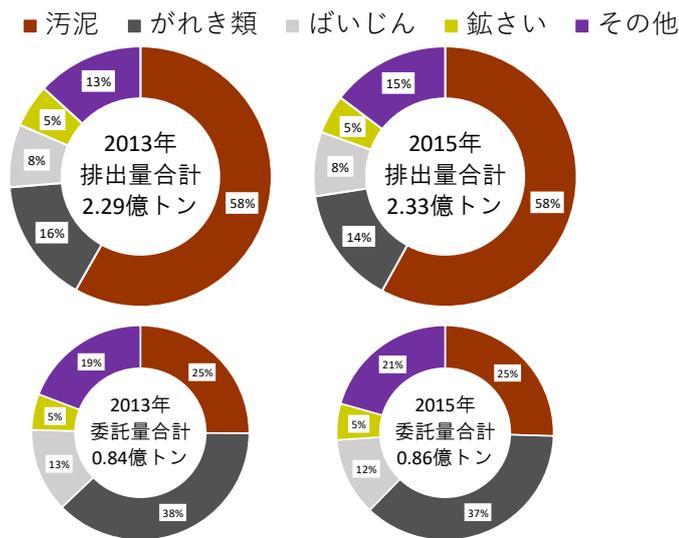


図4.1.4 多量排出事業者による実施報告：種類別にみた産業廃棄物排出量と委託量

多量排出事業者は、事業所の数としては日本全体の1%未満であるが、把握される廃棄物排出量としては約60%であり、うち動物の糞尿を除けば約75%が把握される（ここで、環境省から毎年度公表されている「産業廃棄物の排出及び処理状況」の値を100%として比較した）。図4.1.4に示した通り、排出量については汚泥とがれき類が多いのに対して、委託量で見ると、汚泥は自己処理による減量化率が高いため、相対的に自己処理率の低いがれき類の方が多い。ここで述べた概要については、2013年と2015年の傾向には大きな違いは見られなかった。

さらに、一部の業種を抽出することで、当該業種の特徴を把握することができる。図4.1.5は、食料品製造業の約600事業所を抽出したものである。全業種合計の場合と同様に、排出量において大きな割合を占める汚泥が、委託量においては相対的に小さな割合であることが確認できる。汚泥に次いで委託量が大きいのは食料品製造業の場合は動植物性残さである。個々の事業所のデータが公開されていることから、排出量、従業員1人あたり排出量、製造品出荷額あたり排出量などの分布をみることも可能である。図4.1.6は、排出量と委託量の分布を示したものである。このような分布を検討することにより、回答エラーチェックに役立つ場合がある。分析に際して、さらに業種分類を詳細化する必要性を検討することも可能である。また、このような分布の情報を公表することで、事業者に対してベンチマークを提供し、さらなる排出抑制などを促すことにも活用できると考えられる。

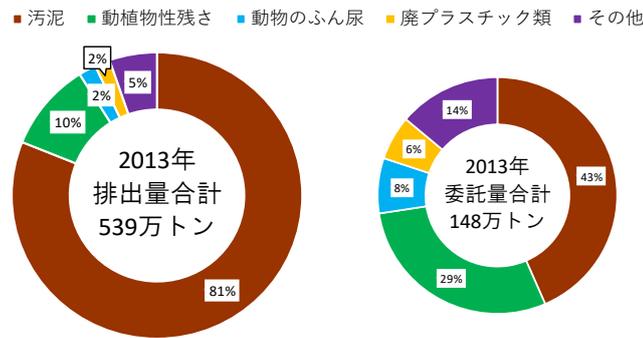


図4.1.5 食料品製造業（多量排出事業者）の産業廃棄物排出量と委託量

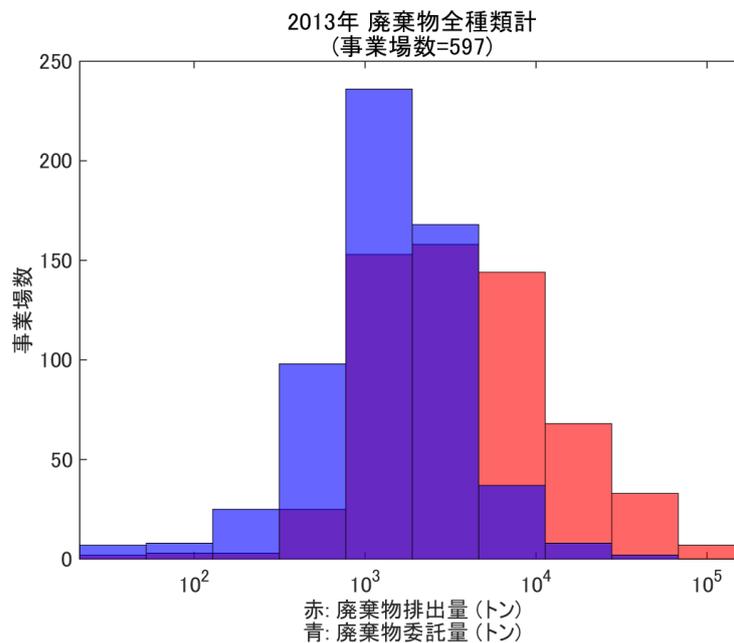


図4.1.6 食料品製造業（多量排出事業者）の産業廃棄物排出量と委託量の分布

図4.1.7および図4.1.8は、上で述べた第2の点を例示するものである。すなわち、まず図4.1.7には、業種分類大分類の3業種について、従業者1人あたりの廃棄物排出量の分布を示した。建設業、製造業、電気・ガス・熱供給・水道業についての分布をみると、横軸は対数目盛であるから、 $10^{-2}$ または $10^{-3}$ のオーダーから、 $10^4$ または $10^5$ のオーダーの範囲で分布していることが分かる。それに対して、図4.1.8には、製造業中分類の3業種について、従業者1人あたりの廃棄物排出量の分布を示した。食料品製造業、化学工業、鉄鋼業の3業種についての分布をみると、 $10^{-1}$ から $10^3$ の範囲で分布している。すなわち、製造業大分類の事業所をまとめて分析するだけでなく、製造業中分類にまで分布を細分化した方が、相対的に散らばりが小さくなっている。事業場レベルで観察される排出原単位は、業種別に集計しても散らばりが大きく、その平均値に従業者数を乗じて拡大推計を行う場合には、より詳細な業種分類を採用すべきである可能性を示唆している。

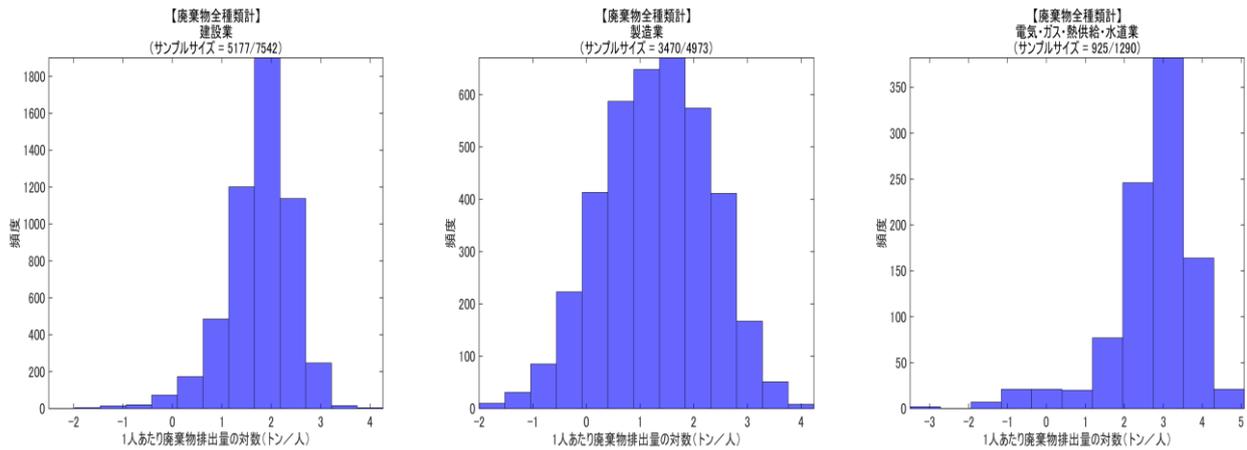


図4.1.7 大分類の建設業、製造業、電気・ガス・熱供給・水道業の従業員1人あたり排出量の分布  
単位：トン／人の常用対数。産業廃棄物多量排出事業者報告データ（2013年度）

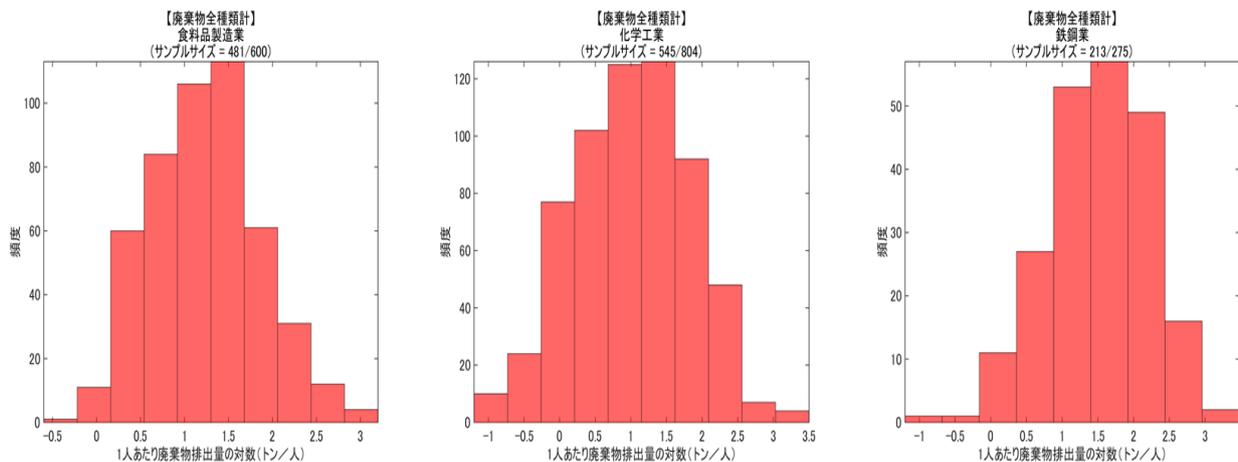


図4.1.8 中分類の食料品製造業、化学工業、鉄鋼業の従業員1人あたり排出量の分布  
単位：トン／人の常用対数。産業廃棄物多量排出事業者報告データ（2013年度）

#### 4.3 産業部門別・廃棄物種類別の廃棄物排出量・資源化量の推計

準備段階において電算化したデータの利用可能であった平成25年度（2013年度）の産業廃棄物多量排出事業者報告データと、二次利用申請を行って提供を受けた同年の工業統計調査（従業員数4人以上の事業所）の名簿情報に基づいてマッチングを行った。その結果、5,000弱の製造業の事業所情報のうち、3,200余りの事業所について、2種類の事業所レベルデータが紐付けられた。紐付けの割合は約65%であり、約35%の事業所については紐付けられないために活用が困難である。製造品出荷額のデータの得られる品目数（6桁分類）は約1,300であった。

このように抽出され、紐付けられたデータベースにおいて、約1,300品目のうち、1つの事業所のみにより出荷された品目が350件以上、2つの事業所のみにより出荷された品目が200件以上であった。したがって、品目別出荷額あたりの廃棄物排出量の推計結果を産業連関分析に活用するとしても、結果の公表に際しては、さらに品目を集計するなどの加工が必要となる。3,200余りの事業所のうち、9品目以上を出荷していた事業所は100件以上であり、20品目以上を出荷する事業所も少数ではあるが存在した。

同様のマッチングを、福島県内の製造業の事業所を対象に実施した。結果の要約を表4.1.1に示す。参考として、数の多い建設業のマニフェスト件数も同表に示した。2011年と2013年のデータを対象としてマッチングを行った結果、マニフェストの60%~70%に経済センサス・工業統計の事業所が紐づけられた。

この割合は、多量排出事業者のデータと工業統計とのマッチングを行った場合と近似している。紐付けられた事業所について、その集団の規模を経済全体（工業統計、経済センサス）と比較すると、事業所数でみると2割弱、出荷額でみても70%余りであった。以上のことから、事業所レベルデータのマッチングによって推計される排出原単位（出荷額あたり排出量、従業員1人あたり排出量など）が仮に妥当なものであるとしても、約35%のマニフェスト等は紐付けられないから、拡大推計が必要と考えられる。

表4.1.1 マニフェストと経済センサス・工業統計とのマッチング結果

項目	2011年	2013年
A: マニフェスト件数	11,596	14,167
B: マニフェスト(建設業)の件数(業種コード:D)	5,253	7,010
C: マニフェスト(製造業)の件数(業種コード:E)	1,213	1,302
D: マッチング件数	774	846
E: マッチング件数(製造業:Eのみ)	731	777
E/C(%)	60.26	59.68
D/C(%)	63.81	64.98
G: 経済センサス・工業統計の事業所数	6,198	3,832
H: マッチングした事業所数	702	732
H/G(%)	11.33	19.10
L: 経済センサス・工業統計における事業所(福島県)の総商品出荷額(万円)	435,285,854	476,250,808
M: マッチングした事業所の総商品出荷額(万円)	323,970,765	369,352,024
M/L(%)	74.43	77.55

以上の検討を経て、マッチングにより情報が失われるとともに、拡大推計の妥当性に検討の余地があることから、産業廃棄物に関する事業所レベルデータ（マニフェストデータ、多量排出事業者の報告データ）から得られる業種の情報を活用して、業種別に産業廃棄物の種類別排出量を積算する第2の方法を採用した。

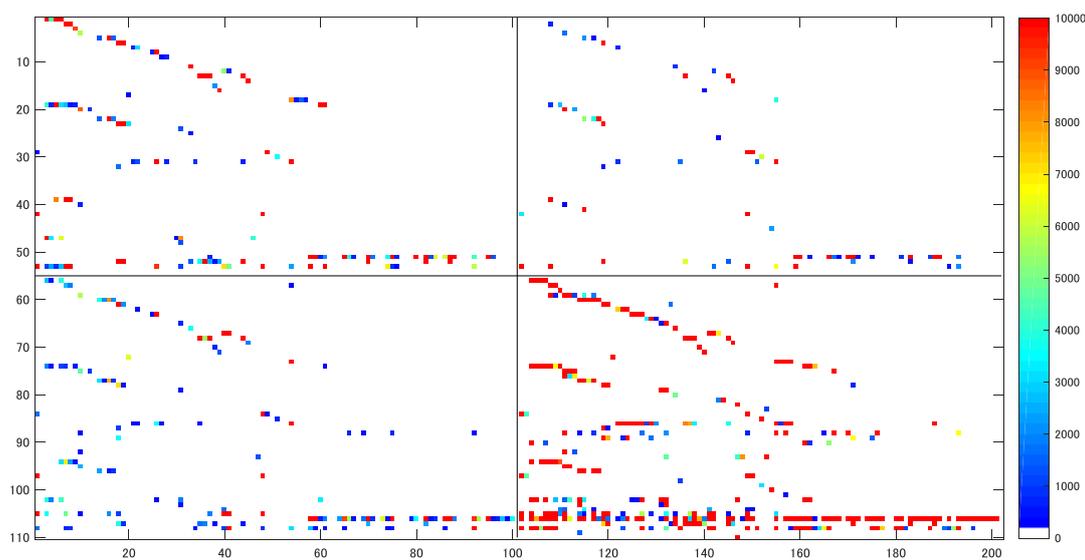
#### 4.4 地域間廃棄物産業連関表の推計と産業連関分析に基づく施策検討

地域間廃棄物産業連関表の推計にとって重要なデータの一部は、上述の通り、サブテーマ間の連携によって構築した。廃棄物・処理対応表は、とくにサブテーマ（3）の成果を行列形式にまとめることにより構築した。得られた結果を縮約した表と行列形式の廃棄物・処理対応表全体のイメージ（ヒートマップ）を、それぞれ、表4.1.2と図4.1.9に示した。

表4.1.2 縮約された廃棄物・処理対応表

	単位:万トン							
	福島県で発生				他の都道府県で発生			
	産業からの産廃		処理残渣等		産業からの産廃		処理残渣等	
福島 再生利用	3.5	0.5%	255.1	78.1%	0.0	0.0%	28.4	0.4%
福島 中間処理	541.1	70.2%	20.7	6.3%	66.4	0.3%		
福島 最終処分	62.9	8.2%	13.7	4.2%	16.6	0.1%	5.0	0.1%
他県 再生利用	116.7	15.1%	34.1	10.4%	2,785.9	12.6%	6,663.8	84.0%
他県 中間処理	42.5	5.5%	0.3	0.1%	18,317.7	82.8%	930.9	11.7%
他県 最終処分	4.5	0.6%	2.6	0.8%	944.3	4.3%	307.5	3.9%
	771.3	100.0%	326.6	100.0%	22,130.9	100.0%	7,935.5	100.0%

仕向け先(構成比)は処分実績報告書の業種別・種類別フローに基づく。



1万トン以上のフローは値の違いを区別せずに表示してある。

図4.1.9 廃棄物・処理対応表のイメージ（ヒートマップ）

さらに、一般廃棄物のうち従来未把握であったフローの追加については、サブテーマ（2）と連携して推計を行った。サブテーマ（2）の成果を利用するに際して、その元となった資料に遡って排出事業者の業種別排出量を活用して推定を行った。

構築したデータベースを活用して地域物質フロー分析を行うに際して、とくに廃棄物処理計画または循環基本計画のための目標値の設定に活用することを念頭に置いて、モデル分析の手順を構築した。まず、推計した産業連関表に対して、国の目標値の一部を近似するための補正を行う方法を検討した。これは、主要な取り組みに関する定性的な情報に基づくものである。同様の取り組みをあらゆる補正を県の表に対して実施した結果は、地域の特性に応じた目標値の候補として活用することができる。

#### 4.5 まとめ：目標の達成度

産業廃棄物の物質フローデータベース構築のために、産業廃棄物多量排出事業者報告の電算化、およびマニフェスト報告と組み合わせた業種別種類別排出量の推計を実施した。さらに、経済センサス（活動調査）および工業統計の調査票データの二次利用申請を行い、廃棄物に関する製造業の事業場レベルデータとのマッチングを行った。ただし、マッチングの結果をデータベース構築に活用できる事業場数は、廃棄物に関する行政報告データの入手できる事業場総数の6割から7割に留まり、その妥当性に検討の余地の残る拡大推計を避けられないため、当初の予定を変更して、マッチングを必要としない手法を採用して産業廃棄物の産業部門別種類別排出量に関するデータベースを構築した。さらに、各サブテーマで構築されたデータベースを統合して、地域間廃棄物産業連関分析に必要なデータベースを構築した。また、自治体へのヒアリングを行い、本研究で実施する物質フロー分析と産業連関分析に対するニーズの確認を行った。構築したデータベースを利用して、地域に応じた廃棄物処理計画および循環基本計画の目標値の検討に活用するために、地域産業連関分析の手順を構築した。以上については、当初の研究開発目標を達成した。目標に挙げていた、さらなる自治体との連携（ニーズの掘り起こし、目標値の検討以外の施策検討）、および他の自治体で活用するためのツール等の開発は今後の課題である。なお、地域産業連関表推計のための従来の手法に、改善すべき問題点が見つかったため、それを解決した新たな推計手法を開発した。この点については、当初の目標以上の成果が得られた。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

- ・ 本研究で提案した地域産業連関表の推計手法は、屑・副産物がマイナス投入方式で扱われている我が国の産業連関表の特徴に適切に対応したものであり、資源循環を扱うものに限定せず、また地域産業連関分析に限定せず、競争移輸入型の産業連関表（域内製品の購入と域外製品の購入が区別されていない産業連関表）全般に適用可能である。従来の推計手法の問題点を解決したものであることから、広く利用されることが期待される。
- ・ 産業連関表に対応した廃棄物フローについて、多量排出事業者による報告データ等を有効に活用して、従来よりも詳細な業種分類の情報を利用した推計方法を構築した。これに地域間産業連関分析の手法を適用することにより、地域に応じた廃棄物処理計画や循環基本計画における目標設定に貢献する可能性を示した。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

- ・ 環境省による循環基本計画の策定および進捗点検をはじめとして、産業連関表は広く活用されているため、本研究で提案した推計手法が活用されることが見込まれる。
- ・ 本研究で提案した手法を用いて、国の計画・基本方針に沿いながら、地域に応じた計画策定・目標設定をすることが望まれる。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文（査読あり）>

- 1) S. NAKAMURA and Y. KONDO: Resour. Conserv. Recycl. (139), 326-332 (2018)  
Toward an Integrated Model of the Circular Economy: Dynamic Waste Input-Output
- 2) E. DIETZENBACHER, B. VAN BURKEN, and Y. KONDO. Econ. Syst. Res. (31, 4), 505-519 (2019)  
Hypothetical Extractions from a Global Perspective

#### <その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

### (2) 口頭発表（学会等）

- 1) Y. KONDO: Indian Conference on Life Cycle Management (ILCM 2017), New Delhi, India (2017)  
Promoting Circular Economy Strategies of Regions through Hybrid Input-Output Analysis（口頭発表）
- 2) 近藤康之、橋本征二、山田正人：第13回日本LCA学会研究発表会（2018）

- 企画セッション「行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析の展望」(口頭発表)
- 3) Y. KONDO: Gordon Research Conference on Industrial Ecology 2018, Les Diablerets, Switzerland (2018)  
Promoting Circular Economy Strategies of Prefectural Governments through Waste Input-Output Analysis (ポスター発表)
- 4) Y. KONDO: The 13th International Conference on EcoBalance, Tokyo (2018)  
Promoting Circular Economy Strategies of Regions through Waste Input-Output Analysis (口頭発表)
- 5) Y. KONDO: The 5th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCs) 2019, Bangkok, Thailand (2019)  
Waste Input-Output Analysis of Prefectures in Japan to Promote Sound Material Cycles by Using Data in Official Reports Collected for Waste Management (口頭発表)
- 6) 近藤康之、一杉佑貴: 環太平洋産業連関分析学会・早稲田大学現代政治経済研究所廃棄物資源循環研究部会、東京(2018) 産業連関分析セミナー「廃棄物資源循環の地域産業連関分析」(口頭発表)
- 7) 山田正人、立尾浩一、近藤康之: 第29回廃棄物資源循環学会研究発表会、名古屋(2018)  
行政報告データを組み合わせた産業廃棄物フローの整備について(口頭発表)
- 8) 近藤康之、橋本征二、山田正人: 第14回日本LCA学会研究発表会、福岡(2019)  
企画セッション「行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析の展望」(口頭発表)
- 9) Y. KONDO, S. HASHIMOTO, M. YAMADA, Y. ICHISUGI, H. TAKAYABU, A. WATANABE, K. TACHIO, and O. YONEDA: The 10th Conference of International Society for Industrial Ecology, Beijing, China (2019)  
Waste Input-Output analysis of prefectures in Japan to promote sound material cycles by using data in official reports collected for waste management (口頭発表)
- 10) 高藪広隆、立尾浩一、近藤康之: 第30回廃棄物資源循環学会研究発表会、宮城(2019)  
産業廃棄物多量排出事業者の実績等報告に基づく廃棄物の物質フロー分析に向けて
- 11) 近藤康之、橋本征二、山田正人: 第15回日本LCA学会研究発表会、東京(2020)  
企画セッション「行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析」(口頭発表。なお、新型コロナウイルスの感染拡大の状況を踏まえて、学会自体は開催中止)
- 12) H. TAKAYABU, K. TACHIO, O. YONEDA, Y. KONDO: The 6th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCs) 2020, Tsukuba, Ibaraki (2020)  
Possible Full Use of Administrative Records for Material Flow Analysis of Industrial Waste in Japan (口頭発表。なお、新型コロナウイルスの感染拡大の状況を踏まえて、学会自体は開催中止)

### (3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

### (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) S. Nakamura, Y. Kondo: Input-output analysis of waste management. *Journal of Industrial Ecology* 6(1), 39-63 (2002)
- 2) 近藤康之: 廃棄物産業連関分析『環境経済・政策学事典』環境経済・政策学会(編)、丸善出版(2018)、326~327 ページ

## Ⅱ-2 一般廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した廃棄物フロー分析

立命館大学 理工学部

橋本征二

平成29～令和元年度研究経費（累計額）：17,825千円（研究経費は間接経費を含む）  
 （平成29年度：5,437千円、平成30年度：6,000千円、令和元年度：6,388千円）

### [要旨]

2000年以降、全国の一般廃棄物のリサイクル率は上昇傾向にあったが、近年は頭打ちとなっている。この理由のひとつに、自治体の処理・再資源化ルートを経由しない未把握の一般廃棄物フローの存在が指摘されている。本研究ではその推計方法を整理するとともに、より適切な推計方法を提案し、これをいくつかの自治体に適用して未把握のフローを含めたリサイクル率(真のリサイクル率)を推計した。具体的には、小売業者による店頭回収量、再資源化業者による回収量、産業廃棄物への混入量の推計方法を整理・提案した。提案した手法をいくつかの自治体に適用した結果、未把握の資源化量は最大で全資源化量の約50%と推計され、真のリサイクル率は現行のリサイクル率を最大で10数%上回った。自治体によっては、現行のリサイクル率が減少傾向にあるにもかかわらず、真のリサイクル率が上昇傾向となる場合があり、未把握の一般廃棄物フローの存在がリサイクル率に影響を与えていることが示唆された。また、これらのケーススタディーを踏まえ、提案した手法は概ね多くの自治体で適用可能と判断された。

### [キーワード]

店頭回収、古紙、食品廃棄物、産業廃棄物、多量排出事業者

## 1. はじめに

循環型社会の形成に向けて3R(リユース、リデュース、リサイクル)の推進が重要な課題となっている。このうちリサイクルに関しては、環境省の一般廃棄物処理実態調査により、全国や各自治体におけるリサイクルの状況がリサイクル率等として示され、関連する様々な施策に活用されている。2000年以降、全国のリサイクル率は上昇傾向にあったが、近年は頭打ちとなっており、減少が観測される自治体もみられるようになってきている。この理由のひとつとして、自治体の処理・再資源化ルートを経由しない未把握の一般廃棄物フローの存在が指摘されている。一般廃棄物の処理・再資源化ルートには表1.2.1のようなものがあるが、家庭系のうち「市町村による回収」や「自治会等による集団回収」、事業系のうち「市町村による回収」については、その数量が把握されているものの、家庭系のうち「小売業者による店頭回収」「再資源化業者による回収」「資源ごみの抜き取り」、事業系のうち「再資源化業者による回収」「産業廃棄物への混入」については、その数量が未把握の状況にある。

表1.2.1 一般廃棄物の処理・再資源化ルート

種類	処理・再資源化ルート		状況
家庭系	行政	市町村による回収	把握
	民間	自治会等による集団回収	把握
		小売業者による店頭回収(紙パック、食品トレイ、PETボトル、缶、瓶等)	未把握①
		再資源化業者による回収(古紙、家電製品等)	未把握②
		資源ごみの抜き取り	未把握③
事業系	行政	市町村による回収	把握
	民間	再資源化業者による回収(古紙、食品廃棄物等)	未把握④
		産業廃棄物への混入	未把握⑤

循環型社会の形成に向けた進捗を正確に把握するためには、こうした未把握の一般廃棄物フローの把握や、これらを含めたリサイクル率の把握が必要と考えられる。これについて、松藤と田中<sup>1)</sup>は、ごみ量を定義するいくつかの段階があるとし(家庭での潜在ごみ発生量、ごみ収集への排出量、自治体のごみ収集量)、こうした「ごみの流れ」を把握することが適正な計画立案に必要であるとしている。また、松藤と田中<sup>2)</sup>は、家庭で発生する不要物の処理方法を「自家処理」「プレリサイクル」「自治体による資源物収集」「ごみとしての処理」に分類し、仙台市を対象に家庭系の不要物の発生から処理までの「ごみ流れ」を推計して、それにもとづく再資源化率の算定を試みている。なお、この「プレリサイクル」は、表1.2.1の「自治会等による集団回収」「小売業者による店頭回収」「再資源化業者による回収」「資源ごみの抜き取り」を含む概念である。さらに、松藤ら<sup>3)</sup>は、アンケート調査にもとづいて札幌市、川崎市、名古屋市、広島市における家庭系のプレリサイクル量を推計している。しかしながら、これらの検討では事業系一般廃棄物は対象とされていない。また、未把握の家庭系不要物量の推計には家庭へのモノの投入量、すなわち潜在的な廃棄物量を把握することが有効と考えられる。これについて、金森ら<sup>4)</sup>は家庭の物質収支モデルを構築しているが、未把握の再資源化フローを推計する枠組みとはなっていない。いくつかの自治体でも、未把握の一般廃棄物フローの推計が試みられている。例えば、三重県<sup>5)</sup>や福井県<sup>6)</sup>では、アンケート調査により小売業者による店頭回収量と古紙回収業者による古紙回収量の推計を行っている。また、大阪府<sup>7)</sup>では、新聞の発行部数や回収率をもとに古紙回収業者による回収量、事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告をもとにその再資源化量の推計等が行われている。しかしながら、各自治体における推計対象範囲や推計方法は異なっている。

## 2. 研究開発目的

本研究では、様々なデータを用いて、自治体の処理・再資源化ルートを経由しない未把握の一般廃棄物量およびそのリサイクル量を推計するための手法を整理するとともに、より適切な推計方法を提案した。また、これをいくつかの自治体(滋賀県、福島県、山形県、横須賀市)に適用し、未把握の一般廃棄物量を含めたリサイクル率(真のリサイクル率)を推計し、一般廃棄物処理実態調査におけるリサイクル量・リサイクル率と比較した。これにより、一般廃棄物統計では見えていない取り組みを評価するとともに、推計方法の課題を整理した。

## 3. 研究開発方法

### 3.1 未把握の一般廃棄物フローの推計方法

#### (1) 小売業者による店頭回収量

小売業者による店頭回収とは、スーパーマーケット等の小売店に設置されている資源回収ボックスにおける資源物の回収である。一般的な品目としては、紙パック、食品トレイ、ペットボトル、缶、古紙等が挙げられる。こうした回収量を把握する際、対象自治体内における全ての小売店からデータが取得できればそれが最も望ましい。しかしながら、多くの場合それは困難であり、三重県<sup>5)</sup>および福井県<sup>6)</sup>では、スーパーマーケット等小売店へのアンケート調査を行い、1店舗あたりの平均回収量を算出して、これをもとに県内全域の拡大推計を行っている。また、大阪府<sup>7)</sup>においては、日本チェーンストア協会加盟店による全国の回収量を府内の店舗数の割合で按分して推計するとともに、府内の地域購買生協の店頭回収量を把握している。前者のように、対象地域における一定の調査をもとに拡大推計を行うことができれば、全国の店頭回収量を按分する後者の方法よりも地域性を反映することができるため、この方法を採用することが望ましいと考えられる。更に、店舗の大きさも様々であることから、1店舗あたりの平均回収量を用いるよりは、売り場面積あたりの平均回収量を用い、品目ごとに店頭回収を行っている店舗を同定し、その売り場面積で拡大推計を行うことが望ましい。

本研究では、店頭回収量 $R_s$  (ton)を式(1)で推計する方法を提案する。

$$R_s = \sum_i R_{si} = \sum_i A_i \times UR_{si} = \sum_i A_i \times \frac{r_{si}}{a_i} \quad (1)$$

ここで、 $R_{si}$ は品目 $i$ の店頭回収量(ton)、 $A_i$ は品目 $i$ の店頭回収を行っている小売店の売り場面積( $m^2$ )、 $UR_{si}$ は小売店の売り場面積あたりの品目 $i$ の店頭回収量原単位( $ton/m^2$ )、 $r_{si}$ は品目 $i$ の店頭回収を行っている標本小売店における品目 $i$ の店頭回収量(ton)、 $a_i$ は品目 $i$ の店頭回収を行っている標本小売店の売り場面積( $m^2$ )である。

$A_i$ については、対象自治体において店頭回収を行っている小売店の売り場面積の実数が望ましいが、それが難しい場合、標本調査により得られる対象自治体内において店頭回収を行っている小売店の売り場面積の比率を、総売り場面積に乗じて求める方法も考えられる。対象自治体内におけるスーパーの売り場面積は、日本スーパー名鑑<sup>8)</sup>を用いることができる。また、記載されていない店舗については、経済センサス-活動調査<sup>9)</sup>や商業統計<sup>10)</sup>により従業員あたりの平均的な売り場面積を求め、それに従業員数<sup>9)</sup>を乗じる方法等が考えられる。 $r_{si}$ 、 $a_i$ の標本小売店については、対象自治体から抽出することとなるが、対象自治体内においてシェアの高いいくつかの小売店グループのデータが収集できれば、代表性を保てると考えられる。なお、標本小売店の売り場面積が対象自治体における全ての小売店の売り場面積と比較して小さい場合は、各店舗の $UR_{si}$ を算出し、その分布から妥当性を検討する必要がある。

## (2) 再資源化業者による回収量 <古紙>

松藤と田中<sup>2)</sup>は、新聞、雑誌について、全国の古紙回収量(古紙消費量に同じと仮定してこれを利用)から1人1日あたりの回収量を算出するとともに、段ボールについては雑誌の回収量の半分であるとして家庭系の新聞、雑誌、段ボールの回収総量を推計し、これと行政が把握している回収量、処理量との差分を未把握の回収量として推計している。ここで、昨今の古紙の輸出入の状況を鑑みると、古紙消費量については古紙の輸出入を考慮した古紙回収量とする必要があるとともに、雑誌古紙については返本、残本等も含むため家庭系の推計としてはやや過大になっているものと考えられる。また、松藤と田中<sup>3)</sup>は、住民へのアンケート調査により新聞の購読紙数、雑誌の購入冊数を把握し、これに単位重量を乗じることで不要物発生量を推計するとともに、排出先に関するアンケート調査をもとに、ちり紙交換の量等を推計している。さらに、三重県<sup>5)</sup>では、古紙回収事業者に対するアンケート調査をもとに、1事業者あたりの平均回収量を算出し、これをもとに県内全域の拡大推計を行っている。また、大阪府<sup>7)</sup>では、家庭系については新聞の発行部数やその回収率をもとに、事業系については事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告をもとに、古紙回収業者による回収量を推計している。古紙回収業者は、複数の自治体において古紙を回収している場合もあるため、三重県<sup>5)</sup>の方法では、対象自治体内における回収量の把握が難しい場合も考えられる。一方、大阪府<sup>7)</sup>の方法では、事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告の一定量の標本数が必要となる。

本研究では、松藤と田中<sup>2)</sup>、松藤と田中<sup>3)</sup>、大阪府<sup>7)</sup>の手法を参考に、既存の統計データを活用して全国の回収量との整合を維持しつつ地域性を反映できる推計方法を提案する。まず、古紙回収業者による古紙回収量 $R_p$ (ton)は、式(2)に示すように、対象自治体における家庭系・事業系の古紙回収総量 $R_{pt}$ (ton)から行政による古紙回収量 $R_{mp}$ (ton)、集団回収による古紙回収量 $R_{gp}$ (ton)、2.1で算出した店頭回収による古紙回収量 $R_{sp}$ (ton)を差し引いたものとなる。

$$R_p = R_{pt} - (R_{mp} + R_{gp} + R_{sp}) \quad (2)$$

ここで、家庭系・事業系の古紙回収総量 $R_{pt}$ (ton)は、式(3)のように、新聞と折り込み広告の回収総量 $R_{pt}^{newspaper}$ (ton)、雑誌の回収総量 $R_{pt}^{magazine}$ (ton)、その他の古紙の回収総量 $R_{pt}^{other}$ (ton)からなる。

$$R_{pt} = R_{pt}^{newspaper} + R_{pt}^{magazine} + R_{pt}^{other} \quad (3)$$

新聞とその折り込み広告の回収総量 $R_{pt}^{newspaper}$ については、全国の新聞古紙の回収量をベースに、新聞の発行部数で地域に按分する式(4)で推計する。

$$R_{pt}^{newspaper} = C_n \times \frac{P_n^{municipality}}{P_n^{japan}} - R_{pt}^{newspaper(industry)} \quad (4)$$

ここで、 $C_n$ は全国の新聞古紙の回収量(ton)<sup>11)</sup>、 $P_n^{municipality}$ 及び $P_n^{japan}$ はそれぞれ対象自治体及び全国における新聞の発行部数(部)<sup>12)</sup>、 $R_{pt}^{newspaper(industry)}$ は建設業、パルプ・紙・紙加工品製造業、新聞業、出版業、製本業、印刷物加工業からの新聞古紙の回収量(ton)である。本研究は一般廃棄物を対象としていることから、 $R_{pt}^{newspaper(industry)}$ を差し引くこととした。 $R_{pt}^{newspaper(industry)}$ の推計方法は後述の式(6)による。

雑誌の回収総量 $R_{pt}^{magazine}$ については、全国の雑誌の販売部数をベースに、雑誌類の購入金額で地域に按分する式(5)で推計する。

$$R_{pt}^{magazine} = \sum_j \left( P_{m,j}^{japan} \times \frac{W_{m,j}}{1000000} \times \frac{S_m^{municipality} \times H^{municipality}}{S_m^{japan} \times H^{japan}} \right) \times r_p - R_{pt}^{magazine(industry)} \quad (5)$$

ここで、 $P_{m,j}^{japan}$ は全国の雑誌j(月刊誌、週刊誌)の推定販売部数(部)<sup>13)</sup>、 $W_{m,j}$ は雑誌jの1冊当たりの平均重量(g/部)<sup>13)</sup>、 $S_m^{municipality}$ 及び $S_m^{japan}$ はそれぞれ対象自治体及び全国の1世帯当たりの雑誌類の月間購入額(円/月/世帯)<sup>14)</sup>、 $H^{municipality}$ 及び $H^{japan}$ はそれぞれ対象自治体及び全国の総世帯数(世帯)<sup>15)</sup>、 $r_p$ は古紙全体の回収率<sup>11)</sup>、 $R_{pt}^{magazine(industry)}$ は建設業、パルプ・紙・紙加工品製造業、新聞業、出版業、製本業、印刷物加工業からの雑誌古紙の回収量(ton)である。 $r_p$ に関して、雑誌古紙の回収率は古紙全体の回収率より大きいと考えられるが、雑誌古紙の回収率のデータがないことから本研究では保守的な回収率を用いることとする。また、 $R_{pt}^{magazine(industry)}$ の推計方法は後述の式(6)による。

その他の古紙の回収総量 $R_{pt}^{other}$ については、事業系の古紙回収量を対象に業種別の古紙回収原単位を用いる式(6)で推計する。

$$R_{pt}^{other} = \sum_k UR_{p,k,l} \times L_l \quad (6)$$

ここで、 $UR_{p,k,l}$ は古紙品目k(OA紙、段ボール、機密文書、シュレッダー紙、その他古紙)の業種lにおける従業員数当たり古紙回収量原単位(kg/人)<sup>16)17)</sup>、 $L_l$ は業種lの従業員数(人)<sup>9)</sup>である。なお、古紙品目kに関して、新聞及び雑誌については、上記の $R_{pt}^{newspaper}$ 及び $R_{pt}^{magazine}$ と重複があることからここでは含めない。また、業種lに関して、建設業、パルプ・紙・紙加工品製造業、新聞業、出版業、製本業、印刷物加工業は除くものとする。一方、これら業種からの新聞及び雑誌の回収量はそれぞれ式(4)の $R_{pt}^{newspaper(industry)}$ 、式(5)の $R_{pt}^{magazine(industry)}$ となる。なお、家庭系についても同様の古紙回収(OA紙、段ボール等)を考慮すべきであるが、これを推計する適当な方法がないことから対象外とする。これについては本推計方法の検証として、4.1(2)で改めて議論する。

#### <食品廃棄物>

食品産業のうち、食品卸売業、食品小売業、外食産業から排出される食品廃棄物が事業系一般廃棄物に区分される。大阪府<sup>7)</sup>では、これらのうち魚あらに該当するものの再資源化量の把握が行われている。事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告が一定量の標本数で利用できれば、これを用いて拡大推計する方法が、最もその自治体の状況を反映できると考えられるが、事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告を求めている自治体も多くはない。

本研究では、上記3業種由来の食品廃棄物の再資源化量を農林水産省の食品廃棄物等の統計調査<sup>18)</sup>を用いて推計する方法を提案する。このデータを用いるにあたっては、以下の3点を仮定する必要がある。①食品廃棄物等のデータには有価物が含まれているが、食品製造業以外の上記3業種についてこの量は微小と考えられることから、すべてを食品廃棄物とする。②同統計における「食品廃棄物等の年間発生量」のうち「廃棄物としての処分量」は可燃ごみ等として行政により処分された量とする。③「食品廃棄物等の年間発生量」のうち、「再生利用の実施量」「熱回収の実施量」「再生利用以外」を食品廃棄物再資源化業者による回収量とする。ここで「再生利用の実施量」とは、食品リサイクル法で規定されている用途の再資源化量であり、例えば肥料、飼料、油脂及び油脂製品等への利用量を指す。また「再生利用以外」は食品リサイクル法で規定されていない用途の再資源化量であり、例えばセメント、きのこ菌床、カキ養殖用資材等への利用量を指す。以上の仮定のもと、対象自治体における再資源化業者による事業系の食品廃棄物の再資源化量 $R_f$ (ton)は式(7)で推計することができる。

$$R_f = \sum_k R_{f,l}^{japan} \times \frac{L_l}{L_l^{japan}} - R_{fm} \quad (7)$$

ここで、 $R_{f,l}^{japan}$ は全国における業種 $l$ の食品廃棄物の資源化量(ton)、 $L_l$ 及び $L_l^{japan}$ はそれぞれ対象自治体及び全国における業種 $l$ の従業員数(人)<sup>9)</sup>、 $R_{fm}$ は行政による事業系の食品廃棄物の再資源化量(ton)である。一般廃棄物処理実態調査では $R_{fm}$ は明らかではないが、この量が分かれば差し引く必要がある。

#### <事業系全般>

大阪府<sup>7)</sup>では、事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告をもとに、上述の古紙のほか、繊維類等の回収量を推計している。大阪府の推計では、産業廃棄物に相当するものも推計対象となっているが、事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告が十分な標本数のもと利用可能であれば、事業系一般廃棄物の再資源化量 $R_b$ (ton)は式(8)で推計することができる。

$$R_b = \sum_l \sum_i UR_{bol} \times L_l \quad (8)$$

ここで、 $UR_{bol}$ は事業系一般廃棄物の品目 $o$ の業種 $l$ の従業員数当たり再資源化量原単位(ton/人)、 $L_l$ は業種 $l$ の従業員数(人)<sup>9)</sup>である。なお、古紙、食品廃棄物についてもこの方法を用いる場合は、上述の方法による推計と重複しないようにすることが必要である。なお、多量排出事業者報告の標本数が十分でない場合は、業種別の推計も難しいことから、単純集計する方が適切な場合がある。

#### (3) 資源ごみの抜き取り

大阪府<sup>7)</sup>では、アルミ缶、スチール缶の回収量の伸び率等から本来の市町村の回収量を推計し、集団回収量の伸びも考慮した上で、実際の回収量との差を抜き取り量として推計している。しかしながら、近年、多くの自治体でこの抜き取り行為を規制していること、推計の不確実性が高いことから、本研究では推計対象としない。

#### (4) 産業廃棄物への混入量

産業廃棄物は事業活動に伴い生じた20種類の廃棄物であるが、そのうち紙くず、木くず、繊維くず、動物性残さおよび動物系固形不要物、動物のふん尿、動物の死体については排出事業者の業種が指定されている。しかしながら、産業廃棄物の多量排出事業者報告では指定業種以外の事業所でこれが報告されている場合がある。これは本来、事業系一般廃棄物であり、現状ではどの統計でも捉えられていない廃棄物量と考えられる。

本研究では、産業廃棄物の多量排出事業者報告において該当する事業系一般廃棄物のデータを集計し、産業廃棄物として処理された事業系一般廃棄物の排出量及びその再資源化量を把握することを提案する。式(9)(10)に示すように、多量排出事業者の標本数が一定量ある程度一定あれば、これをもとに従業員数等を用いて拡大推計を行ってもよい。

$$G_a = \sum_l \sum_q UG_{aql} \times L_l \quad (9)$$

$$R_a = \sum_l \sum_q UR_{aql} \times L_l \quad (10)$$

ここで、 $G_a$ 及び $R_a$ はそれぞれ産業廃棄物として処理された事業系一般廃棄物の排出量(ton)及び再資源化量(ton)、 $UG_{aql}$ 及び $UR_{aql}$ はそれぞれ産業廃棄物として処理された事業系一般廃棄物の品目 $q$ の業種 $l$ の従業員数当たり排出量原単位(ton/人)及び再資源化量原単位(ton/人)、 $L_l$ は業種 $l$ の従業員数(人)<sup>9)</sup>である。

#### (5) まとめ

以上、表3.2.1に提案した推計手法の概要を示す。

### 3.2 真のリサイクル率

一般廃棄物処理実態調査では式(11)のようにリサイクル率 $RR(\%)$ を定義している。

$$RR = \frac{R^{public}}{G^{public}} \times 100 = \frac{R_d + R_t + R_g}{R_d + G_t + G_f + R_g} \times 100 \quad (11)$$

ここで、 $R^{public}$ は行政が関与する再資源化量(ton)、 $G^{public}$ は行政が関与するごみ処理量(ton)、 $R_d$ は直接再資源化量(ton)、 $R_t$ は中間処理後再生利用量(ton)、 $R_g$ は集団回収量(ton)、 $G_t$ は中間処理量(ton)、 $G_f$ は直接最終処分量(ton)である。

式(11)は行政が関与する資源化量のみを対象としてリサイクル率を推計していることから、民間による資源化量が考慮できておらず、一般廃棄物のリサイクルの状況を正確には反映しきれていないおそれがある。そこで、民間による処理・再資源化ルートを検討した真のリサイクル率 $RR^{true}(\%)$ を、表1.2.1を参考に式(12)のように定義する。

$$RR^{true} = \frac{R^{public} + R^{private}}{G^{public} + G^{private}} \times 100 = \frac{R^{public} + (R_s + R_p + R_f + R_b + R_a)}{G^{public} + (R_s + R_p + R_f + R_b + G_a + G'_t + G'_f)} \times 100 \quad (12)$$

ここで、 $R^{private}$ は民間による再資源化量(ton)、 $G^{private}$ は民間による処理・再資源化量(ton)、 $R_s$ は小売業者による店頭回収量(ton)、 $R_p$ は再資源化業者による回収量(古紙)(ton)、 $R_f$ は再資源化業者による回収量(食品廃棄物)(ton)、 $R_b$ はその他の事業系一般廃棄物の再資源化量(ton)、 $R_a$ は産業廃棄物として処理された事業系一般廃棄物の再資源化量(ton)、 $G_a$ は産業廃棄物として処理された事業系一般廃棄物の排出量(ton)、 $G'_t$ は民間による中間処理量(ton)、 $G'_f$ は民間による直接最終処分量(ton)である。なお、 $G'_t$ 及び $G'_f$ は、基本的に $G_t$ 及び $G_f$ に含まれるが、含まれない場合はここに計上する必要がある。

表3.2.1 提案した推計手法の概要

表1.2.1の状況	項目	概要	主要なデータ
未把握①	小売業者による店頭回収量	店頭回収実績の標本を用いて、店頭回収が行われている店舗の売り場面積で拡大推計	店頭回収の実績標本、協力店舗売り場面積
未把握② 未把握④	再資源化業者による回収量(古紙)	新聞と折込広告については、全国における新聞と折込広告の古紙回収量を対象地域の新聞の販売部数で按分推計／雑誌については、対象地域の販売部数に重量原単位、全国の古紙全体の回収率を乗じて推計／その他の古紙については、事業系を対象に業種別の資源化原単位に対象地域の従業員数を乗じて推計(新聞・雑誌・産廃を除く)	新聞の販売量・回収量、事業所の資源化原単位
未把握④	再資源化業者による回収量(食品廃棄物)	全国の業種別の食品廃棄物の資源化量を対象地域の従業員数で案分推計	食品廃棄物統計
未把握④	再資源化業者による回収量(事業系)	対象地域の事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告を集計	事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告
未把握⑤	産廃に混入した事業系一廃の排出量・再資源化量	対象地域の産業廃棄物多量排出事業者報告を集計	産業廃棄物の多量排出事業者報告

## 4. 結果及び考察

### 4.1 滋賀県を対象とした詳細なケーススタディー

#### (1) 小売業者による店頭回収量

滋賀県内の代表的なスーパーマーケット企業4社97店舗を対象に調査を行い、2004～2014年度における、紙パック、食品トレイ、ペットボトル、缶、古紙の計5品目の店頭回収量(式(1)の $r_{si}$ )を把握した。これをもとに原単位(式(1)の $UR_{si}$ )を作成し、実際に店頭回収を実施している県内のスーパーマーケット・ドラッグストア138店舗<sup>19)</sup>を対象に拡大推計を行った。売り場面積(式(1)の $A_i$ 及び $a_i$ )には、日本スーパー名鑑<sup>8)</sup>を用いたが、売り場面積データがない店舗に関しては、経済センサス-活動調査<sup>9)</sup>より従業員数別の従業員あたりの平均的な売り場面積を求め、それに該当企業の1店舗当たり従業員数<sup>9)</sup>を乗じることで売り場面積を算出した。図4.2.1に示すように、店頭回収を実施している小売店舗の売り場面積は上昇傾向にあるが、これは店頭回収を実施する小売店舗数が増加していることが主な要因である。また、標本小

売店の売り場面積(4社)は全体の86～94%を占めた。

図4.2.2に小売業者による店頭回収量の推計結果を示す。今回対象とした5品目すべてで店頭回収量は増加傾向にあり、全体量は2004年度から2014年度にかけて約25倍に増加したと推計された。品目別の回収量は、紙パックが2004年度から2014年度にかけて1.5倍、食品トレイが4.6倍、ペットボトルが10.5倍、缶が2006年度から2014年度にかけて4.4倍、古紙が2011年度から2014年度にかけて5.7倍であった。紙パック、食品トレイ、ペットボトルの店頭回収量に占める4社の比率は全期間において8～9割を占めた。

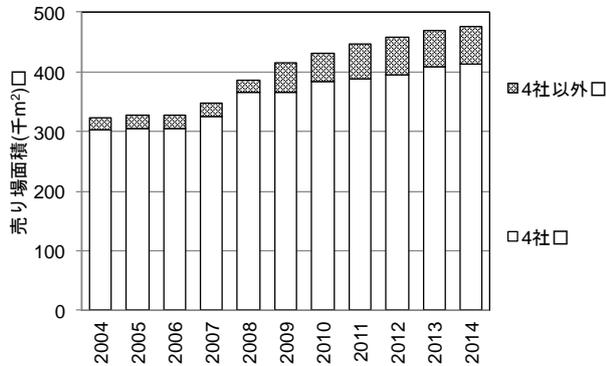


図4.2.1 店頭回収を実施している小売店舗の売り場面積(滋賀県)

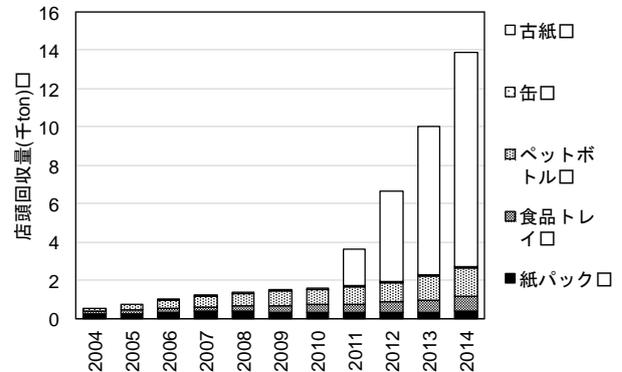


図4.2.2 小売業者による店頭回収量の推計結果(滋賀県)

## (2) 再資源化業者による回収量

### <古紙>

古紙回収量原単位(式(6)の $UR_{p,k,l}$ )<sup>16)17)</sup>については、2009年度、2016年度の調査データが利用可能であることから、線形補間により2010～2015年度の不足する原単位を算出した。なお、段ボールの古紙回収量原単位については、2009年度のみ利用可能であったことから、2010～2016年度における原単位は全て2009年度の値を用いた。また、従業員数(式(6)の $L_l$ )<sup>9)</sup>については、2009年度、2014年度の調査データが利用可能であることから、線形補間により2010～2013年度の不足する従業員数を算出した。

図4.2.3に家庭系・事業系の古紙回収総量(式(3)の $R_{pt}$ とその内訳)の推計結果を示す。2009年度から2014年度にかけて新聞・広告、雑誌、その他の古紙のいずれの回収量も減少傾向にあると推計された。新聞・広告、雑誌の回収量の減少については、新聞の発行部数、雑誌の販売部数の減少が要因と考えられる。全国の平均古紙回収率は増加傾向にあるものの、紙・板紙の消費量自体が減少していることから<sup>11)</sup>、古紙回収総量の減少はこれを反映したものとなっている。また、その他の古紙の回収量のうち70～80%を段ボールが占める結果となった。

なお、式(5)を用いて全国の雑誌の回収総量を推計したところ、2014年度で約50万tonとなった。一方、全国の雑誌古紙の消費量および貿易量<sup>11)</sup>を用いて同年の雑誌古紙の回収量を推計すると約300万tonとなった。本研究の推計方法による結果はかなり保守的な値となっているが、これは、本研究の推計が月刊誌、週刊誌を対象としているのに対し、全国の雑誌古紙回収量には書籍やその返本・残本等が含まれるほか、本研究で用いた統計<sup>13)</sup>に含まれない雑誌があることに留意する必要がある。また、式(5)を用いて全国の段ボールの回収総量を推計したところ、2014年度で約500万tonとなった(建設業、パルプ・紙・紙加工品製造業、新聞業、出版業、製本業、印刷物加工業からの回収量を含む)。一方、全国の段ボール古紙の消費量および貿易量<sup>11)</sup>を用いて同年の段ボール古紙の回収量を推計すると約1000万tonとなった。式(5)による推計は事業活動からの回収量であるため、差分は概念上家庭からの回収量ということになる。これを1人1日あたりに換算すると約120g/人日と推計されるが、この値は松藤と田中<sup>2)</sup>が推計する46g/人日(1994年度)と大きな差がある。近年のインターネット通販の普及を背景に、家庭から排出される段ボールが大幅に増加している可能性も考えられるが、家庭からの回収量の推計については更なる検討が必要である。

図4.2.4に回収ルート別の古紙回収量(式(2)の $R_{mp}$ 、 $R_{gp}$ 、 $R_{sp}$ 、 $R_p$ )の推計結果を示す。店頭回収による回収量は、図4.2.2で推計した古紙の回収量である。再資源化業者による回収量が全体の55～64%を占める

結果となった。行政が関与する回収量(行政による回収量+集団回収による回収量)は全体の40%を下回り、行政が関与しない未把握の回収量(店頭回収による回収量+再資源化業者による回収量)が60%を越える結果となった。回収総量が減少するなか、その割合は大きな変化なく推移しており、店頭回収の割合の増加により再資源化業者による回収の割合が減少する結果となった。ただし、2013年度から2014年度にかけて、行政が関与しない回収量の割合は微増しており、行政が関与する回収ルートから関与しない回収ルートへの移行については、継続した観測が必要と考えられる。

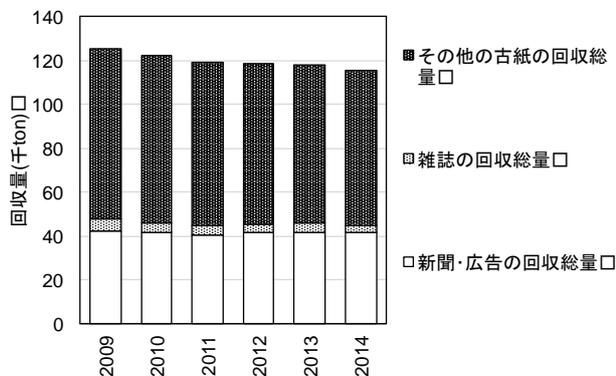


図4.2.3 家庭系・事業系の古紙回収総量の推計結果(滋賀県)

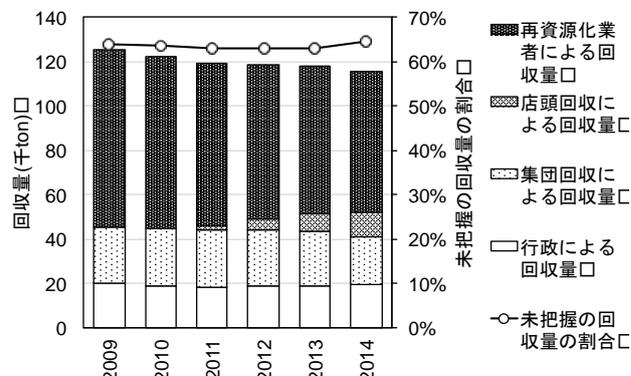


図4.2.4 回収ルート別の古紙回収量の推計結果(滋賀県)

#### <食品廃棄物>

古紙と同様に、従業員数(式(7)の $L_t, L_t^{japan}$ )が不足している年度に関しては、線形補間により算出した。

図4.2.5に再資源化業者による食品廃棄物の回収量の推計結果を示す。再生利用の実施量、熱回収の実施量、再生利用以外の合計は2009年度には8,000ton弱であったが、2014年度には9,000tonを超え、増加傾向と推計された。これはスーパーマーケット等の各種食品小売業や、コンビニエンスストア等のその他の飲食料品小売業における、食品リサイクルへの取り組みの強化による再生利用の実施量増加が要因のひとつと考えられる。

#### (3) 産業廃棄物への混入量

本研究では、滋賀県<sup>21)</sup>及び大津市<sup>22)</sup>が公開している産業廃棄物の多量排出事業者報告から該当する事業系一般廃棄物のデータを集計し、産業廃棄物として処理された事業系一般廃棄物の排出量及びその再資源化量を算出した。

図4.2.6に報告された産業廃棄物の再資源化量及びそのうち事業系一般廃棄物に該当する量を示す。2016年度における多量排出事業者報告は304事業場、うち事業系一般廃棄物に該当するものを報告しているのが63事業場であった。2016年度において、報告された産業廃棄物の排出量は43,556tonであり、そのうち6,319tonが事業系一般廃棄物であった。事業系一般廃棄物に該当する排出量は、報告された木くず、紙くず、繊維くず排出量のそれぞれ約20%、約50%、約2%であった。また、そのうち木くず、紙くずに関しては90%以上、繊維くずは50%が再資源化されていた。動植物性残さは2015年度のみ報告されており、再資源化はされていない。

この結果は多量排出事業者による排出量・再資源化量であり、多量排出事業者以外を含めるとこれ以上の排出量・再資源化量があるものと考えられるが、本研究では、標本事業者数が十分ではなかったことから拡大推計は行わず、報告されている量を単純集計した。

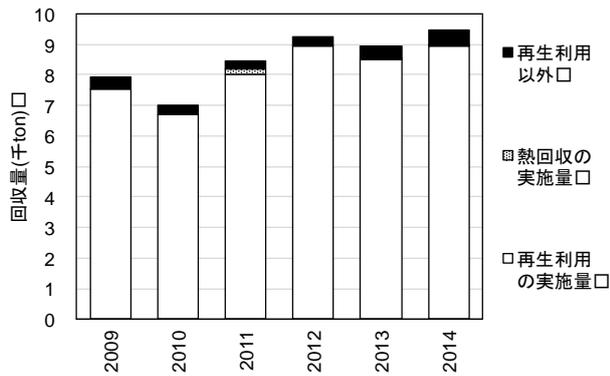


図4.2.5 再資源化業者による食品廃棄物の再資源化量の推計結果(滋賀県)

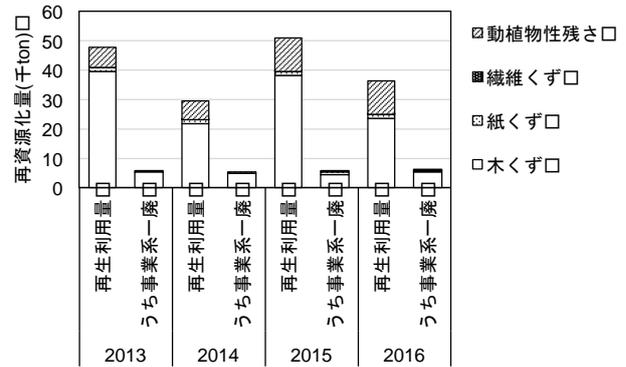


図4.2.6 産業廃棄物への混入量の推計結果(滋賀県)

(4) 再資源化総量と真のリサイクル率

図4.2.7に一般廃棄物の再資源化総量の推計結果を示す。なお、上記(1)の推計年度は2004~2014年度、(2)は2009~2014年度、(3)は2013~2016年度であることから、ここでは2009~2014年度の結果を示している。したがって、2013~2014年度のみ産業廃棄物への混入量(再資源化量)の推計結果が示されている。2009~2014年度における再資源化総量は170~180千ton/年と推計され、微減した後微増する結果となった。また、産業廃棄物への混入(再資源化量)を除く再資源化総量のうち、未把握の資源化量(小売業者による店頭回収量、再資源化業者による回収量)の割合は約50%と推計され、対象期間中において大きな変化はなかった。産業廃棄物への混入(再資源化量)を含む場合も同様である。未把握の再資源化量のうち、古紙(小売業者による店頭回収量の古紙、再資源化業者による回収量(古紙))が9割弱を占め、近年、小売業者による店頭回収量の古紙が顕著に増加していた。したがって、古紙の推計手法の精度向上が重要である。

また、図4.2.8に一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果を示す。なお、滋賀県では式(12)の $G'_t$ 、 $G'_f$ (民間による中間処理量、直接最終処分量)はないものとした。真のリサイクル率は現行のリサイクル率を約13%上回る結果となった。未把握の古紙の回収量とその要因であるが、図4.2.4で示したように、古紙の回収総量に占める未把握の回収量の割合が大きく変化しなかったことから、真のリサイクル率の推移も現行のリサイクル率の推移ともほぼ同じ傾向を示した。なお、2014年にリサイクル率が上昇しているのは、ある自治体で中間処理後再生利用量が増加したためである。滋賀県については、未把握の一般廃棄物フローの存在が、必ずしもによるリサイクル率の頭打ちの理由になっていないことが示唆された。

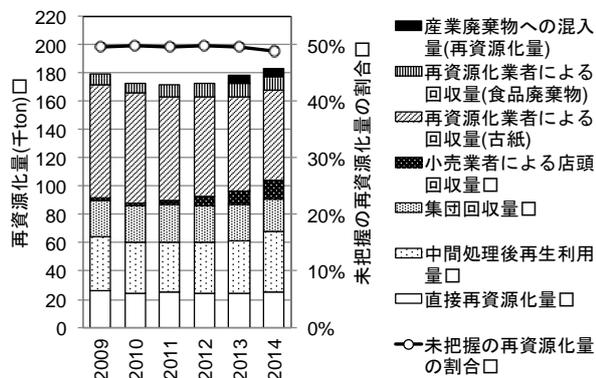


図4.2.7 一般廃棄物の再資源化総量の推計結果(滋賀県)

注1)「産業廃棄物への混入量(再資源化量)」は2013~2014年度のみ。

注2)「未把握の再資源化量の割合」は、産業廃棄物への混入量(再資源化量)を除く。

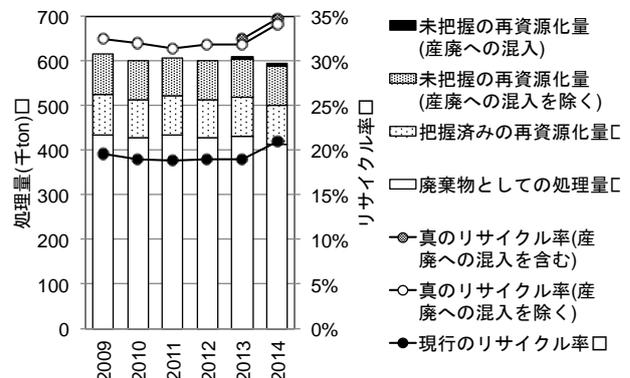


図4.2.8 一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果(滋賀県)

注)2013~2014年度の「廃棄物としての処理量」には、産業廃棄物への混入量のうち廃棄物として処理した量を含む。

## 4.2 他の自治体を対象としたケーススタディー

### (1) 福島県

小売業者による店頭回収量については、代表的な2社のスーパーマーケットについてヒアリング調査を行い、品目別の店頭回収量及び品目別実施店舗を把握した。また、品目別の店頭回収量を品目別実施店舗の売場面積で除することで、原単位(式(1)の $UR_{si}$ )を算定した。さらに、2社が所在する福島市と会津若松市のWEBサイトにより、両市で店頭回収を実施しているスーパーマーケットを確認し、店頭回収実施店舗の売場面積、及び両市のスーパーマーケットの総売り場面積を用いて、スーパーマーケットの店頭回収実施率を算定した(売場面積ベース)。この店頭回収実施率(売場面積ベース)を全県に適用し、店頭回収量を推計した。図4.2.9に小売業者による店頭回収量の推計結果を示す。古紙の重量がほとんどを占め、データが収集できた期間において増加傾向となった。

再資源化業者による回収量については、図4.2.10に回収ルート別の古紙回収量(式(2)の $R_{mp}$ 、 $R_{gp}$ 、 $R_{sp}$ 、 $R_p$ )の推計結果、図4.2.11に再資源化業者による食品廃棄物の回収量の推計結果を示す。古紙回収量については減少傾向にあるが、未把握の回収量の割合は増加傾向となった。また、その割合も滋賀県と同等程度(60~70%)であった。食品廃棄物についてもやや増加傾向が見られた。

産業廃棄物への混入量については、図4.2.12に報告された産業廃棄物の再資源化量及びそのうち事業系一般廃棄物に該当する量を示す。2016年度における福島県内の多量排出事業者の報告は304事業場、うち事業系一般廃棄物に該当する報告をしているのが49事業場であった。

以上をまとめ、図4.2.13に一般廃棄物の再資源化総量の推計結果を示す。再資源化総量自体に大きな変化の傾向はないが、未把握の再資源化量の割合は上昇傾向となった。さらに、図4.2.14に一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果を示す。現行のリサイクル率は約14%であるが、真のリサイクル率はこれを10%程度上回る結果となった。また、2016年度にやや減少した現行のリサイクル率に対し、真のリサイクル率はやや上昇となり、未把握の一般廃棄物フローを把握する重要性が示唆された。

福島県では、店舗回収を実施している小売業者について、県等が公表している情報がなかったため、インターネットで確認した主要スーパーマーケットに対してヒアリング調査を行うことで、品目別・売場面積当り店頭回収量の基礎となる情報を入手し、これを用いた全県推計を行った。しかし、ヒアリングを行ったスーパーマーケットは2社のみであり、今後、より精度を向上させるためには、他県が実施しているようなアンケート調査等を実施することが必要になると考えられる。

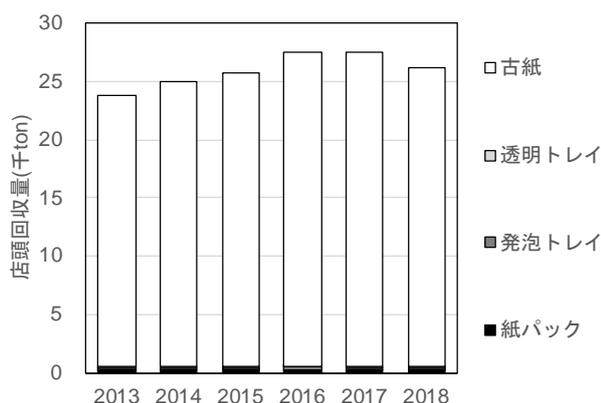


図4.2.9 小売業者による店頭回収量の推計結果(福島県)

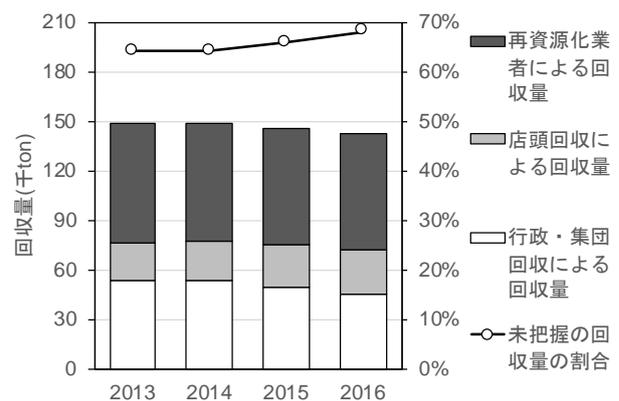


図4.2.10 回収ルート別の古紙回収量の推計結果(福島県)

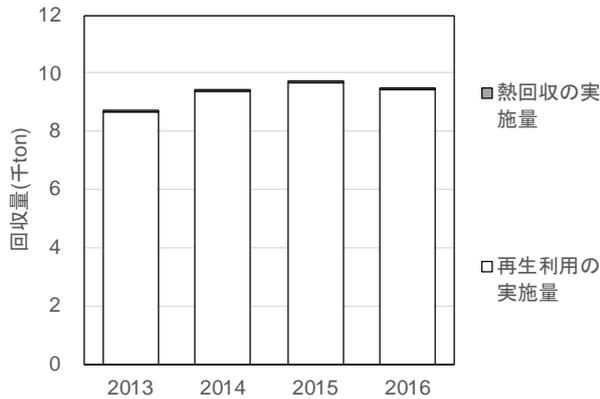


図4.2.11 再資源化業者による食品廃棄物の再資源化量の推計結果(福島県)

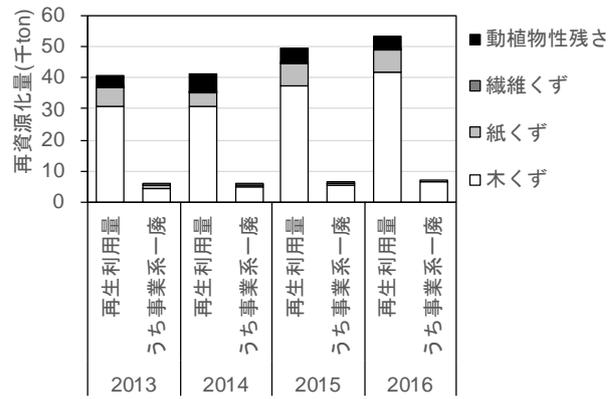


図4.2.12 産業廃棄物への混入量の推計結果(福島県)

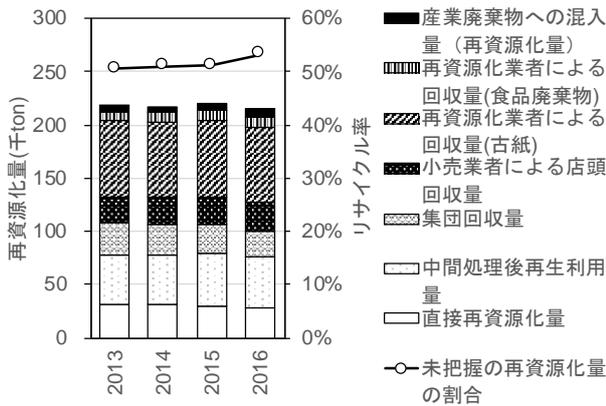


図4.2.13 一般廃棄物の再資源化総量の推計結果(福島県)

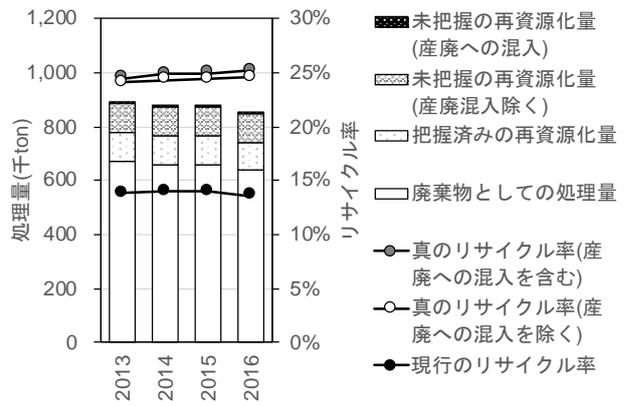


図4.2.14 一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果(福島県)

(2) 山形県

小売業者による店頭回収量については、平成20年度より山形県が、県内の実施状況をアンケート調査等により把握している。調査対象は県内の店頭回収実施店の殆どを網羅しており、その回答率も9割を上回っている(県へのヒアリングより)。図4.2.15に県が調査した小売業者による店頭回収量を示す。明確な増加傾向が見られ、滋賀県、福島県と比較すると、古紙の比率が小さくなっている。

再資源化業者による回収量については、図4.2.16に回収ルート別の古紙回収量(式(2)の $R_{mp}$ 、 $R_{gp}$ 、 $R_{sp}$ 、 $R_p$ )の推計結果、図4.2.17に再資源化業者による食品廃棄物の回収量の推計結果を示す。いずれもデータが収集できた期間において大きな変化の傾向は見られなかった。古紙については、滋賀県、福島県と比較すると店頭回収による回収量が非常に少なかったが、未把握の回収量の割合は同程度となった。

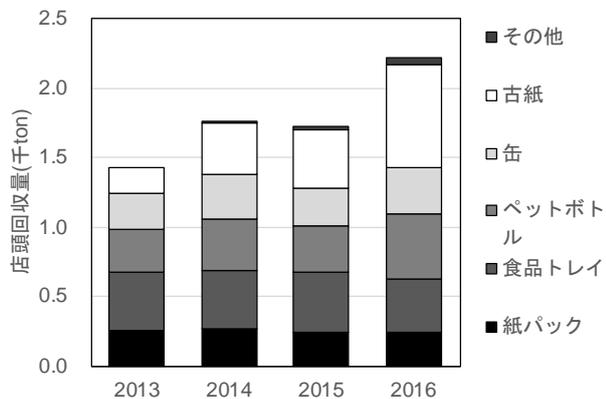


図4.2.15 小売業者による店頭回収量 (山形県)

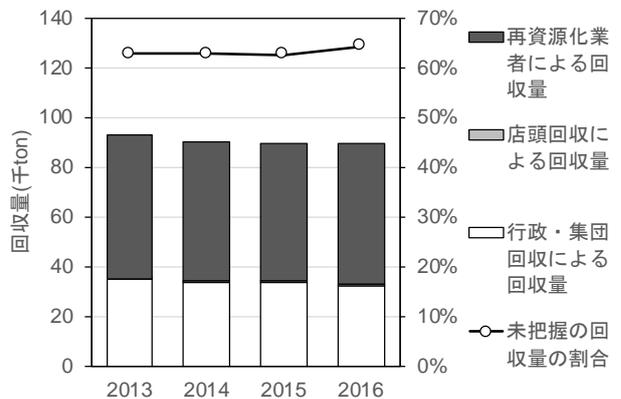


図4.2.16 回収ルート別の古紙回収量の推計結果(山形県)

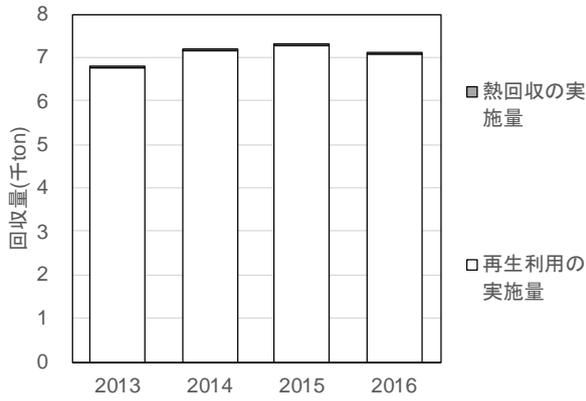


図4.2.17 再資源化業者による食品廃棄物の再資源化量の推計結果(山形県)

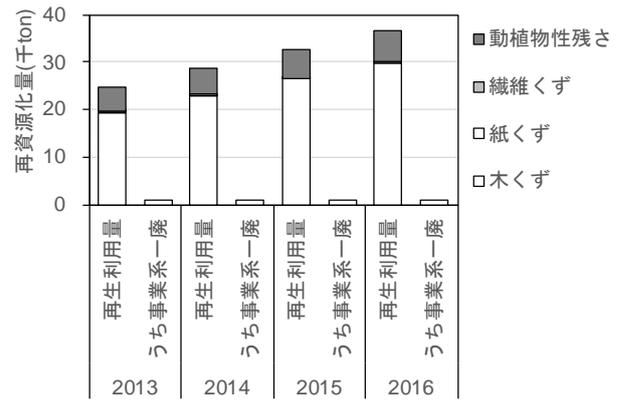


図4.2.18 産業廃棄物への混入量の推計結果(山形県)

産業廃棄物への混入量については、図4.2.18に報告された産業廃棄物の再資源化量及びそのうち事業系一般廃棄物に該当する量を示す。滋賀県、福島県と比較すると事業系一般廃棄物に該当する量の比率は小さかったが、同様に木くずの報告量が多かった。

以上をまとめ、図4.2.19に一般廃棄物の再資源化総量の推計結果を示す。再資源化総量は減少傾向にあったが、未把握の再資源化量の割合は増加傾向にあった。さらに、図4.2.20に一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果を示す。現行のリサイクル率は15%程度で減少傾向にあるが、真のリサイクル率はこれを10数%上回り減少傾向は明確に見られない結果となった。山形県についても、未把握の一般廃棄物フローを把握する重要性が示唆された。

山形県では、店頭回収の情報を定期的に把握しており、当該県の調査結果をそのまま店頭回収量として採用することができた。このような山形県の取り組みは、「住民が買い物時に資源物を持参する場合、自家用車で移動するため、市町村域を超えた資源物の移動が日常化しており、この点の状況(回収量等)を市町村では把握できない」といった背景があり、県が広域的にリサイクル資源の動向を把握すべきと判断したものとことである。行政統計情報の対象外である店頭回収であるが、今後その把握を検討する際には、(特に地方部においては)市町村ではなく都道府県による広域的な把握の体制が有効であると思われる事例であった。

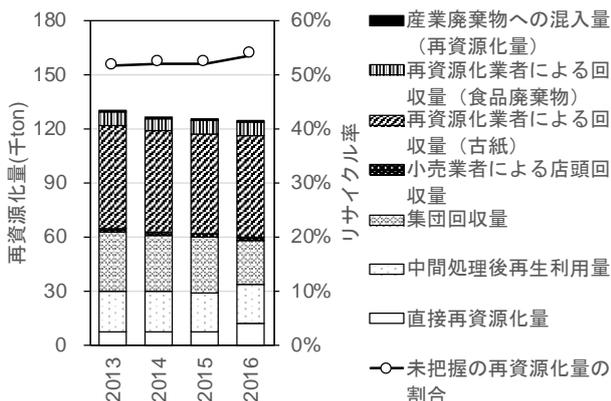


図4.2.19 一般廃棄物の再資源化総量の推計結果(山形県)

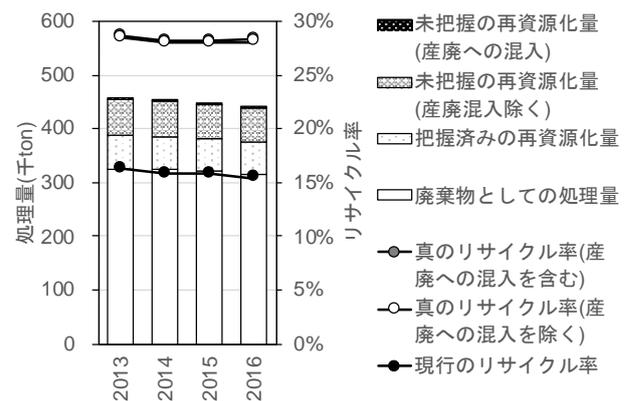


図4.2.20 一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果(山形県)

### (3) 横須賀市

上記のケーススタディーはいずれも県レベルであるが、より小さな行政単位である市レベルでの検討を行った。検討を行うにあたり、事業系一般廃棄物の多量排出事業者報告の情報を活用した。これは、研究開発方法 3.1 (2) <事業系全般>に該当する方法である。なお、「小売業者による店頭回収量」及び「再資源化業者による回収量(古紙)」のうち家庭系古紙の回収量については、市レベルで利用可能な

データがないことから推計を行っていない。具体的には、公表されている「事業系一般廃棄物減量化等計画書兼実績書」の集計結果を活用した。これは「廃棄物の減量化、資源化及び適正処理等に関する条例第21条第1項」に基づき、市が計画書兼実績書の提出を義務付ける市内の(事業系一般廃棄物の)多量排出事業者(平成30年度で223事業所)の報告データである。同実績書では、処分方法を「a再資源化」「b自己処理」「cその他」の3区分で整理しているが、市に対するヒアリングによると、「a再資源化」にはスーパー等の店頭回収を含まない(事業活動から排出された分のみが対象)、「cその他」はその全量が市焼却施設に搬入されたもの(行政統計の対象)とのことである。

図4.2.21に再資源化業者による回収量(事業系古紙及び食品廃棄物)の集計結果を示す。段ボールの量が非常に大きく、新聞・雑誌と段ボールの再資源化率はほぼ100%であった。一方、OA紙、その他の紙類の再資源化率はそれぞれ、30%、40%程度、厨芥類の再資源化率は10%以下であった。

これを一般廃棄物処理実態調査のデータに追加し、図4.2.22に一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果を示す。現行のリサイクル率は30数%でやや減少傾向にあるが、真のリサイクル率はこれを5~6%上回り減少傾向は明確に見られない結果となった。発生量が減少傾向にある中で、未把握の再資源化量に大きな変化がないためである。横須賀市についても、未把握の一般廃棄物フローを把握する重要性が示唆された。

横須賀市では、「事業系一般廃棄物減量化等計画書兼実績書」にもとづいて未把握の一般廃棄物フロー及び真のリサイクル率を検討したが、この計画書兼実績書には搬出先となる再資源化業者も記載されているため、これら業者へのヒアリングを行うことなどにより、多量排出事業者以外の未把握の一般廃棄物フローの実態解明を行うことなども考えられる。

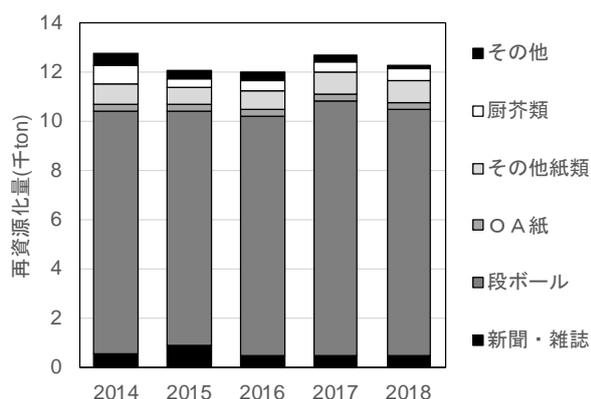


図4.2.21 再資源化業者による回収量(事業系古紙及び食品廃棄物)の集計結果(横須賀市)

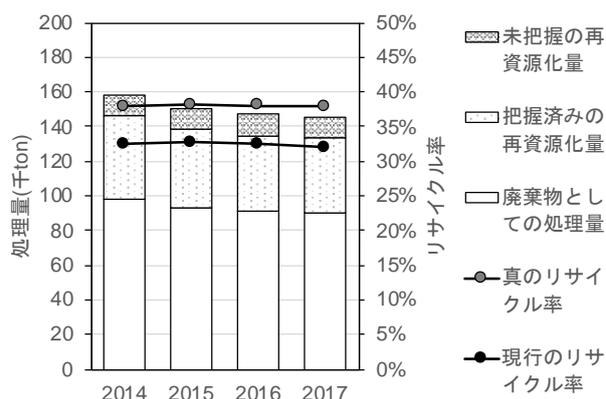


図4.2.22 一般廃棄物の発生量と真のリサイクル率の推計結果(横須賀市)

#### 4.3 手法の適用可能性と課題・留意点

以上のケーススタディーを踏まえると、本研究で提案した手法は概ね多くの自治体で適用可能と判断される。なお、以下のような点が課題・留意点としてあげられる。

- ・ 小売業者による店頭回収量については、小売業者からのデータ提供が課題である。集団回収補助金と同様の制度で、小売業者からのデータ回収を制度化することも一案と考えられる。
- ・ 再資源化業者による回収量(古紙)については、家庭系の段ボールやその他の古紙が考慮できていない状況であり、その点で過小推計となっていると考えられる。
- ・ 再資源化業者による回収量(食品廃棄物)については、全国推計の再資源化量を従業員数で按分しているが、47都道府県における報告量との比較検証も必要である。
- ・ 産業廃棄物への混入については、産業廃棄物の一般廃棄物への混入(事業系の廃プラスチックなど)という逆の状況もあり、それとのバランスも重要である。紙くずについては再資源化業者による回収量(古紙)と一部二重推計の可能性もある。
- ・ 一般廃棄物の多量排出事業者報告が、複数の自治体で事業者の活動量データも含めて活用できれば、

都道府県レベルでの未把握の一般廃棄物フローの推計をさらに拡張することが可能である。

#### 4.4 まとめ：目標の達成度

様々なデータを用いて、自治体の処理・再資源化ルートを経由しない未把握の一般廃棄物量およびそのリサイクル量（小売業者による店頭回収量、再資源化業者による回収量、産廃に混入した事業系一廃の排出量・再資源化量）を推計するための手法を提案した。また、複数の自治体でケーススタディーを実施し、そのリサイクル率が一般廃棄物統計におけるリサイクル率を最大で10数%上回ること、自治体によっては一般廃棄物統計のリサイクル率が減少傾向にあるにもかかわらず推計したリサイクル率が上昇傾向となること等を示した。提案した手法は概ね多くの自治体で適用可能と判断され、研究開発目標を達成したが、一般廃棄物の多量排出事業者報告を活用して拡大推計を行うには、事業者の活動量データが必要であり、今後の課題である。

### 5. 本研究により得られた成果

#### （1）科学的意義

- これまで一般廃棄物の統計データでは把握されていなかった廃棄物のフローが整理されるとともに、これを推計する手法が提示されたことにより、その把握が一定程度可能となった。これにより、より実態に近い一般廃棄物フローのデータを提供できるようになった。また、こうしたデータを活用することにより、より実態に近いリサイクル率の算出、行政が関与しない廃棄物フローの情報に基づく政策の立案が可能となった。

#### （2）環境政策への貢献

##### <行政が既に活用した成果>

- 環境省の「平成31年度第五次環境基本計画(循環型社会部分)、第四次循環型社会形成推進基本計画に係るフォローアップ及び平成32年版「循環型社会白書」作成支援等業務」(みずほ情報総研受託)の一環として、日本や欧州のリサイクル率に係る実態の調査、推計事例の整理が実施され、真のリサイクル率の考え方についてヒアリングを受けるとともに、推計結果が報告書に掲載された(p.277及び添付資料8-18)。

##### <行政が活用することが見込まれる成果>

- 本研究で提案した手法を用いて、国や自治体が未把握の一般廃棄物フローを推計し、より実態に近いデータに基づき、政策の評価や新たな政策の議論をすることが望まれる。
- 本研究で整理した未把握の一般廃棄物フローの表(表1.2.1)等を用いて、廃棄物の把握範囲を明確にし、リサイクル率の適正な国際比較に向けた議論を展開することが望まれる。

### 6. 国際共同研究等の状況

- 1) 真のリサイクル率に関する国際比較研究(Hwong-wen Ma 教授・国立台湾大学・台湾)：本研究で提案する真のリサイクル率と同様の考え方に基づき、台湾における真のリサイクル率を試算するとともに、日台の廃棄物データの相違について考察した。研究成果は、口頭発表6として公表している。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文(査読あり)>

- 1) 渡辺梓、長野朝子、立尾浩一、橋本征二：廃棄物資源循環学会論文誌、30、62-72 (2019)  
「未把握の一般廃棄物フローの推計方法と真のリサイクル率～滋賀県の事例研究」

#### <その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない。

### (2) 口頭発表(学会等)

- 1) 渡辺梓、橋本征二：第13回日本LCA学会研究発表会(2018)  
「一般廃棄物のリサイクル率の再定義～民間回収ルートによる再資源化量の推計」
- 2) 谷畑佑典、佐々木貴央、橋本征二：第13回日本LCA学会研究発表会(2018)  
「物質収支をもとにした食品廃棄物量の推計」
- 3) 橋本征二：第13回日本LCA学会研究発表会(2018)  
「一般廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した廃棄物フロー分析」
- 4) Tanihata, Y., F. Krausmann, T. Sasaki, and S. Hashimoto: The 6th Asia-Pacific Conference of International Society for Industrial Ecology, Qingdao, China (2018)  
"Agricultural biomass flows in Japan - assessment by six indicators of material cycle"
- 5) 渡辺梓、立尾浩一、橋本征二：第29回廃棄物資源循環学会研究発表会(2018)  
「未把握の一般廃棄物フロー及びそれに基づく真のリサイクル率の推計～滋賀県の事例」
- 6) Watanabe, A., I. Chen, H. Ma, and S. Hashimoto: The 13th International Conference on EcoBalance, Tokyo, Japan (2018)  
"Genuine recycling rates of municipal solid waste: comparing Japan and Taiwan"
- 7) 清圭佑、谷畑佑典、橋本征二：第14回日本LCA学会研究発表会(2019)  
「一般廃棄物中食品廃棄物・食品ロス量の推計と発生抑制・再資源化による効果の検討」
- 8) 谷畑佑典、F. Krausmann、C. Lauk、佐々木貴央、橋本征二：第14回日本LCA学会研究発表会(2019)  
「日本における農業系バイオマスの物質フロー～物質循環の6つの指標による評価」
- 9) 橋本征二：第14回日本LCA学会研究発表会(2019)  
「一般廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した廃棄物フロー分析」
- 10) 原園康作、橋本征二：第15回日本LCA学会研究発表会(2020)  
「日本における農業系バイオマスの物質フローの推計～時系列分析」
- 11) 橋本征二：第15回日本LCA学会研究発表会(2020)  
「一般廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した廃棄物フロー分析」

### (3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

## (6) その他

- 1) 下記発表が、第29回廃棄物資源循環学会研究発表会（2018）において優秀ポスター賞を受賞  
渡辺梓、立尾浩一、橋本征二：未把握の一般廃棄物フロー及びそれに基づく真のリサイクル率の  
推計～滋賀県の事例

## 8. 引用文献

- 1) 松藤敏彦、田中信壽：都市ごみ管理のための廃棄物統計改良に関する研究、廃棄物学会論文誌、4(1)、pp.10-18（1993）
- 2) 松藤敏彦、田中信壽：家庭系ごみ流れの推定に関する研究、廃棄物学会論文誌、11(4)、pp.214-223（2000）
- 3) 松藤敏彦、田中信壽、澤石直史：13大都市における家庭系ごみ収集量の相違とその要因に関する研究、廃棄物学会論文誌、11(5)、pp.261-270（2000）
- 4) 金森有子、藤原健史、松岡譲：消費財のフローとストックを考慮した家庭ごみ発生モデリング、環境システム研究論文集、30、pp.334-339（2002）
- 5) 三重県：第27回ごみゼロプラン推進委員会、資料1 民間資源回収量実態調査の結果について（2013）
- 6) 福井県：民間資源回収実態調査（2014）
- 7) 大阪府：第2回大阪府環境審議会廃棄物処理計画部会、参考資料1 リサイクルの全体像（2011）
- 8) 商業界：日本スーパー年鑑、各年版
- 9) 総務省統計局：事業所・企業統計調査、経済センサス-活動調査、経済センサス-基礎調査、各年版
- 10) 経済産業省：商業統計、各年版
- 11) 古紙再生促進センター：古紙ハンドブック、各年版
- 12) 日本新聞協会：日本新聞年鑑、日本新聞協会
- 13) 全国出版協会：出版指標年報、全国出版協会
- 14) 総務省統計局：全国消費実態調査、<http://www.stat.go.jp/data/zensho/2014/index2.htm#kekka>、2018年6月アクセス
- 15) 総務省統計局：住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査、[https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020101.do?\\_toGL08020101\\_&tstatCode=000001039591](https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020101.do?_toGL08020101_&tstatCode=000001039591)、2016年1月アクセス
- 16) 公益財団法人古紙再生促進センター：平成21年度オフィス発生古紙実態調査報告書、2010
- 17) 公益財団法人古紙再生促進センター：平成28年度オフィス発生古紙実態調査報告書、2017
- 18) 農林水産省：食品廃棄物等の年間発生量及び食品循環資源の再生利用等実施率について、各年版  
<http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syokuhin/kouhyou.html>、2018年9月アクセス
- 19) 滋賀県：店頭回収を実施している店舗一覧、  
<http://www.pref.shiga.lg.jp/d/haikibutsu/gomizero/home/recycling/collection.html>、2018年9月アクセス
- 20) 全国牛乳容器環境協議会：飲料用紙容器(紙パック)リサイクルの現状と動向に関する基本調査、2017
- 21) 滋賀県：廃棄物処理法に基づく産業廃棄物の多量排出事業者による処理計画書および実施状況報告書、<http://www.pref.shiga.lg.jp/shinseisho/df00b/0200000.html>、2018年9月アクセス
- 22) 大津市：多量排出事業者産業廃棄物処理計画書等の作成及び公表、  
<http://www.city.otsu.lg.jp/soshiki/030/1710/g/sampai/1442562788705.html>、2018年9月アクセス

## Ⅱ-3 産業廃棄物多量排出事業者報告データ等を活用した産業廃棄物等の広域物流の要因分析

国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター

山田 正人

平成29年度～令和元年度研究経費（累計額）：11,815千円（研究経費は間接経費を含む）  
（平成29年度：3,400千円、平成30年度：4,478千円、令和元年度：3,937千円）

### 〔要旨〕

産業廃棄物処理業者に委託処理される産業廃棄物の物流の実態を捉え、それが生ずる要因を分析し、産業廃棄物市場の構造を示すことは、排出事業者、処分業者ならびに行政に有益な情報を与える。本研究では、排出事業者および処分業者から自治体へ提出される行政報告に記載されている情報を用いて、各排出事業場から発生した産業廃棄物の中間処理、最終処分または再利用先までの物流を紐付けしたフローデータの整備を行い、産業廃棄物の物流すなわち地理的な物質フローを描き出すとともに、物流が生ずる要因について分析した。処分実績報告書に記載されている情報を用いて、最終処分場への処分、再生利用、焼却や脱水等による減量のシェアである物質収支を組み込んだ、排出事業場約4.2万件、廃棄物量520万トン、約16万件の委託処理の廃棄物フローを構築した。福島県内で発生した廃棄物のフローを用いて輸送距離とフロー量の関係を分析した。産業廃棄物の品目毎の地理的なフローは、廃棄物の性状や資源としての需要、処理処分等施設の位置で説明できることを示した。また、マニフェスト報告に記載されている廃棄物フローと物質収支情報、処理料金情報を組み合わせて輸送距離と処理料金の関係を分析し、一定距離以内では処理料金以外の要因で、一定距離以上の輸送では処理料金で施設が選択されることを示した。

### 〔キーワード〕

産業廃棄物、物流、移動量、輸送距離、処理料金

### 1. はじめに

産業廃棄物処理業者に委託処理される産業廃棄物は、排出地からその域内・域外を移動して、中間処理で資源回収や、減量、無害化された後に、最終処分地に向かう。この物流の実態を捉え、それが生ずる要因を分析し、産業廃棄物市場の構造を示すことは、処理業者にとっては新たな施設を設置した際の需要予測、排出事業者にとってはより経済的な再生利用や処分先の選択、行政にとっては不適正な施設への移動の監視などに有効である。物流を捉える基本的な情報源としては、廃棄物処理法や条例に基づく、産業廃棄物多量排出事業者実施状況報告書、産業廃棄物管理交付等状況報告書、電子マニフェスト登録等状況報告書、産業廃棄物処理業による実績報告などの都道府県等への報告がある。

廃棄物等の物流が生じる要因として、廃棄物を受入可能な処理施設や回収された資源を受入可能な資源化施設へ向かう移動（地理的・技術的要因）、より低額の処理・処分料の施設を求める移動（経済的要因）などが考えられる。とくに建設系廃棄物に典型的に見られることであるが、産業廃棄物の物流は中間処理（破碎選別）施設の立地する地域を経由することが多い。したがって、廃棄物等の物流・広域移動の要因分析を行うためには、廃棄物等が中間施設を経る際に質変換が行われることを明示的に考慮した物質フロー分析が不可欠である。ここで言う質変換とは、木くずが焼却施設において燃え殻とばいじんに変換されること、廃プラスチック類（混合廃棄物の性格を有しているもの）が破碎（選別）施設において廃プラスチック、金属くず、木くずに変換されることなどを指す。また、物質フロー分析に求められる基本的な要件として、中間処理施設における入と出の品目の紐付けと物質収支を把握する必要がある。さらに、廃棄物等の物流における輸送距離は経済的要因に関与する重要な情報であり、廃棄物が

排出され、処理、処分また再利用される場所の位置情報を付与することで、その分析が可能となる。

## 2. 研究開発目的

本研究では、産業廃棄物多量排出事業者報告、マニフェスト報告データ、処分実績報告データを用いて、産業廃棄物の品目毎に、中間処理による質変換および位置データも含めた廃棄物フローデータベースを構築する。また、廃棄物の物流に大きな影響を与えている費用等の指標に関する調査を実施して、産業廃棄物が広域移動する要因を分析する。

## 3. 研究開発の方法

### 3.1 行政報告データを用いた産業廃棄物フローデータベースの編纂

本研究のデータベース開発に活用可能な行政報告データとその特徴を表3.3.1に示す。廃棄物フローに関する情報を掲載した法定の行政報告として、排出事業者における排出量及び排出事業者が実施した中間処理による減量及び自社処分（再生利用を含む）の状況は、法第12条第10項、規則第8条の4の6、規則第8条の4の7および規則様式第二号の九に基づく「多量排出事業者実施状況報告書（以下、多量排出データ）」、排出事業者が委託処理した状況及び委託業者における処分状況については、法第12条の3第7項に基づく「産業廃棄物管理票交付状況報告書及び電子マニフェスト登録等状況報告書（以下、マニフェストデータ）」がある。これら報告書にあるデータは産業廃棄物品目のうち多量報告者とならない自己処理を除いて、ある地域で発生した産業廃棄物の全数を示すものである。多量排出データからは排出事業者自らによる中間処理と最終処分の状況を把握できるが、委託処理の場合に処理業者や処理場所が不明である。マニフェストデータには排出と処理・処分の場所やそれに至るまでの経路が詳細に把握できるという特徴があるが、紙マニフェストによる産業廃棄物管理票交付状況報告書の提出率が全数ではない場合があり、中間処理を経由する場合に排出事業者から中間処理までのフロー（1次マニフェスト）と中間処理から最終処分までのフロー（2次マニフェスト）が繋がっておらず、中間処理の方法がわからない。また、中間処理で質変換された処理物には、焼却や埋立処分に向かうものと、再生利用用途で売却されるものがあるが、後者は多量排出ならびにマニフェスト等の通常の行政報告から外れるため、行き先や物量が把握できない。

表3.3.1 行政報告データの特徴

行政データ	情報の特徴等		
	排出場所	処分方法	処分場所
多量排出事業者実施状況報告書	◎事業場の住所を把握可能。 ×発生場所が複数の工事現場となる建設業では特定ができない。	×委託処分者および処分地域が不明	
産業廃棄物管理票交付状況報告書及び電子マニフェスト登録等状況報告書	◎詳細把握が可能	×不明	○把握が可能
産業廃棄物(収集運搬業者、処分業者)の処分実績報告書	○市町村レベルで可能	◎詳細把握が可能	◎詳細把握が可能

これらの情報を記載した行政報告として処分実績報告書（以下、処分実績データ）がある。平成初期の廃掃法改正以前の旧法における、法第18条の報告の徴収（処分実績報告書）に基づく、様式第34号の2(別紙)から、本研究に必要な情報を得ることができる。図3.3.1に同様式（記入例と説明を含む）を示す。この処分実績報告書は、廃掃法の改正後も徴収している自治体が多いため、これを利用する。今回

は福島県より、2015年度の多量排出事業者実施状況報告書、産業廃棄物管理票交付状況報告書及び電子マニフェスト登録等状況報告書、ならびに処分実績報告書を借用し、記載されている情報を以下のように整理した。

様式-業C 産業廃棄物・特別管理産業廃棄物・災害廃棄物の処理施設における処分実績 - 中間処理・最終処分 記入例

平成27年度実績 業者名 ㈱〇〇資源

産業廃棄物処理施設の種類	施設番号	自社の区分	処理した廃棄物と年間処理量			処理後の廃棄物と量			処理後の廃棄物の再生・処分状況				備考	
			種類(※1)	特定(※2)	処理量	種類(※1)	特定(※2)	処理量	処理(処分)方法	量	委託先名称	委託先所在地(※3)		方法・(用途)
廃プラスチックの破砕施設	B21	01	廃プラ0600		1,000 t	廃プラ0600		1,500 t	自社で焼却	500 t	〇〇資源	□□県〇〇市	燃料としてリサイクル	800 t
		02	(災害廃棄物) 廃プラ		500 t						××興産	△△県〇〇郡××町	埋立	200 t
		03												
		04												
		05												
廃プラスチックの焼却施設	B22	06	自 廃プラ0600		500 t	燃え殻0112	○	300 t			××セメント	□□県〇〇市	セメント原料	100 t
		07	廃プラ0600		2,000 t						××興産	△△県〇〇郡××町	埋立	200 t
		08				ばいじん1800	○	50 t	自社で焼却	10 t	××セメント	□□県〇〇市	セメント原料	40 t
		09												
汚泥の脱水施設	B23	11	汚泥0210		3,000 t	汚泥0210		1,000 t	建設資材として利用	1,000 t				
		12	下水道汚泥0211	○	2,000 t									
		13												
		14												
		15												
がれき類の破砕施設	B24	16	がれき類1501		45,000 t	がれき類1501		50,000 t	建設資材として販売	50,000 t				
		17	建設系混合物2022		3,000 t	がれき類1501		1,000 t	建設資材として販売	1,000 t				
		18	(災害廃棄物) コーヒー		5,000 t	木くず0810		1,000 t			〇〇燃料	□□県〇〇市	チップ化燃料	1,200 t
		19				金属くず1200		800 t	販売	800 t				
		20				たばこ石1532		200 t	保管中	200 t				
管理型最終処分	B91	21	自 ばいじん1800		10 t									
		22	汚泥0221		5,000 t									
		23	木くず0810		800 t									
			(災害廃棄物) 瓦		500 t									

自社の事業活動により生じた廃棄物 原名で記入してください。

(※2) 平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染の影響により処分せずに保管している場合

(※3) 委託先所在地は、福島県内の場合は市町村名まで、福島県外の場合は都道府県名及び市町村名までを記入してください。(いずれの場合も、郡名までは×)

図3.3.1 産業廃棄物の処分実績報告書の様式および記入例

出所：福島県、産業廃棄物（特別管理産業廃棄物）の収集運搬、処理・処分実績報告書、記入の手引き <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/236455.pdf>（2018年5月閲覧）

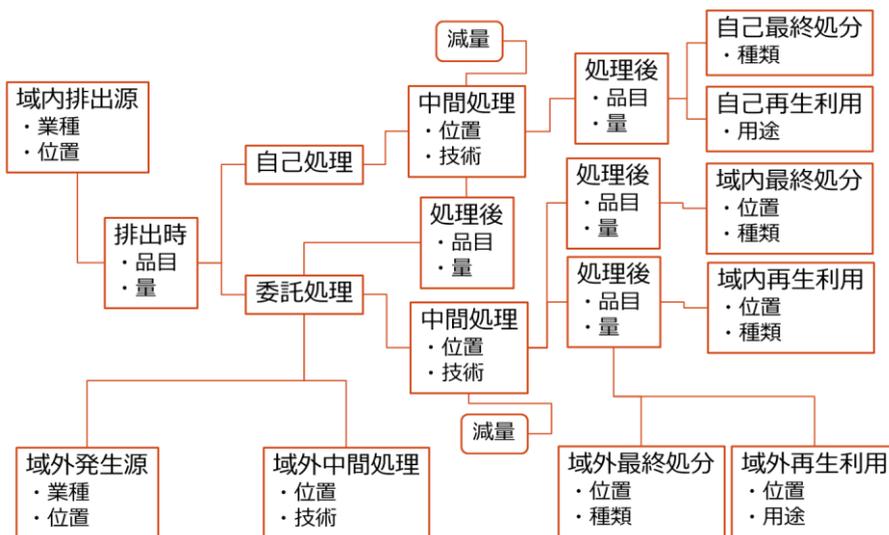


図3.3.2 産業廃棄物フローの構造

ある行政区域（都道府県・政令市・中核市）における産業廃棄物の発生から処理・処分・再生利用に至るまでの物流には、排出事業場自らによる処理処分の流れと産業廃棄物処理業者等への委託による処理処分の流れがある。委託による処理には域外の排出事業者から移入と域外の処理業者へ移出が加わる。これら廃棄物フローの構造は図3.3.2で表される。産業廃棄物フローの編纂は、各行政報告データよりこの構造を構成する情報を取り出し、関連する情報を排出源から処分・再生利用に至るフローとして繋げてゆく作業である。

処分実績データとして、まず、当該報告書より、廃棄物の種類、量、委託者（排出事業者）及び所在地、処分業者名及び処分方法、処分先所在地等を整理した。委託者については、既存の各種事業場名簿を用いて、業種コードを付加した。次に、最終処分業者による報告より各委託者の廃棄物種類別の処分量を設定した。委託者の名称と所在地より、委託者が排出事業者であるか中間処理業者であるかの識別を行った。委託者が中間処理業者である場合、中間処理業者からの報告を用いて当該廃棄物種類の排出事業者を特定し、廃棄物種類別の処理量を設定した。中間処理業者が複数の排出事業者から同じ種類の廃棄物の処理を受託した場合、それらの処理量は一括して記載されているため、それぞれの排出事業者からの処理残さ量は受託量に応じて按分した。この作業により、域内で委託埋立処分された全ての廃棄物について、排出事業者と中間処理の選別や焼却等による質変換が設定できる。中間処理における再生利用量は中間処理後の量から最終処分量を差し引いたものとした。また、焼却や脱水における減量分は中間処理量から最終処分量と再生利用量を差し引いたものとした。処分実績データにおける委託処理量には域外からの委託も含まれている。これを移入の流れとした。域内で発生した中間処理残さが域外に移動する際には、処分先が名称ではなく県レベルで記載されているため、この移出の流れは収集運搬業者による処分実績データまたはマニフェストデータを用いて把握した。なお、このフローデータベースに登録した排出事業者、中間処理業者ならびに最終処分業者の所在地情報の解像度は市町村であり、計測できる輸送距離はそれぞれの市町村の中心地（市役所等）の緯度経度を結んだ直線距離である。

排出事業者自らによる中間処理量、再生利用量、最終処分量は多量排出データから設定した。多量排出データでは廃棄物は発生時の種類で記載されている。自己中間処理によって発生した処理残さが委託処理される場合、処理残さの種類は処理前の種類と排出事業者の処理方式に基づいて設定した。例えば、発生時における種類が汚泥で処理方式が脱水の場合、処理残さの種類は汚泥とし、処理方式が焼却の場合にはもえがら（とばいじん）とした。

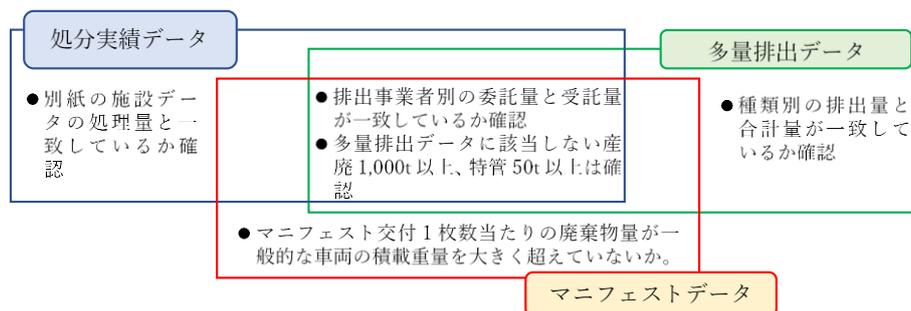


図3.3.3 エラーチェックのための行政報告データの相互比較

以上の廃棄物フローの設定に用いたデータについては、図3.3.3に示すように、同一の排出事業場における各行政報告における委託・受託量のデータを相互比較することによって、エラーチェックを行った。例えば、多量排出データ（排出量年間1000t以上、特管50t以上）にない排出事業場について、マニフェストデータや処分実績データで1000t以上、特管50t以上の排出量の計上がある場合は、どちらかに単位ミス等が存在すると判断する。このようなエラーが発見された場合は、前年度の報告データを参照するな

どして、データを整備した。

### 3.2 廃棄物フローへの輸送距離と処理料金の設定

福島県で発生ならびに処理・処分された産業廃棄物のうち、アスファルト、コンクリート、木くず（抜根を除く）、廃プラスチック類（廃タイヤ、発泡スチロールを除く）について、福島県内外の各受け入れ先への輸送距離と処理料金を設定し、これら委託処理による物流が生ずる要因を分析した。

この分析では、排出事業者、中間処理業者ならびに最終処分業者の間の輸送距離を詳細に計測するため、排出事業者と処分業者の所在が基本的に住所で登録されているマニフェストデータを用いた。マニフェストデータに登録されている事業者間の産業廃棄物フローを整理した上で、産業廃棄物フローデータベースに登録したフロー、すなわち処分実績データから把握されたフローと排出事業者名称、排出場所（市町村レベル）、種類、処分業者名称、処分所在地（市町村レベル）で突合し、合致したものにマニフェストデータに中間処理における処理技術と物質収支（減量率、再生利用率、埋立処分率）の情報を付加した。

合致した事業場間のフローで住所が明らかなものについて所在地の緯度経度を直線で結んだ輸送距離を求めた。なお、図3.3.4で示すように、所在地間を道路で結んだ実距離は直線距離に係数1.4を乗ずることにより近似できる。

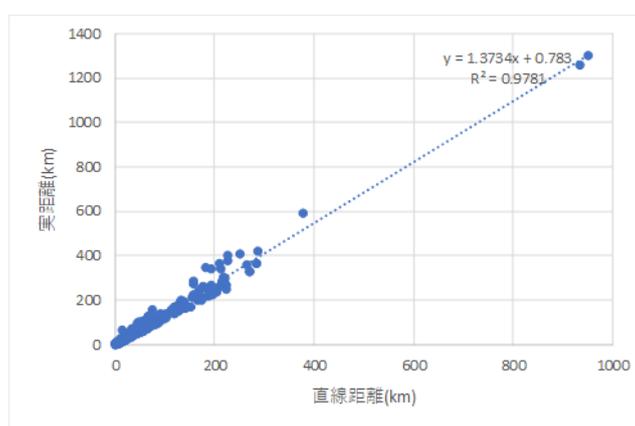


図3.3.4 所在地住所間の直線距離（緯度経度）と実距離（Google Map道路経路検索）の関係  
(1,467件の排出事業場と処理業者の組み合わせより作成)

処理料金の設定には、基本的に市販のデータベース「土木工事積算システム GaiaRX（株）システムクリエイト」を用いた。このデータベースには、都道府県ごとの公共工事等における資材や廃棄物処理費用の情報が格納されており、廃棄物については、産業廃棄物処理施設等の設置都道府県名、処理業者名称、品目および性状等受入条件、処理料金単価（金額および単位（t, m<sup>3</sup>, 台数, 個等））、処理・処分方法の情報がある。このデータベースに登録されている事業場とマニフェストデータの事業場を、廃棄物種類、処理方法、処分業者名称、処分業者所在都道府県で突合した。また、このデータベースに格納されていない処理処分業者の処理料金は、受け入れ先業者のホームページに公表されている料金単価より設定した（業者が特定されるため個別の出典は非公開）。

## 4. 結果及び考察

### 4.1 産業廃棄物の輸送量と距離

福島県における2015年度の多量排出データ、マニフェストデータならびに処分実績データを用いて、

各排出事業所から発生した産業廃棄物を、品目毎に、中間処理による質変換（すなわち品目の変化）を組み入れ、最終処分または再利用先までの物流を紐付けしたフローデータを編集した。フローデータの起点、中間点、ならびに終点には位置データを付属させた。多量排出データは、排出事業場289件、廃棄物フロー数約1,800件（フロー数は同一事業場による排出であっても、廃棄物の品目（種類）で区別している）から成り、産業廃棄物の排出量は約600万トン、うち処分業者への委託量は300万トンである。マニフェストデータは、排出事業場約1.6万件、廃棄物フロー数約6万件で、廃棄物量（委託量）は約430万トンである。処分実績データには排出事業場約4.2万件、廃棄物フロー数約16万件が登録され（県外からの移入データを含む）、廃棄物量（委託量）は520万トンである。多量排出データの委託量と処分実績データの量の差は、多量排出事業者ではない事業者からの排出を示し、マニフェストデータと処分実績データの量の差はマニフェスト報告の提出漏れと考えられる。

表4.3.1に処分実績データとして整備された廃棄物各品目の委託処理のフローの数と廃棄物量を示す。フローの数としては廃プラスチック類、がれき類、金属くず、ガラス陶磁器くず、木くずが1万件を超えて多い。フローの量としてはがれき類が約200万トンと最大であり、主に火力発電所から排出されるばいじんが約150万とこれに続く。福島県内外の移動では、県内で排出された廃棄物が県内で処理・処分される流れがフロー数、廃棄物量がそれぞれ約13万件、約290万トンと共に最も大きく、がれき類が廃棄物量の約7割を占めている。県内排出・県外処分と県外排出・県内処分はフロー数では約15万件と同程度であるが、廃棄物量では県内排出・県外処分が約170万トンと大きく、ばいじんの県外処分がその7割を占めている。

表4.3.2には、処分実績データに登載された特徴的な情報である、廃棄物各品目の最終処分場への処分、再生利用、焼却や脱水等による減量のシェアである物質収支を示した。フロー全体で再生利用率が9割以上で高い品目は動物のふん尿、がれき類、ばいじん、金属くずである。また処分率が4割以上で高い品目はゴムくず、燃え殻、廃プラスチック類である。県内排出・県外処分で再生利用率が9割以上と高い品目は燃え殻、がれき類、ばいじん、動植物性残渣であり、特に燃え殻とばいじんは県外へは再生利用のために移動している。県外排出・県内処分における物質収支は福島県内の処分業者の特徴を表している。再生利用率が9割以上と高いのは廃酸、木くず、動植物性残渣であり、これらを取り扱う中間処理施設が立地していることを示している。処分率が6割以上と高いのは燃え殻、汚泥、廃プラスチック類であり、また、ほとんどの品目で県外での処分率が小さいことは、県内での最終処分場の存在が特徴であることを示している。

以降の地理的移動の分析では、福島県内で発生した廃棄物のフロー、すなわち県内から県内および県内から県外のフローデータ（約14万フロー、約460万トン）を用いた。

表4.3.1 処分実績データにおける廃棄物品目のフロー数と廃棄物量

	全体		県内→県内		県内→県外		県外→県内	
	フロー数	廃棄物量(t)	フロー数	廃棄物量(t)	フロー数	廃棄物量(t)	フロー数	廃棄物量(t)
燃え殻	303	154,254	173	64,789	54	62,481	76	26,984
汚泥	7,679	330,901	3,486	185,120	2,016	90,802	2,177	54,979
廃油	8,412	52,184	3,479	14,489	1,693	15,335	3,240	22,360
廃酸	2,413	64,346	489	3,044	708	10,987	1,216	50,315
廃アルカリ	2,773	38,345	714	13,898	1,135	20,608	924	3,839
廃プラ	35,474	217,069	30,279	125,589	3,535	35,198	1,660	56,282
紙くず	5,325	7,563	5,135	5,203	170	1,098	20	1,263
木くず	14,129	267,119	13,541	196,142	440	56,252	148	14,725
繊維くず	1,503	1,803	1,463	1,699	38	102	2	2
動植残さ	192	20,972	136	14,459	48	3,166	8	3,347
ゴムくず	5	9	5	9	0	0	0	0
金属くず	18,085	36,713	16,392	31,173	1,091	4,503	602	1,037
方陶くず	17,322	134,543	14,973	104,113	1,492	15,385	857	15,045
鉱さい	184	122,175	85	25,691	82	91,151	17	5,333
がれき類	20,129	2,033,000	19,008	1,958,269	193	20,323	928	54,409
動物のふん尿	15	6,172	15	6,172	0	0	0	0
動物の死体	371	2,068	0	0	371	2,068	0	0
ばいじん	300	1,483,392	38	143,608	152	1,235,398	110	104,386
感染性廃棄物	5,560	10,309	2,379	4,180	559	602	2,622	5,527
動物固形物	0	0	0	0	0	0	0	0
混合物等	17,902	208,012	16,687	41,692	786	40,850	429	125,470
計	158,076	5,190,949	128,477	2,939,337	14,563	1,706,310	15,036	545,302

表4.3.2 処分実績データにおける廃棄物品目のフローにおける物質収支

	全体			県内→県内			県内→県外			県外→県内		
	処分率	再生利用率	減量率	処分率	再生利用率	減量率	処分率	再生利用率	減量率	処分率	再生利用率	減量率
燃え殻	47	53	1	76	23	1	0	100	0	84	15	0
汚泥	38	35	28	43	37	20	10	45	45	66	10	23
廃油	3	26	71	3	31	65	0	56	43	6	2	93
廃酸	1	76	24	5	8	88	1	5	94	0	95	5
廃アルカリ	3	9	88	4	0	96	1	17	82	7	0	93
廃プラ	41	46	13	30	56	14	17	69	14	80	10	10
紙くず	14	36	50	13	42	44	11	47	42	20	0	80
木くず	7	79	14	5	83	12	13	63	24	1	98	1
繊維くず	21	39	41	20	38	42	28	58	13	22	20	58
動植物残さ	7	89	4	9	86	5	4	90	6	0	97	2
ゴムくず	78	0	22	78	0	22	-	-	-	-	-	-
金属くず	4	95	0	4	95	0	4	96	0	4	81	0
方陶くず	27	73	0	24	75	0	35	65	0	35	63	1
鉾さい	9	91	0	36	64	0	0	100	0	26	74	0
がれき類	5	95	0	4	96	0	8	92	0	36	63	1
動物のふん尿	0	100	0	0	100	0	-	-	-	-	-	-
動物の死体	9	54	36	-	-	-	9	54	36	-	-	-
ばいじん	8	92	0	70	30	0	0	100	0	15	84	0
感染性廃棄物	20	1	79	17	0	83	56	0	44	19	1	80
動物固形物	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
混合物等	14	69	17	39	56	4	6	31	63	8	86	7
計	12	83	6	14	82	4	2	91	7	29	60	11

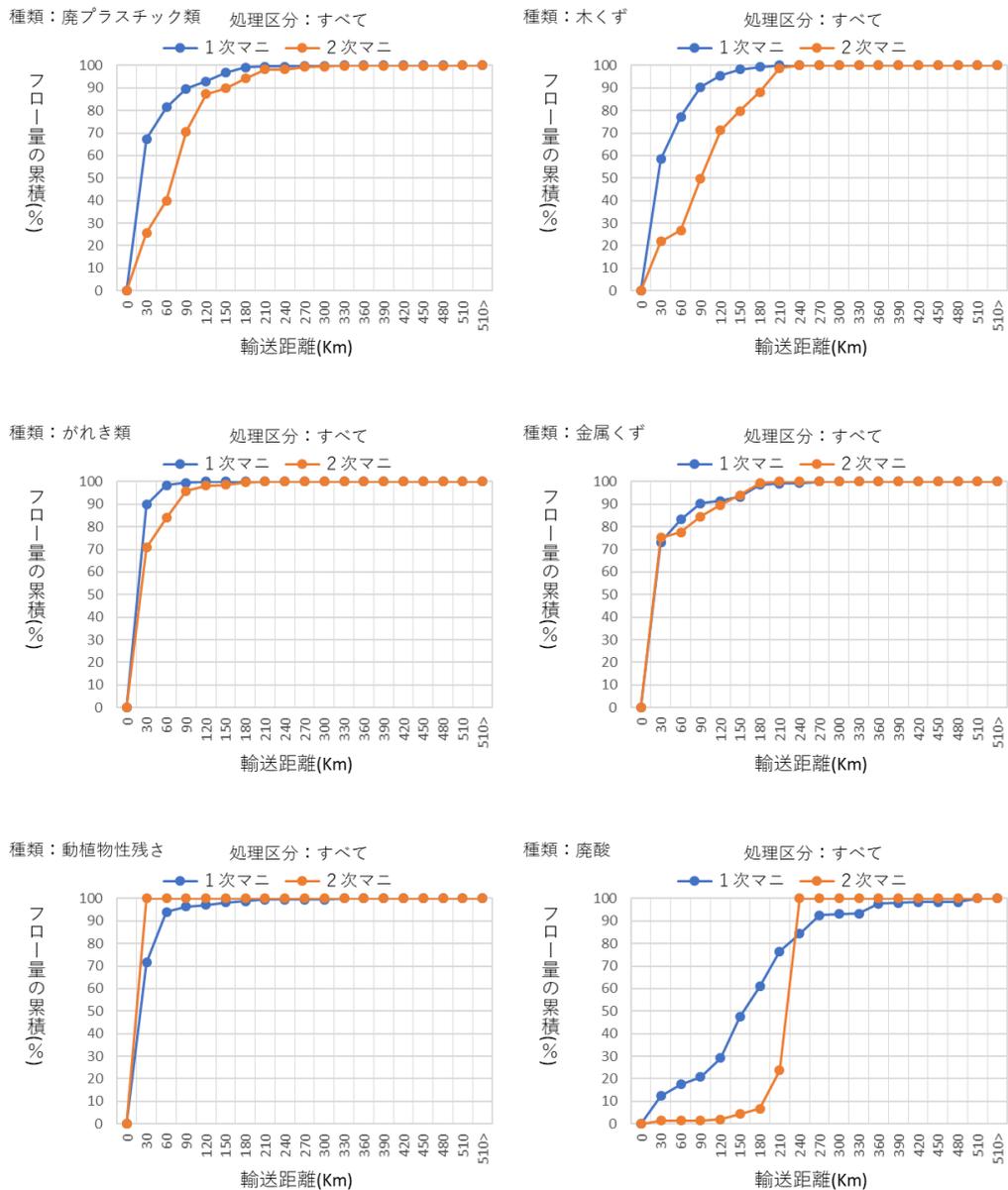


図4.3.1 産業廃棄物品目の輸送距離とフロー量の累積パーセント

地理的な産業廃棄物フローが形成される要因を輸送距離とフロー量の関係で分析した。図4.3.1に産業廃棄物品目で特徴的移動を示すものをまとめた。なお、フロー量は相互比較のため累積パーセントで表した。また、排出事業場から中間処理業者または最終処分業者へ委託処理を示す一次マニフェストのフロー（一次マニ）と中間処理業者から中間処理業者または最終処分業者への委託処理を示す二次マニフェストのフロー（二次マニ）を分けて示した。9割程度のフローが、廃プラスチック類、木くずでは約200km以内の距離、がれき類、金属くず、動植物性残渣では約100km以内の距離で生じている。木くずは燃料などの資源としての需要があり比重が小さいため、引き合いがあれば遠距離まで移動するものと考えられる。同じく比重が小さいプラスチック類は資源としての需要地とともに処分地への移動を示している。がれき類や金属くずも再生利用率が高い廃棄物であるが、大きい比重が遠距離への移動を阻んでいるものと考えられる。資源価値がより高い金属くずのほうが移動距離が大きい。動植物性残渣のフローがより近距離で生じているのは、腐敗性のため輸送時間に制限があると考えられる。特別管理産業廃棄物である廃酸については取り扱い施設が限られる場合のフローを表している。

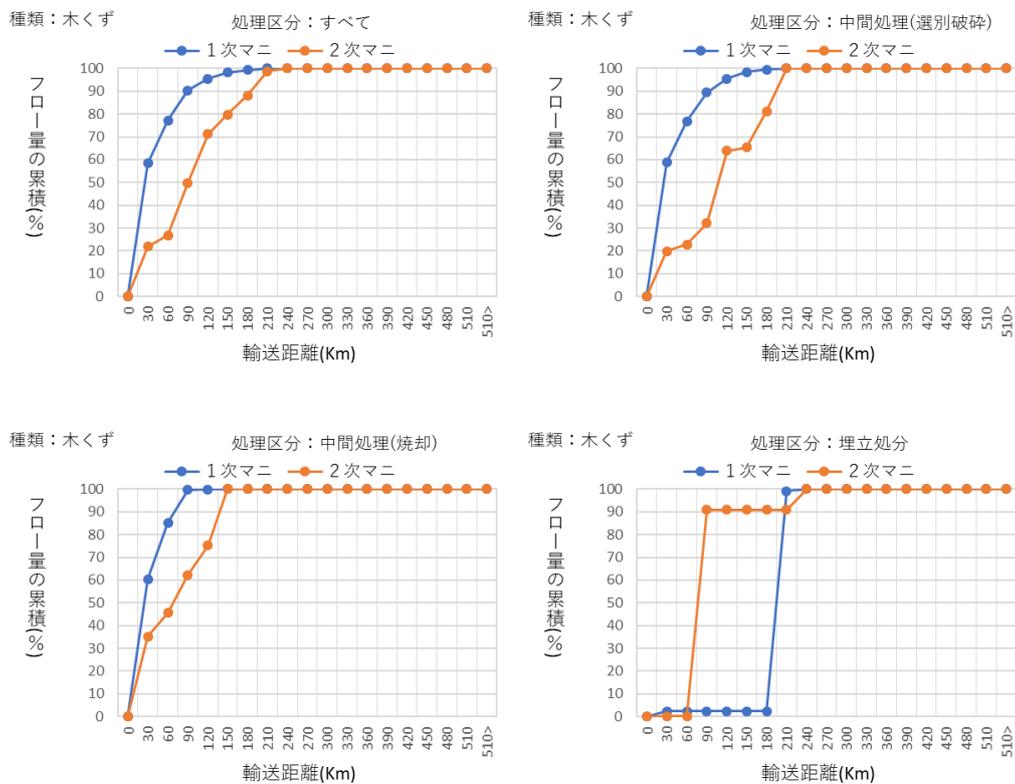


図4.3.2 木くずの処理技術と輸送距離とフロー量の累積パーセント

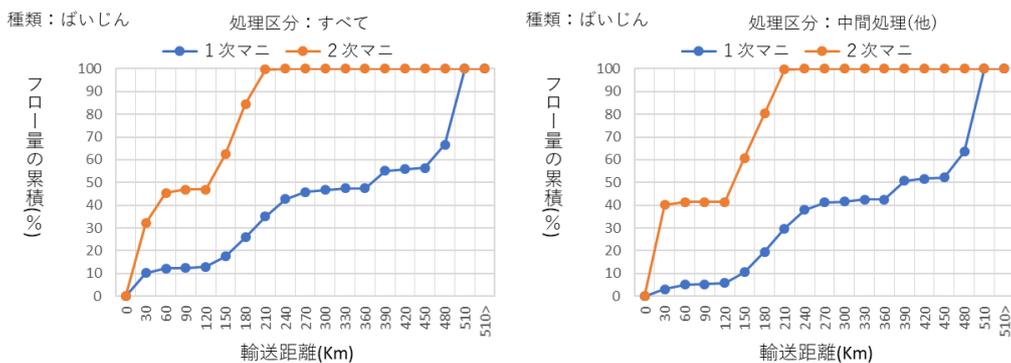


図4.3.3 ばいじんの輸送距離とフロー量の累積パーセント

図4.3.2に木くずについて輸送先の技術別の輸送距離とフロー量の関係を示した。木くずでは、再生利用率が高い破碎選別へ輸送が代表的なフローであり、これに焼却と埋立処分のフローが重なる。焼却は処理費用が高いため近距離へ、埋立処分は施設（管理型最終処分場）に限られるため遠距離へ輸送されると考えられる。図4.3.3にばいじんの輸送距離とフロー量の関係を示す。ばいじんのフローは一次マニフェストで500km、二次マニフェストで200kmの遠距離への移動である。これは火力発電所からのばいじんが全国のセメント工場に向かう流れであり、全国的に需要が大きい廃棄物のフローを表している。以上のように、産業廃棄物の品目毎の地理的なフローは、廃棄物の性状や資源としての需要、処理処分等施設の位置で説明できる。

## 4.2 輸送距離と処理料金

廃棄物の物流に大きな影響を与えている指標のうち、地域差や市場変動の大きい処理料金の調査を実施した。GaiaRXより2015年度の処理料金データとして、全国の4,865社について品目述べ32,735件を登録した。

分析の対象としたアスファルト、コンクリート、木くず（抜根除く）、廃プラスチック類（廃タイヤと発泡スチロール除く）の4種類の廃棄物の委託処理について、マニフェストデータから407業者（21,152フロー、1,177,821トン）が特定された。このうち、119業者（16,278フロー、989,453トン）が処分実績データと合致し、それぞれの業者における処理技術と物質収支の情報を付加した。さらに処理料金データを付加できたのは109業者（15,535フロー、982,951トン）であり、廃棄物量としては83%をカバーした。廃棄物種類毎の突合の状況を表4.3.3に示す。

また、それぞれの廃棄物種類の処理料金の概要を表4.3.4に示す。同一処分業者で、コンクリートでは鉄筋の有無で料金が異なり、廃プラでは埋立と破碎処理を請け負うため、処理料金のデータ数が業者数より大きくなる。処理料金の平均値はアスファルトで1,920円、コンクリートで2,625円、木くずで19,553円、廃プラスチック類で42,815円であり、木くずと廃プラスチック類で処理料金が高くなるのは、比重が小さいことと処理技術として焼却ならびに管理型最終処分場への埋立処分があるためである。処理料金のばらつきはコンクリートで大きく、その他は同程度である。表4.3.5には輸送距離の概要を示した。先に示したように、がれき類に含まれるアスファルトとコンクリートは比較的近距离、木くずと廃プラスチックは比較的遠距離に輸送される。以降では、処理料金データが付加された15,535の廃棄物フローについて、広域移動の実態と費用を比較して、福島県において産業廃棄物が移動する経済的要因を分析した。

表4.3.3 4種類の廃棄物におけるマニフェストデータと実績報告データ、処理料金データの突合の状況

	アスファルト			コンクリート		
	業者数	データ数	廃棄物量(t)	業者数	データ数	廃棄物量(t)
a) マニフェストデータ登録数	86	1,535	222,258	115	3,060	644,651
b) 実績報告データとの合致数	48	1,393	200,590	56	2,799	611,990
c) 処理料金データ付加数	47	1,390	200,462	55	2,793	611,913
c/a	55%	91%	90%	48%	91%	95%
	木くず			廃プラ		
	業者数	データ数	廃棄物量(t)	業者数	データ数	廃棄物量(t)
a) マニフェストデータ登録数	156	6,036	131,254	303	10,521	179,659
b) 実績報告データとの合致数	48	4,546	72,069	73	6,861	85,363
c) 処理料金データ付加数	39	4,341	70,635	57	6,164	79,059
c/a	25%	72%	54%	19%	59%	44%

表4.3.4 4種類の廃棄物における処理料金の概要

品目	データ数	処理料金 (円/t)				
		最大	最小	平均	中央	標準偏差
アスファルト	47	6,000	500	1,920	1,700	1,131
コンクリート	58	18,000	1,000	2,625	2,150	2,251
木くず	39	54,545	6,000	19,553	17,000	10,157
廃プラ	58	120,000	8,000	42,815	36,072	23,541
計	202	120,000	500	17,269	5,405	22,036

表4.3.5 4種類の廃棄物における輸送距離の概要

品目	データ数	輸送距離 (km)				
		最大	最小	平均	中央	標準偏差
アスファルト	1,348	186	1	20	13	20.85
コンクリート	2,648	157	1	24	17	23.63
木くず	3,139	336	1	39	25	34.07
廃プラ	5,959	288	1	51	31	49.92
計	13,094	336	1	39	22	41.46

図4.3.4に4種類の廃棄物における輸送距離と処理料金の関係を示した。横方向にプロットが並ぶのは各地からの同一の処分業者への輸送である。産業廃棄物の排出者が委託処理のために負担する費用は、図に示した処理料金と施設までの輸送費である。したがって、ある種類の廃棄物の処理処分に対して一定の費用の相場があるならば、より遠方の施設ほど輸送費が高くなるため、処理料金がより安価なところが選ばれるはずである。図は、ある一定の距離までは処理料金に関係なく廃棄物が輸送され、それを超えるとより安価な施設に輸送される傾向を示している。処理料金の最大値を一定の相場と考えると、アスファルトとコンクリートは5,500円/トン付近、木くずは55,000円/トン付近、廃プラスチック類は100,000円/トン付近である。一定の距離は、コンクリートでは明確ではないが、アスファルトは60km付近、木くずは100km付近、廃プラスチック類は70km付近と考えられる。

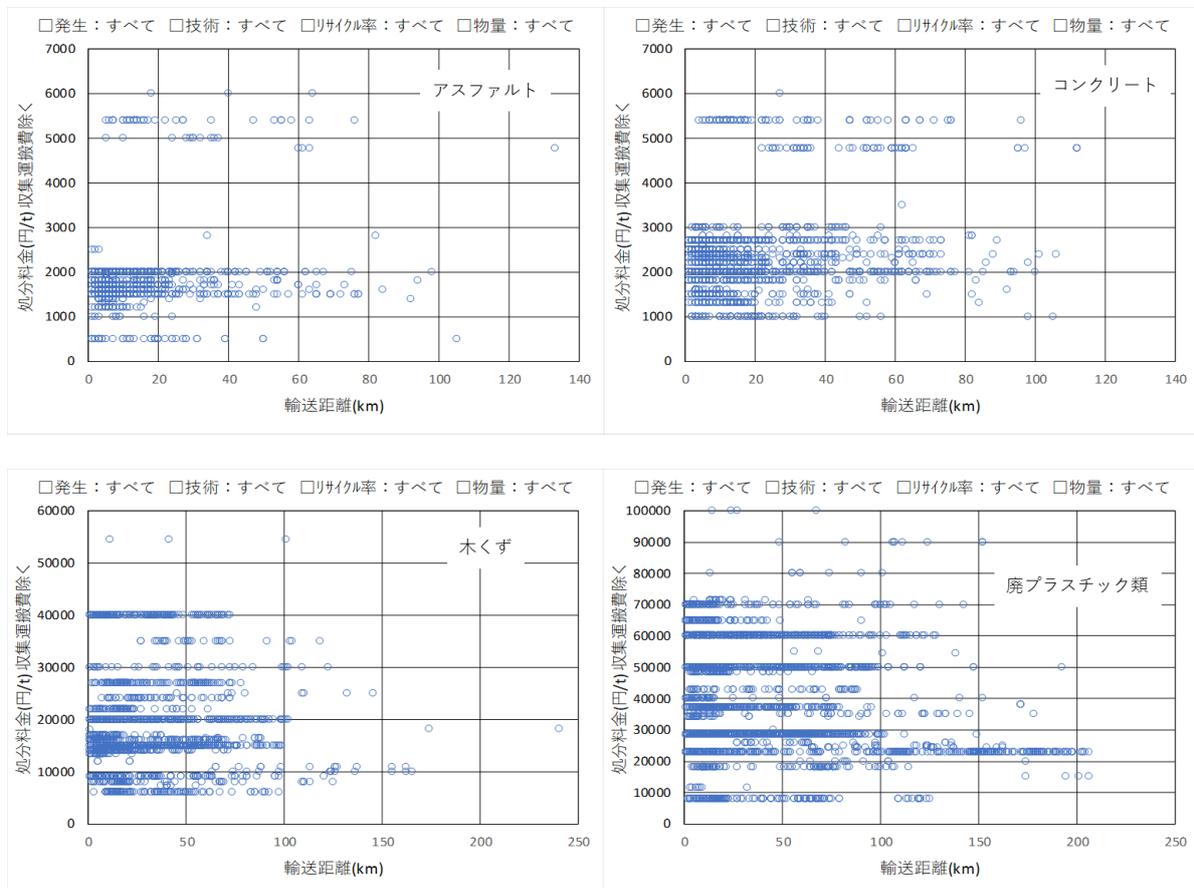


図4.3.4 輸送距離と処理料金の関係 (全データ)

一定距離以上での移動を分析するため、処理処分施設毎に排出事業場から運ばれてくる一次マニフェストのフローの最大距離を抽出した。この距離を用いて各廃棄物種類において輸送距離と処理料金の関係を図4.3.5に示す。コンクリートにおいて、一定の距離以上の処理料金が低下する傾向は明確ではないが、その他の廃棄物の種類において、一定の距離以上の処理料金の低下と処理技術またはそれに付随する再生利用率等には関係がなく、処理先は費用だけで選択されると考えられる。しかし、図4.3.1で示したように、フローの量の大半は一定の距離以下で移動しており、輸送距離と処理料金の関係が見られるフローは限定的である。

費用以外に処分業者が選ばれる要因としては、先に示した廃酸の事例のように処理・処分先が限定されている場合と、再生利用等の排出者の環境配慮意識、域内処理等の政策誘導、排出者と処分業者の企業系列やつきあいなどが考えられる。一定距離以内での処理料金と関係がみられない廃棄物の移動は、主に福島県内から福島県内での移動であることから、これらの要因がより強く働いていることが示唆される。

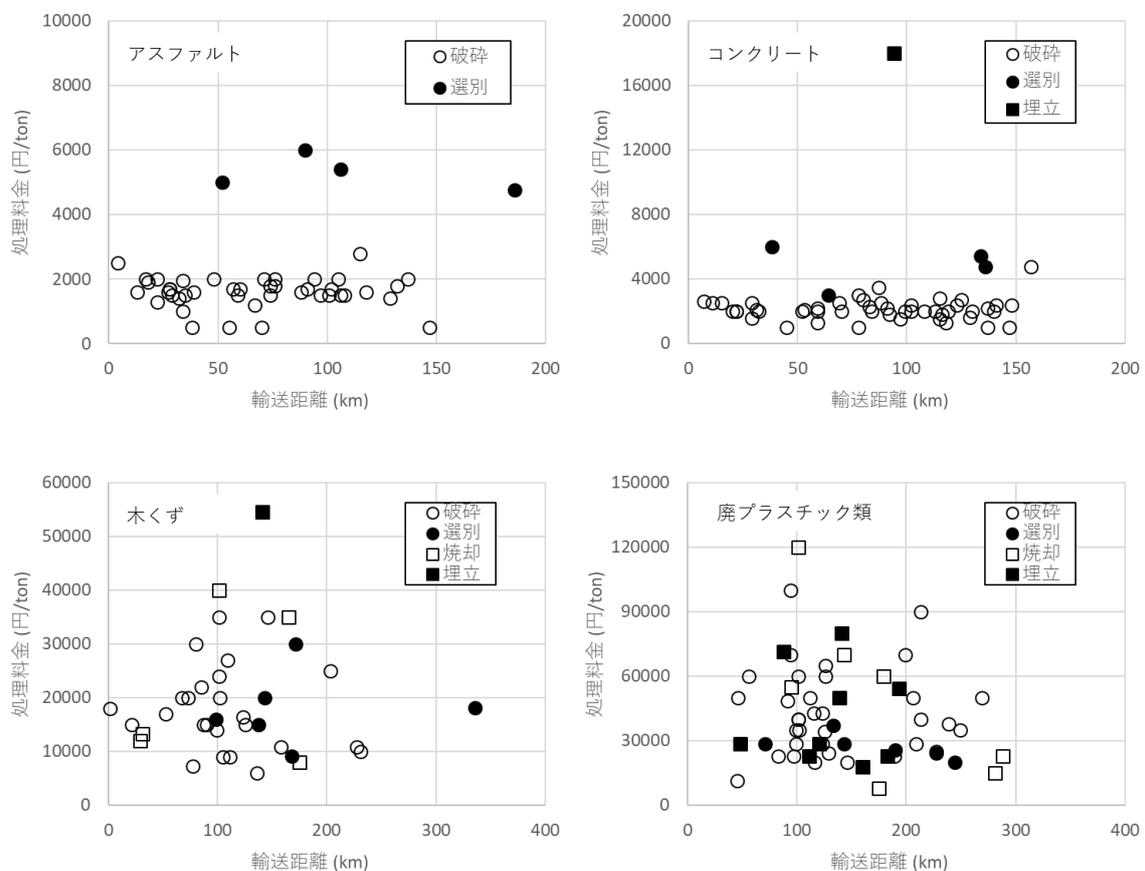


図4.3.5 最大輸送距離と処理料金の関係  
(一次マニフェスト・処理技術別)

### 4.3 まとめ：目標の達成度

福島県における2015年度の多量排出データ、マニフェストデータならびに処分実績データを用いて、各排出事業所から発生した産業廃棄物を、品目毎に、中間処理による質変換（すなわち品目の変化）を組み入れ、最終処分または再利用先までの物流を紐付けしたフローデータを編集した。フローデータの起点、中間点、ならびに終点には位置データを付属させた。廃棄物の物流に大きな影響を与えている指標のうち、地域差や市場変動の大きい処理料金の調査を実施した。廃棄物フローについて、広域移動の

実態と費用を比較して、福島県において産業廃棄物が移動する経済的要因を分析した。以上は当初の目標を達成した。

目標に挙げていた、複数年度における廃棄物フローの変化や地域によるフローの特徴の分析、ならびに再生利用に向かうフローの再生利用用途と買取価格をデータベースに取り込んだ移動要因の分析については今後の課題である。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

既存の行政情報を用いて、物質フローを分析する際に必須となる産業廃棄物の移動や処分、質変換の情報を包括的に格納したデータベースを構築する方法を示し、福島県においてそれを実践した。また、このデータベースを処理料金等の経済情報とリンクさせることにより、産業廃棄物の委託処理市場を分析する手法を示した。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

本研究で示した手法の一部は、福島県、滋賀県、和歌山県、岩手県、静岡県において産業廃棄物処理計画等に用いる産業廃棄物統計の作成に活用されている。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

廃棄物フロー情報を経済情報等とリンクさせる手法は、公共関与による産業廃棄物の処理処分施設の設置や、より経済性の高い再生利用用途への誘導、ならびに不適正な移動の監視に有効である。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文(査読あり)>

なし

#### <その他誌上発表(査読なし)>

なし

### (2) 口頭発表(学会等)

- 1) 近藤康之, 橋本征二, 山田正人: 第13回日本LCA学会, 講演要旨集, 33 (2018)  
行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析の展望.
- 2) 山田正人, 立尾 浩一, 近藤 康之: 第29回廃棄物・資源循環学会研究発表会, 講演原稿2018, 19-20 (2018)  
行政報告データを組み合わせた産業廃棄物フローデータの整備について.
- 3) 近藤康之, 橋本征二, 山田正人: 第14回日本LCA学会研究発表会, 講演要旨集, 27 (2019)

行政報告データ等の活用による自治体レベルの物質循環分析の展望.

- 4) 山田正人, 立尾浩一, 近藤康之: 第41回全国都市清掃研究・事例発表会, 講演論文集, 359-360 (2020)  
産業廃棄物の移動要因の分析.
- 5) Yamada M, Tachio K, Kondo Y: The 3R international Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management, Proceedings (2020)  
Compilation of Database on Logistics of Industrial Waste Recycling and Disposal in Japan

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

### (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

## III. 英文Abstract

**Material Flow Analysis of Prefectures to Promote Sound Material Cycles by Use of Data in Official Reports Collected for Waste Management**

Principal Investigator: Yasushi KONDO

Institution: Waseda University

1-6-1 Nishi-waseda, Shinjuku-ku, Tokyo 169-8050, Japan

E-mail: ykondo@waseda.jp

Cooperated by: Ritsumeikan University, National Institute for Environmental Studies (NIES)

[Abstract]

**Key Words:** Regional recycling zones, Regional circular and ecological sphere, Material flow analysis, Waste input-output analysis, “True” recycling rate, Trans-boundary logistics of waste

Prefectural governments in Japan enact plans for regional waste management and a sound material cycle society (SMCS) that are executed in line with national policies to promote regional circular and ecological spheres. However, systems analysis has not been utilized extensively when setting quantitative targets at a regional level. Therefore, this study developed methods for regional material flow analysis (MFA) that are based on waste input–output (WIO) analysis. This study presents a novel database for the regional MFA in Japan. It was constructed without conducting additional expensive surveys because official reports that are regularly collected by prefectural governments for waste management purposes are utilized completely.

The major contributions of this study are fourfold. First, the database was developed using industrial waste flows of 2015 from approximately 17900 large establishments. The images of annual waste management plans and performance reports of large establishments are publicly available online. These images were collected and manually converted into a numerical database.

Second, a framework motivated by a recent saturation in the recycling rate of municipal solid waste (MSW) was developed to estimate the MSW flow not captured by municipal authorities. Performance report data of MSW generation and management from large establishments along with industrial statistics were utilized to develop the framework. MSW recycling rates were increased by considering the uncaptured flows in all the case studies. The amount of recycled MSW doubled in an extreme case. Additionally, the developed framework provides an increasing upward trend in the MSW recycling rate for some regions.

Third, an advanced database on industrial waste generation, transportation, treatment, disposal, and recycling was developed by linking official reports, which are regularly collected by prefectural governments. Statistical analysis of the advanced developed database showed that in the transboundary market, the transport distance of industrial waste primarily depends on the nature of the waste, the economic value of the recovered material, and the locations of dedicated treatment facilities. When transported over a certain distance, industrial waste tended to be transported to facilities with cheaper entrance fees in order to reduce the total cost of disposal and transportation.

Finally, by integrating these developed databases, a multi-regional WIO table for Fukushima prefecture was estimated. The results of this regional MFA indicate that the implementation of regional MFA will enable a prefectural government to consider the regional characteristics in further detail when setting numerical targets for waste management and SMCS.