「繊維産業におけるリサイクル」特集

繊維製品のリサイクル

山 崎 義 一

1. はじめに

産業革命により、人間活動の規模は画期的に拡大した。世界の人口は20世紀後半から爆発的に増加している。この産業の発展と人口の増加に伴い大量生産、大量消費の時代へと入り、その生産や消費の結果として大量の廃棄物や排出ガス、排水などを放出し、産業公害問題が浮上してきた。日本においても1960年代は、産業公害問題への対応が主眼となり、産業公害防止法を基本とする大気汚染防止法や水質汚濁防止法などに基づく各種の公害防止対策が取られてきた。しかし、その後これら産業の発展に伴う地球環境問題として、次のような問題がクローズアップされ、新しい環境対策を打ち出すことが急務となってきた。

地球温暖化問題	酸性雨問題
オゾン層破壊問題	有害廃棄物の越境問題
海洋汚染問題	森林破壊問題
砂漠化問題	野生生物減少問題
発展途上国の公害問題	増え続ける廃棄物の処理問題

生利用の促進、適正処理の確保、処理設備の整備などが規定されている。この「再生利用の促進」に対応した法律として、新しく「リサイクル」の概念を盛り込んだ「再生資源の利用の促進に関する法律-91年4月公布」(通称：リサイクル法)が制定された。リサイクル法の骨子は以下の通りである。

特定業種の指定(再生資源の原材料としての利用を促進する措置)	紙製造業、ガラス容器製造業、建設業
第1種指定商品(リサイクルしやすい製品の開発)	自動車、ユニット型エアコン、テレビ受像機、電気冷蔵庫、電気洗濯機
第2種指定商品(リサイクルを目的とした分別収集のための表示をすべき製品)	缶飲料、缶酒類、PETボトル製飲料、醤油、など
指定副産物の指定(副産物の利用を促進する措置)	高炉による製鉄業および鉄鋼圧延業に係わるスラグ、アスファルトコンクリートの塊および木材

2. 廃棄物処理問題とリサイクル

最後に掲げた「増え続ける廃棄物処理問題」の対策として「廃棄物処理および清掃に関する法律改正-91年10月公布」が行われた。改正法では、廃棄物の減量化、再

3. リサイクルを巡る環境の変化

リサイクル法の制定を受け、品目別にリサイクル化の義務付け、リサイクル化のシステムなどを盛り込んだ法律が制定された。

Recycling of Fibrous Textile

著者紹介 YOSHIKAZU YAMASAKI

Japan Chemical Fibres Association

日本化学繊維協会技術グループ 担当部長

著者は、化学繊維全般の技術動向を専門とされている。著書に、「化学繊維の実際知識」(共著、東洋経済、1986年)、「繊維製品の苦情処理技術ガイド」(共著、日本衣料管理協会、1993年)がある。趣味は、ドライブとのこと。

本稿では、繊維リサイクルの背景、展開状況の概要、合繊メーカーならびに日本化学繊維協会のリサイクルの取り組みについて解説していただいた。

容器包装リサイクル法 (略称) (95年6月公布)	①地方自治体は、分別収集計画を作成し、容器包装を分別収集する。②容器包装利用事業者および容器包装製造業者は地方自治体が分別収集した一定基準の容器包装を引き取り、再商品化する義務を負う。③瓶、缶、プラスチックなど商品に付された全ての容器包装が対象、但し、ガラス瓶、金属缶、PETボトル、飲料用紙容器は97年4月から実施、その他の紙製容器包装、プラスチック製容器包装は2000年から実施
特定家庭機器リサイクル法 (略称) (98年5月公布)	①テレビ、エアコン、冷蔵庫、洗濯機の4商品が想定、②a.排出者は適正な引き渡しと収集・商品化などに対する費用の支払い義務、b.市町村および小売り業者(過去に販売した商品または買い替え時の下取りの場合)は引き取り義務、c.製造業者・輸入業者、委託第3者機関などがこれを引き取り、再商品化などを行う義務。

特定家庭機器リサイクル法における“再商品化など”の定義には、“再商品化”に加えて“熱回収”が含まれていることは注目される。

4. ペット(PET)ボトルからのリサイクル

容器包装リサイクル法に基づきPETボトルの回収・リ

サイクル事業が本格化している。PETボトル用樹脂の需要量は1998年度で24.8万トンと推定されている。用途別使用比率は、清涼飲料用が約73%、醬油用が約8%、酒類が約5%で、回収対象とされている第2種指定PETボトルはこれら3種類であり、全体の約86%を占める。同法は、1997年4月から実施されたが、1997年のPETボトル回収率は9.7%、同98年は18%の計画である。

回収されたPETボトルの再商品化の用途は、繊維が約7割で残りは、シート、ボトル、成型用などとなっている。

4.1 リサイクルポリエステルフレックスの製造

PETボトルは、a.異種ボトルや着色ボトルとの選別、b.粉碎・アルカリ洗浄処理工程を経て、c.オレフィン類との比重差選別ならびに風力、金属分離などによりラベル、微粉末、アルミ、金属などを除去し、乾燥後フレックス化される。再生フレックスの品質基準は、概ね以下の通りと言われている。

金属≤30ppm	着色物≤450ppm
PVC≤40ppm	オレフィン他≤1300ppm

再生フレックスは通常、安定した品質を確保するため再ペレット化され、他のバージンペレットとブレンドしポリエステル繊維に紡糸される。

4.2 リサイクルポリエステル繊維製品の展開

合成繊維メーカー各社のリサイクルポリエステル製品の展開状況を表1に紹介する。

表1 合繊メーカー各社のPETボトルからのリサイクルポリエステル製品の展開

会社名	形態	用途	備考
東レ	短繊維	ユニフォーム(ポリエステル100%,綿混)	
クラレ	短繊維、不織布、A-PETシート	衣料他、食品容器	リサイクルポリエステル製品を使用後にサーマルリサイクルする「ダブルリサイクル」を提案
東洋紡	短繊維 長繊維	ユニフォーム、学生服、シャツ、スポーツウェア、カーテン、毛布	「エコールクラブ」として三菱商事と共同で展開
ユニチカ	短繊維、長繊維、A-PETシート	ユニフォーム、食品容器他	「ユニエコロ」企画として展開
帝人	短繊維、不織布、長繊維	シャツ(綿混)、基布、インテリア、雑品他	「エコベット」企画として展開
カネボウ繊維	短繊維	ユニフォーム(羊毛混)	「ベルリサイクルネットワーク」企画として展開、羊毛混ではピリングの問題を解消
三菱レイヨン	長繊維	スポーツ(トレーニングウェア他)	オーダリーマーケティングを展開
旭化成	長繊維	衣料	ケミカルリサイクルによりDMTに戻す
根来産業、クラボウ、グンゼ、他	短繊維	ユニフォーム他	「リベット」企画として大々的に展開

5. 繊維製品のリサイクル

繊維製品の廃棄物量は、産業廃棄物が200万トン(全体の0.5%)、一般廃棄物が150万トン(同3.0%)(1993年)と推定され、その他の廃棄物から比較して量的には少ない。繊維製品について、現状ではリサイクル化促進の法規制はないが、1990年12月に出された「廃棄物処理、再資源化対策のための産業構造審議会答申」にて、リサイクル化を促進すべき品目として大型繊維製品である「カーペット」「布団」が掲げられている。これを受けて、カーペット業界や布団業界では様々リサイクル化推進のための取り組みが行われており、また、衣料品分野においてもユニフォームを中心にリサイクル化事業が進められている。

5.1 繊維のリサイクル化技術

繊維のリサイクル化技術を表2に示す。

図1 ナイロン6製カーペットからのカプロラクタムのリサイクルフロー図(特開平5-117441)

このうちナイロン6のケミカルリサイクルについては、すでに実用化されており、フローを図2に示す。固体の繊維状ナイロン6廃棄物は、燐酸(酸性触媒)下で加熱され、加水分解を受けてカプロラクタムとなる。

ナイロン66については、デュポン社がアンモニア分解法による解重合技術を開発し、パイロットプラントで評価中と言われている。また、ポリエステル(PET)のケミカルリサイクルは、解重合によりTA(テレフタル酸)、DMT(テレフタル酸ジメチル)などとして回収されるが、主要な技術として、加水分解法、メタノール分解法、グリコール分解法、グリコール分解/エステル交換法などがある。特に気相メタノール分解法は、不純物に対して許容度が高く、デュポン社は年産4.5万トンのDMTを生産するプラントの運転に入っているとされている。

マテリアルリサイクルのうち再溶融-繊維化の典型として、PETボトルからの繊維化があるが、これはPETボトルには添加物が少なく、またボトル用樹脂の重合度が繊維用より高いために可能となったものである。ポリエステル繊維を再溶融して繊維化することは難しく、この場合には成型品用途向けとなり、この用途開発が最大の課題となる。

なお、近年RDF化(Refuse Derived Fuel)が話題となっている。これは可燃ゴミを固形燃料化して利用する方法である。前述のケミカル、マテリアルに比較してサーマルリサイクルは、焼却と言う手段によるため、リサイクル手段として敬遠する向きがあるが、燃料としての石油節減に寄与するものであり、形を変えたりサイクルの一つである。リサイクル化を推進するためには様々な手段

表2 繊維のリサイクル化技術

技術	概要	特記事項
ケミカルリサイクル (原料に戻す)	既存: ナイロン6→カプロラクタム ポリエステル→DMT, BHET 新規: ナイロン66→アンモノリス (DuPont) ポリエステル: 気相メタノリス(DuPont)	・現状は、工場内屑が対象 ・今後どこまで、使用済み製品に適用され得るかが鍵
マテリアルリサイクル (再品として利用)	既存: ・ウエス/反毛化 ・再溶融-繊維化(合成繊維の場合) ナイロン 繊維化 ポリエステル 樹脂化 ・再溶解-繊維化(アクリル)	・従来のリサイクル方法であり、用途が限定される ・再溶融の場合は品質が低下し、繊維から繊維への再生困難 ・リサイクル品の用途開発が最大の課題
サーマルリサイクル (熱回収)	既存: ・焼却-熱回収(一般ゴミと一緒に処理) 新規: ・直接燃焼(セメントキルン, ゴミ発電など) ・固形燃料化(RDF) ・油化	・前処理などのコスト負担が課題 ・従って手間のかからない直接燃焼が好ましい
高炉原料化	新規: 高炉用コークスの一部代替(40%まで代替可能)(コークスの還元機能の代替)	・下記参照

注: 廃プラ破砕物を用いてテスト中(日本鋼管: 30,000トン/年の能力)

将来は、同社・京浜製鉄所高炉(能力: 300万トン/年)で年間60万トン処理可能

を目的に応じて選択し、経済的に無理のないリサイクル化を目指すべきであり、RDF化を含めて、サーマルリサイクルはリサイクル化手段の一つとして重要な手段と考えられる。

6. 合成繊維メーカー各社におけるリサイクル化の取り組み

合成繊維メーカー各社におけるリサイクル化の取り組み事例を表4に示す。リサイクル化を容易とした商品開発によるリサイクル化事業が進められている。

7. 日本化学繊維協会におけるリサイクル化推進の取り組み

日本化学繊維協会では、1996年度に「合成繊維リサイクルの総合的検討」を行い調査報告書を取りまとめた。

また、1997年度には、布団、カーペット、毛布の大型繊維製品についてリサイクル化推進のための具体的方策の調査検討を行った。さらに1998年度は、これら3品目のリサイクル化の継続検討に加えて、リサイクル化を推進していく上での法規制などの問題点の検討を行っている。当協会でのこれまでの取り組みを表4にまとめる。

8. おわりに

リサイクルは、資源の節約と廃棄物問題の解決のための手段としてスタートした。現状では、リサイクルを進めるには、回収・再資源化などに係るコスト増の問題があり、これらの問題は、消費者・自治体・企業(小売り・流通・製造メーカーなど)のそれぞれの役割分担を明確化し、それぞれが機能的に取り組む必要がある。また、近年では、製造段階から消費および廃棄に至るまでの環

表3 合繊メーカー各社によるリサイクル化の取り組みの例

会社名	商品名(企画)	具体的内容	リサイクル方法	実施年度
東 レ	エコログ・リサイクリングネットワーク	副資材を含めてオールポリエステル衣類	再熔融し成型品に利用	94年
	ナイロン6ユニフォームリサイクル	回収識別を付けたナイロン6素材のユニフォーム	原料化・カプロラクタム回収	96年
クラレ	カーペットリサイクルシステム	パイル・基布・接着剤をオールポリエステル化、家庭用タイル、ラグを対象	当面熱回収 将来・成型品	96年
	ダブルリサイクル	PETボトルからの再生ポリエステル繊維製品(ユニフォームなど)+使用後サーマルリサイクル	熱回収	98年
帝 人	カーペット用ポリエステル100%基布	接着剤、二次基布不要カーペット基布、家庭用ラグ・マットを対象	成型品	96年
	アラミド製ユニフォーム	アラミド製ユニフォーム	断熱材・防音材	98年
	エコサークル	副資材を含めてオールポリエステルのユニフォーム、学生服	再熔融し成型品や原料化も検討	99年
東洋紡績	製品回収システム	使用済み繊維製品を回収し、分別を行いサーマルリサイクル	熱回収し発電へ利用	99年
三菱レイヨン	オールポリプロピレンオフィス椅子部品	椅子張り表地、クッション材ならびに樹脂部品をオールポリプロピレン化、また鉄部品との脱着容易化	熱回収	96年
	オールポリプロピレン自動車内装オプションマット	パイル、基布、バックング材を全てポリプロピレン化し、工程内端材をリサイクル使用	再熔融し、樹脂成型品に利用	97年
カネボウ合繊	PET繊維製自動車吸音材	ポリエステルで軽量化、ダッシュインシュレーター、エンジンカバー対象	熱回収	97年
ユニチカ	ビーテス[B:TES]	ポリエステル素材のユニフォーム	熱回収	98年
	ナイロン・シックスリサイクル	オールナイロン6樹脂製品(主として成形品)を対象	原料化および再熔融後成形品化を検討	99年

表4 日本化学繊維協会におけるリサイクル化推進の取り組み概要

年度	事業	概要
1996年度	「合成繊維リサイクルの総合的検討」	<ul style="list-style-type: none"> ・合繊リサイクルの実態把握－国内および海外調査 ・合繊リサイクルの技術的検討 ・リサイクル技術動向調査、繊維製品リサイクルのエネルギー・コスト比較 ・繊維製品リサイクルの課題と提言
1997年度	布団関係	<ul style="list-style-type: none"> ・通産省補助事業「リサイクルが容易な布団の商品開発」…ポリエステル100%布団の開発 ・廃棄布団の回収システムの検討
	カーペット関係	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクルが容易なカーペットの商品開発の可能性検討 ・欧米カーペトリサイクル動向の文献調査 ・「カーペット等廃棄リサイクル研究会」(下記参照)の設立
	毛布関係	<ul style="list-style-type: none"> ・「リサイクルが容易な毛布の商品開発Part-1」…アクリル100%織毛布の試作 ・アクリル100%製品の再溶解紡糸実験 ・廃棄毛布の回収システムの検討
1998年度	布団関係	<ul style="list-style-type: none"> ・「布団の回収システム調査研究事業」への参画 ・「流通業界を対象とした布団の回収・リサイクルの意識調査」の実施 ・廃棄布団の断熱板化実験
	カーペット関係	<ul style="list-style-type: none"> ・「カーペット等廃棄リサイクル研究会」での検討 ・使用済みタイルカーペットからの塩ビ回収・再商品化実験 ・タイルカーペットの繊維屑の合板化研究 ・タイルカーペットの高炉原料化実験 ・欧米カーペトリサイクル動向調査
	毛布関係	<ul style="list-style-type: none"> ・「リサイクルが容易な毛布の商品開発Part-2」…アクリル100%マイヤー毛布の試作 ・アクリル100%製品の再溶解・紡糸・製品化における技術課題の検討 ・毛布リサイクルのその他の方法の調査(RDF化、活性炭化)
	法規制問題関係	<ul style="list-style-type: none"> ・繊維製品のリサイクル化推進における法規制などの問題の並びにその対応の検討

注：日本カーペット工業組合、日本インテリアファブリック協会、日本室内装飾事業協同組合および日本化学繊維協会の4団体で構成

境負荷を総合的に考察するLCA的手法のもとに、環境に優しく、リサイクルが容易な製品設計が求められている。すなわち、“循環経済型社会”を目指した産業システムの再構築が行われようとしており、その中で“繊維製品リサイクル”の在り方を総合的に検討していく必要がある。

参考文献

1. 「合成繊維リサイクルの総合的検討」調査報告書1997年4月 日本化学繊維協会
2. 「合成繊維リサイクル推進WG」報告書1998年5月 日本化学繊維協会
3. 「PETボトルのリサイクルと繊維開発」藤岡、プラスチック成型加工学会第41回講演会