第56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」プロジェクト報告会

モノづくり日本会議は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と共催で6月13日、第56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』プロジェクト報告会」をオンラインで開いた。この事業は廃プラスチックを高度に処理する革新的リサイクル技術を開発し、高度資源循環と環境負荷低減の両立を目指すことで、技術開発および各技術の連携を図る内容だ。報告会では参加した研究機関が、5年間の研究・開発期間の中で得ることができた成果や今後の課題について紹介した。

あいさつ

技術と社会実装 議論するきっかけに

NEDO サーキュラーエコノミー部 部長　福永 茂和 氏

昨今、プラスチックに対する関心が世界的に高まっており、欧州では重点戦略の一つとして革新的なリサイクル技術の開発が求められている。日本国内ではすでにプラスチックの再資源化の取り組みは数多く実施され、高い有効利用率を誇る状況ではあるが、2022年4月に「プラスチックに関わる資源循環の促進等に関する法律」が施行し、1段階上の取り組みが求められている。

技術開発の観点ではNEDOも海洋生分解性に適した素材とその評価手法の開発に着手すると同時に、プラスチック資源のさらなる循環方法について議論や検討を深めてきた。この会合を通じて、プラスチック資源循環に関する技術や社会実装について議論するきっかけとなることを願う。

リサイクル技術の研究開発 積極的に支援

経済産業省 イノベーション・環境局 GXグループ 資源循環経済課 専門職　今井 愛理 氏

本事業は、資源循環の政策に則り2020年度から開始した。経済産業省としてNEDOと二人三脚で事業を進め、大いに成果が出た点、今後の政策や研究開発に生かすべき点、ともに得たものがあった。

現在は、欧州を中心にサーキュラーエコノミー（循環経済）に資する規制ルールなどが順次施行されており、国内では資源法の改正やサーキュラーパートナーズの取り組みが具体化のフェーズに移行するなど、再生材の需要と供給が国内外で増えていく見通しだ。リサイクル技術の開発は資源循環において必要不可欠なものであるため、経済産業省としても引き続き、ルール整備や産官学の連携、研究開発事業等の投資支援を積極的に行っていきたい。

基調講演

プラスチックリサイクルの技術と産業化

旭リサーチセンター シニア・リサーチャー　府川 伊三郎 氏

混合廃プラ熱分解法に注目

プラスチックはさまざまな問題が指摘されている。サーキュラーエコノミー（循環経済）への移行の世界的趨勢から、リサイクルが重視されている。地球温暖化対策も求められており、プラスチック焼却による二酸化炭素（CO_2）の発生をいかに削減するか、こうした課題に対し、リサイクルが一つの有力な手段として考えられ、世界で積極的な開発が行われている。

世界の廃プラスチック（廃プラ）処理の状況だが、日本はマテリアルリサイクル（MR）の実際の国内消費量は少なく、輸出しているほか、焼却が多くなっている。欧州はMRが多いことが特長で、アメリカはまだ埋め立てが多い。EUは2018年1月にEUプラスチック戦略を出し、EUのリサイクルは循環経済をベースにして実施することを発表した。それ以降、プラスチック廃棄物の埋め立てや容器包装廃プラの規制などを発表している。

MRはポリエチレンテレフタレート（PET）の実用化が進み、日本と欧州ともにバージン並みの品質になっている。ポリエチレン（PE）やポリプロピレン（PP）は欧州が進んでいるが、バージンより品質が劣る。PETは再生材含有量が上がり続け、23年度時点で33・7％と高い状況だ。技術はアルカリ洗浄と固相重合による物性修復といった日本で開発されたものが世界で採用されている。

各種ケミカルリサイクルのうち、注目されているものが混合廃プラを使った熱分解法だ。PE、PP、PS（ポリスチレン）を中心とした廃プラを集め、粉砕洗浄して押出機に供給してメルト状態で熱分解する。できた熱分解油を水素化処理で塩素や窒素、硫黄などの不純物を取り、蒸留して再生ナフサや再生ディーゼルを作る。もっと沸点の高いものは、既存の石油メーカーが持っている流動接触分解装置（FCC）や水素化分解で分解し、ナフサおよびディーゼルにする。

この熱分解法ケミカルリサイクルは、ポリ塩化ビニール（PVC）の残存や低いナフサ成分収率、チャー（残渣）の発生など多くの課題があり、ブレークスルーやイノベーションが求められる。熱分解反応が高温の吸熱反応であることやポリマーの伝熱効率が悪いことを原因に、スケールアップが難しい問題が発生している。溶媒によるポリマーの粘度低下などさまざまな方法が試されている。

プロジェクト概要

プラ循環に貢献する技術開発目指す

NEDO サーキュラーエコノミー部チーム長　今西 大介 氏

革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発事業は実際に五つの大きな取り組みで構成されている。捨てられるプラスチックと混合物を分ける高度選別と、そこにつながるプラスチックの物理再生を行うマテリアルリサイクル（MR）、プラスチックを化学材料に変換し資源に戻すケミカルリサイクル（CR）、ゴミの焼却から最大限エネルギーを回収する高効率エネルギーリカバリー（ER）、高度選別の一つの研究開発要素として各技術がどうLCA（ライフサイクルアセスメント）に貢献できるのか取り組んできた。この事業のアウトカムは事業終了後に早期実用化し、普及することで、2030年までにMRで86万㌧、CRで87万㌧、エネルギー量で108万㌧の処理によりプラスチック循環に貢献する技術の開発を目指すことだ。

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

金属含めた総合選別システムを研究

産業技術総合研究所 研究部門首席研究員 SUREコンソーシアム会長　大木 達也 氏

廃プラスチック（廃プラ）の排出形態は多様で、金属に比べ収益性にも課題があるため、新たな選別プラントを建設するのではなく、従来の選別プラントの前後に新技術を付け加えるという観点で検討してきた。産業廃棄物として入荷される廃プラを、ヤードで袋ごとに自動で仕分けする装置と、最終排出される混合プラスチックを比重差で選別するシステムの二つの装置を開発した。

AI（人工知能）を活用した解析などによる高度な仕分けや、水を使った比重選別である「ジグ」のプラスチック向け用途への改良といった活動に取り組んできた。現在行っている小型家電のプロジェクトにこの技術を継承し、プラスチックと同時に金属を含めた総合選別システムとして研究を展開していく。

石油化学原料化プロセス開発②　複合プラスチックからのモノマー回収プロセスの開発

可能性実証・装置設計で指針を獲得

東北大学大学院 工学研究科 教授　渡邉 賢 氏

研究開発項目の「液相分解によるモノマー回収条件の探索」では液相分解で何が生じるか、モノマーを回収する状況はどの程度が望ましいか、その時得られるポリオレフィンに関してどの程度の分子量を制御可能かを検討した。もう一つの研究開発項目の「連続プロセス」は、反応で除去するもの以外に可能なものの事前除去によるプロセス負荷の低下を目的に、主にアルミに対して分離除去するためのフィルターについての検討と、複合プラスチックからのモノマーとポリオレフィンの同時回収を実証した。モノマーおよびポリオレフィン収率、連続プロセスでの可能性実証、装置設計の指針の獲得を達成した。ポリオレフィンの付加価値向上などにつなぐ十分なデータの収集と、設備運用を含むコスト・環境試算は今後行っていく。

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

物流向け冷熱エネ変換技術を開発

名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授　成瀬 一郎 氏

既存のリサイクルシステムでも、廃プラスチックを利用することによってある程度の電気や熱エネルギーを作っているが、まだ廃プラスチックの単純焼却や埋め立ては残っている。新エネルギーリカバリー（ER）ではこの単純焼却や埋め立ては止め、高発電効率かつ高稼働率で電気を作ることを目指した。また、得られたエネルギーでも比較的低温のエネルギーは利用が難しいため、この低温エネルギーを使って世の中が必要としている冷熱エネルギーを作り、物流業界に供給することを発想し、冷熱エネルギーへの変換技術も開発した。

あらゆるリサイクルプロセスで電気エネルギーが必要となる。この電気エネルギーの一部を新ER化で製造することでエネルギーの循環も実現することができる。

LCAによるプラスチック循環のトータルシステム評価　プラスチック循環の最適化に向けて

CO_2排出量 従来より削減効果大きく

北九州市立大学 環境技術研究所 カーボンニュートラル推進部門長・教授　松本 亨 氏

マテリアルリサイクル（MR）のライフサイクルアセスメント（LCA）は北九州市立大学、エネルギーリカバリー（ER）とケミカルリサイクル（CR）は東京大学、マテリアルフロー分析は特定地域が対象の分析を北九州市立大学、全国が対象の分析を国立環境研究所と東京大学が担当して研究を進めた。

成果として、プロセス評価、リサイクル技術選択、動的な物質フロー分析の各モデルを開発した。新技術のライフサイクルCO_2（二酸化炭素）排出量を評価し、かつ従来技術よりも削減効果が大きくなることを示した。加えて、どのように条件を改善すると削減効果が大きくなるかという計算も示した。また、炭素資源循環度という指標を提案し、新CR技術を既存技術と比較評価できた。

閉会あいさつ

NEDO サーキュラーエコノミー部チーム長　今西 大介 氏

プロジェクトを進めてきた研究者の代表の方にこの研究で得られた成果と今回分かった課題をまとめていただいた。NEDOの今後の取り組みとして、説明いただいた内容に基づき、高温熱を使った研究開発事業に関しては、今後も継続して支援をしていく。新しい事業名になるが、「熱交換器の革新的効率・耐食性向上技術の実用化開発」という形で進めていただく。

ケミカルリサイクル（CR）の技術開発は多様な切り口があると考えている。今後もNEDOとしては「先導研究プログラム」で新しい切り口で芽を育てていくということを検討しており、先導研究の採択を受けている。実際には「製油所装置による多種混合廃プラの大規模処理技術開発」の基盤研究だが、NEDOとしては継続的にプラスチックの資源循環は重要課題にして進めていきたい。

高温熱・CR 継続的重要課題

石油化学原料化プロセス開発①　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

分解プロセスの基礎的な検討提案

早稲田大学 先進理工学研究科 教授　松方 正彦 氏

この研究は全体を二つの期間に分け、最初の3年間ではそもそものプラスチック廃棄物に関する調査を行うと同時に、純粋なプラスチックを使って触媒の開発に努めた。それらをスケールアップした反応器によって分解性を確認した後に、実際の廃プラの分解試験を進め、実際の廃プラで出た悪影響についてはフィードバックして試験を進めた。

成果としては、プラスチック製品の市場調査からポリオレフィンを主成分とする廃プラに絞り込み、分析方法も開発して、ゼオライトベースの触媒を作り、分解プロセスの基礎的な検討提案まではできた。一方で、触媒開発とスケールアップ試験の進捗が同期できず、ベストの触媒を使った試験には至らなかった。また反応器内の伝熱が反応成績に大きく影響すると分かった。

材料再生プロセス開発　リサイクルから環境配慮設計

延性回復、高分子の自己再生能力を活用

福岡大学 名誉教授　八尾 滋 氏

2019年の先導研究から始まったが、そこで出た成果として、溶融樹脂溜まりを使った押出機によって、脆弱だったリサイクルプラスチックの延性が回復するという現象を見いだした。この現象に関して我々が打ち立てたコンセプトが物理劣化・物理再生理論だ。

高分子の自己再生能力を活用したこの材料再生コンセプトは全く新規で、プロジェクトの開始段階ではメンバー内でも疑心があったと思われるが、最終段階においてほぼ全員のコンセンサスが得られた。全般的な研究開発項目と目標達成状況としては、メカニズムの解明やバージン比90％の再生を通じた実効的な再生原理の構築、さら大型の高性能押出機の設計方針の確定などができた。また、この理論は射出成形にも使えることを明らかにした。

石油化学原料化プロセス開発②　複合プラスチックからのモノマー回収プロセスの開発

可能性実証・装置設計で指針を獲得

東北大学大学院 工学研究科 教授　渡邉 賢 氏

研究開発項目の「液相分解によるモノマー回収条件の探索」では液相分解で何が生じるか、モノマーを回収する状況はどの程度が望ましいか、その時得られるポリオレフィンに関してどの程度の分子量を制御可能かを検討した。もう一つの研究開発項目の「連続プロセス」は、反応で除去するもの以外に可能なものの事前除去によるプロセス負荷の低下を目的に、主にアルミに対して分離除去するためのフィルターについての検討と、複合プラスチックからのモノマーとポリオレフィンの同時回収を実証した。モノマーおよびポリオレフィン収率、連続プロセスでの可能性実証、装置設計の指針の獲得を達成した。ポリオレフィンの付加価値向上などにつなぐ十分なデータの収集と、設備運用を含むコスト・環境試算は今後行っていく。