

# プラスチックリサイクルの現状

半場 雅志

## 1. はじめに

ここ数年、廃プラスチック（以下、廃プラ）に関連する事柄がテレビ、新聞等で数多く取り上げられている。

2015年頃から海洋プラスチックごみ問題が顕在化し、海洋に流出した廃プラによる野生動物の被害や観光業、漁業への影響以外に、最近では海洋で物理的・化学的な作用で微細化してできるマイクロプラスチックの悪影響について議論されている。それを踏まえ、東南アジア諸国に比べ廃プラ流出量が少ないとされるわが国でも、環境中に散乱し易い使い捨てプラスチックの削減や生分解性プラスチックの使用拡大の機運が高まっている。一方、中国では、以前よりマテリアルリサイクル（以下、MR）を目的として選別・破碎・洗浄された廃プラ（以下、廃プラ原料）を大量に輸入してきたが、MRする際に生じる環境・健康問題に対処するため、2018年初頭から廃プラ原料の輸入規制を強化した。これを契機に、今まで大量の廃プラ処理を国外に委託してきたわが国でも、国内処理を推進することの必要性が再認識されるようになった。そしてこれらへの対応と2018年1月に公表されたEUの環境保全と経済成長の両立を目指したプラスチックに係る資源循環戦略（サーキュラーエコノミー政策）に触発される形で、2019年5月に日本でプラスチック資源循環戦略（以下、プラ戦略）が策定された。

本稿では、上述した事柄に触れながら、日本のプラスチックのリサイクルの現状について概観する。

## 2. 廃プラの処理処分方法と推定される処理処分量

プラスチックは軽く加工し易い上、その種類によって機能が多様なことから、プラスチック（を含む）製品はあらゆる



Current Status of Plastic Recycling in Japan  
Masashi HAMBА

1986年 東北大学大学院工学研究科修士課程  
修了 修士(化学工学)

現在 (一社)プラスチック循環利用協会調査  
研究部 調査研究部長

連絡先: 〒103-0025 東京都中央区日本橋茅  
場町3-7-6 茅場町スクエアビル9F

E-mail hamba@pwmi.or.jp

2020年11月2日受理

用途に使用されている。国内で廃棄されるプラスチックの量は年間約900万tに達するが、これらは種々の方法で処理、処分されている。廃プラの処理処分方法とその内容そして2018年の推定処理処分量を表1<sup>1)</sup>にまとめて記載した。

処理処分方法別の量はMR208万t、ケミカルリサイクル（以下、CR）計39万t、サーマルリサイクル（エネルギー回収、以下、TR）計502万tで、これらを合算した“有効利用量”は750万tであった。一方、リサイクルに当たらない単純焼却処理、埋立処分による“未利用量”は各々73万t、68万tであった。そして有効利用量を“廃プラ総排出量”にて除した“有効利用率”は84%であった。有効利用率の内訳としてはMR、CR、TRが各々23%、4%、56%で、有効利用率は年々増加しているが（直近10年で11ポイント増）、その主な理由にTR利用量の増加が挙げられる。近年、プラスチック製品の機能化、多様化が進み、プラスチックを複合化して使用するケースが増えたためにMRし難くなったことに加え、再生製品には土木建築関連用途が多いため製品寿命が経じて長く、且つ製品の市場規模が拡大してこなかったことから、MRの利用は進んでいない。その一方、埋立処分場の逼迫或いは廃棄物の処理から資源の有効利用へのパラダイムシフトにより、埋立処分に代わってTRの利用、特に固形燃料化、セメント原・燃料化利用が増大している。

なおEUは日本に先んじてプラスチックのリサイクル（MRとCR）を政策的に推進してきたが、EUの定義に準拠して試算したわが国の2018年のリサイクル率は23%（OECD報告書<sup>2)</sup>でも同程度の値を記載）、埋立率は17%となり、EU28ヶ国にノルウェーとスイスを加えた各々の平均値33%、25%<sup>3)</sup>と比較すると、経済的にTRよりMRが優位なEUと比べリサイクル率は下回っているものの、TRの伸張により埋立率は低くなっている。

## 3. リサイクルの現状

### 3.1 マテリアルリサイクル(MR)

工場、事業所から排出される廃プラは同じ種類のもので纏まって一緒に排出される場合が多く、また汚れも少ないことからMRに向いており、これを原料とした再生製品は洗面器等の日用品からコンテナ、ベンチ、フェンス、車止め、土木シート等、物流・土木建築・運輸関係の用品や施

表1 廃プラスチック\*の処理処分方法と推定される処理処分量(2018年)

\*プラスチック：合成ゴム・合成繊維は含まない、また塗料・接着剤等の液状樹脂は対象外(数量は乾重量ベース)

処理処分方法		処理処分の内容等	処理処分量 (万 t)
有効利用		MR, CR, TR 各処理量(利用量)の総計	750
マテリアルリサイクル(MR) …材料リサイクル, 再生利用		廃プラを種類毎に選別・破碎・洗浄した後, 加熱溶融してペレット等のプラ材料(再生材料)を作製し, 最終的にはプラ製品(再生製品)に加工	208
ケミカル リサイクル (CR)	高炉還元剤	製鉄会社において, コークスの代わりに廃プラを高炉に供給 …廃プラは鉄鉱石の還元利用され, 更に焼け残ったものが鉄鋼の成分に転化	20
	コークス炉 化学原料化	製鉄会社において, コークス炉に石炭と一緒に廃プラを供給 …廃プラはコークス, 化学原料用炭化水素油, 燃料用ガスに転化	
	ガス化	廃プラを高温下, 微量の酸素・水蒸気雰囲気中でガス化し, 生成物を化学原料, 燃料として利用	19
	油化	廃プラを 400℃ で熱分解することにより化学原料・燃料用炭化水素油に転化	0
	原料・モノマー化	特定種の廃プラを化学的に分解してモノマーや中間原料に戻し, 再度樹脂を製造	0
CR 利用量計			39
サーマル リサイクル (TR) …エネルギー回収	固形燃料 (RPF, RDF)化	RPFは廃プラと主に紙くずとを破碎後, 混合圧縮して直径数十 mm 程度の円柱状に成型した固形燃料であり, 主にボイラー用燃料として使用 RDFは家庭から排出される廃プラを含むごみを乾燥・破碎後, 圧縮して円柱状に成型した固形燃料	100
	セメント原・ 燃料化	廃プラは燃料として石炭とともにセメント焼成炉(ロータリーキルン)に供給され, 更に 1400℃ の高温で焼け残ったものがセメントの成分に転化	73
	発電焼却	廃プラ或いは廃プラを含むごみを焼却した際の熱を利用して電力や温水・蒸気を得, 焼却施設外へ供給	264
	熱利用焼却		66
TR 利用量計			502
未利用		単純焼却処理量, 埋立処分量の総計	142
単純焼却		エネルギー利用を伴わない焼却処理, 但し, 焼却施設内でのみ温水・蒸気を利用する場合も含む	73
埋立処分		安定型最終処分場に埋立	68
総計		= 廃プラ総排出量 (= 使用済製品排出量 + 工場から排出されるプラスチック生産・加工時のロス量)	891
マテリアルリサイクル比率		= MR 利用量 / 廃プラ総排出量	23%
ケミカルリサイクル比率		= CR 利用量計 / 廃プラ総排出量	4%
サーマルリサイクル比率		= TR 利用量計 / 廃プラ総排出量	56%
有効利用率		= 有効利用量 / 廃プラ総排出量	84%
リサイクル率		= [(MR(但し, 使用済製品由来に限る), CR(但し, 燃料用途を除く)に仕向けられた廃プラ量の総計) / 使用済製品排出量] …EU の定義に準拠して算出	23%
埋立率		= 未利用量 / 使用済製品排出量 (←埋立処分量 / 使用済製品排出量) …焼却処理のほとんどが TR の EU に合わせ, 分子の埋立処分量に単純焼却処理量を加算して算出	17%

(注) 四捨五入による数値の不一致が一部存在する

設用部材まで多岐に亘っている。また最近では自動車のエンジンルーム部品, 雨水貯留浸透システムユニット等, 高機能が求められる部品・ユニットにも使用されるようになってきている。一方, 家庭から排出される廃プラの8割近くは容器包装で, 種々のプラスチックが混合した汚れたものが多いが, 多くの市町村で分別回収され, PET (ポリエチレンテレフタレート) ボトル以外の容器包装由来の廃プラは輸送資材 (パレット) 等に生まれ変わっている。一方, 使用済PET ボトルは卵パック, ユニフォーム等に再生利用されてきたが, 衛生上或いは匂いの問題から以前は飲料用ボトルの原料には使用できなかった。2006年, 協栄産業 (株) は真空・高温下でフレーク状にした廃PET樹脂から不純物

を除去し, さらに高分子量化処理をすることで飲料用ボトルへの適用を可能にする“ボトル to ボトル”技術を開発した。現在, 大手飲料メーカーがこのボトルを採用している。

MR 技術の開発動向としては, 主にプラスチック(を含む)製品毎に個別にリサイクル技術の開発がおこなわれてきたが(例えば, カーベットのようなりサイクルが困難なプラスチック複合材のリサイクル), 最近では, 素材選別プロセスの機械化, 高度化により, 使用済の家電・OA 機器・自動車に含まれる廃プラを元の製品の部品に再利用する, 所謂, 水平リサイクルやリサイクル原料の複合化(例えば, 木材・プラスチック再生複合材), 異種樹脂の相溶化による新用途への適用が進められてきている。またモノマテリアル化フィルム(加

工・アルミ蒸着技術の改良により高度に複合化しなくとも高機能化を実現)に代表される易リサイクル材の使用等、環境に配慮した製品設計の動きが始まり、MRし易い環境が整いつつある。

MR事業の発展のためには再生製品市場或いは用途の拡大、開拓が必要で、そのために再生材料・製品の品質向上が不可欠であるが、日本プラスチック有効利用組合では再生製品のJIS化を積極的に推進しており(例えば“再生プラスチック製の棒、板及び杭”(JIS K 6931)、再生製品の対外的な信用度を高めることで再生製品の市場拡大に貢献している。また最近では再生製品の用途開拓のため、廃プラ原料と再生材料或いは再生材料と再生製品のマッチングを図るための情報プラットフォームの構築が進められている。

以前は国内で調製された廃プラ原料の7割に当たる約140万tが毎年輸出され、その9割近くが中国(香港を含む)へ向けたものであった(財務省・貿易統計の“プラスチックのくず”輸出量に基づき当協会が推算)。ところが中国の廃プラ原料の輸入規制強化により中国への輸出量は2017年の約100万tから2018年は10万t程度まで落ち込み、代わりに東南アジア諸国への輸出が急増した。ただこれらの国でも大量に流入した廃プラ原料の処理に苦慮し、中国同様、輸入を制限する動きが活発化した結果、日本からの輸出量がさらに減少し、2019年は2016年に比べ約60万tもの余剰の廃プラ原料を国内で処理しなければならない状況となった。これら余剰の廃プラ原料への対応として、①国内でのMR事業の拡張(環境省では新たに再生材料製造設備導入に係る費用を一部補助する等、MR処理能力不足の解消に向けた施策を実施)、②国内で再生材料化して中国を含めたアジア或いはヨーロッパ諸国へ輸出する動きの加速(中国系企業が多数日本に進出し、2019年11月には(一社)アジアプラスチック資源循環促進協会を設立)、③MR以外のリサイクル手法への転用、例えば比較的品質が低い廃プラ原料の固形燃料化、セメント原・燃料化への利用促進がなされた結果、余剰は完全に解消されないものの、処理業者への廃プラ保管量の上限引き上げ措置もあって、処理費用の高騰にも拘らず、より安易な単純焼却処理或いは埋立処分に戻って有効利用率が低下するというような事態は回避されている。ただ2021年1月には改正バゼル条約が発効されてさらに廃プラ原料の輸出が困難になることが予想され、予断を許さない状況になっている。

なお上記②に関しては、廃プラ原料を輸入してきた各国が近い将来、廃プラの回収・リサイクルシステムを整備して自国の廃プラ原料を用いMRをおこなうようになるものと考えられ、廃プラ原料は元より再生材料の輸出までもが抑制される可能性が高い。とは言え、策定されたプラ戦略に沿って今後は国内で各種のリサイクルが推進されるようになることから、長期的には、廃プラが不足して争奪競争になるものと考えられる。家庭から排出される廃プラには分別回収の対象となっていない家庭用品、玩具のような製

品プラスチックが2割強含まれており、現在は主に可燃ごみとして焼却処理されているが、政府の中央環境審議会では、廃プラの更なる有効利用を図るべく、既に分別回収をおこなっている容器包装プラスチックと一括して回収する検討が進められている。

### 3.2 ケミカルリサイクル(CR)

日本製鉄(株)ではコークス炉化学原料化に、JFEスチール(株)では主に高炉還元剤に、家庭から排出され分別回収される廃プラ合わせて年間約20万tが安定して利用されている。

ガス化に関しては、昭和電工(株)が連続式の低・高温ガス化炉を用い、家庭から排出され分別回収される廃プラからアンモニア等の化学原料を製造する事業(KPR)を2003年に開始し、現在、年間約5万tの廃プラを利用している。またジャパン・リサイクル(株)(現J&T環境(株))では、工場から排出される廃プラ或いは家庭から排出される廃プラを含む可燃ごみをクリーンな燃料ガスに変えるサーモセレクト方式・ガス化改質技術を用い2000年から処理を続けており、さらに同技術は廃棄物PFI事業(民間施設を用いた家庭ごみの処理事業)に参入した水島エコワークス(株)、オリックス資源循環(株)にも採用されている。現在、合わせて年間約19万tの廃プラがガス化処理されている(注:最近の“ガス化生成物が燃料用に限定される場合はTRに該当する”動きを踏まえ、当協会では2019年以降はガス化(燃料利用)をTRに区分変更している)。

油化は製造コストの軽減、油質の改善等、多くの課題を解決しなければならないことから現在はほとんど利用されていないが、近年、離島地域の廃プラ(漂着ごみを含む)の処理に関して、人口の少ない遠隔地でのMR、TRが経済的でないことを踏まえ、小型油化装置の導入検討がなされている。

CRは主にコークスを使用する製鉄会社で実施され、またガス化処理には多大な設備コストが掛かることから、今まで廃プラのCR利用は限定的であったが、現在、多数の(石油)化学会社がプラ戦略の達成に貢献するため、更にはESG投資の追い風に乗って、コンビナートの石油精製施設にガス化・油化設備を併設することでリサイクル生成物の高度利用を図るべく積極的にCRの事業化に取り組んでいる。今後は特にMRに向かない複合材等を原料としたガス化・油化利用量の増加が見込まれる。なお積水化学工業(株)では可燃ごみを一切分別することなくそのままガス化し、それを“微生物触媒”を用いてプラスチック原料に転用可能なエタノールへ変換する技術を開発し、2022年に青森県・久慈市と一緒に実証事業を始める運びとなっている。

一方、PET、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリメタクリル酸メチル等では解重合による原料・モノマー化技術が完成しており、国内外で事業化されている。PETに関して、以前は日本でも帝人ファイバー(株)、ベトリファ

インテクノロジー(株)が使用済PETボトル由来の廃プラ原料を解重合してモノマーや中間原料まで戻し、それを再重合して樹脂を製造していたが、使用済PETボトルの輸出増加による原料不足等の理由から前者は事業から撤退し、後者は製造を停止していた。しかし、後者は飲料メーカーの要請に応えるべく、何度リサイクルしても品質の低下がない“ボトル to ボトル”をアピール材料に2021年夏に再稼働を予定している。

### 3.3 サーマルリサイクル(TR)【エネルギー回収】

プラスチックは製品としての寿命を終えても依然として熱エネルギーとしての高い価値を有している。廃プラは紙ごみの2~3倍の発熱量があり石炭等の化石燃料に比べても遜色がないことから、廃プラ或いはそれを含むごみは貴重なエネルギー源として今後益々その有効活用が望まれ、プラ戦略でも“2035年までにすべての使用済プラスチックをリユースまたはリサイクル、それが技術的・経済的観点等から難しい場合にはエネルギー回収も含め100%有効利用する。”と謳われている。なおTRはMR、CRに比べリサイクルした際の環境負荷が高い(例えばCO<sub>2</sub>排出量が多い)と思われがちであるが、家庭から排出され分別回収される廃プラを対象としたリサイクル手法別の環境負荷評価(LCA)では、固形燃料(RPF)化、セメント原・燃料化の環境負荷はリサイクル生成物の価値が低いMR(廃プラ原料の品質が低いため再生製品の性能が劣る)に比べ総じて低く、また発電焼却の場合でも、熱効率を向上させることでMR、CRに匹敵する低環境負荷の手法となり得ることが確認されている<sup>4)</sup>。

固形燃料化にはRPF、RDF合わせて年間約100万tの廃プラが利用されており、特にRPFに関しては2010年にJISが制定され品質が安定化したことで利用量が増加している。

セメント業界では従来、廃タイヤを燃料として利用してきたが、更なるCO<sub>2</sub>排出量削減を目指し、廃プラの受け入れを拡大するため、破碎、脱塩素(混入する塩化ビニル樹脂由来の塩化水素による設備の腐食回避)設備の処理能力の増強を図る等、積極的に設備改造を進めており、近年、セメント原・燃料化利用量が大幅に増加している。

一方、焼却処理は元来、ごみの埋立処分の前処理(腐敗性・有害物質の分解、減容化)と位置付けられていたが、ダイオキシンが発生しない高温、腐食に耐え得る焼却炉ができたことでプラスチックの焼却処理が可能となり、現在、主に火格子(ストーカ)炉、流動床炉、ガス化熔融炉を用いて廃プラやプラスチックを含むごみの焼却処理がなされている。家庭から排出されるごみの焼却量、つまり可燃ごみ量は年間3,400万t程度で人口の減少等により近年減少傾向にあるが、その中に含まれるプラスチックの割合は10%強と徐々に増加している(環境省・一般廃棄物処理実態調査結果に基づき当協会が推算)。この理由として、高齢・単身化に伴う個食・中食化の増大により容器包装プラスチック量が

増加したこと、不燃ごみとして埋立処分していたプラスチックを可燃ごみとして焼却処理する市町村が増えたことが挙げられる。可燃ごみに含まれるプラスチックは発電・熱利用・単純焼却されるが、発電焼却の割合は年々増加しており、現在、焼却されるプラスチックの3/4が発電に利用され、可燃ごみによる総発電量は一般家庭の消費電力量の4%に相当するまでになっている。可燃ごみ量が減少するなか、熱効率が高まる高稼働率での連続運転を達成すべく、量確保のためのごみの広域回収が、そして更なる熱効率の向上を可能にする設備対応、施設の集約による大規模化が進展することが望まれる。

## 4. おわりに

今後はプラ戦略に沿って、産学官で協力して新しいリサイクル技術の開発、実用化が加速されるものと期待される。プラスチックをリサイクルする際には、廃プラの排出状況やリサイクル生成物の実態を踏まえた適正なLCAをおこなった上で、環境への負荷ばかりでなく社会的なコストをも勘案した“環境影響を最小化しつつ価値を最大化する考え方”(環境効率)に基づいて適切なりサイクル手法を選択することが肝要である。各々のリサイクル事業の持続的な発展のためには、“工場、事業所から排出される単一種類で汚れの少ない廃プラを主体としてMRを実施し、再生製品の性能を限りなくバージン樹脂を用いた製品に近づける。一方、家庭から排出され分別回収される容器包装プラスチックのように複数の種類が混ざった汚れた廃プラは選別、洗浄のような労力、エネルギー、費用を要する工程を極力省き、専らCR、TRで有効利用する。”というような住み分けが必要と思われる。

また中国さらには東南アジア諸国の廃プラ原料の輸入規制強化は、MR事業は元より、わが国のプラスチックのリサイクル事業に与える影響が大きく、今後も動向を注視していく必要があるが、その一方、これを廃プラの国内循環を進める契機と捉え、国際分業の在り方を再考し、将来に亘って効率的且つ健全な国内リサイクルシステムとそれを補完する国際資源リサイクルシステムを再構築すべきと思われる。

### 参考文献

- 1) (一社)プラスチック循環利用協会:プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況(2018)[2019年12月24日公表]を基に作成
- 2) OECD: Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade (Background Report), ENVIRONMENT POLICY PAPER NO.12, p.8(2018)
- 3) Plastics Europe: Plastics-the Facts 2019 An analysis of European plastics production, demand and waste data, 2019年10月14日公表, [https://www.plasticseurope.org/application/files/1115/7236/4388/FINAL\\_web\\_version\\_Plastics\\_the\\_facts2019\\_14102019.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/1115/7236/4388/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf)
- 4) 海洋プラスチック問題対応協議会: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環境負荷評価(LCA), 2019年5月14日公表, [https://www.nikkakyo.org/system/files/Summary\\_JaIME%20LCA%20report.pdf](https://www.nikkakyo.org/system/files/Summary_JaIME%20LCA%20report.pdf)