

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

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) 生産性の向上

冷蔵庫由来ウレタンダストの RPF 固化装置導入

【目的】

カーボンニュートラル、サーキュラーエコノミーへの取組の一環として、化石燃料代替品となる固形燃料 (RPF) は昨今のエネルギー資源高騰も相まって需要が高まってい

ます。冷蔵庫に使用されている断熱材用のウレタンも、従来はダストとして廃棄物処理されていましたが、再資源化を実現するために RPF 固化装置の導入を行いました。

【工程・改善 (安定稼働) のポイント】

■ 導入設備 御池社製マルチフォーマー (MH400)

■ 処理能力 設備処理能力: 1.0 t/h、2,200 t/年

■ 処理フロー

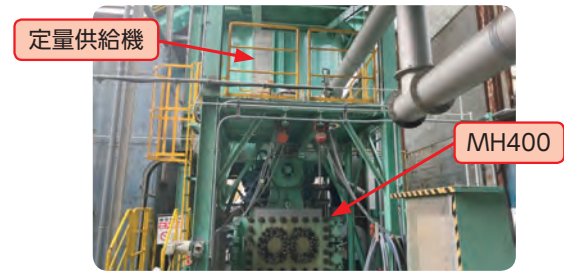
(変更前)

破碎処理 → 樹脂・選別 → 樹脂

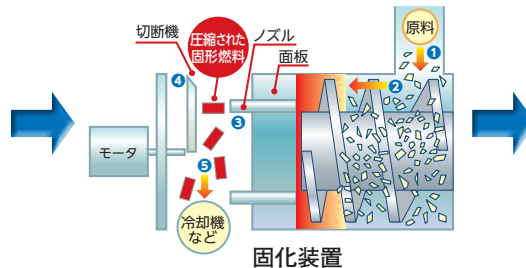
(変更後)

破碎処理 → 樹脂・選別 → 樹脂

ウレタンダスト → RPF 製品



ウレタンダスト



固化装置



RPF 製品

■ 安定稼働への取組ポイント

- ・ バインダー樹脂割合の調整 (樹脂選別ふるい機投入スピード調整)
- ・ 貯蔵ホッパーの攪拌機構改造によるウレタンダストと

バインダー樹脂の混合均一化

- ・ 押し出し速度、スクリー回転速度、シリンダー温度条件、ノズル径等の諸条件最適化
- ・ 窒素ガス封入による爆発抑制

【成果】

① **ダスト発生量削減** → RPF 化によるダスト処理費用削減 (再資源化率 98.4%)

② **CO₂ 排出量削減** → 燃料代替化による化石燃料使用量削減 (▲ 1,674t CO₂/年)

【今後の展開】

受入先への安定供給を維持するとともに、今後も拡大が予測される RPF 需要の流れに沿った販路拡大にも注力して参ります。また、設備導入時に体得したノウハウを生か

し、廃家電冷蔵庫ウレタン以外の廃棄物についても RPF 化による再資源化を図り、リサイクルコスト削減に向けて取り組んで参ります。

廃家電自動解体システムの開発

【目的】

高齢化社会の加速による労働人口の減少や、繁忙期に集中する作業負荷などの課題に対し、手作業が多い解体作業の機械化というアプローチで開発に着手。今後、回収量の増加が見込まれるエアコン室外機に焦点を当て、パナ

ソニック（株）、パナソニックプロダクションエンジニアリング（株）、平林金属（株）の三社が協力し、解体作業のさらなる効率化を目指し、廃家電自動解体システムを開発しました。

【工程・改善（安定稼働）のポイント】

■特徴

①短時間解体

- 引き剥がし解体による高速解体
- 室外機外装からコンプレッサまで連続解体

②引き剥がし解体を実現する固定方法

- 底板と背面の同時把持で多様な室外機を固定
- 室外機に傾斜を持たせ把持と解体動作を両立

③高品位維持のため部位ごとに取り出す解体方法

- 解体手順、方法のプロセス開発により、多種多様な対象物を部品ごとに分けて解体

④複雑な解体動作を実現する独自の操作ツール

- 独自開発のUI（ユーザーインターフェース）による操作系で、複雑な解体動作のプロセス開発

●多種多様な解体対象に対応する解体座標の決定

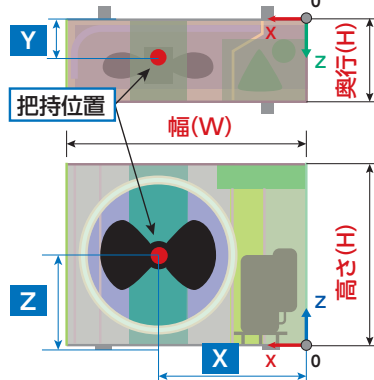
①多形自動測定

②室外機外形寸法から解体座標を決定（イメージ）

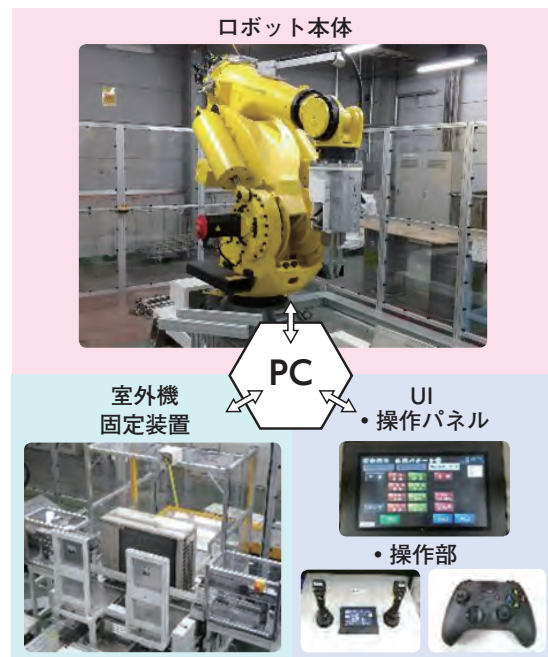
	X	Y	Z
ファン把持位置	$a \times W$	$W - b$	$cH + e$

a, b, c, e : 定数

③解体



●ロボット解体システム構成



●引き剥がしによるロボット解体

外装外し（天板／前板）



コンプレッサ外し



【成果・今後の展開】

■成果：エアコン室外機自動解体において

- ①対応機種：代表4メーカーの92%に対応
- ②解体タクト：解体76秒（搬出入含め目標90秒）を実現。

を実現。

■今後の展開

- ①量産・現場導入の早期実現
- ①他家電リサイクル品目への展開

人手作業のポイントやロボットならではのやり方を検討し、他品目への展開を検討

設備情報のデータベース化による保全業務の効率化

【目的】

標準化した「保全システム」*により設備情報をデータベース化し、情報共有することで「設備保全業務の効率化」を実現します。主な実現内容は、次の4項目

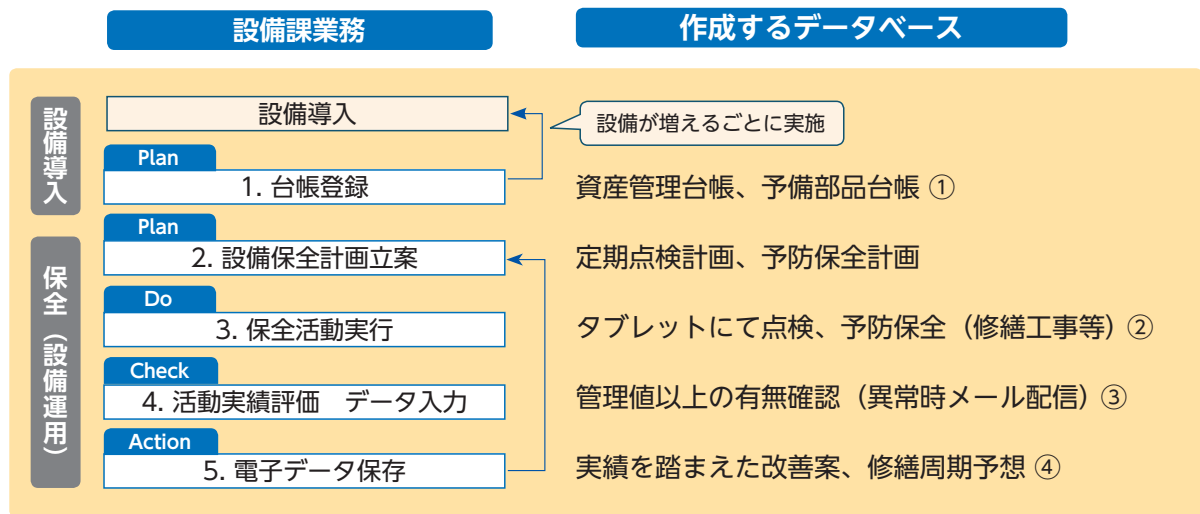
- ① 点検項目・作業内容の集約
- ② 点検作業のスケジュール管理
- ③ 保全情報の登録による装置毎の整備記録管理

- ④ 点検実績（部品寿命情報）から最適な保全方法の策定情報を提供

これにより、設備安定稼働の促進と保全業務の効率化を可能にします。

※ (株) 日立産業制御ソリューションズ 【Smart FAM®】

【内容】



② タブレットにて点検



異常値が入力されると赤色に変化し責任者にメールで配信

③ タブレット画面



④ 電子データ保存



CSV 出力実行

【成果】

- ① 設備情報を設備区分に合わせ階層上に管理しており、機器情報を入力することで、全ての設備を個別に検索できます。完成図書等のデータを含めて一元管理が可能になり、機器情報入手に要する保全業務の効率化につながりました。
- ② タブレットの点検記録作業により、印刷・確認印・ファイリングの削減で15分/日、62.5時間/年の作業時間を短縮。作業効率を向上させることができました。ま

た紙の使用量も1250枚削減でき、経費削減にも成功しました。

- ③ 設備定期点検時において、異常値が入力されると自動的に責任者にメール配信されるため、課内での情報共有を円滑に進めることが可能になりました。
- ④ 機器ごとに予備品入力ができ、過去に交換、故障した部品履歴等も閲覧できます。見積書、図面等を電子データとして保存しているため、誰でも調べることができます。

(2) 素材価値の向上

ガラス研磨システムの開発

【目的】

近年、ガラスを活用した冷蔵庫の入荷台数が増加傾向にあります。しかしながら、冷蔵庫を破砕した混合廃棄物からガラスのみを効率よく回収する技術が確立されていないため、ガラスが混在することで、種々の回収品の品質が低下する場合があります。このため、リサイクル処理において破砕機への投入前にガラス部を分離、回収して再資源化・

再商品化をめざすための研究開発に取り組んできました。本研究に先立ち、2021年11月には「冷蔵庫ガラスドア分離システム」を開発、ガラスドアのガラス板を分離し、扉部分のプラスチックや金属などの分別回収に成功しました。今回は、ウレタンなどが付着したガラス板をリサイクルするための検討を進めました。

【工程（内容）】

- ① ガラスドア分離システムで分離されたガラス板には、ウレタンやテープ等が付着した状態で回収されます。これをウレタン除去装置に投入し、ガラス板に付着したウレタンとテープを除去することでガラス面を平滑化します。
- ② 搬送工程を経て、後段の塗料除去工程では、段階的に表面を研磨します。後段は最大4段まで除去ブラシを設置可能な仕様としており、入口に近いブラシから順に、

フィルム、塗料を剥いでいき、最終ブラシで仕上げを行います。

- ③ 取出工程でガラスに塗料が残っていないかを確認し、ボックスに回収します。

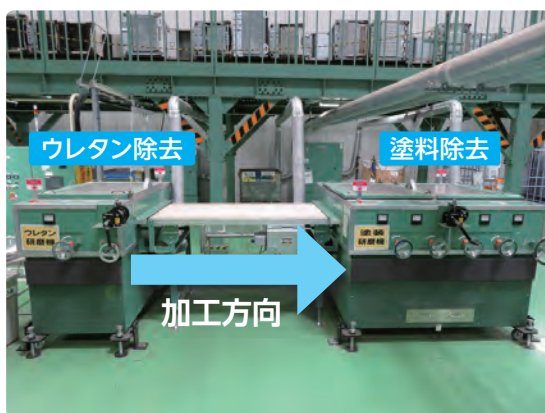


図1. ガラス研磨システム

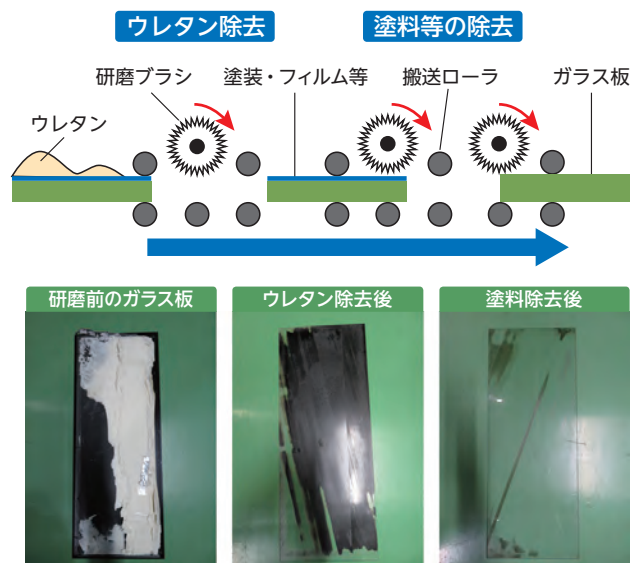


図2. 各工程のイメージ

【改善（開発）のポイント】

●ガラス面の平滑化

回収したガラス扉にはウレタンやテープ、フィルムが異なった形状で付着しており、また付着の組み合わせも多種多様な状態でした。このような状態のもとで、全ての付着物を除去することは大変困難であり、このため、除去する対象物を分割し、段階的に付着物除去を行う手法を採用しました。

目的によって工程を細分化する方法は、ガラス扉分離システムでも採用しており、切込工程と切断工程の2段階に分けて加工を実施しています。この手法は、対象物が安定していないリサイクル技術を開発する際には、各々の最適化を図りやすいという点で有効であると考えております。

【成果・今後の対応】

- ① 冷蔵庫のガラス扉を回収して加工することにより、その一部を水平リサイクルとして再商品化することに成功しました。

- ② 剥がしにくい塗料を持ったガラスもあり、改良を進めております。

(3) 安全・労働環境の改善

ドラム式洗濯機シャフト分離装置の導入

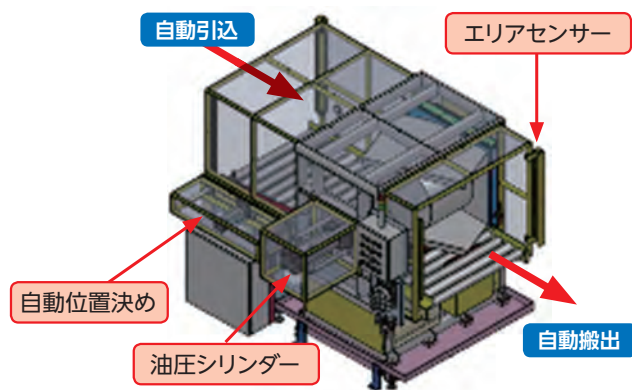
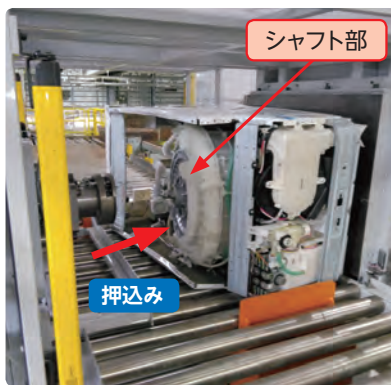
【目的】

廃家電ドラム式洗濯機樹脂槽の単一素材回収における工数削減や後段の破碎機負担軽減を目指し、従来の手解体作業を設備化した作業環境でシャフト付き SUS 槽と樹脂槽の分離を行ってきましたが、既存装置では操作性が悪く

重労働を強いる作業内容となっていました。

また、作業環境（騒音）等にも課題があり、これらの課題を解決するため、自動で分離する装置をパナソニック（株）と共同開発し、現場導入しました。

【工程・改善（開発）のポイント】



項目	従来装置	新規導入装置
シャフト分離機構	・エアシリンダーによるハンマーリング	・油圧シリンダーによる押し込み
装置動作	・引込み：手動 ・位置決め：手動 ・分離：半自動（作業者スイッチ ON） ・搬出：手動	・引込み：自動 ・位置決め：姿勢調整装置による自動 ・分離：自動 ・搬出：自動
サイクルタクト	・約 90 秒/台	・約 27 秒/台
安全対策	・エアシリンダーの非常停止 SW のみ	・非常停止 SW、エアセンサー、カバー等

ワークの引込み、位置決め、搬出に要していた専属作業者が不要となり、省人化が図れたとともに、タクトも約 60 秒短縮され、大幅な作業効率改善が図れました。加えて、エアシリンダーで数回打ち付ける方法（ハンマーリング）

から油圧シリンダーで押し込む方法に変更することで、大幅な騒音低減を実現し、作業環境改善を図ることができました。

効果	詳細
装置開発導入による工数改善	・サイクルタクト：▲ 63 秒/台、人員：▲ 1 名 ・効果金額：473 万円/年
作業環境改善（騒音）	・エアシリンダーによるハンマーリング音の低減

【今後の課題】

先行導入事例として情報公開するとともに、同様の取組（単一素材回収、工数削減、作業環境改善検討等）を行って

いるリサイクルプラントへの水平展開導入時には、設備共同開発関係者への協力、後方支援を行って参ります。

ドラム式洗濯機分解ラインの重筋作業削減

【目的】

従来のドラム式洗濯機分解ラインには、以下の3つの課題がありました。

- ① 作業場まで1台ずつ台車で運搬する（重筋作業、非効率）
- ② 吊り上げ補助具を使用して、手作業で一台ずつ作業台に載せる（非効率）



① 台車での運搬



② 手で作業台に移載



③ 分解作業

- ③ 筐体上部のビスを外すために、作業台上で筐体を倒して分解する（重筋作業）

これらの課題について、重筋作業の削減と作業性向上に向け、極力人手を介さずに作業台まで搬送できる作業者に優しいラインをめざし設計しました。

【改善のポイント】

① 自動搬送コンベアにより作業場所に搬送

台車での搬送から自動搬送にすることで重筋作業を削減しました。



自動搬送写真(1)

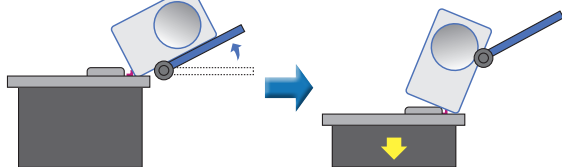


自動搬送写真(2)

② 傾転機により作業台に移載

筐体の自重を活かして作業台に傾転移載することで効率的に作業することが可能となりました。

【原理図】



【搬送コンベアから作業台への筐体移載手順】

- 1) 筐体を傾転機構で傾けると自重で傾斜面を滑り出す
- 2) 作業台に固定されたストッパー（アングル）で停止する
- 3) 作業台を降下させていくと筐体は傾斜面を滑りながら直立していく

【傾転移載の手順（写真）】



1) 傾転機にセットする



2) 傾転開始



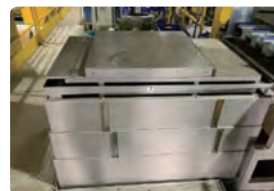
3) 作業台（昇降式）を降下する



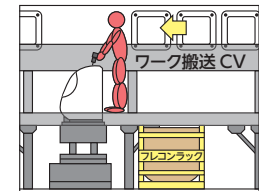
4) 作業台に移載完了

③ 昇降式作業台で分解

作業エリアを2層化することで、床面から20cmまで作業台が下げられるようになり、筐体を倒さずに筐体上部のビスを外すことができる構造にすることで作業性が向上しました。



昇降式作業台



イメージ図（作業台最下端）

【成果】

- ① 人手作業に伴い発生していた重筋作業を、搬送コンベアや傾転機による自動化設備の導入により削減することができました。

- ② 自動化に伴い、ライン効率も向上させることができました。（1作業者1時間あたり1.9台が、2.2台に改善）