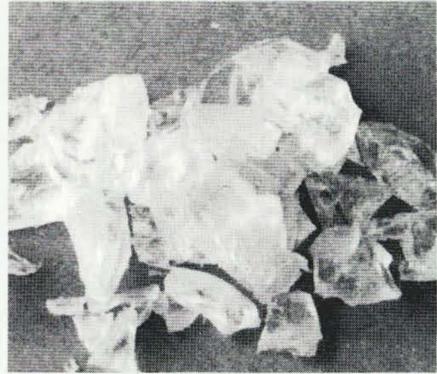
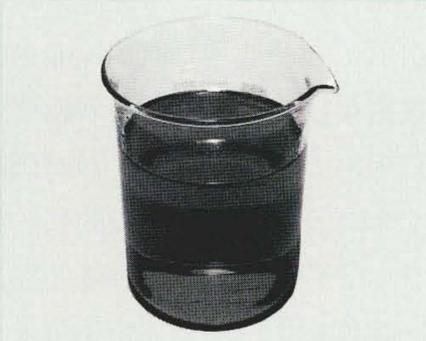


# 廃プラスチック処理技術

## Reprocessing Technology of Waste Plastics

宇野信明 Nobuaki Uno 落合恒男 Tsuneo Ochiai  
 菰田成一 Seiichi Komoda 本地章夫 Akio Honji

	(a) 乾式前処理・造粒	(b) 還流式熱分解技術による油化处理	(c) 超・亜臨界水による油化・モノマー化处理
処理前	 <p>一般廃プラスチック</p>	 <p>産業系廃プラスチック</p>	 <p>エポキシ樹脂</p>
処理後	 <p>アグロメレート</p>	 <p>ディーゼル発電機用燃料</p>	 <p>モノマーを含む油</p>

### プラスチックリサイクル技術

日立グループは、資源の有効利用に貢献するため、廃プラスチックの排出形態や性状に適したリサイクル技術の開発に取り組んでいる。

一般廃棄物や産業廃棄物として排出されるプラスチックは、それぞれ年間約400万tにも達している。埋立地の逼(ひっ)迫や資源の有効利用の観点から、この廃プラスチックのリサイクル技術の開発・実用化が急務となっている。廃プラスチックは、排出源や収集の方法によって形態や異物混合など性状が大きく変化するため、おのこの廃プラスチックの性状に適したリサイクル方式を開発、適用する必要がある。

一般廃プラスチックは材質や形状が種々雑多であり、異物の混入も多く、分離・選別といった前処理が必要である。そこで日立グループは、乾式前処理・造粒技術を適用し、異物やPVC(ポリ塩化ビニール)を取り除き、還元剤などとして使いやすい「アグロメレート」と呼ばれ

る粒状物を製造する設備の開発に取り組んでいる。

一方、産業廃プラスチックは、種類や組成が把握しやすく、素材ごとの分別回収が比較的容易であるという利点がある。このことから、より高度なリサイクルシステムとして廃プラスチックをディーゼルエンジン燃料として使用できる油に還元し、これを用いてディーゼル発電までを行う油化発電一貫システムの製品化に取り組んでいる。

また、将来技術として、廃プラスチックをその原料であるモノマーにまで転換し、これを使って再びプラスチックを製造するというケミカルリサイクルがある。日立グループは、超・亜臨界水を利用した廃プラスチックのケミカルリサイクルシステムの開発も推進している。

## 1 はじめに

廃プラスチックは、これまで焼却や埋め立てによって処分されてきた。しかし、焼却する場合の設備への影響、埋め立てに使用する最終処分場の逼(ひっ)迫、さらに「容器包装リサイクル法(容器包装に係る分別収集及び再商品化促進等に係る法律)」による廃プラスチックの回収義務などにより、そのリサイクルが緊急の課題となっている。このため、日立製作所は、わが国よりも6年先行していると言われているドイツの一般廃プラスチック処理技術を導入した。

ここでは、一般廃プラスチックだけでなく、産業系廃プラスチックも含めて、日立グループが取り組んでいる、廃プラスチックのリサイクル処理技術について述べる。

## 2 乾式前処理・造粒による廃プラスチックリサイクル

日立製作所は、一般廃棄物としての容器包装プラスチックのリサイクルシステムを構築するため、1997年8月にドイツのDSD(Duals System Deutschland)社と技術提携を行った。そのねらいは、ドイツで実績豊富なDSD社の乾式前処理・造粒技術<sup>1)</sup>を導入することにあつた。この乾式前処理・造粒技術は、種々雑多な混合廃プラスチックを処理する技術であり、一般廃プラスチックの処理に好適な技術である。乾式前処理は、洗浄・乾燥設備や汚水処理設備が不要であり、湿式と比較して、設備投資が少なく、かつエネルギー消費も小さいので、経済的に有利である。

次に乾式前処理・造粒の処理フローの概要について述べる。処理しやすいように、廃プラスチックを適切なサイズに破碎したあと、磁力選別機、風力選別機、ふるい機などを用いて、金属片、ガラス片、土砂、食料有機物残渣(さ)などの混入異物を除去して、プラスチック純度を上げる。そして、廃プラスチック中の塩素濃度を低減するために、PVC(ポリ塩化ビニール)を除去する。最後に、廃プラスチックを、固定ディスクや回転ディスクから成る造粒機で、摩擦熱を利用した軟化・造粒処理を行うことにより、かさ密度を高めたあと、適切なサイズに粉碎する。

造粒時で廃プラスチックの湿分が大きすぎると、摩擦熱は廃プラスチックの温度上昇にではなく乾燥に費やされ、廃プラスチックの軟化・造粒は達成できない。しかし、ある程度の湿分に抑えられた廃プラスチックであれ

表1 アグロメライトの主要仕様

高炉還元剤などとしてリサイクルに供される、廃プラスチックの中間商品であるアグロメライトの主要仕様を示す。

項 目	仕 様
粒 径	10 mm以下
湿 分	1.0 wt.%以下
かさ重量	0.3 kg/L以上
塩素濃度	2.0 wt.%以下
不燃物(灰分)	4.5 wt.%以下
金属含有率	1.0 wt.%以下
プラスチック含有率	90 wt.%以上

ば、破碎・造粒時の摩擦熱や、風力選別機での送風などにより、大部分の湿分が除去されるので、特別な乾燥設備を設ける必要はない。逆に、造粒時にプラスチックの温度が高くなりすぎると、熔融プラスチックの機器への付着という不具合が発生する。それを避けるため、造粒機を水冷却し、適正な温度制御を行う。

乾式前処理・造粒プラントで生産される「アグロメライト」と呼ばれる中間商品の主要仕様を表1に示す。アグロメライトは搬送性の良いプラスチック粒であり、高炉還元剤、セメントキルン原燃料などとして、そのまま再利用することができる。

わが国の全廃棄物プラスチック中のPVCの割合は、一般的に約10%と多い。そのため、高炉還元剤として望まれる2%以下の塩素濃度を達成するには、PVC除去工程が不可欠であり、現在、適切な除去技術を開発中である。PVCの除去方法としては、(1)比重差を利用する方法、(2)摩擦静電気の差を利用する方法、(3)破碎前に光学的手段でPVCを識別除去する方法などがある。また、湿式でのPVC除去方法もあり、例えば hidroサイクロン技術<sup>2)</sup>を用いれば、プラスチックの比重差を利用して、99.9%以上の高純度での分別・回収が可能である。

今後、プラントでの実証試験を通じて、適切な乾式前処理・造粒技術を確立し、廃プラスチックの収集先自治体や中間商品の利用先企業と連携したリサイクルシステムの構築に向けて、乾式前処理・造粒プラントを実用化していく計画である。

## 3 廃プラスチック油化発電システム

廃プラスチックの有効活用の一つとして、油化処理で回収した油を燃料に利用する種々の油化処理技術の開発が進められている。この回収油をディーゼルエンジン用燃料として利用することにより、油化・発電一貫の効果的活用が可能となる。しかし、ディーゼルエンジン用燃

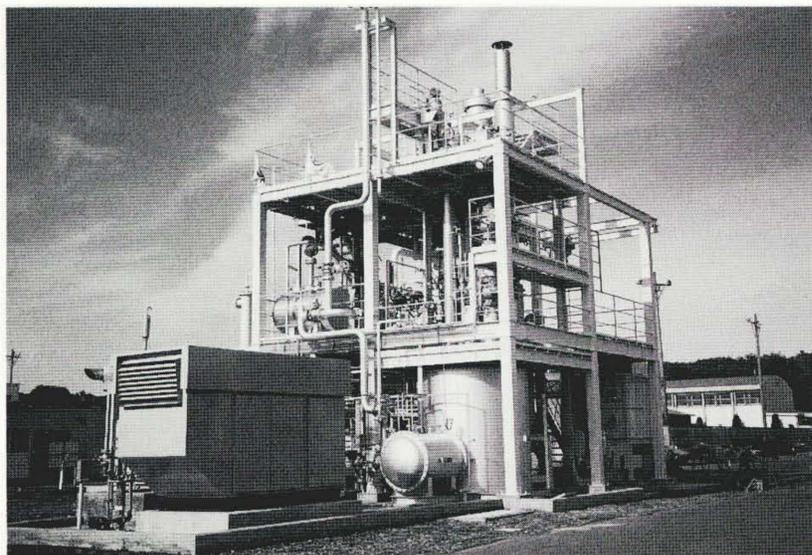


図1 廃プラスチック油化発電実証設備  
株式会社日立エンジニアリングサービスの工場内に設置した実証設備を示す。

料として利用するには、着火性、潤滑性、エンジン部材腐食などに課題があった。

日立製作所は1992年から基礎研究に着手し、1996年に廃プラスチック処理量が30 kg/hの試験設備を設置し、ディーゼルエンジン用燃料に適した油化処理の確認・試験を実施してきた。この成果<sup>3)</sup>により、財団法人クリーン・ジャパン・センターの平成9年度実証実験事業として、廃プラスチック処理量が200 kg/hの実用実証設備の建設を担当し、株式会社日立エンジニアリングサービスが1998年4月から約2年間の計画で実証運転を行っている(図1参照)。

このシステムは、産業系廃プラスチックを熱分解して生じた分解ガスを凝縮し、重質分だけを還流させることにより、回収油をディーゼルエンジン用燃料に適した性状(セタン指数、動粘度など)に調整することができる。さらに、ディーゼルエンジンも回収油に合わせて改造し、油化処理から直接にディーゼル発電までを行う油化発電一貫設備とした。なお、回収油の一部は熱分解時の燃料としても利用できる(図2参照)。

また、アルカリと吸着材の併用によって塩素分を除去し、回収油への塩素混入を防止している。30 kg/hの試験設備で回収した回収油を使用して、ディーゼルエンジンの出力、排ガスの確認を行ったが、この回収油はディーゼル用燃料として良好であるという結果を得ている。

さらに、油化処理後に発生する残渣量が多い熱硬化性樹脂と、熱可塑性樹脂を最適な割合で混合して油化処理することにより、熱硬化性樹脂の残渣発生量を低減することができるという特徴も持っている。

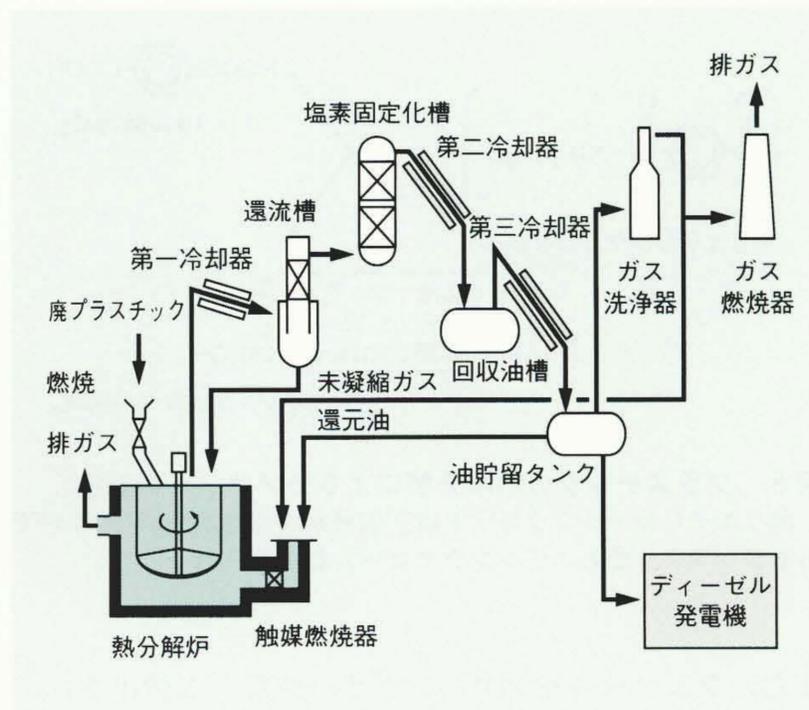


図2 廃プラスチック油化発電システムのフロー図  
廃プラスチックを油化処理した回収油を、ディーゼル発電用燃料として利用する。

#### 4 超・亜臨界水を利用した廃プラスチック処理

水は、374℃、22 MPaの臨界点以上で超臨界状態となる。これを「超臨界水」と呼ぶ。また、これに近い状態を「亜臨界水」と呼んでいる。超臨界水は、比重や熱伝導率などの物性値が液体と気体の中間的な値を示す流体である。有機物を溶かす性質を表す尺度である比誘電率は、液体の水が78.54(25℃)であるのに対し、超臨界水では10以下であり、これは強力な有機溶剤である四塩化炭素に匹敵する数値である。したがって、超臨界水は、水でありながら有機物を非常によく溶かす溶媒となるため、これを用いた廃有機物処理の研究開発を行っている。

廃プラスチックのリサイクルについては、前述したように、熱エネルギーや燃料として回収する方法がある。しかし、廃プラスチックを再びその原料に変換して、これを用いて新たなプラスチックを製造することができれば、環境に負荷を与えないリサイクルシステムとなる。有機物の中でも分解しにくく、処理が困難な難分解性プラスチックを、その原料であるモノマーに変換するため、超臨界水を溶媒として利用した廃プラスチック処理技術を開発している。

プラスチックの一種であるエポキシ樹脂を超臨界水で処理した後の状態を25ページの図(c)に示す。超臨界水の処理によって加水分解され、固体であったプラスチックが液状となって水中に沈んでいる。生成物は、モノマーであるビスフェノールとその多量体が主成分であった。

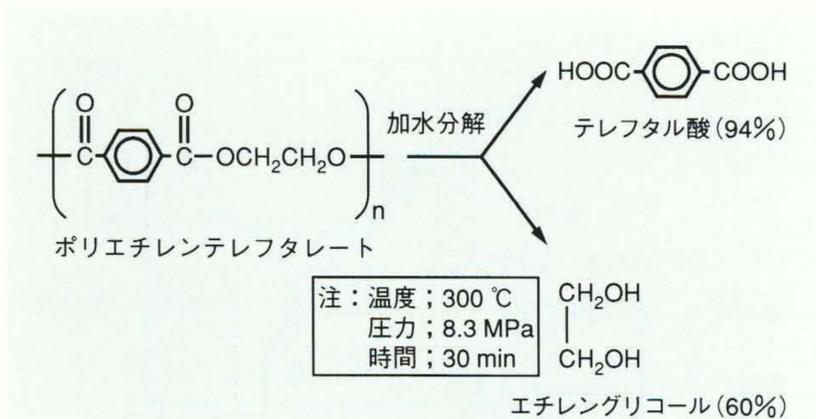


図3 プラスチックの加水分解によるモノマーへの転換

ポリエチレンテレフタレートは亜臨界水中で加水分解し、原料であるテレフタル酸とエチレングリコールに分解される。

また、フェノールやプロパンジオールなども検出され、さらに分解が進行していることがわかった。今後、処理条件の最適化を図ることにより、エポキシ樹脂からモノマーを回収するシステムを構築できるものとする。

プラスチックの加水分解によるモノマーへの転換を図3に示す。PET(ポリエチレンテレフタレート)は300 °C、8.3 MPaの亜臨界水中で加水分解され、PET合成の原料モノマーであるテレフタル酸とエチレングリコールに分解される。テレフタル酸への転換率は94%と高いが、エチレングリコールはさらに分解が進むために転換率が60%と低い。エチレングリコールへの転換率の向上が今後の課題である。

なお超臨界水を利用した、プラスチックのモノマー、油、ガスなどの有価物への変換技術については、財団法人 化学技術戦略推進機構(JCII)が、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)から受託した「超臨界流体利用技術先導研究開発」に参加して、研究開発を推進している。

## 5 おわりに

ここでは、廃プラスチックの処理技術について述べた。廃プラスチックの処理では、収集方法から処理、再利

用方法まで含めた総合社会システムとしての整備と最適化が重要である。どのような社会システムにすべきかも含めて調査研究中である。

今後、日立製作所は、法整備の動向も見据えながら、個々の廃プラスチック処理技術の蓄積・拡充を図ることにより、適正な総合社会システム構築に向けての廃プラスチック処理技術製品を提案していく考えである。

## 参考文献

- 1) DSD: Process and Apparatus for Processing Mixed Plastics(ドイツ特許公報), PCT/DE95/01869(1995)
- 2) 小林: プラスチック分別装置, 産業機械, No.562, 7月号, 2~4(1997)
- 3) 金子: 産業系廃プラスチックの熱分解油化, 第8回廃棄物学会研究発表会講演論文集(1997-10)

## 執筆者紹介



### 宇野信明

1973年日立製作所入社, 日立工場 環境・エネルギー技術開発センター 所属  
 現在, 廃プラスチック処理システムの開発設計に従事  
 E-mail: n\_uno@cm.hitachi.hitachi.co.jp



### 菰田成一

1980年日立製作所入社, 日立工場 環境・エネルギー技術開発センター 所属  
 現在, 廃プラスチック処理システムの開発設計に従事  
 工学博士  
 E-mail: komoda@cm.hitachi.hitachi.co.jp



### 落合恒男

1971年日立製作所入社, 日立工場 環境・エネルギー技術開発センター 所属  
 現在, 環境・エネルギーシステム関連の製品開発・設計に従事



### 本地章夫

1980年日立製作所入社, 日立研究所 エネルギー・環境研究部 所属  
 現在, 超臨界水を利用した廃棄物処理の研究開発に従事  
 工学博士  
 日本化学会会員, 電気化学会会員, 触媒学会会員  
 E-mail: honji@hrl.hitachi.co.jp