

「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 環境部
-----	----------------------------------

目次

概要

プロジェクト用語集

1 事業の背景・目的・位置づけ・NEDO の関与の必要性	1-1
1.1 事業の背景	1-1
1.2 市場	1-4
1.3 各国の技術開発動向	1-5
1.4 事業の目的・位置づけ	1-9
1.5 NEDO が関与する事の意義	1-11
1.6 実施の効果（費用対効果）	1-13
2 研究開発マネジメント	2-1
2.1 事業の全体目標	2-1
2.2 事業の計画内容	2-2
2.2.1 研究開発の内容	2-2
2.2.2 研究開発の実施体制	2-4
2.3 研究開発の運営管理	2-8
2.3.1 進捗把握・管理	2-8
2.3.2 各種委員会、有識者からの指導・助言	2-10
2.4 研究開発成果の実用化・事業化にむけたマネジメント	2-12
2.4.1 知的財産等に関する戦略	2-12
2.4.2 知的財産権に関する取扱い	2-12
2.4.3 情勢変化への対応	2-13
3 研究開発成果について	3-1
3.1 事業全体の成果	3-1
3.1.1 研究開発目標の達成度	3-1
3.1.2 最終目標と達成見通し	3-2
3.1.3 成果の普及の仕掛け・工夫	3-3
3.1.4 知的財産権等の確保に向けた戦略・取組	3-3
3.2 研究開発項目毎の成果（概要）	3-4
3.2.1 研究開発項目①（高度選別システム開発）	3-4
3.2.2 研究開発項目②（材料再生プロセス開発）	3-8
3.2.3 研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/触媒分解）	3-10
3.2.4 研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/液相分解）	3-12
3.2.5 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）	3-14
4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて	4-1
4.1 事業全体・成果の実用化に向けた戦略	4-1
4.1.1 背景	4-1
4.1.2 廃プラスチックの排出元と各廃プラスチックの特長	4-2

4.1.3 容器包装プラスチックの利用	4-3
4.1.4 容器包装プラスチックの利用	4-4
4.1.5 電気電子機器や ASR の利用	4-4
4.1.6 その他のプラスチック	4-5
4.1.7 まとめ.....	4-6
4.2 事業全体・成果の実用化に向けた課題と具体的取組	4-8
4.3 事業全体・成果の実用化の見通しと今後の方針	4-9
4.3.1 研究開発項目①（高度選別システム開発）概要	4-9
4.3.2 研究開発項目②（材料再生プロセス開発）概要	4-12
4.3.3 研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/触媒分解）概要	4-13
4.3.4 研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/液相分解）概要	4-14
4.3.5 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）概要.....	4-15

(添付資料)

- ・特許論文等リスト
- ・基本計画
- ・事前評価書
- ・NEDO POST 結果
- ・TSC Foresight Vol.35 資源循環（プラスチック、アルミニウム）分野の技術戦略策定に向けて

概 要

		最終更新日	2022年9月21日
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	プロジェクト番号	P20012
担当推進部/PMまたは担当者	環境部 PM 阿部 正道 (2020年7月~2020年9月) PM 伊東 賢宏 (2020年10月~2021年12月) PM 今西 大介 (2021年12月~現在)		
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循環経済ビジョン 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. 事業の位置付け・必要性について	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 投資などによりリサイクルプラスチックの利用ニーズに応じていくためには、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月に循環経済ビジョン 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、早晚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		
2. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	【研究開発内容】 ●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、それら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。

【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的をたてる。具体的には、廃プラスチックの高度有効活用に向けて、4つの研究開発項目に掲げる基盤技術開発を一貫して実施する。

●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（靱性）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、4つの研究開発項目を一貫して開発を実施し、プラスチックリサイクル基盤技術の開発を完了する。

●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（靱性）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率 80%以上を達成する。

事業の計画内容	研究開発項目	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
	① 高度選別システム開発	→						事後評価	
	② 材料再生プロセスの開発	→							
	③ 石油化学原料化プロセスの開発	→							
	④ 高効率エネルギー回収・利用システム開発	→							
事業費推移 (単位:百万円)	会計・勘定	2020	2021	2022	2023	2024	2025	総額	
	一般会計	-	-	-					
	特別会計(需給)	703	983	1,007				2,692	
	総 NEDO 負担額	703	983	1,007				2,692	
	(委託)	703	983	1,007				2,692	
開発体制	経産省担当原課	産業技術環境局 資源循環経済課							
	プロジェクトリーダー	PL: 早稲田大学先進理工研究科応用化学専攻 教授 松方 正彦							
	委託先	<ul style="list-style-type: none"> ●研究開発項目①高度選別システム開発 (国研) 産業技術総合研究所、大栄環境(株)、富士車輛(株)、北九州市立大学 【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、国立環境研究所、東京大学 ●研究開発項目②材料再生プロセス開発 福岡大学、(国研) 産業技術総合研究所、(株) プラスチック工学研究所、いその(株)、(株) 富山環境整備、花王(株)、凸版印刷(株)、三菱電機(株)、DIC(株)、旭化成(株)、三光合成(株) 【再委託先】東京工業大学、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(株)、メビウスパッケージ(株)、エスパンス(株) ●研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発 早稲田大学、(一財) 石油エネルギー技術センター、コスモ石油(株)、大日本印刷(株)、東北大学、(国研) 産業技術総合研究所、東ソー(株)、凸版印刷(株)、東西化学(株)、恵和興業(株) 【再委託先】鳥取大学 ●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 東海国立大学機構、(国研) 産業技術総合研究所、東北発電工業(株)、八戸工業大学、東京電機大学、中央大学、高砂熱学工業(株) 							

情勢変化への対応	2021年3月閣議決定され、2022年4月の施行されたプラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律では、プラスチックに関わる製品の「設計・製造」、「販売・提供」、「排出・回収・リサイクル」の取り組みを定めたものである。この中で、「設計・製造」の取り組みの、「製造事業者等が努めるべき環境配慮設計に関する指針を策定し、指針に適合した製品であることを認定する仕組みを設ける」に関して、今後の指針策定を念頭に置き、リサイクル品の製品への積極利用を行うべく商品設計の検討と、容易にリサイクルが出来るプラスチック製品の設計検討を本事業の企業実施者で進める。			
評価に関する事項	事前評価	2019年度実施		
	中間評価	2022年度実施		
	事後評価	2025年度実施		
3. 研究開発成果について	研究開発項目	中間目標	成果	達成度
	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・雑品プラについて非黒色プラ検出精度80%以上を達成見込み。 ・製品別廃プラについて比重差0.03の模擬プラ試料選別で回収率98%以上を達成。 ・ロボット選別機2基並列方式にて現状比2倍の速度を達成見込み。 	△ 2023年3月達成見込み
	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（靱性）に再生する。	HDPEやPPでは動的なせん断変形でバージン以上に物性が回復することが見いだされた。またLDPEでも70%の回復が達成できた。また実証研究でも樹脂溜まり部付き押出機での物性向上が実証でき、さらに電動制御マルチゲート成形が安定した物性をもたらすことを確認した。	△ 2023年3月達成見込み
	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。	・広範囲な分子量分布となる生成物への転換率を適正評価する分析手法を確立した。これに基づき、3P(PE、PP、PS)からC3～9に50%以上で転換	△ 2023年3月達成見込み

			<p>できることを確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新規触媒分解プロセスの概念設計を完了した。 ・易 CR の容器素材の試作・評価を行った。 ・モノマー回収率 7 割を達成する条件を見出した。 	
	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・発電効率と稼働率の向上に資する伝熱管材料の灰付着性低減（従来材比 25%減）および耐化学腐食性向上（従来材比 25%増）を達成した。 ・未利用排熱の有効利用に向けて冷熱製造の基盤技術および冷熱利用システムの総合評価モデルを開発した。 ・総合エネルギー利用効率 62.9%を確認。 	△ 2023 年 3 月達成 見込み
※◎大きく上回って達成見込み、○達成、△達成見込み、×未達見込				
	投稿論文	「査読付き」14 件		
	特許	「出願済」8 件		
	その他の外部発表 (プレス発表等)	研究発表：118 件、講演：202 件、新聞雑誌等への掲載：31 件、著書：5 件		
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	<p>①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を完成する事により選別に関する基盤技術を構築し、実証機へ本技術の搭載が行える見通し。</p> <p>②材料再生プロセス開発 再生材を利用し押出からプレスまでの一連のプロセスを実施し、ラボスケールで再生材の引張強度 90%以上を達成する基盤技術を構築する。これによりスケールアップされた押出機に本技術の搭載が行える見通し。</p> <p>③石油化学原料化プロセス開発 触媒分解：ベンチ装置を活用して、通常分解の軽質成分と重質の低分解生成物の二次分解実験とを合わせて基盤技術を完成しパイロットプラントへ本技術の搭載が行える見通し。 液相分解：夾雑物から発生する化合物を明確化する事と、押出機へのスタティックミキサー挿入により反応性向上検討を行う事で基盤技術を完成し、ケミカルリサイクルが難しい多層フィルムの処理装置のス</p>			

	<p>ケールアップに本技術の搭載が行える見通し。</p> <p>⑤ 高効率エネルギー回収・利用システム開発</p> <p>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する。また冷熱製造統合システムの基盤技術を完成し、総合的なエネルギー利用システムに本技術の搭載が行える見通し。</p>	
5. 基本計画 に関する事項	作成時期	2020年2月 制定
	変更履歴	<p>2020年10月 PMの変更</p> <p>2021年12月 PMの変更</p> <p>2022年3月 データマネジメントに係る運用を追記</p>

プロジェクト用語集

研究開発項目①高度選別システム開発

「フィールドピックアップ（FP）型 AI ソータの開発」および「高度比重選別システムの開発」

用語	説明
AI 画像認識	深層学習に基づいた画像認識手法。画像分類(画像をクラス識別)、物体検出(画像中の物体を検出してクラス識別)、セマンティックセグメンテーション(画素単位でクラス識別)など。
CEDEST	NEDO プロジェクト「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業」の加速的開発を目的に、2018年6月に産総研つくばセンター西内に設置した集中研究施設。
FP 型 AI ソータ	コンテナから荷下ろし直後の選別ヤードにおいて現状行われている人手選別を AI で代替した高度な自動選別を可能とするソータ。FP は Field Pickup の略
LATEST	産総研つくばセンター西内に設置した、各種分離試験が可能なオープンイノベーションラボラトリ。
SURE	戦略的な"都市鉱山"の開発に取り組む、産業技術総合研究所戦略的都市鉱山研究拠点。
アスペクト比	粒子の投影断面における短軸と長軸の比。 $0 < (\text{アスペクト比}) \leq 1$ の範囲をとる。
圧力損失	水がジグ水槽内を通過する際に失うエネルギー量。
エアテーブル	底面から空気(上昇流)を吹き上げた振動デッキ上で、軽産物と重産物を分離する比重選別方法。
乾式法	水などの液体を利用しない選別方法。
雑品プラ	産業廃棄物として回収されている雑多な廃プラ。容器包装プラは基本的に含まない。
サポートベクターマシン (SVM)	機械学習モデルの一種。教師あり学習で分類と回帰を扱うことが可能。カーネル関数という数学上のテクニックを用いることで線形分離が困難な非線形の分類問題にも適用できる。
ジグ	水の脈動流（上下運動）により、水槽中の粒子層を軽産物層と重産物層に成層化し分離する比重選別方法。
湿式法	水などの液体を利用した選別方法。

湿潤剤	粒子表面を水で濡らすための添加剤。
周期境界	流体・粒子運動が部分的に繰り返されていると仮定できる場合に、着目した部分空間をシミュレーション領域とした時の境界面。例えば右境界から流出した流れを左境界の流入に設定。
深層学習	人間の神経細胞の仕組みを再現したニューラルネットワーク(AI)を用いた機械学習の手法の1つであり、多層構造のニューラルネットワークを用いることが特徴。
製品別プラ	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。
テラヘルツ波	電波のような「透過性」とレーザー光線のような「直進性」を兼ね備えた電磁波。紙やプラスチックに対しては透過しやすく金属に対しては反射しやすい性質を持つ。
ハイパースペクトルカメラ	二次元の位置情報を持った画像に加えて、画素単位でスペクトル曲線を測定可能なカメラ。画素当たり100～200バンド以上の波長情報を取得可能。
ラギング	ジグ水槽底面に設置する上昇水流を整粒するための機構。一般に金属球や金属格子などが用いられる。
ラマン分光法	光を物質に照射した際に生じるラマン散乱光(光が物質と相互作用することで入射光と異なる波長を持つ)を用いて物質の評価を行う分光法。
離散要素法	粒子運動のシミュレーション手法の1つであり、個々の粒子に働く運動方程式を解くことで、粒子全体の運動を模擬する。特に粒子間の接触力が支配的な運動を解析する場合に有効。
流体抵抗力	流体中を運動する粒子に働く、運動方向とは反対方向の力。粒子と流体の相対速度の2乗、流体の密度、運動方向への投影断面積に比例する。

研究開発項目①高度選別システム開発

「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」

用語	説明
Life Cycle Assessment (LCA)	ある製品・サービスのライフサイクル全体（資源採取—原料生産—製品生産—流通・消費—廃棄・リサイクル）、または、その特定段階における環境負荷を定量的に評価する手法
改良トンキロ法	輸送トンキロに、車両の最大積載量別積載率別のトンキロ排出原単位を乗じることにより、二酸化炭素排出量を算定する手法のこと
機能単位	LCA の評価において、基準単位として用いられる定量化された製品システムの性能のこと
産業関連表	ある地域における一定期間（通常 1 年間）の経済活動の実態を、産業間の取り引きに関する情報をもとに一つの表（マトリックス）にまとめたもの
システム境界	製品システムと、環境又は他の製品システムとの境界のこと
線形計画法	いくつかの一次不等式を満たす領域において、ある一次関数の値を最大化または最小化する変数の値を求める方法のこと
地理情報システム (Geographic Information System : GIS)	電子地図上に情報を重ね、編集・検索・分析・管理などを行えるシステムのこと
フォアグラウンドデータ	製品製造時のエネルギー消費量や素材使用量など、評価対象システム（または、評価対象製品）の特徴を反映させたデータのこと
物資フロー分析 (Material Flow Analysis : MFA)	あるまとまりのあるシステム（国や地域など）における一定期間内（例えば 1 年間）のモノの流れ（投入・排出・蓄積）を、系統的にかつ定量的に分析する手法

研究開発項目②材料再生プロセス開発

用語	説明
2次電子像	走査型電子顕微鏡（SEM）において、電子線照射で試料から発生する信号電子の中で、エネルギーが50eV以下の電子を二次電子と呼びそれにより結像した画像を2次電子像という。元素の違いにより、反射電子像とはコントラストが異なる。
CAE	コンピュータによる樹脂の流動解析
ELV-PP	使用済み自動車由来のポリプロピレン
FT-IR 分析	フーリエ変換赤外分光分析。
FT-IR	フーリエ変換赤外線分光法
GC/MS	ガスクロマトグラフィー質量分析法
L/D	押出機シリンダー混練部の有効長。スクリー先端までの長さ と直径の比。
MFR	マルチフローレート 溶融プラスチックの流動性を測定する尺度の一つ
PCR	消費後にリサイクルされた材料 消費後に回収されたものが使用される
PIR	製造過程で発生した廃棄物からリサイクルされた材料
R-HPE	富山環境整備が製造しているリサイクルポリエチレン 硬質ポリエチレン含有量が高い
SEM-EDX	走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型 X 線分光法
VPE	バージンポリエチレンの略
異物	容器包装リサイクルプラスチックペレットを製造する際の、セルロース、アルミ、融点の異なるプラスチック等のコンタミする異素材
インライン計測	生産ライン内にセンサーやカメラを取り付けて定常的に品質を計測すること
ウエルドライン	成形加工において発生する欠陥、樹脂が金型内部で付き合わされる際に発生する

押出機	シリンダーで樹脂を溶融しながらスクルーで溶融樹脂を押し出す機械。
カルボニル	有機化学における置換基のひとつ（C=O）。酸化反応により切断された高分子鎖の末端基を構成する。
金型内樹脂流速センサ	複数の赤外線温度センサを等距離に配置してその上を通過する高温の樹脂の温度を検知して到達時間の差により流速を検知するセンサ
ケルミネッセンス法	酸化反応時の励起状態から基底状態になる際生じる微弱な発光を検出する方法。
ゲート	射出成形金型内において樹脂流路から成形品へ入るつなぎ目の部分
混合ペレット	容器包装プラスチックのうち、風力選別によりボトル系とフィルム系に選別したプラスチックを光学選別により単一素材化し、軟質・硬質を混合してペレット化したもの
硬質ペレット	容器包装プラスチックのうち、風力選別によりボトル系として選別したプラスチックを光学選別により単一素材化し、ペレット化したもの
高速溶融紡糸	プラスチックを熱により溶融させて繊維を作成する溶融紡糸法において、紡糸過程における構造形成が顕著に見られるほど高い速度で巻取を行う紡糸法
高分子の物理劣化理論	廃プラスチックの力学物性劣化が内部構造の変異（成形履歴）によって引き起こされているとする理論
酸化誘導時間	酸化反応が開始するまでの時間。
残留応力	溶融樹脂が引っ張られた状態で固化することによって分子が元に戻る力として残存している応力
残留応力解析	溶融樹脂が金型内を流動するときに受けるせん断応力により樹脂分子の配向や緩和を理論計算する
残留ひずみ	樹脂分子が樹脂の金型内流動によって歪んだ状態で固化し固定化された時の歪み
再資源化工程	容器包装プラスチック廃棄物を、光学選別・洗浄・破碎により原料化するまでの工程
再生ペレット	樹脂溜まり付き二軸押出機で再ペレタイズ化したペレット
細化曲線	溶融紡糸において口金から押し出されたポリマーが下方に移動する距離に対しどのように細くなっていくかを示した曲線

樹脂溜まり	溶融高分子の緩和（構造制御）を目的とした二軸押出機に装着する追加ユニット
新材	使用履歴のない材料
樹脂流動制御法	力学物性劣化が内部構造の変異によって引き起こされているので金型内部において樹脂の流れを最適化することにより成形欠陥を低減し物性や精度の向上を図る方法
樹脂溜まり押出	押出機の吐出口手前にスクリーが無くせん断のかからない部分を配した特殊押出機のこと
スクリーエレメント	二軸押出機のスクリーを構成する部品。
スケールアップ	大型化や大量生産に向けた検討
スケールアップ実験	二軸押出機の段階的な大型化に向けた実験
ストランド	押出機のダイから吐出されるひも状の樹脂のこと
エアスタイヤ	熱可塑性樹脂などで成形された空気を使わないタイヤ
脱揮	樹脂内部に存在する揮発成分を除去すること
デザインレビュー	図面を基に設計不具合や使用時の課題を担当が集まって検討を行うこと
トレーサビリティ	商品の生産から消費までの過程を追跡すること
ドローダウン	ブロー成型時の樹脂パリソンが垂れ下がってしまうこと
軟質ペレット	容器包装プラスチックのうち、風力選別によりフィルム系として選別したプラスチックを光学選別により単一素材化し、ペレット化したもの
臭い嗅ぎ GC/MS	GC/MS に人間の官能評価を追加した臭気成分分析技術
肉厚	本報告では、成型したボトルの樹脂の厚さを指す
バルブゲート	樹脂流入部分（ゲート）にピンを差し込むことで樹脂を流したり止めたりできるような特殊な金型部品を用いた樹脂流動制御機構金型部品

バルブゲートピン	樹脂流入部部分（ゲート）の開閉を行うためのピン
バージン成形品	使用履歴のないペレットによる成形品
バージンポリエチレン	ナフサを出発原料として製造され、まだ使用されていないポリエチレン樹脂
パリソン	ブロー成型時の金型に入れる前の、吐出口から出ている溶融樹脂部分のこと
ブロー成型	金型に入れた溶融樹脂に空気を吹き込み、金型の形状に合わせて膨張させることで成形する樹脂加工法
ペレタイズ	プラスチック原料の造粒工程
ペルオキシラジカル	酸化反応時に生成するラジカル（ROO・）。
ホットランナー	成形機から製品まで樹脂を金型内に誘導する通路（ランナー）部分にヒータを巻き流路部分で樹脂が固化しないようにしている流路。今回は、バルブゲートの流路制御のためにランナー内で樹脂が固化しないように温める必要があった。
紡糸挙動	溶融紡糸において、口金から押し出されたポリマーが巻取機により巻き取られるまでの間の動きや変化の総称
紡糸線	溶融紡糸において、口金から押し出されて巻取機により巻き取られる線状のポリマー流
マスターカーブ	測定温度の緩和曲線に対数時間軸に対して平行に移動すると複数の緩和曲線が重なり1本の広い時間間隔の緩和曲線が合成される。この合成曲線のこと。
メッシュフィルター	溶融混練二軸押出機の内部に設置された、異物を捕捉するためのフィルター
容器包装リサイクルプラスチックペレット（容リペレット）	富山環境整備の一軸押出機で製造したペレット
容リ法	容器包装リサイクル法
溶融樹脂溜まり	溶融高分子の緩和（構造制御）を目的とした二軸押出機に装着する追加ユニット
リニアアクチュエータ	直線的に駆動軸を前後するモーター
レーザーフィルター（LF）	一般的なスクリーンメッシュではなく、金属プレートにレーザーで穴を開けた特殊なプレートをフィルターとして使用し、プレート上

	に溜まるコンタミを、スクレーパーで常時排出するフィルターシステム
--	----------------------------------

研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/触媒分解）

用語	説明
AR	Atmospheric Residue 、 常圧残渣油 ・原油を常圧蒸留装置で蒸留して得られる蒸留残渣油のこと。沸点が概ね 350℃以上の重質な成分の混合物。
*BEA	・ベータ型ゼオライト（*は3種の類似構造の多型の混晶の意味） ・ゼオライトの一種で、*BEA は 2022 年 7 月までこの種のゼオライトの骨格構造を表すコードであったが、2022 年 7 月より Beta と表されることになった。単位胞組成 $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{64-n}\text{O}_{128}] \cdot x\text{H}_2\text{O}$ をもつ正方晶系のゼオライトで、酸素 12 員環 (12-ring) からなる三次元のマイクロ細孔（直径 6~7Å）を有する。
CPP フィルム	Cast Polypropylene 、 無延伸ポリプロピレン ・ポリプロピレンをフィルム状に加工しただけのフィルム。分子の鎖が電氣的に引き合い束状・帯状になり、球体のような結晶構造を持つ。
CSTR	Continuous Stirred Tank Reactor 、 連続槽型反応器 ・連続的に物質が流入流出する槽型の反応器。反応器内は攪拌翼により混合され、比較的均一に近い濃度に保てる。高粘度ほど完全混合は難しい。
EVOH	Ethylene-Vinylalcohol copolymer 、 エチレン-ビニルアルコール共重合体 ・エチレンと酢酸ビニル共重合体の加水分解により得られる熱可塑性樹脂に属する合成樹脂。高いガスバリア性や耐油性、透明性を有する。
GC×GC	Comprehensive two-dimensional Gas Chromatography 、 包括的 2 次元ガスクロマトグラフ ・無極性カラムと極性カラムを直列に繋ぎ、無極性カラムから溶出した全ての成分をパルス状かつ連続的に極性カラムに導入することにより、沸点が近い物質でもその極性の違いを利用して分離し検出できる分析装置。
GPC	Gel Permeation Chromatography 、 ゲル浸透クロマトグラフ ・液体クロマトグラフの 1 種で、高分子のカラム充填物の細孔への浸透差を利用して高分子物質の分子量分布を測定する分析装置。

HDPE	High-density polyethylene 、 高密度ポリエチレン ・エチレン分子が、分岐をほとんど持たずに直鎖状に結合した、結晶性の熱可塑性樹脂に属する合成樹脂。
LDPE	Low Density Polyethylene 、 低密度ポリエチレン ・エチレン分子がランダムに分岐を持って結合した、結晶性の熱可塑性樹脂に属する合成樹脂。
LLDPE	Linear Low Density Polyethylene 、 直鎖状低密度ポリエチレン ・エチレン分子と若干量の α -オレフィンを共重合させた、熱可塑性樹脂に属する合成樹脂。
LGO	Light Gas Oil 、 軽油 ・原油から製造される石油製品の一つ。沸点が 180~350℃程度で主としてディーゼルエンジンの燃料に利用。
LPG	Liquefied Petroleum Gas 、 液化石油ガス ・プロパン (C ₃ H ₈) ガスやブタン (C ₄ H ₁₀) ガスを加圧して液化したもの。
MAT	Micro Activity Test 、 少量触媒活性評価試験 ・少量の触媒と原料油を用いた触媒活性の評価方法。評価装置を表すこともある。製油所の流動接触分解 (FCC) 実機に用いられる触媒の分解特性やガソリン等の生成物収率などを迅速に評価でき、FCC 実機の触媒選定や運用最適化に活用される。
MFI	・ゼオライトの一種で、MFI は構造を表すコード。酸素 10 員環 (10-ring) という*BEA や YFI より小さいマイクロ細孔を持つ。
Mw	Weight-Average Molecular Weight 、 重量平均分子量 ・高分子の集合の中でどれくらい分子量の大きな分子が存在しているかを示している。プラスチックの場合、物性との相関等により重量平均分子量 Mw と数平均分子量 Mn がよく用いられる。
ON	Oriented Nylon 、 二軸延伸ナイロン ・製造工程で 2 方向 (縦と横方向) に機械的に延伸したナイロン。分子の鎖が密な形で配列する構造を持つ。
PLA	Polylactic Acid 、 ポリ乳酸 ・植物に含まれるデンプンや糖類を発酵させ、得られた乳酸を重合させて製造した生分解性プラスチック。

PMP	Polymethyl Pentene 、 ポリメチルペンテン ・プロピレンをアルカリ金属触媒で反応させ、得られたメチルペンテンを触媒で重合したポリオレフィン樹脂の一種であり、熱可塑性樹脂に属する合成樹脂。
POM	Polyoxymethylene 、 ポリオキシメチレン（ポリアセタール） ・オキシメチレン構造を単位構造にもつ重合体であり、非晶部分と結晶部分が混在するために、強度、弾性率、耐衝撃性に優れたエンジニアリングプラスチックとして用いられる。
PU	Polyurethane 、 ポリウレタン ・ウレタン結合を持つ高分子化合物の総称で多価アルコールの重付加反応で得られる。発砲体や接着剤、塗料などに使用される。
PVA (PVAL)	Polyvinylalcohol 、 ポリビニルアルコール ・酢酸ビニルモノマーを重合したポリ酢酸ビニルを加水分解して得る合成樹脂の一種で親水性が強く、温水に可溶という特徴を持つ。
VGO	Vacuum Gas Oil 、 減圧軽油 ・AR（常圧残渣油）を減圧蒸留装置で処理して得られる沸点が約 350~550℃程度の重質軽油留分。
YFI	・ゼオライトの一種で、YFI は構造を表すコード。酸素 12 員環（12-ring）の大きなマイクロ細孔を有するゼオライトで、強いブレンステッド酸点を有する。
イオン交換	・固体上のイオンが水溶液中などで交換されること。ゼオライトの場合には、骨格中の形式電荷+4 の Si を形式電荷+3 の Al が置き換えるために電荷のアンバランスが生じ、これを補償するために Al に隣接する O にカチオンがクーロン力で付着していることが多い。このカチオンは水溶液中などで交換可能である。
イオン交換サイト	・固体上でイオン交換可能な場所をイオン交換サイトと呼ぶ。ゼオライトの場合は骨格内の Al に隣接する O のことである。
解重合	・高分子の重合と逆の反応。高分子の主鎖が、熱分解等により末端からモノマー単位で徐々に開裂していくこと。このため、高分子の解重合が起こると、モノマーが多く生成する。ポリメタクリル酸メチル/ポリテトラフルオロエチレン/ポリスチレンなど。
外表面	・粒子の外側の表面のこと。ゼオライトの場合、マイクロ細孔の壁面を内表面、粒子の外側にマイクロ細孔に当たる凹部がある場合にはそのマイクロ細孔の壁面も含めて外表面と呼ぶ。外表面の面積が外表面積である。

カーボンブラック	・炭素を主成分とする微粒子。黒色顔料、導電材等、プラスチックなどの材料に機能性を付与する添加剤として使用。
コーキング	・重質油等の炭化水素系化合物の熱分解・触媒分解等において脱水素-環化反応が進行し、多環芳香族が反応器壁面や触媒表面上に生成する現象。製造プロセスにおける各種トラブル（反応器閉塞、触媒劣化等）の主原因の1つで、廃プラ熱分解プロセスの運転トラブル要因になる。
硬質系プラスチック	・厚み及び剛性を有するプラスチック。主な使用例として化粧品やシャンプーなどのボトルやキャップ、弁当トレー、飲料カップなど。
ゼオライト	・組成が SiO_2 であり、Si と O の共有結合によって構成され、一部の Si が Al で置換されている 3 次元的な骨格を持ち、骨格構造が規則正しく 3 次元的に繰り返されている（結晶性である）物質の中で、骨格構造に由来するマイクロ細孔（直径 2 nm 以下の細孔、ただし既知のゼオライトのほとんどでは 0.8 nm 以下）を持つ物質の一群を指す名称。
多層材	・複数の樹脂層を積層した材料。容器包装の場合、性能を付与するためにポリエチレンやポリプロピレンのほか、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリアミドなど複数のプラスチック素材を組み合わせている。
タルク	・和名は滑石、化合物名は含水珪酸マグネシウム、化学式 $(\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$ 。 ・層状鉱物の 1 種。原石は白色、ピンク色、薄緑色、灰色などの色があり、粉碎することで白色、及び灰色をした粉体になる。
動的ずり粘弾性	・プラスチック等の非ニュートン流体の弾性と粘性を総称した流動性を表す物性。流体に周期的（動的）な歪みを与え、それによって生じる応力と位相差を検出することで測定される。「ずり」は試験モードで、他に「ねじり」がある。
軟質系プラスチック	・弾性を有し、屈曲が可能であるプラスチック。主な使用例としては、レジ袋、ラップフィルム、洗剤詰替え用のスタンド袋、レトルト食品や総菜などの食品用平袋。
パウチ	・単層又は積層フィルムから成る袋。主にポリエチレンやポリプロピレンのほか、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリアミドなどのプラスチック素材を使用。
バッチ反応	・原料をバッチ反応器（回分式）に全て仕込んで反応させる形式。工業的に連続製造するプロセスでは、複数のバッチ反応器の切替運転も行われる。

非ニュートン流体	<ul style="list-style-type: none"> ・粘度がせん断応力により変化する流体。プラスチック溶融物もその1つ。プロセスの物理的な操作条件により粘度が変化するため、流体としての取扱いが複雑になる。なお、粘度がせん断応力に対して変化しない流体（水、石油製品など）は、ニュートン流体と呼ばれる。
フィラー（充填材）	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴムやプラスチックなどの製品化に際し、製品の品質向上や多少の品質低下を犠牲にしても増量による価格低下などを目的として加える物質をいう。
複素粘性率	<ul style="list-style-type: none"> ・プラスチックの動的ずり粘弾性測定により得られる粘度のこと。プラスチックは弾性と粘性の両方を有するが、弾性と粘性には90°の位相差があるため、両者をまとめて粘性率と定義すると、実数部と虚数部を持つ複素数となる。この複素数の絶対値が粘度として一般に扱われる。
ペトロリオミクス	<ul style="list-style-type: none"> ・超多成分複雑混合系である石油の組成を分子レベルで解析し、得られた分子情報をもとに、膨大な成分の個々の分子構造を解析し、混合物の物性や反応性等を推測する技術。
マクロ細孔	<ul style="list-style-type: none"> ・直径が50 nm以上の細孔。ゼオライトに限らず粉体であれば粒子間の隙間は通常はマクロ細孔となる。
ミクロ細孔	<ul style="list-style-type: none"> ・直径が2 nm以下の細孔。ゼオライトの場合には骨格構造に由来して0.3~0.8 nm程度の規則正しいミクロ細孔が存在する。ミクロ細孔の大きさは多くの有機化合物の分子と同じレベルなので、分子の拡散速度などにさまざまな特徴が現れる。
メソ細孔	<ul style="list-style-type: none"> ・直径が2~50 nmの細孔。ゼオライトにおいてメソ細孔とは、粒子サイズが数十 nm程度である場合の粒子間の隙間や、外表面へへこみが生じた場合にその凹部などを指す。
モノオレフィン化	<ul style="list-style-type: none"> ・食品、洗剤等のプラスチック容器包装は性能を持たせるため、ポリオレフィン（ポリエチレン、ポリプロピレン等）のほかに複数のプラスチック素材を組み合わせた構成となっているが、リサイクル性向上のため、ポリオレフィンのみを使用した構成とすること。
ライザーベンチプラント	<ul style="list-style-type: none"> ・製油所実機の流動接触分解装置（FCC）と同様なアップフロー（ライザー）型反応器を有するベンチ装置。ライザーベンチ評価により、FCC実機における様々な原料油、触媒、運転条件での生成物（ガソリン等）の収率、性状等を精確に予測でき、FCC実機の運用最適化に活用される。
ラミネートフィルム	<ul style="list-style-type: none"> ・複数のフィルムを貼り合わせたフィルム。複数のプラスチックフィルムやアルミニウム箔、アルミニウムやシリカ、アルミナを蒸着したフィルムを貼り合わせることで耐久性や酸素バリア性、水蒸気バリア性等の性能を付加する。

ランダム分解	・高分子の主鎖が、熱分解等により統計学的に無秩序に開裂すること。ランダム開裂とも呼ばれる。一般に高分子がランダム分解すると、生成物の分子量分布が広範になるため、選択性が低下する。ポリエチレン/ポリプロピレン/縮合系ポリマーなど。
--------	--

研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/液相分解）

用語	説明
液相プロセス	水の液体相を用いたプロセス。特に標準沸点（100℃、1気圧）を超えた水であり、かつ高温高压条件下で反応性を高めた液体の水を反応・分離媒体としたプロセスのことを指す。水熱、亜臨界水などとも呼称される
押出機	熔融プラスチックを連続的に反応系に搬送するために用いられる装置。単軸と多軸が存在する。当該プロジェクトにおいては構造がシンプルでエレメントの構成などを考える必要がない単軸押出機をフィーダとして用いる
オリゴマー	当該プロジェクトでは、非加水分解性プラスチックである PE と PP において、液相プロセスでの 2 次分解により低分子化されたポリオレフィンを指す。
加工ロス	複合フィルムの生産・包装プロセスにおいて、品質を保証しない、規格外であるといった理由で製品にならなかったものを指す。年間 60 万トン排出されると見込む。
加水分解性プラスチック	液相プロセスによりモノマー単位が加水分解されるプラスチックを指す。当該プロジェクトでは、ポリエチレンテレフタレート（PET）とポリアミド（PA）を対象としている
ギアポンプ	歯車の回転により熔融プラスチックなどの高粘性液体を送液するポンプ。2 次圧力により流量が変わることがなく、また昇圧も可能となる。当該プロジェクトでは、単軸押出機の後段に設置し、一定流量を担保しつつ昇圧を可能としている
非加水分解性プラスチック	液相プロセスにおいても加水分解しないプラスチックを指す。当該プロジェクトでは、ポリエチレン（PE）およびポリプロピレン（PP）を対象としている。
複合フィルム	汎用プラスチック（PE および PP。当該プロジェクトでは当初 PE を対象とする）に対し、機能性層（加水分解性プラスチックおよび金属蒸着膜）が積層・接着されたフィルムを指す。当該プロジェクトでは、この加工ロスを対象とする
モノマー	加水分解性プラスチックの原料である。PET に対してはテレフタル酸（TPA）とエチレングルコールを指し、PA に対しては主にカプロラクタムを対象としている

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

用語	説明
PVA	ポリビニルアルコール
圧損	圧力をかけないと粒子層に空気を送ることが出来ないが、出口圧力との差を圧損（圧力損失）と呼ぶ
移動層	下降する粒子層に空気を送るが、その量が少ないため液体の性質を示さない。下部から送ると向流接触式と呼び、側面から送ると十字流式と呼ぶ
過冷却方式	水および水溶液の過冷却現象を利用した製氷方式。準安定状態である過冷却状態の水および水溶液を超音波などで定常状態に戻すことで過冷却度の分だけ微細な氷が生成される
含水率	吸着剤が保持している水分率 = $(\text{水分重量} / \text{乾量基準の吸着剤重量}) \times 100$
乾量基準	吸着剤は水分などを含むことで重量が変わるため、供給量などは含水率によって異なった値を取る。そこで、吸着剤のみを基準にする考え方を意味する
吸着剤	水分などを吸着することが出来る固体粒子、水分を吸着する際に熱を発生するため、吸着剤乾燥に排熱を利用することで熱エネルギーを貯蔵できる
結晶化温度	溶液中の溶質の結晶が析出する温度であり、結晶化すると溶液ポンプが動作できないため、サイクルが成立しない。
顕熱	熱の移動に伴って温度が変化する時の熱を指す
固定層	粒子層は容器内で保持され移動せず、熱風のみが外部から供給される
潜熱	氷が融ける時や水が蒸発する時、温度は変わらないが熱は移動する。この熱を指す
蓄熱密度	単位重量あるいは単位容積当たりの蓄熱量、共に大きな値になると性能が高いと評価できる
デュリング線図	蒸気圧を温度に対してプロットした図であり、吸収冷凍サイクル設計に用いる。
伝導加熱乾燥	熱交換器のような発熱体を粒子層に挿入し、発熱体から伝わる熱を使って吸着剤を乾燥させること
伝導加熱併用乾燥	熱風乾燥と伝導加熱乾燥を同時に行うこと、熱風も電動化熱源もある場合に使われる

伝熱係数	2つの物質間の熱移動量は熱移動する面積と物質間の温度差に比例する、この比例定数を意味している
熱風乾燥	高温にした空気を使って吸着剤を乾燥させること
濃度	本吸収冷凍機では、作動液中の臭化リチウム質量/(臭化リチウム質量+水の質量)
氷分率 IPF	氷スラリー中の氷の重量割合、 Ice Packing Factor
表面改質	対象材料（本研究ではボイラ伝熱管）の表面の状態を対象基材と変えることによって新しい機能を付与し、材料の総合的価値を高めること。
ブライン	2次冷媒。ファンコイルに送られて、対象物と熱の授受を行う。
モル分率	水を第一成分とし、水のモル数/液全体のモル数
溶射技術	アークやガスなどの熱源を利用して粉体やワイヤなどの材料（金属やセラミックス）を熔融させ、高速で吹き付け、対象にコーティングする技術。
流動層	粒子層の下部から空気を送ることで粒子層が液体と同じ性質を示す様にした装置 空気の泡が出来るため粒子が激しく動く
冷凍トン	一日で1トンの氷を製造するための冷熱量、1冷凍トンは約330 MJ/日(3.8kW)

1 事業の背景・目的・位置づけ・NEDO の関与の必要性

1.1 事業の背景

2015 年 9 月の国連サミットでは 2016 年から 2030 年までの国際目標として SDGs（Sustainable Development Goals）が採択された。これに基づき、各国は SDGs に向けた取り組みの具体化や支える政策の立案が求められている。なかでも、資源効率性の向上を目指す資源循環は、図 1-1 に示すように、温暖化対策や海洋プラスチック問題など、地球規模の様々な課題解決につながることに加え、産業を支えるサプライチェーンに変化をもたらす重要な概念となっている。

特に、循環経済（Circular Economy）や資源効率（Resource Efficiency）等の概念をビジョンとして掲げる欧州は、国際的な議論を先導しており、欧州委員会（European Commission）が戦略方針を示し、各国の具体的な政策に繋げている。一方、近年の中国の廃棄物の越境移動に関する方針変更も、世界各国に大きな影響を与えている。それまで、国内の旺盛な需要を背景に資源系廃棄物の輸入大国であったが、国内の環境悪化や国民の健康被害の問題から、廃棄物の輸入制限を順次強化した。中国の輸入規制の影響は大きく、廃棄物の処理を中国への輸出に頼っていた多くの国において、資源循環に向けた施策の具体化は喫緊の課題となり、廃棄物資源の国際循環が転換期を迎えた。

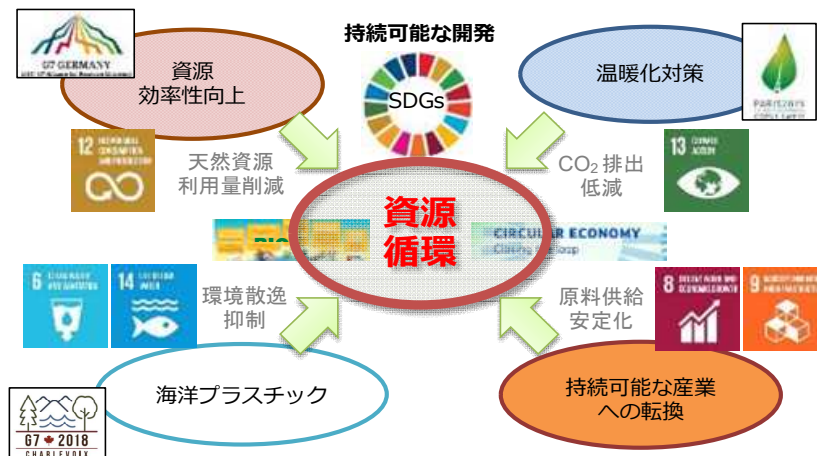


図 1-1 SDGs に関連するグローバル課題に対する資源循環分野の位置づけ

出典：NEDO TSC Foresight Vol.35

資源循環は、CO₂ 排出抑制への寄与も期待されている。再生可能エネルギー導入など、エネルギー分野における急速な CO₂ 削減が進む中、産業分野では、高コストなどの理由から、その進展は相対的に遅くなっている。省エネが進む先進国ほど産業分野の CO₂ 削減には多くのコストがかかる傾向にあるが、EU での CE 推進に当たり、その効果についてスウェーデンの環境系コンサルタントである SITRA が鉄、プラスチック、アルミニウム、セメントと、主要な素材ごとの CE 進展による CO₂ 排出抑制のインパクトについて図 1-2 のように分析している。これによると、サーキュラーエコミーに関する対策で最も CO₂ 排出抑制のインパクトが大きいのは素材のリサイクルであり、CO₂ 排出量の約 3 割を抑制できると報告している。

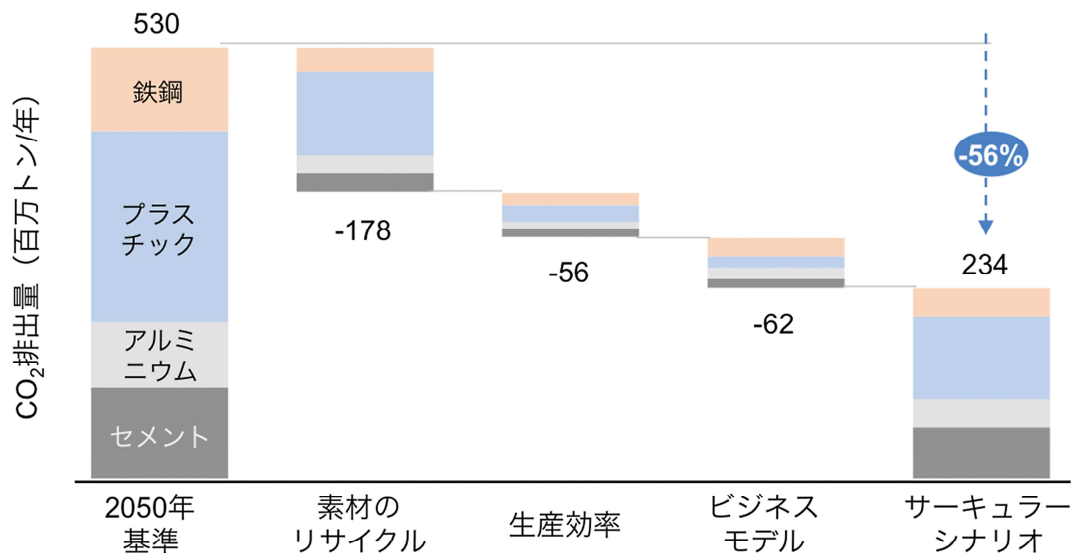


図 1-2 CE 進展による素材ごとの CO₂ 排出削減効果

出典 : NEDO TSC Foresight Vol.35

我が国の素材産業を対象とした資源循環を検討すべき分野について俯瞰的な分析を行った結果について図 1-3 に示す。縦軸は素材生産に係る CO₂ 排出量、横軸は我が国における資源調達リスク、円の大きさは我が国における素材産業の売上高を示している。

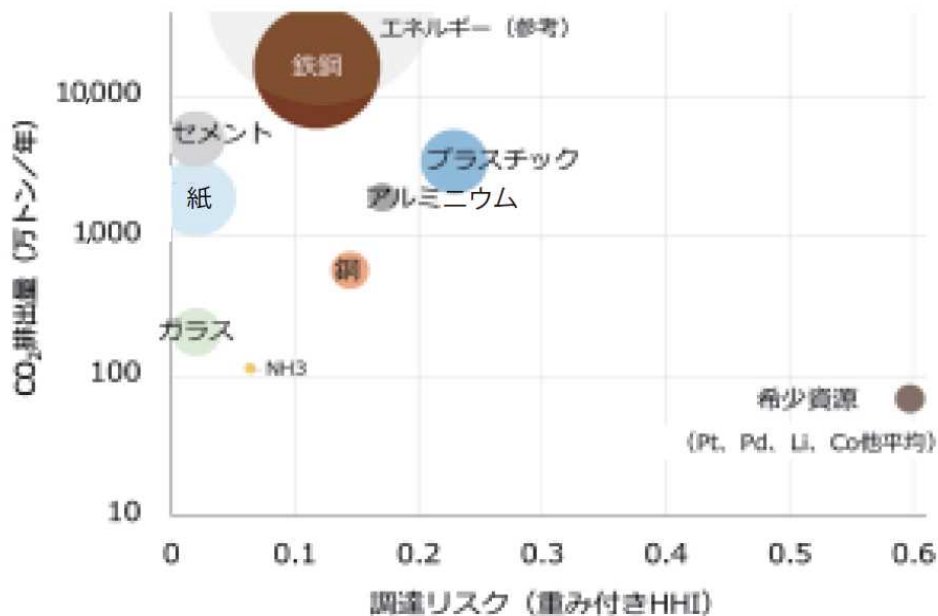


図 1-3 我が国における主要素材に関する CO₂ 排出、調達リスク、経済規模

出典 : NEDO TSC Foresight Vol.35

CO₂ 排出量が多く、調達リスクもある程度大きいものとして、プラスチック、アルミニウム、鉄鋼、銅等が抽出できる。これらは、図 1-2 にて示した SITRA の検討でも循環による CO₂ 排出抑制ポテンシャルが大きい素材として挙げられていたものである。プラスチックについては、リサイクルシステムが確立されている鉄鋼に次ぐ規模であり、調達リスクが銅

やアルミよりも大きい。

このような中で、2015 年ごろから、ヨーロッパ諸国で廃プラスチックの海洋汚染に関する問題が議論されるようになり、日本国内においても学会等で議論が始まった。2018 年には、廃プラスチックによる海洋汚染が世界レベルで注目されるようになり、2018 年 6 月 9 日、G7 サミット（シャルルボワ）において、海洋プラスチック憲章が、日米を除く主要国によって承認された。その憲章では、2030 年までに、プラスチック包装の少なくとも 55%をリサイクルまたは再利用し、2040 年までにプラスチックの 100%を回収するべく、産業界及び政府レベルで協力することとされている。また、2030 年までに、適用可能な部分については、プラスチック製品におけるリサイクル材の使用を少なくとも 50%にするべく産業界と協力するとうたわれた。

図 1-4 に示すように、いわゆる「動脈産業」（製造業）により製品が製造され、消費者において寿命を迎えたものは廃棄される。また、製造工程での生産・加工ロス等も廃棄され、これらはいわゆる「静脈産業」（廃棄物処理関連の企業）に引き取られ、様々な処理工程を経てリサイクルされていく。廃プラスチックに関しては、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（エネルギー回収）処理を適切に組み合わせることによって有効利用を行うことがプラスチックの資源循環について重要になる。

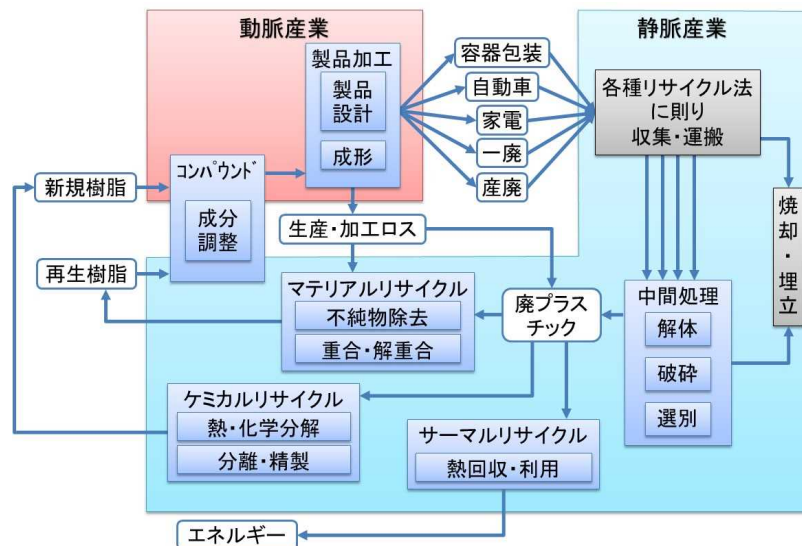


図 1-4 プラスチックリサイクルシステムと要素技術

出典：NEDO TSC Foresight Vol.35

2017 年の日本におけるプラスチックリサイクルの現状を図 1-5 に示す。輸入品を除く国内のプラスチック供給量は、1,128 万トンで、このうち廃プラスチックの利用は 53 万トンで約 5%を占める。輸出分を除き国内で消費される正味の需要は 980 万トンで、約 4 割を容器・包装用途が占める。一般廃棄物として 407 万トン、産業廃棄物として 492 万トン、合計 899 万トンのプラスチックが廃棄・回収されている。消費量に対する回収量の割合は 92%と世界に比べて高く、事業者や消費者の高い意識や回収システムなどの日本の特徴を反映したものとなっている。

マテリアルリサイクルとして再利用されている廃プラスチックの量は、輸出も含めると、206 万トンであるが、前述のように中国の輸入禁止措置などにより、輸出分 153 万トンの処理が課題となっている。コークス炉やガス化の原料として（ケミカルリサイクル）36 万トン、固形燃料、発電などのエネルギー回収（サーマルリサイクル）に 516 万トンが利用されている。廃プラスチックの 84%が何らかの形で再利用されているが、輸出分を除く国内での正味のマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの割合は低い。

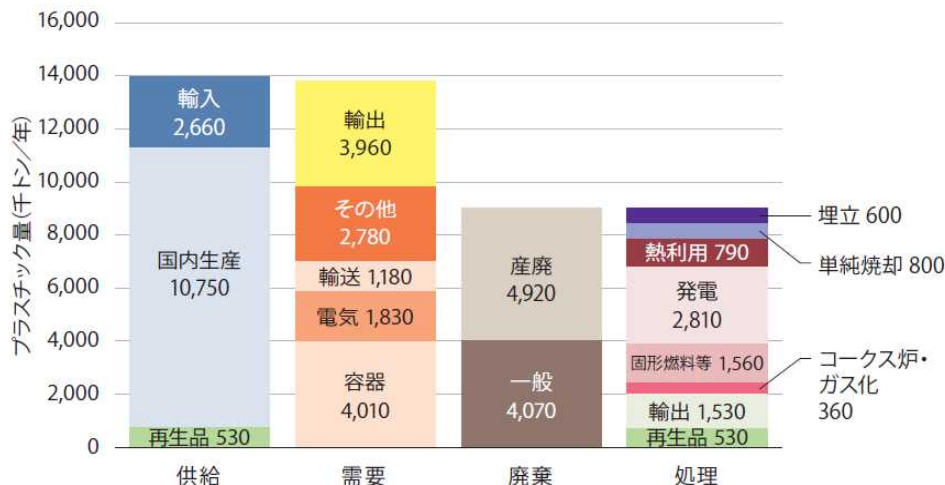


図 1-5 日本におけるプラスチックリサイクルの現状(2017 年)

出典 : NEDO TSC Foresight Vol.35

プラスチックは成型性が容易で素材として非常に扱いやすく量産性が高いため広く世界に普及してきた。しかし、日本において排出される 900 万トン近いプラスチックの調達リスク、CO₂ 排出量削減の観点で資源循環を進めることは合理性が高く、また廃棄物として海洋への流出を抑制するためにも積極的な回収を行うことが重要である。このようなことからプラスチックの資源循環としてのリサイクルの実現は急務であり、これに関わる研究開発の推進が強く求められる。

1.2 市場

プラスチックは、生活用品、住宅、自動車等、さまざまな分野で利用され、今後、世界の生活水準が向上するとともに、世界のプラスチック需要の急拡大が予想される。図 1-6 に示すように IEA(International Energy Agency) によるプラスチックの生産量予測によれば、2020 年の 4 億トンに対し、2050 年には 6 億トン弱までの増加が予想されている。生活水準の向上によって、一人当たりで換算した生産量においても、2020 年の 52kg/人が 2050 年には 60~70kg/人までの増加となると予想される。

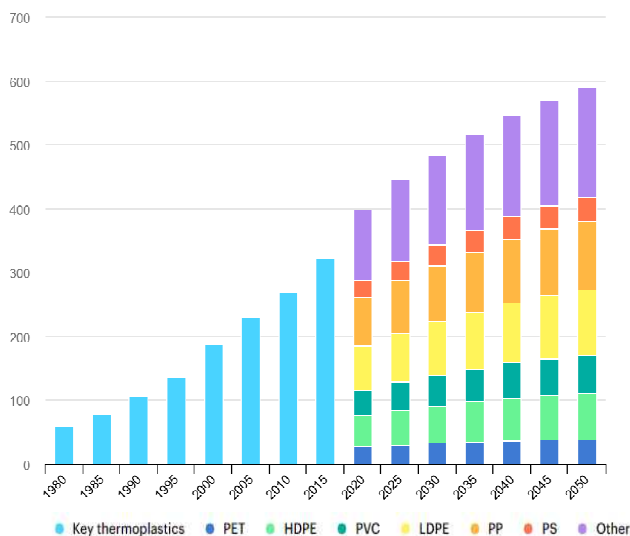


図 1-6 プラスチックの生産量の推移と予測

出典 : Future of Petrochemicals, 2020(IEA2020)

また、日本におけるプラスチックの生産実績の推移を表 1-1 に示す。2014 年から微増傾向であったが、2019 年度末からの新型コロナウイルスの感染拡大により、生産実績は減少基調ではある。

表 1-1 日本のプラスチック生産実績（単位：千トン）

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
熱硬化性樹脂	916	867	896	936	970	921	820
熱可塑性樹脂	9,458	9,756	9,599	9,866	9,483	9,399	8,626
その他	234	214	258	218	220	186	193
合計	10,608	10,838	10,753	11,020	10,673	10,505	9,639

出典：プラスチック工業連盟プラスチック原材料生産実績よりNEDO作成

ただし先に示したように、世界的な生産量は新興国の旺盛な需要により今後も市場拡大が見込まれ、プラスチックの資源循環は世界で強く求められる技術となる。

1.3 各国の技術開発動向

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問題が懸念されている。この対応に向けて、G7 や G20 でも重要な課題として取り上げられた。これを受けて、欧米諸国や中国では、廃プラスチックに関する対応策や研究開発が活発に進められている。ヨーロッパでは、廃棄物処理業が鉱山業の延長線上にあることから、各国が多額の費用をかけて、研究開発を長年にわたって支援してきた歴史があり、特に、大規模処理技術の分野で先行している。また、日本においても「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」（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。

このような世界情勢の中、プラスチックの資源循環に関しても技術開発の取組が進められている。主要各国におけるプラスチックの資源循環技術に関する先行技術の開発状況について、表 1-2 に示す。わが国は、時代に応じた廃棄物処理に伴う問題解決のため、我が国では様々なケミカルリサイクルやエネルギー回収の技術開発を積極的に行ってきた。またマテリアルリサイクルに関しては、物性劣化の問題を抱え、リサイクル後の製品への適用範囲に限られることも現状の課題である。選別技術についても現状の装置ではプラスチックの種類、サイズ、形状が多様な雑品プラの選別には選別時の回収率が低くなる課題がある。

表 1-2 主要各国におけるプラスチック循環技術に関する技術開発プロジェクト

	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ロボットソーター	https://www.max-ai.com/
	R&E社	日本	比重選別システム	http://rande.co.jp/
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	廃プラベレタイズ装置	https://www.erema.com/
	Plastic Machinery社	アメリカ	廃プラベレタイズ装置	https://www.plasticsmg.com/
	Aceretech社	中国	廃プラベレタイズ装置	https://www.aceretech.com/
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
	BASF社	ドイツ	熱分解と触媒分解	https://www.basf.com/jp/ja/who-we-are/sustainability/management-and-instruments/circular-economy/mass-balance-approach/chemcycling.html
	東北大	日本	酸塩基処理システム	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.1994.070520919
	化学研究評価機構	日本	スラリープロセス	http://www.fsrj.org/act/7_nenkai/07/proceeding-7/p-14.pdf
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
	川崎重工	日本	付着防止添加剤	https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsmcwm/28/0/28_26/_pdf/-char/ja
	三機工業	日本	熱輸送システム	https://www.sanki.co.jp/service/technology/article/detail085.html

【欧州の技術開発動向】

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、以下の取組を進めるとしている。

- ・リサイクル性を高めるための製品設計の改善
- ・リサイクルされたプラスチックの需要促進
- ・より優れ、かつ調和した分別収集と選別

EUではCEに関するビジョンや欧州プラスチック戦略に基づき、2014年から2020年までの7か年計画である科学技術計画（Horizon2020）の中で研究開発プロジェクトが実施された。サーキュラーエコミーはHorizon2020の横断的活動の中の重点領域に設定されており、各産業分野（建設、自動車、家電、住宅、太陽光発電、紙・パルプ産業等）から廃棄される製品中の鋼材、銅、アルミニウム、チタン、プラスチック、ガラス、複合材料など、経済的に回収するための技術開発・システム開発・制度設計を2013年から2019年にかけて総額120億円程度が支援された。

本事業開始時点でのプラスチックの循環に関連する主要なプロジェクトについて表1-3にまとめた。EUでは、ケミカルリサイクルやマテリアルリサイクルに関する萌芽期の研究開発プロジェクトから、バリューチェーンを網羅したプラットフォームを構築するための実証プロジェクトまで、幅広く進められており、併せてシステム分析やデータベース構築を進めることで、社会への実装を促進している。

表 1-3 EU における主要なプラスチック循環の研究開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要	期間EU予算 (PJ予算)
cPET	GR3N SAGL (スイス)	着色された容器、トレイ、繊維製品等を経済的にケミカルリサイクルするためのマイクロ波利用解重合技術を開発した。	2018/9~2019/2 0.07億円(0.09億円)
CRNPE	RECYCLING TECHNOLOGIES LTD. (イギリス)	難リサイクルの廃プラスチックを低硫黄燃料油へリサイクルするため、染料等の添加剤由来の汚染物質を除去するガスろ過システムを開発した。	2017/9~2018/8 0.1億円(0.1億円)
POLYMARK	PETCORE EUROPE AISBL (ベルギー)	食品接触承認プラスチックと非承認プラスチックの分離を可能とするプラスチック自体をコード化したマーキングおよび識別システムを開発した。	2014/1~2017/3 1.9億円(3.0億円)
RUBSEE	SADAKO TECHNOLOGIES SL (スペイン)	廃棄物処理施設における高付加価値物選別の高度化のための、コンピュータビジョンと人工知能を使用したリアルタイム監視システムを開発した。	2017/2~2019/1 1.7億円(2.4億円)
HR-Recycler	Ethniko Kentro Erevnas Kai Technologikis Anaptyxis (ギリシャ)	WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) をリサイクルするための前処理における人間とロボットの協働によるソーティングプラントシステムを開発する。	2018/12~2022/5 8.8億円(8.8億円)
PlastiCircle	INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL EMBALAJE (スペイン)	ヨーロッパにおけるプラスチック廃棄物のリサイクル率を高めるための総合的なプロセスを開発し実行する。自動車部品、家具、ごみ袋等の回収、輸送、選別の高度化を行う。	2017/6~2021/5 10.3億円(11.4億円)
ECOBULK	EXERGY LTD (イギリス)	自動車、家具、建築分野の複合プラスチック製品の再利用、アップグレード、修理、リサイクルを促進するため、プロセス、技術、ビジネスモデルを開発し、プラットフォーム化する。	2017/6~2021/5 12.8億円(16.0億円)

出典：NEDO TSC Foresight Vol.35

【米国の技術開発動向】

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 Efficiency and Renewable Energy）が2017年5月にREMADE（Reducing Embodied-energy And Decreasing Emissions）として、リサイクルやリユース全般に関する総額75億円、5年間の資金提供プログラムを開始した。REMADEでは、金属・ポリマー・繊維・E-waste（電気・電子機器廃棄物）を対象とし、

- 1) 二次原料や再生材料利用における材料のトレーサビリティ確保
- 2) 廃棄物削減、予測を行うための情報収集、標準化、及び設計ツール
- 3) 廃棄物の迅速な採取・識別・ソーティング
- 4) 混合材料の分離、指定有害物質の除去
- 5) 強靱でコスト効率の高い処理・処分法

の5つを重点領域としている。

REMADEプログラムの技術的達成指標として、主に以下のような目標が掲げられている。

- ・ 製造プロセスにおけるバージン材料投入量を30%削減
- ・ 製造プロセスにおける二次材料投入量を30%増加
- ・ エネルギー集約型材料のリサイクルを30%増加
- ・ 二次材料のコストをバージン材料と同等程度にする

米国では、複雑なプラスチック含有廃棄物や多層フィルム等リサイクル困難なものに関する技術開発が進められており、EUと同様に、システム分析やデータベース構築を併せて行うことで、スムーズな社会実装を目指している。

表 1-4 REMADE プログラムにおけるプラスチックリサイクル関連技術開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要
Platform Technology for Selective Recovery of Polymers and Residual Metals from Complex Polymeric Content Waste Streams, including e-Waste	Argonne National Lab.	電子廃棄物やその他の複雑なプラスチック含有廃棄物からABS(合成樹脂)、PS(ポリスチレン等)、PC(ポリカーボネート)、ABS/PCアロイを回収することができる選択的材料分離技術のプラットフォームを構築する。二次プラスチック材料供給を年間350万トン増加させることを目指す。
Reinforced Recycled Polymer Composites	Ohio State University	ボトル、カーペット等の廃PET(ポリエチレンテレフタレート)と他の材料を複合させ、新たな強化リサイクルプラスチックとすることで、高付加価値化を狙う。Niagara Bottling LLC, Shaw Industriesが参加。
Determining Material, Environmental and Economic Efficiency of Sorting and Recycling Mixed Flexible Packaging and Plastic Wrap	American Chemistry Council	包装やラップ等フレキシブルプラスチックの選別とリサイクル技術の開発とビジネスモデル検討、環境・コスト分析を行う。Resource Recycling Systems, Idaho National Laboratoryが参加。
Scalable High Shear Catalyzed Depolymerization of Multilayer Plastic Packaging	University of Massachusetts-Lowell	多層プラスチックフィルムを対象とした費用対効果の高いケミカルリサイクルに関する触媒重合手法を検討する。Michigan State, Unilever, ACC, National Renewable Energy Laboratoryが参加。
Systems Analysis for PET and Olefin Polymers in a Global Circular Economy	Michigan Technological University	ポリオレフィンとPETに関する回収とリサイクルを促進する技術等のシステム分析を可能にする枠組を開発する。American Chemistry Council, Idaho National Laboratoryが参加。

出典：NEDO TSC Foresight Vol.35

【中国の技術開発動向】

プラスチックのリサイクルに関して、第13次5か年計画（工業绿色发展规划、2016～2020）の中で、プラスチックの国内循環量を2016年の1,878万トン/年から2020年までに2,300万トン/年へ増加させる目標を掲げた。その目標達成のために、主要な廃プラスチックの選別、再生、造粒に関する技術実証を行い、多様な品質の再生プラスチックの高付加価値化を支援し、大規模で高効率なリサイクルシステムの構築を推進している。研究開発の方針としては、廃プラスチックの自動識別選別技術の開発、紙、アルミニウム、鉄等とプラスチックの複合材料の分離技術、廃プラスチック改質などの高価値利用技術、廃プラスチックリサイクルの二次汚染防止技術、特殊機器の開発に注力する目標が掲げられている。

【日本の研究開発動向】

プラスチックの循環に関する技術開発については、1970年代からプラスチック製品需要が拡大し、併せて廃プラスチック量も拡大したため、ごみの減量化と燃料確保を狙い、プラスチックごみの燃料化技術の開発が進められてきた。1980年代から焼却によるダイオキシン類の発生や最終処分場の残余容量の逼迫が問題となり、1991年に廃棄物処理法が改正されるとともに、同年に資源有効利用促進法が成立し、廃プラスチックのリサイクル技術の高度化が進められた。特に、1995年に制定された容器包装リサイクル法では、容器包装の製造・利用に関わる事業者が再商品化（リサイクル）の義務を負うこととなった。これがきっかけとなり、廃プラスチックの選別技術、ケミカルリサイクルやマテリアルリサイクルの技術開発プロジェクトが実施された。また、家電リサイクル法推進（1998年制定）実施の基盤となるリサイクル技術開発の中でも、同様な技術開発が進められた。プラスチックリサイクルでは、マテリアルリサイクル時の物性劣化、多層プラスチックフィルムのケミカルリサイクル手法、エネルギー回収での効率の向上等が課題としてとらえられており、これらに対する先導的な研究も実施されている。近年のプラスチックのリサイクルに関する代表的な技術開発プロジェクトを表 1-5 に示す。

表 1-5 我が国における主なプラスチック関連技術開発プロジェクト

実施機関	プロジェクト名	期間	事業タイプ	事業内容	課題
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、ベリ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	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
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	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
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	灰付着防止技術での長期性能・信頼性に関する材料評価の検討
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	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

ERCA:独立行政法人環境再生保全機構(Environmental Restoration and Conservation Agency)

1.4 事業の目的・位置づけ

プラスチックはその高い機能性と品質安定性から、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、CO₂ 排出の増大や、プラスチックごみによる海洋汚染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基盤構築を通して、プラスチックの資源効率や資源価値を高める技術基盤構築を行うものである。

経済産業省が 2019 年 5 月に策定した「プラスチック資源循環戦略」(図 1-7) によれば、世界全体の取組として、プラスチック廃棄物のリデュース、リユース、徹底回収、リサイクル、熱回収、適正処理等を行うためのプラスチック資源循環体制を早期に構築することを求めており、本技術開発はプラスチック資源循環戦略の目的を達成するものである。当該戦略には、「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。」との記載があり、本事業の 4 つの取り組みの根拠となるものである。

Plastics Smart		プラスチック資源循環戦略（概要）	
背景		令和元年5月31日	
<p>◆廃プラスチック有効利用率の低さ、海洋プラスチック等による環境汚染が世界的課題</p> <p>◆我が国は国内で適正処理・3Rを率先し、国際貢献も実施。一方、世界で2番目の1人当たりの容器包装廃棄量、アジア各国での輸入規制等の課題</p>			
重点戦略		基本原則：「3R+Renewable」	
リデュース等	<ul style="list-style-type: none"> ワンウェイプラスチックの使用削減(レジ袋有料化義務化等の「価値づけ」) 石油由来プラスチック代替品開発、利用の促進 	【マイルストーン】	
リサイクル	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック資源の分けやすき効果的な分別回収・リサイクル 漁具等の陸域回収徹底 連携協働と全体最適化による費用最小化・資源有効利用率の最大化 アジア禁輸措置を受けた国内資源循環体制の構築 イノベーション促進型の公正・最適なリサイクルシステム 	<p><リデュース></p> <p>①2030年までにワンウェイプラスチックを累積25%排出抑制</p> <p><リユース・リサイクル></p> <p>②2025年までにリユース・リサイクル可能なデザインに</p> <p>③2030年までに容器包装の6割をリユース・リサイクル</p> <p>④2035年までに使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル等により、有効利用</p> <p><再生利用・バイオマスプラスチック></p> <p>⑤2030年までに再生利用を増増</p> <p>⑥2030年までにバイオマスプラスチックを約200万トン導入</p>	
再生材 バイオプラ	<ul style="list-style-type: none"> 利用ポテンシャル向上（技術革新・インフラ整備支援） 需要喚起策（政府率先調達（グリーン購入）、利用インセンティブ措置等） 循環利用のための化学物質含有情報の取扱い 可燃ごみ指定袋などへのバイオマスプラスチック使用 バイオプラ導入ロードマップ・静態システム管理との一体導入 		
海洋プラスチック対策	<ul style="list-style-type: none"> プラスチックごみの流出による海洋汚染が生じないこと（海洋プラスチックゼロエミッション）を目指した ポイ捨て・不法投棄撲滅・適正処理 海洋漂着物等の回収処理 海洋ごみ実態把握（モニタリング手法の高度化） 	<ul style="list-style-type: none"> マイクロプラスチック流出抑制対策（2020年までにスクラップ製品のマイクロプラスチック削減徹底等） 代替イノベーションの推進 	
国際展開	<ul style="list-style-type: none"> 途上国における実効性のある対策支援（我が国のソフト・ハードインフラ、技術等をオーダーメイドパッケージ輸出で国際協力・ビジネス展開） 地球規模のモニタリング・研究ネットワークの構築（海洋プラスチック分布、生態影響等の研究、モニタリング手法の標準化等） 		
基礎整備	<ul style="list-style-type: none"> 社会システム確立（ソフト・ハードのリサイクルインフラ整備・サプライチェーン構築） 技術開発（再生可能資源によるプラ代替、革新的リサイクル技術、消費者のライフスタイルのイノベーション） 調査研究（マイクロプラスチックの使用実態、影響、流出状況、流出抑制対策） 連携協働（各主体が一つの旗印の下取組を進める「プラスチック・スマート」の展開） 	<ul style="list-style-type: none"> 資源循環関連産業の振興 情報基盤（E S G投資、インシャル消費） 海外展開基盤 	
<p>◆アジア太平洋地域をはじめ世界全体の資源・環境問題の解決のみならず、経済成長や雇用創出⇒持続可能な発展に貢献</p> <p>◆国民各界各層との連携協働を通じて、マイルストーンの達成を目指すことで、必要な投資やイノベーション（技術・消費者のライフスタイル）を促進</p>			

図 1-7 プラスチック資源循環戦略の概要

出典：https://plastic-circulation.env.go.jp/about/senryaku

また、経済産業省が 2020 年 5 月に公表した「循環経済ビジョン 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、早晚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」との記述があり、また、「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。」とあり、これらの記述によれば、線形経済から循環経済への移行は必然である。

循環経済とは

- 線形経済：大量生産・大量消費・大量廃棄の一方通行*の経済
*調達、生産、消費、廃棄といった流れが一方の経済システム（'take-make-consume-throw away' pattern）
- 循環経済：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

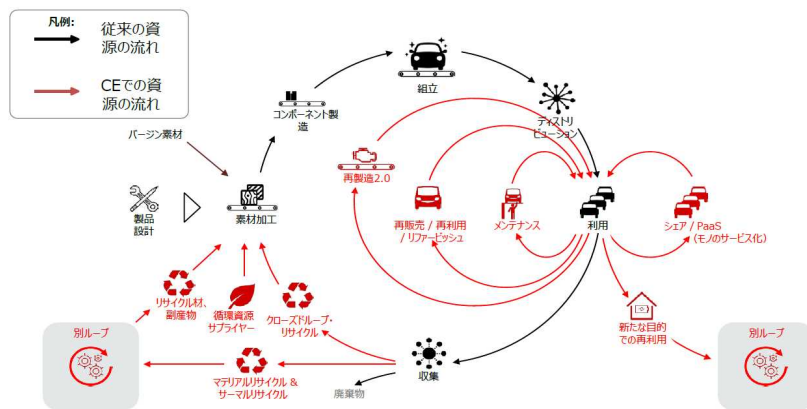


図 1-8 「循環経済ビジョン 2020」における循環経済の考え方

出典：https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ce_finance/pdf/002_04_01.pdf

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ついて、
・高度選別システム開発

- ・材料再生プロセス開発
- ・石油化学原料化プロセス開発
- ・高効率エネルギー回収・利用システム開発

を行う事により、プラスチックに関して循環経済ビジョン 2020 における「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。

1.5 NEDO が関与する事の意義

プラスチックリサイクルにはマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギー回収のプロセスがあり、それぞれのプロセスへ投入するプラスチックに関して、どのようなスペックのプラスチックが適しているのかの検討、各プロセスに適したプラスチックの選別・分別技術も併せて開発する必要があり非常に多岐にわたる研究開発事業となる。特にどのリサイクルプロセスにどのようなプラスチックを供給するかは、プラスチック廃棄物市場全体を見ながら調整する必要がある。

また選別作業においては、回収される廃プラスチックの品質や素材が不均一なため、大部分を手作業に依存せざるを得ずコストが増大する。現状では廃プラスチックの利用価値が低いため、民間企業では不確実性のある高度なリサイクルの研究開発を推進するインセンティブが期待できない。さらに、リサイクルに関わる中小企業はリサイクル企業全体の60%程度を占め、そのほとんどが売上高10億円以下である。一般的に中小企業の研究開発投資は売上高の2%未満であり、研究開発に多く支出することは難しい。さらにプラスチックリサイクル後の素材のユーザーとなる化学企業、樹脂企業との強い連携も必要となる。ここで、NEDO が本事業に関与する意義を以下に示す。

- ・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。

このように NEDO が国の重要課題に対して、難易度の高い課題解決のために、企業間の連携やアカデミア等の参画を促し共に研究開発を進めることで、研究開発の成果を最大化できる。これにより廃プラスチックの利用価値を向上させ、国内の資源循環性を向上させるとともに、新たな付加価値を創出することで、プラスチックの循環性向上に寄与することが可能となる。

先の表 1-5 で示された 5~8 の事業は NEDO の先導研究プログラムでの研究開発であり、これらの先導研究成果を受けて、次のステップである実用化を見据えたナショナルプロジェクトである本事業の革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発を構築している。本事業の概要を図 1-9 に示す。

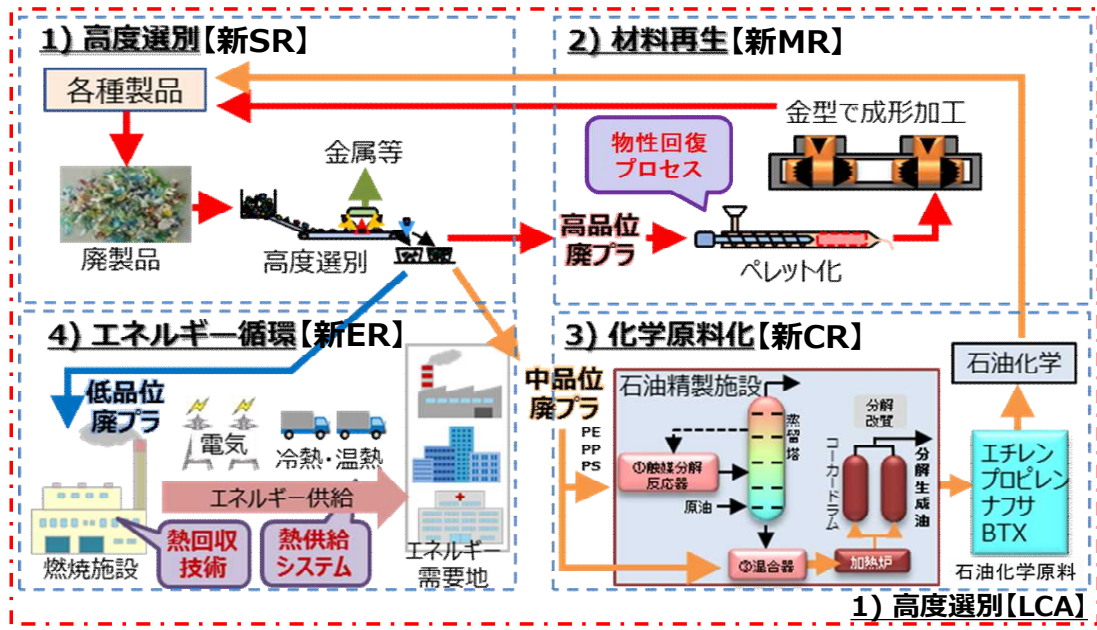


図 1-9 事業の概要

1.6 実施の効果（費用対効果）

実施の効果として、2030年度のCO₂排出量削減量と市場規模についての試算を行った。本事業によって実現されるマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、エネルギー回収技術によってCO₂削減が行われることになる。本事業での廃プラスチック処理のアウトカムは2030年にマテリアルリサイクルで86万トン、ケミカルリサイクルで87万トン、エネルギー回収で108万トンを想定している。表1-6に本技術を活用したリサイクルが促進されることで、CO₂排出量がどれほど削減されるのかの想定値を示す。本技術の社会実装により、2030年には739万トン/年のCO₂排出削減量を見込んでいる。

表 1-6 2030年にプラスチックリサイクルにより削減されるCO₂排出量

	処理量（万トン）	CO ₂ 削減量（万トン）
マテリアルリサイクル	86	211
ケミカルリサイクル	87	244
エネルギー回収・利用	108	284
合計	281	739

また、本技術開発によりプラスチックがリサイクルされる場合に想定される市場規模を見積もる。現状ではほぼプラスチックの焼却熱を利用した発電による市場の想定であったが、表1-7に示すように、2030年にはマテリアルリサイクル技術の社会実装による再生プラスチックとケミカルリサイクル技術の社会実装による石油化学原料による市場拡大を想定しており、合計として1810億円の市場を見込んでいる。

表 1-7 2030年におけるプラスチックリサイクルによる経済効果

	処理量（万トン）	経済効果（億円）
マテリアルリサイクル	86	1030
ケミカルリサイクル	87	540
エネルギー回収・利用	108	240
合計	281	1810

2 研究開発マネジメント

2.1 事業の全体目標

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ものである。

本事業では、事業開始3年経過時の2022年度の間目標、事業終了時の2024年度の最終目標を設定した。また事業終了後の2030年度のアウトカム目標を設定している。

【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、4つの研究開発項目に掲げる基盤技術開発を一貫して実施する。

【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、4つの研究開発項目を一貫して開発を実施し、プラスチックリサイクル基盤技術の開発を完了する。

【アウトカム目標(2030年度)】

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。

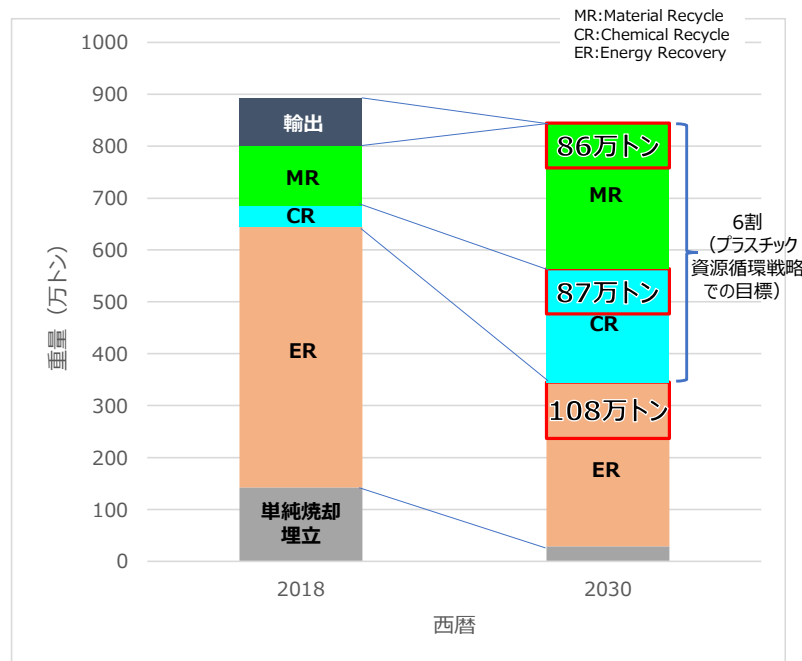


図 2-1 廃プラスチックリサイクル処理量増加のイメージ

本事業で検討している廃プラスチックリサイクル処理量増加のイメージを図 2-1 に示す。既存の再生プラスチック(MR: Material Recycle)、油化・ガス化技術(CR: Chemical Recycle)、燃焼・熱回収技術(ER: Energy Recovery)に加えて、本事業で取り組む、高度選別システム技術を用いて、各資源循環プロセスへ適切な廃プラスチックの供給を行い、材料再生プロセス、石油化学原料化、高効率エネルギー回収のすべてでアウトカム目標を達成し、プラスチック資源循環戦略の目標達成に向けて貢献する。

2.2 事業の計画内容

2.2.1 研究開発の内容

中間目標、最終目標、アウトカム目標を達成するために、図 1-9 で示した、

- ① 高度選別
- ② 材料再生
- ③ 化学原料化
- ④ エネルギー循環

を、以下の研究開発項目として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】(以下「新 SR」と言う)

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】(以下「新 MR」と言う)

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、それら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】(以下「新 CR」と言う)

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】(以下「新 ER」と言う)

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。

表 2-1 研究開発項目毎の目標一覧

研究開発項目	中間目標 (2022年度)	最終目標 (2024年度)	根拠
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②～④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。	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。
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（靱性）に再生する。	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（靱性）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靱性の 90%以上の材料強度で再生することが必要。
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。	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で既存原料と共処理することでトータル 70%以上となる見込み。
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。	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。

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
① 高度選別システム開発		廃棄物データ解析 前処理機構開発 評価モデル開発		選別	廃棄物データ拡充 統括制御システム開発	
② 材料再生プロセス開発		物理モデル構築 押出機構要素の検討 製品適用検討		産物	物理劣化・再生モデル構築 新ベタシステムの実証 新射出成形プロセスの実証 製品適用実証	
③ 石油化学原料化プロセス開発		パイロットプラント概念設計 分解触媒の特性解析 易リサイクル性容器検討 モノマー回収率向上 回収ポリオレフィンの材料特性把握		条件	パイロットプラント基本設計 高機能分解触媒の試作・評価 易CR容器の試作・評価 回収モノマーからのポリマー合成 押出機連続装置の製作・運転	
④ 高効率エネルギー回収・利用システム開発		高効率・高耐久伝熱管基礎検討 冷熱製造技術基礎検討 熱利用システム評価技術開発		確定	高効率・高耐久伝熱管実証 冷熱製造統合システム構築・検証 熱利用システム評価モデル検証	
評価時期			中間評価			事後評価

図 2-2 研究開発のスケジュール

表 2-2 研究開発予算（億円）

研究開発項目	2020年度 (実績)	2021年度 (実績)	2022年度 (契約)	2023年度 (予定)	2024年度 (予定)	合計
合計	7.03	9.83	10.07	-	-	26.92

2.2.2 研究開発の実施体制

本プロジェクトは進行全体の企画管理や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ため、プロジェクトマネージャー（以下「PM」と言う）を任命している。また、各実施者の研究開発ポテンシャルを最大限に活用し、効率的に研究開発を推進する観点から、プロジェクトリーダー（以下「PL」と言う）を指名している。

本プロジェクト全体の PM として NEDO 環境部の今西大介を任命している。また PL には早稲田大学の松方正彦教授を任命している。さらに、本プロジェクトは 4 つの研究開発項目から構成されており、各研究開発項目単位をチームとしており、チームリーダー（以下「TL」と言う）、サブチームリーダー（以下「STL」と言う）を設定している。

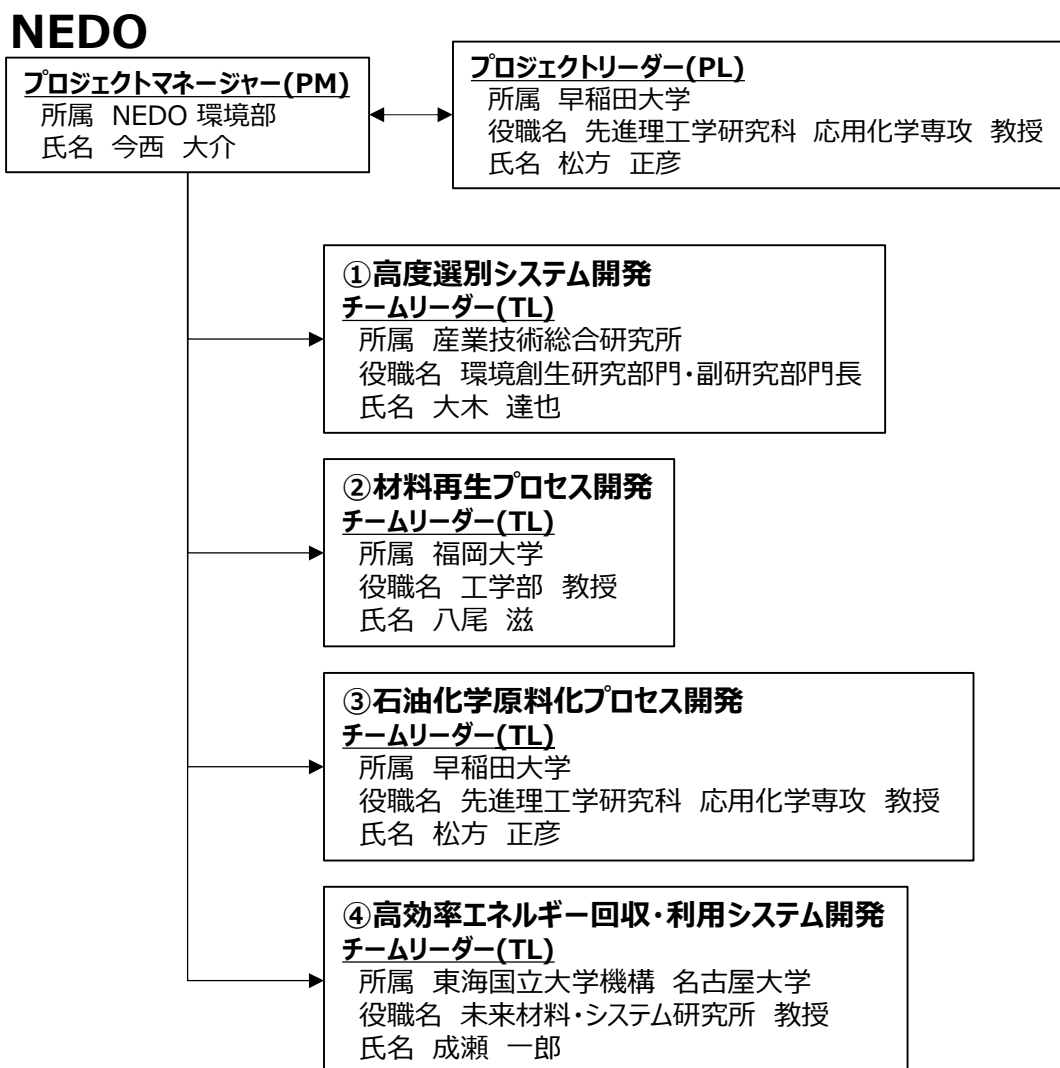


図 2-3 本事業の実施体制全体像

【研究開発項目① 高度選別システム開発】

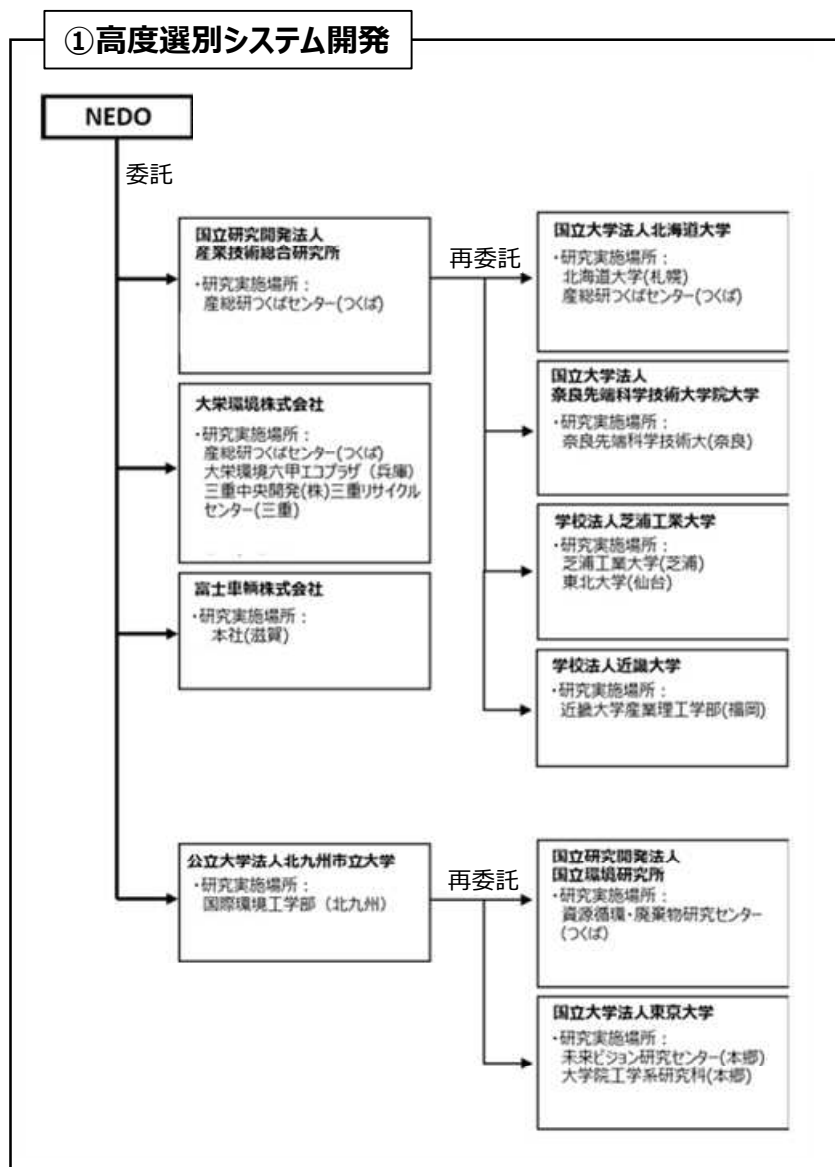


図 2-4 ① 高度選別システム開発の詳細実施体制

【研究開発項目② 材料再生プロセス開発】



図 2-5 ② 材料再生プロセスの開発の詳細実施体制

【研究開発項目③ 石油化学原料化プロセス開発】

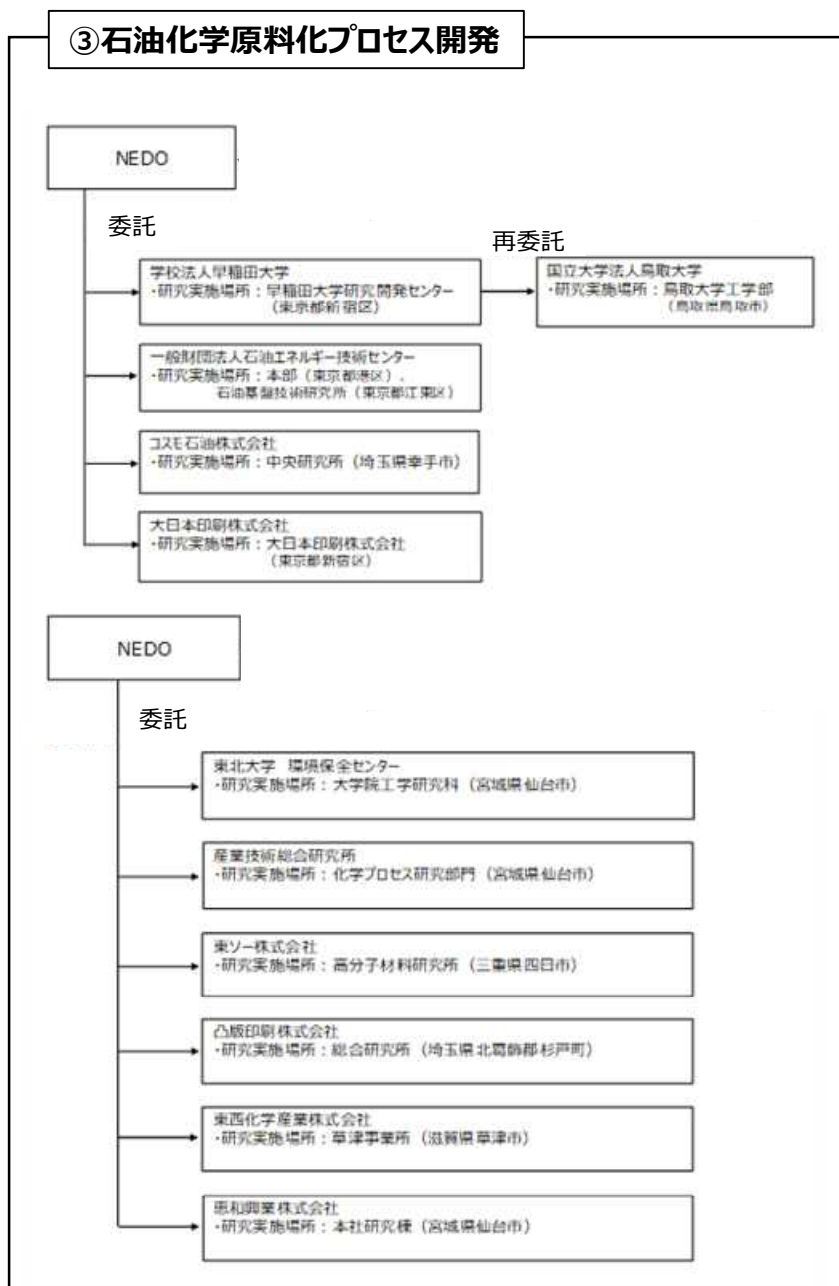


図 2-6 ③ 石油化学原料化プロセス開発の詳細実施体制

【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】

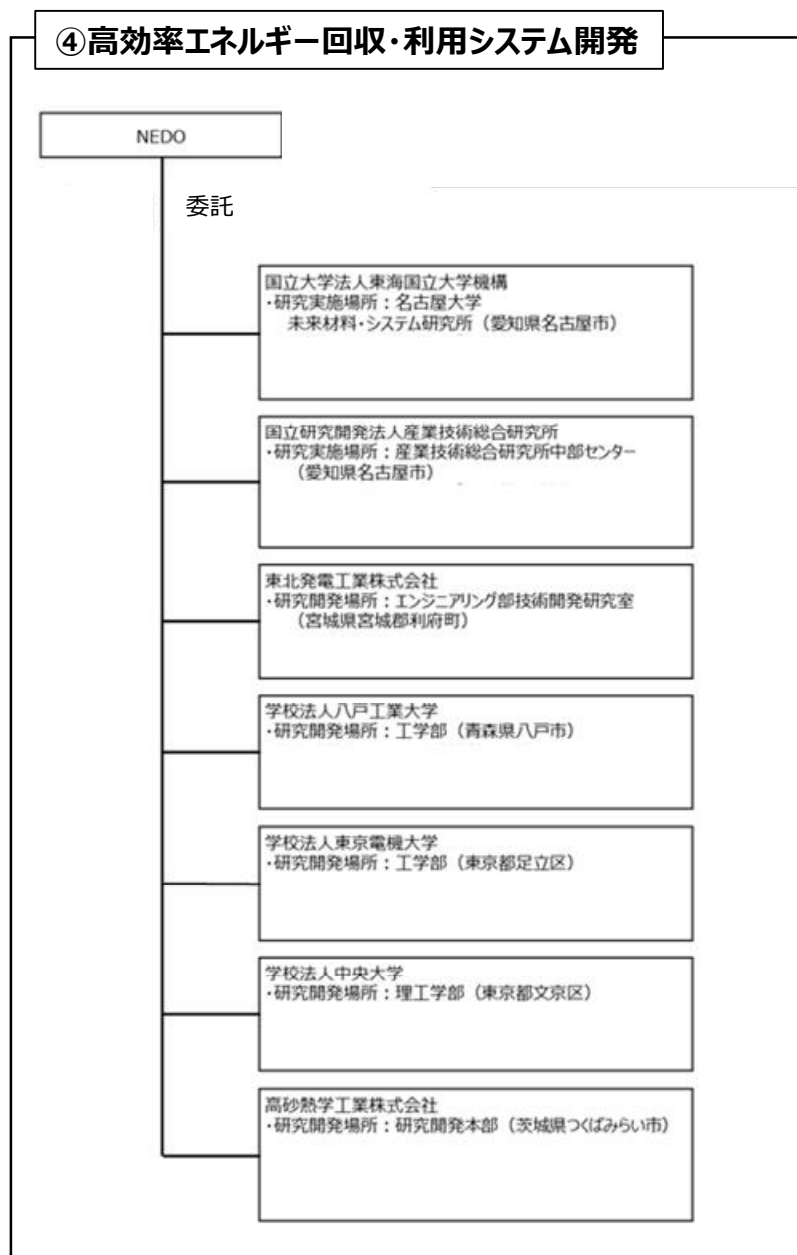


図 2-7 ④ 高効率エネルギー回収・利用システム開発の詳細実施体制

2.3 研究開発の運営管理

NEDO は研究開発全体の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化を適切に把握し、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。

2.3.1 進捗把握・管理

PM は研究開発責任者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。従事日誌、月間工程表や執行管理表の確認並びに適宜ヒアリングにより実施状況をチェックし、目標達成の見通しを常に把握する事

に努める。また、事業の加速化や効率化を図るため、実施体制、契約内容の見直しその他、追加公募の検討を行う。

PL は全実施者が進捗状況の確認を行う全体会議を定期的で開催し、研究開発項目の進捗状況、成果及び課題を把握し、プロジェクトの計画や工程に反映する。

TL は研究開発項目単位で共同実施者間や再委託先との打ち合わせを頻繁に行うとともに、チームメンバーが進捗状況の確認を行うチーム会議を定期的で開催し、研究開発項目に設定された詳細な目標に対して研究開発の進捗状況、成果及び課題を把握し、PL の主催する全体会議でチームごとの進捗についての報告を行う。

以下に本事業にて新たに公募採択した案件と、本事業での開発促進財源の投入状況を示す。

表 2-3 本事業の追加公募状況（2021 年 11 月 22 日採択）

案件名	委託先
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開発	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、凸版印刷株式会社、東西化学産業株式会社、恵和興業株式会社

表 2-4 2021 年度開発促進財源投入状況（事業加速予算）

研究開発項目	金額 百万円	目的	成果
①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
②材料再生プロセスの開発	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
③石油化学原料化プロセス開発	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
④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

表 2-5 2021 年度開発促進財源投入状況（事業加速予算）

研究開発項目	金額 百万円	目的	成果
①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
		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
②材料再生プロセスの開発	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
		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
③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
④高効率エネルギー回収・利用システム開発	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

2.3.2 各種委員会、有識者からの指導・助言

本事業では以下の様に NEDO が主催する委員会と、実施者が第三者からなる委員会を主体的に開催し、また研

究開発状況や成果に対して有識者からの指導・助言を得るような取り組みを実施している。

表 2-6 研究開発の進捗を確認する会議

会議名	開催頻度	主催者
技術推進委員会	毎年1回以上開催	NEDO 環境部
採択審査委員会	新規研究開発テーマ公募時	NEDO 環境部
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

表 2-7 2020 年度採択審査委員名

区分	氏名	所属	役職
委員長	橋本 征二	学校法人立命館 立命館大学 理工学部 環境都市工学科	教授
委員	大矢 仁史	公立大学法人北九州市立大学 エネルギー循環化学科/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	福島 容子	シャープ株式会社 Smart Appliances Solutions 事業本部 要素技術開発部	課長

表 2-8 2021 年度採択審査委員名

区分	氏名	所属	役職
委員長	喜多川 和典	公益財団法人日本生産性本部 コンサルティング部	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	名誉教授
委員	橋本 智桂子	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

【研究開発マネジメント事例】

● 技術推進委員会

③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ジメント内容として検討。

● 採択審査委員会

2021 年度に③石油化学原料化で石油化学原料化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を採択。

2.4 研究開発成果の実用化・事業化にむけたマネジメント

2.4.1 知的財産等に関する戦略

以下を基本として知的財産に関する戦略とする。

- ・知財として確保する事が有利な技術については積極的に特許として出願する
- ・ノウハウとして保有する事が有利な技術は技術情報を秘匿し出願はしない
- ・競合技術の出願状況を定期的に調査し、対策を検討する

また、本研究開発では、各研究開発での基盤となる知財を基に、知財権創出に向けて、注目する分野、キーワードを設定し活動に取り組んでいる。

表 2-9 知財権創出に向けた取り組み

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
①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、シグ、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	3	3
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）	2	3	7
③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	2	0
④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） ・吸収式冷凍機用動作媒体及びこれを用いた吸収式冷凍機（特開2019-045079）	2	3	2

2022年9月現在

2.4.2 知的財産権に関する取扱い

以下の様な管理方針に基づき知財権の創出に取り組む。

・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。

なお、本事業で得られた知財については、関係各機関の知財管理部門と連携し、特許管理、知財管理を推進する。

表 2-10 知的財産等に関わる活動の実績(2022 年 9 月 21 日現在)

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	合計
特許出願件数	1	6	1	8
論文発表件数	4	6	4	14
学会発表	21	58	39	118
講演・講座	44	103	55	202
新聞・雑誌等への掲載	5	21	5	31
著書	0	4	1	5

2.4.3 情勢変化への対応

2021 年 3 月閣議決定され、2022 年 4 月に施行されたプラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律では、図 2-8 に示すように、プラスチックに関わる製品の「設計・製造」、「販売・提供」、「排出・回収・リサイクル」の取り組みを定めている。



図 2-8 プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律の概要

この中で、「設計・製造」の取り組みの、「製造事業者等が努めるべき環境配慮設計に関する指針を策定し、指針に適合した製品であることを認定する仕組みを設ける」に関して、今後の指針策定を念頭に置き、リサイクル品の製品への積極利用を行うべく商品設計の検討と、容易にリサイクルが出来るプラスチック製品の設計検討を本事業の企業実施者で進める。

3 研究開発成果について

3.1 事業全体の成果

3.1.1 研究開発目標の達成度

各研究開発項目における中間目標に対する達成度および最終目標に対する達成見通しについては以下の表の通りである。

表 3.1-1 各研究開発項目における中間目標に対する達成度

研究開発項目	成果	達成度	今後の課題と解決方針
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。	<ul style="list-style-type: none"> ・雑品プラについて非黒色プラ検出精度 80%以上を達成見込み ・製品別廃プラについて比重差 0.03 の模擬プラ試料選別で回収率 98%以上を達成 ・ロボット選別機 2 基並列方式にて現状比 2 倍の速度を達成見込み 	△ 2023 年 3 月 達成予 定	各センサー情報を組みあわせた識別アルゴリズム構築によるプラ識別精度向上
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（靱性）に再生する。	HDPE や PP では動的なせん断変形でバージン以上に物性が回復することが見いだされた。また LDPE でも 70%の回復が達成できた。また実証研究でも樹脂溜まり部付き押出機での物性向上が実証でき、さらに電動制御マルチゲート成形が安定した物性をもたらすことを確認した。	△ 2023 年 3 月 達成予 定	基礎的には種々の高分子にも適用できる汎用性の確保を行い、これまでのラベルから実証試験機を用いた本格的な検討に着手する。また大型金型でのマルチゲート効果の確認を行う。
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。	<p>触媒分解</p> <ul style="list-style-type: none"> ・広範囲な分子量分布となる生成物への転換率を適正評価する分析手法を確立した。これに基づき、3 P(PE、PP、PS) から C 3 ～9 に 50%以上で転換できることを確認した。 ・新規触媒分解プロセスの概念設計を完了した。 ・易 CR の容器素材の試作・評価を行った。 <p>液相分解</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モノマー回収率 7 割を達成する条件を見出した ・接触した水は PET の加水分解を進め、水相にモノマーが回収できることが確認できた。 	△ 2023 年 3 月 達成予 定	<ul style="list-style-type: none"> ・稼働条件の全体最適化、シミュレーターを活用 ・易 CR 容器包装の試作品の分解実験 ・ベンチ装置の活用 <p>・夾雑物の影響の解明（スタティックミキサー挿入による反応分離性の向上）</p>
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率 60%以上を達成する。	<ul style="list-style-type: none"> ・発電効率と稼働率の向上に資する伝熱管材料の灰付着性低減（従来材比 25%減）および耐化学腐食性向上（従来材比 25%増）を達成した。 ・未利用排熱の有効利用に向けて冷熱製造の基盤技術および冷熱利用システムの総合評価モデルを開発した。 ・総合エネルギー利用率 62.9%を確認 	△ 2023 年 3 月 達成予 定	<ul style="list-style-type: none"> ・実証試験先と実導入先の探索 ・冷熱需要の掘り起こし

3.1.2 最終目標と達成見通し

各研究開発項目における最終目標に対する達成見通しについては以下の表の通りである。

表 3.1-2 各研究開発項目における最終目標に対する達成見通し

研究開発項目	現状	達成見通し
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。	回収率 80%以上、現状比 2 倍の速度での自動選別が達成見込み	開発は順調に進んでおり、2023~2024 年度に予定する装置改良を行うことにより達成できる見通し
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（靱性）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であることを見出し、本研究で取り組んでいるプロセスが汎用的に適用できることが証明された。	・既に 90%以上を達成している樹脂もあり、また実プロセスへのフィードバックも実施していることから十分可能である。
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。	触媒分解 ・高機能触媒の開発方針が明確になり、低分解生成物の二次分解実験（大型）の準備も完了している。 ・新規触媒分解プロセスの概念設計を終えている。易 CR プラ容器素材の評価を完了している。	新規触媒はベンチ装置を活用して開発を加速し、低分解生成物の二次分解実験（ライザーベンチ装置による）と合わせて目標達成できる。 ベンチ装置では実廃プラスチックの分解実験を中心にを行い、パイロットプラントの基本設計は完了できる。 新 CR に適した容器包装の試作も進み、実用の一歩手前までは確実に進む。
	液相分解 ・モノマー回収 7 割を達成し、夾雑物が混入した場合にも同様の収率が得られ、分子量を 7 割維持したポリオレフィンを回収できる条件を見出した。 ・押出機連続プロセスにおいてモノマー回収フィルターシステムでモノマーとマテリアルを分離・回収できた。	・夾雑物から発生する化合物の明確化 ・押出機のスタティックミキサー挿入により反応性向上検討
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。	・灰付着性低減および耐化学腐食性向上をさせた伝熱管材料を見出した。 ・未利用排熱からの冷熱製造の基盤技術および冷熱利用システム評価モデルを開発した。	伝熱管材料の高耐久化による発電効率と稼働率の更なる向上とともに冷熱製造の統合システム構築と冷熱需要の増加により総合エネルギー利用効率の最終目標を達成できる見通し

3.1.3 成果の普及の仕掛け・工夫

研究成果の技術的根拠を学術論文等で報告するとともに、一般へのアピールとしてシンポジウム、セミナー等での成果報告も実施している。

表 3.1-3 各研究開発項目の成果の普及の仕掛け・工夫

研究開発項目	2020年度	2021年度	2022年度	計
①高度選別システム開発	0	2	0	2
②材料再生プロセス開発	1	3	1	5
③石油化学原料化プロセス開発	0	1	0	1
④高効率エネルギー回収・利用システム開発	0	0	0	0
合計	1	6	1	8

2022年9月現在

3.1.4 知的財産権等の確保に向けた戦略・取組

知的財産出願に関して検討を行い、積極的に知財権の取得に努める。

表 3.1-4 各研究開発項目の知的財産権等の確保に向けた取組

	2020年度	2021年度	2022年度	合計
論文（国際誌）	3	5	3	11
論文（国内誌）	1	1	1	3
国際学会発表	7	18	9	34
国内学会発表	14	40	30	84
講演・講座	44	103	55	202
新聞・雑誌等への掲載	5	21	5	31
著書	0	4	1	5

2022年9月現在

3.2 研究開発項目毎の成果（概要）

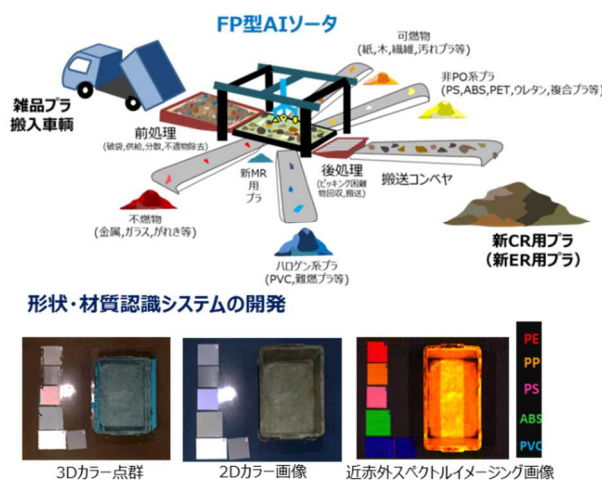
各研究開発項目について開発内容の概要および目標の達成状況を示す。

3.2.1 研究開発項目①（高度選別システム開発）

研究開発項目①では、高度選別システム開発に関し、「フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータの開発」および「高度比重選別システムの開発」に加え、プロジェクトの横断評価として「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」に取り組む。プラスチック以外の廃棄物（紙、木材、金属等）が混在した状態を起点として想定する場合、現状、経済性や選別精度の点から、この段階では人手に頼ることが大半であり、自動化されているケースは少ない。自動化及び処理速度の向上を狙い、複合センシングと機械学習を組み合わせたマテリアルハンドリングの開発を行っている。また、選別後の各種リサイクルプロセスに廃プラスチック原料を適切に供給するには、既存のプラスチック選別よりも高度な選別基準が要求されることを想定し、高精度な比重選別システム開発にも取り組んでいる。

複合センシングと機械学習を組み合わせたマテリアルハンドリングの開発では、仕分け後の荷姿程度のサイズ（0.1～1.0 m程度）を想定したピックアップ機構の開発として、物体に応じた把持方式（三指型、吸引型など）の見極めや制御技術に取り組むとともに、各種センシング（近赤外線吸収スペクトル、テラヘルツ域反射率等）を用い、荷姿に内包された材質の識別を可能とする機械学習モデルを構築している（図 3.2-1）。加えて、さらに選別工程が進んだ状態を想定し、製品・素材といったより小さく、複雑な形状に対して高速な分離・選別を可能にするため、デュアルアームのロボットに多種の把持形式を適用した試験を重ねている。

フィールドピックアップ(FP)型AIソータの開発



「マルチセンサ搭載、搬送コンベヤ連動、吊下げ型6軸ロボットアームシステム」の開発

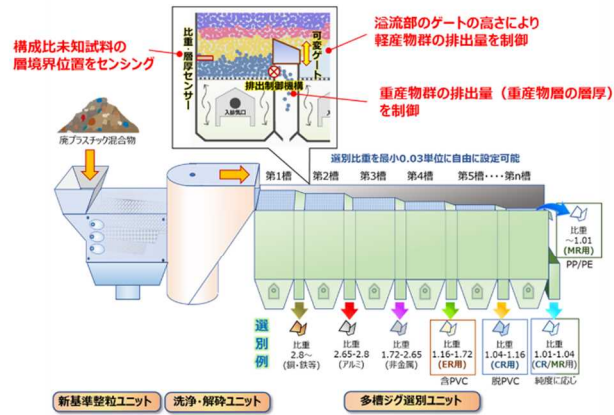


図 3.2-1 「高度選別システム開発（フィールドピックアップ型 AI ソータ）」における開発内容

比重選別システムの開発では、多種多様なプラスチックのサイズ（数 cm 程度）や形状等、投入物の性状の多様性に対応可能な選別装置の開発に取り組んでいる。これまでの検討において、比重選別では、ジグ内に投入される物質の形状・サイズに多様性がある場合、物質固有の比重には必ずしも従わないことがわかっている。さらにプラスチック同士の比重差は非常に小さく、樹脂種毎に選別をするためには、高精度な選別技術が求められる。現在、複数種の樹脂が混合された状態から樹脂種毎に密度差に従って成層化する条件の特定に向け、形状・サイズを考慮した比重選別特性について模擬プラスチック等を用いてデータ蓄積を進めている。さらに、同時に多成分の廃プラスチックの処理を可能にすることを念頭に、ジグを複数並べて設置することで、各樹脂種を段階的に分離・選別をする連続自動運転装置の開発を実施している（図 3.2-2）。

高度比重選別システムの開発

多槽比重選別システムの開発（層厚制御・可変ゲート新機構シグの開発）



高精度比重選別のための成層化基準の開発



図 3.2-2 「高度選別システム開発（高度比重選別システム）」における開発内容

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する(トータルシステム評価)。図 3.2-3 は、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术によって達成されるプラスチック循環を表している。左右の図は、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。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 3.2-4 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する。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。

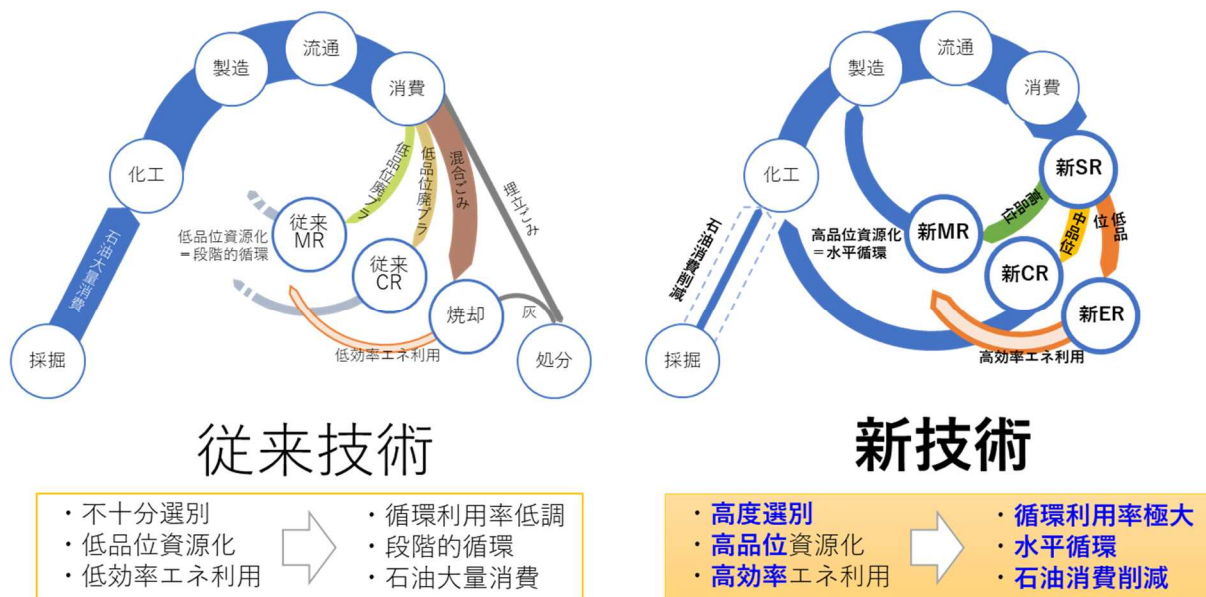


図 3.2-3 従来技術と新技术によるプラスチックのリサイクルシステムの比較

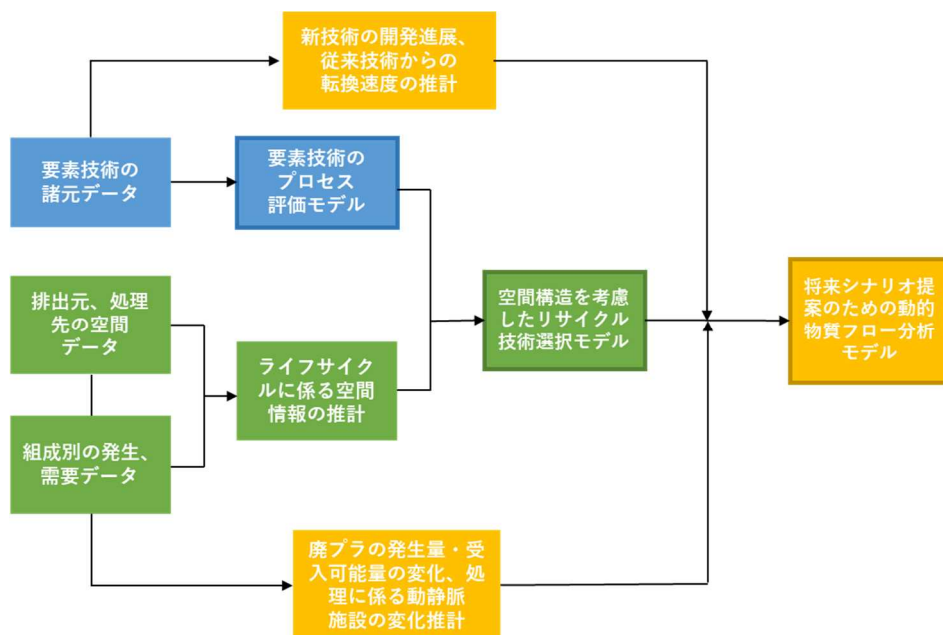


図 3.2-4 プラスチック循環のトータルシステム評価のための要素間の関係

各項目の中間目標、最終目標は以下の通りであり、それらの成果・達成度・今後の課題と解決方法について表 3.2-1 にまとめた。

「フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータの開発」

- 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。

「高度比重選別システムの開発」

- 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・解砕条件や、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・解砕ユニット、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、目標性能を備えた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、大栄環境の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。

「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」

- 中間目標：廃プラ発生量推計の精緻化と、現状の発生量と受入可能量の制約条件のもとでのシナリオの LCA 評価を実施する。
- 最終目標：社会変化を考慮した 2030 年および 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を提示する。

表 3.2-1 各項目の成果・達成度・今後の課題と解決方法

	個別テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方法	最終目標 (2024年度末)	最終成果の見通し
①高度選別システム開発	①-1「フィールドピックアップ(FP)型AIソータの開発」	産廃情報を自動選別に活用するための基盤(雑品プラDB)を構築。雑品プラについて非黒色プラ検出精度80%以上を達成見込み。前処理機構及びロボットピッキング機構を試作、処理速度現状比2倍を達成見込み。	△ 2023年3月達成 予定	各センサー情報を組み合わせた識別アルゴリズム構築によるプラ識別精度向上。	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。	開発は順調に進んでおり、2023~2024年度に予定する装置改良を行うことにより達成できる見通し。
	①-2「高度比重選別システムの開発」	成層化DBを構築し、整粒基準に必要なパラメータを解明。3連の多槽比重選別システム、洗浄解砕装置のベンチスケール機を試作。比重差0.03の模擬プラ試料において、分離効率98%を達成。	△ 2023年3月達成 予定	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。	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。	開発は順調に進んでおり、2023~2024年度に予定する装置改良を行うことにより達成できる見通し。
	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」	新リサイクル技術のLCAを実施するためのプロセス評価モデルを構築済み。技術選択モデルのための排出と処理施設の空間情報を整備しプロタイプモデルを構築済み。	△ 2023年3月達成 予定	他開発チームとコミュニケーションをとることにより、ライフサイクル設計のための最適なチューニングを見出す。また「新技術導入シナリオ」を想定し技術選択モデルによる評価を行う。	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。	十分達成可能である。

3.2.2 研究開発項目②（材料再生プロセス開発）

材料再生プロセス開発では、「物理劣化・再生メカニズムの解明」、「高度再生・成形技術開発と実装化研究」および「製品化の要素開発」の3つの項目に取り組んでいる。廃プラスチックのマテリアルリサイクルでは劣化による物性低下を要因の一つとして、水平リサイクルされることは限定的であり、カスケードリサイクルが主流である。本開発では、廃プラスチックを新品と同等レベルの物性に再生させることを目指し、プラスチックの再生メカニズムの解明・検証を基盤とし、押出機による成形・製品化までの一貫した技術開発を実施している。

再生メカニズムに関し、従来考えられてきた劣化現象に対し、物理劣化・物理再生理論に基づき高分子同士の絡み合いを促すことが物性向上に寄与することを応力履歴と樹脂内部の微細構造を解析することで明らかにし、押出し・成形・加工の各工程における樹脂の物性再生効果について分析・評価環境を整備し、検討を行っている（図 3.2-5）。

プラスチックの再生メカニズムの解明・検証

- ・ 物性低下の主要因は化学劣化ではなく内部構造変異による物理劣化
- ・ 成形法の最適化により、物性はバージン並みに向上する

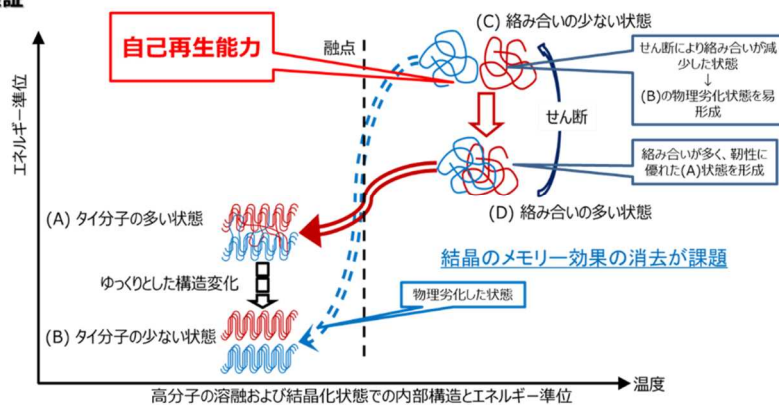


図 3.2-5 「材料再生プロセス開発（再生メカニズムの解明・検証）」における開発内容

このメカニズムをペレット製造へ応用するに当たり、既存の押出機に樹脂溜まりという押出機内で熔融樹脂の過度の成形履歴を緩和する機構を追加した装置を用いた検証を実施している。これまでの検討からラボスケールの樹脂溜まり付き押出機において複数の樹脂で物性（破断伸び、靱性等）の向上が確認でき、今後、押出機のスケールアップ等の取り組みが期待される段階にある。

成形・加工段階については、射出成形条件が物性値を大きく支配していることが基礎的な評価によって明らかになってきた。このため、ラボスケールでの検証で得られた物性向上の条件を反映させるため、成形・加工時の金型内部で流動制御を可能とする装置開発に取り組んでいる。

再生材の実製品への適用可能性の見極めに向け、企業と共同した試行も同時に展開しており、フィルム、ボトル、家電製品等での本技術で製造した樹脂の適用可能性について、前処理として異物除去の必要性等を含めて検討を進めている（図 3.2-6）。

プラスチックの再生プロセスの開発

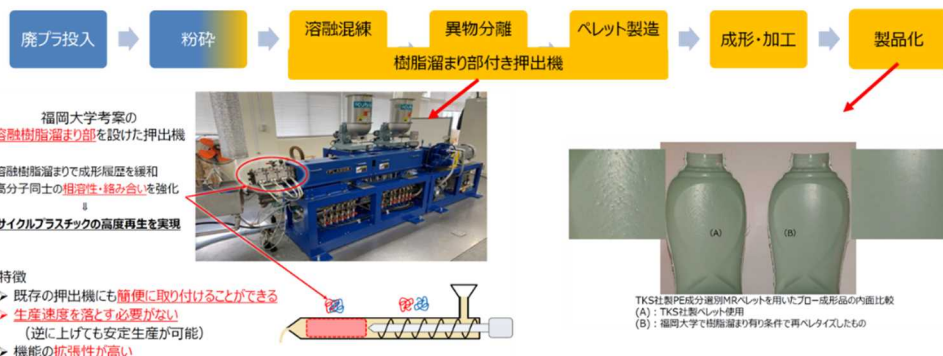


図 3.2-6 「材料再生プロセス開発（押出機～製品化プロセス）」における開発内容

各項目の中間目標、最終目標は以下の通りであり、それらの成果・達成度・今後の課題と解決方法について表3.2-2にまとめた。

「物理劣化・再生メカニズムの解明」

- 中間目標：物理劣化・再生理論の確立、バージン比較 70%の靱性
- 最終目標：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（靱性）再生手法の確立

「高度再生・成形技術開発と実装化研究」

- 中間目標：ペレタイズ条件の検証、高性能押出機の試作、金型も含めた成形条件検証
- 最終目標：実生産に供することの可能な大型高性能押出機的设计方針を確定・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

「製品化の要素開発」

- 中間目標：3割の企業で製品化の目途達成
- 最終目標：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

表 3.2-2 各項目の成果・達成度・今後の課題と解決方法

	個別テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方法	最終目標 (2024年度末)	最終成果の見通し
②材料再生プロセス開発	②-1「物理劣化・再生メカニズムの解明」	・物理劣化・再生理論を実験的に確立した ・バージン比較70%以上の靱性再生を達成した ・高分子の結晶化シミュレーション手法を構築した	○	・全ての高分子種に適用できる汎用性の確保と構造から物性を推定する定量性の確保 →粘弾性（最長緩和時間）、分子構造、分子量（分布）との関連性の検証と関連などの確認、シミュレーション手法の確立 ・製品化を加速するための、基礎的側面からのサポート研究 →成果を広げるための対外的な広報活動と指導体制の構築	・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（靱性）再生手法の確立	既に90%以上を達成している樹脂もあり、またプロセスへのフィードバックも実施しているため、十分に達成可能である
	②-2「高度再生・成形技術開発と実装化研究」	・樹脂溜まり部付き押出機での高性能ペレタイズ条件の検証を実施 ・高性能押出機の試作 ・金型試作も含めた電動制御マルチゲート成形条件検証を行い良好な結果を得た	○	・実証試験機を用いた本格的な検討 →種々のリサイクルプラスチックを用いた試作と試供品の頒布 ・実証試験機のさらなる高機能化 →ラボ試験機のさらなる高度化と、実証された機能の実証機への追加と検証 ・大型金型での電動制御マルチゲート効果の確認	・実生産に供することの可能な大型高性能押出機的设计方針を確定 ・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	・ラボ機から実証機へのスケールアップ実績から可能である ・大型金型の導入により可能である
	②-3「製品化の要素開発」	要因分析などは良好に実施され、一部量産化検討へ推移 製品化検討は23年度以降の課題	△ 2023年3月達成見込み	・製品化の障壁になっている課題の整理 ・大学・他メンバー企業との協業体制の促進	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	製品化のスペックは概ねクリアしている 今後の社会情勢・規制の緩和・消費者動向に依存すると考えている

3.2.3 研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/触媒分解）

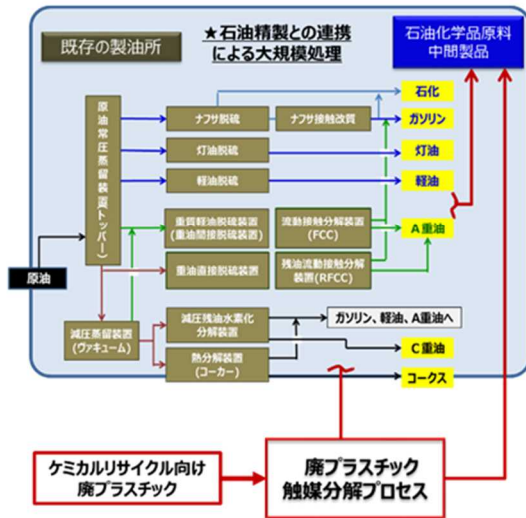
石油化学原料化プロセス開発（触媒分解）では、「プラスチック分解触媒開発」、「触媒分解プロセス開発」、「生成物の回収技術開発」および「新 CR 適合型プラスチック開発」の4つの項目に取り組んでいる。

マテリアルリサイクル手法に対し、廃プラスチックの再資源化では汚染度や材料劣化に応じ、ケミカルリサイクルが有効となりうる。本開発では廃プラスチックを化学品原料への転換技術とともに、将来的な国内分布や大規模処理の拠点となりうる点を考慮し、既存の石油精製・石化設備の既存原料との共処理を目指した技術開発を実施している。転換手法としては、ゼオライトを用いる触媒分解（2020 年度開始）と超臨界水を用いる液相分解（2021 年度開始）の二つの要素技術の開発を進めている。

触媒分解においては、ゼオライトを階層構造化することで高機能を発現させ、廃プラスチック分子量を段階的に低分子化する新規触媒分解プロセスの開発に取り組み、基礎化学品への転換率を最大化する分解温度等の評価を進めている。プロセス開発において、触媒分解に廃プラスチック原料が投入されるまでの前段階工程として、溶解・溶解した液状プラスチックの物性を評価し、夾雑物、充填材等の分離工程を含むプロセス設計を検討しており、現在、図 3.2-7 に示すように投入される廃プラスチック原料の触媒分解の難易度について概念を整理し、効率的な処理スキームの検討を進めている。本触媒分解プロセスで基礎化学品にまで分子量が低下しない生成物は、製油所のプロセスで二次分解することによって基礎化学品に転換する点も本技術開発の特徴であり、これらを総合して新規開発する触媒分解プロセスの最終形を決定する。また、本開発ではケミカルリサイクルに適合するプラスチック容器包装の開発も進めており、資源配慮設計による静脈産業と動脈産業の協調も視野にした取り組みを進めている。

石油化学原料化プロセス開発

既存の石油精製・石化設備等を活用した触媒分解プロセスの開発



触媒分解プロセスの開発におけるプロセスフローと検討課題

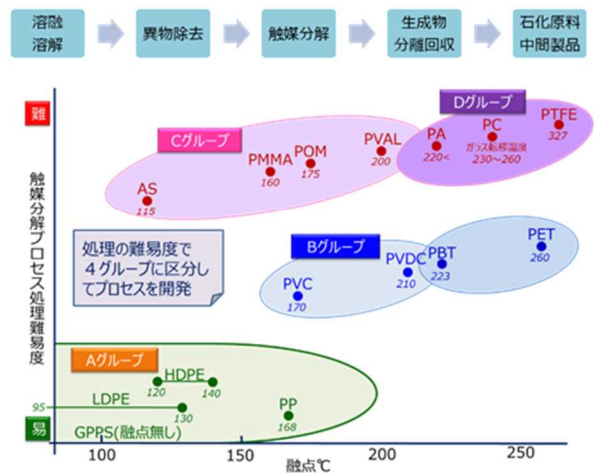


図 3.2-7 「石油化学原料化プロセス開発（触媒分解プロセス）」における開発内容

各項目の中間目標、最終目標は以下の通りであり、それらの成果・達成度・今後の課題と解決方法について表 3.2-3 にまとめた。

「触媒分解プロセス開発」

- 中間目標：パイロットプラントの概念設計を完了する。
- 最終目標：パイロットプラントの基本設計（FEED：Front End Engineering Design）を完了する。

「プラスチック分解触媒開発」

- 中間目標：3P それぞれを触媒分解するための溶媒と触媒および適切な反応温度を明らかにし、石油化学原料への転換率 50%を達成する。
- 最終目標：適度な酸性活性点と階層構造を有する触媒を開発し、3P それぞれの石油化学原料への転換率 70%を達成する。

「生成物の回収技術開発」

- 中間目標：低分解生成物の MAT 等での評価を完了し、触媒分解プロセスからの低分解生成物をライザーベンチプラントで確実に評価するための条件を見出す。
- 最終目標：触媒分解プロセスによる原料廃プラスチックの分解と、FCC/RFCC による低分解生成物の二次分解を総合し、石油化学原料等への転換率を最大にする稼働の組合せを見出す。

「新 CR 適合型プラスチック開発」

- 中間目標：オレフィン化による最適な複合素材からなるプラスチック製容器包装を 5 種類以上試作し、開発の方向性を決定する。
- 最終目標：機能を損なわない新 CR 適正の高いプラスチック製容器包装の設計を完了する。

表 3.2-3 各項目の成果・達成度・今後の課題と解決方法

	個別テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方法	最終目標 (2024年度末)	最終成果の見通し
③石油化学原料化プロセス開発	③-1-1 「触媒分解プロセス開発」	3Pを石油化学原料に転換する、新規開発プロセスの概念設計をほぼ終了した。PETやPVCあるいは充填材の混入にも対応できるプロセスとしている。	○	パイロットプラントの基本設計を行う。ベンチ装置による実廃プラスチックと開発触媒による実験を速やかに行う。	パイロットプラントの基本設計（FEED：Front End Engineering Design）を完了する。	目標通り、パイロットプラントの基本設計を完了できる。
	③-1-2 「プラスチック分解触媒開発」	市販のβゼオライト触媒で石油化学原料への転換率 50%以上を達成できることを確認し、新規触媒開発の方針（酸性活性点と細孔分布）も明確にした。触媒の試作・評価を開始した。	○	プラスチック分解に最適な酸性活性点と細孔構造を持つ触媒の開発を行う。低分解生成物のFCC/RFCCでの分解評価と連携して、開発触媒の最適化を図る。	プラスチック分解に最適と考えられる、パイロットプラントの初期採用触媒を開発する。	目標通り、パイロットプラントの初期採用触媒を開発できる。
	③-1-3 「生成物の回収技術開発」	低分解生成物をMAT評価し、FCC/RFCCで十分分解できることを確認し、大型オートクレープでライザーベンチ（RBと記す）実験用の原料の生産体制を整える。	△ 2023年3月未達成 見込み	RB実験で低分解生成物のFCC/RFCCにおける分解パフォーマンスを評価する。開発触媒に相当する実験用触媒を探索し、大型オートクレープによってRB実験用の原料（低分解生成物）を製造する。	触媒分解プロセスによる原料廃プラスチックの分解と、FCC/RFCCによる低分解生成物の二次分解を総合し、石油化学原料等への転換率を最大にする稼働の組合せを見出す。	目標通り、石油化学原料等の転換率を最大化する、触媒分解プロセスとFCC/RFCCの稼働の組合せを、指針と言う形で提供できる。
	③-1-4 「新CR 適合型プラスチック開発」	容器包装プラスチックの成分の網羅的な調査を進め、新CRに適性な容器包装の開発の方向を明確にし、素材の試作を行った。	△ 2023年3月未達成 見込み	容器包装の製品を試作・評価し、市場に提供できるものを製造する。試作品のベンチ装置での分解実験により、新CRの適正を確認する。	機能を損なわない新CR適正の高いプラスチック製容器包装の設計を完了する。	目標通り、新規の容器包装の設計ができる。

3.2.4 研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/液相分解）

「石油化学原料化プロセス開発」（液相分解）においては、「液相分解によるモノマー回収条件の探索」および「連続プロセスの開発」の2つの項目に取り組んでいる。液相分解においては、超臨界水に対するプラスチックの加水分解性の違いを利用し、包装材やボトルといった複合・複層材料などを対象に石油化学原料となるモノマー類の高収率な転換および高純度回収する連続プロセスを開発する。この際、加水分解性プラスチックとして、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリアミド（PA）を想定し、非加水分解性プラスチックに対しては、液相中での追加的な分解反応を施し、ポリオレフィンを特定の分子量に低分子化する分子量制御技術を開発することで、廃プラスチックからモノマー類の総合的な転換率を評価する（図 3.2-8）。現在、各種複合素材に対する液相分解性について、小型回分装置を用いて、樹脂単体もしくは複数混合状態でのモノマー類への転換率評価を進めている。同時に、連続プロセスとして、東北大学に設置した押出機を用い、連続的な反応・分離・回収プロセス実験を重ねつつ、ベンチスケール機の製作に向けたスケールアップ検討を行っている。また、夾雑物や異物に対する前処理技術の検討を含め、廃プラスチック特有の事象への影響評価と対策について開発を進めている。

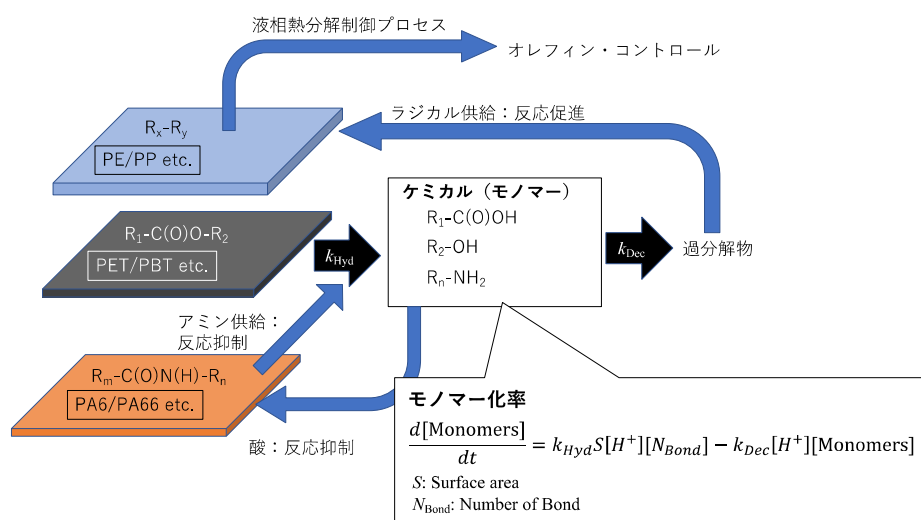


図 3.2-8 対象のプラスチックとその分解プロセス

各項目の中間目標、最終目標は以下の通りであり、それらの成果・達成度・今後の課題と解決方法について表 3.2-4 にまとめた。

「液相分解によるモノマー回収条件の探索」

- 中間目標：PET、PA それぞれから 7 割以上回収できる条件を見出す。同条件で PET/PE、PA/PE フィルムからも同回収率でモノマーを得る。基材となる PE は分子量を 7 割維持して回収できることを確認する。温度を制御することで、PE の分子量分布を 1/2～1/10 へと変化させる。
- 最終目標：モノマー収率を 7 割以上とするとともに、ポリマーへリサイクルできることを確認する。ポリマーとして回収されたポリオレフィンがフィルムとして再生できることを確認するとともに、オリゴマーも潤滑性能や流動性に依拠した用途を開発する。

「連続プロセスの開発」

- 中間目標：フィルムの破碎手法としてロールミルが適しており、スクリーンに 2 mm メッシュを選定し安定して、フィルム破碎物を得る。押出機を用いた連続プロセスにおいて、モノマー回収フィルターエレメントにて溶解 PET/PE に液相の水を接触させる。接触した水は PET の加水分解を進め、水相にモノマーが回収できることを確認する。
- 最終目標：金属蒸着膜を事前に 3 割程度除去できることを確認し、プロセス負荷を低減する。またスタティックミキサーエレメントとフィルターポアサイズを最適化することでモノマー収率および回収率を高め、モノマー収率 5 割および回収率 3 割を達成する。

表 3.2-4 各項目の成果・達成度・今後の課題と解決方法

	個別テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方法	最終目標 (2024年度末)	最終成果の見通し
③石油化学原料プロセス開発	③-2-1 「液相分解によるモノマー回収条件の探索」	PET、PA それぞれから 7 割以上回収できる条件を見出した。同条件で PET/PE、PA/PE フィルムからも同回収率でモノマーが得られた。基材となる PE は分子量を 7 割維持して回収できることを確認した。温度を制御することで、PE の分子量分布を 1/2～1/10 へと変化させることができた。	△ 2023年3月 達成見込み	さらに高いモノマー収率を達成する条件の探索を継続しつつ、顔料などの夾雑物がモノマー収率に与える影響を明らかにする。PE の分子量をより広範囲かつ任意に制御しつつ、得られたポリオレフィンの用途開発を継続する。	モノマー収率を 7 割以上とするとともに、ポリマーへリサイクルできることを確認する。ポリマーとして回収されたポリオレフィンがフィルムとして再生できることを確認するとともに、オリゴマーも潤滑性能や流動性に依拠した用途を開発する。	ポリマー原料として利用するための重要な点はモノマー純度を高めることであると認識し、不純物・夾雑物・オリゴマーなどを適宜処理・除去することで、純度向上を達成し目的を達成する。ポリオレフィンに関して、夾雑物・不純物を除去することで、フィルムとして十分な性能を発揮できることを確認する。
	③-2-2 「連続プロセスの開発」	フィルムの破碎手法としてロールミルが適しており、スクリーンに 2 mm メッシュを選定し安定して、フィルム破碎物を得られた。押出機を用いた連続プロセスにおいて、モノマー回収フィルターエレメントにて溶解 PET/PE に液相の水を接触させることに成功した。接触した水は PET の加水分解を進め、水相にモノマーが回収できることが確認でき、その有用性を確認した。	△ 2023年3月 達成見込み	今後、金属蒸着膜の事前分離などの手法も含め、破碎フィルムの連続プロセス供給システムを検討する。モノマー回収フィルターエレメントにスタティックミキサーを挿入したモジュールの適用などを検討し、連続プロセスにおけるモノマー回収率 5 割を目指す。また 400℃、25MPa 程度まで反応させ、分子量制御したポリオレフィンを連続生産し、その用途開発を推進する。	金属蒸着膜を事前に 3 割程度除去できることを確認し、プロセス負荷を低減する。またスタティックミキサーエレメントとフィルターポアサイズを最適化することでモノマー収率および回収率を高め、モノマー収率 5 割および回収率 3 割を達成する。	金属事前除去プロセスおよびモノマー回収フィルターシステムに対し、ポアサイズおよびエレメント構造を最適化することにより金属除去およびモノマー生成・回収率が向上できると考える。

3.2.5 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）

高効率エネルギー回収・利用システム開発においては、「高温ダークガスに対応可能な高効率・高耐久な伝熱管材料の開発」、「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」および「総合熱利用システムの評価技術開発」の3つの項目に取り組んでいる。

マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルの開発を進める一方で、高い汚染度等、再生処理が困難なものに対しては、エネルギー回収による手法が有効である。とくに、他の再資源化技術の普及に伴い、エネルギー回収に投入される廃プラスチックの集合体は他のプロセスで忌避物質とされる物質が濃縮していることが想定できる。本開発では、その課題解決を念頭におきつつ、エネルギー効率向上に対して高温の排熱を回収し有効利用するための技術開発に取り組んでいる。加えて、単純焼却をゼロにするためには低温排熱も回収する必要がある、本開発ではこの低温排熱を用いた冷熱製造技術の開発にも取り組んでいる。

廃プラスチックに含まれる忌避物質等が濃縮した状態での燃焼を想定すると、焼却炉内での熱交換器の腐食と灰付着の対処等の耐久性の向上が重要となる。本開発では伝熱管表面に新規材料を用いて改質する技術開発に取り組んでおり、高濃度な HCl、SO₂ を含む高温ガスによる化学腐食と焼却灰付着を抑制可能な耐久性のある材料開発を実施している。これまで金属系とセラミック系の候補材料に対し、熔融灰との濡れ性もしくは腐食減量測定をラボスケールで評価するとともに熱力学平衡論を用いた理論解析を行うことで、実験と理論の両面から材料選定を進めており、今後、表面改質技術の開発とともに模擬ガスを用いた適用可能性の検証を進める予定である（図 3.2-9）。

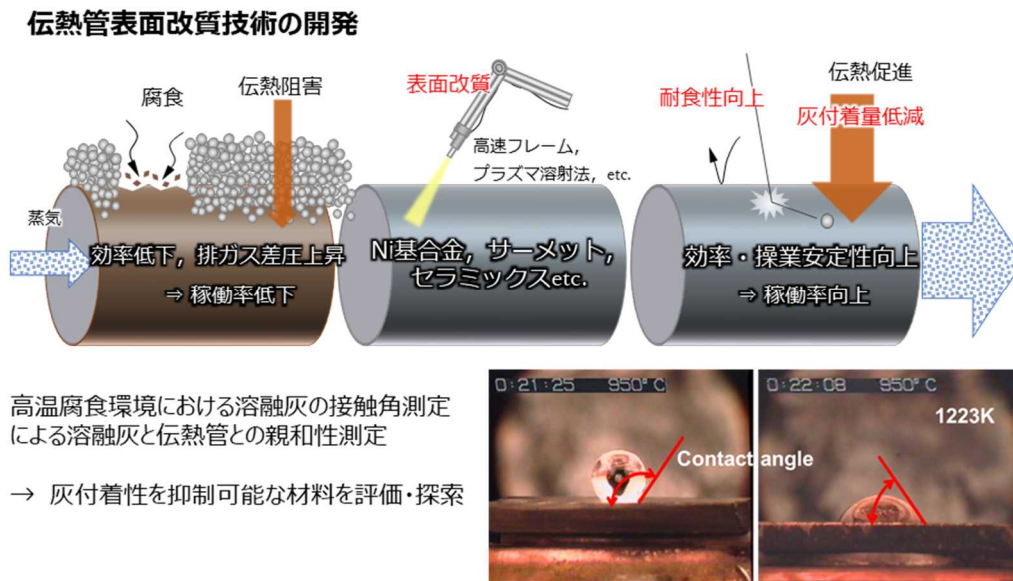


図 3.2-9 「高効率エネルギー回収・利用システム開発（表面改質技術）」における開発内容

また、廃プラスチックの燃焼時の未利用な低温排熱を回収・利用する手法として、回収した低温排熱を利用した冷熱製造に関する基盤技術の開発に加え、廃棄物処理設備と冷熱需要地の距離が離れたケースを想定した要素技術の開発も実施している。前者の基盤技術の開発としては、低温排熱を利用可能な熱駆動型冷熱製造装置における新規な冷媒と作動液を用いた熱サイクルの設計および装置の試作、冷熱需要向けの氷スラリー製造技術の開発を実施している。一方、後者の遠隔地向けの熱需要においては、粒子状ハスクレイを用いた水蒸気の吸脱着のための熱交換技術の開発に取り組んでいる。現在、これらの要素技術のスケールアップとともに、多様化する熱需要に対し、総合的な熱利用の評価を可能とするため、冷熱需要地と輸送形態等を考慮した CO₂ 削減量・経済性試算のツール開発にも取り組んでいる。

各項目の中間目標、最終目標は以下の通りであり、それらの成果・達成度・今後の課題と解決方法について表3.2-5にまとめた。

「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」

- 中間目標：従来材料（SUS310S）に対し、灰付着性を25%以上低減および耐食性を25%以上向上
- 最終目標：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。

「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」

- 中間目標：氷点下冷熱が製造可能な吸収冷凍機の各部作動液の状態を予測できる手法を開発する。製氷能力3~4kWの冷熱出力の試験機を設計・製作し氷点下冷熱が連続製造可能なことを実証する。製氷能力3~4kWの氷スラリー製氷機の運転を実証し氷分率30%以上で氷スラリーの流動性を維持する。乾燥能力3kWの乾燥装置を製作し連続運転が可能であることを確認
- 最終目標：4kW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。

「総合熱利用システムの評価技術開発」

- 中間目標：物流業界や空調などの冷熱需要の調査を完了。一般廃棄物処理施設と産廃処理施設の余熱利用状況の調査を完了。具体的な2~3の事例検討対象を選定し試作したシステム評価ツールによって熱マネジメントを実施
- 最終目標：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。

表 3.2-5 各項目の成果・達成度・今後の課題と解決方法

個別テーマ	成果	達成度	今後の課題と解決方法	最終目標 (2024年度末)	最終成果の見通し
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	○	開発した金属系およびセラミック系材料の施工法によっては、材料薄膜の緻密性が低く、腐食性ガスが薄膜下の母材を化学腐食する可能性がある。よって、施工法を検討し薄膜の緻密性の向上を行って、接触角試験および灰付着実験を行い、難灰付着性と耐化学腐食性の両方が維持されていることを確認する。	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。	金属材料系およびセラミック系材料の施工法に関して緻密性を向上可能な方法にある程度目処がついてきたことから、当初の最終目標を達成できるものと考えている。また、開発した金属系およびセラミック系材料施工伝熱管のテストピースを実機の産業廃棄物焼却炉の熱交換部に実装して頂けるプラントも確保し、実証に必要な各種データを取得する予定もあり、最終目標を達成できる見通しである。
	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	△ 2023年3月達成見込み	熱駆動の吸収式冷凍機は氷点下冷熱の温度安定性をさらに長期間確認する。氷スラリー製造装置では氷点降下の無い添加物質で安定的な氷スラリー製造を確認する。吸着剤蓄熱では平衡含水率近傍の乾燥時間を最短にして高温排ガスの削減を図る。	4kW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。	4kW級製氷システム（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）の実証運転を行い、スケールアップした実証試験の導入先の候補地を設定する。このことで冷熱需要と排熱需要が拡大し、最終目標を達成できる見通しである。
	④-3 総合熱利用システムの評価技術開発	△ 2023年3月達成見込み	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、①大都市モデル、②中核都市モデル、③地域モデルにおいて、2~3の事例研究を本モデルを用いて実施する。	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の完成度を高め、そのツールを活用して、新たな物流業界や漁港（鮮魚輸送も含む）での水需要・氷点下冷熱需要により、熱需要の掘起こしが可能になり、排熱需要が拡大し、最終目標を達成できる見通しである。

4 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

4.1 事業全体・成果の実用化に向けた戦略

本事業における実用化の定義として、『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』とし、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。

プラスチック資源循環戦略では、リユース・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、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ることを目指すとともに、サーマルリサイクルは「リサイクルによる再生利用が技術的・経済的な観点等から難しい場合」の手段として位置づけ、今後の廃プラスチックの循環利用を促進することが掲げられている。また、「リユース・リサイクル」に関して、「2030年までに容器包装の6割をリユース・リサイクル」、「2035年までに使用済みプラスチックを100%リユース・リサイクル等により、有効利用」がマイルストーンとして掲げられている。

本事業では、2030年でMR：86万トン、CR：87万トン、ER：108万トンに向けて必要な技術開発というアウトカム目標を掲げており、これらの関係を以下のイメージとして示すように、「既存技術の先行的な普及」と「高度化技術の新規投入・置き換え」を組み合わせた技術導入が必要であることを前提として、後者の寄与として各項目での技術開発を実施している。以下、廃プラスチックの国内循環に関連する情報を本事業開始後に改めて整理すると共に、本技術開発成果の実用化によるアプローチの位置づけを示す。

4.1.1 背景

日本で排出される廃プラスチックは、2000年頃は約1000万tであったが、無駄なプラスチック容器の削減、景気の長期低迷、および人口減少等の影響で2020年には822万tまで減少した（図4.1-1）¹。二酸化炭素等の温室効果ガスの排出削減、およびマイクロプラスチックの発生を抑制するため、日本では2019年にプラスチック資源循環戦略が策定され、2030年までに容器包装プラスチックの6割をリユース・リサイクルし、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して定められた。これらの国の方針を受け、本プロジェクトでは、2030年までにマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、およびエネルギー回収で新たにそれぞれ86万t、87万t、108万t処理することが目標と掲げられている。

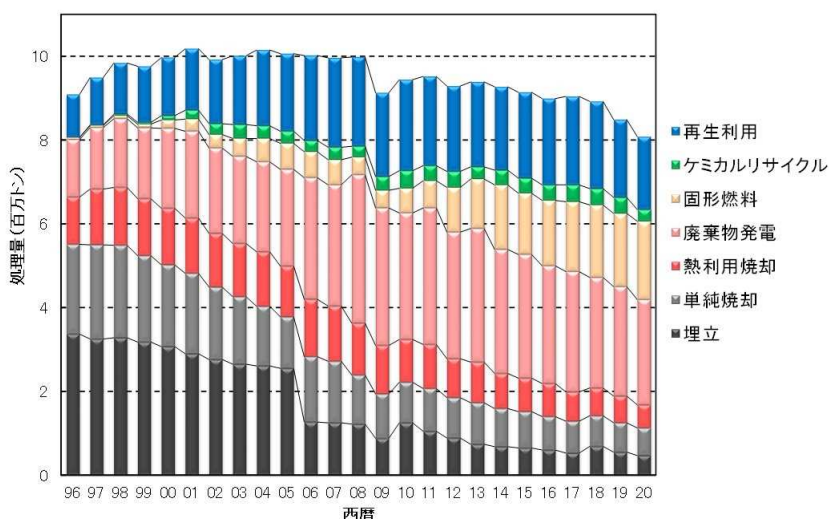


図 4.1-1 日本の廃プラスチック排出量

廃プラスチックの処理法には、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、およびエネルギー回収の3つの手法があるが、技術的な特徴から受け入れられる廃プラスチックにはそれぞれ特徴がある。本項では、多くのデータが入手できる2019年の統計に基づき、2030年に目標の廃プラスチック量を処理するためのシナリオを検討する。

4.1.2 廃プラスチックの排出元と各廃プラスチックの特長

廃プラスチックは、事業者から排出される産業系廃プラスチックと、家庭あるいは小規模事業者から排出される一般系廃プラスチックに分類され、それぞれ 412 万 t および 438 万 t 排出されている。また廃プラスチックの内訳は、容器包装類が 397 万 t (46.8%) と最も多く、次に電気電子機器や電線類が 162 万 t (19.1%)ⁱⁱ、家庭用品が 71 万 t (8.3%) となっている。本研究では、既存のデータを元に、各廃プラスチックの分類を更に細分化した(図 4.1-2)。

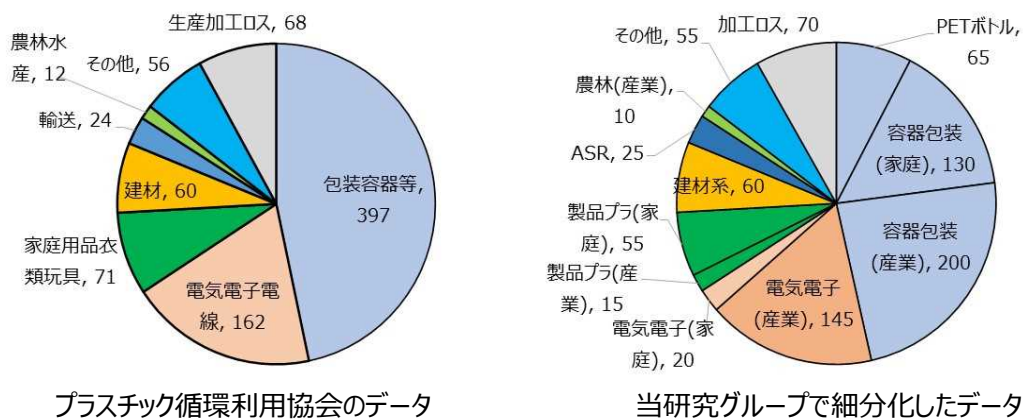


図 4.1-2 廃プラスチックの内訳 (2019 年)

プラスチックの物性は、異種のプラスチックやインクや接着剤等の異物が混入すると著しく劣化することが知られており、マテリアルリサイクルには一つの種類のプラスチックの含有率が高い廃プラスチックが適している。一方、ケミカルリサイクルでは、PET、PVC、ウレタン、ナイロン、無機物、金属等が混入するとトラブルを起こし易い。各廃プラスチックの特長を示すため、3P (ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン) の含有割合と、ケミカルリサイクルに不適と見なされる物質の含有割合、および排出量との関係を図 4.1-3 に示す。

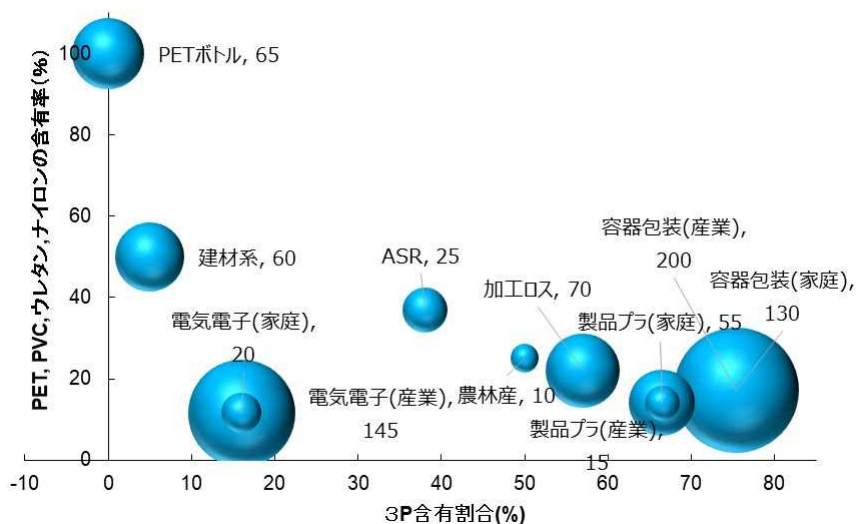


図 4.1-3 3P の含有割合とケミカルリサイクルに不適と見なされる物質の含有割合および排出量との関係

本研究のマテリアルリサイクル (新 MR) やケミカルリサイクル (新 CR-1 (触媒分解法)、新 CR-2 (超臨界分解法))、およびエネルギー回収 (新 ER) の対象となる廃プラスチックは、リサイクルのし易さ、排出量の規模、選別の可能性等から、産業分野から排出される容器包装プラスチック (200 万 t)、家庭や産業から排出される製品プラスチック (70 万 t)、加工ロス (70 万 t) と考えられる。また今後の選別技術の向上に伴って、電気電子機器 (165 万 t) 等も有力な候補になると考えられる。

4.1.3 容器包装プラスチックの利用

容器包装プラスチックは全体で約 400 万 t あり、一般家庭から 135 万 t が排出されⁱⁱⁱ、PET ボトルが 65 万 t^{iv}で、残りの 200 万 t は産業分野から排出されていると考えられる(図 4.1-4)。一般家庭からは排出される容器包装プラスチックの中で、容器包装リサイクル協会が引き取る量は約 70 万 t に過ぎず、残りの 65 万 t は各家庭から厨芥と一緒に排出されて自治体のゴミ処理施設で焼却されている。将来はこれらの廃プラスチックもリサイクルする必要があるが、現時点で回収ルートがない。容器包装リサイクル協会に引き取られた廃プラスチックの中で、実際にマテリアルリサイクルあるいはケミカルリサイクルされる廃プラスチックはそれぞれ 19 万 t および 27 万 t に過ぎず、24 万 t は除外され RPF 等としてエネルギー利用されている。これらの廃プラスチックには 3P が 50%程度含まれているので^v、10 万 t は新 CR-1 で、残りの 14 万 t は新 ER で処理できると考えられる。また 2022 年 4 月に施行されたプラスチック資源循環法では、家庭から排出されるポリバケツ等の製品プラスチックの回収およびリサイクルを奨励している。これらの製品プラスチックには硬質で PP、PE、PS がそれぞれ 23%、36%、7%含まれており^{vi}、従来の容器包装類と比べて 3 次元品（ボトル等）が多いが既存の手法で十分選別することが可能であり、本研究で開発するマテリアルリサイクル（新 MR）、ケミカルリサイクル（新 CR-1）、エネルギー回収（新 ER）にそれぞれ 15 万 t、15 万 t、25 万 t 供給できると推計できる。

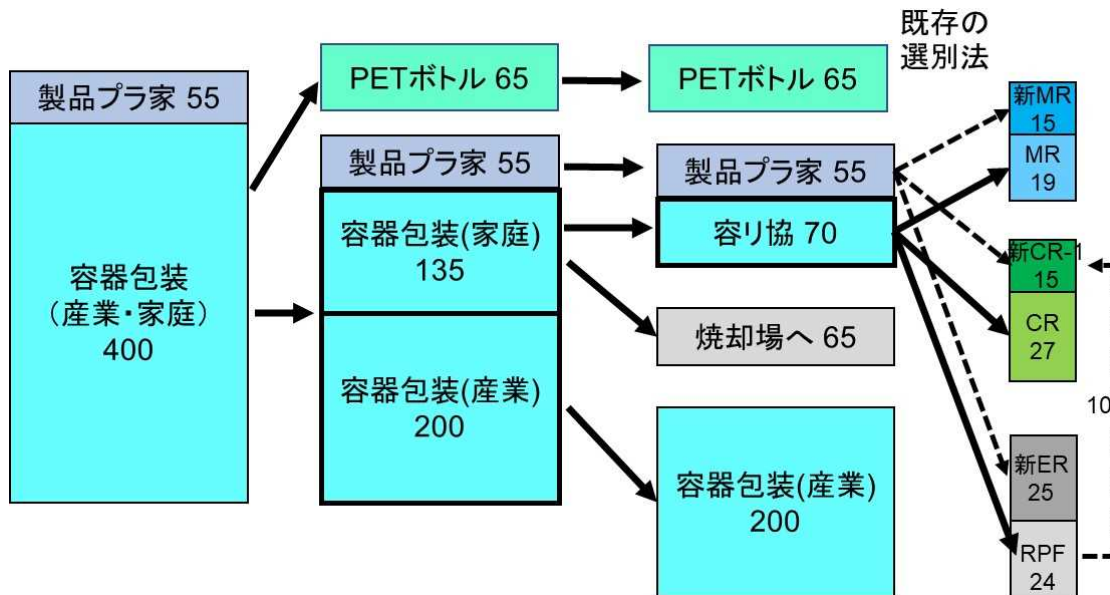


図 4.1-4 容器包装プラスチックの流れ

容器包装プラスチックには、PET シートの容器や、PET フィルムを使用した多層材が含まれており、産業用として排出される廃プラスチックにもそれぞれ 20 万 t および 40 万 t 含まれていると推算される (図 4.1-5)^{vii}。新 SR で開発している選別法を用いると、単層材と多層材をより高精度で選別することが可能であり、前者は新 MR で、後者は新 CR-2 で処理できると考えられる。PET シートや PET フィルムを含む多層材を除いた 140 万 t の内訳を図 4.1-6 に示す。従来の選別技術で単一素材に容易に分けられるものが 55 万 t 程度で、残りの 85 万 t が新 CR-1 で処理できると考えられる。

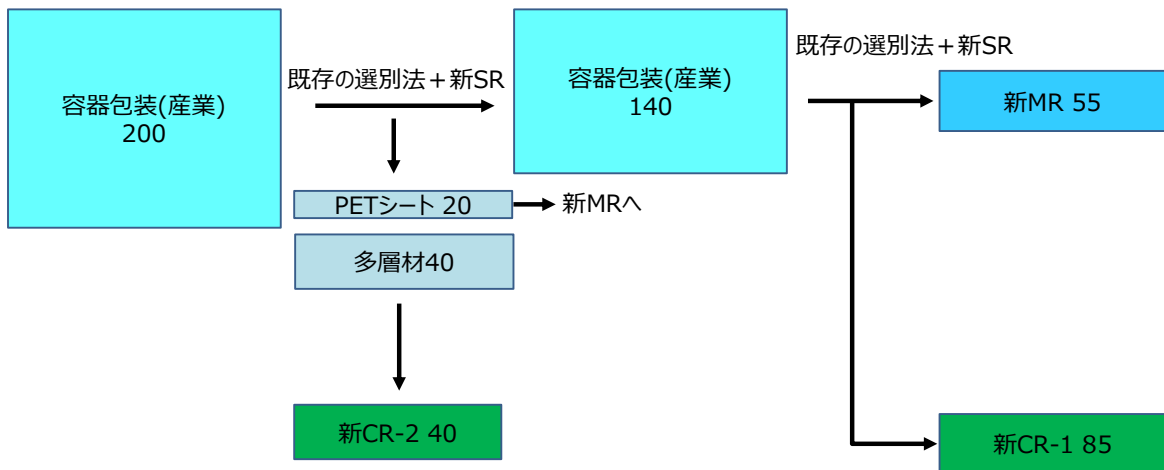


図 4-1.5 産業から排出される容器包装プラスチックの処理

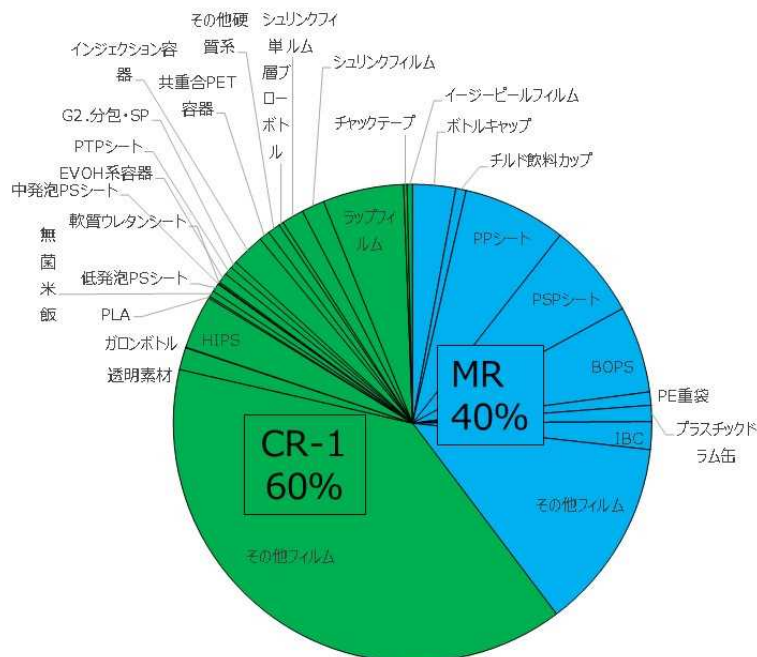


図 4.1-6 容器包装プラスチックの内訳 (PET ボトル、PET シート、多層材を除く)

4.1.4 容器包装プラスチックの利用

加工ロスの詳細は不明であるが、工場の立ち上げや立ち下げ時に排出される製品や、誤印刷製品等が多い。日本 RPF 協会からのヒアリングによると、品質は高いが不定期に排出されるために利用し難く、比較的多くが RPF の原料として利用されている。回収ルートが確立されれば、新 MR、新 CR-1、新 ER にそれぞれ 20 万 t、20 万 t、30 万 t 程度供給できると考えられる。

4.1.5 電気電子機器や ASR の利用

産業および家庭から排出される電気・電子機器や電線・ケーブルおよび機械類には、約 165 万 t のプラスチックが含まれていると推計されているが、これまでは単価の高い金や銅等の金属の回収が主目的として回数・選別プロセスが組み立てられてきた。使用済み電気電子機器は全国で約 250 万 t 排出され、その内プラスチックは約 60 万 t 含まれていると推計される。しかし実際に回収されているプラスチックは、家電リサイクル法で集められた 17 万 t 程度に過ぎない。また小型家電製品は全体で約 10 万 t 回収され、2.4 万 t のプラスチックが含まれているが、

大部分が RPF 等の原料としてエネルギー回収されている。この他に電線の被覆材として 30 万 t、産業用機器に 50 万 t 含まれていると推計されるが、現状では金属を回収した後、エネルギー回収や埋め立て処理されていると考えられる。本研究では、金属や雑品が多く含む産廃系廃棄物からサイクルに利用できるプラスチックを回収する新しい選別技術を開発しており（新 SR）、今後、既存の金属回収システムに組み込むことにより、新 MR や新 CR-1 にそれぞれ 10 万 t 程度供給できると推計される。

4.1.6 その他のプラスチック

使用済み自動車から回収される ASR は約 60 万 t あり、その約 75%は有機物で、現在、大部分がエネルギー回収されている。ASR 含まれる有機物の中でサイクルに適した素材は PP 製のバンパーや内装材で全体の約 40%程度で、将来的には新 MR や新 CR-1 へ 10 万 t ずつ供給できると期待される。一方、ゴム、繊維、ウレタン等は新 ER で処理することになると考えられる。

農業用プラスチックとしては、温室等に使用されているフィルム材が多く、PVC は高い割合で回収されマテリアルされている。一方、ポリオレフィン系のプラスチックの多くはエネルギー回収されている割合が高いが、今後は新 CR-1 に対象になりえると考えられる。

建築系廃プラスチックには瓦礫が多く混入しており、現状で新 ER での処理が妥当と考えられる。しかし今後の新 SR の技術開発により、MR や CR への利用も十分可能と考えている。

4.1.7 まとめ

本研究で新しく開発する新 MR、新 CR-1、新 CR-2、新 ER に対し、図 4.1-7 に各分野から排出される廃プラスチックを割り当てた量を示す。斜線部分は、今後の研究開発に大きく依存すると考えられる項目である。積み上げられた各分野から排出される廃プラスチックは目標値を上回っており、各リサイクル法の特徴に合致した原料を確保することは可能と考えられる。また、本研究で開発する新しい選別法が実用化されれば、原料となるプラスチックをさらに増やすことも可能である。

本研究で新しく回収の対象となる廃プラスチックは、産業から排出される容器包装プラスチック、現在の容器包装リサイクル法で除外された廃プラスチック、新しく回収される製品プラスチック、産業から排出される加工ロスである。これらは人口の密集する都市から主に排出され、効率的な回収が極めて重要であり、産業分野を越えた共同回収や選別施設の供用が課題となると考えられる。

現行の容器包装リサイクル法では、自治体毎に分別基準に適合しない異物を手作業で除去した後に圧縮梱包し、購入したリサイクラーは再び解袋して目的物を選別するなど無駄が多い。また高度な選別装置を購入するには個々のリサイクラーの規模が小さく、採算に見合う施設規模の拡大が求められている。最近、プラスチック資源循環法の施行に合わせて、従来の容器包装プラスチックだけでなく、新たに家庭から回収される製品プラスチックも含め、MR や CR 等の目的先の要望に合わせて一体的に選別する大規模なソーティングセンターを創設することが提案された^{viii}。産業系と家庭系の区別をなくして大規模なソーティングセンターで効率的に処理すれば、廃プラスチックのリサイクル率を飛躍的に高め、プラスチックの高度なリサイクルを実現できると期待されている。

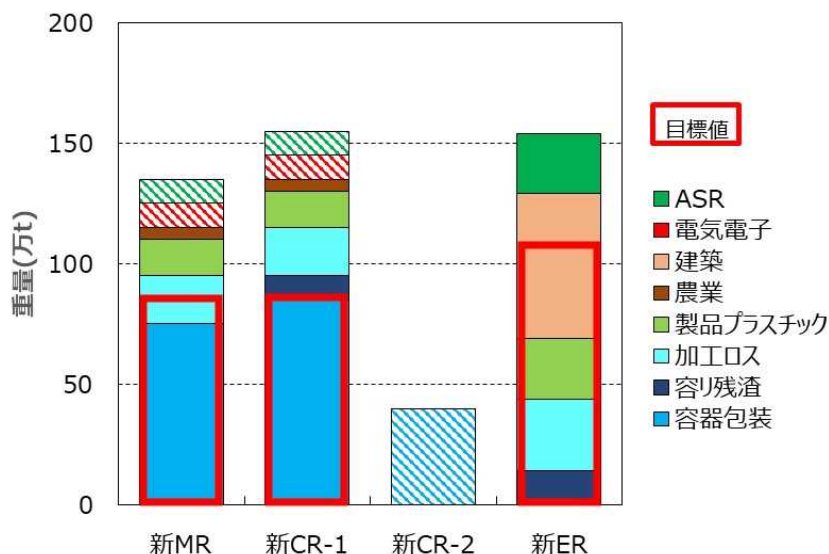


図 4.1-7 新 MR、新 CR-1、新 CR-2、新 ER で処理する廃プラスチックの種類
(斜線部は、今後の技術開発によって処理が可能になると考えられる部分)

-
- i 「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」、プラスチック循環利用協会、2020年12月
 - ii 「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況」、プラスチック循環利用協会、2019年12月
 - iii 容器包装リサイクル協会資料 2022/7/26
<https://www.jcpra.or.jp/recycle/recycling/tabid/428/index.php>
 - iv ペットボトルリサイクル推進協議会資料 2022/7/26
https://www.petbottle-rec.gr.jp/data/materia_flow.html
 - v プラスチック製容器包装再商品化手法およびエネルギーリカバリーの環境負荷評価（LCA）2019年3月海洋プラスチック問題対応協議会（JaIME）
 - vi 容器包装以外のプラスチックのリサイクルの在り方に関する懇談会第1回配付資料、環境省、2010年6月
 - vii DNP調査資料
 - viii 分別収集したプラスチック資源の機械選別・リサイクルに関する実証検討報告書、令和4年3月、プラスチック容器包装リサイクル推進協議会

4.2 事業全体・成果の実用化に向けた課題と具体的取組

各研究開発項目における事業終了後の取り組みを表 4.2-1 に示す。各研究開発項目では、基盤技術のパイロットプラントへの適用を開始し実証検討を開始する。

表 4.2-1 各研究開発項目における事業終了後の取組

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
① 高度選別システム開発	FP型AIソーターベンチ機完成 高度比重選別システムベンチ機完成 評価モデルの完成		FP型AIソーターパイロット機の設計及び建設準備 高度比重選別システムパイロット機の設計及び建設準備 評価モデルを用いた政策提言・FA（技術評価）					リサイクラー工場へ選別装置を設置し下記3つのプロセスへ廃プラを供給
② 材料再生プロセス開発	物理劣化・再生モデル構築 新ベレタイズシステムの検証 新射出成形プロセスの検証 製品適用実証		プロジェクト実績のある高機能押出機の販売あるいは既存押出機への樹脂溜まり部の設置 高性能マルチゲート金型の設計・販売ならびに製品成形 リサイクルプラスチックを用いた製品の販売・普及					大型ベレタイズ設備導入 103万トン/年
③ 石油化学原料化プロセス開発	パイロットプラント基本設計 高機能分解触媒の試作・評価 易CR容器の試作・評価 回収モーターからのポリマー合成 押出機連続装置の製作・運転		パイロットプラント建設用地選定 パイロットプラント詳細設計～建設 評価結果を社会実装に反映 参画企業の加工ロス1万トン/年処理可能なプロセスの導入・実証 フィルム利用企業へのプロセス普及による10万トン/年処理の達成 易リサイクル・フィルムの製品開発・普及によるプロセス負荷の低減によるプロセスのさらなる普及推進					大型のプラスチック分解設備導入 90万トン/年
④ 高効率エネルギー回収・利用システム開発	高効率・高耐久伝熱管実証 冷熱製造統合システム構築・検証 熱利用システム評価モデル検証		焼却炉での伝熱管長期試験 冷熱製造・利用実証試験 冷熱需要喚起・総合システム構築					本技術による焼却設備改修 108万トン/年
評価時期			事後評価					

また、前項の廃プラスチック処理に関する戦略として、各項目の成果による貢献は表 4.2-2 の通り整理した。

表 4.2-2 各研究開発項目の成果による貢献

研究開発項目	アウトカム目標	想定する処理対象の廃プラスチック種類	成果
② 材料再生プロセス開発	86 万トン	高品位な 3 P（PP、PE、PS）を中心とした廃プラスチック	処理能力 3t/h の新規押出機の開発と日本のプラスチックリサイクラー拠点（179 か所以上）の導入
③ 石油化学原料化プロセス開発	87 万トン	中品位な 3 P を中心とした廃プラスチック	処理能力 333t/日級の触媒分解プロセスの開発と日本各地の石油精製設備（8 基以上）での既存原料との共処理
		複合フィルムを中心とした廃プラスチック	処理能力 333t/日級の複合フィルム処理施設（1 基以上）の導入
④ 高効率エネルギー回収・利用システム開発	108 万トン	各種プラスチックリサイクル技術で処理が賄えない廃プラスチック	焼却処理能力 150t/日の設備に対し、表面改質技術を国内の 24 拠点以上に導入

4.3 事業全体・成果の実用化の見通しと今後の方針

本事業における各研究開発項目から得られる成果について、実用化に向けた見通し及び波及効果について、以下の表 4.3-1 の通り。

表 4.3-1 各研究開発項目の実用化に向けた見通し及び波及効果

研究開発項目	成果の実用化の見通し	技術的效果	社会的効果・人材育成
①高度選別システム開発	今後予定しているFP型AIソータと高度比重選別装置を完成する事により選別に関する基盤技術を構築し、実証機へ本技術の搭載が行える見通し。	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	
②材料再生プロセス開発	再生材を利用し押出からプレスまでの一連のプロセスを実施し、ラボスケールで再生材の引張強度90%以上を達成する基盤技術を構築する。これによりスケールアップされた押出機に本技術の搭載が行える見通し。	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	<ul style="list-style-type: none"> 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。
③石油化学原料化プロセス開発	<ul style="list-style-type: none"> 触媒分解：ベンチ装置を活用して、通常分解の軽質成分と重質の低分解生成物の二次分解実験とを合わせて基盤技術を完成しパイロットプラントへ本技術の搭載が行える見通し。 液相分解：夾雑物から発生する化合物を明確化する事と、押出機へのスタティックミキサー挿入により反応性向上検討を行う事で基盤技術を完成し、処理が難しい多層フィルム処理装置のスケールアップに本技術の搭載が行える見通し。 	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	<ul style="list-style-type: none"> 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。
④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する。また冷熱製造統合システムの基盤技術を完成し、総合的なエネルギー利用システムに本技術の搭載が行える見通し。	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	<ul style="list-style-type: none"> プラスチック資源循環のアカデミア人材の輩出

4.3.1 研究開発項目①（高度選別システム開発）概要

「フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータの開発」および「高度比重選別システムの開発」

成果の実用化に向けた戦略：FP型AIソータについて、各リサイクル先での受け入れ条件を抽出し、装置開発に都度フィードバックする。また、ターゲットとなる雑品プラの国内潜在量、リサイクルに回るプラの量を具体的に想定し、装置の実用性を検討する。高度比重選別システムについて、どのような品質であればリサイクル可能か、各リサイクル先の受入条件を認知する。その上で必要な品質（純度）に応じた技術開発を進めることで、製品別プラリサイクルの低コスト化を実現する。

成果の実用化に向けた具体的取組：FP型AIソータについて、リサイクル先での受け入れ条件に関して新CRチーム等と連携し、品質・荷姿などの条件を整理しつつある。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、国内に潜在する装置の適用対象量を導き出す検討を行っている。また、選別産物の受け入れ先の確保と事業の採算性の評価として、リサイクル処理場における廃プラの受入量などの実態調査を実施している。

実用化に向けた見通しと環境分析：FP型AIソータ、高度比重選別システムの双方について、商用機導入時には、パイロットプラントでの実証試験が必要である。実証試験において、選別対象物の搬送（廃プラ搬入、選別機間の産物の搬送、選別産物の搬出）を含めたプラント設計、プラントスケールでの装置の安全性・メンテナンス性、運用を考慮した制御システムの改善などを検討すると共に、運用する作業員を育成する。2～3年の実証試験を経て、商業稼働することを目標とする。

市場動向としては、近年のSDGsやカーボンニュートラル思想の一般への普及、廃プラの輸出規制に伴い、今後も廃プラのリサイクルの需要は高まると予測している。技術動向について、選別機の展示会、学会にて、技術動向調査を実施している。FPソータ関連技術に関して、多種多様な産廃プラデータの収集にコストを要するため、競合

する装置メーカーは容易には開発できない。高度比重選別に関して、従来技術から大きな技術進歩はない。カーボンニュートラルを実現するための廃プラの再資源化には、高度選別技術の実現が必要不可欠である。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も期待できる。

「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」

成果の実用化に向けた戦略：本項の成果は、廃プラの高度選別・革新的リサイクル技術システムに関するLCAによる要素技術のプロセス評価モデルの開発、特定地域や全国地域を対象としたリサイクル技術選択モデルの開発、および国レベルの動的物質フロー分析モデルの開発となる。また、それらモデルを用いた分析結果も成果といえる。成果の実用化としては、廃プラ循環利用の技術プロセス評価モデル、地域あるいは全国フロー分析モデル、および技術選択モデルの自治体や企業での利用普及や、分析結果の一般社会における適切な認知・引用などが考えられる。そのためには、評価・分析モデルを一般利用者にも扱えるよう、ソフトウェアとしてのデザインを十分工夫する。また、評価・分析結果のグラフなども見やすく、分かり易いデザインで表示することが必要である。また、それらを広めるため、SNSを含む様々な媒体での発信を検討する。さらには、評価・分析モデルの利用を普及させるためのライセンスを含む公開方法についても検討する。

成果の実用化に向けた具体的取組：前述した開発モデルのソフトウェアとしてのデザインとしては、現在利用している Excel ワークシート上の入力インターフェース（操作セル）を分かり易くデザインし、出力ビジュアル（グラフやテーブル）も直観に訴えられる優れたデザインで表示することが課題である。具体的取組としては、インフォグラフィックの適用や、モデルの操作性や視認性等の一般モニター試用を通じた改善等があげられる。また、モデルや分析結果を SNS 等の様々な媒体で発信することを検討する。さらに、これらモデル（ソフトウェア）の公開方法についても検討する。

以上のソフトウェアのデザイン（入力インターフェースや出力ビジュアル等）、発信、および公開手法については、詳細研究開発項目毎に異なる成果の実用主体に合わせて適用する必要がある。例えば、技術システムのプロセス評価モデルの実用主体は、主としてプラントメーカー、選別・リサイクル事業者、および学術研究機関が想定される。また、地域や国レベルのフロー分析モデルの実用主体は、前述の主体に加えて国や自治体も想定される。これらの実用主体に応じて、入力インターフェースや出力ビジュアルにおける専門性や一般性（例えば項目数や専門用語の水準）を調整し、ストレスなく利用されるよう検討する。

実用化に向けた見通しと環境分析：成果の実用化を「開発モデルの普及利用」や「分析結果の社会認知」と捉えるならば、後者については、既に学会発表を通じて企業から問い合わせがあるなど進展しつつある。ただし、具体的な成果の実用化の形態や手順については今後議論していく予定である。今後の方針としては、①さらに積極的な学術発表を進めると共に、②SNSを含めた発信手段を検討し、③評価・分析モデルの公開・普及も検討する。②③については、開発モデルの普及利用についてメンバー間で情報収集・共有を進める。今後、これらの取組の方向性や具体策についてもさらにメンバー間での議論を進め、効果的な取り組みの実施を目指す。

研究開発のコンペクターとしては、既に普及している化学工学プロセスシミュレータや LCA データベースやソフトウェア等が参考となるが、プラスチックの選別・リサイクルを専門とした包括的なソフトウェアの動向についても確認し、主要な項目を整理するとともにシステム境界、評価項目数、および精度などといった要素群の比較を検討する。事業後の取組については、各学術研究機関の方針や獲得資金の要件とも関係するが、関連する研究や技術や動向を確認しつつ、評価・分析モデルの刷新する可能性を検討する。

本成果による革新的なマテリアルリサイクル技術、ケミカルリサイクル技術、エネルギー回収技術の導入による CO₂ をはじめとする温室効果ガス（GHG）の削減効果については、各技術の開発項目から必要なデータ提供を受けた

上で、様々な部門から排出される、様々な性状を有する廃プラの種類や量、それらの空間的分布、中間処理の状況などを本項目で開発する評価・分析モデルに入力した上で、適切なフローを導出し、それに伴う GHG 排出量を推計することによって得られることになる。前期 3 年目の前半である現時点では、現状のフローの把握までを実施しており、3 年目後半から後期 2 年にかけて、新技術を導入した場合のフローの変化や GHG 排出量の変化を推計する予定である。

2025 年以降の波及効果としては、本事業によって開発する廃プラリサイクル LCA および技術選択のための空間的・時間的最適化モデルは、廃プラスチックにとどまらず、様々な廃棄物へのアプローチが可能になる。また、本事業における検討により、リサイクル技術選択のための LCA 検討の研究基盤となり、LCA に関わる政策立案や技術開発に携わる人材の育成・輩出拠点となる可能性がある。

4.3.2 研究開発項目②（材料再生プロセス開発）概要

成果の実用化に向けた戦略：樹脂溜まり部を設けた新規押出機の実用化においては、廃プラスチックの多様性や異物の混入に起因する特有の課題に対応した機能の追加や条件最適化の効果を明らかにし、商用化スケールへの知見蓄積を図る。流速制御電動マルチゲート成形金型を用いた成形プロセスの実用化においては、事業化時の波及効果の高い自動車メーカーの採用を皮切りとした成果の浸透と拡大を図る。リサイクルプラスチックでの製品化においては、幅広い製品（パウチ、ボトル、フィルム、家電製品筐体）を対象にすることで、実用化時の波及効果の拡大を図る。

成果の実用化に向けた具体的取組：樹脂溜まり部を設けた新規押出機の実用化においては、広範囲な条件に適応できる押出機を製作するため、本開発機期間で行う複数スケールから、新規押出機の基本的なスケールアップ則を確立し、同時に再生の阻害要因となる異物混入等にも対応した改良要素を検討する。流速制御電動マルチゲート成形金型の実用化においては、量産等を想定したモデル金型や成形品を、複雑な成形品を利用するユーザーにも提示するため、エスバンスの協力の下、ユーザー条件を視野にした CAE を同時に開発し、開発を進める。リサイクルプラスチックでの製品化においては、製品水準を満たすため、実製品中の再生阻害要素を明確化すると共に、再生樹脂の後処理（臭気対策等）による品質保証の観点および本プロセスに見合ったリサイクル・環境配慮設計の観点といった要素を広く検討する。

実用化に向けた見通しと環境分析：樹脂溜まり部を設けた新規押出機の実用化においては、商用レベルの大型押出機の詳細仕様の解析・設計を行い、2025 年度には、既存押出機への樹脂溜まり機構の導入とともに、2500kg/h の生産能力を有する新規の高性能押出機の受注を目指す。流速制御電動マルチゲート成形金型の実用化においては、三光合成の顧客である各自動車メーカーの独自仕様に対応すべく、多くのメーカーとの共同開発あるいはテスト採用を目指す。リサイクルプラスチックでの製品化においては、多様な製品に対して検証を継続するとともに、検証の済んだ範囲からの実用化を実現することで、適用量および適用部品を拡大し、再生材使用量の段階的な増大を目指す。

プロジェクト開始時と比較して、市場回収プラスチックを用いた製品のニーズがより高くなっている。本技術の実用化時点の展望としても、汎用的なプラスチック製品はもとより、自動車においても一定量以上のリサイクルプラスチックを含んだ製品が必需となっており、今後の成果の普及が十分見込まれる。本プロジェクトで提唱している物理劣化・物理再生という概念とそれに立脚した実用的なペレタイズあるいは成形プロセスは、他に類を見ない革新的な取り組みであり、使用済プラスチックの高度再生とともに、リサイクル性に優れた製品成形を実現するものである。学会等の情報収集においてもこの課題解決が議論あるいは実現されている研究グループはなく、本技術の早期実用化が大きく期待されている状況にある。

4.3.3 研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/触媒分解）概要

成果の実用化に向けた戦略：プロセス開発～パイロットプラントの建設～実用機の稼働に向け、競合技術に対する優位性をユーザーへアピールすべく詳細な情報分析を実施する。特に、石油精製プロセスとの大規模な連携は、石油精製の将来の姿として検討が始まっている Co-processing（原油と廃棄物系の物質の共処理）という世界的な潮流の先駆となるものである点を技術的な訴求ポイントとして想定している。得られた新規プロセスについては、基本設計と詳細設計、パイロットプラント稼働評価の各段階で技術パッケージとしてまとめ、多くの企業の参加を促す。技術供与については一社独占でなく、複数のプラントエンジニアリング会社等へ行うことを軸として、石油精製と石油化学のなどコンビナート企業の連携、例えば研究組合や特別目的会社（SPC）のような体制も考える。開発した新規触媒の合成方法については触媒製造メカヘライセンス供与を行う。また、ケミカルリサイクルに適合する新規開発容器の製作は、実用に耐える機能を維持した容器設計仕様を提案し、包装材メーカーあるいは容器製造メカ、流通業界など、多様なルートで普及されるよう働き掛ける。

成果の実用化に向けた具体的取組：プロセス開発においては、パイロットプラントの基本設計に続いて、詳細設計～調達・建設～試運転まで行い、実用機の設計に供するデータを採取できる体制を整える。この間、多種多様な実廃プラスチックの分解挙動、あるいは分解を妨げる成分の配合などを、ベンチ装置で継続的に評価し、パイロットプラントの稼働モードの検討、実用機の設計などに随時、情報を提供する。

ケミカルリサイクルに適合するプラスチック容器包装類について、実用化を想定した素材や成形品の試作・物性評価を実験計画法に沿って戦略的に実施する。この間、ベンチ装置を活用してケミカルリサイクルの適合性に問題がないことの評価を欠かさない。

実用化に向けた見通しと環境分析：触媒開発については、2025 年度以降に触媒の工業生産に着手し、2029 年度に初充填触媒性能評価を行う。プロセス開発については、事業内で、ベンチ装置を基に、最適稼働検討用データを収集しつつ、2028 年度以降のパイロットプラント（原料処理能力 1t/日）の稼働を見込む。また、ケミカルリサイクルに適合する新規開発容器の製作については、2025 年度以降に新規容器包装の試用・評価に着手し、2029 年度に向けて新規容器包装への適用を実用化する。

社会的な背景も後押しとなり、廃プラスチックのケミカルリサイクルへの産業界からの関心は非常に高く、パイロットプラントの稼働が軌道に乗れば、実用化の動きが一挙に増すと考える。廃プラの石油化学原料化のための触媒新規開発、触媒分解プロセスの開発、石油精製設備を活用した触媒分解プロセスとの全体最適操業による大規模なケミカルリサイクルという 3 点の特徴を有する先行研究は無く、本技術の早期実用化への期待は高まっている。

また、ケミカルリサイクルしやすいプラスチック製品への期待も高まっている。「環境に優しい」との触れ込みで使用が拡大されているプラスチック素材は、紙などプラスチック以外の素材が使用されているものも多い。このような異物を混入したプラスチックは、ケミカル、マテリアルを問わずリサイクルには適さないものとなり、使用後は燃焼もしくは埋め立て廃棄といったことになる。この観点からも、本プロジェクトの取り組みについて更に社会的な認知度が高まるよう、多くの機会を利用していく。

4.3.4 研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/液相分解）概要

成果の実用化に向けた戦略：プラスチック製品または廃棄物処理業といったプラスチックに関わる多様なプレーヤーが再生素材供給を担うリソーシング産業へ市場参入することを想定し、連続プロセス装置のライセンス化およびリソーシング産業へのライセンス提供を環境装置エンジニアリング企業が行うことで商業利用を目指す。この際、化学品メーカーはリソーシング産業から廃プラスチック由来の化学品を原料に中間化学品等を製造・販売する。

成果の実用化に向けた具体的取組：本開発においては、上記の戦略を担うことが想定される実施体制として、リソーシング産業の担い手となり得る凸版印刷（プラスチック製品製造）、恵和興業（廃棄物処理業）、化学品メーカーとして東ソーが参画し、投入される廃プラスチックの性状および生成されるモノマー類などの化学品原料としての有用性や製品水準に関する評価を行っている。ターゲットとなるフィルムについては、事業期間内に、液相分解のターゲットとして、単一樹脂 → 複合樹脂 → 多層フィルム → 多層フィルム（夾雑物含む）の段階的な検証を進め、2024年度時点で実廃棄物として、自治体（仙台市）で回収される廃プラスチックおよびプラスチック製品製造時の工程不良品を対象にした反応収率の検証を予定する。また、2024年時点で0.1-1.0 kg/日の連続プロセス装置の開発により、「廃プラスチックからの転換率 70%」を達成する条件下での運用コストおよび化学品製造としての事業性評価を実施することで、今後の商業可能性について検討する。

実用化に向けた見通しと環境分析：2024年以降、0.1万t/年（1-10 kg/日）相当の連続プロセス装置のパイロットスケール設備をリソーシング産業の担い手となる事業者で複数設置し、5年以内に運用試験を終了する。2030年時点で5～10万t/年（100-1000 kg/日）の製造設備を設置・運用開始を目指すことで20万トン/年の国内廃プラスチック処理量に貢献する。

4.3.5 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）概要

成果の実用化に向けた戦略：表面改質技術においては、焼却設備中の熱交換器への適応を目指し、燃焼灰に対する付着性、燃焼排ガスに対する腐食性への耐性を持つ新規材料組成と表面改質手法を既存の材料メーカーと溶射施工会社へ技術情報として供与し、これらを設備稼働率・メンテナンス性の向上技術として新規・既存の焼却設備の施工管理サービスを提供する。熱利用システムにおいては、廃プラスチックの燃焼設備で回収した200℃以下の低温排熱により熱駆動式冷凍機を駆動するところで製造される冷熱媒体を物流業界に供給することを念頭に、熱利用機器設計・製造メーカーが低温排熱回収～冷熱媒体製造の一連の装置システムの販売・導入を担う。

成果の実用化に向けた具体的取組：表面改質技術においては、上記の戦略を担うことが想定される実施体制に関し、施工管理サービスの担い手として東北発電工業が参画するとともに、新規技術をサービスとして提供することを想定している。また、品質保証管理の観点から、本技術を適切に評価するための新規評価手法の確立にも取り組んでいる。熱利用システムにおいては、熱利用機器設計・製造メーカーとして高砂熱学が参画しており、熱需要の地域性（例えば、冷熱需要地として漁港など）と焼却設備の分布域を含めた総合的なシステム評価ツールの開発に取り組んでいると共に、2022年度に2～3の実地の地域を選定した事例検討を行い、2024年度までには実証試験と実導入先の候補地の目途を得ることを目指す。

実用化に向けた見通しと環境分析：表面改質技術において、2024年度以降に、10m²以上の施工面積まで拡大し、大型実証運転での検証を進め、2028年度を目処に既設プラントへの施行管理サービスの提供開始とともに、それらの実績をきっかけに新規プラントでの商業化に向けた水平展開を拡大する。熱利用システムにおいては、熱利用機器設計・製造メーカーとして高砂熱学が参画しており、地域の熱需要を含めた総合的なシステム評価ツールの開発に取り組んでいる。このツールを事業性の総合判断の一助として活用しつつ、事業終了後には選定した候補地での廃棄物発熱量と熱利用効率、それに対する特定地域における熱需要量から想定される冷熱媒体の生産能力のフィールドテストの結果を基に2028年度を目安に廃棄物処理能力100t/day規模の設備へ、熱利用機器設計・製造メーカーが低温排熱回収～冷熱媒体製造の一連の装置システムの導入実績を実現する。

プロジェクト開始時と比較しても、依然、産業廃棄物焼却炉からの高効率エネルギー回収・利用が高く、本技術の実用化時点の展望としても技術適用の余地は見込まれる。近年の類似した取り組みとして、衝撃波を利用した灰付着除去の取り組みがなされているものの、設置コストや作業安全性といった課題は解消されていない。一方、本技術ではその点の課題解決として長寿命化が期待できる。学会等の情報収集においてもこの課題解決が実現されているチームはおらず、本技術での早期の実用化がなお期待されている状況にある。表面改質技術において、プラントユーザーやメーカーのニーズに対応するため、新設および既設、また、一般廃棄物焼却プラントに展開可能であり、広く普及を図り、どちらのプラントにも対応できる表面改質法とすることで実用化の促進を図る。未利用排熱利用については、八戸市湾岸エリアにおいて、産業廃棄物処理工場等、様々なダークガスの排熱発生場所を訪問し、市場・技術動向等の把握や実証場所の探索を行っている。併せて、八戸湾岸地域の企業向けに、高効率エネルギー回収・利用システム開発セミナー（NPO法人 循環型社会創造ネットワーク 主催）が企画され、当該プロジェクトの研究成果を説明している。加えて、八戸工業大学での排熱駆動製氷機のデモンストレーションと併せて、未利用排熱利用の市場・技術動向等を把握しながら、氷点下冷熱の利用による排熱需要の掘起こしを進めている。なお、企業所属の外部評価委員から離島などの実証場所の探索も可能との評価を受けている。

特許論文等リスト

研究開発項目①（高度選別システム開発）

フィールドピックアップ(FP)型 AI ソータの開発」および「高度比重選別システムの開発」

【特許】

出願件数：2件

【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	2021/09
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	有	2022/07

【外部発表】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 環境 創生研究部門	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 的なシグ選別機の開発 -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 環境創生研究部門	都市鉱山開発の課題と未来展望	あきたサステナビリティスクール	2021/10/21
8	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利用—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
9	Naoki Sawada, Mayumi Ito, Shoko Kimura, Ilhwan Park, Sanghee Jeon, Naoki Hiroyoshi	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
10	古屋伸茂樹	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
11	大木達也	産業技術総合研究所 環境創生研究部門	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
12	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
13	大木達也	産業技術総合研究所 環境創生研究部門	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
14	大木達也	産業技術総合研究所 環境創生研究部門	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
15	大木達也	産業技術総合研究所 環境創生研究部門	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
16	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
17	大木達也	産業技術総合研究所 環境創生研究部門	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
18	清川拓哉	奈良先端科学技術大学院大学	密集する混合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
19	大木達也	産業技術総合研究所 環境創生研究部門	(仮題)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

【外部発表】新聞・雑誌等への掲載
特記事項無し

【外部発表】その他

番号	所属	タイトル	講演会名称	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- 世界の規制と対策・要素技術開発の動向と市場展望	Jul-21
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	Sep-21

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

【特許】

特記事項無し

【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	古賀 愛, 范学周, 松本亨, 藤山 淳史	北九州市立大学	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) vol.77, No.6, p. II_33-II_42	有	2021/10/23
2	中谷隼	東京大学	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 vol.29, No.418, p.169-174	無	2022/5

【外部発表】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	国立環境研究所、東京大学、北九州市立大学	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	第 16 回日本 LCA 学会研究発表会	2021/3/3
2	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	国立環境研究所、東京大学、北九州市立大学	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	第 32 回廃棄物資源循環学会研究発表会	2021/10/25
3	范学周、松本亨、藤山淳史	北九州市立大学	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	第 32 回廃棄物資源循環学会研究発表会	2021/10/26
4	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	国立環境研究所、東京大学、北九州市立大学	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	第 17 回日本 LCA 学会研究発表会	2022/3/3
5	范学周、叢日超、松本亨、藤山淳史	北九州市立大学	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	第 17 回日本 LCA 学会研究発表会	2022/3/3
6	野村祐貴、藤井祥万、兼松祐一郎、下野僚子、菊池康紀	東京大学	廃プラスチック熱分解によるフイードストックリサイクルのライフサイクル評価	第 17 回日本 LCA 学会研究発表会	2022/3/3
7	吉元了大、范学周、	北九州市立大	行政報告データを活用した	令和 3 年度土木学会西部支部研究発表会	2022/3/5

	松本亨、藤山淳史	学	ボトムアップ型物質フローの推計：山口県の産廃プラを対象として	表会	
8	古賀哲太、叢日超、松本亨、藤山淳史	北九州市立大学	廃プラのマテリアルリサイクルを対象としたライフサイクル環境負荷評価	令和3年度土木学会西部支部研究発表会	2022/3/5
9	野村祐貴、藤井祥万、兼松祐一郎、下野僚子、菊池康紀	東京大学	廃プラスチック熱分解を用いた化学原料化システムのフロー解析	化学工学会第87年会	2022/3/17
10	叢日超、藤山淳史、松本亨	北九州市立大学	Optimizing the Collection System of Industrial Plastic Waste by Using Machine Learning	環境科学会 2022 年会	2022/9/8 (accepted)
11	叢日超、藤山淳史、松本亨	北九州市立大学	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	第33回廃棄物資源循環学会研究発表会	2022/9/20 (accepted)
12	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	国立環境研究所、東京大学、北九州市立大学	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	第33回廃棄物資源循環学会研究発表会	2022/9/21 (accepted)
13	Richao CONG, Atsushi Fujiyama, Toru Matsumoto	北九州市立大学	PROPOSAL AND APPLICATION OF THE OPTIMAL MATCHING METHOD BETWEEN THE PLASTIC WASTE AND RECYCLING TECHNOLOGIES USING BOTTOM-UP DATA	第50回環境システム研究論文発表会	2022/10/22-23 (accepted)
14	D. Kata, J. Nakatani, T. Fujita	東京大学	Designing the future resource circulation system of plastics in line with changes in the structure of the arterial industries towards decarbonization	EcoBalance 2022	2022/10/30-11/2 (accepted)
15	R. Inaba, O. Higashi, D. Okamoto, J. Nakatani, Y. Nemoto, N. Yamaguchi, A. Fujiyama, Y. Kikuchi, T. Matsumoto	国立環境研究所、東京大学、北九州市立大学	Extraregional dependence of municipal / industrial plastic waste treatment based on material flow analysis in the 47 prefectures of Japan	EcoBalance 2022	2022/10/30-11/2 (accepted)

【外部発表】新聞・雑誌等への掲載

特記事項無し

【外部発表】その他
特記事項無し

研究開発項目②（材料再生プロセス開発）

【特許】

出願件数：5件

【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	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, 2020(6), 15-17 (2020)	無	2020年11月
2	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 (2736), 1707 (2021)	有	2021年2月
3	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(2021)	有	2021年2月
4	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)	有	2021年3月
5	パントン パチ ヤ、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 (2736), 1707 (2021)	有	2021年4月
6	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), (2021)	有	2021年7月
7	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	Appl. Sci., 11, 8436 (2021)	有	2021年11月
8	山本 隆	山口大学	Chiral selecting crystallization of helical polymers: A molecular dynamics simulation for the POM-like bare helix	The Journal of Chemical Physics	有	2022年7月

【外部発表】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	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 - N E D O 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年9月
2	山本 隆	山口大学	高分子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	第69回高分子討論会	2020年9月
3	八尾 滋, パントン バチヤ, 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年9月
4	金保陽香, パントン バチヤ, 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年12月
5	倉持彰儀, 金保陽香, パントン バチヤ, 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 L L D P E 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年12月
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年12月
7	今村修平, パントン バチヤ, 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年12月
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年12月
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年12月
10	川上裕己, パントン バチヤ, 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年12月
11	大久保光, 八尾 滋	横浜大学、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年12月
12	八尾 滋	福岡大学	練ればわかる-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年12月
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年1月
14	八尾 滋	福岡大学	N E D O 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年1月

15	川上 裕己、八尾 滋、峯村 咲輝、 亀田 隆夫	福岡大学、三 光合成	P P 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年1月
16	パントン パチャ、 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年1月
17	金保 陽香、パント ン パチャ、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年1月
18	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年1月
19	木村 哲也、金保 陽香、パントン パ チャ、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年1月
20	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年1月
21	八尾 滋、金保 陽香、木村 哲 也、川上 裕己、 パントン パチャ	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年1月
22	ムハマド アルタフ フサイン、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年1月
23	金保 陽香、パント ン パチャ、八尾 滋	福岡大学	Development of high- density polyethylene mechanical recycling technique by reprocessing with dynamic shear treatment	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021年1月
24	川上 裕己、亀田 隆夫、パントン パ チャ、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年1月
25	倉持 彰儀、パント ン パチャ	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年1月
26	パントン パチャ、 金保 陽香、八尾 滋	福岡大学	Simulated mechanical recycling process of post-consumer recycle	International Symposium on Feedstock Recycling of Polymeric Material (e-ISFR)	2021年1月

			polyethylene obtained from drinking water bottles in Thailand		
27	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 年 1 月
28	モハメド バリク、宝田 亘、麻理谷雄士	東京工業大学	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	成形加工シンポジウム'21	2021 年 1 月
29	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 年 1 月
30	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ァイバ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 年 1 月
31	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 年 2 月
32	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 PACK 2021 未来を拓く TOKYO PACK セミナー	2021 年 2 月
33	木村 哲也、稗田遼、金保 陽香、大久保 光、パントン バチヤ、八尾 滋	福岡大学、京都工芸繊維大学	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 年 3 月
34	稲葉真一	花王株式会社	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 年 3 月
35	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 年 3 月
36	倉持 彰儀、パントン バチヤ、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 年 5 月
37	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 年 5 月
38	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 回年次大会	2021 年 5 月
39	井手 陽一郎 他	旭化成株式会社	プラスチック資源循環を実現するリサイクル技術開発及びその社会実装	第 70 回高分子学会年次大会	2021 年 5 月
40	東 凌太郎、中野涼子、八尾 滋、大久保 光	福岡大学、京都工芸繊維大学	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 年 6 月
41	松崎 大誠、中野涼子、大久保光、八尾 滋	福岡大学、京都工芸繊維大学	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	プラスチック成形加工学会第 32 回年次大会	2021 年 6 月

			の力学物性・内部構造に及ぼす影響		
42	八尾 滋	福岡大学	Upgrade mechanical recycle process based on self-resilience ability of polymer	Polymer Engineering & Science International (PESI)	2021年6月
43	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年6月
44	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年6月
45	大久保 光、金保 陽香、パントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学、横浜大学	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年6月
46	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年6月
47	八尾 滋	福岡大学	Self Resilience ability of Waste Plastics	International Conference on "Materials for Humanity (MH 21)	2021年7月
48	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、「サーキュラーエコミーを支える高分子テクノロジー」	2021年7月
49	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年7月
50	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年8月
51	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年8月
52	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年9月
53	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年9月
54	利光 真歩、大久保 光、八尾 滋	福岡大学、京都芸繊維大学	Analysing the relationship between mechanical properties and inner structure of LLDPE virgin film for optimizing extrusion condition	PPS-36	2021年9月
55	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	PPS-36	2021年9月

			virgin polyethylene re-extruded by using a special type of twin-screw extruder		
56	金保陽香, パントン パチャ, 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年9月
57	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年9月
58	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	キャンパスクリエイト【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年9月
59	木村 哲也、川上裕己、金保 陽香、パントン パチャ、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年9月
60	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. 液体構造とモルフロジー-発現	第69回高分子討論会	2021年9月
61	八尾 滋、パントン パチャ	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年9月
62	田中真司	産総研	個体 NMR の高性能有機材料開発への活用	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年10月
63	山本 隆	山口大学	高分子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：液体構造とモルフロジー-発現	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講演会	2021年10月
64	松本拓也	神戸大学	結晶性高分子の階層構造と力学性の相性性	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講演会	2021年10月
65	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ァイバ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年11月
66	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年11月
67	木村 哲也、金保陽香、ムハマド アルタフ フェイン、パントン パチャ、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年11月
68	八尾 滋、パントン パチャ、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	Pacificchem 2021	2021年12月

69	バントン 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	Pacificchem 2021	2021年12月
70	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	Pacificchem 2021	2021年12月
71	倉持 彰儀、金保 陽香、バントン 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	Pacificchem 2021	2021年12月
72	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	Pacificchem 2021	2021年12月
73	福田 湧己、國光 立真、モハメド バ リク、宝田 亘、万 理谷雄士	東京工業大学	リサイクルポリプロピレンにおけ るペタレイズ条件が高速 DSC 測定で観測される結晶化共 同に与える影響	プラスチック成形加工学会 第29回秋季 大会	2021年12月
74	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年12月
75	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年12月
76	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年12月
77	八尾 滋	福岡大学	CO ₂ 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N O. 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年1月
78	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 セミナー～プラスチック資源循環（3R+R e n e w a b l e）の促進を考える～	2022年1月
79	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年1月
80	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 T r e n d i n P o l y m e r S c i e n c e 2 0 2 1 F T i P S 2	2022年2月

				0 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】	
81	八尾 滋、大久保 光	福岡大学、山 口大学	「顕微分光分析・原子間力 顕微鏡によるマテリアルサイ 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年3月
82	八尾 滋	福岡大学	マテリアル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年3月
83	八尾 滋	福岡大学	リサイクルプラスチックの高度 物性再生への取り組み	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年3月
84	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年3月
85	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・N E D O『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年3月
86	八尾 滋、パチャ バントン、金保 陽 香、木村 哲也、 稗田 遼、川上 裕己、今村 修平	福岡大学	Regeneration of mesoscale lamellar structure of mechanical recycled polyethylene by dynamic shear treatment	PPS-37	2022年4月
87	八尾 滋、倉持 彰儀、パチャ パン トン	福岡大学	Effect of shear treatment time on physical deterioration of linear low-density polyethylene.	PPS-37	2022年4月
88	八尾 滋、中野 涼子、下東 鼓太 郎、関口 博史	福岡大学	The comparison of electroless plating adhesion of modified PE : PP film by some mixing condition.	PPS-37	2022年4月
89	八尾 滋、藤井 拓郎、川上 裕 己、亀田 隆夫	福岡大学・三光 合成	Effect of dimensional changes on polypropylene injection molded products on mechanical properties	PPS-37	2022年4月
90	八尾 滋	福岡大学	Novel type extruder for improving mechanical properties of recycle plastics and virgin plastics.	PPS-37	2022年4月
91	八尾 滋、フセイン モハメド、山本 隆	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年4月
92	八尾 滋、麻生 紳介、青木 徳 務、深野 勇気、	福岡大学	Surface modification ability of Side Chain	第71回高分子年次大会	2022年5月

	マツオ カズヒロ、中野 涼子		Crystalline Block Copolymer		
93	八尾 滋、パチヤバントン、金保 陽香、木村 哲也、稗田 遼、川上 裕己、今村 修平	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年5月
94	八尾 滋、フセインモハメド、山本 隆	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年5月
95	八尾 滋、櫛川 舞	福岡大学	生分解フィルムの細胞支持体としての細胞シート多層化技術への応用	第71回高分子年次大会	2022年5月
96	八尾 滋、フセインモハメド、山本 隆	福岡大学、山口大学	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年5月
97	M. A. Barique、宝田 亘、鞠谷 雄士	東京工業大学	Effects of extrusion temperature and processing history on the formation of crystalline structure in high-speed melt-spun polypropylene copolymer fibers	プラスチック成形加工学会 第33回年次大会	2022年6月
98	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年6月
99	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年6月
100	バントン パチヤ、八尾 滋	福岡大学	低密度ポリエチレンのメカニカルリサイクルプロセスの開発：メソスケールラメラ構造における再生に関する検討	プラスチック成形加工学会 第34回年次大会	2022年6月
101	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34回年次大会	2022年6月
102	八尾 滋、フセインモハメド、山本 隆	福岡大学、山口大学	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	プラスチック成形加工学会 第34回年次大会	2022年6月

【外部発表】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	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	2020年11月
2	福岡大学	大学と企業のプロジェクト プラスチックの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【福岡大学】	スタディサプリ 大学の約束	2020年12月
3	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	2021年2月
4	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	2021年3月
5	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月
6	福岡大学	パージンプラスチックの高性能化に成功ー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年6月
7	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	【新聞】化学工業日報	2021年6月
8	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回秋季大会プレスリリース	2021年9月
9	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年11月
10	福岡大学	プラスチックを再利用 福大の最新技術とは	【TV】KBCニュース	2021年11月
11	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	【新聞】日本経済新聞	2021年11月
12	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年12月
13	福岡大学	G Sアライアンス、廃プラリサイクル新手法導入	【新聞】化学工業日報	2022年1月
14	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年1月
15	福岡大学	パージンプ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年5月
16	福岡大学	パージンプレットの高性能化とそのCNならびにCEへの波及効果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年6月

【外部発表】その他

番号	所属	タイトル	講演会名称	発表年月
1	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年9月
2	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年10月
3	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年10月
4	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回九州シンクロトン光研究センター研究成果報告会	2020年10月
5	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年10月
6	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年11月
7	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」	成形加工学会新加工技術専門委員会 第71回委員会	2020年12月
8	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年1月
9	福岡大学	「難改質性プラスチックの新規化学修飾法の創出と小口径・閉鎖系バイオマテリアルへの展開」	MDF(次世代医療システム産業化フォーラム) 2020	2021年1月
10	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年2月
11	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年2月

12	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 PACK 2021 講演会	2021年2月
13	福岡大学	プラスチックのマテリアルリサイクル –なぜ重要なのか、どこまで可能なのか–	未来のプラスチック ワークショップ@大木町	2021年3月
14	横浜大学	再混練処理がプラスチックペレット成形品の力学性・内部構造に及ぼす影響 – 溶融樹脂溜りの機能・効果-	環境・リサイクル委員会主催講演会	2021年3月
15	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年5月
16	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年7月
17	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年8月
18	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年8月
19	神戸大学	身の回り高分子の成形による形状・物性変化	神戸大学オープンキャンパス	2021年8月
20	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 –」	福岡大学附属大濠高等学校模擬講義,	2021年9月
21	福岡大学	「使用済プラスチックの新規高度再生技術」	キャンパスクリエイト【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年9月
22	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年11月
23	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年12月
24	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年12月
25	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 重合工学部会 令和3年度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年1月
26	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 Live セミナー マテリアルリサイクルのプロセスとその事例,	2022年1月
27	福岡大学	「CE・CN から考えるプラスチック資源循環」	リデュース・リユース・リサイクル推進協議会 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年1月
28	福岡大学	「サーキュラーエコノミーを推進する革新的な高度物性再生プロセス」	高分子学会関東支部 Future Trend in Polymer Science 2021 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年2月
29	福岡大学	「高度マテリアルリサイクルから考える CN」	高分子同友会 D. 環境およびエネルギーに関する最新の技術および市場を勉強する会	2022年3月
30	福岡大学、横浜大学	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年3月
31	福岡大学	マテリアルリサイクルのこれから	高分子学会 21-1 グリーンケミストリー研究会 プラ 32 スチックのリサイクルと今後を担う次世代ポリマー	2022年3月

32	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 ～こんな時代だからオンラインでつながろう～イブニング	2022年3月
33	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り組み」	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年3月
34	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年9月
35	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 ～こんな時代だからオンラインでつながろう～イブニング	2022年3月
36	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り組み」	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年3月

【著書】

番号	著者	所属	書名	タイトル	出版社	出版年
1	八尾 滋, パントンパチャ, 大久保光	福岡大学	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-	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」	サイエンス&テクノロジー	2021年6月
2	八尾滋	福岡大学	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)	プラスチックのリサイクル	化学工学会関東支部	2021年1月
3	八尾滋	福岡大学	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～	監修 【第1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	AndTech	2022年5月

研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/触媒分解）

【特許】

出願件数：1件

【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	Naonobu Katada ^a , Kana Yamamoto ^a , Moeri Fukui ^a , Kai Asanuma ^b , Satoshi Inagaki ^b , Kazuki Nakajima ^a , Satoshi Suganuma ^a , Etsushi Tsuji ^a , Ana Palcic ^c , Valentin Valtchev ^d , Petko St. Petkov ^e , Kristina Simeonova ^e , Georgi N. Vayssilov ^e , Yoshihiro Kubota ^b	a: Tottori University b: Yokohama National University c: Ruđer Bošković Institute d: ENSICAEN, UNICAEN, CNRS e: University of Sofia	Acidic property of YNU-5 zeolite influenced by its unique Micropore system	Microporous and Mesoporous Materials, vol. 330, 111592	有	2022/1

【外部発表】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	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
2	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
3	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
4	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
5	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
6	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
7	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
8	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
9	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
10	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
11	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
12	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

13	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	C M C リサーチセミナー	2021/7
14	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
15	加茂 徹	早稲田大学	リサイクル技術の動向と、S D G s に向けた対策	技術情報協会	2021/8
16	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
17	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 2 0 2 1	2021/10
18	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
19	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	C E 広域マルチバリュー循環研究会	2021/11
20	加茂 徹	早稲田大学	廃プラスチックリサイクルの現状と C F R P リサイクルの概要	A n d T e c h セミナー	2021/11
21	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
22	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 5 1 回石油・石油化学討論	2021/11
23	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	石油学会第 5 1 回石油・石油化学討論	2021/11
24	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	一般財団法人 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 5 1 回石油・石油化学討論会	2021/11
25	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
26	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
27	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
28	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」 2 1 – 1 グリーンケミストリー研究会、高分子学会	2022/3
29	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 3 7 回新産業技術促進検討会シンポジウム・N E D O 『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

30	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
31	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
32	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	ファイラー研究会	2022/4
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	2022/4
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使い方	R & D 支援センター	2022/4
35	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
36	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
37	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	石油学会第70回研究発表会	2022/5
38	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
39	松方正彦, 三浦 えり, 松下真大, 稲村 翔, 酒井 求, 加茂 徹	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70回研究発表会	2022/5
40	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
41	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
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
43	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	資源循環×DX	2022/6
44	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
45	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」初開催記念ウェビナー	2022/7
46	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
47	Yuya Kawatani, Satoshi Sukanuma,	鳥取大学	Reactant Shape Selectivity Found in Polypropylene Pyrolysis	IZC2022 (20th International Zeolite Conference)	2022/7

	Etsushi Tsuji, Naonobu Katada		with Alkane Solvent on Zeolite Catalyst		
48	加茂 徹	早稲田大学	持続可能な社会におけるプラ スチック包装容器の役割	技術士包装物流会	2022/8
49	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
50	片田直伸	鳥取大学	液状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 レフィン分解	第 52 回石油・石油化学討論会	2022/10

【外部発表】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	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	化学工学会誌 85(3), 143	2021/3/1
2	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の技 術開発とその取り組み、規 制、施策動向、将来展 望、1-26	2001/6/30
3	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	2021/9/23
4	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、130-147	2021/9/30
5	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、172	2021/10/1
6	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),11-16	2021/11/1
7	早稲田大学	社会をハッピーで満たすためのリサイクルを考 える	PVCnews 114(11),2-4	2021/11/1
8	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	化学物質、6(5), 49-56	2021/12/1
9	早稲田大学	プラスチック容器の現状と課題	食品容器, 834, 44-50	2022/1/1
10	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	食品と容器 63(3),179- 185	2022/3/1
11	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- 322	2022/5/1

【外部発表】その他

特記事項無し

研究開発項目③（石油化学原料化プロセス開発/液相分解）

【特許】

特記事項無し

【論文】

特記事項無し

【外部発表】学会発表・講演

特記事項無し

【外部発表】新聞・雑誌等への掲載

特記事項無し

【外部発表】その他

特記事項無し

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）

【特許】

特記事項無し

【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, and Ichiro NARUSE	Tohoku Electric Power Engineering & Construction, Co., Inc. Nagoya University	Ash deposition mechanisms in Waste-to-Energy plants	Mechanical Engineering Journal, vol.9, No.4, 21-00435	有	2022/8/15

【外部発表】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	Hiroshi Naganuma Takehito Mori Sho Watanabe Akihiro Sawada Taeko Goto Yasuaki Ueki Ryo Yoshiie Ichiro Naruse	東海国立大学 機構名古屋大 学	Ash deposition mechanisms in waste- to-energy plants	International Conference on Power Engineering (ICOPE-2021)	2021/10/1
2	佐伯達哉 植木保昭 義家亮 成瀬一郎	東海国立大学 機構名古屋大 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	2021/11/22
3	小野田海人 植木保昭 義家亮 成瀬一郎	東海国立大学 機構名古屋大 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 60 回燃焼シンポジウム	2021/11/22
4	Kaito Onoda Yasuaki Ueki Ryo Yoshie Ichiro Naruse	東海国立大学 機構名古屋大 学	Molten Salt Formation Characteristics of Industrial Waste Ash and Control of Ash Deposition	International Conference on Materials and Systems for Sustainability	2021/11/1
5	佐伯達哉 義家亮 植木保昭 成瀬一郎	東海国立大学 機構名古屋大 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	2022/8/4
6	堀田幹則	国立研究開発 法人産業技術 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 ～」	2022/3/1

7	OHiroshi NAGANUMA, Takehito MORI, Sho WATANABE, Akihiro SAWADA, Taeko GOTO, Yasuaki UEKI, Ryo YOSHIIE, and Ichiro NARUSE	Tohoku Electric Power Engineering & Construction, Co., Inc.	Ash deposition mechanisms in Waste- to-Energy plants	International Conference on Power Engineering (ICOPE-2021)	2021/10/20
8	長沼 宏	東北発電工業 (株)	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	2021/10/26
9	○澤田晃宏, 長沼 宏, 後藤妙子, 森 岳人, 渡邊章, 成 瀬一郎, 義家亮, 植木保昭	東北発電工業 (株)	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	2022/1/20
10	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	2021/12/17
11	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	2021/12/17
12	及川慈英、新井一 馬、正 幡野博之	中央大学	低温エネルギー貯蔵・輸送シ ステム用吸着材連続乾燥に 関する研究	化学工学会第 53 回秋季大会	2022/9/18
13	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」、八戸プラザホテル	2022/7/1
14	谷野正幸	高砂熱学工業	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」、八戸プラザホテル	2022/7/1
15	正野孝幸、野田英 彦、磯嶋将、片山正 敏、折田久幸	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学 会、岡山	2022/9/9
16	磯嶋将、野田英彦、 折田久幸、片山 正 敏、正野孝幸	八戸工業大学	氷点下冷熱を製造する吸収 冷凍機用動作動流体 LiBr- H2O/1-Propanol の蒸発 特性	2022 年度日本冷凍空調学会年次学 会、岡山	2022/9/9

【外部発表】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	東海国立大学機構名古屋大学	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, 165, pp. 2	2021/8/1
2	東海国立大学機構名古屋大学	廃棄プラスチックエネルギー の高度有効利用 - I - 高 温排熱の有効利用	化学装置, 64(1), pp. 43-47	2022/1/1
3	東海国立大学機構名古屋大学	廃棄プラスチックエネルギー の高度有効利用 -II- 低温 排熱の有効利用	化学装置, 64(1), pp. 48-54	2022/1/1
4	中央大学、八戸工業大学、東京電機大学、高 砂熱学工業、東北発電工業、産業技術総合研 究所、東海国立大学機構名古屋大学	廃棄プラスチックエネルギー の高度有効利用	高砂熱学工業イノベーションセンタ ー報	2023/3/DD (予定)
5	国立研究開発法人産業技術総合研究所、東 海国立大学機構名古屋大学、東北発電工業	廃プラスチックからの高温熱回 収に関する研究開発の紹介	日本機械学会動力エネルギーシス テム部門, ニュースレター	2022/09/DD (予定)

【外部発表】 その他

番号	所属	タイトル	講演会名称	発表年月
1	東海国立大 学機構名古 屋大学	特別功労賞	日本機械学会東海支部	2021/3/12
2	東海国立大 学機構名古 屋大学	令和3年度地域環境保全功労者	環境省	2021/6/1
3	東海国立大 学機構名古 屋大学	Outstanding Presentation Award	International Conference on Materials and Systems for Sustainability	2021/11/1

「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

環境部

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じていくためには、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 Efficiency and Renewable Energy)が2017年5月にREMADE(Reducing Embodied-energy And Decreasing Emissions)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(靱性)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(靱性)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、そそ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「PM」という。)にNEDO環境部 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

PM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

PM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、事後評価を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

PM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、PM の変更。

(3)2021 年 12 月、PM 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。

(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(靱性)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(靱性)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			事後 評価

研究開発事業に係る技術評価書（事前評価）

（経済産業省）

事業名	プラスチック有効利用高度化事業	
担当課室	産業技術環境局資源循環経済課	
事業期間	2020年度～2024年度（5年間）	
概算要求額	2020年度 1,830（百万円）	
会計区分	エネルギー対策特別会計	
実施形態	国（交付金）→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）（委託）→民間企業等	
PJ / 制度	研究開発課題（プロジェクト）	
事業目的	資源リサイクルにおける温室効果ガス排出量、消費エネルギー量を削減するため、回収されたプラスチックについて高度なリサイクルを促進する技術基盤構築を通してプラスチックごみの資源効率や資源価値を高めると共に、海洋生分解性プラスチックの市場拡大のため、海洋生分解性プラスチック導入・普及を促進するための基盤構築を行う。	
事業概要 (7キレビテイ)	様々な廃プラスチックを汚れや複合品などの品質に応じて最適に循環させ、省エネルギー・CO2排出抑制を実現するための、高度選別・高物性材料再生・基礎化学品化・高効率エネルギー循環などの基盤技術を開発する。 海洋生分解性プラスチックについて、海洋での生分解機構の解明を通し、技術・安全性の評価手法確立と国際標準化を行うことに加え、革新的な技術・新素材の開発を行い、知見・ノウハウの蓄積・提供等を通して技術開発基盤を構築。	
アウトプット指標 研究開発に係る活動の成果物。目的達成に向けた活動の水準。		アウトプット目標
(指標 1) 廃プラスチックのリサイクル分野に係る技術、及び海洋生分解性プラスチックの製造・利用技術に関する研究開発テーマ数	(2021年度(中間評価時)) 6件	
(アウトプットの受け手) 廃プラスチックのマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、熱回収分野に係る事業、及び海洋生分解性プラスチックの製造・利用に係る事業を推進する民間企業等	(2024年度(終了時評価時)) 20件（累計）	
(指標 2) 標準化検討委員会会議の開催数	(2021年度(中間評価時)) 6件	
(アウトプットの受け手) 廃プラスチックのリサイクルに係る事業、及び海洋生分解性プラスチックに係る事業を推進する民間企業等	(2024年度(終了時評価時)) 18件（累計）	
アウトカム指標 研究開発に係る活動自体やそのアウトプットによって、その受け手に、研究開発を実施または推進する主体が意図する範囲でもたらされる効果・効用。		アウトカム目標
(指標 1) 本事業により開発されたリサイクル技術及び海洋生分解性プラスチックに関する処理・製造・利用によるCO2排出削減量	(2030年度) 690万トン-CO2	
(指標 2) 開発した技術により廃プラスチックからマテリアルリサイクルした再生プラスチック材の靱性	(2024年度) PP,PE,PSなどの廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ 90%以上の材料強度に再生する	

<p>(指標 3) プラスチック投入重量あたり基礎化学品（オレフィン、BTX 等）転換率</p>	<p>(2024 年度) フィルム、パウチ等の汚れや複合のある廃プラスチックから、転換率 30%以上で基礎化学品に転換</p>
<p>(指標 4) 廃プラスチックの処理における熱や電気等利用可能なエネルギーへの変換効率（総合エネルギー利用率）</p>	<p>(2024 年度) 再生処理困難なプラスチックを処理すると同時に、熱エネルギーを 80%以上の高率で変換</p>
<p>(指標 5) 本技術開発による各リサイクルプロセスが要求する品質の廃プラスチックを選別する際の回収率、速度</p>	<p>(2024 年度) 各リサイクル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</p>
<p>(指標 6) 海洋生分解性プラスチックの技術及び安全性等に係る評価手法の国際的提案数</p>	<p>(2024 年度) 2 件</p>
<p>(指標 7) 新たな機能を有する海洋生分解性プラスチック新規開発素材の件数</p>	<p>(2024 年度) 4 件</p>

外部有識者（産構審評価 WG 又は NEDO 研究評価委員会）の所見【技術評価】

・（リサイクル高度化促進技術開発基盤構築）

国際問題化しているプラスチックの資源循環の確立は、我が国にとって緊急性が高い課題の一つであり、NEDO が実施する意義は大きい。一方で、資源循環は技術開発のみならず、それが成立する産業社会の制度設計が重要となるので、国が推進しているリサイクル全体の政策の中での本プロジェクトの位置付けを明確にすべきである。また、既にあるリサイクルの産業フローの中で、個別の開発要素をシステムとしてどう繋げていくかを研究開発項目として盛り込み、横串を通すマネジメントが必要である。さらに、アウトプットからアウトカムに繋げる道筋も不明確であるので、それを含めた更なる検討が望まれる。

〔第 59 回 NEDO 研究評価委員会〕

・（海洋生分解性プラスチック技術開発基盤構築）

海洋プラスチックごみ問題は地球規模の喫緊の課題であり、国が主導して実施することは妥当である。本プロジェクトは、適切なプラスチック循環システムの中で、やむを得ず海洋へ流出するものを対象としていることを踏まえ、海洋プラスチックごみ発生ゼロを目指す全体像の中での位置付けを明確にし、技術開発を推進すべきである。また、有効な技術開発が極めて重要であるので、対象とするプラスチックに対して、原料の特性を踏まえた開発内容の精査が望まれる。さらに、国際問題の解決策として先導的に国際市場を開拓するために、他機関との連携も含めた国際標準化の取組の推進を期待する。

〔第 59 回 NEDO 研究評価委員会〕

上記所見を踏まえた対処方針

・（本プロジェクトの政策的位置付け）

我が国は 2019 年 5 月 31 日に策定したプラスチック資源循環戦略において、プラスチックは使用後に効果的・効率的なリサイクルシステムを通じて持続可能な形で循環利用を図り、海洋プラスチックごみに対しては、G20 大阪首脳宣言にあるとおり、2050 年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指すこととしている。本事業では使用後のプラスチックについて高度なリサイクルを促進する技術基盤構築を通して、プラスチックごみの資源効率や資源価値を高めることで持続的な循環利用を進めると共に、回収できずに非意図的に海洋に流出するプラスチックごみは、海洋への負担が小さい海洋生分解性プラスチックに関する開発・評価技術の基盤構築をするものとして位置付けられる。

・（リサイクル高度化促進技術開発基盤構築）

本事業は廃プラスチックの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およびこれらに関連する選別の技術について高度化するもの。これらの開発技術をシステムとしてつなげるため、各研究開発項目の進捗状況や成果を踏まえた連携が求められる。そこで、NEDO が主体となり、各研究開発項目間の連携を促進するための委員会等を設置し、本事業にて開発された技術を想定した最適な資源循環システムの検討を行う。

また、アウトプットからアウトカムに繋げる道筋を検討するため、事業開発期間において、事業終了後の事業化に向けた課題等を整理し、それを考慮した研究開発を行う。具体的には、技術推進委員会等を活用し、リサイクル事業者や再生プラスチック利用者等の意見を研究開発に反映するなどして、技術開発の成果として得られるリサイクルプラスチックの量や質等の検討を行う。加えて、認証・標準（標準化の検討）についても研究開発と並行して検討を実施する。

・（海洋生分解性プラスチック技術開発基盤構築）

本事業にて開発する海洋生分解性プラスチックについては、バイオマスかつ食料など既存の用途と競合しない等の特性を有する原料が理想的であるため、これらを考慮した技術開発内容を精査して事業を推進する。

また、国際問題の解決策として先導的に国際市場を開拓するために、国際標準化について事業終了時に 2 件の ISO 提案を行うことを目標としており、海洋生分解性の国際標準に係る国内審議委員会であるプラスチック工業連盟や、日本バイオプラスチック協会等の連携はもちろん、将来的には世界的に運用することができる認定制度の構築も配慮して事業を推進する。

プラスチック有効利用高度化事業

令和2年度概算要求額 **18.3億円（新規）**

事業の内容

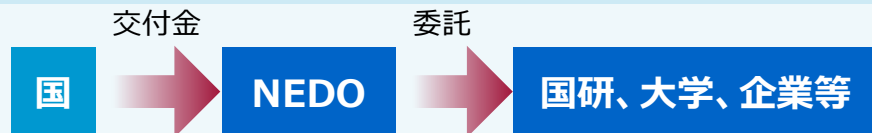
事業目的・概要

- 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す。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、CO₂排出の増大や、プラスチックごみによる海洋汚染が社会課題があります。
- 特に近年は、上記課題の解決がSDGs等に代表される持続性向上に資するため、プラスチックのリサイクルの徹底・素材の転換を求める機運が高まっていることから、こうした対策を進めていく好機にあります。
- 本事業ではこうした機運を捉え、回収されたプラスチックを高度なりサイクルを促進する技術基盤構築を通してプラスチックごみの資源効率や資源価値を高めると共に、海洋生分解性プラスチックの市場拡大のため、海洋生分解性プラスチック導入・普及を促進するための基盤構築を行います。

成果目標

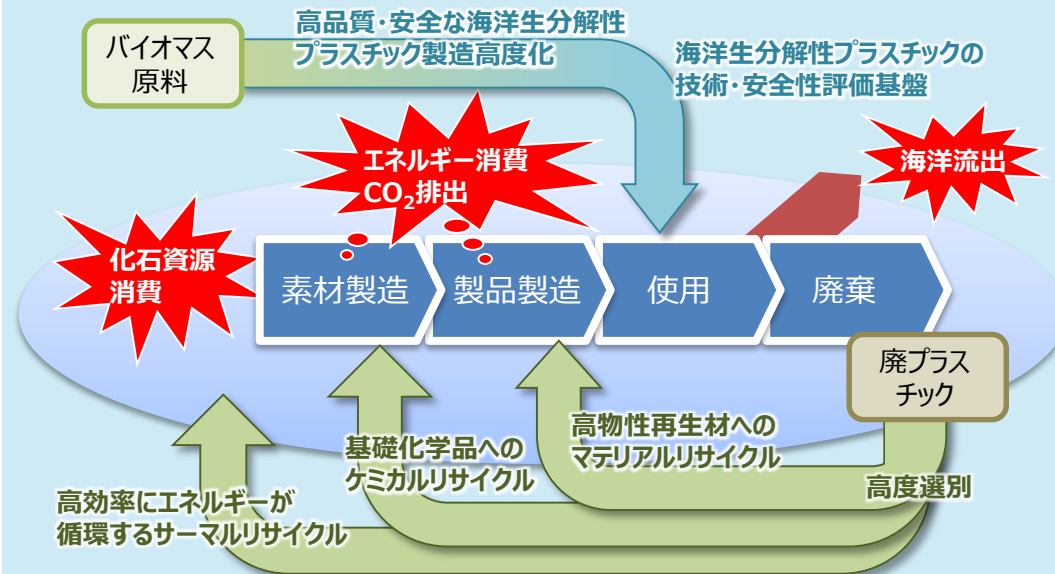
- 令和2年度から6年度までの事業であり、プラスチックの高度資源循環技術及び植物由来の海洋生分解性プラスチックの社会実装・促進により、2030年までに690万CO₂トン/年の削減を目指すと共に、2020年代初頭には海洋生分解性プラスチックに係るISOへの提案を目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

（2）海洋生分解性プラスチック技術開発基盤構築



（1）リサイクル高度化促進技術基盤構築

（1）リサイクル高度化促進技術開発基盤構築

- 様々な廃プラスチックを汚れや複合品などの品質に応じて最適に循環させ、省エネルギー・CO₂排出抑制を実現するための、高度選別・高物性材料再生・基礎化学品化・高効率エネルギー循環などの基盤技術を開発。
- 資源循環に関する知見・ノウハウの集約・提供、開発環境整備、人材育成を促進。

（2）海洋生分解性プラスチック技術開発基盤構築

- 海洋生分解性プラスチックの海洋での生分解機構の解明を通じ、技術・安全性の評価手法確立と国際標準化に加え、革新的な技術・新素材の開発を行い、知見・ノウハウの蓄積・提供、人材育成を通して技術開発基盤を構築。

「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（案）」に対する
パブリックコメント募集の結果について

2020年3月6日
NEDO
環境部

NEDO POSTにおいて標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
貴重なご意見をいただき、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間
2020年 1月 22日～2020年 2月 5日
2. パブリックコメント投稿数<有効のもの>
計 3 件

3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
<p>全体について</p> <p>[意見1] (1件) 日本のプラスチックリサイクルの課題を解決するためには、マテリアル（材料再生）、ケミカル（石油化学原料化）、エネルギー回収を一体となって進め、プラスチックを適正に活用することが重要であり、本事業は、上記3種類のリサイクル方法に加え、高度選別システムを加えた点からも革新的と言える。 日本にリサイクルを根付かせるためには、個人の意識改革（教育）と社会実装が必要である。社会実装を加速させるためにも、プラスチックを使用する多種多様な分野の企業（自動車、家電、容器包装等）が参画することを期待する。</p> <p>[意見2] (1件) 事業の狙い、研究開発項目、実施体制が、大企業と大学を念頭においた設計になっており、リスクを取りづらいプレイヤーが対象になっていると感じる。 我が国の廃プラスチック資源価値向上を目指すには、「高い研究成果を挙げること」と並行して「市場創出能力」「経済合理性」「人材育成」などが段階的に成長することが重要である。 そのためにも、社会実装を重視したプレイヤーを関与させることを重要視してはどうか。</p>	<p>[考え方と対応] プラスチックリサイクル高度化のためには、複数のリサイクル手法の連携・最適化が重要であると考えており、本プロジェクトの各研究開発項目間の連携を重視するプロジェクトマネジメントを実施いたします。 また、本プロジェクトで得られる研究開発成果の社会実装を念頭に置き、提案の採択審査及びプロジェクトマネジメントを実施いたします。</p> <p>[考え方と対応] 廃プラスチック資源価値向上を実現するためには、研究開発成果の社会実装が重要であると考えており、その点を念頭に置いたプロジェクトマネジメントを実施いたします。</p>	<p>[反映の有無と反映内容] 特になし</p> <p>特になし</p>

1. 研究開発の目的		
(3) 研究開発の内容		
<p>[意見3] (1件)</p> <p>「高度選別システム開発」(研究開発項目①)の目標は回収率と処理速度となっているが、これらは品位(純度など)とトレードオフの関係にあることから、循環システムを構築するためには、技術的に現実的なレベルでユーザーと要求品位の擦り合わせをすることが必要不可欠である。従って、「高度選別システム開発」と「材料再生プロセス開発」(研究開発項目②)との連携を強化し、各プロジェクトが自己満足な技術開発に陥らないような、NEDOのマネジメントを期待する。</p>	<p>[考え方と対応]</p> <p>ご意見いただきました研究開発の内容につきましては、基本計画における研究開発項目①と研究開発項目②に限らず、研究開発項目①と研究開発項目②～④との連携が重要と考えています。プロジェクト実施にあたっては、各研究開発項目間の連携を重視するマネジメントを実施いたします。</p>	<p>特になし</p>

以上

資源循環（プラスチック、アルミニウム） 分野の技術戦略策定に向けて

2019年11月

1 章	資源循環分野の概要	2
1-1	資源循環に関する世界の動き	2
1-2	資源循環のCO ₂ 排出削減への寄与	3
1-3	国内外のリサイクルメジャー	5
2 章	プラスチックリサイクル	6
2-1	市場規模・予測	6
2-2	国内における現状	7
2-3	国内外の政策動向	8
2-4	特許・論文の動向	11
2-5	標準化の動向	13
2-6	技術体系と課題	13
3 章	アルミニウムリサイクル	15
3-1	市場規模・予測	15
3-2	国内における現状	16
3-3	国内外の政策動向	17
3-4	特許・論文の動向	20
3-5	標準化の動向	21
3-6	技術体系と課題	22
4 章	おわりに	23

TSCとはTechnology Strategy Center（技術戦略研究センター）の略称です。

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

1章 資源循環分野の概要

1-1 資源循環に関する世界の動き

2015年9月の国連サミットでは2016年から2030年までの国際目標としてSDGs (Sustainable Development Goals) が採択された。これに基づき、各国はSDGsに向けた取組の具体化や支える政策の立案が求められている。

なかでも、資源効率性の向上を目指す資源循環は、図1に示すように、温暖化対策や海洋プラスチック問題など、地球規模の様々な課題解決につながることに加え、産業を支えるサプライチェーンに変化をもたらす重要な概念となっている。

特に、循環経済 (CE: Circular Economy) や資源効率 (RE: Resource Efficiency) 等の概念をビジョンとして掲げる欧州が、国際的な議論を先導しており、欧州委員会 (EC: European Commission) が戦略方針を示し、各国の具体的な政策につなげている。

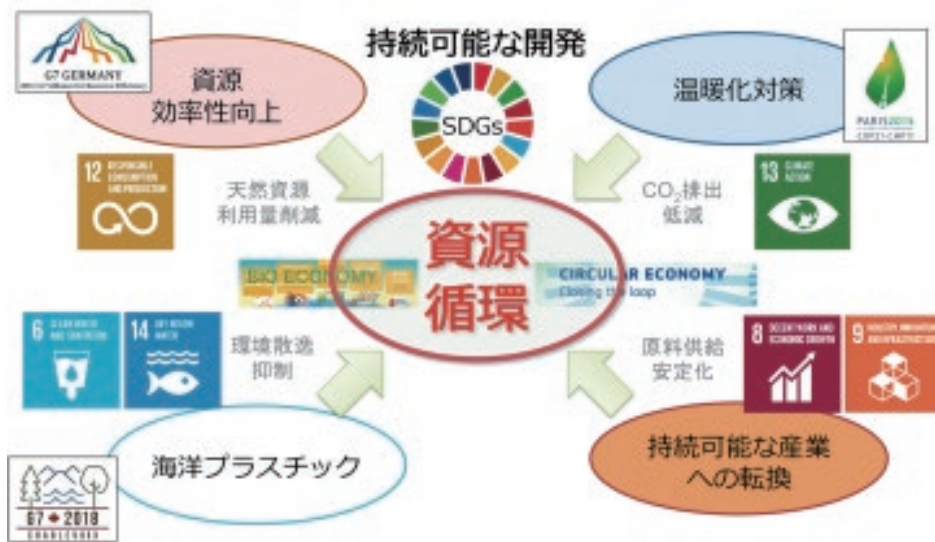


図1 SDGsに関連するグローバル課題に対する資源循環分野の位置付け
出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

1-2 資源循環のCO₂排出削減への寄与

再生可能エネルギー導入など、エネルギー分野におけるCO₂削減が急速に進む中、産業分野では、高コストなどの理由から、その進展は相対的に遅くなっている^{※1}。省エネが進む先進国ほど産業分野のCO₂削減には多くのコストがかかる傾向にある。このような中、資源循環は、CO₂

排出削減への寄与も期待されている。図2は、EUではCEの推進にあたり、鉄、プラスチック、アルミニウム、セメントと、主要な素材ごとのCO₂排出抑制のインパクトについて、スウェーデンのSITRAが分析した結果を示している。CEに関する対策で最もCO₂排出抑制のインパクトが大きいのは素材のリサイクルであり、CO₂総排出量の約3割が抑制できると報告している。

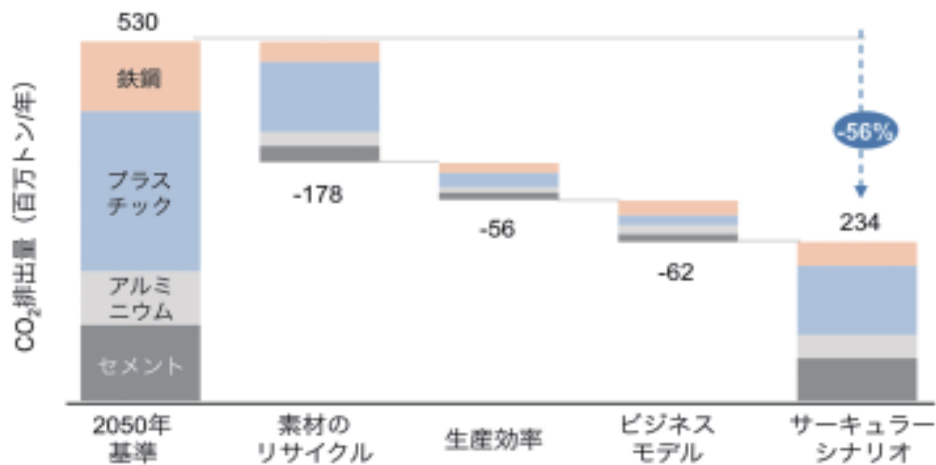


図2 CE進展による素材ごとのCO₂排出削減効果

出所：MATERIAL ECONOMICS 2018, The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation (SITRA, 2018)^{※2}を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2018)

※1 World Energy Outlook 2018 (IEA, 2018)

Renewables 2018 (IEA, 2018)
<https://www.iea.org/media/presentations/Renewables2018-Launch-Presentation.pdf>

Energy Efficiency 2018 (IEA, 2018)
<https://www.iea.org/efficiency2018/>

※2 MATERIAL ECONOMICS 2018, The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation (SITRA, 2018)

<https://materialeconomics.com/publications/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation-1>

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

日本における代表的な素材について俯瞰的な分析を行った結果を図3に示す^{※3}。図の縦軸は素材生産に係るCO₂排出量、横軸は資源調達リスク^{※4}、円の大きさは素材産業の売上を示している。

希少金属、いわゆるレアメタル、レアアースは素材生産に係るCO₂排出量は少ないが、調達リスクが大きく、国内産業への影響も大きいと、2017年度に技術戦略を策定し、NEDOは「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業」にて技術開発を実施している。

一方、CO₂排出量が多く、調達リスクもある程度大きいものとして、プラスチック、アルミニウム、鉄鋼、銅等が挙げられる。これらは、図2にて示したSITRAの検討でも循環によるCO₂排出抑制ポテンシャルが大きい素材として挙げられていたものである。また、売上高、CO₂排出量が最

も多い素材が鉄鋼であるが、日本においては、既に電炉によるリサイクルの仕組みが出来上がっており、回収可能なほとんどの二次材が生産の中に組み込まれている^{※5,6}。このような状況を踏まえて、本書ではアルミニウムとプラスチックを対象素材とした。

資源循環を進展させるためには、現行の3R (Reduce・Reuse・Recycle) に新たな価値を付加する技術やそれに合わせたシステム、制度設計などの取組が必要である。高度化された技術、システムや制度等の社会実装は、再生品が備えるCO₂フットプリントや資源利用率などの環境価値の浸透も加わり、今後、循環産業の自立・成長を促し、経済成長と環境負荷低減を両立した、持続可能な社会の発展に貢献すると考えられる。なお、本書では、高度化された資源循環の取組を「3R+(プラス)」と名付けた。

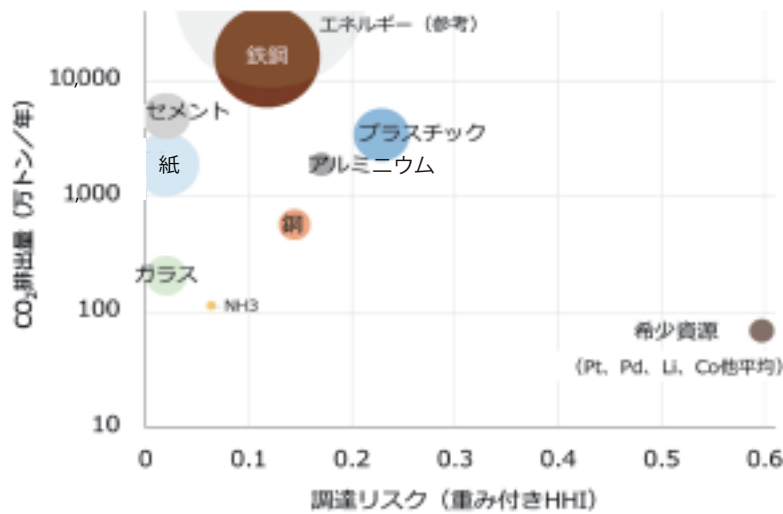


図3 日本における主要素材に関するCO₂排出、調達リスク、経済規模
出所：各種資料^{※4}を基にNEDO技術戦略研究センター作成^{※5,6}(2018)

※3 鉱物資源マテリアルフロー (JOGMEC, 2017)

CFPプログラム「CO₂換算量共通原単位データベース」
(産業環境管理協会, 2018-11-13参照)
<https://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/database2012-2.html>
金属鉱物資源の安定供給に関する一考察 (JOGMEC, 2015)

鉱物資源をめぐる現状と課題 (経済産業省, 2014)

The Circular Economy a Powerful Force for Climate Mitigation
Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry
(SITRA, 2018)

※4 資源調達における調達安定性は「ハーフィンダール指数 (HHI)」という統計的な指標を活用することで評価でき、調達先の供給リスクを考慮した値を「重み付HHI」と呼ぶ。本評価では権益分、開発輸入、リサイクルを考慮している。

※5 CO₂排出量は排出原単位×生産量を元にリサイクル率を考慮、プラスチックは焼却含む。市場規模は単価×生産量、HHI算出で権益分、開発輸入、リサイクルを考慮。バイオマス(林業)の売上、CO₂排出量は産業連関表から抽出(2018年7月)。

※6 リサイクルデータブック (産業環境管理協会, 2018)

ゼロカーボン・スチールへの挑戦 (日本鉄鋼連盟, 2018)
http://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

1-3 国内外のリサイクルメジャー

欧米では民間企業による大規模、一括収集・自動選別により大規模なリサイクルが推進されており、フランスのVEOLIA や米国のWMなどは、リサイクルメジャーと呼ばれ、中国や東南アジアなどへ海外進出し、廃棄物処理を行っている。図4に欧米のリサイクルメジャーと日本の廃棄

物処理業の売上比較を示す。国内企業に比べて、欧米企業の売り上げは10倍以上になっている。国内では、旧態から地元企業志向が強く、全国的に地場企業による処理が行われてきており、数多くの中小企業、及び排出者の分別処理により質の高いリサイクルが推進されてきた。国ごとに異なるこのような環境は、リサイクルを推進する上で重要な視点となる。

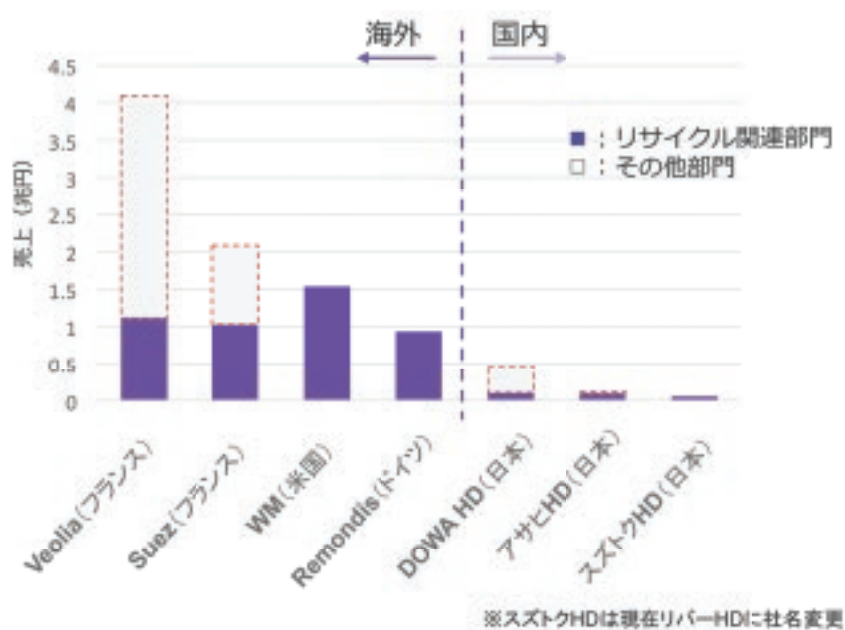


図4 日米欧における廃棄物処理業の売上比較 (2015年)

出所：各種資料^{*7}を基にNEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

*7 SPEEDAを使った情報検索等

2章 プラスチックリサイクル

2-1 市場規模・予測

プラスチックは、生活用品、住宅、自動車等、さまざまな分野で利用され、今後、世界の生活水準が向上するとともに、世界のプラスチック需要の急拡大が予想される。IEA (International Energy Agency) によるプラスチッ

クの生産量予測によると、2017年の3億5,000万トン/年に対し、2050年には6億トン/年弱までの増加が予想されている^{※8}。生活水準の向上によって、一人当たりで換算した生産量においても、2017年の47kg/人が2050年には60～75kg/人まで増加すると予測されている。

日本におけるプラスチックの生産実績の推移を表1に示す^{※9}。2012年から微増傾向にあり、2017年の生産量は約1,100万トン/年と、世界全体の約3%を占める。一方、一人当たりの消費量は75kg/人と米国、西欧に次いで多い^{※10}。

表1 日本のプラスチック生産実績(単位:千トン/年)

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
熱可塑性樹脂	9,326	9,424	9,458	9,757	9,599	9,866
その他の樹脂	1,194	1,156	1,150	1,081	1,153	1,154
合計	10,520	10,579	10,608	10,838	10,753	11,020

出所：プラスチック工業連盟 Web サイトを基に技術戦略研究センター作成 (2018)

※8 The Future of Petrochemicals, Towards more sustainable plastics and fertilisers (IEA, 2018)

※9 プラスチックリサイクルの基礎知識(プラスチック循環利用協会, 2019)
<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf>

※10 プラスチック原材料生産実績(確定値)(プラスチック工業連盟, 2012年～2017年)
http://www.jpif.gr.jp/3toukei/conts/nenji/y_genryou_c_2.htm

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

2-2 国内における現状

2017年の日本におけるプラスチックリサイクルの状況を図5に示す。輸入品を除く国内のプラスチック供給量は、1,128万トン/年で、このうち廃プラスチックの再生品への利用は53万トン/年で約5%を占める。輸出分を除き国内で消費される正味の需要は980万トン/年で、約4割を容器・包装用途が占める。一般廃棄物として407万トン/年、産業廃棄物として492万トン/年、合計899万トン/年のプラスチックが廃棄されている。消費に対するプラスチック回収の割合は92%と高く、この高い回収率は世界の動向

と比較して、高い消費者意識、回収システム等が日本の特長となっている^{※11}。

マテリアルリサイクルとして再利用されている廃プラスチックの量は、輸出も含めると、206万トン/年であるが、昨今の中国の輸入禁止措置などにより、輸出分153万トン/年の処理が課題となっている。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、固形燃料、発電、熱利用の熱エネルギー回収(サーマルリサイクル)に516万トン/年が利用されている。廃プラスチックの84%が何らかの形で処理されているが、一方で、輸出分を除くマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの割合は極めて低いといえる。

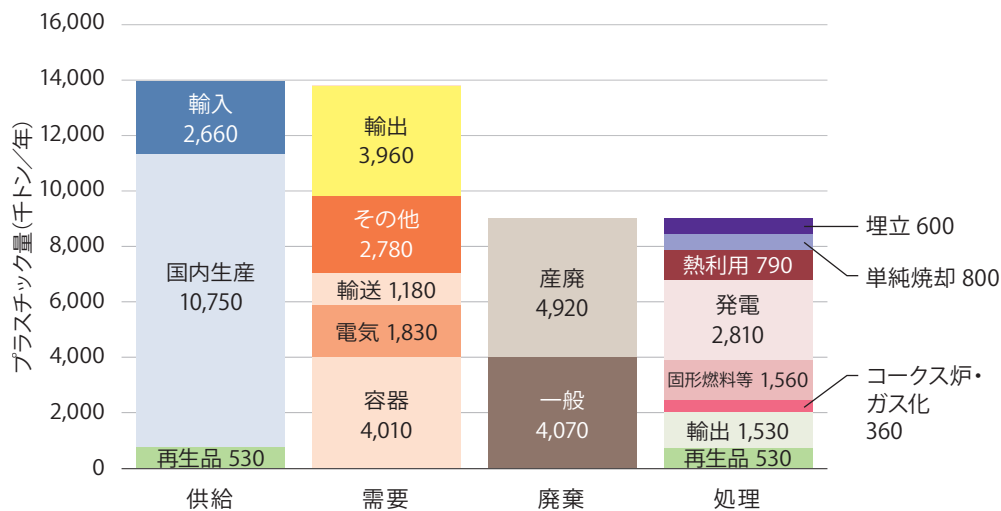


図5 日本におけるプラスチックリサイクルの現状 (2017年)
出所：各種資料^{※11}を基にNEDO技術戦略研究センター作成 (2018)

※11 リサイクルデータブック (産業環境管理協会, 2018)

プラスチックリサイクルの基礎知識 (プラスチック循環利用協会, 2019)
<https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf1.pdf> (2018-11-06参照)

2-3 国内外の政策動向

(1) EU

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、以下の取組を進めるとしている。

- リサイクル性を高めるための製品設計の改善
- リサイクルされたプラスチックの需要促進
- より優れ、かつ調和した分別収集と選別

EUではCEに関するビジョンや欧州プラスチック戦略に基づき、2014年から2020年までの7か年計画である科学技術計画(Horizon2020)の中で研究開発プロジェクトが進行中である。CEはHorizon2020の横断的活動の中の重点領域に設定されており、各産業分野(建設、自動車、家電、住宅、太陽光発電、紙・パルプ産業等)から廃棄される製品中の鋼材、銅、アルミニウム、チタン、プラスチック、ガラス、複合材料など、経済的に回収するための技術開発・システム開発・制度設計を2013年から2019年にかけて総額120億円程度を支援している。

その中で、プラスチックの循環に関連する主要なプロジェクトについて表2にまとめた。EUでは、ケミカルリサイクルやマテリアルリサイクルに関する萌芽期の研究開発プロジェクトから、バリューチェーンを網羅したプラットフォームを構築するための実証プロジェクトまで、幅広く進められており、併せてシステム分析やデータベース構築を進めるこ

表2 EUにおける主要なプラスチック循環の研究開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要	期間EU予算(PJ予算)
cPET	GR3N SAGL (スイス)	着色された容器、トレイ、繊維製品等を経済的にケミカルリサイクルするためのマイクロ波利用解重合技術を開発した。	2018/9~2019/2 0.07億円(0.09億円)
CRNPE	RECYCLING TECHNOLOGIES LTD. (イギリス)	難リサイクルの廃プラスチックを低硫黄燃料油へリサイクルするため、染料等の添加剤由来の汚染物質を除去するガスろ過システムを開発した。	2017/9~2018/8 0.1億円(0.1億円)
POLYMARK	PETCORE EUROPE AISBL (ベルギー)	食品接触承認プラスチックと非承認プラスチックの分離を可能とするプラスチック自体をコード化したマーキングおよび識別システムを開発した。	2014/1~2017/3 1.9億円(3.0億円)
RUBSEE	SADAKO TECHNOLOGIES SL (スペイン)	廃棄物処理施設における高付加価値物選別の高度化のための、コンピュータビジョンと人工知能を使用したリアルタイム監視システムを開発した。	2017/2~2019/1 1.7億円(2.4億円)
HR-Recycler	Ethniko Kentro Erevnas Kai Technologikis Anaptyxis (ギリシャ)	WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)をリサイクルするための前処理における人間とロボットの協働によるソーティングプラントシステムを開発する。	2018/12~2022/5 8.8億円(8.8億円)
PlastiCircle	INSTITUTO TECNOLOGICO DEL EMBALAJE (スペイン)	ヨーロッパにおけるプラスチック廃棄物のリサイクル率を高めるための総合的なプロセスを開発し実行する。自動車部品、家具、ごみ袋等の回収、輸送、選別の高度化を行う。	2017/6~2021/5 10.3億円(11.4億円)
ECOBULK	EXERGY LTD (イギリス)	自動車、家具、建築分野の複合プラスチック製品の再利用、アップグレード、修理、リサイクルを促進するため、プロセス、技術、ビジネスモデルを開発し、プラットフォーム化する。	2017/6~2021/5 12.8億円(16.0億円)

出所：CORDIS^{*12}、InnovateUKを基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

*12 European Commission. "Project information - CORDIS"
<https://cordis.europa.eu/projects/en>

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

とで、社会への実装を促進している。

(2) 米国

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 Efficiency and Renewable Energy) が2017年5月にREMADE (Reducing Embodied-energy And Decreasing Emissions) として、リサイクルやリユース全般に関する総額75億円、5年間の資金提供プログラムを開始した。

REMADEでは、金属・ポリマー・繊維・E-waste (電気・電子機器廃棄物) を対象とし、1) 二次原料や再生材料利用における材料のトレーサビリティ確保、2) 廃棄物削減、予測を行うための情報収集、標準化、及び設計ツール、3) 廃棄物の迅速な採取・識別・ソーティング、4) 混合材料の分離、指定有害物質の除去、5) 強靱でコスト効率の

高い処理・処分法の5つを重点領域としている。

REMADEプログラムの技術的達成指標として、主に以下のような目標が掲げられている。REMADEプログラムの中で、プラスチックの循環に関する技術開発を表3に示す。

- 製造プロセスにおけるバージン材料投入量を30%削減
- 製造プロセスにおける二次材料投入量を30%増加
- エネルギー集約型材料のリサイクルを30%増加
- 二次材料のコストをバージン材料と同等程度にする

米国では、複雑なプラスチック含有廃棄物や多層フィルム等リサイクル困難なものに関する技術開発が進められており、EUと同様に、システム分析やデータベース構築を併せて行うことで、スムーズな社会実装を目指している。

表3 REMADEプログラムにおけるプラスチックリサイクル関連技術開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要
Platform Technology for Selective Recovery of Polymers and Residual Metals from Complex Polymeric Content Waste Streams, including e-Waste	Argonne National Lab.	電子廃棄物やその他の複雑なプラスチック含有廃棄物からABS(合成樹脂)、PS(ポリスチレン等)、PC(ポリカーボネート)、ABS/PCアロイを回収することができる選択的材料分離技術のプラットフォームを構築する。二次プラスチック材料供給を年間350万トン増加させることを目指す。
Reinforced Recycled Polymer Composites	Ohio State University	ボトル、カーペット等の廃PET(ポリエチレンテレフタレート)と他の材料を複合させ、新たな強化リサイクルプラスチックとすることで、高付加価値化を狙う。Niagara Bottling LLC, Shaw Industriesが参加。
Determining Material, Environmental and Economic Efficiency of Sorting and Recycling Mixed Flexible Packaging and Plastic Wrap	American Chemistry Council	包装やラップ等フレキシブルプラスチックの選別とリサイクル技術の開発とビジネスモデル検討、環境・コスト分析を行う。Resource Recycling Systems, Idaho National Laboratoryが参加。
Scalable High Shear Catalyzed Depolymerization of Multilayer Plastic Packaging	University of Massachusetts-Lowell	多層プラスチックフィルムを対象とした費用対効果の高いケミカルリサイクルに関する触媒重合手法を検討する。Michigan State, Unilever, ACC, National Renewable Energy Laboratoryが参加。
Systems Analysis for PET and Olefin Polymers in a Global Circular Economy	Michigan Technological University	ポリオレフィンとPETに関する回収とリサイクルを促進する技術等のシステム分析を可能にする枠組を開発する。American Chemistry Council, Idaho National Laboratoryが参加。

出所:REMADE Web サイト (REMADE Institute, 2019) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

(3) 中国

プラスチックのリサイクルに関して、第13次5か年計画(工業绿色发展规划、2016～2020)の中で、プラスチックの国内循環量を2016年の1,878万トン/年から2020年までに2,300万トン/年へ増加させる目標を掲げている。その目標達成のために、主要な廃プラスチックの選別、再生、造粒に関する技術実証を行い、多様な品質の再生プラスチックの高付加価値化を支援し、大規模で高効率なりサイクルシステムの構築を推進している。研究開発の方針としては、廃プラスチックの自動識別選別技術の開発、紙、アルミニウム、鉄等とプラスチックの複合材料の分離技術、廃プラスチック改質などの高価値利用技術、廃プラスチックリサイクルの二次汚染防止技術、特殊機器の開発に注力する目標が掲げられている。

- 廃プラスチックの機械的選別技術
- 廃プラスチック活性化無機ファイバー改良、
繊維増強改良、弾性体増韌改良、樹脂合金改良、
分子鎖構造改良などの化学再生利用技術
- 廃ペットボトルを利用してポリエステルチップを生産する技術
- 廃プラスチック、廃木質材料を利用して
ウッドプラスチック材料及び関連製品を生産する技術

(4) 日本

2018年6月閣議決定の第四次循環型社会形成推進基本計画を踏まえ、資源・廃棄物制約、海洋プラスチックごみ問題等の幅広い課題に対応するための3RとRenewable(再生可能資源への代替)を基本原則とした「プラスチック資源循環戦略」(2019年5月)では、廃プラスチック有効利用率の低さ、海洋プラスチック等による環境汚染が世界的課題を解決するために、国内で適正処理・3Rを率先し、国際貢献も実施するとされている。一方、世界で2番目の1人当たりの容器包装廃棄量、アジア各国での輸入規制等の課題も併せて、解決するとしている。そのことにより、資源、環境問題を解決するばかりでなく、経済成長、雇用創出により、持続可能な発展を目指すことを目指している。また、世界的な協業により、必要な投資やイノベーション(技術、制度)の促進を図ろうとしている。

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

2-4 特許・論文の動向

(1) 特許出願

プラスチックリサイクルに関する特許(実用新案を除く)を抽出し、分析を行った。5年毎の出願件数の推移(図6)では、総出願件数は2,200件程度と変化が小さいものの、

日本からの出願件数は減少傾向にあるのに対し、中国からの出願数は増加し続けている。

技術分類別(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)の出願件数を比較すると(図7)、ケミカルリサイクルに関する特許出願が7割近くを占めており、研究開発が活発な技術領域である。

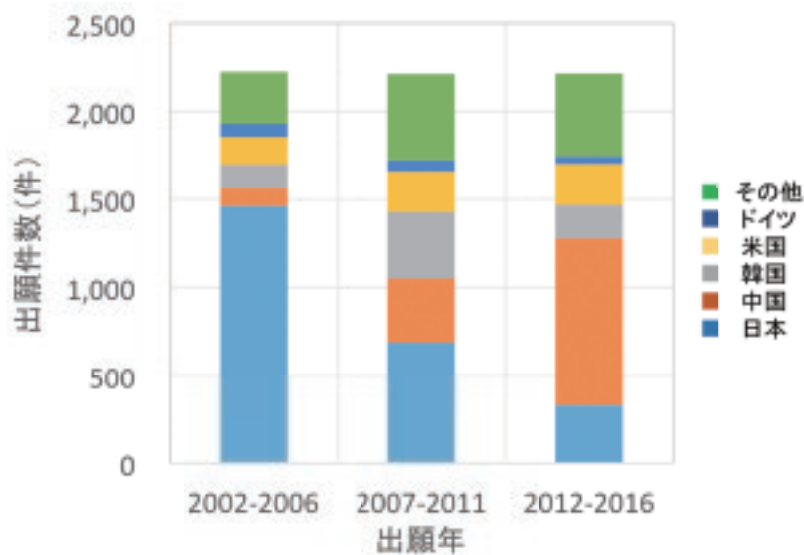


図6 プラスチックリサイクル技術に関する出願件数の推移(5年毎)
出所: Derwent World Patents Index™の検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

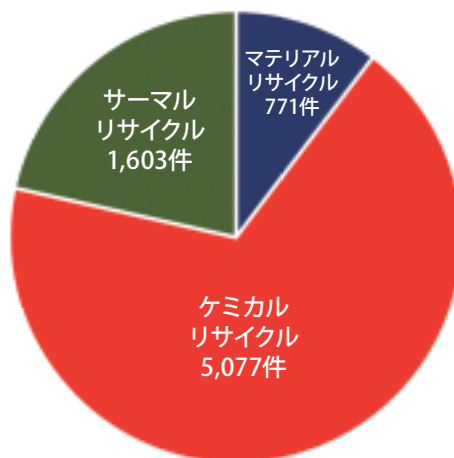


図7 プラスチックリサイクル技術別の出願件数(2002年~2016年累積数)
出所: Derwent World Patents Index™の検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

(2) 論文発表

プラスチックリサイクルに関する技術論文(発行年:2002~2016年)を抽出し、分析を行った。国別の掲載件数について、5年毎の掲載件数の推移の分析(図8)からは、直近5年間ではおよそ3,000件に達しており、前期間(2007~2011年)に比べ1.4倍に増加していることが分かった。

特に、中国からは929件(期間:2012~2016年)に達し、前期間に比べ2.4倍となっていた。

技術分野別(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)の件数を比較すると(図9)、特許出願動向と同様にケミカルリサイクルに関する件数が多く、全体の8割を超えており、学術研究も活発な技術領域である。

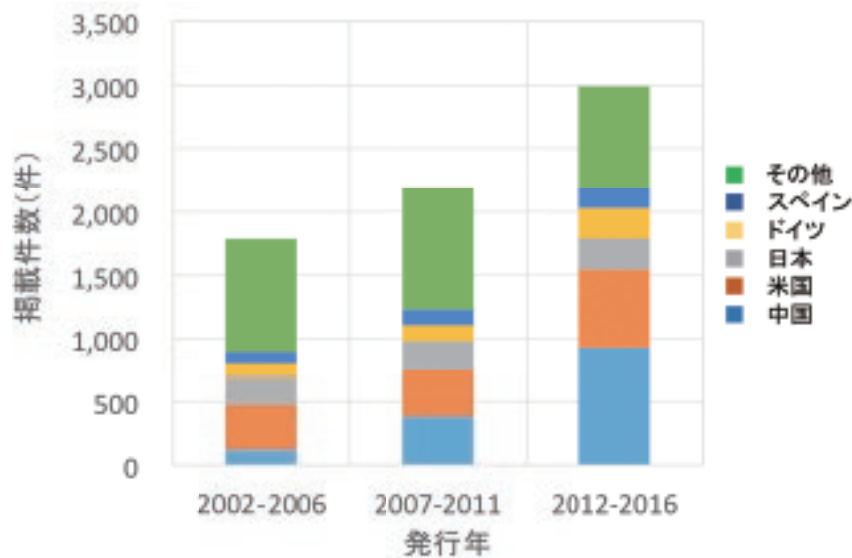


図8 プラスチックリサイクル技術に関する掲載件数の推移(5年毎)

出所: Web of Science™の検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

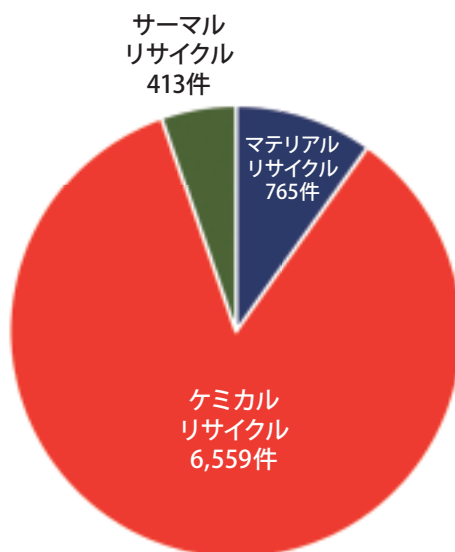


図9 プラスチックリサイクル技術別の掲載件数(2002年~2016年累積数)

出所: Web of Science™の検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

2-5 標準化の動向

プラスチックリサイクルに関する標準化は、プラスチックの規格であるISO/TC61に包含されるように制定されてきた。リサイクル関連のISO 15270:2008(プラスチック・プラスチック廃棄物の回収及びリサイクルの指針)は、日本が提案し、2008年に制定されたものである。この規格に付随し、PET、ポリエチレン(PE)やポリプロピレン(PP)の再生材の規格が制定されている。更に、マテリアルリサイクルによる再生材を用いた種々の製品規格(JIS)も併せて多数制定されてきた。これの規格群は、世界に先駆けて日本がリサイクルを推進してきたことを示している^{※13}。

2013年になると、ISO 15270:2008を包含する新たなISO規格としてISO 18601:2013が制定された。本規格は全般規格として位置づけられ、環境配慮包装に関するものである。さらに、リユース(ISO 180603)とマテリアルリサイクル(ISO 18604)、エネルギー回収(ISO 18605)、及び生分解などの有機的リサイクル(ISO 18606)も併せて制定されている。特に、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルが促進された場合は、前述のISO 15270及びISO 18601規格への対応が必要になる^{※14}。

2-6 技術体系と課題

プラスチックの製造、利用、リサイクルに係る工程と、本書で扱うプラスチックリサイクル技術を図10に、中間処理工程における要素技術とその内容について表4に示す。

容器包装や自動車、家電や、玩具、日用品等様々な製品に材料として利用されたプラスチックは、それぞれの廃棄処理ルートを経て収集され、静脈産業にてリサイクル処理が行われる。

最初に中間処理業にて再生処理に適した原料となるよう解体・破碎・選別等の前処理が行われ、次いでリサイクル処理として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処理が行われる。マテリアルリサイクルでは、不純物の除去や重合・解重合等が行われ、物性を向上させた再生樹脂として動脈産業に供給される。ケミカルリサイクルでは、熱や薬剤を用いて分解し、有用物の分離・精製が行われ、樹脂原料や化学原料として動脈産業に供給される。動脈産業では、コンパウンダーが製品加工等で求められる材料を新規樹脂や再生樹脂、添加剤等で成分調整し、製品加工業に供給する。製品加工業は、製品に求められる性能に応じた製品設計・成形加工を行い、市場に供給する。サーマルリサイクルでは、プラスチックはごみ発電施設等で燃焼・熱回収され、熱や電気等のエネルギーとして社会に供給される。

国内のプラスチックのリサイクルに関わる業者は、中小企業だけで約3万社程度と推定され、中間処理、再生処理、コンパウンドの工程を担っている。特に、主として廃棄物処理を実施している事業者は、処理コストの低減を優先して進展してきたため、最適な処理プロセスになっているとは言い難い。また、静脈産業間で情報連携が少ない、各市町村のごみ収集のルールが異なっている等の課題がある。そのため、今後の技術開発では、新たな制度設計や事業形態の高度化の検討が重要となっている。^{※15}

※13 容器包装リサイクルワーキンググループの活動状況について
(経済産業省 産業構造審議会 産業技術環境分科会, 2018)
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/pdf/032_03_01.pdf

※14 3R連絡会、環境配慮包装に関する新規国際規格の開発・発行
(ISO 18600シリーズ) (日本包装技術協会, 2014)
<http://www.3r-suishinkyogikai.jp/data/event/H25R32.pdf>

※15 循環経済ビジョン研究会(第2回)、リサイクル事業者へのヒアリング調査結果
(経済産業省, 2018)
http://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/junkai_keizai/pdf/002_06_00.pdf

プラスチックを取り巻く国内外の状況 <第4回資料集> (環境省, 2018)

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

現在、廃製品としての回収率は98%以上として高いものの、国内の人件費が高いことや人手不足もあり、最近では、付加価値が高い廃製品までもが海外に流出しているケースも多い。その一方で、原料となる資源やプラスチック

原料を海外から輸入している状況である。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。

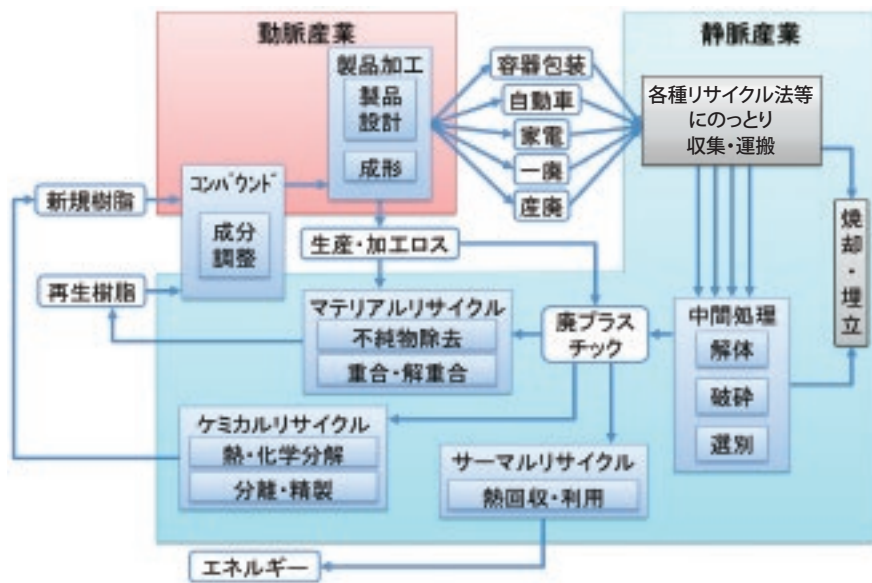


図10 プラスチックリサイクルシステムと要素技術
出所：NEDO技術戦略研究センター作成（2019）

表4 プラスチックリサイクル技術の体系

工程	要素技術	具体的な技術例
中間処理	解体	廃製品を部材に分離
	破碎	部材を素材単体に分離
	選別	素材ごとの分離・濃縮
マテリアルリサイクル	不純物除去	添加剤・染料など不純物の除去
	重合・解重合	プラスチックの重合度の制御
ケミカルリサイクル	熱・化学分解	熱・化学反応を用いた有用物への分解
	分離・精製	有用物の分離・精製
サーマルリサイクル	熱回収	熱交換器等による熱の回収、電気などへの変換
コンパウンド	成分調整	製品に求められる性能となるよう素材成分を調整
製品加工	成形加工	低物性材料の使いこなし、アップグレード
	製品設計	中間処理効率化のための商品形態・構造設計

出所：NEDO技術戦略研究センター作成（2019）

3章 アルミニウムリサイクル

3-1 市場規模・予測

軽量性、耐食性、熱・電気伝導性、加工性等、優れた性質を有するアルミニウムの需要は右肩上がりで増加している。図11に示すように、世界のアルミニウム需要は

2017年に9,000万トン/年を超え、中国を中心に2040年までに1億6,000万トン/年に増加すると予測されている。

また、用途別のアルミニウム中間製品需要量の予測を図12に示す。これまでのアルミニウム需要は建築・構造用途と自動車等運輸用途が牽引しており、将来的にも建築・構造及び運輸用途の需要の伸びは大きく、2040年ではそれぞれ約5,000万トン/年程度の需要へ成長すると予測されている。

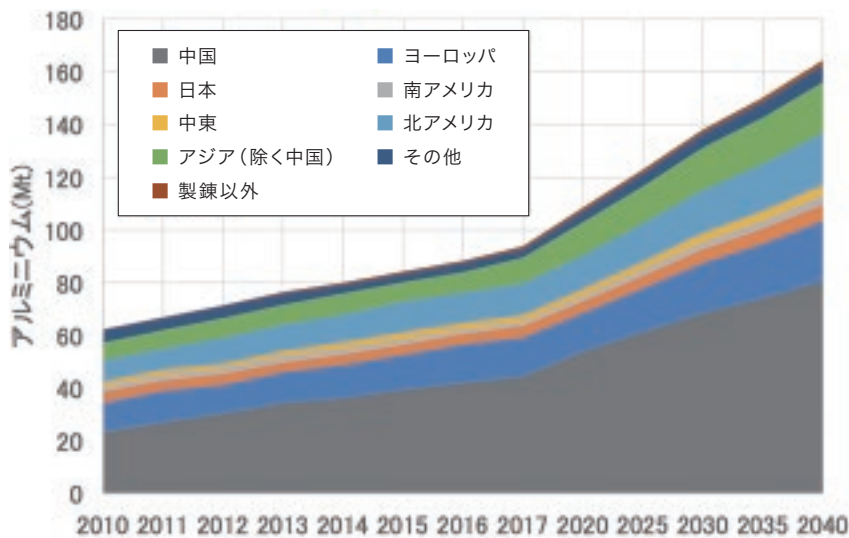


図11 世界におけるアルミニウム需要の推移と将来予測

出所：Regional Aluminium Flow Model 2017 (International Aluminium Institute, 2019) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

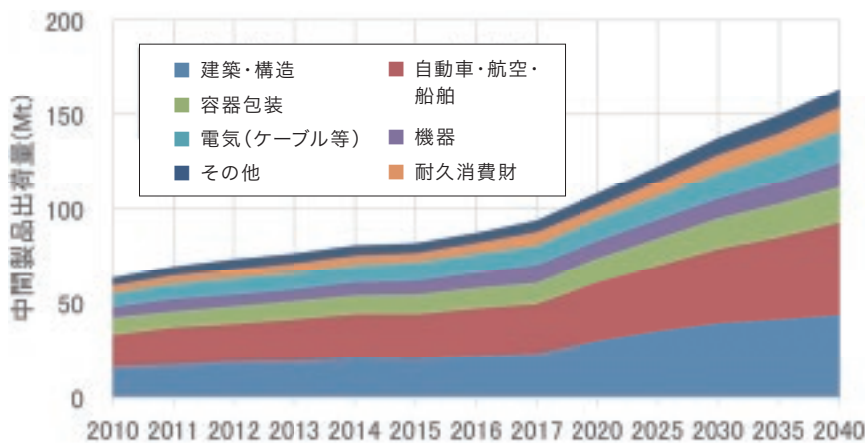


図12 世界におけるアルミニウム中間製品の出荷量の推移と将来予測

出所：Regional Aluminium Flow Model 2017 (International Aluminium Institute, 2019) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

3 -2 国内における現状

2016年の日本におけるアルミニウムリサイクルの状況を図13を示す。年間需要量は約400万トン/年である。材料として利用されるアルミニウムのうち、251万トン/年が新地金由来であり、主に高付加価値な展伸材向けに利用されている。

国内では新地金の製造は行われておらず、ほぼ全量を海外からの輸入に頼っている。残りの130万トンは二次地金(いわゆるリサイクル材料)である。そのほとんどは

鋳造材として用いられており、エンジンブロックが主な用途として挙げられる。また、130万トン/年が国内で回収されたスクラップとして回っており、アルミニウムのリサイクル率としては世界トップレベルであるといえる。

今後、自動車用エンジンの小型化、パワートレインの電化の進展により、国内における鋳造材需要の減少が見込まれる一方で、軽量化の要求から自動車向け展伸材需要の増加が想定されている。また、アルミニウムの需要量は増加しており、将来的に排出されるスクラップも増加することが予想されるため、需給バランスが将来的に崩れる可能性が高い。



図13 日本におけるアルミニウムのマテリアルフロー (2016)

出所: 公開資料^{*16}を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

*16 鋳物資源マテリアルフロー 2017 (JOGMEC, 2018)
 輸入 110万トンは二次地金と二次合金地金を含む。これらのスクラップ使用率は不明。ストック品や中間製品の輸出のデータは含まれていない。

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

3 -3 国内外の政策動向

(1) EU

EUは従来の資源消費型の線形経済から、REを最大化する循環経済への転換を図り、2015年にCEパッケージをビジョンとして策定した。EUは「EU域外の資源産出国から供給される天然資源に依存しない、いわゆるEU域内で完結する循環資源利用の社会を目指し、再生品の品質が市場を決定する(リサイクル業者のための)市場を作りたい」と考えている。これは「バージン資源使用製品に対してリサイクル資源使用製品の競争力を強化する」ということを意味している。このCE(Circular Economy:循環経済)パッケージの中で、アルミニウム製容器包装について、2025年には50%、2030年には60%のリサイクルを目標と設定している。

また、先述したSITRAのレポートでは、アルミニウムの循環において重要なポイントを次のように挙げている。

- 製品設計の改善:分離・選別の複雑化の防止
- 材料の仕様:合金組成ベースから機能ベースの仕様へ

- 再使用:直接再使用の推奨
- 水平リサイクル:現状のカスケードリサイクルの防止
- 新たな製品解体プロセス:自動化、素材混合の防止
- 分離・選別の向上:安価なセンサー、自動化による低コスト化
- 洗練されたスクラップ市場:フローの把握
- 新たな製造プロセス:不純物除去・精製

EUではCEに関するビジョンや分析に基づき、Horizon2020の中で研究開発プロジェクトを進めている。CEはHorizon2020の中で横断的活動として焦点領域に設定されており、各産業分野(建設、自動車、家電、住宅、太陽光発電、紙・パルプ産業等)から廃棄される製品中の鋼材、銅、アルミニウム、チタン、プラスチック、ガラス、複合材料など、経済的に回収するための技術開発・システム開発・制度設計を2013年から2019年にかけて総額120億円程度支援している。

その中で、アルミニウムの循環に関連する主要なプロジェクトについて表5にまとめた。EUでは、製錬、地金製造、材料加工、スクラップ選別等、バリューチェーンを網羅するように研究開発プロジェクトが進められている。

表5 EUにおける主要なアルミニウム循環の研究開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要	期間EU予算(PJ予算)
ENSUREAL	SINTEF (ノルウェー)	改良Pedersen法を用いて低品質のボーキサイトからのアルミナ製錬を行うことで、EU領域内での持続可能なアルミニウムバリューチェーンを構築する。	2017/10~2021/9 9.0億円(11.2億円)
Aluminium ScrapDbase	BRUNEL UNIVERSITY LONDON (イギリス)	鉄不純物を含むアルミニウムスクラップ合金を使用して、高価値アルミニウム製品を製造することを可能にする方法を、固相挙動や結晶生成挙動を解析した。	2015/9~2017/8 0.6億円(0.6億円)
Recycal	LENZ INSTRUMENTS SL (スペイン)	アルミニウムスクラップを鍛造材に適用するため、高剪断加工(HSP)技術を用いた溶融調整プロセスにより、機械的特性を改善する微細構造を実現した。	2014/1~2016/12 3.0億円(4.0億円)
REALCAR2	Jaguar Land Rover Limited (イギリス)	使用済アルミニウムを使用して、低コストでエネルギー効率良く、5000番台のアルミニウムを使用して、軽量の車体構造を構築するための技術開発を行なった。	2013/2~2015/7 0.7億円(0.7億円)
REALITY	Jaguar Land Rover Limited (イギリス)	アルミニウム合金を分離し、その後展伸アルミニウム合金を合金種別毎にさらに分離するための、センサーベースのスクラップソーティング技術の開発および産業展開を目指してスケールアップを行なった。	2017/6~2020/3 2.0億円(3.0億円)
SHREDDERSORT	LENZ INSTRUMENTS SL, (スペイン)	自動車スクラップからの非鉄金属を選別し、二次アルミニウムの品質を向上させるため、LIBS(Laser Induced breakdown Spectroscopy)等のセンサーによる鑄造/展伸アルミニウム合金の選別技術を開発した。	2014/1~2016/12 4.2億円(5.6億円)
HR-Recycler	Ethniko Kentro Erevnas Kai Technologikis Anaptyxis (ギリシャ)	WEEEをリサイクルするための前処理における人間とロボットの協働によるソーティングプラントシステムを開発する。	2018/12~2022/5 8.8億円(8.8億円)

出所:CORDIS^{※12}, InnovateUKを基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

(2) 米国

米国では、資源循環に関する取組は、製造業のエネルギー効率と経済性を向上させ、産業の競争力を強化する目的で行われている。DOEのEEREが2017年5月にREMADEとして、リサイクルやリユース全般に関する総額75億円、5年間の資金提供プログラムを開始した。REMADEプログラムの技術的達成指標として、主に以下のような目標が掲げられている。

- 製造プロセスにおけるバージン材料投入量を30%削減
- 製造プロセスにおける二次材料投入量を30%増加
- エネルギー集約型材料のリサイクルを30%増加
- 二次材料のコストをバージン材料と同等程度にする
- 5年以内に二次原料処理エネルギーを30%削減
- 10年以内に50%削減

REMADEプログラムの中で、アルミニウムの循環に関する技術の開発は、表6に示すような研究開発プロジェクトが実施されている。

また、ARPA-E (Advanced Research. Projects Agency-Energy : エネルギー高等研究計画局) ではエネルギー消費低減を目的に、次世代の自動車や構造材として需要が高まることが予想される軽金属 (Al, Mg, Ti) をターゲットに、省エネルギー・低コストなアルミニウム精錬技術と廃製品からのリサイクル技術を開発している。表7にARPA-Eの製品からの金属リサイクル関連プロジェクトを示す。特に、自動車スクラップからの軽金属合金の選別を目的としたソーティング技術の開発が行われており、REMADEプログラムに繋がっていると考えられる。

表6 REMADEプログラムにおけるアルミニウムリサイクル関連技術開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要
Rapid Sorting of Scrap Metals with Solid State Device	The University of Utah	非鉄金属スクラップからアルミニウムをEDX (electro-dynamic sorting) 技術により高選別効率・ハイスループットで選別する技術の開発。1t/hの処理速度、90%の回収率を目指す。
Increasing Melt Efficiency and Secondary Alloy Usage In Aluminum Die Casting	Ohio State University	アルミダイキャスト製造における、溶融プロセスの熱力学モデリングにより機構を解明し、高効率な溶融プロセスのための新たな添加剤、耐火材の開発や、より不純物許容度の高い二次アルミニウム合金の製造プロセスの設計を行う。North America Die Casting Association, Alcoaが参加。

出所: REMADE Web サイト (REMADE Institute, 2019) を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

表7 ARPA-Eのアルミニウム精錬、リサイクル関連プロジェクト

名称	コーディネーター	概要	期間
ALUMINUM ELECTROLYTIC CELL WITH HEAT RECOVERY	Alcoa	アルミニウム精錬の効率向上、コスト低減を目的に、電解セルの高効率化と熱回収に関する技術を開発した。	2014~2018 4.52億円
ALUMINUM PRODUCTION USING ZIRCONIA SOLID ELECTROLYTE	INFINIUM	アルミニウム精錬の効率向上、CO ₂ 排出抑制を目的に、電解精錬において従来の炭素電極からジルコニア電極へと転換するための技術を開発した。	2013~2016 4.21億円
ELECTROMAGNETIC LIGHT METAL SORTING	University of Utah	自動車からのアルミニウムスクラップを複数グレードに選別するため、可変電磁力による選別技術を開発した。	2014~2017 2.95億円
ELECTROCHEMICAL PROBE FOR RAPID SCRAP METAL SORTING	Palo Alto Research Center (PARC)	自動車からのアルミニウムスクラップを複数グレードに選別するため、イオン液体を用いた高速な電気化学分析による選別技術を開発した。	2013~2016 1.58億円
X-RAY DIAGNOSTICS FOR SCRAP METAL SORTING	UHV Technologies	自動車からのアルミニウムスクラップを複数グレードに選別するため、線形XRF (蛍光X線)を用いたソーターによる選別技術を開発した。	2014~2016 2.14億円

出所: ARPA-E Web サイトを基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2016)

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

(3) 中国

中国は国家戦略として循環経済体制の構築を行っている。第13次5か年計画や中国製造2025の中で、製造業の強化方針の一つにグリーン製造の発展を挙げており、その主要目標として工業固形廃棄物の再利用率を2013年の63%から、2020年までに73%、2025年までに79%に引き上げようとしている。また、国家発展改革委員会は、「循環発展牽引行動」の中で資源循環産業市場は2020年に50兆円規模に拡大すると予測しており、それを実現させるため十大行動として、資源循環利用産業モデル地区の建設、鉱業資源総合利用産業蓄の建設、「インターネット+」資源循環の取組、再生製品普及の取組、技術革新の取組などを挙げている。

アルミニウムの循環に関しては、2011年から5年間、廃アルミ缶のリサイクル技術の開発プロジェクトが国家科学技術支援プログラムの支援の下、中国再生可能資源産業技術革新戦略同盟、北京科学技術大学、中北大学、及びZhaoqing Dazheng Aluminium Co., Ltd.が共同し、CAN to CANのグリーンリサイクル技術を開発し、社会実装している。

(4) 日本

2018年7月に閣議決定された「エネルギー基本計画」においては、鉱物資源の自給率の目標が示されている。2030年にベースメタル(銅・亜鉛)の自給率を80%以上、戦略レアメタル(レアアース・リチウム・タングステン等)については50%以上とすることを目指している。また、戦略レアメタルについては備蓄を着実に進め、供給途絶等の緊急時に需要家のニーズに応じて機動的に放出等できるよう備蓄体制の整備を進めていくとされている。さらに、日本再興戦略2016(2016年6月)では、「『都市鉱山』の利用を促進し、リサイクル業者や非鉄製錬業者等の成長を図るため、情報技術等を活用し、動静脈連携によりレアメタルなどの金属資源を効率的にリサイクルする革新技術・システムを開発する。」という方針が定められている。

政府方針に対応し、これまでに国内で行われてきたアルミニウムのリサイクルに関する技術開発プロジェクトを表8に整理した。

表8 日本における主なアルミニウムリサイクル関連技術開発プロジェクト

名称	参加企業	概要	期間PJ予算
非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発(3Rプログラム)	JRCM、住友軽金属工業、神戸製鋼所、スカイアルミニウム、日軽金、古河電気工業、三菱アルミニウム、昭和電工	廃自動車、廃家電等からの非鉄スクラップからアルミニウム、銅、亜鉛等有用金属を回収するリサイクルプロセスの開発を目的とし、アルミニウムに関しては、内部ろ過フィルタによる非金属介在物除去や、真空蒸留法による亜鉛除去等の要素技術開発を行った。	1993~2002 56.9億円 (委託・助成) (全体)
アルミニウム系メゾスコピック組織制御材料創製技術(スーパーメタル)	JRCM、住友軽金属工業、神戸製鋼所、スカイアルミニウム、日軽金、古河電気工業、三菱アルミニウム	従来のアルミニウム材の1.5倍程度の材料性能(強度、耐食性、延性、加工性)向上を目的に、大型板材の金属結晶粒の極微細化(数 μm)加工技術の開発を行った。	1997~2001 8.6億円 (委託)
アルミニウムの不純物無害化・マテリアルリサイクル技術開発(3Rプログラム)	JRCM、住友軽金属工業	廃自動車から回収されたアルミニウムの自動車への水平リサイクルを目的に、再生材中の除去困難な鉄を急冷凝固法により無害化する技術の開発を行った。	2002~2004 4.8億円 (委託)
「動静脈一体車両リサイクルシステム」の実現による省エネ実証事業	ハリタ金属、日本アルミニウム協会、早稲田大学、AIST、中部大学	鉄道車両のアルミニウム材を水平リサイクルすることを目的に、LIBSソーティング技術によるアルミニウム合金選別システムの開発及び実証を行なう。	2016~2020 2.0億円 (2/3助成)

出所：各種資料を基に NEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

3-4 特許・論文の動向

(1) 特許出願

アルミニウムリサイクルに関する特許(2002年～2016年)について、国別、及び5年間ごとに出願件数の推移の分析を行った。

国別の出願件数について、5年毎の出願件数の推移の分析(図14)より、中国では2007～2011年の出願数が1,300件であったが、直近5年間では4,800件以上と急増しており、当分野での研究開発が活発に行われている。一方、日本の出願件数は各期間でおおむね900件程度の出願となっており、研究開発は継続的に行われている。

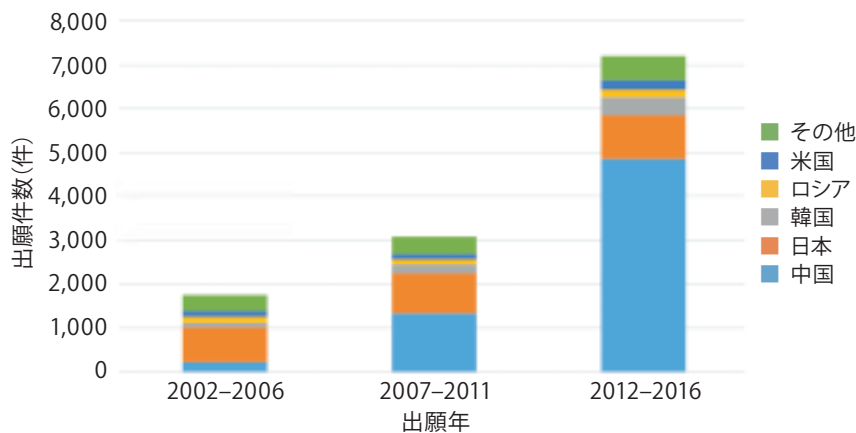


図14 アルミニウムリサイクルに関する出願件数の推移 (5年毎)

出所：Derwent Innovation™での検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

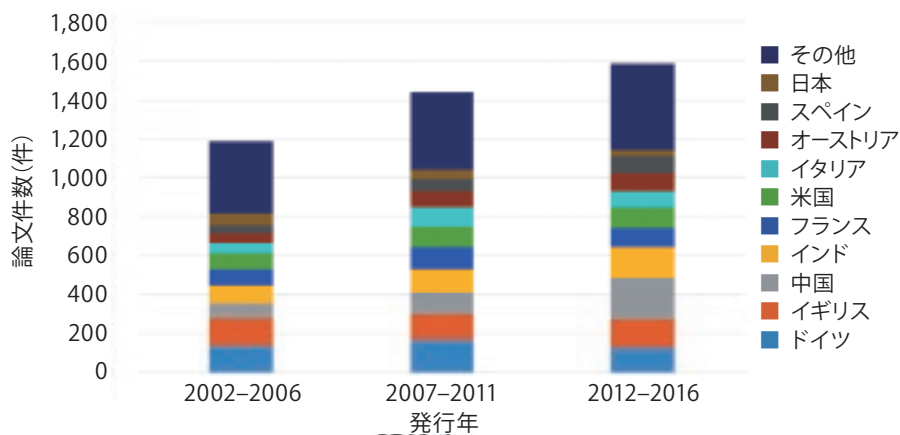


図15 アルミニウムリサイクルに関する論文掲載数の推移 (5年毎)

出所：Web of Science™での検索結果を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2019)

(2) 論文発表

2002年～2016年(期間15年)間に掲載されたアルミニウムリサイクルに関する論文について、国別、5年間ごとに掲載件数の推移の分析を行った。5年毎の件数の推移の分析(図15)からは、論文数はおおむね微増となっていることが明らかになった。

日本の件数は減少傾向にあり、直近5年間ではシェアを落としている。特許出願動向に比べ論文掲載数の伸びは小さく、実用化研究に移行していることが推定される。

3-5 標準化の動向

EU等では、アルミニウムの国際的な持続可能性基準を策定する動きがあり、ASI (Aluminum Stewardship Initiative) などは、アルミニウムのボーキサイト採掘から製品使用、リサイクルまでのバリューチェーンの全てを企業統治、環境、社会的責任等の観点から評価する基準であり、「アルミニウムの価値を最大限に高め、かつ環境・社会等への負の影響を最小限にすること」を目的に、2012年10月から標準化草案作成が進められている。参加主体は地金メーカー、板材メーカー、自動車・家電・食品などのユーザー企業、環境系NGO等であり、2019年2月現在79団体が加盟している。ASIから公表された基準は現時点で2点である。2014年12月に企業統治、環境、社会的責任等について11項目を定めた「ASI Performance Standard Version 1」(原則及び基準)が公表、続いて2015年1月に加工・流通における管理、情報流通の形式について12項目を定めた「Chain of Custody (CoC) Standard」(加工・流通過程の管理基準)が公表された。

これらISOやASI等の国際的標準化活動に関して、国内では日本アルミニウム協会が窓口団体となっており、規格制定・改正、それに向けた国内委員会の取りまとめ、国際会議への参加、JIS規格との適合性の検討、関連する調査研究等を行っている。アルミニウムに関する標準化はこれまで、材料の性能を元素成分組成から規定し、広く材料として利用できるよう標準化されてきたが、持続可能性等の新たな評価軸が重視されるようになってきたため、ライフサイクルでの低CO₂排出評価や、サプライチェーン全体での管理等に関する標準化も進められている状況である。

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

3-6 技術体系と課題

アルミニウムの製造、利用、リサイクルに係る工程の概観と本書で扱うアルミニウムリサイクル技術を図16に示す。自動車や飲料缶、建材、家電等に材料として利用されたアルミニウムは、それぞれの廃棄処理ルートを経て収集され、スクラップとして静脈産業にてリサイクル処理が行われる。最初に中間処理業にて再生処理に適した原料となる

よう解体・破碎・選別等の前処理が行われ、次いでアルミニウム合金業にて再生処理として溶解・不純物除去等の成分調整を行い、二次地金として動脈産業に供給される。

動脈産業では、二次地金と新地金から材料・製品に求められる性能に応じた材料加工・製品加工を行い、市場に供給する。表9に各処理工程における要素技術とその内容についてまとめた。

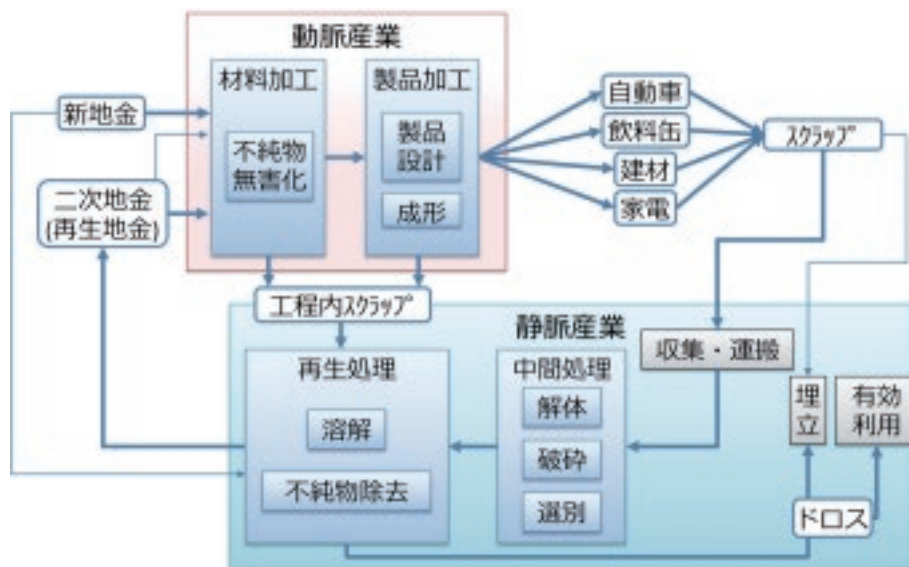


図16 アルミニウムリサイクルシステムと要素技術
出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

表9 アルミニウムリサイクル技術の体系

工程	要素技術	具体的な技術例
中間処理	解体	廃製品を部材に分離
	破碎	部材を素材単体に分離
	選別	素材ごとの分離・濃縮
再生処理	溶解	リサイクル材の溶解
	不純物低減	ガス成分、不純物元素の除去、低減
加工処理	材料加工	不純物の存在下でも物性を確保
	成形加工	低物性材料の使いこなし、水平リサイクル
	製品設計	中間処理効率化のための商品形態・構造設計

出所：NEDO 技術戦略研究センター作成 (2019)

4章 おわりに

国際的な持続可能な開発の実現へ向けた流れの中で資源循環は重要であり、今後、産業活動の中で資源循環への取組をいっそう推進する必要がある。なかでもプラスチックやアルミニウムのリサイクルは、今後発展途上国の大幅な需要増に加え、資源の有効利用、CO₂対策、海洋プラスチックごみ問題への対応から、リサイクルの促進は喫緊の課題であり、そのための関連技術の高度化が求められる。これまで日本では、世界をリードするリサイクル関連技術の開発・実装に加え、関連する制度や高い排出者の意識から、金属類を中心に比較的価値の高い資源においてはリサイクル先進国の位置にある。

プラスチックリサイクルでは、新しい固相重合技術により高度なペットボトルリサイクルが既に実用化されている。一方、汎用プラスチックに関するリサイクルの状況を見ると、サーマルリサイクルが主流となっており、マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルの割合は5～6%に留まっている。これまでの日本のプラスチック産業は高い品質を持つ多くの品種をそろえることを一つの強みとしており、リサイクル促進のために再生プラスチックの受入れ品質を落とすことは産業競争力強化の点から、好ましい選択とはいえない。このような現状を踏まえ、国内の約900万トン/年の廃プラスチックを総合的にリサイクル処理するための有効な技術開発を行うばかりでなく、技術の進展に併せた新しい標準化等を含むビジネスエコシステムの構築や市場獲得の方策についても検討する必要がある。

一方、アルミニウムは、特長となる軽量・高強度な材料として今後大きな需要の伸び(国内での使用量、蓄積量の増加)が予想されることから、国内において高効率、低コストなアルミニウムリサイクル技術の開発が期待されている。しかし、資源採掘から製造、利用、廃棄に至る全ての

段階のCO₂排出(ライフサイクルCO₂)が重要視される製品にとって、新地金製造時のCO₂排出量の大きさがアルミニウム利用拡大の課題となっている。この抑制のため、新地金製造プロセスの低炭素化、リユースシステム、リサイクル利用に関する新しい技術開発が欧米を中心に行われている。国内では、新地金製造プロセスを担う産業が存在しないことから、循環によるライフサイクルCO₂排出の抑制が、主なユーザである自動車産業、容器利用産業等によって行われることが期待される。

特に、再生したプラスチックやアルミニウムを継続して利用するためのQCD(Quality・Cost・Delivery)の確保が困難であり、バージン材料との競争力が小さく、循環システムが成立しないことが多い。そのため、技術開発のみならず、技術の進展に合わせた標準化と制度化等を検討し、周辺ビジネス支援や時流情勢なども含め、社会的に受容可能な循環システムの構築を早急に進めていく必要がある。

技術戦略研究センターレポート

TSC Foresight vol.35

資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野の技術戦略策定に向けて

2019年11月1日発行

TSC Foresight Vol.35 資源循環(プラスチック、アルミニウム)分野 作成メンバー

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター(TSC)

■ センター長 三島 良直

■ センター次長 西村 秀隆

■ 環境・化学ユニット

・ユニット長 土肥 英幸

・主任研究員 山下 勝

水野 紀子

・研究員 森 智和 (2019年5月まで)

加藤 知彦 (2019年5月まで)

定兼 修

林 直之

柳田 泰宏

・フェロー 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

・客員フェロー 指宿 堯嗣 一般社団法人 産業環境管理協会 技術顧問

島田 広道 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 理事

室井 高城 アイシーラボ 代表

■ マクロ分析ユニット

・客員フェロー 菊池 純一 青山学院大学 教授

● 本書に関する問い合わせ先
電話 044-520-5150 (技術戦略研究センター)

● 本書は以下URL よりダウンロードできます。
<https://www.nedo.go.jp/library/foresight.html>

本資料は技術戦略研究センターの解釈によるものです。
掲載されているコンテンツの無断複製、転送、改変、修正、追加などの行為を禁止します。
引用を行う際は、必ず出典を明記願います。