



4 最新リサイクル技術

4.1 最新リサイクル技術の紹介

家電リサイクルプラントでは、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・環境改善等を目

指したさまざまな取組を行っています。

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します。

(1) 素材価値の向上

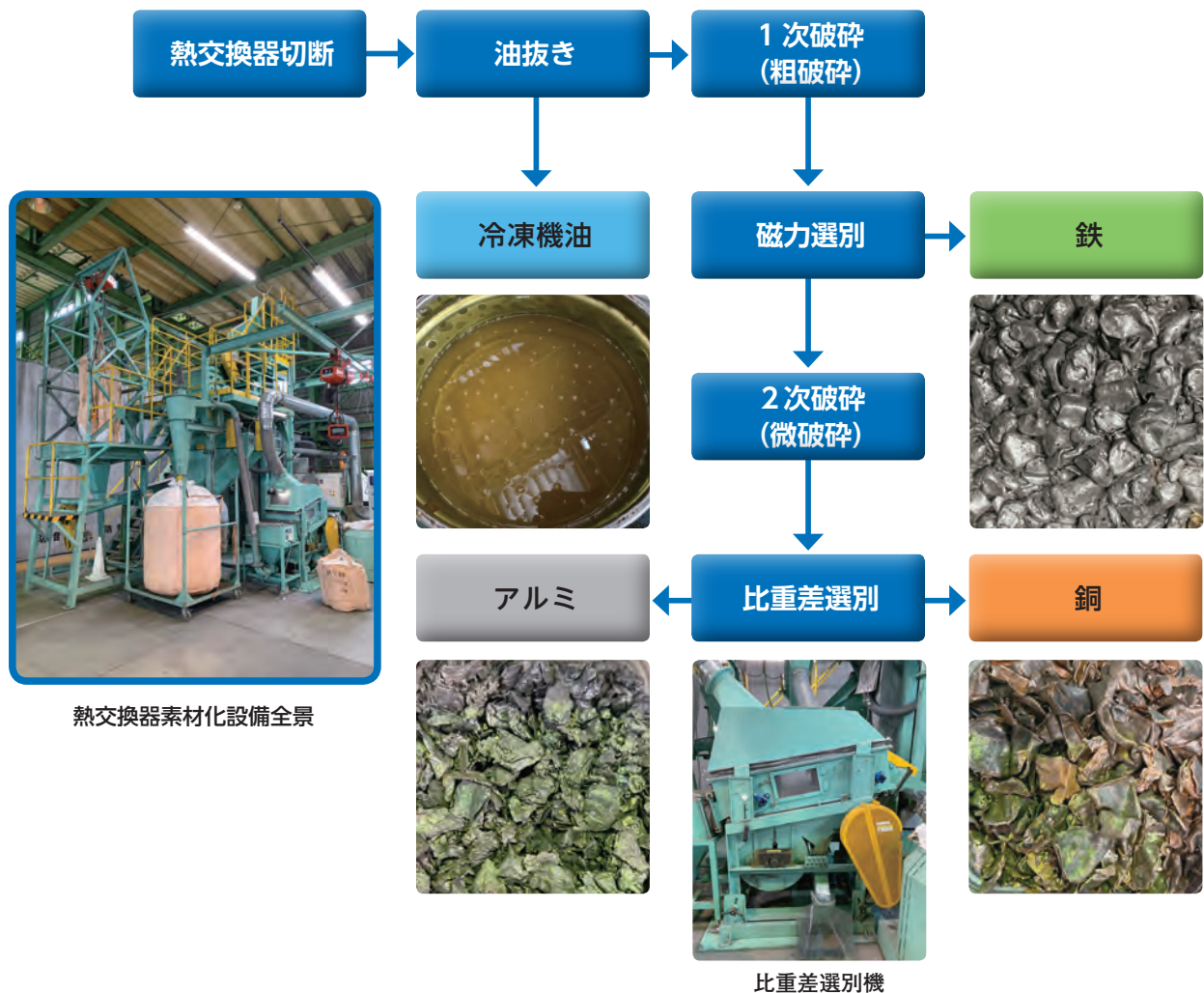
エアコン熱交換器の素材化技術の導入

【目的】

従来、エアコンの熱交換器（室内機・室外機）は、解体して取り出した状態で梱包し、二次業者へ販売していました。しかし熱交換器には銅パイプ、アルミフィン、鉄

フレーム等の資源があるため、素材別に選別を行うことで高品位な再生資源として回収することを目的として、独自の素材化技術を導入しました。

【工程】



【改善のポイント】

解体して取り出した熱交換器の銅パイプ内には油（冷凍機油）が残っているため、初めに油を抜く必要があります。そのため、自社で切断機と油抜きの方法を開発しました。また細かく破碎しなければ素材別に選別することが難し

いため、1次破碎での粗破碎後、まず磁力で鉄を選別し、その後2次破碎（微破碎）で粒度を整え、比重差選別機を用いて銅とアルミの選別を行うことで選別精度を高めました。

切断と油抜き工程



切断前の熱交換器



切断機で切断



切断後の断面



専用ラックに並べて油抜き



油はラック下部の容器に回収

【成果】

二度の破碎工程に通すことで、銅については99%以上の高品位で選別できるようになり、収益のアップにつながりました。またアルミなどの比重が軽い物についても、粒度が細かくなった分、運搬効率が上がり、輸送コ

ストの削減および保管スペースの縮小化にもつながりました。さらに輸送中の油漏れのリスクが無くなることで、環境負荷の低減にも成果がありました。



(2) 生産性の向上

洗濯機荷降ろしロボットの導入による省力化

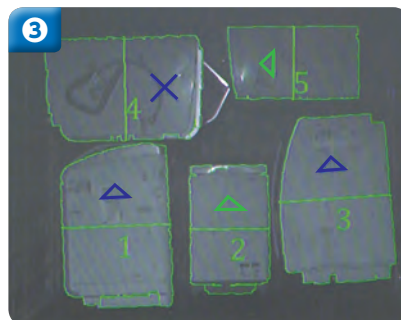
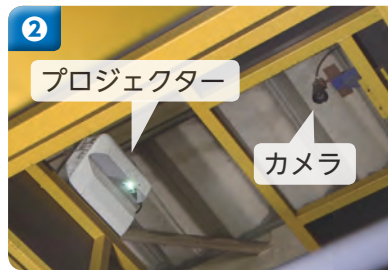
【目的】

廃家電 4 品目のうち、洗濯機は縦型で約 40kg、ドラム式で約 80kg の重量がありますが、リサイクルプラントには専用コンテナに 3 段積みで搬入され、また洗濯機は各々形状やサイズが異なることから、その荷降ろし作

業はこれまでは人の手に頼らざるを得ず、大変な重労働でかつ危険性を伴う作業でした。この問題を改善するため、ロボットによる自動荷降ろし装置を導入し、作業負荷の軽減と作業工数の削減を図りました。

【工程】

- ① 洗濯機が入ったコンテナの扉を開け、フォークリフトでコンテナをカメラの下に位置へセットする。
- ② 上部に設置したプロジェクターから縞模様のパターンを投影し、そのパターンのゆがみから画像認識による 3 次元計測を行い、洗濯機のサイズや形状、位置を測定する。
- ③ 蓄積したデータから AI（人工知能）を用いて洗濯機の種別、積まれている向きを識別し、荷降ろしの順番を決める。
- ④ ロボットハンドに取り付けた吸着パッドで洗濯機を吸着し、コンテナから取り出して縦型、ドラム式、それぞれの処理ラインに振り分ける。



△：ドラム式洗濯機
△：ドラム式洗濯機以外
×：へこみ等で吸着不可
数字：積み降ろしの順番



縦型用ラインとドラム式用ラインへの振り分け

【改善のポイント】

① 画像認識

課題：対象が廃棄物のため、変形しているものもあり、またコンテナへの積み方も統一されていないものを、1台1台正確に認識する必要がある。

解決策：プロジェクターとカメラを用いた位相（いそう）シフト方式という3次元計測を行うことにより解決しました。

② ロボットハンド

課題：約80kg程度もあるドラム式洗濯機をしっかりつかみ、安定した動作で移動させる必要がある。またコンテナ内の積載状態から移動させるため、上方からつかみ上げる必要がある（ただし隙間なく積まれているため、挟んでつかみ上げる方法は使えない）。

解決策：洗濯機の外板は厚みが0.5mmと薄く、磁気が効かないため、ロボットハンドには真空吸着パッド（吸着能力230kg）を採用しました。

③ 洗濯機の種類、向きの判別

課題：縦型処理ラインとドラム式処理ラインに振り分けるため、洗濯機の種類と向きを判別する必要がある。

解決策：導入当初は作業者がタッチパネルで種類、向きを入力。この蓄積した判別データを基にAI

を構築し、97.4%の正解率で自動認識できるようになりました。

④ コンテナへの積載方法

課題：コンテナ上方から確実に吸着するためには、積載した洗濯機1台1台を吸着しやすい平坦な面が上を向くようにコンテナ内に積載されている必要がある（背面は鉄板がねじ止めされているが、吸着すると外れやすいので不可。またドラム式の正面は扉があるので不可）。

解決策：指定引取場所をお願いし、各洗濯機の平坦面が上方を向くようにコンテナへの積載方法を変更してもらいました。



変更前（背面向きが多い）



変更後



タッチパネルへの入力

【成果と今後の課題】

成果：本装置の導入により、作業工数の削減による省力化（作業者1名減）と重量物取扱いによる作業負荷の軽減が図れました。

今後の課題：① 吸着パッドの水濡れ対策

雨に濡れた洗濯機では吸着パッドの吸引力が低下するため、対策が必要

② ヘこんだ洗濯機への対策

へこみがある洗濯機は吸着できないため、対策が必要



へこみがある洗濯機



エアコン室内機解体支援機の導入

【目的】

従来、エアコン室内機の解体は、ねじを外し、外装のフロントパネルとバックパネルを分離してから内装物を回収・分別する工程で行っていました。また熱交換器やモーター等の内装物を回収する工程でも多くのねじ外し作業

があり、解体工数が掛かっていました。そこでエアコン室内機本体の両端面を油圧機構で簡易切断（押切）を行い、手解体工数を削減することを目的にエアコン室内機解体支援機を導入しました。

【工程】

本解体支援機は、投入機構・分解機構・手解体作業コンベヤーで構成されています。

室内機（熱交換器）の両端面を切断することで、内装部品の回収が容易な分離状態となり、解体時間を短縮することができました。



室内機解体支援機

投入機構	室内機投入	コンテナより投入機構部へ室内機を手運搬
	配管ホース切断	室内機の配管パイプを人手で切断
	分解機構部へ挿入	人手で横スライドし分解機構部に室内機をセット
	スタートスイッチオン	両手押しスイッチを押し設備を起動



分解機構	シャッター扉閉	シャッター扉が下降
	切断位置検出ユニット駆動	センサーユニットが駆動し切断位置を検出
	切断ユニット駆動	切断ユニットが下降
	反転ユニット駆動	切断された室内機が反転し解体コンベヤーへ搬送



手解体	手解体コンベヤー駆動	（常時駆動）
	手解体	切断された室内機を手分解

処理能力：約 500 台／日

〔設備稼働最大能力：670 台 / 日（7.75h）〕

【改善のポイント】

エアコン室内機の両端面を切断することにより、手作業で簡単にフロントパネルとバックパネルを分離して、熱交換器・モーター・基板の回収ができます。モーターと

熱交換器の間を押切するため、熱交換器を変形させることなく回収することが可能となり、クロスフローファンも簡単に外すことができます。



両端面を切断し、反転ユニットから出た状態



切断後の手解体作業

【成果】

① 従来の全手解体に比べドライバーでねじを外す作業が激減しました。またセル解体から流れ作業とすることで解体時間が大幅に減りました。

② 従来、同一ラインで室外機と室内機を切り替えて解体していましたが、支援機導入後は同時並行で作業できるようになり、スムーズで無駄が無くなりました。

洗濯機解体支援装置の導入（ハイブリッド打抜き機）

【目的】

作業者による手解体作業が中心となっていた洗濯機解体処理においては、作業効率化、肉体負荷軽減等作業環境改善を図る必要性があり、今までは単機能の支援装置を開発し導入を行ってきました。また、洗濯機処理においては、水を持ち込む特性上、設備の腐食等による老朽化の進行も早く、設備の更新時期を迎えている現場が散見

されています。

そうした中で、新たに多機能な設備を開発導入（更新）することで、作業の効率化や設備投資コストの抑制、および面積生産性（単位面積当たりの生産性）の向上を図ることとしました。

【工程】

あらかじめ作業する内容に応じた動作モード（打抜き／減容分離）を選択し、縦型全自動洗濯機から手解体にて回収した本体と洗濯槽を本装置に投入し、両手押しスイッチにて起動させ、対象物の解体処理を実施します。

※安全確保のため、シャッター閉まで両手押しスイッチを長押しする仕様としています。

【動作フロー（概略）】

- ① 対象物投入
- ② 両手押しスイッチ起動（起動ブザーオン）
- ③ 安全・防音シャッター閉（ブザーオフ）
- ④ 打抜きまたは減容（分離）処理
- ⑤ シャッター開（動作完了ブザーオン）
- ⑥ 回収物取出し



解体支援装置



減容・分離作業



打抜き作業

【改善のポイント】

複数の作業を1つの装置に組み込むことで、使用目的に応じた使い分けを行うことが可能。

1) 打抜き作業

さび等が固着して手解体が難しい洗濯槽の機構部を洗濯槽から打ち抜いて分離。

2) 洗濯機本体の減容作業

本体を圧縮、減容することで回収容器への回収効率が向上。

3) ステンレス槽のバケット分離と減容作業

ステンレス槽からバケット（樹脂部分）の分離を行い、かつステンレス部分の減容も行うことで回収容器への回収効率の向上、および樹脂回収の効率化が可能。

4) 処理能力改善

複数の作業を実施するため、動作時間の最小化を実現。

【成果】

1) 設備投資コスト抑制：▲20%

※複数装置導入した場合と対比

2) フォークリフト荷役作業工数削減：▲47%

減容作業廃止、回収容器積載効率向上

3) 設備処理能力：約450回/日

設備動作時間：20秒、作業時間：30秒、稼働時間：7時間/日、稼働率：90%で試算

4) 設備設置スペースの削減：▲40%

面積生産性の向上 ※複数装置導入した場合と対比