

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

1FS-2001 海洋プラスチック問題解決に資するプラスチック
資源循環システム構築調査研究

JPMEERF20201F01

令和2年度

Feasibility Study on Construction of a Plastic Resource Circulation System
for Contribution to the Solution of Marine Plastic Litter

<研究代表機関>

国立大学法人東北大学

<研究分担機関>

国立大学法人東京大学

国立研究開発法人国立環境研究所

国立大学法人高知大学

国立大学法人京都大学

令和3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. 研究目標	
4. 研究開発内容	
5. 研究成果	
5-1. 成果の概要	
5-2. 環境政策等への貢献	
5-3. 研究目標の達成状況	
6. 研究成果の発表状況	
6-1. 査読付き論文	
6-2. 知的財産権	
6-3. その他発表件数	
7. 国際共同研究等の状況	
8. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	
II-1 バイオ素材の利用及び開発にかかる政策的研究 （東北大学、東京大学）	14
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
II-2 プラスチック政策展開のための社会システム学的研究 （国立環境研究所、京都大学）	23
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	
3. 研究開発内容	
4. 結果及び考察	
5. 研究目標の達成状況	
II-3 陸域からの排出インベントリ作成と流出制御技術開発 （高知大学、京都大学）	26
要旨	
1. 研究開発目的	
2. 研究目標	

3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況

III. 研究成果の発表状況の詳細	29
IV. 英文Abstract	32

I. 成果の概要

課題名 1FS-2001 海洋プラスチック問題解決に資するプラスチック資源循環システム構築調査研究

課題代表者名 吉岡 敏明 国立大学法人東北大学大学院 環境科学研究科 教授

研究実施期間 令和2年度

研究経費

(千円)

	契約額	実績額 (前事業年度繰越分支出額含む)
令和2年度	12,870千円	12,870千円

本研究のキーワード バイオマスプラスチック、生分解性プラスチック、海洋生分解性、マイクロプラスチック問題、プラスチック資源循環

研究体制

- (サブテーマ1) バイオ素材の利用及び開発にかかる政策的研究 (東北大学) (JPMEERF20201F01)
- (サブテーマ2) プラスチック政策展開のための社会システム学的研究 (国立環境研究所) (JPMEERF20201F01)
- (サブテーマ3) 陸域からの排出インベントリ作成と流出制御技術開発 (高知大学) (JPMEERF20201F01)

研究協力機関

研究協力機関はない。

1. はじめに (研究背景等)

プラスチックは、短期間で経済社会に浸透し、我々の生活に利便性と恩恵をもたらした素材である。我が国では、循環型社会形成推進基本法に規定する基本原則を踏まえ、これまでプラスチックの3Rや適性処理を進めてきており、容器包装等のリデュースを通じたプラスチックの排出量の削減、廃プラスチックのリサイクル率27.8%と熱回収率58.0%を合わせて85.8%の有効利用率、陸上から海洋への流出するプラスチックの抑制が図られてきた。一方でプラスチックは、金属等の他素材と比べてリユースやリサイクル、さらに適正処理・管理されている割合が大きくなく、世界全体で見ると、不適正な処理のために年間数百万トンを超えるプラスチックが陸上から海洋へ流出されていると推計されており、地球規模での環境汚染が懸念されている。

こうした地球規模での資源・廃棄物制約や海洋プラスチック問題への対応は、SDGs (持続可能な開発のための2030 アジェンダ) でも求められているところであり、世界全体の取組として、プラスチック廃棄物のリデュース、リユース、徹底回収、リサイクル、適正処理等を行うとともに再生可能な資源の導入を+Renewableとして進めるためのプラスチック資源循環体制を早期に構築するとともに、海洋プラスチックごみによる汚染の防止を、実効的に進めることが必要となっている。

日本国内でのプラスチック資源の有効活用については、一定の水準に達しているものの、未利用の廃プラスチックが一定程度あることから、これまで以上に国内資源循環が求められている。また、中国に端を発した廃プラスチックの輸入規制が、アジア各国における輸入規制へと拡大し、マテリアルリサイクルとして輸出に依存していた廃プラスチックリサイクルフローの確保が喫緊の課題となっている。国内における廃プラスチックリサイクルフローは既に飽和状態となっており、新しい廃プラスチックの資源循環ルートの確保が望まれる状況である。

こうした状況の中で、プラスチックは我々の生活に利便性と恩恵を与えてきた一方、資源・廃棄物制約、海洋汚染、気候変動等の課題が地球規模で広がり、国際的に喫緊の課題となっている。また、

アジア各国によるプラスチック資源の輸入規制が拡大しており、これまで以上に国内資源循環が求められている。こうした状況を踏まえ、3R+Renewableを基本原則とした「プラスチック資源循環戦略」の下、プラスチックの資源循環体制を構築するとともに、海洋プラスチックごみによる汚染の防止を、実効的に進めることが必要である。

2. 研究開発目的

こうした状況を踏まえ、3R+Renewableを基本原則とした「プラスチック資源循環戦略」（令和元年5月策定）の下、プラスチックの資源循環体制を構築するとともに海洋プラスチックごみによる汚染の防止を実効的に進めるための科学的な情報と政策パッケージを提示するための包括的な推計・評価等の手法に関する戦略研究に向けた調査・検討等を行う

3. 研究目標

全体目標	プラスチックごみを巡る諸課題の包括的な解決のため、政策立案の基盤となるプラスチックの資源性を高めるための新たな循環ループの開発、消費者行動・技術的可能性等も踏まえたプラスチックのリデュース政策・代替素材の特定等、製造から環境中への蓄積に至るフローや経路の包括的な推計・評価等の手法の開発研究に向けた調査・検討等を行う。本調査では、①バイオ素材の利用及び開発、バイオ素材転換等の効果を評価可能なツールの基本調査、②プラスチック素材に対する消費側の意識や生産側の技術動向などの基礎調査、③下水処理場・廃棄物関連施設におけるマイクロプラスチックの調査手順の確認と各施設からの排出インベントリ作成の基礎データを得ることを目標とする。
サブテーマ1	バイオ素材の利用及び開発にかかる政策的研究
サブテーマリーダー /所属機関	吉岡 敏明／東北大学
目標	2030年バイオ代替素材200万tとその先の更なる普及を達成し、「脱炭素社会を支えるプラスチック資源循環システム構築実証事業」を下支えするために不可欠な開発および既存技術を活用可能とする技術開発の領域を特定する。特に、バイオ原料を供給するための検討領域を化学反応やプロセス解析と、次世代原料利用に向けた技術領域の可能性を検討する。
サブテーマ2	プラスチック政策展開のための社会システム学的研究
サブテーマリーダー /所属機関	大迫 政浩／国立環境研究所
目標	戦略目標を目指したビジョンと政策シナリオづくりに向けて、テーマ3の成果であるマイクロプラスチック排出経路と接続可能な物質フロー解析モデルと、テーマ1で扱うバイオ素材転換等の効果を評価可能なツールの基本設計を行うとともに、プラスチック素材に対する消費側の意識や生産側の技術動向などの基礎調査に基づき、様々なステークホルダーを巻き込んだコデザイン型でのシナリオ設計のアプローチ法を提示する。

サブテーマ3	陸域からの排出インベントリ作成と流出制御技術開発
サブテーマリーダー /所属機関	藤原 拓/高知大学
目標	マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリの作成・評価の実施可能性を検討するため、本FSでは下水処理場および廃棄物関連施設を対象として、マイクロプラスチックの調査方法、試料採取、前処理、分析の一連の手順を確認し、問題点を洗い出すとともに、これらの施設からの排出インベントリ作成の基礎データを得ることを目標とする。さらに、マイクロプラスチックの水環境中への漏出防止のための高度技術開発の可能性を検討するため、下水処理場の各処理工程におけるマイクロプラスチックの挙動と形態変化の把握を行うことを目指す。

4. 研究開発内容

(1) サブテーマ1

プラスチックのバイオ化重点領域の絞り込みに向けた政策的研究を進めるためには、原料のバイオ化（バイオマス原料）とプロセスのバイオ化（バイオテクノロジーの利用）、さらにはプロダクツ使用後のバイオ化（生分解性の評価）の三つの視点から技術要素の検討と評価が重要となる。サブテーマ1では、原料から基礎化学製品製造と、プラスチック生産に至る工程に対して、バイオ原料を供給するための検討領域を化学反応やプロセス解析の観点から特定を行った。また、石油化学やその他既存基幹産業を利用したバイオ資源活用方策に関して、その可能性の調査を行った。

また、社会普及性を加味したプラスチック原料としてのバイオマス利用、組換え微生物等を用いたバイオテクノロジーによるプラスチックの生産、生分解性付与等について、バイオエコノミーの観点から重点領域絞り込みに向けた政策的研究を行い、代替・新規分解性機能を付与する高分子化合物や、次世代原料利用に向けた技術領域の可能性を検討した。特に、現状パーム油を原料としているにおいては、生分解性プラスチックの糖原料への移行の可能性や、回収・リサイクルシステムを勘案した生分解性プラスチックの利用方法に関して、国内外の動向とともに技術領域の可能性を検討した。

(2) サブテーマ2

国立環境研究所で開発した物質フロー分析モデルにおいて、2050年ごろのプラスチック資源循環の姿を念頭に、関連する物質フローを抽出し、既往研究成果や各種基礎資料を用いて、用途や素材ごとの生産・消費（需要）・廃棄プロセスの詳細化の可能性を検討した。その際、様々な3R施策やバイオマス素材転換技術の導入施策、脱炭素化等により変化する産業構造との関連付けを行った。また、マイクロプラスチック排出経路と廃棄プロセスとの関連付けを行った。以上の成果をもとに、物質フロー分析モデルをベースにした評価ツールの基本設計を行い、ツール開発に残される課題と解決のための研究アプローチ方法を明確化した。

また、プラスチック素材・製品に対する消費者意識の基礎的な実態調査を、ウェブアンケートシステムなどを用いて実施した。国内の地域・属性別の傾向をつかむと同時に、海外との比較等も行うことで、プラスチック消費量が多いとされる日本人の生活観や価値観の特徴を把握し、行動変容策の検討につなげた。行動変容モデルの検討にあたっては、消費者や製造・流通関係者、行政とのWSやヒアリング調査を行い、いくつかの典型的な製品について、変容にいたる要因やプロセスの構造化を行い、有効な対策との関係性を大まかに整理するとともに、典型的な行動変容モデルについて、モニター集団を形成/既存コミュニティと連携した実践的な検証方法を設計した。

さらに、廃プラスチック再生技術を含む生産側の技術動向、流通側のモノ・サービスの提供に係る動向や2050を念頭に置いた将来ビジョン、自治体のゼロカーボン戦略などについて、ヒアリング等に

よる基礎調査に基づき把握し、生産、消費、廃棄段階で適用可能な技術や政策を同定した。また、同定した技術や政策を実現していくために必要な研究課題等を抽出した。

以上の成果をもとに、将来のプラスチック資源循環システムのビジョンとシナリオづくりにおいて重要となるステークホルダーを特定し、その後のステークホルダーを巻き込んだコデザイン型でのシナリオ設計に向けた、システム思考（物質フローモデルや行動変容モデル等の評価ツールを活用した論理的かつ定量的な分析による最適解の提示）とデザイン思考（ステークホルダー間の有機的な連携による創発的かつ実践的協働による個別解の形成）を融合させたアプローチ法を検討し、提示した。

（3）サブテーマ3

○下水処理工程におけるマイクロプラスチックの排出量の評価と挙動解明

日本全国の下水処理場の下水収集方式（合流式、分流式）および処理方式（標準活性汚泥法、膜分離活性汚泥法、標準活性汚泥法＋砂ろ過（FS）、担体投入活性汚泥法（FS）、オキシデーションディッチ法（FS）など）に関する情報を集約し、そのうちの一部（FSと記載の処理方式）の調査を実施し、調査方法、試料採取、前処理、分析の一連の手順の確認を行った。分析手順は簡易テキスト化するとともに、ブラインドサンプルによる測定精度確認方法の計画、評価とその後の改善のためのガイドラインを提示した。

下水処理場調査では、標準活性汚泥法＋砂ろ過（4施設、分流式）、担体法（1施設、分流式（一部合流））、オキシデーションディッチ法（1施設、分流式）の施設を対象として、流入水、放流水および各処理工程を対象とした調査を実施することにより、排出インベントリ作成の基礎データとした。また、各処理工程におけるマイクロプラスチック除去率を評価することにより、現在の下水処理システムのうち流出制御技術開発に向けて重点化すべき単位操作および新規に開発すべき技術・システムを提示した。標準活性汚泥法＋砂ろ過の4施設については、琵琶湖流域の下水処理場を対象とした調査を行うことにより、研究分担者が別途実施した琵琶湖へのマイクロプラスチック流出負荷量調査の結果と併せて考察することで、陸域からの流出負荷量に対する下水処理場の寄与について考察を加えた。

上記に加えて、各処理工程におけるプラスチックの形態変化率調査と変化率の推定方法の検討を行った。本研究では、各処理工程におけるプラスチックの形態変化を調査するとともに、変化率を推定する指標開発に向けた基礎データを取得した。

○廃棄物関連施設におけるマイクロプラスチック排出量の評価

一般廃棄物、産業廃棄物の中間処理施設、および最終処分場における、マイクロプラスチック排出状況を把握し、その排出インベントリ作成と更なる精緻化に向けた基礎データを取得した。

一般廃棄物焼却施設では、その方式や採用実績、プラスチックのマテリアルリサイクル中間処理施設の併設の有無などを考慮して、ストーカ式5か所（うちリサイクル施設併設2か所）、流動床ガス化式1か所（リサイクル施設併設）、シャフトガス化式1か所、メタンコンバインド式1か所の合計8か所において、各施設の水処理系への流入水と水処理後の下水道放流水、もしくは再利用水について調査する。次に、汚泥系の一般廃棄物中間処理施設であるし尿処理施設（1か所）において、原水となる浄化槽汚泥＋し尿、および放流水について調査した。

産業廃棄物系の施設は非常に多岐にわたり、その種類も膨大となるが、水系への排出に直接的に関与する観点から、下水汚泥焼却施設1か所とRPF製造施設1か所を対象とする。下水汚泥焼却施設では、排ガス処理の洗煙排水を対象とし、この排水は、返流水として下水処理場の最初沈澱池前に戻るため、当該処理場の流入水、放流水も含む3サンプルを調査する。またRPF工場については、排水原水と、処理後の放流水を対象とした。

最終処分場において、過去にプラスチック等が埋め立てられていた古い埋立施設1か所、焼却残渣が中心で埋め立てられている比較的新しい施設1か所について、処分場の浸出水について調査を行っ

た。

上記、2つの項目に対し、排水、再利用水や汚泥等についての分析・評価と、対象物に含まれるマイクロプラスチックの分析・評価を行うことにより、流出制御技術の開発につなげた。

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

プラスチックの持続可能な資源循環と海洋流出制御に向けたシステム構築に関する総合的研究に関する構想の提案

各サブテーマにおける検討に基づいて構想した令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）の研究目的や研究体制案を以下に示す。

（1）研究の概要

令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）研究は、上述の目的を達成すべく、（1）他のテーマと協働し、「+Renewable」を実現するバイオプラスチックの導入推進のための技術展開と開発、（2）プラスチックの資源循環に資する社会システム構築、（3）プラスチックの海洋流出の実態把握と制御するための技術評価・開発の3テーマによる研究を実施する。

全体で総合的なプラスチック資源循環を実施するフレームワークを構築し、必要な共通開発項目および要素技術項目を整備する。テーマ1においては、プラスチックのバイオ化重点領域の絞り込みに向けた政策的研究を進めるため、主にプラスチックの原料を確保し、経済的に生産するための基盤整備とバイオプラスチック利用促進のためのキーテクノロジーの絞り込みを行う。テーマ2においては、プラスチック資源循環に係る持続可能な技術や社会シナリオの社会システム学的評価基盤を構築し、環境制約を満たす総合的シナリオを、関連ステークホルダーとの協働で提示する。テーマ3については、マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリを作成・評価する手法を確立するとともに、プラスチックごみの海洋流出防止に向けて、既存汚水処理技術の改善技術及び対策を提案するほか、市民活動としてのプラスチックごみ拾いによるプラスチック排出量の低減効果を評価する。

テーマ3によって作成・評価される排出インベントリは、テーマ1におけるプラスチックに求められる機能の設計指針を与えることとなる。特に、面源で排出されるプラスチックについては排出制御が困難なため、想定されるプラスチック製品の素材を生分解性機能を付与したプラスチックに転換するための指針を両テーマが連携して提示する。また、テーマ1で検討されるリサイクル可能なプラスチックのプロセス開発・展開により、排出インベントリで評価される各排出源からの排出量の抑制につながる。テーマ2においては、プラスチックを造る側・循環利用する側（テーマ1）と排出・流出を評価・抑制する側（テーマ3）とのシナリオを技術と社会面からデザイン（コ・デザイン）する。

なお、各サブテーマで検討されている新たな要素技術やシステムが政策として実装される際、新たな要素技術やシステムの実装、政策としての実装にあたっての課題の見通しと対処方を検討する。また、プラ素材転換が経済システムや社会システムに与える広範な範囲の影響予測と緩和・統合方策に関して考察する。検討・考察成果を各サブテーマにフィードバックすることで政策提言の質を高めることを目的に、各サブテーマの代表者で構成されるテーマ横断タスクフォースを研究代表者の下に設置する。

本研究課題は、環境省環境研究総合推進費戦略研究課題S II-2(FY2018-2020)「海洋プラスチックごみに係る動態・環境影響の体系的解明と計測手法の高度化に係る研究」、S II-3(FY2018-2020)「PCBを含む残留性有機汚染物質（POPs）の循環・廃棄過程の管理方策に関する統合的研究」、で得られた科学的知見を共有し、また、環境省環境研究総合推進費3-1801(FY2018-2020)「先端的な再生技術の導入と動脈産業との融合に向けたプラスチック循環の評価基盤の構築」、3-1706(FY2017-2019)「ナノセルロース系廃材を利用したリサイクル樹脂の改質」、3RF-1802(FY2018-2020)「セルロース繊維強化バイオマスプラスチックの開発」、3RF-1803(FY2018-2020)「廃プラスチックからの選択的有用化学品合成を可能にする固体触媒プロセスの開発」、「環境省脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」等からの科学的・技術的知見を基礎として新しい循環モデルを提案す

る。

また、経済産業省NEDO革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発（FY2020-）、先導研究プログラムI-D3（FY2019-2020）「プラスチック資源に関する高度循環技術開発」、ムーンショット目標4「ターゲットClean Earth」等、との情報共有・相互補完を図りながら実装のための基盤構築を目指す。

研究の実施において、テーマリーダー、サブテーマリーダー、および研究分担者と定期的に密接な協議を行い、課題全体が統一的な成果を提示できるよう進めるとともに、地方公共団体や企業とも連携して、効果的な科学的知見の創出を目指す。

加えて、海洋プラスチック問題やプラスチック資源循環に関する業務を行う民間企業やNPO、マスコミなどとも情報を交換し、多様な知見を統合するとともに、それらの意義と方法について認識が広がるような取り組みを進める。

(2) 成果の目標

1) 全体目標

- プラスチックの3Rに加えバイオプラスチックの導入を基軸としたプラスチックの持続可能な資源循環とプラスチックの実効的な海洋流出制御を両立する新たな社会システムと、その裏付けとなるバイオプラスチックの導入促進に向けた技術やプラスチックの海洋流出実態等の科学的情報から構成される新たな政策パッケージを構築した。

2) 個別目標

- 「+Renewable」を実現するバイオプラスチックの導入推進へ向けた学術基盤の確立
- プラスチック循環システム構築のための新しい循環技術の開発・政策提示
- プラスチックの3Rプラスと排出抑制に係る社会システム政策パッケージの提示
- プラスチックの海洋流出の実態把握と制御
- 海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減する（大阪ブルー・オーシャン・ビジョン）ための社会システム構築への貢献

(3) プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成

本プロジェクトでは、以下の3つのテーマ構成により、当該3テーマの下にサブテーマを設け、各テーマ及びサブテーマ関係者が一体的に研究を実施する。

テーマ名 及び テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募を行うサブテーマ
テーマ1：プラスチック資源循環の展開とバイオ素材導入のための技術開発・政策研究 サブテーマ(1)：バイオ素材と再生材の利用技術開発にかかる技術的政策研究	サブテーマ(2)：バイオプラスチック社会普及性を支えるバイオマスの変換技術開発 サブテーマ(3)：産業間融合によるプラスチック循環システムの政策的研究
テーマ2：プラスチック資源循環・排出抑制のための社会システム学的研究 サブテーマ(1)：3Rプラスと海洋プラスチック排出抑制対策に係る評価システムの構築	サブテーマ(2)：持続可能なプラスチック利活用社会への移行に向けた将来デザイン研究 サブテーマ(3)：持続可能なプラスチック管理に向けた政策研究
テーマ3：陸域からの排出インベントリ作	サブテーマ(2)：面源からのプラスチック

成と流出抑制技術開発 サブテーマ（1）：点源からのマイクロプラスチック排出量の評価と流出抑制技術の開発	ごみ排出量の評価 サブテーマ（3）：河川および海岸からのプラスチックごみ流出量の評価
--	---

1) テーマ1：プラスチック資源循環の展開とバイオ素材導入のための技術開発・政策研究

① 成果目標

- ▶ バイオマス資源（国内で手に入る木質系バイオマス及びサトウキビバガスなどのセルロース系バイオマス、非可食バイオマス、古紙等）をバイオプラスチックの原料とするための資源化・原料化技術とプロセス化技術を開発する。
- ▶ 石油精製や石油化学プロセスに組み込める共熱分解や触媒分解等にかかる技術の開発、石油プラスチックとバイオマスプラスチック・生分解性プラスチックの熱分解による基礎化学製品への転換技術を開発するとともに社会実装性を評価する。
- ▶ プラスチックの3Rを支える技術としてのマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの強みの明確化及びケミカルリサイクルとして3R+Renewableを推し進めるための技術政策を提案する。
- ▶ リサイクルプロセスにおいて不純物扱いとなるプラスチックや添加剤のリサイクル事例の解析と循環シナリオへの影響の明確化及び動脈産業における廃プラスチックの利用ポテンシャルや先端的な化学原料化技術などの技術開発動向の調査結果を基にした、特定地域における動脈産業と融合したサーカムスタンス適応型の循環シナリオを設計する。

② 研究概要

サブテーマ（1）「バイオ素材と再生材の利用技術開発にかかる技術的政策研究」においては、プラスチック素材となる化学原料をバイオ素材からの供給するための技術開発について、動脈産業に繋げる化学プロセスの技術開発と技術政策研究を行う。サブテーマ（2）「バイオプラスチック社会普及性を支えるバイオマスの変換技術開発」においては、バイオ素材導入を普及させるための、原料確保に向けた変換技術開発について、非可食バイオマスの利用を再検討し、発酵工程と糖化システムの構築を行う。サブテーマ（3）「産業間融合によるプラスチック循環システムの政策的研究」においては、産業間融合、特に動脈産業と静脈産業を繋ぐプラスチックの循環システムを構築するため、物質フロー解析を基として技術および循環シナリオを提示する。

③ サブテーマ（1）：バイオ素材と再生材の利用技術開発にかかる技術的政策研究

- ▶ プラスチックの3Rを支える技術としてのマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの強みを明らかにし、特にケミカルリサイクルとして3R+Renewableを推し進めるための組成・品質を明らかにし、適正なりサイクルシステムの技術政策の方向性を示す。
- ▶ 石油プラスチックとバイオマスプラスチックの熱分解による石油基礎化学製品への転換技術の開発とプロセス化および社会実装性を評価・検証する。
- ▶ 生分解性プラスチックの熱分解特性を解析し、基礎化学製品への転換とプロセス化に関する可能性を評価・検証する。
- ▶ 様々なバイオマス資源をバイオマスプラスチックの原料とするための資源化・原料化の要素技術とプロセス化技術の開発を行い、そのための政策戦略を示す。
- ▶ 石油精製・石油化学プロセスに組み込める共熱分解や触媒分解等にかかる技術の開発と、それらの技術を支えるための技術政策の方向性を示す。

④ サブテーマ（2）：バイオプラスチック社会普及性を支えるバイオマスの変換技術開発

- ▶ バイオマスプラスチックの原料としての非可食バイオマスの利用を再検討し、利用のために必要な技術開発を行う。

- ▶ 日本国内で手に入る木質系バイオマスやサトウキビバガスなどのセルロース系バイオマスに対して、どのような前処理をすることが環境、特に生物圏に負荷をかけずに糖を得るために適しているかを評価する。
- ▶ 糖を得るための酵素選抜、モノマーやプラスチック生産のための発酵工程で阻害を起こしにくい糖化システムの構築などを手がける。国内で年間800万トンも発生する古紙の利用可能性に関しても評価する。

⑤ サブテーマ（3）：産業間融合によるプラスチック循環システムの政策的研究

- ▶ プラスチックの循環システム構築に向けた動的な物質フロー分析、再生技術のフィージビリティ分析、合成樹脂添加剤のフロー分析、回収制度の理論・実証分析を通じた評価基盤の構築と、生活系・機器系プラスチックの循環シナリオのオプションを提示する。
- ▶ 産業連関表を用いた物質フロー及び石油由来プラスチック・バイオマスプラスチックのライフサイクルでの温室効果ガス排出分析結果を用いて、バイオ素材を含めたプラスチック資源循環戦略のマイルストーンを考慮した最適な循環シナリオを構築する。機器系プラスチックについては、バイオプラスチック導入による技術的・経済的視点から、動脈産業との融合と制約要因としての合成樹脂添加剤のフローを考慮して、それぞれ実現可能性のある循環シナリオを設計する。
- ▶ 特定のリサイクルプロセスにおいて不純物扱いとなるプラスチックや添加剤が、どのような製品として社会に戻るかについて事例解析し、循環シナリオの制約となりうる箇所（例：添加剤による健康影響等）があればそれを明らかにする。その際、生分解性の添加剤については、その環境中での分解性も考慮した解析を行うこととする。
- ▶ 動脈産業における廃プラスチックの利用ポテンシャルの推計結果や先端的な化学原料化技術などの技術開発動向の調査結果を基として、特定地域における動脈産業と融合したサーカマスタンス適応型の循環シナリオを設計する。

2) テーマ2：プラスチック資源循環・排出抑制のための社会システム学的研究

① 成果目標

- ▶ 3R+Renewable政策と海洋プラスチック排出抑制対策の効果を評価可能な国レベルの物質フロー解析モデルを構築し、政策評価によって政策目標達成に必要な政策導入水準等を提示するとともに、流域レベルの地域分解能をもつ物質フロー解析モデルを構築し、地域共創による事業スキームと管理方策の評価システムを提示する。
- ▶ 様々なステークホルダーを巻き込んだフューチャー・デザイン手法等を用いて、持続可能なプラスチック管理を実現する社会システムの将来ビジョンとそこに移行するための各種政策をコ・デザインし提示するとともに、地域・コミュニティにおける実践モデルを開発する。
- ▶ 持続可能なプラスチックの管理に関する先進的事業事例等の分析を行い、必要とされる政策を社会科学の方法論に則ったエビデンスに基づいて提案する。

② 研究概要

サブテーマ（1）（3Rプラスと海洋プラスチック排出抑制対策に係る評価システムの構築）と（2）（持続可能なプラスチック利活用社会への移行に向けた将来デザイン研究）、（3）（持続可能なプラスチック管理に向けた社会システム・経済学的研究）の関係として、（2）では将来の社会システムのビジョンとそこに移行するための各種政策を様々なステークホルダーとともにコ・デザインし、（3）では（2）の将来ビジョンや重点政策を受けて、対象事業等を選定した上で社会・経済学的な分析を行い、政策提言につなげる。その上で、テーマ1やテーマ3の技術的な方策を含む具体的な政策提言を（1）の国レベル・地域レベルの評価システムに政策変数としてインプットすることで政策導入効果を分析するとともに、プラスチック資源循環戦略及び海洋プラスチック排出抑制の目標を満たすための政策導入水準を明確にすることで、国レベル及び地域共創による地域レベルの具体的な政策を提言する。

- ③ サブテーマ（1）：3Rプラスと海洋プラスチック排出抑制対策に係る評価システムの構築
- ▶ 海洋プラスチックごみの排出インベントリ研究（テーマ3）において得られる知見等に基づき、プラスチックの利用・廃棄段階の社会行動モデル（ポイ捨てなど人間行動を再現）や河川流入の物理化学的モデル（下水・廃棄物処理施設の点源や道路摩耗塵埃、ポイ捨て後のプラスチック河川流入などの面源排出における挙動等を再現）をサブモデルとして作り、社会経済活動に伴う上流側の物質フローを再現するモデルに接続することによって、3R+Renewable政策と海洋プラスチック排出抑制対策による温室効果ガス削減効果や枯渇性資源の使用抑制効果を含む環境負荷低減効果を評価可能な国レベルの物質フロー解析モデルを構築する。
 - ▶ 開発した国レベルの物質フロー解析モデルに基づき、プラスチック資源循環戦略における3R+Renewable政策に加えて、大阪ブルー・オーシャン・ビジョンにおける海洋プラスチックに係る政策目標を踏まえた制約条件を満たす各種の社会システム方策を評価し、それらの導入水準を明らかにする。社会システム方策は、本テーマ2におけるサブテーマ(2)及びサブテーマ(3)による研究で提示する具体的な方策及びテーマ1やテーマ3の技術的な方策を含めて対象とする。
 - ▶ 将来のビジョンを実現する社会への移行の鍵となる地域共創による管理方策（地域管理方策）として、海洋プラスチックごみ対策アクションプラン等に基づく地域レベルの3Rと海洋プラスチックごみ排出抑制方策の効果を検証可能な流域レベルの地域分解能をもち、テーマ3の成果を用いた対象流域での海洋プラスチックの海洋への流出までを評価可能な物質フロー解析モデルを作成する。
 - ▶ 上記の流域レベルの物質フロー解析を応用して、地域管理方策の効果を検証可能な指標のモニタリングポイントを同定し、社会システムのモニタリングとテーマ3の成果を踏まえた環境モニタリングを統合した評価システムを構築する。
 - ▶ 上記評価システムは、地域管理方策の計画、実施、評価、改善のPDCAの評価基盤となりうるものであり、様々な地域のステークホルダーに対する方策実施効果の見える化を、各々のステークホルダーの地域共創による実践的な行動変容に結びつけるための事業スキームを合わせて提示する。事業スキームの設計にあたっては、テーマ1及びテーマ3の技術的な方策や本テーマ2のサブテーマ(2)、(3)の成果を踏まえるとともに、地域循環共生圏の理念を考慮するものとする。
- ④ サブテーマ（2）：持続可能なプラスチック利活用社会への移行に向けた将来デザイン研究
- ▶ 幅広いプラスチック製品・幅広いバリューチェーンに渡るステークホルダーを対象に、プラスチックの持続可能な管理に向けた可視化ツールやフューチャー・デザイン手法を用いて、持続可能なプラスチックの利活用が実現した社会への移行シナリオをコ・デザインし提案する。
 - ▶ 実際に地域・コミュニティを選定し、移行シナリオ実現に向けて、行動経済学・行動社会学・行動科学的なナッジ理論等を応用した行動変容策設計や実証分析なども含め、実践的に検証を行うと同時に、効果推定を行う。
 - ▶ 国内外の各種規制や要求、EPR等の規制的手法から自主的取組み手法や教育等までの各種政策の進捗と効果、課題等に関する調査とレビューを行い、政策設計上の含意を整理するとともに、入手可能な事例データによる計量経済的な要因分析、実践的な政策提言を見据えた環境政策学・環境法学の観点からの政策設計、環境社会心理学及び行動経済学・行動社会学・行動科学的なナッジ理論等を応用した行動変容策の設計と実証分析を行う。
 - ▶ 各種の政策アプローチを統合化した場合の導入効果に関するシステムダイナミクス手法等を用いた評価を行い、移行策を検討、提示する。
- ⑤ サブテーマ（3）：持続可能なプラスチック管理に向けた政策研究
- ▶ プラスチックバリューチェーンにかかわる生産・供給側の事業者による先進的な「持続可能なプラスチック管理（Sustainable Plastic Management: SPM）」に係るビジネスモデル事例を収集し、

推進力と障壁に関する構造化分析により、どのような要因がより良い事業スキームづくりの鍵となるかを分析する。

- ▶ プラスチックのフロー制御や代替プラスチック促進における業界団体・企業等の自主的取組の可能性と課題及び政府の役割について、経済理論の視点から分析する。
- ▶ 先進的事業事例等の検討を行った上で、持続可能なプラスチックの管理に向けて重要な国内特定産業・製品・サービスを対象に、具体的な政策の有効性を社会科学的に分析し、より望ましい具体的な改善案を提案する。
- ▶ サブテーマ(2)の成果を踏まえ、持続可能なプラスチック管理に効果がある政策について、社会科学の方法論に則ったエビデンスに基づいて望ましいモデルを明らかにし、サブテーマ1-(3)で検討する循環システムのシナリオ分析にインプットすると同時に、プラスチック資源循環戦略の実現に資する政策提言を行う。

3) テーマ3：陸域からの排出インベントリ作成と流出抑制技術開発

① 成果目標

- ▶ プラスチックの海洋流出実態を把握するため、1mm以上のマイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリを作成・評価する手法を確立し、「環境中のマイクロプラスチック調査マニュアル(案)」としてとりまとめる。
- ▶ 污水处理施設、廃棄物関連施設等の点源由来の排出インベントリ、ならびに市街地、農地等の面源由来の排出インベントリから成る「マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリ」を開発する。その際、各種の生分解性プラスチックを含む排出インベントリとするよう試みる。
- ▶ 全国の河川から海洋へのマイクロプラスチックを含むプラスチックごみの流出量、ならびに陸域由来の海岸プラスチックごみの発生量・流出量の評価を行う。
- ▶ プラスチックの海洋流出を制御し、海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減する社会システム構築に貢献するため、既存污水处理の改善技術及び対策を提示する。

② 研究概要

点源を担当するサブテーマ(1)と面源を担当するサブテーマ(2)が連携し、陸域からの排出インベントリ作成・評価手法の確立を行う。国内の行政・民間機関等が統一的にマイクロプラスチック(1～5mmを対象とする)の調査を行うための「環境中のマイクロプラスチック調査マニュアル(案)」をサブテーマ(1)が中心となり作成する。サンプリング及び分析の精度管理と精度保証のための手法についても検討する。マニュアルを踏まえた調査に基づき、晴天時のインベントリをまず作成し、その後降雨時のインベントリ作成に取り組む。なお、全国での統一的な調査は、本研究ではなく、環境省の別事業(予定)により行う。サブテーマ(3)では、海洋へのプラスチックごみ流出量評価の精緻化を目指し、河川及び海岸を対象とした調査・解析手法の改善と海洋への流出量の評価を行う。海洋への流出抑制に向けて、サブテーマ(1)において点源からの排出抑制技術開発を行うとともに、サブテーマ(3)ではテーマ2と連携して市民活動としてのプラスチックごみ拾いの効果を評価する。

③ サブテーマ(1)：点源からのマイクロプラスチック排出量の評価と流出抑制技術の開発

- ▶ 污水、処理場放流水、汚泥等に含まれるマイクロプラスチックの試料採取、前処理、分析の一連の手順を簡易テキスト化し、マニュアルとして取りまとめる。
- ▶ 污水处理施設からのマイクロプラスチック排出インベントリを作成するとともに、既存処理施設の各処理工程におけるプラスチックの形態変化とマイクロプラスチック除去効率を評価する。また、プラスチックに吸着された化学物質の量の変化についても明らかにする。最終的には、雨天時排出量の評価も加味したインベントリ(改訂版)を提示する。
- ▶ 污水处理施設の各処理工程において、メソプラスチックからマイクロプラスチックの生成状況を

明らかにし、それらを効率的に制御するための方法を提案する。また、マイクロプラスチック除去に効果的な水処理工程を抽出し、既存処理場における排出制御強化のための技術開発に取り組む。

- ▶ 廃棄物関連施設におけるマイクロプラスチック排出量の評価では、一般廃棄物、産業廃棄物の中間処理施設、および最終処分場における、マイクロプラスチック排出状況の調査に基づき各々の排出原単位を設定し、排出インベントリを作成する。また、プラスチックに吸着された化学物質の量の変化についても明らかにする。
- ▶ 廃熱発電等における蒸気を用い、廃棄物処理施設の系外に排出される有機性資源基質に含まれるマイクロプラスチックを分解する技術の開発に挑戦する。操作因子の検討、分解メカニズムの解明を行うとともに、プラスチックに吸着された化学物質の挙動も評価する。最終的に廃棄物処理施設における本システムのライフサイクルコスト、およびライフサイクルCO₂排出量評価を行い、リスク低減とのバランスを考察する。
- ▶ プラスチック微細化プロセス別の模擬試料を作成してキャラクターゼーションを実施し、粒子特性への影響を評価してプラスチックの劣化や破碎の指標を抽出するとともに、添加剤の溶出性や環境汚染物質の吸着性との関連性を明示することにより、リスク評価の観点で現状の重要排出源を推定する。

④ サブテーマ（2）：面源からのプラスチックごみ排出量の評価

- ▶ 面源として市街地および農地を研究対象とし、マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリを作成・評価する手法を確立するとともに、流出特性を評価する。
- ▶ 市街地からの排出量および流出特性の評価では、幹線道路や浸水対策施設等の調査、道路清掃車等による調査等の多角的な調査を行い、晴天時の蓄積と雨天時の流出の機構を解明するとともに、排出インベントリを提示する。さらに、プラスチックのサイズと質を考慮して、各種化学物質の吸脱着特性を評価する。
- ▶ 農地からの排出量および流出特性の評価では、農業用資材の農地への投入量・種類や平均使用年数等のマクロな調査を行うことにより、ストックとフローを評価する。過去に排出されたプラスチックの分解によってマイクロプラスチックが生じていると考えられることから、土地利用形態、使用履歴ごとのプラスチック蓄積量と滞留時間を評価する。
- ▶ 水田および畑地を対象とした流出量調査では、複数のフィールドを対象として降雨時を含む長期間の調査を行うことにより、流出特性の評価と流出機構の解明を行う。
- ▶ 上記のマクロな調査とフィールド調査に基づき、農地からの排出インベントリを提示する。

⑤ サブテーマ（3）：河川および海岸からのプラスチックごみ流出量の評価

- ▶ 河川におけるプラスチック流出量の評価方法について、河川横断面内のプラスチック濃度分布調査と水循環解析を組み合わせることにより、従来法と比較して評価精度の向上を実現する。また、マイクロプラスチックを対象として同様の調査・解析を行うことにより、「環境中のマイクロプラスチック調査マニュアル（案）」に記載の調査方法の改善を図る。
- ▶ 河川からのマクロプラスチック流出量について、定点カメラ・画像解析による推計手法の開発を行う。晴天時における河川敷のプラスチックの堆積、日射によるプラスチック堆積物の劣化・崩壊、雨天時における堆積物の急激な流出特性を解明することにより、市民活動としてのプラスチックごみ拾いが、プラスチック流出量の低減に及ぼす効果を評価する。
- ▶ 河川横断方向に複数地点でカメラ撮影を行うことにより、マクロプラスチック流出量の評価精度の向上を実現する。
- ▶ 既存調査結果も活用し、全国の河川から海洋へのマイクロプラスチックを含むプラスチックごみの流出量を評価する。特に、降雨時の流出量の評価に重点的に取り組む。
- ▶ 陸域由来の海岸プラスチックごみ流出量の評価については、砂浜、港湾等を対象とした現地観測

と、漂着-滞留-再漂流を考慮したモデルにより、陸域由来の発生量・流出量の評価を行う。

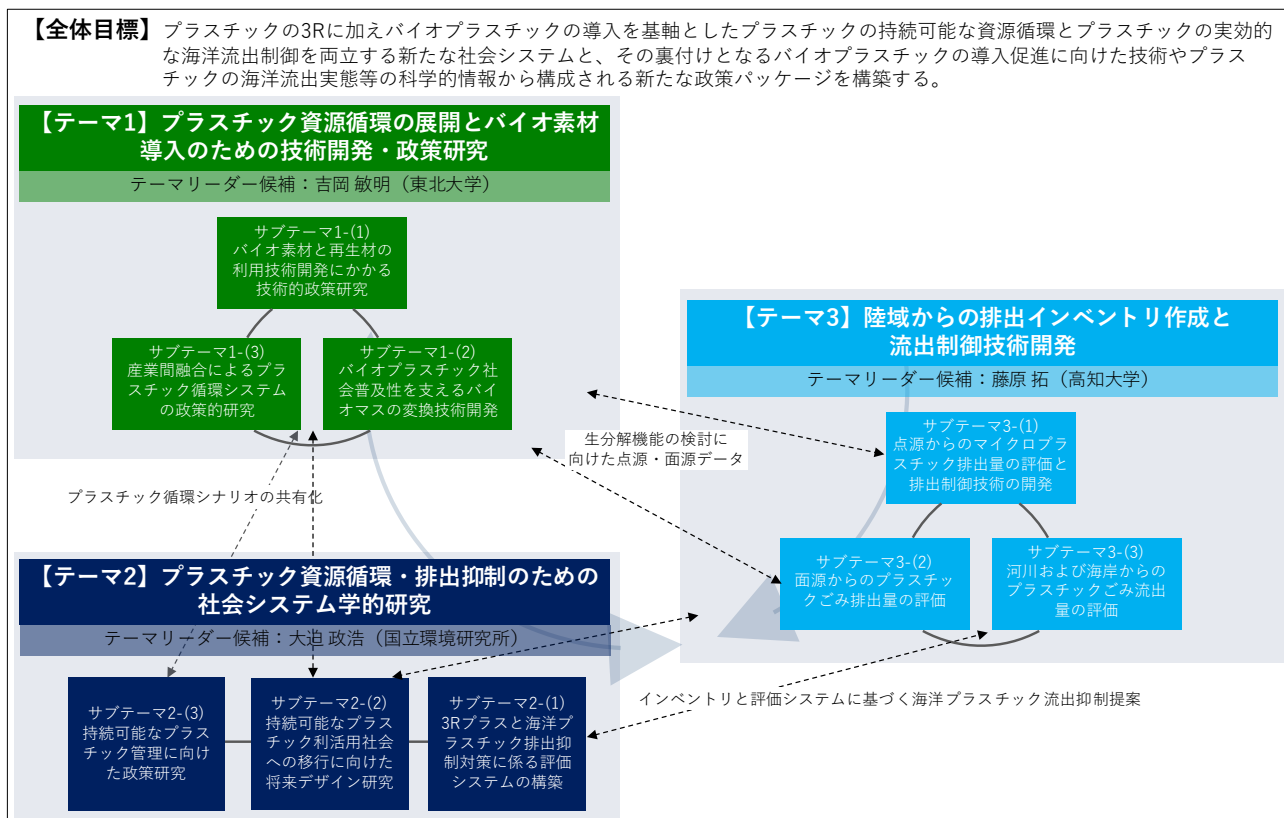


図4. 0. 1 令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）の全体目標及び各テーマの検討内容

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

本研究成果は、令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）の公募方針に採用された。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

S-19により得られる科学的知見は、2020年代後半に見込まれるバイオプラスチック導入ロードマップ改訂（仮）に向けた科学的助言等のインプットとしての活用が見込まれる。

5-3. 研究目標の達成状況

本調査では、①バイオ素材の利用及び開発、バイオ素材転換等の効果を評価可能なツールの基本調査、②プラスチック素材に対する消費側の意識や生産側の技術動向などの基礎調査、③下水処理場・廃棄物関連施設におけるマイクロプラスチックの調査手順の確認と各施設からの排出インベントリ作成の基礎データを得ることを目標としている。これらの結果、①については、「プラスチック資源循環の展開とバイオ素材導入のための技術開発・政策研究」、②については、「プラスチック資源循環・排出抑制のための社会システム・経済学的研究」、③については「陸域からの排出インベントリ作成と流出抑制技術開発」としてまとめることができた。さらに、当初の目標に加えて、タスクフォース「環境・経済が両立するプラスチック政策に向けて」の必要性が浮かび上がった。これにより、プラスチックごみを巡る諸課題の包括的な解決のため、政策立案の基盤となるプラスチックの資源性を高めるための新たな循環ループの開発、消費者行動・技術的可能性等も踏まえたプラスチックのリデュース政策・代替素材の特定等、製造から環境中への蓄積に至るフローや経路の包括的な推計・評価等の手法の開発に向けた総合的研究の内容を策定し、令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）の公募方針につなげることができた。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

特に記載すべき事項はない。

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	0件
その他誌上発表（査読なし）	2件
口頭発表（学会等）	9件
「国民との科学・技術対話」の実施	17件
マスコミ等への公表・報道等	4件
本研究に関連する受賞	1件

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

8. 研究者略歴

研究代表者

吉岡 敏明

東北大学工学部卒業、工学博士、現在、東北大学大学院 環境科学研究科 教授

研究分担者

大迫 政浩

京都大学工学部卒業、工学博士、現在、国立環境研究所 資源循環領域 領域長

藤原 拓

京都大学工学部卒業、工学博士、現在、京都大学大学院 工学研究科 教授

II. 成果の詳細

II-1 バイオ素材の利用及び開発にかかる政策的研究

国立大学法人 東北大学大学院 環境科学研究科

吉岡 敏明

国立大学法人 東京大学大学院 農学生命科学研究科

五十嵐 圭日子

[要旨]

原料から基礎化学製品製造と、プラスチック生産に至る工程に対して、バイオ原料を供給するための検討領域を化学反応やプロセス解析の観点から特定を行った。また、石油化学やその他既存基幹産業を利用したバイオ資源活用方策に関して、その可能性の調査を行った。加えて、社会普及性を加味したプラスチック原料としてのバイオマス利用、組換え微生物等を用いたバイオテクノロジーによるプラスチックの生産、生分解性付与等について、バイオエコノミーの観点から重点領域絞り込みに向けた政策的研究を行い、代替・新規分解性機能を付与する高分子化合物や、次世代原料利用に向けた技術領域の可能性を検討した。特に、現状パーム油を原料としているにおいては、生分解性プラスチックの糖原料への移行の可能性や、回収・リサイクルシステムを勘案した生分解性プラスチックの利用方法に関して、国内外の動向とともに技術領域の可能性を検討した。

また、サブテーマ1～3の研究成果をもとに、令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）の研究目的や研究体制案等を構想した。

1. 研究開発目的

「プラスチック資源循環戦略」の基本原則である3R+Renewableを社会に実装するため、3R徹底の観点で、プラスチック循環体制の構築及び系外への流出状況は廃棄・防止に係る研究開発を行うとともに、+Renewable推進の観点で、素材転換に向けた研究開発を行う。

2. 研究目標

2030年バイオ代替素材200万tとその先の更なる普及を達成し、「脱炭素社会を支えるプラスチック資源循環システム構築実証事業」を下支えするために不可欠な開発および既存技術を活用可能とする技術開発の領域を特定する。特に、バイオ原料を供給するための検討領域を化学反応やプロセス解析と、次世代原料利用に向けた技術領域の可能性を検討する。

3. 研究開発内容

プラスチックのバイオ化重点領域の絞り込みに向けた政策的研究を進めるためには、原料のバイオ化（バイオマス原料）とプロセスのバイオ化（バイオテクノロジーの利用）、さらにはプロダクト使用後のバイオ化（生分解性の評価）の三つの視点から技術要素の検討と評価が重要となる。サブテーマ1では、原料から基礎化学製品製造と、プラスチック生産に至る工程に対して、バイオ原料を供給するための検討領域を化学反応やプロセス解析の観点から特定を行った。また、石油化学やその他既存基幹産業を利用したバイオ資源活用方策に関して、その可能性の調査を行った。

また、社会普及性を加味したプラスチック原料としてのバイオマス利用、組換え微生物等を用いたバイオテクノロジーによるプラスチックの生産、生分解性付与等について、バイオエコノミーの観点から重点領域絞り込みに向けた政策的研究を行い、代替・新規分解性機能を付与する高分子化合物や、次世代原料利用に向けた技術領域の可能性を検討した。特に、現状パーム油を原料としているにおいては、生分解性プラスチックの糖原料への移行の可能性や、回収・リサイクルシステムを勘案した生分解性プラスチックの利用方法に関して、国内外の動向とともに技術領域の可能性を検討した。

また、サブテーマ1～3の研究成果をもとに、令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）の研究目的や研究体制案等を構想した。

4. 結果及び考察

(1) バイオマスからのプラスチック生産に関する検討結果

国内外におけるバイオプラスチックの生産を考えると、バイオマスプラスチック、生分解性プラスチックの双方の原料となり得る未利用バイオマスの賦存量と、それらの変換効率を明らかにすることは重要である。我が国におけるバイオマスの賦存量に関しては、2000年代に盛んに行われたバイオエタノール生産の際に調査されたデータの信頼度が高いと考えられた。廃棄紙に関してはその後も継続的にデータが収集されており、2020年における紙・板紙生産量2,288万トンに対して古紙消費量1,561万トンである現状を考えると727万トンの潜在賦存量があると考えられる。2015年度の農林水産省の報告では、農作物非食用部のうち860万トンが未利用、水分などを除いて142万トン炭素トン相当のバイオマスが賦存すると考えられる。これらの潜在賦存量を考えると廃棄紙や農作物非食用部をバイオマス源として利用することが重要と考えられた。

一方、セルロース系バイオマスの変換を考えると、バイオエタノール生産の際には完全に糖化することが想定されていたが、バイオプラスチック生産の場合は糖化と代替素材生産とのバランスという観点が必要になる。そこでセルロース系バイオマス糖化の際に生産される糖の生産量と、代替素材原料となる残渣との比を比較したところ、24時間で90%の糖変換率を達成できるような酵素糖化条件において、反応温度40℃の場合は6時間、45℃の場合は3時間程度で残渣が50%発生することが判明した。このように反応条件を変化させることで、バイオマスを分画（フラクショネーション）する技術開発が、今後重要となると考えられた。

(2) 令和3年度戦略的研究課題（S-19）の構想に対する提案

構想した令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）の研究目的や研究体制案を以下に示す。

1) 研究の概要

令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）研究は、上述の目的を達成すべく、(1)他のテーマと協働し、「+Renewable」を実現するバイオプラスチックの導入推進のための技術展開と開発、(2)プラスチックの資源循環に資する社会システム構築、(3)プラスチックの海洋流出の実態把握と制御するための技術評価・開発の3テーマによる研究を実施する。

全体で総合的なプラスチック資源循環を実施するフレームワークを構築し、必要な共通開発項目および要素技術項目を整備する。テーマ1においては、プラスチックのバイオ化重点領域の絞り込みに向けた政策的研究を進めるため、主にプラスチックの原料を確保し、経済的に生産するための基盤整備とバイオプラスチック利用促進のためのキーテクノロジーの絞り込みを行う。テーマ2においては、プラスチック資源循環に係る持続可能な技術や社会シナリオの社会システム学的評価基盤を構築し、環境制約を満たす総合的シナリオを、関連ステークホルダーとの協働で提示する。テーマ3については、マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリを作成・評価する手法を確立するとともに、プラスチックごみの海洋流出防止に向けて、既存汚水処理技術の改善技術及び対策を提案するほか、市民活動としてのプラスチックごみ拾いによるプラスチック排出量の低減効果を評価する。

テーマ3によって作成・評価される排出インベントリは、テーマ1におけるプラスチックに求められる機能の設計指針を与えることとなる。特に、面源で排出されるプラスチックについては排出制御が困難なため、想定されるプラスチック製品の素材を生分解性機能を付与したプラスチックに転換するための指針を両テーマが連携して提示する。また、テーマ1で検討されるリサイクル可能なプラスチックのプロセス開発・展開により、排出インベントリで評価される各排出源からの排出量の抑制につながる。テーマ2においては、プラスチックを造る側・循環利用する側（テーマ1）と排出・流出を評価・抑制する側（テーマ3）とのシナリオを技術と社会面からデザイン（コ・デザイン）する。

本研究課題は、環境省環境研究総合推進費戦略研究課題S II-2(FY2018-2020)「海洋プラスチックご

みに係る動態・環境影響の体系的解明と計測手法の高度化に係る研究」、S II-3(FY2018-2020)「PCBを含む残留性有機汚染物質(POPs)の循環・廃棄過程の管理方策に関する統合的研究」、で得られた科学的知見を共有し、また、環境省環境研究総合推進費3-1801(FY2018-2020)「先端的な再生技術の導入と動脈産業との融合に向けたプラスチック循環の評価基盤の構築」、3-1706(FY2017-2019)「ナノセルロース系廃材を利用したリサイクル樹脂の改質」、3RF-1802(FY2018-2020)「セルロース繊維強化バイオマスプラスチックの開発」、3RF-1803(FY2018-2020)「廃プラスチックからの選択的有用化学品合成を可能にする固体触媒プロセスの開発」、「環境省脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」等からの科学的・技術的知見を基礎として新しい循環モデルを提案する。

また、経済産業省NEDO革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発(FY2020-)、先導研究プログラムI-D3(FY2019-2020)「プラスチック資源に関する高度循環技術開発」、ムーンショット目標4「ターゲットClean Earth」等、との情報共有・相互補完を図りながら実装のための基盤構築を目指す。

研究の実施において、テマリーダー、サブテマリーダー、および研究分担者と定期的に密接な協議を行い、課題全体が統一的な成果を提示できるよう進めるとともに、地方公共団体や企業とも連携して、効果的な科学的知見の創出を目指す。

加えて、海洋プラスチック問題やプラスチック資源循環に関する業務を行う民間企業やNPO、マスコミなどとも情報を交換し、多様な知見を統合するとともに、それらの意義と方法について認識が広がるような取り組みを進める。

2) 成果の目標

2-1) 全体目標

- ▶ プラスチックの3Rに加えバイオプラスチックの導入を基軸としたプラスチックの持続可能な資源循環とプラスチックの実効的な海洋流出制御を両立する新たな社会システムと、その裏付けとなるバイオプラスチックの導入促進に向けた技術やプラスチックの海洋流出実態等の科学的情報から構成される新たな政策パッケージを構築する。

2-2) 個別目標

- ▶ 「+Renewable」を実現するバイオプラスチックの導入推進へ向けた学術基盤の確立
- ▶ プラスチック循環システム構築のための新しい循環技術の開発・政策提示
- ▶ プラスチックの3Rプラスと排出抑制に係る社会システム政策パッケージの提示
- ▶ プラスチックの海洋流出の実態把握と制御
- ▶ 海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減する(大阪ブルー・オーシャン・ビジョン)ための社会システム構築への貢献

3) プロジェクトの研究テーマ構成及びサブテーマ構成

本プロジェクトでは、以下の3つのテーマ構成により、当該3テーマの下にサブテーマを設け、各テーマ及びサブテーマ関係者が一体的に研究を実施する。

テーマ名 及び テマリーダーの担当するサブテーマ	公募を行うサブテーマ
テーマ1：プラスチック資源循環の展開とバイオ素材導入のための技術開発・政策研究 サブテーマ(1)：バイオ素材と再生材の利	サブテーマ(2)：バイオプラスチック社会普及性を支えるバイオマスの変換技術開発 サブテーマ(3)：産業間融合によるプラスチック循環システムの政策的研究

用技術開発にかかる技術的政策研究	
テーマ2：プラスチック資源循環・排出抑制のための社会システム学的研究 サブテーマ(1)：3Rプラスと海洋プラスチック排出抑制対策に係る評価システムの構築	サブテーマ(2)：持続可能なプラスチック利活用社会への移行に向けた将来デザイン研究 サブテーマ(3)：持続可能なプラスチック管理に向けた政策研究
テーマ3：陸域からの排出インベントリ作成と流出抑制技術開発 サブテーマ(1)：点源からのマイクロプラスチック排出量の評価と流出抑制技術の開発	サブテーマ(2)：面源からのプラスチックごみ排出量の評価 サブテーマ(3)：河川および海岸からのプラスチックごみ流出量の評価

3-1) テーマ1：プラスチック資源循環の展開とバイオ素材導入のための技術開発・政策研究

① 成果目標

- ▶ バイオマス資源（国内で手に入る木質系バイオマス及びサトウキビバガスなどのセルロース系バイオマス、非可食バイオマス、古紙等）をバイオプラスチックの原料とするための資源化・原料化技術とプロセス化技術を開発する。
- ▶ 石油精製や石油化学プロセスに組み込める共熱分解や触媒分解等にかかる技術の開発、石油プラスチックとバイオマスプラスチック・生分解性プラスチックの熱分解による基礎化学製品への転換技術を開発するとともに社会実装性を評価する。
- ▶ プラスチックの3Rを支える技術としてのマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの強みの明確化及びケミカルリサイクルとして3R+Renewableを推し進めるための技術政策を提案する。
- ▶ リサイクルプロセスにおいて不純物扱いとなるプラスチックや添加剤のリサイクル事例の解析と循環シナリオへの影響の明確化及び動脈産業における廃プラスチックの利用ポテンシャルや先端的な化学原料化技術などの技術開発動向の調査結果を基にした、特定地域における動脈産業と融合したサーカムスタンス適応型の循環シナリオを設計する。

② 研究概要

サブテーマ(1)「バイオ素材と再生材の利用技術開発にかかる技術的政策研究」においては、プラスチック素材となる化学原料をバイオ素材からの供給するための技術開発について、動脈産業に繋げる化学プロセスの技術開発と技術政策研究を行う。サブテーマ(2)「バイオプラスチック社会普及性を支えるバイオマスの変換技術開発」においては、バイオ素材導入を普及させるための、原料確保に向けた変換技術開発について、非可食バイオマスの利用を再検討し、発酵工程と糖化システムの構築を行う。サブテーマ(3)「産業間融合によるプラスチック循環システムの政策的研究」においては、産業間融合、特に動脈産業と静脈産業を繋ぐプラスチックの循環システムを構築するため、物質フロー解析を基として技術および循環シナリオを提示する。

③ サブテーマ(1)：バイオ素材と再生材の利用技術開発にかかる技術的政策研究

- ▶ プラスチックの3Rを支える技術としてのマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの強みを明らかにし、特にケミカルリサイクルとして3R+Renewableを推し進めるための組成・品質を明らかにし、適正なりサイクルシステムの技術政策の方向性を示す。
- ▶ 石油プラスチックとバイオマスプラスチックの熱分解による石油基礎化学製品への転換技術の開発とプロセス化および社会実装性を評価・検証する。
- ▶ 生分解性プラスチックの熱分解特性を解析し、基礎化学製品への転換とプロセス化に関する可能性を評価・検証する。
- ▶ 様々なバイオマス資源をバイオマスプラスチックの原料とするための資源化・原料化の要素技術

とプロセス化技術の開発を行い、そのための政策戦略を示す。

- ▶ 石油精製・石油化学プロセスに組み込める共熱分解や触媒分解等にかかる技術の開発と、それらの技術を支えるための技術政策の方向性を示す。
- ④ サブテーマ（2）：バイオプラスチック社会普及性を支えるバイオマスの変換技術開発
- ▶ バイオマスプラスチックの原料としての非可食バイオマスの利用を再検討し、利用のために必要な技術開発を行う。
 - ▶ 日本国内で手に入る木質系バイオマスやサトウキビバガスなどのセルロース系バイオマスに対して、どのような前処理をすることが環境、特に生物圏に負荷をかけずに糖を得るために適しているかを評価する。
 - ▶ 糖を得るための酵素選抜、モノマーやプラスチック生産のための発酵工程で阻害を起こしにくい糖化システムの構築などを手がける。国内で年間800万トンも発生する古紙の利用可能性に関しても評価する。
- ⑤ サブテーマ（3）：産業間融合によるプラスチック循環システムの政策的研究
- ▶ プラスチックの循環システム構築に向けた動的な物質フロー分析、再生技術のフィージビリティ分析、合成樹脂添加剤のフロー分析、回収制度の理論・実証分析を通じた評価基盤の構築と、生活系・機器系プラスチックの循環シナリオのオプションを提示する。
 - ▶ 産業連関表を用いた物質フロー及び石油由来プラスチック・バイオマスプラスチックのライフサイクルでの温室効果ガス排出分析結果を用いて、バイオ素材を含めたプラスチック資源循環戦略のマイルストーンを考慮した最適な循環シナリオを構築する。機器系プラスチックについては、バイオプラスチック導入による技術的・経済的視点から、動脈産業との融合と制約要因としての合成樹脂添加剤のフローを考慮して、それぞれ実現可能性のある循環シナリオを設計する。
 - ▶ 特定のリサイクルプロセスにおいて不純物扱いとなるプラスチックや添加剤が、どのような製品として社会に戻るかについて事例解析し、循環シナリオの制約となりうる箇所（例：添加剤による健康影響等）があればそれを明らかにする。その際、生分解性の添加剤については、その環境中での分解性も考慮した解析を行うこととする。
 - ▶ 動脈産業における廃プラスチックの利用ポテンシャルの推計結果や先端的な化学原料化技術などの技術開発動向の調査結果を基として、特定地域における動脈産業と融合したサーカムスタンス適応型の循環シナリオを設計する。

3-2) テーマ2：プラスチック資源循環・排出抑制のための社会システム学的研究

① 成果目標

- ▶ 3R+Renewable政策と海洋プラスチック排出抑制対策の効果を評価可能な国レベルの物質フロー解析モデルを構築し、政策評価によって政策目標達成に必要な政策導入水準等を提示するとともに、流域レベルの地域分解能をもつ物質フロー解析モデルを構築し、地域共創による事業スキームと管理方策の評価システムを提示する。
- ▶ 様々なステークホルダーを巻き込んだフューチャー・デザイン手法等を用いて、持続可能なプラスチック管理を実現する社会システムの将来ビジョンとそこに移行するための各種政策をコ・デザインし提示するとともに、地域・コミュニティにおける実践モデルを開発する。
- ▶ 持続可能なプラスチックの管理に関する先進的事業事例等の分析を行い、必要とされる政策を社会科学の方法論に則ったエビデンスに基づいて提案する。

② 研究概要

サブテーマ（1）（3Rプラスと海洋プラスチック排出抑制対策に係る評価システムの構築）と（2）（持続可能なプラスチック利活用社会への移行に向けた将来デザイン研究）、（3）（持続可能なプラスチック管理に向けた社会システム・経済学的研究）の関係として、（2）では将来の社会システ

ムのビジョンとそこに移行するための各種政策を様々なステークホルダーとともにコ・デザインし、(3)では(2)の将来ビジョンや重点政策を受けて、対象事業等を選定した上で社会・経済学的な分析を行い、政策提言につなげる。その上で、テーマ1やテーマ3の技術的な方策を含む具体的な政策提言を(1)の国レベル・地域レベルの評価システムに政策変数としてインプットすることで政策導入効果を分析するとともに、プラスチック資源循環戦略及び海洋プラスチック排出抑制の目標を満たすための政策導入水準を明確にすることで、国レベル及び地域共創による地域レベルの具体的な政策を提言する。

③ サブテーマ(1)：3Rプラスと海洋プラスチック排出抑制対策に係る評価システムの構築

- ▶ 海洋プラスチックごみの排出インベントリ研究(テーマ3)において得られる知見等に基づき、プラスチックの利用・廃棄段階の社会行動モデル(ポイ捨てなど人間行動を再現)や河川流入の物理化学的モデル(下水・廃棄物処理施設の点源や道路摩耗塵埃、ポイ捨て後のプラスチック河川流入などの面源排出における挙動等を再現)をサブモデルとして作り、社会経済活動に伴う上流側の物質フローを再現するモデルに接続することによって、3R+Renewable政策と海洋プラスチック排出抑制対策による温室効果ガス削減効果や枯渇性資源の使用抑制効果を含む環境負荷低減効果を評価可能な国レベルの物質フロー解析モデルを構築する。
- ▶ 開発した国レベルの物質フロー解析モデルに基づき、プラスチック資源循環戦略における3R+Renewable政策に加えて、大阪ブルー・オーシャン・ビジョンにおける海洋プラスチックに係る政策目標を踏まえた制約条件を満たす各種の社会システム方策を評価し、それらの導入水準を明らかにする。社会システム方策は、本テーマ2におけるサブテーマ(2)及びサブテーマ(3)による研究で提示する具体的な方策及びテーマ1やテーマ3の技術的な方策を含めて対象とする。
- ▶ 将来のビジョンを実現する社会への移行の鍵となる地域共創による管理方策(地域管理方策)として、海洋プラスチックごみ対策アクションプラン等に基づく地域レベルの3Rと海洋プラスチックごみ排出抑制方策の効果を検証可能な流域レベルの地域分解能をもち、テーマ3の成果を用いた対象流域での海洋プラスチックの海洋への流出までを評価可能な物質フロー解析モデルを作成する。
- ▶ 上記の流域レベルの物質フロー解析を応用して、地域管理方策の効果を検証可能な指標のモニタリングポイントを同定し、社会システムのモニタリングとテーマ3の成果を踏まえた環境モニタリングを統合した評価システムを構築する。
- ▶ 上記評価システムは、地域管理方策の計画、実施、評価、改善のPDCAの評価基盤となりうるものであり、様々な地域のステークホルダーに対する方策実施効果の見える化を、各々のステークホルダーの地域共創による実践的な行動変容に結びつけるための事業スキームを合わせて提示する。事業スキームの設計にあたっては、テーマ1及びテーマ3の技術的な方策や本テーマ2のサブテーマ(2)、(3)の成果を踏まえると同時に、地域循環共生圏の理念を考慮するものとする。

④ サブテーマ(2)：持続可能なプラスチック利活用社会への移行に向けた将来デザイン研究

- ▶ 幅広いプラスチック製品・幅広いバリューチェーンに渡るステークホルダーを対象に、プラスチックの持続可能な管理に向けた可視化ツールやフューチャー・デザイン手法を用いて、持続可能なプラスチックの利活用が実現した社会への移行シナリオをコ・デザインし提案する。
- ▶ 実際に地域・コミュニティを選定し、移行シナリオ実現に向けて、行動経済学・行動社会学・行動科学的なナッジ理論等を応用した行動変容策設計や実証分析なども含め、実践的に検証を行うと同時に、効果推定を行う。
- ▶ 国内外の各種規制や要求、EPR等の規制的手法から自主的取組み手法や教育等までの各種政策の進捗と効果、課題等に関する調査とレビューを行い、政策設計上の含意を整理するとともに、入手可能な事例データによる計量経済的な要因分析、実践的な政策提言を見据えた環境政策学・環境法学の観点からの政策設計、環境社会心理学及び行動経済学・行動社会学・行動科学的なナッ

ジ理論等を応用した行動変容策の設計と実証分析を行う。

- ▶ 各種の政策アプローチを統合化した場合の導入効果に関するシステムダイナミックス手法等を用いた評価を行い、移行策を検討、提示する。

⑤ サブテーマ（3）：持続可能なプラスチック管理に向けた政策研究

- ▶ プラスチックバリューチェーンにかかわる生産・供給側の事業者による先進的な「持続可能なプラスチック管理（Sustainable Plastic Management: SPM）」に係るビジネスモデル事例を収集し、推進力と障壁に関する構造化分析により、どのような要因がより良い事業スキームづくりの鍵となるかを分析する。
- ▶ プラスチックのフロー制御や代替プラスチック促進における業界団体・企業等の自主的取組の可能性と課題及び政府の役割について、経済理論の視点から分析する。
- ▶ 先進的事業事例等の検討を行った上で、持続可能なプラスチックの管理に向けて重要な国内特定産業・製品・サービスを対象に、具体的な政策の有効性を社会科学的に分析し、より望ましい具体的な改善案を提案する。
- ▶ サブテーマ（2）の成果を踏まえ、持続可能なプラスチック管理に効果がある政策について、社会科学の方法論に則ったエビデンスに基づいて望ましいモデルを明らかにし、サブテーマ1-(3)で検討する循環システムのシナリオ分析にインプットすると同時に、プラスチック資源循環戦略の実現に資する政策提言を行う。

3-3）テーマ3：陸域からの排出インベントリ作成と流出抑制技術開発

① 成果目標

- ▶ プラスチックの海洋流出実態を把握するため、1mm以上のマイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリを作成・評価する手法を確立し、「環境中のマイクロプラスチック調査マニュアル（案）」としてとりまとめる。
- ▶ 汚水処理施設、廃棄物関連施設等の点源由来の排出インベントリ、ならびに市街地、農地等の面源由来の排出インベントリから成る「マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリ」を開発する。その際、各種の生分解性プラスチックを含む排出インベントリとするよう試みる。
- ▶ 全国の河川から海洋へのマイクロプラスチックを含むプラスチックごみの流出量、ならびに陸域由来の海岸プラスチックごみの発生量・流出量の評価を行う。
- ▶ プラスチックの海洋流出を制御し、海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減する社会システム構築に貢献するため、既存汚水処理の改善技術及び対策を提示する。

② 研究概要

点源を担当するサブテーマ(1)と面源を担当するサブテーマ(2)が連携し、陸域からの排出インベントリ作成・評価手法の確立を行う。国内の行政・民間機関等が統一的にマイクロプラスチック（1～5mmを対象とする）の調査を行うための「環境中のマイクロプラスチック調査マニュアル（案）」をサブテーマ(1)が中心となり作成する。サンプリング及び分析の精度管理と精度保証のための手法についても検討する。マニュアルを踏まえた調査に基づき、晴天時のインベントリをまず作成し、その後降雨時のインベントリ作成に取り組む。なお、全国での統一的な調査は、本研究ではなく、環境省の別事業（予定）により行う。サブテーマ(3)では、海洋へのプラスチックごみ流出量評価の精緻化を目指し、河川及び海岸を対象とした調査・解析手法の改善と海洋への流出量の評価を行う。海洋への流出抑制に向けて、サブテーマ(1)において点源からの排出抑制技術開発を行うとともに、サブテーマ(3)ではテーマ2と連携して市民活動としてのプラスチックごみ拾いの効果を評価する。

③ サブテーマ（1）：点源からのマイクロプラスチック排出量の評価と流出抑制技術の開発

- 汚水、処理場放流水、汚泥等に含まれるマイクロプラスチックの試料採取、前処理、分析の一連の手順を簡易テキスト化し、マニュアルとして取りまとめる。
 - 汚水処理施設からのマイクロプラスチック排出インベントリを作成するとともに、既存処理施設の各処理工程におけるプラスチックの形態変化とマイクロプラスチック除去効率を評価する。また、プラスチックに吸着された化学物質の量の変化についても明らかにする。最終的には、雨天時排出量の評価も加味したインベントリ（改訂版）を提示する。
 - 汚水処理施設の各処理工程において、メソプラスチックからマイクロプラスチックの生成状況を明らかにし、それらを効率的に制御するための方法を提案する。また、マイクロプラスチック除去に効果的な水処理工程を抽出し、既存処理場における排出制御強化のための技術開発に取り組む。
 - 廃棄物関連施設におけるマイクロプラスチック排出量の評価では、一般廃棄物、産業廃棄物の中間処理施設、および最終処分場における、マイクロプラスチック排出状況の調査に基づき各々の排出原単位を設定し、排出インベントリを作成する。また、プラスチックに吸着された化学物質の量の変化についても明らかにする。
 - 廃熱発電等における蒸気を用い、廃棄物処理施設の系外に排出される有機性資源基質に含まれるマイクロプラスチックを分解する技術の開発に挑戦する。操作因子の検討、分解メカニズムの解明を行うとともに、プラスチックに吸着された化学物質の挙動も評価する。最終的に廃棄物処理施設における本システムのライフサイクルコスト、およびライフサイクルCO₂排出量評価を行い、リスク低減とのバランスを考察する。
 - プラスチック微細化プロセス別の模擬試料を作成してキャラクタリゼーションを実施し、粒子特性への影響を評価してプラスチックの劣化や破砕の指標を抽出するとともに、添加剤の溶出性や環境汚染物質の吸着性との関連性を明示することにより、リスク評価の観点で現状の重要排出源を推定する。
- ④ サブテーマ（2）：面源からのプラスチックごみ排出量の評価
- 面源として市街地および農地を研究対象とし、マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリを作成・評価する手法を確立するとともに、流出特性を評価する。
 - 市街地からの排出量および流出特性の評価では、幹線道路や浸水対策施設等の調査、道路清掃車等による調査等の多角的な調査を行い、晴天時の蓄積と雨天時の流出の機構を解明するとともに、排出インベントリを提示する。さらに、プラスチックのサイズと質を考慮して、各種化学物質の吸脱着特性を評価する。
 - 農地からの排出量および流出特性の評価では、農業用資材の農地への投入量・種類や平均使用年数等のマクロな調査を行うことにより、ストックとフローを評価する。過去に排出されたプラスチックの分解によってマイクロプラスチックが生じていると考えられることから、土地利用形態、使用履歴ごとのプラスチック蓄積量と滞留時間を評価する。
 - 水田および畑地を対象とした流出量調査では、複数のフィールドを対象として降雨時を含む長期間の調査を行うことにより、流出特性の評価と流出機構の解明を行う。
 - 上記のマクロな調査とフィールド調査に基づき、農地からの排出インベントリを提示する。
- ⑤ サブテーマ（3）：河川および海岸からのプラスチックごみ流出量の評価
- 河川におけるプラスチック流出量の評価方法について、河川横断面内のプラスチック濃度分布調査と水循環解析を組み合わせることにより、従来法と比較して評価精度の向上を実現する。また、マイクロプラスチックを対象として同様の調査・解析を行うことにより、「環境中のマイクロプラスチック調査マニュアル（案）」に記載の調査方法の改善を図る。
 - 河川からのマクロプラスチック流出量について、定点カメラ・画像解析による推計手法の開発を行う。晴天時における河川敷のプラスチックの堆積、日射によるプラスチック堆積物の劣化・崩

壊、雨天時における堆積物の急激な流出特性を解明することにより、市民活動としてのプラスチックごみ拾いが、プラスチック流出量の低減に及ぼす効果を評価する。

- ▶ 河川横断方向に複数地点でカメラ撮影を行うことにより、マクロプラスチック流出量の評価精度の向上を実現する。
- ▶ 既存調査結果も活用し、全国の河川から海洋へのマイクロプラスチックを含むプラスチックごみの流出量を評価する。特に、降雨時の流出量の評価に重点的に取り組む。
- ▶ 陸域由来の海岸プラスチックごみ流出量の評価については、砂浜、港湾等を対象とした現地観測と、漂着-滞留-再漂流を考慮したモデルにより、陸域由来の発生量・流出量の評価を行う。

5. 研究目標の達成状況

- ▶ 2030年バイオ代替素材200万tとその先の更なる普及を達成し、「脱炭素社会を支えるプラスチック資源循環システム構築実証事業」を下支えするために不可欠な開発および既存技術を活用可能とする技術開発の領域を特定・深掘りするため、令和3年度戦略的研究開発課題（S-19）を構想した。

II-2 プラスチック政策展開のための社会システム学的研究

国立研究開発法人 国立環境研究所 資源循環領域
 国立大学法人 京都大学大学院 地球環境学堂

大迫 政浩
 浅利 美鈴

[要旨]

プラスチック資源循環及び海洋排出抑制に係る持続可能な技術や社会シナリオの社会システム学的評価基盤を構築し、環境制約を満たす総合的シナリオを、関連ステークホルダーとの協働で提示することを目的に、将来のプラスチック資源循環システムのビジョンとシナリオづくりにおいて重要となるステークホルダーを特定し、その後のステークホルダーを巻き込んだコデザイン型でのシナリオ設計に向けた、システム思考（物質フローモデルや行動変容モデル等の評価ツールを活用した論理的かつ定量的な分析による最適解の提示）とデザイン思考（ステークホルダー間の有機的な連携による創発的かつ実践的協働による個別解の形成）を融合させたアプローチ法を検討し、提示した。

1. 研究開発目的

プラスチック資源循環及び海洋排出抑制に係る持続可能な技術や社会シナリオの社会システム学的評価基盤を構築し、環境制約を満たす総合的シナリオを、関連ステークホルダーとの協働で提示する。

2. 研究目標

戦略目標を目指したビジョンと政策シナリオづくりに向けて、テーマ3の成果であるマイクロプラスチック排出経路と接続可能な物質フロー解析モデルと、テーマ1で扱うバイオ素材転換等の効果を評価可能なツールの基本設計を行うとともに、プラスチック素材に対する消費側の意識や生産側の技術動向などの基礎調査に基づき、様々なステークホルダーを巻き込んだコデザイン型でのシナリオ設計のアプローチ法を提示する。

3. 研究開発内容

国立環境研究所で開発した物質フロー分析モデルにおいて、2050年ごろのプラスチック資源循環の姿を念頭に、関連する物質フローを抽出し、既往研究成果や各種基礎資料を用いて、用途や素材ごとの生産・消費（需要）・廃棄プロセスの詳細化の可能性を検討した。その際、様々な3R施策やバイオマス素材転換技術の導入施策、脱炭素化等により変化する産業構造との関連付けを行った。また、マイクロプラスチック排出経路と廃棄プロセスとの関連付けを行った。以上の成果をもとに、物質フロー分析モデルをベースにした評価ツールの基本設計を行い、ツール開発に残される課題と解決のための研究アプローチ方法を明確化した。

また、プラスチック素材・製品に対する消費者意識の基礎的な実態調査を、ウェブアンケートシステムなどを用いて実施した。国内の地域・属性別の傾向をつかむと同時に、海外との比較等も行うことで、プラスチック消費量が多いとされる日本人の生活観や価値観の特徴を把握し、行動変容策の検討につなげた。行動変容モデルの検討にあたっては、消費者や製造・流通関係者、行政とのWSやヒアリング調査を行い、いくつかの典型的な製品について、変容にいたる要因やプロセスの構造化を行い、有効な対策との関係性を大まかに整理するとともに、典型的な行動変容モデルについて、モニター集団を形成／既存コミュニティと連携した実践的な検証方法を設計した。

さらに、廃プラスチック再生技術を含む生産側の技術動向、流通側のモノ・サービスの提供に係る動向や2050を念頭に置いた将来ビジョン、自治体のゼロカーボン戦略などについて、ヒアリング等による基礎調査に基づき把握し、生産、消費、廃棄段階で適用可能な技術や政策を同定した。また、同定した技術や政策を実現していくために必要な研究課題等を抽出した。

以上の成果をもとに、将来のプラスチック資源循環システムのビジョンとシナリオづくりにおいて重要となるステークホルダーを特定し、その後のステークホルダーを巻き込んだコデザイン型でのシナリオ設計に向けた、システム思考（物質フローモデルや行動変容モデル等の評価ツールを活用した論理的かつ定量的な分析による最適解の提示）とデザイン思考（ステークホルダー間の有機的な連携による創発的かつ実践的協働による個別解の形成）を融合させたアプローチ法を検討し、提示した。

4. 結果及び考察

(1) 3Rプラスと海洋プラスチック排出抑制対策に係る評価システム構築

プラスチック資源循環戦略および大阪ブルー・オーシャン・ビジョンにおいて、将来のプラスチックごみの3R プラスRenewable 政策や海洋プラスチックごみの排出抑制に関する政策の目標が示されたが、目標実現に向けて目指すべき持続可能なプラスチック管理政策のビジョンやシナリオは必ずしも明確でない。特に、ビジョン・シナリオを検討するための評価システムの基盤、すなわち、プラスチックに係る社会経済活動及び処理、循環過程におけるフローと環境移入後の陸域から河川等を通じて海洋に至る挙動を評価する方法が確立していないことから、3R や環境中の回収等による海洋への排出抑制対策の導入水準やその効果の適切な評価、評価に基づく関連主体の協働による管理方策の実施が困難である。

そこで本研究では、3R+Renewable 政策と海洋プラスチック排出抑制対策の効果を評価可能な国レベルの物質フロー解析モデルを構築し、政策評価によって政策目標達成に必要な政策導入水準等を提示するための基本フレームを検討し、提示した。すなわち、流域レベルの地域分解能をもつ物質フロー解析モデルを構築し、モニタリングを含めた統合的な評価システムにより、関連主体の協働による持続可能なプラスチック管理方策の実施スキームのマネジメントシステムの基本フレームを設計し提示した。

本システムの基本フレームは、プラスチックの利用・廃棄段階の社会行動モデル（ポイ捨てなど人間行動を再現）や河川流入の物理化学的モデル（下水・廃棄物処理施設の点源や道路摩耗塵埃、ポイ捨て後のプラスチック河川流入などの面源排出における挙動等を再現）をサブモデルとして作り、社会経済活動に伴う上流側の物質フローを再現するモデルに接続することによって、3R+Renewable 政策と海洋プラスチック排出抑制対策による温室効果ガス削減効果や枯渇性資源の使用抑制効果、随伴する化学物質の環境移行を含む環境負荷低減効果を評価可能な国レベルの物質フロー解析モデルとして構成される。この国レベルの物質フロー解析モデルに基づき、国が示す政策目標を踏まえた制約条件を満たす各種の社会システム方策を評価し、それらの導入水準を明らかにすることが可能になると考えられる。また、海洋プラスチックごみ対策アクションプラン等に基づく地域レベルの対策の効果を検証可能な流域レベルの地域分解能をもち、排出インベントリの成果を用いたプラスチックの海洋への流出までを評価可能な物質フロー解析モデルとし、モデルを応用して、地域管理方策の効果を検証可能な指標のモニタリングポイントを同定し、社会システムのモニタリングと環境モニタリングを統合した評価システムを組み込むものとする。本システムは、関連主体協働による持続可能なプラスチック管理方策の計画、実施、評価、改善のPDCA の評価基盤となりうるものであり、様々な地域のステークホルダーに対する方策実施効果の見える化により、関連主体の実践的な行動変容に結びつけるための実施スキームのマネジメントシステムも合わせて組み込むものとする。

(2) 持続可能なプラスチック利活用社会への移行に向けた将来デザイン研究

国内外におけるプラスチック政策や消費者意識・行動、企業取り組み、共創の取組等に関する文献レビューやヒアリング調査、インタビュー等を進めた。

国内外のプラスチック政策として、注目すべきと考えたケニアのレジ袋禁止施策については、レビュー及び過去に実施した現地アンケート調査結果を活用し、消費者の意識・行動実態及び今度の課題についてとりまとめた。今後、日本のレジ袋政策との比較等を進めるための基礎的情報が得られた。

企業等の取組については、環境省のプラスチックスマートに登録された取り組み及び経団連が取り

まとめた事例集にて紹介されている取り組みについて、データベース化及び分析を試みた。その結果、多くの取組が萌芽しているものの、サプライチェーン間の連携や、使用後の回収・リサイクルシステムまで念頭においた素材・製品開発事例に課題があることが明らかになった。社会全体として、様々な事業者が提供する製品・素材群について、どのように製造から処理・循環に至るライフサイクルをデザインするかが、大きな課題であることが改めて確認された。他方、競合他社間の連携や、中長期的な方向性についての計画や宣言も散見された。プラスチックを取りまく環境課題が、事業経営の中で、主流化しつつある確実な兆候と捉えることができ、今後、消費者も交えた共創を進めるにあたって、一定の推進力になると示唆された。

5. 研究目標の達成状況

- ▶ 戦略目標を目指したビジョンと政策シナリオづくりに向けて、テーマ3の成果であるマイクロプラスチック排出経路と接続可能な物質フロー解析モデルと、テーマ1で扱うバイオ素材転換等の効果を評価可能なツールの基本設計を行った。
- ▶ プラスチック素材に対する消費側の意識や生産側の技術動向などの基礎調査に基づき、様々なステークホルダーを巻き込んだコデザイン型でのシナリオ設計のアプローチ法を提示した。

II-3 陸域からの排出インベントリ作成と流出制御技術開発

国立大学法人 高知大学 農林海洋科学部
国立大学法人 京都大学大学院 地球環境学堂

藤原 拓
田中 周平

[要旨]

プラスチック資源循環及び海洋排出抑制に係る持続可能な技術や社会シナリオの社会システム学的評価基盤を構築し、環境制約を満たす総合的シナリオを、関連ステークホルダーとの協働で提示することで、海洋へのプラスチックごみ流出状況把握・防止に向けて、マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの発生インベントリの作成・評価を行った。また、マイクロプラスチックの水環境中への漏出防止に向けて、水系制御のための高度技術開発と挙動推定により、既存水処理技術の改善策検討を行った。

1. 研究開発目的

プラスチック資源循環及び海洋排出抑制に係る持続可能な技術や社会シナリオの社会システム学的評価基盤を構築し、環境制約を満たす総合的シナリオを、関連ステークホルダーとの協働で提示する。

2. 研究目標

マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの排出インベントリの作成・評価の実施可能性を検討するため、本FSでは下水処理場および廃棄物関連施設を対象として、マイクロプラスチックの調査方法、試料採取、前処理、分析の一連の手順を確認し、問題点を洗い出すとともに、これらの施設からの排出インベントリ作成の基礎データを得ることを目標とする。さらに、マイクロプラスチックの水環境中への漏出防止のための高度技術開発の可能性を検討するため、下水処理場の各処理工程におけるマイクロプラスチックの挙動と形態変化の把握を行うことを目指す。

3. 研究開発内容

○下水処理工程におけるマイクロプラスチックの排出量の評価と挙動解明

日本全国の下水処理場の下水収集方式（合流式、分流式）および処理方式（標準活性汚泥法、膜分離活性汚泥法、標準活性汚泥法＋砂ろ過（FS）、担体投入活性汚泥法（FS）、オキシデーショントッチ法（FS）など）に関する情報を集約し、そのうちの一部（FSと記載の処理方式）の調査を実施し、調査方法、試料採取、前処理、分析の一連の手順の確認を行った。分析手順は簡易テキスト化するとともに、ブラインドサンプルによる測定精度確認方法の計画、評価とその後の改善のためのガイドラインを提示した。

下水処理場調査では、標準活性汚泥法＋砂ろ過（4施設、分流式）、担体法（1施設、分流式（一部合流））、オキシデーショントッチ法（1施設、分流式）の施設を対象として、流入水、放流水および各処理工程を対象とした調査を実施することによりし、排出インベントリ作成の基礎データとする。また、各処理工程におけるマイクロプラスチック除去率を評価することにより、現在の下水処理システムのうち流出制御技術開発に向けて重点化すべき単位操作および新規に開発すべき技術・システムを提示する。標準活性汚泥法＋砂ろ過の4施設については、琵琶湖流域の下水処理場を対象とした調査を行うことにより、研究分担者が別途実施した琵琶湖へのマイクロプラスチック流出負荷量調査の結果と併せて考察することで、陸域からの流出負荷量に対する下水処理場の寄与について考察を加えた。

上記に加えて、各処理工程におけるプラスチックの形態変化率調査と変化率の推定方法の検討を行った。本研究では、各処理工程におけるプラスチックの形態変化を調査するとともに、変化率を推定する指標開発に向けた基礎データを取得した。

○廃棄物関連施設におけるマイクロプラスチック排出量の評価

一般廃棄物、産業廃棄物の中間処理施設、および最終処分場における、マイクロプラスチック排出状況を把握し、その排出インベントリ作成と更なる精緻化に向けた基礎データを取得した。

一般廃棄物焼却施設では、その方式や採用実績、プラスチックのマテリアルリサイクル中間処理施設の併設の有無などを考慮して、ストーカ式5か所（うちリサイクル施設併設2か所）、流動床ガス化式1か所（リサイクル施設併設）、シャフトガス化式1か所、メタンコンバインド式1か所の合計8か所において、各施設の水処理系への流入水と水処理後の下水道放流水、もしくは再利用水について調査する。次に、汚泥系の一般廃棄物中間処理施設であるし尿処理施設（1か所）において、原水となる浄化槽汚泥＋し尿、および放流水について調査した。

産業廃棄物系の施設は非常に多岐にわたり、その種類も膨大となるが、水系への排出に直接的に関与する観点から、下水汚泥焼却施設1か所とRPF製造施設1か所を対象とする。下水汚泥焼却施設では、排ガス処理の洗煙排水を対象とし、この排水は、返流水として下水処理場の最初沈澱池前に戻るため、当該処理場の流入水、放流水も含む3サンプルを調査する。またRPF工場については、排水原水と、処理後の放流水を対象とした。

最終処分場において、過去にプラスチック等が埋め立てられていた古い埋立施設1か所、焼却残渣が中心で埋め立てられている比較的新しい施設1か所について、処分場の浸出水について調査を行った。

上記、2つの項目に対し、排水、再利用水や汚泥等についての分析・評価と、対象物に含まれるマイクロプラスチックの分析・評価を行うことにより、流出制御技術の開発につながった。

4. 結果及び考察

標準活性汚泥法＋砂ろ過（分流式）の4つの下水処理場および標準活性汚泥法（合流式）の1つの下水処理場を対象に調査を実施し、調査方法、試料採取、前処理、分析の一連の手順の確認を行った。2020年10月14日に2つの下水処理場（処理場A, B）を対象に、さらに10月16日に2つの下水処理場（処理場C, D）を対象に、また10月17日に標準活性汚泥法の下水処理場（処理場E）を対象に、流入水、放流水中の100 μm以上のマイクロプラスチック（MPs）の個数密度の調査を実施した。流入水中のMPs個数密度はA～E処理場別に50～2,300個/m³であった。同じく放流水中のMPs個数密度は、0～4.00個/m³であった。C, D処理場では3,000 L, 4,000 Lの放流水をろ過したが、MPsは検出されなかった。流入水中の主な成分はポリエチレンであり、全体の42%を占めた。続いてアクリル樹脂、PET、ポリプロピレンの順であった。一方で放流水からはポリプロピレン、ポリスチレンなどが検出された。加えて、オキシデーションディッチ法＋砂ろ過＋オゾン滅菌（分流式）の下水処理場（処理場F）を対象に、2020年9月23日11時～24日11時に流入水、放流水中の100 μm以上のMPs個数密度を調査した。流入水は14時、20時、2時、8時に各々19-21 Lをろ過してMPs個数密度の変動を調査した。一方、放流水は上記時刻に各1,000 L、合計4,000 Lをろ過したコンポジット試料としてMPs個数密度を評価した。流入水の流量荷重平均個数密度は790個/m³、総流入量は1.4×10⁶個/日、総流出量は5.1×10³個/日、除去率は99.6%であった。脱水汚泥の個数密度は15個/g-dryであった。

2020年12月23日に、A自治体の都市ごみ焼却施設の都市ごみ焼却施設(メタン発酵施設と焼却施設のコンバインド型)を対象に、メタン発酵排水系、プラント排水系、洗煙排水の3つの系列にて、各排水試料の100 μm以上のMPsの個数密度の調査を実施した。メタン発酵排水系原水中のMPs個数密度は2.0×10⁵個/m³であったが、処理水中のMPs個数密度は、2.64個/m³であり、99.99%以上が、脱水分離、膜処理、砂ろ過にて除去されていた。一方プラント排水系、洗煙排水系原水中のMPs個数密度は13～34個/m³と低いレベルであったが、これが、凝集、ろ過、キレート処理により1.9～8.0個/m³まで処理されていた。原水中の主な成分はポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンであったが、洗煙排水系では、エポキシ樹脂、PVC、PTFEが見られ、装置由来であることが予想された。施設からの下水道への放流水中のMPs個数密度は3.6個/m³と見積もられ、ごみ処理量、流量から、ごみ1tあたりのMPs排出

個数は1.25個/t-ごみと計算された。日本における焼却ごみ量を 3.2×10^7 t/年とすると、日本の都市ごみ焼却施設からは、 4.0×10^7 個/年程度排出されていることが推測された。都市ごみ焼却施設の全てが河川放流を行っているわけではないことや、下水処理場からの排出量に比較しても低いことから、都市ごみ焼却施設からのMPs排出量はそれほど大きくないことが予想された。

5. 研究目標の達成状況

- 海洋へのプラスチックごみ流出状況把握・防止に向けて、マイクロプラスチックを含むプラスチックごみの発生インベントリの作成・評価を行った。
- また、マイクロプラスチックの水環境中への漏出防止に向けて、水系制御のための高度技術開発と挙動推定により、既存水処理技術の改善策検討を行った。

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上発表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ2】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ3】

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表（査読なし）>

【サブテーマ1】

- 1) 熊谷将吾, 亀田知人, 齋藤優子, 吉岡敏明: 「生分解、バイオマスプラスチックの開発と応用」担当: 共著, 範囲:第2節 プラスチックの熱分解反応解析), 技術情報協会 (2020)
- 2) 熊谷将吾, 齋藤優子, 吉岡敏明: 「熱分解法によるプラスチックの化学原料化に向けた研究開発および hidrocarbonomics への期待」, 日本エネルギー学会機関誌 えねるみくす, 99, 689-696 (2020)

【サブテーマ2】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ3】

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表（学会等）

【サブテーマ1】

- 1) 吉岡敏明、20-5 ポリマーフロンティア 21 地球と共循環する高分子 (2020) 化学サミット「Science to Enable Sustainable Plastics」の概要とプラスチック廃棄物の化学資材への再資源化
- 2) 吉岡敏明、MRM Forum 2020 持続可能プラスチックケミカルリサイクルの期待と可能性
- 3) 吉岡敏明、第1回FSRJ講演会2020 8th Chemical Sciences & Society Symposium (CS3)におけるプラスチックリサイクルの位置付け
- 4) Toshiaki Yoshioka, 2020 The 4th International Conference on Integrated and Innovative Solutions for Circular Economy, Expectation and possibility of plastic recycling for the circular economy
- 5) Toshiaki Yoshioka, The 15th International Conference on Waste Management and Technology, Integration of the arterial and venous industries for plastic recycling
- 6) 小島圭輔、砂川直輝、五十嵐圭日子、Paul Dupree、第71回日本木材学会大会(2021) アセチルキシランに対する *Phanerochaete chrysosporium* 由来キシラナーゼ二種の反応特性の比較解析
- 7) 入矢頌仁、久我友大、砂川直輝、五十嵐圭日子、第71回日本木材学会大会(2021) セロビオース脱水素酵素を用いた分光光度計によるセロオリゴ糖定量法の検討
- 8) 長谷川夏樹、砂川直輝、五十嵐圭日子、第71回日本木材学会大会(2021) 多変量解析による白色および褐色腐朽菌の比較ゲノミクス

【サブテーマ2】

- 1) Huang Wei Hsuan, Misuzu ASARI: Online, The 7th 3R International Scientific Conference (2021) Database creation and analysis of corporate initiatives regarding plastic resource circulation

【サブテーマ3】

特に記載すべき事項はない。

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

【サブテーマ1】

- 1) 吉岡敏明 循環・3R リレーセミナー「我が国のプラスチック技術の最新動向」2021年2月8日
- 2) 吉岡敏明 2020年度 第1回 3R 推進セミナー「資源循環戦略を支える新技術の展望ーケミカルリサイクル&バイオマスプラスチックへの新たな期待ー」2020年7月30日
- 3) 五十嵐圭日子 エコプラスチック研究会市民公開講座「プラスチックとの共生 2」「サーキュラーバイオエコノミーの実現に向けたバイオマス変換戦略」2020年11月9日 大阪大学中之島センター（オンライン）
- 4) 五十嵐圭日子 エコデザイン・プロダクト&サービス 2020 シンポジウム基調講演「バイオマス研究からみたサーキュラー・バイオエコノミーの動向」2020年11月17日 東京理科大学森戸記念館（オンライン）
- 5) 五十嵐圭日子 石油学会次世代バイオ分科会「サーキュラー・バイオエコノミーの動向」2020年12月21日（オンライン）
- 6) 五十嵐圭日子 大阪府立大学 21世紀科学研究センターバイオエコノミー研究所第3回セミナー「気候変動とサーキュラー・バイオエコノミーのスピード感」2021年1月25日（オンライン）
- 7) 五十嵐圭日子 日本有機資源協会第96回バイオマスサロン「バイオマスからプラスチックを作る」2021年1月26日（オンライン）
- 8) 五十嵐圭日子 CSV 開発機構第2回セッション「資源循環社会を目指して ～ゼロエミとサーキュラー・バイオエコノミー～」 「サーキュラー・バイオエコノミー」2021年2月9日（オンライン）

【サブテーマ2】

- 1) 浅利美鈴、大阪府立千里高等学校、2020年8月22日、プラスチックごみ問題について
- 2) 浅利美鈴、静岡県焼津市小川公民館、2020年10月10日、プラスチックとの持続可能な関係性を考える
- 3) 浅利美鈴、立命館中学校・高等学校（オンライン）、2020年12月17日、プラスチック問題に立ち向かうには
- 4) 浅利美鈴、NHK クローズアップ現代、2021年2月16日、プラごみリサイクルどう実現？
- 5) 浅利美鈴、公益社団法人日本技術士会 近畿本部 環境研究会・第97回特別講演会、2021年3月13日、プラスチックとの持続可能な関係性構築に向けて

【サブテーマ3】

- 1) 田中周平、ふじのくに地球環境史ミュージアム（静岡県）、2020年、市民講座『地球環境史学』講演「私たちの暮らしとマイクロプラスチック」
- 2) 田中周平、オンライン、2020年、未来に向けて知る・変わる・守る チーム NEXT ステップシンポジウム 和歌山県『新しいライフスタイルの構築による海洋プラスチックごみ問題の解決』講演「琵琶湖・大阪湾流域におけるマイクロプラスチック汚染の実態」
- 3) 田中周平、オンライン、2020年、『立命館中学校・高等学校 プラスチックごみ問題を考える Zoom 講演会』 「陸域からのマイクロプラスチックの発生」
- 4) 田中周平、さすてな京都 2階広報室、2020年、『さすてな講座』「マイクロプラスチックのはてな？」

(4) マスコミ等への公表・報道等>

【サブテーマ1】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ2】

- 1) 循環経済新聞（2021年3月8日「新しい生活様式に向けた廃棄物対策と資源循環」
- 2) 粉体技術（2020年7月号、「使い捨てプラスチック製品の発生実態と削減の可能性について」）
- 3) 安全衛生のひろば（2020年11月、58-59頁、「プラスチック問題もグリーンリカバリーを」）
- 4) （株）シーエムシー・リサーチ「食品包装産業を取り巻くマイクロプラスチック問題」（2021年2月10日、「第4章 プラスチックごみから見たマイクロプラスチック汚染」）

【サブテーマ3】

特に記載すべき事項はない。

（5）本研究費の研究成果による受賞

【サブテーマ1】

- 1) 久我友大、砂川直輝、鮫島正浩、五十嵐圭日子、第69回日本応用糖質学会大会（2020）ポスター賞 加リン酸分解酵素を用いて合成したセルロースII結晶表面の原子レベル観察

【サブテーマ2】

特に記載すべき事項はない。

【サブテーマ3】

特に記載すべき事項はない。

IV. 英文Abstract

Feasibility Study on Construction of a Plastic Resource Circulation System for Contribution to the Solution of Marine Plastic Litter

Principal Investigator: Toshiaki Yoshioka

Institution: Tohoku University, 6-6-07 Aoba Aramaki-aza Aobaku, Sendai, Miyagi 980-8579, JAPAN

Tel: +81-22-795-7212

E-mail: yoshioka@tohoku.ac.jp

Cooperated by: National Institute for Environmental Studies and Kochi University

[Abstract]

Key Words: Biobased plastics, Biodegradable plastics, Marine degradability, Micro plastic litter issue, Resource circulation

In this research, (1) development of a recycling process system that contributes to the introduction of bioplastics into various industries and promotion / development of utilization of existing processes in industries, (2) policy selection to reduce plastic use and minimization of plastic production / use, (3) research on technological development for grasping and preventing the outflow of plastic waste including microplastics into the ocean were conducted.

Regarding (1), as "policy research on the use and development of biomaterials", in order to support the "plastic resource recycling system project for decarbonized society" promoted by the Ministry of the Environment, and national target of 2 million ton of bioplastics by 2030, we conducted research on policies.

Regarding (2), as a "social systematic study for the development of plastic resource recycling policy", in order to create a policy scenario for achieving the goals of the plastic resource recycling strategy, an analysis model of microplastics and material flow and biomaterials, we designed a tool that can evaluate the effect of alternative use of plastic materials, investigated the consumer's awareness of plastic materials and production technology, and designed a co-design type scenario involving various stakeholders.

Regarding (3), as "preparation of emission inventory from land area and development of runoff control technology", we created and evaluated the emission inventory of plastic waste including microplastics. In addition, by estimating the behavior of plastic waste, we examined improvement measures for existing water treatment technology.

Through these efforts, we have contributed to the development of a framework for effective reduction of marine plastic waste worldwide and have promoted the accumulation of scientific knowledge for Japan to lead the world.