

3.4 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等、再商品化率の向上や安全・環境改善等を旨とした様々な取組を行っている。

近年の製造業者等による代表的なリサイクル技術の事例を以下に紹介する。

(1) 素材価値の向上

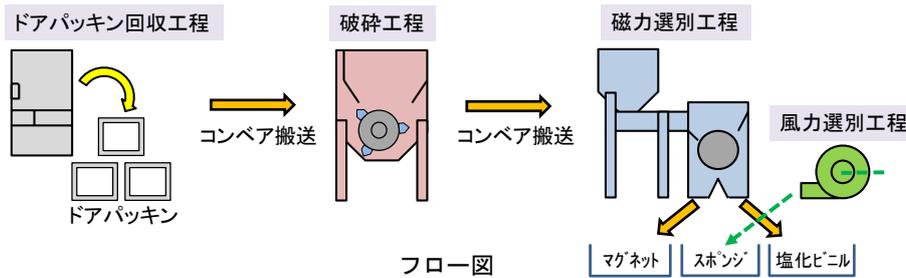
冷蔵庫ドアパッキンの破碎・選別による有価化

【目的】

冷蔵庫のドアパッキンは主に塩化ビニル・マグネット・その他異樹脂(スポンジ等)で構成されているが、これまではそれらを自社で分離することなく有価売却が可能であった。しかし、平成29年夏頃に打ち出された中国環境規制の強化による国内市場状況の変化により、有価売却が極めて困難な状況に陥った。そこで、塩化ビニルとマグネットを単一素材化することで付加価値を向上させ、有価資源循環を図ることを目的に破碎・選別設備一式を導入した。

【工程】

冷蔵庫ドアパッキン破碎選別設備のフローを下図に示す。

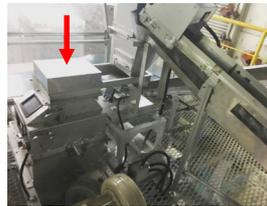


【技術開発のポイント】

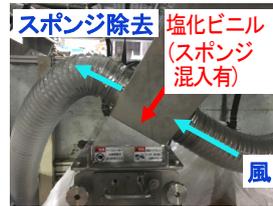
- ・ドアパッキン回収作業工程に本設備をうまく組み込み、回収作業工数の増加無しに目的を実現。(フロー図)
- ・破碎機等の要所に非磁性材料を用い、マグネットの分別回収可能な設備を実現。(写真①)
- ・風力選別工程を組み込むことにより、異物となるスポンジを除去。(写真②)



写真①-1(破碎機)



写真①-2(磁力選別機)



写真②

【成果】

新たな作業の手間を増やすことなく、資源循環可能な仕組みを構築することに成功し、冷蔵庫ドアパッキンの有価化を実現した。



ドアパッキン



塩化ビニル



マグネット



スポンジ

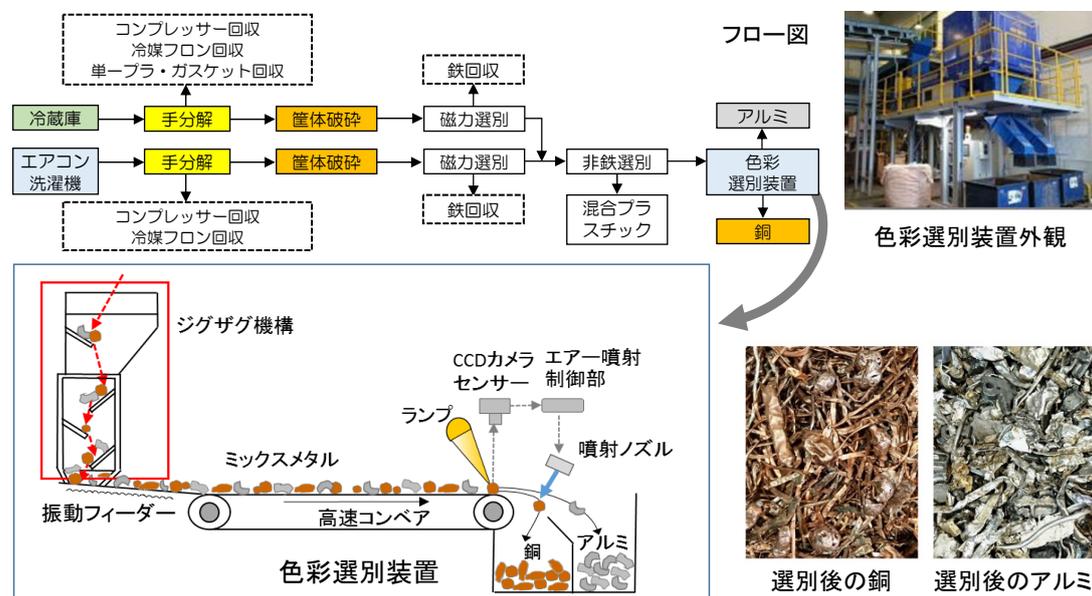
色彩選別装置の導入

【目的】

冷蔵庫・エアコン・洗濯機を破碎・選別して鉄・プラスチックを取り除いたミックスメタル(銅とアルミの混合物)から銅とアルミを単一化するため、従来の色彩選別装置に工夫を加えることで、より高純度で高い回収率を実現する新たな色彩選別装置を実現し、資源価値の向上に貢献する。

【工程】

- ① 手分解にて基板、難破碎物を取り除き、破碎機にて 45 mm 以下に破碎する。
- ② 磁力選別にて鉄部材を回収し、その後非鉄選別にてミックスメタルを回収する。
- ③ ミックスメタルを本装置に投入する前にジグザグ型の分散装置を経由して本装置の振動フィーダーに投入する。
- ④ 本装置のコンベア(高速コンベア)にてさらに分散(銅・アルミの重なりが発生しないように)する。
- ⑤ CCDカメラにより赤色(銅)と白色(アルミ)を見分ける「色彩選別」の選別条件を用い、最適なエアースプレーによる銅、アルミの高純度・高回収選別を行う。



【改善のポイント】

下記①②③は、実験・検証の上、本装置のユニット構成品とし、独自の改良・改善を施したものである。

- ① ミックスメタルに含まれる球状の排出物は高速コンベア上で不安定となり、位置ズレが生じやすく、エアースプレーによる選別がうまくできない課題があった。解決のため高速コンベアの長さを伸ばし、エアースプレー選別位置までの球状の排出物の挙動を安定化させることにより、エアースプレー選別精度を向上させた。
- ② 選別するミックスメタルをコンベア上に均一に広げるため、振動フィーダーへの投入部にジグザグで落とす機構を設けることで改善を図った。
- ③ 最適なエアースプレー圧、噴射ノズル角度を検討し、100g程度の重量物でもエアースプレーによる選別を可能とした。

【成果】

上記①～③の改良・改善と、「色彩選別」の最適条件の確立により、標準検証サンプルを用いた選別テストにおいて銅回収率=90%以上、銅純度=95%以上の目標に対し、各々95.8%、96%を実現した。

樹脂選別ラインの構築

【背景】

家電リサイクル法施行当初は、冷蔵庫由来の混合樹脂は選別技術が確立されておらず、埋立処分を行っていた。廃棄物削減への取組端緒として、簡易式水比重浮沈選別機の開発・導入により燃料向け樹脂の回収が可能になり、埋立処分量の大幅削減に繋がった。今回、リサイクル機器の性能や選別技術の向上に伴い、新たな樹脂選別ラインを構築した。これによりシュレッダープラントにて破碎選別された冷蔵庫及び洗濯機の混合樹脂から、高純度なPP・ABS・PS樹脂及び非鉄金属を素材別に回収することが可能となり、国内資源循環量及びリサイクル率の向上に寄与することができるものとする。

【特徴】

水比重浮沈選別及び近赤外線選別を中心に構成された自動化ラインであり、選別に使用している水は循環させることで場外への排出はなく、環境に配慮した設計としている。また、高品質なリサイクル原料をより安価に提供できるよう、選別工程を必要最低限に留めることで低コスト化を実現している。

水比重浮沈選別機



水比重にて浮上(軽量)物と沈降(重量)物に選別

乾式比重差選別機



浮上樹脂に含まれる軽量異物を除去し、PP樹脂を回収

湿式比重差選別機



沈降物から非鉄金属を回収

近赤外線選別機



沈降ミックス樹脂からABSとPS樹脂を選別・回収

色彩選別機



沈降混合樹脂に含まれる濃色異物を除去

高純度PP樹脂



材質純度:99.0%以上

【混合樹脂から単一素材回収した樹脂の製品化事例】

- ・冷蔵庫由来PP樹脂 ⇒ 車載スピーカー
- ・ 〃 ABS樹脂 ⇒ エアコン室外機電源ボックス
- ・ 〃 PS樹脂 ⇒ 電子部品巻取りリール
- ・洗濯機由来PP樹脂 ⇒ ドラム式洗濯機台枠
- ・ドラム式洗濯機由来PP(ガラスファイバー入り) ⇒ サニタリー部品

【成果】

今回の新ライン構築により、平成29年度の樹脂選別ライン回収実績が633t(内訳:冷蔵庫566t、洗濯機67t)となった。家電由来の樹脂は物性が安定していることから国内の家電及び素材メーカーからの需要は高く、今後更に回収量を増やすため、選別技術の向上に努めていく。

(2) 生産性向上

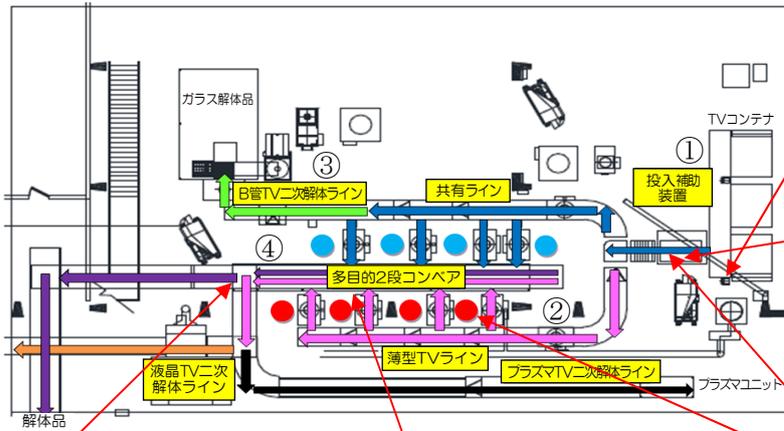
テレビ解体ライン改善～薄型テレビとブラウン管式テレビ解体ラインの共有化～

【目的】

ブラウン管式テレビ(以下「B管TV」という。)の入荷減少、薄型(液晶、プラズマ)テレビ(以下「薄型TV」という。)の入荷増加に伴い、B管TV解体ラインの縮小、薄型TVラインの増強が必要となった。更に従来B管・液晶・プラズマTVはバッチ処理のため仕分け作業が発生していた。全TVの処理が可能な共有ラインを構築し、生産性の向上及びB管TV・薄型TVの入荷比率の変動に対応する。

【工程】

- ← 全TV (B管/液晶/プラズマ)
 ← 薄型 (液晶/プラズマ) TV
 ← 解体品
- ← B管TV二次解体品
 ← 液晶TV二次解体品
 ← プラズマTV二次解体品
- 部分セル作業台 (全TV)
 ● 部分セル作業台 (薄型TV)



B管TVバキュームリフター



薄型TV投入補助装置(水平)



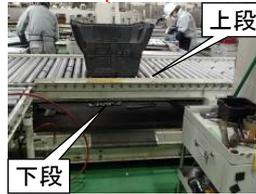
薄型TV投入補助装置(垂直)



プッシャー

薄型TVユニット

自動仕分け



上段

多目的2段コンベア

下段



セル作業台

未解体品

部分セル解体作業

【改善ポイント】

- ①薄型TVとB管TVの形状に応じた投入補助装置を設置することで、全TVの投入が可能となった。
- ②部分セル方式で解体することにより解体時間の異なる薄型、B管TVの混在投入が可能となった。B管TVは専用機のある4ブースでのみ処理となるが、薄型TVは全8ブースで処理が可能。
- ③B管TV専用機を集約することで、搬送距離を短縮し、ラインの縮小が図れた。
- ④多目的2段コンベアにより二次解体の必要な物(上段)と解体済み(下段)を仕分け搬送することで作業の効率化が図れた。高さの制約上、下段に投入できない物を上段に投入しても、高さセンサーとプッシャーにより自動で仕分ける。

【成果】

- ①作業工程の見直し(部分セル方式解体、投入補助装置、バキュームリフター、多目的2段コンベア等の導入)により、2名の省人化及び生産効率の26%向上を実現した。
1名当たりの解体台数:24.5台/日(旧ライン)→30.8台/日(新ライン)
- ②B管TV解体ラインの搬送距離を約19 m、39%短縮した。
- ③全TVの処理が可能な共有ラインの構築により、ライン投入時に種別仕分け(B管/液晶/プラズマ)が不要となり、B管TV・薄型TVの入荷比率の変動に柔軟に対応できるようになった。
- ④投入補助装置、バキュームリフターの導入により安全性の向上と作業負荷の低減が図れた。

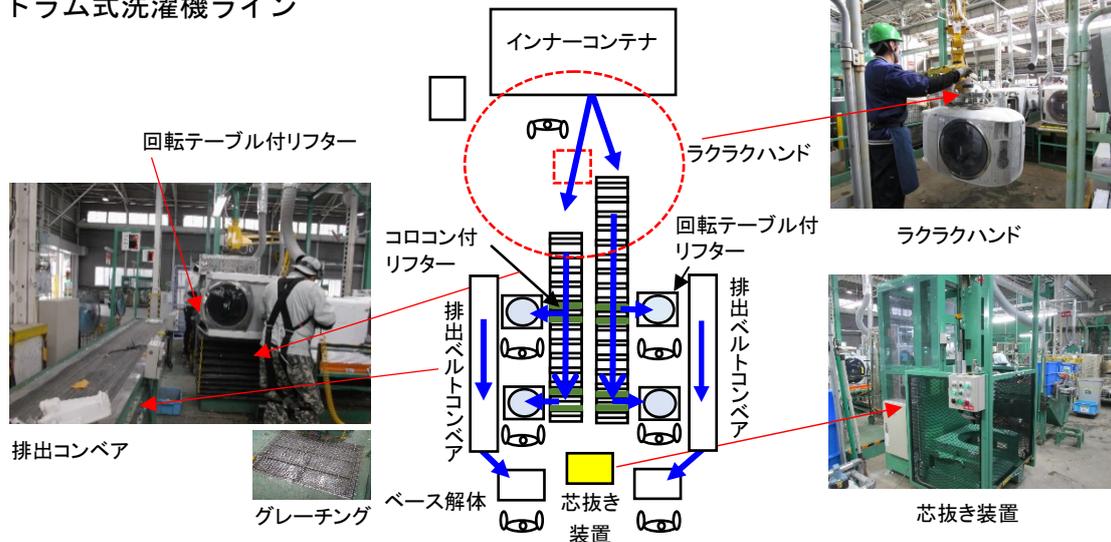
ドラム式洗濯機ラインの構築

【目的】

近年ドラム式洗濯機のリサイクル品が増加傾向にあるが、重量も 90 kg と重く、インナーコンテナからの手降ろしには負担が大きくなっている。また解体工数も多くかかり、解体品の手運搬など歩行ロスも発生している。更に洗濯槽に圧入して固定されている芯(ダイレクトドライブモーター用シャフト)は、大ハンマー等で叩かないと外せない構造のため作業効率が悪く、重筋作業となっている。また雨水等の持込みもあり、床面への飛散等作業環境も悪い状態であった。そこで重筋作業の軽減、安全性・作業効率・職場環境の向上を目的にドラム式洗濯機ラインを構築した。

【工程】

ドラム式洗濯機ライン



【改善のポイント】

1. 洗濯機はインナーコンテナに隙間なく積み込んであり、また洗濯機の前後面や側面にはビードや穴、取っ手、カバー等があり、吸着や掴みが難しい。これらを解消できるアタッチメントを考案し、設備による投入作業とし重筋作業を軽減する。
2. セル解体作業場は、重量物を扱うため、回転テーブル付リフターを設置し、作業者の腰痛防止と作業性向上を図る。
3. 解体作業場の隣に排出コンベアを設置し、手運搬による歩行ロスを削減する。
4. 解体時、床面へ飛散落下するビスや汚水等は清掃困難であるため、グレーチングを設置してビスの散乱や汚水等の清掃を容易にできるようにする。
5. 芯抜き装置を導入し、作業者の安全確保と重筋作業を軽減する。

【成果】

1. 洗濯機投入作業に独立真空吸着方式を考案したラクラクハンドを採用し、またセル作業台に回転テーブル付リフターを採用し、作業性の向上と重筋作業が軽減できた。
2. 排出コンベアの設置により歩行ロスを削減し、また床面にグレーチングを設置したことにより床面への散乱が減少し、清掃時間も短縮できた。
3. 芯抜き装置を新設し、ドラム式洗濯機のダイレクトドライブモーターシャフト及び底板アルミのベアリング外しに適用し、安全性の向上と重筋作業を廃止できた。
4. 上記により、生産効率が 16%改善できた。

エアコン室内機の簡易解体

【目的】

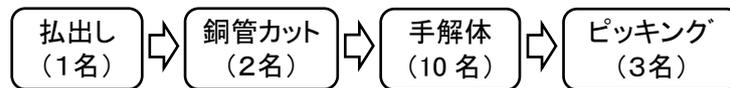
家電リサイクル法の対象機器の中で最もリサイクル処理に時間が掛かり、作業負荷が大きいエアコンの処理ラインに注目し、新工法(室内機プレス切断工法)を導入することで処理時間の削減と省人化、及び作業負荷を低減させることを目的とした。
また処理時間の削減目標は、従来の室内機セル解体ラインの50%削減、省人化の目標も同様に50%削減とした。

【手段】 ～室内機プレス切断工法の導入～

【従来の室内機セル解体ライン】

- ・室内機の手解体は、1人の作業員がエアードライバーを使い外装カバーの取り外しから最後の熱交換器の取外しまで行っている。
- ・処理能力としては、1台の室内機を解体するのに約5分掛かっていた。

[処理フローとライン構成人員:16名]



室内機セル解体ライン

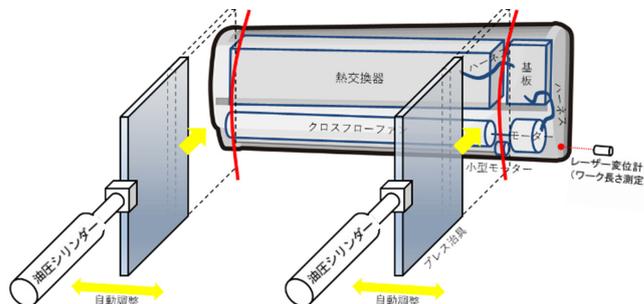
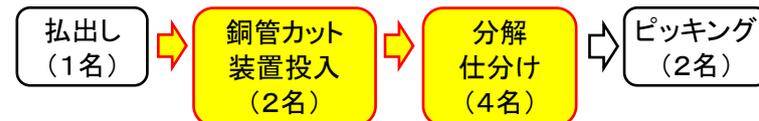
【室内機プレス切断工法ライン】 ※イメージ図参照

- ・銅管をカットした室内機をプレス切断装置にセットする。
- ・レーザー変位計により室内機(長辺)の長さを測定する。
- ・熱交換器の両端部をピンポイントでプレス切断できるようにプレス治具を移動させ、プレス切断を行い3分割にする。
- ・締結部が切断され、単体分離状態になる。
- ・処理能力としては、1台の室内機を解体するのに約 2.5 分まで短縮することができた(分解、仕分け含む)。



室内機プレス切断工法ライン

[処理フローとライン構成人員:9名]



プレス切断工法のイメージ図



分解・仕分け後の室内機の状態

【成果】

① 処理時間の削減・・・約5分/台 ⇒ 約2.5分/台 (約50%削減)

② 省人化効果・・・16名 ⇒ 9名 (約40%削減)

※ 平成30年5月時点の試験結果より

(3) 再商品化処理施設技術の向上

ノンフロン冷蔵庫の残留イソブタンガス処理技術

【目的】

冷媒に可燃性のイソブタン(R600a)を使用したノンフロン冷蔵庫の処理台数が近年増加傾向にある。イソブタン・冷凍機油処理装置でイソブタンガス及び冷凍機油を回収するが、コンプレッサー内に僅かに残っている冷凍機油中にイソブタンガスが溶解しているため、更に風通しの良い場所で1日以上保管していた。作業及びスペースの効率化のため、残留イソブタンガスの強制排気装置を開発した。

【工程】

- ①冷蔵庫本体背面のコンプレッサーのイソブタンガス出入口を封止する。
- ②冷蔵庫パイプ内のイソブタンガスを専用回収装置で回収し、コンプレッサーを取り外す。
- ③コンプレッサーを専用棚に吊してイソブタンガスと冷凍機油を専用回収装置で抜き取り、イソブタンガスと冷凍機油を分離し、安全に冷凍機油を回収する。
- ④コンプレッサー内の残留イソブタンガスは真空ポンプを内蔵した専用排気装置にて強制排気する。

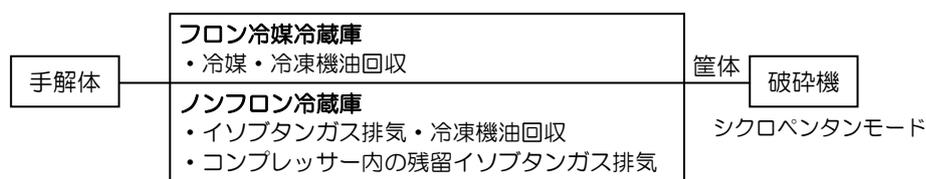
【安全対策】

イソブタンガスが万が一漏洩しても、作業エリアは周囲を囲い、常時排気している。負圧環境なので、イソブタンガスはエリア外に拡散しない。その他随所に可燃ガスセンサーを配置するなど種々の安全対策を施している。

【成果】

ノンフロン冷蔵庫の処理も従来のフロン冷媒冷蔵庫の工程に近づけることができ、今後のノンフロン冷蔵庫の処理量の拡大に対応できる。

【フロー図】



作業エリア



イソブタン・冷凍機油処理装置



専用棚セット状況



コンプレッサーを専用排気装置にセット



専用排気装置