



ポリエチレンテレフタレートの資源循環型リサイクル

SAITOU Yasuhiko
齋藤安彦

帝人ファイバー(株)原料重合技術開発部 部長

世界的に石油枯渇の危機に直面し、経済的且つ環境的にも持続的な発展を目指した循環型社会形成の必要性が高まっている。特にわが国は資源輸入国であり、その必要性が高いことは明白である。本報は、繊維や工業用プラスチックなどの原料として広く用いられているポリエチレンテレフタレートについて、使用済みの廃ポリエステルを石油原料モノマーに戻すケミカルリサイクル技術に関する、最近の技術と新たな技術開発への取り組みについて紹介する。

1 はじめに

世界の石油資源の消費は、人口の多い発展途上国を中心に急成長を続けており、この爆発的な大量生産、大量消費および大量廃棄は、資源の枯渇、地球温暖化、化学物質環境汚染などをもたらしており、また森林の減少・砂漠化が進むなど生物体系への深刻な影響が、憂慮すべき事態として問題視されている。しかしながら、開発途上国を中心とした著しい経済成長は、かけがえのない地球環境破壊を加速し、資源の温存を一層深刻化するに至っており、製造業を中心に全ての企業に環境への認識の転換を求められる時代となった。近年、これらの問題に真剣に取り組む企業も多く、環境浄化技術の開発やバイオマスといった新たな資源の開発も盛んに行われるようになった。この流れは、近年注目されるようになってきた企業の社会的責任 (CSR: Corporate Social Responsibility) の議論と相まって、確実に加速していると考えられる。企業の CSR とは、商品の製造工程から使用後の最終処分までの全ての範囲を考慮し、社会と顧客にとって本当に価値のある商品を提供することであり、環境影響や資源枯渇にも配慮した商品の価値を追求することである。このことから、原料運搬から製造時のエネルギー負荷や廃棄物の抑制、廃棄燃焼時の有害性ガスの抑制、温暖化ガスの抑制、有毒化学物質の不使用、資源の循環型リサイクル (図 1) 等々が願望されている。

一例として、身近にある繊維の主力製品素材であるポリエチレンテレフタレート (PET) は、原料モノマーのテレフタル酸 (TPA) とエチレングリコール (EG) との重縮合反応で得られ、逆に解重合¹⁾ 反応により原料モノマーへ分解が可能である。即ち、容易に単分子レベルの出発原料に戻すことができ、ケミカルリサイクルが可能であるので、

従来のリサイクル (マテリアルリサイクル)

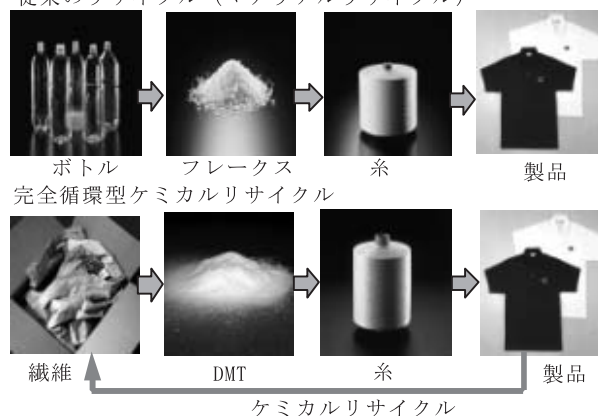


図 1 PET の完全循環型リサイクル例。

資源循環リサイクルのよき例として以下に述べる。

2 ケミカルリサイクル

PET の構成元素は、C, H, O のみのため、燃焼時に窒素酸化物等の有害ガスの発生もなく、かつ発熱量も過大でないため、燃焼炉を傷めない等の均整の取れた物性を有する、環境に優しいプラスチックと言えるが前述の資源温存・環境影響の改善に向けて、原料モノマーまでリサイクルする技術開発に取り組む企業も多い。図 2 は PET 合成並びに解重合のスキームを用いて PET 循環を示したものである²⁾。PET の合成は、TPA またはテレフタル酸ジメチル (DMT) と EG の反応により行われる³⁾。従来から PET のケミカルリサイクル技術として、世界の大手ポリエステルメーカーを中心に気相メタノリシス法などによる DMT 化、およびグリコリシス法などによるビスヒドロキシエチレンテレフタレート (BHET) 化などが企業化されてきた。つまり、① PET をアルカリ加水分解、酸析して TPA を得

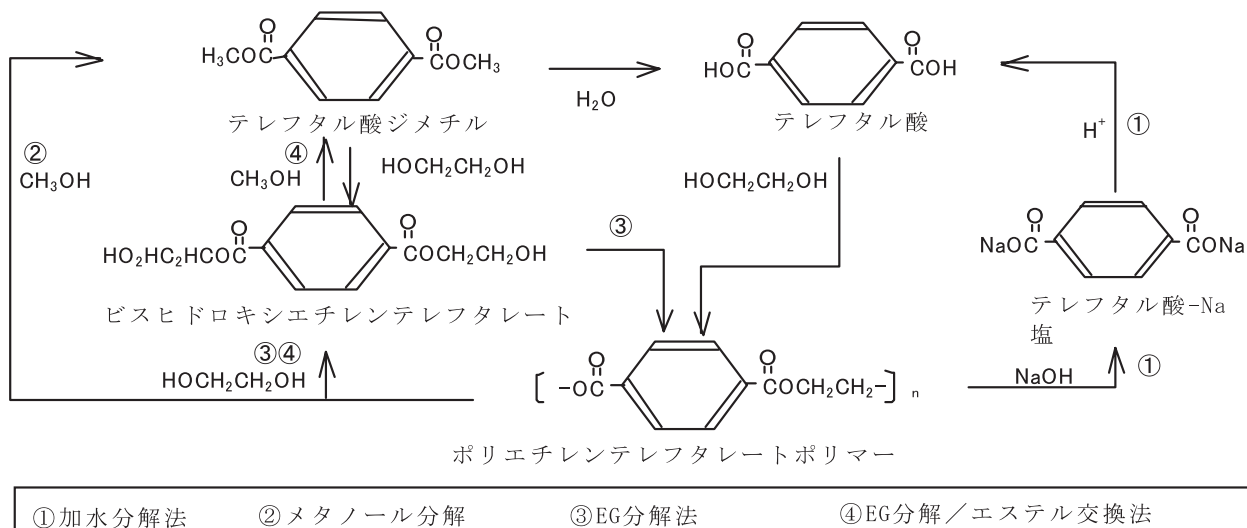


図2 PETの循環スキーム。

る方法(加水分解法), ②PETにメタノールを加えてDMTを得る方法(メタノール分解法), ③PETにEGを加えてBHETとして回収する方法(EG分解法), ④BHETにさらにメタノールを加えてDMTを得る方法(EG分解/エステル交換法)などが知られている。①の直接ポリマーを加水分解酸析してTPAを得る方法は, PET製品中の夾雑物を取り除きTPAをPET原料に供される品質まで精製することが困難であるため, 未だ研究段階にある。③のBHETで精製する方法は, プロセスステップが少なく, 環境負荷も小さい特徴があり, 操業化されている。製品品質をどこまでTPA由来のポリマーと同等領域に精製できるかがポイントである。これらの方法に対して, 品質的にTPA由来のポリマーにする方法として, DMTを経由する, ②並びに③→④のルートが商業化された。当該方法は, 共重合物, 他素材, 添加物, 加工材などのさまざまな夾雑物を精製工程で効率よく除去する技術が導入され, 本格的商業プラントが稼働している。他方で, 高度洗浄技術などの開発も進んできて, メカニカルリサイクルと称する循環方式も海外を中心に実用化が拡大しつつある。完全循環型リサイクルは, 使用済みのポリエステル製品を原料レベルに戻すことが必要であるが, この資源循環をさらに拡大していくためには, 品質並びに環境負荷を考慮した, 製品にあたりサイクル方法を選択することが普及を促進すると考える。

3 環境負荷低減の評価

地球環境負荷の低減について, 経済産業省から報告された繊維製品LCA⁴⁾(Life Cycle Assessment)調査報告書(2003年10月, 繊維製品3R推進会議)でその効果が公的に示された。即ち, グリコリス/メタノリスによる原料のDMTまでのケミカルリサイクルでは, 石油からDMTを生産する消費エネルギーに対しFeedstock energy⁵⁾を含んだエネルギー消費で84%削減, CO₂排出量を77%削減できる

ことが示された(表1)。

表1 循環型リサイクル法の環境負荷。

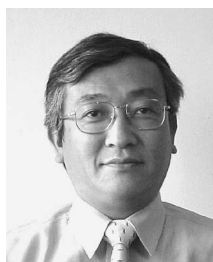
	石油から製造	循環型リサイクル
エネルギー使用量 (MJ/DMTトン)	72,422	11,962
CO ₂ 排出量 (トン/DMTトン)	4.183 (燃焼分2.013)	0.978

4 おわりに

多くの企業は, 近年資源循環型社会の形成に向けた取り組みを加速してきているが, マテリアルリサイクルとのコスト競争に苦慮しているのが実情である。また, 広く分散したポリエステル製品を如何に効率よく集めるかという共通の課題もある。さらに, 限りある資源を有効に使用するための物質循環の新たな技術の開発や, 物質循環しやすい商品造りは, 消費者・行政と協力して取り組む必要がある。

参考文献・注釈

- 1) 解重合: ポリマーの低分子化。
- 2) 長谷川英雄, 中尾卓生, モノマーへの解重合プロセス 1996, *PET*, 47, 37.
- 3) 湯木和男, 飽和ポリエステル樹脂ハンドブック, 日刊工業新聞社, 1989.
- 4) LCA: 製品の一生における環境負荷を記評価する手法。
- 5) Feedstock energy: 製品の原料部分のエネルギー, 工程エネルギーを加えて消費エネルギーとして評価する。



さいとう・やすひこ

筆者紹介 [経歴] 1984年東京工業大学大学院修士課程修了。[専門] 伝熱工学。[連絡先] 791-8536 愛媛県松山市西垣生町2345番地(勤務先)。