

2019年3月31日

報告書

実施期間 2018年8月1日～2019年3月31日

アルミスクラップからのアルミグレード別 高度選別技術開発

株式会社マテック 苫小牧支店

丸山 貢

日産自動車株式会社 材料技術部

服部 直樹、 小金沢 泰一

概要

名称

アルミスクラップからのアルミグレード別高度選別技術開発

実施期間

2018年8月1日～2019年3月31日

開発/調査 代表者

株式会社マテック 苫小牧支店 丸山 貢

実施者

株式会社マテック 苫小牧支店 丸山 貢

日産自動車株式会社 材料技術部 服部 直樹、小金沢 泰一

目的

今後増加が見込まれる廃自動車から回収されたアルミニウムスクラップを水平リサイクルする為に必要な5000系及び6000系アルミニウムの高度選別技術について評価・実証を行う

実施内容

昨年度の実証により、使用済み自動車からアルミニウム展伸材の高度選別を行う為にLIBS選別が有効であり、また表層の塗装膜の除去が大きな課題である事がわかった。本年度は高度選別が可能な塗装膜の除去方法の検証と選別の精度向上に取り組んだ

成果

使用済み自動車のアルミニウム部品を用いて、高度選別に優れる前処理（シュレッダー方法）と塗装膜の剥離状態が選別精度に与える影響を明らかにした（詳細 技術報告書参照）

自動車アルミパネル 高度選別試験実施報告

株式会社マテック

目次

1. 背景・目的
2. 本取組の課題
3. 検証の試料
 - 3-1. 塗装膜の影響調査用試料
 - 3-2. 破砕による塗装膜剥離 評価用試料
4. 破砕機の選定
5. 選別機の選定
6. 破砕による塗装膜の剥離評価
 - 6-1. 破砕試験のフローと回収物
 - 6-2. 塗装膜剥離の評価方法
 - 6-3. 破砕による塗装膜剥離試験結果
7. LIBSによる高度選別評価
 - 7-1. 塗装膜の影響調査結果
 - 7-2. 破砕による塗装膜剥離試料を用いたLIBS評価結果
 - 7-3. LIBS選別機による高度選別評価 まとめ
8. まとめ
9. 今後の課題

1. 背景・目的

近年、厳しくなる燃費規制を背景に、軽量化を目的とした自動車車体へアルミニウム展伸材の適用が増加してきている。それらアルミニウム展伸材は、最終的に使用済み自動車から解体され、破碎工程を経て磁力選別やX線選別を行い、選別回収され、リサイクルされている。

主な用途として自動車のエンジンブロックやトランスミッションケースといったアルミニウム鋳物部品へのカスケードリサイクルが一般的であり、付加価値の高い展伸材へのリサイクルはほとんどされていない。

本取り組みでは、今後も環境規制の強化に伴い拡大が予想されるアルミニウム展伸材の原料として、廃自動車から回収されたアルミニウムスクラップを水平リサイクルするために必要な高度選別技術について評価・実証を行う。

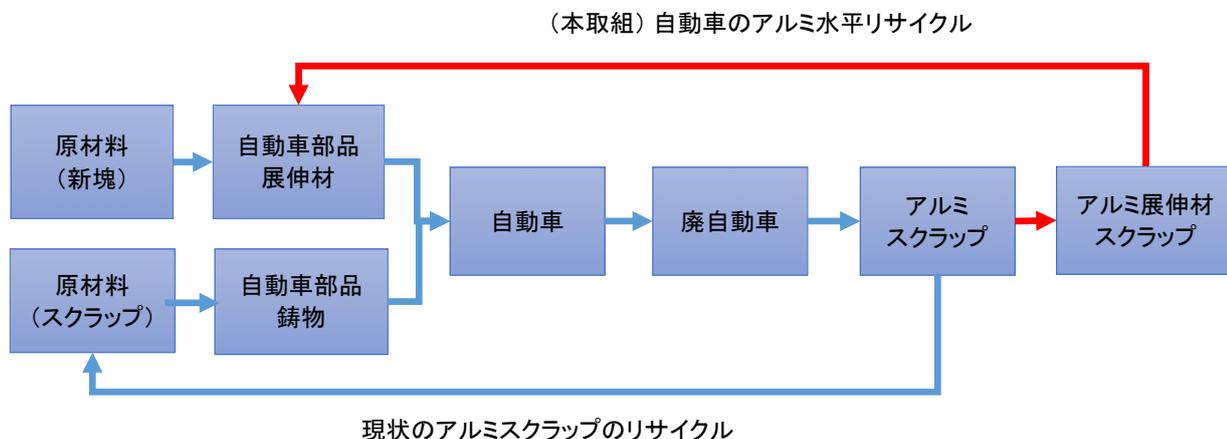


図1: 使用済み自動車のアルミニウムスクラップリサイクルフロー

2. 本取組の課題

現状、廃自動車から回収されたアルミニウム展伸材スクラップのアルミ展伸材への水平リサイクルはほとんど出来ていない。その理由として、以下に挙げる課題があり、それらを解決する事が必要である。

自動車構造部品に適用されている展伸材は、その用途に応じて、アルミニウム合金種のうち、5000系合金(Al-Mg合金)及び6000系合金(Al-Mg-Si合金)が主に適用されている。

展伸材の原料としてアルミニウムスクラップを再利用する為には、鉄などの異材を除去する事はもちろん、配合されている元素が異なる事から、アルミニウムスクラップをこの合金種ごとに選別する必要がある。

また、アルミニウム展伸材は自動車メーカーや車種毎に適用されている部品が異なり、どの部品がアルミニウム部品なのか、更にはその中で5000系、6000系合金の種類を把握し、選別するのは非常に困難であり、展伸材への水平リサイクルを難しくしている。次に、自動車の構造体に適用されている部品には、表面に防錆や加飾を目的とした塗装が施されており、高度に材料種を選別する場合に一般的に用いられる含まれる元素量を測定し選別する事への阻害要因となっている。

実際に含有金属の量を測定する場合、塗装は事前に削り取り、金属部分を露出させ、その部分で計測する必要があり、表面の塗装膜は選別高度化への一つの阻害要因となっている。

更に、自動車の構造体として機能する為には、周辺の部品と接合され、構造体を構成している。実際には鉄や5000系、6000系アルミニウムなど、複数の材料が組み合わせたり、それらを接合し部品が構成されているケースが想定される。選別高度化の為には、これら接合されている部品を分離し、単体の材料まで解体する必要がある。

昨年度実施の実証試験では、アルミニウム部品を破碎し、異物を除去したサンプルを用いて、アルミニウム合金毎への選別評価を行った。

結果、アルミニウム合金種類別に高度選別する技術として、レーザー誘起ブレークダウン分光法選別機(通称 LIBS)による選別が有効であることがわかった。

一方でLIBSによる高度選別は可能であるものの、解体状態や表面の塗装による選別精度への影響が認められ、回収歩留りや精度に対する課題が確認できた。

以上より、本年度の取組として、上記高度選別の阻害要因となる課題を解決するべく、以下課題に取り組む事とする。

1. 塗装膜の剥離を目的とした破碎処理方法の評価

現実的な塗装膜剥離方法として、破碎工程を活用し表層の塗膜を除去する方法が考えられる。今回、2種類の破碎機で破碎を行うと同時に、積極的に表層の塗装膜の剥離除去を行い、塗装膜剥離に適した破碎方法の検証を行う。

また、それら破碎評価にて取得したサンプルを用いて剥離状態の定量化を行う。

2. 塗装膜の剥離状態とLIBS選別精度の相関性の評価

1. で取得したサンプルを用いて、塗装状態が与える選別精度への影響評価を行い、LIBS選別に必要な塗装膜剥離状態を明らかにする。

3. 検証の試料

今回、目的に応じて2種類の試料を準備した。

表面の状態を定量化しやすく、塗装状態とLIBSの選別精度を調査する目的の試料と、破碎による塗装膜の剥離状態を評価する為、使用済み自動車より回収したアルミニウム部品を準備した。

3-1. 塗装膜の影響調査用試料

塗装の面積や厚さと選別精度の関係を調べることを目的として、以下の自動車の部品を想定した板状の試料を準備した。

表1: 塗装膜の影響調査用試料一覧

材質	塗装仕様	色	塗装膜厚さ	塗装面積	ロットNo.
6000系 アルミニウム合金	電着塗装のみ	グレー	-	100%	1
	塗装あり	黒	薄塗り	100%	2
	塗装あり	黒	厚塗り	100%	3
	塗装あり	白パール	薄塗り	100%	4
	塗装あり	白パール	厚塗り	100%	5
	塗装あり	白パール	厚塗り	25%	6
	塗装あり	白パール	厚塗り	50%	7
	塗装あり	白パール	厚塗り	75%	8



写真1: 試料外観1(左から 電着塗装のみ、塗装黒薄塗り、塗装黒厚塗り、塗装白パール薄塗り)



写真2: 試料外観2 (左から 塗装白パール厚塗り、塗装白パール厚塗り塗装面積25%、50%、75%)

3-2. 破碎による塗装膜剥離 評価用試料

破碎工程による塗装膜の剥離及び、それを用いたLIBSにおける判定精度検証用として、日産リーフのアルミニウム製 フードを使用する事とした。選定理由として、前途で挙げた5000系合金、6000系合金の双方を使用している事、また、鉄部品を部分的に使用している事や接合部位を有している為、検証用材料として十分であると判断した。また、検証に必要な量の確保が見込めることも選定理由として挙げられる。

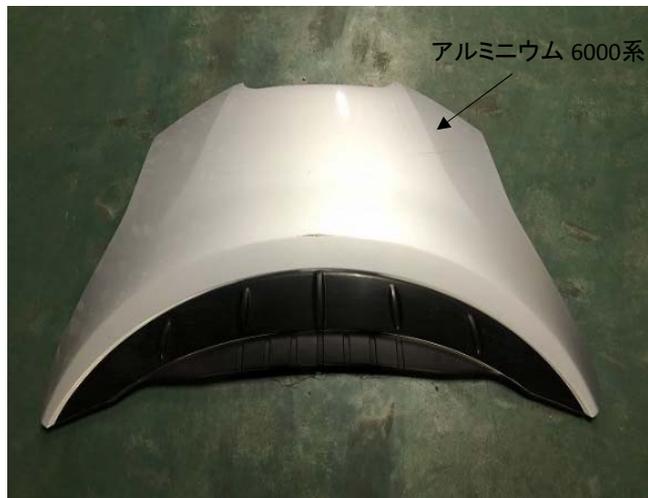


写真3:フロントフード 外板側 外観



写真4:フロントフード 内板側 外観



写真5:フロントフード 鉄部品1



写真6:フロントフード 鉄部品2

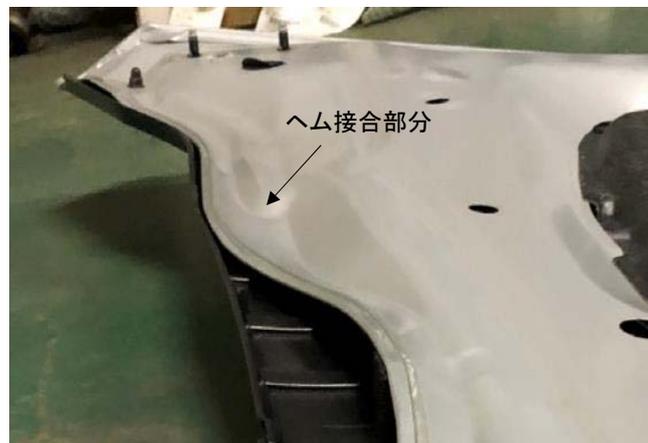


写真7:フロントフード端部圧着状態

4. 破砕機の設定

通常、部品などの構造物を効率的に破砕・分離する目的で破砕機は選定される。今回は部品の破砕と同時に塗装膜の剥離を目的として、以下の2種類の堅型破砕機を使用することとした。

また、今回は堅型破砕機への投入サイズ調整用に前処理として2軸破砕機を使用することとした。

表2: 破砕機の特徴及び仕様

破砕機種類	適用事例	仕様
堅型破砕機 A	堅型破砕機の中心部より材料を投入し、遠心力で破砕物を放射状に排出する。ローターについている馬蹄型のハンマーと側面のすり鉢状の凹凸に繰り返し衝突させることで素材を細かく破砕する。	モーター出力: 55kW 排出用の格子はなく破砕された素材はそのまま排出される。
堅型破砕機 B	堅型破砕機の側面より材料を投入し、同心円のハンマーで素材を破砕し破砕機の底面より排出する。底面に設置されたスクリーンサイズによって破砕サイズと内部滞留時間を調整する。	モーター出力: 75kW 下部排出格子サイズ 20mm x 100mm
2軸破砕機(前処理)	シャフトに刃物が組み合わされた軸を二本向かい合わせで回転させる事により切断するように破砕する。前処理としての粗破砕や減溶目的で使用されるケースが多い。破砕後の形状は短冊状になる。	切断幅 100mm

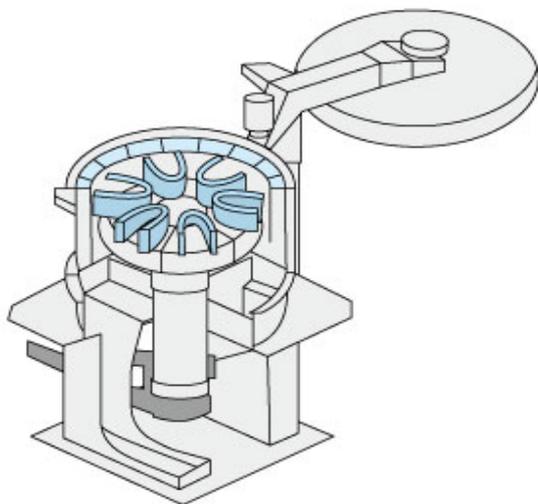


図2: 堅型破砕機A イメージ

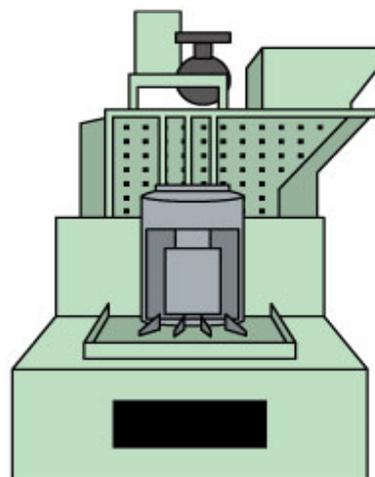


図3: 堅型破砕機Bイメージ

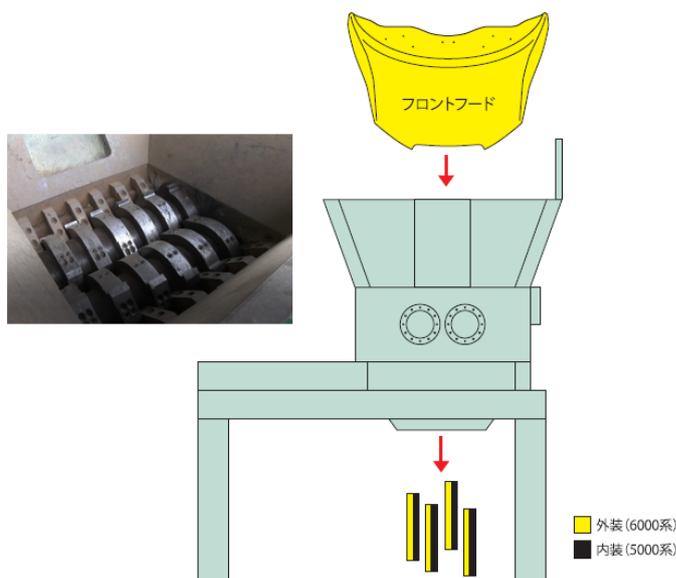


図4: 2軸破砕機(前処理用)イメージ

5. 選別機の選定

選別機は昨年度の実証で使用し、高い選別精度であったレーザー誘起ブレイクダウン分光法選別機(通称LIBS)を使用する事とした。

表3: 選別機の特徴及び仕様

破碎機種類	特徴	仕様
レーザー誘起ブレイクダウン分光法選別機	レーザー誘起ブレイクダウン分光法、通称LIBSと呼ばれる選別技術。レーザー照射により、対象物表面にプラズマを発生させ、その光の波長から含まれる成分及び量を計測する。対象物の表面にレーザーを照射する為、表面の状態(塗装、汚れ)の影響を大きく受ける。また、レーザーの焦点を連続して合わせる為、表面上の大きな凹凸もLIBS選別に適さない。	STEINERT社製 LSS

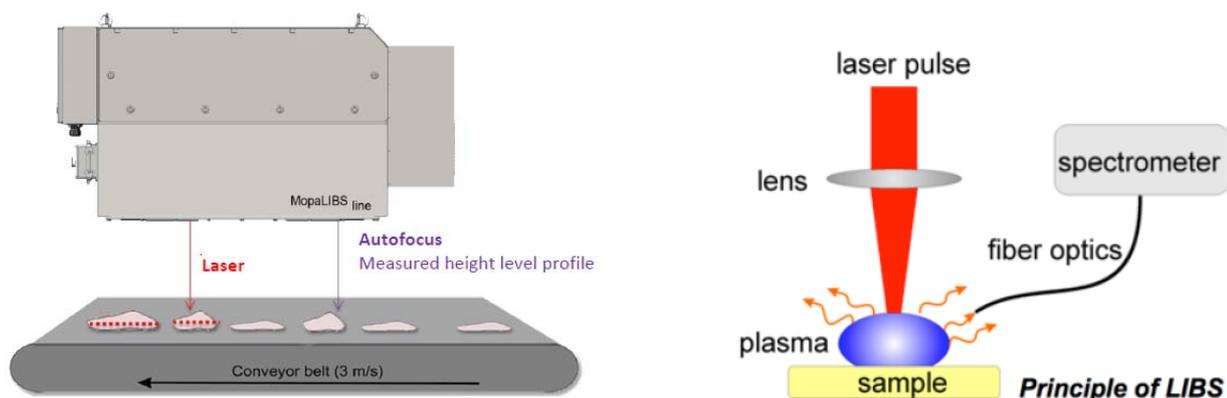
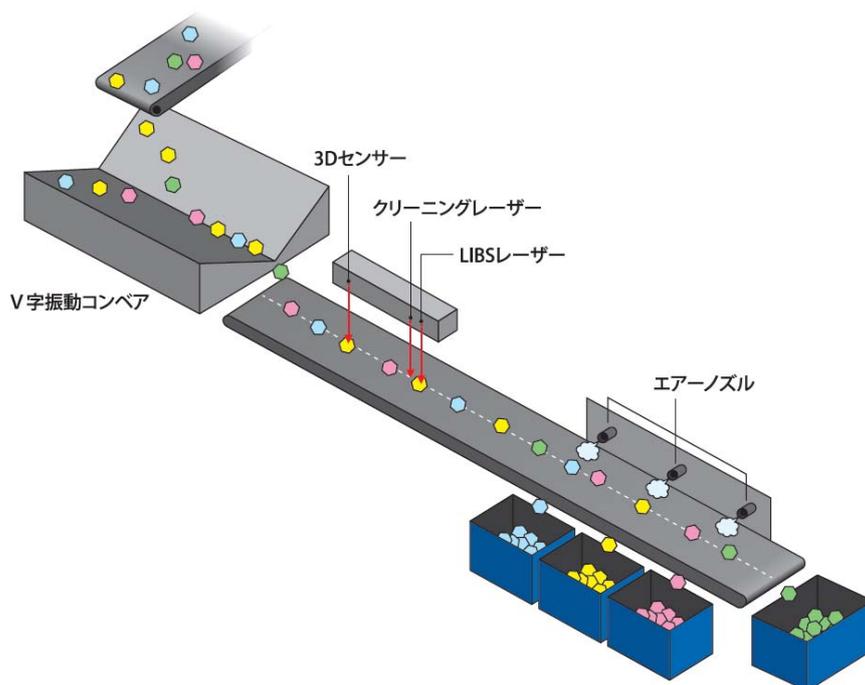


図5: LIBS選別機 選別の仕組みとイメージ

本実証試験で使用するLIBSは、試料に含まれる金属元素を測定する為に必要な、測定表面の状態を整えるクリーニングレーザーが設置されている。試料はクリーニングレーザー、LIBSレーザーの順に通過する。(図5左参照)

クリーニングレーザーで素材表面の付着物(塗装、汚れ)を除去した後、パルスレーザーをクリーニングした部分に照射し発生したプラズマを読み取る事で、元素の含有量を測定する



6. 破碎による塗装膜の剥離評価

6-1. 破碎試験のフローと回収物

リーフのフロントフード8枚(6kg x 8枚=48Kg)を1ロットとして、前途 2種類の破碎方法で破碎し、アルミニウム以外の鉄やダストを分別除去した。破碎・選別の工程並びにそれぞれの回収量は以下の通り。

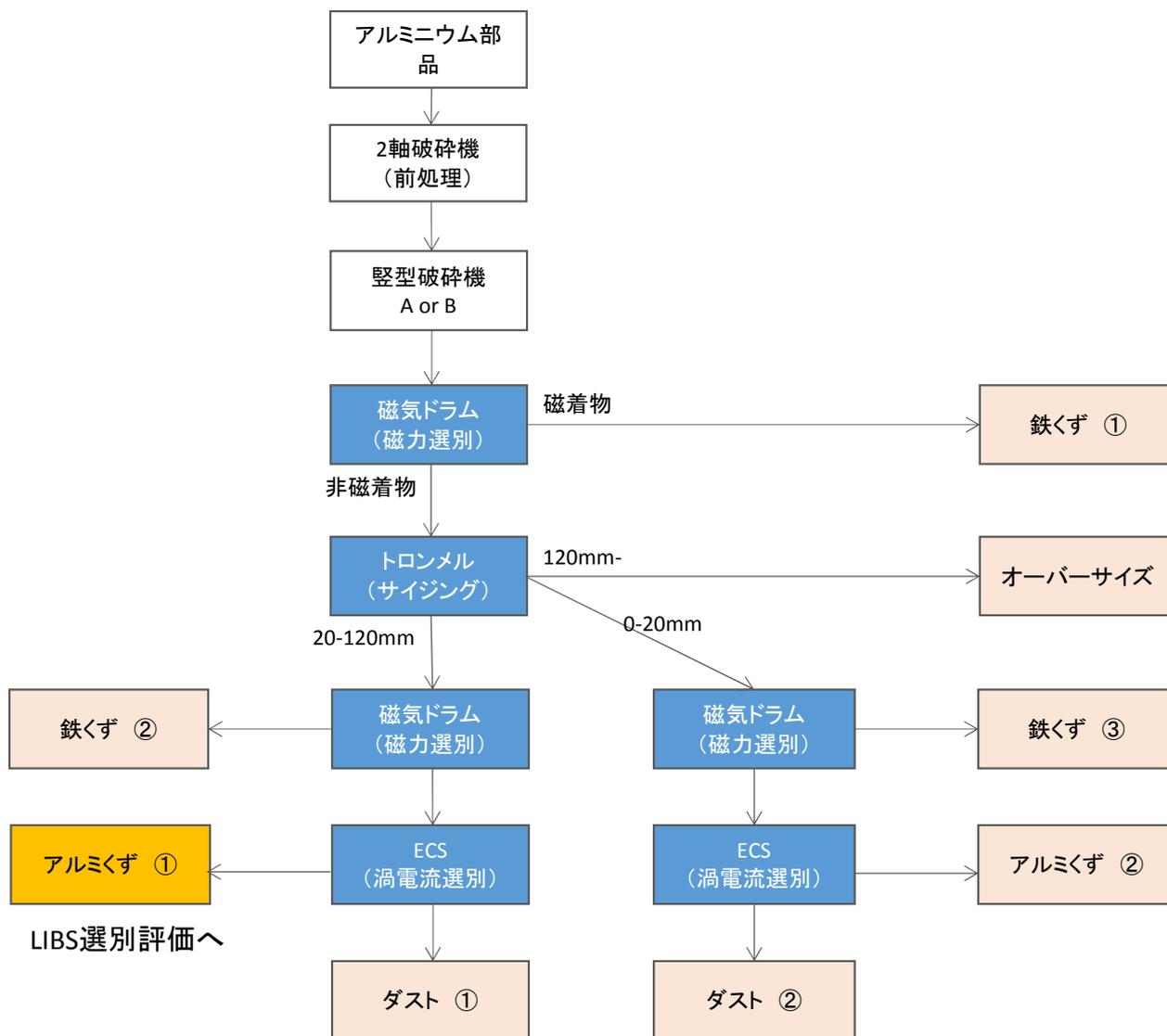


図6: 破碎選別工程

表4: アルミニウム部品の破碎回収物

(単位kg)

破碎方法/品種	アルミくず ①	アルミくず ②	オーバーサイズ	鉄くず ①	鉄くず ②	鉄くず ③	ダスト ①	ダスト ②	合計
縦型破碎機A	23.5	8.0	0.5	14.5	0.0	0.0	1.5	0.5	48.5
縦型破碎機B	18.5	13.0	0.0	14.0	0.0	0.0	2.0	0.5	48.0

* アルミくず①: 表層の塗装膜除去状態の確認、LIBS評価用

* アルミくず②: LIBS選別に不適合な20mm以下のアルミくず。評価対象外。

6-2 塗装膜剥離の評価方法

破砕機から回収したアルミくずを塗膜の剥がれ具合により、目視による選別を行い4つに分類した。

その後、4つに分類されたアルミくずのうち代表的なものを8~10ヶ選定し、画像解析による塗膜剥離状況の定量化を行った。

画像解析の手順は以下。

1. 破砕物を画像認識し、各ピース全体を2次元化し、面積を算出する。
2. コントラストの差を利用して塗装が剥離した部分を認識し、その面積を算出する。
3. 1及び2で求めた面積の割合で塗装面積割合(%)を算出する。

補足:

・画像解析では色のコントラストで塗膜と素地の識別を行う事から、例えば素地と同色のシルバー塗装では判定が難しい。

さらに、削れて塗膜が薄くなる等の影響は考慮されない。その為目視による選別を優先し4つに分けた上で、それぞれ4つの剥離状態の定量化を実施した。

・塗装膜状況測定面は外観より確認できる面を表面として測定し、その反対を裏面として定義。

<破砕機A-1-2の場合>

図7: 画像解析手順1 (破砕後写真)

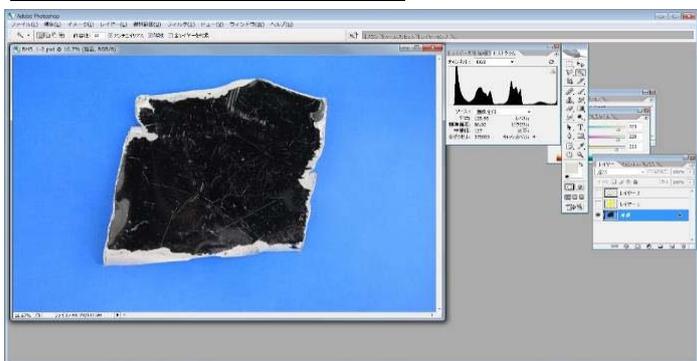


図8: 画像解析手順2 (全体面積測定(黄色=全体面積))

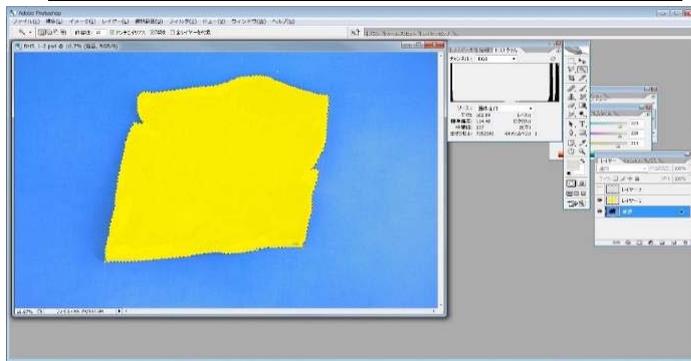
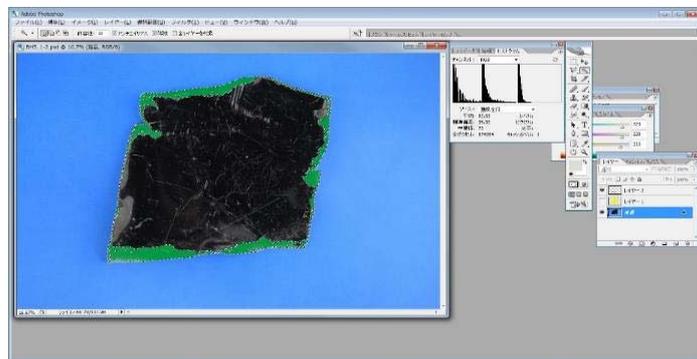
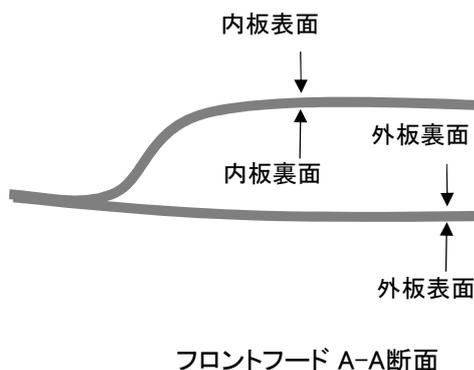


図9: 画像解析手順3 (剥離面積測定(グリーン=塗装膜剥離面積))



全体ピクセル数 = 7,352,392
 塗装剥離ピクセル数 = 874,284
 塗装面積 = 6,478,108
 塗装割合(%) = 88.1%



6-3 破碎による塗装膜剥離試験結果

6-1にて回収したアルミくずを、塗膜の剥離状態に応じて目視で4つに分類し、その4つに分けられたサンプルから代表的なものを8~10ヶ選定の上、6-2の手順で、塗膜の剥離状態を測定した。

破碎機A

- ・ 破碎工程における塗装除去状態にバラツキは少なく、塗装面積 平均で約90%となり、ほぼそのまま残っている。
- ・ 塗膜が面積で 80%塗膜が残存しているものが100%であり、破碎工程における塗膜除去効果は低い。
- ・ 破碎後の大きさが破碎機Aは破碎機Bに対し大きく、1辺が100mm 程度。

表5: 破碎機Aの破碎評価結果

破碎機A/ロットNo	A-1	A-2	A-3	A-4
重量(kg)	4.4	7.4	7.7	4.0
塗装面積 10ヶ平均値	94.3%	91.2%	91.2%	82.0%

平均 約 90%

破碎機B

- ・ 破碎工程にて塗装除去が進み、塗装面積平均で約 40%となり、外観上およそ半分の塗膜が除去出来ている。
- ・ 塗装面積で 50%以下のものが 97%となり、およそすべてのサンプルで、半分の塗膜が除去できている。
- ・ 塗膜の剥離状態にバラツキが大きく、破碎機での滞留時間の短長が影響しているものとする。
- ・ 破碎後の大きさが破碎機Bは破碎機Aに対し小さく、1辺が50mm 程度で破碎機の排出格子サイズが影響している。

表6: 破碎機Bの破碎評価結果

破碎機B/ロットNo	B-1	B-2	B-3	B-4
重量	0.60	7.30	6.00	4.60
塗装面積 10ヶ平均値	77.6%	51.4%	17.8%	9.9%

平均 約 40%

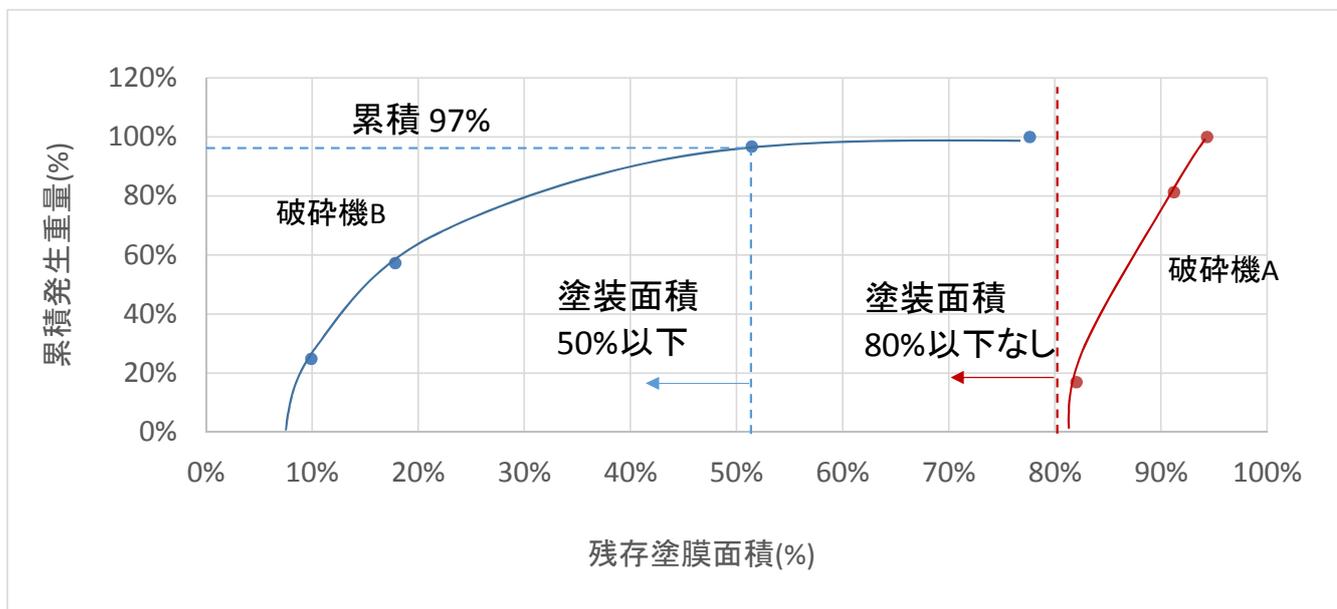


図7: 破碎機による塗装残存面積と回収重量

上記の検証結果より、以下のことが確認できる。

- ・ 破碎機Bは塗装面積50%以下の物が全体の97%を占め、破碎と同時に塗膜の剥離に有効である。
- ・ 破碎機Bは、破碎後排出サイズが下部排出口の格子サイズによる為、格子サイズを調整する事で破碎されたピースの設備内滞留時間を調節することが可能。
- ・ 長く設備内に滞留する事でピース同士が削りあう機会を多くする事が可能で、表層の塗膜剥離に優れる。

【破碎試験参考資料: 塗装面積ロット代表写真】

破碎機A



写真8: A-1外観(塗装面積 94.3%)



写真9: A-2外観(塗装面積 91.2%)



写真10: A-3外観(塗装面積 91.2%)



写真11: A-4外観(塗装面積 82.0%)

【破碎試験参考資料: 塗装面積ロット代表写真】

破碎機B



写真12: B-1外観(塗装面積 77.6%)



写真13: B-2外観(塗装面積 51.4%)



写真14: B-3外観(塗装面積 17.8%)



写真15: B-4外観(塗装面積 9.9%)

7. LIBSによる高度選別評価

3及び6で準備した検証用の2種類の試料を用いて、LIBSによる選別評価を実施した。

7-1 塗装膜の影響調査結果

試料: 6000系アルミニウム (詳細 3-1参照) 各種仕様3枚

- 判定条件: ① Si量 0.9%以上 (6000系)
 ② Si量 0.9%未満 (5000系)
 ③ 不明 (分析結果なし。取得できなかった。)

その他測定条件

コンベアースピード 2.8m/秒

クリーニングレーザー 出力:1mJ、照射頻度:100,000回/秒 100kHz、照射時間:100ns(ナノ秒)

LIBSレーザー 照射頻度:100,000回/秒 20kHz、照射時間:100ns(ナノ秒)

表7: 塗装膜の影響調査結果

ロット No.	塗装仕様	色	厚さ	面積	判定結果	ロット No.	塗装仕様	色	厚さ	面積	判定結果
1-1	電着のみ	グレー	-	100%	①	5-1	塗装あり	白パール	厚	100%	③
1-2					①	5-2					③
1-3					①	5-3					③
2-1	塗装あり	黒	薄	100%	③	6-1	塗装あり	白パール	厚	25%	①
2-2					③	6-2					①
2-3					③	6-3					①
3-1	塗装あり	黒	厚	100%	③	7-1	塗装あり	白パール	厚	50%	①
3-2					③	7-2					①
3-3					③	7-3					①
4-1	塗装あり	白パール	薄	100%	③	8-1	塗装あり	白パール	厚	75%	①
4-2					③	8-2					①
4-3					③	8-3					①

上記の検証結果より、以下のことが確認できる。

- 判別出来たものは全て判定条件である Si量 1%以上であり、6000系合金と正しく判定できた。
- 塗装膜の上からでは、クリーニングレーザーによる塗装膜の除去が不十分で、2~5の試料は全て③不明となった。
- 塗装膜が電着塗装程度の薄い状態であれば、クリーニングレーザーで除去出来ており、LIBSによる選別が可能。
- 色の違いによる選別結果への影響はない。(少ない)
- 一部分でも塗装膜のない(もしくは十分薄い)部分を測定できれば判定が可能。

写真16: LIBSレーザー痕跡1 ロットNo.1-1

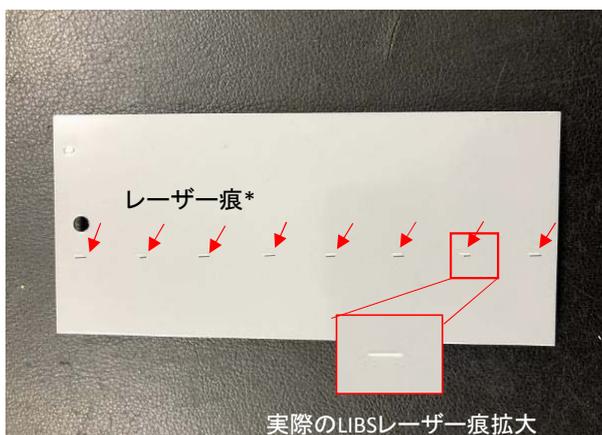
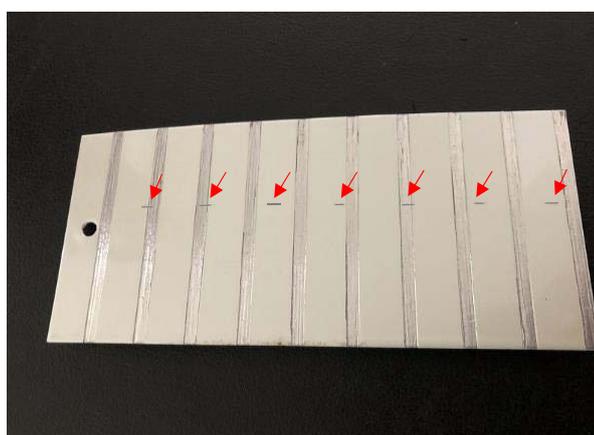


写真17: LIBSレーザー痕跡2 ロットNo. 8-1



* 実際のレーザー痕は細く、写真では見づらい為、写真16,17 の痕上にPC上で線を加筆した。

7-2. 破碎による塗装膜剥離資料を用いたLIBS評価結果

試料: リーフ フード由来 5000系、6000系アルミニウムくず(3-2, 6-3参照) 破碎機A破碎品 各ロット10枚

- ① Mg量 1.2%以上: 5000系合金
- ② Mg量 1.2%未満: 6000系合金
- ③ 不明 (分析結果なし。取得できなかった。)

その他測定条件

7-1条件と同一

表8: 破碎機A取得サンプルのLIBS結果

ロット No.	素材	塗装面積率	LIBS判定	判定数	測定面	ロット No.	素材	塗装面積率	LIBS判定	判定数	測定面
A-1-1	6000	97.4%	③	4	裏	A-2-1	6000	89.0%	③	4	表
A-1-2	6000	97.0%	②	4	表	A-2-2	6000	91.7%	②	5	裏
A-1-3	6000	97.0%	②	4	表	A-2-3	6000	83.9%	③	4	表
A-1-4	6000	測定不可	③	6	裏	A-2-4	6000	88.9%	③	3	表
A-1-5	6000	91.7%	②	6	表	A-2-5	6000	96.2%	③	4	表
A-1-6	5000	83.9%	①	4	裏	A-2-6	5000	95.4%	①	5	表
A-1-7	5000	88.9%	①	5	裏	A-2-7	5000	95.5%	①	7	表
A-1-8	5000	96.2%	①	4	裏	A-2-8	5000	95.7%	①	4	表
A-1-9	5000	95.4%	①	3	裏	A-2-9	5000	83.3%	①	4	表
A-1-10	5000	95.5%	①	4	裏	A-2-10	5000	92.7%	①	6	表

ロット No.	素材	塗装面積率	LIBS判定	判定数	測定面	ロット No.	素材	塗装面積率	LIBS判定	判定数	測定面
A-3-1	6000	87.6%	③	4	表	A-4-1	5000	77.2%	①	8	表
A-3-2	6000	94.5%	②	4	裏	A-4-2	6000	97.0%	②	6	裏
A-3-3	6000	88.4%	③	4	表	A-4-3	6000	66.6%	③	3	表
A-3-4	6000	84.4%	②	5	表	A-4-4	6000	76.6%	②	5	表
A-3-5	6000	90.3%	②	10	表	A-4-5	6000	83.2%	②	5	表
A-3-6	5000	98.2%	①	4	表	A-4-6	5000	73.7%	①	7	表
A-3-7	5000	89.7%	①	6	表	A-4-7	5000	93.9%	①	11	表
A-3-8	5000	94.8%	①	7	表	A-4-8	5000	93.6%	①	4	表
A-3-9	5000	測定不可	①	8	表	A-4-9	5000	74.6%	①	5	表
A-3-10	5000	93.1%	①	4	表	A-4-10	5000	84.1%	①	3	表

*測定不可: 画像解析で数値化不可

表9: 破碎機A取得サンプルのLIBS結果

サンプル	塗装面積平均	全体		6000系			5000系			
		判定精度	判定精度	表	裏	平均判定数	判定精度	表	裏	平均判定数
A-1	93.7%	80%	60%	100%	0%	4.8	100%	-	100%	4
A-2	91.2%	60%	20%	0%	100%	4	100%	100%	-	5.2
A-3	91.2%	80%	60%	50%	100%	5.4	100%	100%	-	5.8
A-4	82.0%	90%	75%	67%	100%	4.8	100%	100%	-	6.3

表10: 破碎機A取得サンプル 6000系 表測定におけるLIBS結果と判定数

判定数	サンプル数	①	②	③	判定精度
3	2	-	0	2	0%
4	7	-	2	5	29%
5	3	-	3		100%
6	1	-	1		100%
7~	1	-	1		100%

※ 判定数とは、1つのサンプルに対してLIBSレーザーで測定を行った回数。

7-2. 破砕による塗装膜剥離資料を用いたLIBS評価結果(続き)

試料:リーフ フード由来 5000系、6000系アルミニウム試料(3-2, 6-3参照) 破砕機B破砕品 各ロット8~10枚

表11: 破砕機B取得サンプルのLIBS結果

ロット No.	素材	塗装面積率	LIBS判定	判定数	測定面	ロット No.	素材	塗装面積率	LIBS判定	判定数	測定面
B-1-1	6000	測定不可	③	4	表	B-2-1	6000	81.7%	②	4	表
B-1-2	6000	測定不可	③	2	表	B-2-2	6000	69.4%	②	4	表
B-1-3	6000	測定不可	②	2	裏	B-2-3	6000	71.9%	②	4	裏
B-1-4	6000	74.5%	③	2	表	B-2-4	6000	45.7%	②	3	表
B-1-5	6000	79.0%	②	4	表	B-2-5	6000	46.1%	③	3	表
B-1-6	6000	81.2%	②	2	表	B-2-6	5000	32.7%	③	2	表
B-1-7	6000	75.6%	③	4	裏	B-2-7	5000	59.3%	①	3	表
B-1-8	5000	測定不可	③	2	表	B-2-8	5000	44.8%	①	4	表
						B-2-9	5000	32.0%	①	4	表
						B-2-10	5000	30.3%	③	3	表

ロット No.	素材	塗装面積率	LIBS判定	判定数	測定面	ロット No.	素材	塗装面積率	LIBS判定	判定数	測定面
B-3-1	6000	41.5%	②	3	表	B-4-1	6000	測定不可	②	3	裏
B-3-2	6000	測定不可	②	4	表	B-4-2	6000	測定不可	②	4	裏
B-3-3	6000	測定不可	②	3	表	B-4-3	6000	測定不可	②	3	裏
B-3-4	6000	測定不可	②	3	表	B-4-4	6000	測定不可	②	4	表
B-3-5	5000	15.0%	①	3	表	B-4-5	6000	測定不可	②	2	表
B-3-6	5000	22.1%	①	3	表	B-4-6	6000	測定不可	②	3	裏
B-3-7	5000	9.2%	①	3	表	B-4-7	6000	測定不可	③	3	表
B-3-8	5000	10.0%	①	2	表	B-4-8	6000	9.9%	②	3	裏
B-3-9	5000	9.2%	①	2	表	B-4-9	6000	測定不可	②	4	表
B-3-10	6000	測定不可	②	3	表	B-4-10	6000	測定不可	②	3	表

*測定不可:画像解析で数値化不可

表12: 破砕機B取得サンプルのLIBS結果

サンプル	塗装面積平均	全体	6000系				5000系			
		判定精度	判定精度	表	裏	平均判定数	判定精度	表	裏	平均判定数
B-1	77.6%	38%	43%	40%	50%	2.9	0%	0%	-	2
B-2	51.4%	70%	80%	75%	100%	3.6	60%	60%	-	3.2
B-3	17.8%	100%	100%	100%	-	3.2	100%	100%	-	2.6
B-4	9.9%	90%	90%	80%	100%	3.2	-			

表13: 破砕機B取得サンプル 6000系 表測定におけるLIBS結果と判定数

半判定数	サンプル数	①	②	③	判定精度
2	4	-	2	2	50%
3	8	-	6	2	75%
4	7	-	6	1	86%

※ 判定数とは、1つのサンプルに対してLIBSレーザーで測定を行った回数。

7-2. 破碎による塗装膜剥離資料を用いたLIBS評価結果(続き)

上記の検証結果より、以下のことが確認できる。

破碎機A 取得サンプル評価結果

- ・ 判定が出来た物はアルミニウム5000系、6000系共に100%選別に成功している。
- ・ 破碎後の各ピースの大きさが破碎機Bに対し大きく、1ピースあたりのLIBSの判定回数が約5回程度となっている。
- ・ 5000系の判定結果は100%成功しており、6000系は53%と低い。
- ・ 上記判定結果を塗装膜の膜厚が異なる表面、裏面で整理すると、5000系表 100%、裏100% 6000系表 50% 裏 60%となる。

破碎機B 取得サンプル評価結果

- ・ 判定が出来た物はアルミニウム5000系、6000系共に100%選別に成功している。
- ・ 破碎後の各ピースの大きさが小さく、1ピース当たりの判定回数が3回程度となっている。
- ・ 5000系の判定結果は73%、6000系は78%程度となっている。
- ・ 上記判定結果を塗装膜の膜厚が異なる表面、裏面で整理すると、5000系表 73%、裏 なし 6000系表 74% 裏 88%となる。

7-3. LIBS選別機による高度選別評価 まとめ

塗装膜の影響調査結果

- ・ 今回の評価では、本設備付帯のクリーニングレーザーで電着塗装程度の厚みであれば除去が可能であり、LIBS選別可能。
- ・ 一つの試料内で複数箇所測定できた場合、そのうち一か所でも成分分析ができれば判定可能である。

破碎による塗装膜剥離試料 評価結果

- ・ LIBS選別を行う上で、表層の塗装膜の除去率と選別精度に相関がある。
- ・ 破碎機Bの場合、塗装面積 50 %以上除去可能で 70%以上の精度でLIBS選別が可能となる。
その為、破碎機Bにおいては表面の塗装剥離が進むに応じて、判定精度の向上が認められる。
- ・ 試料1ピースあたりの測定回数が増えると、判定可能な部分を測定する可能性が増し選別精度が上がる。
今回 破碎機Aにおいて、1ピース当たり 5回程度測定できれば塗装面積が7割を超えていても判定出来る。
- ・ 初期の塗装膜厚が薄い内板(5000系)の選別精度が高いのは、部分的にクリーニングレーザーで塗膜を除去できた為と考えられる。さらに破碎機Aは測定機会が多く、うち一か所でも判定出来れば良く、高い選別精度であったと推測する。

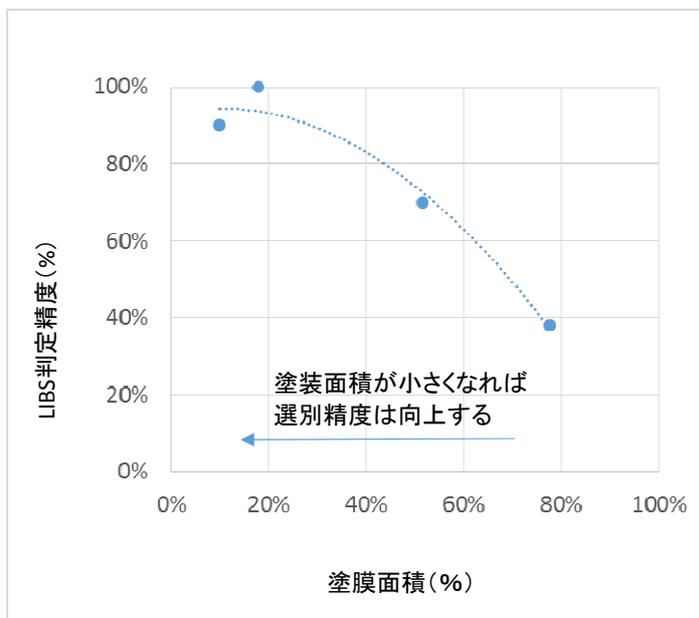


図8: 破碎機BにおけるLIBS判定精度と塗装面積率の関係

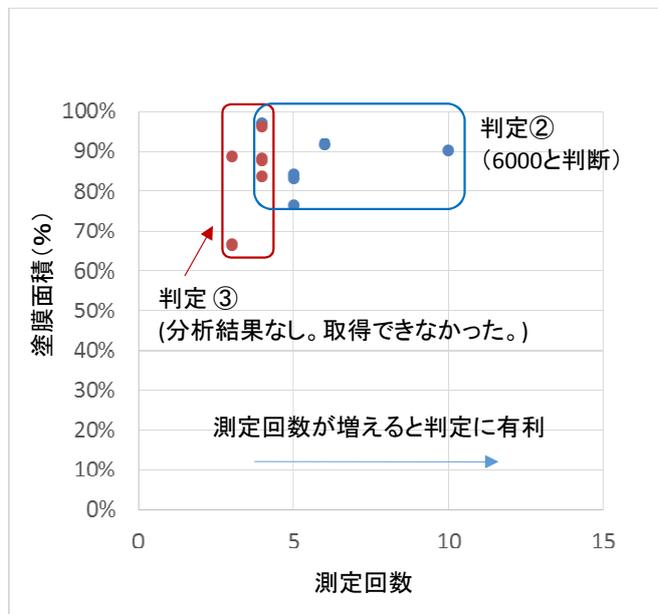


図9: 破碎機A 6000系・表における 塗装面積と判定回数

表14: 破碎機BにおけるLIBS判定精度と塗装面積率

項目/ロットNo	B-1	B-2	B-3	B-4
塗装面積	77.6%	51.4%	17.8%	9.9%
LIBS判定精度	38%	70%	100%	90%

*P.12 破碎機A 6000系・測定面 表のみをプロット

8. まとめ

1. 塗装膜の除去を目的とした破碎処理方法について

- ・ 破碎機Bは塗装面積50%以下の物が全体の97%を占め、破碎と同時に塗装膜の剥離に有効である。
- ・ その理由として、設備構造上 長く設備内にスクラップが滞留する事でピース同士が削りあう機会が多く塗装膜剥離に優れる。
- ・ 破碎機Bは排出サイズが下部排出口の格子サイズによる為、格子サイズを調整する事で内部滞留時間の調整が可能。

2. 塗装膜除去状態とLIBS選別精度の相関性について

- ・ LIBS選別を行う上で、表層の塗装膜の除去率と選別精度に相関がある。
- ・ 破碎機Bの場合、塗装面積 50 %以上除去可能で 70%以上の精度でLIBS選別が可能となる。
- ・ 本設備仕様では、電着塗装レベルの膜厚であればクリーニングレーザーを用いて、塗装を除去しLIBS選別が可能である。
- ・ 1ピースのサイズを大きく取る事で、判定機会が増え判定精度向上する。
- ・ 破碎機Aにおいて、85mm程度の大きさで、1ピース当たり 5回測定可能であり、今回の結果として塗装面積が 7割を超えていても100%判別出来る

9. 今後の課題

- ・ 本年度の評価結果より、アルミニウム部品の破碎品からアルミニウム5000系、6000系を選別する為に必要な破碎機の仕様や破碎状態(表面状態とサイズ)が明らかになった。
- ・ 今後はELVからの回収を視野に入れたりサイクルフローと経済性評価が必要である。

① 実際の使用済み自動車を題材とした アルミニウム高度選別の検証

使用済み自動車からのアルミニウムスクラップのグレード別高度選別の実施と選別精度の評価。

破碎工程における塗装膜の除去と破碎サイズの最適バランス調整。

LIBS選別機のラインスピード調整など、測定条件における最適化。

② 合金種類別に回収したアルミニウムスクラップの展伸材としての水平リサイクルの実証

①で得られたアルミニウムスクラップの展伸材への水平リサイクルの実証。

③ 上記①、②の経済性評価

①、②で得られた結果を用いた、最適なりサイクルプロセスにおける、選別精度、回収率を含む経済性評価。