

# 近赤外分光法を活用した樹脂リサイクル技術開発

Development of Plastic Recycling Technology Using Near-Infrared Spectroscopy

小島環生\* 宮坂将稔\*  
Tamao Kojima Masatoshi Miyasaka

当社では、循環型モノづくりの実現に向けた取り組みを推進しており、樹脂材料については再生樹脂の活用拡大に取り組んでいる。その中で、近赤外分光法を活用した樹脂材料の高精度選別技術を開発することで、使用済み家電のリサイクル工程で発生するミックスプラスチックからの樹脂材料の高精度自動選別を実現し、家電製品へ再活用できる樹脂品質を達成した。

Panasonic Corporation promotes recycling-oriented manufacturing. Resin materials can be separated with high purity from mixed plastics generated from the recycling process for used consumer electronics by using near-infrared spectroscopy technology for high-accuracy sorting. The recycled resin meets the quality required for home appliances.

## 1. 樹脂自動選別のねらい

当社では、あらゆる事業活動の基軸を環境に置き、エレクトロニクスNo.1の環境革新企業の実現を目指して、「CO<sub>2</sub>削減」と「資源循環」に取り組んでいる。資源循環では、循環型モノづくりによる再生資源の活用拡大を推進しており、2012年の目標は、投入資源量に対する投入再生資源量の比率を12%に拡大することである。

樹脂材料については現状約5000t/年の再生樹脂を活用しているが、今後、活用を拡大していかなければならない。

使用済み家電から手解体回収した樹脂材料は、異種の樹脂が混入することが少なく再生利用が容易なため、家電製品で再活用されている。再生樹脂の活用を拡大するためには、再生利用が容易な手解体樹脂を増量すればよいが、家電リサイクル工場では手解体できる樹脂部品は、すでに回収されている。現状以上に手解体回収を増やすためには、手解体が困難な部品が対象となるためコストが課題になる。そこで、手解体後に使用済み家電を破碎することによって大量に発生するミックスプラスチック（以下、ミックスプラと記す）に着目した。ミックスプラには大量の樹脂材料が含まれるが、金属や雑多な樹脂種が混在し、また、臭素系難燃剤を含有する樹脂（以下、Br含有樹脂と記す）片が許容値以上混在するため、物性面やRoHS（Restriction Of the use of certain Hazardous Substances）保証の観点で当社製品に再活用できていない。そこで、家電製品に主に使用されているPP（PolyPropylene）、PS（PolyStyrene）、ABS（Acrylonitrile Butadiene Styrene）を、ミックスプラから異物やBr含有樹脂の混入なく高純

度で自動選別する技術の開発に着手した。

## 2. 樹脂自動選別技術の比較検討

ミックスプラに含まれる樹脂材料は、外観から見分けることができないため、所望の樹脂材料を選別するには、物性の違いを利用して取り分ける必要がある。量産で活用できる樹脂選別技術としては、第1表のように水比重選別、静電選別、近赤外線選別などがある。

水比重選別は、樹脂種の比重差を利用した選別方法であり、比重が水より小さいPPをその他の重比重物から選別する場合に広く採用されている。しかしながら、比重の近いABSとPSの選別やBr含有樹脂の除去はできない。静電選別は、樹脂種ごとの帯電順列差を利用した選別方法でABSとPSの選別が可能であるが、量産工法としては、水比重選別装置によるPPの選別とX線選別装置によるBr含有樹脂の除去の併用が必要である。近赤外線選別は、近赤外線分光法を活用した選別方法で、樹脂種ごとの吸光スペクトルの違いを利用して樹脂種の選別と同時にBr含有樹脂が除去できる。また、摩擦研磨方式の乾式洗浄との組合せで、全工程を通して水を使わないコンパクトな設備にできる可能性がある。したがって、本開発では、近赤外線選別方式を採用した。

第1表 選別技術のベンチマーク

Table 1 Benchmark of separation technology

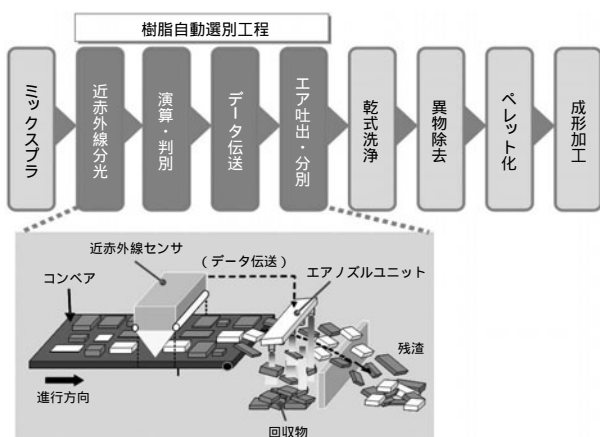
	水比重選別	水比重 + 静電選別	近赤外線選別
選別樹脂種	PPのみ	PP/ABS/PS	PP/ABS/PS
Br除去	不可	X線使用で除去可能	可能
ユーティリティ	電気, 水処理	電気, 水処理, X線	電気

\* 生産革新本部 環境生産革新センター

Green Manufacturing Innovation Center, Corporate Manufacturing Innovation Div.

### 3. 高純度樹脂リサイクルのシステムフロー

本開発は、パナソニック エコテクノロジーセンター(株)(以下、PETECと記す)およびパナソニックホームアプライアンス社(以下、HA社と記す)と協力して実施した。本開発による近赤外線分光法を活用した高純度樹脂リサイクルシステムの全体フローおよび樹脂自動選別工程の概要を、第1図に示す。まず最初に、ミックスプラをベルトコンベア上に重なりなく散布する。次に、コンベア上を流れてくる樹脂片ごとに、近赤外線センサで高精度の分光測定、演算処理を行って樹脂の種別を識別する。次に、識別情報を前方に設けたエアノズルユニットに伝送し、所望の樹脂片がノズル下部を通過する時だけ圧縮エアを吐出することで吹き落として分別し、仕切り板に囲まれた回収箱へ選別する。なお、3種類の樹脂を選別する場合は、上記のプロセスを3回繰り返すことにより対応する。次に、樹脂片の表面に付着した汚れ、シールなどを乾式洗浄で取り除いた後、金属片と樹脂粉を除去することで再生ペレット化が可能となる。本システムのポイントは、近赤外線センサによる高精度な識別工程、識別した樹脂片を異物の混入なく正確に吹き落とすエア分別工程、リペレット時の生産性を確保する乾式洗浄工程で、以下に各工程について説明する。



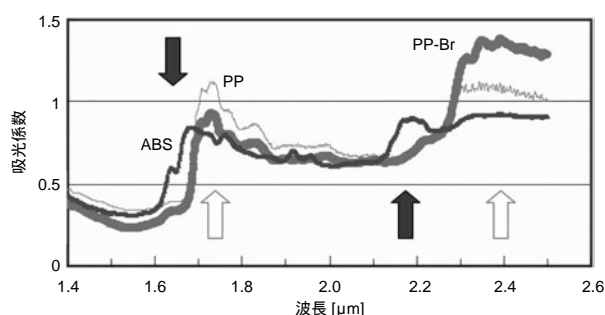
第1図 樹脂リサイクルのシステムフロー  
Fig. 1 System of plastic recycling

### 4. 近赤外分光法の原理とBr識別

近赤外分光法の原理を説明する。有機化合物は物質中の原子団ごとに光の吸収波長帯が異なるため、分子構造によって、固有の近赤外線吸収スペクトルを示す[1]。したがって、樹脂材料に近赤外線光を照射し、吸収スペクトルを計測することで、樹脂材料の種別を特定すること

ができる。また、近赤外線吸収スペクトルの特徴として、水素結合や分子間相互作用でピーク位置や幅、強度が変化するため、Br含有樹脂の有無についても、近赤外線吸収スペクトルから識別できる。第2図は、近赤外線吸収スペクトルの測定結果である。PPとABSは1.6  $\mu\text{m}$ 、2.2  $\mu\text{m}$ の波長帯でスペクトル波形に差があり識別が可能であることがわかる。PPのBr有無については1.75  $\mu\text{m}$ と2.4  $\mu\text{m}$ の波長帯でスペクトル波形に差があり、ここに注目することで、Brの有無が識別できることがわかった。

上記のBr有無の吸収スペクトル差がより顕著になるように重み付けをして、Br判別のアルゴリズムを作成し、ミックスプラ中のPPのBr有無を識別した結果、Br含有樹脂片を99%以上識別し除去できることを確認した。



第2図 吸収スペクトルの比較

Fig. 2 Comparison of NIR (Near Infrared) spectrum

### 5. エア分別工法

エア分別工程では、コンベア端部から樹脂片を飛翔させるので、飛翔軌道は樹脂片の形状、サイズの影響を受ける。さらに、選別処理速度を前工程であるミックスプラの排出速度1 t/hにあわせた場合、コンベア速度は2 m/sになるので、エア吐出のタイミングが0.01秒ずれると20 mmの位置ずれになる。したがって、本システムでは、軌道ばらつきの影響を低減するためにノズルをコンベア終端に近接させ、樹脂片がコンベアから飛び出した直後にエア吐出した。また樹脂片に対して、下から上に吹き飛ばすアップロー方式と、上から下に吹き飛ばすダウンロー方式の比較を行った結果、重力に逆らわないダウンロー方式ではエア吐出後の軌道ばらつきが小さく、正確に樹脂が回収できたため、ダウンロー方式を採用した。さらに、識別された所望の樹脂片に正確にエア吐出するために、高速電磁バルブを採用しエア吐出タイミングのずれを最小化することで、エア分別を高精度化した。

## 6. 乾式洗浄工法

自動選別後に樹脂片をペレット化する時、樹脂片の表面に汚れやシールがあると、ペレット化装置のスクリーンメッシュ（以下、SMと記す）が詰まり生産性が問題となる。この問題に対してはHA社で保有する乾式洗浄工法[2]を活用した。第3図に工程フローを示す。樹脂片同士を擦り合わせる摩擦乾式洗浄と異物除去後にリペレット処理した結果、SMの詰まりは問題のないレベルであった。また、本プロセスで得られたリサイクルPPの物性とBr含有量を評価した結果、物性は当社製品で使用可能なレベルであり、Br含有量は当社基準値の100 ppm未満を下回る13 ppmであった。



第3図 洗浄のシステムフロー

Fig. 3 System of plastic cleaning

## 7. 今後の展望

近赤外分光法を活用した樹脂材料の高精度選別技術を開発することで、ミックスプラからBr含有樹脂を含まない単一種の樹脂を高純度で自動選別することに成功した。現在は、PETECで量産実証中であり、また、商品設計部門と連携して材料承認の取得を推進している。来年度はPETECで1000 t規模の量産を開始し、順次拡大していく予定である。さらに、ミックスプラからのリサイクル樹脂を当社製品に活用することで、資源循環の拡大に貢献していく。

### 参考文献

- [1] 尾崎幸洋 他, 近赤外分光法, (株)学会出版センター, 2008, pp.40-45.  
 [2] 西川浩二 他, プラスチックス, vol.60, no.10, pp.45-47, 2009.