

### 3.3 リサイクル技術の紹介

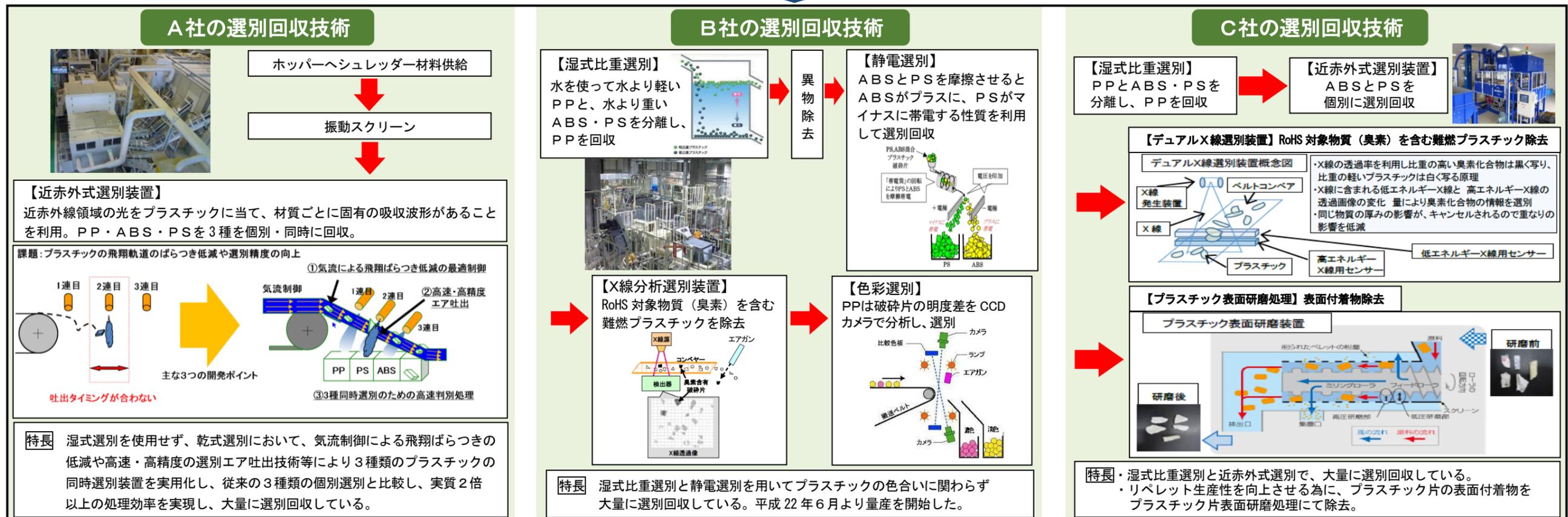
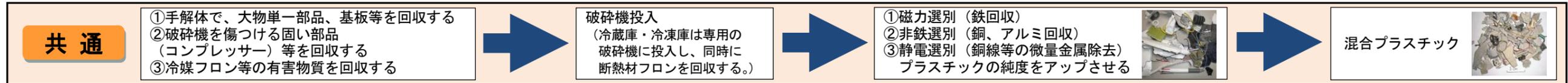
再商品化施設では、新たな処理設備の導入や手解体工程の見直し、処理ノウハウの蓄積、将来を見据えた実証実験等、再商品化率の向上や安全・環境改善等を目指した様々な取組みを行っている。  
近年の製造業者等による代表的なリサイクル技術の事例を以下に紹介する。

#### (1) プラスチック選別・再生利用技術

#### 自己循環の高純度リサイクルプラスチック選別回収技術

##### 【概要】

家電リサイクルでは、プラスチックの選別回収再生利用を積極的に行っており、代表的な「プラスチック選別回収技術」を紹介する。



## (2) 素材価値の向上

### 配管銅およびミックスメタルの破碎・選別ライン導入

#### 【目的】

エアコンラインで切断・回収された配管銅、および冷蔵庫を破碎・選別して鉄/プラスチックを取り除いたミックスメタル（銅とアルミの混合物）を再破碎・選別することで、銅とアルミの資源価値を向上させる。

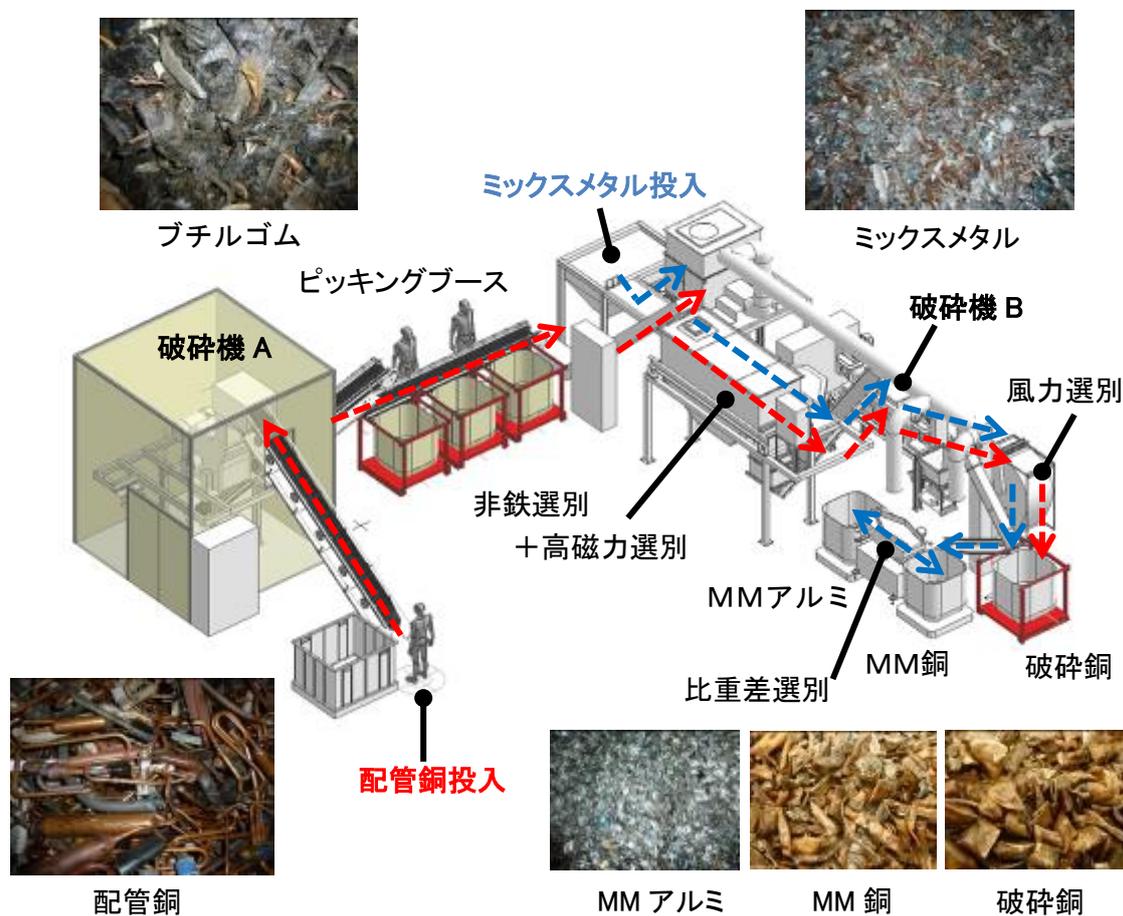
#### 【工程】

##### ①配管銅破碎・選別の流れ（--->）

配管銅投入⇒破碎機A⇒ピッキング（ブチルゴム、真鍮等）⇒非鉄選別⇒高磁力選別⇒破碎機B⇒風力選別⇒破碎銅

##### ②ミックスメタル破碎・選別の流れ（---->）

ミックスメタル投入⇒非鉄選別⇒高磁力選別⇒破碎機B⇒風力選別⇒比重差選別⇒MM銅 / MMアルミ（※ MM：ミックスメタル）



【配管銅およびミックスメタルの破碎・選別ライン図】

#### 【成果】

従来、混合資源である配管銅あるいはミックスメタルを、銅、アルミそれぞれ95%以上の純度に選別して資源の価値を向上。

### (3) 再商品化処理施設技術の向上

#### エアコン熱交換器「コンパクト破碎選別」システムの開発・実用化

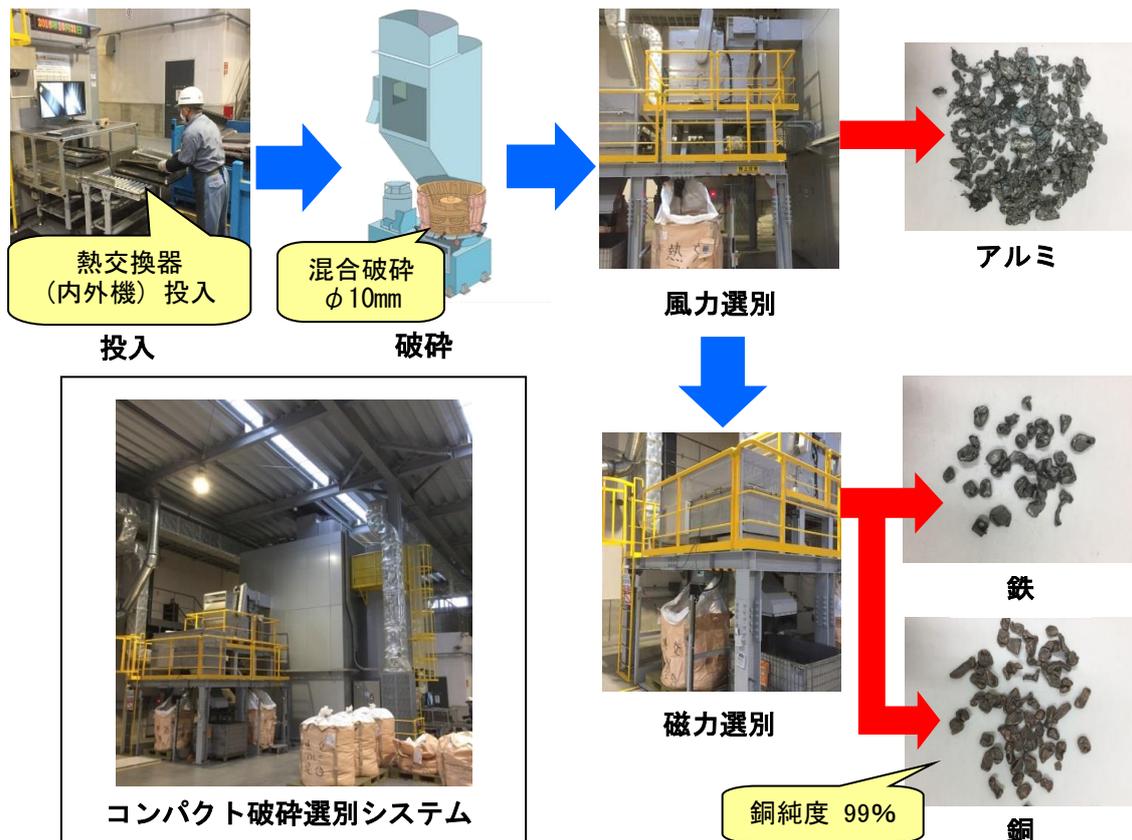
##### 【目的】

エアコンの熱交換器の効率的な単一素材化を目指し、省スペースで低コストなコンパクト破碎・選別システムの開発・実用化を行なった。

##### 【コンパクト破碎選別のコンセプト】

- ①解体された熱交換器をあり姿で混合破碎
  - ・室内機&室外機の熱交換器を同時投入し、内部の油抜き作業はなし
  - ・堅型破碎機の高速回転形の遠心力を活かして油分を除去
- ②10mm以下に造粒された複合素材（銅、アルミ）を比重選別で簡易選別
  - ・風力選別機で小粒アルミの選別
  - ・磁力選別機で鉄選別
- ③熱交換器サイズに的をしぼった破碎選別と垂直搬送で省スペースレイアウト
  - ・長さ10m×奥行0.6m×高さ8m
  - ・3本破碎刃の開発で破碎物落下衝撃を低減

##### 【フロー図】



##### 【成果】

- ①混合破碎と風力・磁力選別工程の組合せにより、銅:99%の高純度選別回収を実現。
- ②油抜き作業や熱交換器の仕分けといった前処理作業工程を削減。(※当該プラント従来比)
- ③解体工程と連動した小ロット稼動が可能となり、熱交換器の単一素材化における出荷在庫を低減。

#### (4) 生産性向上

### 新型プラスチック判別装置(近赤外線材質分類装置)の導入

#### 【目的】

手解体で回収した冷蔵庫・エアコン由来のプラスチックは、材質刻印を確認した後、材質ごとに破碎している。刻印での判別が困難なプラスチックに対し、プラスチック判別装置<sup>\*</sup>を使用しているが、現有装置(旧型装置)は導入後 10 年以上経過し、老朽化により故障停止、誤判別などが発生していた。そのため、新型のプラスチック判別装置を導入し、生産性(判別速度の短縮、判別精度の向上を含む。)の向上を行った。

<sup>\*</sup>回収物に光を照射し、反射した近赤外光(反射スペクトル)を分光器で識別し材質を判別

#### 【工程】

- ①冷蔵庫・エアコン由来のプラスチック部品を材質ごとに分類・回収する
- ②プラスチック破碎機投入直前に、再度、目視により材質を判別する(刻印確認)
- ③目視にて判別不能な場合、プラスチック判別装置にて材質を判別する
- ④材質ごとにプラスチック破碎機に投入する

#### 【新型プラスチック判別装置(近赤外線材質分類装置)の特徴】

項目	新型装置	旧型装置
判別速度(秒)	0.03	0.1
判別時のボタン操作	不要	透明と不透明樹脂の切り替え操作が必要
標準サンプルの追加	可能 <sup>*</sup>	不可

<sup>\*</sup>回収物情報の蓄積による判別精度の向上や新規材質の追加登録が可能

#### 【成果】

- ①1回あたり 2.9 秒の生産性向上
- ②判別精度が 95.8%⇒98.5%と 2.7%向上したことにより、混合プラスチックの発生量抑制に貢献

装置	新型装置	旧型装置	改善値
平均判別時間(秒/回)	1.5	4.4	2.9 短縮
判別精度(%)	98.5	95.8	2.7 向上

#### 【写真】



プラスチック判別作業



PS 反射スペクトル結果(緑線)

## 新型コンベアベルトクリーナー(ウレタンスティックタイプ)の導入

### 【目的】

洗濯機由来のプラスチック部品(以下、「ワーク」という。)を破碎するために、金属探知機を搭載したコンベアにワークを投入している。しかし、ワークに付着したゴミや水分がコンベアベルトに付着すると金属探知機が誤作動し、コンベアを自動停止させる場合がある。そこで、新型のコンベアベルトクリーナーを導入することで、投入コンベアの付着物を除去し、金属探知機の誤作動を抑制しコンベア停止回数を削減する。

### 【工程】

#### 【新型コンベアベルトクリーナー(ウレタンスティックタイプ)の特徴】

- ①従来のタイプ(ゴム)は、幅が広く(50~150mm)コンベアベルトの変形で隙間が生じ多くの掻き残しが発生していた(図1. 赤塗箇所)。それに対し新型は、ウレタンスティックの幅が15mmと狭いのでコンベアベルトとクリーナーとの間に隙間が少なくコンベアベルトに付着したゴミや水分の掻き取り残しを低減できる(図2)。
- ②ウレタンバーは軽くベルトに押し付けているため、ベルトの変形や上下動に追従できる。
- ③ウレタンバーは硬くしなりがあるため、ベルトを傷つけずに強固な付着物も除去できる。
- ④ベルトの形状に合わせてウレタンバーの高さ調整が可能なので、スティックへの負荷が均一になり長期間使用できる。

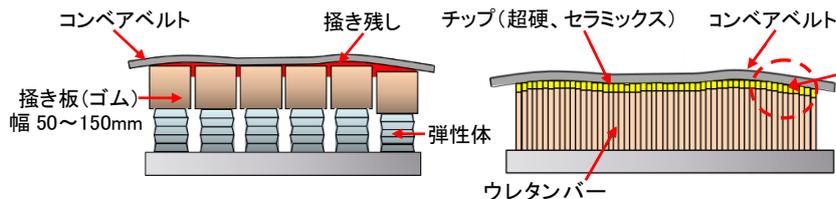


図1. 従来のベルトクリーナーの構造  
(正面から見た図)

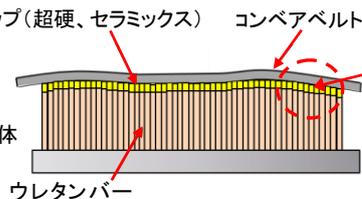
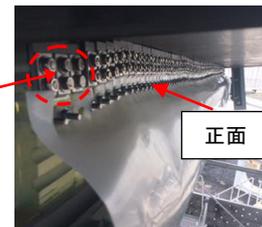


図2. 新型ベルトクリーナーの構造  
(正面から見た図)

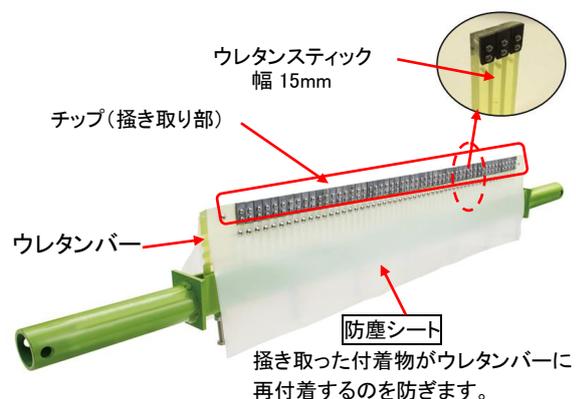
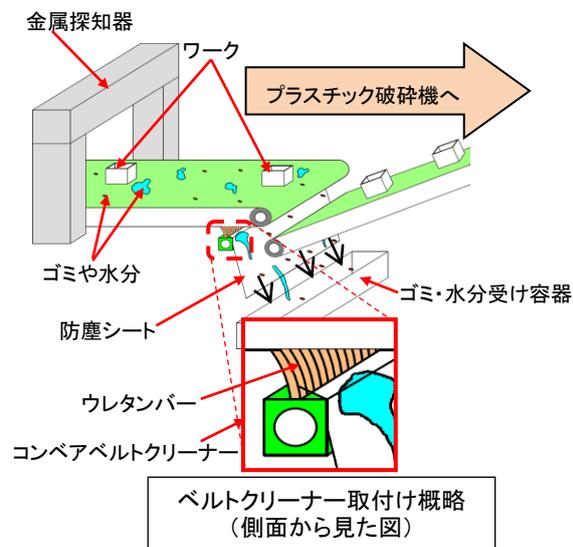


新型コンベアベルト  
クリーナー取付け写真

### 【成果】

- ①金属探知機の誤作動回数が半減した。
- ②上記に伴い、コンベア停止回数が減少し、稼働率が5%向上した。

### 【写真】



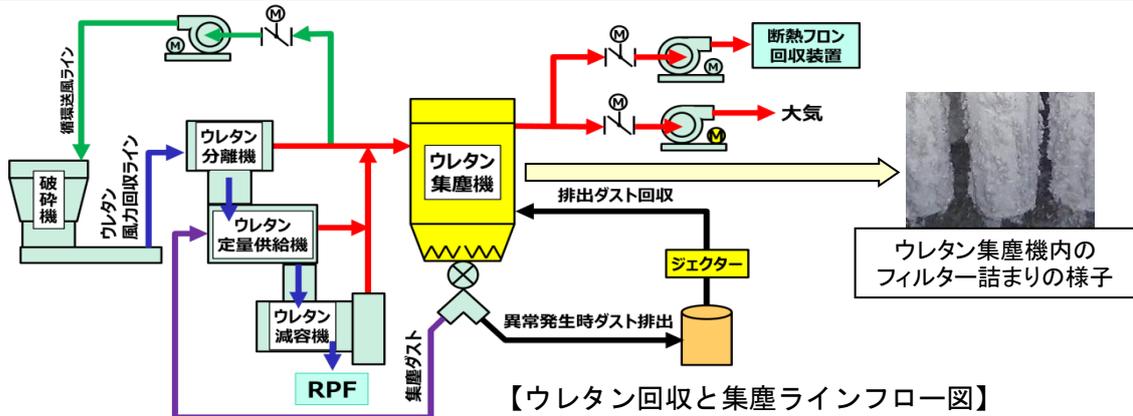
新型コンベアベルト  
クリーナーの各部名称

## ウレタン集塵機の更新及び改善による操作性の向上

### 【目的】

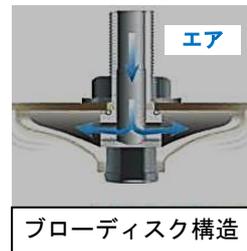
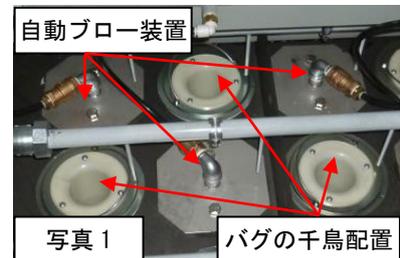
近年、グラスウールを心材とした真空断熱材(以下、VIPという。)を使用した冷蔵庫が増加傾向にある。破碎されたVIPは発泡ウレタン断熱材とともにウレタン集塵機へと吸引されるため、バグフィルター(以下、バグという。)の目詰りによるライン停止等の原因となる。そのため、VIP冷蔵庫の処理は、破碎機への間欠投入といった操業管理や頻繁なバグ清掃を余儀なくされていた。本改善は、集塵機の老朽化更新に併せて様々な改善を行い、目詰りの防止及び清掃作業等の削減により操作性の向上を目的とした。

### 【工程】



### 【改善のポイント】

- ① 適正な通気性を持つバグの採用。
- ② ろ過面積を従来の2倍以上とり、ろ過風速を下げた。
- ③ バグ外面自動ブロー装置の取付け。(写真1、4)
- ④ バグを千鳥配置としバグ間風速を従来の1/3以下とした。(写真1)
- ⑤ 作業性の良い点検口の取付け。(写真2)
- ⑥ マイクロウェーブ式センサによるレベル監視。(写真3)



### 【成果】

- ① 様々な改善によりバグ目詰りがほぼ皆無となった。
- ② 特別な操業管理をすることなく、VIP冷蔵庫の破碎機連続投入が可能になった。
- ③ 集塵機清掃作業が6回/日が、2回/日に削減出来た(年間で約360時間の工数削減)。



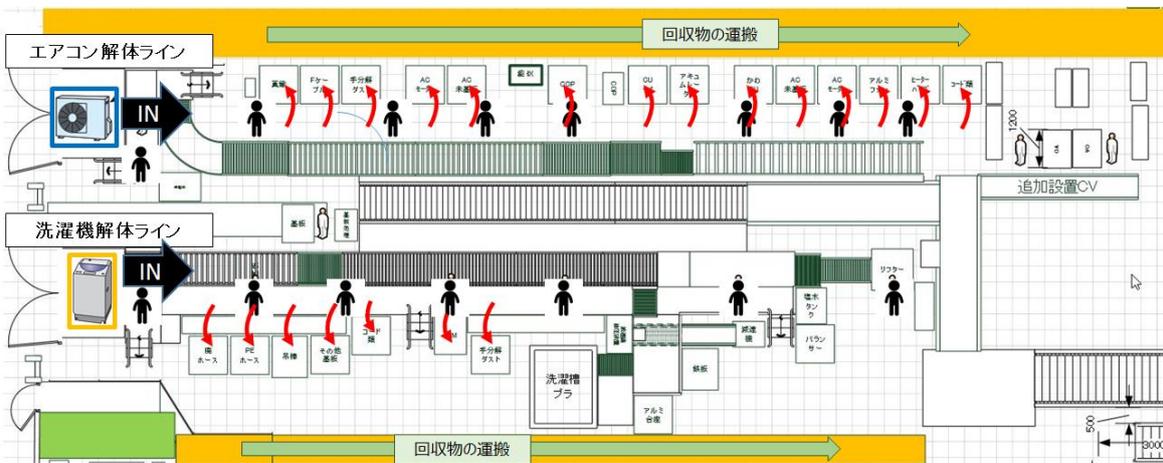
## エアコン・洗濯機解体ラインの効率改善

### 【目的】

エアコン解体ライン、洗濯機解体ラインで回収物を人が運ぶ運搬のムダがあった。また、回収物を入れる容器が作業者の後方にあるため、解体後、回収物を振り向いて入れなくてはならないという動作のムダが発生していた。

エアコン解体ライン、洗濯機解体ラインの間に回収物を搬送するコンベアを設置することにより、人による運搬からコンベアによる運搬に自動化し運搬のムダを削減することと、コンベアを作業者の前方に設置することにより、後方に振り向くという動作のムダの削減を行うことで生産効率の改善を行った。

### 【改善前の工程】

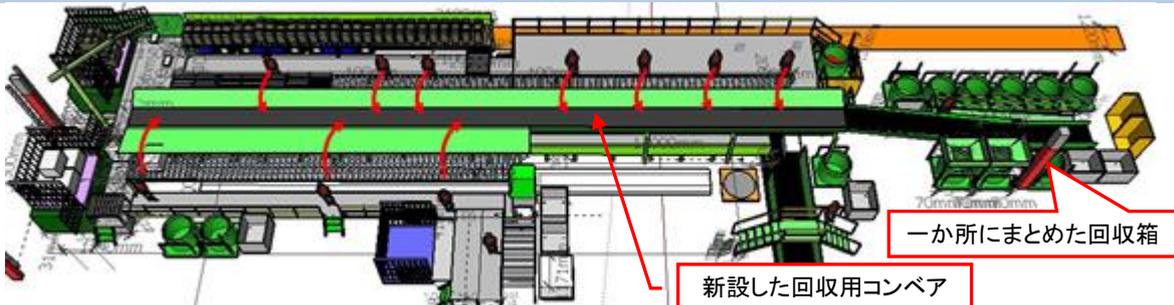


回収物を振り返って回収箱に入れる必要があった。



回収箱を人が運搬する必要があった。

### 【改善後の工程】



- ① 立体的設計図面を独自に作成し、設計者や作業者とイメージを共有しながら進めることで効率の良いレイアウトを作ることができた。
- ② エアコンと洗濯機解体ラインの間に回収物の搬送コンベアを設置し、回収箱を一か所にまとめたことで「動作のムダ」、「運搬のムダ」が削減され生産効率を上げることができた。

### 【成果】

- ① エアコン解体ラインの生産効率を11%改善することができた。
- ② 洗濯機解体ラインの生産効率を5%改善することができた。

## シミュレーションを活用した物流改善

### 【目的】

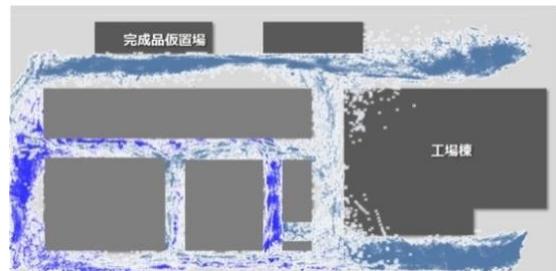
グループ会社が開発したシミュレーション技術を使って、フォークリフトの動作（①フォークリフト同士の動線の重なり、②フォークリフトとトラックの動線の重なり、③リフト回数、④走行距離）を数値化するとともに動線分布図を作成し、無駄な動きや危険個所を取り除くことで作業の効率化と安全性向上を図る。

### 【工程】

搬入された廃家電の受入・保管作業、処理工程への投入作業、回収された資源の保管出荷作業にいたる全てのフォークリフト作業の時間当たり作業量分析を実施した。物流エリアの72か所にビーコン発信機を設置し、全フォークリフト（15台）に方位角センサー・停止検出機能を搭載したスマートフォンを取り付け、フォークリフトのトラッキング計測を実施した。その結果を数値化するとともに動線分布図を作成した。



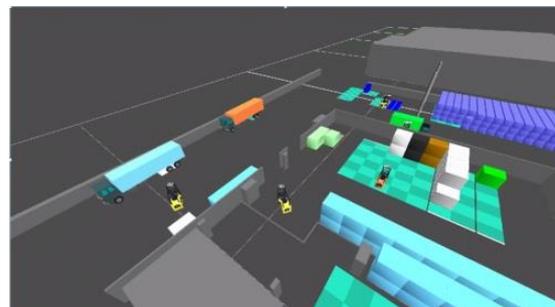
ビーコン発信機設置 Map



フォークリフトの動線と停車位置、時間を視覚化した動線分布図



方位、位置、移動、停止を検出できるスマートフォンをフォークリフトに取り付け



計測した Data を元に、実際の動きを CG で見ることが可能

### 【改善のポイント】

フォークリフト作業を「受入」「投入」「回収・出荷」の3つに区分しデータを作成した。フォークリフトの動線分布図より、それぞれのエリアでリスクのある動線交差を割り出し数値化した。

その結果、例えば廃家電の移動において、倉庫出入口での混雑による待ち時間が原因で、作業効率を低下させていることが分かった。このような問題点を洗い出し、それに対する改善案は、シミュレーション技術により検証することで、その成果を視覚化することが可能となった。また、各フォークリフトの稼働/停止率を時間別に作成し作業量のバラつきを分析し、作業の見直しを行った。

### 【成果】

回収物保管場所への動線変更、倉庫出入口の増設、廃家電搬入車両の荷卸し場所の変更などを実施したことにより、フォークリフト同士の動線の重なり回数を46%削減し、フォークリフト作業の安全性を高めた。また、フォークリフト作業の見直しも実施することで、走行距離を13%削減、リフト回数を28%削減することが出来た。結果、フォークリフト作業員2名の省人化を図った。

## フレコン代用パレット BOX の導入

### 【目的】

家電リサイクル業務において、回収品位を上げる活動に伴いフレコンバックの使用枚数が増加の一途をたどっていた。扱い枚数が増えた結果、作業負荷や危険性の増大、また、保管・管理運用など二次的な負荷も増加した。特にフレコンバックの購入経費が増加し、経済面の影響が大きかった。

作業性、安全性の改善ならびにコストの削減のため、使い捨てのフレコンバックの代わりに、繰り返し使用できるパレット BOX の導入を行った。

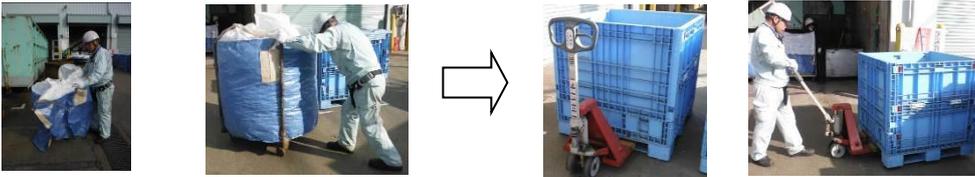
### 【仕様】

- ・外寸 : 1,100×1,100×1,100 mm  
(折りたたみ時外寸 : 1,100×1,100×375 mm)
- ・本体重量 : 52 kg
- ・材質 : PP
- ・BOX 蓋 : 重量 8 kg、材質 PP  
(飛散防止・2段積み強度用)

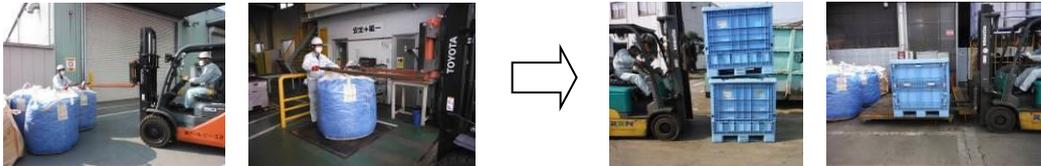


### 【改善のポイント】

- ① 作業負荷の軽減Ⅰ：フレコンスタンドにフレコンバックを取り付ける作業動が不要



- ② 作業負荷の軽減Ⅱ：計量作業や運搬時の2人作業が1人作業に軽減（安全面の向上）



- ③ 保管・積込作業性向上：安定した2段積み保管と積込作業



- ④ 経済性向上：フレコンバックワンウェイに対し繰り返し使用可

- ・パレット BOX を 22 ヶ月間使用することで減価償却が可能。
- ・24 ヶ月間使用しているがパレット BOX に大きなダメージもなくさらに継続使用可能。

### 【成果】

- ①フレコンバックの設置や移動作業が大幅に軽減した。
- ②フォーク吊り上げ時のサポートが不要になり、作業性と安全性が向上した。
- ③安定した2段積みが可能になり安全性が向上した。
- ④経済性が大幅に向上した。(年間にフレコンバック 7,000 枚相当の経費削減)