

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。

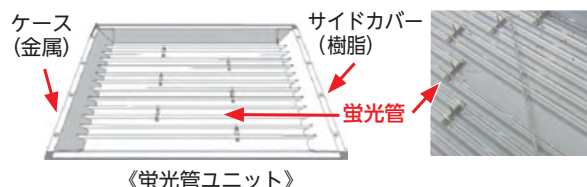
(1) 生産性の向上

薄型テレビ蛍光管ユニット解体ブースの導入

【導入の経緯】

蛍光管バックライト式の液晶テレビは、全薄型テレビ入荷の約40%を構成しています。水銀が入った蛍光管は解体時に破損する恐れがあるため、専用解体ブースのないプラントでは解体せずに蛍光管ユニットとして金属ケースと一緒に逆有償品として出荷していました。今回、他プラントで導入されている設備をベースに必要な条件の見直しを行

い、新たな解体ブースを開発導入しました。



【開発のポイント】

作業員への水銀曝露リスクがなく、また周辺への影響が発生しない作業環境構築を前提に蛍光管破壊テストを実施し、必要条件の明確化と新たな設備仕様を策定しました。

①必要条件の明確化

- ・蛍光管解体テーブル面を吸引排気すれば作業員への水銀曝露リスクは無くなる。
- ・破損品を容器密封し保管することで、解体テーブル面の水銀検知は無くなり、周囲への影響もない。

②必要条件を満たす設備仕様の見直し

No	必要条件	既存設備（検討ベース）	見直し仕様
1	蛍光管解体テーブル面の吸引排気（蛍光管の破壊点近傍）	作業エリア隔離、吸引排気（工具吊り、照明、フード、工具掛け、分電盤、ゴミ箱、活性炭フィルター（交換頻度は年3回））	- 作業員手元の吸引排気は必要（吸引力 0.7m³/min 以上） - 作業エリア隔離は不要
2	破損品の即時回収排除		破損発生時、即時回収は必要（脱水銀処理機能までは不要）
3	破損品の容器密封保管	破損品処理（脱水銀処理：ノズル吸引活性炭吸着）	- 容器密封保管機能は必要（脱水銀処理機能までは不要） - 回収容器投入時の水銀飛散などが発生しない仕組みは必要



《蛍光管破壊テスト》

③薄型テレビ解体ラインへの導入



【成果】

蛍光管ユニット解体運用導入により金属ケースなどの有価物回収が可能となり、リサイクル率が約6%向上しました。必要条件明確化による設備仕様見直しを行うことで解体

ブース製作費用は、従来設備と比べて1/3に抑制ができました。今後は、同じ課題を抱えているプラントに対し、導入支援を行って参ります。

廃家電型番読取りシステム導入

【目的】

形状や搭載部品に合わせた廃家電の解体方法を判断するために、従来は製品ラベルを確認し、現場に掲示している作業手順書と照らし合わせて作業していましたが、見間違いなどによる誤判断が発生していました。現場オペレーションの効率化を図るために AI 技術を駆使した高

精度文字認識技術を採用し、製品ラベル画像からさまざまな情報（型番、メーカー、年式、製造番号、冷媒フロ

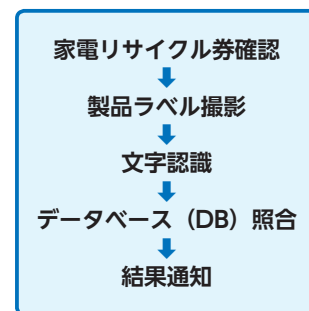
ン種など）を取得し解体方法を判別できる廃家電型番読取りシステムを開発しました。

【開発のポイント】

■ 処理フロー



ハンディターミナル



処理フロー

■ 取組ポイント

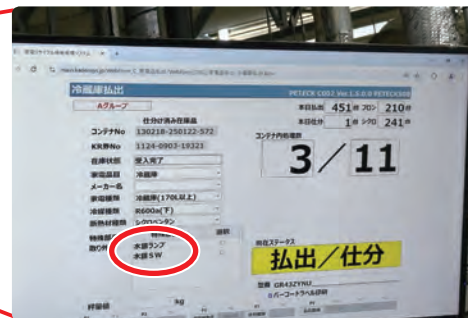
- 文字認識率、および、正読率向上
(数千枚のラベル撮影テスト実施と集計解析、特殊なフォントなどへの対応)
- 型番不一致時対策（類似型番を候補として選抜通知）

- DB 拡充対応（未登録型番を DB へ都度追加補充）
- 管理システム側への処理情報（家電リサイクル券情報、製品情報等）自動登録化対応

■ 効果

- 管理システム側への処理情報登録作業効率化
- 廃家電入荷傾向の調査分析対応効率化

- 後段の自動解体システムとの連携による効率化
- 水銀含有部品、冷媒フロ



水銀含有部品判定結果通知

【今後の展開】

今後は、ハンディターミナル使用者の指の動きや視覚を分析し、より操作性の高いシステムにアップデートしていくことや、データベースを拡充し、自動解体システムとの連携強化を検討していく予定です。現在、薄型テレビ解体ライ

ン側にも固定式の廃家電型番読取りシステムを既に展開しており、汎用性のあるシステムとしてさらなる水平展開を実現しリサイクルプラントの安定稼働に貢献していくことを目指します。

(2) 安全・労働環境の改善

真空断熱材（VIP）剥離 カット工法の開発

【目的】

真空断熱材（以下、VIP）を使用した冷蔵庫の入荷割合は年々増加傾向にあり、VIP 中のグラスウールが起因となる搬送系詰りトラブル防止、回収物純度向上、ウレタン断熱材固形燃料の品質向上などの観点から、VIP を事

前回収する必要がありました。従来は振動工具（チゼル）を使用して手作業で VIP を剥離していましたが、作業者の身体的負担軽減・作業環境改善のために、より安心・安全な自動剥離カット工法を開発しました。

【開発のポイント】

■ カット用ツール検討

	はつる		切削				切断		溶かす		
	チゼル	ウォーター ジェット	ディスク	エンドミル	ロータリー パー	振動刃	カッター	スリッター ナイフ	レーザー	プラズマ	ガス
ツール											

さまざまなカット用ツールで実証実験した結果、火花レスで安全性が高く、切断加工速度も稼げる、カッター刃によるカット工法に最も優位性がありました。

■ 工法開発

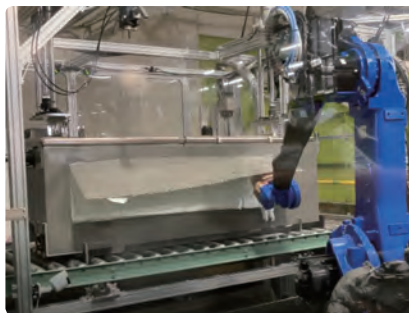
項 目	従来工法	新規開発工法
剥離方法	振動工具（チゼル）を利用した手作業 ※外装鉄板をカットし鉄板付VIPで剥離 	カッター刃装着のロボットによる自動カット ※外装鉄板とVIPを一緒にカット 
切断加工速度	100mm/s	500 mm /s（冷蔵庫1面当り15～20秒程度）
切断経路	蛇行しやすい	直進性あり
その他	課題：振動・騒音による作業への負担大	効果：自動カットによる作業環境改善＆省人効果

カッター刃装着のロボットを活用した新工法では、従来工法に比べて「加工速度」、「切断操作性」、「作業環境」などを大幅に改善することができました。

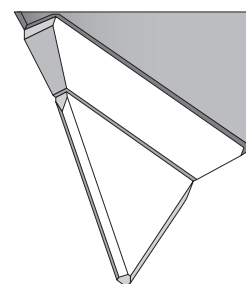
■ 実証実験装置



カッター刃装着のロボット



自動カット実証実験装置



カッター刃拡大図
（オリジナル開発品）

【今後の展開】

- オフラインの自動剥離カット装置を導入し、カッター刃の耐久性アップを検証します。
- VIP 剥離カット工法だけでなく、VIP 中のグラスウール

を取り出し減容する工法も開発を進めており、冷蔵庫解体設備にインライン化し、省人化や素材別回収（鉄とグラスウール）を目指します。

安全職場の構築（重筋作業の撲滅）

【目 的】

人への負荷が高く、労働災害にもつながりかねない「廃家電4品目」をインナーコンテナから下ろす作業が重筋作業となっていました。以下の5つの重筋作業を他プラントの取組内容も参考にして、対策しました。

【改善のポイント】

■ 吸着による吊り上げ

吸着も接触面の凹凸により真空圧力低下となりますが、冷蔵庫や洗濯機のようなフラットな面がある製品には向いていると考え、採用しました。

① 自動洗濯機・二層式洗濯機・乾燥機 荷降ろし

荷降ろしロボット（ロボットアーム+吸着パッド）を導入。



人による荷降ろし作業



荷降ろしロボット

② 冷蔵庫・冷凍庫 荷降ろし

落下防止のため、6つの吸着パッドで冷蔵庫を吸着し、電動チェーンブロックにより吊り上げ、運搬をするようにしました。



吸着パッドでの吸着風景

① 全自動洗濯機・二層式洗濯機・乾燥機 荷降ろし

② 冷蔵庫・冷凍庫 荷降ろし、③ エアコン室外機 荷降ろし

④ ドラム式洗濯機 荷降ろし、⑤ 薄型テレビ 荷降ろし

■ フックによる吊り上げ

フックはひっかける場所が必要。エアコン室外機にはベースプレート、ドラム式洗濯機には取手があるため、フックを掛けることができると判断し採用を決めました。

③ エアコン室外機 荷降ろし

室外機ベースプレート部にフックを1点掛けし、吊り上げて荷降ろし。



横行・縦行レール

④ ドラム式洗濯機 荷降ろし

電動チェーンブロックと天井レールを使用したフック1点吊りを採用しました。



エアコン室外機と同じ1点吊り

■ その他

⑤ 薄型テレビ 荷降ろし

大型テレビをハンドクレーン（パワーアシスト：圧力センサーを手に装着、上方への力をアシスト）を導入しました。



ハンドクレーン

【成 果】

① 自動洗濯機・二層式洗濯機・乾燥機：自動化&省人化

② 冷蔵庫・冷凍庫：100kg 超の冷蔵庫吊り上げ可能

③ エアコン室外機：横行・縦行レールにより操作性向上

④ ドラム式洗濯機：取手部分へのフック掛けが可能になり、吊り上げ作業が容易化

⑤ 薄型テレビ：50kg の重量物を 20kg の力で移動可能

(3) 素材価値の向上

単一素材化と操業 KPI 管理

【目的】

複合素材である、冷蔵庫、エアコンの熱交換器、ブラウン管テレビの偏向ヨーク、洗濯機の非鉄をさらに破碎・分解し、アルミや銅の単一素材を回収しています。

また、それらを含む家電リサイクルプラントの操業については KPI を設定することにより、日々のデータを収集・分析し改善活動につなげています。

【工程（各単一素材化と KPI 管理）】

【熱交破碎品】

粗破碎機



手選別



熱交破碎機（一軸破碎機）



熱交破碎内部



熱交破碎品 (アルミ)

粗破碎機で破碎され 500 mm アンダーになった回収物は手選別でピッキング回収します。冷蔵庫、エアコンの熱交換器は一軸破碎機に投入し 50 mm アンダーに破碎し磁選機を経て鉄とアルミを回収します。

【アルミ回収】

粗破碎機



細破碎機



渦電流選別機



一軸破碎機



渦電流選別機



非鉄金属



アルミ

洗濯機はドラム式洗濯機も含めて、前処理後、機械破碎をしております。全ての洗濯機は単一プラスチック、ガラス、ガラス蓋、コンクリートを前処理にて回収後破碎機に投入します。破碎機で破碎され 30 センチ～ 50 センチになった各種回収物は、手選別でピッキングを行います。その後、細破碎機にて 10 センチ角程度に破碎されます。そして磁力選別機を経て下流の渦電流選別機で非鉄が選別されます。洗濯機の場合大半がアルミダイキャストですがこの中にプラスチック巻きのダイキャストが混じります。

今回、その非鉄をもう一度、別の破碎機にかけ 45 mm の篩ふるいを通して回収します。すると大半のプラスチックとアルミダイキャストが分離しますのでもう一度渦電流選別機にかけ、アルミダイキャストとプラスチックその他に選別し回収します。

【トランス解体】

ブラウン管のトランス、偏向ヨークは全解体しています。



鉄



プラスチック



銅

【KPI 管理】

組織内で KPI を把握し、進捗状況を確認する環境を構築することで、結果として目標達成に向けたチームのモチベーションアップに取り組んでいます。

6つの視点で管理項目进行分类しています。

- ① 工場稼働…処理効率、社員稼働率、在庫数の推移、電気オペレーション
- ② 保全…巡視点検、設備保全、自社整備
- ③ 品質…回収率、前処理プラスチック回収率、大型解体の仕事内容
- ④ 搬出…出荷単一素材化向上、成果品不良
- ⑤ 物流…横持ち、2L 待機時間管理
- ⑥ 安全…事故・災害の件数、安全パトロールの是正件数

下記の効果が出ています。

- KPI 管理値を設けることで、社員が現場の状況を把握できる
- 今日、取り組むことが明確になる
- 結果が改善されたときには達成感を感じられる
- 解りやすい KPI 指数での管理状況を共有することで各グループのモチベーションアップにつながる
- KPI の項目は、月次でリーダー会議にて報告する
- 管理達成度によりブラッシュアップを図る

【改善（開発）のポイント】

【単一素材化】

コンプレッサーの解体、トランスの解体については以前から取り組んできましたが、さらなる効率化を研究しています。熱交破碎は排出先の単一素材に利用できるため全品目、全量を処理することにしました。

さらなる単一素材化の試みとして、機械破碎によって複合素材となっている非鉄金属を分析し、破碎によりプラスチックを分離できることが分かり、再度破碎、選別を行っています。

【KPI 管理】

各項目の KPI 指数を定めるにあたり、日報からのデータの収集、分析を行い、試行錯誤しました。各項目においてわかりやすいこと、リアルタイムに管理できる指数を採用しました。

朝礼時の報告で社員全員が前日の結果を共有しています。

【成 果】

【単一素材化】

偏向ヨークの解体はブラウン管解体の一連の工程に組み込むことにより効率的に処理できるようになりました。

【KPI 管理】

各項目の KPI 指数を定めることにより、進捗状況の管理が見える化しています。日々の KPI 指数が達成できなかった場合、問題点に対する改善策にベテラン社員から若手社員まで共通の課題として取り組むことができるようになりました。