

2020 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

2021 年 3 月 26 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 5.5% 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	➤ 二軸前処理装置による作業効率化、A プレス品質（銅含有率 0.3% 以下）の見える化による全部利用者向け A プレス販売増。	
2020 年度実施内容	(1) 作業時間計測	➤ 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) 作業時間計測に基づくコスト試算	➤ 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を必要としないため、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。 ➤ 作業時間をみると、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)(1)(2)(3)から作業内容・機器・フロー等改善案検討	➤ 現状のシステム課題の洗い出しと二軸前処理装置の改良を実施。 ・刃幅調整を行い、その効果を検証 ・搬出コンベア、手選コンベアの改良 ・小型二軸前処理装置の仕様検討 ・高効率選別のプレスタディ、X 線機器の仕様検討 ・全部利用プレス品質担保のためのシステム仕様の検討

目次

1. 助成事業の計画.....	7
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	7
1. 2. 事業の実施内容	9
2. 助成事業の報告.....	14
2. 1. 助成事業の実施結果	14
2. 2. 設備導入内容及び稼働結果	98
2. 3. 実施結果を踏まえた考察.....	99
3. 今後の事業化を目指した課題及び解決方法等.....	102
3. 1. 現状の課題	102
3. 2. 課題の解決方法	103
4. 事業化の計画	106
4. 1. 想定する事業.....	106
5. 事業の評価.....	107
5. 1. 採算性の評価	107
5. 2. 有効性の評価	110

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、課題と更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。

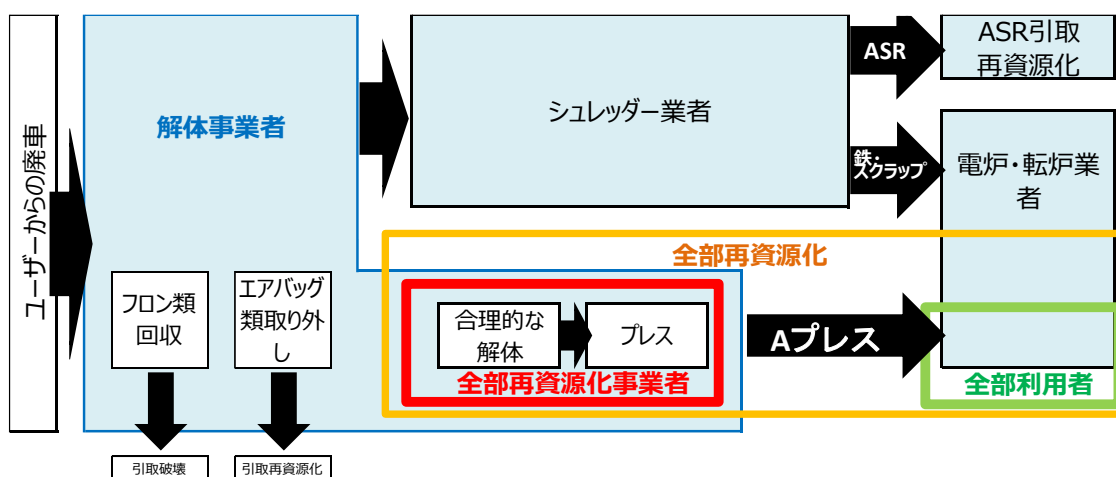


図 1-1. 全部利用再資源化スキーム

出所：矢野経済研究所

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

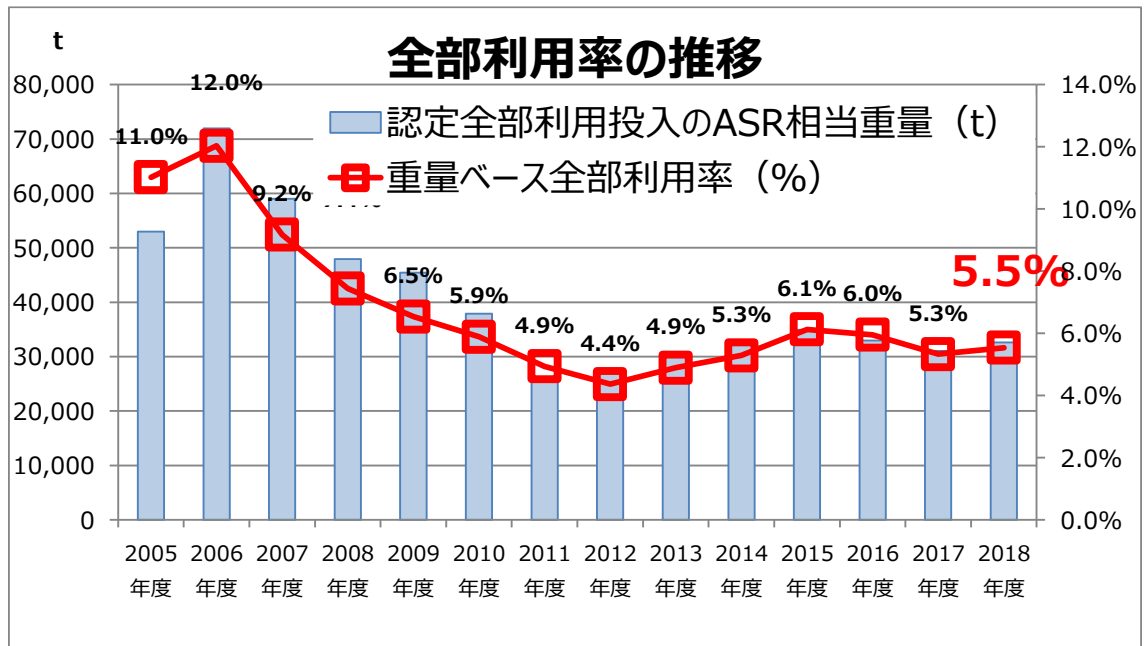


図 1-2.全部利用率の推移

出典：経済産業省資料等より矢野経済研究所作成

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作業負担（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担の高いインパネ・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、自社負担にて同装置を 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・ハーネス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

本事業は2か年での実施を予定している。

1年目は既存方法（手解体、ニブラ+手解体）に対するニブラ+二軸前処理装置（以下、ニブラ+二軸）の優位性を確認するため、各方法での①回収品の性状確認、②作業時間計測、③コスト試算を行う。

2年目はニブラ+二軸方式の処理能力拡大、全部利用プレス品質向上を目指し、④課題抽出、設備・工程改善の提案を行う。また1年目の改善策の実証を通して、他事業者への横展開・拡大のための最適な設備と工程の改善・作業標準化等の検証をユーザーである電炉事業者とも連携し実施する。



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

表 1-2.実施予定内容（2020 年度及び 2021 年度）

1年目(2020年度)	2年目（2021年度）
既存方法に対する二軸前処理装置の優位性確認	二軸前処理装置による処理能力拡大 電炉での全部利用プレス品質評価

実施項目			2020年度実施項目
①回収品の性状確認	①-1.リサイクル過程での銅部品の概算確認	目的	銅部品重量の概算確認による二軸前処理装置での全部利用プレス品の性状確認
		実施方法	手解体、ニブラ+手解体、ニブラ+二軸の3方式において、同一車種で①解体前、②エンジン等の1次解体後の事前回収物品及び中古部品取り外し後、③銅部品取り外し後の重量確認を行い、3方式の銅部品回収重量を計測する。
②作業時間計測		目的	二軸前処理装置の作業時間面の確認
		実施方法	手解体、ニブラ+手解体、ニブラ+二軸の3方式において、軽、セダン、ワンボックス等の車種での銅部品の取り外しにかかる時間測定を行う。
③②からコスト試算		目的	二軸前処理装置のコストの確認
		実施方法	②の結果から、手解体、ニブラ+手解体、ニブラ+二軸の3方式における工数・コスト試算を行う。（作業時間、人件費、設備稼働費等）
④①②③から作業内容・機器・フロー等改善案		目的	二軸前処理装置の改良による作業工程短縮と低コスト化、全部利用プレスの品質向上
		実施方法	メンテナンス関連の設備検討、刃幅の改善、スクリーン調整、小型化等の既存設備改良、高効率の選別のプレスタディ。そのほか全部利用プレス品質担保のためのシステムの仕様検討。

実施項目			2021年度実施項目
①回収品の性状確認	①-1.リサイクル過程での銅部品の概算確認	目的	1年目の検討事項を踏まえた改善効果による全部利用プレス品質の向上を確認
		実施方法	ニブラ+二軸方式において、①解体前、②エンジン等の1次解体後の事前回収物品及び中古部品取り外し後、③銅部品取り外し後の重量確認を行う。
	①-2. 電炉全部利用プレス評価	目的	二軸前処理装置による全部利用プレスについて電炉での品質確認（鉄、銅、その他鉱種の含有量確認）
		実施方法	全部利用プレスの品質確認を外部機関を利用して行う。
②作業時間計測		目的	1年目の検討事項を踏まえた改善効果の検証
		実施方法	ニブラ+二軸方式において、軽、セダン、ワンボックス等の車種での銅部品の取り外しにかかる時間測定を行う。
③②からコスト試算		目的	1年目の検討事項を踏まえた改善効果による二軸前処理装置によるコスト低減
		実施方法	②の結果から、ニブラ+二軸方式における工数・コスト試算を行う。（作業時間、人件費、設備稼働費等）
④①②③から作業内容・機器・フロー等改善案		目的	二軸前処理装置の改良及び選別機器による作業時間短縮と低コスト化、全部利用プレスの品質向上を行う。
		実施方法	自動選別工程のロボティクス化検討、二軸前処理装置の小型化、1年目検討内容の実施・導入等。

出所：矢野経済研究所

1.2.2. 事業の実施体制

本事業の実施体制を表 1-3 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、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

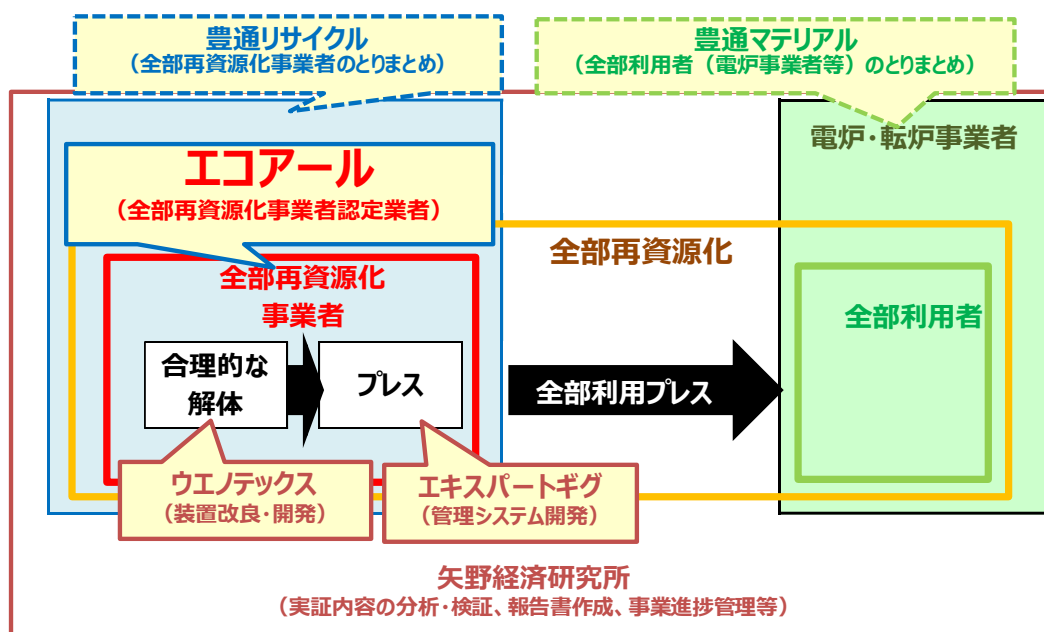


図 1-4. 事業の実施体制

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	担当企業	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回収品の性状確認	・エコアール				デジタル 台秤 導入								
	・マーク・コーポレーション（手解体作業協力）												
	・矢野経済研究所												
②作業時間計測	・エコアール												
	・マーク・コーポレーション												
	・矢野経済研究所												
③②からコスト試算	・エコアール												
	・矢野経済研究所												
④①②③から作業内容・機器・フロー等改善案	・ウエノテックス												
	・Rita Technology												
	・エキスパートギグ												
⑤報告書作成	・矢野経済研究所												

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. 作業時間計測及びコスト試算

(1) 実施方法概要

作業時間計測、重量測定、コスト試算は、既存2方式（手解体、ニブラ+手解体）及び今回提案するニブラ+二軸方式で実施した。解体は表 2-3～表 2-5 で示す作業フローに基づき、1 方式につき 46 台（表 1-3 に示す 11 車種×各 4 台+プリウス×2 台）である。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）の状態で測定した。

全部再資源化工程で回収する銅部品は、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。

なお、「2.1.2 回収品の性状確認」では、部品取り（中古部品販売のための部品取り外し）の種類や全部再資源化工程で回収する部品の選定は各全部再資源化事業者における通常フローでの解体で実施したが、「2.1.1 作業時間計測及びコスト試算」では方式別の作業条件を同じとするため、部品取りの種類や、全部再資源化工程での回収部品を統一した。

表 2-1.実施 3 方式

既存2方式		
手解体方式	ニブラ+手解体方式	
		
提案方式		
ニブラ+二軸方式		
		

出所：矢野経済研究所

表 2-6 に車種別部品取り一覧を示す。

一般的に部品取りを行うケースが多いワンボックス・セダン大型・セダン中型は、部品取りを行わないケースとの時間差を確認するため、1 車種 4 台中 2 台は部品取りを実施し、2 台は部品取りを実施しない。部品取りを行うことが少ない軽自動車は 4 台とも実施しない。部品取りをしないことがほとんどないハイブリッド車は、2 台とも部品取りを実施する。

表 2-7 のその他特定部品の取り扱いに示したが、エンジン、ボンネット、足回り（マフラー含む）、アブソーバー（バネ付き）、鉄製燃料タンクは部品取りのありなしに関わらず車両から取り外しを行い、ワイパー、シート、樹脂製燃料タンクは部品取りのありなしに関わらず車両に残すこととした。

表 2-2.作業時間計測及びコスト試算の実施対象車両

車格	ワンボックス			セダン大型
②実施台数	4台	4台		4台
うち部品取り有	2台	2台		2台
うち部品取り無	2台	2台		2台
車両写真				
メーカ	トヨタ	ホンダ		トヨタ
車両名称	ヴォクシー	ステップワゴン		クラウン
車両型式	AZR60G	RG1	RG2	GRS180
車両重量(kg)	1,480	1,510	1,600	1,550
全長×全幅×全高	4560×1695×1850mm	4630×1695×1770mm	4630×1695×1785mm	4840×1780×1470mm
乗員定員(人)	8	8	8	5
駆動方式	FF	FF	4WD	FR
備考	スライドドア（5ドア）	スライドドア（5ドア）		電動パワーシート

車格	セダン中型				
②実施台数	4台	4台	4台	4台	4台
うち部品取り有	2台	2台	2台	2台	2台
うち部品取り無	2台	2台	2台	2台	2台
車両写真					
メーカ	トヨタ		ホンダ		日産
車両名称	シエンタ	ヴィッツ	モビオスパイク	フィット	ティアナ
車両型式	NCP81G	SCP90	GK1	GD1	J31
車両重量(kg)	1,210	1,020	1,240	1,000	1,540
全長×全幅×全高	4100×1695×1670mm	3785×1695×1520mm	4125×1695×1740mm	3850×1675×1525mm	4845×1765×1475mm
乗員定員(人)	7	5	5	5	5
駆動方式	FF	FF	FF	FF	FF
備考	スライドドア	廃車の回収量が多い	スライドドア	廃車の回収量が多い	電動パワーシート

車格	軽自動車			HV
②実施台数	4台	4台	4台	2台
うち部品取り有	0台	0台	0台	2台
うち部品取り無	4台	4台	4台	0台
車両写真				
メーカ	ホンダ	ダイハツ		トヨタ
車両名称	ライフ	タント	ムーヴ	プリウス
車両型式	JB5	L350S	L150S	ZVW30
車両重量(kg)	860	890	850	1,350
全長×全幅×全高	3395×1475×1580mm	3395×1475×1725mm	3395×1475×1630mm	4480×1745×1490mm
乗員定員(名)	4	4	4	5
駆動方式	FF	FF	FF	FF
備考	銅が少ない	銅が少ない	銅が少ない	-

※車重：サンルーフ、ルーフレールなどを搭載しない、また、標準仕様（スポーツタイプや特別仕様車などではない車両）車の車重を記載

出所：矢野経済研究所

表 2-3. マーク・コーポレーション 手解体の全部再資源化工程フロー

マーク・コーポレーション（手解体方式）		
軽自動車・ワンボックス・セダン		
番号	工程	作業内容
	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
②	部品取り	※軽自動車は部品取りしない。ワンボックス・セダンの回収する部品は表 2-6.車種別部品取り一覧参照
③	液抜き	燃料タンク、燃料ポンプ
④	エンジン・足回り回収	
	重量測定②	車両重量を計測
⑤	手解体	銅部品回収
	重量測定③	車両重量を計測、回収した銅類の重量を計測
⑥	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 2.8.全部再資源化工程の回収部品一覧を参照

出所：矢野経済研究所

	
①前処理	②部品取り
	
③液抜き	④エンジン・足回り回収
	
⑤手解体	⑥プレス

図 2-1.マーク・コーポレーション 各工程の様子

出所：矢野経済研究所

表 2-4. エコアール ニブラ+手解体方式の全部再資源化工程フロー

エコアール（ニブラ+手解体方式）					
軽自動車			ワンボックス・セダン		
番号	工程		作業内容		
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		
②	部品取り		※軽自動車は部品取りしない。		
③	前処理作業	助手席側のドア	ドアの手回収作業		
			ドアの中のハーネス、ウインドモーターの回収作業		
		リアゲートの中のトランク	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		
		バッテリー	その他タイヤ等を取る		
		タイヤ	手回収		
④	液抜き		油・水		
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 廃車ガラを非鉄の回収ニブラに回す		
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		
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				

※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

番号	工程		作業内容		
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		
②	部品取り		回収する部品は表 2-6.車種別部品取り一覧参照		
③	前処理作業	助手席側のドア	ドアの手回収作業		
			ドアの中のハーネス、ウインドモーターの回収作業		
		リアゲートの中のトランク	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 トランクの外側のオーディオアンプ、CPU（ティアナ・クラウン）		
		バッテリー	その他タイヤ等を取る		
		タイヤ	手回収		
④	エンジン回収・液抜き		油・水		
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 ガラを非鉄の回収ニブラに回す		
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		
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				

※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 2-8.全部再資源化工程の回収部品一覧を参照

出所：矢野経済研究所

表 2-5. エコアール ニブラ+二軸方式の全部再資源化工程フロー

エコアール（ニブラ+二軸方式）				
軽自動車				ワンボックス・セダン
番号	工程		作業内容	
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	
②	部品取り		※軽自動車は部品取りしない。	
③	前処理作業	助手席側のドア	ドアの手回収作業	
			ドアの中のハーネス、ウインドモーターの回収作業	
		リアゲートの中のトランク	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	
		バッテリー	その他タイヤ等を取る	
		タイヤ	手回収	
④	液抜き		油・水	
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	
⑥	手回収		ガラを非鉄の回収ニブラに回す	
⑦	二軸前処理装置		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	
			二軸前処理装置ヘドアやシート等の投入・ほぐし	
重量測定③			銅部品選別作業	
			車両重量を計測、回収した銅類の重量を計測	
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

ワンボックス・セダン			
番号	工程		作業内容
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
②	部品取り		回収する部品は表 2-6.車種別部品取り一覧参照
③	前処理作業	助手席側のドア	ドアの手回収作業
			ドアの中のハーネス、ウインドモーターの回収作業
		リアゲートの中のトランク	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
		バッテリー	その他タイヤ等を取る
		タイヤ	手回収
④	エンジン回収・液抜き		油・水
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
			ガラを非鉄の回収ニブラに回す
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		二軸前処理装置ヘドアやシート等の投入・ほぐし
			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
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

※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 2-8.全部再資源化工程の回収部品一覧を参照

出所：矢野経済研究所

	
①前処理	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（分別）
	
⑦二軸前処理装置（ほぐし物等を車両戻し）	⑧プレス

図 2-2.エコアール 各工程の様子

出所：矢野経済研究所

表 2-6. 車種別部品取り一覧

	ワンボックス		セダン大型	セダン中型					軽自動車			HV
	トヨタ	ホンダ	トヨタ	トヨタ		ホンダ		日産	ホンダ	タイハツ		トヨタ
	ヴォクシー	ステップ ワゴン	クラウン	シエンタ	ヴィッツ	モビリオ スバイク	フィット	ティアナ	ライフ	タント	ムーヴ	プリウス
	AZR60G	RG1・RG2	GRS180	NCP81G	SCP90	GK1	GD1	J31	JB5	L350S	L150S	ZVW30
Fバンパー-ASSY	○	○	○	○	○	○	○	○				○
Rバンパー-ASSY			○		○			○				○
ドア4枚 (FL・FR・RL・RRドア)					○							○
左ヘッドランプASSY	○		○		○			○				○
右ヘッドランプASSY	○		○		○			○				○
Fバンパーフェース												○
Rバンパーフェース												○
Fバンパーホースメント												○
Rスボイラー												○
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	○		○		○			○				○
左サイドステップ												○
右サイドステップ												○
左フォグランプ												○
右フォグランプ												○
左フェンダー	○		○		○			○				○
右フェンダー			○		○			○				○
バックドアASSY		○			○							○
スピードメーター		○										○
ボンネットフード												○
ターンシグナルランプ (ウィンカー)												○
ステアリングホイール												○
カーナビゲーション												○
ラジエーター												○
ラジエーターコアサポート												○
ウォッシュャータンク												○
合計	7	4	10	2	12	2	2	10	0	0	0	28

出所：矢野経済研究所

表 2-7. その他特定部品の取り扱い

部品取りあり・なしに関わらず 車両から 取り外す部品	エンジン
	エンジンコンピュータ (メインハーネスをエンジンに付ける)
	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
部品取りあり・なしに関わらず 車両に 残す部品	ワイパー
	シート
	樹脂製燃料タンク

出所：矢野経済研究所

表 2-8.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 フロアモーター	○	○	○	○
	9 E/Gコンピュータ	○	○	○	○
	10 ヒーターコア	○	○	○	○
トランク内 室内フロアー	11 ラゲージW/H	○	○	○	○
	12 室内W/H (フロアー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

① 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。

ア) エコアールの場合

表 2-9.エコアールでの撮影方法 (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 2-10.エコアルでの撮影方法 (2/2)

工程	イメージ図	詳細
二軸前処理装置 (投入)	 車種名 型式 番号No等	●二軸前処理装置への投入では、コ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 (選別)	 車種名 型式 番号No等	●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

イ) マーク・コーポレーションの場合

表 2-11.マーク・コーポレーションでの撮影方法

工程	イメージ図	詳細
手解体	 車種名 型式 番号No等 ①これから●●の手解体を開始します。	●作業員2名 ●2台のウエアラブルカメラ ●撮影開始時に何の車かわかるようにフリップをそれぞれのウエアラブルカメラに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

(2) 作業時間集計方法

3方式で12車種46台の計138台の車両を表2-8.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観測した。表2-12は、作業工程別銅部品回収品目を示す。

表 2-12.作業工程別銅部品回収品目

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)
	フロアモーター
	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	オーディオ
	メーターパネル、ドアスイッチ
非銅部品	非銅部品
手選別	その他 (手選別/取外し、工具持ち替え)
	部品を探す

出所：矢野経済研究所

測定した時間については作業員の延べ時間を集計している。基本的な方式別の各作業工程における投入作業員数は手解体方式が2人、ニブラ+手解体方式は前処理作業2人・ニブラ解体1人・手回収2人であり、ニブラ+二軸方式は前処理作業2人・ニブラ解体1人・手回収2人・手選別複数人である。

ニブラ+二軸方式での手選別に投入する作業員数は二軸前処理装置への投入物の量などの条件によって異なる。表2-13に車格別手選別工程への投入作業員数を示す。

表 2-13.車格別手選別工程への投入作業員数

	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

(3) 作業時間測定実施結果

作業時間を測定し、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の平均作業時間を集計した。ただし、集計結果において考慮すべき事項が二つある。

一つ目は習熟度の違いによる作業時間の差である。習熟度は作業員の就業年数の差や各人の技量によって異なる。手解体方式は基本的に同じオペレーター2人によって実施したが、ニブラ+手解体方式及びニブラ+二軸方式では様々なオペレーターが介在している。特に二軸前処理装置への投入後は経験や習熟によらず誰もが同じ作業を実施できるようになるが、二軸前処理装置への投入前まで「匠のワザ」あるいはその逆の影響が発生する可能性がある。

二つ目に解体前の車両状態がある。表 2-6. 車種別部品取り一覧で示したように解体車両の部品取り項目は基準を設定し統一している。しかし、車両の状態や、同じ型式であってもオプションパーツの有無によって若干の差があり、それが作業時間に影響を与える可能性がある。

車格×作業工程

・全体

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2-3に示す。なお、ニブラ+二軸方式の手選別工程には、部品を探す作業と各銅部品の取り外し作業を含む。

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の作業が可能となることが分かった。

作業工程別の平均作業時間を比較する。ニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式とでは、特に前処理作業と手回収の作業時間においてニブラ+二軸方式の方が作業時間は短く、前処理作業では5分50秒、手回収作業は5分27秒の短縮化となった。またニブラ解体についてもニブラ+二軸方式の方が1分36秒短い。ニブラ解体ではドア等を1枚ずつ解体するため時間がかかるが、二軸前処理装置ではドアやインパネ、シート（電動パワーシート）をユニット単位で投入し、W/Hやモーター等が最小限の大きさにほぐされたパーツを回収するため作業効率が良い。しかし、ニブラ+二軸方式は手選別の作業時間が長いため、総作業時間ではニブラ+手解体方式よりも時間を多く費やす結果となった。

これらの測定結果から、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。課題解決に向けて、二軸前処理装置に改良を加えることで手選別工程の改善を図るとともに、作業時間を効率化させるための各作業工程の改善が必要になる。

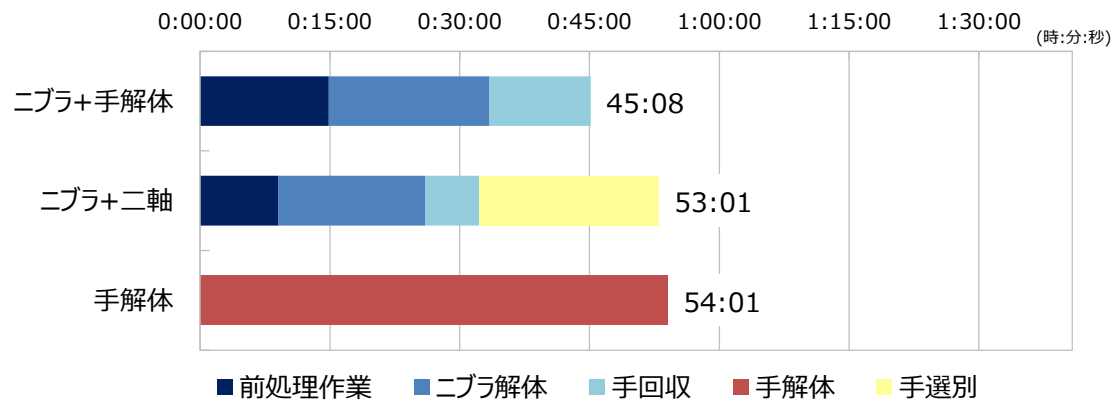


図 2-3.方式別の作業時間（全車両）

出所：矢野経済研究所

3 方式の車種別平均作業時間の集計結果を図 2-4 に示す。ティアナ、ヴォクシー、クラウンと車格の大きさに比例して作業時間に差が生じた。手解体方式との比較では車格が大きくなるほど二軸前処理装置導入のメリットを得られることが確認できた。

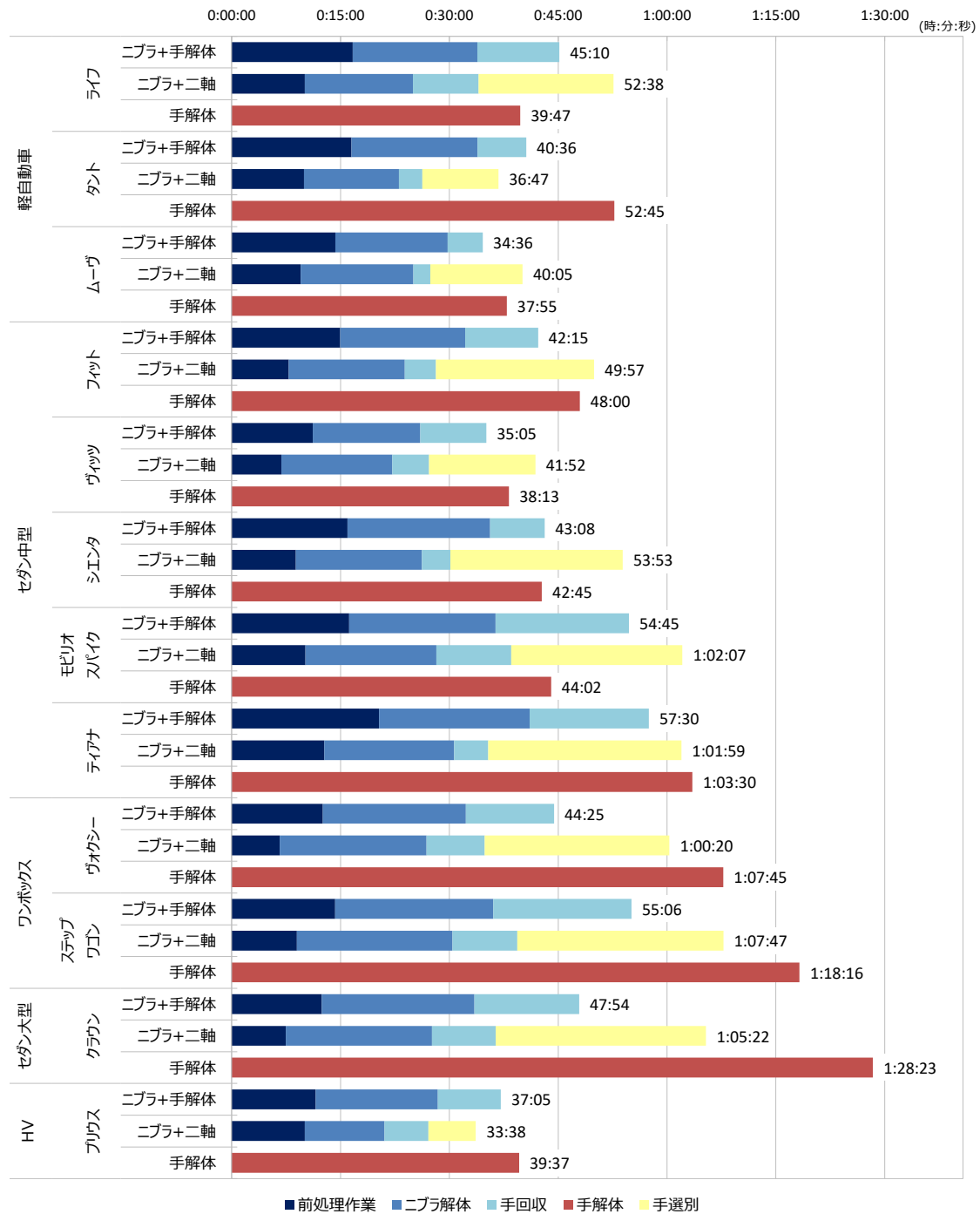
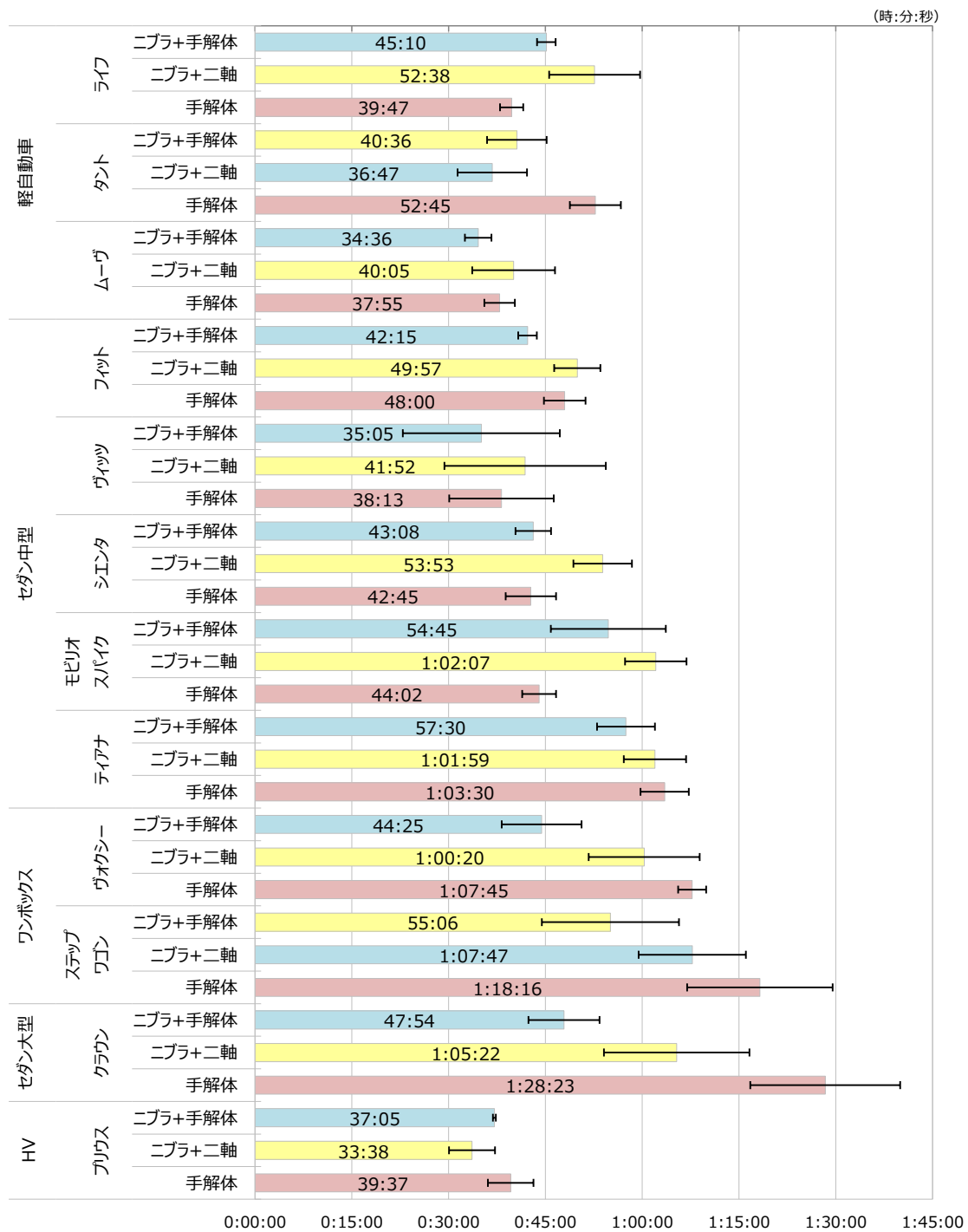


図 2-4.方式別平均作業時間（全車一覧）

出所：矢野経済研究所



※標準偏差は1σの値(±σ68.3%)

図 2-5.方式別作業時間(全車一覧、標準偏差)

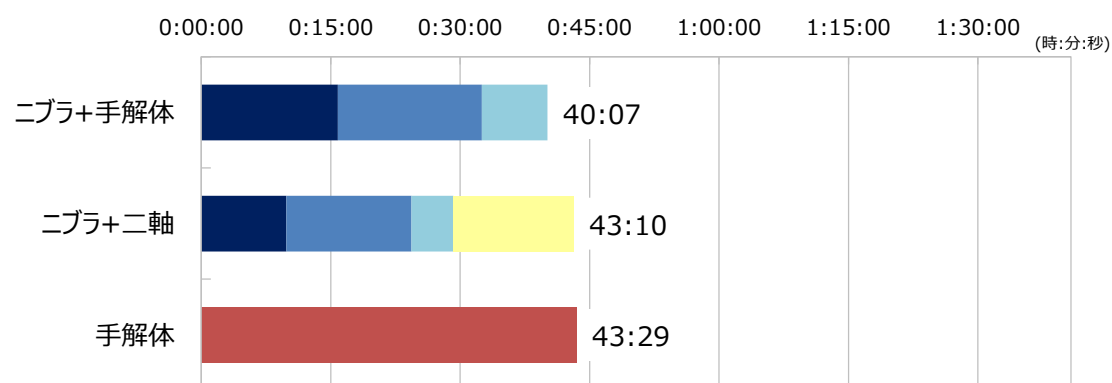
出所: 矢野経済研究所

・軽自動車

軽自動車の作業工程別平均時間を図 2-6 に示す。

軽自動車はニブラ+手解体方式が最短で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式となったが、方式別の作業時間には他車格のような大きな差が生じなかった。軽自動車は車格が小さく総作業時間が短いため、方式による作業時間の差がそれほど発生しなかったと考えられる。

ニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式の作業工程を比較する。ニブラ+二軸方式は、前処理作業、手回収、ニブラ解体において作業時間が短く、両者の差は前処理作業が 5 分 58 秒、ニブラ解体 2 分 11 秒、手回収 2 分 44 秒となり 2 方式で共通する作業工程での時間差は 10 分 53 秒であった。しかし、これら工程で約 11 分短縮した一方で手選別作業時間に 13 分 56 秒を費やしたため、ニブラ+手解体より作業時間が 3 分 3 秒長い結果となった。



軽自動車	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手解体	手選別	合計
ニブラ+手解体	15:49	16:41	07:37			40:07
ニブラ+二軸	09:51	14:30	04:53		13:56	43:10
手解体				43:29		43:29

図 2-6.作業工程別平均作業時間（軽自動車）

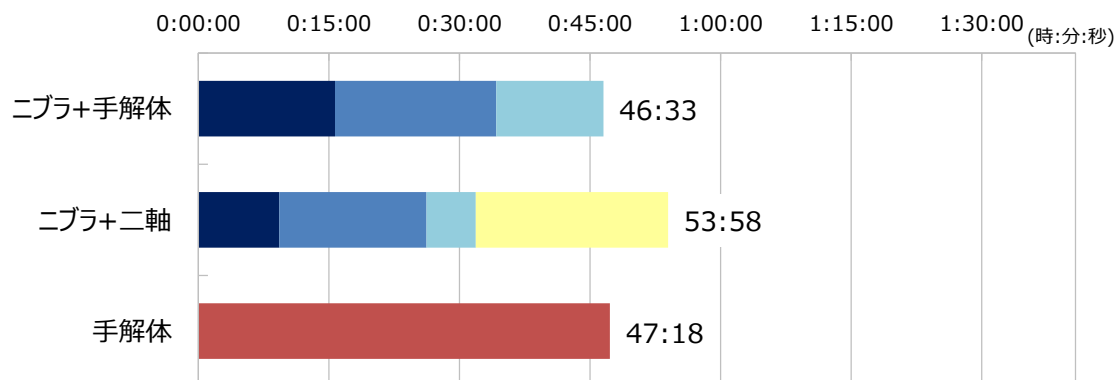
出所：矢野経済研究所

・セダン中型

セダン中型における作業工程別平均作業時間を図 2-7 に示す。

作業時間が最も長いのがニブラ+二軸方式であった。

ニブラ+二軸方式をニブラ+手解体方式と比較すると、前処理作業で 6 分 25 秒、ニブラ解体が 1 分 37 秒、手回収は 6 分 38 秒短く 3 工程の合計で 14 分 40 秒短くなった。しかし手選別で 22 分 5 秒要したため作業時間に大きな差が生じた。



セダン中型	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手解体	手選別	合計
ニブラ+手解体	15:43	18:32	12:18			46:33
ニブラ+二軸	09:18	16:55	05:40		22:05	53:58
手解体				47:18		47:18

図 2-7.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

・セダン大型

セダン大型における作業工程別平均作業時間を図 2-8 に示す。

最も短いのがニブラ+手解体方式で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式となった。

ニブラ+二軸方式は手解体方式よりも総作業時間で 23 分短い。セダン大型は銅回収部品点数が増えたことで、作業量が増加したため総作業時間が長くなっている。ニブラ+二軸方式も同様に銅部品回収量の増加で作業量が増えているが、手選別工程以外は他車格の作業時間に大差はない。

ニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式の比較では、前処理作業 4 分 58 秒、ニブラ解体 53 秒、手回収が 5 分 40 秒短い結果となった。しかし、手選別において 28 分 59 秒費やしたためニブラ+手解体方式より総作業時間が長くなった。

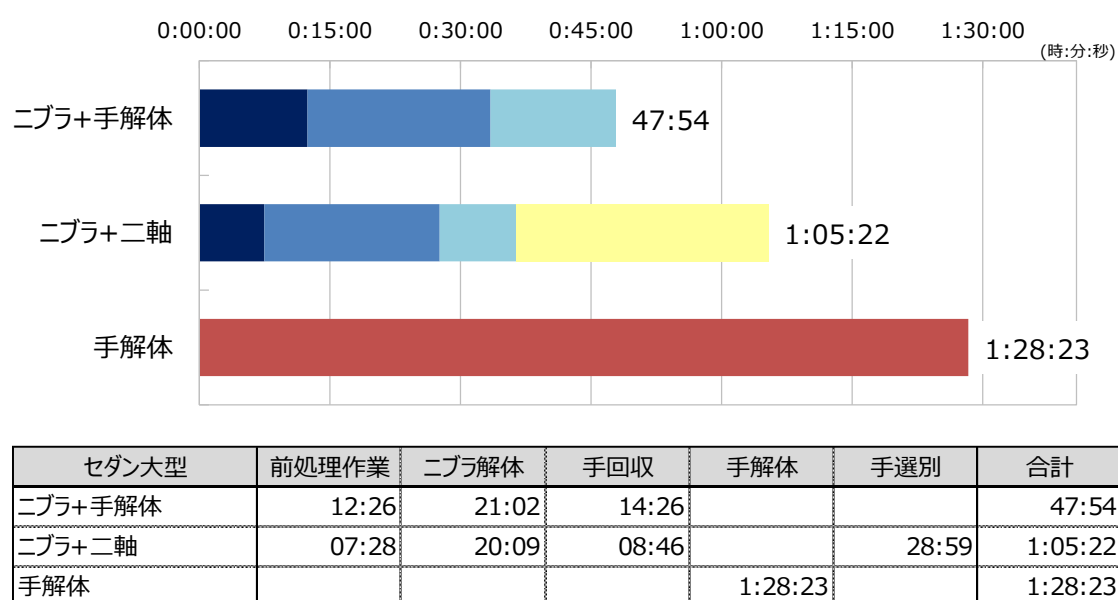


図 2-8.作業工程別平均作業時間（セダン大型）

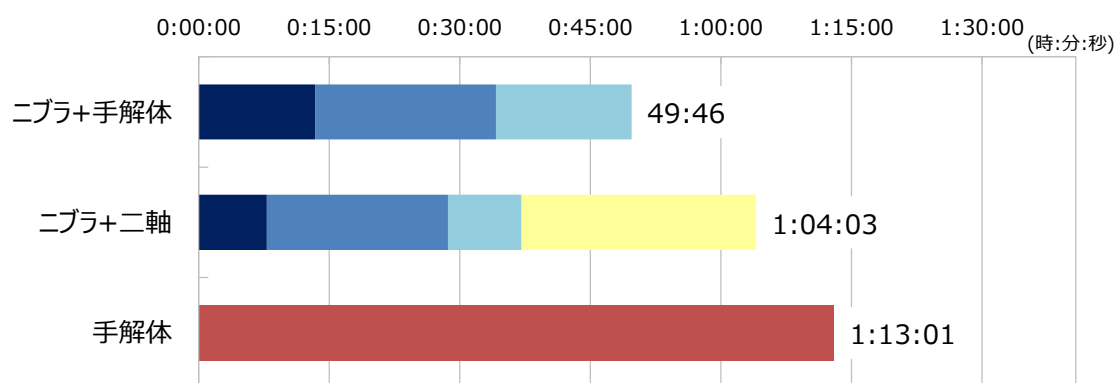
出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

ワンボックスにおける作業工程別平均作業時間を図 2-9 に示す。

最も短いのがニブラ+手解体方式で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式となった。

ニブラ+二軸方式をニブラ+手解体方式と比較すると前処理作業で 5 分 36 秒、手回収は 7 分 8 秒短くなる。一方でニブラ解体は 5 秒長いという結果であった。ニブラ+二軸方式は二軸前処理装置への投入を前提としており、ニブラ+手解体方式と比べるとニブラ解体の作業量が少ない。そのため他車格においてはニブラ解体の作業時間はニブラ+二軸方式の方が短い傾向にあった。しかし、ワンボックスでは作業員の習熟度のバラツキや不要な部品を取りすぎた結果、ニブラ解体の作業時間が長くなったと考えられる。



ワンボックス	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手解体	手選別	合計
ニブラ+手解体	13:25	20:45	15:36			49:46
ニブラ+二軸	07:49	20:50	08:28		26:56	1:04:03
手解体				1:13:01		1:13:01

図 2-9. 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

・ハイブリッド車

ハイブリッド車における作業工程別平均作業時間を図 2-10 に示す。

ハイブリッド車ではニブラ+二軸方式が最も短く、次いでニブラ+手解体方式、手解体方式と続いた。

ニブラ+二軸方式は前処理作業、ニブラ解体、手回収の全工程で時間が短く、さらに手選別作業の時間も短かった。この要因としては、二軸前処理装置からの処理材の回収量が少なかったことが挙げられる。通常、多くの車両で手選別工程での W/H 回収品は 1 台あたり 1kg 以上であるが、ハイブリッド車では多くの部品取りを実施したため銅部品発生量そのものが少なく 1kg 程度の回収に留まった。また、ハイブリッド車の手選別工程への投入作業員数は全車格で最大の 3.5 人であったが、手選別工程へ搬送される処理材の量が少なかったために手選別作業員の一人当たりの作業時間は 1 分 52 秒と短くなっていた。

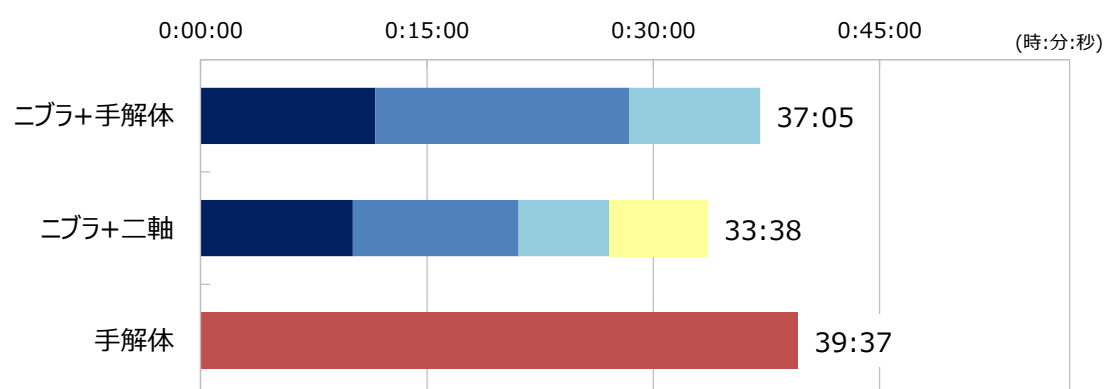


図 2-10. 作業工程別平均作業時間（ハイブリッド車）

出所：矢野経済研究所

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。

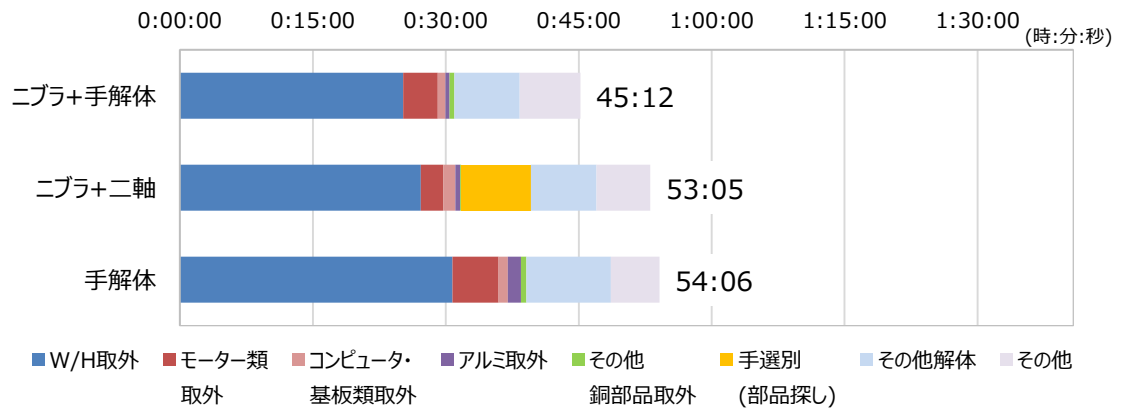
対象部品における手選別の項目は「部品を探す」作業のみを集計した。よって、二軸前処理装置の処理材として回収される W/H、基板、モーター、アルミはそれぞれ対象部品別で集計している。その他解体は銅部品を解体するために樹脂部品等を取り外す作業を指す。また、ニブラ解体後に散乱したダストなどの回収や回収品の車内戻し作業はその他とした。

・全体

車格別に対象品目の作業時間を集計した。全車平均の結果を図 2-11 に示す。

全車格平均ではニブラ+手解体方式が最短で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式となった。ニブラ+二軸方式をみるとモーター取り外しが 3 方式の中でも最も短い。これは二軸前処理装置を使用することで、前処理作業やニブラ解体時に発生するモーター取り外し作業が大幅に減った結果である。

ニブラ+二軸方式について全体の半数を占める W/H 取り外し作業をみると、手解体方式より作業時間が短いがニブラ+手解体方式よりは時間を要する。これは手選別での W/H の回収に時間がかかっていることが要因である。二軸前処理装置の改良や選別方法、作業工程全体の最適化によりさらなる改善は可能であると考えられる。



	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
ニブラ+手解体	25:11	03:55	00:51	00:29	00:32		07:22	06:53	45:12
ニブラ+二軸	27:12	02:30	01:24	00:31	00:07	07:52	07:25	06:04	53:05
手解体	30:45	05:12	01:02	01:28	00:38		09:32	05:28	54:06

※単純平均で算出しているため、前掲表の合計値とは数秒異なる（以下、同）

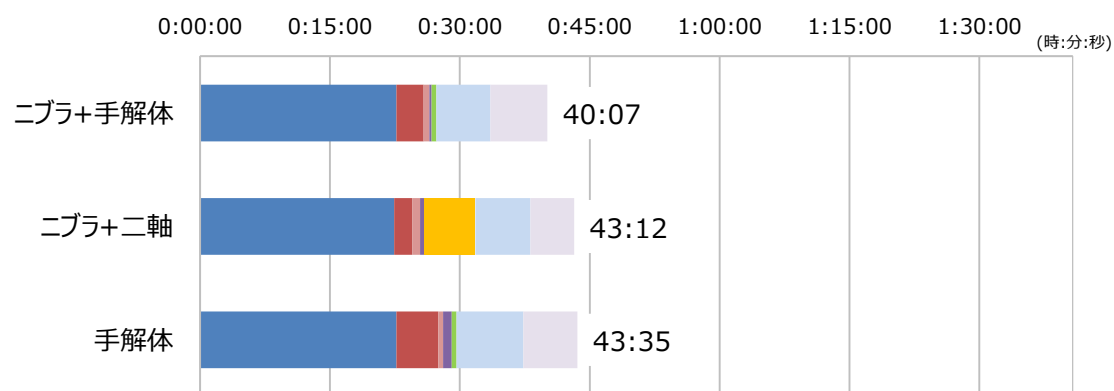
図 2-11.対象品目別平均作業時間

出所：矢野経済研究所

・軽自動車

軽自動車における対象品目別作業時間は図 2-12 に示す通りニブラ+手解体方式が最短で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式であったが、3 方式の総作業時間に大きな差はみられなかった。

軽自動車のモーター取り外しはニブラ+二軸方式が最短であり、作業時間はニブラ+手解体方式に対し 1 分 2 秒、手解体方式に対し 2 分 44 秒短くなっている。ニブラ作業と二軸前処理装置の使用によって、効率的に回収でき時間短縮につながったと言える。



	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
ニブラ+手解体	22:40	03:09	00:38	00:17	00:32		06:14	06:36	40:07
ニブラ+二軸	22:24	02:07	00:52	00:30	00:03	05:51	06:21	05:04	43:12
手解体	22:40	04:51	00:34	00:58	00:34		07:43	06:14	43:35

図 2-12.対象品目別平均作業時間（軽自動車）

出所：矢野経済研究所

・セダン中型

セダン中型における対象品目別作業時間ではニブラ+手解体方式が最短で、次いで手解体、最長がニブラ+二軸方式であった。

ニブラ+二軸方式における対象部品をみるとモーターはニブラ+手解体方式より2分19秒、手解体方式より1分56秒短くなっている。

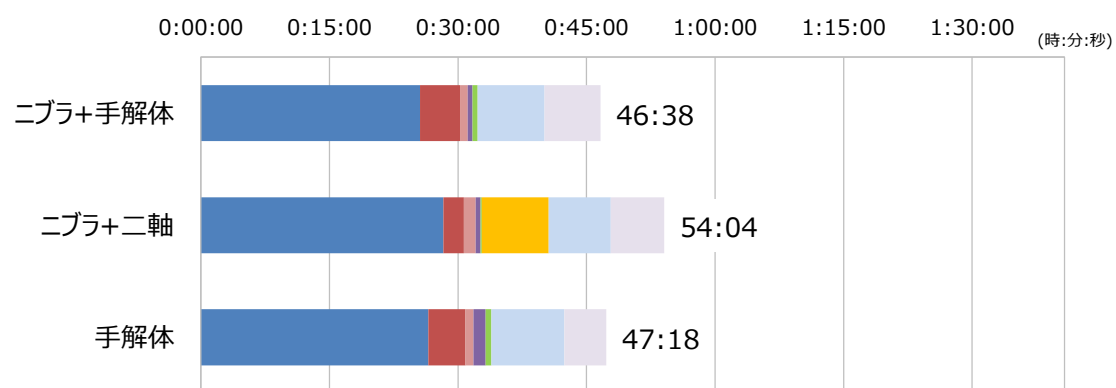


図 2-13.対象品目別平均作業時間 (セダン中型)

出所：矢野経済研究所

・セダン大型

セダン大型における対象品目別作業時間はニブラ+手解体方式が最短で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式であった。ニブラ+手解体方式は手解体方式と比べて総作業時間で 40 分 30 秒の短縮となった。これは全車格の中で最も大きな時間差となった。

ニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式とでは総作業時間に 17 分 43 秒の差があった。W/H 取り外しにおいて大きな差は生じていないが、車格が大きく二軸前処理装置への投入材の量が多かったため、ニブラ+二軸方式では手選別工程の部品を探す作業時間が長くなったことが両者の総作業時間の差につながったと考えられる。

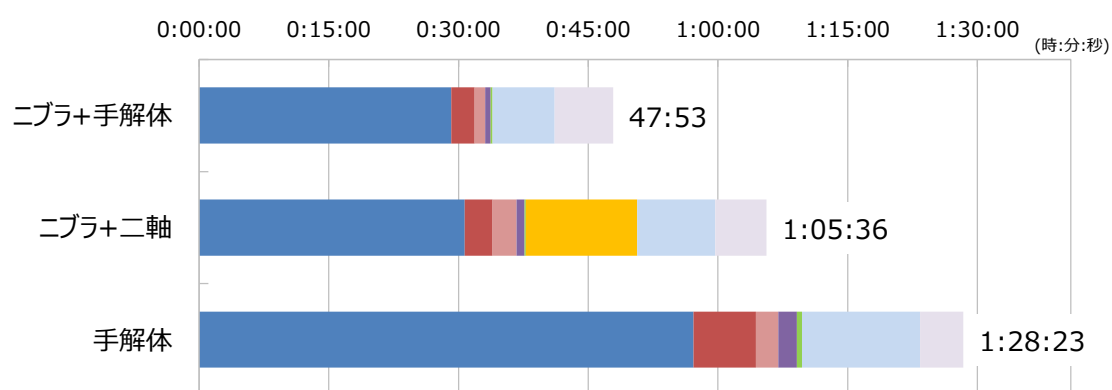


図 2-14. 対象品目別平均作業時間 (セダン中型)

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

ワンボックスにおける対象品目別作業時間を図 2-15 に示す。

ニブラ+手解体方式が最短で、次いでニブラ+二軸方式、最長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も総作業時間で 9 分 5 秒短い。ニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式の比較では、ニブラ+二軸方式の方が 14 分 14 秒長くなった。セダン同様に車格が大きいため二軸前処理装置への投入材の量が多く部品を探す時間が増え、作業時間が長くなったと考えられる。

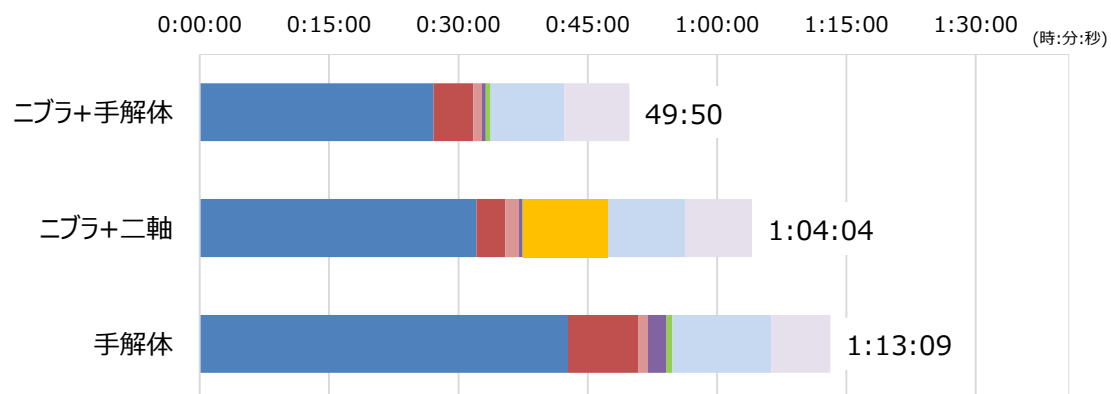


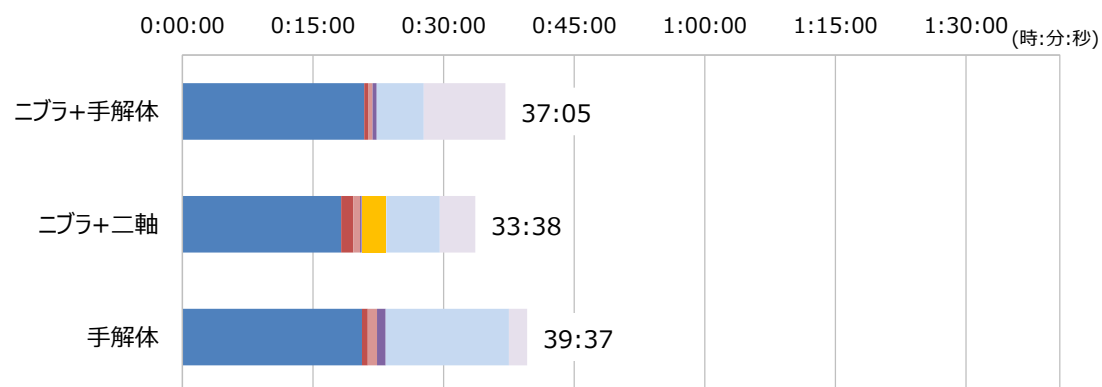
図 2-15. 対象品目別平均作業時間 (ワンボックス)

出所：矢野経済研究所

・ハイブリッド車

ハイブリッド車における対象品目別作業時間を図 2-16 に示す。

ニブラ+二軸方式が最短で、次いでニブラ+手解体方式、最長が手解体方式であった。ニブラ+二軸方式は、ニブラ+手解体方式よりも作業時間が 3 分 27 秒、手解体方式より 5 分 59 秒短くなっている。W/H 取り外しが 3 方式で最短であったことに合わせ、手選別の部品を探す時間が短時間であったため作業時間が最短となった。



HV	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
ニブラ+手解体	20:53	00:26	00:30	00:30			05:23	09:23	37:05
ニブラ+二軸	18:15	01:22	00:46	00:12	00:06	02:42	06:09	04:05	33:38
手解体	20:38	00:40	01:05	00:58			14:10	02:06	39:37

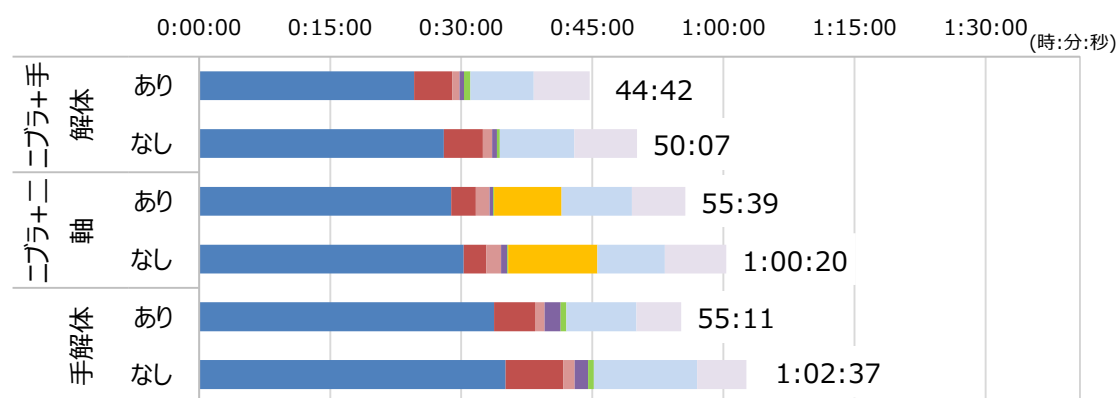
図 2-16. 対象品目別平均作業時間（ハイブリッド車）

出所：矢野経済研究所

・部品取り有無による作業時間への影響

「2.1.1.作業時間計測及びコスト試算」でも記載した通り、作業時間、銅回収部品重量測定を実施した車両には部品取りあり車両となし車両を設定した。多くの車両では部品取りが行われるため、それがどの程度解体時間の差として表れているかを確認するためである。測定条件は「表 2-6. 車種別部品取り一覧」、「表 2-7. その他特定部品の取り扱い」で示した通りとした。なお、軽自動車は部品取りがなく、ハイブリッド車は全数部品取りしたためここには含まない。

図 2-17 に示したようにいずれの方式も平均作業時間は部品取りを行った車両の方が部品取りしない車両よりも概ね 5 分程度短くなることが分かった。部品取りを行うことで中古部品として販売し解体後の売上増になることに加え、全部再資源化事業の作業時間の短縮を図ることができる。



	部品取り	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
ニブラ+手解体	あり	24:36	04:21	00:50	00:32	00:44		07:15	06:24	44:42
	なし	27:59	04:29	01:03	00:33	00:21		08:30	07:11	50:07
ニブラ+二軸	あり	28:50	02:50	01:34	00:25	00:07	07:43	08:04	06:07	55:39
	なし	30:16	02:36	01:42	00:40	00:08	10:11	07:44	07:02	1:00:20
手解体	あり	33:46	04:40	01:07	01:49	00:40		08:01	05:08	55:11
	なし	35:05	06:35	01:18	01:32	00:40		11:50	05:37	1:02:37

図 2-17.部品取り有無別平均作業時間（全該当車両）

出所：矢野経済研究所

・二軸前処理装置投入物の作業時間

二軸前処理装置へ投入される主な部品はドア、電動パワーシート、インパネ・ダッシュボードで、これらは手解体方式やニブラ+手解体方式において作業負荷の高い回収部品である。そこでドア、電動パワーシート、インパネ・ダッシュボードの作業時間を方式別に集計した。集計結果を図 2-18 に示す。

手選別工程での部品を探す作業時間を含めた総平均作業時間はニブラ+二軸方式が最短となり、ニブラ+手解体方式より 2 分 37 秒、手解体方式より 11 分 52 秒作業時間が短い結果となった。なお、ドアの作業時間に大きな差があり、手解体方式との比較では 8 分 36 秒短く、ニブラ+手解体方式に対して 7 分 42 秒短い。インパネ・ダッシュボードについても手解体方式より 8 分 5 秒、ニブラ+手解体方式より 49 秒短い結果となった。

二軸前処理装置へ投入する部品（ドア、電動パワーシート、インパネ・ダッシュボード）の作業時間から、二軸前処理装置の優位性が確認できたと同時に、手選別工程の更なる短縮が改めて課題として明確になった。

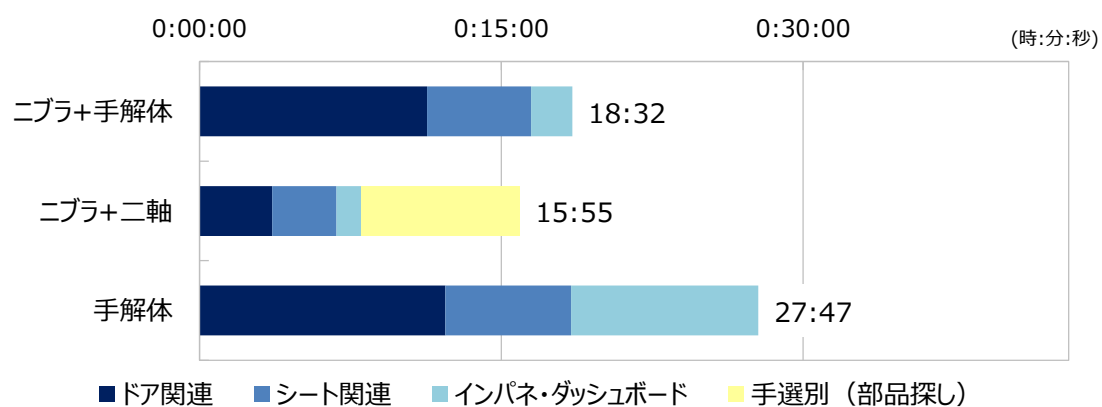


図 2-18. ドア・シート・ダッシュボードに関わる平均作業時間

出所：矢野経済研究所

(4) 重量測定実施結果

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 2-19.重量測定物概要

出所：矢野経済研究所

表 2-14 に方式別測定部品例一覧を示す。重量を測定した回収品形状をみると 3 方式で形状に差がある。手解体方式はドアモーターにシャフトがついていることや、ファンモーターに 2 枚のファンをつなぐ枠が装着された状態で回収されているのに対し、他の 2 方式はモーター単体で回収されている。また、コンピュータ・基板類は手解体方式がヒューズボックスに入った状態であるのに対し、他 2 方式は内部基板が剥き出しになった状態である。

こうした形状の違いが発生した要因は、解体方法の違いにある。手解体は回収部品を車体からそのまま取り外しているのに対し、ニブラ解体では車両から部品を取り出す際に部品のハウジングが破壊されていることが多いため、モーターなど部品単品での回収となる。加えて二軸前処理装置は投入材をほぐすため、回収品の付帯部品が取り外され回収部品単体となるケースが多い。このため、重量測定時の部品形状に差が生じている。本事業で実施した重量測定値については、部品形状の差が回収部品の測定結果に影響を与えていることが前提となるため、これらを正確に比較することができないことを考慮する必要がある。

表 2-14. 方式別測定部品例一覧

	ニブラ+ニ軸方式			手解体方式
	ニブラ+手解体方式		手選別	
	前処理作業	ニブラ解体・手回収		
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、マーク・コーポレーション撮影

・全体

3方式全138台の銅部品重量測定結果を図2-20から図2-25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。

ニブラ+二軸方式と手解体方式を比較すると、特に車格が大きいヴォクシー、ステップワゴン、クラウンの3車種とも手解体方式の総回収重量が多くその差も大きい。この差は前述の通り測定した回収部品の形状の違いが影響したと考えられる。加えて、二軸前処理装置によってほぐされた処理材は付帯部品が取り外されるため、これらW/Hやモーターが総回収重量に影響を与えた可能性がある。

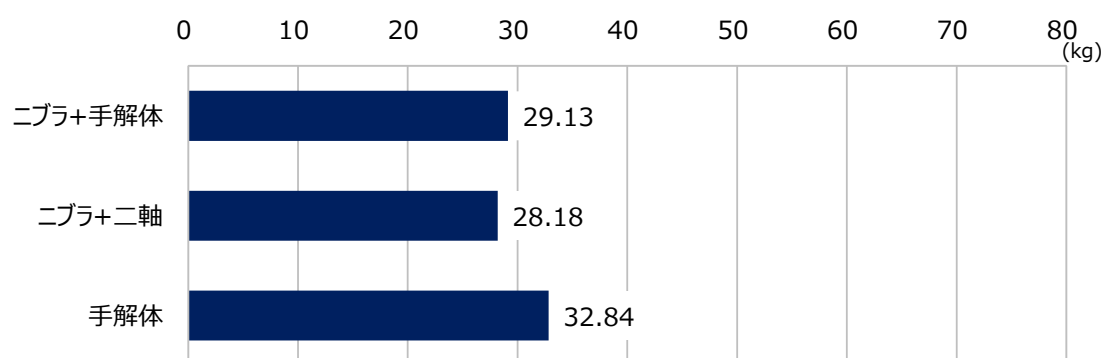


図 2-20. 車格別銅部品回収重量（軽自動車）

出所：矢野経済研究所

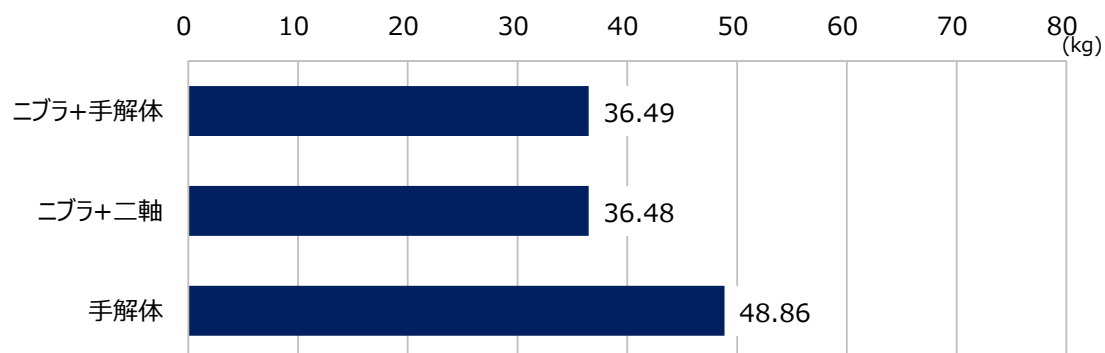


図 2-21. 車格別銅部品回収重量（セダン中型）

出所：矢野経済研究所

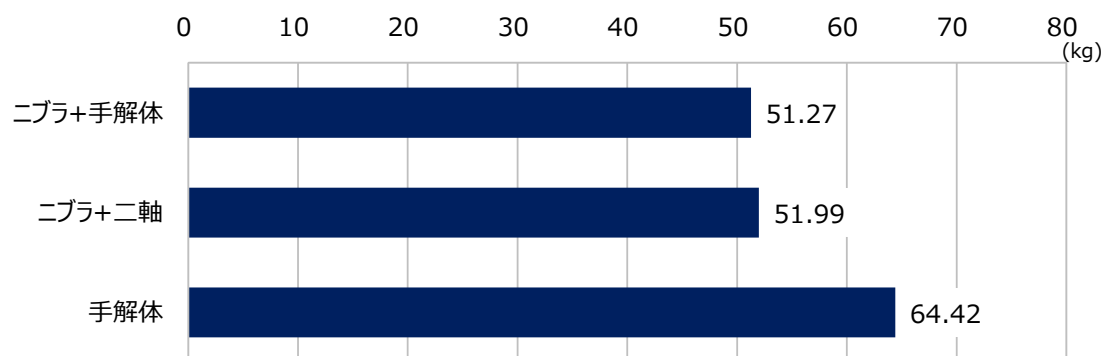


図 2-22. 車格別銅部品回収重量 (ワンボックス)

出所：矢野経済研究所

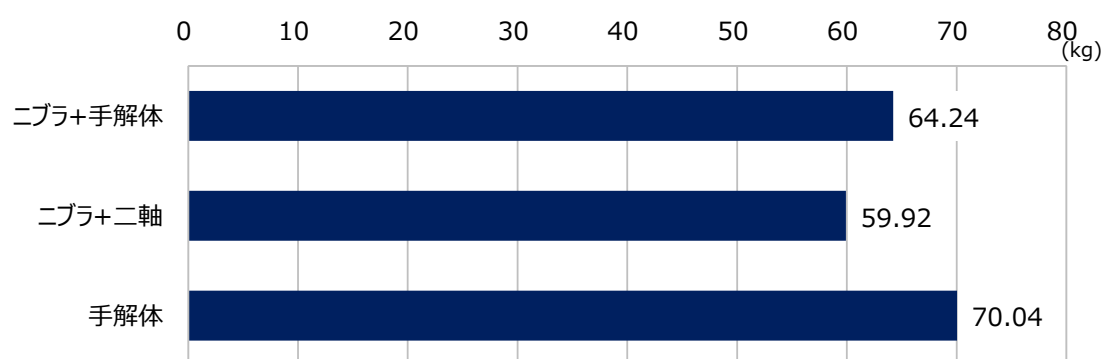


図 2-23. 車格別銅部品回収重量 (セダン大型)

出所：矢野経済研究所

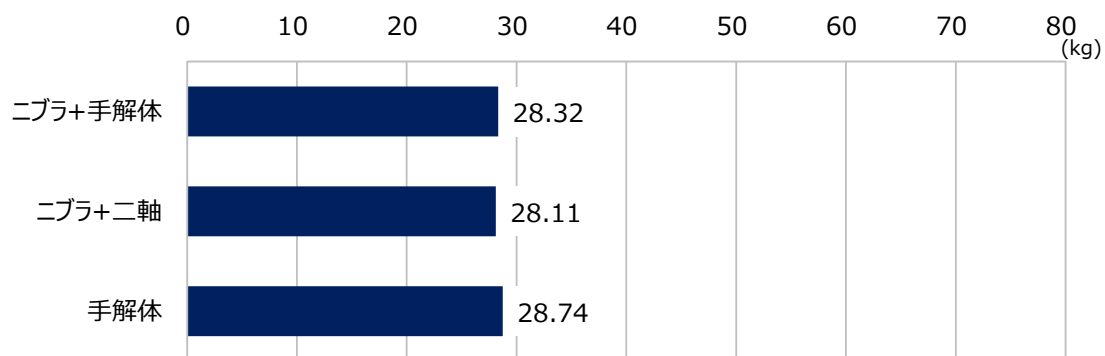


図 2-24. 車格別銅部品回収重量 (ハイブリッド車)

出所：矢野経済研究所

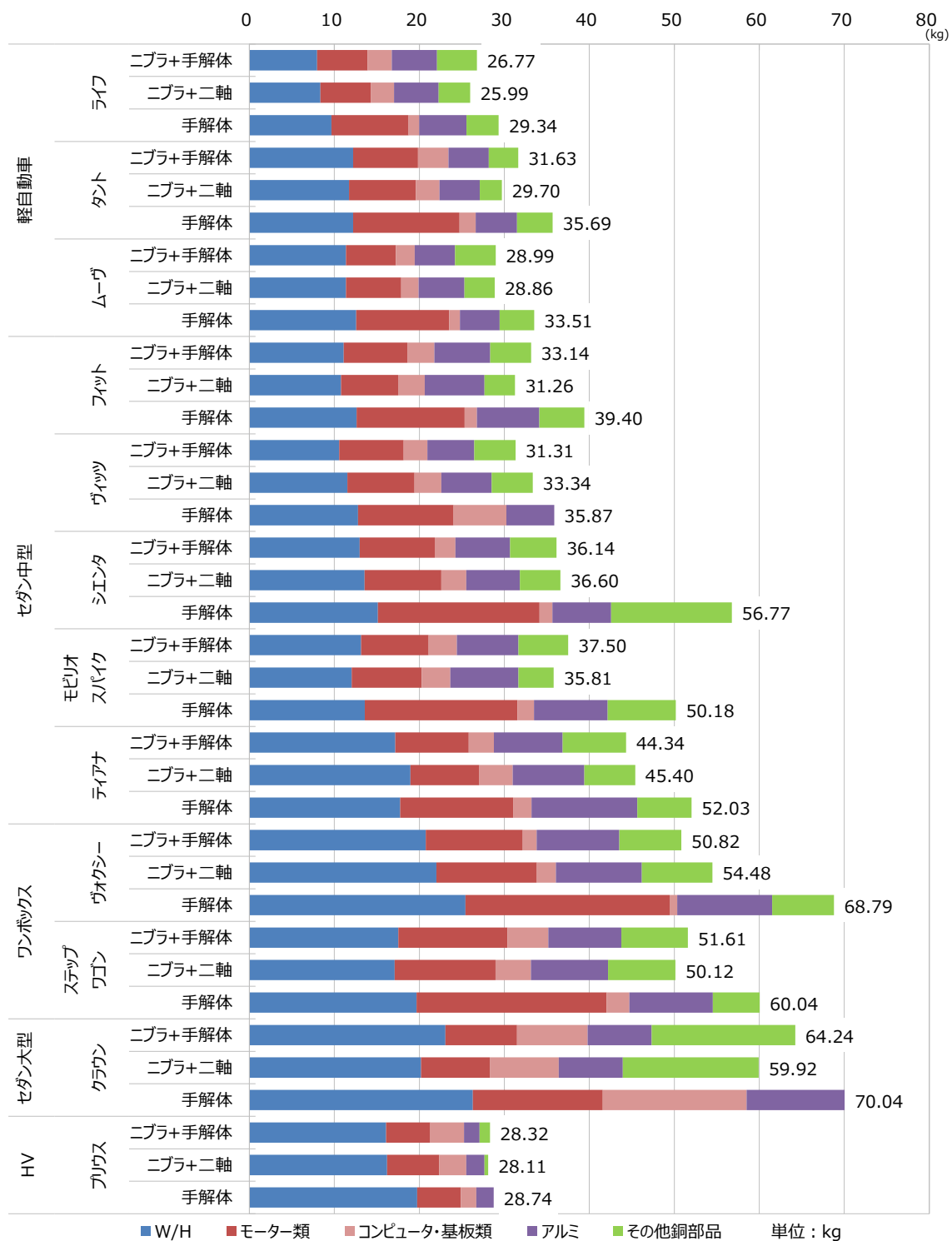
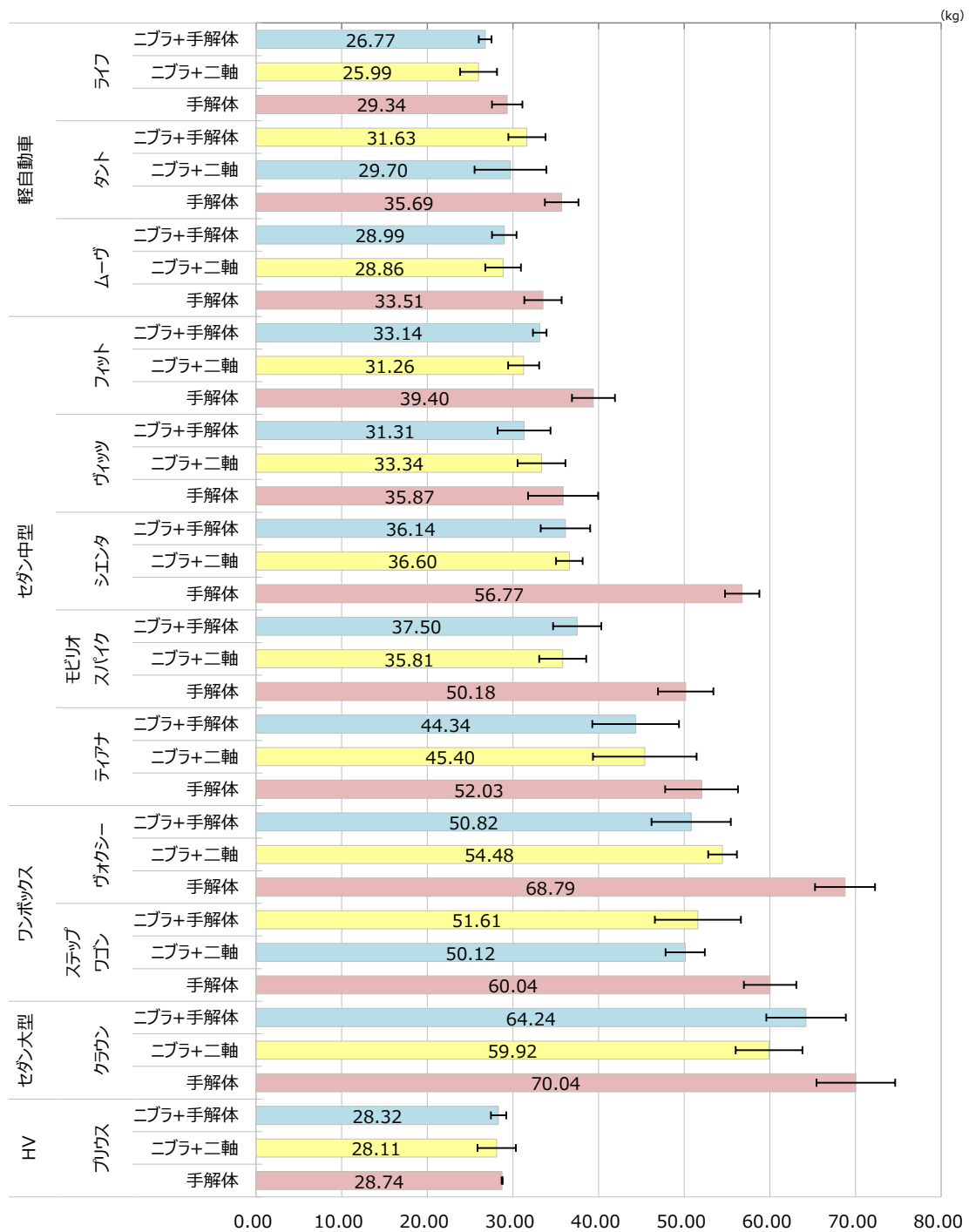


図 2-25.車格別銅部品回収重量 (全体)

出所: 矢野経済研究所



※標準偏差は1σの値(±σ68.3%)

図 2-26. 車格別銅部品回収重量(全車一覧、標準偏差)

表 2-15. 車格別銅部品回収重量（全体）

車格	車種	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	ライフ	ニブラ+手解体	7.97	5.96	2.84	5.32	4.68	26.77
		ニブラ+二軸	8.35	5.93	2.76	5.24	3.73	25.99
		手解体	9.65	9.07	1.25	5.56	3.80	29.34
	タント	ニブラ+手解体	12.21	7.63	3.59	4.75	3.47	31.63
		ニブラ+二軸	11.72	7.89	2.77	4.75	2.59	29.70
		手解体	12.22	12.50	1.91	4.86	4.21	35.69
	ムーヴ	ニブラ+手解体	11.36	5.88	2.22	4.74	4.80	28.99
		ニブラ+二軸	11.36	6.51	2.03	5.40	3.56	28.86
		手解体	12.56	10.92	1.29	4.66	4.07	33.51
セダン中型	フィット	ニブラ+手解体	11.09	7.50	3.19	6.57	4.80	33.14
		ニブラ+二軸	10.78	6.71	3.13	7.04	3.61	31.26
		手解体	12.60	12.72	1.45	7.35	5.28	39.40
	ヴィッツ	ニブラ+手解体	10.56	7.60	2.79	5.53	4.85	31.31
		ニブラ+二軸	11.52	7.91	3.14	5.94	4.83	33.34
		手解体	12.77	11.25	6.23	5.62		35.87
	シエンタ	ニブラ+手解体	12.97	8.84	2.45	6.42	5.48	36.14
		ニブラ+二軸	13.55	9.04	2.94	6.32	4.76	36.60
		手解体	15.12	19.02	1.53	6.91	14.21	56.77
	モビリオ スパイク	ニブラ+手解体	13.14	7.95	3.31	7.26	5.85	37.50
		ニブラ+二軸	12.03	8.23	3.37	8.03	4.15	35.81
		手解体	13.57	17.98	1.95	8.66	8.02	50.18
	ティアナ	ニブラ+手解体	17.17	8.65	2.95	8.10	7.48	44.34
		ニブラ+二軸	18.94	8.12	3.92	8.44	5.99	45.40
		手解体	17.73	13.31	2.15	12.46	6.38	52.03
ワンボックス	ヴォクシー	ニブラ+手解体	20.75	11.40	1.65	9.72	7.30	50.82
		ニブラ+二軸	22.01	11.82	2.23	10.12	8.30	54.48
		手解体	25.42	24.03	0.89	11.19	7.27	68.79
	ステップ ワゴン	ニブラ+手解体	17.52	12.84	4.82	8.58	7.85	51.61
		ニブラ+二軸	17.08	11.89	4.17	9.08	7.91	50.12
		手解体	19.66	22.38	2.67	9.82	5.52	60.04
セダン大型	クラウン	ニブラ+手解体	23.06	8.43	8.32	7.54	16.89	64.24
		ニブラ+二軸	20.19	8.10	8.12	7.54	15.97	59.92
		手解体	26.29	15.28	16.95	11.52		70.04
HV	プリウス	ニブラ+手解体	16.08	5.21	3.97	1.82	1.24	28.32
		ニブラ+二軸	16.21	6.14	3.18	2.15	0.44	28.11
		手解体	19.73	5.15	1.81	2.05		28.74

出所：矢野経済研究所

・ W/H

図 2-27 に W/H における重量測定結果を示す。車格が大きくなるにつれて W/H の回収重量は増加していることがわかる。3 方式の重量差は作業方法の違いによって発生した可能性がある。

手解体方式では銅部品回収に関わる作業の開始から終了まで同じ場所で作業が完結する。対してニブラ+二軸方式は、①前処理作業②ニブラ解体③手回収④ニブラを使い処理材を二軸前処理装置へ投入⑤コンベア搬送⑥手選別室での回収という作業フローとなり作業場所は随時変わる。そのためプロセスが増える程、作業時及び移動時の処理材の管理をより強化する必要があると考えられる。

ニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式を車格別にみると、軽自動車、セダン中型、ワンボックス、ハイブリッド車でほぼ同等の重量を回収したが、セダン大型ではニブラ+二軸方式が少ない結果となった。二軸前処理装置に投入するとしても、その前段階までのプロセスではある程度丁寧に銅部品を回収する必要がある。

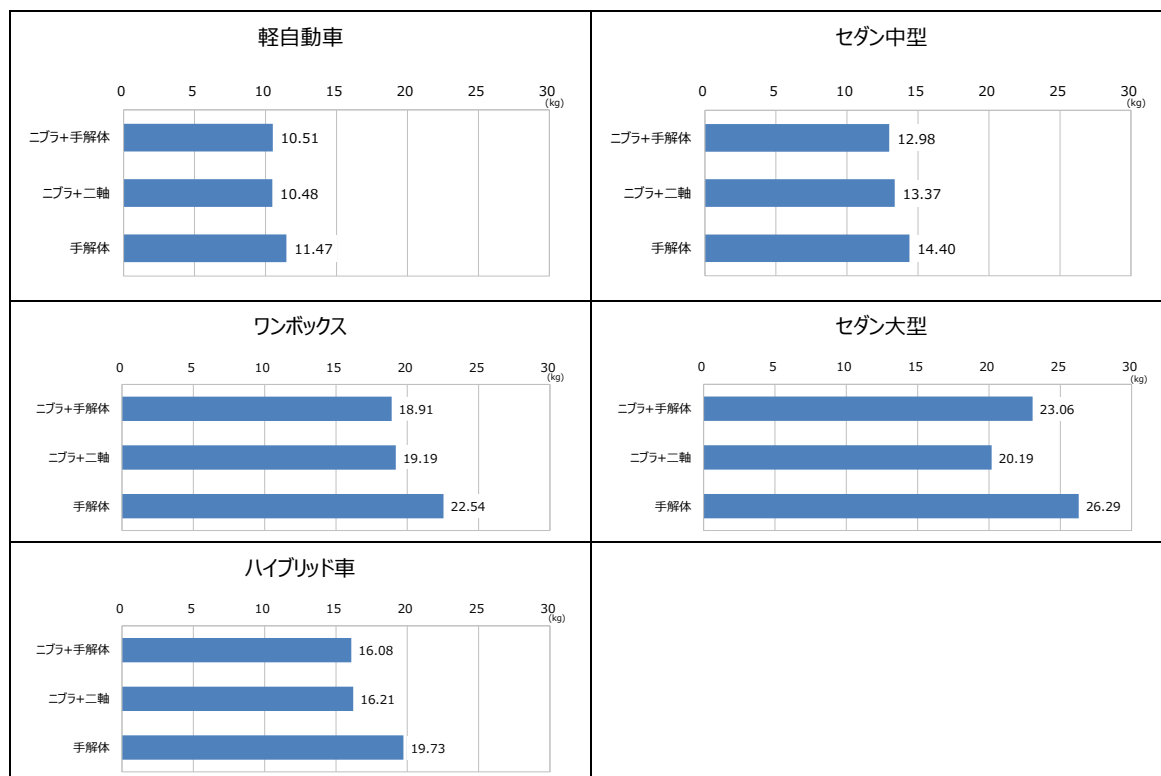


図 2-27.対象部品別銅部品回収重量 (W/H)

出所：矢野経済研究所

・モーター類

モーター類では、ハイブリッド車を除く車格で手解体方式の銅部品回収重量が最も多い結果となった。ハイブリッド車は部品取りが多く、回収するモーター点数が減り回収重量全体が減ったため方式別の差が大きく表れなかったものと考えられる。手解体方式が最も回収量が多くなった要因として、先述した回収するモーター形状の違いによる影響が大きいと考えられる。

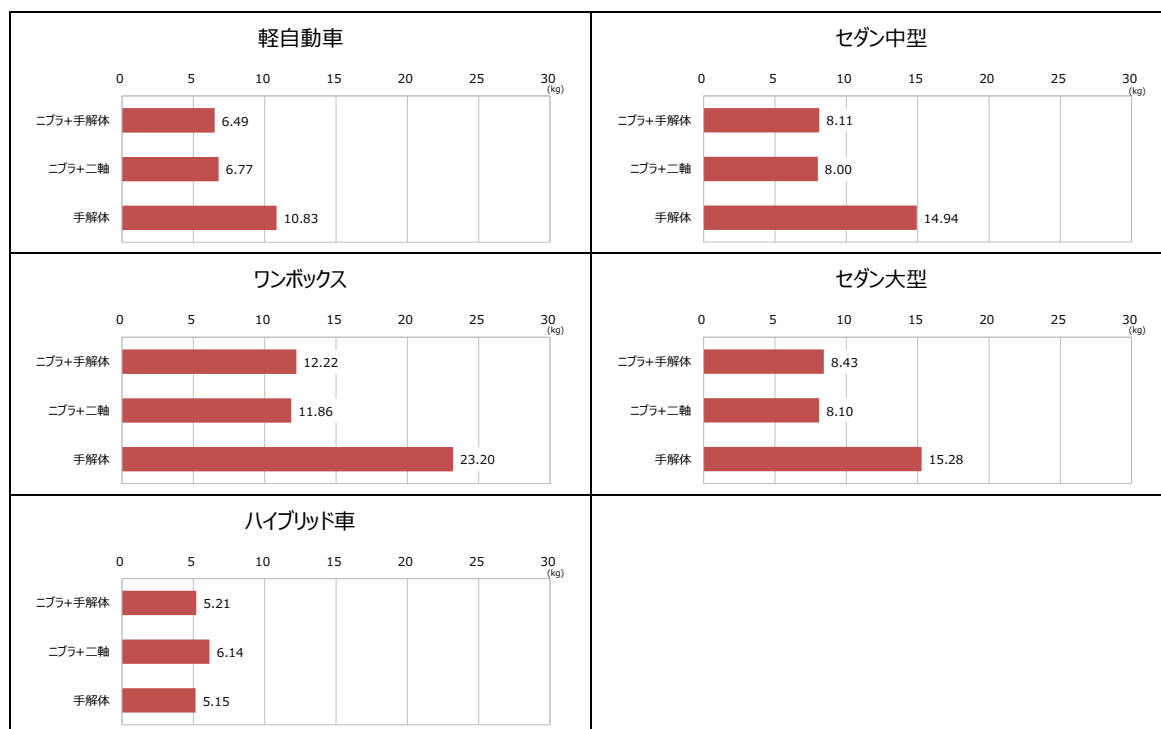


図 2-28.対象部品別銅部品回収重量（モーター類）

出所：矢野経済研究所

・コンピュータ・基板類

コンピュータ・基板類については、セダン大型以外は方式別の差はみられなかった。セダン大型の重量差については手解体方式が基板の樹脂部分（ハウジング）を含めて測定しているのに対して、他 2 方式では樹脂部分が取り外され内部の基板が剥き出しになった状態のため、測定品の形状の違いで差が広がったものと考えられる。

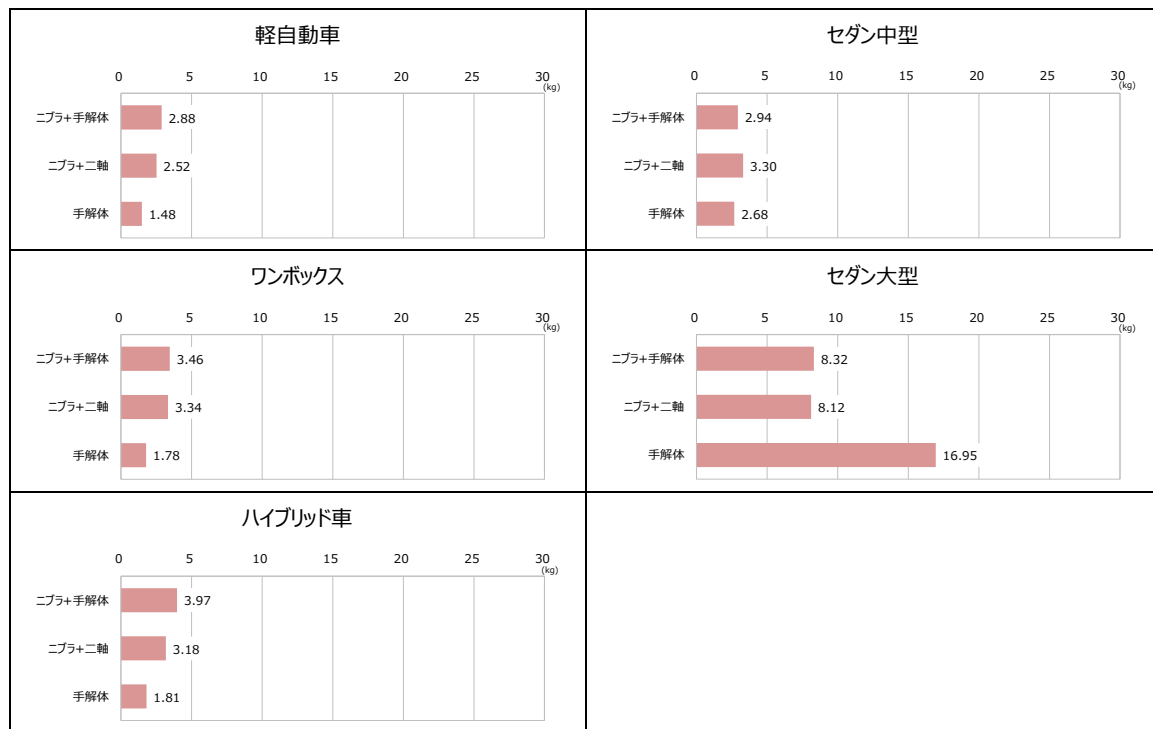


図 2-29.対象部品別銅部品回収重量（コンピュータ・基板類）

出所：矢野経済研究所

・アルミ

アルミではセダン中型、ワンボックス、セダン大型と車格が大きくなるにつれて、手解体方式とニブラ+手解体方式、ニブラ+二軸方式の回収重量の差が開く結果となった。アルミはラジエーターやヒーターコア等が対象部品となる。ニブラ+手解体方式及びニブラ+二軸方式ではニブラ解体でヒーターコアの樹脂部分（ハウジング）を破壊しているのに対し、手解体はそれを含んだ重量を測定したため差が発生したものと考えられる。

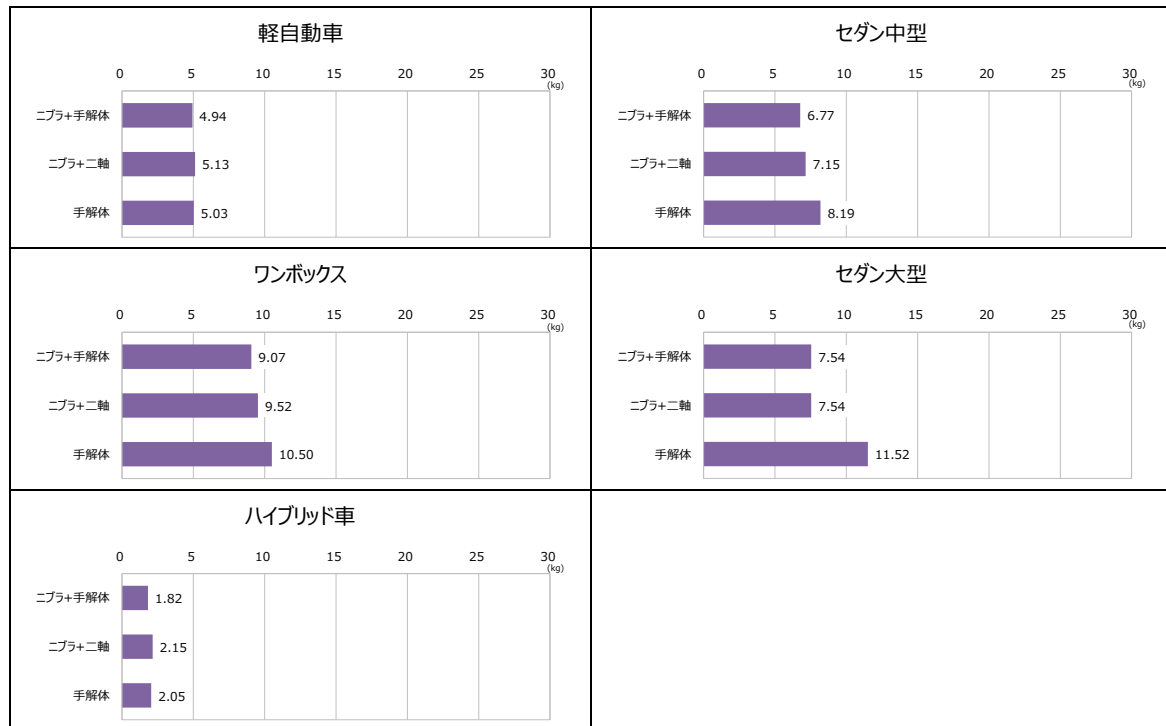
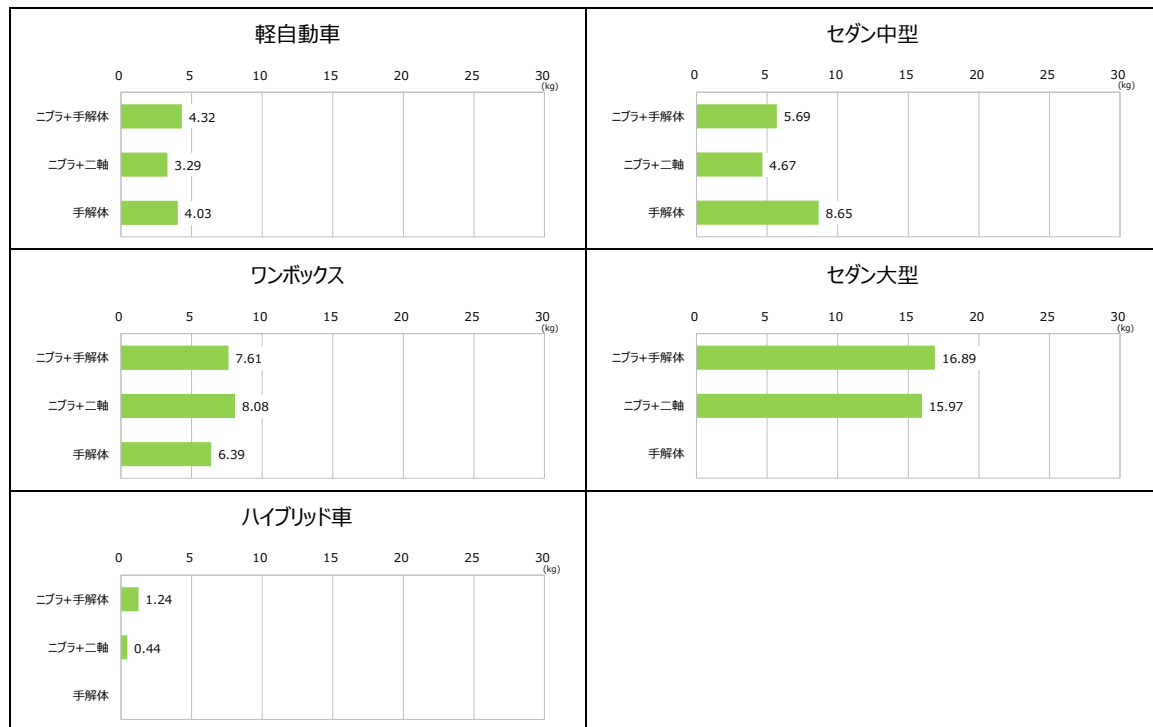


図 2-30.対象部品別銅部品回収重量（アルミ）

出所：矢野経済研究所

・その他（メーター・スイッチ等）

その他（メーター・スイッチ等）は実施途中に追加したため、セダン中型の一部、セダン大型、ハイブリッド車の手解体方式には含まれていない。ニブラ+手解体方式とニブラ+二軸方式でも大きな差は見られなかった。



※その他（メーター・スイッチ等）は実施途中に追加したため、セダン中型の一部、セダン大型、ハイブリッド車の手解体方式には含まれない。

図 2-31.対象部品別銅部品回収重量（その他（メーター・スイッチ等））

出所：矢野経済研究所

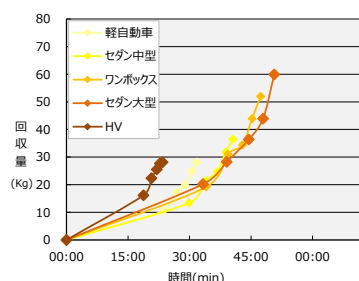
・作業時間と銅部品回収重量の相関関係

測定した作業時間と銅部品回収重量について 3 方式の車格別相関関係を図 2-32 から図 2-34 に示す。

手解体方式は車格が大きくなるにつれて作業時間が長くなっていることが顕著に表れている。そのため手解体方式による全部再資源化事業者は軽自動車を中心に処理を行うことが多い。

ニブラ+手解体方式は軽自動車を除いて車格を要因とする変動差はあまりない。ただしニブラによる精緻に銅部品を回収する技術が必要とするため、こうした技術を持つ人材を育成する必要がある。

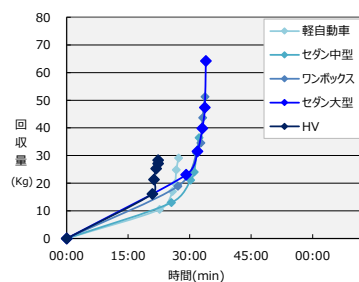
ニブラ+二軸方式はニブラである程度の銅部品回収を行ったのち、二軸前処理装置にドア・ダッシュボード・シート（電動モーター付）等を投入することで、作業員の習熟度に大きな影響を受けることなく銅部品が回収できると考えられる。ただし、二軸前処理装置の手選別作業に多くの時間を費やす結果となった。



	ニブラ+手解体									
	軽自動車		セダン中型		ワンボックス		セダン大型		HV	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	22:40	10.5	25:33	12.98	27:08	18.9	29:09	23.1	20:53	16.1
モーター類	25:49	17.0	30:15	21.09	31:45	31.1	31:53	31.5	21:19	21.3
コンピュータ・基板類	26:27	19.9	31:08	24.02	32:44	34.6	33:05	39.8	21:49	25.3
アルミ	26:45	24.8	31:42	30.80	33:09	43.7	33:42	47.3	22:19	27.1
その他銅部品	27:17	29.1	32:18	36.49	33:43	51.3	33:57	64.2	22:19	28.3

図 2-32. 車格別作業時間と銅部品回収重量（ニブラ+手解体方式）

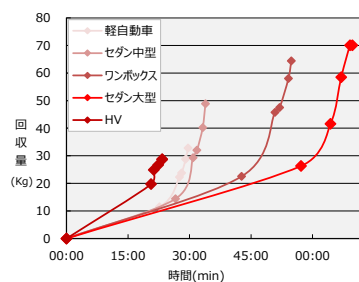
出所：矢野経済研究所



	ニブラ+二軸方式									
	軽自動車		セダン中型		ワンボックス		セダン大型		HV	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	23:34	10.5	29:52	13.37	34:04	19.2	33:17	20.2	18:47	16.2
モーター類	26:52	17.2	33:48	21.37	39:23	31.1	39:04	28.3	20:42	22.3
コンピュータ・基板類	28:54	19.8	36:46	24.66	42:55	34.4	44:27	36.4	22:01	25.5
アルミ	30:34	24.9	38:52	31.82	45:17	43.9	47:56	43.9	22:46	27.7
その他銅部品	31:47	28.2	40:35	36.48	47:21	52.0	50:39	59.9	23:25	28.1

図 2-33. 車格別作業時間と銅部品回収重量（ニブラ+二軸方式）

出所：矢野経済研究所



	手解体方式									
	軽自動車		セダン中型		ワンボックス		セダン大型		HV	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	22:40	11.5	26:34	14.40	42:42	22.5	57:11	26.3	20:38	19.7
モーター類	27:31	22.3	30:52	29.34	50:50	45.7	04:22	41.6	21:17	24.9
コンピュータ・基板類	28:05	23.8	31:48	32.01	51:59	47.5	06:59	58.5	22:22	26.7
アルミ	29:03	28.8	33:13	40.21	54:08	58.0	09:08	70.0	23:20	28.7
その他銅部品	29:37	32.8	33:53	48.86	54:49	64.4	09:42	70.0	23:20	28.7

図 2-34. 車格別作業時間と銅部品回収重量（手解体方式）

出所：矢野経済研究所

測定した作業時間と銅部品回収重量について各車格の3方式別相関関係を図 2-35 から図 2-39 に示す。

軽自動車とハイブリッド車は作業時間、回収銅部品重量ともに3方式で大きな違いが生じなかった。これは軽自動車では車格が小さいこと、ハイブリッド車は部品取りが多く作業時の銅回収部品が少ないことといった車両状態に起因すると考えられる。

セダン中型はニブラ+二軸方式で作業時間が長く銅部品回収量が少ない結果となった。

またワンボックス、セダン大型と車格が大きくなるにつれて手解体方式の銅部品回収量は増え、それとともに作業時間も増加している。ワンボックス・セダン大型ともにニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式との間に銅部品の回収量の差はないにも関わらず、作業時間はニブラ+二軸方式が長くなっている。

ニブラ+二軸方式はニブラ+手解体方式よりも前処理・ニブラ解体・手回収工程の時間が短縮できているが、セダン大型やワンボックスは銅部品の回収量が多いため、手選別工程にかかる時間が他の車両よりも多い。手解体方式は通常軽自動車を対象に実施するが、今回は普段行わないこれらの車両を対象にしたことで、銅部品の回収量が多いものの、作業時間を最も多く費やしたと考えられる。

これらの結果からニブラ+二軸方式は、ニブラ解体と手回収作業で銅部品をある程度丁寧に回収する必要があること、そして二軸前処理装置における回収量及び作業時間の短縮化が課題であることが確認できた。

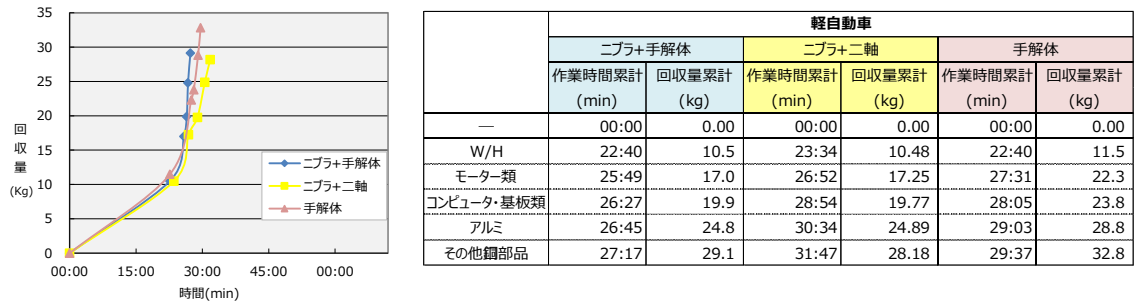


図 2-35.方式別作業時間と銅部品回収重量（軽自動車）

出所：矢野経済研究所

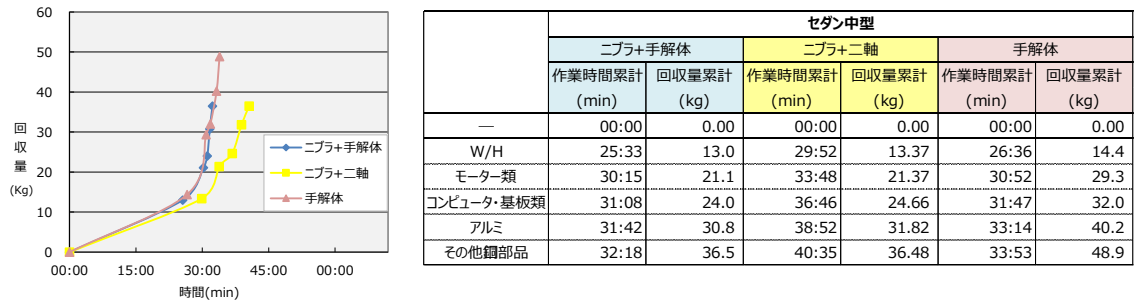
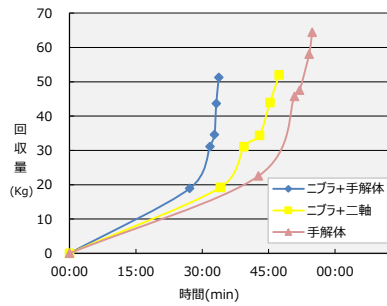


図 2-36.方式別作業時間と銅部品回収重量（セダン中型）

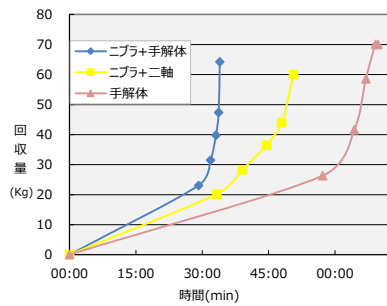
出所：矢野経済研究所



	ワンボックス					
	ニブラ+手解体		ニブラ+ニ軸		手解体	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	27:08	18.9	34:04	19.19	42:42	22.5
モーター類	31:45	31.1	39:23	31.05	50:50	45.7
コンピュータ・基板類	32:44	34.6	42:55	34.39	51:59	47.5
アルミ	33:09	43.7	45:17	43.91	54:08	58.0
その他銅部品	33:43	51.3	47:21	51.99	54:49	64.4

図 2-37.方式別作業時間と銅部品回収重量（ワンボックス）

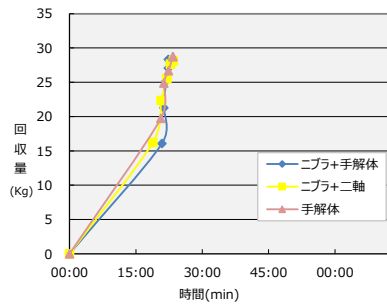
出所：矢野経済研究所



	セダン大型					
	ニブラ+手解体		ニブラ+ニ軸		手解体	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	29:09	23.1	33:17	20.19	57:11	26.3
モーター類	31:53	31.5	39:04	28.29	04:22	41.6
コンピュータ・基板類	33:05	39.8	44:27	36.41	06:59	58.5
アルミ	33:42	47.3	47:56	43.95	09:08	70.0
その他銅部品	33:57	64.2	50:39	59.92	09:42	70.0

図 2-38.方式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



	HV					
	ニブラ+手解体		ニブラ+ニ軸		手解体	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	20:53	16.1	18:47	16.21	22:08	19.7
モーター類	21:19	21.3	20:42	22.34	22:20	24.9
コンピュータ・基板類	21:49	25.3	22:01	25.52	23:07	26.7
アルミ	22:19	27.1	22:46	27.67	23:36	28.7
その他銅部品	22:19	28.3	23:25	28.11	23:36	28.7

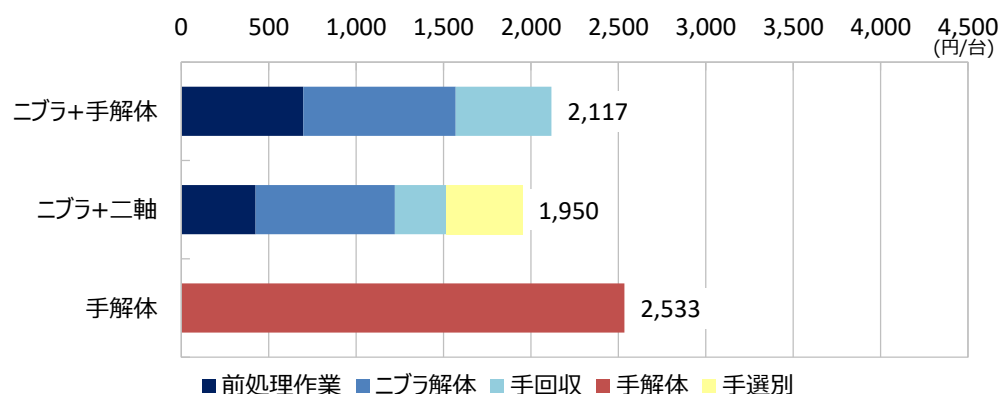
図 2-39.方式別作業時間と銅部品回収重量（ハイブリッド車）

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 2 年 11 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。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。

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 2-40 に示す。試算結果から、最も作業員コストが安価なのはニブラ+二軸方式（1,950 円/台）で、次いでニブラ+手解体方式（2,117 円/台）、手解体方式（2,533 円/台）となった。全車両の作業時間ではニブラ+二軸方式はニブラ+手解体方式よりも作業時間を要していたが、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、作業員コストが 3 方式の中で最も抑制される結果となった。



	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手解体	手選別	合計
ニブラ+手解体	698	871	548			2,117
ニブラ+二軸	425	797	292		436	1,950
手解体				2,533		2,533

図 2-40.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）

※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 2 年 11 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（以下、同）。

車格別の作業員コストを図 2-41 に示す。

ニブラ+二軸方式をみるとセダン大型以外を除いて最も作業コストが安い。セダン大型は車格が大きく手選別工程にかかる作業時間が長いので、ニブラ+手解体方式よりもコストが高くなる。

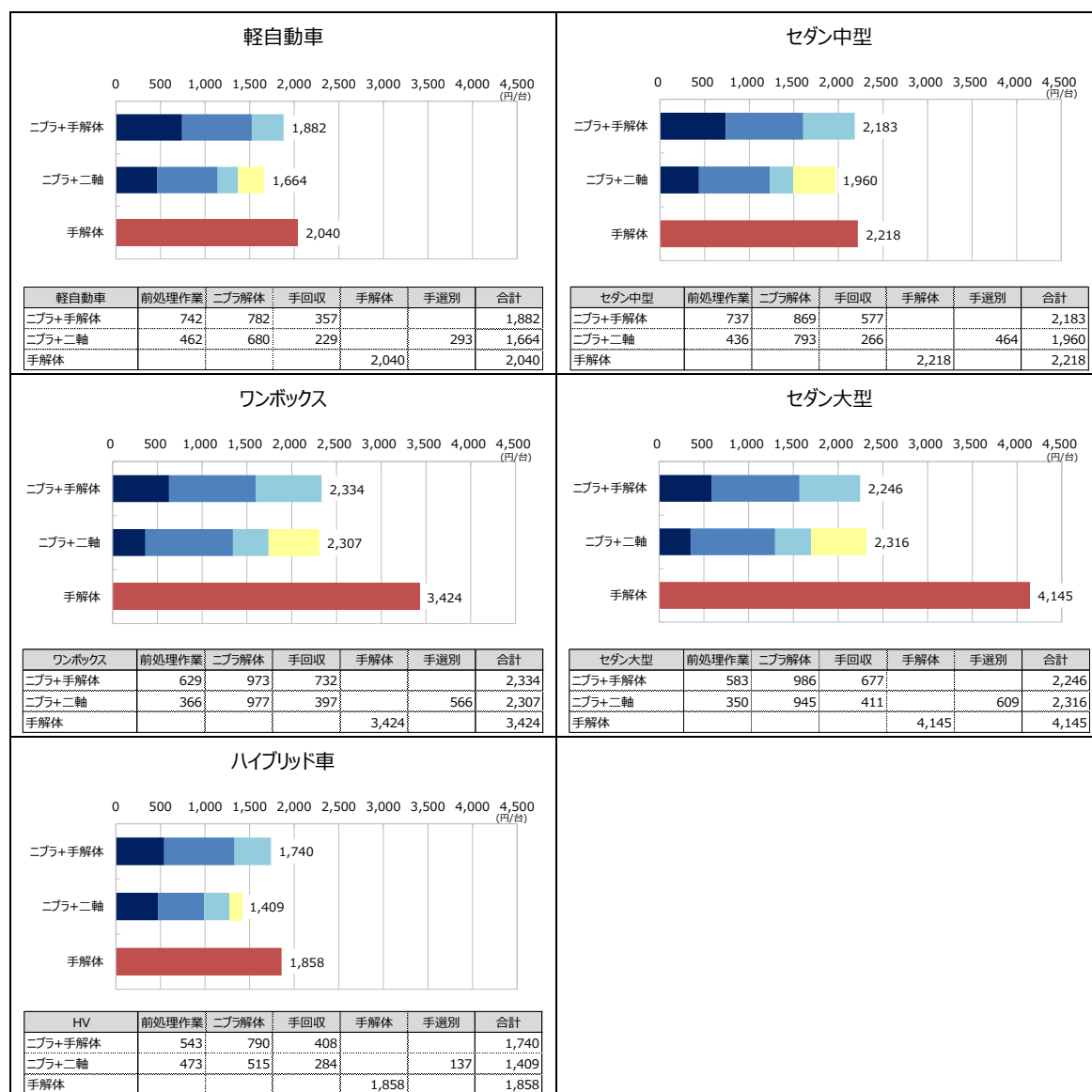


図 2-41.全部利用プレス 1 台当たりの作業員コスト試算（車格別平均）

2.1.2. 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、「2.1.1.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、各社それぞれで定める通常のフローで作業時間、銅部品重量測定を実施した。そのため、部品取り品目は各社で異なる。表 2-17 に性状確認における部品取り品目を示す。

実施台数は1方式につき4台(表 2-16 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、「2.1.1 作業時間計測及びコスト試算」と同様である。

表 2-16.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

表 2-17.回収品の性状確認における取り外し部品品目

	ニプラ+二軸方式				ニプラ+手解体方式				手解体方式			
	ウォクシー1	ウォクシー2	クラウン1	クラウン2	ウォクシー1	ウォクシー2	クラウン1	クラウン2	ウォクシー1	ウォクシー2	クラウン1	クラウン2
エンジン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
エンジンコンピュータ（メインハーネスをエンジンに付ける）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ボンネット					○				○		○	○
足回り（マフラー含む）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アブソーバー（パネ付き）									○	○	○	○
鉄製燃料タンク					○							
リアシート（座面のみ）			○	○			○	○				
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			○								○	
ドアスイッチ（運転席）		○	○		○	○						
ドアスイッチ（助手席）	○	○				○						
左ファンダー										○		
右ファンダー											○	
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			○									
バックドアASSY									○			
ボンネットフード											○	○
ラジエーター					○	○						
オートファン						○						
フューズボックス	○	○										
	5	6	9	4	7	8	4	4	8	7	11	8

出所：矢野経済研究所

表 2-18.マーク・コーポレーション 手解体での全部再資源化フロー

マーク・コーポレーション（手解体方式）		
軽自動車・ワンボックス・セダン		
番号	工程	作業内容
	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
②	部品取り	※軽自動車は部品取りしない。ワンボックス・セダンは車種や状態により回収する部品が異なる
③	液抜き	燃料タンク、燃料ポンプ
④	エンジン・足回り回収	
	重量測定②	車両重量を計測
⑤	手解体	銅部品回収
	重量測定③	車両重量を計測、回収した銅類の重量を計測
⑥	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

出所：矢野経済研究所

表 2-19.エコアール ニブラ+手解体方式での全部再資源化フロー

エコアール（ニブラ+手解体方式）				
軽自動車			ワンボックス・セダン	
番号	工程		番号	作業内容
	重量測定①			車検証重量を記録
①	前処理		①	前処理
	フロングス回収・エアバッグ車 上作動			フロングス回収・エアバッグ車 上作動
②	部品取り		②	部品取り
	※軽自動車は部品取りしない			※車種や状態により回収する 部品が異なる
③	前処理作業	助手席側のドア	③	前処理作業
		ドアの手回収作業		
		ドアの中のハーネス、ウインド モーターの回収作業		
		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		その他タイヤ等を取る
		タイヤ		手回収
④	液抜き		④	エンジン回収・液抜き
	油・水			油・水
	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
		廃車ガスを非鉄の回収ニブラ に回す		
⑥	手回収		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			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
	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

出所：矢野経済研究所

表 2-20.エコアール ニブラ+二軸方式における全部再資源化フロー

エコアール（ニブラ+二軸方式）													
軽自動車				ワンボックス・セダン									
番号	工程		作業内容			番号	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			※車種や状態により回収する 部品が異なる		
③	前処理作業	助手席側の ドア	ドアの手回収作業			③	前処理作業	助手席側の ドア	ドアの手回収作業				
			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 中のトラン ク	リアゲートの中のハーネスの手 回収作業					リアゲートの 中のトラン ク	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	その他タイヤ等を取る					バッテリー	その他タイヤ等を取る				
		タイヤ	手回収					タイヤ	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		
				ガスを非鉄の回収ニブラに回す							ガスを非鉄の回収ニブラに回す		
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			二軸前処理装置ヘドアやシー ト等の投入・ほぐし			⑦	二軸前処理装置			二軸前処理装置ヘドアやシー 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、アルニ類（ラジエーター・ヒーターコア）の4種類に分けて計測

※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

出所：矢野経済研究所

(2) 作業時間測定実施結果

車格×作業工程

・全体（方式×作業工程）

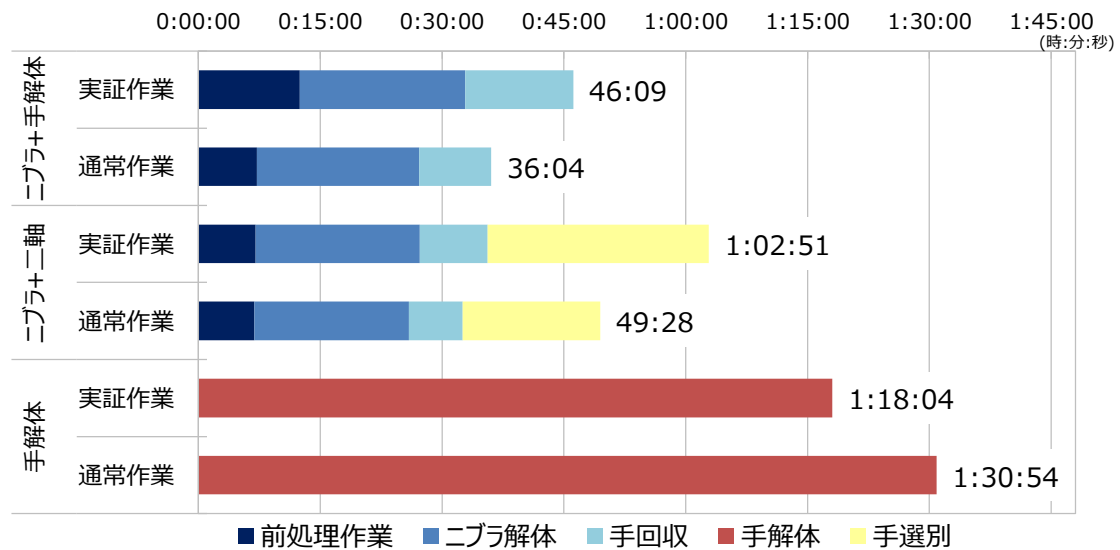
性状確認を実施したワンボックス、セダン大型の作業工程別平均作業時間を図 2-42 に示す。なお、実証作業とは「2.1.1 作業時間計測及びコスト試算」で実施した作業を指し、性状確認で実施した作業（各社の通常の作業フロー）を通常作業と呼称する。

通常作業の平均作業時間を方式別に比較すると、最短がニブラ+手解体方式で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式であった。

通常作業と実証作業での比較では、ニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式は通常作業の作業時間が短縮する。一方で手解体方式は作業時間が長くなっている。エコアールの 2 方式については、実証作業において通常の工程とは異なる作業が発生しているため時間を多く要したが、通常作業では普段から実施している作業内容であるため作業時間が短くなったと考えられる。手解体方式では車両状態等によって実証作業と通常作業の作業時間に差が生じたものの、特段の理由は確認できなかった。

ニブラ+二軸方式について実証作業と通常作業で比較すると、通常作業の方が 13 分 23 秒短い。そのため実証作業ではニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式の差が 16 分 42 秒あったのに対し、通常作業では 13 分 24 秒と 3 分 18 秒短縮している。ニブラ+手解体方式とニブラ+二軸方式で共通の作業工程である前処理作業、ニブラ解体、手回収についても通常作業の方が短時間となり、通常作業では両者の差が小さくなっている。

通常作業と実証作業の差が生じていることから、作業フローを見直すことで手選別をはじめとした作業時間が短縮できる可能性がある。



	作業方式	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手解体	手選別	合計
ニブラ+手解体	実証作業	12:30	20:22	13:17			46:09
	通常作業	07:12	19:59	08:53			36:04
ニブラ+二軸	実証作業	07:03	20:12	08:23		27:13	1:02:51
	通常作業	06:54	19:02	06:37		16:55	49:28
手解体	実証作業				1:18:04		1:18:04
	通常作業				1:30:54		1:30:54

図 2-42.作業工程別平均作業時間 (ワンボックス・セダン大型)

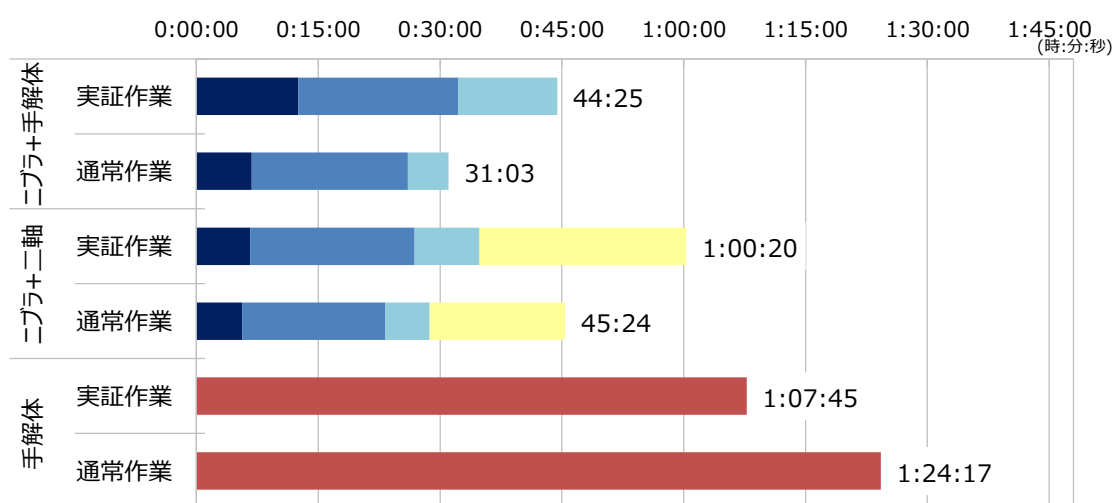
出所：矢野経済研究所

・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 2-43 に示す。

方式別の通常作業時間はニブラ+手解体方式が最短で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式であった。

ニブラ+二軸方式について通常作業と実証作業を比較すると、通常作業が実証作業より 14 分 56 秒短い。手選別時間 8 分 45 秒の短縮に加え、ニブラ解体、手回収ともに通常作業の方が各 2 分 35 秒短くなっている。



ワンボックス	作業方式	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手解体	手選別	合計
ニブラ+手解体	実証作業	12:34	19:43	12:09			44:25
	通常作業	06:47	19:15	05:01			31:03
ニブラ+二軸	実証作業	06:38	20:14	08:00		25:27	1:00:20
	通常作業	05:39	17:39	05:25		16:42	45:24
手解体	実証作業				1:07:45		1:07:45
	通常作業				1:24:17		1:24:17

図 2-43. 作業工程別平均作業時間（ワンボックス）

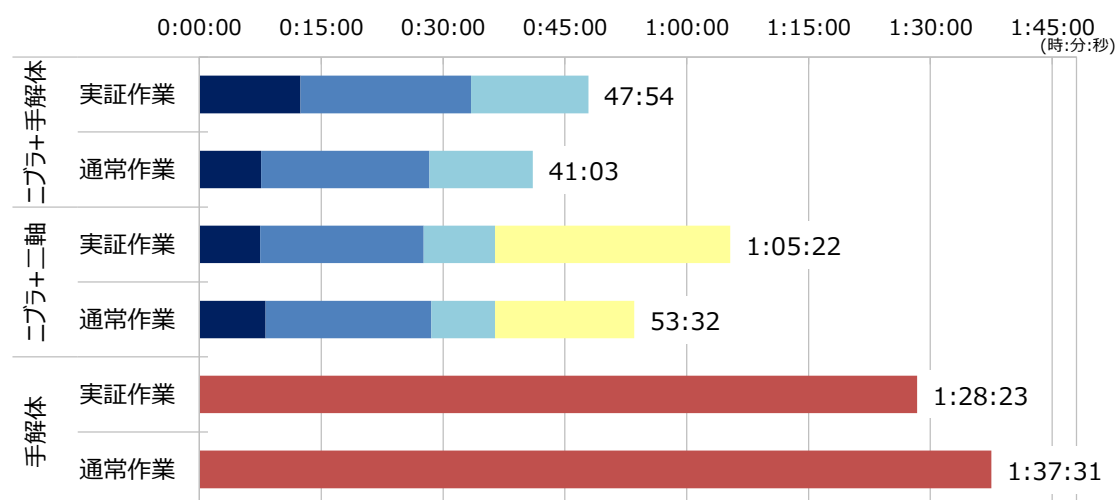
出所：矢野経済研究所

・セダン大型

セダン大型の作業工程別平均作業時間を図 2-44 に示す。

方式別の通常作業時間は、ニブラ+手解体方式が最短で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式であった。

ニブラ+二軸方式の作業時間を通常作業と実証作業で比較すると、通常作業が実証作業より 11 分 50 秒短くなった。通常作業と実証作業の時間差はワンボックスよりもセダン大型の方が短縮できている。セダン大型は車格が大きく回収銅部品重量も多いため、作業内容が多く不慣れであったため、実証作業では通常作業よりも時間を要したと考えられる。



セダン大型	作業方式	前処理作業	ニブラ解体	手回収	手解体	手選別	合計
ニブラ+手解体	実証作業	12:26	21:02	14:26			47:54
	通常作業	07:36	20:43	12:45			41:03
ニブラ+二軸	実証作業	07:28	20:09	08:46		28:59	1:05:22
	通常作業	08:09	20:24	07:50		17:08	53:32
手解体	実証作業				1:28:23		1:28:23
	通常作業				1:37:31		1:37:31

図 2-44. 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

車格×対象部品

・全体

通常作業の平均作業時間を方式別に比較すると、最短がニブラ+手解体方式で、次いでニブラ+二軸方式、最長が手解体方式であった。

対象部品別の作業時間をみると、ニブラ+二軸方式は W/H 取り外しが 7 分短くなり、手選別で部品を探す時間が 3 分 46 秒短くなっている。モーター類、コンピュータ・基板、アルミ、その他銅部品は 1 分程度の短縮、あるいは作業時間に差がない程度に留まった。

ニブラ+二軸方式は W/H 取り外しにかかる作業時間と、手選別における部品を探す時間の短縮が課題である。通常作業と実証作業という作業フローの差によって、時間短縮が実現できる可能性があることが確認できた。

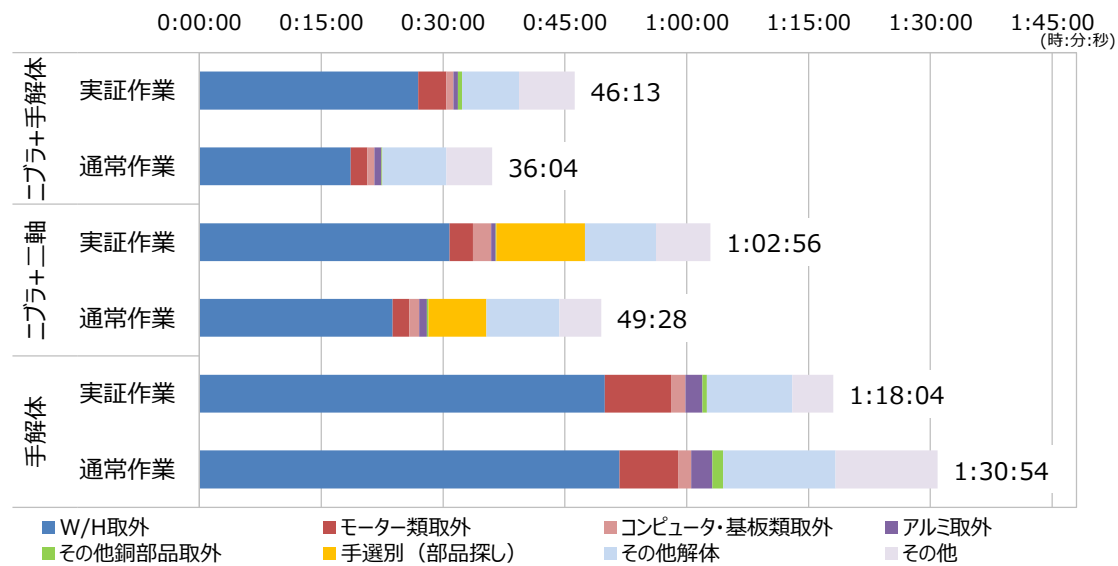


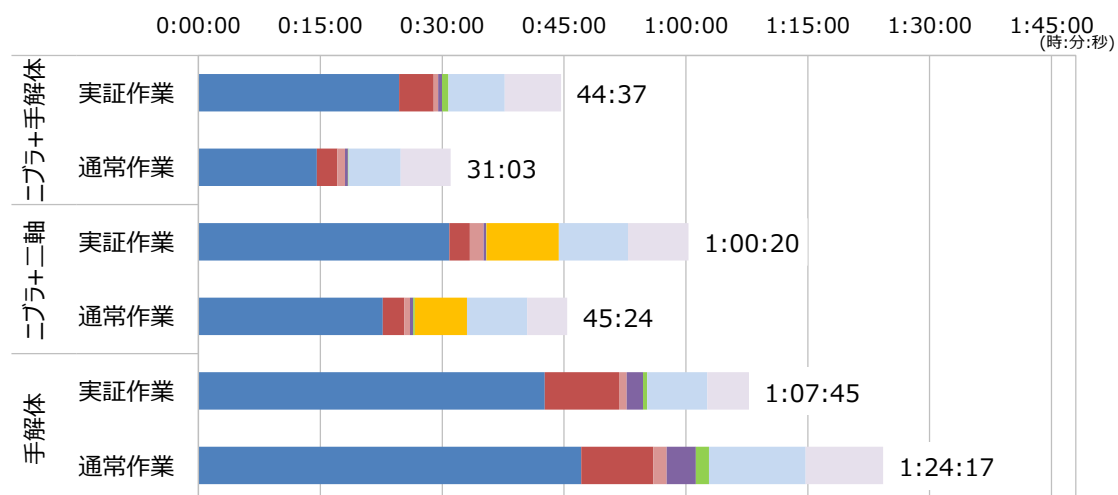
図 2-45. 対象品目別平均作業時間（ワンボックス・セダン大型）

出所：矢野経済研究所

・ワンボックス

ワンボックスの対象品目別平均作業時間を図 2-46 に示す。

ニブラ+二軸方式について銅回収部品の取り外しにかかる作業時間を通常作業と実証作業で比較すると、W/H 取り外しが 8 分 11 秒、手選別で部品を探す時間は 2 分 31 秒短くなった。モーター類、コンピュータ・基板、アルミ、その他銅部品は 1 分程度の短縮または作業時間に差がない程度に留まった。



ワンボックス	作業方式	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
ニブラ+手解体	実証作業	24:42	04:16	00:32	00:29	00:47		06:56	06:55	44:37
	通常作業	14:35	02:31	00:57	00:21	00:04		06:26	06:10	31:03
ニブラ+二軸	実証作業	30:53	02:32	01:43	00:17	00:02	08:56	08:30	07:28	1:00:20
	通常作業	22:42	02:37	00:42	00:25	00:12	06:25	07:24	04:57	45:24
手解体	実証作業	42:37	09:09	00:56	02:00	00:32		07:24	05:07	1:07:45
	通常作業	47:07	08:53	01:39	03:35	01:39		11:52	09:33	1:24:17

図 2-46. 対象品目別平均作業時間（ワンボックス）

出所：矢野経済研究所

・セダン大型

セダン大型の対象品目別平均作業時間を図 2-47 に示す。

ニブラ+二軸方式について銅回収部品の取り外しにかかる作業時間を通常作業と実証作業で比較すると、W/H 取り外しが 5 分 50 秒、手選別で部品を探す時間は 5 分 2 秒、モーター類の取り外しは 1 分 44 秒短くなった。コンピュータ・基板類、アルミ、その他銅部品は 1 分程度の短縮または作業時間に差がない程度に留まった。

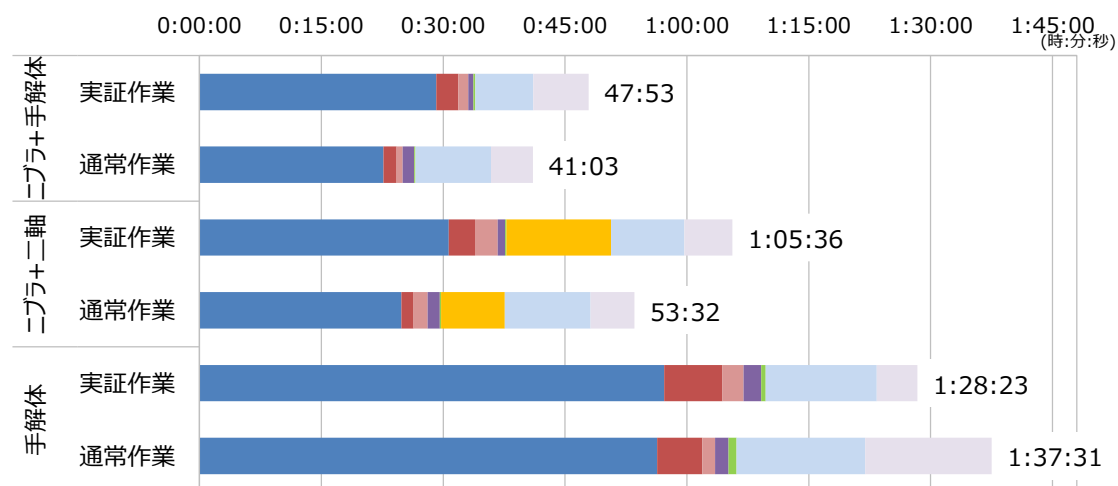


図 2-47.対象品目別平均作業時間（セダン大型）

出所：矢野経済研究所

(3) 重量測定実施結果

車格別銅部品回収重量を図 2-48 に示す。

実証作業との比較ではセダン大型のニブラ+二軸方式での回収重量が 6.95kg 増加した。内訳は、W/H2.16kg、モーター0.42kg、その他銅部品 6.6kg である。ワンボックスは総重量で 0.35kg 減少する結果となった。

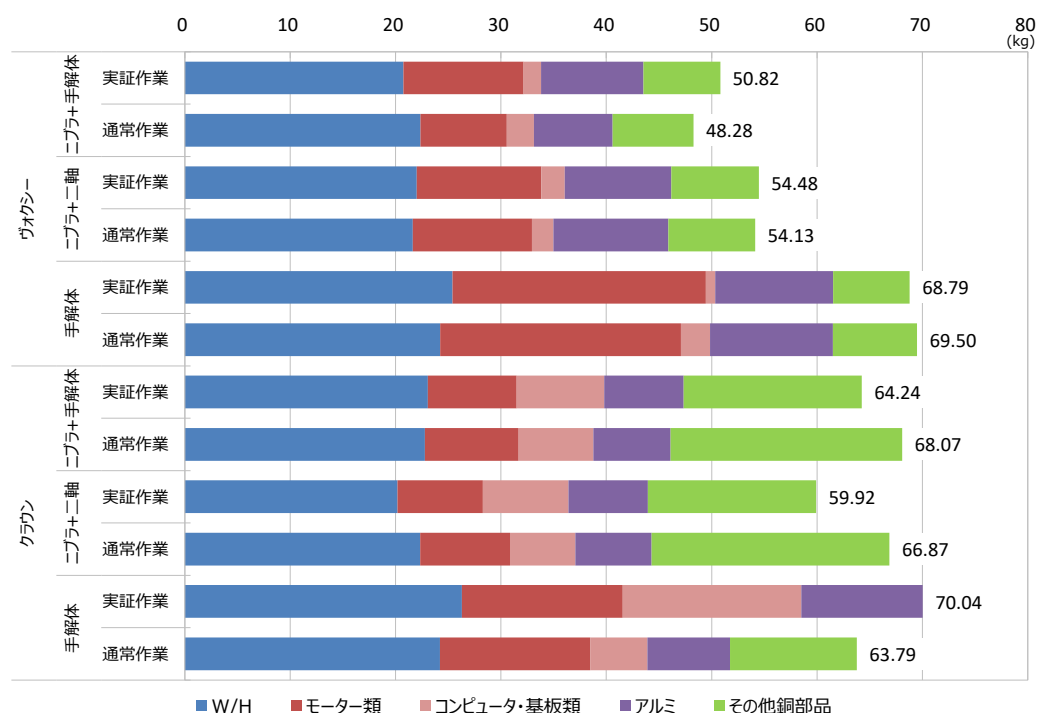


図 2-48. 車格別銅部品回収重量 (ワンボックス、セダン大型)

出所：矢野経済研究所

(4) 性状確認における作業時間と重量の相関関係

性状確認を実施したワンボックス・セダン大型の2車種12台の作業時間と銅部品回収重量の相関関係を図2-49から図2-50に示す。

ニブラ+二軸方式について実証作業と比較すると、通常作業のワンボックス、セダン大型ともに作業時間が短縮し銅部品回収重量が増加している。作業時間はニブラ+手解体方式よりも多く費やしているが、特にセダン大型の回収重量が増加している。

	ワンボックス（実証作業）					
	ニブラ+手解体		ニブラ+二軸		手解体	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計	回収量累計 (kg)	作業時間累計	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	24:42	20.75	32:40	22.01	42:37	25.42
モーター類	28:58	32.15	36:59	33.83	51:46	49.44
コンピュータ・基板類	29:30	33.80	40:28	36.06	52:42	50.33
アルミ	30:00	43.52	42:33	46.18	54:42	61.52
その他銅部品	30:47	50.82	44:22	54.48	55:14	68.79

	ワンボックス（通常作業）					
	ニブラ+手解体		ニブラ+二軸		手解体	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計	回収量累計 (kg)	作業時間累計	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	14:35	22.4	23:59	21.64	47:07	24.2
モーター類	17:05	30.6	27:53	32.94	56:00	47.1
コンピュータ・基板類	18:02	33.1	29:53	34.98	57:38	49.8
アルミ	18:23	40.6	31:34	45.88	1:01:13	61.5
その他銅部品	18:32	48.3	33:15	54.13	1:02:51	69.5

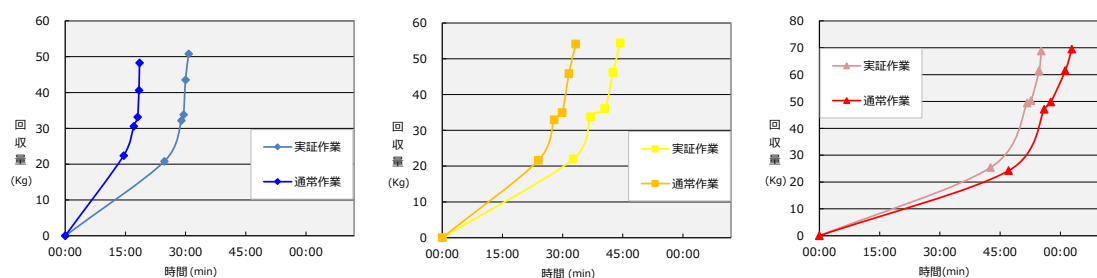


図 2-49. 方式別作業時間と銅部品回収重量（ワンボックス）

出所：矢野経済研究所

	セダン大型（実証作業）					
	ニプラ+手解体		ニプラ+二軸		手解体	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計	回収量累計 (kg)	作業時間累計	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	29:09	23.1	33:17	20.19	57:11	26.3
モーター類	31:53	31.5	39:04	28.29	1:04:22	41.6
コンピュータ・基板類	33:05	39.8	44:27	36.41	1:06:59	58.5
アルミ	33:42	47.3	47:56	43.95	1:09:08	70.0
その他銅部品	33:57	64.2	50:39	59.92	1:09:42	70.0

	セダン大型（通常作業）					
	ニプラ+手解体		ニプラ+二軸		手解体	
	作業時間累計 (min)	回収量累計 (kg)	作業時間累計	回収量累計 (kg)	作業時間累計	回収量累計 (kg)
—	00:00	0.00	00:00	0.00	00:00	0.00
W/H	22:39	22.8	26:26	22.35	56:20	24.2
モーター類	24:15	31.7	29:29	30.87	1:01:54	38.5
コンピュータ・基板類	25:01	38.8	32:47	37.06	1:03:27	43.9
アルミ	26:25	46.1	35:53	44.31	1:05:07	51.7
その他銅部品	26:35	68.1	37:36	66.87	1:06:06	63.8

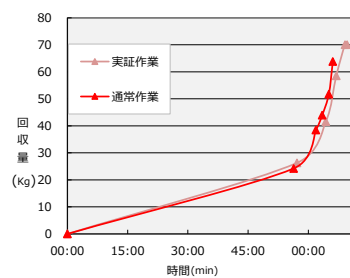
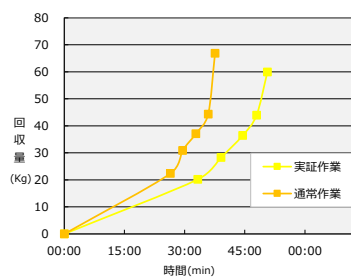
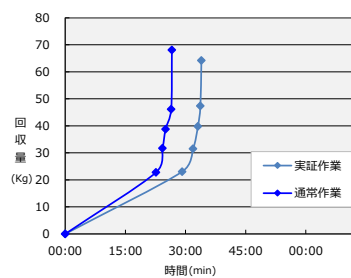


図 2-50.方式別作業時間と銅部品回収重量（セダン大型）

出所：矢野経済研究所

2.1.3. 作業内容・機器・フロー等改善検討

二軸前処理装置等の改良により作業時間の短縮、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。

- 現状のシステム課題の洗い出しと改良
 - ・刃幅の改善
 - ・メンテナンス関連の設備検討
- 二軸前処理装置システムの小型化等の検討
- 高効率の選別のプレスタディ
- 全部利用プレス品質担保のためのシステム仕様の検討

(1) 現状の機器・フロー等改善

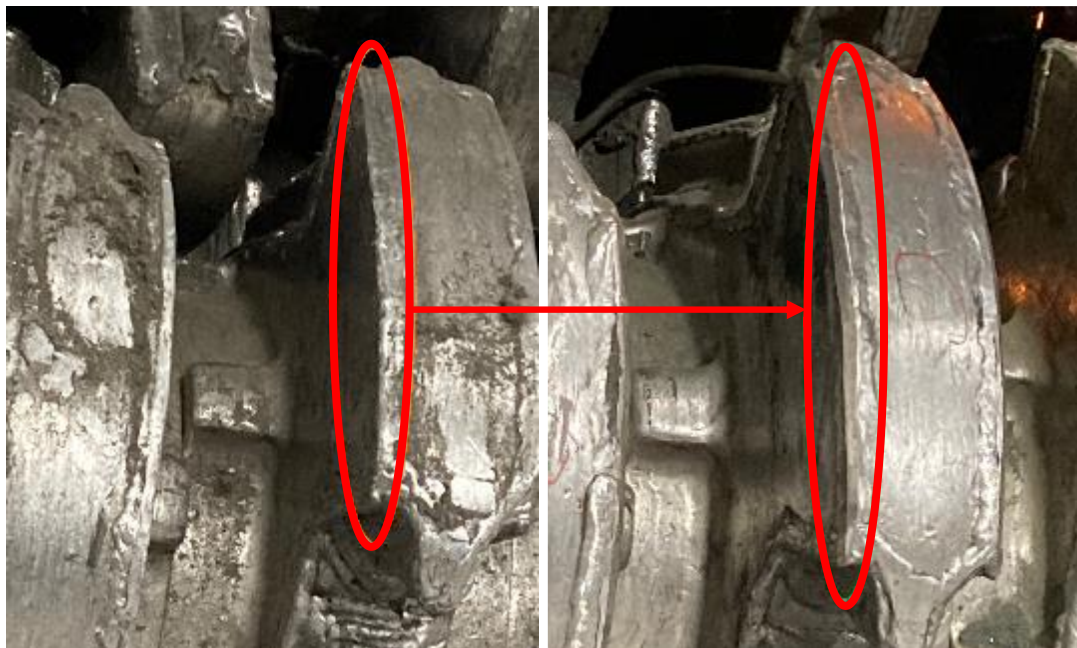
① 刃幅の改善

・第1回刃幅調整（8月）

二軸前処理装置で分別作業を行う中で、処理材が細かいために銅部品の回収に時間がかかるという課題が発生した。処理材の回収サイズを大きくすることにより、手選別工程における回収時間の短縮を図ることができる。そのためには、二軸前処理装置に搭載されている刃を削り、刃幅を広げることで処理材の通る隙間の寸法を大きくすることが可能となる。8月10日～12日に第1回目、さらなる改善を図るため12月16日～17日に第2回目の刃幅調整を実施した。



二軸前処理装置（刃部分）と刃幅調整作業の様子



刃幅調整前と（右）調整後

図 2-51. 第1回刃幅調整の様子

出所：ウエノテックス撮影

第 1 回目の刃幅調整では従来の刃幅 100mm から片側 5mm を切削し 95mm 幅に改良した。これにより処理材のサイズが大きくなり、細かすぎる部品が少なくなったことで作業員は手選別作業がしやすくなった。

刃幅調整前後の処理材の比較を図 2-52 に示す。刃幅調整前は 9cm アンダーの処理材が刃幅調整後で 10～11cm とサイズアップしていることがわかる。また刃幅調整前は図のような鉄の回収品に W/H が絡まり塊になってしまっていたが、刃幅の調整を行ったことで W/H がほぐれるように改善した。二軸前処理装置による処理品は、ランダムな大きさ、形状になるため全ての処理材で刃幅調整による効果は確認できないが、測定した処理材のサイズアップと形状の変化が確認できたことから 1 回目の刃幅調整の効果が確認できた。



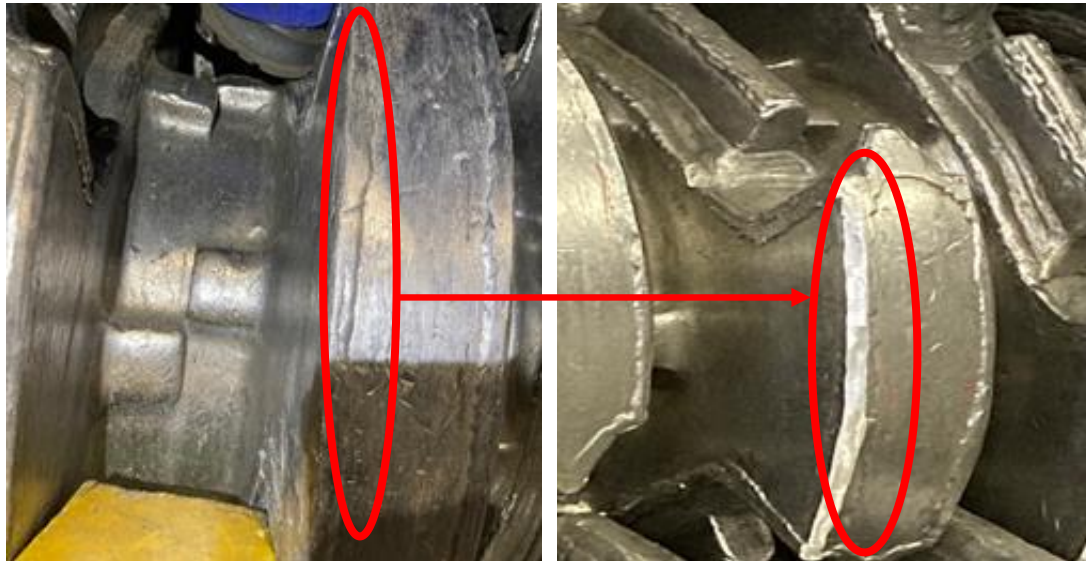
図 2-52.刃幅調整による処理材の変化

出所：エコアール撮影

・第 2 回刃幅調整（12 月）

第 1 回目刃幅調整の効果を検証すべく経過観察した結果、さらに刃幅を広げることで、処理材がどのように変化するか確認することを目的として、2 回目の刃幅調整を 12 月 16 日～17 日に実施した。

図 2-53 に示すように 2 回目の刃幅調整では片側 3mm を切削し 92mm 幅に改良した。二度の刃幅調整で、表 2-21 で示すように調整前（初期状態）よりも刃幅を 8mm 切削している。



刃幅調整前と（右）調整後

図 2-53. 第 2 回刃幅調整の様子

出所：ウエノテックス撮影

表 2-21. 刃幅調整による刃幅厚み寸法の推移

	調整前（初期状態）	1回目調整（10月）	2回目調整（12月）
刃幅	100mm	95mm	92mm
刃幅調整寸法			

出所：矢野経済研究所

・刃幅調整による作業時間と銅部品回収重量の変化

2 回目の刃幅調整実施後に、刃幅調整による効果の検証として同型車種の 3 品目（ダッシュボード、ドア 2 枚（運転席、スライドドア）、シート（運転席電動モーター付））をそれぞれ二軸前処理装置で処理し、処理材の選別及び各回収品の重量測定を行った。50mm 未満と 50mm 以上の処理材に分けて選別したが、処理材サイズの基準は、エコアールの作業状況から手選別作業において作業効率を落とす処理材サイズが 50mm 未満であると判断し設定した。また、測定の対象とした 3 品目の選定理由は、銅回収部品が多いこと、二軸前処理装置で積極的に処理することが想定されることにある。

図 2-54 で示す通り W/H、モーター、基板、オーディオ、銅パーツ、スイッチ、その処理品に区分して 50mm 未満と 50mm 以上で選別し重量を測定した。その他部品は、鉄やガラス片、樹脂、粉碎されたダストなどの非銅部品で構成されている。



図 2-54.測定した部品例

出所：エコアール撮影

3 品目（ドア、ダッシュボード、シート）を処理し、処理材の選別後に回収部品別に重量測定をした結果を表 2-22 に示す。特にドアで大きな重量差が発生していたが、これは二軸前処理装置での処理中にドアガラスが割れ、搬送時にコンベアから脱落したことによる。

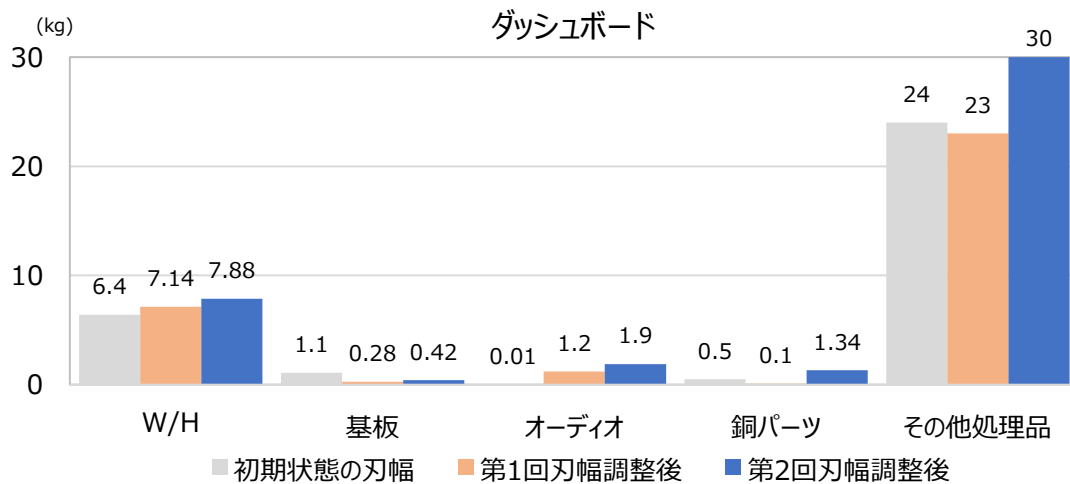
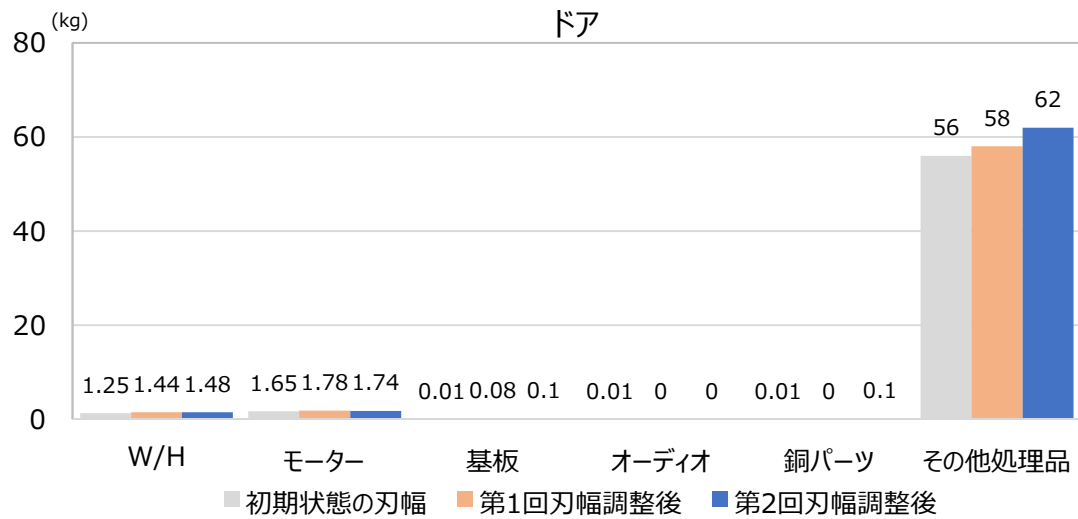
品目別重量測定結果について、50mm 以上のほぐし材の集計結果を図 2-55 に示す。3 品目ともに刃幅を調整したことでその他処理品の回収重量が増加したことがわかる。品目別ではダッシュボードが刃幅調整を重ねるごとに回収する W/H の重量が増加している。手選別作業は W/H 回収作業が多く、細かくほぐされた W/H が多いほど作業時間を費やすことになる。これらの結果から刃幅調整によって作業効率の改善が定量的に把握できた。

表 2-22.回収部品重量測定結果

(単位: kg)

刃幅の状態	処理品	処理前重量	50mm以上						50mm未満				処理後合計	重量差
			W/H	モーター	基板	オーディオ	銅パーツ	その他処理品	W/H	銅パーツ	スイッチ	その他処理品		
調整前 (初期状態) 【100mm】	ドア	72.0	1.3	1.7	0.01	0.01	0.01	56.0	0.01	0.0	0.01	12.6	59.0	-13.1
	ダッシュボード	35.0	6.4	0	1.1	0.01	0.5	24.0	0.2	0.01	0.01	2.8	32.2	-2.8
	シート	23.0	0.8	1.3	0	0	0.01	18.0	0.01	0	0	3.0	20.0	-3.0
一回目 刃幅調整 【95mm】	ドア	72.0	1.4	1.8	0.08	0	0	58.0	0.01	0.02	0.2	9.6	61.5	-10.5
	ダッシュボード	35.0	7.1	0	1.1	0	0.1	23.0	0.1	0.04	0	1.7	32.7	-2.3
	シート	28.0	0.4	1.8	0	0	0.08	26.0	0.01	0.01	0	0.7	28.3	0.3
二回目 刃幅調整 【92mm】	ドア	74.8	1.5	1.7	0.1	0	0.1	62.0	0.1	0.01	0	10.1	65.5	-9.3
	ダッシュボード	43.4	7.9	0	1.2	1	1.3	30.0	1.4	0.02	0.01	3.7	43.7	0.3
	シート	27.0	0.4	1.8	0	0	0.01	22.0	0.01	0.01	0.0	1.1	24.3	-2.8

出所: 矢野経済研究所



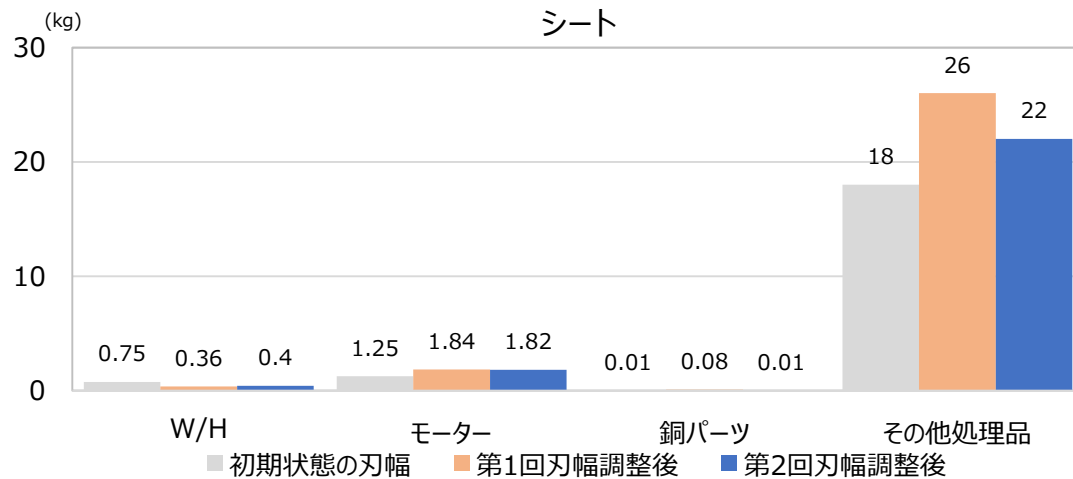


図 2-55 品目別回収部品重量測定結果 (50mm 以上)

出所：矢野経済研究所

刃幅調整による効果を検証するため、手選別における作業時間と銅部品回収重量を確認した。確認する車両をクラウンとした理由は、銅部品点数が多く二軸前処理装置での銅部品回収量が確認できると考えたためである。

手選別工程における対象品目の平均作業時間を図 2-56 に示す。2 回目の刃幅調整後の作業時間は 9 分 29 秒短縮されている。

刃幅調整によって、W/H 取り外し時間が 5 分 38 秒、部品を探す時間が 4 分 36 秒短くなったことがわかる。処理材が大きくなったことで細かい部品を探す時間が減少している。また、W/H が噛みこんだ処理材が減ったことも時間短縮になったと考えられる。

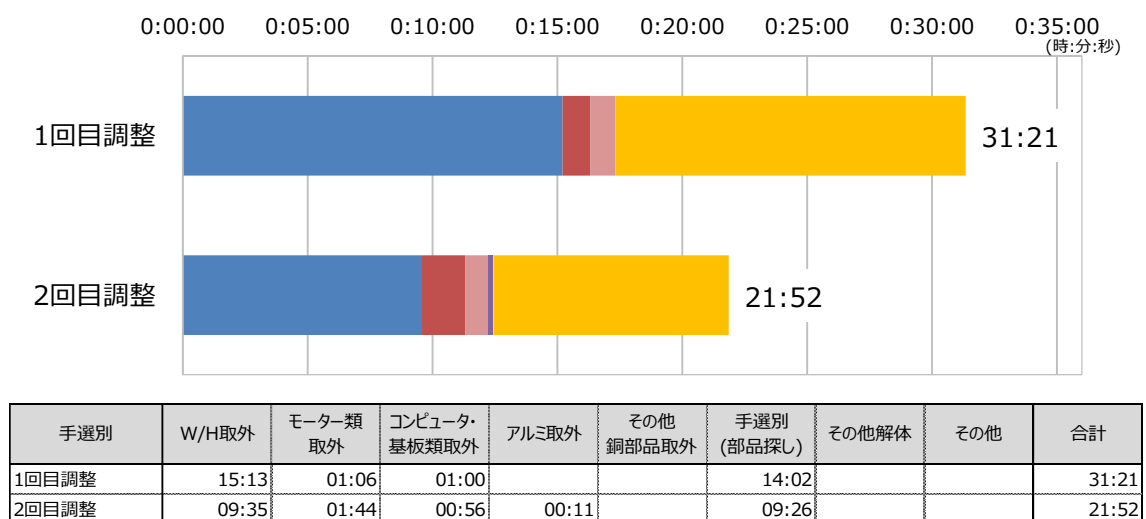


図 2-56 手選別工程の対象品目別平均作業時間

② メンテナンス設備検討

・手選別コンベア改良（1月）

設備メンテナンスを目的とした取り組みとして手選別コンベアのスカート部分を改良した。コンベアスカートはコンベアから処理材が脱落することを防ぐ目的として設置されている。手選別コンベアのスカート部は搬送する処理材との接触で摩耗し定期的な交換を要する消耗品である。

図 2-57 で示した改良前の該当箇所拡大写真をみると、スカートゴムの一部に消耗による破損が確認できる。このように消耗品として一定期間（エコアールでは導入後 1 年で交換を実施）で交換を要するため、よりメンテナンスしやすいように改良を行った。

従来のスカートゴムは、コンベアカバーの内側にゴムを押さえる板を設置しているため、交換時にはコンベアのカバーを外す必要があった。そのため、図 2-57 の改良後手選別コンベアの写真の様にスカートゴム及び押さえ板をコンベアカバーの外側に装着する仕様とした。これによりスカートゴム破損時の交換作業時間が短くなり、交換に伴う設備停止時間の減少につながっている。

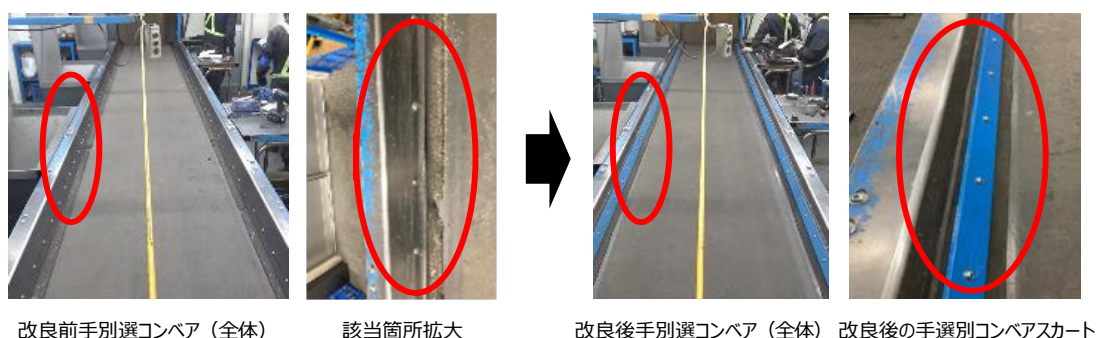


図 2-57.手選別コンベア改良

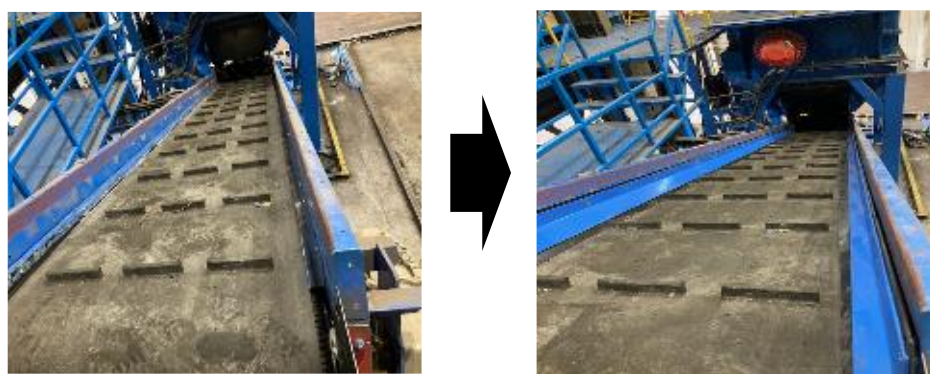
出所：エコアール撮影

③ その他既存設備改良

・ 排出コンベア改良工事（7月）

7月11日に二軸前処理装置における排出コンベアの改良作業を実施した。改良内容を図2-58に示す。実施目的は、二軸前処理後の金属片がスカートゴムに接触することによるゴムの破損を防止するためである。スカートゴムが破損すると処理材がコンベアから脱落下り回収量の低下につながるため、改良によりこれを防止する。

改良内容は、押さえ板・受け板を追加し、スカートゴムを板で挟むことで処理材の接触によるスカートゴムの破損を防ぐというもので、改良後、搬送能力に問題がないことを確認した。



改良部位	改良内容
押さえ板	長さ2,098cm×幅30cm×厚み6cmの押さえ板×4枚を追加し全体を延長
受け板	長さ2,098cm×幅30cm×厚み6cmの受け板×4枚を追加
スカートゴム	破損のためゴム交換

図 2-58. 排出コンベア 7月改良作業内容

出所：ウエノテックス提供資料

・排出コンベア改良工事（12 月）

1 回目の改良後も排出コンベアのスカートでゴムの破損が発生したため、12 月 11 日に 2 回目の排出コンベアのスカートゴムと押さえ板を改良した。改良内容はスカートゴム、押さえ板の厚みの増加である。改良後、搬送能力に異常がないか確認したところ、スカートゴムと押さえ板の厚みを増したことで想定以上にコンベアに圧力が強くかかり連続運転に支障が出ることが判明した。

表 2-23.排出コンベア 12 月改良工事内容

改良部位	改良内容
押さえ板	コンベア近くまで押さえ板を延長
受け板	押さえ板に合わせ受け板を延長
スカートゴム	スカートゴムの厚みを5mmから9mm（t5→t9）に変更

・排出コンベア改良工事（1 月）

3 回目の排出コンベアの改良工事を 1 月 16 日に実施した。3 回目の改良工事内容は、12 月工事の不具合を改良するものである。実施内容はスカートゴムの厚みを元に戻した状態で、押さえ板の強度をアップするため新たな箇所に押さえ板を追加し、コンベア本体に取り付け用穴開け加工を施すことで、コンベアベルトを抑えなくてもスカートゴムの保護及び連続搬送が可能な改良を行った。改良した排出コンベアで連続運転ができることを確認し、その後の経過を観察している。3 回目工事で採用した仕様に問題がある場合、仕様の変更が必要になる。

表 2-24.排出コンベア 1 月改良工事内容

改良部位	改良内容
押さえ板	別箇所の押さえ板×4枚を追加
受け板	コンベア本体に取付用穴開け加工追加
スカートゴム	搬送トラブル発生のため、スカートゴムの厚みを9mmから5mm（t9→t5）に戻す

(2) 二軸前処理装置システムの小型化等の検討

全部再資源化の普及において銅部品回収の作業工数の多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担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。しかし、エコアールが導入した二軸前処理装置(以下、既設)は比較的大型であり、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、二軸前処理装置を全部再資源化事業者へ広く普及することを目的として、二軸前処理装置の設置面積の縮小とイニシャルコストの低減が可能な小型化について検討した。

・第1回目小型化検討(10月)

設置面積を縮小するために二軸前処理装置の最大出力を74kW(既設は150kW)とし、二軸前処理装置の軸サイズを小さくした設備仕様で検討を進め、ほぐし試験を実施した。試験内容はドア(1枚)を処理し、処理品の形状を確認するというものである。

今回の試験では刃幅寸法100mm(既設の初期状態の刃幅寸法)で実施した。試験の結果、小型化することで刃幅の間隔が狭くなり処理材が必要以上に細かくなることがわかった。そのため刃幅の隙間を確保する仕様について、既設で実施する刃幅調整の結果も踏まえて再検討する。

そのほか、小型化に伴う設備の出力ダウンへの対処策として刃幅の改良を検討している。具体的には、刃の側面にあるフック部分を既存よりも高くし、刃の立ち上がりを高めることで処理材が刃に引っ掛かりやすくなるように改善を検討している。

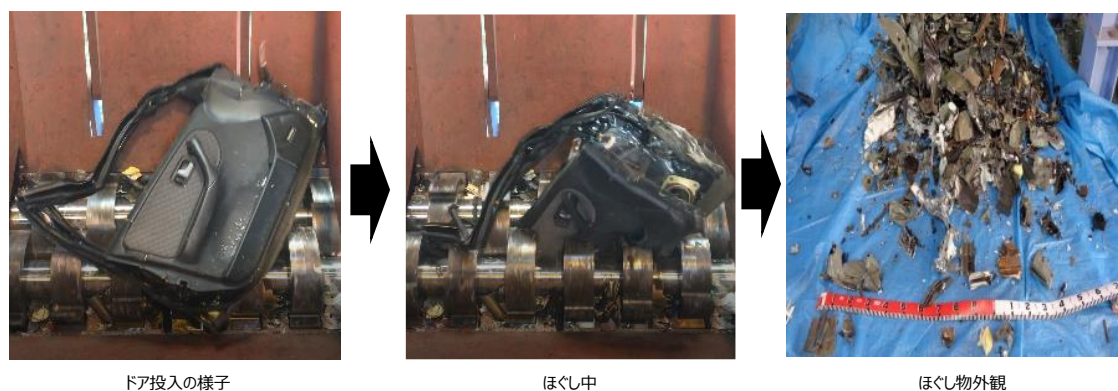


図 2-59.第1回小型化検討の様子

出所：ウエノテックス撮影

・第2回目小型化検討（12月～2月）

10月に実施したほぐし試験の結果を受け、二軸前処理装置の小型化に向けた現状の整理と課題の洗い出しを行った。

エコアルにおける二軸前処理装置の投入物は、インパネ・ダッシュボード、ドア（リアゲート、スライドドア含む）、電動パワーシートである。これらは作業負担が大きいという銅部品を多く含むため、小型二軸前処理装置においてもこれらの投入物が対象になる。一方で、小型二軸前処理装置の仕様は既設を小規模化する方向で検討していたが、それではホッパー及び投入口が小さくなるため、1回当たりの投入量や投入可能寸法が制限されることが想定される。そのため、最低限投入すべき解体部品をダッシュボード、ドア、電動パワーシートとし、投入品の最大寸法を1,380mm×550mm×600mm程度として検討を進めることとした。

表 2-25 に既設と小型二軸前処理装置の検討仕様を示す。

小型二軸前処理装置はターゲット価格を4,000万円程度とした。ターゲット価格と仕様は全部再資源化事業者が導入可能と想定される金額と必要最小限の仕様のバランスを考慮して設定している。動力源として電動モーター2基を搭載し、最大出力を74kWとした。また、インバーター制御を採用しオペレーターによる速度調整を可能とする仕様が最善であるが、ターゲット価格を超えてしまうため、現段階ではモーターのインバーター制御を採用していない。投入材はインパネ・ダッシュボード、ドア、電動パワーシートを連続運転で処理できる仕様を想定している。

設備寸法については現在検討を重ねている。小型二軸前処理装置の小型化で重要なのは刃幅の設定であり、刃幅寸法が確定すると設備寸法を決めるフェーズに入ることができる。現在、エコアルの既設二軸前処理装置の刃幅を92mmに調整したことで処理材サイズが良好に改善されている。この結果から、小型二軸前処理装置についても刃幅を92mmとして仕様検討している。

表 2-25.エコアル既設二軸前処理装置と小型二軸前処理装置検討仕様

項目	エコアル既設二軸前処理装置	小型二軸前処理装置
出力	150KW	74kW
動力源	油圧モーター（75kW）2基	電動モーター×2基
回転数	2～10rpm	未定
刃の材質	特殊鋼	特殊鋼
刃幅	92mm	未定
設備寸法	18,000mm×6,900mm×5,000mm	未定
概算価格	約1億円	4,000万円（ターゲット価格）

(3) 高効率選別のプレスタディ

二軸前処理装置の手選別工程において、銅や鉄を識別する選別システムを導入し、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す。

・ハンドヘルド蛍光 X 線分析計

まずは銅部品の検出装置として、ハンディタイプの X 線装置を検討した。ハンドヘルド蛍光 X 線分析計を使い銅部品が判定できるか実験を実施したところ、W/H 被覆上からは銅部品を検知することができたが、鉄に噛み合わされた状態では検知できないことがわかったため、他のセンサーを検討することとした。



ハンドヘルド蛍光X線分析計

ほぐし物測定の様子

図 2-60. ハンドヘルド蛍光 X 線分析計測定の様子

出所：ウエノテックス提供資料

・X 線装置 1 回目試験（7 月～8 月）

空港等で設置されている X 線装置の検討を行った。市販の検査装置を用いて処理材のサンプルに対し銅部品の判定可否を検討すべく第 1 回試験を 7 月～8 月にかけて実施した。

実施結果としてプラスチックに内包される部品が透過でき、目視でその中身が確認できることが判明した。また、ワイパーや W/H といった被覆材でも透過が可能であった。ただし、モーター等、厚みのある金属は透過ができず黒く投影されるため、作業者の確認が必要となる。撮影物が密集している場合も過密箇所が黒く投影された。密集箇所以外は透過可能で、平面投影については問題ないと検証できた。

1 回目の試験では、透過されている部品とそうではない部品について、具体的にどの部品が透過できるかまでは検証できておらず、現状では厚みのある金属は透過できないことを確認している。そのほか、銅、鉄といった素材別の判定はできていない。銅、鉄の判別方法に

については、通常であれば磁選が有効であるが、二軸前処理装置から出てくる処理材は鉄部品の中に銅部品が含まれている。そのため、現在は形状による判別（W/H の形状、モーターの形状等）を検討しているが、それ以外にも素材として判別するための装置を探索していく。

今回の検証では銅部品を含む処理材を中心にサンプル品を選定している。しかし、作業上では銅部品と非銅部品の様々な処理材が重なり合ってコンベアを流れていることから、それらを判別できるかが課題になると想定する。



図 2-61. X 線装置による第 1 回試験の様子

出所：ウエノテックス提供資料

・金属探知機（8 月）検討

X 線装置による第 1 回試験の結果から、鉄・非鉄の判別が課題として挙がっていた。そのため、近赤外線大手の金属探知機メーカーに「鉄・非鉄の判別」の可否を問い合わせ、磁選以外に「鉄・非鉄の判別」はできないという回答を得た。

・ X 線装置 2 回目試験（9 月～10 月）

1 回目のテスト結果から、実際の処理材はサンプルよりも重なりが大きいという指摘があった。またドアパネル等の厚みのある鉄に埋没した部品の判別ができていないという課題もある。そのため実際の処理材を用いて再度透過テストを実施した。

この結果、荷物に重なりがあっても金属部品の形状を得ることができた。ただし、ガラスが混在すると良好な結果を得にくいことが判明した。そのため、今後は X 線装置の線量などを変えることで解決できないか検証する。



図 2-62. X 線装置による第 2 回試験（9 月～10 月）の様子

出所：ウエノテックス提供資料

・手選別工程における処理材の事前選別検討（10月～2月）

2.1.1（2）にて報告したように手選別工程では部品を探す作業時間が課題となっている。この課題改善に向けて二軸前処理装置から排出された処理材を手選別工程前に選別する装置検討を進めた。

・篩機試験（12月）

処理材の事前選別の手段として篩機を検討した。篩機選定の理由は、篩機のメッシュ（開き目）サイズを指定しその寸法で確実に選別ができることにある。篩機使用については、目詰まりが起きにくく二軸前処理装置から排出された処理材への対応ができるフィンガータイプを選定し、12月10日にテスト機にて選別確認試験を実施した。

なお、現在は定置式篩機で検討しているが、エコアール設備のスペースに余力がないため、移動式篩機も合わせて検討する。

表 2-26.篩メッシュ仕様選定理由

種類	篩メッシュタイプ	メリット	デメリット	選定判断ポイント
振動型	グリズリータイプ	鉄鋼製のため頑丈	選別精度が低い	選別精度が低いため不可
	フィンガータイプ	目詰まりがしづらい 振動ストロークが大きい 能力高い	サイズやや大きい	二軸前処理装置から排出された処理物への対応が可能
	メッシュタイプ	コンパクト 精度高い	水平タイプ、大きさ均一の物が対象になるため、今回の事業には不適	二軸前処理装置から排出された処理物への対応が不可
回転型	ディスクタイプ	選別精度が高い	ディスク素材が硬質ゴムであるため、止まったり破損することがある	投入物（鉄等）に不適
	トロンメルタイプ	投入物がかき回されて、よく分離できる 騒音が少ない	サイズ大きい 穴に引っかかる アンダー品落下場所は絞れない	プロセス上不適 二軸前処理装置から排出された物 対応不可
	ロータリータイプ	横方向に振動が加わるため、細長い投入物の選別がしやすい	同じ大きさのものしか選別できない	プロセス上不適

出所：各種資料を参考にウエノテックス、矢野経済研究所が作成

試験にて使用したサンプルはエコアールから 3 品目（ドア、ダッシュボード、電動パワーシート）を二軸前処理装置で処理し、その処理材を支給した。試験手順を図 2-63 に示す。試験は①ドア処理材②ダッシュボード処理材③シート処理材④ミックス1回目⑤ミックス2回目を実施した。

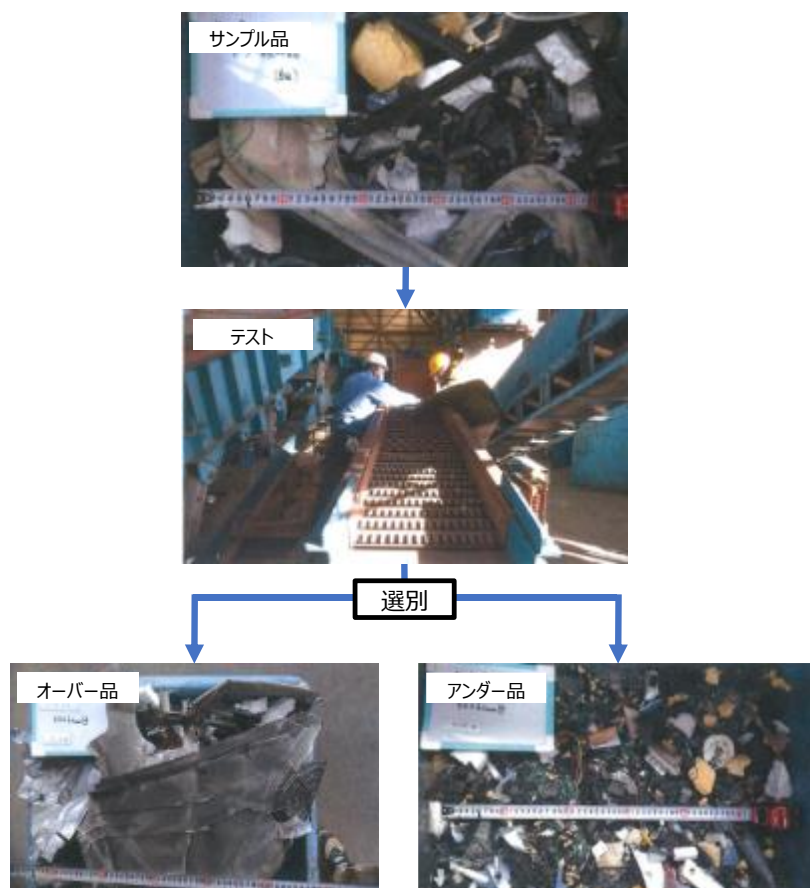


図 2-63.篩テスト

出所：ウエノテックス提供資料

試験結果を表 2-27、図 2-64 に示す。オーバー品とは篩に残ったサンプル、アンダー品はメッシュから落ちた部品である。今回の篩テストは 1 種類のメッシュ（45mm×60mm）で試験し、二軸前処理装置の処理材が篩で選別できるか把握することを目的とした。メッシュサイズについては、エコアールの作業状況等を踏まえて協議し選定した。

ドアの見掛け比重をみると測定前は $0.267\text{t}/\text{m}^3$ であるが篩選別後はアンダー品見掛け比重が $0.635\text{t}/\text{m}^3$ となっている。アンダー品の見掛け比重が増えている結果から、篩によって細かい部品が回収できていることが確認できた。また、W/H を多く含むダッシュボードについても篩選別後のアンダー品見掛け比重が $0.413\text{t}/\text{m}^3$ となっており、ドア同様に篩の効果がある結果が得られた。

手選別工程の高効率化のためには、現状検討している機器を用いた選別（及び将来的にはロボット等を用いた銅素材のピックアップ）だけでなく、現行の手選別工程を効率化するために二軸前処理装置の排出ラインから手選別ラインの手前までに処理材の重なりをなくすることや、事前の選別を行うことが有効となる。

そのため高効率選別の取り組みとして、事前選別による手選別工程の効率化と手選別工程の自動化の2方向で検討を進める。

表 2-27.篩テスト測定結果

テスト品	メッシュサイズ (mm)	投入時間 (秒)	測定前重量 (kg)	見掛比重 (t/m ³)	オーバー品			アンダー品			機械内 損失(kg)
					測定重量(kg)	重量比率(%)	見掛比重(t/m ³)	測定重量(kg)	重量比率(%)	見掛比重(t/m ³)	
ドア	45mm×60mm	30	26.70	0.267	18.05	67.60	0.181	8.60	32.21	0.635	0.05
ダッシュボード		28	29.90	0.299	24.20	80.94	0.242	5.60	18.73	0.413	0.10
シート		32	21.95	0.220	17.65	80.41	0.177	4.30	19.59	0.265	0.00
ミックス1回目		32	27.25	0.273	20.35	74.68	0.204	6.70	24.59	0.495	0.20
ミックス2回目		30	24.30	0.243	17.90	73.66	0.179	6.40	26.34	0.472	0.00

※テスト機の仕様上、500mm 超のサンプルは除外。

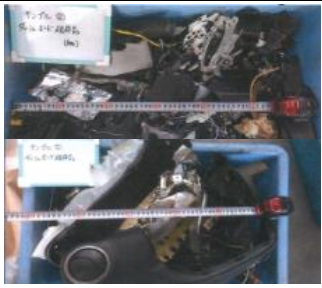
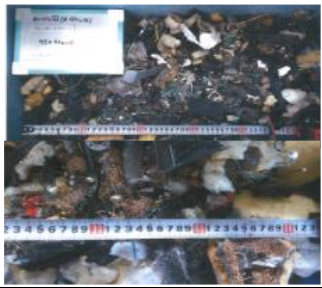
テスト品	投入前	オーバー品	アンダー品
ドア			
ダッシュボード			
シート			
ミックス1回目			
ミックス2回目			

図 2-64.篩テスト測定結果

出所：ウエノテックス提供資料

(4) A プレス品質担保のためのシステム仕様検討

A プレス（全部利用プレス）の銅含有率 0.3%以下を担保するため、除去すべき銅部品を取り外しているかについて解体工程をプロセス管理するシステムを検討する。

まずはシステム要件の検討を行った。「A プレス品質評価システム」には、全部利用プレスに含まれる銅含有率 0.3%以下を実現するための⑩「表 2-8.全部再資源化工程の回収銅部品」が「銅除去工程と部品表」（以下、銅部品除去リスト）として登録されている。まず使用済み自動車（以下、ELV）の解体を行う際に、①車台番号を A プレス品質評価システムに登録する。これにより②車両処理番号（個体管理番号）が付与される。作業者は登録された銅部品除去リストに示された部品の取り外しを行い、③その情報の登録を行う。これにより④指定された銅部品をもれなく回収したか、収集した情報で確認することができる。

また、これらの情報を全部利用者に提出し仮に全部利用プレス品質に不具合が発生した場合、これらのデータを参照することで問題点の洗い出しを行うことができる。

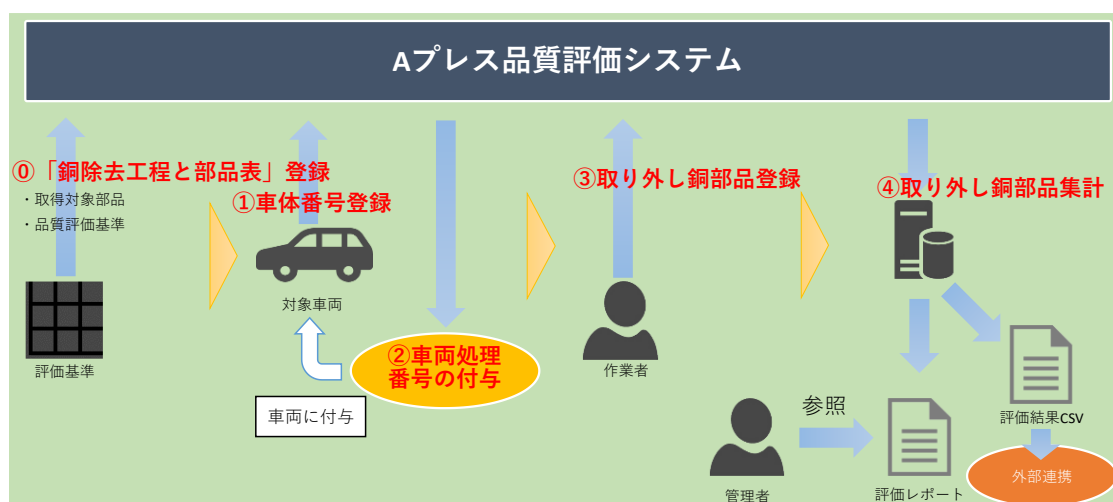


図 2-65.A プレス品質評価システムの主要な要件

出所：エキスパートギグ提供資料

・システム全体

図 2-66 に A プレス品質評価システムの全体像を示す。

システム利用のシナリオとして、A プレス（全部利用プレス）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」までの一連の流れを想定した。（この流れを「A プレス作成ライン」と呼称。）以下、このシナリオに沿って、システム仕様について記述する。

システム利用時は、ログインが必要となる。作業者は、手元の端末にユーザー名を入力し、ログインすることでシステムの利用を開始する。以降は、ログイン済であることを前提に説明を行う。

・車両投入

A プレス作成ラインに投入する車両には、A プレス（全部利用プレス）対象車両を個体識別するための番号を付与する。個体識別番号の付与は「車両処理番号発番」機能を利用する。

「車両処理番号発番」では、作業者が対象車両の「車台番号」、「出荷先（TH・ART）」、「車両のカテゴリー」、「写真」を登録する。システムへの登録後、対象車両に対し「0001～9999 番」までの番号がシステムから自動発番される。この自動発番された番号を「車両処理番号」とし、これを作業員が車両にスプレーでマーキングすることでシステムと作業現場の車両を紐づけする仕組みとした。

なお、解体車両の個体管理を行うにあたり、車台番号では長さと記載場所等から現場で扱いづらいと判断し、個体識別番号として車台番号の利用を避けた。また従来のエコアールの作業手順では、別システムの識別番号を車両にスプレーで書いて個体管理をしていたが、車両を個体管理する番号の採番体系が個社の利用システムに依存してしまった場合、新システムで解体車両から回収された部品の実績収集ができないため、全部再資源化事業者への A プレス品質評価システム普及を視野に検討した結果、本システムにて 4 桁の数字を発番する仕様とした。

・銅部品の回収

A プレス作成ラインでは、作業者により銅部品の回収が行われ、本システムへ回収した部品の報告を行う。回収部品の報告は、「作業開始」機能と「作業実績報告」機能を利用する。

作業者は最初に車両にマークされた車両処理番号を目視確認する。次に作業開始機能を表示し、「車両処理番号」、「開始する作業工程（前処理・液抜き・ニブラ・ニブラ後手回収・二軸前処理）」を入力し、作業開始ボタンを押下した後、作業に着手する。

作業開始ボタン押下後は、作業実績報告機能の画面に切り替わる。作業実績報告では、車両情報（出荷先・カテゴリー・経過時間）や実施工程にて取り外しを行う部品一覧（※）が表示される。（※取り外しを行う部品一覧は、銅部品除去リストに基づいて作成されており、今後改定されることも想定し、システム導入後も更新版の取り込みができる仕様となっている。）

工程作業完了後、作業実績報告画面で取り外しを行った部品の報告を行う。報告の方法は、画面に表示された部品一覧から作業で回収した部品について「済」のチェックを行い、保存ボタンを押下することで行う。

・プレス機投入

部品取りを実施する工程が全て完了した後、A プレス（全部利用プレス）対象車両はプレス機へ投入される。プレス機では、車両が物理的に押しつぶされるため、先に割り当てた車両処理番号の目視確認ができなくなり、現場で個体管理ができなくなる。

そのため、プレス機は先入れ先出しであることを利用し、どのような順番でプレス機に投入するかを先に記録し、記録した投入順序とプレス機の排出順序を突き合わせることで、元となった車両と作成された A プレス（全部利用プレス）の紐づけを行う。

本システムではこのプレス機への投入順序を記録する機能として、「プレス機投入リスト」を利用し、排出順序との突合せに「プレス機出力結果チェック」を利用する。

プレス機投入リストでは、まだ A プレス作成ライン上に存在している、且つプレス機投入リストに未登録、且つプレス機から排出されていない車両のリストからプレス機に投入する車両を選択して、プレス機投入リストの末尾に追加する。

・ プレス機排出

プレス機投入リストの順番に従って、各車両がプレスされ、A プレス（全部利用プレス）として排出される。投入順序を記録したリストであるプレス機投入リストとプレス機から排出された順番を突き合せ、元となった車両と作成された A プレス（全部利用プレス）の紐づけを行う。紐づけ時は、「プレス機出力結果チェック」を利用する。

プレス機出力結果チェックでは、作成したプレス機投入リストを表示し、プレス機から排出された A プレス（全部利用プレス）を目視確認し、排出の確認ができた A プレス（全部利用プレス）に A プレス管理番号とロット番号を付与する。A プレス管理番号やロット番号は、システムから自動で発番する。

A プレス管理番号は、現場で A プレス（全部利用プレス）の個体管理をしやすくするための番号となる。これとは別にシステム上で個体管理するための番号として、永続的にユニークな番号となるロット番号を付与する。A プレス（全部利用プレス）対象車両から作成された A プレスに対して、ロット番号が付与されることにより、ロット番号から元となった車両の車台番号や車両情報、部品取り外し実績などを後から参照することが可能となっている。

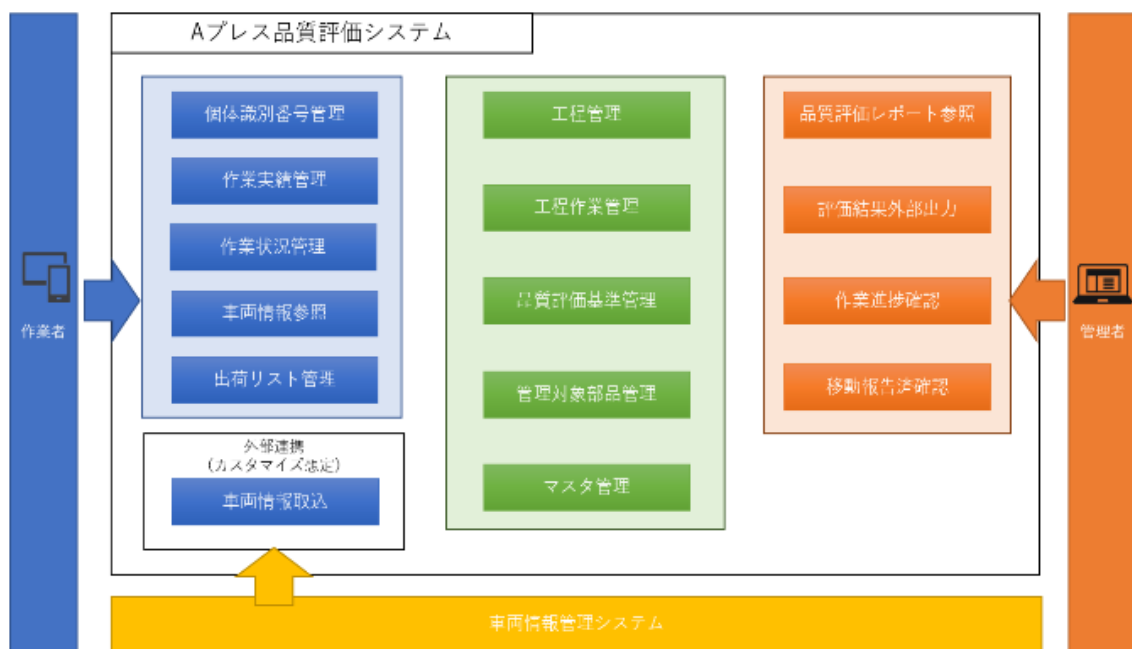


図 2-66.A プレス品質評価システムシステム全体像

出所：エキスパートギグ提供資料

2.2. 設備導入内容及び稼働結果

2020 年度は「薄型デジタル台はかり」(30 万円)を導入した。同設備を導入することにより、A プレス品の性状確認を行うための銅部品等の重量を測定することができる。解体前の ELV は既存の据え置き型台はかりを使用するが、銅部品等の測定では作業場所に応じてフォークリフトで動かすことができる移動型台はかりの作業効率の方が高い。



図 2-67. 載台高さ 99mm の超薄型設計のデジタル台はかり (ローコストモデル)

※分離スタンド付き

2.3. 実施結果を踏まえた考察

3方式を作業時間でみると、ニブラ+二軸方式にかかる平均作業時間（全46台）は53分1秒で、手解体方式の54分1秒よりは1分短い、ニブラ+手解体方式の45分8秒と比べて7分53秒長くなる結果が得られた。

ただし、ニブラ+二軸方式はニブラ+手解体方式と比べて、前処理作業、ニブラ解体、手回収作業いずれにおいても時間短縮が可能となる。これはほとんどの車格において共通する。ドアやインパネ等からの銅部品回収にかかる処理時間の短縮効果が大きい。

実際に、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+二軸方式は15分55秒の作業時間となった。これはニブラ+手解体方式の18分32秒、手解体方式の27分47秒よりも作業時間が短い結果となった。これにより、二軸前処理装置の優位性が確認できた。

ニブラ+二軸方式の最大の課題は作業時間の40%程度を占める手選別作業時間の圧縮である。手選別作業では部品をピックアップする時間と部品を探す時間があり、この工程における作業時間の短縮化が必要となる。

3方式の銅部品回収重量測定では、まず前提条件として各方式の解体方法の違いにより、部品重量の単純比較ができないということがある。具体的には、手解体方式はハウジングのままで回収されるのに対し、ニブラ+二軸方式及びニブラ+手解体方式はハウジングが除去された状態で回収されることが多い。

このうち、W/Hで比較すると、当初は二軸前処理装置の活用によりニブラ+二軸方式はニブラ+手解体方式よりもプラスアルファの銅部品回収が可能になる見込みであったが、実際には軽自動車・セダン中型・ワンボックス・ハイブリッド車はほぼ同等、セダン大型ではニブラ+二軸方式の方が2.87kg少なく、想定とは異なる結果となった。

作業時間において、ニブラ+二軸方式はニブラ+手解体方式よりも前処理、ニブラ解体、手回収作業いずれにおいても短縮できたが、ドア、電動パワーシート、インパネ・ダッシュボード以外の部品において銅部品の取り損じが生じた可能性がある。ニブラ+二軸方式で実施する際は、二軸前処理装置に投入しない部品に関してもニブラ+手解体方式と同様に、ニブラ作業と手回収作業時において銅部品を丁寧に回収する必要がある。

これらの作業時間と銅部品回収重量測定の相関関係でみると、3方式において軽自動車とハイブリッド車には大きな差がみられなかった。軽自動車は車格が小さいこと、ハイブリッド車は部品取りが多く作業時の銅回収部品が少ないといった車両状態に起因すると考えられる。

一方、ワンボックス、セダン大型と車格が大きくなるにつれて、手解体方式の銅部品回収量は増えているが、それとともに作業時間が増加している。ニブラ+二軸方式とニブラ+手解体方式を比べると、銅部品の回収量はそれほど変わらないにもかかわらず、作業時間はニ

ブラ+二軸方式の方が長くなっている。これまで確認しているように、ニブラ+二軸方式では二軸前処理装置への銅部品投入後における手選別室での時間短縮が課題となる。

ただし、ニブラ+二軸方式において前処理、ニブラ解体、手回収、二軸前処理装置への投入は専門的な知識が必要となるが、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。作業時間はニブラ+手解体方式が最も短かったが、作業人件費に基づくコスト試算の結果、ニブラ+二軸方式は 1,601 円/台に対し、ニブラ+手解体方式は 1,628 円/台、手解体方式 1,949 円/台で最も低コストとなった。誰でも作業が可能な手選別室での銅部品ピックアップにおいて人件費を抑制することも可能になる。

今回の実証事業では各全部再資源化事業者の実施内容を統一したが、実際の現場では各社各様のやり方で解体している。3 方式において実際の現場の通常作業内容に基づいて解体し、実証事業の内容とどのような違いがあるのかを検証した。

作業時間をみると、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。これらの方式は実証作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。

銅部品回収重量においてもニブラ+二軸方式の通常作業は実証作業と同等、車格によっては多く回収できたものもある。

二軸前処理装置の改良、手選別工程の効率化に向けて、二軸前処理装置における刃幅の改善、手選別及び排出コンベア改良、小型化検討、高効率選別のプレスタディ、全部利用プレス品質担保のためのシステム仕様の検討を実施した。

刃幅の改善に関しては計 2 回実施したところ、現段階では良好な結果が得られている。現段階の刃幅がベストな状態であるかどうかの検証も必要であるが、一方で当初の想定以上の大きさの鉄部品が回収されてしまい、コンベアを傷つけるおそれがあった。これ以上に刃幅を減らすと想定以上に大きい処理材の回収頻度が増えてしまうこと、現行の刃幅でも W/H 等の銅部品回収量が順調に増えたため、現段階では最適な刃幅の調整ができていると考えられる。

手選別及び排出コンベアで処理材を運ぶ際、これらのプロセスの横から部品が脱落してしまうことがある。それでは銅部品回収量及び全部利用プレスの重量減少につながりかねないため、これらのコンベアに対する設計をきちんと施す必要がある。今回のコンベア改良により良好な結果が得られていると考えられるが、今後も経過観察していく。

小型化検討では実際に製作まで行っていないため判然とはしないが、複数の全部再資源化事業者の協議により小型化の方向性が見出せたことは大きな成果と言える。

高効率選別のプレスタディでは、銅部品の検出が想定以上に難しいことが明らかになったが、X線装置と画像認識システムの組み合わせにより銅部品の検出に可能性を見出すことができたことで、手選別時の効率化に資することが期待される。

全部利用プレス品質担保のためのシステム仕様の検討では、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、エコアールの作業フローと照合しながら実際の現場で使いやすいシステムの検討を行った。現場における追加作業が発生しないよう、除去すべき銅部品を回収できているかをチェックできるシステムの仕様を作ることができた。

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

今回の実証事業を通じて得られた課題は、(1) 現行のニブラ+二軸方式における①手選別時間の短縮化、②銅部品回収重量の増加、(2) 全部再資源化事業者の参入拡大のための二軸前処理装置の小型化、(3) 全部利用プレスの品質確認である。

(1) 現行のニブラ+二軸方式における①手選別時間の短縮化、②銅部品回収重量の増加

ニブラ+二軸方式が他方式よりも優位性があることは、二軸前処理装置へ投入するドア、電動パワーシート、インパネ・ダッシュボードにかかる作業時間、及び作業人件費におけるコスト試算において確認することができた。現行のニブラ+二軸方式の課題は、①手選別時間の短縮化、②銅部品回収重量の増加である。

二軸前処理装置投入後の手選別は、車格の大きい車両の投入材であるほど回収できるW/Hやモーター等が増えるため、作業時間が長くなることが分かった。手選別の作業時間は銅部品をピックアップする時間と、銅部品を探す時間に分けることができるが、車格が大きな車両においてもそれぞれに発生する時間の短縮化が必要となる。

ニブラ+二軸方式はニブラ+手解体方式をベースに二軸前処理装置への投入・ほぐしと手選別回収のプロセスを追加しているため、本来であればニブラ+手解体方式よりも多くの銅部品が回収できることが想定される。しかし、今回の実証事業を通じて銅部品の回収重量が一部の車両において十分ではない可能性があるという結果となった。ニブラ+二軸方式はニブラ+手解体方式と比べて、作業時間の短縮化及び銅部品回収量の増加が期待できる方式であるため、銅部品回収量をいかにして拡大させるかが重要である。

(2) 全部再資源化事業者の参入拡大のための二軸前処理装置の小型化

さらに、大きな課題としては全部再資源化事業者の参入障壁を下げることにある。これまで述べてきたように、現状の全部再資源化事業の課題として下記が挙げられる。

- 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

これらの課題に対し、二軸前処理装置を活用することで、手解体方式はもちろんのこと、ニブラ+手解体方式でも時間を要するドアや電動パワーシート、インパネ・ダッシュボードから容易にW/Hやモーター等を回収することができる。これにより、解体作業時間の短縮化、Aプレス品質（銅含有量0.3%以下の遵守）の安定化・向上、全部再資源化が可能な車種の拡大が可能になる。

ただし、現在エコアールに導入している二軸前処理装置は大型であるため、設置スペースに限りがある全部再資源化事業者では導入しにくい。さらに、大型であるが故にイニシャルコストも高い。全部再資源化事業において二軸前処理装置の優位性は確認できているため、今後は他の全部再資源化事業者でも導入できるような省スペースかつ安価な小型機の開発が必要となる。

(3) 全部利用プレスの品質確認

自動車リサイクル法が 2005 年に施行されて以降、全部再資源化スキームの検証は過去一度もなされていない。全部再資源化の効率化については上記のような課題を解決させることで全部再資源化事業そのものへの参入拡大が期待されるが、そもそも全部利用者の受け入れ基準である全部利用プレスの品質、特に銅含有率 0.3% 以下の実現については、自動車リサイクル法施行以来、検証できていない。

全部利用プレスの銅含有率 0.3% 以下であることを示すことで、全部利用者は安心して全部利用プレスを使用することができる。また、全部利用者は主に電炉が多いが、昨今では CO₂ 排出量削減のため高炉でも転炉での鉄スクラップの採用増を検討する報道もなされている²。こうした全部利用者の増加のためにも、全部利用プレスの品質確認は課題と言える。

3.2. 課題の解決方法

(1) 現行のニブラ+二軸方式における①手選別時間の短縮化、②銅部品回収重量の増加

手選別時間の短縮化では、銅部品をピックアップする時間と、銅部品を探す時間それぞれに対し解決に取り組む必要がある。

銅部品をピックアップする際に問題となるのは、細かい銅部品の点数が多いため処理に時間を要することにある。そのためには、①二軸前処理装置から吐出する処理材の大きさを大きくすること、②細かい処理材を効率的に選別することが求められる。

処理材の大きさの調整では二軸前処理装置の刃幅調整が必要であるため、本実証事業で 2 回実施し、現在はその確認作業を行っている。ただ、刃幅間隔が大きければ処理材の回収効率も上がるものの、第 2 回の刃幅調整後、先に述べたように大きすぎる鉄部品が回収されてしまい、コンベアを傷つけかねないということがあった。そのため、現状の刃幅が銅部品回収と他の処理材の回収のバランスが取れているかどうか経過観察を行っている。

細かい銅部品を予め選別するために、篩工程の導入による処理材の大きさの違いによる選別方法の確立が有効であると考えられる。特に、篩のメッシュから落ちるアンダー品に対しては風力選別等により機械を活用した銅部品の効率的な回収を検討する必要がある。

² <https://www.nikkei.com/article/DGXZQODZ239Z20T21C20A2000000/>

銅部品を探す時間の短縮化において、現状では銅部品がさまざまな処理材の下に隠れているため、他の処理材を動かしながら探している。そのため、処理材が多く集まった際には、ラインを止めて銅部品をしっかりと探し、それ以上隠れていないことを確認したうえで、再びラインを動かしている。銅部品がどこにあるか事前に分かることができれば、ラインを止めることなく銅部品を回収できる可能性がある。本事業における高効率選別のプレスタディにおいて、X線装置の活用と画像処理によって銅部品を予め把握できる可能性があることを確認できている。ただ、部品同士が重なりあった場合は検出精度が落ちてしまうため、それらの処理材が重ならないように篩等の導入が有効となる。

こうした銅部品の事前把握が実現できれば、たとえば手選別室内のコンベア上のどこに銅部品があるかを示すプロジェクションマッピングを投影することで、手選別室内のオペレーターは銅部品のありかがピンポイントで把握でき、容易に銅部品を見つけることが可能になる。また、これらを機械的に処理することにより、将来的にはロボット等を用いて銅部品をピックアップし、人手を介す必要がなくなることもつながる。

(2) 全部再資源化事業者の参入拡大のための二軸前処理装置の小型化

二軸前処理装置の小型化に関しては、省スペース化と低価格化を追求する一方で、処理できる投入物は効率的な銅部品回収が必要な投入物であることが求められる。今回の実証においても銅部品を多く含む一方で解体に時間がかかるドア、電動パワーシート、インパネ・ダッシュボードにおいて二軸前処理装置の優位性を確認できた。そのため、小型化においても最低限投入するべき解体部品をドア、電動パワーシート、インパネ・ダッシュボードとし、投入品の最大寸法を 1,380mm×550mm×600mm 程度に対応する必要がある。

また、二軸前処理装置のキモは刃にあり、刃の設計次第で回収される処理材は大きく変わる。小型化の検討において、エコアール保有機での刃幅をベースに検討することが有効となるが、実際に刃を製作し仕様検討する小型機で問題なく運転できるかどうかの検証も行うことが求められる。

(3) 全部利用プレスの品質確認

全部利用プレスの品質確認では、科学的、物理的、プロセス管理という複数のアプローチから確認することで、全部利用者の満足度を高めることが可能になる。

科学的な品質確認では溶解試験と成分分析の実施により銅含有率が 0.3%以下であるかどうかを確認することができるが、500kg を超える全部利用プレスの溶解試験を実施できる炉を持つ企業は日本全国探してみてもほとんどいない。唯一、千葉県にある大気溶解炉を持つ企業において溶解試験を実施できることが確認できたが、保有する装置が 300kg であるため、全部利用プレスを一度に投入することはできない。複数回投入する必要があるが、

溶解炉に投入可能な形状に全部利用プレスの形状を調整することができれば、全部利用プレスの品質確認を実施できると考えられる。

こうした溶解試験による成分分析による科学的な品質確認に加え、全部利用プレスに残る銅部品にはどういったものがあるのか、それらの重量はどの程度なのかを把握できれば、全部利用プレスに含有する銅含有率を物理的に把握することもできる。

これを実施するためには、特定車両を用意し、何の解体も行っていない丸車の段階から部品を分解し、そこに含まれる銅重量を計測するとともに TH チーム指定の銅部品を除外することで、全部利用プレスの銅含有率 0.3%以下の検証を実施できる。

実際の全部利用プレスの品質確認に加え、全部再資源化事業者における実作業においても全部利用プレスの品質に問題ないことを把握できれば、全部利用者は安心して全部利用プレスを使用することができる。

そのためには、全部再資源化事業者が実際に行っている作業内容において、除去すべき銅部品の回収に問題ないかを確認できれば良い。今回の実証事業において全部利用プレス品質担保のためのシステム仕様の検討を行ったが、これを実際の作業において運用し課題点等を抽出できれば全部再資源化事業者及び全部利用者ともにより満足できるシステムへと発展させることができる。

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つながる。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が中心で、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のには「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つながると考えられる。

5. 事業の評価

5.1. 採算性の評価

二軸前処理装置の活用により、一日 100 台の全部再資源化事業を想定し事業収支を試算した。なお、処理台数は 1 年目に 25 台/日、2 年目に 50 台/日とした。

二軸前処理装置では多様な車種に対応できるため、処理対象となる車種を選ばない。自動車使用年数を 15 年と設定し、2006 年新車販売台数より軽自動車、乗用車（普通、小型）の構成比に基づき処理台数を割り振った。

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。

これにより全部再資源化事業者の一日あたりの売上高は一日 100 台の処理で約 130 万円となり、月当たりの稼働日数を 21.3 日とした年間売上高は 3 億 3,000 万円強となる。

一方、費用については二軸前処理装置を 1 億円とした場合、7 年定額の減価償却費用は 1,400 万円強/年となる。これに加え、人件費や修繕費等の直接原価に加え販売管理費を加えると下記表のような収支結果となり、5 年目強で回収できる試算となる。

また、二軸前処理装置を小型化し費用を 1 台あたり 4,000 万円に抑制できた場合、一日の処理台数を 50 台（1 年目は 25 台）としても 4 年目には設備投資額を回収できるという試算となる。

表 5-1. 二軸前処理装置を活用した全部再資源化事業収支（一日 100 台処理）

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	台/日	10	20	40	40	40	40	40	3年目から一日あたり100台処理できる場合 ※1、※2
		セダン中型		9	18	37	37	37	37	37	
		ワンボックス等		6	12	24	24	24	24	24	
	全部利用プレス重量	軽自動車	kg/台	480	480	480	480	480	480	480	本実証事業の平均重量
		セダン中型		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）		kg/円	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	※3、※4
	T Hチーム 全部再資源化費用	カテゴリⅢ（軽自動車）	台/円	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	※5
		カテゴリⅡ（中・小型乗用）		4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	
		カテゴリⅠ（大型乗用）		6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	
	一日あたりの売上高	軽自動車	円/日	102,680	205,360	410,720	410,720	410,720	410,720	410,720	
		セダン中型		114,678	229,356	471,454	471,454	471,454	471,454	471,454	
		ワンボックス等		104,280	208,560	417,120	417,120	417,120	417,120	417,120	
		計		321,638	643,276	1,299,294	1,299,294	1,299,294	1,299,294	1,299,294	
	一年あたりの売上高	軽自動車	円/年	26,245,008	52,490,016	104,980,032	104,980,032	104,980,032	104,980,032	104,980,032	月稼働日数21.3日※6×12ヶ月
		セダン中型		29,311,697	58,623,394	120,503,642	120,503,642	120,503,642	120,503,642	120,503,642	
		ワンボックス等		26,653,968	53,307,936	106,615,872	106,615,872	106,615,872	106,615,872	106,615,872	
		計		82,210,673	164,421,346	332,099,546	332,099,546	332,099,546	332,099,546	332,099,546	
費用	人件費	一般労働者※6	円/年	106,621,164	106,621,164	106,621,164	106,621,164	106,621,164	106,621,164	106,621,164	月間現金給与額379,705円※8福利厚生費含む（×1.3）
		パートタイム労働者※7		8,374,896	8,374,896	8,374,896	8,374,896	8,374,896	8,374,896	8,374,896	月間現金給与額116,318円※8
		計		114,996,060	114,996,060	114,996,060	114,996,060	114,996,060	114,996,060	114,996,060	
	修繕費			2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	3ヶ月に1回70万円の修繕を想定
	電力料金			3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	1ヵ月30万円を想定
	減価償却費			14,285,714	14,285,714	14,285,714	14,285,714	14,285,714	14,285,714	14,285,714	二軸前処理装置1億円（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）
	売上原価合計			176,577,774	176,577,774	176,577,774	176,577,774	176,577,774	176,577,774	176,577,774	
	売上総利益			-94,367,101	-12,156,429	155,521,772	155,521,772	155,521,772	155,521,772	155,521,772	
	販売管理費			10,490,082	20,980,164	42,375,902	42,375,902	42,375,902	42,375,902	42,375,902	売上高の12.76%を想定※9
	営業利益			-104,857,183	-33,136,592	113,145,870	113,145,870	113,145,870	113,145,870	113,145,870	
	純利益			-69,415,455	-21,936,424	74,902,566	74,902,566	74,902,566	74,902,566	74,902,566	法定実効税率33.8%を想定
	キャッシュフロー（CF）			-55,129,741	-7,650,710	89,188,280	89,188,280	89,188,280	89,188,280	89,188,280	
	CF累計現在価値			-163,351,617	-180,065,451	-95,693,660	-6,850,165	86,702,035	185,212,502	288,944,024	割引率（WACC）5.3%※10

※1：（一社）日本自動車販売協会連合会、（一社）全国軽自動車協会連合会 2006年新車販売台数（自動車使用年数を15年と設定）

※2：貨物車、バスを除き、構成比から算出

※3：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）

※4：ダスト引き30%等含む

※5：Aプレス銅含有率0.3%

※6：一般労働者＝（前処理2名、ニブラ1名、手回収2名、二軸1名）×3チーム

※7：パートタイム労働者＝手選別2名×3チーム

※8：毎月勤労統計調査 令和2年11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）

※9：一般財団法人 建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※10：日本経済新聞2020年7月10日より

※部品販売の売上高、車両仕入れコスト等は含まない

出所：矢野経済研究所

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（一日 50 台処理）

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	台/日	10	20	20	20	20	20	20	一日あたり50台処理する場合 ※1、※2	
		セダン中型		9	18	18	18	18	18	18		
		ワンボックス等		6	12	12	12	12	12	12		
	全部利用プレス重量	軽自動車	kg/台	480	480	480	480	480	480	480	本実証事業の平均重量	
		セダン中型		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）			kg/円	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	※3、※4
	T Hチーム 全部再資源化費用	カテゴリーⅢ（軽自動車）	台/円	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	※5	
		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		
		カテゴリーⅠ（大型乗用）		6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100	6,100		
	一日あたりの売上高	軽自動車	円/日	102,680	205,360	205,360	205,360	205,360	205,360	205,360		
		セダン中型		114,678	229,356	229,356	229,356	229,356	229,356	229,356		
		ワンボックス等		104,280	208,560	208,560	208,560	208,560	208,560	208,560		
		計		321,638	643,276	643,276	643,276	643,276	643,276	643,276		
	一年あたりの売上高	軽自動車	円/年	26,245,008	52,490,016	52,490,016	52,490,016	52,490,016	52,490,016	52,490,016	月稼働日数21.3日※6×12ヶ月	
		セダン中型		29,311,697	58,623,394	58,623,394	58,623,394	58,623,394	58,623,394	58,623,394		
		ワンボックス等		26,653,968	53,307,936	53,307,936	53,307,936	53,307,936	53,307,936	53,307,936		
		計		82,210,673	164,421,346	164,421,346	164,421,346	164,421,346	164,421,346	164,421,346		
費用	人件費	一般労働者※6	円/年	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	53,310,582	月間現金給与と額379,705円※8福利厚生費含む（×1.3）	
		パートタイム労働者※7		4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	4,187,448	月間現金給与と額116,318円※8	
		計		57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030	57,498,030		
	修繕費	2,800,000		2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	2,800,000	3ヶ月に1回70万円の修繕を想定	
	電力料金	3,600,000		3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	3,600,000	1ヵ月30万円を想定	
	減価償却費	5,714,286		5,714,286	5,714,286	5,714,286	5,714,286	5,714,286	5,714,286	5,714,286	二軸前処理装置1億円（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	40,896,000	全部利用プレス輸送費（1日4回@4万円を想定）	
	売上原価合計	110,508,316		110,508,316	110,508,316	110,508,316	110,508,316	110,508,316	110,508,316	110,508,316		
	売上総利益	-28,297,643		53,913,030	53,913,030	53,913,030	53,913,030	53,913,030	53,913,030	53,913,030		
	販売管理費	10,490,082		20,980,164	20,980,164	20,980,164	20,980,164	20,980,164	20,980,164	20,980,164	売上高の12.76%を想定※9	
	営業利益	-38,787,725		32,932,866	32,932,866	32,932,866	32,932,866	32,932,866	32,932,866	32,932,866		
	純利益	-25,677,474		21,801,557	21,801,557	21,801,557	21,801,557	21,801,557	21,801,557	21,801,557	法定実効税率33.8%を想定	
キャッシュフロー（CF）			-19,963,188	27,515,843	27,515,843	27,515,843	27,515,843	27,515,843	27,515,843			
CF累計現在価値			-63,141,237	-37,513,540	-10,527,575	17,888,647	47,810,928	79,319,090	112,497,184	割引率（WACC）5.3%※10		

※1：（一社）日本自動車販売協会連合会、（一社）全国軽自動車協会連合会 2006年新車販売台数（自動車使用年数を15年と設定）

※2：貨物車、バスを除き、構成比から算出

※3：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）

※4：ダスト引き30%等含む

※5：Aプレス銅含有率0.3%

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

※7：パートタイム労働者＝手選別2名×1.5チーム

※8：毎月勤労統計調査 令和2年11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）

※9：一般財団法人 建設業情報管理センター「建設業の経営分析」

※10：日本経済新聞2020年7月10日より

※部品販売の売上高、車両仕入れコスト等は含まない

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 ELV 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為、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つながる。

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 発生量の削減につながる。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。

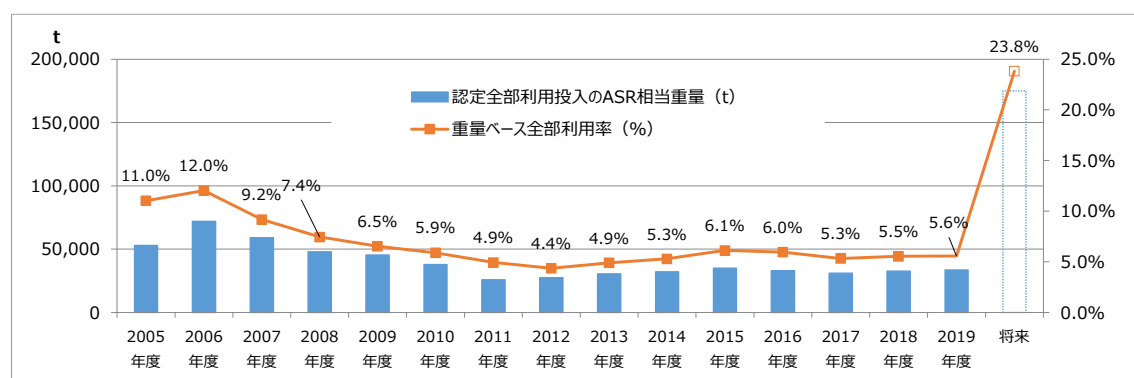


図 5-1. 全部利用率の推移

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