

## 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) 生産性の向上

#### エアコン室外機フロン自動回収システム導入

##### 【目的】

現在、エアコンの回収率は他の品目よりも低く、今後の回収率向上目標が掲げられています。リサイクルプラントにはエアコンの処理能力向上が求められる一方で、労働人口の減少と高齢化が進んでいます。今回、手動で行っているエアコン室外機のフロン回収作業を、高精度な認識技術やフロン漏れの無い回路設計によって、安全かつ効率的に自動で回収できるシステムを開発・導入しました。



フロン自動回収システム

##### 【開発のポイント】

##### ① 平面と立体2つの視点による検出精度の確保

2Dカメラと3Dカメラで撮影した画像データからメーカーや機種による仕様の違いも認識し多種多様なエアコン室外機の弁の位置を高い精度で迅速に検出します。

##### ② 弁との確実な接続を担保する独自の回収カプラ

フロンを漏らすことなく回収するためには、室外機の配管口にある弁とフロン回収タンクを確実に接続する必要があります。

本システムでは二方弁と三方弁それぞれに対応できる独自の回収カプラを開発し、ロボットによる安定した自動接続が可能になりました。

##### ③ フロン漏れを見逃さない安全設計

製造過程でフロンを充填する際のノウハウや知見も参考に、フロン漏れの有無を検知する機能を搭載しました。

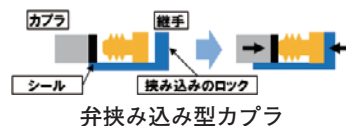
3つの検知機能（圧力センサー、精密流量計、ガス検知器）でカプラが正しく接続されているかを検出し、回収経路が完全に密閉されていることを確認してから確実にフロンを回収します。

##### ④ 連続高速処理を実現

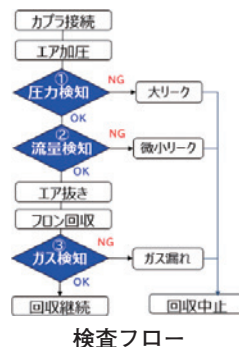
エアコン室外機のフロン回収にかかる時間は配管内に充填されたフロンの量に依存します。本システムではフロン回収の間に別の室外機の撮影を行い、3台同時にフロン回収することでフロン回収以外のプロセスをより効率的に行うことを実現しました。



3Dカメラによる検出、経路生成



弁挟み込み型カプラ



検査フロー

##### 【今後の展開】

エアコン室外機は解体時に原形をとどめていないものも多く、全てを自動化システムの対象とするのは困難です。今後は室外機のメーカー・品番・状態を考慮したうえで、従来の人手によるフロン回収と今回の自動回収の

バランスが最適となるように自動回収システムの対象範囲の拡大を目指すとともに、エアコン回収率UP時の処理能力増強や、労働人口の減少・高齢化に対応できるシステムとして、リサイクルプラントの安定稼働に貢献します。

## 冷媒フロンリークディテクタの導入

### 【目的】

これまで冷媒フロンの漏れ確認作業は、検査液を塗布して、目視で実施していました。しかしながら、その方法では、確認箇所が多く、工数がかかるうえ、検査液の塗布や漏れ確認の方法が作業者の経験や感覚に依存す

る、という課題がありました。

そこで、作業工数の削減と漏れ確認の精度・安定性の向上を目指し、リークディテクタを導入しました。

### 【改善のポイント】

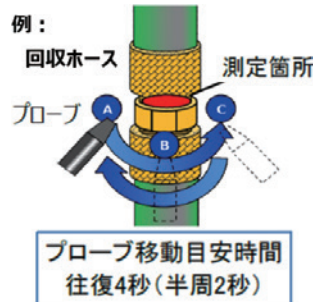
#### 1. リークディテクタ概要



センサータイプ	赤外線（フロンの特定波長を吸収し検出）
感度	1～7g/年（最高感度の1g/年に設定して使用する）
使用可能時間	9時間（満充電まで3時間）
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>全フロン種対応、他のガスを誤検知しない</li> <li>ノズルからガスを吸引し、アラーム音とランプ表示でフロン漏れの確認が可能</li> </ul>

#### 2. 導入

- 現場での動作確認および試行測定精度に影響する条件および、環境を整理
  - ⇒ 風速2m/s以下で使用可
  - ・冷凍機油からのミストが無い場所で使用可
- 実態に合わせ作業手順を作成
- 現場への導入教育を実施



作業手順作成



現場導入教育

#### 3. 従来との比較

	確認時間	バラツキ	確実性
検査液（従来） 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スプレー塗布後泡が出ないかじっくり確認する</li> <li>・確認後、液の拭き取りが必要となる</li> </ul>	泡の目視確認のため人によって漏れの気づきに差が出やすい	接続部全周に渡って泡を確認しづらく漏れを見落としやすい
リークディテクタ 	プロブを近づけるとただちに検知 ↓ 漏れの確認に時間が掛からない	光と音で確認でき、判断しやすい ↓ 人による判断のバラツキが無い	ガスを吸引するため一方方向からでも全周に渡って検知可能 ↓ 漏れの見落としが無い

### 【成果と今後の展開】

作業時間の短縮だけでなく、確認作業のバラツキも減少し、確認漏れの心配がなくなりました。起動やメンテナンスの手間、夏場のクーラーの風の影響などの課題はあ

りますが、これらを克服しながら、他に先駆けて作業の標準化と定着を推進します。

## エアコン分解ラインの重筋作業削減および効率化

### 【目的】

従来のエアコン分解ラインは、以下の課題がありました。

- ① 人手による投入作業（重筋）
- ② 人手による筐体搬送（重筋・低効率）
- ③ 人手による分解作業（低効率）

これらの課題（重筋作業と効率性）を解決するため、極力人手を介さずに処理できる「作業者に優しいライン」をコンセプトにして、新ラインを構築しました。



① 人手による投入作業



② 人手による筐体搬送



③ 人手による分解作業

### 【改善のポイント】

#### ① 投入治具による重筋軽減

電動バラサとマグネットリフターを組み合わせた投入治具により、重筋作業を軽減しました。



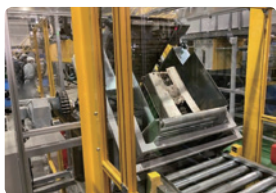
投入治具での搬送



筐体把持部

#### ② 自動搬送による重筋削減と効率化

手動で搬送していた作業を自動化したことで、重筋作業が削減され、搬送効率も向上しました。



室外機自動反転機



室内機自動搬送



フロン回収エリア



室内機投入場所

#### ③ 室内機分解作業の効率化

手分解の前処理として、サーボプレス方式の粗分解機を採用して効率化しました。



室内機粗分解機



手分解エリア

#### ■ 粗分解機の効果検証

粗分解なし（従来方式）と粗分解あり（新方式）では、1台当たりの分解時間を約30%短縮することができました。

機種：富士通（AS-C28F-W）2016年製  
特徴：お掃除機能無し



粗分解なし



粗分解あり

機種：日立（RAS-S28Y）2009年製  
特徴：お掃除機能付き



粗分解なし



粗分解あり

### 【成果】

- ① 人手作業に伴い発生していた重筋作業を、投入治具や搬送コンベア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 搬送コンベア等の自動化設備と粗分解機を導入したことで、室内機ラインの効率が大きく向上しました。【約14(台/人・時)から25(台/人・時)に改善】

## (2) 素材価値の向上

### 冷蔵庫コンプレッサーの非破壊方式による巻線材質判別及び協働ロボット導入

#### 【目的】

近年、冷蔵庫コンプレッサーの巻線材質はアルミ巻線化が進んでおり、従来の銅巻線と比べて素材価値が低下することから、販路確保に課題を抱えていました。従来、巻線材質の判別には、硬い鉄製シェルを切断し、内部を分解して目視確認する必要がありましたが、作業コストが見合わず、混在品として出荷せざるを得ない状況となっていました。

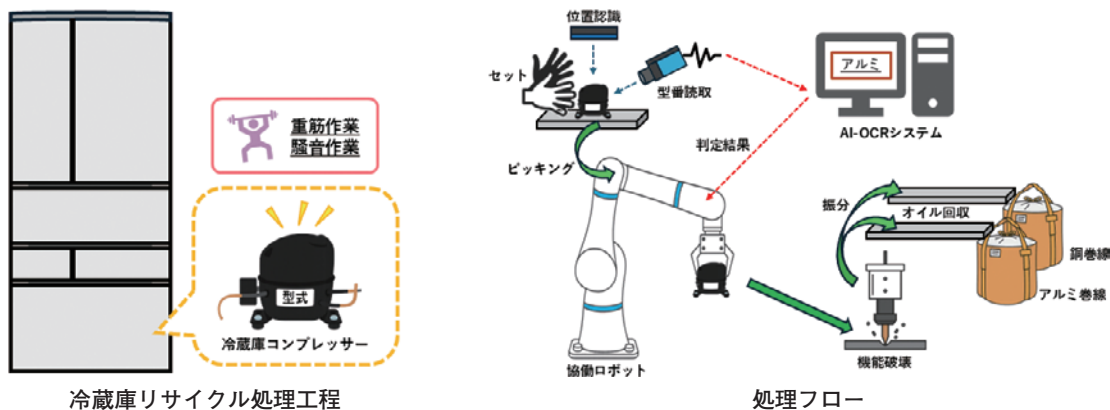
そこで、AIを活用した光学文字認識（OCR）技術を応用し、コンプレッサーラベルを読み取ることで、非破

壊で巻線材質を判別できるシステムの共同開発を進めてきました。

また、冷蔵庫リサイクル処理工程において、コンプレッサーの処理は従来、機能破壊（穴あけ）およびオイル回収といった重筋作業・騒音作業を手作業で行っており、長年の課題となっていました。

そこで今回、2種類の課題を解決すべくAI-OCRシステムと連動し、コンプレッサーの機能破壊及びオイル回収を自動で行うロボットシステムを開発しました。

#### 【工程（内容）】



コンペア上のコンプレッサーを3Dカメラで位置認識し、さらにAI-OCRシステムによりワーク情報を取得します。その後、協働ロボットが取得情報に基づき自動で処理を行い、巻線材質ごとに適切な回収容器へ仕分けします。

#### 【改善（開発）のポイント】

##### ① AI-OCRシステムを用いた非破壊方式によるラベル認識

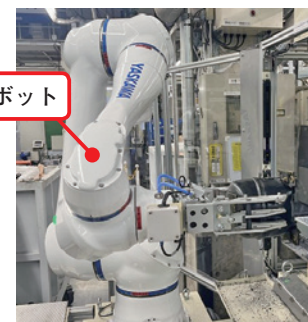
多様なラベルから必要情報を正確に読み取るため、カメラの選定に加え、撮像距離・照度条件の最適化や、細かなプログラム調整が必要でした。

##### ② 災害リスクを低減した協働ロボットシステム

協働ロボットの採用により、従来必要であった強固な安全柵を不要とし、省スペース化を実現しました。

##### ③ 手作業で行っていた機能破壊（穴あけ）・オイル回収作業の自動化

3Dカメラを用いた位置認識プログラムにより、複雑な工程の自動化を実現しました。



#### 【成果】

AI-OCRシステムにより素材価値を担保できるようになり、結果として素材価値の向上につながりました。さらに、従来は騒音を伴う重筋作業であった工程を自動化したことで、作業環境の改善（87dB⇒81dB）、作業負荷軽減、作業効率向上を達成しました。



(3) 安全・労働環境の改善

SY 作業の肉体負荷軽減

【目的】

指定引取場所（以下「SY」という）での作業で最も肉体負荷が大きい作業は、廃家電を専用コンテナへ運搬・積載する作業です。大半のSYでは、作業スペースが限られ、クランプフォークリフトでの取り回しができない

ため、人力でコンテナへの積載を行っています（図1）。

廃家電の運搬・積載作業の肉体負荷軽減を目的として作業軽減台車（図2）の検討を行ったので、その改善のポイントを紹介します。



図1 人力によるコンテナ積載作業

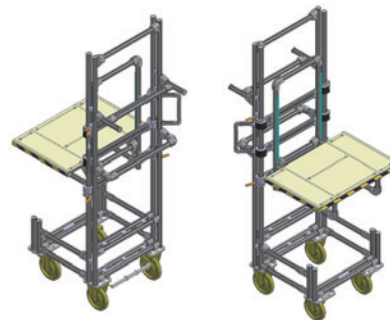


図2 作業軽減台車

【改善のポイント】

■ 取り回ししやすい大きさで、からくり（テコの原理）技術を用いて肉体負荷を軽減する台車

◆ 改善のポイント① 台車を倒した状態で洗濯機を持ち上げずに台車に倒して載せる

◆ 改善のポイント② 台車の後輪を支点として、テコの原理を利用して持ち上げ、コンテナに積み込む



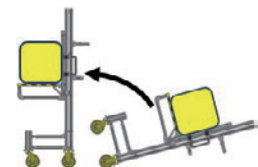
・洗濯機を倒して載せる



・台車を持ち上げる



・コンテナに積み込む



※テコの原理を応用 (①②)

◆ 改善のポイント③ 持込車両の高さに手で台車のテーブル高さを合わせて荷受け、運搬、積載

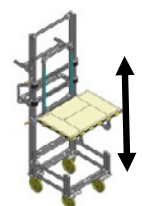
◆ 改善のポイント④ SY作業場の大半は屋外であることから、アルミを中心とした材料を選択して防錆に対応、大車輪化により路面凹凸に対応、これらにより屋外使用を可能にした



・エアコン室外機の運搬



・コンテナ積載



※手動テーブル昇降 (③)



※大車輪化 (④)

【成果】

- ① テコの原理により 10～30%肉体負荷軽減ができました（しかしながら、更なる肉体負荷低減が必要）。  
⇒ SY責任者からは人力と比較して作業を安全に見ていただける。50代の方からは楽になった（プラス意見）  
⇒ 設定高さが高いとテコが効かない、重い。女性には無理。もう少しコンパクトにしてほしい（マイナス意見）
- ② 材料選択により防錆に対応、大車輪化により路面凹凸に対応、これらにより屋外使用を可能にしました。

【今後の展開】

更なる肉体負荷軽減のため、新たなからくり（滑車）技術を導入した台車を開発中です（導入目標：2026年度）。

## 防災・減災の取組

## 【目的】

防災・減災に当たっては人的被害の回避が最優先であり、迅速な避難が欠かせません。非常事態の発生を従業員に速やかに伝達するため、緊急地震速報受信機と連動したパトライトを導入しました。視覚・聴覚両面で伝えることにより、迅速な安全確保や避難行動につなげるようにしました。

一方、家電リサイクルは日常生活の維持に不可欠なエッセ

ンシャルワークの一端を担う事業であり、計画外、特に長期の停止は避けなければなりません。従って純粋な安全対策に加え、同時に事業継続性 (BCP) の向上も求められます。架台の耐震性確保や電源設備の高所設置などにより、被災後の機能確保の向上を進めました。

## 【改善のポイント】

## 1. 緊急連絡用パトライトの導入

巨大地震の発生に備え緊急地震速報受信計を設置していますが、工場内には一定以上の稼働音があり、作業者が緊急放送の内容が聞き取れない、放送自体に気づけないという問題がありました。そこで、音以外の緊急連絡手段として光に着目し、緊急連絡用のパトライトを導入しました。

放送が聞こえない場所でも、強力なパトライトが光って回転することで、作業者に異常事態の発生を知らせるようにしました。

緊急連絡パトライトが回っていることを見た作業者は、作業の手を止め、地震や火災に対して備えます。併せてどんな異常事態なのかを確認し、次の行動につなげることで、逃げ遅れ

などの発生を防ぎます。

## ■ 自動での作動

地震速報機・火報盤の信号により自動で作動することで、異常の発生を迅速に伝達できます。

また、防災担当者が緊急地震速報が発令した旨の放送する必要がなくなり、担当者自身の安全確保に専念できるようになりました。

## ■ 視認性の向上

破砕機室は設備用のパトライトが数多く設置されているので、区別のため“青色”のパトライトを導入しました。



<パトライト回転時の様子>



<破砕機室用の青色パトライト>



<パトライト用の表示>

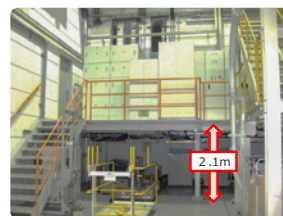
## 2. 主要設備の防災・減災対応

防災減災の最も基本的な対応である建屋の耐震性は従来より進めています。それに加えて主要設備の防災減災対策による事業継続性も高めています。

建屋だけでなく、破砕機などの主要設備が設置されている架台の耐震性を確保しているほか、電源設備を津波や高潮で浸水しない高さに設置しました。

設備の損傷を最小限に抑えることで、早期の事業復旧を図っています。

また、破砕機内部へ火災予防の非常散水を停電時でも行えるよう、散水タンクを屋上に設置しました。ポンプなどの動力がない状態でも、重力によって散水が可能となっています。併せて電磁弁操作の UPS を設置し、停電時でも速やかに散水を開始できるようにしました。



<電源設備の高床化>



<散水タンクを屋上に設置>

## 【今後の展開】

## ● 緊急連絡用パトライトの有効性向上

稼働時、作業に集中しているとパトライトの回転に気づけない人がでてしまいます。緊急連絡パトライトに対する感受性を高めるため、パトライト対応訓練を継続的に (時には抜打ちで) 実施していきます。

## ● 破砕機架台の耐震性確保

冷蔵庫の断熱材である発泡ウレタンを処理する一連の設備は、階層構造で設置されているため、最大 17m の高さになっています。そのため巨大地震の強い揺れに対して不安があります。架台を補強し、さらに地震に強い設備にする工事を計画中です。