「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」
終了時評価報告書

２０２６年１月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

2026 年 1 月

国立研究開発法人新エネルギー･産業技術総合開発機構
　理事長　　斎藤　保　殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長　　木野　邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」
終了時評価報告書

２０２６年１月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

目　次

はじめに　1
審議経過　2
分科会委員名簿　3
研究評価委員会委員名簿　4

第１章　評価
１．評価コメント　1-1
１．１　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
１．２　目標及び達成状況
１．３　マネジメント
（参考）分科会委員の評価コメント　1-3
２．評点結果　1-11

第２章　評価対象事業に係る資料
１．事業原簿　2-1
２．分科会公開資料　2-2

参考資料１　分科会議事録及び書面による質疑応答　参考資料 1-1
参考資料２　評価の実施方法　参考資料 2-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」の終了時評価報告書であり、NEDO 技術委員・技術委員会等規程第 32 条に基づき、研究評価委員会において設置された「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（終了時評価）分科会において評価報告書案を策定し、第 81 回研究評価委員会（2026 年 1 月 28 日）に諮り、確定されたものである。

2026 年 1 月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

審議経過

● 分科会（2025 年 10 月 28 日）

公開セッション

１．開会

２．プロジェクトの説明・詳細説明

非公開セッション

３．プロジェクトの補足説明

４．全体を通しての質疑

公開セッション

５．まとめ・講評

６．閉会

● 現地調査会（2025 年 10 月 3 日）

八戸工業大学 メディアセンター（青森県八戸市）

● 第 81 回研究評価委員会（2026 年 1 月 28 日）

「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（終了時評価）

分科会委員名簿

（2025 年 10 月現在）

	氏名	所属、役職
分科会長	平井（ひらい）　康宏（やすひろ）	京都大学　環境安全保健機構 環境管理部門 部門長／教授
分科会長代理	瀧（たき）　健太郎（けんたろう）	金沢大学　理工研究域フロンティア工学系　教授
委員	新井（あらい）　理恵（りえ）	株式会社三菱総合研究所　GX 本部　主席研究員
	橋本（はしもと）　征二（せいじ）	立命館大学　理工学部　教授
	前川（まえかわ）　惠士（さとし）	公益財団法人　日本容器包装リサイクル協会 プラスチック容器事業部　業務執行理事 プラスチック容器事業部長
	増田（ますだ）　孝弘（たかひろ）	株式会社タクマ　技術センター研究部　部長

敬称略、五十音順

研究評価委員会委員名簿

（2026 年 1 月現在）

	氏　名	所属、役職
委員長	木野（きの）　邦器（くにき）	早稲田大学　理工学術院　教授
委員	浅野（あさの）　浩志（ひろし）	東海国立大学機構　岐阜大学　特任教授
	稲葉（いなば）　稔（みのる）	同志社大学　理工学部　教授
	五内川（ごないかわ）　拡史（ひろし）	株式会社ユニファイ・リサーチ　代表取締役社長
	鈴木（すずき）　潤（じゅん）	政策研究大学院大学　政策研究科　教授
	原田（はらだ）　文代（ふみよ）	株式会社日本政策投資銀行　常務執行役員
	松井（まつい）　俊浩（としひろ）	東京情報デザイン専門職大学　情報デザイン学部　教授
	松本（まつもと）　真由美（まゆみ）	東京大学教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門　客員准教授
	吉本（よしもと）　陽子（ようこ）	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部　産業創発部　主席研究員

敬称略、五十音順

第１章　　評価

１．評価コメント

１．１　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

プロジェクト開始以降の社会情勢の変化や国内だけでなく海外の政策動向の変化、ケミカルリサイクルにおいては他の技術の研究開発動向等も考慮しており、アウトカム達成までの道筋を適切に見直している。

複数領域の研究開発であったが、研究成果の相互共有も含めて、オープン化できる研究成果と知的財産の切り分けを適切に実施したものと評価できる。特に、オープン戦略については、マテリアルリサイクルにおける物理劣化・物理再生の概念を確立し、社会に浸透させたことで、ユーザの再生プラに対する意識・イメージが改善されることが見込まれ、再生プラのニーズ拡大に資するものと考えられる。

一方、本研究で開発された技術が実装されるには、当該技術が実装された場所に対象となる廃プラスチックを効率的かつ適切に回収することが必要となるので、廃プラスチックの回収からリサイクルまでの一貫した流れを作るための官民等の役割分担のあり方について、本研究に参画した研究者らと政策担当者による更なる議論・検討を期待したい。また、研究開発の成果として得られた、ソーティングリサイクル、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルそれぞれに対する原料品質の制約などについて、より積極的に上流の動脈産業や政策決定プロセスへ情報提供することが望まれる。

本プロジェクトは対象を産業廃棄物としており、プラスチック総廃棄物の約半分とのデータがある。目標達成のために全体を俯瞰した上で一般廃棄物への展開も期待する。

さらに、本研究成果によりプラスチックリサイクルの在り方についてデファクトスタンダード化を進め、日本国内だけでなく海外市場においてもリサイクル事業が展開されることを期待したい。

１．２　目標及び達成状況

廃プラスチックのマテリアルフローや発生量の予測を踏まえ、各リサイクル技術が処理可能な廃プラスチックの対象を明確化した上で、リサイクル量をアウトカム目標として設定している点は適切である。ケミカルリサイクル（触媒分解）を除くほとんどの開発課題でアウトプット目標を達成しており、民間企業等が投資判断を行うための技術水準に達しつつあるとともに、成果が別事業など次のステップに引き継がれて研究開発が継続されるなど、社会実装に着実に近づいている。

アウトプット目標は、外部環境変化や必要とされる観点（LCA や収率、効率等）を踏まえて適切な目標の設定及び見直しが実施された。従来の常識を打ち破るような革新的な成果も出ており、未達の開発課題についても、原因物質を突き止め、科学的には新たな知見を得た。特に、作業負担やメンテナンスの軽減、製品設計への寄与等、技術の社会実装の段階で望ましい効果を具体的に整理しており評価できる。

さらに、71 件の論文発表（国際誌・国内誌）、20 件の特許出願は評価できる水準と考える。

一方、ケミカルリサイクル（触媒分解）については、忌避物質による触媒の活性低下の問題が解決されていないことから、本事業の成果をもって将来のアウトカム目標の達成は見通せない。期間中に実施できなかった課題については引き続き検討を進めることで、適正な技術評価を行っていただきたい。また、エネルギーリカバリーについて、処理能力150t/dayは廃プラスチックの処理量であり、混焼も想定すると、より大きな処理施設を想定する必要がある上に、高温材料については、コストや耐久性の比較対象とした材料が限定されていることから、廃棄物発電プラントで採用実績のある他の材料との比較も実施されることが望まれる。

また、海外の政策動向やリサイクル技術開発の進展に鑑み、本研究開発における技術やそれを用いた事業等のベストミックスが日本の優位となるように検討されることを期待したい。

今後に向けては、リサイクル手法の優先順位としてマテリアルリサイクル＞ケミカルリサイクル＞エネルギーリカバリーであることは共有されていることから、如何にしてマテリアルリサイクルを増やすかという観点で検討頂くとともに、開発成果の社会実装に向けて、費用の低減など、後継プロジェクトでの引き続きの開発に取り組んでいただきたい。

１．３　マネジメント

NEDOとPLを中心とした指揮命令系統と実施者間の連携は緊密であり、各チームとも民間リサイクラーやメーカ、プラスチックユーザ、動脈産業などと幅広く連携することで、実用化を強く意識した体制を構築し事業を推進することができ、実施者は、実用化・事業化へつながる技術力を発揮した。

研究スケジュールの管理も適切に実施されていた。技術委員会や研究開発連携会議などが適切に運用され、特に、ケミカルリサイクルについては別途触媒を専門とする委員で専門家委員会を開催し、研究実施者に助言するマネジメントがなされたことを評価する。

個別事業の採択においても適切であったと考えており、プロジェクト期間中に、技術委員会での検討を踏まえて追加採択されたケミカルリサイクル（液相分解）は、本事業の意義をさらに高めるものであり、特定の技術に偏らず、最終ゴールに向けて多様な技術アプローチを考慮したものと評価する。また、多岐にわたる開発課題の成果を、LCAで統合的に評価している点もよい。

一方で、リサイクル手法側の研究成果・検討結果が、横断的に関連するソーティングやLCAの検討により反映されていると良かった。今後、研究成果のさらなる連携を期待したい。

また、生分解性プラスチックやカルシウムを大量に含むプラスチックなど、本事業が対象としていない廃プラスチックが存在する。リサイクルの観点からこれら新たなプラスチック種の取り扱いや問題点について提言や情報発信が望まれる。

（参考）分科会委員の評価コメント

１．１　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

＜肯定的意見＞

・ プロジェクト開始以降の社会情勢の変化を踏まえた対応がなされている。本プロジェクト終了後の今後の展開として、本成果を踏まえた後継プロジェクトが採択されており、着実な発展が見込まれる。また、欧州における自動車へのリサイクルプラスチックの利用目標については、NEDO の他のプロジェクトで取り組んでいるとの説明もあり、本プロジェクト以外の周辺の取り組みも含めて、適切な対応がなされている。
・ 知財委員会を頻繁に開かれている。
・ 年 2 回の頻繁に技術委員会が開かれており、外部環境の変化に対応するための、計画の見直しがおこなわれており、十分に考慮されているといえる。マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギーリカバリーのベストミックスを実現するためには、エネルギーリカバリーの処理量が将来的に減ることを懸念したが、エネルギーリカバリーはほかのごみや工場排熱などにも適用可能な冷熱生成の技術開発が行われており、アウトカム達成までの道筋が描けている。「アウトカム達成までの道筋」の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮していた。将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていた。官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確である。本事業終了後の自立化を見据えている。幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われている。
・ 知的財産、オープン・クローズ戦略についても十分に検討されており、民間企業と共同開発が進んでおり妥当である。オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データも含めた上で、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当であった。本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであった。標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいた。
・ 国内だけでなく海外の政策動向の変化や、ケミカルリサイクルにおいては他の技術の研究開発動向等も考慮しており、外部環境変化を踏まえてアウトカム達成までの道筋を適切に見直したものと評価する。また、開発技術の対象は産業系廃プラスチックであるが、日本全体の廃プラスチックの発生・処理状況を踏まえ、開発した技術の適用拡大可能性等も考慮してアウトカム達成を見据える成果となっていると評価する。
・ 複数領域の研究開発であったが、研究成果の相互共有も含めて、オープン化できる研究成果と知的財産の切り分けを適切に実施したものと評価する。研究全体を通じて出願し

た特許数や発表した論文数も多く、分野も多岐にわたっており、適切な知的財産・標準化戦略を実践できていると評価する。
- ケミカルリサイクル（触媒分解）の進捗状況・課題に応じて見直しが行われたものと判断する。
- 資源有効利用促進法が改正され来年 4 月に施行されることとなった。再生材料の量の拡大と質の向上のために再生材の利用義務化が進められることとなり本プロジェクトの意義は高い。
- 事業開始時点での廃プラリサイクルをとりまく状況・ニーズを的確にとらえたうえで、処理コストの抑制や投入エネルギー低減を前提とした研究開発目標が立案された。NEDO 先導研究の成果を踏まえ、実現可能性の高い技術要素を選択した。
- オープン・クローズ戦略は当初の方針に従い知財委員会の管理のもと、特許による権利保護が適切になされた。オープン戦略については、マテリアルリサイクルにおける物理劣化・物理再生の概念を確立し、社会に浸透させたことで、ユーザの再生プラに対する意識・イメージが改善されることが見込まれ、再生プラのニーズ拡大に資するものと考えられる。

＜問題点・改善点・今後への提言＞
- 本研究で開発された技術が実装された際には、当該技術が実装された場所に、対象となる廃プラスチックを効率的かつ適切に回収することが必要となるが、廃プラスチックの回収からリサイクルまでの一貫した流れを作るための官民等の役割分担のあり方について提示されているとさらに評価できると感じた。本研究に参画した研究者らと政策担当者による更なる議論・検討を期待したい。
- 本研究成果によりプラスチックリサイクルの在り方についてデファクトスタンダード化が進み、日本国内だけでなく海外市場においてもリサイクル事業が展開されることを期待したい。
- ケミカルリサイクルについては触媒分解に限定せず（資料 3-1、p11 の「忌避物質の処理方法開発」というだけでなく）、熱分解技術等も含めた形で技術開発・社会実装を描くことが望ましい。マテリアルリサイクルの普及に関するやりとりで、経営陣の意識変革や規制などの意見交換もあった。資料 3-1、p11 の「各種政策的な支援」について、経済産業省とも十分意見交換されることを期待する。エネルギーリカバリーについて、冷熱需要について十分調査し、優先的に導入すべき場所を選定できるとよい。
- 市場展開が見込まれる国での権利化にまで現時点で話が及んでいないが、随時検討していただきたい。
- 本プロジェクトは対象を産業廃棄物としており、産業廃棄物はプラスチック総廃棄物の約半分とのデータがある。具体的な開発内容である新マテリアルリサイクルや新ケミカルリサイクル（液相分解）は一般廃棄物への展開が期待される。目標達成のために全体を俯瞰した上で一般廃棄物への展開も期待したい。積層材料による省資源化と容器包装としての重要な機能である中身保護性を両立する技術は、日本が世界に誇る技術と認識

している。ただ、リサイクルに関しては積層材料が異素材の組み合わせによるものであるため適応性が低く大きな課題であった。本日ご説明頂いた液相分解プロセスの技術開発によりこの課題が解決されると、環境面で最も優れた容器包装サーキュラーシステムが実現できると考える。一方で、モノマテリアル包装材料を主としたリサイクルシステムを推進しているグローバルの流れからは取り残されると考えられ、日本のガラパゴス化が懸念される。分科会委員の先生から欧州において積層材料のリサイクルシステム（フィジカルリサイクル）の研究が進んでいるとのコメントがあった。それらの情報をしっかりとウォッチした上で日本の進むべき道を決定することが重要と考える。

・ 研究開発の成果として得られた、高度選別システム、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルそれぞれに対する原料品質の制約などの情報につき、より積極的に上流の動脈産業や政策決定プロセスへ情報提供することが望まれる。

１．２　目標及び達成状況

＜肯定的意見＞

・ 廃プラスチックの選別、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギー回収と多岐にわたる技術開発に対し、それらの発生量の予測や処理技術の最適組み合わせを考慮した上で、アウトカム目標が設定されている。

・ ほとんどの開発課題でアウトプット目標を達成している。従来の常識を打ち破るような革新的な成果も出ている。未達の開発課題についても、原因物質を突き止めており、科学的には新たな知見を得たと評価できる。多数の特許出願及び論文発表が行われている。また成果の普及のための取り組みもされている。

・ 外部環境の影響を考慮して、アウトカム指標と目標値を適切に見直していた。アウトカム目標の達成見込みは十分にあった。外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に見直していた。アウトカム目標の達成の見込みがあり、見込めない課題は原因と今後の見通しは妥当であった。本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO_2削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていた。アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていた。アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当である。達成状況の計測が可能な指標が設定されていた。

・ アウトプット目標はマテリアルリサイクルとエネルギーリカバリーでは十分に達成されており、ケミカルリサイクルについても実施者の自己評価に比べて優れた成果が出ていると感じられた。目標が一部達成できていない課題についても根本原因の解明につながる知見が得られたことから前向きにとらえるべきであると思われる。実用についてはマテリアルリサイクルとエネルギーリカバリー、高度選別システムについて顕著な進展が見られ、民間企業等が投資判断を行うための技術水準に達しつつあると感じた。欧米や中国に対しての技術的な優位性は開示情報が少ないことから明確な判断はできないようであるが、国内での最先端の技術であることは疑いの余地が無いと思われる。外部環境

の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に見直していた。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切だった。副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあった。オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画も踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われていた。アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていた。技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていた。アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当である。達成状況の計測が可能な指標により設定されていた。

- プラスチック循環の望ましい姿をベースとして、各リサイクル技術が処理可能な廃プラスチックの対象を明確化した上で、リサイクル量を指標として設定している点は適切であると評価する。各研究成果についても当該指標に対する貢献度を明確にしたうえで、技術実装した場合の経済性等を検討しており、研究成果を適切に評価したものと考える。アウトカム目標の達成見込みについて、研究成果の実装が順調に至れば達成可能であるという結論に、基本的に異論はないが、ケミカルリサイクルについて触媒分解の基礎研究が必要となったが、ケミカルリサイクルによるプラスチック資源循環の達成について、アウトカム目標の達成度の見込みが変わったのか、追加的に実施された液相分解のケミカルリサイクルにより達成の見通しが立ったのか、評価が説明されるとより良かった。
- アウトプット目標について、外部環境変化や必要とされる観点（LCA や収率、効率等）を踏まえて適切な目標の設定及び見直しが実施されたものと評価する。最終目標に対しての達成度についても、研究成果及び研究における実証結果などのデータをもとに評価しているものが多く、達成度も適切に評価していると思われる。また、技術委員会の意見も踏まえて、廃プラスチックを実際に利用した実証など実装に向けた具体検討を進めている点（ソーティング、材料再生、液相分解等）、想定した結果が期待できない研究の取組方針の見直しを実施した点（触媒分解等）などは、研究成果を適時振り返り、達成目標に向けて進捗させたものと評価される。副次的成果や波及効果等について、特に技術的効果については作業負担やメンテナンスの軽減、製品設計への寄与等、技術の社会実装の段階で望ましい効果を具体的に整理しており評価できるものと考える。技術的効果については、各技術の導入段階で実際に当該効果が発揮されることを期待する。また、必要な論文発表及び特許出願等は適切に実施されたものと評価する。
- アウトカム目標の設定の妥当性の判断は難しいが、一つの設定例として理解できる。
- 高度選別システム、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル（液相分解）、エネルギーリカバリー、LCA について最終目標を達成したと判断する。マテリアルリサイクルで解析された物理劣化・再生はリサイクルに留まらない応用が期待される。エネルギーリカバリーで開発された材料については、他産業にも適用可能であり、設備メンテナンスの頻度も削減できる副次的効果が評価される。71 件の論文発表（国際誌・国内誌）、20 件の特許出願は評価できる水準と考える。
- 廃プラのマテリアルフローを踏まえ、廃プラリサイクル量のアウトカム目標値は意欲的であり、かつ実現可能性が十分に高い設定がなされた。マテリアルリサイクル、ケミカ

ルリサイクル（液相分解)、エネルギーリカバリーにおいては、本事業で得られた成果を踏まえ引き続き社会実装に向けた取り組みを継続することで、アウトカム目標の達成は可能と考える。
・ 高度選別システム、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル（液相分解)、エネルギーリカバリーについては、本事業において概ね当初のアウトプット目標が達成されており、かつ成果が別事業など次のステップに引き継がれて研究開発が継続されるなど、社会実装に着実に近づいている。

＜問題点・改善点・今後への提言＞
・ 開発成果の社会実装に向けて、費用の低減など、後継プロジェクトでの引き続きの開発に取り組んでいただきたい。一部の開発課題でアウトプット目標が未達である。
・ アウトカム指標・目標値は適切に設定されていたと考えるが、現状の廃プラスチック全体のマテリアルフローに対して、本研究開発成果が新たにアプローチできる点を明示されると研究成果の貢献度がよりわかりやすかったと考えられる。また、各国がプラスチック資源循環を目指す中で、国際競争力の観点からも目標等が設定されていると、今後の研究開発の方向性や社会実装の道筋の具体的な検討に役だったであろうと考える。
・ アウトプット目標の設定及び達成度の評価は適切に実施されているものと評価するが、海外の政策動向やリサイクル技術開発の進展に鑑み、本研究開発において研究された技術､それを用いた事業等が､海外のリサイクル技術と比して優位性があることを目指し、そのベストミックスが日本の優位性となるような成果となるとより良いと思う。今後そのような検討も実施されることを期待したい。
・ ケミカルリサイクル（触媒分解）については、本プロジェクトの成果からは達成の見込みを評価できない。エネルギーリカバリーについて、処理能力 150t/day は廃プラスチックの処理量であり、混焼も想定すると、より大きな処理施設を想定する必要があると考える（産廃の現状の焼却炉としてはかなり大規模である)。
・ ケミカルリサイクル（触媒分解）については、自己評価にもあるとおり最終目標を達成できなかったと判断する。期間中に実施できなかった課題につき引き続き検討を進めることで、適正な技術評価を行っていただきたい。副次的成果等（資料 3-1、p29）において、易リサイクル製品設計の指針が示されているが、資源有効利用促進法が改正され環境配慮設計指針が検討されているところであり、必要なインプットを行っていただきたい。
・ リサイクル手法の優先順位としてマテリアルリサイクル＞ケミカルリサイクル＞エネルギーリカバリーであることは共有されていることから、今後に向けては如何にしてマテリアルリサイクルを増やすかという観点での目標設定を加える検討を頂きたい。
・ マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギーリカバリーの前提となる高度選別システムの導入目標や達成見込みについても明確に示すことが望まれる。ケミカルリサイクル（触媒分解）については、忌避物質による触媒の活性低下の問題が解決されていないことから、本事業の成果をもって将来のアウトカム目標の達成は見通せない。

・ ケミカルリサイクル（触媒分解）については触媒活性低下を回避する技術開発が必要である。あるいは、触媒に対する忌避物質の混入がない廃プラの量を調査し、そのような廃プラが十分に確保できる見込みがあれば、開発済みの触媒によるプロセス確立と社会実装に向けた取り組みの加速が求められる。エネルギーリカバリーのうち高温材料については、コストや耐久性の比較対象とした材料が限定されていることから、廃棄物発電プラントで採用実績のある他の材料との比較も実施が望まれる。

１．３　マネジメント

＜肯定的意見＞

・ 技術委員会や研究開発連携会議、PL, TL, STL 会議、進捗報告会議などが適切に運用されている。
・ 廃プラスチックの選別、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギー回収と多岐にわたる技術開発を網羅している。プロジェクト期間中に、技術委員会での検討を踏まえて、新たな開発課題を設定するなど、必要な見直しが実施されている。廃プラスチックの実試料を複数の開発課題間で共有するなど、要素技術間での連携がとられている。多岐にわたる開発課題の成果を、LCA で統合的に評価している。また、LCA（特に LCCO2）では評価しにくい取り組みの成果を、炭素循環度という指標で評価している。
・ 実施者は幾多の困難の末に、実用化・事業化へつながる技術力を発揮した。NEDO と PL を中心とした指揮命令系統と実施者間の連携は緊密であり、機能していた。個別事業の採択プロセスは透明性と公平性が保たれており適切であった。研究開発データの利活用については、健全性公正性の確保に関する取り組みについての検討の結果、オンデマンド方式を採用する予定であることから適切であると思われる。実施者は技術力及び実用化・事業化能力を発揮した。指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能していた。実施者間での連携、成果のユーザによる関与など、実用化を目指した体制となっていた。個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切であった。
・ アウトプット目標に対して適切な要素技術が示されており、将来の発展が期待される技術が複数できたことから、適切に計画されていた。進捗状況についても適切に関係者間で連携が取れており十分に適切であった。アウトプット目標達成に必要な要素技術の開発は網羅され、要素技術間で連携が取れており、スケジュールは適切に計画されていた。研究開発の進捗を管理する手法は適切であった。進捗状況を常に関係者が把握し、遅れが生じた場合、適切に対応していた。
・ 各事業者は、技術力を十分に発揮し、研究成果を達成したものと評価する。触媒分解については、当初想定した研究成果が得られず、触媒毒の要因が明確にできなかった点は残念ではあるが、触媒分解を実装する場合容器包装プラスチックに適用できることが望ましく、要因がわかれば設計段階での対応の可能性もあることから、基礎研究を実施するのであれば着実に成果を出していただくことを期待したい。研究実施者間の連携につ

いても、中間評価後、投入廃プラスチック配分の検討を横ぐしで実施したことは、複数のリサイクル技術を社会実装するためには重要であり評価できると考える。個別事業の採択においても適切であったと考えており、特に複数の技術手法の研究開発が進んでいたケミカルリサイクルにおいて、触媒分解に限定せず、液相分解の技術についても追加的に採択し、研究開発を進めたことは、特定の技術に偏らず、最終ゴールに向けて多様な技術アプローチを考慮したものと評価する。

- アウトプット目標の達成に必要な要素技術は開発されており、研究スケジュールの管理も適切に実施されていたものと評価する。特に、想定する研究成果が難しいと考えられた触媒分解については、個別の技術委員会を開催することで、他の技術の開発動向との比較や、本研究の方向の見直し等を促すことができていたと考える。また、中間評価結果での意見も踏まえ、廃プラスチックの種類や質、量を考慮して各リサイクル手法の適用・組み合わせを検討した点も、しっかりとプロジェクトマネジメントが実施された成果であると評価した。また、研究機関による研究だけでなく、技術の利用・導入主体となることが想定される企業も巻き込んだ実証研究も実施できている点も適切な体制による研究開発であったと評価する。
- 高度選別システム、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギーリカバリーそれぞれについて、事業者との連携のもとプロジェクトを実施しており、実用化を目指した体制となっていたと判断する。
- 選別と各要素技術、LCA と各要素技術の連携は取られていたものと判断する。技術委員会を年 1 回以上開催し進捗状況の把握を行うとともに、特に、ケミカルリサイクルについては別途触媒を専門とする委員で技術委員会を開催し、研究実施者に助言するマネジメントがなされたことを評価する。各課題においても適時、研究推進委員、外部有識者からの助言等を得ながら研究を実施したことを評価する。
- 本事業開始までに NEDO が蓄積してきた知見をベースに、高度選別システム、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギーリカバリーそれぞれの課題や開発目標を整理したうえで事業の全体像が策定された。各チームとも民間リサイクラーやメーカ、プラスチックユーザ、動脈産業などと幅広く連携することで、実用化を強く意識した体制を構築し事業を推進することができた。対外発表や各種イベントを通じた成果の外部発信を積極的に実施した。
- 本事業開始に先立ち、廃プラリサイクル要素技術における品質制約やリサイクル品ユーザが求める性能について調査・整理されており、目標が明確であった。事業期間中に追加採択されたケミカルリサイクル（液相分解）は複合プラリサイクルを対象とした意欲的な取り組みであり、本事業の意義をさらに高めるものであった。

＜問題点・改善点・今後への提言＞

- 目標未達であった課題について、プラスチック製品への添加物についての情報共有やより早く実試料での実験を実施していれば、妨害物質の存在に早期に気づいていたかもしれない。

- ソーティングや LCA などは各リサイクル手法の適用やベストミックスの検討において重要な役割を担うものであり、本研究に組み込まれている点を評価する。各リサイクル手法の研究成果が見えてくるタイミングと、ソーティングや LCA の検討を実施するタイミングがあるため難しかったと推察するが、リサイクル手法側の研究成果・検討結果が、ソーティングや LCA の検討により反映されていると良かったと思った。今後、研究成果のさらなる連携を期待したい。ケミカルリサイクル技術について液相分解を追加採択することで複数の技術アプローチを考慮した点は評価できるが、各リサイクル技術について採択前の段階で他のリサイクル技術の研究開発動向を整理し、本研究でなぜ当該技術を対象としたのかを明確に整理できるとよりよかったのではないかと思った。
- 技術間の連携について、中間評価結果の意見も踏まえて適切な連携がされていたものと評価するが、ソーティングや LCA など、各リサイクル手法と横断的に関連するテーマについて、各リサイクル手法の研究成果の適時のフィードバックが行われ、新たなリサイクル手法が実装された場合を組み込んだ検討がさらにできているとより研究成果として深まったのではないかと思った。この点は今後の連携及び検討に期待したい。
- 採択委員会、技術委員会において、各技術を専門とする委員の参画が望まれた。
- ケミカルリサイクルについて前身の事業「プラスチックの化学原料化再生プロセス開発(2019-2020)」（資料 3-1、p23）では熱分解の技術開発も行っていたが、こうした要素技術も含めた体制が望ましかった。
- 生分解性プラスチックやカルシウムを大量に含むプラスチックなど、本事業が対象としていない廃プラスチックが存在する。リサイクルの観点からこれら新たなプラスチック種の取り扱いや問題点について提言や情報発信が望まれる。

２．評点結果

評価項目・評価基準		各委員の評価						評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
	(1) アウトカム達成までの道筋	A	A	B	B	B	A	2.5
	(2) 知的財産・標準化戦略	A	A	A	B	A	A	2.8
2. 目標及び達成状況								
	(1) アウトカム目標及び達成見込み	A	A	B	B	B	B	2.3
	(2) アウトプット目標及び達成状況	B	A	B	B	B	B	2.2
3. マネジメント								
	(1) 実施体制	A	A	B	A	A	A	2.8
	(2) 研究開発計画	B	A	B	B	A	A	2.5

≪判定基準≫
A：評価基準に適合し、非常に優れている。 B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。 C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。 D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算・平均して算出。

第２章　　評価対象事業に係る資料

１．事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」

事業原簿
（公開版）

担当部	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 サーキュラーエコノミー部

更新履歴

更新日	更新内容
2025 年 10 月 27 日	初版発行

目次

１．事業全体概要 1

1.1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋 1
1.2. 目標及び達成状況 2
1.3. マネジメント 4
1.4. その他 6

2. 事業全体説明資料 7

3. 目標及び達成状況の詳細 57

3.1. 研究開発項目①高度選別システム開発 57
3.1.1. ①-1 高度選別システム開発(SR) 57
3.1.2. ①-2 LCA 128
3.2. 研究開発項目②材料再生プロセス開発 136
3.2.1. ②-1 材料再生プロセス開発 136
3.3. 研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発 142
3.3.1. ③-1 石油化学原料化プロセス開発(触媒分解) 142
3.3.2. ③-2 石油化学原料化プロセス開発(液相分解) 148
3.4. 研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発 155
3.4.1. ④-1 高効率エネルギー回収・利用システム開発 155

添付資料 162

●基本計画 162
●各種委員会開催リスト 172
●特許論文等リスト 179

１．事業全体概要

プロジェクト名	革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発（経済産業省予算要求名称：プラスチック有効利用高度化事業）	プロジェクト番号	P20012
担当推進部/ プロジェクトマネージャー（ＰＭｇｒ）または担当者 及び経済産業省担当課	環境部 PM 阿部 正道（2020 年 7 月~2020 年 9 月） 環境部 PM 伊東 賢宏（2020 年 10 月~2021 年 12 月） サーキュラーエコノミー部 PM 今西 大介（2021 年 12 月～現在） 経済産業省イノベーション・環境局 GX グループ資源循環経済課		
０．事業の概要	本事業は、プラスチックのリサイクルにより資源循環を行うものであり、廃棄物としてのプラスチックにおいて、「プラスチックの高度選別」、「プラスチックの材料再生プロセス」、「プラスチックの化学原料化」、「プラスチックからの高効率エネルギー回収」の４つの研究開発を行う事で、プラスチックに関して資源循環ビジョン 2020 での「あらゆる段階で資源の効率的・循環的な利用を図りつつ、付加価値の最大化を図る経済」を実現するものである。		

1.1.　意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

1.1.1　本事業の位置付け・意義	2017 年時点で年間 899 万トンの廃プラスチックのうち、廃プラスチックの再生品への利用は 206 万トン/年（輸出分を含む）、コークス炉やガス化の原料（ケミカルリサイクル）として 36 万トン/年リサイクルされており、固形燃料、発電、熱利用の熱エネルギー回収（エネルギーリカバリー）に 516 万トン/年が利用された。しかしながら、中国の輸入規制やバーゼル条約の改正による輸出国への規制強化などの外部環境の変化や、SDGs、CSR や ESG 投資などによるリサイクルプラスチックの利用ニーズに応えていくためには、廃プラスチックの資源価値を高めることで経済的な資源循環を達成することが必要であり、リサイクル技術をさらに発展させ、資源効率性向上、付加価値を生み出しつつ二酸化炭素排出を削減することが求められた。 この状況に対して、経済産業省では、2020 年 5 月に資源循環ビジョン 2020 を策定した。資源循環ビジョン 2020 では、「大量生産・大量消費・大量廃棄型の線形経済モデルは、我が国のみならず、世界経済全体として、早晩立ち行かなくなるのは明白であり、株主資本主義の下、短期的利益と物質的な豊かさの拡大を追求する成長モデルからの転換が求められている」と記述された。この記述によれば、線形経済から循環経済への移行は必然であり、このような情勢の変化に対応するためのプラスチックの資源循環の促進は急務である。また、2019 年 5 月制定のプラスチック資源循環戦略では、「分別・選別されるプラスチック資源の品質・性状等に応じて、循環型社会形成推進基本法の原則を踏まえ、材料リサイクル、ケミカルリサイクル、そして熱回収を最適に組み合わせることで、資源有効利用率の最大化を図ります。」と記述されている。この様なことから、本事業では材料リサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギー回収（熱回収）のプロセス技術と、各プロセスに廃プラスチックを適切に分配する高度選別技術の開発を行うものである。
1.1.2　アウトカム達成までの道筋	プラスチック資源循環のエネルギー使用量を現行の処理技術よりも大幅に削減し、AI を用いたプラスチック高度選別、高度材料再生プロセス技術、高い資源化率を実現する基礎化学品化技術、高効率エネルギー循環システムの開発を行う。 これらの研究開発を通じて、プラスチック資源効率、資源価値を飛躍的に高めることで、中小企業の多い静脈産業がサプライチェーンに組み込まれ、 「再生プラスチック資源を上手に使う」ことで社会ニーズに質・量の両面で応える。また、環境への取り組みが経済成長に結びつくプラスチック循環経済社会の実現を目指す。
1.1.3　知的財産・標準化戦略	・オープン戦略：知財として確保することが有利な技術に関しては積極的に特許として出願する

	・クローズ戦略：ノウハウとして保有することが有利な技術に関しては出願しない ・知財創出活動の方針：多数保有するバックグラウンド特許をベースに確実に権利範囲を拡大 ・知的財産権の帰属及び取扱い方法について文書化して管理 ・本事業で得られた知財については、関系各機関の知財部門と連携し、特許管理、知財管理を推進

1.2. 目標及び達成状況

<table>
<tr><td rowspan="4">1.2.1 アウトカム目標及び達成見込み</td><td colspan="3">事業により開発されたプラスチック再資源化システム(高度選別システム、材料再生プロセス、石油化学原料化プロセス、高効率エネルギー回収・利用システム)を事業終了後早期実用化し、普及することにより、2030 年までに、これまで国内で再資源化されていなかった廃プラスチックのうち年間約 86 万トンが本技術開発成果によりマテリアルリサイクルされ、87 万トンがケミカルリサイクルされ、108 万トンが高効率エネルギー回収・利用されることを通じて廃プラスチックを新たに資源化し、我が国のプラスチック循環に貢献する。また、間接的な効果として、選別作業の人手不足の緩和や焼却処理施設のメンテナンス頻度の半減を目指す。</td></tr>
<tr><td>アウトカム目標</td><td>達成見込み</td><td>課題</td></tr>
<tr><td rowspan="3">【経済効果】
資源循環とエネルギー回収で 1,810 億円/年
【CO2 削減効果】
資源循環とエネルギー回収で 739 万トン-CO2/年削減</td><td>【高度選別システム開発】
FP 型 AI ソータと高度比重選別装置のベンチ機完成により、技術基盤を構築した。識別用データ拡充やスケールアップに関する検証を、現在実施中の NEDO プロ「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」に引き継ぐことで、3 年程度で製品化する見通し。</td><td>技術成果のユーザとのマッチングを行う事で選別システムの導入数を増やす各種取組み、支援する組織の構築が必要である。これに対し事業者のサイト内に選別システムのデモ設備を設置し技術普及に取り組んでいる</td></tr>
<tr><td>【材料再生プロセス開発】
開発国内外も含めた企業との共同研究を行い、本技術の実用化を支援している。また NEDO 特別講座を開催し、企業だけでなくアカデミアに対しても、当該プロジェクトで培った知見・技術・解析手法を伝え、発展させる活動を行っている。</td><td>材料再生プロセスに適した廃プラスチックの量的な確保と、それを用いた再生利用プラスチック製品の選定を行い、企業実施者と共に実製品の製造プロセスの検証が必要である。継続的に廃プラスチックを扱うリサイクル企業と製品製造企業のマッチングを進めて行く</td></tr>
<tr><td>【石油化学原料化プロセス開発】
触媒分解：固体夾雑物の除去システムを備えた、溶媒利用触媒分解を行うプロセスフローを構築し、各単位操作の実現可能性を検証した。本事業で得られた課題に対する廃プラスチック分解触媒の開発については、プラスチックリサイクルのニーズをもつ企業と大学での個別共同研究の実施に移行する
液相分解：参画企業内での不良品再生に関する取り組みから始め、2030 年度までに 20 万トン/年の処理に関する装置設計に基づく経済性および環境適合性を評価するとともに、バリューチェーンを構築する</td><td>触媒分解：触媒活性に対する異種プラスチック混入を可能とするレベルの検証、触媒毒物質の明確化と対策に関する基礎研究を行う必要がある
液相分解：装置設計に資するデータの獲得をさらに進めるとともに、当該技術を内外に周知し潜在的顧客を見出すことでバリューチェーンの構築を進める</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td><td>【高効率エネルギー回収・利用システム開発】
高効率伝熱管材料の高耐久化と焼却炉への実装方法の検討により基盤技術を完成した。当該技術を実機へ適用する見通しである。また冷熱製造統合システムの基盤技術を完成した。今後総合的なエネルギー利用システムに本技術の搭載を行える見通しである。</td><td>高効率伝熱管材料の検討では、実プラントでの各種評価が別事業で始まり、社会実装に向けて着実に進んでいる。
冷熱製造統合システムの検討では吸収型冷凍機の更なる性能向上は必要であるが、企業、自治体からの関心が高く低温排熱を得られる場所の選定は順調に進んでいる</td></tr>
<tr><td rowspan="3">1.2.2　アウトプット目標及び達成状況</td><td colspan="3">【最終目標】
研究開発項目：高度選別システム開発
材料再生プロセス開発～高効率エネルギー回収・利用システム開発までのプロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率95%以上、現状比3倍の速度で自動選別する
研究開発項目：材料再生プロセス開発
廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ90%以上の材料強度（靭性）に再生する
研究開発項目：石油化学原料化プロセス開発
廃プラスチックを転換率70%以上で石油化学原料に転換する
研究開発項目：高効率エネルギー回収・利用システム開発
再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する</td></tr>
<tr><td>成果(実績)(2025年3月)</td><td>達成度
(見込み)</td><td>達成の根拠/解決方針</td></tr>
<tr><td>【高度選別システム開発】
選別技術：○
LCA：○
【材料再生プロセス開発】
○
【石油化学原料化プロセス開発】
触媒分解：△
液相分解：○
【高効率エネルギー回収・利用システム開発】
○</td><td>総合判定:
△</td><td>【高度選別システム開発】
選別技術：FP 型 AI ソータ開発について、プラント導入に向けて黒色プラの識別精度向上と AI 識別用データの拡充が必要である。製品別廃プラの比重選別について、操業規模に応じたスケールアップのため水槽規模に適合したジグ自動制御機能の検証が必要である。いずれも現在実施中の NEDO プロ「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」に引き継いで検証中
LCA：炭素資源循環度の指標としての今後の展開については、成果を学会等において発表することで、この分野の研究・政策に影響を与えることができると考える
【材料再生プロセス開発】
普及のためには単軸でのプロセス開発研究、また CAE による流動解析殿定量的連携が必要
【石油化学原料化プロセス開発】
触媒分解：基礎研究に立ち戻って触媒毒物質の特定や可能な対策技術を策定して、触媒分解の対象となる廃プラの拡大を図る。スケールアップ時の昇温速度低下が触媒効率低下に影響する課題も表出。急速昇温可能な連続式試験装置で検証</td></tr>
</table>

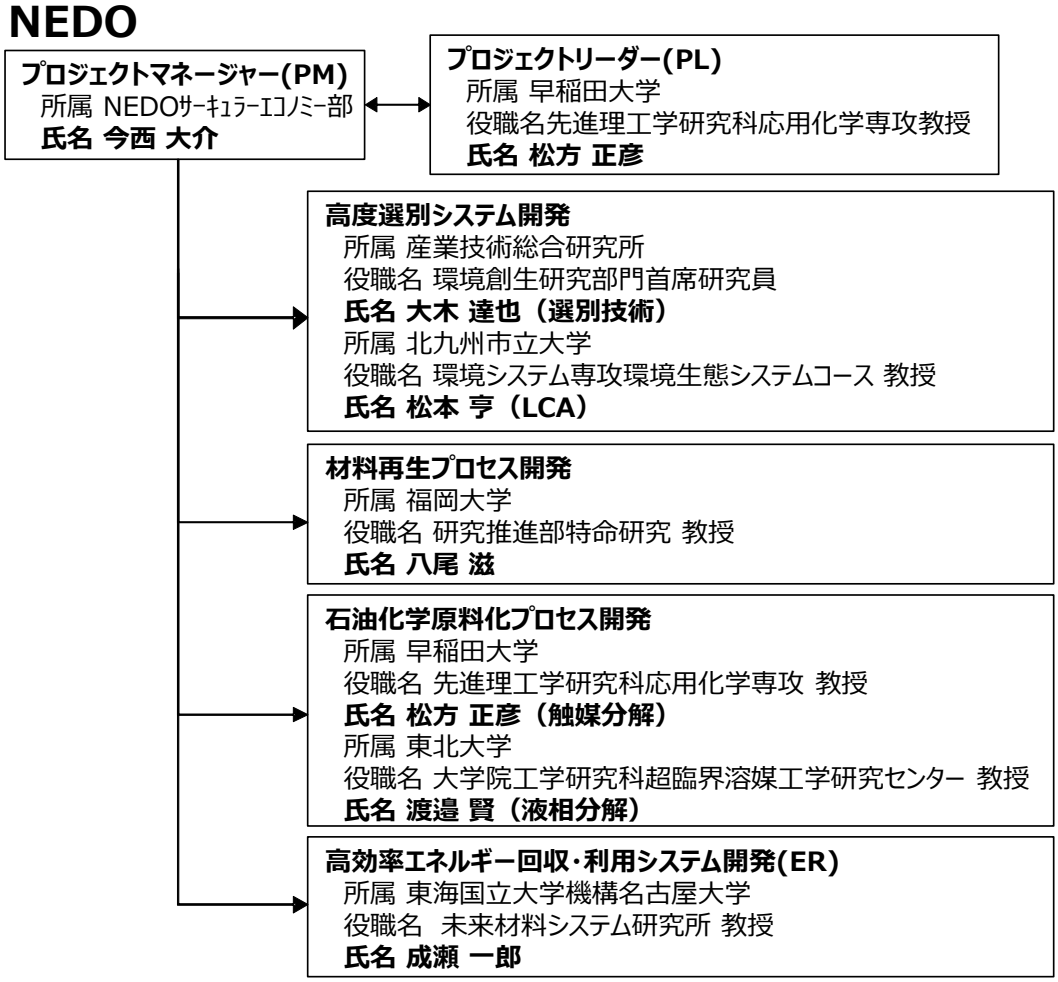
			液相分解：10 万トン/年の装置設計が課題であり、重質油処理装置を参考にすることで解決する 【高効率エネルギー回収・利用システム開発】 施工法と皮膜構成の最適化を知財化し社会実装。冷熱製造・製氷システムのスケールアップによる実証試験の導入先の候補地の多様化と冷熱需要の拡大

1.3. マネジメント

1.3.1 実施体制

プロジェクトリーダー	早稲田大学先進理工学研究科応用化学専攻教授 松方正彦

実施体制図



1.3.2 受益者負担の考え方

1.3.2 受益者負担の考え方	委託	受益者負担の考え方プラスチックの資源循環の解決は国の方針に沿った重要課題であり、本事業によるプラスチックの資源循環並びに CO2 排出量の削減は社会的必要性が高い。NEDO ではこれまでに培ってきた各種素材のリサイクル技術の開発で得た知見や成果、ネットワークを活用し中長期的な技術開

		発を行うことが可能。研究開発の難易度が高く、必要な投資規模が大きく、また実用化までのリードタイムが長いことから、民間企業だけではリスクが高い。このような事から NEDO が持つこれまでの知識、実績を活かして委託事業として推進すべきものである				
	主な実施事項	2020FY	2021FY	2022FY	2021FY	2024FY
	研究開発項目：高度選別システム開発	委託	委託	委託	委託	委託
	研究開発項目：材料再生プロセス開発	委託	委託	委託	委託	委託
	研究開発項目：石油化学原料化プロセス開発	委託	委託	委託	委託	委託
	研究開発項目：高効率エネルギー回収・利用システム開発	委託	委託	委託	委託	委託

1.3.3 研究開発計画

事業費推移[単位:百万円]	事業費	2020FY	2021FY	2022FY	2021FY	2024FY	総額
	会計（特別）	592	852	1,000	883	551	3,878
	追加予算		131	235			366
	総 NEDO 負担額	592	983	1,235	883	551	4,244
情勢変化への対応	政策対応	プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律が令和 4 年 4 月 1 日に施行され基本方針が策定された。本事業では事業開始時から各種製品設計への取組みを包含					
	競合技術対応	事業構想の段階に比べ、従来のプラスチックケミカルリサイクル技術としての熱分解法技術に進化が見られ、代表的な熱分解法の研究開発状況の情報収集を行い、触媒分解技術のポテンシャルや課題の明確化を進めた					
中間評価結果への対応	今後は、多岐に亘る技術開発プロジェクトであるため、排出される国内の廃プラスチックの種類や量などの動向も踏まえながら、個別の研究開発項目と事業全体の整合性の向上について、更なる工夫を期待したい	各研究開発項目が対象とする廃プラスチックの種類や量、また開発された技術によりリサイクルが可能と見込まれる量については、事業の中で関係性や整合性が検討されるよう、既に PL 等を中心に議論を行っているところ。中間評価以降も技術開発で得た知見を基に、実施者による各処理技術へ投入されるべき廃プラスチックの種類、量の整合性の議論を進める					
	今後、実用化・事業化に向けて、廃プラスチックを効率的に回収する方法や量、種類、品質等の理解を深めること、再生プラスチック材の需要分野や出口産業について戦略的に検討し、付加価値の付け方を意識しながら市場に PR を図ること、及び開発が先行しているテーマについては、実施者による事業化の加速を図ることを期待したい	本事業の研究開発項目（高度選別）の中で様々な廃棄場所からの廃プラスチックの回収を進めている。継続的な情報収集を通じ、実用化・事業化時の回収方法の検討を深める。また、大学等からの再生プラスチック材を複数のユーザ企業へ提供することなどを通じ、ユーザ企業による再生プラスチック材利用の具体例を積み上げるなど、将来の技術利用を意識した取り組みを深める					
	事前評価	2019/7/4	担当部　環境部				

評価に関する事項	中間評価	2022/10/26	担当部　環境部
	終了時評価	2025/10/28	担当部　サーキュラーエコノミー部

1.4.　その他

投稿論文等	論文（国際）47 件、論文（国内）8 件、国際学会発表 105 件、国内学会発表 214 件、講演・講座 243 件、新聞・雑誌等への掲載 43 件、著書 22 件	
特　　許	出願済 20 件	
その他の外部発表（プレス発表等）	プレスリリース：「温水を使用した氷スラリー製造の連続化に成功」高効率エネルギー回収・利用システム開発冷熱チーム(2024/5/29) モノづくり日本会議：新産業技術促進検討会シンポジウム第 37 回(2022/3/1)、45 回(2023/8/2)、56 回(2025/5/16)	
基本計画に関する事項	作成時期	2020 年 2 月　作成
	変更履歴	2020 年 10 月 PMgr の変更 2021 年 12 月 PMgr の変更 2022 年 3 月 「データマネジメントに係る運用」を追記 2024 年 8 月　NEDO 組織改編による部署名の変更

２．事業全体説明資料

資料3-1

「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（終了時評価）

2020年度～2024年度　5年間

プロジェクト（公開版）

2025年10月28日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

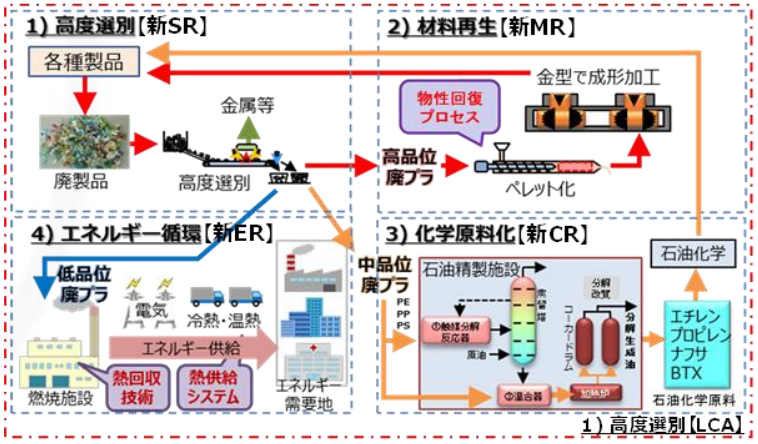
サーキュラーエコノミー部

革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発

プロジェクトの概要

近年の中国の廃プラスチック輸入禁止に端を発したアジア諸国の廃プラスチック輸入規制強化の影響が大きな問題となっている。これらへの対応に向けて、G7やG20でも重要な課題として取り上げられている　。日本においても「プラスチック資源循環戦略」が策定され、「革新的リサイクル技術の開発」等が重点戦略の一つとして掲げられている。　そこで、本事業は、複合センシング・ＡＩ等を用いた廃プラスチック高度選別技術、材料再生プロセスの高度化技術、高い資源化率を実現する石油化学原料化技術、高効率エネルギー回収・利用技術の開発を行う。

<全体プロセスイメージ>



想定する出口イメージ等

アウトプット目標	研究開発項目①高度選別システム開発： 研究開発項目②～④プロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率を 95%以上、現状比3倍の速度で自動選別する。 研究開発項目②材料再生プロセス開発： 廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ90%以上の材料強度(靭性)に再生する。 研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発： 廃プラスチックを転換率70%以上で石油化学原料に転換する。 研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発： 再生処理困難なプラスチックからエネルギー回収し、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する。
アウトカム目標	本技術開発成果により、2030年度時点で、これまで国内で再資源化されていなかった廃プラスチックのうち、86万トンをマテリアルリサイクル、87万トンをケミカルリサイクル、108万トンをエネルギーリカバリーすることで我が国のプラスチック循環に貢献する。
出口戦略	廃プラスチックの循環利用ができていない大きな理由は、高コスト・手間がかかる・連携不足等に起因する非効率なリサイクル。選別とマテリアル、ケミカル、エネルギーリカバリー技術開発を一体的に実施することで解決する。 国際標準化提案：無、　第3者提供データ：無
グローバルポジション	ＰＪ開始時：ＤＨ　ＰＪ終了時：ＬＤ

PMgr:サーキュラーエコノミ部 今西大介

関連する技術戦略
リサイクル促進（プラスチック）、分野の技術戦略

既存プロジェクトとの関係

エネ・環先導研究（ 2019年度、2020年度）と連携

事業計画

期間：2020～2024年度（5年間）
総事業費：42億円（実績）需給

<研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>

	R02 2020	R03 2021	R04 2022	R05 2023	R06 2024	R07 2025
①高度選別システム開発	→	→	→	→	→	
②材料再生プロセス開発	→	→	→	→	→	
③石油化学原料化プロセス開発	→	→	→	→	→	
④高効率エネルギー回収・利用システム開発	→	→	→	→	→	
評価時期			中間評価			終了時評価
実績額（億円）	5.9	9.8	12.6	8.8	5.5	42.2

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方と
  アウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み

※費用対効果

- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願
- 論文発表等

3．マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス

※予算及び受益者負担

- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

10

＜評価項目１＞意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※　本事業の位置づけ・意義

（１）アウトカム達成までの道筋

（２）知的財産・標準化戦略

報告内容

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

3．マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

ページ構成

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

11

事業の背景・目的・将来像

■社会的背景・事業の目的

プラスチックはその高い機能性から、社会生活の様々な場面で利用が急速に進んだ素材である。しかし、需要増大に伴い、原料調達、製造、加工及び廃棄処理の過程でのエネルギー消費、CO_2排出の増大が社会課題となっている。

特に近年は、上記課題の解決がSDGsに資するため、リサイクルの徹底・素材転換を求める機運が高まる中、対策を進めていく好機にある。

本事業ではこうした機運を捉え、回収された廃プラスチックの高度なリサイクルを促進する技術開発を通して、プラスチックの資源効率や資源価値を高める基盤構築を行います。

政策・施策における位置づけ

■ **循環経済ビジョン2020（2020年5月22日）より**

（引用）

Ⅴ.我が国としての対応の方向性

１．循環性の高いビジネスモデルへの転換

（１）国内循環システムの最適化とそのためのリサイクル先の質的・量的確保

「プラスチックについては、「プラスチック資源循環戦略」の下、再生利用を拡大していく方針であり、ケミカルリサイクル等の新たなリサイクル手法の検討が開始されている」

■ **プラスチック資源循環戦略（2019年5月31日）より**

（引用）

３．重点戦略

（１）プラスチック資源循環

②効果的・効率的で持続可能なリサイクル

「分別・選別されるプラスチック資源の品質・性状等に応じて、循環型社会形成推進基本法の原則を踏まえ、材料リサイクル、ケミカルリサイクル、そして熱回収を最適に組み合わせることで、資源有効利用率の最大化を図ります。」

技術戦略上の位置づけ

■ NEDO TSC Foresight Vol.35 資源循環分野の技術戦略策定に向けて（2019年11月）

国内の資源効率を向上させるには、処理コストを拡大させずに、廃プラスチックのリサイクルがより高効率に実現できる革新的な研究開発を行う必要がある。

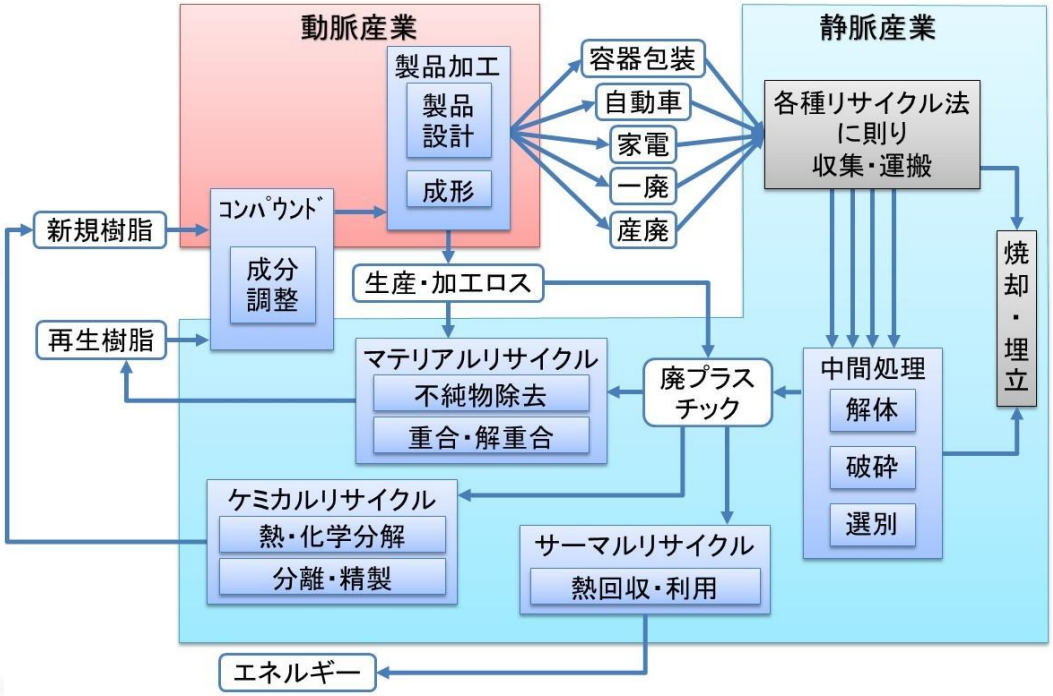


図　プラスチックリサイクルシステムと要素技術　出典：NEDO TSC Foresight Vol.35

外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

■ プラスチックリサイクルに関わる重要な４つの技術分野に対して先行技術情報を収集
政策動向に注視しつつ、各技術分野での先行技術での課題を整理し、各研究開発項目での開発内容へ反映を行い事業を推進

【政策動向】

- EU
「EUプラスチック戦略」で2030年までにプラスチック容器包装廃棄物リサイクル率を55%とする

- 米国
カリフォルニア州では2030年までに「プラスチック汚染防止および包装の生産者責任に関する法案」でプラスチックのリサイクル率40%を規定

- 日本
「プラスチック資源循環戦略」で2030年までにプラスチック容器包装の6割をリユース・リサイクルする

【技術動向】

	推進者	国	処理技術	URL
廃プラスチック選別技術	STEINERT社	ドイツ	廃プラ用コンベアソーター	https://steinertglobal.com/
	BHS社	アメリカ	廃プラ用AIロボットソータ	https://www.max-ai.com/
	キヤノン	日本	黒色プラ選別	https://global.canon/ja/news/2023/20230712.html
廃プラスチックマテリアルリサイクル技術	EREMA社	オーストリア	廃プラペレタイズ装置	https://www.erema.com/
	Plastic Machinery社	アメリカ	廃プラペレタイズ装置	https://www.plasticsmg.com/
	Aceretech社	中国	廃プラペレタイズ装置	https://www.aceretech.com/
	MAS Gmbh	ドイツ	押出機とろ過システム	https://mas-austria.recykling.biz/
廃プラスチックケミカルリサイクル技術	出光興産	日本	廃FCC触媒利用システム	https://www.idemitsu.com/jp/news/2021/210507_2.html
	Pryme	オランダ	熱分解	https://pryme-cleantech.com/uploads/downloads/Pryme-Investor-Presentation-30-January-2025.pdf
	東北大	日本	酸塩基処理システム	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.1994.070520919
	LyondellBasell	オランダ	触媒分解	https://www.lyondellbasell.com/en/our-solutions/circular-low-carbon-solutions/chemical-recycling/moretec/
	三菱ケミカル	日本	超臨界水プロセス	https://www.mcgc.com/kaiteki_solution_center/oursolution/17.html
廃プラスチック高効率エネルギー回収技術	三國機械工業	日本	伝熱管クリーニングシステム	http://www.mikunikikai.jp/products/sales.html
	三機工業	日本	熱輸送システム	https://www.sanki.co.jp/service/technology/article/detail085.html

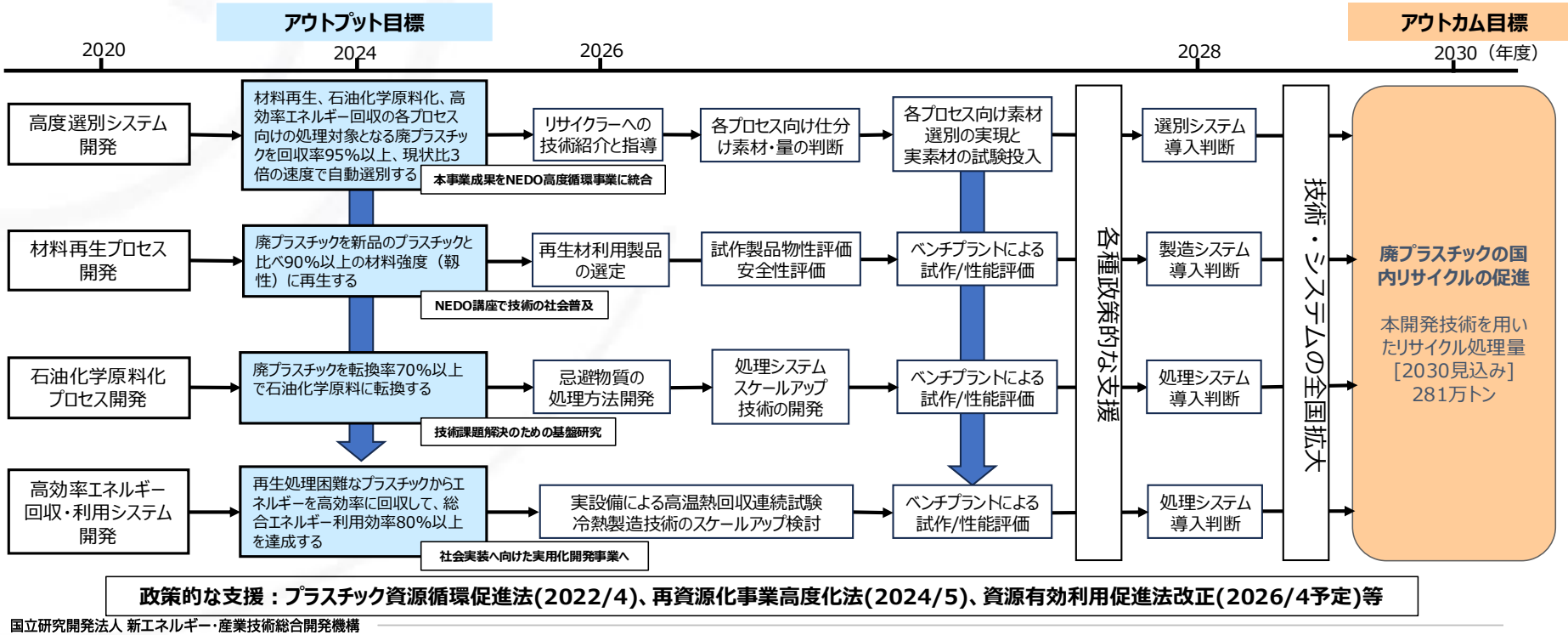
他事業との関係

■ プラスチックの資源循環に関する４つの先導研究で得られた成果を基に本事業を構築

	実施機関	プロジェクト名	期間	事業タイプ	事業内容
1	ERCA	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	2018 ~2022	基礎研究	実廃プラスチックからの温和な条件での高選択的有用化学品合成を可能にする新規固体触媒プロセスの構築
2	JST	革新的ハロゲン循環による材料の高資源化プロセスの開発	2017 ~2018	基盤研究	脱塩素技術として湿式化学分離技術を開発し 、プラスチック高度循環利用技術 ・プロセスを確立
3	科研費	環境インパクト低減に向けたハロゲン制御技術の体系化	2020 ~2025	基盤研究	プラスチックのリサイクルにおいて、脱ハロゲン技術開発を基軸として、ハロゲンを制御し循環・有効利用する技術を解明
4	内閣府	グリーンイノベーション基金事業／ CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発プロジェクト	2021 ~2030	実証研究	廃プラ、廃ゴムの精密熱分解によるブタジエン、BTXへの化学品変換及び、植物原料からブタジエン、イソプレンを合成する技術の開発
5	NEDO	プラスチックの高度資源循環を実現するマテリアルリサイクルプロセスの研究開発	2019 ~2020	先導研究	廃プラスチックに対する選別・分離の高精度・高速化技術、ペレタイズ時の高性能化再生プロセス技術、成形加工時の高特性化技術を開発
6	NEDO	プラスチックの化学原料化再生プロセス開発	2019 ~2020	先導研究	マテリアルリサイクルに適さない廃プラスチックを対象に 、基礎化学品に転換できる革新的なケミカルリサイクルプロセスを構築するために必要な要素技術を開発
7	NEDO	高効率エネルギー回収のための熱交換・熱利用技術	2019 ~2020	先導研究	社会システム全体のエネルギー利用効率の飛躍的な向上を図るために 、高温かつ腐食性の燃焼ガスに対応できる高効率・高耐久な熱交換材料の開発と低温排熱から冷熱の製造
8	NEDO	多層プラスチックフィルムの液相ハイブリッドリサイクル技術の開発	2020 ~2021	先導研究	異種多層フィルムに代表される複数種の素材を複合化したプラスチック成形品に対し、連続的にケミカルおよびマテリアルリサイクルできる液相ハイブリッド技術を開発

アウトカム達成までの道筋

プラスチック資源循環のエネルギー使用量を現行の処理技術よりも大幅に削減し、AIを用いたプラスチック高度選別、高度材料再生プロセス技術、高い資源化率を実現する基礎化学品化技術、高効率エネルギー循環システムの開発を行う。
これらの研究開発を通じて、プラスチック資源効率、資源価値を飛躍的に高めることで、中小企業の多い静脈産業がサプライチェーンに組み込まれ、「再生プラスチック資源を上手に使う」ことで社会ニーズに質・量の両面で応える。また、環境への取り組みが経済成長に結びつくプラスチック循環経済社会の実現を目指す。



政策的な支援：プラスチック資源循環促進法(2022/4)、再資源化事業高度化法(2024/5)、資源有効利用促進法改正(2026/4予定)等

アウトカム達成までの道筋（今後の展開）

■ 高効率エネルギー回収・利用技術

決定 2025年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」に係る実施体制の決定について

2025年5月23日

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、2025年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」の公募を実施し、応募いただいた47件の提案について厳正な審査を行い、別紙1のとおり21件（FS調査フェーズ2件、インキュベーション研究開発フェーズ6件、実用化開発フェーズ12件、実証開発フェーズ1件）の実施予定先を決定いたしました。

公募名：脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム
採択案件：熱交換器の革新的効率・耐食性向上技術の実用化開発
事業者：東北発電工業株式会社
三國機械工業株式会社
近藤設備設計株式会社

■ 石油化学原料化プロセス技術

決定 2025年度「NEDO先導研究プログラム／新技術先導研究プログラム及びフロンティア育成事業」に係る実施体制の決定について

2025年5月23日

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、2025年1月27日から2025年2月28日にかけて2025年度「NEDO先導研究プログラム／新技術先導研究プログラム［エネルギー・環境新技術先導研究プログラム］［新産業・革新技術創出に向けた先導研究プログラム］］（エネ環・新新）及び「NEDO先導研究プログラム／フロンティア育成事業」（フロンティア育成）の公募を実施し、NEDO内部に設置した学識経験者等からなる先導研究プログラム案件検討委員会及びフロンティア育成事業に係る採択審査委員会の厳正な検討を経て、エネ環・新新について、応募件数84件中20件の研究開発テーマの採択、フロンティア育成について、応募件数16件中11件の研究開発テーマの採択を決定いたしました。

公募名：NEDO先導研究プログラム
課題名：プラスチック資源の高度ケミカルリサイクル技術開発
採択案件：製油所装置による多種混合廃プラの大規模処理技術開発
事業者：一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター
【共同実施先】国立大学法人東北大学
公立大学法人大阪大阪公立大学
ENEOS株式会社

知的財産・標準化:オープン・クローズ戦略

■ オープン戦略：コンソーシアム等の活動を通じてデファクトスタンダード化を図りリサイクル市場を拡大
■ クローズ戦略：多数保有するバックグラウンド特許をベースに確実に権利範囲を拡大しシェアの確保

研究開発項目	注目する分野	知財創出のキーワード	バックグラウンド特許	知財委員会（開催回数）				
				2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
高度選別システム開発	・リサイクル	ソーティング 、センシング 、比重選別、ジグ、整粒	・圧力センサを利用した網下気室型湿式比重選別機用回収制御装置（特許第5088784号） ・小型エアテーブル（特許第5709166号）	0	2	2	4	2
材料再生プロセス開発	・リサイクルプラスチックの高度再生に関わる技術 ・プラスチックの高度成形技術	混練条件、樹脂溜まり、マルチゲート、マルチメッシュ、せん断履歴制御	・リサイクルポリオレフィンを含有する熱可塑性樹脂組成物の再生方法（特許第6333674号） ・樹脂組成物成形機および樹脂組成物の成形方法（特許第6608306号） ・熱可塑性樹脂組成物の成形機 、および製造方法（特許第6914541号）	1	2	11	11	9
石油化学原料化プロセス開発	・触媒開発 ・プロセス開発 ・容器包装開発	触媒の選択性 、溶媒の機能 、複合プラスチックの触媒分解 、充填材入りプラスチックの触媒分解、モノオレフィン化容器包装	・ＭＷＷ型ゼオライト及びその製造方法 、並びにクラッキング触媒（特開2018-222646） ・アルキル基を有さない多環芳香族とアルカンの製造方法（特開2015-168059）	0	1	0	3	3
高効率エネルギー回収・利用システム開発	・灰付着低減 ， 高温腐食低減技術 ・過冷却技術	灰付着低減 ， 表面改質 、乾燥吸着剤、氷スラリー流動性	・吸収式冷凍機（特開2018-179425） ・吸収式冷凍機用作動媒体及びこれを用いた吸収式冷凍機（特開2019-045079）	2	3	2	2	3

知的財産管理

■ 知的財産権の帰属及び取扱い方法について文書化して管理
■ 本事業で得られた知財については、関係各機関の知財部門と連携し、特許管理、知財管理を推進

- 知的財産権の帰属
  産業技術力強化法第17条第１項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属。
- 知財マネジメント基本方針（「NEDO知財方針」）に関する事項
  NEDO知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成。
- データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）に関する事項
  NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成。

＜評価項目２＞目標及び達成状況

（１）アウトカム目標及び達成見込み
（２）アウトプット目標及び達成状況

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方と
  アウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み

※費用対効果

- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願
- 論文発表等

3．マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

実用化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

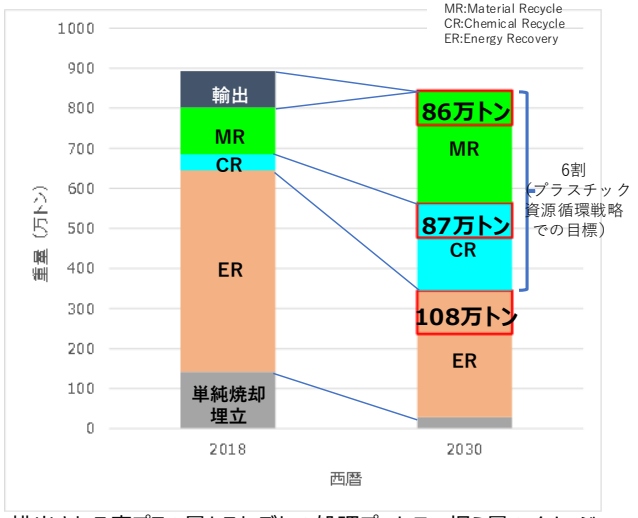
実用化は、『当該研究開発成果に基づく革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発の基盤技術が確立されること』をいう。

具体的には、本事業で開発された基盤技術が試験設備に組み込まれることとする。

【アウトカム目標】

マテリアルリサイクル	86万トン
ケミカルリサイクル	87万トン
高効率エネルギー回収・利用	108万トン
合計	281万トン

間接的な効果：人手不足の緩和とメンテナンス頻度の半減

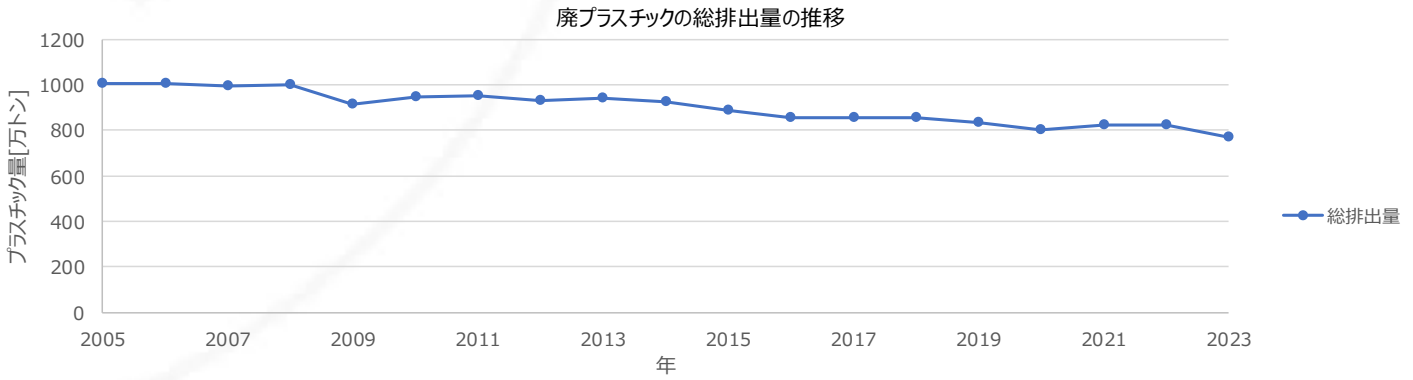


排出される廃プラの量とそれぞれの処理プロセスで担う量のイメージ

実用化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

廃プラスチック資源は毎年800~850万トン程度が排出されている状況、

- 汚れのほとんどない廃プラスチック211万トンのうちPE、PP、PSでの回収予測として86万トン、これをマテリアルリサイクルする
- 汚れが軽いもの 291万トンのうち処理できるものとしての回収率を30%と予測して87万トン、これをケミカルリサイクルする
- 汚れがひどいもの361万トンのうち処理できるものとしての回収率を30%と予測して108万トン、これをエネルギーリカバリーする



プラスチックリサイクルの基礎知識2025（プラスチック循環利用協会）より

アウトカム目標の達成見込み

技術要件	達成見込み	課題
高度選別システム開発	フィールドピックアップ型AIソータと高度比重選別装置のベンチ機完成により、技術基盤を構築した。識別用データ拡充やスケールアップに関する検証を、現在実施中のNEDOプロ「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」に引き継ぐことで、3年程度で製品化する見通し	技術成果のユーザとのマッチングを行う事で選別システムの導入数を増やす各種取組み、支援する組織の構築が必要である。これに対し事業者のサイト内に選別システムのデモ設備を設置し技術普及に取り組んでいる
材料再生プロセス開発	国内外も含めた企業との共同研究を行い、本技術の実用化を支援している。またNEDO特別講座を開催し、企業だけでなくアカデミアに対しても、当該プロジェクトで培った知見・技術・解析手法を伝え、発展させる活動を行っている	材料再生プロセスに適した廃プラスチックの量的な確保と、それを用いた再生利用プラスチック製品の選定を行い、企業実施者と共に実製品の製造プロセスの検証が必要である。継続的に廃プラスチックを扱うリサイクル企業と製品製造企業のマッチングを進めて行く
石油化学原料化プロセス開発	触媒分解：固体夾雑物の除去システムを備えた、溶媒利用触媒分解を行うプロセスフローを構築し、各単位操作の実現可能性を検証した。本事業で得られた課題に対する廃プラスチック分解触媒の開発については、プラスチックリサイクルのニーズをもつ企業と大学での個別共同研究の実施に移行する 液相分解：参画企業内での不良品再生に関する取り組みから始め、2030年度までに20万トン/年の処理に関する装置設計に基づく経済性および環境適合性を評価するとともに、バリューチェーンを構築する	触媒分解：触媒活性に対する異種プラスチック混入を可能とするレベルの検証、触媒毒物質の明確化と対策に関する基礎研究を行う必要がある 液相分解：装置設計に資するデータの獲得をさらに進めるとともに、当該技術を内外に周知し潜在的顧客を見出すことでバリューチェーンの構築を進める
高効率エネルギー回収・利用システム開発	高効率伝熱管材料の高耐久化と焼却炉への実装方法の検討により基盤技術を完成した。当該技術を実機へ適用する見通しである。また冷熱製造統合システムの基盤技術を完成した。今後総合的なエネルギー利用システムに本技術の搭載を行える見通しである	高効率伝熱管材料の検討では、実プラントでの各種評価が別事業で始まり、社会実装に向けて着実に進んでいる。冷熱製造統合システムの検討では吸収型冷凍機の更なる性能向上は必要であるが、企業、自治体からの関心が高く低温排熱を得られる場所の選定は順調に進んでいる

アウトカム目標の達成見込み（達成時の姿）

2030年までに各プロセスのスケールアップを推進

【材料再生プロセス開発】アウトカム目標86万トン/年

日本のプラスチックリサイクラー179拠点に現在開発を進めている処理能力3t/hの装置を設置し、一日8時間、月20日、12か月の稼働で、

3t/h x 8h x 20day x 12month x 179台
＝　103万トン/year

【石油化学原料化プロセス開発】アウトカム目標87万トン/年

日本各地の拠点に現在開発を進めている処理能力　333 トン／日の装置を設置し、一年間に300日稼働で、

333t/day　×　300day　×　９基
＝　90万トン/year
（内訳：３P　8基計80万トン、複合フィルム　１基10万トン）

【高効率エネルギー回収・利用システム開発】アウトカム目標108万トン/年

日本の焼却処理施設のうち、まず24拠点に現在開発を進めている処理能力150t/dayの装置を設置し、年間300日の稼働で、

150t/day x 300day x 24拠点
＝ 108万トン/year

費用対効果

【アウトカム目標より】
本事業成果により、2030年までにこれまで国内で再資源化されていなかった廃プラスチックのうち右の量を処理

マテリアルリサイクル	86万トン/年
ケミカルリサイクル	87万トン/年
高効率エネルギー回収	108万トン/年

【投資コストと効果】
プロジェクト費用の総額
42億円
(2020-2024年度)

＜

経済効果(2030年)
資源循環とエネルギー利用として　1,810億円/年

●経済効果
1,810億円/年

●CO_2削減効果
739万トン-CO_2/年削減

	リサイクル量(万トン)	原料単価(円/kg)	2030年時点
マテリアルリサイクル	86	120	1030億円
ケミカルリサイクル	87	62.1	540億円
エネルギー回収	108	22.2	240億円
合計	281		**1810億円**

	リサイクル量(万トン)	CO_2係数	CO_2削減量
マテリアルリサイクル	86	2.45	211万トン-CO2
ケミカルリサイクル	87	2.8	244万トン-CO2
エネルギー回収	108	2.63	284万トン-CO2
合計	281		**739万トン-CO2**

非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

	理由
①非連続的な価値の創造	これまで、廃プラスチック処理は、コスト/技術の観点から、殆どがエネルギー回収として処理されてきたが、物性（靭性）を維持可能な再生技術による再生プラスチックの価値向上や、基礎化学品化再生技術によるオレフィン、BTX等への再資源化（新たな価値）を図ることで、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルを拡大させることが出来るとともに、CO2/エネルギーの削減が可能となる。また、廃プラスチックの選別から各リサイクルシステムまで、一貫した資源循環プロセスを実現することは、他国に先駆けた資源循環社会の実現に貢献するものである。
②技術の不確実性	廃プラスチックの処理には、材質、製品の汚染度など、様々な要因が要するために、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルを回収プラスチックの品質に応じてバランスよく実施することで、処理量、経済性、環境性（CO2削減効果）を最大化する必要がある。そのためには、本研究開発に於ける「高度選別技術」、「材料再生技術」、「基礎化学品化再生技術」、「高効率エネルギー回収・利用技術」の４つのコア技術開発の連携が必須であり、不確実性が非常に高い。

非連続ナショナルプロジェクトの考え方

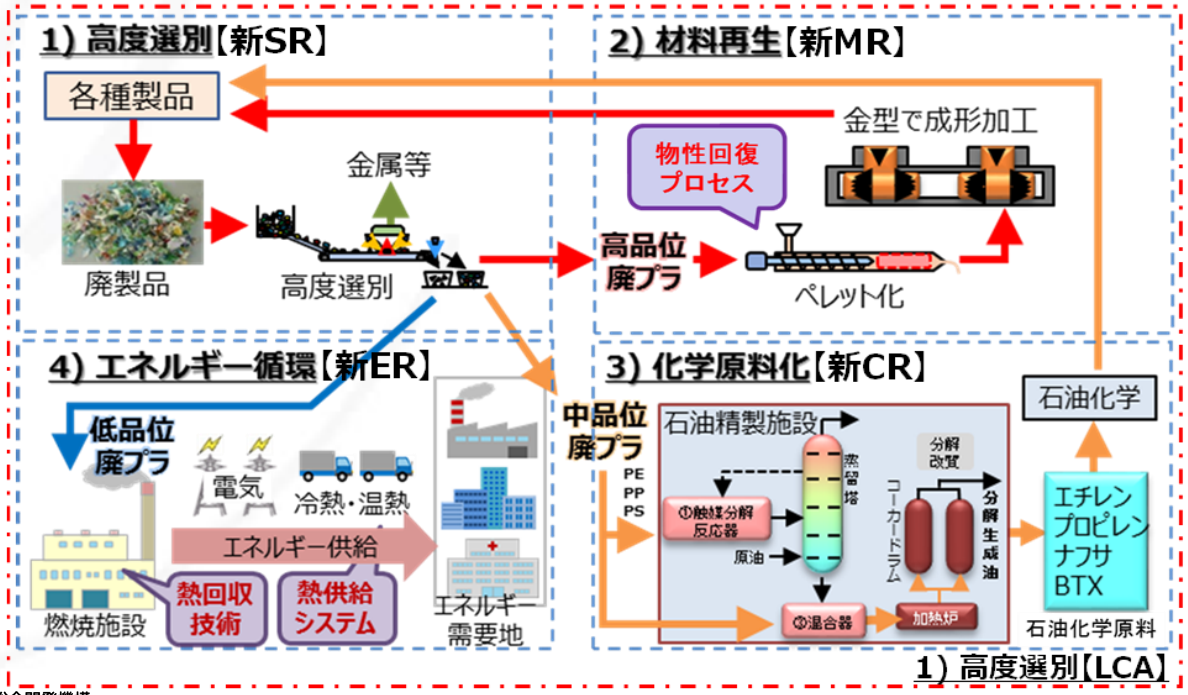
	内容
非連続的な価値の創造	画期的で飛躍的な変化を伴う価値が創造され、提供されることにより、生活、環境、社会、働き方などを変える
技術の不確実性	難易度が高い技術的課題や、新領域へのチャレンジなどにより、目標とする特性値や技術は従来の延長上にはなく、リスクが特に高い

前身事業との関連性

事業タイプ	プロジェクト名	取組の成果とその評価	課題
先導研究	プラスチックの高度資源循環を実現するマテリアルリサイクルプロセスの研究開発（2019-2020）	評価：極めて優れている 高度選別技術、高度物性再生技術について、一定の進展が示され、特に、各種のプラスチックについて物性劣化の発現メカニズムの要因について、科学的に裏付けられた技術であることが示されている。また、それらの結果に基づいて開発を進めている独創性・革新性を有するプロセス技術は大きな波及効果が期待できる。 プラスチックの高度選別技術 、物性再生技術、システム研究および標準化の各研究項目において 、今後の課題や具体的に必要な技術開発要素が明確に提示されており、今後の開発スケジュールや実施体制の提案も適切であり 、ナショナルプロジェクト化に向けて有効な成果になっている。	PP成分選別容器リサイクルで見出された物性回復の理論が 、他の樹脂材料でも適用可能かの検討
先導研究	プラスチックの化学原料化再生プロセス開発（2019-2020）	評価：優れている 廃プラスチックと原油蒸留残渣油混合物の共熱分解 、その前処理技術の開発を堅実に進め、コーカー投入による処理フローについて可能性を広げたものと考える。また、共熱分解による環境負荷削減効果を算定するとともに、ケミカルリサイクル向け廃プラスチックの調達可能性を示したことも意義があると考える。 廃プラスチックの原油蒸留残渣油との共熱分解技術や 、廃プラスチックからの基礎化学品製造触媒分解プロセス技術の開発の各研究項目において、課題や必要な技術開発要素の提示 、今後の開発スケジュールや実施体制の検討もなされており 、ナショナルプロジェクト化に向けて有効な成果になっている。	廃プラの適用範囲を明確にした上で 、プラスチックの化学原料化の収率を、石油精製のアセットを活用しつつ向上させる方策の検討
先導研究	高効率エネルギー回収のための熱交換・熱利用技術（2019-2020）	評価：妥当である 灰付着抑制可能な金属系熱交換器候補材料開発、溶融塩に対する耐食性に優れたセラミック系材料開発、灰付着抑制と耐食性を高める溶射技術等、高温ダーティガス用熱交換器開発に資する成果を得ている 。灰付着による伝熱効率低下を抑制するために 、溶融塩の濡れ性に着目した発想と熱力学的に解決する方法には期待感がある。 一方で、熱駆動型吸収式冷凍機が低効率であるほど廃熱利用量が増加するため 、熱回収量と機器・システムの高効率化に関する研究開発を行い、経済性を踏まえた適切なモデル検討を行っていただきたい。	灰付着防止技術での長期性能 ・信頼性に関した材料評価の検討
先導研究	多層プラスチックフィルムの液相ハイブリッドリサイクル技術の開発（2020-2021）	評価：優れている 多層プラスチックフィルムは、現在有効なリサイクル技術が確立されておらず 、本研究開発では、有機溶剤を使用せず水熱処理でハイブリッドリサイクル（加水分解性樹脂はケミカルリサイクル＋非加水分解性樹脂はマテリアルリサイクル ）を連続で行う技術と装置を開発した。回収モノマーの回収率が目標未達ではあるが、ハイブリッドリサイクルできる可能性を見い出した。連続処理装置については、小型装置を試作しモデルテストにて目標の回収量を達成した。後継プロジェクト「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発・石油化学原料化プロセス/複合プラスチックからのモノマー回収液相プロセスの開発」に採択されており、この先導研究でやりきれなかった課題の達成や、社会実装に向けての様々な実験（異物混入による影響確認、実フィルムでのリサイクルテスト、連続処理装置の改良や大型化、回収されたモノマーやポリマーの品質評価など）により、課題設定し、着実に成果を出されることを期待する。	複数のリサイクルフィルム材料が混合処理される際の反応機構の検討

本事業における研究開発項目の位置づけ

本事業は廃プラスチックの選別から各リサイクルシステムまで 、一貫した資源循環プロセスを実現することを目的としており 、下記図のように1)高度選別として高度選別システム開発 、2)材料再生として物理再生プロセス開発 、3)化学原料化として石油化学原料化プロセス開発 、4)エネルギー循環として高効率エネルギー回収・利用システム開発を、また本事業全体のLCAを検討するために高度選別システム開発のサブテーマとしてLCAを位置付けている。



アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

研究開発項目	最終目標（2024年度）	根拠
高度選別システム開発	材料再生、石油化学原料化、高効率エネルギー回収・利用の各プロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率95%以上、現状比3倍の速度で自動選別する	95%以上を達成すれば1段の処理で多種類プラスチックを同時に低コストで処理する事が可能になる。対象とする大量のプラスチックを処理するには、選別プロセス全体で従来比の3倍程度以上の選別速度が必要となる見込み
材料再生プロセス開発	廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ90%以上の材料強度（靭性）に再生する	リサイクルしたプラスチック素材を製品製造に利用するためには、バージンのプラスチック材料が有する靭性の90%以上の材料強度で再生することが必要
石油化学原料化プロセス開発	廃プラスチックを転換率70%以上で石油化学原料に転換する	廃プラスチックの転換率を30%以上に向上することにより、採算性が向上する化学プロセスを構築することが可能になる。さらに転換後の残渣油を石油化学工業の分解促進プロセスにレトロフィットすることでトータル 70%以上となる見込み
高効率エネルギー回収・利用システム開発	再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して　、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する	現在、単純埋立・焼却されているプラスチック及びマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル困難な廃プラスチック等を対象に　、熱エネルギーを80%以上の変換効率で回収・利用可能にすることにより、欧州並みの総合熱利用効率を達成する

アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	最終目標（2024年度）	成果		達成度	達成の根拠	課題と解決方針案
高度選別システム開発	材料再生、石油化学原料化、高効率エネルギー回収・利用の各プロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率 95％以上 、現状比 3倍の速度で自動選別する	SR	・FP型AIソータ開発について、現状比 3倍の速度での自動選別を達成。 ・製品別廃プラの比重選別について、新SRが想定する新MR・CR・ERの目標品質を回収率95%以上で達成	○	・FP型AIソータ開発について、モデル混合プラ 8m3コンテナ 1台分（45L袋100個相当 ）の5分以内での自動選別を達成した。 ・実廃棄物を用いた製品別廃プラの比重選別について 、新SRが想定する新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で達成した	FP型AIソータ開発について、プラント導入に向けて黒色プラの識別精度向上とAI識別用データの拡充が必要である。製品別廃プラの比重選別について、操業規模に応じたスケールアップのため水槽規模に適合したジグ自動制御機能の検証が必要である。いずれも現在実施中のNEDOプロ「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」に引き継いで検証中
		LCA	・本事業にて開発したプロセス評価モデルにより、新技術のライフサイクルCO2排出量を評価し、それが既存の技術よりCO2排出削減効果が大きくなる条件について見出した。さらに、炭素資源循環度の指標を開発し、新CR技術を既存技術と比較評価した ・廃プラフローの推計結果をもとにした技術選択モデルと動的フロー分析モデルにより、2030年、2035年のプラの地域別、部門別、種類別（性状考慮）フロー、新技術導入の可能性及び技術選択の望ましい組み合わせを示した	○	・プロセス評価モデル、リサイクル技術選択モデル 、動的フロー分析モデルを開発し、ベストミックスシナリオの導出とその実現のための空間シナリオを提示した	炭素資源循環度の指標としての今後の展開については、成果を学会等において発表することで 、この分野の研究・政策に影響を与えることができると考える
材料再生プロセス開発	廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ90%以上の材料強度（靭性）に再生する	多種多様な廃プラだけでなく、バージン品においても物性向上が可能な新規ペレタイズプロセスを開発した 。さらに、成形品部位間の物性ばらつきがなく、リサイクル性にも優れた射出成形プロセスも開発した		○	・実証試験機での検証を通じ 、スケールアップが可能であることも実証 ・マルチ電動制御バルブゲート金型による射出成形法の開発	・普及のためには単軸でのプロセス開発研究が必要 ・CAEによる流動解析殿定量的連携

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	最終目標（2024年度）	成果		達成度	達成の根拠	課題と解決方針案
石油化学原料化プロセス開発	廃プラスチックを転換率 70％以上で石油化学原料に転換する	触媒分解	連続触媒分解プロセスの概念設計を完了 。石灰等が強い触媒毒となることがわかったため、石油化学原料への転換率70%を達成可能な廃プラの種類には制約が生じることがわかった。	△	石灰などの触媒毒含有量が少ない廃プラの分解については 、触媒分解による石油化学成分に加え 、残渣成分の重質成分を接触流動触媒で分解することで収率 70％の可能性を示した	基礎研究に立ち戻って触媒毒物質の特定や可能な対策技術を策定して、触媒分解の対象となる廃プラの拡大を図る。スケールアップ時の昇温速度低下が触媒効率低下に影響する課題も表出 。急速昇温可能な連続式試験装置で検証
		液相分解	モノマーおよびポリオレフィンの回収率の目標値 （7割以上）を達成する条件を明確化し 。TPA純度を99%とする処理方法を提案し、連続処理を実証した	○	連続処理を実証し、装置設計指針を示した	10万トン/年の装置設計が課題であり、重質油処理装置を参考にすることで解決する
高効率エネルギー回収・利用システム開発	再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率80％以上を達成する	灰付着および化学腐食をそれぞれ低減できたとともに 、熱駆動吸収式冷凍機により安定した氷スラリーも製造できた 。また、総合熱利用システムによって総合エネルギー利用効率が80%を上回ることを明らかにした		○	灰付着量および化学腐食量をそれぞれ50％削減、4kW級熱リサイクルパッケージ製氷システムにより−5℃の冷熱と氷充填率 50％の氷スラリーに製造可能	施工法と皮膜構成の最適化を知財化し社会実装 。冷熱製造・製氷システムのスケールアップによる実証試験の導入先の候補地の多様化と冷熱需要の拡大

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

アウトプット目標の達成状況（技術委員会意見）

研究開発項目	事業終了時にまでに見出された課題	
高度選別システム開発	SR	• 市場での流通量の多いポリエチレンやポリプロピレンの選別によりプラスチックのリサイクルは飛躍的に進むと考えられ、今後これらポリマーの選別対応が望まれる
	LCA	• 新たな評価指標としてCO2排出量と炭素資源循環度を示したことは成果として重要であるが、カーボンニュートラルの観点で継続した指標の検討が望まれる
材料再生プロセス開発	• 物理再生はマテリアルリサイクルの手法となることは証明された。一方、何にでも使える手法では無い事も明らかになり、物理再生出来ない化学劣化したプラスチック等に対して添加剤等の開発も望まれる • 企業と共に本技術の適用可能性の高い廃製品に絞りクローズドリサイクルを行う事等、本成果の実用化の事例が望まれる	
石油化学原料化プロセス開発	触媒分解	• ゼオライト触媒失活に繋がった添加物等の触媒毒が何であるかを明らかにする基礎研究の取組みが必要である • 触媒再生のための大量の触媒焼成プロセスを実現する手法の検討が必要である • 石油化学工業プロセスでの接触流動式分解装置 (FCC)を想定した評価はレトロフィットの手法の一つと考えられるが 、何等かの既存の統合的なシステムを想定し、その中で触媒利用の有効性を示すことが望まれる • 今後の知見として、本取り組みの成果と課題を記録に残すことが必要である
	液相分解	• 本装置（高圧反応槽）の実用化に当たり、プロセスや経済性の課題の整理が必要である • リサイクルされたポリオレフィンの高付加価値化が重要であり、様々な分子量の混合物から特定の分子量領域のポリオレフィンを製造する技術や片端末に二重結合をもつポリオレフィンを製造する技術への適用が望まれる • 装置の実用化検討にあたっては、生成物であるテレフタル酸や安息香酸の吸着、蓄積による設備腐食の検討も必要である
高効率エネルギー回収・利用システム開発	• 伝熱管表面へのセラミックス処理による焼却灰の付着防止の効果はあまり大きくなく今後見直しが望まれる • 伝熱管への付着防止技術の開発が検討の中心になっているが 、装置の稼働時間を向上させるには焼却設備トータルでの課題の抽出が必要である • 低温熱利用技術は広範な需要開拓、用途開拓のさらなる検討が望まれる	

研究開発成果の副次的成果等

【社会的効果】
- プラスチックリサイクル技術に関する社会的な要請は大きく、企業イメージアップ戦略として企業のリサイクル技術の導入が期待できる。
- 従来の廃プラスチックのダウンリサイクルからアップリサイクルへの合理的な転換を図り、カーボンニュートラル及び脱炭素社会への貢献に繋げていく。

【技術的効果】
- 高度選別技術の成果は、従来の廃プラスチックの人手による選別ラインの直接作業者を従来の1/3以下に低減可能。
- 材料再生プロセス技術の成果は、廃プラスチックだけでなく、バージンプラスチック材の物性改善にも寄与。
- 石油化学原料化技術の成果は、石油精製設備の高度利用に対する世界的要請の実現にも寄与。開発した触媒は、プラスチックリサイクルのニーズをもつ企業に展開するとともに、プラスチックリサイクル以外の触媒プロセスにも寄与
- 高効率エネルギー利用の成果は、一般廃棄物焼却炉、セメント産業、製鉄業等に広く適用可能。また、焼却炉の設備メンテナンスの頻度を現状の1/2に削減可能
- リサイクルプロセスが確立されることで、より簡便にリサイクルできる製品設計に関する指針も確立する

【人材育成】
- プラスチック資源循環の観点で、ライフサイクル全体を見渡せるプラスチック製品設計ができるエンジニア、アカデミア人材の輩出
- 企業において、ノウハウに留まらない成形加工プロセスの専門人材育成への関心度の向上

特許出願

研究開発項目	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	計
高度選別システム開発	0	2	1	1	2	6
材料再生プロセス開発	1	3	1	0	0	5
石油化学原料化プロセス開発	0	1	0	1	5	7
高効率エネルギー回収・利用システム開発	0	0	0	0	2	2
合計	1	6	2	2	9	20

論文発表等

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	合計
論文（国際誌）	9	7	10	14	15	55
論文（国内誌）	3	2	4	4	3	16
国際学会発表	2	25	29	36	28	120
国内学会発表	19	44	50	82	54	249
講演・講座	19	45	75	46	66	251
新聞・雑誌等への掲載	0	11	11	14	13	49
著書	5	15	4	7	5	36

＜評価項目３＞マネジメント

（１）実施体制

※　受益者負担の考え方

（２）研究開発計画

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

3．マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス

※予算及び受益者負担

- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

NEDOが実施する意義

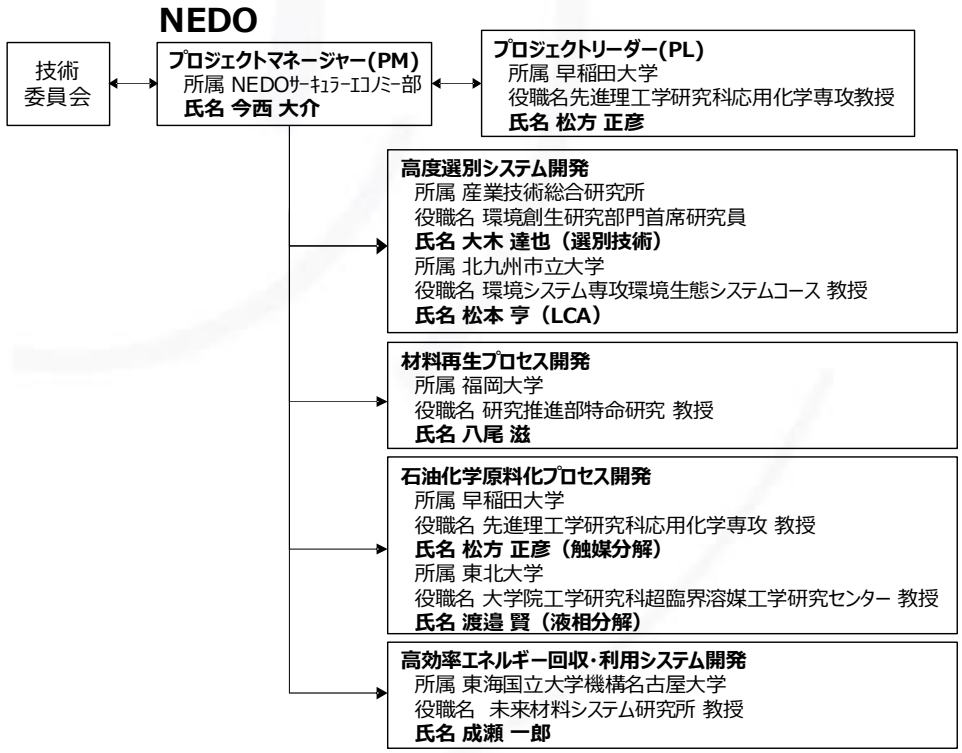
■プラスチックの資源循環の解決は国の方針に沿った重要課題であり、本事業によるプラスチックの資源循環並びにCO_2排出量の削減は社会的必要性が高い。

■NEDOではこれまでに培ってきた各種素材のリサイクル技術の開発で得た知見や成果、ネットワークを活用し中長期的な技術開発を行うことが可能。

■研究開発の難易度が高く、必要な投資規模が大きく、また実用化までのリードタイムが長いことから、民間企業だけではリスクが高い。

NEDOが持つこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

実施体制



委託先：産業技術総合研究所、大栄環境、富士車輌
再委託先：北海道大学、奈良先端科学技術大学院大学、芝浦工業大学、近畿大学、大阪大学

委託先：北九州市立大学
再委託先：国立環境研究所、東京大学

委託先：福岡大学、産業技術総合研究所、プラスチック工学研究所、いその、富山環境整備、花王、TOPPAN、三菱電機、DIC、旭化成、三光合成
再委託先：東京科学大学、神戸大学、山口大学、滋賀県立大学、九州工業大学、横浜国立大学、ライオン、メビウスパッケージ、エスバンス

委託先：早稲田大学、石油エネルギー技術センター、コスモ石油、大日本印刷
再委託先：鳥取大学

委託先：東北大学、産業技術総合研究所、東ソー、TOPPAN、東西化学、恵和興業
再委託先：東洋インキ

委託先：東海国立大学機構、産業技術総合研究所、東北発電工業、八戸工業大学、東京電機大学、中央大学、高砂熱学工業
再委託先：学校法人青山学院

個別事業の採択プロセス

【公募】

公募予告：2020年2月27日⇒公募：2020年3月30日⇒公募〆切：2020年6月26日

【採択】

採択案件：革新的プラスチックの資源循環プロセス技術開発

採択審査委員会：2020年7月8日

採択審査項目：NEDOの標準的採択審査項目

採択条件：無し

【採択審査委員】

区分	氏名	所属	役職（当時）
委員長	橋本　征二	立命館大学理工学部環境都市工学科	教授
委員	大矢　仁史	北九州市立大学ｴﾈﾙｷﾞｰ循環化学科/環境ｼｽﾃﾑ専攻環境資源ｼｽﾃﾑｺｰｽ	教授
委員	喜多川　和典	公益財団法人日本生産性本部	エコ・マネジメントセンター長
委員	多賀谷　英幸	国立大学法人山形大学工学研究科	教授
委員	長谷川　裕夫	地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター研究開発本部	理事・研究開発本部長
委員	福島　康裕	国立大学法人東北大学工学研究科	教授
委員	福嶋　容子	シャープ株式会社ｽﾏｰﾄｱﾌﾟﾗｲｱﾝｽｿﾘｭｰｼｮﾝ事業本部要素技術開発部	課長

個別事業の採択プロセス

【公募】
公募予告：2021年6月30日⇒公募：2021年8月20日⇒公募〆切：2021年9月30日
【採択】
採択案件：石油化学原料化プロセス開発（液相分解）
採択審査委員会：2021年10月21日
採択審査項目：NEDOの標準的採択審査項目
採択条件：無し

【採択審査委員】

区分	氏名	所属	役職（当時）
委員長	喜多川　和典	公益財団法人　日本生産性本部	エコ・マネジメントセンター長
委員	多賀谷　英幸	国立大学法人　山形大学　工学研究科	教授
委員	橋本　智佳子	千代田化工建設株式会社フロンティアビジネス本部研究開発センター	シニア・リサーチャー
委員	藤田　照典	三井化学株式会社、中部大学	シニアアドバイザー/特任教授

予算及び受益者負担

2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	合計
5.92	9.83	12.35	8.83	5.51	42.44

実績額（単位：億円）

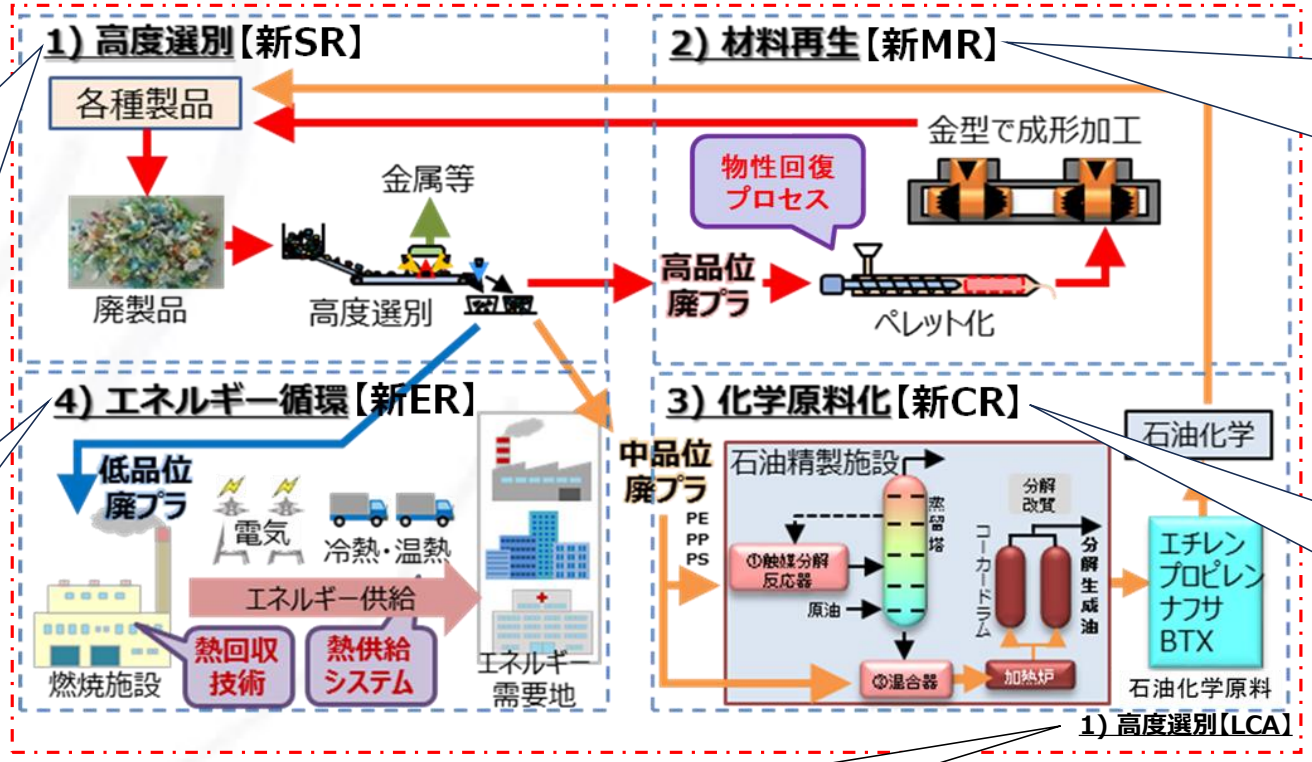
受益者負担：委託事業

廃プラスチックの処理には、材質、製品の汚染度など、様々な要因が要するために、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルを回収プラスチックの品質に応じてバランスよく実施することで、処理量、経済性、環境性（CO2削減効果）を最大化する必要がある。そのためには、本研究開発に於ける「高度選別技術」、「材料再生技術」、「基礎化学品化再生技術」、「高効率エネルギー回収・利用技術」の４つのコア技術開発の連携が必須であり不確実性が非常に高い。このため委託事業として進めたもの。

目標達成に必要な要素技術

- FP型AIソータの開発は、雑品プラDBの構築 / 複合センシングデータ 利用深層学習AIの構築 / マテリアルハンドリング技術の開発
- 高度比重選別システムは、サイズ･形状指標の解明と事前整粒装置の開発 / 多槽比重選別システムの開発

- 実装するための表面改質技術
- スケールアップ技術と基本設計技術

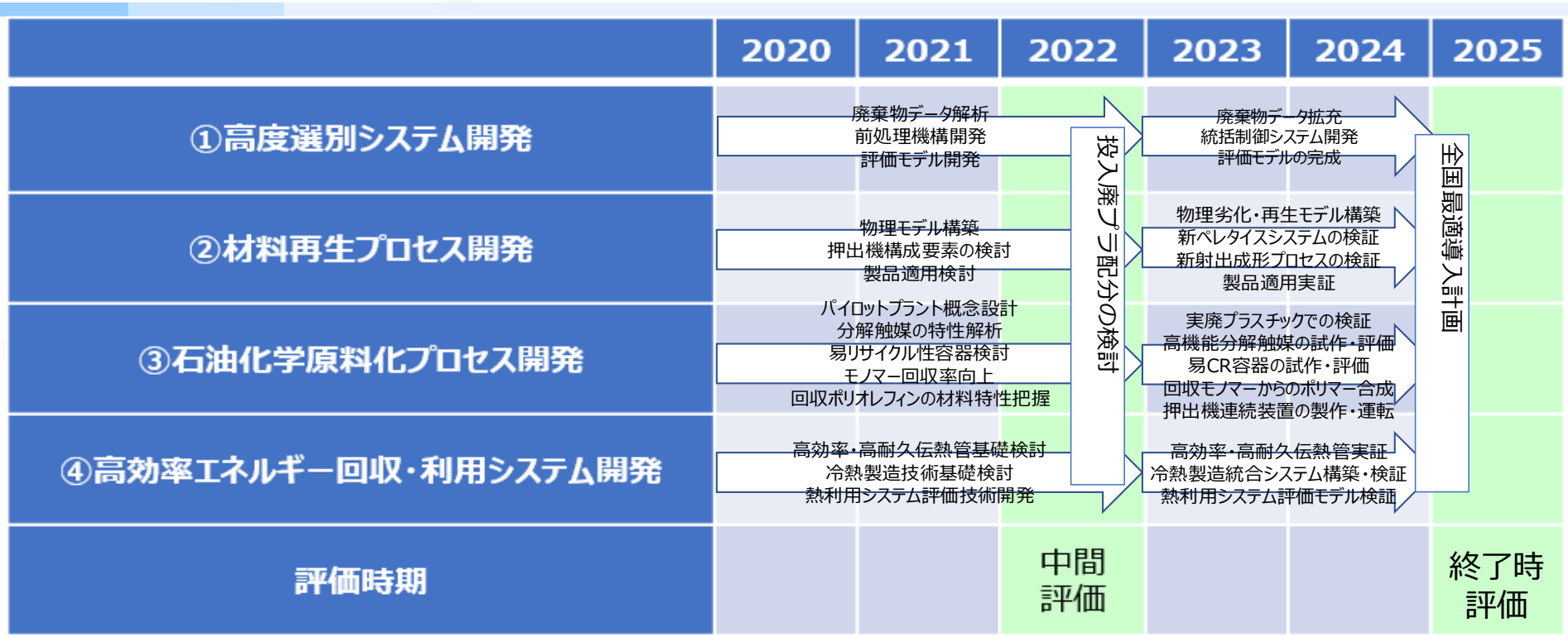


- 結晶のメモリーならびにせん断履歴を緩和し、絡み合いを復元できる再ペレタイズプロセス
- 成形中のせん断応力制御が可能な成形プロセス

- 廃プラスチックの分解に適した触媒開発
- 複合プラスチックのケミカルリサイクルに向けた液相分解プロセス

・プロセス評価のためのシミュレーション技術　・制約条件下における最適解導出技術

研究開発のスケジュール



廃プラスチックの処理は、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルを回収プラスチックの品質に応じてバランスよく実施することが非常に重要で、投入廃プラ配分の検討を通じて、他テーマとの処理区分の境界を検討。また高度選別システム開発参画企業が扱う廃プラの他テーマへの提供を通じて、各種課題の洗い出しを実施

進捗管理

■ NEDOの主催する委員会、実施者が率先して開催する委員会等の開催で定期的に進捗確認管理を実施

会議名	開催頻度	主催者
技術委員会	毎年１回以上開催	NEDOサーキュラーエコノミー部
採択審査委員会	新規研究開発テーマ公募時	NEDOサーキュラーエコノミー部
研究開発連携会議	毎年2 回程度開催	実施者
PL・TL・STL 会議	毎年4 回程度開催	実施者
進捗報告会議	1～3か月毎を目途に開催	実施者

進捗管理

【研究開発マネジメント事例】

●技術委員会

石油化学原料化テーマで、委員より新プロセスの可能性についての言及があり、NEDOのプロジェクトマネージメント内容として検討

⇒ 石油化学原料化の研究開発項目でプロセスの選択肢の多様化を図るため、革新的なケミカルリサイクル技術開発テーマを公募し廃プラスチックの新規分解技術研究テーマ（液相分解）を採択

●技術委員会

技術の最新動向調査による比較により、ケミカルリサイクル（触媒分解）研究開発の取組に対して方向性の確認を行う必要が出てきた

⇒ ケミカルリサイクル（触媒分解）研究開発に対して、技術の専門家を新たに委員委嘱し通常の技術委員会とは別に専門家委員会を開催する事により、実施計画書の見直し、残存課題の精査を行った

【以下技術委員会委員意見】

2023/12/27開催

- 熱分解技術と比較する場合は、欧米の建設中・運転中プラントとの比較が必要
- 実廃プラを用いるゼオライト触媒分解を複数回行い、実廃プラ転化率／生成物選択率を示すこと
- 開発触媒ができていない中で、実施者の実施内容を見直す必要がある

2024/4/2開催

- 競合技術、先行研究を十分整理し、触媒を用いるプロセスの新規性のポイントを明確にすること
- 好ましくない結果こそ、早く正確に伝えること

2024/10/17開催

- ブランク実験において多くの熱分解が起こっていること。すなわち、触媒の影響は小さいこと。また、触媒劣化が起こっていること。一方実験条件を適切に管理できていない可能性がある
- ゼオライト触媒を用いる廃プラ分解の結論を出させなければならない

【事業終了時での残存課題】（P.26記載内容）

- ゼオライト触媒失活に繋がった添加物等の触媒毒が何であるかを明らかにする基礎研究の取組みが必要である
- 触媒再生のための大量の触媒焼成プロセスを実現する手法の検討が必要である
- 石油化学工業プロセスでの接触流動式分解装置(FCC)を想定した評価はレトロフィットの手法の一つと考えられるが、何等かの既存の統合的なシステムを想定し、その中で触媒利用の有効性を示すことが望まれる
- 今後の知見として、本取り組みの成果と課題を記録に残すことが必要である

進捗管理：中間評価結果への対応

	問題点・改善点・今後への提言	対応	事業終了時点での結果
1	今後は、多岐に亘る技術開発プロジェクトであるため、排出される国内の廃プラスチックの種類や量などの動向も踏まえながら、個別の研究開発項目と事業全体の整合性の向上について、更なる工夫を期待したい。	各研究開発項目が対象とする廃プラスチックの種類や量、また開発された技術によりリサイクルが可能と見込まれる量については、事業の中で関係性や整合性が検討されるよう、既にPL等を中心に議論を行っているところ。中間評価以降も技術開発で得た知見を基に、実施者による各処理技術へ投入されるべき廃プラスチックの種類、量の整合性の議論を進める。	高度選別システム開発事業者の調査により、大栄環境の雑品プラ・製品別プラ処理量と全国の廃プラ総排出量に関する実績と将来の見通しを調査した。新MR,新CR,新ERの実運用時の受け入れ条件の明示により採算性評価、事業化検討が可能になった。 材料再生プロセス開発により、モノマテリアル系ではバージン比90%までの高度物性再生を達成することができた。またバージン品でも物性向上できることを見出した。一方で複合材料では新たな発想による再生プロセスの構築が必要である。 高効率エネルギー回収・利用システムでの開発材料により灰付着および化学腐食の両者を低減可能となった。それにより未利用排熱による冷熱製造とそれによる氷スラリ製造の実現可能性が向上した。
2	今後、実用化・事業化に向けて、廃プラスチックを効率的に回収する方法や量、種類、品質等の理解を深めること、再生プラスチック材の需要分野や出口産業について戦略的に検討し、付加価値の付け方を意識しながら市場にPRを図ること、及び開発が先行しているテーマについては、実施者による事業化の加速を図ることを期待したい。	本事業の研究開発項目（高度選別）の中で様々な廃棄場所からの廃プラスチックの回収を進めている。継続的な情報収集を通じ、実用化・事業化時の回収方法の検討を深める。また、大学等からの再生プラスチック材を複数のユーザー企業へ提供することなどを通じ、ユーザー企業による再生プラスチック材利用の具体例を積み上げるなど、将来の技術利用を意識した取り組みを深める。	材料再生プロセス開発でのラボレベルの押出機による再生試験では、参画企業で良好な結果を得ることができた。また高性能実証試験機で高度再生を行ったリサイクルプラスチックにおいても参画企業だけでなく外部企業でも実用に供する性能を示すことが実証された。良好な結果を受けて、本格的な事業化検討を継続している。

進捗管理：動向・情勢変化への対応

- 近年、従来のプラスチックケミカルリサイクル技術としての熱分解法技術の進化が見られ、再度代表的な熱分解法の研究開発状況の情報収集を行った
  - 従来の熱分解プロセスに比べ分解反応温度の低い事例
  - ナフサ、軽質留分、燃料油が主な生成物ではあるが、ナフサクラッカーとの併用で石化原料への転換の可能性
  - 但し異物（夾雑物含む）処理に関しては課題があるものと想定

- 対応
  技術委員会からの指摘もあり、触媒分解プロセススケールアップの検討を見直し、異物処理能力の観点で、リサイクラーから入手した実廃プラを用いた触媒分解プロセスの技術ポテンシャルと残存課題を確認する事とした

分類、項目		熱分解法		本事業 触媒分解法 (触媒、溶媒併用)
		無溶媒系	溶媒添加系	
		New Hope Energy ／BASF	OMV ／ExxonMobil	
分解法の特徴	目的生成物	ナフサ、軽質留分	ナフサ、燃料油	石化原料 (C2~C9A≧70%)
	副生成物	重質留分、Coke	ワックス、Coke	燃料油留分
	反応温度	350～550 ／420℃	300～360℃ ／370～500℃	400℃
	反応時間	5hr（特許より） ／不明	循環（予想»1hr） ／不明	1hr
プロセスの特徴	溶融溶解	押出機・溶融タンク ／不明	押出機⇒溶媒混合	溶融・溶解槽 (溶媒混合)
	反応器	撹拌槽型／不明	不明	撹拌槽型 (圧力容器)
	異物除去	不明	不明	ろ材（樹脂膜他）
	生成物分離	分留塔（4成分）	分留塔（4成分）	分留塔 (2～3成分)

ケミカルリサイクル（触媒分解）事業者による調査情報の例

進捗管理：成果普及への取り組み（NEDO特別講座）

- プロジェクトの発展・成果普及を図るため、成果の社会実装や関連する先端技術分野等の将来を担う人材の育成、新たなニーズまたは技術シーズの発掘や技術の応用・発展に繋がる人的ネットワークの構築に向けて材料再生技術に関するNEDO特別講座を実施中（2024年度～2025年度）

NEDO特別講座実施内容

①人材育成講座の実施	i. 当プロジェクトにより廃棄プラスチックの高度物性再生を実現した、「物理劣化・物理再生理論」の基盤となる高分子の基礎物理物性（レオロジー、溶融時の絡み合い構造（最長緩和時間）、結晶構造、メモリー効果など） ii. 上記物性を評価する実験手法と解析手法 iii. 高分子の分子運動論とシミュレーションを用いた物理劣化・物理再生メカニズム解析法 iv. 製造対応技術（射出成形、押出成形） v. プラスチックのマテリアルフロー vi. 学会参加や論文などを通じて得た海外動向などマテリアルリサイクルの推進に重要な情報一般
②人的交流などの展開	i. 専門家による招待講演 ii. シンポジウム・ワークショップの開催 iii. 講座参加者と主体とした意見交換会の実施 iv. 大学－企業、企業間の共同研究の推進
③周辺研究の実施	i. 福岡大学などの研究施設見学 ii. 講座参画企業の試料を用いたサンプル評価や分析・評価手法の検討

NEDO特別講座実施実績　（総計約400名が参加）

実施日　実施場所	講座テーマ	参加者数
2024年11月21日　オンライン	講座開催の説明会	85
2024年12月4日、5日　福岡大学	物理劣化・物理再生理論概要説明	118
2024年12月24日　滋賀県立大学	高分子溶融物性・レオロジー基礎	142
2025年1月22日　神戸大学	高分子固体物性・結晶物性基礎	171
2025年2月20日、21日　福岡大学	高分子内部構造ならびに流動解析	135
2025年3月11日、12日　島津製作所	革新的プラスチックマテリアルリサイクルシンポジウム	129
2025年4月17日、18日　広島テクノセンター 広島大学デジタルものづくりセンター	射出成形と高度マテリアルリサイクル	130
2025年5月22日、23日　福岡大学	押出成形・繊維成形と高度マテリアルリサイクル	119
2025年6月26日、27日　福岡大学	計算科学と高度マテリアルリサイクル	86



HPにおいては、過去講義のアーカイブ公開

進捗管理：成果普及への取り組み



材料再生プロセス開発成果についてシンポジウムを開催し広く技術成果を一般に公開（2022年3月9日開催）



高効率エネルギー利用開発成果についてセミナーを開催し広く技術成果を一般に公開（2022年7月1日開催）

進捗管理：成果普及への取り組み



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

温水を使用した氷スラリー製造の連続化に成功

―未利用熱を活用し、高い熱利用効率を実現―

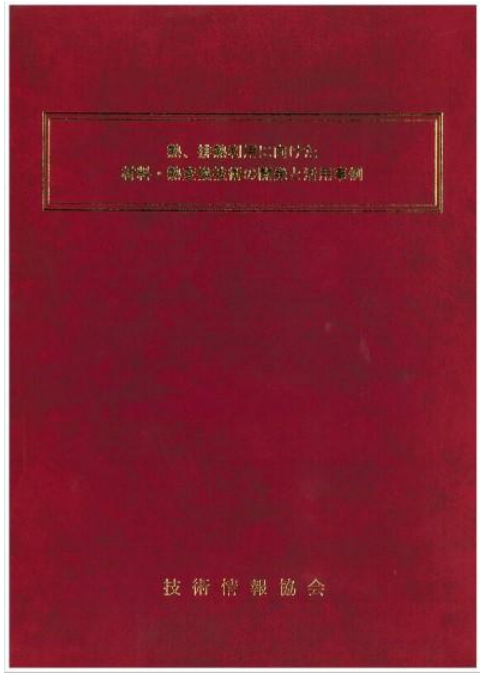
2024年5月29日
NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）

NEDOの委託事業である「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（以下、本事業）で学校法人八戸工業大学は、学校法人東京電機大学、高砂熱学工業株式会社と共同で、温水から氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機と氷スラリー製造機を組み合わせた「熱リサイクルパッケージ（冷熱出力3kW）」（以下、本パッケージ）を開発し、低温温水から氷片と水が混合した流動体である氷スラリーを連続して製造することに成功しました。

本パッケージは、廃プラスチックなどを燃焼によってエネルギー回収する際に排熱として捨てられている低温の未利用熱エネルギーを氷スラリーに変換するもので、排熱回収として高い熱利用効率を実現するとともに、農産物、水産物などの輸送時冷蔵保冷剤として年間を通じて排熱の利用を可能にします。

本パッケージを使うことで、工場などから排出される低温の未利用熱を、工業、運輸、農林水産といった分野と連携するハブとなり、脱炭素社会実現へ貢献します。

温水から氷をつくれ！排熱商業利用の実現に迫るパッケージの記者発表会を開催し実験を公開（2024年5月29日開催）



書籍「熱、排熱利用に向けた材料・熱変換技術の開発と活用事例」

第６章　産業排熱活用に向けた工場・生産設備での蓄熱、熱利用技術の応用事例
第９節　未利用熱を活用できる温水を使用した氷スラリー製造の連続化技術の開発
（技術情報協会，2025年5月30日）

進捗管理：成果普及への取り組み

【モノづくり日本会議】



- ●第37回新産業技術促進検討会シンポジウム　2022年3月1日
  NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト 進捗報告会
- ●第45回新産業技術促進検討会シンポジウム　2023年8月2日
  NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト 進捗報告会
- ●第56回新産業技術促進検討会シンポジウム　2025年5月16日
  NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト 報告会

【その他講演】

- Japan Pack 2022（2022年2月16日）
  プラスチック循環技術の確立に向けたNEDOの取り組みについて
- 化学工学会 化学工学ビジョンシンポジウム「エネルギー・資源循環に貢献する化学工学」（2023年3月15日）
  NEDOにおける資源循環技術開発の取組み
- IPF Japan 2023（2023年11月29日）
  革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発プロジェクトの概要
- 富山県グリーン分野研究会第4回技術セミナー(2025年1月16日)
  プラスチック循環技術の確立に向けたNEDOの取り組みについて

進捗管理：開発促進財源投入実績

2021年度	百万円	件名・目的	成果
高度選別システム開発	16	廃プラスチック選別装置機構の改良のため	混合プラスチック成層化の制御性向上および高精度化による研究開発の加速
		実廃プラの形状・サイズ多様性に対する分析データの大量取得のため	実廃プラに対するテラヘルツ分光データベースの構築による研究開発の加速
材料再生プロセス開発	47	成形装置によるフィルム製膜および実験装置の改良による洗浄機構の導入のため	容器包装リサイクルプラスチックの再利用における製品化適用範囲の拡大と実験データ蓄積の効率向上による研究開発の加速
		NMR分析による試料の形状多様性に対応するため	プラスチックの内部構造変化と物性変化との相関関係の解明による研究開発の加速
石油化学原化プロセス開発	39	粒子径分布測定装置および分光分析装置による触媒性能評価のため	廃プラスチック分解触媒開発に向けた評価基盤の整備による研究開発の加速
		TG-DTAの導入による廃プラスチックの熱分解性能の評価のため	各種プラスチックの熱分解性能の基盤データベースの構築による研究開発の加速
		FCCライザーベンチプラント評価に向けたプロトタイプ装置の改良のため	ベンチプラント評価におけるフィードノズル閉塞条件の抽出による研究開発の加速
高効率エネルギー回収・利用システム開発	29	冷熱需要を踏まえた低温廃熱利用の実証サイト検討のため	ごみ焼却設備との漁港（冷熱需要地）の実証サイトの候補地抽出による研究開発の加速
		低温廃熱の熱輸送媒体（吸着材）に関する連続乾燥装置の多段化改造のため	連続乾燥装置のスケールアップによる研究開発の加速
		低温廃熱を利用した冷媒性能の評価装置およびベンチスケールの吸収冷凍機の改良のため	冷媒の物性予測手法の早期確立およびパイロットスケール機の製作の課題抽出による研究開発の効率的な推進と加速
		FT-IRおよび顕微鏡に導入による冷熱輸送媒体（氷スラリー）の流動性評価のため	氷スラリーの熱流動特性の把握による閉塞条件の解明と高精度評価手法の確立による研究開発の加速

進捗管理：開発促進財源投入実績

2022年度	百万円	目的	成果
高度選別システム開発	28	廃プラスチック選別装置機構の改良のため	後段のリサイクル工程（特にケミカルリサイクル）向けに連携的に供給する廃プラスチックの精密選別の実現による研究開発の加速
		廃プラの各種選別工程におけるデータおよび実廃棄物のマテリアルハンドリング動作データの大量取得のため	実廃プラスチックに対する精密選別条件の策定および深層学習AIの基盤データベースの構築による研究開発の加速
材料再生プロセス開発	65	中規模スケールの樹脂溜まり付き押出機の機構改良のため	過年度で検証済の改良要素に関するより高度なプラ物性の再生効果の検証による研究開発の加速
		PD研究員の採用および実廃プラ組成分析外注による物性再生効果の解明のため	多種多様な廃プラスチックに対する物性再生効果の網羅的な検証と効率的なデータ蓄積による研究開発の加速
		樹脂溜まり付き押出機に適用可能な異物除去機構改造と検証データ蓄積のため	実廃プラへの適用可能性およびプロセスの経済性検討による新規押出機の研究開発の加速
		樹脂溜まり付き押出機のスケールアップ検討に向けた樹脂流動解析のため	押出機のスケールアップ検討による研究開発の加速
		成形金型のバルブゲート機構の改良要素増設に伴うデータ取得のため	成形時の樹脂物性劣化抑制する最適化条件の抽出による研究開発の加速
		物性再生樹脂を用いた成形後の大型製品に係る物性データの追加取得のため	物性再生効果の製品化適用可能性の見極めによる研究開発の加速
		装置設置に伴う研究員の移動のため	中規模スケールの樹脂溜まり付き押出機のセッティング確認
石油化学原料化プロセス開発	83	忌避成分および異物除去成分の特定に伴うプラント設計に関する追加的な検討のため	想定される廃プラスチック種類の対応範囲拡大と円滑なプラント設計に関する研究開発の加速
		押出機の改良要素増設のため	新規押出機の小型化検討に向けた研究開発の加速
		高圧反応装置の導入による複合樹脂材料のモノマー化反応の追加データ取得のため	多種多様な複合材料プラの対象範囲の拡大による研究開発の加速
高効率エネルギー回収・利用システ開発	59	大面積化した表面改質試料に対する組成分析装置の導入のため	表面改質手法の検討に向けた実験データ蓄積に係る研究開発の加速
		改質材料の候補選定における分析試料の前処理装置の導入ため	候補材料の週出と絞り込みに向けた実験データ蓄積に係る研究開発の加速
		実廃棄物焼却サイトに設置する改質材料のその場観察機構等の導入のため	実廃ガスの耐久性の検討に係る研究開発の加速
		粒子温度測定装置の導入による低温廃熱輸送媒体粒子の詳細温度の特定のため	伝熱シミュレーションの最適化および総合熱マネジメントツールによる評価の高精度化に係る研究開発の加速

3. 目標及び達成状況の詳細

3.1. 研究開発項目①高度選別システム開発

3.1.1. ①-1 高度選別システム開発(SR)

・フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータの開発

テーマ名	フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータの開発	達成状況	○
実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所 大栄環境株式会社 富士車輌株式会社		
達成状況の根拠	前処理、AI 識別、ロボットピックアップの工程を統括制御するベンチスケールの選別システム開発し、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比 1/3(8m^3 コンテナ 1 台分相当の廃棄物を 5 分以内で処理)を確認した。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

NEDO 基本計画のアウトカム目標である、2030 年までに、これまで国内で再資源化されていなかった廃プラに対し、新 MR：86 万 t/年、新 CR；87 万 t/年及び新 ER：108 万 t/年の再資源化を実現する上で、必要不可欠な選別技術として、本研究開発では、国内の製造・物流事業者等から排出される廃プラ・混合廃プラ、金属・がれき等の不燃物、紙・木 等の可燃物で構成される産業廃棄物である「雑品プラ」を選別対象とし、容積 8m^3 のコンテナ 1 台当たり 5 分以内で処理し、新 MR・CR・ER の目標品質を回収率 70%以上で回収する廃プラ自動選別システムの開発を目的とした。雑品プラに含まれる廃プラの種類は、PP、PE、PS、PVC、PET 等の汎用プラ、ラミネート材等の複合プラ、各種工業用プラがあり、大きさ(長さ)は数 cm～数 m、重量は数 10g～数 kg と広範囲に分布する。形状は板状、棒状、フィルム状、紐状、巻物状と様々であり、色は濃色～黒色の物を含め千差万別である。このような複雑組成の混合廃棄物に対し、直ちに適用可能な自動選別技術は現状皆無であり、人手を介した粗選別(手選別や重機による選別)が行われている。本研究開発ではこれを自動化する「フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータ」を開発するため、以下の 3 つの研究項目を設定して検討した。

1) 雑品プラデータベースの構築（産廃情報を自動選別に活用するための基盤構築）
どのような廃プラが存在するか、新MR、新CR、新ERへの最大分配量はどの程度見込めるかを検討。
2) 複合 SD 利用深層学習 AI の構築（FP 型 AI ソータを実現するための識別アルゴリズム開発）
多種類プラを荷姿のまま AI で識別するために、材質データ等の最適な検出、加工、解析法を検討。
3) マテリアルハンドリング技術の開発（FP 型 AI ソータを実現するための装置・プラント開発）
廃棄物の形状や材質に応じて使い分けるロボットピッキングシステムとその前処理機構を検討。

●アウトプット目標

本研究開発では、以下の目標を達成した。
・中間目標：8m^3 コンテナ 1 台分相当の新 CR 向け廃棄物(新 CR モード適用コンテナ)に対して、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比 1/2(7 分 30 秒以内)とするための要素技術を確立する。
・最終目標：前処理、AI 識別、ロボットピックアップの工程を統括制御するベンチスケールの選別システムを介し、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比 1/3(8m3 コンテナ 1 台分相当の廃棄物を 5 分以内で処理)とするための システムを確立する。

●実施体制

・国立研究開発法人産業技術総合研究所
2) 複合センシングデータを利用した深層学習 AI の構築(可視～近赤外域のセンシング)
3) マテリアルハンドリング技術の開発(FP 型ソータ試作機の開発)
再委託先
・国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学（2023 年度より国立大学法人大阪大学に継承）
2) 複合センシングデータを利用した深層学習 AI の構築(可視域のセンシング)
3) マテリアルハンドリング技術の開発(双腕ロボットによるピッキング)
・学校法人芝浦工業大学

2) 複合センシングデータを利用した深層学習 AI の構築(テラヘルツ域のセンシング)
・学校法人近畿大学 (2022 年度まで)
2) 複合センシングデータを利用した深層学習 AI の構築(ラマン分光によるセンシング)
・大栄環境株式会社
1) 雑品プラデータベースの構築
・富士車輌株式会社
3) マテリアルハンドリング技術の開発(前処理機構)

●成果とその意義

雑品プラ中の廃棄物情報を排出事業者ごとに整理したデータベースを構築した。また、ベルトコンベヤ上の選別エリア全体を視野に入れた「広域センシング」と、ロボットアーム先端部での「局所センシング」の 2 段階で構成する廃プラ識別システムを開発、特に従来技術では識別が難しい黒色プラに対してテラヘルツ域のセンシングを活用した新たな識別手法を開発した。さらに、雑品プラの供給・分散等の前処理を自動化するシステム、並びに雑品プラ DB に記録された最適分配を学習した AI の指示によりロボットピッキングを行う自動選別システム(現状比 1/3 の処理時間)を開発した。

産業廃棄物の雑品プラには、同一の排出事業者から定期的に同じ廃棄物が繰り返し出てくるという性質があり、排出事業者ごとに荷姿、プラの種類、異物の種類をある程度限定することができる。コンテナ車による入荷状態で「単一種の廃プラ」や「再利用先が同じ廃プラ混合物」も多く、すべて混ぜた後、多段機械選別を行う従来技術では処理コストが増大する。本研究開発では、欧州ソーティングセンター(1 施設で 10～15 台以上のコンベヤソータを使用)のような大規模処理(10～15 万トン/年)を前提としない、国内各地に分散する産廃処理業者の処理施設での活用を想定した、より小規模かつワンパスで雑品プラを用途別に回収可能な自動選別システムを開発した。

●実用化・事業化への道筋と課題

本研究開発において、前処理装置群とロボットピッキング装置の連携制御機構を開発し 一体的な運用が可能なシステムを構築した。すでに雑品プラ実サンプルを選別対象として開発を進めており、基本性能はそのまま商用機に反映可能である。産業技術総合研究所において、現在実施中の NEDO 委託事業「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」に引き継ぎ、今後さらに 3～4 年をかけて広範な雑品プラを対象に AI 識別用データの拡充を進め、新 CR、新 MR、新 ER 実用化時のプラ選別工程導入を実現する。また、大栄環境において、リサイクル先での受け入れ条件について、新 CR 等と連携し、品質・荷姿などの条件を整理し、また、装置への投入対象となる量を雑品プラ DB から推定し、国内の廃棄物処理業者等へのヒアリング結果とあわせて、国内に潜在する対象量を導き出す検討を実施しており、今後の検討を通じて、事業採算性を確保できる見通しになれば、ピッキング機構を増設した年間 2～5 万 t/台の処理能力を有する商用規模のパイロットシステムを開発する予定である。商用機の製造は富士車輌株式会社と産総研が共同で進める。装置費は現行のロボット選別機と同等の 2～2.5 億円を想定しており、ソータ選別に要するコストは、10～15 円/kg(選別費 2～5 円/kg(償却期間 5 年)、出荷前サイズ・ 形状調整費 8～10 円/kg)と試算している。

・高度比重選別システムの開発

テーマ名	高度比重選別システムの開発	達成状況	○
実施者名	国立研究開発法人産業技術総合研究所 大栄環境株式会社		
達成状況の根拠	開発した新基準整粒装置ベンチスケール機、多層ジグベンチスケール機を用いて、実廃棄物の製品別廃プラの比重選別を実施し、新 SR が想定する新 MR・新 CR・新 ER の目標品質を回収率 95%以上で達成した。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

[背景]

日本では、2019 年にプラスチック資源循環戦略が提唱され、2035 年までに使用済みプラスチックを 100%リユース・リサイクルすることが目標とされた。廃プラスチックのリサイクル率向上には、リサイクル業者が自主的に選別し、継続的に MR、CR および ER 用途へ廃プラを提供するため、より低コストに高純度な廃プラを回収可能な高度 SR 技術の確立が欠かせない。特に低品質な廃プラを、プラスチック種類や純度に応じて MR、CR および ER へ最適分配するための SR 技術が不可欠である。

[目的]

本研究開発項目では、廃プラスチックのうち、およそ 5cm 以下の廃製品破砕物の金属回収後の残渣分(以後、「製品別プラ」)を選別対象として、多成分同時に高精度な比重選別を実現する、高度比重選別システムを開発する。比重選別には、低コスト･高精度なジグ選別を採用するが、組成未知の多種混在物である製品別プラを選別するとき、ジグ選別には 2 つの弱点がある。1 つは様々なサイズ･形状が混在する場合に選別の境界条件が比重だけで決まらず高精度な選別ができないこと、もう 1 つは構成比未知の多種混合物を対象としたとき選別状態が視認できないため装置制御ができないことである。この 2 つの課題を克服するために、以下の 2 つの研究項目を設定して検討した。

1) サイズ・形状要件の解明と事前整粒装置開発
   サイズ・形状の特徴量を統一化した境界条件（ジグにおける新整粒基準）を明確にし、その境界条件で事前整粒が可能な、新基準整粒ユニットのベンチ試験機を試作する。
2) 多槽比重選別システムの開発
   ジグ水槽内の層状態を認識するセンシング技術、層厚を制御する排出制御技術を開発し、自動制御化した多槽比重選別システムのベンチスケール機を試作する。

[プロジェクトアウトカム目標との関係]

NEDO 基本計画のアウトカム目標である「2030 年までに、これまで国内で再資源化されていなかった廃プラに対し、新 MR：86 万 t/年、新 CR；87 万 t/年及び新 ER：108 万 t/年」を実現するためには、新 MR、新 CR および新 ER の要求品質に応じた廃プラを供給するための選別技術が必要不可欠である。

●アウトプット目標

本研究開発では、以下の目標を達成した。

・中間目標

「製品別プラ基準試料」に対し、新 MR・CR・ER で再資源化可能なプラ組成の産物を回収率 95%以上で実現できる、洗浄・湿潤条件や、ジグ選別機の層厚・排出制御機構を開発し、大栄環境の提供する「製品別プラ」実試料に対する適用可否を判断する。また、新 ER 向け乾式選別の適用可能性を検討するとともに、洗浄・湿潤ユニット，多槽ジグ選別ユニットの基本性能を備えたベンチ試験機を試作する。

・最終目標

高精度化に向けた改良を加えて、新 MR・CR・ER の目標品質を回収率 95%以上で実現できる一連の多槽比重選別システムのベンチスケール機を完成させる。また、実プラントへの導入を想定して開発システムの性能や新 MR、新 CR および新 ER の分配特性や採算性等を試算・評価する。

●実施体制

・国立研究開発法人産業技術総合研究所

1) サイズ・形状要件の解明と事前整粒装置開発
2) 多槽比重選別システムの開発

再委託先

・国立大学法人北海道大学

2) 多槽比重選別システムの開発

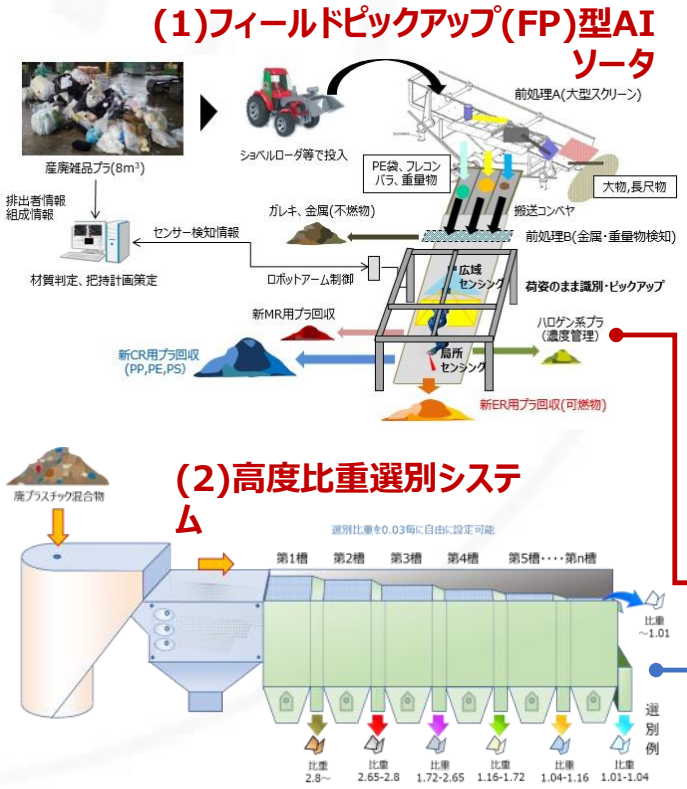
・大栄環境株式会社
1) サイズ・形状要件の解明と事前整粒装置開発
2) 多槽比重選別システムの開発

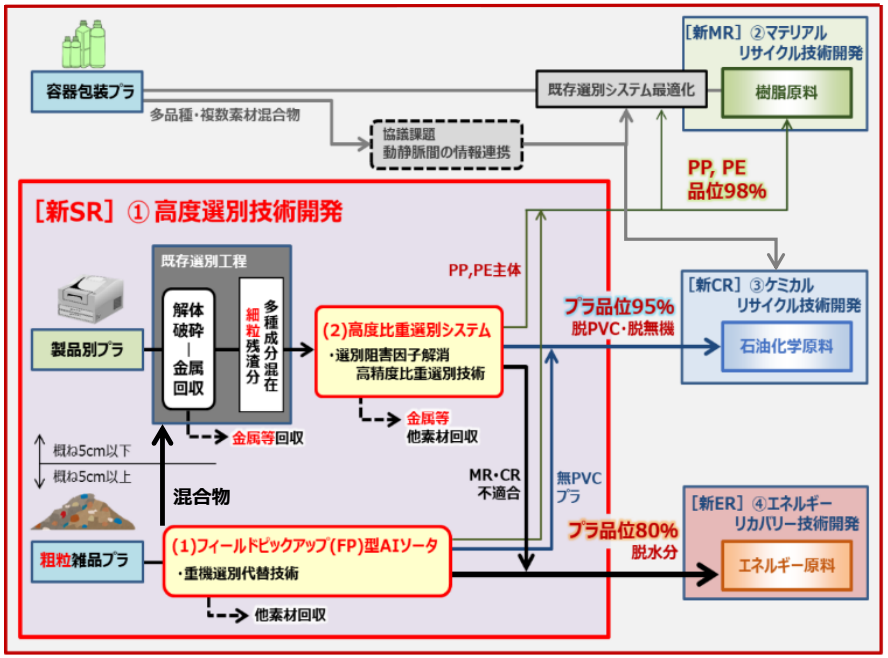
●成果とその意義
従来のジグ選別機は廃プラ選別に不適な弱点が存在する。製品別プラは、様々なサイズ･形状が混在することで高精度な比重選別ができず、また構成比未知の多種混合物であり選別状態を視認できないため適切な装置制御ができない。これらの要因により高品質の廃プラを回収できないことで、プラスチックの再資源化が困難となっていた。本開発項目にて、高精度な比重選別を実現するための整粒基準に必要なパラメータを統合したサイズ・形状指標統一指標を解明し、新基準整粒装置のベンチスケール機を開発した。また、構成比未知試料を自動選別する多槽ジグのベンチスケール機を開発した。これら新基準整粒装置～洗浄・湿潤装置～多槽ジグからのなる一連の多槽比重選別システムを用いて、実廃棄物の製品別廃プラの比重選別を実施し、新 SR が想定する新 MR・新 CR・新 ER の目標品質を回収率 95%以上で達成した。開発装置の製品化、普及によりアウトカムに必要な廃プラ回収物を新 MR,新 CR,新 ER に提供可能となることが期待できる。

●実用化・事業化への道筋と課題
本研究開発において、製品別プラを対象とした低コストな自動選別の基盤技術を構築した。装置を実用化(製品化)する上での課題は、スケールアップに関する検証である。構成比既知試料を人の経験則で制御する従来ジグにおいては鉱山等で既に大型装置が利用されておりジグ選別機の機械構造をスケールアップは容易である。しかし、本事業で開発した自動制御機構を操業規模に応じてスケールアップするためには水槽規模に適合したジグ自動制御機能の検証が必要となる。具体的にはジグ水槽内の粒子層の状態を適切にセンシングするためのセンサー配置の検証が必要となる。この課題は現在実施中の NEDO プロ「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」に引き継いで検証し、3 年程度で製品化予定である。製品化した商用機は、試験機を製造した日本エリーズマグネチックス(株),(株)アール・アンド・イーが製造可能である。また、開発した高度比重選別システムは汎用的な比重選別装置であるため、廃プラ以外の選別にも適用可能である。前述の NEDO プロ「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」において、廃プラ以外の多様なニーズに対する適用可能性検証、装置カスタマイズを実施予定である。
新 MR、新 CR、新 ER に対する廃プラ供給を事業化するためには、各受け入れ先(新 MR、新 CR、新 ER)から、実運用における品質などの受け入れ条件、買取単価(処分費単価)が明示された後、採算性を評価し、事業化の判断をする必要がある。大栄環境では、自社グループの廃プラ処理量の実績、将来の見通しから高度比重選別システムで受け入れ可能な製品別プラ量を試算可能であり、受け入れ条件が明示されれば採算性評価が可能となる。事業の採算性が確保できれば、商用規模のパイロット機を導入する計画である。一方で、廃プラ処理では、開発した高度比重選別システムにより、新 MR、新 CR、新 ER 以外の従来の流通ルートへの供給も可能である。新 MR、新 CR、新 ER の実用化を待たずに選別システムの導入し、新 MR、新 CR、新 ER が実用化された後、各受け入れ先(新 MR、新 CR、新 ER)の受け入れ条件に適合した装置運転条件に変更し新 MR、新 CR、新 ER への供給を開始するなど、選別システム導入後に段階的に供給先を変更する方法も視野に入れている。この段階的なシステム導入は、現状で廃プラの選別が不十分な中間処理業者の産廃処理コスト削減に特に有効と考えられる。
開発した装置の普及については、産総研で実施している SURE(戦略的都市鉱山研究拠点)の活動を通じて普及を推進する。装置の展示・デモ、技術者育成、ニーズの開拓を通じて、対象物を廃プラに限定せずに多様なニーズに向けて、メーカと協力し装置の販売展開を進める計画である。

高度選別技術の説明（選別技術）

■ 高度選別システム開発
- 廃プラ・混合廃プラ、金属・がれき等の不燃物、紙・木等の可燃物で構成される「雑品プラ(粗粒)」、製品から金属回収後の「残渣分(細粒)」から、新CR、新MRあるいは新ERに再利用可能な産物を経済的合理性をもって選別可能とする。





新SR目標値
新MR用：PP，PE品質　98%以上
新CR用：PVCを除くプラの品質　95%以上
新ER用：プラ品質　80%以上

高度選別技術の目標達成状況（選別技術）

開発項目	目標 （2025年３月）	成果 （2025年3月）	達成度	達成の根拠／解決方針
①「フィールドピックアップ(FP)型AIソータの開発」	前処理 、AI識別 、ロボットピックアップの工程を統括制御するベンチスケールの選別システムを介し、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比　1/3(8m^{3}コンテナ１台分相当の廃棄物を5分以内で処理)とするためのシステムを確立する。	前処理、AI識別、ロボットピックアップの工程を統括制御するベンチスケールの選別システムを 構築し、前処理を含む選別工程の処理時間262秒(4分22秒)を確認。	○	開発した試験設備　(前処理 、ロボットピッキング)を用いた実験により実際の処理時間を確認。
②「高度比重選別システムの開発」	高精度化に向けた改良を加えて、新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で実現できる一連の多槽比重選別システムのベンチスケール機を完成させる。	・整粒基準に必要なパラメータを統合したサイズ・形状指標統一指標を解明し、新基準整粒装置のベンチスケール機を試作。 ・構成比未知試料を自動選別する多槽ジグのベンチスケール機を試作。 ・製品別廃プラの比重選別について、新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で達成。	○	開発した新基準整粒装置ベンチスケール機、多層ジグベンチスケール機を用いて、実廃棄物の製品別廃プラの比重選別を実施し、新SRが想定する新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で達成した。

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

高度選別技術の意義（選別技術）

テーマ名	高度選別システム開発	達成状況	○(達成)
達成状況の根拠	**(1)フィールドピックアップ(FP)型AIソータの開発**　前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比1/3(8m^{3}コンテナ1台分相当の廃棄物を5分以内で処理)を確認。欧州ソーティングセンターのような大規模多段処理を前提としない、国内各地の産廃処理業者での活用を想定した、より小規模かつワンパスで雑品プラを用途別(新MR、新CR、新ER)に回収可能な自動選別システムの技術基盤を確立した。 **(2)高度比重選別システムの開発**　開発した新基準整粒装置ベンチスケール機、多槽ジグベンチスケール機を用いて、実廃棄物の製品別廃プラの比重選別を実施し、新SRが想定する新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で達成した。		

【開発の意義】

(1)フィールドピックアップ(FP)型AIソータの開発

現　状　：雑品プラ中のマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルが可能な良質プラの存在割合が不明であり、このような 複雑組成の廃プラを荷姿のままワンパスで選別するソータ(AI)は存在しない。現状は人手による粗選別でRPF原料化のみ。

開発後　：雑品プラ中の廃棄物情報DBを構築し、自動選別における処理フローを構想、明確化。荷姿状の廃プラに対して4種センサ検知情報に基づくプラ種判定アルゴリズム(AI)、及び独自の黒色プラ種判定手法を開発。ロボットピッキング自動選別システムを開発。

(2)高度比重選別システムの開発

現　状　：従来のジグは廃プラ選別に不適な弱点が存在する。製品別プラは、様々なサイズ･形状が混在することで高精度な比重選別ができず、また構成比未知の多種混合物であり選別状態を視認できないため適切な装置制御ができない。よって再資源化が困難。

開発後　：新基準整粒装置ベンチスケール機、多槽ジグベンチスケール機の開発により、製品別プラの自動制御を実現。新MR,新CR,新ERの各受け入れ条件に適合する産物を回収可能に。

FP型AIソータと高度比重選別装置のベンチ機完成により、低コストな廃プラスチック自動選別の技術基盤を構築

開発装置の製品化、普及により、アウトカムに必要となる新MR,新CR,新ERそれぞれの要求品質に適合した廃プラを供給可能に

高度選別技術での課題（選別技術）

【成果】

FP型AIソータ開発

- 前処理、AI識別、ロボットピックアップの工程を統括制御するシステムを開発し、ベンチスケール機を構築した。各部の動作の最適化を図ることで、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比1/3を達成した。
- 産廃系「雑品プラスチック」の選別自動化(各リサイクルへの最適分配)に必要な技術基盤を確立した。

高度比重選別システム

- 整粒基準に必要なパラメータを統合したサイズ・形状統一指標を解明し、新基準整粒装置のベンチスケール機を試作した。
- 構成比未知試料を自動選別する多槽ジグのベンチスケール機を試作し、新基準整粒装置とシステム化した。
- 実廃棄物を用いた製品別廃プラの比重選別について、想定する材料再生プロセス、石油化学原料化プロセス、高効率エネルギー回収・循環システムで必要とする廃プラスチックの目標品質を回収率95%以上で達成した。

【課題】

FP型AIソータ開発

- AI識別の高度化、信頼性向上に向けて、今後さらに学習データの拡充が必要。

高度比重選別システム

- 操業規模に応じたスケールアップのため、水槽規模に適合したジグ自動制御機能の検証が必要。

・詳細説明；フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータの開発

本研究では、国内の製造・物流事業者等から排出される廃プラ・混合廃プラ、金属・がれき等の不燃物、紙・木 等の可燃物で構成される「雑品プラ」を選別対象とする。プラスチック循環利用促進協会の廃プラスチック分類によれば、雑品プラの構成は「電機電子電線(電機電子(産業))」、「家庭用品衣類玩具(製品プラ(産業))」、「建材」、「輸送」、「農林水産」、「その他」、「生産加工ロス」に相当すると考えられる。また、プラスチック製品 製造業、化学工業などから回収しているプラ容器、フィルム、シートが大量に含まれており、この一部が「容器包装 （産廃）」に分類される可能性がある。雑品プラに含まれる廃プラの種類は、PP、PE、PS、PVC、PET 等の汎用プラ、ラミネート材等の複合プラ、各種工業用プラがあり、大きさ(長さ)は数 cm～数 m、重量は数 10g～数 kg と広範囲に分布する。形状は板状、棒状、フィルム状、紐状、巻物状と様々であり、色は濃色～黒色の物を含め千差万別である。同一種のプラでも軟質～硬質のものがあり、土砂や溶剤等による汚れが酷いプラも含む。このような複雑組成の混合廃棄物の処理に対し、経済合理性を持って直ちに適用可能な自動選別技術は現状皆無であり、 人手による粗選別が唯一の選別手段である。

大栄環境(株)のグループ会社である三重中央開発(株)三重リサイクルセンターでは、こうした雑品プラを 1 日約 150t 処理している。半野外の選別ヤードに荷下ろし後、人手(重機)によって、主に①RPF(固形燃料)向け、②焼却向け、③埋め立て向けに選別している。RPF 向けのプラスチックは、ブルーシートやフレコンバッグ、容器、包装資材など人の目で判断できるもの、かつ比較的サイズの大きいものが回収されている。容積 8m³ のコンテナ車 1 台から荷下ろしされる雑品プラに対し、破袋を含む選別作業(5 名)にかかる時間は約 15 分である。産業廃棄物の雑品プラには、同一の排出事業者から定期的に同じ廃棄物が繰り返し出てくるという性質があり、 排出事業者ごとに荷姿、プラの種類、異物の種類をある程度限定することができる。コンテナ車による入荷状態で「単一種の廃プラ」や「再利用先が同じ廃プラ混合物」も多く、すべて混ぜた後、多段機械選別を行う従来技術 （海外メーカ選別プラントを含む）では処理コストが増大する。欧州のソーティングセンター（1 施設で 10～15 台以上の自動選別機を使用）のような大規模処理（10～15 万トン/年）を前提としない国内各地に分散する産廃処理業者の施設では、より小規模でワンパスで雑品プラを用途別に回収可能な自動選別システムが求められる。そこで、FP 型 AI ソータの開発では、以下のコンセプトを掲げて検討を進めた。図 3.1.1-1 に開発イメージを示す）。

a. 排出者情報、廃棄物情報を最大限に活用する。
b. 荷下ろし直後の手選別工程を AI で代替、高度化、新 MR、新 CR、新 ER に再利用可能な廃プラを、可能な限り荷姿のままワンパスで回収することで全体工程の短縮を図る。
c. 新 MR、新 CR、新 ER に再利用可能な廃プラを、各コンテナの組成情報に基づいて、必要最小限の手数で一定量回収する。コスト増大につながる場合、全量回収は行わない。
d. 回収物純度(要求スペック)を重視、複数ロボットアーム・ハンドの最適な組み合わせを検討する。
e. コンテナ 1 台当たりの処理時間を現状比 1/2（7 分半以内／8m³ コンテナ 1 台）とするための要素技術（前処理及びロボットピッキング）を確立する。

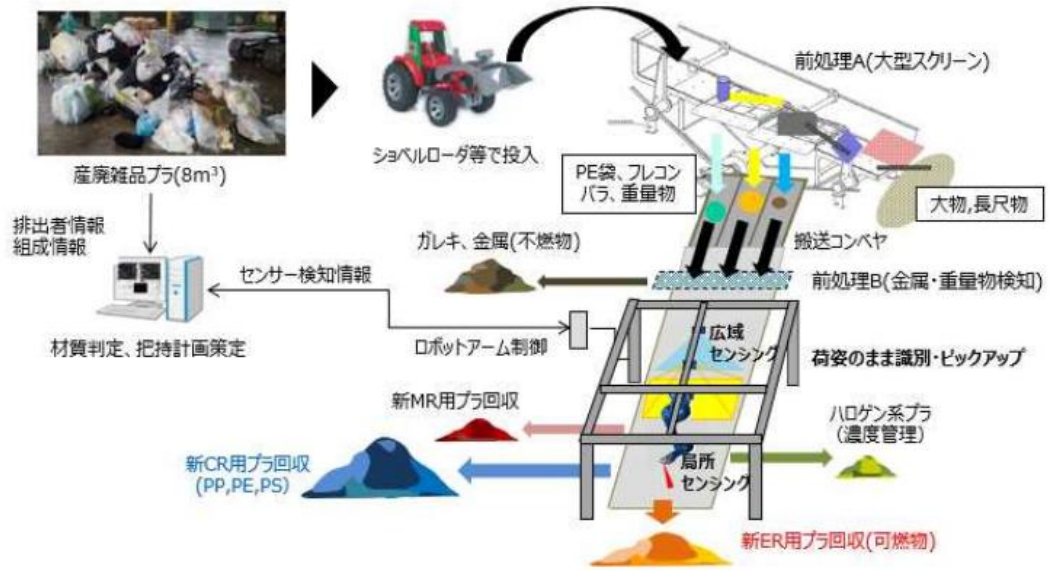


図 3.1.1-1　FP 型 AI ソータの開発イメージ

①-1「フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータの開発」では、以下の 3 つの研究項目を設定した。

・雑品プラ DB の構築

（産廃情報を自動選別に活用するための基盤構築）

どこに、どのような廃プラが存在するか、新 MR,新 CR、新 ER への最大分配量（ポテンシャル）はどの程度見込めるか、どのような情報を、どう整理すれば、選別の自動化(省人化)に最も効果的かを検討する。

・複合 SD 利用深層学習 AI の構築

（FP 型 AI ソータを実現するための識別アルゴリズム開発）

種類プラ(含む黒色、複合)をワンパスで識別、荷姿(PE 袋、フレコン)のまま内容物の状態(単一プラ、混合プ ラ、混合可燃、金属含有)を識別。排出者・廃棄物情報、外観データ、材質データを、どのように検出・加工・解析 すると、AI の識別精度が最も向上するかを検討する。

・マテリアルハンドリング技術の開発

（FP 型 AI ソータを実現するための装置・プラント開発）

廃棄物の形状や材質に応じて使い分けるピッキングシステム。コンテナの組成情報に応じてピッキング対象を決定(動作モード選択)、大型プラの回収を優先して処理の高速化を図る。現存しない装置・機構(前処理、ハンド 等)を新たに開発する。

本研究開発のスケジュールは以下の通りである。

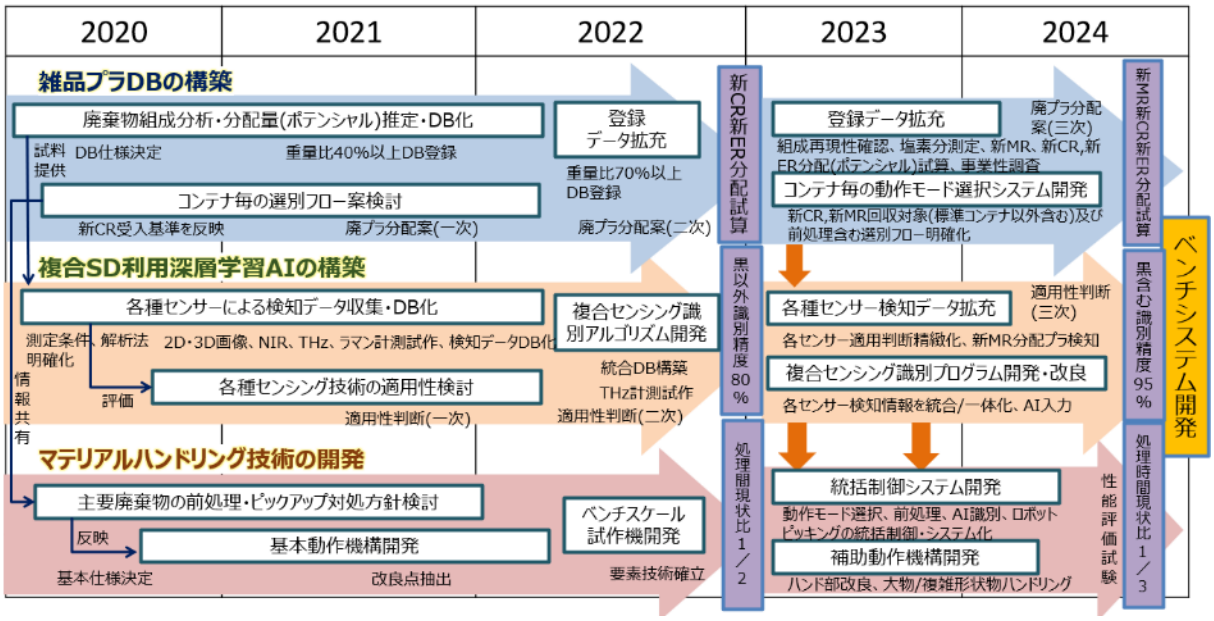


図 3.1.1-2　研究開発スケジュール

本研究開発の目標は以下の通りである。

・中間目標

8m³ コンテナ 1 台分相当の新 CR 向け廃棄物(新 CR モード適用コンテナ)に対して、前処理を含む選別工程に 要する処理時間を現状比 1/2(7 分 30 秒以内)とするための要素技術を確立する。

・最終目標

前処理、AI 識別、ロボットピッキングの工程を統括制御するベンチスケールの選別システムを介し、前処理を含む 選別工程に要する処理時間を現状比 1/3(8m³ コンテナ 1 台分相当の廃棄物を 5 分以内で処理)とするための システムを確立する。

①-(1)-1「雑品プラデータベースの構築」（実施先：大栄環境株式会社）

本項目では、雑品プラ中の廃棄物情報を、排出事業者(現場)ごとに整理したデータベース(DB)の構築を目的とし、近赤外線分析や蛍光 X 線分析等によって、廃プラ及び異物の詳細情報(種類、外観、重量、ハロゲン濃度、硬さ等)を収集し、6 種類に分類するとともに、後述する前処理やロボットピッキングの困難度とその対処方針を確認して、合わせて DB 登録した。最終的に、この DB 登録情報と搬入車輌のマニフェストに記載の排出事業者(現場)のデータを活用し、荷下ろし段階で作業者が FP 型 AI ソータの動作モードを選択するシステムを開発した。

本項目の目標設定は以下の通りである。

前期 3 年間では、期間中に取引があった全排出事業現場のうち重量比 70%以上を占める現場の廃棄物情報を「雑品プラ DB」に登録する。また、新 ER 及び新 CR チームと連携し、原料として出荷可能と判断できる廃プラの組成と回収量(ポテンシャル)を明らかにする。後期 2 年間では、新 CR、新 ER に加えて新 MR 向けに出荷可能と判断できる廃プラの組成と回収量を明らかにし、FP 型 AI ソータの動作モード選択システムを開発する。

大栄環境㈱では、自社グループのリサイクルセンターに搬入される雑品プラの材質、荷姿、形状、状態、数量、写真等のデータを排出事業者ごとに収集するための組成調査を行い、マニフェスト（産業廃棄物管理票）などから得られる情報と紐づけした雑品プラデータベースの構築を行った。

前期 3 年間では、グループ会社である三重中央開発㈱三重リサイクルセンター（以下、三重 RC）に搬入される雑品プラ 197 コンテナ分を対象に組成調査を行い、全排出現場の内、重量比 80.1%を占める排出現場の情報を雑品プラ DB に登録した（図 3.1.1-3）。後期 2 年間では、雑品プラ DB の拡充を目的として前期 3 年間の調査結果を元に三重 RC に搬入される雑品プラの内、比較的搬入頻度が高くリサイクル可能なものが多く含まれていた排出現場 34 現場について廃棄物組成のばらつきを把握するための再現性調査やリサイクル工程で障害となりやすい塩素含有物の混入状態を把握するための詳細調査を行った。また、三重 RC 以外のリサイクルセンターでの雑品プラの排出状況を把握するため、大栄環境㈱和泉リサイクルセンターにて 30 コンテナ分の組成調査を行った。

これらの調査で得られた結果および新ＣR チーム、新 MR チームへ試験用実廃プラを提供し、試験で得られた結果から各リサイクル向けの要件を抽出した。前処理および FP 型 AI ソータにおける回収対象物を明確化し、標準となるモデルコンテナ（「標準モデルコンテナ」）を選定した。また、コンテナ毎の動作モード選択システムの概念を構築するための情報整理を行った。また、他の産業廃棄物処理事業所 18 社に対して廃プラの受け入れ状況やリサイクルプロセス等についてのヒアリングと排出事業者 8 社に対して廃プラの分別、保管、排出状況等についてのヒアリングを行い、国内の雑品プラ排出状況を整理した。



図 3.1.1-3　雑品プラ組成調査の風景

前期 3 年間の調査で DB 登録を完了した排出現場数は 197 か所となり、期間中に取引があった全排出事業現場に対する重量比率は 80.1%に達した。図 3.1.1-4 に調査した全排出現場(S-1～S-197)の排出形態別の材質を示す。材質の判定にはハンドヘルド式の NIR プラスチックアナライザーを用いた。排出形態の内訳は、プラ単一（単一材質で形成されているプラ）27%、プラ複数（2 つ以上の異なる材質で形成されているプラ）18%、プラ非プラ混合（プラと紙類等や金属類の混合物）46%、プラ以外（木材、金属製品、アルミ蒸着プラ等）9%であった。全排出現場で得られた想定識別区分における重量比率の内訳は、新 CR 向け 5.7%、新 ER 向け 85.5%、不燃物 5.0%であった。新 CR 向けの内訳は、プラ単一内の材質 PP、PE、PS の 5.2% とプラ複数の新 CR 可能物 0.5%であった。

プラ単一排出は全現場の調査重量のうち 27%であり、これらについては素材の色についても記録している。プラスチックアナライザーや刻印により材質が判明した物と不明のものを色別に分類した。プラ単一排出全体で材質が不明のものは 16.8%であった。特に黒色や濃色の素材は近赤外による判定が難しい。また、発泡材などの空隙が多いものは圧縮するなどして密な状態にして測定することにより判明するケースが多く、荷姿の状態のままでは測定できない。これら近赤外で識別が難しいものは一定量含まれるため、排出事業者からの情報提供や新たな識別方法の開発が必要となってくる。素材メーカなど一部の排出事業者からは明確な材質情報を入手できるかもしれないが、産業全体でみると排出事業者でも材質を把握していないケースの方が多い。そのため、テラヘルツやラマンなど黒色・濃色プラの材質を識別可能な新たな技術開発・普及が必要である。

プラ複数排出は全現場の調査重量のうち 18%であり、新 CR 可能物 0.5%は PP、PE、PS の混合物を意味し、新 CR 不可 17.8%は PP、PE、PS 以外のプラ混合物や PVC の手袋が新 CR 可能物に一部混入したものを意味する。これらについては、排出現場で事前に異物を分別しておけば、新 CR 向けに供給できる可能性がある。

プラ・非プラ混合は全現場の調査重量のうち 46%であり、混合プラ、可燃物、不燃物の混ざった状態を意味し、その 47.6%を混合プラが占めているので、後段処理（既設）において、破袋・選別処理を行うことで、新 CR 向けプラを回収できる可能性がある。

後期 2 年間において、新 MR 向けプラ（材質 PE もしくは PP の単体で排出かつ汚れ（埃・油・溶剤等の付着がないもの）の回収ポテンシャル量を推定した結果、図 3.1.1-4 に示した PE 3.4%のうち約 82%、PP 1.0%のうち約 74%が新 MR 向けプラに該当し、全搬入重量の約 3.6%が新 MR 向けに該当すると考えられた。

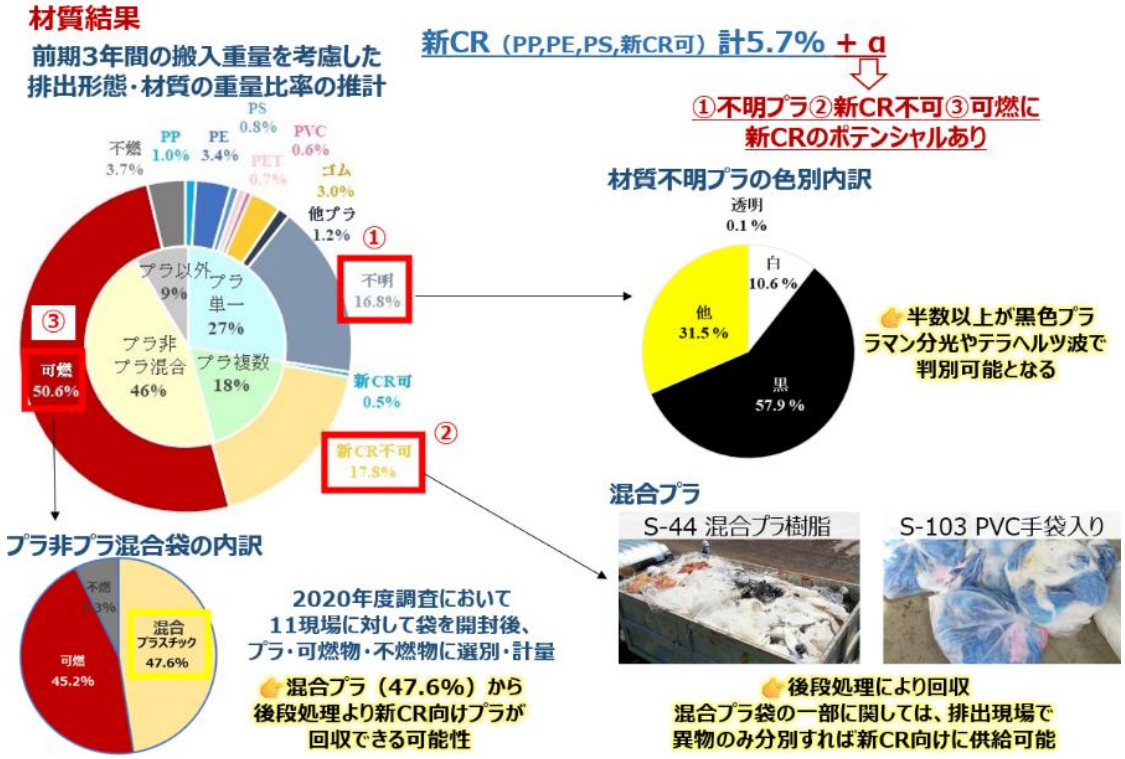


図 3.1.1-4　前期 3 年間に調査した全排出現場(S-1～S-197)の排出形態別の材質

本研究開発を進めるにあたり、FP 型 AI ソータの装置開発において初期の選別対象とする「標準モデルコンテナ」を選定した。その選定フローを図 3.1.1-5 示す。2022 年度末までに雑品プラ DB で登録した 197 コンテナを新 CR 重量比率によって以下のように分類した。まずは新 CR 向けプラの重量比率によって以下のように分類した。

①新 CR 重量比率 100%：5 コンテナ
②新 CR 重量比率 10～99%：74 コンテナ
③新 CR 重量比率 1～9%：58 コンテナ
④新 CR 重量比率 0%：60 コンテナ

この内、「①新 CR 重量比率 100%」と「④新 CR 重量比率 0%」は選別不要であり、これら以外の新 CR 物 と新 ER 物等が混在するものが選別対象となる。この選別対象を、新 CR 重量比率 10%を境に 2 分類し、選別 することにより多くの新 CR 物を回収することができる「②新 CR 重量比率 10～99%」を初期の検討対象とした。この内、フレコンなどソータに流すことができない特大サイズは荷下ろし時に重機等によって仕分けを行うとして、その他サイズ中小（50～500mm 角）を多

く含む 58 コンテナを新 CR 向け「標準モデルコンテナ」とした。「③新 CR 重量比率 1～9%」は新 CR 物の回収量が少ないため、回収効率等を考慮したピッキングの可否判断が必要である。



図 3.1.1-5 FP 型 AI ソータの装置開発における標準モデルコンテナの選定

前期 3 年間に調査した結果をもとに、新 ER および新 CR 向けの廃プラ分配案（一次案）をまとめ、標準モデルコンテナ分を対象に分配ごとの重量および数量を整理した。廃プラ分配条件は、本プロジェクトで開発中の FP 型 AI ソータ（前処理機構、ロボットピッキング機構）の仕様から図 3.1.1-6 分配フローのようになると想定し、以下の分配項目 A～G を設定した。

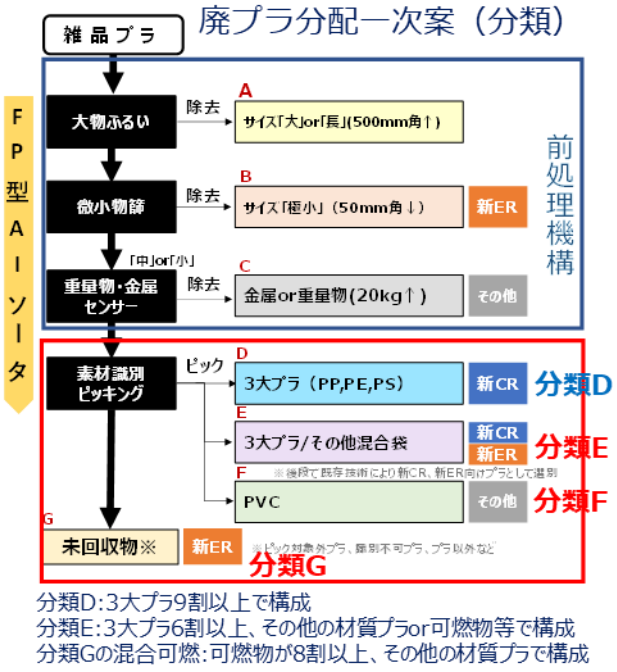


図 3.1.1-6 FP 型 AI ソータ（前処理、ロボットピッキング）における廃プラ分配

分類Eは3大プラとその他異物が混在している物であり、袋の荷姿で排出されている物が多い。袋の表面から明らかに混在していることが分かるものもあれば大部分の3大プラに少量の異物が隠れて表面上では分からないものがある。

そこで、少量の異物混入により分類Eとして仕分けられている物はどのようなものなのかを確認するために調査を行った。異物の材質は様々であるが、塩素系の異物が少量含まれている仕分物を対象とした。図 3.1.1-7 結果を示す。袋の中の大半は軟質フィルムが占めているが、ゴム手袋やテープ、ラップ等が少量混入しており、仕分物全体の塩素濃度推定値は7,316ppmであった。

このようなものが誤って分類 D として回収された場合にはリサイクル工程へ影響が出ることが考えられるため、袋の表面だけではなく、袋の中の物まで認識できる技術開発が望まれる。

<table>
<tr><td colspan="3">仕分物全体（軟質フィルム+異物）　塩素濃度：7,316 ppm</td></tr>
<tr><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>ゴム手袋(Cl:3,150 ppm)</td><td>テープ(Cl:158,000 ppm)</td><td>ラップ（Cl:191,000 ppm）</td></tr>
</table>

図 3.1.1-7 少量の塩素系異物混入により分類 E として仕分けられている物

組成調査では想定回収区分が「新CR」と分類されるものは材質がPP,PE,PSのプラスチック（以下、3 大プラ）のみを含む仕分物と定義してきた。そのため、3 大プラを多く含むが異物も混在する場合には新 ER に分類されることとなるが、仮に新 CR 等のリサイクル先の受け入れ要件が緩和され少量の異物混入が許容された場合にはリサイクル率の向上が期待される。そこでリサイクル先の受け入れ要件変更された場合に伴う回収対象物のポテンシャル量や異物の種類について把握するため、三重 RC に搬入される現場を対象に、3大プラとその他異物が混在する仕分物について詳細な調査を行った。

S-199 の詳細組成調査結果を表 3.1.1-1 に示す。新 ER 物については各仕分物の構成物調査の結果から 3 大プラ含有率を算出し、その含有率に応じて区分を行って整理した。袋で排出されている新 CR 物（区分②）を詳細に調査したところ、少量の異物が混入していることが分かった。3大プラのみが袋の中に入っているように見えるが、中身を開けると手袋や紙ラベルなどの可燃物が少量含まれている場合があることを確認した。ただし、混入率は1%以下であり塩素濃度も高くないため新 CR 向けの原料として大きな問題になる可能性は小さいことが考えられる。

3 大プラ以外の構成物としては、PET や材質不明の硬質プラ、紙ラベルなどが含まれていた。リサイクル先の要件によるが、多少の異物が混在していても受け入れ可能となれば新 CR 物の回収量が向上することが考えられる。

袋で排出されている新 ER 物の内、3 大プラを 70～90%含むもの（区分④）は、本調査のすべての現場で確認された。袋の状態のまま新 CR の原料として供給できる可能性は極めて低いが、このような 3 大プラを多く含む袋を既存の破砕選別施設向けの対象物として回収することができれば新 CR 物の回収量が向上することが考えられる。

このように袋で排出されている新 ER 物の中にも、新 CR 向けに回収可能なものが一定量含まれていることが分かった。リサイクル先の要件の緩和や既存選別技術との組み合わせによってリサイクル率の向上が見込まれる。

表 3.1.1-1　S-199 における詳細組成調査結果

区分	重量比率	構成物組成[%]				塩素濃度
	[%]	３大プラ	PVC	その他可燃	不燃物	[ppm]
①新 CR 物・バラ	1.1%	-	-	-	-	100
②新 CR 物・袋	5.8%	99.9%	0.0%	0.1%	0.0%	810
③新 ER 物・袋（３大プラ 90%以上）	0.0%	-	-	-	-	-
④新 ER 物・袋（３大プラ 70～90%未満）	4.5%	74.7%	0.0%	8.3%	17.0%	107
⑤新 ER 物・袋（３大プラ 50～70%未満）	0.0%	-	-	-	-	-
⑥新 ER（その他）	88.6%	7.7%	0.0%	91.9%	0.4%	154
⑦不燃物	0.0%	-	-	-	-	-

FP 型 AI ソータは、事前の廃棄物情報を元に選別戦略を立てて効率的に選別回収するというコンセプトで開発されている。これまでに構築した雑品プラ DB の中から代表的な現場を選定し、それぞれのコンテナを選別するための戦略案を提示するとともに、各選別工程で回収される物の詳細情報を整理した。

FP 型 AI ソータの想定選別フローは、図 3.1.1-6 で示した廃プラ分配一次案を用いた。分類 A～C は前処理機構で除去されるものであり、分類 D～G はピッキングエリアに搬送されるものである。以下に各分類の情報を示す。

＜分類項目一覧＞
分類 A：サイズが 500mm 角以上のもの
分類 B：サイズが 50mm 角以下のもの
分類 C：金属（アルミ蒸着プラを含む）または重量物（20kg 以上）
分類 D：3 大プラ（PP、PE、PS）で構成されるもの
分類 E：3 大プラ＋その他で構成されるもの
分類 F：PVC
分類 G：分類 A～F に該当しないもの（残渣）

ピッキングエリア内に混在する廃棄物（分類 D～G）の中から新 CR 向けのプラを回収するためには分類 D のみをピッキングするか、もしくは分類 D 以外の廃棄物（分類 E～G）を除去することが必要となる。どちらの戦略を取ることがより効率的であるかどうか、雑品プラ DB の情報を元に決定し、選別フロー案の検討を行った。

S-1 の現場情報を表 3.1.1-2、分配区分ごとの重量比率および数量の情報を表 3.1.1-3 に示す。表 3.1.1-3 より分類 D と分類 E～G の個数を比較すると分類 D の方が少ないためこのコンテナに関しては分類 D をピッキング回収することが効率的であると判断し、FP 型 AI ソータでの想定選別フロー（図 3.1.1-8 を作成した。前処理工程を経てピッキングエリアに搬送される 70 個の廃棄物の中から 29 個の分類 D を全てピッキングすることができれば、コンテナ全体の内、重量として 29%に相当する新 CR 向けプラの回収が可能となる。

表 3.1.1-4 にピッキング回収対象物の情報を示す。このコンテナから回収すべきものはバラの状態で排出されている薬品ボトルや、袋で排出されている軟質フィルム等が挙げられる。薬品ボトルの中には液体が残存している場合があるため、後段で必要に応じて洗浄処理が必要となることが考えられる。

表 3.1.1-2　S-1 の現場情報

現場 No.	S-1
カテゴリ	工場系
業種	化学工業
調査重量	245.5 kg
車種	3t ダンプ車

新 CR 重量比率	51.5%
新 CR 重量	126.4 kg
新 ER 重量比率	48.5%
不燃物重量比率	0.0%

表 3.1.1-3　S-1 の想定選別フローにおける分配区分ごとの重量比率および数量

S-1	分類 A サイズ大・長	分類 B サイズ極小	分類 C 金属・重量物	分類 D 新 CR 向け	分類 E 新 CR+その他材質混合袋	分類 F PVC	分類 G その他プラ・可燃
重量比率（%）	23.8%	0.0%	11.9%	28.8%	0.0%	3.8%	31.8%
数量(個)	6	0	15	29	0	1	40
ピッキング回数(回)				29	41		

表 3.1.1-4　S-1 の想定選別フローにおけるピッキング対象物の詳細情報

No.	内容物	荷姿	形状	数量（個）	状態
1	硬質ボトル	バラ	箱型	14	溶液が残存
2	軟質フィルム	透明プラ袋	球状	9	
3	裁断くず	透明プラ袋	球状	5	
4	硬質容器	バラ	箱型	1	

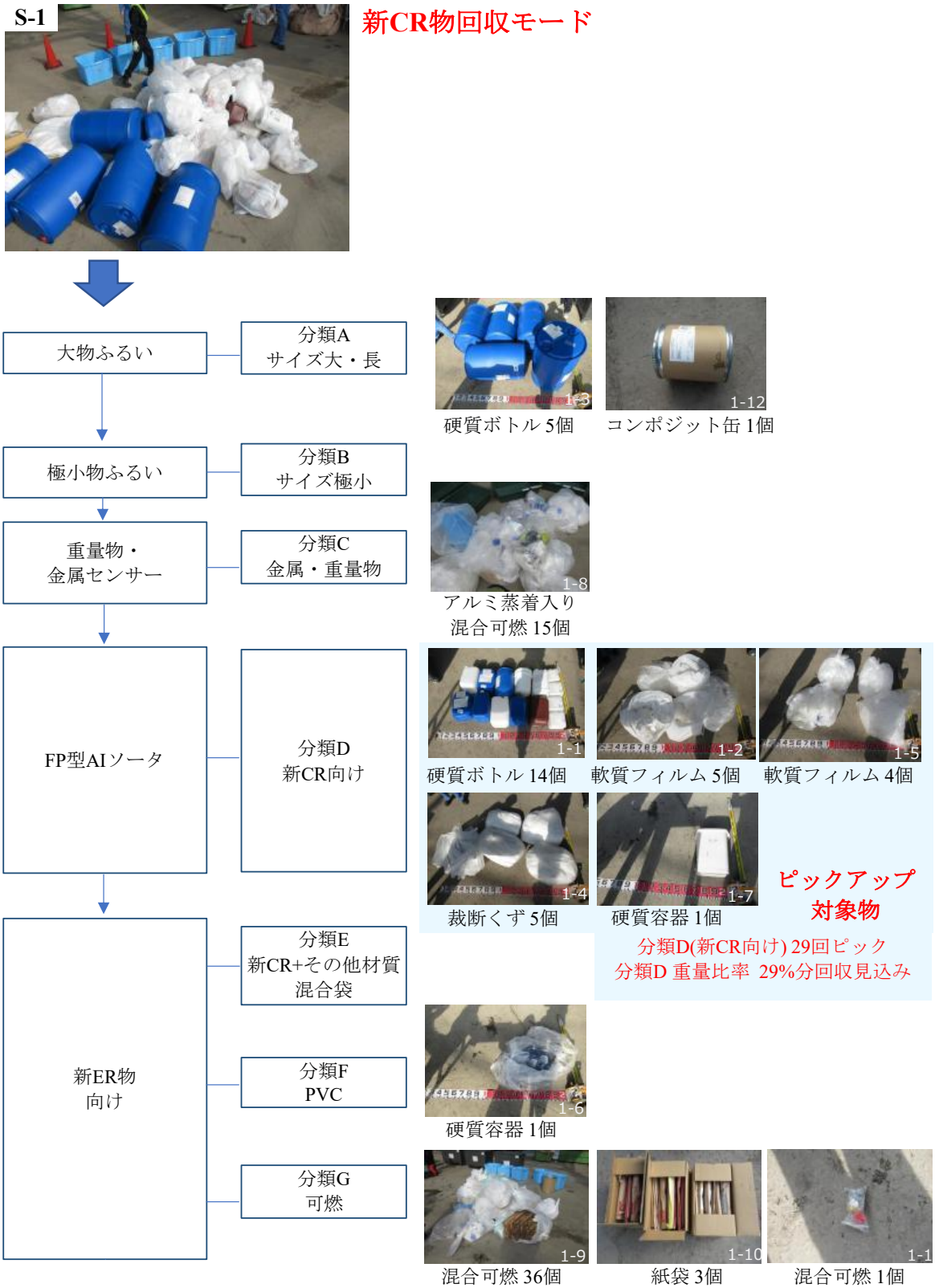


図 3.1.1-8 S-1 における前処理・FP 型 AI ソータの回収対象物

産業廃棄物処理業者 18 社のヒアリング結果から、廃プラリサイクル状況、FP 型 AI ソータ開発に向けた、廃プラの処理状況や AI 選別への関心、今後の FP 型 AI ソータ開発に向けた課題について以下に整理した。

各処理業者において、廃プラのリサイクル先は RPF 製造施設やセメント製造施設がほとんどであり、マテリアルリサイクル及びケミカルリサイクル向けの回収は採算面等の要因で困難な状況であることが分かった。また、作業員の高齢化や人件費の高騰化などから、FP 型 AI ソータのような自動選別機のニーズは高まってきていることが分かった。

表 3.1.1-5　産業廃棄物処理業者のヒアリング結果

廃プラのリサイクル状況	・ 廃プラのリサイクル方法は、マテリアルリサイクルの他、RPF 原料、セメント施設での利用など、地域の状況によって異なっている ・ ヒアリング結果から、産廃業者の処理フローは ・ ①RPF、セメント、焼却、埋立等の複合処理型 ・ ②マテリアル、RPF、セメント向けなどの資源抽出型 ・ ③単純焼却、マテリアルなど特定処理の特化型の概ね３分類に分けられる ・ 産廃処理業者の事業規模や保有設備によって一定の傾向が見られたものの、詳細に見ると各社の処理フローは異なっていた。 ・ 焼却施設を有していない事業者は、保有設備で資源化可能が可能なプラに限られる
AI 選別への関心	・ 作業員の高齢化や人件費の高騰などによって、AI 自動選別ソータのニーズは高まっている ・ 処理量が少ない業者はリサイクルの高度化を検討すること自体が難しい ・ 建設廃棄物やペットボトルの選別における AI 自動選別ソータの導入は進展している
今後のFP型AIソータ開発への課題	・ 現在の AI 自動選別ソータでは、金属除去や判別しやすいペットボトルのピッキングなど、適応できる品目が限られており、分別精度も手選別レベルには至っておらず、さらなる技術開発が求められている ・ 排出事業者における脱炭素やリサイクル率向上に向けた意識は高まっているが、一方で分別の手間や処理コストの削減が求められている ・ 廃プラリサイクルの高度化に向けた国や自治体の政策的な誘導や補助事業の充実が望ましい

排出事業者8社のヒアリング結果から、廃プラの処理状況やリサイクルの高度化に向けた課題ついて、以下に整理した。

特に大企業では廃プラのリサイクルに関する目標が設定されているなどリサイクル意識が高まってきているが、一方で処理委託コストアップや自社での分別排出が難しい状況であることが分かった。これは一部の地域に限定した課題ではなく、国内すべての排出事業者で同等の課題があることが分かった。

そのため、排出事業者としては、FP型AIソータのような自動選別装置を処理事業者が導入することにより廃プラのリサイクルが促進されることへの期待が高いことが分かった。

表 3.1.1-6 排出事業者のヒアリング結果

廃プラのリサイクル状況	・ 大企業では、サステナビリティレポートなどで廃プラに関するリサイクル目標が設定している ・ グループや本社の方針に基づいて、マテリアルリサイクルが可能なものについては、既に各工場でリサイクルが行われている ・ 同じ事業者であっても工場が立地する地域によっては、リサイクル業者が存在しない、コストが合わないなどの理由でリサイクルできない場合がある ・ 原料や梱包材を取り扱っている部品製造工場や物流倉庫などでは、地域や業種が異なっていても、一定量のプラ袋やプラスチックフィルムが同様に排出されると考えられる
リサイクルの高度化に向けた課題	・ 大企業であっても高度リサイクルやそのために必要となる排出事業者の対応などの情報はわずかであり、業者からの情報提供や提案を求めている ・ 工場（現場）では、本社から廃棄物処理や資源化に対するコストダウンが求められており、高度リサイクルでもコストアップの場合は導入が困難である ・ 製造する商品により、内容物や汚れの影響でリサイクルできない場合があるため、汚れていても対応できるリサイクルシステムが求められている ・ 従業員が外国人の場合は文化の違いなどから教育が困難であるため、分別の徹底は難しい ・ 廃プラは比重が軽い、様々な素材を取り扱っているなどから、広い置き場を確保することが難しい

①-1-2「複合センシングデータを利用した深層学習 AI の構築」（実施先：産総研、奈良先端大（大阪大）、芝工大、近畿大）

本項目では、人手選別の代替として AI 画像認識を基礎とし、AI 選別エリア全体（約 2×2m）を視野に入れた「広域センシング」と、ロボットアーム先端部での「局所センシング」の2段階で構成するシステムを検討した。広域センシングとしては、2D カラー画像、3D 距離画像、近赤外（NIR）及びテラヘルツ帯の透過イメージング像等を検知情報とし、これらを深層学習 AI で解析して廃棄物の種類と位置を検知する識別アルゴリズムを開発した。局所センシングとしては、深層学習 AI の識別アルゴリズムにおいて、一旦「黒色未知物体」と識別した物体に対して、ロボットアームを接近させた状態で分析用光源を照射して材質を検知するシステムを開発した。

本項目の目標設定は以下の通りである。

前期3年間では、各センサーの検知情報が「雑品プラ」の識別に対してどのように活用できるのか、適用可能な識別対 象の範囲を明らかにする。また、それらの組み合わせにより、濃色～黒色プラを含まない「雑品プラ」から、新 CR 用プラを 80%以上の検出精度で検知可能なアルゴリズムを開発する。後期2年間では、各センサーからの検知情報を統合して一体的に扱うことが可能な識別システムを開発する。また、濃色～黒色プラを含む「雑品プラ」から、新 CR 用プ ラを 95%以上の検出精度で検知可能な AI を開発する。

＜広域センシング＞

a. 可視～近赤外域のセンシング

産総研では、コンベヤベルト面上方に設置する 2D エリア式スペクトルカメラならびにライン式 NIR ハイパースペクトルカメラを導入し、NIR 波長域での広域センシングの可能性を検討した。雑品プラに含まれるプラのうち、バラ物の単一プラ（非黒色~濃色）については従来から NIR 分析による識別が可能であることが知られているが、ポリエチレン（PE）袋や土のう袋の内容物(単一プラ、混合プラ、混合可燃、金属含有)を外側から直接検知している例は殆ど報告されていないことから、その可能性を検討することを開発当初の目的とした。図 3.1.1-9 に、2D エリア式スペクトルカメラ（測定波長域 400~1000nm）を用いた代表的な 4 種類の標準サンプル板 （PP、PE、ABS、PVC）の識別実験の結果を示す。このスペクトルカメラは対象物を動かすことなく画素単位でのスペクトルデータを収集できる。測定対象物に対して左右から 2 台のハロゲンランプを照射した際の反射光スペクトルをグラフに示している。中央のグラフにおいて、標準サンプル板を直接撮影した場合 PP、PE、ABS の 3 種について近赤外域（800nm~1000nm）で特徴的な反射スペクトル変化がみられる。一方、PVC については、全波長域で強度が小さくほぼ一定であることが分かる。右のグラフにおいて、PP、PE、ABS に透明の PE 袋をかぶせて撮影を行った場合にも、直接撮影で見られた特徴的なスペクトル波形を維持していることから、PE 袋を透過した反射光でプラを識別可能であることが分かる。非透明（白色）の PE 袋に変えて撮影を行った際にも同様の結果を得たことから、荷姿（PE 袋）のままで内容物の状態を検知できることが示唆された。

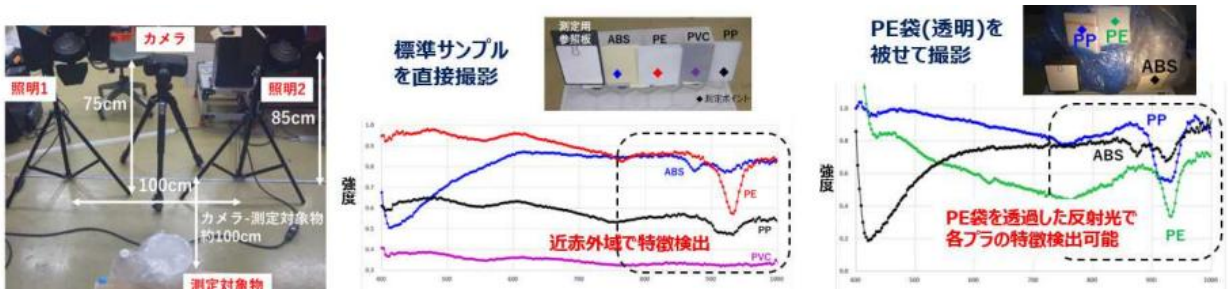


図 3.1.1-9 2D エリア式スペクトルカメラを用いた識別実験

2022 年 1 月には、ライン式 NIR ハイパースペクトルカメラ（測定波長域 900~1700nm）と幅広低床ベルトコンベヤを導入し、大栄環境(株)から提供を受けた実サンプルを含む試料を対象に材質識別実験を開始した。実験装置（FP 型 AI ソータ基本モジュール）には、3D カメラ、2D カラーカメラを搭載しており、同一の対象物に対して 3 種類のセンサーで画像撮影が可能とした（図 3.1.1-10 また、当該装置には、さらにラマン分光計機構とテラヘルツ計測機構を増設して検討を進めた。

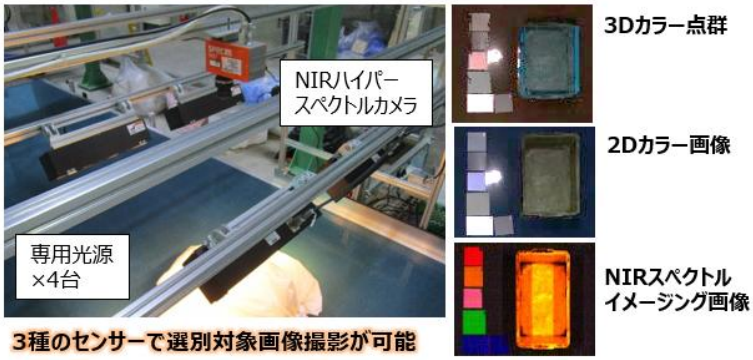


図 3.1.1-10 FP 型 AI ソータ基本モジュールで撮影した PP 製ボックス画像

図 3.1.1-11 に、ライン式 NIR ハイパースペクトルカメラを用いて、大栄環境(株)提供の実廃プラ（袋物、バラ物）を撮影したイメージング画像を 2D カラー画像と比較して示す。ここで、5 種類の参照試料（PE、PP、PS、ABS、PVC）に対して画素単位で異なる色味で表現するようにスペクトル波形分類アルゴリズムを学習させた後、実廃プラの測定を行っている。バラ物の撮影では、PVC 製のトレイと蓋が同一素材の参照用試料と同じ青色で表現されており、物体の形状についてもほぼ正確に認識できる。袋物のサンプルは、透明 PE 袋内に、フィルム状の PE が複数の団子状になったものの中に、PVC 製の蓋、可燃物（コピー紙、段ボール、木材）を混入させたものであるが、赤色で表現された PE フィルムの中に異物が混入していることが明瞭に確認できた。ただし、検知可能なのは薄い非黒色の袋の直下に見えている物体に限定されるので、袋内深部に存在する異物を検知するには、後述のテラヘルツ域のセンシングによる必要がある。

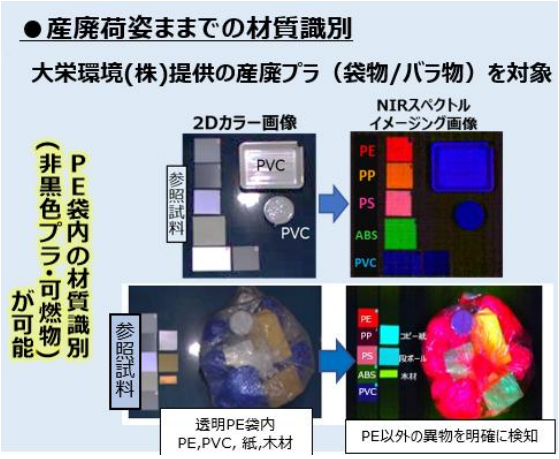


図 3.1.1-11　NIR ハイパースペクトルカメラによる荷姿ままの材質識別

図 3.1.1-12 に大栄環境(株)提供の実廃プラ片（PE、PP、PS、ABS、PVC）のうち黒色・濃色を除外した 197 サンプルを NIR ハイパースペクトルカメラで識別した結果を示す。ここで正解とするプラ種別は別途 FT-IR（ATR 法）測定により決定した。図中央のイメージング画像は PE と PVC の例を示しており、これらのサンプルは産業廃棄物である実廃プラの集合であるので、種別が同じプラでも使用している添加剤等は多岐にわたると考えられるが、各サンプルは参照試料に近い暖色系あるいは寒色系の色味で表現されている。このように参照試料に近い色味で表現されたサンプルを正しく識別できたものと判断し、「新 CR 用プラ（PE、PP、PS）」と「それ以外のプラ」の 2 分類の正解率を算出すると、図中右の表に示す通り 88.3%となった（ABS の正解率が低いのは PS と誤判定されるものが存在したため）。このように黒色・濃色を除外した実廃プラに対しては、NIR イメージングのみでも約 90%の正解率が得られた。

以上、前期 3 年間の NIR 波長域の広域センシングでは、荷姿(非黒色のバラ物、非黒色の袋物)のまま内容物の状態(単一プラ、混合プラ、混合可燃)を判定可能なことを示唆する結果を得た。

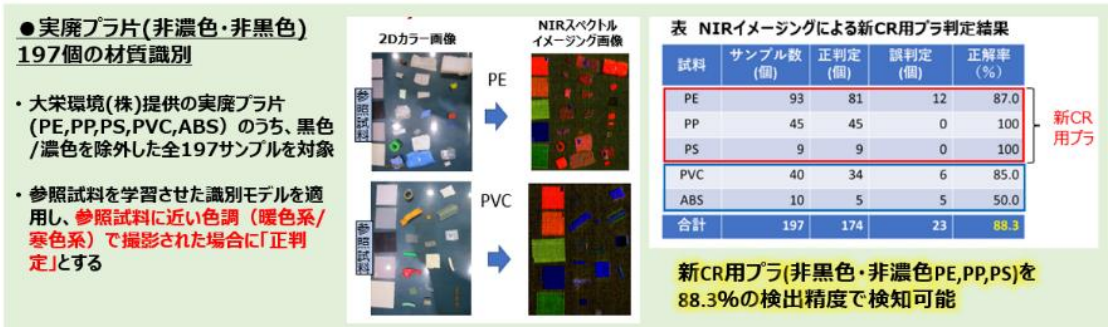


図 3.1.1-12　実廃プラ片（非濃色・非黒色）の材質識別結果

後期 2 年間では「FP 型 AI ソータ基本モジュール」の近赤外域のハイパースペクトルカメラの撮影制御プログラムを改造し、搬送コンベヤの定尺運転に合わせて 2D 画像及び 3D 画像と同視野の近赤外画像の自動生成を可能とした。また、2D/3D の融合データを用いた AI 解析により、雑品プラ試料の形態分類 3 クラス（袋物、バラ物（ボトル、トレイ等の硬質プラ）、黒色物）を可能とするとともに、近赤外画像データを用いた AI 解析によりプラ種分類 5 クラス（新 CR 物、新 ER 物、PVC、新 CR 混合物、新 MR 物）の連続判定を可能とした。ここで、新 CR 物は PP、PE、PS の単体あるいはこれらの混合物（図 3.1.1-6 における分類 D）、新 ER 物は PP、PE、PS 以外のプラ及

び紙等の可燃物の単体あるいはこれらの混合物（図 3.1.1-6 における分類 G）、新 CR 混合物は PP、PE、PS とその他プラ及び紙等の混合物を意味し、破袋後既存の機械選別工程に供給することで、新 CR 物の回収が想定できるものである図 3.1.1-6 における分類 E）。新 MR 物は、新 CR 物のうち単一のプラ種で汚れ等がない特に良質なものである。プラ種の分類ではハイパースペクトルカメラによって画素単位で材質判定を行いカラーで着色した画像（PE：赤、PP：桃、PS：橙、ABS：緑、PVC：青、紙：茶）において検出物体を前述の 5 クラスにグループ化して AI に学習させた。さらに、搬送コンベヤに内蔵した広域撮影可能なテラヘルツ域のラインセンサーにより、透過画像を撮影することで内容物の充填状態を検知可能とし、新 CR 物及び新 MR 物を識別するための補足情報として活用するシステムとした。図 3.1.1-13 にこれらのセンサーで撮影した画像データの例を示す。形態分類とプラ種分類の AI 解析結果から物体の形態・3D 位置とプラ種をマッチングし、プラ種識別とロボットピッキング動作が連動するシステムとしている。前述の「標準モデルコンテナ」の縮分試料（縮分率 1/5、全 25 個、総重量約 45kg）を対象に識別精度を検証した結果、形態分類 3 クラスに対して検出精度 100%、プラ種分類 5 クラスにおいて検出される新 CR 物の純度 100%を確認した。

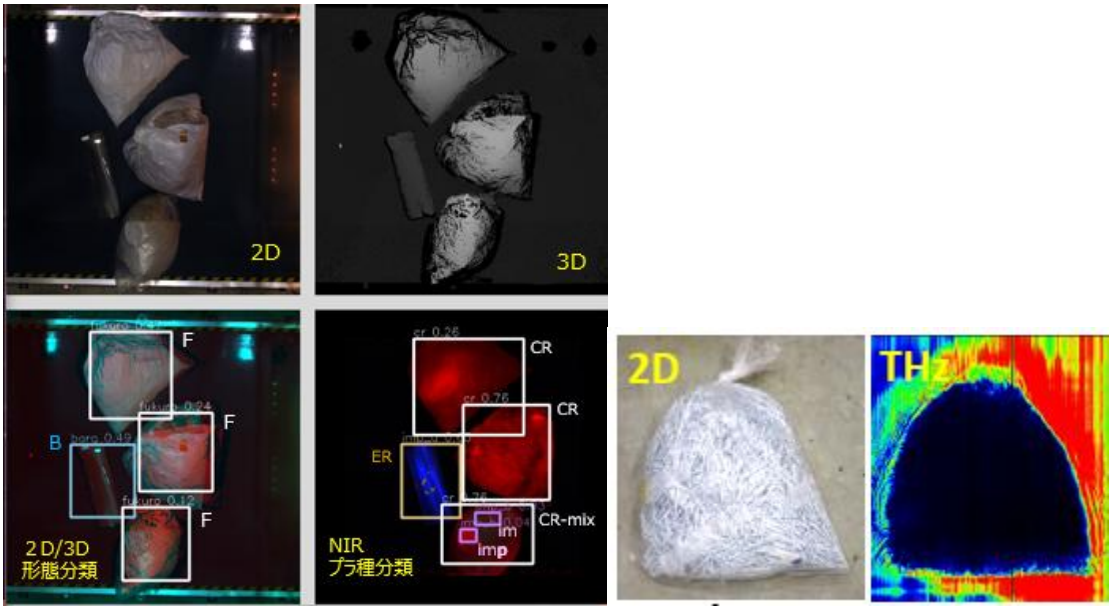


図 3.1.1-13　FP 型 AI ソータによって撮影した各種画像データ

再委託先の奈良先端科学技術大学院大学（2023 年度より大阪大学に継承）では、収集済みデータセットを拡張する手法の検討を行った。変形、汚れ、光源変化といった要因に対して頑健なセマンティックセグメンテーションモデルを構築するための課題として、訓練用データセットの生成が挙げられる。データ拡張に用いる生成モデルとしては、顔画像生成に用いられる既存の生成モデルを参考にしつつ、そのアーキテクチャ、活性化関数、損失関数などの構成要素を再設計し、廃棄物画像の拡張に有効と考えられる要素を整理した。セグメンテーションモデルの精度評価には公開データセットである ZeroWaste を用い、提案手法における有効な構成要素の組み合わせを明らかにした。その結果、本手法を用いることで他の多数の既存手法を上回る性能を有するモデル構築が可能であり、汎用的に適用可能であることを示した（図 3.1.1-14）。また、本手法により拡張されたデータセットで学習したセグメンテーションモデルは、大栄環境(株)における単一物体画像に対しても高精度に物体領域を抽出できることが確認された。さらに、提案手法を用いたデータセットを活用し、実環境を模擬した認識・ピッキング実験を実施した。その結果、データ拡張を行わなかった場合と

比較して、誤認識率を 10%低減し、ピッキング精度を 6%向上させることに成功した。こうしたデータセットの拡張方法は、最終的に産総研における AI の学習プロセスに活用された。

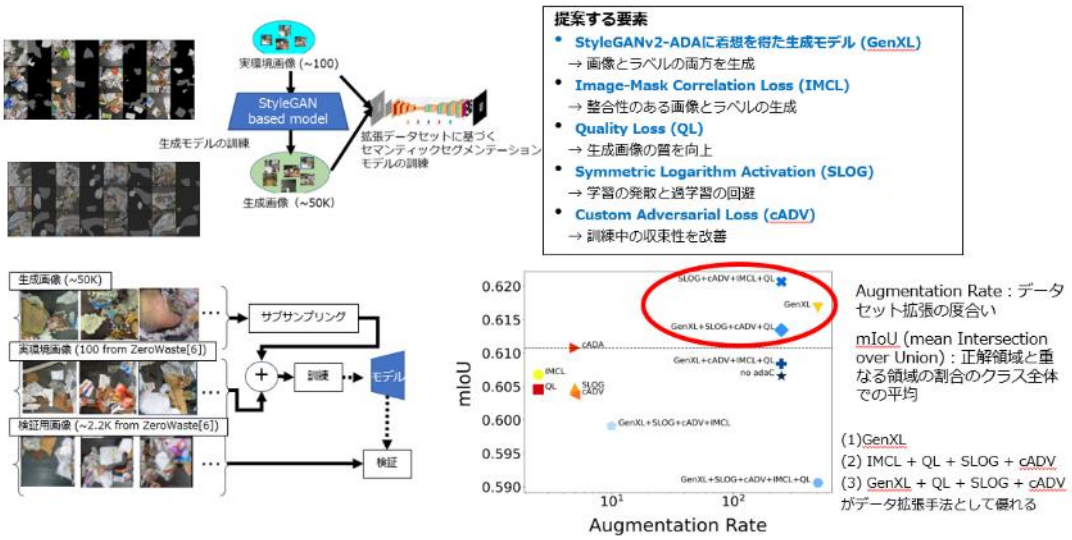


図 3.1.1-14　変形、汚れ、光源変化に堅牢な画像認識を実現するための
データ拡張手法の検討

b. テラヘルツ域のセンシング

テラヘルツ帯域におけるプラスチックの誘電率は素材で異なるので、透過率や反射率の差異に基づく、素材選別が可能となる。再委託先の芝浦工業大学では、 実際に廃棄され、大栄環境(株)おいて回収された廃プラに対して、複数の周波数の異なるテラヘルツ波を照射し、反射率ならびに透過率を計測し、その分散データを機械学習を用いて解析することで、プラ種を識別する新規プラ識別技術を開発した（特願 2021-144654）。また、小型テラヘルツ計測に必要となる選別機構を含む各コンポーネントを設計・試作し、電磁波計測システムとして構築した。測定安定化に関しては、テラヘルツ波の偏光方向と入射角のパラメータについて、測定が安定化する条件の検討ならびにフレコンバックを対象とする遠隔測定に有効な計測治具（特願 2025-029329）を開発した。さらに自動車、家電、パソコンに由来する廃プラスチックを対象に、テラヘルツ反射・透過データを蓄積し、機械学習解析も活用する素材識別精度の向上を検討した。

図 3.1.1-15、表 3.1.1-7 に、テラヘルツ波によるプラ種識別実験に用いた実験光学系と使用した廃プラサンプルの種類と個数を示す。対象としたのは、大栄環境(株)から提供を受けた実廃プラである PE、PP、PVC、ABS、PS 全 281 個であり、プラ種は近畿大学の FTIR 測定（ATR 法）で確認された結果を「正解」として使用した。テラヘルツ周波数ごとの分散のデータとしては、60 GHz、90 GHz、140 GHz、180 GHz の測定は透過と反射のデータを用いており、300 GHz のみ透過のデータを用いた。機械学習では、教師あり学習としてサポートベクターマシン（SVM）と決定木を使用した。SVM は機械学習で広く使用されている方法で、行列式で表されるデータであれば表計算から画像処理まで分析等に広く使用される手法であるのに対して、決定木はプログラム的には if 文で条件分岐していき樹形図状に分けていく方法である。パラメータの学習にはプログラミング言語

の一つである python と機械学習ライブラリの scikit-learn を用いた。取得データの一部を学習用データとして使用し、その残りに対して分類テストを行った。

表 3.1.1-8 に 5 種のプラスチックに対する決定木と SVM による分類テストの結果を比較した。使用する周波数が多くなるほど、分類精度が向上し、5 周波数を用いた SVM においてハイパーパラメータとして γ 値 10 を用いることにより、最も高い正解率 81%が得られることを確認した。表 3.1.1-9 に黒色プラ（59 個）のテラヘルツ測定で得られた周波数ごとの透過・反射の分散データを対象に機械学習（決定木）を適用した際のプラ種識別精度を示す。ここで、テラヘルツ波と同じ非接触測定であり、従来からリサイクル現場で一般に用いられている近赤外線分光（NIR）による結果を参考として併記している。いずれの種類の黒色プラでもテラヘルツ測定は近赤外分光よりも精度が高いことが分かる。従来の近赤外分光法では識別正解率 16 %程度である黒色の廃プラサンプルに対して、本研究で開発したテラヘルツ計測による識別では 79 %まで識別正解率が向上した。このことから現状のリサイクル現場において、近赤外線分光による廃プラ識別を補完することがテラヘルツ測定に期待できる。

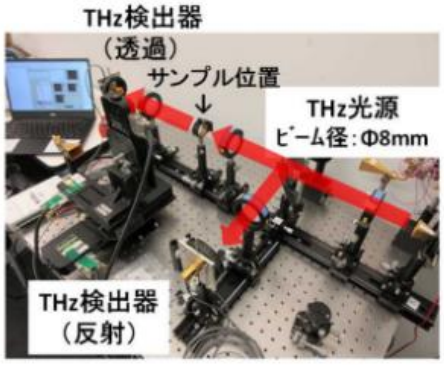


図 3.1.1-15　テラヘルツ波によるプラ種識別実験に用いた実験光学系

表 3.1.1-7　テラヘルツ域の識別実験に使用したサンプル

種類	PP	PVC	ABS	PE	PS
個数 （黒色の個数）	65 （18）	68 （16）	19 （4）	123 （20）	6 （1）

表 3.1.1-8　機械学習により解析した際のプラ種識別精度

機械学習	決定木	SVM	SVM (γ=10)
3周波数のデータを活用 (60GHz,90GHz,140GHz)	68%	54%	78%
4周波数のデータを活用 (60GHz,90GHz,140GHz, 180GHz)	73%	57%	78%
5周波数のデータを活用 (60GHz,90GHz,140GHz, 180GHz, 300GHz)	73%	57%	81%

表 3.1.1-9　黒色プラの識別精度の比較（NIR と THz）

黒色プラ（サンプル数）	NIR	THz
ABS (4)	0/4	2/4
PVC (16)	5/16	11/16
PE (20)	0/20	17/20
PP (18)	4/18	16/18

図 3.1.1-16 に、PP と PVC、金属フィルムが挟まれているフレコンバックの内部をテラヘルツ波(90GHz)で透過イメージ測定した結果を示す。図中の左、中の写真にあるように、可視光域ではフレコンバックに挟まれていると内部が見えず、PP と PVC、金属フィルムの存在は分からないが、テラヘルツ波の透過イメージング像ではフレコンバック内部の様子を知ることができる。金属フィルムはテラヘルツ波を透過せず、すべてを反射するのに対して、PP をはじめとするオレフィン系はテラヘルツ波の透過率が大きい。それらに対して PVC や PET は透過率が中程度であり、それらが混在していることが見てとれる。オレフィン系のプラスチックでも高周波の透過率は減少するので、複数の測定周波数による透過率もしくは反射率の分散から材質を特定することが可能である。

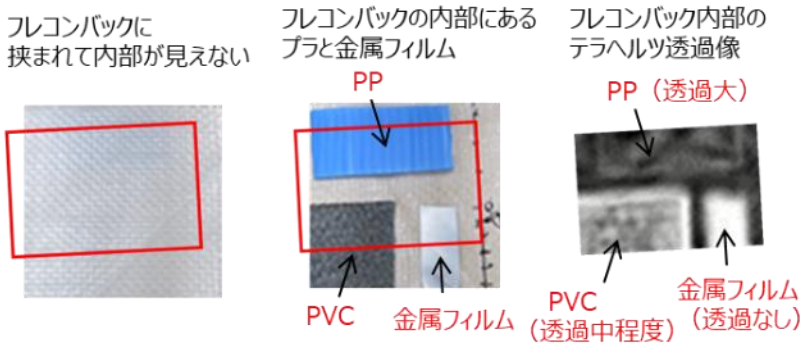


図 3.1.1-16　フレコンバック内の廃プラスチックと金属の透過イメージング像
（測定周波数：90 GHz）

図 3.1.1-17 に、テラヘルツ波の安定測定条件の検討において使用した実験光学系を示す。サンプルを軸で回転させることで、入射角ごとの透過度を s 偏光と p 偏光それぞれについて計測した。テラヘルツ波の周波数は 65 GHz とし、サンプルは透明プラ 5 種類であり、膜厚は 5 mm 厚のものにした。図 3.1.1-18 に、実験で得られたテラヘルツ波の透過度に対する偏光と入射角の依存性を示す。s 偏光の結果においてはプラの材質ごとの透過率に明確な差が現れることを確認した。入射角度 50°以上において、透過度の逆転が生する材質として PP があるが、入射角を例えば、40～50°の範囲に設定できると、s 偏光の計測による素材識別が有効であることが分かった。p 偏光では s 偏光の場合と比較して、材質ごとの透過率の差が小さいが入射角に対して安定した透過率を示すことが分かる。このことは測定する廃プラスチック表面に凹凸があり、入射角が不安定な形状の場合には P 偏光が素材識別に有効であることを示唆している。凹凸はテラヘルツ波のビーム径に依存する程度であり、特に p 偏光での識別測定においてはビーム系を制御することが重要となる。

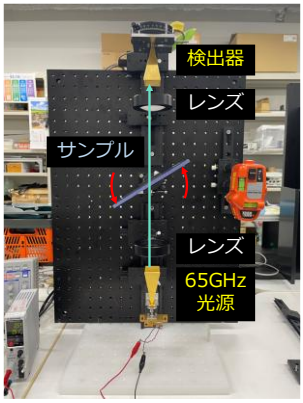


図 3.1.1-17　テラヘルツ波の安定測定条件の検討において使用した実験光学系

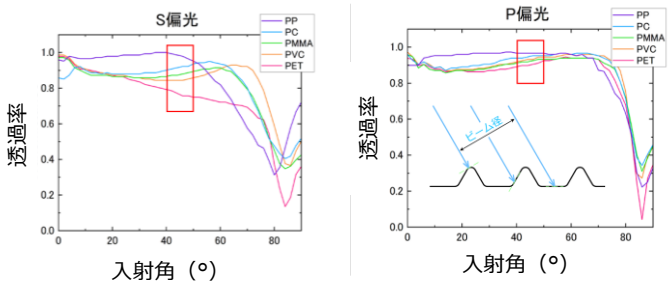


図 3.1.1-18　異なる偏光下におけるプラ種ごとのテラヘルツ波の透過特性

テラヘルツ域における各種素材の透過及び反射に関する基礎特性に関する知見は、産総研における FP 型 AI ソータ開発（テラヘルツラインセンサー導入）に活用された。

＜局所センシング＞

廃プラをリサイクルするには素材の種類を正しく判別する必要があるが、特に黒色の廃プラは黒色顔料が光を吸収するため分光法での選別が難しい。ドイツの STEINERT 社は、中赤外域のハイパースペクトルカメラ UniSort BlackEye を販売しているが、価格面などに問題が残る。本研究では、雑品プラに対して手作業を軽減し、大量処理が可能なフィールドピックアップ型 AI ソータのロボットアームにポータブルな小型分光機器を取り付けて局所センシングすることを想定し、黒色の廃プラ試料の近赤外分光測定とラマン分光測定を行い、プラ種判別の可能性を検証した。

前期 3 年間は小型ラマンセンサー（ラマン分光器）を用いた検討を実施した。後期 2 年間では、ラマン分光法を補完する技術として、最新の小型 FT-NIR 分光モジュール（近赤外分光器）を導入し、新たなデータ解析方法を含む識別システムの開発を進めた。

a. 小型ラマン分光器による黒色プラ識別

再委託先の近畿大学（2020～2021 年度）では、黒色～濃色プラを識別対象として 3 種類のスペクトルデータのデータベース（DB）化、FP 型 AI ソータに組み込み可能な小型ラマン分光モジュールの性能検証、ラマンスペクトルの解析方法に関する検討を実施した。

大栄環境(株)より提供された黒色～濃色を含む 696 個の実廃プラ片の赤外吸収スペクトル、近赤外吸収スペクトル、ラマンスペクトルを明瞭なスペクトルが得られる測定条件を探索した後、できるだけ測定条件を統一して測定し、他のセンシング方法へのプラスチックの種類の「正解」の提供

とサンプル性状等によるセンシングへの影響を網羅的に明らかにすることを意図して Web ブラウザーでアクセス可能な DB を構築した。本 DB では、卓上型 FT-IR 分析装置（島津 IRPrestige-21）を用いて全反射（ATR）法で測定した IR スペクトルと装置内臓の高分子データベースで検索した物質情報、近赤外吸収スペクトル（浜松ホトニクス製 C15511 にて測定）、ラマンスペクトル（浜松ホトニクス製 C13560 にて測定）を参照可能である。

FP 型 AI ソータに組み込み可能な市販の小型ラマン分光モジュール 2 機種（浜松ホトニクス製 C13560、C15471）の性能を比較し、それぞれの特徴を明らかにした。高出力のモジュール（C15471）は、高出力化に合わせて励起レーザー光の波長を安定化させており、波長精度の高いスペクトルが得られ、簡単なピーク強度の比較による判定でも黒色プラを 5 秒程度で識別可能であることを確認した。ラマンスペクトルは鋭いピークを与えるため識別精度を向上させるためにはバックグラウンドの除去方法が重要になることから、複数の数値処理によるバックグラウンド除去方法を比較検討した結果、パラメータ設定が比較的簡単な Rolling Ball によるバックグラウンド除去を機械学習の一種である SVM との組み合わせることで、FT-IR により確実に PP と判断された黒色プラ片 11 個に対して、単純なピーク強度判定では 2 個しか判定できなかったものが 6 個まで判定ができた。最終的に大栄環境(株)提供の黒色で種類が明確な実廃プラ 60 試料（PP、PE、PS、PET、PVC）のうち、この小型ラマンセンサーを用いて 36 試料が識別可能であることを確認した。

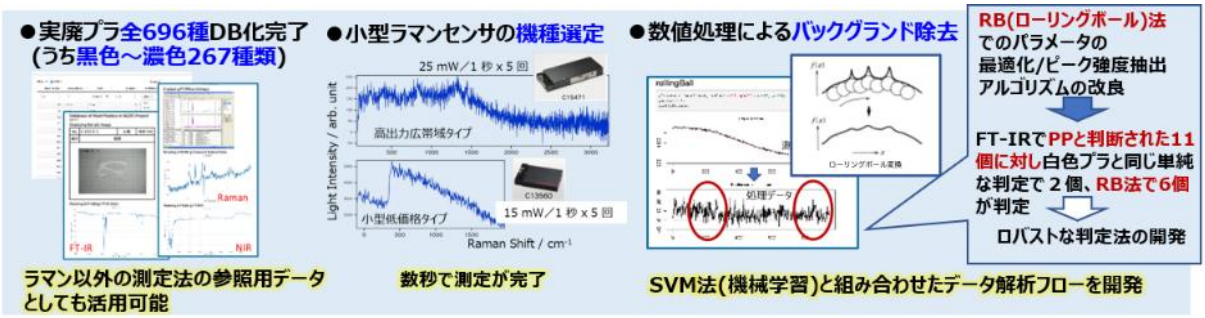


図 3.1.1-19　小型ラマンセンサーを用いた黒色～濃色プラ識別に関する検討

b. 小型近赤外分光器によるによる黒色プラ種別判定

大栄環境(株)提供の黒色の実廃プラ 60 試料のうち、ラマン測定では 24 試料が測定困難であったことから、後期 2 年間には最新の小型 FT-NIR 分光モジュール（浜松ホトニクス製 C15511）を導入し、スペクトルデータの測定方法及び解析方法の検討を進めた。図 3.1.1-20 に測定に用いた分光測定機器と廃プラ試料の写真を示す。光源はタングステン灯であり、光源と受光部が一体化された部品の底面を試料表面に接することで測定し、光ファイバーで分光器本体に導光する。廃プラ試料の種類は、上述の卓上型 FT-IR 分析装置（島津 IRPrestige-21） の全反射吸収（FTIR-ATR）法で判定した結果を「正解」とした。



図 3.1.1-20　使用した分光測定機器と測定した黒色廃プラ試料の一部

（赤い矢印はプローブ光の照射部と方向を示す）

図 3.1.1-21 に黒色 PE 試料の測定結果の例を示す。測定スペクトルの解析は、ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリスチレン（PS）、塩化ビニル（PVC）の 5 種類のスペクトルを足し合わせて測定スペクトルを近似する方法を開発した。この線形回帰分析には Python の scikit-learn パッケージを用いた。寄与が最大の成分を、FTIR-ATR 測定での判定結果と比較して正解率を算出した。S/N 比が悪く、ラマン分光測定では判定が難しかった PE 試料が、NIR 測定では 9 割以上の高い寄与率で正しく判定された。

表 3.1.1-10 にラマン分光測定では測定困難な 24 試料に対する近赤外分光測定の結果をまとめて示す。2024 年 2 月時点において、全体の正解率は約 82%（49/60）となり、PVC 以外の 4 種の汎用プラスチックの正解率は概ね良好で、特に PE や PP はポリオレフィン類としてまとめると 9 割以上となる高い正解率が得られた。その後さらに測定方法と基準スペクトルを改良することにより、PVC の正解率が上昇するとともに PP と PE の判定精度が向上し、最終的に 2025 年 2 月時点では、小型近赤外分光器を用いた 5 種判別では黒色プラ全試料に対して 95%以上の正解率となった。

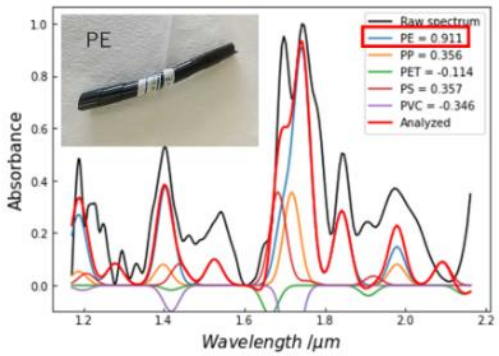


図 3.1.1-21　NIR 拡散反射吸収スペクトル解析の結果の例
（PE が最も高い寄与率と算出）

表 3.1.1-10　ラマン分光で測定な黒色プラ試料 24 試料の FT-NIR による判定結果

プラ種	FT-NIR 2024年2月		FT-NIR 2025年2月	
PP	PP	○	PP	○
PP	PE	×	PE	×
PP	PP	○	PP	○
PP	PVC	×	PP	○
PP	PE	×	PP	○
PP	PE	×	PP	○
PP	PP	○	PP	○
PP	PP	○	PP	○
PP	PP	○	PP	○
PP	PP	○	PP	○

プラ種	FT-NIR 2024年2月		FT-NIR 2025年2月	
PE	PE	○	PE	○
PE	PE	○	PE	○
PE	PP	×	PE	○
PE	PP	×	PE	○
PE	PE	○	PE	○
PE	PP	×	PE	○

プラ種	FT-NIR 2024年2月		FT-NIR 2025年2月	
PET	PE	×	PET	○
PET	PET	○	PET	○

プラ種	FT-NIR 2024年2月		FT-NIR 2025年2月	
PS	PE	×	PS	○
PS	PS	○	PS	○
PS	PS	○	PS	○

プラ種	FT-NIR 2024年2月		FT-NIR 2025年2月	
PVC	PVC	○	PVC	○
PVC	PP	×	PVC	○
PVC	PP	×	PVC	○

c. 局所センシング機構の装置化

局所センシングの装置化として、大型の廃プラスチック製品および袋詰めされた雑品プラに対して、大型ロボットハンドハンドの先端に取り付けた小型ラマン分光モジュールによる選別技術を検討した（図 3.1.1-22）。白系の明るい色の廃プラスチック製品については、ロボットアームを遠隔から操作し、非接触で測定を行うことで、十分な強度のラマンスペクトルが得られた。黒色の廃プラスチック製品については、周囲の光の影響でラマンピークはノイズに埋もれてしまい、材質を判定することは困難であった。一方、手作業による評価においては、測定デバイスからのレーザーの焦点を正確に合わせ、積算時間を数分程度まで延長することで、S/N 比を向上させ、黒色プラスチックにおいても例えば PET と PE の区別が可能であった。この焦点合わせの精度については、測定点に近接した距離からの正確な位置合わせ機構の追加や測定時の迷光対策の強化を引き続き検討する予定である。また、後年度に導入して黒色プラ識別に効果が認められた小型近赤外分光器のロボットアームへの搭載についても引き続き検討を進める予定である。

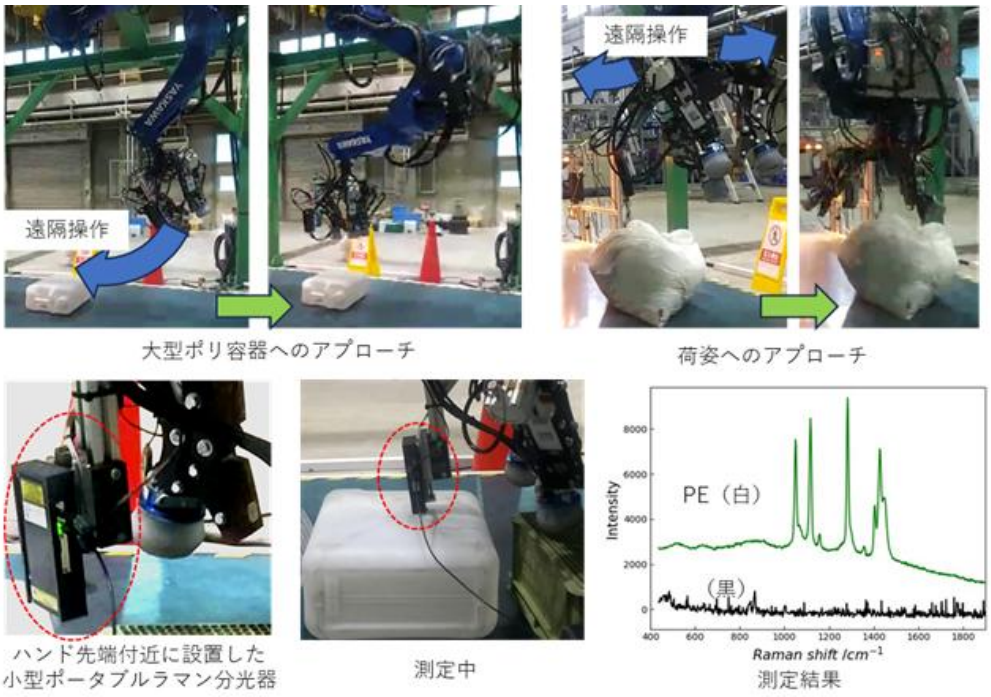


図 3.1.1-22　局所センシング実験の様子と得られたラマンスペクトル

①-1-3　「マテリアルハンドリング技術の開発」（実施先：富士車輛株式会社、産総研、奈良先端大（大阪大））

雑品プラの選別を行うには、種類の判定を容易にするために廃棄物の重なりを除く作業や、ピッキングが困難な重量物を取り除く作業が必要である。本項目では、まずこうした「供給」「分散」および「困難物除去」といった FP 型 AI ソータの選別に不可欠な前処理工程を自動化するための装置・機構を開発した。さらに、AI 選別エリアに吊下式ロボットアームを配置し、雑品プラ DB に記録された各リサイクルへの最適分配を学習した AI 指示により、バラ積みピッキングの要領で回収するステムを開発した。

本項目の目標設定は以下の通りである。

前期 3 年では、8m3 コンテナ 1 台分相当の新 CR 向け廃棄物(新 CR モード適用コンテナ)に対して、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比 1/2(7 分 30 秒以内)とするための要素技術を確立する。後期 2 年では、前処理、AI 識別、ロボットピッキングの工程を統括制御するベンチスケールの選別システムを介 し、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比 1/3(8m3 コンテナ 1 台分相当の廃棄物を 5 分以内で処 理)とするためのシステムを確立する

＜前処理機構＞

前処理機構の検討では、前処理機構の検討では、雑品プラ DB の構築過程で選定した新 CR 対象の標準モデルコンテナの内容物の状態、並びに、ロボットピッキング困難物の性状を考慮し、「長尺物･板物（1m 以上）、重量物（20kg 以上）および小物金属類」を前処理での回収対象物として定義した。これら材料の選別・除去に対応した装置、処理フローとして、前期 3 年間にオートチェッカー（重量検出器）、材料投入分散供給装置、大物ふるい装置（振動スクリーン）、切り出しコンベヤ（材料排出）、金属検出器（2 系統式）、仕分け装置を開発した。さらに後期 2 年間には FP 型 AI ソータに材料を整列搬送する振分・整列コンベアシステムを開発し、金属検出器（2 系統式）から搬送された材料の中、金属検出有無での次工程動作（金属検出品は除去し、その他材料は分散整列）の動作確認を実施した。

これら要素テストでの動作確認後、2024 年 9 月に上記装置群を FP 型 AI ソータの前処理工程として、産総研つくばセンター西事業所に移設して共同研究を実施した。図 3.1.1-23 にこれらの前処理装置群を示す。材料投入から前処理、AI 識別、ロボットピッキングの工程を統括制御するシステムを構築するとともに、全行程での目標処理時間に向けた搬送時課題およびロボットピッキングとの動作連携プログラムでの課題を解決して、目標処理時間（5 分以内）を達成する目処を立てた。

大物ふるいの開発においては、多種多様な廃プラに対して、長尺物・板物と PE 袋（45L）での選別（ふるいによる落下可否判定）を実施して、当初設計案での課題（PE 袋は、確実に落下させること。長尺物・板物は落下させない）の解決を目指した。その結果、ふるい形状の改造（特願 2022-24349）を実施した結果、長尺物・板物と PE 袋を ほぼ 100%の選別性能を確認した。 図 3.1.1-24 に本研究で改造したふるい形状と選別性能データ（処理時間と選別率）を示す。 改造前（左）と比較して、改造後（右）には、ほぼ 100%の選別率となり処理時間も約 1 秒短縮されることを確認した。

重量物検出機構は、コンベア式重量検出装置の大型仕様（最大 60ｇ）とし、仕分け装置と組合せたシステムを構築した。小物金属類混入物の選別手段としては、金属探知機のコイルセンサー（磁界）のモーション検知機能を活用したスライダー式金属検出装置の新規開発を行った。金属片(鉄、銅、アルミ、SUS)のサイズ、向き、通過位置、通過高さを様々に変化させて検知の可否を確認する

とともに、大物ふるい装置等周辺装置(金属系材、モーターノイズ等)の影響についても問題ないことを確認した。 図 3.1.1-25 にその試験状況および検出性能を示す。金属検知結果については、 約50mm以上の金属片は、PE 袋内の混入位置によらず、ほぼ検知が可能である。また、約 20mm以下の微小金属片についても、混入高さが 100mm以下なら検知可能である。

また、投入材料をロボットピッキングゾーンに分散、整列搬送するとともに、上記金属検出装置にて判別した金属類混入プラ袋等の異物除去の機能を集約した整列搬送（仕分け）装置を新規開発した（特願 2024-205855）。図 3.1.1-26 にその装置外観を示す。1 バッジ分（10～12 個）のプラ袋を連続投入したテスト（内、小ネジ、アルミ蒸着袋および被膜付銅線を混入したプラ袋もランダムに投入）においては、分散整列および金属類除去機能が満足することを実証できた。その結果、ロボットピッキング前工程における材料の重なりが回避されて、その有効性を確認することができた。



図 3.1.1-23　前処理装置群および処理フロー

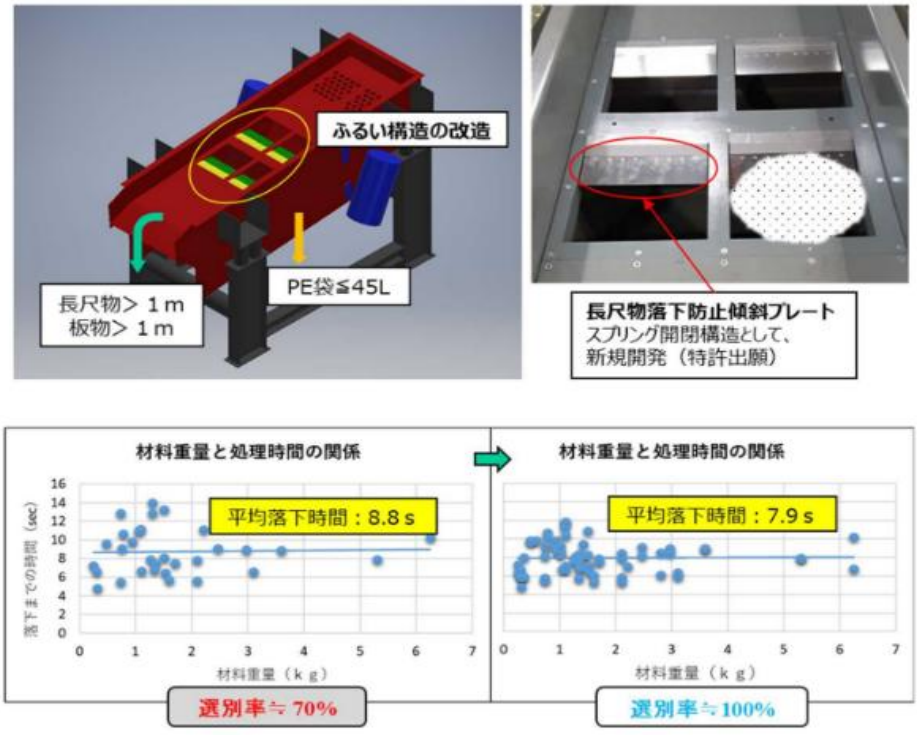


図 3.1.1-24　開発した大物ふるい形状と選別性能

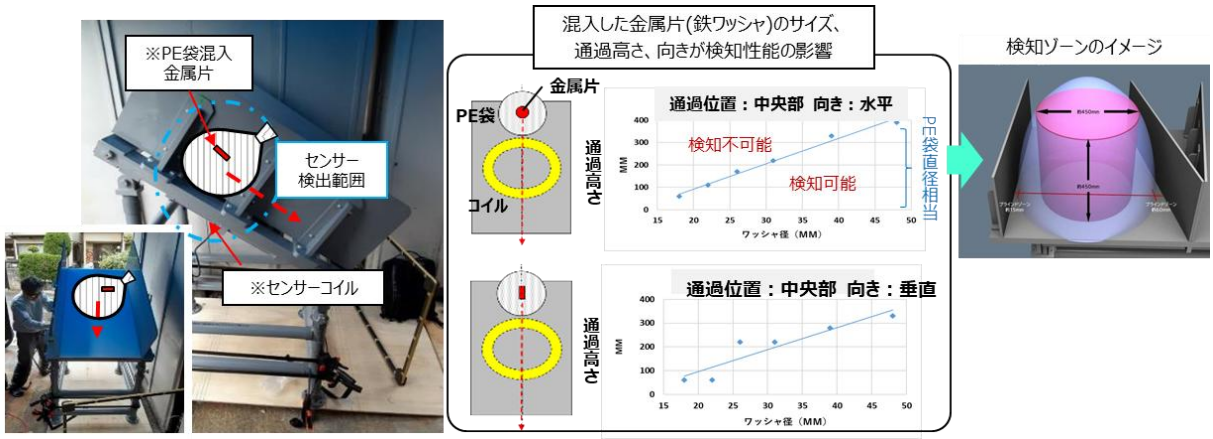


図 3.1.1-25　開発したスライダー式金属検出装置外観と検知性能

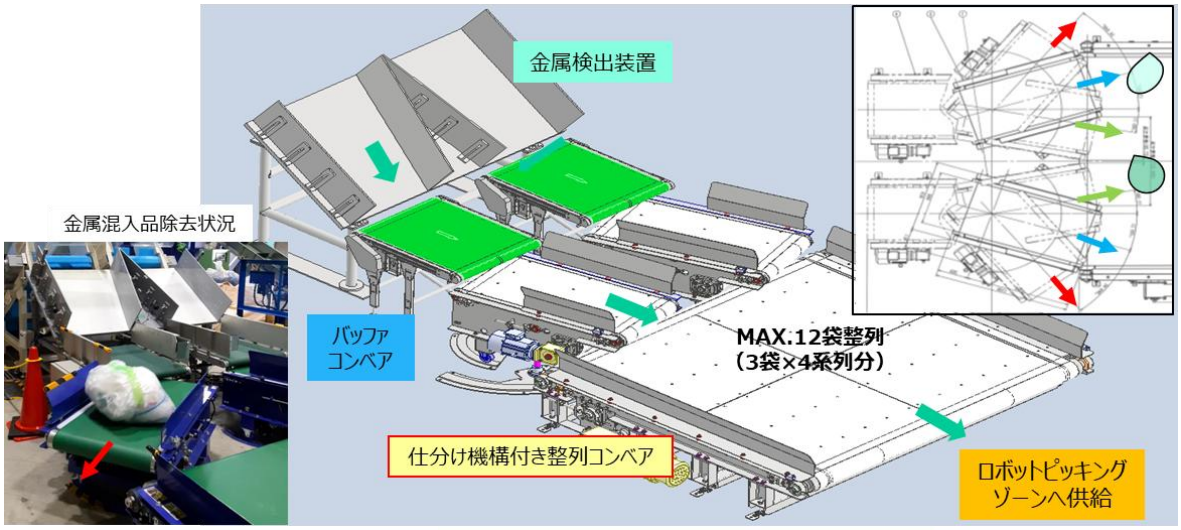


図 3.1.1-26　開発した異物除去機構付材料分散整列（仕分け）装置

＜ロボットピッキング＞

一般的な工業部品等のバラ積みピッキングでは対象物の CAD データを用いて把持動作を計画するが、「雑品プラ」にはそのようなデータはなく、多品種対応が最大の技術課題となる。本項目では、把持対象となる廃棄物の 3 次元形状を自動分析し、把持の位置姿勢を自動計算するとともに、真空カップ、多指ハンドを廃棄物の形状や材質に応じて使い分けるピッキングシステムである「FP 型 AI ソータ基本モジュール」を開発した。図 3.1.1-27 に、最終年度におけるロボットピッキング動作の写真を示す。本装置では 3D ステレオカメラ、エリア式 2D カラーカメラ各 2 台を床面から約 3m 上方に取り付けており、これらの撮影データを結合することで、縦 2m×横 2m の広範囲を計測可能としている。またプラ種識別用として前述のライン式 NIR ハイパースペクトルカメラ及びテラヘルツラインセンサーを備えており、物体の形態・3D 位置とプラ種をマッチングし、プラ種識別とロボットピッキング動作が連動するシステムとしている。

ピッキングにおいては、3D 計測によって対象物の存在を認識して把持座標を算出し、ロボットアーム及びハンドを動作させる。ロボットアームの最大可搬重量は 25kg であり、ハンド部を除くと最大 10～11kg 程度の重量物をピッキング可能である。雑品プラ DB の収集データに基づき、ピッキング対象物のサイズは中小（50～500mm 角）、1 個当たりの重量は最大で 9.35 kg と想定しており、本装置の計測範囲と可搬重量はほぼ実用機相当と言ってよい。1 本のロボットアームで三指ハンド（袋物用）、吸着ハンド（バラ物用）を制御プログラムの指示によって毎回切り替え可能としている。ピッキングエリアの中心部上方に吊り下げる形でロボットアームを配置しており、1 本のロボットアームでピッキング可能なエリアを最大化している。 また、ピッキング対象物の搬送機構として、幅広低床コンベヤ（全長 5m、ベルト幅 1.8m、高さ 0.15m）を導入し、以下に示すようなコンベヤ・ロボット連動サイクルを構築するとともに、前述の前処理プロセスとの連接動作を可能とした。

開始→コンベヤ定尺移動(移動中に NIR 及び THz 測定)→コンベヤ停止→2D・3D 撮影・認識・識別→連続ピッキング(最大 8 回/1 撮影）→コンベヤ定尺移動へ繰り返し→終了

本項目では最終目標として、コンテナ 1 台当たりの処理時間を現状比 1/3（5 分）以下にすることを掲げており、ピッキング 1 回あたりに要する時間を可能な限り短縮する必要がある。PE 袋（45L）のピッキングを想定し、ピッキング動作のプログラムのコード改良を進め、処理時間を設備導入当初の 1/2 以下まで短縮した。最終的な処理時間は以下の通りである。通常のロボット選別機では、ロボットアーム 2 本の並列処理が標準的な仕様であることから、実用機でのピッキング時間は下記の半分と見積もって検討を進めた。

・コンベヤ定尺移動（約 5m）3.5 秒/回
・3D/2D 画像撮影 7 秒/回
・ピッキング 5 秒/個 （並列処理の場合 2.5 秒/個）

本装置の導入後、2022 年度後半には、ハンド部（吸引型、三指型）の改良を進め「柔らかい袋物」や「角型容器」の安定した把持を可能とするとともに、前述の小型ラマン分光モジュールを搭載するための治具を開発・設置（図 3.1.1-27 右の写真で黄色の円で囲った部分）した。また、通常のピッキング動作では対応が困難な複数プラの一括処理等を想定したロボットアームの「掃出し動作（ベルトコンベヤの横方向に対象物を押出す）」を構築するとともに、2 通りの動作モード（新 CR 物回収モード、新 ER 物回収モード）を選択可能とした。

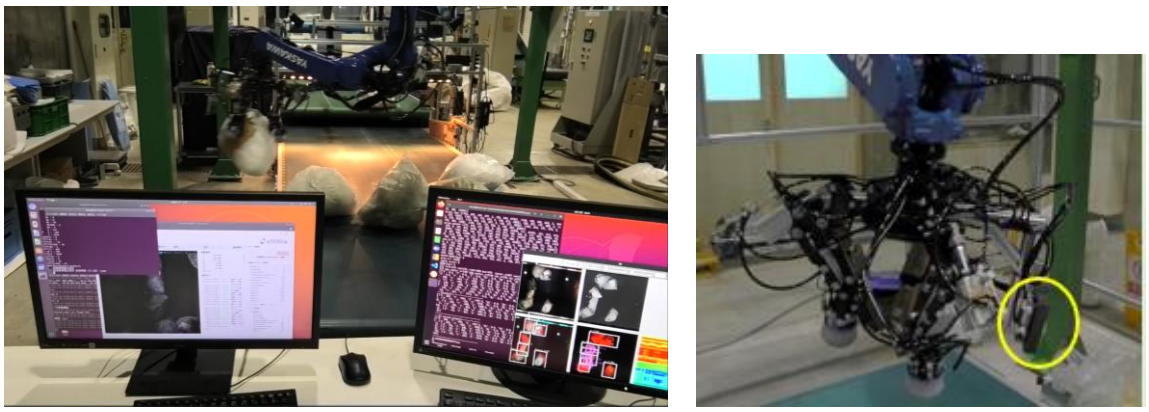


図 3.1.1-27　開発した FP 型 AI ソータ基本モジュール（左：全景、右：ハンド部）

表 3.1.1-11 に、大栄環境(株)から提供された標準モデルコンテナ縮分試料（縮分率 1/5）に対するプラ種判定結果の例を示す。ここに、前処理工程を経た図 3.1.1-6 中の分類 D～分類 G で構成されるテストサンプル（バラ物及び袋物、全 25 個、総重量約 45kg）を FP 型 AI ソータ基本モジュールに 3 回繰り返して供給した際の 5 クラスのプラ種判定結果を重量基準で示している。供給試料の分類 D には新 MR 物 12.8 ㎏と新 CR 物 35.9 ㎏があり、これらをピッキングして選別するケースを想定している。新 MR 物は 4.3kg が分類 D (MR)に判定される一方、8.5 ㎏が分類 D (CR)に判定され回収ロスとなるが、他の分類からは分類 D (MR)への混入はなく、新 MR 物の回収純度は 100%である。新 CR 物は 33.6kg が分類 D (CR)として判定される一方、2.4kg が分類 F と分類 G に判定され回収ロスとなるが、分類 E (CR 物)、分類 F (PVC)、分類 G (ER 物)からの分類 D (CR)への混入はなく、新 CR 物の回収純度は 100%である。ここで、表中の「除外」は、分類 D (CR)に判定された袋物を精選用の AI で解析・再判定することで、分類 E (CR 物)、分類 F (PVC)、分類 G (ER 物)から分類 D (CR)に混入した 10.3kg を除外したことを意味している。供給試料の分類 F (PVC)の 4.3kg は袋物の PVC 混合可燃物であるが分類 F として正しく検出された。このように再現率（回収率）ではなく適合率（純度）を重視す

ることで、質の高い新 MR 物と新 CR 物を選別できることを確認した。今後は AI 学習用データをさらに拡充して多様なコンテナへの適用性を向上させる予定である。

表 3.1.1-11　標準モデルコンテナ縮分試料に対するプラ種判定結果の例（単位:kg）

		プラ種別判定結果						
		分類D(MR)	分類D(CR)	分類E	分類F	分類G	合計(kg)	再現率(%)
供給試料分類	分類D (新MR物)	4.3	8.5	0	0	0	12.8	33.3
	分類D (新CR物)	0	33.6	0	0.9	1.3	35.9	93.8
	分類E (CR混合物)	0	0	21.9	3.5	0	25.3	86.5
	分類F (PVC)	0	0	0	4.3	0	4.3	100
	分類G (新ER物)	0	0	8.3	9.4	30.0	47.7	62.8
合計(kg)		4.25	42.1	30.2	18.1	31.3	136.2	
除外		0	10.3	–	–	–	10.3	–
適合率(%)		100	100	72.5	23.5	95.8	–	–

再委託先である奈良先端科学技術大学院大学（2023 年度から大阪大学に継承）では、双腕ロボットによる高度な廃棄物ハンドリングの実現に向けた検証を行った。両腕の手首に搭載された力覚センサーを用いて、滑り落ちを防ぐ最小限の把持力をリアルタイムで調整しながらピッキングを行うシステムを構築した。このアプローチにより、変形物体の内部内容物の押し出しや、プラスチック容器の破損を防ぎつつ安全な把持が可能となった。さらに、双腕を活用することで大型・重量物体の持ち上げや、複雑形状物体が密集した状況下での紐状物体の切断など、より高度な操作も可能であることを確認した（図 3.1.1-28）。

本研究では、迅速性優先モードと要細分化モードの 2 つの認識・把持戦略の研究開発を行った。迅速性優先モードでは、自己教師あり学習による把持可能領域推定モデルの構築に取り組んだ。シミュレーション実験では、近似形状や廃棄物を模擬した対象物体を用いて学習を行い、学習ステップ 10000 ステップ時点でそれぞれ 82.8%、65.4%の成功率を達成した。さらに、認識結果に基づき、搬送中の対象物体に対して押し動作を行うことで、迅速な仕分け作業が可能であることを確認した。

要細分化モードでは、双腕ロボットによる高度な廃棄物ハンドリングの実現に向けた検証を行った。両腕の手首に搭載された力覚センサーを用いて、滑り落ちを防ぐ最小限の把持力をリアルタイムで調整しながらピッキングを行うシステムを構築した。このアプローチにより、変形物体の内部内容物の押し出しや、プラスチック容器の破損を防ぎつつ安全な把持が可能となった。さらに、構築した双腕ロボットシステムを活用することで大型・重量物体の持ち上げや、複雑形状物体が密集した状況下での紐状物体の切断など、より高度な操作も可能であることを確認した。



図 3.1.1-28　双腕ロボットを用いたハンドリング動作の検証実験

双腕ロボットでのハンドリングについては、将来的に、FP 型 AI ソータの前処理工程で対象物の分散や処理困難物の除去、後処理工程で FP 型 AI ソータが取りこぼした対象物の回収（精選）等での補助的な活用を想定している。

①-1-4　最終目標の達成状況

研究開発項目①-1「フィールドピックアップ（FP）型 AI ソータの開発」における目標設定は以下の通りである。

前期 3 年: 8m³ コンテナ 1 台分相当の新 CR 向け廃棄物(新 CR モード適用コンテナ)に対して、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比 1/2(7 分 30 秒以内)とするための要素技術を確立する。

後期 2 年: 前処理、AI 識別、ピッキングの工程を統括制御するベンチスケールの選別システムを介し、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比 1/3(8m3 コンテナ 1 台分相当の廃棄物を 5 分以内で処理)とするためのシステムを確立する。

図 3.1.1-29 及び表 3.1.1-12 にこれらの目標の達成状況を示した。本研究では、前処理を含む選別工程に要する処理時間を計測する際のベンチーマーク条件として、前述の「標準モデルコンテナ（8m³）1 台が 45L サイズの PE 袋 100 袋（新 CR 物、新 ER 物、新 CR 混合物の 3 種類が存在）で構成されており、その中から 54 袋を FP 型 AI ソータで選別する」を想定し、これに要する時間を現状と比較した。

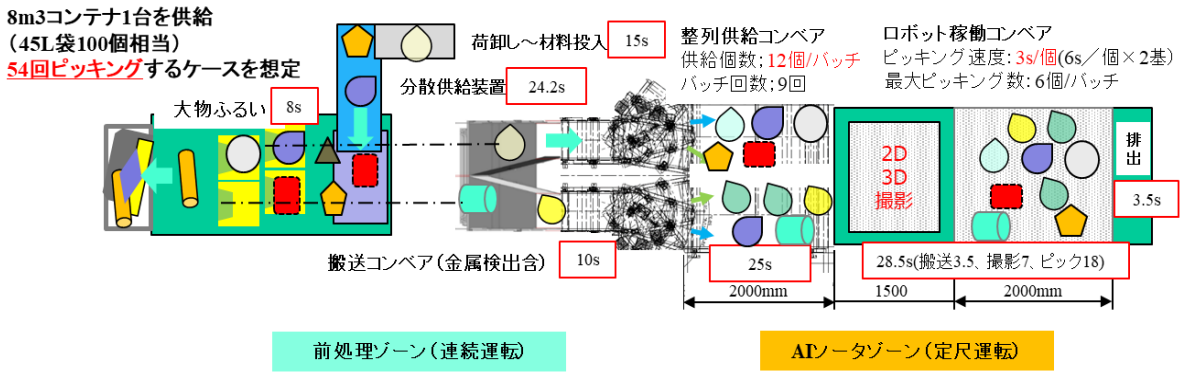


図 3.1.1-29　8m³ コンテナ 1 台分相当の新 CR 向け廃棄物の処理時間

表 3.1.1-12　前処理を含む選別工程に要する処理時間

	前処理システム	FP型AIソータ	合計
中間成果	82.2秒	262.0秒	342.2秒
		54個すべてをピッキング	7分30秒以内達成
最終成果	74.0秒	184.5秒	262.0秒
		1種をコンベヤ搬送 最大36個をピッキング	5分以内達成

前期 2 年間の開発における各装置の処理時間は以下の通りである。

① 前処理 82.2 秒
　①-1 荷下ろし～供給装置投入 15 秒
　①-2 分散供給装置 24.2 秒
　①-3 大物ふるい装置 8 秒
　①-4 搬送コンベヤ（重量選別、金属選別）10 秒
　①-5 整列供給コンベヤ（供給個数 12 個/バッチ） 25 秒
② ピッキング 256.5 秒 ＝ （3.5+7+18）×9 バッチ
　②-1 コンベヤ搬送（定尺運転） 3.5 秒
　②-2 センシング（2D、3D、NIR、THz）7 秒
　②-3 ピッキング（6 回/バッチ） 18 秒 ＝3 秒/個（6 秒/個÷2 基）
③ 後処理：排出（コンベヤ搬送） 3.5 秒

ここで、荷下ろしから①-5 の整列供給コンベヤに初回バッチ 12 個の袋が整列するまでに 82.2 秒（①-1～①-5 の合計）が経過する。整列後に直ちにロボット稼働コンベヤが起動し、定尺運転により移動するが、ここでの搬送とセンシングに 10.5 秒、1 バッチあたり 6 回の連続ピッキングを行うと 18.0 秒を要する。ピッキング速度は 6.0 秒/回であり、ロボット選別機で通常用いられるアーム 2 基並列方式を想定して 3.0 秒/個とする。搬送、センシングを含む 1 バッチのピッキングには 28.5 秒を要するが、100 個分を処理するため 9 バッチ 繰り返す間に 256.5 秒が経過する。この間、①及び③は並行して動作する。最終的に 9 バッチのピッキングを終了した後、残った袋を排出するのにさらに 3.5 秒を要する。最終的に一連の工程に要する時間は 342.2 秒となる。これにより中間目標である「コンテナ 1 台相当分の処理時間を 7 分 30 秒以内」を達成した。

後期 2 年間では、各装置の動作を最適化することにより処理速度の向上を図った。まず、前処理においてボトルネック工程の処理速度を改善することで、前処理時間を 82.2 秒から 74.0 秒に短縮した。AI ソータ部においては、ロボットハンドの把持機構と識別・制御プログラムの改良により、ピッキング速度を 6.0 秒/回から 5.0 秒/回に短縮した。

前期 3 年間では 54 個すべてをロボットアームでピッキングする想定であったが、後期ではコンベアの搬送機能を利用し、選別産物の 1 つはコンベアで搬送する仕様に変更した。54 個の袋物を新 CR／新 ER／新 CR 混合物(既存選別工程行き)の 3 産物に選別することを考えた場合、量の少ない 2 産物をアームでピッキングすることになるので、ピッキング数は最大でも 36 個に軽減される。これにより 1 バッチあたりのピッキング回数は 4 回、ピッキング時間（2 ハンド）は 10 秒（5.0÷2×4）

となる。従って、9 バッチのピッキング時間は 184.5 秒((3.5+7+10)×9）となる。これに前処理時間 74.0 秒、残留袋の排出時間 3.5 秒を加えると、最終的に一連の工程に要する時間は以下の通り 262 秒となる。

74.0＋(3.5+7+10)×9（9 バッチで各 4 回ピッキング）＋3.5

＝74.0＋184.5＋3.5＝262.0 秒

これは 54 個を 3 産物選別する場合の最大時間であり、例えば、54 個中 6 個だけを新 CR あるいは新 MR 向けにピッキングする場合は以下の通り 187 秒で完了する。

74.0＋(3.5+7+5.0)×3（3 バッチで各 2 回ピッキング）＋

(3.5+7)×6（6 バッチはピッキングなし）＋3.5

＝74.0＋46.5＋63＋3.5＝187.0 秒

以上により、最終目標である「前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比 1/3(8m^3 コンテナ 1 台分相当の廃棄物を 5 分以内で処理)とするためのシステムの確立」を達成した。

・詳細説明；高度比重選別システムの開発

廃製品から各種金属を回収したあとの、廃プラを含む多くの混合物「製品別プラ」を対象とする。組成が複雑で 5cm 以下のこれら細粒物に対し、最も精度よく選別できるのは、湿式比重選別法の 1 種であるジグ選別である。しかし、元々、組成比既知の 2 成分選別機であるため、組成比未知の複雑組成混合物である「製品別プラ」に対して、経済合理性を持って、精度よく多成分に比重選別することができない。これを「製品別プラ」の選別に適用するには、2 つの弱点を克服しなければならない。まず、すべての比重選別に共通する弱点は、選別の境界条件が比重だけで決まらない点である(図 3.1.2-1，弱点 1)。比重選別は水中あるいは空気中の粒子運動の差で選別する装置であり、その運動は粒子の比重以外にもサイズ・形状の影響を受ける。その影響の受け方が装置の選別機構に依存することは認識されているが、この 3 物性がどのように選別精度に影響するかの理論的解明はほとんどなされていない。そこで本研究では、比重選別の阻害因子となる粒子のサイズと形状のバラツキを解消する方法とそのための装置を開発することを目標とした。もう 1 つの弱点はジグの装置機構として、組成比未知の多種混合物は精度よく選別できない点にある(図 3.1.2-1，弱点 2)。これについては、重軽産物を排出する新しいジグ装置機構を開発することを目標とした。これら新機構を有する高度比重選別システムの開発により、「製品別プラ」から、新 MR、新 CR および新 ER に提供可能な産物を回収可能にすることが本研究の目的である。また、低品質で従来 ER 向けにしか適用できない「製品別プラ」に対しては、乾式比重選別の適用可能性も検討した。

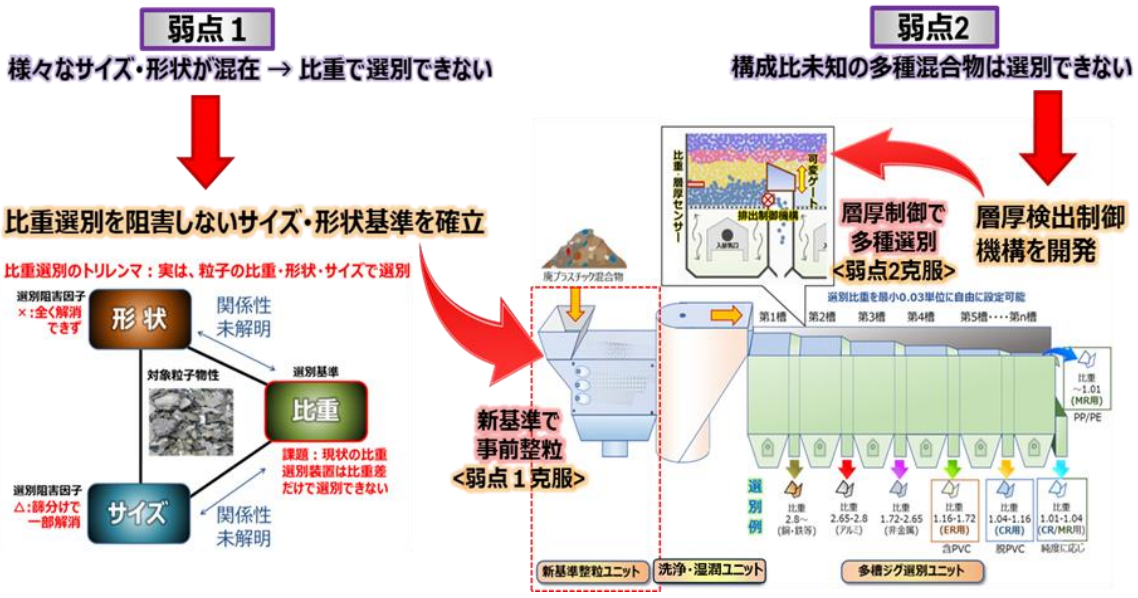


図 3.1.2-1　高精度なジグ選別を実現するための２つの弱点の克服

本研究開発の目標は以下の通りである。

・中間目標

「製品別プラ基準試料」に対し、新 MR・CR・ER で再資源化可能なプラ組成の産物を回収率 95%以上で実現できる、洗浄・湿潤条件や、ジグ選別機の層厚・排出制御機構を開発し、大栄環境の提供する「製品別プラ」実試料に対する適用可否を判断する。また、新 ER 向け乾式選別の適用

可能性を検討するとともに、洗浄・湿潤ユニット，多槽ジグ選別ユニットの基本性能を備えたベンチ試験機を試作する。

・最終目標

高精度化に向けた改良を加えて、新 MR・CR・ER の目標品質を回収率 95%以上で実現できる一連の多槽比重選別システムのベンチスケール機を完成させる。また、実プラントへの導入を想定して開発システムの性能や新 MR、新 CR および新 ER の分配特性や採算性等を試算・評価する。

①-2-1 サイズ・形状指標の解明と事前整粒装置の開発 （実施先：産総研、大栄環境）

本研究では、低コストで高精度に大量処理可能なジグ選別機を、「製品別プラ」選別に適用するため、まずは、ジグの比重選別を阻害しないサイズ・形状のパラメータを統一化し(弱点 1 の克服)、このパラメータを境界条件として事前整粒する装置を開発することを目標とした。

ジグは上下に脈動(種々の波形で上下運動)する水中での、粒子運動の差を利用して比重選別する方法である。比重選別が成立する粒度幅(粒度範囲)は、等速沈降比として示される。これは、比重 A＞B の粒子の選別を考えたとき、静止水中を同じ速度で沈降する「粒径小なる比重Ａ粒子」と「粒径大なる比重 B 粒子」の粒径比であり、この粒径比以内に事前整粒すれば、比重を基準とした選別が成立するという考えである(図 3.1.2-2 (a))。今もなお、等速沈降比を超える事前整粒基準は存在しないが、実際の比重選別機では全く成立しない。等速沈降比は、定常運動速度(終末沈降速度)で比較しているのに対し、ジグ運動下の粒子は水の加速度を被る非定常運動となる。このように球形粒子におけるサイズ/比重依存性ですら、未だ評価基準として確立されておらず、このことが、ジグをはじめ、比重選別の高精度化を阻む要因となっている。本研究では、ジグの選別阻害要因を解消するための、サイズ-形状の境界条件(新整粒基準)を明確化するとともに(図 3.1.2-2 (b))、その境界条件を基準として選別するための、多段乾式スクリーン(新基準整粒ユニット)のベンチスケール試験機を試作した。

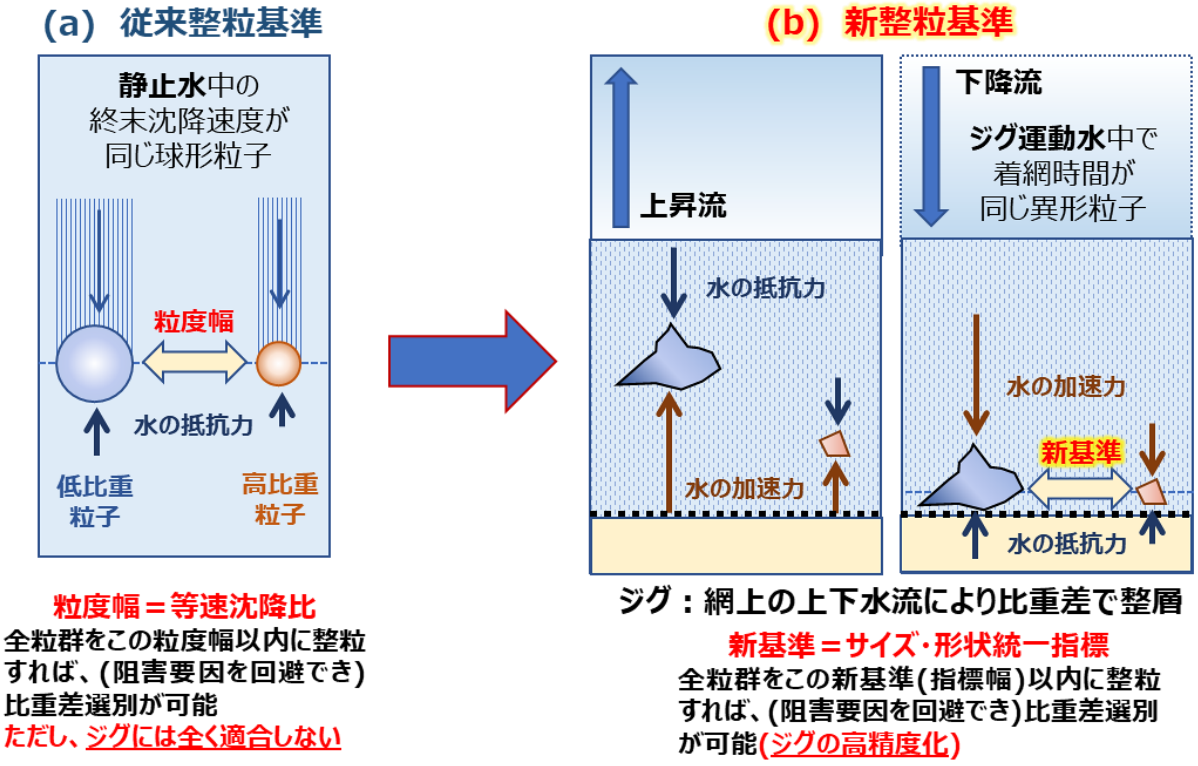


図 3.1.2-2 高精度なジグ選別を実現する新事前整粒基準の確立

①-2-1-1「サイズ・形状指標の選択」（実施先：産総研、大栄環境）

サイズ・形状指標の解明と事前整粒装置の開発について、サイズ・形状指標の解明のため、表 3.1.2-1 に示す材料・比重別に色分けされたプラスチック破砕物試料を用いたジグ成層化可否試験を実施した。

プラスチック破砕物試料は、目視での成層化の状態判断、手選別による回収産物分類・重量計測を

表 3.1.2-1　廃プラ模擬素材一覧

比重	色	母材	比重調整剤	板厚(mm)
1.01	緑	PP	BaSO4	1.5, 2, 3, 5, 10
1.04	淡黄	ABS	-	1.5, 2, 3, 5, 10
1.10	茶	ABS	BaSO4	1.5, 2, 3, 5, 10
1.15	紫	ABS	BaSO4	1.5, 2, 3, 5, 10
1.20	透明	PC	-	1.5, 2, 3, 5, 10
1.24	赤	PC	BaSO4	1.5, 2, 3, 5, 10
1.28	黄	PC	BaSO4	1.5, 2, 3, 5, 10
1.38	灰	PVC	-	1.5, 2, 3, 5, 10
1.42	白	POM	-	2, 5, 10

するため、比重ごとに色の異なるプラスチック板材(板厚:1.5mm,2mm,3mm,5mm,10mm）を製作した後、二軸破砕機（氏家製作所製 UG-165-20-240）と一軸破砕機（吉田製作所製　型式 1005）を用いて破砕し、製作した。複数の板厚の材料を使用した理由は、破砕物の形状にバリエーションを持たせるためである。破砕した試料は、JIS 篩で篩分けし、サイズ別に分類した。サイズ(幅)の指標は篩分けサイズを元に、長さの指標と面積の指標を定義した。長さの指標は、篩分け粒子群の代表粒径 d_{mid} を以下のように定義した。

$$代表粒径\ d_{mid} = \sqrt{d_{max} \cdot d_{min}}$$

(d_{max}: 篩分け上限サイズ、d_{min}: 篩分け下限サイズ)

この代表粒径 d_{mid} は開口面積の中間値となる長さを示す。

$$開口面積比\ \gamma_{renge} = \frac{{d_{max}}^2 - {d_{min}}^2}{{d_{mid}}^2}$$

面積の指標は、代表粒径粒子基準の篩いの開口面積幅比 r_{range} を以下のように定義した。この開口面積幅比 r_{range} は、代表粒径の開口面積に対する上限・下限サイズの開口面積差である。

次に、形状指標は球形からどれだけ離れた形状をしているかを数値化するため、廃プラスチック特有の形状特徴量として扁平率 f を $f=(b-t)/b\ (a \geqq b \geqq t)$と定義した。a,b,t は、粒子の縦(a)、横(b)、厚さ(t)の長さである。図 3.1.2-3 に、破砕前のプラスチック板材の板厚および篩分けサイズごとに 20 個を

サンプリングし、ノギスで縦(a)、横(b)、厚さ(t)を測定した扁平率の平均値を示す。扁平率 f は、球体の場合に 0 となり、扁平な形状になるほど 1 に近づく値である。母材の板厚が 10mm の破砕物は、サイズの大小に関わらず扁平度が 0.5 以下と球形に近い値をとる。これに対して母材の板厚が 1.5mm の破砕物は、篩分けサイズが 11.2~16mm の時に 0.91、サイズが小さくなるにつれて扁平率が徐々に大きくなり、4~5.6mm で 0.76 をとる。サイズが小さくなるにつれて扁平率が小さくなる、すなわち形状が球形に近づく現象は、母材の板厚 2mm,3mm,5mm の破砕物についても同様である。また、同一篩分けサイズにおいては、当然ながら母材板厚が薄い方が破砕物の扁平率が大きい。

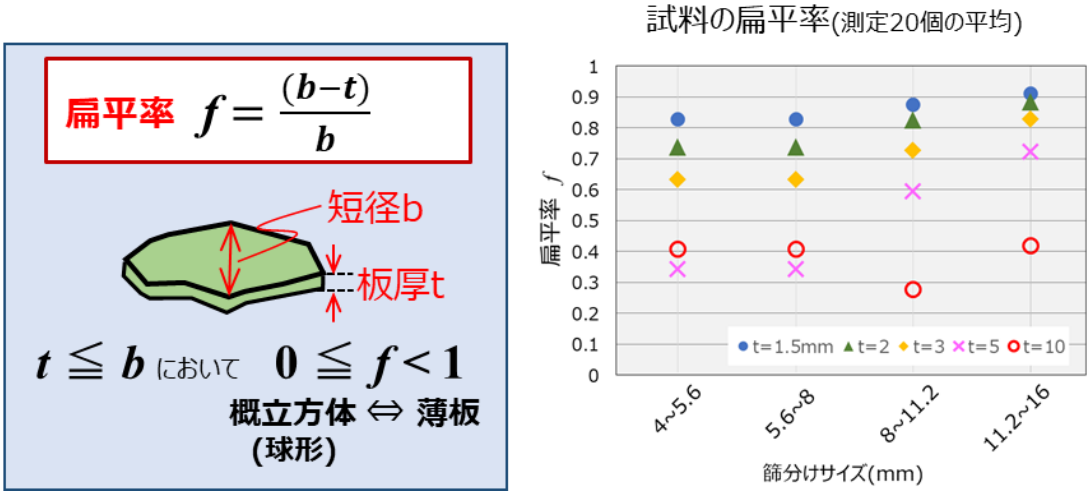


図 3.1.2-3　板厚、篩分けサイズ別の扁平率（測定 20 個の平均）

このプラスチック破砕物を用いて、サイズ差によるジグ選別精度の変化、形状差によるジグ選別精度の変化の検証を行った。図 3.1.2-4 に母材板厚 10mm 破砕物に対する、篩分けサイズ別のジグ選別結果を示す。青の指標は軽比重プラとして比重 1.01 の PP、重比重プラとして比重 1.04 の ABS 使用している。赤の指標は軽比重プラとして比重 1.24 の PC、重比重プラとして比重 1.38 の PVC 使用している。分離効率は、3 層分離で境界層(40%)を除き,上層(30%)と下層(30%)を回収（図 3.1.2-5）した場合の値であり、ジギングのサイクル数・波高の最適条件下で試験したものである。

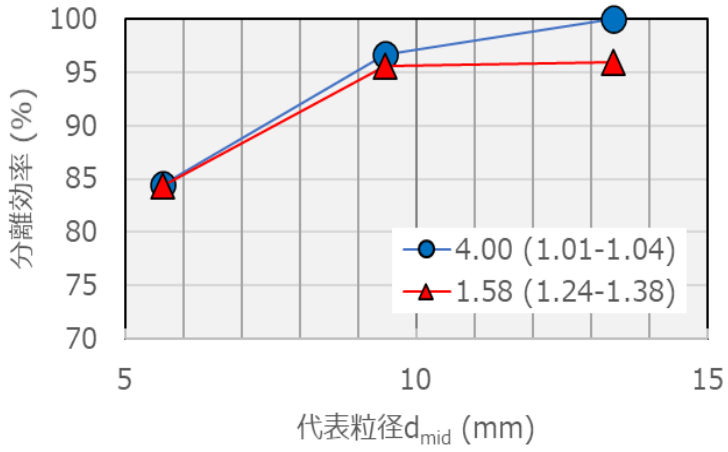


図 3.1.2-4　同一等速沈降比(板厚一定)における粒子サイズ差によるジグ選別精度の変化

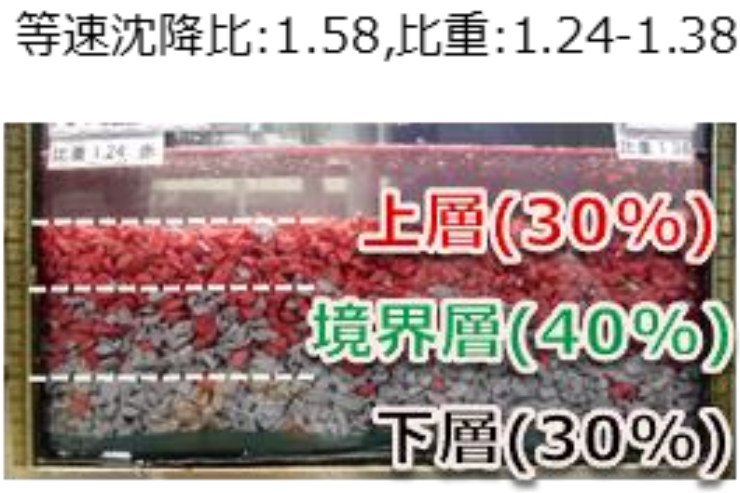


図 3.1.2-5 ジグの成層化例

ジグ選別では、旧来選別難易指標として静水中の球形粒子の落下速度を想定した等速沈降比が用いられているが、

$$\text{等速沈降比（乱流域の場合）} = \frac{\rho_H - \rho_F}{\rho_L - \rho_F}$$

(ρ_H:重産物の比重、ρ_L:軽産物の比重、ρ_F:水の比重)

青指標の選別対象物の組み合わせは等速沈降比 4.00、赤指標の選別対象物の組み合わせは等速沈降比 1.58 である。いずれもサイズが大きくなるにつれて分離効率が上昇しており、サイズと分離効率の相関性が認められる。旧来の水との比重差のみに着目した等速沈降比では、サイズ差による選別精度の変化は説明できない。なお、図 3.1.2-3 より母材板厚 10mm 破砕物の扁平度は、サイズに寄らず一様であることから類似形状ということができる。さらに、図 3.1.2-6 に同一比重差、同一篩分けサイズの

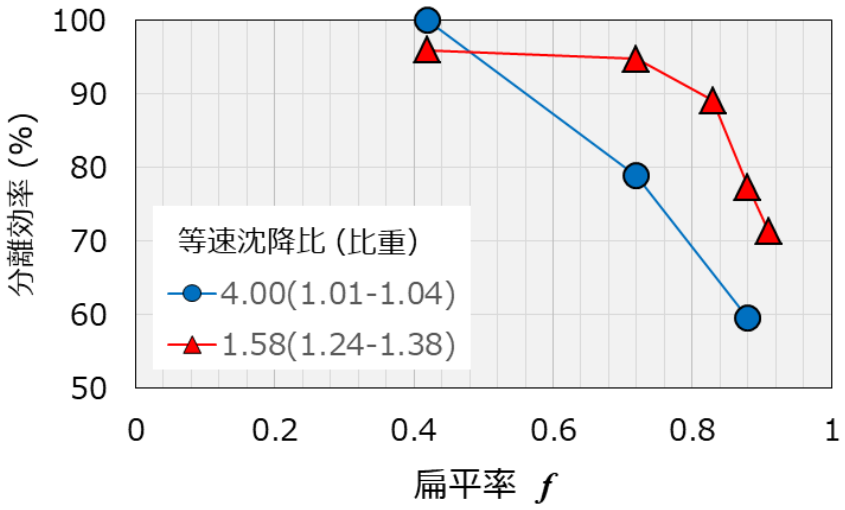


図 3.1.2-6　同一等速沈降比(サイズ一定)における粒子形状差によるジグ選別精度の変化

試料における形状の違いによる選別精度の変化を示す。これも青の指標は軽比重プラとして比重 1.01 の PP、重比重プラとして比重 1.04 の ABS 使用し、赤の指標は軽比重プラとして比重 1.24 の PC、重比重プラとして比重 1.38 の PVC を使用している。それぞれ扁平率が小さくなる（球形に近づく）につれて、選別精度が向上しており、相関性が認められる。このことから、扁平率は選別に影響を及ぼす要因と考えることが可能である。また、この扁平率の違いによる選別精度の変化も旧来指標の等速沈降比では説明が出来ず、等速沈降比は、傾向は示すもののジグの成層化可否基準としては不十分であると言える。

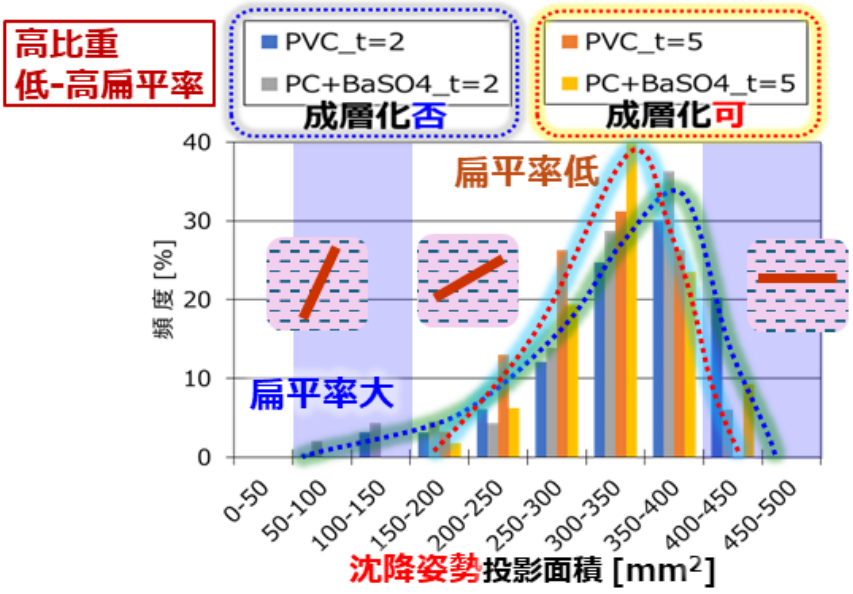
①-2-1-2 「ジグの沈降速度差に影響する粒子投影断面分布」（実施先：産総研）

事前整粒装置を開発するに当たり、ジグ成層化の可否とプラスチック粒子の各種形状特徴量との関係性を解析した。まず、厚さやふるい分けサイズの異なるプラ破砕粒子を 3D スキャニングして 3D 形状モデル（stl 形式）を作成し、それらに対して全方位からの投影断面積やアスペクト比（短軸／長軸比）等の形状特徴量を測定した。プラ粒子の厚さやサイズを変えたジグ成層化試験において、同じ運転条件でも成層化「可」もしくは「否」となった場合にプラ粒子の形状特徴との関連性を解析した結果、「否」の場合には、投影断面積、アスペクト比ともに小さい範囲、即ち大きな扁平率を有する粒子を含んでいることが分かった。

ジグ選別槽内での粒子運動には粒子に働く流体抵抗力が大きく影響するため、水流方向に対する投影断面積が重要であるが、正確に測定するのは困難である。そこで、静水中を自由落下させてプラ粒子の姿勢の時間変化を観測し、投影断面積の頻度分布を測定した。投影断面積は、水槽内の水中に投下されたプラ粒子の撮影を、側方および上方の 2 方向より同期させたハイスピードカメラを用いて行い、二値化などの画像処理を経て測定した。

図 3.1.2-7 (a)に、ふるい分けサイズ D が 11.2～16 mm、厚さ t が 2、5 mm の PVC（比重 1.38）および PC+BaSO4（比重 1.28）について、図 3.1.2-7 (b)には t=2 mm、D=8～11.2、11.2～16 mm の ABS（比重 1.04）および PP+BaSO4（比重 1.01）について、0.1 s 間隔で投影断面積を取得した時の頻度分布の例を示す。まず、これらを全方位からの投影断面積分布と比較するとピークが右側にシフトしており、自由沈降時にはより水平な姿勢をとりながら落下することが分かった。図 3.1.2-7 (a)より、投影断面積の頻度分布は粒子の厚さによって傾向が異なり、扁平率の高い 2 mm の場合に広いことが分かる。この場合、抵抗力に大きなばらつきが生じ、結果として沈降速度にもばらつきが生じることから、扁平率が高いと成層化が困難になるといえる。また図 3.1.2-7 (b)より、比重が 1.01 または 1.04 のように水に近いものの場合、ゆっくりとした速度で沈降し、かつ姿勢の変化が少ないために投影断面積の分布が狭くなることが分かった。D=8～11.2 mm の場合に成層化「可」、11.2～16 mm では「否」と違いが生じた原因は、沈降時の投影断面積の違いであり、前者ではプラ種間に投影断面積の差が見られるが、後者ではそれがなかった。以上のように、成層化の可否が変化する原理として、扁平率の違いにより、投影断面積のばらつきから沈降速度にばらつきを生じる場合と、投影断面積の違いから沈降速度に差が生じる場合があることが分かった。いずれの場合も扁平率に起因することから、ジグ成層化条件に資する形状指標として扁平率を用いることに決定した。

(a) 高比重かつ t=2、5 mm



(b) 低比重かつ D=8-11.2、11.2-16 mm

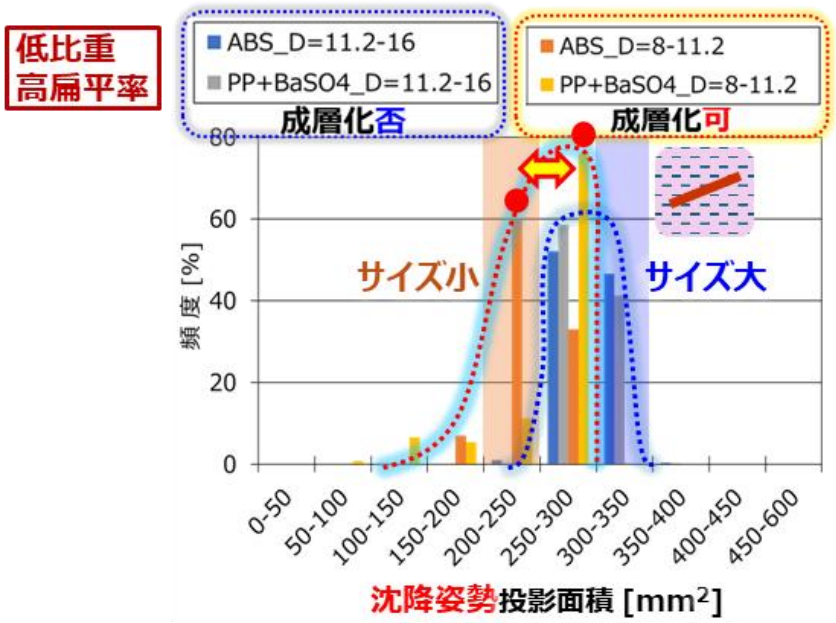


図 3.1.2-7　自由沈降時の投影断面積の頻度分布例

①-2-1-3「ジグ整粒条件」（実施先：産総研、大栄環境）

整粒条件の違いによるジグの選別精度の変化から、サイズ/形状指標による成層化可否基準を検討する。はじめに製品別プラの形状特徴分析結果として、大栄環境より受領した廃小家電由来の廃プラ（廃小家電（炊飯器、扇風機、電子レンジなど）をリサイクルプラントで粉砕、選別し金属回収した後のプラスチック残渣。）の写真および板厚分布を図 3.1.2-8 に示す。プラスチック材料は板状製品が多いため、1.5~3.5mm が全体の 82.3%を占めており、製品別プラの高精度選別のためには、板状材を高精度に選別する整粒グループ設計が必要である。

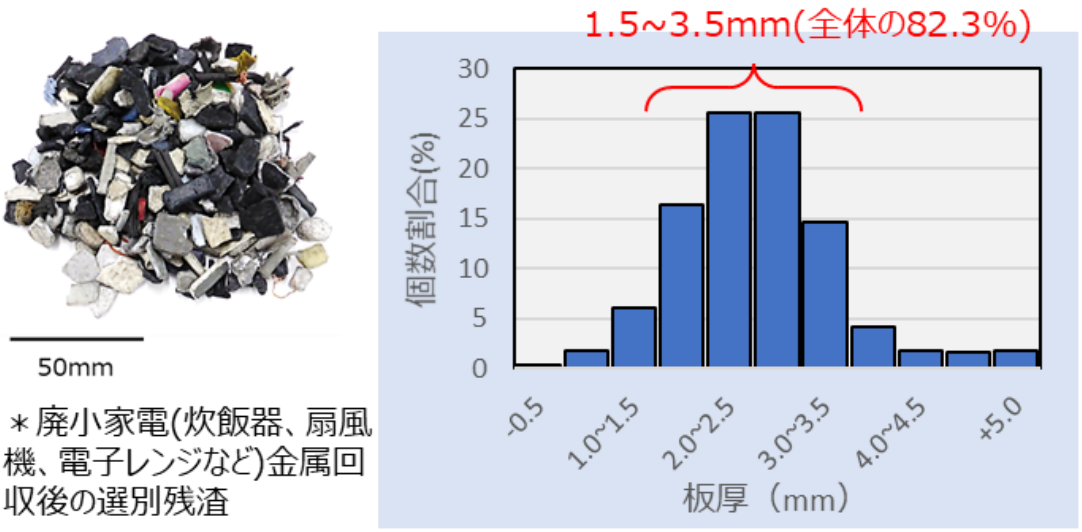


図 3.1.2-8　製品別プラおよび板厚分布の例

この製品別プラを選別することを想定し、プラスチック破砕物試料によるジグ選別試験を実施した。プラスチック破砕物試料を従来の篩分けのみで整粒し、ジグ選別を行った結果を図 3.1.2-9 に示す。なお、試験には軽比重プラとして比重 1.24 の PC、重比重プラとして比重 1.38 の PVC を用いている(等速沈降比 1.58)。左の青枠内はサイズ(幅)指標で代表粒径 d_{mid}=8.0、開口面積比 r_{range}=3.8 の場合のジグ選別の分離効率である。同一サイズ(幅)にも関わらず分離効率が 70%から 94%まで大きな差がある。前述のとおりジグの選別結果(分離効率)には、形状要因として扁平率が大きく影響するが、この選別結果の中で扁平率のバラツキが 0.37~0.79 と幅広く、扁平率の差により分離効率に差が生じたと言える。右青枠内も同様に、代表粒径 d_{mid}=13.4、開口面積比 r_{range}=0.73 の同一サイズ(幅)の選別結果であり、扁平率のバラツキが 0.28~0.91 の範囲で、分離効率が 71%から 96%の差が生じている。この結果は、従来の篩分け事前整粒では、サイズ幅と扁平率により成層化良否が混在し分離効率にバラツキが生じること、つまり、従来の篩分け事前整粒では整粒が不十分であることを示している。

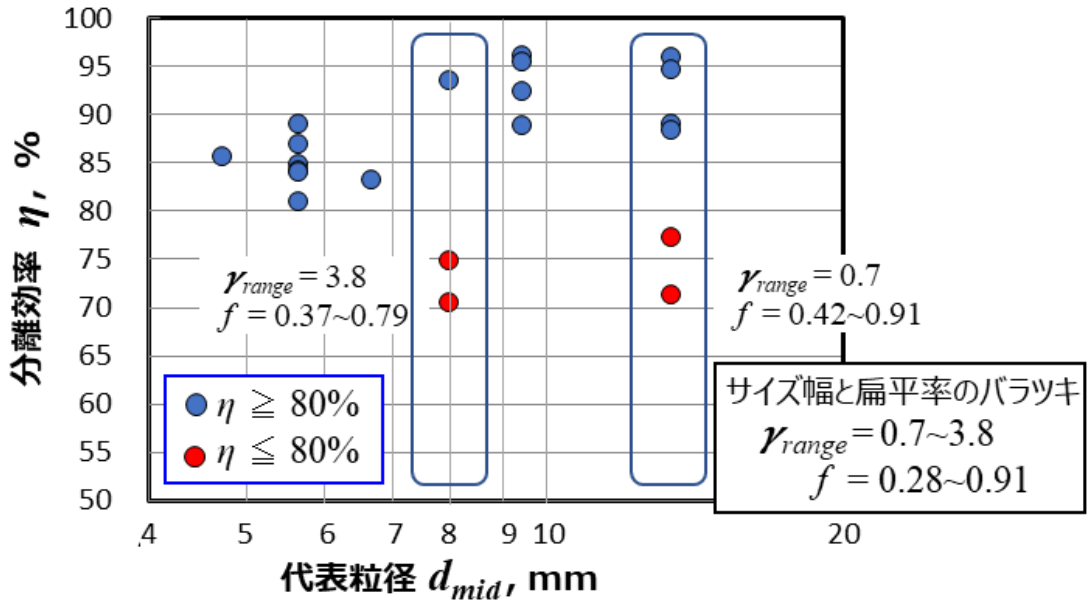


図 3.1.2-9　PC(比重 1.24)と PVC(比重 1.38)の選別結果(従来指標)

比重・形状・サイズの異なるプラスチック破砕物試料によるジグ選別試験を解析し、検討の結果、扁平率 f、代表粒径 d_{mid}、開口面積比 γ_{range}、等速沈降比 R、をパラメタとするジグ選別に適合した粒子のサイズ・形状・比重統一指標 I_{sfdd} をサイズ/形状統一指標を開発した(図 3.1.2-10)。「比重 1.04～1.38，等速沈降比 1.36～9.5」の範囲で、I_{sfdd} ≦ 0.37 とすることで概ね分離効率 90%以上となる粒子条件を予測可能である。

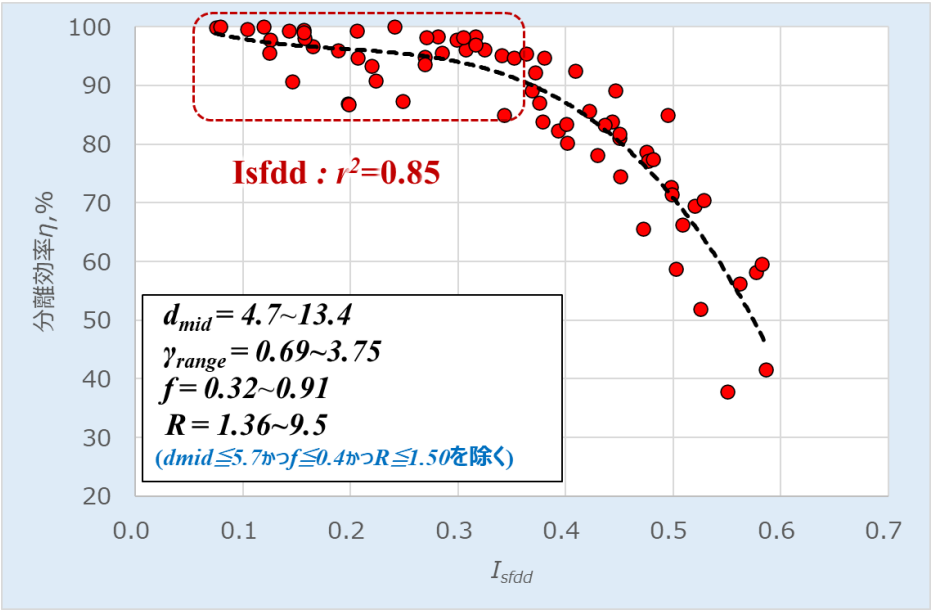


図 3.1.2-10　サイズ/形状統一指標と選別精度の関係

①-2-1-4「事前整粒装置の開発」（実施先：産総研）

ここまでに検討したサイズ/形状統一指標を用いてジグで高精度選別を行うためには、選別対象粒子のサイズ制御、形状制御に適した事前整粒装置が必要である。投影断面積基準のサイズ整粒には従来型の振動スクリーンが有効である。図 3.1.2-11(左)は徳寿製作所製の円型振動篩（型式 TM-70）である。スクリーンの形状は JIS 標準篩に用いられる平織の正方形格子状の網目を用いた。形状(扁平率)制御には粒子の厚さで整粒する必要がある。この厚さでの選別には、スクリーン上で粒子の姿勢を強制的に縦向き(厚さを一辺に持つ断面が底面となる姿勢)にできるグリズリスクリーンが適していると考えられる。図 3.1.2-11(右)は日本エリーズマグネチック社製の直進型振動スクリーン（BF 300Wx800L）に一定のクリアランス（隙間）を開けてアングルを並列に設置したグリズリスクリーンである。クリアランスを通過する厚さの粒子と、通過しない粒子を分類する装置である。クリアランスは形状の境界条件によって定められ、サイズ制御と併用することで扁平率での形状制御が可能となる。以上のように、サイズ整粒スクリーンと形状整粒スクリーンを複合し、粒子グループ化の設計を実現するコンビネーションスクリーンのベンチ機を開発した。

このコンビネーションスクリーンの性能を検証するため、前述のサイズ・形状・比重統一指標 I_{sfdd} を 0.37 以下にするよう整粒を行い、整粒の実施有無によるジグの選別精度の比較を行った(表 3.1.2-2)。試験に用いた試料は板厚 1.5,2,3,5mm の PC(比重 1.24)破砕物と PVC(比重 1.38)破砕物を混合したプラ試料である。事前整粒前はサイズ・形状・比重統一指標 I_{sfdd} は 0.47 で分離効率は 72.5%であった。一方、事前整粒後はサイズ・形状・比重統一指標 I_{sfdd} は 0.32 で分離効率 90.4%と、分離効率が 17.9%向上した。以上のように、開発したコンビネーションスクリーンによりサイズ・形状・比重統一指標 I_{sfdd} を基準値以下に整粒することで選別精度が向上することが確認できた。

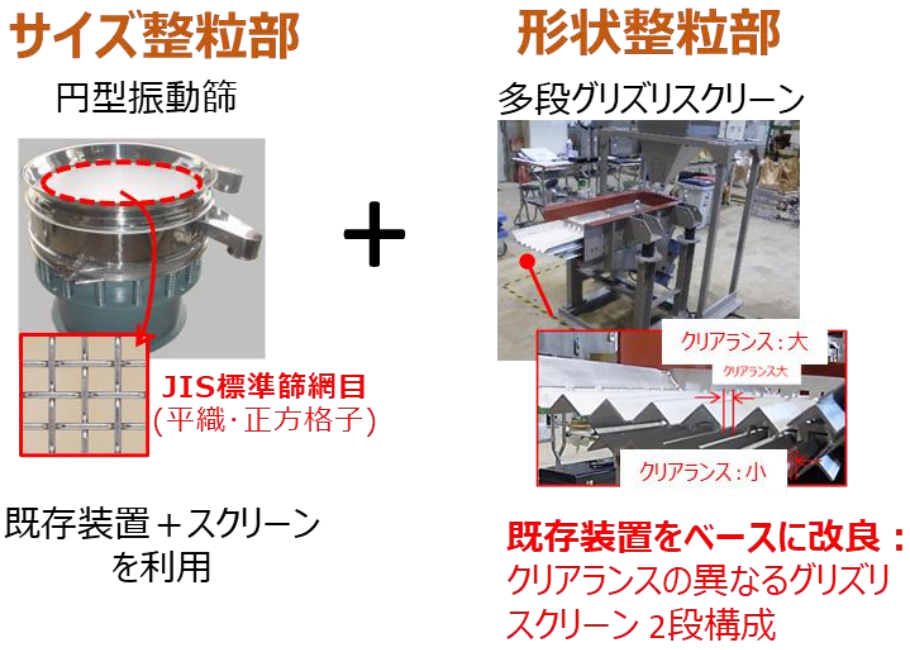


図 3.1.2-11　サイズ整粒部概要

表 3.1.2-2　開発装置による整粒効果の検証結果

	事前整粒なし	事前整粒後
板厚(mm)	1.5~5	3~5
篩分けサイズ(mm)	4~16	4~8
整粒指標 I_{sfdd}	0.47	0.32
分離効率 η	72.5 ⇒	90.4

選別対象：
PC(比重1.24)-PVC(比重1.38)破砕物　板厚1.5,2,3,5mm

①-2-1-5「シミュレーションによるグリズリスクリーン構造と詰まりの検証」（産総研）

事前整粒装置のうち形状整粒を担当するグリズリスクリーンにおいては、しばしば、粒子がクリアランス部分に挟まれて目詰まりが発生する。そこで本項目では、目詰まりを低減するために、スクリーン構造（アングル形状）の最適化を試みた。アプローチ手法として、まずはいくつかの候補となる形状についてシミュレーションを適用し、目詰まりが少なくなる可能性のある形状をピックアップした上で、実際にスクリーンを作製して検証を行った。

まず t=2～3 mm、D=4～8 mm の PVC 破砕粒子を対象として、振動周波数 30 Hz にて運転中のグリズリスクリーンに数百個フィードし、目詰まりした 19 個の粒子を回収した。これらに対し 3D 形状ファイルを取得した。スクリーン構造は既存の L 字 90° を基準とし、これを含む以下①～⑧の 8 種類の形状を作成し、シミュレーションを実施した。作成したスクリーン構造の例を図 3.1.2-12 に示す。

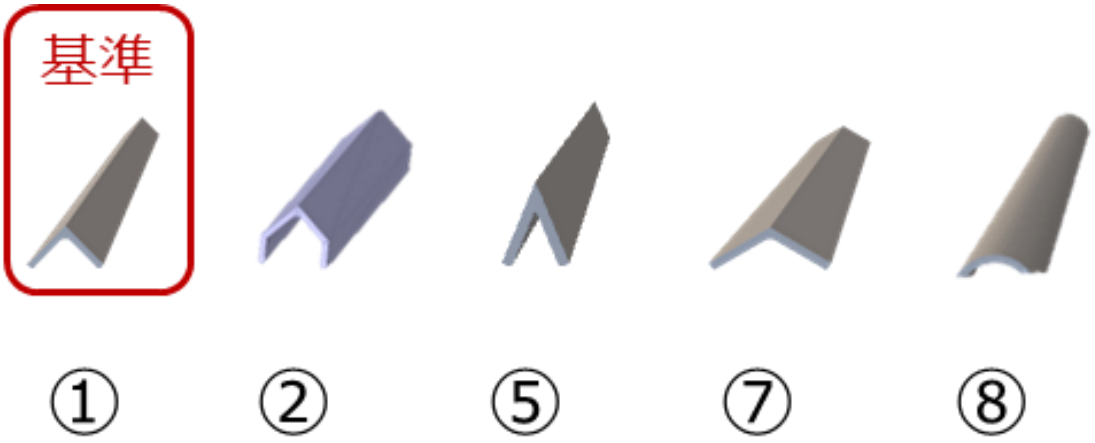


図 3.1.2-12　検討したスクリーン構造の例

アングルが 7 本の場合、クリアランス（4 mm）は 6 ヶ所となる。

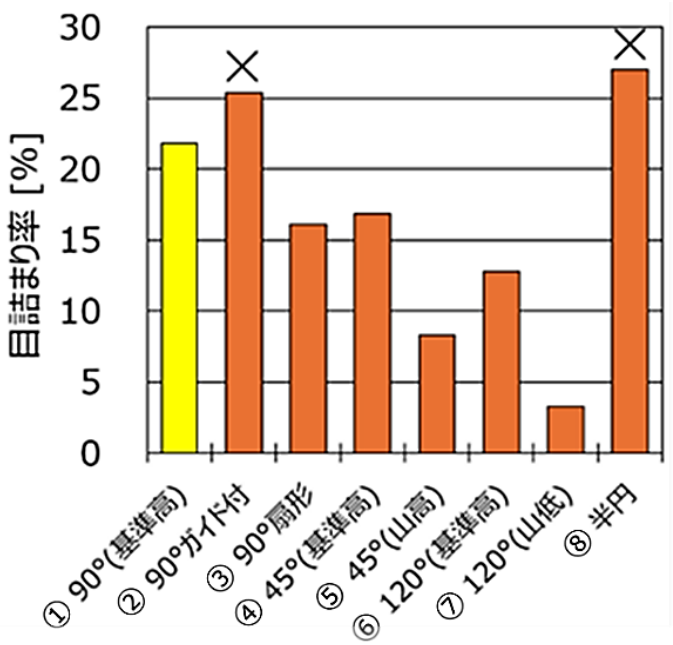
① L 字 90° 基準高（高さ 15 mm、7 本）
② ガイド付き L 字 90° （高さ 22 mm、7 本）
③ L 字 90° 扇型配置（クリアランス 4 → 5 mm に拡大、7 本）
④ L 字 45° 基準高（高さ 15 mm、13 本）
⑤ L 字 45° 山高（高さ 49 mm、7 本）
⑥ L 字 120° 基準高（高さ 15 mm、7 本）
⑦ L 字 120° 山低（高さ 14 mm、6 本）
⑧ 半円（高さ 18 mm、7 本）

シミュレーションには非球形粒子対応離散要素法ソフトウェア Ansys Rocky（Ansys 社製）を使用した。スクリーンが試験装置の実軌道で振動するよう設定した上で、19 種類のモデル粒子をランダムにフィードし、シミュレーション上で目詰まりする粒子の個数を計測した。

振動周波数 19 Hz で比較した時のシミュレーション結果を図 3.1.2-13(a)に示す。①の 90° 基準高や②のガイド付、⑧の半円の場合は比較的多く目詰まりが起こり、⑤の 45° 山高や⑦の 120° 山低の場合に目詰まりが少なくなる可能性が示唆された。基本的には L 字の角度が小さく、クリアランスに向かう粒子の速度が大きい方が詰まりやすいと考えられたが、クリアランスの数も影響を受ける。次に、②のガイド付と⑧の半円を除いた 6 種類のスクリーンを用いた比較を行った。より実際の整粒時に近い粒子の組成を再現するため、目詰まり粒子に加え、それとは別に厚さ 2 mm および 5 mm の PVC 破砕粒子を 3D スキャニングして作成したモデル粒子を、それぞれ等量混合してフィードした（フィード量は目詰まり粒子のみの場合の 3 倍）。その結果、目詰まり粒子のみの場合と傾向が異なり、①の 90° 基準高と⑦の 120° 山低の場合に、目詰まりしにくい構造であることが示唆された（図 3.1.2-13(b)）。混合粒子の場合に主に目詰まりするのは厚さ 5 mm の粒子であり、かつ 1 個当たりの重量が大きいために他の粒子を押し流す効果があることから、目詰まり粒子の目詰まり率は低くなった。

シミュレーションにより絞り込んだ、⑦の 120° 山低のスクリーン構造を実際に作製し、t=2～5 mm、D=4～8 mm の PVC 破砕粒子を用いた形状整粒試験を実施した。振動周波数 23 Hz の条件において、①の 90° 基準高の時の目詰まり率（重量基準）が 2.7%であったのに対し、⑦の 120° 山低の場合は 2.4%となり、当該条件ではわずかであるが改善効果を確認することができ、シミュレーションを用いたスクリーン構造設計の有効性を示した。

(a)　目詰まり粒子のみ



(b)　混合粒子

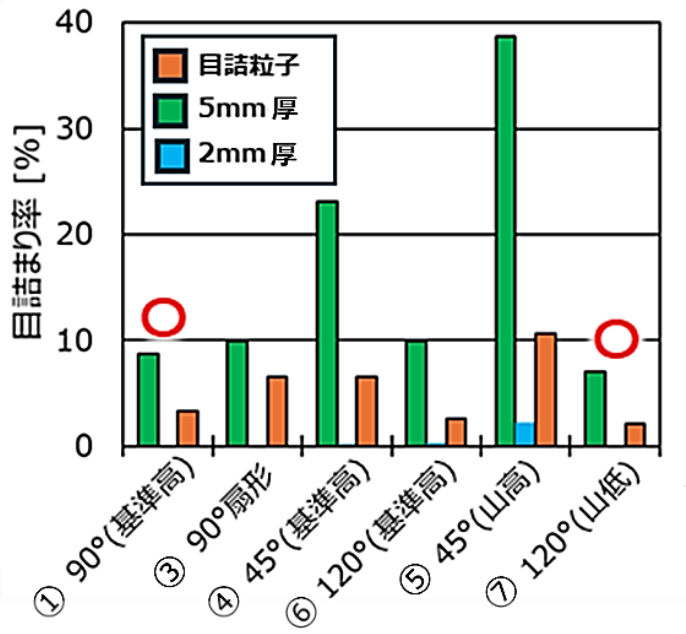
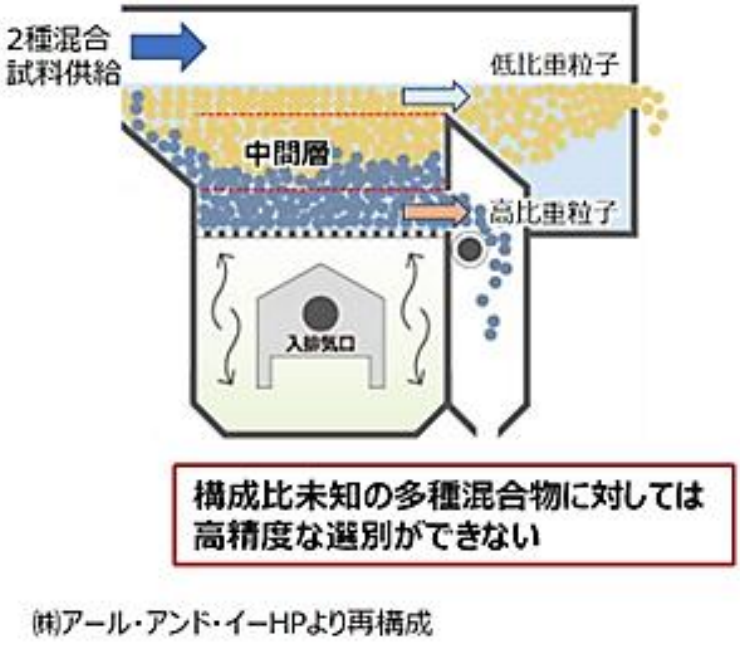


図 3.1.2-13　目詰まり率に及ぼすスクリーン構造の影響（振動周波数：19 Hz）

①-2--2「多槽比重選別システムの開発」（実施先：産総研、大栄環境、北海道大学）

ジグの基本原理は１つの選別槽で、高/低比重粒子の 2 成分に選別することである(図 3.1.2-14(a))。連続供給、連続排出をすると、2 成分の境界が平坦にならないため、中間層は常に選別槽内に残し、単一成分化した最上層と最下層を回収する。図 3.1.2-14(b)は、これを 2 槽式にし、3 成分選別機に拡張したものである。

（ａ）単槽ジグ



㈱アール・アンド・イーHPより再構成

（ｂ）２槽式ジグ

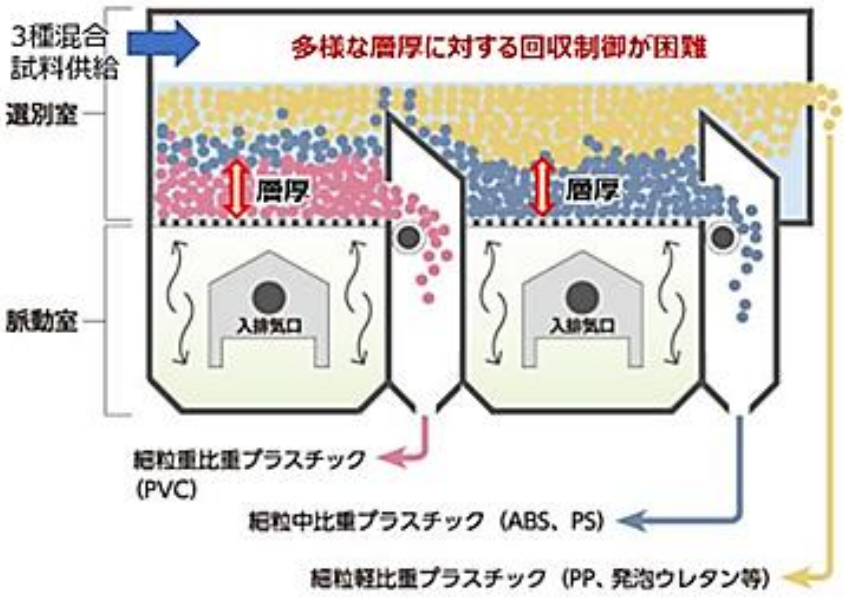


図 3.1.2-14 従来型 RETAC ジグ(北大開発)の原理と課題

ここで、この図のような精度良い選別を実現するには、いくつかの前提条件を満たす必要がある。１つは、比重選別を阻害するサイズや形状を有する粒子が含まれないことである。これまで、どのようなサイズ・形状を有する粒子が、精度よく整層化をするかを予測できなかったが、前項の新基準整粒ユニットが開発されれば阻害要因が排除され、僅かな粒子比重の違いで整層化されることが期待できる。もう１つは、供給する混合試料の構成割合が、想定された「層厚」の形成を満たすことである。特定成分が極端に多かったり、あるいは少なかったりする場合には、2 種混在領域が予め想定された中間層を超えてしまい、単一成分のみを回収することができない。また、ジグは、元来、相対的な比重差で選別されるだけであるので、境界比重を検出できなければ、回収産物が何か(どの比重の産物か) を認識することもできない。構成比未知の多種混合物である「製品別プラ」を対象とした場合には、高精度な選別は期待できないため、未だ実用利用に至っていない。このように、従来のジグでは、ラボレベルで既知試料の整層化まではできても、未知試料の整層を適切に制御し、選別産物を回収することは困難であった。

本研究では、「製品別プラ」を対象に、境界比重を検知しつつ、段階的に重比重粒子の排出制御が可能な、多槽ジグ選別システムを開発することを目標とした。開発システム(ポイント)を図 3.1.2-15 に示す。

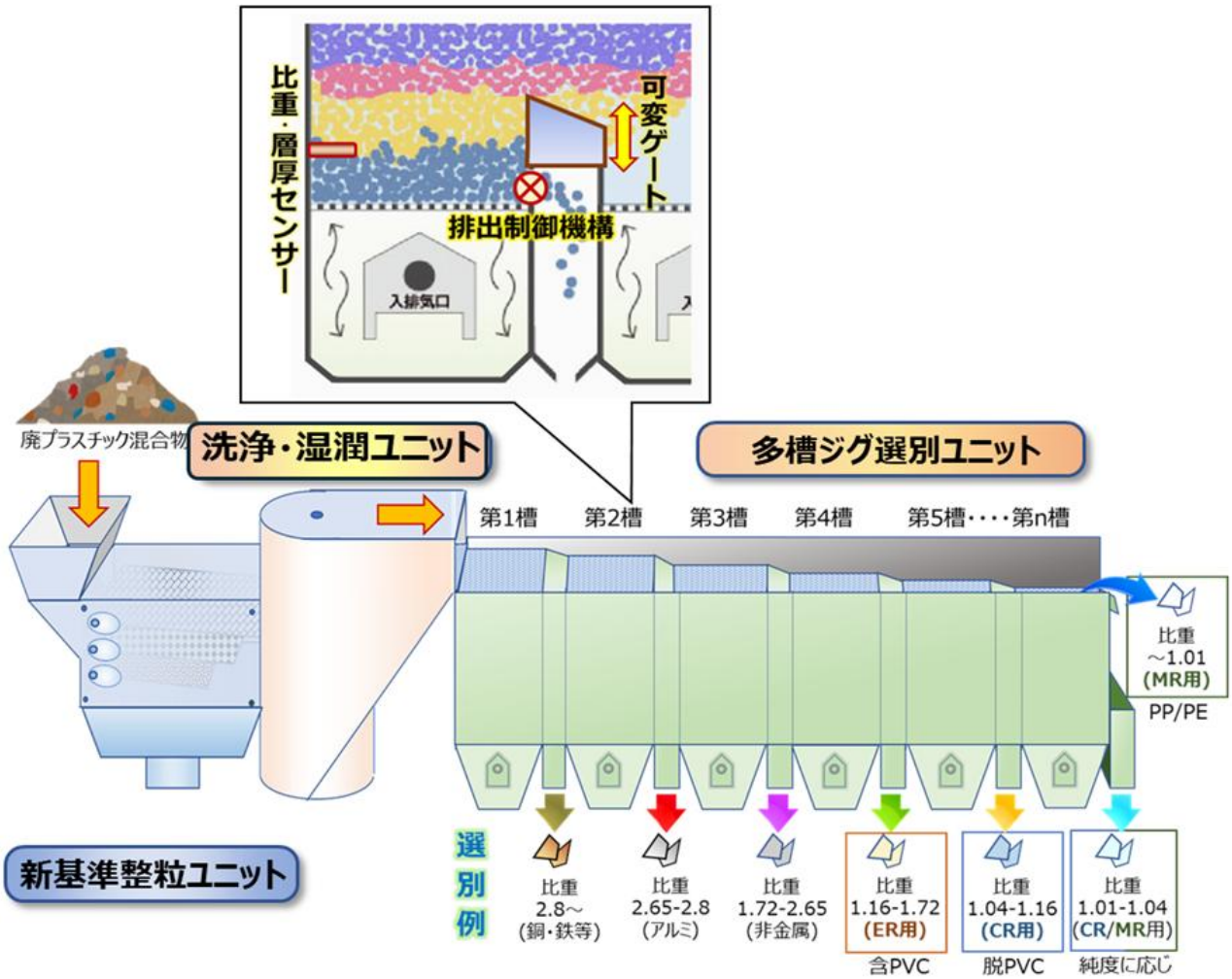


図 3.1.2-15 新規開発の多槽比重(ジグ)選別システムの構成

「製品別プラ」は、まず、前項で開発する「新基準整粒ユニット」へ投入される。このユニットで、比重選別を阻害しないサイズ・形状グループに分けたのち、グループごとに本システム用に最適化された「洗浄・湿潤ユニット」に送られる。ここでは、とともに、水中で粒子が分散(凝集しない)状態を確保するための条件を検討した。その後、湿潤状態の粒子は、「多槽ジグ選別ユニット」の第１槽に供給される。ここでは、整層化により最下層に位置する最大比重粒子群を、あらかじめ設定した境界比重 (図の例では比重 2.8 以上の金属類)で選別し、下方に排出して回収する。ここで、構成比未知の多種混合物に対応するため、各層での選別比重(境界比重)とその層厚(境界比重以下の粒子層の厚み)を検出するセンサー、これに呼応して排出量を制御する機構と、境界比重以下の粒子群を次槽へ溢流させる可変ゲートを新規に開発した。第２槽以降も順次、任意に設定した高比重産物を下方から回収し、最終槽(図 3.1.2-15 の第 n 槽)では、最低比重産物を溢流させて回収する。ジグ選別で制御すべき粒子側の要素はサイズ・形状・比重であり、新基準整粒ユニットでサイズ・形状を、多層ジグ選別ユニットのセンサーで境界比重を検出・制御することで、構成比未知の多種混合物に対しても、意図した比重に高精度選別することが可能となる。

一方、物理選別には装置精度の絶対指標がないため、精度目標のベンチマークとして、「製品別プラ基準試料」(サイズ・形状がバラバラな破砕産物混合物)に対し、前述した新 MR・CR・ER で再資源化可能なプラ組成の産物を、それぞれ回収率 95%以上で選別することを目標とした。また、選別精度は、回収粒子と除去粒子の「比重差」、つまり、両者の比重がどれだけ近接しているか(選別困難度)で示される。これも対象物によって難易が千差万別となるが、廃プラ比重領域における従来ジグでの要求比重差 0.1 に対し、最小比重差 0.03 までの精度を実現することを目標とした。以上の技術開発を行い、処理量 3t/h までのスケールアップが想定可能な、図 3.1.2-15 に示した多槽比重選別システムのベンチスケール機を試作した。一方、廃プラの初期品位に応じ、新 ER 向けのみを目標とした場合には、相対的に品質条件が低く、表面汚染の配慮も不要となるが、水分の軽減が必要となるため、乾式選別システムの適応も視野に入るため、乾式比重選別機の適用範囲についても検討した。さらに、廃棄物の中間処理業者への導入を想定して、開発した比重システムの採算性を評価した。

①-2-2-1 「多槽比重選別システムの開発」（実施先：産総研、大栄環境、北大）

境界比重を検知しつつ、段階的に重比重粒子の排出制御が可能な、多槽ジグ選別システムを開発するためには、構成比未知の多種混合物に対応し、各層での選別比重(境界比重)とその層厚(境界比重以下の粒子層の厚み)を検出するセンサーと、これに呼応して境界比重以上の粒子の排出量を制御する機構と、境界比重以下の粒子群を次槽へ溢流させる可変ゲートが必要となる。また、センサー情報から粒子層の状態を解析する手法、解析結果に応じてジグの運転条件を制御するアルゴリスムの開発が必要となる。

高/低比重粒子の選別では、(i)高比重粒子/低比重粒子境界面位置が適切に保たれ、(ii)適切な上昇流により粒子層が適度に流動化しており、(iii) 高比重粒子/低比重が成層化状態（選別済）であることが必要である。図 3.1.2-16 は(i)層境界位置判定、(ii)流動化状態判定、(iii)成層状態判定を用いた自律型連続式ジグのアルゴリズムである。まず、各種センサーを用い、これらの判定法を開発した。

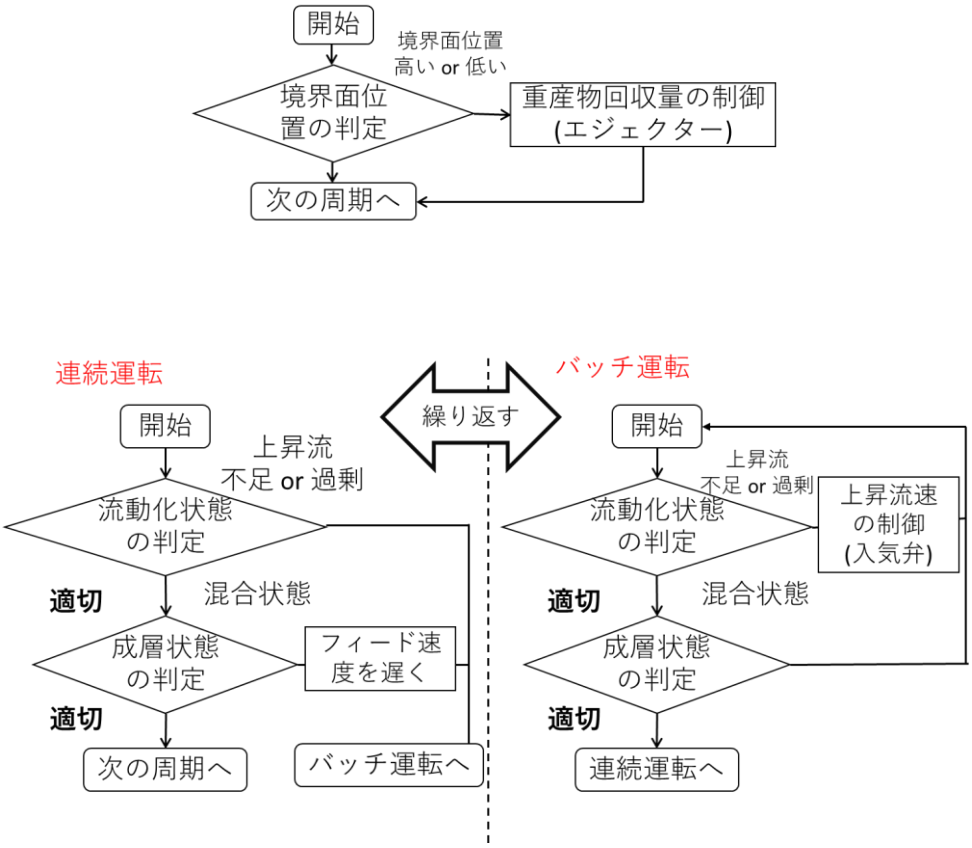


図 3.1.2-16　自律型連続式ジグのアルゴリズム

各種センサーを用いた高/低比重粒子層の層境位置の検知手法の開発

ジグの各層での選別比重(境界比重)とその層厚(境界比重以下の粒子層の厚み)を検出するセンサーとして、比重調節可能な磁歪センサー（ノーケン MS800S）および圧力センサー（（キーエンス、AP-12S/AP-V80）・水位センサー（キーエンス、IL-300/IL-1000）を設置した（図 3.1.2-17）。まずバッチ方式（連続式ジグのセル(選別室の大きさ：長さ 445 mm、 幅 150 mm、 高さ 550 mm)の排出口側を閉鎖すると共に、原料供給を停止し、試料の供給・排出を行わない運転状態）で、比重差の小さい試料（購入ﾍﾟﾚｯﾄ ABS（円柱状、比重 1.27 および POM（円盤状、比重 1.42）粒径 2-8mm）および、比重差の大きい試料（購入ﾍﾟﾚｯﾄ PC（円柱状、比重 1.17）および POM（円柱状、比重 1.39）粒径 2-8mm）を用いて、ジグにより脈動中に磁歪センサーが高/低比重粒子層の層境界に位置することを確認し、連続式運転でのセンサー設置位置の最適化をおこなった。図 3.1.2-18 に高/低比重粒子の混合割合を変えて、層境界位置を変化させた時の磁歪センサーによるフロート位置の推定例を示す。水の上下の脈動により粒子層も上下動し、それに応じてセンサー位置も上下動するため、平均位置を破線で表示している。連続処理装置内でも磁歪センサーの位置が高/低比重粒子の混合割合に応じて変化することを確認しており、この情報を用いて、下記に示す重粒子の排出速度を自動制御する機構を開発した。また、層境界の推定方法について、磁歪センサーによるフロート位置検出以外に、上述の圧力センサー・水位センサーから求める圧力損失の経時変化を解析することで重比重粒子層の層厚を推定でき

る解析手法も開発し、特許を出願した（特願 2023-188742　【発明の名称】湿式比重選別機）。本法を用いた場合も、比重が異なる廃プラスチックの選別において廃プラスチックの混合割合が経時的に変動する場合でも、目的回収物の層厚を推定できる。

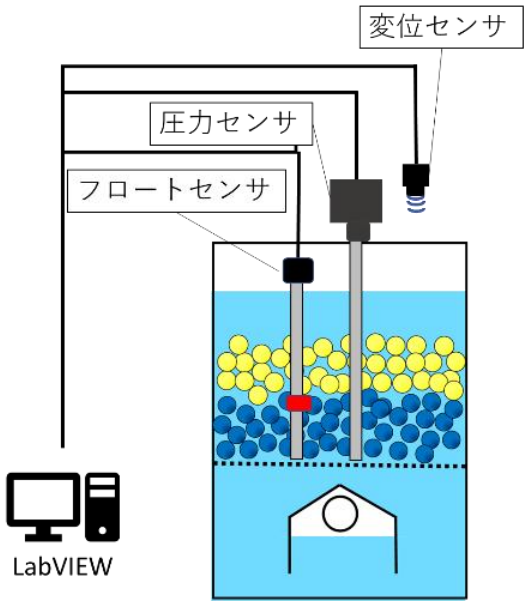


図 3.1.2-17　ジグ試験装置へのセンサー設置概要

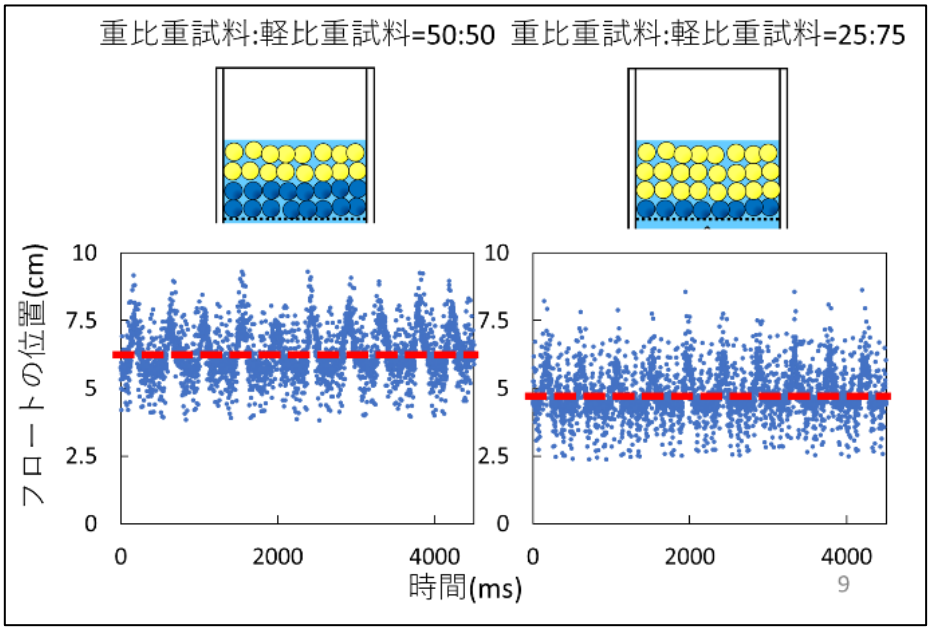


図 3.1.2-18　高/低比重粒子割合を変化させた場合のフロート位置の測定例

圧力・水位センサーを用いた流動化判定法の開発

圧力・水位センサー情報から圧力損失ΔPを算出し、その時間変化の情報から、選別が適切に行われているかどうかを判定する機構の開発を行った。図 3.1.2-19 は適切な流動化状態を示す概要図であり、上昇流速が遅すぎると粒子層が固定状態、速すぎると攪拌状態となる。圧力センサーを、図 3.1.2-17 のように、水を満たした中空パイプの上端に取り付け、パイプの下端を試料層の底部に設置して、粒子層下端の水圧 P を測定した。水位センサーで決定した水面位置 h から静水圧 $P_w=\rho gh$ （ρ：水の密度、g：重力加速度）を算出し、Pから差し引いて、次式により流体/粒子の相互作用に伴う圧力損失P_pを求めた($P_p=P-P_w$)。この圧力損失と水位の時間変化から求めた流速から流体が粒子層を通過する際の抵抗 R を求めた。step1(入気工程)と step3(排気工程)で比較すると、固定状態では示すように、step1(入気工程)と step3(排気工程)で共に粒子が動かないため抵抗がほぼ等しくなるが、流動化状態では step1(入気工程)で粒子層が膨張し、空隙が大きくなるので、step3(排気工程)の抵抗 R3 に対して step1(入気工程)の抵抗 R1 が小さくなる。R1 と R3 の抵抗比を適切な流動状態となるように制御することで、適切な流動化状態を保つことができるようになった。また、本法では 1 回の脈動における step1(入気工程)と step3(排気工程)のデータを用いて解析が行えるため、オンラインでの判定が可能となり、迅速な制御が行えるようになった。

成層状態判定法の開発

圧力・水位センサー情報から圧力損失ΔPを算出し、その時間変化の情報から、成層状態を判定する機構の開発を行った。高比重/低比重粒子が混合状態にある場合、混合粒子が逐次着底していく(図 3.1.2-20(a))ため圧力損失が直線的に減少するのに対し、成層状態ではまず高比重粒子層が着底し、次いで残りの低比重粒子層が着底する(図 3.1.2-20(b))ため、圧力損失の減少は高比重粒子層着底時に勾配が大きくなり低比重粒子層着床時に勾配が小さくなる。これの圧力損失勾配を解析することで、成層化状態の判定が可能となる。さらに選別対象プラの比重が 3 種以上になった場合でもこの手法で成層化除隊を判定可能か検証するために 4 種混合プラの連続試験データの解析を行い、最も比重の高い粒子の着底時間付近でのデータを局所的に解析することで、2 種混合と同様に、混合/成層判定ができることを見出した。

制御プログラムの開発

今回開発した(i)層境界位置判定、(ii)流動化状態判定、(iii)成層状態判定を用い、図 3.1.2-16 に示したアルゴリズムによる連続式ジグの自動制御プログラムの開発を行った。具体的には各種センサーのデータ取込みと解析および重/軽産物排出制御、脈動波形制御、フィード速度制御のプログラムを作成し、高比重粒子が極端に少ないケース、上昇流速が極端に低く流動化が起こらないケース、試料を攪拌し混合状態にしたケースから運転を開始し、それぞれ適切な状態に運転条件が最適化されることを確認した。

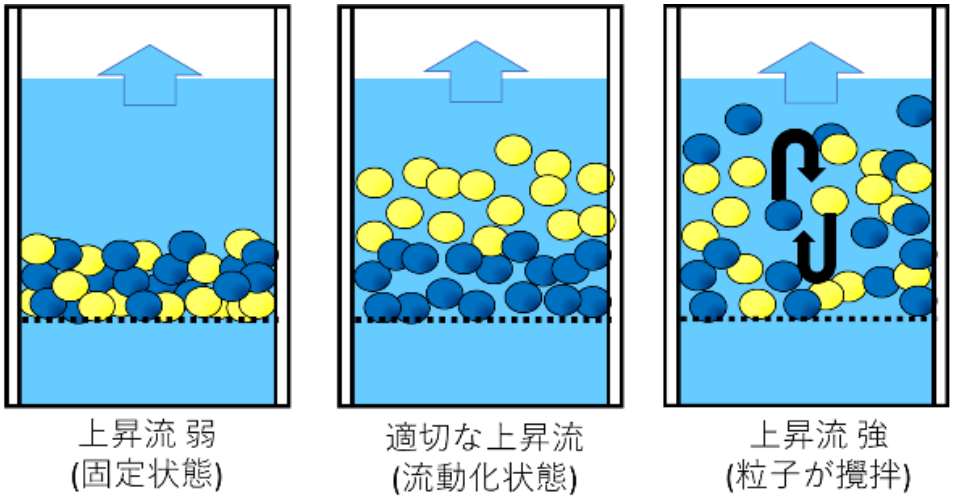
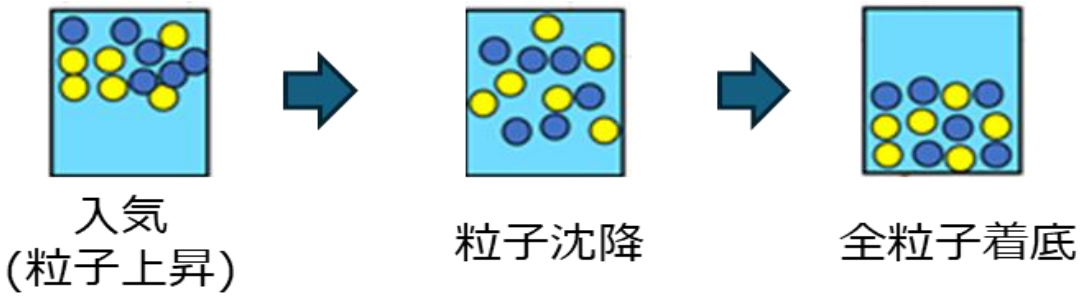
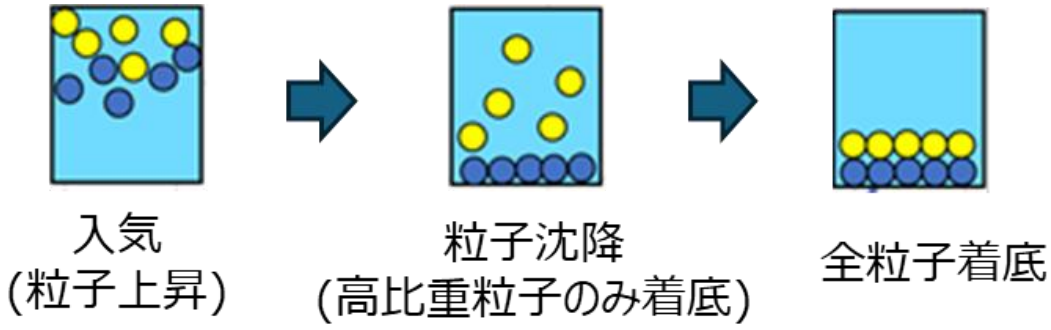


図 3.1.2-19　流動化判定法の開発 (適切な流動化状態の概要図)



(a) 成層化前



(b)成層化後

図 3.1.2-20　成層化判定法の開発 (成層化状態の概要図)

さらに、開発した単槽ジグ試験機を用いて、プラスチック模擬試料の連続運転試験を実施した。試料は軽比重プラとして比重 1.01 の PP、重比重プラとして比重 1.04 の ABS であり、２成分の分離を実施した。試料は事前にサイズ・形状で整粒されたことを想定し、板厚 10mm 板材の破砕物を篩分けサイズ:8~16mm で整粒したものを使用した。この試料の整粒条件は扁平率 0.35、サイズ/形状統一指標 I_{sf}=0.40 であり、扁平率の低い比較的選別しやすい形状である図 3.1.2-21 に連続試験時のジグ水槽の状態を示す。試料は図右上から振動フィーダで供給される。選別された軽比重プラは、水槽左上の溢流ゲートから水とともに排出される。重比重プラは、水槽左側側面に設置された回転羽根（エジェクタ）によって水槽外に排出される。今回の試験は、手動で層厚、排出量、成層化状態把握を制御している。回収産物ベースで選別結果を評価したところ、軽産物の回収率:98.4%、品位:99.3%、重産物の回収率:99.6%、品位:99.0%、分離効率:98.0 であり、選別対象粒子のサイズ・形状条件を揃えることで、選別目標(最小比重差 0.03 の選別)を達成可能であることを確認した。

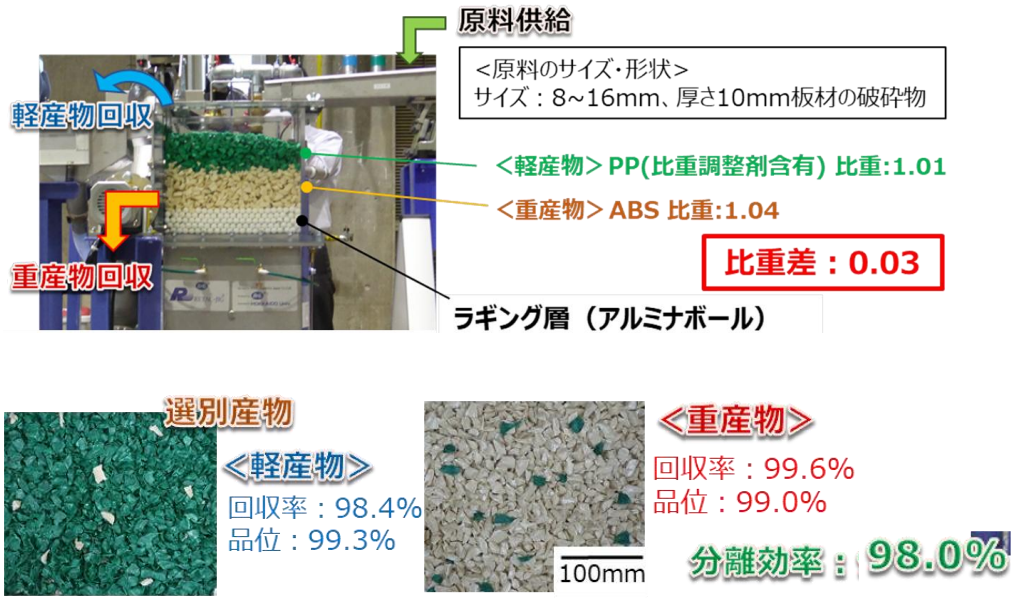


図 3.1.2-21　単槽ジグ連続運転試験

また、本研究では、廃プラスチック試料の多成分分離を課題としているため、単槽ジグ試験機を３台並列し、4 成分分離装置に拡張し、プラスチック破砕物模擬試料による選別試験を行った（図 3.1.2-22）。多槽ジグ試験機では第 1 槽から重い粒子から順に回収する仕様である。 1 槽目では一番重い粒子を重産物として回収、2~4 番目に重い粒子を溢流部より軽産物として第 2 槽に搬送する。同じように第 2 槽では、2 番目に重い粒子を重産物として回収、3~4 番目に重い粒子を軽産物として第 3 槽に送る。第 3 槽で 3~4 番目に重い粒子の選別を行うことで比重差による 4 成分分離が可能となる。隣接する比重差の粒子に対して前項で開発したサイズ・形状・比重統一指標 I_{sfdd} を整粒基準である 0.37 以下に整粒し、選別を実施したところ、連続運転(多成分分離)でも分離効率 90%以上の選別を実現できることを確認した。また、PS(比重 1.04)を新 CR に、ABS(比重 1.10)、PC(比重 1.20)、PVC(比重 1.38)を新 ER に提供する場合の選別評価では、新 CR 向け産物は回収率 98.7%、品位 99.6%であり目標(回収率 95%以上、品位 95%以上)と選別目標を達成している。また、新 ER 向け産物は回収率 99.9%、品位 99.9%であり目標(回収率 95%以上、品位 80%以上)と選別目標を達成している。

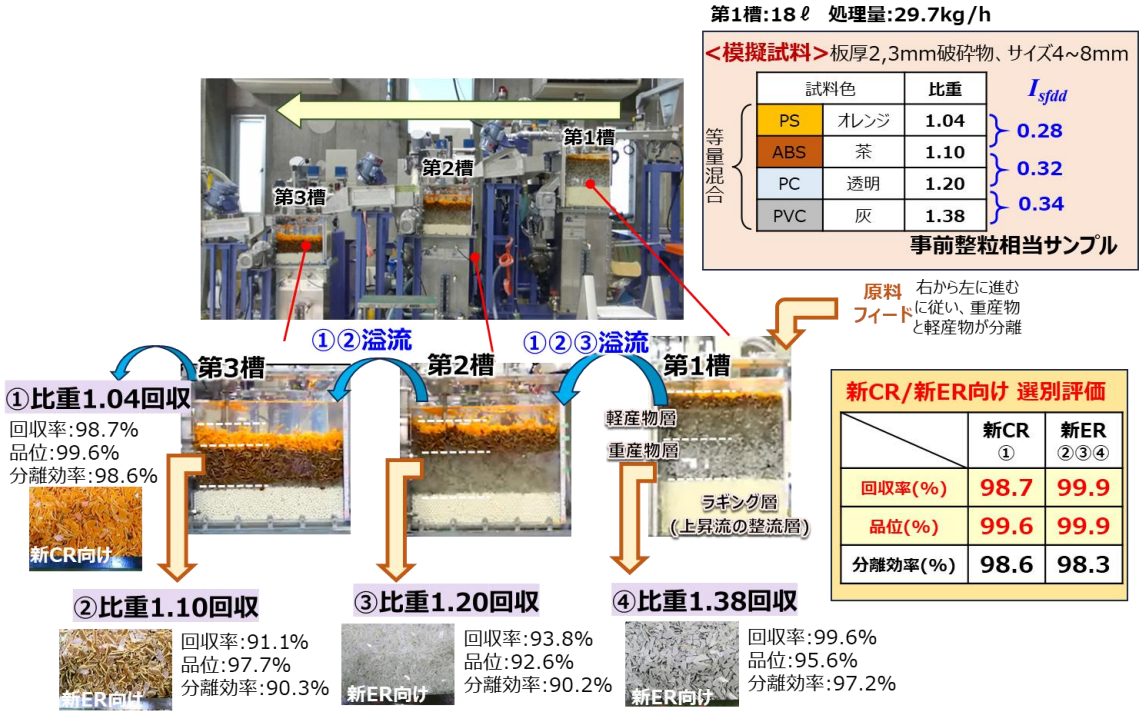


図 3.1.2-22　3 連多層ジグによる多成分比重選別性能試験

①-2-2-2 「洗浄・湿潤機構の開発」（実施先：産総研、大栄環境、北大）

ジグがよく用いられている石炭や岩石の比重選別では、篩分けされたフィード粒子をそのままジグに投入するが、本研究の対象である「製品別プラ」は、リサイクル工場から排出されるため、油やゴミが付着しているとともに、プラスチックは水に濡れにくい（水をはじく）性質があり、そのまま水



図 3.1.2-23 プラ粒子に付着する気泡

槽に投入すると気泡が付着し、気泡により凝集したプラスチックが浮遊してしまう（図 3.1.2-23）。そのため、洗浄・浸漬処理が重要となる。また、廃プラスチックは、保管場所が野外となるケースがあり、保管状態によっては泥や汚れによって粒子同士が固着することがあり得る。選別には異なる材料の粒子が単体分離していることが必須条件であるため、この洗浄処理において、粒子同士が固着している場合には解砕も同時に行う。

本研究では、大栄環境(株)から提供された 2-8mm の小型家電由来の混合プラスチックを用い、湿潤剤の選定、湿潤化手法、処理時間の最適化を行い、浸漬処理装置の試作（図 3.1.2-24）を行った。

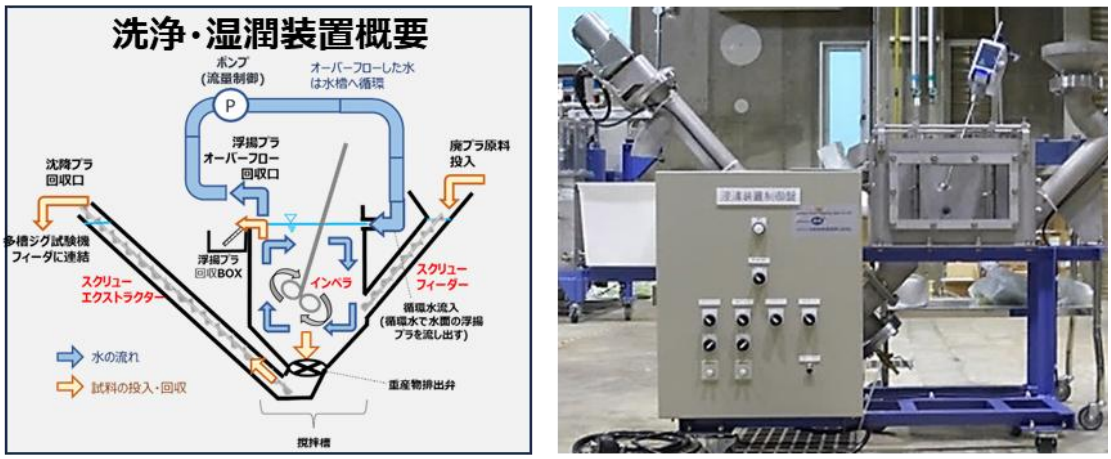


図 3.1.2-24　単槽ジグ連続運転試験

具体的には湿潤剤として AOT（エアロゾル OT）濃度 10ppm 水溶液中で 5 分攪拌することで、粒子に付着している気泡の脱離することを確認した。次に、本装置の　　性能を比重 1.00 未満プラ選別性能にて評価した。粒子表面の洗浄、湿潤が不十分だと粒子表面に気泡が付着、比重 1.00 以上のプラが浮揚することで選別精度低下するため、比重 1.00 未満プラ選別性能で評価が可能である。大栄環境(株)より提供された ASR 由来の実廃プラを篩分けサイズ 4~8mm に整粒して洗浄湿潤装置で処理した。試験の結果、比重 1.00 未満のプラはすべて浮遊物(軽産物)として回収され、比重 1.00 以上のプラの 98.2%は(沈降物)重産物として回収された。分離効率は 98.2%である。浮遊プラは PP と PE の混合物であるが、新 CR 向けの提供目標(回収率 95%以上、品位 95%以上)をクリアしており、新 CR に提供可能である。なお、新 MR に提供するためには PP あるいは PE 単独で品位が 98%以上である必要がある。PP と PE は比重が近いために、PP と PE の選別は困難であるが、選別原料の入荷元から PP または PE にいずれかであることが限定できれば新 MR(選別目標:回収率 95%以上、品位 98%以上)に提供することも可能である。もしくは、由来が特定され PP と PE のいずれか一方に添加剤が含まれ比重 1.00 以上であるということが分かっている原料については PP と PE の選別できる可能性が高い。

①-2--2-3 「乾式選別の検討」（実施先：産総研、北大）

廃プラの初期状態において、MR、CR で受け入れ可能なプラ種の品位が低いが場合には、最初から ER 向けの選別を行うケースが想定できる。ER 向けの提供を考えると、水分の軽減が必要となるため、乾式選別システムの適応も視野に入る。また、廃プラに金属なガラス、砂利などの重成分が多く含まれる場合には、湿式選別システムに比べて低コストで選別可能な乾式選別システムを部分適用することを考えられる。よって、乾式比重選別の方法の中で、大量処理が可能なエアテーブル(図 3.1.2-25)を対象とし、廃プラ選別への適用範囲を検証した。表 3.1.2-3 に、エアテーブルとジグでのプラ模擬試料の選別結果比較を示す。試験に用いたプラ模擬試料は楕円柱状のペレット材と板厚 2mm の板材破砕物である。また、試験には、産総研開発のポケットエアテーブルを用い、選別産物をデッキ排出口の左から右に 15 分割で回収し、分離効率が最大のカットポイントを導出した。ジグとの選別結果比較では、比重差が大きく、形状の揃った原料の場合はエアテーブルもジグと同等の精度で選別可能である（条件①）。しかし、形状が不定形で均一でなくなった場合（条件②）、ジグの分離効率が 93.3%であったのに対して、エアテーブルが 69.8%と比重差がほぼ変わらないにも関わらず条件①からの選別精度



図 3.1.2-25　ポケットエアテーブルでの選別（条件①の例）

表 3.1.2-3　湿式法（ジグ）と乾式法（エアテーブル）の廃プラ選別精度比較

条件		①		②		③		④	
対象物	比重差	0.35		0.34		0.25		0.23	
	形状	ペレット		破砕物		ペレット		破砕物	
		楕円柱		板状		楕円柱		板状	
	サイズ(mm)	2~2.8		4~8		2~2.8		4~8	
	材料	軽比重プラ	重比重プラ	軽比重プラ	重比重プラ	軽比重プラ	重比重プラ	軽比重プラ	重比重プラ
		ABS	POM	ABS	PVC	ABS+比重調整剤	POM	ABS+比重調整剤	PVC
	比重	1.05	1.40	1.04	1.38	1.15	1.40	1.15	1.38
分離効率(%) ※	乾式法 エアテーブル	96.1		69.8		68.8		44.5	
	湿式法 ジグ	95.3		93.3		94.1		90.1	

※分離効率はエアテーブル、ジグ共に 2 分割で回収した場合の値

の低下が著しかった。また、比重差が小さくなった場合（条件③）についても、ジグの分離効率が94.1%であったのに対して、エアテーブルが68.8%と大きく選別精度が低下した。さらに、比重差が条件③と同等の破砕物を対象とした場合には、ジグが分離効率 90.1%を維持しているのに対して、エアテーブルは分離効率 44.5%まで低下した。以上から、エアテーブルの適用には、対象物の比重差が大きいこと、形状が均一であることが既知である必要があるため、廃プラの相互選別には不適である。

さらに、金属・砂利等の異物除去の検討を行った。小家電破砕物(プラ・金属)に砂利を加えた模擬試料(比重 プラ:0.9－1.6,砂利:1.6－1.7,金属:2.7－8.9)の選別を行った(図 3.1.2-26)。プラ/金属+砂利の分離効率は中間産物を除いて、軽産物と重産物の選別として評価したところ 93.0%であった。前述のとおりプラ同士の選別には性能不十分であるが、ジグ前処理の異物除去選別としては有効であることが確認できた。

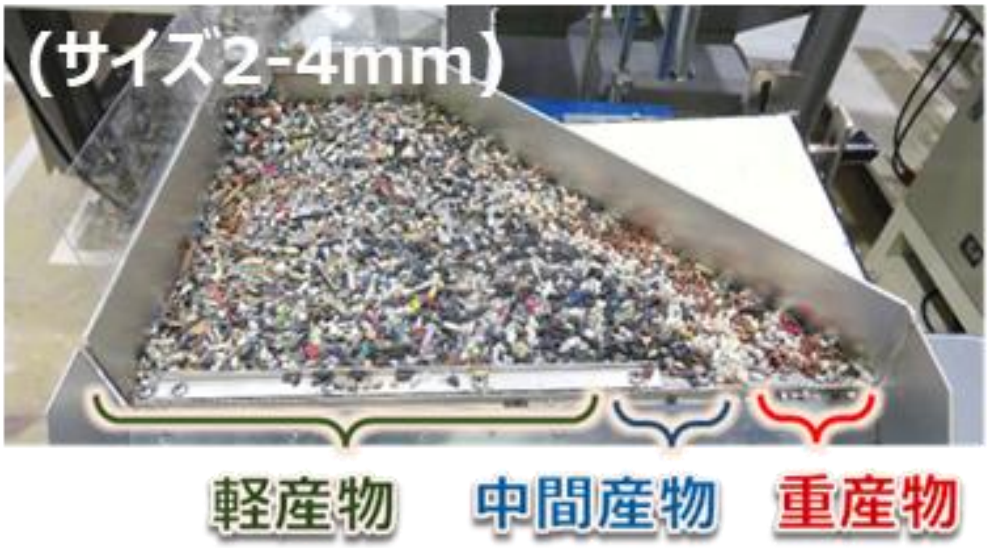
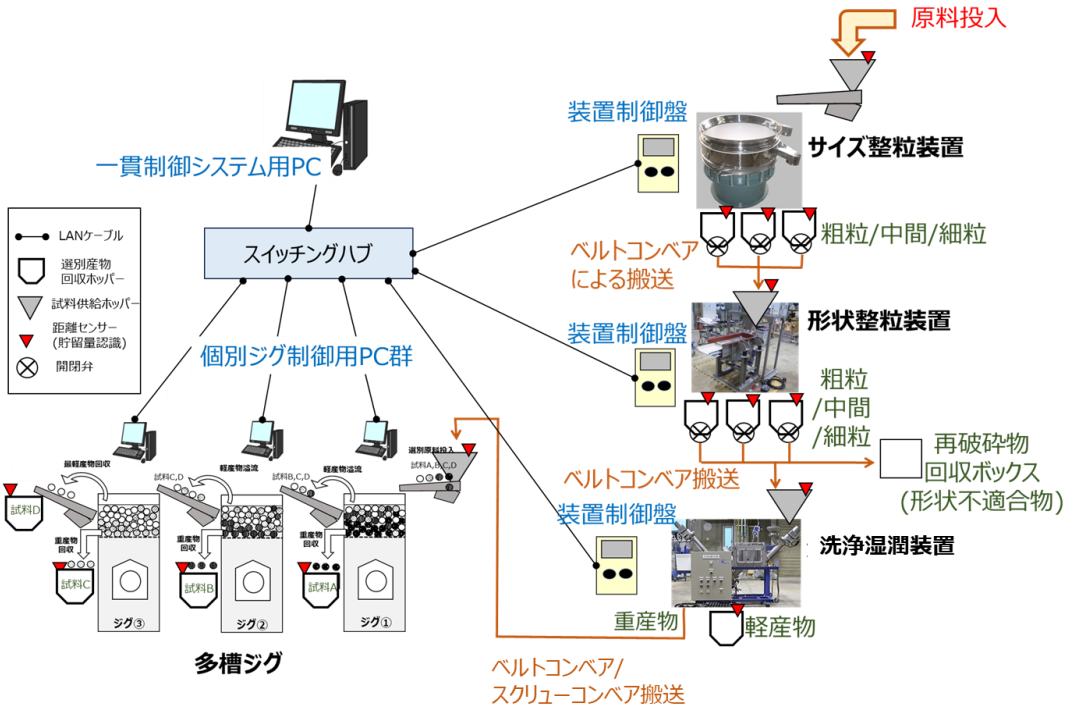


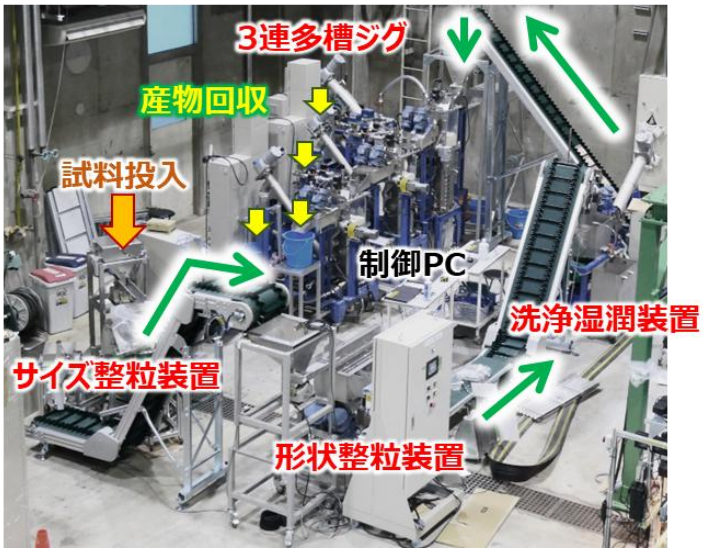
図 3.1.2-26　ポケットエアテーブルでのプラと金属・砂利等の選別例

①-2--2-4 「廃プラ比重選別一貫処理システム自動化」（実施先：産総研、大栄環境、北大）

サイズ整粒装置、形状整粒装置、洗浄湿潤装置、多槽ジグを連結し、一連の選別工程を自動運転する廃プラ比重選別一貫処理システムを試作した。システムの構成を図 3.1.2-27(a)に、試作した廃プラ比重選別一貫処理システム　ベンチスケール機を図 3.1.2-27(b)に示す。システム全体を制御する一貫制御システム用 PC と整粒装置、形状整粒装置、洗浄湿潤装置、多槽ジグの各装置はスイッチングハブを介して接続し情報通信を行う。また、装置間をベルトコンベア、スクリューコンベアで接続し、事前に登録した工程にしたがって後続選別機への試料を自動搬送する機能を有する。



(a)システム構成



(b) 試作したベンチスケール機

図 3.1.2-27　廃プラ比重選別一貫処理システム

この選別機を使用して、ASR 由来の実廃プラの選別を行った。選別結果は以下のとおりである。

<新 MR 向け産物>PP 品位:98.0%、PP 回収率、98.2%

<新 CR 向け産物>PP/PE/PS 品位:96.4%PP/PE/PS 回収率、98.1%

<新 ER 向け産物>プラ品位:96.1%、プラ回収率、99.5%

ここで回収率 95%以上とは、新 MR/CR/ER 向けのプラをＸとした場合、選別前試料の理論上の「Ｘの回収可能量」を予め分析し、これを選別した際、新 MR/CR/ER 向け純度を維持した産物の中に、回収可能量の 95%以上のＸが含まれることを意味する。

$$\text{新 MR/CR/ER 産物回収率} = \frac{\text{選別後の新 M/CR/ER 向け回収産物中のＸの量}}{\text{選別前のＸの回収可能量}} \quad > 95\%$$

①-2--2-5 「採算性の評価」（実施先：産総研、大栄環境）

現状、混合廃プラを産廃業者に引き取り処分している中間処理業者を想定して、システム導入に係る採算性を評価した。図 3.1.2-28 左は高度比重選別システムによる選別特性である。選別の一例としてある ASR 由来の硬質プラの例を示す。ある組成の製品別廃プラ原料を分離効率 95%で選別したと仮定した場合に新 SR で想定する選別産物の割合である。この選別を混同廃プラ 0.58t/年(3t/時)で廃棄処分する中間処理業者が実施した場合シミュレーション例が図 3.1.2-28 右上である。システム導入前は

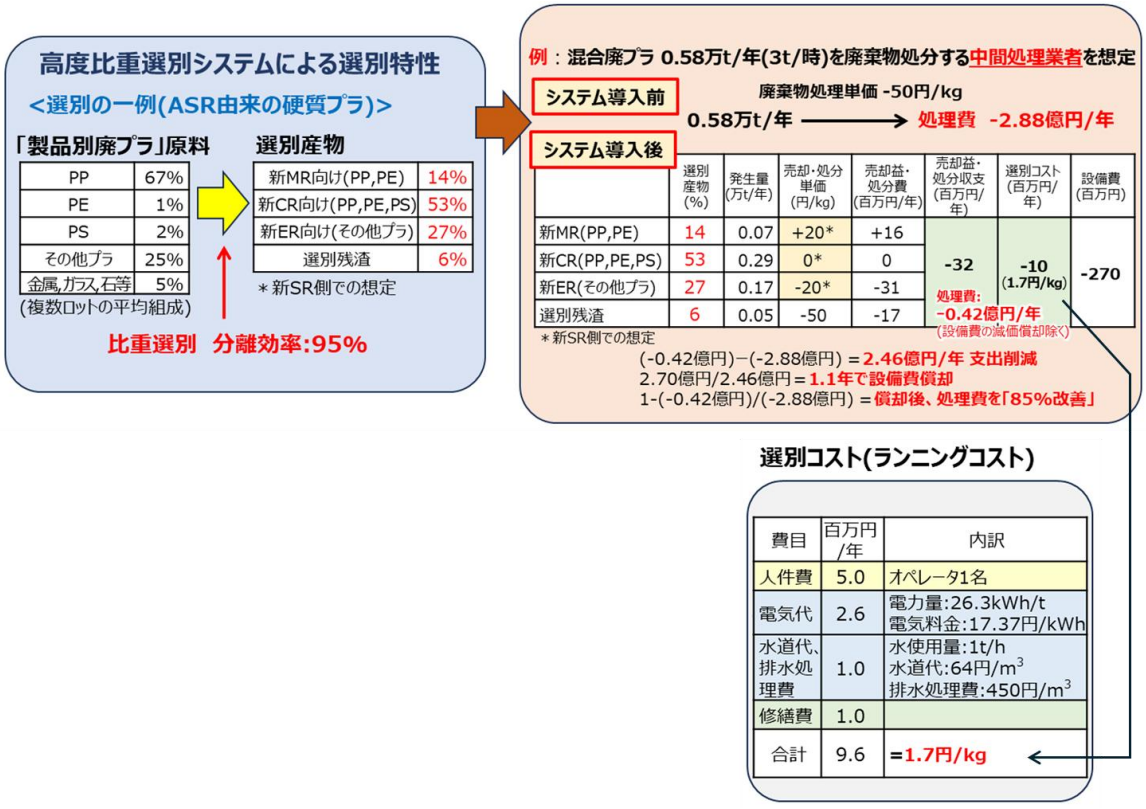


図 3.1.2-28　システム導入の採算性評価

廃棄物処理単価 50 円/kg で 0.58t/年排出しているため、処理費は 2.88 億円/年かかる。新 MR の売却単価を 20 円/kg、CR の売却単価を 0 円/kg、ER の処理費を 20 円/kg、選別残渣は 50 円/kg と仮定し、図 3.1.2-28 左の選別を行った場合、処理費は 32 百万円となる。0.58t/年の選別コストは 10 百万円/年と推定され、設備費を除いた処理コストは 0.42 億円/年となる。システム導入前の処理費は 2.88 億円/年であったことから、2.46 億円/年の支出削減となる。また、設備費に 2.7 億円が必要であるが、支出削減額を踏まえれば 1.1 年で減価償却が可能である。さらに減価償却後は、処理費を 85%改善できる。図 3.1.2-28 右下は選別コスト(ランニングコスト)の内訳である。選別コストに占める割合が最も高い項目は人件費 5 百万円/年であり、次いで電気代 2.6 百万円である。排水処理についてはここでは中間処理業者が排水処理設備を所有しているという想定で見積もったが、実用化の際には排水処理設備を持たない中間処理業者に向けて、ろ過装置によりジグに使用する水を繰り返し使用した上で最終的に不純物を濃縮した排水をタンクで輸送して排水処理業者で処分する方法も視野に入れている。

さらに、前述のケースを基準に、製品別廃プラ原料の組成が変わった場合(原料中の PP,PE,PS 割合少)、処理量が少ない中間処理業者が導入した場合のシミュレーションを行った(表 3.1.2-4)。原料中の PP,PE,PS 割合が少なくなった場合、産物の処分費は 1.14 億円となり、コスト削減率が 60%に低下し、減価償却期間が 1.7 年となる。処理量が 0.10 万 t/年(0.5t/時)の中間処理業者が導入する場合は、産物の処分費は 0.12 億円となり、コスト削減率が 76%となり、減価償却期間が 3.2 年となる。このシミュレーションにより早期に減価償却を行うという点では、原料組成よりも処理量が重要な要素となることが分かる。

表 3.1.2-4　ケース別採算性評価

ケース	製品別廃プラ原料の組成(%)			発生量(万t/年)	導入前	導入後					
	PP PE PS	その他プラ	金属ガラス石等		処分費(百万円/年)	産物の売却･処分費(百万円/年)	選別コスト(百万円/年)	設備費(百万円)	減価償却期間(年)	減価償却後の収支(百万円/年)	コスト削減率(%)
図①-(2)-28	70	25	5	0.58 (3t/時)	-288	-32	-10	-270	1.1	-42	85%
PP,PE,PS 少	30	55	15	0.58 (3t/時)	-288	-104	-10	-270	1.7	-114	60%
処理量少	70	25	5	0.10 (0.5t/時)	-48	-5	-6	-120	3.2	-12	76%

①-2-3 最終目標の達成状況

研究開発項目①-2「高度比重選別システムの開発」における目標設定は以下の通りである。

中間目標(前期 3 年): 「製品別プラ基準試料」に対し、新 MR・CR・ER で再資源化可能なプラ組成の産物を回収率 95%以上で実現できる、洗浄・湿潤条件や、ジグ選別機の層厚・排出制御機構を開発し、大栄環境の提供する「製品別プラ」実試料に対する適用可否を判断する。また、新 ER 向け乾式選別の適用可能性を検討するとともに、洗浄・湿潤ユニット，多槽ジグ選別ユニットの基本性能を備えたベンチ試験機を試作する。

最終目標(後期 2 年): 高精度化に向けた改良を加えて、新 MR・CR・ER の目標品質を回収率 95%以上で実現できる一連の多槽比重選別システムのベンチスケール機を完成させる。また、実プラントへの導入を想定して開発システムの性能や新 MR、新 CR および新 ER の分配特性や採算性等を試算・評価する。

以下に目標の達成状況を示す。

- サイズ、形状、比重からなる選別対象粒子の整粒基準を開発し、その整粒基準を実現し得る事前整粒装置を開発した。
- 粒子表面の汚れを洗浄し、洗浄表面の湿潤性を確保すると同時に比重 1.00 未満のプラを選別する洗浄湿潤装置を開発した。
- センサー情報からジグ選別水槽内の状況を認識し自律制御する多槽ジグを開発した。
- 多槽ジグの単体試験において、比重差 0.03 の模擬プラ試料選別を実施し分離効率 98%を達成した。
- 事前整粒装置、洗浄湿潤装置、多層ジグを連結し、一連の工程を自動運転する廃プラ比重選別一貫処理システムのベンチスケール機を試作した。
- 廃プラ比重選別一貫処理システムによる実試料選別において、新 SR が想定する新 MR・CR・ER の目標品質(新 MR：PP/PE　98%以上、新 CR：PP+PE+PS　95%以上、新 ER：プラ 80%以上)を回収率 95%以上で達成し、開発装置が目標とする選別性能を満たすことを確認した。
- 新 ER 向け乾式選別の適用可能性を検討し、乾式選別はジグより選別精度が劣るもののプラから金属・砂利などの異物を除去することに有効であることを確認した。
- 実プラントへの導入を想定した採算性評価を行い、処理コスト削減が可能であるとの試算を得た。

以上、最終目標である「MR・CR・ER の目標品質を回収率 95%以上で実現できる一連の多槽比重選別システムのベンチスケール機の完成」を達成した。

3.1.2. ①-2 LCA

テーマ名	「LCA(ライフサイクルアセスメント)によるプラスチック循環のトータルシステム評価	達成状況	○
実施者名	北九州市立大学、（国立環境研究所）、（東京大学）		
達成状況の根拠	新 MR・新 CR・新 ER に関するプロセス評価モデルを構築し、実験値やベンチ機データに基づく環境負荷削減効果の算出を可能にした。また、行政データを用いた地域別フロー推計と線形計画法による技術選択モデルの構築、さらに MFA と LCA を組み合わせたベストミックスシナリオの導出を行い、中間目標達成の見込みである。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

［背景］　近年の中国の廃プラスチック輸入規制に端を発したアジア諸国の廃プラスチック輸入規制強化の問題などにより、これまで日本から輸出していた廃プラスチックを含むプラスチック資源について、リサイクルなどの適正な処理が急務となっている。また、「プラスチック資源循環戦略」（2019 年 5 月 31 日策定）が策定され、革新的リサイクル技術の開発が日本政府の重点戦略の一つとして掲げられている。

［目的］

LCA では、評価に必要な基礎データを収集し更新すると共に、各リサイクルプロセスの最適化、発生源や処理施設の空間配置を考慮した技術選択モデル、時間軸から見た各手法の普及展開モデルを検討する。

［プロジェクトアウトカム目標との関係］

各新技術開発チームと密接に連携することで、プラスチック製品の資源効率性、廃プラスチックの資源価値向上の最適化を図りつつ研究開発を推進できることが期待できる。

●アウトプット目標

［中間目標］

廃プラスチック循環の環境効果を評価する基盤を整えることである。新 MR・新 CR・新 ER について、実験や小規模実証のデータを基にプロセス評価モデルを構築し、投入条件や設計変数と環境負荷を結び付ける。また、行政統計や調査を活用して発生量や処理フローを把握し、輸送や処理に伴う CO_2 排出を考慮した技術選択モデルを構築する。さらに物質フロー分析により全国の発生量推計を精緻化し、現状における最適な技術組合せ（ベストミックス）を導出し、LCA により評価する。

［最終目標］

前年度までに整備したモデルを活用し、将来の最適シナリオを提示することである。新 MR・新 CR・新 ER の設計変数を感度分析し、GHG 削減を最大化する条件を開発チームに提案する。また、人口動態や施設寿命を反映した地域別技術選択モデルを完成させ、拠点整備や導入方針を示す。さらに、2030 年・2035 年の発生量や受入可能量を考慮したベストミックスシナリオを導出し、新技術の処理規模や改善目標を明らかにすることで、循環利用率最大化と GHG 最小化を実現する戦略を提示する。

●実施体制

北九州市立大学は全体統括を担い、LCA・MFA の統合や地域モデル開発を行うとともに、新 MR 技術のプロセス評価とリサイクル技術選択モデルの構築を担当する。国立環境研究所は、全国レベルの廃棄物統計や産業部門別データを活用し、ボトムアップ・トップダウン双方のアプローチによる MFA 精緻化を担うとともに、都道府県別・市町村別のフロー分析モデルを開発する。東京大学は、新 CR および新 ER 技術の評価モデル開発を主に担い、触媒分解やエネルギー回収に関するインベントリ整備、ならびに全国スケールの廃プラフロー推計とシナリオ分析を行う。

●成果とその意義

本研究は、プラスチック循環を対象に、個別技術の環境性能だけでなく、社会全体における最適化の観点からリサイクル技術の評価を可能にした点に大きな成果がある。具体的には、(1)LCA に基づく要素技術のプロセス評価モデル、(2)空間構造を考慮したリサイクル技術選択モデル、(3)動的 MFA に基づく将来シナリオ分析を統合し、MR、CR、ER といった多様な新技術の評価を可能とする枠組みを提示した。

従来の国内外の研究は、容器包装リサイクル法に基づく容器包装プラを中心に LCA を行う事例が多く、産廃プラや製品プラについては評価事例が限られていた。また、海外では Ellen MacArthur Foundation

の MCI や Product Circularity Indicator といった循環度指標の適用が進んでいるが、炭素資源循環の material-to-material への純粋な寄与を明確に区別した定量化手法は十分に確立されていない。本研究では、日本特有の廃棄物組成や処理インフラに適応する形で評価指標を再設計し、国際的指標を参照しつつも、炭素資源循環と GHG 削減効果を同時に評価できる枠組みを構築した点に独自性がある。

さらに、新技術のデータを用いて評価を行い、技術開発チームへのフィードバックを行うことで、研究開発とシステム評価を往復させるコミュニケーション型の設計支援の枠組みで実施したことは手法として意義があり、国内外の政策立案（循環経済ビジョン、プラスチック資源循環戦略）の評価手法に対する先進的事例になったものと考えられる。

従来の部分最適を主とした技術評価に留まらず、炭素資源循環と全体最適を統合的に評価する基盤を確立した点に、本研究の優位性があり、これは持続可能なプラスチック循環システムの実装に向けた学術面・政策面への貢献は大きいものと考えられる。

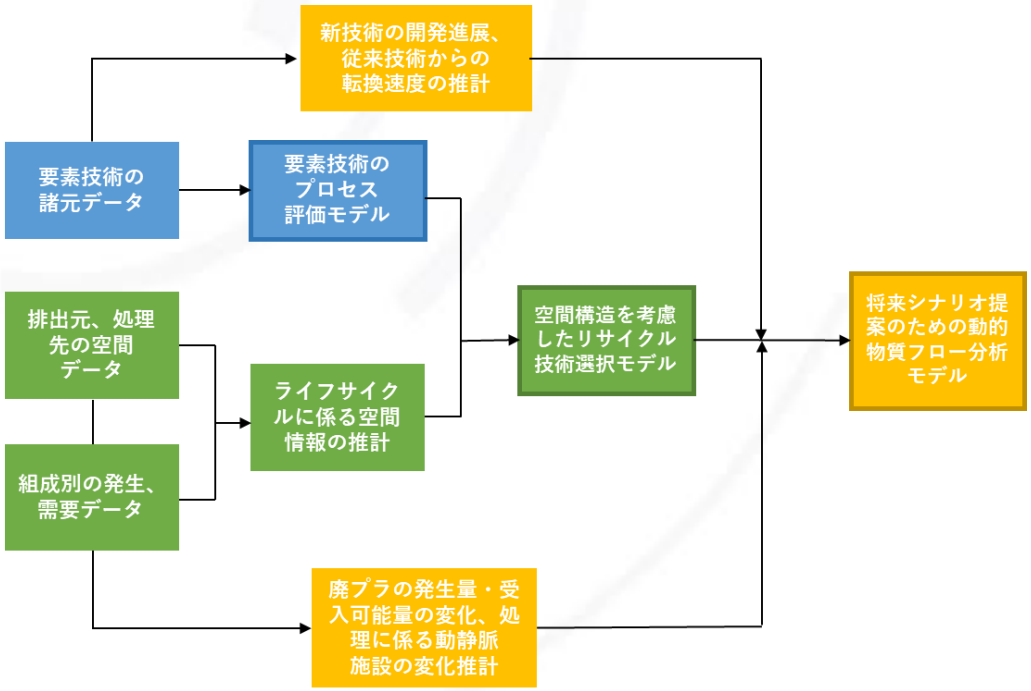
●実用化・事業化への道筋と課題

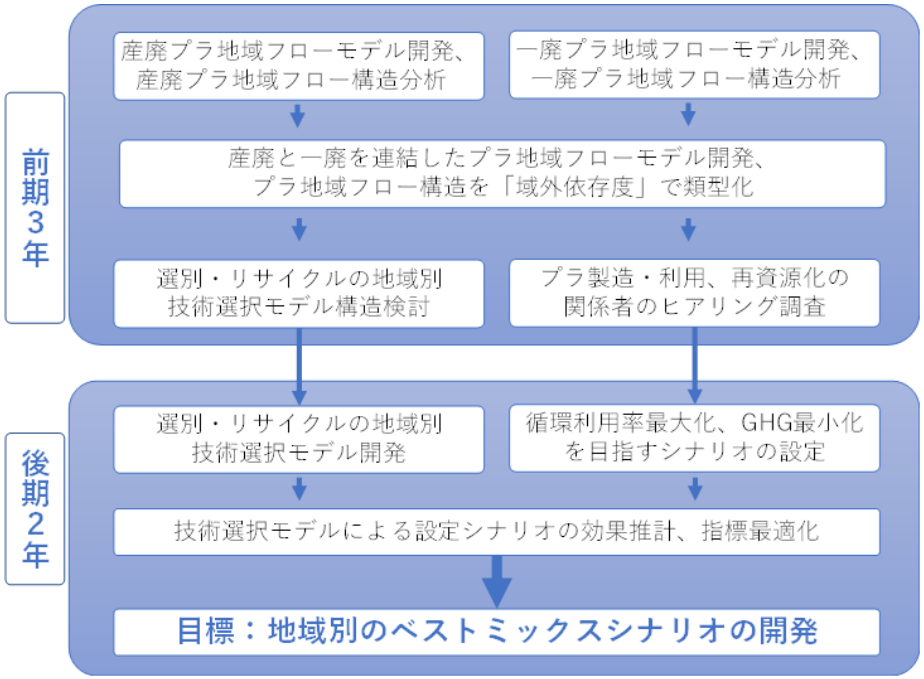
本研究で開発したプロセス評価モデル・技術選択モデル・動的 MFA モデルは、個別の新技術開発に活用できるだけでなく、事業スケールでの導入シナリオ設計にも活用できることは大きな特徴である。実用性の具体例として、(1)MR、CR、ER の技術特性を反映した原単位を活用し、これを用いて事業化に向けた戦略を検討することが可能である。また、(2)発生源から処理拠点までの輸送・処理に伴うコストと GHG 排出量を算出し、拠点整備や物流計画に関する検討が可能である。(3)将来の人口動態や社会構造を踏まえ、施設更新時期や受入能力の変化をも考慮した長期的な計画立案の検討が可能である。

一方、実用化・事業化に向けては課題も残されている。まず、技術的には新技術がまだ実証スケールにとどまっており、安定稼働や製品品質のばらつき、触媒寿命など、今後の取り組みの中で得られる情報を用いて、パラメータを更新していくことが必要である。また、廃プラの品質・組成に関しては、排出実態や地域特性を反映した実態調査を行うとともに、将来の社会変化による組成変動を考慮し、定期的な改訂・更新を行っていくことも必要である。

高度選別技術の説明（LCA）

- 想定されるプロセスの検討、排出元と処理先の位置関係の検討、GHG/エネルギー負荷の検討を実施





高度選別技術の目標達成状況（LCA）

開発項目	目標 （2025年３月）	成果 （2025年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
研究開発項目①-3 「LCA(ライフサイクルアセスメント)によるプラスチック循環のトータルシステム評価」	・プロセス評価モデルの適用によるライフサイクル設計の提案。 ・社会変化を考慮した2035年におけるベストミックスシナリオの導出と、その実現のための空間シナリオの提示。	・本事業にて開発したプロセス評価モデルにより、新技術のライフサイクルCO_2排出量を評価し、またそれが最小となる条件について見出した。 ・廃プラフローの推計結果をもとにした技術選択モデルと動的フロー分析モデルにより、2030年、2035年のプラの地域別、部門別、種類別（性状考慮）フローと技術選択の望ましい組み合わせを示した。	○	・要素技術のプロセス評価モデル、空間情報と各プロセスの評価結果をもとに廃プラスチックの最適配分を推計するためのリサイクル技術選択モデル、2030年及び2035年までの排出量や新技術の普及を考慮した動的物質フロー分析モデルを開発した。 ・プロセス評価モデルでは、炭素資源循環度についても定義し、炭素資源の物質的循環性の観点から評価した。これらにより、循環利用率の向上とGHG削減を同時に達成できるシナリオを示すことができた。

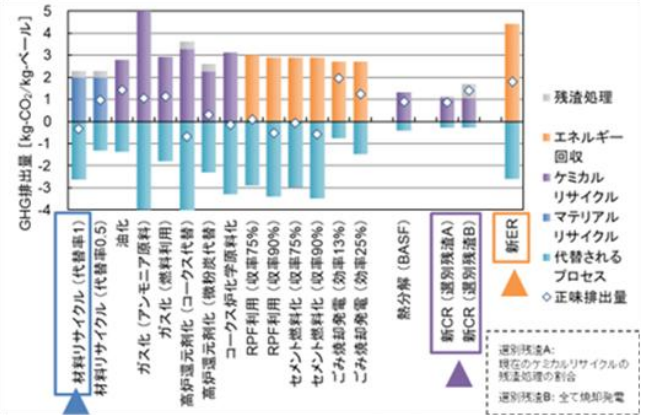
◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

高度選別技術の意義（LCA）

テーマ名	LCA(ライフサイクルアセスメント)によるプラスチック循環のトータルシステム評価	達成状況	○
達成状況の根拠	• 要素技術のプロセス評価モデル、空間情報と各プロセスの評価結果をもとに廃プラスチックの最適配分を推計するためのリサイクル技術選択モデル、2030年及び2035年までの排出量や新技術の普及を考慮した動的物質フロー分析モデルを開発した。 • プロセス評価モデルでは、炭素資源循環度についても定義し、炭素資源の物質的循環性の観点から評価した。これらにより、循環利用率の向上とGHG削減を同時に達成できるシナリオを示すことができた。		

【開発の意義】

実施項目A	LCAによる要素技術のプロセス評価モデル
現状	様々な技術変数を扱える評価モデルは存在していない。
開発後	プロセス評価モデルを開発したことで、MR、CR、ERの各リサイクル技術に対して、様々な技術変数を変化させて評価することができるようになった。
実施項目B	排出・処理の空間配置を考慮したリサイクル技術選択モデル
現状	全国規模の廃プラスチックのフローの推計はない。廃プラスチックの種類別、地域別のリサイクル技術を選択可能な計算モデルも存在しない。
開発後	全国規模の廃プラスチックの業種別、プラスチック種類別発生源を推計した。フロー推計結果と開発したリサイクル技術選択モデルにより、適したリサイクル技術を選択できるようになった。
実施項目C	将来シナリオ提案のための動的物質フロー分析モデル
現状	将来の新技術と廃プラスチックフローを想定したシナリオを計算できるモデルは存在していない。
開発後	開発した動的物質フロー分析モデルにより、2035年までの排出量や新技術の普及を考慮したベストミックスシナリオの提示を可能とした。



新技術▲を含む再生技術のプラスチック製容器包装に対するGHG排出量の原単位

将来の廃プラスチックの発生の処理を想定したベストミックスを提示可能に

2035年までの廃プラスチックの種類別排出量やリサイクル技術の普及を考慮したベストミックスシナリオの提示を可能とした。

高度選別技術での課題（LCA）

【成果】

- 本事業にて開発したプロセス評価モデルにより、新技術のライフサイクルCO2排出量を評価し、またそれが最小となる条件について見出した
- 廃プラフローの推計結果をもとにした技術選択モデルと動的フロー分析モデルにより、2030年のプラの地域別、部門別、種類別（性状考慮）フローと技術選択の望ましい組み合わせを示した

【課題】

- 新たな評価指標として炭素資源循環度を示したことは重要な成果である。一方で、 CO2排出量と炭素資源循環度の双方を考慮可能な指標の検討が望まれる

・研究開発の概要

従来のリサイクル技術と、本研究によって開発される新技術によって達成されるプラスチック循環では、採掘から化学工業に投入される石油消費量、品質によるリサイクル技術への仕向け割合、動脈産業への循環量（再投入量）、最終処分量に違いが出現している。本研究では、新 MR、新 CR、新 ER および新 SR が社会全体に与える影響を評価した（トータルシステム評価）。プラスチック循環全体を評価対象とすることで、リサイクルの個別技術の部分最適ではなく、社会の全体最適像が検討可能となる。そのために、図 1 に示すような大きく 3 つの要素の研究項目からなる評価システムを構築した。すなわち、①LCA による要素技術のプロセス評価モデル、②排出・処理の空間構造を考慮したリサイクル技術選択モデル、③将来シナリオ提案のための動的物質フロー分析モデルである。

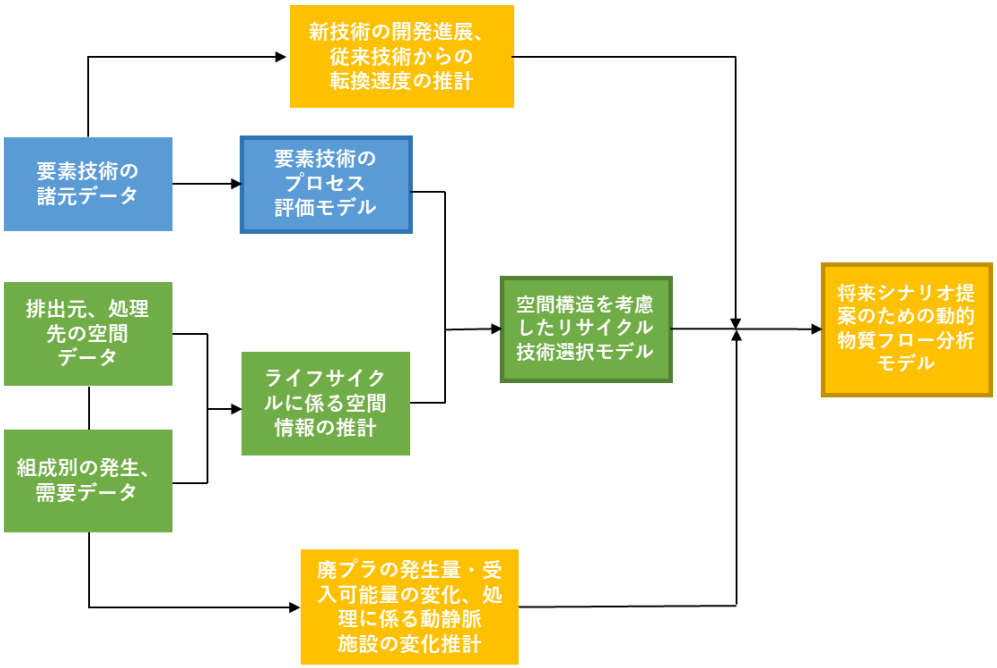


図 1　プラスチック循環のトータルシステム評価のための要素間の関係

①LCA による要素技術のプロセス評価モデルでは、廃プラスチックの選別・リサイクル技術の導入による再生製品・サービスのライフサイクル全体での環境効果を LCA で評価・可視化し、化石資源消費や GHG 排出量の削減、炭素資源循環の強化を定量的に明らかにすることを目的とする。具体的には、従来評価事例の少ない製品プラ・産廃プラも含めてデータ整備と手法開発を行い、新 MR・新 CR・新 ER について開発段階に応じてデータを収集し、理論値やベンチ機データを用いたインベントリ分析と数理的に関連づけるプロセス評価モデルを開発する。2020～2022 年度にはプロセス評価モデルを構築し、2023～2024 年度にはスケールアップに応じた再評価や感度分析を行い、開発チームにフィードバックすることで、ライフサイクル設計の最適条件を提案することを最終目標とする。

②排出・処理の空間構造を考慮したリサイクル技術選択モデルでは、本研究では、廃プラスチックの排出・処理の空間配置を考慮したリサイクル技術選択モデルを構築し、地域特性に応じた最適な技術や拠点整備の方向性を示す。(1)特定地域を対象とした分析では、一般廃棄物・産業廃棄物の排出実態を行政統計やマニフェスト等から把握し、必要に応じてアンケート・ヒアリング調査を行い、GIS 上で空間データを整備する。これにより、排出源から処理拠点までの流れを明確にし、LCA の成果を組み込んだプロトタイプモデルを開発し、GHG 排出量を指標とした技術選択を可能にする。(2)全国レベルでは、市町村・都道府県単位

で廃プラフローを把握し、産廃処理事業者や製造業者へのヒアリングを通じて詳細データを整備する。最適化手法を用いて排出源とリサイクル技術をマッチングさせ、循環利用率の最大化と GHG 排出最小化を両立するベストミックスを導出する。最終的には、2035 年を見据えて、各地域における導入技術の種類や規模を明示する空間シナリオを提示することを目指す。

③将来シナリオ提案のための動的物質フロー分析モデルでは、動的 MFA（物質フロー分析）を基盤に、2030 年および 2035 年における廃プラスチックの最適利用シナリオ（ベストミックス）を導出することを目指す。まず、市町村・都道府県レベルの発生データを用いて従来のトップダウン推計を検証・修正し、発生量と樹脂組成の精度を高める。次に、新 MR・新 CR・新 ER の受入可能量や品質条件を明確化し、鉄鋼・石油化学・製紙・セメント産業といった受入側産業の需要や能力も踏まえた制約条件を設定する。その上で、フローとストックを含む全国レベルの廃プラ動態を整理し、技術選択モデルを用いて現状のベストミックスを算出し、LCA により環境負荷削減効果を定量評価する。

3.2. 研究開発項目②材料再生プロセス開発

3.2.1. ②-1 材料再生プロセス開発

テーマ名	材料再生プロセス開発	達成状況	○
実施者名	福岡大学（東京科学大学、神戸大学、山口大学、産業技術総合研究所、横浜国立大学、九州工業大学、滋賀県立大学）旭化成（ライオン、メビウスパッケージング）、花王、DIC、TOPPAN、三菱電機、いその、三光合成（エスバンズ株式会社）、富山環境整備、プラスチック工学研究所		
達成状況の根拠	多種多様な廃プラだけでなく、バージン品においても物性向上が可能な樹脂溜まり部などを適用した新規ペレタイズプロセスを開発した。また実証試験機での検証を通じ、スケールアップが可能であることも実証した。さらに、成形品部位間の物性ばらつきがなく、リサイクル性にも優れた、樹脂流動応力を制御した新規なマルチゲート射出成形プロセスも開発した。リサイクルプラスチックの製品への適用に関しても、製品試作などの実証研究を実施し、良好な成果を得た。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

【背景】

マテリアルリサイクルは使用済みのプラスチックを再度溶融成形しなおして製品とするものであり、プロセス自体はバージン品と同等であるため実用化の障壁が低い。また何回も繰り返し使いまわすことで、消費されるエネルギーや排出される CO2 量は相乗的に減少するため、LCA(Life Cycle Assessment)的にもメリットの多い手法である。しかしながら現実にマテリアルリサイクルされている廃棄プラスチックの量は過去 20 年以上 20%程度であり、増加する傾向が見られていない。この主な原因は、マテリアルリサイクルされたプラスチックの物性がバージン品と比較すると非常に低下して「硬く脆く」なっているためである。この物性低下は廃棄プラスチックだけでなく工場内の副生物やロス品のように、異物などの混入がないものであってもでも同様であり、再利用されることなく廃棄されている。また従来このリサイクルプラスチックの物性低下している原因は、使用中の紫外線や成形時の熱などによりラジカルが発生し、それにより高分子鎖が連鎖的に破断する化学劣化とされてきた。ビニル系プラスチックでは、一度破断した高分子鎖は再生することが不可能である。従って、物性低下の原因が化学劣化の場合物性再生は不可能であり、低下し続けることになる。この常識ため、マテリアルリサイクルは低付加価値品しか生産できないという考えが 40 年近く定着していた。

【目的】

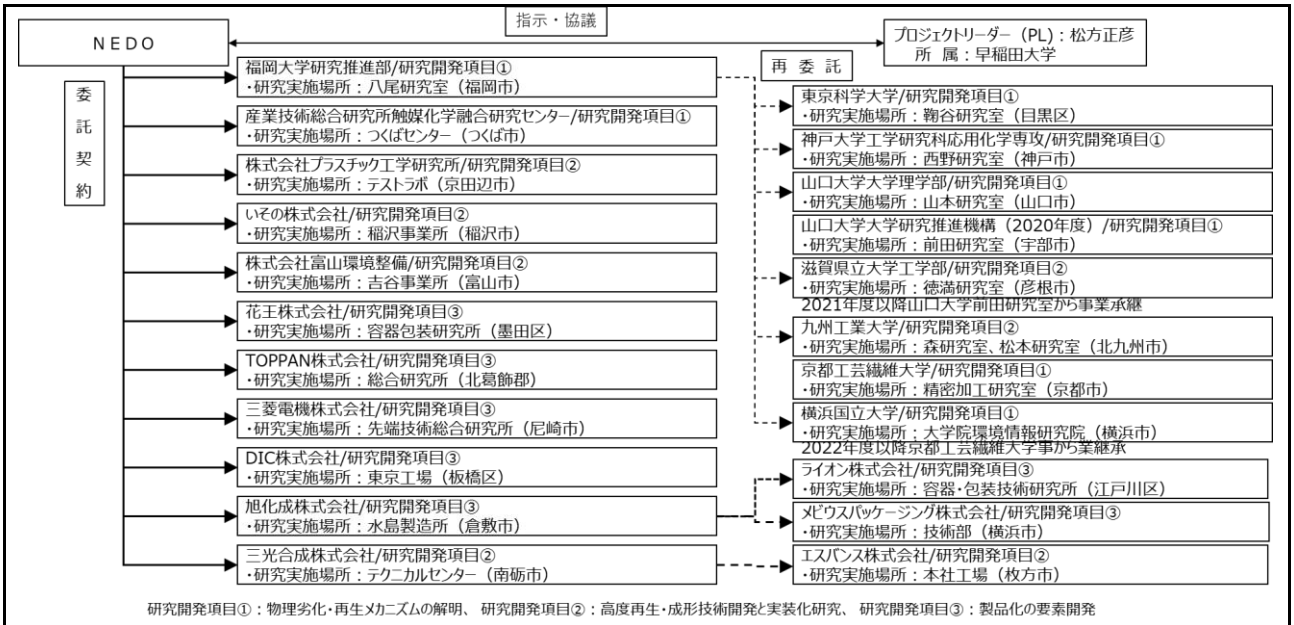
この頑強な常識に対し福岡大学では、物性低下の主要因は成形加工時の高いせん断履歴により高分子間の絡み合いが減少し、そのために結晶ラメラ間のタイ分子数が減るという内部構造変異による物理的な現象であること、さらに成形時に高分子結晶のメモリーを解消し、せん断履歴を緩和する時間を設けることで高分子の自己再生能力を引き出し、絡み合い数を増加・復元することで物性再生が可能であることを見出し、これを「物理劣化・物理再生理論」として提唱を行い、2019 年の先導研究で実証した。本プロジェクトはこれを踏まえ、産官学によるチームで「物理劣化・物理再生」理論の実証検証を行い、高度なマテリアルリサイクルを実現することで、その使用済プラスチックの処理比率の向上が目的である。

【プロジェクトアウトカム目標との関係】マテリアルリサイクルを促進する新規ペレタイズプロセスや新規射出成形プロセスの構築と、プラスチック製品への適用促進などを達成することで、86 万トン/年マテリアルリサイクルならびに 211 万トン/年の CO_2 削減のプロジェクトアウトカム目標の達成を目指す。

●アウトプット目標

実施項目①「物理劣化・再生メカニズムの解明」に関しては、1 実効的なメソ構造制御を実現できる再生プロセスの原理の構築と、2 バージン材比、90%以上の材料強度（靭性）再生手法の確立、実施項目②「高度再生・成形技術開発と実装化研究」に関しては、1 実生産に供することの可能な大型高性能押出機の設計方針を確定と、2 高性能化を維持したまま生産速度を 90%以上に引き上げる成形法の確立、実施項目③「製品化の要素開発」に関しては、全参画企業においてリサイクルプラスチックを原料に製品化あるいは製品化の目途をつけることを目標とし、相互に情報・試料を共有化して研究開発を実施する。

●実施体制



研究開発項目①：物理劣化・再生メカニズムの解明、 研究開発項目②：高度再生・成形技術開発と実装化研究、 研究開発項目③：製品化の要素開発

●成果とその意義

実施項目①に関しては、溶融状態での最長緩和時間が樹脂溜まりでの滞留時間の目安となることを見出し、また結晶構造のメモリー効果の消去には各履歴に応じた溶融温度での混練が必要であることを見出した。さらに計算科学による自発的結晶化シミュレーション手法を世界で初めて開発し、成形プロセスがな部構造にどのように影響するかの可視化に成功した。実施項目②に関しては、高性能実証試験機を用いリサイクルプラスチックの高度再生に成功し、大型押出機設計への道筋を明確化するとともに、大型金型での電動制御マルチゲート射出成形を行い、高度・高速成形法を構築した。実施項目③に関しては、全参画企業においてリサイクルプラスチックを原料としたときの課題を明確にすることができた。

これらの成果は、これまでの常識を覆す物理劣化・物理再生理論が妥当性を持つことを世界で初めて証明したものであり、またそれに立脚した成形プロセスにより使用済プラスチックが十分に再利用できることを実証したものである。従来化学劣化が主要劣化と言われているときに物理劣化を提唱したのは世界初であり、サイエンスからテクノロージーにまで一気呵成に到達し、水平リサイクルや多回リサイクルが可能であることが明示した意義は非常に高い。

●実用化・事業化への道筋と課題

現在高性能化ペレタイズプロセスの認知度は極めて高い。またプラスチック工学研究所では大型高性能押出機の設計指針を確定し、2025 年度でリサイクル関連での売上高 11 億円（全体では 46 億円）を目標としている。さらにマルチ電動バルブゲート金型を用いた高性能射出成形プロセスに関しては、自動車会社からの引き合いもあり、今後さらに発展すると考えられる。

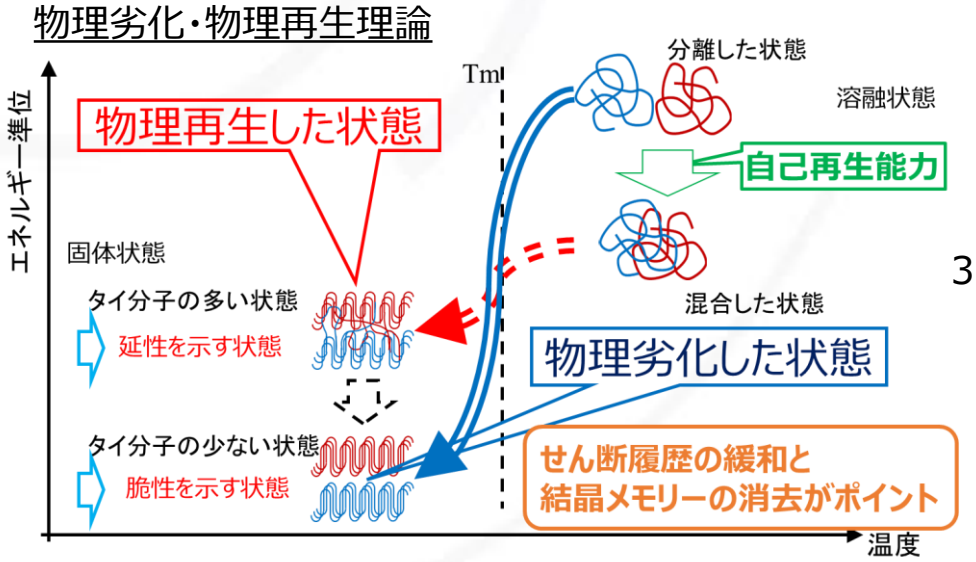
ただし、高性能化ペレタイズプロセスの本格的な波及に関しては、複合材料などへの適用研究や単軸押出機での本格的な実証研究が不可欠である。

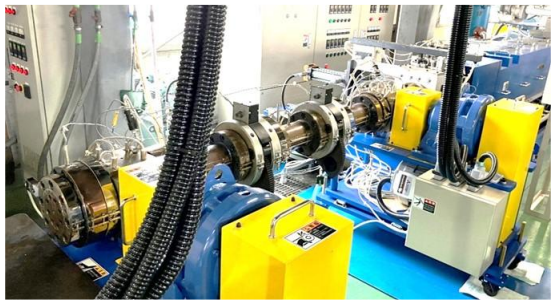
またリサイクルプラスチックを製品に適用するために解決しなくてはならない、例えばリサイクルプロセスに障壁にならないインキや接着剤の仕様などの課題と解決策が導き出され、実際にパウチフィルムから再使用要求を満たすフィルムの製膜方法や、家電廃プラから再製品化可能なペレットの製造プロセスなど、多くの課題を解決することができた。従って、今後マテリアルリサイクル製品の普及や展開の促進には、社会情勢や規制の緩和、あるいは消費者の動向に依存する課題も多いと考えられる。

材料再生技術の説明

- バージン材比90%以上の材料強度（靭性）再生手法を確立した
- 射出成形において、物性の均質化と高度マテリアルリサイクルを実現する電動マルチゲート成形法を確立した
  高度物性再生ならびに成形プロセスの構築

→「物理劣化・物理再生理論」の確立とそれに基づく新たな成形手法を種々考案した

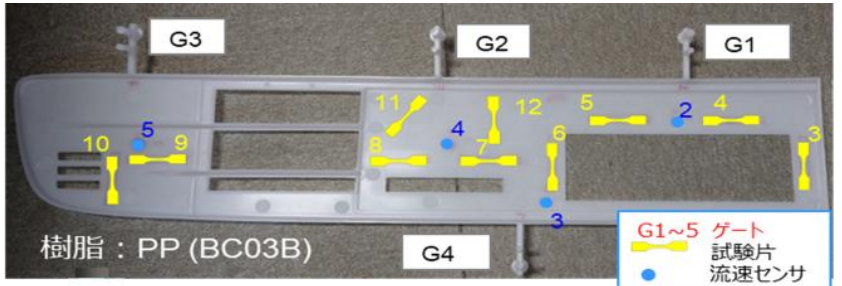




300kg/hの能力を持つ高性能押出機



再生・成形した電化製品



バンパーを模した電動マルチゲート金型での成形品外観

材料再生技術の目標達成状況

開発項目	目標 (2025年3月)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
①「物理劣化・再生メカニズムの解明」	・実効的なメソ構造制御を実現できる再生プロセスの原理の構築 ・バージン材比、90%以上の材料強度（靭性）再生手法の確立	・溶融状態での最長緩和時間が、樹脂溜まりでの滞留時間の目安となることを見出した。また一方で、変異した結晶構造のメモリー効果の消去には、各履歴に応じた溶融温度での混練が必要であることも見出した。 ・上記により、バージン材比、90%以上の材料強度（靭性）再生手法を確立した。 ・計算科学による自発的結晶化シミュレーション手法を、世界で初めて開発した。この結果、せん断履歴が絡み合い数を減少させ、結果として結晶化速度を増すことを理論的に明らかにした。	○	・PE成分選別ならびにPP成分選別の容器包装リサイクル樹脂を用い、高度物性再生を実現した。 ・バージン品への応用を試み、バージン品もさらに物性向上が可能であることを実証した。 ・せん断履歴の影響を理論的に明らかにした。
②「高度再生・成形技術開発と実装化研究」	・実生産に供することの可能な大型高性能押出機の設計方針を確定 ・高性能化を維持したまま生産速度を90%以上に引き上げる	・高性能実証試験機を用い、混練条件を詳細に解析することで、大量生産が可能な大型高性能押出機の設計指針を確定した。 ・大型金型での電動制御マルチゲート射出成形を行い、実用レベルにおいて、高性能化を維持したまま、生産速度を90%以上に引き上げることに成功した。	○	・300kg/hの生産能力を持つ高性能実証試験機でスケールアップが可能であることを示した。 ・せん断履歴をコントロールすることで均質かつリサイクル性の良い成形品ができることを実証した。
③「製品化の要素開発」	全参画企業においてリサイクルプラスチックを原料に、製品化あるいは製品化の目途をつける	・全参画企業において、リサイクルプラスチックを原料としたときの課題を明確にすることができた。 ・それら課題の解決指針の確立ができ、製品化の目処を付けることができた。	○	・各社の持つ課題に対し、解決方針の明確化ができた。

材料再生技術の意義

テーマ名	材料再生プロセス開発	達成状況	○(達成)
達成状況の根拠	①「物理劣化・再生メカニズムの解明」 バージン材比、90%以上の材料強度（靭性）再生手法を確立した。 ②「高度再生・成形技術開発と実装化研究」 300kg/hの能力を持つ高性能実証試験機を試作し、高度物性再生プロセスがスケールアップ可能であることを実証し、また大型金型での電動制御マルチゲート射出成形を行い、実用レベルにおいて、高性能化を維持できることを実証した。 ③「製品化の要素開発」 各社の持つ課題に対し、解決方針の明確化ができた。		

【開発の意義】

①「物理劣化・再生メカニズムの解明」

現　状　：再生不可能な化学劣化による物性低下が生じているため、マテリアルリサイクルで高度リサイクルは不可能と信じ込まれていた。

開発後　：物性低下の主要因は成形履歴によるものであり、成形プロセスを最適化することで物性再生は可能であるという「物理劣化・物理再生理論」が一般に認知され、高度物性再生プロセスに各企業が取り組むようになった。

②「高度再生・成形技術開発と実装化研究」

現　状　：マテリアルリサイクルで物性再生のできるプロセスはないと考えられてきた。

開発後　：樹脂溜まり部の設置された押出機を用いることで、物性再生が可能であることが認知された。また射出成形においてもせん断履歴をコントロールすることで、製品全体の物性が均一でかつリサイクル性の良い製品が成形できることが示され、商品化が進んでいる。

③「製品化の要素開発」

現　状　：マテリアルリサイクルでの再製品化が諦められていた。

開発後　：参画企業で高度物性再生が可能であることが実証され、開発方針策定に寄与した

マテリアルリサイクルのみならず、プラスチック製品成形全般の高度化と、高度資源循環の基盤を構築した

材料再生技術での課題

【成果】

- 溶融状態での最長緩和時間が、樹脂溜まりでの滞留時間の目安となることを見出し、バージン材比90%以上の材料強度（靭性）再生手法を確立した
- 計算科学による自発的結晶化シミュレーション手法を、世界で初めて開発した
- 高性能実証試験機を用い、混練条件を詳細に解析することで、大量生産が可能な大型高性能押出機の設計指針を確定した
- 実用レベルにおいて、高性能化を維持したまま、生産速度を90%以上に引き上げることに成功した
- 課題の解決指針の確立ができ、製品化の目処を付けることができた

【課題】

- 物理再生はマテリアルリサイクルの手法となることは証明された。一方、何にでも使える手法では無い事も明らかになり、物理再生出来ない化学劣化したプラスチック等に対して添加剤等の開発も望まれる
- 企業と共に本技術の適用可能性の高い廃製品に絞りクローズドリサイクルを行う事等、本成果の実用化の事例が望まれる

3.3. 研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発

3.3.1. ③-1 石油化学原料化プロセス開発(触媒分解)

テーマ名	石油化学原料化プロセス開発	達成状況	△
実施者名	早稲田大学(PL:松方正彦)、鳥取大学、カーボンニュートラル燃料研究センター、コスモ石油株式会社、大日本印刷株式会社		
達成状況の根拠	石灰などの触媒毒含有量が少ない廃プラの分解については、触媒分解による石油化学成分に加え、残渣成分の重質成分を接触流動触媒で分解することで収率 70%の可能性を示した		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

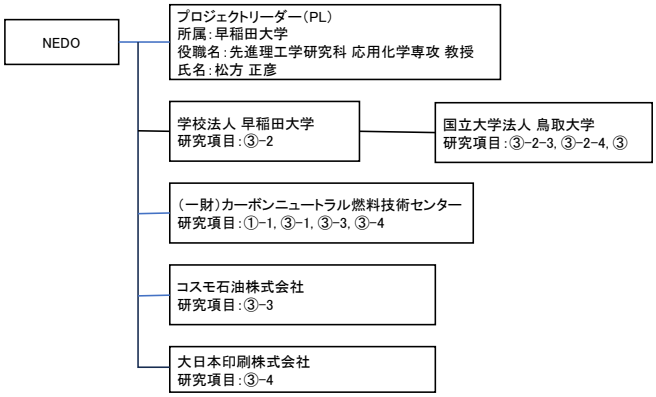
現在、日本における廃プラスチックのケミカルリサイクルは、製鉄所でのコークス炉化学原料化などに限られており、廃プラスチックを化学原料にまで戻す本格的な資源循環には至っていない。かつては熱分解による油化プラントも稼働していたが、その主目的は燃料製造であり、また最終的には経済的な理由で全てのプラントは閉鎖された。またこれまで触媒分解法も数多く検討されたが、固体炭素が触媒上に析出して分解活性が急速に低下するため、実用化には至らなかった。

本研究では既存の製油所設備を活用し、連続的に廃プラスチックを石油化学原料へ高効率で転換できる触媒分解プロセスの開発を目指した。その中核は、階層構造を備えた新規ゼオライト系触媒の開発である。この触媒はナフサ留分の高収率化を可能にし、失活しても再生処理により繰り返し使用できるよう改良を進めた。また触媒とプロセスを同時並行で開発することで、研究期間の短縮化を目指した。さらにケミカルリサイクルに適した容器包装製品を設計し、資源循環を最大化する総合的な取り組みを展開する。

●アウトプット目標

本技術は、石油系溶媒中で混合廃プラスチックを溶解・溶融し、高機能ゼオライト触媒によって接触分解することで、石油化学原料や中間製品を得る点に特徴がある。さらに、生成した重質留分を製油所 FCC/RFCC 装置で二次分解することで、廃プラスチックを転換率 70%以上で石油化学原料に転換する。プロジェクト終了までにパイロットプラントの設計精度に必要なデータを収集し、効率的な社会実装につなげる。またケミカルリサイクル適性の高い新素材容器包装の開発を進めることで、社会実装を実現する。

●実施体制



●成果とその意義

反応器手前でプラスチックを炭化水素溶媒（水素化 LGO）中で溶解し、粘度を低下させてプロセスでの反応や原料のハンドリング性を改善すると共に、反応器後段での固体夾雑物を分離するユニットを含むプロセス全体の概念設計を行い、主要機器類の基本仕様スペックまで提案した。技術推進委員会から、2024年度以降は実際の廃プラの分解への対応に集中すべきとの指示があり、プロセスの概念設計までに止めてパイロットプラントの設計は行わなかった。PVC の脱塩素、PET の分解による昇華性物質の除去工程については、今後適切な運転条件を確認し、設計に反映する必要がある。

ゼオライトベータに触媒の種類を絞り込み、これをアルカリ処理することで階層構造化し開発触媒とした。この触媒用いて純プラスチック混合物の分解を行い、中間目標を達成した。しかし、実際の廃プラを用いて同様の分解を行ったが、廃プラ中に含まれる夾雑物（石灰など）の影響が強く、目標に到達しな

かった。その後、実験室レベルでさらに高活性な触媒の調製には成功したが、2024 年度内に 10 L スケールでの性能確認には至らなかった。技術推進委員会からの指示に従い、複数の実際の廃プラスチック（3P 混合物および溶融廃プラ）の試験を行った。廃プラスチック中に含まれる異種プラ（PVC, PET など）などは開発触媒で対応できるが、石灰などの夾雑物が強く触媒活性を阻害することが明らかにされた。今後、廃プラ中に含まれる夾雑物の解析、夾雑物の触媒活性に対する影響の検討、およびその対策が必要である。また今回は触媒への炭素析出量と触媒寿命の評価ができなかったので、連続試験による評価が必要である。また、スケールアップに伴う反応工学的（熱と物質移動）の影響も解明する必要がある。

プラ分解油 5vol%／石油系原料混合物を用い、FCC-MAT 試験と実機シミュレーションを行った。FCC 反応性は。石油系原料のみの場合と大きな違いはなかった。分解試験（10L 反応器）による産廃プラ転化率 95%のとき、プラ由来の石油化学原料収率は 64%となった。産廃プラについては触媒分解－FCC の 2 段分解の有効性が確認できた。一方、様々な廃プラ排出状況を評価する必要があり、特に廃プラに含まれる不純物（充填材、添加剤、フィラー等）の触媒活性への影響については、さらなる評価が必要である。

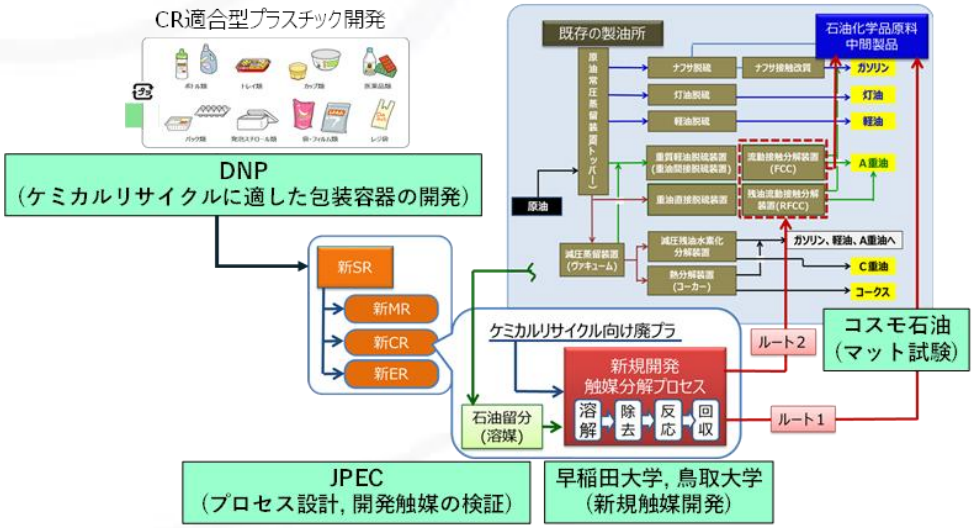
モノオレフィン仕様の包装材を試作し、触媒分解試験を実施した。試作した包材を触媒分解できることを確認し、アルミ蒸着層のプラスチックフィルムは分解を阻害しないことが分かった。開発触媒による包装材候補による分解試験では、反応温度、反応時間の調整幅を評価し、シール強度など包材性能に寄与する物性の一部は現行製品よりも劣るため、さらなる開発研究が必要である。また一部の試料が分解時にスラリー状となったので、その要因について検討が必要である。

●実用化・事業化への道筋と課題
・基礎研究に立ち戻って触媒毒物質の特定や可能な対策技術を策定して、触媒分解の対象となる廃プラの拡大を図る。スケールアップ時の昇温速度低下が触媒効率低下に影響する課題も表出。急速昇温可能な連続式試験装置で検証
・触媒再生のための大量の触媒焼成プロセスを実現する手法の検討が必要である
・石油化学工業プロセスでの接触流動式分解装置(FCC)を想定した評価はレトロフィットの手法の一つと考えられるが、何等かの既存の統合的なシステムを想定し、その中で触媒利用の有効性を示すことが望まれる
・今後の知見として、本取り組みの成果と課題を記録に残すことが必要である

石油化学原料化技術の説明（触媒分解）

■ 石油化学原料化プロセス開発（触媒分解）

- PE,PP,PSを主成分とする混合プラスチックから、ナフサ相当石油化学原料収率70%以上で生成する、触媒分解プロセスの開発
- 上記を可能とするプロセスの要素技術の開発と設計
- プラスチックの分解と石油化学原料化を促進する高活性触媒の開発
- 触媒分解－FCCの2段分解スキームの有効性の検証
- 新CR適性の高いプラスチック製容器包装の試作と検証



ゼオライトの階層構造化
（ミクロ、メソ孔性の両方を付与）
Hierarchical zeolite



第1ステップ　廃プラの分解（低分子化）

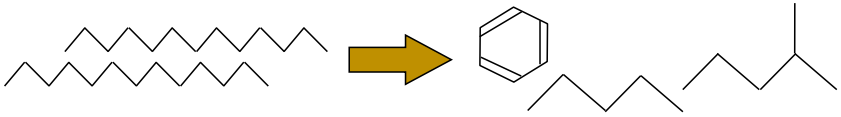
- **ゼオライトの外表面酸点による分解**

$-(CH_2\text{-}CH_2)-$



第２ステップ　基礎化学品（原料・中間製品等）の生成

- **ゼオライトのミクロ細孔内酸点での反応**



石油化学原料化技術の目標達成状況（触媒分解）

開発項目	目標 （2025年３月）	成果 （2025年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
研究開発項目①：「 触媒分解プロセス開発：新規プロセスの開発とパイロットプラントの基本設計」	プロセス主要フローの流量、温度、圧力等の操作条件を算出し、それに沿った主要機器の概略データーシートをまとめて基本設計として整理する。	反応器手前でプラスチックを炭化水素溶媒（水素化LGO)中で溶融し粘度を低下させてプロセスでの反応原料のハンドリング性を改善するとともに、反応器後段での固体夾雑物を分離するユニットを含むプロセス全体の概念設計を行い、主要機器類の基本仕様スペックまで提案した。	△	技術推進委員会から、2024年度以降については、廃プラスの分解への対応に集中すべきとの指示をいただいたため、プロセスの概念設計までを実施し、パイロットプラントの設計は行わなかった。PVCの脱塩素、PETの分解による昇華性物質の除去工程については、適正な運転条件を確認し、設計に反映する必要。
研究開発項目②「プラスチック分解触媒開発：多種多様な廃プラに対応する複数触媒の開発」	2023年度に絞り込んだ触媒を行いて実廃プラの分解試験を行い、ＦＣＣによる処理を含め１次分解と２次分解を併せての、石油化学原料(基礎化学品)の収率70%を達成することを示すため、本開発で開発触媒における石化原料化収率（主にメタンを除くC9以下の炭化水素を対象）で60%の性能を達成する。	ゼオライトベータに触媒の種類を絞り込み、これをアルカリ処理することで階層構造化し開発触媒とした。これを用いて、純プラスチックの混合物に対しては、中間目標を達成した。その後、廃プラに対しては、廃プラ中に含まれる夾雑物（石灰など被毒物質）の影響が強く、目標に到達しなかった。その後、実験室レベルでさらに高活性な触媒の調製には成功したが、2024年度内に10 Lスケールでの性能確認には至らなかった。	△	技術推進委員会から、2024年度以降、廃プラの分解への対応に集中すべきとの指示をいただき、複数の廃プラスチック（３P混合物および溶離プラ）の試験を行った。廃プラスチック中に含まれる異種プラ（PVC, PETなど）などは開発触媒で対応できるが、石灰などの夾雑物は強く触媒活性を阻害することがわかったので、基礎研究に立ち返って、廃プラ中に含まれる夾雑物の解明と、その触媒活性に対する影響の検討、およびその対策が必要。今回の実験のスケールでは、触媒への炭素析出量と触媒寿命の評価ができず、連続試験による評価が必要。また、スケールアップに伴う反応工学的（高粘度に起因する熱と物質移動の）影響も解明する必要。
研究開発項目③：「生成物の回収技術開発：石油精製プラントを活用する最大回収技術の開発」	低分解生成物と石油系原料との混合におけるFCC原料油の性状や生成物の得率、性状などへの影響として、実廃プラスチック等、実溶媒等を用いた結果により過年度までに作成したFCCシミュレーションの補正を完了し、実用を想定した混合処理比率やFCC実機性能値を提示する。	実プロセスではプラ分解油3vol%程度と想定された。プラ分解油5vol%/石油系原料混合物を用いてFCC-MAT試験と実機シミュレーションを行った。評価は支障なく実施することができ、FCC反応性も石油系原料のみの場合と大きな違いはなかった。分解試験（10L反応器)における産廃プラ転化率95%のとき、プラ由来の石油化学原料収率は64%となった。	○	産廃プラについては触媒分解－FCCの2段分解スキームは有効であることは確認できた。一方で、様々な廃プラ性状の影響を評価する必要があり、特に廃プラ不純物(充填材、添加剤、フィラー等)の触媒活性への影響については、さらなる評価が必要。
研究開発項目④「新CR適合型プラスチック開発：新CRを促進する容器包装類の素材からの開発」	新CR適性の高いプラスチック製容器包装の実用性の確認に向け、試作した容器包装と既存のプラスチック製容器包装と比較し、上記の機能的に遜色ないことを示す。	モノオレフィン仕様の包装材候補をつくり、触媒分解試験を実施。試作したモノオレフィン仕様の包材が触媒分解が可能であることは確認でき、アルミ蒸着のプラスチックフィルムは分解を阻害しない結果が得られた。	△	開発触媒による包装材候補による分解試験では、反応温度、反応時間の調整で分解可能。シール強度など、包材性能に寄与する物性の一部は現行製品よりも劣るため、さらなる開発研究が必要。分解性についても一部でスラリー状となった水準が発生し、その要因について検証が必要。

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

石油化学原料化技術の意義（触媒分解）

テーマ名	石油化学原料化プロセス開発	達成状況	△
達成状況の根拠	**研究開発項目①：「触媒分解プロセス開発」** プロセスの概念設計までを実施。PVCの脱塩素、PETの分解による昇華性物質の除去工程については、適正な運転条件を確認し、設計に反映する必要		△
	研究開発項目②：「プラスチック分解触媒開発」 ゼオライト触媒の種類の確定と階層構造化による活性の向上を確認（触媒コンセプトを実証）、被毒物質に対する理解と対策が必要		△
	研究開発項目③：「生成物の回収技術開発」 触媒分解－FCCの2段分解スキームは有効であることを確認		○
	研究開発項目④：「新CR適合型プラスチック開発」 試作したモノオレフィン仕様の包材が触媒分解が可能であることは確認でき、アルミ蒸着のプラスチックフィルムは分解を阻害しない		△

【開発の意義】

研究開発項目①「触媒分解プロセス開発」

現　状　　プロジェクト開始時点では、熱分解プロセスでは石油化学留分の収率が低かったが、プロジェクト期間中にはこの課題を克服する熱分解プロセスが進展

開発後　　触媒プロセスの優位性の確認が必要

研究開発項目②「プラスチック分解触媒開発」

現　状　　高活性触媒のコンセプトは実証

開発後　　触媒被毒物質に対する理解と対策が不十分であり、基礎に立ち返って触媒被毒物質の解明と対策を立てる

研究開発項目③「生成物の回収技術開発」

現　状　　産廃プラについては触媒分解－FCCの2段分解スキームは有効

開発後　　熱分解含め、FCC利用プロセスが必要とされれば、それに貢献

研究開発項目④「新CR適合型プラスチック開発」

現　状　　モノオレフィン仕様の放送がが触媒分解できることを確認

開発後　　包材性能に寄与する物性を現行製品と同等にする研究開発が必要

3 Pを主成分とする廃プラの有効なケミカルリサイクルプロセスとなるとともに、リサイクル容易な包装材計の指針作りにも貢献

石油化学原料化技術での課題（触媒分解）

【成果】

- ベンチマーク触媒による純品ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンの分解のデータを用いたパイロットプラントの予備的な基本設計案をまとめた
- プラスチックの分解においてゼオライト外表面およびミクロ細孔の入口に近い領域の酸点が有効で、ミクロ細孔の中ではリング構造の大きなゼオライトが有効
- ゼオライトベータにをアルカリ処理することで階層構造化した触媒を提案
- 新規開発触媒による実産業廃プラの分解では、含まれる夾雑物（石灰など）による被毒が強く発現
- 触媒分解－FCCの2段分解スキームは有効であることを確認。廃プラ由来石化収率は最大66.3%
- モノオレフィン仕様の包装材候補を製作し、触媒分解が可能であることを確認

【課題】

- 基礎研究に立ち戻って、廃プラ中の触媒被毒物質の解明と対策が必要
- 触媒再生のための触媒焼成プロセスはじめ炭素析出対策など、プロセスのコストとLCA評価にかかわるデータが必要
- 装置の実用化検討にあたっては、生成物であるPVCから生成する塩酸やPETから生成するテレフタル酸などの除去設備の検討も必要
- 物質移動・熱伝導を考慮した連続反応器設計とスケールアップ手法が必要
- 開発触媒やモノオレフィン化した包装材について十分なデータを獲得できていない
- 今後の知見として、本取り組みを記録として残すことが重要

3.3.2. ③-2 石油化学原料化プロセス開発(液相分解)

テーマ名	複合プラスチックからのモノマー回収液相プロセスの開発	達成状況	○
実施者名	国立大学法人東北大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、東ソー株式会社、TOPPAN 株式会社、東洋インキ株式会社（外部有識者）、東西化学産業株式会社、恵和興業株式会社		
達成状況の根拠	PET、PA および夾雑物（接着剤等）が共存する実包装フィルムを対象にモノマーおよびポリオレフィンが回収できた。さらにモノマー純度の制御、ポリオレフィンの回収・分子量制御が確認できた。今後、TPA 純度 99.9%およびポリオレフィンのさらなる高度構造制御を含め、生産物全体での高付加価値化を目指して検討する。 夾雑物除去フィルターシステムを稼働し、その連続操作性について確認した。モノマー回収フィルターシステムの運転結果に基づきプロセスを解析し、フィルター内外の物質移動を解析することで装置が設計可能とした。今後、データを充実させ大型装置の設計を可能とするとともに、経済性・環境性の評価を可能とする。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

【背景】本事業では、第 4 次循環型社会形成推進基本計画を受けて策定されたプラスチック資源循環戦略に示される「2030 年までに容器包装の 60%をリユース・リサイクル」等のマイルストーンに対し、ケミカルリサイクル技術からの目標達成への貢献を目指す。本事業の研究開発項目③「石油化学原料化プロセス開発」においては、汚れ等の理由により、マテリアルリサイクルの処理技術が適用困難な廃プラスチックを主な対象に、既存の石油精製・石油化学設備等を活用し、廃プラスチックを石油化学原料に転換する技術開発を実施する。また本項目に取り組むにあたっては、2022 年度・中間目標にある「廃プラスチックを転換率 50%以上で石油化学原料に転換する。」の達成に向けた研究開発を実施する。

【目的】近年、リサイクル処理の容易さを考慮した環境配慮設計の概念を基に、プラスチック製品においてもモノマテリアル化の必要性が検討されている。一方、ガスバリア性や遮光性などの機能を有するプラスチックの有用性から複層フィルムを代表に複合プラスチックが多分野・多用途に利用されており、リサイクル性能との両立の実現が課題となっている。本研究では、リサイクル性向上とプラスチック製品の高性能化の両立が可能となる社会像の実現を目指すためのアプローチとして、液相分解手法を用いた革新的なケミカルリサイクル技術の研究開発を実施する。

【内容】本研究では、複合プラスチックからのモノマー回収液相プロセスの技術開発を実施する。具体的には、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリアミド（PA）といった加水分解性プラスチックと、ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）などの非加水分解性プラスチックを主体とする、包装材やボトルといった複合・複層材料などを対象に、その工程不良品の再生利用に加え、一般廃棄物中に含まれる該当プラスチックから、液相反応を用いて石油化学原料となるモノマー類を高選択・高収率・高純度で回収する連続プロセスを開発するための基礎研究を実施する。

●アウトプット目標

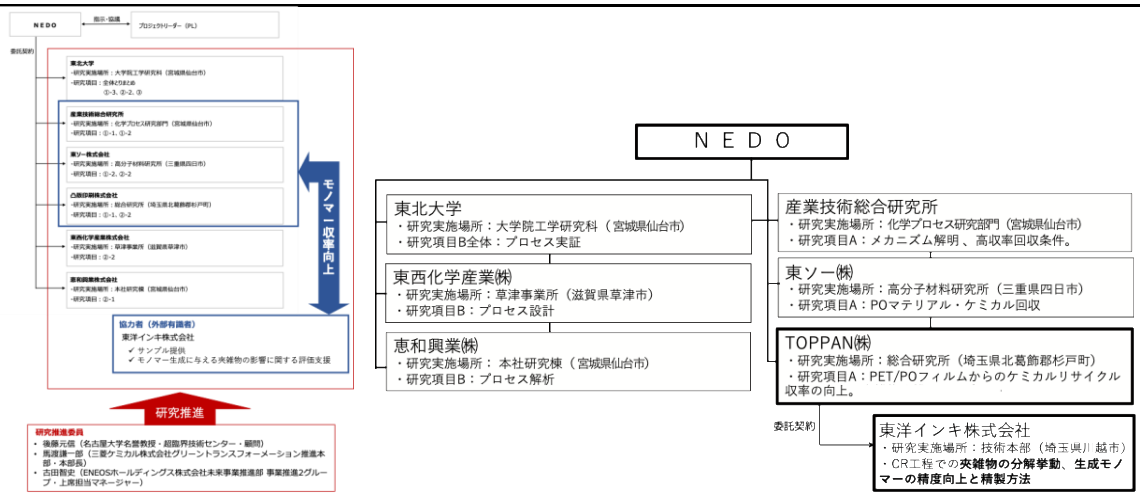
【中間目標】ラボスケールでの液相分解実験において、加水分解性成分の PET、PA 単体および非加水分解成分を加えた混合状態（例えば、PET＋PE、PA＋PE）を対象に、それらから生成するモノマーが高純度かつ 7 割の収率で回収する条件を明らかにする。さらに、非加水分解成分となるポリオレフィン単体（PE、PP 等）から、7 割程度の収率で分子量を制御し、オレフィンを生成できる条件を設定する。

小型連続装置による液相分解反応において、実廃プラスチックとして粉砕多層フィルム（例えば、PET＋PE）を原料に用いた上で目的とするモノマー（例えば、TPA や EG 等）が生成され、プロセスの全体収率として 5 割以上回収率を達成する。また、ここで得られるデータを用い、極力汎用的な装置設計が可能となるモノマー生成の収率条件と製作と運用に要する全体コストを示した上で、中型連続装置におけるモノマー回収機構に関する装置設計の仕様策定を完了する。

【最終目標】中間目標までに明確化した各樹脂単体における 7 割程度のモノマー生成条件を基に、PET/PE フィルム、PA/PE フィルム、およびそれらの混合物を対象に、加水分解成分からモノマーを高純度かつ、7 割程度の収率で生成できる条件を明確にする。また、PET、PA および夾雑物（接着剤等）が共存する条件で、PE から 7 割程度の収率で分子量を制御し、オレフィンを生成できる条件を明確化する。

夾雑物除去フィルターシステムに関しては、小型の回分式フィルターシステムを用い、アルミの 3 割を除去できる夾雑物除去フィルターシステムに資するフィルターを選定する。液相反応を実施する小型押出機装置においては、モノマー回収フィルターシステムを開発・試作・実装し、その効果を確認し試作・改良する。

●実施体制



●成果とその意義

【成果】本研究の主な成果は、複合プラスチックから石油化学原料となるモノマーを高選択率、高収率、かつ高純度で回収する革新的な液相プロセスを開発した点にある。この技術は、従来のリサイクル手法では困難であった多様なプラスチックへの対応を可能にする。具体的には、ポリエチレンテレフタレート（PET）やポリアミド（PA）のような加水分解性プラスチックと、ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）などの非加水分解性プラスチック（ポリオレフィン）が混在した製品に対し、モノマーおよびポリオレフィンを高い収率（7 割以上）で回収する技術として目処をつけた。さらに、PET のモノマーであるテレフタル酸（TPA）を精製し純度 99%以上にできることを確認した。さらに、この成果に基づき連続プロセスの開発に取り組み、アルミ除去およびモノマー回収フィルターシステムの連続運転を実証した。

【意義】本研究の意義は、プラスチックのライフサイクル全体に革新をもたらし、サーキュラーエコノミーの実現を大きく前進させる点にある。すなわち、リサイクルが困難であった複合プラスチックを効率的に処理できるプロセス開発の目処を立てることができたことから、プラスチックごみの削減や海洋プラスチック問題の解決に繋がるものと確信する。特に、高純度なモノマーを回収できるため、バージン材と同等の高性能なプラスチック製品を再生することが可能となります。これにより、リサイクル材の品質劣化（ダウンサイクル）という課題を克服し、高性能製品への安定的なリサイクルループを確立する。このプロセスにより、新たなリサイクル市場を創出し、関連産業の活性化に繋がる可能性がある。また、効率的な連続プロセスの開発は、経済的なリサイクルシステムの構築にも貢献できる。このことにより、廃棄されている複合プラスチック（特に多層フィルム包装材）の有効なケミカル・マテリアルリサイクルプロセスとなるとともに、リサイクル容易な複合プラスチック設計の指針作りにも貢献できるものと考える。

●実用化・事業化への道筋と課題

【フェーズ 1】技術実証と市場開拓期（～2026 年）：この段階では、技術の信頼性を確立し、初期市場を形成することに重点を置く。各社が連携してパイロットプラントや小規模な製造設備を立ち上げ、プロセスの最適化と再生モノマーの品質評価を進める。ソーは、0.1 万 t/年規模のパイロット設備を設置・運用を調査する。TOPPAN は、包装材などの自社製品への適用を見据え、0.5 万 t/年規模の製造設備について具体的な製品へのリサイクルループを構築することを検討する。恵和興業も 0.1 万 t/年規模の設備について検討する。東西化学産業は、技術の普及に向けたライセンス供与に向けた知財戦略を推進し、関心を持つ企業からの試作依頼を受諾することで、多様なニーズに対応できる体制を整える。このフェーズを通じて潜在的な顧客との関係を構築する。

【フェーズ 2】事業拡大とサプライチェーン構築期（2026 年～2030 年）：フェーズ 1 で得られた知見を基に、生産能力を大幅に拡大した際のサプライチェーンについて検討する。東ソーは、商業生産を見据えた 5～10 万 t/年の大規模製造設備に関して検討を進めながら、ケミカルリサイクル市場の調査を進める。恵和興業は、対象を一般廃棄物から産業廃棄物へと拡大した場合の処理に関して必要な技術を調査する。東西化学産業は、ライセンス供与先企業に対して 5～10 万 t/年規模のプラント設置に向けた装置設計の効率的に実施するよう、調査結果を精査する。このフェーズの目標は、各社の取り組みを通して年間 20 万トンのケミカルリサイクルに必要なバリューチェーンを提案する。

【フェーズ 3】本格的な社会実装期（2030 年～）：本技術を基盤とした自律的なサーキュラーエコノミーが社会に実装されている状態を目指す。多様な廃棄プラスチックの安定的な回収から、高純度モノマーの生産、そして高性能プラスチック製品への再利用まで、一貫したサプライチェーンを提案する。20 万トンのケミカルリサイクル体制が構築されたことを前提に、容器包装リサイクル法で回収される多層フィルムのリサイクルを可能とした場合のプラスチック資源循環社会への寄与率を算定する。東西化学産業によ

るライセンス供与がさらに進み、国内外で本技術が標準的なリサイクル手法の一つとして広く普及する可能性を追求する。連続装置の設計を通して、当該プロセスの経済性・環境適合性評価を実施し、当該プロセスの導入を推進する。このことにより、研究開発の成果を確実に社会実装へと繋げ、リサイクル性の向上とプラスチック製品の高性能化を両立させるという目標を実現する。

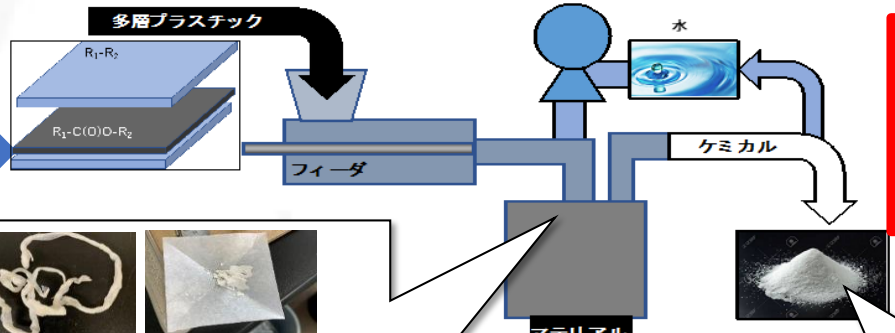
石油化学原料化技術の説明（液相分解）

石油化学原料化プロセス開発（液相分解）

- 加水分解性プラスチック（PET、PAなど）と非加水分解性プラスチック（PE、PP、PSなど）から構成される包装材等をマテリアル（オレフィン類）とケミカル（テレフタル酸等）として回収する技術の開発
- 水を利用した低環境負荷プロセスの開発

- 廃プラスチック
- プラスチック素材の混合物





技術のポイント：
① マテリアルおよびケミカルのリサイクルの両立
② 押出機を用いた連続プロセスの構築

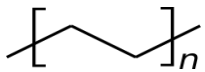
➢ **押出機連続装置の製作・操作・確認**


マテリアル

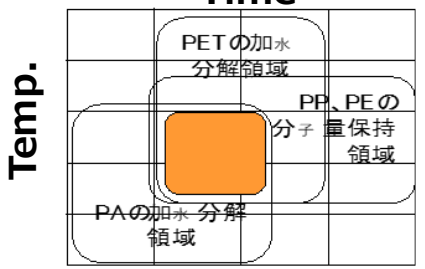

ケミカル



➢ **回収マテリアル（ポリオレフィン）の分子量・材料特性解析**



➢ **反応マッピングの作製・モノマー回収条件の決定**



石油化学原料化技術の目標達成状況（液相分解）

開発項目	目標 （2024年３月）	成果 （2025年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
研究開発項目①：「液相分解によるモノマー回収条件の探索」	PET/PEフィルム、PA/PEフィルム、およびそれらの混合物を対象に、加水分解成分からモノマーを高純度かつ、７割程度の収率で、またPEも7割程度回収する条件を明確にする。	PET、PAおよび夾雑物（接着剤等）が共存する条件で、7割程度の収率でモノマーおよびポリオレフィンを回収し、PEに関して分子量を制御し、オレフィンを生成できる条件を明確化する。	○	PET、PAおよび夾雑物（接着剤等）が共存する実包装フィルムを対象にモノマーおよびポリオレフィンが回収できた。さらにモノマー純度の制御、ポリオレフィンの回収・分子量制御が確認できた。今後、TPA純度99.9%およびポリオレフィンのさらなる高度構造制御を含め、生産物全体での高付加価値化を目指して検討する
研究開発項目②「連続プロセスの開発」	夾雑物除去フィルターシステムについては、アルミ除去率3割を確認する。小型連続装置による液相分解反応において、モノマー回収フィルターシステムの改善・改良を施し、液相反応の効率向上に取り組む。さらに、安定して液相反応を連続実施できるよう、装置停止時・起動時の運転パターンを精査する。	夾雑物除去フィルターシステムの連続操作性について確認する。小型連続装置による液相分解反応に対し、モノマー回収フィルターシステムの安定した連続運転を達成すると共に、改良点を明確化する。可能な改良を施し、基礎実験により明確化された最適反応条件に基づき小型連続装置を運転し、モノマー生成率全体で7割が超えることを確認するとともに、モノマー回収フィルターシステムにおいて5割の回収率を達成する。	○	夾雑物除去フィルターシステムを稼働し、その連続操作性について確認した。モノマー回収フィルターシステムの運転結果に基づきプロセスを解析し、フィルター内外の物質移動を解析することで装置が設計可能とした。今後、データを充実させ大型装置の設計を可能とするとともに、経済性・環境性の評価を可能とする。

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

石油化学原料化技術の意義（液相分解）

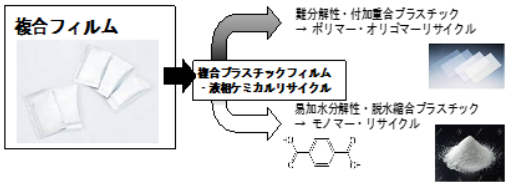
テーマ名	複合プラスチックからのモノマー回収液相プロセスの開発	達成状況	○
達成状況の根拠	**研究開発項目①：「液相分解によるモノマー回収条件の探索」**：PET/PEフィルムとPA/PEフィルムの混合系においてモノマー生成率７割を達成。実サンプルでもモノマー生成率７割を達成。モノマー精製によりテレフタル酸純度98.5%以上を達成。連続処理装置でオレフィン収率70%を達成。樹脂状の夾雑物の影響をフィルム物性で評価を実施した。 **研究開発項目②「連続プロセスの開発」**：連続プロセスを稼働し、その操作性および可能性を実証した。連続プロセスにかかる装置の設計に関する指針を獲得した。		

【開発の意義】

研究開発項目①「液相分解によるモノマー回収条件の探索」

現　状　多層フィルムのような複合フィルムは物理的な剥離ができず、原則ケミカルリサイクル、マテリアルリサイクルが不可能であった。また、包装フィルムにはアルミや顔料といった不純物も多く含まれており、純度の高いモノマーやマテリアルの回収が困難であった。

開発後　水の液相の反応を最適化することで、PETやPAはモノマーに分解するとともに、PE、PP、PSなどのポリオレフィンは分子構造を維持しながら回収できる。それぞれの純度を高める手法を開発することで、複合フィルムからリサイクル可能なモノマーおよびマテリアルを回収することができる



研究開発項目②「連続プロセスの開発」

現　状　水の液相反応による複合プラスチックからのモノマー、マテリアルの同時回収は、効率の悪い回分装置での検討に止まる。液相分解プロセスの連続化は油化プロセスに限られ、モノマー・マテリアル同時回収の連続プロセスは存在しない。

開発後　押出機およびフィルター分離プロセス双方を組み合わせたプラスチック連続処理プロセスは、モノマーおよびマテリアルの同時生成・回収を可能とする。リサイクル不可能であった廃棄プラスチックのリサイクル率を高める切り札になる



世界的に需要・生産量が高まっている包装用フィルムの効果的なリサイクルが可能に

廃棄されている複合プラスチック（特に多層フィルム包装材）の有効なケミカル・マテリアルリサイクルプロセスとなるとともに、リサイクル容易な複合プラスチック設計の指針作りにも貢献

石油化学原料化技術での課題（液相分解）

【成果】
- PET/PEフィルムとPA/PEフィルムの混合系においてモノマー生成率７割を達成
- 実サンプルでもモノマー生成率７割を達成
- モノマー精製によりテレフタル酸純度98.5%以上を達成
- 連続処理装置でオレフィン収率70%を達成
- 樹脂状の夾雑物の影響をフィルム物性で評価を実施した
- 連続プロセスを稼働し、その操作性および可能性を実証した
- 連続プロセスにかかる装置の設計に関する指針を獲得した

【課題】
- 本装置（高圧反応槽）の実用化に当たり、プロセスや経済性の課題の整理が必要である
- リサイクルされたポリオレフィンの高付加価値化が重要であり、様々な分子量の混合物から特定の分子量領域のポリオレフィンを製造する技術や片端末に二重結合をもつポリオレフィンを製造する技術への適用が望まれる
- 装置の実用化検討にあたっては、生成物であるテレフタル酸や安息香酸の吸着、蓄積による設備腐食の検討も必要である
- 十分なデータを獲得できていない
- 装置設計指針に基づき、コストおよび環境指標を試算する

3.4.　研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発

3.4.1. ④-1 高効率エネルギー回収・利用システム開発

テーマ名	高温ダーティガスに対応可能な高効率・高耐久な伝熱管材料の開発	達成状況	○
実施者名	東海国立大学機構名古屋大学　成瀬　一郎 産業技術総合研究所　堀田　幹則 東北発電工業　長沼　宏		
達成状況の根拠	開発した金属系材料（Ni-2）およびセラミック材料（ムライト，他）の灰付着低減効果および耐食性向上効果について評価し、最終目標である比較対象材料（SUS310S）に対して灰付着 50%削減および化学腐食量 50%削減の両者を達成した。加えて、肉盛溶接法による金属・セラミック混合コーティングによって２つの廃棄物処理プラントによる実証試験も実施し、灰付着低減効果および耐食性向上効果の両者を評価したところ、実機のプラントにおいても上述の最終目標を達成することができた。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

廃プラスチックを含む産業廃棄物の焼却施設における排ガスは、高温かつ HCl や SOx 等の腐食性ガスおよび比較的融点の低い灰粒子を高濃度に含有している、いわゆる、高温ダーティガスであり、伝熱管表面を化学腐食するとともにその表面に多くの灰が付着してしまう。そこで、耐化学腐食とともに灰が付着し難い材料を開発し、それを伝熱管表面にコーティングすることにより、発電効率と稼働率の両方の向上を図る。

●アウトプット目標

開発した表面改質材料の灰付着低減効果および耐食性向上効果について、比較対象材料（SUS310S）に対して灰付着 50%削減および化学腐食量 50%削減の両者を達成すること

●実施体制

東海国立大学機構名古屋大学
産業技術総合研究所
東北発電工業

●成果とその意義

最終目標「再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率 80%以上を達成する」を達成した。熱交換器伝熱管材料ならびに表面改質技術の開発においては、伝熱管材料と灰との付着性を従来材（SUS310S）に比べ 50%以上低減することができ、これにより伝熱管材料への灰付着率も従来材に比べ 50%以上低減できた。また、伝熱管材料の耐食性を従来材に比べ 50%以上向上することができた。伝熱管への灰付着率の減少はエネルギーリカバリ施設における発電効率の向上、また伝熱管の耐食性の増加は施設における稼働率の向上に貢献できることにより、総合エネルギー利用効率は最終目標である 80%以上の結果となった。この数値は EU 諸国における熱電併給を目指すコ・ジェネレーションシステムの総合熱効率を上回るものである。

●実用化・事業化への道筋と課題

開発した材料の灰付着低減・耐食性向上の各効果に基づき、実機適用時の効率（発電効率・稼働率）向上が提案できるとともに、開発した材料ならびにコーティング施工方法と皮膜構成の最適化を知的財産化し、次フェーズである社会実装を目指したプロジェクトに活用する。

・低温排熱を利用した熱駆動冷凍機システムの開発

・ 低温排熱を利用した熱駆動冷凍機システムの開発

テーマ名	低温排熱を利用した熱駆動冷凍機システムの開発	達成状況	○
実施者名	八戸工業大学　折田　久幸 東京電機大学　小林　佳弘 中央大学　幡野　博之 高砂熱学株式会社　谷野　正幸		
達成状況の根拠	１冷凍トン級（4kW 級）の熱リサイクルパッケージ製氷システム（吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連結システム）の運転により、65℃という低温排熱でも排熱源として利用することが可能であることがわかった。また、-5℃程度の冷熱を生成することができ、氷充填率を 50%まで高めた氷スラリーも安定的に製造できた。これにより最終目標を達成できた。その他、氷スラリーの流動性についての定量評価、オフライン熱輸送のための吸着剤乾燥機と熱発生装置の開発も行った。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

産業廃棄物焼却施設は比較的小規模なものが多く、従来、その低温排熱はほとんど有効利用されていない。また、日本においては、物流業界等で冷熱の需要が高く、この産業廃棄物焼却施設における未利用排熱から熱駆動型吸収式冷凍機を用いて冷熱媒体を製造することができれば、物流業界等の冷熱需要に貢献できる。

●アウトプット目標

１冷凍トン級（4kW 級）の熱リサイクルパッケージ製氷システム（吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連結システム）を試作・運転し、低温排熱を排熱源として利用して、-5℃程度の冷熱の生成を目的とする。また、この冷熱を用いて氷充填率を 50%まで高めた氷スラリーも安定的に製造する。その他、氷スラリーの流動性についての定量評価、オフライン熱輸送のための吸着剤乾燥機と熱発生装置の開発も行う。

●実施体制

八戸工業大学
東京電機大学　委託先　青山学院大学
中央大学
高砂熱学株式会社

●成果とその意義

未利用排熱を利用して氷点下冷熱を製造するという発想に新規性・独創性があり、開発中の氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機と氷スラリー製氷機は、電動式に比べて、排熱駆動である点から、ランニングコストの削減や CO_2 排出量削減において優位性がある。未利用排熱を利用して氷点下冷熱を製造するという発想は新たな技術領域の開拓であり、具体的には、Li-Br/水系の吸収冷凍サイクルにおいて、１-プロパノールの添加によって冷媒である水の凝固点を降下させて、氷点下冷熱を製造する研究は他に見当たらない。３～４kW の氷スラリー製氷機と吸収冷凍機の試作、流動層による吸着材の乾燥試験の実施、総合熱利用システム評価技術のツール作成といった開発成果が獲得でき、未利用排熱の冷熱利用については、物流業界等からも関心を持たれている。当該技術は国内外で利用が困難とされてきた 200℃以下の未利用熱から-５℃の冷熱エネルギーを製造するという世界的にも稀有の技術であるといえる。

●実用化・事業化への道筋と課題

１冷凍トン級（4kW 級）の熱リサイクルパッケージ製氷システム（吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連結システム、連続乾燥機）をスケールアップすることで、実証試験の導入先の候補地の多様化を図り、冷熱需要と排熱需要をさらに拡大させる。

・総合熱利用システムの評価技術開発

テーマ名	総合熱利用システムの評価技術開発	達成状況	○
実施者名	高砂熱学株式会社　谷野　正幸		
達成状況の根拠	総合熱利用システムの評価技術のツールを、中核都市モデル、離島モデルおよび首都圏モデルに関してそれぞれ開発し、未利用排熱の発生場所と冷熱の需要場所のマッチングを行えるようなツールを開発した。合計 13 件の事例研究を実施し、実証場所の候補を明らかにするとともに、当該評価技術ツールによって、排熱需要と冷熱需要とのマッチング、CO_2削減効果、イニシャルコスト回収年数等を的確に評価することが可能となった。		

●背景・目的・プロジェクトアウトカム目標との関係

提案する排熱の冷熱利用システムについて経済性のマクロ評価を行い、冷熱用の熱交換媒体と廃棄物処理場の熱利用の調査を行った上で、総合熱利用システムの評価技術のツールを開発する。本開発ツールを用いて、10 件以上の事例研究を実施するとともに、提案システムの実用段階において、総合エネルギー利用効率 80%以上の達成の目途を示す。

●アウトプット目標

熱供給側の熱条件（温度、熱量等）と熱需要側のそれとが合致しているか否か等の熱マネジメントが解析できるツールを作成し、このツールを用いて冷熱利用システムの総合評価技術を開発すること。また、その開発ツールを用いて 10 件以上の事例研究を行うこと。

●実施体制

高砂熱学株式会社

●成果とその意義

提案する排熱の冷熱利用システムについて経済性のマクロ評価を行い、冷熱用の熱交換媒体と廃棄物処理場の熱利用の調査を行った上で、総合熱利用システムの評価技術のツールを開発した。本開発ツールを用いて、13 件の事例研究を実施した。その結果、提案システムの実証場所として、現状では青森県八戸湾岸エリアを選定した。さらに、提案システムの実用段階において、総合エネルギー利用効率 80%以上の達成の目途を示すことができた。

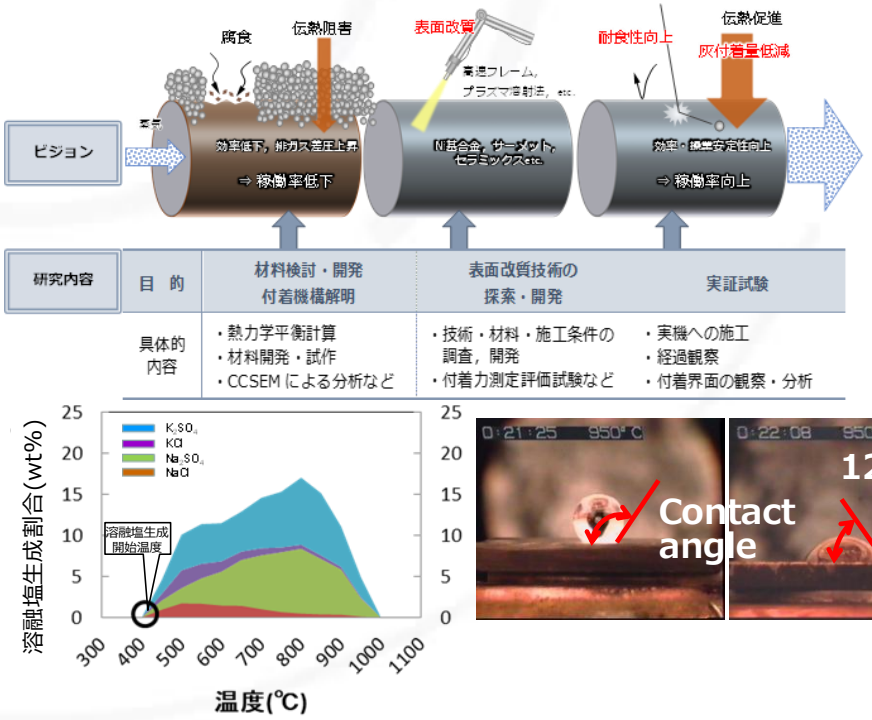
●実用化・事業化への道筋と課題

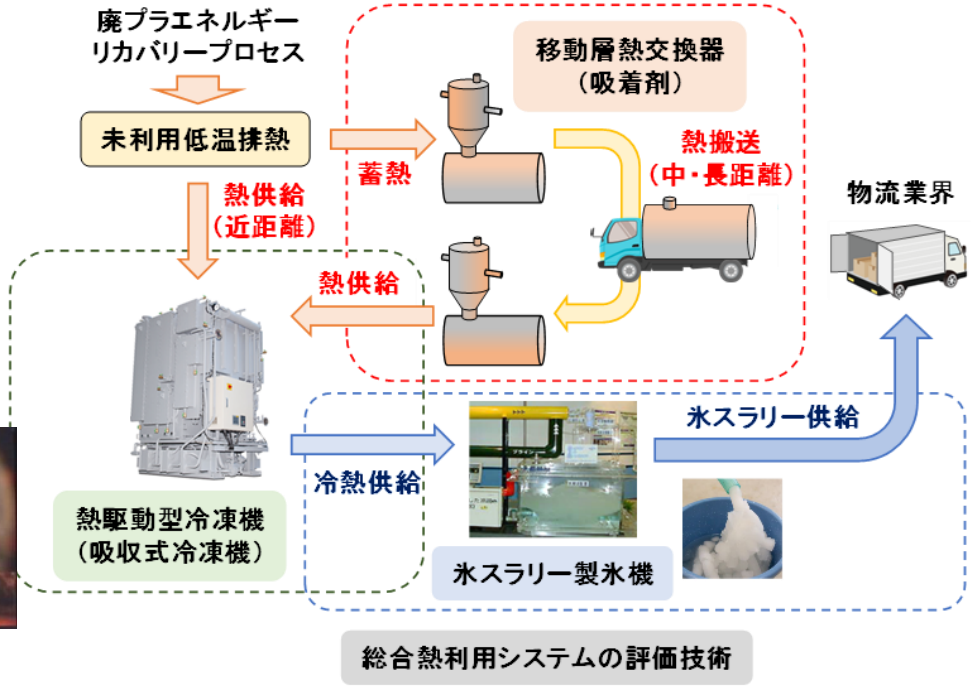
総合熱利用システムの評価技術ツールの完成度を高めることにより、新たな物流業界や漁港（鮮魚輸送も含む）での氷需要・氷点下冷熱需要の掘起こしを行い、結果として排熱需要の拡大と省エネルギーな冷熱製造を社会実装する。

高効率エネルギー回収・利用技術の説明

高効率エネルギー回収・利用システム開発

- ●廃プラスチックER処理施設の低発電効率と低稼働率の打破
- ●高温・腐食性かつ低融点灰の付着を制御するための伝熱管表面改質技術の開発
- ●未利用低温排熱による冷熱変換による異分野（物流業界）への熱供給実現





高効率エネルギー回収・利用技術の目標達成状況

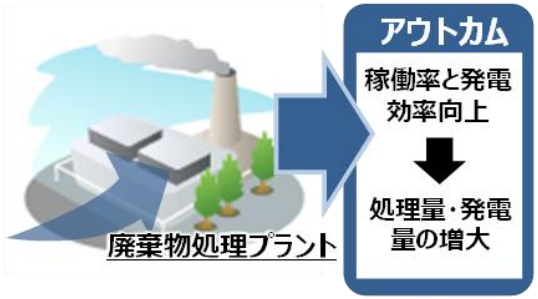
開発項目	個別テーマ	最終目標（2024年度末）	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
④ 高効率エネルギー回収・利用システム開発	④-1 高温ダーティガスに対応可能な高効率・高耐久な伝熱管材料の開発	比較対象材料であるSUS310Sに対して、灰付着を50%削減ならびに化学腐食量も50%削減の両方を目指し、再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収し総合エネルギー利用効率として 80%以上を達成する。	開発した金属系材料（Ni-2）およびセラミック材料（ムライト，他）の灰付着低減効果および耐食性向上効果について評価し、最終目標である比較対象材料（SUS310S）に対して灰付着50%削減および化学腐食量50%削減の両者を達成した。加えて、肉盛溶接法による金属・セラミック混合コーティングによって２つの廃棄物処理プラントによる実証試験も実施し、灰付着低減効果および耐食性向上効果の両者を評価したところ、実機のプラントにおいても上述の最終目標を達成することができた。	○	開発した材料の灰付着低減・耐食性向上の各効果に基づき、実機適用時の効率（発電効率・稼働率）向上が提案できた。今後は開発した材料ならびにコーティング施工方法と皮膜構成の最適化を知的財産化し、次フェーズである社会実装を目指したプロジェクトに活用する。
	④-2 低温排熱から冷熱を製造するために必要な熱交換技術の開発	4 kW製氷システムを構成する吸収式冷凍機と氷スラリー製造機を連結して安定的な氷スラリーを製造する。また、吸着剤蓄熱の連続乾燥を導入することにより、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する。	１冷凍トン級（4kW級）の熱リサイクルパッケージ製氷システム（吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連結システム）の運転により、65℃という低温排熱でも排熱源として利用することが可能であることがわかった。また、−5℃程度の冷熱を生成することができ、氷充填率を50%まで高めた氷スラリーも安定的に製造できた。これにより最終目標を達成できた。その他、氷スラリーの流動性についての定量評価、オフライン熱輸送のための吸着剤乾燥機と熱発生装置の開発も行った。	○	１冷凍トン級（4kW級）の熱リサイクルパッケージ製氷システム（吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連結システム、連続乾燥機）の施策ができた。今後はスケールアップすることで実証試験の導入先の候補地の多様化を図り、冷熱需要と排熱需要をさらに拡大させる。
	④-3 総合熱利用システムの評価技術開発	総合熱利用システムの評価技術のツールの完成度を高めるため、多くの事例研究を実施する。また、本ツールを活用して、吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連熱システム、連続乾燥機から構成されるシステムの実証場所を探索する。このことで冷熱需要と排熱需要を拡大することにより、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する。	総合熱利用システムの評価技術のツールを、中核都市モデル、離島モデルおよび首都圏モデルに関してそれぞれ開発し、未利用排熱の発生場所と冷熱の需要場所のマッチングを行えるようなツールを開発した。合計13件の事例研究を実施し、実証場所の候補を明らかにするとともに、当該評価技術ツールによって、排熱需要と冷熱需要とのマッチング、CO_2削減効果、イニシャルコスト回収年数等を的確に評価することが可能となった。	○	総合熱利用システムの評価技術ツールを作成した。今後は完成度を高めることにより、新たな物流業界や漁港（鮮魚輸送も含む）での氷需要・氷点下冷熱需要の掘起こしを行い、結果として排熱需要の拡大と省エネルギーな冷熱製造を社会実装する。

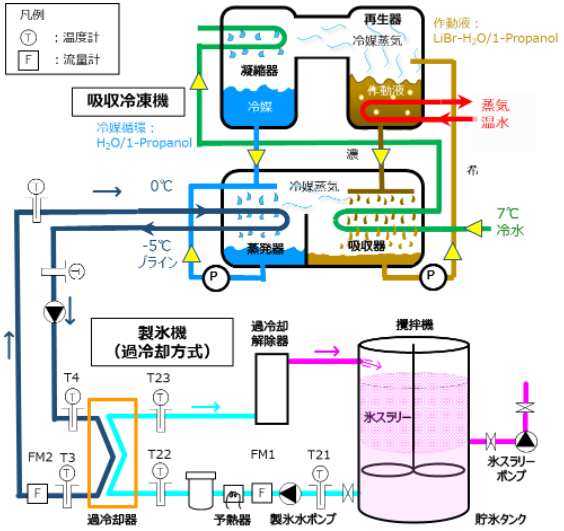
◎　大きく上回って達成、○達成、△一部達成、　?未達

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

高効率エネルギー回収・利用技術の意義

テーマ名	高効率エネルギー回収・利用システム開発	達成状況	○
達成状況の根拠	• 開発材料の灰付着低減効果および耐食性向上効果について評価し、比較対象材料に対して灰付着50%削減および化学腐食量50%削減の両者を達成した。加えて、肉盛溶接法により実機のプラントにおいても上述の最終目標を達成することができた。 • 熱駆動の吸収式冷凍機に関しては長時間の安定運転が可能となり、また、氷スラリー製造装置でついても安定な氷スラリーの製造が達成できた。オフライン熱輸送のための吸着剤乾燥についても乾燥時間が短縮可能な乾燥装置を開発した。 • 総合熱利用システムの評価技術のツールによって総合エネルギー利用効率が80%を上回ることが可能な事例を評価することができた。		





【開発の意義】

④-1　高温ダーティガスに対応可能な高効率・高耐久な伝熱管材料の開発

現状：　廃棄プラスチックのエネルギーリカバリ施設では伝熱管への灰付着やそれによる伝熱管の化学腐食によって低発電効率とともに低稼働率

開発後：開発した伝熱管表面改質技術により廃棄プラスチックのエネルギーリカバリ施設のみならず、産業廃棄物焼却炉、一般廃棄物焼却炉、さらにはバイオマス燃焼炉における伝熱管の灰付着および化学腐食抑制に貢献

④-2　低温排熱から冷熱を製造するために必要な熱交換技術の開発

現状：　200℃以下の廃熱はごく一部利用されてはいたものの社会に有効なエネルギーとしては利用不可

開発後：これまで未利用であった廃熱から社会的にも価値のある冷熱エネルギーの製造に成功。物流業界への冷熱供給のみならず地域冷房や漁港等への冷熱需要に貢献

④-3　総合熱利用システムの評価技術開発

現状：　これまで廃熱をマネジメントするある程度汎用性のあるツールは皆無

開発後：熱マネジメントは需要者律速であることからこのようなモデルが構築されることで地域性、季節性、熱需要の規模等を考慮した総合熱利用システムの提案が可能

高発電効率・高稼働率なエネルギーリカバリ施設の開発と未利用廃熱から熱として価値が高い冷熱を効率よく製造するという２つのプロセスの融合が実現

高効率エネルギー回収・利用技術での課題

【成果】

- 開発材料の灰付着低減効果および耐食性向上効果について評価し、比較対象材料に対して灰付着50%削減および化学腐食量50%削減の両者を達成した
- 特殊な表面改質法により実機のプラントにおいても最終目標を達成した
- 熱駆動式吸収式冷凍機に関しては長時間の安定運転が可能となり、また氷スラリー製造装置についても安定な氷スラリーの製造が達成できた
- オフライン熱輸送のための吸着剤乾燥についても乾燥時間が短縮可能な乾燥装置を開発した
- 総合熱利用システムの評価技術のツールによって総合エネルギー利用効率が80%を上回ることが可能な事例を評価することができた

【課題】

- 伝熱管表面へのセラミックス処理による焼却灰の付着防止の効果はあまり大きくなく、今後見直しが望まれる
- 伝熱管への付着防止技術の開発が検討の中心になっているが、装置の稼働時間を向上させるには焼却設備トータルでの課題の抽出が必要である
- 低温熱利用技術は広範な需要開拓、用途開拓のさらなる検討が望まれる

添付資料

P20012

●基本計画

「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」基本計画

サーキュラーエコノミー部

1. 事業の目的・目標・内容

(1)事業の目的

①政策的な重要性

近年の中国の廃プラスチック輸入規制に端を発したアジア諸国の廃プラスチック輸入規制強化の影響や陸域から流出したプラスチックごみが原因となる海洋プラスチックごみ問題が大きな問題となっている。これらへの対応に向けて、G7 や G20 でも重要な課題として取り上げられている。日本においても「海洋プラスチックごみ問題対応アクションプラン」(2019 年 5 月 31 日策定)、「プラスチック資源循環戦略」(2019 年 5 月 31 日策定)が策定され、革新的リサイクル技術の開発が重点戦略の一つとして掲げられている。また、2019 年 6 月の G20 エネルギー・環境関係閣僚会合でも主な議題の一つとして、資源効率性が取り上げられた。本会合では、我が国が主導する形で、新興国・途上国も参加し、各国が自主的な対策を実施し、その取組を継続的に報告・共有する実効性のある新しい枠組みである「G20 海洋プラスチックごみ対策実施枠組」に合意し、日本としてもこれらの問題の解決に取り組むこととしている。これまで日本から輸出していた廃プラスチックを含むプラスチック資源のリサイクルなどの適正な処理が急務である。

②我が国の状況

我が国は、廃掃法、資源有効利用促進法、容器包装リサイクル法をはじめとする個別リサイクル法などにより廃プラスチックを資源化するため仕組みは一定程度整っている。また、現状、年間約 900 万トンの廃プラスチックのうち、廃プラスチックの再生品への利用は 76 万トン/年、コークス炉やガス化の原料(ケミカルリサイクル)として 40 万トン/年リサイクルされており、固形燃料、発電、熱利用の熱エネルギー回収(エネルギーリカバリー)に 524 万トン/年が利用されている。しかしながら、中国の輸入規制やバーゼル条約の改正による輸出国への規制強化などの外部環境の変化や、SDGs、CSR や ESG 投資などによるリサイクルプラスチックの利用ニーズに応えていくためには、廃プラスチックの資源価値を高めることで経済的な資源循環を達成することが必要であり、リサイクル技術をさらに発展させ、資源効率性向上、付加価値を生み出しつつ二酸化炭素排出を削減することが求められている。

③世界の取組状況

EU が 2018 年に発表した「欧州プラスチック戦略」では、バリューチェーン全体でプラスチックがもたらす課題に対処する戦略を提案した。このなかで、2030 年までに、1)全てのプラスチック包装をリユース又はリサイクル可能にすること、2)欧州で発生するプラスチック廃棄物の半分以上をリサイクルすること、3)欧州のリサイクル能力を 2015 年比で 4 倍にする、というビジョンを掲げており、リサイクルを促進するための取組を進めるとしている。また、アメリカで

は、DOE（アメリカ合衆国エネルギー省）のエネルギー効率・再生可能エネルギー局（EERE: Office of Energy Efficiencyand Renewable Energy）が 2017 年 5 月 に REMADE（Reducing EMbodied-energy And DecreasingEmissions）として、リサイクルやリユース全般に関する資金提供プログラムを開始している。この様に、各国で廃プラスチック利用に関する積極的な姿勢を示している。

④本事業のねらい

本事業は、プラスチック製品の資源効率性、廃プラスチックの資源価値を飛躍的に高めるため、複合センシング・AI等を用いた廃プラスチック高度選別技術、材料再生プロセスの高度化技術、高い資源化率を実現する石油化学原料化技術、高効率エネルギー回収・利用技術の開発を行う。

(2) 事業の目標

①アウトプット目標（最終目標、中間目標）

本事業の目標を以下の通り設定する。

中間目標(2022 年度):

廃プラスチックの資源価値を高める基盤技術開発の目途をたてる。具体的には、廃プラスチックの高度有効活用に向けて、以下の研究開発項目に掲げる基盤技術開発を一貫して実施し、以下を達成する。

・研究開発項目①高度選別システム開発

研究開発項目②～④のプロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率 80%以上、現状比 2 倍の速度で自動選別する。

・研究開発項目②材料再生プロセス開発

廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ 70%以上の材料強度（靭性）に再生する。

・研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発

廃プラスチックを転換率 50%以上で石油化学原料に転換する。

・研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発

再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率 60%以上を達成する。

最終目標(2024 年度):

廃プラスチックの資源価値を高める基盤技術を開発する。具体的には、すべての研究開発項目を一貫して開発を実施し、以下を達成する。

・研究開発項目①高度選別システム開発

研究開発項目②～④のプロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率 95%以上、現状比 3 倍の速度で自動選別する。

・研究開発項目②材料再生プロセス開発
廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ 90%以上の材料強度（靭性）に再生する。

・研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発
廃プラスチックを転換率 70%以上で石油化学原料に転換する。

・研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発
再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率 80%以上を達成する。

②アウトカム目標

事業により開発されたプラスチック再資源化システム(高度選別システム、材料再生プロセス、石油化学原料化プロセス、高効率エネルギー回収・利用システム)を事業終了後早期実用化し、普及することにより、2030 年までに、これまで国内で再資源化されていなかった廃プラスチックのうち年間約 86 万トンが本技術開発成果によりマテリアルリサイクルされ、87 万トンがケミカルリサイクルされ、108 万トンが高効率エネルギー回収・利用されることを通じて廃プラスチックを新たに資源化し、我が国のプラスチック循環に貢献する。

また、間接的な効果として、選別作業の人手不足の緩和や焼却処理施設のメンテナンス頻度の半減を目指す。

③アウトカム目標達成に向けての取組

本事業にて基盤的技術を確立させた後、実プラントを想定した実証事業を実施する予定。これにより開発したシステムの実用化を促進し、各プラスチックリサイクルプロセス間で連携を図りながら、廃プラスチックの資源価値高度化を推進する。

(3)研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目に掲げる技術開発を実施するとともに、その効果（LCA 等）を検証する。

本事業は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。

研究開発項目①高度選別システム開発
種々の廃プラスチックから、研究開発項目②から④向けの収率を最大化する高度選別プロセスを開発する。

研究開発項目②材料再生プロセス開発
マテリアルリサイクルの利用を飛躍的に高めるために、多様な廃プラスチックに関し、その物性劣化要因を明らかにするとともに、そられに立脚した高度再生原料化・成形技術を開発する。

研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発

汚れ等の理由により研究開発項目②の処理技術が適用困難な廃プラスチックを主な対象とし、既存の石油精製・石油化学設備等を活用し、廃プラスチックを石油化学原料に転換する技術を開発する。

研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発

研究開発項目②及び③の再生処理技術が適用困難な廃プラスチックを主な対象とし、燃焼による総合エネルギー変換効率を最大化するために、発電効率向上及び熱利用を高度化するシステムを開発する。

2. 研究開発の実施方式

(1)事業の実施体制

プロジェクトマネージャー(以下「PMgr」という。)にNEDOサーキュラーエコノミー部 今西大介を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

NEDOは公募により研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等(以下「団体」という。)のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDOは研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を選定し、各実施者はプロジェクトリーダーの下で研究開発を実施する。

(2)研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、プロジェクトリーダーや研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を必要に応じて組織し、技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

PMgr は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、必要に応じて本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

(3)その他

本プロジェクトは非連続ナショナルプロジェクトとして取扱う。

3. 研究開発の実施期間

2020 年度から 2024 年度までの 5 年間とする。

4. 事業の評価に関する事項

NEDOは技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価を 2022 年度、終了時評価を 2025 年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他重要事項

(1)研究開発成果の取扱い

①共通基盤技術の形成に資する成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

②標準化施策等との連携

NEDO及び研究開発実施者は、得られた研究開発成果を活用して、評価手法の提案やデータの提供等の標準化を推進する活動を必要に応じて実施する。

③知的財産権の帰属、管理等取扱い

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。

④知財マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

⑤データマネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針(委託者指定データを指定しない場合)」を適用する。

(2)「プロジェクト基本計画」の見直し

PMgr は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

(3)根拠法

本事業は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第 1 号ニ及び第 9 号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1)2020 年 2 月、制定。
(2)2020 年 10 月、PMgr の変更。
(3)2021 年 12 月、PMgr の変更。
(4)2022 年 3 月、「データマネジメントに係る運用」を追記。
(5)2024 年 10 月、組織改編(2024 年 7 月)に伴う、部署名の変更、事後評価を終了時評価に変更。

(別紙 1) 研究開発計画

研究開発項目①高度選別システム開発

1. 研究開発の必要性

プラスチックは、他の廃棄物(紙、木材、金属、セメント、ガラス等)と混在して排出されるために、前処理としてプラスチックのみを選別する必要がある。現状、多くのケースで人手に頼る選別作業が行われており、経済的理由や選別精度の点で、自動化されているケースは少ない。そのため、廃プラスチックの資源価値を最大化し、プラスチックの資源循環量を最大化するための高度選別プロセスを開発する。

2.具体的研究内容

種類、性状が多岐にわたるプラスチック容器包装等の選別を自動化し、後段のリサイクルプロセスにおける原料を適切に供給可能にする選別技術を開発する。具体的には、複合センシングと深層学習により構築した AI で異素材を認識し、用途の違いや汚れの有無等を判断して、高度にプラスチックを選別可能にする外観認識ソータ、金属等の他素材(木、紙、金属、合金等)から目的物を選別可能にする高度比重選別システム等を開発し、廃プラスチックの資源価値を最大化するための選別技術を開発する。

3.達成目標

中間目標(2022 年度):

研究開発項目②～④のプロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率 80%以上、現状比 2 倍の速度で自動選別する。

最終目標(2024 年度):

研究開発項目②～④のプロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率 95%以上、現状比 3 倍の速度で自動選別する。

研究開発項目②材料再生プロセス開発

1.研究開発の必要性

ポリエチレンなどの熱可塑性樹脂は、再加熱を伴う成型加工によって、再利用が容易なプラスチックであるものの、熱履歴に起因する引っ張り強度等の機械的物性の低下により、その多くがカスケード利用(資源価値の低下を伴う利用)に留まる。廃プラスチックの資源価値を最大化するためには再生プラスチックの物性低下の抑制や物性の回復が必要であり、マテリアルリサイクルによる循環量を増大させるための、再生プラスチックの物性回復技術開発が必要である。

2.具体的研究内容

従来、カスケード利用されていた廃プラスチックを新品のプラスチック材料に近い物性に再生させ、再生製品に加工するために必要なポリマーペレットを製造するための技術開発及び実機へのスケールアップのための設計技術を開発し、新品と同等レベルの材料を製造する技術を開発する。

3.達成目標

中間目標(2022 年度):

廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ 70%以上の材料強度(靭性)に再生する。

最終目標(2024 年度):

廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ 90%以上の材料強度(靭性)に再生する。

研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発

1.研究開発の必要性

本来、廃プラスチックは、マテリアルリサイクルで処理することを優先すべきであるが、汚染度、経済性、材質の観点から、石油化学原料に戻す方が経済的・環境的観点から優先される場合がある。これまでも、ガス化や油化などの技術が多数開発されてきたが、経済性の観点から、その多くは実用化されていない。そこで、既存の石油精製・石化設備等を活用し、廃プラスチックを石油化学原料に転換する技術の確立が必要である。

2.具体的研究内容

マテリアルリサイクルが困難な廃プラスチック等を石油化学原料に転換するための技術開発を行う。

具体的には、廃プラスチックの分解反応を促進させるために、反応解析、反応制御技術により、石油化学原料の収率を向上する、廃プラスチック石油化学原料※化技術を開発する。

また、各種プラスチックに適した分解技術を開発するとともに、実プラントへ導入するための検討を行うとともに、実装を目指した周辺技術のプロセス開発を行う。

※オレフィン、BTX、低級アルコール等

3.達成目標

中間目標(2022 年度):

廃プラスチックを転換率 50%以上で石油化学原料に転換する。

最終目標(2024 年度):

廃プラスチックを転換率 70%以上で石油化学原料に転換する。

研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発

1.研究開発の必要性

汚染度が高い等の理由により再生処理が困難な低品位な廃プラスチックを処理するには、ロバスト性が高く、高効率な燃焼を行い、高い発電効率を実現するとともに、発生する熱を回収・利用する技術開発が必要である。廃棄物発電の高効率化には、燃焼温度の高温化が望まれるが、腐食と熱交換器への灰付着の課題を解決しなければならず、新規材料開発が必須となる。また、回収したエネルギーを最大限利用するためには、熱を回収する技術開発とともに、需要と供給のバランスに対応した、システムの評価・検討が必要である。

2.具体的研究内容

再生処理困難なプラスチックから効率的にエネルギーを回収するために、発電効率向上及び熱利用を高度化するシステムを開発する。具体的には、高効率エネルギー回収に向けて、燃焼温度を向上させるための

耐腐食性・難灰付着性材料の開発及び熱回収器製造技術の開発を行う。また、エネルギー利用効率を向上させるために熱を効率的に回収するとともに、有効利用システムを検討する

3.達成目標

中間目標(2022 年度):

再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率 60%以上を達成する。

最終目標(2024 年度):

再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率 80%以上を達成する。

（別紙 2） 研究開発スケジュール

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
①高度選別システム開発	→	→	→	→	→	
②材料再生プロセス開発	→	→	→	→	→	
③石油化学原料化プロセス開発	→	→	→	→	→	
④高効率エネルギー回収・利用システム開発	→	→	→	→	→	
評価時期			中間評価			終了時評価

●各種委員会開催リスト

・高度選別システム開発

知財委員会		
件名	内容	実施日
第 1 回	特許出願および JST 新技術説明会発表「「物質識別装置、物質識別方法」」	2021/8/25
第 2 回	SURE コンソーシアム第 20 回技術セミナー発表「廃プラスチック選別システムの開発」	2021/11/22
第 3 回	PCT 出願「物質識別装置、物質識別方法」	2022/8/25
第 4 回	産総研福井サイト開設 6 周年記念講演会発表「物質識別装置、物質識別方法」	2022/10/28
第 5 回	産業廃棄物の組成情報「2022 年度_大栄環境_雑品プラデータベース調査報告書」の状況開示(早稲田大、一般財団法人 石油エネルギー技術センター(JPEC))	2023/8/25
第 6 回	特許出願「湿式比重選別機」	2023/9/8
第 7 回	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2024 発表「Style-GAN-Based Dataset Augmentation for Manipulation-Oriented Segmentation of Mixed Industrial Waste Images」	2024//1/23
第 8 回	・産総研内における知財（プログラム）登録「FP 型 AI ソータ用制御プログラム」 ・資源・素材学会 2024 年度春季大会発表「高度選別システム開発のための黒色プラスチックの局所センシング」	2024/2/7
第 9 回	・2024 International Conference on Resource Sustainability (icRS 2024)発表「Development of an automatic operation process for a continuous jig separator-Appropriate heavy/light particle layer boundary measurement and upwelling velocity measurement-」 ・IEEE/RSJ IROS2024 発表「WasteGAN: Data Augmentation for Robotic Waste Sorting through Generative Adversarial Networks」	2024/8/8
第 9 回	特許出願「アパーチャ構造体及びプラスチックの識別方法」	2024/12/19

AI 型 FP ソータ協議会		
件名	内容	実施日
第 1 回	現場視察（三重中央開発）	2020/9/25
第 2 回	試験対象サンプル選定	2020/10/26
第 3 回	進捗報告	2020/11/27
第 4 回	進捗報告	2021/4/28
第 5 回	現場視察（三重中央開発）	2021/7/6
第 6 回	現場視察（三重中央開発）	2021/7/19
第 7 回	進捗報告	2022/2/22
第 8 回	進捗報告	2022/3/22
第 9 回	進捗報告	2023/3/24
第 10 回	進捗報告	2023/3/27
第 11 回	進捗報告	2023/9/27
第 12 回	プラント移設に関する協議	2023/10/5
第 13 回	進捗報告	2024/2/7

第 14 回	進捗報告	2024/3/27

高度比重選別システム協議会		
件名	内容	実施日
第 1 回	現場視察（三重中央開発）、試験対象サンプル選定	2020/11/26
第 2 回	進捗報告	2020/12/7
第 3 回	進捗報告	2021/2/3
第 4 回	進捗報告	2022/2/18
第 5 回	ジグ自動制御の検討	2022/2/22
第 6 回	ジグ自動制御の検討	2022/4/19
第 7 回	ジグ自動制御の検討	2022/6/15
第 8 回	ジグ自動制御の検討	2022/11/22
第 9 回	進捗報告、ジグ自動制御の検討	2023/2/27
第 10 回	ジグ自動制御の検討	2023/4/27
第 11 回	特許出願の調整	2023/7/31
第 12 回	ジグ自動制御の検討	2023/8/3
第 13 回	特許出願の調整	2023/10/4
第 14 回	進捗報告	2023/11/22
第 15 回	進捗報告、ジグ自動制御の検討	2024/3/8
第 16 回	ジグ自動制御の検討	2024/5/23
第 17 回	ジグ自動制御の検討	2024/6/24
第 18 回	進捗報告	2024/7/19
第 19 回	装置群統合制御の検討	2024/8/22
第 20 回	ジグ自動制御の検討	2024/9/17
第 21 回	ジグ自動制御の検討	2024/10/22
第 22 回	ジグ自動制御、装置群統合制御の検討	2024/12/2
第 23 回	ジグ自動制御、装置群統合制御の検討	2025/1/14
第 24 回	進捗報告、装置群統合制御の検討	2025/3/27

・材料再生プロセス開発

MR チームメンバー・有識者によるワークショップ		
件名	内容	実施日
第 1 回	会場：福岡大学 ・キックオフ、3 年間計画確認	2020 年 10 月 8 日、9 日
第 2 回	会場：ボルファートとやま ・各事業者からの進捗報告 ・富山環境整備株式会施設見学	2021 年 2 月 24 日、25 日
第 3 回	会場：キャンパスプラザ京都 ・各事業者からの進捗報告	2021 年 6 月 9 日、10 日
第 4 回	会場：神戸大学 ・各事業者からの進捗報告 ・神戸大学西野研究室見学	2021 年 10 月 14 日、15 日
第 5 回	会場：KKR びわこ　マリーナクラブハウス ・各事業者からの進捗報告 ・来年度予算計画 ・23 年度研究計画 ・知財運営	2022 年 2 月 7 日、8 日
第 6 回	会場：福岡大学 ・各事業者からの進捗報告	2022 年 6 月 1 日、2 日

	・中間報告に向けての連絡	
第 7 回	会場：滋賀県立大学交流センター ・各事業者からの進捗報告 ・次期実施計画書、予算についての説明 ・NEDO での審査状況の説明 ・すそ野を広げるための方策に関する議論 ・滋賀県立大学徳満研究室見学	2022 年 11 月 21 日、22 日
第 8 回	会場：九州工業大学コラボ教育支援棟 ・各事業者からの進捗報告 ・技術委員会報告 ・次期実施計画書内容、予算についての説明 ・いその九州工場見学、70mmφ実証試験用押出機の見学	2023 年 4 月 4 日、5 日
第 9 回	会場：TKP ガーデンシティ PREMIUM 横浜ランドマークタワー ・各事業者からの進捗報告	2023 年 8 月 21 日、22 日
第 10 回	会場：三菱電機㈱ 先端技術総合研究所 ・各事業者からの進捗報告 ・三菱電機ショールーム見学 ・NEDO 特別講座説明	2023 年 12 月 11 日、12 日
第 11 回	会場：高岡市生涯学習センター ・各事業者からの進捗報告 ・最終報告書を含む 2024 年度スケジュール ・NEDO 特別講座説明 ・三光合成株式会社見学	2024 年 4 月 24 日、25 日
第 12 回	会場：DIC 本社 ・各事業者からの進捗報告 ・最終報告書を含む 2024 年度スケジュール ・NEDO 特別講座説明	2024 年 7 月 31 日、8 月 1 日
第 13 回	会場：福岡大学 ・各事業者からの進捗報告 ・最終報告書書式、内容に関する説明	2024 年 11 月 18 日、19 日
第 14 回	会場：福岡大学 ・各事業者からの進捗報告 ・外部発表委員会の運営について ・最終報告書提出スケジュールについて	2025 年 2 月 6 日

MR チーム推進委員会		
件名	内容	実施日
第 1 回	会場：霞が関 NEDO 分室 ・キックオフ ・先導研究振り返り	2020 年 11 月 10 日
第 2 回	会場：AP 虎ノ門 ・各事業者の進捗報告 ・来年度予算説明	2021 年 3 月 24 日
第 3 回	会場：福岡大学 ・各事業者からの進捗報告 ・福岡大学リサイクル棟建設状況見学	2021 年 7 月 8 日
第 4 回	会場：東京工業大学 CIC 国際会議室 ・各事業者からの進捗報告 ・富山環境整備高度選別センター説明	2021 年 11 月 5 日
第 5 回	会場：福岡大学 ・各事業者からの進捗報告 ・福岡大学リサイクル棟見学	2022 年 3 月 15 日

第 6 回	会場：産業技術総合研究所　臨海センター本館会議室 ・各事業者からの進捗報告 ・実証試験機の状況説明	2022 年 7 月 14 日
第 7 回	会場：東京工業大学大岡山西 8 号館会議室 ・各事業者からの進捗報告	2022 年 12 月 7 日
第 8 回	会場：福岡大学 ・各事業者からの進捗報告 ・体制変化に伴う運用についての説明	2023 年 6 月 13 日
第 9 回	会場：花王株式会社和歌山研究所 ・各事業者からの進捗報告 ・花王パウチ再生施設見学	2023 年 9 月 14 日
第 10 回	会場：TOPPAN 営業ビル 3 号館、L･IF･E　1F　イベントスペース ・各事業者からの進捗報告 ・TOPPAN ショールーム見学	2024 年 1 月 26 日
第 11 回	会場：NEDO 会議室 ・各事業者からの進捗報告	2024 年 5 月 22 日
第 12 回	会場：川崎商工会議所第 6 会議室 ・各事業者からの進捗報告	2024 年 9 月 30 日
第 13 回	会場：産総研東京本部 ・各事業者からの進捗報告	2025 年 1 月 10 日
第 14 回	会場：島津製作所 Shimadzu Tokyo Innovation Plaza ・各事業者からの進捗報告	2025 年 3 月 12 日

・石油化学原料化プロセス開発（触媒分解）

技術委員会		
件名	内容	実施日
第 1 回	プラスチック循環戦略および基本計画に対する位置づけ	2021/6/16
第 2 回	全体会議の準備	2022/09/01
第 3 回	触媒分解プロセス検討の現状認識	2023/03/30
第 4 回	実廃プラ分解試験の結果	2024/02/20
第 5 回	プラスチックの分解に対する触媒の影響	2025/02/26

プラスチック資源循環技術専門委員会		
件名	内容	実施日
第 1 回	全体会議の準備	2021/8/27
第 2 回	プラスチック分解触媒の必要要件の解明	2022/03/10
第 3 回	触媒分解プロセスパイロットプラント概念設計	2022/09/13
第 4 回	触媒分解プロセス検討	2023/02/16
第 5 回	油化学原料等の転換率最大化のための触媒分解プロセス	2023/11/27
第 6 回	実廃プラ分解試験の結果	2024/03/06
第 7 回	容リプラ 分解試験結果	2024/10/31
第 8 回	プラスチックの分解に対する触媒の影響	2025/03/07

・石油化学原料化プロセス開発（液相分解）

NEDO「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」プロジェクト全体会議		
件名	内容	実施日
全体会議	新しく加入した東北大学がから研究内容を発表	2022 年 4 月 6 日 @早稲田大学
全体会議	進捗を報告。ポリオレフィンの重要性についても目を向けることなどの意見	2024 年 2 月 20 日 @NEDO
全体会議	進捗を報告。ポリオレフィンの重要性に再度意見が出された	2024 年 2 月 26 日 @NEDO

複合プラスチックからのモノマー回収液相プロセスの開発　研究進捗会議		
件名	内容	実施日
第 1 回	各社より研究進捗を確認。研究推進会議での発表内容についても整理・確認	2022 年 6 月 10 日 @オンライン
第 2 回	外部有識者として東洋インキが加入し、その依頼研究の内容などを含めた、研究進捗の整理と確認。	2022 年 10 月 7 日 @東北大学・東京分室
第 3 回	各社より研究進捗を確認。研究推進会議での発表内容についても整理・確認。PET と PA 共存効果について確認するとともに、接着剤の影響についての結果も共有された。連続装置での PET 転化率向上について引き続き検討することを確認	2023 年 7 月 24 日 @東ソー株式会社　高分子材料研究所
第 4 回	各社より研究進捗を確認。研究推進会議での発表内容についても整理・確認。東西化学産業の流通式設備なども見学。	2023 年 12 月 7 日 @東西化学産業株式会社 技術開発センター
第 5 回	各社より研究進捗を確認。研究推進会議での発表内容についても整理・確認。	2024 年 7 月 1 日 @東北大学東京分室
第 6 回	各社より研究進捗を確認。研究推進会議での発表内容についても整理・確認。	2024 年 12 月 25 日 @東北大学

複合プラスチックからのモノマー回収液相プロセスの開発　研究推進会議		
件名	内容	実施日
第 0 回	新たに「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」に加わることになり、PL 松方先生、SPL 加茂先生を交えた会合。研究推進委員の選定についても議論	2022 年 3 月 29 日 @オンライン
第 1 回	研究推進委員を交えた第 1 回会合。各社より研究内容を報告し、推進委員よりコメントをいただく。	2022 年 6 月 21 日 @東北大学・青葉山
第 2 回	各社より研究内容を報告し、推進委員よりコメントをいただく。モノマー生成や研究意義などに関する議論	2022 年 12月16日 @東北大学・東京分室
第 3 回	各社より研究内容を報告し、推進委員よりコメントをいただく。物質収支を取ること、ポリオレフィンの用途などについても考えることなどの要望がなされた	2024 年 1 月 16 日 @東北大学東京分室
第 4 回	各社より研究内容を報告し、推進委員よりコメントをいただく。	2024 年 7 月 8 日 @東北大学青葉山
第 5 回	各社より研究内容を報告し、推進委員よりコメントをいただく。	2025 年 1 月 31 日 @ステーションコンファレンス万世橋

MR チームとの意見交換会		
件名	内容	実施日
意見交換会	福岡大学の MR 研究に関する設備を見学しながら、互いの研究内容を報告し、意見交換を実施	2023 年 2 月 9 日 @福岡大学

知財運営委員会		
件名	内容	実施日
知財運営委員会	TOPPAN(株)、産業技術総合研究所から特許申請したい技術発明に関する協議	2024 年 6 月 12 日 @オンライン

・高効率エネルギー回収・利用システム開発

エネルギーリカバリ研究推進委員会		
件名	内容	実施日
第１回	各研究開発項目の概要・進捗・計画と推進委員からの講評	2021/03/15
第２回	各研究開発項目の概要・進捗・計画、推進委員からの講評ならびにステージゲート対応	2022/03/22
第３回	各研究開発項目の概要・進捗・計画と推進委員からの講評	202303/24
第４回	各研究開発項目の概要・進捗・計画、推進委員からの講評ならびに最終成果対応	2024/03/11
第５回	各研究開発項目の最終成果報告と推進委員からの講評	2025/01/28

エネルギーリカバリ研究進捗会議		
件名	内容	実施日
第１回	各研究機関からの研究概要および研究計画説明 高砂熱学工業イノベーションセンター見学	2020/11/11
第２回	各研究機関からの研究成果説明と今後の計画説明	2021/01/14
第３回	各研究機関からの研究成果説明と推進委員会対応	2021/03/15
第４回	各研究機関からの研究成果説明、今後の計画説明および技術委員会への対応	2021/05/31
第５回	各研究機関からの研究成果説明と今後の計画説明	2021/09/13
第６回	各研究機関からの研究成果説明と今後の計画説明	2021/12/02
第７回	各研究機関からの研究成果説明と推進委員会対応	2022/03/14
第８回	各研究機関からの研究成果説明と今後の計画説明 八戸工業大学吸収式冷凍機見学	2022/06/30
第９回	各研究機関からの研究成果説明と今後の計画説明 ステージゲート対応	2022/08/26
第 10 回	各研究機関からの研究計成果説明と今後の計画説明 東北発電工業設備見学	2022/12/08
第 11 回	各研究機関からの研究成果説明と推進委員会対応	2023/03/16
第 12 回	各研究機関からの研究計成果説明と今後の計画説明 東京電機大学設備見学	2023/06/29
第 13 回	各研究機関からの研究成果説明と今後の計画説明 八戸工業大学吸収式冷凍機・スラリー製造連結装置見学	2023/08/29
第 14 回	各研究機関からの研究成果説明と今後の計画説明	2023/12/22-23

	長崎・産業廃棄物処理施設見学	
第 15 回	各研究機関からの研究成果説明、推進委員会対応および技術委員会対応	2024/01/30
第 16 回	各研究機関からの研究成果説明および最終成果取り纏め対応	2024/05/30
第 17 回	各研究機関からの研究成果説明および最終成果取り纏め対応 苫小牧廃プラスチックス専焼ボイラ見学	2024/11/13

●特許論文等リスト

・高度選別システム開発(選別技術)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	状態	名　　称
1	芝浦工業大学	特願 2021-144654	国内・PCT	2021/9/6	審査中	物質識別装置、物質識別方法
2	富士車輌(株)	特願 2022-024349	国内	2022/2/20	取下	選別装置
3	富士車輌(株)	特願 2023-059658	国内	2023/3/31	公開	搬送装置
4	産業技術総合研究所、北海道大学	特願 2023-188742	国内	2023/11/2	公開	湿式比重選別機
5			国内		出願中	
6			国内		出願中	

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	T. Kiyokawa、 H. Katayama、 Y. Tatsuta、 J. Takamatsu and T. Ogasawara	奈良先端科学技術大学院大学	Robotic Waste Sorter with Agile Manipulation and Quickly Trainable Detector	IEEE ACCESS、9、 124616-124631	有	2021/9
2	吉本幸太郎、清川拓哉、高松淳、和田隆広、小笠原司、	奈良先端科学技術大学院大学	リサイクルロボットのための熱画像による密集した容器包装廃棄物の分類	日本ロボット学会誌、vol.40, No.6、538－541	有	2022/6
3	清川拓哉，吉本幸太郎，高松淳	奈良先端科学技術大学院大学	密集する混合産業廃棄物の自動仕分けロボットの構成法	日本ロボット学会誌、vol.41, No.7、651－654	有	2023/7
4	Takuya Kiyokawa, Jun Takamatsu, ＊Shigeki Koyanaka	奈良先端科学技術大学院大学、＊産総研	Challenges for Future Robotic Sorters of Mixed Industrial Waste: A Survey	IEEE Transactions on Automation and Science, vol. 21, no. 1, 1023-1040	有	2024/1
5	Takuya Kiyokawa,Naoki Shirakura, Hiroki Katayama, Keita Tomochika, Jun Takamatsu	奈良先端科学技術大学院大学	Efficiently Collecting Training Dataset for 2D Object Detection by Online Visual Feedback	Journal of Robotics and Mechatronics, vol. 37, no. 2, pp. 270-283	有	2025/4

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	大木達也	産業技術総合研究所	Role of physical sorting technology as a hub function of resource circulation	2020 Energy and Resources Integrated Technology Roundtable Forum	2020/10/22
2	龍田侑弥, 佐久間達也, 清川拓哉, 高松淳, 小笠原司	奈良先端科学技術大学院大学	平板廃棄物把持のためのニードル付きジャミング吸着グリッパの開発	第 21 回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 (SI2020)	2020/12/17
3	吉本幸太郎, 清川拓哉, 高松淳, 小笠原司	奈良先端科学技術大学院大学	リサイクルロボットのための 熱画像を用いた容器包装廃棄物の領域抽出と材料分類	第 26 回ロボティクスシンポジア	2021/3/16
4	伊藤真由美・澤田直樹・木村祥子・ Park Ilhwan・ Jeon Sanghee・廣吉直樹	北海道大学	プラスチック選別のための自律的なジグ選別機の開発 -圧力センサを用いた粒子成層課程のモニタリング-	2021 年度資源・素材学会北海道支部春季講演会	2021/6/12
5	清川拓哉、片山寛基、高松淳（奈良先端大）、古屋仲茂樹（産総研）、小笠原司（奈良先端大）	奈良先端科学技術大学院大学、産業技術総合研究所	Robotic Image Dataset Collection System Accomplished by Domain Adaptation for Robotic Waste Sorter	2021 IEEE 17th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)	2021/8/25
6	吉本幸太郎、清川拓哉、高松淳、和田隆広、小笠原司	奈良先端科学技術大学院大学	リサイクルロボットのための熱画像による密集した容器包装廃棄物の分類	第 39 回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2021)	2021/9/11
7	大木達也	産業技術総合研究所	都市鉱山開発の課題と未来展望	あきたサスティナビリティスクール	2021/10/21
9	河済博文	近畿大学	プラスチックリサイクルでの分光測定の活用―大量光学識別装置開発	日本分析化学会高分分析研究懇談会第 406 回子例会	2021/11/18
１０	Naoki Sawada, Mayumi Ito, Shoko Kimura, Ilhwan Park, Sanghee	北海道大学	A new method to detect product boundary in jig separator using pressure sensor	International Symposium on Earth Science and Technology 2021	2021/11/25

	Jeon, Naoki Hiroyoshi				
１１	古屋仲茂樹	産業技術総合研究所	廃プラスチック選別システムの開発	SURE コンソーシアム第 20 回リサイクル技術セミナー	2021/12/6
１２	大木達也	産業技術総合研究所	金属材料等の ポストコンシューマリサイクル高度化に向けた分離(選別)技術の基礎と都市鉱山開発の未来課題～金属・素材資源循環のために～	サイエンス&テクノロジー 技術セミナー	2021/12/16
１３	河済博文	近畿大学	大規模リサイクルにおけるプラスチック分光識別の技術展開	電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会有機エレクトロニクス研究会	2021/12/27
１４	大木達也	産業技術総合研究所	高度選別システム開発～廃プラスチックの新たな利用に向けた物理選別技術～	モノづくり日本会議第 37 回新産業技術促進検討会シンポジウム	2022/3/1
１５	大木達也	産業技術総合研究所	次世代の物理選別技術に向けた研究開発	資源・素材学会春季大会	2022/3/7
１６	大木達也	産業技術総合研究所	資源循環促進に向けた物理選別技術開発の将来	日本学術会議　第 34 回環境工学連合講演会	2022/5/31
１７	伊藤真由美・紺谷政仁・澤田直樹・ Park Ilhwan・ Jeon Sanghee・広吉直樹	北海道大学	プラスチック選別のための自律的なジグ選別機の開発 -圧力センサによる軽粒子と重粒子境界面の推定-	2022 年度資源・素材学会北海道支部総会および春季講演会	2022/6/11
１８	大木達也	産業技術総合研究所	プラスチック資源循環における選別技術の役割と課題	化学工学会　関東支部ものづくり技術セミナー	2022/7/26
１９	清川拓哉	奈良先端科学技術大学院大学	密集する混合産業廃棄物の自動仕分けロボットの現状と課題	SURE コンソーシアム第 22 回リサイクル技術セミナー	2022/8/3
２０	大木達也	産業技術総合研究所	プラスチック資源循環のための選別技術開発	高分子学会　高分子同友会第 143 回研究開発部会	2022/9/2
２１	清川拓哉	奈良先端科学技術大学院大学	密集する混合産業廃棄物の自動仕分けロボットの構成法	第 40 回 日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2022)	2022/9/8
２２	古屋仲茂樹	産業技術総合研究所	廃プラスチック高度選別システムの開発	産総研福井サイト開設 6 周年記念講演会	2022/11/18
２３	清川拓哉	奈良先端科学技術大学院大学	認識 AI を誰でも迅速に賢くできる！	第 2 回 Challenge 万博『いのち輝く未来社会』へ	2022/11/24
２４	Masashi Yoda, Masahito Kontani, Ilhwan	北海道大学	Observation of motions of particles and the float of magnetostrictive seonsor during jig separation	The 9th Joint Seminar on Geoenvironmental Engineering and	2023/11/2

	Park, Naoki Hiroyoshi, Mayumi Ito			Recycling (GER 2023)	
２５	大古善久、古屋仲茂樹、大木達也	産業技術総合研究所	高度選別システム開発のための黒色プラスチックの局所センシング	資源・素材学会 2024 年度春季大会	2024/3/18
２６	Alberto Bacchin、 *清川拓哉、Emanuele Menegatti、**松原崇充、*原田研介	パドヴァ大学、*大阪大学、**奈良先端科学技術大学院大学	GAN-Based Data Augmentation for Manipulation-Oriented Segmentation of Mixed Industrial Waste Images	ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2024	2024/5/30

(b)その他 （書籍）

番号	所属	タイトル	書籍名	発表年月
1	近畿大学	ラマン分光によるプラスチック識別技術と装置開発事例	プラスチックリサイクルー 世界の規制と対策・要素技術開発の動向と市場展望	2021/7
2	近畿大学	光学識別法	プラスチックのケミカルリサイクル技術	2021/9
3	産業技術総合研究所	AI を用いた廃プラスチックの高度選別	プラスチックのリサイクルと再生材の改質技術（第 3 章第 5 節）	2024/2

・高度選別システム開発(LCA)）

学会発表・講演

番号	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
1	2020 年 9 月 17 日	第 31 回廃棄物資源循環学会研究発表会	廃プラスチック類の都道府県別排出量の変遷と他の産業廃棄物排出量との関係	稲葉陸太
2	2021 年 3 月 3 日	第 16 回日本 LCA 学会研究発表会（口頭）	産業廃棄物系プラスチックの都道府県別・業種別のフロー分析	稲葉陸太、東修、中谷隼、山口直久、根本康男、菊池康紀、藤山淳史、松本亨
3	2021 年 3 月 4 日	第 16 回日本 LCA 学会研究発表会	産業廃棄物系プラスチックの都道府県別・業種別のフロー分析	稲葉陸太, 東修, 中谷隼, 山口直久, 根本康男, 菊池康紀, 藤山淳史, 松本亨
4	2021 年 10 月 25 日	第 32 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集	産業廃棄物系プラスチックの都道府県間移動や地域内詳細フローの分析	稲葉陸太、中谷隼、菊池康紀、藤山淳史 、松本亨、東修、岡本大作、根本康男、山口直久
5	2021 年 10 月 26 日	第 32 回廃棄物資源循環学会研究発表会	行政報告データを活用したボトムアップ型物質フロー推計モデルの開発：三重県の産廃プラを対象として	范学周、松本亨、藤山淳史
6	2021 年 10 月 26 日	第 32 回廃棄物資源循環学会研究発表会	産業廃棄物系プラスチックの都道府県間移動や地域内詳細フローの分析	稲葉陸太, 中谷 隼, 菊池康紀, 藤山淳史, 松本 亨, 東 修, 岡本大作, 根本康男, 山口直久

7	2022 年 3 月 3 日	第 17 回日本 LCA 学会研究発表会要旨集	行政報告データを活用した廃プラスチックフロー推計手法の検討	范学周、叢日超、松本亨、藤山淳史
8	2022 年 3 月 3 日	第 17 回日本 LCA 学会研究発表会	産業廃棄物系プラスチックの都道府県単位での将来推計及び地域内・地域間のフロー構造の分析	稲葉陸太, 東 修, 岡本大作, 中谷 隼, 根本康男, 山口直久, 藤山淳史, 菊池康紀, 松本 亨
9	2022 年 9 月 8-9 日	環境科学会 2022 年会	Optimizing the Collection System of Industrial Plastic Waste by AI Techniques	Richao CONG, Atsushi FUJIYAMA, Toru MATSUMOTO
10	2022 年 9 月 21 日	第 33 回廃棄物資源循環学会研究発表会	一般廃棄物と産業廃棄物の廃プラスチックの統合的地域フロー分析と域外依存度の類型化	稲葉陸太, 東修, 岡本大作, 中谷隼, 根本康男, 山口直久, 藤山淳史, 菊池康紀, 松本亨
11	2022 年 9 月 20-22 日	廃棄物資源循環学会第 33 回研究発表会	脱炭素社会に向けた廃プラスチック発生源とリサイクル拠点の最適マッチング手法の提案	叢日超, 藤山淳史, 松本亨
12	2022 年 10 月 22-23 日	土木学会第 50 回環境システム研究論文発表会講演集	Proposal, application of the optimal matching method between the plastic waste, recycling technologies using bottom-up data	Richao CONG, Atsushi FUJIYAMA, Toru MATSUMOTO
13	2022 年 10 月 27 日	第 52 回石油・石油化学討論会	（招待講演）カーボンニュートラルへ向かう社会における製油所の役割に関するライフサイクル思考	菊池康紀
14	2022 年 10 月 30 日	The 15th Biennial Conference on EcoBalance	Extraregional dependence of municipal/industrial plastic waste treatment based on material flow analysis in the 47 prefectures of Japan	Inaba R., Higashi O., Okamoto D., Nakatani J., Nemoto Y., Yamaguchi N., Fujiyama A., Kikuchi Y., Matsumoto T.
15	2022 年 10 月 30 日	EcoBalance 2022, 15th Biennial International Conference on EcoBalance	Extraregional dependence of municipal/industrial plastic waste treatment based on material flow analysis in the 47 prefectures of Japan	Rokuta Inaba,Osamu Higashi,Daisaku Okamoto, jun Nakatani, Yasuo Nemoto, Naohisa Yamaguchi, Atsushi Fujiyama, Yasunori Kikuchi, Toru Matsumoto
16	2022 年 11 月 2 日	EcoBalance 2022, 15th Biennial International Conference on EcoBalance	Designing the future resource circulation system of plastics in line with changes in the structure of the arterial industries towards decarbonization	Daiki Kata, Jun Nakatani, Tsuyoshi Fujita
17	2022 年 11 月 28 日	成型加工シンポジア	（招待講演）カーボンニュートラルへ向かう社会における素材選択と戦略	菊池康紀
18	2023 年 2 月 8 日	石油技術協会 HSE 委員会	（招待講演）持続可能な社会の実現に貢献するプロセスシステム工学	菊池康紀
19	2023 年 2 月 17 日	日本接着学会第 275 回関東支部月例講演会	（招待講演）先制的なライフサイクル思考に基づく今後のプロセス改善	菊池康紀

20	2023 年 3 月	化学工学会第 88 年会	廃プラスチック循環型ケミカルリサイクルによる製油所プロセスへの影響解析	中村拓真、藤井祥万、兵法彩、兼松祐一郎、菊池康紀
21	2023 年 3 月 4 日	土木学会令和 4 年度西部支部研究発表会	産業系廃プラスチックを対象とした再資源化施設選択モデルの構築	鉾岩風人、叢日超、藤山淳史、松本亨
22	2023 年 3 月 8-10 日	日本 LCA 学会第 18 回研究発表会	プラスチックのリサイクルを対象としたライフサイクル評価におけるカーボンニュートラルの考慮	崎田結香、松本 亨、藤山淳史
23	2023 年 3 月 8-10 日	日本 LCA 学会第 18 回研究発表会	Lifecycle-based Matching Approach for Industrial Plastic Waste Recycling towards a Zero-plastic-waste Society	叢日超、藤山淳史、松本亨
24	2023 年 3 月 14 日	the 88th Annual Meeting of the Society of Chemical Engineers Japan @ Tokyo, Japan	(Invited Speech) Application of PSE into social challenges	Yasunori Kikuchi
25	2023 年 6 月	the 33rd European Symposium on Computer-Aided Process Engineering, Athens	Application of CAPE Tools into Prospective Life Cycle Assessment: A Case Study in Feedstock Recycling of Waste Plastics	Yasunori Kikuchi, Yuki Nomura, Takuma Nakamura, Shoma Fujii, Aya Heiho, Yuichiro Kanematsu
26	2023 年 6 月	the 33rd European Symposium on Computer-Aided Process Engineering, Athens	Inventory data generation for prospective lifecycle design through process modeling of energy recovery from waste plastics	Shoma Fujii, Yuichiro Kanematsu, Yasunori Kikuchi
27	2023 年 8 月 31 日	LAC-SYS 研究所第 4 回シンポジウム	2050 年カーボンニュートラルに向けた資源循環のシナリオ分析	稲葉陸太
28	2023 年 9 月	化学工学会第 54 回秋季大会, 福岡	プラスチックリサイクル技術の GHG 排出量と資源循環度に基づく評価	中村拓真, 藤井祥万, 兵法彩, Teah Heng Yi, 兼松祐一郎, 菊池康紀
29	2023 年 9 月 11-13 日	第 34 回廃棄物資源循環学会研究発表会	ライフサイクル評価に基づく廃プラスチックリサイクルの最適選択に関する研究	叢日超，藤山淳史，松本亨
30	2023 年 11 月 6-8 日	ISFR 2023, Sendai, Japan	Environmental benefits from chemical recycling of plastic waste and its contribution to a circular economy: A critical review	Zhang, C., and Nakatani, J
31	2023 年 11 月 8 日	ISFR 2023	Environmental Benefits from Chemical Recycling of Plastic Waste and its Contribution to a Circular Economy: A Critical Review	Chengyao ZHANG
32	2023 年 12 月 18 日	2023 年環境情報科学研究発表大会	産業廃プラスチックを対象とした再資源化施設選択モデルの開発	鉾岩風人，叢日超，藤山淳史，松本亨
33	2023 年 12 月 18 日	2023 年環境情報科学研究発表大会	カーボンニュートラル対策がプラスチックリサイクルの CO_2 削減に与える影響	崎田結香，藤山淳史，松本亨

34	2024 年 3 月	化学工学会第 89 年会，PB270，堺	炭素源を区別した循環型プラスチックリサイクルの評価	中村拓真，藤井祥万，兵法彩，Teah Heng Yi、兼松祐一郎，菊池康紀
35	2024 年 3 月 6 日	第 19 回日本 LCA 学会研究発表会要旨集	プラスチックリサイクルの CO_2 削減効果に対するカーボンニュートラル対策の影響	崎田結香，藤山淳史，松本亨
36	2024 年 3 月 6 日	第 19 回日本 LCA 学会研究発表会要旨集	線形計画法を用いた産業系廃プラスチックの再資源化施設選択モデルの開発	鉾岩風人，叢日超，藤山淳史，松本亨
37	2024 年 3 月 6 日	第 19 回 日本 LCA 学会研究発表会	炭素循環を考慮した廃プラスチック循環型ケミカルリサイクルの評価	中村拓真
38	2024 年 3 月 6 日	第 19 回日本 LCA 学会研究発表会	地域・業種・樹脂種類を考慮した廃プラスチックのフロー分析と対策シナリオ検討	稲葉陸太, 東 修, 小川佳代子, 岡本大作, 中谷隼, 根本康男, 山口直久, 山本悠久, 藤山淳史, 松本 亨
39	2024 年 3 月 6-8 日	第 19 回日本 LCA 学会研究発表会, 宇都宮	将来の社会変化を踏まえたリサイクルの評価のための負荷回避法における代替効果の検討	平田一馬, 中谷隼
40	2024 年 3 月 15-17 日	3RINCs 2024, Sydney, Australia	Environmental benefits from plastic waste recycling pathways in Japan	Zhang, C., Nakatani, J., Nakamura, T., Fujii, S., Kanematsu, Y., and Kikuchi, Y
41	2024 年 3 月 17 日	3RINCs 2024	Environmental Benefits from Plastic Waste Recycling Pathways in Japan	Chengyao ZHANG
42	2024 年 3 月 19 日	化学工学会 第 89 年会	炭素源を区別した循環型プラスチックリサイクルの評価	中村拓真
43	2024 年 6 月	the 34th European Symposium on Computer-Aided Process Engineering, Florence, June	Assessment of Plastic Recycling Technologies Based on Carbon Resource Circularity Considering Feedstock and Energy Use	Takuma Nakamura, Shoma Fujii, Aya Heiho, Heng Yi Teah, Yuichiro Kanematsu, Yasunori Kikuchi
44	2024 年 7 月 3 日	4th Life Cycle Innovation Conference (LCIC 2024)	An LCA-based Spatial Matching Scheme Aids the De-carbonization from Plastic Waste Recycling in Japan	Richao Cong, Atsushi Fujiyama, Toru Matsumoto
45	2024 年 8 月 25-27 日	2024 Joint ISIE Socio-Economic Metabolism and Asia-Pacific Conference, Beijing, China	Analysis of Japan's plastic waste management and lessons from China towards a circular economy	Zhang, C., Nakatani, J
46	2024 年 9 月	化学工学会第 55 回秋季大会, U203, 札幌	ライフサイクル思考に基づくバイオマス由来プラスチックの炭素フロー解析	千田康太, ティア ヘンイ, 兼松祐一郎, 菊池康紀
47	2024 年 9 月 10 日	第 35 回廃棄物資源循環学会研究発表会	廃棄物管理に起因するプラスチックの環境放出量推定モデルを用いた一般廃棄物管理・資源循環プロセス由来のマイクロプラスチックの樹脂別環境放出量評価	石垣智基, PAYOMTHIP Panida, HAM Geun-Yong, 稲葉陸太, 山田正人, 大迫政浩

48	2024 年 9 月 26 日	第 73 回 高分子討論会	廃プラスチックの地域別・業種別・樹脂別のフロー推計	稲葉 陸太, 東 修, 小川佳代子, 岡本大作, 中谷 隼, 松本 亨
49	2024 年 9 月 26 日	第 73 回 高分子討論会	(招待講演)プラスチックリサイクル技術のライフサイクル思考、第 73 回高分子討論会	菊池康紀
50	2024 年 11 月 3-7 日	EcoBalance 2024, Sendai, Japan	What kinds of plastic waste recycling contribute to climate benefits and carbon circularity?	Zhang, C., Nakatani, J., Nakamura, T., Fujii, S., Kanematsu, Y., Kikuchi, Y
51	2024 年 11 月	The 16th Biennial International Conference on EcoBalance (EcoBalance 2024), Sendai	Yuichiro Kanematsu, Yasunori Kikuchi; Flow analysis of biomass-derived and recycled plastics considering carbon source sustainability	Kota Chida, Heng Yi Teah
52	2024 年 11 月 5 日	The 16th Biennial Conference on EcoBalance	Material flow analysis of waste plastics by region, industry, and resin type in Japan	Rokuta Inaba, Osamu Higashi, Kayoko Ogawa, Daisaku Okamoto, Jun Nakatani, Toru Matsumoto
53	2024 年 11 月 8 日	公益社団法人日本包装技術協会 WEB セミナー	容器包装、プラスチック、都市ごみの日本型 CE の実現に向けて	稲葉陸太
54	2025 年 1 月 21 日	ISCC PLUS & SAF Conference– Sustainability Certification in Japan @ Tokyo	(Invited Speech) Life cycle thinking of renewable carbon sources in Japan	Yasunori Kikuchi
55	2025 年 3 月 6 日	第 20 回日本 LCA 学会研究発表会	プラスチックの地域別フロー構造の比較と資源化可能性の検討	稲葉 陸太, 東 修, 小川 佳代子, 岡本 大作, 中谷 隼, 松本 亨
56	2025 年 3 月 6 日	第 20 回日本 LCA 学会研究発表会	線形計画法を用いた産業系廃プラスチックの再資源化施設選択モデルの開発	鉾岩風人、叢 日超、藤山淳史、松本 亨
57	2025 年 3 月	化学工学会 第 90 年会, PC257,東京	バイオマス由来・リサイクル由来炭素を原料とするプラスチックのフロー解析	千田康太, ティア ヘンイ, 兼松祐一郎, 菊池康紀
58	2025 年 3 月	本 LCA 学会第 20 回研究発表会, [2-A2-02], 広島	炭素源の持続可能性を考慮したバイオマス由来プラスチックのフロー解析	千田康太, ティアヘンイ, 兼松祐一郎, 菊池康紀
59	2025 年 5 月 11-13 日	3RINCs 2025, Jeju, South Korea	Characterizing circularity, climate and energy benefit of plastic recycling options using carbon flow and circular diagrams	Zhang, C., Nakatani, J

【論文】

1） 古賀 愛, 范 学周, 松本 亨, 藤山 淳史：行政報告データを活用したボトムアップ型物質フロー推計手法の開発：三重県の産廃プラを対象として， 土木学会論文集 G（環境）, 77 巻 6 号, p. II_33-II_42, 2021

2） Richao CONG, Atsushi FUJIYAMA, Toru MATSUMOTO、Collection of Industrial Plastic Waste During the COVID-19 Pandemic -A Case Study of the Wholesale and

Retail Trade Sector in Fukuoka Prefecture, Japan、環境共生、38(1) 46-55 （2022年３月）
3） 中谷隼：プラスチック資源循環におけるエネルギー回収の位置付け，Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan 29 (418)，pp. 169-174（2022）［解説］
4） 中谷隼：脱炭素社会の実現と協調したプラスチック資源循環に向けたシステム的考察，地球環境, 27 (1)，pp.11-18（2022）［解説］
5） 中谷隼：プラスチック資源循環の政策的な動向とライフサイクル思考の役割，日本包装学会誌, 32 (1)，pp.17-28（2023）［解説］
6） R Cong, A Fujiyama, T Matsumoto: “Optimal plastic recycling system and technology development could accelerate decarbonization: A case study from Japan”, Waste Management, 175, pp.110-120, (2024), https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.045
7） Y. Kikuchi, Y. Nomura, T. Nakamura, S. Fujii, A. Heiho, Y. Kanematsu: “Application of CAPE Tools into Prospective Life Cycle Assessment: A Case Study in Feedstock Recycling of Waste Plastics,” Computer Aided Chemical Engineering 52 (2023), 2477-2482, https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15274-0.50394-2
8） S. Fujii, Y. Kanematsu, Y. Kikuchi: “Inventory data generation for prospective lifecycle design through process modeling of energy recovery from waste plastics,” Computer Aided Chemical Engineering 52 (2023), 3037-3042, https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15274-0.50484-4
9） 平田一馬・中谷隼・林徹・藤田壮：「物質フロー分析に基づく使い捨てプラスチック利用の削減可能量の推計」，日本LCA学会誌 19 (3)，143-157，https://doi.org/10.3370/lca.19.143（2023）
10） Shoma Fujii, Yuichiro Kanematsu, Yasunori Kikuchi, Inventory data generation for prospective lifecycle design through process modeling of energy recovery from waste plastics, Computer Aided Chemical Engineering, 52, 3035-3040, 2023, http://doi.org/10.1016/B978-0-443-15274-0.50484-4
11） Yasunori Kikuchi, Yuki Nomura, Takuma Nakamura, Shoma Fujii, Aya Heiho, Yuichiro Kanematsu, Application of CAPE Tools into Prospective Life Cycle Assessment: A Case Study in Feedstock Recycling of Waste Plastics, Computer Aided Chemical Engineering, 52, 2475-2480, 2023, http://doi.org/10.1016/B978-0-443-15274-0.50394-2
12） 田畑智佑・中谷隼・林徹・藤田壮：「全国市町村における廃プラスチックの発生量推計と要因分析」, 廃棄物資源循環学会論文誌 35, pp. 96-106 (2024)
13） Zhang, C., and Nakatani, J.: “Implications of chemical recycling of plastic waste for climate change impacts: A critical review,” Sustainable Production and Consumption, 48, pp. 301–323 (2024)
14） Takuma Nakamura, Shoma Fujii, Aya Heiho, Heng Yi Teah,Yuichiro Kanematsu, Yasunori Kikuchi, Assessment of Plastic Recycling Technologies Based on Carbon Resource Circularity Considering Feedstock and Energy Use, Computer Aided Chemical Engineering, 53, 799-804 (2024) http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-443-28824-1.50134-4

15） Hirata, K., Kata, D., and Nakatani, J.: “How does future decarbonization in industries affect the climate benefits of plastic recycling? A market share-based model for the avoided burden approach of life cycle assessment,” Resources,Conservation and Recycling 219, 108305 (2025)

※ 以下，査読なし

1） 中谷隼：「脱炭素社会の実現と協調したプラスチック資源循環に向けたシステム的考察」, 地球環境 27(1)，pp. 11-18 (2022)
2） 中谷隼：「プラスチック資源循環におけるエネルギー回収の位置付け」, Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan 29(418)，pp. 169-174 (2022)
3） 中谷隼：「プラスチック資源循環とカーボンニュートラルの関係についての３つの疑問」，都市清掃 76 (376)，575-580（2023）
4） 中谷隼：「LCA によるプラスチック資源循環の評価方法の基本と課題」，日本 LCA 学会誌 19 (3)，106-116，https://doi.org/10.3370/lca.19.106（2023）
5） 中谷隼：「プラスチック資源循環の政策的な動向とライフサイクル思考の役割」，日本包装学会誌 32 (1)，pp. 17-28（2023）
6） 中谷隼：「LCA による資源循環の評価方法」，環境管理 2024 年 2 月号，22-26（2024）

(3)受賞実績

1） 日本環境共生学会 2023 年度 奨励賞（藤山淳史），資源循環の高度化に資する評価手法の開発に関する研究（総合題目）
2） 第 15 回日本 LCA 学会賞 論文賞（平田一馬・中谷隼・林徹・藤田壮：「物質フロー分析に基づく使い捨てプラスチック利用の削減可能量の推計」，日本 LCA 学会誌 19 (3), 143-157（2023）

(4) 成果普及の努力（プレス発表等）

1） 松本亨、ライフサイクルアセスメントの手法と事例、プラスチックリサイクル（第 3 章第 1 節）、情報機構、pp.268-279（2024 年 7 月）[書籍]

材料再生プロセス開発

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内・外国・PCT	出願日	状態	名　称
1	福岡大学・プラスチック工学研究所	特 願 2022-123383	国内	令和 4 年 8 月 2 日	審査請求前	熱可塑性樹脂組成物の成形品の成形機、および成形品の製造方法
2	福岡大学・プラスチック工学研究所	特 願 2022-142070	国内	令和 4 年 9 月 7 日	審査請求前	熱可塑性樹脂組成物の成形品の成形機、および成形品の製造方法

3	福岡大学	特願 2022-123383	国内	令和 4 年 8 月 2 日	審査請求前	結晶性高分子の結晶化高次構造モデルの生成方法、結晶性高分子の結晶化高次構造モデル生成システム、結晶性高分子の結晶化高次構造モデル生成性プログラム、ならびに結晶性高分子の物性および/または特性を予測する方法
4	福岡大学	特願 2022-142070	国内	令和 4 年 9 月 7 日	審査請求前	熱可塑性樹脂組成物の成形品の成形機、および成形品を製造する方法

【論文】

番号	著者	所属	タイトル	発表誌名	ページ番号	発表年月
1	八尾 滋, パントン パチヤ	福岡大学	Research on creation and practical application of high-value-added recycling technology for waste plastic	Impact	6(11), 15	2020/11
2	八尾 滋	福岡大学	高分子の自己再生能力と高度マテリアルリサイクル	高分子	69(11), 575	2020/11
3	八尾 滋, パントン パチヤ	福岡大学	プラスチックの自己再生能力を活かした革新的マテリアルリサイクルプロセス	化学工学	85(3), 157	2021/2
4	八尾 滋、パントン パチヤ、大久保光	福岡大学	プラスチックの高付加価値化マテリアルリサイクルを実現する高分子の自己再生メカニズム	日本包装学会誌	30(1), 15-25	2021/2
5	パントン パチヤ, 三好雄介, 八尾 滋	福岡大学	Development of Tensile Properties and Crystalline Conformation of Recycled Polypropylene by Re-Extrusion Using a Twin-Screw Extruder with an Additional Molten Resin Reservoir Unit	Appl. Sci. 2021, 11, 1707	11(4), 1707	2021/2
6	大久保光, 八尾 滋	福岡大学	Restoring mechanism of mechanical properties of recycled polyethylene pellet moldings by a repelletizing treatment using a twin-screw extruder.	J Mater Cycles Waste Manag	23, 1152 - 1176	2021/3

7	大久保光、金保 陽香、木村哲也、パントン パチヤ、八尾滋	福岡大学、京都工芸繊維大学	Effects of a Twin-Screw Extruder Equipped with a Molten Resin Reservoir on the Mechanical Properties and Microstructure of Recycled Waste Plastic Polyethylene Pellet Moldings.	Polymers	13(7), 1058	2021/7
8	金保 陽香、パントン パチヤ、大久保光、八尾滋	福岡大学、京都工芸繊維大学	″Investigation of Degradation Mechanism from Shear Deformation and the Relationship with Mechanical Properties, Lamellar Size, and Morphology of High-Density Polyethylene	Applied Sciences	11(18), 8436	2021/11
9	Hikaru Okubo, K. Kobayashi, Daisuke Iba, I. Moriwaki, Shigeru Yao, Shinya Sasaki	京都工芸繊維大学・福岡大学	Time-resolved ex situ Raman/FT-IR spectroscopic study of structural changes in polymeric gears during operation: Towards the development of operando spectroscopic systems for polymer gears	Polymer Testing	113(2), 8436	2022/6
10	Takashi Yamamoto	山口大学	Chiral selecting crystallization of helical polymers: A molecular dynamics simulation for the POM-like bare helix	J. Chem. Phys.	157, 14901	2022/7
11	Takashi Yamamoto, M Althaf Hussain, Shigeru Yao	山口大学・福岡大学	Material Property Recovery by Controlling the Melt Memory Effects on Recrystallization and on Crystal Deformation: An Approach by the Molecular Dynamics Simulation for Polyethylene	Polymers	14(15), 3082	2022/7
12	Wataru Takarada, Mohammad A. Barique, Tatsuma Kunimitsu, Takeshi Kikutani	Tokyo Institute of Technology	Verification of the Influence of Processing History through Comparing High-Speed Melt Spinning Behavior of Virgin and Recycled Polypropylene	Polymers	14(16), 3238	2022/9
13	Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	Fukuoka University	Revolutionary Plastic Mechanical Recycling Process: Regeneration of Mechanical Properties and Lamellar Structures″, , Recycling - Recent Advances, November, (2022).	Recycling Strategy and Challenges Associated with Waste Managemen		2022/11

				t Towards Sustaining the World, IntechOpen		
14	Maho Toshimitsu, Hikaru Okubo, Shigeru Yao, Yosuke Matsukuma	福岡大学・横浜国立大学	Analysing the Relationship between Mechanical Properties and Inner Structure of LLDPE Virgin Film for Optimizing Extrusion Condition	Journal of Chemical Engineering of Japan	56(1), 2172979	2023/1
15	Mohammed Althaf Hussain, Takashi Yamamoto, Syed Farooq Adil, Shigeru Yao	福岡大学、山口大学、King Saud University	Preparation and Characterization of High-Density Polyethylene with Alternating Lamellar Stems Using Molecular Dynamics Simulations	Polymers, 2024, 16(2)	16(2), 304	2024/1
16	須川凌, 徳満勝久, 竹下宏樹	滋賀県立大学	せん断印加 HDPE の力学物性変化と光劣化挙動に関する研究	成形加工	36(6), 259	2024/6
17	Mohammed Althaf Hussain, Takashi Yamamoto, Syed Farooq Adil, Shigeru Yao	福岡大学、山口大学、King Saud University	Coarse-Grained Simulations on Polyethylene Crystal Network Formation and Microstructure Analysis	Polymers	16(7), 1007	2024/7

【外部発表】

研究発表・講演

研究発表・講演（口頭発表も含む）					
番号	発表者	所属	タイトル	学会名・イベント名など	発表年月
1	八尾 滋	福岡大学	革新的プラスチックマテリアルリサイクル技術の開発 -NEDO 先導研究プログラム-	日本化学会関東支部講演会 持続可能な社会に向けた化学技術	2020/9

2	八尾 滋，パントン パチヤ，大久保光，三好雄介	福岡大学	高分子の自己再生能力を活かした新規メカニカルリサイクル技術	第 69 回高分子討論会	2020/9
3	パントン パチヤ，八尾 滋	福岡大学	小角 X 線散乱によるせん断処理プラスチックの構造解析	第 14 回九州シンクロトロン光研究センター研究成果報告会	2020/10
4	金保陽香，パントン パチヤ，大久保光，中野涼子，関口博史，八尾 滋	福岡大学	せん断変形により力学特性が変化した高密度ポリエチレンの内部構造の評価	プラスチック成形加工学会 第 28 回秋季大会	2020/12
5	倉持彰儀，金保陽香，パントン パチヤ，大久保光，中野涼子，八尾 滋	福岡大学	タイ王国でのリサイクル LLDPE の物理特性評価と力学物性評価	プラスチック成形加工学会 第 28 回秋季大会	2020/12
6	川上裕己	福岡大学	ポリプロピレン射出成形平板における部位による構造検討	高分子学会若手研究会・冬の講演会	2020/12
7	今村修平，パントン パチヤ，関口博史，中野涼子，八尾 滋	福岡大学	ポリプロピレン薄膜物性の成形履歴依存性-動的変形	プラスチック成形加工学会 第 28 回秋季大会	2020/12
8	木村哲也	福岡大学	リサイクルポリエチレンを用いた二軸押し出し機の練りによる力学物性への影響	高分子学会若手研究会・冬の講演会	2020/12
9	木村哲也，金保陽香，大久保光，中野涼子，関口博史，八尾 滋	福岡大学	二軸押し出し機のペレタイズ条件によるリサイクルポリエチレンへの物性変化	プラスチック成形加工学会 第 28 回秋季大会	2020/12
10	川上裕己，パントン パチヤ，中野涼子，八尾滋，峯村咲希，亀田隆夫	福岡大学、三光合成	射出成形平板の部位別粉砕物を用いた再成形プレス品の力学特性検討	プラスチック成形加工学会 第 28 回秋季大会	2020/12
11	大久保光，八尾 滋	福岡大学	溶融樹脂溜まりを設けたペレタイザーによるリサイクル樹脂ペレット成形品の高度力学物性回復メカニズム	プラスチック成形加工学会 第 28 回秋季大会	2020/12
12	八尾 滋	福岡大学	練ればわかるープラスチックの自己再生能力を活用した新マテリアルリサイクルプロセスの提案	プラスチック成形加工学会新加工技術専門委員会第 71 回委員会	2020/12
13	八尾 滋	福岡大学	プラスチックのリサイクルおよびその最新動向	化学工学会関東支部 最近の化学工学講習会 69「バリューチェーンと単位操作から見たリサイクル	2021/1
14	八尾 滋	福岡大学	廃棄プラスチックの高度マテリアルリサイクル技術	第 14 回 NANO/SPE 合同講演会	2021/2

15	八尾 滋	福岡大学	高度循環型社会構築に貢献するマテリアルリサイクルプロセス	TOKYO PACK2021 未来を拓く TOKYO PACK セミナー	2021/2
16	稲葉真一	花王	トイレタリー商品への再生プラスチック活用検討と採用拡大に向けた要望	プラスチック成形加工学会環境・リサイクル委員会主催講演会	2021/3
17	木村 哲也、稗田 遼、金保 陽香、大久保 光、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	二軸押出機による再混練条件がリサイクルポリエチレンペレット成形品の力学物性・粘弾特性に与える影響	化学工学会第 86 年会	2021/3
18	大久保光	福岡大学	再混練処理がプラスチックペレット成形品の力学物性・内部構造に及ぼす影響－溶融樹脂溜まりの機能・効果－	プラスチック成形加工学会環境・リサイクル委員会主催講演会	2021/3
19	倉持 彰儀、パントン パチヤ、中野 涼子、八尾 滋	福岡大学	タイ王国のポリエチレンの動的粘弾性と力学特性の評価	レオロジー学会第 48 年会	2021/5
20	井出陽一郎	旭化成	プラスチック資源循環を実現するリサイクル技術開発およびその社会実装	第 70 回高分子学会年次大会	2021/5
21	八尾 滋	福岡大学	循環型経済を実現する廃棄プラスチックの高度マテリアルリサイクル	廃棄物資源循環学会九州支部令和 3 年度支部総会講演会	2021/5
22	山本 隆	山口大学	高分子結晶化における圧力効果と高圧結晶化の分子動力学シミュレーション	高分子学会第 70 回年会	2021/5
23	東 凌太朗、中野 涼子、八尾 滋、大久保 光	福岡大学	2 軸押出機によるリペレタイズ処理がリサイクルポリプロピレンペレット射出成形品の力学特性・内部構造に与える影響	プラスチック成形加工学会第 32 回年次大会	2021/6
24	松崎 大誠、中野 涼子、大久保 光、八尾 滋	福岡大学	2 軸押出機の再混練条件が廃棄家電由来ポリプロピレンの力学物性・内部構造に及ぼす影響	プラスチック成形加工学会第 32 回年次大会	2021/6
25	八尾 滋	福岡大学	Upgrade mechanical recycle process based on self-resilience ability of polymer	Polymer Engineering & Science International (PESI)	2021/6
26	倉持 彰儀、パントン パチヤ、中野 涼子、八尾 滋	福岡大学	バージンとリサイクルの直鎖状低密度ポリエチレンの力学特性と内部構造による高圧および動的せん断処理の影響	プラスチック成形加工学会第 32 回年次大会	2021/6
27	八尾 滋、中野 涼子、平井 翔、深野 勇気	福岡大学	側鎖結晶性ブロック共重合体による高分子表面改質機能	プラスチック成形加工学会第 32 回年次大会	2021/6

28	大久保 光、金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	溶融樹脂だまりを設けた2軸押出機によるリサイクルペレット成形品の力学物性とナノ・ミクロ構造の関係	プラスチック成形加工学会第32回年次大会	2021/6
29	八尾 滋	福岡大学	高度マテリアルリサイクルによる資源循環	プラスチック成形加工学会第32回年次大会	2021/6
30	八尾 滋	福岡大学	Self Resilience ability of Waste Plastics	International Conference on ″Materials for Humanity (MH 21)	2021/7
31	八尾 滋	福岡大学	高分子のリサイクル特性に及ぼすメソ構造の影響	高分子ナノテクノロジー研究会,「サーキュラーエコノミーを支える高分子テクノロジー」	2021/7
32	木村 哲也、金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	高密度ポリエチレンに対する溶融剪断による力学物性への影響	第70回高分子討論会	2021/7
33	八尾 滋	福岡大学	マテリアルリサイクル入門～日本における現状、プラスチックの物理劣化メカニズムと自己再生能力、今後の考察～	AndTechセミナー	2021/8
34	八尾 滋	福岡大学	再生プラスチックの品質を高める新コンパウンド製造プロセスの開発	プラスチックスエージ主催<Zoom / オンラインセミナー>『サステナブル社会の実現とこれからのプラスチック』	2021/8
35	パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	″Monitoring of melt shear deformation, recrystallization, and the relationship with mechanical properties of low-density polyethylene	PPS-36	2021/9
36	八尾 滋、三好 雄介、パントン パチヤ、平井 翔、中野 涼子	福岡大学	Advanced physical regeneration process of waste plastics by using new type extruder	PPS-36	2021/9
37	利光 真歩、大久保 光、八尾 滋	福岡大学	Analysing the relationship between mechanical properties and inner structure of LLDPE virgin film for optimizing extrusion condition	PPS-36	2021/9

38	木村 哲也、金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	Investigation of mechanical properties and inner structure of virgin polyethylene re-extruded by using a special type of twin-screw extruder	PPS-36	2021/9
39	金保陽香, パントン パチヤ, 八尾 滋	福岡大学	「異なるせん断変形を与えたポリエチレンの力学特性と光分析を用いたラメラ構造変化の評価	化学工学会 第52回秋季大会	2021/9
40	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの資源循環プロセス研究－常識人間になるな－	附属大濠高等学校模擬講義	2021/9
41	八尾 滋	福岡大学	使用済プラスチックの新規高度再生技術	キャンパスクリエート【第 9 回オンラインセミナー】産学連携オープンイノベーション ～未利用資源の活用、リサイクル技術による循環型社会の実現～	2021/9
42	木村 哲也、川上 裕己、金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	特殊押出条件によるバージンポリエチレン成形品に対する力学物性への影響	化学工学会 第52回秋季大会	2021/9
43	山本 隆	山口大学	結晶化におけるメルトメモリー効果の分子動力学シミュレーション ２．液体構造とモルフォロジー発現	第69回高分子討論会	2021/9
44	八尾 滋、パントン パチヤ	福岡大学	自己再生能力を適用した使用済みプラスチックの高度再生プロセス	九州地区高分子若手研究会・夏の公演会	2021/9
45	八尾 滋	福岡大学	NEDOプロジェクトの紹介	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2021/10
46	川上 裕己、八尾 滋、峯村 咲輝、亀田 隆夫	福岡大学、三光合成	PP 射出成形平板のゲートからの部位によるリサイクル物性への影響	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2021/10
47	パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	Spectroscopic characterization of low-density polyethylene under simulated mechanical recycling process	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2021/10

48	金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	せん断変形による高密度ポリエチレンの物性の回復手法の検討	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2021/10
49	稗田 遼	福岡大学	バージンポリプロピレンの押出成形履歴に対する樹脂溜まりの影響	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2021/10
50	木村 哲也、金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	モデルリサイクルプラスチックの力学物性と内部構造に及ぼす剪断緩和の影響	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2021/10
51	倉持 彰儀、八尾 滋	福岡大学	リサイクル樹脂成形品の力学特性並びに内部構造の再生プロセス条件依存性	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2021/10
52	木村 哲也、金保 陽香、ムハマド アルタフ フセイン、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	″Effect of new advanced Molten Resin Reservoir on mechanical properties of virgin high-density polyethylene	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021/11
53	八尾 滋、金保 陽香、木村 哲也、川上 裕己、パントン パチヤ	福岡大学	Basic concept of ″Self Resilience Ability″ of polymers and advanced mechanical recycle process	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021/11
54	ムハマド アルタフ フセイン、山本 隆、八尾 滋	福岡大学、山口大学	Computer Simulation Research on Mechanical Properties and Internal Structure of Plastics	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021/11
55	金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	Development of high-density polyethylene mechanical recycling technique by reprocessing with dynamic shear treatmen	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021/11
56	川上 裕己、亀田 隆夫、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学、三光合成	Investigation on mechanical properties and internal structure of polypropylene block copolymer injection-molded board after grinding and remolding process	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021/11

57	倉持 彰儀、パントン パチヤ	福岡大学	Regeneration of mechanical properties of linear-low density polyethylene by dynamic shear treatment	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021/11
58	パントン パチヤ、金保 陽香、八尾 滋	福岡大学	Simulated mechanical recycling process of post-consumer recycle polyethylene obtained from drinking water bottles in Thailand	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021/11
59	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの構造と物性から考えたマテリアルリサイクル	富山県プラスチック工業会 15 回 技術開発･改善事例発表会＆講演会	2021/11
60	モハメド バリク、宝田 亘、麻理谷雄士	福岡大学	リサイクルポリプロピレンにおけるペレタイズ条件が高速 DSC 測定で観測される結晶化挙動に与える影響	成形加工シンポジア’21	2021/11
61	宮井 拓巳、森直樹、長下 哲也	九州工業大学	射出成形加工における樹脂流動制御の基礎研究 ―射出成形品の内周部および外周部の強度評価―	2021 年度精密工学会中国四国支部・九州支部共催岡山地方講演会	2021/11
62	末永 竜大、森直樹、太田川 直樹	九州工業大学	樹脂流動制御を施した竹粉フィラー混入射出成形品の内部およびスキン層に対する画像解析を用いた樹脂流れの評価	2021 年度精密工学会中国四国支部・九州支部共催岡山地方講演会	2021/11
63	八尾 滋、パントン パチヤ、三好 雄介、平井 翔、中野 涼子	福岡大学	″Effective mechanical recycle based on physical degradation and physical regeneration	Pacifichem 2021	2021/12
64	パントン パチヤ、金保 陽香、今村 修平、倉持 彰儀、八尾 滋	福岡大学	″Relationship between lamellar structure and mechanical properties of semi-crystalline thermoplastics reprocessed under shear deformation	Pacifichem 2021	2021/12

65	今村修平, パントン パチヤ, 関口 博史、中野涼子、八尾 滋	福岡大学	Dependence of dynamic shear deformation with high frequency on mechanical properties and inner structures of polypropylene thin film	Pacifichem 2021	2021/12
66	倉持 彰儀、金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	Effect of dynamic shear treatment and remolding condition on mechanical properties and thickness of inner structure of linear low-density polyethylene	Pacifichem 2021	2021/12
67	金保 晴香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	Evaluation of the thickness of intermediate layer in virgin and shear-treated high-density polyethylene by using a small angle X-ray scattering and rheo-Raman spectroscopy	Pacifichem 2021	2021/12
68	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの物理劣化・自己再生メカニズムとその実践	技術情報協会セミナー リサイクル樹脂の改質技術-添加剤の配合／成形プロセスの最適化	2021/12
69	八尾 滋	福岡大学	プラスチックゴミ問題から考えるSDGｓ	福岡大学図書館ライブラリーワークショップ	2021/12
70	木村 哲也	福岡大学	リサイクルポリエチレンを用いた二軸押し出し機の練りによる力学物性への影響	高分子学会若手研究会・冬の講演会	2021/12
71	八尾 滋	福岡大学	CO2削減を実現するプラスチックの高度物性化プロセス	近畿化学協会重合工学レクチャーシリーズ NO.8「プラスチックと環境：バイオベースポリマーと廃プラスチックリサイクル」	2022/1
72	八尾 滋	福岡大学	リサイクルプラスチックの高付加価値化	３R 活動推進フォーラム循環・３Ｒリレーセミナー～プラスチック資源循環（３Ｒ＋Renewable）の促進を考える～	2022/1
73	八尾 滋	福岡大学	廃プラスチックの物性低下メカニズムと高度再生マテリアルリサイクルプロセス	技術情報協会 マテリアルリサイクルのプロセスとその事例	2022/1

74	八尾 滋	福岡大学	サーキュラーエコノミーを推進する革新的高度物性再生プロセス	高分子学会関東支部 Future Trend in Polymer Science20 2 1 FTiPS 20 2 1【カーボンニュートラルサーキュラーエコノミーにおけるポリマーサイエンスの役割 】	2022/2
75	八尾 滋、大久保 光	福岡大学、横浜国立大学	「顕微分光分析・原子間力顕微鏡によるマテリアルリサイクル高分子の内部構造解析」	公益社団法人日本顕微鏡学会第 46 回関東支部講演会「サステナブル社会と未来に貢献する顕微鏡技術」	2022/3
76	八尾 滋	福岡大学	マテリアルリサイクルのこれから	高分子学会グリーンケミストリー研究会 プラスチックのリサイクルと今後を担う次世代ポリマー	2022/3
77	八尾 滋	福岡大学	リサイクルプラスチックの高度物性再生への取組み	福岡大学 機能・構造マテリアル研究所 プラスチックマテリアルリサイクルの現状と将来課題に関するシンポジウム	2022/3
78	八尾 滋	福岡大学	新素材，成形加工，リサイクルのレオロジー	レオロジー学会 レオロジーイブニングセミナー	2022/3
79	八尾 滋	福岡大学	材料再生プロセス開発 ―自己再生能力を活用したプラスチックの高性能化プロセス開発研究―	第 37 回新産業技術促進検討会シンポジウム・NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト進捗報告会	2022/3
80	Takuro Fujii, Yuki Kawakami, Takao Kameda, Shigeru YAO	福岡大学、三光合成	Effect of dimensional changes on polypropylene injection molded products on mechanical properties	PPS-37	2022/4
81	Akiyoshi Kuramochi, Patchiya Phanthong, Shigeru YAO	福岡大学	Effect of shear treatment time on physical deterioration of linear low-density polyethylene	PPS-37	2022/4
82	Shigeru YAO	福岡大学	Novel type extruder for improving mechanical properties of recycle plastics and virgin plastics	PPS-37	2022/4

83	Patchiya Phanthong, Shigeru YAO	福岡大学	Regeneration of mesoscale lamellar structure of mechanical recycled polyethylene by dynamic shear treatment	PPS-37	2022/4
84	Mohammed Althaf Hussain, Takashi Yamamoto, Shigeru YAO	福岡大学、山口大学	Semi-crystalline lamellar stack model preparation and evaluation of its mechanical properties from molecular dynamics simulations	PPS-37	2022/4
85	Mohammed Althaf Hussain, Takashi Yamamoto, Shigeru Yao	福岡大学、山口大学	A molecular dynamics study to investigate the structure-property relationship of polyethylene under shear	第71回高分子年次大会	2022/5
86	Shigeru Yao, Pathciya Phanthong, Haruka Kaneyasu, Tetsuya Kimura, Ryo Hieda, Yuki Kawakami, Shuhei Imamura	福岡大学	High performance of virgin plastic-Extended the Physical Degradation/Physical Regeneration Theory	第71回高分子年次大会	2022/5
87	八尾 滋	福岡大学	プラスチックマテリアルリサイクルについて	日本ポリプロピレンフィルム工業会講演会	2022/5
88	山本隆, フセイン・アルタフ, 八尾滋	山口大学、福岡大学	高分子結晶化とメルトメモリー効果の分子動力学シミュレーション：液体構造と再結晶化機構および結晶組織の大変形と破壊	第71回高分子年次大会	2022/5
89	Shigeru Yao	福岡大学	Advanced Extruder based on the Physical Degradation & Physical Regeneration Theory	PPC & PETROMAT SYMPOSIUM 2022	2022/6
90	M. A. Barique, Takarada Wataru, Takeshi Kikutani	東京工業大学、福岡大学	Effects of extrusion temperature and processing history on the formation of crystalline structure in high-speed melt-spun polypropylene copolymer fibers	第33回 プラスチック成形加工学会年次大会	2022/6

91	八尾 滋	福岡大学	カーボンニュートラル時代のマテリアルリサイクルを想像する	22-1 高分子ナノテクノロジー研究会	2022/6
92	八尾 滋	福岡大学	カーボンニュートラル時代を牽引する高度マテリアルリサイクル	海外向けオンラインセミナー（株式会社キャンパスクリエイト）	2022/6
93	倉持 彰儀, 八尾 滋, Phantong Patchiya	福岡大学	直鎖状低密度ポリエチレンに長時間せん断と最適動的せん断を加えたときの物理劣化と物性回復のメカニズムの評価	プラスチック成形加工学会 第33回年次大会	2022/6
94	八尾滋, 今村修平, 稗田遼, 川上 裕己, Phantong Patchiya	福岡大学	高分子の力学特性に及ぼすせん断履歴の影響についてーポリプロピレン系ー	プラスチック成形加工学会 第33回年次大会	2022/6
95	八尾滋, 金保陽香, 木村哲也, Phantong Patchiya	福岡大学	高分子の力学特性に及ぼすせん断履歴の影響についてー高密度ポリエチレン系ー	プラスチック成形加工学会 第33回年次大会	2022/6
96	西野 孝	神戸大学	高分子の固体構造	第57回 高分子の基礎と応用講座, 高分子学会関西支部	2022/6
97	Wataru Takarada, Mohammad A. Barique, Tatsuma Kunimitsu,Takao Kameda,Takeshi Kikutani	東京工業大学、三光合成	Influence of processing history on the melt-spinning behavior and crystalline structure of fibers from recycled Polypropylene copolymers	The 16th Asian Textile Conference 16 (ATC-16)	2022/7
98	西山純平, 松隈洋介, 八尾滋, 中野涼子, 倉持彰儀	福岡大学	バージンポリプロピレンの力学物性のペレタイズ条件依存性	第59回化学関連支部合同九州大会	2022/7
99	八尾 滋	福岡大学	環境配慮設計に資するプラスチック成形加工技術の高度化～再生プラスチックの使用拡大に向けた取り組み～	第3回 ICETT 環境セミナー「産官学連携によるプラスチック資源循環の推進～環境配慮設計に基づくものづくりの推進～」	2022/7
100	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの高度マテリアルリサイクルプロセスの開発	SURE コンソーシアム 第22回リサイクル技術セミナー	2022/8
101	八尾 滋	福岡大学	高品質なプラスチック再生材料製造システムの開発	プラスチックスエージ・オンラインセミナー/サーキュラーエコノミーを目指してプラスチック・リサイクル	2022/8

102	Mohammed Althaf Hussain、Takashi Yamamoto、Shigeru Yao	福岡大学、山口大学	Evaluation of shear, relaxation, and recrystallization effects on the microstructure of high-density polyethylene semicrystalline model by molecular dynamics simulations	第71回高分子討論会	2022/9
103	パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	動的せん断処理によるポリエチレンのメカニカルリサイクルプロセスの開発：線形および長鎖分岐構造の比較検討	第71回高分子討論会	2022/9
104	八尾 滋	福岡大学	廃プラスチックのリサイクル現状と再生複合材料の最新動向	AndTechセミナー各種リサイクル技術を用いた再生樹脂・プラスチックの開発・高機能化・応用展開と課題・将来展望	2022/9
105	倉持 彰儀, パントン パチヤ, 八尾 滋	福岡大学	溶融樹脂だまりを設けたTダイ成形が直鎖状低密度ポリエチレンフィルムの力学特性と内部構造に及ぼす影響	第71回高分子討論会	2022/9
106	八尾 滋	福岡大学	物理劣化・物理再生理論に基づいたプラスチックの高性能化プロセス	持続性木質資源工業技術研究会第４７回研究会	2022/9
107	Wataru Takarada, Kazuma Kunimitsu, Mohammad A. Barique, Takeshi Kikutani	東京工業大学	Effect of processing history on spinning behavior of polypropylene investigated by diameter and velocity measurement of spinning line	49th Textile Research Symposium	2022/10
108	Shigeru Yao, Patchiya Phanthong, Nobuhisa Takayama	福岡大学	Physical Regeneration Process for Mechanical Recycling	AWPP2022	2022/10
109	八尾　滋	福岡大学	廃棄プラスチックの高度マテリアルリサイクル	日本化学会秋季事業 第12回 CSJ化学フェスタ	2022/10

110	Kotaro Chikita, Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Development of Mechanical Properties of Recycled High-Density Polyethylene by Twin-Screw Extruder with Multi-Mesh Molten Resin Reservoir	ISFR2022	2022/11
111	Ayuri Hirakawa, Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Effect of Steady and Dynamic Shear History on Mechanical Properties and Lamellar Structures of High-density Polyethylene″,ISFR2022, 2022 年 11 月 30 日	ISFR2022	2022/11
112	Rinlada Channoo, Akiyoshi Kuramochi, Patchiya Phanthong, Parassert Reubroycharoen, Shigeru Yao	福岡大学	Improvement in Mechanical Properties of Recycled High-Density Polyethylene from Waste Drinking Water Bottle by Dynamic Shear Treatment	ISFR2022	2022/11
113	Fuya Nozaki, Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Improvement of Mechanical Properties of Virgin Polypropylene by Twin-Screw Extruder with Pressure Controller and Molten Resin Reservoir	ISFR2022	2022/11
114	Shigeru Yao, Patchiya Phanthong, Nobuhisa Takayama	福岡大学	Novel Mechanical Recycling Extruder Based on the Physical Degradation and Physical Regeneration Theory	ISFR2022	2022/11
115	Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Progress in Plastic Mechanical Recycling Approach: Regeneration of Lamellar Structure and Mechanical Properties by Dynamic Shear	ISFR2022	2022/11

116	Akiyoshi Kuramochi, Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Regeneration of Mechanical Properties and Lamellar Structure of Long-Time Steady Shear Treated Linear Low-Density Polyethylene by Dynamic Shear Treatment	ISFR2022	2022/11
117	西野 孝	神戸大学	バイオベースポリマーの結晶構造と材料展開	ポリマー材料フォーラム，高分子学会	2022/11
118	八尾 滋	福岡大学	プラスチックリサイクルの現状と課題マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル・ＲＰＦ	第 43 回 廃棄物処理施設技術管理者中央研究集会テーマ「廃棄物処理と脱炭素社会について考える」	2022/11
119	木村 一成	旭化成	リサイクルポリエチレンの力学物性に及ぼす特殊押出技術適用の影響	ポリマー材料フォーラム	2022/11
120	松尾 雄一，井関 康人，松﨑 大誠，八尾 滋	三菱電機、福岡大学	使用済み家電リサイクル PP の機械的物性に及ぼす溶融樹脂溜まり付き二軸押出機の影響	プラスチック成形加工学会 第 30 回秋季大会	2022/11
121	八尾 滋	福岡大学	物理劣化・物理再生理論による高度マテリアルリサイクルプロセス	CMC リサーチウェビナー	2022/11
122	八尾 滋	福岡大学	高分子再資源化を拡大する高度メカニカルリサイクルの創製	ポリマーフロンティア 21 高分子再資源化を拡大する高度メカニカルリサイクルの創製	2022/11
123	八尾 滋	福岡大学	高品質なプラスチック再生材料製造システムの開発	令和４年度 後期 CERI 寄附講座	2022/11
124	Junpei Nishiyama, Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	″Extrusion Condition Dependence of Mechanical Properties of Virgin Polypropylene - Effect of Molten Resin Reservoir Temperature ?″	ISFR2022	2022/12
125	Shigeru Yao, Patchiya Phanthong, Nobuhisa Takayama	福岡大学	Advanced plastic mechanical recycling process using new type of extruder -extended study to virgin plastics-	PPC17	2022/12

126	Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Circular Economy for Plastics: Development of Mechanical Recycling Process by Regeneration of Lamellar Structure and Mechanical Properties″	PPC17	2022/12
127	Mohammed Althaf Hussain, Takashi Yamamoto, Shigeru Yao,	福岡大学、山口大学	Evaluating shear, relaxation, and recrystallization effects on the high-density polyethylene microstructure using molecular dynamics simulation	PPC17	2022/12
128	Akiyoshi Kuramochi, Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Evaluation of thickness of intermediate layer of virgin and shear-treated linear low-density polyethylene and the relationship with mechanical properties	PPC17	2022/12
129	Mohammed Althaf Hussain, Takashi Yamamoto, Shigeru Yao	福岡大学、山口大学	Molecular Dynamics Simulation on Plastic Materials: Polyethylene Semicrystalline Model Preparation, Characterization, and Applications″	ISFR2022	2022/12
130	八尾 滋	福岡大学	廃プラスチックの物性低下メカニズムと再生マテリアルリサイクルプロセス	技術情報協会セミナーリサイクル樹脂の改質、物性向上技術プラスチックの 劣化 ・再生メカニズム	2022/12
131	八尾 滋	福岡大学	カーボンニュートラルで必須となるプラスチックの高度マテリアルリサイクル	日本接着学会カーボンニュートラルセミナー	2023/1
132	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの高度マテリアルリサイクル実は結構根深い課題がある	高度マテリアルリサイクル研究会全体会合	2023/2
133	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの高度再生プロセスの創出－力学物性と成形履歴・内部構造－	広島大学デジタルものづくり教育研究センター材料モデルベースリサーチ(材料 MBR)プロジェクト	2023/2

134	八尾 滋	福岡大学	プラスチックリサイクル技術の基礎とプラスチック製品の環境配慮設計への応用	日本テクノセンターセミナー	2023/4
135	Phanthong Patchiya, Yao Shigeru	福岡大学	Effect of molding pressure on lamellar structures and mechanical properties of mechanical recycled low-density polyethylene″	38th International Conference of the Polymer Processing Society	2023/5
136	ムハマド アルタフ フセイン	福岡大学	Investigating Morphology and Mechanical Properties of Semi-crystalline High-Density Polyethylene under Large Amplitude Oscillatory Shear Deformation and Relaxation Effects	CSIR-IICT	2023/5
137	Hussain Mohammed Althaf, Yamamoto Takashi, Yao Shigeru	福岡大学、山口大学	Modeling Large Amplitude Oscillatory Shear Deformation in Semi-crystalline High-Density Polyethylene″	38th International Conference of the Polymer Processing Society	2023/5
138	山本 隆	山口大学	らせん高分子の結晶化とらせん認識の分子動力学シミュレーション	第 72 回高分子学会年次大会	2023/5
139	八尾 滋	福岡大学	廃プラスチックの物性低下メカニズムとマテリアルリサイクルプロセス	技術情報協会セミナー	2023/5
140	八尾 滋	福岡大学	環境配慮設計：成形からリサイクルまで	プラスチック成形加工学会東海支部 2023 年度特別講演会	2023/5
141	八尾 滋	福岡大学	高度マテリアルリサイクル実現から考えるプラスチック資源循環	プラスチック成形加工学会関西支部 2023 年度総会・講演会	2023/5

142	モハマド アルタフ フセイン，山本 隆，八尾 滋	福岡大学、山口大学	Form and mechanical behavior of semicrystalline high-density polyethylene (HDPE) under static and large amplitude oscillatory shear deformation: a molecular dynamics (MD) simulation study	プラスチック成形加工学会年次大会	2023/6
143	パントン パチヤ，八尾 滋	福岡大学	Molding pressure dependence on physical properties and lamellar structure of mechanical recycled polyethylene reprocessed by dynamic shear treatment	プラスチック成形加工学会年次大会	2023/6
144	Shigeru Yao	福岡大学	Upgrade Mechanical Recycling Process based on the Physical Degradation and Regeneration Theory (Invited)	EUROMSN2023 (Invided)	2023/6
145	須川 凌，徳満勝久，竹下 宏樹	滋賀県立大学	せん断印可 HDPE の力学物性変化と光劣化挙動に関する研究	プラスチック成形加工学会年次大会	2023/6
146	八尾 滋，中山皓太，パントンパチヤ，高山 暢久	福岡大学	リサイクル無定形プラスチック材料の力学物性の成形履歴依存性ー ABS の場合ー	プラスチック成形加工学会年次大会	2023/6
147	橋本 さらら，伊藤 美怜，荒谷成美，倉持 彰儀，柴田 大地，山下 莉緒，立元友梨佳，鈴木 慎也，大村 拓輝，八尾 滋	福岡大学	福岡大学でのプラスチック回収と樹脂種割合解析	プラスチック成形加工学会年次大会	2023/6
148	Shigeru Yao	福岡大学	Revolutionary Mechanical Recycling Process based on the Physical Degradation and Physical Regeneration theory	IPC2023 (Invited Lecture)	2023/7
149	八尾 滋	福岡大学	リサイクルプラスチックの物理劣化・再生理論から考えた高度な環境配慮設計	NCC 次世代複合材研究会プレゼン会・NCC 見学会	2023/7

150	八尾 滋	福岡大学	包括的視点から考えるバイオマスと資源循環	化学工学会「バイオマス資源からの有用化学物質変換と高機能化材料創出」講演会	2023/7
151	山本 隆	山口大学	高分子の結晶化と分子シミュレーション	電気学会講演会：グリーン社会に向けた有機・バイオ技術と関連シミュレーションに関する調査専門委員会	2023/7
152	パントン パチヤ・八尾 滋	福岡大学	Shear Deformation Mode Dependence of Mechanical Properties of Various LDPEs	第 10 回高分子学会グリーンケミストリー研究会シンポジウム,第 24 回プラスチックリサイクル化学研究会研究討論会 合同研究発表会	2023/8
153	徳満 勝久	滋賀県立大学	せん断印可 HDPE の力学物性と光劣化挙動に関する研究	ポリオレフィン研究会「第 17 回次世代ポリオレフィン総合研究発表会」	2023/8
154	八尾 滋	福岡大学	プラスチックのリサイクル特性から考える資源循環促進法	第 32 回日本エネルギー学会大会 （特別講演）	2023/8
155	八尾 滋	福岡大学	材料再生プロセス開発 リサイクルから環境配慮設計へ	新産業技術促進検討会シンポジウム・NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト 進捗報告会	2023/8
156	八尾 滋	福岡大学	高分子物性から構築する高度プラスチック資源循環	グリーンマテリアル展/新機能性材料展/nano tech 展/の合同プレイベントウェビナー	2023/8
157	山本 隆	山口大学	らせん高分子の結晶化とらせん認識の分子動力学シミュレーション	高分子討論会	2023/9
158	パントン パチヤ, 八尾 滋	福岡大学	低密度ポリエチレンフィルムのメカニカルリサイクルにせん断処理モードが及ぼす影響	高分子討論会	2023/9
159	八尾 滋	福岡大学	変形履歴と内部構造と力学特性との関連性	高分子自由討論会	2023/9
160	八尾 滋	福岡大学	成形プロセスデザインがはたすプラスチック資源循環	エンジニアリング協会	2023/9
161	八尾 滋, パントン パチヤ, 高山 暢久	福岡大学	高分子物性から考える環境配慮設計	高分子討論会	2023/9
162	中山 晧太, 内山 弘規, 野崎 楓哉, 劉本 恭大, 西山 純平, 小渕 秀明, 松隈 洋介, 八尾 滋	福岡大学	CFD による樹脂溜り内の ABS の流動解析	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10

163	パントン パチヤ	福岡大学	Dynamic shear treatment :Towards the development of plastic mechanical recycling process	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
164	モハマード アルタフ フセイン	福岡大学	Impact of Melt Relaxation on HDPE's Entanglements and Recrystallization Using Molecular Dynamics Simulations	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
165	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの資源循環を実現する高度再生プロセス	日本ゴム協会関西支部第44回サタデーセミナー	2023/10
166	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの高度資源循環から考えるCNF像	山形大学大学院有機材料システム研究科, 山形大学グリーンマテリアル成形加工研究センター, 東北経済産業局 第３１回次世代プラスチック成形技術研究会 共催：ナノセルロースジャパン第６期ナノセルロース塾, みやぎCNF プロジェクト ナノセルロース in 東北	2023/10
167	木田 拓充	滋賀県立大学	ポリエチレンの溶融加工時における樹脂溜まり効果	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
168	鞠谷 雄士	東京工業大学	リサイクルPPの高速紡糸挙動解析による成形履歴効果の検証	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
169	西野 孝	神戸大学	リサイクルポリエチレンの力学物性とラマン散乱	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
170	松本 紘宜	福岡大学	リサイクルポリプロピレンの物性回復を目指した射出成形プロセスに関する研究	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
171	森 直樹	九州工業大学	リサイクル樹脂の型内駆動機構による成形品質向上効果の検証	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
172	大久保 光	横浜国立大学	再生プラスチックの力学物性と高次構造	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
173	野崎 楓哉, 内山 弘規, 中山 晧太, 西山 純平, 劉本 恭大, 小渕 秀	福岡大学	改良型ブレーカープレートを設置した樹脂溜り内のポリプロピレンの流動	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10

	明, 松隈 洋介, 八尾 滋				
174	八尾 滋	福岡大学	物理劣化・物理再生理論が拡張するプラスチックの資源循環	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
175	山本 隆	山口大学	結晶性高分子の構造形成と大変形過程の分子動力学シミュレーション	プラスチック成形加工学会 環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	2023/10
176	Shigeru YAO, Patchiya Phanthong, Mohammed Althaf Hussain, Nobuhisa Takayama, Hideaki Obuchi, Yuki Yamashita	福岡大学	Advanced Plastic Circulation System Constructed from Basic Polymer Physics	ISFR2023	2023/11
177	M. Toshimitsu, S. Yao, Y. Matsukuma,	福岡大学	Analyzing the Relationship between Mechanical Properties and Inner Structure of Compounded Polyethylene Virgin Film with Different Extrusion Condition	ISFR2023	2023/11
178	P. Phanthong, S. Yao	福岡大学	Effect of Novel Extrusion Process on Mechanical Properties of Low-Density Polyethylene in Different Grade	ISFR2023	2023/11
179	Y. Yamashita, N. Takayama, T. Ryumoto, S. Yao	福岡大学	Effects of the Optional Equipment for Twin-Screw Extruder with Molten Resin Reservoir on the Mechanical Properties of Recycled Plastics	ISFR2023	2023/11
180	M. Althaf Hussain, T. Yamamoto, S. Yao	福岡大学、山口大学	Enhancing Plastic Recycling Approaches: Insights from Non-Equilibrium Molecular Dynamics Simulations	PPS2023	2023/11

181	S. Yao, Patchiya Phantong, Nobuhisa Takayama	福岡大学	Introduction of Japanese NEDO project and Revolutionary Mechanical Recycle Process	PPS2023	2023/11
182	木田 拓充, 今井 一希, 竹下 宏樹, 徳満 勝久, 木村 一成, 江原 賢司	滋賀県立大学、旭化成	Mechanical Properties and Morphology of Polyethylene Films Processed by Extruder with Molten Resin Reservoir	ISFR2023	2023/11
183	Hussain Mohammed Althaf	福岡大学	Modeling and Simulations of Plastics: Model, Preparation, Characterization, and Rheological Applications	Department of Chemistry, King Saud University, Kingdom of Saudi Arabia	2023/11
184	Shigru Yao	福岡大学	Recent Progress on the Revolutionary Mechanical Recycle and Environmentally Friendly Molding based on Physical Degradation / Physical Regeneration Theory	Polymers2023 (Invited Speaker)	2023/11
185	Shigeru Yao	福岡大学	Recent Progress on the Revolutionary Mechanical Recycle and Environmentally Friendly Molding based on Physical Degradation /Physical Regeneration Theory	Polymers 2023 (Invited Lecture)	2023/11
186	Shigeru Yao	福岡大学	Revolutionary Mechanical Recycling Process based on the Physical Degradation and Physical Regeneration theory	One Day Symposium on “Computational Chemistry and Materials Science (Invited Lecture)	2023/11
187	Hussain Mohammed Althaf	福岡大学	Understanding Rheological Studies of Plastics in Mechanical Recycling Process: A Combined MD and NEMD Simulations Study	One Day Symposium on “Computational Chemistry and Materials Science (Invited Lecture)	2023/11

188	M. Althaf Hussain, T. Yamamoto, S. Yao	福岡大学、山口大学	Understanding Rheological Studies of Plastics in Mechanical Recycling Process: A Combined MD and NEMD Simulations Study	ISFR2023	2023/11
189	八尾 滋	福岡大学	プラスチック資源循環を促進する革新的成形プロセス	日本技術士九州本部北九州地区 CPD 11 月度月例研修会	2023/11
190	八尾 滋	福岡大学	ポリマーのリサイクル技術の課題と現状ならびに将来構想	第 17 回技術開発フォーラム ポリマーのケミカル/マテリアルリサイクル技術の最前線	2023/11
191	M. Althaf Hussain, T. Yamamoto, S. Yao	福岡大学、山口大学	Revolutionizing Plastic Recycling: Unveiling Insights through Dynamic Molecular Simulations	2023 年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会 合同討論会	2023/12
192	八尾 滋	福岡大学	ポリマーのリサイクル技術の課題と現状ならびに将来構想	CEMVC 研究会 No.3 プラスチックマテリアルリサイクル WG2023 年プラスチック再資源化の「今」ー研究と実装の現場よりー	2023/12
193	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの高度リサイクルと新環境配慮設計	アンドテックセミナー	2024/1
194	八尾 滋	福岡大学	プラスチックマテリアルリサイクルの最新技術動向	第４回脱炭素化社会実現技術研究会	2024/1
195	八尾 滋	福岡大学	日本におけるプラスチックカーボンニュートラルに対する取り組み	第 13 回日独エネルギー・環境フォーラム	2024/1
196	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの高度マテリアルリサイクルと高度成形プロセス	サイエンス＆テクノロジーセミナー プラスチック再資源化の最前線	2024/2
197	八尾 滋	福岡大学	プラスチックリサイクルの最近の動向から	CEMVC 研究会 No.4 プラスチックマテリアルリサイクル WG 2024 年プラスチック再資源化の「論点」－取り組みの現場よりー	2024/2
198	八尾 滋	福岡大学	ポリマーのリサイクル技術の課題と現状ならびに将来構想	ゴム技術フォーラム 第４４６回ゴム技術フォーラム月例会	2024/2
199	八尾 滋	福岡大学	高分子物性に基づいたプラスチックの 新たな環境配慮設計と資源循環	日本テクノセンターセミナー プラスチックリサイクルの基礎とプラスチック製品の環境配慮設計および実用化技術とそのポイント	2024/2

200	Shigeru Yao	福岡大学	Advanced Mechanical Recycling Process based on the Physical Degradation and Physical Regeneration theory. Introduction of Japan national project.	6th Forum Plastic Recyclates (Invited Lecture)	2024/3
201	八尾 滋	福岡大学	物理劣化・物理再生理論により構築される新たなプラスチック資源循環	日本化学会第 104 春季年会 シンポジウムイノベーション共創プログラム（CIP）：持続可能社会を創出する高分子科学の研究前線	2024/3
202	SHIGERU YAO	福岡大学	Advanced Mechanical Recycling Process based on the Physical Degradation and Physical Regeneration Theory	紡織産業綜合研究所講演会	2024/5
203	SHIGERU YAO	福岡大学	Advanced Mechanical Recycling Process based on the Physical Degradation and Physical Regeneration Theory and Japan Project	長庚大学講演会	2024/5
204	八尾 滋	福岡大学	物理劣化・物理再生理論から考えるプラスチックの成形と水平リサイクル	第 114 回高分子材料セミナー	2024/6
205	鞠谷 雄士	東京科学大学	溶融体の伸長・緩和履歴と配向結晶化	日本レオロジー学会高分子加工技術研究会第 99 回例会招待講演	2024/6
206	山本 隆	山口大学	ポリエチレン融液の伸長と伸長結晶化の分子動力学シミュレーション	日本レオロジー学会 高分子加工技術研究会 第99回例会	2024/6
207	山本 隆	山口大学	らせん高分子（アイソタクティック・ポリプロピレン iPP）の結晶化におけるキラリティー認識の分子動力学シミュレーションーション	第 73 回高分子学会	2024/6
208	Mohammed, Althaf Hussai, Takashi Yamamoto, Shigeru Yao	福岡大学	Evaluation of lamellar crystal axis orientation in polyethylene by melting and large static shear deformation using a combination of MD and NEMD	第 73 回高分子年次大会	2024/6

209	パントン パチヤ, 八尾 滋	福岡大学	Novel Plastic Re-extrusion Process for Regeneration of Mechanical Properties of Low-density Polyethylene	第 73 回高分子年次大会	2024/6
210	八尾 滋, パントン パチヤ, 高山 暢久, 小渕 秀明	福岡大学	非層流のプラスチックリサイクル特性に及ぼす影響	第 73 回高分子年次大会	2024/6
211	八尾 滋, パントン パチヤ, 高山 暢久	福岡大学	特殊ブレーカープレートによる高度再生プロセス	プラスチック成形加工学会第 35 回年次大会	2024/6
212	パントン パチヤ, 八尾 滋	福岡大学	Development of plastic mechanical recycling technique for low-density polyethylene with different conformations	プラスチック成形加工学会第 35 回年次大会	2024/6
213	フセイン モハメド アルタフ, 山本 隆, 八尾 滋	福岡大学	Evaluation of lamellar crystal axis orientation in polyethylene by melting and large static shear deformation using a combination of MD and NEMD	プラスチック成形加工学会第 35 回年次大会	2024/6
214	西野 孝	神戸大学	接着の広義グローバル化を目指しませんか	日本接着学会 60 周年記念講演会	2024/6
215	藤井 拓郎,亀田 隆 夫, 八尾 滋,高山 暢久	三光合成、福岡大学	多点ゲートによる流速制御成形が PP 射出成形品の引張破断伸びに及ぼす影響 Influence of flow rate control molding with multi-point gates on tensile elongation at break of PP injection-molded products	プラスチック成形加工学会 第 35 回 年次大会	2024/6
216	鞠谷 雄士	東京科学大学	繊維の分解・劣化挙動	マテリアルライフ学会特別講演	2024/7
217	西野 孝	神戸大学	古希を迎えた高分子研究発表会(神戸)	第 70 回高分子研究発表会（神戸）70 周年記念講演会	2024/7
218	西野 孝	神戸大学	熱物性, 表面物性	日本化学会「高分子化学」化学技術基礎講座	2024/8
219	西野 孝	神戸大学	まだまだ高分子の高性能化をめざして	高分子同友会 50 周年記念講演会	2024/8

220	SHIGERU YAO	福岡大学	Advanced recycling process of plastics by new type extruder based on polymer physics	ACS FALL 2024	2024/8
221	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの物性変化メカニズムと高度マテリアルリサイクルと プラスチックのサーキュラーエコノミー	And Tech 高度マテリアルリサイクル	2024/8
222	SHIGERU YAO	福岡大学	Advanced Mechanical Recycle Process Based on Physical Degradation and Physical Regeneration Theory	European Advanced Materials Congress	2024/8
223	西野 孝	神戸大学	変形したら，それでええんや	関西レオロジー研究会	2024/9
224	松尾 雄一，井関 康人，八尾 滋	三 菱 電機、福岡大学	溶融樹脂溜まり付き二軸押出機を用いたリサイクル PP の靭性改善検討	第 73 回高分子討論会	2024/9
225	山本 隆	山口大学	プラスチックの流動結晶化機構と力学物性の分子動力学シミュレーション	第 73 回高分子討論会	2024/9
226	八尾 滋，パントン パチヤ，モハマド アルタフ，高山 暢久，小渕 秀明	福岡大学	高度なプラスチック資源循環と「物理劣化・物理再生理論	第 73 回高分子討論会	2024/9
227	Mohammed Althaf Hussain, Takashi Yamamoto, Shigeru Yao	福岡大学	Computational Rheology of Semicrystalline Polyethylene for Evaluating the Microstructure-Mechanical Property Relationships	第 72 回レオロジー討論会	2024/10
228	P. Phanthong, S. Yao	福岡大学	Enhancement of Mechanical Properties of Post-Consumer Recycled Polyethylene via a Novel Mechanical Recycling Technique	ISFR 2024	2024/10
229	S. Yao, Patchiya Phanthong, Nobuhisa Takayama, Hideaki Obuchi	福岡大学	Effect of non-laminar flow on improving mechanical properties of recycling plastic	ISFR 2024	2024/10

230	SHIGERU YAO	福岡大学	New advanced mechanical recycling based on the ″Physical Degradation and Physical Regeneration Theory”	SIP 国際シンポジウム	2024/10
231	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの力学特性理解と「物理劣化・物理再生理論」	高分子学会 高分子基礎物性研究会 プラスチックの循環利用・分解利用	2024/10
232	Patchiya Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Correlation between mechanical properties and lamellar structures of polyethylene extrusion via a novel mechanical recycling technique	AWPP2024	2024/11
233	F. Nozaki, H. Uchiyama, K. Nakayama, H. Obuchi, N. Takayama, Y. Matsukuma, S. Yao	福岡大学	Improvement of Material Properties of Virgin Polypropylene by Extrusion Experiments Using Breaker Plate	AWPP2024	2024/11
234	K. Nakayama, H. Uchiyama, F., Nozaki, H. Obuchi, N. Takayama, Y., Matsukuma, S. Yao	福岡大学	Improvement of Material Properties of Recycle ABS by Extrusion Experiments Using Molten Resin Reservoir	AWPP2024	2024/11
235	Koto Okamura, Hideaki Obuchi, Nobuhisa Takayama, Patchiya, Phanthong, Shigeru Yao	福岡大学	Regeneration of ductility of recycled polyethylene via a novel twin-screw extruder with a multi-filter inside of a molten resin reservoir unit	AWPP2024	2024/11
236	Shigeru Yao, Patchiya Phanthong, Nobuhisa Takayama, Hideaki Obuchi	福岡大学	Advanced Mechanical recycle process with using a special breaker plates	AWPP2024	2024/11
237	八尾 滋	福岡大学	物理劣化・物理再生理論が実現する 革新的プラスチックサーキュラーエコノミー	第 39 回繊維学会西部支部講演会・見学会 「環境と繊維・高分子」	2024/11
238	八尾 滋	福岡大学	サーキュラーエコノミーを促進する新環境配慮設計とは	プラスチック成形加工学会第 32 回秋季大会	2024/11

239	藤井 拓郎,亀田 隆 夫,八尾 滋,高山 暢久	三光合成、福岡大学	リサイクル PP 射出成形品の引張破断伸び評価と物性分布 Influence of flow rate control molding with multi-point gates on tensile elongation at break of PP injection-molded products	プラスチック成形加工学会 第 32 回秋季大会	2024/11
240	パントン パチヤ, 八尾 滋	福岡大学	新規押出プロセスによる再生ポリエチレンの高引張強度化	プラスチック成形加工学会第 32 回秋季大会	2024/12
241	八尾 滋	福岡大学	カーボンニュートラル実現に向けた炭素資源 リサイクル技術開発と社会実装	サイエンス＆テクノロジーセミナー 第 55 回 Continuing Education シリーズ講習会	2024/12
242	八尾 滋	福岡大学	君は界面になれるか	24-1 高分子表面研究会「高分子材料の高機能化に向けた表面・界面制御」	2025/1
243	八尾 滋	福岡大学	Considerations of Physical Degradation and Physical Regeneration Theory to CNF Compounds	Optimization of CNF for PP for Automotive Exteriors at TITK	2025/2
244	八尾 滋	福岡大学	「プラスチックマテリアルリサイクルの高度化と環境配慮設計」	栃木県産業技術センター第 4 回脱炭素化社会実現技術研究会	2025/2
245	松本 紘宜	九州工業大学	「マテリアルリサイクルにおける射出成形プロセスの基礎的研究」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
246	木田 拓充	滋賀県立大学	「樹脂溜まりを用いた押出成形ポリエチレンの物性・構造解析」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
247	宝田 亘	信州大学	「射出成形品リサイクル PP の高速紡糸挙動解析による成形履歴効果の検証」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
248	西野 孝	神戸大学	基調講演「一軸変形下でのポリエチレンの in situ Raman 散乱」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
249	大久保 光	横浜国立大学	「原子間力顕微鏡による再生プラスチックの高次構造計測」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
250	田中 真司	産業技術総合研究所	「固体 NMR 分光法を活用するポリエチレンフィルムの構造解析」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3

251	鞠谷 雄士	東京科学大学	基調講演「溶融紡糸過程で見出される中間相構造制御性」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
252	徳満勝久	滋賀県立大学	基調講演「せん断印加 HDPE の力学物性変化と光劣化挙動に関する研究」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
253	パチヤ パントン	福岡大学	「新規メカニカルリサイクル技術によるプラスチックの機械的特性および構造の再生」※	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
254	内山 弘規	福岡大学	「樹脂溜り部の流動制御による樹脂の機械的性質の向上」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
255	モハマド アルタフ フセイン	福岡大学	「Investigation of Lamellar Orientation and Mechanical Properties of Semicrystalline Polyethylene under Quiescent and Flow-Induced Crystallization」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
256	山本 隆	山口大学	基調講演「高分子結晶化の分子動力学シミュレーション（特に螺旋高分子結晶化におけるキラリティー認識の分子機構)」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
257	永田 寛知、千手 康弘	DIC（株）	「資源循環性に優れたインキ･接着剤の開発研究」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
258	加賀 正剛、藤岡 俊貴、久泉 政也	いその（株）	「リサイクルプラスチックの高度再生処理による特性変化と微細物理構造変化の評価」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
259	鬼防崇	（株）プラスチック工学研究所	「大型高性能押出機（成果の実用化・事業化の見通し)」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
260	藤井 拓郎、亀田 隆夫	三光合成（株）	「リサイクル性を考慮した射出成形・金型技術に関する取り組み」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
261	旭化成、江原賢司	旭化成（株）	「Film 系リサイクル材のボトル製品への適用＆樹脂溜まり押出機による Film の高強度化研究」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
262	澁谷 玲	花王（株）	「詰め替えパウチの水平リサイクル実現に向けた検討」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3

263	示野 郁乃	TOPPAN（株）	「モノマテリアル包材から作製したリサイクルフィルムの物性評価」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
264	新原 健一、八尾 滋	(株)富山環境整備、福岡大学	「リサイクルプラスチックの高度物理再生処理の有無を判定可能な簡易的評価手法の提案」	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3
265	松尾 雄一、兒玉 哲一	三菱電機（株）	家電由来プラスチックの自己循環リサイクルと樹脂溜まり付き押出機を用いた靭性改善検討	NEDO 特別講座シンポジウム	2025/3

受賞実績

番号	受賞者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	受賞年月
1	Kotaro Chikita	福岡大学	Development of Mechanical Properties of Recycled High-Density Polyethylene by Twin-Screw Extruder with Multi-Mesh Molten Resin Reservoir	ISFR2022	2022/11
2	Rinlada Channoo	チュラロンコン大学	Improvement in Mechanical Properties of Recycled High-Density Polyethylene from Waste Drinking Water Bottle by Dynamic Shear Treatment	ISFR2022	2022/11
3	Patchiya Phanthong	福岡大学	Progress in Plastic Mechanical Recycling Approach: Regeneration of Lamellar Structure and Mechanical Properties by Dynamic Shear	ISFR2022	2022/11
4	Akiyoshi Kuramochi	福岡大学	Regeneration of Mechanical Properties and Lamellar Structure of Long-Time Steady Shear Treated Linear Low-Density Polyethylene by Dynamic Shear Treatment	ISFR2022	2022/11
5	Patchiya Phanthong	福岡大学	Young Researcher Travel Award	38th International Conference of the Polymer Processing Society	2023/5

成果の普及

番号	発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月

1	八尾 滋	福岡大学	プラスチックマテリアルリサイクルの高度化と拡大を目指して	福岡県リサイクル総合研究事業化センター 令和２年度研究成果発表会	2020/10
2	八尾 滋	福岡大学	廃プラスチック問題の解決を目指す新しい取り組み	2020 福岡大学エコスクール	2020/10
3	福岡大学	福岡大学	カーボンニュートラル達成に向けた研究を推進「超先端材料・リサイクル研究棟」見学会	福岡大学プレスリリース	2021/11
4	福岡大学	福岡大学	プラスチックを再利用 福大の最新技術とは	KBC ニュース	2021/11
5	福岡大学	福岡大学	福岡大が再生プラの研究拠点、強度高め再利用促す	日本経済新聞	2021/11
6	八尾 滋	福岡大学	プラスチックのマテリアルリサイクル ーなぜ重要なのか、どこまで可能なのかー	未来のプラスチック ワークショップ@大木町	2021/3
7	福岡大学	福岡大学	バージンプラスチックの高性能化に成功－プラスチックのリデュース・高度再生に寄与	福岡大学プレスリリース	2021/6
8	福岡大学	福岡大学	プラマテリアルリサイクル新品原料も高性能化	化学工業日報	2021/6
9	福岡大学	福岡大学	廃プラの高効率資源循環を目指して	環境浄化技術 2021 年 5・6 月号	2021/6
10	金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	注目講演 異なるせん断変形を与えたポリエチレンの力学特性と光分析を用いたラメラ構造変化の評価	化学工学会第 52 回秋季大会	2021/9
11	福岡大学	福岡大学	ＧＳアライアンス、廃プラリサイクル新手法導入	化学工業日報	2022/1
12	八尾 滋	福岡大学	物理再生理論に立脚した廃棄プラスチックリサイクル技術	環境技術会誌	2022/10
13	八尾 滋	福岡大学	容器包装プラスチックの高度マテリアルリサイクルプロセス	環境対応 ： プラスチック容器包装最前線、情報機構	2022/11
14	八尾 滋	福岡大学	廃棄プラスチックの物性低下メカニズムと高度再生マテリアルリサイクル	容器包装材料の環境対応とリサイクル技術、技術情報協会	2022/12
15	八尾 滋	福岡大学	第一章日本における廃プラスチックの現状と複合材料の最新動向、第 4 章資源プラスチックの再生に向けた最新技術～品質向上に向けて～第 1 節 プラスチック劣化の原因とその対策	環境配慮型設計を見据えた再生資源プラスチックの将来展望 ～選別技術および再生資源をとりまく最新動向～	2022/5
16	八尾 滋	福岡大学	バージンペレットの高性能化とその CN ならびに CE への波及効果	プラスチックエージ	2022/6

17	八尾 滋	福岡大学	高度マテリアルリサイクルプロセスを踏まえた資源循環システム	包装技術	2022/6
18	八尾 滋	福岡大学	廃プラスチックのリサイクル技術 マテリアルリサイクルとは	廃プラスチックの現在と未来 ： 持続可能な社会におけるプラスチック資源循環	2023/1
19	八尾 滋	福岡大学	根本から考える（巻頭言）	環境技術会誌	2023/10
20	八尾 滋	福岡大学	プラスチック資源循環の現状とこれから	プラスチックス	2023/12
21	八尾 滋	福岡大学	高度マテリアルリサイクルに向けた新規高性能ペレット成形プロセスの開発	プラスチックの循環利用拡大に向けたリサイクルシステムと要素技術の開発動向	2023/3
22	大久保光、八尾滋	横浜国立大学、福岡大学	次世代マテリアルリサイクルシステムの構築に向けた廃棄プラスチックの高度物性再生技術の創出	月刊ソフトマター	2023/4
23	八尾 滋	福岡大学	リサイクル材・バイオマス複合プラスチックの技術と仕組，第 3 章 リサイクル材・バイオマス活用のための要素技術 第 1 節	廃プラスチックの物性低下の要因と高度物性再生マテリアルリサイクル，S&T 出版	2023/7
24	八尾 滋	福岡大学	廃プラスチックの物性低下の要因と高度物性再生マテリアルリサイクル	リサイクル材・バイオマス複合プラスチックの技術と仕組	2023/7
25	八尾 滋	福岡大学	これまでとこれからのマテリアルリサイクル	月刊ソフトマター	2024/7
26	徳満 勝久	滋賀県立大学	せん断印加したHDPEの力学物性変化と光劣化挙動に関する研究	月刊ソフトマター	2024/7
27	亀田 隆夫	三光合成	PP 樹脂射出成形品のリサイクル性向上に必要な成形加工技術の開発	月刊ソフトマター	2024/7
28	八尾 滋	福岡大学	プラスチックのマテリアルリサイクルにおける 技術開発と海外での動向	プラスチックリサイクル ～製品別処理技術と事業化に向け求められる企業対応～ 情報機構	2024/7
29	八尾 滋	福岡大学	自動車業界において再生樹脂を循環させるための課題と今後の展望について	公益財団法人 自動車リサイクル促進センター有識者の寄稿 vol9	2024/9
30	八尾 滋	福岡大学	リサイクルから新環境設計へ	マテリアルライフ学会誌，37［1］1～8	2025/2

その他事項

番号	発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
1	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの自己再生能力を活かした高度マテリアルリサイクル手法とプラスチックリサイクルの最新動向今後の展望	サイエンス&テクノロジーセミナー	2020/10
2	八尾 滋	福岡大学	自己再生能力を活かしたマテリアルリサイクル手法と最新動向・展望	R&D 支援センターセミナー	2020/11
3	八尾 滋	福岡大学	4.5節 プラスチックのリサイクル	バリューチェーンと単位操作から見たリサイクル（最近の化学工学 69)	2020/12
4	福岡大学	福岡大学	基礎から考えるプラスチックマテリアルリサイクルの手法と今後	工業材料 2021 秋号[雑誌・特集:プラスチックリサイクル技術の現在]	2021/10
5	八尾 滋	福岡大学	環境・リサイクル専門委員会主催シンポジウム	プラスチック成形加工学会	2021/10
6	福岡大学	福岡大学	プラスチックのマテリアルリサイクルと顔料	顔料	2021/12
7	八尾 滋	福岡大学	プラスチックの高度マテリアルリサイクルによる循環型経済社会	情報機構セミナー	2021/2
8	八尾　滋、パントンパチヤ、大久保 光	福岡大学	第５章　廃プラスチックリサイクルにおける要素技術の開発動向 第４節「物理劣化・物理再生理論による廃プラの高度マテリアルリサイクル技術」	プラスチックリサイクル−世界の規制と対策・要素技術開発の動向と市場展望	2021/7
9	福岡大学	福岡大学	再生プラスチックの品質を高める新コンパウンド製造プロセスの開発	プラスチックエージ	2022/1
10	八尾 滋	福岡大学	成形履歴による内部構造変異に伴う物理劣化とその再生について	「接着の技術」誌	2022/2
11	八尾 滋	福岡大学	プラスチックマテリアルリサイクルの現状と将来課題に関するシンポジウム	福岡大学機能構造マテリアル研究所	2022/3

・石油化学原料化プロセス開発（触媒分解）

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	状態	名　　称
1	国立大学法人鳥取大学 片田直伸, 辻悦司, 菅沼学史, 川谷優也	特開 2023-000272 特願 2021-100991	国内	2021/6/17	審査中	ポリオレフィンからの炭化水素混合物の製造方法,

2	一般財団法人石油エネルギー技術センター 高澤隆一	特開 2024-143636	国内	2023/3/30	出願	廃プラスチックに含まれるプラスチック成分と充填剤を分離する方法
3			国内		出願中	
4			国内		準備中	

(Patent Cooperation Treaty: 特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Satoshi Suganuma*, Kohsuke Arita, Fumiya Nakano, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada+B3:G5	鳥取大学	Adsorption Kinetics in Removal of Basic Nitrogen-containing Compounds from Practical Heavy Oils by Amorphous Silica-alumina,	Fuel, 266,, 117055 (2020).	有	2020
2	Koshiro Nakamura*, Kazu Okumura, Etsushi Tsuji, Satoshi Suganuma and Naonobu Katada	鳥取大学	Reactivity of Methane and Benzene over Metal/MFI Zeolite Analyzed with Temperature-Programmed Reaction Technique	ChemCatChem., 12, (8), 2333 - 2340 (2020).	有	2020
3	Kazuki Nakajima, Satoshi Suganuma*, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Mechanism of Tetralin Conversion on Zeolites for Production of Benzene Derivatives	React. Chem. Eng., 5, 1272 - 1280 (2020).	有	2020
4	Peidong Hu, Koshiro Nakamura, Hitoshi Matsubara, Kenta Iyoki*, Yutaka Yanaba, Kazu Okumura, Tatsuya Okubo, Naonobu Katada* and Toru Wakihara	鳥取大学	Comparative Study of Direct Methylation of Benzene with Methane on Cobalt-exchanged ZSM-5 and ZSM-11 Zeolites	Appl. Catal., A: Gen., 601, 117661 (2020).	有	2020
5	Hitoshi Matsubara, Kana Yamamoto, Etsushi Tsuji*, Kazu Okumura, Koshiro Nakamura, Satoshi Suganuma and Naonobu Katada	鳥取大学	Position and Lewis Acidic Property of Active Cobalt Species on MFI Zeolite for Catalytic Methylation of Benzene with Methane,	Micropor. Mesopor. Mater., 310, 110649 (2020).	有	2020
6	Fumiya Nakano, Tomohide Goma, Satoshi Suganuma*, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Selective Dealkylation of Alkyl Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Towards Innovative Upgrading Process of Practical Heavy oil,	Catal. Sci. Technol., 11, (1) 239 - 249 (2021).	有	2021
7	Akihiro Otani, Masaya Kuroda, Satoshi Suganuma*, Etsushi	鳥取大学	MFI zeolite-supported Ru nanoparticles for efficient conversion	React. Chem. Eng., 6, (10) 1920 - 1927 (2021).	有	2021

	Tsuji and Naonobu Katada,		of pyroglutamic acid to 2-pyrrolidone,			
8	Naonobu Katada ,Kana Yamamoto, Moeri Fukui, Kai Asanuma, Satoshi Inagaki, Kazuki Nakajima, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji, Ana Palcic, Valentin Valtchev, Petko St. Petkov, Kristina Simeonova, Georgi N. Vayssilov, Yoshihiro Kubota	Tottori University Yokohama National University Ruđer Bošković Institute ENSICAEN, UNICAEN, CNRS University of Sofia	Acidic property of YNU-5 zeolite influenced by its unique Micropore system	Microporous and Mesoporous Materials, 330(1), 11592(2020).	有	2022
9	Reina Kaneda, Satoshi Suganuma*, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Hydrogenation of pyroglutamic acid into pyroglutaminol over Ni/SiO2,	J. Jpn. Petrol. Inst., 65, (5) 192 - 199 (2022).	有	2022
10	Chinami Kaku, Satoshi Suganuma*, Kiyotaka Nakajima, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Selective Hydrogenation of L-proline to L-prolinol over Al2O3-supported Pt-MoOx Catalyst,	ChemCatChem, 14, (19) e202200399 (2022).	有	2022
11	M. Sakai, Y. Nomura, M. Matsukata	早稲田大学	Strategy of Development on Zeolite Membrane for Forward Osmosis Operation; Effects of Structural Parameter of Support Layer and Si/Al Ratio of ZSM-5 Layer on Water Flux	Journal of Chemical Engineering of Japan, 53(1), 2251529	有	2023
12	M. Sakai, H. Hori, T. Matsumoto, M. Matsukata	早稲田大学	One-Pot Synthesis Method of MIL-96 Monolith and Its CO2 Adsorption Performance	ACS Applied Materials and Interfaces, 15(18), 22395–22402	有	2023
13	M. Sakai, Y. Sekine, M. Matsukata	早稲田大学	Transesterification of Methyl Acetate Using a Flow-Type Membrane Reactor with a Zeolite Membrane	Industrial and Engineering Chemistry Research, 62(31), 12191–12198	有	2023
14	Kazu Okumura*, Kai Tanaka, Akimichi Ohtsuki, Hikaru Iiyoshi and Naonobu Katada,	鳥取大学	Direct Methylation of Benzene with Methane over Co/MFI Catalysts Generated by Self-dispersion of Co(OH)2,	Catal. Sci. Technol., 13, 5969-5977 (2023).	有	2023
15	Naonobu Katada*, Nobuki Ozawa*, Etsushi Tsuji, Keigo Kanehara, Akiho Otsuka, Taiga Sakamoto, Kirari Umezawa, Hitoshi Matsubara, Satoshi Suganuma and Momoji Kubo,	鳥取大学	Methylation of Benzene with Methane Induced by Strong Adsorption of Benzene on Co Ion at α-Position in Zeolite with Moderate Al−Al Distance,	Micropor. Mesopor. Mater., 364, 112855 (2024).	有	2024
16	Naonobu Katada*, Hayato Tamura, Takuya	鳥取大学	Correlation between Na-Cs Ion Exchange	Langmuir, 40, (37), 19324-19331 (2024).	有	2024

	Matsuda, Yuya Kawatani, Yu Moriwaki, Manami Matsuo and Ryota Kato,		Property in the Alkaline Form and Acid Strength in the Proton Form of Zeolite,			
17	Koshiro Nakamura, Sho Tanizaki, Kakeru Tsubokawa, Etsushi Tsuji, Satoshi Suganuma and Naonobu Katada	鳥取大学	Ethylation of Benzene with Ethane over MFI Zeolite-supported Pb Catalyst,	Catal. Lett. 155, 17 (2025).	有	2025
18	Tomohiro Fukumasa, Yuya Kawatani, Hiroki Masuda, Ikuto Nakashita, Ryusei Hashiguchi, Masanori Takemoto, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji, Toru Wakihara and Naonobu Katada	鳥取大学	Shape Selective Cracking of Polypropylene on an H-MFI Type Zeolite Catalyst with Recovery of Cyclooctane Solvent,	RSC Sustain., 3, (2) 890 - 903 (2025).	有	2025
19	Sakai Motomu, Matsushita Mahiro, Omata Takumi, Miura Kensei, Miura Eri, Kamo Tohru, Kawatani Yuya, Masuda Hiroki, Suganuma Satoshi, Katada Naonobu, Matsukata Masahiko	早稲田大学	Polypropylene decomposition in petroleum-based solvents over beta	J. Jpn. Petrol. Inst., In press	有	2025

【総説】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	片田直伸	鳥取大学	ゼオライト上の遷移金属種を触媒とするメタンによるベンゼンのメチル化	えねるみくす, 99, (2) 155 - 160.	無	2020
2	中村浩史郎, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	MFI ゼオライト担持金属を触媒とするメタンによるベンゼンのメチル化	ゼオライト, 37, (1), 17 - 27.	無	2020
3	松原仁志*, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	メタンによるベンゼンの直接メチル化反応に活性な Co 種の特性,	触媒, 62, (6) 351 - 356 (2020).	無	2020
4	Satioshi Suganuma* and Naonobu Katada,	鳥取大学	Innovation of Catalytic Technology for Upgrading of Crude Oil in Petroleum Refinery,	Fuel Process. Technol., 208, 106518 (2020).	無	2020
5	加茂　徹	早稲田大学	プラスチックリサイクルの最新技術と持続可能な社会におけるプラスチックの使 い方	工業材料, 69(11), 44881	無	2021
6	加茂　徹	早稲田大学	電気電子機器や自動車由来の廃プラスチックのリサイクル	月刊　化学物質, 6(5), 49-56	無	2021
7	加茂　徹	早稲田大学	持続可能な社会における容器包装材の使い方	日本食品包装協会誌, 172	無	2021

8	加茂　徹	早稲田大学	持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	化学工学,85(3),143	無	2021
9	加茂　徹	早稲田大学	プラスチックリサイクルの技術的潮流と将来展望	プラスチックリサイクル, 1-29	無	2021
10	加茂　徹	早稲田大学	使用済み工業製品のガス化反応による資源回収	プラスチックのケミカルリサイクル技術, 139-149	無	2021
11	加茂　徹	早稲田大学	廃プラスチックの現状と循環利用への課題	場の科学, 1(1), 28-44	無	2021
12	加茂　徹	早稲田大学	プラスチック容器の現状と課題	食品包装 1 , 44-50	無	2022
13	加茂　徹	早稲田大学	SDGs が目指す持続可能な社会におけるプラスチック容器の役割 1　－最新のリサイクル技術－	食品と容器,63(3), 179-185	無	2022
14	加茂　徹	早稲田大学	SDGs が目指す持続可能な社会におけるプラスチック容器の役割 2　－最新のリサイクル技術－	食品と容器,63(5), 316-321	無	2022
15	松方正彦	早稲田大学	ケミカルリサイクル（新 CR）技術開発の最新動向	技術トレンドレポート「環境配慮型材料」vol.5, 1	無	2023
16	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	クリーンテクノロジー, 33(2), 36-41	無	2023
17	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す持続可能な社会におけるプラスチック容器の使い方	包装技術, 61(3), 44964	無	2023
18	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す持続可能な社会における有機資源の使い方	日本空気清浄協会誌, 61(4), 43-46	無	2023
19	片田直伸	鳥取大学	ゼオライト触媒のカーボンニュートラル化への貢献	表面技術, 74, (12) 658 - 665	無	2023
20	Satoshi Suganuma* and Naonobu Katada	鳥取大学	Selective Conversion of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Practical Heavy Oil,	J. Jpn. Petrol. Inst., 66, (4) 95 - 100	無	2023
21	Hyun-Seog Roh*, Jugkyu Choi*, Minkee Choi* and Naonobu Katada	鳥取大学	Preface: The 19th Korea-Japan Symposium on Catalysis (19th KJSC)	Catal. Today, 429, 114469 (2024).	無	2024

22	片田直伸*, 田村隼央,	鳥取大学	中学生が発見したゼオライトのイオン交換能を制御する因子: 鳥取大学ジュニアドクター育成塾「めざせ！地球を救う環境博士」の成果,	ゼオライト, 41, (1) 29 - 35	無	2024
23	加茂　徹	早稲田大学	廃プラスチックの現状と持続可能な社会への対応	環境ビジネス，夏号，90−93	無	2024
24	加茂　徹	早稲田大学	炭素繊維強化プラスチックの最新リサイクル技術と課題	化学装置, 66(5), 2−9	無	2024
25	77. 今井祐介, 杉本慶喜, 中里哲也, 重田香織, 槙納好岐, 加茂徹	早稲田大学	炭素繊維強化プラスチック(CFRP)リサイクル材の評価技術	自動車技術, 78(9), 2−8	無	2024
26	Yoshiyuki Toyooka and Naonobu Katada*	鳥取大学	Petroleomics in Japan: People, History and Development,	J. Jpn. Petrol. Inst., 68, (1) 1 - 9	無	2025

【著作】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	加茂　徹	早稲田大学	CFRP のリサイクル技術・再生炭素繊維活用の現状と課題	CFRP のリサイクル技術と最新動向, 3-11	無	2023
2	片田直伸	鳥取大学	メタンによる芳香族メチル化	メタンと二酸化炭素 〜その触媒的化学変換技術の現状と展望〜, 上田渉監修, シーエムシー・リサーチ, 東京, 244 - 254	無	2023
3	Etsushi Tsuji* and Naonobu Katada,	鳥取大学	Frontiers in Arene Chemistry: Direct Methylation of Benzene with Methane on Metal-Loaded Zeolites	Industrial Arene Chemistry: Markets, Technologies, Sustainable Processes and Case Studies of Aromatic Commodities, Wiley-VCH, Weinheim, 747 - 767	無	2023
4	菅沼学史*, 片田直伸,	鳥取大学	有機合成触媒としてのゼオライト	エヌ・ティー・エス, 多孔質体ハンドブック, 475 – 480	無	2023
5	片田直伸, 辰巳敬, 大久保達也, 窪田好浩, 脇原徹編	鳥取大学	イオン交換	脇原徹編, 講談社, ゼオライトの基礎と応用, 79 － 83	無	2024

6	片田直伸, 辰巳敬, 大久保達也, 窪田好浩, 脇原徹編	鳥取大学	酸塩基性質　理論・測定,	脇原徹編, 講談社, ゼオライトの基礎と応用　119 - 135	無	2024

【外部発表】講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	松方　正彦	早稲田大学	石油精製が実現する新しい大規模プラスチックリサイクル	石油学会中国・四国支部第 38 回講演会	2020/11/1
2	片田直伸	鳥取大学	ゼオライトの触媒作用: 美しい構造と化学的性質の関係	情報機構セミナー, オンライン	2021/1/26
3	松方　正彦	早稲田大学	ケミカルリサイクルでプラ to プラは実現する？ NEDO プログラムディレクター松方教授に聞く！	DNP P&I セミナー TOKYO PACK 2021 DNP オンライン展示会連動セミナー	2021/2/1
4	松方　正彦	早稲田大学	廃プラスチックの石油精製プロセスを活用した石油化学原料化技術開発	廃プラスチックのケミカルリサイクル／サーマルリサイクル動向セミナー	2021/2/1
5	加茂　徹	早稲田大学	情報技術を利用したプラスチックのリサイクル	北九州市環境産業推進会議第11回総会	2021/2/1
6	加茂　徹	早稲田大学	SDGs が目指す世界におけるプラスチックの使い方	株式会社　タクマ	2021/3/1
7	加茂　徹	早稲田大学	廃プラスチックのリサイクルの現状と持続可能な社会へ向けての取り組み	情報機構	2021/3/1
8	加茂　徹	早稲田大学	持続可能な社会における有機資源の使い方	化学工学会　第 86 年会	2021/3/1
9	加茂　徹	早稲田大学	プラスチック・ゴミ問題を考える	第4回サステナブル・SDGs の学びと実践	2021/5/1
10	加茂　徹	早稲田大学	廃プラスチックの最新リサイクル技術の動向～持続可能な社会におけるプラスチックの使い方～	R & D 支援センター	2021/5/1
11	加茂　徹	早稲田大学	SDGs が目指す持続可能な社会におけるプラスチック容器の役割	日本包装学会	2021/6/1
12	加茂　徹	早稲田大学	プラスチックの今後の動向	株式会社 茨城シーアイシー研究所	2021/6/1
13	加茂　徹	早稲田大学	プラスチックリサイクルの最新技術と持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	サイエンス＆テクノロジー	2021/6/1
14	加茂　徹	早稲田大学	SDGs が目指す持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	第 128 回 SCE・Net 技術懇談会	2021/7/1
15	加茂　徹	早稲田大学	プラスチックのリサイクル技術の基礎とその使い方	CMC リサーチセミナー	2021/7/1
16	加茂　徹	早稲田大学	プラスチックリサイクルの課題及び技術開発の動向	(公財)岐阜県産業経済振興センター	2021/8/1
17	加茂　徹	早稲田大学	リサイクル技術の動向と、SDGs に向けた対策	技術情報協会	2021/8/1
18	片田直伸	鳥取大学	参照触媒のいま, 未来	2021 参照触媒新制度発足記念オンラインシンポジウム	2021/9/15-2022/3/31

19	加茂 徹	早稲田大学	持続可能な社会におけるプラスチックの役割	国際粉体工業展 大阪 2021	2021/10/1
20	Naonobu Katada	鳥取大学	Brønsted Acid Strength of Zeolite,	1st Japan-China Symposium on Catalysis, KN-8	2021/10/11
21	加茂 徹、松方正彦	早稲田大学	Development of a New Technology to Measure the Amount of Residual Carbon on the Surface of Recovered Carbon Fiber	e-ISFR	2021/11/1
22	加茂 徹	早稲田大学	廃プラスチックのケミカルリサイクルの現状と課題	CE 広域マルチバリュー循環研究会	2021/11/1
23	加茂 徹	早稲田大学	廃プラスチックリサイクルの現状とCFRPリサイクルの概要	And Tech セミナー	2021/11/1
24	松方正彦	早稲田大学	石油精製を活用したプラスチックのケミカルリサイクルの提案	産総研資源循環利用技術研究ラボワークショップ	2021/11/1
25	松方正彦	早稲田大学	革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発の概要―ケミカルリサイクルを中心に―	石油学会第51回石油・石油化学討論	2021/11/1
26	加茂 徹	早稲田大学	Latest plastic recycling technology & role of plastics in the sustainable society	MATERIALS RESEARCH MEETING 2021	2021/12/1
27	加茂 徹	早稲田大学	プラスチックリサイクルの最新技術と持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	サイエンス＆テクノロジー	2021/12/1
28	片田直伸	鳥取大学	YFI 型ゼオライトに寄せる大細孔固体酸触媒としての期待,	第 30 回規則性多孔体セミナー /GSC セミナー, 鳥取	2021/12/6
29	加茂 徹	早稲田大学	マイクロプラスチックの発生を抑制するためのリサイクル技術	マテリアルライフ学会	2022/1/1
30	松方正彦	早稲田大学	廃プラスチックのケミカルリサイクルとサーマルリサイクルに関する技術開発・事業動向	技術情報センター：廃プラスチックのケミカルリサイクルとサーマルリサイクルに関する技術開発・事業動向	2022/2/1
31	松方正彦	早稲田大学	プラスチックの新しいケミカルリサイクル技術の提案	「プラスチックのリサイクルと次世代バイオベースポリマー」 21-1 グリーンケミストリー研究会、高分子学会	2022/3/1
32	松方正彦	早稲田大学	石油化学原料化プロセス開発 ～石油精製プロセスを活用した新しいケミカルリサイクル～	第 37 回新産業技術促進検討会シンポジウム・NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト進捗報告会	2022/3/1
33	加茂 徹	早稲田大学	廃プラスチックリサイクルの現状とCFRPリサイクルの概要	And Tech セミナー	2022/4/1
34	加茂 徹	早稲田大学	持続可能な社会におけるプラスチックの循環利用	技術情報協会	2022/4/1
35	加茂 徹	早稲田大学	炭素循環に基づく持続可能な社会におけるプラスチックの役割	科学技術者フォーラム(STF) 2022 年 4 月度セミナー	2022/4/1

36	加茂 徹	早稲田大学	炭素循環を原則とした持続可能な社会におけるプラスチックの役割	フィラー研究会	2022/4/1
37	松方正彦	早稲田大学	NEDO プロジェクト :「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」と ケミカルリサイクル技術の開発状況	JPI(日本計画研究所)	2022/5/1
38	加茂 徹	早稲田大学	持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	R & D 支援センター	2022/5/1
39	松方正彦	早稲田大学	プラスチックの触媒分解生成物の分析方法の検討	石油学会第 64 回年会	2022/5/1
40	片田直伸	鳥取大学	ゼオライトの酸性質とアンモニア吸着によるその解析,	MicrotracMRB 基礎からわかるWeb セミナー、ガス吸着法による固体触媒評価の基礎	2022/5/20
41	松方正彦	早稲田大学	ケミカルリサイクルの技術開発と最新動向	野村証券スピーカーシリーズ	2022/6/1
42	加茂 徹	早稲田大学	プラスチックのリサイクルの現状と課題 技術開発状況	栃木県産業技術センター	2022/6/1
43	加茂 徹	早稲田大学	炭素循環を目指す持続可能な社会におけるプラスチックの役割	日本テクノセンター	2022/6/1
44	加茂 徹	早稲田大学	DX を用いた高度な資源循環への期待と課題	プラスチックの資源循環×デジタル化	2022/6/1
45	加茂 徹	早稲田大学	プラスチックのリサイクルの現状と課題、技術開発状況	栃木県産業技術センター	2022/6/1
46	加茂 徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	グリーンマテリアル	2022/7/1
47	加茂 徹	早稲田大学	プラスチックリサイクルの最新技術と持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	サイエンス＆テクノロジー	2022/7/1
48	加茂 徹	早稲田大学	持続可能な社会におけるプラスチックのリサイクル	加工技術研究会	2022/7/1
49	加茂 徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す持続可能な社会におけるプラスチックの新しい使い方	日本計画研究所	2022/8/1
50	加茂 徹	早稲田大学	持続可能な社会におけるプラスチック包装容器の役割	技術士包装物流会	2022/8/1
51	松方正彦	早稲田大学	プラスチックの熱・触媒分解挙動とプラスチックリサイクル技術	サイエンス＆テクノロジー	2022/9/1
52	松方正彦	早稲田大学	資源循環と環境負荷低減の両立を目指した革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発の取り組みの全体像 および ケミカルリサイクル、エネルギー回収に関する最先端技術動向について	高分子学会高分子同友会第 143 回研究開発部会	2022/9/1
53	Naonobu Katada	鳥取大学	YNU-5: Strongly Acidic Large Pore Zeolite	International Conference of Emerging Science 2022 (ICES 2022)	2022/12/12-14
54	Naonobu Katada	鳥取大学	YNU-5 Zeolite with Strong Brønsted Acid Sites Accessible from 12-Ring Pores,	The 4th International Symposium on Porous Materials 2022 (ISPM2022)	2022/10/12-14

55	Tohru Kamo	Waeda University	Latest plastic recycling technology & role of plastics in the sustainable society	JICA	2022/10/1
56	Tohru Kamo	Waeda University	Recycling Technology for Plastics in a Sustainable Society	ISFR 2022	2022/11/1
57	加茂 徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す社会における資源循環	SEF サロン	2022/11/1
58	松方正彦	早稲田大学	プラスチックの資源循環～マテリアルからエネルギー～	中国地区化学工学懇話会 2022 年度セミナー	2022/11/1
59	松方正彦	早稲田大学	廃プラスチックの石油精製プロセスを活用した石油化学原料化技術開発	CMC リサーチウェビナー	2022/11/1
60	加茂 徹	早稲田大学	廃プラスチックリサイクル技術の最新動向と将来展望	And Tech	2022/11/1
61	加茂 徹	早稲田大学	脱炭素を目指す持続可能な社会におけるプラスチックの循環利用法	化学工学会第 56 回化学工学の進歩講習会	2022/11/1
62	増田大毅・川谷優也・福政智大・菅沼学史・辻悦司・片田直伸	鳥取大学	ポリオレフィン分解に対するゼオライト触媒のミクロ細孔による反応物形状選択性	第 32 回キャラクタリゼーション講習会	2022/12/1
63	Naonobu Katada	鳥取大学	YNU-5: Strongly Acidic Large Pore Zeolite,	International Conference of Emerging Science 2022 (ICES 2022), Daejeon, Chungnam National University	2022/12/12-14
64	片田直伸	鳥取大学	アンモニア IRMS-TPD 法による固体の酸量, 酸強度, 酸の種類の解析,	第 32 回キャラクタリゼーション講習会, 高知, ちよテラホール	2022/12/15
65	Masaiko Matsukata	Waseda University	New Developments in Chemical Recycling of Plastics	CHEMCON2022, Kanpur, India	2022/12/1
66	松方正彦	早稲田大学	日本における廃プラスチックのリサイクルについて	早稲田大学循環型環境技術研究会	2022/12/1
67	松方正彦	早稲田大学	革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」と ケミカルリサイクル技術の開発状況	日本計画研究所	2022/12/1
68	松方正彦	早稲田大学	NEDO プラスチック資源化 PJ の概要とケミカルリサイクル技術の進捗	合成樹脂工業協会環境・リサイクル研究部会	2023/1/1
69	片田直伸	鳥取大学	副原料を消費しないプラスチック再資源化: 酸型ゼオライトによる形状選択的ポリオレフィン分解	化学系学協会北海道支部 2024 年冬季研究発表会	2023/1/1
70	片田直伸	鳥取大学	ゼオライト酸点の解析と設計	令和 4 年度触媒学会東日本支部講演会, オンライン	2023/1/26
71	松方正彦	早稲田大学	革新的プラスチック資源化プロジェクトの進捗とカーボンニュートラル社会への位置づけ	TH 企画セミナー	2023/1/1
72	加茂 徹	早稲田大学	ゼロカーボンにおけるプラスチックリサイクルとマテリアルリサイクルの技術動向	栃木県産業技術センター 県南技術支援センター	2023/2/1

73	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボン社会におけるプラスチックおよび CFRP の循環利用～最新のリサイクル技術と資源循環の未来～	新社会システム総合研究所	2023/2/1
74	片田直伸	鳥取大学	酸型ゼオライトを触媒とするポリオレフィンの分解	第131回触媒討論会特別シンポジウム	2023/3/17
75	松方正彦	早稲田大学	ものづくり産業のカーボンニュートラル実現への道筋	JPI	2023/3/1
76	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す持続可能な社会における炭素繊維の役割	第 4 回 CFRP における最新技術動向セミナー	2023/3/1
77	松方正彦，片田直伸，野崎京子，塚原保徳，加茂徹	早稲田大学	循環社会構築に向けた廃プラスチックのケミカルリサイクル	触媒学会第131回触媒討論会特別シンポジウム	2023/3/17
78	松方正彦	早稲田大学	プラスチック再資源化技術開発の現状と展望	ゴムタイムス社セミナー	2023/3/1
79	松方正彦	早稲田大学	化学工学会が取り組むカーボンニュートラルへの挑戦	岡山大学講演会	2023/3/1
80	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボン時代におけるケミカルリサイクルの役割	サーキュラー・エコノミー－広域マルチバリュー循環（CE-MVC）研究会	2023/4/1
81	片田直伸	鳥取大学	ゼオライトの酸性質とアンモニア吸着によるその解析	2023 年 触媒評価基礎ウェブセミナー，オンライン	2023/5/24
82	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す社会におけるプラスチックの循環利用法	R&D 支援センター	2023/5/1
83	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボン時代における有機資源の使い方	石炭・炭素資源有効利用研究会第 11 回研究会	2023/5/1
84	松方正彦、三浦えり、加茂　徹、酒井　求	早稲田大学	炭化水素溶媒中におけるポリエチレンの分解に対するゼオライト Beta の効果	石油学会第 65 年会	2023/5/1
85	加茂　徹	早稲田大学	廃プラスチック問題の現状とゼロカーボン社会における有機資源の循環利用	技術情報協会	2023/6/1
86	加茂　徹	早稲田大学	プラスチックリサイクルの最新技術と持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	サイエンス＆テクノロジー	2023/7/1
87	松方正彦	早稲田大学	触媒を用いた廃プラスチックのケミカルリサイクルの開発動向	触媒学会有機資源循環触媒研究会第1回有機資源循環触媒セミナー	2023/7/1
88	松方正彦	早稲田大学	石油化学原料化プロセス開発①	第45回新産業技術促進検討会シンポジウム NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト進捗報告会	2023/8/1
89	松方正彦	早稲田大学	膜分離プロセスの基礎と最新動向	R&D 支援センター	2023/8/1

90	加茂 徹	早稲田大学	Recycling of Organic Resource using Information Technology in Japan: Current Status and Challenges	Japan Society of Material Cycles and Waste Management	2023/9/1
91	加茂 徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す時代の有機材料の使い方	第61回高分子材料自由討論会	2023/9/1
92	松方正彦	早稲田大学	化学にかかわるカーボンニュートラルを目指したコンソーシアム	INCHEM Tokyo	2023/9/1
93	松方正彦	早稲田大学	化学に関わる産業のカーボンニュートラルへの展望と課題	INCHEM Tokyo	2023/9/1
94	加茂 徹	早稲田大学	Latest plastic recycling technology & role of plastics in the sustainable society	JICA	2023/10/1
95	M. Matsukata	早稲田大学	Membrane Reactor for Direct CO2 Fischer-Tropsch Synthesis: Effect of Operating Conditions	16th International Conference on Catalysis in Membrane Reactors, (ICCMR16)	2023/10/1
96	M. Matsukata	早稲田大学	Membrane Reactors for Carbon Neutrality: From Process Intensification to CO2 Valorization	Membrane Reactors for Carbon Neutrality: From Process Intensification to CO2 Valorization," The 9th International Zeolite Membrane Meeting (IZMM 2023)	2023/10/1
97	松方正彦	早稲田大学	NEDO プロジェクト 廃プラスチックの大規模ケミカルリサイクル実現に向けた触媒分解プロセス技術開発	JPI	2023/10/1
98	松方正彦	早稲田大学	「化学と持続可能性とカーボンニュートラル」、君たちの将来と化学の未来～早大で過ごす化学な週末 2023～	日本化学会	2023/10/1
99	松方正彦	早稲田大学	プラスチックの大規模リサイクルとケミカルリサイクル技術の提案	技術情報センターセミナー	2023/10/1
100	松方正彦	早稲田大学	プラスチックの熱・触媒分解挙動とプラスチックリサイクル技術	サイエンス＆テクノロジー社セミナー	2023/10/1
101	松方正彦	早稲田大学	廃プラスチックケミカルリサイクルのための触媒分解プロセスの提案	第53回石油・石油化学討論会	2023/10/1
102	松方正彦	早稲田大学	膜分離プロセスの基礎とCO2・水素などの活用に向けた最新動向・将来展望	AndTech 社セミナー	2023/10/1
103	加茂 徹	早稲田大学	廃プラスチックおよび繊維強化プラスチック（FRP）の最新リサイクル技術 ～ゼロカーボン時代における有機資源の使い方～	情報機構	2023/11/1
104	加茂 徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す持続可能な社会における有機資源の循環利用	第9回 難燃・共同セミナー	2023/12/1
105	加茂 徹	早稲田大学	繊維強化プラスチック（FRP）のリサイクル技術	秋田県 風力発電設備のブレードリサイクル調査中間報告会	2023/12/1

106	片田直伸	鳥取大学	副原料を消費しないプラスチック再資源化: 酸型ゼオライトによる形状選択的ポリオレフィン分解	化学系学協会北海道支部 2024 年冬季研究発表会	2024/1/23
107	加茂　徹	早稲田大学	サーキュラーエコノミーにおけるプラスチックリサイクルの役割	サーキュラーエコノミーセミナー～国内外動向の最前線	2024/2/1
108	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボン社会におけるプラスチックおよび CFRP の循環利用～最新のリサイクル技術と資源循環の未来～	新社会システム総合研究所	2024/2/1
109	松方正彦	早稲田大学	ものづくり産業のカーボンニュートラル実現への道筋	JPI	2024/3/1
110	松方正彦	早稲田大学	プラスチック再資源化技術開発の現状と展望	ゴムタイムス社セミナー	2024/3/1
111	松方正彦	早稲田大学	化学工学会が取り組むカーボンニュートラルへの挑戦	岡山大学講演会	2024/3/1
112	萩原和彦	コスモ石油	混合プラスチックの触媒分解評価	2024 年度 JPEC フォーラム	1905/7/16
113	加茂　徹	早稲田大学	ゼロカーボンを目指す持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	海洋理工学会	2024/6/1
114	加茂　徹	早稲田大学	持続可能な社会におけるプラスチックの循環利用	精密工学会	2024/6/1
115	片田直伸	鳥取大学	ゼオライトの酸性質とアンモニア吸着によるその解析	2024 年 触媒評価基礎ウェブセミナー, オンライン	2024/6/6
116	加茂　徹	早稲田大学	サーキュラーエコノミーが目指す持続可能な社会におけるプラスチックの使い方	サイエンス＆テクノロジー	2024/7/1
117	加茂　徹	早稲田大学	プラスチックリサイクルの最新技術動向について	野村證券スピーカーシリーズ	2024/7/1
118	加茂　徹	早稲田大学	廃プラスチックの現状と持続可能な社会への対応	環境ビジネス	2024/7/1
119	加茂　徹	早稲田大学	廃プラスチックの最新リサイクル技術の動向	R＆D 支援センター	2024/8/1
120	加茂　徹	早稲田大学	最新！ 廃プラスチックリサイクル技術と循環利用法−サーキュラーエコノミー対応への課題、国内外・業界別の動向、CFRP、欧州 ELV 規制の行方−	日刊工業新聞社	2024/9/1
121	加茂　徹	早稲田大学	ウェルビーイングな社会におけるプラスチックの使い方,	内閣府総合知シンポジウム,プラスチックサーキュラーエコノミーの社会実装にむけて	2024/9/1
122	片田直伸	鳥取大学	ゼオライトの触媒機能	第 18 回触媒道場, 松山, 愛媛大学城北キャンパス, 基礎講座 1	2024/9/2
123	Naonobu Katada	鳥取大学	Rational approaches to a carbon-neutral world and the contributions of researches by the Japan Petroleum Institute members,	The Japan Petroleum Institute Symposium, Tokyo, Ito International Research Center, The University of Tokyo	2024/9/26
124	萩原和彦	コスモ石油	Catalytic Cracking Evaluation of Mixed Plastics	第 17 回日中韓石油技術会議	1905/7/16

125	加茂 徹	早稲田大学	サーキュラーエコノミーにおけるプラスチックの循環利用	第119回海洋技術連絡会講演会	2024/12/1
126	加茂 徹	早稲田大学	廃プラスチックリサイクル技術の最新動向と将来展望	AndTech	2024/12/1
127	加茂 徹	早稲田大学	ゼロカーボン時代のプラスチックの循環利用	CMC リサーチ	2025/1/1
128	加茂 徹	早稲田大学	ミライをツクル　包装と循環の技術	包装技術	2025/1/1
129	加茂 徹	早稲田大学	最新！ 廃プラスチックリサイクル技術と循環利用法 －サーキュラーエコノミー対応への課題、国内外・業界別の動向、CFRP、欧州 ELV 規制の行方－	日刊工業新聞社	2025/2/1
130	Naonobu Katada	鳥取大学	Recycling of waste plastics without consumption of other materials: Shape selective cracking of polyolefin on H-MFI zeolite catalyst with recovery of cyclooctane solvent,	The 33rd Saudi-Japan Joint Symposium, Dhahran, KFUPM Dhahran Techno Valley, Innovation Cluster Bldg.	2025/2/10
131	加茂 徹	早稲田大学	ゼロカーボン社会におけるプラスチックの循環利用法とその課題	日本海洋教育学会第 2 回大会	2025/3/1
132	萩原和彦	コスモ石油	石化収率向上に向けた廃プラ触媒分解油の FCC 処理検討	2025 年度 JPEC フォーラム	1905/7/17
133	片田直伸	鳥取大学	溶媒中での強酸性ゼオライト触媒によるポリオレフィン分解の特徴と形状選択的反応への発展	石油学会東北支部講演会・有機資源循環触媒研究会セミナー	2025/6/27

【外部発表】

(a) 学会発表 国際会議

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	査読	発表年月
1	Risa Furuta, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Polymerization of tetrahydrofuran over various solid acid catalysts	Pacifichem 2021	無	2021/12/15-20
2	Satoshi Suganuma, Kazuki Nakajima,Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Mechanism of tetralin conversion to benzene and its derivatives on zeolites	Pacifichem 2021	無	2021/12/15-20
3	Yuya Kawatani, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji, Naonobu Katada	鳥取大学	Reactant Shape Selectivity Found in Polypropylene Pyrolysis with Alkane Solvent on Zeolite Catalyst	IZC2022 (20th International Zeolite Conference)	無	2022/7/1
4	Hiroki Masuda, Yuya Kawatani, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji, Naonobu Katada	鳥取大学	Study on Reaction Condition Dependences of Zeolite-catalyzed Polyolefin Pyrolysis towards Practical Application	TOCAT9	無	2022/7/1
5	Akiho Otsuka, Keigo Kanehara, Hitoshi	鳥取大学	Enhancement of Toluene Yield in	IZC2022 (20th International	無	2022/7/5

	Matsubara, Taiga Sakamoto, Etsushi Tsuji, Satoshi Suganuma and Naonobu Katada,		Methylation of Benzene with Methane on Co/MFI Zeolite by Mechanism-based Design of Reaction Conditions	Zeolite Conference)		
6	Naonobu Katada, Moeri Fukui, Yu Moriwaki, Manami Matsuo, Harumi Ikuta, Nanako Yuza, Akihiro Otani, Yuya Kawatani, Hiroki Masuda, Satoshi Suganuma and Etsushi Tsuji	鳥取大学	Brønsted Acid Sites in 8- and 12-rings of YFI Type Zeolite	IZC2022 (20th International Zeolite Conference)	無	2022/7/5
7	Yuya Kawatani, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Reactant Shape Selectivity Found in Polypropylene Pyrolysis with Alkane Solvent on Zeolite Catalyst	IZC2022 (20th International Zeolite Conference)	無	2022/7/6
8	Yu Moriwaki, Moeri Fukui, Manami Matsuo, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Methylation of Naphthalene Ring Catalyzed by Dealuminated YNU-5 Type Zeolite	IZC2022 (20th International Zeolite Conference)	無	2022/7/7
9	Yu Moriwaki, Moeri Fukui, Manami Matsuo, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Catalytic Activities of 12-ring Zeolites for Methylation of Naphthalene	TOCAT9	無	2022/7/25
10	Sayaka Sekino, Kazuki Nakajima, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Tetralin Conversion into Benzene and Its Derivatives on Mo-loaded *BEA Zeolite	TOCAT9	無	2022/7/26
11	Taiga Sakamoto, Akiho Otsuka, Hitoshi Matsubara, Masaya Yasuda, Etsushi Tsuji, Satoshi Suganuma and Naonobu Katada,	鳥取大学	Quantification of Products by BID-GC and Enhancement of Selectivity by Pressure Elevation in Direct Methylation of Benzene with Methane on Co/MFI	TOCAT9	無	2022/7/26
12	Akiho Otsuka, Keigo Kanehara, Hitoshi Matsubara, Etsushi Tsuji, Satoshi Suganuma and Naonobu Katada,	鳥取大学	Enhancement of Toluene Yield in Methylation of Benzene with Methane Catalyzed by Co/MFI Zeolite	TOCAT9	無	2022/7/26
13	Yuya Kawatani, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Effect of Pore Size and Solvent Molecular Size on Polyolefin Pyrolysis Catalyzed by Solid Acid,	TOCAT9	無	2022/7/26
14	Hiroki Masuda, Yuya Kawatani, Satoshi Suganuma, Etsushi	鳥取大学	Study on Reaction Condition Dependences of Zeolite-catalyzed	TOCAT9	無	2022/7/26

	Tsuji and Naonobu Katada,		Polyolefin Pyrolysis towards Practical Application			
15	Hiroki Masuda, Yuya Kawatani, Tomohiro Fukumasa, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji, and Naonobu Katada,	鳥取大学	Reactant Shape Selectivity for Polyolefin Pyrolysis Catalyzed by Zeolite	5th Euro-Asia Zeolite Confence	無	2023/2/7
16	Manami Matsuo, Yu Moriwaki, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Catalytic Activity of YFI-type Zeolite for Isomerization and Methylation of Naphthalene Derivatives	5th Euro-Asia Zeolite Confence	無	2023/2/7
17	Tomohiro Fukumasa, Hiroki Masuda, Yuya Kawatani, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji, Naonobu Katada	鳥取大学	Polypropylene Pyrolysis with Recycling of Solvent in Zeolite Micropores	The 19th Korea-Japan Symposium on Catalysis	無	2023/5/1
18	Hiroki Masuda, Yuya Kawatani, Tomohiro Fukumasa, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada	鳥取大学	Reactant Shape Selectivity for Polyolefin Pyrolysis Catalyzed by Zeolite	FEZA2023	無	2023/7/1
19	Manami Matsuo, Yu Moriwaki, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Catalytic Activity of YFI-type Zeolite for Methylation and Isomerization of Naphthalene Derivatives	FEZA2023	無	2023/7/3
20	Naonobu Katada, Nobuki Ozawa, Akiho Otsuka, Taiga Sakamoto, Kirari Umezawa, Shota Omori, Hitoshi Matsubara, Koshiro Nakamura, Keigo Kanehara, Peidong Hu, Kenta Iyoki, Etsushi Tsuji, Satoshi Suganuma, Momoji Kubo and Toru Wakihar,	鳥取大学	Activation Barrier for Benzene Methylation with Methane Lowered by Strong Benzene Adsorption,	FEZA2023	無	2023/7/5
21	M. Matsushita, T. Kamo, M. Sakai, M. Matsukata	Waseda University	Catalytic decomposition of polypropylene in petroleum-based solvents	8th Asia-Oceania Conference on Green and Sustainable Chemistry	無	2023/11/1
22	M. Matsushita, E. Miura, T. Kamo, M. Sakai, M. Matsukata	Waseda University	Polyethylene Decomposition over Zeolite Catalysts in Hydrocarbon Solvents	8th Asia-Oceania Conference on Green and Sustainable Chemistry	無	2023/11/1
23	Tomohiro Fukumasa, Hiroki Masuda, Yuya Kawatani, Satoshi	鳥取大学	Polypropylene Cracking Proceeding in	32nd Annual Saudi-Japan Symposium	無	2023/12/1

	Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada		Micropores of MFI Type Zeolite			
24	Tomohiro Fukumasa, Hiroki Masuda, Yuya Kawatani, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Polypropylene Cracking Proceeding in Micropores of MFI Type Zeolite,	18th ICC (International Catalysis Congress), MON-POST01-440	無	2024/7/15
25	Ryota Kato, Manami Matsuo, Yu Moriwaki, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Shape selectivity for naphthalene ring methylation generated by chemical vapor deposition of silica on YFI type (YNU-5) zeolite,	18th ICC (International Catalysis Congress), TUE-POST02-2	無	2024/7/16
26	Nobuki Ozawa, Etsushi Tsuji, Keigo Kanehara, Taiga Sakamoto, Hitoshi Matsubara, Naonobu Katada and Momoji Kubo	鳥取大学	Relationship between Al－Al distance and catalytic activity for benzene methylation in Co/MFI zeolite: A periodic DFT study,	ZMPC2024 (International Symposium on Zeolites and Microporous Crystals)	無	2024/7/24
27	Ryota Kato, Manami Matsuo, Yu Moriwaki, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada	鳥取大学	Shape Selectivity for Naphthalene Ring Methylation Generated by Chemical Vapor Deposition of Silica on YFI Type (YNU-5) Zeolite	ZMPC2024 (International Symposium on Zeolites and Microporous Crystals)	無	2024/7/24
28	Takuya Matsuda, Etsushi Tsuji and Nanobu Katada,	鳥取大学	Alkali-silver Ion Exchange Property of Zeolite	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	無	2025/5/20
29	Haseeb Shafqat, Yusei Kato, Ayaka Matsunaga, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada	鳥取大学	Hybrid Catalyst Design for Efficient CO_2-to-Gasoline Conversion Using Na/$ZnFe_2O_4$ and ZSM-5	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	無	2025/5/20
30	Yusei Kato, Ayaka Matsunaga, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada	鳥取大学	Influence of Pressure on CO2 to Hydrocarbon Reaction over Sodium Ferrite-MFI Type Zeolite Mixture	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	無	2025/5/20
31	Ikuto Nakashita, Tomohiro Fukumasa, Ryusei Hashiguchi, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Reactivity of Cyclooctane on MFI Type Zeolite	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	無	2025/5/20
32	Eri Hattori, Ryota Kato, Takuya Matsuda, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Post-synthesis Treatments of YFI Type Zeolite Catalyst for Naphthalene Ring Methylation	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	無	2025/5/20
33	Shinichiro Matsushita, Ryusei Hashiguchi, Tomohiro Fukumasa, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada	鳥取大学	Effect of Porous Property of Zeolite Catalyst on Polyolefin Cracking	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	無	2025/5/21

34	Satoshi Suganuma, Harumi Ikuta, Kiyotaka Nakajima, Etsushi Tsujia and Naonobu Katada,	鳥取大学	Hydrogenation of Pyroglutamic Acid Catalyzed by YFI Zeolite-supported Ruthenium,	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	無	2025/5/22
35	Ryota Kato, Manami Matsuo, Yu Moriwaki, Moeri Fukui, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada,	鳥取大学	Methylation of Naphthalene Ring Catalyzed by YFI Zeolite	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	無	2025/5/22
36	Naonobu Katada, Tomohiro Fukumasa, Yuya Kawatani, Hiroki Masuda, Ikuto Nakashita, Ryusei Hashiguchi, Masanori Takemoto, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Toru Wakihara,	鳥取大学	Solvent Recovery in Catalytic Polyolefin Cracking Using Shape Selec-tivity of MFI-type Zeolite,	The 21st International Zeolite Coneference	無	2025/7/14-18
37	Takuya Matsuda, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada	鳥取大学	Alkali-silver ion exchange property of zeolite,	The 21st International Zeolite Coneference	無	2025/7/14-18
38	Naonobu Katada, Hayato Tamura, Takuya Matsuda, Yuya Kawatani, Yu Moriwaki, Manami Matsuo and Ryota Kato,	鳥取大学	Cs Ion Selectivity in Alkaline Form and Acid Strength in H-form Generated by Charge Delocalization on AlO4 Unit in Zeolite,	The 21st International Zeolite Coneference	無	2025/7/14-18

【外部発表】国内研究発表

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	古田理紗，菅沼学史，辻悦司，片田直伸	鳥取大学	テトラヒドロフランの重合における固体酸触媒の酸性質，細孔特性の影響	第50回石油・石油化学討論会 熊本大会	2020/11/12
2	稲田凌介，菅沼学史，辻悦司，片田直伸	鳥取大学	モリブデン酸化物モノレイヤーを触媒とするナフタレンからテトラリンへの部分水素化反応	第50回石油・石油化学討論会 熊本大会	2020/11/12
3	胡摩智英，中野史哉，菅沼学史，辻悦司，片田直伸，	鳥取大学	実減圧軽油中のアルキル多環芳香族の脱アルキル化活性に対するアルミナ担持シリカモノレイヤー触媒の担体の影響	第50回石油・石油化学討論会 熊本大会	2020/11/13
4	福井萌麗，山本花菜，森脇優，淺沼開，稲垣怜史，窪田好浩，辻悦司，菅沼学	鳥取大学	脱アルミニウム YNU-5 ゼオライトの酸性質	第 36 回ゼオライト研究発表会	2020/11/20

	史, 片田直伸,				
5	坪川翔, 中村浩史郎, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	Pb/MFI ゼオライトを触媒とするベンゼン・トルエンのエタンによるエチル化反応	第 36 回ゼオライト研究発表会	2020/11/20
6	森脇優, 山本花菜, 福井萌麗, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	YFI 型ゼオライト合成へのスケールの影響	石油学会中国・四国支部第 38 回講演会次世代研究者セッション	2020/11/25
7	金原慶吾, 松原仁志, 中村浩史郎, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	Co/MFI ゼオライト触媒の Al 濃度がメタンによるベンゼンメチル化選択率に与える影響	石油学会中国・四国支部第 38 回講演会次世代研究者セッション	2020/11/25
8	川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ポリプロピレンの触媒分解によるナフサに相当する炭化水素の生成	第 10 回 JACI/GSC シンポジウム	2021/5/1
9	大塚明歩, 松原仁志, 金原慶吾, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	Co/MFI ゼオライトを触媒とするメタンによるベンゼンのメチル化におけるトルエン収率の向上	石油学会第 69 回研究発表会	2021/5/25
10	川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ポリプロピレンの触媒分解によるナフサに相当する炭化水素の生成	第 10 回 JACI/GSC シンポジウム	2021/6/23
11	川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ポリプロピレンの触媒分解によるナフサに相当する炭化水素の生成	第 128 回触媒討論会	2021/9/1
12	松原仁志, 金原慶吾, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	メタンによるベンゼンのメチル化反応における触媒活性点の解析	第 128 回触媒討論会	2021/9/15
13	川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ポリプロピレンの触媒分解によるナフサに相当する炭化水素の生成	第 128 回触媒討論会	2021/9/15
14	関野紗矢香, 中島一樹, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	*BEA ゼオライト担持 Mo 触媒によるテトラリン転換反応	第 128 回触媒討論会	2021/9/15
15	片田直伸, 福井萌麗,	鳥取大学	YNU-5 ゼオライトの酸性質の脱 Al による変化	第 128 回触媒討論会	2021/9/17

	森脇優, 菅沼学史, 辻悦司,				
16	松原仁志, 金原慶吾, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	メタンによるベンゼンのメチル化反応に活性な Co 種の生成条件	第51回石油・石油化学討論会 函館大会	2021/11/12
17	川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ゼオライト触媒によるポリオレフィンの分解における溶媒の効果	第51回石油・石油化学討論会 函館大会	2021/11/12
18	関野紗矢香, 中島一樹, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	二機能性触媒によるテトラリンのベンゼン誘導体への変換	第51回石油・石油化学討論会 函館大会	2021/11/12
19	古田理紗, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	*BEA ゼオライトを触媒とするテトラヒドロフランとアルカンジオールの共重合	第51回石油・石油化学討論会 函館大会	2021/11/12
20	福井萌麗, 森脇優, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	YNU-5 の酸性質に対する脱アルミニウムとイオン交換の影響	第51回石油・石油化学討論会 函館大会	2021/11/12
21	森脇優, 福井萌麗, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	ナフタレンのメチル化に対する 12-ring ゼオライトの触媒作用	第51回石油・石油化学討論会 函館大会	2021/11/12
22	萩原和彦、豊岡義行、高澤隆一、林宏、齊藤真由美、中村博幸、秋本淳	石油エネルギー技術センター	廃プラスチック触媒分解プロセス開発に向けた各種プラスチックの粘度特性評価	石油学会第51回石油・石油化学討論	2021/11/1
23	稲田凌介, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	デカヒドロナフタレンを水素供与体とする多環芳香族からベンゼン誘導体の合成	第 37 回ゼオライト研究発表会	2021/12/3
24	増田大毅・川谷優也・辻悦司・菅沼学史・片田直伸	鳥取大学	ゼオライト触媒上でのポリオレフィン分解の実用化に必要な反応条件の影響の観察	石油学会第 26 回 JPIJS ポスターセッション	2022/5/1
25	川谷優也・増田大毅・菅沼学史・辻悦司・片田直伸	鳥取大学	ポリオレフィンの触媒分解に対する共存物質の影響	石油学会第 70 回研究発表会	2022/5/1

26	坂本大河, 大塚明歩, 保田昌哉, 松原仁志, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	メタンによるベンゼンメチル化の反応速度と選択性のメタン高圧化による向上	第 26 回 JPIJS ポスターセッション	2022/5/30
27	増田大毅, 川谷優也, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	ゼオライト触媒上でのポリオレフィン分解の実用化に必要な反応条件の影響の観察	第 26 回 JPIJS ポスターセッション	2022/5/30
28	生田遥美, 油座菜々子, 大谷明央, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	YFI 型ゼオライト担持 Ru 触媒によるピログルタミン酸の水素化	第 26 回 JPIJS ポスターセッション	2022/5/30
29	松尾茉那実, 森脇優, 福井萌麗, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	2-メチルナフタレンのメチル化反応に対する脱アルミ YFI 型ゼオライトの触媒活性	第 26 回 JPIJS ポスターセッション	2022/5/30
30	大塚明歩, 保田晶哉, 坂本大河, 松原仁志, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	Co/MFI ゼオライトを触媒とするメタン-ベンゼン反応に対する酸素の影響	石油学会第 70 回研究発表会	2022/5/31
31	菅沼学史, 関野紗矢香, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	Mo/*BEA ゼオライトを触媒とする 1-メチルナフタレンの部分水素化・開環	石油学会第 70 回研究発表会	2022/5/31
32	森脇優, 松尾茉那実, 福井萌麗, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	2-メチルナフタレンのメチル化に対する YFI 型ゼオライトの触媒性能と脱 Al による影響	石油学会第 70 回研究発表会	2022/5/31
33	川谷優也, 増田大毅, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ポリオレフィンの触媒分解に対する共存物質の影響	石油学会第 70 回研究発表会	2022/5/31
34	坂本大河, 大塚明歩, 松原仁志, 辻悦司, 菅	鳥取大学	Co/MFI 触媒上でのメタンによるベンゼンメチル化の反応速度と選択性に対する気相組成の影響	第 130 回触媒討論会	2022/9/20

	沼学史, 片田直伸				
35	川谷優也, 増田大毅, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ポリオレフィンの触媒分解に対する共存物質の影響	第 130 回触媒討論会	2022/9/22
36	増田大毅・川谷優也・菅沼学史・辻悦司・片田直伸	鳥取大学	ポリオレフィンの触媒分解に対する共存物質の影響	第 52 回石油・石油化学討論会	2022/10/1
37	三浦えり・加茂徹・酒井求・松方正彦	早稲田大学	ゼオライト触媒を用いたノルマルセタン中のポリエチレンの触媒分解	石油学会第 52 回石油・石油化学討論会	2022/10/1
38	増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ポリオレフィンの触媒分解に対する共存物質の影響,	第 52 回石油・石油化学討論会	2022/10/27
39	坂本大河, 大塚明歩, 松原仁志, 辻悦司, 菅沼学史, 片田直伸,	鳥取大学	Co/MFI 触媒上でのメタンによるベンゼンメチル化における気相組成の制御による選択性と反応速度の向上	第 52 回石油・石油化学討論会	2022/10/28
40	辻悦司, 尾澤伸樹, 金原慶吾, 松原仁志, 大塚明歩, 菅沼学史, 久保百司, 片田直伸,	鳥取大学	メタンによるベンゼンメチル化反応に対する Co/MFI ゼオライトの Al 間距離の影響	第 52 回石油・石油化学討論会	2022/10/28
41	片田直伸・川谷優也・増田大毅・菅沼学史・辻悦司	鳥取大学	石油精製との組み合わせを指向するポリオレフィンの触媒分解	第 52 回石油・石油化学討論会、長野	2022/10/28
42	尾澤伸樹, 松原仁志, 坂本大河, 大塚明歩, 辻悦司, 菅沼学史, 久保百司, 片田直伸,	鳥取大学	Co/MFI ゼオライトを触媒とするメタンによるベンゼンメチル化の機構	第 38 回ゼオライト研究発表会	2022/12/1
43	関野紗矢香, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	Mo/Beta ゼオライト触媒による多環芳香族の部分水素化・開環	第 38 回ゼオライト研究発表会	2022/12/1

44	三浦えり・加茂徹・酒井求・松方正彦	早稲田大学	Beta ゼオライトを用いた有機溶剤中のポリエチレンの触媒分解挙動の検討	日本ゼオライト学会第 38 回ゼオライト研究発表会	2022/12/1
45	松尾茉那実，森脇優，菅沼学史，辻悦司，片田直伸，	鳥取大学	ナフタレン誘導体の異性化・メチル化反応に対する YFI 型ゼオライトの触媒作用	第 38 回ゼオライト研究発表会	2022/12/2
46	生田遥美，菅沼学史，辻悦司，片田直伸，	鳥取大学	ピログルタミン酸の水素化に対するゼオライト担持 Ru 触媒の選択性の支配因子	第 38 回ゼオライト研究発表会	2022/12/2
47	増田大毅，川谷優也，福政智大，菅沼学史，辻悦司，片田直伸，	鳥取大学	ポリオレフィン分解に対するゼオライト触媒のミクロ細孔による反応物形状選択性	第32回キャラクタリゼーション講習会	2022/12/15
48	松下真大、加茂徹、酒井求、松方正彦	早稲田大学	重質軽油中におけるポリプロピレン、ポリスチレン混合物の触媒分解	化学工学会第 89 年会	2023/3/1
49	片田直伸，	鳥取大学	メタンによるベンゼンメチル化触媒技術の創出	CREST「革新的触媒」領域公開成果報告会『メタン利用革新触媒創生への挑戦から生まれたもの』	2023/3/15
50	片田直伸，尾澤伸樹，松原仁志，大塚明歩，坂本大河，梅澤季生，大森翔太，中村浩史郎，金原慶吾，胡培棟，伊與木健太，辻悦司，菅沼学史，奥村和，久保百司，脇原徹，	鳥取大学	Co/MFI ゼオライト上でのメタンによるベンゼンメチル化における活性点と反応機構の特徴	第 131 回触媒討論会	2023/3/16
51	田村隼央，本多凛々，川谷優也，森脇優，片田直伸，	鳥取大学	ゼオライトの酸強度と Na-Cs イオン交換平衡定数の相関，	日本化学会第 103 春季年会	2023/3/23
52	福政智大，増田大毅，川谷優也，菅沼学史，	鳥取大学	ゼオライトの塩基処理による特性変化解析を通じたポリプロピレン触媒分解が進行する場所の解明	石油学会第 71 回研究発表会	2023/5/1

	辻悦司, 片田直伸				
53	小林芳郎	石油エネルギー技術センター	プラスチック資源循環プロセス技術開発の概要　触媒分解プロセス概念設計の進捗状況	2023年度　JEPCフォーラム	2023/5/1
54	松下真大・加茂徹・酒井求・松方正彦	早稲田大学	炭化水素溶媒中におけるポリプロピレンの触媒分解	2023 年度 JPEC フォーラム	2023/5/1
55	松下真大・加茂徹・酒井求・松方正彦	早稲田大学	石油系溶媒中におけるポリプロピレンの触媒分解	石油学会第 65 年会	2023/5/1
56	M. Matsushita, T. Kamo, M. Sakai, M. Matsukata	Waseda University	Decomposition of polypropylene in organic solvents using Beta-type zeolite	9th Conference of the Federation of the European Zeolite Associations	2023/6/1
57	男全匠・加茂徹・酒井求・松方正彦	早稲田大学	n-C16 溶媒中におけるポリプロピレン分解反応のための Beta ゼオライト触媒の検討	石油学会第 65 年会	2023/5/1
58	男全匠、加茂徹、酒井求、松方正彦	早稲田大学	炭化水素溶媒中におけるポリプロピレン分解反応のためのゼオライト触媒の開発	第 12 回 JACI/GSC シンポジウム	2023/6/1
59	高澤隆一	石油エネルギー技術センター	廃プラの新ケミカルリサイクル技術開発について～製油所機能を活用した完全石化原料プロセス開発～	第 10 回高分子学会グリーン研究会シンポジウム　第24回プラスチックリサイクル化学研究討論会合同研究発表会	2023/8/1
60	福政智大, 増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	MFI 型ゼオライトのミクロ細孔内で進行するポリプロピレンの分解	第 132 回触媒討論会	2023/9/1
61	増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ゼオライト β 触媒上でのポリオレフィン分解に対する共存物質の影響	第 132 回触媒討論会	2023/9/1
62	福政智大, 増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	MFI 型ゼオライトのミクロ細孔内で進行するポリプロピレンの分解	第 132 回触媒討論会	2023/9/13
63	加藤凌大, 松尾茉那実, 森脇優, 菅沼学史, 辻悦	鳥取大学	シリカの化学蒸着による YFI 型ゼオライトの形状選択性の発現	第 132 回触媒討論会	2023/9/13

	司, 片田直伸,				
64	坂本大河, 梅澤季生, 大塚明歩, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	Co/MFI ゼオライト上でのメタンによるベンゼンメチル化における反応速度	第 132 回触媒討論会	2023/9/13
65	松尾茉那実, 森脇優, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ナフタレン誘導体の異性化・メチル化反応に対する YFI 型ゼオライトの触媒作用	第 132 回触媒討論会	2023/9/13
66	増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ゼオライト β 触媒上でのポリオレフィン分解に対する共存物質の影響	第 132 回触媒討論会	2023/9/14
67	福政智大, 増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	MFI 型ゼオライトのミクロ細孔内で進行するポリプロピレンの分解	石油学会大阪大会(第 53 回石油・石油化学討論会)	2023/10/1
68	増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ゼオライト β 触媒上でのポリオレフィン分解に対する共存物質の影響	石油学会大阪大会(第 53 回石油・石油化学討論会	2023/10/1
69	松下真大、加茂徹、酒井求、松方正彦	早稲田大学	重質炭化水素系溶媒中でのポリプロピレンの触媒分解	第53回石油・石油化学討論会	2023/10/1
70	高澤隆一、秋本淳、中村博幸、小林芳郎	石油エネルギー技術センター	廃プラの新ケミカルリサイクル技術開発について～製油所機能を活用した完全石化原料プロセス開発～	第53回石油・石油化学討論会	2023/10/1
71	川谷優也, 森脇優, 田村隼央, 片田直伸,	鳥取大学	ゼオライト骨格の酸強度と Na-Cs イオン交換平衡定数の相関	連合年会 2023(第 36 回日本イオン交換研究発表会・第 42 回溶媒抽出討論会)	2023/10/20
72	増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ゼオライト β 触媒上でのポリオレフィン分解に対する共存物質の影響	石油学会大阪大会(第 53 回石油・石油化学討論会)	2023/10/27
73	福政智大, 増田大毅, 川谷優也, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	MFI 型ゼオライトのミクロ細孔内で進行するポリプロピレンの分解	石油学会大阪大会(第 53 回石油・石油化学討論会)	2023/10/27
74	加藤凌大, 松尾茉那	鳥取大学	YFI 型ゼオライトへのシリカの化学蒸着による形状選択性の発現	第 39 回ゼオライト研究発表会	2023/11/30

	実，森脇優，菅沼学史，辻悦司，片田直伸				
75	川谷優也，森脇優，田村隼央，片田直伸	鳥取大学	ゼオライトの酸強度と Na-Cs イオン交換特性の相関，第 39 回ゼオライト研究発表会	第 39 回ゼオライト研究発表会	2023/11/30
76	加藤凌大，松尾茉那実，辻悦司，片田直伸	鳥取大学	不要な物質から必要な物質だけを選択的につくる: YFI 型ゼオライトへのシリカの化学蒸着による形状選択性の発現	鳥取地区化学講演会・発表会/ GSC セミナー	2023/12/4
77	松下真大、加茂徹、酒井求、松方正彦	早稲田大学	重質軽油中におけるポリプロピレン、ポリスチレン混合物の触媒分解	化学工学会第 89 年会	2024/3/1
78	鈴木貴	カーボンニュートラル燃料技術センター	触媒分解反応に及ぼす反応因子の検討	2024 年 JPEC フォーラム	2024/5/1
79	高澤隆一	カーボンニュートラル燃料技術センター	プラスチック中の充填材等の除去方法の開発	2024 年 JPEC フォーラム	2024/5/1
80	萩原和彦	コスモ石油	混合プラスチックの触媒分解評価	2024 年 JPEC フォーラム	2024/5/1
81	橋口竜聖，増田大毅，福政智大，辻悦司，片田直伸，	鳥取大学	炭化水素共存下での熱処理による含酸素高分子の液化	第 28 回 JPIJS ポスターセッション	2024/5/28
82	松田拓也，松尾茉那実，加藤凌大，谷保志斗，辻悦司，片田直伸，	鳥取大学	ゼオライトのアルカリ・銀イオン交換作用	第 28 回 JPIJS ポスターセッション	2024/5/28
83	松尾茉那実，森脇優，加藤凌大，片田直伸，辻悦司，	鳥取大学	YFI 型ゼオライトの酸性質とナフタレン環メチル化・トランスメチル化に対する触媒機能	石油学会第 72 回研究発表会	2024/5/29
84	今井祐介，杉本慶喜，中里哲也，重田香織，槙納好岐，加茂徹	早稲田大学	炭素繊維強化プラスチック(CFRP)リサイクル材の評価技術	自動車技術	2024/9/1
85	中下生翔，福政智大，橋口竜聖，	鳥取大学	プラスチックのケミカルリサイクルに向けたゼオライト触媒による溶	第 18 回触媒道場	2024/9/3

	辻悦司, 片田直伸		媒中でのポリプロピレン選択分解に対する異種プラスチックの影響		
86	松下真一郎, 福政智大, 橋口竜聖, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	プラスチックのケミカルリサイクルのためのゼオライトの物理化学特性と実廃プラスチック分解に対する触媒活性の相関解析	第 18 回触媒道場	2024/9/3
87	加藤凌大, 松尾茉那実, 森脇優, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	シリカ被覆 YFI 型ゼオライトを触媒とする 2-メチルナフタレンの形状選択的メチル化	第 134 回触媒討論会	2024/9/18
88	福政智大, 松尾茉那実, 森脇優, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ゼオライトのシリカ塩基処理による特性変化解析を通じたポリプロピレン分解反応の進行する場所の解明	第 134 回触媒討論会	2024/9/20
89	片田直伸, 福政智大, 増田大毅, 辻悦司,	鳥取大学	炭化水素溶媒中での酸型ゼオライトを触媒とするポリオレフィンのクラッキングの特徴と溶媒回収を可能にする形状選択性	第 73 回高分子討論会新潟大会	2024/9/25
90	高澤隆一	カーボンニュートラル燃料技術センター	使用済みプラの新ケミカルリサイクル技術開発について～プラスチック中の充填材等の除去方法の開発～	第 73 回高分子討論会新潟大会	2024/9/1
91	鈴木貴	カーボンニュートラル燃料技術センター	廃プラの新ケミカルリサイクル技術開発について(第2報)～触媒分解工程における反応条件検討～	石油学会広島大会(第54 回石油・石油化学討論会)	2024/11/1
92	高澤隆一	カーボンニュートラル燃料技術センター	廃プラの新ケミカルリサイクル技術開発について(第3報)～触媒分解工程における攪拌混合条件検討～	石油学会広島大会(第54 回石油・石油化学討論会)	2024/11/1
93	萩原和彦	コスモ石油	Catalytic Cracking Evaluation of Mixed Plastics	第 17 回日中韓石油技術会議	2024/11/1
94	橋口竜聖, 福政智大, 増田大毅, 辻悦司, 片田直伸,	鳥取大学	ゼオライト Beta を触媒とするポリオレフィン分解および実廃プラスチック化学リサイクルに対する夾雑物の影響	石油学会広島大会(第54 回石油・石油化学討論会)	2024/11/28
95	加藤凌大, 松尾茉那実, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	YFI 型ゼオライト触媒へのシリカの化学蒸着による 2-メチルナフタレンメチル化における 2,6-ジメチルナフタレン選択性の向上	石油学会広島大会(第54 回石油・石油化学討論会)	2024/11/29
96	松田拓也, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ゼオライトのアルカリ・銀イオン交換作用	石油学会広島大会(第54 回石油・石油化学討論会)	2024/11/29
97	橋口竜聖, 福政智大, 松下真一郎, 辻悦	鳥取大学	ゼオライト Beta 上でのポリオレフィン分解速度への物性と条件の影響	吸着-ゼオライト合同研究発表会 (第 40 回ゼオライト研究発表会)	2024/12/2

	司, 片田直伸				
98	福政智大, 増田大毅, 竹本晶紀, 辻悦司, 脇原徹, 片田直伸,	鳥取大学	水熱条件下でのシリカアルカリ処理による MFI 型ゼオライトの特性変化	吸着-ゼオライト合同研究発表会(第 40 回ゼオライト研究発表会)	2024/12/2
99	片田直伸, 加藤凌大, 福政智大, 辻悦司	鳥取大学	ガス吸着からのゼオライトの質の評価法	吸着-ゼオライト合同研究発表会(第37回吸着学会研究発表会)	2024/12/4
100	萩原和彦	コスモ石油	石化収率向上に向けた廃プラ触媒分解油の FCC 処理検討	2025 年度 JPEC フォーラム	2025/5/
101	松下真一郎, 橋口竜聖, 福政智大, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ゼオライトの特性の実廃プラスチック触媒分解への影響	第 67 回石油学会研究発表会	2025/5/27
102	福政智大, 松下真一郎, 片田直伸, 辻悦司	鳥取大学	アンモニア赤外／質量分析昇温脱離とシリカ化学蒸着の組み合わせによるゼオライトのミクロ細孔内と外表面上それぞれの酸点の種類･数･強度の解析法の開発	第 67 回石油学会研究発表会	2025/5/27
103	松田拓也, 辻悦司, 片田直伸	鳥取大学	ゼオライトのアルカリ･銀イオン交換作用	第 67 回石油学会研究発表会	2025/5/27

・石油化学原料化プロセス開発（液相分解）

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	状態	名　　称
1			国内		出願中	
2			国内		出願中	

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Qingxin Zheng, Yoshiki Suga, Yu Su, Hiroya Yamaguchi, Masaru Watanabe	Tohoku Unversity	Simultaneous Material and Chemical Recycling of Waste PET/PE Multi-Layer Films under Hydrothermal Conditions	Angewandte Chemie, Volume63, Issue44, October 24, 2024, e202410888	有	2024 年 9 月
2	Yu Su, Qingxin	Tohoku Unversity	Measurement of solubility of	The Journal of Supercritical	有	2024 年 12 月

	Zheng, Yoshiki Suga, Masaru Watanabe		terephthalic acid in water under hydrothermal conditions	Fluids, Volume 218, April 2025, 106497		
3	佐藤修、日吉範人、山口有朋	産業技術総合研究所	水だけを用いた PET のケミカルリサイクル技術	プラスチックス（日本工業出版株式会社）	有	2023 年 10 月

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	佐藤修	産業技術総合研究所	高温水を用いたプラスチック類のケミカルリサイクル技術	テクノブリッジフェア in 東北	2023 年 2 月
2	Qingxin Zheng, Yoshiki Suga, Hiroya Yamaguchi, Masaru Watanabe	Tohoku University	Simultaneous material and chemical recycling of PET/PE multi-layer film using a semi-batch hydrothermal system	19th European Meeting on Supercritical fluids	2023 年 5 月
3	Yu Su, Qingxin Zheng, Masaru Watanabe	Tohoku University	Measurement of Terephthalic Acid (TPA) Solubility under Hydrothermal Condition	令和 5 年度化学系学協会東北大会および日本化学会東北支部 80 周年記念国際会議	2023 年 9 月
4	Yoshiki Suga, Qingxin Zheng, Masaru Watanabe	Tohoku University	Study of hydrothermal degradation behavior of PET/PE mixed film by using a semi-batch system	令和 5 年度化学系学協会東北大会および日本化学会東北支部 80 周年記念国際会議	2023 年 9 月
5	須賀善規,鄭慶新,渡邉賢	東北大学	半回分装置を用いた PET／PE フィルムの水熱反応挙動の解析	化学工学会第 54 回秋季大会	2023 年 9 月
6	山口有朋、山崎清行、日吉範人、佐藤 修	産業技術総合研究所	異種プラスチックのバイブリッドリサイクル（ケミカルリサイクルとマテリアルリサイクル）	第 132 回触媒討論会	2023 年 9 月
7	佐藤 修、山崎清行、日吉範人、山口有朋	産業技術総合研究所	高温水による異種多層プラスチックの剥離処理	第 132 回触媒討論会	2023 年 9 月
8	山口有朋	産業技術総合研究所	化学法によるケミカルリサイクル	石油化学部会シンポジウム	2023 年 12 月
9	佐藤 修、日吉範人、村松なつみ、山崎清行、山口有朋	産業技術総合研究所	リサイクルプロセス開発を目的とした PET/ PE 複合フィルムの水熱処理	化学工学会第 89 年会	2024 年 3 月
10	A. Yamaguchi, K. Yamazaki, N. Hiyoshi and O. Sato	産業技術総合研究所	Development of recycling technology for multilayer plastic film	18th International Congress on Catalysis (18 ICC)	2024 年 7 月

11	A. Yamaguchi, K. Yamazaki, N. Hiyoshi and O. Sato	産業技術総合研究所	Simultaneous chemical and material recycling for multilayer plastic film	10th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (WasteEng2024)	2024 年 8 月
12	A. Yamaguchi	産業技術総合研究所	Recent progress of chemical recycling technology in AIST	2024 Taiwan Chemical Industry Forum	2024 年 9 月
13	山口有朋、山崎清行、日吉範人、佐藤　修	産業技術総合研究所	リサイクルに向けた各種プラスチックの高温水中での挙動解明	第 134 回触媒討論会	2024 年 9 月
14	山口有朋	産業技術総合研究所	プラスチックのケミカルリサイクル	金沢工大・産総研 先端複合材料 BIL マルチマテリアル シンポジウム	2024 年 10 月
15	山口有朋	産業技術総合研究所	プラスチックのケミカルリサイクル技術の開発	資源循環利用技術シンポジウム	2024 年 11 月
16	山口有朋	産業技術総合研究所	資源循環・ケミカルリサイクルに関する産総研の取り組み	産業技術連携推進会議（産技連）ナノテクノロジー・材料部会総会	2025 年 1 月
17	A. Yamaguchi, K. Taniguchi, K. Yamazaki, N. Hiyoshi and O. Sato	産業技術総合研究所	Depolymerization of polymers into monomers in high-temperature water	1st Catalytic Biorefinery International Conference (CBIC2025)	2025 年 2 月
18	山口有朋	産業技術総合研究所	プラスチックのケミカルリサイクル	大分県講演会～化学プロセス・醸造～	2025 年 2 月

(b) 受賞

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	Yu Su, Qingxin Zheng, Masaru Watanabe	Tohoku Unversity	Measurement of Terephthalic Acid (TPA) Solubility under Hydrothermal Condition	令和 5 年度化学系学協会東北大会および日本化学会東北支部 80 周年記念国際会議	2024 年 9 月

・高効率エネルギー回収・利用システム開発

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内・国外・PCT	出願日	状態	名　　称
1			国内		出願中	
2			国内		出願中	

(Patent Cooperation Treaty: 特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Hiroshi Naganuma, Takehito Mori, Sho Watanabe, Akihiro Sawada, Taeko Goto, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse	東北発電工業、名古屋大学	Ash deposition mechanisms in Waste-to-Energy plants	Mechanical Engineering Journal (Advances in Research and Development of Power and Energy Systems), pp. 21-00435-21-00435	有	2022/08
2	Andrei Veksha, Yuxin Wang, Jun Wei Foo, Ichiro Naruse, Grzegorz Lisak	Nanyang Technological University, Nagoya University	Defossilization and decarbonization of hydrogen production using plastic waste: Temperature and feedstock effects during thermolysis stage	Journal of Hazardous Materials, 131270	有	2023/06
3	Yuxin Wang , Boon Peng Chang, Andrei Veksha, Aleksandr Kashcheev, Alfred ling Yoong Tok, Vitali Lipik, Ryo Yoshiie, Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse, Grzegorz Lisak,	Nagoya University, Nanyang Technological University	Processing plastic waste via pyrolysis-thermolysis into hydrogen and solid carbon additive to ethylene-vinyl acetate foam for cushioning applications	Journal of Hazardous Materials, 132996	有	2024/02
4	Hiroshi NAGANUMA, Takehito MORI, Sho WATANABE, Akihiro SAWADA, Taeko GOTO, Yasuaki UEKI, Ryo YOSIIE, Ichiro NARUSE	Tohoku Electric Power Engineering & Construction, Co., Inc., Nagoya University	Ash deposition and corrosion mechanisms of tubes in Waste-to-Energy plants	Mechanical Engineering Journal, p. 23-00486	有	2024/03
5	長沼宏、森岳人、成瀬一郎	東北発電工業、名古屋大学	固体燃料装置における灰付着・高温腐食の機構と対策	工業加熱, pp. 20-25	有	2024/07
6	Shuai Li , Hongyun Hu , Chan Zou, Lu Dong , Yongda Huang, Huan Liu, Ichiro Naruse ,Hong Yao	華中科学技術大学、名古屋大学	Influence mechanism of chlorine on arsenic release and transformation during municipal solid waste incineration	Proceedings of the Combustion Institute, 105586	有	2024/08
7	Hiroyuki Kumano	青山学院大学	Effects of solutes and additives on ice growth prevention in ice slurry production	International Journal of Refrigeration, 389-398	有	2024/10
8	Yuhao Liu, Aijun Li, Guangzhao Guo ,Junwei Zhang, Yang Ren ,Lu Dong ,Lifang Gong ,Hongyun Hu ,Hong Yao ,Ichiro Naruse	華中科学技術大学、名古屋大学	Comparative life cycle assessment of organic industrial solid waste co-disposal in a MSW incineration plant	Energy, 132322	有	2024/10
9	Yuxin Wang; Andrei Veksha; Joel Ong; Yasuaki Ueki; Ryo Yoshiie; Ichiro Naruse; Grzegorz Lisak	Nagoya University, Nanyang Technological University	The role of post-pyrolysis carbon dioxide capture in hydrogen recovery from waste-derived pyrolysis gas	Fuel, 133293	有	2025/02

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	稲田孝明	東京電機大学	氷スラリー撹拌時のオストワルドライプニング抑制	日本電熱学会創立 60 周年記念 第 58 回日本電熱シンポジウム	2021/05
2	Hiroshi Naganuma, Takehito Mori, Sho Watanabe, Akihiro Sawada, Taeko Goto, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse	東北発電工業、名古屋大学	Ash deposition mechanisms in waste-to-energy plants	International Conference on Power Engineering (ICOPE-2021)	2021/10
3	長沼 宏	東北発電工業株式会社	固体燃焼における灰付着と高温腐食	第 58 回石炭科学会議	2021/10
4	Kaito Onoda, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshie, Ichiro Naruse	名古屋大学	Molten Salt Formation Characteristics of Industrial Waste Ash and Control of Ash Deposition	International Conference on Materials and Systems for Sustainability	2021/11
5	小野田海人、植木保昭、義家亮、成瀬一郎	名古屋大学	産業廃棄物灰からの溶融塩生成特性解明と灰付着制御	日本燃焼学会第 59 回燃焼シンポジウム	2021/11
6	佐伯達哉、植木保昭、義家亮、成瀬一郎	名古屋大学	産業廃棄物灰の溶融特性の解明とその制御	日本燃焼学会第 59 回燃焼シンポジウム	2021/11
7	王 荀、新井 数馬、幡野 博之	中央大学	十字流式移動層を用いた吸着剤蓄熱システム	第 27 回流動化･粒子プロセッシングシンポジウム	2021/12
8	木村 拓雅、加藤 貴大、幡野 博之	中央大学	吸着剤の流動層乾燥	第 27 回流動化･粒子プロセッシングシンポジウム	2021/12
9	澤田晃宏、長沼宏、後藤妙子、森岳人、渡邉章、成瀬一郎、義家亮、植木保昭	東北発電工業、名古屋大学	NaCl による高温加速酸化機構の速度論的解析	第 17 回バイオマス科学会議	2022/01
10	堀田幹則	産業技術総合研究所	高効率エネルギー回収・利用システム開発 ～リサイクル困難な廃プラスチックからの高効率なエネルギー回収と冷熱利用～	第 37 回新産業技術促進検討会シンポジウム「NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト進捗報告会 ～プラスチック資源循環を実現する技術とは～」	2022/03
11	谷野正幸	高砂熱学	排熱の高効率利用技術／工場排熱を利用する氷蓄熱技術	NPO 法人循環型社会創造ネットワーク主催「高効率エネルギー回収・利用システム開発セミナー」	2022/07
12	成瀬一郎	名古屋大学	高効率排熱回収技術の開発／伝熱管表面改質、回収熱量増大、長寿命化	NPO 法人循環型社会創造ネットワーク主催「高効率エネルギー回収・利用システム開発セミナー」	2022/07
13	佐伯達哉、義家亮、植木 保昭、成瀬 一郎	名古屋大学	産業廃棄物処理炉内における灰付着制御	第 31 回日本エネルギー学会大会	2022/08
14	粟田洋祐、植木保昭、義家亮、成瀬一郎	名古屋大学	一般廃棄物灰の溶融挙動解明と灰付着制御	第 33 回廃棄物資源循環学会	2022/09
15	磯嶋将	八戸工業大学	氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機用作動流体 LiBr－H2O/1-Propanol の蒸発特性	2022 年度日本冷凍空調学会年次大会	2022/09
16	正野孝幸	八戸工業大学	氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機用新作動液の飽和特性	2022 年度日本冷凍空調学会年次大会	2022/09
17	及川慈英、新井一馬、幡野博之	中央大学	低温エネルギー貯蔵・輸送システム用吸着剤連続乾燥に関する研究	第 53 回化学工学会秋季大会	2022/09
18	澤田晃宏、長沼宏、後藤妙子、森岳人、渡邉章、成瀬一郎、	東北発電工業、名古屋大学	塩化物環境下における高温加速酸化機構の速度論的解析	日本エネルギー学会第 59 回石炭科学会議	2022/10

	義家亮、植木保昭				
19	長沼宏、後藤妙子、澤田晃宏、森岳人、渡邉章、成瀬一郎、義家亮、植木保昭	東北発電工業、名古屋大学	廃棄物系バイオマス処理プラントにおける灰付着と高温腐食機構	日本エネルギー学会第 59 回石炭科学会議	2022/10
20	鎌田美志、谷野正幸	高砂熱学	高砂熱学での熱エネルギー技術の紹介	化学工学会・88 年会・シンポジウム「熱エネルギー技術の統合による CO2 削減への挑戦」	2023/03
21	Hiroshi NAGANUMA, Takehito MORI, Sho WATANABE, Akihiro SAWADA, Taeko GOTO, Yasuaki UEKI, Ryo YOSHIIE, and Ichiro NARUSE	Tohoku Electric Power Engineering & Construction, Co., Inc., Nagoya University	Ash deposition and corrosion mechanisms of tubes in Waste-to-Energy plants	International Conference on Power Engineering-2023	2023/05
22	折田久幸	八戸工業大学	氷点下冷熱を生成する吸収冷凍機の研究歴史から学ぶカーボンニュートラルへのアプローチ	第 60 回伝熱シンポジウム	2023/05
23	粟田洋祐、義家亮、植木保昭、成瀬一郎	名古屋大学	一般廃棄物処理炉内における灰付着制御	第 32 回日本エネルギー学会大会	2023/08
24	向本舜, 植木保昭, 義家亮, 成瀬一郎,永津伸治	名古屋大学，豊田ケミカルエンジニアリング	産業廃棄物によるエネルギーリカバリ時の灰付着制御	第 34 回廃棄物資源循環学会研究発表会	2023/09
25	谷野正幸	高砂熱学	廃プラスチックエネルギーの冷熱による高度有効利用	令和 5 年度 空気調和・衛生工学会学術講演会	2023/09
26	小山寿恵	東京電機大学	廃プラスチックエネルギーからの冷熱を用いる氷スラリー製造	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09
27	請川颯一	東京電機大学	氷スラリー製氷機で製造した氷スラリーへの PVA 添加による氷粒子の成長抑制効果	2023 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2023/09
28	鈴木翔太、王ジュエ、村瀬和典、幡野博之	中央大学	低温排熱有効利用のための蓄熱システム用吸着剤連続乾燥に関する研究	第 54 回化学工学会秋季大会	2023/09
29	幡野博之、王ジュエ、及川慈英、鈴木翔太、村瀬和典	中央大学	吸着剤蓄熱システムの熱発生特性に関する研究	第 54 回化学工学会秋季大会	2023/09
30	澤田晃宏，長沼宏，後藤妙子，森岳人，渡邉章，成瀬一郎，義家亮，植木保昭	東北発電工業株式会社，名古屋大学	NaCl 存在下における高温加速酸化機構の速度論的解析	日本エネルギー学会・第 60 回石炭科学会議	2023/10
31	長沼宏，後藤妙子，澤田晃宏，森岳人，渡邉章，成瀬一郎，義家亮，植木保昭	東北発電工業株式会社，名古屋大学	廃棄物燃焼条件における高温腐食機構の速度論的考察	日本エネルギー学会・第 60 回石炭科学会議	2023/10
32	小山寿恵	東京電機大学	氷スラリー中での氷粒凝集状態の評価方法の提案	第 12 回潜熱工学シンポジウム	2023/11
33	Yosuke Awata, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshiie, Ichiro Naruse	Nagoya University	Contral of ash adhesion in municipal waste treatment furnaces	ICMaSS2023	2023/12
34	Yuxin Wang, Andrei Veksha, Grzegorz Lisak, Ryo Yoshiie,	Nagoya University, Nanyang	Two-stage thermal process for plastic waste valorization: Effects of further thermolysis of pyrolysis oil on product characteristics	ICMaSS2023	2023/12

	Yasuaki Ueki, Ichiro Naruse	Technological University			
35	大関泰知、鈴木翔太、王ジュエ、及川慈英、幡野博之、村瀬和典	中央大学	低温排熱有効利用に向けた吸着剤蓄熱システムの研究−吸着剤特性と蓄熱性能	流動層に関する学生オンライン発表会 2023	2023/12
36	王ジュエ、及川慈英、大関泰知、鈴木翔太、幡野博之、村瀬和典	中央大学	蓄熱システムにおける吸着剤熱発生特性に関する研究	流動層に関する学生オンライン発表会 2023	2023/12
37	鈴木翔太、王ジュエ、村瀬和典、幡野博之	中央大学	蓄熱システムの吸着剤連続乾燥特性	流動層に関する学生オンライン発表会 2023	2023/12
38	谷野正幸	高砂熱学	廃プラスチックエネルギー有効利用のための総合熱利用システム評価技術の開発　～ 第１報 オフライン熱輸送の大都市エリアでの評価事例 ～	第 40 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス／エネルギー資源学会	2024/1
39	増田正夫	高砂熱学	廃プラスチックエネルギー有効利用のための総合熱利用システム評価技術の開発　～ 第２報 離島エリアでの評価事例 ～	第 40 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス／エネルギー資源学会	2024/01
40	森岳人，長沼宏，堀田幹則，成瀬一郎	東北発電工業株式会社，産業総合技術研究所，名古屋大学	廃棄プラスチックエネルギーの高度有効利用 第 1 報:伝熱管の表面改質技術	化学工学会第 89 年会	2024/03
41	竹内壮志，成瀬一郎，義家亮，植木保昭	名古屋大学	各種熱硬化性樹脂の水蒸気ガス化挙動の解明	日本機械学会東海学生会 第 55 回学生員卒業研究発表講演会	2024/03
42	鎌田美志	高砂熱学	廃棄プラスチックエネルギーの高度有効利用 第 2 報 排熱の冷熱利用技術	化学工学会第 89 年会	2024/03
43	Yuta Komiya	青山学院大学	Effect of pipe shape on flow characteristics of ice slurry with dilute agglomeration inhibitor	The 11th Asian Conference on Refrigeration and Air-conditioning	2024/04
44	澤田晃宏，長沼宏，後藤妙子，森岳人，山崎拓矢，成瀬一郎，義家亮，植木保昭	東北発電工業株式会社，名古屋大学	塩化物存在下における高温加速酸化機構の解析	材料と環境 2024	2024/06
45	長沼宏，後藤妙子，澤田晃宏，森岳人，山崎拓矢，成瀬一郎，義家亮，植木保昭	東北発電工業株式会社，名古屋大学	廃棄物燃焼条件におけるアルカリ塩化物による加速酸化機構	材料と環境 2024	2024/06
46	向本舜、出町豊子、植木保昭、成瀬一郎、義家亮	名古屋大学、岐阜大学	産業廃棄物によるエネルギーリカバリ時の灰溶融挙動および灰付着制御	第 33 回日本エネルギー学会大会	2024/08
47	尾上隼翔，出町豊子、植木保昭，成瀬一郎，義家亮	名古屋大学、岐阜大学	産業廃棄物処理炉内における灰付着制御	化学工学会第 55 回秋季大会	2024/09
48	新居大生, 出町豊子, 植木保昭, 成瀬一郎, 義家亮	名古屋大学、岐阜大学	産業廃棄物処理炉内における灰付着機構の解明とその制御	第 35 回廃棄物資源循環学会研究発表会	2024/09
49	小山寿恵	東京電機大学	廃プラスチックエネルギーの高度有効冷熱利用	2024 年度 日本冷凍空調学会 年次大会	2024/09
50	谷野正幸	高砂熱学	廃プラスチックエネルギーの氷スラリーによる冷熱での高度有効利用	令和 6 年度 空気調和・衛生工学会大会	2024/09

51	谷野正幸	高砂熱学	廃プラスチックエネルギーの高度有効冷熱利用　第 1 報：熱駆動型氷スラリー製氷機の開発	2024 年度日本冷凍空調学会年次大会	2024/09
52	千葉祐聖	八戸工業大学	3kW 氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機実験	化学工学会第 55 回秋季大会	2024/09
53	佐藤恵	八戸工業大学	氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機の冷媒循環挙動の検討	化学工学会第 55 回秋季大会	2024/09
54	長沼宏，後藤妙子，澤田晃宏，森岳人，小坂祥枝，成瀬一郎	東北発電工業株式会社，名古屋大学	廃棄物処理プラントにおける灰付着・高温腐食の低減技術	日本エネルギー学会・第 61 回石炭科学会議	2024/10
55	渡辺拓登正	青山学院大学	アイススラリー中における氷粒子の凝集力評価	日本機械学会熱工学コンファレンス 2024	2024/10
56	石垣 匠	青山学院大学	氷粒子の速度分布に基づくアイススラリーの流動様相の分類	水蒸気性質シンポジウム	2024/10
57	小山寿恵	東京電機大学	氷スラリーに含まれる氷粒子の凝集状態を評価する方法に関する検討	第 13 回潜熱工学シンポジウム	2024/11
58	鈴木 翔太、村瀬 和典、三苫 好治、幡野 博之	中央大学	低温排熱利用のための吸着剤蓄熱システムに関する研究	第 30 回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム	2024/12
59	幡野 博之、村瀬 和典	中央大学	吸着剤蓄熱システムを用いた熱と低露点空気の同時製造	第 30 回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム	2024/12
60	Yuta Komiya	青山学院大学	Effect of Solute Concentration and Pipe Geometry on Flow Characteristics of Ice Slurry	The 3rd Pacific Rim Thermal Engineering Conference	2024/12
61	増田正夫	高砂熱学	廃プラスチックエネルギー有効利用のための総合熱利用システム評価技術の開発～第 3 報 地方都市エリア等での評価事例～	エネルギー資源学会／第 41 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス	2025/01
62	鎌田美志	高砂熱学	廃棄プラスチックエネルギーの高度有効利用-排熱による製氷技術の漁港への適用検討-	化学工学会第 90 年会	2025/03
63	正野孝幸	八戸工業大学	Development of an absorption refrigeration system that produces subzero cold energy,	International Chemical Engineering Symposia 2025	2025/03
64	折田久幸	八戸工業大学	カーボンニュートラル社会を目指す各種エネルギーソースのあるべき姿	JABEE-日工教共催「国際的に通用する技術者教育ワークショップシリーズ」第２１回	2025/03

(b) 新聞・雑誌等への掲載

番号	所属	タイトル	掲載誌名	発表年月
1	名古屋大学	二酸化炭素の排出総量とその価値	中部電力技術開発ニュース	2021/08
2	東北発電工業株式会社	廃棄プラスティックスエネルギーの高度有効利用– I – 高温排熱の有効利用	化学装置 1 月号特集「カーボンニュートラル（低炭素）とエネルギーを考える」	2022/01
3	中央大学	廃棄プラスティックスエネルギーの高度有効利用 – II – 低温排熱の有効利用	化学装置 1 月号特集「カーボンニュートラル（低炭素）とエネルギーを考える」	2022/01
4	高砂熱学、名古屋大学、産業技術総合研究所、東北発電工業、中央大学、八戸工業大学、東京電機大学	廃プラスチックエネルギーの高度有効利用	高砂熱学イノベーションセンター報	2023/03
5	高砂熱学、八戸工業大学、東京電機大学	氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機を用いた熱駆動型氷スラリー製氷機の研究開発	日本冷凍空調学会誌	2024/04
6	高砂熱学、名古屋大学、産業技術総合研究所、東北発電工業、中央大学、八戸工業大学、東京電機大学、青山学院大学	廃プラスチックエネルギーの高度有効利用	高砂熱学イノベーションセンター報	2024/05
7	八戸工業大学、東京電機大学、高砂熱学工業	温水から氷をつくれ！　実験見学会	ネット：NEDO、八工大、日経クロステック、TBS NEWS DIG 新聞：デーリー東北 5/30,p.16,東奥日報 5/30,p.20，建設通信新聞 5/30,p.3，熱産業新聞 6/25,p.2，日経新聞 7/2,p.17	2024/05

			TV：ATV 青森テレビ 5/29 わっちニュース	
8	八戸工業大学	八戸工業大学のカーボンニュートラル教育	化学工学会東北支部ニュースレター	2024/07
9	八戸工業大学、高砂熱学、東京電機大学、NEDO	温水から氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機と氷スラリー製造機を 組み合わせた「熱リサイクルパッケージ」	クリーンエネルギー11 月号，日本工業出版	2024/11
10	高砂熱学、名古屋大学、産業技術総合研究所、東北発電工業、中央大学、八戸工業大学、東京電機大学、青山学院大学	廃プラスチックエネルギーの高度有効利用	高砂熱学イノベーションセンター報	2025/05

(c) その他

番号	所属(氏名	タイトル	機関名等	発表年月
1	名古屋大学（成瀬一郎）	令和３年度地域環境保全功労者	環境省	2021/06
2	名古屋大学（Kaito Onoda, Yasuaki Ueki, Ryo Yoshie, Ichiro Naruse）	Outstanding Presentation Award	International Conference on Materials and Systems for Sustainability	2021/11
3	名古屋大学（成瀬一郎）	廃プラスチックエネルギーの高度有効利用	技術情報センター講習会	2023/10
4	中央大学（幡野博之）	新しい蓄熱システムで温熱から氷点下冷熱まで供給します	国際粉体工業展大阪 2023	2023/10
5	名古屋大学（成瀬一郎）	熱技術賞	谷川熱技術振興基金	2023/11
6	名古屋大学（栗田洋祐）	日本エネルギー学会奨励賞（一般廃棄物処理炉内における灰付着制御）	日本エネルギー学会	2024/02
7	八戸工業大学（折田久幸）	低温排熱を利用した熱駆動冷凍機システムの開発	公益財団法人八戸地域高度技術振興センター主催八戸工業大学「研究室めぐり」	2024/02
8	八戸工業大学（折田久幸）	南部地方のカーボンニュートラルに関する研究	青森県新産業創造課主催研究シーズプレゼン会	2024/02
9	東北発電工業株式会社（長沼宏）	灰付着低減技術	第８回ゼロエミッション火力発電 EXPO	2024/02
10	八戸工業大学（折田久幸）	カーボンニュートラル（CN）実現に資する本学の取組	八戸工業大学教育研究後援会	2024/03
11	八戸工業大学、高砂熱学、東京電機大学（折田久幸、谷野正幸、小山寿恵）	温水から氷をつくれ！ 実験見学会	排熱利用の実現に迫る熱リサイクルパッケージの記者発表会	2024/05
12	八戸工業大学（折田久幸）	八戸工業大学のカーボンニュートラル教育	化学工学会東北支部ニュースレター	2024/07
13	東北発電工業株式会社（長沼宏）	NEDO ナショナルプロジェクト『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』	東北電力グループ 統合報告書 2024	2024/09
14	八戸工業大学（折田久幸）	カーボンニュートラル社会を目指す各種エネルギーソースのあるべき姿	JABEE-日工教共催「国際的に通用する技術者教育ワークショップシリーズ」第２１回「サーキュラーエコノミー」を生き抜く技術者が身につけるべきこと” 「ライフサイクル設計の全体像の解説とその教育プログラム」	2025/03

２．分科会公開資料

次ページより、推進部署・実施者が、分科会において事業を説明する際に使用した資料を示す。

「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（終了時評価）

2020年度～2024年度　5年間

プロジェクトの説明（公開版）

2025年10月28日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

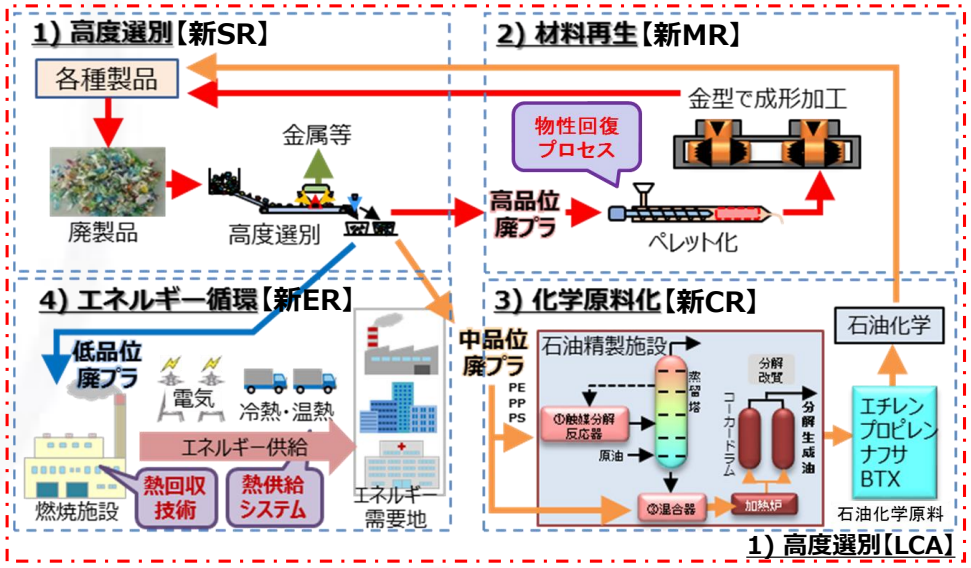
サーキュラーエコノミー部

革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発

プロジェクトの概要

近年の中国の廃プラスチック輸入禁止に端を発したアジア諸国の廃プラスチック輸入規制強化の影響が大きな問題となっている。これらへの対応に向けて、G7やG20でも重要な課題として取り上げられている。日本においても「プラスチック資源循環戦略」が策定され、「革新的リサイクル技術の開発」等が重点戦略の一つとして掲げられている。 そこで、本事業は、複合センシング・ＡＩ等を用いた廃プラスチック高度選別技術、材料再生プロセスの高度化技術、高い資源化率を実現する石油化学原料化技術、高効率エネルギー回収・利用技術の開発を行う。

<全体プロセスイメージ>



PMgr:サーキュラーエコノミ部 今西大介

関連する技術戦略
リサイクル促進（プラスチック）、分野の技術戦略

既存プロジェクトとの関係

エネ・環先導研究（ 2019年度、2020年度）と連携

事業計画

期間：2020～2024年度（5年間）
総事業費：42億円（実績）需給

<研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>

	R02 2020	R03 2021	R04 2022	R05 2023	R06 2024	R07 2025
①高度選別システム開発	→	→	→	→	→	
②材料再生プロセス開発	→	→	→	→	→	
③石油化学原料化プロセス開発	→	→	→	→	→	
④高効率エネルギー回収・利用システム開発	→	→	→	→	→	
評価時期			中間評価			終了時評価
実績額（億円）	5.9	9.8	12.6	8.8	5.5	42.2

想定する出口イメージ等

アウトプット目標	研究開発項目①高度選別システム開発： 研究開発項目②～④プロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率を95%以上、現状比3倍の速度で自動選別する。 研究開発項目②材料再生プロセス開発： 廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ90%以上の材料強度(靭性)に再生する。 研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発： 廃プラスチックを転換率70%以上で石油化学原料に転換する。 研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発： 再生処理困難なプラスチックからエネルギー回収し、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する。
アウトカム目標	本技術開発成果により、2030年度時点で、これまで国内で再資源化されていなかった廃プラスチックのうち、86万トンをマテリアルリサイクル、87万トンをケミカルリサイクル、108万トンをエネルギーリカバリーすることで我が国のプラスチック循環に貢献する。
出口戦略	廃プラスチックの循環利用ができていない大きな理由は、高コスト・手間がかかる・連携不足等に起因する非効率なリサイクル。選別とマテリアル、ケミカル、エネルギーリカバリー技術開発を一体的に実施することで解決する。 国際標準化提案：無、 第3者提供データ：無
グローバルポジション	ＰＪ開始時：ＤＨ　ＰＪ終了時：ＬＤ

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方と
  アウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み

※費用対効果

- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願
- 論文発表等

3．マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス

※予算及び受益者負担

- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

＜評価項目１＞意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※　本事業の位置づけ・意義

（１）アウトカム達成までの道筋

（２）知的財産・標準化戦略

報告内容

ページ構成

- 事業の背景・目的・将来像
- 政策・施策における位置づけ
- 技術戦略上の位置づけ
- 外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）
- 他事業との関係
- アウトカム達成までの道筋
- 知的財産・標準化：オープン・クローズ戦略
- 知的財産管理

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

3．マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

事業の背景・目的・将来像

■社会的背景・事業の目的

プラスチックはその高い機能性から、社会生活の様々な場面で利用が急速に進んだ素材である。しかし、需要増大に伴い、原料調達、製造、加工及び廃棄処理の過程でのエネルギー消費、CO_2排出の増大が社会課題となっている。

　特に近年は、上記課題の解決がSDGsに資するため、リサイクルの徹底・素材転換を求める機運が高まる中、対策を進めていく好機にある。

　本事業ではこうした機運を捉え、回収された廃プラスチックの高度なリサイクルを促進する技術開発を通して、プラスチックの資源効率や資源価値を高める基盤構築を行います。

政策・施策における位置づけ

■ **循環経済ビジョン2020（2020年5月22日）より**

（引用）

V.我が国としての対応の方向性

１．循環性の高いビジネスモデルへの転換

（１）国内循環システムの最適化とそのためのリサイクル先の質的・量的確保

「プラスチックについては、「プラスチック資源循環戦略」の下、再生利用を拡大していく方針であり、ケミカルリサイクル等の新たなリサイクル手法の検討が開始されている」

■ **プラスチック資源循環戦略（2019年5月31日）より**

（引用）

３．重点戦略

（１）プラスチック資源循環

②効果的・効率的で持続可能なリサイクル

「分別・選別されるプラスチック資源の品質・性状等に応じて、循環型社会形成推進基本法の原則を踏まえ、材料リサイクル、ケミカルリサイクル、そして熱回収を最適に組み合わせることで、資源有効利用率の最大化を図ります。」

技術戦略上の位置づけ

■ NEDO TSC Foresight Vol.35 資源循環分野の技術戦略策定に向けて（2019年11月）

国内の資源効率を向上させるには、処理コストを拡大させずに、廃プラスチックのリサイクルがより高効率に実現できる革新的な研究開発を行う必要がある。

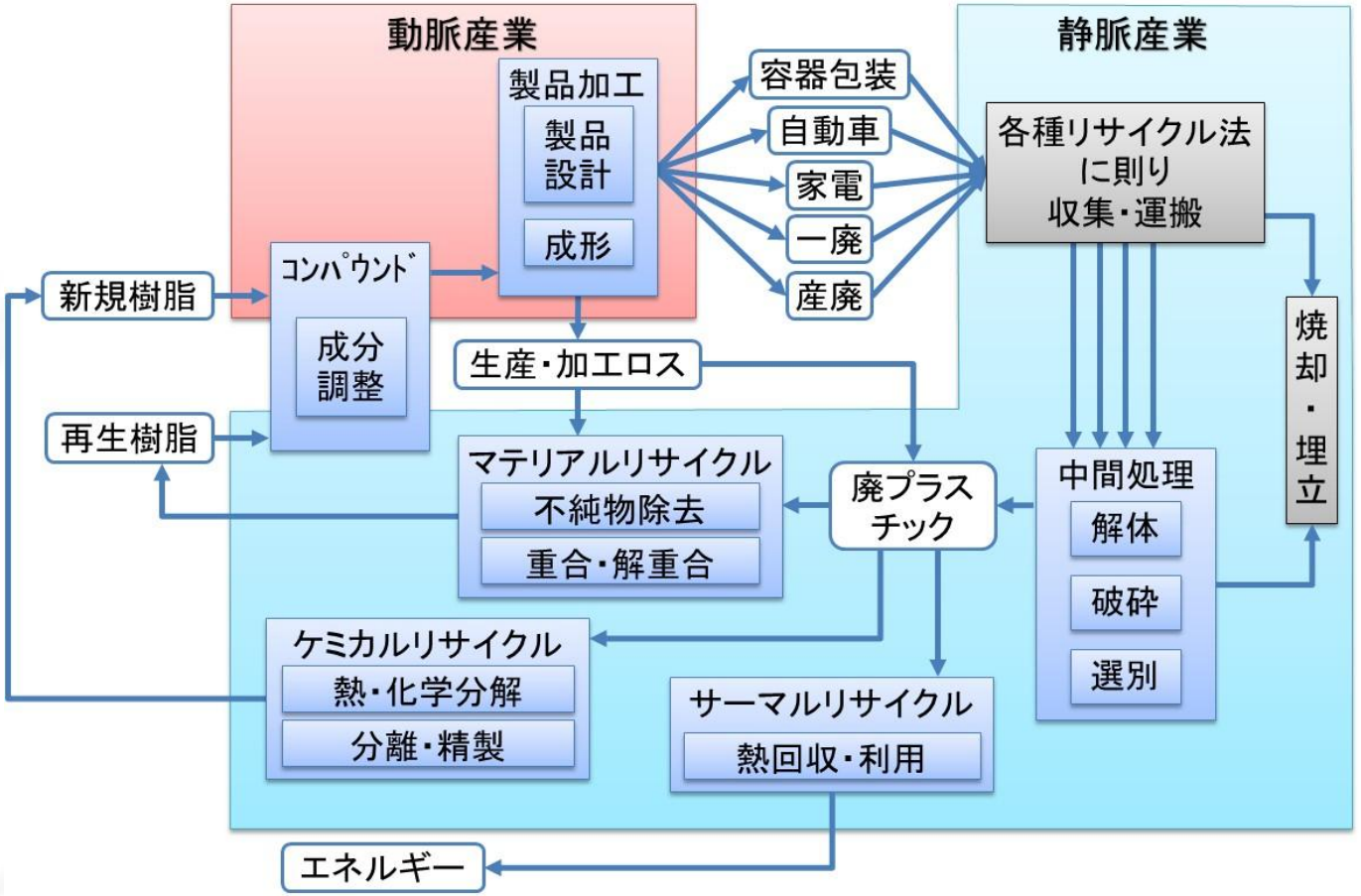


図　プラスチックリサイクルシステムと要素技術　出典:NEDO TSC Foresight Vol.35

外部環境の状況（技術、市場、制度、政策動向など）

■ プラスチックリサイクルに関わる重要な４つの技術分野に対して先行技術情報を収集
政策動向に注視しつつ、各技術分野での先行技術での課題を整理し、各研究開発項目での開発内容へ反映を行い事業を推進

【政策動向】

- EU
「EUプラスチック戦略」で2030年までにプラスチック容器包装廃棄物リサイクル率を55%とする

- 米国
カリフォルニア州では2030年までに「プラスチック汚染防止および包装の生産者責任に関する法案」でプラスチックのリサイクル率40%を規定

- 日本
「プラスチック資源循環戦略」で2030年までにプラスチック容器包装の6割をリユース・リサイクルする

【技術動向】

	推進者	国	処理技術	URL
廃プラスチック選別技術	STEINERT社	ドイツ	廃プラ用コンベアソーター	https://steinertglobal.com/
	BHS社	アメリカ	廃プラ用AIロボットソータ	https://www.max-ai.com/
	キヤノン	日本	黒色プラ選別	https://global.canon/ja/news/2023/20230712.html
廃プラスチックマテリアルリサイクル技術	EREMA社	オーストリア	廃プラペレタイズ装置	https://www.erema.com/
	Plastic Machinery社	アメリカ	廃プラペレタイズ装置	https://www.plasticsmg.com/
	Aceretech社	中国	廃プラペレタイズ装置	https://www.aceretech.com/
	MAS Gmbh	ドイツ	押出機とろ過システム	https://mas-austria.recykling.biz/
廃プラスチックケミカルリサイクル技術	出光興産	日本	廃FCC触媒利用システム	https://www.idemitsu.com/jp/news/2021/210507_2.html
	Pryme	オランダ	熱分解	https://pryme-cleantech.com/uploads/downloads/Pryme-Investor-Presentation-30-January-2025.pdf
	東北大	日本	酸塩基処理システム	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.1994.070520919
	LyondellBasell	オランダ	触媒分解	https://www.lyondellbasell.com/en/our-solutions/circular-low-carbon-solutions/chemical-recycling/moretec/
	三菱ケミカル	日本	超臨界水プロセス	https://www.mcgc.com/kaiteki_solution_center/oursolution/17.html
廃プラスチック高効率エネルギー回収技術	三國機械工業	日本	伝熱管クリーニングシステム	http://www.mikunikikai.jp/products/sales.html
	三機工業	日本	熱輸送システム	https://www.sanki.co.jp/service/technology/article/detail085.html

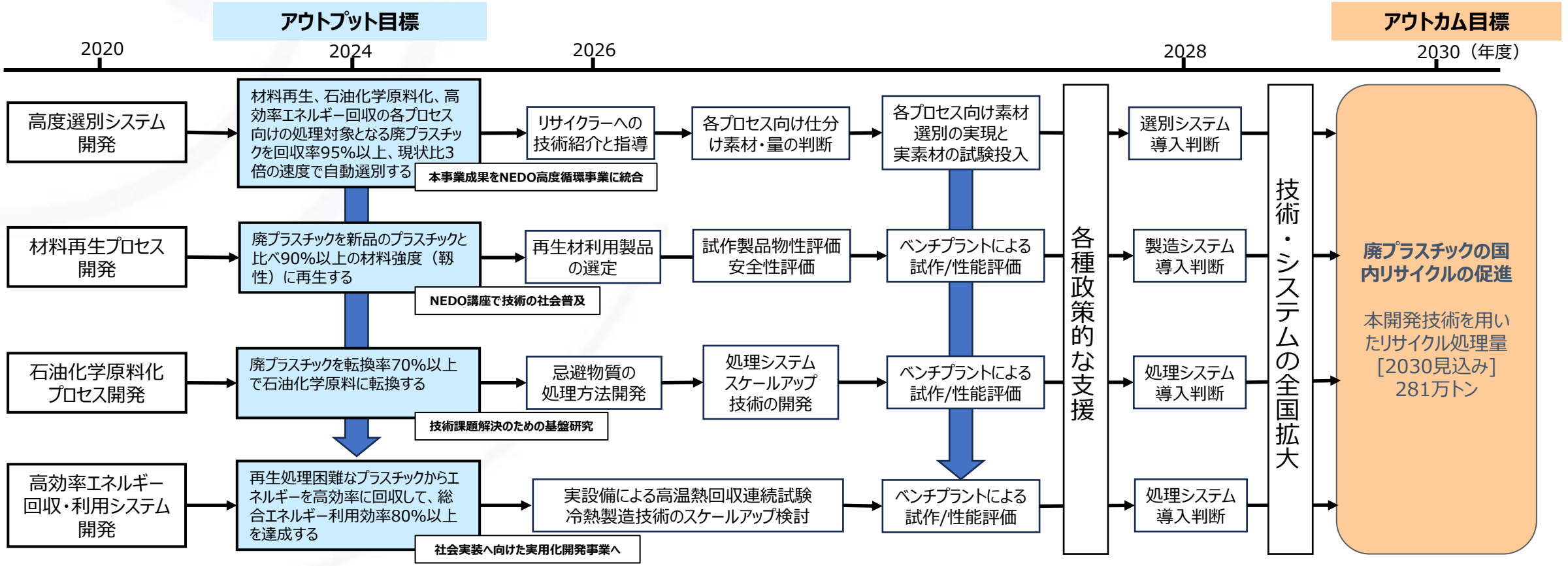
他事業との関係

■ プラスチックの資源循環に関する４つの先導研究で得られた成果を基に本事業を構築

	実施機関	プロジェクト名	期間	事業タイプ	事業内容
1	ERCA	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	2018~2022	基礎研究	実廃プラスチックからの温和な条件での高選択的有用化学品合成を可能にする新規固体触媒プロセスの構築
2	JST	革新的ハロゲン循環による材料の高資源化プロセスの開発	2017~2018	基盤研究	脱塩素技術として湿式化学分離技術を開発し、プラスチック高度循環利用技術・プロセスを確立
3	科研費	環境インパクト低減に向けたハロゲン制御技術の体系化	2020~2025	基盤研究	プラスチックのリサイクルにおいて、脱ハロゲン技術開発を基軸として、ハロゲンを制御し循環・有効利用する技術を解明
4	内閣府	グリーンイノベーション基金事業／CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発プロジェクト	2021~2030	実証研究	廃プラ、廃ゴムの精密熱分解によるブタジエン、BTXへの化学品変換及び、植物原料からブタジエン、イソプレンを合成する技術の開発
5	NEDO	プラスチックの高度資源循環を実現するマテリアルリサイクルプロセスの研究開発	2019~2020	先導研究	廃プラスチックに対する選別・分離の高精度・高速化技術、ペレタイズ時の高性能化再生プロセス技術、成形加工時の高特性化技術を開発
6	NEDO	プラスチックの化学原料化再生プロセス開発	2019~2020	先導研究	マテリアルリサイクルに適さない廃プラスチックを対象に、基礎化学品に転換できる革新的なケミカルリサイクルプロセスを構築するために必要な要素技術を開発
7	NEDO	高効率エネルギー回収のための熱交換・熱利用技術	2019~2020	先導研究	社会システム全体のエネルギー利用効率の飛躍的な向上を図るために、高温かつ腐食性の燃焼ガスに対応できる高効率・高耐久な熱交換材料の開発と低温排熱から冷熱の製造
8	NEDO	多層プラスチックフィルムの液相ハイブリッドリサイクル技術の開発	2020~2021	先導研究	異種多層フィルムに代表される複数種の素材を複合化したプラスチック成形品に対し、連続的にケミカルおよびマテリアルリサイクルできる液相ハイブリッド技術を開発

アウトカム達成までの道筋

プラスチック資源循環のエネルギー使用量を現行の処理技術よりも大幅に削減し、AIを用いたプラスチック高度選別、高度材料再生プロセス技術、高い資源化率を実現する基礎化学品化技術、高効率エネルギー循環システムの開発を行う。
これらの研究開発を通じて、プラスチック資源効率、資源価値を飛躍的に高めることで、中小企業の多い静脈産業がサプライチェーンに組み込まれ、「再生プラスチック資源を上手に使う」ことで社会ニーズに質・量の両面で応える。また、環境への取り組みが経済成長に結びつくプラスチック循環経済社会の実現を目指す。



政策的な支援：プラスチック資源循環促進法(2022/4)、再資源化事業高度化法(2024/5)、資源有効利用促進法改正(2026/4予定)等

アウトカム達成までの道筋（今後の展開）

■ 高効率エネルギー回収・利用技術

決定 2025年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」に係る実施体制の決定について

2025年5月23日

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、2025年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」の公募を実施し、応募いただいた47件の提案について厳正な審査を行い、別紙1のとおり21件（FS調査フェーズ2件、インキュベーション研究開発フェーズ6件、実用化開発フェーズ12件、実証開発フェーズ1件）の実施予定先を決定いたしました。

公募名：脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム
採択案件：熱交換器の革新的効率・耐食性向上技術の実用化開発
事業者：東北発電工業株式会社
三國機械工業株式会社
近藤設備設計株式会社

■ 石油化学原料化プロセス技術

決定 2025年度「NEDO先導研究プログラム／新技術先導研究プログラム及びフロンティア育成事業」に係る実施体制の決定について

2025年5月23日

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、2025年1月27日から2025年2月28日にかけて2025年度「NEDO先導研究プログラム／新技術先導研究プログラム［エネルギー・環境新技術先導研究プログラム］［新産業・革新技術創出に向けた先導研究プログラム］」（エネ環・新新）及び「NEDO先導研究プログラム／フロンティア育成事業」（フロンティア育成）の公募を実施し、NEDO内部に設置した学識経験者等からなる先導研究プログラム案件検討委員会及びフロンティア育成事業に係る採択審査委員会の厳正な検討を経て、エネ環・新新について、応募件数84件中20件の研究開発テーマの採択、フロンティア育成について、応募件数16件中11件の研究開発テーマの採択を決定いたしました。

公募名：NEDO先導研究プログラム
課題名：プラスチック資源の高度ケミカルリサイクル技術開発
採択案件：製油所装置による多種混合廃プラの大規模処理技術開発
事業者：一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター
【共同実施先】国立大学法人東北大学
公立大学法人大阪大阪公立大学
ENEOS株式会社

知的財産・標準化:オープン・クローズ戦略

■ オープン戦略：コンソーシアム等の活動を通じてデファクトスタンダード化を図りリサイクル市場を拡大
■ クローズ戦略：多数保有するバックグラウンド特許をベースに確実に権利範囲を拡大しシェアの確保

研究開発項目	注目する分野	知財創出のキーワード	バックグラウンド特許	知財委員会（開催回数）				
				2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
高度選別システム開発	・リサイクル	ソーティング、センシング、比重選別、ジグ、整粒	・圧力センサを利用した網下気室型湿式比重選別機用回収制御装置（特許第5088784号） ・小型エアテーブル（特許第5709166号）	0	2	2	4	2
材料再生プロセス開発	・リサイクルプラスチックの高度再生に関わる技術 ・プラスチックの高度成形技術	混練条件、樹脂溜まり、マルチゲート、マルチメッシュ、せん断履歴制御	・リサイクルポリオレフィンを含有する熱可塑性樹脂組成物の再生方法（特許第6333674号） ・樹脂組成物成形機および樹脂組成物の成形方法（特許第6608306号） ・熱可塑性樹脂組成物の成形機、および製造方法（特許第6914541号）	1	2	11	11	9
石油化学原料化プロセス開発	・触媒開発 ・プロセス開発 ・容器包装開発	触媒の選択性、溶媒の機能、複合プラスチックの触媒分解、充填材入りプラスチックの触媒分解、モノオレフィン化容器包装	・ＭＷＷ型ゼオライト及びその製造方法、並びにクラッキング触媒（特開2018-222646） ・アルキル基を有さない多環芳香族とアルカンの製造方法（特開2015-168059）	0	1	0	3	3
高効率エネルギー回収・利用システム開発	・灰付着低減，高温腐食低減技術 ・過冷却技術	灰付着低減，表面改質、乾燥吸着剤、氷スラリー流動性	・吸収式冷凍機（特開2018-179425） ・吸収式冷凍機用作動媒体及びこれを用いた吸収式冷凍機（特開2019-045079）	2	3	2	2	3

知的財産管理

■ 知的財産権の帰属及び取扱い方法について文書化して管理
■ 本事業で得られた知財については、関係各機関の知財部門と連携し、特許管理、知財管理を推進

- 知的財産権の帰属
  産業技術力強化法第17条第１項に規定する4項目及びNEDOが実施する知的財産権の状況調査（バイ・ドール調査）に対する回答を条件として、知的財産権はすべて発明等をなした機関に帰属。
- 知財マネジメント基本方針（NEDO知財方針）に関する事項
  NEDO知財方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）」を整備し、「知財の取扱いに関する合意書」を作成。
- データマネジメントに係る基本方針（NEDOデータ方針）に関する事項
  NEDOデータ方針に記載された「全実施機関で構成する知財委員会（又は同機能）を整備し、「データの取扱いに関する合意書」を作成。

＜評価項目２＞目標及び達成状況

（１）アウトカム目標及び達成見込み
（２）アウトプット目標及び達成状況

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

- 実用化・事業化の考え方と
  アウトカム目標の設定及び根拠
- アウトカム目標の達成見込み

※費用対効果

- 非連続ナショプロに該当する根拠
- 前身事業との関連性
- 本事業における研究開発項目の位置づけ
- アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠
- アウトプット目標の達成状況
- 研究開発成果の副次的成果等
- 特許出願
- 論文発表等

3．マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

実用化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

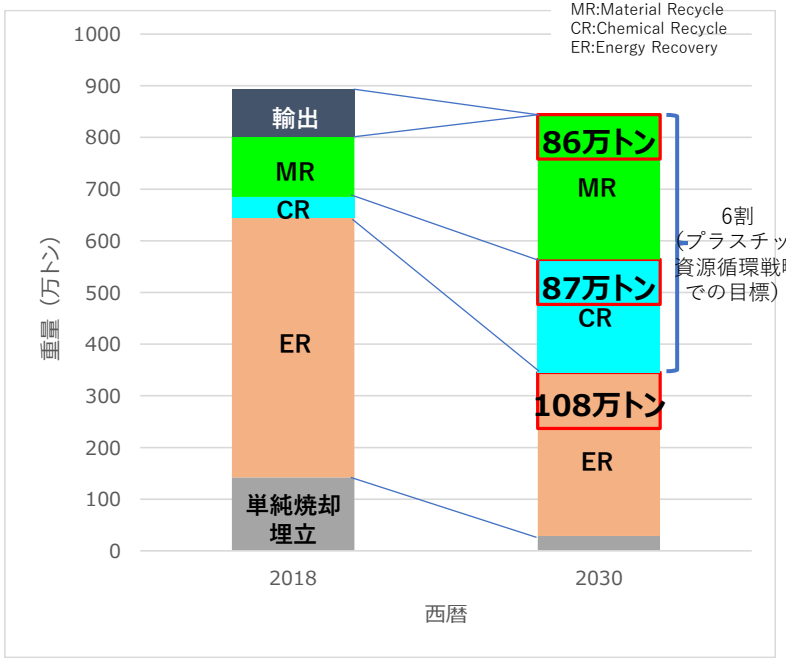
実用化は、『当該研究開発成果に基づく革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発の基盤技術が確立されること』をいう。

具体的には、本事業で開発された基盤技術が試験設備に組み込まれることとする。

【アウトカム目標】

マテリアルリサイクル	86万トン
ケミカルリサイクル	87万トン
高効率エネルギー回収・利用	108万トン
合計	281万トン

間接的な効果：人手不足の緩和とメンテナンス頻度の半減

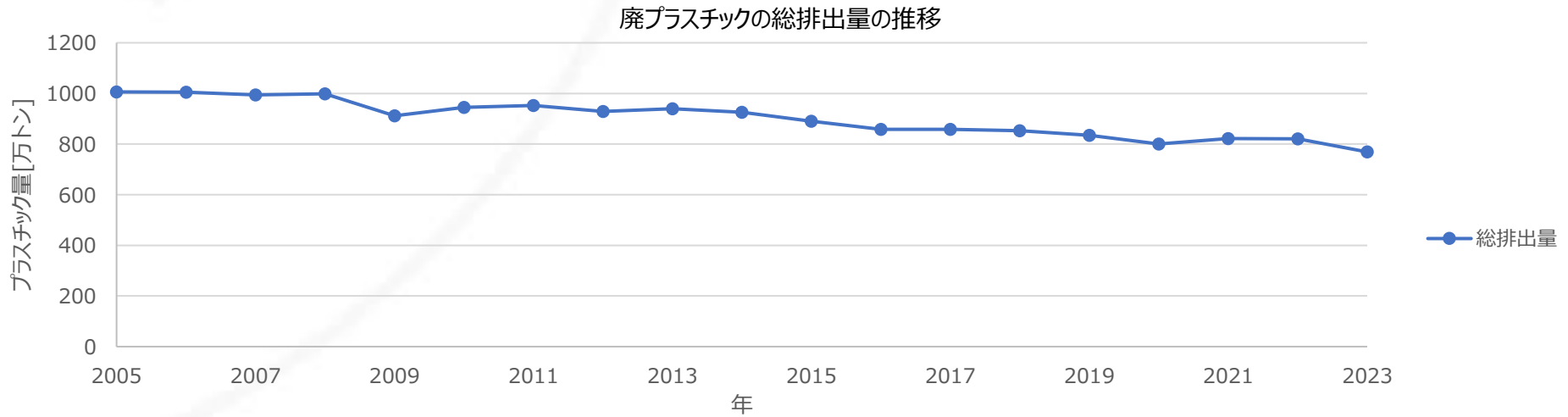


排出される廃プラの量とそれぞれの処理プロセスで担う量のイメージ

実用化の考え方とアウトカム目標の設定及び根拠

廃プラスチック資源は毎年800~850万トン程度が排出されている状況、

- 汚れのほとんどない廃プラスチック211万トンのうちPE、PP、PSでの回収予測として86万トン、これをマテリアルリサイクルする
- 汚れが軽いもの 291万トンのうち処理できるものとしての回収率を30%と予測して87万トン、これをケミカルリサイクルする
- 汚れがひどいもの361万トンのうち処理できるものとしての回収率を30%と予測して108万トン、これをエネルギーリカバリーする



プラスチックリサイクルの基礎知識2025（プラスチック循環利用協会）より

アウトカム目標の達成見込み

技術要件	達成見込み	課題
高度選別システム開発	フィールドピックアップ型AIソータと高度比重選別装置のベンチ機完成により、技術基盤を構築した。識別用データ拡充やスケールアップに関する検証を、現在実施中のNEDOプロ「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」に引き継ぐことで、3年程度で製品化する見通し	技術成果のユーザとのマッチングを行う事で選別システムの導入数を増やす各種取組み、支援する組織の構築が必要である。これに対し事業者のサイト内に選別システムのデモ設備を設置し技術普及に取り組んでいる
材料再生プロセス開発	国内外も含めた企業との共同研究を行い、本技術の実用化を支援している。またNEDO特別講座を開催し、企業だけでなくアカデミアに対しても、当該プロジェクトで培った知見・技術・解析手法を伝え、発展させる活動を行っている	材料再生プロセスに適した廃プラスチックの量的な確保と、それを用いた再生利用プラスチック製品の選定を行い、企業実施者と共に実製品の製造プロセスの検証が必要である。継続的に廃プラスチックを扱うリサイクル企業と製品製造企業のマッチングを進めて行く
石油化学原料化プロセス開発	触媒分解：固体夾雑物の除去システムを備えた、溶媒利用触媒分解を行うプロセスフローを構築し、各単位操作の実現可能性を検証した。本事業で得られた課題に対する廃プラスチック分解触媒の開発については、プラスチックリサイクルのニーズをもつ企業と大学での個別共同研究の実施に移行する 液相分解：参画企業内での不良品再生に関する取り組みから始め、2030年度までに20万トン/年の処理に関する装置設計に基づく経済性および環境適合性を評価するとともに、バリューチェーンを構築する	触媒分解：触媒活性に対する異種プラスチック混入を可能とするレベルの検証、触媒毒物質の明確化と対策に関する基礎研究を行う必要がある 液相分解：装置設計に資するデータの獲得をさらに進めるとともに、当該技術を内外に周知し潜在的顧客を見出すことでバリューチェーンの構築を進める
高効率エネルギー回収・利用システム開発	高効率伝熱管材料の高耐久化と焼却炉への実装方法の検討により基盤技術を完成した。当該技術を実機へ適用する見通しである。また冷熱製造統合システムの基盤技術を完成した。今後総合的なエネルギー利用システムに本技術の搭載を行える見通しである	高効率伝熱管材料の検討では、実プラントでの各種評価が別事業で始まり、社会実装に向けて着実に進んでいる。冷熱製造統合システムの検討では吸収型冷凍機の更なる性能向上は必要であるが、企業、自治体からの関心が高く低温排熱を得られる場所の選定は順調に進んでいる

アウトカム目標の達成見込み（達成時の姿）

2030年までに各プロセスのスケールアップを推進

【材料再生プロセス開発】アウトカム目標86万トン/年

日本のプラスチックリサイクラー179拠点に現在開発を進めている処理能力3t/hの装置を設置し、一日8時間、月20日、12か月の稼働で、

3t/h x 8h x 20day x 12month x 179台
＝　103万トン/year

【石油化学原料化プロセス開発】アウトカム目標87万トン/年

日本各地の拠点に現在開発を進めている処理能力　333 トン／日の装置を設置し、一年間に300日稼働で、

333t/day × 300day ×　9 基
＝　90万トン/year
（内訳：３P　8基計80万トン、複合フィルム　１基10万トン）

【高効率エネルギー回収・利用システム開発】アウトカム目標108万トン/年

日本の焼却処理施設のうち、まず24拠点に現在開発を進めている処理能力150t/dayの装置を設置し、年間300日の稼働で、

150t/day x 300day x 24拠点
＝ 108万トン/year

費用対効果

【アウトカム目標より】
本事業成果により、2030年までにこれまで国内で再資源化されていなかった廃プラスチックのうち右の量を処理

マテリアルリサイクル	86万トン/年
ケミカルリサイクル	87万トン/年
高効率エネルギー回収	108万トン/年

【投資コストと効果】
プロジェクト費用の総額
42億円
(2020-2024年度)

＜

経済効果(2030年)
資源循環とエネルギー利用として　1,810億円/年

●経済効果
1,810億円/年

●CO_2削減効果
739万トン-CO_2/年削減

	リサイクル量(万トン)	原料単価(円/kg)	2030年時点
マテリアルリサイクル	86	120	1030億円
ケミカルリサイクル	87	62.1	540億円
エネルギー回収	108	22.2	240億円
合計	281		**1810億円**

	リサイクル量(万トン)	CO_2係数	CO_2削減量
マテリアルリサイクル	86	2.45	211万トン-CO2
ケミカルリサイクル	87	2.8	244万トン-CO2
エネルギー回収	108	2.63	284万トン-CO2
合計	281		**739万トン-CO2**

非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

	理由
①非連続的な価値の創造	これまで、廃プラスチック処理は、コスト/技術の観点から、殆どがエネルギー回収として処理されてきたが、物性（靭性）を維持可能な再生技術による再生プラスチックの価値向上や、基礎化学品化再生技術によるオレフィン、BTX等への再資源化（新たな価値）を図ることで、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルを拡大させることが出来るとともに、CO2/エネルギーの削減が可能となる。また、廃プラスチックの選別から各リサイクルシステムまで、一貫した資源循環プロセスを実現することは、他国に先駆けた資源循環社会の実現に貢献するものである。
②技術の不確実性	廃プラスチックの処理には、材質、製品の汚染度など、様々な要因が要するために、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルを回収プラスチックの品質に応じてバランスよく実施することで、処理量、経済性、環境性（CO2削減効果）を最大化する必要がある。そのためには、本研究開発に於ける「高度選別技術」、「材料再生技術」、「基礎化学品化再生技術」、「高効率エネルギー回収・利用技術」の４つのコア技術開発の連携が必須であり、不確実性が非常に高い。

非連続ナショナルプロジェクトの考え方

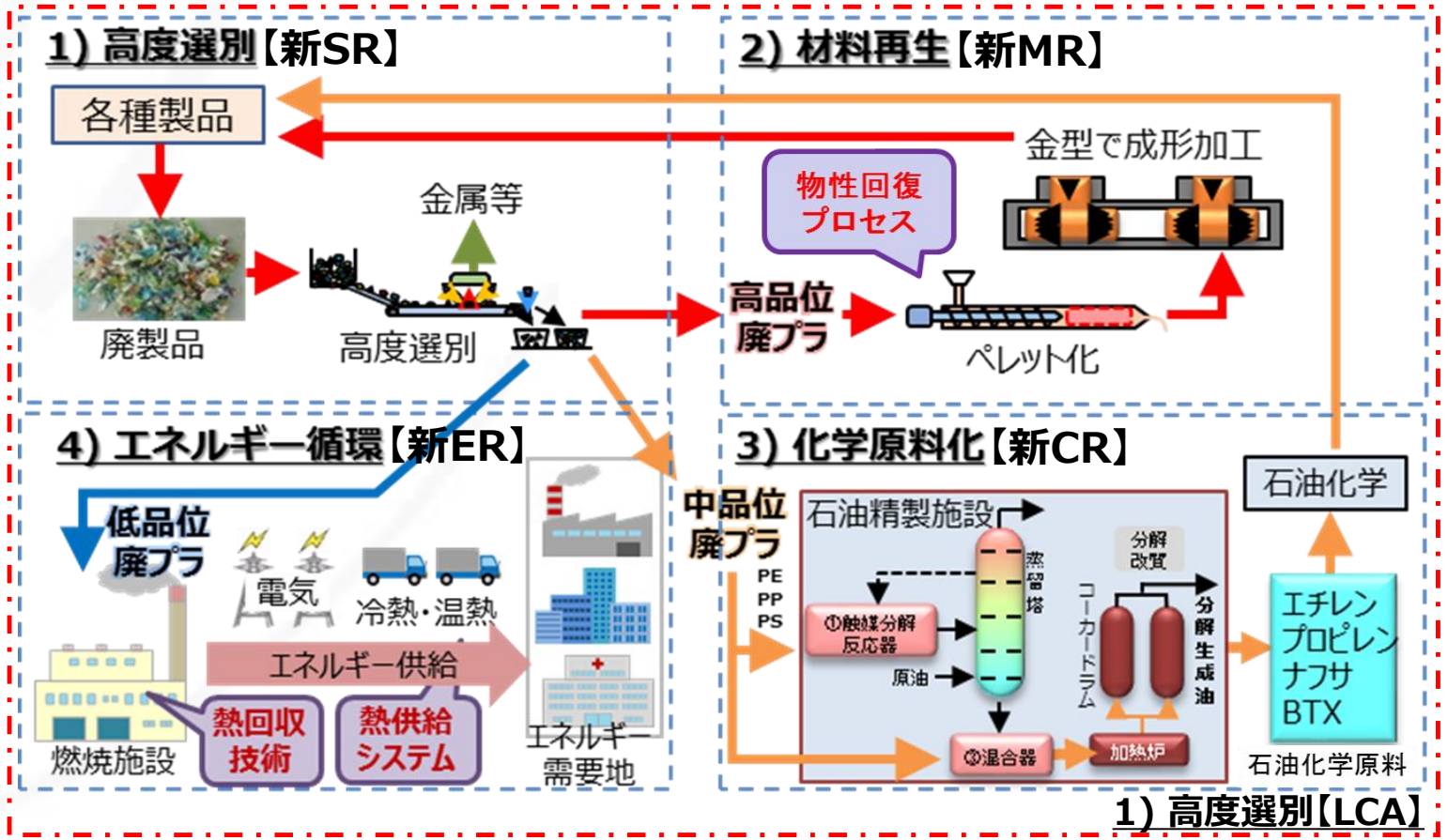
	内容
非連続的な価値の創造	画期的で飛躍的な変化を伴う価値が創造され、提供されることにより、生活、環境、社会、働き方などを変える
技術の不確実性	難易度が高い技術的課題や、新領域へのチャレンジなどにより、目標とする特性値や技術は従来の延長上にはなく、リスクが特に高い

前身事業との関連性

事業タイプ	プロジェクト名	取組の成果とその評価	課題
先導研究	プラスチックの高度資源循環を実現するマテリアルリサイクルプロセスの研究開発（2019-2020）	評価：極めて優れている 高度選別技術、高度物性再生技術について、一定の進展が示され、特に、各種のプラスチックについて物性劣化の発現メカニズムの要因について、科学的に裏付けられた技術であることが示されている。また、それらの結果に基づいて開発を進めている独創性・革新性を有するプロセス技術は大きな波及効果が期待できる。 プラスチックの高度選別技術、物性再生技術、システム研究および標準化の各研究項目において、今後の課題や具体的に必要な技術開発要素が明確に提示されており、今後の開発スケジュールや実施体制の提案も適切であり、ナショナルプロジェクト化に向けて有効な成果になっている。	PP成分選別容器リサイクルで見出された物性回復の理論が、他の樹脂材料でも適用可能かの検討
先導研究	プラスチックの化学原料化再生プロセス開発（2019-2020）	評価：優れている 廃プラスチックと原油蒸留残渣油混合物の共熱分解、その前処理技術の開発を堅実に進め、コーカー投入による処理フローについて可能性を広げたものと考える。また、共熱分解による環境負荷削減効果を算定するとともに、ケミカルリサイクル向け廃プラスチックの調達可能性を示したことも意義があると考える。 廃プラスチックの原油蒸留残渣油との共熱分解技術や、廃プラスチックからの基礎化学品製造触媒分解プロセス技術の開発の各研究項目において、課題や必要な技術開発要素の提示、今後の開発スケジュールや実施体制の検討もなされており、ナショナルプロジェクト化に向けて有効な成果になっている。	廃プラの適用範囲を明確にした上で、プラスチックの化学原料化の収率を、石油精製のアセットを活用しつつ向上させる方策の検討
先導研究	高効率エネルギー回収のための熱交換・熱利用技術（2019-2020）	評価：妥当である 灰付着抑制可能な金属系熱交換器候補材料開発、溶融塩に対する耐食性に優れたセラミック系材料開発、灰付着抑制と耐食性を高める溶射技術等、高温ダーティガス用熱交換器開発に資する成果を得ている。灰付着による伝熱効率低下を抑制するために、溶融塩の濡れ性に着目した発想と熱力学的に解決する方法には期待感がある。 一方で、熱駆動型吸収式冷凍機が低効率であるほど廃熱利用量が増加するため、熱回収量と機器・システムの高効率化に関する研究開発を行い、経済性を踏まえた適切なモデル検討を行っていただきたい。	灰付着防止技術での長期性能・信頼性に関した材料評価の検討
先導研究	多層プラスチックフィルムの液相ハイブリッドリサイクル技術の開発（2020-2021）	評価：優れている 多層プラスチックフィルムは、現在有効なリサイクル技術が確立されておらず、本研究開発では、有機溶剤を使用せず水熱処理でハイブリッドリサイクル（加水分解性樹脂はケミカルリサイクル＋非加水分解性樹脂はマテリアルリサイクル）を連続で行う技術と装置を開発した。回収モノマーの回収率が目標未達ではあるが、ハイブリッドリサイクルできる可能性を見い出した。連続処理装置については、小型装置を試作しモデルテストにて目標の回収量を達成した。後継プロジェクト「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発・石油化学原料化プロセス/複合プラスチックからのモノマー回収液相プロセスの開発」に採択されており、この先導研究でやりきれなかった課題の達成や、社会実装に向けての様々な実験（異物混入による影響確認、実フィルムでのリサイクルテスト、連続処理装置の改良や大型化、回収されたモノマーやポリマーの品質評価など）により、課題設定し、着実に成果を出されることを期待する。	複数のリサイクルフィルム材料が混合処理される際の反応機構の検討

本事業における研究開発項目の位置づけ

本事業は廃プラスチックの選別から各リサイクルシステムまで、一貫した資源循環プロセスを実現することを目的としており、下記図のように1)高度選別として高度選別システム開発、2)材料再生として物理再生プロセス開発、3)化学原料化として石油化学原料化プロセス開発、4)エネルギー循環として高効率エネルギー回収・利用システム開発を、また本事業全体のLCAを検討するために高度選別システム開発のサブテーマとしてLCAを位置付けている。



アウトプット（終了時）目標の設定及び根拠

研究開発項目	最終目標（2024年度）	根拠
高度選別システム開発	材料再生、石油化学原料化、高効率エネルギー回収・利用の各プロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率95%以上、現状比3倍の速度で自動選別する	95%以上を達成すれば1段の処理で多種類プラスチックを同時に低コストで処理する事が可能になる。対象とする大量のプラスチックを処理するには、選別プロセス全体で従来比の3倍程度以上の選別速度が必要となる見込み
材料再生プロセス開発	廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ90%以上の材料強度（靭性）に再生する	リサイクルしたプラスチック素材を製品製造に利用するためには、バージンのプラスチック材料が有する靭性の90%以上の材料強度で再生することが必要
石油化学原料化プロセス開発	廃プラスチックを転換率70%以上で石油化学原料に転換する	廃プラスチックの転換率を30%以上に向上することにより、採算性が向上する化学プロセスを構築することが可能になる。さらに転換後の残渣油を石油化学工業の分解促進プロセスにレトロフィットすることでトータル70%以上となる見込み
高効率エネルギー回収・利用システム開発	再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する	現在、単純埋立・焼却されているプラスチック及びマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル困難な廃プラスチック等を対象に、熱エネルギーを80%以上の変換効率で回収・利用可能にすることにより、欧州並みの総合熱利用効率を達成する

アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	最終目標（2024年度）	成果		達成度	達成の根拠	課題と解決方針案
高度選別システム開発	材料再生、石油化学原料化、高効率エネルギー回収・利用の各プロセス向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率95％以上、現状比3倍の速度で自動選別する	SR	・FP型AIソータ開発について、現状比 3倍の速度での自動選別を達成。 ・製品別廃プラの比重選別について、新SRが想定する新MR・CR・ERの目標品質を回収率95%以上で達成	○	・FP型AIソータ開発について、モデル混合プラ8m3コンテナ1台分(45L袋100個相当)の5分以内での自動選別を達成した。 ・実廃棄物を用いた製品別廃プラの比重選別について、新SRが想定する新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で達成した	FP型AIソータ開発について、プラント導入に向けて黒色プラの識別精度向上とAI識別用データの拡充が必要である。製品別廃プラの比重選別について、操業規模に応じたスケールアップのため水槽規模に適合したジグ自動制御機能の検証が必要である。いずれも現在実施中のNEDOプロ「高度循環型システム構築に向けた廃電気・電子機器処理プロセス基盤技術開発」に引き継いで検証中
		LCA	・本事業にて開発したプロセス評価モデルにより、新技術のライフサイクルCO2排出量を評価し、それが既存の技術よりCO2排出削減効果が大きくなる条件について見出した。さらに、炭素資源循環度の指標を開発し、新CR技術を既存技術と比較評価した ・廃プラフローの推計結果をもとにした技術選択モデルと動的フロー分析モデルにより、2030年、2035年のプラの地域別、部門別、種類別（性状考慮）フロー、新技術導入の可能性及び技術選択の望ましい組み合わせを示した	○	・プロセス評価モデル、リサイクル技術選択モデル、動的フロー分析モデルを開発し、ベストミックスシナリオの導出とその実現のための空間シナリオを提示した	炭素資源循環度の指標としての今後の展開については、成果を学会等において発表することで、この分野の研究・政策に影響を与えることができると考える
材料再生プロセス開発	廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ90%以上の材料強度（靭性）に再生する	多種多様な廃プラだけでなく、バージン品においても物性向上が可能な新規ペレタイズプロセスを開発した。さらに、成形品部位間の物性ばらつきがなく、リサイクル性にも優れた射出成形プロセスも開発した		○	・実証試験機での検証を通じ、スケールアップが可能であることも実証 ・マルチ電動制御バルブゲート金型による射出成形法の開発	・普及のためには単軸でのプロセス開発研究が必要 ・CAEによる流動解析殿定量的連携

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	最終目標（2024年度）	成果		達成度	達成の根拠	課題と解決方針案
石油化学原料化プロセス開発	廃プラスチックを転換率70％以上で石油化学原料に転換する	触媒分解	連続触媒分解プロセスの概念設計を完了。石灰等が強い触媒毒となることがわかったため、石油化学原料への転換率70%を達成可能な廃プラの種類には制約が生じることがわかった。	△	石灰などの触媒毒含有量が少ない廃プラの分解については、触媒分解による石油化学成分に加え、残渣成分の重質成分を接触流動触媒で分解することで収率70%の可能性を示した	基礎研究に立ち戻って触媒毒物質の特定や可能な対策技術を策定して、触媒分解の対象となる廃プラの拡大を図る。スケールアップ時の昇温速度低下が触媒効率低下に影響する課題も表出。急速昇温可能な連続式試験装置で検証
		液相分解	モノマーおよびポリオレフィンの回収率の目標値（7割以上）を達成する条件を明確化し。TPA純度を99%とする処理方法を提案し、連続処理を実証した	○	連続処理を実証し、装置設計指針を示した	10万トン/年の装置設計が課題であり、重質油処理装置を参考にすることで解決する
高効率エネルギー回収・利用システム開発	再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率80％以上を達成する	灰付着および化学腐食をそれぞれ低減できたとともに、熱駆動吸収式冷凍機により安定した氷スラリーも製造できた。また、総合熱利用システムによって総合エネルギー利用効率が80%を上回ることを明らかにした		○	灰付着量および化学腐食量をそれぞれ50％削減、4kW級熱リサイクルパッケージ製氷システムにより−5℃の冷熱と氷充填率50%の氷スラリーに製造可能	施工法と皮膜構成の最適化を知財化し社会実装。冷熱製造・製氷システムのスケールアップによる実証試験の導入先の候補地の多様化と冷熱需要の拡大

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

アウトプット目標の達成状況（技術委員会意見）

研究開発項目	事業終了時にまでに見出された課題	
高度選別システム開発	SR	• 市場での流通量の多いポリエチレンやポリプロピレンの選別によりプラスチックのリサイクルは飛躍的に進むと考えられ、今後これらポリマーの選別対応が望まれる
	LCA	• 新たな評価指標としてCO2排出量と炭素資源循環度を示したことは成果として重要であるが、カーボンニュートラルの観点で継続した指標の検討が望まれる
材料再生プロセス開発	• 物理再生はマテリアルリサイクルの手法となることは証明された。一方、何にでも使える手法では無い事も明らかになり、物理再生出来ない化学劣化したプラスチック等に対して添加剤等の開発も望まれる • 企業と共に本技術の適用可能性の高い廃製品に絞りクローズドリサイクルを行う事等、本成果の実用化の事例が望まれる	
石油化学原料化プロセス開発	触媒分解	• ゼオライト触媒失活に繋がった添加物等の触媒毒が何であるかを明らかにする基礎研究の取組みが必要である • 触媒再生のための大量の触媒焼成プロセスを実現する手法の検討が必要である • 石油化学工業プロセスでの接触流動式分解装置(FCC)を想定した評価はレトロフィットの手法の一つと考えられるが、何等かの既存の統合的なシステムを想定し、その中で触媒利用の有効性を示すことが望まれる • 今後の知見として、本取り組みの成果と課題を記録に残すことが必要である
	液相分解	• 本装置（高圧反応槽）の実用化に当たり、プロセスや経済性の課題の整理が必要である • リサイクルされたポリオレフィンの高付加価値化が重要であり、様々な分子量の混合物から特定の分子量領域のポリオレフィンを製造する技術や片端末に二重結合をもつポリオレフィンを製造する技術への適用が望まれる • 装置の実用化検討にあたっては、生成物であるテレフタル酸や安息香酸の吸着、蓄積による設備腐食の検討も必要である
高効率エネルギー回収・利用システム開発	• 伝熱管表面へのセラミックス処理による焼却灰の付着防止の効果はあまり大きくなく今後見直しが望まれる • 伝熱管への付着防止技術の開発が検討の中心になっているが、装置の稼働時間を向上させるには焼却設備トータルでの課題の抽出が必要である • 低温熱利用技術は広範な需要開拓、用途開拓のさらなる検討が望まれる	

研究開発成果の副次的成果等

【社会的効果】
- プラスチックリサイクル技術に関する社会的な要請は大きく、企業イメージアップ戦略として企業のリサイクル技術の導入が期待できる。
- 従来の廃プラスチックのダウンリサイクルからアップリサイクルへの合理的な転換を図り、カーボンニュートラル及び脱炭素社会への貢献に繋げていく。

【技術的効果】
- 高度選別技術の成果は、従来の廃プラスチックの人手による選別ラインの直接作業者を従来の1/3以下に低減可能。
- 材料再生プロセス技術の成果は、廃プラスチックだけでなく、バージンプラスチック材の物性改善にも寄与。
- 石油化学原料化技術の成果は、石油精製設備の高度利用に対する世界的要請の実現にも寄与。開発した触媒は、プラスチックリサイクルのニーズをもつ企業に展開するとともに、プラスチックリサイクル以外の触媒プロセスにも寄与
- 高効率エネルギー利用の成果は、一般廃棄物焼却炉、セメント産業、製鉄業等に広く適用可能。また、焼却炉の設備メンテナンスの頻度を現状の1/2に削減可能
- リサイクルプロセスが確立されることで、より簡便にリサイクルできる製品設計に関する指針も確立する

【人材育成】
- プラスチック資源循環の観点で、ライフサイクル全体を見渡せるプラスチック製品設計ができるエンジニア、アカデミア人材の輩出
- 企業において、ノウハウに留まらない成形加工プロセスの専門人材育成への関心度の向上

特許出願

研究開発項目	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	計
高度選別システム開発	0	2	1	1	2	6
材料再生プロセス開発	1	3	1	0	0	5
石油化学原料化プロセス開発	0	1	0	1	5	7
高効率エネルギー回収・利用システム開発	0	0	0	0	2	2
合計	1	6	2	2	9	20

論文発表等

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	合計
論文（国際誌）	9	7	10	14	15	55
論文（国内誌）	3	2	4	4	3	16
国際学会発表	2	25	29	36	28	120
国内学会発表	19	44	50	82	54	249
講演・講座	19	45	75	46	66	251
新聞・雑誌等への掲載	0	11	11	14	13	49
著書	5	15	4	7	5	36

＜評価項目３＞マネジメント

（１）実施体制

※　受益者負担の考え方

（２）研究開発計画

報告内容

ページ構成

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

※本事業の位置づけ・意義
(1)アウトカム達成までの道筋
(2)知的財産・標準化戦略

2．目標及び達成状況

(1)アウトカム目標及び達成見込み
(2)アウトプット目標及び達成状況

3．マネジメント

(1)実施体制
※受益者負担の考え方
(2)研究開発計画

- NEDOが実施する意義
- 実施体制
- 個別事業の採択プロセス

※予算及び受益者負担

- 目標達成に必要な要素技術
- 研究開発のスケジュール
- 進捗管理
- 進捗管理：中間評価結果への対応
- 進捗管理：動向・情勢変化への対応
- 進捗管理：成果普及への取り組み
- 進捗管理：開発促進財源投入実績

NEDOが実施する意義

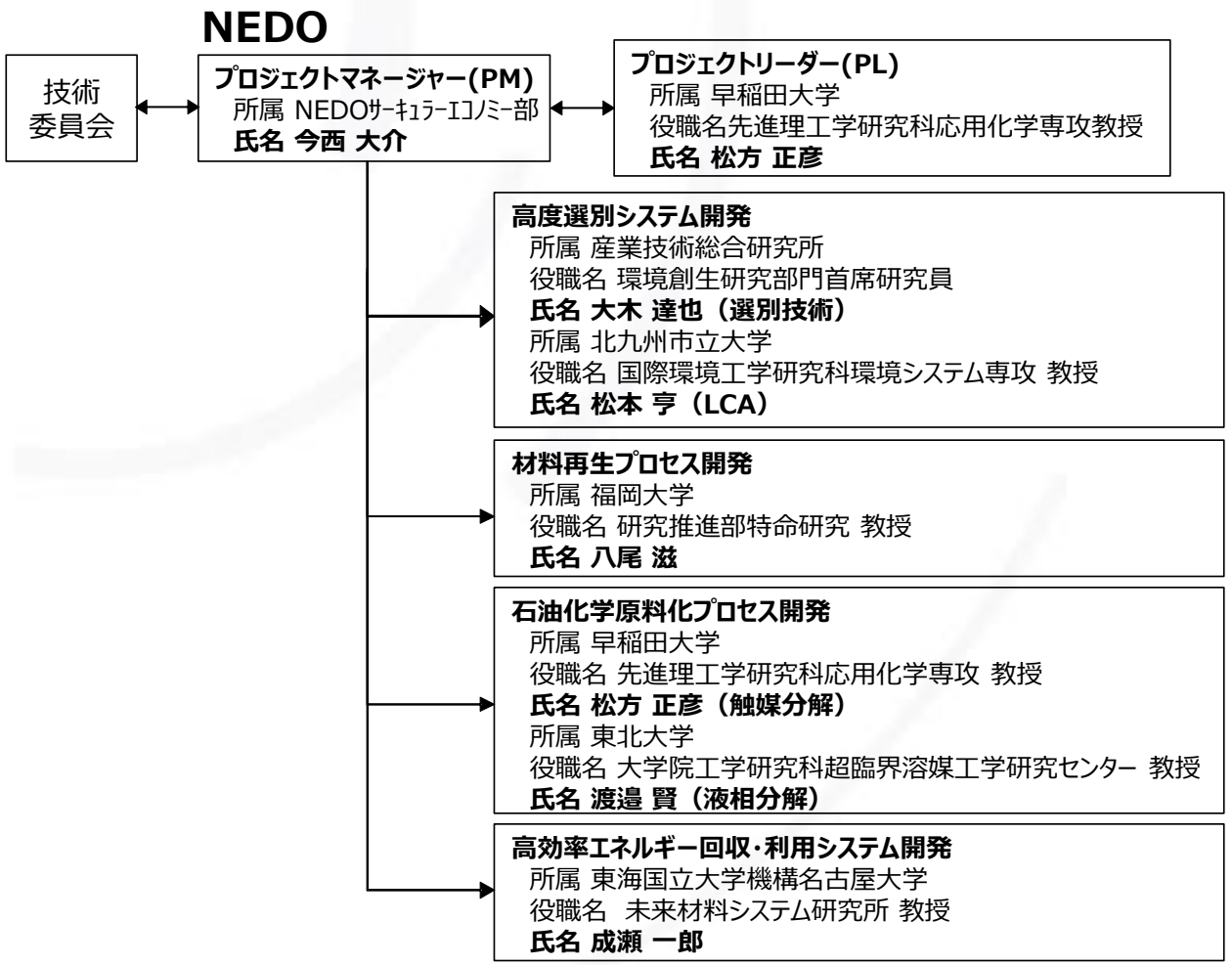
■プラスチックの資源循環の解決は国の方針に沿った重要課題であり、本事業によるプラスチックの資源循環並びにCO_2排出量の削減は社会的必要性が高い。

■NEDOではこれまでに培ってきた各種素材のリサイクル技術の開発で得た知見や成果、ネットワークを活用し中長期的な技術開発を行うことが可能。

■研究開発の難易度が高く、必要な投資規模が大きく、また実用化までのリードタイムが長いことから、民間企業だけではリスクが高い。

NEDOが持つこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業

実施体制



委託先：産業技術総合研究所、大栄環境、富士車輌
再委託先：北海道大学、奈良先端科学技術大学院大学、芝浦工業大学、近畿大学、大阪大学

委託先：北九州市立大学
再委託先：国立環境研究所、東京大学

委託先：福岡大学、産業技術総合研究所、プラスチック工学研究所、いその、富山環境整備、花王、TOPPAN、三菱電機、DIC、旭化成、三光合成
再委託先：東京科学大学、神戸大学、山口大学、滋賀県立大学、九州工業大学、横浜国立大学、ライオン、メビウスパッケージ、エスバンス

委託先：早稲田大学、石油エネルギー技術センター、コスモ石油、大日本印刷
再委託先：鳥取大学

委託先：東北大学、産業技術総合研究所、東ソー、TOPPAN、東西化学、恵和興業
再委託先：東洋インキ

委託先：東海国立大学機構、産業技術総合研究所、東北発電工業、八戸工業大学、東京電機大学、中央大学、高砂熱学工業
再委託先：学校法人青山学院

個別事業の採択プロセス

【公募】

公募予告：2020年2月27日⇒公募：2020年3月30日⇒公募〆切：2020年6月26日

【採択】

採択案件：革新的プラスチックの資源循環プロセス技術開発

採択審査委員会：2020年7月8日

採択審査項目：NEDOの標準的採択審査項目

採択条件：無し

【採択審査委員】

区分	氏名	所属	役職（当時）
委員長	橋本　征二	立命館大学理工学部環境都市工学科	教授
委員	大矢　仁史	北九州市立大学ｴﾈﾙｷﾞｰ循環化学科/環境ｼｽﾃﾑ専攻環境資源ｼｽﾃﾑｺｰｽ	教授
委員	喜多川　和典	公益財団法人日本生産性本部	エコ・マネジメントセンター長
委員	多賀谷　英幸	国立大学法人山形大学工学研究科	教授
委員	長谷川　裕夫	地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター研究開発本部	理事・研究開発本部長
委員	福島　康裕	国立大学法人東北大学工学研究科	教授
委員	福嶋　容子	シャープ株式会社ｽﾏｰﾄｱﾌﾟﾗｲｱﾝｽｿﾘｭｰｼｮﾝ事業本部要素技術開発部	課長

個別事業の採択プロセス

【公募】
公募予告：2021年6月30日⇒公募：2021年8月20日⇒公募〆切：2021年9月30日
【採択】
採択案件：石油化学原料化プロセス開発（液相分解）
採択審査委員会：2021年10月21日
採択審査項目：NEDOの標準的採択審査項目
採択条件：無し

【採択審査委員】

区分	氏名	所属	役職（当時）
委員長	喜多川　和典	公益財団法人　日本生産性本部	エコ・マネジメントセンター長
委員	多賀谷　英幸	国立大学法人　山形大学　工学研究科	教授
委員	橋本　智佳子	千代田化工建設株式会社フロンティアビジネス本部研究開発センター	シニア・リサーチャー
委員	藤田　照典	三井化学株式会社、中部大学	シニアアドバイザー/特任教授

予算及び受益者負担

2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	合計
5.92	9.83	12.35	8.83	5.51	42.44

実績額（単位：億円）

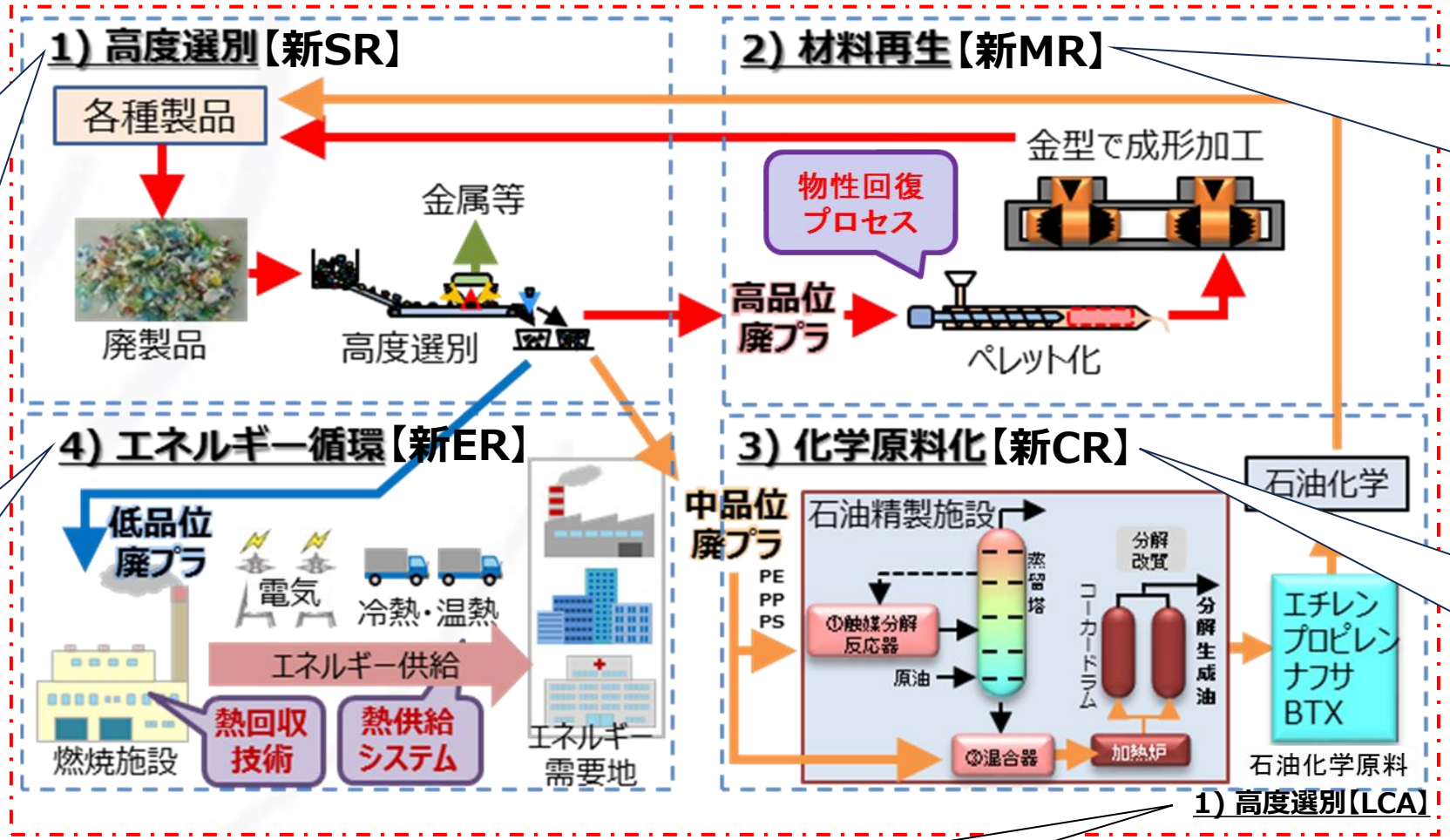
受益者負担：委託事業

廃プラスチックの処理には、材質、製品の汚染度など、様々な要因が要するために、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルを回収プラスチックの品質に応じてバランスよく実施することで、処理量、経済性、環境性（CO2削減効果）を最大化する必要がある。そのためには、本研究開発に於ける「高度選別技術」、「材料再生技術」、「基礎化学品化再生技術」、「高効率エネルギー回収・利用技術」の４つのコア技術開発の連携が必須であり不確実性が非常に高い。このため委託事業として進めたもの。

目標達成に必要な要素技術

- FP型AIソータの開発は、雑品プラDBの構築 / 複合センシングデータ 利用深層学習AIの構築 / マテリアルハンドリング技術の開発
- 高度比重選別システムは、サイズ・形状指標の解明と事前整粒装置の開発 / 多槽比重選別システムの開発

- 実装するための表面改質技術
- スケールアップ技術と基本設計技術

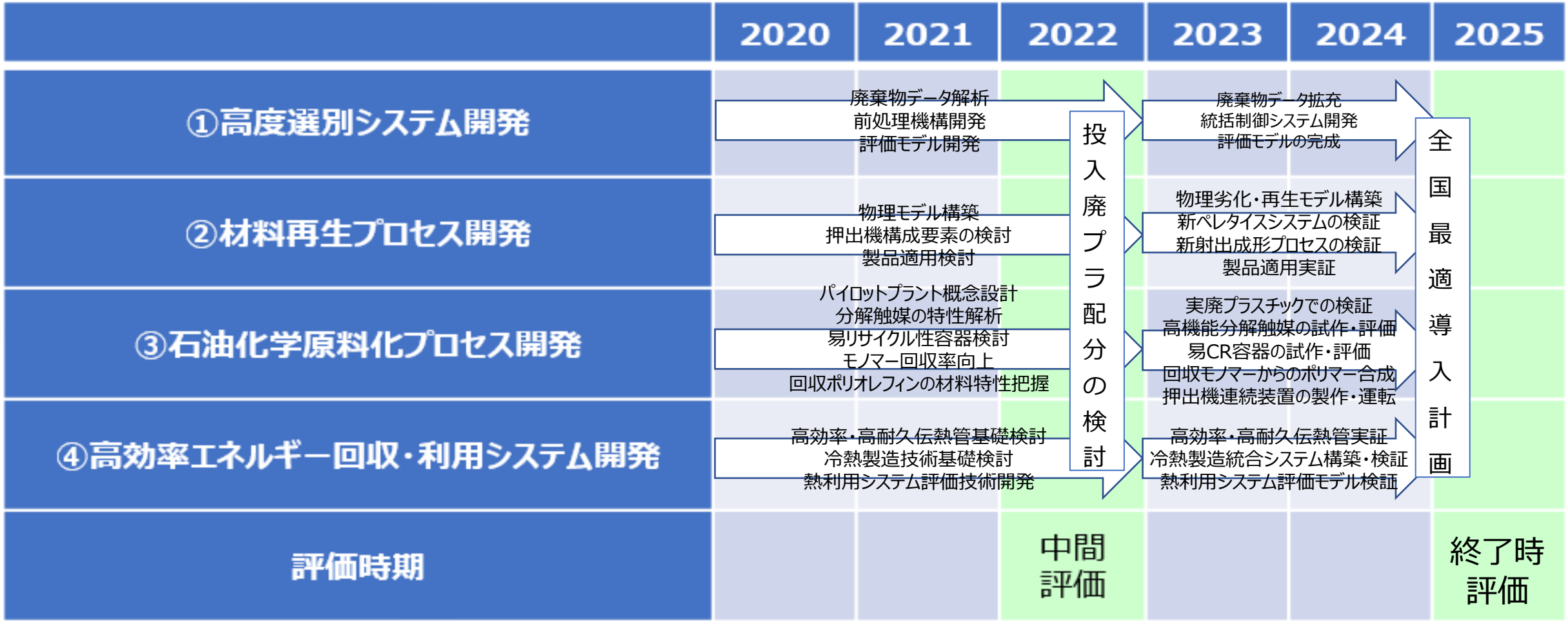


- 結晶のメモリーならびにせん断履歴を緩和し、絡み合いを復元できる再ペレタイズプロセス
- 成形中のせん断応力制御が可能な成形プロセス

- 廃プラスチックの分解に適した触媒開発
- 複合プラスチックのケミカルリサイクルに向けた液相分解プロセス

・プロセス評価のためのシミュレーション技術　・制約条件下における最適解導出技術

研究開発のスケジュール



廃プラスチックの処理は、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルを回収プラスチックの品質に応じてバランスよく実施することが非常に重要で、投入廃プラ配分の検討を通じて、他テーマとの処理区分の境界を検討。また高度選別システム開発参画企業が扱う廃プラの他テーマへの提供を通じて、各種課題の洗い出しを実施

進捗管理

■ NEDOの主催する委員会、実施者が率先して開催する委員会等の開催で定期的に進捗確認管理を実施

会議名	開催頻度	主催者
技術委員会	毎年１回以上開催	NEDOサーキュラーエコノミー部
採択審査委員会	新規研究開発テーマ公募時	NEDOサーキュラーエコノミー部
研究開発連携会議	毎年2 回程度開催	実施者
PL・TL・STL 会議	毎年4 回程度開催	実施者
進捗報告会議	1～3か月毎を目途に開催	実施者

進捗管理

【研究開発マネジメント事例】

●技術委員会

石油化学原料化テーマで、委員より新プロセスの可能性についての言及があり、NEDOのプロジェクトマネージメント内容として検討

⇒ 石油化学原料化の研究開発項目でプロセスの選択肢の多様化を図るため、革新的なケミカルリサイクル技術開発テーマを公募し廃プラスチックの新規分解技術研究テーマ（液相分解）を採択

●技術委員会

技術の最新動向調査による比較により、ケミカルリサイクル（触媒分解）研究開発の取組に対して方向性の確認を行う必要が出てきた

⇒ ケミカルリサイクル（触媒分解）研究開発に対して、技術の専門家を新たに委員委嘱し通常の技術委員会とは別に専門家委員会を開催する事により、実施計画書の見直し、残存課題の精査を行った

【以下技術委員会委員意見】

2023/12/27開催

- 熱分解技術と比較する場合は、欧米の建設中・運転中プラントとの比較が必要
- 実廃プラを用いるゼオライト触媒分解を複数回行い、実廃プラ転化率／生成物選択率を示すこと
- 開発触媒ができていない中で、実施者の実施内容を見直す必要がある

2024/4/2開催

- 競合技術、先行研究を十分整理し、触媒を用いるプロセスの新規性のポイントを明確にすること
- 好ましくない結果こそ、早く正確に伝えること

2024/10/17開催

- ブランク実験において多くの熱分解が起こっていること。すなわち、触媒の影響は小さいこと。また、触媒劣化が起こっていること。一方実験条件を適切に管理できていない可能性がある
- ゼオライト触媒を用いる廃プラ分解の結論を出させなければならない

【事業終了時での残存課題】（P.28記載内容）

- ゼオライト触媒失活に繋がった添加物等の触媒毒が何であるかを明らかにする基礎研究の取組みが必要である
- 触媒再生のための大量の触媒焼成プロセスを実現する手法の検討が必要である
- 石油化学工業プロセスでの接触流動式分解装置(FCC)を想定した評価はレトロフィットの手法の一つと考えられるが、何等かの既存の統合的なシステムを想定し、その中で触媒利用の有効性を示すことが望まれる
- 今後の知見として、本取り組みの成果と課題を記録に残すことが必要である

進捗管理：中間評価結果への対応

	問題点・改善点・今後への提言	対応	事業終了時点での結果
1	今後は、多岐に亘る技術開発プロジェクトであるため、排出される国内の廃プラスチックの種類や量などの動向も踏まえながら、個別の研究開発項目と事業全体の整合性の向上について、更なる工夫を期待したい。	各研究開発項目が対象とする廃プラスチックの種類や量、また開発された技術によりリサイクルが可能と見込まれる量については、事業の中で関係性や整合性が検討されるよう、既にPL等を中心に議論を行っているところ。中間評価以降も技術開発で得た知見を基に、実施者による各処理技術へ投入されるべき廃プラスチックの種類、量の整合性の議論を進める。	高度選別システム開発事業者の調査により、大栄環境の雑品プラ・製品別プラ処理量と全国の廃プラ総排出量に関する実績と将来の見通しを調査した。新MR,新CR,新ERの実運用時の受け入れ条件の明示により採算性評価、事業化検討が可能になった。 材料再生プロセス開発により、モノマテリアル系ではバージン比90%までの高度物性再生を達成することができた。またバージン品でも物性向上できることを見出した。一方で複合材料では新たな発想による再生プロセスの構築が必要である。 高効率エネルギー回収・利用システムでの開発材料により灰付着および化学腐食の両者を低減可能となった。それにより未利用排熱による冷熱製造とそれによる氷スラリ製造の実現可能性が向上した。
2	今後、実用化・事業化に向けて、廃プラスチックを効率的に回収する方法や量、種類、品質等の理解を深めること、再生プラスチック材の需要分野や出口産業について戦略的に検討し、付加価値の付け方を意識しながら市場にPRを図ること、及び開発が先行しているテーマについては、実施者による事業化の加速を図ることを期待したい。	本事業の研究開発項目（高度選別）の中で様々な廃棄場所からの廃プラスチックの回収を進めている。継続的な情報収集を通じ、実用化・事業化時の回収方法の検討を深める。また、大学等からの再生プラスチック材を複数のユーザー企業へ提供することなどを通じ、ユーザー企業による再生プラスチック材利用の具体例を積み上げるなど、将来の技術利用を意識した取り組みを深める。	材料再生プロセス開発でのラボレベルの押出機による再生試験では、参画企業で良好な結果を得ることができた。また高性能実証試験機で高度再生を行ったリサイクルプラスチックにおいても参画企業だけでなく外部企業でも実用に供する性能を示すことが実証された。良好な結果を受けて、本格的な事業化検討を継続している。

進捗管理：動向・情勢変化への対応

- 近年、従来のプラスチックケミカルリサイクル技術としての熱分解法技術の進化が見られ、再度代表的な熱分解法の研究開発状況の情報収集を行った
  - 従来の熱分解プロセスに比べ分解反応温度の低い事例
  - ナフサ、軽質留分、燃料油が主な生成物ではあるが、ナフサクラッカーとの併用で石化原料への転換の可能性
  - 但し異物（夾雑物含む）処理に関しては課題があるものと想定

- 対応
  技術委員会からの指摘もあり、触媒分解プロセススケールアップの検討を見直し、異物処理能力の観点で、リサイクラーから入手した実廃プラを用いた触媒分解プロセスの技術ポテンシャルと残存課題を確認する事とした

分類、項目		熱分解法		本事業 触媒分解法 (触媒、溶媒併用)
		無溶媒系	溶媒添加系	
		New Hope Energy／BASF	OMV／ExxonMobil	
分解法の特徴	目的生成物	ナフサ、軽質留分	ナフサ、燃料油	石化原料 (C2~C9A≧70%)
	副生成物	重質留分、Coke	ワックス、Coke	燃料油留分
	反応温度	350～550／420℃	300～360℃／370～500℃	400℃
	反応時間	5hr（特許より）／不明	循環（予想»1hr）／不明	1hr
プロセスの特徴	溶融溶解	押出機・溶融タンク／不明	押出機⇒溶媒混合	溶融・溶解槽 (溶媒混合)
	反応器	撹拌槽型／不明	不明	撹拌槽型 (圧力容器)
	異物除去	不明	不明	ろ材（樹脂膜他）
	生成物分離	分留塔（4成分）	分留塔（4成分）	分留塔 (2～3成分)

ケミカルリサイクル（触媒分解）事業者による調査情報の例

進捗管理：成果普及への取り組み（NEDO特別講座）

- プロジェクトの発展・成果普及を図るため、成果の社会実装や関連する先端技術分野等の将来を担う人材の育成、新たなニーズまたは技術シーズの発掘や技術の応用・発展に繋がる人的ネットワークの構築に向けて材料再生技術に関するNEDO特別講座を実施中（2024年度～2025年度）

NEDO特別講座実施内容

①人材育成講座の実施	i. 当プロジェクトにより廃棄プラスチックの高度物性再生を実現した、「物理劣化・物理再生理論」の基盤となる高分子の基礎物理物性（レオロジー、溶融時の絡み合い構造（最長緩和時間）、結晶構造、メモリー効果など） ii. 上記物性を評価する実験手法と解析手法 iii. 高分子の分子運動論とシミュレーションを用いた物理劣化・物理再生メカニズム解析法 iv. 製造対応技術（射出成形、押出成形） v. プラスチックのマテリアルフロー vi. 学会参加や論文などを通じて得た海外動向などマテリアルリサイクルの推進に重要な情報一般
②人的交流などの展開	i. 専門家による招待講演 ii. シンポジウム・ワークショップの開催 iii. 講座参加者と主体とした意見交換会の実施 iv. 大学－企業、企業間の共同研究の推進
③周辺研究の実施	i. 福岡大学などの研究施設見学 ii. 講座参画企業の試料を用いたサンプル評価や分析・評価手法の検討

NEDO特別講座実施実績　（総計約400名が参加）

実施日　実施場所	講座テーマ	参加者数
2024年11月21日　オンライン	講座開催の説明会	85
2024年12月4日、5日　福岡大学	物理劣化・物理再生理論概要説明	118
2024年12月24日　滋賀県立大学	高分子溶融物性・レオロジー基礎	142
2025年1月22日　神戸大学	高分子固体物性・結晶物性基礎	171
2025年2月20日、21日　福岡大学	高分子内部構造ならびに流動解析	135
2025年3月11日、12日　島津製作所	革新的プラスチックマテリアルリサイクルシンポジウム	129
2025年4月17日、18日　広島テクノセンター 広島大学デジタルものづくりセンター	射出成形と高度マテリアルリサイクル	130
2025年5月22日、23日　福岡大学	押出成形・繊維成形と高度マテリアルリサイクル	119
2025年6月26日、27日　福岡大学	計算科学と高度マテリアルリサイクル	86



HPにおいては、過去講義のアーカイブ公開

進捗管理：成果普及への取り組み



プラスチックマテリアルリサイクルの現状と将来課題に関するシンポジウム

使用済プラスチックのマテリアルリサイクルに関する取組みは、各所で行われています。それに伴い、回収から再生・製品化に至るマテリアルリサイクルの各過程において、新たな課題が明らかになりつつあります。
本シンポジウムでは、各過程で実際に取り組んでいる自治体・大学・企業から現状の取組みを紹介していただき、マテリアルリサイクル推進における将来課題について、包括的な観点から共通認識を醸成し、解決法を探っていきます。

参加費 無料

＊プログラム＊

基調講演

「マテリアルリサイクルの欧米の動向と日本の課題」
府川 伊三郎　株式会社旭リサーチセンター シニアリサーチャー

事例紹介

「大木町における家庭使用済プラスチックの再生利用プロジェクト紹介」
境 公雄 大木町町長
近藤 加代子 九州大学 教授
高野 敦司 いその株式会社 営業本部 副部長 兼 第一営業部長

「デジタル技術を活用した静脈資源回収事業」
野崎 衛　レコテック株式会社 CEO

「産業廃棄物からの高度選別－資源化の取組み」
今井 麻美　株式会社富山環境整備 イノベーション事業部 次長

「リサイクルプラスチックの高度物性再生への取組み」
八尾 滋　福岡大学工学部 教授

「花王のプラスチック容器包装　環境対応への取組み」
稲葉 真一　花王株式会社 包装技術研究所第３研究室 室長

「プラスチック資源循環法から想定する今後のプラスチックマテリアルリサイクル」
久保 直紀　プラスチック容器包装リサイクル推進協議会 専務理事

日時
2022年３月９日 (水)
13：00 - 17：30

場所
アルカディア市ヶ谷
私学会館 4階 鳳凰
東京都千代田区九段北4-2-25

主催
福岡大学
機能・構造マテリアル研究所

申込み
下記フォームからお申込みください
https://forms.gle/mAFnEGZiiP4BgSgZ6

お問い合わせ
福岡大学
機能・構造マテリアル研究所
shyao@fukuoka-u.ac.jp

12 つくる責任 つかう責任

Revolutionary Mechanical Recycle

材料再生プロセス開発成果についてシンポジウムを開催し広く技術成果を一般に公開
（2022年3月9日開催）



NPO 法人 循環型社会創造ネットワーク CROSS / 青森県 八戸市

Creation of Recycling Oriented Society Syste

HOME　NPO CROSS について　省エネルギー　前年度までの事業　お問い合わせ

高効率エネルギー回収・利用システム開発セミナーのご案内

特定非営利活動法人法人循環型社会創造ネットワークでは、八戸工業大学等の共催、八戸地域新ゼロエミッション連絡協議会等の協賛を得て、高効率エネルギー回収・利用システム開発セミナーを開催いたします。

最新技術による熱エネルギーの回収・利用は、カーボンニュートラルの状態を目指す一里塚となりますので是非ともご参加ください。

題目：「地球温暖化対策に向けた高効率エネルギー回収・利用システム」

主催：NPO法人　循環型社会創造ネットワーク

共催：八戸工業大学、日本機械学会東北支部、青森化学工学懇話会、青森県工業技術教育振興会

協賛：八戸地域新ゼロエミッション連絡協議会、化学工学会東北支部

開催日時：令和4年7月1日（金）　受付開始14時30分から

会場：八戸プラザホテル（〒031-0081 青森県八戸市柏崎１丁目６-６）

決定 2025年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」に係る実施体制の決定について

2025年5月23日

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、2025年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」の公募を実施し、応募いただいた47件の提案について厳正な審査を行い、別紙1のとおり21件（FS調査フェーズ2件、インキュベーション研究開発フェーズ6件、実用化開発フェーズ12件、実証開発フェーズ1件）の実施予定先を決定いたしました。

公募名：脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム
採択案件：熱交換器の革新的効率・耐食性向上技術の実用化開発
事業者：東北発電工業株式会社
三國機械工業株式会社
近藤設備設計株式会社

P.12資料再掲

高効率エネルギー利用開発成果についてセミナーを開催し広く技術成果を一般に公開
（2022年7月1日開催）

進捗管理：成果普及への取り組み

国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

温水を使用した氷スラリー製造の連続化に成功

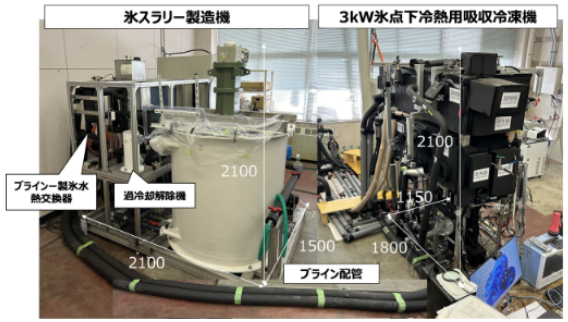
―未利用熱を活用し、高い熱利用効率を実現―

2024年5月29日
NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）

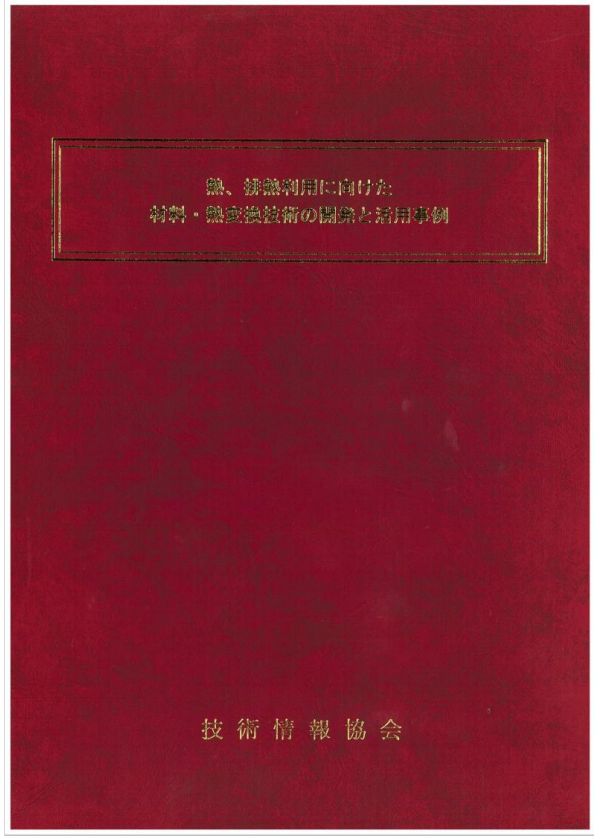
NEDOの委託事業である「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（以下、本事業）で学校法人八戸工業大学は、学校法人東京電機大学、高砂熱学工業株式会社と共同で、温水から氷点下冷熱を製造する吸収冷凍機と氷スラリー製造機を組み合わせた「熱リサイクルパッケージ（冷熱出力3kW）」（以下、本パッケージ）を開発し、低温温水から氷片と水が混合した流動体である氷スラリーを連続して製造することに成功しました。

本パッケージは、廃プラスチックなどを燃焼によってエネルギー回収する際に排熱として捨てられている低温の未利用熱エネルギーを氷スラリーに変換するもので、排熱回収として高い熱利用効率を実現するとともに、農産物、水産物などの輸送時冷蔵保冷剤として年間を通じて排熱の利用を可能にします。

本パッケージを使うことで、工場などから排出される低温の未利用熱を、工業、運輸、農林水産といった分野と連携するハブとなり、脱炭素社会実現へ貢献します。



温水から氷をつくれ！排熱商業利用の実現に迫るパッケージの記者発表会を開催し実験を公開（2024年5月29日開催）



書籍「熱、排熱利用に向けた材料・熱変換技術の開発と活用事例」
第６章　産業排熱活用に向けた工場・生産設備での蓄熱、熱利用技術の応用事例
第９節　未利用熱を活用できる温水を使用した氷スラリー製造の連続化技術の開発
（技術情報協会，2025年5月30日）

進捗管理：成果普及への取り組み

【モノづくり日本会議】



- ●第37回新産業技術促進検討会シンポジウム　2022年3月1日
  NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト 進捗報告会
- ●第45回新産業技術促進検討会シンポジウム　2023年8月2日
  NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト 進捗報告会
- ●第56回新産業技術促進検討会シンポジウム　2025年5月16日
  NEDO『革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発』プロジェクト 報告会

【その他講演】

- Japan Pack 2022（2022年2月16日）
  プラスチック循環技術の確立に向けたNEDOの取り組みについて
- 化学工学会 化学工学ビジョンシンポジウム「エネルギー・資源循環に貢献する化学工学」（2023年3月15日）
  NEDOにおける資源循環技術開発の取組み
- IPF Japan 2023（2023年11月29日）
  革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発プロジェクトの概要
- 富山県グリーン分野研究会第4回技術セミナー(2025年1月16日)
  プラスチック循環技術の確立に向けたNEDOの取り組みについて

進捗管理：開発促進財源投入実績

2021年度	百万円	件名・目的	成果
高度選別システム開発	16	廃プラスチック選別装置機構の改良のため	混合プラスチック成層化の制御性向上および高精度化による研究開発の加速
		実廃プラの形状・サイズ多様性に対する分析データの大量取得のため	実廃プラに対するテラヘルツ分光データベースの構築による研究開発の加速
材料再生プロセス開発	47	成形装置によるフィルム製膜および実験装置の改良による洗浄機構の導入のため	容器包装リサイクルプラスチックの再利用における製品化適用範囲の拡大と実験データ蓄積の効率向上による研究開発の加速
		NMR分析による試料の形状多様性に対応するため	プラスチックの内部構造変化と物性変化との相関関係の解明による研究開発の加速
石油化学原化プロセス開発	39	粒子径分布測定装置および分光分析装置による触媒性能評価のため	廃プラスチック分解触媒開発に向けた評価基盤の整備による研究開発の加速
		TG-DTAの導入による廃プラスチックの熱分解性能の評価のため	各種プラスチックの熱分解性能の基盤データベースの構築による研究開発の加速
		FCCライザーベンチプラント評価に向けたプロトタイプ装置の改良のため	ベンチプラント評価におけるフィードノズル閉塞条件の抽出による研究開発の加速
高効率エネルギー回収・利用システム開発	29	冷熱需要を踏まえた低温廃熱利用の実証サイト検討のため	ごみ焼却設備との漁港（冷熱需要地）の実証サイトの候補地抽出による研究開発の加速
		低温廃熱の熱輸送媒体（吸着材）に関する連続乾燥装置の多段化改造のため	連続乾燥装置のスケールアップによる研究開発の加速
		低温廃熱を利用した冷媒性能の評価装置およびベンチスケールの吸収冷凍機の改良のため	冷媒の物性予測手法の早期確立およびパイロットスケール機の製作の課題抽出による研究開発の効率的な推進と加速
		FT-IRおよび顕微鏡に導入による冷熱輸送媒体（氷スラリー）の流動性評価のため	氷スラリーの熱流動特性の把握による閉塞条件の解明と高精度評価手法の確立による研究開発の加速

進捗管理：開発促進財源投入実績

2022年度	百万円	目的	成果
高度選別システム開発	28	廃プラスチック選別装置機構の改良のため	後段のリサイクル工程（特にケミカルリサイクル）向けに連携的に供給する廃プラスチックの精密選別の実現による研究開発の加速
		廃プラの各種選別工程におけるデータおよび実廃棄物のマテリアルハンドリング動作データの大量取得のため	実廃プラスチックに対する精密選別条件の策定および深層学習AIの基盤データベースの構築による研究開発の加速
材料再生プロセス開発	65	中規模スケールの樹脂溜まり付き押出機の機構改良のため	過年度で検証済の改良要素に関するより高度なプラ物性の再生効果の検証による研究開発の加速
		PD研究員の採用および実廃プラ組成分析外注による物性再生効果の解明のため	多種多様な廃プラスチックに対する物性再生効果の網羅的な検証と効率的なデータ蓄積による研究開発の加速
		樹脂溜まり付き押出機に適用可能な異物除去機構改造と検証データ蓄積のため	実廃プラへの適用可能性およびプロセスの経済性検討による新規押出機の研究開発の加速
		樹脂溜まり付き押出機のスケールアップ検討に向けた樹脂流動解析のため	押出機のスケールアップ検討による研究開発の加速
		成形金型のバルブゲート機構の改良要素増設に伴うデータ取得のため	成形時の樹脂物性劣化抑制する最適化条件の抽出による研究開発の加速
		物性再生樹脂を用いた成形後の大型製品に係る物性データの追加取得のため	物性再生効果の製品化適用可能性の見極めによる研究開発の加速
		装置設置に伴う研究員の移動のため	中規模スケールの樹脂溜まり付き押出機のセッティング確認
石油化学原料化プロセス開発	83	忌避成分および異物除去成分の特定に伴うプラント設計に関する追加的な検討のため	想定される廃プラスチック種類の対応範囲拡大と円滑なプラント設計に関する研究開発の加速
		押出機の改良要素増設のため	新規押出機の小型化検討に向けた研究開発の加速
		高圧反応装置の導入による複合樹脂材料のモノマー化反応の追加データ取得のため	多種多様な複合材料プラの対象範囲の拡大による研究開発の加速
高効率エネルギー回収・利用システ開発	59	大面積化した表面改質試料に対する組成分析装置の導入のため	表面改質手法の検討に向けた実験データ蓄積に係る研究開発の加速
		改質材料の候補選定における分析試料の前処理装置の導入ため	候補材料の週出と絞り込みに向けた実験データ蓄積に係る研究開発の加速
		実廃棄物焼却サイトに設置する改質材料のその場観察機構等の導入のため	実廃ガスの耐久性の検討に係る研究開発の加速
		粒子温度測定装置の導入による低温廃熱輸送媒体粒子の詳細温度の特定のため	伝熱シミュレーションの最適化および総合熱マネジメントツールによる評価の高精度化に係る研究開発の加速

「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（終了時評価）

2020年度～2024年度　5年間

プロジェクトの詳細説明（公開版）

2025年10月28日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

サーキュラーエコノミー部

報告内容

資料3-1_プロジェクトの説明【公開】

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

↓

2．目標及び達成状況

↓

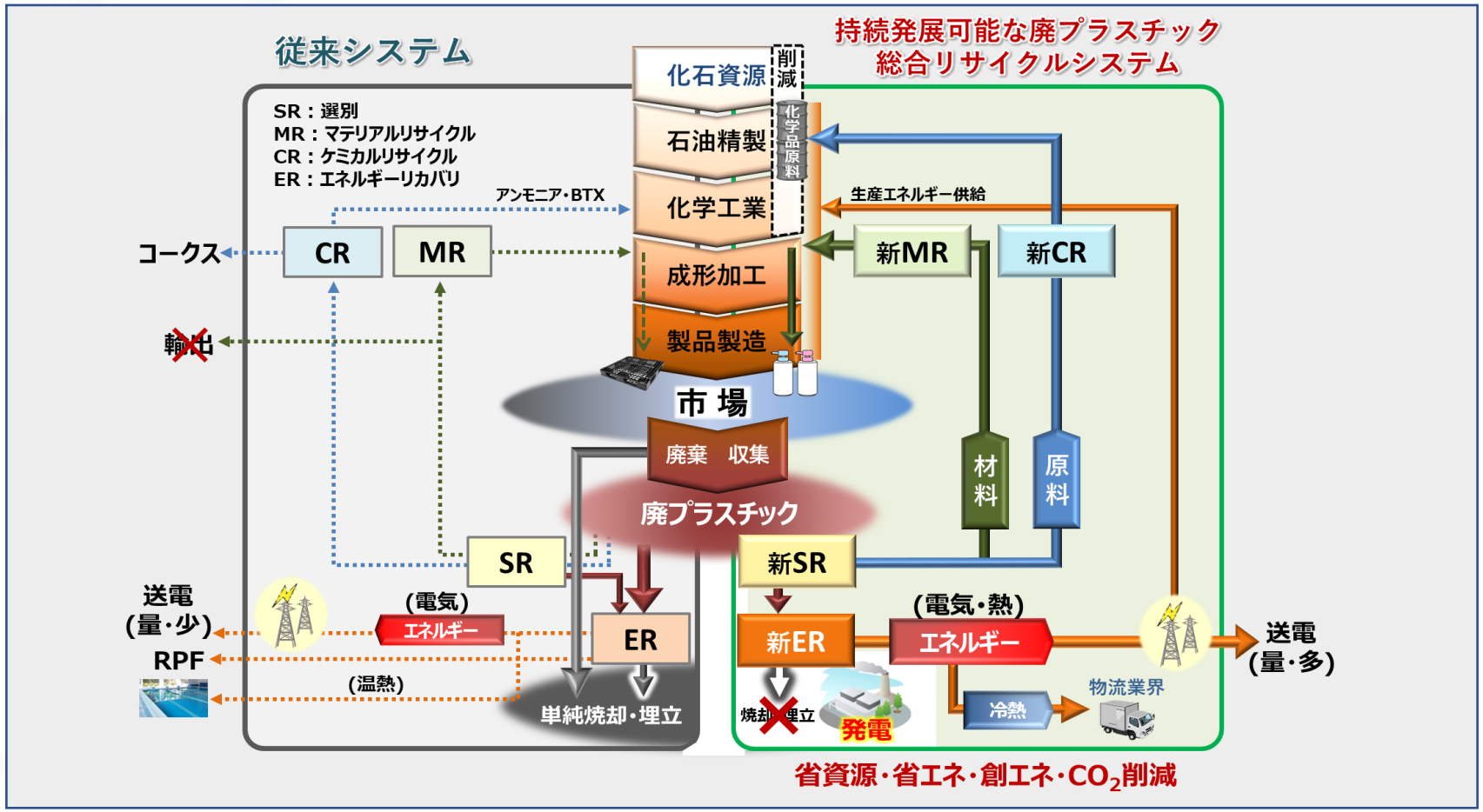
3．マネジメント

資料3-2_プロジェクトの詳細説明【公開】

2．目標及び達成状況（詳細）

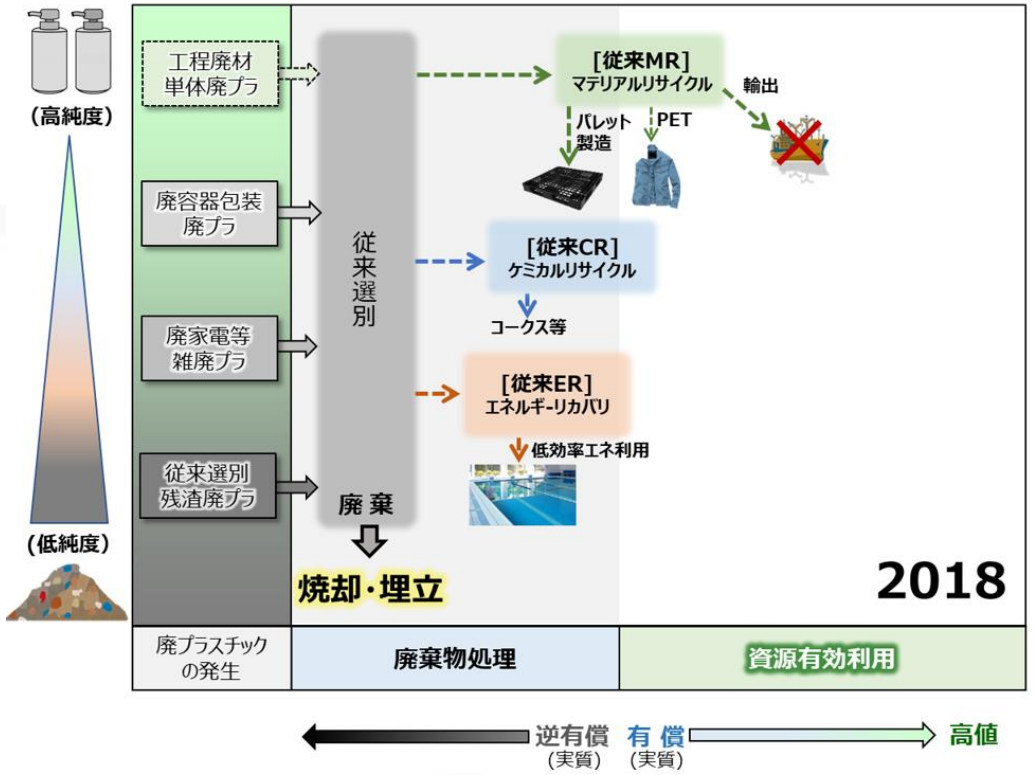
革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発の構築

- 従来の低効率なERと単純焼却・埋立による廃プラ処理を脱却し、新SR、新MR、新CR、新ERを統合した総合的な資源循環システムを構築
- 国内で発生する全ての廃プラを対象に、高付加価値化、低環境負荷、経済的自立を目指す

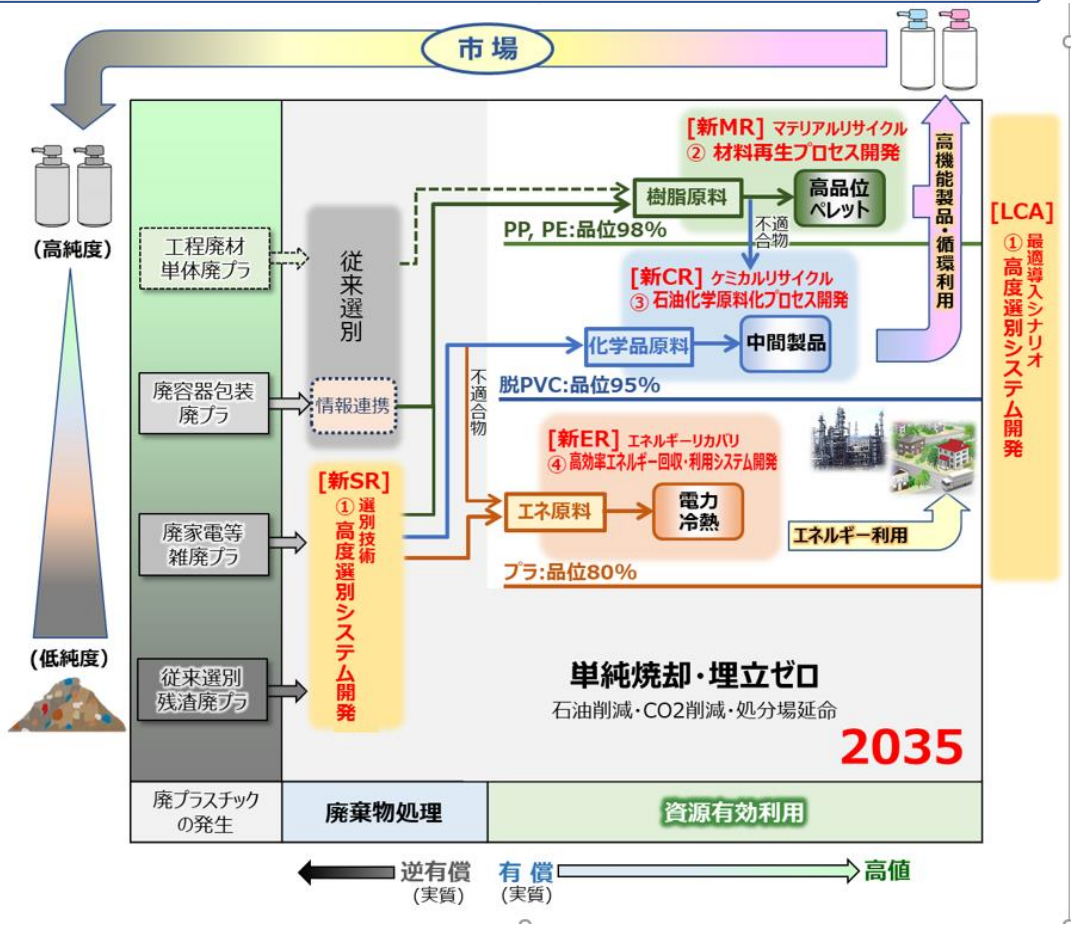


新しい廃プラリサイクルに求められる技術

- SR: 低品質な廃プラを、樹脂種や純度に応じてMR、CRおよびERへ最適分配するための技術
- MR: 国内産業の需要に対応できる高品質なプラスチック製品を製造可能な技術
- CR: 既存の石油精製プラントの原料として利用するための新規触媒プロセスの技術
- ER: 発電効率を高め、低温排熱を利用して総合エネルギー回収率と稼働率を向上させる技術

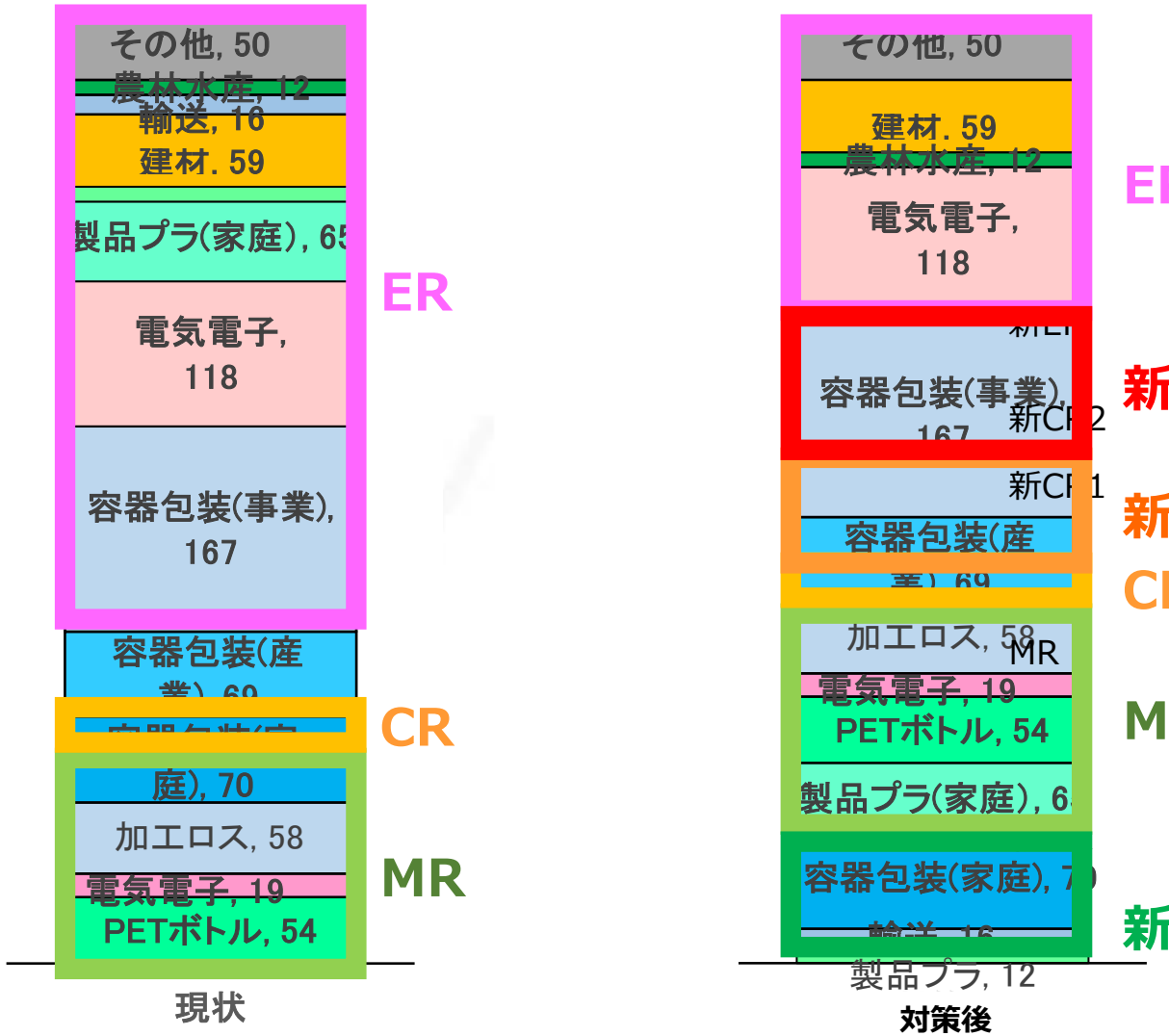


- 新SR: 既存の選別工程に新規装置を導入し、新MR、新CR、新ERに適した廃プラを供給
- 新MR: バージン材に比べて70～90%の靭性を有する高品位な材料を製造
- 新CR: 廃プラから収率70%で化学品原料を製造（石油化学原料化）
- 新ER: 長時間連続運転可能で、排熱を冷熱源として利用し、エネルギー利用効率80%を達成



本プロジェクトの対象となる廃プラスチックの発生源

新MRの対象は製品プラや容器包装（家庭）、新CR1の対象は容器包装（産廃、事業）、新CR2の対象は複合材

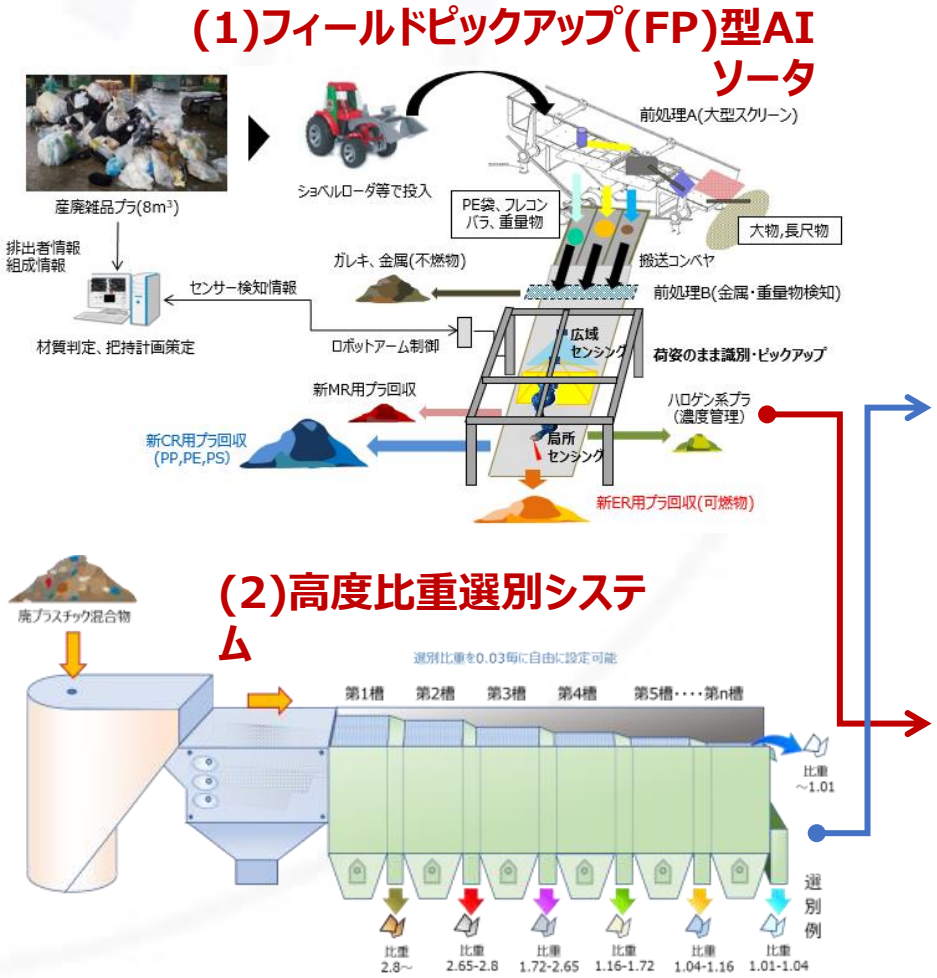


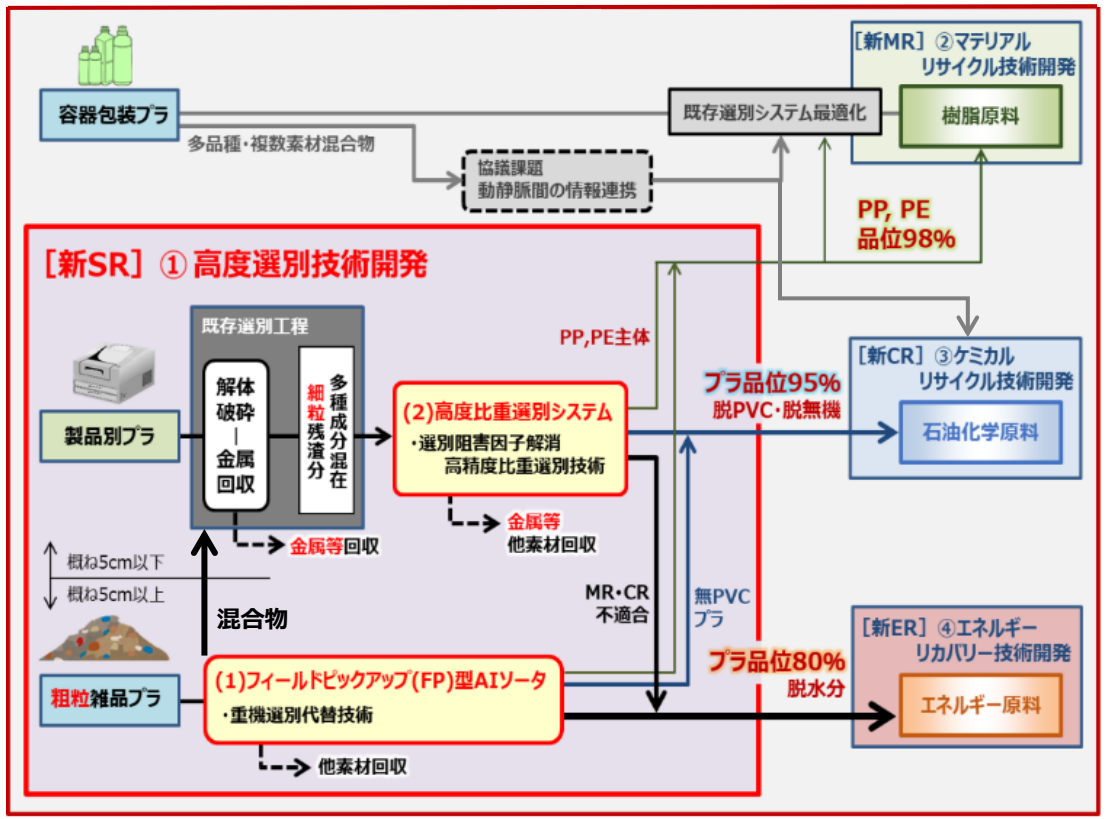
単位：万t

高度選別技術の説明（選別技術）

■ 高度選別システム開発

- 廃プラ・混合廃プラ、金属・がれき等の不燃物、紙・木等の可燃物で構成される「雑品プラ(粗粒)」、製品から金属回収後の「残渣分(細粒)」から、新CR、新MRあるいは新ERに再利用可能な産物を経済的合理性をもって選別可能とする。





新SR目標値
新MR用：PP，PE品質　98%以上
新CR用：PVCを除くプラの品質　95%以上
新ER用：プラ品質　80%以上

高度選別技術の目標達成状況（選別技術）

開発項目	目標 （2025年３月）	成果 （2025年3月）	達成度	達成の根拠／解決方針
①「フィールドピックアップ(FP)型AIソータの開発」	前処理、AI識別、ロボットピックアップの工程を統括制御するベンチスケールの選別システムを介し、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比　1/3(8m^{3}コンテナ1台分相当の廃棄物を5分以内で処理)とするためのシステムを確立する。	前処理、AI識別、ロボットピックアップの工程を統括制御するベンチスケールの選別システムを構築し、前処理を含む選別工程の処理時間262秒(4分22秒)を確認。	○	開発した試験設備(前処理、ロボットピッキング)を用いた実験により実際の処理時間を確認。
②「高度比重選別システムの開発」	高精度化に向けた改良を加えて、新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で実現できる一連の多槽比重選別システムのベンチスケール機を完成させる。	・整粒基準に必要なパラメータを統合したサイズ・形状指標統一指標を解明し、新基準整粒装置のベンチスケール機を試作。 ・構成比未知試料を自動選別する多槽ジグのベンチスケール機を試作。 ・製品別廃プラの比重選別について、新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で達成。	○	開発した新基準整粒装置ベンチスケール機、多層ジグベンチスケール機を用いて、実廃棄物の製品別廃プラの比重選別を実施し、新SRが想定する新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で達成した。

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

高度選別技術の意義（選別技術）

テーマ名	高度選別システム開発	達成状況	○(達成)
達成状況の根拠	**(1)フィールドピックアップ(FP)型AIソータの開発**　前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比1/3(8m^{3}コンテナ1台分相当の廃棄物を5分以内で処理)を確認。欧州ソーティングセンターのような大規模多段処理を前提としない、国内各地の産廃処理業者での活用を想定した、より小規模かつワンパスで雑品プラを用途別(新MR、新CR、新ER)に回収可能な自動選別システムの技術基盤を確立した。 **(2)高度比重選別システムの開発**　開発した新基準整粒装置ベンチスケール機、多槽ジグベンチスケール機を用いて、実廃棄物の製品別廃プラの比重選別を実施し、新SRが想定する新MR・新CR・新ERの目標品質を回収率95%以上で達成した。		

【開発の意義】

(1)フィールドピックアップ(FP)型AIソータの開発

現　状　：雑品プラ中のマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルが可能な良質プラの存在割合が不明であり、このような複雑組成の廃プラを荷姿のままワンパスで選別するソータ(AI)は存在しない。現状は人手による粗選別でRPF原料化のみ。

開発後　：雑品プラ中の廃棄物情報DBを構築し、自動選別における処理フローを構想、明確化。荷姿状の廃プラに対して4種センサ検知情報に基づくプラ種判定アルゴリズム(AI)、及び独自の黒色プラ種判定手法を開発。ロボットピッキング自動選別システムを開発。

(2)高度比重選別システムの開発

現　状　：従来のジグは廃プラ選別に不適な弱点が存在する。製品別プラは、様々なサイズ・形状が混在することで高精度な比重選別ができず、また構成比未知の多種混合物であり選別状態を視認できないため適切な装置制御ができない。よって再資源化が困難。

開発後　：新基準整粒装置ベンチスケール機、多槽ジグベンチスケール機の開発により、製品別プラの自動制御を実現。新MR,新CR,新ERの各受け入れ条件に適合する産物を回収可能に。

FP型AIソータと高度比重選別装置のベンチ機完成により、低コストな廃プラスチック自動選別の技術基盤を構築

開発装置の製品化、普及により、アウトカムに必要となる新MR,新CR,新ERそれぞれの要求品質に適合した廃プラを供給可能に

高度選別技術での課題（選別技術）

【成果】

FP型AIソータ開発

- 前処理、AI識別、ロボットピックアップの工程を統括制御するシステムを開発し、ベンチスケール機を構築した。各部の動作の最適化を図ることで、前処理を含む選別工程に要する処理時間を現状比1/3を達成した。
- 産廃系「雑品プラスチック」の選別自動化(各リサイクルへの最適分配)に必要な技術基盤を確立した。

高度比重選別システム

- 整粒基準に必要なパラメータを統合したサイズ・形状統一指標を解明し、新基準整粒装置のベンチスケール機を試作した。
- 構成比未知試料を自動選別する多槽ジグのベンチスケール機を試作し、新基準整粒装置とシステム化した。
- 実廃棄物を用いた製品別廃プラの比重選別について、想定する材料再生プロセス、石油化学原料化プロセス、高効率エネルギー回収・循環システムで必要とする廃プラスチックの目標品質を回収率95%以上で達成した。

【課題】

FP型AIソータ開発

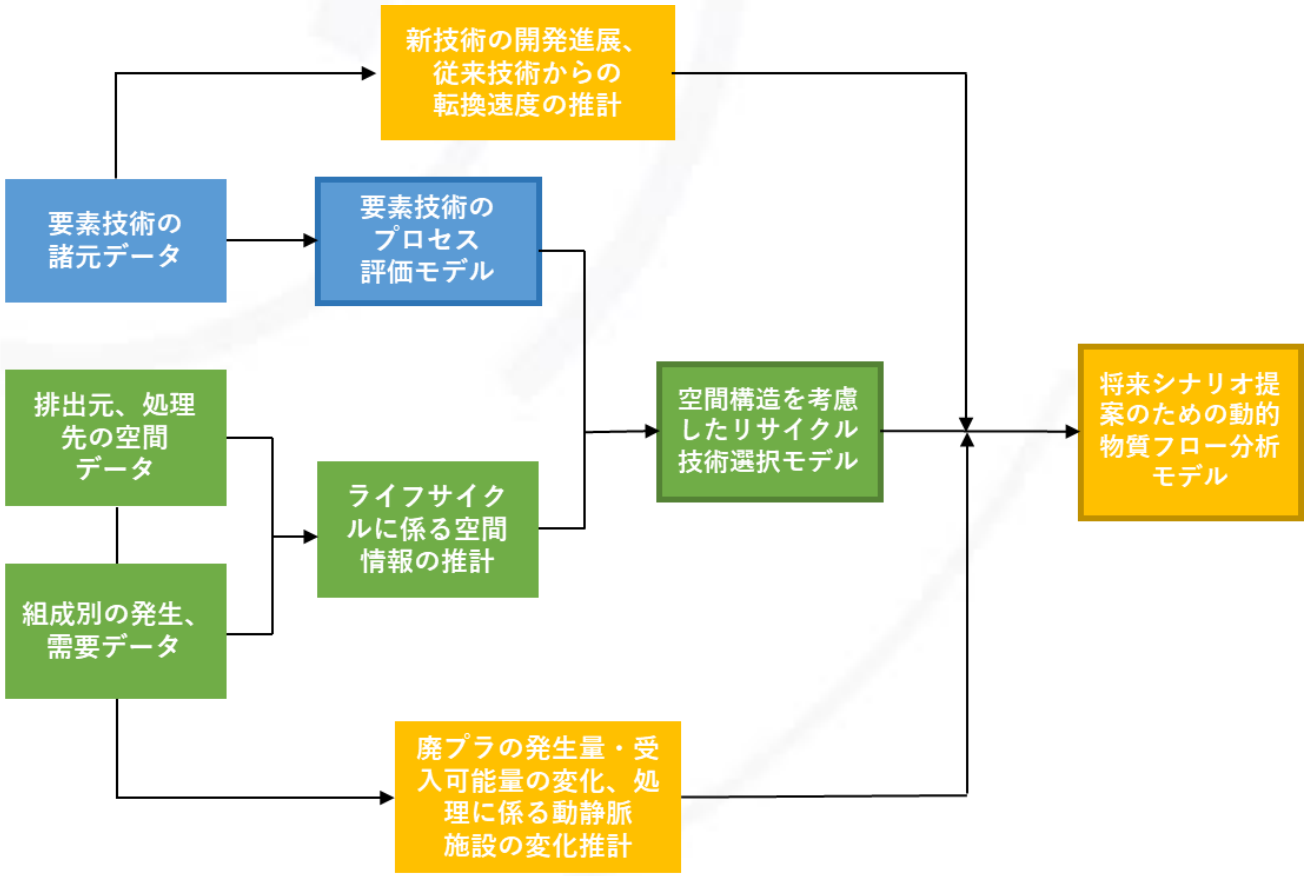
- AI識別の高度化、信頼性向上に向けて、今後さらに学習データの拡充が必要。

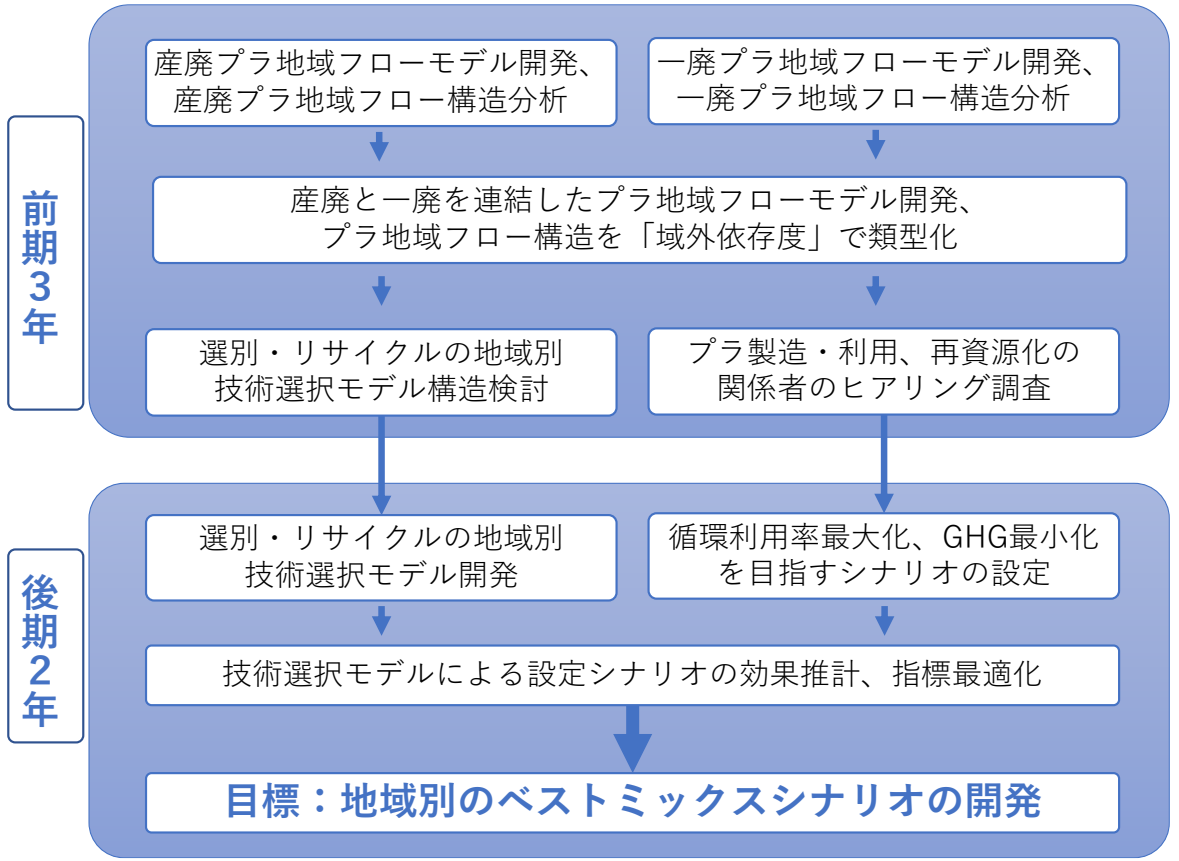
高度比重選別システム

- 操業規模に応じたスケールアップのため、水槽規模に適合したジグ自動制御機能の検証が必要。

高度選別技術の説明（LCA）

- 想定されるプロセスの検討、排出元と処理先の位置関係の検討、GHG/エネルギー負荷の検討を実施





高度選別技術の目標達成状況（LCA）

開発項目	目標 （2025年３月）	成果 （2025年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
研究開発項目①-3 「LCA(ライフサイクルアセスメント)によるプラスチック循環のトータルシステム評価」	・プロセス評価モデルの適用によるライフサイクル設計の提案。 ・社会変化を考慮した2035年におけるベストミックスシナリオの導出と、その実現のための空間シナリオの提示。	・本事業にて開発したプロセス評価モデルにより、新技術のライフサイクルCO_2排出量を評価し、またそれが最小となる条件について見出した。 ・廃プラフローの推計結果をもとにした技術選択モデルと動的フロー分析モデルにより、2030年、2035年のプラの地域別、部門別、種類別（性状考慮）フローと技術選択の望ましい組み合わせを示した。	○	・要素技術のプロセス評価モデル、空間情報と各プロセスの評価結果をもとに廃プラスチックの最適配分を推計するためのリサイクル技術選択モデル、2030年及び2035年までの排出量や新技術の普及を考慮した動的物質フロー分析モデルを開発した。 ・プロセス評価モデルでは、炭素資源循環度についても定義し、炭素資源の物質的循環性の観点から評価した。これらにより、循環利用率の向上とGHG削減を同時に達成できるシナリオを示すことができた。

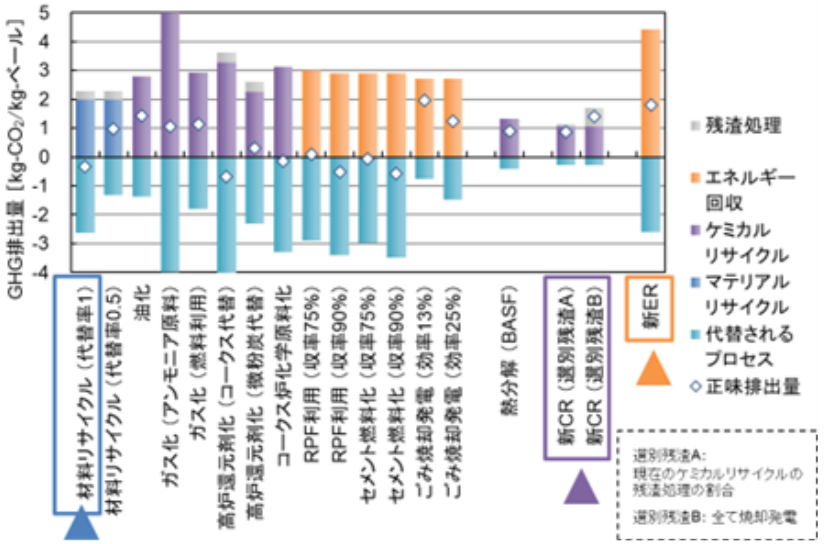
◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

高度選別技術の意義（LCA）

テーマ名	LCA(ライフサイクルアセスメント)によるプラスチック循環のトータルシステム評価	達成状況	○
達成状況の根拠	• 要素技術のプロセス評価モデル、空間情報と各プロセスの評価結果をもとに廃プラスチックの最適配分を推計するためのリサイクル技術選択モデル、2030年及び2035年までの排出量や新技術の普及を考慮した動的物質フロー分析モデルを開発した。 • プロセス評価モデルでは、炭素資源循環度についても定義し、炭素資源の物質的循環性の観点から評価した。これらにより、循環利用率の向上とGHG削減を同時に達成できるシナリオを示すことができた。		

【開発の意義】

実施項目A	LCAによる要素技術のプロセス評価モデル
現状	様々な技術変数を扱える評価モデルは存在していない。
開発後	プロセス評価モデルを開発したことで、MR、CR、ERの各リサイクル技術に対して、様々な技術変数を変化させて評価することができるようになった。
実施項目B	排出・処理の空間配置を考慮したリサイクル技術選択モデル
現状	全国規模の廃プラスチックのフローの推計はない。廃プラスチックの種類別、地域別のリサイクル技術を選択可能な計算モデルも存在しない。
開発後	全国規模の廃プラスチックの業種別、プラスチック種類別発生源を推計した。フロー推計結果と開発したリサイクル技術選択モデルにより、適したリサイクル技術を選択できるようになった。
実施項目C	将来シナリオ提案のための動的物質フロー分析モデル
現状	将来の新技術と廃プラスチックフローを想定したシナリオを計算できるモデルは存在していない。
開発後	開発した動的物質フロー分析モデルにより、2035年までの排出量や新技術の普及を考慮したベストミックスシナリオの提示を可能とした。



新技術▲を含む再生技術のプラスチック製容器包装に対するGHG排出量の原単位

将来の廃プラスチックの発生の処理を想定したベストミックスを提示可能に

2035年までの廃プラスチックの種類別排出量やリサイクル技術の普及を考慮したベストミックスシナリオの提示を可能とした。

高度選別技術での課題（LCA）

【成果】

- 本事業にて開発したプロセス評価モデルにより、新技術のライフサイクルCO2排出量を評価し、またそれが最小となる条件について見出した
- 廃プラフローの推計結果をもとにした技術選択モデルと動的フロー分析モデルにより、2030年のプラの地域別、部門別、種類別（性状考慮）フローと技術選択の望ましい組み合わせを示した

【課題】

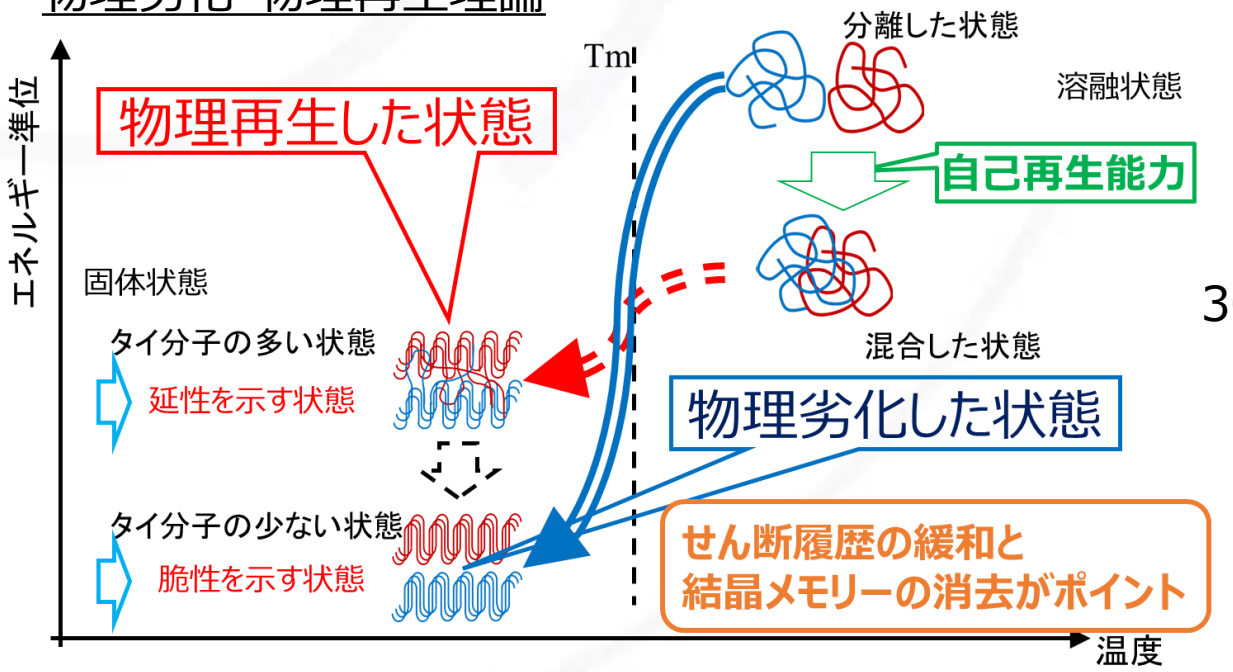
- 新たな評価指標として炭素資源循環度を示したことは重要な成果である。一方で、CO2排出量と炭素資源循環度の双方を考慮可能な指標の検討が望まれる

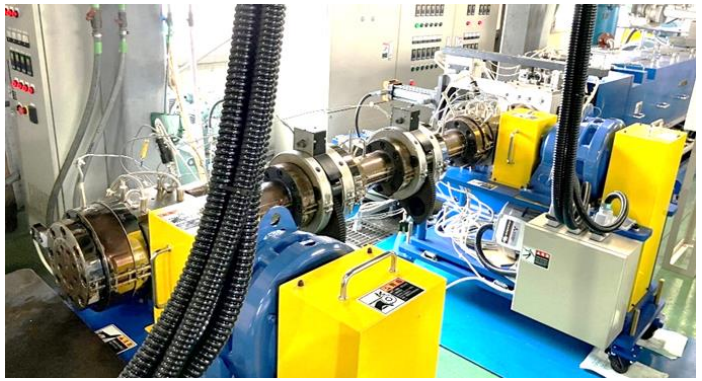
材料再生技術の説明

- バージン材比90%以上の材料強度（靭性）再生手法を確立した
- 射出成形において、物性の均質化と高度マテリアルリサイクルを実現する電動マルチゲート成形法を確立した
  高度物性再生ならびに成形プロセスの構築

→「物理劣化・物理再生理論」の確立とそれに基づく新たな成形手法を種々考案した

物理劣化・物理再生理論

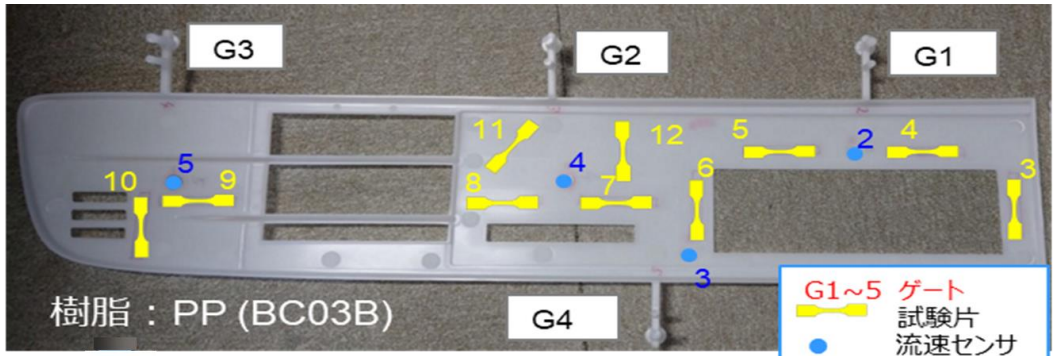




300kg/hの能力を持つ高性能押出機



再生・成形した電化製品



バンパーを模した電動マルチゲート金型での成形品外観

材料再生技術の目標達成状況

開発項目	目標 (2025年3月)	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
①「物理劣化・再生メカニズムの解明」	・実効的なメソ構造制御を実現できる再生プロセスの原理の構築 ・バージン材比、90%以上の材料強度（靭性）再生手法の確立	・溶融状態での最長緩和時間が、樹脂溜まりでの滞留時間の目安となることを見出した。また一方で、変異した結晶構造のメモリー効果の消去には、各履歴に応じた溶融温度での混練が必要であることも見出した。 ・上記により、バージン材比、90%以上の材料強度（靭性）再生手法を確立した。 ・計算科学による自発的結晶化シミュレーション手法を、世界で初めて開発した。この結果、せん断履歴が絡み合い数を減少させ、結果として結晶化速度を増すことを理論的に明らかにした。	○	・PE成分選別ならびにPP成分選別の容器包装リサイクル樹脂を用い、高度物性再生を実現した。 ・バージン品への応用を試み、バージン品もさらに物性向上が可能であることを実証した。 ・せん断履歴の影響を理論的に明らかにした。
②「高度再生・成形技術開発と実装化研究」	・実生産に供することの可能な大型高性能押出機の設計方針を確定 ・高性能化を維持したまま生産速度を90%以上に引き上げる	・高性能実証試験機を用い、混練条件を詳細に解析することで、大量生産が可能な大型高性能押出機の設計指針を確定した。 ・大型金型での電動制御マルチゲート射出成形を行い、実用レベルにおいて、高性能化を維持したまま、生産速度を90%以上に引き上げることに成功した。	○	・300kg/hの生産能力を持つ高性能実証試験機でスケールアップが可能であることを示した。 ・せん断履歴をコントロールすることで均質かつリサイクル性の良い成形品ができることを実証した。
③「製品化の要素開発」	全参画企業においてリサイクルプラスチックを原料に、製品化あるいは製品化の目途をつける	・全参画企業において、リサイクルプラスチックを原料としたときの課題を明確にすることができた。 ・それら課題の解決指針の確立ができ、製品化の目処を付けることができた。	○	・各社の持つ課題に対し、解決方針の明確化ができた。

材料再生技術の意義

テーマ名	材料再生プロセス開発	達成状況	○(達成)
達成状況の根拠	①「物理劣化・再生メカニズムの解明」 バージン材比、90%以上の材料強度（靭性）再生手法を確立した。 ②「高度再生・成形技術開発と実装化研究」 300kg/hの能力を持つ高性能実証試験機を試作し、高度物性再生プロセスがスケールアップ可能であることを実証し、また大型金型での電動制御マルチゲート射出成形を行い、実用レベルにおいて、高性能化を維持できることを実証した。 ③「製品化の要素開発」 各社の持つ課題に対し、解決方針の明確化ができた。		

【開発の意義】

①「物理劣化・再生メカニズムの解明」

現　状　：再生不可能な化学劣化による物性低下が生じているため、マテリアルリサイクルで高度リサイクルは不可能と信じ込まれていた。

開発後　：物性低下の主要因は成形履歴によるものであり、成形プロセスを最適化することで物性再生は可能であるという「物理劣化・物理再生理論」が一般に認知され、高度物性再生プロセスに各企業が取り組むようになった。

②「高度再生・成形技術開発と実装化研究」

現　状　：マテリアルリサイクルで物性再生のできるプロセスはないと考えられてきた。

開発後　：樹脂溜まり部の設置された押出機を用いることで、物性再生が可能であることが認知された。また射出成形においてもせん断履歴をコントロールすることで、製品全体の物性が均一でかつリサイクル性の良い製品が成形できることが示され、商品化が進んでいる。

③「製品化の要素開発」

現　状　：マテリアルリサイクルでの再製品化が諦められていた。

開発後　：参画企業で高度物性再生が可能であることが実証され、開発方針策定に寄与した

マテリアルリサイクルのみならず、プラスチック製品成形全般の高度化と、高度資源循環の基盤を構築した

材料再生技術での課題

【成果】

- 溶融状態での最長緩和時間が、樹脂溜まりでの滞留時間の目安となることを見出し、バージン材比90%以上の材料強度（靭性）再生手法を確立した
- 計算科学による自発的結晶化シミュレーション手法を、世界で初めて開発した
- 高性能実証試験機を用い、混練条件を詳細に解析することで、大量生産が可能な大型高性能押出機の設計指針を確定した
- 実用レベルにおいて、高性能化を維持したまま、生産速度を90%以上に引き上げることに成功した
- 課題の解決指針の確立ができ、製品化の目処を付けることができた

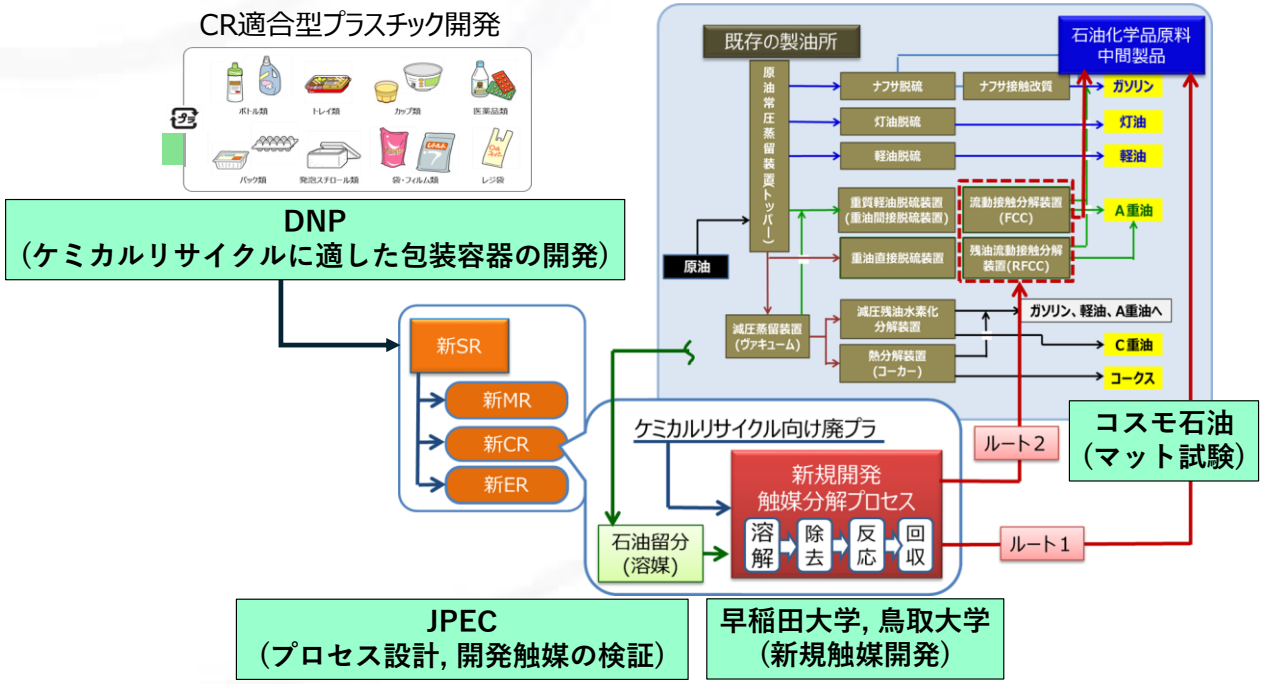
【課題】

- 物理再生はマテリアルリサイクルの手法となることは証明された。一方、何にでも使える手法では無い事も明らかになり、物理再生出来ない化学劣化したプラスチック等に対して添加剤等の開発も望まれる
- 企業と共に本技術の適用可能性の高い廃製品に絞りクローズドリサイクルを行う事等、本成果の実用化の事例が望まれる

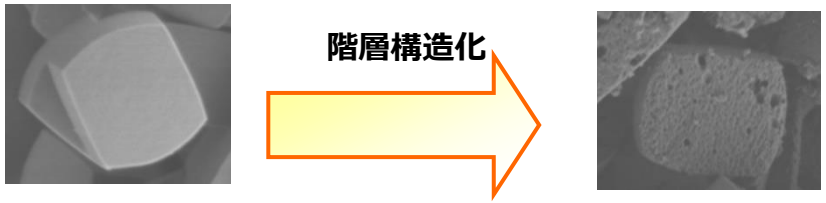
石油化学原料化技術の説明（触媒分解）

■ 石油化学原料化プロセス開発（触媒分解）

- PE,PP,PSを主成分とする混合プラスチックから、
  ナフサ相当石油化学原料収率70%以上で生成する、触媒分解プロセスの開発
- 上記を可能とするプロセスの要素技術の開発と設計
- プラスチックの分解と石油化学原料化を促進する高活性触媒の開発
- 触媒分解－FCCの2段分解スキームの有効性の検証
- 新CR適性の高いプラスチック製容器包装の試作と検証



ゼオライトの階層構造化
（ミクロ、メソ孔性の両方を付与）
Hierarchical zeolite



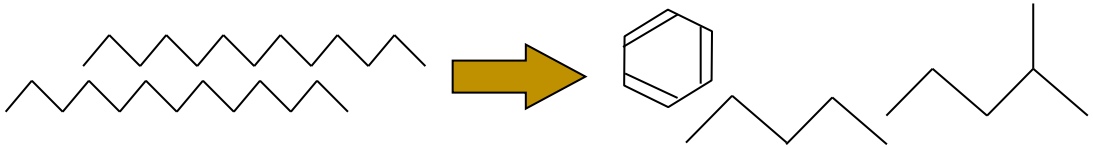
第1ステップ　廃プラの分解（低分子化）

- **ゼオライトの外表面酸点による分解**



第２ステップ　基礎化学品（原料･中間製品等）の生成

- **ゼオライトのミクロ細孔内酸点での反応**



石油化学原料化技術の目標達成状況（触媒分解）

開発項目	目標 （2025年３月）	成果 （2025年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
研究開発項目①：「 触媒分解プロセス開発：新規プロセスの開発とパイロットプラントの基本設計」	プロセス主要フローの流量、温度、圧力等の操作条件を算出し、それに沿った主要機器の概略データーシートをまとめて基本設計として整理する。	反応器手前でプラスチックを炭化水素溶媒（水素化LGO)中で溶融し粘度を低下させてプロセスでの反応原料のハンドリング性を改善するとともに、反応器後段での固体夾雑物を分離するユニットを含むプロセス全体の概念設計を行い、主要機器類の基本仕様スペックまで提案した。	△	技術推進委員会から、2024年度以降については、廃プラスの分解への対応に集中すべきとの指示をいただいたため、プロセスの概念設計までを実施し、パイロットプラントの設計は行わなかった。PVCの脱塩素、PETの分解による昇華性物質の除去工程については、適正な運転条件を確認し、設計に反映する必要。
研究開発項目②「プラスチック分解触媒開発：多種多様な廃プラに対応する複数触媒の開発」	2023年度に絞り込んだ触媒を行いて実廃プラの分解試験を行い、ＦＣＣによる処理を含め１次分解と２次分解を併せての、石油化学原料(基礎化学品)の収率70%を達成することを示すため、本開発で開発触媒における石化原料化収率（主にメタンを除くC9以下の炭化水素を対象）で60%の性能を達成する。	ゼオライトベータに触媒の種類を絞り込み、これをアルカリ処理することで階層構造化し開発触媒とした。これを用いて、純プラスチックの混合物に対しては、中間目標を達成した。その後、廃プラに対しては、廃プラ中に含まれる夾雑物（石灰など被毒物質）の影響が強く、目標に到達しなかった。その後、実験室レベルでさらに高活性な触媒の調製には成功したが、2024年度内に10 Lスケールでの性能確認には至らなかった。	△	技術推進委員会から、2024年度以降、廃プラの分解への対応に集中すべきとの指示をいただき、複数の廃プラスチック（３P混合物および溶離プラ）の試験を行った。廃プラスチック中に含まれる異種プラ（PVC, PETなど）などは開発触媒で対応できるが、石灰などの夾雑物は強く触媒活性を阻害することがわかったので、基礎研究に立ち返って、廃プラ中に含まれる夾雑物の解明と、その触媒活性に対する影響の検討、およびその対策が必要。今回の実験のスケールでは、触媒への炭素析出量と触媒寿命の評価ができず、連続試験による評価が必要。また、スケールアップに伴う反応工学的（高粘度に起因する熱と物質移動の）影響も解明する必要。
研究開発項目③：「生成物の回収技術開発：石油精製プラントを活用する最大回収技術の開発」	低分解生成物と石油系原料との混合におけるFCC原料油の性状や生成物の得率、性状などへの影響として、実廃プラスチック等、実溶媒等を用いた結果により過年度までに作成したFCCシミュレーションの補正を完了し、実用を想定した混合処理比率やFCC実機性能値を提示する。	実プロセスではプラ分解油3vol%程度と想定された。プラ分解油5vol%/石油系原料混合物を用いてFCC-MAT試験と実機シミュレーションを行った。評価は支障なく実施することができ、FCC反応性も石油系原料のみの場合と大きな違いはなかった。分解試験（10L反応器)における産廃プラ転化率95%のとき、プラ由来の石油化学原料収率は64%となった。	○	産廃プラについては触媒分解－FCCの2段分解スキームは有効であることは確認できた。一方で、様々な廃プラ性状の影響を評価する必要があり、特に廃プラ不純物(充填材、添加剤、フィラー等)の触媒活性への影響については、さらなる評価が必要。
研究開発項目④「新CR適合型プラスチック開発：新CRを促進する容器包装類の素材からの開発」	新CR適性の高いプラスチック製容器包装の実用性の確認に向け、試作した容器包装と既存のプラスチック製容器包装と比較し、上記の機能的に遜色ないことを示す。	モノオレフィン仕様の包装材候補をつくり、触媒分解試験を実施。試作したモノオレフィン仕様の包材が触媒分解が可能であることは確認でき、アルミ蒸着のプラスチックフィルムは分解を阻害しない結果が得られた。	△	開発触媒による包装材候補による分解試験では、反応温度、反応時間の調整で分解可能。シール強度など、包材性能に寄与する物性の一部は現行製品よりも劣るため、さらなる開発研究が必要。分解性についても一部でスラリー状となった水準が発生し、その要因について検証が必要。

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

石油化学原料化技術の意義（触媒分解）

テーマ名	石油化学原料化プロセス開発	達成状況	△
達成状況の根拠	**研究開発項目①：「触媒分解プロセス開発」** △ プロセスの概念設計までを実施。PVCの脱塩素、PETの分解による昇華性物質の除去工程については、適正な運転条件を確認し、設計に反映する必要 **研究開発項目②：「プラスチック分解触媒開発」** △ ゼオライト触媒の種類の確定と階層構造化による活性の向上を確認（触媒コンセプトを実証）、被毒物質に対する理解と対策が必要 **研究開発項目③：「生成物の回収技術開発」** ○ 触媒分解－FCCの2段分解スキームは有効であることを確認 **研究開発項目④：「新CR適合型プラスチック開発」** △ 試作したモノオレフィン仕様の包材が触媒分解が可能であることは確認でき、アルミ蒸着のプラスチックフィルムは分解を阻害しない		

【開発の意義】

研究開発項目①「触媒分解プロセス開発」

現　状　　プロジェクト開始時点では、熱分解プロセスでは石油化学留分の収率が低かったが、プロジェクト期間中にはこの課題を克服する熱分解プロセスが進展

開発後　　触媒プロセスの優位性の確認が必要

研究開発項目②「プラスチック分解触媒開発」

現　状　　高活性触媒のコンセプトは実証

開発後　　触媒被毒物質に対する理解と対策が不十分であり、基礎に立ち返って触媒被毒物質の解明と対策を立てる

研究開発項目③「生成物の回収技術開発」

現　状　　産廃プラについては触媒分解－FCCの2段分解スキームは有効

開発後　　熱分解含め、FCC利用プロセスが必要とされれば、それに貢献

研究開発項目④「新CR適合型プラスチック開発」

現　状　　モノオレフィン仕様の放送がが触媒分解できることを確認

開発後　　包材性能に寄与する物性を現行製品と同等にする研究開発が必要

３Pを主成分とする廃プラの有効なケミカルリサイクルプロセスとなるとともに、リサイクル容易な包装材計の指針作りにも貢献

石油化学原料化技術での課題（触媒分解）

【成果】
- ベンチマーク触媒による純品ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンの分解のデータを用いたパイロットプラントの予備的な基本設計案をまとめた
- プラスチックの分解においてゼオライト外表面およびミクロ細孔の入口に近い領域の酸点が有効で、ミクロ細孔の中ではリング構造の大きなゼオライトが有効
- ゼオライトベータにをアルカリ処理することで階層構造化した触媒を提案
- 新規開発触媒による実産業廃プラの分解では、含まれる夾雑物（石灰など）による被毒が強く発現
- 触媒分解－FCCの2段分解スキームは有効であることを確認。廃プラ由来石化収率は最大66.3%
- モノオレフィン仕様の包装材候補を製作し、触媒分解が可能であることを確認

【課題】
- 基礎研究に立ち戻って、廃プラ中の触媒被毒物質の解明と対策が必要
- 触媒再生のための触媒焼成プロセスはじめ炭素析出対策など、プロセスのコストとLCA評価にかかわるデータが必要
- 装置の実用化検討にあたっては、生成物であるPVCから生成する塩酸やPETから生成するテレフタル酸などの除去設備の検討も必要
- 物質移動・熱伝導を考慮した連続反応器設計とスケールアップ手法が必要
- 開発触媒やモノオレフィン化した包装材について十分なデータを獲得できていない
- 今後の知見として、本取り組みを記録として残すことが重要

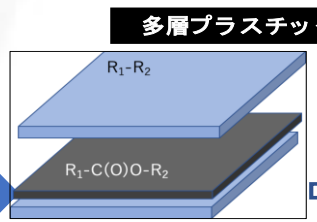
石油化学原料化技術の説明（液相分解）

石油化学原料化プロセス開発（液相分解）

- 加水分解性プラスチック（PET、PAなど）と非加水分解性プラスチック（PE、PP、PSなど）から構成される包装材等をマテリアル（オレフィン類）とケミカル（テレフタル酸等）として回収する技術の開発
- 水を利用した低環境負荷プロセスの開発

- 廃プラスチック
- プラスチック素材の混合物



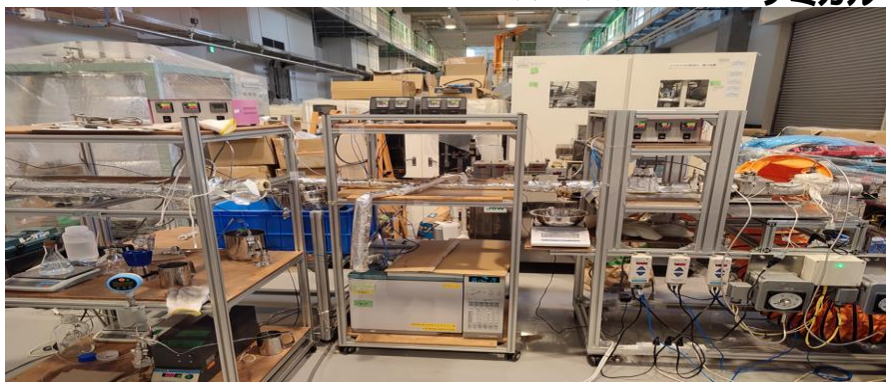


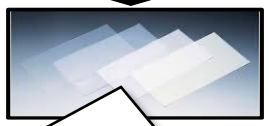
技術のポイント：
① **マテリアルおよびケミカルのリサイクルの両立**
② **押出機を用いた連続プロセスの構築**

➢ **押出機連続装置の製作・操作・確認**

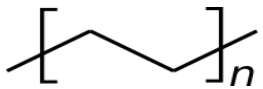

マテリアル


ケミカル

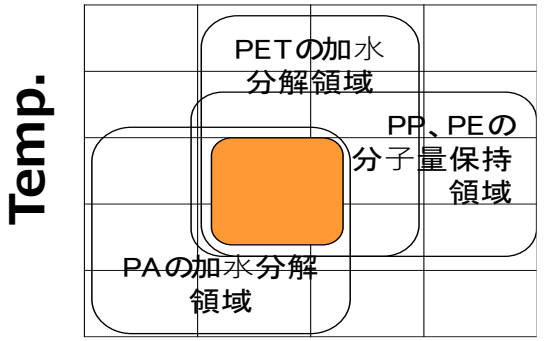




➢ **回収マテリアル（ポリオレフィン）の分子量・材料特性解析**



➢ **反応マッピングの作製・モノマー回収条件の決定**



石油化学原料化技術の目標達成状況（液相分解）

開発項目	目標 （2024年３月）	成果 （2025年3月）	達成度（見込み）	達成の根拠／解決方針
研究開発項目①：「液相分解によるモノマー回収条件の探索」	PET/PEフィルム、PA/PEフィルム、およびそれらの混合物を対象に、加水分解成分からモノマーを高純度かつ、７割程度の収率で、またPEも7割程度回収する条件を明確にする。	PET、PAおよび夾雑物（接着剤等）が共存する条件で、7割程度の収率でモノマーおよびポリオレフィンを回収し、PEに関して分子量を制御し、オレフィンを生成できる条件を明確化する。	○	PET、PAおよび夾雑物（接着剤等）が共存する実包装フィルムを対象にモノマーおよびポリオレフィンが回収できた。さらにモノマー純度の制御、ポリオレフィンの回収・分子量制御が確認できた。今後、TPA純度99.9%およびポリオレフィンのさらなる高度構造制御を含め、生産物全体での高付加価値化を目指して検討する
研究開発項目②「連続プロセスの開発」	夾雑物除去フィルターシステムについては、アルミ除去率3割を確認する。小型連続装置による液相分解反応において、モノマー回収フィルターシステムの改善・改良を施し、液相反応の効率向上に取り組む。さらに、安定して液相反応を連続実施できるよう、装置停止時・起動時の運転パターンを精査する。	夾雑物除去フィルターシステムの連続操作性について確認する。小型連続装置による液相分解反応に対し、モノマー回収フィルターシステムの安定した連続運転を達成すると共に、改良点を明確化する。可能な改良を施し、基礎実験により明確化された最適反応条件に基づき小型連続装置を運転し、モノマー生成率全体で7割が超えることを確認するとともに、モノマー回収フィルターシステムにおいて5割の回収率を達成する。	○	夾雑物除去フィルターシステムを稼働し、その連続操作性について確認した。モノマー回収フィルターシステムの運転結果に基づきプロセスを解析し、フィルター内外の物質移動を解析することで装置が設計可能とした。今後、データを充実させ大型装置の設計を可能とするとともに、経済性・環境性の評価を可能とする。

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

石油化学原料化技術の意義（液相分解）

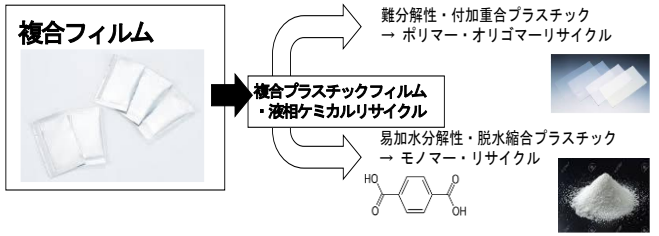
テーマ名	複合プラスチックからのモノマー回収液相プロセスの開発	達成状況	○
達成状況の根拠	**研究開発項目①：「液相分解によるモノマー回収条件の探索」**：PET/PEフィルムとPA/PEフィルムの混合系においてモノマー生成率７割を達成。実サンプルでもモノマー生成率７割を達成。モノマー精製によりテレフタル酸純度98.5%以上を達成。連続処理装置でオレフィン収率70%を達成。樹脂状の夾雑物の影響をフィルム物性で評価を実施した。 **研究開発項目②「連続プロセスの開発」**：連続プロセスを稼働し、その操作性および可能性を実証した。連続プロセスにかかる装置の設計に関する指針を獲得した。		

【開発の意義】

研究開発項目①「液相分解によるモノマー回収条件の探索」

現　状　多層フィルムのような複合フィルムは物理的な剥離ができず、原則ケミカルリサイクル、マテリアルリサイクルが不可能であった。また、包装フィルムにはアルミや顔料といった不純物も多く含まれており、純度の高いモノマーやマテリアルの回収が困難であった。

開発後　水の液相の反応を最適化することで、PETやPAはモノマーに分解するとともに、PE、PP、PSなどのポリオレフィンは分子構造を維持しながら回収できる。それぞれの純度を高める手法を開発することで、複合フィルムからリサイクル可能なモノマーおよびマテリアルを回収することができる



研究開発項目②「連続プロセスの開発」

現　状　水の液相反応による複合プラスチックからのモノマー、マテリアルの同時回収は、効率の悪い回分装置での検討に止まる。液相分解プロセスの連続化は油化プロセスに限られ、モノマー・マテリアル同時回収の連続プロセスは存在しない。

開発後　押出機およびフィルター分離プロセス双方を組み合わせたプラスチック連続処理プロセスは、モノマーおよびマテリアルの同時生成・回収を可能とする。リサイクル不可能であった廃棄プラスチックのリサイクル率を高める切り札になる



世界的に需要・生産量が高まっている包装用フィルムの効果的なリサイクルが可能に

廃棄されている複合プラスチック（特に多層フィルム包装材）の有効なケミカル・マテリアルリサイクルプロセスとなるとともに、リサイクル容易な複合プラスチック設計の指針作りにも貢献

石油化学原料化技術での課題（液相分解）

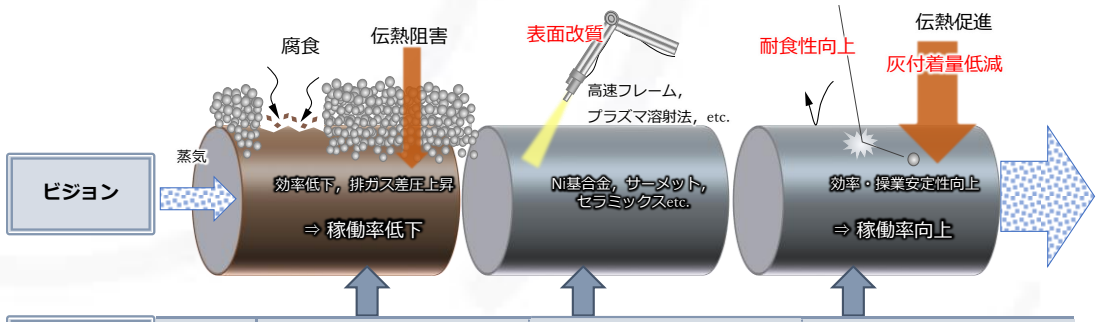
【成果】
- PET/PEフィルムとPA/PEフィルムの混合系においてモノマー生成率７割を達成
- 実サンプルでもモノマー生成率７割を達成
- モノマー精製によりテレフタル酸純度98.5%以上を達成
- 連続処理装置でオレフィン収率70%を達成
- 樹脂状の夾雑物の影響をフィルム物性で評価を実施した
- 連続プロセスを稼働し、その操作性および可能性を実証した
- 連続プロセスにかかる装置の設計に関する指針を獲得した

【課題】
- 本装置（高圧反応槽）の実用化に当たり、プロセスや経済性の課題の整理が必要である
- リサイクルされたポリオレフィンの高付加価値化が重要であり、様々な分子量の混合物から特定の分子量領域のポリオレフィンを製造する技術や片端末に二重結合をもつポリオレフィンを製造する技術への適用が望まれる
- 装置の実用化検討にあたっては、生成物であるテレフタル酸や安息香酸の吸着、蓄積による設備腐食の検討も必要である
- 十分なデータを獲得できていない
- 装置設計指針に基づき、コストおよび環境指標を試算する

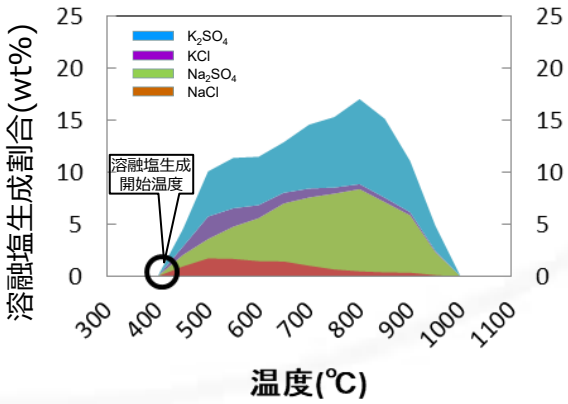
高効率エネルギー回収・利用技術の説明

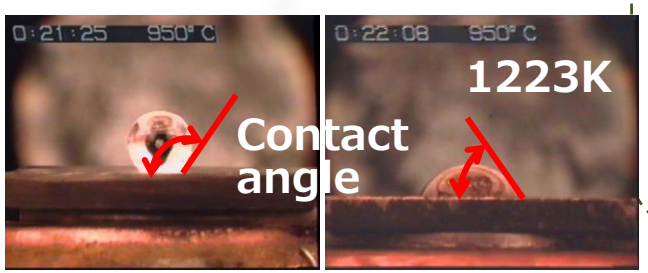
高効率エネルギー回収・利用システム開発

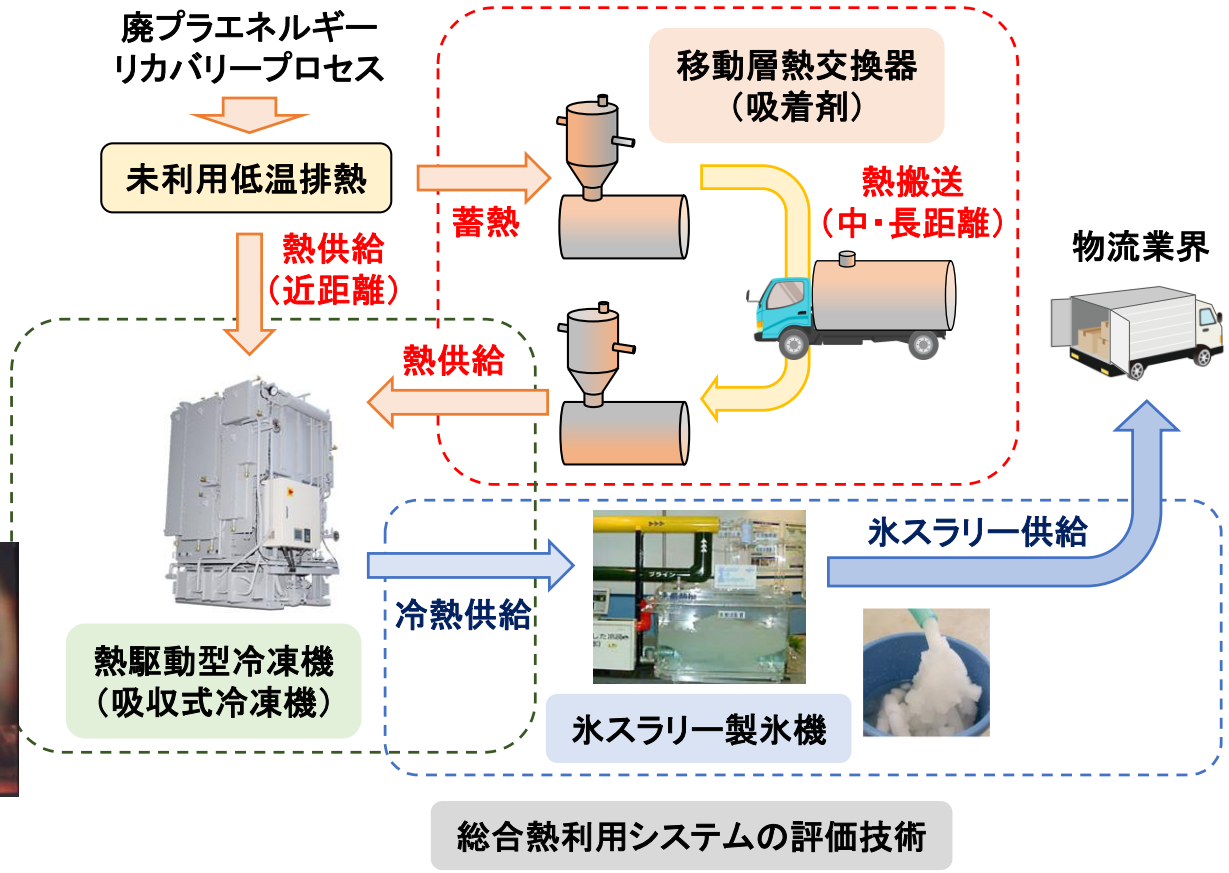
- ●廃プラスチックER処理施設の低発電効率と低稼働率の打破
- ●高温・腐食性かつ低融点灰の付着を制御するための伝熱管表面改質技術の開発
- ●未利用低温排熱による冷熱変換による異分野（物流業界）への熱供給実現



研究内容	目　的	材料検討・開発 付着機構解明	表面改質技術の 探索・開発	実証試験
	具体的 内容	・熱力学平衡計算 ・材料開発・試作 ・CCSEM による分析など	・技術・材料・施工条件の 調査，開発 ・付着力測定評価試験など	・実機への施工 ・経過観察 ・付着界面の観察・分析







高効率エネルギー回収・利用技術の目標達成状況

開発項目	個別テーマ	最終目標 （2024年度末）	成果	達成度	達成の根拠／解決方針
④ 高効率エネルギー回収・利用システム開発	④-1 高温ダーティガスに対応可能な高効率・高耐久な伝熱管材料の開発	比較対象材料であるSUS310Sに対して、灰付着を50%削減ならびに化学腐食量も50%削減の両方を目指し、再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収し総合エネルギー利用効率として 80%以上を達成する。	開発した金属系材料（Ni-2）およびセラミック材料（ムライト，他）の灰付着低減効果および耐食性向上効果について評価し、最終目標である比較対象材料（SUS310S）に対して灰付着50%削減および化学腐食量50%削減の両者を達成した。加えて、肉盛溶接法による金属・セラミック混合コーティングによって２つの廃棄物処理プラントによる実証試験も実施し、灰付着低減効果および耐食性向上効果の両者を評価したところ、実機のプラントにおいても上述の最終目標を達成することができた。	○	開発した材料の灰付着低減・耐食性向上の各効果に基づき、実機適用時の効率（発電効率・稼働率）向上が提案できた。今後は開発した材料ならびにコーティング施工方法と皮膜構成の最適化を知的財産化し、次フェーズである社会実装を目指したプロジェクトに活用する。
	④-2 低温排熱から冷熱を製造するために必要な熱交換技術の開発	4 kW製氷システムを構成する吸収式冷凍機と氷スラリー製造機を連結して安定的な氷スラリーを製造する。また、吸着剤蓄熱の連続乾燥を導入することにより、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する。	１冷凍トン級（4kW級）の熱リサイクルパッケージ製氷システム（吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連結システム）の運転により、65℃という低温排熱でも排熱源として利用することが可能であることがわかった。また、−5℃程度の冷熱を生成することができ、氷充填率を50%まで高めた氷スラリーも安定的に製造できた。これにより最終目標を達成できた。その他、氷スラリーの流動性についての定量評価、オフライン熱輸送のための吸着剤乾燥機と熱発生装置の開発も行った。	○	１冷凍トン級（4kW級）の熱リサイクルパッケージ製氷システム（吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連結システム、連続乾燥機）の施策ができた。今後はスケールアップすることで実証試験の導入先の候補地の多様化を図り、冷熱需要と排熱需要をさらに拡大させる。
	④-3 総合熱利用システムの評価技術開発	総合熱利用システムの評価技術のツールの完成度を高めるため、多くの事例研究を実施する。また、本ツールを活用して、吸収式冷凍機・氷スラリー製造機連熱システム、連続乾燥機から構成されるシステムの実証場所を探索する。このことで冷熱需要と排熱需要を拡大することにより、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する。	総合熱利用システムの評価技術のツールを、中核都市モデル、離島モデルおよび首都圏モデルに関してそれぞれ開発し、未利用排熱の発生場所と冷熱の需要場所のマッチングを行えるようなツールを開発した。合計13件の事例研究を実施し、実証場所の候補を明らかにするとともに、当該評価技術ツールによって、排熱需要と冷熱需要とのマッチング、CO_2削減効果、イニシャルコスト回収年数等を的確に評価することが可能となった。	○	総合熱利用システムの評価技術ツールを作成した。今後は完成度を高めることにより、新たな物流業界や漁港（鮮魚輸送も含む）での氷需要・氷点下冷熱需要の掘起こしを行い、結果として排熱需要の拡大と省エネルギーな冷熱製造を社会実装する。

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部未達、　×未達

◎　大きく上回って達成、○達成、△一部達成、　?未達

高効率エネルギー回収・利用技術の意義

テーマ名	高効率エネルギー回収・利用システム開発	達成状況	○
達成状況の根拠	• 開発材料の灰付着低減効果および耐食性向上効果について評価し、比較対象材料に対して灰付着50%削減および化学腐食量50%削減の両者を達成した。加えて、肉盛溶接法により実機のプラントにおいても上述の最終目標を達成することができた。 • 熱駆動の吸収式冷凍機に関しては長時間の安定運転が可能となり、また、氷スラリー製造装置でついても安定な氷スラリーの製造が達成できた。オフライン熱輸送のための吸着剤乾燥についても乾燥時間が短縮可能な乾燥装置を開発した。 • 総合熱利用システムの評価技術のツールによって総合エネルギー利用効率が80%を上回ることが可能な事例を評価することができた。		



【開発の意義】

④-1　高温ダーティガスに対応可能な高効率・高耐久な伝熱管材料の開発

現状：　廃棄プラスチックのエネルギーリカバリ施設では伝熱管への灰付着やそれによる伝熱管の化学腐食によって低発電効率とともに低稼働率

開発後：開発した伝熱管表面改質技術により廃棄プラスチックのエネルギーリカバリ施設のみならず、産業廃棄物焼却炉、一般廃棄物焼却炉、さらにはバイオマス燃焼炉における伝熱管の灰付着および化学腐食抑制に貢献

④-2　低温排熱から冷熱を製造するために必要な熱交換技術の開発

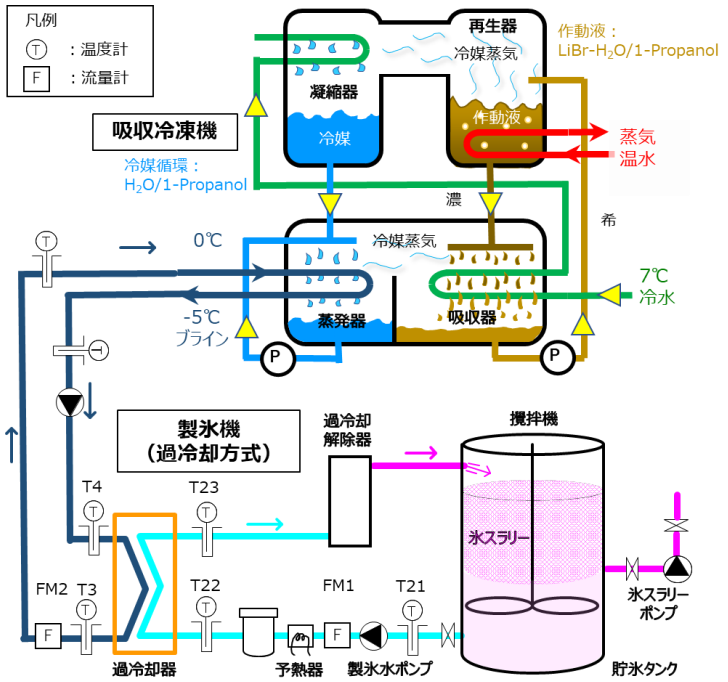
現状：　200℃以下の廃熱はごく一部利用されてはいたものの社会に有効なエネルギーとしては利用不可

開発後：これまで未利用であった廃熱から社会的にも価値のある冷熱エネルギーの製造に成功。物流業界への冷熱供給のみならず地域冷房や漁港等への冷熱需要に貢献

④-3　総合熱利用システムの評価技術開発

現状：　これまで廃熱をマネジメントするある程度汎用性のあるツールは皆無

開発後：熱マネジメントは需要者律速であることからこのようなモデルが構築されることで地域性、季節性、熱需要の規模等を考慮した総合熱利用システムの提案が可能



高発電効率・高稼働率なエネルギーリカバリ施設の開発と未利用廃熱から熱として価値が高い冷熱を効率よく製造するという２つのプロセスの融合が実現

高効率エネルギー回収・利用技術での課題

【成果】

- 開発材料の灰付着低減効果および耐食性向上効果について評価し、比較対象材料に対して灰付着50%削減および化学腐食量50%削減の両者を達成した
- 特殊な表面改質法により実機のプラントにおいても最終目標を達成した
- 熱駆動式吸収式冷凍機に関しては長時間の安定運転が可能となり、また氷スラリー製造装置についても安定な氷スラリーの製造が達成できた
- オフライン熱輸送のための吸着剤乾燥についても乾燥時間が短縮可能な乾燥装置を開発した
- 総合熱利用システムの評価技術のツールによって総合エネルギー利用効率が80%を上回ることが可能な事例を評価することができた

【課題】

- 伝熱管表面へのセラミックス処理による焼却灰の付着防止の効果はあまり大きくなく、今後見直しが望まれる
- 伝熱管への付着防止技術の開発が検討の中心になっているが、装置の稼働時間を向上させるには焼却設備トータルでの課題の抽出が必要である
- 低温熱利用技術は広範な需要開拓、用途開拓のさらなる検討が望まれる

参考資料１　分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会
「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（終了時評価）分科会
議事録及び書面による質疑応答

日　時：2025 年 10 月 28 日（火）10：00～17：05
場　所：NEDO 川崎本部 2301-2303 会議室（オンラインあり）

出席者（敬称略、順不同）

＜分科会委員＞

分科会長	平井　康宏	京都大学　環境安全保健機構 環境管理部門　部門長/教授
分科会長代理	瀧　健太郎	金沢大学　理工研究域フロンティア工学系　教授
委員	新井　理恵	株式会社三菱総合研究所 GX 本部　主席研究員
委員	橋本　征二	立命館大学　理工学部　教授
委員	前川　惠士	公益財団法人　日本容器包装リサイクル協会 プラスチック容器事業部 業務執行理事　プラスチック容器事業部長
委員	増田　孝弘	株式会社タクマ 技術センター研究部　部長

＜推進部署＞

福永 茂和	NEDO サーキュラーエコノミー部 部長
今西 大介(PMgr)	NEDO サーキュラーエコノミー部 チーム長
小山 俊隆	NEDO サーキュラーエコノミー部 専門調査員
小森 良久	NEDO サーキュラーエコノミー部 専門調査員

＜実施者＞

松方 正彦(PL)	早稲田大学 先進理工学部応用化学科 教授
加茂 徹(SPL)	早稲田大学 理工学術院総合研究所 招聘研究員
渡邉 賢	東北大学大学院 工学研究科 教授
大木 達也	産業技術総合研究所 環境創生研究部門 首席研究員
八尾 滋	福岡大学 工学部 教授
高取 永一	福岡大学 機能・構造マテリアル研究所 客員教授
辰巳 昌典	（株）プラスチック工学研究所 事業本部 技術開発部 部長補佐
森北 孝志	（一財）カーボンニューラル燃料技術センター製造プロセス技術部 プラスチック資源循環研究室 室長
成瀬 一郎	名古屋大学 未来材料・システム研究所 所長・教授
堀田 幹則	産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門 研究グループ長
松本 亨	北九州市立大学 環境技術研究所 教授

＜オブザーバー＞

堀 宏行	経済産業省　イノベーション・環境局 研究開発課 課長補佐

＜評価事務局＞

薄井 由紀	NEDO 事業統括部 研究評価課 課長
植松 郁哉	NEDO 事業統括部 研究評価課 主任
須永 竜也	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員
宮代 貴章	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員
樋口 貴司	NEDO 事業統括部 研究評価課 専門調査員

議事次第

（公開セッション）

１．開会

２．プロジェクトの説明・詳細説明

2.1 プロジェクトの説明

2.1.1 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

2.1.2 目標及び達成状況

2.1.3 マネジメント

2.2 プロジェクトの詳細説明

2.3 質疑応答

（非公開セッション）

３．プロジェクトの補足説明

3.0 廃プラスチックの最適処理の考え方

3.1 石油化学原料化(液相)

3.2 高度選別

3.3 材料再生

3.4 石油化学原料化(触媒)

3.5 エネルギー回収

3.6 LCA

４．全体を通しての質疑

（公開セッション）

５．まとめ・講評

６．閉会

議事内容

（公開セッション）

１．開会、出席者紹介

・開会宣言（評価事務局）

・出席者の紹介（評価委員、評価事務局、推進部署）

【平井分科会長】　本日の分科会長を仰せつかりました京都大学の平井と申します。専門は廃棄物工学です。長丁場となりますが、よろしくお願いいたします。

【瀧分科会長代理】　金沢大学の瀧と申します。化学工学及びプラスチック成形加工を専門分野としております。本日は長丁場ですが、よろしくお願いいたします。

【新井委員】　三菱総合研究所の新井と申します。資源循環分野の調査研究やコンサルティングに長年従事しております。本日は、どうぞよろしくお願いいたします。

【橋本委員】　立命館大学の橋本と申します。環境システム分析及び資源・廃棄物管理に関する研究教育を行っております。どうぞよろしくお願いします。

【前川委員】　日本容器包装リサイクル協会の前川と申します。私は、一般廃棄物の家庭から出てくるプラスチック容器包装および製品プラスチックのリサイクルを担当しております。よろしくお願いします。

【増田委員】　（株）タクマの増田と申します。当社は、環境エネルギー分野のプラントメーカーであり、廃棄物発電、バイオマスプラントなどを手がけております。私自身は、一般廃棄物発電のプラント設計を長くやってまいりました。今日は、よろしくお願いします。

２．プロジェクトの説明・詳細説明

（1）意義・社会実装までの道筋、目標及び達成度、マネジメント

推進部署より資料に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

（2）プロジェクトの詳細説明

PLより資料に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

【平井分科会長】　御説明ありがとうございました。

ここから質疑応答となりますが、評価項目ごと 3 つに分けて議論を行っていきます。まずは項目 1、意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋に関して御意見、御質問等ございませんか。瀧先生お願いします。

【瀧分科会長代理】　御説明ありがとうございました。金沢大学の瀧と申します。全体的なそもそもというところを 1 つお聞きします。MR、CR、ER がベストミックスするということかと思います。今回の事業で冷熱としていろいろ氷のスラリーができるような技術開発がなされていることは認識できているものの、MR、CR が増えることによって、ER は相対的に処理量が減ってしまうわけです。こういった状況というのは、この技術に投資をしようという人たちの立場からして非常にその判断が難しくなるのではないかと思いますが、いかがお考えでしょうか。

【今西 PMgr】　御質問、大変ありがとうございます。ER に関しましては、もしかすると午後に成瀬先生から同様の御説明があるかもしれませんけれども、まず 1 つ、焼却に関しては皆様もよく御存じのとおり、減らすべきものであるとは思っております。流れ的にはそうなっていくのだと思いますが、例えば医療廃棄物等、どうしても燃やさざるを得ないものは必ずあります。それも、燃やしておしまいではなく、少なくなっているにもかかわらず、やはり熱源としては有効に利用したいといったモチベーションがございます。あともう 1 つは、この研究開発は、冷熱、高温熱の両方とも、別に一般ごみであるとかプラスチックの専焼の炉から得る熱だけの技術ではなく、一般的な排熱であれば何にでも適用で

きるということです。多分、午後の説明でもあると思いますが、現状、八戸の町の中で、排熱をうまく利用していこうといった動きが自治体も含めて始まっております。その中で、例えば製鉄所にある排熱をうまく活用してみないかというお話もいただいています。技術自体は、今回プラスチックを熱源として開発しているものですが、非常に裾野の広い技術として認識しているため、その辺では非常に可能性が高いと考えております。

【瀧分科会長代理】　御説明ありがとうございました。

【松方 PL】　松方でございます。御質問ありがとうございます。例えば、私どもは自分のところに△を振ってしまいましたが、MR と ER の技術、これが順調に社会実装されるとして、我々のところは目標 100 万トンずつですけれども、例えば 3 分の 1 ずつできたとします。これは社会ストックを増やすということであり、それというのはバージンの投入量を減らす技術だと思っております。省資源で社会に回っているプラスチックの量は変わらないと想定すると、物質収支の上からは、ER で処分すべき量というのはバージンの投入量相当分を必ず焼却処理するということになると思います。そうすると、例えば 3 分の 1 だとすれば 240 万から 300 万トンぐらいは必ず、プラスチックだけでも焼却量はこういう循環型の社会ができても出てくることになると思います。それと、今西様からの御説明にあったとおり、プラスチック専焼の処理フローを必ずしも考えているわけではないということを併せまして、これからこういった技術が世に出ていき、社会実装されるのに十分なモチベーションがあるのではないかと考えている次第です。

【瀧分科会長代理】　どうもありがとうございました。

【平井分科会長】　そのほか、いかがでしょうか。橋本先生、お願いします。

【橋本委員】　御説明どうもありがとうございました。非常に多くの成果が出ていると認識しております。その上で、11 枚目のスライドのアウトカム達成までの道筋に関して 2 点伺います。1 つ目は、事前質問でも尋ねた「マテリアルリサイクルの今後の促進にとって何が課題か」という部分です。「経営陣の意識改革や規制といったものが必要ではないか」という御回答をいただきましたが、そのあたりについて、達成までの道筋の中でどのように位置づけるか。どういうことをやっていくかといった点でお考えあれば少しお聞かせください。

それから 2 点目は、ケミカルリサイクルの部分です。忌避物質の処理方法の開発という形で書かれているところの今後の見通しといいますか、どういう形で忌避物質を回避していくのか。この点について伺います。

【今西 PMgr】　ありがとうございます。まずマテリアルリサイクルのところですが、基本的に各企業様の実際の最終判断に関しては、いろいろな個社の情報等も絡んでいるところとなります。恐らく非公開のところで八尾先生からお話しいただいたほうがよいと思うものの、一般論として、マテリアルリサイクルを進めていく上で、これは NEDO の見解ですが、やはりマテリアルリサイクルをすること自体が非常に重要なことだという認識はございますけれども、どういう形で社会実装をしていくのかという姿、例えばこの事業の中では花王様やライオン様が入っております。こういう方々に、例えばシャンプーボトルであるとかパウチにリサイクル材を使っていただくとした際に、リサイクル材の安全性というのでしょうか。有害物が含まれているのか、含まれていないのかという点も含め、どのように品質保証をしていくのかというのは、多分、企業様が非常に悩んでいるところだと思います。そういう部分に関しては、例えば内側にはリサイクル材、外側にはバージン材という形の複層構造等の検討も必要になってくると思いますが、そういうものが実際に世の中に出ていくときにコストペイができるのかどうか。多分そこの綱引きをしている状況だと思っております。それも含め、3.2 の八尾先生から「企業の判断というものが非常に重要である」ということでお答えをいただいたと思います。そこに関しては、先ほどの御説明で申し上げたとおり、やはり何らかの製品の特定・選定を行い、それでまずは試

作をしてみる。そこで市場の反応を見てみる。それを含めて皆様に取り組んでいただき、市場でこういうものに対しての引合いがあるのかどうか。そして、そこを企業さんが率先して進めていただく。そのために、この研究開発では、例えばこういう素材であればここまでリサイクルできる、強度はここまでできる。安全性に関しても、例えばこういうものが混ざらないようなものとして選別ができればということで進めていければよいと思っております。それ以上のところは、非公開で御質問いただければと思いますので、よろしくお願いいたします。

【橋本委員】　各種、政策的な支援ということも書かれているのですが、これはNEDOがやられることではないかもしれないのですけれども、NEDOとしてどのように国の政策のところに入れ込んでいくかということも大事だと思います。その点はどうだろうかという趣旨で伺った次第です。

【今西 PMgr】　ありがとうございます。私たちの事業をつかさどる資源循環経済課様ともこの件に関しては今後しっかり話をしていきたいと思います。

【平井分科会長】　そのほか、いかがでしょうか。どうぞ。

【今西 PMgr】　すみません、このケミカルリサイクルの今後の見通しということで、例えば触媒分解に関しては、先ほど来、夾雑物、特に触媒毒の問題が非常に課題であるということを御説明しました。例えば、非常に有効に使えるものとして、やはり工程内部材、当然そういうものはマテリアルリサイクルに回していくのが非常にバランス的にはよいと思います。ですが、その中でも少しケミカルに戻したいというデマンド、市場の要求があるのであれば、そういうところには確実にアプライできると思っております。あと、液相分解のほうも、非常にフィルムに関してのリサイクルは、やはり皆様が手を焼いているところです。その中で、ポリオレフィンをしっかり回収できる。あとは、実際にはそれ以外のケミカル、例えばテレフタル酸とかイプシロンカプロラクタム等を回収できるというのは非常に大きな技術だと考えております。そのほかにも、例えばウレタンなどといった材料にも展開できる可能性はあると思っておりますので、そういう点では、今後もう少し企業ともしっかり組みながら次の事業展開を考えていくようなフェーズになったように思っております。

【橋本委員】　そういう意味では、忌避物質を処理するというよりは、忌避物質が入らないものにアプリケーションとしてやっていく戦略だと理解すればよろしいでしょうか。

【今西 PMgr】　はい。

【平井分科会長】　では、新井委員お願いします。

【新井委員】　三菱総合研究所の新井です。御説明ありがとうございます。全体像において、そもそもの理解の確認をいたします。資料3-1の11ページ、アウトカム目標に関して、オレンジ色の一番右のところとなりますが、2030年度時点で廃プラの国内リサイクル促進が281万トンとあります。これは、現状から追加的にリサイクルされるERも含めてそうしたところを想定されているのか。それとも、そうではなく、全体800万トンから850万トンのうちの280万トンという考え方になるのか。この点についてお教えください。それから、その上で、現状からの追加的なところの量をどのように設定されていらっしゃるのかを伺います。

【今西 PMgr】　ありがとうございます。こちらは、先ほど松方先生のほうから御説明いただいた資料となります。この研究開発ではエネルギーリカバリーも、特にケミカルリサイクル、マテリアルリサイクルに関しては、今まで行ってきたケミカルリサイクル、マテリアルリサイクルを当然否定するものではありませんので、その上に積み上げていくものの積み増し分ということでお考えください。実際にどういうものがどのような形でどのプロセスに入っていくのかという部分は、午後の3.0のところで御説明させていただきたいと思いますが、今の質問への回答として、281万トンというのは、これまでの従来の技術に対してさらに上積みをしていこうと考えて進めてきたものとなります。

【新井委員】　それに関連して伺います。そこが上積み分だとすると、資料18ページのアウトカム目標の考

え方において、例えば汚れのほとんどない廃プラ 211 万トンのうち 86 万トン等とありますが、私はこの合計が 280 万トン程度になると理解していたのですけれども、その理解は合っておりますか。

【今西 PMgr】　86 と 87 と 108 の合計で 281 になっていると思います。

【新井委員】　そういうことですよね。

【今西 PMgr】　はい。

【新井委員】　そうすると、今ほとんど汚れのない廃プラのうち、86 万トンはまだ未利用である。こうした前提で、そこの部分は今回の技術で新たにカバーできるマテリアルリサイクルという考え方と理解してよいですか。

【今西 PMgr】　そのようになります。

【新井委員】　分かりました。ありがとうございます。

【平井分科会長】　では、前川委員お願いします。

【前川委員】　前川でございます。御説明ありがとうございました。資料 18 ページについて伺います。800 万トンから 850 万トンの廃プラスチック資源全体像の中で、「汚れ」をキーワードとして MR,CR,ER それぞれの目標設定をされています。事前質問でお尋ねした際に、私は一般廃棄物をメインで扱っていますから、「汚れのほとんどないものをマテリアルリサイクルするというのは、ほとんどないのではないか」という趣旨で事前の質問をいたしました。それに対して、「今回のプロジェクトの対象が産業廃棄物であることから、一般廃棄物はそもそも開発の対象外であると認識しております」という答えをいただいたところです。そうなると、プラスチック循環利用協会のデータによると全体の廃プラスチック資源のうち一般廃棄物が約半分、産業廃棄物が約半分になることから、目標対象としては 800 万から 850 万でなく 400 万になるのではないかと思います。そして、産業廃棄物の中で、ビジネス間で扱っているものはトレースなどはっきり分かるものが多いので、新 SR の対象としてフィットすると思います。一方で、一般廃棄物となると、残渣や異物によって汚れています。消費者に渡ってしまうので、トレーサビリティもできなければ、材質や形態などがごちゃごちゃになって入っています。ペットボトルはほぼ単一で回収されているものの、その他プラスチックとなると、混合物であり汚れがひどいものになると思います。そういったものは、この資料で分類すると ER になってしまいますが、一般廃棄物は今回の対象ではないということですので、このアウトカムといいますか、2030 年にこの 281 万トンを、要はトータルの 800 万トンに対しての 280 万トンを対象にしておられる目標達成として、果たしてどのようにするのかという点で非常に不安があります。多分このあたりの産業廃棄物の技術開発を使い、一般廃棄物にも展開していくということだと思いますが、それがこの絵の中に示されているのかどうか。長くなりまして恐縮ですが、こうした点についての御質問となります。

【今西 PMgr】　ありがとうございます。今の前川様の御発言のとおりだと思っております。実際に産廃にしてしまえば、量は半分くらいに減ります。そのような素材をリサイクルしていくという部分は、最初のこの事業の原点にはございますが、当然そういうものだけでずっと進んでいくものではないと思っております。この事業を進めていく中で、技術委員会の委員の皆様から様々な意見をいただいてきたわけですけれども、もともとこの 800 万トンとか 850 万トンという全ての総プラスチックの排出量を想定しているのであれば、やはり一般ごみも意識すべきであろうと。その中で産廃をまずターゲットにして事業を進めること自体は否定するものではないですけれども、結果的には、そういうものも処理していかなければ、あとのものは全て燃やすという選択肢になってしまいます。ですので、そこは技術の伸び代を見ながら、一般廃棄物にもアプライしていこうということで進めてまいりました。今の前川様の意見は、私たちも常日頃から悩ましく思っております。当然、産業廃棄物だけということで、もともとの基本計画、例えば戦略等をつくってくれば、そごは全くなかったと思いますが、最終的にこの技術をうまく展開できればといった望みもありまして、このような形になっている次第です。

【加茂 SPL】　御質問ありがとうございました。おっしゃるとおり、今、家庭用でやっているものは一廃であり、容器包装リサイクルでやっていますよね。ただ、法律的には、確かに一廃でも事業系というものがかなりございます。そして、それはほとんど燃やされています。確かに法律上は一廃で、このプロジェクトは産廃と言ってしまっているのでそこはちょっとグレーですけれども、一廃の中でも事業系は我々のターゲットだと考えています。ですから、法律の枠組みも厳格に考えず、もう少し現実を考えれば、そちらのほうもターゲットになっていくのではないかと思っています。あとは、汚れについても、いわゆる一廃で家庭から出てくるようなもの、確かにマテリアルとしてはなかなか難しいのですが、ケミカルから見ると、確かに汚れは汚れですけれども、そうひどいものではないと。ですから、ここで汚れというのは、もっとひどい産廃で金属が入っている、土が入っているといったとんでもないものがありますよね。ああいったものは、無理だと。ただ、事業系とか家庭から出てくるような一廃の容器包装、あの辺は汚れてはいるものの十分使えるのではないかと認識しています。以上です。

【平井分科会長】　ありがとうございます。既に議論が項目 2 の目標及び達成状況に入っておりますので、そちらも含めて御意見、御質問等をお受けいたします。新井委員お願いします。

【新井委員】　今の話の流れを踏まえ、もう 1 か所確認をお願いします。資料 3-2 の 5 ページのところで、発生源をどのように案分するかといった考え方をされていたかと思います。そして、こちらの新 MR というのは、家庭容器包装のところをカバーしている気がいたします。先ほどの話で、この技術開発の対象として、最初は産廃、いずれは一廃にも適用されるものと理解していますが、今のこのグラフですと、新しい MR は輸送も入っているものの、基本的に家庭容器包装中心になっているように読めます。ここの考え方がどうなっているのか改めて教えていただいてもよろしいでしょうか。

【加茂 SPL】　この図は粗いので、割り振るとそうなってしまってしまいました。申し訳ありません。確かに、新 MR は家庭用になっていますが、あとは、実は製品プラであるとか、先ほど言った事業系、産廃系の容器などとなります。そのあたりの分類が粗くなってしまい、うまくはまらないところがございましたがけれども、その辺もターゲットとして考えています。

【新井委員】　上のほうにある新 ER、新 CR のところが容器包装の事業系とか様々入っているのですが、別にこれはこれだけというものではないと。

【加茂 SPL】　少し図の書き方で、本当はもっと細かくやればよかったのですが、このようになってしまいました。すみません。

【新井委員】　分かりました。ありがとうございます。この図の流れでもう 1 点伺いますが、電気電子のところは、これも図の問題なのかもしれませんけれども、ER のままなのだなというふうに思っておりまして、このあたりはどのような評価をされたのですか。

【加茂 SPL】　要するに、電気製品というのは、今ポテンシャルとしては結構あるのですけれども、いわゆる家電で回収されているのは、せいぜい 20 万トンぐらいですよね。ほかは今、小電でもほとんど回収されていませんし、回収するシステムが今ないので、取りあえず ER に置いております。ですから、全く見込みがないというのではなく、いかにちゃんと回収をしていくか。今これらは多分自治体さんが一廃として引き取って多分燃やしているか埋めていると思います。それを、回収ルートが見つかれば、当然もっとよいものになっていきますが、今のところ回収ルートがないため ER のほうに仮置きのようなところになっております。

【平井分科会長】　ありがとうございます。この部分ですが、より詳細な御説明は、午後の非公開のセッションでまた加茂先生から御説明があると思いますので、そこで議論を深めていければと思います。

すみません、進行が悪かったようで、少し時間が押しております。目標及び達成状況に関して、そのほか御意見等ございますか。橋本先生お願いします。

【橋本委員】　立命館大学の橋本です。資料 29 枚目のところで副次的な成果の整理をされています。その中

の 1 つに、リサイクルできる製品設計に関する指針を確立するというものも入っており、プロジェクトの中でも検討していただいていたものと理解しています。また、このたび資源循環利用促進法が改正され、環境配慮設計を推進するということが盛り込まれ、その分野横断的な指針の検討というのが昨日から始まりまして、年内に多分決まると思われます。そこに何か、このプロジェクトから現状でリストアップされているものに対して、これは抜けているというようなインプットできるものがあると大変有益ではないかと思いました。もう短期間で年内にと聞いていますので、そこにうまくインプットできるような形で動いていただけるとよいのではないでしょうか。

【今西 PMgr】　御意見、大変ありがとうございます。この研究開発に関しては、先ほども御説明しましたように、我々の原課である資源循環経済課、経済産業省とも密に話をしております。今回のこの研究開発に関しても、各種会議に御参加いただく、資料も共有していくということで進めてまいりました。今いただいた御意見を基に、資源循環経済課のほうにも、こういう資源循環に資するような設計指針に関してこの研究開発で進めたところ、特にこれは松方先生のケミカルリサイクルのところで、実施者様、実際にはフィルムなどといったものを作っていらっしゃる方々と共同して進めてきたものですが、そういうところもうまく御紹介していきたいと思っております。ありがとうございます。

【平井分科会長】　ありがとうございます。そのほか、いかがでしょうか。

よろしいですか。では、個別の研究に関しては、また午後のセッションのところで掘り下げて議論を行えればと思います。それでは、項目 3、マネジメントの側面について御意見、御質問等ございますか。

【平井分科会長】　それでは、増田委員お願いします。

【増田委員】　マネジメントになるのか目標の立て方になるのか分かりませんが、例えば MR ですと、できたものを使ってもらわないといけないというところで、恐らく最初にユーザー側の調査などをされたかと思います。説明の中でも、バージン度 90%の品質があればというような話があったと思いますが、そのあたりは、この事業が始まる前にそういったユーザー側の調査をしたのか。あるいは、事業の途中でも出てきた成果をもって、それをフィードバックして調査を進めていったのか。もしくは、再生プラにはこういう課題があるがそれに対してユーザーが許容できるかといったところの調整もされたのか。こうした点についてお聞かせください。

【今西 PMgr】　マテリアルリサイクルに関しては、この事業が始まる前に、先ほども御説明したように NEDO の技術戦略センターの研究員の方々が様々な方々といろいろ情報ヒアリングを行いました。それに基づき、9 割の物性回復をしていくものと定めた次第です。そうした下でこの事業は動いております。実際に MR を進めていただく中で、材料物性をするための新しい物理再生の理論が構築されていき、その 9 割、廃プラスチックから 9 割の強度、靭性が回復できることも分かってまいりました。それが、例えばフィルム材でやったときにどうなるのかなど、いろいろな形で企業様のニーズに応えて使い方を変えてみると、やはり靭性だけでは測れないような様々な物性に関しての課題がまだあるということは見えています。そういう観点で、基本的には目標値の設定自体は先行して決めたものですが、それに対して、物性回復という点に関してちゃんと成果は得ているものの、ステークホルダーから当時得ていた情報以外に、この事業を 5 年間進めていく中で多くの方々と話をしていくと、「いやいや、こういう使い方をしたい」と。そういうときにどうなのかということを、実際に八尾先生のところに素材を持ち込んでいただいて検討していただく。そこの中には、やはりこういう使い方をするとなかなか難しいといった部分も明確に出てまいりました。そういう形で、なかなか社会実装にすぐつなげることができないと。特定の材料、特定の使い方に関しては非常に可能性が高いと思うものの、先ほど松方先生からも話がありましたように、何でも全てに対応できるというものではないところが見えてきております。八尾先生、何かございますか。

【八尾教授】　いえ、大丈夫です。

【増田委員】　ありがとうございます。

【平井分科会長】　そのほか、いかがでしょうか。マネジメント以外のところでも、ほかの部分で言いそびれていたこと等あれば、御意見をいただければと思いますがいかがでしょうか。瀧先生お願いします。

【瀧分科会長代理】　金沢大学の瀧と申します。2 点ほど伺います。この事業で対象としているプラスチックの中で、量が少ないからかもしれませんけれども、いわゆる生分解性プラスチックといったものがスコープの中に入ってきていないと思います。一方、生分解性プラスチックに関する国主導の研究開発というのもされていまして、今後、普及促進がなされたときに、この事業の成果というのはそのまま適用可能なのか。あるいはベストミックスが変わってくるのか。そういった見通しをお聞かせください。

【今西 PMgr】　生分解性プラスチックに関しては、非常に大きな課題だと思っております。この事業ですが、プラスチックの資源循環ということで進めていた事業ですけれども、この事業は、実を言うと双子といいますか、兄弟の事業がございます。私たちサーキュラーエコノミー部が進めているこのプラスチックの資源循環、廃プラスチックの資源循環と併せて、NEDO の中のバイオ材料部というところが生分解性プラスチックの研究開発を並行して進めております。生分解性のほうに関しては、そちらのほうで事業をカバーして対応しているという形です。今の御質問からしますと、例えば生分解性プラスチックといえども、実際には廃プラとして回収されてくることがあるのではないかということだと思いますけれども。基本的には、例えば PP とか PE とか PS と同じように扱えるような物性のものであれば、その中に混入していてもその中で対応していくというものだと思っております。

【加茂 SPL】　早稲田の加茂です。今のお答えで、生分解性、国のプロジェクトとしてはバイオプラスチックを 200 万トンというのがあります。ただ、現状では、日本でまだ数万トン程度というマーケットの規模だと思います。将来的にはもっと増えると思いますが、一番重要なのは、では、どこに使われるのかと。ですから、今回は現状を見ながら回収を含めてやっていますが、どこに使われているか、何に使われているかはまだまだ分からない状況で、今回はメインのターゲットではないと考えています。ただ、将来的にはもちろん生分解性といえども、ちゃんとリサイクルをし、どうしようもなくなったら生分解性の効果を発揮していただくことになります。考え方としては、生分解プラスチックといえども循環して使っていくものと思っています。繰り返しますが、今回はどこに使われているかまだ分からないため、ターゲットには入れていないという認識です。

【瀧分科会長代理】　ありがとうございます。やはり生分解性プラスチックが増えてくると、SR、MR に対する負担というのはかなり増えてくるのではないかと思い、この技術を生かせたらと思っております。

【加茂 SPL】　そこはとてもいい御指摘だと思っております。MR に変な生分解性プラスチックが入ってくると、ある意味でかえって邪魔になりますよね。ですから、生分解性能を使っていただくには、マークといいますか、ちゃんと識別できるようなところで使っていただければと希望しています。

【瀧分科会長代理】　ありがとうございます。

【平井分科会長】　ありがとうございます。では、私のほうから 1 点伺います。少し戻りまして、1 点目の項目、意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋について、評価項目・評価基準としては、「アウトカム達成までの道筋の見直し工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮したか」という観点で評価をしてくださいと書かれています。資料 3-1 のスライド 11 枚目のアウトカム達成までの道筋のところですが、恐らくこれは見直し後の道筋を提示いただいているかと思います。そうしたところで、研究開始当初からどういった見直しをされたのか。下のほうの政策的な支援というのは、2022 年とか研究開始以降であるため、これは多分追加されたのだろうというのは分かります。それ以外のところでどういった見直しがあったのかというところ、後半のマネジメントのところで研究の実施中の内容の変更等はいろいろ御説明いただいたのですが、その後 2030 年までのところの見通しの中で、どういった変化があったかを教えてください。

【今西 PMgr】　ありがとうございます。この中では、特に化学原料化、石油化学原料化のところに関しては、先ほど松方先生からも話があったように、やはり触媒分解の中で忌避物質という問題が非常に大きく出てきました。先導研究という形で、ちょっと先祖返りでございますけれども、もう 1 度、基盤研究をしっかりするということに今取り組んでおります。その上で、忌避物質の処理方法の開発というのは、この事業が終わったところで再考しなければいけないところだと考えております。それが見直しの 1 つになりますが、その後、実際にその技術を使ってベンチシステムを作ってみる。この処理システムのスケールアップと書いていますが、ラボレベルからベンチのある程度の量が流せるものとして。ベンチプラントともう 1 つ後ろにありますが、段階的に大きくしていくという形になっていくと思っております。もともとの想定は、この化学原料化のプロセスに関しては、2024 年度の最後、今年 3 月末のところで、基本的にはかなり大きな設備の基本設計まで完了しようという形で進めてまいりました。実際に基本設計ができるための例えば触媒分解による成果の確認、あとは、実際に触媒を繰り返し利用するための実証データというものも含め、まだ取り切れていなかったというところもございましたので、そこはしっかり立ち戻り、この事業の中でどのようなものが触媒毒になるのか。繰り返し利用に関しても、時間的な制限もあることから多くの繰り返し実験が行えなかったのは残念ですけれども、やはり、その繰り返しを行っていくときの課題等も見いだせたかとは思っております。以上です。

【平井分科会長】　御説明どうもありがとうございました。

それでは、まだいろいろと御意見があると思いますけれども、時間となりました。以上で議題 2 に係る質疑を終了といたします。

（非公開セッション）

3．プロジェクトの補足説明

省略

4．全体を通しての質疑

省略

（公開セッション）

5．まとめ・講評

【増田委員】　（株）タクマの増田でございます。今日 1 日話を聞かせていただいて感じたことですが、まず各プロジェクトとも非常に多くのプレーヤーが参加されており、その中には、民間のプラスチックのユーザーもいますし、リサイクラーさんもいる。あるいはプラスチックを作る側もいらっしゃるということで、非常に現実に即した具体的な取組がされているものと感じました。例えば、MR の中では 100%リサイクル品のバケツだったでしょうか、そうしたものを作られているというので、非常にこれは期待できると感じます。それから、装置化のところでも、非常に実際の装置に近いところまで進んでいる取り組みも見られ、SR の産総研様の装置などは、そのまま少しスケールアップすれば実機になるようなもののように見受けられましたので、この方面でも非常に社会実装に近づいていると思います。それから ER であれば、実プラントでの材料評価といった具体的な取組をされていることに非常に感心いたしました。一方で、検討を進める中で、技術としての限界や制限というのも見えてきていると思います。例えばジグでの選別ではフィルム状のものは難しいという話がありました。触媒分解では石灰が忌避物質になるというような課題も明らかになってきています。けれども、裏を返せば、これも非

常に大きな成果になると思います。対象とする廃プラを選択するところも非常に今後大事になってくると考えます。また、技術の話は非常に重要であるものの、プラスチックのリサイクルを進めるに当たっては、やはり社会的な面が非常に大きいというのを改めて感じた次第です。事前質問でも記載しましたが、需要家や最終消費者の意識をどう変えるかも非常に大事だと思います。レジ袋有料化の事例では、導入時にはかなり批判がありましたが、今思えば大きな抵抗なく受け入れられたのではないかと感じており、意外とそういうところはユーザーに柔軟性があるのかもしれないということは感じております。あと、社会に対してという点では、今日の途中でもあったように、上流側に対して、この技術を適用するためにこういうことをしてほしいというような発信、たとえば製品の設計に対する発信、材料を限定するなど、そのあたりの発信もどこかの機会で実施していただければと思います。最後に、リサイクルはコストが大きな課題です。ユーザーさんはバージン品と同じコストを求めるというところでなかなか厳しいと思うのですが、先ほどありましたデポジットであるとか、今後導入される CO_2 のクレジットの金額感がはっきりしてくると、廃プラリサイクルにかけられるコストが上振れしてくる可能性もあると思いますので、そこも見据えて、今後も引き続き開発を進めていっていただければと思います。

【宮代専門調査員】　ありがとうございました。続きまして、前川委員、よろしくお願いいたします。

【前川委員】　日本容器包装リサイクル協会の前川です。本日は 1 日ありがとうございました。本当に日本の最先端の開発技術に触れることができて、非常に興奮しているといいますか、ワクワクしております。私は一般廃棄物のリサイクル、容器包装のリサイクルを担当しており、今日は冒頭にいろいろ申し上げましたが、ここでの対象は産業廃棄物だということで、それをいかに一般廃棄物に使えるかという視点で聞かせていただきました。そうしたところで、使える可能性があるなという印象を受けています。先日決まった資源有効利用促進法でも、量と質の向上を目指していくといった中で、様々な取り組みが必要だと思います。例えば今日お聞かせいただいた新 MR について、雑多な一般廃棄物の容器包装では厳しいのではないかといった質問をいたしましたが、期待が持てる返答を頂けました。また、新 CR2 のほうも世界に誇るシステムができるのではないかという期待と日本のガラパゴス化の懸念があり今後の検討を期待します。今日のお話をお聞きして容器包装というのが、改めてリサイクルは難しいなと感じました。特に、一般廃棄物として家庭から出てくるものは、汚れがあり、複数の材料が混在しており、異物が多く、トレースが分からないといったリサイクルが難しいことを実感させられるような話もあったかと思います。ここでのプロジェクトとしては、産業廃棄物をターゲットにということですけれども、それをいかにうまく一般廃棄物にも使えるように今後の展開に期待しております。以上です。

【宮代専門調査員】　ありがとうございました。続きまして、橋本委員、よろしくお願いいたします。

【橋本委員】　立命館大学の橋本です。私自身は採択のときから、そして技術委員会、それから最後の今日まで関わらせていただき、たくさん勉強をさせていただきました。それぞれすばらしい技術開発ができてきたのではないかと思っております。SR については、なかなかこの分野で日本のメーカー様が市場を取れていないというところがありますので、ぜひ日本のメーカーによる選別機が製造され、それが普及するということに期待いたします。MR についても非常に新しい観点からの研究で私自身も大変学びとなりました。ぜひ今日、短軸の話がありましたけれども、さらにコスト削減をし、経営者の方がコストの面から評価してもらえるようになれるような形にしていただけるとよいと思います。ケミカルリサイクルについては期待が大きい分野ですから、今回、触媒分解ということで取り組まれたわけですけれども、その他の熱分解とかも含めたものとして、今後のプロジェクトとして実証し、どういったところにどういった技術がいいのかというところをきちんと見極めていただければありがたいです。先ほど炭素循環の話で水素の話も出てきましたが、その話を聞きながら、水素と炭素が引っ付いてい

るところでちゃんとリサイクルすることが重要ではないかと。やはり CO_2 になってしまうと、その後にまた水素を取ってこなければいけません。水素の課題も現状は非常に大きいところです。ER については熱効率の向上もありますが、冷熱のところが非常に面白いなと思いました。今から市場としてどんどん広がっていってもらえたらというふうに思います。最後に、MR のところで議論になった人々の認識とか制度の話です。温暖化対策の進展がまたこちらに影響を与えてくる。そうしたところが今から出てくるとは思うものの、そうした制度面での経産省との意見交換など、直近においては設計指針の話があるかと思いますけれども、そういったところを調整していただき、リサイクルを推進するサポートになっていくような制度の検討なんかも NEDO と経産省のほうで検討いただければと思いました。以上です。

【宮代専門調査員】　ありがとうございました。続きまして、新井委員、よろしくお願いいたします。

【新井委員】　三菱総合研究所の新井です。本日は 1 日、本当にありがとうございました。いずれも最先端の技術開発に関して聞かせていただき、非常にうれしく、また楽しく、ワクワクとした時間を過ごさせていただきました。私はプラスチック資源循環を長らく調査研究といいますか、政策担当者とも議論することが多く、マテリアルリサイクルであれば、質の限界みたいな話、ケミカルリサイクルなら CO_2 がかかるといった話、エネルギー回収は熱利用しかできないといったように、それぞれの技術の位置づけが整理されていたところだったのですが、本日、皆様の研究を見たときに、マテリアルリサイクルであれば、再生材の質をどれだけ上げられるのか。こうした部分に焦点を当てられており、そこに希望があるのだなと思いました。エネルギー回収のところも、ただ熱利用ではなく、スラリーといった新しい使い道も含め、熱回収自体の稼働と効率の両方を上げるといった観点は非常に面白いと思った次第です。さらにケミカルのところも、最後、炭素循環に関してお話しいただいたように、CO_2 でという話だけでなく、炭素循環の指標も含めたベストミックスの在り方を考えていくのが本当に必要といった議論を聞きまして、理解が深まったとともに非常に期待を持った次第です。そして、今日の議論の中で外部環境変化の話があったように、欧州での ELV と PPWR あたりで、再生材を利用しなければいけないという動脈側の意向が強くなっていると思っています。また、そこに対しての技術開発の投資は、日本もですが、欧州側も含め、民間、国ともかなり投資するようになってきているという意味では、恐らくこの同じような技術開発のスピードがグローバルでどんどん進んでいるのではないかと思います。ある意味、そこら辺も競争のようになってきていると感じていますので、今回の成果をさらに実装に向けてスピードアップしていただき、ベストミックスをさらに議論する。そうしたところを繰り返していただくことに期待したいです。ありがとうございました。

【宮代専門調査員】　ありがとうございました。続きまして、瀧分科会長代理、よろしくお願いいたします。

【瀧分科会長代理】　本日は、長時間にわたり、ありがとうございました。私も知らないことが多くありまして、大変勉強になった次第です。私は、学生時代から化学工学に触れており、石油化学のいろいろないわゆるプラントの話を勉強してまいりました。今はプラスチック成形加工をやっていまして、そういう石油からプラスチックまでのフローというのをずっと頭の中で意識しながら研究してきました。その中で、このプラスチックのリサイクルに関しては、今、恐らく破壊的なイノベーションというのが、特にマテリアルリサイクルのところで起ころうとしているのであろうと本日強く感じたところです。何を破壊するかというと、日本が世界に誇るオレフィンの合成重合技術になります。今、化学会社は石化部門を切り離そうとか切り捨てようとして、いわゆるエチレンプラントを停止させたり削減したりしているということで、日本がこの数十年にわたって培ってきたオレフィンの重合技術について、プラントが止まるという形でなくなっていってしまうということ、再生材を使うということをどんどん推し進めると経済合理的な観点からどうしても起こるのだろうと思いました。多く使ってたくさんリサイクルすると化学会社も生き残っていけるのだろうとは思うものの、やはり何か新しいことをする

という光の当たる面がある一方、暗い影がある。技術の不連続な発展が起こるときには、どうしてもこのようなことが起きてしまいます。ちょっとネガティブな話かもしれないのですけれども、全体をお聞きしてこのように思いました。このプロジェクトにとっては非常にポジティブなことではありますが、やはり最先端の重合技術、あるいはコンパウンディングの技術ということも、新たな製品を作ろうというときには非常に重要であるはずです。やはり高純度かつ高性能なものを作ろうということになれば、バージン品を使っていかなければならないといったところも、日本の産業政策の面から残していかなければいけないことなのかなというふうに感じた次第です。以上になります。

【宮代専門調査員】　ありがとうございました。それでは最後に、平井分科会長、よろしくお願いいたします。

【平井分科会長】　京都大学の平井でございます。本日はいろいろとお話を聞かせていただきましてありがとうございました。大変勉強になった次第です。5年間、皆様が取り組んでこられた研究の成果、選別技術のところからマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギー回収という形で幅広くカバーされており、また、LCAの評価のところでは、廃プラの様々な場所からの様々な種類のものの発生といったところ、そこからつなげて評価されていまして、非常に包括的なプロジェクトとして構成されていたと思います。また、プロジェクトの進め方としても、適宜、軌道修正を必要に応じてされながら、きちんとそれぞれ成果にこぎ着けられています。課題について、当初のところでは至らないケースがあっても、何らかの次に向けた糧となるような知見を得られ、実際にその次のプロジェクトが進んでいるという点からも、今回のプロジェクトは既に大きな成果を出しているものと理解します。また、個別には多くの実証実験をされており、実用化相当に近いのではないかと思うところもありますし、ぜひそういったところを社会実装に向けて進めていただけると、成果が現実のものになっていくのではないかと思っております。それから、基礎的な知見の開発に焦点を当てているところもございます。特に従来の常識を覆すようなすばらしい成果というのもプロジェクトの中では出ているのかと思いますので、ぜひそういったところの実用化を進めていっていただければと思います。ありがとうございました。

【宮代専門調査員】　委員の皆様、御講評をどうもありがとうございました。それでは、委員の皆様からの御講評を受けまして、推進部長及びPLから一言ずつお願いいたします。

【福永部長】　NEDOサーキュラーエコノミーの福永でございます。本日は、午前中から長時間にわたって御審議をいただきましてありがとうございました。サーキュラーエコノミー部の立場として、このプロジェクトにおいてER、MR、CRの研究開発を重ねてまいりました。議論にもございましたように、炭素と水素を結合させて循環させるという意味では、MR、CR それぞれ優先度が高いと思いますし、ERについても新たな形の熱利用ということで、一定の成果が出せたのではないかと考えています。今後は、冒頭NEDOからも説明いたしましたように、別の枠組みで引き続きこの研究開発を継続していきたいと思いますし、また、このプロジェクト外でも、例えばガス化について、ここでは対象になっておりませんが、プラスチックを含めた有機系廃棄物のガス化のプロジェクトも別途グリーンイノベーション基金の枠組みで進めているところです。こうした様々な方式が地域の特性あるいは廃棄物の種類によって導入されてくると思います。何か特定の技術に偏ることなく、国の支援政策として取り組んでいくよい点だと思うのですけれども、様々な手を打ちまして、しっかり時流に取り残されないよう我々としてもしっかりやっていきたいと考えてございます。また、政策的な措置についても今日の議論の中で話題になりました。これから始まるGX-ETSもそうですし、様々な議論が今、特に政府を中心に起きていると思います。我々のプロジェクトの中でも、例えばほかの素材系でいうと、グリーンスチールであるとか、あるいは人工石灰石のプロジェクトを進めております。今、政府のほうでは、例えばEVに対する補助金にグリーン鉄を使えば一定の上乗せがあるとか、あるいは公共調達で低炭素

型セメントコンクリートの利用を優遇するような措置も取られるようになってございます。そうした議論もNEDOと経産省で進め、今後検討していければと考えています。私からは以上です。ありがとうございました。

【松方PL】　本日はどうもありがとうございました。長時間にわたって私どもの成果の御講評をいただきましたことに感謝を申し上げます。私どものプロジェクト自身を推進する上では、NEDOにも多大な御支援・御指導をいただいてまいりました。この5年間、あるいはその先導研究を含めれば6年、7年になりますが、この間の取組についてのNEDOからの御支援、あるいは国からの御支援に対し、深く感謝をいたします。ここまでやってまいりましたので、一同さらにこの研究を深め、TRLを上げ、社会実装につながるような活動をすると同時に、やはりこうした技術に対する知見を持った専門家としての社会に対する貢献というのも重要かと思いますので、引き続きしっかりと活動してまいりたく思っております。本日までの御支援、本当にどうもありがとうございました。

【宮代専門調査員】　ありがとうございました。以上で議題5を終了といたします。

6．閉会、今後の予定

配布資料

資料１	分科会委員名簿
資料２	評価項目・評価基準
資料3-1	プロジェクトの説明資料（公開）
資料3-2	プロジェクトの詳細説明資料（公開）
資料４	プロジェクトの補足説明資料（非公開）
資料５	事業原簿（公開）
番号無し	評価コメント及び評点票
番号無し	評価スケジュール

以上

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

研究評価委員会
「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（終了時評価）分科会

質問・回答票（公開）

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
資料3-1 p.20	高効率エネルギー回収について、150t/dayは廃プラ専焼の焼却炉の想定か と思いますが、実際には混焼がほとんどかと思います。特に、一般廃棄物 に含まれる廃プラスチックは湿重量比10%程度かと思いますので、1500t/day規模の焼却施設を想定することになるように思いました。	橋本委員	150t/dayは、廃プラ専焼の焼却炉ではなく、産業廃棄物焼却炉を想定しております。
資料3-2 p.6 資料5 p.127	各リサイクルの目標品質はどのような考え方にもとづくのでしょうか。ま た、ERについては、MR/CRに向かないもの全てということではないのでしょうか。	橋本委員	プロジェクト期間中に、新MR、新CR、新ERにヒアリングをして決めた受入基準 になります。厳密には、新MR、新CR、新ERが実用技術となった際に確定するものですが、プロジェクト期間中はこの目標品質を一つの基準として新SRの開発を行いました。ご指摘のように新MR/新CRに向かないものが新ERに供給されますが、新ERからも燃焼後の灰分を20%以下にしてほしい(=新ER用：プラ品質 80%以上)との要求があり、選別の結果、金属等が多い粒子群は新ERにも提供しないということになります。
資料3-2 p.12	図の新CRの選別残渣Aと選別残渣Bは何を意味しますか。	橋本委員	選別残渣A：現在のケミカルリサイクルの残渣処理の割合 選別残渣B：全て焼却発電 (資料4, p.9に解像度の良い図があります)
資料3-2 p.12	環境省が行った LCA(https://www.env.go.jp/recycle/yoki/c_3_report/index.html)では多く のリサイクル方法で2tCO2/t廃プラ以上の削減効果が示されています。環境 省の値は単純焼却との比較ですが、廃プラ焼却の排出係数(排出係数 >2tCO2/t廃プラ)を考慮すると、この図はそれと整合するという理解でよいでしょうか。	橋本委員	ご理解の通りです。ごみ焼却発電の棒グラフの正方向の高さ(発電による代替分 を除く排出量)が、ほぼ単純焼却の場合の排出量に相当します(2.7 kg- CO2/kg-廃プラスチック)。それとの相対的な比較であれば、1.3～3.4 kg- CO2/kg-廃プラスチックの削減効果ということになります。

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
資料3-2 p.12	推計された物質フローの精度についてどのようにお考えでしょうか。	橋本委員	基本的には廃棄物処理事業の実態調査、および廃棄物排出原単位の活動量指標の 統計データ等に基づき廃プラの物質フロー(排出、再資源化、中間処理、最終処 分)を都道府県別に推計した上で全国集計しており、根拠のある結果をお示ししております。ただ、データが不足する地域や年度については全国値、近隣地域のデータ、および他年度のデータから推定・按分するなどの補完を行っております。また、樹脂別のデータについては、既往研究における産業連関分析に基づく業種別樹脂別の排出量等を参考にしています。こういったことから、本項目の物質フロー分析のデータ精度につきましては、精度向上の余地はありますが、循環利用量やGHG排出量の大小関係や、廃プラフローの全国集計結果は概ね妥当だと考えております。
資料3-2 p.15	製品化の課題のうち主要なものは何でしょうか。また、解決の目処につい てどのようにお考えでしょうか。	橋本委員	製品化への一番の課題は、経営陣の認識だと思っています。欧州では既にマテリ アルリサイクル製品がスーパーにごく当たり前に並んでします。消費者の認識が課題という意見もありますが、PETボトルの例を見れば、企業がリサイクル製品を出すことで逆に消費者の理解度も向上すると考えています。 解決へは、欧州の数々の規制例に沿った形での法制度も含めた行政のリードも不可欠だと思います。
資料3-2 p.19	研究開発項目②にある「多種多様なプラスチックに対応する複数触媒の開 発」について、各廃プラに応じた複数の触媒開発という観点での評価はどうでしょうか。	橋本委員	本事業の成果に基づきますと、プラスチック分解活性の観点からは、Beta、USY,ZSM-5の3種類が挙げられ、プラの低分解生成物からの石油化学原料化については、Betaが優れているとの結論です。事業期間の間では、多様なプラスチックそれぞれについての触媒の検討には至りませんでしたが、これらの成果を活用して、廃プラスチックのCRニーズを持つ企業様との共同研究を進めてまいります。

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
資料3-2 p.6 資料5 p61	容器包装プラを新MRに使用するにあたり「既存選別システム最適化」を経 由する図となっており、今回の技術開発の対象になっていません。既存選 別システム最適化により新MRの目標である新品のプラスチックの90%以上の材料強度の確保は可能でしょうか？またその検証はいつ誰が実施するのでしょうか？資料3-2のP5では新MRの対象は製品プラや容器包装(家庭)と設定されており現状の発生数量としては容器包装(家庭)が多い状況です。従って新MRのアウトカム目標の達成のためには容器包装(家庭) の採用実現が不可欠であると思います。仮に既存選別システム最適化が、 新SRの新MRに対するアウトプット目標のPP,PE98%と同等レベルが必要であるならば、容器包装をモノマー化100%の仕様に改革するか新たな技術を投入しない限り個人的には困難と考えます。	前川委員	新MR、新CR、新ERでは様々な廃棄物が受け入れ可能と想定していますが、NEDOプロジェクトの事業上の対象が産業廃棄物であることから、一般廃棄物はそもそも開発の対象外(所掌外)であると認識しております。他項目と異なり、新 SRは廃棄物を直接扱うことから、あくまで産業廃棄物を対象に検討をしております。一般廃棄物の選別については、環境省を中心に対策が練られていると想像されますが、技術的に当方の開発技術が利用可能となった場合には、積極的な協力を行うつもりでおります。
資料3-2 p5	対策後の姿として電気電子、輸送、建材は現状と同じERにカテゴライズされていますが、新SRによる高度選別の対象として新MRの対象にしてはいかがでしょうか？	前川委員	ご指摘の資料3-2 p5は、新MR、新CR、新ERにおけるマクロな供給元を想定し たものです。新SRで開発した選別技術を社会普及させる際には、対象物を特定せず、技術が利用できるあらゆるシーンでの活用を進める予定です。新SRで開発した技術を導入した企業は、より高価な売却先を求めますので、例えば電子機器から回収された廃プラスチックを新MRへ提供するようなことも、十分に考えられるかと思います。
資料3-2 p.6 資料5 p61	新CRにはプラ品位95%脱PVCと記載されてますが、新MRには記載されていません。現状はMRにおいて容リルート品はPVCを一定以下にするよう容リ協のガイドラインで定めてます。新MRではPVC含有量に関して言及されてませんがPVC含有の有無を問わない技術開発があるのでしょうか？	前川委員	新CRについては、当初、「PP、PE、PS合計」純度で示しておりましたが、その後、「PVCを除くプラ」と対象を拡張した経緯があります。結果として誤解を招くような記載となっておりますが、新MRについては、そもそもPVC=0%との要求があります。比重選別ではPVCを除去することは可能ですが、一度混ざった物から選別でPVCを0ppmにするのは通常は困難です。現時点では何ppm以下なら許容できるのか？の境界条件が提示されていないため、入荷物の由来上PVCを含み得ないものから、新MRの受け入れ純度を満たしたものが、提供の対象になると想定しております。

資料番号・ご質問箇所	質問	委員名	回答
資料5 p142	「現在日本における廃プラスチックのケミカルリサイクルは、製鐵所でのコークス炉化学原料などに限られており、廃プラスチックを化学原料にまで戻す本格的な資源循環には至っていない」と記載されていますが、既に容リ登録されているガス化手法は廃プラスチックから水素と二酸化炭素の合成ガスを作りそれぞれアンモニア、液化炭酸ガスの原料にしています。	前川委員	ガス化手法については溶リプラを資源化できる有力な手法として認識しております。その一方で、現在のガス化プロセスは、たとえば、水素を利用してアンモニア製造がおこなわれ、CO2についてはドライアイスや炭酸飲料用途に利用され、 最終的には大気に放出されていると承知しております。一方で、本事業で考える資源循環は、プラスチックを構成する炭素の循環に着目しております。ガス化プロセスを経た炭素の資源循環を達成するためには、ガス化プロセスの後段にさらにメタノール合成を経由してMTH(メタノールからの炭化水素合成)プロセスなどをつなげて、一貫生産するプロセスとする必要があり、このようなプロセスについては現在開発や実証が進められているところで、社会実装には至っていないので、このような記述となっております。

参考資料２　評価の実施方法

NEDO における技術評価について

1. NEDO における技術評価の位置付けについて

NEDO の研究開発の評価は、プロジェクト/制度の実施時期毎に事前評価、中間評価、終了時評価及び追跡評価が行われ、研究開発のマネジメントにおける PDCA サイクル（図 1）の一角と位置づけられています。さらに情勢変化の激しい今日においては、OODA ループを構築し、評価結果を計画や資源配分へ適時反映させることが必要です。

評価結果は、被評価プロジェクト/制度等の資源配分、事業計画等に適切に反映させることにより、事業の加速化、縮小、中止、見直し等を的確に実施し、技術開発内容やマネジメント等の改善、見直しを的確に行っていきます。

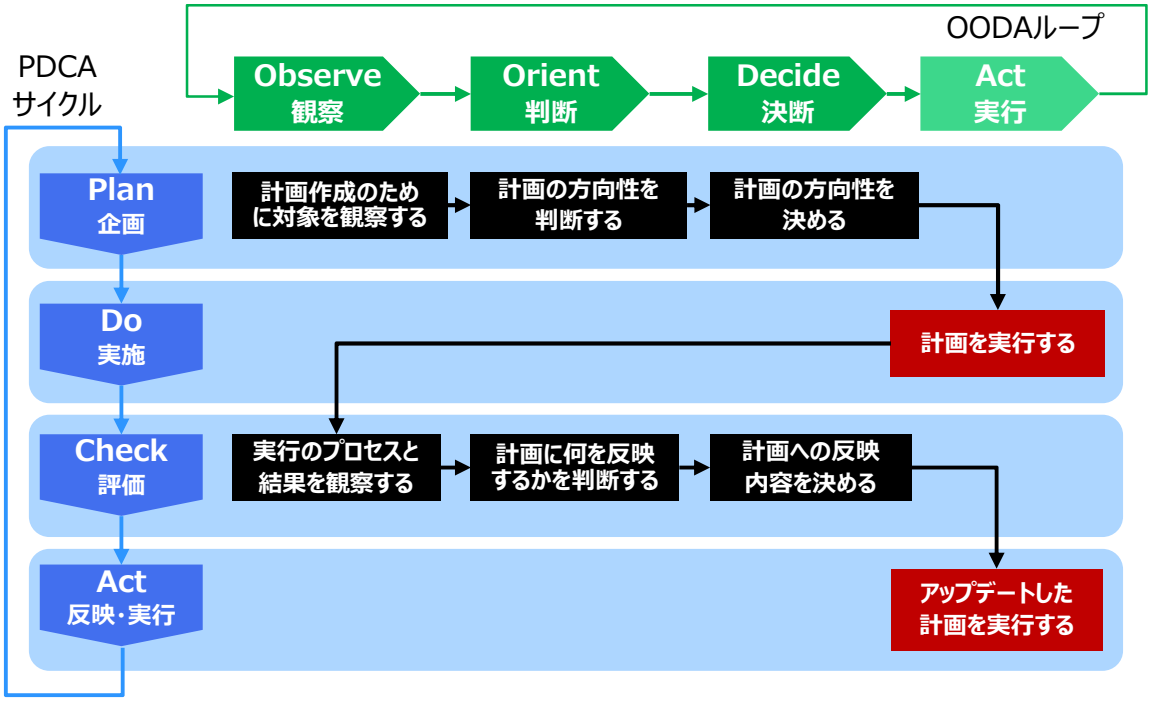


図 1　研究開発マネジメント PDCA サイクルと OODA ループ組み合わせ例

2. 技術評価の目的

NEDO では、次の 3 つの目的のために技術評価を実施しています。

(1) 業務の高度化等の自己改革を促進する。
(2) 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む。
(3) 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する。

3. 技術評価の共通原則

技術評価の実施に当たっては、次の 5 つの共通原則に従って行います。

(1) 評価の透明性を確保するため、評価結果のみならず評価方法及び評価結果の反映状況を可能な限り被評価者及び社会に公表する。なお、評価結果については可能な限り計量的な指標で示すものとする。
(2) 評価の明示性を確保するため、可能な限り被評価者と評価者の討議を奨励する。
(3) 評価の実効性を確保するため、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法を採用する。
(4) 評価の中立性を確保するため、可能な限り外部評価又は第三者評価のいずれかによって行う。
(5) 評価の効率性を確保するため、研究開発等の必要な書類の整備及び不必要な評価作業の重複の排除等に務める。

4. プロジェクト評価/制度評価の実施体制

プロジェクト評価/制度評価については、図 2 に示す実施体制で評価を実施しています。

(1) 研究開発プロジェクト/制度の技術評価を統括する研究評価委員会を、NEDO 内に設置。
(2) 評価対象プロジェクト/制度毎に当該技術の外部の専門家、有識者等からなる分科会を研究評価委員会の下に設置。
(3) 同分科会にて評価対象プロジェクト/制度の技術評価を行い、評価（案）を取りまとめる。
(4) 研究評価委員会の了承を得て評価が確定され、理事長に報告。

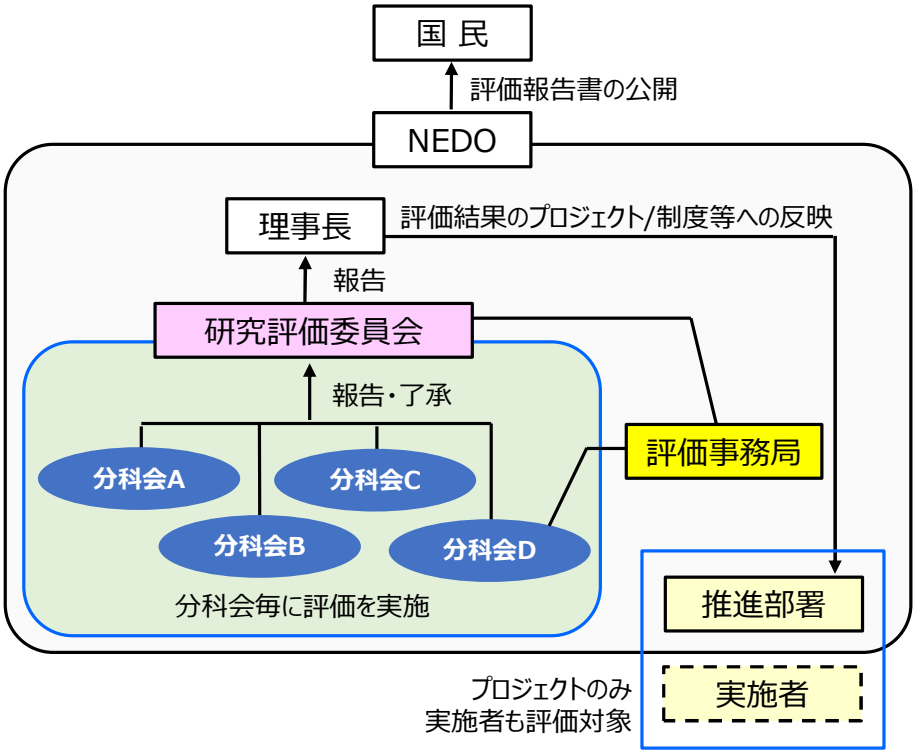


図 2　評価の実施体制

5. 評価手順

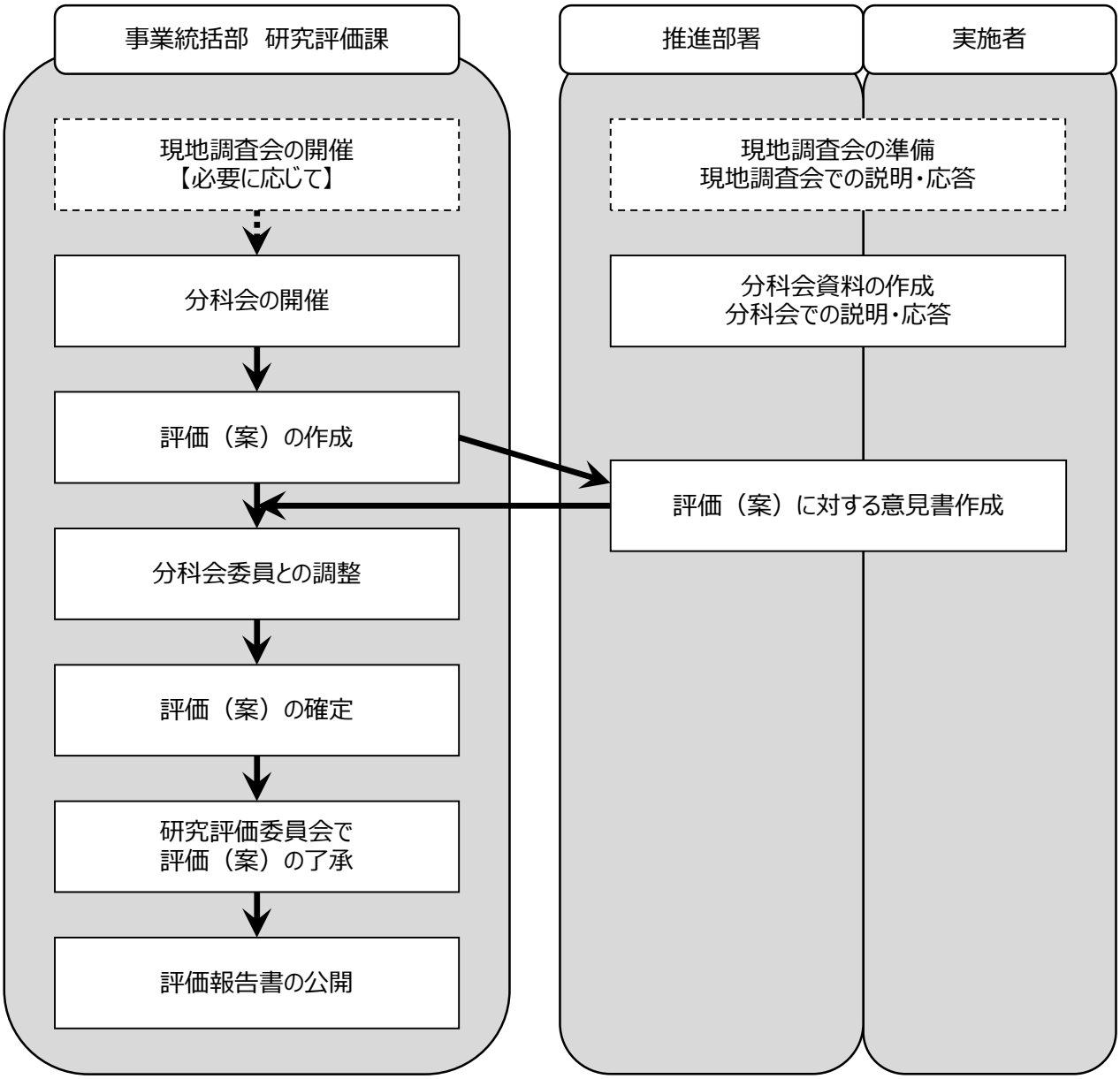


図 3 評価作業フロー

研究評価委員会
「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」（終了時評価）分科会に係る
評価項目・評価基準

1．意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

(1) アウトカム達成までの道筋

・「アウトカム達成までの道筋」※の見直しの工程において、外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を考慮したか。

※ 「アウトカム達成までの道筋」を示す上で考慮すべき事項
・将来像（ビジョン・目標）の実現に向けて、安全性基準の作成、規制緩和、実証、標準化、規制の認証・承認、国際連携、広報など、必要な取組が網羅されていること。
・官民の役割分担を含め、誰が何をどのように実施するのか、時間軸も含めて明確であること。
・本事業終了後の自立化を見据えていること。
・幅広いステークホルダーに情報発信するための具体的な取組が行われていること。

(2) 知的財産・標準化戦略

・オープン・クローズ戦略は、実用化・事業化を見据えた上で、研究データも含めた上で、クローズ領域とオープン領域が適切に設定されており、外部環境の変化等を踏まえてもなお、妥当であったか。
・本事業の参加者間での知的財産の取扱い（知的財産の帰属及び実施許諾、体制変更への対応、事業終了後の権利・義務等）や市場展開が見込まれる国での権利化の考え方は、オープン・クローズ戦略及び標準化戦略に整合し、研究開発成果の事業化に資する適切なものであったか。
・標準化戦略は、事業化段階や外部環境の変化に応じて、最適な手法・視点（デジュール、フォーラム、デファクト）で取り組んでいたか。

２．目標及び達成状況

(1) アウトカム目標及び達成見込み

・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトカム指標・目標値を適切に※見直していたか。

・アウトカム目標の達成の見込みはあったか（見込めない場合は原因と今後の見通しは妥当であったか）。

※ アウトカム目標を設定する上で考慮すべき事項

・本事業が目指す将来像（ビジョン・目標）と関係のあるアウトカム指標・目標値（市場規模・シェア、エネルギー・CO_2 削減量など）及びその達成時期が適切に設定されていること。

・アウトカムが実現した場合の日本経済や国際競争力、問題解決に与える効果が優れていること。

・アウトカム目標の設定根拠は明確かつ妥当であること。

・達成状況の計測が可能な指標が設定されていること。

(2) アウトプット目標及び達成状況

・外部環境の変化及び当該研究開発により見込まれる社会的影響等を踏まえてアウトプット指標・目標値を適切に※見直していたか。

・最終目標は達成しているか。未達成の場合の根本原因分析や今後の見通しの説明は適切だったか。

・副次的成果や波及効果等の成果で評価できるものがあったか。

・オープン・クローズ戦略や実用化・事業化の計画を踏まえて、必要な論文発表、特許出願等が行われていたか。

※ アウトプット目標を設定する上で考慮すべき事項

・アウトカム達成のために必要なアウトプット指標・目標値及びその達成時期が設定されていること。

・技術的優位性、経済的優位性を確保できるアウトプット指標・目標値が設定されていること。

・アウトプット指標・目標値の設定根拠が明確かつ妥当であること。

・達成状況の計測が可能な指標（技術スペックと TRL※の併用）により設定されていること。

※TRL：技術成熟度レベル（Technology Readiness Levels）の略。

３．マネジメント

(1) 実施体制

・実施者は技術力及び実用化・事業化能力を発揮したか。
・指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能していたか。
・実施者間での連携、成果のユーザーによる関与など、実用化を目指した体制となっていたか。
・個別事業の採択プロセス（公募の周知方法、交付条件・対象者、採択審査の体制等）は適切であったか。
・本事業として、研究開発データの利活用・提供方針等は、オープン・クローズ戦略等に沿った適切なものであったか。また、研究者による適切な情報開示やその所属機関における管理体制整備といった研究の健全性・公正性（研究インテグリティ）の確保に係る取組をしたか。

(2) 研究開発計画

・アウトプット目標達成に必要な要素技術の開発は網羅され、要素技術間で連携が取れており、スケジュールは適切に計画されていたか。
・研究開発の進捗を管理する手法は適切であったか（WBS※1 等）。進捗状況を常に関係者が把握し、遅れが生じた場合、適切に対応していたか。

※1 WBS：作業分解構造(Work Breakdown Structure)の略。

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）事業統括部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 事業統括部 研究評価課

＊研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。
（https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html）

〒212-8554
神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地
ミューザ川崎セントラルタワー
TEL 044-520-5160