

リサイクルにおける「効率性」とは
～ケミカルリサイクルの重要性と、普及のための政策の模索～

大沼あゆみ研究会 4期生
慶應義塾大学経済学部 4年 16組 20208504
久保田はる菜

論文の要約

テーマは効率の良いペットボトルリサイクルは何か。
そしてそれをどのように普及させるか。

軽くて便利なペットボトルは近年飛躍的に生産量を伸ばしているが、その環境負荷は発売当初から問題視されていた。そこで現在各国でペットボトルのリサイクルがすすめられている。日本で主におこなわれているのはペットボトルを砕いてフレーク状にし、繊維製品などに再生する「マテリアルリサイクル」である。しかしこの論文では「ケミカルリサイクル」という、ペットボトルを一度化学分解し、もう一度ペットボトルにする方法を取りあげる。

まず、どちらのリサイクルが優れているかを比較するために LCI 分析のデータを見る。これはペットボトルやリサイクルによってつくられる繊維製品を、リサイクルせずにすべて廃棄し作り直す場合とマテリアルリサイクルする場合とケミカルリサイクルする場合で、生産、廃棄もしくはリサイクルといった全工程でどれだけの環境負荷がかかるかを数値にしたものである。ここではマテリアルリサイクルがケミカルリサイクルに勝る。

次に資源生産性での比較をおこなう。なぜか。ケミカルリサイクルはくりかえしリサイクルできるので、一回分のデータしか出せない LCI 分析より、同じ資源でどれだけのものを作り出せるかを見る資源生産性が適していると考えるからである。こちらの分析ではケミカルリサイクルが優れているという結果が出ている。

このように優れた面を持つケミカルリサイクルが普及しない理由はひとつ。リサイクルにかかる費用が高いのである。そこでこの問題を解決するために簡単な需要曲線と供給曲線のシフトを想定する。まず、石油から作られたボトル原料の市場とケミカルリサイクルでつくられたボトル原料の市場、二つを考える。今後石油資源が枯渇し石油価格が上がれば石油からの原料価格が上がり、自然にリサイクル原料にも需要が出るだろう。さらに短期的に需要を生むために、石油からの原料に課徴金を課すことを考える。そうすると同じようにリサイクル原料の需要が創出できる。

さらには、昨今各繊維メーカーで研究のすすんでいる繊維のケミカルリサイクルをペットボトルのケミカルリサイクルと併せて実施し、繊維製品のデポジット製などの回収システムを整えることによって、ペットボトル、繊維ともにあらたな資源を搾取せず廃棄もしないという、よりレベルの高い循環型社会の構築について模索した。

このように本論文では一回のリサイクルではなく長期的にリサイクルを続けていく上でどのようなリサイクルが効果を持ちどのようなシステムが必要とされているかを考えた。



街のあちこちで見かける回収ボックス

出展：ペットボトルリサイクル推進協議会ホームページ

自分で無意識にやっていることを、もっと意識をしなければならない

～イチロー～

目次

第1章 はじめに

第2章 ペットボトルをとりまく現状

- ① 日本の廃棄物量の推移
- ② 容器包装ごみの占める割合
- ③ ペットボトル生産の拡大
- ④ 石油資源とペットボトルの関係
- ⑤ ペットボトルリサイクル率の現状
- ⑥ 世界全体で見るペットボトルリサイクルの現状
- ⑦ リサイクル製品の現状

第3章 リサイクル方法について

- ① 現在のリサイクル方法
- ② ケミカルリサイクルとマテリアルリサイクルの比較 ～LCAによる比較～
- ③ ケミカルリサイクルとマテリアルリサイクルの比較 ～資源生産性による比較～

第4章 ケミカルリサイクルが普及しない理由

- ① 容器包装リサイクル法という背景
- ② ケミカルリサイクルの欠点 価格競争力のなさ
- ③ 自治体独自ルートと産業廃棄物の海外流出

第5章 問題解決への模索

- ① 石油資源のバックストップ技術としてのケミカルリサイクル
- ② 課徴金による普及促進
- ③ エコラベルボトルによる需要創出
- ④ それぞれのモデル分析

第6章 繊維のケミカルリサイクル導入の可能性

- ① 繊維リサイクル
- ② デポジット制
- ③ 繊維、ペットの両方をケミカルリサイクルする場合の効果

第7章 終わりに

第8章 参考文献

第1章 はじめに

環境問題の中でも一般消費者にとって特に身近な存在である廃棄物問題。日本は産業において戦後著しい経済成長を遂げ、先進国のひとつに名を連ねている。しかしそれは大量生産大量消費のシステムの上に成り立っているものであり、一方で深刻な廃棄物の増加による環境汚染を引き起こした。ごみ処理場は徐々に規模を拡大し、今後はついにごみの行き場がなくなる時代がやってくる。

このような深刻な事態をむかえている廃棄物問題の中でも今回は容器包装廃棄物、特に近年生産量を増加させているペットボトルに注目し、その環境に与える影響と、リサイクルについて考えていく。

ペットボトルに注目したのは3つの理由がある。まず、廃棄物の中に占める容器包装の割合が極めて高く、その中でもペットボトルが大きい体積を占めているということが挙げられる。次に、ペットボトルのような容器はそれ自体を目的に買ったり、保存したりすることが少ないので繰り返しリサイクルして使うことが求められると言える。最後に、ペットボトルは石油を原料としており、石油資源の枯渇というもうひとつの重大な環境問題と密接に関わっているのだ。つまり、ペットボトルをリサイクルすることで廃棄物の減少と、石油資源搾取の緩和という二つの効果を生み出すことができるのである。

ペットボトルは容器包装の中でも近年著しく生産量を伸ばし、清涼飲料、調味料などの容器としてシェアを拡大している。しかしペットボトルはびんや缶にくらべてリサイクルがしにくく環境負荷が大きいとしてその普及には反発がされてきた。原料が貴重な天然資源である石油であることも反発を大きくしている。環境負荷が大きいことは生産者もわかっているが売れるからつくる、というのが現状である。たしかにペットボトルは軽くて持ち運びがしやすく、透明で中身が見え、使い勝手がいいので今の生活スタイルにマッチしており消費者にとってなくてはならない存在となってしまった。

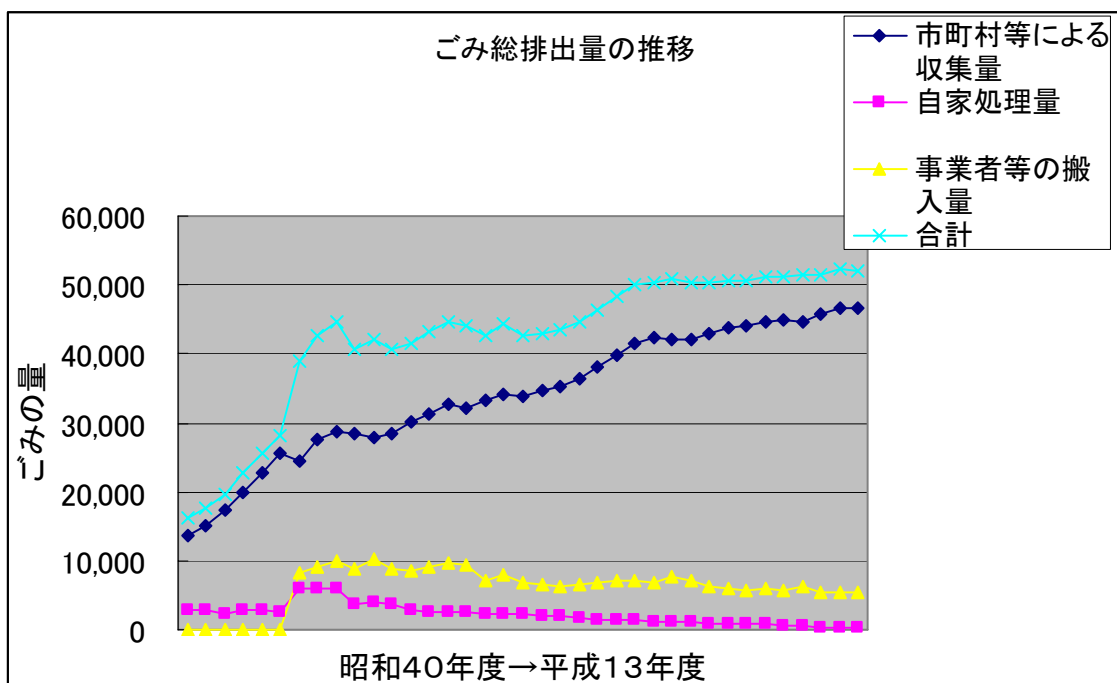
そこでペットボトルを有効にリサイクルして少しでも環境負荷を少なくしようという動きが始まった。自治体と事業者と消費者の連携で回収、再商品化に取り組んでいる。回収率は年々増加し一定の成果をあげているものの、いまだたくさん問題点が指摘されている。ここではペットボトルリサイクルの現状について分析し、効率的なリサイクル方法について考える。ここでの効率的なリサイクルとは重要な石油資源の搾取を少しでも少なくし、なおかつ地球への排出も少ないもの、そしてリサイクルによる経済効果の大きいものである必要があるだろう。そこで本論文では資源生産性からケミカルリサイクルの重要性を説き、その実現のために原油からつくるバージン原料に課徴金を課した場合の効果モデル分析する。また、現在まだ普及していない繊維のリサイクルについてもペットボトルと同様のケミカルリサイクルのシステムを確立するためにデポジット制を考え、その実現の可能性を探っていく。

第2章 ペットボトルをとりまく現状

① 日本の廃棄物量の推移

まず、ペットボトルのリサイクルを考えるにあたり、日本の廃棄物問題が抱える問題を考える。最初に日本の廃棄物総量がどのように変遷していったかをグラフで見ていく。

日本のごみ総排出量は年々増加の一途をたどっており、環境省のデータによれば昭和40年度のごみ排出量は16251000トンだったものが平成15年度には51610000トンにまで増加している。一般に『ごみが増えている』という感覚はあるものの実際に数字にしてみるとこれはかなりの増加率といえる。下図は環境省の昭和40年度から平成13年度までの日本のごみの排出量のデータをグラフにしたものである。市町村等の回収量、自家処理量、事業者等からの搬入量、合計を示しており、緩やかにはなっているもののごみ排出量は依然として増加傾向にあることがわかる。また、自家処理量はごみの総排出量から市町村による収集量と事業者等の搬入量を引いて推定したものであるが、これは減少傾向にある。

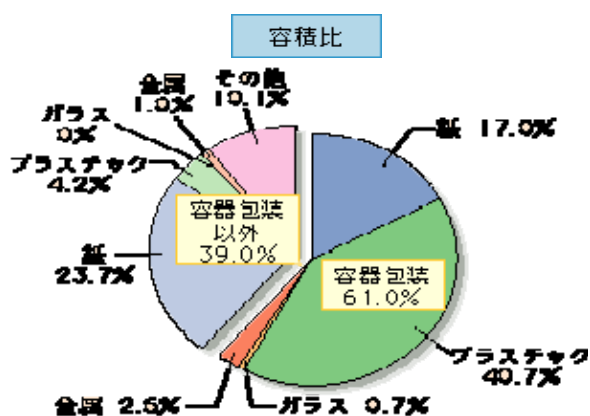


② 容器包装ごみの占める割合

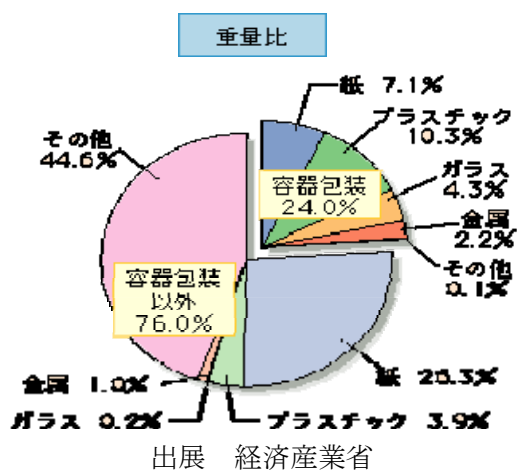
上のように増加傾向にある日本のごみ排出量だが、その内訳はどうなっているのだろうか。下図は家庭ごみ全体に占める容器包装廃棄物の容積比、重量比を示すものである。か

さばるという点から容積比でくらべると、実に6割以上を容器包装が占めていることがわかる。昔から「ごみ問題」というと空き缶ポイ捨てなどのイメージがあったが実際に廃棄物の大きい割合を容器包装が占めていたのである。重量比で見ると容器包装の割合は容積比で見るとより少なくなっているが、これは容器がその用途の特徴から一般に軽量化されていることによるものであり、ごみ処理場に対する負担を考えると容積比の大きさがより重要ではないか。

次に容積比について細かく見ていくと、容器包装の占める割合61,0%のうち40,7%をプラスチックが占めている。この中には当然ペットボトルだけではなくさまざまなプラスチック容器が含まれているが、全体の約40%をプラスチックごみが占めているということからその問題の重要性がわかる。



資料：環境省



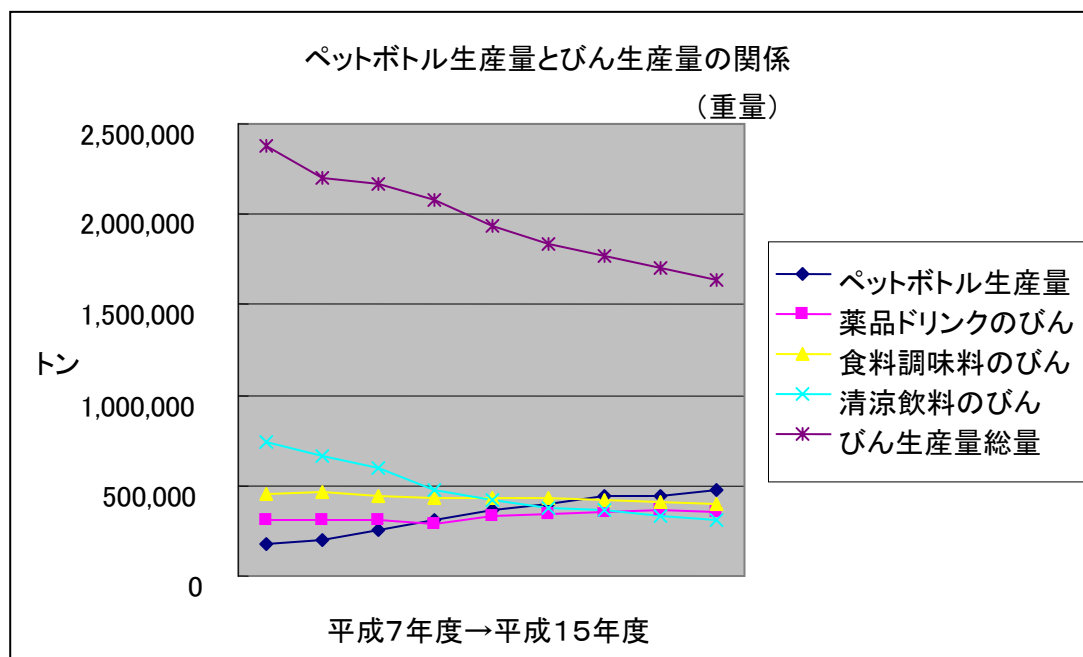
出展 経済産業省

③ ペットボトル生産の拡大

容器包装廃棄物、特にプラスチックの容器包装廃棄物が日本のごみの中で決して無視できない割合を占めていることがわかったが、この論文では中でも近年シェアを伸ばしてい

るペットボトルに焦点をあてていく。ペットボトルが急速に普及していることは確かだが、そもそもペットボトルの歴史は比較的新しい。1967年頃にアメリカのデュポン社がペットボトルの基礎技術を確立し、1974年に初めて容器としてアメリカの飲料メーカーが使った。日本ではじめてペットボトルが使用されたのは1977年で、醤油の容器に使われた。現在普及している清涼飲料の容器としての使用は当初禁止されていたが、1982年の食品衛生法の改正により、清涼飲料の容器としてペットボトルを使用できるようになった。さらにその後酒などの容器としても使用できるようになった。このように、日本ではペットボトルが導入されてからまだ30年ほどしかたっていないことになるが、その短期間のうちにペットボトルは他の容器からシェアを奪い、急速に普及した。

ここでペットボトルの生産量の拡大について見ていく。¹ペットボトルの生産量は平成16年度において513712トンである。これは10年前の3倍以上であり、その生産量の増加は著しい。下図は環境省のデータによるペットボトル生産量、びんの用途別生産量、びんの総生産量をひとつのグラフにまとめたものである。びんの用途のうちペットボトルと競合しそうなもののみグラフに入れた。重量のデータなので依然としてびんの総重量の方が大きい。ペットボトルの増加とともに減少の傾向にあることがうかがえる。また、用途別ではペットボトルに大きくシェアを奪われているのは清涼飲料で、薬品や調味料はほぼ横ばいとなっている。これは、清涼飲料は持ち運びしやすいペットボトルが好まれるのに対して、保存しておく、もしくは持ちこびしないという観点から薬品や調味料にはまだびんの需要が大きく残っているということであろう。



¹ 数値はペットボトルリサイクル推進協議会ホームページによる

④ 石油資源とペットボトルの関係

ペットボトルの生産量が上のように増大している現在、その原料である石油資源にはどのような影響を与えているだろうか。石油資源枯渇の問題と併せて考える。

石油の枯渇は実は昔から問題視されてきた。¹現在は埋蔵量の可採年数は47年と考えられているが、50年前には20年、60年前には10年しかもたないと考えられていた。しかし実際には新しく発掘された分の埋蔵量が爆発的に増え、そこまで緊迫した状況ではないことがわかった。このように石油資源の枯渇についてはとにかく過剰に心配されすぎていると言われるが、実際のところ石油資源はどのような状況下に置かれているのだろうか。

まず、先ほど述べたとおり可採年数は47年というのが現在の認識だが、使用量は人口の増加以上に増えるとも考えられている。単純に考えて人口が2倍になり、一人一人の使用量も2倍になると仮定すると、使用量は4倍になると考えられている。もし本当にこれだけ使用量が増えれば石油は長くもたないだろう。世界全体の需要量の増加も間違いないと考えられている。というのも、世界の石油消費量のうち、アジア・太平洋地域の占める比率は85年の17.9%から、95年には29.0%と拡大し、その後も増大している。2010年までの原油需要の増加の半分は中国を含めたアジア、太平洋の地域で占めると予測され、その経済動向により、需要はますます増加すると考えられているのだ。

しかし決して希望がないというわけではなく、現在は利用されていないタールサンド、オイルサンド、オイルシェールといったものから搾り出すと使用可能量が2倍以上にもなるというが、現状ではまだコストが高いという問題を抱えている。それでも現在のバイオマスエタノールといったものよりはるかに安く、今後技術の発達で改善の余地はあると考えられるまた、実際に油田の採掘の技術の発展し、同じ油田から以前の3倍、5倍といった量の原油が汲みだせるようになっているという。

つまり、今後のさらなる生活の利便化がすすみ、人口も増大していけば、確実に石油は枯渇する。しかし代替技術の発達によってなんらかの対処を人類はしていくことになるのである。そのうちのひとつが、本論文ではペットボトルのリサイクルにあたるのである。

ではペットボトルをつくるためにどれほどの石油が使われているのであろうか。まず、日本のペット用樹脂需要量の推移について見ると年々増加傾向にあり、2004年には549551トンと、1998年の313899トンを大きく上回っていることがわかる。

次に世界全体のペット用樹脂であるが、ポリエステル全体で見ると2005年に4000万トンの生産があったと推定され、1985年にはわずか760万トンであったことから短期間で大幅な生産量増加があったことがわかる。その中でペット用途のものに限った数値を見てみると、需要量が2005年には1190万トンで、生産量3940万トンのうち実に4分の1以上をペット用途が占めていることになる。また、需要量の推移を見ても、1990年にはわずか110万トンであり、15年の間に10倍以上に増加していることがわかる。

¹ このページの数値は石油連盟ホームページによる

しかし実際にプラスチック製品の原料になっているのは微々たる部分で、石油はやはりエネルギーとして利用されるのが圧倒的に多いだろうという考え方もある。確かに石油はさまざまな用途に使われている。主な用途としては熱源、動力源、そして原料ということになるだろう。その比率は下のようになっている。

- 4割 熱源（火力発電所で電気をつくる、または灯油として暖房やコンロなどに使われる）
- 4割 動力源（自動車、飛行機、船などを動かす）
- 2割 原料その他（プラスチック、タイヤ、繊維などの原料になる）

¹つまり原料となるのは全体の2割ということになる。これを多いと見るか少ないと見るかは人それぞれだが、このように生活に密接に関わり欠かせない存在となっている石油を、少しでもほかの方法で補い、保護することは重要なことではないだろうか。

また、この石油の中でも、ペットボトルの原料となるのはナフサと呼ばれる高水準の部分のみである。これは現在のペットボトルが非常に高品質化しており、透明で異物が混入しておらず、薄くて均一という特徴を保つため、ペットボトルは石油の中でも希少性の高い部分を利用していることがわかる。

⑤ ペットボトルリサイクル率の現状

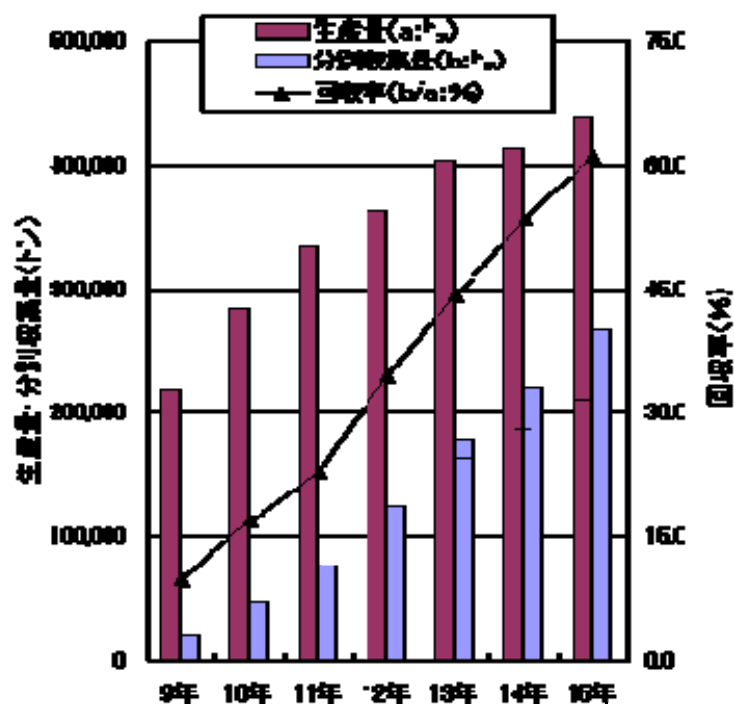
以上のように、廃棄物の中で大きい割合を占め、また貴重な石油資源を原料としているペットボトルは環境負荷が大きい生産物であるといえる。そこで当然ペットボトルはリサイクルすべきという意見も出てきた。ペットボトルのリサイクルの取り組みが始まったのは1990年代の前半で、1993年には日本で最初の大型ペットボトル再商品化の施設がつくられ、ペットボトル推進協議会も設立された。1997年には容器包装リサイクル法が施行され、ますますペットボトルのリサイクルは促進された。

では実際にペットボトルはどれだけリサイクルされているのだろうか。現在のペットボトルの収集量は平成16年度で319893トンとなっている。

下図は平成9年度から15年度までのペットボトル生産量、分別収集量、回収率をあらわすグラフである。これを見ると生産量増加に伴い分別収集量も増加しているが、回収率も増大していることから分別収集量の増大が生産量増加の割合を上回っていることがわかる。これは一定の評価ができる点ではないだろうか。

しかしここで一点注意しなくてはならないのは回収率をそのままリサイクル率とは考えられないという点である。つまり、回収したのはいいけれど結局再商品化されずに再び捨てられてしまうペットボトルもあるということである。これは後に挙げる容器包装リサイクル法で一定割合以上の再商品化しか義務付けられていないことによる。

¹ 数値は石油連盟ホームページにより、簡略化されたものである



出展 経済産業省

⑥ 世界全体で見るペットボトルリサイクルの現状

日本でのペットボトル回収率が上昇していることがわかったが日本は世界的に見てペットボトルリサイクルを精力的に行っているといえるのだろうか。ここでは世界全体のペットボトルリサイクルの現状について述べるとともに日本とアメリカ、ヨーロッパを比較してみる。

¹まず、世界のペットボトル需要量であるが、2000年には6000000トンと予想されていたが実際には7060000トンと予想を上回る量となった。²また、世界平均で、一人当たりのペットボトル消費量は1年に0.8キログラムと言われている。日本人一人当たりの消費量は2,85キログラムで世界平均よりかなり多くなっている。しかしアメリカでは5,68キログラム、イタリアは7,30キログラム、ベルギーは7,93キログラムと日本を越える数値になっている。もっとも、古くから環境問題に対する取り組みが評価されるドイツはここでも1,22キログラムと、先進国としてはかなり少ない消費量である。これに人口を掛け合わせた国全体の消費量としてもアメリカは1597000トン、ドイツは100000トンという結果になっている。つまりペットボトルの消費量自体は、日本は世界的に見て決して少なくはないが、先進国の中にはさらにペット

¹ このページの数値はペットボトルリサイクル推進協議会ホームページによる。

² 平成12年度のデータである

ボトル文化の根付いた国が複数あるということが言える。

次に、世界のペットボトルのリサイクル状況だが、世界の44カ国でペットボトルのリサイクルが行われており、その中心はヨーロッパである。¹ここで日本、アメリカ、ヨーロッパのペットボトルリサイクル状況について言及したい。平成16年度における日本の回収率は62パーセントほどであるのに対し、アメリカは21パーセント、ヨーロッパは31パーセントとなっている。日本のペットボトル回収率の高さが伺える数値となった。つまり、日本はアメリカと比較すると一人当たりのペットボトルの消費量も少なく、回収率も高いということになる。また、ヨーロッパと比べても、一般にヨーロッパの方が、環境対策がすすんでいる認識があるが、ヨーロッパ全体で考えると以外にも日本の半分程度の回収率しかないということになる。

つまり世界的に見て日本のペットボトルリサイクルへの取り組みはある程度積極的であると評価できるということになる。

⑦ リサイクル製品の現状

こうした高い回収率をほこる日本のペットボトルリサイクルだが、実際にリサイクルされたペットボトルは何に利用されているのか。

ペットボトルの再商品化製品として現在日本で代表的なものは繊維、シートである。一時期はリサイクル製品の需要があるのかと危惧されていたが、²経済産業省は『今後も引き続き底堅い需要がある』としている。その根拠は下の例のように新商品、新技術の開発がすすんでいることによる。

- ・ 屋外使用のベンチ、フェンスなどに使う木目調の発泡押出成型品屋外使用のベンチ
- ・ 断熱材など建設資材
- ・ スポーツウェアの裏地などに使う速乾タイプのポリエステル製の長繊維
- ・ システムバスの補強に使う不飽和ポリエステル
- ・ ゴミ袋

³また、下の表は指定法人における平成14年度のリサイクル製品の用途別販売実績である。単位はトンである。

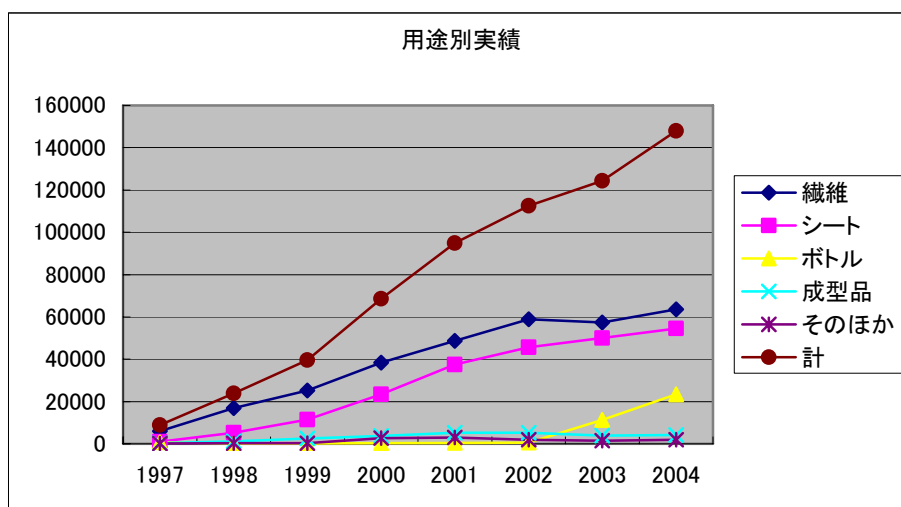
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
繊維	6077	16895	25188	38317	48659	58940	57445	63554
シート	1112	5218	11450	23407	37510	45632	50021	54589
ボトル	756	211	179	326	381	606	11312	23351
成型品	366	1265	2530	3802	5330	5314	3944	4239
そのほか	87	320	258	2723	3032	1993	1576	1965
計	8938	23909	39605	68575	94912	112485	124294	14768

¹ 数値はペットボトルリサイクル推進協議会ホームページによる

² 経済産業省 3R政策より

³ 数値は経済産業省ホームページによる

これをグラフにすると下のようになる。合計での実績は年々大きい上昇傾向にある。用途別に見ていくと、主に作られているのは繊維とシートと考えてよいだろう。ここでの繊維とは、あらゆる繊維製品にできるという意味ではなく、品質上の問題から制服などの特定のものの原料にされるものを指している。また、ボトルは少ない。これは現在おこなわれているマテリアルリサイクルの技術では市場に出回るような品質のボトルをつくることはできない状況にあることを示している。



第3章 リサイクル方法について

① 現存のリサイクル方法

これまではペットボトルリサイクルのおかれている現状について調べてきたが、ここではリサイクルの方法について考えてみる。現在マテリアルリサイクルという方法がとられているが、リサイクルの可能性としてはマテリアルリサイクルの他にもケミカルリサイクル、サーマルリサイクル、そしてボトルを繰り返し使うリユースがあげられる。ここではおもにマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルを比較するというかたちをとりたい。まずは各方法が混同しないようこの論文における定義づけをおこなうとともに、なぜサーマルリサイクルとリユースを取り上げないのかについて述べていく。

(1) マテリアルリサイクル

異物の除去、洗浄などの処理をした後、フレークまたはペレットと呼ばれるプラスチック原料にし、再商品化する。おもな製品は繊維、シート、成型品。ペットボトルにすることもできるが現在の技術では石油からつくるペットボトルに比べ品質が劣るため行われないので、性質としてはカスケードリサイクルである。化学的分解などの処理はないため安価でおこなわれるが、基本的にペットボトルを砕くものであり、異物が混じりやすい。

日本ではこれが普及している。世界的に見るとペットボトルリサイクル実施国 44カ国のうち 31カ国がマテリアルリサイクルをおこなっている。



マテリアルリサイクルで作られるフレーク

出展：ペットボトルリサイクル推進協議会ホームページ

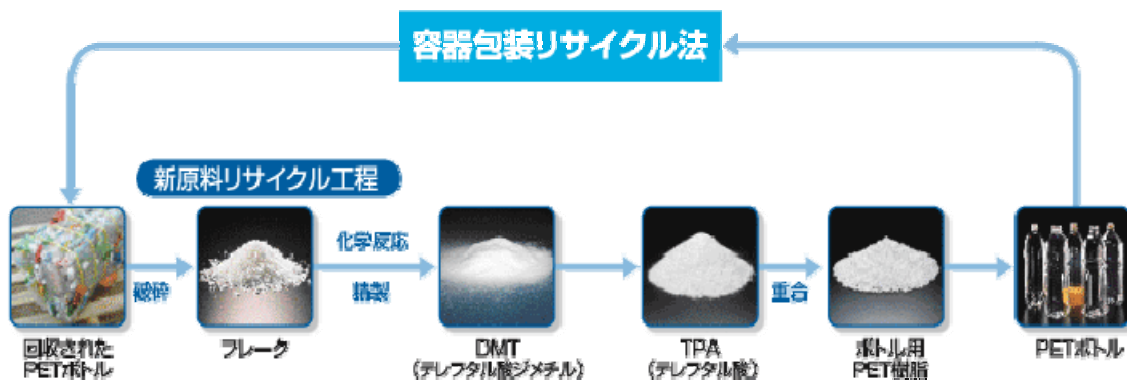


マテリアルリサイクルで作られる白衣

出展：プラスチック情報局

(2) ケミカルリサイクル

異物の処理、洗浄などの処理をした後、化学的に一度分解しもう一度ペットボトルの原料となるポリエステル原料をつくり、ペットボトルをつくる水平リサイクル。市場のペットボトルと変わらない品質の原料をつくり出すことができるがその行程の複雑さから一般に費用が高い。このコスト面が大きい問題点となっている。それについては次章で詳しく説明していく。



ケミカルリサイクルの工程 出展：帝人ファイバーホームページ



ケミカルリサイクルで作られたペットボトル

石油からつくるものとまったく品質に差はない

出展：プラスチック情報局ホームページ

(3) サーマルリサイクル

廃棄されたペットボトルを焼却し、そのとき発生する熱を発電利用するリサイクル。このリサイクルは発電効率が悪く他の発電に比べ価格が高くなる。この点が改善されれば普及の余地はあるが、本論文ではペットボトルリサイクルによってバージン原料の石油搾取を食い止めるという目的があるためこの方法については取り上げない。しかしリサイクルすることができない状態のペットボトルなどについては有効だとも考えられるし今後の技術改善に期待したい。性質としてはカスケードリサイクルの一種と考えられる。



ごみ発電の様子

出展：秋田市総合環境センターホームページ

(4) リユース

洗浄し、再び使用する。これはびんにおいては日本でも受け入れやすいものだが、ペットボトルをもう一度使うというのは意外に聞こえるかもしれない。しかしヨーロッパのいくつかの国ではリユースがすでにおこなわれている。ペットボトルリサイクル実施 44 カ国のうち 20 カ国がリターナブルボトルを採用しているのだ。とはいってもペットボトル消費量のなかで再びリユースされる率は非常に低い。この方法が日本でも普及するならば石油の搾取も減り、リサイクルに比べ環境負荷が少ないことは間違いないだろう。

しかし日本人は綺麗好きと言われる中で、一度使った傷のついたペットボトルをまた購入するとは考えにくい。また、現在市場に出ているペットボトルは軽量化がすすみとても薄い。これではびんと違って複数回の使用に耐えるだけの耐久性はないだろう。するとリユースに耐えるだけの分厚いペットボトルの開発をすることになるだろう。そこまでしてリユース用のボトルをつくって売っても結局傷の少ない新しいボトルが消費者に選ばれて購入されることになることが予想される。こうした理由から現時点でのペットボトルのリユースは難しいだ

ろう。¹実際にヨーロッパでもリユースペットボトルの消費量は全体の1パーセントすら不足とされている。

以上の点からここからはマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルに焦点を絞り、比較していきたいと思う。まずはLCIによる比較をおこなう。しかし、マテリアルリサイクルは一度リサイクルしたらそのリサイクル製品は廃棄されてしまうが、ケミカルリサイクルは何度でもペットボトルにつくりなおすことができる。また、マテリアルリサイクルでつくられる製品とケミカルリサイクルでつくられる製品ではその品質、経済的価値に大きな違いがある。そこで資源生産性で比較した場合のデータについても紹介する。

データは日本LCA学会研究発表会にて産業情報研究センターの協力を得て帝人ファイバー(株)が講演をおこなったものによる。なおここでは簡略化のためケミカルリサイクルをCR、マテリアルリサイクルをMRと表記する。また、マテリアルリサイクルによってつくられるのは制服用繊維と考える。

② ケミカルリサイクルとマテリアルリサイクルの比較 ～LCIによる比較～

比較の前提

- ・ リサイクルしない場合とCRだけをする場合とMRだけをする場合を比較する
- ・ 市場に供給されるペットボトルの量、制服の量は一定とする
- ・ リサイクルしない場合
ペットボトル 6372kg と制服 3522kg を天然資源からつくる
- ・ CRだけをする場合
新規ペットボトルを 1kg 投入、CRによって再生ペットボトルを 5372kg 生産
新規制服を 3522kg 投入、使用後は焼却する
- ・ MRだけをする場合
新規ペットボトルを 6372kg 投入
MRによる再生制服を 3522kg 投入、使用後は焼却する

比較の結果

リサイクルした場合としない場合ではCR, MRともにエネルギーをセーブする効果、炭酸ガス削減効果が見られた。CRとMRを比較するとLCI分析によればMRの方が優れているということが言えそうである。具体的には下記のようになった。

¹ 実施国は11カ国で、その合計をもとに計算された数値である

	エネルギー削減	炭酸ガス削減
CR	175MJ (649MJ-474MJ)	0,370kg (1,431 k g - 1,051kg)
MR	295MJ (2083MJ-1788MJ)	0,745kg (3,882 k g - 4,627kg)

③ ケミカルリサイクルとマテリアルリサイクルの比較 ～資源生産性による比較～

しかし前述のとおり CR は繰り返しリサイクルができるうえに、その経済的価値に差があるというところから LCI で比較するのはふさわしくないとも考えられる。そこで次は資源生産性による比較についてみる。

エネルギー資源生産性=産出物の経済的価値/投入した天然資源、エネルギー源 (MJ)

と定義して CR, MR を比較する。

- CR の場合

投入される天然資源、エネルギー源 475MJ
 ボトル用ペット樹脂価格 155 円 / k g

よって

$$6,372 (k g) \times 155 (円 / k g) / 474 (MJ) = 2.08 (円 / MJ)$$

がエネルギー資源循環性となる。

- MR の場合

投入される天然資源、エネルギー源 281MJ
 繊維用チップ、フレーク平均価格 84 円 / k g

よって

$$\{1 (k g) \times 155 (円 / k g) + 0,533 (k g) \times 84 (円 / k g)\} / 281 (MJ) = 0,72 (円 / MJ)$$

がエネルギー資源循環性となる。

そこで

2,08 / 0,72 = 2,888・・・となり、ケミカルリサイクルはマテリアルリサイクルの約 3 倍の資源生産性があることがわかった。

つまり、ケミカルリサイクルは同じだけの資源、エネルギーでたくさんの経済価値を生み出す

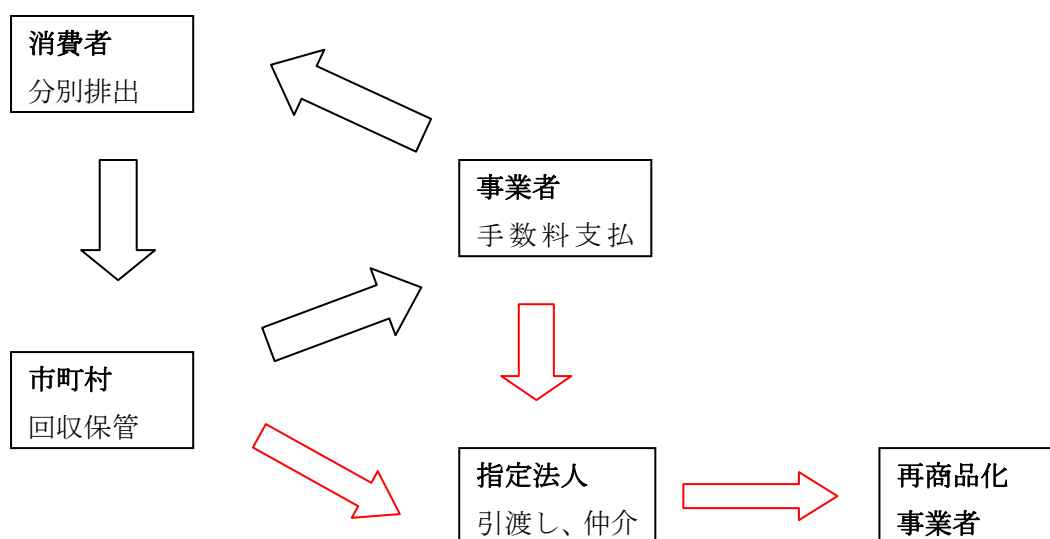
ことができる手法であるということが出来る。しかし実際にはケミカルリサイクルは普及しておらず、中には操業を停止するだけでなく民事再生手続きに移行せざるをえなくなった再生事業者もある。なぜケミカルリサイクルはマテリアルリサイクルに勝てないのか。次章では容器包装リサイクル法のシステムについて見て行くとともに、その法律下でのケミカルリサイクルの課題について考える。

第4章 ケミカルリサイクルが普及しない理由

① 容器包装リサイクル法という背景

容器包装リサイクル法は国で年度ごとに再商品化義務量を設定し、それに対して市町村、事業者、消費者が協働して再商品化をおこなうとした法律である。これは循環資源基本法を根幹としてできた法律である。平成9年4月の時点ではガラス製の容器、飲料や醤油のためのペットボトル、飲料用の紙パックなどを対象として施行されたが、平成12年4月からこれらの容器包装に加えてペットボトル以外のプラスチック製容器包装や飲料用の紙パック以外の紙製の容器包装も対象になった。

具体的には消費者が分別して市町村が回収、保管し、再商品化の費用を事業者が負担するというものであるが、実際にはこの3者のほかに容器包装リサイクル協会（以下、指定法人と呼ぶ）、再商品化事業者が関係してくる。下の図はその関係を表したものである。ここでわかるように、このルートでは一度指定法人を経由して再商品化事業者にペットボトルがわたるしくみになっている。費用負担についてはボトルの回収、保管にかかる費用は市町村負担、つまり税金でまかない、再商品化にかかる費用を事業者が負担している。

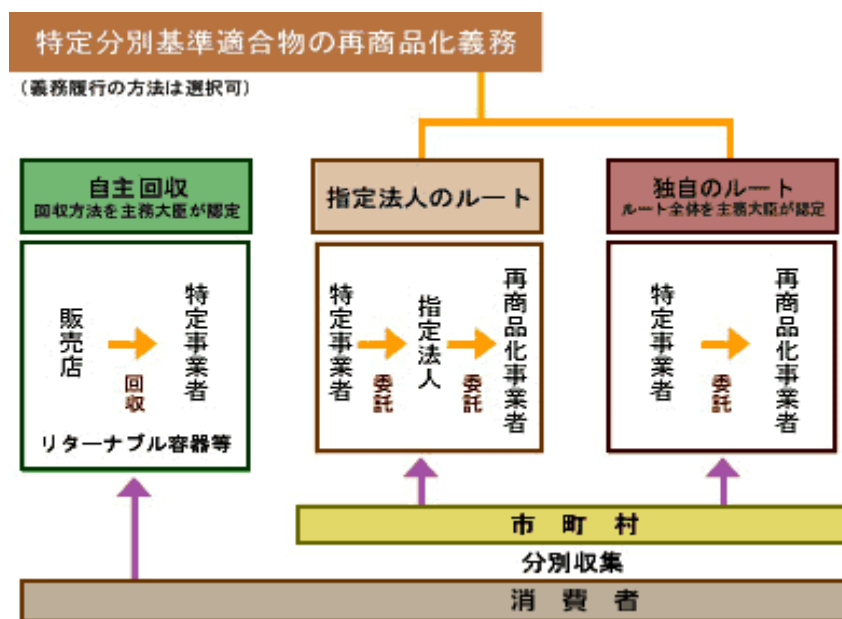


ここで注意しなくてはならないのが、ペットボトルのリサイクルルートはこれだけではないということである。実はこの指定法人を経由せずに直接業者にペットボトルを引き渡すルートが存在しており、市町村はどちらかを選べるかたちになっているのである。下図はそのルートをあらわしたものである。左から自主回収ルート、指定法人ルート、独自のルートとなっている。自主回収ルートは販売店が自主的に回収して事業者に戻すというものでリターナブルびんにおいてはよく知られる形態だがペットボトルについては一般的ではないので今回は特に触れない。次に指定法人ルートは上記の指定法人を経由するルートである。最後に指定法

人を経由せずに直接再商品化事業者にペットボトルを引き渡すルートであるが、一見法律から逸脱しているようで実はそうではなく、指定法人は市町村から要請がない場合その市町村の仲介は行わないことになっているのである。

この容器包装リサイクル法にはさまざまな問題点が指摘されているが、もっとも代表的なのは費用負担の問題であろう。もっとも費用のかかる回収費用を市町村が負担していることに不満が募っている。この法律はもともとフランスのものを真似てつくられたがフランスでは回収費用も事業者が負担しており、日本もそうすべきとの声もあがっている。事業者の負担を増やすことで抑止効果ははたらくという意見であるが、これについての分析は本論分の趣旨に沿わないので今回はおこなわない。

ここで容器リサイクル法の概要について触れたが、この法律のもとで、ケミカルリサイクルをおこなう再商品化事業者はペットボトルを手に入れられないという現状がある。というのも、均等にどの業者も原料が調達できるというわけではないのだ。容リ法にもとづいて指定法人が市町村単位で入札を実施し、そこで1トンあたりの対価として最も安い手数料を提辞した再生事業者が落札する仕組みなのである。この仕組みの中ではなぜケミカルリサイクルはペットボトルを落札できないのか、その現状を見ていく。



出展 容器包装リサイクル協会

② ケミカルリサイクルの欠点 価格競争力のなさ

まずケミカルリサイクルがペットボトルを指定法人から落札できない直接的な原因はそのコストの高さにある。指定法人から受け取り手数料をもらってペットボトルを引き取ることになるが、コストの高いケミカルは高い手数料をもらわなければ採算がとれない。しかしコストの安いマテリアルリサイクル事業者は安い手数料でも引き受けることができるのである。こうしたコストの面での競争力のなさがケミカルリサイクル1番の問題点と言えよう。マテリアルリサイクルの再生事業者はペットボトル獲得の競争を激化させコストダウンにはげんでいるのである。

では実際にマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルではコスト面でどのような差がでているのであろうか。¹ペットボトルの落札額はマテリアルリサイクル業者のみならず輸出業者などさまざまな事業者が相次いで参入した結果、1998年度の7万7000円という額から年々下落を続け、2005年には3万7800円となり、1998年から考えると半減したということになる。2005年度にはケミカルリサイクル業者は3万7800円という安価な手数料では採算がとれず、まったく落札しないという事態になった。

なぜここまでコストに差が生じるのだろうか。マテリアルリサイクルは再商品化までをせずペットボトルを洗って砕くだけの場合や、大量に受け取って輸出するだけである場合もあるため手数料が安くてもマイナスにならないのである。それに対して、ケミカルリサイクルは現在のペットボトルの高い水準を守るために異物が混じらない、純度の高いナフサを使わなくてはならないし、商品化するには大規模な施設での操業が必須となるため現在の技術では費用が高くなってしまう。また、ケミカルリサイクルは実はペットボトルの色などが統一されていなくてもリサイクルできるという機能を持っているがマテリアルリサイクルはそうはいかない。そこで色つきペットボトルの廃止がされていなければマテリアルリサイクルにも高い技術を持たなければならずコストが上がるのでケミカルリサイクルが勝っていた可能性もあるが、マテリアルリサイクルの低い技術水準に合わせて透明なペットボトルを標準としてしまったため、ケミカルリサイクルの高い技術が活かさない結果になった。

このようなコストの違いによる、落札手数料の差異が、マテリアルリサイクルの普及とケミカルリサイクルの操業停止という現状をもたらしている。

③ 自治体独自ルートと産業廃棄物の海外流出

こうした現状にさらに追い討ちをかけるのがペットボトルの海外流出である。特に中国への流出が多く、ぬいぐるみの中綿の原料にリサイクルされるのだと言う。

なぜこのようなことが起きるかという、先ほど触れた指定法人を経由しない独自

¹ 数値はエコロジーシンフォニーの記事による

ルートで市町村が直接有価でペットボトルを売っているのである。指定法人を経由するルートではいくら再生事業者がコストダウンしようがその恩恵を受けるのは受け取り手数料を負担する事業者だけで、回収と保管費用負担が役割の市町村にはメリットがない。そこで指定法人を経由せずに直接再生事業者に委託するかたちをとる市町村が増えてきているのだ。

また、産業廃棄物のペットボトルも中国に流出している。産業廃棄物の排出物は容器包装リサイクル法の適用外となっており、リサイクル義務を負っていない。つまり、意識して市町村回収ルートに捨てない限りその消息は不明になっしなう可能性があるのである。再生事業者としても是非この産廃扱いのボトルを入手したいところであるが、これを引き取るには産廃処理業の許可がいるのだという。そうでなければ廃棄物としてではなく有価でボトルを買うことになるので、先ほどの独自ルートと同様、海外流出の割合も増えてくる。環境省では「中国が他国から買い取る量は年に約10万トンとされていて、大部分が日本から推定されている」としている。

廃棄物の海外流出についてはそれ自体さまざまな問題が指摘されている。リサイクル資源として有効利用されるのは非常に望ましいことだが実際にはそれにとまなう有害物質の海外流出が問題となりバーゼル条約を締結するにいたった。ペットボトルについても中国は日本からの輸入を禁止すると発表した。とは言っても依然として多くのボトルが間接的に日本から中国に渡っている。しかしやはりリサイクルできる部分については国内で循環させることがこのような問題も生まずベストなのではないか、というのは個人的な意見だが、実際に中国にわたってもそのペットボトルがマテリアルリサイクルされ、作られるのは梱包剤やぬいぐるみの中綿という経済的価値が低く再度のリサイクルが不可能なものである。やはりそれならば前ケミカルリサイクルが優先されてしかるべきではないかということが、前章での比較結果から言えるだろう。

第5章 問題解決への模索

① 石油資源のバックストップ技術としてのケミカルリサイクル

上記のようにペットボトルを落札できずにいるケミカルリサイクルだが、今後どのような展開が考えられるか。まずは法制度等の作為なしに時が経過していった場合でも、石油資源という枯渇性資源のバックストップ技術としてケミカルリサイクルをとらえると、ケミカルにも未来がありそうである。

つまり、今後石油資源が枯渇していくにつれていつか原油価格は一時的にはなく高騰する。原油の代替燃料の価格にまで釣り上がる時がくるだろう。それに対してケミカルリサイクルの費用は現在操業していないのでとりあえず減少することもないが一定である。そこでケミカルでつくられた原料の価格にまでバージン原料価格が上昇したときからケミカルリサイクルは操業を再開することができるだろう。つまり、現在はペットボトルを少ない手数料で落札してしまっただけではもとがとれないという状況だが今後はリサイクル製品を高い値段に設定することができるようになるのでペットボトル手数料からの収入は少なくとも平気になるだろうと考えられるのである。

マテリアルリサイクルでつくられるリサイクル製品にも同じことがおき、ますますマテリアルの再商品化事業者は安い手数料でペットボトルを入手するのではないかという不安要素もあるがもともとマテリアルリサイクルでつくられた原料はケミカルリサイクルでつくる原料に比べて経済的価値が小さく、バージン原料で代替するにしても希少性の少ないものである。ペットボトルをつくるための原料は石油の中でも希少性の大きいものであり、価格高騰の影響を受けやすいものだろう。

② 課徴金による需要創出

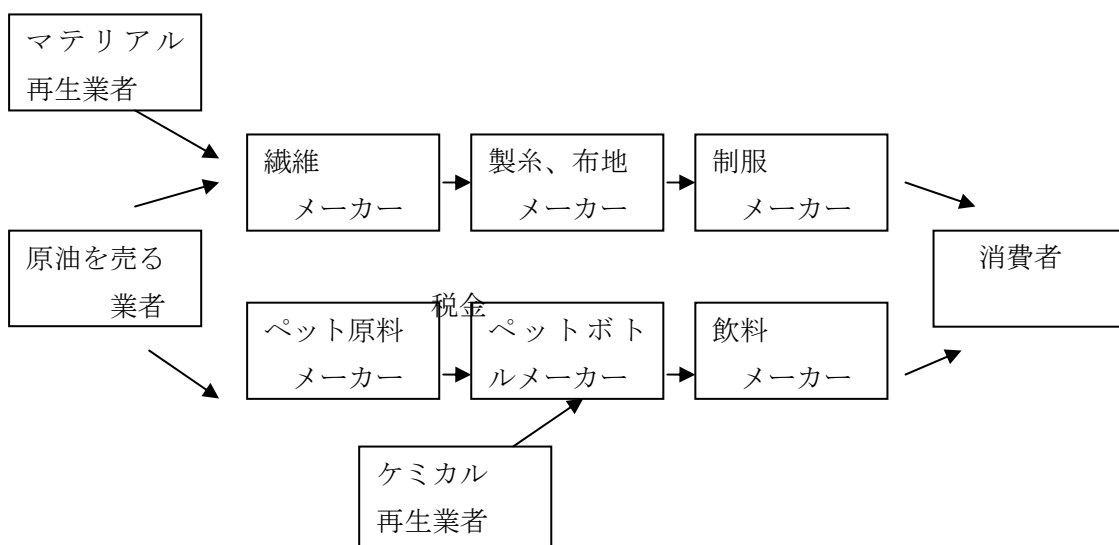
しかし石油価格が上がるのを待っているだけではなく、何か制度上の対策により普及を促進することはできないだろうか。廃棄物抑制に課せられるものとしてよく議論にあがるのは課徴金やデポジット制だ。デポジット制は環境先進国であるドイツでもペットボトルリサイクルに採用されている方法であるが、ここではまず課徴金を導入することを考えたいと思う。なぜデポジット制でなく課徴金か。それを示すためにまずは数種の課徴金とデポジット制について簡単に説明したい。

- ・ ユーザー課徴金
ごみを捨てる際に公共の施設、サービス利用に対する費用を徴収する
- ・ 排出課徴金
不要物排出の際に排出の量、質に応じた費用を徴収する

- ・ 最終処分課徴金
廃棄物の最終処分をおこなう際にその量、質に応じた費用を徴収する
- ・ 製品課徴金
環境に負荷を与える製品の生産をする際にその量、質に応じた費用を徴収する
これによって環境負荷の少ない製品を優遇することができる
- ・ 原料課徴金
再生品でない原材料を使用する際にその量、質に応じた費用を徴収する
これによって再生品を優遇することができる
- ・ デポジット制
製品本来の価格にデポジットを上乗せして販売
使用後の製品が戻された際にデポジットを返却する
これにより回収を促進できる

以上のように区別することができる。デポジットは回収率を上げることには大いに資するところがあるが、これはこのままのかたちではケミカルリサイクルを推進する効果はないと考えられる。なぜか。デポジット制でデポジットが価格に上乗せされたペットボトルを購入した消費者は、そのデポジット分を取り戻すために回収に協力的になるだろう。しかし、ケミカルリサイクルとマテリアルリサイクルが競合する現状で単にペットボトルの回収率のみが上がっても、回収されたペットボトルの量が増加することによってケミカルリサイクル業者がボトルを落札できる可能性は増すが結局コスト面で優位にたつマテリアルリサイクル業者が落札するという傾向は変わらないと考えられる。

ここではただ回収率を上げることよりもより効果的にケミカルリサイクルの普及を促せる経済的手法として、原料課徴金を採用する。これにより、バージン原料からのペットボトルの生産を抑え、相対的にリサイクルボトルの需要を上げることを考える。



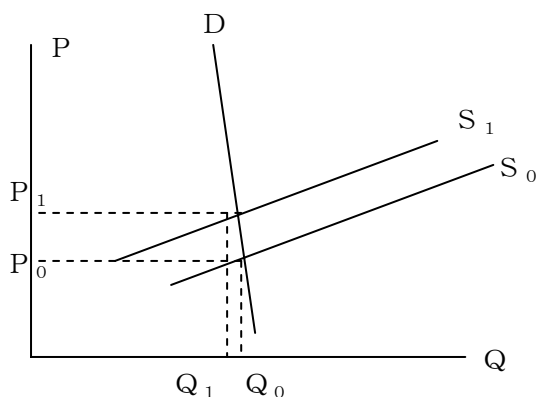
③ エコラベルボトルによる需要創出

上のような課税は当然原油を売る業者からの反発が予想される。それでは各事業者の努力により需要を創出することはできないか。そこで消費者の環境への関心の向上がその回収率の高さからも伺える昨今、エコラベルボトルとバージン原料からのボトルを明確に区別して飲料メーカーが発売してはどうだろうか。現在でも環境に配慮した超薄型ペットボトルなどを利用しているメーカーは存在するがそれは消費者の目から見て非常にわかりにくい。そこで一目でリサイクルボトルだと判断できるようキャップの色を統一するなどして市場にだしてはどうだろうか。グリーンコンシューマー層でなくとも、価格、品質がまったく同じならばリサイクルボトルを選ぶ消費者は多いのではないだろうか。

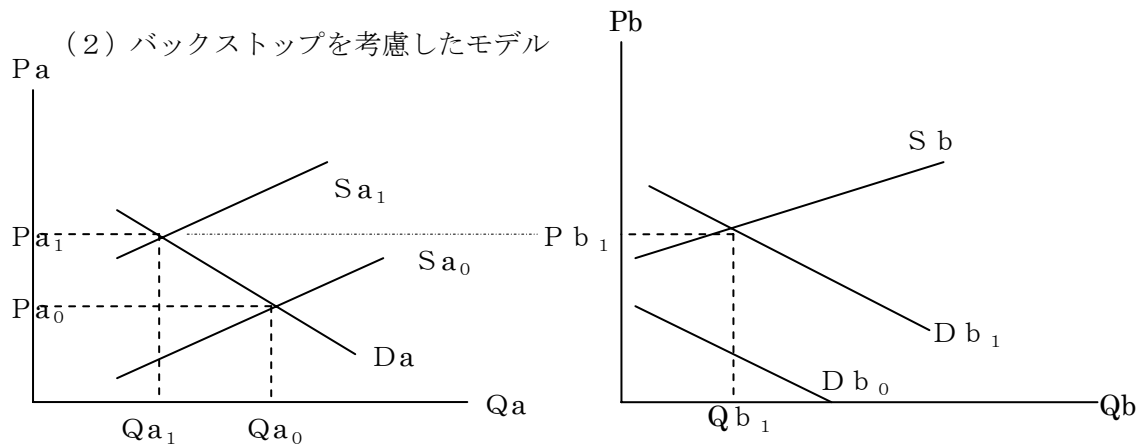
④ モデルによる分析

ここでは上記①、②の効果をモデルで検証していく。まず、何の作為もおこさずに自然の流れにまかせていた場合でも石油価格の上昇によりバックストップ技術としてのリサイクルペットボトルの需要ができるということを簡単なモデルで見ていく。

(1) 基本モデル



まず石油を代替資源のないものとする基本モデルは(1)のようになる。石油資源の枯渇がすすむとその採掘費用等の上昇なども含め、石油価格はあがっていく。そこで供給曲線は S_0 から S_1 へと上方向にシフトする。ここで需要曲線の価格弾力性が問題となるが、代替資源のない状態では消費者は値段が上がっても消費量をあまり減らさずに購入すると考えられるので供給量の減少は Q_0 から Q_1 となり、あまり大きい変化がないということになる。この場合代替資源がないので価格の上昇を消費者が受け止めるというかたちをとることになりがちである。



しかしここでは石油からつくるペットボトルと、再生ペットボトルの両方がある場合を考えるので(2)のモデルでバージン原料市場と再生原料市場の二つを見ていく。左がバージン原料市場、右が再生原料市場である。まず、バージン原料は供給量が Q_{a_0} となる点で市場が均衡している。時が経つにつれ石油価格が上昇していき供給曲線が S_{a_0} から S_{a_1} へと上方にシフトする。ここで(1)の場合は代替原料がなく、需要曲線の傾きが急だったので需要量はあまり変わらず価格だけが上昇するというかたちをとったが、(2)では代替資源があるので需要曲線 D_a の傾きは緩やかになっており、供給曲線のシフトにともない価格が P_{a_0} から P_{a_1} へと上昇すると、需要量は Q_{a_0} から Q_{a_1} へと減少している。

ここで右側のリサイクル原料市場のモデルを見ると、0期においてはリサイクル原料を供給するには、高い値段で売らなければペットボトルを落札し、リサイクルするための採算がとれないので供給曲線 S_b は上方に設定されている。しかしバージン原料と同じ価格出なければ購入してもらえないとすると、需要曲線は下方に設定され、均衡する点がない状態となり、結局市場に供給できない現在の状況となる。しかし、左のバージン原料のモデルで供給量が Q_{a_0} から Q_{a_1} まで減少しているのでその分をリサイクル原料で補う必要が出てくる。別の言い方をすれば、バージン原料価格が P_{a_0} から P_{a_1} まで上がったことで、リサイクル原料の高価格を享受する傾向がでてくるのである。

これを実際のモデルで見ると、0期の需要曲線 D_{b_0} がバージン原料値上がりにより D_{b_1} まで右にシフトするのである。すると0期においては均衡点がなく供給量が0であったのが1期ではリサイクル原料市場が均衡し、価格 P_{b_1} 、供給量 Q_{b_1} となる。ここで、必ずもともとのバージン原料の均衡点であった Q_{a_0} だけのペット原料が必要とされると考えると、

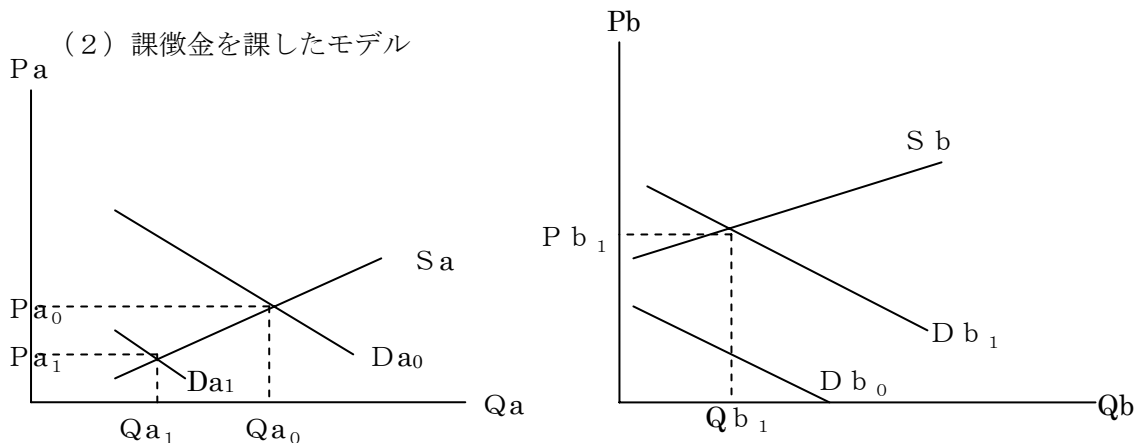
$$Q_{b_1} = Q_{a_0} - Q_{a_1}$$

になると考えられる。また価格についてはバージン原料と同じ価格ならリサイクル原料を買ってもいいと考え、

$$Pa_1 = Pb_1$$

となるだろう。

このように、今後原油の枯渇がすすみ原油からペットボトルの原料をつくるのが高コストになっていけばいくほど、それに依存してリサイクル原料の需要が伸び、高い価格でリサイクル原料を売ることができるようになる。そうすればケミカルリサイクルのコストが高い中で安い引き取り手数料でボトルを落札しても採算がとれるようになるというわけである。しかし原油の価格高騰はさまざまな政治的要因などで短期的に起こりうるものであっても、石油資源自体の枯渇により価格が高騰し続けるというような事態は、前述のとおり、数十年後まで起こりえないと考えられる。そこで次はケミカルリサイクルがバックストップ技術として市場に流通するのを待つのではなく、経済的手法によりバージン原料の需要を減少させ、ケミカルリサイクルへの需要をつくることを考える。これが先ほど述べたバージン原料に課徴金を課す方法である。



バージン原料に原料課徴金を課すと、買い手はバージン原料からペットボトルを作る際に税金を払わなくてはならなくなる。すると、需要曲線は Da_0 から Da_1 へと下方にシフトする。すると、以前と同じ代金を支払っても少ない量の原料しか購入できないことになる。つまり、課徴金を a 円とし、

$$Pa_0 - a = Pa_1$$

とすると、買い手は Pa_0 円出しても、売り手には Pa_1 円しか入らないことになる。すると当然、売り手側の供給量は Pa_1 に対するものとなり、 Qa_1 のみとなる。つまり、買い手にとっては a 円分の値上がりと同じ意味を持つことになるのである。ここでもし (1) のように代替原料がない状況では、買い手は仕方なく、 $(Pa_0 + a)$ 円を支払って Qa_0 だけの原料を得ることになった

だろうが、ここではリサイクル原料という代替手段が存在している。

よって、a 円余計に支払ってバージン原料で Q_{a0} の原料を手に入れるよりも、リサイクル原料を買おうという傾向ができ、リサイクル原料に需要が生まれるのである。

ここで右のリサイクル原料市場のモデルを見る。0 期においては市場は均衡していないが、バージン原料に課徴金が課された 1 期においては需要曲線が課徴金の a 円分、上にシフトする。これが Db_0 から、 Db_1 への動きである。すると、0 期においては均衡していなかった市場が 1 期においては供給量 Q_{b1} , 価格 P_{b1} の点で均衡する。ここでの供給量 Q_{b1} については

$$Q_{b1} = Q_{a0} - Q_{a1}$$

となる点で決まるだろう。また、価格についてはバージン原料が a 円高くなるのでリサイクル原料も高くても買うしかないという傾向になり、

$$P_{b1} = P_{b0} + a$$

という点までは買い手がつくと考えられる。

つまり、石油価格の高騰を待たずとも、バージン原料に課徴金を課すことで実質的に値上がりさせ、相対的にリサイクルボトルの需要を創出することができるのである。こうした経済的手法にさらに③のエコラベルボトルなど企業努力も加われば、リサイクルボトルへの需要の移動はより促進されることだろう。

ここまでで、原料課徴金を課すことでリサイクルペットボトルの需要をつくることを考えたが、それにより回収されたペットボトルはケミカルリサイクルにも使われるようになり、その結果マテリアルリサイクルが減少するとも考えられる。マテリアルリサイクルが減ると、今までマテリアルリサイクルで作られていた繊維やシートの生産量が減少し、その分が石油から作られることになる。この構造は第 3 章の資源生産性での比較で見たとおり、マテリアルリサイクルをしないことによって増加される環境負荷よりもケミカルリサイクルをすることによって減少する環境負荷の方が大きいとは考えられる。しかし回収されたペットボトルからは新しくペットボトルを作り出し、繊維製品もまた別に回収、リサイクルすることができればペットボトルも繊維製品も今現在製品化されている原料をまわしていくという、より理想的な循環型システムを構築することができるだろう。そこで次章では、繊維のケミカルリサイクルの導入についても考えていく。

第6章 繊維のケミカルリサイクル導入の可能性

① 繊維リサイクルの現状

繊維から再び繊維をつくるという、繊維のケミカルリサイクルについては現在どの程度実現可能性があるのだろうか。まず、ペットボトルのケミカルリサイクルをおこなう業者は繊維のケミカルリサイクルもおこなっている。また、その他多くの繊維メーカーは繊維のケミカルリサイクル技術を持ち、その技術発展も進んでいる。しかし繊維のリサイクルというのは一般になじみがなく、リサイクル率も実際に低いのが現状だという。なぜか。答えは明白である。ペットボトルのような回収ルートがないのだ。繊維も独自の回収ルートをつくり、業者が落札してリサイクルすること自体は理論上可能なはずである。

しかし繊維製品はペットボトルに比べて回収率を上げるのは困難であるとも考えられる。なぜなら、ペットボトルは一目でペットボトルとわかるが、繊維製品はいろいろな形状になり、また、繊維以外のものと組み合わせられることも多い。そもそも繊維と一言言っても、どの繊維ならリサイクルできるのかという判断が難しく、現在の家庭ごみの分別回収のようにその分別には手間がかかるのである。また、ペットボトルは中身を消費してしまえばすぐに廃棄されることがほとんどだが、繊維製品は老朽化してから捨てることが多いと考えられそれでもリサイクルできるのか、という不安もある。

そこで、消費者がどの繊維製品がリサイクルできるのか簡単に判断できるよう、洋服、特定のブランドの商品、業務用製品など商品を限定して回収するという方法が考えられる。もしくは、表示にポリエステルと明記されていれば良いなどわかりやすい条件をつけて回収してしまうというのもひとつの手である。

ここで現在存在する繊維のケミカルリサイクルについて説明する。まず、ユニフォーム中心に、製品の表地や裏地などをナイロン 100%や、ペット 100%もしくは 80%という商品企画にする。そしてそれを自社で回収し、ケミカルリサイクルするというものだ。ペットボトルのケミカルリサイクルに比べ、繊維のケミカルリサイクル技術は多くの繊維メーカーが持っていることが特徴的である。しかし、ペットボトルのように行政の管理する回収ルートがないため自主回収しなくてはならず、リサイクル率が低くなっている。この場合、商品にリサイクルできる商品であることを表すマークをつけて販売し、販売と逆のルートで回収することになる。

具体的には、まずペット 100%もしくは 80%の場合には、他素材が混入してもリサイクルができる技術を開発しているの、衣料品はそのままの状態でも回収され、合繊工場で解重合という化学的分解をされ、原料のジメチルテレフタレートに戻して各社がペット繊維原料として利用する。ナイロン 100%の場合には、同じように回収して、合繊工場で解重合される過程を経た後原料のカプロラクタムという素材に戻して各社がナイロン繊維原料として利用するのである。

② 洋服のデポジット制

では、このような自社回収の方法より効果的に繊維製品を回収する方法はないだろうか。ここで洋服などのデポジット制による回収を考える。前章でペットボトルにデポジット制ではなく課徴金を課したのは、デポジット制では回収率増大にはつながるが、それがケミカルリサイクルされるという保障はなく結局マテリアルリサイクルされてしまえばリサイクルボトルの市場流通につながりはしないと判断したためである。しかし本章における繊維のケミカルリサイクルはペットボトルの場合のマテリアルリサイクルに相当するようなカスケードリサイクルが存在しているわけではなく回収された繊維はすべてケミカルリサイクルされまた繊維として市場に流通することができるはずである。よってこの場合デポジット制により繊維製品の回収率を上げることが重要と言えるのである。

具体的には、特定の繊維製品にデポジットを上乗せして販売し、回収してもらいに行く際、デポジットを返してもらえという仕組みが基本的なデポジット制である。しかしこれをそのまま採用すると、デポジットを上乗せした製品は実質的には値上がりしたことになり、回収先に持っていく手間を考えるとデポジットの上乗せされていない、つまりリサイクルされない製品を買い手が好むようになってしまうだろう。そこで、前章のペットボトルの原料課徴金の考え方を応用して、リサイクルできるマークのついていない製品には単なる製品課徴金を上乗せして販売し、リサイクルできるマークのついている製品にはデポジットを上乗せする。この製品課徴金とデポジットを同額とすると、リサイクルに出せばデポジットの戻ってくる、マーク付き商品を消費者が好んで購入し、積極的に回収に協力するだろう。また、売り手もその傾向に対してマーク付き商品を売るようになり、デポジット制の普及がすすむ、と考えられるのである。

③ 繊維、ペットボトルの両方をケミカルリサイクルする場合の効果

このような課徴金、デポジットを組み合わせたシステムにより、繊維、ペットボトルともにケミカルリサイクルがされるようになれば、原料としての石油資源搾取が減少し、廃棄物量も減ることになる。つまり、今までのようにマテリアルリサイクルでペットボトルから繊維をつくる仕組みでは一回リサイクルで作られた繊維をさらにリサイクルすることはできず、その繊維製品は廃棄するしかなかった。しかしペットボトル、繊維ともにケミカルリサイクルされるようになれば、この二つの生産に新たに原油が用いられることなく、また両方とも繰り返しリサイクルをすることで、廃棄物を減らすこともできるのである。

依然としてコスト面での課題が残るが将来的にペットボトル、繊維製品ともにそれぞれ水平リサイクルがされるようになることが望まれる。

第7章 終わりに

本論文ではまずペットボトルリサイクルの現状を分析し、ケミカルリサイクル、マテリアルリサイクルを二つの視点から比較し、その性質上ケミカルリサイクルの普及が必要なのではないかと説いた。そしてそれを阻む要因であるコストの問題と容器包装リサイクル法の仕組みについて考え、最後にそれを克服する対策として原料課徴金を課すことを模索した。その結果、バージン原料に課徴金を課すことで相対的にリサイクル原料の需要を創出し、ケミカルリサイクルのコストが高いという点を克服するために一定の効果があることを示すことができた。また、そうすることで回収されたペットボトルがケミカルリサイクルにまわり、マテリアルリサイクルで生産されていた分の繊維が生産されなくなる。そこで繊維についてもデポジット制を導入することで回収ルートをつくり、繊維のケミカルリサイクルを実現する可能性についても考察した。

今後石油資源の搾取が進んでいけばペットボトルをバージン原料からつくることは困難になっていくだろう。そのときまでケミカルリサイクルを再開するのを待っているのが果たして環境にとって得策であろうか。石油資源の問題は実は心配に値するものではないという意見も決して少数ではない。しかしそうやって無責任に石油を搾取しつづけることで確実に環境に悪影響を与えているだろう。石油資源の搾取だけではなく、その産物が廃棄物になること、また生産の際に使われるエネルギーがリサイクルに要するエネルギーよりも大きいものであることはこの論文で見たとおりである。今後の再生事業者の努力と、法改正による事態の改善が期待される。ケミカルリサイクルはコストが高いという理由で今のリサイクルシステムの形を維持することは問題である。

しかし今回検討した課徴金については導入に際してさまざまな課題があるだろう。原料が海外から輸入する石油であることから、それに税金をかけることが認められるのか。国際的理解が求められる。また、エコラベルボトルについてはいまだグリーンコンシューマーの占める割合は低く、直接大きい影響を与えることは難しいだろう。さらには繊維製品のリサイクル、すなわち洋服をデポジットによって回収し、ケミカルリサイクルすることはコスト面や洋服という形状から問題は山積みと言える。

だが、こうした経済的手法は市場メカニズムを通じて環境問題に対する事業者、消費者の行動を変えることができ、また、その負担による努力が経済発展を生み出すという可能性もある。このような政策が効果的にペットボトルリサイクルにはたらきかけ、我々がめざすべき効率的なリサイクル、すなわち環境資源の搾取を抑え、地球への排出も少なく、そこから高い経済価値を持つリサイクル品をつくるというリサイクルが実現されればいいと思う。とはいえ大量生産大量消費の生活習慣を改めることが一番の解決策なのは言うまでもない。便利さに慣れきっている現代人がこうした取り組みを通して少しでも環境に興味を持ち、環境負荷の少ない生き方をしたいと思うことが重要である。

第8章 参考文献

石弘光：編 環境税研究会：著

『環境税 実態と仕組み』

(1993年／東洋経済新報社)

リサイクル法令研究会：監修

『一目でわかる！容器包装リサイクル法』

(2003年／国政情報センター出版局)

R. J. Ehrig：著 プラスチックリサイクリング研究会：訳

『プラスチックリサイクリング～回収から再生まで～』

(1993年／工業調査会)

R. K. ターナー、D. ピアス、I. ベイトマン：著 大沼あゆみ：訳

『環境経済学入門』

(2001年／東洋経済新報社)

C. D. コルスタッド：著 細江守紀、藤田敏之：監訳

『環境経済学入門』

(2001年／有斐閣)

環境省 環境統計集

<http://www.env.go.jp/doc/toukei/index.html>

環境省 環境白書・循環型社会白書

<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/>

経済産業省 3R政策

<http://www.meti.go.jp/policy/recycle/>

市民のための環境ガイド

<http://www.yasuienv.net/>

財団法人容器包装リサイクル協会

<http://www.meti.go.jp/policy/recycle/>

ペットボトルリサイクル推進協議会

<http://www.meti.go.jp/policy/recycle/>

「使用済みペットボトルのライフサイクル的分析と指標」

<http://ilcaj.snntt.or.jp/lcahp/b05.pdf>

環境 Goo

<http://eco.goo.ne.jp/>

石油連盟

<http://www.paj.gr.jp/>

石油情報センター

<http://oil-info.ieej.or.jp/cgi-bin/index.cgi>

石油技術協会

<http://www.japt.org/>

エコロジーシンフォニー

<http://www.ecology.or.jp/index.html>

帝人

<http://www.teijin.co.jp/japanese/index.html>

プラスチック情報局

<http://www.pwmi.or.jp/public/chemical/06pet.html>

財団法人日本環境協会

<http://www.jeas.or.jp/>

ごみとりサイクル

<http://www.edu.nagasaki-u.ac.jp/private/fukuda/soturon97/akai/start.htm>

ごみゼロナビゲーション

<http://www.gomizero.org/>

ウィキペディアフリー百科事典

<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

秋田市総合環境センター

<http://www.city.akita.akita.jp/city/ev/gs/yoyu/yoyufro.htm#home>