

# 複合プラスチックの化学分離による水平リサイクル技術

友永文昭\*

## Recycling Technology of Plastics Composite By Chemical Separation Fumiaki Tomonaga

環境問題の高まりから、プラスチック廃材についてもリサイクルが進みつつある。しかし、自動車部品の内装材やバンパー等のポリオレフィン系材料にポリエチレンテレフタレート (PET) フェルトやウレタンフォームを融着した材料や塗装品のような複合材料は殆どマテリアルリサイクルされていない。

そこで、ポリオレフィン系以外の成分を化学的に分解除去する方法を検討した。その結果アルカリ濃度を10%以上にするによりポリプロピレン (PP) が溶融しない 160℃以下の温度で完全分解でき、基材の PP には全く影響が無いことがわかった。また、同様な条件でウレタン樹脂やアクリルウレタン系の塗膜も分解除去することが可能となった。また、基材が ABS 樹脂のように融点が 150℃以下で反応中に溶融する場合も、投入量の調整や攪拌することで粒子同士の融着を防止することが可能であり、塗膜を完全に剥離することが可能になった。

これらの技術を基に、自動車部品工場からの複合プラスチック廃材から基材プラスチックのみを元の用途に戻す水平リサイクル技術を事業化することができた。

### 1. 緒 言

近年プラスチックのリサイクルが進みつつあるが、元の材料にリサイクルされるのは工場内での成形廃材等単一組成のものに限定されている。そのため、自動車部品における内装材やバンパーのような、ポリオレフィン系材料に PET 樹脂のフェルトやウレタンフォーム、塗装等の異種材料が固着している複合材料については物理的に分離するのが困難なため主としてエネルギーリカバリー (燃料化) されているのが現状である。

また、化学リサイクル法は熱分解以外では主として加水分解などによりモノマー化が可能な PET や PA 樹脂等の縮重合系樹脂に利用されている<sup>1)2)</sup>。

本研究では、汎用樹脂には影響を及ぼすことなく異種材料のみを化学リサイクル法を利用して完全分離することにより、主成分の汎用樹脂を元の材料として使用可能な、高付加価値材料として水平リサイクルする方法を開発したので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2・1 各樹脂の反応性

内容量 22ml のテフロン容器に所定量の樹脂と反応液 15ml を入れて蓋をし、ステンレス製ホルダーに入れ (図 1) , 所定温度にした恒温乾燥機中で加熱した。反応後内容物を取り出し、残部樹脂重量を測定、PET 樹脂の場合は溶液中のテレフタル酸の量も測定した。



図 1 反応容器

#### 2・2 複合樹脂の化学分離

実際に排出された PP-PET 複合材料や塗装部品の化学分離には耐圧硝子工業 (株) 製、内容量 1000ml の攪拌装置付きの高温圧力容器中 (図 2) で行った。試料は溶液より比重が小さく浮いて液と接触しない可能性があるため、攪拌を行うか、液面の下に金網を設置して試料が液中に留まるようにした。

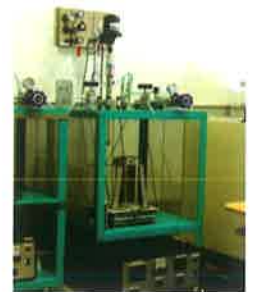


図 2 1000ml 反応容器

樹脂中に残る PET 樹脂の量は FT-IR で分析した。塗膜量は目視で確認した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3・1 各種樹脂の反応性

従来の分解技術ではポリエステルのアルカリ分解<sup>(1)</sup>やメタノール分解<sup>(2)</sup>、ポリアミドの加水分解等は 180℃以上の高温で行われている。今回は主成分のポリオレフィン系材料を回収するために、反応容器中で溶融して塊状になることを避けるため 150℃以下の条件で実施した。

試料 (ペレット) 1g に濃度 2N の酸性液、及び塩基性液 15ml 中での 150℃3h での反応性の結果を表 1 に示す。

この結果、ポリエステル系の樹脂はアルカリ触媒でのみ分解し、ポリアミド系樹脂は酸触媒でのみ分解すること及び多くの汎用プラスチックは全く反応しないため、化学分離が可能なのことがわかった。

#### 3・2 PET 樹脂の反応性

排出量の多い材料の一例として、図 3 の写真のような自動車内装材に使用されている PP 板に PET 樹脂のフェルトが融着した材料がある。そこで、PET 樹脂の分解特性についてペレットを使用して検討した。

\*企業支援部材料技術グループ

表 1 各樹脂の反応性

分解液: NaOH(2N)		分解液: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2N)	
試料	分解率	試料	分解率
PE	—	PE	—
PP	—	PP	—
ABS	0.7%	ABS	0.3%
PS	—	PS	—
PET	69.1%	PET	—
PBT	53.6%	PBT	—
PA6	—	PA6	98.8%
PA66	—	PA66	90.4%

反応液の濃度と処理量について検討した結果、図 4, 5 のようになった。

図 4 の結果からアルカリ溶液濃度は 3N 以上になると、ほぼ完全に分解することがわかった。



図 3 自動車内装材例

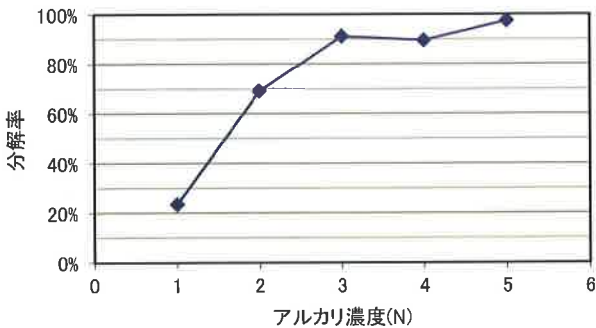


図 4 分解率のアルカリ濃度による効果

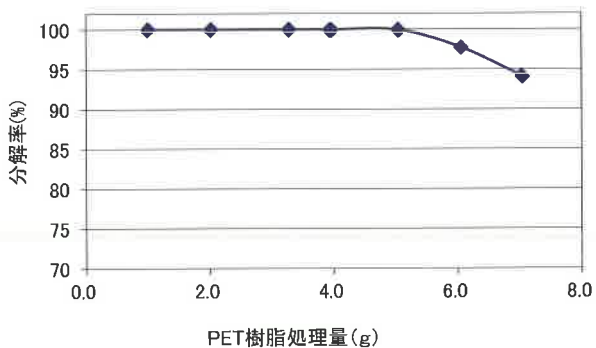


図 5 樹脂処理量と反応率

図 5 の結果からアルカリ濃度 5N で 150°C 3h 反応させると、15ml 中に含まれるアルカリ全量と等量の樹脂 (7.2g) に近い 7g でも 94%可溶化、5g (約 70%) までならほぼ全量分解することがわかった。

いずれの場合も、溶出液中からフタル酸は定量的に回収することができた。

### 3・3 実試料 (PET フェルト除去) への応用

図 3 に示した内装材の廃材を 12mmΦ のスクリーンを通して破砕した試料を使用した。条件及び残渣 PP 回収量は表 2 のとおり。原料と分解後の試料を図 6 に示す。

表 2 内装材のフェルト分解条件

分解液 (NaOH 溶液)	濃度	量
	3N(12%)	600ml
分解条件	温度	時間
	150°C	2h
試料採取量	150 g(12mmΦ破砕)	
PP 回収量	140.6 g	

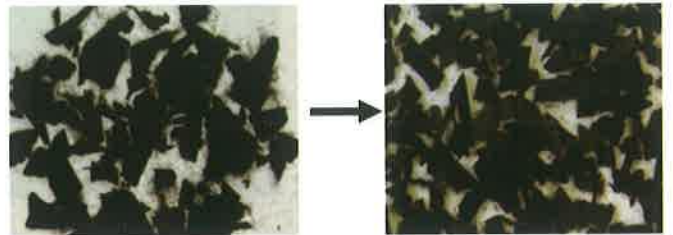


図 6 処理前後の PET フェルト融着 PP

図 6 に示したとおり、原料に付着していたフェルトは完全に分解除去された。また、予備実験で使用したペレットと比較してフェルトは表面積が大きいいため、攪拌の有無に関わらず速やかに分解した。

処理前後の試料の IR チャートを図 7, 8 に示す。未処理のものでは PET 樹脂の吸収 (矢印部) があるが、処理後の試料では消失しており、付着している PET フェルトは完全に除去できていることが確認された。

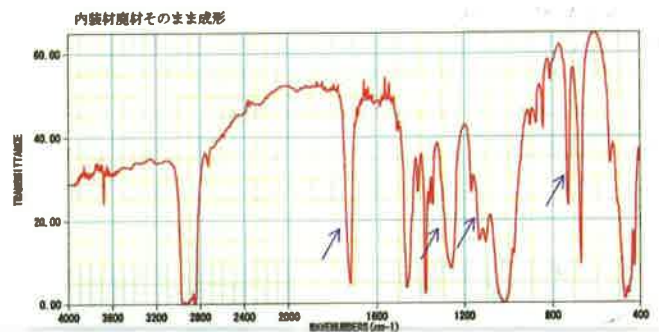


図 7 原料の IR チャート

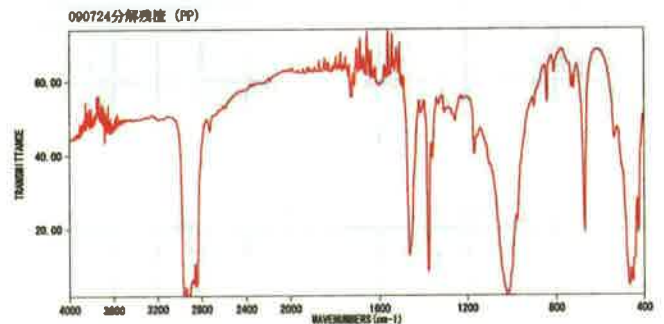


図 8 処理後の IR チャート

### 3・4 ウレタンフォーム除去への応用

ウレタンフォームが裏打ちされた材料について、表 3 の条件で処理した。その結果、図 9 に示したように、ウレタン樹脂が完全に分解し除去できた。

表 3 内装材のウレタンフォーム分解条件

		濃度	量
分解液 (NaOH 溶液)		5N(20%)	500ml
分解条件	温度	(圧力)	時間
	155℃	3.4atm	15min
試料採取量	210.0	g(12mmΦ破碎)	
PP 回収量	204.8	g	



図 9 処理前後のウレタンフォーム裏打ち材

### 3・5 塗膜除去への応用

PP 製バンパーの塗膜除去に応用し、表 4 の条件で処理した結果を図 9 に示す。

表 4 PP 製バンパーの塗膜分解条件

		濃度	量
分解液 (NaOH 溶液)		15%	550ml
分解条件	温度	(圧力)	時間
	150℃	2.95atm	60min
試料重量	21.78	g (63cm <sup>2</sup> 平板)	
PP 回収量	21.27	g	

バンパー用に限らず自動車用プラスチック部品の塗膜はアクリルウレタン系が使用されているということで、アルカリ分解することは可能であるが、架橋しているため攪拌無しでは表面にゲル状になって付着したまま残存した。しかし、膨潤しているため軽く水洗することで除去可能であった。

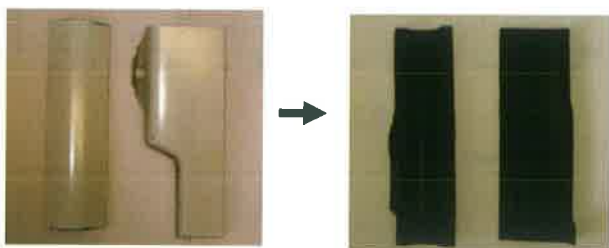


図 10 処理前後の塗装バンパー

また、図 11 に示すように破砕片にして反応中に攪拌することでも除去は可能であった。この方法で、メーカーや色の違う各種の塗膜除去を実施した結果、どの試料でも完全に除去することができた。

自動車用プラスチック部品には ABS 等の融点の低い樹脂

の塗装品も多い。軟化点が 130℃程度の ABS 樹脂を 150℃で処理した試験片を図 12 に示す。

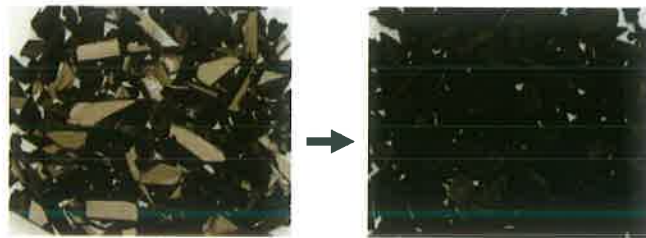


図 11 処理前後の ABS 樹脂塗装材料



図 12 処理前後の ABS 樹脂塗装材料

このように、粒子が融着し塊状になり、塗膜も部分的に残存していた。また、融点以下の温度 (120℃) では 2 時間程度反応時間をかけても塗膜を完全に除去することはできなかった。

そこで、融着を防止するため試料の充填密度を下げ (200g/1L 容器) 攪拌を十分行うことにより、前記と同様 150℃での処理でも図 13 に示すように融着を起こさず、塗膜の完全除去が可能になった。さらに、軟化して表面の角が無くなり、リペレットが不要になるという効果があった。



## 4. 結論

複合プラスチックの分離を行うため 150℃以下で濃度を高めにした酸、アルカリ触媒を使用することにより、多種のプラスチックからポリエステル系樹脂のみ、あるいはポリアミド系樹脂のみを完全に分解除去することが可能となった。

ポリエステル系樹脂のみを分解する方法を PP-PET 複合材料の主成分の PP のリサイクルに応用した結果、水平リサイクル可能な材料を回収することができた。この方法は塗膜の除去にも応用可能であった。

基材が ABS 樹脂のように軟化点が低い場合には、試料の充填密度を下げ攪拌を十分行うことにより、軟化点より高い反応温度でも粒子の融着を防止し短時間で完全に塗膜を除去することが可能になった。

## 5. 参考文献

- 1) 奥 彬, 廃棄物学会誌 巻:13 号:2 91-98 (2002)
- 2) 佐古 猛, 工業材料 巻:44 号:9 119-123 (1996)