

ISFJ2019

政策フォーラム発表論文

持続可能な PET リサイクルシステムの 構築を目指して¹

～廃プラ輸入規制に対するリサイクルのベストミックス～

南山大学
實多康弘研究会

環境防災エネルギー②分科会

河合宏幸

倉橋真衣

中井美樹

斉藤晃子

塩本光

高橋紗也香

2019年 11月

¹ 本稿は、2019年12月07日、08日に開催されるISFJ日本政策学生会議「政策フォーラム2019」のために作成したものである。本稿の作成にあたっては、聞き取り調査にご協力頂いた全国、愛知県内の市町村、リサイクル業者の皆様や實多康弘先生（南山大学）をはじめ、多くの方々から有益かつ熱心なコメントを頂戴した。ここに記して感謝の意を表したい。もちろん、本稿にあり得る全ての誤りは筆者の責任である。

要約

本稿では、日本からこれまで多く輸出してきた廃棄プラスチック（以下、廃プラ）が、各国の輸入規制によって輸出量が減り、国内の処理が逼迫している問題があるため、対策として最適な処理方法を検証し、日本にとって望ましいリサイクルシステムの構築する政策を提言する。

廃プラとは、プラスチックを主成分とする廃棄物のことで、日本は年間約 900 万 t 排出しており、その内約 150 万 t を毎年輸出してきた。しかし、リサイクルに適さない汚れたままの廃プラを輸出してきたため、中国をはじめ東南アジア諸国は、近年、輸入規制を設け始めた。そのため国内での処理量が急増し、保管量の増加など国内処理業者が逼迫している問題がある。中でも、輸入規制の影響が最も大きいのは、これまで輸出による処理に頼ってきたマテリアルリサイクル（材料再生利用）である。マテリアルリサイクルとは、廃プラからプラスチック製品を製造できる素材（フレーク）へのリサイクルを行う処理方法で、最も多いのは PET ボトルのリサイクルである。また、海外に輸出していた廃プラの種類で、最も多いのがポリエチレンテレフタレート（以下、PET）であり、PET は主に PET ボトルに使用されている。そのため輸入規制の影響が最も大きいのは、PET のマテリアルリサイクルだと分析する。そこで本稿では、PET のマテリアルリサイクルを分析対象とし、他の処理方法と比較して、どの処理方法を選択し、増やしていくべきかを検証していく。比較する処理方法として、最も廃プラの処理量が多いサーマルリサイクル（焼却による発電や熱利用を行う処理方法）を対象とした。費用便益分析によって、どの処理方法・収集方法を選択すれば、その地域にとって最も高い便益が得られるかを検証することを研究の目的とした。

先行研究及び本稿の位置付けでは、容器包装リサイクル法によるペットボトル回収システムを費用便益分析し、リサイクルシステムは効率が良くないことを考察した研究と、ペットボトルのリサイクル実績をもとに環境評価と処理コストを分析した研究の 2 論文を紹介する。それらの限界として、サーマルリサイクルを費用便益分析の対象としていない点、処理方法によってその地域が得る便益を変数として入れていない点が挙げられる。また、大きな違いとして各処理方法・収集方法別での純便益を分析し、ある一定額よりも収集費用が高くなると純便益がマイナスになる値（しきい値）を具体的な金額数値で算出したことは

本稿の新規性である。

分析では、ヒアリング調査により費用便益分析に使用したデータの収集方法やヒアリング調査の結果をまとめた後、名古屋市のデータをもとに各処理方法・収集方法別に費用便益分析し、純便益を算出した。そして分析結果から、収集費用の限界値であるしきい値を具体的な金額で求め、しきい値を超えると処理方法を変えた方が良いことを示した。

分析より、分別収集した PET ボトルをマテリアルリサイクルすることが、最も純便益が高くなった。しかし、費用面でもマテリアルリサイクルは高い値が出たので、しきい値を超えそうな人口の少ない地域では、PET ボトルを可燃ごみとして収集してサーマルリサイクルするのが適切だと考察した。そこで本稿では、以下 2 つの政策提言を挙げた。

1 つ目は、マテリアルリサイクルを推進する政策として、「PET フレークの国際的な品質基準のルールを策定」することを挙げ、輸入国の厳しい品質基準の緩和や品質を定めることによって海外需要を増やす。その結果、国内の PET リサイクルの産業を育て、PET フレーク加工量を増やし、マテリアルリサイクル処理量を増やしていく。

2 つ目は、サーマルリサイクルを活用する政策として、「1kg あたりの分別・可燃ごみ収集費用の基準額を策定」することを挙げ、しきい値を超えて分別収集を行なっている地域には、サーマルリサイクルや単純焼却を活用するようにして、純便益と処理量が増加するようにすることを提言とした。

以上の提言により、その地域にあった処理方法・収集方法を選択することにより、持続可能なリサイクルシステムの構築ができると考える。

目次

| | |
|-------------------------|----|
| 要約 | 2 |
| はじめに | 6 |
| 第1章 現状分析・問題意識 | 7 |
| 第1節 本章の概要 | 7 |
| 第2節 廃棄プラスチックとは | 7 |
| 第3節 廃プラ輸入国の対策 | 8 |
| 第1項 輸入規制 | 8 |
| 第2項 廃プラ輸出量の変化..... | 9 |
| 第4節 廃プラ処理量の変化と影響..... | 10 |
| 第1項 国内廃プラ処理量の増加..... | 10 |
| 第2項 輸出規制による保管量の増加..... | 12 |
| 第5節 国内廃プラ処理方法 | 12 |
| 第6節 マテリアルリサイクル | 15 |
| 第1項 マテリアルリサイクルの分析..... | 15 |
| 第2項 PET リサイクル | 16 |
| 第7節 問題意識 | 17 |
| 第2章 先行研究及び本稿の位置付け | 18 |
| 第1節 先行研究 | 18 |
| 第2節 本稿の位置付け | 19 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 第3章 分析..... | 20 |
| 第1節 本章の概要と分析の目的..... | 20 |
| 第2節 ヒアリング調査..... | 20 |
| 第1項 全国規模での調査..... | 21 |
| 第2項 愛知県内での調査..... | 21 |
| 第2項 ヒアリング結果の分析..... | 23 |
| 第3節 各リサイクル方法の費用便益分析..... | 24 |
| 第1項 名古屋市..... | 24 |
| 第2項 マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルの比較..... | 26 |
| 第3項 各処理ケース別の費用便益分析..... | 28 |
| 第4節 分析結果の考察..... | 32 |
| 第4章 政策提言..... | 35 |
| 第1節 政策提言の方向性..... | 35 |
| 第2節 政策提言..... | 35 |
| 第1項 マテリアルリサイクルの推進..... | 35 |
| 第2項 サーマルリサイクルの活用..... | 37 |
| おわりに..... | 38 |
| 先行研究・参考文献..... | 39 |

はじめに

近年, 国際的な問題としてプラスチックごみの問題が多く取り上げられている。例えば, プラスチックごみが海洋に流失し, 水質汚染, 環境汚染により海の生態系に悪影響を及ぼしている問題だ。中でもマイクロプラスチックと呼ばれる微細なプラスチックが魚から検出され, それが食物連鎖を通じて, 私たちの体内にも蓄積されているという驚きの研究結果が明らかになっている。そのような問題があるため現在, 世界中で対策が行われ, プラスチックを削減することが議題となっている。しかし, プラスチックごみの対策を世界の国々が取り組んでいることで, 日本に影響が出始めたことがある。それは, 日本で廃棄されたプラスチックの国内処理量が増えていることだ。日本は世界でも上位に入るほどのプラスチック消費国であり, そして 900 万 t 近くのプラスチックを毎年廃棄している。廃棄されたプラスチックの処理方法は, リサイクルや焼却などあるが, 安価な処理方法として海外への輸出が多く行われてきており, 日本は年間 150 万 t ほど輸出してきた。だが, 世界中でプラスチックごみの問題が取り上げられるようになり, 各国がプラスチックゴミの輸入規制を設け始めた。その影響が国内で出始め, プラスチックごみの保管量が増えるなど処理が逼迫している。そこで本稿では, 国内処理量が増えた問題に対処するため, プラスチックゴミの処理方法に目を向け, 国内でどの処理方法を進めていくべきかを検証し, 推進するための政策を提言する。対策としてプラスチックを減量することも考えられるが, 減量は企業の技術的な問題や長期的な解決策であるため, 本稿では喫緊の課題である国内処理量増加の対策として, 廃棄プラスチックの処理方法を取り上げていく。

第1章 現状分析・問題意識

第1節 本章の概要

近年,日本では廃棄されたプラスチックの国内処理量が急激に増えたことで,国内処理が追いつかず,ごみの保管量が上限を超えるなど国内の自治体やリサイクル業者による処理が逼迫している問題がある。廃棄プラスチックが急激に増えた背景には,これまで海外に輸出して処理していた分が,各国の輸入規制によって日本からの輸出量が減少したからである。国内での処理量が増えているので対策を講じなければならないが,安易にリサイクル施設を増やすと,コストなどの問題から社会に不利益をもたらす可能性があり,短期的に解決できる問題ではない。対策が喫緊の課題ではあるが長期的な問題でもあるため,将来を見据えた政策を検討することが必要不可欠であるといえる。

本章では,廃棄プラスチック問題の全体像を掴み,現状のリサイクルシステムを再構築する必要性を説き,そして本研究の分析対象をどう選定したかを述べていく。第2節では廃棄プラスチックについて概説する。次いで,第3節で廃棄プラスチックが国内で増加した原因について述べ,第4節で国内の変化と影響を述べ,国内廃棄プラスチック処理量を増やす必要性を述べる。さらに,第5節で国内廃棄プラスチックの処理方法を紹介。続いて,第6節では,影響の大きいマテリアルリサイクルを分析し,研究対象に選定したPETリサイクルの特徴を言及する。最後に,第7節で現状をまとめ,輸入規制によって増えた国内処理量をどの処理方法を用いて,どう処理していくべきかという問題意識に繋げていく。

第2節 廃棄プラスチックとは

廃棄されたプラスチック(以下,廃プラ)は,一般的にプラスチックごみと呼ばれているもので,使用后廃棄されたプラスチック製品とその製造過程で発生したプラスチックのかす,プラスチックを主成分とする廃棄物のことである。日本では,廃プラを資源として有効活

用するために「容器包装リサイクル法²」（以下、容リ法）が定められており、プラスチック製容器包装や PET ボトルはリサイクルして再商品化することが義務付けられている。再商品化とは、市町村により分別収集された廃プラを原材料や製品として処理し、他人に売れる状態にすることだ。しかし、世界の先進国をはじめ、日本は一部の廃プラを汚れたままの状態でも海外に輸出していたことが明らかになり、国際的な問題になった。再商品化されるべき廃プラが再商品化できない状態で取引され、汚れたままの廃プラが溢れかえり、輸入受け入れ国では環境問題へと発展した。

次節では、汚れたままの廃プラを輸出していた問題を受け、輸入受け入れ国や国際社会がどのような対策をし、日本に影響が出たのかを詳しく述べていく。

第3節 廃プラ輸入国の対策

本節では、先進国から大量の廃プラを受け入れてきた輸入国が、自国で汚れたままの廃プラが溢れかえり、社会問題へと発展したことを受け、どのような規制をとったかを述べていく。なお、取り上げるのは日本と廃プラの取引が多かった中国、マレーシア、タイ、ベトナムの4カ国とする。

第1項 輸入規制

日本の廃プラ輸出最大の受け入れ国だった中国は、先進国から輸出されたりサイクルできない・汚れたままの廃プラが自国で溢れかえり、環境汚染対策のため廃プラ輸入規制に乗り出した。具体的に、2017年7月世界貿易機関(WTO)に対し、廃プラの輸入を年内に全面禁止すると通告、2018年1月に廃プラを全面輸入禁止にした。その後、2018年5月高品質に処理されたプラスチックフレーク³のみ輸入解禁がなされたが、基準が厳しくなったため以前ほど輸出はできていない。

中国の輸入禁止により、日本は代替国として東南アジアに輸出を切り替えたが、近年、東南アジア各国も輸入規制を設けはじめた。マレーシアは、2018年に一時廃プラの輸入を全

² 平成12年4月完全施行、経済産業省(2019)HPを参照

<https://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/law/04/index.html>

³ プラスチックフレークとは、廃プラを洗浄・粉砕して、新しいプラスチック製品に作り変えるための素材に加工したものである。

面禁止し、現在は新たな厳しい認可基準を設け輸入を受け入れている。タイは、現在プラスチックフレークの輸入は可能だが、2021年にはプラスチックフレークも含め、全面輸入禁止の方針である。ベトナムは、代替国として有力視されていたが、輸入認可基準を厳格すると発表があった。これらの現状から日本は、廃プラを輸出することで成り立っていた処理構造を改め、国内でのリサイクル量を増やすまたは、高品質に処理して海外に輸出できる環境を整備するなどリサイクルシステムの再構築が必要である。

第2項 廃プラ輸出量の変化

日本は世界第3位の廃プラ輸出大国であり、2017年は約143万tの廃プラを輸出してきた。2017年までの主な輸出先は中国で、年間輸出量の半分以上(約75万t)を中国に輸出してきた。しかし中国が2018年に輸入規制を行ったことで、日本の輸出先と輸出量に変化が見られた。2017年は中国に約75万t輸出していたが、輸入規制が行われた2018年は約5万t(前年比-93%)と急激に減少している(図1)。そして代替国として東南アジアが輸出先変わったが、各国が輸入規制を設け始めた影響もあり、以前の水準ほど輸出はできていない。

また、アジア諸国の輸入規制に加え、国際的な取り決めである「バーゼル条約」に汚れた廃プラが規制対象に加わったことにより、さらに廃プラの輸出は厳しくなると予測される。

バーゼル条約⁴とは、「正式名称：有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約」であり、その目的は「有害廃棄物及び他の廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制について、国際的な枠組みを定め、これらの廃棄物によってもたらされる危険から人の健康及び環境を保護」することである。

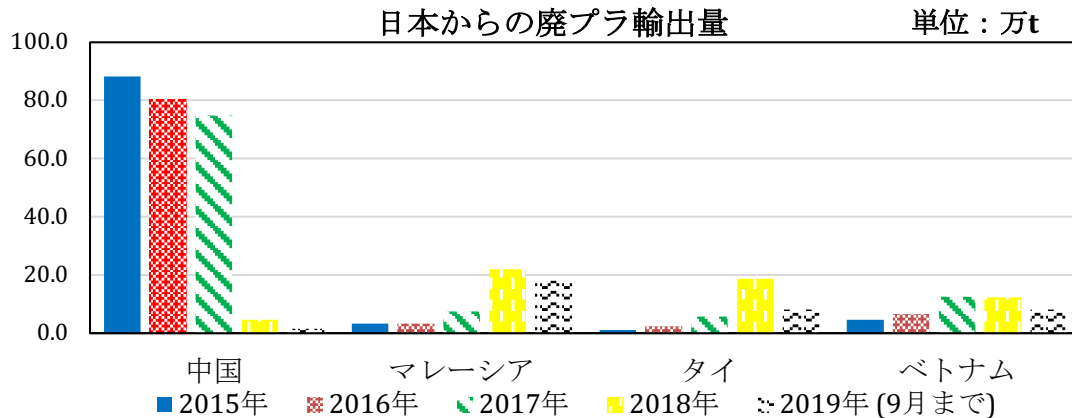
要するに、有害廃棄物の国境を越える移動の規制を規定した条約である。そして本条約は、2019年5月リサイクルに適さない汚れたプラスチックが規定対象になり、改正された上記条約は2021年1月1日から施行予定とされている。そのため、今後汚れたプラスチックゴミを輸出する際は相手国の同意が必要となり、輸出できる国も限られる可能性が出てくる。年間100万トン以上輸出してきた日本は、廃プラを輸出する構造の見直しを迫られ、国内で処理する必要性が増している。

次節では、海外の輸入規制を受け、国内での処理量の変化、既に出始めている影響について

⁴ (出典)経済産業省(2019)「バーゼル条約・バーゼル法」

て述べていく。

図 1 日本からの廃プラ輸出量



(出典)財務省貿易統計(HSコード：プラスチックのくず 3915)より筆者作成

第4節 廃プラ処理量の変化と影響

前節では、廃プラ輸入国の輸入規制によって日本の廃プラ輸出が急激に減ったことが明らかとなった。本節では、輸入規制を踏まえて、国内の廃プラ処理量の変化とそれにより既に出始めた国内への影響を述べていく。

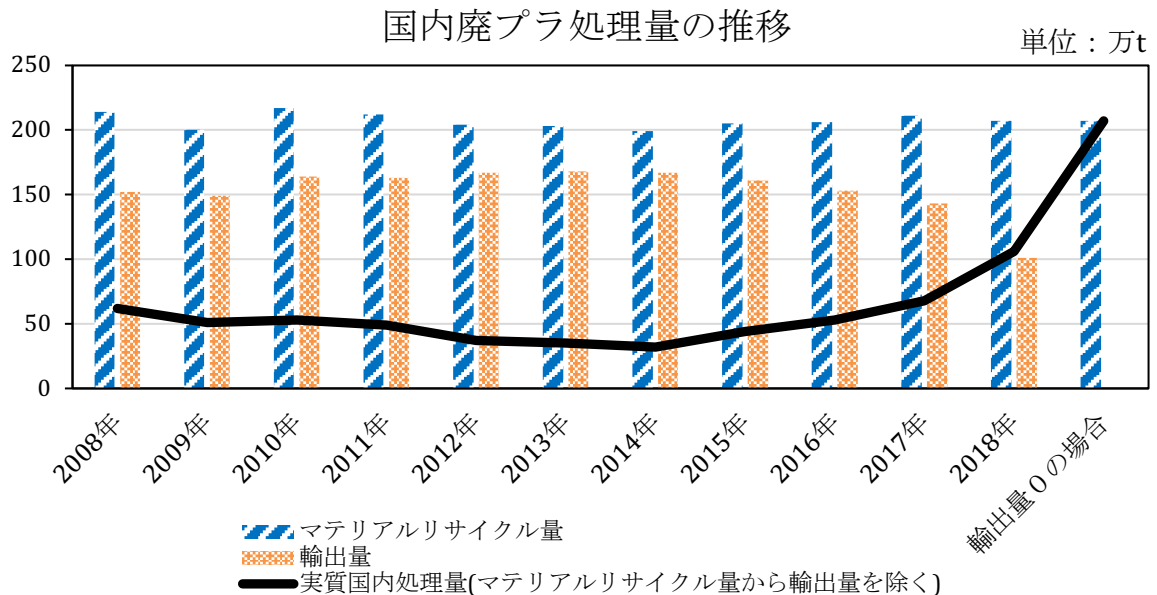
第1項 国内廃プラ処理量の増加

日本は、毎年約900万tもの廃プラを排出している。10年前と比べると約100万t減少したが、近年は約900万tのままで排出量に大きな変化はない。しかし、近年の輸入規制の影響により国内廃プラ処理量(マテリアルリサイクル量)が大きく増加した。その背景には、日本のリサイクル構造に問題があったと分析する。

日本はこれまで年間約200万tもの廃プラをリサイクルしてきた(図2)。しかし、リサイクルしてきた廃プラの内、輸出された廃プラの量は毎年約150万tとリサイクルの約75%は海外リサイクル向けの輸出に頼ってきた。だから実質国内でリサイクルされていたのは約50万tということになる。こうしたリサイクル構造の中、2018年に輸入規制が始まり、日本は具体的な対策を立てられないまま、廃プラを処理していかないといけない現状となった。過去10年変動の少なかった実質国内リサイクル量(マテリアルリサイクル量から輸出量を除いた量)は約50万tから2018年には、約100万tと急激に増えている。仮に輸入規制が

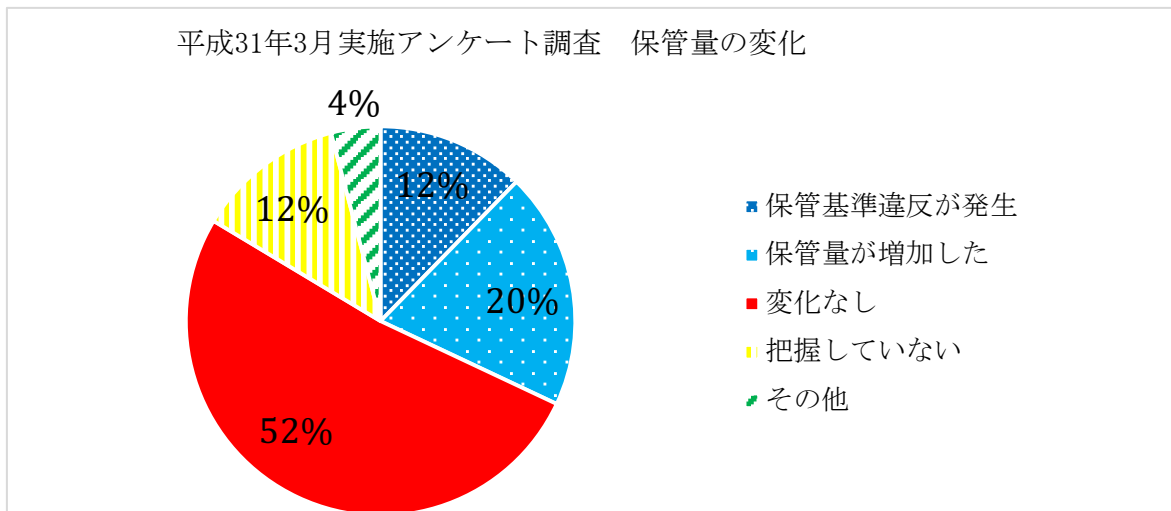
今以上に厳しくなり、全量国内処理になった場合、最大で約 200 万 t もの廃プラを国内で処理する必要がある(図 2)。

図 2 国内廃プラ処理量の推移



(出典)プラスチック循環利用協会(2019)「プラスチックリサイクルの基礎知識 2019」及び環境省(2019)「プラスチックを取り巻く国内外の状況<参考資料集>」より筆者作成

図 3 平成 31 年 3 月実施アンケート調査



(出典)環境省(2019)「外国政府による廃棄物の輸入規制等に係る影響等に関する調査結果～平成 30 年度下期～(概要版)」より筆者作成

第2項 輸出規制による保管量の増加

環境省が2018年8月に実施したアンケート調査⁵によると、各国が廃プラの輸入規制を設け始めたことで、国内自治体の24.8%が保管量の基準違反または保管量が増加したりサイクル業者を確認した。そして、2019年3月に環境省が再度実施したアンケート調査(図3)によると、各国が廃プラの輸入規制を設け始めたことで国内自治体の12.3%が保管基準違反を確認したと回答し、保管量が増加した回答も含めると全体の32%が増加していると回答した。

このことから前回の調査から事態が深刻化してきていることが分かる。この調査を受け、環境省は2019年5月、家庭ゴミの焼却処分を担う自治体に、廃プラの焼却処分の協力を求める通知を出しており、国内にも影響が出始めていることが明らかとなった。

廃プラ輸入規制により、回収された廃プラが国内リサイクル処理能力を超えて焼却処分されている現状があるため、国内リサイクル量を増やすなどの対策が必要である。しかし、安易にリサイクル施設を増やした場合、それによって社会に不利益をもたらす可能性があり、検証が必要である。そこで筆者は、リサイクルを行うことによってもたらす便益を分析し、どの処理方法が望ましいかを検証していく。しかし、廃プラは複数種類があり、分析を行うには対象を絞る必要があると判断した。次節以降では、分析対象を絞るため、国内廃プラ処理方法、廃プラ輸入規制の影響が大きい廃プラの種類を述べていく。

第5節 国内廃プラ処理方法

国内の廃プラ処理方法は、主に5つで、サーマルリサイクル(熱エネルギー再利用) マテリアルリサイクル(材料再生利用)、単純焼却、埋立、ケミカルリサイクル(化学的再生利用)がある。

各処理方法を大まかに説明する。サーマルリサイクルとは廃プラを燃やし、燃やした時に出た熱エネルギーを発電や温水として再利用するリサイクルである。マテリアルリサイクルとは、回収した廃プラを洗浄・粉砕して、また新しいプラスチック製品に作り直すリサイクルである。単純焼却は廃プラを加工せずにそのまま燃やす処理方法であり、埋立は処

⁵ (出典)環境省(2018)「プラスチックを取り巻く国内外の状況<第3回資料集>」より参照

理を加えずに地中に埋め立てることである。ケミカルリサイクルは廃プラを化学的に分解し、高品質な製品に作り直す処理方法である。

より具体的にイメージできるよう、各処理方法のメリット・デメリットを簡単にまとめた(表1)。サーマルリサイクルは、焼却してから埋め立てるので埋立量を減量し、焼却で出た熱を発電などで有効活用でき、処理コストも比較的低い。しかし、焼却によるCO₂の排出や焼却規模が小さいと発電効率が悪くなり効果が薄くなる面がある。マテリアルリサイクルは、CO₂削減や資源の節約になり環境負荷を軽減させる。そしてリサイクルされた原料は加工がしやすく、耐久性に優れている面がある一方、バージン(新品)製品と比べ品質が劣る点や他と比べてコストがかかる面がある。単純焼却は、埋立量を減量でき、処理コストも比較的低い。また、小規模でも処理できるのが特徴だが、焼却によるCO₂の排出や施設によっては廃プラを焼却できないため改修が必要な面がある。なお本稿では、埋立とケミカルリサイクルは環境面・コスト面で他処理方法と比較が難しいため、分析対象から外し、説明も省略する。

プラスチック循環利用協会(図4)によれば、国内廃プラ総量903万tの内、廃プラの処理方法としてサーマルリサイクル524万t(58%)、マテリアルリサイクル211万t(23%)の順に多くを占めており、過去10年この内訳は大きく変化していない。サーマルリサイクルは少しずつ増加しており2008年から30万t増加したが、マテリアルリサイクルは約200万tを保っている。しかし、昨今の輸入規制やバーゼル条約の影響が出るとされる廃プラの輸出はマテリアルリサイクルの内訳⁶であることが分かった。よって、マテリアルリサイクル211万tの半分以上(129万t)はこれまで海外への輸出に頼ってきたため、大きな影響がでると予想される。過去10年変化のなかったこの内訳も今後大きく変化することが予想され、国内処理対策を講じなければならない。

次節では、輸出規制の影響が大きいと考えられるマテリアルリサイクルについて取り上げ、分析対象とする廃プラの種類を絞っていく。

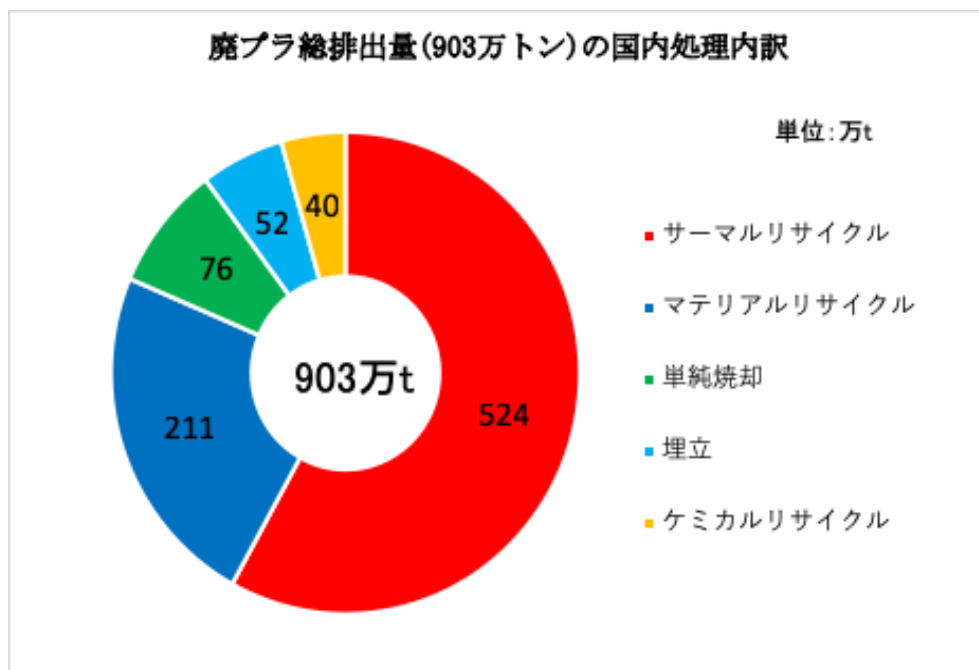
⁶ 一般社団法人産業環境管理協会資源・リサイクル促進センター(2019)「環境リサイクルホームページ『プラスチックのマテリアルフロー(2017年推計値)』」
<<http://www.cjc.or.jp/school/a/a-4-8.html>>を参照

表 1 各処理方法の内訳(2017年)とメリット・デメリット

| 処理方法 | 処理内訳 | メリット | デメリット |
|------------|------------------|----------------|-----------------------------|
| サーマルリサイクル | 524 万 t (58%) | ・焼却により埋立量を減量 | ・CO ₂ や有害物質などの排出 |
| | | ・熱を発電や給湯として回収 | ・小規模施設では効率が悪い |
| マテリアルリサイクル | 211 万 t (23%) | ・環境負荷の軽減 | ・品質劣化 |
| | | ・加工性、耐久性に優れる | ・他と比べてコストがかかる |
| 単純焼却 | 76 万 t (8%) | ・焼却により埋立量を減量 | ・CO ₂ や有害物質などの排出 |
| | | ・小規模でも処理可能 | ・廃プラ焼却不可の施設もある |
| 埋立 | 52 万 t (6%) | ・唯一全ての廃棄物を処理可能 | ・最終処分場の限界、環境問題 |
| ケミカルリサイクル | 40 万 t (4%) | ・高品質な原材料を製造 | ・最も高いコストがかかる |

(出典)プラスチック循環利用協会(2019)「プラスチックリサイクルの基礎知識 2019」より
筆者作成

図 4 廃プラ総排出量の国内処理内訳(2017年)



(出典)プラスチック循環利用協会(2019)「プラスチックリサイクルの基礎知識 2019」より
筆者作成

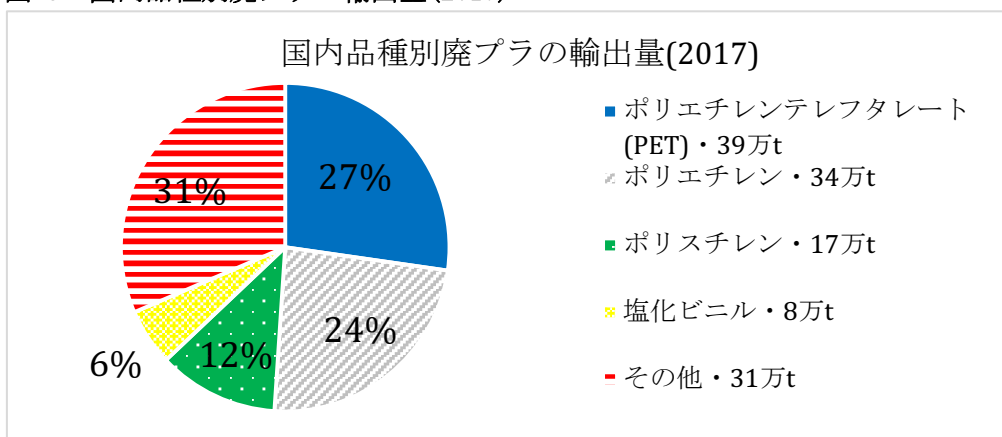
第6節 マテリアルリサイクル

これまでの現状分析を通して、本節ではマテリアルリサイクルを取り上げる。マテリアルリサイクルに焦点を絞った理由を整理すると、1つ目は、これまで廃プラ処理の半分以上を輸出に頼っており輸入規制の影響が大きいこと。2つ目は、CO₂や有害物質の排出が少ないので重要な処理方法であること。3つ目はリサイクルすることで、新たに石油を使わずに済み、資源を無駄にしない意義があること。これらからマテリアルリサイクルは、重要な処理方法であり、影響が大きいことから本研究の中心テーマとした。またマテリアルリサイクルとは、廃プラからプラスチック製品を製造できる素材へのリサイクルと本稿では定義づける。

第1項 マテリアルリサイクルの分析

これまでマテリアルリサイクルの半分以上は海外へ輸出されていたため、まずは日本から輸出された廃プラの種類に着目する。日本から輸出された廃プラを種類別で見ると(図5)、例年ポリエチレンテレフタレート(以下、PET)が35~45万トンと廃プラの中で最も多くを占めていた。この結果から、輸入規制の影響が最も大きい廃プラはPET⁷であると筆者は結論づけた。なお、他の種類の廃プラに関しては本研究では詳しく分析しないため説明は省く。

図5 国内品種別廃プラの輸出量(2017)



⁷ PET は主に PET ボトルに使用されている。

(出典)一般社団法人 産業環境管理協会 資源・リサイクルセンター(2019)「中学生・高校生・市民のための環境リサイクル学習ホームページ」より筆者作成

そしてPETは、他の廃プラと比べ、リサイクルの回収システムが国内で構築されており、プラスチック循環利用協会(2017)によると、マテリアルリサイクルを支えるシステムとして、PETボトルが50万トンと廃プラの中で一番多く回収されている。多く回収されているということは、その分リサイクルの効率性が高いといえる。またPETボトルは形が統一されており、異物混入も少なく処理しやすい。そのためPETはマテリアルリサイクルの中で最も効率良くリサイクルできる廃プラと判断した。本研究ではPETリサイクル処理のコストを分析することでマテリアルリサイクル全体を大まかに測れると想定した。

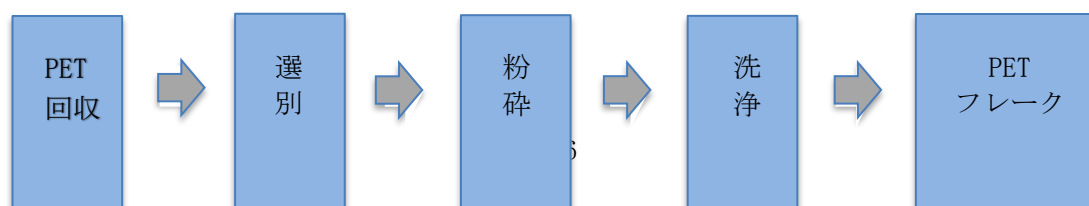
PETは海外への輸出が多くマテリアルリサイクルに占める割合も高いため、輸出規制により大きな影響がでると懸念される。したがって、本研究ではPETを分析の対象とする。

第2項 PET リサイクル

前項でPETを研究対象として絞ったので、本項ではPETリサイクルの流れを紹介する。PETボトルのマテリアルリサイクルは、回収したPETボトルを異物がないか選別し、細かく砕き、洗浄してPETフレーク(PETを主成分とするプラスチックフレーク)に加工する(図6)。そしてPETフレークを原料にして、PETボトルや繊維など新しいプラスチック製品を作る。またプラスチック製品はもちろん、高品質に処理されたPETフレークは輸入規制の影響を受けないので輸出でき、海外に売却することができるため国内外に需要がある。

そこで本稿では、新しいプラスチック製品を製造する前のPETフレークに加工するまでの処理をPETリサイクルとする(図6)。理由としては、プラスチック製品に作り変えるまで考慮すると作る製品によってコストが異なるので、比較しにくい点、またPETフレークは高品質に加工すれば、海外への輸出が規制後も可能なため、高品質なPETフレークを増やして海外に輸出することを対策の1つとして検討したいからだ。

図6 PETリサイクル フロー図



(出典)PET ボトルリサイクル推進協議会(2019)「図により PET ボトル再商品化の流れ」より筆者作成

国内 PET リサイクルの現状は, PET ボトルリサイクル推進協議会(2017 年のデータ)によると, 国内 PET ボトル販売量 59.6 万 t の内で国内向けリサイクル量 27.9 万 t(47%), 海外向けリサイクル量 22.1 万 t(37%)であったが, 海外向けリサイクル分を国内で現状の能力まま処理しようとする, PET リサイクル国内処理能力 42.66 万 t を最大限活用したとしても依然不足している状況にある。だが, 処理能力が足りないから処理施設を増やせば良いという訳ではない。なぜなら, リサイクルというのは, 多くの費用がかかるからである。だから研究者の中には, リサイクルせずに燃やした方が良いと主張している人もいる。そこで本稿では, リサイクルの費用と便益を分析し, どのくらいの費用と便益が発生しているのかを明らかにすることで, リサイクルを進めていくのかを検証していく。

第 7 節 問題意識

本章では, 輸入規制による影響により国内で廃プラの処理量を増やしていく必要があることを述べてきた。第 2 節より, 廃プラの定義と再商品化の現状が分かる。第 3 節から第 4 節では, 廃プラ輸入国の規制の影響により国内処理量が増え, 逼迫している現状を詳しく述べた。第 5 節から第 6 節では, 分析の対象を絞るため処理方法, 輸出された廃プラの種類, PET について述べ, 研究対象を PET のマテリアルリサイクルとした。

これまでの現状を踏まえ, 問題点をまとめると,

- ① 廃プラの輸入規制によって, 国内で処理する量が増えたため対策が必要。
- ② 中でも, これまで半分以上を輸出に頼って処理してきたマテリアルリサイクルは大きな影響がでると予想される。
- ③ しかし, 安易に施設を増やしては不利益が生じる可能性があるため, どの処理方法を増やすと社会に便益をもたらすか検証が必要である。

日本の廃プラリサイクルはこれまで海外への輸出に頼ってきたが, 輸入規制によってそのリサイクル構造の見直しを迫られている。しかし, 処理方法は複数あり, どの処理方法を増やしたら社会に便益をもたらすか検証が必要である。そこで本稿では, 廃プラの中で影

響が大きく、比較的リサイクル効率の良いPETを研究対象とし、PETの処理方法として、マテリアルリサイクル・サーマルリサイクルについて分析を行う。PETフレークの生産によるマテリアルリサイクルがどのような便益をもたらすかも明らかにし、また収集方法による違いも考慮し、分析結果をもとに政策提言を行う。社会に便益をもたらす処理方法を検証し、時代の変化にあった最適な処理方法を選択することで、効率的かつ持続可能なリサイクルシステムを構築していく。

第2章 先行研究及び本稿の位置付け

第1節 先行研究

PETボトルにだけ焦点を当てたPETボトルリサイクルの経済性に関する先行研究は多くはないが、リサイクルや廃棄物に関連する先行研究は多数存在する。プラスチックごみ問題解決のための研究、中国の廃プラ輸入禁止がもたらす影響を分析した研究、リサイクルシステムに関する評価と分析を行なった研究などは存在するが、PETボトルの処理方法によって発生する費用とその地域で得られる便益を分析した研究は少ない。

本稿と関連する論文は2つある。1つ目は、容り法によるペットボトル回収システムを費用便益分析し、容り協ルートのリサイクルシステムは効率が良くないことを明らかにした、安田(2001)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析」である。安田(2001)では、自治体におけるペットボトルのリサイクルの取り組みに関して、社会的費用便益分析を用いた総合評価を行った。ペットボトルのリサイクル処理が環境負荷に与える影響をLife Cycle Assessmentの手法を適用して測定し、その価値を貨幣換算して、評価に組み込んだ。対象自治体として、回収方式の類型が異なる川口市、大阪市、東京都(23区)の3都市を選択し、分析の結果、容り協ルートを100%適用している川口市が最も社会的便益が少ないということを明らかにした。また全ての自治体で社会的便益がマイナスという評価になり、3都市においてペットボトルリサイクルが失敗していることを示した。そして、回収方式は市場メカニズムにできるだけ任せ、容り協ルートの回収をもっと効率的に改善すべきだと指摘している。

2つ目に、地方中核都市におけるペットボトルのリサイクル実績をもとに環境評価と処

理コストを研究した、天野・田灘(2004)の「ペットボトルのリサイクルシステムに関する総合評価」を挙げる。天野ら(2004)では、人口 11 万人余りの地方中核都市におけるペットボトルのリサイクル実績をケーススタディ対象として、マテリアルリサイクルと代替案(焼却処理・サーマルリサイクル・不燃物埋め立て)について主要な環境負荷量(エネルギー処理量, CO₂ 排出量, SO_x 排出量, NO_x 排出量, 最終処分量)と処理コストを試算し、環境負荷量と処理コストの両面からペットボトルのリサイクルシステムの総合評価による分析を行った。分析の結果、いずれの環境負荷項目においても、マテリアルリサイクルが他の代替処理方法の 4%~10%ほどという極めて低い結果になった。このことからマテリアルリサイクルは非常に有効な処理システムであることが確認できた。しかし、処理コストの面では、マテリアルリサイクルは焼却処理あるいはサーマルリサイクルの約 10 倍、不燃物埋め立ての約 4 倍という高い値を示した。

その他の先行研究として、ペットボトルリサイクルの合理性を石油消費量、廃棄量、CO₂ 排出量の関係性を実証分析した明石・内田・谷口(2009)、廃棄物管理にかかる平均社会的費用とリサイクルの関係性を分析した Kinnaman・Shinkuma・Yamamoto(2014)、国間の環境規制の違いが国際廃棄物取引に影響もたらすことを示唆した Kellenberg(2012)なども参照した。

第 2 節 本稿の位置付け

PET ボトルリサイクルがもたらす便益について、筆者は様々な文献を参照したが、PET ボトルに焦点を当て、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルを取り上げている文献は少ない。そこで、本稿は PET ボトルのマテリアルリサイクルとサーマルリサイクルの純便益を費用便益分析により求め、PET ボトル 1kg あたりの純便益を金額換算することを研究の本題とする。各処理方法の純便益を金額換算することで、どちらの処理方法を選択すべきか客観的に判断でき、輸入規制後に増加した廃プラ(PET ボトル)をどの処理方法を用いて増やしていくべきかという本稿の問題意識に繋がる。先行研究では、サーマルリサイクルを費用便益分析の対象としてない点やその地域が得る便益を変数として入れていない点が、本稿との違いである。また大きな違いとして、分別収集と可燃ごみ収集のケース別で再度、純便益を求め、収集費の閾値(しきい値)を具体的な金額で求めた点は先行研究にはない大きな

違いである。

これら先行研究との違いから、その地域に適した収集・処理方法が明らかとなり、閾値を求めることによって、その判断が容易にできることが本稿の重要な研究である。これらの具体的な金額を数値にした研究は見受けられないためにこれを本稿の新規性とする。

第3章 分析

第1節 本章の概要と分析の目的

本章では、PET の処理方法としてマテリアルリサイクル、サーマルリサイクルの 2 つを費用便益分析し、PET ボトル 1 kg あたりの純便益を金額換算する。次に収集方法別に再度純便益を求め、その後、収集費の限界値となる閾値(しきい値)を算出することにより、どの収集・処理方法を選択すべきかを明らかにし、政策提言へと繋げていく。第2節では、全国、名古屋市、愛知県、リサイクル業者の方に電話、メール、直接訪問にてヒアリング調査に行った結果をまとめ、分析を行った。次に第3節では、ヒアリング調査などで収集したデータをもとに、費用便益分析による PET ボトルの各処理方法・収集方法別に純便益を分析した。第4節ではこれまでの分析結果を踏まえ、他の地域ではどう処理するのが良いかの考察を行った。そして説得力を持たせるため、収集費用の閾値を算出し、その地域での最適な収集・処理方法のケースを明らかにし、政策提言へと繋げていく。

第2節 ヒアリング調査

ヒアリング調査の目的は、各処理方法の費用便益分析を行うためのデータ収集と海外の輸入規制によって影響が出ているか等の現場の声を聞くことである。情報が詳しく公開されていないデータを収集し、現場の声を聞くことにより本研究がより現状に即した政策を提言するためにヒアリング調査を行なった。調査方法は、訪問、電話またはメールにて行い、調査実施期間は 2019 年 9 月 18 日から 10 月 31 日までである。

第1項 全国規模での調査

最初に、費用等データの所在を見つけるため、プラスチックのリサイクルを推進し、廃プラリサイクルの情報を公開していた社団法人の3団体に2019年9月18日、電話によるヒアリング調査を行なった。その結果、詳細なデータはなく、費用等も公開できない、把握していないと断られた。本来であれば、全国規模のデータで調査し、より正確なデータで分析すべきだが、47都道府県の市町村全てを我々で調査するには、膨大な時間が必要とするため、本研究の対象地域を絞る必要があると判断した。そこで我々は、PETリサイクル量や人口が多い地域を対象を絞ることで、最もリサイクル効率の良いケースでの分析ができ、今後の処理方法を考える上でモデル都市としてなり得ると考えた。仮にモデル都市でマイナスの効果が出ていれば、他の地域ではリサイクルをやめた方が良いという結果になり、プラスの効果が出ていれば、モデル都市を基準に比較することで、他地域の処理方法を考察できる。そのため我々は、1つの都市を選択し、詳細に分析することに本研究の意義を見出した。

次にモデル都市となる市の選定を行うため、国内主要都市12市にヒアリングし、PETボトルの詳細なデータが存在し、かつデータ提供ができる都市を電話による調査を行なった。ヒアリング調査期間は2019年9月27日から10月1日である。主要都市に絞った理由は、人口が多いとPETの回収量が多いため、その地域でのリサイクル効率が高くなると判断し、マテリアルリサイクルの分析を行うのに都合が良いと考えたからである。ヒアリング結果は、12市から回答を頂き、3市からPETボトルのデータ提供が可能だと回答を頂いた。他9市は、詳細なデータがないとの回答や、缶・ビンなどと一緒にPETボトルを収集しているのでPETボトル単体でのデータがないと回答して頂いた。そこで本研究では、データ提供して頂いた3市の中で人口が多く、PETボトルの回収量が多い名古屋市を分析の対象とした。

第2項 愛知県内での調査

続いて、名古屋市の詳細なデータ収集と輸入規制の影響が出ているか等を2019年10月11日、名古屋市に訪問によるヒアリング調査した。ヒアリング結果は、ごみ処理の回収量、各処理費用など、分析に使用するデータを提供して頂いた。そして、輸入規制による影響をヒアリング調査したところ、影響は少ないことが分かった。名古屋市が回収したPETボトルは全量、容器リサイクル協会(以下、容リ協)を通じて国内リサイクル業者に引き渡され、国内

でマテリアルリサイクルされる。そのため海外に輸出していたことはなく、大きな影響は今のところ出ていない。昨年の回収量は例年と比べ大幅に増加したが、猛暑による PET ボトル消費量が増加したことによるものと解釈しており、輸入規制の影響によるものとは一概に言えないという調査結果になった。また、影響が出ているのは、容リ協と契約していない自治体、行政回収以外のスーパー・コンビニや自販機の回収箱などから回収した事業系のリサイクル業者に影響があるのではないかとアドバイスを頂いた。

次に愛知県内の容リ協と PET ボトルの契約を結んでいない自治体に輸入規制の影響等が出ているか電話によるヒアリング調査を行なった。ヒアリング調査の実施期間は2019年10月15日から10月18日である。愛知県内の54市町村中、契約を結んでいなかったのは21市町村であった。そこで21市町村に調査を行い、輸入規制による影響やどこのリサイクル業者に委託しているかを調査した。明確な回答を頂いた17市町村の調査をまとめると、輸入規制の影響は今のところ出ておらず、委託しているリサイクル業者は国内でリサイクルしており、輸出はしていないまたは、把握していないという回答を得た。1つの自治体からは過去にリサイクル業者が輸出していたことがあると回答を頂き、そのリサイクル業者に調査を行なったが明確な回答を得られず、今も輸出をしているかは分からなかった。また、なぜ容リ協と契約していないかも調査したところ、理由として、市内のリサイクル業者と契約しているから、容リ協の拠出金・負担金に不満があり独自に売却した方が高値で売却できるなどの回答を頂いた。

そして愛知県内のリサイクル業者にも電話とメールによるヒアリング調査を行った。調査実施期間2019年10月18日から10月31日である。愛知県の行政系・事業系で回収された PET ボトルをリサイクルしている業者8社に回答を頂き、費用便益分析に使うデータや輸入規制による影響等を調査した。リサイクル業者のデータは企業秘密の部分があるため詳細には明かせないが、おおよそのデータを提供して頂き、複数社の回答の結果から比較したところ、信憑性の高いデータを得られたと判断した。また、輸入規制の影響は今のところなく処理量の変化は見られない、国内向けのリサイクルがほとんどなので影響はないとの回答を頂いた。ただ PET フレークやペレット(フレークを熱処理したもの)に加工するリサイクル業者の稼働率は100%に近く、これ以上、量を増やすのは限界がありそうである。

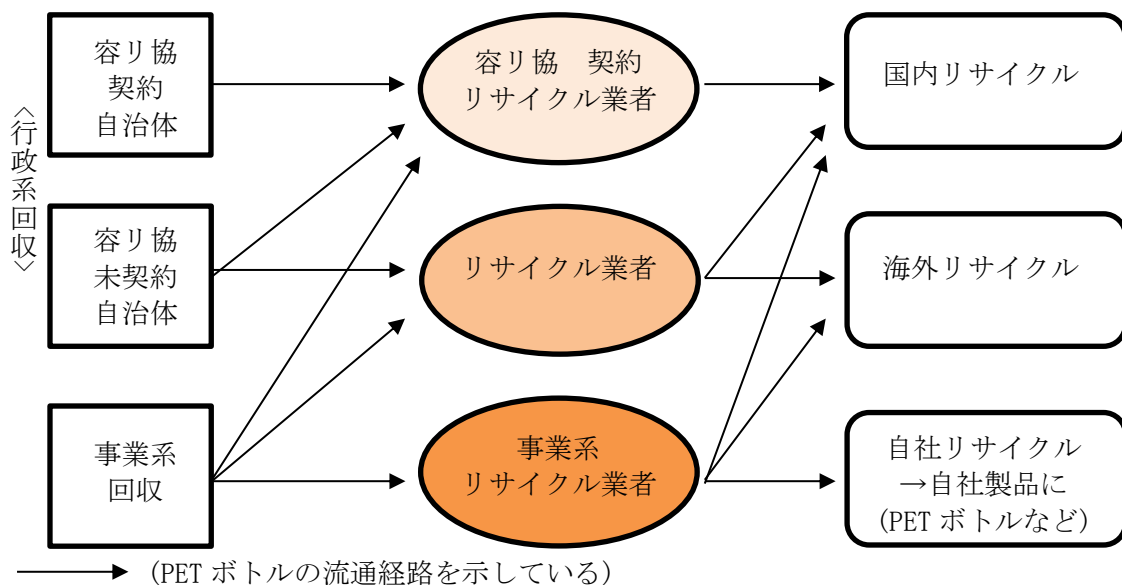
第2項 ヒアリング結果の分析

ヒアリング結果から、費用便益分析に必要なデータは収集できたが、輸入規制による影響は、愛知県内の行政系回収ルートでは確認できなかった。事業系回収ルートの一部は今回調査したリサイクル業者が処理しているところもあったが、全貌を明らかにすることはできなかった。愛知県が特異な地域で、ほとんどのPETボトルを国内リサイクルしているから輸入規制の影響がないということも考えられるが、名古屋港(2018)の貿易統計⁸を確認したところPETフレーク・ペレット⁹の輸出が1.9万t、それ以外の廃PETの輸出が3.9万tあった。このことから愛知県や周辺地域から廃PETが輸出されている可能性はあり、愛知県内では国内リサイクルしかしていないとは考えにくい。今は輸入規制による影響を上手く逃れているが、周辺地域で廃PETが流通していることから、これから影響が出てくるかもしれない。PETボトルリサイクルルート(図7)で説明すると、現状の行政回収は多くを国内リサイクルできており、規制の影響は少ない。しかも容リ協ルートでは、国内リサイクルルートが確立されており、全量国内で処理される(一部高品質に加工されたペレットは海外へ販売)。しかし、事業系回収はこれまで多くを海外リサイクルしてきた可能性が高いので、大きな影響があると予想される。高品質に加工できる設備があれば良いが、PETフレーク以外の廃PETが輸出されている現状からその可能性は低い。したがって現在は、輸出できているが輸入規制により、PETフレークなどに処理しないと輸出できなくなった場合、海外リサイクルを行っていた業者が撤退し、他のリサイクル業者を逼迫する。やがて、行政系回収にも影響が出てくると分析する。

⁸ 財務省貿易統計:名古屋(品目コード:3915.90-110, 3915.90-190)

⁹ ペレットはフレークを熱処理し、粒状に加工したもの

図 7 PET ボトルリサイクルルート



(出典) ヒアリング調査をもとに筆者作成

第3節 各リサイクル方法の費用便益分析

本節では、名古屋市をモデルケースに PET ボトルの処理方法として、マテリアルリサイクル・サーマルリサイクルによってかかる費用と得られる便益を分析していく。

第1項 名古屋市

分析のモデルとなる名古屋市の処理方法に関し概説する。名古屋市は可燃ごみとして収集したごみは市が管理・委託している焼却施設で焼却し、焼却灰を資源化または埋立処分している。また、焼却施設には発電機能と熱回収できる設備が付帯しており、電力を売却、温水プール、給湯などに利用されている。このような処理方法から名古屋市の可燃ごみはサーマルリサイクル(ごみ発電)していると言える。またプラスチックごみは、基本的には燃やさず、廃プラは資源ごみとして収集し、PET ボトルも別に回収して選別・保管を行ってリサイクル業者に引き渡している。

本研究では、名古屋市の分析を行うが、この後名古屋市をモデルケースとして、他地域に

当てはめた分析・政策の提言を行いたいため、現状では行なっていないが、PET ボトルのサーマルリサイクルと分別収集をせずに可燃ごみと一緒に収集を行ったケースを分析する。PET のマテリアルリサイクル、サーマルリサイクルを比較することで政策の考案に繋げていく。

表 2 は名古屋市での PET 回収・処理費用をまとめたものである。そして平成 29 年から平成 25 年までのデータを加重平均し、PET ボトル 1kg あたりの費用を求めた。なお、H30 年度データはデータの変動が大きいため、本研究では使用しない。結果を見ると、名古屋市が PET の回収から選別・保管するまでの費用だけで焼却処理費用の約 2.3 倍処理費用がかかっている。PET の処理費用が高い原因としては回収量が少ないため 1kg 当たりの回収費が高くなることが考えられる。この結果だけ見ると、PET を焼却した方が名古屋市にとっては良いように見えるが、果たして本当に良いのかを次項以降の費用便益分析によって明らかにしていく。

表 2 名古屋市での PET 回収・処理費用

| 名古屋市での PET 回収・処理費用 | | | | | | |
|--------------------|------------|--------------|------------|-------------|----------------------|-------------------|
| 年度 | PET 回収量(t) | PET 処理費用(万円) | 可燃ごみ焼却量(t) | 焼却処理総費用(万円) | 1kg あたりの PET 処理費用(円) | 1kg あたりの焼却処理費用(円) |
| H30 | 9,126 | 77,635 | | | 85.07 | |
| H29 | 6,845 | 91,437 | 607,000 | 3,519,447 | 133.58 | 57.98 |
| H28 | 6,803 | 92,926 | 609,000 | 3,517,158 | 136.60 | 57.75 |
| H27 | 6,692 | 92,154 | 616,000 | 3,529,434 | 137.71 | 57.30 |
| H26 | 6,696 | 92,232 | 614,000 | 3,537,254 | 137.74 | 57.61 |
| H25 | 7,037 | 91,281 | 618,000 | 3,546,393 | 129.72 | 57.39 |
| H29~H25 年加重平均値 | 6,815 | 91,999 | 612,800 | 3,530,003 | 135.01 | 57.60 |

(出典)名古屋市のヒアリング調査をもとに筆者作成。(H25~H29 年加重平均値の PET 回収量と可燃ごみ焼却量は算術平均している。)

第2項 マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルの比較

最初に、名古屋市で現在行われている PET ボトルのマテリアルリサイクル、と PET ボトルのサーマルリサイクルを行った場合の費用と便益を算出し「純便益」を分析する。まず、金額として現れる純便益(実際にお金のやりとりが行われている費用と便益)を分析するため、分析1でマテリアルリサイクルにかかる費用と便益の分析、分析2でサーマルリサイクルにかかる費用と便益の分析を行う。以下に、分析モデルおよび変数の説明を行う。

モデル式

$$\text{分析1 (マテリアルリサイクル)} \quad \alpha = MR_3 - (X_1 + MR_1 + MR_2)$$

$$\text{分析2 (サーマルリサイクル)} \quad \beta = TR_3 + TR_4 - (X_1 + TR_1 + TR_2)$$

<変数の説明>

MRはマテリアルリサイクル関連、TRはサーマルリサイクル関連の項目で使用し、その他の項目はXとYの変数を使用した。なお、変数の値は全てPET 1kgあたりで換算している。

X_1 : 分別収集費用 「名古屋市 PET ボトル収集にかかる平均費用」

MR_1 : 選別・管理等費用 「名古屋市 PET ボトル選別・圧縮梱包・保管等にかかる平均費用」

MR_2 : マテリアルリサイクル費用(民間) 「ヒアリング調査により得た、PET フレークに加工するマテリアルリサイクル費用の推定値(高品質で価格が高い用途に使用される PET フレークを想定)」

MR_3 : PET フレーク売却益(民間) 「ヒアリング調査により得た、PET フレーク売却益(販売価格から PET ボトル落札価格と PET フレーク加工費用の差を求めた)」

PET ボトル落札価格: 容り協「落札単価の経年推移」より平成 31 年度 PET ボトルの落札単価 36,697 円を使用(ヒアリング調査を実施した年の相場で売却益を計るため)

TR_1 : 焼却費用 「名古屋市ごみ焼却にかかる平均費用」

TR_2 : 埋立等費用 「名古屋市ごみ焼却後から埋め立てにかかる平均費用」

TR_3 : 資源売却益 「名古屋市ごみ焼却で排出された焼却灰などの資源売却による歳入」

TR_4 : 電力売却益 「名古屋市ごみ焼却で発電された電力売却による歳入」

表 3 変数の出所 1

| 変数 | 出所 |
|-----------------|--|
| X ₁ | 名古屋市「ヒアリング調査によって得た 平成 29 年度から平成 25 年度の各項目データ平均値」 |
| MR ₁ | |
| TR ₁ | |
| TR ₂ | |
| TR ₃ | 名古屋市「ヒアリング調査によって得た平成 29 年度の値」 |
| TR ₄ | |
| MR ₂ | 愛知県内のリサイクル業者 8 社の回答をもとに工場規模差, PET フレークの品質差を考慮し, 本研究では大規模で高品質のリサイクル業者のデータを抽出(名古屋市から引き受けがある企業)「ヒアリング調査によって得た費用と販売価格の値」 |
| MR ₃ | |

(表に記載された, 対応する出典より筆者作成)

表 4 分析 1 の分析結果

| PET マテリアルリサイクル費用にかかる純便益 | | | | |
|-------------------------|-----------------|----------|----------|----------------|
| 変数 | 内容 | 便益(kg/円) | 費用(kg/円) | 純便益(kg/円) |
| X ₁ | 分別収集費用 | | 96.45 | -96.45 |
| MR ₁ | 選別・管理等費用 | | 38.56 | -38.56 |
| MR ₂ | リサイクル費用(民間) | | 80.00 | -80.00 |
| MR ₃ | PET フレーク売却益(民間) | 23.30 | | 23.30 |
| 合計 | | 23.30 | 215.01 | -191.71 |

(表 3 の各変数より筆者作成)

表 5 分析 2 の分析結果

| PET サーマルリサイクル費用にかかる純便益 | | | | |
|------------------------|--------|----------|----------|----------------|
| 変数 | 内容 | 便益(kg/円) | 費用(kg/円) | 純便益(kg/円) |
| X ₁ | 分別収集費用 | | 96.45 | -96.45 |
| TR ₁ | 焼却費用 | | 22.01 | -22.01 |
| TR ₂ | 埋立等費用 | | 6.00 | -6.00 |
| TR ₃ | 資源売却益 | 0.10 | | 0.10 |
| TR ₄ | 電力売却益 | 2.48 | | 2.48 |
| 合計 | | 2.58 | 124.46 | -121.88 |

(表 3 の各変数より筆者作成)

金額として現れる純便益(実際にお金の流れがある費用と便益)を分析した結果, 名古屋地域の純便益はサーマルリサイクルを行なった方が高い(表 4 と表 5)。マテリアルリサイクルよりもサーマルリサイクルの方が低い費用で処理でき, PET ボトル 1kg を処理するのに

かかる差は約 69.83 円となった。このことからサーマルリサイクルをすることは、その地域の費用を削減でき、純便益を高めることができる。

ただし、この分析だけだとリサイクルをすることによって生まれる便益、焼却処理をしないことによる二酸化炭素の排出量削減や PET をプラスチックの原料に処理することで石油消費量の削減など金額では現れていない便益が考慮されていない。そこで次に、金額としては現れにくい費用と便益 ($Y_1 \sim Y_6$ の変数) を分析し、金額に換算した値でリサイクルの必要性を計る。金額として現れにくい費用と便益を分析することにより、マテリアルリサイクルによって生じる純便益を、より正確な値で分析することができる。

第 3 項 各処理ケース別の費用便益分析

続いて、金額として現れにくい費用と便益 ($Y_1 \sim Y_6$ の変数) を新たに追加して純便益を求める。分析 3 のモデル式は、PET ボトルを分別収集し、サーマルリサイクルを行なわないでマテリアルリサイクルを行なったケースでの純便益を求める分析である。

モデル式 「分別収集した PET ボトルをサーマルリサイクルしないで、マテリアルリサイクルするケースの費用便益分析」

分析 3

$$\begin{aligned} Y = & (X_1 - X_1) + (TR_1 - MR_1) + (Y_1 - MR_2) + MR_3 + TR_2 + (-TR_3) + (-TR_4) + (-Y_2) \\ & + (-Y_3) + Y_4 + Y_5 + Y_6 \end{aligned}$$

<変数の説明>

MR はマテリアルリサイクル関連、TR はサーマルリサイクル関連の項目で使用し、その他の項目は X と Y の変数を使用した。なお、変数の値は全て PET 1 kg あたりで換算している。

($X_1 - X_1$) : 収集費用差 「 X_1 :サーマルリサイクルをする時の分別収集費用と X_1 :マテリアルリサイクルをする時の分別収集費用差を純便益とする」今回は、サーマルリサイクルをしないことで得られた収集費削減分、とマテリアルリサイクルすることで生じる収集費分の差により純便益は 0 となる。

($TR_1 - MR_1$) : 中間処理費用差 「 TR_1 :サーマルリサイクルをする時の焼却費用と MR_1 :マテリ

アルリサイクルをする時の選別・管理等費用差を純便益とする」

(Y₁-MR₂) : PET フレーク加工費用差 「Y₁ : バージン(新品)PET フレークを製造する時の費用と MR₂:マテリアルリサイクルをして PET フレークに加工する時の費用差を純便益とする。」今回は、バージン PET フレーク製造費の正確な値を入手できなかったため、分析に影響が出ないように同値とする(傾向としてマテリアルリサイクルされた PET フレークの方が加工費は安い)。

Y₂ : 焼却燃料費削減分(10%削減) 「名古屋市ごみ焼却にかかるガス使用量(492,924m³)とガス料金支払額(約 5339 万円)をもとに、PET ボトルを焼却すると燃料の代替材になるため、ガス使用量の 10%を削減可能だと低めに設定し、燃料費削減分を便益とした。」今回はサーマルリサイクルをしないで、マテリアルリサイクルをするのでマイナスの便益となる。

Y₃ : 熱利用による光熱費削減分 「名古屋市ごみ焼却で発生する熱を工場や温水プールの給湯、冷暖房に使用された分を光熱費削減の便益とする。」算出方法：南陽工場の熱交換器計 4,066,000(kcal/h)から獅子石工場、五条川工場の焼却能力で加重平均し、3施設の合計 8364(kw/h) を求め、年間量(50%を利用すると低めに設定)に直し、電力料金の目安となる 1kwあたり 27円に換算し、ごみ焼却量で割り、1kgあたり 2.018 円の便益が出ると推定した。

Y₄ : CO₂ 排出量削減分 「ごみ焼却で発生する CO₂ を処理する環境対策費用を金額換算した。」算出方法：容り協の調査結果から、リサイクルにより PET ボトル 1 kg あたり 2.44kg の CO₂ が削減される。先行研究の安田(2001)は、CO₂削減量を金額換算する際、デンマークの炭素税(11.39 円)を掛けていた。そこで本稿では日本の炭素税に当たる、地球温暖化対策税(0.289 円)を掛け、PET ボトル 1 kg をマテリアルリサイクルすることで 0.705 円削減でき、便益とした。

Y₅ : 資源・消費エネルギー削減分 「マテリアルリサイクルすることで得られる、バージン PET フレーク製造等で使用される新たな原油の消費量を削減する効果を金額換算した。」算出方法：容り協の調査結果から、リサイクルにより PET ボトル 1kg あたり 1.012L の原油が削減される。そこに 2018 年平均原油価格の 50.20(円)を掛け、マテリアルリサイクルすることで 50.80 円削減でき、便益とした

Y₆ : 有害物質排出量削減分 「ごみ焼却で発生する NO_x・SO_x 等の有害物質を処理する環境対策費用を金額換算した。」算出方法：安田(2001)の 42 ページ Table 3” Externa benefit(Total LCA)の額を PET ボトル回収量で割り、1kg あたり 1.98 円を有害物質削減の便

益としたデータを使用する。

表 6 変数の出所 2

| 変数 | 出所 |
|-------|---|
| Y_1 | 正確な値がないので、本研究では MR2 と同値とする |
| Y_2 | 名古屋市「ヒアリング調査によって得た、平成 29 年度ガス使用量・ガス料金支払額」 |
| Y_3 | 名古屋市「ヒアリング調査によって得た、焼却工場の余熱利用施設データ」 |
| | 愛知県情報センター「名古屋市 新エネルギー設備の概要」 |
| | 公益財団法人全国家庭電気製品公正取引協議会「電気料金の目安単価」 |
| Y_4 | 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会、受託調査「PET ボトルのリサイクル効果の分析」 |
| | 環境省「地球温暖化対策のための税の導入」 |
| Y_5 | 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会、受託調査「PET ボトルのリサイクル効果の分析」 |
| | 一般社団法人日本長距離フェリー協会「燃料油価格推移表」 |
| Y_6 | 安田(2001)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析」 |
| X_2 | 名古屋市「ヒアリング調査によって得た、平成 29 年度から平成 25 年度の可燃ごみ収集費平均値」 |

(表に記載された、対応する出典より筆者作成)

表 7 分析 3 の分析結果

| サーマルリサイクルをしないことで、マテリアルリサイクルが得られる純便益(分別収集) | | | | |
|---|------------------------|----------|----------|--------------|
| 変数 | 内容 | 便益(kg/円) | 費用(kg/円) | 純便益(kg/円) |
| $(X_1 - X_1)$ | 分別収集費用差 | 96.45 | 96.45 | 0.00 |
| $(TR_1 - MR_1)$ | 中間処理費用差 | 22.01 | 38.56 | -16.55 |
| $(Y_1 - MR_2)$ | PET フレーク加工費用差 | 80.00 | 80.00 | 0.00 |
| (MR_3) | PET フレーク売却益 | 23.30 | | 23.30 |
| (TR_2) | 埋立等費削減分 | 6.00 | | 6.00 |
| $(-TR_3)$ | 資源売却益損失 | -0.10 | | -0.10 |
| $(-TR_4)$ | 電力売却益損失 | -2.48 | | -2.48 |
| $(-Y_2)$ | 燃料節約分(10%減)損失 | -0.01 | | -0.01 |
| $(-Y_3)$ | 光熱費削減分損失 | -2.02 | | -2.02 |
| (Y_4) | CO ₂ 排出量削減分 | 0.71 | | 0.71 |
| (Y_5) | 資源・消費エネルギー削減分 | 50.80 | | 50.80 |
| (Y_6) | 有害物質排出量削減分 | 1.99 | | 1.99 |
| 合計 | | 276.65 | 215.01 | 61.64 |

(表 3 と表 6 の各変数より筆者作成)

金額として現れにくい費用と便益 ($Y_1 \sim Y_6$ の変数) を考慮して純便益を分析した結果, 名古屋地域の純便益はマテリアルリサイクルを行なった方が高い(表 7)。サーマルリサイクルよりもマテリアルリサイクルを行なった方が高い便益が生じ, PET ボトル 1kg をマテリアルリサイクルすると約 61.64 円の純便益が生じる結果となる。このことからマテリアルリサイクルをすることは, 費用はかかるが, その地域の便益を高めることができ, 純便益を高めることができる。

また分析 3 のモデル式は, 便益と費用を入れ替えて計算すると, マテリアルリサイクルを行わないことでサーマルリサイクルが得られる純便益も算出することができ, サーマルリサイクルをすることは約-61.64 円の純便益の損失が生じることが明らかとなった。したがって, 名古屋地域で PET を分別回収する場合は, サーマルリサイクルよりもマテリアルリサイクルをした方が良い。

次に PET ボトルを分別収集しないで, 可燃ごみと一緒に収集してサーマルリサイクルを行うケースを分析する。この分析の目的は, 現在の収集方法である PET ボトルの分別収集を行わずに, サーマルリサイクルを行うケースを分析することで, サーマルリサイクルの純便益がどう変化するかを分析するためである。仮に純便益がマイナスになれば, マテリアルリサイクルを進めて行くことが正しいと分析でき, また純便益がプラスになれば, PET ボトルを可燃ゴミとして収集してサーマルリサイクルを行うことも今後の処理方法としての選択肢になる。そして, どのくらいの収集費用が掛かれば, 分別収集か可燃ゴミとして収集した方が良いかも分析していく。なお, 当たり前だが可燃ゴミと PET を一緒に収集した場合, マテリアルリサイクルはできなくなるので, 反対のケースは分析しない。

モデル式 「PET ボトルを可燃ごみと一緒に収集して, マテリアルリサイクルしないで, サーマルリサイクルするケースの費用便益分析」

分析 4

$$\delta = (X_1 - X_2) + (MR_1 - TR_1) + (MR_2 - Y_1) - MR_3 - TR_2 + TR_3 + TR_4 + Y_2 + Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6$$

<変数の説明>

X_2 : 可燃ゴミ収集費用 「名古屋市 PET ボトルを可燃ゴミとして収集した場合の可燃ゴミ

収集平均費用」PET ボトルを可燃ゴミとして収集しても 1kg あたりの収集費は現在と変わらないとする。変数の出所は表 6 に記載。

表 8 分析 4 の分析結果

| マテリアルリサイクルをしないことで、サーマルリサイクルが得られる純便益(可燃収集) | | | | |
|---|---------------------------|--------------|--------------|---------------|
| 変数 | 内容 | 便益(kg/ 円) | 費用(kg/ 円) | 純便益(kg/ 円) |
| (X_1-X_2) | 分別収集費用差 | 96.45 | 29.59 | 66.86 |
| (MR_1-TR_1) | 中間処理費用差 | 38.56 | 22.01 | 16.55 |
| $[-(Y_1-MR_2)]$ | PET フレーク加工費用差 | 80.00 | 80.00 | 0.00 |
| $(-MR_3)$ | PET フレーク売却益損失 | -23.30 | | -23.30 |
| $(-TR_2)$ | 埋立等費 | | 6.00 | -6.00 |
| (TR_3) | 資源売却益 | 0.10 | | 0.10 |
| (TR_4) | 電力売却益 | 2.48 | | 2.48 |
| (Y_2) | 燃料節約分(10%減) | 0.01 | | 0.01 |
| (Y_3) | 光熱費削減分 | 2.02 | | 2.02 |
| $(-Y_4)$ | CO ₂ 排出量処理費発生分 | -0.71 | | -0.71 |
| $(-Y_5)$ | 資源・消費エネルギー消費分 | -50.80 | | -50.80 |
| $(-Y_6)$ | 有害物質排出量処理分 | -1.99 | | -1.99 |
| | 合計 | 142.83 | 137.60 | 5.22 |

(表 3 と表 6 の各変数より筆者作成)

可燃ゴミとして PET ボトルを収集し、サーマルリサイクルを行なった場合の純便益を分析した結果、名古屋地域の純便益はプラスとなった(表 8)。分別処理をしてマテリアルリサイクルをした場合(表 7)と比べると純便益は、マテリアルリサイクルをした方が高い値になる。しかし費用を見ると、可燃ゴミとして PET ボトルを収集してサーマルリサイクルをした方が負担は少なく済むということが分析結果から考察できる。次節では、これまでの分析のまとめと考察を行う。

第 4 節 分析結果の考察

これまでの費用便益分析結果を表 9 にまとめた。分析 1 と 2 では、PET ボトルの処理方法をマテリアルリサイクルとサーマルリサイクルで比較し、金額として現れる純便益(実際にお金のやりとりが行われている費用と便益)では、費用が少なく済むサーマルリサイクルが高い結果となった。分析 3 では、金額として現れにくい純便益(CO₂・原油消費量削減な

などを考慮)を分析し、PET ボトルを分別収集したケースでは、マテリアルリサイクルが高い値となった。分析4では、PET ボトルを可燃ごみと一緒に収集したケースで、サーマルリサイクルの純便益を計りプラスの値が出た。しかし、分析3と4の純便益の大小関係から、PET ボトルを分別収集してマテリアルリサイクルすることが処理方法として最も適切であるという結論になった。

表 9 費用便益分析・結果のまとめ

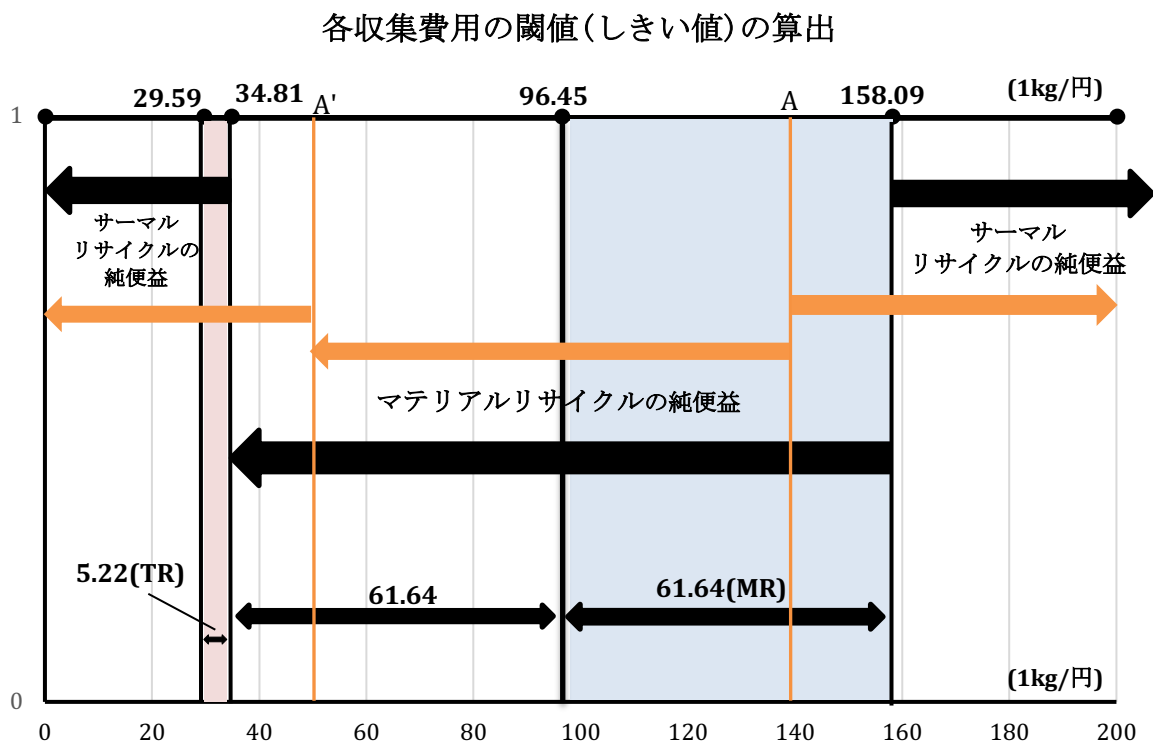
| 費用便益分析・結果のまとめ | | | |
|---------------|------------------|----------|-----------------|
| 分析 | マテリアルリサイクル(kg/円) | 純便益の大小関係 | サーマルリサイクル(kg/円) |
| 分析1と2 | -191.71 | < | -121.88 |
| 分析3と4 | 61.64 | > | 5.22 |

本稿の分析では、PET ボトルの処理方法として、分別収集によるマテリアルリサイクルと結論づけたが、費用の面では全ての分析結果でサーマルリサイクルに劣っている。人口の少ない市町村では、マテリアルリサイクルの費用負担が大きすぎるのではと考察する。そこでこれまでの分析結果を踏まえ、具体的に、自治体の各収集費用がいくらかを超えたら、処理方法を変更した方が良いかを図8にまとめた。

図8は、PET ボトルの収集方法の費用によってマテリアルリサイクルまたはサーマルリサイクルのどちらを選択すべきかを収集費用の限界値である閾値(しきい値)を図にまとめたものである。分別収集費用 96.45 円を基準に、分析3で求めた純便益 61.64 円分を足して右側に取り、分別収集してマテリアルリサイクルをするなら分別収集費用 1kg あたり 158.09 円(閾値)までに抑えなければ、マテリアルリサイクルの純便益はマイナスになることを示している。それ以上の収集費になれば、可燃ゴミとしてサーマルリサイクルすべきであり、分別収集費 158.09 円から左に行けば行くほど、(分別収集費が安くなるほど)マテリアルリサイクルの純便益が高くなることを示す。また、分別収集費用 96.45 円を基準に純便益 61.64 円を引いて左側にとった 34.81 円は可燃ゴミとしてサーマルリサイクルする収集費用の閾値を示しており、34.81 円を超えて右側に行くと、サーマルリサイクルの純便益がマイナスになることを示す。今回、名古屋地域での分析結果は、分別収集してマテリアルリサイクルを行なった純便益が 61.64 円(MR)の青色の範囲であり、可燃ゴミとして収集してサーマルリサイクルを行なった純便益が 5.22 円(TR)の赤色範囲であることから、範囲の大きい

マテリアルリサイクルを行うべきだと分かる。このように一定額を超えるとマイナスになる範囲があることから閾値を算出することは重要である。また、PET 売却益・原油価格の変動により閾値が下がることが考えられる。例えば、マテリアルリサイクルの純便益が減り、これまで分別収集費用の閾値であった 158.09 円から A 点の値まで下がったとする。そうすると、可燃ゴミ収集費用の閾値も同じく A 点に移動する。したがって、閾値によってマテリアルリサイクルとサーマルリサイクルのどちらを選択するか、それぞれの範囲の大きさによって変化していくので、閾値を算出しておくことは、その地域での処理方法を選択する上で重要なことである。

図 8 各収集費用の閾値(しきい値)の算出



(表 3 と表 6 の各変数, 表 7 と表 8 の分析結果より筆者作成)

第4章 政策提言

第1節 政策提言の方向性

前章の費用便益分析の結果をもとに、輸入規制により国内処理量が増加しているPETボトルおよび廃棄プラスチックの処理対策を提言する。提言の方向性としては、マテリアルリサイクルの推進と、サーマルリサイクルを活用するための法改正と制度作りである。

分析の結果、PETボトルを分別収集してマテリアルリサイクルすることはその地域に高い純便益が生じることが明らかになった。しかし、マテリアルリサイクルは費用の面で、その地域に大きな負担を強いることも明らかとなった。人口が多い地域や財政に余裕がある市町村では可能であると考えられるが、人口が少ない地域や財政が厳しい市町村では、無理にリサイクルすべきでないとする。それは人口が少ない地域や人口が密集していない地域では、PETボトル・廃プラ量はあまり多くないため収集効率が悪くなり、1kgあたりの収集費が高くなると予想されるからだ。分析結果で各収集方法の閾値を算出したが、収集費が一定額を超えると純便益がマイナスになるため、目安となる基準を設け、自治体によって処理方法を自由に変更できる制度の創設も必要ではないか考えた。その地域にとって純便益が最も高くなる処理方法かつ持続可能なリサイクルシステムの構築を目指し、実現可能性が高い政策を提言していく。

第2節 政策提言

第1項 マテリアルリサイクルの推進

分析結果より、PETボトルを分別収集してマテリアルリサイクルすることは、その地域に高い純便益をもたらすことが明らかになったことから、マテリアルリサイクル量を増やす政策を提言していく。しかし、費用の面でマテリアルリサイクルはその地域に大きな負担を強いることから、本稿でのマテリアルリサイクルを増やす政策の対象地域は、人口が多く収集効率の良い地域を前提とする。

現状分析から、これまで国内でのマテリアルリサイクル量が少なかった原因には、PETフ

レークはバージン(新品)製品と比べると品質が劣るので国内での需要が少なかったためや海外に輸出した方が安い費用で済み、リサイクル業者の利益が高かったためである。そのため、国内需要の創出と輸入規制により減った海外需要を取り戻す必要があると考察する。また愛知県内のリサイクル業者にヒアリング調査した際に、リサイクル工場の稼働状況はほぼ 100%であると回答を頂いたことから、リサイクルできる量を増やし、供給できる設備も増やしていく必要があると考察する。これらの点をまとめると、①国内需要の創出、②海外需要の再獲得、③リサイクル量の増強の 3 点を行うことでマテリアルリサイクルを推進していくべきだと考察する。

まとめた 3 点の具体的な政策を考案すると、①PET ボトルを製造する企業に、リサイクルされた PET フレークの一定量を製品に使用することを義務化、②輸入受け入れ国によって輸入できる PET フレークの品質基準が異なることから国際的な基準を設け、輸出しやすい環境を整備する、③補助金などにより、リサイクル施設や設備を増強することを考案した。しかし、①と③の政策は実現可能性が低いと考える。PET フレークの一定量を使用する義務を設けることで、需要を創出できそうだが、義務化となると企業の反発が予想されるのと、技術面で製品にどのくらいまで PET フレークを使用できるのかが不明確であることや PET ボトル価格が上昇し、消費者の負担増が懸念されることが考えられ、実現性は低い。またリサイクル量を増やすために補助金の制度を作れば、リサイクル量を増やすことはできそうだが、補助金を与えることができたらいいのは当たり前の話であるため提言内容としては良くないと判断した。

したがって、実現性の高い②の PET フレークの品質基準を設けることで品質基準を明確にし、輸出を促進できる環境整備を提言したい。具体的には、現在の PET フレークを輸入できる基準は国によって大きく違い、中国ではとても高品質な PET フレークしか受け入れて貰えない。そのため国際的な品質基準を策定し、統一的なルールを決めることで、高すぎる品質基準の緩和や国内リサイクル業者が PET フレークを製造する上での目安に繋げたい。仮に国によって、その統一的な品質基準を受け入れて貰えなくても品質基準を設けることで他の国が受け入れやすくなり、海外需要を増やすことが可能であると考察する。PET フレークの需要が増加すれば、国内で PET フレークに加工するリサイクル業者・量が増え、価格も下落しないことから国内リサイクル量を増やすのに有効な策である。そこで本稿では、「PET フレークの国際的な品質基準を国が主体となり、ルール作りをすること」を政策として提

言する。これまで途上国では、原油からプラスチックを製造する技術がないため、廃プラは資源として重宝されてきた、これからも資源としてプラスチックの需要があることから、PET フレークを輸出することは途上国の発展に寄与し、世界経済の発展にも繋がるため意義のある政策となるだろう。

第2項 サーマルリサイクルの活用

分析結果より、分別収集してマテリアルリサイクルすることが最も高い純便益を得られることが明らかになったが、費用面で大きな負担を強いるという問題が出てきた。そこで別の処理方法として、PET ボトルを可燃ゴミとして収集しサーマルリサイクルしたケースを分析したところ、純便益がプラスの値となった。このことからマテリアルリサイクルを行うのが厳しい地域では、可燃ゴミとしてサーマルリサイクルを活用していくことを提言していく。

現状では、廃プラのサーマルリサイクルは多く行われているが、PET ボトルのサーマルリサイクルは、ほとんど行われていない。PET ボトルは資源として高い需要があるため、多くの自治体は分別収集してリサイクル業者に売却するというリサイクルの流れをとってきた。その流れを取っている理由として「容器包装リサイクル法」があるからだと考えられる。容器包装リサイクル法(以下、容リ法)では、それぞれの役割というものが定められており、消費者は分別排出、市町村は分別収集、事業者はリサイクルを担うことを求められている。義務を負っているのは容器包装を製造・利用している事業者だが、容リ法で分別収集を求められているため、市町村は分別収集を行い、現状のリサイクルシステムが構築されたと考えられる。しかし、PET ボトル以外の廃プラはサーマルリサイクルできていることから、PET ボトルもサーマルリサイクルが不可能ではないと考察する。

分析で収集費用の閾値を求めたが、分別収集費用が高くなると純便益がマイナスになる場合があるため、その地域では可燃ゴミとしてサーマルリサイクルをした方が良いこともある。しかし、収集費用の正確な閾値を算出するには、どこまで費用・便益に含むのか、算出するデータ・計算方法など自治体だけでは、基準を決めるのは困難である。そこで本稿では、「国による各収集費用の基準額を策定すること」を政策として提言する。自治体では、判断しかねる収集費用の閾値を国が算出し、全国で一定の基準額を示すことにより自治

体が分別収集か可燃ゴミとしての収集かを選択でき、その地域に合った処理方法を選択することで純便益を高め、日本全体の純便益を高めることができる政策となる。

また、全国の自治体にサーマルリサイクルの設備があるわけではないため、代替処理法として、単純焼却をあげる。純便益で比べると、単純焼却はサーマルリサイクルから電力売却益と熱利用による光熱費削減分を引いたものなので値は同じぐらいである。既存の焼却施設を活用しても地域によっては純便益を高めることができるので、基準額の策定は意義のある政策になると筆者は見ている。そして既存の焼却施設を使用すれば、新たにリサイクル施設を建設する必要もなく廃プラ処理量の増加にも対応でき、その地域にとって最適な処理方法となるだろう。

おわりに

本稿では、輸入規制によって国内処理量が増加している廃プラ(PET ボトル)をどの処理方法を用いて処理量を増やしていくかを、各処理方法の純便益を求めることで分析してきた。分析の結果、PET ボトルを分別収集してマテリアルリサイクルを行うことはその地域に高い純便益を生み出す。しかしマテリアルリサイクルは費用の面で、その地域に大きな負担を強いるため、どの地域も一律にマテリアルリサイクルを進めていくべきではない。そこで、その地域の最適な処理・収集方法を選択するため収集費による閾値を算出し、その結果をもとに最適な処理を選択していくことが必要だとした。そして本稿は政策提言を2つ挙げた。1つ目はマテリアルリサイクルを推進する政策として、「PET フレークの国際的な品質基準のルールを策定」することを挙げ、輸入国の厳しい品質基準の緩和や品質を定めることによって海外需要を増やす。その結果、国内のPET リサイクル産業を育て、PET フレーク加工量を増やし、マテリアルリサイクル処理量を増やしていく。2つ目は、サーマルリサイクルを活用する政策として、「1kg あたりの分別・可燃ごみ収集費用の基準額を策定する」ことを挙げ、しきい値を超えて分別収集を行なっている地域には、サーマルリサイクルや単純焼却を活用するようにして、純便益と処理量が増加するようにすることを提言とした。

我々の研究は、名古屋市におけるPET ボトルのデータをもとに分析してきた。そのため全国との乖離や廃プラで再検証した時に結果が異なる可能性がある。また分析では、どこま

でを純便益として見るかでも結果が異なることからこれらは議論の余地が存在する。政策提言では、PET フレークの品質基準と収集費用の基準額を策定することを提案した。これらの実現可能性は十分にあると考えられる。しかし、本稿では廃プラの処理量を早急に増やす具体的な提言を行っていない。あくまで、国内外のリサイクル市場や自治体の判断に任せ、基準を策定することに重きを置いたため、今後の課題としたい。

先行研究・参考文献

主要参考文献

- 安田八十五(2001)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する評価と政策分析」『廃棄物学会論文誌』Vol. 12, No. 5 pp229-234 p39-44
- 天野耕二・田灘未来(2004)「ペットボトルのリサイクルシステムに関する総合評価」立命館大学理工学部・株式会社 SRA p1-pA7
(<http://www.ritsumei.ac.jp/se/rv/amano/pdf/2004ET-amano.pdf>)

参考文献

- 慶應義塾大学辻幸民研究会(2009)「リサイクルの合理性の検証」政策フォーラム発表論文
- Thomas C. Kinnaman, and Takayoshi Shinkuma, and Masashi Yamamoto (2014) “*The socially optimal recycling rate: Evidence from Japan,*” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 68, pp. 54-70
- Derek Kellenberg (2012) “*Trading wastes*” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 64, pp. 68-87
- Keisaku Higashida, and Naoto Jinji (2006) “*Strategic use of recycled content standards under international duopoly*” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 51, pp. 242-257
- Sophie Bernard (2015) “*North-south trade in reusable goods: Green design meets illegal shipments of waste*” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 69, pp. 22-35

参考資料

- 日本経済新聞電子版 2019年8月2日「プラごみ全量を国内処理へ 環境省、輸出規制に備え」(<https://www.nikkei.com/article/DGXMZ048111590S9A800C1EAF000/>)

2019/08/13 データ取得

- JETRO 日本貿易振興機構 ビジネス短信 2019年5月21日「汚れた廃プラスチック、バーゼル条約で規制対象に」
(<https://www.jetro.go.jp/biznews/2019/05/8b624be5eec14dad.html>)

2019/08/20 データ取得

- 一般社団法人プラスチック循環利用協会(2019)「プラスチックリサイクルの基礎知識2019」(<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>) 2019/08/13 データ取得
- 経済産業省 「バーゼル条約・バーゼル法」
(https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/kankyokeiei/basel/index.html)

2019/09/09 データ取得

- PET ボトルリサイクル推進協議会 「マテリアルリサイクル」
(<http://www.petbottle-rec.gr.jp/more/material.html>) 2019/09/09 データ取得
- 経済産業省 「容器包装リサイクル法」
(https://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/law/04/index.html)

2019/11/01 データ取得

データ出典

- 一般社団法人プラスチック循環利用協会(2019)「プラスチックリサイクルの基礎知識2019」(<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>) 5p(2017)データを利用
2019/08/13 データ取得
- 環境省 「プラスチックを取り巻く国内外の状況<参考資料集>」 p65-66
(<https://www.env.go.jp/council/03recycle/y0312-05/y031205-s1r1.pdf#search=%27プラスチックを取り巻く+第4回%27>) 2019/08/20 データ取得
- JETRO 日本貿易振興機構 地域・分析レポート 2019年6月18日
(<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2019/32168afb4b8f0bfe.html>)
2019/08/20 データ取得
- 財務省貿易統計 普通貿易統計(HSコード:プラスチックのくず 3915)
(<http://www.customs.go.jp/toukei/search/futsu1.htm>) 2019/09/09 データ取得
- 財務省貿易統計 名古屋 (HSコード: 3915.90-110, 3915.90-190)

(<http://www.customs.go.jp/toukei/search/futsul.htm>) 2019/10/18 データ取得

- 環境省 環境再生・資源循環局(2019)「外国政府による廃棄物の輸入規制等に係る影響等に関する調査結果～平成30年度下期～(概要版)
(<https://www.env.go.jp/press/files/jp/111667.pdf>) 2019/08/13 データ取得
- PET ボトルリサイクル推進協議会(2018)「PET ボトルリサイクル年次報告書 2018年版」(<http://www.petbottle-rec.gr.jp/nenji/new.pdf?181121>)2019/08/1 データ取得
- 一般社団法人産業環境管理協会資源・リサイクル促進センター
「プラスチックのマテリアルフロー(2017年推計値)」
(<http://www.cjc.or.jp/school/a/a-4-8.html>)2019/08/13 データ取得
- 一般社団法人 産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター「中学生・高校生・市民のための環境リサイクル学習ホームページ」【日本の品種別廃プラスチックの輸出量の推移】(<http://www.cjc.or.jp/school/a/a-4-7-1.html>) 2019/08/13 データ取得
- 一般社団法人 産業環境管理協会 資源・リサイクル促進センター「中学生・高校生・市民のための環境リサイクル学習ホームページ」【プラスチックのマテリアルフロー】(<http://www.cjc.or.jp/school/a/a-4-8.html>) 2019/08/13 データ取得
- 環境省 「市町村と特定事業者の役割分担・費用分担について」p13
(https://www.cao.go.jp/bunken-suishin/doc/tb_h26fu_15env_974_2.pdf#search=%27市町村と特定事業者の役割分担%27) 2019/08/20 データ取得
- 愛知県情報センター 「名古屋市 新エネルギー設備の概要」
(<http://www.aibsc.jp/report/energyhokoku-2/2bu/p142.htm>)2019/11/01 データ取得
- 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会「落札単価の経年推移」
(https://www.jcpra.or.jp/recycle/related_data/tabid/483/index.php)
2019/11/01 データ取得
- 環境省 「地球温暖化対策のための税の導入」
(<https://www.env.go.jp/policy/tax/about.html>)2019/11/01 データ取得
- 公益社団法人 全国家庭電気製品公正取引協議会「電気料金の目安単価」
(https://www.eftc.or.jp/qa/qa_pdf.pdf#search=%27全国家庭電気製品公正取引+電)

気代%27) 2019/11/01 データ取得

- 公益財団法人日本容器包装リサイクル協会, 受託調査「PET ボトルのリサイクル効果の分析」

(<https://www.jcpra.or.jp/Portals/0/resource/00oshirase/pdf/pet-lca-all20170131-0809-3.pdf>) 2019/11/01 データ取得

- 一般社団法人日本長距離フェリー協会「燃料油価格推移表」

(<http://www.jlc-ferry.jp/nenryouyu.html>) 2019/11/01 データ取得