「繊維／ゴム／プラスチックと環境」特集

プラスチックリサイクル
—米国の動向—

草 川 紀 久

1. はじめに

近年の世界的な地球環境問題への関心の高まりと共に、プラスチックリサイクルの問題は、アメリカ国民が大きな関心を示す国民的課題となった。この数年間多くのアメリカの家庭にとって、リサイクルは環境を守るために自分たちが貢献したいと思う生活様式の一部になっている。

都市ゴミ問題は現在の米国が抱える非常に重要な環境問題の一つであり、3.5兆ドルの連邦負債、2000億ドルの毎年の歳入不足より大きな問題であるという人もいるほどである。都市ゴミに占めるプラスチックの割合は体積比率で20%程度であるが、プラスチックゴミは目立ち易い上に、分解せず、リサイクル性がないということで一般の非難を浴びており、都市ゴミ問題の象徴的存在になっている。

アメリカでは人々は、プラスチックの使用量が今後さらに増えても良いのかと疑問を感じ、プラスチックの使用そのものに罪の意識さえ感じ始めたともいわれる。

2. 米国の都市固形廃棄物の現状

アメリカ人は平均して一人一日に約4ポンド(1.8kg)を越すゴミを出すといわれるが、これはアメリカ全体にすると一日に6万3千台のトラックを満配するだけのゴミになる。アメリカではその発生するゴミの80%近くが埋立に回されており、その処理方法が大きな問題となっている。

米国で発生する都市ゴミ、これは米国では都市固形廃棄物(Municipal Solid Waste, 以下MSWと略称)と呼ばれているが、この量は年々増加している。それにもかか

図1 MSW 発生量と埋立能力¹⁾

わらず使用可能な埋立地の数は急速に減少しており、それに伴いその埋立費用も大きく上昇している。1970年代には1トンあたり数ドルにすぎなかったものが、今日では100ドルを越すところさえてきていているといわれる。図1に2000年までにMSWの予想発生量と使用可能な埋立地の能力を示した¹⁾。

市町村から発生するMSWの量は1990年で190百万トンであり、このうちプラスチックは多くみても8-9%で量にして15-17百万トンと推定されている。

3. 固形廃棄物の法的規制と政府の対応

連邦レベルでは、国の基本的な廃棄物管理法である資源保護回収法(以下RCRAと略称)の改正が現在検討されており、1994年の議会で新しい法律として成立する予定である。このRCRAの改正案としては多くの提案があるが、その一つは国としてのリサイクル率の目標や材料毎の再生材含有率を規定しようとするものである。

合衆国政府はリサイクルを奨励しているが、法制化については、州または地方自治体に任されている。州レベルでは政治的な圧力でプラスチックに影響を与える多く

Plastic Recycling—U.S.A. Trends—

筆者紹介 NORIHISA KUSAKAWA

President of Polymer Environment Information Research Office

高分子環境情報研究所 所長

筆者はこれまでに、三菱レイヨン、デュボンジャパンに於て新規プラスチックの研究開発、市場開発に携わった経歴を持ち、前デュボンジャパン自動車関連事業部主査の他、高分子学会会誌「高分子」編集副委員長、高分子学会プラスチックリサイクル研究会運営委員をはじめ、高分子素材センター高分子リサイクル分科会委員を歴任、東大工学修士。著書も「クルマと化学」日本化学会、1991(共著)、「熱可塑と熱硬化性樹脂の接点」(株)サイエンスフォーラム、1992(共著)がある。趣味は、パソコン、ゴルフ、スキー。今回は、米国におけるプラスチックリサイクルの現状について解説いただいた。

表1 MSWの発生量、回収量、廃棄量²⁾

(単位: 百万 ton)

項 目	1960年	1970年	1980年	1990年	1995年 ^{a)}	2000年 ^{a)}
発生量	87.8	121.9	151.4	195.7	207.9	222.1
回収量	5.9	8.6	14.5	33.4	51.9	66.7
回収率(%)	6.7	7.0	9.6	17.1	25.0	30.0
廃棄量	81.9	113.3	136.9	162.3	156.0	155.4
焼 却	—	—	—	31.9	35.4	46.2
埋立てほか	—	—	—	130.4	120.6	109.2

注^{a)} 予測値表2 MSW中の廃プラスチックの発生量、回収量、廃棄量²⁾

(単位: 百万 ton)

項 目	1960年	1970年	1980年	1990年	1995年 ^{a)}	2000年 ^{a)}
発生量	0.4	3.1	7.8	16.2	20.0	24.8
回収量	—	—	—	0.3	0.9	2.5
回収率(%)	—	—	—	1.9	4.5	10.1
廃棄量	0.4	3.1	7.8	15.9	19.1	22.3

注^{a)} 予測値

の法律が制定されてきたが、これらの殆どが包装材料に関するものである。1992年半ばまでに39州でリサイクル関連の法律が制定され、うち33州では一定期日までにあるリサイクル比率を達成することが決められている。この比率に未達の場合は罰金などが課せられる。

アメリカではPETボトルのデポジット制度が1972年オレゴン州で始まり、バーモント、メイン、ミシガン、アイオワ、コネチカット、デラウェア、ニューヨークとつづき、83年マサチューセッツ州が9番目の州となった。

また、オレゴン、ニューヨーク、ペンシルバニア、ニュージャージー、フロリダ、カリフォルニアなど30の州は強制的リサイクル条例を有している。代表的な例としては、カリフォルニア州とオレゴン州で1991年に可決された一定のリサイクル率とリサイクル材の使用を義務づける法案が有名である。マサチューセッツ州でも同様な法案が提案されたが、プラスチック業界の反対でその成立は阻止された。これらの法律ではリサイクル率が25%であること、再生材使用率を25%にするなどの規定がある。このようにリサイクルに関する法的規制はアメリカの現在の市民生活の一部になりつつある。

米連邦環境保護庁(以下EPAと略称する)はMSW問題解決のために、次のような廃棄物処理の統合的アプローチを提唱している。

- (1) 発生源での削減(ソース・リダクション)
- (2) リサイクルと有機肥料化(コンポストイング)
- (3) 燃焼によるエネルギー転換

図2 MSWの処理・処分量の推移²⁾

(4) 埋立

EPAの依頼によるFranklin Associatesの調査報告によると、米国に於ける2000年までのMSWの処理方法と処分量の推移は表1、図2に示したように予想されている²⁾。これによるとリサイクル率は95年で25%、2000年で30%となっている。また、2000年までのMSW中の廃プラスチックの発生量、回収量、廃棄量については、表2に示すとおりである。

4. 米国のプラスチック産業とリサイクルの現状

米国に於けるプラスチックの販売量は、1992年は29.7百万トン、7.4%の伸びであった。プラスチックのリサイクル量は1991年で413千トンであり、1990年の291千トンから大きく伸びたが、それでもすべてのプラスチックの1.5-2%にしかない。

アメリカでは現在全国で4,400を越える地方自治体があり、プラスチック等の回収システムを有しており、一般住民の積極的な参加を得て、リサイクルのための回収作業は成功している。しかしリサイクル作業自体は成功しているとはいえず、やっと進行している状態である。

アメリカのプラスチックなどの回収方式としてはカーブサイド方式、ドロップオフ方式、及びバイバック方式がある。カーブサイド方式は道端に設置した分別用の回収容器に入れるもの、ドロップオフ方式とは持ち込みによる回収、バイバック方式とは買い戻しによる回収である。2,300近くの地方自治体がカーブサイド方式で回収し、約3,500の地方自治体がドロップオフリサイクルセンターで回収しており、また600近くの地方自治体はバイバックプログラムを採用している。

ここ2-3年のPETボトルの回収拠点数の推移は表3に示すとおりである。

表3 PETボトルの回収拠点の推移²⁾

分 類	1989年	1990年	1991年	1992年
カーブサイド	577	1,135	1,876	2,073
ドロップオフ	—	2,300	3,153	3,464
合 計	—	3,435	5,029	5,537

4.1 一般消費財用プラスチックリサイクル³⁾

1991年のプラスチック包装材料(Post-Consumer Resin, 以下PCRと略称)のリサイクル量は640百万ポンド(290千トン)であり、これは前年比44%の伸びであった。

プラスチックボトル全体では14%がリサイクルされ、これは前年比9.3%の増加であった。

清涼飲料用PETボトルのリサイクルは1991年は327百万ポンド(148千トン)で前年に比べて19%増加した。これは全体の36%に相当する。

HDPEのリサイクル量は1990年は62千トンであったが、1991年は125千トンであった。これは主として、牛乳、水、ジュース、洗剤等のボトルからの回収で、その回収比率は約14%である。HDPEの全消費量に対しては3%以下であり、目標達成には回収比率の大幅な向上が必要である。

PSは発泡PSのため著しい悪宣伝の対象になってきた。PS業界はNational Polystyrene Recycling Corporationを設立し、4カ所でリサイクル施設を操業している。その能力は23.5千トン(35千トンまで増強可能)であるが、PSのリサイクル量は1991年が11.0千トン、1992年は13.5千トンであった。

プラスチックリサイクルと資源保全は、包装の設計と製品概念を変えようとしている。使用済みプラスチックPCRを使用した包装材やボトルが製造されており、PCR100%の洗剤ボトルや中間層にPCRをブレンドした樹脂を使用した複合ボトルなどが使用されている。

多くの州や地方自治体では、特定のPCRの使用を規

定しているが、多くの場合、リサイクル製品の価格が高いため、コストパフォーマンスの観点からその使用は伸びていない。

4.2 耐久消費材用プラスチックのリサイクル

米国の自動車業界は車両リサイクル同盟(Vehicle Recycling Partnership, 以下VRPと略称)という組織をつくり、自動車や自動車部品のリサイクルや処分のための研究開発を共同で行うことを目的として活動している。

5. 米国プラスチック産業界の対応

5.1 リサイクル関連団体の設立とその活動

米国プラスチック産業界は、プラスチックリサイクルの問題に対処するため1988年に固形廃棄物解決協議会(Council for Solid Waste Solutions, 以下CSWSと略称)を設立した。CSWSは1991年にプラスチックリサイクルのための三つの目標を発表した。それは1995年までに全てのプラスチックボトルとコンテナの25%をリサイクルすること、1995年までに米国人の大多数が参加出来るプラスチックリサイクルのためのプログラムを提供すること、及びプラスチック等のカーブサイド・リサイクル・プログラムの数を毎年倍増し1994年までに4,000にすることである。1992年春にCSWSは改組されてプラスチック進歩協会(Partnership for Plastic Progress, 以下P-3と略称)と命名された。さらに1992年秋にはP-3の組織は改められ、アメリカプラスチック協議会(American Plastic Council, 以下APCと略称)として再発足した。APCは全米の27の主要な樹脂メーカーやユーザーの代表者と米国プラスチック連盟との共同組織であり、これらの企業の経営者が積極的に直接関与している⁴⁾。財政的にも1992年度は50百万ドル(60億円)の予算を持っており、参加企業から人材その他多くの支援を受けている。APCのメンバー企業27社はプラスチック製品のリサイクル及び処理関係に1年で150百万ドル(180億円)を既に投資している。APCの主たる目的は次の二つである。まず第一はリサイクルや資源回収プログラムにより、プラスチックの環境性能をさらに改善すること、第二は今日の世界でプラスチックが果たしている重要な役割を明確にコミュニケートし一般消費者や政策決定者がプラスチックの価値や環境上の特性を正しく理解し決断できるようにすることである。

このようにAPCはプラスチックについて、米国民への教育と啓蒙並びにリサイクルの技術開発を推進することを目的とするものであり、プロダクト・スチュワードシップに基づき、プラスチック製品について揺りかごから墓場まで責任を持つべく、プラスチックとその環境対策に関する種々の検討・啓蒙活動を積極的に行ってい

る。

5.2 デュボンのリサイクル活動⁵⁾

米国の化学会社の代表としてデュボンのプラスチックリサイクルにおける取り組みについて述べる。デュボンは固形廃棄物問題解決のためのプログラムの一つとしてポリマーのリサイクルプロジェクトを進めており、これまでに130百万ドル(約156億円)以上の資金を投入してきたという。

デュボンでは1988年に廃棄物処理大手のウエイスト・マネジメント社とプラスチックリサイクルのための合併会社 PRA を設立し、メカニカルリサイクルによるポリエチレンテレフタレート(PET)ボトルと高密度ポリエチレン(HDPE)容器のリサイクル事業に乗り出した。1989年フィラデルフィア、1990年シカゴに処理能力それぞれ1.8万トンの二工場を建設して再生事業を行った。この再生事業は1992年になって米機械大手のイリノイ・ツール・ワークスに売却されたが、現在デュボンでは次世代のプラスチックリサイクル技術といわれるケミカルリサイクルの研究開発に力を注いでいる。具体的には解重合によるポリエステルやナイロンのリサイクル技術の開発で、現在パイロットプラントを建設して種々検討中である。次にデュボンのケミカルリサイクル技術の開発状況について述べる。

(1) ポリエステルの解重合検討

ポリエステルの解重合はPET等のポリエステル系ポリマーをメタノールによって解重合し、原料であるジメチルテレフタレート(DMT)とエチレングリコール(EG)に戻すメタノリシス・プロセスである。既に1992年、テネシー州ナッシュビル(Nashville, TN)のオールドヒッコリー工場に、年産150万ポンド(7千トン)のポリエステル・メタノリシスのためのパイロットプラントを建設し、製品品質や収率の向上のための条件検討を行っている。このデュボン独特の方法は図3に示すようにPETがDMTとEGに解重合される。研究室での検討に於ける収率は95%である。デュボンによれば、この方法ではPETやPBT等の複雑な熱可塑性ポリエステルやポリカーボネート等をその純粋の構成成分に戻すことが出来、これらの化合物はすべての用途に使用可能である。また、このメタノリシス法により得られるDMTはデュボンが使用している全てのPET製造の原料として使用可能であり、すでにFDAの認可も得ているとしている。

デュボンによれば、このプロセスの特徴は広範な不純物を含む製品廃棄物を扱うことが可能であり、フレキシビリティに富んでいることである。同プロセスでは解重合の過程で塗料や充填材等の添加物や不純物が除去でき

デュボンの気相メタノリシス法によるPETの解重合

図3 デュボンのメタノリシス特許プロセス

図4 リサイクルPET 100%のポリエステル繊維から作られた帆を使用した大型帆船「ローズ」号

るため、回収された材料の種類に関わらずリサイクル材の用途が大きく広がる。

デュボンはこれまでに同技術によって試作品の自動車のフェンダーを解重合したモノマーから重合したポリマー(PET)と、市場から回収した126,000本のPETボトルをメカニカルサイクルした再生ペレットとを用い、リサイクル材100%のポリエステル糸を紡糸し、3本マストの大型帆船「ローズ」号(この帆船ローズ号はアメリカの独立戦争当時活躍した1757年の帆船“HMS” ROSEのレプリカで23年前に建造された現在世界最大の3本マストの木造帆船である)の1,200平方メートルの帆を織りあげて一般に公開し、デモンストレーション航海を行った(図4)。

デュボンはこの方法により、PETボトルのみならずPETフィルムや繊維製品の産業廃棄物、及び自動車部品等のデュボンにとって戦略的な意味を有する一般廃棄物(Post Consumer Streams)のリサイクルに活用したいと言っている。

(2) ナイロンの解重合検討

デュポンでは、米国の中央研究所において、メルト・プロセスに代わるナイロンのリサイクル技術として、ナイロンをモノマーなどに解重合する技術を現在開発中である。このナイロンケミカルリサイクル技術は現在使用されているナイロンの85%以上を占めるナイロン6及びナイロン66のいずれのナイロン成形パーツにも、また、繊維製品やフィルムにも利用できる。

既に米国デラウェア州のグラスゴーに、新技術による年産200トンのパイロットプラントを建設し、消費者から回収されたナイロン部品を利用して数種類のリサイクルプロセスの試験と評価を行っている。未だその技術の詳細は明らかに出来ないとしているが、現在開発中のナイロンリサイクル技術が確立し、規模拡大の準備が整い次第、まずヨーロッパにナイロンのリサイクル施設を設置する計画であると発表した。

このナイロンのケミカルリサイクル施設の建設に当たっては、少なくとも毎月数百トンのナイロン6及びナイロン66の廃棄物が安定供給されることが前提になるとしている。デュポンでは使用済みナイロンカーペットが、このようなナイロンケミカルリサイクル工場の将来の主要供給源として期待できるといっている。

6. おわりに

プラスチックリサイクルの現状の問題点はその経済性にある。回収、輸送、選別等の処理コストのため一般にリサイクル品はバージン品よりコスト高になる。例えば、HDPEの場合、リサイクル品はバージン品より20-25セント/kg高い、そのため、再生材のためのマーケットは少なく、リサイクル可能の回収品からの製品は飽和状態にあり、価格は耐えられないほど下がっているといわれる。このような状況を打破し、リサイクル比率

を上げるためには、よりコスト的にメリットのあるリサイクルループを開発することが大切である。現在APCでも現在リサイクルコストを削減するための「コスト最適化委員」(Cost Optimization Committee)を設置しそのための戦略を練っている。

アメリカでは日本と違って一般にプラスチックリサイクルといった場合、物としてのリサイクルを指し、日本でいうところのサーマルリサイクルは「廃棄物のエネルギー転換」(Waste-to-Energy, WTE と略称)と呼んで、プラスチックリサイクルと区別する事が多い。米国では国民の焼却に対する感情からプラスチックの焼却処理は遠慮がちに語られていたが、最近では経済性の観点からWTEも注目されている。

プラスチックリサイクルの成功のためにはまず経済性が成立することが大切である。バージン樹脂より低価格でなければ、再生材のマーケットは成立しない。そのため、収集、分別、リサイクルに係るすべての関係者の一致した協力が必要である。

1995年の目的が達成できないならば、政府の介人により新たな法規制が出来ることは間違いない。

文 献

- 1) The Society of the Plastics Industry, Inc., Partnership for Plastic Progress : "Plastics in Perspective" (1992).
- 2) 北尾健: プラスチックエージ, 7月号臨時増刊号, 60 (1993).
- 3) プラスチック処理促進協会資料.
- 4) American Plastic Council 資料.
- 5) デュポン広報資料.

(平成6年2月15日受理)