プラスチックリサイクルの現状と課題

西 谷 吉 憲*

Present State of Plastic Recycling in Japan

Yoshinori NISHIYA (Plastic Waste Management Institute SUMITOMOROKKOU BLDG., 1-4-1, Shinkawa Chuo-ku, Tokyo 104-0033, Japan)

To achieve sustainable future development in Japan, the most pressing issue is to withdraw from a mass production, mass consumption, mass waste economic system and to create a sound material-cycle society.

In order to create a sound material-cycle society, many recycling laws have been enforced in Japan. These include, for example, the Fundamental Law for Establishing a Sound Material-Cycle Society, Containers and Packaging Recycling Law, Home Appliance Recycling Law, End-of-Life Vehicle Recycling Law. Many kinds of plastic recycling technologies have developed for the smooth implementation of the Containers and Packaging Recycling Law.

This paper introduces the present state of plastic recycling, newly developed plastic recycling technologies, and a study on plastic waste treatment and disposal using the LCA technique known as Eco-efficiency Analysis.

Key Words : Material-cycle Society, Plastic Recycling Technology, LCA, Eco-efficiency Analysis

1. は じ め に

我われが将来に亘って、良好な環境と持続可能な経済成長を両立させていく為には、地球温暖化問題、枯渇性資源の節約及び廃棄物処分場のひっ迫等の環境問題をいかに克服していくかが最大の課題である。すでにわが国においては循環型社会を構築していくため、基本的な枠組みを定める循環型社会形成推進基本法、廃棄物の適正処理を強化するという目的で廃棄物処理法の一部改正、また3R(リデュース, リユース, リサイクル)を推進していくこととし、これまでのリサイクル法を改訂し資源有効利用促進法へと刷新、施行している。また、個別製品についてもそれぞれの特性に応じて、1995年容器包装リサイクル法(以下容リ法と略す)が制定・施行、その後順次、家電、建設資材、食品、家庭系、自動車リサイクル法がスタートしている。これらのなかで廃プラスチックが直接対象になっているのは容リ法であり、その分別収集量、再資源化量とも順調に拡大してきている。また、家電、建設資材、自動車リサイクル法なども廃プラスチックのリサイクルが重要な対象となっている。

このような動きの中で、特に容リ法は廃プラスチックのリサイクル技術開発を促進するのに大きな役割を果たした。中でもペットボトル以外のプラスチック製容器包装として大量に分別収集される廃プラスチックは多種類の樹脂

が混ざり、且つ食品付着等による汚れ、また異物が混入していることから、材料リサイクルに加え、ここ数年間鉄鋼、化学業界、社団法人プラスチック処理促進協会と関連業界等が中心となり積極的な技術開発を実施してきた結果、表1に示したように多くの手法が開発され、実用化されている。

また、容リ法については、2004年夏より、2005年末を目標に中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会および産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会において、施行(1995年12月の第一段階施行)後10年の見直しが行なわれ、2006年6月改正容リ法が制定され、施行されている。家電リサイクル法の見直し審議も最終段階にきている。

一方、廃プラスチックの処理・処分に関する最近の注目すべき動きとしては、2005年の廃棄物処理法の改正と2004年に出された東京都廃棄物審議会の答申がある。環

*社)プラスチック処理促進協会(〒104-0033 東京都中央区新川1-4-1住友六甲ビル7階)広報部長、昭和46年山形大学工学部化学工学科卒業、同年、三菱油化(株)(現、三菱化学株)入社。平成13年社)プラスチック処理促進協会へ出向。平成19年、社)プラスチック処理促進協会へ転籍、現在に至る。専門は、機能性ポリオレフィン、熱可塑性エラストマー、プラスチックリサイクル。

表1 プラスチックリサイクルの手法

分類	リサイクル手法
マテリアルリサイクル (材料リサイクル)	再生利用 *プラ原料化 *プラ製品化
	原料・モノマー化
ケミカルリサイクル	高炉還元剤
	コークス炉化学原料化
	ガス化・油化
サーマルリサイクル (エネルギー回収)	化学原料化
	燃料
	セメントキルン ごみ発電 RDF, RPF

境省は最終処分場のひっ迫していることと、ダイオキシン類などの有害物質の発生抑制が可能な焼却施設の導入が進み、性能や安全が確保されてきたことから、現在、自治体が独自の判断で「不燃ごみ」または「可燃ごみ」と、まちまちになっていた廃プラスチックの分別基準を、処理の適正化を図る為、「可燃ごみ」として統一し、収集・焼却処理していくことに変更した。これにより2005年5月、廃棄物処理法の基本方針は「廃プラスチックについては、まず発生抑制を、次に再生利用を推進するとした上で、なお残る物について、直接埋め立てを行わず、熱回収を行うのが適当である」と改正された。また、同様の動きとしては、2004年5月の東京都廃棄物審議会答申がある。その答申では、廃プラスチックを貴重な資源と捉え、「単一素材であるなど再資源化し易く、分別や異物除去が容易なものはマテリアルリサイクルを一層徹底すべき」とし、「他方、プラスチックの種類別に分別することが困難なものや、汚れが付着しているもの、アルミ蒸着等の複合素材などは、材料としてのリサイクルは難しい。資源の保全、環境への

負荷、経済性の面でマテリアルリサイクルに適さない場合には、サーマルリサイクルを行い、埋め立て処分量ゼロを目指すべき」としている。以上のように廃プラスチックの処理については、ようやくここに来て環境負荷(LCA(ライフサイクルアセスメント)評価)の面だけでなく、社会的・経済的な実効性や効率性の観点からより望ましい方向に向かって大きく動き出した。

2. プラスチック生産量とフロー

ここでプラスチック全体について概観する。2006年のプラスチックの生産量は全世界で約2億4500万トン(Plastics Europe のHP¹⁾)。日本国内では、プラスチック処理促進協会の2007年12月に公表された最新データ(2006年版「プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分状況」(図1、2)によると、国内消費量は約1,120万トンであった。廃プラの総排出量は1,005万トンで5年前の2001年比10万トンの減と大きな変化が無かったが、有効利用については、マテリアル、ケミカルリサイクルに加え固形燃料化、廃棄物発電、熱利用焼却などのサーマルリサイクルの合計で721万トン、対2001年比186万トンの増加となり、有効利用率は72%(対2001年比+19%)と着実に進展して来ている。

本稿では、以下最近のプラスチックリサイクルに関する技術開発・事業化動向とリサイクル手法のLCA的評価について文献他関連情報に基づき概説する。

3. リサイクル技術開発と事業化動向

3.1 マテリアルリサイクル(MR)

近年、企業のゼロエミッション化の努力もあり、産廃プラの排出量は年々減少傾向にある中、未解決で且つ今後問

図1 プラスチック製品・廃棄物・再資源化フロー図(2006年)

図2 プラスチックの生産と排出量の推移

1994年から算出方法を変更し、産業廃棄物に未使用の生産ロス量、加工ロス量を新たに計上し加算した。

出典：塩ビ工業・環境協会、塩化ビニル環境対策協議会編「塩ビと建設材料」

図3 ビニループシステム概念図

千葉工場・全景

図4 コベルコビニループイースト(株)プラント

題になってくることが予想される新しい個別プラスチック製品に対応した技術開発がなされてきている。また、家電、OA機器、自動車分野での分離・分別技術の高度化により水平リサイクル(含む同一製品へのリサイクル)やリサイクル原料の複合化、たとえばアロイ化、発泡剤、木粉、塩素トラップなどによる新用途への利用が提案されている。注目の技術としては、ベルギーの大手化学メーカーであるソルベイ社により、ポリ塩化ビニル(以下塩ビと略す)を含む廃棄物を対象に塩ビだけを分離回収と同時に、そのまま可塑剤、添加剤等を調整し、新品と同等の塩ビコンパウンドを得るという全く新しいマテリアルリサイクルが開発された。「ビニループ(VINYLOOP)」と名づけられたこの方法は、特殊な有機溶剤を使って、温度100～140℃、10～15分で廃棄物中の塩ビだけを溶解し、他の素材と分離し、再生する技術であり、どのような形状でも処理可能、とりわけ、他の素材と強力に接着していて分離できないような複合製品、具体的には、壁紙、床材、サッシ、電線、塩ビがコーティングされた紙、繊維製品等のリサイクルに有効とのことである²⁾。ソルベイ社は、2002年2月、処理量1万トンの設備を稼働している。日本においては、神鋼環境ソリューションとソルベイ社の合弁会社「コベルコ・ビニル

ープ・イースト」が千葉県富津市に処理能力2万6千トン／年(再生材：1万8千トン／年)の設備を建設、2006年4月より稼働している(図3、図4)。

また、個別プラスチック製品を対象にしたものでは、プラスチック処理促進協会が、オリエント測器コンピュータの協力を得てCD、DVDを対象にしたポリカーボネート樹脂(PC)のリサイクル技術を開発した。規格外等のCDを回収、まず記録データを高周波で破壊、次いで記録層を研磨はく離、得られたPC樹脂はアロイ材としてOA機器の筐体などへリサイクルしていくものである³⁾。また松下電器産業、ソニー、三菱電機、シャープでは家電製品リサイクルで発生するブラウン管式テレビの難燃剤入りプラスチックの液晶テレビキャビネットへの利用や混合プラの高度選別(乾式と湿式併用)により高純度のPP、PS、ABSを回収、エアコン、洗濯機、冷蔵庫への水平リサイクルを進めている。また、自動車リサイクルの現場でも、水平リサイクル技術の開発が盛んである。マツダ・サタケは、事故、修理で回収されたバンパーの光学選別技術を組み合わせた

塗膜除去技術を開発、塗膜除去率99.9 %の再生材を製造、新車のバンパー材として活用している。

一方建材の分野では、30数年前にヨーロッパで木材とプラスチックの複合材(Wood Plastic Composites)が商品化された。わが国に於いても1990年代初頭に導入、後半にかけ多くの製品が開発された。その後この技術は、循環型社会形成推進と相まって、資源の有効利用という観点から廃木材と再生プラスチックを原料として製品化されている。2006年環境JIS規格(JIS A 5741)も出来、ミサワホームのM-Wood2に代表される木材・プラスチック再生複合材(Wood Plastic Recycled Composites)はデッキ、テラス、ルーバー、ベンチなど屋外製品への利用で注目されている

(図5)。

3.2 ケミカルリサイクル(CR)

ケミカルリサイクルには、原料・モノマー化、油化、ガス化や製鉄所での高炉還元剤、コークス炉化学原料化など廃プラを工業原料として利用するもので、容り法に認められた手法になっている。現在、全国で多くのケミカルリサイクル施設が稼動している(図6)。

最近の動向としては、油化、ガス化では、燃料油、CO₂、H₂等これまでのリサイクル製品に対してより高品質かつ有用な製品(例えば、高品質燃料油、プロパン、BTXや低級オレフィンなどの石油化学原料)に関する技術開発が目立つ。たとえば、現在油化において得られた油はなお若干

写真提供: 木材・プラスチック再生複合材普及部会企業

図5 WPRCのさまざまな製品例と施工例(デッキ)

図6 大規模ケミカルリサイクル施設(容り法対象) (2007年)

の不純物があることから石油化学原料としては使えず発電燃料油として使われているが、歴世礦油、札幌プラスチックリサイクルとジャパンエナジーは廃プラスチックの分解油を2004年4月より初年度1500キロリットル規模で、水島製油所の商業装置においてナフサなどの石油製品にリサイクルする実証運転を開始した⁴⁾。その後は歴世礦油の油化事業からの撤退もあり規模を落としての稼動となっている。更に、分解油の高品質化に関するものとしては、北九州市立大学藤元教授により2006年5月に公表された油化技術(プラスチック処理促進協会が支援)がある。この技術は、プラスチック製容器包装廃棄物を対象に、石油精製工場から廃棄される流動接触分解触媒を活用することにより、燃料用ではなく石油化学原料となる成分を多量に含有する分解油を製造できるものである。従来の油化ではパラフィン分が多く生成するのに対し、本技術では軽質留分であるヘビーナフサ中に60%近くの芳香族成分を含有していることが報告されている。つまり石油化学原料としてきわめて価値の高い油といえる。今後スケールアップ検討が期待されている。

また、原料・モノマー化では、帝人ファイバー社とペトリバース社でスタートした廃PETボトルから再び飲料用ボトルにリサイクルするいわゆる“ボトルtoボトル”リサイクルも注目される技術である。2003年、帝人ファイバー社は使用済みPETボトルからEG分解/加メタノール分解法により、ジメチルテレフタレート回収、更に加水分解法によりテレフタル酸にする技術を開発、使用済み

PETボトル6万2000トンから5万トンの飲料用ボトル用樹脂を生産する設備を完成、稼動に入った。しかしながら、廃PETボトルの中国への輸出急増による原料不足からプラントが停止せざるを得ないなど新たな問題も発生してきている。

3.3 サーマルリサイクル(TR)

サーマルリサイクルでは、プラスチックを含んだごみ焼却時のエネルギー回収(熱利用・発電)、自治体でのごみ発電の進展や廃プラ専焼発電の実用化や小規模高効率廃棄物ガス変換発電技術開発の進展もあり大きく拡大してきている。ガス化溶融炉については一部の自治体、例えば、酒田市を中心に1市6町で構成された酒田地区クリーン組合は流動床式ガス化溶融炉、出力最大1990kWの蒸気タービン発電機及び蒸気利用、同様に秋田市の総合環境センターでは、シャフト炉式ガス化溶融炉を導入、最大出力8500kWの蒸気タービン発電機によりエネルギー回収を行なっている。いずれの自治体も家庭から排出される廃プラを可燃ごみとして回収、処理している。またリフューズペーパーアンドプラスチックフューエル(以下RPFと略す)などの固形燃料は、地球温暖化ガスの低減という観点から、とりわけ製紙業界を中心に需要は旺盛で2006年度に100万トン/年の大台を突破した⁵⁾。更にセメント業界での廃棄物の原燃料としての利用は長い歴史があり現在も盛んに行われているが、その中でRPFと同様に廃プラの確保は厳しい状況にある。一方廃プラ発電分野ではサニックスエナジー社が2002年、苫小牧で産業系廃プラだけを対象に処理

注) Recycling＝マテリアルリサイクル＋ケミカルリサイクル
Energy Recovery＝日本ではサーマルリサイクル

出展) Plastics Europe HP The Compelling Fact About Plastics p.15

図7 EU各国における廃プラスチックリサイクルの現状(2006年)
(埋め立てからの転換としてサーマルリサイクルが進展)

能力約20万トン／年，最大発電能力74,000 kW，発電効率最大27.1 %の循環流動層ボイラー方式を採用，2004年8月以降，本格的な営業運転に入っている．得られた電力の内85 %は地元の電力会社へ売電している⁶⁾．

4. 現状の課題とLCA分析

以上のように，廃プラのリサイクルは，近年著しい技術進歩があり，今後も更なる進歩が期待されるが，現在，わが国のプラスチックリサイクルにおいて三つの大きな課題がある．一つは容り法に基づくプラスチック製容器包装の分別収集，リサイクルが進む中でそれらに掛かる費用の増大，二つ目は環境先進国の多いヨーロッパ諸国でも埋め立てからの転換としてサーマルリサイクル(図7 欧州ではEnergy Recoveryと表記)が積極的に実施されているのにわが国ではまだまだ正当に評価されていないこと，および三つ目として廃プラの中国への輸出急増により国内リサイクル事業者の原料確保が困難になり経営を圧迫していることがある．リサイクル費用の増大については，入札においてマテリアルリサイクル手法が優先されていることやサーマルリサイクルがリサイクル手法として公平に扱われていないことも一因と考えられており，国の審議会でも議論がなされている．リサイクルにおいて新たな資源の投入は最小限にするとともに，環境への負荷もできる限り低減することが重要であることから，手法の選定にあたっては対象となる使用済みプラスチックの状況に対応して，環境負荷を抑え，且つ社会的なコストを低くすることが重要となってくる．

プラスチック処理促進協会は1991年，プラスチックとリサイクルに関するLCI(ライフサイクルインベントリ)と

LCAの検討にいち早く着手した．1999年には「石油化学製品のLCIデータ調査報告書」と「樹脂加工におけるインベントリデータ調査報告書」で一連の汎用樹脂から樹脂の加工までを含めた汎用樹脂製品のLCIデータを公表している．これらのデータをベースに2001年から2003年にかけて廃プラスチックのリサイクル，処理手法についての環境負荷評価実施，その後，これに経済的な概念と社会的な重み付け係数を導入し，環境負荷と経済性の二つの軸で評価するいわゆるエコ効率分析を試みている．以下，自治体により分別収集された容り法の“PETボトル以外のプラスチック製容器包装”を対象に実施した2006年9月の報告書⁷⁾の概要を紹介する．

検討するリサイクル手法は，①MRは再生樹脂の製造②CRは高炉原料化，コークス炉化学原料化およびガス化③TRは廃プラスチック発電，セメント原・燃料化およびRPFの七つとし，さらに参考ケースとして「リサイクルしないで埋め立て処分(LF)するケース」を製品バスケット法に基づいて検討した．検討の範囲としては自治体により分別収集した後，圧縮・梱包(パール化)されたものを開始点とし，リサイクル施設に輸送し，リサイクル製品になるまでとした．分析に当たっての主な前提としては，MRで得られた再生樹脂原料は新規樹脂に対して品質が同等でないことから，その品質の低下を新規樹脂の量比に置き換えて何%相当という“新規樹脂代替率”という換算指標を導入した．高炉原料化，コークス炉化学原料化およびセメント原・燃料化の代替物はエネルギー等価換算で石炭代替とし，TRについては発電効率20 %で得られた電気は公共電力代替とした．

手法間の比較のため製品バスケット法，つまり調査対象

表2 トータルアウトプットが等価となるように設計されたシステムユニット

システム ユニット	アウトプット						
MR	再生樹脂 (520kg)	石炭 (1045kg)	石炭 (1171kg)	新規合成ガス (2930kg)	公共電気 (1793kwh)	石炭 (1171kg)	石炭 (755kg)
FR1	新規樹脂 (156kg)	高炉原料 (754kg)	石炭 (1171kg)	新規合成ガス (2930kg)	公共電気 (1793kwh)	石炭 (1171kg)	石炭 (755kg)
FR2	新規樹脂 (156kg)	石炭 (1045kg)	コークス炉原料 (845kg)	新規合成ガス (2930kg)	公共電気 (1793kwh)	石炭 (1171kg)	石炭 (755kg)
FR3	新規樹脂 (156kg)	石炭 (1045kg)	石炭 (1171kg)	熱分解ガス (2930kg)	公共電気 (1793kwh)	石炭 (1171kg)	石炭 (755kg)
ER1	新規樹脂 (156kg)	石炭 (1045kg)	石炭 (1171kg)	新規合成ガス (2930kg)	電気 (1793kwh)	石炭 (1171kg)	石炭 (755kg)
ER2	新規樹脂 (156kg)	石炭 (1045kg)	石炭 (1171kg)	新規合成ガス (2930kg)	公共電気 (1793kwh)	セメント原料 (845kg)	石炭 (755kg)
ER3	新規樹脂 (156kg)	石炭 (1045kg)	石炭 (1171kg)	新規合成ガス (2930kg)	公共電気 (1793kwh)	石炭 (1171kg)	RPF (634kg)
LF	新規樹脂 (156kg)	石炭 (1045kg)	石炭 (1171kg)	新規合成ガス (2930kg)	公共電気 (1793kwh)	石炭 (1171kg)	石炭 (755kg)

■： 実際のアウトプット □： 実際のアウトプットと等価と考えられる想定等価物

の各「ユニット」ごとの産出製品(アウトプット)を同等としたうえで資源・エネルギー、環境負荷を評価する方法を用いた(表2)。本検討では、環境負荷を統合してひとつの指標に換算する。各環境影響項目の重み付けについては幾つかの海外の文献等を参考にして係数を決めた(表3)。経済的な負担については、その時点での公開情報及び容り法に基づく委託単価の数値を採用し、また容り法の実績のない手法についてはプロセス及び産業廃棄物情報等からの推

表3 環境負荷の重み付け係数

消費量	資源	25%	—	—
	エネルギー	25%	—	—
環境への排出	エア中への排出	35%	CO ₂	83%
			SO _x + NO _x	17%
	土壌中への排出	15%	—	—

Fraunhofer Institute 資料, APME エコ効率分析, BASF 資料を参照し, プラスチック処理促進協会環境影響評価WGにて設計した。

図8 リサイクル手法のエコ効率分析結果
 対象: 容り法「プラスチック製容器包装」
 前提: MRによる再生樹脂の新規樹脂代替率30%で廃プラ発電効率20%のケース

定値を用いた。資源・エネルギー消費、環境負荷の各項目については、統合化するために日本全体の量で除したものに重み付け係数を掛けた無次元数(指標)により評価している。

報告書では、様々な角度から検討された結果が記載されているが、本稿では紙幅の関係上、MR収率が56%, 新規樹脂代替率が30%の例を示す(図8)。縦軸は各ユニットの環境負荷に関する統合化指標のうち最も大きな値を100として相対的な数値(割合)で示す。同じく横軸の経済性指標の最も大きな値を100として各ユニットの経済的負担を相対的に示している。

結論としては、エコ効率の観点からガス化、セメント原・燃料化および廃プラ発電およびRPFが最も有利な位置にあり、高炉原料化、コークス炉化学原料化は、環境の側面では良好であるものの経済的負担は相対的に大きい。MRとLFは、環境負荷と経済的負担の位置づけは全く逆であるが、対角線に対する距離がほぼ同じであることから、エコ効率的に両者は同程度の位置付けと見なされる。

同様の検討は、2006年(財)日本容器包装リサイクル協会にプラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等検討委員会(委員長: 神戸大学石川雅紀教授, プラスチック処理促進協会は事務局として協力)が設置され、現状行われている具体的なリサイクル製品について定量的な環境負荷評価を実施、2007年9月にその結果が公表されている⁸⁾。図9、10はエネルギー資源削減効果とCO₂削減効果観点からの評価結果である。検討委員会では「マテリアルリサイクル手法が特段優れているとは言えない」との結果が示された。

5. お わ り に

以上のように、廃プラスチックのリサイクル・有効利用の手法は、プラスチックの特性を活かし、近年著しい技術

エネルギー資源削減効果

図9 「プラスチック製容器包装再商品化に関する環境負荷等検討委員会」の検討結果①

図10 「プラスチック製容器包装再商品化に関する環境負荷等検討委員会」の検討結果②

表4 日本における廃プラスチック処理の将来予測

廃プラスチック(約1000万トン)の内訳			処理方法	該当リサイクル法
一般廃棄物系	分別収集廃プラスチック 100万トン	単一素材 廃プラスチック	マテリアルリサイクル	容器包装リサイクル法
		汚れ・混合素材 廃プラスチック	ケミカルリサイクル／ サーマルリサイクル	
産業廃棄物系	非分別廃棄物 400万トン		可燃ごみとして、家庭ごみと一緒に発電／熱回収 焼却（ガス化溶融炉）〔高炉還元剤、セメントキ ルン、RPFは、ハロゲン含有率が低いものは処理 可能〕	
	汚れ・混合素材廃プラスチック 300万トン			
	単一素材廃プラスチック 150万トン		マテリアルリサイクル	
	家電／自動車／建設リ サイクル法による回収 50万トン	単一素材 廃プラスチック	マテリアルリサイクル	家電／自動車／建設リ サイクル法
汚れ・混合素材 廃プラスチック		ケミカルリサイクル／ サーマルリサイクル		

進歩があり、今後も更なる進歩が期待されるが、併せてその手法、システムの客観的且つ合理的な適正評価法開発の重要性が増してきている。この中にあって、今後とも廃プラスチックのリサイクルも環境負荷及び社会的負担の低減という本来の目的に沿ってより良い方向に進むことが望まれている。最後に私見ではあるが将来的には一般廃棄物、産業廃棄物は表4の割合で汚れの少なく単一で回収される廃プラスチックはマテリアルリサイクル、混合もしくは汚れのひどい廃プラスチックはケミカルリサイクルやサーマルリサイクルで処理される方向に向かうものと考える。

References

1) Plastics Europe Home Page : “The Compelling Fact About Plastics”, pdf file downloadable from <http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp?PageID=957>, P.8 (2008)
2) Enka Vinyl Kankyo Taisaku Kyogikai: *PVC news*, **59**, 9 (2006)
3) Plastics Shori Sokushin Kyokai : “CD Seihin kara Plastics-zai wo Saiseisuru Gijutsu Kaihatsu Houkokusho”, Plastics Shori Sokushin Kyokai, Tokyo (2005)
4) http://www.j-energy.co.jp/cp/release/2003/200440128_1.php

5) <http://www.jrpf.gr.jp/rpf-6.html>
6) http://www.pwmi.or.jp/public/hotnews_spatial.html
7) Plastics Shori Sokushin Kyokai : “Plastics-sei Youki Housou no Shori ni Kansuru Eco Kouritsu Bunseki Houkokusho”, Plastics Shori Sokushin Kyokai, Tokyo (2006)
8) Nippon Youki Housou Recycle Kyokai, Plastics-sei Youki Housou Sai-shouhinka Shuhou ni Kansuru Kankyo Fuka tou Kentou linkai : “Plastics-sei Youki Housou Sai-shouhinka Shuhou ni Kansuru Kankyo Fuka tou no Kentou”, Nippon Youki Housou Recycle Kyokai, Tokyo (2007)

日本語表記参考文献

2) 塩化ビニル環境対策協議会発行 *PVC news*, **59**, 9, (2006)
3) プラスチック処理促進協会：CD製品からプラスチック材を再生する技術開発報告書，プラスチック処理促進協会，東京(2005)
7) プラスチック処理促進協会：プラスチック製容器包装の処理に関するエコ効率分析報告書，プラスチック処理促進協会，東京(2006)
8) 日本容器包装リサイクル協会プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等検討委員会：プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討，日本容器包装リサイクル協会，東京(2007)