

3.3 リサイクル技術の紹介

再商品化施設では、新たな処理設備の導入や手解体工程の見直し、処理ノウハウの蓄積、将来を見据えた実証実験など、再商品化率の向上を目指した取組みを行っている。

近年、製造業者によって開発された代表的なリサイクル技術の事例を以下に示す。

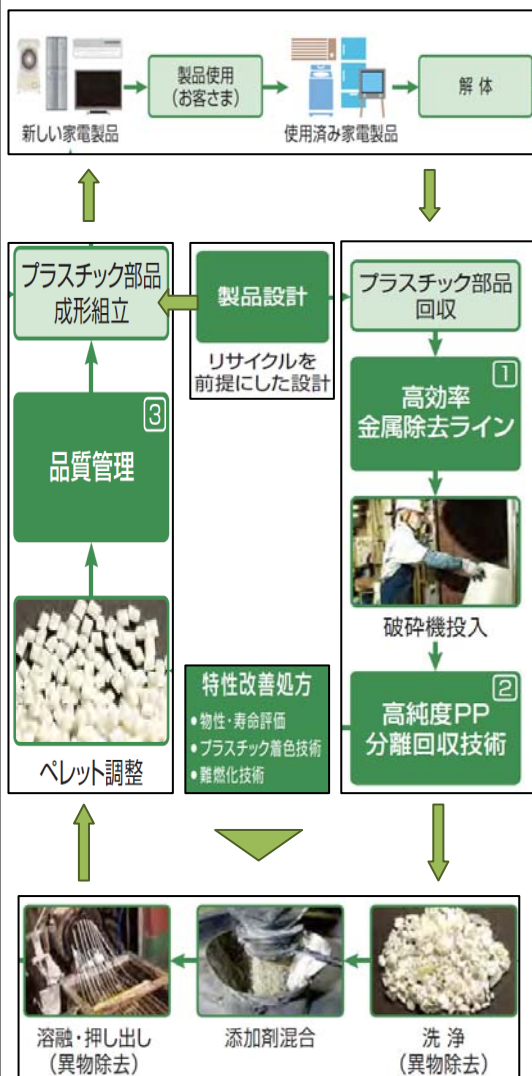
(1) プラスチック選別・再生利用技術

再生プラスチック利用範囲拡大への技術開発

<p>再生材の耐熱化</p> <p>高温時の強度確保に充填剤を最適化</p>  <p>炊飯器の構造部品</p> <p>再生材の難燃化(UL94-VO相当)</p> <p>安定的な難燃性確保に不純物の含有率を最小化</p>  <p>モーター保持部品</p>	<p>【目的】</p> <p>使用済み家電 4 品目より回収した再生プラスチックの耐熱・難燃性や外観品位を向上させることで、再生利用の範囲を拡大する。</p>
<p>再生プラスチックの高機能化</p>	<p>【工程】</p> <p>① 再生プラスチックの高機能化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐熱化: 高温時の強度物性確保のため、充填材を最適化。 ・難燃化: 安定的な難燃性確保のため、異物の含有率を最小化(なおUL94-VO相当とは、UL規格※での難燃性の尺度を指す)。
<p>「インビジブル化工法」を効果的に</p> <p>再生材の表面異物を見えにくくする技術を効果的に発揮させる材料の洗浄度を追求。</p>  <p>洗濯機の台枠部品</p>	<p>② 再生プラスチックの外観品位向上</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラスチック内の異物による変色を、可視化を防ぐ技術と再生材の洗浄度を高めることで、外観部品への使用を可能とした。 ・立体的な形状部品にフィルム加飾成型できる工法開発により、高品位なデザインへの利用が可能となった。
<p>「3Dインモールド」成形技術</p> <p>立体的な形状の部品にもインモールド成形が可能に(再生材を下地に活用)</p>  <p>掃除機に加飾部品</p>	<p>【成果】</p> <p>再生プラスチックを利用する部品や、利用する製品が増加し、メーカー内での利用率を高め、「製品から製品へ」の取組みが進んだ。</p>
<p>再生プラスチックの外観品位向上</p>	<p>※ [UL 規格] 製品の安全性に関する規格で、非営利の民間団体である米国保険業者安全試験所 (Underwriters Laboratories: UL) によって策定されている。電気分野を中心に、工業、商業、防火、医療、環境などの幅広い分野で、安全規格の開発や、製品試験・認証に関する活動などを行っている。</p>

プラスチックを繰り返し再生利用する自己循環型のリサイクル技術を開発・実用化

【プラスチック再生利用の流れ】



【目的】

使用済み家電4品目から回収したプラスチックを、新しい家電製品の部材として何度も繰り返し再生利用出来るリサイクル技術を開発。再生プラスチックの回収量を拡大するとともに、高付加価値化にも取り組み、限りある資源を有効利用する。

【工程】

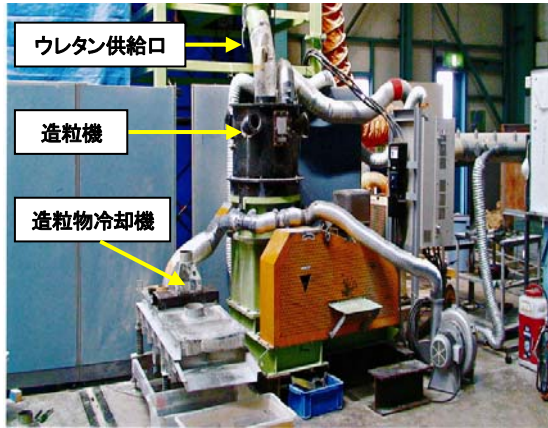
- ① 使用済みの家電4品目を解体し、プラスチック部品を回収。
- ② プラスチック部品に取り付けられているネジなどの金属部品を高精度に検知・除去して分別。
- ③ その後破砕機に投入して粉々にして、風力選別、水比重分離でPP(ポリプロピレン)を高純度に回収。
- ④ その破砕物を洗浄して更に異物を除去し、添加剤を混合して溶融・押し出しを行う。
- ⑤ ペレットとして調整して、品質管理を実施して、プラスチックの部位に採用。

【成果】

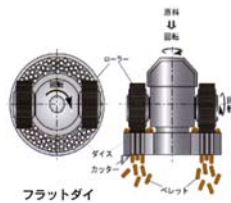
再生したプラスチックは、繰り返し再生利用し、家電リサイクル法の対象品目である国内向けの冷蔵庫や洗濯機などに採用。冷蔵庫については、省エネ性能の高い代表的なモデルの製品に集中的に使用され、洗濯機については、実用化当初よりタテ型洗濯乾燥機ならびに全自動洗濯機の全機種の水槽に使われている。これらの水槽は、使用済みとなって再商品化施設に回収され始めており、プラスチックの再生利用が“2巡目”に突入。今後も資源の有効利用を拡大する計画。

(2) フロン回収・管理体制

冷蔵庫断熱材ウレタンの固形燃料化装置の導入(ペレット化による有償化の推進)



造粒テスト装置



造粒機内部 (*実機はローラー4個構成)



ウレタン材料



造粒品(ペレット)

【目的】

冷蔵庫の解体・破砕処理後、最終処分に回ってしまっていた断熱材ウレタンを造粒(ペレット化)し、固形燃料として再利用できる状態にして有償販売して、循環型社会推進に貢献することを目的とする。

【工程】

断熱材フロンと共に発泡剤として使用される可燃性のシクロペンタンを安全に造粒するプロセスの採用。

- ・ 窒素パーージによる酸素濃度 8% 以下での安全造粒。
- ・ 10%加水による 90℃ 以下での低温造粒。
- ・ 連続酸素濃度測定や各種センサー検知による安全システムの構築。

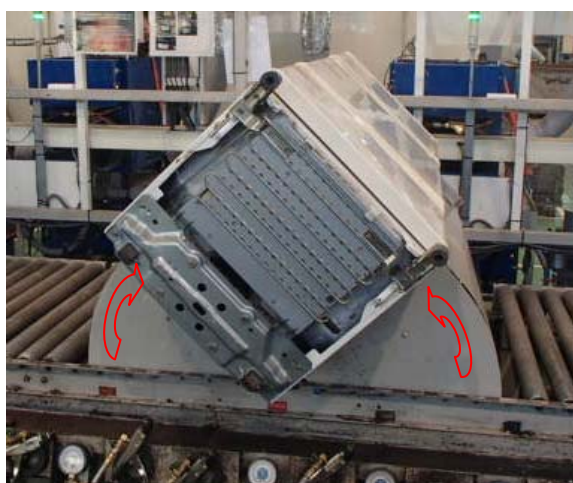
【成果】

- ・ 冷蔵庫解体・破砕物の有償化率の向上(80%以上)。
- ・ 減容化による輸送 CO₂ の排出量低減(1/3)。
- ・ 有償化や輸送コスト低減等による経済性の向上。

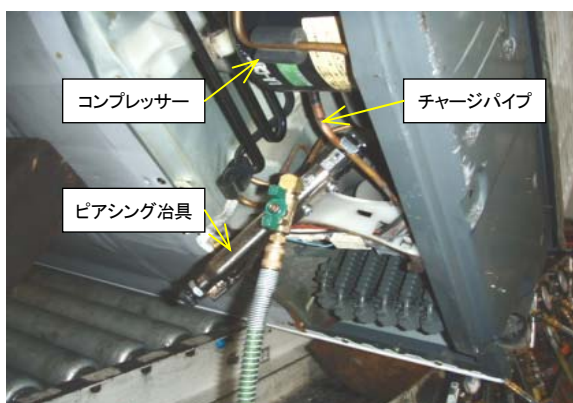
冷蔵庫傾斜装置の導入(冷媒フロン回収時の人力作業を機械化)



コンベヤ左右が回転駆動する



機械駆動し冷蔵庫の傾きを調整



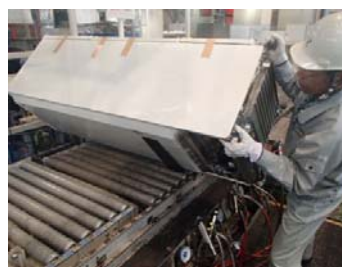
チャージパイプを真下にし冷媒フロンを回収

【目的】

冷媒フロン回収の効率を高めるために、コンプレッサーのチャージパイプを真下になるように冷蔵庫を傾ける必要がある。これまでは人力で実施していたが、大型機の場合は作業員の負担が大きく、本作業を機械化して負荷低減と安全性向上を目的とする。

【工程】

- ① ローラーコンベヤの左右を傾斜させ、上に載った冷蔵庫を傾ける(駆動はパワーシリンダーを使用)。
- ② チャージパイプが真下になるように角度を調整する。
- ③ ピアシング治具をチャージパイプにピアスし冷媒フロンを回収する。

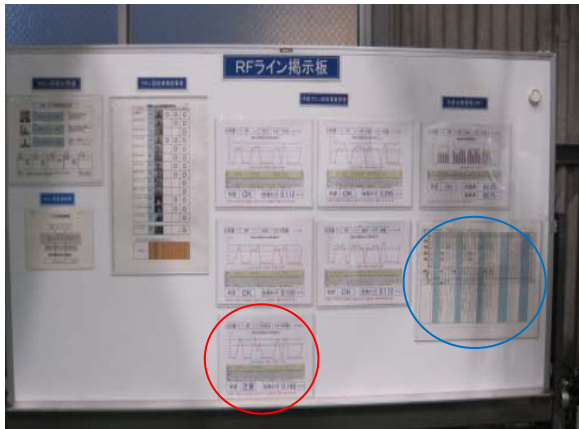


今までの人力での作業

【成果】

- ・ 作業員の負荷低減と作業環境の安全性向上。
- ・ 設備、ラインなどの異常発生を直ぐ気付くようになり、迅速な対応が可能となった。

冷媒・断熱材フロン回収のフォローシステムの導入(見える化によるフロン管理)



フロン回収管理掲示板



フロン回収重量推移グラフ

フロン回収管理表

【目的】

日々の回収量グラフを掲示(見える化)し、作業室、関係者が一目で傾向把握できるようにすることで、異常時に対するレスポンス向上を図る。

【工程】

- ① 回収量をグラフ化し、毎日更新して作業場に掲示する。
- ② 異常値は色分けし、容易にわかるようにする。

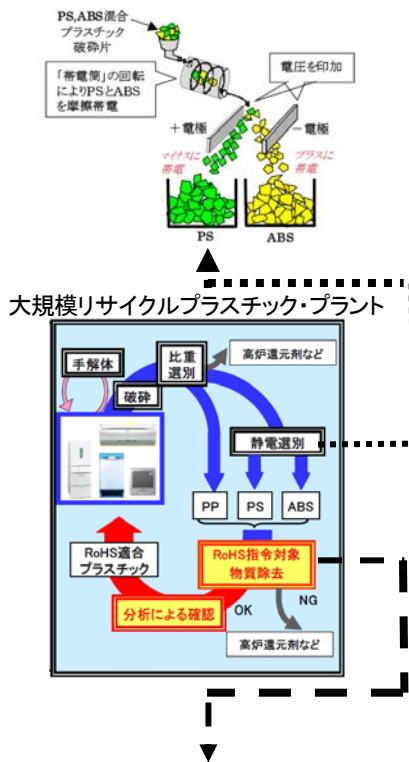
【成果】

- ・ 関係者全員の冷媒・断熱材フロン回収に対する感度が高まった。
- ・ 設備、ラインなどの異常発生を直ぐ気付くようになり、迅速な対応が可能となった。

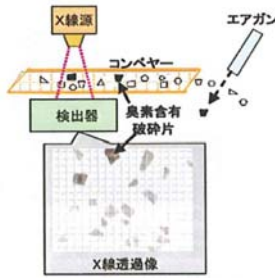
(3) 高度なリサイクル技術

混合破碎プラスチックの静電選別と改正RoHS指令対象物質の高速除去技術

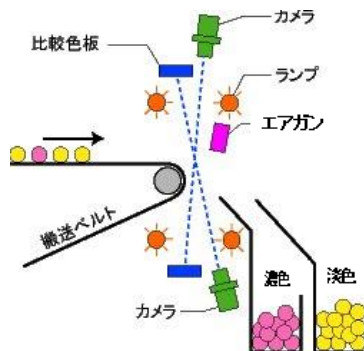
A: 混合破碎プラスチックの静電選別装置



B: 改正 RoHS 指令対象物質高速検知・除去装置



C: 色彩選別技術



【目的】

リサイクルプラントで処理される混合破碎プラスチックには、家電製品由来の PP、PS、ABS が多く混在しているが、有効な用途が無かった。そこで新選別技術にて高純度な単一素材に選別するマテリアルリサイクルを実現する。更に改正 RoHS 指令対象物質を除去することで家電から家電へのクローズドリサイクルも実現可能となり高度な資源循環を促進する。更に PP は濃淡を識別し、新たに淡色系部品への適用を拡大する。

【工程】

① 静電選別技術

比重選別により、水より軽い PP を回収した後、水より重い PS と ABS を選別するために静電選別技術を開発した。帯電筒の中でプラスチック同士を擦りあわせ帯電した PS、ABS 粒子を高電圧の電極間を通してそれぞれの素材へ選別する。

② 改正 RoHS 指令対象物質高速検知・除去技術

X線透過像方式を用いた高速検知技術にエアガンによる除去機構を付加し改正 RoHS 指令対象物質を含む臭素含有プラスチックを検知・除去する。

③ 色彩選別技術

回収した PP は、高精度カラーカメラにより、濃色・淡色と濃淡を識別し、エアガンで選別する。

【成果】





- ・ 99%以上の高純度で PS、ABS を選別・回収可能で、比重選別と共に混合プラスチック内の主要3大プラスチック (PP、PS、ABS) の高純度マテリアルリサイクルを実現した。
- ・ リサイクルプラスチックの改正 RoHS 指令適合化を高速かつ大量に実施可能となった。比重で除去する方法に比べ、回収量は約 1.3 倍向上でき、回収した大量のプラスチックを家電製品にも再利用可能となった。
- ・ 黒、灰色等濃色系部品中心の適用から淡色系まで再生プラスチックの用途が拡大した。

液晶パネルガラスを応用した新規浄化材の開発

液晶パネルガラス再利用の流れ



【一般的なゼオライトの応用先】

- 1) 畜産農家の臭気改善 
- 2) 生活下水の処理 
- 3) 工業廃水の処理 
- 4) 飲み物の改善 
- 5) 放射性廃棄物処理や汚染防止

【目的】

液晶テレビの普及拡大に伴い、液晶パネルの再資源化が求められる。そこで、大学との共同研究で、ある一定条件で液晶パネルガラスから浄化作用のある有用成分(ゼオライト[※])が生成されることが分かった。2015年度の実用化を目指し研究開発を行い、高効率な液晶パネルの再資源化を図る。

【工程】

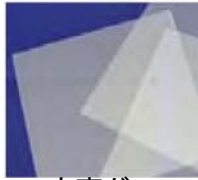
- ① 液晶パネルの生産工程から発生するガラス端材を破碎。
- ② 試薬と併せて200℃以下のアルカリ溶液下で水熱反応。
- ③ 液晶ガラス表層部が反応し、ゼオライトを形成。

【成果】

- ・ 実験段階では既に成功。
- ・ 開発品は、耐熱性、耐摩耗性、耐食性等、液晶パネルガラスならではの特長と機能性を兼ね備えた、全く新しい材料として、今後利用先の展開が期待される。

※ [ゼオライト] イオン交換材料、吸着材料等に利用され、浄化作用を持つ。現在では様々な性質を持つゼオライトが人工的に合成され、工業的にも重要な物質。(東京電力福島第1原発汚染水の浄化でも放射性物質固定にゼオライトを使用。)

液晶パネルガラスから高機能性塗料を開発



廃棄ガラス



粉碎



顔料



高機能性塗料



外装部品に採用

【目的】

液晶テレビの普及拡大に伴い、液晶パネルの生産工程で排出されるガラス端材の活用も必要となる。そこで、液晶パネルガラスの特性を活かし、高強度で耐摩耗性、耐食性に優れた高機能性塗料を開発。従来、廃棄処理されていたガラス端材の最小化を図る。

【工程】

- ① 廃液晶ガラスを微粉末に粉碎。
- ② 顔料を添加し、液晶パネルガラスの特性を活かした高機能性塗料を開発。

【成果】

日光や雨風、砂塵などにさらされる屋外設置製品の耐久性を高めることができるため、外装部材にこの塗料を採用。

この塗料を採用しているLED照明灯は、国内外で高い評価を受けている。

【採用事例】



ブルガリアの幹線道路に設置されたLED 道路灯

エアコン用コンプレッサーのネオジム磁石回収(事例1)



自動解体装置全景



①半解体コンプレッサーから
ローターを分離・単品化



②常温でローター脱磁



③ローター解体



④回収済み磁石状況

【目的】

省エネタイプエアコン用コンプレッサーには、モーターのローター部分にネオジム磁石が使用されている。強力な磁力で固着し、ネオジム磁石単品の回収は難しく、従来はローターと共に鉄くずの扱いとなっていた。

今回、使用済みルームエアコンからネオジム磁石を容易に回収する手段として、自動解体装置を開発し、調達が厳しく資源価値が高いネオジム、ジスプロシウムを再利用する国内循環体制(リサイクル)を構築する。

【工程】

- ① 回収したエアコンのコンプレッサーの解体ラインに本ネオジム磁石解体装置を併設した。
- ② 半解体のコンプレッサーを本解体装置にセットし、まずプレスでローターを分離・単品化する。
- ③ 脱磁^{*}装置で常温脱磁し、最後に刃物でローター付属部品を切断・分解する。
- ④ 形状の異なる複数のコンプレッサーの切断位置等をデータベース化し、30秒間隔でネオジム磁石を容易に取り出す状態まで自動解体できる。

【成果】

ローターの解体を自動化することで、経済性のあるネオジム磁石回収が実現した。回収したネオジム磁石は磁石メーカーに引渡し、精錬を経て新たなネオジム、ジスプロシウムに生まれ変わり、一部は再度家電製品に使用され、国内循環体制が構築できた。ネオジム、ジスプロシウムの国内需要は年々拡大が見込まれる。一方、家電リサイクルプラントに戻るネオジム磁石の量の増加も今後期待され、ネオジム磁石を回収することで、ネオジム、ジスプロシウムの供給不安に左右されない強靱な産業構造の実現化に寄与できる。

^{*} [脱磁] 永久磁石から、磁力を取除くこと。

エアコン用コンプレッサーのネオジム磁石回収(事例2)



回収フロー



ネオジム磁石回収システム

【目的】

機器の省エネ、小型化のために使用されているエアコン用コンプレッサーモーターのネオジム磁石を回収する。

【工程】

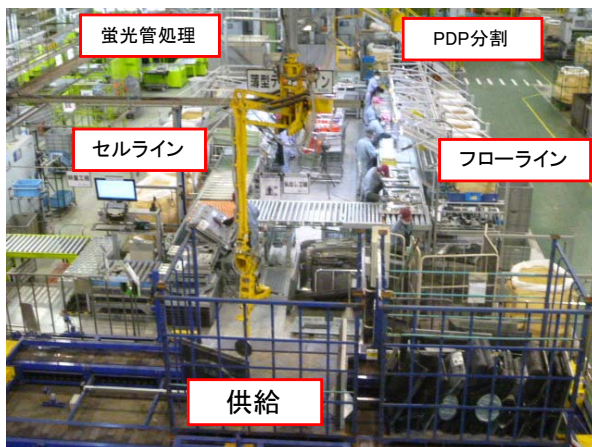
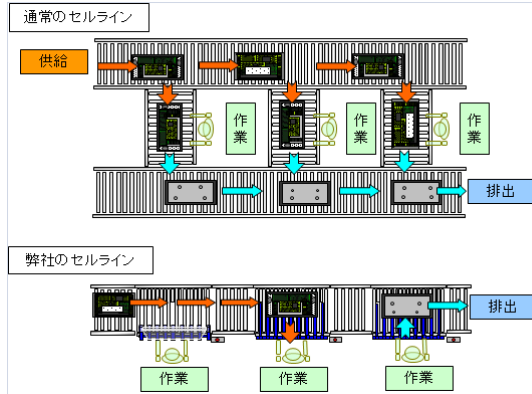
- ① フロン回収後、エアコンの室外機のカバーを外し、コンプレッサーを手解体で取出す。
- ② コンプレッサーをシェル(外郭)カット装置に取付け、ローター部、ステータ部、蓋部の3分割にし、ローター部を取出す。
- ③ ローター部をローター引抜装置に取付け、油圧力でローターを把持し引抜く。
- ④ 引抜いたローターは磁力が残っているため、コイルに高電圧を印加し、交番磁界を発生させ共振減衰法を用いて磁力を脱磁する。
- ⑤ ローターを切断機に取付け、積層珪素鋼板を挟み込んでいる連結ピンを切断する為に、珪素鋼板最上部に回転刃を当てピンを切断する。
- ⑥ 磁石が剥き出しになった面を下方にし、自動機で持ち上げた後、自然落下をさせ、慣性力で脱磁した磁石を取出す。

【成果】

- ・ 工程毎の小型、低価格の設備構成でネオジム磁石回収システムを構築した。
- ・ 磁石材料メーカー、磁石メーカーと共同で貴重なレアアース資源の循環を行う。

(4) 生産性向上と環境整備

ライン型セル方式の薄型テレビライン



【目的】

解体ラインで追越し作業のできる省スペースラインを開発。

【工程】

解体作業台に傾斜を付けたことで、解体途中で届いた次の製品は、次の作業者へ回される。

【成果】

通常のセルラインの 1/3 で省スペース化。

フレコンバック・パレット運用の改善



水平搬送状況(スライドインラック)



水平移動収納(ラックストッカー)



省力化収納(ミニムーバ)



歩行者安全柵の設置



吊り込みアタッチメントの開発



ハンドパレットマガジン

【目的】

回収された資源や廃棄物を入れるフレコンバックの運用を改善し、安全面の向上と省スペース化を推進する。

【工程】

従来は多段積みであったフレコンバックを、荷崩れ防止の安全管理面から、「スライドインラック」を導入。

【成果】

- ・ 従来のフォークリフトは、ラックに向かって前進・後退の動作が発生するが、導入した新型のフォークリフト「ラックストッカー」では、停止状態での出し入れができるため、後退の動作が不用となり、より安全な運転が可能となった。
- ・ 「ミニムーバ」を導入し、フォークリフト作業の削減により空きスペースに歩行者安全柵を設置することができた。
- ・ フレコンバック「吊り込みアタッチメント」を開発することで、従来のフォークリフトの爪に吊り下げての運行と比べ、より安全な作業ができるようになった。
- ・ プラスチックパレット用に「ハンドパレットマガジン」を開発し、パレットを最下段より1枚ずつ抜き出しできるようになり、より安全な作業が可能となった。