

材料リサイクルから燃料利用へ（Ⅰ）

－ どうする！ 容器包装廃プラスチック「その他のプラ」－

技術士（衛生工学・建設・環境）
環境計画センター 会長代行 **鍵谷 司**

はじめに

2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻は、予想に反して短期間では終わらず、1年を迎えてしまった。この戦争では、戦略関連のみならず、天然ガスなどのエネルギー源や食糧なども戦略物質として供給制限の対象となっており、世界の社会経済に多大な混乱を引き起している。とくに、我が国においては、いずれも自給率が極端に低く、これまで購入できた資源が安定的に確保することが難しい事態に陥っている。いずれも国の基盤を支える重要資源であり、これらの物質の不足および高騰は、社会不安を助長しかねない緊迫状況にある。

ところで、これまで廃プラスチック（以下、廃プラ）については、我が国は小資源国であることに鑑み、物質リサイクルに重点を置いた取り組みが重点的に続けられてきた。その効果は決して高いとは言いがたいが、生活の中に根付いてきた。しかしながら、取り扱い時における化学物質による健康被害をはじめ、質の劣る廃プラが途上国へ輸出され、環境問題あるいは海洋におけるマイクロプラスチック問題を引き起こした。

プラスチックはもともと石油を原料とした合成物質であり、その廃棄物は発熱量が高いので良質な燃料となりうる。これまで、廃プラの焼却処理は、二酸化炭素の排出が増えることを理由に反対する意見が多い。しかし、現在では、燃焼時の高温を利用して発電する施設が普及し、燃料利用が有効な手段になりつつある。廃プラ発電により従来の火力発電所における化石燃料の節約に寄与し、さらに発電効率が高くなるほど有効な方法になり

うる。

膨大な労力と費用を投じ、廃プラを分別収集、回収、再商品化することは、本当に合理的な施策なのであるか？ さらに、2022年4月からプラスチック資源循環法が実施され、容器包装プラスチックを含めたすべてのプラスチックが資源循環の対象となった。容器包装廃プラスチック「その他プラ」の再商品は品質が劣るため需要が低迷していることから、一時的に燃料化を認められた。これを機会に、廃プラの効率の良い燃料利用を推進する時期にあるのではないか！

1. エネルギーを巡る国際的な動向と国内の状況について

2022年2月のロシアによるウクライナへの侵攻により、エネルギー・資源大国のロシアと世界の食糧基地であるウクライナが紛争地帯となり、世界の経済社会に大きな影響を及ぼしている。これによりこれまで自由に入手できた石油などのエネルギー源や小麦などの食料の安定確保が難しくなっている。

1. 1 ロシアのウクライナ侵攻で変わるエネルギー政策

【国際的な背景；エネルギー源は戦略物質】

2022年2月に始まったロシアによるウクライナ侵攻は、軍事物質のみならず、食糧やエネルギー源などあらゆる生活物質の需給バランスに大きな影響を及ぼしている。これまで着々と積み重ねてきた地球温暖化対策やエネルギー源の安定供給等に未曾有の混乱を引き起こしている。とくに、ヨー

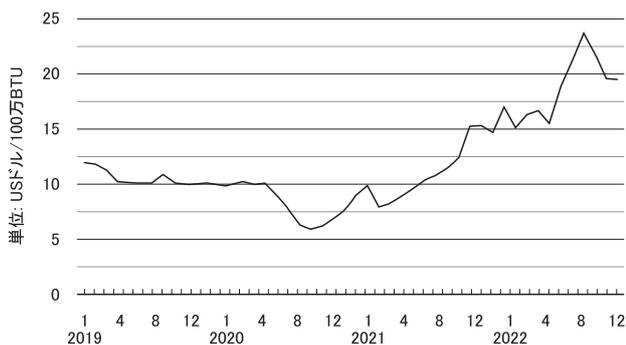


図1 天然ガスの価格推移（日本）¹⁾

ロップに近接する地域における戦乱は、先進各国への影響も大きく、とくにロシアから直接天然ガスの供給を推進していたドイツ経済社会への影響は計り知れない。

石油、LNGなどの化石燃料の高騰は、生産、流通、消費のあらゆる社会経済活動へ影響を及ぼす。エネルギー源の不足および高騰は、電力の高騰へと直結する。日本においては2011年3月に起こった福島第一原発事故を教訓に原発の運転に慎重であったが、化石燃料の価格高騰や供給不足感を背景に次々と再稼働を余儀なくされている。さらに、運転期間を40年、最大60年としてきたが、期間の上限を設けない、一定の上限を設け、運転停止期間を運転期間に算入しないとする案が検討されている。あれだけ脱原発、再生可能エネルギーの拡大・進展が叫ばれてきたにも関わらず、緊急時には自然エネルギーの最大の欠点である「不安定電源」であることが致命的となり、ニュースにもならない。自然エネの普及は、蓄電技術の普及とセットでなければ難しいことを教えている。

【国内におけるエネルギー安定供給】

さて、このようなエネルギーを巡る国際的な動向に目を配りつつ、国内に目を向けると、多くの無駄あるいは未利用エネルギー源が存在する。廃棄物の有効利用の分野でも、本来、経済的に成り立たないような手法が、法律に基づいて実施され、行き詰まり感が強くなっている。その代表に、「廃プラの材料リサイクル」を挙げることができる。プラスチックは、元々石油を原料として化学合成

した高分子材料である。大量に生産される安価な原油を原料として生産されるが、大量の廃棄物を生み出している。その処理に行き詰まり、途上国への輸出や不法処理が横行し、地球環境問題の一つにもなっている海洋のマイクロプラスチック問題を引き起こしている。

資源小国の我が国にあっては、元をただせば石油である廃プラを材料として再使用することは、理念としては合理的ではあるが、プラスチックの基本的な特徴を考慮すると、材料リサイクルするためには適切な原料とは言い難い。加工品の原料になるためには、組成や物性が同一であることが必須であり、混合すれば物性は著しく低下し、実用には向かない。つまり、種類別に完全に分別できなければ原料としての価値は低く、加工品への利用も限られる。

一方、日本のエネルギーは、図2に示したように化石燃料に約85%を依存しているのである。廃プラのもとには石油であり、石油と同等の大きな発熱量を有する。廃プラを燃料として利用することは最も合理的であるにも関わらず、「貴重な資源を燃やしてしまう」とか、地球温暖化の原因である「二酸化炭素を排出する」として反対する意見も多い。いずれの意見も一理あるが、最大のポイントは、どの程度の影響を及ぼすかについての判断基準に欠けていることであろう。つまり、不適切な

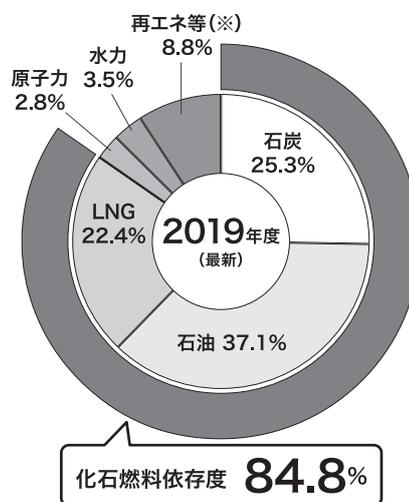


図2 我が国のエネルギー構成 (2019年度：資源エネルギー庁)

材料リサイクルが、環境汚染やマイクロプラスチック問題を引き起こしていることを理解できれば、容器包装プラスチックのうち、混合回収される「その他のプラ」については、「材料リサイクルから燃料利用へ」を考えてみてもいいのでは！

1. 2 国際的な廃プラ問題と国内における対応 【廃プラによる海洋汚染の国際的な動向】

2015年6月に開催されたG7エルマウ・サミットにおいて、初めて海洋ごみ、特にプラごみが世界的課題として提起された。その後、2019年6月のG20大阪サミットにおいて「G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組み」が合意され、『大阪ブルー・オーシャン・ビジョン』を共有するとし、2050年までに海洋プラごみによる追加的な汚染ゼロをめざすとし、具体的な数値目標と達成時期が明記された。その直前の2019年1月には中国がすべてのプラスチック輸入を禁止し、東南アジアの国々においても輸入禁止が拡大した。日本から廃プラが途上国に輸出され、海洋汚染の原因の一つとしてクローズアップされていた時期である。このような国際的な動向を背景に我が国においても海洋におけるマイクロプラスチック問題が社会問題の一つになり、取り組みが急速に展開されてきた。

【環境先進国ドイツにおけるプラスチックリサイクルの事例】²⁾

環境先進国ドイツでは、もともと一般廃棄物と産業廃棄物の区分はなく、事業者による廃棄物処理は禁止されていた。すべての廃棄物処理は自治体が行い、事業者はここに委託して処理していた。また、土地が広大なので埋立が容易であり、高額な焼却施設は少ない。プラスチックは、埋め立てても分解しない、高張るなど問題が多く、その対策としてデポジット制度が普及している。飲用の容器（PETボトル、瓶、缶）やケース、ヨーグルトの瓶容器などを購入する際に容器代のデポジットとして保証金を支払い、後に返却すれば同額が返金されるシステムである。今では容器の種類ごとにスーパーや酒屋に設置されている専用の機械



ボトルを投入するとデポジット金額が返却

やレジでデポジット金額（約10～30円）が返却される。回収された容器はリサイクルされるものと、洗浄して再利用されるものがある。再利用されるものは瓶で40～50回、PETボトルは15～30回繰り返し使われる。

また、ドイツを含むEU諸国では、2021年7月から使い捨てのプラ製品（カップ、フォーク、ナイフ、スプーン、お皿、容器、ストロー、マドラー、綿棒、風船の留め具）の製造販売が禁止された。これに伴い紙製のストローやカトラリーが多く普及した。そのような中、RECUP（リカップ）とREBOWL（リボール）が、テイクアウト用容器を100%リサイクル可能な容器を導入し、デポジット製（カップが1ユーロ、ボウルが5ユーロ）にすることで捨てることなく顧客から店へ返却され、その後、洗浄して再び使用するシステムが普及しつつある。

なお、日本ではサーマルリサイクルをリサイクルに含めるが、欧州などでは含めない。物質循環ができないこと、焼却施設が少ないこと、二酸化炭素が大量に排出されることが要因と言われる。つまり、リサイクルの定義が違うので、比較する場合は留意する必要がある。

【国内における廃プラスチックの対応】³⁾

2021年の国内のプラスチックの生産量は、需要の減少により963万tであった。廃プラ総排出量は一般系廃棄物（419万t）と事業系廃棄物（405万

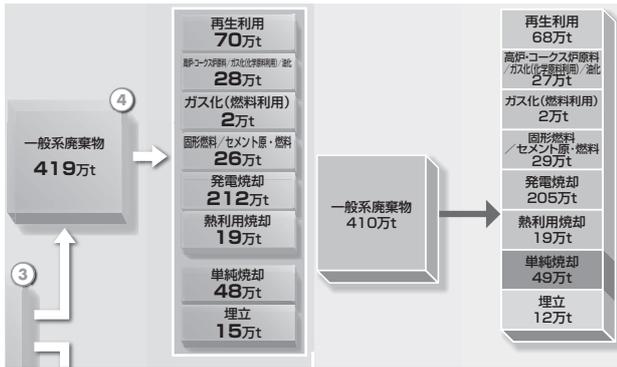


図3 一般廃棄物プラスチックの排出と処理状況³⁾

t) の合計824万tであり、ほぼ半々であった。分別回収の視点から一般廃棄物の廃プラに注目すると、利用状況は図3のとおりであり、熱利用が6割強を占める。なお、現在では、熱利用を伴わない単純焼却および埋立は禁止されており、余熱利用を伴う焼却が多くなっていると思料される。

- 再生利用；70万t (16.7%)
- ケミカルリサイクル；30万t (7.1%)
- 熱利用等；258万t (61.3%)
- 単純焼却・埋立；63万t (15.0%)

2. 容器包装プラスチック「その他のプラ」のリサイクルの実態

基本的には、すべての廃プラを燃料化することではなく、膨大な労力と費用を投じながら良質な原料とはならない容器包装「その他のプラスチック」がターゲットである。効率良く分別されているPETなどは、当然、材料リサイクルを進めるべきである。「その他プラ」は、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンやABS等の複数の素材

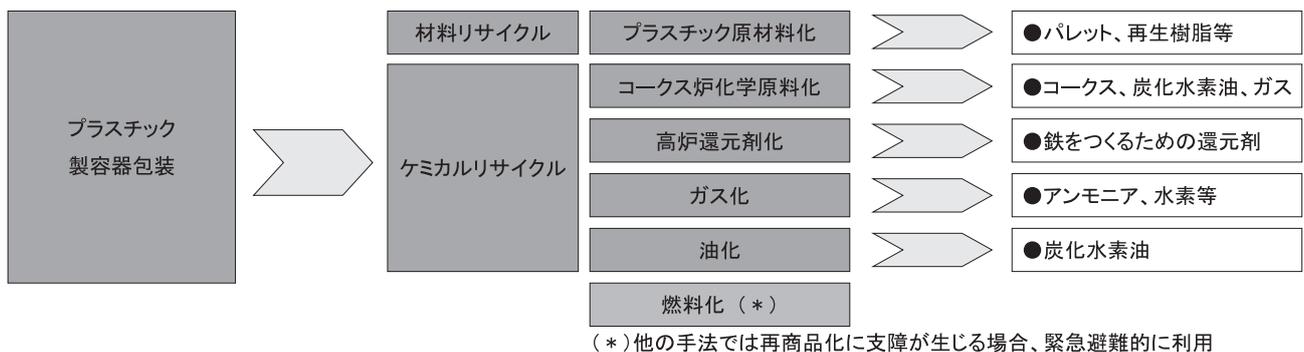
から成る廃製品であり、これらが混合した原料は、それぞれの融点異なるので、丈夫な加工品を作ることはできないし、用途に限られる。なお、「環境施設」第166号(2021.12)において「マイクロプラスチック問題の解決に向けて (I) - 廃プラスチックのリサイクル制度と実態：その表と裏-」と題して「その他のプラスチック」を対象としたリサイクルの実態について詳しく紹介した。

(1)「その他のプラ」の排出量とリサイクルの実態⁴⁾

2021(令和3)年のプラスチック生産量(再生樹脂100万tを含まず)は、約1,045万tであり、プラスチック原料として国内に輸入する原油等の数%が使われている。廃プラ総排出量は、824万tであり、このうち一般廃棄物が419万t、産業廃棄物が405万tと、ほぼ半々である。図4は、廃プラの再商品化の事例を示した。大きく材料リサイクル、ケミカルリサイクルおよび燃料化に分類される。

2021(令和3)年度における容器包装プラのリサイクルフローは、図5のとおりである。家庭から排出された廃プラ量(131.8万t)のうち71.7万t(54.4%)は回収され、このうち95%強が日本容器包装リサイクル協会(以下、容リ協会)に引き取られ、再商品化事業者によりリサイクルされる。その内訳は、次のとおりである。

- ①材料リサイクル(再生利用)；36.7万t(回収量の51.2%)
 - 図5；実際に再商品化される量は18.3万t(回収量の約26%。原料の約50%)



(*)他の手法では再商品化に支障が生じる場合、緊急避難的に利用

図4 容器包装廃プラスチックの再商品化事例



プラスチック製容器包装

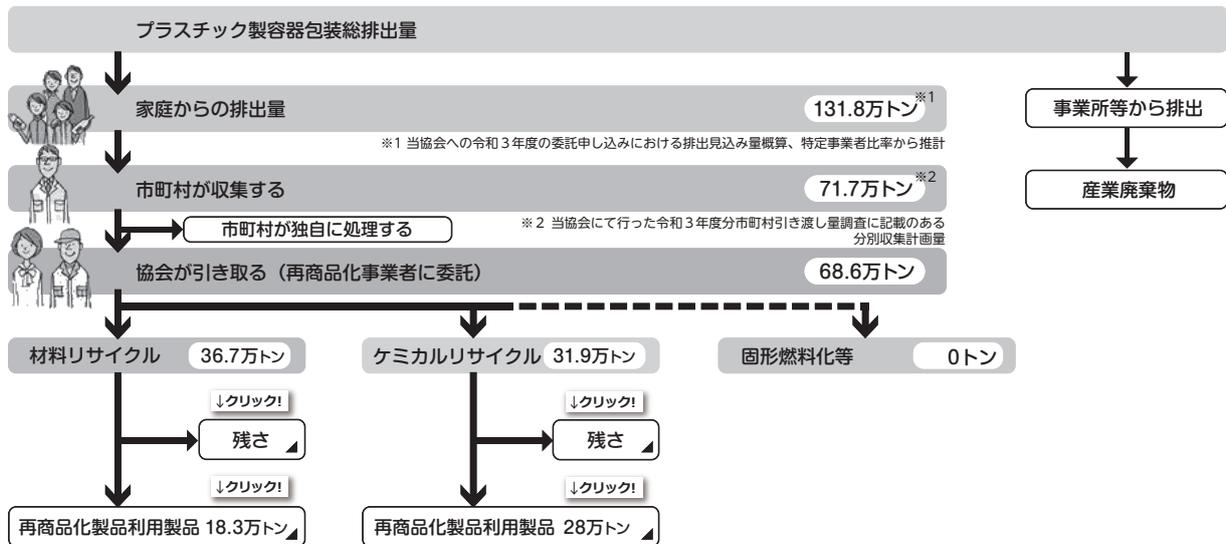


図5 プラ製容器包装廃棄物のリサイクルフロー⁴⁾

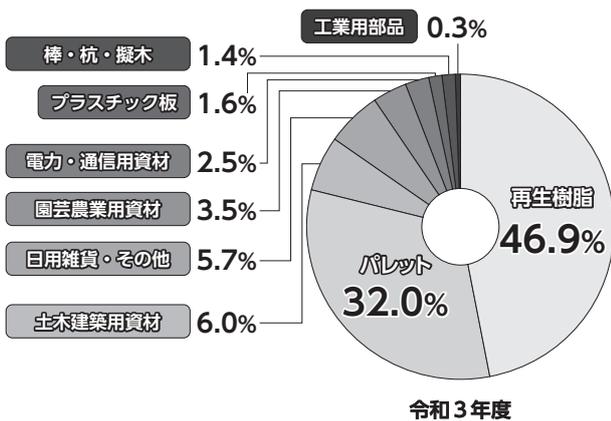


図6 材料リサイクル製品の内訳⁴⁾

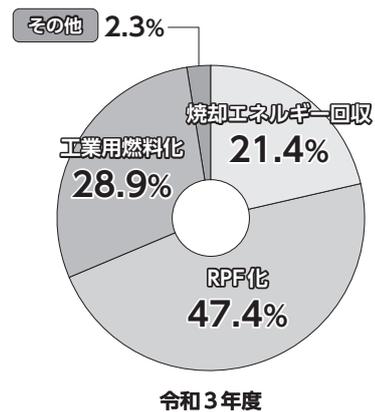


図7 残渣の処理方法⁴⁾

○図6；リサイクルの内訳では、再生樹脂が約47%とあるが、何に使用されたか不明。

○図7；残渣はほぼすべて燃料利用であるが、詳細は不明である。最終的に燃焼（エネルギー回収）されている。

②ケミカルリサイクル（高炉・コークス炉原料、ガス化、液化）：31.9万t（回収量の44.5%）、このうち利用量は28万t（約88%）

③サーマルリサイクル（固形燃料等）：なし

以上のデータより、市町村により回収された容器包装廃プラは、95%以上が容リ協会に引き取られ、実質的に67%強がリサイクルされた。しかし、実際に材料リサイクルされた量（加工品）は、

回収量のわずか25%に過ぎない。なお、前年度では、容リ協会に委託した量をリサイクルとしていたが、実態に近いデータに改善されている。

(2) PET（ポリエチレンテレフタート）ボトルのリサイクルの実態⁴⁾

2021（令和3）年のポリエチレンテレフタレート（PET）ボトルのリサイクルフローを図8に示した。ボトルの販売量は、約58.1万tであり、このうち、自治体が回収できた量は31.3万tで半分強である。さらに、選別されて基準適合物として容リ協会に再商品化を委託した量は23.1万tで約24%であった。これは市町村が回収した量の82%



PET ボトル

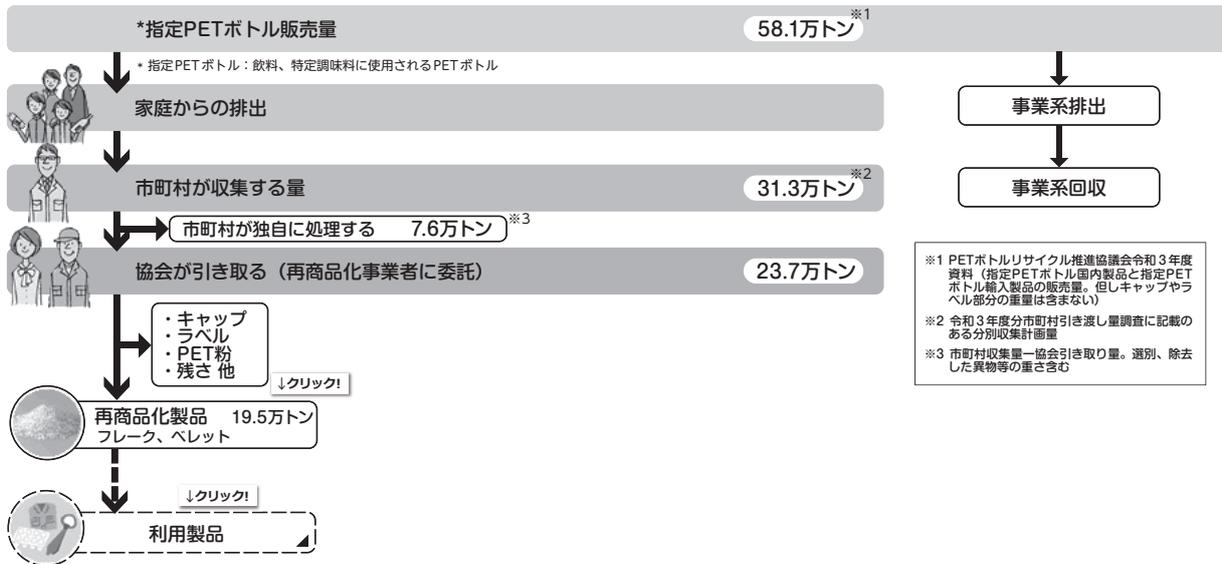


図8 廃PETボトルのリサイクルフロー⁴⁾

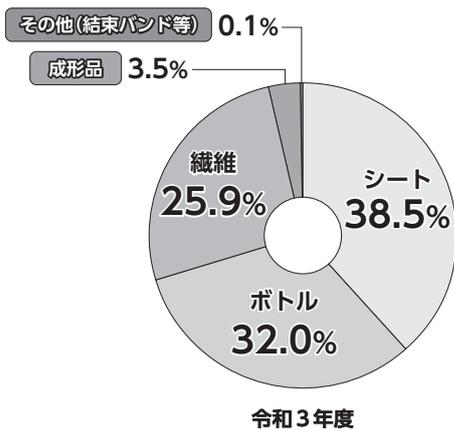


図9 廃PETボトルリサイクル製品の内訳⁴⁾

であり、再商品化された量は19.5万tであった。なお、材料リサイクルにあたりキャップやラベル等で不適物が約4.2万tで、約18%発生した。

「その他の廃プラ」のフローと比較すると、材料リサイクルでは、原料の約半分が不適物になり、再商品化は約半分であるので、かなり効率的であることがわかる。ドイツのように回収量に対して材料として利用される割合が低いものはリサイクルすべきではなかろう！

(3) 容器包装プラスチックに係る制度の動向
容器包装リサイクル法は、平成7年6月に制定

されたが、準備期間を経て平成9年4月に本格的に施行され、平成12年4月に完全実施へと移行してきた。

①プラスチック製容器包装のサーマルリカバリー [平成19年4月施行] …市町村による分別収集の拡大により、今後の5年間でプラ製容器包装の分別収集量がリサイクル可能量を上回る可能性があることから、緊急避難的・補完的な対応として、プラ製容器包装を固形燃料等の原材料として利用することをリサイクル手法として認めた。

②PETボトルの容器包装区分の変更 [平成20年4月施行] …容器包装区分のうちPETボトルについては、現在「しょうゆ・飲料」用に限られていたが、新たに「しょうゆ加工品、みりん風調味料、食酢、調味酢、ドレッシングタイプ調味料」（ただし、食用油脂を含むもの、簡易な洗浄で内容物や臭いを除去できないものを除く）を入れたPETボトルを追加した。

③令和2年7月1日より、全国でプラスチック製買物袋の有料化制度が開始され、2020年7月1日からレジ袋の有料化が実施された。

④令和4年7月実施「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」…2021年6月にプラ

ごみの削減とリサイクルの促進を目的とする「プラスチック資源循環促進法」が制定された。容器包装以外のすべてのプラを対象としたリサイクル制度である。具体的には、メーカー等は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制度を新設、小売業者や飲食店などには使い捨てのスプーンやストローなどプラ製品の提供の削減、家庭から排出されるおもちゃやハンガーなどのプラ製品を市町村が分別収集・再商品化する仕組みなども設けている。

【まとめ】

以上のとおり、容器包装プラスチック「その他のプラ」は、材料リサイクル率は回収量全体の約25%強であり、75%が循環していない。一方、PETボトルは、回収量の約60%が材料としてリサイクルされている。このことから、膨大な労力と費用を投じて強引に材料化するよりも、分別も別途回収も必要のない可燃ごみとして「燃料化」することが合理的であることは明かである。

ドイツでは、回収量の36%以上が材料としてリサイクルされなければ、その廃プラのリサイクル（サーマルを含まない）は禁止すると言われている。なんでも無理やりリサイクルするのではなく、このような判断基準を検討するべきではないか。

おわりに

ロシアによるウクライナ侵攻によりエネルギーおよび食糧が戦略物質となり、世界の経済社会に甚大な影響を及ぼしている。とくに化石燃料は、安定確保が懸念される中、価格高騰が日常生活にまで影響を及ぼしている。一方、容器包装プラスチックの「その他のプラ」は、家庭から排出される一般廃棄物であるが、その材料リサイクルでは、回収量のわずか1/4程度しか利用されていない。しかも、各種プラスチックの混合物であり、優れた材料とは言い難く、加工品は付加価値の低いものに限られる。一方、PETボトルでは、約6割が材料として利用され、優れた原料として利活用の範囲も広い。

膨大な労力と費用を投じて廃プラを材料リサイクルすることは得策なのであるか？ 廃プラはもともと石油から製造されており、発熱量が高く、燃料としての価値に優れている。このため、燃焼時の余熱利用、とくにごみ発電が普及している中、燃料として活用すれば、火力発電における化石燃料の節約に大きく貢献できる。

廃プラの燃料化にあたり、可燃ごみと混焼発電した場合、発電量が化石燃料の節約、および二酸化炭素の排出量が、発電効率に大きく影響を受ける。そこで今回は、現状のごみ発電における発電効率の実態や最新のごみ発電の発電効率について紹介するとともに、「その他プラ」を可燃ごみと混合した場合の発電量について紹介したい。

〈引用・参考文献〉

- 1) 世界経済のネタ帳：https://ecodb.net/commodity/ngas_jp.html
- 2) 浅川 薫；特集 新しい資源循環型社会の動向（日欧比較を中心に） 欧州、ドイツと日本におけるプラスチック製容器包装のリサイクル；廃棄物資源循環学会誌、Vol.26、No.4、pp.275-282（2015）
- 3) 2021年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況 マテリアルフロー図；一般社団法人 プラスチック循環利用協会（2022年12月）
- 4) 「リサイクルのゆくえ プラスチック製容器包装」：公益財団法人 日本容器包装リサイクル協会