

排出源ごとの樹脂組成と再生技術の組み合わせに着目した プラスチック資源循環のライフサイクル評価

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

近年、プラスチック資源循環は世界的な注目を集める課題となっており、我が国においても 2019 年 5 月に「プラスチック資源循環戦略」が公表された。廃プラスチックは排出源によって樹脂組成を含めた品質が異なり、一方でエネルギー回収を含む様々な再生技術が実用化されている。それらの適切な組み合わせによって環境負荷や資源消費を可能な限り削減することを目指すべきであり、そのための評価手法としてライフサイクル評価（LCA）がある。本研究では、廃プラスチックのリサイクルおよび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 LCA によって評価して、様々な再生技術の役割を明確化し、あるべきプラスチックの国内資源循環に向けた提言を行うことを目的とした。

2. 分析方法

まず、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（容器包装および製品を含む）の国内需要量を求めた。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）ごとのポストコンシューマの廃棄量と樹脂組成（2015 年）を推計した。ただし、独立したリサイクルが確立されているペットボトルは分析の対象としなかった。

次に、国内で実用化されている再生技術の各オプションの受入可能性を調査した。ここでは、材料リサイクル、ケミカルリサイクルとしてガス化（アンモニア製造）、高炉還元剤化およびコークス炉化学原料化、エネルギー回収として RPF 利用およびセメント焼成と、ごみ焼却発電（発電効率 13%）を対象とした。現状の処理能力をもとにした受入可能量と、再生原料が利用可能な製品（プラスチック製品、アンモニア、銑鉄など）の需要量などをもとに拡大された受入可能量を設定した。

さらに、プロセスの歩留や発熱量を考慮して、樹脂種類・再生技術ごとの環境負荷（CO₂ 排出量）および資源消費（化石資源消費量）の原単位を算定した²⁾。ここでは、LCA における負荷回避法のアプローチによって、リサイクルまたはエネルギー回収のプロセスから再生原燃料の燃焼まで（再生プロセス）の環境負荷および資源消費から、生産された再生原料によって代替される新規原燃料の生産から燃焼まで（代替プロセス）の環境負荷および資源消費を控除した。

以上の廃棄量および樹脂組成と受入可能量の制約条件のもとで、混合整数線形計画によって、CO₂ 排出量または化石資源消費量を最小化する廃プラスチックの排出源と再生技術のオプションの組み合わせを導出した。すなわち、それぞれの排出源から回収された廃プラスチックを（どういった割合で）どの再生技術で処理するべきか（処理フロー）を明らかにし、どこまで CO₂ 排出量や化石資源消費量を削減できるか、リサイクルおよびエネルギー回収による最大限の削減効果を評価した。

3. 分析結果と考察

処理の対象となるポストコンシューマの廃プラスチックは、全ての排出源を合わせて 757 万 t (2015 年) と推計された。その廃棄量と現状および拡大された受入可能量のもとで導出された、CO₂ 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を図 1 に示した。

現状の受入可能量のもとでは、材料リサイクル (18 万 t) とケミカルリサイクル (計 37 万 t)、RPF 利用/セメント焼成 (144 万 t) は受入可能量の上限まで処理し、残った廃プラスチック (434 万 t) は焼却発電で処理されるフローが導出された。このとき、全量を単純焼却で処理したときの 2,124 万 t と比べて、CO₂ 排出量は 965 万 t まで減少した (すなわち、削減効果は 1,160 万 t)。特に、家庭や商業、その他のサービスから回収される廃プラスチックは、リサイクルやエネルギー回収による削減効果が他の排出源と比べて小さく、焼却発電の割合が高くなった。

一方、拡大された受入可能量のもとでの各オプションの処理量は、材料リサイクルが 60 万 t、ケミカルリサイクルが計 177 万 t、RPF 利用/セメント焼成が 289 万 t まで増加し、結果として焼却発電による処理は不要になった。このとき、CO₂ 排出量は 190 万 t まで減少し、削減効果は 1,935 万 t となった。

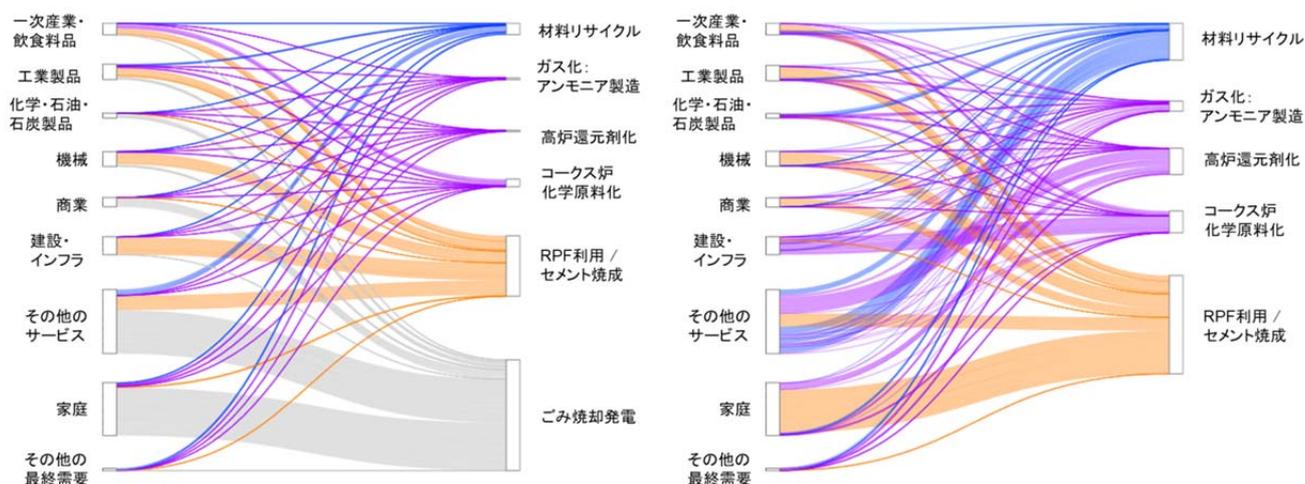


図 1 廃プラスチックの処理に伴う CO₂ 排出量を最小化する排出源から再生技術のオプションへの処理フロー (左: 現状の受入可能量, 右: 拡大された受入可能量)

4. 結論

以上の分析・評価結果からは、中国による輸入禁止措置を受けて国内で処理すべき廃プラスチックが増加している中、国内資源循環を前提として「プラスチック資源循環戦略」が目標として掲げている 100%の有効利用を目指すのであれば、エネルギー回収を含め、あらゆる再生技術のオプションが欠かせないことが示された。また、現状の受入可能量のもとでは、ごみ焼却発電を含めないと廃プラスチックの全量を処理することができず、一方で材料リサイクルやケミカルリサイクルの処理量は再生原料の利用可能量に制約される。そのため、RPF 利用やセメント焼成といった高効率のエネルギー回収の拡大が求められ、そのことで大幅な環境負荷の削減が期待されることも明らかとなった。

引用文献

- 1) 中谷隼 他:「容器包装の利用製品と購入部門に着目したプラスチックの物質フロー分析」, 第 15 回 日本 LCA 学会研究発表会 (2020)
- 2) 東野航平 他:「横断型プラスチックリサイクルのシナリオ分析」, 第 14 回 日本 LCA 学会研究発表会 (2019)