



自動車アルミリサイクルプロジェクトにおける米国技術調査報告

Research on Automotive Recycling and LCA in U.S.A. in 2002

大久保正男* 大谷 眞** 古屋 雅美***
Masao OOKUBO Makoto OOTANI Masami FURUYA

1. はじめに

財団法人 金属系材料研究開発センター (JRCM) が新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの助成金の交付を得て実施する、「アルミニウムの不純物無害化・マテリアルリサイクル技術開発」事業 (平成13~15年度) の一端として、米国での自動車のアルミ化状況およびアルミスクラップのリサイクル状況等をアルミ協会が米国アルミニウム協会の協力を得て調査することとなり、JRCMの調査団として大久保正男団長、大谷眞LCA調査WG主査、古屋雅美委員の3名が派遣された。その調査概要を報告する。

2. スケジュールおよび面会者

スケジュールおよび訪問先の面会者等は表1の通りである。米国アルミニウム協会デトロイト支部には、リサイクルの関係者が集合してくれた。

3. 米国アルミニウム協会(AA)ワシントン本部

3.1 アルミ産業の技術戦略などへの取り組み経緯

—<http://www.oit.doe.gov/aluminum/shhtml>—

技術担当のMichael H. Skillingberg氏がプレゼンテーション資料を説明した。

(1) 1996年：エネルギー省 (DOE) が世界市場の維持と構築に向けてのビジョン提示

表1 訪問先および面会者

日時	訪問先 / 所在地	面会者
2002年 12月2日(月) 9:00-15:00	The Aluminum Association 米国アルミニウム協会 ワシントン本部 (ワシントンD.C.) Website www.aluminum.org 900 19th Street, N.W. Washington, D.C. 20006-2168	・ J. Stephen Larkin President ・ Michael H. Skillingberg Vice President (技術担当) ・ Robert P. Strieter, M.S. Vice President (環境・健康と安全担当)
12月3日(火) 9:00-17:00	The Aluminum Association 米国アルミニウム協会 デトロイト支部 (デトロイト) Website www.autoaluminum.org One Towne Square, Ste 230Southfield, MI 48076	・ Richard L. Klimisch Vice President/Auto & Light Truck Group The Aluminum Association ・ Adam J. Gesing Director /Research & Development HURON VALLEY STEEL CORPORATION (リサイクル会社) ・ Paul B Schultz Staff Scientist / Alcoa Technology (リサイクル技術)

(2) 1997年：アルミ産業の技術ロードマップ作成 (共同テーマとして可能性のあるプロジェクトの発掘)

・アルミ技術ロードマップ (米国) / 1996.11.19~20に産学官の37名が合宿して検討し、まとめた。

・その後、エネルギー省が将来のアルミ技術ロードマップをフォロー / Journal of Metals / 2000.11

<日本ではアルミ圧延業の技術開発ロードマップ / 1999.1.22~23に産学官の28名が合宿>

(3) 1999年：自動車産業関係のロードマップ作成

(将来の自動車に対してアルミニウムの経済的なりサイク

* (社)日本アルミニウム協会 理事
JAPAN ALUMINIUM ASSOCIATION

*** スカイアルミニウム (株) 技術部 技術G グループマネージャー
SKY ALUMINIUM CO., LTD

** 住友軽金属工業 (株) 技術部 環境管理推進室長
SUMITOMO LIGHT METAL INDUSTRIES, LTD



写真1

ルに関する追加的な技術開発)

(4) 2001年：技術ロードマップの更新（エネルギー省が35～40プロジェクトテーマ募集）

ロードマップに基づく最大50%の補助金募集（2002年に8万ドルの予算を配分）の説明は<http://www.oit.doe.gov/aluminum/solicitations.shtml>を参照方

<エネルギー省／産業技術室の技術開発課題とプログラム>

- a. 溶解と溶湯処理：溶解エネルギー効率、脱ガス処理、革新的な縦型浮遊溶解炉とスクラップドライヤー、低ドロス燃焼
- b. 圧延：インラインで焼鈍されたアルミ鋳物、圧延工程設計ツール、成形性に影響する構造的要素、アルミ合金の熱的挙動
- c. リサイクルと環境：自動車スクラップの選別、アルミ廃棄物の処理とリサイクル、スクラップの塗料除去
- d. 材料とセンサー：オンラインの排出物モニタリング

(5) 2002年：欧州が主導するIAI（国際アルミニウム協会）の自主的な持続的開発に向けた指標設定に参画している。

<アルミ産業の数値目標例>

- a. 2003年に、アルミ産業の一連の製造指標を定期的にモニターする仕組みを導入する。
- b. 2010年までに、アルミ地金1トンを製造するエネルギーを年間1.5%削減する。
- c. 2010年までに、古スクラップ*の使用を2001年比、30%まで増やす。（*製品寿命が来てスクラップとして回収されたアルミニウム）
- d. 2010年までに、アルミ産業からの年間PFC排出量を1990年比60%削減する。
- e. 2010年までに、アルミ地金トン当たりのPFC排出量を1990年比80%削減する。
- f. 2010年までに、輸送分野で自動車の軽量化のために更に16百万トンのアルミニウムを供給して、CO₂を3億トン以上削減に相当する燃料節減と排出削減が可能な産業となる。

- g. アルミ産業全体を横断する温室効果ガス議定書を2003年までに調印する。
- h. 2010年までに、世界平均のアルミトン当たりフッ化物排出量を2000年比、20%削減する。
- i. すべてのIAI会員企業の工場が世界平均で事故発生率を年間10%削減することを念頭に、安全成績を改善するために目標を設定することを支援・助長する。
- j. 2010年までに、製錬所の使用済みポットライニングの発生を2001年比15%削減する。
- k. 2010年までに、リサイクルされるか再利用されるボーキサイト鉱滓（赤泥）の量を50%増やす。

(6) PNGV, IAIとのかかわり：

1996年に新世代の車を探るため結成したPNGV (Partnership for a New Generation of Vehicles) はブッシュ政権への交代と共にキャンセルされたが、今年はほとんどのプロジェクトが継続し、燃料電池が新しいプログラムの焦点となる。ロードマップはPNGVの早期の計画である。AAデトロイト支部のALTG (Auto & Light Truck Group Meeting) はIAIのLCA活動に参加している。

3.2 米国(アルミニウム協会)におけるLCAに関する取り組み

(1) 北米の自動車のLCA調査は1998年におこなわれた。アルミニウム、スチール、プラスチックで同じ様式でまとめるように要請を受け、中型のセダン車（1995年フォードトールラス）をモデルとして調査した。アルミニウムのデータは、板と押出に分け業界のデータを集計した代表値を提出した。再生地金の生産は新地金の6%のエネルギーで済む。このうち2.5%がメタルロス分である。

1トンのアルミ化により燃費向上で20トンのCO₂削減が出来る。（10年間で12万マイル=19.3万km走行）

<日本では+45kg/台により10万km走行で0.41トンのCO₂、即ち1トンのアルミ化により9トンのCO₂削減>

- (2) IAIが2002年におこなう輸送のLCA調査に合わせ、デトロイト支部は上記データの手直しをした。
- (3) 米国ではLCAはポピュラーではないが、ニューヨーク市場（株価）でも環境指標が取り上げられるようになり、時間とともに重要になってくるだろう。現在LCAの議論は多国籍企業（ALCOA, ALCAN, HYDRO, PECHINEYなど）が中心になっている。

(4) 環境指標は持続性（Sustainability）が重要で、このことに関しての中小企業の関心は薄く、AAとして2003年2月にパネル説明の場を準備している。IAIは2002年に（欧州の主導のもと）持続的開発に向けた指標を作成した。

(5)鉄鋼協会 (AISI) がLCA 調査をMITに委託したが、前提条件が好ましいものではなく関与しなければならなくなった。問題点は、鉄のリサイクル率が良すぎることで、アルミ精練の電力が火力発電に偏っていたことなどであった。AAはIAIの5年毎のデータ更新に協力し、その調査結果を待っている。

3.3 その他

(1)米国におけるリサイクルの現状

缶のリサイクルは75%以上を目標にしているが、現状は50%程度である。大都市は効率的回収ができるが地方は難しい。例えば牧場やバッファローで有名なワイオミング州でリサイクルといっても関心はない。経済性は地理的な影響も大きい。

(2)自動車の軽量化動向

ラーキン氏がAAの専務理事になった1998年当時はオールアルミ車を目指していたが、現在は自動車のアプリケーション毎にアルミ化を検討していく方針に変っている。最近、自動車の軽量化のため鉄鋼業界 (AISI) ではスチールフォーム (発泡) を開発した。

(3)アルミニウムと健康について

アルツハイマーに関してはニューヨーク大学のリスク教授の研究に着目している。アルミニウムとアルツハイマーの誤った関連情報のトラブルは断続的に続いている。マーサストラート?というトークショーのキャスターが「アルミ缶のものは飲むな」と発言したので、彼女に対し反論した。番組の広報担当とも話合っただけという約束を取り付けた。訴訟は火に油を注ぐのでソフトな対応を考えている。部屋一杯の弁護士は、問題を大きくさせるだけである。それより、権威ある研究者にトークショーで話してもらう方が効果的である。

(4)中国市場についてのコメント

中国には、米国からも巨額の投資が続いている。WTOへの加盟も済んだし、経済界としてはかなり楽観的に見ている。自動車メーカーも進出したり大量の部品を購入したりしている。公開情報であるが、アルコアも10億ドルの投資を決定した。対中関係は、経済的な実績に政治が追随していく図式である。(米国企業のアジア進出には副作用はある。グローバルな市場変動では箱に納めようとしても無理で、戦うのではなく解決するという姿勢が必要)

(5)ネットワーク

AAは中小企業とWEBによる会議や情報交換をおこなっている。日米における関係も、もっと頻りにWEBサイトで共通のフォーマットで交流を深めていきたいとの提案が

あった。

(6)米国アルミニウム協会組織

自動車関係の業務はデトロイト支部にて、予算や組織・運営など完全に独立しておこなっている。本部は標準化、健康と安全、統計、環境、需要開拓、技術開発を担当。

4. 米国アルミニウム協会(AA)デトロイト支部

4.1 自動車のアルミ化戦略

(1)戦略：自動車へのアルミニウムの将来の適用は①燃費規制(CAFE) ②燃料費 (中東情勢) ③スチールおよびマグネシウムとの競争④費用による。ALTGの役割は、高価値で安全で環境に優れた性能の自動車に対する材料選択であることを実証および促進して、自動車の構造物および部品としてアルミニウムの需要を拡大することである。



写真2

(2)アルミ化状況：

- a. 一台あたりの使用量：着実に漸増し、2002年は274ポンド=124.3kgの見込み。
- b. 最近の設計におけるアルミニウム：Lincoln LS/500ポンド=226kg, Olds Aurora/500ポンド, Chevy Trailblazer/390ポンド, Nissan Altima/360ポンド, Peugeot/418ポンド, Citroen C5/330ポンド
- c. アルミニウムの形状構成：単位%

	1999年	2002年	適用例	日本1998年
板	10.9	10.7	後部扉、フード (1996年/6%, 2002年/15%)	7.6
押出	6.7	6.8		9.5
鋳物	79.9	80.3	エンジン、トランスミッション、サスペンション	82.9
鍛造他	2.5	2.2		

ホイールは85%が鋳物、10%が鍛造、5%が板およびプレートである。鋳物は複雑な形状のニアネットシェーブにして軽量化している。押出のスペースフレームのコストは生産台数が少ない場合はスチールと同等になる。

(3)ALTGの戦略

- a. Auto Aluminum Alliance Project：自動車メーカー団体であるUSCARが協力し、共同活動テーマとしては①危険物規

制, ②スクラップ選別, ③修理, ④腐食, ⑤管のハイドロフォーミング, ⑥板成形限界テストの標準化, ⑦コスト低減, ⑧鋳物の合理化, ⑨テーラード溶接ブランクに取り組んでいる。

この内, ⑤ハイドロフォームや⑨テーラードブランクは個別企業が進めてしまい, 共同活動にならない。

b. コミュニケーション活動: ①メディア受け (インタビュー), ②デザインと組立セミナー (参加者500名/年), ③宣伝, ④記事やプレゼンテーション, ⑤イベント: ニューズの創造

c. 技術的な解析およびマニュアルなど: アルミ化を促進するためにアルミニウムは軽いだけでなく, 鋼に負けない強さもあることを見せる実験をおこない, アルミニウムの強さを消費者にアピールした。今年, アルミ車のタイヤを各6個の市販アルミ缶で支えてみせた。また, 自動車のアルミ化による性能メリット (安全, 環境負荷, 操縦性, ブレーキ, 加速, 積載量, 燃料費) のロゴマークを作った。10%の軽量化=7~10%の燃費向上となる。その根拠は他の調査報告書による。

4.2 自動車のアルミニウムスクラップのリサイクル状況

(1) 北米のリサイクル事業

使用者→解体業→シュレッダー業→選別業 (HVSC)

収集, 解体ヤード	6000箇所以上	
スクラップシュレッダー	200箇所以下	1960年代に出来て, 高速化, 馬力upが進み事業者は減少した。
非鉄金属の比重選別	10箇所以下	内8社は, 沈降メタルの手選別を台湾・中国でさせる
重金属の選別	1箇所	米国では唯一HVSC社のみ残っている

(2) 選別の必要性

	1999年	2009年	備考
①輸送用アルミニウム需要	6,600千ト (120kg/台)	9,300千ト (155kg/台)	②新車台数×①(kg/台)
②新車台数	55,000千台	60,000千台	
③廃車台数	40,000千台	55,000千台	
④リサイクルされるアルミニウム	3,000千ト (75kg/台)	6,600千ト (120kg/台)	③廃車台数×④(kg/台)
⑤新車の二次合金によるアルミニウム鋳物: 需要	3,500千ト (64kg/台)	3,000千ト (50kg/台) 鋳物の鉄分規制強化で使用量を制限	②新車台数×⑤(kg/台)
⑥輸送用アルミニウムの展伸材および新地金鋳物	3,100千ト	6,300千ト	①需要-⑤二次合金鋳物
⑦選別の効用	(現有能力: 500千ト)	選別対象: 3,600千ト	④リサイクル-⑥鋳物

2009年にリサイクルされるアルミニウムスクラップ6,600千トの内, 鋳物原料に戻せるのは, 3,000千トであり, 選別の対象として3,600千トがある。

(3) HVSC社

a. 輸送材料, 建築材料, 包装材料の混在したシュレッダーチップのミックススクラップを購入してきて処理している。非鉄スクラップ50万t/年を処理し, 20万tのアルミ鋳物スクラップと10万tの展伸スクラップを回収。シュレドダスト50万t/年を処理し, 1~2万tのアルミスクラップを回収。

b. 上記の回収を進めるため, 次の4.3項の自動選別装置を開発した。装置の販売は考えておらず, 需要があれば現地に進出して選別事業をおこなう。ベルギーに合弁会社ヒューロンバリーヨーロッパを稼働させていて, 沈降ヘビメタルのカラー選別の事業をおこなっている。年5万tのリメルトスクラップが回収できれば進出が可能。

(4) ボディ材からボディ材へのクローズドリサイクルの可能性

- HVSC社の意見: 我々の選別技術があれば, まとめてリサイクル可能なのでクローズドにすることは無意味である。ロットを小さく分けるのは困難かつ高く付くので誰もやらない。
- アルコア社の意見: 我々は, 添加元素の検討を含めた最高の板を供給することによって競争している。リサイクルの制約で競争が妨げられるような制度は考えられない。
- AA Mr.Klimisch: 自動車材はメーカー毎の開発競争であり, 同一合金 (材料) になる可能性は少ない。また常に開発を繰り返しているので廃車時の材料 (15年前) がCar-to-Carとなる可能性も少ない。現状では自動車材リサイクルのプランはない。(缶とは違うとの前提で)

4.3 アルミニウムの (シュレッダー) スクラップチップの固相選別技術の実態 (装置の全体構成: 図1)

(1) 比重選別工程

$\rho = 1.0$ (水) → 浮上物: 木, 紙, フォーム, ファイバー

沈殿 $\rho = 2.5$ (マグネタイトスラリー)

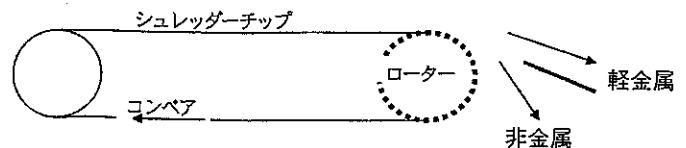
→ 浮上物: ゴム, プラスチック, Mg, Hollow Al

沈殿 $\rho = 3.5$ (フェロシリコンスラリー) → 浮上物: Al,

沈殿物: Zn, Cu, Pb, ステンレスなど

(2) 渦電流による金属/非金属の選別

比重選別 $\rho = 2.5$ での浮遊物について, 永久磁石のS-Nを交互に組み入れたローターを回転させMgおよびHollow Al金属を遠方に飛ばし, 非金属を除去する。(比重選別 $\rho = 3.5$ での浮遊物についても, 渦電流により非金属を除去する。)



(3) カラーソーターによる (Al) 金属弁別

- 測定原理: チップを洗浄してから, NaOHでエッチングすると添加元素により色が変わる。これを検出して機械的に選別する。(アルコアの特許・技術を用いている)
- 測定方法: 上記のMgおよびHollow Al金属を前処理し, エッチング・洗浄をしてから乾燥させ, カラーソーターにかけて, MgとAlのシュレッダーチップを70~80ヶ/秒の能率にて選別する。

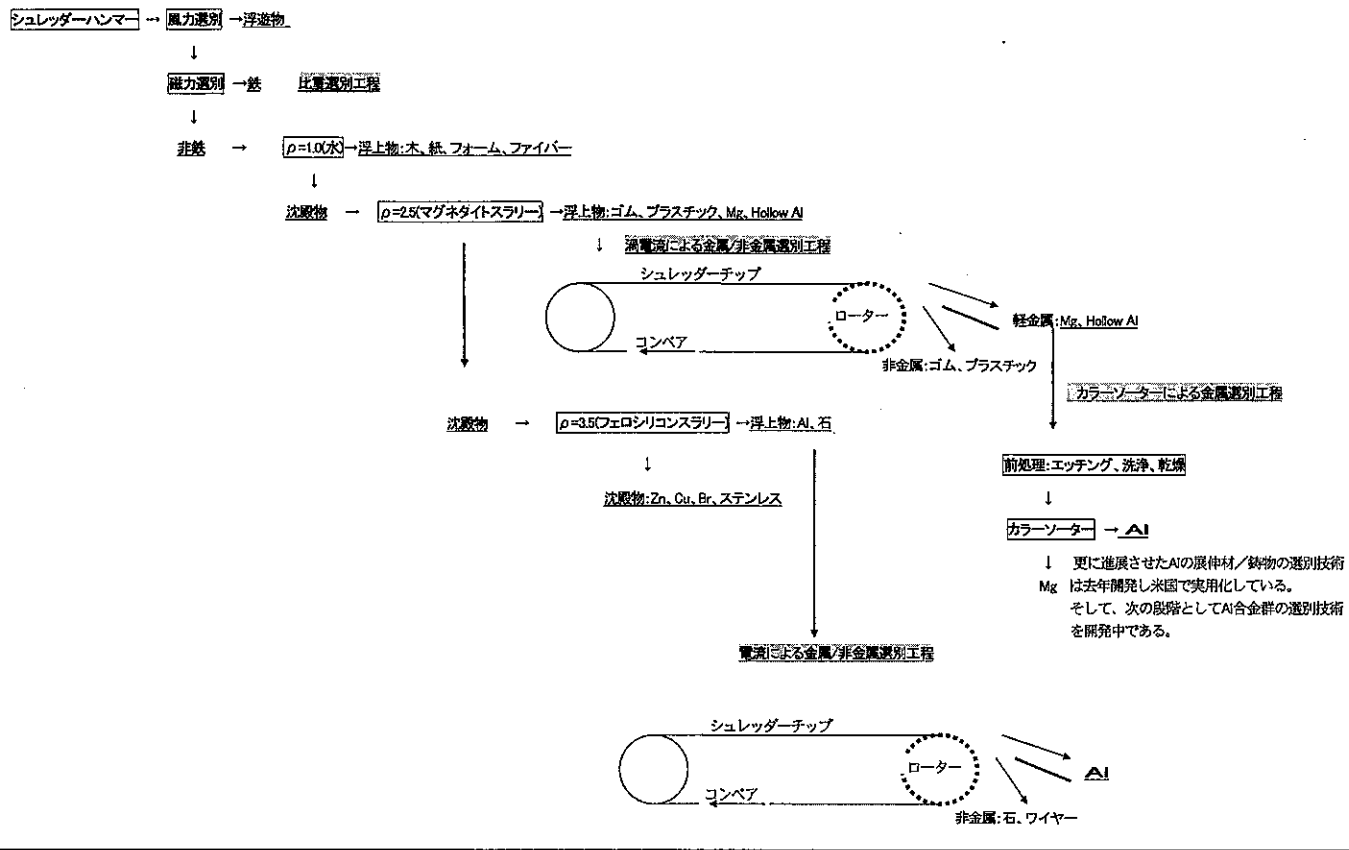


図1 HSVCのアルミニウムスクラップ処理工程の構成例イメージ

前処理には、グリース取り・塗料剥離・焼成等がある。酸化物はエッチングで処理される。

c. カラーソーターの稼動状況：比重選別 $\rho = 3.5$ で沈殿する重金属の選別については10年前から開発し、3年前に実用化した。(欧米) 比重選別 $\rho = 2.5$ で浮遊するAlとMgの選別については2～3年前から実用化している。更に進展させたAlの展伸材/鋳物の選別技術は去年開発し米国で実用化している。

そして、次の段階としてAl合金群の選別技術を開発中である。

(ブライト：Al・Mg系，グレー：Si・Fe・Mn系，ダーク：Cu・Zn系を検出して機械的に選別する。)

(4) レーザー選別 (LIBS)：開発中

a. 測定方法：表層のMgなどの影響を除去するため予めチップを強力に機械的に洗浄してから、強力なレーザー(ex.23MW)を1ショットにおいて数パルスを照射すると分光スペクトルにより成分が分かる。1ショット目の最初の数パルスは分析場所の浄化をおこなうので、浄化後の数パルスは測定精度が向上する。選別が目的なら1ショット

ト(6パルス程度)の分析で充分である。

原理的には8成分の分析が可能。

b. 処理能力 (kg/hr)：レーザー発光の頻度で決まる。100ヘルツのレーザーならカラーソーターと同じスピードで処理可能である。処理能力は、むしろベルトにどのぐらいの間隔で置くかで制約される。

c. X線との比較：X線はスクラップの厚みの影響を大きく受けるのでその処理が大変で実用化は困難。また、6111と5182の分別も出来ない。

〈注：欧州では材質選別が可能なダブルビームX線選別法を開発中〉

d. レーザー選別の稼動状況：来年からミシガンの工場でプロトタイプにて稼動する。カラーソーターの後、2材質程度に分別する。

この内容は、財団法人 金属系材料研究開発センター (JRCM) が新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの助成金の交付を得て実施する、「アルミニウムの不純物無害化・マテリアルリサイクル技術開発」事業の一端を紹介したものである。