

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) 素材価値の向上

エアコン室外機のコンプレッサー素材化設備の導入

【目的】

従来、エアコンの室外機を解体して回収したコンプレッサー⁽¹⁾は、鉄素材と非鉄素材の混合物（鉄・非鉄混合物）として、そのまま出荷先の業者に販売していました。しかしコンプレッサーの内部にはコイル巻線（銅線または

アルミ線）、鉄素材のケース、機構部、積層鉄心等の資源があるため、高品位な素材別回収を行うべく、新たに専用の素材化設備を導入しました。

【工程】

- ① アキュームレーター分離装置でコンプレッサーとアキュームレーター⁽²⁾の接続部を切断し、アキュームレーターを回収。



アキュームレーター分離装置



- ② シェル⁽³⁾横切断装置でコンプレッサー本体を3分割して、シェルトップと機構部を回収。コイル付ステーター⁽⁴⁾は次工程へ。



アキュームレーター分離装置



- ③ コイル切断装置でコイル付ステーター上部のコイル巻線を切断。



コイル切断装置



- ④ コイル付ステーターの種類（分布巻、集中巻）によってコイル抜き装置、またはコイル押し出し装置で積層鉄心とコイル巻線を分別して回収。



コイル抜き装置



分布巻ステーター



積層鉄心

コイル巻線



コイル押し出し装置



集中巻ステーター



積層鉄心

コイル巻線

【改善のポイント】

① 銅線とアルミ線の選別回収

専用の機器を用いてコンプレッサーを切断し、手解体により分解することで、容易に銅線とアルミ線を選別回収することが可能になりました。

② 設備投資の削減

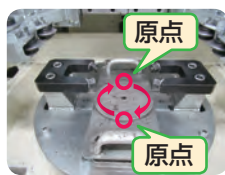
集中巻用のコイル押し出し装置を自社で設計・製作することで、投資額を削減できました。

③ 設備作業時間の短縮（シェル横切断装置）

回転ステージの原点位置を2カ所にするだけで、シェルの切断終了時に回転ステージを半周させるだけで原点復帰できるようにし、設備の作業時間を短縮できました。



原点



原点

④ 設備操作性の向上（シェル横切断装置）

機種を選択をタッチパネルからセレクトスイッチに変更することで、操作の確実性や誤操作の防止を図りました。



タッチパネル

セレクトスイッチ



⑤ 加工条件の教育

製品の特長を見極めて加工条件表を作成しました。また、その加工条件表を用いて作業教育を実施することで、作業者が加工条件を瞬時に判断できるようにしました。

【成果】

① 鉄・非鉄混合物を50%削減

鉄・非鉄混合物として出荷している部品全体を重量比で50%削減しました。

② 売価アップ

素材別分別回収を行うことにより、売価が60%以上

アップしました。

③ 設備処理能力を約10%アップ

設備の導入と作業教育の実施により（上記改善のポイントの③～⑤）、処理能力が約10%向上しました。

- (注) (1) 冷媒を圧縮して室内外機間を循環させるためのポンプの働きをする装置
 (2) 冷媒を液体と気体に分離し、気体だけをコンプレッサーに送り込む装置
 (3) 曲面に覆われた容器のことで、コンプレッサー本体の外装部分
 (4) コイルは銅線などを巻き付けた部品で、ステーターはモーターやコンプレッサーの構成部品のうち、回転せずに固定された部分
 (5) コイルへの銅線などの巻き付け方で、分布巻はいくつかの部分（スロット）に分けて巻くやり方、集中巻は部分に分けず、コイル全体に巻いていくやり方

(2) 生産性の向上

自動ピッキング装置の実証導入

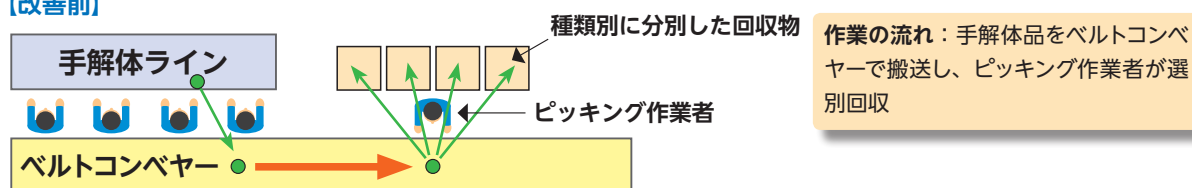
【目的】

少子高齢化が進み、家電リサイクル工場においても今後人手不足が懸念される中、作業の自動化は継続して解決すべき課題です。そこで解体した部品を種類別に自動判定し、回収（ピッキング）する自動ピッキング装置を開発し実証導入を行いました（AI（人工知能）による画像認識で

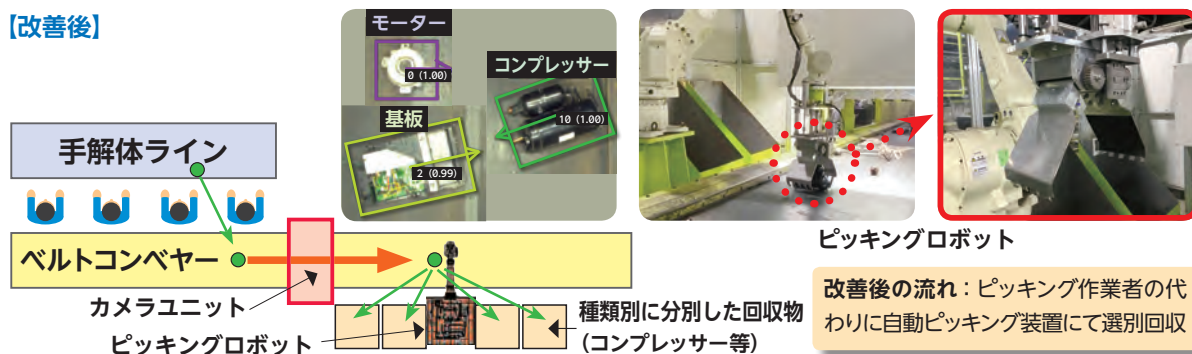
自動判定を行い、回収装置には産業用ロボットを利用）。今回は手解体した部品の中で作業者への負担が大きい重量物をターゲットに開発し、実証機を導入しました。将来的には機械による解体工程後の回収物に対応することで、ピッキング作業者の負担軽減と省人化を目指しています。

【工程】（エアコン室外機解体ライン）

【改善前】



【改善後】



【成果】

① 解体部品の種別判定自動化技術

解体部品の色・サイズ・形状等は、家電メーカーや年式・型番によって多種多様であるため、AIにおけるディープラーニング（大量のデータからコンピュータが自動的にその特徴を判別する技術）を活用することで、解体した部品の特徴を自動で抽出し、部品の種類の自動判定を高精度に行うことを可能にしました。

② チャッキング技術

ピッキング対象として、サイズ・形状・重量の異なる複

数の種類の部品に対応するため、ピッキングロボットにはさまざまな対象物をしっかりとつかむ（チャッキング）ことが求められます。現在ピッキングロボットに装着している二爪グリップパーは、全開幅 298mm を有しながら、全閉時には爪先端の切込みが交差して、内側の空間を狭くすることで、小さい部品もつかむことが可能です。また爪先端部が解体部品を抱え込む形状となっているため、エアコンのコンプレッサーなどの重量物に対しても安定してつかむことが可能です。

【成果】

- ① 回収率 98%を達成（エアコン室外機のコンプレッサー、基板、モーター、トランス）
- ② ピッキング作業者削減（1名）

- ③ ピッキング作業者の回収物持ち上げ動作減による作業負担の軽減、銅管切断部での切創リスクの撲滅

【今後の課題】

エアコン室外機に続いて洗濯機手解体品の自動ピッキングに向けて装置へのディープラーニングの学習を行って

り、さまざまな品目に対応するための横展開を目指しています。

銅管切断工具（油圧式ボルトカッター）の開発・導入による作業負荷軽減

【目的】

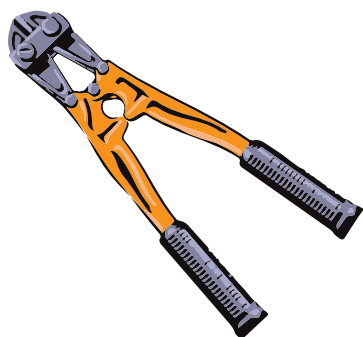
従来、エアコンなどの銅配管を切断する作業は手動式のボルトカッターを使用していました。しかしながら、手動式のボルトカッターでは腕力を必要とするため、作業

者には大変負荷がかかる作業でした。そこで、この作業負荷の大幅な軽減を図るために油圧式のボルトカッターを新たに開発し、導入しました。

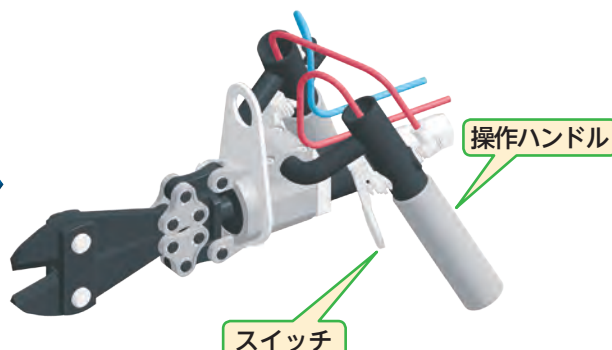
【内容】

ボルトカッターの刃を油圧で動作させて銅配管を切断できる工具を設計・開発しました。これまでも市販品で類似した機構の工具は存在していましたが、工具としての安全性や操作性の問題、さらにコストの面もネックに

なっていたことから、導入ができませんでした。今回、新たに安全性・操作性やコスト面にも配慮した油圧式のボルトカッターを独自に設計・開発しました。



従来の手動式ボルトカッター



今回開発の油圧式ボルトカッター

【改善（開発）のポイント】

- ① スイッチ操作で油圧にてボルトカッターの刃を動作させ、銅配管を切断できるようにしたことで作業者の負荷を大幅に軽減しました。また軽量化設計により、重量も従来の手動式ボルトカッターと同等を実現しました。
- ② 大半の部品を汎用市販品で構成し、油圧の動力源にエアハイドロブースター（エア回路で油圧を発生させ、増圧する装置。エアで動作するため、油圧ポン

プ等が不要）を採用することにより、短期間で製造が可能であり、また低価格化も併せて実現しました。

- ③ 操作ハンドルを両手操作で行うことにより、作業者の安全性を確保。また、さまざまな方向から切断できるハンドル形状にしたことにより、作業性が向上しました。

【成果】

- ① これまでは従事する作業者が限定されていましたが、作業による肉体への負荷の大幅な低減により、年齢・性別を問わず従事することが可能となりました。また操作が容易なため、短期間で習熟することが可能となり、教育時間の短縮を図ることができました。

- ② 汎用市販品で構成されており、既存の油圧式ボルトカッターに比べ、導入費用は約 1/3 程度にすることができました。また部品交換などによるランニングコストも低減できました。

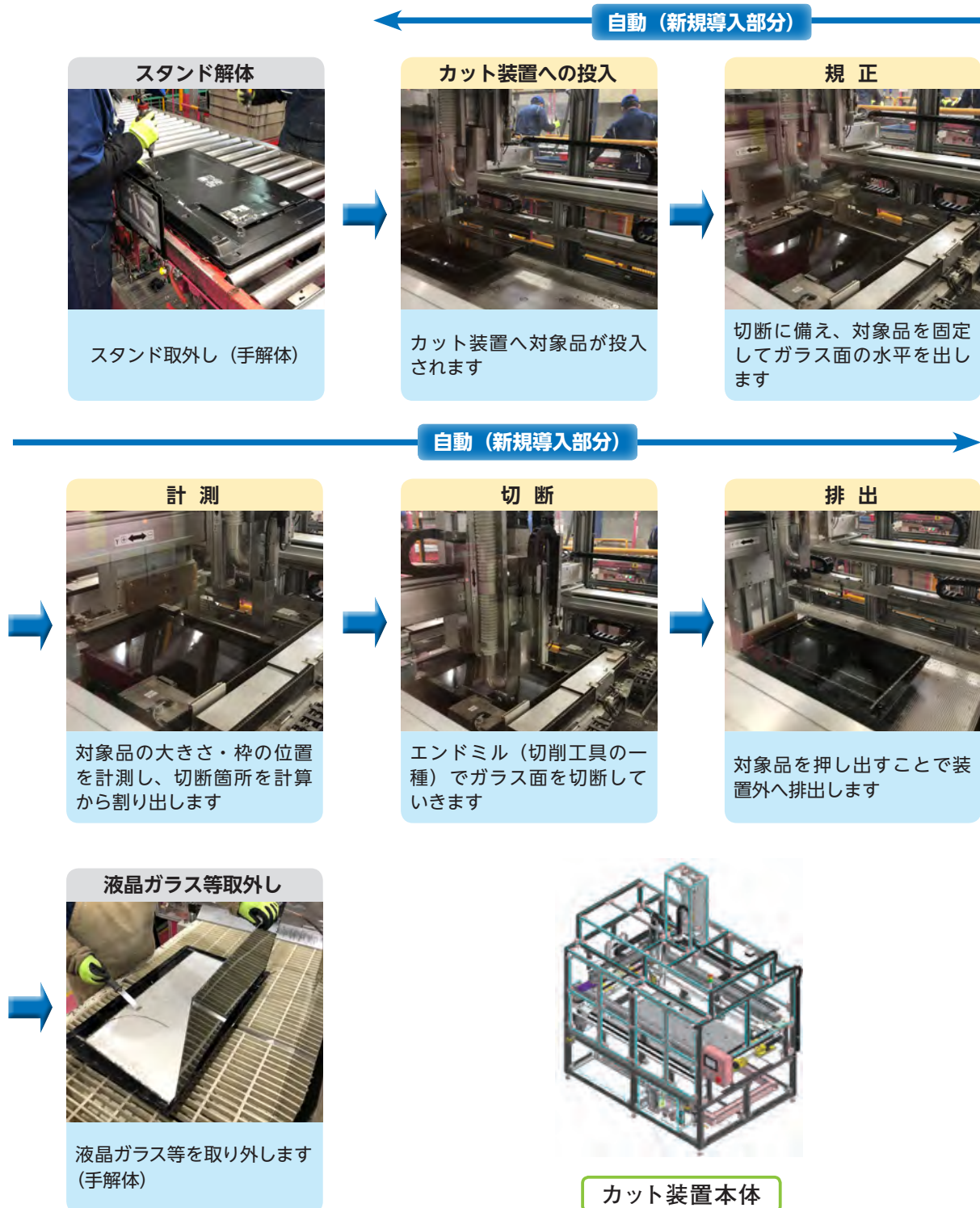
薄型テレビ カット装置導入による解体工数の削減

【目的】

薄型テレビの解体は、全て人手によってビス外し（約100～200本/台）が行われるため、解体に手間がかかる作業です。リサイクルコストの低減において解体工

数の削減は大きな課題であり、その解決のために解体作業を根本から見直し、解体方法そのものを変え、機械化することで大幅な解体工数の削減を図りました。

【工程】

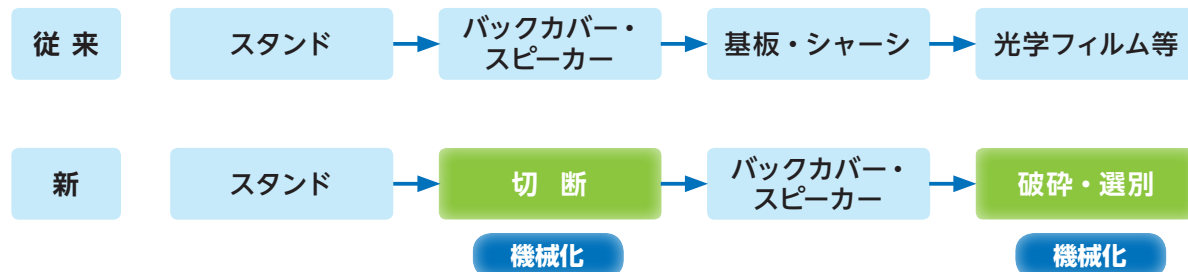


【改善のポイント】

①解体工法

バックカバー側（背面）から部品を1つずつ取り外す従来の手作業プロセスを、液晶パネルガラス側（前面）か

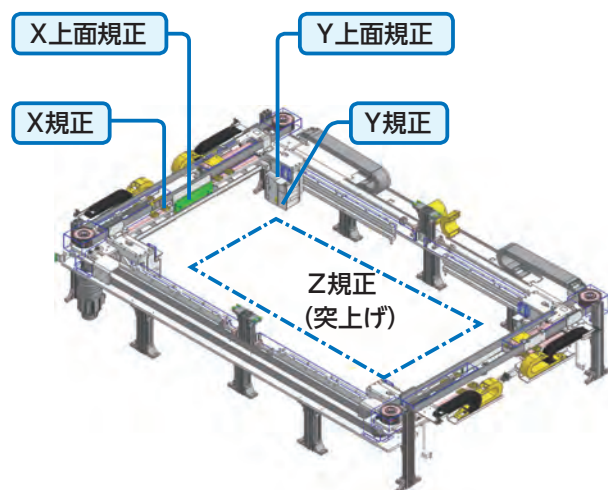
ら解体するという逆の作業プロセスに変えることで、大幅な効率化を図りました。



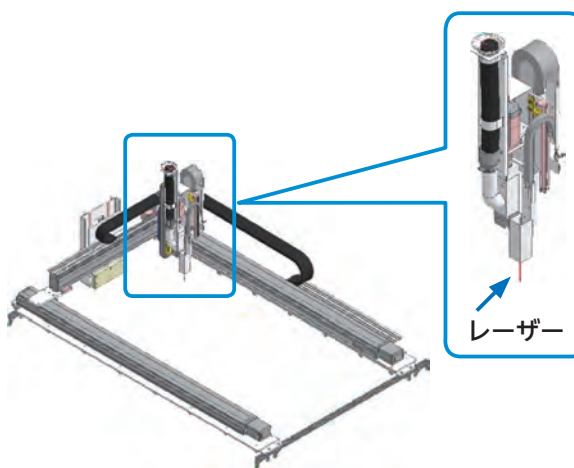
②カット装置

液晶パネルガラスを切断するためには、対象の全メーカー・全機種に対応し、かつ変形しやすい薄型テレビ本体をカット装置内で機械的に水平固定しなければならないため、約2年間の検証期間を経て、3方向（X・Y・Z）

の規正ユニットを開発しました。また、それでも変形する場合に備え、計測値を用い、切断中に高さを自動調節する機能も実装しています。



規正ユニット



高さ調整用レーザー変位計

③カット装置

液晶パネルの薄型テレビにはバックライトに蛍光管・LEDの2タイプが存在しますが、蛍光管タイプには有

害物質（水銀）が封入されているため、万がーを想定して対象品はLEDタイプに限定しています。

【成果】

①解体工数の削減

解体工数（LEDタイプ限定）の削減効果：約50%ダウン

②薄型テレビラインの処理能力向上

薄型テレビライン全体の処理能力：約15%アップ

大型液晶テレビ切断機の導入

【目的】

薄型テレビの入荷量の増加に対し、解体処理作業の効率化、および解体処理後の破碎選別設備の負荷低減を図る必要があります。今後は特に 50 インチ以上の大型品の

入荷増が予想されることから、薄型テレビの中でも数の多い LED バックライトの大型液晶テレビの切断設備を新規に導入しました。

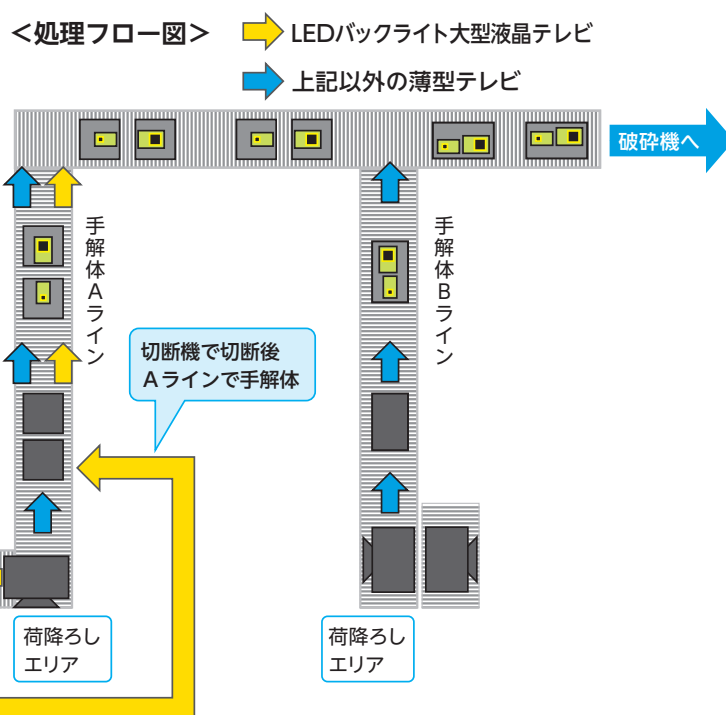
【工程】

最初に動作モード（切断回数／切断位置）を選択し、起動スイッチを操作することで、切断対象となる液晶テレビは本装置に自動的に投入されます。安全確保のため、

本装置には自動投入・自動払出し機構を備えており、加えて切断機構部は安全柵・監視エリアセンサー内に配置しています。

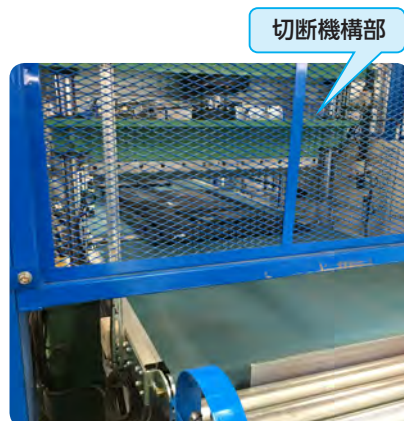


大型液晶テレビ切断機全景



<動作フロー概略>

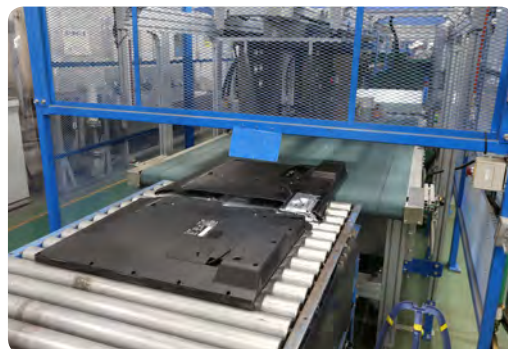
- ① 対象物を投入機構コンベヤーに配置し、起動スイッチをオン（写真 下 左）
- ② 対象物を装置に自動搬送（写真 下 中央）
- ③ 対象物を自動測長し、切断位置を決定
- ④ 対象物を切断機構部へ搬送（写真 下 右）



- ⑤対象物を切断（対象物の大きさにより、1カ所（2分割）または2カ所（3分割）を切断）



- ⑥切断した対象物を自動で払い出し



- ⑦バックキャビ、液晶パネルの取外し
(取り外さずに次工程に送る場合もあり)



- ⑧切断した対象物を手解体ラインに移して解体処理



【改善のポイント】

- ① 中型サイズ（40 インチ）から超大型サイズ（80 インチ超）のテレビまで切断可能としています（切断対象テレビの長辺が 800 mm から 2000 mm のものまで対応可能）。

- ② テレビ本体だけではなく、ある程度手解体後のシャーシやバックキャビネットなども切断可能としたことにより、解体工程全体に変更が生じても柔軟に対応できるようになりました。

【成果】

本設備の導入によって解体工程以降の破碎選別設備への負荷低減を実現したことにより、引っかけりや詰まりな

どの設備トラブルによる工程の一時停止が大幅に減少し、一時停止の発生はほぼゼロになりました。