特集・容器包装，特に廃プラスチック製品の再商品化状況と動向

容器包装廃プラスチックの固形燃料化（RDF）¹⁾ とその利用性

鍵 谷 司*

は じ め に

平成7年6月に「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」(以下、容器包装リサイクル法と記す)が制定された。平成9年4月から本格実施され、平成12年4月から全ての業種、全ての容器包装について完全実施される。家庭から排出されるごみの約25%（重量）が容器包装であると言われており、ガラス、ペットボトル、スチール製容器包装、アルミニウム製容器包装、飲料用紙製容器包装が回収と再商品化の対象となっている。平成12年度からその他の紙製容器包装やプラスチック製容器包装も対象となる。

分別収集した紙ごみは、製紙原料や建築資材、プラスチックごみは油化による再商品化（需要確保）が想定されている。しかし、現状でも紙ごみは逆有償の状態であり、プラスチックごみの油化については、最も安価な資材で、かつ危険物に相当する炭化水素油の製造など技術的および経済的に大きな課題を含んでいる。

これらの有機系ごみはいずれも発熱量の高い可燃物であり、固形燃料化による熱回収も可能である。容器包装廃棄物に基づく資源化は法律に基づいて遂行されるので、再商品化は確実に実施されると思うが、解決すべき多くの課題がある。このようなリサイクルシステムが社会の中に定着する期間については回収しても利用されない事態への対応についても想定しておかなければならない。

以下に容器包装プラスチックごみの処理におけるRDFの役割について検討したので紹介する。

1. 容器包装リサイクル法の当面の効果について

平成7年6月に制定された容器包装リサイクル法は、逆有償や資源化ルートの不備からリサイクルが進まなかった品目についても、自治体が分別収集を行えば、特定事業者によってリサイクルされる仕組みが導入された。これによりリサイクルの遅れている紙パックやペットボトルを初めとして、金属類やガラスなどの資源化が促進されるものとしている。

平成5年度における一般廃棄物の処理状況は表1に示した通りである。紙やプラスチックなどの可燃ごみは焼却処理され、金属類やガラスなどの不燃ごみは埋立処分されている。平成12年度における不燃系資源物の分別収集見込量は合すると210万トン程度であり、可燃系の紙パックやペットボトルは合せて12万トン程度である。

現状における全国のごみ焼却処理量である3,700万トンと比較してもごみ処理に対する効果は微々たるものである。したがって、ごみ処理における容器包装リサイクル法の当面の効果は、不燃ごみの減量化であり、最終処分量の低減に寄与するものと考えられる。

表1 平成5年度における一般廃棄物の処理状況

排出処理等	重量(千トン)	備 考
・ごみ排出総量	52,223	* ごみ排出総量には団体回収量を含む。
・焼却処理量	36,643	* 団体回収量；1,920(千トン)
・粗大ごみ処理量	2,844	* ごみ焼却処理施設 ；1,854ヶ所
・その他の資源化量	1,707	・全連炉(24hr) ； 433ヶ所
・高速堆肥化処理量	63	・準連続炉(16hr) ； 324ヶ所
・その他の処理量	957	・機械化バッチ炉(8 hr)；1,091ヶ所
・最終処分量	14,959	

* 環境計画センター
Tsukasa KAGIYA

2. 紙ごみ及びプラスチックごみの再商品化について

平成7年12月14日に公布された容器包装リサイクル法に係る政省令について、紙ごみとプラスチックごみに関する部分を抜粋すると次の通りである。

法律第2条第8項では、分別基準適合物の「再商品化」について定めている。第1号で製品の原材料としての利用について、燃料として利用される製品にあつては、政令で定めるものに限るとし、政令第1条では、炭化水素油であるとしている。これは、PETボトル以外のプラスチックごみについては油化を推進することを定めたものである。

プラスチックの利用方法としては燃料化も選択肢の一つである。しかし、法律では、マテリアルリサイクル（商品の原材料としての利用）を原則としている。ごみ燃料については焼却時の環境配慮の必要性から商品性に乏しく、ただ単に燃やしてしまうだけになりかねず、国民経済上非効率であるとしている。一方、炭化水素油は高い商品性を有し、化学原料としての利用性もあるとして再商品化対象の燃料として生成油のみが定められている。ごみ固形燃料は今後の検討課題として燃料の指定から見送られている。

一方、法附則第2条第2項および政令第7条において、適用が猶予となる容器包装について定められている。飲料用容器（アルミニウムを原材料として利用するものを除く）以外の紙製の容器包装並びに飲料及びしょう油用 PET ボトル以外のプラスチック製の容器包装については、平成12年3月31日まで

の間、再商品化義務の対象となる容器包装の範囲から除外されるとしている。これは、主として技術的な問題からリサイクルの開始を他の容器包装よりも遅らせたものといわれている。

3. 廃プラスチックの排出と組成について

可燃ごみ中の容器包装類は、容積で3分の2、重量で3分の1を占めるといわれている。京都市にお

表3 一般廃棄物中の廃プラスチックの組成

品 名	割合(%)	重量(kg)
ボトル	20.4	10.106
PET(食料, 食用)	8.51	4.219
PET(日用品)	0.48	0.236
PVC	1.29	0.637
P E	5.2	2.577
P P	0.75	0.371
P S	0.68	0.34
ボトル付属品	3.48	1.726
バック, カップ, トレー	17.23	8.535
PET	0.63	0.313
PVC	0.45	0.222
P E	0.38	0.19
P P	3.09	1.53
P S	7.25	3.59
P Sトレイ	4.46	2.21
紙バック(P Eのみ)	0.97	0.48
ラップ, フィルム, シート	1.96	0.977
PVC, PVDC	1.55	0.77
P E, P P	0.41	0.207
手提げブラ袋(P E)	13.12	6.5
柄入りブラ袋	12.33	6.109
PVC系	0.12	0.061
P E, P P, P S複合	12.21	6.048
無地の袋(P E, P P他)	2.94	1.459
ごみ袋(P E)	8.98	4.45
網袋, ひも類(P E, P P)	1.09	0.54
緩衝材(P E, P S他)	0.83	0.41
その他の容器包装	9.15	4.537
PVC	1.38	0.682
その他	7.77	3.855
容器包装材合計	88.05	43.617
日用雑貨, 家電製品ほか	11.95	5.92
PVC	2.11	1.045
その他	9.84	4.875
プラスチック製品合計	100	49.537

* 船橋市一般廃棄物

* 平成5年10月（乾重量）

表2 焼却対象ごみの組成
(京都市)

分 類	割合(%)	備考
厨 芥	39.0	
繊 維	7.0	
プラ容器包装	10.0	12.8
その他プラ	2.8	
紙容器包装	5.3	23.2
その他紙	17.9	
ガラス容器	3.3	3.4
その他ガラス	0.1	
金属容器包装	1.2	2.1
その他金属	0.9	
その他	12.5	
合計	100.0	

* 平成6年3月（湿重量）

表4 平成7年度 プラスチックの生産量

種 類	数量(トン)	構成(%)
ポリエチレン	3,193,046	22.8
低密度	1,748,325	12.5
EVA	206,267	1.5
高密度	1,238,454	8.8
ポリプロピレン	2,501,858	17.8
塩化ビニル樹脂	2,274,235	16.2
塩化ビニリデン樹脂	60,846	0.4
ポリビニルアルコール	185,822	1.3
ポリスチレン	1,480,669	10.6
ABS樹脂	539,742	3.8
A S樹脂	128,873	0.9
メタアクリル樹脂	203,954	1.5
ポリエチレンテレフタレート	614,774	4.4
ポリブチレンテレフタレート	65,789	0.5
ポリアミド	201,179	1.4
石油樹脂	136,480	1.0
ポリアセタール	138,621	1.0
ポリカーボネート	227,081	1.6
変性ポリフェニレンエーテル	75,358	0.5
ポリブテン	38,257	0.3
ふっ素樹脂	19,487	0.1
その他	53,122	0.4
熱可塑性樹脂	12,139,193	86.5
フェノール樹脂	327,535	2.3
ユレア樹脂	363,468	2.6
メラミン樹脂	127,055	0.9
不飽和ポリエステル樹脂	234,051	1.9
アルキド樹脂	134,515	1.0
ウレタンフォーム	275,247	2.0
エポキシ樹脂	193,880	1.4
けい素樹脂	201,707	1.4
熱硬化性樹脂	1,887,458	13.5
合 計	14,026,651	100.0

(資料) 通産省化学工業統計

けるごみ組成を表2に、船橋市における一般廃棄物中のプラスチックの種類を表3に示した。プラスチックの使用状況は、容器包装材が88%であり、日用雑貨、家電製品などが12%程度である。容器包装の内訳は、ボトル類が20%、パック、カップ、トレイが17%、レジ袋などが13%、柄入りプラ袋が12%となっている。平成12年4月からこれらのプラスチック類がすべて再商品化の対象となる。

表2より一般廃棄物中に含まれる容器包装などのプラスチックの割合をみると、湿重量で12.8%を占めている。すなわち、全国の可燃ごみ量が3,700万トンであるので、ごみ中の廃プラスチックは470万トン程度と推定される。なお、家庭で使用されているプラスチック類に注目すると、ポリエチレン、ポリブ

ロピレン、塩化ビニル樹脂、ポリスチレンの4種類（4大汎用樹脂）が主体であることがわかる。

ところで、平成7年度におけるプラスチック生産量は、表4に示したように約1400万トンである。プラスチックは熱硬化性樹脂²⁾と熱可塑性樹脂³⁾に大きく分類することができる。熱硬化性樹脂としてはフェノール樹脂等の8種類、熱可塑性樹脂としては4大汎用樹脂を中心に20数種類が使用されている。容器包装系プラスチックは主に熱可塑性樹脂であり、総生産量の86.5%を占め、このうち4大汎用樹脂が78.3%（951万トン）を占める。とくに、燃焼時に塩化水素やダイオキシン類の発生原因となる塩化ビニル系樹脂は約230万トン強であり、熱可塑性樹脂の20%弱を占めている。

容器包装プラスチックは、製造から廃棄までの期間が短いので、生産量（1,200万トン）の約40%（470万トン）が廃棄されるものと推定できる。

4. 廃プラスチックのリサイクルについて

プラスチックは、安価、軽量、丈夫、成形性、着色性、物性改良など天然資材にない利便性に富んだ性質を備えているため、日常生活や工業用品として広く使用されている。その使用にあたっては、使用目的により添加材（安定剤、難燃剤、顔料など）、増量充填剤（ガラス繊維、無機物など）あるいは発泡剤などが混練あるいはラミネート、ポリコート、他材質との張り合わせ、接着など複合材として加工されている。

当然、これらが廃棄された場合には、様々な形状、大きさ、種類のプラスチック類が混合するとともに、内容物の残存、付着あるいは砂や油で汚れていることが多い。このため、ごみ処理あるいはリサイクルにあたって様々な問題が派生する。

①処理時（破碎、焼却、埋立）の問題点

- 嵩ばるので、収集運搬効率が悪く、貯留搬送設備などが大きくなる。
- 破碎時に紐類や長尺物が回転軸に巻きつき、機能に支障を及ぼす。
- 発熱量が高いので、焼却設備や排ガス浄化設備などが大型化する。
- 燃焼時に高温および腐食性の塩化水素を発生するので、炉損傷等が激しい。
- 塩素系プラスチックはダイオキシン類の塩素供給源になる。

写真1 廃フレコンバックの事例 (PVC製)

写真2 廃フレコンバックから製造した RDF

○埋立処分時には、嵩ばるので埋立量が増大し、埋立地の寿命が短くなる。また、プラスチックは自然分解しにくいので、地盤が長期にわたって安定しない。

○埋立後にプラスチックに添加された各種の添加剤が流出する可能性がある。

②リサイクル時における問題点

○プラスチックの種類が多く、単一樹脂として収集あるいは分離することが難しい。

○廃プラスチックは、内容物の残存、砂や油などの付着等で汚染されており、洗浄（水処理や乾燥など）を必要とする。

○プラスチック類が複合している場合は、選別、分離などの前処理を必要とする。

○バージンポリマーの価格が安価であり、廃プラスチックからもとの原料（ペレット）を製造しても経済的に成り立たない。

このような排出特性を考慮すると廃プラスチックの物質（マテリアル）として回収できる条件は同じ種類のものが大量に回収できる産業廃棄物が主体になる。一般廃棄物中のリサイクルは、現在容器包装リサイクル法に基づいて実施されているPETボトル（ポリエチレンテレフタレート）のように限られたものとなる。これも4大汎用樹脂の単価はkgあたり約90円から130円程度であり、これに対してポリエチレンテレフタレートは240～270円程度の高価格、かつ単体で収集できるなどの特性が生かされるので、リサイクルできる条件に適合するものと考えられる。

その他の混合物などについては、リサイクルにより逆に多くの労力、資源を使い、かつ経済的に成り

立ち難い。このように付加価値の小さな物質リサイクル方法としては、油やガスなどのプラスチックの原料または燃料（原料リサイクル）あるいは固形燃料（RDF）としての熱回収を行うべきである。これら有機物のエネルギー源への転換は、異種のプラスチックの分離が不要であることで、前処理がかなり簡略化される。様々な樹脂が混合して種類別に分離が困難な家庭から排出される廃プラスチックには適した方法であるといえる。

なお、油化技術については、平成8年12月に年間6000トンの能力を有する「新潟プラスチック油化センター」、平成9年2月には日処理量10トンの「立川市総合リサイクルセンター」が竣工し、初期トラブルに対応しながら実稼働に入っている。他の報文を参照されたい。

5. プラスチックのRDF化について

プラスチックのRDF化技術は、RDFの利用方法と密接に関係する。固体燃料としての利用には、フラフ状、粉状、固形状（成形加工）、梱包状の4種類程度に分類される。我が国では、一般的に成形加工された固形状のRDFのイメージが強いが、梱包状なども実用化されている。成形RDFは、10～20mmの大きさまで破碎、粉碎した後、摩擦熱による成形加工工程を必要とするので、やや割高になる。また、他の廃棄物との混合物のRDF化も対象となるので、その組み合わせは限りなく広い。プラスチックのみを対象としても熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂があり、それぞれの熱的、力学特性が異なるので、その混合の程度によりプロセスは変わることになる。

ここでは、熱可塑性樹脂を主体として高比重の小

図ー 1 プラスチックごみ固形燃料化
の基本フロー

小さな容器包装プラスチックに注目すると次のような特徴がある。

RDF 化プロセスとしては、基本的には、プラスチック自体の吸湿性が極めて小さいので、乾燥工程を簡略化することが可能である。通常、水分率20%以下の原料であれば破砕や成形中に含水率が低下するので、乾燥工程を省いても所定の含水率を満たすことができる。また、廃プラスチックの高比重が極めて小さいので(～0.05)、貯留、供給、搬送設備が大きくなること、十分な容積の破砕機室や風力選別室が必要であること、融点が高いので成形時に温度制御が必要であること、塩ビ系プラスチックについては脱塩素剤として石灰添加が望ましいことなどの技術的工夫が求められる。なお、水分の多い他の廃棄物と混合した場合には乾燥工程を要する。なお、プラスチックの融着や着火防止に留意する必要がある。

6. プラスチックごみの RDF 利用について

廃プラスチックは、発熱量が高く、4000～11000 kcal/kg程度である。各種のプラスチック類が混合したとしても8000kcal/kg程度の発熱量を有する RDF が製造されることになる。利用に当ってはこの高い発熱量に対応できる専用ボイラを必要とする。通常の木くずボイラでの燃焼は、空気調整が困難であり、不完全燃焼をおこしやすい。また、石炭など発熱量の類似したボイラによる混焼にあたっても、少なくとも完全燃焼できる混合割合などを確認して利用する必要がある。低い発熱量で設計した都市ごみ焼却炉(2000～3000kcal/kg)などでの利用を想定する場合には慎重に検討しなければならない。むしろ、平成12年度から回収される紙ごみの物質リサイクルが期待できないことからこれとプラスチックごみを混合して、使いやすい発熱量を有する RDF を製造することにより、利用性は大きく拡大するものと考えられる。以下にプラスチックの RDF 利用事例を紹介する。

<事 例>

1. ㈱関商店；群馬県館林市 40(t/日) H. 3. 7～
*印刷会社から排出されるポリエチレン系廃プラスチックを RDF 化し、染色会社の㈱紅三足利工場において蒸気熱源として利用
2. ㈱坂田工務店 福島支店；福島県大熊町 6,000 (t/年) H. 5. 2～
*千葉県松戸市や埼玉県久喜宮代衛生組合が分別収集した廃プラスチックを破砕、圧縮した破砕品をスチールバンドで結束して坂田工務店へ運搬する。ここでプラスチックのみの RDF として蒸気用ボイラーの熱源として使用している。
3. 札幌市環境事業公社；北海道札幌市北区篠路 130 (t/13hr) H. 2. 4～
*建設廃材中の木くず、オフィスから排出される紙ごみおよび廃プラスチックをそれぞれ破砕し、破砕品ホッパから所定量のを混合して成形する。その割合は、木くず(55±10%)、紙くず(25±10%)および廃プラスチック(15±5%)である。一日約120トンの RDF が北海道熱供給公社の熱源として利用されている。
4. 北海道農業用廃プラスチック再資源化推進協議会ラップフィルムの RDF 化処理実証試験 H. 5. 8

お わ り に

平成12年4月から容器包装リサイクル法が完全実施される予定であり、新たに対象となる容器包装プラスチックごみの再商品化(需要)が大きな課題である。法律では、基本的に廃プラスチックは油化により対応することになっているが、油化方法のみでは、ごみ処理が完結しない。また、紙ごみについても、現状においても需要が横這い状態の中で分別収集される紙ごみが増加することにより、その需要の確保がますます難しくなる。

このように分別収集を完全実施した場合を想定し

た需要を喚起するための技術は必ずしも確立されていない。また、容器包装リサイクル法が完全実施されたとしてもごみ処理量の25%程度減量になるだけで、ごみ処理は依然として必要であることに変わりはない。このような不確定な要素がある場合あるいはごみ処理が依然として必要であることを熟慮すれば、これらのいずれの場合にも対応できるごみ固形燃料化技術がクローズアップされる。ただ単に乾燥や破碎したごみではなく、加工された燃料としてその利用性を確保しておく事が意外にも容器包装リサイクル法の成否を握っているものと考えている。

二の物質を加えて加熱することにより三次元構造または網目構造となる。一般に耐熱性、耐候性、接着性、耐磨耗性、硬度が高いので、塗料、接着剤として使用されることが多い。

硬化するので、熱硬化性樹脂という。その代表例は、尿素樹脂、メラミン樹脂やフェノール樹脂がある。

- 3) 熱可塑性樹脂：熱可塑性樹脂は、加熱により反応が起こることなく、軟化して塑性を示し、成形できるが、冷却すると固化する。冷却と加熱を繰り返した場合、塑性が可逆的に保たれる樹脂が熱可塑性樹脂である。熱硬化性樹脂は、加熱により反応が起こって硬化し、固化した樹脂は塑性を再現できない。合成高分子は、樹脂(プラスチック)、繊維、ゴムに分類されるが、この分類は用途または熱的特性によるものである。

参 考 文 献

注)：

- 1) RDF：我が国では廃棄物の中から可燃物を選別して粉碎、粒度調整、成形固化などの加工により、製造した固体燃料を総称してRDF(Refuse Derived Fuel)という。広義には、ごみを原料とした燃料(固体、液体、気体)のすべてを対象(ごみ燃料)とする。
- 2) 熱硬化性樹脂：熱硬化性プラスチックともいう。低分子量の粉末あるいは液状である熱硬化性樹脂を単独または第

- 1) 容器包装リサイクル法分別収集計画ガイドブック；厚生省生活衛生局生活環境部水道環境部環境整備課監修，ぎょうせい。(平成8年3月)
- 2) 粕屋明博；容器包装リサイクル法の円滑な施行にむけて向けて，生活と環境，41-6，19(1996)
- 3) 分別ごみの固形燃料化技術について(平成6年12月)，(財)廃棄物研究財団
- 4) プラスチック廃棄物と事業者の対応，1997，マーテック(株)

私選「日本の酸性雨研究文献リスト」

● 組織と人，そしてそのテーマ ●

484機関(グループ)・4319報の論文／データが物語るもの

編 者 玉 置 元 則

(兵庫県立公害研究所)

発 行 環境技術研究協会

■1928年より70年間，3770編，4139報の＜酸性雨文献＞を網羅したこの文献リストの中にこそ，日本の地域汚染を防止し，かつ，地球環境を保全する方向性が示されているものと確信する。

■テーマは降水，霧，林内雨，樹幹流，乾性沈着，葉面沈着物は，全面的に取り上げ，降下ばいじん，葉，土壌，植生については可能な限り収録する。

■収録内容は，国内外の学会誌(大気環境学会，水環境学会，土壤肥料学会，日本化学会，林学会，森林立地学会，環境科学界等)と学会での口頭発表，国と自治体の環境や公害関連の研究機関の所報や年報，業務報告。また環境白書と公害白書は一部収録。解説や総説は可能な限り収録。国外での紙上発表や頭発表については入手できたものにとどめる。

環境技術研究協会 | 〒大阪市北区天満2-1-20天満松茂ビル TEL06・357・7611 FAX06・357・7612