環境対策推進財団 受託研究報告書（概要版）

消費形態と産業構造の将来変化を考慮したプラスチック資源循環のシナリオ設計

東京大学大学院工学系研究科 都市工学専攻
中谷 隼

1. 研究の背景と目的

プラスチック資源循環は，2021 年 1 月に「今後のプラスチック資源循環施策のあり方」が公表されるなど，重要な課題と認識されている。一方，2020 年 10 月の首相の所信表明演説において「2050 年カーボンニュートラル（脱炭素社会）の実現」を目標とすることが宣言されたことで，近年の海洋プラスチック問題に偏っていたプラスチック資源循環に関する話題が，CO_2 排出や化石資源消費の削減を目的とした議論に回帰することも期待される。また，プラスチック資源循環の問題も現状の消費形態や産業構造を前提とせず，それらの将来変化を考慮したシナリオ設計が求められる。

昨年度の受託研究では，現状の廃プラスチックの発生量と再生処理の受入可能量の制約のもとで，マテリアルおよびケミカルリサイクルとエネルギー回収による環境負荷と資源消費の削減効果をもとに，全体として CO_2 排出量を最小化する処理フローを特定した。本年度は，この枠組みに 2030 年における廃プラスチック排出量の予測値と再生処理の受入可能量の目標値を適用することにより，脱炭素社会の実現への貢献を前提とした中長期的なプラスチック資源循環のシナリオを設計した。

2. 分析方法

昨年度の受託研究では，産業連関表を用いた物質フローの分析結果（2000・2005・2011・2015 年）[1] をもとに，線形を仮定した内挿と樹脂生産量および輸出入量を用いた外挿によって，1988 年から 2015 年までの樹脂種類・利用製品・需要先ごとのプラスチックの国内需要量を求めた。今年度は，家庭部門の需要量が人口予測に比例すると仮定して，2030 年までの時系列的な国内需要量を予測した。さらに，製品種類ごとに寿命関数を設定して，排出源（需要先と一致）ごとの廃プラスチック排出量と樹脂組成（2030 年）を推計した。昨年度の受託研究では製品の種類を問わず，あらゆる廃棄物に含有されるプラスチックを対象としていたが，今年度は「あり方」において示された容器包装と製品を一括して分別回収する方針に従って，より現実的な再生処理の対象として，容器包装の他にプラスチックを主体とする製品（ここでは「プラスチック商品」とする）のみをシナリオ設計の対象とした。

次に，昨年度の受託研究で現状の受入可能量を調査した国内で実用化されている再生処理に加え，近年になって欧州でも注目を集めている油化（熱分解法）によるケミカルリサイクルを対象として，2030 年の受入可能量を設定した。材料リサイクルについては再生樹脂が利用可能な製品の樹脂需要量をもとに，ケミカルリサイクルおよびエネルギー回収については関連する動脈産業（鉄鋼産業，化学産業，製紙産業, セメント産業）の 2030 年における生産量予測などに基づく再生原燃料の投入可能量をもとに，それぞれ廃プラスチックの受入可能量の「期待値」を算定した。さらに，廃プラスチック由来の再生原燃料の投入割合を最大限まで上昇させた，受入可能量の「努力値」を設定した。

以上の廃プラスチック排出量および樹脂組成と受入可能量の制約条件のもとで，樹脂種類・再生処理ごとの CO_2 排出量（削減効果）の原単位を用いて，混合整数線形計画によって CO_2 排出量を最小化する廃プラスチックの排出源から再生処理または廃棄物処理（ごみ焼却発電）へのフローを導出した。

3. 分析結果と考察

処理の対象となる2030年の廃プラスチック排出量は，全ての排出源を合わせて503万tと推計された。2030年の受入可能量の期待値および努力値は，それぞれ**表 1** のように算定された。これらのもとで，CO_2排出量を最小化する排出源から再生技術への処理フローが**図 1** のように導出された。

受入可能量の期待値のもとでは，再生処理のみでは503万t全量を処理できず，ごみ焼却発電で処理されるフローが残った。それでも，全量を単純焼却で処理したときと比べればCO_2排出量は1,302万tの削減となり，受入可能量を現状値とした場合のCO_2排出量の最小値と比べても359万tの削減となる。一方，受入可能量が努力値に達すると，全量を単純焼却したときと比べれば1,436万tの削減となる。

表 1　再生処理ごとの廃プラスチックの受入可能量の現状値と2030年における期待値および努力値

	現状値	期待値	努力値
材料リサイクル *	17万t	60万t	60万t
高炉還元剤化	4万t	13万t	67万t
コークス炉化学原料化	21万t	26万t	51万t
ガス化	6万t	35万t	88万t
油化（熱分解法）	0万t	4万t	88万t
RPF化	87万t	119万t	139万t
セメント燃料化	75万t	109万t	332万t

* 材料リサイクルの受入可能量は，樹脂種類の選別後のPEおよびPP樹脂に対する再生樹脂としての需要量を示した。

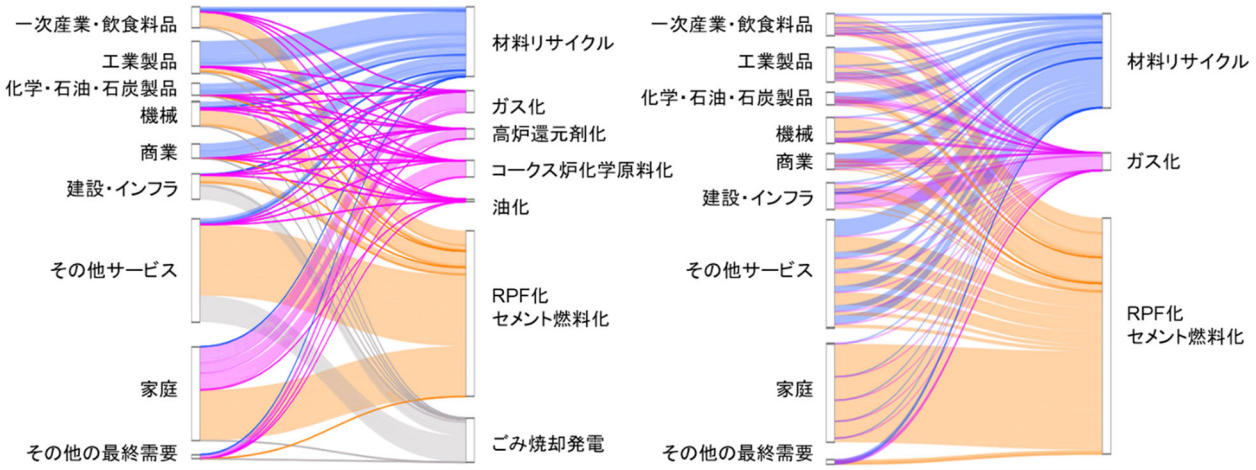

図 1　再生処理ごとの2030年における受入可能量（左：期待値，右：努力値）のもとでCO_2排出量を最小化する廃プラスチックの排出源から再生および廃棄物処理へのフロー

4. 結論

以上の分析・評価結果から，廃プラスチックの再生処理，特にRPF化やセメント燃料化といった高効率のエネルギー回収の受入可能量を増加させることが，脱炭素社会の実現に大きく貢献する可能性が示された。これは，欧州とは大きく異なる方向性であるが，動脈産業と連携した脱炭素社会の実現に貢献するプラスチック資源循環の「日本モデル」として国内外に発信する価値があるものと考えられる。

ただし，エネルギー供給の脱炭素化が進展した場合，相対的に廃プラスチックのエネルギー回収の意義が薄れ，CO_2排出量（削減効果）の原単位も悪化する。これはエネルギー回収に限ったことではなく，プラスチックの原料に占めるバイオマスの割合の増加や，鉄鋼生産や化学産業における脱炭素化の取組も，マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルのCO_2排出量の削減効果に影響する。今後，動脈産業の将来変化が再生処理のCO_2排出量の原単位に与える影響も分析することが欠かせない。

引用文献

1)　J. Nakatani *et al.*: “Revealing the intersectoral material flow of plastic containers and packaging in Japan,” *PNAS* 117, pp. 19844–19853 (2020)