

# プラスチック容器包装のリサイクルは物質ではなく電力で

## (その1) プラスチックリサイクルの現状

環境企画 松村 眞

本稿は「化学装置」の2019年4月号に掲載されたので、出版社の許可を得て転載する。

### はじめに

毎朝、私は7時過ぎに起きると歯を磨きながら玄関を出て、郵便受けに新聞を取りに行く。歯ブラシを口にくわえたままだから行儀が悪いが、短時間なので人に見られることはめったにない。朝の空気は春なら花の香りを、夏は緑の風を、秋には涼風を運んでくる。新聞を取りに出るのは毎朝の習慣だが、いつも月曜日だけは気を使う。というのも、プラスチックごみの回収日なので、新聞を取る前にごみの袋を集積所に出さねばならず、人に見られやすいからである。それにしてもプラスチックごみの量が多いのに驚く。夫婦二人の生活なのに40リットルの袋が満杯である。でも軽いから、片手どころか一本指でも持てる。ごみの袋は家内が前の日に用意するのだが、私はいつも違和感を覚える。なぜ小さな食品容器まで燃えるごみと一緒に出してはいけないのか、本当に資源の節約になっているのか、もっと別の方法がないのか疑問に思うからである。結論から先に書こう。私はプラスチックの容器包装は、分別回収せずに燃えるごみと一緒に収集し、清掃工場で焼却して廃熱を電力で回収するのがよいと思っている。物質としてリサイクルするよりも、電力で回収の方が手間がかからず、費用が少なく、有効利用率も高くできているのである。そこで本稿では、プラスチックリサイクルの現状を紹介する。続く(その2)では、清掃工場における電力回収の能力から、プラスチック容器包装のリサイクル対策について政策の転換を提起する。

### 1. 廃プラスチックのマテリアルフロー

図1に示すのは、プラスチック循環利用協会のHPにある2016年の廃プラスチックの流れである(以降は略して廃プラとする)。総排出量は899万トンだから、国民一人当たりになると約70kgになる。このうち92%の827万トンが使用済みの廃プラで、最終消費段階を経ているので汚れているし、異物が混入している。それに、複数種類のプラスチックが混在しているから、市場価値の高い再生品に転換するのは困難である。一方、8%の72万トンは、製品になる前の製造過程で発生する未使用の廃プラである。工場で発生する不良品や

残材だから、単一種類のプラスチックが多く、最終消費段階を経っていないので汚れが少ない。

発生した廃プラは、排出源に応じて一般廃棄物と産業廃棄物に大別され、異なる収集ルートをとって、大部分は異なる処理施設に搬入される。一般廃棄物は生活系と業務系の廃棄物で、業務系はサービス業やオフィスビルから排出される廃棄物である。小売店や飲食店、ホテルや病院、学校や駅なども業務系の排出源である。一般廃棄物に含まれる廃プラの排出量は、図1に示すように407万トンである。一方、産業廃棄物は、主に製造業、建設業、農畜産業および下水処理場から排出される廃棄物で、含まれている廃プラは492万トンである。本稿で対象とするのは一般廃棄物の廃プラ407万トンなので、図1の順に再資源化の現状を概説する。

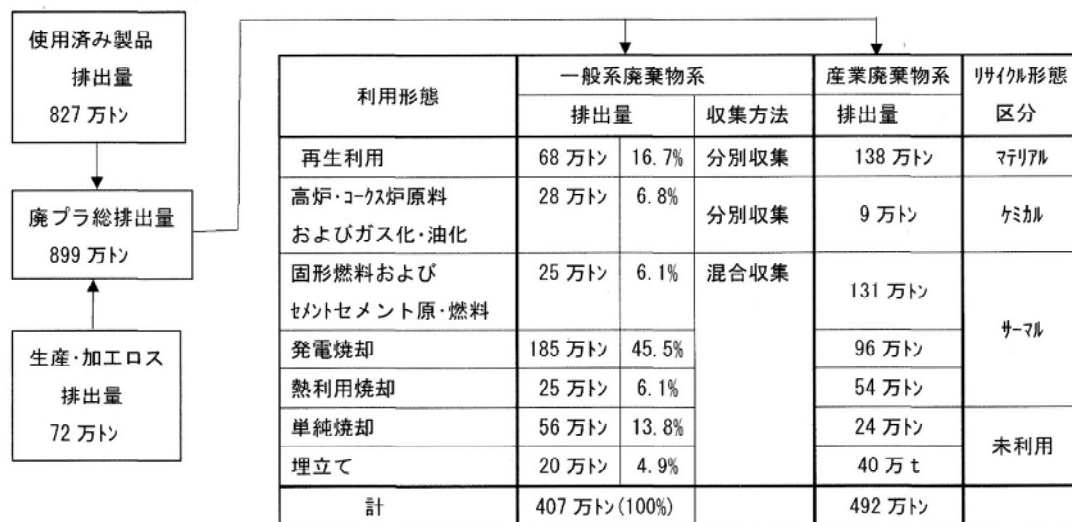


図1. 廃プラスチックのマテリアルフロー (2016年：プラスチック循環利用協会 HP)

### 1.1 再生利用 (16.7%、68万トン)：マテリアルリサイクル

再生利用されているのは16.7%の68万トンで、大きな割合を占めているのはPETボトルである。PETボトルの2016年の販売量は59.7万トンで、回収率は市町村ルートと事業系ルートを合わせて88%だった (PETボトルリサイクル推進協議会資料)。したがって約53万トンが回収されているから、再生利用プラスチックの四分之三はPETボトルであろう。残る四分の一は、主に再成形しやすい発泡スチロールと、PET以外のプラスチックボトル類と推察している。PETボトルの再資源化製品は、主に衣類やフロアマットなどの繊維製品と、防草用や座席カバーのようなシート類である。PETボトル以外のプラスチック

は、輸送用のパレット、土木資材、農業資材など厚手の製品になる。なお、産業廃棄物系の廃プラの方が、一般廃棄物系より再生利用率が高い。未使用の廃プラが多いから、使用済みの廃プラに比べると、原料に戻すのも再生利用も容易なのである。再生利用は、成形しやすいプラスチックの特性を生かした再資源化である。物質としての再利用なので、マテリアルリサイクルと呼ばれている。

## 1.2 高炉・コークス炉原料、およびガス化・油化（6.8%、28万トン）：ケミカルリサイクル

私が近くの集積所に出しているのがこの廃プラで、正式な名称はプラスチック容器包装である。スーパーマーケットやコンビニで売られている食品は、大部分がプラスチックのパッケージに入っている。このため家庭からの排出量が多く、排出する時は汚れが残りやすい。洗って出している人が多いが、多少残ったまま出す人も少なくない。ときには、食べ物が残ったままの弁当を出す人がいて、カラスが集積所で食い散らかしているのを見たことがある。パッケージ以外にプラスチックボトルも多い。調味料の大部分はプラスチックボトルに入っているし、洗剤やトイレタリー商品にもプラスチックボトルが使われている。プラスチックの袋も多い。菓子類はほとんどがプラスチックの袋に入っているし、買い物をすればレジでまたプラスチックの袋に入れられる。プラスチック容器包装は非常にかさばるし、毎日の生活に密着しているから、排出量が多いと思われるかもしれない。しかし、全市町村の約9割が分別収集しているにもかかわらず、一般廃棄物に含まれる廃プラの6.8%で28万トンに過ぎない。

現在、プラスチック容器包装の再資源化には3種類があり、一つは製鉄所の高炉で還元剤として利用する方法である。プラスチックは炭化水素なので、高炉に吹き込むと、炭素が鉄鉱石に含まれている酸素と反応して還元剤の役割を果たす。微粉炭の一部を代替する利用法と言えよう。2017年度の利用量は26,512トンだった。

二番目の再資源化は、製鉄所で高炉に使うコークスの原料としての利用である。高炉では鉄鉱石を還元するのに、大量のコークスを使用する。このため、石炭からコークスを製造しているが、廃プラを石炭とともにコークス炉に投入するとガス化し、冷却すると約20%がコークス、約40%がコークス炉ガス、約40%が液体の炭化水素になる。コークス炉ガスと液体の炭化水素は燃料に使われているから、20%が石炭代替品、80%が石油代替品としての利用である。2017年度の利用量は197,887トンだった。

三番目の再資源化は、化学工場が原料として利用する方法である。廃プラを粉砕して連続する2段階のガス化炉で処理すると、一酸化炭素と水素が主体の合成ガスになる。合成ガ

スは、水素、メタノール、アンモニア、酢酸などの原料になるが、現在は約 75%がアンモニアの原料として使われており、約 25%が燃料として利用されている。2017 年度の利用量は 41,992 トンだった。

上記 3 種類の資源化で、2017 年度は 266,391 トンが利用されており、2016 年度の排出量である 28 万トンとほぼ一致している。なお、燃料油に再生する油化技術が開発され、一時は全国で 3 プラントが稼働していた。しかし設備費と運転費が高いため再生燃料油の市場競争力がなく、3 プラントともすでに稼働を停止している。現在の高炉還元剤としての利用、コークス炉原料としての利用、化学原料としての利用は、いずれもプラスチックの特性である成形性を利用するのではなく、化学物質としての利用である。このため、ケミカルリサイクルと呼ばれている。また、いずれの方法も石炭や石油の代替品としての利用なので、プラスチック原料に戻す再生利用（マテリアルリサイクル）より市場価値の低いリサイクルである。

### 1.3 固形燃料、セメント原・燃料（6.1%、25 万トン）：サーマルリサイクル

一般廃棄物に含まれる廃プラを固形燃料として利用する場合は、分別収集ではなく燃えるごみとの混合収集である。しかし清掃工場に搬入するのではなく、固形燃料化工場に搬入し、粉碎と乾燥の工程を経て、太さが数センチで長さが十数センチの棒状に成形する。固形燃料と称しても、ごみを物理的に処理しただけだから、実質は乾燥成形ごみである。用途はボイラー燃料と発電燃料だが、設備にはごみ焼却と同様の大気汚染防止対策が必要である。平成 18 年度末の時点で、地方自治体が設置した固形燃料化工場は 65 ヶ所あり、総処理能力は 3,466 トン/日である。したがって稼働率を 70%とすると、年間のごみ処理量は約 90 万トンになるから、含まれている廃プラは約 1 割として 9 万トンぐらいであろう。熱か電力としての利用だから、再生品の市場価値は燃料相当である。セメント原・燃料としての利用は 1 工場が稼働しており、ごみ処理量は年間 1 万 5000 トンである。したがって廃プラの量は、年間で約 1 割の 1500 トンぐらいであろう。熱エネルギー利用だから、市場価値は燃料相当である。

上記に述べた範囲では廃プラの量が 10 万トンぐらいで、図 1 のマテリアルフローに示した 25 万トンには及ばないが、その差異の根拠を確認する資料は入手できなかった。粗大ごみや不燃ごみに組み込まれていたプラスチックや、再生利用とプラスチック容器包装の選別段階で除去されたプラスチックが、固形燃料化処理に回っている可能性もある。固形燃料、セメント原・燃料利用は、廃プラを物質としてではなくエネルギーとして利用するので、サーマルリサイクルと呼ばれている。

#### 1.4 発電焼却（45.5%、185万トン）：サーマルリサイクル

燃えるごみとして混合収集し、清掃工場で焼却して廃熱を電力に変換する資源化である。24時間稼働の清掃工場は、多くが廃熱を回収して蒸気を発生させ、熱と電力に変換して利用している。利用形態はエネルギーだから、市場価値は燃料に相当する。有効利用量は、熱回収率と発電効率に大きく依存する。清掃工場の発電効率は、ドイツとアメリカは25%から30%だが、日本は現状で平均が約13%、最大が22%程度である。日本の発電効率が欧米より低かったのは、清掃工場が公衆衛生施設として建設され、廃熱の利用には積極的でなかったからである。しかし、石油危機を契機にエネルギーの有効利用が求められるようになり、1990年以降に建設された清掃工場は、発電効率が向上している。発電効率が低い清掃工場も、設備更新を契機に発電効率を向上させているから、遠くない将来は欧米並みの25%に達するであろう。発電している清掃工場の多くは、同時に廃熱を工場内の給湯や冷暖房にも利用している。近隣の福祉施設、スポーツ施設、植物施設に供給している事例も少なくない。しかし工場外部への熱供給は、需要の季節的・時間的な変動が大きいから有効利用率が低い。それでも供給しているのは、立地に際して地元への便益供与が求められたからである。このため近隣施設への熱供給は、ほとんどが無償か、有償でも市場価格より大幅に低い価格が設定されている。今後は利用効率も経済性も低い近隣施設への熱供給は最小限度に止め、市場価格で売却できる電力に転換するのが望ましい。

2016年には全国で1120清掃工場が稼働しており、このうち発電しているのは350工場、工場外部に供給しているのは299工場である。発電するためにはタービンや発電機などの設備が必要なので、費用対効果の観点から処理量の多い24時間稼働の工場が中心である。含まれているプラスチックの量も多く、45.5%の185万トンを占めている。発電焼却は廃プラを物質としてではなく、エネルギーとして利用するのでサーマルリサイクルと呼ばれている。

#### 1.5 熱利用焼却（6.1%、25万トン）：サーマルリサイクル

燃えるごみとして混合収集し、清掃工場で焼却するが、廃熱は電力に変換せずに給湯や暖房だけに利用する資源化である。現在、1120カ所の清掃工場のうち約400工場が該当するが、処理量の多い工場は立替えを契機に発電設備を導入する機会が多い。熱の利用形態は蒸気と温水で、工場内の給湯と暖房にのみ使用する場合と、近隣の公共施設にも供給する場合がある。利用形態が熱エネルギーだけだから、市場価値は燃料に相当する。熱利用焼却もプ

プラスチックを物質としてではなく、エネルギーとして利用するのでサーマルリサイクルと呼ばれている。

#### 1.6 単純焼却（13.8%、56万トン）と埋立て（4.9%、20万トン）：未利用

単純焼却は、燃えるごみとして混合収集し、清掃工場で焼却するが廃熱を利用しない形態である。もちろん、ごみに含まれている廃プラの保有熱量も利用しない。現在、1120工場のうち処理量の少ない366工場が該当する。清掃工場には処理規模に大きな差異があり、都市部には処理規模が数百トン／日の24時間稼働工場が多い。一方、人口密度が小さい市町村と離島の清掃工場は、1日の処理量が10トンにも満たない場合が多い。こうした小規模清掃工場の多くは、廃熱回収設備を設置していないが、全処理量に占める割合は数パーセントに過ぎない。埋立ては、排出者から清掃工場を経ずに最終処分場に運ばれる量である。プラスチックを含んでいても、排出者が不燃ごみとして排出すると、そのまま埋立て処分されることが多い。

（その2）に続く