

2025 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  
「自動車リサイクルにおけるアルミニウムの  
低炭素型 CE 実証」

---

最終報告書

2026 年 3 月 27 日  
株式会社 アビツ

担当者連絡先  
会社名： 株式会社アビツ  
担当者名： 佐野 拓也  
部門： 取締役 事業本部長  
電話番号： 052-619-6600  
メールアドレス： t-sano@arbiz.co.jp

## はじめに

項目	内容										
事業の背景	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 自動車に使用されているアルミニウム（以下、アルミ）は圧延品等の展伸材、ダイカスト、鋳物、鍛造と合金種、製造方法ともに多岐にわたる。これらのアルミはリサイクル工程において解体およびシュレッター工程から概ね回収されるが、合金種ごとの選別が難しく、そのほとんどが一括回収され二次合金用原料となる。</li> <li>➤ 一般的にアルミリサイクルは、二次合金メーカーが回収したアルミを一次溶解・成分調整し二次合金を製造、アルミ製品メーカーは同合金を二次溶解しアルミ製品を製造するため、二次合金製造～アルミ製品製造には2回溶解するエネルギーが必要となる。また、市中回収アルミの展伸材向けの直接利用はほとんどできていない。展伸は圧力をかけて変形させる加工のため、再生塊に含有する成分によってはワレ等が生じる。</li> <li>➤ これまで自動車分野では展伸材 to 展伸材のリサイクルはほとんど事例がなく、自動車用展伸材は新地金100%で製造されている。</li> </ul>										
事業のゴール	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 回収されたアルミを合金種ごとに選別し、最終的に二次合金製造工程を経ずに、各種アルミ部品の製造原料へとダイレクトリサイクルすることを目指す。</li> <li>➤ 自動車部品としての活用が可能な展伸材 to 展伸材の水平リサイクルを実現できれば、エネルギーおよびCO2排出量を抑制することができる。</li> </ul>										
2025年度実施内容	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;">① シュレッター後のアルミ回収選別</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 展伸材5回、ADC2回、Mg1回の溶解・成分分析を実施した。当初はJIS規格値を上回るものもあったが、表面研磨等の前処理工程の導入や選別プログラムの調整等により、JIS規格値内に概ね収まる良好な結果を得ることができた。</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">② 各種成分分析評価</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ADCは狙った通りの回収ができたほか、Mgについては多少の成分調整で活用できることを確認した。</li> <li>➤ XRT単体によるADCの選別では7000系や2000系などが全体の10%を占めるため、XRT選別後のADCはSi値を基準に再度選別する必要があることが分かった。</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">③ CO2排出量比較</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 通常フローでは320.1kg-CO2/tに対し、本事業で行った実証フローは0.1kg-CO2/tとなり、削減効果は320.0kg-CO2/tと算定した。</li> <li>➤ 新地金からXRT・LIBSで選別した合金種別アルミスクラップに切り替えることで、さらに大幅なCO2排出削減効果が見込める。</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">④ 採算性評価</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ XRT・LIBS導入による選別アルミの製造コストを試算した。販売価格にもよるため一概には言えないが、イニシャルコストが高額であるため、損益分岐点は取り扱い量400t/月規模の場合で早くても立ち上げから2年目となる見通しである。ただ、アルミスクラップの仕入れが容易ではないことも考慮すると、現実的には3年目以降に収益の安定化が見込まれる。</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⑤ 普及可能性調査</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ シュレッター事業者15社にヒアリングし、XRT・LIBSの導入にはコストの高さ等に対して投資回収の難しさに対する懸念が示されたが、本事業に対する取り組みについて有効的かつ効果的との評価であったほか、XRTを導入しアルミの高度選別を検討する企業が数社いることが分かった。こうしたXRT導入企業が増えていけば、将来的にはLIBS導入にも拡大することが期待される。</li> </ul> </td> </tr> </table>	① シュレッター後のアルミ回収選別	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 展伸材5回、ADC2回、Mg1回の溶解・成分分析を実施した。当初はJIS規格値を上回るものもあったが、表面研磨等の前処理工程の導入や選別プログラムの調整等により、JIS規格値内に概ね収まる良好な結果を得ることができた。</li> </ul>	② 各種成分分析評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ADCは狙った通りの回収ができたほか、Mgについては多少の成分調整で活用できることを確認した。</li> <li>➤ XRT単体によるADCの選別では7000系や2000系などが全体の10%を占めるため、XRT選別後のADCはSi値を基準に再度選別する必要があることが分かった。</li> </ul>	③ CO2排出量比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 通常フローでは320.1kg-CO2/tに対し、本事業で行った実証フローは0.1kg-CO2/tとなり、削減効果は320.0kg-CO2/tと算定した。</li> <li>➤ 新地金からXRT・LIBSで選別した合金種別アルミスクラップに切り替えることで、さらに大幅なCO2排出削減効果が見込める。</li> </ul>	④ 採算性評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ XRT・LIBS導入による選別アルミの製造コストを試算した。販売価格にもよるため一概には言えないが、イニシャルコストが高額であるため、損益分岐点は取り扱い量400t/月規模の場合で早くても立ち上げから2年目となる見通しである。ただ、アルミスクラップの仕入れが容易ではないことも考慮すると、現実的には3年目以降に収益の安定化が見込まれる。</li> </ul>	⑤ 普及可能性調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ シュレッター事業者15社にヒアリングし、XRT・LIBSの導入にはコストの高さ等に対して投資回収の難しさに対する懸念が示されたが、本事業に対する取り組みについて有効的かつ効果的との評価であったほか、XRTを導入しアルミの高度選別を検討する企業が数社いることが分かった。こうしたXRT導入企業が増えていけば、将来的にはLIBS導入にも拡大することが期待される。</li> </ul>
① シュレッター後のアルミ回収選別	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 展伸材5回、ADC2回、Mg1回の溶解・成分分析を実施した。当初はJIS規格値を上回るものもあったが、表面研磨等の前処理工程の導入や選別プログラムの調整等により、JIS規格値内に概ね収まる良好な結果を得ることができた。</li> </ul>										
② 各種成分分析評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ADCは狙った通りの回収ができたほか、Mgについては多少の成分調整で活用できることを確認した。</li> <li>➤ XRT単体によるADCの選別では7000系や2000系などが全体の10%を占めるため、XRT選別後のADCはSi値を基準に再度選別する必要があることが分かった。</li> </ul>										
③ CO2排出量比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 通常フローでは320.1kg-CO2/tに対し、本事業で行った実証フローは0.1kg-CO2/tとなり、削減効果は320.0kg-CO2/tと算定した。</li> <li>➤ 新地金からXRT・LIBSで選別した合金種別アルミスクラップに切り替えることで、さらに大幅なCO2排出削減効果が見込める。</li> </ul>										
④ 採算性評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ XRT・LIBS導入による選別アルミの製造コストを試算した。販売価格にもよるため一概には言えないが、イニシャルコストが高額であるため、損益分岐点は取り扱い量400t/月規模の場合で早くても立ち上げから2年目となる見通しである。ただ、アルミスクラップの仕入れが容易ではないことも考慮すると、現実的には3年目以降に収益の安定化が見込まれる。</li> </ul>										
⑤ 普及可能性調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ シュレッター事業者15社にヒアリングし、XRT・LIBSの導入にはコストの高さ等に対して投資回収の難しさに対する懸念が示されたが、本事業に対する取り組みについて有効的かつ効果的との評価であったほか、XRTを導入しアルミの高度選別を検討する企業が数社いることが分かった。こうしたXRT導入企業が増えていけば、将来的にはLIBS導入にも拡大することが期待される。</li> </ul>										

## 目次

<b>1. 助成事業の計画</b> .....	<b>5</b>
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 .....	5
1.2. 事業の実施内容 .....	7
1.2.1. 事業計画概要 .....	7
1.2.2. 事業の実施体制 .....	10
1.2.3. 実施スケジュール .....	11
<b>2. 助成事業の報告</b> .....	<b>12</b>
2.1. 2024 年度事業の実施結果 .....	12
2.2. 2025 年度事業の実施結果 .....	18
2.2.1. シュレッダー後のアルミ回収選別および各種成分分析評価 .....	18
(1) 展伸材・ADC .....	19
(2) Mg .....	35
(3) XRT を用いたアルミ選別精度の検証 .....	37
2.2.2. CO <sub>2</sub> 排出比較 .....	40
(1) 前提条件 .....	40
(2) フロー図 .....	41
(3) CO <sub>2</sub> 排出量比較と削減見込み .....	42
2.2.3. 採算性評価 .....	45
2.2.4. 普及可能性調査 .....	48
(1) シュレッダー事業者ヒアリング結果 .....	48
(2) 自動車メーカーヒアリング結果 .....	53
2.3. 実施結果を踏まえた考察 .....	57
2.4. 現状の課題および解決方法 .....	58
2.4.1. 現状の課題 .....	58
(1) アルミリサイクルの利用環境の改善 .....	58
(2) 環境対策の導入 .....	58
2.4.2. 課題の解決方法 .....	59
(1) アルミリサイクルの利用環境の改善 .....	59
(2) 環境対策の導入 .....	60
<b>3. 事業化の計画</b> .....	<b>61</b>
3.1. 想定する事業 .....	61
<b>4. 事業の評価</b> .....	<b>62</b>
4.1. 採算性の評価 .....	62

4.2. 有効性の評価 .....	64
-------------------	----

## 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

アルミニウム（以下、アルミ）展伸材が採用されている代表的な自動車部品を表 1-1 に示す。自動車の軽量化のため、アルミ展伸材の採用部品は増加傾向にある。

表 1-1. アルミ展伸材が採用されている代表的な自動車部品

合金種	部品名
1000 系	ヒートインシュレータ、ナンバープレート など
3000 系	配管類、カウルグリル、ヒートインシュレータ など
5000 系	ボディパネル（インナー）、オイルパン、タンク類 など
6000 系	フード、フェンダー、各種配管パイプ など
7000 系	バンパーレインフォース、ドアインパクトビーム など

出所：UACJ

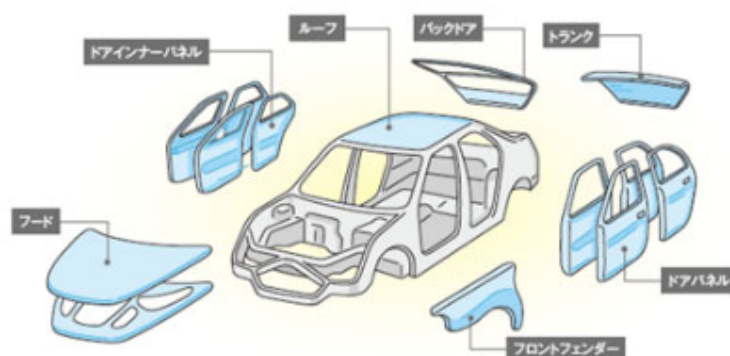


図 1-1. 5000 系・6000 系が使用される自動車部品

出所：UACJ

自動車に使用されているアルミは圧延品等の展伸材以外にも、ダイカスト、鋳物、鍛造と合金種、製造方法ともに多岐にわたる。これらのアルミはリサイクル工程において解体およびシュレッダー工程から概ね回収されるが、合金種ごとの選別が難しく、そのほとんどが一括回収され二次合金用原料となる。

一般的にアルミリサイクルは、二次合金メーカーが回収したアルミを一次溶解・成分調整し二次合金を製造、アルミ製品メーカーは同合金を二次溶解しアルミ製品を製造するため、二次合金製造には 2 回溶解するエネルギーが必要となる。また、市中回収アルミの展伸材向けの直接利用はほとんどできていない。展伸は圧力をかけて変形させる加工のため、再生塊に含有する成分によってはワレ等が生じる。

これまで自動車分野では展伸材 to 展伸材のリサイクルはほとんど事例がなく、自動車用展伸材は新地金 100%で製造されている。回収されたアルミを合金種ごとに選別できれば、

二次合金製造工程を経ずに、各種アルミ部品の製造原料へとダイレクトにリサイクルすることが可能となる。自動車部品としての活用が可能な展伸材 to 展伸材の水平リサイクルを実現できれば、エネルギーおよびCO2 排出量を抑制することができる。

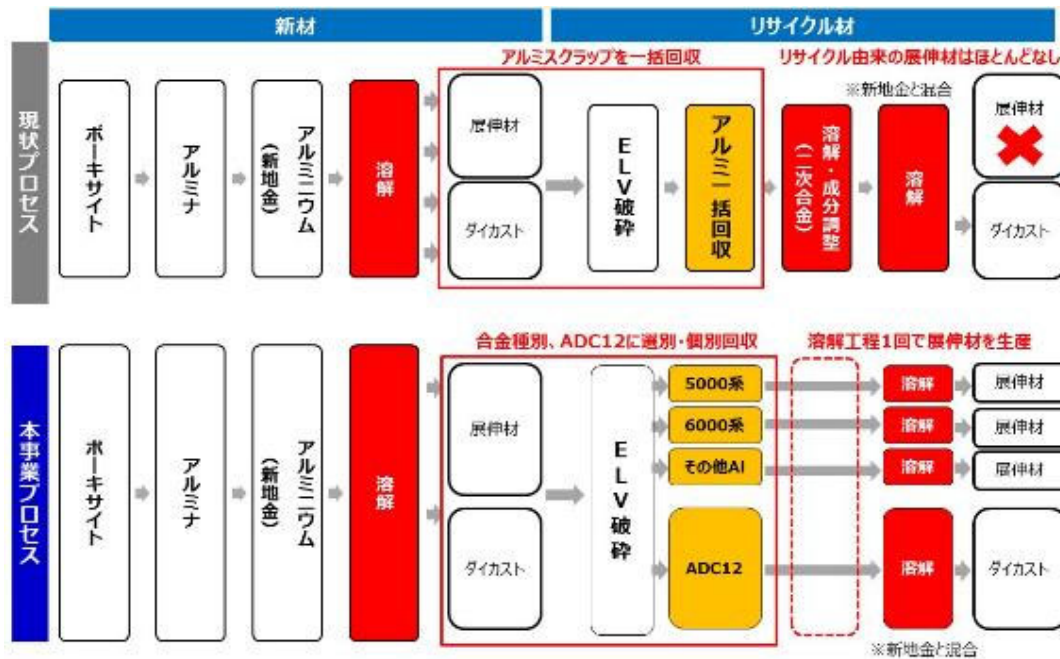


図 1-2. 現状の自動車のアルミのリサイクルと、本事業が目指すアルミのリサイクル

出所：矢野経済研究所

## 1.2. 事業の実施内容

### 1.2.1. 事業計画概要

本事業は2カ年の実施で取り組んでいる。J-FAR からの設備補助の活用により X 線を照射して鉄やステンレス等の特定や異物除去が可能な XRT (X-Ray Transmission) 選別装置の導入に加え、アルミを合金種ごとに選別できる LIBS 選別装置 (レーザー誘起ブレイクダウン分光法) を自社負担にて導入することで、自動車で主に使用される展伸材の合金種各種に選別・回収し、展伸材 to 展伸材によるリサイクルアルミが自動車部品として使用可能か溶解評価して検証する。

表 1-2. 導入装置一覧

装置	概要
XRT (X-Ray Transmission) 選別装置 (J-FAR 設備補助活用)	X 線を照射して鉄やステンレス等を特定、異物を除去
LIBS 選別装置 (レーザー誘起ブレイクダウン分光法) (自社負担)	アルミを合金種ごとに選別、ADC やマグネシウムの選別も可能

出所：アビツ

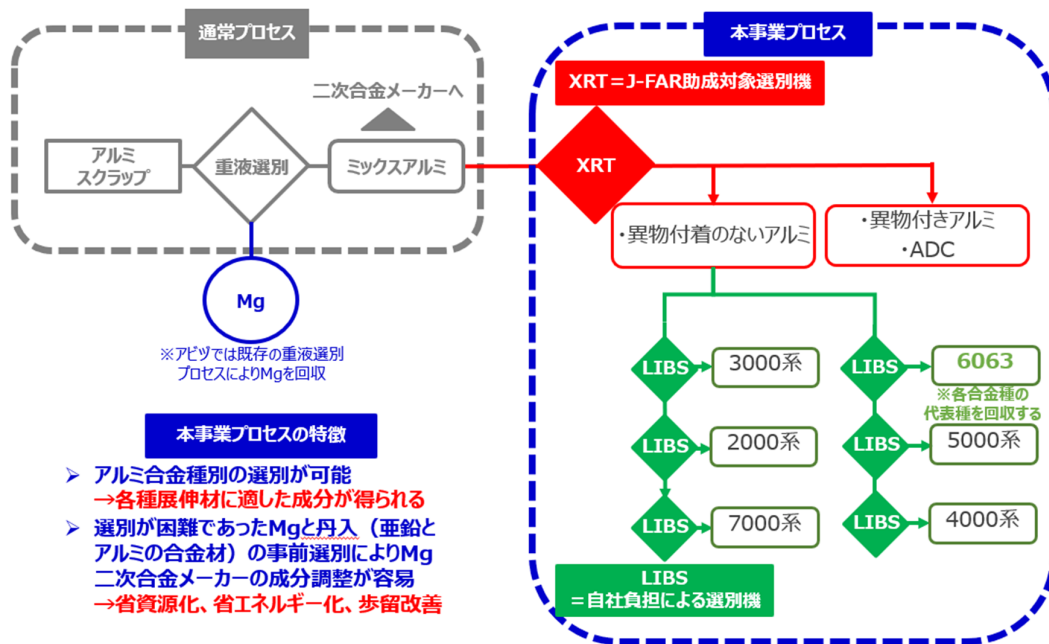


図 1-3. 導入装置と目指す効果

出所：アビツ

表 1-3. 主なアルミ合金種および ADC12 の各種規格値

区分	種類	代表的な合金	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
圧延品	1000系 (純アルミニウム)	1050	<0.25	<0.40	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
	3000系 (Al-Mn系)	3003	<0.60	<0.70	0.05~0.20	1.0~1.5	-	<0.10
	5000系 (Al-Mg系)	5182	<0.20	<0.40	<0.10	0.20~0.50	4.0~5.0	<0.25
	6000系 (Al-Mg-Si系)	6063	0.20~0.60	<0.35	<0.10	<0.10	0.45~0.90	<0.10
	7000系 (Al-Zn-Mg系)	7N01	<0.30	<0.35	<0.20	0.20~0.70	1.00~2.00	4.00~5.00
鋳造品	ダイカスト (Al-Si-Cu系)	ADC12	0.60~12.0	<1.3	1.5~3.5	<0.5	<0.3	<1.0

出所：JIS 規格から矢野経済研究所作製

1 カ年目は使用済み自動車(以下、ELV)から手解体により回収したアルミ部品を製法別・合金種別に区分し、アルミメーカーである UACJ が同部材を溶解・成分分析を実施し、発塵等の問題が発生しないカリサイクル上の課題について確認する。分析対象の部品は、国内 OEM の車種 5 台を対象に ELV から回収するアルミ部品(展伸材、ダイカスト品)のうち、溶解成分分析に必要な 1kg/台の必要最低限の分析を行うことで、表 1-3 を参照に品質および安全性を確認しながらコストミニマムな実証を行う。

2 カ年目は XRT・LIBS 選別装置を活用し、シュレッダー後に回収するアルミを製法別・合金種別に選別し、各種アルミの分析評価を行う。LIBS 選別装置は ADC やマグネシウムの選別も行うことができるため、ADC の成分分析、マグネシウムの成分分析・評価を実施する。二次合金リサイクルと本実証のダイレクトリサイクルの CO2 排出量比較のほか、XRT・LIBS 選別装置導入による採算性評価、今回導入するアルミ選別自動化ライン導入の普及可能性調査を実施し、シュレッダー業界に幅広く導入が広がるように横展開が可能な実証事業を実施する。

表 1-4. 実施予定内容 (2 年)

2024年度		
	実施目的	概要
①手解体によるアルミ部品回収選別	・異物付着の少ない状態での実態把握 シュレッダー後のアルミ回収品との比較	・国内OEMの車種5台を対象にELVからアルミ部品（展伸材、ダイカスト品）を回収 -展伸材2品×5車種 = 10点 -ダイカスト1品×5車種 = 5点
②アルミ部品の成分分析評価	・アルミ合金種の成分分析の把握 ・品質及び安全性確認	・合金種各種、ADC12のうち、溶解成分分析に必要な1kg/台の必要最低限の成分分析・品質及び安全性確認 ※安全性確認 = 溶解時の発煙確認
③設備導入・運転	・実施期間内での設備試運転（LIBS）	・XRT・LIBSともに2025年1月設置、2月工事、3月稼働
④設備活用によるアルミ分析	・LIBS選別装置の成分分析・評価結果の把握	・2025年3月に、XRT・LIBS選別装置を活用しアルミを合金種ごとに分類、合金種の種類を1～2点に限定して成分分析・評価
2025年度		
	実施目的	概要
①シュレッダー後のアルミ回収選別	・XRT及びLIBS選別装置の改善・調整	・シュレッダーからアルミを回収し、XRT及びLIBS選別装置で合金種各種、ADC12、Mgに選別
②各種成分分析評価	・アルミ合金種、ADC12、Mgの成分分析結果の把握 ・品質及び安全性確認	・アルミ合金種・マグネシウムの成分分析・評価、ADC12の成分分析 手解体によるアルミ部品成分分析結果との比較 ・シュレッダー由来アルミ合金種の安全性確認
③CO2排出量比較	・CO2排出量低減数値の把握	・二次合金リサイクルと本実証のダイレクトリサイクルのCO2排出量比較
④採算性評価	・（他のシュレッダー事業者への普及拡大を見据え）既存ビジネスへの付加価値向上の把握	・XRT及びLIBS選別装置導入による採算性評価
⑤普及可能性調査	・（他のシュレッダー事業者への普及拡大を見据え）XRT・LIBS選別装置導入意向の把握	・シュレッダー事業者15～20社を対象にヒアリングを行い、XRT及びLIBS選別装置導入に対する所感を確認

出所：アビツ

## 1.2.2. 事業の実施体制

事業の実施体制を図 1-4 に示す。

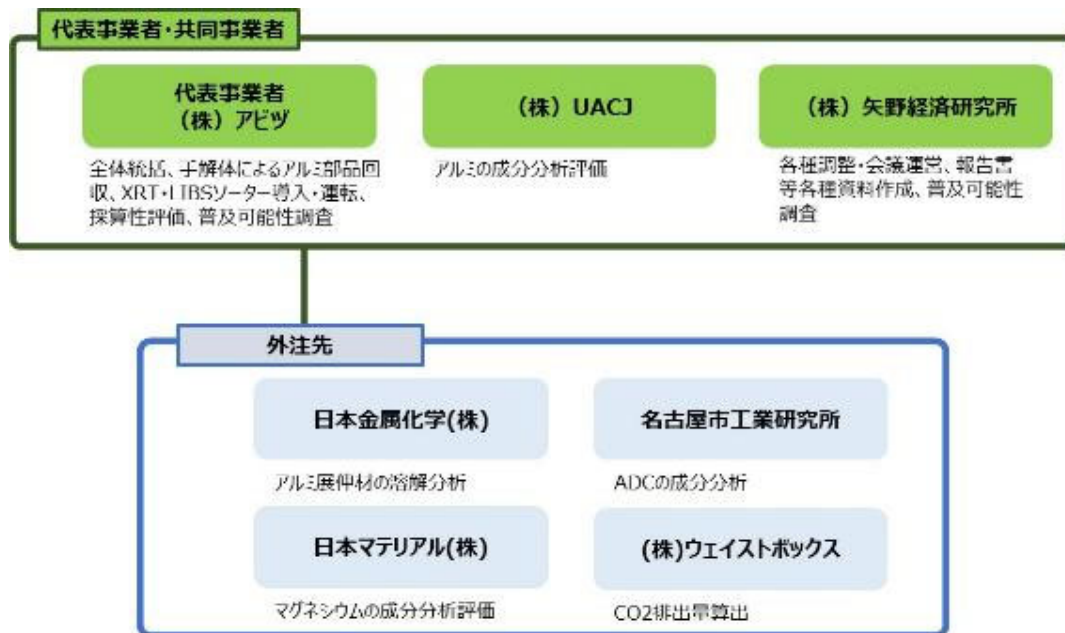


図 1-4. 事業の実施体制

出所：アビツ

### 1.2.3. 実施スケジュール

2025年度の実施スケジュールを表 1-5 に示す。

表 1-5. 2025 年度の実施スケジュール

項目		進捗報告	2025年									2026年			
			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シレッダー後のアルミ回収選別	3月末計画	100%										延長			
	実績														
②各種成分分析評価	3月末計画	100%													
	実績														
③CO2排出比較	3月末計画	100%									延長				
	実績														
④採算性評価	3月末計画	100%													
	実績														
⑤普及可能性調査	3月末計画	100%													
	実績														

出所：矢野経済研究所

## 2. 助成事業の報告

### 2.1. 2024 年度事業の実施結果

2024 年度は、以下を実施した。

- (1) 手解体によるアルミ部品回収選別・成分分析評価
- (2) 設備導入・運転
- (3) 設備活用によるアルミ分析

(1) 手解体によるアルミ部品回収選別・成分分析評価について、まずは、ELV から手解体により回収したアルミ部品を製法別・合金種別に区分し、同部材を溶解・成分分析を実施し、リサイクル上の課題について確認した。

手解体により 3000 系、5000 系、6000 系、7000 系、ADC12 と想定される部品を分別し、同部材を溶解・成分分析を実施し、リサイクル上の課題を抽出した。

展伸材の成分分析結果の結果を表 2-1 に示す。④の成分分析結果では 3000 系、5000 系、7000 系は特に問題なかった。6000 系は 2 種類の合金を含むため、Cu の含有量に関して中間的な組成となった。Cu は耐食性で問題となるため、自動車用展伸材として利用するためには Cu 含有量が十分少ないものと、同 0.7%程度の含有があるものに分けて回収する必要がある。

成分分析結果を踏まえた展伸材評価結果を表 2-2 に示す。溶解時には発煙、発火、においが発生した。発煙、発火、においレベル値の違いは、アルミに付着している油や塗料などの混入状態が異なることが原因と推測される。

今回導入した設備では、シュレッダーにかけることである程度塗料を除去可能となるため、発火のおそれは低減できる。ただし、発煙・においの発生は防ぎようがないため、回収アルミ溶解時の実際の発煙状況を把握したうえで、集塵・環境対策の検討を行う。

表 2-1. 展伸材の成分分析結果

(mass%)

合金種	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
3000系	0.23	0.29	0.05	0.51	0.22	0.00	0.01	0.01
5000系	0.10	0.19	0.06	0.27	4.1	0.02	0.05	0.02
6000系	0.9	0.12	0.36	0.05	0.29	0.02	0.05	0.02
7000系	0.06	0.16	0.18	0.04	1.2	0.02	6.2	0.02

出所：UACJ

表 2-2. 展伸材評価結果

合金種	①発煙	②発火	③においレベル値 (アルミ新地金 97)	④成分分析
3000系	あり	なし	733	成分調整により3000系へのリサイクルは可能
5000系	あり	顕著な発火あり	752	特筆すべき成分値の違和感なし
6000系	あり	顕著な発火あり	420	Mg量が少ない。Cu量は、少なくとも2種類の合金が含まれるため、中間的な組成となった
7000系	あり	なし	663	特筆すべき成分値の違和感なし

出所：UACJ

表 2-3. 鋳造材の成分分析結果

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	結果
	ケイ素	鉄	銅	マンガン	マグネシウム	亜鉛	
シートベルトローラー	12.1	0.57	0.97	0.18	0.13	0.51	ADC1
エンジンマウント	7.16	0.11	<0.01	<0.01	0.35	<0.01	AC4CH
ワイパーモーターベース	11.7	0.78	1.78	0.21	0.08	0.81	ADC12
ワイパーモーターベース	11.6	0.78	2.12	0.29	0.26	0.56	
駆動モーターケース	11.3	0.77	1.77	0.18	0.29	0.89	


出所：名古屋市工業研究所

鋳造材の成分分析結果を表 2-3 に示す。鋳造材について名古屋市工業研究所で分析したところ、表 1-3 と照合したところ、選定した 5 検体のうち、3 検体が ADC12 と推測される結果で、残る 2 検体が ADC12 の JIS 規格から外れた値だった。選定部品が ADC12 ではない理由として、メーカー・車種・年式によって採用している材料の違いがあることが背景にあると推測される。

(2) 設備導入・運転について、アビズではアルミの選別において XRT・LIBS を導入した。J-FAR 助成対象選別機は XRT であり、LIBS はアビズ負担で導入した。以下で XRT について概要を説明する。

TOMRA 製 XRT は 2004 年に初代バージョンが発表され、2022 年に大幅にアップデートし、2 代目バージョンが発売された。初代はセンサーが 1 本であったが、2 代目はセンサーが 4 本となり、ノイズが除去できるため解像度が高い。XRT にはまず閾値を広めに設定しアルミミックスを投入し異物を選別、再度異物選別後のアルミミックスを投入してクリーンなアルミを回収する。初代には搭載がなかったインテンシティースケールが 2 代目には実装されている。これにより、回路基板等の品目別の選別が可能になった。パフォーマンスではコンベアスピードがアップしたため、処理能力が向上している。オーバーホールする時間も大きく変化した。初代は 2,000~3,000 時間後に実施していたが、2 代目は 2 万時間後となる。バルブブロックでは、初代はエアバルブの設定が一定であったのに対し、2 代目は任意に調整することが出来るようになった。

2025 年 2 月 24 日 (月) から XRT、LIBS の商用運転を開始した。図 2-2 に XRT・LIBS 選別装置外観 (アビズ工場内) を示す。



項目	内容
目的	LIBS選別の精度向上
利点	確実な異物除去が可能
他装置との違い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検量線選別基準線の設定が4本になったことにより検量線のピークに対してプラスマイナス2本ずつ設定でき、除去すべき重金属類の濃い検知範囲と曖昧な検知範囲を</li> <li>・明確に区分し異物として設定が可能</li> <li>・選別プログラムの設定が容易で、メーカー担当者と呼ばなくても新規プログラムの作成が可能</li> </ul>

図 2-1. TOMRA 製 XRT 選別機  
(X-TRACT : 透過 X 線センサー選別機)  
出所 : アビズ



図 2-2. XRT・LIBS 選別装置外観 (アビズ工場内)  
出所 : アビズ

(3) 設備活用によるアルミ分析について、ELV 由来のミックスアルミ 3,155kg を XRT で選別し、アルミ 1,187kg を得た。そのアルミを LIBS に投入し、3000 系、5000 系、6000 系（銅分により 2 種類）、7000 系の 5 種類に選別を行った。その結果を表 2-4 に示す。

UACJ の製造部門において自動車向けアルミとして使用できるかどうか確認した。設置後 XRT・LIBS による選別品の成分分析結果を表 2-5 に示す。今回溶解した 3000 系、5000 系、6000 系（低 Cu）、7000 系の合金は、水平リサイクルを前提として一定量配合が可能と考える。ただし、合金ごとに最大配合可能量は異なる。なお、本評価は成分分析結果のみを対象に判断しているため、実際に自動車向けアルミとして使用できるかどうかは量産設備への適合等も踏まえて判断する必要がある。

表 2-4. 設置後 XRT・LIBS によるアルミ合金種選別結果（重量と比率）

投入量		XRT選別			LIBS選別		
項目	重量	項目	重量	比率	項目	重量	比率
ELV由来 のミックス アルミ	3,155kg	アルミ	1,187kg	38%	3000系	非公開	
		ダイキャスト	1,308kg	41%	5000系		
		異物（重金属）	660kg	21%	6000系（高Cu）		
		合計	3,155kg	100%	6000系（低Cu）		
					7000系		
					ダイキャスト		
					その他合金		
					合計	1,187kg	100%

出所：アビツ

表 2-5. 設置後 XRT・LIBS による選別品の成分分析結果

	(mass%)								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr
3000系	0.26	0.57	0.17	1.10	0.25	0.01	0.04	0.02	-
5000系	0.59	0.53	0.24	0.48	1.90	0.06	0.02	0.02	-
6000系（高Cu）	0.60	0.17	0.20	0.05	0.70	0.05	0.01	0.01	-
6000系（低Cu）	0.41	0.20	0.03	0.02	0.37	0.00	0.01	0.02	-
7000系	0.13	0.16	0.40	0.11	1.50	0.07	4.80	0.03	0.11

出所：UACJ

2024年度実施の課題および課題の解決方法を表 2-6 に示す。

①XRT・LIBSによるアルミ回収量の最大化および各種アルミ価値の最大化の両立については、事業化に向けて最大ポイントである投入量と選別後の回収量の比率向上を目指すことで低炭素型のリサイクルスキームを構築する。各種アルミ価値の最大化では、6000系（低Cu）、5000系、7000系、3000系を自動車向けにダイレクトリサイクルすることで普及可能性の向上を図る。アルミ回収量と各種アルミ価値の最大化についてベストな設定を検討していく。

②再生アルミの自動車向け採用増については、アルミユーザーであるUACJでの評価のフィードバックによる回収精度の向上と、アルミ製品ユーザーである自動車メーカー含めた意見交換の実施を行う。

③再生アルミ使用環境の整備（＝発煙・におい対策の提示）については、回収アルミ溶解時の実際の発煙状況を把握したうえで、集塵・環境対策の検討を行う。

表 2-6. 課題の解決方法

課題	解決方法
①XRT・LIBSによるアルミ回収量の最大化及び各種アルミ価値の最大化の両立	アルミ回収量の最大化→事業化に向けて最大ポイントである投入量と選別後の回収量の比率向上を目指すことで低炭素型のリサイクルスキーム構築 各種アルミ価値の最大化→6000系（低Cu）、5000系、7000系、3000系を自動車向けにダイレクトリサイクルすることで普及可能性の向上
②再生アルミの自動車向け採用増	アルミユーザーであるUACJでの評価のフィードバックによる回収精度の向上と、アルミ製品ユーザーである自動車メーカー含めた意見交換の実施
③再生アルミ使用環境の整備（＝発煙・におい対策の提示）	回収アルミ溶解時の実際の発煙状況を把握したうえで、集塵・環境対策の検討

出所：矢野経済研究所

2025年度実施内容を表 2-7 に示す。

①シュレッダー後のアルミ回収選別では、導入した XRT・LIBS 選別装置を使用し、自動車および自動車以外のシュレッダーアルミを対象に、6000 系（低 Cu）、5000 系、7000 系、3000 系、ADC 等の各種アルミやマグネシウムを回収・選別する。

②各種成分分析評価では、上記アルミ合金種や ADC、Mg の成分分析結果を把握し、展伸材は UACJ、ADC は名古屋市工業研究所、Mg は日本マテリアルにおける品質評価を適宜フィードバックしながら、XRT・LIBS 装置の設定を修正する。また、アルミ溶解時に発生する発煙等の状況を把握したうえで、集塵・環境対策を検討する。

CO2 排出量比較では、二次合金リサイクルと本実証のダイレクトリサイクルの CO2 排出量を比較、④採算性評価では、XRT・LIBS 選別装置導入による採算性評価、⑤普及可能性調査では、シュレッダー事業者 15～20 者を対象にヒアリングを行い、XRT・LIBS 選別装置導入に対する所感を確認する。

表 2-7. 2025 年度の実施内容

2025年度		
	実施目的	概要
①シュレッダー後のアルミ回収選別	・XRT及びLIBS選別装置の改善・調整	・シュレッダーからアルミを回収し、XRT及びLIBS選別装置で合金種各種、ADC、Mgに選別
②各種成分分析評価	・アルミ合金種、ADC、Mgの成分分析結果の把握 ・品質及び安全性確認	・アルミ合金種・マグネシウムの成分分析・評価、ADCの成分分析 手解体によるアルミ部品成分分析結果との比較 ・シュレッダー由来アルミ合金種の安全性確認
③CO2排出量比較	・CO2排出量低減数値の把握	・二次合金リサイクルと本実証のダイレクトリサイクルのCO2排出量比較
④採算性評価	・（他のシュレッダー事業者への普及拡大を見据え）既存ビジネスへの付加価値向上の把握	・XRT及びLIBS選別装置導入による採算性評価
⑤普及可能性調査	・（他のシュレッダー事業者への普及拡大を見据え）XRT・LIBS選別装置導入意向の把握	・シュレッダー事業者15～20社を対象にヒアリングを行い、XRT及びLIBS選別装置導入に対する所感を確認

出所：アビツ

## 2.2. 2025 年度事業の実施結果

### 2.2.1. シュレッダー後のアルミ回収選別および各種成分分析評価

本事業の目標は、採算性を検討したうえで、JIS 規格内の各種合金種を選別・回収することである。展伸材、ADC、Mg について選別および溶解試験を実施した結果を表 2-8 に示す。

表 2-8. 展伸材、ADC、Mg 合金選別回収・成分分析結果概要

回数・項目		目標	成分分析 (溶解) 量	実施内容	結果	課題	
展伸材	1回目	各シリーズ	選別精度の向上 (# 1-1) 回収量の最大化 (# 1-2)	1kg	ELVおよびその他由来のアルミスクラップ (10サンプル) を用いて回収を実施。	レシドを変更した5000系、6000系、7000系について、# 1-1と比較し、# 1-2では回収量が微量ではあるが増加した。	「その他」回収量が多かった。少量分析では混入した異物の影響が大きくなってしまふ (特に5000系)
	2回目	5000系	想定した成分値の達成	200kg	異物の影響を軽減するため、溶解量を増加 (200kg) し、成分分析を実施。	CuやMgについては規格値に収まったため、1回目の5000系の成分のばらつきは主に異物の影響と考えられる。	FeおよびSiの値が基準値よりも多かった。重液選別で使用するFe-Siが影響していると推測し、Fe-Siの洗浄方法を検討する。
	3回目	6000系 (低Cu)		200kg	1回目の回収において、成分値が問題なかった6000系 (低Cu) において、回収量の拡大および200kg溶解試験を実施。	UACJの製造部門に確認したところ、成分値だけを考慮すれば、6000系の自動車材料としては一定量配合可能と判断した。	-
	4回目	5000系		5kg	表面研磨工程等を経て選別したPCR (EV由来のほか家電由来等も含む) 由来の5000系スクラップを使用して5kg (n=5) の溶解試験を実施。	# 2-2と比較して、Si、Feともに数値が減少し、JIS規格値内に概ね収まる結果となった。	-
	5回目			200kg	4回目試験と同等の由来と前処理を施した5000系スクラップ200kgを1バッチとして、n=4の溶解試験を実施。	前処理工程の導入により、Si量・Fe量ともにJIS規格値内に収めることができた。	-
	6回目	5000系 6000系		回収量の最大化	-	# 1-2を比較対象に、各種合金種の回収量変化を確認する試験を実施。	前処理工程の導入やLIBSプログラム調整等により、# 1-2以上の回収量となった。
ADC		LIBSまたはXRT選別で、想定した成分値の達成	10g	1回目の回収ではADC12の選別をLIBSで実施した。LIBSの作業負荷を軽減する目的で、ADC選別をXRTで実施し、成分分析を行い、# 1の結果と比較する。	10tサンプルから2,046kgのADCを回収。n=3で成分分析を実施したが全てADC12であった。	10gの溶解試験であったため、溶解量を増やしてADCであるかどうかを確認する必要がある。	
		XRTを用いたアルミ選別精度の検証	5kg	XRTでADCとADC以外に大別し、それらをLIBSで選別したサンプルを溶解試験しADCであるかどうかを確認する。	ADCとして回収したサンプルのうち、90%程度はADCで、残り10%は7000系・2000系などと推測される結果であった。	XRT由来のADCは再度LIBSで選別し、ADCとそれ以外 (7000系・2000系) に選別する必要がある。	
Mg		Mg合金で、想定した成分地の達成	50kg	重液選別ラインで回収したMgとミックスアルミを、XRTおよびLIBSでMgの選別回収を行い、Mgの選別精度を高める。	Mg評価機関によれば、FeとCuの2元素がMgの代表規格であるAM60B規格値の上限を上回ったが、多少の成分調整で使用することができるという評価であった。	-	

出所：矢野経済研究所

## (1) 展伸材・ADC

展伸材について、採算性および水平リサイクルの実現を目指し、回収量の最大化と、選別精度の向上の両面から選別手法を検討することとした。

投入材料は ELV 由来のアルミとそれ以外由来のアルミをミックスしたもので合計約 10t (以降、10t サンプルと呼称) である。内訳は ELV 由来のアルミ：それ以外由来のアルミ = 3t : 7t である。重液選別を行い、Mg を選別 (除外) したミックスアルミである。XRT で異物の付着のないアルミを選別し、LIBS で特定品種の回収を行った。このサンプルを対象に回収を行うことで、設定値を変更したことによる効果を検証する。

### ① 1 回目 (展伸材、ADC の 1kg 溶解試験)

#### ・選別結果

1 回目の試験では、「選別精度の向上」(#1-1)、「回収量の最大化」(#1-2) それぞれを目的に、各品種のなかでの成分値に対して選別プログラムを設定した。6000 系 (低 Cu) については A6063 を想定しているが、それ以外については #1-1 および #1-2 ともに特定の品番を対象とせず、シリーズを対象としている。

#1-1 では選別精度の向上を狙い、機器メーカーのオリジナルレシピを利用した。回収品が、各成分値が基準値内に収まっていることを目指した。

#1-2 では回収量の拡大を狙い、#1-1 で設定したレシピよりも閾値の上限下限を広げることですべてのレシピにおいて回収量がオリジナルレシピと比較して増加することを狙った。

表 2-9. 展伸材および ADC の #1-1 および #1-2 の選別結果

試験番号	目的	投入品	投入量 (kg)	品種	回収量 (kg)	回収率	実施内容	想定する効果
#1-1	選別精度の向上	10tサンプル ELV由来： それ以外 = 3t : 7t	10,092	3000系	19	0.2%	オリジナルレシピ	選別回収品の各成分値が基準内に収まっている
				5000系	3	0.0%		
				6000系 (高Cu)	50	0.5%		
				6000系 (低Cu)	114	1.1%		
				7000系	0	0.0%		
				ADC	410	4.1%		
その他	9,495	94.1%						
#1-2	回収量の最大化	10,042	3000系	19	0.2%	オリジナルレシピから 閾値を広げた。 (3000系とADCは #1-1と同レシピ)	閾値の上限下限を広げることですべてのレシピにおいて回収量がオリジナルレシピと比較して増加する	
			5000系	267	2.7%			
			6000系 (高Cu)	69	0.7%			
			6000系 (低Cu)	479	4.8%			
			7000系	113	1.1%			
			ADC	410	4.1%			
その他	8,685	86.5%						

出所：アビツ

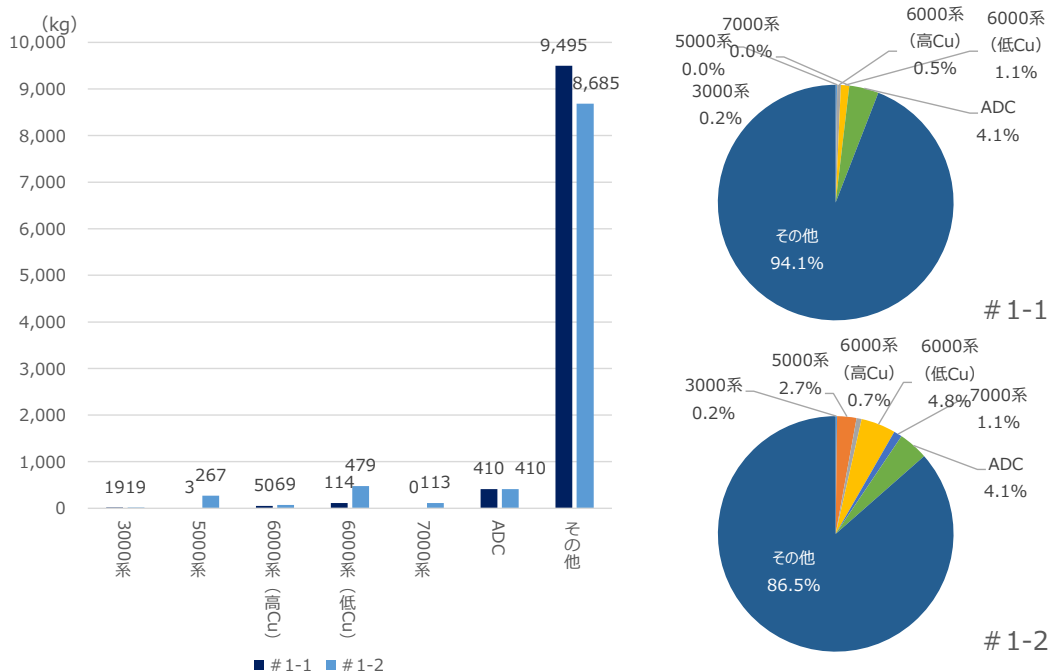


図 2-3. 展伸材および ADC の #1-1（選別精度向上）および #1-2（回収量の最大化）の回収量結果  
出所：アビツ

展伸材および ADC の #1-1 および #1-2 の選別結果を表 2-9、図 2-3 に示す。

#1-1 および #1-2 において、3000 系および ADC はレシピを変更せずに回収したため、同様の回収量であった。一方で、レシピを変更した 5000 系、6000 系、7000 系について、#1-1 と比較し、#1-2 では回収量が微量ではあるが増加した。

5000 系の回収量は #1-1 が 3kg、#1-2 が 267kg であった。5000 系は Mg、Zn、Si の下限値を設定して選別した。Mg、Zn、その他 Cu といった比重が重い金属は、閾値に対して選別精度が高い傾向にあるが、反対に比重が軽い Si は選別精度が低くなる。設定を変更、調整して進めていく必要がある。

#1-1 において 7000 系は 0kg であった。これは 7000 系の対象としたレシピの品種が存在しなかった可能性がある。#1-2 においては、7000 系の別の品種を対象としたため、ある程度回収量が得られたと考えられる。

## ・分析結果

展伸材および ADC の #1-1 および #1-2 の成分分析結果を表 2-10、図 2-4 に示す。成分分析方法は、サンプル別に回収品より、10～20 個の塊（1 個当たり 50～100g、合計 1kg）を回収し、溶解し成分値を測定した。

表 2-10. 展伸材および ADC の # 1-1 および # 1-2 の成分分析結果

(mass%)

サンプル	試験番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr
3000系	# 1-1	0.30	0.50	0.16	0.8	0.7	0.02	0.11	0.02	-
	# 1-2	0.49	0.43	0.15	0.7	0.39	0.01	0.06	0.02	-
5000系	# 1-1	0.14	0.21	0.02	0.22	3.2	0.10	0.02	0.02	-
	# 1-2	0.8	0.42	0.20	0.28	2.2	0.06	0.03	0.02	-
6000系 (高Cu)	# 1-1	0.50	0.20	0.13	0.04	0.6	0.02	0.01	0.02	-
	# 1-2	0.42	0.25	0.16	0.02	0.6	0.04	0.01	0.01	-
6000系 (低Cu)	# 1-1	0.5	0.18	0.02	0.03	0.5	0.02	0.01	0.01	-
	# 1-2	0.4	0.20	0.03	0.04	0.4	0.01	0.01	0.01	-
7000系	# 1-2	0.9	0.27	0.7	0.16	1.1	0.06	2.7	0.03	0.11
ADC	# 1-1	10.9	0.75	1.95	0.18	0.22	-	0.68	-	-
	# 1-2	11.0	0.70	1.97	0.20	0.15	-	0.58	-	-

出所 : UACJ

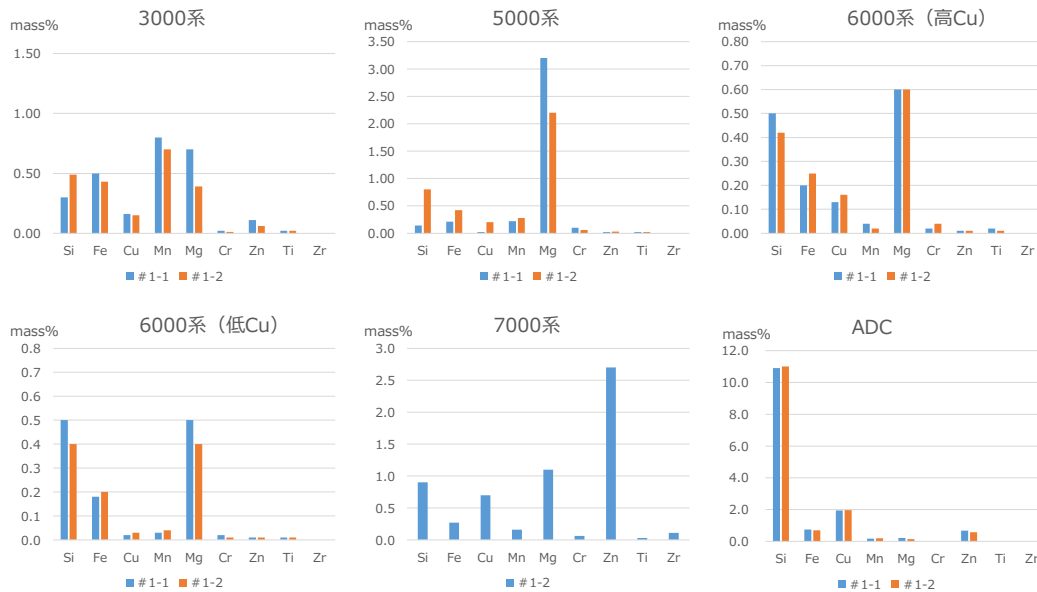


図 2-4. 展伸材および ADC の # 1-1 および # 1-2 の成分分析結果

出所 : UACJ

先述したように、3000 系および ADC はレシピを変更せずに回収したため、同様の回収量であっただけでなく、同様の成分分析結果であった。

5000 系については、#1-1 と #1-2 において Si、Mg、Cu の値が変化した。回収品のなかより 10~20 個の塊を選定し、溶解・分析用の 1kg の試料としているため、1 つでも異物な

どの鑄物が混入すると結果に大きく影響してしまう可能性がある。溶解・分析量を多くすることで、これらの数値の変化を軽減することができる。

6000系（高Cu）および6000系（低Cu）について、#1-1と#1-2で成分値はほぼ変化がない状況であった。特に自動車向けの6000系（低Cu）について、#1-1においても基準値を低く設定しているため、これ以上設定を変更して回収量を増やすということが難しい。また、今回サンプルとして用意した10tのなかにもともと6000系が含まれていない可能性がある。

7000系は、先述したように#1-1では対象としている品種が含まれておらず回収ができなかったと考えられる。

## ・まとめ

#1-1および#1-2において同様の課題であるが、「その他展伸材」の比率が高く、普及可能性調査の視点からも重要なポイントとなる。「その他展伸材」の比率を下げるために回収する上限値を広げる必要があるが、先述したように6000系など品種によっては、上限を広げても（設定値を変更しても）回収量は増えないと想定される。

ADCについて、今回の選別ではLIBSによる選別を実施したが、XRTによる選別回収も検討する。LIBSによる選別では共連れや、他の製品が混入するリスクがあることから、先にXRTでキャストを回収し、リスクを減らしていく。

5000系において、#1-1と#1-2においてSi、Cu、Mgの値が変化した。今回の溶解試験は分析量が少ないため、小さな異物混入による成分値の影響が考えられる。異物の影響を軽減するため、溶解量を増加させ成分分析を実施する必要がある。

## ② 2回目 (5000系200kg溶解試験、ADC10g溶解試験)

### ・選別結果

展伸材のうち、1回目の選別・成分分析においては、分析量が少量であったため、分析値において異物の影響を受けた可能性がある。成分分析値の異物の影響を軽減するため、溶解量を200kgに増加し、成分分析を行うこととした。

1回目の1kg溶解試験分析において、#1-1および#1-2においてSiやCuの成分値が異なっていた5000系を対象として、2回目の選別・分析を行うこととした。

5000系の2回目の選別においては、Si、Cu、Mgの閾値を再度調整した。まずは10tサンプルで回収率を確認した。#2-1における5000系の回収量は331kg、回収率は3.3%であった。回収品から、20個サンプルを取得し、アビツにおいてハンディLIBSで成分値を測定した結果が良好であった。ただし、同10tサンプルから200kg溶解試験用に回収してしまうと、以後の設定変更による回収率の変化を確認することができなくなるため、同様の設定値を用いて10tサンプル以外のPCR(ELV由来のほか家電由来等も含む)から200kg溶解試験用の5000系選別品223kg(試験重量)を回収した(#2-2)。

ADCについて、1回目となる#1-1および#1-2はXRTでADCを回収しLIBSでADC12の選別を行ったが、2回目についてはLIBSの負荷軽減を目的として、XRTのみでの回収を実施した。XRTのプログラムは「重金属、鋳物、鍛造アルミ、Mg合金」の4種類がベースとなっている。例えば重金属を検知し、エアで弾く、もしくは弾かないという2つの設定と合わせて8種類のプログラムを設定可能である。#2-1におけるADCの回収量は3,046kg、回収率は30.4%である。

5000系およびADCの#2-1および#2-2の選別結果を表2-11に示す。

表 2-11. 5000系およびADCの#2-1および#2-2の選別結果

試験番号	目的	投入品	投入量(kg)	品種	回収量(kg)	回収率	実施内容	想定する効果
#2-1	5000系溶解・分析量拡大による異物の影響を把握する	10tサンプル ELV由来： それ以外 =3t：7t	10,030	3000系			5000系でのSiおよびCuの閾値上限を設定	5000系での200kg溶解試験のための10tサンプル以外からの試料回収のためのLIBS設定値把握
				5000系	331	3.30%		
				6000系(高Cu)				
				6000系(低Cu)				
				7000系				
ADC	3,046	30.40%						
		その他	6,656	66.30%				
#2-2	ADC LIBS負荷軽減	PCR(ELV由来のほか家電由来等も含む)	-	5000系	223	-	#2-1と同様の設定値で選別し、200kgの溶解・成分分析を実施	#1-1や#1-2における5000系でのMg、Cu、Siの値の揺らぎは溶解量の少なさに起因することを確認する

※ADCについてはXRTのみの選別結果となる

出所：アビツ

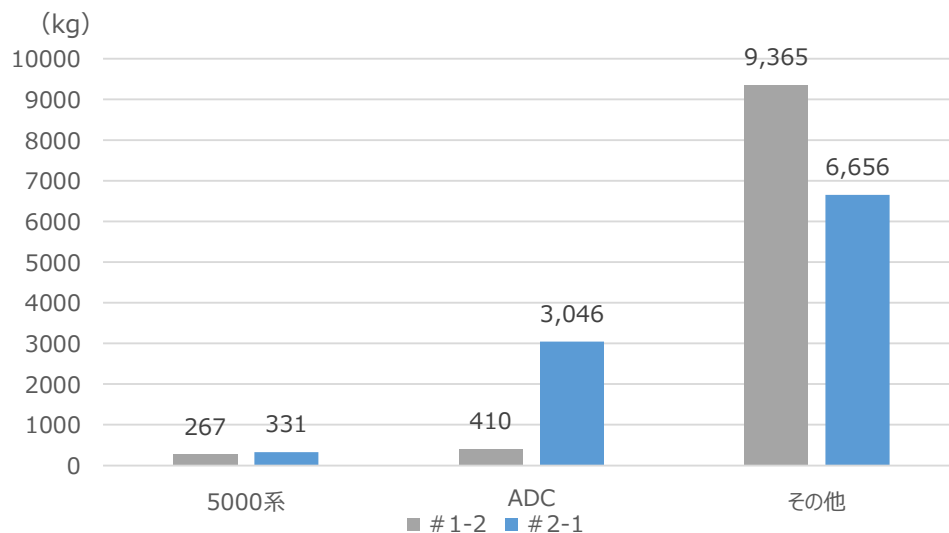


図 2-5. #1-2 および #2-1 の選別結果比較 (5000系、ADC、その他)

出所：アビツ

#### ・分析結果 (5000系)

5000系の#1-1、#1-2、#2-2の分析結果比較を表2-12に示す。

#2-2について、回収した223kgを溶解し、成分値のばらつきを確認するため鑄型70kg塊×3個を作製した。塊1個につき、n=2で回収したため、n=6のサンプルで成分分析を行った。溶解試験における炉内の攪拌が良好であったため、n=6の分析結果のばらつきは極めて少なかった。そのため、今後の200kg溶解試験では2検体程度のサンプリングでも信頼性の高い結果を得ることができると考える。

#2-2のCuの値は#1-1と、#2-2のMgの値は#1-2と近い数値であった。このことから#1-1や#1-2の少量試験ではCuやMgの多い合金の混入があったと推測される。

表 2-12. 5000 系の #1-1、#1-2、#2-2 の分析結果比較

		(mass%)								
サンプル	試験番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr
5000系	# 1-1	0.14	0.21	0.02	0.22	3.2	0.10	0.02	0.02	-
	# 1-2	0.8	0.42	0.20	0.28	2.2	0.06	0.03	0.02	-
	# 2-2 平均	0.6	0.49	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03	-
	# 2-2 Ingot 1	0.6	0.49	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03	-
		0.6	0.50	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03	-
	# 2-2 Ingot 2	0.6	0.49	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03	-
		0.6	0.48	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03	-
	# 2-2 Ingot3	0.6	0.49	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03	-
0.6		0.49	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03	-	

出所 : UACJ

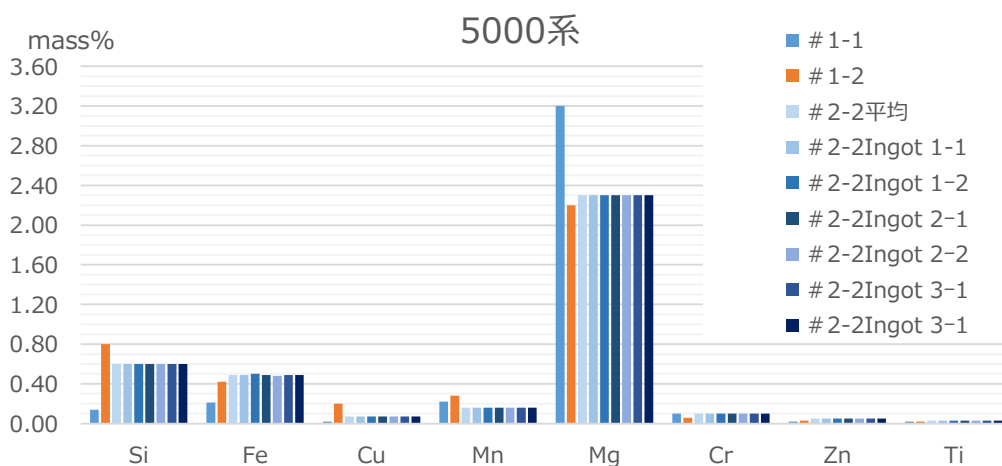


図 2-6. 5000 系の #1-1、#1-2、#2-2 の分析結果比較

出所 : UACJ

本事業の取り組み目標値は JIS 規格値の合金としているが、Si は 0.2~0.25、Fe は 0.3 が上限となる。それに対して Si と Fe の値が 2~3 倍多い。アビズでは重液選別時に Fe-Si 粉末を使用しており、この洗い残しが影響している可能性がある。Fe-Si が表面に付着し、かつ破砕品が丸まってしまうと中に Fe-Si の粉末を抱き込んだ状態となり、凝固してしまうことが想定される。

・分析結果 (ADC)

先述したように、ADC について、1 回目は LIB での選別を行ったが、2 回目については LIBS の負荷軽減を目的として、XRT での回収を実施した。#2-1 は XRT で ADC を検知し、エアーで弾いて回収し、サンプリングしたものである。合計で 3 検体 (各 10g) を分析した。ADC として回収したため、本来であれば ADC12 以外も含まれることもあるが、今回は ADC12 のみであった。ADC としての回収設定で ADC のみが回収されたことについて、サンプルが少量であったことも要因の一つとして考えられる。

表 2-13. ADC #1-1、#1-2、#2-1、#2-2、#2-3 分析結果比較

(mass%)

サンプル		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
ADC	#1-1	10.9	0.75	1.95	0.18	0.22	0.68
	#1-2	11.0	0.70	1.97	0.20	0.15	0.58
	#2-1-1	10.7	0.71	1.85	0.13	0.16	0.54
	#2-1-2	11.3	0.79	1.97	0.19	0.19	0.69
	#2-1-3	11.3	0.76	1.9	0.18	0.18	0.82

出所：アビツ

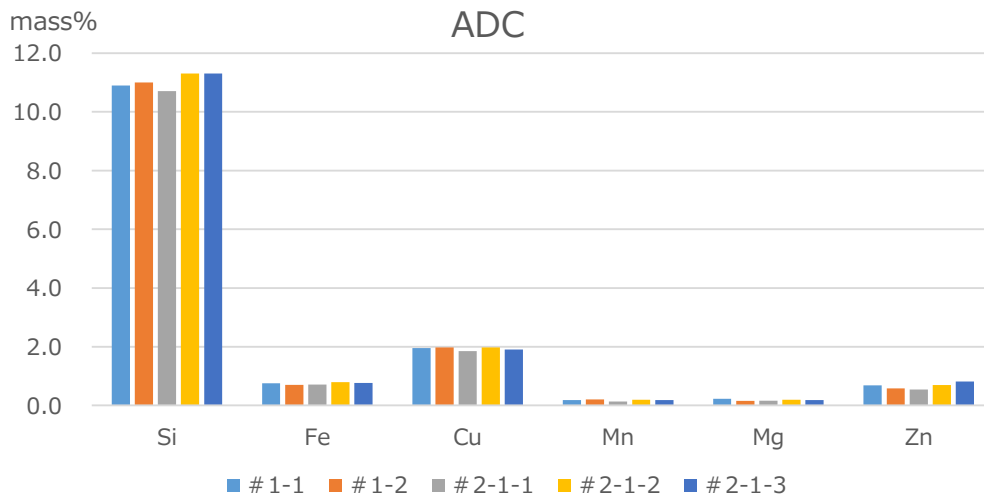


図 2-7. ADC #1-1、#1-2、#2-1 の分析結果比較

出所：アビツ

展伸材および ADC の選別・回収を最適化するため、ADC については、XRT で可能な限り回収することで LIBS の負荷を減らし、LIBS で別の合金種を回収する方法もある。今後は XRT の選別精度向上のための取り組みを進める。

また、アビツが選別しているアルミのサイズ（粒度分布）が広いため、メーカーが推奨するサイズへサイジングする。

## ・まとめ

5000 系については、重液選別において Fe-Si 等の影響を軽減する設備の導入のほか、発煙・におい対策を行う必要がある。2025 年 11 月に表面研磨装置と粒度選別機の前処理工程を導入した。これにより、5000 系に含有された異材含有の低減に加え、溶解時の発煙・においの低減が期待される。4 回目の試験において前処理工程導入の効果を検証する。

ADC については、XRT 選別による LIBS 負荷低減および適切なサイジングおよび機器調整による選別精度向上を目指していく。

### ③ 3 回目（6000 系（低 Cu）、200kg 溶解試験）

#### ・選別結果

5000 系について、1 回目の選別・成分分析においては分析量が少量で、分析値において異物の影響を受けた可能性があるため、2 回目は量を増やした溶解試験を実施したが、Fe や Si は基準値を超えていた。5000 系については重液選別で使用する Fe-Si 等の影響を受けた可能性があるため、4 回目の試験時に前処理工程導入の効果を検証する。

3 回目試験ではこれまで JIS 規格値内に収まっている 6000 系（低 Cu）で実施しても成分値が JIS 規格値内に収まるか確認するため 200kg 溶解試験を実施した。1 回目の結果から、6000 系（低 Cu）であれば、Fe および Si の値は JIS 規格値内に収まった。5000 系と同様に 200kg での溶解試験における Fe および Si の影響を含めた量産を見据えた検証を行うため、#1-2 と同じレシピを基に、ELV 以外の PCR を対象としたミックスアルミから 6000 系（低 Cu）を回収した。

#### ・分析結果

6000 系の #1-1、#1-2、#3-1 の分析結果比較を表 2-14、図 2-8 に示す。#1-1、#1-2 と比較しても #3-1 の Si の値は同様であり、その他の値も Fe が若干増加し、Mg が若干減少しているが、ばらつきの範囲内である。UACJ の製造部門に確認したところ、成分値だけを考慮すれば、6000 系の自動車材料としては一定量配合可能であると判断した。また、この結果から 5000 系は Fe-Si 等が噛み込みやすい部品形状であったのに対し、6000 系はそうではなかったものと推測する。

定性評価であるが、発火はほとんどなかったものの、発煙が強かったのは 2 回目の溶解試験と同様の状況であった。一方、においては 2 回目の 5000 系溶解試験よりも強かった。

表 2-14. 6000 系の #1-1、#1-2、#3-1 の分析結果比較

		(mass%)									
サンプル	試験番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	
6000系 (低Cu)	#1-1	0.50	0.18	0.02	0.03	0.50	0.02	0.01	0.01	-	
	#1-2	0.40	0.20	0.03	0.04	0.40	0.01	0.01	0.01	-	
	#3-1 平均	0.49	0.24	0.03	0.02	0.34	0.01	0.01	0.01	-	
	#3-1 Ingot 1		0.49	0.23	0.02	0.02	0.33	0.01	0.01	0.01	-
			0.49	0.24	0.03	0.02	0.33	0.01	0.01	0.01	-
	#3-1 Ingot 2		0.49	0.24	0.02	0.02	0.33	0.01	0.01	0.01	-
			0.47	0.23	0.02	0.02	0.33	0.01	0.01	0.01	-
	#3-1 Ingot 3		0.50	0.24	0.03	0.02	0.34	0.01	0.01	0.01	-
			0.50	0.25	0.03	0.02	0.34	0.01	0.01	0.01	-

出所：UACJ

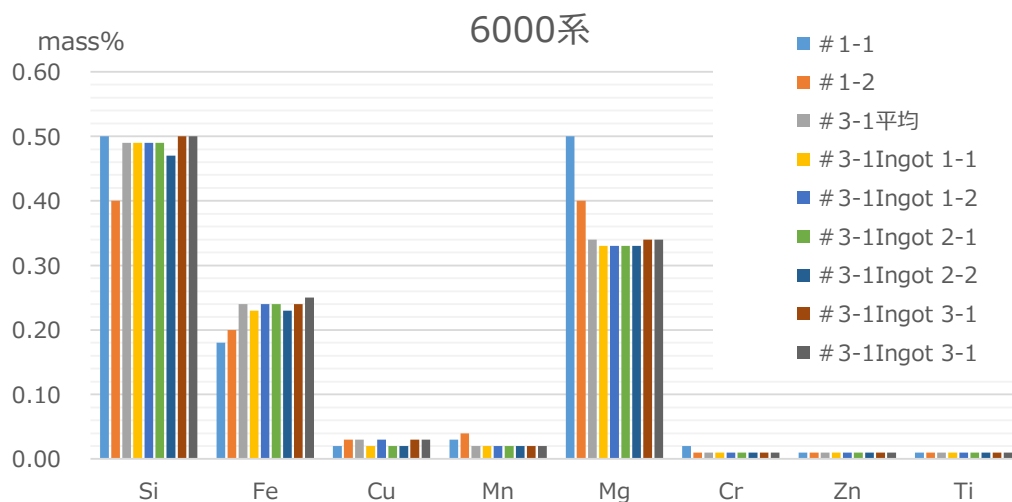


図 2-8. 6000 系の #1-1、#1-2、#3-1 の分析結果比較

出所：UACJ

### ・まとめ

1 回目の 6000 系（低 Cu）1kg 溶解試験でも JIS 規格値内に収まったが、本 3 回目の同 200kg 溶解試験においても JIS 規格値内に収まったことを確認した。そのため、6000 系（低 Cu）に対しては前処理工程がなくても成分値だけを考慮すれば、6000 系の自動車材料としては一定量配合可能であると判断した。ただし、発火はなかったものの、発煙およびにおいの問題は解消できてないため、6000 系（低 Cu）に対しても前処理工程を導入する必要がある。

#### ④ 4 回目（前処理を施した 5000 系 5kg 溶解試験）

##### ・選別結果

3 回目の 6000 系の 200kg 溶解試験では成分値などに問題はなく、UACJ の製造部門において 6000 系の自動車材料としては一定量配合可能であると判断した。5000 系においては部品形状の問題により Fe-Si 粉末を取り込んでしまい Si 量・Fe 量が JIS 規格値を超えた可能性がある。そのため、5000 系部品の前処理を行うことで JIS 規格値内の成分値に収めるために 4 回目の溶解試験を実施した。本試験では、表面研磨工程等を経て選別した PCR（ELV 由来のほか家電由来等も含む）由来の 5000 系スクラップを使用し、5kg を 1 バッチとして n=5 の溶解試験を行った。

##### ・分析結果

5000 系の #4-1、#4-2、#4-3、#4-4、#4-5 の分析結果比較を表 2-15、図 2-9 に示す。#2-2 と比較して、Si、Fe ともに数値が減少し、JIS 規格値内に概ね収まる結果となった。本試験で導入した表面研磨等の工程の効果が得られたと考えている。

また、におい値については、2024 年度に実施した 5kg の溶解試験ではスクラップが多く、におい値を計測すると最高値（1000）を振り切れる状態であったため計測不能であった。本試験は同じ 5kg 試験であるが、各検体は 800～900 程度のにおい値を計測した。表面の油や塗料が研磨されたことでにおい値も下がったと想定している。

表 2-15. 5000 系の #4-1、#4-2、#4-3、#4-4、#4-5 の分析結果比較

試験番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
#1-1	0.14	0.21	0.02	0.22	3.2	0.10	0.02	0.02
#1-2	0.8	0.42	0.20	0.28	2.2	0.06	0.03	0.02
#2-2平均	0.6	0.49	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03
#4-1	0.20	0.31	0.04	0.17	2.4	0.11	0.02	0.02
#4-2	0.18	0.30	0.02	0.18	2.5	0.12	0.02	0.02
#4-3	0.45	0.33	0.06	0.15	2.2	0.13	0.03	0.02
#4-4	0.18	0.33	0.03	0.16	2.4	0.12	0.02	0.02
#4-5	0.21	0.32	0.02	0.20	2.4	0.11	0.01	0.02

(mass%)

出所：UACJ

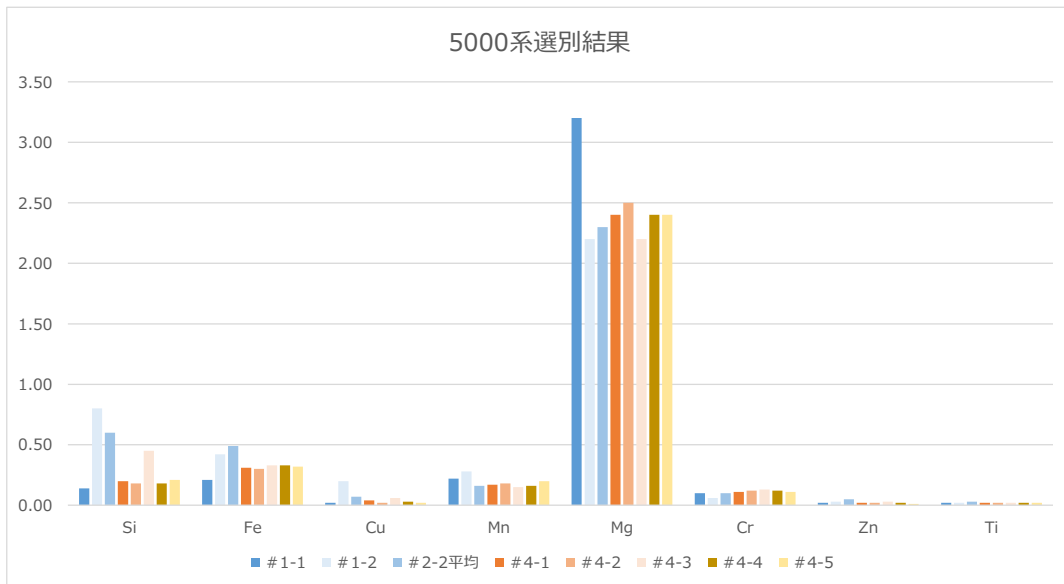


図 2-9. 5000 系の #4-1、#-2、#4-3、#-4、#4-5 の分析結果比較

出所：UACJ

## ・まとめ

6000 系に関しては問題なかったものの、5000 系では 2 回目の試験で確認したように Fe-Si 粒子等の混入等により、成分が JIS 規格値に収まらないことが問題であった。本 4 回目の試験で前処理工程を導入したことにより、n=5 の検体は概ね JIS 規格値内に収まる結果が得られた。そのため、5 回目の試験では 2 回目の試験と同様となる 200kg の溶解試験を実施し、前処理工程の導入により成分値が JIS 規格値内に収まるかを検証する。

## ⑤ 5 回目（前処理を施した 5000 系 200kg 溶解試験）

### ・選別結果

これまで回収量を重視した LIBS 選別プログラムで選別した 5000 系スクラップは Si 量・Fe 量ともに JIS 規格値を超過する傾向であった。4 回目の試験では表面研磨工程等の前処理を施した 5000 系 5kg を溶解し、概ね JIS 規格値内に収まる結果となった。本試験では 4 回目試験と同等の由来と前処理を施した 5000 系スクラップ 200kg を 1 バッチとして、n=4 の溶解試験を行った。

### ・分析結果

5000 系の #5-1、#5-2、#5-3、#5-4、平均の分析結果比較を表 2-16、図 2-10 に示す。本試験では前処理工程の導入により、Si 量・Fe 量ともに JIS 規格に収めることができた。

また、溶解時には発煙・発火が確認された。おい値においては一部で計測不能（1000 以上）の検体があったが、それ以外の検体は概ね max900 程度であった。定性的ではあるが、表面研磨によりおい値が低減されたと推測している。

表 2-16. 5000 系の #5-1、#5-2、#5-3、#5-4、平均の分析結果比較

(mass%)

試験番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
#2-2平均	0.6	0.49	0.07	0.16	2.3	0.10	0.05	0.03
#5-1	0.20	0.35	0.04	0.17	2.7	0.13	0.02	0.02
#5-2	0.21	0.36	0.04	0.17	2.8	0.13	0.02	0.02
#5-3	0.20	0.35	0.04	0.17	2.7	0.13	0.02	0.02
#5-4	0.20	0.35	0.04	0.17	2.7	0.13	0.02	0.02
平均	0.20	0.35	0.04	0.17	2.7	0.13	0.05	0.03

出所：UACJ

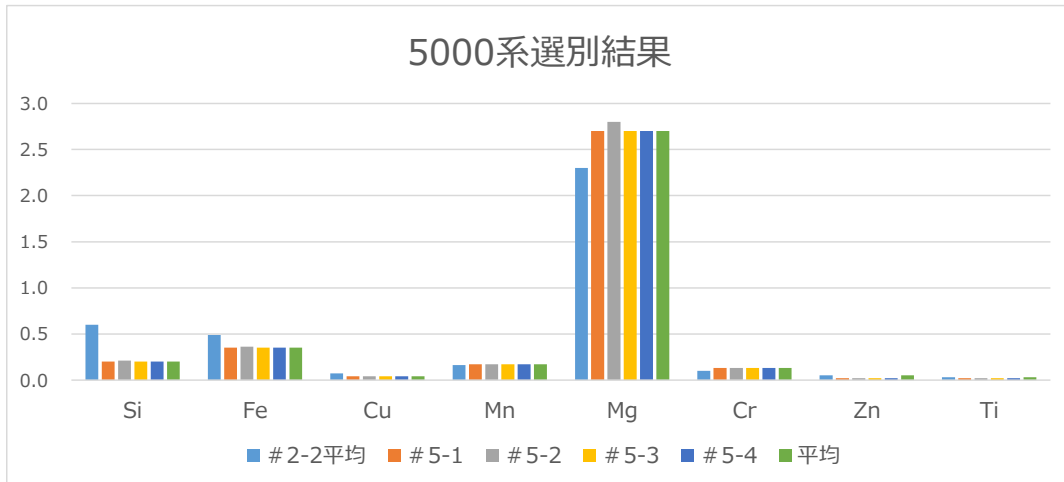


図 2-10. 5000 系の #5-1、#5-2、#5-3、#5-4、平均の分析結果比較  
出所：UACJ

#### ・まとめ

5 回目試験では、これまでの試験で JIS 規格値を超えていた Si 量・Fe 量を規格値内に収めることができた。前処理工程を導入することで、JIS 規格値およびにおい値に影響を及ぼす異物の含有量を低減することができた。しかし、発煙や発火、においに関して軽減できたものの依然として課題であることは変わらないため、抜本的な改善が必要であることを確認した。

また、5000 系スクラップを溶解・成分分析し JIS 規格値内に収まったことを確認したため、実際に 5000 系スクラップを用いて部品を製作しても基本的には成分が同一であることから同等の特性発現が見込まれる。

## ⑥ 6 回目（5000 系・6000 系の回収量最大化）

本事業において XRT・LIBS による各種アルミ価値の最大化とアルミ回収量の最大化を両立することが重要な課題となる。これまで述べてきたように、XRT・LIBS によるアルミ合金種選別は JIS 規格値内に収まる良好な結果が得られた。そのため、これと同時にアルミ回収量の最大化を追求する必要がある。

1 回目の試験では選別精度の向上を目的とした #1-1 の試験に加え、回収量の最大化を目指した #1-2 の試験を行った。その後、表面研磨および粒度選別の設備導入による選別技術の向上や、これまでの各試験を通じて得られた知見を活かし LIBS プログラムを最適化することによって、#1-2 以上に回収量を増やすことができる見通しを立てている。この試験結果を比較対象とし、#1-2 試験と同様の 10t サンプルを用いて、XRT・LIBS を用いて 5000 系、6000 系（高 Cu、低 Cu）、その他で選別するアルミ回収量の最大化を検証した。

その結果、前回の #1-2 と比較して 5000 系、6000 系（高 Cu、低 Cu）、いずれも回収量は増加した。検証の結果を図 2-11 に示す。5000 系は 351kg（#1-2 対比 131%）、6000 系（高 Cu）は 95kg（同 137%）、6000 系（低 Cu）は 722kg（同 150%）の回収量となった。

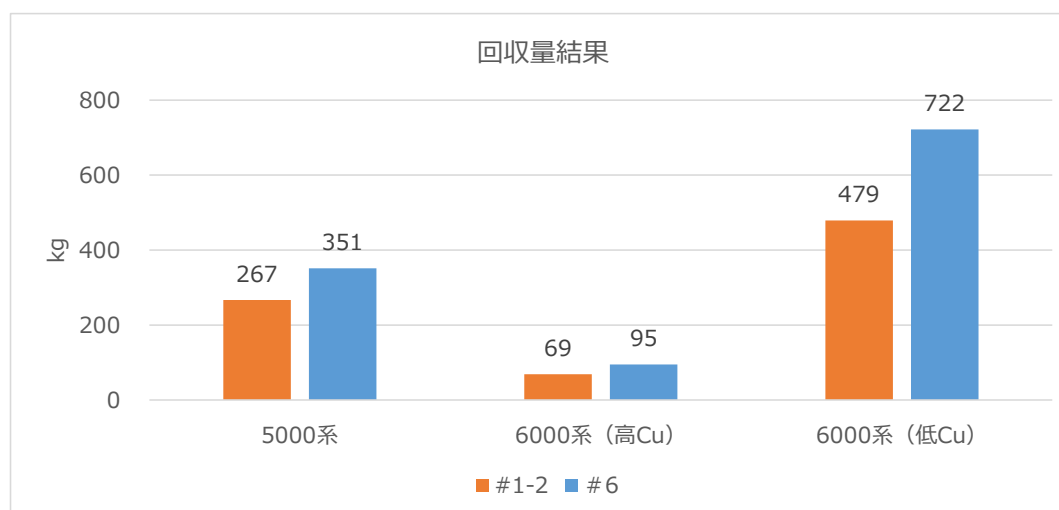


図 2-11. 回収量最大化検証結果

出所：矢野経済研究所

アルミ回収量が増加した要因として、表面研磨等の前処理工程の導入やプログラムの調整が有効に働いたと考えられる。表面研磨により LIBS の検知精度が高まったほか、これまでアビジが蓄積してきたプログラム調整のノウハウにより回収量の拡大につながった。

しかしながら、XRT から異物付着のないアルミとして選別され、5000 系や 6000 系（高 Cu、低 Cu）に含まれない「その他展伸材」のアルミは依然として多い。アルミ回収量の拡大は実施できたものの、一方で「その他展伸材」に対する取り扱いは課題として残る結果となった。

## (2)Mg

通常、アビヅの重液選別ラインでは Mg を回収しているが、この Mg にはミックスアルミも含まれている。本事業では重液選別ラインで回収した Mg とミックスアルミを、XRT・LIBS で Mg の選別回収を行い、Mg の選別精度を高めた。XRT は TOMRA 独自の Mg 選別プログラムがインストールされている。一方 LIBS では Austin AI の独自プログラムは入っていないため、アビヅにおいて Mg をレーザーで照射し、分光器（レシオビーム分光光度計）で測定した数値を基に、アビヅにて設定し選別した。

XRT では 110kg 程度回収したが、LIBS では XRT よりも 5kg 程度少ない回収結果となった。XRT での選別では共連れの可能性が発生していることが想定されるため、LIBS での回収により共連れを防ぎ Mg の回収精度を高めた。

Mg の成分分析結果（精錬後の沈静前、沈静後）を表 2-17、図 2-12 に示す。精錬時にウレタン由来の膜が溶湯に生成してしまうため、その影響を回避するために精錬後に調整材を投入し、沈静前と、沈静後のデータを取得した。沈静前、沈静後それぞれ n=5 で成分分析を行った。Mg 評価機関によれば、Fe と Cu の 2 元素が Mg の代表規格である AM60B 規格値の上限を上回ったが、多少の成分調整で使用することができるとしている。インゴット作製時にウレタン系プラスチックが表面に付着することから外観性は悪いが、後半はきれいに回収ができた。

表 2-17. Mg の成分分析結果（精錬後の沈静前、沈静後）

(mass%)

沈静前	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Be	C
沈静前1	6.1724	0.0523	0.3205	0.0312	0.0067	0.0092	0.0028	0.0007	0.0000
沈静前2	6.1290	0.0514	0.3296	0.0307	0.0072	0.0092	0.0027	0.0009	0.0000
沈静前3	6.0112	0.0494	0.3437	0.0297	0.0067	0.0085	0.0026	0.0011	0.0000
沈静前4	6.0887	0.0516	0.3328	0.0304	0.0074	0.0088	0.0027	0.0009	0.0000
沈静前5	6.1199	0.0497	0.3424	0.0326	0.0068	0.0093	0.0031	0.0009	0.0000
<b>沈静前平均</b>	<b>6.1</b>	<b>0.05</b>	<b>0.33</b>	<b>0.03</b>	<b>0.007</b>	<b>0.009</b>	<b>0.003</b>	<b>0.0009</b>	<b>0.0000</b>
判定	優	優	優	優	可	—	—	優	優

沈静後	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Be	C
沈静後1	6.0019	0.0520	0.3250	0.0284	0.0061	0.0102	0.0026	0.0005	0.0000
沈静後2	5.8548	0.0513	0.3343	0.0291	0.0069	0.0108	0.0028	0.0009	0.0000
沈静後3	5.9021	0.0507	0.3258	0.0285	0.0071	0.0100	0.0025	0.0007	0.0000
沈静後4	5.8690	0.0503	0.3619	0.0293	0.0074	0.0104	0.0026	0.0014	0.0000
沈静後5	5.9644	0.0526	0.3355	0.0293	0.0079	0.0097	0.0023	0.0006	0.0000
<b>沈静後平均</b>	<b>5.9</b>	<b>0.05</b>	<b>0.34</b>	<b>0.03</b>	<b>0.007</b>	<b>0.010</b>	<b>0.003</b>	<b>0.0008</b>	<b>0.0000</b>
判定	優	優	優	優	可	—	—	優	優

(参考)	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Be	C
AM60B規格 ASTMB93/B 93M-09	5.6- 6.4	0.2 max	0.26- 0.50	0.08 max	0.004 max	0.008 max	0.001 max	0.0005 -	—

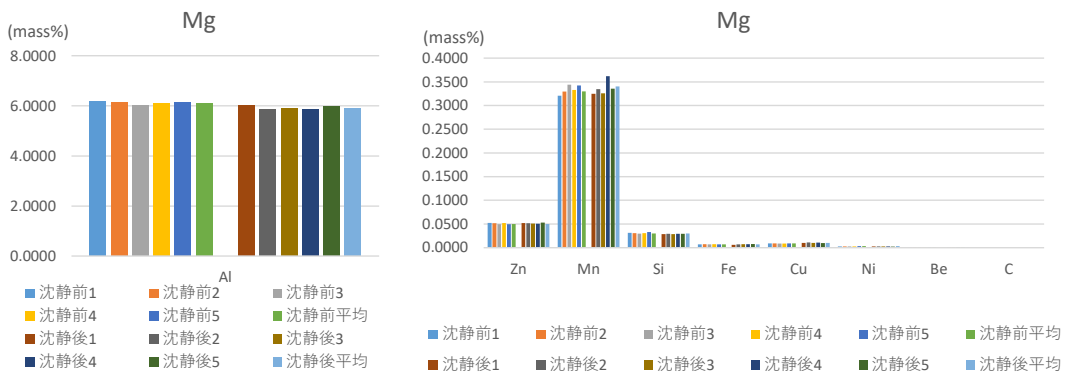


図 2-12. Mg の成分分析結果

出所：日本マテリアル

### (3) XRT を用いたアルミ選別精度の検証

アビヅでは XRT・LIBS を組み合わせた運用を想定しているが、今回導入した XRT は単体でも精度の高い選別効果が期待される。ADC の選別により XRT の選別精度を検証した。

10t サンプルをまず前処理工程を通し粒度選別や表面研磨したうえで、XRT によって ADC とそれ以外に選別する。ADC として選別されたものをさらに LIBS で選別した Eject と Drop2 種類の各 2 検体、ADC 以外（展伸材）として選別されたものをさらに LIBS で選別した Eject と Drop2 種類の各 2 検体の計 5kg×8 検体を使用して検証した。

図 2-13 に選別精度の検証結果、表 2-18 と図 2-14 に XRT 選別品の分析結果を示す。③-2 に示す XRT で ADC として回収した Eject 品 (XA) を、LIBS に投入して回収した Eject 品 (XALE) の溶解・成分分析を行ったところ、ADC12 の成分範囲に入っていることを確認した。

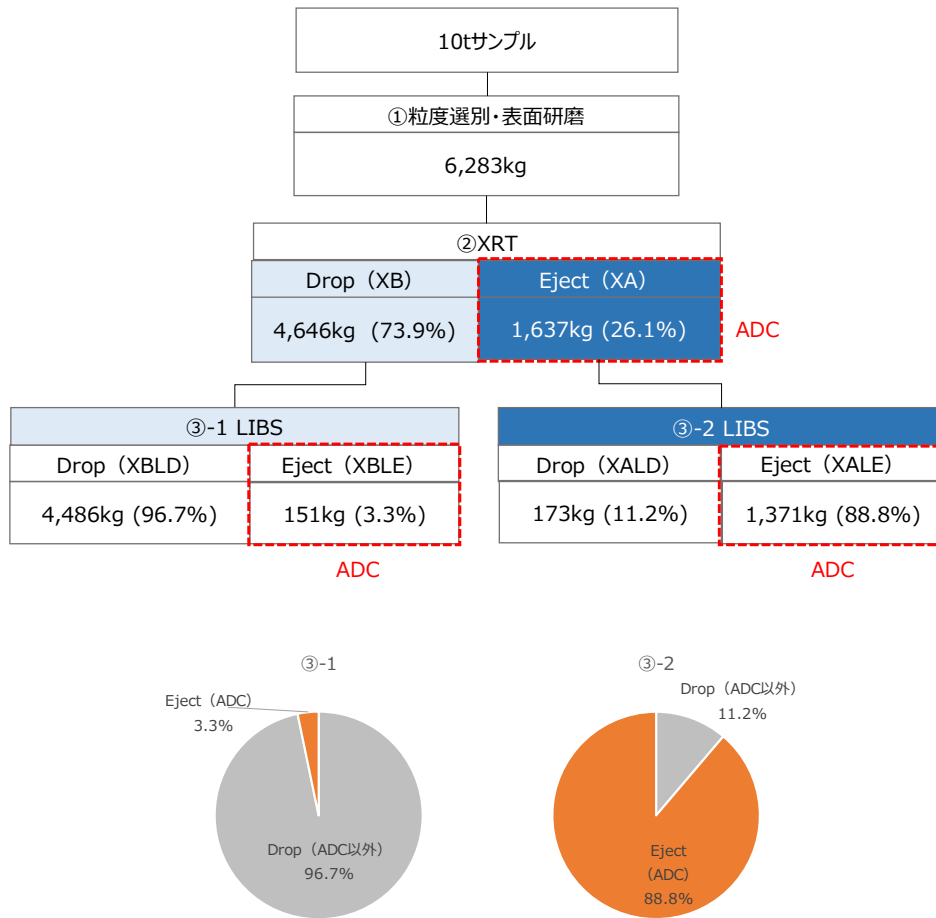


図 2-13. XRT 選別精度の検証結果

出所：アビヅ

Dropとして選別されたXALDに関してはほぼ展伸材であり、ACの小さなスクラップが多少確認できる程度であった。Dropの重量が10%ほどある原因としては、展伸材の7000系や2000系の厚みがあるアルミがXRTでキャストとして判定されEjectされてしまうことが考えられる。このうちLIBSでDropしたXALDはCuとZnの成分が高い結果となっている。これはCu含有率の高い2000系と、Zn含有率の高い7000系が回収された可能性が高いことを示している。

XRTにおいてADCとして選別した結果、全体の10%程度を7000系や2000系が占めることになると、ダイカストメーカーにとってはイレギュラーな成分が入ってしまうため、XRT由来のADC選別品は取り扱いにくくなってしまう。そのため、XRTで選別したADCについては再度選別する必要がある。ADCと7000系・2000系の違いとしてSiの含有率が挙げられる。そのため、XRT由来のADCを回収したのち、LIBSでSi値を設定しADCと7000系・2000系などに選別することによって、ADCとしての純度を高めることができると考えられる。

表 2-18. XRT 選別品の成分分析結果

(mass%)

サンプル	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
XALE	10.6	0.8	2.1	0.21	0.19	0.04	0.8	0.04
XALD	0.9	0.31	1.3	0.28	0.8	0.04	1.2	0.02
XBLE	9.7	0.7	1.5	0.18	0.21	0.03	0.6	0.04
XBLD	0.7	0.22	0.03	0.06	0.52	0.01	0.03	0.02

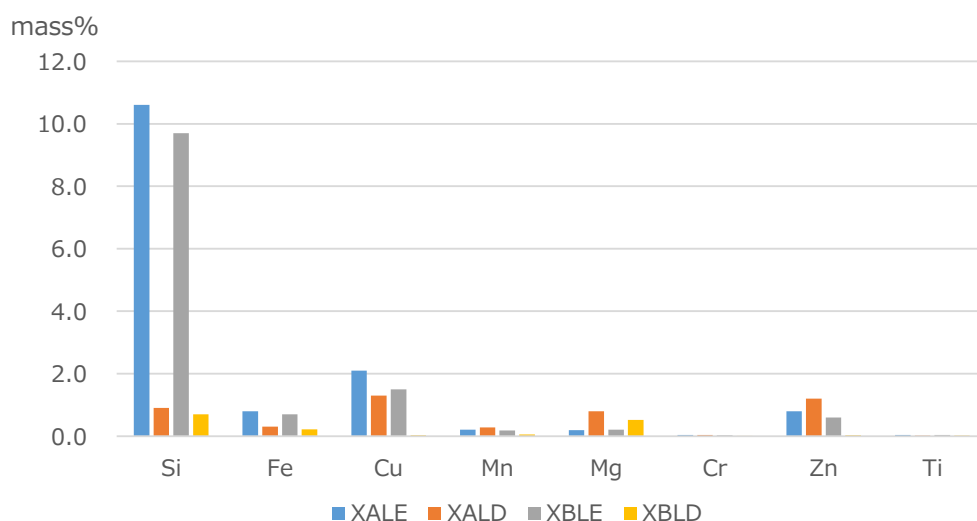


図 2-14. XRT 選別品の成分分析結果

出所：アビヅ

一方、図 2-13 の③-1 について、見た目からも AC 系が Eject されており、XRT の打ち漏らしであると判断できるもの (XBLE) があった。ただ、設備メーカーの TOMRA によると、同社製 XRT の選別精度は±5%程度であるため、想定通りの結果が得られた。なお、XBLE を溶解・成分分析を行ったところ、ADC12 の成分範囲に入っていることを確認した。

本検証において XRT を用いた ADC の回収については、再度 ADC を LIBS に通し ADC とそれ以外 (7000 系・2000 系など) に選別することでより純度の高い ADC を回収することができることが分かった。

一方で、これらの溶解時には検体すべてにおいて発煙・発火・においが確認された。におい値においては、XRT で ADC として選別したものが、ADC 以外 (展伸材) として選別したものよりも高い傾向であった。発煙においては、ADC 選別されたものが ADC 以外 (展伸材) として選別回収されたものより少量という結果になった。

## 2.2.2. CO<sub>2</sub> 排出比較

### (1) 前提条件

以下の条件のもと、本事業で実施している実証フロー（評価対象製品）と、通常の処理である一般フロー（ベースライン）における CO<sub>2</sub> 排出量を比較する。なお、機能単位はアルミ展伸材として機能が同等であることを想定している。

- 一般フロー（自社で合金選別→二次合金メーカー→展伸材用スクラップ溶解）と実証フロー（自社での展伸材用スクラップ選別）の削減効果は、1t あたりで比較するものとする。ただし、一般フローにおいて二次合金メーカーへのヒアリングが実施できなかったため、インベントリや条件は一般社団法人日本アルミニウム協会が公開している「展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書」に則り、また展伸材用スクラップ溶解 1kg あたりのインベントリの文献値<sup>1</sup>を使用した。一般フローにおける完成品は展伸材用スクラップ溶湯状態と塊状態の 2 つの状態が存在するが、いずれも実証フローの完成品と同一用途・同製品（展伸材用スクラップ）とみなす。
- 二次合金メーカーで展伸材用スクラップを製造した場合と、自社で高度化選別工程を導入して展伸材用スクラップを選別した場合を比較する。
- 容器包装や輸送資材などの包装材、事務部門などの間接部門、軍手などの汎用的な副資材は対象外とする。
- 実証フローにおいて、本来は重液選別工程分のカーボンフットプリントを含める必要があると考えられるが、本算定ではデータ収集が困難であったため算定に考慮されていない。
- 文献値は輸送に関する詳細な記載がなかったため、輸送距離に関しては「製品カテゴリールール（PCR）（認定 PCR 番号：PA-212300-AD-05）」のシナリオを使用した。

---

<sup>1</sup> [https://www.aluminum.or.jp/wp-content/themes/dp-colors/img/2-1-2\\_2024\\_2.pdf](https://www.aluminum.or.jp/wp-content/themes/dp-colors/img/2-1-2_2024_2.pdf)

## (2) フロー図

CO<sub>2</sub>排出量算出にあたり、原材料の調達や輸送、また流通以降のプロセスは同一と捉え、一部生産に関わるプロセスを対象とする。図 2-15 に一般フローおよび実証フローの調査範囲を示す。

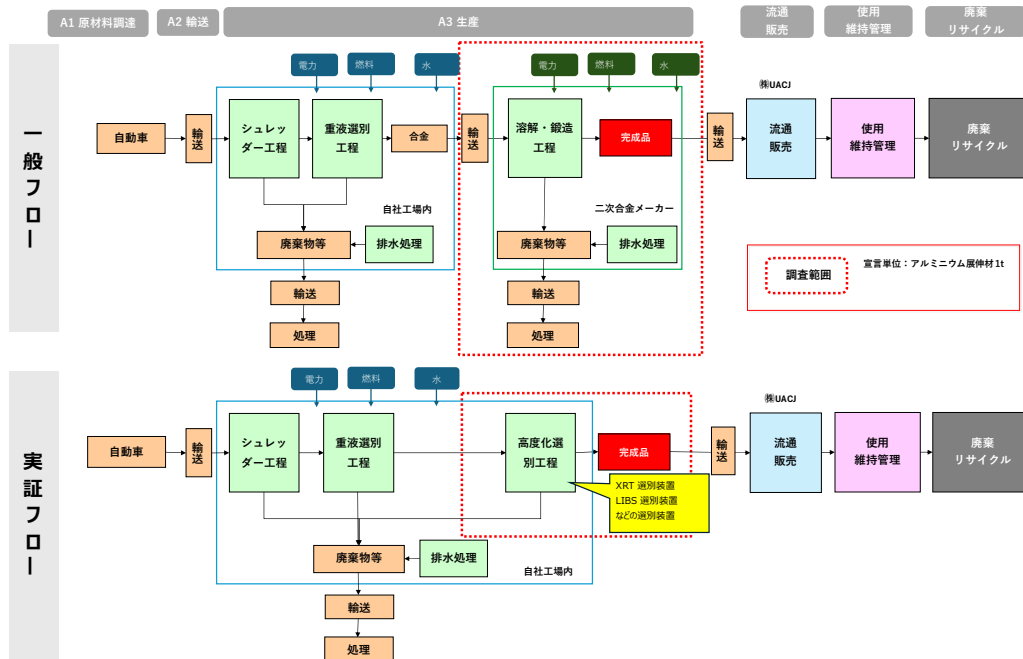


図 2-15. 一般フローおよび実証フローの調査範囲

出所：アビジ

### (3) CO<sub>2</sub> 排出量比較と削減見込み

表 2-19 に実証フローの算定シート、表 2-21 に一般フローの算定シートを示す。

表 2-20、図 2-16 に CO<sub>2</sub> 排出量比較の結果を示す。一般フローでは 320.2kg-CO<sub>2</sub>/t に対し、実証フローは 0.1kg-CO<sub>2</sub>/t となり、削減効果は 320.0kg-CO<sub>2</sub>/t と算定した。

表 2-19. 実証フローの算定シート

段階	活動量			排出原単位			GWP	排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	
	活動項目	活動量	単位	活動量根拠	排出原単位	単位			排出原単位根拠
生産段階	電力	0.27	kWh	アビツ提供データ	0.42	kg-CO <sub>2</sub> eq/kWh	全国平均係数	1	0.11
									<b>0.11</b>

出所：アビツ

表 2-20. 一般フローと実証フローの CO<sub>2</sub> 排出量比較

	原材料調達段階	原材料輸送	生産段階	合計	単位
一般フロー	8.2	81.2	230.8	<b>320.2</b>	kg-CO <sub>2</sub> /t
実証フロー			0.11	<b>0.1</b>	kg-CO <sub>2</sub> /t

<b>削減効果</b>	<b>320.0</b>	<b>kg-CO<sub>2</sub>/t</b>
-------------	--------------	----------------------------

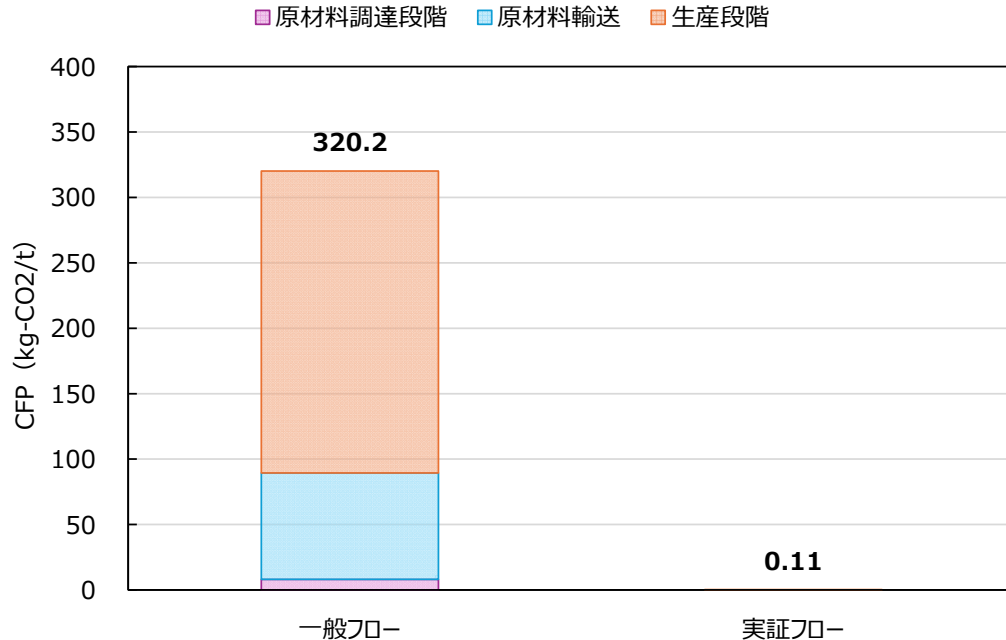


図 2-16. 一般フローと実証フローの CO<sub>2</sub> 排出量比較

出所：アビツ

表 2-21. 一般フローの算定シート

No.	段階	活動量			排出原単位		GWP	排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )		
		活動項目	活動量	単位	活動量根拠	排出原単位			排出原単位根拠	
(01)	原材料調達段階	輸入地金	0	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	0.00	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	スクラップは係数ゼロ	1	0.00
(02)	原材料調達段階	再生塊	9	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	0.29	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	1	2.57
(03)	原材料調達段階	購入屑	521	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	0.00	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	スクラップは係数ゼロ	1	0.00
(04)	原材料調達段階	回転屑	521	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	0.00	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	スクラップは係数ゼロ	1	0.00
(05)	原材料調達段階	マグネシウム	0	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	5.29	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	環境省DB [5] _非鉄金属素形材	1	0.00
(06)	原材料調達段階	マンガン	1	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	5.13	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	環境省DB [5] _フェロアロイ	1	5.64
(07)										8.21
(08)	原材料輸送	輸入地金	0	tkm	輸入地金のt数×500km (シナリオ)	0.15	kg-CO <sub>2</sub> eq/tkm	輸送トンキロ10t車	1	0
(09)	原材料輸送	再生塊	5	tkm	再生塊のt数×500km (シナリオ)	0.15	kg-CO <sub>2</sub> eq/tkm	輸送トンキロ10t車	1	1
(10)	原材料輸送	購入屑	261	tkm	購入屑のt数×500km (シナリオ)	0.15	kg-CO <sub>2</sub> eq/tkm	輸送トンキロ10t車	1	40
(11)	原材料輸送	回転屑	261	tkm	回転屑のt数×500km (シナリオ)	0.15	kg-CO <sub>2</sub> eq/tkm	輸送トンキロ10t車	1	40
(12)	原材料輸送	マグネシウム	0	tkm	マグネシウムのt数×500km (シナリオ)	0.15	kg-CO <sub>2</sub> eq/tkm	輸送トンキロ10t車	1	0
(13)	原材料輸送	マンガン	1	tkm	マンガンのt数×500km (シナリオ)	0.15	kg-CO <sub>2</sub> eq/tkm	輸送トンキロ10t車	1	0
(14)										81
(15)	生産段階	工業用水	2	m <sup>3</sup>	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	0.47	kg-CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>	環境省_上水道・工業用水道、下水道部門における温室効果ガス排出等の状況	1	0.85
(16)	生産段階	井水	0	m <sup>3</sup>	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	0.00	kg-CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup>	井水のため係数ゼロ	1	0.00
(17)	生産段階	電力	97	kWh	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	0.42	kg-CO <sub>2</sub> eq/kwh	電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用) - R5年度実績 - R7.3.18 環境省・経済産業省公表、R7.7.18、R7.7.28、R7.8.1一部追加・更	1	41.03
(18)	生産段階	都市ガス	25	Nm <sup>3</sup>	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	2.05	kg-CO <sub>2</sub> eq/Nm <sup>3</sup>	算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧	1	51.25
(19)	生産段階	A重油	3	ℓ	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	2.75	kg-CO <sub>2</sub> eq/ℓ	算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧	1	8.25
(20)	生産段階	B・C重油	13	ℓ	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	3.10	kg-CO <sub>2</sub> eq/ℓ	算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧	1	40.30
(21)	生産段階	灯油	0	ℓ	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	2.50	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧	1	0.00
(22)	生産段階	軽油	1	ℓ	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	2.62	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧	1	2.62
(23)	生産段階	LPG	0	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	2.99	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧	1	0.00
(24)	生産段階	LNG	31	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	2.79	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧	1	86.49
(25)	生産段階	アルミドross	52	kg	日本アルミ協会_展伸材用スクラップ溶解のインベントリ分析報告書	0.00	kg-CO <sub>2</sub> eq/kg	有価物で取引されるため対象外	1	0.00
(26)										231
(27)										320.1

出所：アピツ

本 CO<sub>2</sub> 排出比較は、一般フローではシュレッダー後のミックスアルミの輸送から二次合金メーカーでの再生塊製造まで、実証フローは XRT・LIBS を用いた高度選別工程で得られた合金種を対象に比較した。

ただ、XRT・LIBS で回収されたアルミスクラップは新地金からの代替が可能である。日本アルミニウム協会が公表している「わが国の輸入アルミニウム新地金の LCI データの概要<sup>2</sup>」によると、2019 年時点の輸入アルミ新地金 1kg のインベントリ分析結果は GHG13.0kg-CO<sub>2</sub>eq となっている。これを本事業で対象としている 1t あたりに換算すると 13,000kg-CO<sub>2</sub>eq/t となる。そのため、新地金から XRT・LIBS で選別した合金種別アルミスクラップに切り替えることで、大幅な CO<sub>2</sub> 排出削減効果が見込める。

---

<sup>2</sup> [https://www.aluminum.or.jp/wp-content/themes/dp-colors/img/en\\_202503lac\\_202601.pdf](https://www.aluminum.or.jp/wp-content/themes/dp-colors/img/en_202503lac_202601.pdf)

### 2.2.3. 採算性評価

XRT、LIBS 導入によるアルミの製造コスト試算を表 2-22 に、算出条件を表 2-23 に、参考コストを表 2-24 に示す。

表 2-22. アルミの製造コスト試算

1kgあたりのコスト	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
生産量 (200ton/月)	100円	65円	44円	37円	35円
生産量 (300ton/月)	68円	45円	31円	26円	24円
生産量 (400ton/月)	57円	39円	29円	25円	25円
生産量 (500ton/月)	46円	32円	24円	21円	28円
生産量 (600ton/月)	39円	27円	20円	18円	16円

出所：アビツ

表 2-23. アルミの製造コスト試算のための算出条件

前提条件	①減価償却費は、5年定率によるものである。(鉄スクラップ加工処理業務用設備)
	②選別装置の取得価格は、発注時期により変動する。 ※XRTは2024年5月・LIBSは2024年4月
	③設備の構成は当社基準となり、XRT・LIBSはオンライン上で各1台。
	④投入物はアルミ単体でスクラップ由来は問わず、生産量＝投入量とする。
	⑤XRT・LIBS共にプログラムパターン数により生産量等が変動する。
	⑥処理能力はXRTが4～6ton/h・LIBSが3～5ton/h程度で、アルミの粒度等により変動する。
	⑦コストは、設備代金（重機込み）＋工事費用＋電気料金＋人件費＋点検費用の合算である。

出所：アビツ

表 2-24. 参考コスト

参考コスト		
設備代 (工事費込み)	XRT	¥ 100,500,000
	LIBS、その他設備	¥ 415,500,000
	フォークリフト (台)	¥5,000,000
	計	¥521,000,000
その他	電気料金	¥ 3,500/ton
	人件費 (1名あたり)	¥ 500,000/月
	設備維持費	¥ 1,000,000～2,000,000/年

出所：アビツ

XRT・LIBSによる選別結果を図 2-17 に、XRT・LIBS 選別後の収益を表 2-25 に示す。図 2-17 の選別による割合はアビヅにて約 9 か月実際に選別した結果から算出している。表 2-25 に 4 種類の数値があるが、XRT・LIBS で選別した結果から製品として実際に付加価値がついた金額を意味する。

販売価格にもよるため一概には言えないが、イニシャルコストが高額であることから、損益分岐点は取り扱い量 400t/月規模の場合で、早くても立ち上げから 2 年目となる見通しである。ただし、アルミスクラップの仕入れが容易ではないことも考慮すると、現実的には 3 年目以降に収益の安定化が見込まれる。

いかに高付加価値品の回収量を拡大させ、売却価格にプレミアムを付けることができるかで採算性が良好な状態へつながる。それ以外にも生産性を高めることやコストを削減することも必要であるが、この新しい事業基盤を強めるにはアルミユーザーと我々リサイクラーのビジネスにおける良好な関係性の構築と相互の歩み寄りによるサーキュラーエコノミーおよびカーボンニュートラルの実現に向けた活動が重要である。

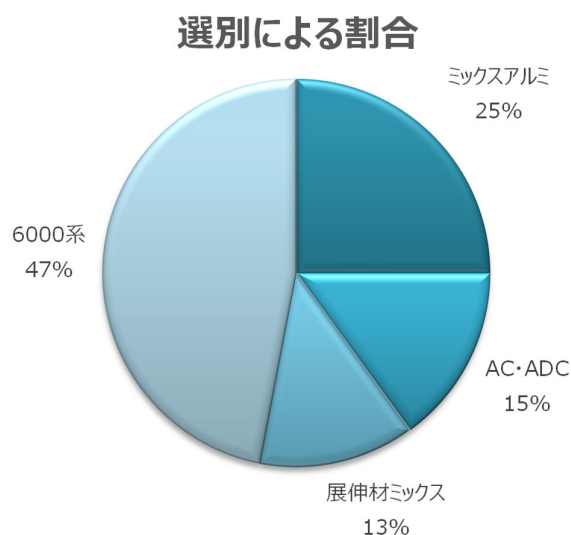


図 2-17. XRT・LIBS による選別結果  
出所：アビヅ

表 2-25. XRT・LIBS 選別後の収益

成果物	収益 (kg)
ミックスアルミ	10.0 円
AC・ADC	30.0 円
展伸材ミックス	50.0 円
6000系	80.0 円
4品目加重平均	40.9 円

出所：アビヅ

感度分析結果を表 2-26 に示す。単価および販売数量が最大の影響要因となる。単価が 1% 低下した際には利益は 408 万円減、販売数量 1% 低下で利益 366 万円減となる。減価償却費は中程度の影響となるほか、電気料金等の変動費の影響は低い。また、海外から設備を調達する場合は為替の影響も考慮する必要がある。

いかに高付加価値品の回収量を拡大させ、売却価格にプレミアムを付けることができるかで採算性が良好な状態へつながる。それ以外にも生産性を高めることやコストを削減することも必要であるが、この新しい事業基盤を強めるにはアルミユーザーと我々リサイクルのビジネスにおける良好な関係性の構築と相互の歩み寄りによるサーキュラーエコノミーおよびカーボンニュートラルの実現に向けた活動が重要である。

表 2-26. 感度分析結果

要素	変動幅	利益への影響	感度
単価	-20%~+20%	-8,176,000~+8,176,000円	高
販売数量	-30%~+30%	-10,968,000~+11,388,000円	高
減価償却費	-20%~+20%	-2,069,667~+2,069,667円	中
人件費	-20%~+20%	-400,000~+400,000円	低
電気料金	-20%~+20%	-112,000~+112,000円	低

出所：矢野経済研究所

## 2.2.4. 普及可能性調査

### (1) シュレッダー事業者ヒアリング結果

国内の自動車メーカーが求める展伸材 to 展伸材の水平リサイクルを実現するためには、アビツ個社単独での取り組みには限界があるため、他のシュレッダー事業者による参画も必要となる。自動車や産業廃棄物、一般廃棄物の破碎品から自社の選別フローを経て鉄・非鉄金属のリサイクルを行うシュレッダー事業者 15 社を対象に、現状のミックスメタルおよびミックスアルミの販売に関する状況のほか、XRT・LIBS 選別装置導入に対する所感を確認する普及可能性調査を実施した。

表 2-27 に本取り組みにおいてヒアリングした企業名を示す。

表 2-27. ヒアリングを実施したシュレッダー事業者 15 社

企業名	訪問先住所
株式会社鈴木商会	北海道札幌市
岡谷エコ・アソート株式会社	北海道苫小牧市
株式会社イーストコア	宮城県岩沼市
株式会社三豊工業	富山県滑川市
株式会社HARITA	富山県射水市
株式会社熊本商店	栃木県宇都宮市
リバー株式会社	栃木県大田原市
株式会社ツルオカ	茨城県結城市
東港金属株式会社	東京都品川区
巖本金属株式会社	滋賀県愛知郡
マキウラ鋼業株式会社	兵庫県姫路市
平林金属株式会社	岡山県岡山市
九州メタル産業株式会社	福岡県北九州市
株式会社新生	福岡県糟屋郡
拓南商事株式会社	沖縄県うるま市

出所：矢野経済研究所

通常、シュレッダープラントは、大型の廃棄物を粗破碎するプレシュレッダー、廃棄物をさらに細かく破碎するシュレッダー、特定の素材を回収する複数の選別工程で構成されている。シュレッダープラントで処理されたスクラップは磁力選別、風力選別、粒度選別、渦電流選別、センサー機、手選別などの選別工程を経て、異物の除去や特定の素材を回収しながら純度を高めていく。

磁力選別によりスクラップから鉄が回収され、非鉄金属として残るものがアルミ・銅・真鍮・亜鉛などを含むミックスメタルである。ミックスメタルは渦電流選別機等を通し、ミックスアルミを選別する。ミックスアルミは 5000 系や 6000 系などの展伸材由来や ADC のダイカスト由来などのさまざまなアルミが混在している状態となる。

シュレッダー事業者の選別プラント設備や販売方法に応じて、ミックスメタル・ミックスアルミは素材別に高度選別される。スクラップの比重差を利用して選別する重液選別や、色彩や形状を判別するセンサー、X線が搭載された選別機などで異物を除去し、銅、真鍮、ステンレス、亜鉛、Mg などの素材別に選別・回収する。シュレッダー事業者の多くは最終工程で手選別し、人の目で異物を除去することで純度の高い状態に仕上げている。

参考までに、アビツにおける選別フローを図 2-18、図 2-19 に示す。



図 2-18. アビツ選別フロー (1/2)

出所：アビツ

## アルミ選別ライン【Aluminum sorting line】



## アルミ高度選別ライン【Advanced sorting line】

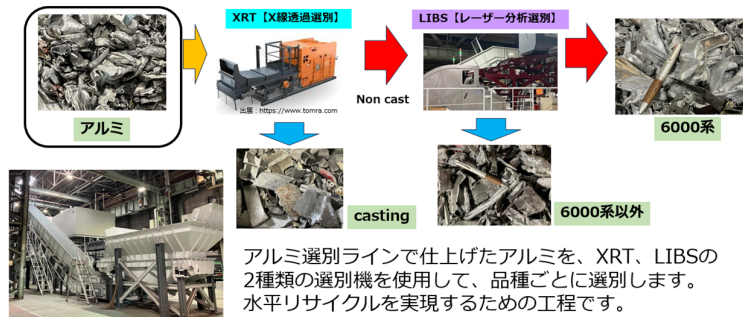


図 2-19. アビヅ選別フロー (2/2)

出所：アビヅ

シュレッダー事業者によってスクラップの販売形状は異なるが、すべてのシュレッダー事業者において製品の品質向上を目指し、選別装置のフロー見直しや配置の最適化、新規設備の導入、手選別人員配置の変更などに取り組んでいる。

シュレッダー事業者のなかには顧客からの要望に基づき、大半がアルミで構成されているものの銅系スクラップの含有も多い Zorba (ゾルバ) で販売している企業もあるが、ゾルバよりも純度の高いミックスアルミ (Twitch) を対象に、さらに付加価値向上につながるような工程を実施している事業者も少なくない。重液選別等を活用して Mg や亜鉛等を除去し、アルミの純度向上に取り組んでいるシュレッダー事業者が複数存在する。

また、さらなる品質向上を目指して、XRT 導入を検討しているシュレッダー事業者も数社存在する。あるシュレッダー事業者では XRT を使用して鉄製のビス付きアルミやダイカストを回収したり、Mg や亜鉛、丹入などの特定部材を選別、異物を除去したりすることで付加価値向上と品質向上を図り、二次合金メーカーへの売却価格上昇や新規販売先の開拓につなげることができると捉えている。

XRT・LIBS を活用した合金種別選別技術の導入によるアルミの水平リサイクル実現を目指した本事業は、多くのシュレッダー事業者から有効かつ効果的との評価であった。シュ

レッダー破砕品には多種多様な母材が混在していることが多く、選別できないアルミ合金も存在することから、現状アルミリサイクルはダウングレードで展開している。そのため、**XRT・LIBS** を活用したアルミの選別方法が確立されればダウングレードではなく、水平リサイクルが実現できると期待する声は多い。

ただ、今回のヒアリングでは **LIBS** 設備の導入に対しては難しいという見解がほとんどであった。導入における課題点として、アルミ母材の調達量の確保、**XRT・LIBS** のインシヤルコストおよびランニングコストを踏まえた経済合理性の確立、リサイクルアルミに対するアルミユーザーの需要創出などに対するシュレッダー事業者各社からの指摘があった。

ほとんどのシュレッダー事業者は母材量の安定調達を課題視している。現状、ミックスメタルおよびアルミスクラップの回収量が減少傾向にあるシュレッダー事業者が多く、**XRT・LIBS** の処理能力を満たせない可能性を懸念している。

**LIBS** 導入には、機械の購入費や輸送費、海外製の場合には為替、工場の設備工事、運用費、メンテナンス等のランニング費用が発生するため、多くのシュレッダー事業者はこのような大規模な設備投資はハードルが高いとし慎重な姿勢を取っている。

また、設備投資に対し母材の調達量が限られる可能性があるため、設備投資の回収に必要な期間の見通しが立てづらいとするシュレッダー事業者もいる。リサイクルアルミの買取価格が上昇すれば **LIBS** の導入を検討するという声もあったが、買取価格がシュレッダー事業者の希望通りとなるわけではない可能性を踏まえると、経済合理性の確立が課題となる。

現時点でシュレッダー事業者のほとんどがアルミを合金種別に選別する高度選別を実施しておらず、さまざまな素材が混在したミックスメタルまたはミックスアルミの状態で二次合金メーカーや選別業者に販売している。販売先からは現在の品質で十分と評価を得ているシュレッダー事業者が多い。販売先によっては銅などの非鉄が混ざった状態のミックスアルミが要望されることもあるため、現段階では新たな設備投資を行う必要はないとするシュレッダー事業者も存在する。

アルミユーザーである自動車メーカーは品質、調達量、コストを重視することから、どこまでリサイクルアルミの需要があるのか不明であるという指摘もある。水平リサイクルにおける選別技術を高めることと合わせて、需要側のニーズの見極めが重要であるという声強い。

一方で、**XRT・LIBS** を導入した場合は、これまでできなかった合金種ごとの回収が可能となるため、付加価値向上や品質向上、販路拡大が期待できると考えているシュレッダー事業者もいる。このうち、ある一社では **XRT・LIBS** のセットでの活用により選別精度を高めることで、新たな販売先の間口を広げるために有効であると考えている。

問題となる回収量の確保に向けて、**XRT・LIBS** を持つ事業者を集積拠点とし、周辺地域からミックスメタルやミックスアルミを回収するスキーム作りも有効であるという指摘もある。通常はビジネスで競合する関係にあっても、同社ではアルミの高度選別および水平リ

サイクルの実現に向けて、シュレッダー業界自体が協力すべきところは互いに協力するという考え方に変わる必要があるとの見方をしている。

CO2 排出量削減や資源循環、環境配慮型のリサイクル材の活用など、サステナビリティに対するニーズや取り組みが増えているが、リサイクルアルミの導入と普及には企業単体や業界の取り組みだけでなく、国からの多面的な支援が必要であるという指摘が多かった。

XRT・LIBS が高額であるため補助金による導入支援を求める声もある一方、補助金は業界の商習慣に合致していないため税制優遇を期待するシュレッダー事業者もいる。現行の補助金は導入費用の 1/2 ないし 1/3 をカバーする役割を果たしているものが多いが、申請・報告義務や発注・支払いのタイミングが単年度内処理となるため実務と合致しにくい。税制優遇であれば、発注や支払い、検収が年度をまたいで問題ないため、中長期な設備投資に適している。

その他、リサイクルに関する規定や義務付けなど制度を整え、シュレッダー事業者だけでなく業界を横断した枠組みへの整備を行うことで、リサイクルアルミの需要拡大につなげていくべきという意見もあった。

アルミリサイクル体制構築の支援を求める一方、違法ヤードの規制強化や海外への資源流出の抑制を同時に進めていくべきとするシュレッダー事業者も多い。中には設備導入時の税制優遇と違法ヤードの規制強化を両輪で進めていくことで、国内における健全なリサイクル体制の強化の実現につながるとするシュレッダー事業者も存在する。

## (2)自動車メーカーヒアリング結果

PCR 由来スクラップを用いた展伸材 to 展伸材のリサイクルは飲料用アルミ缶やサッシ等では実施されているが、自動車分野での採用事例はほとんどない。ELV から回収されたリサイクルアルミは、ミックスアルミとしてダイカストでの利用が中心となっている。しかし、欧州 ELV 規制施行後 1 年以内に、アルミの PCR 材の導入可能性についてフィジビリティスタディが実施される予定となっているため、将来的に欧州で販売される新車で使用するアルミについてはある一定量の PCR 由来アルミの使用が義務化される可能性がある。本事業において、自動車部品としての活用が可能な展伸材 to 展伸材の水平リサイクル実現を目指すうえで、アルミの最終ユーザーである自動車メーカーを対象に、現状の新地金を原料とするアルミやリサイクルアルミに関する採用状況のほか、XRT・LIBS 由来のリサイクルアルミ採用の可能性や課題等をヒアリングした。

図 2-20 にセグメントを基にしたアルミパネル採用車種数を示す。セグメントにはさまざまな分類方法があるが、ここでは車両全長で分類した。なお、同じ車種でもモデルや仕様によって採用が異なる可能性があるため、当該グラフは参考程度に留めていただきたい。

現在、国内車種における展伸材は、軽量化を目的として、主に大きめのコンパクトカーや小型セダンなどで構成されるセグメント C (4200~4500mm)、ワゴン等のセグメント D (4500~4800mm)、中型セダン等のセグメント E (4800~5000mm) において採用されている。軽自動車では製造や調達コストの観点から車体パネルへの採用はほとんどなく、展伸材の使用は今後もセグメント C 以上の車種が中心となると見られる。

展伸材を使用したアルミ部品としては、フード、フェンダー、バックドア含むドア、ルーフ、トランクなどで使用されている。最近では EV のバッテリーケースでアルミ部品の採用を検討する傾向にある。

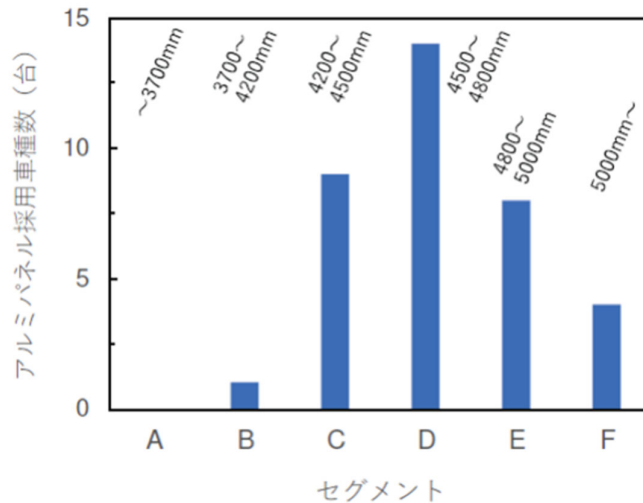


図 2-20. セグメントを基にしたアルミパネル採用車種数

出所：UACJ

現状のリサイクルアルミの活用領域としては、鋳物・ダイカスト部品が中心となっている。鋳物・ダイカスト部品であるエンジブロック、エンジクレードル（サブフレーム）、トランスミッション、足回り部品、ストラットマウント、エンジンマウント等にリサイクルアルミが使用されている。自動車メーカーや使用部品によって含有量は異なるが、鋳物・ダイカスト部品に使用しているリサイクルアルミは同部品全体の 80～100%を占める。リサイクルアルミは鋳物およびダイカスト用途において比較的取り扱いやすいため、PIR 材並びに PCR 材由来のリサイクルアルミが使用されている。軽量化や一部原価低減、社会的ニーズへの適合を目的として今後もリサイクルアルミの使用を継続、および拡大していく方向である。

一方で、展伸材においてはリサイクルアルミの採用は決して多くない。展伸材に求められる材料特性として伸びがあるが、特に（不純物元素の多い）PCR スクラップの使用により材料の延性が下がるのではないかとする自動車メーカーの懸念がある。その点、PIR スクラップについては化学成分が安定していることから、PCR スクラップの使用よりも格段にハードルが低い。国内外において、自動車メーカーの工場で発生するプレス端材（PIR）をアルミメーカーが引き取り、再びアルミコイルとして製造・出荷する、いわゆる「クローズドループ・リサイクル」の取り組みが進んできている。リサイクルアルミの活用に前向きな自動車メーカーは多く、まずは PIR 材由来のリサイクルアルミを活用したのちに、PCR 材の採用検討に着手したいとする自動車メーカーも存在している。

現在、欧州 ELV 規制について協議が進んでいるが、将来的に ELV 規制の対象としてリサイクルアルミの使用が義務化される可能性が高いため、法規制開始後を見据え、各社において検討や準備を進めている自動車メーカーは多い。PCR 由来のアルミリサイクル採用に向けて取り組んでいる企業や、新地金由来のアルミからグリーンアルミに切り替えた後にリサイクルアルミに移行していくような段階的な対応を進めている企業、初動はクローズドループを導入し PIR 材から採用する自動車メーカーなど、個社ごとにさまざまな検討や計画が進行している。

トヨタでは、「トヨタ環境チャレンジ 2050」を掲げており、2030 年のマイルストーンに向けて、同年以降に販売される新型車平均において重量の 3 割以上に鉄・アルミ・プラスチック樹脂などを含む再生材を使用する方針を示している。アルミの再生材活用においては、2020 年に発売された MIRAI のフードインナに自動車用ボデープレス部品として初めてリサイクルアルミを採用している。これは、アルミメーカー内で発生する各種アルミ合金端材を最大 50%使用することで新地金を削減し、従来アルミ材比較で素材製造時の CO2 排出量を約 50%削減したものである。また、グリーンエネルギー源（水力発電等）を利用して製造されたグリーン地金の 100%採用を計画するなど、車両に使用される素材の環境負荷低減も志向している。

日産の 2024 年 5 月の発表によると、2050 年までのサーキュラーエコノミーの実現に向け、日産では 2030 年までに車両重量の約 10%を占めるアルミ部品の全量を低 CO2 アルミニウムに置き換えることを目指している。2030 年の目標は国内だけでなく国外も対象として CO2 排出量削減を推進する。これに伴い 2027 年度以降に生産を開始する新型全車で低

CO2 アルミニウムを適用し、現行車は 2024 年度から日本、米国、欧州において低 CO2 アルミニウムのホイール、サスペンション部品、アクスル部品、ハーネスなどの調達を開始している。品質の影響が生じないように、まずはアルミ部品をアルミ地金製造時の CO2 排出量を約 50%削減可能な非化石由来の電力で製錬するグリーンアルミに置き替えたのち、同排出量を約 95%削減できるリサイクルアルミに切り換えていく方針である。

同様に、ホンダにおいても同社の環境負荷ゼロ社会の実現に向けたコンセプト「Triple Action to ZERO（カーボンニュートラル・クリーンエネルギー・リソースサーキュレーション）」を基に、CO2 排出量を下げただけでなく、資源循環も着実に進めていく方針である。

環境負荷低減に資するリサイクル材活用の必要性や重要性が認識されている一方で、消費者負担の増大や導入効果とのバランスを踏まえ、慎重に検討する企業も見られる。しかしながら、材料価格の上昇に伴うコスト増加が生じた場合であっても、自動車の軽量化に伴う燃費向上等の形で消費者に明確なメリットとして還元できるのであれば、企業としてリサイクルアルミの採用を検討する余地があるとの意見もあった。また、CO2 をはじめとした温室効果ガス排出の指標である Scope1・2 の削減が最終的に消費者にとってのメリットになるかどうかを見極めたいという声もある。

自動車分野におけるリサイクルアルミの採用にあたっては、安定的に調達できる量の確保、従来と遜色のない品質の保持、コスト低減の 3 点が評価条件として挙げられる。

鉄などの主要構成材料と比較して、自動車に使用されるアルミの使用量はもともと少ない。加えて、中古車の海外流出が増加傾向にある。そのため、自動車メーカーの多くはリサイクルアルミの供給側が ELV 由来のアルミを安定的に回収および供給できるかを懸念している。

すべての自動車メーカーにおいて、品質安定性はリサイクルアルミ採用において必須条件として位置づけている。リサイクルアルミは強度や耐食性、塗膜密着性などの各種特性を満たす必要があり、部品採用においてアルミの成分は最初に確認すべき重要な点である。ただ、部品によって強度や耐食性など求められる特性が異なるため、部品ごとにアルミの成分と必要特性を評価していくことになると考えられる。

リサイクルアルミの成分に関しては個社ごとに考え方が異なる。リサイクルアルミの成分が自動車メーカー各社の求める自社規格値に収まることが前提となるが、リサイクル材である以上、ある程度のばらつきが生じる。そのため、自動車メーカーからはリサイクルアルミの採用にあたって、従来の新地金を用いたアルミ部品とは異なる成分値に許容範囲を広げながら採用を検討する必要があるという意見が少なくなかった。

一方で、リサイクルアルミの成分が自社の規格値内に収まるのであれば、リサイクル材を 50~60%でも 100%でも入れることは可能という見解の自動車メーカーもいる。その場合、コストや品質のバランスを見てリサイクル材の含有量を決定することになっている。

コストに関して、欧州 ELV 規制などの法規制がない場合、リサイクルアルミ採用によるコストアップに対して難色を示す自動車メーカーが多い。現行のコスト構造や制約を踏まえると、可能な範囲でコストを抑えることが優先との見解である。しかし、通常アルミ部

品と同等の成分品質であることを前提に、消費者に燃費向上などの形でメリットが還元できる場合には、コストアップを許容してリサイクルアルミを選択する可能性はあるという見解もあった。

その他、現在は自動車メーカーの新たな採用基準として、サーキュラーエコノミーに対応した素材であることも加味すべきという意見もあった。

本事業における XRT・LIBS 由来のリサイクルアルミに対して、今後リサイクルアルミの活用を想定している自動車メーカーからは必要な実証で価値のある取り組みであるほか、水平リサイクルを実現するために有効な手段であるという意見が大半であった。実際の採用においては量、品質、コストの課題がある一方で、溶解試験の結果から成分値が JIS 規格値に収まっていることはリサイクルアルミが実用化可能レベルに近づいているという評価もあった。

リサイクルアルミを採用する場合、新地金を原料とした現行のアルミ規格値にリサイクル材を適用するだけではリサイクル率の向上に限界がある。そのため、リサイクルアルミの物性に適合する新たな材料仕様へと規格値を再設計・再定義する必要があるという自動車メーカーからの見解が少なくなかった。また、リサイクル率の向上を達成するためには介在物が一定量含まれることを前提として、自動車メーカーとアルミ部品メーカーが使いこなしていく必要があるという見解もあったほか、自動車メーカー各社の要求項目を統一したリサイクルグレードの検討も必要であるという意見もあった。

一方で、リサイクル材は強度が下がるため規格値を広げて設計で強度などの特性を補うということはリサイクルアルミ実用化に向けた一つの方法であるが、難しさを示す自動車メーカーもいる。設計の観点においてリサイクルアルミに適用する設計をすると、アルミでなくとも鉄などの競合素材で強度などの特性を達成できるため、軽量化を実現できるアルミ部品を採用するためのモチベーションにはなりにくいという見方もあった。

自動車メーカーとアルミ部品メーカーがリサイクルアルミに最適な材料仕様の規格を検討・設計することと同時に、XRT・LIBS を保有する事業者周辺の協力会社から ELV 由来を含むアルミスクラップの安定調達体制を整えることで、自動車メーカーの要望する量・品質・コストに加え、サーキュラーエコノミー対応という採用条件をクリアすることが可能になると考えられる。

### 2.3. 実施結果を踏まえた考察

展伸材 to 展伸材によるリサイクルアルミが自動車部品として使用可能か溶解評価して検証した結果、量産を見据えた 200kg の溶解試験において JIS 規格値内に収まる成分分析結果が得られた。これにより、これまで課題であった「XRT・LIBS によるアルミ回収量の最大化および各種アルミ価値の最大化の両立」のうち、「各種アルミ価値の最大化」については JIS 規格値内に収めることができたため課題を解決することができた。一方で、「アルミ回収量の最大化」については「2.2.1(3)XRT を用いたアルミ選別精度の検証」で述べたように、事業化当初よりも回収量を拡大することはできているが、「その他展伸材」に含まれる量が多いため、「その他展伸材」の有効活用は課題として残る。

また、シュレッダー事業者へのヒアリングを通じて、アルミの水平リサイクルに対する理解は得られたが、アルミ母材の調達量の確保、XRT・LIBS のイニシャルコストおよびランニングコストを踏まえた経済合理性の確立、リサイクルアルミに対するアルミユーザーの需要創出などに対する懸念の声が聞かれた。

このうち、「リサイクルアルミに対するアルミユーザーの需要創出」については、最終ユーザーである自動車メーカーにヒアリングしたところ、欧州 ELV 規制施行後にアルミが規制対象になることを想定している企業が多いほか、サーキュラーエコノミーおよびカーボンニュートラルの観点からもリサイクルアルミの活用に前向きな自動車メーカーが多かった。そのため、将来的に合金種別リサイクルアルミに対する需要が立ち上がる可能性があり、本事業の有効性が高いことを知り得ることができた。

XRT・LIBS の導入には高いイニシャルコストおよびランニングコストが伴うが、まずは XRT を導入しアルミリサイクルの高度化を図りたいとするシュレッダー事業者が数社存在していることがヒアリングを通じて分かった。そのため、リサイクルアルミに対する需要が拡大すれば LIBS の導入まで取り組む企業が増えることが予想されるため、他の事業者への横展開に伴う事業の発展性が見込めるほか、アルミのカスケードリサイクルから水平リサイクルへの移行が進むことで事業の実現性・継続性についても有効であると考えられる。

本事業は、展伸材 to 展伸材によるアルミの水平リサイクルの実現を目指している。アルミスクラップを高度選別するアビツ、リサイクルアルミの評価を行うとともに自動車メーカーをはじめとする多くの最終ユーザーとのkontaktpointを持つ UACJ が参画することで、本事業終了後の量産への移行を見据えた事業体制で実施している。そのため、量産時に必須となる品質確認などを対象に必要最低限の実施内容で本事業を進めることができ、効率的な事業運営を行うことができた。

## 2.4. 現状の課題および解決方法

### 2.4.1. 現状の課題

#### (1) アルミリサイクルの利用環境の改善

##### ① 「その他展伸材」の有効活用

先述したように、これまで課題であった「XRT・LIBSによるアルミ回収量の最大化および各種アルミ価値の最大化の両立」のうち、「各種アルミ価値の最大化」については投入物の如何を問わずサンプルの結果に偏りが生じることなく、JIS規格値内に収めることができたため課題を解決することができた。一方で、「アルミ回収量の最大化」については事業化当初よりも5000系や6000系の回収量を拡大することはできているが、「その他展伸材」に含まれる量が多いため、「その他展伸材」の有効活用は課題として残る。

##### ② 自動車メーカーの求める数量の確保

アルミがELV規制の対象になると、自動車メーカーからリサイクルアルミを求められる動きが加速することが見込まれる。ただ、現状のELVでのアルミ使用量は少ないため、ELVから回収できるアルミスクラップ量に限りがあり、将来的に自動車メーカーが求める数量の確保が難しくなる可能性がある。

##### ③ 他のシュレッダー事業者への普及

本事業は他のシュレッダー事業者のXRT・LIBS設備導入による国内自動車向けアルミリサイクル体制の基礎作りを最終的なあるべき姿に据えている。ただ、XRT・LIBSの導入・稼働においてコストが高いため、他のシュレッダー事業者への導入が広がらないおそれがある。

#### (2) 環境対策の導入

展伸材の合金種選別によって回収されたスクラップを、リサイクル原料として展伸材メーカーであるUACJが直接活用することは現段階において課題が残る。

本実証においてXRT・LIBS選別装置を用いて合金種ごとに回収されたスクラップは成分だけを考慮すれば一定程度の配合は可能と判断されたことについては、展伸材 to 展伸材のリサイクルが行われていない現状からすれば大いなる成果と受けとめるべきである。し

かしながら、実際のアルミ溶解現場では発煙、発塵、発火、においの発生などの作業環境面の悪化や合金成分のバラつき等の懸念から二次合金での再生塊製造プロセスを経て UACJ で展伸材原料としての活用が見込まれる。

## 2.4.2. 課題の解決方法

### (1) アルミリサイクルの利用環境の改善

#### ① 「その他展伸材」の有効活用

本事業において XRT で異物付きアルミ、異物付着のないアルミに大別し、異物付着のないアルミを LIBS に投入して 6000 系や 5000 系などに選別することができたが、それ以外の「その他展伸材」に分類されたスクラップには、LIBS で設定した選別プログラムの基準値を越えた 6000 系や 5000 系も含まれている。アビズではユーザーの要望を踏まえて LIBS の選別プログラムを設定しているが、ユーザーの許容範囲が広がれば回収量の拡大につながる。

リサイクルアルミの使用を見据え、自動車メーカーのなかには自社の求める成分の規格値内に収めてほしいという声もあるが、リサイクルアルミの採用にあたって、従来の新地金を用いたアルミ部品とは異なる成分値に許容範囲を広げながら採用を検討する必要があるという意見も少なくなかった。また、リサイクル率の向上を達成するためには介在物が一定量含まれることを前提として、自動車メーカーとアルミ部品メーカーが使いこなしていく必要があるという見解もあったほか、自動車メーカー各社の要求項目を統一したリサイクルグレードの検討も必要であるという意見もあった。

このようなリサイクルアルミに合わせたユーザー側の許容範囲の拡大が実現すれば、アルミスクラップの有効活用につながると思う。

#### ② 自動車メーカーの求める数量の確保

ELV 由来アルミスクラップの回収量には限りがあるが、建材等の自動車以外のスクラップからは ELV 由来以上に使用済みアルミの排出量がある。本実証事業においても全体の 7 割において ELV 由来以外のその他から回収物を活用したほか、実際のビジネスにおいても市中一般のスクラップ業者が集めたがらくず（板物のくず）を集荷している。リサイクルアルミは自動車から自動車に戻すフローに加え、自動車以外からの **Something to Car** のリサイクルであれば自動車分野からの数量の要望に応えられる可能性が高まる。

### ③ 他のシュレッダー事業者への普及

これまで述べてきたように XRT・LIBS に関するイニシャルコストおよびランニングコストの高さから投資に踏み切れないシュレッダー事業者が多いことが予想される。そのため、まずはアビツが他のシュレッダー事業者からミックスアルミを購入し、XRT・LIBS を活用した水平リサイクルを推進し実績を積み上げたうえで、他の大手シュレッダー事業者の参画を促していく。

## (2) 環境対策の導入

アルミスクラップの表面に付着した塗料、油分、汚れ等を除去し溶解時の発煙、発塵、発火、においを低減するために表面研磨用機器としてタンブリンを 2025 年 11 月に導入した。

発煙、発塵、発火についてはアルミスクラップに塗布されていた塗料が燃えることによるもの、においについてはスクラップの回収、選別工程で付着した油分が原因と推察される。

本実証ではシュレッダーによる破碎、重液選別による洗浄を経てタンブリンでの表面研磨によって LIBS の回収率向上という結果（4 回目試験）とともににおいの測定値が低減された。また、発煙、発塵については全溶解試験工程で確認された。

発火については 3 回目溶解試験結果に基づき建材や自動車の一部部品等の塗装されていない材料であれば比較的抑えられる傾向が見られた。

においについては 2024 年度の溶解試験であったように手解体での回収においては合金種ごとに 400～700 程度と測定できるレベルであったが、シュレッダー破碎工程を経ると測定限界を超えて測定不能となった。

ここでタンブリン後のスクラップと比較したところ、タンブリン後はにおい値が 800～900 と測定可能レベルまで低減されたことからタンブリンの有効性が証明された。

しかしながらアルミ新地金溶解時のにおい値は 97 であるため、スクラップ溶解時のにおいが強いことは変わらないことから、引き続き洗浄等の工程を検討していく必要がある。

今後展伸材 to 展伸材リサイクルを進めていくにあたり、当面は二次合金での再生塊プロセスが必要ではあるが、温室効果ガスの削減というテーマがある以上、将来的には必ず展伸材メーカーがスクラップを直接使用するダイレクトリサイクルのプロセスが訪れることが予測される。

ダイレクトリサイクルプロセスでは展伸材メーカーが溶解時の作業環境を守るために大型集塵機、スクラバー等を備えた環境対策を施す必要がある。

ひいてはリサイクル材配合率を上げるために展伸材スクラップを調達しなければコスト競争力を保てない可能性もあり、環境対策の整備はスクラップ調達力に直結する課題となりうる。

### 3. 事業化の計画

#### 3.1. 想定する事業

現行のアルミリサイクルは Can to Can、サッシ to サッシを除けば、ほとんどが二次合金メーカーによる二次合金製造工程を経ているため、その分のエネルギーが必要となる。XRT・LIBS 選別装置の活用により合金種ごとにアルミを回収することができるようになるため、再生塊の溶解時に必要なエネルギーが不要となり、CO2 排出量を抑制することができる。

アビヅでは ELV 解体に加え、家電等のシュレッダー事業を手掛けているため、展伸材 to 展伸材のリサイクルを幅広く実施できる体制にある。XRT・LIBS 選別装置の事業化の際は、自動車由来アルミ約 30～40%：自動車以外由来アルミ約 60～70%を投入し、2,000t/月のアルミ選別体制の構築を目指している。選別したアルミはアルミメーカーの判断とはなるが、自動車向けに 100%使用することも可能となる。アルミ市況や為替にもよるため一概には言えないが、アビヅで試算したところ、同規模の処理体制であればアルミ合金種の粗利益として 5,000 万円以上/月が見込めるため、他のシュレッダー事業者にとっても興味深い実証内容になるほか、他のシュレッダー事業者への横展開につなげていくことを主眼に置いて取り組む。

## 4. 事業の評価

### 4.1. 採算性の評価

アビツでは XRT・LIBS 選別装置の事業化の際は、自動車由来アルミ約 30～40%：自動車以外由来アルミ約 60～70%を投入し、2,000t/月のアルミ選別体制の構築を目指している。

2,000t/月に必要な設備投資額を表 4-1 に示す。事前選別工程、XRT・LIBS プラント、スクラップの洗浄・研磨工程等で総額は 24 億円である。5 年間の定額償却で計算すると 4,000 万円/月となる。

アビツが XRT・LIBS 導入に先駆け、2023 年 11 月に自社で LIBS 選別試験を実施した結果から、仮に 2,000t/月のアルミスクラップ体制が構築できれば、展伸材 754t/月、ADC384t/月、上記以外のアルミスクラップ 801t/月が回収可能見込みである（図 4-1）。

表 4-1.2,000t/月に必要な設備投資額

導入設備	費用
事前選別工程 10t/h の容量の 重液選別装置または乾式選別装置	10 億円
XRT・LIBS プラント 2 基体制	8 億円
スクラップの洗浄・研磨装置	1 億円
その他スクラップ選別工場としての 一般的なユーティリティおよび建屋	5 億円
合計	24 億円



図 4-1. XRT・LIBS 選別フローによって得られる展伸材および ADC

図 4-1 の結果と、2024 年 3 月のスクラップの販売単価をかけ合わせにより算出した、アルミスクラップ売上高を表 4-2 に示す。

展伸材と ADC の場合は付加価値が高い商品として通常よりも t あたり 5 万円上乗せで販売されると見込んでいる。2023 年末時点におけるヨーロッパの現地企業からのヒアリングによれば 6063 の場合 t あたり 7 万 5 千円、500 ドルのプレミアムが上乗せされているともされている。

少なくとも月あたりの減価償却費 4,000 万円以上の利益の確保は可能であると考えているため、設備投資を行っても十分に採算性があると考ええる。そのため、他のシュレッダー事業者の参画を増やすことで、国内アルミリサイクル体制の高度化へつなげることが可能となる。

表 4-2.アルミスクラップ売上高

販売品目	数量 (t/月)	単価 (千円/t)	売上高 (千円/月)
アルミ展伸材スクラップ	745	300	223,500
ADC スクラップ	384	300	115,200
マグネシウム	70	70	4,900
上記以外のアルミスクラップ	801	250	200,250
合計			543,850

## 4.2. 有効性の評価

XRT や LIBS 選別装置は 2017～2018 年頃から欧州を中心に普及し始めているが、装置導入のインシヤルコストが高いため、これまではそれほど広がっていなかった。しかし、モデルチェンジのたびに各種選別装置の回収精度が向上しているうえ、サーキュラーエコノミーの実現が社会的に強く求められるようになったことで、これらの設備需要が高まりつつある。実際に、欧州自動車メーカーのなかで CO2 排出量の少ないグリーンアルミの調達に注力している企業もあるため、欧州での水平リサイクル用アルミ取引価格が高まっている。装置導入に伴うインシヤルコストは高いものの、今後もグリーンアルミに対するニーズは強くなる傾向にあるとみられるため、アルミ合金種別の回収・選別需要が高まることが予想される。

本実証事業には選別したアルミ合金種を評価する UACJ が共同事業者として参画する。UACJ は展伸材メーカーとして自動車向けはもちろんのこと、他用途で求められる展伸材の仕様を把握しているため、本事業で回収選別するアルミ合金種の需要家という立ち位置となる。そのため、展伸材 to 展伸材の水平リサイクルを拡大するためには、需要家である UACJ は必要不可欠な存在となる。アルミ回収・選別を担うアビヅ、アルミ需要家の UACJ の協力により、本事業終了後を見据えた事業体制を整え、展伸材 to 展伸材の水平リサイクルをビジネスベースで取り組んでいく。

アビヅでは 2023 年 11 月に欧州の装置メーカーでアルミ合金種の選別試験を行っており、当初想定した合金種の回収結果を得ることが出来ている。そのため、J-FAR 設備補助による XRT、自社負担による LIBS 選別装置を導入しても、大きな問題なくアルミ合金種を想定通りに回収することができている。

本事業を通じて、展伸材 to 展伸材の水平リサイクルが可能であることを周知すれば、シュレッダー事業者にとって新たなビジネスの源泉としてアルミ選別の重要性が認知されることになる。現在アルミの水平リサイクルが進まない大きな要因として一般的なシュレッダー事業者の選別フローではマグネシウム、丹入（亜鉛合金）の除去が難しく、原料購入している二次合金メーカーとしても展伸材を加えなければ成分調整もままならないことにある。また展伸材メーカーにおいてもバージン材、二次合金が主原料となっていることもあり、溶解時の環境対策が使用済みアルミスクラップの使用に適していないことが主な原因となっている。合金種別のアルミ選別ビジネスがシュレッダー事業者にとっての付加価値を高めること、さらにサーキュラーエコノミーに資する活動となることへの理解が深まることで、これらの装置導入に対する要望が高まることが予想される。