

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

動画手順書の導入

【目的】

作業手順教育を文字・写真などで構成した「紙ベースの手順書」で行ってききましたが、どうしても文字に起こしづらい表現もあり、教育を受ける側にとって理解することが難しい作業手順書もありました。また、作業手順書を作成する側の力量（センス）にも大きく左右され、必要な情報

が伝わらないことも多く、少なからず不安全な状態で作業が行われていることも予測されました。

これらの「伝え方」の改善を模索した結果、確実な作業手順の伝達・理解を目的とした「動画手順書の導入」を行いました。

【工程（内容）】

① 動画を撮影



② 動画の編集



③ タブレットに転送



④ 現場での教育



【改善（開発）のポイント】

① 印象に残りやすい伝え方

本件は「視覚」「聴覚」を使い指導ができます。既存の紙ベースの手順書でも「見て」「指導者に聞く」ことはできますが、いつでもどこでもできる訳ではなく、動画手順書では「何度でも繰り返し見て」「聴いて印象に残す」ことができます。

② 頻度の低い工程に強み

頻度の低い工程は記憶に残りにくく、不確かな業務は作業者に不安と不安全を与えます。また、「動画手順書を閲覧してから作業すること」を作業手順内に盛り込み、作業ミスの低減につなげています。

③ セキュリティ対策

タブレットには物理的なセキュリティワイヤーを取り付け、セキュリティ対策を実施しています。

【成果】

① 紙ベースの手順書での運用に比べ、より印象に残る「伝え方」ができるようになりました。

② 手順書作成時間の短縮（情報量による）：
作成時間 約10%減

③ ペーパーレス化につながり、印刷・ラミネートコスト削減

④ 特別なソフトを必要とせず、容易に作成できます。
※ Windows ビデオエディター使用

ウレタングストラインの改善

【目的】

冷蔵庫の解体・破碎の際に発生するウレタンは、ウレタン減容機などで RPF^{*}に加工し、リサイクルしています。破碎機で破碎されたウレタンは、一部ダスト状の細かい粉体となり、集じん機、配管の閉塞の原因になっています。閉塞により破碎・回収が一時中断するなど、操業への影

響が大きく、ウレタングスト（以下ダスト）の閉塞対策は、家電リサイクルプラントの安定操業に欠かせない課題となっています。

※ マテリアルリサイクルが困難な古紙および廃プラスチック類を主原料とした高品位の固形燃料

【工程（内容）】

- 1 破碎された冷蔵庫は風力選別され、軽量物であるダストは集じん機に回収されます。
- 2 集じん機で回収されたダストは空気輸送でウレタン減容機へ搬送します。途中、配管の曲がっている部分で頻繁に閉塞していましたが、曲がり部分を鋼製から PVC^{*}製ホースに変更することで閉塞が解消しました。
- 3 ウレタン減容機にてウレタンを RPF に加工します。ノズル径、テーパ角度、配置を見直すことで、処理

効率が 20% アップしました。

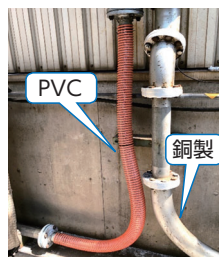
- 4 ウレタン減容機へのダスト投入速度を減容機負荷電流に応じて制御しています。ステップ制御から PID 制御に変更することで、負荷電流が安定しました。

※ 「塩化ビニル樹脂」または「ポリ塩化ビニル」の略称で、塩ビとも呼ばれる、塩化ビニル（クロロエチレン）を重合させたプラスチックの一種。防水性と絶縁性を兼ね備えている。

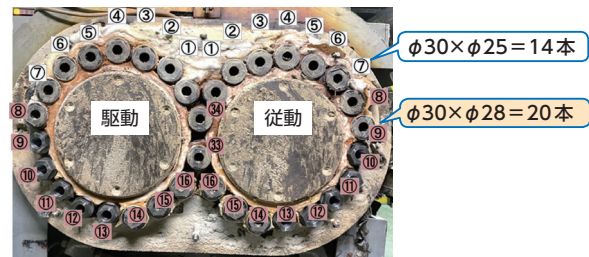
1 ウレタンの回収



2 PVC 製ホース

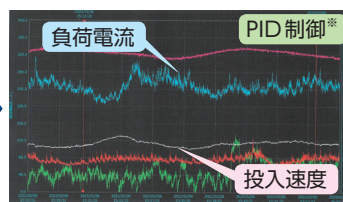
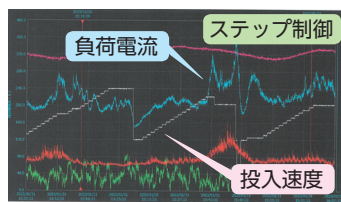


3 ウレタン減容機



下側ノズル 20 本の径を大きくすることで処理率がアップ

4 ウレタン減容機負荷電流制御



※ 目標値と現在値の差に比例した値を操作量とする自動制御方式

- <目標値> 設定負荷電流
- <現在値> 負荷電流
- <操作量> 投入速度

【改善（開発）のポイント】

トライ&エラーを繰り返しながら設計・施工を行いました。

- 1 曲がり部分の PVC 製ホースへの変更
工程（内容）②では、ダストが通過する際にホースが振動します。この振動により粉体の滞留・閉塞が抑制されます。余長を取ることがポイントです。
- 2 ウレタン減容機ノズルの仕様見直しと適正な配置
工程（内容）③では、数種類のノズルでテストを実施し

ました。RPF 固形化には適度なテーパが必要であること、上部ノズルの方が固形化されやすいため、小さい径のノズルを上部に配置することがポイントです。

- 3 ウレタン減容機負荷電流制御
工程（内容）④のとおり、ステップ制御では投入の減速が間に合わず電流値が上昇します。PID 制御にすることで、投入速度変化が緩やかになり、負荷電流が安定しました。

【成果】

- 1 ウレタン減容機、配管の閉塞が頻発し、毎日 30 分程度の設備停止が発生していましたが、対策後は、プラスチック片混入による配管詰まりは解消しました。ウ

レタン系トラブルによる設備停止も解消しています。

- 2 ウレタン減容機の処理効率が約 20% 上がるとともに、RPF が安定して固まるようになりました。

(2) 素材価値の向上

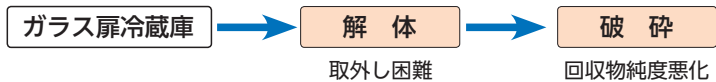
ガラス扉冷蔵庫のガラス板レーザー剥離工法の開発

【目的】

冷蔵庫の扉部分にガラスを採用した製品（以下 ガラス扉冷蔵庫）が各社より発売されていますが、ガラスとその他素材との分別処理が難しく、現状そのまま破碎されリサイクルされることなく廃棄物として処理されています。ガラス扉冷蔵庫の引取りは増加傾向にあり、2030年には引取

台数に占める比率が約24%と予測されます。その影響として破碎回収物の選別純度悪化が考えられるため、ガラス扉冷蔵庫から強固に接着されたガラス板をレーザー光を用いて分離可能にする「レーザー剥離工法」を開発しました。

<ガラス扉冷蔵庫引取予測>



ガラスを取り外す時の問題点		
① わずかな亀裂でガラス全体が粉碎	② フィルム樹脂、ウレタン、テープ残留	③ 有機塗料と分離ほぼできず

ガラス板のみを取り外し、ガラス材料として再利用可能とする新工法を開発

【開発のポイント】

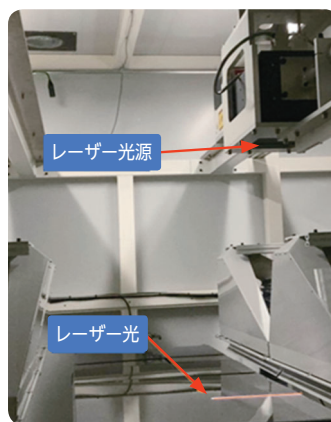
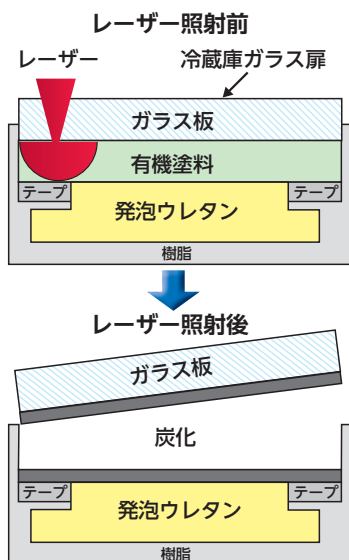
ガラスを透過するレーザー光を用いて、ガラス板接着面の有機塗料を炭化させることで、ガラス板のみの剥離を実現。

① ガラス扉冷蔵庫から扉を外さずにガラス板のみの剥離可能。

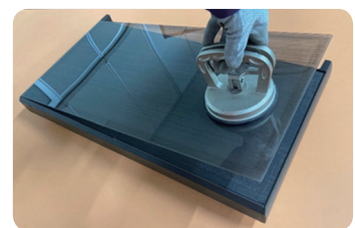
② ガラス板に他の素材（樹脂やウレタン）が残留しない。

③ 剥離したガラス板に付着した炭化物は容易に除去することができ、ガラスの単一素材として再利用拡大が可能。

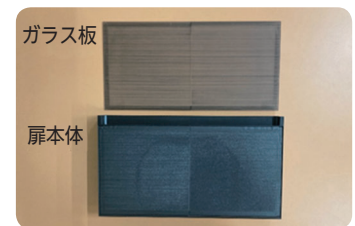
<レーザー剥離工法>



レーザー光照射の様子



吸着パットで剥離可能



剥離したガラス板と扉本体

【今後の展開】

今後リサイクルプラントへ設備導入し量産検証を行います。2030年の引取比率増加時に対応できる冷蔵庫処理

ライン化構想を進め、ガラストップ洗濯機への活用も検討していきます。

冷蔵庫のガラス扉分離装置の開発・導入

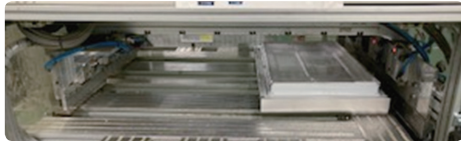
【目的】

冷蔵庫でガラスを採用した扉（以下：ガラス扉）は、機械で破碎した場合にその後の分別処理が難しく、リサイクルが困難なためガラス扉は産業廃棄物として処分されていました。資源循環を促進するため、ガラスを割らずに安全に分離す

ることで、リサイクル率の向上につながる設備が必要であると考え、さらに今後の処理台数の増加も見込まれるため、関東エコリサイクルは、専用の冷蔵庫ガラス扉分離装置を日立製作所・日立グローバルライフソリューションズと共同開発し導入しました。

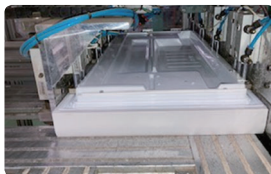
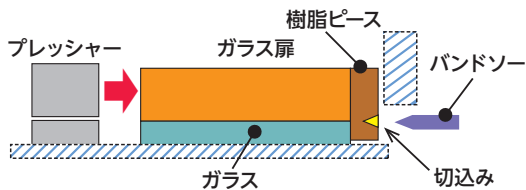
【工程】

- ① 冷蔵庫から外したガラス扉を切込み加工装置にセットする



切込み加工装置内ガラス扉

- ② ガラス扉をプッシャー（固定治具）で押しつけバンドソー（帯状の鋸刃）で切込みを入れる

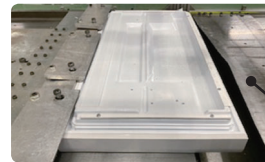
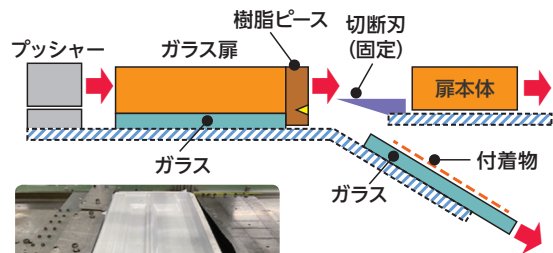


切込み中ガラス扉



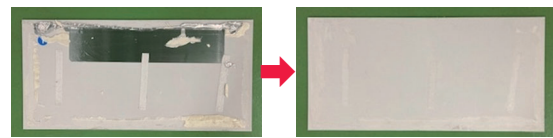
切込み部拡大

- ③ ガラス扉を分離装置にセットし、切込み部を切断刃に押し当て分離する



分離装置内ガラス扉

- ④ ガラスを分離した扉は冷蔵庫本体とともに破碎機に投入。ガラスに付着している樹脂部品・テープなどを除去する。



付着物除去前ガラス

付着物除去後ガラス

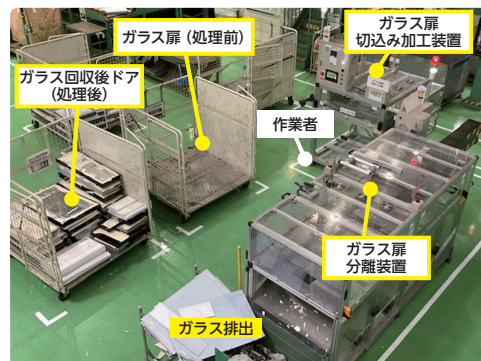
【改善（開発）のポイント】

- ① ガラス割れ対策

- バンドソーでの切込み工程を採用
- 切断刃の侵入安定性の高いV字刃を採用

- ② 安全対策の徹底

- シクロペンタンガスの検知器と換気ファンを設置
- 安全カバーとインターロックを設置



導入したガラス扉分離装置

【成果】

- ① 回収効率の向上

ガラスを約95%回収できるようになり、今後増加が見込まれる冷蔵庫のガラス扉の処理対応が可能になりました。

- ② 処理能力の向上

作業者一人で1枚当たり2分で処理できるようになりました。

(3) 安全・労働環境の改善

作業姿勢のリスク評価策定による安全化の推進

【目的】

解体ラインにて、無理な動作から膝を痛める労働災害が発生しました。この災害は一つの動作から発生したのではなく、いくつかの作業姿勢が関連しあい発生したと考えられました。類似災害再発防止策として、全ての作業について

膝、腰部への負担を定量評価する作業姿勢のリスク評価および対策検討を行いました。作業姿勢の安全化に向けた改善に計画的かつ継続的に取り組み、災害防止の徹底を図ります。

【内容】

兵庫労働局の兵庫腰痛予防自主管理指針を参考に作業姿勢のリスク評価方法を策定しました。作業姿勢が膝、腰などにあたえる負荷を数値化し、3つの要素に分けて評価を行います。

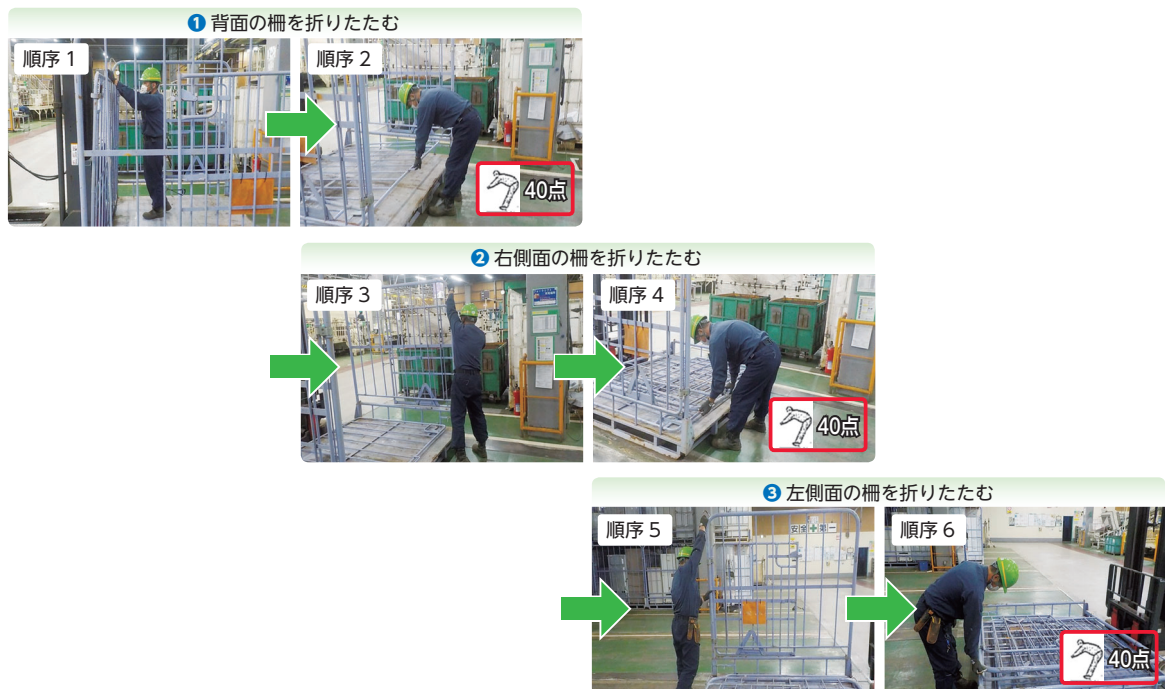
要素1. 作業姿勢、要素2. 取扱重量、要素3. 移動距離の合計点がリスク評価となります。リスク評価5は、最も作業負荷が大きいことを示しています。

要素1. 作業姿勢*						要素2. 取扱重量		要素3. 移動距離	
姿勢	動作内容	点数	姿勢	動作内容	点数	重量 (kg)	点数	歩数	点数
	膝を深く曲げた中腰で上体を前屈	50		立位で前傾	25	25以上	25	11歩以上	25
	膝を深く曲げた中腰	45		しゃがみで足のかかとが接地	20	25～15未満	20	10～8	20
	膝を伸ばした中腰で上体を深く前屈	40		立位で爪先立ち	15	15～10未満	15	7～5	15
	膝を伸ばした中腰で上体を浅く前屈	35		膝を曲げたまま中腰で上体を浅く前屈	10	10～4未満	10	4～3	10
	膝を伸ばした中腰で上体を最深前屈	30	該当する姿勢がない場合は5点となります		5	4未満	5	2～1	5

作業中の姿勢において、腰の“ひねり”が有る時は20点を加点

合計点	150点以上	145～110	105～70	65～30	25点以下
リスク評価	5	4	3	2	1

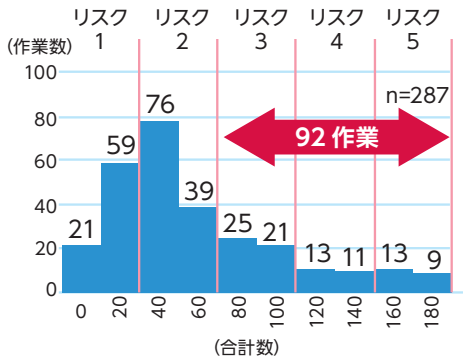
※ 要素1. 作業姿勢【120点】採点例（インナーコンテナ折り畳み作業）



【結果と対策のポイント】

作業姿勢棚卸結果

全 287 作業の評価をグラフ化。
リスク評価 3 以上の 92 作業を対策検討対象としました。



作業姿勢許容範囲の設定

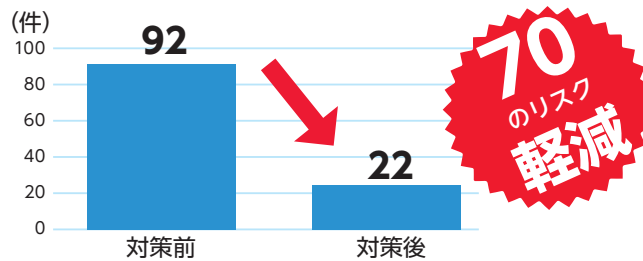
評価・対策検討を行う中、作業高さの影響が大きいことが確認されました。
作業高さの許容範囲を設定し、中腰や腕を伸ばす動作を抑制する対策を検討しました。



【成果】

対策を講じることで 70 件のリスクを軽減しました。
22 件の残留リスクについては、作業の身体的な負荷軽減を目的とした腰痛予防ベルト、膝サポーター、膝パッ

ドなど保護具の着用を検討、さらにハザードマップを活用した教育、注意喚起を行いました。引き続きリスク軽減策の検討を続けていきます。



I 章 家電リサイクル制度

II 章 家電リサイクル実績

III 章 製造業者等の取組

IV 章 普及啓発活動および支援活動

V 章 資料集