

平成30年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「精密夾雑物除去及び高精度光学選別技術による
ASRプラスチック高度回収システムの開発」

研究開発成果等報告書

令和元年5月
(事業実施期間：平成28年度～平成30年度)

担当局 九州経済産業局
補助事業者 公益財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-2 研究体制

1-3 成果概要

(1) リサイクルプラスチックペレット

(2) 高度プラスチックリサイクルシステム

1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

【1. 夾雑物精密除去技術の開発】

【2. 表面洗浄・研磨方法の開発】

【3. 高精度光学識別技術の開発】

【4. グレード別回収技術のシステム化】

最終章 全体総括

3-1 研究開発成果の総括

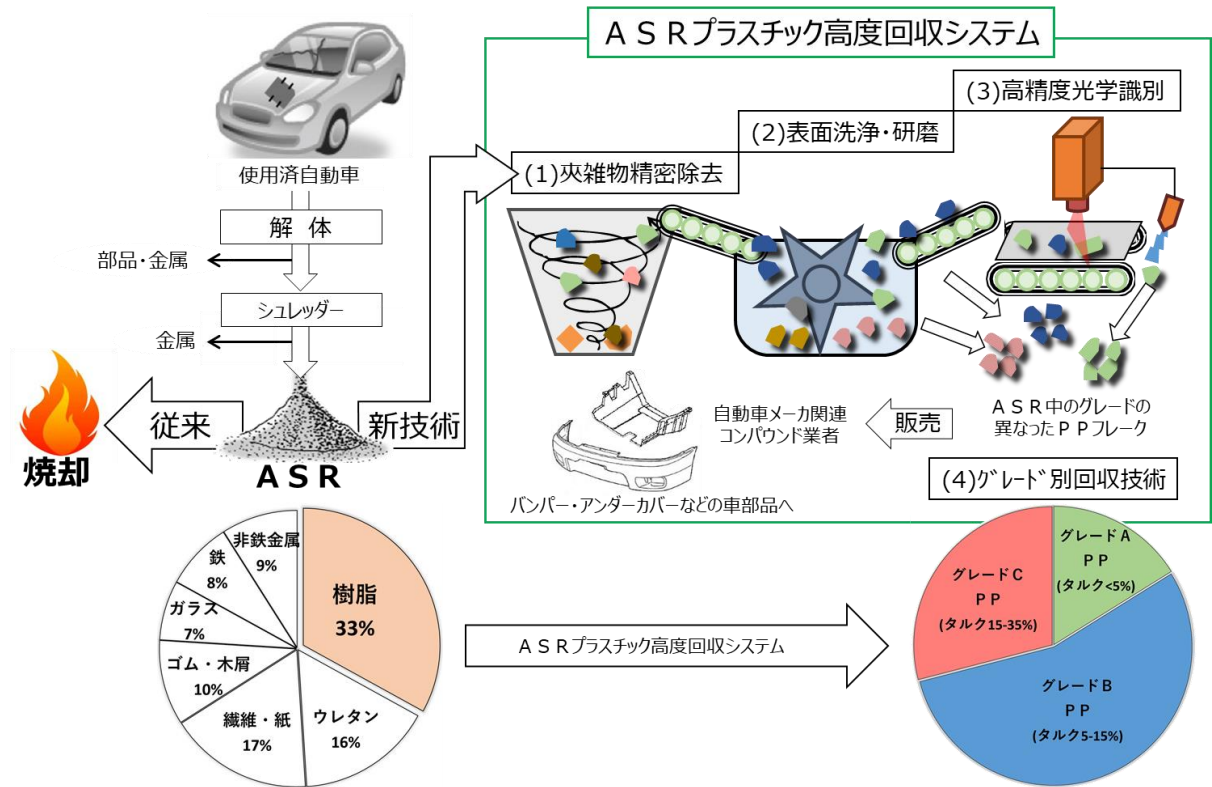
3-2 研究開発後の課題・事業化展開

3-3 その他成果

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

使用済自動車のリサイクルで発生するASRにはプラスチックも多く含まれるが、現在、ほとんど焼却処理されている。本申請では、効果的にリサイクル樹脂に再使用できる3つのグレードに分けてポリプロピレン（PP）をASRから回収するシステムを研究開発する。



(注) ASR (Automobile Shredder Residue): 自動車リサイクル法にもとづき処理される使用済自動車から、部品や金属を回収した後の最終処理段階で発生するシュレッダーダスト

(注) ASRプラスチック: ASR中に重量比約30%で含まれる多種類のプラスチック(熱可塑性樹脂)混合物。うち約70%がPPであるが、そのタルク含量には0%~35%以上と大きな違いがある。

従来技術での課題	新技術の特長
○ASRプラスチックは有償でほぼ全量焼却処理。 ○世界的にASRプラスチックリサイクル技術は未開発。 ・従来技術で取り除けない夾雑物の存在。 ・ASRプラスチック表面は劣化し、選別精度が低下 ・既存の家電・容器プラスチックリサイクルに使用されている光学識別技術(近赤外吸収法)は適用不可。(黒色プラスチックは近赤外光を全て吸収してしまう)	○下記技術によるASRプラスチックのマテリアルリサイクルの実用化 ・夾雑物(小さなゴム・木屑)が精密に除去できる技術 ・プラスチック表面の洗浄・研磨技術 ・ラマン散乱や中赤外吸収を利用する黒色プラスチックの高精度光学識別技術 ・タルク含量やポリエチレン(PE)混入量を区別した新しいグレード別のPP回収技術
自動車リサイクル法によりASRのリサイクル率向上が自動車メーカに求められている	リサイクル率が向上。特に、EU基準でのマテリアルリサイクル率が大きく向上(自動車メーカへのアピール大)

＜新技術を実現するために解決すべき研究課題＞

- (十) 材料製造プロセスに係る技術に関する事項
1 材料製造プロセスに係る技術において達成すべき高度化目標
(三) 川下分野横断的な共通の事項
①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ
エ. 環境・リサイクルへの対応

ASRからのプラスチック回収で次の課題を解決し、ASRプラスチックの高度マテリアルリサイクルを実現する。

【1. 夾雑物精密除去技術の開発】

従来技術では取り除けない微量に残る夾雑物（ゴム・木屑）を除去する装置を開発し、重量比0.3%以下にする。

【2. 表面洗浄・研磨方法の開発】

比重選別、光学識別の精度低下を防ぐために、ASRプラスチック表面を洗浄・研磨する方法を開発する。

【3. 高精度光学識別技術の開発】

ラマン散乱や中赤外吸収分光法を使った光学識別機を開発し、PPをタルク含量やPE混入量で区別して高精度に選別する。

【4. グレード別回収技術のシステム化】

上記【1～3】の技術を最適に組み合わせ、高い収率でPPをグレード別に回収するシステムを完成させる。

＜当該分野の研究背景・動向＞

使用済自動車は、自動車リサイクル法にもとづき年間約 333 万台（平成 26 年実績）処理されている。これらは解体され、その過程で部品や金属が回収されるが、最終段階で約 60 万トン／年がASRとして排出される。ASR中には重量比約 30%でプラスチックが含まれるが（図 1 参照）、現在、そのほとんどはサーマルリサイクルとして焼却処理されている。しかし、自動車リサイクル法の施行から 11 年が経ち、リサイクル率だけでなく、「質」においてより高度なリサイクルが求められている。特に、ASRプラスチックをプラスチック製品の原料として再利用するマテリアルリサイクルは、焼却処理の処分費を軽減できる経済面からも、申請者らも委託を受けた環境省「低炭素型3R技術・システム実証事業」で示された二酸化炭素排出削減寄与という面からも必要性が高まっている。また、ASRのリサイクルは自動車リサイクル法により

自動車メーカーに責任があり、その中で、使用済自動車のマテリアルリサイクルでは、日本とEUとでリサイクル率向上に向けて競争的な状況にある。ASRプラスチックのマテリアルリサイクルが可能になる回収システムが提供できれば、自動車メーカーも巻き込んで使用済自動車リサイクル率向上の一つの手段として活用されることが考えられる。

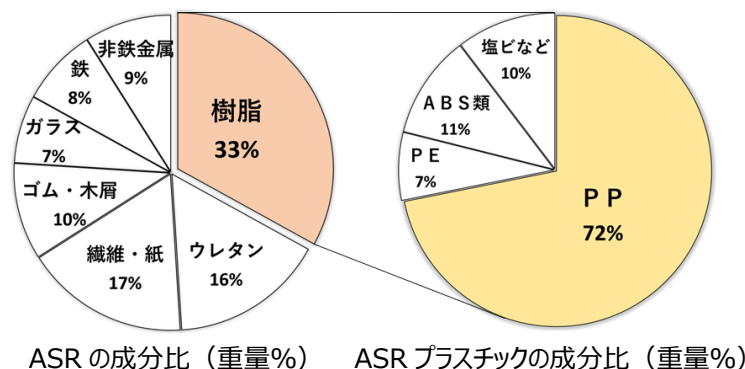


図1 ASRに含まれる物質の構成比
（トヨタ自動車ホームページおよび㈱サイムにおける先行研究より）

マテリアルリサイクルで先行する家電リサイクルでは、回収プラスチックを原料として多くの製品が作られている。回収品のプラスチック純度が低い（複数のプラスチック成分が混じっている）場合には、パレットや擬木といった低品質製品になり「カスケードリサイクル」される。純度が95%以上と高くなると、より効果的なリサイクルを目指し、再度、家電製品の部品にする「水平リサイクル」に活用できる。申請者らは、家電リサイクル最終段階で発生するシュレッダーダストから精密に制御した比重選別やラマン散乱分光法による光学識別技術を組み合わせ、水平リサイクルできる高純度（97～99%）のプラスチックを複数種類回収し、収益性のある事業として既に5年の実績がある。

自動車を解体した後、そのままシュレッダーして発生するシュレッダーダストでは、金属は有価物として積極的に回収されるが、残ったASRは、プラスチック、ウレタン、繊維、ゴム、木屑など多種多様な混合物である（図1参照）。これまでASRプラスチックは焼却処理を前提としていたため、選別回収について系統的な技術開発は全く行われておらず、マテリアルリサイクルできる回収システムは存在しない。しかし、自動車リサイクルにおける水平リサイクル、すなわち「Car-to-Car リサイクル」に自動車メーカーが積極的に取り組みだしており、プラスチック部品についても研究が進められている。トヨタやホンダが連携法人として参加した環境省「低炭素型3R技術・システム実証事業」では、使用済自動車からプラスチックを回収し、再度、バンパーやアンダーカバーといった自動車部品に利用する「Car-to-Car リサイクル」が検討されて

おり、ASRプラスチック高度回収システム開発の必要性は高まっている。ASRのリサイクルに積極的なヨーロッパでは既に、ASRプラスチックの比重選別や中赤外吸収による光学識別の技術開発の報告がある。しかし、実業レベルで選別回収できるシステムにまで展開している報告はまだない。

<これまでの取組・既有技術>

申請者らは、平成 19 年にラマン散乱分光法の特徴を活かすことで廃プラスチックの識別が高速・高精度にできることを示し、特許を取得した。その後、経済産業省補助金を受け、白物家電のリサイクルで発生するシュレッダーダストから水平リサイクルできるグレードのプラスチックを選別回収する大量処理（毎月 250 トン）システムを開発し、事業として実施している。この数年、この回収システムがASRに適用できないか自動車メーカーなどと協力して検討してきた。昨年度は、環境省実証事業に「ASRから材料リサイクルを図る仕組みづくり」で豊田通商(株)と参加し、低品質・低価格のカスケードリサイクル向けならASRプラスチックの約 50%が回収できること、それで二酸化炭素排出量が焼却に比べ 35%削減できることを示した。また、ラマン散乱識別によりタルクを含んだPPが識別できることも明らかにしたが、識別精度が低く、純度を十分に向上できていない（図2参照）。

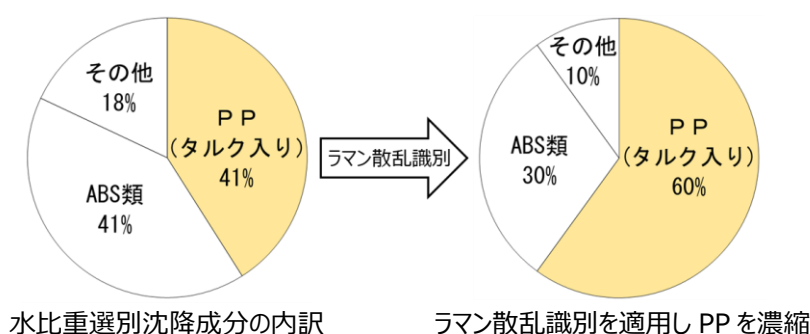


図2 現状のラマン散乱識別機によるPP選別回収結果

次の問題点を抽出し、事業性のある効果的なリサイクルには、その技術的解決が必要なことを明らかにした。

(a) これまでの選別技術では除去しにくいゴムや木屑といった夾雑物が含まれている。これらはプラスチックを融解してフィルタを通す時に目詰まりを起こさせ、川下業界のコンパウンド業者に提供する回収プラスチックの価格や価値を著しく低下させる。

(b) プラスチック片表面に付着した土砂・油・樹脂粉、さらには表面劣化のため、比重選別や

光学識別の性能が十分に発揮されない。

(c) ASRプラスチックはほとんど黒色のため（図3参照）現状のラマン散乱光学識別機では性能が十分でない。また、家電や容器リサイクルでしばしば使われる近赤外吸収分光法による光学識別は、黒色が光を全て吸収してしまい、信号を検知できず適用できない。

(d) 同じPPでも添加剤のタルク含量に0%から35%以上と非常に大きな違いがあり（図4参照）、タルク含量別に回収しなければ、有効にマテリアルリサイクルできない。

(e) 自動車メーカーが高い関心を示す「Car-to-Car リサイクル」に使える高品質のPPを回収するには、PEを中赤外吸収で、比重が近く比重選別のみでは分けられないタルク含量5～15%のPPをラマン散乱で、光学識別する必要がある。

本事業では、夾雑物除去、表面研磨・洗浄などの技術開発を行い、光学識別ではラマン散乱による識別機の性能を向上させるとともに、比重選別とラマン散乱だけでは十分に選別できないPEの識別に使える中赤外吸収による識別機を開発する。両者を使い分け、複数のグレードのプラスチックを高い収率で回収できるシステムの完成を目指す。



図3 由来によるプラスチック色の違い

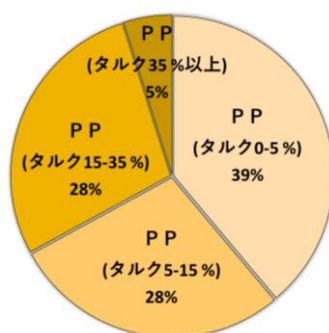


図4 ASR中PPのタルク含量分布
（株式会社による先行研究結果より）

<本研究開発において活用する技術・特許等>

申請者らは、本申請に関連する表1の特許を取得している。特許 4203916 は、プラスチック識別にラマン散乱分光法が使えることを示した基本となるもので、他に複数の応用技術に関す

る特許権を所有している。一方、中赤外吸収法の利用では、現状の装置は全てラボ仕様のもので、リサイクルで大量処理を意図したものは全くない。したがって他の特許に抵触する可能性はない。本申請の成果は直ちに特許化する。

夾雑物除去技術に関しては除去原理は公知のものであり、装置の仕様をASR向けに開発する。洗浄・研磨技術開発に関しても、ASRプラスチック限定のノウハウといえる。したがって、いずれも特許抵触の可能性はない。

表1 申請者らが所有する特許一覧

特許の名称	特許番号	権利者	内容
プラスチックの識別方法および識別装置	4203916	(株)サイム 近畿大学	光学系の小型化とラマンスペクトル高速判定によるプラスチックの識別
「ラマン散乱信号取得方法ならびにラマン散乱信号取得装置およびプラスチック識別方法ならびに識別装置」など3件	4260205 5143175 5265632	(株)サイム	基本となる特許4203916の応用技術

<研究開発の高度化目標及び技術的目標値>

(十) 材料製造プロセスに係る技術に関する事項 1 材料製造プロセスに係る技術において達成すべき高度化目標 (3) 川下分野横断的な共通の事項 ②高度化目標 オ. 環境・リサイクル技術の高度化
--

現状のプラスチックリサイクル技術ではASR中のプラスチックを全くマテリアルリサイクルできない。申請者らの廃家電シュレッダーダストからプラスチックをリサイクルしている豊富な実績とノウハウ、これまでの先行研究の成果を活かし、研究開発に取り組む。夾雑物除去と洗浄・研磨、比重選別、光学識別を組み合わせた選別回収システムを構築し、一般的に流通している回収プラスチックの品質と先行研究の結果を考慮して、表2に示すような3段階のグレードでASRから破片状（フレーク）でPPを回収する。それぞれ Car-to-Car リサイクルに、バージンPPと混合して通常のプラスチック製品に、再生プラスチック製品に利用されることを目指すことを目標とする。

表2 本申請で回収するプラスチックのグレード目標値

	PP純度	タルク含量	PE混入量	比重	用途
グレードA	97% 以上	5% 以下	2%以下	0.95	Car-to-Carリサイクル
グレードB	95% 以上	5%～15%	5%以下	0.95～1	バージンPPと併用
グレードC	90% 以上	15% 以上	(ABS類混入)	1 以上	低品質プラ製品原料

各グレード目標値は、実現可能で、かつ回収したPPをプラスチック製品の原料いわゆるプラスチックペレットに加工する川下業界のコンパウンド業者にできるだけ高く販売できるように設定した。コンパウンド業者の要求は、融解したプラスチックをフィルターに通すとき、現実的な交換間隔の2時間以上フィルターの目詰まりが起こらないよう夾雑物が少ないこと、それぞれのグレードでプラスチック純度が確保され、成分調整などの手間をかけずにペレットを製造できることであり、これらから目標値を決めた。図5に計画している選別回収工程全体の概要を示す。

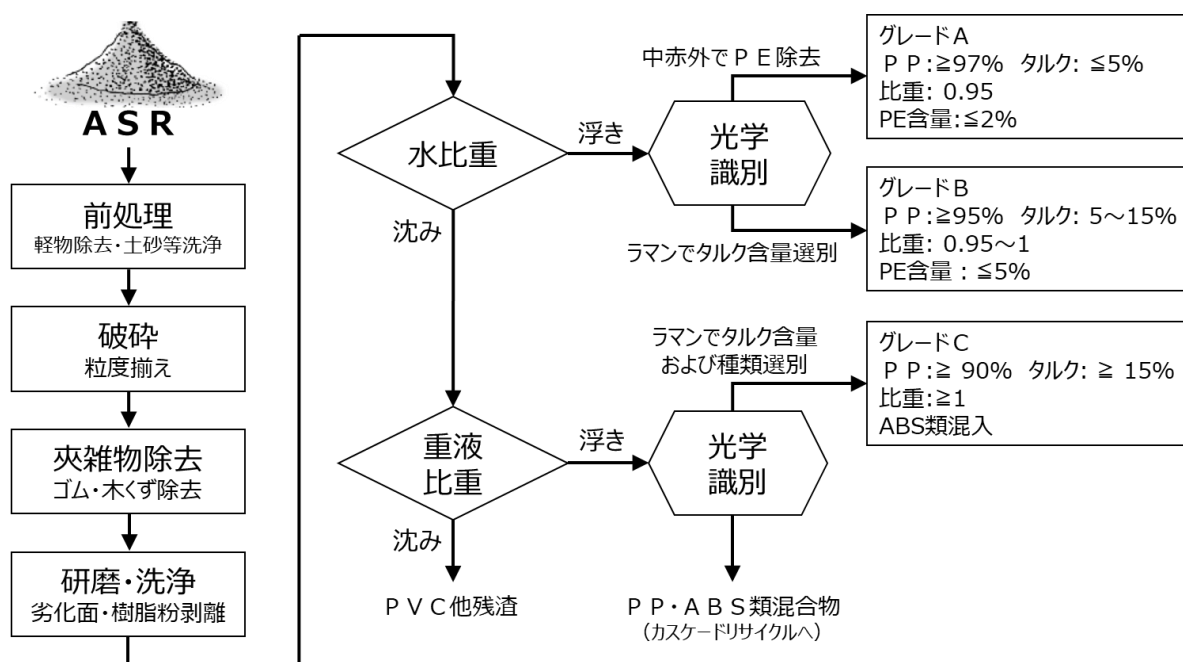
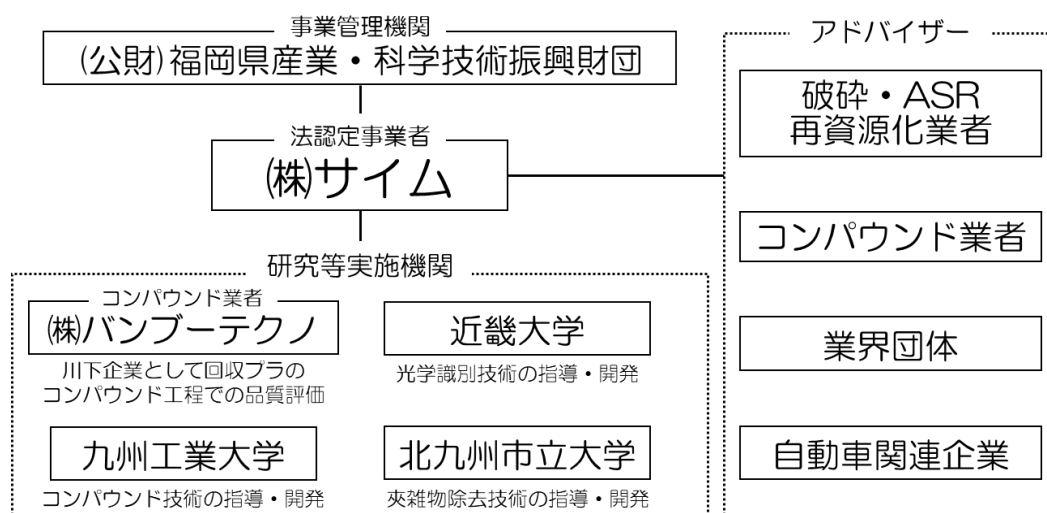


図5 選別回収工程の概要

1-2 研究体制



1-3 成果概要

(1) リサイクルプラスチックペレット

ASRからプラスチックフレークを高純度で回収し、高品質のPP再生樹脂ペレットを作り出すことができる技術開発に成功した。既に、試供品をコンパウンド事業者可以提供できるまでの実業レベルの技術となっている。シュレッダーダストであるASRには図6に示すような多くの夾雑物が含まれる。特に木屑やゴムは風力選別や比重選別を行った従来の処理のみでは十分に取除けない。そこで、次節「(2) 高度プラスチックリサイクルシステム」で述べる夾雑物除去装置を開発し、比重選別における比重液の調整や管理運用といったノウハウを蓄積し、プラスチックフレークを高純度で回収できるまでにした。この回収フレークでもコンパウンド事業者に提供可能であるが、さらに押出機でペレット化することで、コンパウンドがやりやすくなり商品価値が向上する。押出機の運転条件などのノウハウも合わせて研究し、図7に示すように長時間（目標の2時間以上）安定にペレットが製造できるまでになった。このPP再生樹脂ペレットを試験的に提供したコンパウンド事業者からは、樹脂部品原料として使えるとの評価を得ることができている。さらに、次節「(2) 高度プラスチックリサイクルシステム」におけるラマン多重選別装置と組み合わせることで、コンパウンド事業者の要望に沿ったタルク含量を区別した状態のものも提供することができる。

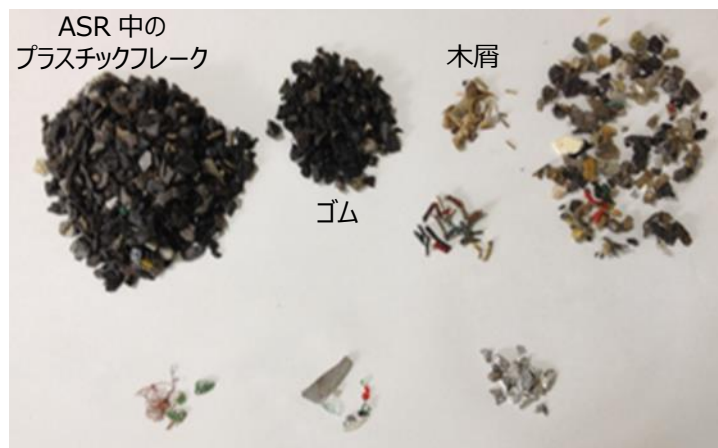


図6 ASR中のプラスチックフレークと夾雑物



図7 リサイクルプラスチックペレット

(2) 高度プラスチックリサイクルシステム

これまでに述べた ASR 由来プラスチックの性状から、木屑とゴムという夾雑物除去技術とタルク含量を区別した PP の選別回収は、ASR 中のプラスチックのリサイクルのためには必須である。

ゴム除去には、プラスチックとゴムの動的な摩擦係数の差を利用する装置を開発した。回転するローラやベルトに ASR を通過させることでゴムの混入率を 1%以下にまですることができ、後段の押出機で作られるペレットの品質が著しく向上した。図8は工場でオンラインで稼働しているローラを3段に取り付けたゴム除去装置である。除去精度のローラスピード依存性やオンライン処理全体でのスループットを検討し、実用量 (200 Kg/h) の処理が可能な装置に仕上げた。



図8 夾雑物除去装置 (ゴム用)

木屑除去には、プラスチックと木屑の誘電率の違いから生じる誘電吸着力の差を利用する装置を開発した。高電圧を印加した回転ローラに誘電吸着させるもので、一般に知られている静電気 (帯電) を利用したものとは異なり、比較的大きな数ミリの木屑も除去できる。この装置は「分

別装置および分別方法、並びに異物除去装置（特許第 6366084 号）」として特許を取得している。図9にオンラインで使用可能な3段のローラを持つ装置を示す。



図9 夾雑物除去装置（木屑用）

ASR 中のプラスチックのプラスチックの種類とタルク含量を区別するには、光学識別のひとつであるラマン散乱を利用する装置を開発した。これまでのラマン識別装置開発の経験を元に、信号の弱い黒色プラスチックでも実用的な判定が行えるよう高感度化を図った。また、以前のラマン識別や他の近赤外識別など従来の光学識別装置は、必要な一種類のみを回収するものであったが、今回対象とする ASR 由来プラスチックでは、種類とタルク含量というように多重の識別が必要となる。そこで、プラスチック片を一列に整列させることのできるフィーダも合わせて開発し、試作機では5種類を空気圧で吹き分けることのできる装置を作った。図 10 に示す試作機では、PP と PE を区別し、PP 中のタルク含量も区別して選別回収する。一個当たりの識別時間は 0.1 s であり、数センチ角のプラスチック片を 150 Kg/h で処理できる。

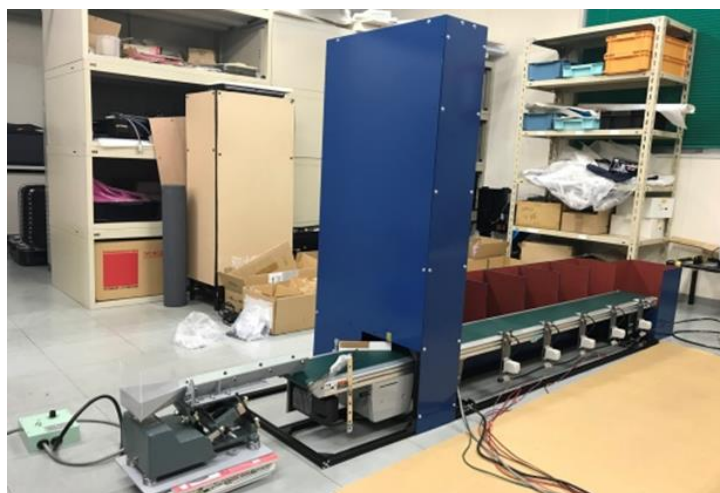


図10 高精度光学識別（ラマン識別）技術を利用したラマン多重選別装置

今回研究開発した、夾雑物除去装置（ゴム用・木屑用）やラマン多重識別装置は、再資源化業者などのASR処理形態の応じて、3つの装置を組み合わせるシステムを構成させる。また、それぞれ単体でも利用できるため、装置の個別販売も行う。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

【事業管理機関】

所属：公益財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団 社会システム実証センター

役職・氏名：専門研究員・渡邊 恭弘

Tel：092-331-8510 Fax：092-331-8515

E-mail：y-watanabe@ist.or.jp

【総括研究代表者（PL）】

所属：株式会社サイム 本社

役職・氏名：代表取締役・土田 保雄

Tel：0948-20-2081 Fax：0948-65-3795

E-mail：yasuo@saimu-net.ne.jp

【副総括研究代表者（SL）】

所属：学校法人 近畿大学 産業理工学部

役職・氏名：教授・河津 博文

Tel：0948-22-5655 Fax：0948-23-0536

E-mail：kawazumi@fuk.kindai.ac.jp

【研究等実施機関】

所属：株式会社バンブーテクノ 開発部

役職・氏名：研究員・山城 恵作

Tel：090-1088-8168 Fax：0943-24-9028

E-mail：ecoyamashiro@gmail.com

【研究等実施機関】

所属：公立大学法人 北九州市立大学 国際環境工学部エネルギー循環化学科

役職・氏名：教授・大矢 仁史

Tel：093-695-3738 Fax：093-695-3786

E-mail：h-ohya@kitakyu-u.ac.jp

【研究等実施機関】

所属：国立大学法人 九州工業大学 大学院生命体工学研究科

役職・氏名：教授・西田 治男

Tel：093-695-6233 Fax：093-695-6060

E-mail：nishida@lsse.kyutech.ac.jp

第2章 本論

【1. 夾雑物精密除去技術の開発】

コンパウンド業者に製品として渡す回収プラスチックは、プラスチックの種類の純度だけではなく、夾雑物の種類や含量といった品質が非常に重要である。夾雑物のうちウレタンや繊維は風力選別や比重選別といったプラスチック回収の基本的な工程で比較的簡単に取り除けるが、ゴムと木屑、特に小さなものは取り除けず、融解プラスチックを通すフィルターを目詰りさせ、商品価値を著しく低下させる。そのため、ASRに数%～十数%含まれるゴムと木屑は純度の低いグレードでも取り除く必要がある。

【1-1】ゴム除去装置の開発

<研究内容>

ゴムは大きな摩擦係数を持つ。そこで、ベルトコンベアや回転ドラム上に落とした時、プラスチックより長く保持され、別の場所で落ちる。この原理を利用してプラスチックとゴムを分別する（図1-1参照）。下記の項目につき順次開発を進める。

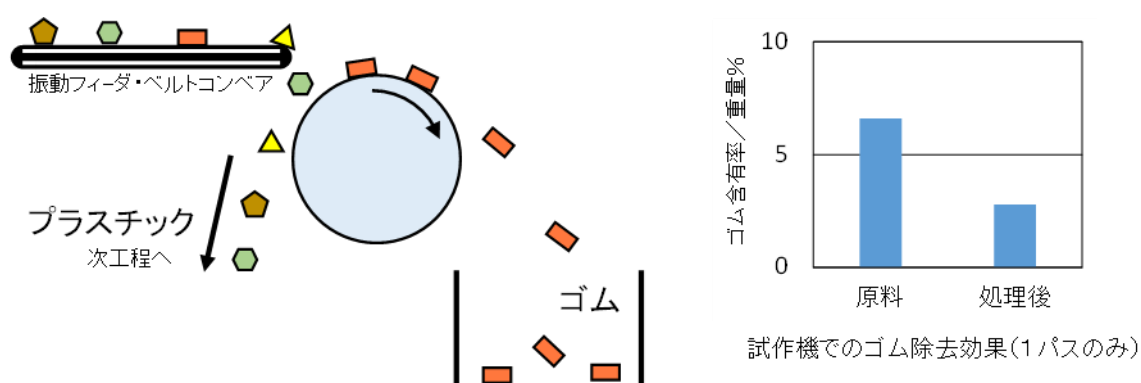


図1-1 ゴム除去装置の概念と試作機による除去結果

<実施内容>

【1-2】木屑除去装置と併用することで、夾雑物（ゴム・木屑）を重量比で0.3%以下にでき、押出機の2時間以上の連続運転を可能にした。

【1-2】木屑除去装置の開発

<研究内容>

静電気の帯電系列の違いを利用し、木屑とプラスチックを異なったチャージに帯電させる。帯電ドラムとの吸着力の違いで、プラスチックと木屑を分別する（図1-2参照）。下記の項目につ

き順次開発を進める。

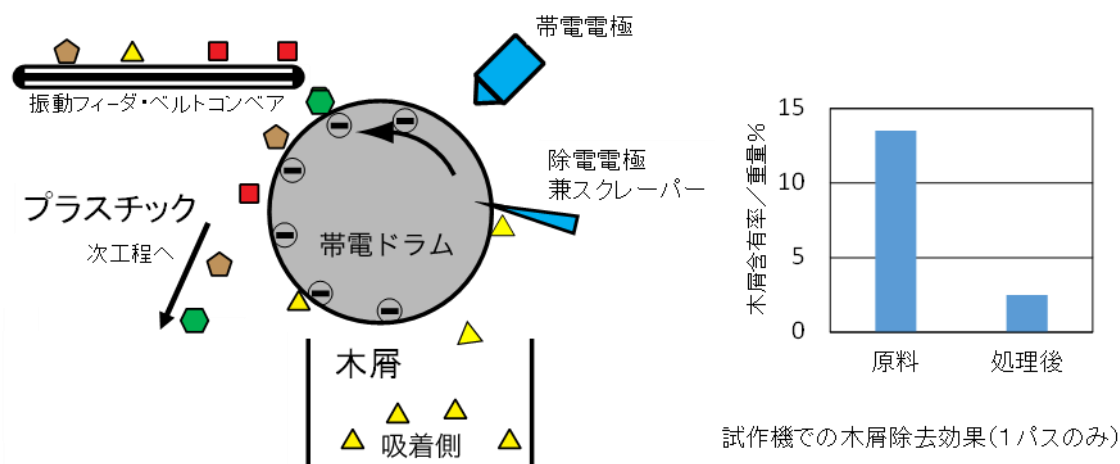


図12 木屑除去装置の概念と試作機による除去結果

<実施内容>

【1-1】ゴム除去装置と併用することで、夾雑物（ゴム・木屑）を重量比で 0.3%以下にでき、押出機の2時間以上の連続運転を可能にした。

【2. 表面洗浄・研磨方法の開発】

ASRは、廃家電と異なり、外部環境による汚濁、劣化が進んでおり、プラスチックを目標の品質と収率で回収するためには、その表面をできるだけ効率的に洗浄・研磨し、未劣化表面を露出させ、続く選別回収工程が効果的に機能するようにしなければならない。本申請では、ASRに適した洗浄・研磨方法を研究開発する。

【2-1】前洗浄方法の開発

<研究内容>

ASR中のプラスチックには強固に土砂や油が付着し、比重選別の精度を低下させる。また、比重液を汚染し比重値を変える。選別回収処理前に、まず、これらの洗浄除去が必須である。シャワー水流法、洗濯槽回転水流法、界面活性剤添加法などを、比重液の比重値をモニターしながら、処理効率、コストなどを検討し、洗浄方法を開発する。

<実施内容>

水比重選別を複数回行い、選別精度の変化を追跡し、異比重および夾雑物 3%以下を達成した。さらに、処理効率やコストを考慮し、比重選別と組み合わせた実証スケールで使用可能な表面洗浄方法を確立した。

【2-2】表面研磨方法の開発

＜研究内容＞

ASRプラスチックは、自動車の使用年数が家電よりも長く、使用環境も過酷なため、表面の劣化が進んでいる。表面研磨しないASRプラスチック片では、光学識別信号に図13（右）に示すような左上がりの大きな背景成分が現れる。この背景成分がプラスチック種類の判定を困難にし、先の図2で示したように光学識別の判定正解率を60%にとどめてしまう。表面劣化部分を取り除き、物質本来の表面が測定できるように、下記の項目につき順次開発を進める。

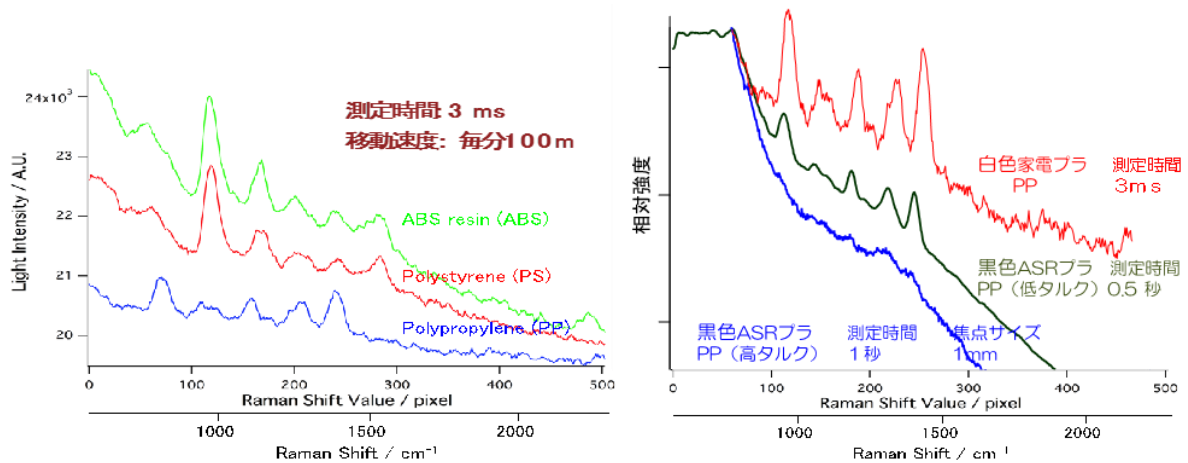


図13 白色（左）・黒色（右）プラスチックからのラマン散乱スペクトル

＜実施内容＞

複数の研磨方法を検討し、研磨による物性向上がないことを確認した。また、【3-1】ラマン散乱識別機の良い結果から、光学識別判定精度97%以上（グレードA品質）を確保する目的がたったため、光学識別のノイズ信号を減少させるための表面研磨は不要であると結論づけた。

【2-3】後洗浄方法の開発

＜研究内容＞

研磨後のプラスチック片も洗浄が必要である。【2-1】前洗浄方法と同様に洗浄方法を開発する。洗浄・研磨は、3グレードの安定な品質確保のために必要な工程であるが、費用対効果も重要である。本研究開発で検証する。

＜実施内容＞

水比重選別を複数回行い、選別精度の変化を追跡し、異比重および夾雑物3%以下を達成した。さらに、比重選別と組み合わせ、生産性を考慮した洗浄方法を確立した。

【3. 高精度光学識別技術の開発】

光学識別によるプラスチック種類判定は、分子構造が同定できるためその精度は高く、水平リサイクルに使える純度の高いプラスチック回収を可能にする。我々独自の研究によりラマン散乱法ではタルク含量を区別してPPの選別ができること、中赤外吸収法ではオレフィン系樹脂で、性質が似ているPPとPEが区別できることが明らかになった。この技術シーズをリサイクル現場の大量処理に供する装置として開発する。本研究開発で装置を実用化すると共に、2つの光学識別技術を組み合わせ、より精密な識別ができる技術を開発する。

【3-1】ラマン散乱識別機の開発

＜研究内容＞

申請者らが独自に開発し、家電リサイクルで使用しているラマン散乱識別装置をベースに新たに研究開発する。白物家電の廃プラスチックからは、高速で移動するベルトコンベア上の約1cm角のプラスチック片からわずか3ミリ秒で容易にプラスチックの種類（PP,PS,ABS）が判定できるスペクトルを得ることができる（図13（左）参照）。これにより家電リサイクルでは毎時400Kgという産業スケールでの処理量を実現している。一方、ASRの黒色PPからの信号は非常に弱く、現状の装置性能では、判定可能なスペクトルを得るには1秒近い時間を必要とする。また、【2. 表面洗浄・研磨方法の開発】で述べたよう左上がりの大きな背景成分が判定をより困難にしている。実用的な速度で正確な判定ができるよう下記の項目につき順次研究開発を進める。

＜実施内容＞

レーザビーム径を広げ、黒色でもプラスチックが燃えずに、信号を取得できる光学系を開発し、ASR由来プラスチックに適したラマン多重選別装置を完成させた。

【3-2】中赤外吸収識別機の開発

＜研究内容＞

比重差では選別できず、ラマン散乱識別でも精度の低いPPとPEの判定という単機能に絞った中赤外吸収による識別機を開発する。高分解能で精密に測定するというラボ仕様の赤外吸収分光装置とは異なる発想で、高速大量処理が可能な装置を開発する。下記の項目につき順次研究開発を進める。

<実施内容>

中赤外吸収による識別装置を試作し、強度比でプラスチックの識別が可能であることを確認した。しかし、【3-1】ラマン散乱識別機の良い結果から、ラマン識別機でも同様の測定ができることが明らかになったため、中赤外吸収識別機は不要であると結論づけた。

【3-3】光学識別技術の組み合わせ

<研究内容>

ASRプラスチックからPPを3グレードで選別回収するために、ラマン散乱と中赤外吸収識別機の最適な組み合わせ技術を開発する。ラマン散乱識別機は主にタルク含量を選別するために使い、中赤外吸収識別機は、ラマン散乱では精度が低いPPとPEの選別に使用する（図5参照）。【3-1】、【3-2】で目指した光学識別機の性能が得られれば、ベルトコンベア上に設置し、リサイクルシステムに組み込み、高度化目標を達成する。

<実施内容>

【3-1】ラマン散乱識別機が良好であり、ラマン識別機だけでPP・PE判定とタルク含量判定の両方ができることを確認したので、選別回収システムをラマン識別機で構成することに決定した。

【4. グレード別回収技術のシステム化】

ASRプラスチックは70%以上がPPであり、そのフレーク選別回収に事業性がある。しかし、そのタルク含量は一定ではなく、含量を区別して選別回収しなければ収益性が低くなる。一方で、タルクをほとんど含まないPP純度の高いCar-to-Carリサイクルに使用できる回収プラスチックは、自動車メーカーに利用を強くアピールできる。したがって、選別回収工程は、回収プラスチックのグレードと回収率（歩留まり）のバランスを考えてシステム全体の設計を行う必要がある。本研究開発では環境省実証事業の結果からタルク含量を基本とする3つのグレードで選別回収できるシステムを設計する。家電リサイクルでノウハウを得た高度な水質管理による精密に比重制御できる比重選別に加え、研究開発した技術を組み合わせ、ASRから用途を明確にしたPP3グレードを選別し、全体の回収率も向上させる。

【４－１】選別回収工程のシステム設計

＜研究内容＞

家電リサイクルでのノウハウを活かしながら【１～３】の要素技術の必要性能を最適化することで、ＡＳＲプラスチックに適した選別回収工程の全体システムを設計する（図５参照）。回収するのは３グレードであるが、状態によっては「ＰＰ・ＡＢＳ類混合物」もカスケードリサイクル用に販売できる。

＜実施内容＞

３グレード全体で ＡＳＲ プラ中の ＰＰ を ７０％回収し、ラマン識別機を組み合わせでグレードＡを １０％以上回収できるシステムを確立した。

【４－２】システムの最適化

＜研究内容＞

下記の項目につき順次開発を進め、目標を達成する。

- １）夾雑物除去工程の繰り返し回数や工程全体の中で、ゴム除去のベルトコンベア方式とドラム方式の効果の違いを明らかにする。
- ２）比重選別では、水質管理技術などのノウハウを活かし、ＡＳＲでも高精度の比重選別を行う。このためにも【２．表面洗浄・研磨方法の開発】の成果は重要である。
- ３）処理量を確保するには、適切な位置で光学識別を適用する必要がある。
- ４）選別回収システムの使いこなしには、相当のノウハウが必要と考える。本研究開発で多くの条件を試す。多種多様な性状のＡＳＲに対応できるようにシステム全体にロバスト性を持たせ、回収率とグレード別の価格から推定される収益性や廃液や残渣処理コストなどの運用コストを考えた、すなわち事業化できるシステム運用条件（必要な処理の取捨選択、保証する品質許容範囲の決定など）の最適化を行う。

＜実施内容＞

実証レベルでの運転パラメータを多数取得し、典型的な回収率や成分比から収益性を検討し、回収率向上のためのシステム運用パラメータを明らかにした。

最終章 全体総括

3-1 研究開発成果の総括

本事業により、複数のグレードのプラスチックを高い収率で回収できるシステムを開発した。ASR 由来黒色プラスチックをタルク含量とプラスチック種類を区別して選別回収できるラマン識別器を開発し、タルク含量基準の5種類のグレード選別を達成した。

ASR 中のプラスチックの材料リサイクルを実現しており、プラスチック Car-to-Car リサイクルの世界初の事業化を狙う。

3-2 研究開発後の課題・事業化展開

タルク含量が異なることで高剛性になるなど物性が異なり、グレード別選別回収により、物性の均一性が増す。その物性を活かし、さらに改善し、自動車を始めとする各種樹脂部品への高度利用法を提案する。

ASR 由来プラスチックは、再処理事業者毎に異なる多様な性状を持つ。それらに対応し、本開発技術を川上から川下までの広範囲の事業者が容易かつ確実に使えるように、プレプラントにより使いこなし技術を研究する。

ASR 再資源化業者と選別回収システムの販売に向けて交渉中であり、コンパウンド業者に向けても事業を展開していく。

3-3 その他成果

【1. 夾雑物精密除去技術の開発】に関して、特許出願を行った。

特願 2017-022445「分別装置および分別方法、並びに異物除去装置」(株サイム)

高度プラスチックリサイクルシステムに関して、発表を行った。

- 1) 河済博文「光学識別法を用いる次世代ソーティング機器の開発動向」廃棄物資源循環学会誌, 3月号, 125-132 (2018).
- 2) 土田保雄、河済博文、河村豊「混合廃プラスチックの分別技術」粉体技術, 6月号, 37-42 (2018).