

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り組みを行っている。

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。

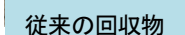
(1) 素材価値の向上

回収資源の付加価値向上 ～樹脂選別工程～ 振動スクリーン下混合樹脂からのハーネス回収

【目的】



振動スクリーン



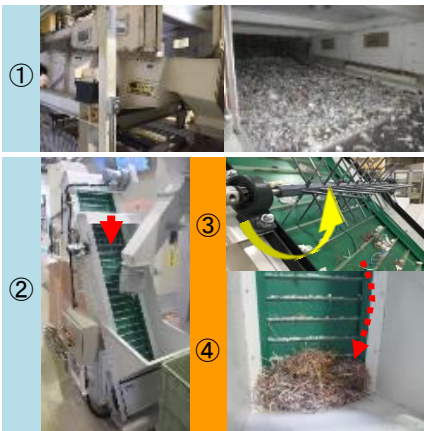
従来の回収物



直接フレコン受け

破碎した混合樹脂を樹脂選別装置へ投入する際に、選別ができない小粒の破碎品は振動スクリーンでふるい落としとしてそのまま回収していたが、この中にはハーネスも多く含まれている。回収物から容易な方法でハーネスを取出すことにより、ハーネスと樹脂それぞれの回収純度を上げてトータルの資源価値を高める。

【工程】

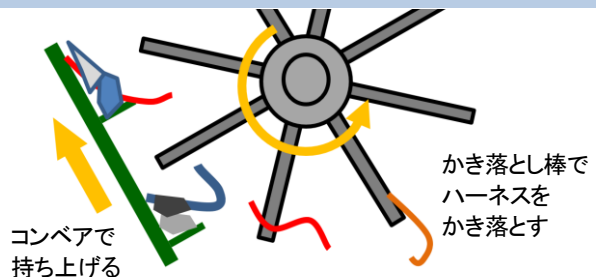


- ① 振動スクリーンで小粒の破碎品をふるい落とす
- ② ふるい下から回収した小粒の破碎品をハーネス回収コンベアに供給する

- ③ コンベアで持ち上げられてくる破碎品からかき落とし棒を回転させてハーネスを引っかけて落下させる
- ④ 回収コンベア下部に溜まったハーネスをまとめて回収する

【技術開発のポイント】

振動スクリーンでふるい落とされた品物の長さの違いに着目しシンプルな回収を実現



【成果】

- ・傾斜コンベアとかき落とし棒を活用し低コストでハーネスの回収を実現
- ・ハーネスと小粒プラの分離回収で資源価値が倍増

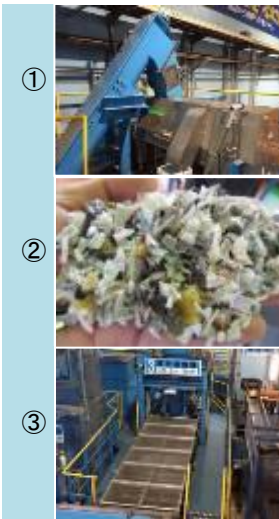
【目的】



洗濯機2次破碎樹脂(ダスト)

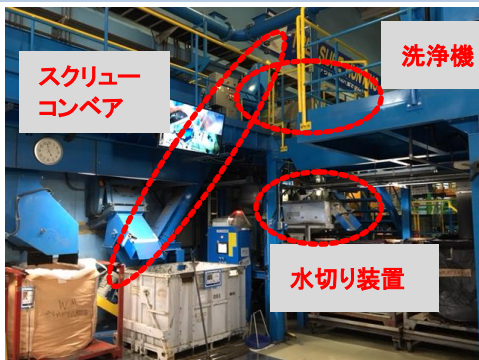
洗濯機の2次破碎樹脂(ダスト)は破碎工程で発生する集塵ダスト類を集めたもので、従来は廃棄物として処理していた。
 この中には集塵の際に一緒に吸引された破碎樹脂片も含まれているため、これらを洗浄し回収することで廃棄物削減とわずかではあるが、再商品化率アップにつながる。

【工程】



- ① 2次破碎樹脂(ダスト)を洗浄機に投入。
- ② 洗浄した樹脂類を浮沈選別装置へ送る。
- ③ 浮沈選別装置で浮プラ(PP)と沈プラ(PS、ABS等)に選別回収する。
- ④ 洗浄機で洗い流された細かなものは残渣として水切り装置で回収。
- ⑤ 残渣にも細かなPPが含まれるため有価物として回収する。
- ⑥ 汚水は浮沈選別装置の水処理装置で浄化し循環させて洗浄に使用する。

【取組みのポイント】



バッチ処理用の洗浄機とコンパクトな水切り装置を活用することにより、既設の狭いスペースにインライン化を実現し、廃棄物を大きく削減した。

【成果】

- ・2次破碎樹脂(ダスト)を洗浄することにより細かな残渣まで有価物として回収が可能となりダストの大幅な削減(90%以上)が図れ、処分費削減に貢献。
- ・わずかではあるが再商品化率のアップに貢献した。

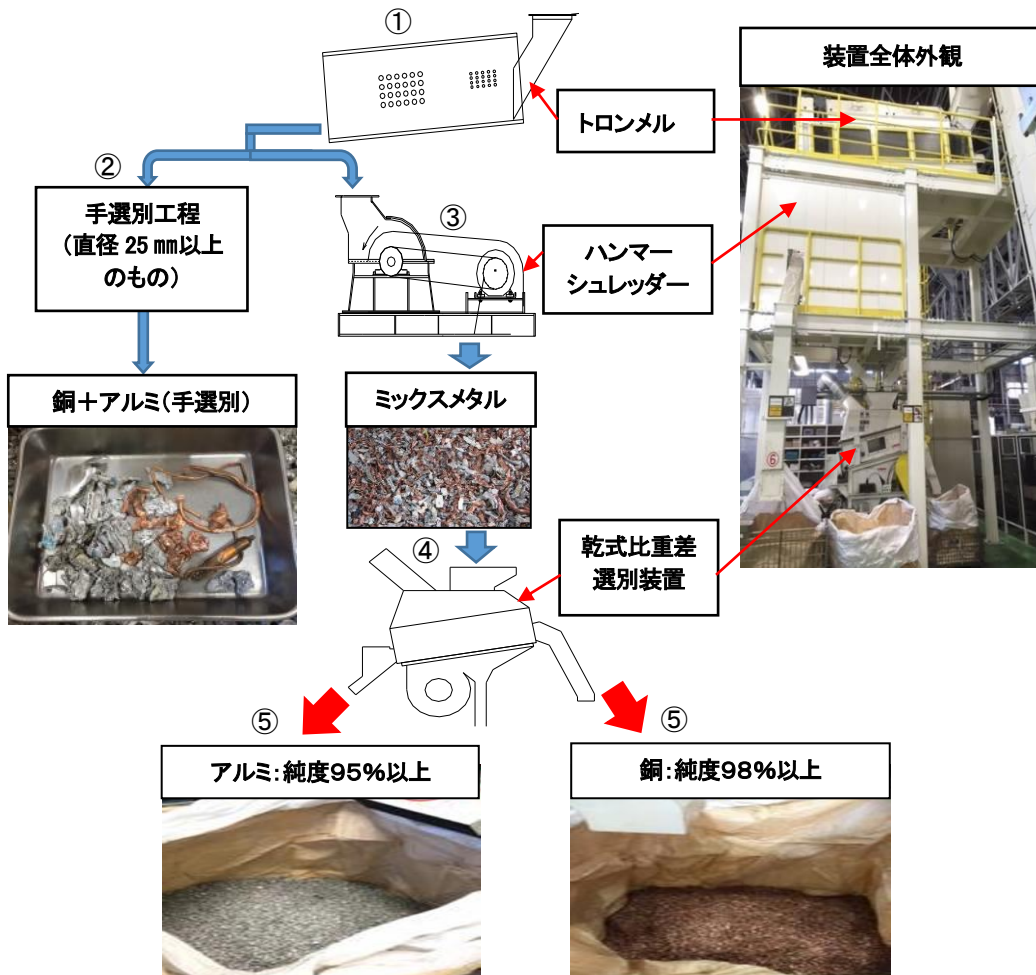
ミックスメタル選別装置の導入

【目的】

破碎した冷蔵庫のミックスメタル(銅とアルミの混合)から銅とアルミを選別し資源価値を向上させる。

【工程】

- ①トロンメル(大型分留装置)にてミックスメタルを粒径で分別。
- ②直径25mm以上のものは手選別工程にて選別。
- ③直径25mm未満はハンマーシュレッダー(破碎機)にて粒度調整。
- ④乾式比重差選別装置にて重量物(銅)と軽量物(アルミ)に選別。
- ⑤銅とアルミに選別破碎した冷蔵庫のミックスメタル。



【成果】

従来のミックスメタルを銅:98%以上、アルミ:95%以上の2種類の金属に選別し、資源価値を向上させた。

銅線自動回収装置の導入 ～銅線回収の作業負担軽減と作業効率の向上～

【目的】

回収物の素材価値の向上として、コンプレッサーを自社で分解し、銅と鉄を分離回収し単一素材として出荷する取組みを行っている。

コンプレッサーの解体工程において、集中巻タイプのステーターは解体が困難で銅線の回収効率が悪かった。集中巻ステーターの銅線抜き取り作業を自動化して、作業負担軽減と作業効率向上を目指した。

【工程】

コンプレッサーに使われているモーターのステーターには、2種類の形状があり、それぞれ異なる設備で銅線の回収を行う。

- ① 分布巻ステーター(ノーマル型)は、銅線引抜装置で銅線を回収する。
- ② 集中巻ステーターは、今回開発した銅線自動回収装置で4個まとめてセットし銅線を回収する。
この装置は、上下にカットしたステーターに振動を与える事で銅線を分離回収している。

【成果】

- ・本装置導入で、集中巻ステーターの処理時間は1/4に短縮。(手作業60秒/個 ⇒ 15秒/個)
- ・本装置の開発にあたっては、作業環境並びに作業負荷や安全・安心面も十分に考慮して、トライ&エラーを経て開発をすすめた。結果【振動・振幅】を利用する手法が、最も有効であることを確認し、騒音対策等を付加した後、完成に至った。尚、本装置は既存の遊休装置を転用し、かつ内製化により高いコストパフォーマンスを実現できた。

【フロー図または写真】

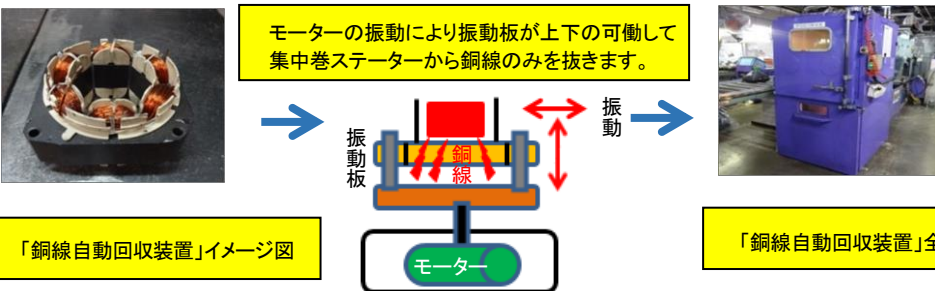
- ①コンプレッサー切断後モーター部を分解。ステーターを取り外して「巻線切断装置」で切断する。



- ②-1 分布巻ステーターは「銅線引抜装置」で銅線を引き抜く。



- ②-2 集中巻ステーターは「銅線自動回収装置」で銅線を回収する。



ウレタン減容機押し込み装置の開発

【目的】

ウレタン減容機は、リサイクルの過程で発生する冷蔵庫の断熱材ウレタンを圧縮固化し、再生資源燃料を生産するための機械である。

比重の小さいウレタンを自重落下により減容機のスクリー(イ)に噛み込ませ減容させるが、ウレタンがスクリーの表面で滑るため、噛み込ませることが困難である。

本開発は、投入シュート内に押し込みスクリー(ロ)を設置し、ウレタンを投入シュート内で圧縮しつつ減容機のスクリー(イ)にウレタンを送り込むことで、効率よく再生資源燃料を生産することを目的とした。

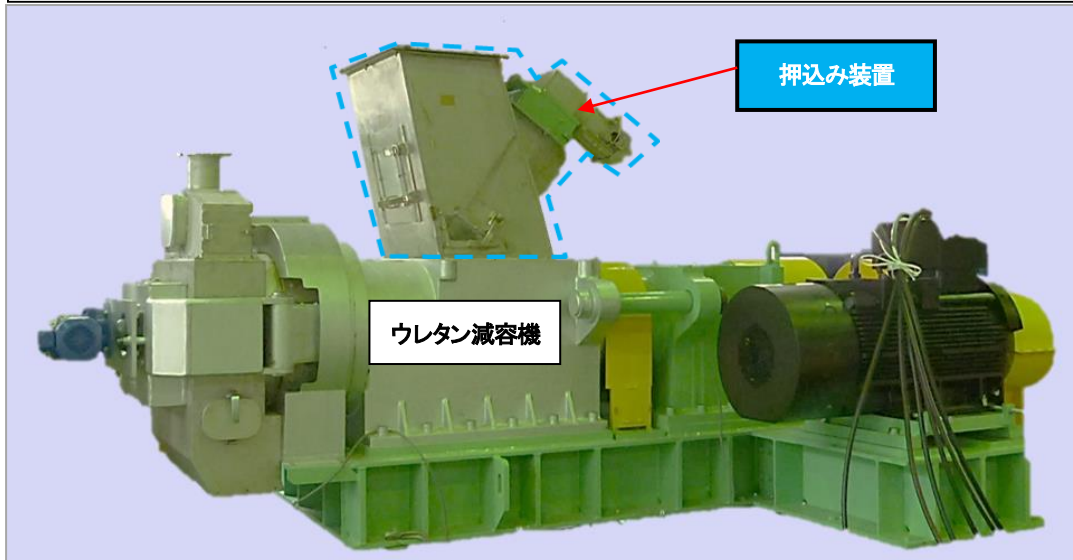
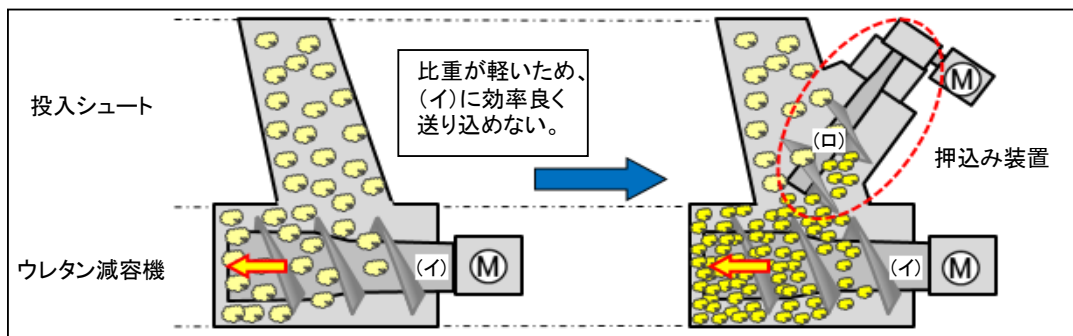
【工程】

- ①投入シュートにウレタンを投入する。
- ②押し込み装置により、比重の小さいウレタンを圧縮しながら減容機スクリーに送り込む。

【成果】

- ①ウレタン減容機の時間当たりの処理能力が約30%向上した。
- ②再生資源燃料の比重が約20%向上した。

【説明図及び写真】



(2) 再商品化処理施設技術の向上

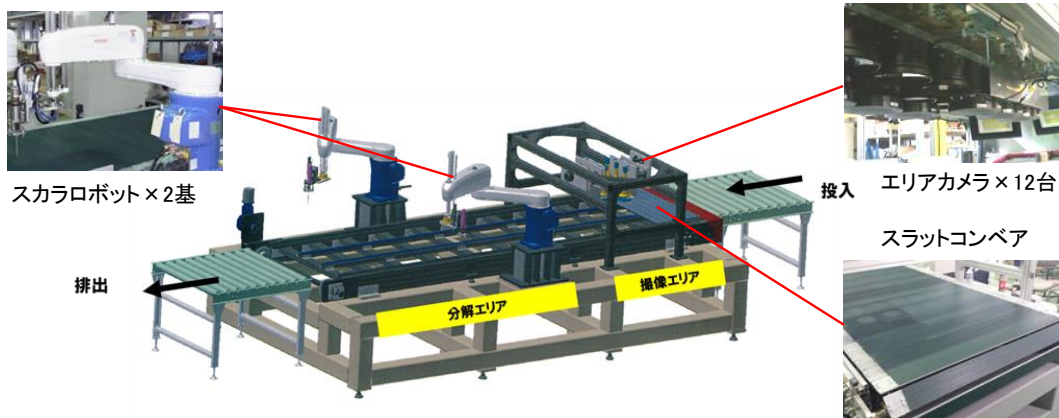
薄型テレビ分解装置の導入

【目的】

アナログ停波時期に購入された薄型テレビ(液晶・プラズマ式テレビ)が平成 32 年前後に排出のピークを迎えると予想される。また、大型化が進み固定ねじの本数が 200 本を超えるものもある薄型テレビ分解作業の負荷軽減のため、自動化は有効な手段と考えられ、薄型テレビ分解装置(ねじ外し装置)の実用機を開発して導入した。

【工程】

本装置は、20～52 型(幅 850mm 以内)の薄型テレビのバックキャビネット及び内部基板の水平方向に取り付けられたねじを外すことができる。本装置の主たる部分は、エアカメラ 12 台を搭載する撮像エリア、電動ドライバーを装備する2基のスカラロボットによる分解エリアよりなる。スラットコンベアに載せられた薄型テレビは、撮像エリアを通過する際にエアカメラとパソコンによる画像処理でねじの位置情報が取得される。その後、分解エリアを通過する際にコンベアの位置情報が反映され、ロボットによりねじ外し動作が行われる。コンベアを止めることなく連続的に処理するコンベアトラッキング方式を採用することにより、ねじ外し時間の大幅な短縮を図った。



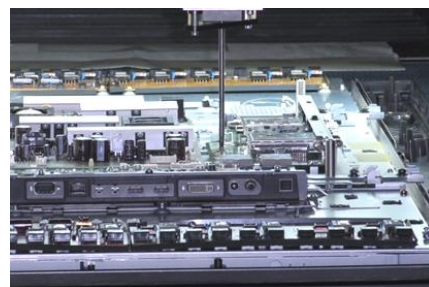
【成果】

ねじ外し時間はねじ1本当たり2秒以下を実現、スラットコンベア速度はねじの本数に応じて自動調節することができる。また、現状の入荷のサイズ割合に近い 15 台の内部基板付きサンプルを連続投入することによる、内部基板の取外しの装置単体能力試験では、1時間当たり 37 台の処理能力と、90%超のねじ外し率を達成した。

【写真】



《連続処理の様子》



《ねじ外しの様子》

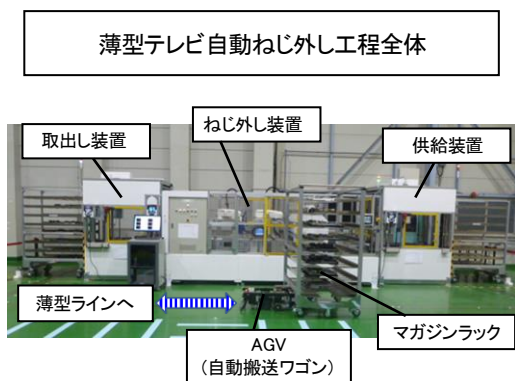
(3) 生産性向上

次世代型フレキシブル処理の構築（薄型テレビ ねじ外し工程自動化）

【目的】

2020年東京オリンピックに併せて、薄型TVの買替え需要から一時的な排出量増加とピーク後の排出量減少といった大幅な排出量変動が予測されている。一方、薄型TV処理工法は人手作業による手分解が主流で効率的な解体工法が確立されていない。解体工程のボトルネックとなる「ねじ外し工程の自動化」と「無人搬送システム」を組み合わせ、次世代型フレキシブル処理ラインを構築する。

【ねじ外し工程の自動化システム導入】



【動作フロー】

- ・薄型ラインで前処理（バックカバー・ハーネス外し）をした薄型TVを「マガジンラック」へセットする。
- ・「AGV」による自動搬送により、薄型TVの供給・回収を無人にて行い、「ねじ外し装置」でねじを外す。
- ・薄型ラインで後処理（基板回収、パネル処理）をする。

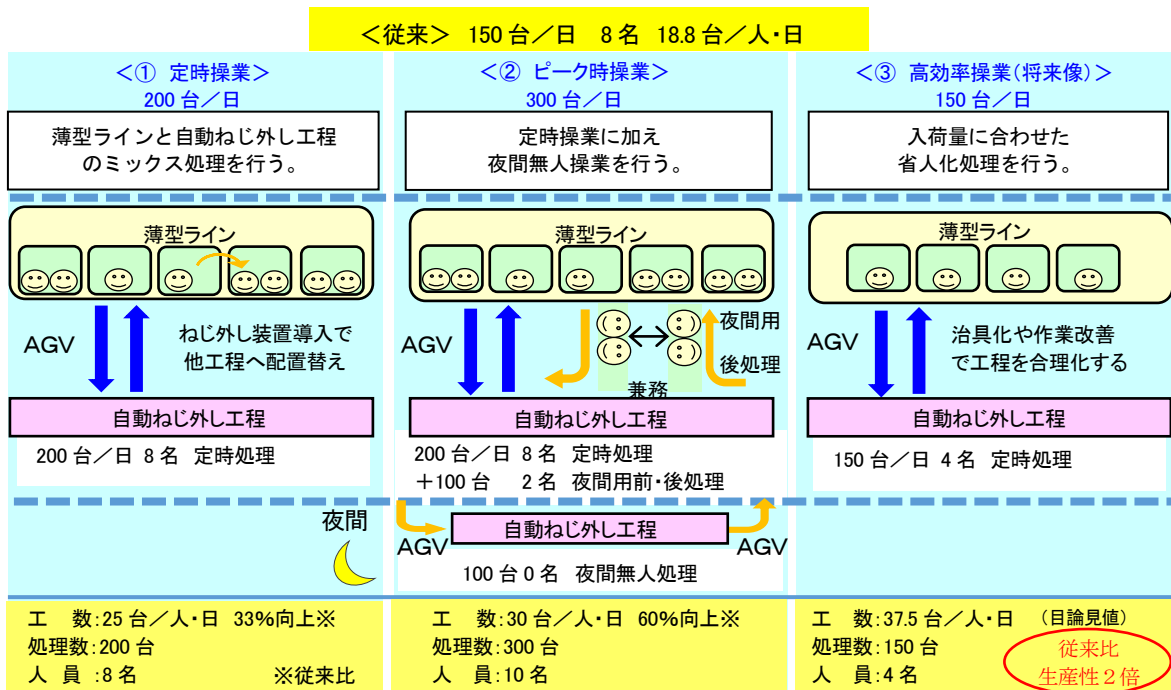
【特徴】

- ・トラッキング制御方式※による高精度・高効率ねじ外し（ねじ外し成功率：95%、タクト：2～3秒/本）
- ※：移動中の対象物に対して相対速度で位置決めする制御

【処理能力】

- ・25～30台/h（ねじ外し装置能力最大44台/h）
- ・16インチ～50インチ対応

【解体処理体制】 入荷量に対応できるフレキシブル処理パターン



【成果】

- ・ねじ外し工程自動化による生産性の向上
- ・入荷量の変化に応じて、フレキシブルに対応できる解体処理体制の構築

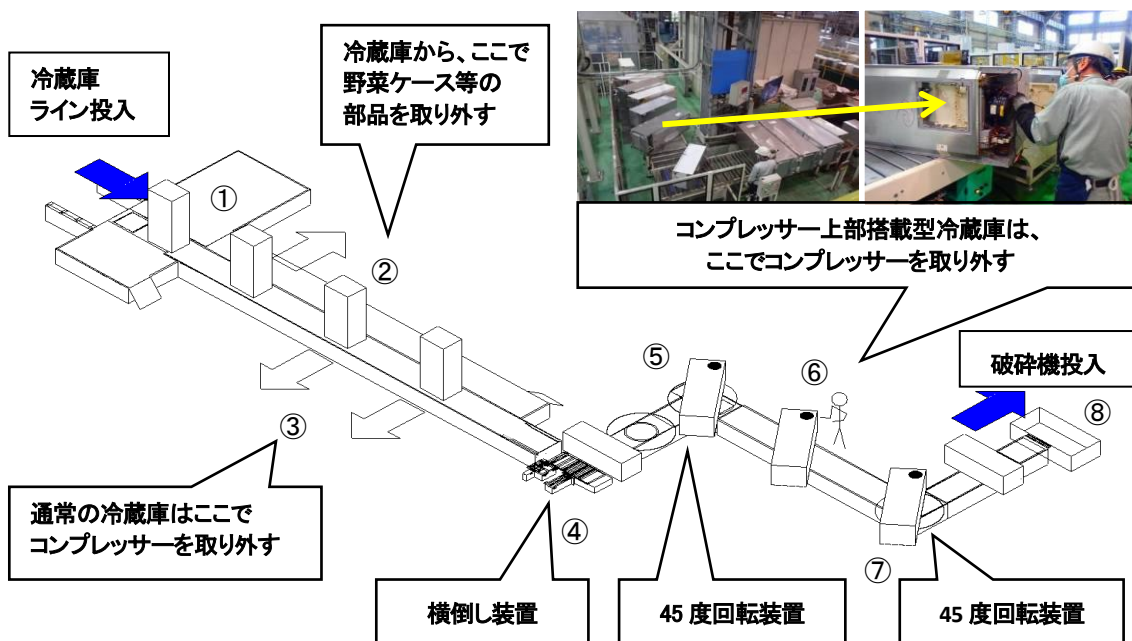
コンプレッサー上部搭載冷蔵庫の解体作業のインライン化

【目的】

コンプレッサーが上部に搭載されたコンプレッサー上部搭載型冷蔵庫の場合、コンプレッサーを取り外す作業が高所になるため、冷蔵庫を立てて流す従来の底部コンプレッサーと同一作業エリアでの取外し作業が不可能であった。そのためラインアウトせざるを得ず解体作業全体の作業効率を悪化させる要因の一つになっていた。このコンプレッサー上部搭載型冷蔵庫の解体作業をインライン化することを目的とする。

【工程】

- ①冷蔵庫を立てたままコンベアラインに投入する。
- ②冷蔵庫から野菜ケース等の部品を取り外す。
- ③通常の冷蔵庫(コンプレッサー上部搭載型以外)は、ここでコンプレッサーを取り外す。
- ④冷蔵庫を横倒し装置にて横に倒す。(破碎機に投入するため)
- ⑤横倒しした冷蔵庫を45° 回転装置で斜めにする。
(隣り合う冷蔵庫との隙間を作り、コンプレッサー解体スペースを設けるため)
- ⑥コンプレッサー上部搭載型冷蔵庫は、ここでコンプレッサー取り外す。
- ⑦元の横倒し状態に45° 回転装置で戻す。
- ⑧破碎機に投入する。



【成果】

- ①ラインアウト作業廃止による作業効率の向上。(9%改善)
- ②ラインアウト作業エリアの削減。(13%削減)

冷蔵庫自動搬送ラインの新設

【目的】

冷蔵庫のリサイクル工程は、破碎設備に投入する前に、冷媒フロンや冷凍機油、単一素材のプラスチック等を人手で回収するための自動搬送ラインを設けている。

従来のラインは動線確保の為、冷蔵庫を吸着し空中移載する装置を設けていたが、冷蔵庫の種類や形状によっては吸着移載が出来ない為、ライン外へ取出す必要があった。また、変形した冷蔵庫による吸着移載時のトラブルなどで稼働率の低下もみられた。

冷蔵庫ラインのレイアウトから見直すことで、吸着移載装置を使わない新しいラインを検討・敷設し、稼働率向上と人員の削減を行った。

【工程】

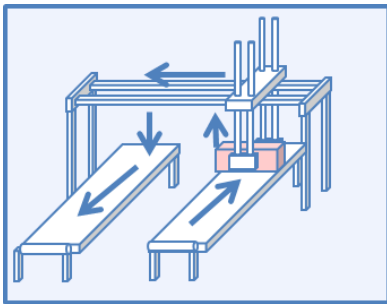
冷蔵庫内のプラスチック部品を外す解体作業と、コンプレッサーの取り外し、冷媒フロン回収は手解体作業用のコンベア上で行われる。今回、パレット搬送方式を採用し、次工程の破碎設備へ投入するために冷蔵庫を横向きに倒す機構も、パレットに乗せたまま横向きにする転倒装置を導入した。このため冷蔵庫を吸着する必要が無くなり、冷蔵庫をライン外へ取り出すことなく処理できるようになった事で、作業効率と稼働率の改善を実現できた。また、コンベアの内側で取り外すコンプレッサーを、コンベアの下を搬送し外側へ取り出す装置を採用した事で動線も確保した。

【成果】

人員：従来のライン、搬送出来ない冷蔵庫払い出し作業 2名 ⇒ 新ライン 2名削減
稼働率：吸着移載装置、平均で2回/日トラブル ⇒ トラブル「0」で、稼働率 12%向上

【フロー図または写真】

従来ライン：吸着による移載装置の概要



従来ライン：吸着移載時に落下した様子
(斜めに傾いてコンベアに接触し停止)



新ライン：パレット搬送による手解体工程



新ライン：冷蔵庫転倒装置

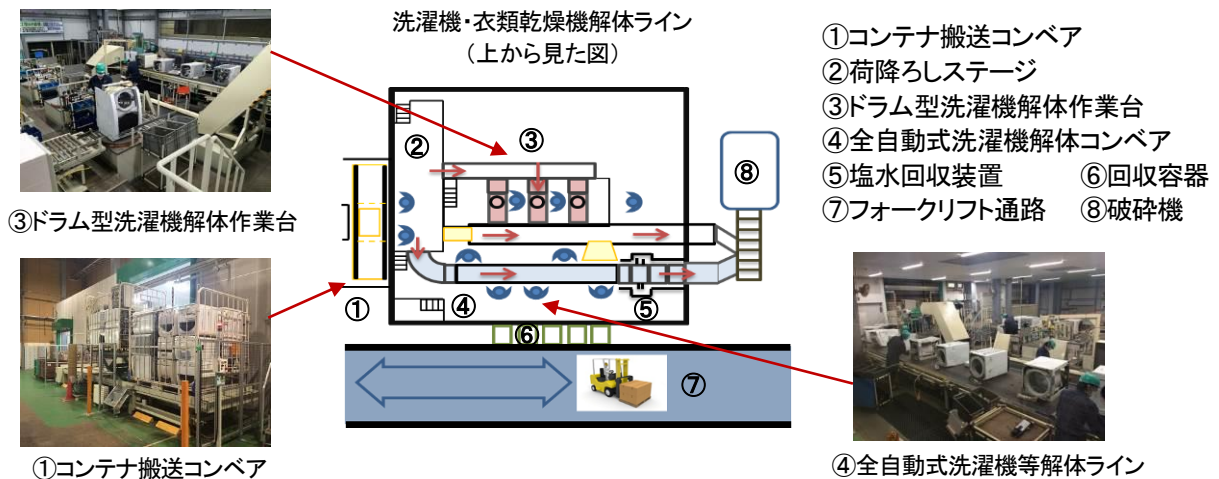


洗濯機・衣類乾燥機 解体ラインの更新

【目的】

従来の手解体ラインは導入後 10 年が経過し、解体方法変更や新形態機種増加により、生産性の改善が限界にあった。水分の多い洗濯機ラインは老朽化が進み、更新に合わせて大幅な生産性改善と職場環境改善、省エネを指向した新ラインを構築する。

【工程】



【改善ポイント】

多岐に渡る機種解体工程分析・解体実験・現場作業者を交えたレイアウト検討を数十回行い、新しい解体ライン仕様を決定した。主な改善ポイントは以下のとおり。

- (1) リフター(昇降機)にてインナーコンテナを取り出しやすい高さに調整し、重筋作業を軽減。(図①)
- (2) 機種毎に解体方法の異なるドラム型洗濯機の解体はセル方式(少数作業員で1台ごとに処理)。作業台はリフターで作業しやすい高さに調整出来る。(図③)
- (3) 全自動式洗濯機解体ラインは流れ作業方式で、作業効率向上・省スペース化を実現。(図④)
- (4) 洗濯槽を本体から取り出すことなくバルンサーを破壊し、塩水を自動回収する。(図⑤)
- (5) 解体部品は作業台下コンベアで通路側回収容器⑥に搬送し、マテハン効率化を実現。(図⑥)
- (6) 作業台はステンレス製(耐塩水のため)とし、床面はグレーチング(鋼材を格子状に組んだ溝蓋)にし、下部のコンベアでねじ等の飛散部品を自動で回収し、清掃時間を短縮した。



ドラム型洗濯機作業リフター



塩水自動回収装置



グレーチング床(ねじ回収コンベア)

【成果】

- (1) 物品の搬送方法の改善、省人化、作業工程の見直しにより生産効率を 35%改善した。
- (2) コンテナリフター、ドラム用リフター導入による安全性向上・重筋作業軽減した。
- (3) 流れ作業式ラインの導入で省スペース化(旧エリアの約 70%)を実現した。
- (4) 全室空調による作業環境改善とLED照明による省エネ(約 65%改善)と照度アップを実現した。

(4) 働く人のための安全・環境改善・災害対応

Aグループ 安全衛生活動

【概要】

毎年10月に実施している安全衛生協議会は、今年度は栃木県の再商品化施設(NNY(株)那須事業所)に現場責任者・メーカーおよび管理会社が参加した。最初に、現場改善実例として工場見学を実施。見学後、安全に関する気づきの情報交換会を行い、活発な議論が行われた。その後、今年度の活動テーマである「未然防止型安全衛生活動」の取り組み成果報告を行い、事故・災害を未然に防止することが重要であることを再認識し、安全に対する更なる意識の向上を図った。最後に、(株)日本環境認証機構(JACO)による、「労働安全衛生のリスクセンス」についての講演を実施して頂き、根本原因を究明し、各人がリスクへのセンスを磨き、組織の弱点の把握とその改善に努めることなど、安全衛生に対する組織と個人の心構えを学んだ。



Bグループ 安全衛生活動

【概要】

平成27年5月にBグループの再商品化施設から33名が参加して、自動車関連の会社が運営する安全体感施設にて、安全装置とぶら下がり体感、マネキン落下体感、フォークリフト荷崩れ体感、回転体巻き込まれ体感等の様々な危険な場面を体験した。他の社員にも受講させたいと講習会の満足度が高く、日頃の安全活動の重要性を再認識した。

【体感の感想】

- ・体感して危険の大きさを実感した。
- ・自分の体重で吊られた場合の負荷が思ったよりきつかった
- ・13kgのマネキンがとても衝撃があり驚いた。これが60kgだとゾッとする。
- ・巻き込まれたら一瞬で体が持っていられるのに驚いた。
- ・回転が遅くても引く力が強く思いっきり引っ張られる。
- ・ヘルメットの着用の重要性を知った。



安全装着と
ぶら下がり体感



マネキン落下体感



フォークリフト
荷崩れ体感



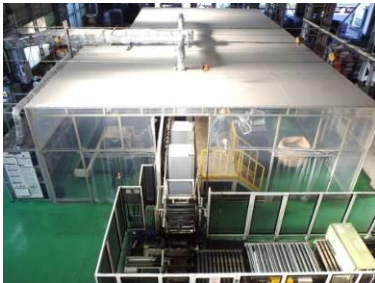
回転体巻き込まれ体感

冷蔵庫ラインのソフトウォールルーム化による空調整備

【概要】



ソフトウォールルーム化前(従来)



ソフトウォールルーム化後

従来、冷蔵庫リサイクル処理作業エリアの空調は、ダクトを配してのスポットによるものであり、天井が高く建屋全体に拡散してしまうことなどから十分な効果が得られなかった。

今回は、処理作業エリアにソフトウォールルームを設置し、ダクトによりルーム内だけを空調することにより、作業環境の改善を図るとともに、空調効率が良くなり省エネにもつながった。

アンケートによる作業者の主な意見

- ・夏場はかなり暑くなったがソフトウォールルーム化で涼しく作業がはかどった。
- ・作業環境が良くなり効率UPに繋がった。
- ・作業に集中出来る様になった。
(汗を拭いたり、水を飲む回数が減った為)

常総市の水害により発生した対象機器廃棄物の再商品化処理

【概要】

平成 27 年9月に関東・東北豪雨により鬼怒川が氾濫して、常総市から大量の災害廃棄物が発生した。常総市の処理実行計画にもとづき、製造業者等及び指定法人は、集積場において対象機器廃棄物(一次仮置場にて重機により粗選別したので一部破損・変形していた。)の製造業者等名の確認・区分けに協力し、家電リサイクル券による引取りを行った。再商品化施設に対象機器廃棄物が届き、再商品化を実施した。

冷蔵庫・冷凍庫の解体ラインでは、「手解体時に切創等の恐れがあり、いつもと違う。」と緊張感を持ち、「転倒の恐れがあるものはライン外で処理する。」、「冷媒フロン・コンプレッサー・有害物・破砕機に影響する部品は必ず回収する。」「本体内の土・砂・水等は決められた容器に回収する。」ことに留意し、ドアの欠品で断熱材フロンの種類の判別が困難な冷蔵庫はガスセンサーを用いて判別・区分けする等、1台ごとの状態に応じて安全第一で慎重に解体作業を行った。



集積所の冷蔵庫・冷凍庫



フロン回収



庫内部品の回収

(5) プラスチック選別・再生利用技術

リサイクルプラスチック高度選別システム構築

【目的】

家電リサイクル由来の混合プラスチックの内、PS・ABS等のプラスチックの高純度選別とRoHS対象物質除去を一連の自動選別システムにて選別し、更にリペレット時の生産性を向上させるため、本システムを開発した。

【工程】

- ①近赤外式選別装置にて、混合プラスチックからPS・ABSを回収。
- ②デュアルX線選別装置にてRoHS対象物質が含まれるプラスチック片を除去。
- ③リペレット生産性を向上させる為に、プラスチック片の表面付着物をプラスチック片表面研磨処理にて除去。

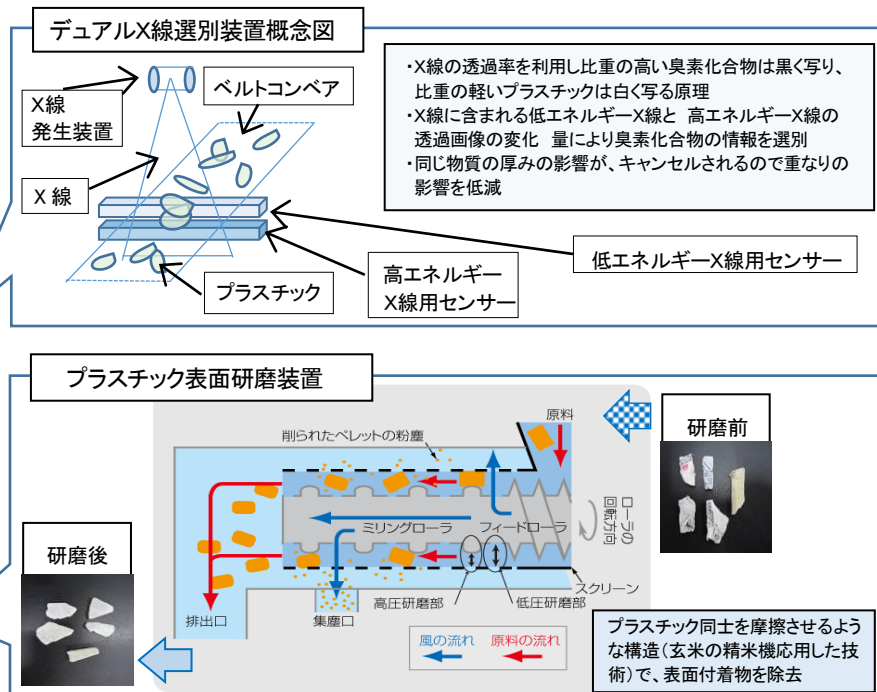
①近赤外線選別装置



②デュアルX線選別装置



③プラスチック表面研磨装置



【目標】

- ①RoHS対象物質含有プラスチック片除去の際、プラスチック片厚みに影響されず、安定的に臭素濃度をRoHS許容値の0.1%(重量ベース)未満、かつ処理能力を300kg/h以上とする。
- ②プラスチック片の表面研磨において、プラスチックの物性値(耐衝撃性、曲げ強さ、引っ張り強度等)を、できるだけ低減させず表面付着物の除去を行う。

【成果】

- ①デュアルX線選別装置の採用により、臭素濃度0.03%(重量ベース)未満(RoHS許容値は0.1%(重量ベース))、かつ処理能力300kg/h以上を達成した。
- ②プラスチック片の表面研磨において、プラスチックの物性値をできるだけ低減させず、表面付着物の除去を行い、リペレット時のメッシュ詰りまでの時間を概ね3倍と大幅に向上させた。(従来15分~20分で詰まっていたものを、40分~1時間以上へと大幅に向上)