世界の幸せをカタチにする。
Creating Peace & Happiness for the World
Musashino University
武蔵野大学 学術機関リポジトリ
Musashino University Academic Institutional Repository

The choice for resolving waste plastic problems, Recycling or Energy recovery

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-03-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 武山, 尚道 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1127

廃プラスチックの処理・リサイクルに関する選択肢

The choice for resolving waste plastic problems, Recycling or Energy recovery

武　山　尚　道*
TAKEYAMA Hisamichi

はじめに

わが国における廃プラスチックの排出量は、年間 900 万トン以上の高水準で推移している。こうした大量の排出量のかなりの部分はリサイクルされているが、その多くはサーマルリサイクル（海外では「エネルギーリカバリー」）であり、国内における再生資源としての利用は少ない。再生資源としての利用の多くは、輸出を通じてアジア諸国、とくに中国で行われてきた。また、貿易統計や業界の団体から公表されている数値を並べてみると、リサイクルや処理の過程で無視できない量の廃プラスチックが行方不明になっていることがうかがい知れる。

こうした状況のもと、2017 年後半から中国で廃棄物の輸入に対する規制強化が始まり、代替的な輸出先である東南アジア諸国でも規制措置がとられるようになった。そのため、国内では行き場を失った廃プラスチックが滞留し、その抜本的な解決が急がれている。さらに昨今は、海洋マイクロプラスチックが世界の首脳会談でも重要テーマにされるほどの大きな問題となっている。その量の多寡はともかく、海洋を汚染し、生物を危険にさらしている廃プラスチックの一定割合が日本からのものであることは否定できず、ここでも具体的な行動が求められている。

このような廃プラスチックをめぐるさまざまな問題に対して、日本はどのように対応するべきなのだろうか。とくに最近は、ヨーロッパでサーキュラーエコノミーの名で廃棄物の循環利用・カスケード利用の重要性が改めて唱えられ、基本となるのはやはりマテリアルリサイクルだという考えが強まっているようにもみえる。あるいは、バーゼル法の規制強化を通じてもう一度輸出によるリサイクルを目指すことも途ではあるが、それは輸出先の受け入れ態勢が十分でないなどの問題がある。

このように、廃プラスチックの処理とリサイクルがどうあるべきかについては議論が錯綜している。今必要なのは、何を評価の基準としてどのような方向を選択するのか、そうしたことに対する数字をベースとした議論である。本稿は、こうした視点から、廃プラスチックの処理とリサイクルの実態を具体的な数値によって把握し、当面の問題として国内に溢れる廃プラスチックにどう対処すべきか、考え方の道筋を整理する。

* 工学部非常勤講師（環境システム学科）

受理日：(2019 年 12 月 5 日）
発行日：(2020 年 3 月 1 日）

１．廃プラスチックのリサイクルと処理をめぐる実態

わが国における廃プラスチック排出量は、近年は減少傾向にあるとはいえ、毎年 900 万トンを超えている。しかもそのリサイクルと処理の多くを海外に頼っている。そこから多くの問題が生じ、議論を呼ぶ状況となっている。その要点を整理すると次のとおりである。

- リサイクルの多くがサーマルリサイクル（エネルギーリカバリー）に依っている
- 廃プラスチックの輸出がかなりの割合を占めている
- マテリアルリサイクルが低調であり、且つその多くが海外で行われている
- 廃プラスチックの受入国側ではそれによる環境汚染が生じている
- そのため、受入国側の輸入規制が厳しくなり、廃プラスチックの国内滞留が増えている

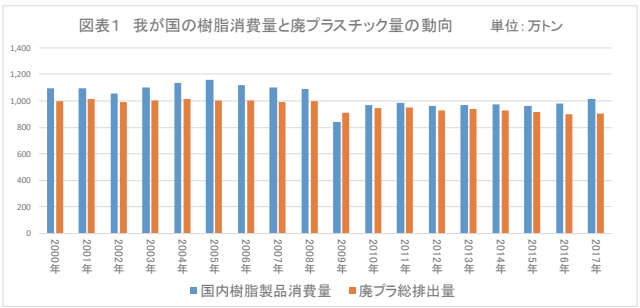
ここでは、これらの点についてできるだけ具体的な数量を追いかけることによって、その実態を明らかにしていきたい。まず、廃プラスチック全体について調べ、次いでその内数である PET ボトルについて同様にみていく。

（1）廃プラスチックのリサイクル、処理及び輸出の実態

廃プラスチックの有効利用率は高く、循環型社会づくりの優等生ということも可能である。しかし、そこには輸出とも絡んだ大きな問題がある。

① 生産、廃棄、リサイクルの状況

（一社）プラスチック循環利用協会が発表しているデータによると、わが国におけるプラスチック製品の生産に利用される樹脂の消費量は 2005 頃をピークとして減少しているが、それでも近年は毎年およそ 1,000 万トンで推移している。そして、製品としての利用を経たあと、廃プラスチックとして毎年約 900 万トンが排出されている（図表１）。その廃プラスチックは 2000 年頃までは半数以上が未利用であった。しかしその後有効利用が一貫して拡大し、有効利用（リサイクル）率は 2000 年時点の 46%から 2017 年には 86%にまで達している[1]（図表２）。



資料：「2017年　プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分の状況　マテリアルフロー図」（一社）プラスチック循環利用協会

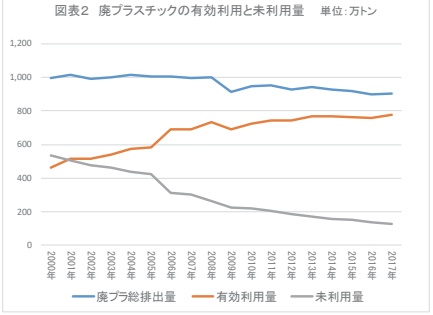
こうした状況は素晴らしいことにみえるが、その実態をみると、一般に思われているだろうリサイクルのイメージとはかなり異なる。図表３はプラスチック循環利用協会が公表した 2017

[1] 廃プラスチックのリサイクル率が継続的に高まってきた具体的な理由としては、自治体が焼却施設の改修や建て替えにあたって発電や熱利用施設を併設して廃プラスチックを投入していること、および産廃処理業者も発電（なかには廃プラスチック専燃発電所もある）を行うケースが増えていることが大きい。

年時点におけるプラスチックの生産、消費、廃棄及びリサイクルに関するマテリアルフロー図[2]をベースに、財務省の貿易統計など関連するデータを参考にして、加筆・再構成したものである。これから次の点が指摘される。

- マテリアル、サーマル、ケミカルの３つのリサイクルを合わせた有効利用量 775 万トンのうちの 68%、524 万トンがサーマルリサイクルとなっている。
- これに対してマテリアルリサイクルは有効利用量全体の 27%の 211 万トンと少ない。
- マテリアルリサイクル 211 万トンのうち 61%、129 万トンが輸出となっており、国内でのサーマルリサイクルは 4 割以下の 82 万トンに留まる。リサイクル全体に対しては 1 割強でしかない。

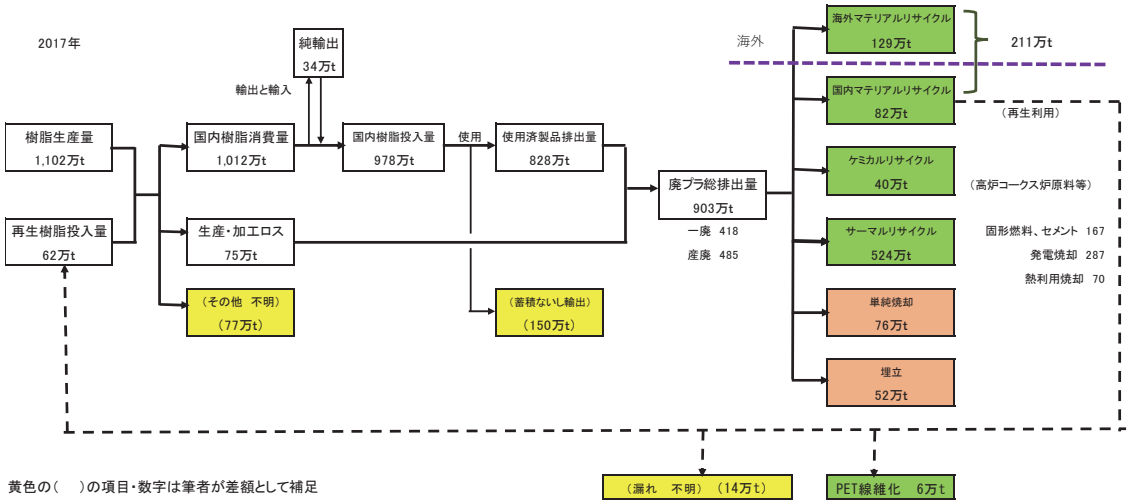
図表２　廃プラスチックの有効利用と未利用量　単位:万トン



資料：「2017年　プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分の状況　マテリアルフロー図」　（一社）プラスチック循環利用協会

なお､輸出されている 129 万トンはすべてマテリアルリサイクル分として計上されているが、それは定義としてそうなっているのであり、実態と異なっている場合が十分あり得る[3]。いずれにせよ、廃プラスチックの有効利用率は 9 割近くに達しているとはいえ、国内ではサーマルリサイクルに偏っている。一般的にマテリアルリサイクルが優先度の高いものとして位置づけられているなかで、サーマルリサイクルをどのように評価するかが問題である。

図表３　プラスチックの国内マテリアルフロー



資料：「2017年　プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分の状況　マテリアルフロー図」（一社）プラスチック循環利用協会
財務省　貿易統計

[2]　「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、2018 年 12 月

[3]　廃棄物の輸出には廃棄物の処理及び清掃に関する法律による規制措置があり、「相手国で再生利用されることが確実」、「国内と同等以上の処理を確保」などの条件のもとに環境大臣の確認を得ていることが条件となっている。しかし、廃プラスチックの輸入国で環境汚染が生じたり、海洋汚染の原因となったりしている状況をみると、不適正に処理されているものがあることは確かである。

② マテリアルフローにみる不明の部分

ⅰ）廃プラスチックとして排出されないプラスチック

2017 年時点におけるプラスチック樹脂の生産・投入量は、再生樹脂を含めて 1,164 万トンである。そこから国内樹脂消費量と生産・加工ロスの合計 1,087 万トンを差し引いた 77 万トンが生産段階で（計算上ではあるが）「その他　不明」とした部分である。また、国内樹脂投入量と使用済製品排出量の差が 150 万トンある。これが消費段階で「蓄積ないし輸出」されているとした部分である。

これらの部分は、その時点でア）製品やインフラの一部、または中古品などの形で国内留まるか輸出された部分、およびイ）廃プラスチックではない廃棄物の形で滞留、リサイクルあるいは最終処分されている部分といえる。またもし、ウ）不適正に処理されたか自然と環境に流出して文字通り行方不明となっている廃プラスチックがあれば、この部分に含まれているといえる。

このうち、イ）の部分については、廃プラスチックの取扱業者の発言として、破砕されて混合された「雑品」として輸出されているものにもプラスチックが含まれており、それが 45 万トンある。また電線に含まれるプラスチックが 16 万トンあり、これらが中国に輸出されているという情報がある[4]。それがイ）の一部に含まれているといえよう。いずれにせよ、HS コードで輸出が把握できる廃プラスチックの量は、広い意味での廃棄されたプラスチックの輸出量の 4 分の 3 程度でしかない。

ⅱ）国内のマテリアルリサイクルルートからの漏れ

マテリアルフローでは、国内でマテリアルリサイクルされている 82 万トンのうち、14 万トンがルートから漏れている。これは、国内でマテリアルリサイクルされたとされるもので、実際には国内で再投入されていない部分である。それがどういう形になっているかを追跡することは難しいが、何らかの形で国内に滞留しているか、サーマルリサイクルを含む焼却で処理されているか、あるいは単純に埋立てられたり不適正に処理されたりしている可能性が高いものといえる。しかし同時に、他のデータと突き合わせると、この部分は PET くずとして輸出に回っているものである可能性もうかがえる[5]。以上のことから、次の点が指摘されよう。

- 廃プラスチックは 903 万トンであるが、それ以外にも何らかの形で国内に滞留、処理ないし海外に輸出されているプラスチックが相当ある。
- 数字を突合すると、国内でマテリアルリサイクルされたとされるもので、実際には国内で再投入されていないものがあり、焼却されているか輸出されている可能性がある（図中の

---

[4] 「日本のプラスチックごみが溢れかえり始めた訳」（河野博子）東洋経済オンライン 2018/11/27）

[5] 貿易統計によれば、2017 年の廃プラスチック（HS3915「プラスチックのくず」）の輸出量は 143 万トンとなっており、マテリアルフローで示した海外マテリアルリサイクル 129 万トンとは 14 万トンの差がある。統計データから実態を解明することは難しい。ただ、国内でマテリアルリサイクルされたものが再投入される過程から漏れて不明となっているのがこれと同じ 14 万トンである。またこれは、後述の PET 樹脂のマテリアルフローのところで述べるように、リサイクル以外の PET くずの輸出量も 14 万トンと推定される。こうしたことから、この部分は国内でマテリアルリサイクルされたものが「プラスチックのくず」として輸出されたものである可能性が高いといえる。

「漏れ、不明」の 14 万トン）。もしそれが輸出されていたとすると、この部分は輸出が厳しくなると国内に滞留することになる。

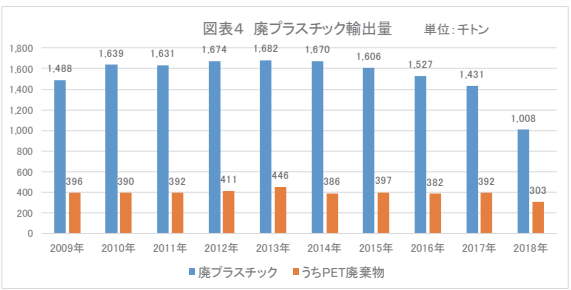
- 上記の部分が焼却ないし輸出のいずれであったにせよ、国内でマテリアルリサイクルされているのは、実際には（82－14＝）68 万トンであり、リサイクル全体の 9%にも満たない。

③ 輸出の状況とそのリサイクルへの影響

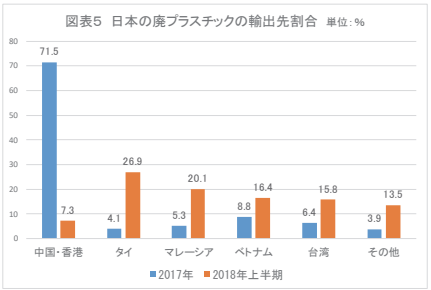
廃プラスチックの輸出状況について貿易統計を中心にみていくと、次の点が指摘される。

近年の廃プラスチックの輸出量は、2015 年までは 160 万トン以上で推移してきたが、最近の状況をみると、2015 年対比、2017 年は 89%、2018 年は 63%と急速に減少している（図表 4）。2018 年の輸出量は 101 万トン程度であり、2017 年からの 1 年間でも 42 万トンの減少となっている。それは、廃プラスチックの世界最大の輸入国であり、日本からの最大の輸出国であった中国が、2017 年から輸入規制強化に方向を転換したことがきっかけとなっている。これを受けて、日本からの輸出先はタイ、ベトナム、マレーシアなどに分散した。しかし、これら東南アジアの国々も相次いで輸入の規制措置を強め、また中国もさらに規制を強化したことによって、2018 年には最大時の 6 割に減少することになったのである（図表 5）。

そのため、わが国のなかでは滞留する廃プラスチックが著しく増大した。環境省は 2019 年に入って、産業廃棄物としての廃プラスチックについて保管施設での保管の上限を 2 倍にすることや、本来は一般廃棄物を対象とした自治体の処理施設を利用して焼却することを促すといった措置を講じる事態となっている。不法投棄の増大に対する懸念がその背景にある[6]。



資料：財務省　貿易統計



資料：財務省　貿易統計

こうした状況から、先に掲げた 2017 年時点のプラスチックのフローは、現在では数量面で大きく変わっている。2018 年のデータは公表されていないが、統計上は 2017 年と比べて 42 万トンが輸出できなくなったことになる。輸出できない部分は焼却する方向にあり、結果的にマテリアルリサイクルが減り、サーマルリサイクルの比重が高まりつつあるといえる。中国を代替する形で輸出を受け入れた国々においてどれだけのリサイクルと適正な最終処分ができるか、この点も地球レベルでの環境汚染への対応や循環型社会づくりの点からみた大きな問題である。以上をまとめると、最近の動きとして次の点が指摘される。

---

[6] 環境省では多くの自治体が保管量の上限を超えた処理業者を抱えていることに危機感を持ち、2019 年 5 月 20 日、都道府県に対する通知として、域外からの産業廃棄物の移動に関する事前協議の緩和や迅速化などによって、産廃に該当する廃プラスチックを市町村のごみ焼却施設で受け入れるよう要請した。

- 2017 年と比べて 2018 年には既に 42 万トン（貿易統計における 2017 年と 2018 年の値の差）が輸出できなくなっている。
- 輸出が完全にストップすると仮定すると、最大値としてはこれに加えて 100 万トン（貿易統計による 2018 年の輸出量）が輸出できなくなる。
- 以上に加えて、廃プラスチックとは別の形で、「雑品」「電線」として輸出されている約 60 万トンが輸出できなくなる可能性がある。
- 直近では、輸出が減少した分、マテリアルリサイクルされる廃プラスチックが大きく減っている。
- 今日では発電施設や熱利用施設を併設した焼却施設が主流となっていることから、輸出できない部分の焼却ないしサーマルリサイクルが増加している。
- これまで輸入が少なかった国々では十分な処理とリサイクルができる体制にないため、廃棄物の受入れが地元の環境汚染、さらには海洋汚染につながっている。
- 国内においても滞留した廃プラスチックの不法投棄が非常に懸念される状況となっている。

（2）PET ボトルの場合

多様な廃プラスチックのなかでマテリアルリサイクルの割合が最も大きいのは、分別回収を起点としたリサイクルルートが確立しているＰＥＴボトルである[7]。しかし、使用済みで回収されたＰＥＴボトルの輸出は、廃プラスチックの輸出の 3 割程度を占めており、廃プラスチック全体のリサイクルのかなりの部分を輸出に頼る大きな理由となっている。ここではこのＰＥＴボトルに焦点を当てて、そのリサイクルの実情をみることにしたい。

① 生産、廃棄、リサイクルの状況

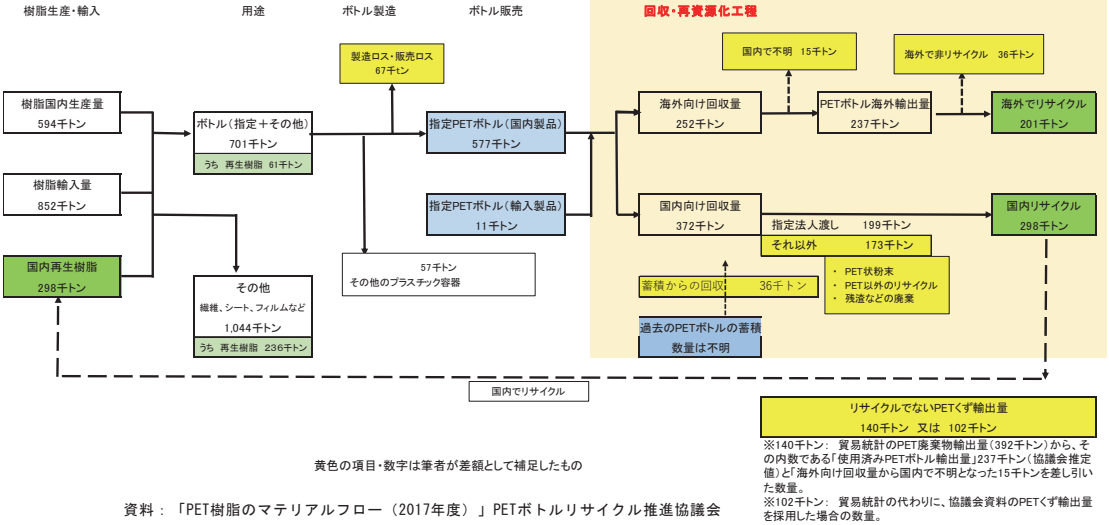
ＰＥＴボトルリサイクル推進協議会の資料[8]をもとに、財務省の貿易統計のデータを加味してＰＥＴボトルの 2017 年における生産、販売、回収、リサイクルのフローを示すと、図表 6 のとおりとなる。販売量は輸入されているものも合わせて 58 万 8 千トンであり、その年に回収された廃ＰＥＴボトルは 62 万 4 千トンとなっている。その内、海外向けに回収された分が 25 万 2 千トンあり、そこから実際に 23 万 7 千トンが輸出されている。そして、輸出されているうちの 20 万 1 千トンがリサイクルされていることになっている。一方、国内向けに販売された 37 万 2 千トンについては、そのうちの 29 万 8 千トンが国内でリサイクルされ、国内での樹脂再生に投入されている。

---

[7] （一社）プラスチック循環利用協会資料によると、2017 年におけるマテリアルリサイクル 211 万トンのうち、使用済み製品が 137 万トンを占め（残りは生産・加工ロス）、その内の 37%、50 万トンがＰＥＴボトルとなっている。PET ボトルのマテリアルリサイクルが廃プラスチック全体のマテリアルリサイクルに占める割合は 24%である。

[8] 「PET 樹脂のマテリアルフロー（2017 年度）」PET ボトルリサイクル推進協議会ホームページ

図表６　PET樹脂のマテリアルフロー　2017年



資料：「PET樹脂のマテリアルフロー（2017年度）」PETボトルリサイクル推進協議会

したがって、国内と輸出の双方を合わせると、使用済みＰＥＴボトルの回収量に対するリサイクル量は 49 万１千トンで、率にして回収量の 79%に達している。また、国内でのＰＥＴ樹脂生産量全体は 89 万トンであるので、リサイクルされたＰＥＴの生産資源としての利用率は 37%にあたる。

② 国内での処理・リサイクルが不明の部分

ただし、マテリアルフローの数値を突合すると、そこから漏れていて処理やリサイクルの行方が不明な部分も多い。まず挙げられるものとして、輸出向けに回収されたもので輸出されずに国内で行方不明になっているものが１万５千トン、及び輸出されていてもリサイクルされていないものが３万６千トンある。合わせて５万１千トンである。

さらに重要な点は、使用済みＰＥＴボトルのうちの国内向け回収量の内容と行方である。国内向け回収量は市町村が分別回収するものと事業者が回収するものとがあるが、それらが合わされてさらに指定法人渡しとそれ以外のものに分けられ、再資源化のルートにのることになる。このうち指定法人によるリサイクルは、決まりによってマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルに限定されている。しかし、それ以外のルートにのった使用済みＰＥＴボトルについてはリサイクルの内容が不明である。数字と追うと、国内向け回収量 37 万 2 千トンの内訳は指定法人ルートが 19 万 9 千トンとなっているので、「それ以外」の部分は 17 万３千トンとなる。したがって、計算上ではあるが、「それ以外」のうちの９万９千トン（「国内リサイクル 29 万 8 千トン」-「指定法人渡し 19 万 9 千トン」）がリサイクルされ、残りの７万４千トンが行方が不明となっている。これらは、資料ではＰＥＴ粉末、ＰＥＴ以外のリサイクル、残渣などの廃棄とされているが、その内訳割合に関するデータはない。

これまでにも自治体がＰＥＴボトルを大量に焼却している現実をみると、海外向けに回収されて国内に留まった部分の１万５千トンと、この指定法人渡しでリサイクルされなかった７万

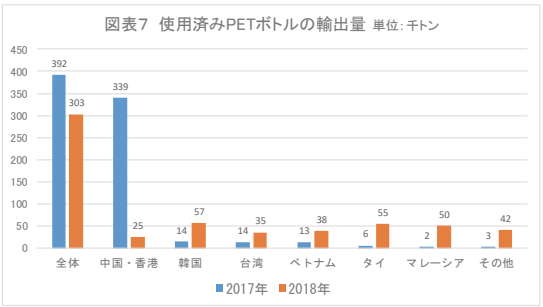
4千トンは、単純焼却ないしエネルギー回収された部分が多いと考えられる。

③ 輸出先での処理・リサイクルが不明な部分

もう一つ重要な点は輸出についてである。2017年の貿易統計の数字（ＰＥＴ廃棄物の輸出量39万2千トン）と突き合わせると、海外でリサイクルされているとされるのは20万1千トンであるから、差引すると最大で19万トンがリサイクル目的以外で輸出されている可能性がある。このなかには、上記②で述べた国内での不明や海外輸出先での非リサイクル処理を合わせた5万1千トンが含まれているので、使用済みＰＥＴボトルでないＰＥＴ廃棄物の輸出が約14万トンあると推定される。これらが輸出先国でどのように扱われているかは不明である。いずれにせよ、19万トンは輸出先の国で不適正に処理され、環境問題を引き起こしている可能性が高い。

④ 受入国側の輸入規制による使用済みＰＥＴボトルの国内滞留

使用済みＰＥＴボトルの輸出先は、2017年までは中国がほとんどといってよい状況であった。しかし、2017年後半からの中国の強い輸入規制によって、香港を含めた中国向けの輸出は激減した。日本からの輸出は韓国、タイ、マレーシア、ベトナム、台湾などに分散したが、輸出量は2017年に39万2千トンあったものが、2018年には30万3千トンへと一気に22%も減少した（図表7）。2018年に入ってからは、中国を代替する新たな輸入国も、受入能力不足と環境汚染（輸出された廃プラスチックそのものが汚染されていることもしばしば摘発されている）を理由に輸入規制を強めており、今後輸出量が増える可能性は低い。これらの国々にとっても、日本その他の国々からの廃棄物の急速な輸入増加にどのように対応していくのか、大きな課題である。



資料：財務省　貿易統計

それでは、2018年以降にみられるように、輸入国側の規制が厳しくなり、輸出が減少した場合にはどうなるであろうか。上述のように、使用済みのＰＥＴボトルの輸出量は、2017年から2018年にかけて8万9千トンの減少となっている。2017年時点で輸出されているもののうち、輸出規制によって影響を受けるのは、可能性の高い順に「海外で非リサイクル（リサイクルされない）」3万6千トンと「リサイクルでないPETくず輸出」14万トンと考えられるので、2018年にはそれらのうちから約9万トンが国内に追加的に滞留していることになる。これらが国内で焼却されているとすると、2018年においては、マテリアルフローが2017年と基本的に同じであると仮定すれば、先の国内での不明分（1万5千トン＋7万4千トン）を含めた18万トン程度が焼却処理（エネルギー回収を含む）されている可能性がある。

以上、廃プラスチックの輸出に大きな比重を占めるＰＥＴボトルのリサイクルについてみると、次のような点が指摘される。

- リサイクル率は高いが、そのうちの約 4 割が海外である。海外でのリサイクル内容を明らかにすることは難しい。
- 国内でのリサイクルはマテリアルないしケミカルリサイクルが多いものの、サーマルリサイクルも三分の一程度に達する可能性がある。
- リサイクルとして位置づけられていない輸出も多く、輸出量の半数程度に達する可能性がある。
- 輸出の急速な減少により、使用済みＰＥＴボトルが国内に大量に滞留して焼却されることになる。
- 輸入国側においては、ＰＥＴ廃棄物の滞留や不適正な処理が拡大していると想定される。

このように、容器包装リサイクル法によって分別収集を起点としたリサイクルのルートが確立しているＰＥＴボトルをみても、国内でのマテリアルリサイクルには限度がある。そして、輸出が厳しくなって国内での滞留が避けられない状況のもとで、単純焼却やサーマルリサイクルに頼る部分が増大しているということができる。

（3）廃プラスチック全般と PET ボトルを比較してわかること

最後に、廃プラスチックと PET ボトルのそれぞれのマテリアルフローと輸出量を突合することによって、プラスチックリサイクルのもう一つの重要な点を指摘したい。

① 一廃・産廃別にみた廃プラスチックのリサイクル状況

一つは、一般廃棄物と産業廃棄物の違いである。2017 年においては、廃プラスチック全体 903 万トンのうち一般廃棄物が 418 万トン、産業廃棄物が 485 万トンで、ほぼ半々である。そして再生利用量（つまりマテリアルリサイクル）は、それぞれ 67 万トンと 144 万トンとなっている。したがって、一般廃棄物としての廃プラスチックは、マテリアルリサイクル 211 万トンのうち 32%、産業廃棄物のそれは 68%となっている。また、それぞれの排出量に占める割合は、一般廃棄物で 17%、産業廃棄物では 30%となる（図表８）。

産業廃棄物では、生産・加工ロス（2017 年では 75 万トン）が優先的にマテリアルリサイクルに回されると考えられるため、利用済み製品としての廃プラスチックのマテリアルリサイクル率は 17%程度（(144－75) / (485-75) トン）となる。

② 一般廃棄物としての廃プラスチックのリサイクルの内容

次に一般廃棄物である PET ボトルのマテリアルフローでは、PET ボトルのリサイクル（マテリアルないしケミカル）は国内・海外合わせて 49 万 9 千トンであるため、PET ボトル以外の廃プラスチックのリサイクルは 67 万トンからそれを差し引いた 17 万トン程度となる。この部分は量の大きさなどからプラスチック製トレーなど分別しやすいものが大部分と考えられる。すなわち、よく指摘されるように、「一般廃棄物では、PET ボトルやトレーなど分別しやすいもののマテリアルリサイクルは比較的進んでいるが、その他のプラスチック類の場合には、汚れ、複合素材、素材が分かりにくいものなどが多く、素材としてのリサイクルが難しい」[9]こと、そして PET ボトルやトレー以外の大部分が焼却（発電、熱利用、単純焼却）され

[9] 東京都廃棄物審議会資料「産業廃棄物の適正処理の確保及び廃プラスチックの発生抑制・リサイクルの促進

ていることが数字からもわかる（図表８）。

以上をまとめると、次のことが指摘される。

- マテリアルリサイクル廃プラスチックの３分の２は産業廃棄物である。
- 一般廃棄物に分類される廃プラスチックのマテリアルリサイクル比率は 16%にすぎず、その７割以上が PET ボトルである。それ以外もマテリアルリサイクルしやすいものに限られ、さらにその残りは実質的に焼却されている（PET ボトルでも焼却処理されているものがある）。
- 産業廃棄物に分類される廃プラスチックのマテリアルリサイクル比率は 30%であるが、使用済み製品に限ると、17%程度とかなり低い。

図表８　廃プラスチックのマテリアルリサイクルの状況

	一般廃遺物				産業廃遺物		
単位:トン	廃プラ排出量	内マテリアルリサイクル	マテリアルリサイクル比率	PETボトルリサイクル量	廃プラ排出量	内マテリアルリサイクル	マテリアルリサイクル比率
2012年	446	68	15.2%	49.5	482	138	28.6%
2016年	407	68	16.7%	50.0	492	138	28.0%
2017年	418	67	16.0%	49.9	485	144	29.7%

資料：「2017年　プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分の状況　マテリアルフロー図」（一社）プラスチック循環利用協会

２．廃プラスチックの処理・リサイクルに係る現場の動向と見通し

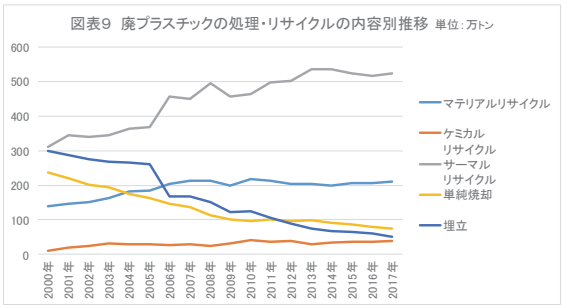
それでは、廃プラスチックの処理やリサイクルに関する現場はどのようになっているのか、現実の動きを時系列的にみることにしたい。

（１）種類別にみた処理とリサイクルの動向

① マテリアルフローにみる廃プラスチックの処理とリサイクルの動向

（一社）プラスチック循環利用協会が毎年発表しているデータから、有効利用（リサイクル部分）の３つの種類および未利用の２つ（単純焼却と埋立）についてみると、2000 年以降の長期的動向は次のようになっている（図表９）。

まず有効利用についてみると、サーマルリサイクルされる量が大きく増加し、2017 年には 524 万トンとなっているのに対して、マテリアルリサイクルが 2010 年以降停滞していることが注目される。割合でもマテリアルリサイクルは長期的に減少傾向にある。また、ケミカルリサイクルは、割合では小さいものの、着実に増加している。



資料：「2017年　プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分の状況　マテリアルフロー図」（一社）プラスチック循環利用協会

一方、未利用分については、2000 年時点では単純焼却が約 240 万トンとサーマルリサイクルに近い大きさであったものが、継続的に減少してきた結果、2017 年には３分の１以下になった。そこから、この間、単純焼却されていた部

についての検討　答申書」　東京都環境局　2016 年

分がエネルギーリカバリーを行うサーマルリサイクルに置き換わってきたこと、そしてその中心となったのは自治体であることが裏付けられる。マテリアルフローのデータをみると、最近数年間においては、一般廃棄物で発電焼却や熱利用される廃プラスチックが増加傾向にあるのに対して、産業廃棄物ではそれがむしろ減少傾向にあるからである（図表 10）。

図表10　廃プラスチック排出量とそのサーマルリサイクルの状況

単位：万トン	一般廃棄物				産業廃棄物			
	廃プラ排出量	うち発電焼却量	熱利用焼却	サーマル合計	廃プラ排出量	うち発電焼却量	熱利用焼却	サーマル合計
2012年	446	195	33	228	482	107	60	167
2014年	442	200	30	230	483	96	54	150
2016年	407	185	25	210	492	96	54	150
2017年	418	202	22	224	485	85	48	133

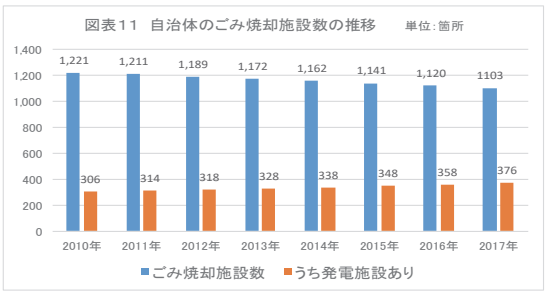
※　このほか、サーマルリサイクルには固形燃料・セメント原・燃料も含まれる。
この部分は、一廃物としての廃プラは29万トン、産廃としての廃プラは138万トンとなっていて、産廃廃プラが圧倒的に多い。

資料：「2017年　プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分の状況　マテリアルフロー図」
（一社）プラスチック循環利用協会

② 自治体の動向

そこで次に、サーマルリサイクル拡大の中心となった自治体の廃棄物処理の動向をみることにしたい。東京都では 2008 年時点において、23 区の一般廃棄物としての廃プラスチックは、埋め立て処分場の延命化と資源の有効利用を目的として[10]、焼却処理し、できるかぎりエネルギーリカバリー（サーマルリサイクル）を進める方向に転換した。そして家庭から出されるプラスチックを「不燃ごみ」から「可燃ごみ」に変更している。

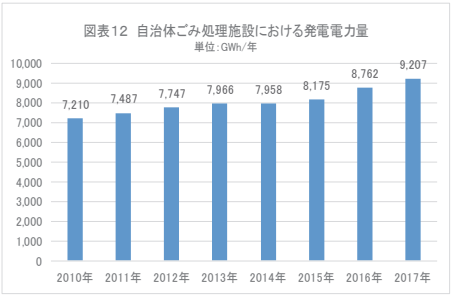
そのほかの自治体も同様の動きを見せている。2010 年から 2017 年に至るあいだの自治体のごみ焼却施設数の推移をみると、全体では減少しながらも、発電施設を有するものは 306 箇所から 376 箇所に増え、全体に占める割合は 25%から 34%まで拡大した。またその結果、自治体の廃棄物発電量は増大し、また効率もよくなってきていることがうかがえる。これには、カロリーの高い廃プラスチックを他のごみとあわせて焼却したことが大きく作用している（図表 11、図表 12）。



資料：日本の廃棄物処理　平成29年度版　平成31年3月　環境省

[10]　東京二十三区清掃一部事務組合「廃プラスチックのサーマルリサイクル実施による効果と影響について」同一部事務組合のウェブサイト　2010 年　具体的には、不燃ごみの埋め立て量を削減して処理経費を節約するとともに、高カロリーな廃プラスチックをほかの廃棄物と併せて焼却することによって発電効率を高め、売電収入を得ようとしたものである。そして、この資料では、この方針にそって実施した結果、焼却する廃プラスチックが想定以上に多くなったとしている。

（２）廃プラスチックリサイクルの今後の見通し



資料：日本の廃棄物処理　平成29年度版　平成31年3月　環境省

最近の自治体の廃棄物処理施設の整備の動向や国の廃棄物政策をみると、今後も自治体におけるサーマルリサイクルの増大傾向が続く可能性が非常に大きい[11]。すなわち、特に自治体の廃棄物処理施設については、広域的に再編・更新される中で大規模化し、エネルギー回収の効率も高まることが想定される。その結果として発電電力量も増大することはほぼ間違いない。

それでは、こうした動きのもとで、最近の廃プラスチックの輸出困難化と国内における廃プラスチックの滞留が、そのリサイクルのあり方をどのように左右するであろうか。行政の現場では多くの場合、現実の問題に対してその場その場で対処していくことしかできず、そのうちにいつの間にか一つの流れができているということになりがちである。また、現実問題として廃プラスチックが国内に溢れているという状況は、国内でリサイクルする合理性がないことを端的に示している。それは先に１．で示した廃プラスチックの実態をみれば明らかである。国も上述したように、自治体に対して産廃の廃プラスチックも焼却処分することを検討するよう通達を出している。そうであるならば、これまで述べてきたことを振り返ると、今後の廃プラスチックのリサイクルはサーマルリサイクルにますます傾斜していくことになると考えられる。

しかし、それでよいかどうかは別の問題である。必要なのは、今後のあり方についていくつかの選択肢を設定し、それらを比較検討していくことである。

３．廃プラスチック問題の解決に向けた選択肢と論点

（１）いくつかの選択肢

輸出とサーマルリサイクルに頼る部分が多いわが国の廃プラスチックのリサイクルと処理は、輸出が厳しくなった状況のもとでどうあるべきなのだろうか。上述したような状況を踏まえると、対応策として次のような選択肢が想定される。

A）国内でのマテリアルリサイクルの拡大
B）国内でのサーマルリサイクルの拡大
C）輸出の再興と相手国側でのリサイクルや適正処理の推進
D）環境負荷の小さな代替素材の利用拡大
E）プラスチック利用量および廃プラスチック発生量の削減

これらの選択肢のうち、A)、B)、C)の３つは、それなりの追加的な投資は必要ではあるが、技術的に確立していることや今ある施設・設備である程度対応できることから、当面ないし短

[11] 2018 年 6 月に閣議決定された「廃棄物処理施設整備計画　2018～2022 年度」において、廃棄物処理施設の整備にあたって、省エネルギー化、廃棄物エネルギーの効率的な回収およびそのための施設の大規模化などを掲げている。そして、今後整備される焼却施設の発電効率の目標（平均値）を 2022 年度には 21%（17 年度見込みは 19%）に引き上げるとしている。

期的な対応策ということができる。これに対して、D)と E)の２つについては、いろいろな試みがなされ、今後も企業の取り組みが盛んになることは確かであるが、実現するためには低環境負荷型の技術開発とその実用化および新しいビジネスモデルの確立が必要である。また、国民や企業の意識や行動様式を変えていくことが前提となる。こうしたとから、これら２つは長期的な対応策といえる。我々は問題の解決にあたって、今ある条件のもとで何をするかという視点から短期的な対応を進めるとともに、プラスチックをめぐる環境条件をダイナミックに変えるという長期的視点に立った対策を講じていくことが必要である。ただここでは、短期的な側面であるはじめの３つの選択肢をとりあげ、論点をまとめることにしたい。

（２）国内でのマテリアルリサイクルの拡大

① 賛成論

リサイクルのなかでも優先度が高いとされるマテリアルリサイクルをさらに推進しようという立場は根強い。廃棄されたものの循環利用・カスケード利用は、資源エネルギーの節約にもつながる循環型社会づくりの基本であり、世界の潮流ともなっている。例えば、EU は「サーキュラーエコノミー」を推進するなかで、2030 年までにすべてのプラスチック容器包装を、コスト効果的にリユース・リサイクル可能とすることを目指し、再生プラスチックの品質基準の設定など、根本的なところから取り組もうとしている。

また、廃プラスチックの国内でのマテリアルリサイクルが低調である理由の一つとして、採算確保に必要となる十分なロットが集まらない状況があるといわれている。しかし、輸出が厳しく抑制された結果として、国内で必要な量を確保しやすい状況が生じているということもできる。

② 反対論

しかし、先にみたような状況をみると、次のような現実を直視することも必要である。先にみたように、PET ボトルやトレーなど分別しやすいものを除けば、実際にマテリアルリサイクルされているのは、生産の加工・ロスとして出てくる産業廃棄物としての廃プラスチック類に過ぎない。それは、マテリアルリサイクルしようとすると、収集してから種類別の分別、大量の水を利用する洗浄、フレーク状やインゴットなどの使える形にする再資源化工程など、それぞれの段階において人件費や設備コスト、エネルギーが必要だからである。

また、そもそも、国内では再生されたプラスチックの用途や利用企業が限られ、需要量も限られている。それは、品質基準を設けることの困難性、供給量の不安定さ、プラスチックの原料である原油価格の変動などによるものである。また仮にコストや時間をかけて完璧に種類別に分別して規格化しても、そこから元と同等の質の原材料が得られるわけではない。劣化したプラスチックの用途は限られるため、マテリアルリサイクルが一定以上の枠を超えて拡大することはない。

また、輸出国でもマテリアルリサイクルは行き詰っている。受入国の規制措置が厳しくなっているのは、現地においてもリサイクルのための手間がかかり、環境汚染対策もあってコストがかさんで割に合わないためである。むしろ、輸出された廃プラスチックは、適切な処理がな

されないまま、環境汚染の元凶となっているものが多い。

以上のように、マテリアルリサイクルはサーキュラーエコノミーなどの言い方で循環型社会づくりや産業創出の面からも重要視されているが、課題も多い。無理してリサイクルしても需要が限られ、廃プラスチックが国内でも海外でも環境汚染を引き起こしている可能性が高いことをどう評価するかが問われている。

（3）国内でのサーマルリサイクルの拡大

① 賛成論

廃プラスチックのリサイクルはエネルギー回収がベストという意見は、特に現場では強い。また、実際にもサーマルリサイクルは拡大している。それは、まず環境を守るために効果的だということによる。マテリアルリサイクルがその洗浄や選別の過程で大量の水を使い、不適切な場合は水質汚染をもたらすことがあるのに対して、焼却する場合は技術の進歩もあってそうした問題が少ない。その結果、コストも下がる。実際問題として、産廃としての廃プラスチックを余力のある自治体の処理施設で焼却してほしいという国からの要請は、国内に滞留する廃プラスチックが不適正に処理されることに対する懸念が大きいことが理由である。

そのほか、エネルギー的にも経済的にもサーマルリサイクルは合理的であるということが主張されている。プラスチックのあるものは石炭と同等のカロリーをもち、エネルギー回収によって発電などに必要な化石資源を節約することができてむしろ望ましい。家庭ごみを焼却する場合も廃プラスチックを混合することによって焼却処理を容易にしている。経済面でみても、上述のマテリアルリサイクルで述べたことの裏返しで、結局安い再生プラスチックにしかならないならば、焼却処理してエネルギーとして回収することが有利だということになる。

② 反対論

一方、サーマルリサイクルについては優先順位が低いとされ、否定的にとらえる人が多い。それはまず、サーマルリサイクルは 1 回やれば終わりであり、「分ければ資源」という手間を厭うもので循環型社会づくりに反するというものである。

多くの調査研究が問題としているのは、LCA の視点からみた温室効果ガスの排出抑制効果や化石燃料の節約効果に関するマテリアルリサイクルとサーマルリサイクルの比較である。多くの文献があるが、前者のほうが後者より効果が高い場合が多いようにみえる。しかし、それらの試算は特定の条件のもとでの結果であり、発電によるエネルギー回収効率が高まれば両者は逆転する可能性があるなど、結果の解釈は難しい。結局のところ、評価はなかなか定まらない。

（4）輸出の再興と相手国側でのリサイクルや適正処理の推進

① 賛成論

廃プラスチックのマテリアルリサイクルはコスト面から国内では難しく、マテリアルリサイクルをするならば輸出しかないという意見は強い。すでに＜日本など先進国＞→＜中国その他途上国＞→＜日本など先進国＞という静脈から動脈を結ぶ国際的なサプライチェーンが構築されており、輸出を軸としたマテリアルリサイクルは国際分業の必然であるということである。

また、そもそも海外輸出には法的裏付けがあり、悪いわけではない。廃棄物処理法では、国内で適正な国内処理が困難であるか、または輸出の相手国において再生利用されることが確実であり、かつ国内の処理基準を下回らない方法で処理されることが確実であれば輸出は認められる。

また、海外において焼却処理と適正処分を推進するのはわが国の方針でもある。環境省の補助金でインドネシアなどの途上国に最新鋭の焼却能力をもつ廃棄物処理施設を整備する事例があるが、そこでは日本からの廃棄物の受け入れも想定している場合が多いのではないか。

② 反対論

廃棄物処理法においては、国内において生じた廃棄物は、なるべく国内において適正に処理されなければならないとしている。輸出先での再生利用が不確実である、むしろ不適正処理による環境汚染が強く懸念される状況のもとで、輸出に頼ってよいのかという問題意識である。

結局、国際分業が進むなか、廃プラスチックもマテリアルリサイクルを目指すならば輸出によらざるを得ない。しかし、それが我が国の目指す循環型社会の本来の姿なのか、輸出相手国で適正な処理がなされて環境負荷をもたらすようなことがなければ認められるのか、こうした点をどう評価するかが問われている。

以上にみたような廃プラスチックのリサイクルのあり方に関する議論は、次のように整理することができる。

図表 13　廃プラスチックリサイクルの選択肢

選択肢	論点	
	プラスの評価視点	マイナスの評価視点
A：国内でのマテリアルリサイクルの拡大	・資源エネルギーの節約につながる循環型社会づくりの基本 ・サーキュラー経済の流れを作ろうとする世界の潮流 ・まとまったロットの確保が可能	・汚れ、種類の仕分け不能などから実現困難 ・大きなコストとエネルギー ・再生品の劣化と用途の限定 ・再生品に対する需要の限界 ・海外における行き詰まり
B：国内でのサーマルリサイクルの拡大	・環境に対する負荷の少なさ（不適正処理の懸念への対応） ・エネルギー収支面からの有利性 ・経済的な面における有利性 ・最終処分量や経費の削減、売電収入を目指す現場（自治体）の方針	・一回しかできず、循環型社会の精神に反する ・二酸化炭素削減効果においてマテリアルリサイクルに劣後 ・発電のエネルギー変換効率が悪いという現実
C：輸出の再興と相手国側でのリサイクルや適正処理の推進	・マテリアルリサイクルを前提とした場合の現実性 ・国際分業からみた必然性 ・法的な裏付け ・途上国支援と絡めた国の方針	・廃棄物の自国内処理優先の原則 ・輸出先での不適正処理への懸念

4．廃プラスチックの処理・リサイクルの方向性と今後への展望

（1）暫定的な結論

① 評価の難しさ

廃プラスチックが海洋マイクロプラスチックなどの形で国際的な問題となり、また日本からの輸出が困難化するなかで、廃プラスチックのリサイクルはどうあるべきであろうか。本来であれば、先に述べたような評価視点からの総合的な判断が必要であるが、それぞれの視点関する具体的な評価の確実性については不明な場合が多い。例えば、LCA の観点からみた二酸化炭素削減効果の比較などについてはさまざまな調査結果が公表されているが、いずれも特定の前提条件のもとでの試算であって、現実世界に移したときに何が確実にいえるかは明らかでない。さらに、時間の経過の中で「変えられること」と「変えられないこと」がある。廃プラスチックによる発電のエネルギー変換効率は、技術進歩によって向上させることが可能である。ただし、技術的にはできても、経済性などの理由で現実には難しい場合もある。

以上のように、あり方や方向性に関する評価視点は整理することができるものの、さまざまな団体・機関から出されている情報をもとにして、それぞれの前提条件などを勘案して最終的な判断を行うことは相当に難しい問題である。

② 優先すべき目的

ただ、そうしたなかでの最初の立脚点は何を優先目的とするかである。端的にいえば、環境汚染をゼロにもっていくのか、あるいは若干の環境汚染はあるとしても資源の循環利用・カスケード利用を目指すのかということである。この段階では、リサイクルの種類による資源の節約や環境への負荷に関する効果については考えない。すなわち＜エネルギーリカバリーを伴う焼却処理による環境汚染ゼロ＞と＜環境汚染の恐れを伴うマテリアルリサイクル＞を比較する。ここでそれぞれの個々人が有する固有の価値観や関係機関・企業・産業の立場がかかわってくる[12]。ただ、ここでは次のように判断する。すなわち、現在の問題は、海洋マイクロプラスチック問題も輸出が抑制されている問題も、いずれも廃プラスチックの不適正な処理による環境汚染である。この不適鉄な処理をどう防ぐかを第一目的とするのである。

1．でみたように、2018 年は 2017 年に比べてマテリアルリサイクルされている廃プラスチックの輸出が 40 万トン以上減少したが、輸出が滞って国内に滞留することが予想されるのはどのようなものであろうか。それは相手国側の輸入規制に抵触した部分であり、海外でもマテリアルリサイクルされていないものがかなり含まれるはずである。また、既に国内でマテリアルリサイクルされているとされる部分でも、リサイクルルートから漏れ出ている部分が 2 割近くもあり、リサイクルルートが確立している PET ボトルに限っても、回収後に国内で不明となる部分が 3 割近くもある。つまり、マテリアルリサイクルされているとされながらそうでない

[12] 環境政策が学問的なものであるとすると、それは科学的合理性による選択を目指すものであるはずだが、これまでそうしたことが行われたことはほとんどなかった。その大きな原因の一つは、環境政策の選択において「価値観」が大きな位置を占めていることによる。つまり、人はそれぞれ自身の体験や（偏った）学習によって物事に対する価値評価のやり方や基準が異なっており、そのために環境問題に関するある特定の出来事に対する価値判断も目が人々の間で異なってくるためである。

廃プラスチックが相当程度ある。とするならば、輸出減少分は当然として、それに加えてすでにマテリアルリサイクルされているとされる部分のかなりについて、＜エネルギーリカバリーを伴う焼却処理による環境汚染ゼロ＞、つまりサーマルリサイクルに積極的に回していくことが合理的と考えれる。

③ 資源・エネルギーや環境負荷の面からのチェックと暫定的な結論

次の立脚点は、LCA の視点からみた資源・エネルギーの節約や環境負荷の抑制におけるサーマルリサイクルの妥当性のチェックであろう。これは、＜二酸化炭素排出抑制≒資源・エネルギー節約効果≒コスト節約効果＞といえる点で、経済性に関する評価と重なるところが多いといえる。また、施設に余力があるかどうかも重要である。上述のようにサーマルとマテリアルの緻密な比較評価は難しいが、ここでいくつかの LCA に基づいた調査研究の結論部分を引用すると、次のようになっている。

- 廃プラスチックの焼却量が 15 万トン増加した結果、温室効果ガスは 36.7 万トンの増加となったが、最終処分場からのメタンガスの抑制と電力会社での温室効果ガス発生抑制によって、19.7 万トンの増加にとどまった。経費（焼却作業費、不燃ごみ処理作業経費、埋め立て処分経緯）は売電収入の増収を合わせると 53 億円の削減となった。（参考文献１）
- 家庭から出る廃プラスチックのマテリアルリサイクルが合理的に成立する対象は PET ボトルや白色発泡トレイ等ごく一部の製品に限られる。・・・・・マテリアルリサイクルに固執することなく、ケミカルやサーマルなど無理のない手法を選択し、全体としての最適合理性を追求すべきである。（参考文献２）
- 一定程度の効果を持ったエネルギーリカバリーは、マテリアルリサイクルおよびケミカルリサイクルと、環境負荷削減効果において劣るものでないことが分かった。今後、日本の発電焼却施設の発電効率のさらなる向上につながる取り組みを期待したい。(参考文献 10)
- 基準質相当の発熱量のごみを処理する場合には、廃棄物発電施設には処理余力が生じている。・・・・・この余裕分を活用すれば、新たな投資を行わなくても、施設の発電電力量を上積みし、CO2 排出量を削減することができる。（参考文献５）

このようにみてくると、廃プラスチックのサーマルリサイクルは、資源・エネルギーの節約や環境負荷の軽減の面で妥当性があり（少なくとも絶対的に不利だとはいえない）、かつ現状の設備をうまく活用すれば実施が容易であり、また経費面でも優れているということができよう。

以上から結論をまとめると、次のようになるだろう。

- マテリアルリサイクルは海外が中心となるが、輸出するものにはバーゼル法の縛りを厳しくして無理のない範囲で行う。
- 国内ではサーマルリサイクルを積極的に採用し、マテリアルリサイクルはメリットのある範囲で行い、無理はしない。
- そのため、焼却しかしていない中間処理施設は発電ができるようにし、既に発電等熱利用がある施設もできるだけ大規模化を進め、高効率なエネルギーリカバリー技術を導入する。
- 以上を効果的に行うために、サーマルリサイクルを行う施設を集約し、そこに廃プラスチックを集めることを目的とした制度の見直しを行う。そのためには、一般廃棄物の処理と

産業廃棄物の処理の 2 系統になっている現行の法律にも修正を加えることも検討すべきである。

（2）おわりに、そして今後への展望

国内における廃プラスチックの増大とそれによる環境汚染のリスクは、持続可能な経済活動や生活とどう折り合いをつければよいのか。筆者が勤めている県庁でも SDG s の一環として「プラごみゼロ宣言」を行って、専門的な調査から啓発活動まで幅広く取り組んでいる。しかし、その目標は？方法は？となるとはっきりしない。日本全体や世界全体でみても同じような状況といえるだろう。

しかし、その検討はかなり難しい。使用済みになったものがどのような状態ならば有用なのかゴミになるのか、取引が有償かどうかでそれが決まるのか、「分ければ」有用なものに本当になるのか、バーゼル法による輸出側の規制に抜け穴がどの程度あるのかないのか。こうしたことがはっきりしないままでは、輸出入を含めた統計的な分析には大きな限界があるし、精緻な LCA 的な資源・エネルギー・環境負荷に関する分析もあまり意味をなさない。こうした状況の下では、目標や方法に関する検討にも限界がある。

ただ一つはっきりしているのは、廃棄物の収集と中間処理から最終処分に至るまで、できるだけコストを節約しながら「清掃」を全うすることを使命とし、そのなかでできるだけリサイクルしていこうという「現場」としての必須の条件である。そうするとサーマルリサイクルにならざるを得ない。これから必要なのは、それをいかに高効率なものにしていくかということであろう。このことは一般廃棄物も産業廃棄物も同じであり、実際にその方向に動いている。そしてその先には、以上のことを前提とした我が国全体の資源・エネルギーシステムの最適化と環境・経済との調和が目標になるであろう。

まずその初めの取り組みとして、一般廃棄物も産業廃棄物も一つの処理・リサイクルの体系に持ち込み、広域化・大規模化のもとで高効率なサーマルリサイクルを行う。これまで単純に埋め立て処理されていたプラスチックもすべて燃やしてエネルギーに変える。そして、得られた電力は電力自由化の中で最適な利用先を見つける。最終的な残渣の処理は、すべての最終処分場の運営を民間にゆだねるなどの市場化による合理化を図り、処分費用の軽減と処理場の延命につなげる。こうしたことが検討されるべきであろう。そしてこうしている間に、20 年くらいの長期の計画スパンでプラスチックの利用削減と環境に負荷をかけない代替素材の実用化を行っていく。昨今の廃プラスチック問題は、こうした構想を本格的に考えるための切っ掛けになればよいと思うのである。

なお、ここで統計として利用できたのは、2017 年までの廃プラスチックや PET ボトルに関するマテリアルフローデータおよび 2018 年までの貿易統計である。最新の 2019 年のデータがあるとしたら相当の変動が想定されるので、そうすると異なった結論になる可能性もあることを付記したい。

参考文献

1.「廃プラスチックのサーマルリサイクル実施による効果と影響について」　東京二十三区清掃一部事務組合、2010 年

2.「家庭から出る廃プラスチックの再資源化のあるべき姿」日本プラスチック工業連盟　リデュース・リサイクル検討委員会、2010 年 9 月

3.「マテリアルフロー図の見方　データの変遷」（一社）プラスチック循環利用協会、2014 年

4.「マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減に向けて～素材別リサイクル戦略マップ策定に向けた調査・検討の中間報告～」低炭素型 3R 技術・システムの社会実装に向けた素材別リサイクル戦略マップ検討会、2016 年 3 月

5.「廃棄物発電システムの導入促進に関する提言」（一財）新エネルギー財団新エネルギー会議、2018 年 3 月

6.「2017 年　プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処分の状況　マテリアルフロー図」（一社）プラスチック循環利用協会、2018 年 12 月

7.「PET 樹脂のマテリアルフロー（2017 年度）」PET ボトルリサイクル推進協議会ホームページ

8.「一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成 29 年度）について」環境省　2019 年 3 月

9.「平成 30 年度　プラスチックくず等の輸入規制に関する調査検討業務　報告書」環境省・受託（株）エックス都市研究所、2019 年 3 月

10.「プラスチック包装容器再商品化手法およびエネルギーリカバリーの環境負荷評価」海洋プラスチック問題対応協議会・（一社）プラスチック循環利用協会、2019 年 5 月