

## 家電・自動車リサイクル法での最終残渣プラスチックの マテリアルリサイクル

株式会社サイム 土田保雄  
近畿大学 産業理工学部 河津博文

### はじめに

いわゆる、家電リサイクル法、自動車リサイクル法では、リサイクルにかかる費用の一部を消費者が負担している。一方で、メーカーはそれら（家電では指定5品目、自動車ではエアバック、フロン類、ASRなど一部）のリサイクルを責任もって行うことになっており、目標値が法律で決まっている。もちろん、各メーカーはこの目標値をクリアしているが、プラスチックに関しては、その原料のほとんどが枯渇性資源の石油であり、二酸化炭素排出量削減の観点からより一層のリサイクルが求められており、部品取外し回収だけでない、最終的に発生する残渣であるシュレッダーダストからのリサイクルまで考えられている。我々は、この5年近く、廃家電のシュレッダーダストからプラスチック片を事業規模の処理量（毎月200～400トン）で、高純度で選別回収している。その純度・品質は、コンパウンド工程を経て、元の家電製品の部品の原料として供給できるレベルにあり、マテリアルリサイクルを一步進めたクローズドリサイクル可能なものとなっている。ここでは、我々のプラスチック選別回収技術を紹介すると共に、最近始めた使用済自動車破碎残渣、いわゆるASR (Automobile Shredder Residue) からのプラスチックのマテリアルリサイクルの取り組みについても報告する。

### 1. ラマン分光法によるプラスチック識別

クローズドリサイクルできる純度で大量の廃プラスチックを選別回収するには、基本の選別処理といえる比重差選別の精度を上げるのはもちろん、それに加えて分光分析による光学式選別を組み合わせる必要がある。分光測定では、プラスチックを構成する分子の構造が同定でき、非常に高い精度で決定的な判定が可能となる。分光分析法には、研究室では全反射吸収を利用したフーリエ変換赤外分光 (FT-IR) が使われ、産業用途では、近年、検出素子性能の向上が著しい近赤外分光 (NIR) があるが、これらに対して我々は、測定の精度と速度を兼ね備え、非接触のオンライン測定に適したものとしてラマン分光に着目した。

プラスチック識別におけるラマン分光は次のような特長を持つ。

- (1) ラマン分光は、赤外や近赤外の吸収分光法に比べ、シャープなピークを与え、高速（短時間）での測定においても容易に判定可能な高いSN比のスペクトルを得ることができる。
- (2) ラマン信号強度は、励起光強度に比例するため高出力レーザーを光源とすることで、SN比の高い信号を得ることができる。さらに、可視光近くの励起波長を用いるため、赤外検出器に比べ高感度なCCD検出器を使うことができる。
- (3) 散乱現象であるラマン分光は、吸収法と異なり参照信号を必要としない。

(4) 赤外吸収分光に比べ、大気中や試料表面の水の影響を受けにくい。  
 一方で、これまでラマン分光は、その信号強度の弱さが強調され、高価で大型の装置による特殊な研究用途に限られていた経緯がある。しかし、近年、光通信周辺技術として半導体レーザーや光学フィルタの性能が飛躍的に向上し、それらのコストダウンが進み、ポータブルラマン分光器が市販されるまでになった。そこで、我々はプラスチック識別に特化したラマン分光器を開発した。図1は、その性能の一端を示す測定結果である。高速ベルトコンベア（毎分 100 m）上で移動する3種類のプラスチック片を積算時間 3 ms で測定したときのラマンスペクトルである。特定のピークの有無からプラスチックが識別できることがわかる[1]。

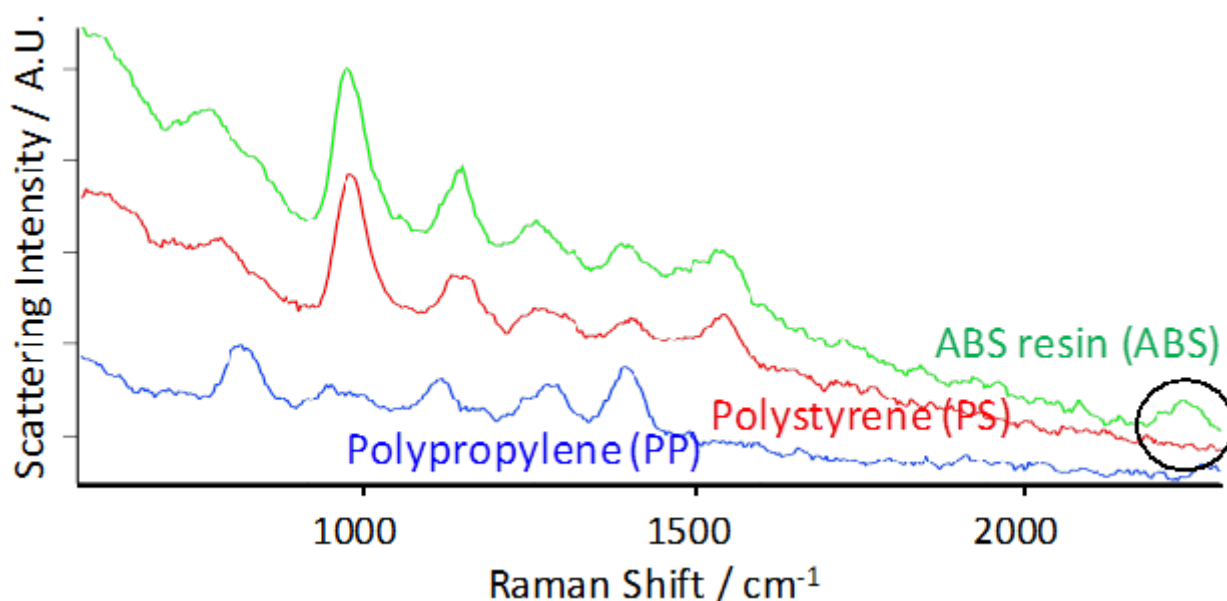


図1 測定時間 3 ms でのプラスチック片からのラマンスペクトル

## 2. 家電リサイクルにおけるプラスチック選別回収

家電リサイクルでリサイクル対象となるプラスチックは、ポリプロピレン (PP)、ポリスチレン (PS)、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン共重体 (ABS) である。株式会社サーム関西事業所（大阪府泉大津市）の選別回収システムは、経済産業省の補助事業により開発されたものである。その時の事業概要を図2に示す。風力選別やX線検出による金属除去と臭素系難燃剤含有プラスチック除去といった前処理を行っているが、鍵となる技術は高い精度での比重選別とラマン分光による高速かつ高精度なプラスチック識別である。

水に浮く PP は、これまで養ったノウハウにより水比重選別タンクによる処理のみで 98 % の純度で回収することができ、バージンプラスチックと混ぜることで家電製品の部品に再商品化されている。比重選別で分けられない PS と ABS には先に述べたラマン分光を利用する。ラマン分光選別装置は、開発したラマン分光器を 5 mm 間隔で 50 台並べ、毎分 100 m で移動するベルトコンベア（幅 250 mm）上のプラスチック片（サイズ約 10~20 mm）の種類を判定し、毎時 100~400 kg を処理している。選別された PS と ABS は純度が 95 % 以上あり、汎用マーケットで屋根材などの建築資材に利用されている。

ラマン散乱識別をコア技術とする高精度混合廃プラスチック分別システム実証技術開発

本プロジェクトでは、家電リサイクルなどのシュレッダーダストから「水平リサイクル」が可能な精密さで廃プラスチック破砕片を選別回収するシステムを構築する。(株)サイムと近畿大学による高速ラマン散乱識別技術をキーテクノロジーとし、産業レベルでリサイクルが可能な処理システムを構築する。

【研究メンバー】  
株式会社サイム  
近畿大学  
株式会社 Y K 環境ラボ

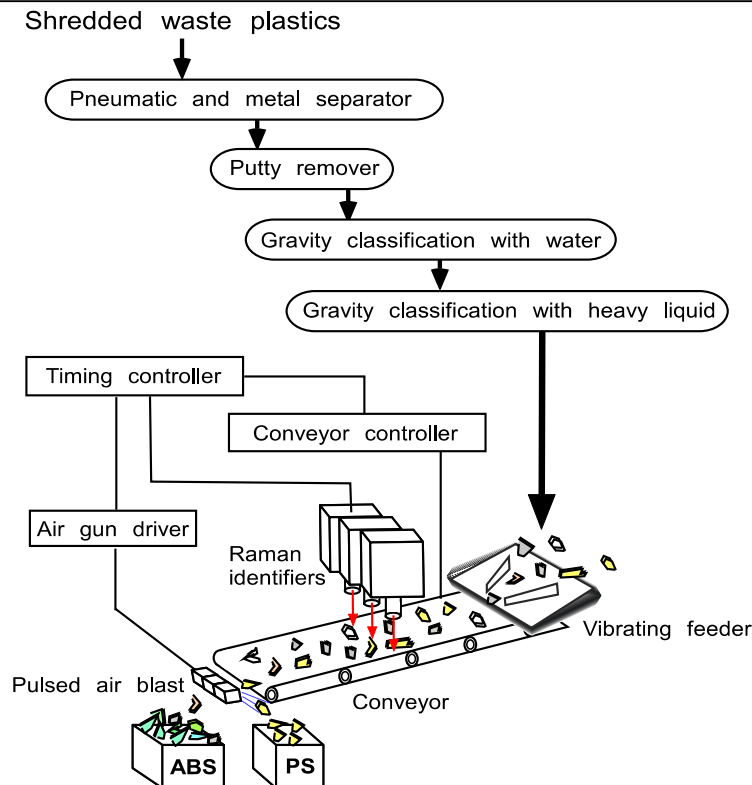


図 2 平成 21 年度産業技術研究開発委託（プラスチック高度素材別分別技術開発）申請書より

3. ASR からのプラスチックリサイクル

現在、我々の選別回収システムで ASR 由来の金属除去後のプラスチックリッチなシュレッダーダストを試験的に処理している。合わせて、環境省低炭素型 3 R 技術・システム実証事業と経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業により、それぞれ二酸化炭素排出量削減効果の実証と精密夾雑物除去および高精度光学選別技術の研究開発を進めている。事業概要を図 3 に示す。ASR は、使用済自動車の解体業者、破砕業者を経て発生し、リサイクル法で定められた再資源化業者で処分される。これまでは金属回収後の ASR は、ほとんどがセメント製造での燃料代替と炭素原料化により処理されていた。しかし、ASR には重量比 30 %、年間約 20 万トン近くのプラスチックが含まれている。平成 27 年度環境省実証事業では、重量比で少なくとも 50 %のプラスチックがマテリアルリサイクル可能であり、従来処分法に比べ 20 %以上二酸化炭素排出量が削減 (ASR 1 トン当たり -280 kgCO<sub>2</sub>) できることを明らかにした。

同じシュレッダーダストでも廃家電からと使用済自動車からでは多くの違いがある。最も大きな違いは色である。廃家電由来は、いわゆる白物家電からのものが多いためほとんど白色であるが、ASR 中のプラスチックは、ほとんど黒色である。従って、近赤外吸収による識別は全く使えず、ラマン散乱も信号が非常に小さくなる。さらに、ゴムや木片といった夾雑物が多く含まれ、コンパウンド工程でのフィルタ交換頻度を考慮すると 1 %以下まで取り除く必要がある。

ASR中のプラスチックの70%以上はPPであり、タルク含量が0～35 %と幅広く分布している。

マテリアルリサイクルの事業化には、このタルク含量を区別してPPを選別回収する必要があると考え、図3に示した各工程の技術開発を行っている。

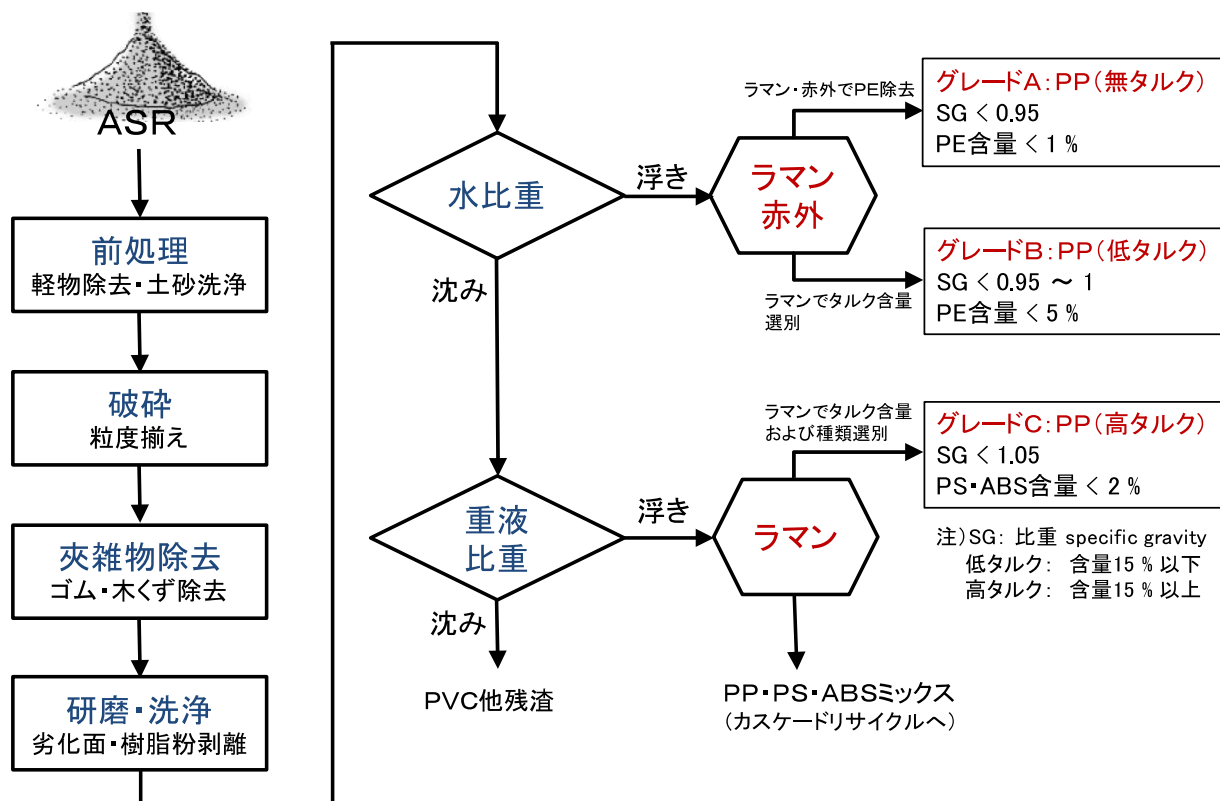


図3 ASRからプラスチックをマテリアルリサイクルするための工程（開発中）

おわりに

各事業には、九州工業大学・西田治男教授、北九州市立大学・大矢仁史教授にも参加いただき研究開発を進めている。先に述べたようASRからのプラスチックマテリアルリサイクルはほとんど行われておらず、研究開発の成果により少しでも循環型社会や低炭素社会の構築に貢献したい。

[1] 「リサイクルのためのラマン分光法による廃プラスチックの識別と劣化評価」土田哲大, 吉田智弥, 土田保雄, 河済博文, 分析化学, 61(12), 1027-1032 (2012).