

2021 年度 自動車リサイクルの高度化等に資する
調査・研究・実証等に係る助成事業
「ASR を発生させない全部再資源化の
効率化・拡大実証事業」

最終報告書

2022 年 3 月 28 日

株式会社エコアール

担当者連絡先

会社名：株式会社エコアール

担当者名：大下 敏行

部門：生産本部 マテリアル課

電話番号：0284-70-0780

はじめに

項目	内容	
事業の背景	➤ 自動車リサイクルには ASR の再資源化に加え、ASR を発生させない全部再資源化があるが、全部再資源化の実施比率は 5.6% と低レベルに留まる。 ➤ 全部再資源化の課題として以下が挙げられる。 ・ モーター等増加による銅部品の解体作業時間増（＝人件費増加） ・ 解体事業者の人手不足による人件費単価の上昇 ・ 全部再資源化が難しい車（スライドドア、電動パワーシート等）の増加	
事業のゴール	➤ 全部利用プレス品質（銅含有量）の見える化により、全部利用者向け全部利用プレスの販売量増加を目指す。	
2021 年度実施内容	(1) 作業時間計測・銅部品回収重量測定	➤ 24 台（軽自動車、セダン中型、ワンボックス、セダン大型各 6 台）の作業時間を計測。 ➤ 全車格平均作業時間で 2020 年度ニブラ+二軸方式に対して 2021 年度ニブラ+二軸方式は 13 分 7 秒作業時間を削減できた。2020 年度ニブラ+手解体方式との比較では同じ程度の作業時間に近づけることができた。
	(2) 作業時間計測結果からコスト試算	➤ 台当たりの作業コストを試算した。2020 年度ニブラ+二軸方式が 1,950 円、ニブラ+手解体方式は 2,117 円、手解体方式が 2,533 円であったが、2021 年度ニブラ+二軸方式は 1,714 円と最も台当たり作業コストが安価になった。
	(3) 全部利用プレスの品質評価	➤ 溶解試験による成分分析を実施し、銅含有率がクラウン 0.06%、ピクシスメガ 0.15% であった。成分分析結果について全部利用者にヒアリングしたところ「十分、要件を満たした品質である」といったコメントを得た。 ➤ 徹底的な部品解体による銅量測定は測定データ分析し、自動車に含まれる銅部品のうち W/H がおよそ 7 割強を占めていることを確認した。 ➤ 溶解試験結果と銅量測定データ（徹底的な解体）と突合し、ピクシスメガ=±0%、クラウンは溶解試験結果との差が 0.05% であった。 ➤ 全部利用プレス品質担保のためのシステムを開発し、エコアルに導入し、2022 年 1 月から本運用を開始している。
	(4) 作業内容・機器・フロー等改善案	➤ 作業改善として①二軸前処理装置への投入回数改善、②手選別作業への投入人数の見直しを実施し作業時間が削減できた。 ➤ 搬送ラインの改造として、①出口シューター、②投入方法への変更を実施した。ニブラ+二軸方式の手選別工程は搬送ライン上の山積みが課題であり、バケット昇降装置を活用した投入タイミングの改善が課題として確認できた。 ➤ X 線装置と AI を活用した自動選別を検証した。基板とモーターは他部品との重なりがあっても検出できたが、ガラスと混在する W/H の識別率向上が課題として確認できた。 ➤ 全部再資源化事業者の要望を踏まえ、中型タイプ、小型タイプの 2 仕様の二軸前処理装置を設計した。

目 次

1. 助成事業の計画	3
1.1. 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景.....	3
1.2. 事業の実施内容	5
1.2.1. 事業計画概要	5
1.2.2. 事業の実施体制	12
1.2.3. 実施スケジュール	13
2. 助成事業の報告	14
2.1. 助成事業の実施結果	14
2.1.1. 作業内容・機器・フロー等改善検討	14
2.1.2. 機器の改善検討	19
2.1.3. 作業時間計測及びコスト試算	22
2.1.4. 全部再資源化事業者のニーズに合致した二軸前処理装置の検討	66
2.1.5. 全部利用プレスの品質評価	76
2.2. 実施結果を踏まえた考察	109
3. 今後の事業化を目指した課題及び解決方法等	111
3.1. 現状の課題	111
3.2. 課題の解決方法	113
4. 事業化の計画	115
4.1. 想定する事業	115
5. 事業の評価	116
5.1. 採算性の評価	116
5.2. 有効性の評価	124

1. 助成事業の計画

1.1. 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景

自動車リサイクル法施行により、自動車破碎残さ（ASR）の再資源化は着実に進展したが、中国廃棄物輸入規制並びに既存施設の老朽化の進展により、ASR 処理の逼迫等の深刻化が顕著になってきた。

解体事業者の人手不足、軽自動車割合の増加等、自動車リサイクル関連事業者の経営環境にも変化がある中、自動車リサイクル法第 31 条に定められる全部利用再資源化スキーム¹の検証は過去一度もなされたことがなく、ASR を発生させない方法であるにもかかわらず、近年その実施比率は全体の 5%程度（図 1.2 参照）と大きく停滞している。

全部再資源化実施比率が停滞している背景として、主に以下の課題が挙げられる。

- ・ モーター等の増加による銅部品の解体作業時間増（＝人件費増加）
- ・ 解体事業者の人手不足による人件費単価の上昇
- ・ 全部再資源化が難しい車（スライドドア、電動パワーシート等）の増加
- ・ 全部利用プレス品質の検証未実施による全部利用者の品質不安

本実証事業では、ASR を発生させない方法である全部再資源化スキームに着目し、解体段階での作業の効率化を図る二軸前処理装置を活用し、その有効性を実証するとともに、課題とさらなる改善方法の検討により自動車リサイクル業界での効率的な全部再資源化スキームの普及促進に資することを目的とする。

¹ 解体段階で銅部品を精緻解体・取り外し、破碎業者を経ずに電炉に引き渡し鉄鋼原料とする方法

1.2. 事業の実施内容

1.2.1. 事業計画概要

本事業は全部再資源化普及の妨げの一要因である非効率作業の是正を図るため、「二軸前処理装置」の有効性を実証する。ニブラや手解体では分離しきれないドアパネル、シート等をほぐし、モーターやワイヤーハーネス（以下、W/H）等の銅部品の回収を行うことで、以下の効果が期待される。

- ・解体作業時間の短縮化
- ・全部利用プレス品質（銅含有量基準順守）の安定化・向上
- ・全部再資源化が可能な車種の拡大（現状は解体しやすい軽自動車为主体）

本事業実施者であるエコアールは自社の全部再資源化事業に対して、①作業負荷（前処理作業の負担軽減、ニブラ解体の作業時間短縮）、②全部利用プレス向け車両の生産量増加、③モーター類、基板部品の簡易回収、④全部利用プレスの品質向上（銅含有率 0.3%以下の維持）を課題としていた。課題の解決方法として作業負荷の高いインパネ・ダッシュボード、ドア（リアゲート含む）、電動パワーシートを二軸前処理装置で処理することで全部利用プレスの処理台数増加が実現できると考え、自社負担にて 2019 年 10 月に設置した。

なお、エコアールでは各種装置の検討の結果、粗ほぐしが可能でモーター等を回収しやすい二軸前処理装置を選定している。

表 1.1 二軸前処理装置選定理由

種類	メリット	デメリット	選定判断ポイント
一軸	・ランニングコストが安価 ・塊物に向いている ・ほぐし粒度調整容易 （約30mm～60mm）	・異物に弱い、特に金属 ・ほぐし粒度小さい	・投入対象物に向かない ・品物を削り取るイメージ ・ドア、シートほぐし不可
二軸	・品物が噛み込み易い ・パワーが有る ・粗ほぐし、異物に強い ・油圧モーター駆動	・ランニングコストが高い ・初期投資金額大きい ・広い設置場所必要	・投入対象物に適する ・モーター・W/Hを除去する本来の趣旨に合致 ・投入物をほぐすイメージ ・ほぐし可、手選別可
三軸	・軸1、2で供給、軸3でほぐし	・生ごみ等が対象で、金属は不可 ・金属の場合、サイズが大きすぎる	・装置サイズが適度な大きさでのほぐし不可
四軸	・細かく均一な寸法にほぐし	・ほぐし後粒度小さい、コスト高い、メンテナンス複雑	・手選別不可
ハンマー	・刃物ではなく、叩き割る ・木材等使われる	・木材以外はあまり使用されない	・投入対象物に向かない ・選定対象外 ・ほぐし不可
縦型	・小物CPU等に向いている ・金属処理できる	・処理後の金属は塊になる ・粒度は二軸より小さい ・投入位置が高いほか付帯設備多い ・コストが高い	・投入対象物に向かない ・選定対象外 ・手選別不可

出所：各種資料を参考にエコアール、ウエノテックス、矢野経済研究所が作成

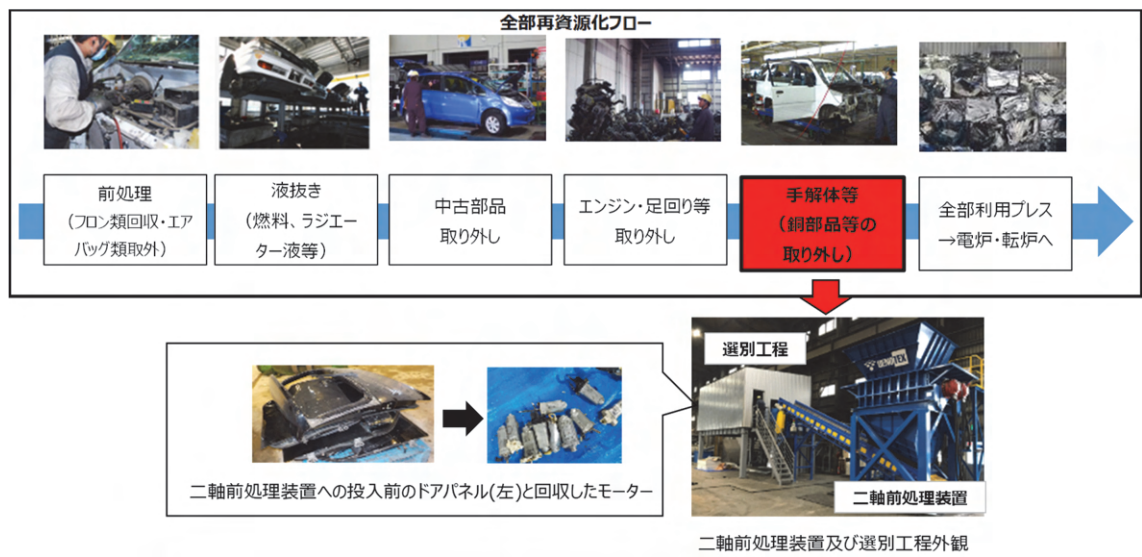


図 1.3.全部再資源化フローと二軸前処理装置及び選別工程

出所：矢野経済研究所

(1) 2020 年度（実施済み）

全部再資源化における使用済自動車の解体手法としては、手解体方式とニブラ+手解体方式が一般的である。ただ、手解体方式は解体の難しさやドア等の物理的な重量の制約から軽自動車を中心となり、それ以上に大きな車格の処理は難しい。ニブラ+手解体方式は手解体方式よりも車格の大きな車両でも処理できるが、車両の大きさに比例し手解体時のオペレーターの負荷も増してしまう。また、手解体方式及びニブラ+手解体方式は長年取り組んできた手法であるため、現段階でこれ以上の改善の余地は少ないことから、本実証事業において提案方式「ニブラ+二軸前処理装置方式（以下、ニブラ+二軸方式）」という新たな解体手法の開発に取り組むこととした。

2020 年度は（1）作業時間計測、銅部品回収重量測定、（2）コスト試算、（3）回収品の性状確認、（4）作業内容・機器・フロー等の改善案検討を実施した。

（1）作業時間計測、銅部品回収重量測定、（2）コスト試算は、ニブラ+二軸方式の優位性を確認する実証である。検証方法はニブラ+二軸方式と既存方法（手解体方式、ニブラ+手解体方式）の各方式で①作業時間計測、②重量測定、③コスト試算を実施した。また（3）回収品の性状確認は、全部再資源化事業者が普段実施している作業フローに基づいた作業フローで作業時間計測、銅部品回収重量測定を行い、市場の実態に近い内容で検証を行っている。

（4）作業内容・機器・フロー等の改善案検討は、①二軸前処理装置の改良（刃物の刃幅調整、排出・手選別コンベアの改良）、②全部再資源化事業者のニーズを考慮した二軸前処理装置の仕様検討、③高効率選別のプレスタディ、④全部利用プレスの品質担保のためのシステム設計の検討を実施した。

表 1.2.2020 年度事業の実施結果

実施結果		
(1) 作業時間計測・重量測定		➤ 既存 2 方式（ニブラ+手解体方式、手解体方式）と今回提案するニブラ+二軸方式で、各方式 46 台の作業時間測定。同様に回収した銅部品重量と車両重量を測定。 ➤ 二軸前処理装置に投入するドア、電動パワーシート、インパネ・ダッシュボードと比較すると、ニブラ+二軸方式の作業時間が最も短いことが把握できた。これにより、二軸前処理装置の優位性が確認できた。 ➤ 部品重量測定では、ニブラ+二軸方式がニブラ+手解体方式よりも一部車両において銅部品重量が少ない結果となった。ニブラ+二軸方式においても、ニブラ+手解体方式と同様に一定程度丁寧に回収する必要があることが分かった。
(2) 作業時間計測からコスト試算		➤ ニブラ+二軸方式は作業時間の 40%程度を占める手選別作業時間の圧縮が課題である。ただし、手選別室での銅部品回収ではそれほど難しい技術が必要としないため、パートタイム労働者でも作業が可能である。 ➤ 作業時間計測結果に基づく人件費コスト試算の結果、ニブラ+二軸方式は最も低コストとなった。
(3) 回収品の性状確認		➤ 全部再資源化事業者（2 社）が通常行っている解体方法で 3 方式の全部再資源化の解体を実施した。 ➤ 作業時間を見ると、ニブラ+二軸方式及びニブラ+手解体方式ともに通常作業の方が今回の実証作業よりも短い時間で解体できていることが分かった。これらの方式は今回の実証事業において通常作業とは異なる作業内容が追加されたため、作業時間が長くなったと推測される。そのため、ニブラ+二軸方式は通常の解体作業の中で活用しても他方式に遜色なく実用化できるものと考えられる。
(4) 作業内容・ 機器・フロー等改善案検討	①二軸前処理装置の改良（刃物の刃幅調整、排出・手選別コンベアの改良）	➤ 刃幅調整によって処理材サイズが改善され、手選別の作業時間が 26.4%短縮した。 ➤ 排出・手選別コンベアを改良しメンテナンス性の向上を図った。
	②全部再資源化事業者のニーズを考慮した二軸前処理装置の仕様検討	➤ テストによって小型二軸前処理装置用の刃幅や出力の検討が必要であることが分かった。 ➤ 装入・排出・手選別ラインを含むシステム全体の仕様検討を進める必要があることが分かった。
	③高効率選別のプレスタディ	➤ X 線装置の投影画像から銅部品形状を判別し選別が可能であることを確認できた。 ➤ 篩機による試験を実施し、事前選別に効果があることを確認した。
	④全部利用プレスの品質担保のためのシステム設計の検討	➤ 車両投入からプレス出荷まで一気通貫で個体管理ができるシステム仕様を検討した。

出所：矢野経済研究所

3 方式別に全 138 台の作業時間を測定し、集計した結果を図 1.4 に示す。

3 方式で最も作業時間が短かったのはニブラ+手解体方式で、次いでニブラ+二軸方式、最も長かったのが手解体方式であった。ニブラ+二軸方式は手解体方式より作業時間が 1 分短い結果となり、二軸前処理装置の利用で手解体方式より短時間で作業が可能となることが分かった。しかしニブラ+手解体方式との比較ではニブラ+二軸方式は手選別の作業時間が長く、総作業時間でニブラ+手解体方式よりニブラ+二軸方式の方が 7 分 53 秒時間を多く費やす結果となった。

2020 年度の測定結果から、ニブラ+二軸方式における手選別工程の時間短縮が課題であることが明確になった。

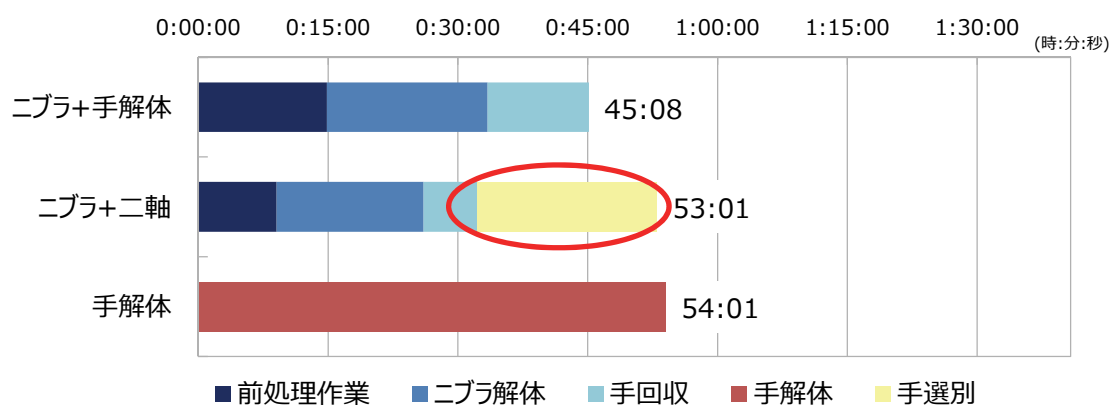


図 1.4.2020 年度作業時間計測結果（方式別全車両平均）

出所：矢野経済研究所

3 方式全 138 台の銅部品重量測定結果を図 1.5 に示す。いずれの方式でも車格が大きくなることで総回収重量が多くなっている。方式別では手解体方式が最も回収重量が多く、次いでニブラ+二軸方式、ニブラ+手解体方式となった。

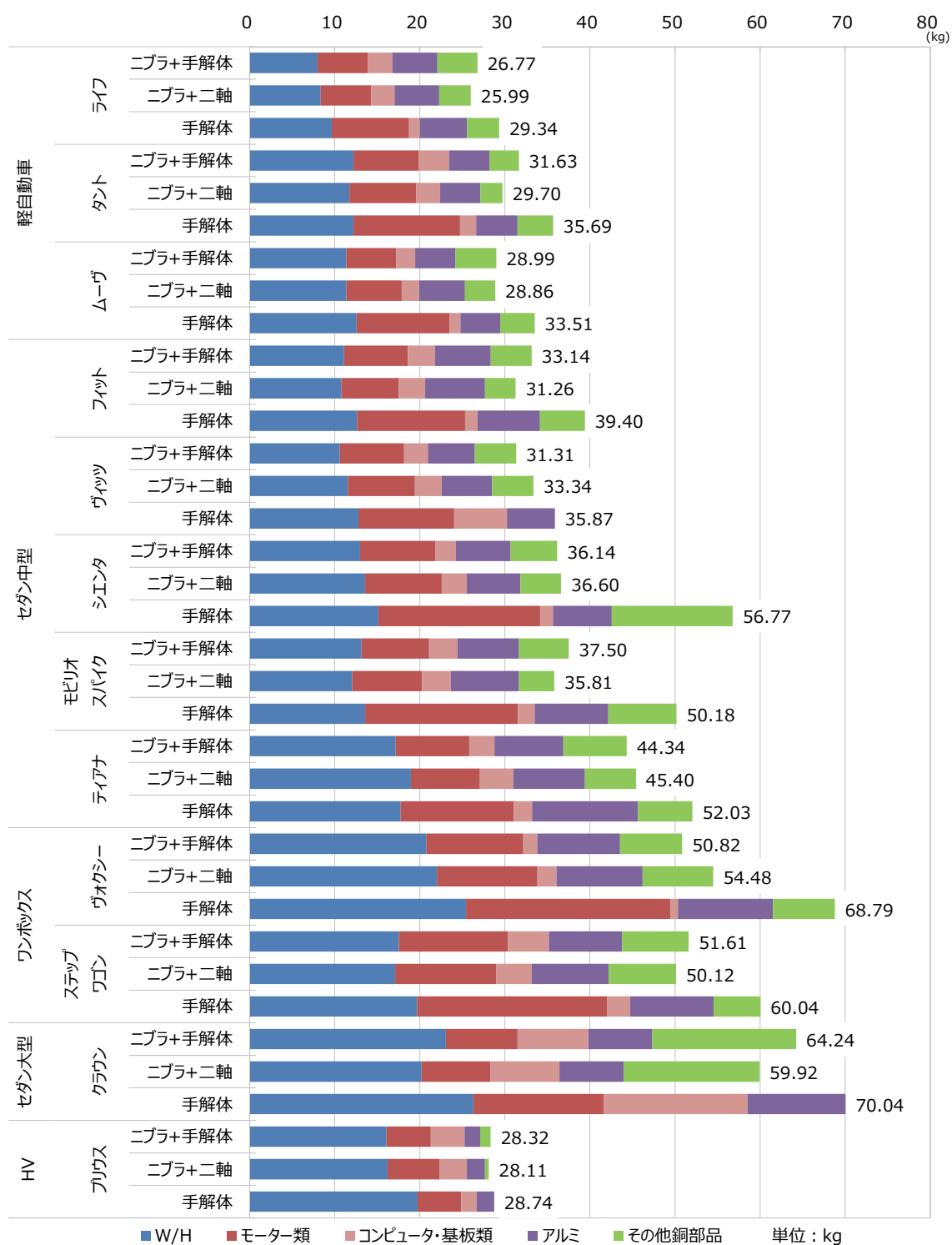


図 1.5.2020 年度車格別銅部品回収重量 (方式別全車両平均)

出所: 矢野経済研究所

(2) 2021 年度

2 年目である 2021 年度は、ニブラ+二軸方式の作業フロー改善とコスト低減・処理能力の拡大に取り組み、効果を検証する。また全部利用プレスの品質を確認し、電炉メーカーへ利用量拡大に向けたヒアリングを行う。さらに全部再資源化事業者のニーズに合致した二軸前処理装置の仕様を作成する。主な実施事項を以下に示す。

- ・ニブラ+二軸方式の作業フローを改善する。
- ・二軸前処理装置の搬送ラインを改造する。
- ・ニブラ+二軸方式の作業時間計測・銅部品回収重量測定・作業コストを試算する。
- ・全部再資源化事業者が通常行う作業フローでニブラ+二軸方式の解体作業を行い、銅部品回収重量を測定する。
- ・自動車を徹底的に精緻に解体し部品単位で重量を測定する。
- ・全部利用プレスを溶解し、その成分実態を調査する。
- ・全部利用プレスの品質担保するためのシステムを製作する。
- ・全部再資源化事業者のニーズに合致した二軸前処理装置を検討する（二軸前処理装置の中型タイプ、小型タイプ）。
- ・X 線装置、AI を活用した高効率選別システムを検討する。

1.2.2. 事業の実施体制

本事業の実施体制を表 1.3、図 1.6 に示す。

表 1.3.事業の実施体制

役割	会社名	実施内容詳細
代表事業者	株式会社エコアール	二軸前処理装置による全部再資源化効率化の実証実施 総務経理課が経理を担当
共同事業 実施者	ウエノテックス株式会社 (外注：Rita Technology)	二軸前処理装置の改良実施（高効率選別検討）
	株式会社エキスパートギグ	全部利用プレス品質担保のためのシステムの仕様検討
	株式会社矢野経済研究所	実証内容の分析・検証、作業改善コンサルティング、報告書作成、 事業進捗管理等
アドバイ ザー	豊通リサイクル株式会社	全部再資源化事業者とりまとめ
	豊通マテリアル株式会社	電炉メーカーほか全部利用者とりまとめ

出所：矢野経済研究所

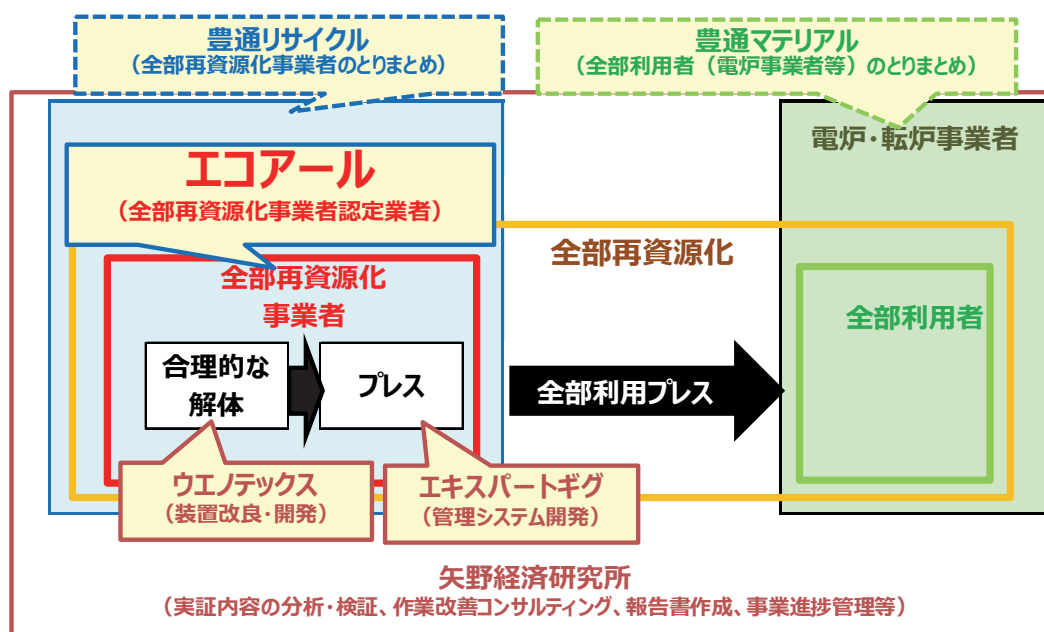


図 1.6.事業の実施体制

出所：矢野経済研究所

1.2.3. 実施スケジュール

実施スケジュールを表 1.4 に示す。

表 1.4.実施スケジュール

作業項目		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(1) 作業時間計測・銅部品回収重量測定													
(2) 作業時間計測結果から作業コスト試算													
(3) 全部利用プレスの品質評価	(3) -1 リサイクル過程での銅部品の概算確認												
	(3) -2 電炉利用向上に向けた全部利用プレス品質評価												
(4) 作業内容・機器・フロー等改善案検討	(4) -1 作業内容の改善検討												
	(4) -2 二軸前処理装置改良												
	(4) -3 高効率選別												
(5) 報告書作成													

出所：矢野経済研究所

2. 助成事業の報告

2.1. 助成事業の実施結果

2.1.1. 作業内容・機器・フロー等改善検討

ニブラ+二軸方式の作業内容及び機器等の改良により作業時間短縮による低コスト化、全
部利用プレス品質向上を目指し、主に以下の取り組みを実施している。

- ・手選別作業の改善
- ・二軸前処理装置への投入作業の改善
- ・使用する工具等の改善
- ・ニブラ+二軸方式の全体レイアウトの見直し
- ・搬送ラインの改良

(1) 作業内容改善検討

・手選別作業の改善

2020 年度事業結果においてニブラ+二軸方式は手選別作業に多くの作業時間を要するこ
とが課題であることが分かった。そのため 2021 年度事業では手選別作業の作業時間削減に
取り組んだ。

手選別作業の作業時間は「部品回収に関わる作業」と「回収部品を探す作業」に大別され
る。2020 年度事業の作業時間測定結果を見るとニブラ+二軸方式の手選別作業の平均作業
時間（全車種）は 20 分 44 秒で、うち手選別作業における「部品を探す」時間は 7 分 52 秒
であった。手選別作業の作業時間のうち「部品を探す」時間は 3 割強を占めていた。

これらの結果を踏まえ 2021 年度事業では①二軸前処理装置への投入回数の最適化、②手
選別作業員の 2 人固定を実施した。

① 二軸前処理装置への投入回数改善

改善前と改善後の手選別コンベアの状態を図 2.1 に示す。図 2.1 は処理開始後、手選別
コンベアへ搬送された最初の処理材が入口から出口に向かう状態を撮影した写真である。
これまで二軸前処理装置への投入回数は 1~2 回であったため、改善前は図 2.1 左写真のよ
うに手選別ラインに処理材が山積み状態で敷き詰められていた。そのため手選別作業員は
山積み状態の処理材を崩し、堆積した処理材の中から銅部品を探し、回収する作業を行って
いた。

2021 年度事業では手選別作業の効率化のために、二軸前処理装置への投入回数を投入材の量に応じて 3～6 回に増やし、手選別コンベアに少しずつ処理材を搬送するようにすることで図 2.1 右写真の状態に改善した。



図 2.1.手選別コンベア（2020 年度事業）

出所：エコアール撮影

② 手選別作業の作業人数の見直し

これまで手選別作業では処理材の量から判断し、作業員を 2～5 名投入していた。2020 年度事業で計測した車格別手選別作業への投入作業員数を表 2.1 に示す。手選別作業に投入される平均作業員数は改善前が 3.17 人であった。手選別作業は処理材の量に応じて作業員数を変動させていたため、処理材が多い車両では最大 5 人の作業員を要していた。

先述の通り 2021 年度事業において二軸前処理装置への投入回数を改善させたことで手選別コンベア上の処理材の量が減り、手選別作業が 2 人で対応できるようになった。またこれまでは各作業員が①W/H 回収、②基板回収、③モーター回収、④アルミ・その他銅部品回収をしていた。作業内容が多岐にわたるとそれぞれの作業で工具を持ち替える動作が発生し作業効率の低下に繋がる。そのため作業内容を①W/H 回収、②基板・モーター・アルミ・その他銅部品回収といったように役割を明確に分担し作業効率向上を図った。今後は 1 名作業によるコストダウンの可能性を検討していく。

表 2.1.車格別手選別作業への投入作業員数（2020 年度事業事業結果）

	全体	軽	セダン中	セダン大	ワンボックス	HV
平均	3.17	2.92	3.38	3.25	3.13	3.50
最大	5	4	5	4	4	4
最小	2	2	2	3	2	3

出所：矢野経済研究所

③ 使用する工具等の改善

前処理作業では工具取り換えのたびに工具箱を手元まで移動させ工具を探す動作が発生していた。さらに回収した樹脂類、銅部品等の部品を入れる箱（以下、回収箱）も地面に直置きしており、作業員に腰曲げ作業が発生していた。改善前の工具箱、回収箱を図 2.2 に示す。

そのため、工具箱は工具を探す作業の解消と作業員の腰の高さで配置できるような工具箱を製作した。回収箱は腰曲げ作業が発生しない、投入しやすい形状の回収箱へ改善した。改善後の工具箱、回収箱を図 2.3 に示す。

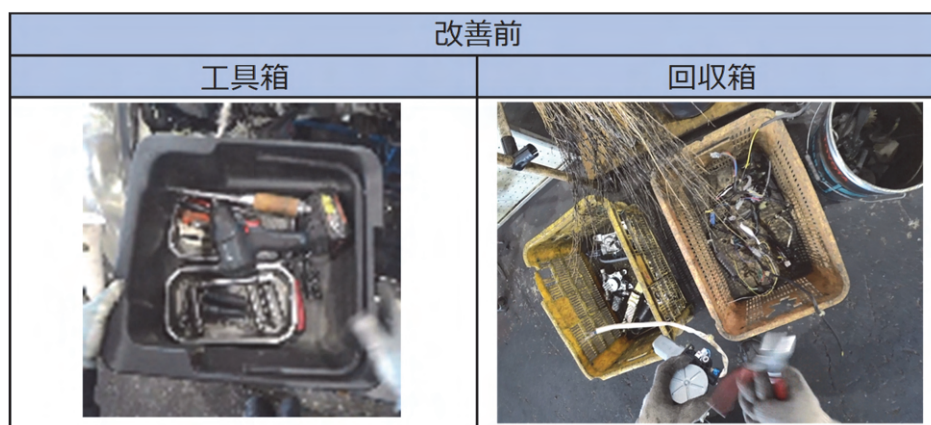


図 2.2.改善前の工具箱、回収箱

出所：矢野経済研究所

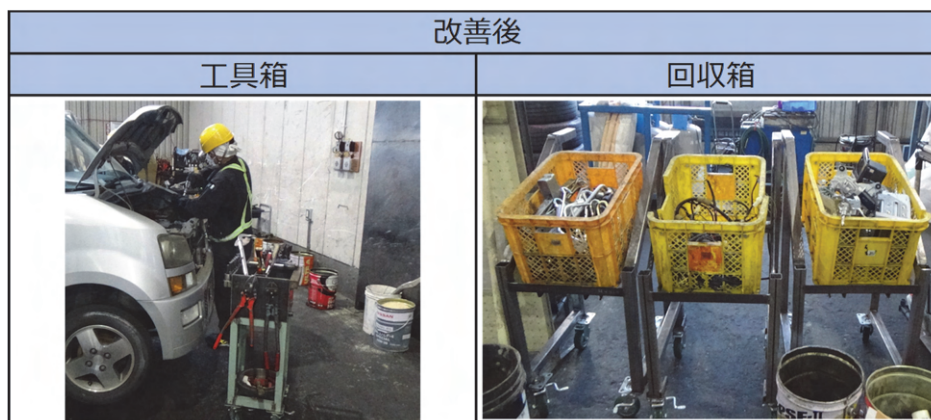


図 2.3.改善後の工具箱、回収箱

出所：矢野経済研究所

④ レイアウトの改善

作業効率向上のためのレイアウトの改善を行った。改善前のレイアウト概略図を図 2.4 に、改善後のレイアウトを図 2.5 に示す。解体現場では動線が混線し、車両ガラの往来が頻繁に発生していた。そのため、図 2.4 の「A」で示す全部再資源化事業の作業エリアを図 2.5 の「A」に移設し、作業スペースも広く確保した。さらに「B」で示す全部再資源化事業の作業エリアを「B」に移設した。「B」エリアの改善は①安全性の確保、②作業スペースの確保を目的としている。

レイアウトの改善によって、改善前より作業スペースを確保できた。この改善に加え工場全体のレイアウト及び動線を検討しており、工場内の生産性向上を図ることで全部利用プレスの生産性向上に繋げることを検討している。

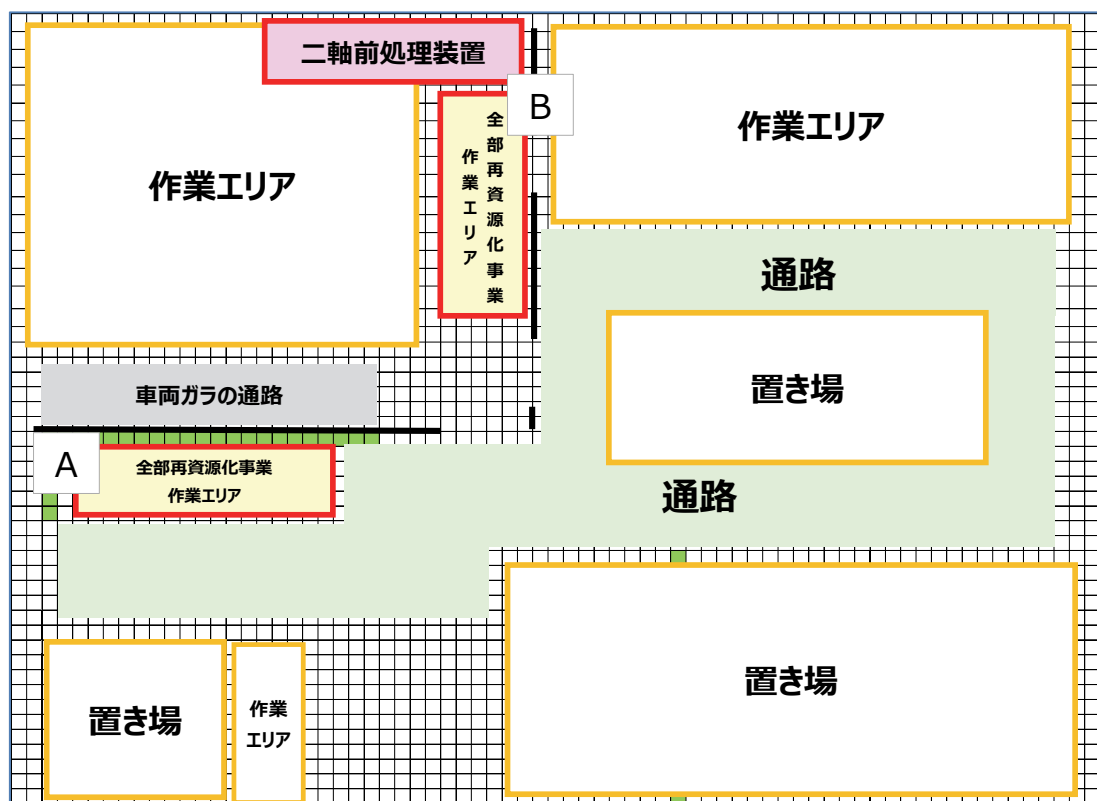


図 2.4.レイアウト概略図（改善前）

出所：矢野経済研究所

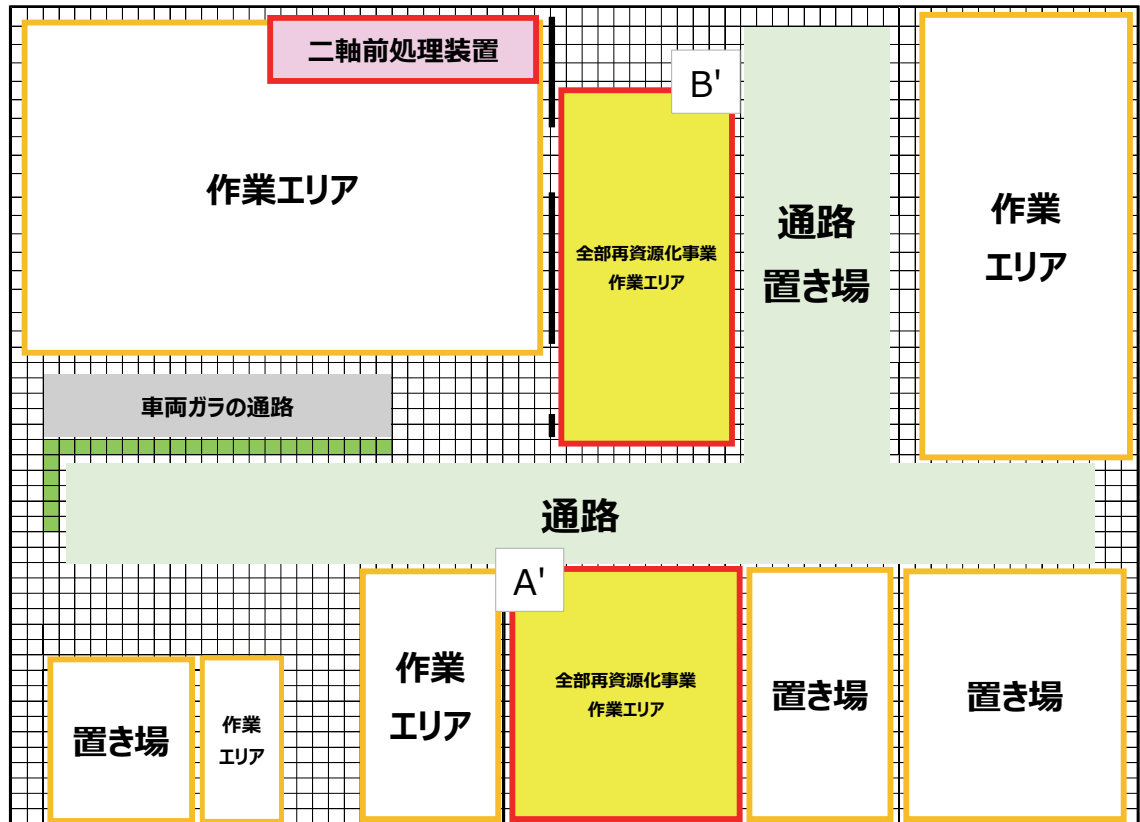


図 2.5.レイアウト概略図（改善後）

出所：矢野経済研究所

2.1.2. 機器の改善検討

(1) 搬送ライン改造

① 出口シューター改造

出口シューターとは手選別ラインから処理材が落下する箇所を指す。これまでエコアールでは手選別が完了した処理材を回収ボックスで受け、それをニブラで車両ガラに戻していた。改造前のエコアールの作業内容を図 2.6 に示す。これを直接、車両ガラへ投入するよう改造した。改造した箇所を図 2.7 に示す。車両ガラに直接投入するには出口シューターの排出口が車両ガラに干渉してしまうため、赤字点線部を切断した。

改造後の作業内容を図 2.8 に示す。改造後は直接車両ガラへ処理材を投入するため、図 2.8 に示した改造前の作業の①、②の作業を省略できた。

一方で図 2.8 の①のように処理材が 1 点に集中して山積みになり、車両ガラから零れ落ちているため掃除の作業が手間となっている。処理材が零れ落ちないようにする改造、または投入方法の検討が次の課題として確認できた。

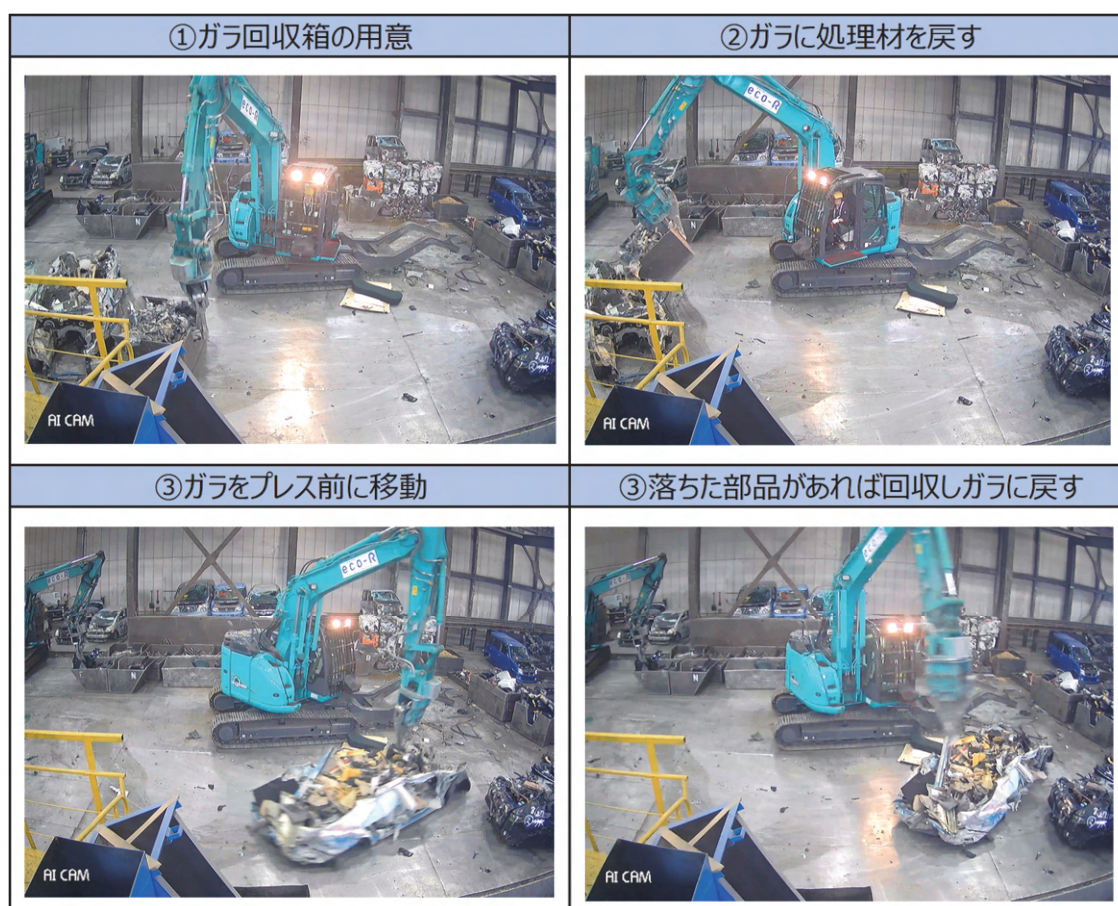


図 2.6.出口シューター改造前の作業内容

出所：矢野経済研究所

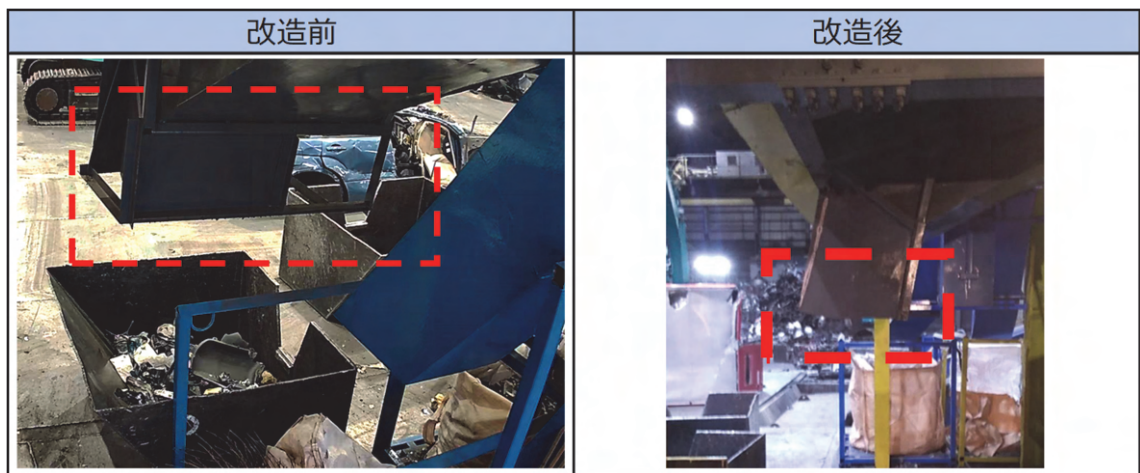


図 2.7.出口シューター改善

出所：矢野経済研究所

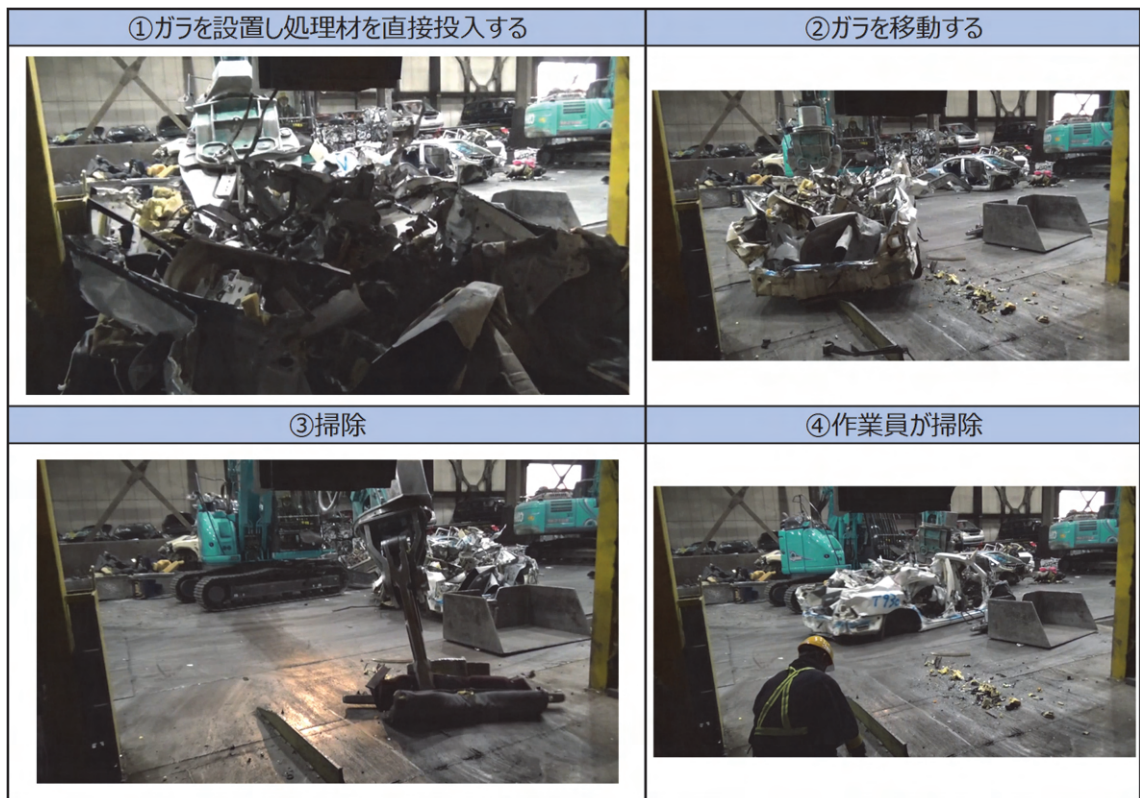


図 2.8.出口シューター改造後の作業内容

出所：矢野経済研究所

② 投入方法の改造（バケット昇降装置）

エコアールでは二軸前処理装置へ回収した部品（以後、投入材）の投入方法としてニブラによる直接投入を採用していた。改善前の投入方法を図 2.9 に示す。ニブラによる投入は頭上作業になり、ニブラ作業員は設備を破損させないように操縦するため、高い操縦技術を要するなど作業負荷が高い。また投入タイミングは手選別作業員とニブラ作業員がトランシーバーで連絡し合って投入しており連絡を取り合う時間が発生していた。そのため、搬送ラインの改造として投入方法をバケット昇降装置に切り替えた。投入材はバケット昇降装置の投入箱にニブラで入れ、昇降する時間、インターバルは任意で設定できる仕様とし、投入箱は自動で上昇し二軸前処理装置に投入する。改造によってニブラでの投入作業が簡便化され、作業負荷を下げることができた。

手選別作業における課題は手選別室内に処理材が山積みになることである。2021 年度実証事業では投入回数を複数回にすることで、搬送される処理材が山積みにならないように改善した。今後は投入のインターバルの最適化により手選別工程の作業時間削減に繋がれると期待される。

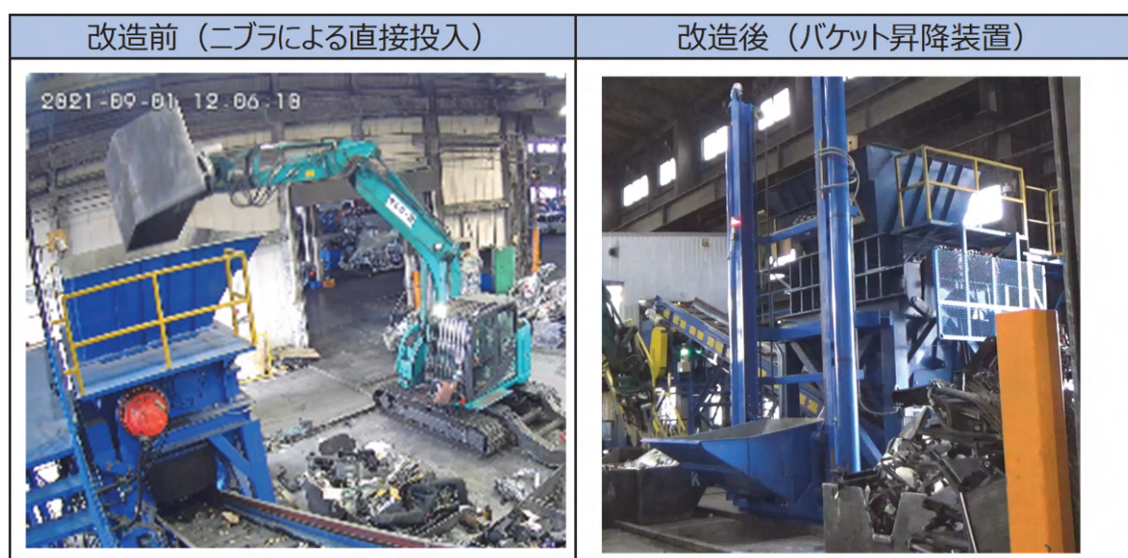


図 2.9 搬送ラインの改造（投入方法の改善）

出所：矢野経済研究所

2.1.3. 作業時間計測及びコスト試算

(1) 作業時間計測

① 実施方法概要

作業時間計測、重量測定、コスト試算をニブラ+二軸方式で実施する。解体は表 2.2 に示す作業フローに基づき、24 台（表 2.3 に示す 4 車種×各 6 台）を対象とする。また、重量に関しても、解体前の丸車（重量測定①）、エンジンや事前回収物品を取り外した廃車ガラ（重量測定②）、全部再資源化用に解体した全部利用プレス（重量測定③）の状態で実施する。また、2021 年度事業では改善及び検証を 3 回（表 2.3 に示す 4 車種×各 2 台×3 回）に分割して実施する。

全部再資源化工程で回収する銅部品は 2020 年度事業と同様としている。表 2.4 に示す TH チームの「A プレス銅含有率低減の推奨除去部品リスト」をもとに、各全部再資源化事業者が実際に回収している部品を踏まえ同一となるように統一した。また部品取り（表 2.5 に示す中古部品販売のための取り外し部品）も 2020 年度事業と同様の内容としている。

表 2.2.ニブラ+二軸方式作業フロー

番号	軽自動車		番号	ワンボックス・セダン	
	工程	作業内容		工程	作業内容
	重量測定①	車検証重量を記録		重量測定①	車検証重量を記録
①	前処理	フロンガス回収・エアバッグ車上作動	①	前処理	フロンガス回収・エアバッグ車上作動
②	部品取り	※軽自動車は部品取りしない。	②	部品取り	回収する部品は表 2-5.車種別部品取り一覧参照
③	前処理作業	助手席側のドア	③	前処理作業	助手席側のドア
		ドアの中の手回収作業			ドアの中の手回収作業
		ドアの中のハーネス、ウインドモーターの回収作業			ドアの中のハーネス、ウインドモーターの回収作業
		リアゲートの中のハーネスの手回収作業			リアゲートの中のハーネスの手回収作業
		ワイパーモーターのハーネスの手回収作業			ワイパーモーターのハーネスの手回収作業
		バッテリー			バッテリー
		バッテリーを手回収			バッテリーを手回収
		タイヤ			タイヤ
		手回収			手回収
④	液抜き	油・水	④	エンジン回収・液抜き	油・水
	重量測定②	車両重量を計測		重量測定②	車両重量を計測
⑤	ニブラ解体・非鉄回収	ニブラでハーネス・モーター・ヒーターコアを回収する	⑤	ニブラ解体・非鉄回収	ニブラでハーネス・モーター・ヒーターコアを回収する
		ガラから非鉄部品を回収			ガラから非鉄部品を回収
⑥	手回収	ニブラで回収しきれなかったハーネス等を手で回収する	⑥	手回収	ニブラで回収しきれなかったハーネス等を手で回収する
⑦	二軸前処理装置	二軸前処理装置へドアやシート等の投入・ほぐし	⑦	二軸前処理装置	二軸前処理装置へドアやシート等の投入・ほぐし
		銅部品選別作業			銅部品選別作業
	重量測定③	車両重量を計測、回収した銅類の重量を計測		重量測定③	車両重量を計測、回収した銅類の重量を計測
⑧	プレス		⑧	プレス	

※重量測定③において、銅類は、モーター、コンピュータ、ワイヤーハーネス、アルミ類（ラジエーター・ヒーターコア）の4種類に分けて計測

※全部再資源化に関連する作業を赤枠表示。全部再資源化工程で回収する銅部品は表 2-4.全部再資源化工程の回収銅部品一覧を参照

出所：矢野経済研究所

①前処理（フロン・エアバッグ）	②部品取り
	
③前処理作業	④エンジン回収・液抜き
	 
⑤ニブラ解体・非鉄回収	⑥手回収
	
⑦二軸前処理装置（投入）	⑦二軸前処理装置（手選別）
 	
⑦二軸前処理装置（ほぐし物等を車両戻し）	⑧プレス
	

図 2.10.ニブラ+二軸方式作業フロー

出所：矢野経済研究所

表 2.3.作業時間計測及びコスト試算の実施対象車両

車格	軽自動車	セダン中型	ワンボックス	セダン大型
実施台数	6台	6台	6台	6台
部品取り	無	有		
車両写真				
メーカー	ダイハツ	ホンダ	トヨタ	トヨタ
車両名称	ムーヴ	フィット	ヴォクシー	クラウン
車両型式	L150S	GD1	AZR60G	GRS180
車両重量(kg)	850	1,000	1,480	1,550
全長×全幅×全高	3,395×1,475×1,630mm	3,850×1,675×1,525mm	4,560×1,695×1,850mm	4,840×1,780×1,470mm
乗員定員(人)	4	5	8	5
駆動方式	FF	FF	FF	FR
備考	銅が少ない	廃車の回収量が多い	スライドドア (5ドア)	電動パワーシート

出所：矢野経済研究所

表 2.4.全部再資源化工程の回収銅部品

部位	品目	本実証 回収部品	TH指定回収部品		
			カテゴリーⅠ (大型車)	カテゴリーⅡ (小型・中型)	カテゴリーⅢ (軽自動車)
エンジンルーム	1 ラジエーター	○	○	○	○
	2 電動ファンモーター	○	○	○	○
	3 E/GルームメインW/H (J/Bを含む)	○	○	○	○
	4 E/GルームW/H (フェンダー内W/H、E/G W/H、ヒューズBOX)	○	○	○	○
	5 ABSアクチュエータ	○	○	○	○
	6 ワイパーモーター	○	○	○	○
室内	7 インパネメインW/H	○	○	○	○
	8 プロアモーター	○	○	○	○
	9 E/Gコンピュータ	○	○	○	○
	10 ヒーターコア	○	○	○	○
トランク内 室内フロア	11 ラゲージW/H	○	○	○	○
	12 室内W/H (フロア-W/H、ルーフW/H)	○	○	○	○
ドア	13 ドアW/H	○	○	○	○
	14 ドアモーター	○	○	○	○
その他	15 シートW/H、モーター	○	○	(○)	
	16 オーディオ	○	○	(○)	(○)
	17 ワイパーモーター (リア)	○			
	18 パワステモーター (ステアリング)	○			
	19 コンピュータ類 (A/C、ABS、エアバッグ)	○			
	20 サイドミラー (小さいモーター)	○			
	21 CPU、基盤類	○			
	22 その他W/H	○			

出所：矢野経済研究所

表 2.5.車種別部品取り一覧

項目		軽自動車	セダン中型	ワンボックス	セダン大型
		ダイハツ	ホンダ	トヨタ	
		ムーヴ	フィット	ヴォクシー	クラウン
		L150S	GD1	AZR60G	GRS180
車両から 必ず取り外す部品	エンジン	○	○	○	○
	エンジンコンピュータ（メインハーネスはエンジンに付ける）	○	○	○	○
	ボンネット	○	○	○	○
	足回り（マフラー含む）	○	○	○	○
	アブソーバー（バネ付き）	○	○	○	○
	鉄製燃料タンク	○	○	○	○
部品取りする部品	FバンパーASSY		○	○	○
	RバンパーASSY				○
	左ヘッドランプASSY			○	○
	右ヘッドランプASSY			○	○
	左サイドミラー		○		○
	右サイドミラー			○	○
	左テールランプ			○	○
	右テールランプ			○	○
	左Fフェンダー			○	○
	右Fフェンダー				○
車両に必ず残す部品	ワイパー				
	シート				
	樹脂製燃料タンク				
解体前に取り外される品目数		6	8	13	16

出所：矢野経済研究所

・動画撮影方法

各工程においてウェアラブルカメラまたは据え置き型カメラを利用し、作業時間計測のための全部再資源化工程の記録を実施した。

表 2.6.撮影方法 (1/2)

工程	イメージ図	詳細
前処理作業		●2名作業 ●2名のヘルメットにウェアラブルカメラを装着し、動画撮影 ●撮影開始時に何の車かわかるようにフリップを撮影し撮影スタート ●可能な範囲で作業を行いながら、今何の作業をしているのか作業内容を音声で動画に記録する
ニブラ解体・非鉄回収		●2台のニブラで作業 ●ニブラに据え置き型のビデオ2台で動画撮影 ●撮影開始時に何の車かわかるようにフリップを撮影し撮影スタート ●可能な範囲で作業を行いながら、今何の作業をしているのか作業内容を音声で動画に記録する
手回収		●2名作業 ●2名のヘルメットにウェアラブルカメラを装着し、動画撮影 ●撮影開始時に何の車かわかるようにフリップを撮影し撮影スタート ●可能な範囲で作業を行いながら、今何の作業をしているのか作業内容を音声で動画に記録する

出所：矢野経済研究所

表 2.7.撮影方法 (2/2)

工程	イメージ図	詳細
二軸前処理装置（投入）		●二軸前処理装置への投入では、ニブラに設置されたビデオ1台で動画撮影を行う。 ●撮影開始時に何の車かわかるようにフリップを撮影し撮影スタート
二軸前処理装置（手選別）		●銅部品選別については、据え置き型のビデオカメラ1台でコンベア上の作業がわかるように動画撮影 ●撮影開始時に何の車かわかるようにフリップを撮影し撮影スタート

出所：矢野経済研究所

・作業時間集計方法

「表 2.4.全部再資源化工程の回収銅部品」に基づき解体作業を実施し、作業を実施した作業員全ての作業時間を計測した。銅部品回収品目を表 2.8 に示す。

表 2.8.銅部品回収品目

品目	
ワイヤーハーネス (W/H)	エンジンルーム、フェンダー内W/H (J/B、ヒューズBOXのW/H含む)
	インパネメインW/H
	ラゲージW/H
	室内W/H (フロア、ルーフ)
	ドアW/H
	シートW/H
	その他W/H
	W/H (手選別)
モーター	ワイパーモーター (フロント、リア)
	ブローモーター
	ドアモーター
	シートモーター
	パワステモーター (ステアリング)
	サイドミラー
	その他モーター
	モーター (手選別)
コンピュータ 基板類	エンジンコンピュータ
	ABSアクチュエータ
	コンピュータ類 (A/C、ABS、エアバッグ) 、その他CPU、基板類
	その他基板
	基板 (手選別)
アルミ	ラジエータ (電動ファンモーター含む)
	ヒーターコア (エバポレーター含む)
	その他アルミ
	アルミ (手選別)
その他銅部品	オーディオ
	メーターパネル、ドアスイッチ

出所：矢野経済研究所

(2) 作業時間計測結果

作業時間を計測し、車格ごとに作業工程別平均作業時間と銅回収部品の対象部品別平均作業時間を集計した。第 1 回検証は「2.1.1(1)作業内容改善検討」で報告した「手選別作業の改善」実施後、2 回目は出口シューター改造後、3 回目は二軸前処理装置への投入ラインの改造後にそれぞれ計測を行った。

① 車格×作業工程

・全体

作業工程別に 2020 年度に実施したニブラ+手解体方式、ニブラ+二軸方式、2021 年度ニブラ+二軸方式（以下、2021 年度計測結果）の作業時間計測結果を図 2.11 に示す。2020 年度ニブラ+二軸方式に対して、2021 年度計測結果は 13 分 7 秒削減できた。また 2020 年度計測結果についてニブラ+手解体方式とニブラ+二軸方式の作業時間の差を見るとニブラ+二軸方式の方が 13 分 22 秒時間を要していたが、2021 年度計測結果ではその差を 15 秒まで圧縮できた。

2021 年度計測結果について 2020 年度ニブラ+二軸方式と比較すると、最も作業時間を削減したのはニブラ解体の 6 分 16 秒、次いで手選別が 3 分 43 秒となった。

ニブラ解体における作業時間を削減した要因は不要な作業（後工程と重複するような作業、特に二軸前処理装置に投入するにもかかわらず投入部品を細かく解体すること）をしないことを意識し、二軸前処理装置のメリットを活かす作業工程にしたことで作業時間の削減に繋がったと推定される。手選別作業は「2.1.1(1)作業内容改善検討」改善効果によって削減した。

なお車格によって異なるため一概には言えないが、二軸前処理装置への投入から手選別工程でのピッキングにかかる 1 台あたりの車両処理時間は 15 分程度要するため、まずはこの時間内での処理を目標に手選別工程にかかる時間の短縮化に今後とも取り組んでいく。

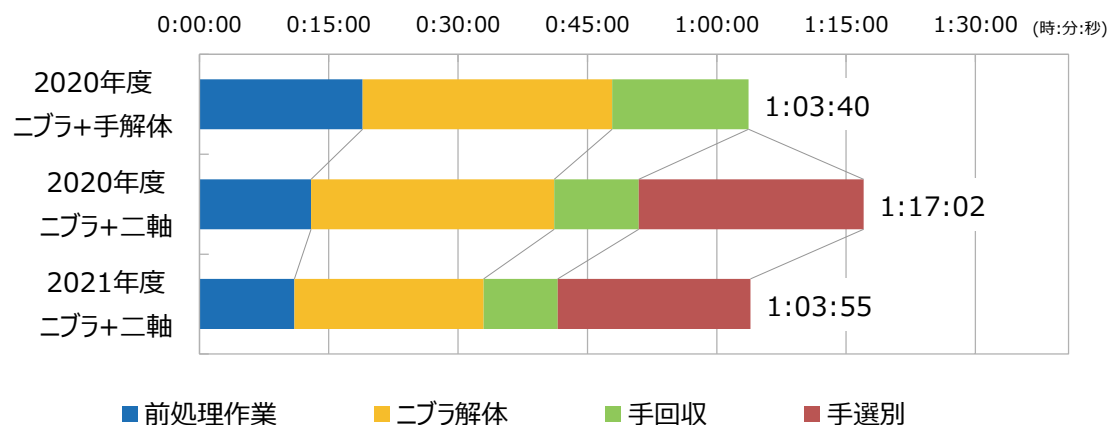


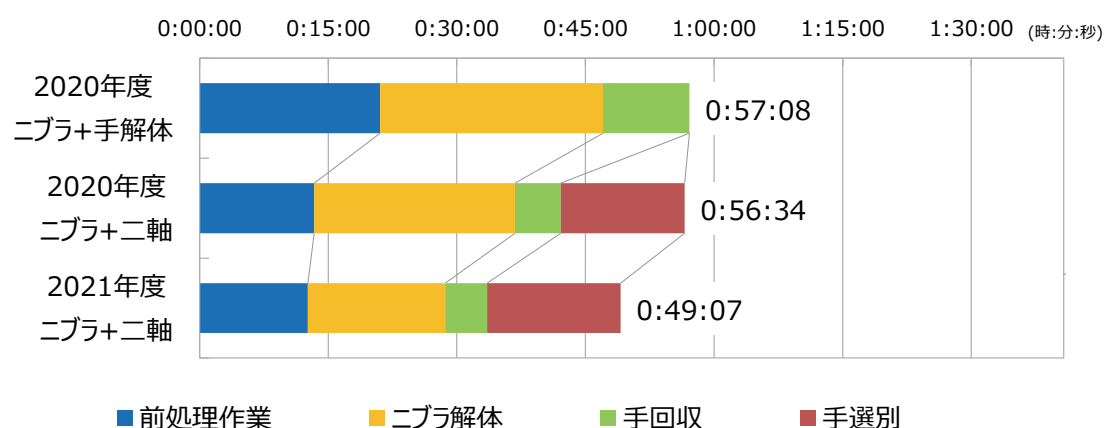
図 2.11.方式別の作業時間（全車格平均）

出所：矢野経済研究所

・軽自動車

軽自動車の2021年度計測結果を見ると2020年度ニブラ+二軸方式に対して7分27秒削減、ニブラ+手解体方式に対しても8分1秒削減した。

2021年度計測結果について2020年度ニブラ+二軸方式と比較すると、ニブラ解体で7分23秒、前処理作業で46秒、手回収で25秒の作業時間を削減した。手選別工程での銅部品回収にできる限り特化しているため、ニブラ解体等の他の工程での作業時間の削減及び作業負荷の軽減に繋がっている。一方、手選別の作業時間は1分8秒増加した。手選別工程での銅部品回収を増やしている側面もあるが、軽自動車は他車格に比べて銅部品が少なく二軸前処理装置に投入される量も同様に少ない。加えてニブラ+二軸方式は2021年度に二軸前処理装置への投入回数を増加させる改善を実施したが、車格が小さい軽自動車は投入材の量が少ないにも関わらず投入回数が増えた分、かえって作業時間が増えた可能性がある。一度に投入する数量の最適解を見出したうえで、車格に応じた標準の投入回数を検討する必要がある。



	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2020年度 ニブラ+手解体	21:04	25:59	10:05	00:00	0:57:08
2020年度 ニブラ+二軸	13:23	23:24	05:20	14:26	0:56:34
2021年度 ニブラ+二軸	12:37	16:01	04:55	15:34	0:49:07

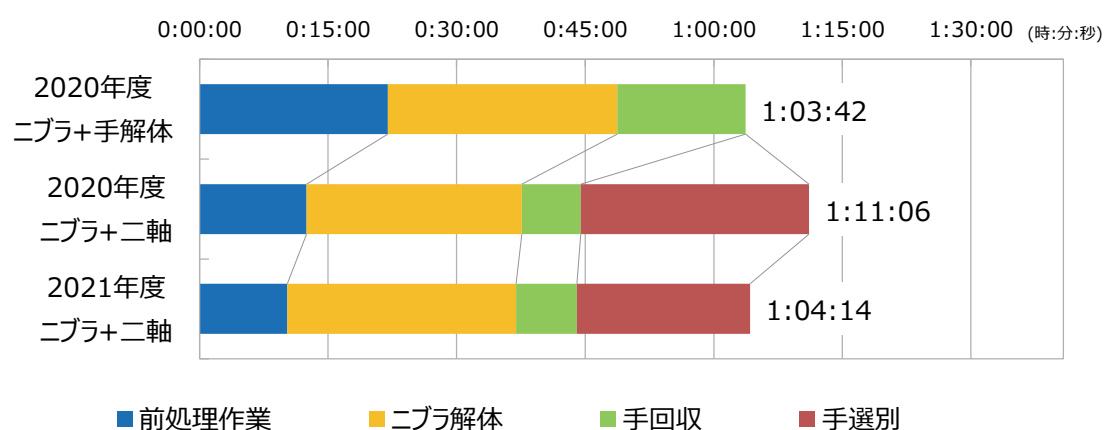
図 2.12.作業工程別平均作業時間（軽自動車）

出所：矢野経済研究所

・セダン中型

セダン中型の2021年度計測結果は2020年度ニブラ+二軸方式の作業時間より6分52秒削減した。作業工程別では手選別が6分25秒、前処理作業は2分16秒削減している。

また2021年度計測結果は2020年度ニブラ+手解体方式と比較すると32秒時間を要する結果となった。2020年度のニブラ+二軸方式はセダン中型の手選別作業平均作業員数が3.19人であったことから、2021年度ニブラ+二軸方式は手選別作業の作業員数を削減したことによる効果が大きいと考えられる。



	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2020年度 ニブラ+手解体	21:58	26:45	14:59	00:00	1:03:42
2020年度 ニブラ+二軸	12:30	25:06	06:53	26:37	1:11:06
2021年度 ニブラ+二軸	10:14	26:42	07:05	20:12	1:04:14

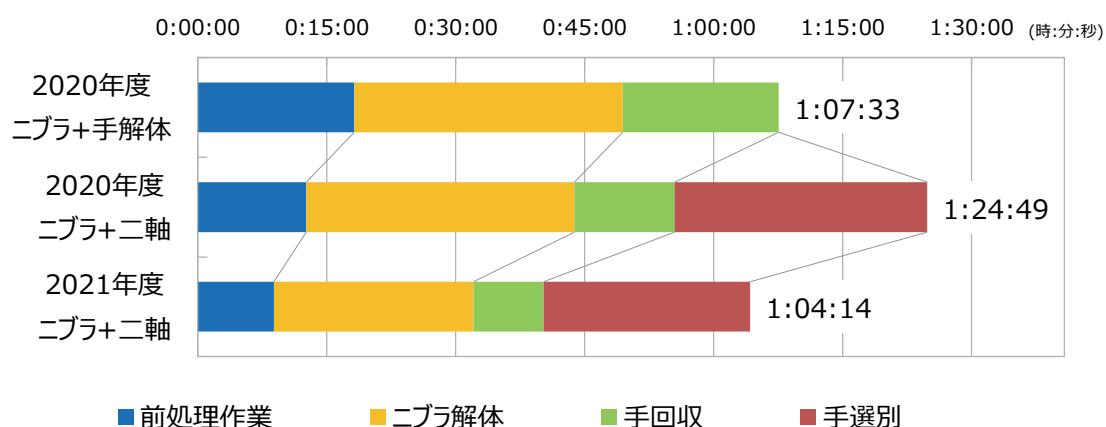
図 2.13.作業工程別平均作業時間（セダン中型）

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

ワンボックスの 2021 年度計測結果は 2020 年度ニブラ+二軸方式の作業時間より 20 分 35 秒削減した。作業工程別ではニブラ解体で 7 分 58 秒、手選別で 5 分 21 秒、前処理作業で 3 分 45 秒削減した。

2020 年度ニブラ+手解体方式との比較では 2021 年度計測結果の方が 3 分 19 秒速い結果となった。レイアウト改善や使用する工具等の改善等による作業全体の最適化によりニブラ解体、手回収の作業時間を大幅に短縮したことに加え、作業時間を要する要因となっていた手選別の作業時間を削減したことが奏功している。



	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2020年度 ニブラ+手解体	18:11	31:14	18:08	00:00	1:07:33
2020年度 ニブラ+二軸	12:37	31:11	11:39	29:22	1:24:49
2021年度 ニブラ+二軸	08:52	23:13	08:08	24:01	1:04:14

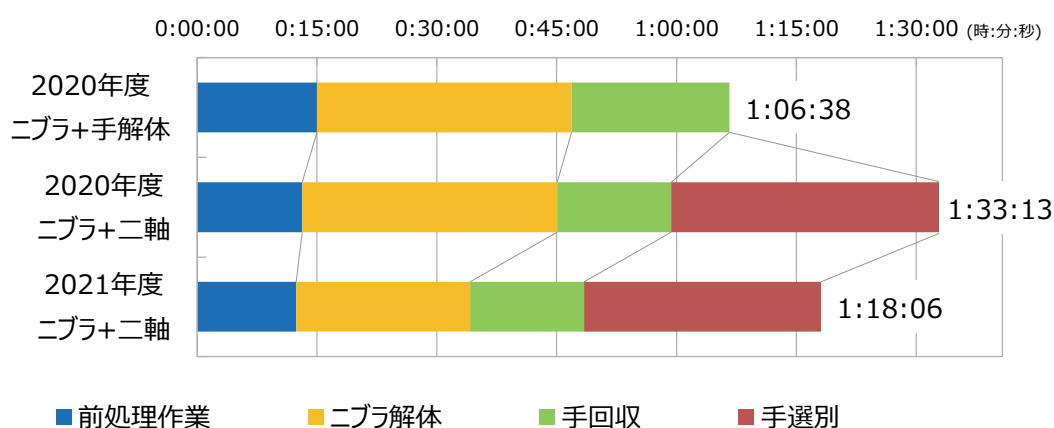
図 2.14.作業工程別平均作業時間（ワンボックス）

出所：矢野経済研究所

・セダン大型

セダン大型の2021年度計測結果は2020年度作業時間より15分7秒削減した。作業工程別ではニブラ解体で10分9秒、手選別で4分14秒、前処理作業で47秒作業時間を削減した。

2020年度ニブラ+手解体方式との比較では2021年度計測結果の方が11分28秒時間を要する結果となった。作業工程別では2021年度計測結果の方がニブラ解体の作業時間が10分6秒、手回収が5分28秒早かったが、手選別の作業時間の長さが影響したため、総作業時間ではニブラ+手解体方式の方が速く作業を完結できる結果となっている。セダン大型は他車格よりも車格が大きく搭載される銅部品（特にW/H）の回収量が多いため、二軸前処理装置への投入量が多い。また、電動シートを二軸前処理装置で処理するため、全車格で最も手選別作業の作業時間を要する。これらの要因によってニブラ+手解体方式よりも作業時間を要する結果となったと考えられる。ただし、ニブラ+手解体方式以上の時間短縮化に繋げるべく、二軸前処理装置からの排出後の手選別工程における改善活動を追求していく。



	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2020年度 ニブラ+手解体	14:59	31:53	19:46	00:00	1:06:38
2020年度 ニブラ+二軸	13:10	31:56	14:15	33:52	1:33:13
2021年度 ニブラ+二軸	12:23	21:47	14:18	29:38	1:18:06

図 2.15.作業工程別平均作業時間（セダン大型）

出所：矢野経済研究所

・ 2021 年度作業時間計測結果の比較

・ 全体

2021 年度実証事業では作業フロー改善後にそれぞれ作業時間を計測している。2021 年度計測結果について作業フローの変更点と検証ポイントを表 2.9 に、作業工程別の集計結果を図 2.16 に示す。

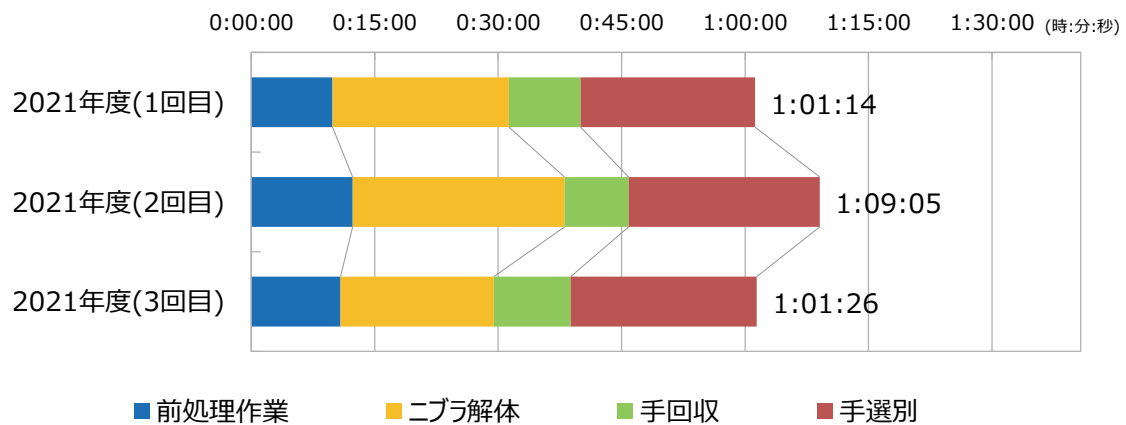
表 2.9.作業フローの変更点と検証ポイント

	変更点	検証ポイント
1 回目	二軸前処理装置への投入回数の最適化、手選別作業員の 2 人固定	2020 年度実証事業で課題であった手選別工程の時間短縮
2 回目	出口シューター改造後	車両戻しなどの全体最適化
3 回目	二軸前処理装置への投入ライン改造後	手選別工程での山積みの回避

出所：矢野経済研究所

作業フロー改善の結果、1 回目の手選別工程の変更により 2020 年度実証事業の課題は大幅に改善した。また、3 回目の手選別時間は 1 回目よりも 1 分 26 秒増えた。3 回目は搬送ラインを改造し投入方法を半自動化にしたが、投入タイミングによっては手選別作業の手待ち時間が発生している。投入のインターバルの最適化による作業時間の短縮化のほか、この手待ち時間を活かし、手選別作業員が出口シューター付近の清掃や二次解体等の作業に充当することで、より効率的な作業フローへと切り替えることができる。

なお、2 回目は他と比べて大きく時間が増えている。本来、2 回目の検証ポイントは出口シューターの改造に伴い、手選別工程から排出された処理材の車両戻しに関して全体プロセスの最適化を図ることにあった。そのため、本来であれば解体作業自体に大きな変更点はない。2 回目の時間が大幅に増えたのはセダン中型の特定車両においてニブラ解体に時間を要したことにある。同結果を異常値として捉えると、他とはそれほど大きな違いはない。



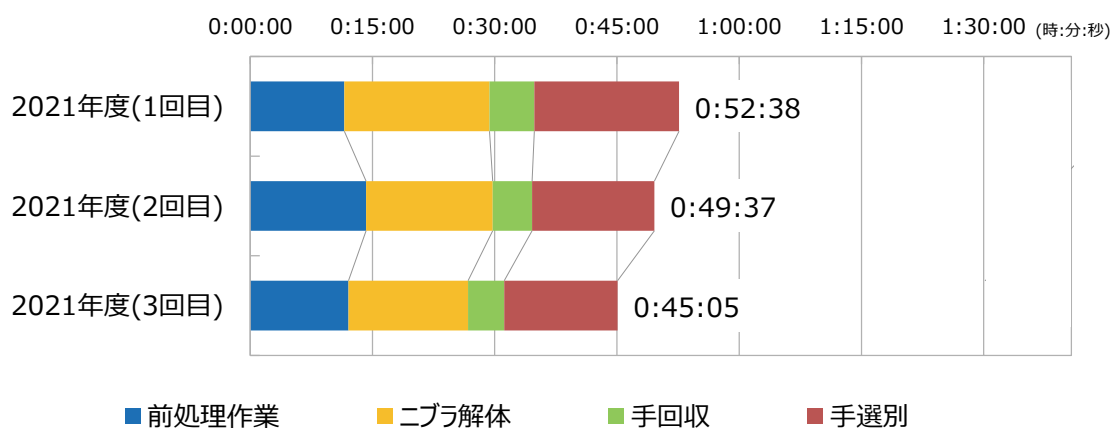
	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2021年度(1回目)	09:54	21:24	08:44	21:12	1:01:14
2021年度(2回目)	12:21	25:45	07:46	23:13	1:09:05
2021年度(3回目)	10:50	18:38	09:20	22:38	1:01:26

図 2.16.作業工程別平均作業時間（2021 年度実施、全車格平均）

出所：矢野経済研究所

・ 軽自動車

軽自動車は改善を重ねるごとに作業時間を削減した。特に手選別作業は 1 回目から 2 回目は 2 分 45 秒の削減、2 回目から 3 回目は 1 分 8 秒の削減となった。投入回数を最適化し手選別ラインに山積みにならないように改善したことで作業効率が向上し、作業時間の削減に繋がったと推測される。



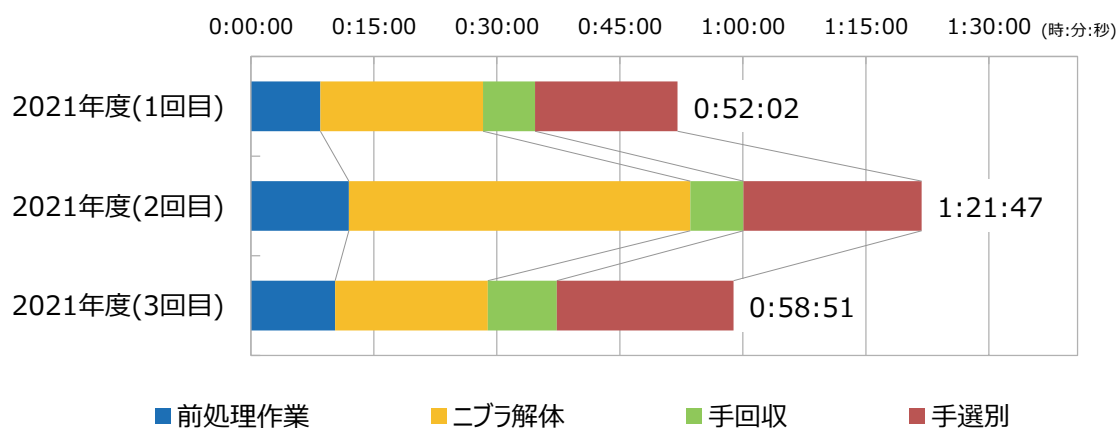
	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2021年度(1回目)	11:34	17:49	05:29	17:46	0:52:38
2021年度(2回目)	14:14	15:32	04:49	15:01	0:49:37
2021年度(3回目)	12:04	14:42	04:26	13:53	0:45:05

図 2.17. 作業工程別平均作業時間（2021 年度実施、軽自動車）

出所：矢野経済研究所

・セダン中型

セダン中型は 2 回目計測のニブラ解体において車内の非回収部品（フロアマット、樹脂部品取り外し）と作業後の掃除（落ちた部品の回収等）に時間を要した結果、大幅に作業時間が増加した。手選別作業時間は 2 回目以降 W/H 取り外し時間が 1 回目より時間を要したため作業時間が増加した。



	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2021年度(1回目)	08:28	19:51	06:22	17:21	0:52:02
2021年度(2回目)	11:57	41:38	06:27	21:44	1:21:47
2021年度(3回目)	10:17	18:37	08:26	21:31	0:58:51

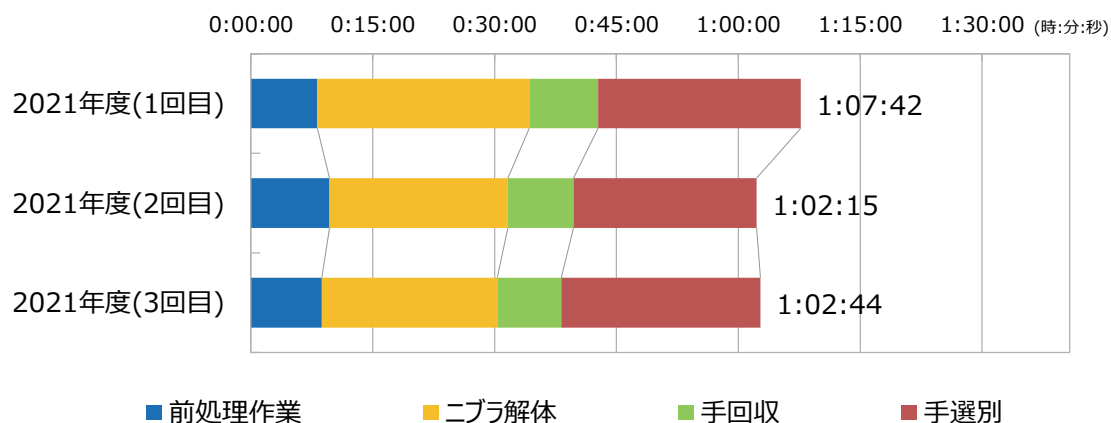
図 2.18.作業工程別平均作業時間（2021 年度実施、セダン中型）

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

ワンボックスは 1 回目計測に対して 2、3 回目計測ではニブラ解体の作業時間を削減した。これはニブラ解体で不要な作業を行わないようにした結果である。

手選別は 2 回目計測前に投入回数を増加させ山積みにならないように改善を行ったことで、1 回目より手選別の作業時間を 2 分 25 秒削減することができた。3 回目は 2 回目よりも手選別の作業時間が増えたが、他の工程での作業時間が早まった分、手選別での銅部品回収作業に時間を要したことが影響している。



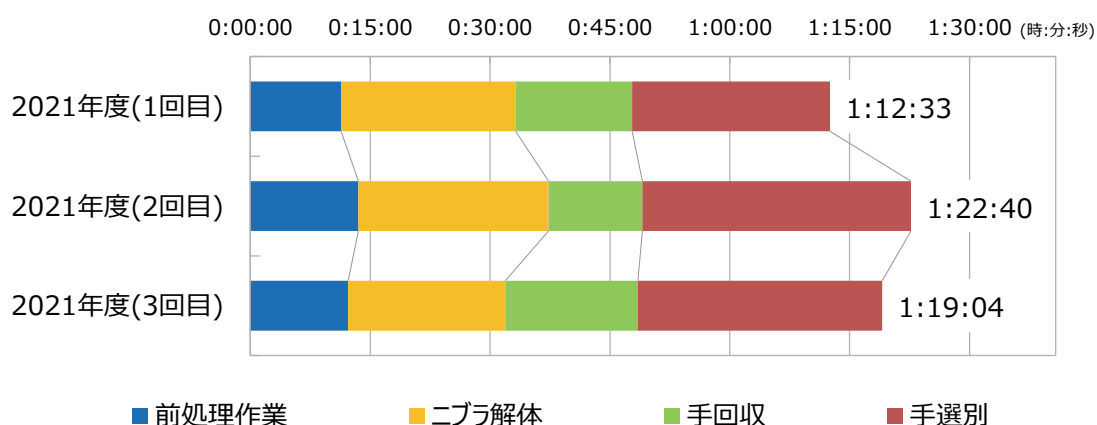
	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2021年度(1回目)	08:11	26:06	08:28	24:58	1:07:42
2021年度(2回目)	09:41	21:58	08:04	22:33	1:02:15
2021年度(3回目)	08:44	21:36	07:53	24:32	1:02:44

図 2.19.作業工程別平均作業時間（2021 年度実施、ワンボックス）

出所：矢野経済研究所

・セダン大型

セダン大型の手選別作業は1回目計測より2、3回目計測の方が手選別の作業時間が増加した。セダン大型は電動シートを含む分、二軸前処理装置への投入量が多く手選別コンベア上に処理材が山積みになりやすい。加えてエコアールの搬送ラインは搬送コンベアと手選別作業コンベアが別々に制御されており、手選別コンベアが停止しても搬送コンベアは搬送し続けるため、その結果、手選別コンベアの入り口に処理材が山積みとなることがある。さらなる作業効率の向上に向け、処理材の山積みを回避する方策の検討が必要であることが確認できた。



	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2021年度(1回目)	11:22	21:51	14:36	24:45	1:12:33
2021年度(2回目)	13:31	23:50	11:44	33:36	1:22:40
2021年度(3回目)	12:16	19:39	16:34	30:34	1:19:04

図 2.20.作業工程別平均作業時間（2021 年度実施、セダン大型）

出所：矢野経済研究所

② 車格×対象部品

車格別対象部品の集計方法は、実際に作業が発生している項目数に応じて単純平均により算出している。

対象部品における手選別の項目は「部品を探す」作業のみを集計した。よって、二軸前処理装置の処理材として回収される W/H、基板、モーター、アルミはそれぞれ対象部品別に集計している。その他解体は銅部品を解体するために樹脂部品等を取り外す作業を指す。また、作業員の移動、待機時間、ニブラ解体後に散乱したダストなどの回収や回収品の車内戻し作業はその他とした。

・全体

実施した 24 台（4 車格×各 6 台）を対象品目別に集計し、2020 年度ニブラ+二軸方式、ニブラ+手解体方式と比較した結果を図 2.21 に示す。

2021 年度計測結果 は 2020 年度ニブラ+二軸方式と比較すると W/H 取り外しの作業時間を 5 分 43 秒、その他作業時間を 9 分 2 秒削減した。また手選別の部品探し時間も 1 分 59 秒削減した。これは手選別作業における作業分担の明確化や投入回数の調整等によって、処理材が山積みになる状況を軽減した結果である。加えて前処理作業、ニブラ解体では二軸前処理装置への投入を前提とした作業内容に変更したことによる作業時間削減も要因として挙げられる。2021 年度のニブラ+二軸方式はニブラ解体でドアやインパネ周辺部品を取り外し、回収ボックスに投入するだけの作業内容にすることをより徹底した。これによってニブラ解体での細かな部品回収を抑制できた。

2021 年度計測結果と 2020 年度ニブラ+手解体方式の比較では、W/H 取り外しは 3 分 53 秒作業時間が速い結果となった。先述の通り二軸前処理装置への投入を前提とした作業内容の改善により、その他解体の作業時間は増加したが W/H 取り外しにかかる作業時間を削減し総作業時間の短縮に繋がった。

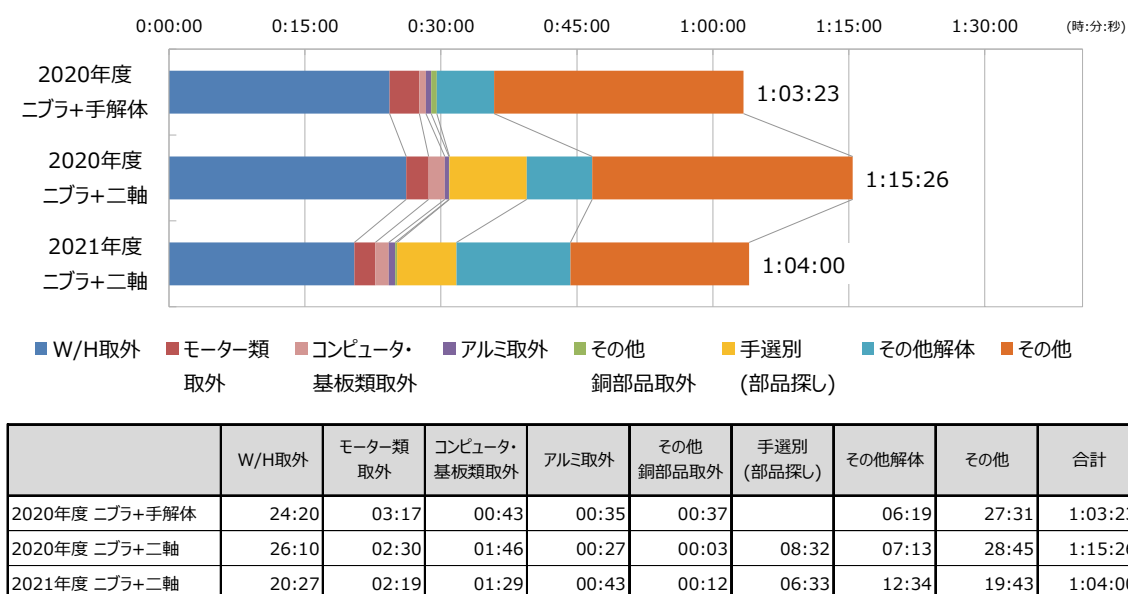
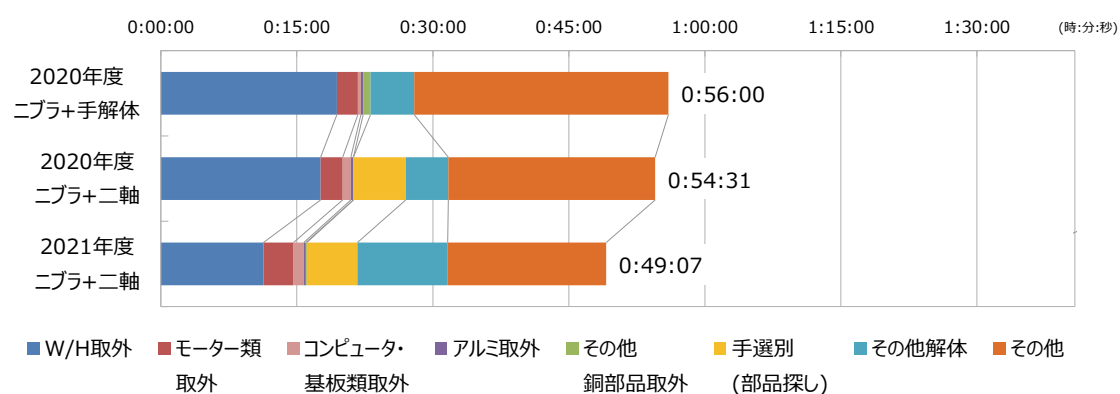


図 2.21.対象品目別平均作業時間

出所：矢野経済研究所

・軽自動車

軽自動車の2021年度計測結果を見ると、2020年度ニブラ+二軸方式のW/H取り外しと比べ6分18秒削減した。これはニブラ+手解体方式と比べても8分6秒短い作業時間となる。これは先述のように主に前処理作業、ニブラ解体において二軸前処理装置への投入を前提とした作業に変更したことで得られた成果である。それを裏付ける要因として、2021年度計測結果のその他解体の作業時間は、2020年度ニブラ+二軸方式のその他解体の作業時間より5分13秒増加している。その他解体時間は増加したがそれ以上にW/H取り外しにかかる作業時間を削減できたことで、総作業時間の圧縮に繋がったものと考ええる。



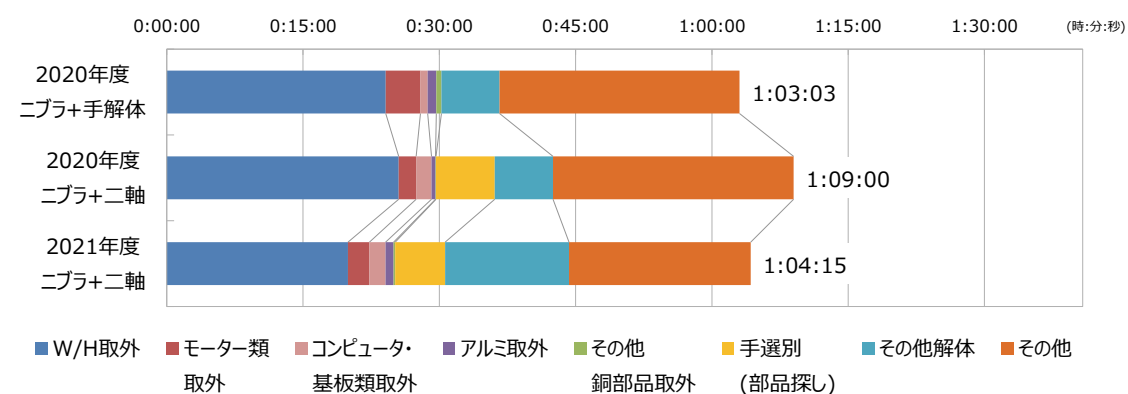
	W/H取外	モーター類 取外	コンピュータ・ 基板類取外	アルミ取外	その他 銅部品取外	手選別 (部品探し)	その他解体	その他	合計
2020年度 ニブラ+手解体	19:25	02:18	00:20	00:15	00:49		04:48	28:04	0:56:00
2020年度 ニブラ+二軸	17:37	02:27	00:53	00:17	00:00	05:46	04:43	22:48	0:54:31
2021年度 ニブラ+二軸	11:19	03:18	01:09	00:14	00:06	05:35	09:56	17:29	0:49:07

図 2.22. 対象部品別平均作業時間（軽自動車）

出所：矢野経済研究所

・セダン中型

セダン中型の2021年度計測結果におけるW/H取り外し時間は2020年度ニブラ+二軸方式と比較して作業時間を5分34秒削減した。W/H取り外し時間について2020年度ニブラ+手解体方式と比べても4分9秒削減した。しかし、その他解体時間については2020年度ニブラ+手解体方式と比べて7分12秒増えている。先述のように、2回目の計測においてニブラ解体での車内の非回収部品（フロアマット、樹脂部品取り外し）と作業後の掃除（落ちた部品の回収等）に時間を要した影響が生じている。



	W/H取外	モーター類 取外	コンピュータ・ 基板類取外	アルミ取外	その他 銅部品取外	手選別 (部品探し)	その他解体	その他	合計
2020年度 ニブラ+手解体	24:06	03:50	00:48	00:57	00:32		06:25	26:25	1:03:03
2020年度 ニブラ+二軸	25:31	01:57	01:42	00:27	00:02	06:28	06:26	26:28	1:09:00
2021年度 ニブラ+二軸	19:57	02:20	01:47	00:54	00:09	05:31	13:38	19:58	1:04:15

図 2.23. 対象部品別平均作業時間（セダン中型）

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

ワンボックスの2021年度計測結果と2020年度ニブラ+二軸方式を比較するとW/H取り外しで9分33秒、手選別部品探しで3分11秒、その他時間で11分55秒削減した結果となった。手選別作業の改善によって効率化を図ることができた。

2020年度ニブラ+手解体方式との比較では、W/H取り外し時間で3分25秒の削減、その他時間で9分52秒削減し、その他解体の作業時間余剰時間（5分52秒）を吸収できる結果を得られた。二軸前処理装置の活用により、人力（手解体）への依存度を下げたほか、作業員の歩行時間などその他時間を圧縮したことで、ニブラ+二軸方式の優位性を得ることが確認できた。

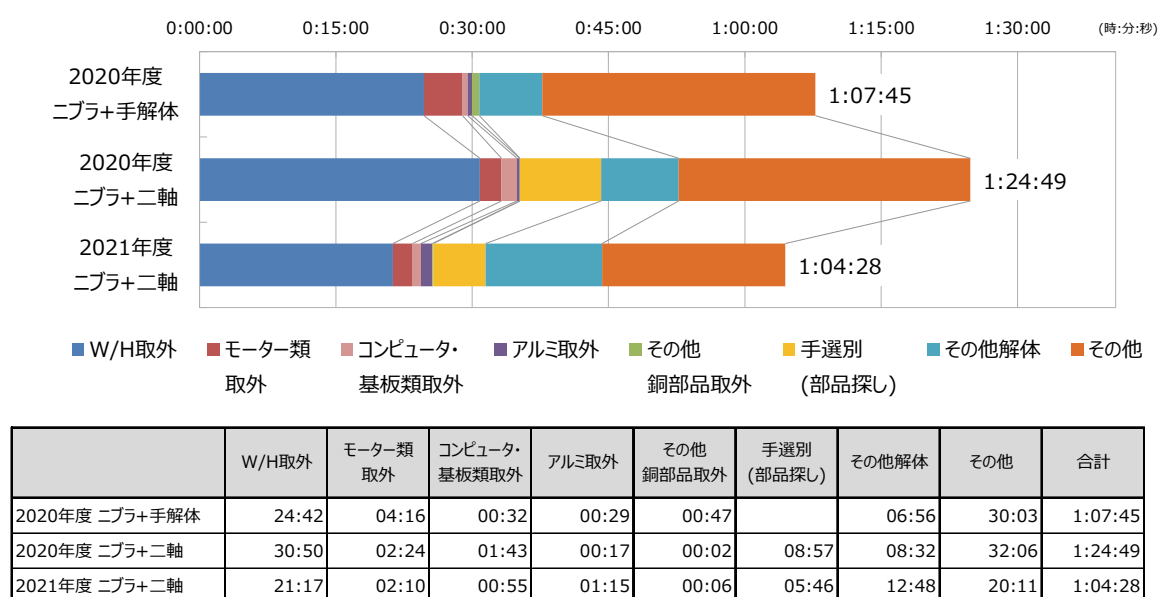


図 2.24. 対象部品別平均作業時間（ワンボックス）

出所：矢野経済研究所

・セダン大型

セダン大型の2021年度計測結果と2020年度ニブラ+二軸方式を比較するとW/H取り外しで1分29秒、手選別部品探しで3分36秒、その他で12分22秒削減した。他車格と比べると最も削減時間が小さい結果となった。

2020年度ニブラ+手解体方式と比較すると、その他の時間で4分18秒短いがW/H取り外し時間がほぼ同じ時間を要しているため、手選別工程が多い分、ニブラ+二軸方式の方が総作業時間を要する結果となっている。セダン大型は二軸前処理装置への投入量が他車格より多い分、作業時間を要するが、最適な投入回数や投入順序、手選別コンベアに到達するまでのインターバルを改善することでさらなる効率化が図れると考えている。

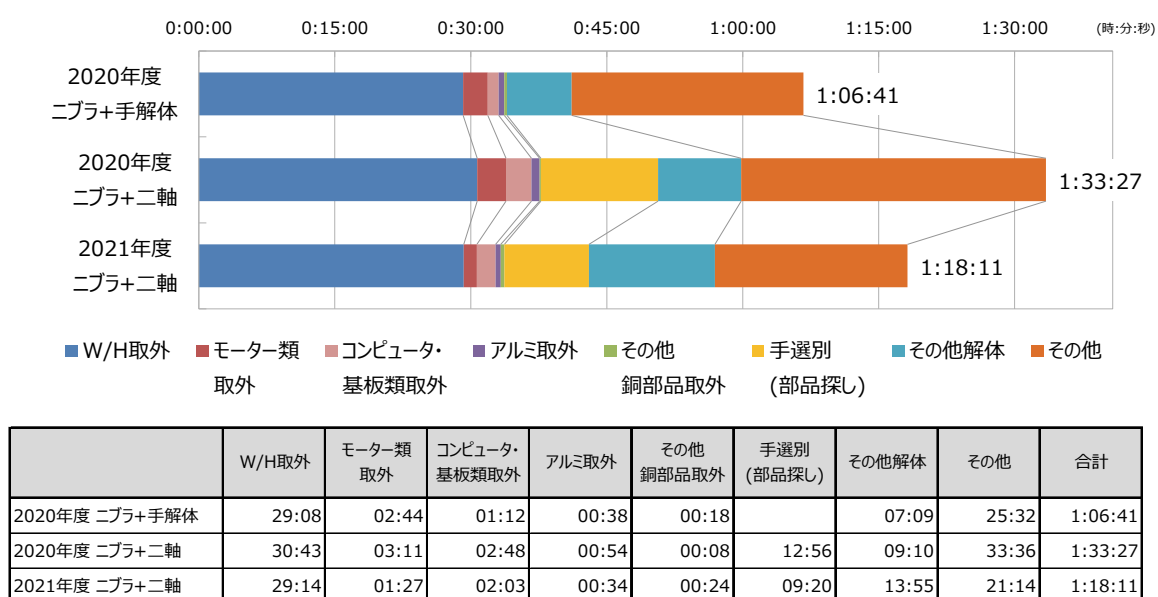


図 2.25. 対象部品別平均作業時間（セダン大型）

出所：矢野経済研究所

・ 2021 年度作業時間計測結果の比較

・ 全体

2021 年度実証事業では作業フロー改善後にそれぞれ作業時間を計測している。2021 年度計測結果について対象部品別平均作業時間の集計結果を図 2.26 に示す。改善が進むにつれて手選別部品探しの作業時間が削減できた。一方で W/H 取り外しの作業時間は 1 回目より 2 回目、3 回目の方が時間を要する結果となった。これは主に手選別の W/H 取り外し作業時間が増加したためである。

二軸前処理装置のメリットを最大限活かすため、前工程の作業を簡素化すると手選別工程に負荷が集中することになる。二軸前処理装置への投入量が増加したことで、W/H 取り外しにかかる作業時間は増加する。前工程の作業簡素化によって 2020 年度と比べて作業時間を削減できているため改善による成果を得ることができたが、さらなる効率化を目指すには前工程と手選別工程の負荷バランスの見直しが必要である。

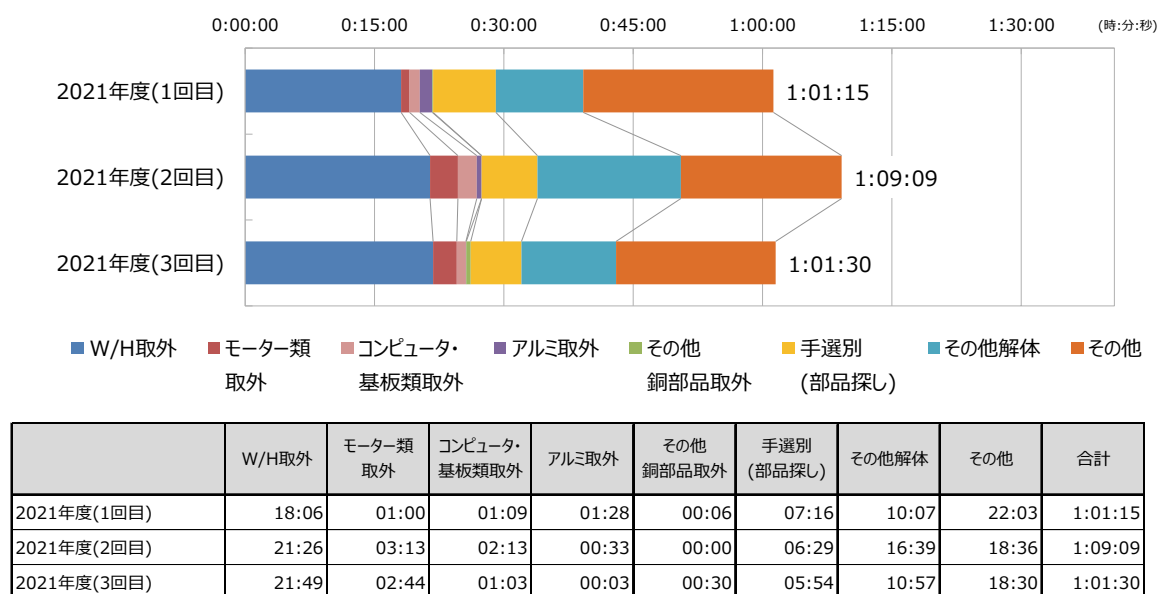
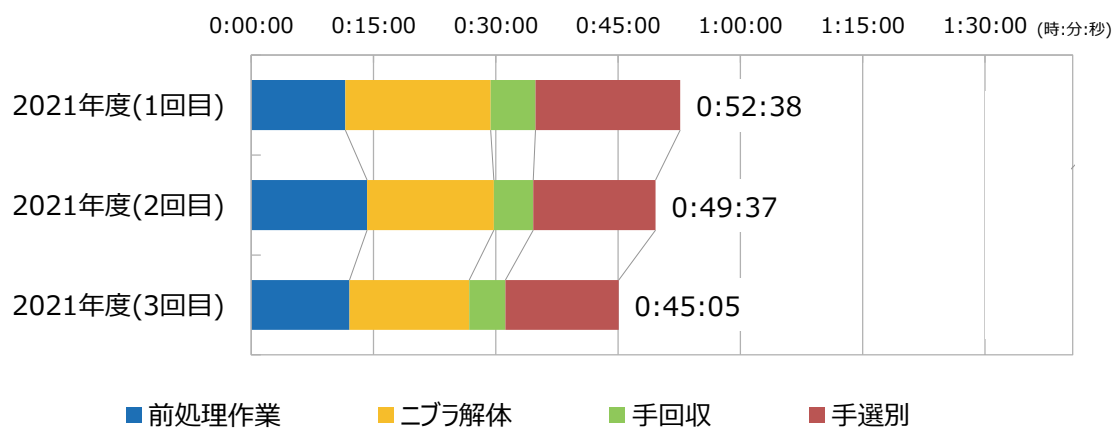


図 2.26. 対象部品別平均作業時間（2021 年度実施、全車格平均）

出所：矢野経済研究所

・ 軽自動車

軽自動車は改善を重ねるごとに作業時間を削減した。1回目と3回目を比較するとモーター類、その他銅部品を除いた作業で時間を削減しており、手選別部品探しが1分33秒、W/H取り外しが24秒、その他は7分35秒であった。



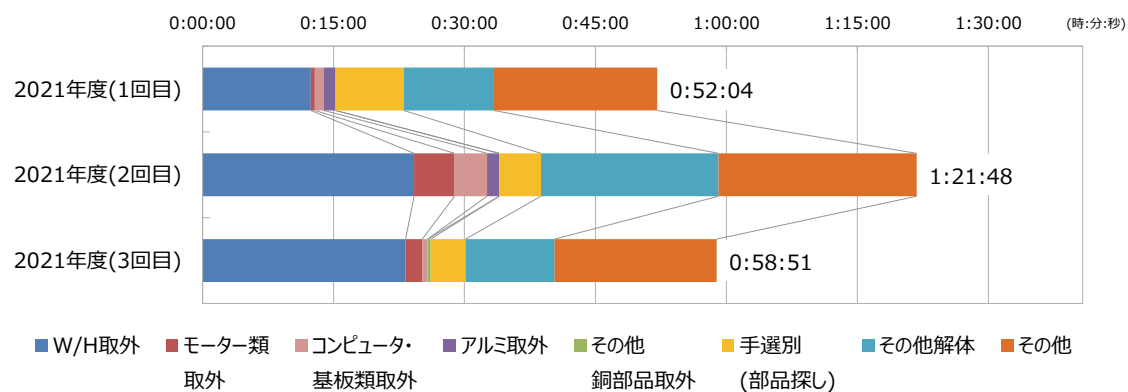
	W/H取外	モーター類 取外	コンピュータ・ 基板類取外	アルミ取外	その他 銅部品取外	手選別 (部品探し)	その他解体	その他	合計
2021年度(1回目)	11:00	01:29	01:18	00:33	00:00	05:53	08:50	23:35	0:52:38
2021年度(2回目)	12:21	04:34	00:57	00:09	00:00	06:33	12:10	12:53	0:49:37
2021年度(3回目)	10:36	03:52	01:11	00:00	00:17	04:20	08:48	16:00	0:45:05

図 2.27. 対象部品別平均作業時間 (2021 年度実施、軽自動車)

出所：矢野経済研究所

・セダン中型

セダン中型の W/H 取り外しについて 1 回目に対して 2 回目、3 回目の作業時間が大きく増加した。これは 2 回目以降の手選別工程で W/H 取り外しに要する作業時間が増加したためである。一方、手選別部品探し時間において 3 回目は最も短い時間となっている。これは投入回数を増やし山積み状態を軽減したことによる効果が表れている。



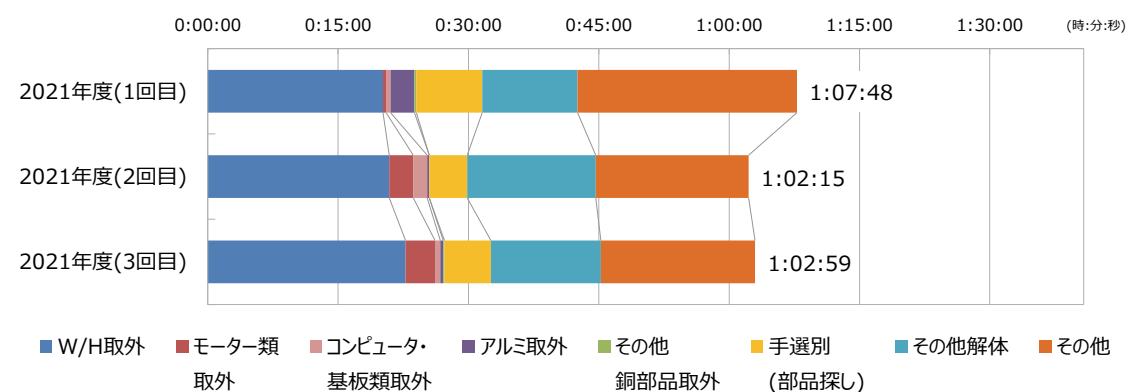
	W/H取外	モーター類 取外	コンピュータ・ 基板類取外	アルミ取外	その他 銅部品取外	手選別 (部品探し)	その他解体	その他	合計
2021年度(1回目)	12:23	00:29	01:01	01:18	00:04	07:47	10:20	18:42	0:52:04
2021年度(2回目)	24:14	04:38	03:44	01:23	00:00	04:48	20:21	22:41	1:21:48
2021年度(3回目)	23:15	01:54	00:37	00:00	00:22	03:58	10:12	18:33	0:58:51

図 2.28. 対象部品別平均作業時間 (2021 年度実施、セダン中型)

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

ワンボックスは2回目が最も短い作業時間となっている。2回目改善では投入回数を5回に設定する改善を行っている。しかし3回目で同様の投入回数で実施したが、手選別工程に関連するW/H取り外し、手選別部品探しの作業時間は前回より増加している。一方、前工程に関連するその他解体の3回目は2回目より作業時間を短縮できた。これらから、3回目は2回目より前工程で処理すべきW/H取り外し作業を後工程で行った結果、W/H取り外しの作業時間が増加し、その他解体の作業時間が短縮したと推測される。



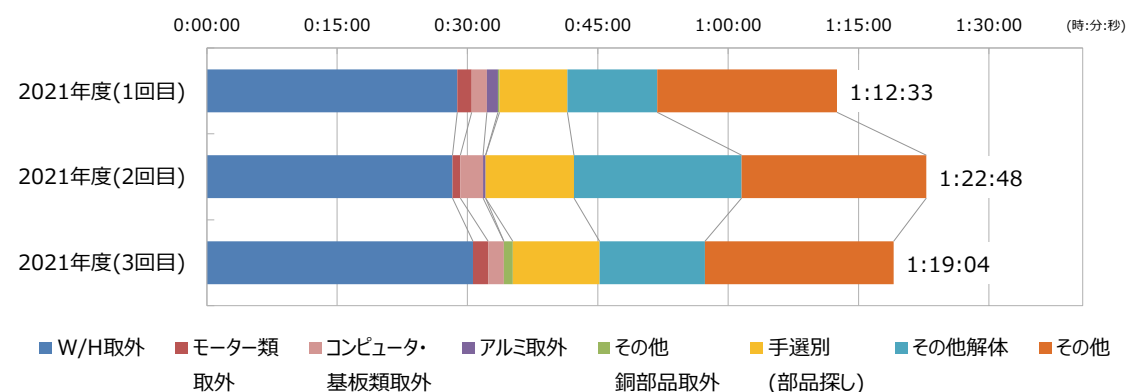
	W/H取外	モーター類 取外	コンピュータ・ 基板類取外	アルミ取外	その他 銅部品取外	手選別 (部品探し)	その他解体	その他	合計
2021年度(1回目)	20:10	00:20	00:32	02:44	00:13	07:36	10:59	25:14	1:07:48
2021年度(2回目)	20:54	02:45	01:36	00:14	00:00	04:23	14:48	17:35	1:02:15
2021年度(3回目)	22:46	03:25	00:36	00:19	00:10	05:21	12:39	17:44	1:02:59

図 2.29. 対象部品別平均作業時間（2021 年度実施、ワンボックス）

出所：矢野経済研究所

・セダン大型

セダン大型で最も平均作業時間が短い 1 回目と最も作業時間を要した 2 回目を比較すると、2 回目はその他解体の作業時間は最も長いが W/H 取り外しは最も短い。しかし、手選別部品探しの時間は最も長く、1 回目との比較では 2 分 11 秒の差が生じている。部品を探す作業は山積みになっている状態で頻発するため、二軸前処理装置への投入量が多いクラウンは他車格よりも投入回数の他に投入タイミングを調整し、手選別コンベア入口に処理材が滞留して山積みにならない搬送方法の検討が課題となっている。



	W/H取外	モーター類 取外	コンピュータ・ 基板類取外	アルミ取外	その他 銅部品取外	手選別 (部品探し)	その他解体	その他	合計
2021年度(1回目)	28:49	01:41	01:44	01:16	00:10	07:50	10:20	20:42	1:12:33
2021年度(2回目)	28:16	00:55	02:37	00:17	00:00	10:11	19:17	21:15	1:22:48
2021年度(3回目)	30:38	01:45	01:48	00:00	01:03	09:57	12:08	21:44	1:19:04

図 2.30. 対象部品別平均作業時間 (2021 年度実施、セダン大型)

出所：矢野経済研究所

(3) 重量測定

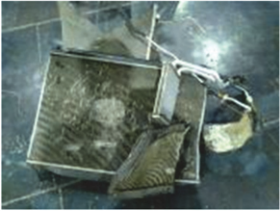
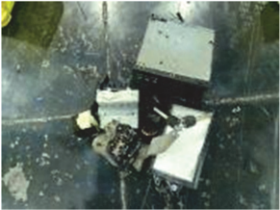
作業時間計測と同時に入庫時の車体重量（車検証重量）、部品取り後の車体重量、プレス後の重量、また各銅部品（W/H、モーター、基板類、アルミ類、その他）の重量の計測も実施した。



図 2.31.重量測定物概要

出所：矢野経済研究所

表 2.10.方式別測定部品例一覧

	前処理作業	ニブラ解体・手回収	手選別
W/H			
モーター類			
コンピュータ・基板類			
アルミ	前処理では回収無し		
その他銅部品			

出所：エコアール撮影

① 銅部品回収重量測定結果

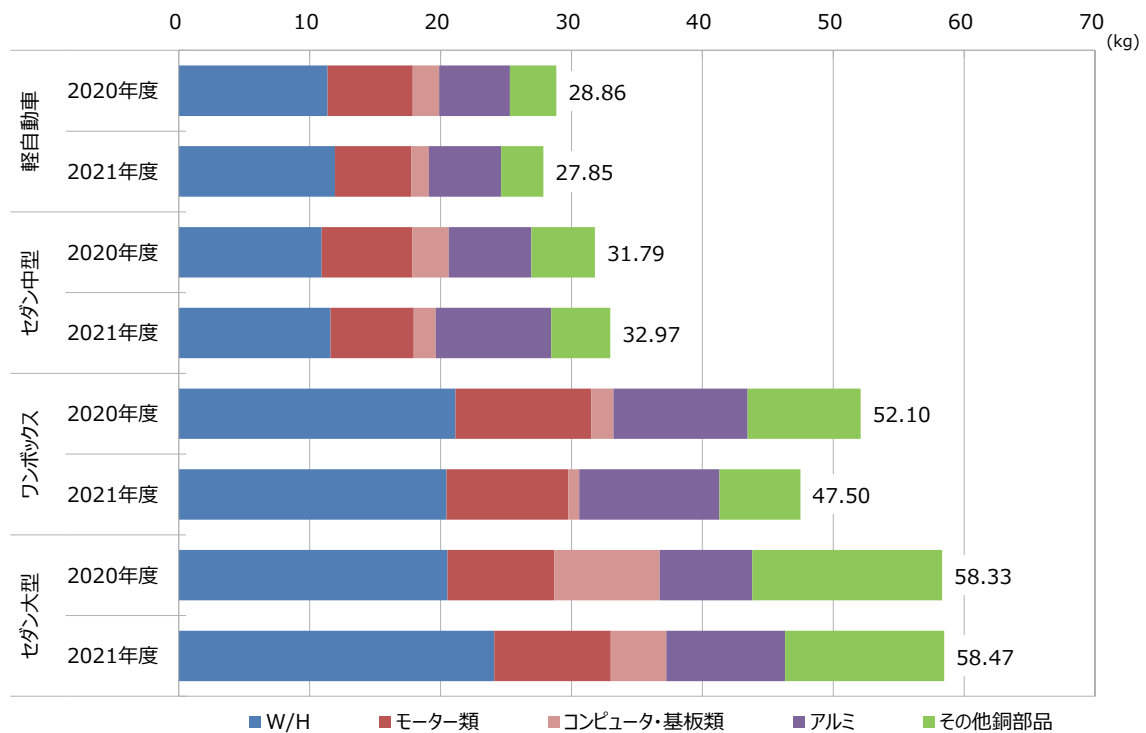
2021 年度に実施した重量測定結果 24 台（4 車格×各 6 台）分と 2020 年度ニブラ+二軸方式の測定重量集計結果を表 2.11、図 2.32 に示す。

2021 年度測定結果を見ると、セダン中型の銅部品回収重量が 2020 年度ニブラ+二軸方式の測定結果より 1.18kg 増（前年度比：+3.7%）、セダン大型は 0.14kg 増（前年度比：+0.3%）であった。軽自動車は銅部品回収重量が 1.01kg 減少（前年度比：－3.6%）となった。

ワンボックスの 2021 年度計測結果は銅部品合計重量が 4.6kg 減少した（前年度比：－9.7%）。減少項目の内訳として 1kg 以上の差が発生したものはその他銅部品で 2.44kg（前年度比：－28.2%）、モーター類が 1.05kg（前年度比：－10.2%）であった。その他銅部品はオーディオ、ナビ、銅を含むパーツである。

2.1.5(3)③ で部品別銅量比率を示しているが、クラウン、ピクシスメガでの銅量調査において、W/H は銅部品全体の 75%超を占めていることが分かっている。一方、その他銅部品に含まれるカーナビの全体に占める比率は 1.4%であった。また重量計測で測定した重量は銅分以外の重量（樹脂類等）も含まれる。部品重量のみを見ると差は大きいですが、銅量として比較するとそれほど大きな差とはならないと考えられる。

表 2.11. 車格別銅部品回収重量（全体）



単位：kg

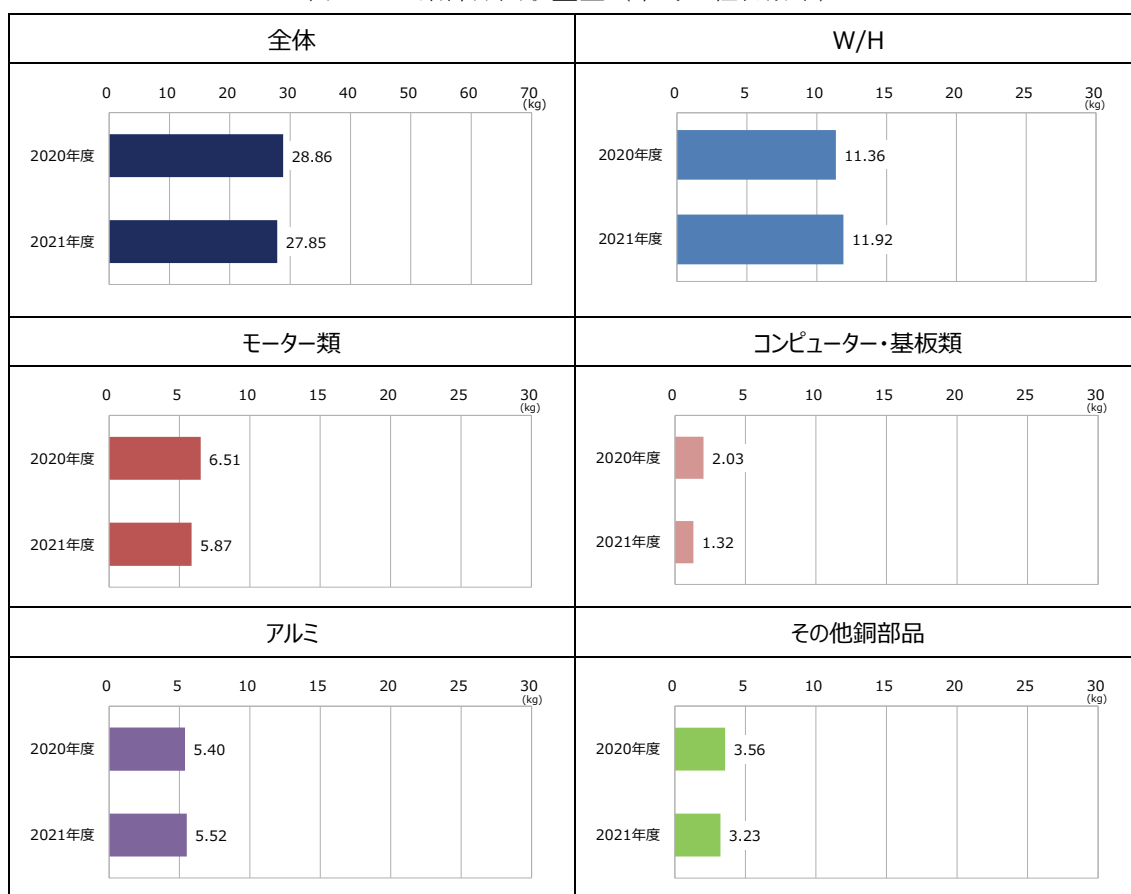
車格	解体方式	W/H	モーター類	コンピュータ・基板類	アルミ	その他銅部品	銅部品合計
軽自動車	2020年度	11.36	6.51	2.03	5.40	3.56	28.86
	2021年度	11.92	5.87	1.32	5.52	3.23	27.85
セダン中型	2020年度	10.92	6.91	2.79	6.32	4.86	31.79
	2021年度	11.59	6.36	1.68	8.83	4.51	32.97
ワンボックス	2020年度	21.14	10.36	1.70	10.26	8.64	52.10
	2021年度	20.46	9.31	0.83	10.71	6.20	47.50
セダン大型	2020年度	20.53	8.16	8.06	7.07	14.52	58.33
	2021年度	24.10	8.90	4.25	9.06	12.16	58.47

図 2.32.車格別銅部品回収重量（平均・全体）

出所：矢野経済研究所

・軽自動車

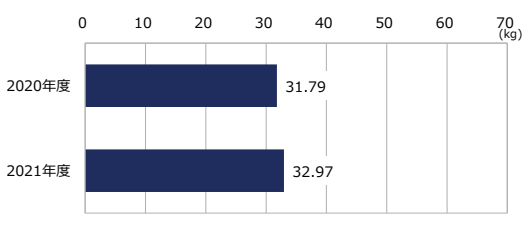
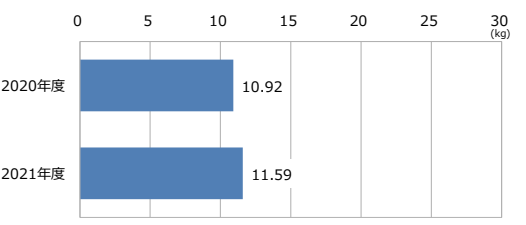
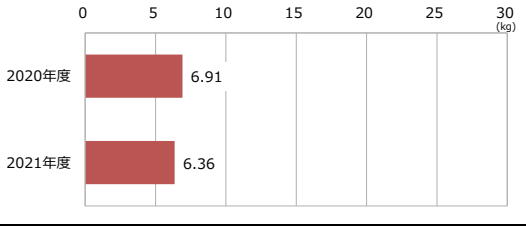
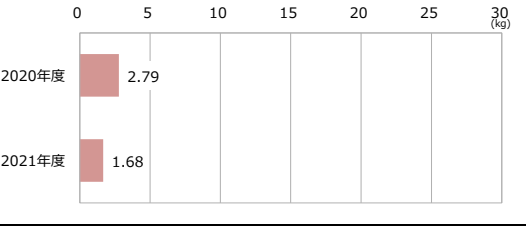
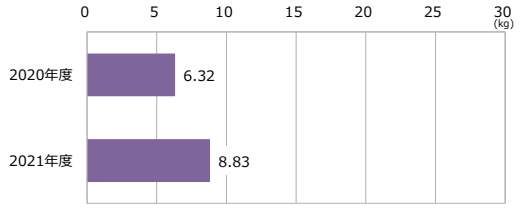
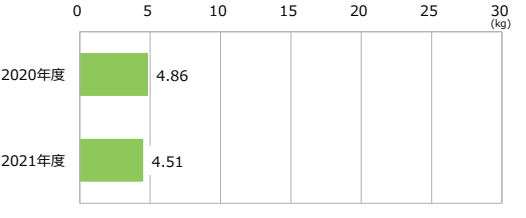
表 2.12. 銅部品回収重量（平均・軽自動車）



出所：矢野経済研究所

・セダン中型

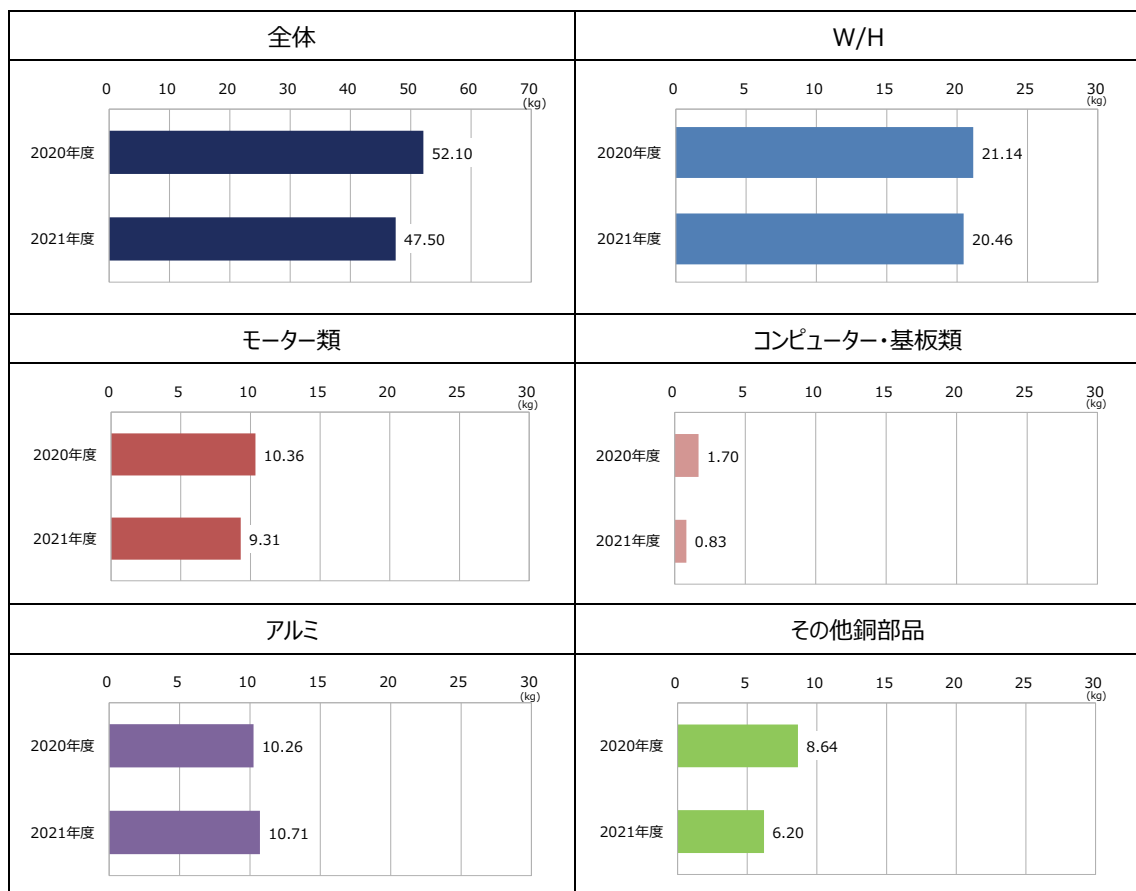
表 2.13. 銅部品回収重量（平均・セダン中型）

全体		W/H													
 <table><tr><th>年度</th><th>回収重量 (kg)</th></tr><tr><td>2020年度</td><td>31.79</td></tr><tr><td>2021年度</td><td>32.97</td></tr></table>		年度	回収重量 (kg)	2020年度	31.79	2021年度	32.97	 <table><tr><th>年度</th><th>回収重量 (kg)</th></tr><tr><td>2020年度</td><td>10.92</td></tr><tr><td>2021年度</td><td>11.59</td></tr></table>		年度	回収重量 (kg)	2020年度	10.92	2021年度	11.59
年度	回収重量 (kg)														
2020年度	31.79														
2021年度	32.97														
年度	回収重量 (kg)														
2020年度	10.92														
2021年度	11.59														
モーター類		コンピューター・基板類													
 <table><tr><th>年度</th><th>回収重量 (kg)</th></tr><tr><td>2020年度</td><td>6.91</td></tr><tr><td>2021年度</td><td>6.36</td></tr></table>		年度	回収重量 (kg)	2020年度	6.91	2021年度	6.36	 <table><tr><th>年度</th><th>回収重量 (kg)</th></tr><tr><td>2020年度</td><td>2.79</td></tr><tr><td>2021年度</td><td>1.68</td></tr></table>		年度	回収重量 (kg)	2020年度	2.79	2021年度	1.68
年度	回収重量 (kg)														
2020年度	6.91														
2021年度	6.36														
年度	回収重量 (kg)														
2020年度	2.79														
2021年度	1.68														
アルミ		その他銅部品													
 <table><tr><th>年度</th><th>回収重量 (kg)</th></tr><tr><td>2020年度</td><td>6.32</td></tr><tr><td>2021年度</td><td>8.83</td></tr></table>		年度	回収重量 (kg)	2020年度	6.32	2021年度	8.83	 <table><tr><th>年度</th><th>回収重量 (kg)</th></tr><tr><td>2020年度</td><td>4.86</td></tr><tr><td>2021年度</td><td>4.51</td></tr></table>		年度	回収重量 (kg)	2020年度	4.86	2021年度	4.51
年度	回収重量 (kg)														
2020年度	6.32														
2021年度	8.83														
年度	回収重量 (kg)														
2020年度	4.86														
2021年度	4.51														

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

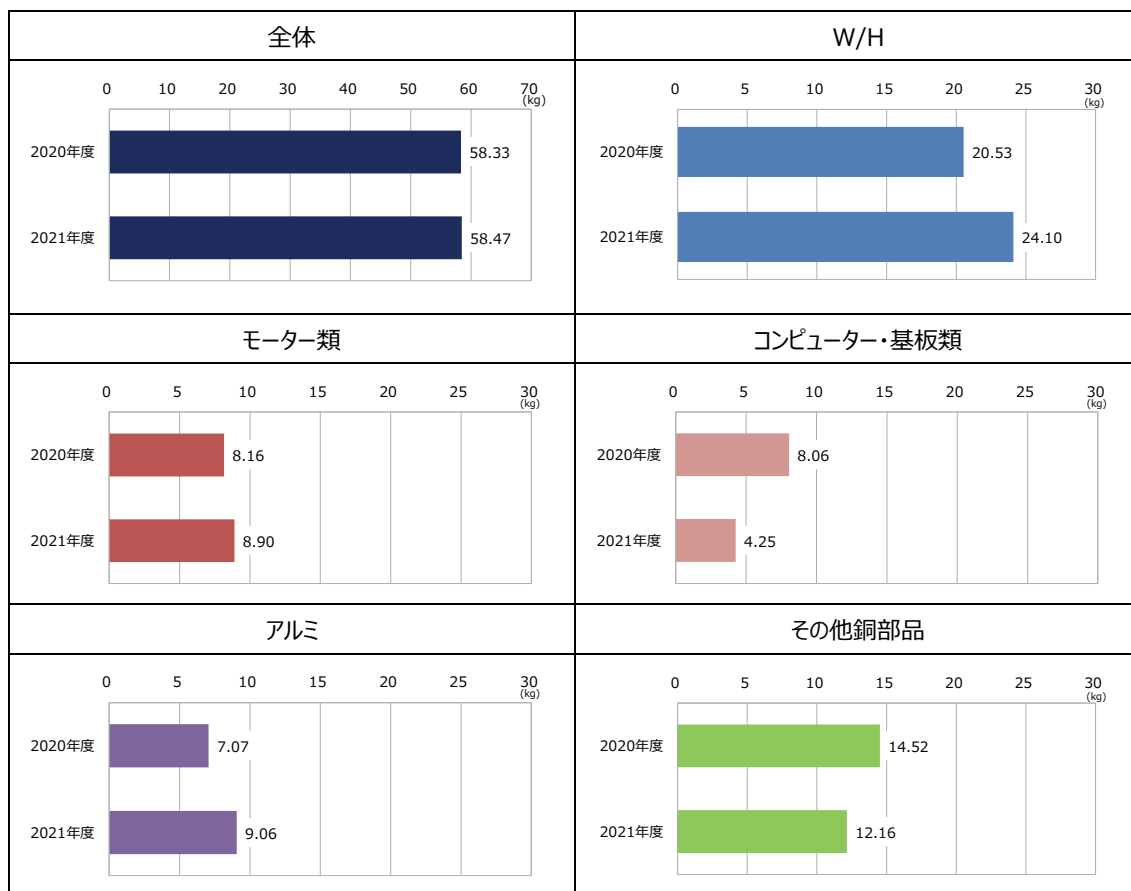
表 2.14. 銅部品回収重量 (平均・ワンボックス)



出所：矢野経済研究所

・セダン大型

表 2.15. 銅部品回収重量（平均・セダン大型）



出所：矢野経済研究所

(4) 作業時間と銅部品回収重量の相関関係

2020 年度、2021 年度に計測した作業時間と測定した銅部品回収重量の相関関係を表 2.16～表 2.19、図 2.33～図 2.36 に示す。

4 車格を比較すると軽自動車、ワンボックスは 2021 年度ニブラ+二軸方式が最も作業時間が短い結果となっている。ただしワンボックスは 2020 年度ニブラ+手解体方式、ニブラ+二軸方式の銅部品回収重量より少ない結果となっている。

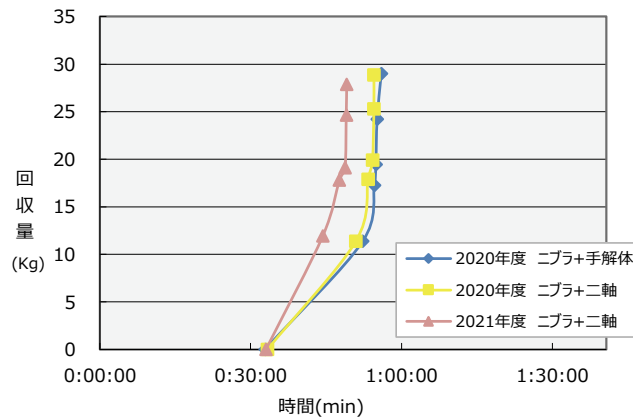
セダン中型については 2021 年度ニブラ+二軸方式が 2020 年度ニブラ+二軸方式より銅部品回収重量が多く作業時間も速い結果となっている。さらにニブラ+手解体方式と比べても銅部品回収重量は同等レベルで回収しながら作業時間も肉薄する結果となった。

セダン大型は 2020 年度ニブラ+二軸方式と同等レベルの銅部品回収重量で、作業時間が短い結果となっている。しかし 2020 年度ニブラ+手解体方式との比較では、銅部品回収重量が少なく作業時間も長い結果となった。部品点数が多いセダン大型のニブラ+手解体方式は作業負荷が高いため、短い作業時間を達成するために作業員に対して専門性の高い技術力が求められる。そのため作業の均一化の面においてはニブラ+二軸方式が優位であるが、作業時間面ではさらなる改善が必要であることが確認できた。

エコアールでは搬送ラインの改造による作業効率の改善や、手選別作業員が手選別工程専任の作業員とするのではなく、手が空いた時間に他作業を着手することで 1 台当たりの生産性向上にも取り組んでいる。こうした取り組みも含めてニブラ+二軸方式の生産性をさらに改善させたい。

・軽自動車

表 2.16.車格別作業時間と銅部品回収重量（軽自動車）



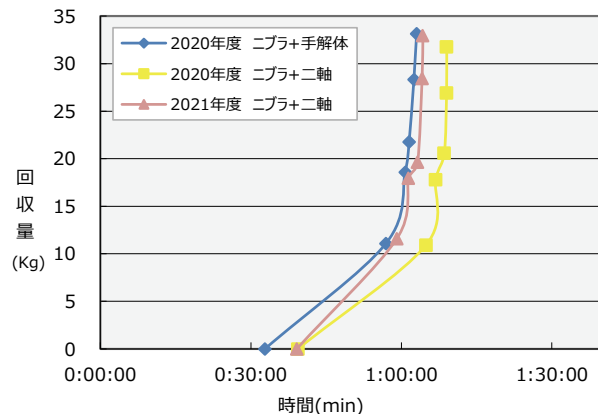
	軽自動車											
	2020年度 ニブラ+手解体				2020年度 ニブラ+二軸				2021年度 ニブラ+二軸			
	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)
その他	32:52	0:32:52	—	0.00	33:18	0:33:18	—	0.00	33:01	0:33:01	—	0.00
W/H	19:25	0:52:17	11.4	11.4	17:37	0:50:55	11.36	11.4	11:19	0:44:20	11.9	11.9
モーター類	02:18	0:54:36	5.9	17.2	02:27	0:53:22	6.51	17.9	03:18	0:47:38	5.9	17.8
コンピュータ・基板類	00:20	0:54:56	2.2	19.5	00:53	0:54:15	2.03	19.9	01:09	0:48:47	1.3	19.1
アルミ	00:15	0:55:10	4.7	24.2	00:17	0:54:32	5.40	25.3	00:14	0:49:01	5.5	24.6
その他銅部品	00:49	0:56:00	4.8	29.0	00:00	0:54:32	3.56	28.9	00:06	0:49:07	3.2	27.9

図 2.33.車格別作業時間と銅部品回収重量（軽自動車）

出所：矢野経済研究所

・セダン中型

表 2.17.車格別作業時間と銅部品回収重量（セダン中型）



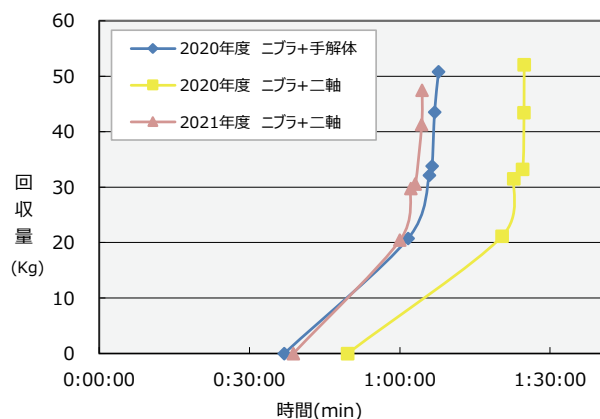
	セダン中型											
	2020年度 ニブラ+手解体				2020年度 ニブラ+二軸				2021年度 ニブラ+二軸			
	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)
その他	32:50	0:32:50	—	0.00	39:22	0:39:22	—	0.00	39:07	0:39:07	—	0.00
W/H	24:06	0:56:56	11.1	11.1	25:31	1:04:53	10.92	10.9	19:57	0:59:05	11.6	11.6
モーター類	03:50	1:00:46	7.5	18.6	01:57	1:06:50	6.91	17.8	02:20	1:01:25	6.4	17.9
コンピュータ・基板類	00:48	1:01:34	3.2	21.8	01:42	1:08:31	2.79	20.6	01:47	1:03:12	1.7	19.6
アルミ	00:57	1:02:31	6.6	28.3	00:27	1:08:58	6.32	26.9	00:54	1:04:06	8.8	28.5
その他銅部品	00:32	1:03:03	4.8	33.1	00:02	1:09:00	4.86	31.8	00:09	1:04:15	4.5	33.0

図 2.34.車格別作業時間と銅部品回収重量（セダン中型）

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

表 2.18 車格別作業時間と銅部品回収重量（ワンボックス）



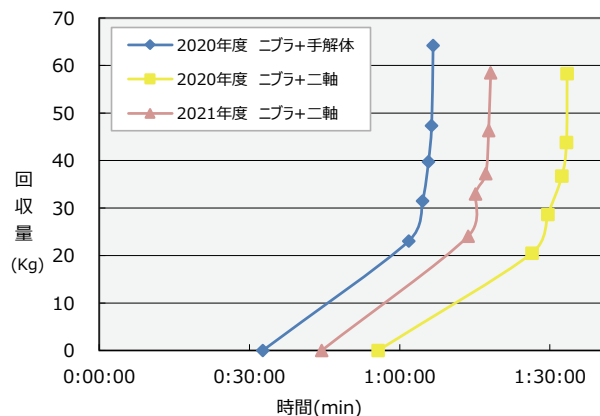
	ワンボックス											
	2020年度 ニブラ+手解体				2020年度 ニブラ+二軸				2021年度 ニブラ+二軸			
	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)
その他	36:59	0:36:59	—	0.00	49:34	0:49:34	—	0.00	38:46	0:38:46	—	0.00
W/H	24:42	1:01:41	20.8	20.8	30:50	1:20:24	21.14	21.1	21:17	1:00:02	20.5	20.5
モーター類	04:16	1:05:56	11.4	32.2	02:24	1:22:47	10.36	31.5	02:10	1:02:12	9.3	29.8
コンピュータ・基板類	00:32	1:06:29	1.6	33.8	01:43	1:24:30	1.70	33.2	00:55	1:03:07	0.8	30.6
アルミ	00:29	1:06:58	9.7	43.5	00:17	1:24:47	10.26	43.5	01:15	1:04:22	10.7	41.3
その他銅部品	00:47	1:07:45	7.3	50.8	00:02	1:24:49	8.64	52.1	00:06	1:04:28	6.2	47.5

図 2.35.車格別作業時間と銅部品回収重量（ワンボックス）

出所：矢野経済研究所

・セダン大型

表 2.19.車格別作業時間と銅部品回収重量（セダン大型）



	セダン大型											
	2020年度 ニブラ+手解体				2020年度 ニブラ+二軸				2021年度 ニブラ+二軸			
	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)	作業時間 (min)	作業時間累計 (min)	回収量 (kg)	回収量累計 (kg)
その他	32:41	0:32:41	—	0.00	55:42	0:55:42	—	0.00	44:28	0:44:28	—	0.00
W/H	29:08	1:01:50	23.1	23.1	30:43	1:26:25	20.53	20.5	29:14	1:13:43	24.1	24.1
モーター類	02:44	1:04:33	8.4	31.5	03:11	1:29:36	8.16	28.7	01:27	1:15:10	8.9	33.0
コンピュータ・基板類	01:12	1:05:45	8.3	39.8	02:48	1:32:24	8.06	36.7	02:03	1:17:13	4.3	37.3
アルミ	00:38	1:06:23	7.5	47.3	00:54	1:33:18	7.07	43.8	00:34	1:17:47	9.1	46.3
その他銅部品	00:18	1:06:41	16.9	64.2	00:08	1:33:27	14.52	58.3	00:24	1:18:11	12.2	58.5

図 2.36.車格別作業時間と銅部品回収重量（セダン大型）

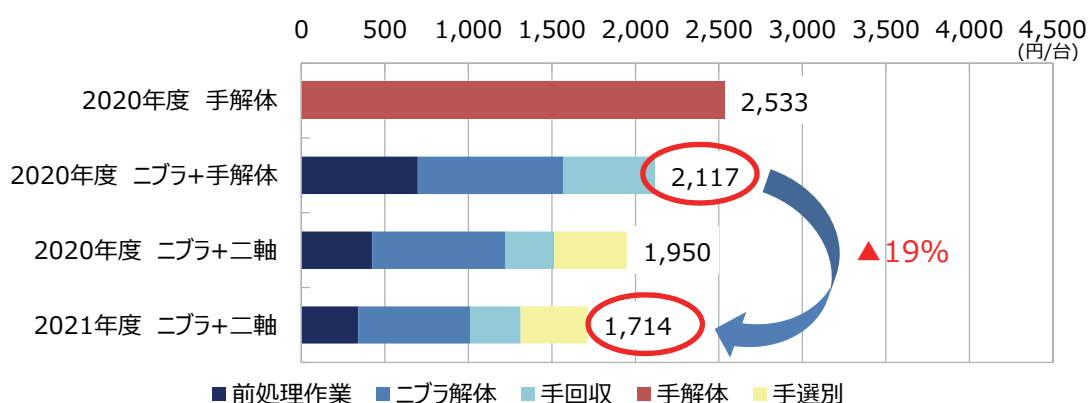
出所：矢野経済研究所

(5) コスト試算

方式別に解体作業に関わるコスト試算を実施した。人件費単価は毎月勤労統計調査 令和3年10月分結果確報（建設業・一般労働者及びパートタイム労働者）を参考とし、一般労働者の単価は福利厚生費（×1.3）を含めて算出した。このうち、ニブラ+二軸方式の手選別工程の作業員は誰もが作業可能なためパートタイム労働者を想定した。福利厚生費（×1.3）を含めた一般労働者の1時間当たりの単価は2,814.2335円、パートタイム労働者は1,261.584円である²。

全車両における全部利用プレス1台当たりの作業員コスト試算の結果を図2.37に示す。試算結果から、最も作業員コストが安価なのは2021年度ニブラ+二軸方式（1,714円/台）で、次いで2020年度ニブラ+二軸方式（1,950円/台）、2020年度ニブラ+手解体方式（2,117円/台）、2020年度手解体方式（2,533円/台）となった。

ニブラ+二軸方式は手選別工程の作業員単価がパートタイム労働者単価であるためコスト面で優位であったが、作業フロー改善によって作業時間短縮を実現できたためさらにコストメリットが生じた。これにより、2020年度ニブラ+手解体方式と比較すると、2021年度ニブラ+二軸方式は19%のコストダウンを実現した。本実証事業実施前の目標として従来方式と比べて10%のコストダウンを掲げたが、目標を上回る成果を残すことができた。



	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手解体	手選別	合計
2020年度 手解体				2,533		2,533
2020年度 ニブラ+手解体	698	871	548			2,117
2020年度 ニブラ+二軸	425	797	292		436	1,950
2021年度 ニブラ+二軸	340	670	304		401	1,714

図 2.37.全部利用プレス1台当たりの作業員コスト試算（全車両平均）

出所：矢野経済研究所

² 解体作業者の作業費は厚生労働省大臣官房統計情報部雇用・賃金福祉統計課「毎月勤労統計調査年報（令和3年10月分結果確報）」（建設業・一般労働者及びパートタイム労働者）を参考に算出した。

車格別の作業員コストを図 2.38 に示す。

2020 年度はニブラ+二軸方式はセダン大型以外を除く車格で最も作業コストが安い方式であったが、作業フローの改善によって作業時間を削減したことで 2021 年度ニブラ+二軸方式は全ての車格で最も作業コストが安価となった。

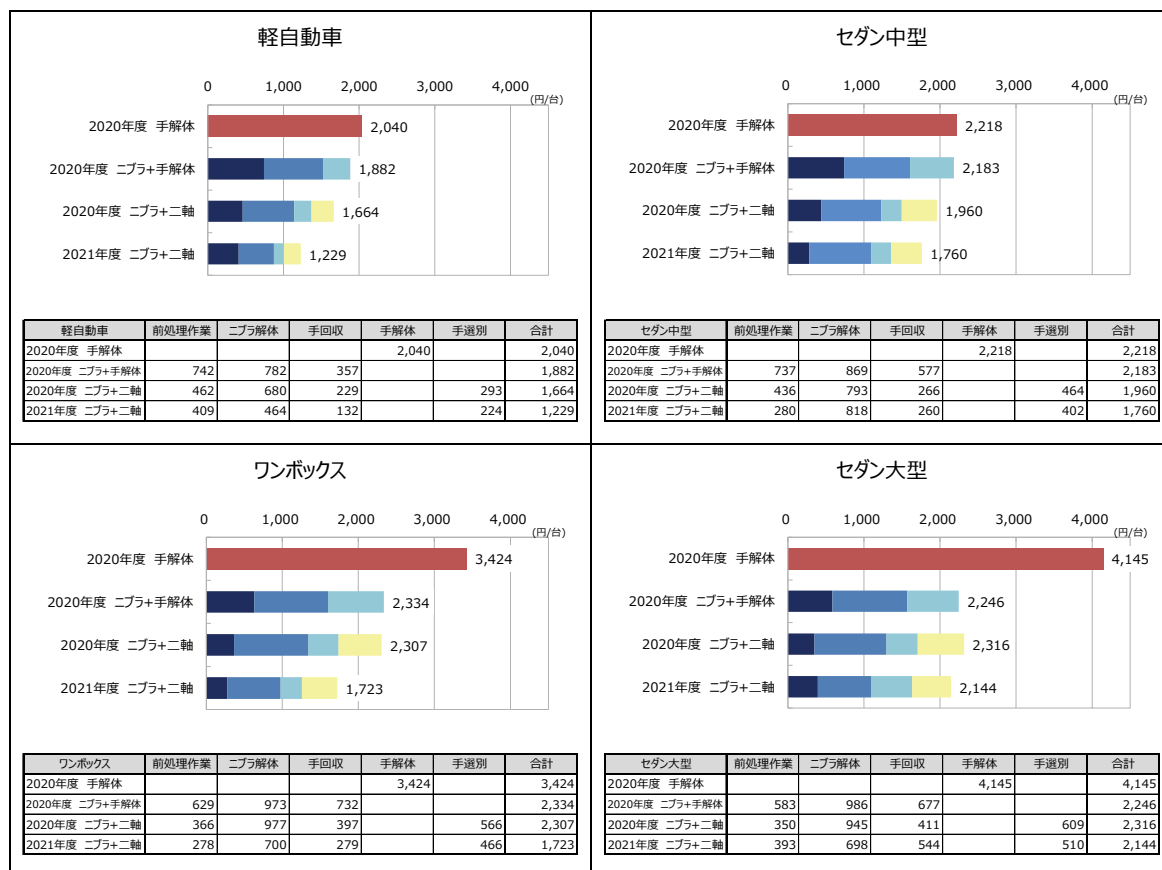


図 2.38.全部利用プレス 1 台当たりの作業員コスト試算（車格別平均）

出所：矢野経済研究所

2.1.4. 全部再資源化事業者のニーズに合致した二軸前処理装置の検討

全部再資源化の普及において銅部品回収の簡便さと人材確保の二点が大きな課題となっている。解体車両においても、スライドドアやシートモーターを搭載する車両が増えていることや、自動車に搭載される電装部品の増加によって作業工数を要する状況となっている。二軸前処理装置はこうした課題の中で、銅部品回収の作業負荷を軽減し全部再資源化の普及をサポートする設備である。

2020 年度実証事業において、全部再資源化事業者が二軸前処理装置に求めるニーズの検討を行った。全部再資源化事業者はニブラ+手解体方式、手解体方式いずれも作業負荷が高い①ドア、②ダッシュボード、③電動シートの処理にかかる作業負荷軽減に対する要望があることを確認できている。

エコアルが導入した二軸前処理装置は投入材（二軸前処理装置に投入する部品）のサイズ等に関する制限はないが、比較的大型設備のため広い設置面積を必要とすることに加えてイニシャルコストも高い。そのため、先に示した作業負荷の高い部品①～③を処理することが可能で、自動車解体業界において二軸前処理装置を広く普及させることを目的とした「中型タイプ」と「小型タイプ」の 2 仕様を作成した。

なお、「中型タイプ」「小型タイプ」は二軸前処理装置でのほぐし後に手選別工程の導入を必須としているが、労働者人口の減少や人材費用の上昇等から、将来的には手選別工程をなくし自動ピッキング工程を導入する「無人選別化タイプ」に対する需要も高まると考えられる。「無人選別化タイプ」の実現には、磁力選別や風力選別等のほか、銅部品を特定し回収するための選別工程も必要となる。本実証事業では選別工程の無人化対応を見据え、銅部品の回収のため X 線装置の活用と AI による画像識別によって特定する取り組みも実施し、「2.1.5(5)自動選別に向けた検討（X 線装置）」にて記述している。

(1) 仕様作成における設計思想

① ディスク刃仕様の作成

・ 刃物仕様の検討

二軸前処理装置の処理能力は搭載されるディスク刃のサイズやその刃幅寸法によって大きく異なる。そのためウエノテックスが所有する二軸前処理装置のデモ機を用いてテスト機のディスク刃で自動車部品をほぐした場合に処理することが可能か、処理材がどのような形状で排出されるか確認するための試験を実施した。試験結果を図 2.39、図 2.40 に示す。

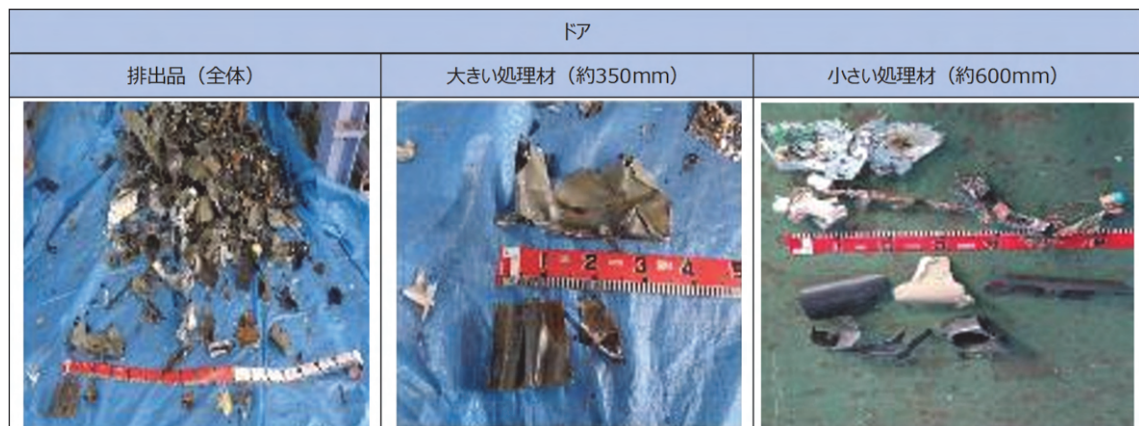


図 2.39.ほぐし試験結果（ドア）

出所：ウエノテックス



図 2.40.ほぐし試験結果（ダッシュボード）

出所：ウエノテックス

処理試験の結果から鉄を含むテスト機の仕様でダッシュボードをほぐし処理できること、処理材のサイズが約 300mm～600mm 程度であることが確認できた。

二軸前処理装置によってほぐし処理を行った処理材に関する検討は 2020 年度実証事業で実施している。ほぐし処理された処理材は後工程である手選別作業で銅部品等の回収対

象品を回収するが、処理材が細かすぎると作業負担が高くなる。そのため回収品が細切れにならないよう刃物を設計する必要がある。改良したディスク刃を図 2.41、図 2.42 に示す。

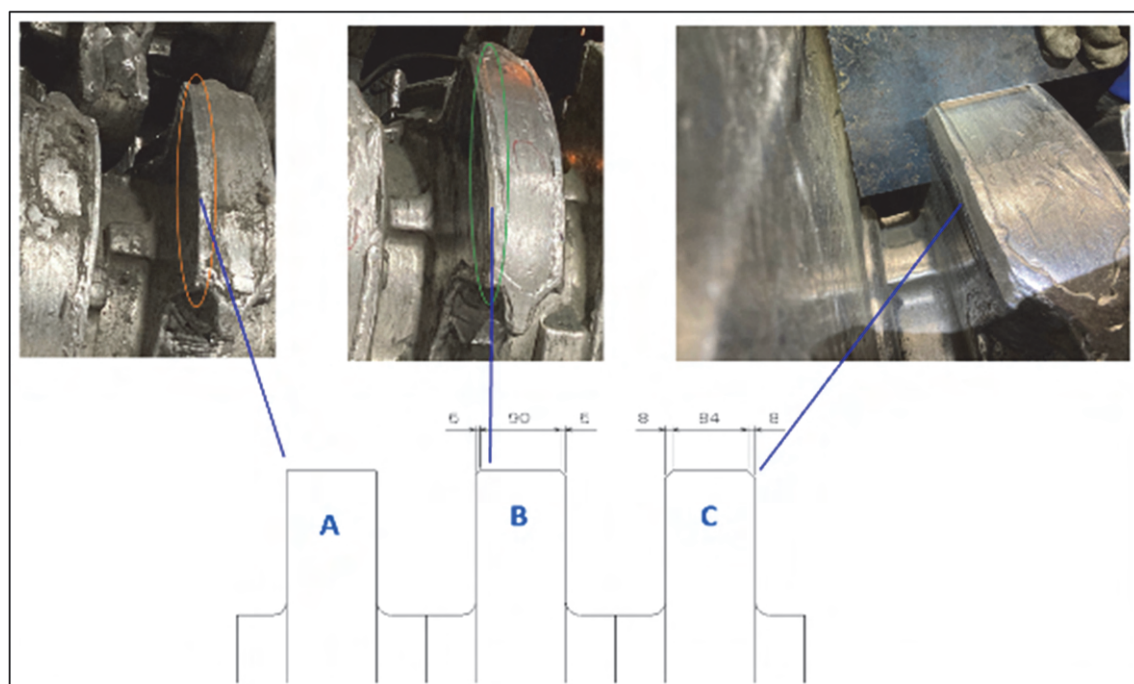


図 2.41.ディスク刃の改良 (1)

出所：ウエノテックス

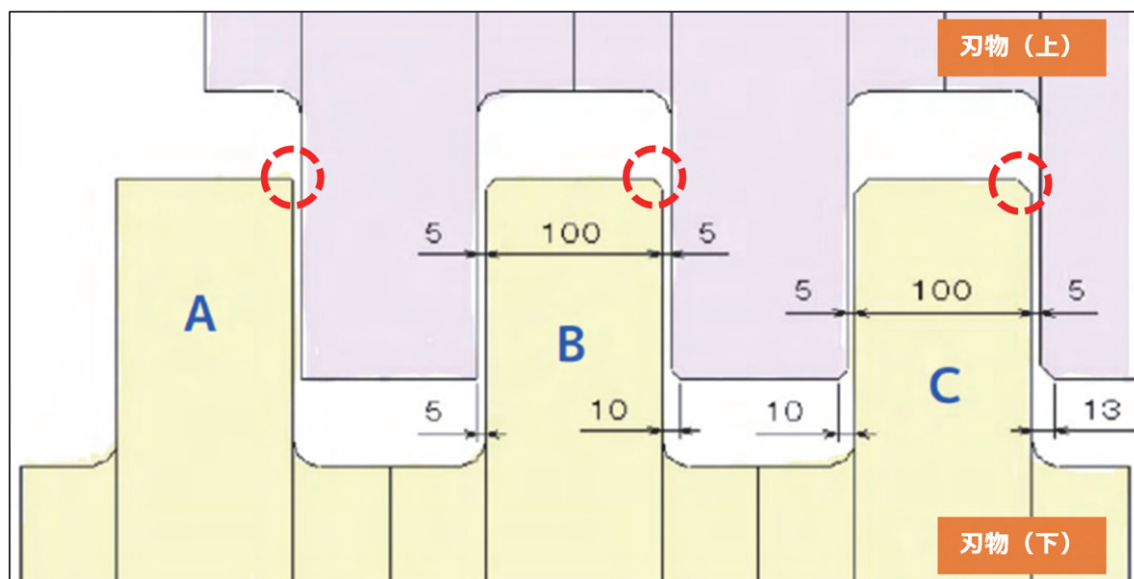


図 2.42.ディスク刃の改良 (2)

出所：ウエノテックス

ディスク刃 A はエコアール納入時、B は刃物を 5mm 削った状態、C は 8mm 削った状態を示している。A は刃の角が四角く鋭利な状態である。対して B 及び C はディスク刃を削り、刃幅を広く確保している。A の刃物は投入材をせん断するような状態で処理するため処理材が細かすぎる状態になっていたが、B 及び C に改良したことで処理材が改良前より大きなサイズで排出されることが確認できた。これはディスク刃の角を削ったことで切れ味を悪くし、処理材を引きちぎるような処理となったことによるものと推定した。これらの結果からディスク刃の切り取る部分の大きさ（体積）によって処理材の排出サイズがある程度決まると推定（処理される条件によってそれぞれ異なるため排出サイズは同一にはならない）し、手選別作業に適した処理材となるよう仕様設計を行った。設計した刃物の立体図を図 2.43、図 2.44、平面図を図 2.45、図 2.46 に示す。

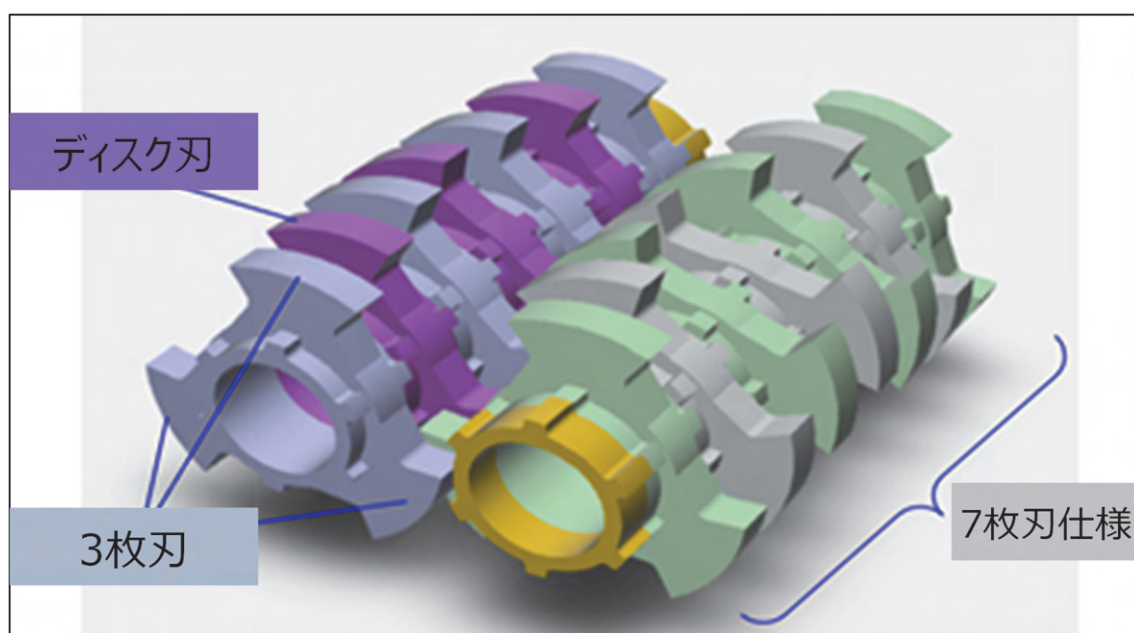


図 2.43.ディスク刃図面（1）

出所：ウエノテックス

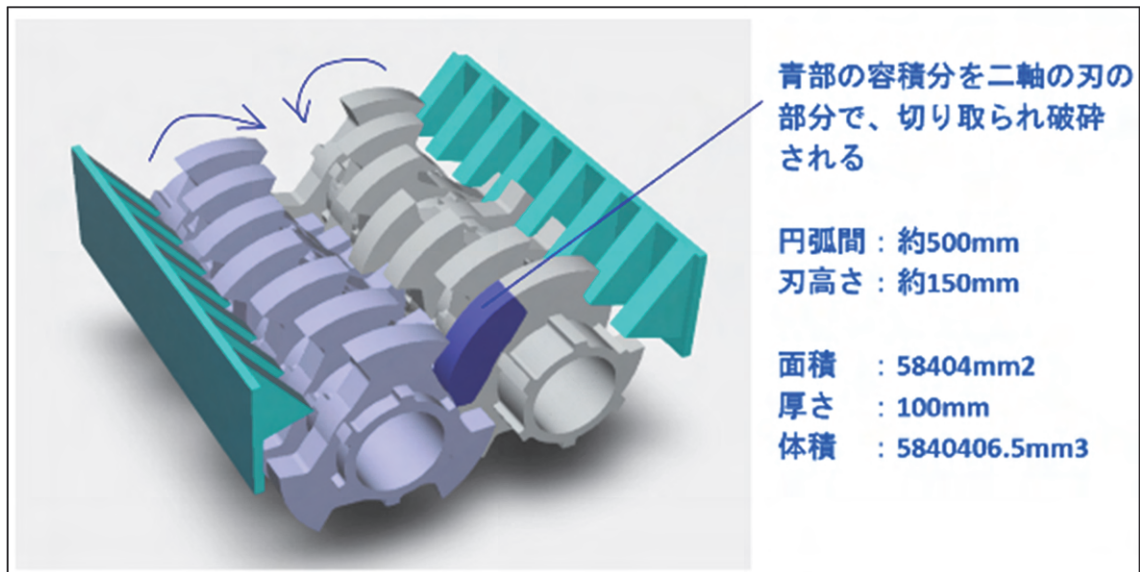


図 2.44.ディスク刃図面 (2)

出所：ウエノテックス

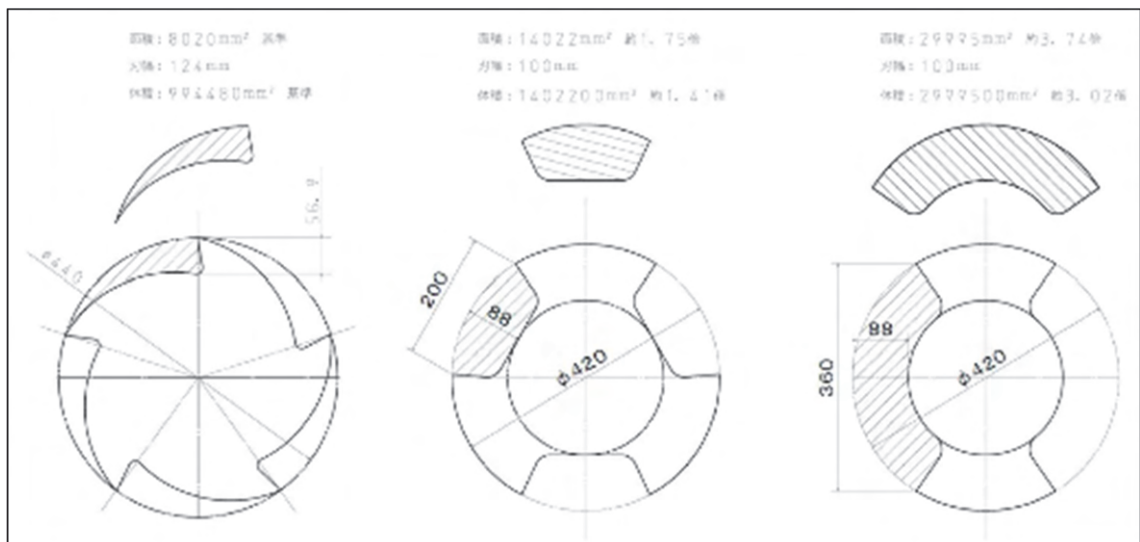


図 2.45.ディスク刃図面 (3)

出所：ウエノテックス

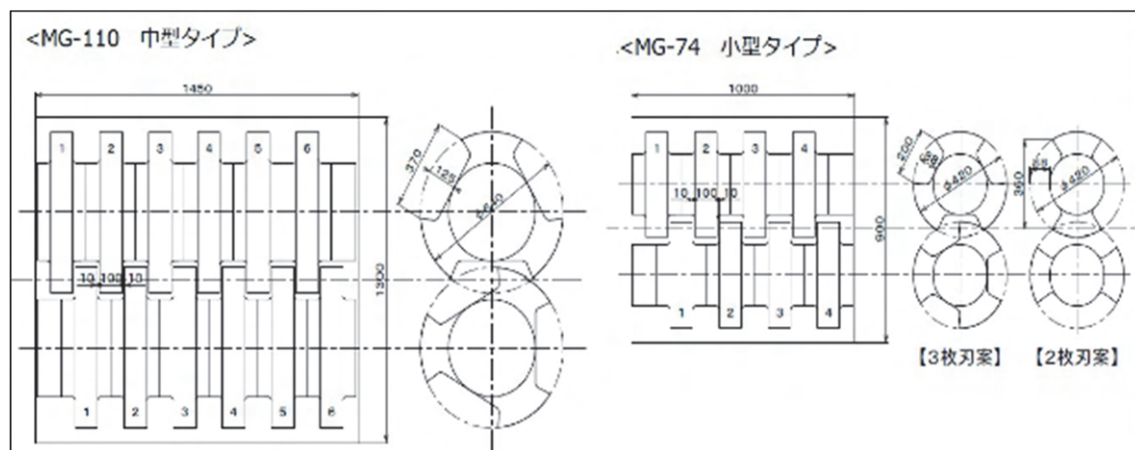


図 2.46.ディスク刃図面 (4)

出所：ウエノテックス

ディスク刃の断面図を図 2.47 に示す。図中の「※」で示す斜線部は改良結果を踏まえて最適な刃幅寸法を検討している。

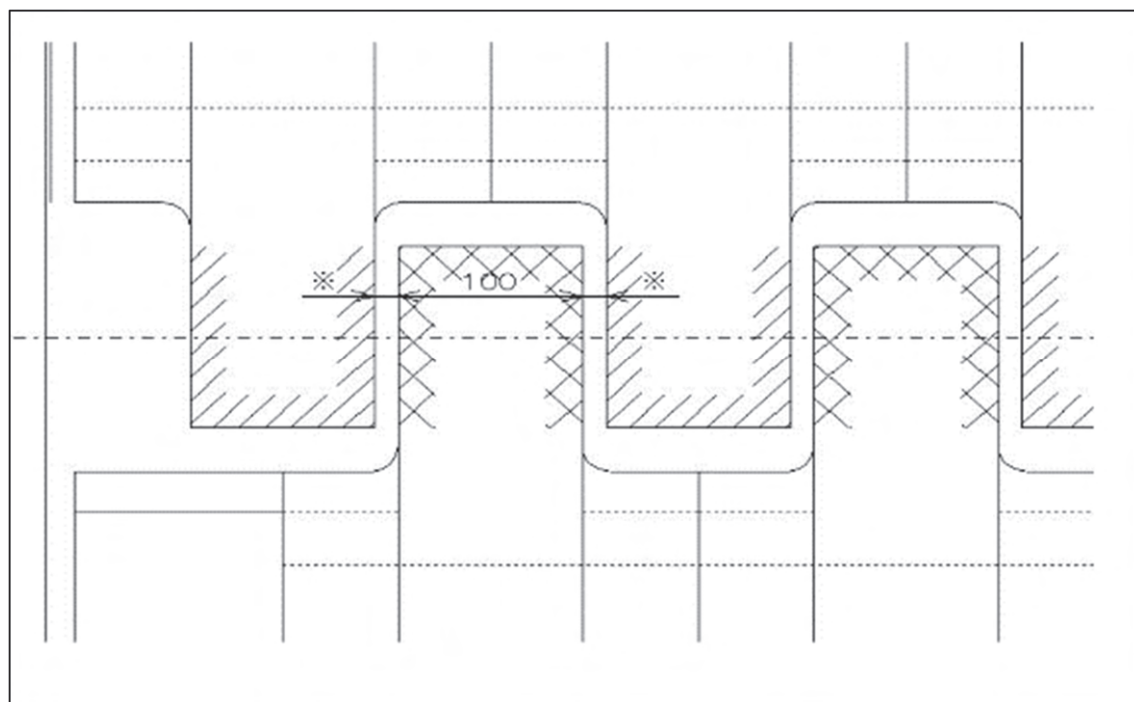


図 2.47.ディスク刃断面図

出所：ウエノテックス

② レイアウト

先述の通りエコアールに導入した二軸前処理装置は比較的大型設備であるため、全部再資源化事業者への普及を考慮した設備サイズとなるよう検討した。

エコアールでは手選別コンベアを 2 階に設置している。そのため排出された処理材は搬送コンベアによって上昇させるようにして搬送している。しかし、このレイアウトはより広い設置スペースと手選別室の設置が必要になる（エコアールはニブラ解体の作業場の近くで手選別作業をする必要があったため、安全性を確保するために手選別室を設置している）。本仕様では必要最小限のスペースとするために処理材を受けるシューターから平行に処理材を搬送するレイアウトを採用した。

検討した設備の立体図を図 2.48、図 2.49 に示す。

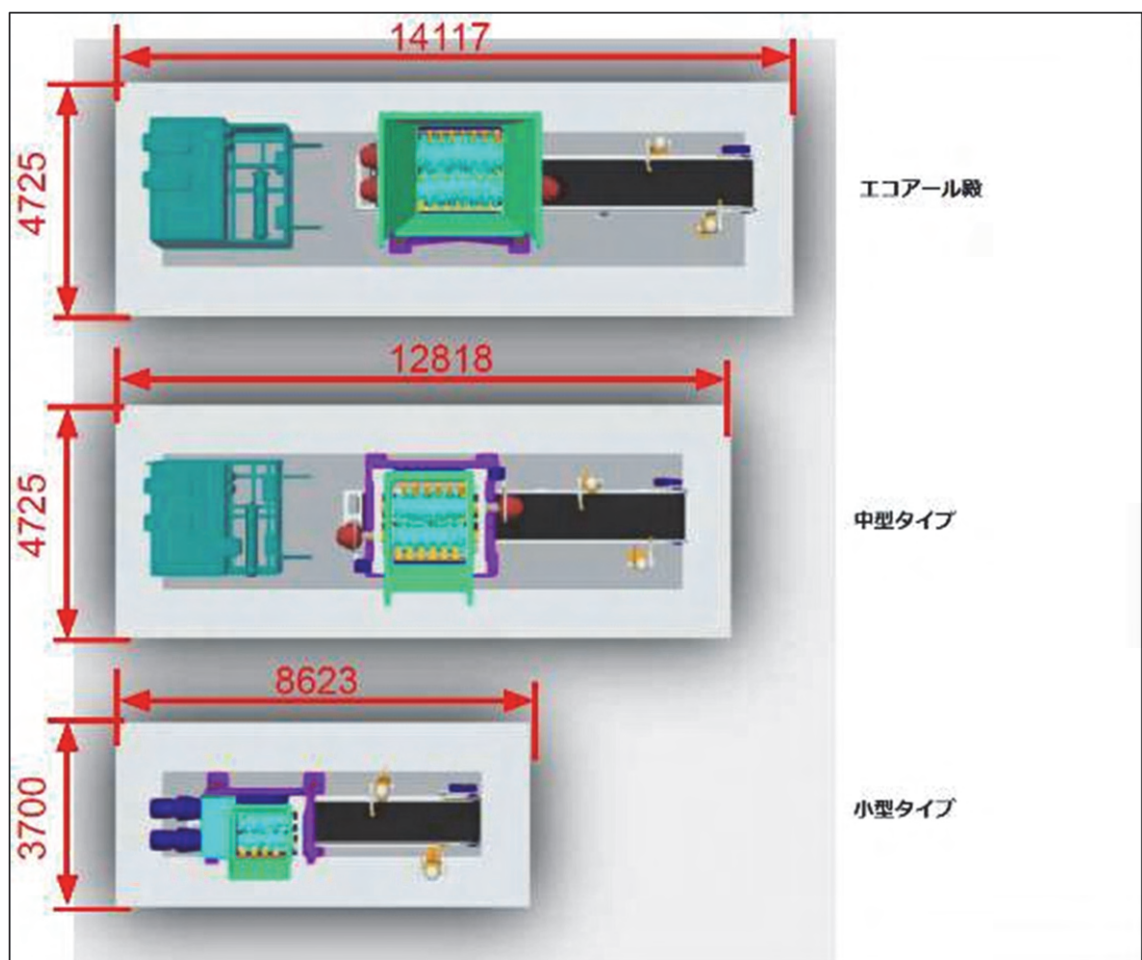


図 2.48.レイアウト図 (1)

出所：ウエノテックス

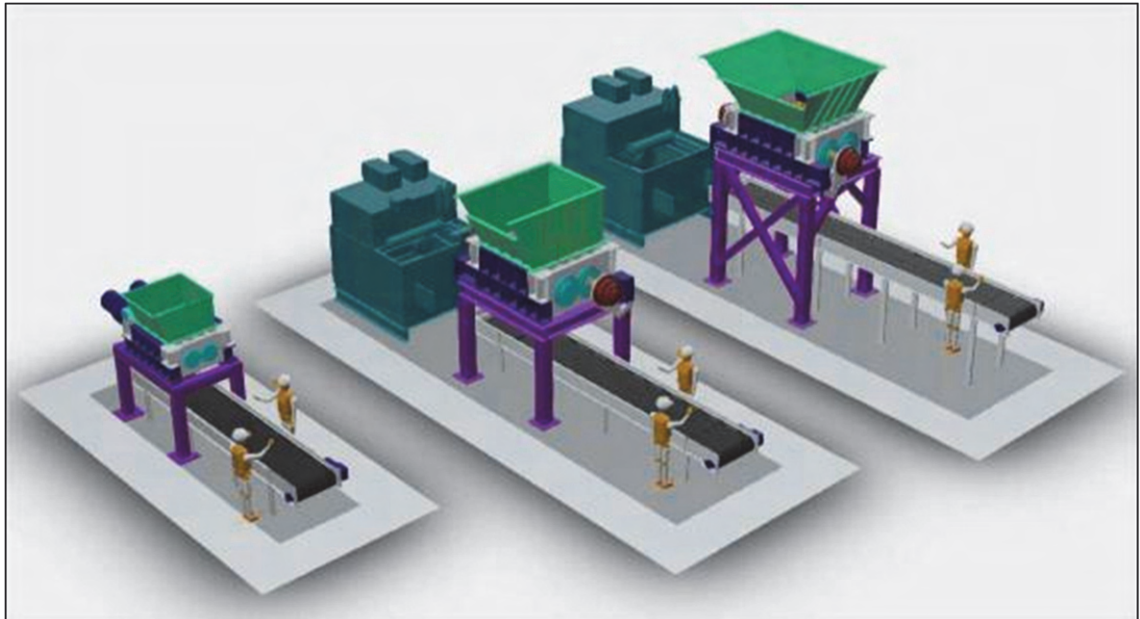


図 2.49.レイアウト図 (2)

出所：ウエノテックス

③ 処理能力

処理能力は投入材や頻度等の使用条件によって変化するため想定される処理能力を設定し算出した。処理条件及び処理能力を表 2.20 に示す。

表 2.20.処理条件、能力

項目	エコアル設置	中型タイプ	小型タイプ
ほぐし処理物	・タッチボード ・ドア ・リアゲート ・スライドドア ・電動シート		・タッチボード ・スライドドア ・電動シート 切断により投入可能 ・ドア ・リアゲート
最大投入重量	約150kg	約80kg	約50kg
投入物見掛比重	0.08～0.15t/m程度		
前提条件	一次解体されていること		
大きさ	1,600mm以下	1,350mm以下	900mm以下
状態	非圧縮品		
温度	常温		
水分	なし		
排出粒度	約300～500mm程度	約200～400mm程度	約70～200mm程度
処理能力	20秒に1回、40kgを投入可とする 7.2t/h (3600/20×40=7200kg/h)	40秒に1回、40kgを投入可とする 3.6t/h (3600/40×40=3600kg/h)	120秒に1回、40kgを投入可とする 1.2t/h (3600/120×40=1200kg/h)
投入方法	ニブラ	ニブラorフォークリフト	ニブラorフォークリフト
排出方法	手選別コンベア直結排出	手選別コンベア直結排出	手選別コンベア直結排出

出所：ウエノテックス

④ 機器仕様一覧

検討した機器仕様を表 2.21 に示す。

表 2.21.機器仕様一覧

	項目	エコール設置	中型タイプ	小型タイプ
装置 本体 仕様	型式（ウエノテックス呼称）	MG-150	MG-110	MG-74
	機体重量	約34ton	約30ton	
	機械室大きさ	1,700×1,600mm	1,450×1300mm	1,000×900mm
	主動力	75kw×2 = 150kw	55kw×2 = 110kw	37kw×2 = 74kw
	ディスク径	φ776	φ640	φ420
	ディスク幅	100mm	100mm	100mm
	枚数（片軸）	7枚	6枚	4枚
	刃物クリアランス	5mm（改造し9mmへ）	10mm	10mm
	回転数	8.3～16.7rpm	18.2rpm	19.7rpm
	投入高さ※	4,575mm	3,575mm	2,673mm
	駆動方式	油圧駆動	油圧駆動	電動駆動
	正逆切替	可	可	不可
油圧 ユニット	油圧ユニット重量	8000kg	7500kg	該当なし
	作動油タンク容量	1950L	1950L	該当なし
コンベア	型式	平ベルトコンベヤ	平ベルトコンベヤ	平ベルトコンベヤ
	機体（予備）寸法	W900×8,000L	W900×7,000L	W800×6,000L
	主動力	2.2kw	2.2kw	1.5kw

出所：ウエノテックス

⑤ 二軸前処理装置の価格

エコアールが自身の負担にて導入した二軸前処理装置は中古機で1億円の費用であった。本来、エコアールが保有している装置を新型機として導入すると2億円の価格となる。

全部再資源化事業者にとってイニシャルコスト1億円は非常に高いため、同価格での二軸前処理装置の普及促進はハードルが高い。そのため、二軸前処理装置の小型化の追求により、1台3,000万円の価格帯を目指した。しかし、刃物や電動モーターなどの部品が高額であるため、今回の実証事業で検討した結果、小型タイプの価格は1台4,000万円程度となった。また、小型タイプ以上にフレキシビリティの高い中型タイプは刃物枚数の増加や油圧モーターの使用等によりさらに価格も高くなる。エコアールでの導入費用ほどではないが、それでも新型機で8,000万円程度の価格になる。なお、これらは二軸前処理装置としての価格となるため、コンベアなどは別途導入する必要がある（コンベア設備価格：300～500万円）。

しかしながら本価格は目安であり、複数の設備メーカーから同仕様で相見積もりを取るなど、設備コストの低減を図ることは可能ではないかと推察する。

2.1.5. 全部利用プレス品質評価

(1) 回収品の性状確認

① 実施方法の概要

回収品の性状確認では、「2.1.3 作業時間計測及びコスト試算」で実施した作業時間、銅部品重量の測定とは別に、本実証の全部再資源化工程フローではなく、解体事業者が実施する通常のフローで作業時間、銅部品重量測定を実施する。

実施台数は4台（表 2.22 に示す2車種×各2台）とした。なお、作業時間及び銅部品重量の測定方法については、「2.1.3 作業時間計測及びコスト試算」と同様である。

表 2.22.回収品の性状確認の実施対象車種

車格	ワンボックス	セダン大型
実施台数	2台	2台
車両写真		
メーカー	トヨタ	トヨタ
車両名称	ヴォクシー	クラウン
車両型式	AZR60G	GRS180
車両重量(kg)	1,480	1,550
全長×全幅×全高	4,560×1,695×1,850mm	4,840×1,780×1,470mm
乗員定員(人)	8	5
駆動方式	FF	FR
備考	スライドドア（5ドア）	電動パワーシート

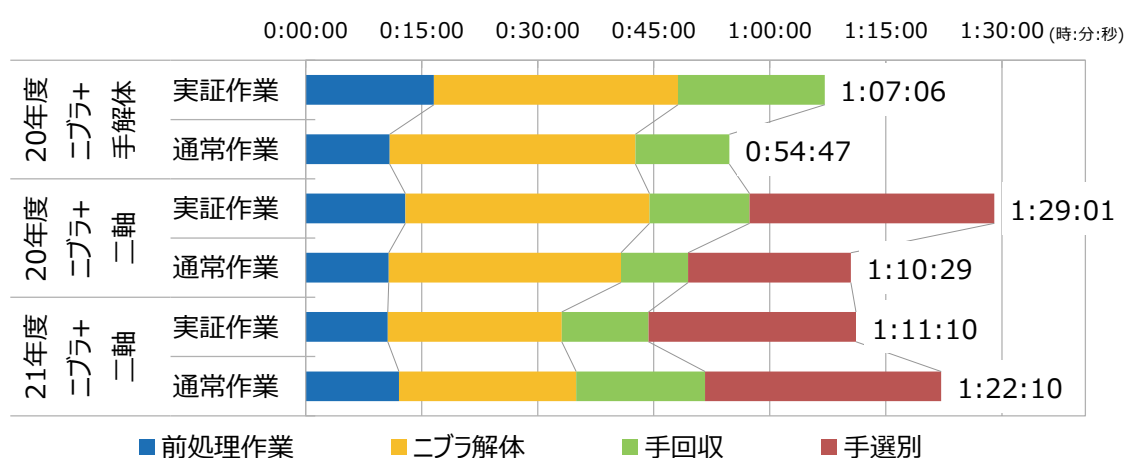
出所：矢野経済研究所

② 実施結果

・作業時間（車格×作業工程）

実証作業とは「2.1.3.作業時間計測及びコスト試算」で実施した作業を指し、性状確認で実施した作業（エコアールにおける通常の作業フロー）を通常作業と呼称する。

2020年度の性状確認結果はニブラ+手解体方式、ニブラ+二軸方式ともに実証作業より通常作業の作業時間の方が短い結果であった。一方、2021年度に実施した性状確認の結果、実証作業の方が通常作業より11分短い結果となった。実証作業は回収部品や部品取り項目を指定するといった制限を付けているが、通常作業はこうした条件がないため、他の作業も実施した結果、時間を要したものと推測する。



		前処理作業	ニブラ解体	手回収	手選別	合計
2020年度 ニブラ+手解体	実証作業	16:35	31:33	18:57		1:07:06
	通常作業	10:53	31:45	12:09		0:54:47
2020年度 ニブラ+二軸	実証作業	12:53	31:33	12:57	31:37	1:29:01
	通常作業	10:46	30:00	08:40	21:03	1:10:29
2021年度 ニブラ+二軸	実証作業	10:37	22:30	11:13	26:49	1:11:10
	通常作業	12:04	22:55	16:38	30:33	1:22:10

図 2.50.性状確認・作業工程別平均作業時間（全体）

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

ワンボックスの作業工程別平均作業時間を図 2.51 に示す。2021 年度計測結果を見ると実証作業は通常作業より 11 分作業時間が短い結果となった。2021 年度計測結果の通常作業と 2020 年度ニブラ+二軸方式の通常作業の比較では、2021 年度計測結果の通常作業の作業時間が 12 分 24 秒長い結果となった。

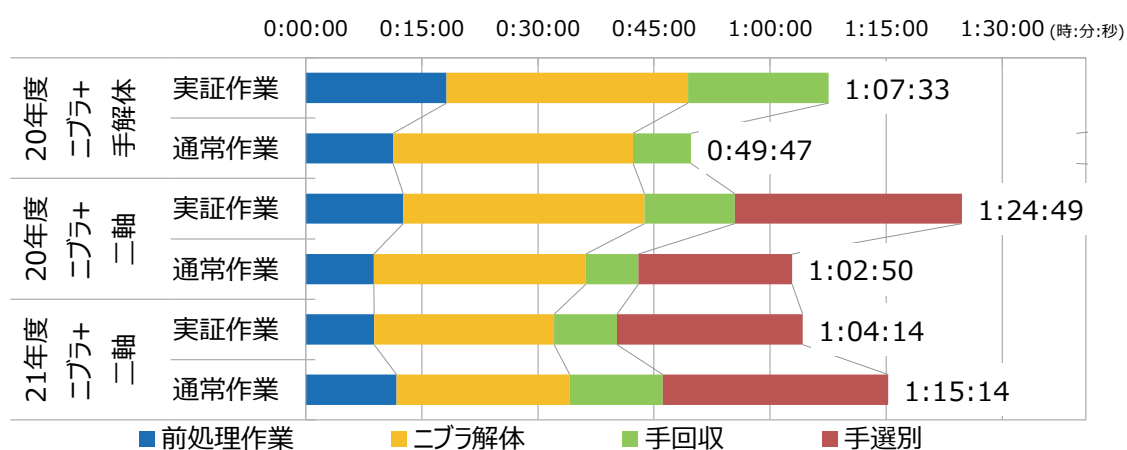


図 2.51. 性状確認・作業工程別平均作業時間 (ワンボックス)

出所：矢野経済研究所

・セダン大型

セダン大型の作業工程別平均作業時間を図 2.52 に示す。2021 年度計測結果を見ると実証作業は通常作業より 11 分作業時間が短い結果となった。2021 年度計測結果の通常作業と 2020 年度ニブラ+二軸方式の通常作業の比較では、2021 年度計測結果の実証作業の作業時間が 10 分 58 秒長い結果となった。

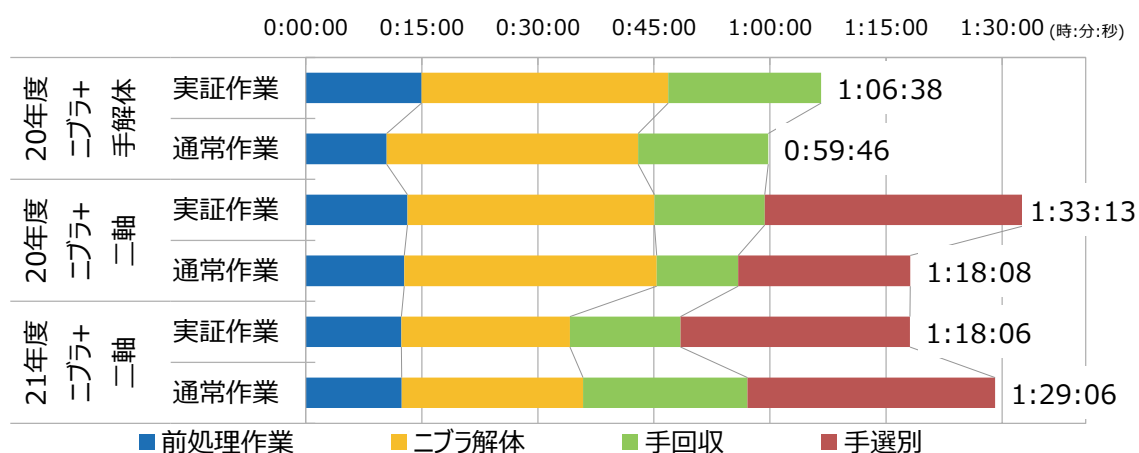
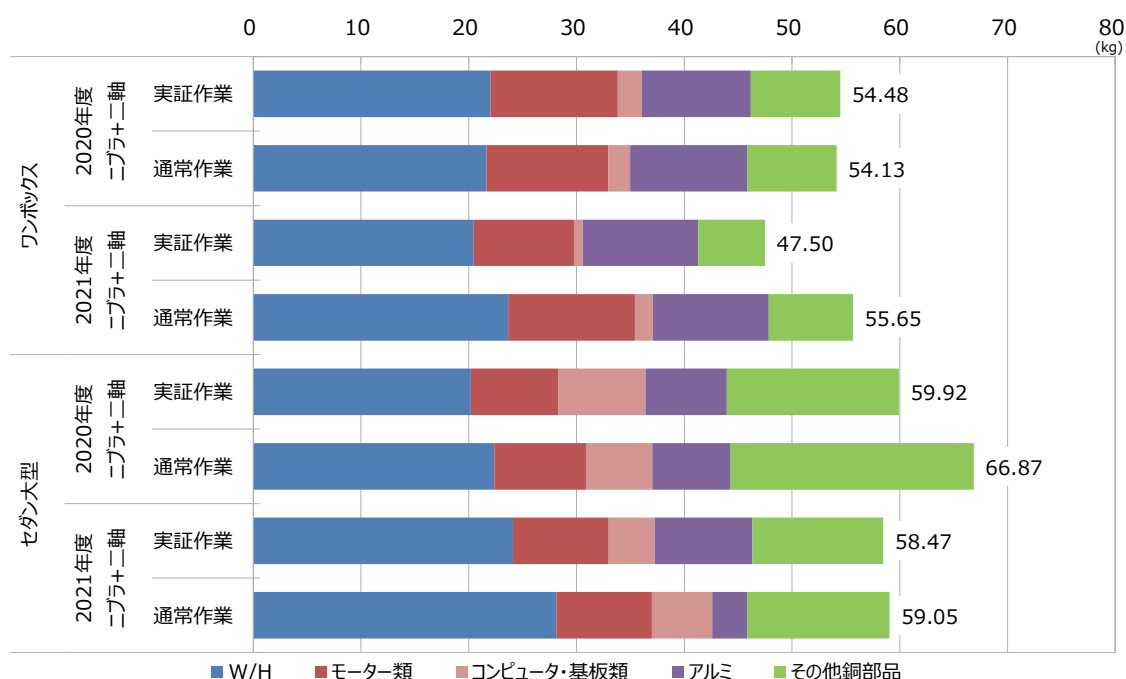


図 2.52. 性状確認・作業工程別平均作業時間（セダン大型）

出所：矢野経済研究所

・銅部品回収重量測定結果

銅部品回収重量測定結果を示す。2021年度測定結果を見ると2車格ともに通常作業の銅部品回収重量の方がわずかながら多かった。これは通常作業は実証作業とは異なり部品取り品目等に制限がないため、銅部品以外も含め多くの回収品が発生し時間を要したと推測される。



車格	解体方式		W/H	モーター類	コンピュータ・基板類	アルミ	その他銅部品	銅部品合計
ワンボックス	2020年度 ニブラ+二軸	実証作業	22.01	11.82	2.23	10.12	8.30	54.48
		通常作業	21.64	11.30	2.04	10.90	8.25	54.13
	2021年度 ニブラ+二軸	実証作業	20.46	9.31	0.83	10.71	6.20	47.50
		通常作業	23.65	11.76	1.69	10.74	7.81	55.65
セダン大型	2020年度 ニブラ+二軸	実証作業	20.19	8.10	8.12	7.54	15.97	59.92
		通常作業	22.35	8.52	6.19	7.25	22.57	66.87
	2021年度 ニブラ+二軸	実証作業	24.10	8.90	4.25	9.06	12.16	58.47
		通常作業	28.13	8.87	5.60	3.27	13.18	59.05

図 2.53.銅部品回収重量測定結果（性状確認）

出所：矢野経済研究所

(2) 全部利用プレスの溶解後成分実態の把握

全部再資源化の普及拡大は、全部利用プレスに含まれる銅含有率が 0.3%以下を達成していることが前提となる。全部利用者は全部利用プレスの活用時に銅含有率について確認しているが、全部利用プレスの溶解成分実態は公になっていないことがほとんどである。そのため本実証事業において生産された全部利用プレスを溶解しその成分を調査するとともに、結果について全部利用者（電炉メーカー）にヒアリングを実施した。

① 実施車両

溶解試験の実施車両を表 2.23 に示す。対象車両は軽自動車 1 台、セダン大型 1 台とした。クラウンは 2013 年式の車両を選定している。現在、使用済自動車として市中回収の多いクラウンよりも多く銅部品を搭載している当該型式のクラウンで実施することで、将来的にも銅部品含有量の多い車両であっても対応できるかを確認している。軽自動車は近年スライドドアを有する軽自動車が増加していることから、スライドドアを搭載するピクシスメガを選定している。

表 2.23.溶解試験対象車両

車格	軽自動車	セダン大型
車両写真		
メーカー	トヨタ	トヨタ
車両名称	ピクシスメガ	クラウン
車両型式	LA700A	GRS210
車両重量(kg)	1,000	1,590
全長×全幅×全高	3,395×1,475×1,835mm	4,895×1,800×1,460mm
乗員定員(人)	4	5
駆動方式	FF	FR
備考	スライドドア（5ドア）	電動パワーシート

出所：矢野経済研究所

② 溶解試験

・概要

溶解試験の実施概要を表 2.24 に示す。エコアールにて対象車種 2 台を「表 2.2.ニブラ+二軸方式作業フロー」の作業手順で解体し、①鉄、②細かい鉄（手選別作業等で発生）、③取り残した銅部品、④解体くずに分別した。なお、溶解炉の容積が限られているため、樹脂類（ピラー、フロアマット、ウレタン等）は除去した。

表 2.24.溶解試験概要

項目		
① 解体		エコアールが「表 2.2.ニブラ+二軸方式作業フロー」で全部利用プレスの解体作業を実施 溶解炉の容積が限られているため、樹脂類は除去した
② 溶解試験 サンプルの作成	プレス前のサンプル作成 (プレス準備)	車体等の鉄部品は、ニブラ等を使用してプレスができるサイズに成型
	プレス	溶解炉に投入できるサイズまでプレス
③ 溶解		鉄（プレス）、細かい鉄、解体くず、銅部品を溶解し、成分分析用のサンプル（予備サンプルとしてインゴット）を作成
④ 成分分析		7元素（Fe、Cu、Ni、Cr、Mo、Sn、Zn）を分析

出所：矢野経済研究所

解体した①鉄をプレスして溶解試験サンプルを作成した。溶解試験サンプルの外観を図 2.54 に、溶解サンプルの寸法、重量一覧を表 2.25、表 2.26 に示す。

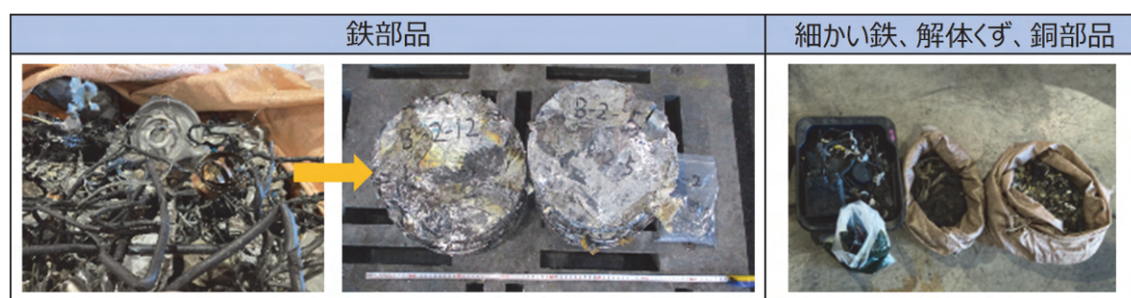


図 2.54.溶解試験サンプル（外観）

出所：矢野経済研究所

表 2.25.溶解サンプル寸法、重量（ピクシスメガ）

	チャージ	工程	サンプルNo.	形状 (mm)	重量 (kg)
ピクシス	1	初装	A-1-1	φ260×約155	82.1
			A-1-2	φ260×約120	
			A-1残	片、粉	0.2
			小計		82.2
		追装	A-2-1	φ260×約30	82.8
			A-2-2	φ260×約45	
			A-2-3	φ260×約45	
			A-2-4	φ260×約40	
			A-2-5	φ260×約25	
			A-2-6	φ260×約40	
			A-2-7	φ260×約30	
			A-2-8	φ260×約25	
			A-2-9	φ260×約45	
			A-2残	片、粉	0.1
			解体くず		4.8
			鉄 (小)		4.0
			銅部品		0.1
			小計		91.9
			合計		174.1
	2	初装	A-3-1	φ260×約155	84.3
			A-3-1	φ260×約125	
			A-3残	片、粉	0.1
			小計		84.4
		追装	A-4-1	φ260×約25	82.6
			A-4-2	φ260×約25	
			A-4-3	φ260×約35	
			A-4-4	φ260×約30	
			A-4-5	φ260×約30	
			A-4-6	φ260×約30	
			A-4-7	φ260×約35	
			A-4-8	φ260×約25	
			A-4-9	φ260×約30	
			A-4-10	φ260×約25	
			A-4-11	φ260×約25	
			A-4-12	φ260×約35	
			A-4残	片、粉	0.1
			解体くず		4.5
			鉄 (小)		4.3
			銅部品		0.1
			小計		91.6
			合計		176.0

※小数点以下の切り上げ、切り下げの調整のため、表記数値の合計が一致しない場合がある

出所：矢野経済研究所

表 2.26. 溶解サンプル寸法、重量（クラウン）

クラウン	チャージ	工程	サンプルNo.	形状 (mm)	重量 (kg)	
	1	初装	B-1-1	φ260×約160	89.3	
			B-1-2	φ260×約145		
			B-1残	片、粉	0.2	
			小計			89.5
		追装	B-2-1	φ260×約20	90.9	
			B-2-2	φ260×約30		
			B-2-3	φ260×約30		
			B-2-4	φ260×約25		
			B-2-5	φ260×約30		
			B-2-6	φ260×約30		
			B-2-7	φ260×約25		
			B-2-8	φ260×約30		
			B-2-9	φ260×約30		
			B-2-10	φ260×約35		
			B-2-11	φ260×約40		
			B-2-12	φ260×約35		
			B-2残	片、粉	0.4	
			解体くず			7.4
			鉄 (小)			14.5
			銅部品			0.3
			小計			113.5
			合計			203.0
2	初装	B-3-1	φ260×約155	89.5		
		B-3-1	φ260×約125			
		B-3残	片、粉	0.1		
		小計			89.6	
	追装	B-4-1	φ260×約20	91.3		
		B-4-2	φ260×約35			
		B-4-3	φ260×約35			
		B-4-4	φ260×約30			
		B-4-5	φ260×約30			
		B-4-6	φ260×約35			
		B-4-7	φ260×約30			
		B-4-8	φ260×約30			
		B-4-9	φ260×約30			
		B-4-10	φ260×約35			
		B-4-11	φ260×約30			
		B-4残	片、粉		0.4	
		解体くず			7.3	
		鉄 (小)			8.9	
		銅部品			0.3	
		小計			108.0	
		合計			197.6	

※小数点以下の切り上げ、切り下げの調整のため、表記数値の合計が一致しない場合がある

出所；矢野経済研究所

溶解試験は「300kg 大気溶解炉」で実施した。溶解試験は溶解炉に投入できる処理量に制限があるため、1 台分を 2 回に分けて溶解している。溶解試験の様子を図 2.55 に示す。

溶解した後はレードルで採取しサンプルを作成した。加えてインゴットも予備サンプルとして確保している。採取したサンプルを図 2.56 に示す。

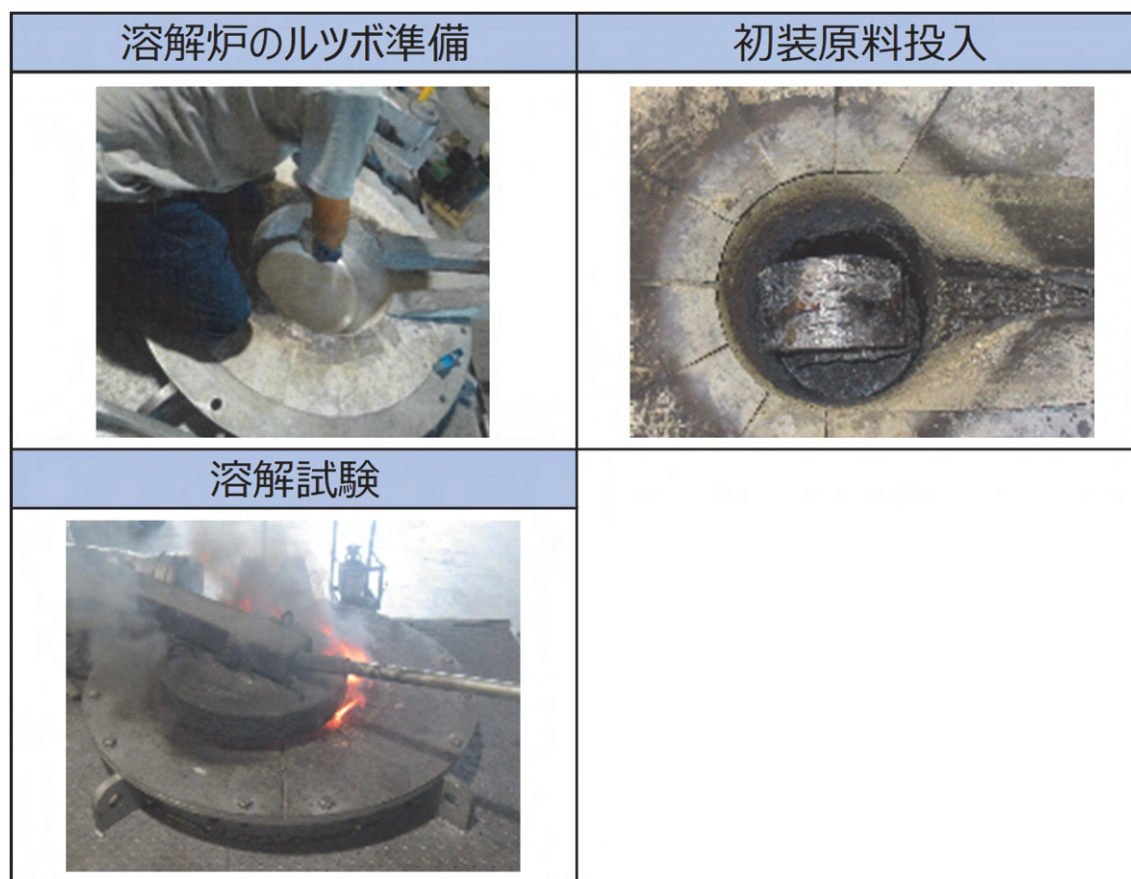


図 2.55.溶解試験

出所：矢野経済研究所

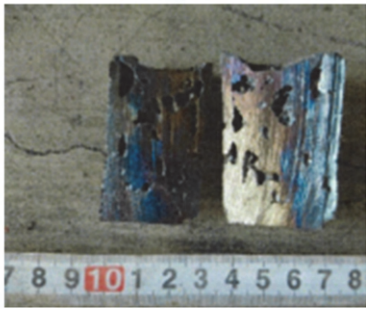
ピクシスメガ①	ピクシスメガ②
	
クラウン①	クラウン②
	

図 2.56.レードルサンプル外観

出所：矢野経済研究所

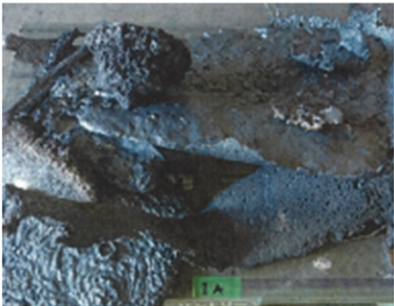
ピクシスメガ①	ピクシスメガ②
	
クラウン①	クラウン②
	

図 2.57.鉄塊及びスラグ等外観

出所：矢野経済研究所

③ 成分分析結果

成分分析は Fe を容量法、他 6 元素は ICP 発光分光分析法で実施している。容量法とは、試料溶液中の分析対象成分に化学量論的に反応する濃度既知の溶液を加え、反応が完結するまでに要した溶液の体積を測定し分析対象成分を定量する方法である。本件では「酸化還元滴定法」（対象物 Fe に対して酸化反応をさせて測定）で分析した。

成分分析の結果を表 2.27、表 2.28 に示す。試験結果からピクシスメガ、クラウンともに銅含有率が 0.3%以下であることが確認できた。加えて鉄比率もピクシスメガは 99%以上、クラウンは 98%以上の数値であることが分かった。

表 2.27.成分分析結果（ピクシスメガ）

単位：％							
項目	Fe	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn	Zn
サンプル1	99.8	0.07	0.01	0.05	<0.01	<0.01	0.03
サンプル2	99.5	0.05	0.01	0.04	<0.01	<0.01	0.02

出所：矢野経済研究所

表 2.28.成分分析結果（クラウン）

単位：％							
項目	Fe	Cu	Ni	Cr	Mo	Sn	Zn
サンプル1	98.8	0.13	0.02	0.06	<0.01	<0.01	0.08
サンプル2	98.7	0.16	0.02	0.05	<0.01	<0.01	0.09

出所：矢野経済研究所

④ ヒアリング結果

調査した成分実態について全部利用者である東京製鐵にヒアリングを行った。ヒアリング内容を下記に記載する。ヒアリング結果から全部利用プレスの銅含有率に関して品質に問題ないことが確認できた。また、全部利用の促進のためには、電炉メーカー各社による全部利用プレスの利用拡大が必要である。一方で、国内スクラップの品質劣化、上級スクラップを中心とした品質が安定したスクラップの調達難等の深刻化も予想されるなか、銅含有率が0.3%以下の全部利用プレスは、今後さらなる需要拡大が見込まれることをヒアリングすることができた。

表 2.29.全部利用者（電炉メーカー）へのヒアリング結果

全部利用プレスにおける銅含有率	➤ 全部利用プレスを使用する場合、これに含まれる銅含有率は0.3%程度として計算し配合しているため、0.3%以下であれば問題ない。銅含有率が分母（＝プレス重量）に対して重量比で0.3%以下であることが必須でそれを満たしていれば十分である。 ➤ 実証した銅含有率（クラウン平均＝0.15%、ピクシスメガ平均＝0.06%）は十分な数値と考える。
システムを利用した管理体制	➤ システムを使ってチェックしており、二重チェックになっている管理体制に安心感があると感じた。 ➤ 出荷されるプレスに紐づいているマニフェストがシステムと連動し、電子データで承認行為ができるようになることさらに便利になる（ペーパーレス）。 ➤ 写真データがあると、溶解後でも検証のための確認ができるため、さらに安心感を持てる。
電炉業界における全部利用プレスの利用拡大	➤ 東京製鐵宇都宮工場では2021年に全部利用プレスの受け入れサイズをテスト的に1,200mm→1,400mmに緩和したが、これ以上のサイズアップは難しい（設備上の制約で電炉へ投入不可）。全部利用プレスのサイズは上記のように各社の設備要因が大きい。緩和に限界があるだろう。 加えて電炉へ投入するスクラップは小さい方が溶解時において扱い易く、サイズは小さい方が好ましい。 ➤ 全部利用プレスはコンソーシアムが組まれている分、他スクラップと比べて品質が安定しているという認識を持つ。これに加えて二軸前処理装置を使用した全部利用プレスであれば、安定した品質のプレスが提供されるという印象を持った。 ➤ 用途によって全部利用に対する考え方は異なる。 ➤ 電炉メーカー各社は、国内スクラップの品質劣化、高炉のスクラップ購入増、電炉新設、輸出増の影響を受け、上級スクラップを中心とした品質が安定したスクラップの調達が難しくなる可能性がある。これにより代替ニーズで、銅含有率が低い全部利用プレスの需要が高くなる可能性はある。 ➤ 全部利用プレスに含まれる樹脂は燃焼材の役割を持つため、省エネ効果を一部期待できるが、ガラスはスラグ増加の要因になるため除去したい。全部利用プレスにおいてガラスを取り除く場合、ダスト引きの是正等の検討を進めることを前向きに考えたい。

出所：矢野経済研究所

(3) 徹底的な部品解体による銅量の測定

全部利用プレスの銅量実態を把握するために詳細部品単位まで解体し、各銅量を測定することで全部利用プレスの銅量を調査する。

① 実施車両

実施車両を表 2.30 に示す。対象車両は溶解試験と同一車両型式としている。

表 2.30.溶解試験対象車両

車格	軽自動車	セダン大型
車両写真		
メーカー	トヨタ	トヨタ
車両名称	ピクシスメガ	クラウン
車両型式	LA700A	GRS210
車両重量(kg)	1,000	1,590
全長×全幅×全高	3,395×1,475×1,835mm	4,895×1,800×1,460mm
乗員定員(人)	4	5
駆動方式	FF	FR
備考	スライドドア (5ドア)	電動パワーシート

出所：矢野経済研究所

② 解体・重量測定方法

ピクシスメガ、クラウンを手解体で徹底的に解体し、解体した部品の重量測定を実施した。実施状況を図 2.58 に示す。解体方法は手解体方式を採用している。ただし一般的な解体事業者が行う解体手法よりもさらに徹底的に銅部品をとるようにして解体を行った。例えばインパネであれば、図 2.58. 解体部品外観（例）に示したように端子部品に至るまで解体し重量測定している。

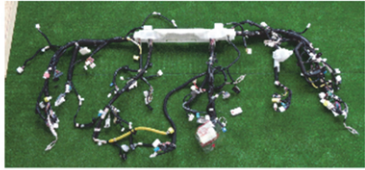
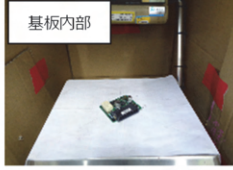
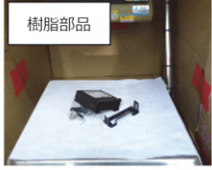
項目	部品単位に解体される前の部品	部品単位に解体された部品	
インパネ		 ハーネス	 付属品
フロントドアウィンドウレギュレーター			
ラゲージドアECU		 基板内部	 樹脂部品

図 2.58. 解体部品外観（例）

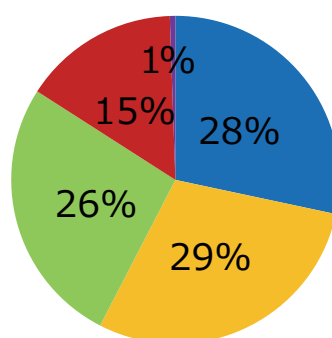
出所：矢野経済研究所

③ 測定結果

徹底的な部品解体による銅量の測定結果を表 2.31 及び図 2.59、図 2.60 に示す。部位別銅量比率を見ると、両車種ともにエンジンルーム、インパネ、フロアの比率が最も高い結果となった。

表 2.31.銅量測定結果

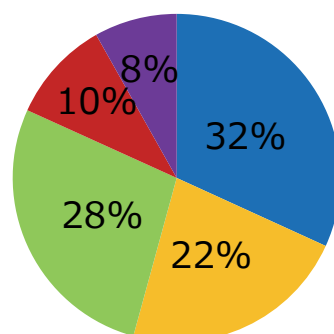
部位	ピクシスメガ		クラウン	
	LA700A		GRS210	
	銅重量 (g)	割合 (%)	銅重量 (g)	割合 (%)
エンジンルーム	9,200	28%	19,200	32%
インパネ		29%		23%
フロア		26%		28%
ドア (Fr,Rr,バック)		15%		10%
シート (Fr,Rr)		1%		8%
合計		100%		100%



■エンジンルーム ■インパネ ■フロア ■ドア (Fr,Rr,バック) ■シート (Fr,Rr)

図 2.59.部位別銅量比率 (ピクシスメガ)

出所：矢野経済研究所



■エンジンルーム ■インパネ ■フロア ■ドア (Fr,Rr,バック) ■シート (Fr,Rr)

図 2.60 部位別銅量比率 (クラウン)

出所：矢野経済研究所

ピクシスメガ、クラウンにおける部品別銅量比率を図 2.61、図 2.62 に示す。車格に関わらず車両に搭載される銅部品の 75%以上が W/H であることが確認できた。

項目	W/H	モーター	ECU	ランプ	センサー	スイッチ	ナビ	アンテナ	その他
銅重量 (g)	6,951	1,112	141	135	92	130	253	32	328
比率 (%)	75.8	12.1	1.5	1.5	1.0	1.4	2.8	0.4	3.6

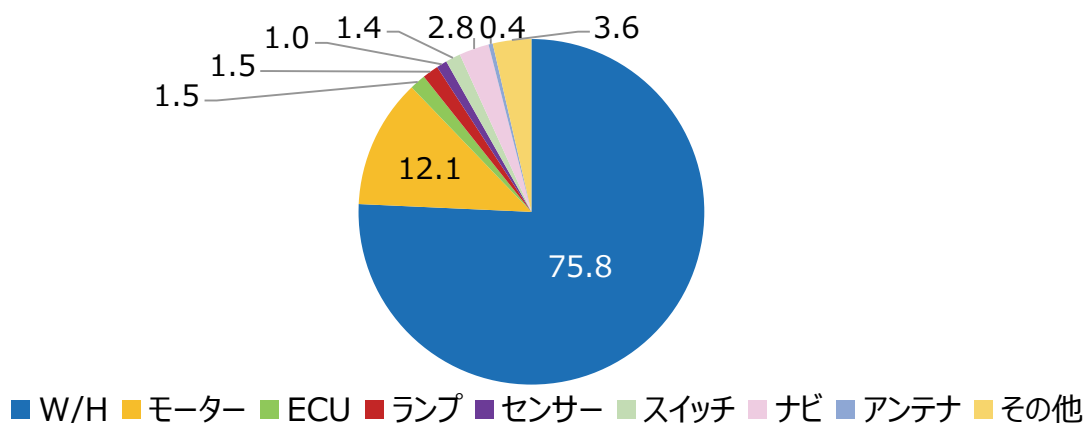


図 2.61.部品別銅量比率 (ピクシスメガ)

出所：矢野経済研究所

項目	W/H	モーター	ECU	ランプ	センサー	スイッチ	ナビ	アンテナ	その他
銅重量 (g)	15,093	1,850	759	543	91	233	267	84	312
比率 (%)	78.5	9.6	3.9	2.8	0.5	1.2	1.4	0.4	1.6

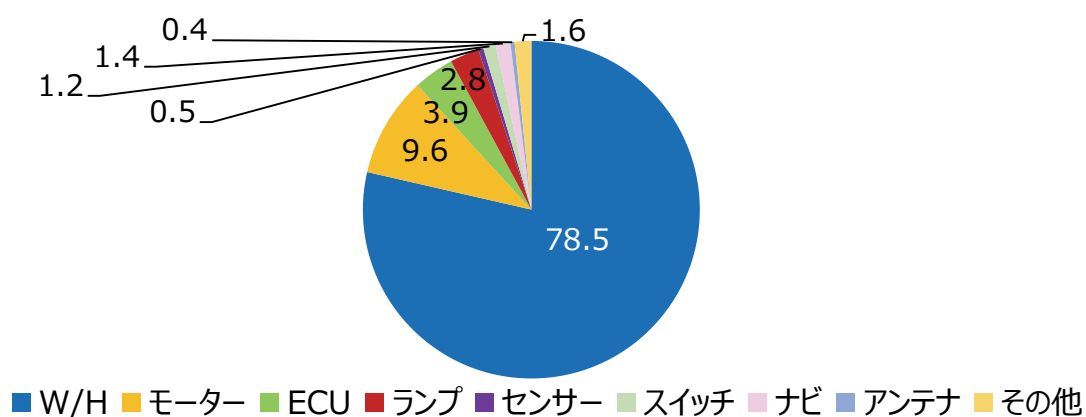


図 2.62.部品別銅量比率 (クラウン)

出所：矢野経済研究所

④ 測定データを使用した銅含有率の検討

・成分分析結果の整合性確認

溶解試験で作成したサンプルの成分分析結果（表 2.27、表 2.28）について、徹底的な部品解体による銅量の測定結果を用いて銅含有率を算出した。

整合性の確認方法は溶解試験用サンプルの作成時にどの部品を回収したか記録し、その記録と測定データを突合させ整合性を確認した。実施結果を表 2.32 に示す。

表 2.32 の算出方法を下記に説明する。2.1.5 (2)で記述したように、溶解試験は 1 台につき 2 チャージ実施しているため、成分分析値は 2 サンプルの平均値を算出した。銅量算出値は徹底的な部品解体による銅量測定値を参考に、溶解試験用サンプル作成時に取り外した部品の銅量から銅含有率を算出した。さらに鉄に含まれる銅含有率推定値を 0.02%で設定し算出した³。

溶解試験の成分分析結果と算出した銅量測定値から算出した推定値を比較すると、ピクシスメガは±0%であった。クラウンは、溶解試験の成分分析結果が銅量測定結果から算出した値より 0.05%高い結果となった。0.05%の差が発生した理由は、車両ガラから取り除けなかった端子部品の影響によるものと推測する。銅量測定結果から算出した推定値は「部品 A に付属する端子部品も回収」して算出したが、実際の解体現場では端子部品の回収が難しく車両ガラに残る場合がある。クラウンはピクシスメガに比べ車格が大きく電子機器の部品点数も多い。そのため端子の搭載数もピクシスメガより多いため、車両残として 0.05%の差が発生したと推測する。ただし、車両ガラに銅部品が残ったとしても、全部利用プレスに求められる銅含有率 0.3%以下であるため、品質面での問題はない。

表 2.32.成分分析結果の整合性確認結果

単位：%		
項目	ピクシスメガ	クラウン
溶解試験の成分分析結果（2サンプルの平均値）	0.06	0.15
銅量測定結果から算出	0.06	0.10
算出した銅含有率（%）	0.04	0.08
鉄中の銅含有率推定値	0.02	0.02
溶解試験結果と銅量算出値の差	±0	+0.05

出所：矢野経済研究所

³ 自動車用鋼板は高炉材のため 0.01～0.02%を推定値として使用した。

(4) 全部利用プレス品質担保のためのシステム開発

2020 年度の実証事業において検討を行ったシステム要件定義に基づき、全部利用プレスの品質担保のためのシステムを開発した。実際のシステム販売価格は別途検討となるが、500 万円～を想定している。

2020 年度に策定した要件定義に基づきシステムの必要機能を検討した。必要機能一覧を表 2.33 に示す。

表 2.33.必要機能一覧

No	画面名	機能概要
1	管理者ログイン	ユーザーID とパスワードを使用して、システム利用者として正当なユーザーかの確認をおこなう。
2	作業者ログイン	ユーザーID を使用して、システムの利用者を特定する。 利便性を高めるためにパスワードの設定はしない。
3	アカウント一覧	アカウントを一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
4	アカウント登録・修正	アカウントの新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、アカウントの修正を行う。
5	工程一覧	工程を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
6	工程登録・修正	工程の新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、工程の修正を行う。
7	工程作業登録・修正	工程で取り外しを行う部品の登録、修正を行う。
8	取り外し対象部品一覧	取り外し対象部品を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
9	取り外し対象部品登録・修正	取り外し対象部品の新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、取り外し対象部品の修正を行う。
10	向き先一覧	A プレスの向き先を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
11	向き先登録・修正	A プレスの向き先の新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、向き先の修正を行う。
12	カテゴリー一覧	カテゴリーを一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
13	カテゴリー登録・修正	カテゴリーの新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、カテゴリーの修正を行う。

14	評価ラベル一覧	評価ラベルを一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
15	評価ラベル登録・修正	評価ラベルの新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、評価ラベルの修正を行う。
16	A プレス品質評価基準一覧	A プレス評価基準を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
17	A プレス評価基準登録・修正	A プレス評価基準の新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、A プレス評価基準の修正を行う。
18	A プレス評価基準 Excel 取 込	所定のフォーマットの Excel を取り込み、A プレス評価基準の新規登録を行う。 またキー情報が一致する A プレス評価基準の修正を行う。
19	納入先一覧	納入先を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
20	納入先登録・修正	納入先の新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、納入先の修正を行う。
21	販売先一覧	販売先を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
22	販売先登録・修正	販売先の新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、販売先の修正を行う。
23	二軸前処理対象先一覧	二軸前処理対象を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
24	二軸前処理対象登録・修正	二軸前処理対象の新規登録を行う。 また一覧から修正リンクで遷移した場合などは、二軸前処理対象の修正を行う。
25	システム設定値一覧	システム設定値を一覧表示する。 システム設定値の修正機能を提供する。
26	車両処理番号発番	車体番号をインプットし、対象車両に対して、A プレス作成中に有効な識別番号を発番する。
27	車両処理番号一覧	現在有効な車両処理番号を一覧表示する。一覧から取り消しを行うことで、削除を行うことができる。
28	車両処理番号割り当て	A プレス作成前の車両に指定の車両処理番号を付与する。 現在有効な車両処理番号の取り消しを行い、指定の車両処理番号を割り当てる。
29	作業開始	これから始める作業について報告を行う。 対象となる車両処理番号と実施する工程を入力して行う。
30	部品取り外し実績登録・修正	実績記録の対象となっている部品をリスト表示し、何の部品を取り外したのかチェックボックスで入力を行う。 また一覧から修正で遷移した場合等は取り外し部品実績の修正を行う。

31	部品取り外し実績一覧	データベースに保管された部品取り外し実績を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。
32	プレス機投入リスト管理	A プレス作成ライン上に存在し、まだプレス機投入リストに追加されていない車両のリストを基に、プレス機に投入する順序を登録する。
33	プレス機出力結果チェック	プレス機投入リストの投入順序とプレス機からの出力を突き合わせて、車両と A プレスの紐づけを行う。 ガジラ対象かどうかをチェックすることができる（作成した A プレスを複数個に分割する）。
34	プレス機出力結果一覧	プレス機出力結果を一覧で表示する。 ロット番号の差し替えや付与を行うことができる。
35	A プレス結果一覧	A プレス評価結果を一覧表示する。 外部システム連携用に外部出力機能を持つ。
36	A プレス作成進捗表示	A プレス作成状況を表示する。 複数の画面から表示されるためコンポーネントとして実装する。
37	車両情報詳細表示	車両処理番号や車体番号を基に車両情報を参照する。
38	移動報告チェック	移動報告済みかどうかを車両単位に登録する。
39	出荷リスト一覧	管理番号を割当てられた A プレスをグルーピングし出荷リストを作成する。
40	出荷リスト登録・修正	A プレス管理番号を基に出荷リストに A プレスを登録、修正する。
41	出荷リスト用 A プレス一覧	出荷可能な A プレスを一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。 選択から A プレスを出荷リストに追加する。
42	出荷待ち A プレス一覧	出荷可能な A プレスを一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。 車両の詳細情報などの参照を可能とする。
43	出荷リスト参照	データベースに保管された出荷リストを一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。 Excel 帳票で外部出力を可能とする。
44	出荷リスト詳細参照	データベースに保管された出荷リストの詳細を表示する。 出荷リストに含まれる A プレスを一覧表示する。 Excel 帳票で外部出力を可能とする。 移動報告システムへの連携用データも出力する。
45	車両情報連携	別システムで保持している車両情報を本システムに取り込む。
46	A プレスライン上の車両一覧	現在処理中の車両を一覧表示する。 検索条件を用いた検索機能を提供する。 二軸前処理に投入する対象の表示を可能とする。

出所：エキスパートギグ

上表の機能により、A プレス作成に伴う作業で「車両投入→銅部品の回収→プレス機投入→プレス機排出→入庫」までの流れをサポートし、各工程の銅部品回収実績を収集するシステムを実現した。

以下、このシステムで実現した業務フローや運用などを記載する。

① システムを活用した業務の流れ

このシステムを使った A プレス作成業務の流れを図 2.63 に示す。

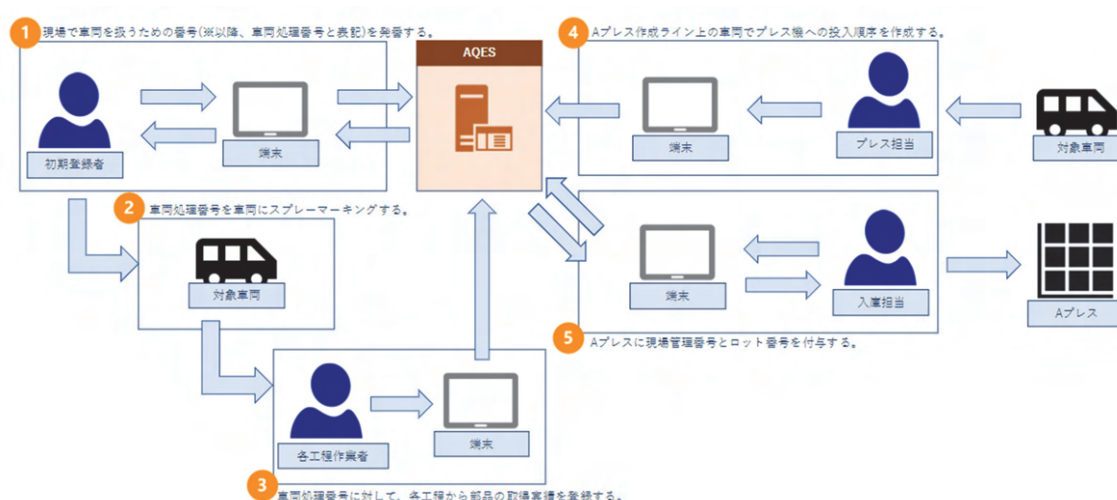


図 2.63.システム利用時の A プレス作成業務フロー

出所：エキスパートギグ

図 2.63 についてシステムを活用した業務概要①～⑤を説明する。

①では現場で車両を扱うための番号（※以下、車両処理番号と表記）を発番する。

車両には個体を識別できる番号として車台番号が付与されているが、確認できる場所が奥まっており、A プレス作成作業時に確認することが難しい。また桁数が多く、現場では扱いづらい。そのため、現場で取扱いやすい個体識別用の番号としてシステムが管理する4桁の数字（車両処理番号）を発行する。

②では車両処理番号を車両にスプレーマーキングする。①で発行した車両処理番号は、スプレーで車両にマーキングする。これにより現場作業者が車両を視認することで車両処理番号が把握できる状態となる。以降現場ではこの番号を使って、車両を特定することが可能となる。

③では車両処理番号に対して、各工程から部品の取得実績を登録する。A プレス作成業務は、エアバッグ展開、フロン処理、液抜き、エンジン降ろし、解体、二軸前処理による手選別、手回収、プレスといった工程で実施される。

本システムでは、各工程作業員から何の部品を取得したのかを作業実績として報告してもらい取得実績をデータとして保管するとともに、作業実績保存時にシステム上で A プレスを評価する機能を実装している。

A プレスを評価する仕組みとしてどのような部品を取得したときにどのような品質（銅含有率 0.3%以下の条件を満たしているか）となるかをシステムに定義しておき、部品の取得実績報告時にこの定義との突合せを行う仕組みを実装した（突合せ対象の初期値は、TH チーム「A プレス銅含有率低減の推奨部品除去リスト」を基準とした）。

突合せにより取得実績が定義を満たすと判定できた場合システムから対象の A プレスに評価を付与する（図 2.64 参照）



図 2.64. A プレス品質評価（例）

出所：エキスパートギグ

なお、各車両に対する評価は図 2.65 のように表示され、現場の作業員がリアルタイムでシステム上から参照することが可能となっている。

車両情報	評価ラベル	向き先	カテゴリー	Aプレス管理番号	ロット番号	ロット番号発行日	操作
ユニークキー 車台番号 車種	銅分0.3%以下	TH	TH	T001	2022012618090001	2022/01/26 18:09:17	詳細

図 2.65. A プレス判定結果表示の一例

出所：エキスパートギグ

④では A プレス作成ライン上の車両でプレス機への投入順序を作成する。

システムに登録されている現在作業中の車両リストを参照し、リストから車両をピックアップすることでプレス機に投入する順序を作成する。

プレス後は銅部品の回収が不可能となる。そのためプレス機に投入する車両ガラが所定の評価を得られているかを確認する。システム上で評価を得られていない場合は取り忘れないか警告を発する機能を実装している。

⑤では A プレスに A プレス管理番号とロット番号を付与する。

出荷されるプレスは形状が変わるため車両処理番号の確認が困難となる。そのため本システムでは、車両処理番号に変わる個体識別番号として A プレス管理番号を発行する機能を実装した。

A プレス管理番号は、短い文字列（アルファベット 1～2 文字と 3 桁の数字）で発行される。プレス機の担当者はこの A プレス管理番号をガムテープ等に記載し、各 A プレスに貼付する。なお A プレス管理番号はプレス機が基本的に先入れ先出しであることを利用し、先に作成した投入順序通りに出力された A プレスに連番を付与する仕様とした。

また A プレス管理番号の付与と同時にロット番号の付与も行っている。ロット番号は、使いまわしをする A プレス管理番号と異なり、永続的に個体識別ができる番号となっており、出荷後でも A プレスの個体識別を可能としている。

② 出荷業務のシステムサポート

2021 年度の設計作業で検討を行った結果、出荷業務をサポートすることで A プレスのトレーサビリティ向上が見込めることが分かった。トレーサビリティ向上も品質担保の一助となるため、昨年度の検討内容に追加し設計と実装を行った。

出荷業務のサポート機能ではいつ何を出荷したのかが追跡できるように出荷情報をシステムに登録できる機能を実装した。登録した出荷情報はレポートとして参照でき、出荷情報が必要なタイミングで利用することが可能な仕様とした。このシステムを使った出荷の業務フローを図 2.66 に示す。

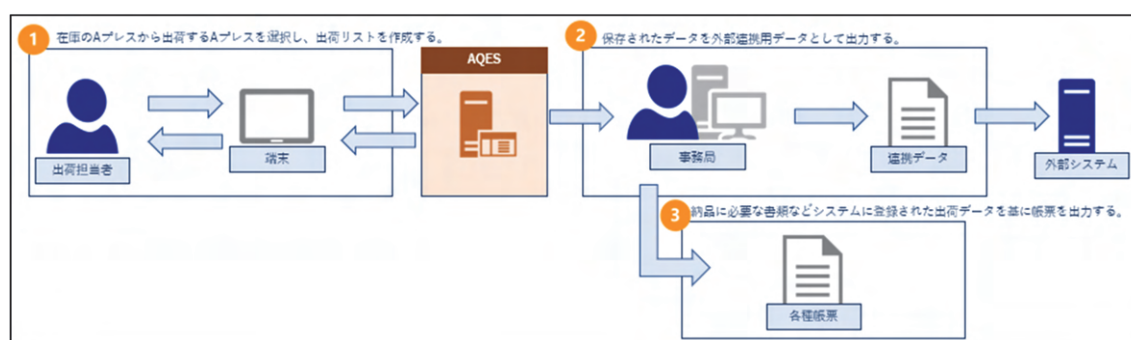


図 2.66.システム利用時の出荷業務フロー

出所：エキスパートギグ

図 2.66 についてシステムを活用した業務概要①～③を説明する。

①では在庫の A プレスから出荷する A プレスを選択し、出荷リストを作成する。

作成された A プレスは、ロット番号と A プレス管理番号が付与された状態で入庫されている。出荷リストは、この在庫となっている A プレスをピックアップし、リストに追加することで作成する。作成した情報はシステム上に保存されるためいつでも過去の出荷情報を参照することが可能となっている。出荷リストの作成画面を図 2.67 に示す。

Aプレス品質評価システム

出荷リスト詳細 ⓘ ▼

向き先 **保存用向き先**

納入先 納入先01

販売先 販売先001

備考

台数 2

個数 2

重量 65 Kg

戻る

出荷帳票出力 **移動報告用データ出力**

出荷リスト

引取依頼番号	Aプレス管理番号	ロット番号	ロット付与日時	操作
	ST010	2021100216429020	2021/10/02 16:42:36	詳細
	ST011	2021100216429021	2021/10/02 16:42:37	詳細

1ページあたりの行数: 10 1-2 件数 / 2件 < >

戻る

図 2.67. 出荷リスト作成画面

出所：エキスパートギグ

②では保存されたデータを外部連携用データとして出力する。

システムを利用した業務フローが実施されることで、どの車両にどのような作業を行い、いつ出荷したかといったデータがシステムに保存される。保存されたデータを外部出力することで外部システムに連携するといった二次利用も可能となっている。

エコアールでは作成済みの A プレス一覧を CSV 出力し、申請書の作成基データとして二次利用をしている。

③では納品に必要な書類などシステムに登録された出荷データを基に帳票を出力する。

解体事業者は出荷時に納品先に対して書類等の提出が必要になる。そのためシステムに入力した情報が納品時の提出書類として使用できるよう、出荷リストを基とした出力機能を実装した。

出荷リストは積み込み現場で作成されるがデータとしてシステムに保管されており、現場で作成された出荷データを基に事務局で帳票を出力するといった業務フローを可能にする仕様としている。

③ 本実証事業におけるシステム導入について

2021 年 10 月から零号試験、初号試験を実施し、2022 年 1 月から利用を本格化している。本システムの最大の懸念事項は各工程の作業者にかかる実績入力への負荷であった。これは現場作業者の意見を参考にシステムの改良を実施しており改善が進んでいると考えている。

現在も継続して作業者からの実績入力に基づく A プレス品質評価が実行されており、意図したシステムの利用状況となっている。

本事業におけるシステム開発の目的は A プレスの品質を担保することであったが、システムにはこれ以外にも作業時間の記録等これまで記録できなかった要素の記録を可能としている。これにより業務の効率化や作業の質の向上などにも活かせる点もメリットとなっている。当該システムを使用して作業状況の見える化やデータの活用方法を広げるための機能追加、業務改善時の効果測定への活用も見据え今後も継続して活用する。

④ 除去すべき銅部品リストについて

自動車技術の高度化に伴い車両に搭載されるセンサー等の部品点数は増加しており、銅含有率 0.3%以下を達成するために取り外すべき部品点数は今後増加する可能性が高い。本システムは車両に即した A プレス評価を行えるよう、除去すべき銅部品リストを更新できる仕様設計にしている。

システムに登録する除去すべき銅部品リストを(3)徹底的な部品解体による銅量の測定結果を参考に本システムに適応できる形で「除去すべき銅部品リスト」を検討し、更新した。なお、「除去すべき銅部品リスト」の作成時は車格によって除去すべき銅部品を区分していたが、車両における銅含有部品の搭載点数は車格によらず増加している。そのため、本システムでは車格によらず「除去すべき銅部品リスト」に基づきシステムを構築した。

今後、全部利用プレスにおける基準が改定される場合でも本システムのユーザーは容易に「A プレス銅含有率低減の推奨部品除去リスト」を遵守した品質評価を可能とする状況を当該システムが実現できると考える。これらから開発したシステムが全部利用プレス品質の向上の一助になると想定される。

⑤ 業界への普及について

本システムは当初から多くの全部再資源化事業者への展開を見据えた開発を進めており、システムにはある程度の汎用性を持たせている。導入先の事業者毎でカスタマイズをする要素があることは想定しているが、本実証事業で開発したシステムをベースに導入先ユーザーの要望がある部分だけカスタマイズすることなるべく安価にシステムを提供できるように設計している。

本システムは自動車解体業における業務管理ソフトとして活用できるが、開発したエキスパートギグでは全部再資源化事業者に加え、新たに参入しようと検討している事業者を主なターゲットとして利用者を拡大できないかと検討を進めている。

(5) 自動選別に向けた検討（X線装置）

二軸前処理装置の手選別工程において、銅部品を識別する選別システムを検討し、手選別工程の効率化、また全部利用プレス品質の向上を目指している。

2020 年度事業では選別方法を検討した。検討した機器は①金属探知機、②ハンドヘルド蛍光 X 線分析計、③X 線装置である。二軸前処理装置の処理材は銅部品と鉄部品等が上下に挟まれることや、噛み込んだ状態で排出されることが多い。そのためこういった状態でも銅部品を選別できるように部品を透過させられる X 線装置の活用と、その銅部品の画像から銅部品であることを特定するアプローチ（AI による画像識別）を採用した。

X 線装置の出力については 150kV と 320kV の 2 仕様を検討した。検討の結果、320kV 仕様は高出力のため単体の W/H 等の小さい（細い）部品がホワイトアウト（真っ白く投影され形状の確認ができない状態）となった。これら検証から 2021 年度では 150kV の X 線装置を採用した。

① 実施内容

・ X 線装置を使用した画像撮影

銅部品の形状から銅部品であることを特定するため、二軸前処理装置の処理材を X 線装置で撮影した。①W/H、②モーター、③基板、④非鉄金属、⑤鉄部品、⑥残渣（ガラス等）に分類した。分類した対象物を単体、①～⑤の混在、全種類混在（重なり無、重なり有）で撮影した。さらに様々なケースを想定し、W/H や基板が鉄に噛み込んだ状態、実際の手選別コンベアの模擬状態を撮影した。撮影した状態を表 2.35 に示す。14 台から合計 1,848 枚を撮影した。なお残渣のうちプラスチックやゴムだけで構成される部品は X 線を透過するため、認識対象からは除外した。

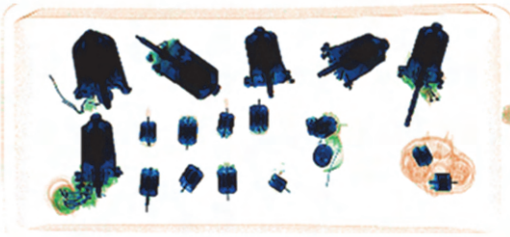
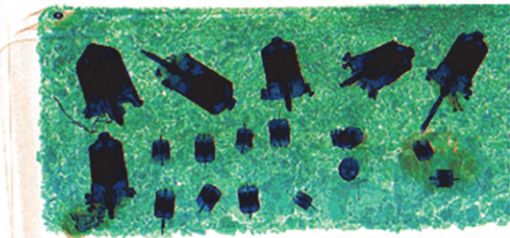
これらの画像を AI に教示することで、W/H、モーター、基板等の銅部品として検出する精度の向上に取り組んだ。

表 2.34.X 線装置による画像撮影

X線装置を用いた画像撮影	
X線装置外観	部品単位に解体された部品
	

出所：Rita Technology

表 2.35.X 線装置で撮影した画像

単体	①～⑤の混在
	
全種類混在（重なり無し）	全種類混在（重なり有）
	

出所：Rita Technology

・ AI を使用した画像識別

・ 教示用データの拡張

画像の回転/反転/アルファブレンドなどを用いて教示用データを増やすことを行った。これにより撮影した画像の 4 倍程度の教示用データを用意することができた。最終的に各カテゴリーで用意できた教示用データの数以下のとおりである。

表 2.36. カテゴリー毎の教示用データの数

基板	モーター	W/H (太)	W/H (細)	鉄
4,056	5,381	2,024	6,037	125

出所：Rita Technology

② 実施結果

・ AI 認識テスト (1)

認識テストにはインスタンスセグメンテーション⁴と呼ばれる手法で物体検出を用いて、画像中の「W/H」、「モーター」、「基板」を認識した。テスト用の画像は廃棄物の上に乗る物 4 種(なし、ガラス、鉄、ガラス+鉄)、物体同士の重なり有、重なり無し 2 種を組み合わせた 8 パターンでテストを行った。

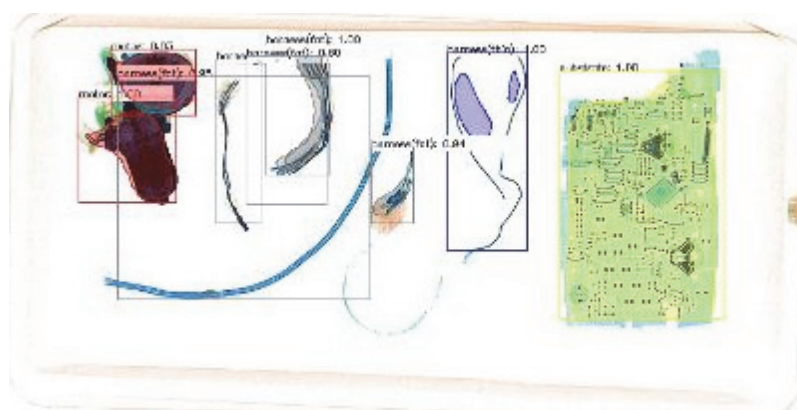


図 2.68.インスタンスセグメンテーションによる物体検出

出所：Rita Technology

認識正答率を表 2.37 に示す。モーター、基板は全体正答率が 92%、78%とまずまずの結果となったが、鉄やガラスなどが重なった場合に正答率は落ちる傾向が見られた。W/H については全体正答率 68%と他のカテゴリーと比べると低くなった。特にガラス+鉄が重なった場合に目立って正答率が低くなっていた（重ねなしでは 31%）。

⁴ インスタンスセグメンテーション＝個別の物体領域を抽出する手法

表 2.37. 認識正答率

状態	全体	重ねなし				重ねあり			
			ガラス	鉄	ガラス+鉄		ガラス	鉄	ガラス+鉄
W/H	68%	100%	85%	54%	31%	90%	81%	62%	43%
モーター	92%	100%	100%	93%	93%	80%	90%	90%	80%
基板	78%	100%	100%	75%	67%	63%	69%	81%	75%

出所：Rita Technology

・ AI 認識テスト (2)

続いて、W/H を挟み込んだ鉄の塊 24 個に対して AI 認識テストを実施。W/H が確認された数は 16 個(66.6%)となった。正解したものの多くは W/H が鉄からはみ出ているものだった。

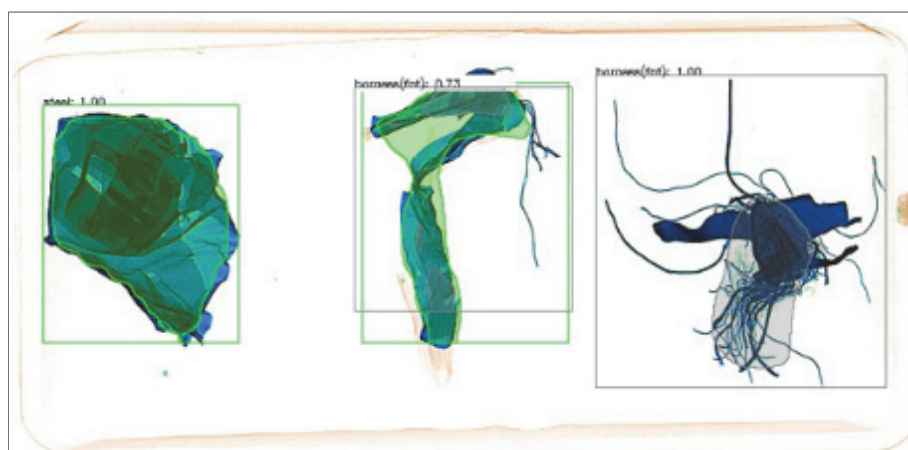


図 2.69.W/H を含む鉄

出所：Rita Technology

・ AI 認識テスト (3)

W/H を含まない鉄の塊 18 個に対して物体検出を行い、W/H が認識されないか確認を行う。鉄に対して鉄以外の分類がされてしまった割合は 6% となった。

③ 実用化に向けた課題

テストの結果から W/H の正答率が低いということが分かった。また鉄やガラスが重なった場合にも正答率は落ちる。AI 認識テスト(2)から鉄に挟み込まれた W/H が見つかりにくいということが分かった。

④ 実用化に向けた課題の解決方法

・ 物体検出方法の検討

W/H の認識正答率が低いという課題に対して、複雑な形状の物体検出に長けているセマンティックセグメンテーション⁵を用いて W/H を認識するという検証を行った。なおセマンティックセグメンテーションで認識するカテゴリーは W/H のみで、その他のカテゴリーについてはインスタンスセグメンテーションで物体検出を行った。AI 認識テスト(1)と同様の試験を行い、認識正答率を確認した。

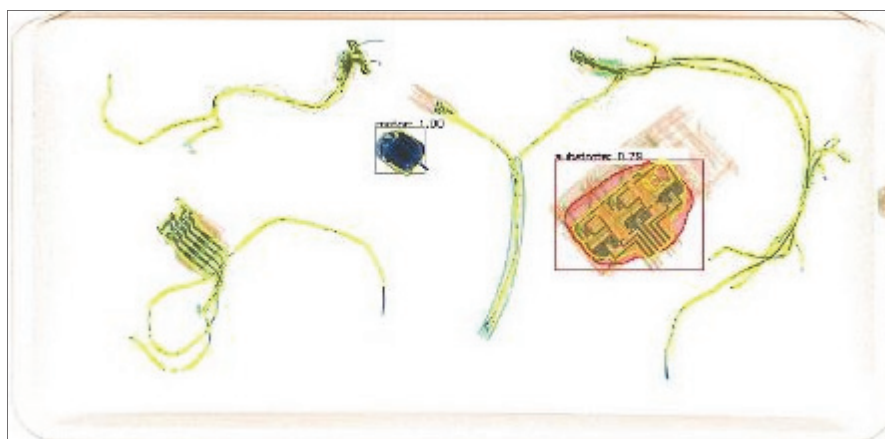


図 2.70.セマンティックセグメンテーションによる W/H 認識結果 (黄部分)

出所 : Rita Technology

AI 認識テスト(1)と同様の試験を行い、認識正答率を確認した結果を表 2.38 に示す。W/H の全体正答率は下がる結果になった。特にガラスや鉄が重なったときの正答率の低下が大

⁵ セマンティックセグメンテーション=物体領域を種類ごとに抽出する手法

きい。また下の図に示すように W/H などは認識されず、モーターや鉄などのエッジ部分が検出される結果になった。

表 2.38. セマンティックセグメンテーションを使った AI 認識テスト結果

状態	全体		重なりなし		ガラス		鉄		ガラス+鉄		重なりあり		ガラス		鉄		ガラス+鉄	
	正答率	前回比	正答率	前回比	正答率	前回比	正答率	前回比	正答率	前回比	正答率	前回比	正答率	前回比	正答率	前回比	正答率	前回比
W/H	56%	-12%	88%	-12%	42%	-42%	46%	-8%	19%	-12%	95%	+5%	71%	-10%	52%	-10%	38%	-5%
モーター	92%	+0%	100%	+0%	100%	+0%	93%	+0%	93%	+0%	80%	+0%	90%	+0%	90%	+0%	80%	+0%
基板	78%	±0%	100%	±0%	100%	±0%	75%	±0%	67%	±0%	63%	±0%	69%	±0%	81%	±0%	75%	±0%

出所：Rita Technology

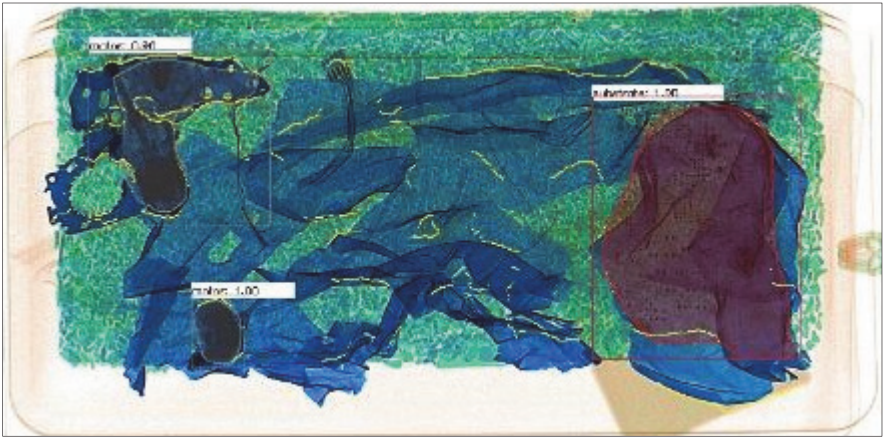


図 2.71.ガラス+鉄が重なった状態

出所：Rita Technology

⑤ まとめ

本年度は X 線画像から AI により銅部品を特定するアプローチを実施した。

基板とモーターは他の部材と重なり合っていても概ね検出することができたが、折れ曲がった鉄と W/H はいずれも線状の画像となり、区別が困難であった。また、現実のラインとは異なると思われるものの、ガラスを敷き詰めた状態では基板や W/H の認識精度が極端に低下することが分かった。

これらを踏まえて、X 線画像から銅部品の検出を行う際は、部材同士の重なりをなくしたり、ガラス片や細かな W/H 等はあらかじめ篩いにかけてりするなどの前処理をすることで精度向上を見込める。

なお、X 線画像により検出した銅部品を取り除くための自動化設備は、既存のロボットハンド等の選別装置では実現困難であることが予測され、別途研究が必要であり、現時点での実用化への道のりは遠いということが分かった。

2.2. 実施結果を踏まえた考察

本実証事業ではニブラ+二軸方式の作業内容及び機器等の改良により作業時間短縮による低コスト化、全部利用プレス品質向上を目指した。

作業時間計測に関しては、2020 年度ニブラ+二軸方式に対して、2021 年度計測結果は 13 分 7 秒削減できた。また 2020 年度計測結果についてニブラ+手解体方式とニブラ+二軸方式の作業時間の差を見るとニブラ+二軸方式の方が 13 分 22 秒時間を要していたが、2021 年度計測結果ではその差を 15 秒まで削減できた。2021 年度は手選別工程においては二軸前処理装置への投入回数の最適化、手選別作業員の 2 人固定の実施が奏功し、手選別工程を含むニブラ+二軸方式全体の作業時間が圧縮できた。

また、重量別に見ると、2021 年度測定結果を見るとセダン中型の銅部品回収重量が 2020 年度ニブラ+二軸方式の測定結果より 1.18kg 増（前年度比：+3.6%）、セダン大型は 0.15kg 増（前年度比：+0.3%）であった。軽自動車は銅部品回収重量が 1.01kg 減少（前年度比：-3.6%）となった。

一方、ワンボックスの 2021 年度計測結果は銅部品合計重量が 4.6kg 減少した（前年度比：-9.7%）。減少項目の内訳として 1kg 以上の差が発生したものはその他銅部品で 2.44kg（前年度比：-28.2%）、モーター類が 1.06kg（前年度比：-10.2%）であった。

これらの結果は二軸前処理装置への投入回数改善や手選別工程における作業員の 2 人固定のほか、使用する工具等の改善、レイアウトの改善等の全体最適化が奏功している。一部では重量の取り損じもあるが、全部利用プレスの品質である銅含有率 0.3%以下に留めているため、品質面での問題はない。

二軸前処理装置の開発に際し、2020 年度実証事業において、全部再資源化事業者が二軸前処理装置に求めるニーズの検討を行った。全部再資源化事業者はニブラ+手解体方式、手解体方式いずれも作業負荷が高い①ドア、②ダッシュボード、③電動シートの処理にかかる作業負荷軽減に対する要望があることを確認できている。

エコアールが導入した二軸前処理装置は投入材（二軸前処理装置に投入する部品）のサイズ等に関する制限はないが、比較的大型設備のため広い設置面積を必要とすることに加えてイニシャルコストも高い。そのため、先に示した作業負荷の高い部品①～③を処理することが可能で自動車解体業界において二軸前処理装置を広く普及させることを目的とした「小型タイプ」と「中型タイプ」の 2 仕様を作成した。投入サイズの制限、駆動モーターの種類などの制約もあるが、価格含め全部再資源化事業者のニーズにより近づけるように開発に取り組むことができている。

全部利用プレスの品質評価では銅含有率 0.3%以下でなければならないが、そのための品質評価はほとんど実施されていない。本実証事業では全部利用者が安心して全部利用プレスを使用できるように、「溶解試験・成分分析」と「徹底的な部品解体による銅量の測定」の 2 方向から同 0.3%以下であることを検証した。

成分分析の試験結果から対象車両であるピクシスメガ、クラウンともに銅含有率が 0.3% 以下であることが確認できた。「徹底的な部品解体による銅量の測定」において、成分分析の結果と比べた差異はピクシスメガ $\pm 0\%$ 、クラウン $+0.05\%$ であり、いずれも銅含有率 0.3%を下回っていることが確認できた。この結果により、全部利用プレスが全部利用者にとって安心して使用できることを実証することができた。

また、全部利用プレス品質担保のためのシステム開発を行った。同フローに基づいて解体すれば除去すべき銅部品が簡単に把握できるうえ、取り損じのない設計を施しているため、全部再資源化事業者にとっても使用しやすいシステムとなっている。

現行の二軸前処理装置は手選別工程を前提に設計しているが、将来的には手選別工程から自動選別工程へのシフトが見込まれる。本実証事業ではそうしたニーズも踏まえ、X 線画像から AI により銅部品を特定するアプローチを実施した。

基板とモーターは他の部材と重なり合っていても概ね検出することができたが、折れ曲がった鉄と W/H はいずれも線状の画像となり、区別が困難であった。また、現実のラインとは異なると思われるものの、ガラスを敷き詰めた状態では基板や W/H の認識精度が極端に低下することが分かった。

3. 今後の事業化を目指した課題及び解決方法等

3.1. 現状の課題

冒頭で述べたように、全部再資源化実施比率が停滞している背景として主に以下の課題が挙げられるが、二軸前処理装置の活用や本実証事業での検証結果により多くの点で解決に繋げることができたと考えている。

表 3.1. 全部再資源化事業における課題と解決方法

課題	解決方法
➤ モーター等の増加による銅部品の解体作業時間増（＝人件費増加）	➤ 二軸前処理装置の活用による簡便な銅部品の回収
➤ 解体事業者の人手不足による人件費単価の上昇	➤ 「匠のワザ」を持つオペレーターの負担を減らす、二軸前処理装置の活用による効率的な解体方法の実現 ➤ 二軸前処理装置から排出された処理材を特別なスキルなく手選別できる作業の簡易化
➤ 全部再資源化が難しい車（スライドドア、電動パワーシート等）の増加	➤ 二軸前処理装置の活用により、スライドドア、電動パワーシート等から効率的に銅部品を回収
➤ 全部利用プレス品質の検証未実施による全部利用者の品質不安	➤ 本実証事業において、「徹底的な部品解体による銅量の測定」と「溶解試験・成分分析」の2方面から全部利用プレスに含有される銅含有率0.3%以下を確認

出所：矢野経済研究所

一方で、本実証事業の実施に伴い、以下の新たな課題も抽出することができた。

- (1) 手選別工程にかかる時間のさらなる短縮化
- (2) 全部利用者における全部利用プレスの受け入れサイズ制限への対応
- (3) 銅部品の自動識別方法の確立

(1) 手選別工程にかかる時間のさらなる短縮化

2020 年度に実施した 1 台あたりの作業時間はニブラ+手解体方式で 1 時間 3 分 40 秒に対し、ニブラ+二軸方式は 1 時間 17 分 2 秒で大幅な作業時間の増加となった。2021 年度の本実証事業では手選別工程にかかる時間の短縮化に向けて、二軸前処理装置への投入回数の最適化、手選別作業員の 2 人固定の実施等により、ニブラ+手解体方式とほとんど遜色ない 1 時間 3 分 55 秒の結果となるなど、手選別工程を含むニブラ+二軸方式全体の作業時間が圧縮できた。

ただし、ニブラ+二軸方式のなかで最もボトルネックとなっているのは手選別工程であるため、さらなる作業時間の短縮化により処理台数の拡大が可能となる。

(2) 全部利用者における全部利用プレスの受け入れサイズ制限への対応

全部利用者である電炉メーカー・転炉メーカーは、炉ごとに全部利用プレスの受け入れ可能なサイズが異なる。全部利用プレスの最大辺で 1,400mm やそれ以上の電炉メーカーもあるが、プレスの受け入れサイズとして同 700~800mm という企業も少なくない。軽自動車のサイコロプレスであればこれらのサイズでも対応できるが、それ以上の車格となると全部再資源化事業者と全部利用者のコンソーシアム内での協議のもと、個体管理が可能な状態でプレス後に切断等の処理が必要となる。

(3) 銅部品の自動識別方法の確立

現行の二軸前処理装置は手選別工程を前提に設計しているが、将来的には手選別工程から自動選別工程へのシフトが見込まれる。本実証事業ではそうしたニーズも踏まえ、X 線画像から AI により銅部品を特定するアプローチを実施した。

基板とモーターは他の部材と重なり合っていても概ね検出することができたが、折れ曲がった鉄と W/H はいずれも線状の画像となり、区別が困難であった。また、現実のラインとは異なると思われるものの、ガラスを敷き詰めた状態では基板や W/H の認識精度が極端に低下することが分かった。

これらを踏まえて、X 線画像から銅部品の検出を行う際は、部材同士の重なりをなくしたり、ガラス片や細かな W/H 等はあらかじめ篩いにかけてりするなどの前処理をすることで精度向上を見込める。

3.2. 課題の解決方法

(1) 手選別工程にかかる時間のさらなる短縮化

「2.1.3(2) 2021 年度作業時間計測結果の比較」で述べたように、2021 年度で実施した手選別工程に要した作業時間を見ると、1 回目 21 分 12 秒、2 回目 23 分 13 秒、3 回目 22 分 38 秒となっている。このうち、1 回目よりも 3 回目の方が 1 分 26 秒長い結果となったが、これは投入方法を半自動化に変更したことで、投入タイミングによっては手選別作業の手待ち時間が発生していることによる。この時間に出口シューター付近の清掃や、二次解体等の作業等により、手待ち時間の有効活用を図ることができる。

また、投入タイミングによっては処理材が山積みとなった状態で排出されるため、処理材の排出量を一定にする取り組みも必要となる。そのためには、投入材の投入タイミングをさらに最適化させることに加え、二軸前処理装置での正転・逆転機能の活用も有効な手段となると考えられる。

(2) 全部利用者における全部利用プレスの受け入れサイズ制限への対応

全部利用プレスは自り法上で個体管理が義務付けられているため、煩雑な手間が生じている。いまは電炉の受け入れサイズに合わせるため、同サイズ以上の全部利用プレスはプレス後に切断するという手間が生じている。また、その車両から生じた材料は再びその車両に戻す必要があるが、そうしたことも非効率化を招いている。

全部再資源化事業者と全部利用者のコンソーシアム内での協議のもと、たとえば全部利用者の受け入れサイズに合わせた全部利用プレスの作成が認められれば、ワンボックスやセダン大型など車格の大きいプレスであっても効率的に作成できるうえ、出荷時の積載効率も高めることができる。

2021 年 2 月に開催された産業構造審議会と中央環境審議会の合同会議による「これまで合同会議で出された主な意見について」においても「個体管理について議論すべき」という意見も出ている。自り法施行から 15 年が過ぎたいま、自動車リサイクル制度の安定化・効率化に繋がる個体管理に対する見直しも検討すべきと考えられる。

(3) 銅部品の自動識別方法の確立

今回の実証事業を通じて、X 線画像から銅部品の検出を行う際は、部材同士の重なりをなくしたり、ガラス片や細かな W/H 等はあらかじめ篩いにかけたりするなどの前処理をすることで精度向上に繋がることが分かった。

このうち、ガラスに関しては今後樹脂部品とともに資源回収インセンティブ制度の実施が見込まれている。また、全部利用プレスに含まれる樹脂は全部利用者にとって燃焼材の役割を持つため省エネ効果を一部期待できるが、ガラスはスラグ増加になるため除去するこ

とが求められている。全部利用プレスにおいてガラスを取り除く場合、ダスト引きの是正等の検討を進めることを前向きに考えている企業もある。

そのため、全部利用プレスにガラスを含めないことは、自動識別方法の確立のみならず、マテリアルリサイクルの促進、全部利用プレスの高品位化にも繋げることが可能になる。

4. 事業化の計画

4.1. 想定する事業

自動車解体は解体事業者においてエンジンやドア等の有用な部品、部材を取り除いた後に破砕事業者に解体自動車を引き渡し、破砕事業者にて鉄等の有用な金属を回収しその際に分別した ASR を自動車メーカー・輸入業者に引き渡すというビジネスフローが一般的である。しかし、2017 年に中国が廃棄物の輸入規制を強化したことで、日本国内における廃棄物処理が停滞した結果、処理量がフルキャパになった破砕事業者が自動車解体後の A プレスを引き取ることができなくなり、解体事業者で処理された解体自動車の行き場がなくなるという事態が起きた。

解体事業者にとって全部再資源化事業は全部利用者への販売が可能になるという、新たな出口の確保に繋がる。これまでの破砕事業者への販売のみでは玉詰まりに伴う処理の難しさがあったが、電炉等の全部利用者への販売を行うことで、状況に応じた販売体制の構築が可能になる。破砕事業者にとっても処理量がフルキャパになったとしても、業界全体で自動車リサイクルのバランスを維持できるというメリットがある。

今回実証事業を通じて検証しているように、全部再資源化事業を手掛ける手法としては手解体方式とニブラ+手解体方式が主流である。手解体方式は大掛かりな装置を使用しないためイニシャルコストは低いものの、手がけられる車両は軽自動車为中心で、解体作業に時間がかかるワンボックスやセダン大型の処理は難しい。ニブラ+手解体は多様な車両の処理が可能になるが、昨今のように電動パワーシートやスライドドアなどから W/H やモーター等を回収するには「匠のワザ」と時間を要する。

二軸前処理装置を活用することで、ニブラ作業でも時間がかかる電動パワーシートやスライドドアなどから W/H やモーター等を容易に回収することができる。これにより解体時間の短縮化や人手不足の解消、銅部品回収量の拡大、対象車両の拡張が可能になるため、全部再資源化事業への参入ハードルが下がることが期待される。こうした二軸前処理装置を活用した全部再資源化事業者が増えることで、自動車リサイクル全体の安定化に繋がると考えられる。

5. 事業の評価

5.1. 採算性の評価

本実証事業では二軸前処理装置の価格を安価に抑えた小型タイプ（価格 4,000 万円）、小型タイプ以上にフレキシビリティに優れた中型タイプ（同 8,000 万円）の実用化を想定して採算性の評価を行った。

これらの二軸前処理装置の最大処理スピードは、エコアールの保有する二軸前処理装置が 1 投入材（40kg）に対し 20 秒かかるのに対し、中型タイプは 40 秒、小型タイプは 2 分で設計している。

投入材はドアとダッシュボードを対象にすると、中型タイプの投入回数は 4～5 回、小型タイプは 6～7 回となるため、1 台処理するのに必要な時間は中型タイプで 2 分 40 秒～3 分 20 秒、小型タイプで 12～14 分となる。

ただし、「2.1.3(2) 作業時間計測結果」で述べたように、手選別に必要な時間は 22 分 21 秒となっており、二軸前処理装置の処理スピードよりも遅い。そのため、ボトルネックは手選別工程となるため、手選別工程に合わせた一日の処理台数を算出した。

なお、本実証事業実施前の目標として二軸前処理装置を活用した全部再資源化の処理台数として 100 台/日を掲げたが、大幅な未達となった。本事業実施前に算出した最短の処理時間を元に、いずれの車格でも最短時間の達成を目標としたものの、車格の大きい車種では銅部品の回収時間の短縮化に限りがあることが分かった。現状、エコアールにおける二軸前処理装置を活用した全部再資源化の処理台数は、車格の大きい車種を中心に組み合わせているため当初目標の 1/4 となる 25 台/日前後となっているが、まずは 40 台/日への拡張に向けて改善活動を継続していく。

表 5.1. 二軸前処理装置の処理時間と全部利用プレスの処理台数

	二軸前処理装置						手選別			全部利用プレス（＝手選別ベース）			
	最大処理スピード (分:秒/投入材)	一台処理するのに必要な投入回数			一台処理するのに必要な時間（分:秒/台）			手選別に必要な時間（分:秒/台）			一日あたりの処理台数（台/日） ※同車格のみの処理の場合		
		軽自動車	セダン中型	ワンボックス	軽自動車	セダン中型	ワンボックス	軽自動車	セダン中型	ワンボックス	軽自動車	セダン中型	ワンボックス
投入材重量	－	140kg	170kg	200kg	－	－	－	－	－	－	－	－	－
エコアール保有機	0:20	4回	5回	5回	1:20	1:40	1:40	15:34	20:12	24:01	26台	20台	14台
中型タイプ	0:40	4回	5回	5回	2:40	3:20	3:20						
小型タイプ	2:00	6回	7回	7回	12:00	14:00	14:00						

※処理スピードは投入材の重量40kgを対象とする

※手選別時間は本実証事業2年目の平均時間を使用

※作業時間は7時間/日

出所：矢野経済研究所

全部利用プレスを全部利用者に引き渡すと、全部利用者から鉄スクラップ価格で引き取られる。国内鉄スクラップ購入価格の指標となる東京製鐵の購入価格のうち、2020 年 4～12 月の宇都宮・特級価格は平均 27.3 円/kg となる。通常、A プレスはダスト引き 30%等で引き取られるため、全部利用者の全部利用プレス引取価格は 14.1 円/kg となる。

また、全部再資源化事業者は作業の対価として再資源化費用を受け取ることができる。自動車メーカー8社の委託を受け自動車リサイクル率の向上を目指す TH チームでは、車格に

応じた再資源化費用を設定している。現状、全部利用者の要望は全部利用プレスに含まれる銅分 0.3%以下であるため、それに応じた再資源化費用を使用した。

事業試算では、中型タイプと小型タイプに区分し、さらに軽自動車、セダン中型、セダン大型の車格ごとに算出した。設備投資額の回収期間は、中型タイプでは軽自動車で 5 年、セダン中型で 4 年、ワンボックス等で 3 年、小型タイプでは軽自動車で 5 年、セダン中型で 5 年、ワンボックス等で 3 年という試算結果となった。通常の解体作業ではこれらの車格のベストミックスを行うため、試算結果よりも回収期間の短縮化に繋がる可能性もある。

表 5.2.二軸前処理装置を活用した全部再資源化事業収支（中型タイプ×軽自動車）

項目		単位	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	備考
売上高	処理台数	軽自動車								
		セダン中型	15	26	26	26	26	26	26	
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	
	全部利用PLS重量	軽自動車	480	480	480	480	480	480	480	
		セダン中型	620	620	620	620	620	620	620	本実証事業の平均重量
		ワンボックス等	800	800	800	800	800	800	800	
	鉄スクラップ価格（ダスト引き後）		14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	※1、※2
	T Hチーム 全部再資源化費用		3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	※3
	一日あたりの売上高（部品取り+触媒+全部利用向け鉄スクラップ+全部再資源化受託料金）		4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	
	計		6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	
費用	人件費	軽自動車	829,020	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	
	廃車調達費×輸送費込	軽自動車	211,897,512	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	月稼働日数21.3日※6×12ヶ月
	計		211,897,512	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	
	修繕費	一般労働者※4	211,897,512	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	
		パートタイム労働者※5	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	月間現金給与額379,705円※6福利厚生費含む（×1.3）
		計	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	月間現金給与額116,318円※6
CF累計現在価値	電力料金	軽自動車	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	
		セダン中型	111,186,000	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	
	減価償却費	軽自動車	111,186,000	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	
	計		111,186,000	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	
	売上原価合計	二軸：3ヶ月に1回70万円の修繕を想定	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	
		一軸：17ヶ月に1回70万円の修繕を想定	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	
		二軸前処理装置8,000万円（7年定額償却）	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	全部利用PLS輸送費（1日4回@4万円を想定）
CF累計現在価値	売上総利益	軽自動車	226,151,459	307,687,859	307,687,859	307,687,859	307,687,859	307,687,859	307,687,859	
		セダン中型	-14,253,947	59,601,162	59,601,162	59,601,162	59,601,162	59,601,162	59,601,162	
		ワンボックス等	27,038,123	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	
	営業利益	二軸：3ヶ月に1回70万円の修繕を想定	41,292,069	12,735,083	12,735,083	12,735,083	12,735,083	12,735,083	12,735,083	
		一軸：17ヶ月に1回70万円の修繕を想定	-27,335,350	8,430,625	8,430,625	8,430,625	8,430,625	8,430,625	8,430,625	
		二軸前処理装置8,000万円（7年定額償却）	-14,763,921	21,002,054	21,002,054	21,002,054	21,002,054	21,002,054	21,002,054	
	純利益	軽自動車	-61,878,409	-43,042,802	-23,208,908	-2,323,818	19,668,182	42,825,758	67,210,686	
		セダン中型								
		ワンボックス等								
	CF累計現在価値									

※1：東京製鐵 国内鉄スクラップ購入価格（2020年4～12月の手都宮・特級価格）

※2：ダスト引き30%等含む

※3：APLス調含有率0.3%

※4：一般労働者＝（前処理2名、ニブ1名、手回収2名、二軸1名）×1.5チーム

※5：パートタイム労働者＝手選別2名×1.5チーム

※6：毎月勤労統計調査 令和2年11月分結果確認（建設業・一般労働者及びパートタイム労働者）

※7：一般財団法人 建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※8：日本経済新聞2020年7月10日より

※エアバッグの受託料金、その他設備投資等は除く

出所：矢野経済研究所

表 5.3.二軸前処理装置を活用した全部再資源化事業収支 (中型タイプ×セダン中型)

項目		単位	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	備考
売上高	処理台数	台/日	0	0	0	0	0	0	0	
	セダン中型									
	ワンボックス等		15	20	20	20	20	20	20	
	軽自動車		0	0	0	0	0	0	0	
	セダン中型	kg/台	480	480	480	480	480	480	480	
	セダン中型		620	620	620	620	620	620	620	本実証事業の平均重量
	ワンボックス等		800	800	800	800	800	800	800	
	鉄スクラップ価格 (ダスト引き後)	kg/円	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	※1. ※2
	カテゴリーⅢ (軽自動車)		3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	
	カテゴリーⅡ (中・小型乗用)	台/円	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	※3
費用	カテゴリーⅠ (大型乗用)		6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	
	軽自動車	円/日	0	0	0	0	0	0	0	
	セダン中型		1,361,130	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	
	ワンボックス等		0	0	0	0	0	0	0	
	計		1,361,130	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	
	軽自動車	円/年	0	0	0	0	0	0	0	
	セダン中型		347,904,828	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	月稼働日数21.3日※6×12ヶ月
	ワンボックス等		0	0	0	0	0	0	0	
	計		347,904,828	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	
	一般労働者※4		53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	月間現金給与額379,705円※6福利厚生費含む (x1.3)
CF累計現在価値	人件費		4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	月間現金給与額116,318円※6
	パートタイム労働者※5		57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	
	計		0	0	0	0	0	0	0	
	軽自動車		0	0	0	0	0	0	0	
	セダン中型		210,870,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	
	ワンボックス等		0	0	0	0	0	0	0	
	計		210,870,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	
	修繕費		2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	二軸：3ヶ月に1回70万円の修繕を想定
	電力料金		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	17ヶ月10万円を想定 (二軸前処理装置のみ)
	減価償却費		12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	二軸前処理装置8,000万円 (7年定額償却)
	輸送費		40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	全部利用プレス輸送費 (1日4回@4万円を想定)
CF累計現在価値	売上原価合計		325,835,459	396,125,459	396,125,459	396,125,459	396,125,459	396,125,459	396,125,459	
	売上総利益		22,069,369	67,747,645	67,747,645	67,747,645	67,747,645	67,747,645	67,747,645	
	販売管理費		44,392,656	59,190,208	59,190,208	59,190,208	59,190,208	59,190,208	59,190,208	売上高の12.76%を想定※7
	営業利益		-22,323,287	8,557,437	8,557,437	8,557,437	8,557,437	8,557,437	8,557,437	
	純利益		-14,778,016	5,665,024	5,665,024	5,665,024	5,665,024	5,665,024	5,665,024	法定実効税率33.8%を想定
	キャッシュフロー (CF)		-2,206,587	18,236,452	18,236,452	18,236,452	18,236,452	18,236,452	18,236,452	
	CF累計現在価値		-48,655,536	-32,031,296	-14,525,970	3,907,137	23,317,200	43,755,995	65,278,047	割引率 (WACC) 5.3%※8
	※1：東京製鐵 国内鉄スクラップ購入価格 (2020年4～12月の宇都宮・特級価格)									
	※2：ダスト引き30%等含む									
	※3：Aプレス鋼含有率0.3%									
	※4：一般労働者 = (前処理2名、ニブ1名、手回2名、二軸1名) ×1.5チーム									
	※5：パートタイム労働者 = 手選別2名×1.5チーム									
	※6：毎月動労統計調査 令和2年11月分結果確認 (建設業・一般労働者及びパートタイム労働者)									
	※7：一般財団法人 建設業情報管理センター「建設業の経営分析」									
	※8：日本経済新聞2020年7月10日より									
	※9：A7バツクの受託料金、その他設備投資等は除く									

表 5.4. 二軸前処理装置を活用した全部再資源化事業収支（中型タイプ×ワンボックス等）

項目		単位	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	備考
売上高	処理台数	軽自動車	0	0	0	0	0	0	0	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	10	14	14	14	14	14	14	
	全部利用プレス重量	軽自動車	480	480	480	480	480	480	480	
		セダン中型	620	620	620	620	620	620	620	本実証事業の平均重量
		ワンボックス等	800	800	800	800	800	800	800	
		鉄スクラップ価格（ダスト引き後）	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	※1、※2
	T Hチーム 全部再資源化費用	カテゴリーⅢ（軽自動車）	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	
		カテゴリーⅡ（中・小型乗用）	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	※3
		カテゴリーⅠ（大型乗用）	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	
費用	一年あたりの売上高（部品取り＋触媒＋全部利用向け鉄スクラップ＋全部再資源化受託料金）	軽自動車	0	0	0	0	0	0	0	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	1,443,800	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	
	一年あたりの売上高	軽自動車	0	0	0	0	0	0	0	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	369,035,280	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	月稼働日数21.3日※6×12ヶ月
	人件費	一般労働者※4	369,035,280	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	
		パートタイム労働者※5	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	月間現金給与額379,705円※6福利厚生費含む（x1.3）
		計	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	月間現金給与額116,318円※6
	修繕費	軽自動車	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	
CF累計現在価値	売上原価合計	軽自動車	219,816,000	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	
		セダン中型	219,816,000	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	
		ワンボックス等	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	二軸：3ヶ月に1回70万円の修繕を想定
	電力料金	軽自動車	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	17ヶ月10万円を想定（二軸前処理装置のみ）
		セダン中型	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	12,571,429	二軸前処理装置8,000万円（7年定額償却）
		ワンボックス等	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	全部利用プレス輸送費（1日4回@4万円を想定）
	減価償却費	軽自動車	334,781,459	422,707,859	422,707,859	422,707,859	422,707,859	422,707,859	422,707,859	
		セダン中型	34,253,821	93,941,533	93,941,533	93,941,533	93,941,533	93,941,533	93,941,533	
		ワンボックス等	47,088,902	65,924,462	65,924,462	65,924,462	65,924,462	65,924,462	65,924,462	売上高の12.76%を想定※7
	営業利益	軽自動車	-12,835,080	28,017,071	28,017,071	28,017,071	28,017,071	28,017,071	28,017,071	
		セダン中型	-8,496,823	18,547,301	18,547,301	18,547,301	18,547,301	18,547,301	18,547,301	法定実効税率33.8%を想定
		ワンボックス等	4,074,605	31,118,730	31,118,730	31,118,730	31,118,730	31,118,730	31,118,730	
CF累計現在価値	CF累計現在価値	軽自動車	-42,041,440	-11,501,615	20,656,822	54,519,656	90,177,220	127,724,635	167,262,063	割引率（WACC）5.3%※8
		セダン中型								
		ワンボックス等								
	CF累計現在価値	軽自動車								
		セダン中型								
		ワンボックス等								
	CF累計現在価値	軽自動車								
		セダン中型								
		ワンボックス等								
	CF累計現在価値	軽自動車								
		セダン中型								
		ワンボックス等								

※1：東京製鐵 国内鉄スクラップ購入価格（2020年4～12月の宇都宮・特設価格）

※2：ダスト引き30%等含む

※3：Aプレス調含有率0.3%

※4：一般労働者＝（前処理2名、ニブ1名、手回収2名、二軸1名）×1.5チーム

※5：パートタイム労働者＝手選別2名×1.5チーム

※6：毎月動労統計調査 令和2年11月分結果確認（建設業・一般労働者及びパートタイム労働者）

※7：一般財団法人 建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※8：日本経済新聞2020年7月10日より

※9：Aプレス調含有率0.3%

※10：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※11：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※12：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※13：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※14：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※15：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※16：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※17：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※18：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※19：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※20：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※21：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※22：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※23：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※24：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※25：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※26：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※27：建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

出所：矢野経済研究所

表 5.5.二軸前処理装置を活用した全部再資源化事業収支 (小型タイプ×軽自動車)

項目		単位	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	備考
売上高	処理台数	軽自動車	15	26	26	26	26	26	26	
		セタン中型								
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	
	全部利用プレス重量	軽自動車	480	480	480	480	480	480	480	本実証事業の平均重量
		セタン中型	620	620	620	620	620	620	620	
		ワンボックス等	800	800	800	800	800	800	800	
	鉄スクラップ価格 (ダスト引き後)		14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	※1、※2
		カデリーⅢ (軽自動車)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	
		カデリーⅡ (中・小型乗用)	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	※3
		カデリーⅠ (大型乗用)	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	
費用	一日あたりの売上高 (部品取り+触媒+全部利用向け鉄スクラップ+全部再資源化受託料金)	軽自動車	829,020	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	
		セタン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	
	一年あたりの売上高	計	829,020	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	1,436,968	
		軽自動車	211,897,512	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	月稼働日数21.3日※6×12ヶ月
		セタン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	0	0	0	0	0	0	0	
	人件費	計	211,897,512	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	367,289,021	
		一般労働者※4	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	月間現金給与額379,705円※6福利厚生費含む (×1.3)
		パートタイム労働者※5	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	月間現金給与額116,318円※6
費用	廃車調達費※輸送費込	計	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	
		軽自動車	111,186,000	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	
		セタン中型	0	0	0	0	0	0	0	
	修繕費	計	0	0	0	0	0	0	0	
		軽自動車	111,186,000	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	192,722,400	二軸：3ヶ月に1回70万円の修繕を想定
		セタン中型	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	1ヶ月10万円を想定 (二軸前処理装置のみ)
		ワンボックス等	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	二軸前処理装置4,000万円 (7年定額償却)
	電力料金	計	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	
		軽自動車	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	全部利用プレス輸送費 (1日4回@4万円を想定)
		セタン中型	219,865,744	301,402,144	301,402,144	301,402,144	301,402,144	301,402,144	301,402,144	
CF累計現在価値	売上総利益	計	-7,968,232	65,886,877	65,886,877	65,886,877	65,886,877	65,886,877	65,886,877	
		軽自動車	27,038,123	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	売上高の12.76%を想定※7
		セタン中型	-35,006,355	19,020,797	19,020,797	19,020,797	19,020,797	19,020,797	19,020,797	
	営業利益	計	-23,174,207	12,591,768	12,591,768	12,591,768	12,591,768	12,591,768	12,591,768	法定実効税率33.8%を想定
		軽自動車	-16,888,493	18,877,482	18,877,482	18,877,482	18,877,482	18,877,482	18,877,482	
		セタン中型	-64,115,583	-47,635,720	-30,282,424	-12,009,404	7,232,086	27,493,376	48,828,513	割引率 (WACC) 5.3%※8
	CF累計現在価値	計	-64,115,583	-47,635,720	-30,282,424	-12,009,404	7,232,086	27,493,376	48,828,513	
		軽自動車	27,038,123	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	46,866,079	
		セタン中型	-35,006,355	19,020,797	19,020,797	19,020,797	19,020,797	19,020,797	19,020,797	
	純利益	計	-23,174,207	12,591,768	12,591,768	12,591,768	12,591,768	12,591,768	12,591,768	
		軽自動車	-16,888,493	18,877,482	18,877,482	18,877,482	18,877,482	18,877,482	18,877,482	
		セタン中型	-64,115,583	-47,635,720	-30,282,424	-12,009,404	7,232,086	27,493,376	48,828,513	

※1：東京製鐵 国内鉄スクラップ購入価格 (2020年4～12月の宇都宮・持坂価格)

※2：ダスト引き30%等含む

※3：APレス調査有率0.3%

※4：一般労働者 = (前処理2名、ニブラ1名、手回収2名、二軸1名) ×1.5チーム

※5：パートタイム労働者 = 手選別2名×1.5チーム

※6：毎月動向統計調査 令和2年11月分結果確認 (建設業・一般労働者及びパートタイム労働者)

※7：一般財団法人 建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※8：日本経済新聞2020年7月10日よ

※エアバッグの受託料金、その他設備投資等は除く

出所：矢野経済研究所

表 5.6. 二軸前処理装置を活用した全部再資源化事業収支 (小型タイプ×セダン中型)

項目		単位	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	備考
処理台数	軽自動車		0	0	0	0	0	0	0	
	セダン中型	台/日	15	20	20	20	20	20	20	
	ワンボックス等		0	0	0	0	0	0	0	
	軽自動車		480	480	480	480	480	480	480	
	セダン中型	kg/台	620	620	620	620	620	620	620	本実証事業の平均重量
全部利用プレス重量	ワンボックス等		800	800	800	800	800	800	800	
	鉄スクラップ価格 (タスト引き後)	kg/円	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	※1、※2
	カテゴリⅢ (軽自動車)		3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	
	カテゴリⅡ (中小型乗用)	台/円	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	※3
	カテゴリⅠ (大型乗用)		6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	
売上高	軽自動車		0	0	0	0	0	0	0	
	セダン中型	円/日	1,361,130	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	
	ワンボックス等		0	0	0	0	0	0	0	
	計		1,361,130	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	1,814,840	
	一年あたりの売上高	円/年	347,904,828	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	月稼働日数21.3日※6×12ヶ月
費用	計		347,904,828	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	463,873,104	
	一般労働者※4		53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	月間現金給与額379,705円※6福利厚生費含む (×1.3)
	パートタイム労働者※5		4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	月間現金給与額116,318円※6
	計		57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	
	軽自動車		0	0	0	0	0	0	0	
費用	セダン中型		210,870,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	
	ワンボックス等		0	0	0	0	0	0	0	
	計		210,870,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	281,160,000	
	修繕費		2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	二軸：3ヶ月に1回70万円の修繕を想定
	電力料金		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1ヶ月10万円を想定 (二軸前処理装置のみ)
売上原価合計	減価償却費		6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	二軸前処理装置4,000万円 (7年定額償却)
	輸送費		40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	全部利用プレス輸送費 (1日4回@4万円を想定)
	計		319,549,744	389,839,744	389,839,744	389,839,744	389,839,744	389,839,744	389,839,744	
	売上総利益		28,355,084	74,033,360	74,033,360	74,033,360	74,033,360	74,033,360	74,033,360	
	販売管理費		44,392,656	59,190,208	59,190,208	59,190,208	59,190,208	59,190,208	59,190,208	売上高の12.76%を想定※7
CF累計現在価値	営業利益		-16,037,572	14,843,152	14,843,152	14,843,152	14,843,152	14,843,152	14,843,152	
	純利益		-10,616,873	9,826,166	9,826,166	9,826,166	9,826,166	9,826,166	9,826,166	法定実効税率33.8%を想定
	キャパシティー (CF)		-4,331,159	16,111,881	16,111,881	16,111,881	16,111,881	16,111,881	16,111,881	
	CF累計現在価値		-50,892,710	-36,624,213	-21,599,486	-5,778,449	10,881,104	28,423,613	46,895,875	割引率 (WACC) 5.3%※8

※1：東京製鐵 国内鉄スクラップ購入価格 (2020年4～12月の平均値・特価価格)

※2：タスト引き30%等含む

※3：Aプレス銅含有率0.3%

※4：一般労働者 = (前処理2名、回収2名、二軸1名) ×1.5チーム

※5：パートタイム労働者 = 手選別2名×1.5チーム

※6：毎月動労統計調査 令和2年11月分結果確認 (建設業・一般労働者及びパートタイム労働者)

※7：一般財団法人 建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※8：日本経済新聞2020年7月10日より

※9：EPAバグの受託料金、その他設備投資等は除く

出所：矢野経済研究所

表 5.7.二軸前処理装置を活用した全部再資源化事業収支 (小型タイプ×ワンボックス等)

項目		単位	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	備考
売上高	処理台数	軽自動車	0	0	0	0	0	0	0	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	10	14	14	14	14	14	14	
	全部利用PLS重量	軽自動車	480	480	480	480	480	480	480	
		セダン中型	620	620	620	620	620	620	620	本実証事業の平均重量
		ワンボックス等	800	800	800	800	800	800	800	
	鉄スクラップ価格 (ダスト引き後)	kg/円	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	※1、※2
			3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	
		円/円	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	※3
	T Hチーム 全部再資源化費用	台/円	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	
			0	0	0	0	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	
	一日あたりの売上高 (部品取り+触媒+全部利用向け鉄スクラップ+全部再資源化受託料金)	円/日	1,443,800	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	
			1,443,800	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	2,021,320	
			0	0	0	0	0	0	0	月稼働日数21.3日※6×12ヶ月
費用	一年あたりの売上高	円/年	369,035,280	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	
			369,035,280	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	516,649,392	
			53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	月間現金給与額379,705円※6福利厚生費含む (×1.3)
	人件費	パートタイム労働者※5	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	月間現金給与額116,318円※6
		計	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	
			0	0	0	0	0	0	0	
	廃車調達費※輸送費込	軽自動車	0	0	0	0	0	0	0	
		セダン中型	0	0	0	0	0	0	0	
		ワンボックス等	219,816,000	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	
	修繕費	計	219,816,000	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	307,742,400	
			2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	二軸：3ヶ月に1回70万円の修繕を想定
			1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1ヵ月10万円を想定 (二軸前処理装置のみ)
	電力料金	減価償却費	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	6,285,714	二軸前処理装置4,000万円 (7年定額償却)
		輸送費	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	40,896,000	全部利用PLS輸送費 (1日4回@4万円を想定)
		売上原価合計	328,495,744	416,422,144	416,422,144	416,422,144	416,422,144	416,422,144	416,422,144	
CF累計現在価値	売上総利益		40,539,536	100,227,248	100,227,248	100,227,248	100,227,248	100,227,248	100,227,248	
	販売管理費		47,088,902	65,924,462	65,924,462	65,924,462	65,924,462	65,924,462	65,924,462	売上高の12.76%を想定※7
	営業利益		-6,549,366	34,302,785	34,302,785	34,302,785	34,302,785	34,302,785	34,302,785	
	純利益		-4,335,680	22,708,444	22,708,444	22,708,444	22,708,444	22,708,444	22,708,444	法定実効税率33.8%を想定
	キャッシュフロー (CF)		1,950,034	28,994,158	28,994,158	28,994,158	28,994,158	28,994,158	28,994,158	
CF累計現在価値			-44,278,614	-16,094,532	13,583,306	44,834,070	77,741,124	112,392,252	148,879,890	割引率 (WACC) 5.3%※8

※1：東京製鐵 国内鉄スクラップ購入価格 (2020年4～12月の宇都宮・特級価格)

※2：ダスト引き30%等含む

※3：A7レス銅含有率0.3%

※4：一般労働者 = (前処理2名、コブラ1名、手回収2名、二軸1名) ×1.5チーム

※5：パートタイム労働者 = 手選別2名×1.5チーム

※6：毎月動労統計調査 令和2年11月分結果速報 (建設業・一般労働者及びパートタイム労働者)

※7：一般財団法人 建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※8：日本経済新聞2020年7月10日より

※EIA/バツグの受託料金、その他設備投資等は除く

出所：矢野経済研究所

5.2. 有効性の評価

全部再資源化は ASR を発生させることなく効率的にほぼ 100%リサイクルできる手法であり、国内 ASR 処理施設の逼迫、処理費用上昇という社会的な問題解決の一助となる有効な手法である。その一方で全部再資源化の実施は一部の使用済自動車に留まっている。銅含有部品の回収には、手作業による精緻な解体が必要で、1 台当たりの処理時間が長くなるため、現状の人手不足の状況では処理台数が低下してしまう。そのため、全部再資源化の実施比率は全体の 5%程度と大きく停滞している。

二軸前処理装置の活用により全部再資源化に関わる作業時間短縮化、対象車種の拡大を実現することで、全部再資源化事業者にとっては処理台数拡大及びコスト低減に繋がる。

公財)自動車リサイクル促進センターのデータ BOOK より、2019 年の解体事業所数（稼働事業所）は 3,367 事業所（引取報告件数合計 350.35 万台）であるが、そのうち年間引取報告件数が 1 万台以上の大手解体事業所は 2%の 58 事業所、引取報告件数では 95.12 万台を占めている。本実証事業の成果により、仮に大手解体事業所が全部再資源化を実施した場合、1 台当たりの ASR 重量は 183.9 kgであるため、174,926t の ASR 発生量の削減に繋がる。年間の ASR 発生量が約 56 万 t である場合、重量ベースの全部利用率は約 25%まで向上する。

日本政府は 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言するなど、世界全体で脱炭素社会の実現に向けて動き始めている。電炉における全部利用プレスの活用は ASR 発生量の抑制に伴う温室効果ガスの削減のほか、マテリアルリサイクルの推進に繋がる。国内スクラップの品質劣化、上級スクラップを中心とした品質が安定したスクラップの調達難等の深刻化も予想されるなか、銅含有率が 0.3%以下の全部利用プレスの重要度は、脱炭素社会の実現においても今後さらに高まるものと考えられる。

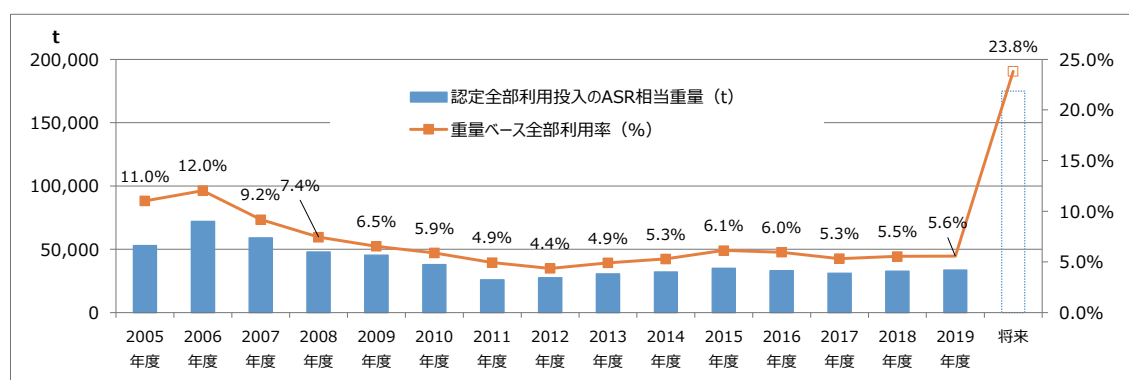


図 5.1. 全部利用率の推移

出所：経済産業省「産業構造審議会産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会 自動車リサイクル WG 中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会 合同会議」資料より矢野経済研究所作成、将来のみ矢野経済研究所推計

参考資料

改訂	年月日	内容	承認	審査	作成
1					
2					

顧 客 : * * * * * 殿

納入先 : 同上

件 名 : 小型二軸前処理装置

仕 様 書



ウエノテックス株式会社

営業技術本部、環境部

〒949-3298

新潟県上越市柿崎区柿崎 7396-10

TEL(025)536-3097 FAX(025)536-3098

承認	審査	作成

製造番号 * * *

作成年月日 * * 年 * * 月 * * 日

文章番号 MG - * * * *

枚数 全 (* *) 枚

目 次

1 一般事項

1-1	概 要	-----	1
1-2	名 称	-----	1
1-3	設置場所	-----	1
1-4	納 期	-----	1
1-5	納入範囲	-----	1,2
1-6	適用規格	-----	2
1-7	建屋との取り合い寸法	-----	3
1-8	基 礎	-----	3
1-9	運 搬	-----	3
1-10	現地工事	-----	3
1-11	検査及び試験	-----	3
1-12	提出資料	-----	3
1-13	教 育	-----	3
1-14	アフターサービス	-----	3
1-15	お引き渡し・検収条件	-----	3
1-16	御支払条件	-----	4
1-17	保 証	-----	4
1-18	安 全	-----	4

2 基本仕様

2-1	設置環境	-----	5
2-2	1 次側ユーティリティ	-----	5
2-3	使用電源	-----	5
2-4	塗 装	-----	5
2-5	1 次側接続点	-----	5

3 主仕様

3-1	ほぐし処理物	-----	6
3-2	運転方法	-----	6
3-3	運転時間	-----	6
3-4	環境対策	-----	6

4 機器仕様

----- 7

5 付属品

----- 7

6 ご支給品

----- 7

1 一般事項

1-1 概 要

本仕様書は、**ASR** を発生させない全部再資源化の効率化・拡大実証事業の小型二軸前処理装置の仕様検討及び製作条件を記載しています。

1-2 名 称

-1 装置名称 小型二軸前処理装置

1-3 設置場所

-1 納入先 * * * * 殿

-2 設置場所 別途記載

1-4 納 期

別途打合せ

1-5 納入範囲(●印)

-1 製造工場範囲

No.	大項目	小項目	数量	範囲内						範囲外	備考	
				基設	機設	電設	製作	組立	機配	機管		
1	二軸前処理装置	①	二軸前処理装置	1 式	●	●	●	●	●	●	●	
		②	油圧ユニット	1 式	●	●	●	●	●	●	●	
		③	冷却装置	1 式	●	●	●	●	●	●	●	
		④	設備制御盤	1 式	●	●	●	●	●	●	●	
		⑤	二軸前処理装置ホッパー	1 式	●		●	●	●			
		⑥	手選別コンベア	1 式	●	●	●	●	●	●	●	
2	付属品	①	付属品	1 式	●							工具類
		②	予備品	1 式							●	
		③	消耗品	1 式							●	
3	試運転調整	①	試運転調整	1 式	●							
		②	試運転用処理物	1 式							●	
4	検査	①	工場検査	1 式	●							
		②	工場お立会検査	1 式							●	
		③	製作写真	1 式							●	
5	図書	①	提出図書	1 式	●							
		②	官庁提出図書	1 式	●							1-12 に記載
6	輸送前	①	梱包・積み込み	1 式	●							

基設：基本設計、機設：機械詳細設計、電設：電機詳細設計、製作：製作・塗装、組立：組立、機配：機内電気配線、機管：機内空圧配管・機内油圧配管

-2 設置工場範囲

No.	大項目	小項目	数量	範囲内	範囲外	備考
1	輸送	① 運搬	1 式	●		
		② 敷地内搬入通路の確保	1 式		●	
		③ 敷地内搬入通路の養生	1 式		●	
2	1 次側ユーティリティ	① 電源	1 式		●	
		② 圧縮空気源	1 式		●	
		③ 油圧源	1 式	●		油圧ユニット
		④ 集塵機	1 式		●	
		⑤ 工業用水（冷却装置用）	1 式		●	
3	現地工事	① 建屋内搬入通路の確保	1 式		●	
		② 建屋内搬入通路の養生	1 式		●	
		③ 荷降ろし・重機	1 式		●	
		④ 搬入・据付工事	1 式		●	別途お打合せ
		⑤ 現地塗装	1 式		●	補修塗装のみ
		⑥ 2 次側電気配線工事	1 式		●	
		⑦ 2 次側空圧配管工事	1 式		●	
		⑧ 2 次側油圧配管工事	1 式		●	
		⑨ 2 次側水配管工事	1 式		●	
		⑩ 2 次側集塵配管工事	1 式		●	
		⑪ 工事 S V	1 式		●	
		⑫ 工事写真	1 式		●	
		⑬ 廃棄物処分	1 式		●	
		⑭ 建屋工事	1 式		●	
		⑮ 基礎工事	1 式		●	
		⑯ 既設設備撤去	1 式		●	
4	試運転調整	① 試運転調整	1 式	●		
		② 試運転調整 S V	1 式		●	
		③ 試運転調整補助員	1 式		●	
		④ 試運転用処理物	1 式		●	
5	検査	① 設置工場検査	1 式		●	
		② 設置工場お立会検査	1 式		●	
6	教育	① 運転教育	1 式	●		
		② 保全教育	1 式	●		

7	アフターサービス	①	定期点検	1 式		●	別途見積り
		②	定期部品交換	1 式		●	別途見積り

1-6 適用規格

本設備の設計、製作は下記の現行法規及び標準規格によるものと致します。

- 1 日本工業規格(JIS)
- 2 電気設備技術基準
- 3 電気規格調査会標準規格(JEC)
- 4 日本電気工業会標準規格(JEM)
- 5 ウエノテックス JISQ9001

1-7 建屋との取り合い寸法

- 1 建屋との取り合い寸法につきましては、貴社にてご提示頂いた寸法としこれをもとに設計を実施致します。
また、現地にて実寸法を確認させて頂くことがございます。
- 2 ご契約後、取り合い寸法が変更になった場合は別途お見積をさせていただきます。

1-8 基 礎

- 1 基礎は、本機の質量等に対し十分な強度を有し、かつ、水平な基礎であることと致します。
- 2 本機の質量及びアンカープランについてご提示致します。基礎強度のご確認をお願いします。

1-9 運 搬

- 1 敷地入口から設置位置までは、トレーラー等の搬入及び重機進入用の養生及び建屋解体等なしで通行できるものとします。
- 2 敷地内では、ご指定の運送経路及び待機場所を遵守し通行致します。

1-10 現地工事（工事を行う場合）

- 1 工事に際しては、貴社現場責任者の下に当社設置工事監督者及び作業員を派遣し労務管理並びに衛生・保安等の業務を管理し他関係各社との連絡を密に安全な工事を遂行致します。
- 2 基礎養生、建屋養生につきましては、基本的にはなしとします。
- 3 現場付近にて納入先より無償にてご支給又は御貸与願うものについては下記と致します。
工事用及び試運転用電力及び照明、水、作業員詰所及び機具保管用スペース、車両駐車場、フォークリフト、天井クレーン
- 4 据付工事は、屋内でのトラッククレーン工法とし、作業上必要なスペース、基礎開口、養生等を準備願えるものとします。引込み工法等の作業が必要な場合は、別途見積りとします。
- 5 制御盤の設置位置は、二軸前処理装置のうち側より 5M の範囲内とします。5M 以上必要な場合は、別途見積りとします。

1-11 検査及び試験

- 1 製造工場検査
当社標準の検査要領書に基づき社内試運転調整及び製造工場検査を実施します。
- 2 設置工場検査
電気運転確認及び負荷試験を行います。
貴社投入作業員の準備、お立合いをお願いします。

1-12 提出資料

ご契約後の提出資料は下記と致します。

- 1 製作仕様書(2 部)
- 2 納入機械図面[組立図](2 部)
- 3 納入電気図面[結線図](2 部)
- 4 検査成績書[製造工場](2 部)
- 5 完成図書[各種リスト、取扱説明書](2 部)
- 6 官庁提出図書[能力計算書、振動騒音データ]

1-13 教 育

お引き渡し前に下記の教育(1 日間)を行います。

- 1 運転教育
- 2 保全教育

1-14 アフターサービス

定期点検・補修工事等、誠意を持って対応致します。(別途見積り)

1-15 お引き渡し・検収条件

現地工事完了後、設置工場お立会検査を行い、本見積仕様書に記載された所定の性能を発揮すると認められた後、資料提出、教育を持ってお引き渡し・検収と致します。

1-16 御支払条件
別途お打合せ

1-17 保 証

-1 保証期間

検収後 1 年、又は、稼働時間 2,400 時間のいずれかの短い方を期間とする。

-2 機器保証

保証期間内に故障・不具合が生じ、明らかに当社の瑕疵と認められるものは、速やかに修理又は部品交換を保証します。その責の判断は、当社基準に基づき判断するものとします。

但し、保証期間内においても以下の場合については保証対象外とします。

- ① 消耗部品
- ② グリース、作動油等の補充・交換
- ③ 取扱説明書に従った正しい取扱いが行われなかった場合
- ④ 規定した対象物以外の使用、規定した量以外の使用等、限界を超えてご使用した場合
- ⑤ 適切でない使用環境、使用条件等の下で使用した場合
- ⑥ 整備・保守・交換が不十分のまま使用した場合
- ⑦ 当社以外で改造、設定変更等により使用した場合
- ⑧ 消耗部品等、標準部品を使用せずに使用した場合
- ⑨ 天災、異変、想定外の外力により、機能低下、故障が生じた場合
- ⑩ 契約時又は納入時において実用化されていた科学、技術では予見することのできない事由に起因する場合

-3 免責事項

二次的な損失(操業損失及び利益損失等)については免責とさせていただきます。

1-18 安 全

始業前点検・終業点検、定期点検を必ず実施してください。

特に終業後、装置に処理物や異物が残っていると火災等、重大な災害を起こす原因になります。

終業後は、装置の清掃（スクリーン開等）を必ず実施してください。

オプションにて、各種非常停止スイッチや安全柵の設置が可能です。

2 基本仕様

2-1 設置環境

- 1 使用環境 屋内
- 2 周囲温度 $-5^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$
- 3 周囲湿度 最高 90%程度、結露なし
- 4 ガス 腐食性なし、爆発性なし

2-2 1 次側ユーティリティ

- 1 電源本装置を安心してご使用いただくための一次側ご支給電源及び電源容量は以下の通りです。装置起動時は、大電流が流れます。本内容は、必ず電力会社にお問い合わせ下さい。
電 圧 : AC400/440V $\pm 5\%$ 3P
AC200/220V $\pm 5\%$ 3P
周波数 : 50/60Hz
- 2 圧縮空気源 使用なし
- 3 油圧源 当社準備
- 4 集塵機 使用なし
- 5 水 冷却装置に使用。工水又は水道水をご準備願います。

2-3 使用電源

- 1 動力電源 AC400/440V 50/60Hz 三相
AC200/220V 560Hz 三相
- 2 操作回路 AC100V 50/60Hz 単相、DC24V 盤内降圧
- 3 制御回路 AC100V 50/60Hz 単相、DC24V 盤内降圧
- 4 計装回路 AC100V 50/60Hz 単相、DC24V 盤内降圧

2-4 塗装

- 1 素地調整 2 種ケレン
- 2 塗装回数 下塗り 1 回、上塗り 1 回、当社標準塗料を使用
- 3 塗装色 本体色：別途打合せ
安全色：マンセル 2.5Y8/14
制御盤：マンセル 5Y7/1 半ツヤ

- 2-5 1 次側接続点（以下の接続点への接続施工をお願いします。）
- | | |
|---------|--------------|
| -1 動力電源 | 当社制御盤メインブレーカ |
| -2 油圧源 | 弊社範囲 |

3 主仕様

3-1 ほぐし処理物

-1 処理物

①	ほぐし処理物	自動車部品 ・ダッシュボード ・ドア ・リアゲート ・スライドドア ・電動シート
②	最大投入重量	約 150kg
③	投入物見掛比重	0.08～0.15t/m ³ 程度
④	前提条件	一次解体されていること
⑤	大きさ	1600mm 以下
⑥	状態	非圧縮品
⑦	温度	常温
⑧	水分	なし
⑨	排出粒度	約 300～500mm 程度（粒度保証なし）
⑩	処理能力	****kg/h（保証外）
⑪	投入方法	ニブラ、フォークリフト
⑫	排出方法	手選別コンベア直結排出
⑬	その他	オプションにより正逆運転切替、非常停止スイッチをリモコン操作可能です。

<注意事項>

注 1：投入する処理物の性状、投入方法により処理能力が大きく変動します。

また、電動機の負荷電流が上昇しほぐせない場合があります。

電動機の定格電流値を超えたご使用はできませんので、

性状の見直し又は、投入処理物を減量するか取り除いてください。

注 2：指定された粉碎処理物以外の投入はできません。

重大な災害が発生する可能性があります。

注 3：投入処理物を機械室に投入してからの起動はできません。

二軸前処理装置が完全に起動してから投入してください。

注 4：刃物の消耗状況により二軸前処理装置の負荷及び処理能力が変動します。

定期的な点検を実施し、適切なメンテナンスをお願いします。

注 5：二軸前処理装置下コンベアはゴムベルトのため、金属の排出によっては頻繁に切断する可能性があります。消耗品としてご認識ください。

3-2 運転時間

-1 運転時間 8hr／日、25 日／月、12 月／年、2400 hr./年

3-3 環境対策

- 1 騒音対策 二軸前処理装置及び油圧ユニット機側 1m で 100dB 付近の騒音が予想されます。
本仕様では、騒音対策について範囲外としていますが騒音規制法に基づく規制基準を準拠する検討が必要です。
- 2 振動対策 本仕様では、振動対策について範囲外としていますが振動規制法に基づく規制基準を準拠する検討が必要です。
- 3 粉塵対策 本仕様では、集塵機による粉塵対策について範囲外としていますが大量の粉塵飛散が予想されます。
対策をご検討ください。

3-4 火災予防

本仕様では、火災予防についての機器装置は範囲外としています。

金属物、爆発物等の混入による機械室及び最終堆積側での発火について検討が必要です。

4 機器仕様

4-1 二軸前処理装置本体

-1 型式

MG-***

-2 主仕様

① 機体重量

約****kg

② 機械室大きさ

1800mm×1650mm

③ 主動力

75kw×2=150kw

④ ディスク径

φ776mm

⑤ ディスク幅、枚数

幅 100mm×7 枚×2 軸

⑥ 刃物クリアランス

10mm

⑦ 回転数

約 8～15rpm（可変式）

⑧ 投入高さ

****mm

⑨ 駆動方式

電動/油圧

⑩ 正逆切替

可/不可

-3 油圧ユニット

① 重量

8000kg

② 作動油タンク容量

1950L

4-2 排出コンベア

-1 形式

平ベルトコンベア

-2 主仕様

① 機体寸法

W900×L7000mm

② 主動力

1.5kw

4-3 制御盤

-1 電源

1 次側供給電源 400/440V 50/60Hz 三相
200/220V 50/60Hz 三相

-2 操作

盤面押釦、盤面タッチパネル（当社標準）
非常停止釦 2 個付き（機側、制御盤面）

-3 他設備との連動

手選別コンベア

-4 機内配線

当社標準

-5 端子

当社標準

5 付属品

5-1 付属品

-1 工具

1 式

5-2 予備品

なし

5-3 消耗品

契約時に消耗品リストを提出します。

6 ご支給品

工場試運転、現地試運転時の投入処理物をご支給願います。

処理物は、試運転後返却します。

～ 以下余白 ～