

3.4 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。

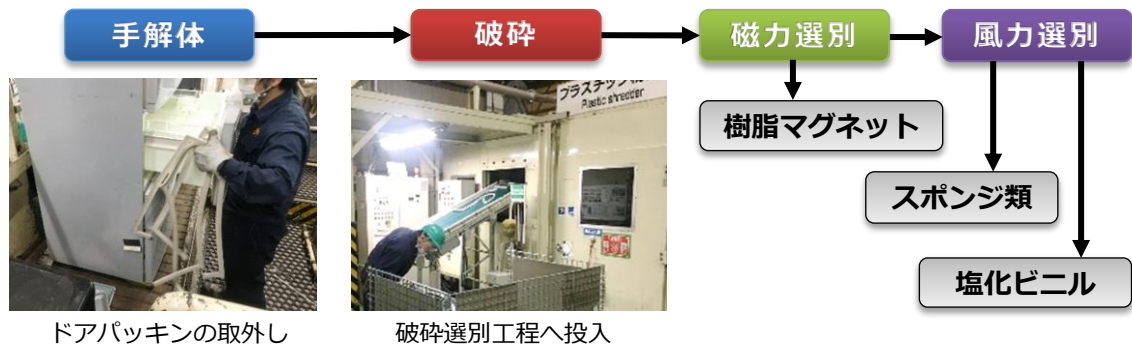
(1) 素材価値の向上

冷蔵庫ドアパッキンの素材化

【目的】

諸外国の環境規制強化に伴い、冷蔵庫から回収されるドアパッキン単体での有価売却が難しくなった。そこで、ドアパッキンを構成する塩化ビニル、樹脂マグネット、スポンジ類をそれぞれ単一素材として選別回収し素材価値を向上させるためドアパッキンの選別設備を導入した。

【工程】



【技術開発のポイント】

① 塩化ビニルの純度向上

リサイクル需要の高い塩化ビニルの付加価値を向上させるため、磁力選別機に加えて風力選別機を導入した。これにより異物の混入を最小限にでき、高純度の塩化ビニルとしてリサイクルされている。



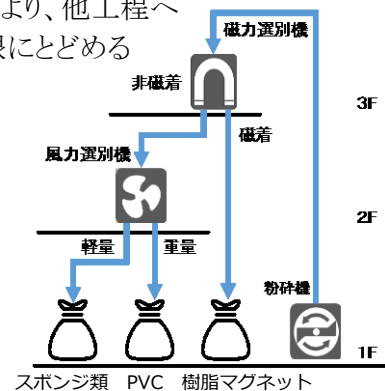
風力選別機

② 高さを活かした設置レイアウト

限りある工場内スペースを有効に使うため、選別設備を多段に積み上げて設置した。省スペース化により、他工程への影響を最小限にとどめることができた。



破碎選別機



【成果】

単一素材として回収することで、塩化ビニルの有価売却が可能となった。他の回収材についても有効利用を図るべく調査検討を進めている。



塩化ビニル



樹脂マグネット



スポンジ類

(2) 生産性向上

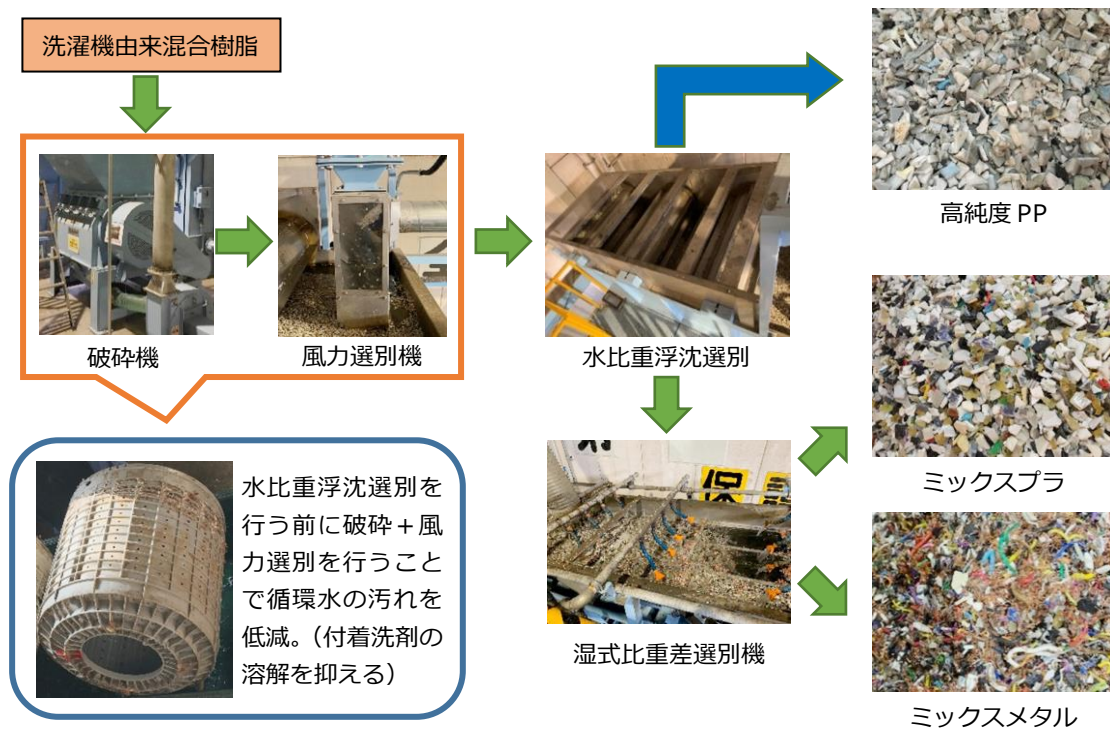
洗濯機由来混合樹脂専用樹脂選別ラインの導入

【目的】

従来、冷蔵庫由来及び洗濯機由来の樹脂選別は同一ラインで行ってきたが、冷蔵庫・洗濯機の集荷量増加(平成28年度比で平成29年度は約4%増、平成30年度は約15%増)に伴う処理能力不足や、水を用いた樹脂選別工程において洗濯機由来の混合樹脂に起因する循環水の汚れによる機器のトラブルが増加している状況であった。これらに対応するため、洗濯機由来の混合樹脂をターゲットとして処理能力の改善、循環水の汚れの低減による機器トラブルの減少を目的に専用樹脂選別ラインを導入した。

【工程】

本ラインは、破碎、風力選別、水比重浮沈選別、湿式比重差選別により混合樹脂の選別を行う。洗濯機由来の混合樹脂による循環水の汚れに対しては、水比重選別前に破碎を行い、その後風力選別を行うことにより材料表面に付着している洗剤等が水に溶解する前に回収することで対応できるようになった。また限られたスペースを活用するため、立体的で省スペースのラインを構築した。



【成果】

人手不足が今後も続くと言われる中であって、人力に頼ることなく、また機器の故障によりラインを止めることなく高品位な樹脂を効率良く集めるための設備投資はますます重要になってくる。本樹脂選別ラインの導入により、平成30年度は前年度比で約25%増となった樹脂処理量に対応することができた。

また本ライン導入前後で機器トラブルによる稼働停止時間を約40%削減することができた。



樹脂選別ライン

塩水回収装置の導入

【背景】

洗濯機には洗濯槽が片寄って回転しないように、洗濯槽上部のバランスリングという部品に高濃度の塩水が封入されている。この塩水は環境保全や金属の腐食防止の観点より回収することになっているが、そのためにはまず洗濯機の操作パネル等を取り外してから洗濯槽を取り外し、洗濯槽のバランスリングから塩水を回収しなければならなかった。そしてこの作業は一度洗濯機解体ラインから外れて行わなければならなかった。このように塩水回収までには複雑な分解工程があり、多くの時間と人員とスペースが必要であったが、近年排出が増えてきているドラム式洗濯機の場合、更に複雑な分解処理工程を経なければならぬ。こうした状況を改善することを目的として、塩水を効率良くかつ省スペースで回収できる設備を開発導入することにした。

【工程】

- ①洗濯機本体を横に倒し、洗濯槽を作業者の方向に向ける。
- ②塩水が封入されているバランスリングに穴を開ける。
- ③バランスリングに開けた穴に吸引チューブを挿し込み、塩水装置にて塩水を回収する。

塩水回収工程



装置本体



塩水回収作業



穴開け作業



吸引作業

【改善のポイント】

- 1) 洗濯機解体ライン上で塩水回収が可能。
 - ・洗濯槽の開口部から塩水回収が可能となり、操作パネルや洗濯槽の分解回収の必要が無くなった。ドラム式洗濯機の塩水回収もライン上で可能になった。
 - ・本装置の特長として、ライン上のどの工程でも使用でき、工程編成の自由度が向上した。
- 2) 回収作業時間の短縮。
 - ・回収機器は真空吸引方式であり、従来に比して回収時間の短縮が可能になった。

【成果】

- 1) 本装置の導入により、従来に対して作業工数、作業員は約50%削減することができた。
- 2) 重筋作業を低減することができた。
- 3) 真空吸引装置の導入により、塩水回収時間を約50%短縮することができた。
- 4) 回収場所での塩水の飛散、回収金属物への塩水による影響を最小限に抑えることができ、環境保全と高品位なリサイクルの実現に寄与することができた。

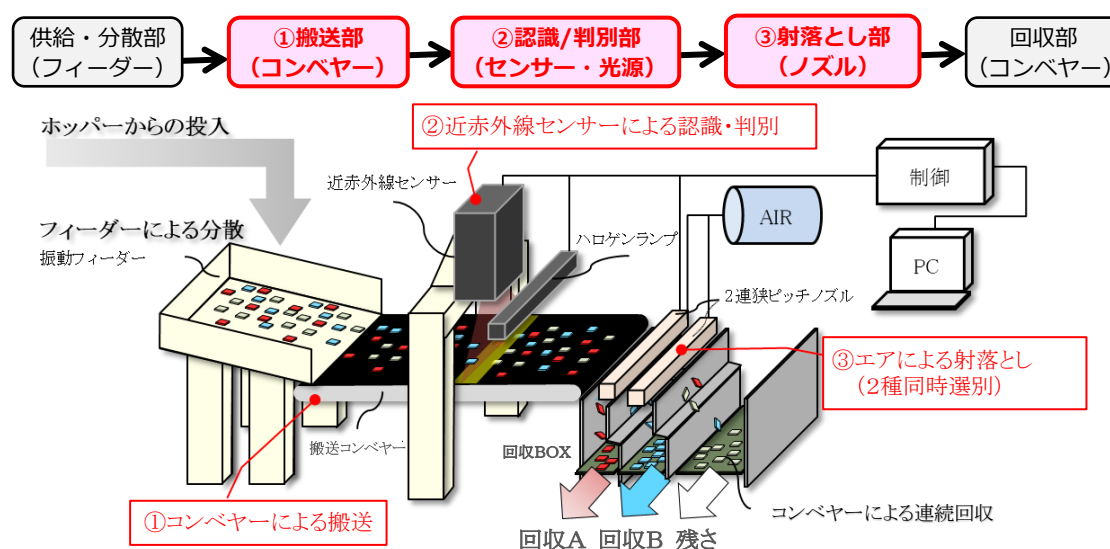
小粒樹脂選別装置の開発・導入

【目的】

従来、単一プラスチック選別装置(乾式)を用いて単一プラスチック(PS:ポリスチレン、PP:ポリプロピレン、ABS:アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)を選別・回収してきた。しかし従来の設備では10mm以下の小粒樹脂を選別・回収することができなかったため、今般10mm以下の小粒混合樹脂についても選別・回収できる装置を開発・導入することで高品位な再生資源を増やすことを目的とした。

【工程】

ホッパー(プラスチック供給装置)から供給された小粒樹脂は、近赤外線センサーが認識しやすいようフィーダーで分散され、コンベヤーで運ばれる。途中に認識・判別部を設けてプラスチックの種類を判断し、PS、PP、ABSのうち、あらかじめ選択した2種類をエアでピンポイントに射落とすことで選別・回収している。(※下記赤枠部分は従来の選別装置からの改善ポイント)



【改善ポイント】

①搬送部(コンベヤー)

- ・コンベヤーのローラー径を最小化することにより、コンベヤー端から飛び出す樹脂の軌道を安定化させた。
- ・搬送コンベヤーには帯電防止の処理を施しており、樹脂の貼付きを抑制することで、樹脂の飛び出し軌道のばらつきを最小化した。
⇒従来の装置では気流の制御を行っていたが、気流の制御を行わなくても高精度な樹脂搬送を実現できた。

②認識・判別部(センサー・光源)

- ・光学照射強度の向上により、認識率を従来品と比較して1.5倍に向上させることで、10mm以下の小粒樹脂に対して従来と同等の判別性能を達成できた。

③射落とし部(ノズル)

- ・ノズルから吐出するエアの経路を流体解析し、吹き広がりをも最小化し、ピンポイントで対象小粒樹脂に当てる独自開発の小型ノズルを採用した。
⇒この技術により、10mm以下の小粒樹脂についても高精度な選別回収を実現できた。

【成果】

平成30年11月からの量産稼働により、10mm以下の小粒樹脂についてもより径の大きな樹脂の場合と同等の選別実績を達成できた。

※小粒樹脂選別装置(2種同時選別)において、標準サンプルを用いて250kg/時で純度95%以上、選別率70%以上を達成(量産での実績データを継続計測中)

薄型テレビ入荷増に向けたロボット導入（省力化、作業効率アップ）

【目的】

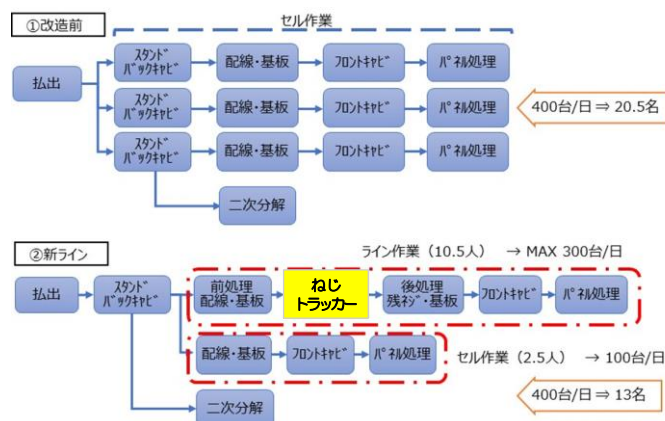
4K、8K等の新しい薄型テレビの売上げが伸び、早ければ東京オリンピックが開催される令和2年には再商品化施設での薄型テレビの処理台数がピークを迎えると予想される。処理数量増加に対応するため、新たな処理ラインの検討を行う中で、分解作業に従事する人手も不足していることから、既に他の再商品化施設でも活用されている薄型テレビ分解用のロボット「ねじトラッカー®」を導入し、少ない人数でより多くの処理が可能なライン構築を行うことにした。

【工程】

年間の最大処理量を10万台と想定し、定時操業で400台/日の処理が可能なラインの検討を行った。改造前のライン構成では21名の作業員が必要との試算であったが、ねじトラッカー®の導入により、人員の効率化を図った。

【処理フロー】

- ・ インナーコンテナからラインに投入後、前処理としてバックカバーとハーネスを外し、ねじトラッカー®へ投入する。ねじトラッカー®で基板のねじを処理した後、後処理工程で基板回収及びパネル処理を行う。（作業員 10.5 名 300 台/日）
- ・ 20 インチ未満、50 インチ以上のサイズの薄型テレビはオフラインでセル解体を行う。（作業員 2.5 名 100 台/日）



新旧の処理フロー図



ねじトラッカー®

【改善のポイント】

- ◆ねじトラッカー®を利用したメインラインとセル方式のサブラインの複合ラインを構築
- ◆ねじトラッカー®の導入効果
 - ・ 対象物に追従しながらねじ外しを行うトラッキング制御方式による高精度・高効率なねじ外しの実現。（ねじ外し成功率95%、ねじ外し時間2～3秒/本）
 - ・ ねじ外し装置能力、最大44台/時。
 - ・ 20～50インチサイズの薄型テレビに対応。

【成果】

- ・ 従来の方では、400台/日の処理を行うのに21名の人員が必要という試算であったが、ねじトラッカー®の導入により、13名の人員で可能になった。（自動ラインで300台/日＋セルラインで100台/日＝最大400台/日）
- ・ ねじ外し工程の自動化による生産性の向上とともに、女性が働きやすい工程になった。
- ・ 省力化と入荷量に応じたフレキシブルな対応が可能なラインが構築できた。

薄型テレビの大型化に対応した作業環境改善

【目的】

近年の薄型テレビの大型化に伴い、リサイクルの現場でも大型の数量が増えている。
薄型(液晶)テレビの解体は、まず背面からリアカバーや基板等を外してから、表裏を反転させて液晶パネルとバックライト及び光学シートを外している。

小型モデルは無理なく解体が行えるが、55型以上の大型テレビの場合は質量が50kg以上になるため、テレビの移動及び反転時に重筋作業が伴っていた。また、手が届かないため作業性も悪く、作業台からはみ出て作業を行っていたため、落下する危険性があった。

これらの問題を解決するため、反転機付きの薄型テレビ解体作業台の導入等、作業環境の改善を行った。

【工程】

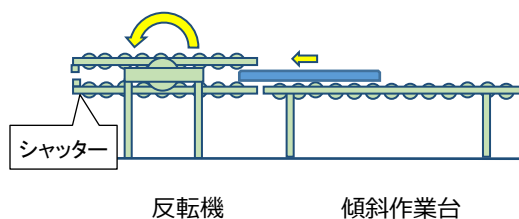
【1】 コンテナから大型テレビを専用台車に積み込み、作業場まで搬送して作業台に載せる。



【2】 作業台上で背面の解体を行う。この時、作業台の回転機能、傾斜機能を使い、大型テレビを作業しやすい位置に固定して解体作業を行う。



【3】 背面の解体後、テレビを反転機に移動させ、ボタン操作で反転させる。反転後、作業台に移動させ、パネル面の部品を外してすべての解体が終了する。



【改善のポイント】

- (1) 搬送台車への積み込みは2人作業、それ以降は1人作業が可能になるライン構成にした。
- (2) サイズは85型まで、重量は100kgまで対応できるようにした。
- (3) 反転機投入口にエアセンサーを設置し、センサーをふさいだ場合は非常停止させ作業者の安全を最優先させている。

【成果】

大型テレビの解体時における重筋作業が解消され、安全に作業ができるようになった。また、無理な姿勢での作業が改善され、作業者の疲労低減の効果があつた。

今後、更に大型テレビの数量が増えることが予想されることから、上記成果の相乗効果が見込まれる。

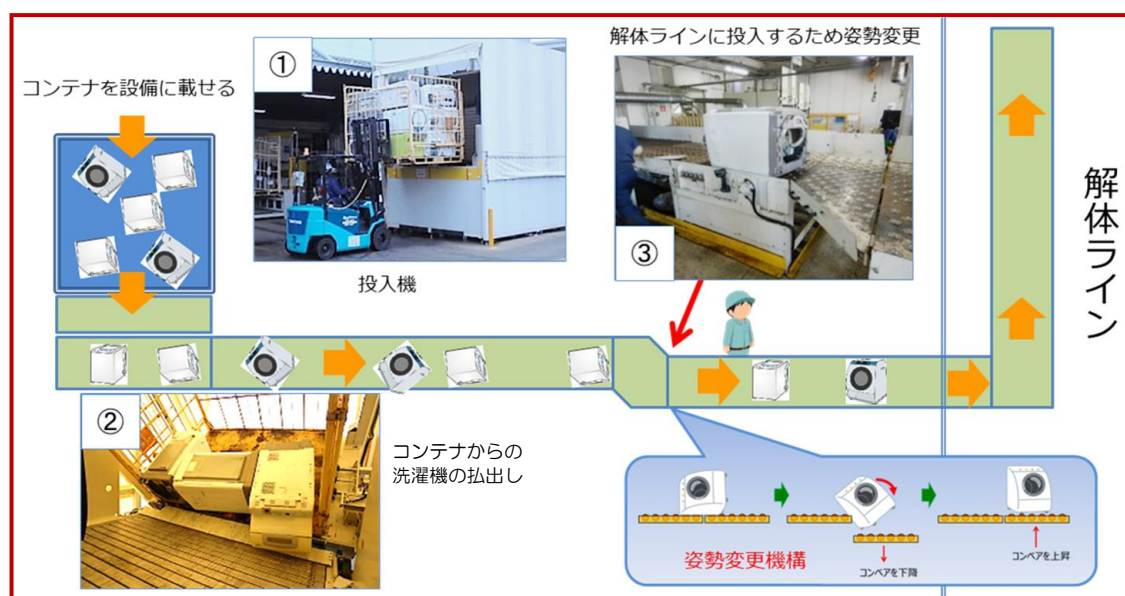
洗濯機投入機導入

【目的】

対象機器廃棄物は重量物が多く、重筋作業の削減は再商品化施設にとって大きな課題である。対象機器廃棄物は専用のコンテナに品目ごとにまとめられて再商品化施設に運搬されてくるが、洗濯機はコンテナ内に不規則に段積みされている。そのため、解体ラインへの投入には設備による取出しが難しく、今までは人手での荷降ろしとなっていた。特に大型のドラム式洗濯機は80kg以上にもなるため、作業は大変な重労働で不安全なものとなっていた。このような問題点を改善するため、洗濯機の自動投入機の設置と姿勢変更機構を含めた搬送ラインの導入を行った。

【工程】

- ① 洗濯機が入ったコンテナの扉を開け、フォークリフトで投入機に載せる。
投入機がコンテナを固定して、コンテナごと傾斜させる。
- ② コンテナを傾斜させることにより、洗濯機が自重で落下し、払い出される。
- ③ 解体ラインに投入するため、作業者が洗濯機の向きや姿勢の調整を行う。



【改善のポイント】

1. 洗濯機のコンテナを投入機で傾斜させることにより、洗濯機が自重で落下して払い出されるようになり、これにより人の手による取出作業を削減することが可能となった。
2. 洗濯機の姿勢・向きの変更が簡易に行えるように機構を開発し、作業負担を少なくした。
3. 洗濯機が落下する際に製品本体が破損する可能性があるが、破損するとその後の解体がしづらくなるため、落下時の衝撃が少なくなるよう投入機の動作の工夫等により製品本体の破損を少なくするようにした。

【成果】

1. 作業負担軽減
本設備の導入により重筋作業が軽減し、女性や高齢者でも投入作業ができるようになった。
2. 投入安全化
コンテナからの荷降ろし作業が無くなり、落下によるけがのリスクが軽減された。
3. 生産性向上
投入作業の簡易化により、投入作業による解体作業が可能となった。これにより、ライン全体での洗濯機解体数が約30台/日増加した。

(3) 働く人のための安全・環境改善

バーチャルリアリティ安全衛生教育コンテンツの導入

【目的】

従来の安全衛生教育は、講義や資料・写真による危険予知トレーニング(KYT)、事故事例の動画活用等の「座学教育」が中心であった。そこでバーチャルリアリティ(VR)技術の活用により、実際に発生した労働災害作業を再現し、仮想のけがを体感することで、危険作業・危険行動を判断できる力を身に付けるとともに、危険予知能力の向上につなげる。

【特長】

VR活用のメリット

- 1) 危険体感研修等に出向く必要は無く、いつでも・どこでも体験ができる。
- 2) 実際にグループ内で発生した災害を再現し、仮想のけがを体験できる。
- 3) 体験したけがに対する対処方法を学べる。

VR安全衛生教育コンテンツの構成、体感の流れ

- 1) 工場風景(360度撮影)から、作業動画(5つのシナリオ)を選択し、視聴する。
※シナリオは実際に発生した労働災害作業動画
- 2) 視聴画面から危険源、リスクの高い作業を選択し、正解を判定する(KYT)。
- 3) リスクの高い作業を仮想体験し、仮想のけがを体感する。
- 4) リスクの高い作業に対する“あるべき行動”を学ぶ。



VR安全衛生教育タイムスケジュール

- 1) 安全衛生座学教育(安全の基本、法律、方針、災害発生状況等)
- 2) VR体感(15～20分/名(3～4名/時間)) ※短縮版も選択可能

【開発のポイント】

より現実に近いコンテンツにするため、実際に発生した労働災害作業をバーチャル体験し、更に音や振動、色彩等の効果で、被災時の状況をよりリアルに体感できるような工夫をすることで、危険を身近なものとして感じてもらえるようにした。また、画面内から危険作業を見つけ出すなどの危険予知トレーニングも併せて導入した。

【成果】

- 1) 作業経験のない新人、新規雇入れ者に対する安全教育コンテンツとして活用を開始した。
- 2) 体感型コンテンツで参加者の興味も高まり、けがのイメージもつかめ、危険意識が向上した。
- 3) 危険体感研修等への参加費、移動費、時間が省け、気軽に体験できるようになった。
- 4) 各再商品化施設、グループ安全会議等への貸出し、出前研修等を随時実施している。

(株)エコロジーネット 連絡先(代表):06-6949-2244

誰もが活躍できる職場づくり

【目的】

近年、少子高齢化の影響で労働人口は年々減少しているが、再商品化施設での手解体工程は作業全体の52%を占めており、人に依存したオペレーションである。今後、事業を継続するためには新たな労働力として高齢者や女性も含めた多様な人材活用が求められる。そこで、手解体工程に多い重筋作業を無くし、誰もが活躍できる職場づくりを目指して活動を行った。

【活動】

1. 活躍できない作業の洗い出し

まず作業経験のない女性社員が現場で作業を体験し、何ができないかを洗い出し、活躍できない作業(重筋作業)ポジションを明らかにした。

2. 活躍できない要因分析

小集団活動や各カテゴリー担当によって「活躍できない要因分析」を行い、阻害要因の深堀りと対策の立案を行った。



3. 対策と改善活動(一部紹介)

◆薄型テレビラインをセル方式からシリーズ方式に変更し、作業台へ引き込む重筋作業を排除した。

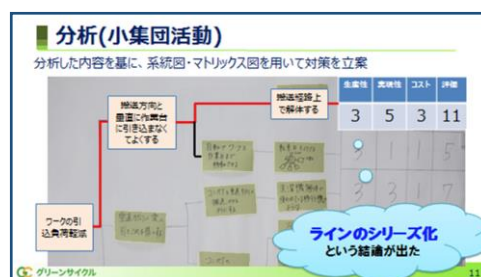
◆エアコンの銅管切りに使用する柄の長い金ばさみを内製し、切断作業の軽減化を実施。

◆エアコンバルブのキャップ外し作業を手工具から電動工具に変更し、作業の軽減化を実施。

◆ドラム式洗濯機のベアリング外し治具を開発・作製し、重筋作業を排除した。

◆洗濯機投入装置を導入し、重筋作業である洗濯機の荷降ろし作業を廃止した。

その他、女性が働きやすい環境づくりとして、女性専用の休憩室、禁煙エリアの拡充、シャワールームの完備等、職場環境の改善を推進した。



【成果】

誰もが活躍できるポジション数は手解体工程全体で16%しかなかったが、改善活動後は55%へ増加した。その結果、女性作業者が1名から15名に増加した。

今後、残っている手解体作業の作業改善や設備改善を行い、令和2年度には「誰もが活躍できる作業ポジション」の100%達成を目指す。

エアコン・洗濯機工程の改善例

- …誰もが活躍できるポジション
- …新たな活躍できるポジション
- ×…重筋作業のポジション

エアコン・洗濯機工程では誰もが活躍できるポジションは8%から40%に増加。

