アルミニウムを取巻くリサイクル事情

高杉 篤美*

Journal of Japan Institute of Light Metals, Vol. 59, No. 2 (2009), pp. 87-93

Situation of recycling on the material flow of aluminum

Atsumi TAKASUGI*

Keywords: advanced recycle, recycling technique, aluminum statistics, environmental measures

1. はじめに

リサイクルという言葉が身近なものになって久しい。アルミニウムのリサイクルについては、再生エネルギーが新規製錬エネルギーの3%台で済む、再生地金は酸化が表面のみで品質的な劣化がない、等の理由でスクラップは高価格で取引され、経済的にも「アルミニウムはリサイクルの優等生」である。

しかしながら、実社会におけるリサイクルは経済活動であり、いろいろな要素に影響を受けるので社会の状況が変化すればリサイクルの内容も変化する。

アルミニウムのリサイクルも、それを取巻く環境の変化により新しい局面を迎えている。地球温暖化、鉱物資源枯渇、資源価格高騰、そして循環型経済社会への対応が大きな変化の可能性を予見させる。

地球温暖化防止対策では、アルミニウム製造業でのCO₂発生を上回る、アルミニウムを使用した最終製品による市場でのCO₂削減効果がクローズアップされ、特に輸送分野でのアルミニウムの利用拡大が期待される。エネルギーコストおよび新地金価格の高騰は、製錬に多大なエネルギーを要し、再溶解エネルギーはその約3%で済むアルミニウムのリサイクルそのものの価値を上げることになる。また、循環型経済社会への移行は、優れたリサイクル特性を持つアルミニウムにとっては主要素材としての地位を高める機会となろう。

これらの変化は、日本のアルミニウムのリサイクル事情に大きな変革とチャンスをもたらす可能性があり、本稿では、そのチャンスを生かす視点から、「マクロ的に見たアルミニウムのマテリアルバランス」、「アルミニウムのリサイクルの今日的意義」、「アルミニウムリサイクルの先進事例」、そして「今後の課題」について整理してみたい。

2. アルミニウムのマテリアルバランス

図1は、IAI (International Aluminium Institute, 国際アルミニウム連盟) が作成した2007年度の世界のアルミニウムフローである。アルミニウム製品総需要 (Finished Products と

記述) は44.3百万トン、新地金製錬量は37.8百万トンとしていいる。新地金製錬量はアルミニウム製品総需要の85%にのぼる。

日本国内との比較では、図2で、日本のアルミニウム総需要 (アルミニウム製品) に対する新規投入原料 (輸入原料および国内製錬量、図1の新地金製錬量に該当) の比率は約70%であり、世界の平均よりは低いものの新規投入原料比率は高い。

需要の上昇局面では、新規投入原料比率は高くなるが、総需要はすでに1990年頃から上昇率が幾分か鈍化している。アルミニウム製品では建材向けは30~35年の製品寿命のため製品寿命によるスクラップ (所謂 Old Scrap) の発生時期は遅れるが、アルミニウム建材の需要は1970年代にピークを迎えており、それからすでに30年経過しており今後急激に建材のスクラップが増加するとは思えない。今後総需要の著しい低下がなければ新規投入原料比率は現状のまま推移するものと思われる。

また、見方を変えて、総需要から推定歩留 (60%) を用いて国内の所要原料を算出したものが図3であるが、所要原料に対する新規投入原料の比率は約40%台である。すなわち投入した原料の内、約40%が回収されずにロスしていることになる。ロス量が推定可能な内訳としては、鉄鋼用に脱酸剤等として使用されるドロスおよび埋立られるドロス残灰は投入原料の約2%であり、アルミニウム製品 (圧延・押出・鋳物・ダイカスト等) の輸出は直近の10年間では3~5% (総需要の5~8%¹⁾) であり、輸出製品に使用されて国内で回収できないアルミニウムの大部分を占める輸出車に使用されているアルミニウムは、自動車向けアルミニウム製品量と自動車生産台数に占める輸出車数の比率²⁾ から計算すると直近の10年間では約10%である。中古車輸出分も含めると約12%になる ((独) 物質・材料研究機構 島田正典氏調査)。また、出荷されたアルミニウム箔はまったく回収されないものとして約2%¹⁾ である。残りはロス量の推定が難しく、アルミニウム以外の名目で輸出されているスクラップ、鉄鋼用脱酸剤として使用されるアルミニウム缶等のスクラップ、そし

* 社団法人日本アルミニウム協会 (〒104-0061 東京都中央区銀座 4-2-15)。Japan Aluminium Association (4-2-15 Ginza Chuo-ku, Tokyo 104-0061)。

受付日: 平成20年9月29日 受理日: 平成20年10月21日

Global aluminium flow 2007 (draft)

Values in millions of metric tonnes. Values might not add up due to rounding. Production stocks not shown.
¹ Aluminium in skimmings; ² Scrap generated by foundries, rolling mills and extruders. Most is internal scrap and not taken into account in statistics; ³ Such as powder, paste and deoxidation aluminium (metal property is lost); ⁴ Area of current research to identify final aluminium destination (reuse, recycling or landfilling); ⁵ Calculated based on IAI LCI report - update 2005. Includes, depending on the ore, between 30% and 50% alumina; ⁶ Calculated. Includes on a global average 52% aluminium; ⁷ Scrap generated during the production of finished products from semis; ⁸ Landfilled, dissipated into other recycling streams, incinerated, incinerated with energy recovery.

Source: GARC, May 08

図1 2007年度の世界的アルミニウムフロー (IAI 作成ドラフト版)。原料は新地金 38 百万トン・再生材 37 百万トン、アルミニウム製品出荷量 44 百万トン、市場に最終製品として出たアルミニウム量 27 百万トン。

図2 総需要に対する新規投入原料比率 (1968-2006 年度, 社団法人日本アルミニウム協会統計年報より作成)。新規投入原料 = 新地金・二次合金輸入量 + 国内製錬量。

図3 所要原料に対する新規投入原料比率 (1968-2006 年度, 社団法人日本アルミニウム協会統計年報より作成)。総需要の所要原料 = 総需要 / 60% (推定歩留)。

て回収されないアルミニウムスクラップである。すなわち、約 40% のロスの内、数値が推定できる分は上記の約 19~21% であるが、残りの不明分 (19~21%) の内の大部分は回収されないアルミニウムスクラップであると推定される。

では、なぜアルミニウムのリサイクル率がさほど高くないのか。リサイクルを担っているのは主にリサイクル事業者であり、営利事業としてリサイクル活動を推進しているものであり、そこから利益が得られるか否かがすべてである。リサイクル事業者にとって社会全体のリサイクル率は経営課題ではない。現状のリサイクル率は事業として成立つ範囲で実施されてきたリサイクルの結果である。

したがって、リサイクルを取巻く環境に変化が起これば、経営が成立つリサイクルの範囲は変化する。前述のリサイクルの推進に有利な環境の変化は、リサイクル事業の対象拡大

を意味し、リサイクル率の向上が期待できる。

しかし、一方では、リサイクルそのものの効率化を図り、リサイクルコスト削減を実現することがアルミニウムのリサイクル率向上のためには極めて重要である。

3. アルミニウムのリサイクルの今日的意義

アルミニウムのリサイクルに大きな影響があると思われる環境の変化について列挙し、影響と対応を述べる。

3.1 電気自動車・燃料電池車の普及

アルミニウムスクラップのリサイクル材は、主に鋳物・ダイカスト用に使用され、展伸材スクラップも展伸材用に使用される率は低く、2005 年度では展伸材の再生資源利用率 (再生原料の総量 / 投入原料の総量) は 23.8% であった³⁾。所謂「カスケードリサイクル」が現実である。これを放置すれば、

表1 アルミニウムリサイクルの先進事例

リサイクル課題	製品、リサイクル分野	処理工程	優位点
【事例1】 展伸材 to 展伸材 (CAN TO CAN)	缶材の一貫リサイクルシステム	回収されたアルミニウム缶スクラップを解砕・焙焼工程を組込んだ一貫工程で、再生塊製造工程を省き、スクラップから直接スラブを溶解鑄造。	分別回収、異物除去、溶解工程削減
【事例2】 展伸材 to 展伸材 (PS TO PS)	PS版スクラップをPS版の原料に使用	PS版製造工程で発生するスクラップを他品種を混入させることなく回収し、専用炉で溶解、再生塊を製造することにより、PS版用材質の成分純度を保持し、PS版の原料として使用。	分別回収、異物・異材質混入防止
【事例3】 展伸材 to 展伸材 (サッシ to サッシ)	アルミニウムサッシのスクラップをアルミニウムサッシの原料として使用	アルミニウムサッシスクラップは、鉄ビス、亜鉛クレセントが付いた状態では所謂Bサッシとして鋳物・ダイカスト用に使われるが、シュレツダにかけることにより、ビス・クレセントを分離し、サッシ原料として使用。	異物分離
【事例4】 アルミニウムの リサイクル率向上	粗大ゴミ（一般ゴミ）残渣から他金属含めてアルミニウムを回収	自治体では回収した粗大ゴミをクラッシュ、金属回収後、焼却して埋立っているが、ある市では、リサイクル事業者の技術開発により、市から預かったクラッシュ、金属回収した粗大ゴミの残渣を風力選別、重液選別、色分析の自動一貫ラインで処理し、アルミニウム等各種金属を回収している。	異物・異種金属の分離

いずれは鋳物・ダイカストでスクラップを吸収しきれなくなり、スクラップの余剰が生じる、との危機感は20年前から唱えられてきた。結果的には、周知のとおり、その後自動車生産が増加し鋳物・ダイカスト需要が増加し、スクラップ需要が旺盛になることで上記の懸念は杞憂となった。

しかしながら、今後（内燃機関ではない）電気自動車・燃料電池車の普及が進めば鋳物・ダイカストの需要は低下し、状況は元に戻る。展伸材スクラップを展伸材に転回すること（展伸材 to 展伸材）を経済的に成立つコストで実現する必要がある。

3.2 地金・エネルギー価格の高騰

BRICsの経済発展により鉱物・エネルギー資源の需要が高まり、長期的な見通しとして、地金・エネルギー価格の高騰が予測されている。

アルミニウムリサイクルは、リサイクル事業者により純粋に営利事業として実施されており、地金・エネルギー価格の高騰は、事業として成立するリサイクルの範囲を拡大させることが期待できる。最近「都市鉱山」という言葉を耳にする機会が多いが、（独）物質・材料研究機構ではアルミニウムの都市鉱山埋蔵量を需要量の6年分としている。リサイクルコストが事業として成立つ範囲が拡大すれば、対象となるアルミニウム資源は十分あるということか。

3.3 CO₂削減の重要性

「地球温暖化防止のためにCO₂削減に努力すべき」ことはすでに常識として通用していると思われるが、筆者は、地球温暖化の予測についても、CO₂削減と気温上昇防止効果との相関についても判断すべき知見を持たない。ただ実感として、しばしばテレビでアナウンスされた「専門家の予測では、今後100年間で気温が6.4℃上昇。」の根拠となったのが、IPCC (Inter-governmental Panel on Climate Change) の4次評価報告書で、7つの予測シナリオの内の最大の温度上昇シナリオの、

しかもその予測幅の最大値⁴⁾、と聞くと、マスコミの「悪い情報を誇大に」の特性でそれは理解できるものの、地球温暖化問題に関しては、現在政府等で推進されつつある諸施策の基本となる認識がマスコミが発信している内容と同程度である気がしてならない。CO₂削減の地球温暖化防止効果はともかく、CO₂削減が目的化しましぐらに突き進んでいる感がある。このことに関して異議を唱えるつもりは毛頭ない、言いたいのは、今後ますますCO₂削減活動の重みが増すのではないかと、との認識である。

アルミニウム製品のLCA評価では、新地金製錬時のCO₂排出量が大いいため、原料として新地金の配合比率が低下すればCO₂排出量は小さくなる。アルミニウムリサイクルの大きな課題の一つが「展伸材 to 展伸材」の推進であるが、今後CO₂削減活動の優先度アップが再生原料を使用するためのインセンティブとして働く可能性がある。

カーボンフットプリント（以下CF）制度の行方にも注目したい。CFは先行しているエコリーフ（タイプIII環境ラベル）と類似しており、主に食品と日用品についてCO₂負荷を表示するものであるが、海外ではイギリスで政府主導でCF制度構築が進められており、ISOでは、2007年6月にCFのISO化が問題提起され、2011年度にはISO規格として発行予定である。2008年7月には国内の「国際標準化対応国内委員会」が発足した。先行するエコリーフの登録件数は、2002～2008年6月で443製品に留まっており普及が進んだとは言えず、CF制度についても先行きは不透明であるが、消費者を対象としたものでマスコミも扱いやすいテーマだけに、如何なる方向に向かい、アルミニウムのリサイクルにとって如何なる影響がでてくるのか注目される。

4. リサイクル取組みの先進事例と課題

アルミニウムのリサイクルが推進されるためには経済的に

図4 解砕・選別工程（三菱アルミニウム㈱提供）。UBC プレス品を投入している，UBC はコンベアを上昇し解砕工程へ。

成立つことが必須条件であるが，経済性向上の要件は，以下に集約される。

- (1) 異物・異種合金の混入防止
- (2) 異物・異種合金の分離
- (3) 結果として，極力溶解工程を省く

表1にアルミニウムリサイクルの先進事例を示すが，いずれの事例も上記の要件をベースにしている。

表1の事例は，アルミニウムのリサイクルに関して，円滑なマテリアルフロー，スクラップの経済的価値の向上，リサイクルコスト削減，リサイクル工程でのCO₂発生量低減，資源枯渇対策，鉛等有害金属の埋立による土壤汚染防止，といった観点から優れたものであり，各事例について詳述する。

4.1 (CAN TO CAN) 缶材のリサイクル一貫処理

現在，最も先進的なアルミニウム缶スクラップ（UBC: Used Beverage Can）のリサイクル工場は三菱アルミニウム㈱の（UBC→圧延用スラブ）一貫処理工場である。各地から搬入されたUBC（多くはプレス品）は工場建屋内の倉庫に保管され、『解砕・選別』、『焙焼』、『溶解』、『鋳造』の連続製造ラインで圧延用スラブになる。この中で，リサイクルのキーポイントになっているのが，『解砕・選別』、『焙焼』工程での異物（鉄，ごみ，塗料）の除去である。『解砕・選別』工程（図4）では，磁力選別で鉄缶等の鉄類を分離し，風力選別でごみを分離する。『焙焼』工程（図5）では，キルンの中でUBCを低酸素状態で蒸焼きにして塗料を除去する。この後アルミニウムのみとなったUBCは連続的に溶解炉に投入され，通常のスラブ鋳造と同様に，溶湯処理を経て圧延用スラブに鋳造される。

リサイクル工場らしい苦労としては，搬入されるUBCの中

図5 焙焼工程（三菱アルミニウム㈱提供）。解砕工程を経たUBCはキルンの中で低酸素状態で蒸焼きにされ，塗料が除去される。

には，重量を増すために故意に，重量物を混入させたものや，水分を多く含ませたものがあり，受入れ時に抜取りで「異物検査」と「水分検査」を実施している。そうした苦労はあるものの，一般的なリサイクル工程ではUBCから再生塊にする場合が多いのと比べると，溶解工程が一工程で済み，燃料の使用量は少ない。処理コストからも発生CO₂量からも極めて理想に近い究極のリサイクル工場であることが理解できる。

4.2 (PS TO PS) PS版スクラップのPS版原料への使用

富士フィルム㈱では，平成19年3月より自工場で発生するPS版（Pre-Sensitized Plate）のスクラップをPS版の原料として圧延メカに戻すPS TO PSを実施している。アルミニウム展伸材のユーザが，このようなアルミニウムの完全な循環を企画・実行するのは希有なことで，その動機は経済性よりも企業としての環境対策であり，循環型社会構築の必要性，エネルギー使用量とCO₂発生量の削減，BRICsなどの発展による資源枯渇，国内アルミニウムスクラップ需給における余剰転換予測，であるという。

図6および図7に従来のフローとPS TO PSのフローを示すが，キーポイントは，PS版専用の溶解炉を設置し，溶解治具・鋳型も専用化したことであり，合紙（製品保護用はさみ紙）取り設備の導入による効率化も図っている。

この例では，（イ）PS版スクラップは自工場発生のもののみで他材質の混入はない，（ロ）そのスクラップ事情および専用溶解炉の使用で異物混入の可能性が排除されている，（ハ）PS版表面に塗布されている感光層は非ハロゲン系有機物で溶解時に燃焼し成分的な影響はない，ことによりアルミニウム純度を下げる要素がほとんどない。

図8，図9にPS版スクラップの投入準備のようすと鋳造された再生地金を示す。このように展伸材の中でも最も純度が高い材質のスクラップが元の材質の原料として使用されることは，展伸材to展伸材を進めていく上では象徴的な成果である。

なお，現在は自社発生のPS版スクラップに留まらず，印刷済みPS版スクラップの再生地金製造を試行し，再生地金中の微量金属含有率変動幅など問題点を抽出中とのことである。今後の展開が注目される。

図6 従来のカスケードリサイクル（富士フィルム㈱提供）。

図7 PS TO PS リサイクル（富士フィルム㈱提供）。合紙取り設備新設。溶解は専用炉，専用治具使用。

4.3 （サッシ to サッシ）サッシスクラップのサッシ原料への使用

サッシを中心とする建材（サッシ，ドア，エクステリア，室内建具，以降サッシと総称）の年間出荷量は，1972年度以降今日（2006年度）に至るまで400千トン以上になり，ピーク時は600千トン台であった¹⁾。

これに対し，2002年度では，建設解体廃材として回収された量は332千トンであり，圧延・押出の原料として使用されたのは36千トン，鋳物・ダイカストの原料に使用されたのは197千トンであった⁵⁾。回収されたサッシスクラップの内，サッシ原料に戻るのは約11%，約60%は鋳物・ダイカストの原料として使用されている。建材の寿命を約30年と想定すると2002年度の回収量は1972年度頃の出荷量に相当するものであり，妥当な数字と判断されるが，いずれにしても200千トン程度のサッシスクラップがカスケードリサイクルされていることになる。

サッシスクラップがサッシの原料として使用できない理由

図8 PS版スクラップの投入準備（富士フィルム㈱提供）。溶解炉（左が投入口）に投入されるスクラップ。

図9 再生地金（富士フィルム㈱提供）。PS版スクラップから溶解鋳造された再生地金。

は，（イ）ビス（鉄）・クレセント（亜鉛）が付いているため金属元素の成分規制値をクリアできない，（ロ）モルタル等異物が付着しておりサッシ原料としては使用不可，である。これらの問題がクリアできれば年間約200千トンが新規に展伸材に使用されることになる。仮定の計算であるが，これが実現されると展伸材全体の再生資源利用率は約24%³⁾から約32%に向上する。（サッシ原料に使用可能なスクラップはAサッシ，使用不可のものはBサッシまたはビス付サッシと称されている。）

これまでBサッシとして扱っていたものをAサッシとする動きは，すでに量産レベルで始まっており，シュレツダによる破碎によりビスおよびクレセントを分離するものであるが，今後の適用拡大に期待したい。

4.4 粗大ゴミの残渣からアルミニウムを回収

一般的に，自治体では回収した粗大ゴミをクラッシュ，金属類を回収した後，残渣を焼却して埋立てているが，ある市では，リサイクル事業者の技術開発により，さらに残渣からアルミニウムを含む金属のほぼ完璧な回収を実現している。通常の粗大ゴミ処理と本事例の処理フローを図10に示す。

金属類回収の処理工程は，以下の通りである。

一般的な粗大ゴミ処理フロー

粗大ゴミ回収 → クラッシャー → 磁力選別、金属回収 → 焼却 → 埋立

粗大ゴミ残差からの完璧なアルミニウム等の金属類回収処理フロー

粗大ゴミ回収 → クラッシャー → 磁力選別、金属回収 → 風力選別 →
磁力選別 → 重液選別 → 色選別 → 焼却 → 埋立

* が事業者での処理工程。

図 10 粗大ゴミ残差からの金属類回収の処理フロー

①風力選別：金属と非金属を分離

クラッシュされたスクラップをベルトコンベアから落下させながら風を送り、軽い非金属は吹き飛ばして回収し、金属はそのまま落下し回収される。

②磁力選別：磁石で鉄と他の金属を分離

風力選別で金属のみとなったものから磁石で鉄のみを回収。

③重液選別：金属の比重差を利用し、金属に近い 2 種類の比重の液を用いて、それに金属を含有させ分離

磁力選別で鉄を除いた金属類を比重差で分離するため、比重の違う 2 種類の液の入った槽に金属を入れ回転攪拌し、それぞれの液と類似の比重の金属を液とともに取り出す。これでアルミニウムを単独で回収する。

④色選別：金属の色を測定し分離

重液選別でアルミニウムを分離した金属類は、比重の類似した真鍮、亜鉛、ステンレス、銅、鉛等が含まれている。これを色選別機に送り込み、単一金属に分別する。

風力選別で金属類を除いたゴミは、市に返却され焼却・埋立てられる。金属類を除いてあるため焼却された埋立物は非常に少量になり、焼却の燃料も少なくて済む。また、鉛等の有害金属も回収されているため、土壤汚染も防止できる。

リサイクル事業者の優れた技術革新・技術導入により、従来は埋立てられていたアルミニウムを含む金属類がリサイクルされ、埋立量も削減され、焼却用の燃料も節約になり、有害金属による土壤汚染も未然に防止され、効果は大きい。

この種のリサイクルが他の自治体にも拡大することを期待したい。

4.5 期待されるドロスからのアルミニウム回収率向上

4.4 まではアルミニウムリサイクルの先進事例を紹介したが、今後実用化が期待される技術として、アルミニウムドロスからのアルミニウム回収率向上技術がある。早大理工学術院の大和田秀二教授が開発した技術で、現行のアルミニウムドロスからの金属アルミニウムの回収方法との比較では、「ドロスの粉碎方法」と「金属アルミニウムと酸化物・窒化物の分離方法」に大きな利点がある。

ドロスの粉碎方法は、振動ミルで選択粉碎するもので、振動ミルは図 11 に示すように円筒状の容器にロッドが入っており、これにドロスを入れ回転振動させることにより粉碎する。選択粉碎は、振動ミルにより金属アルミニウムは展性・延性があるため扁平に変形し、ふるいにかけて粗粒として残り、金属アルミニウム以外の化合物は細粒となり、粗粒の

2種の振動ミル

図 11 振動ミルのドロス粉碎部分（早大理工学術院 大和田秀二教授提供）。円筒状の容器とロッドでドロスを粉碎、金属アルミニウムは展性・延性を持つため扁平に変形し、ふるい後粗粒に残る。金属アルミニウム以外の化合物は細粒となりふるい後細粒となる。

金属アルミニウムとは分離される、というものである。

金属アルミニウムと酸化物・窒化物の分離方法は、電気伝導率の差により金属アルミニウムとアルミニウムやマグネシウムの酸化物・窒化物を分離するものである。

これらの振動ミル、渦電流選別機を具備した実証プラントによるデータでは、従来のドロス処理よりも高いアルミニウムの回収率が得られており、実用化により、アルミニウムのマテリアルフローの中でドロス残灰としてロスされるアルミニウムが減少することが期待される。

アルミニウムドロスは、金属アルミニウムを回収後、主として鉄鋼用途で脱酸剤等として利用されており、管理型埋立地への最終的な廃棄量は 1997 年当時は約 19 万トンであったものが現在では約 4 万トン（社団法人日本アルミニウム協会ドロス再利用標準化委員会の推定値）と大幅に減少しており、今後は、道路・駐車場等の路盤材用途への活用を視野に入れたゼロエミッションへの動きがあり、大いに期待されるところである。

しかしながら、一方ではアルミニウムドロスからの金属アルミニウムの回収率を向上させることが、基礎材料としてのアルミニウムの価値、資源戦略・循環型経済へのアルミニウムの寄与等の観点から極めて重要である。

4.6 自動車用展伸材のリサイクル課題

2007 年度の自動車用展伸材の出荷量は 33 万トンであり¹⁾、今後の需要増が期待されている。この中の板材は、2007 年度は 3 万トンであり 2010 年度は 12 万トンと大幅な増加が予測

されている⁶⁾。

現在、自動車からのアルミニウム展伸材スクラップは、ほとんど展伸材には使用されていなく³⁾、今後のこの分野の需要増と相俟って、自動車用アルミニウム展伸材スクラップのリサイクルは大きな課題である。

廃車からのアルミニウム展伸材リサイクルの難しさは、廃車からのアルミニウム部品の取り外し、そこからのスチール部品の分離、塗料の付着である⁷⁾。スチール部品の分離はシュレッド、塗料の対策は焙焼、であろうが、易解体設計化の進展、合金識別表示化等のリサイクルコスト低減の施策が重要である。

一方、メリットとしては、廃車のアルミニウムスクラップについては、社会に広く散在する訳ではなく、自動車単位で存在するので、高い回収率が期待できる。

4.7 アルミニウムのリサイクルコスト削減の課題

アルミニウムのリサイクルコストを引上げている主な要因は以下の通りである。

(1) 社会に広く拡散しているスクラップを集めるための労力・運搬費用を要する（アルミニウム缶は消費者のボランティア活動で解決している）。

(2) 付着している異物（非金属）、他金属製部品の除去のための労力を要する。

(3) スクラップの合金系が不明なため溶解し再生塊にして成分を確定する必要がある。

地金価格高騰等のリサイクルに有利な環境の変化を度外視すれば、上記の要因を除去・緩和する対策が進展しない限りリサイクル率の向上は望めない。その対策をリサイクル事業者に任せておくのではなく、アルミニウム産業界全体で学会も含め、必要な技術開発、リサイクルの仕組み構築を推進することが望まれる。

開発が期待される技術として、アルミニウムスクラップの迅速分析技術が挙げられる。「展伸材 to 展伸材」が進展しない理由の一つは、スクラップの材質が不明・不詳なため溶解して成分分析をする必要があり、多種の材質を一緒に溶解すれば添加元素以外は不純物規制が厳しい展伸材には使用できない、ことである。個々のスクラップ片が実用的な処理速度で成分分析が可能であるならば、材質（実用的には合金系）が異なるスクラップを混ぜることなく合金系別に区分でき、展伸材スクラップは展伸材に使用可能であろうし、溶解して

再生塊を製造することが不要な場合も想定される。結果としてリサイクルコストは低減され、さらにリサイクル材のメリットが大きくなる。（現在の新地金とスクラップ・再生塊の値差では、品質的なリスク等を考慮すると、軽圧メーカーにとってスクラップ・再生塊を使用するインセンティブは小さい。）

迅速分析技術を確立し、最小限の労力で処理するために分析結果から合金系別に区分けするシステムまで完成することは難題であるが、大量の新地金を海外から輸入し、数字的にはリサイクル率を向上させる余地が大きい現状では、取組むに値するテーマであると思われる。

5. おわりに

日本のアルミニウムリサイクルは、リサイクル率向上、「展伸材 to 展伸材」の推進、の2つの大きな課題を抱えている。国内でアルミニウムのマテリアルフローを円滑にし、リサイクルコストを低減してリサイクル材の価値を向上しリサイクル率を向上させることは、アルミニウムスクラップの海外流出防止にもつながり、結果としてアルミニウムが今後の循環型経済社会の主要素材として非常に優れていることを示すことになり、アルミニウム産業のさらなる隆盛に直結する。それに向けた着実な努力が、アルミニウムのユーザ業界での易解体設計の進展にもつながると確信する。

以上、荒唐無稽な論議と受け取られる向きもおられるかと思うが、アルミニウムのリサイクルについて検討されるとき、本稿が某かのご参考になれば望外の喜びである。

参考文献

- 1) 「アルミニウム統計年報」, (株)日本アルミニウム協会, (1998-2007).
- 2) 「自動車統計月報」, (株)日本自動車工業会, (2004-2007).
- 3) 「3R システム化可能性調査事業」, (株)日本アルミニウム協会, 平成 19 年 3 月.
- 4) 武田邦彦: 「環境問題はなぜウソがまかり通るのか 2」, 洋泉社, (2007), 38-50.
- 5) 「アルミニウム系リサイクルトータルシステムの導入に関する調査研究報告書」, (財)金属系材料研究開発センター, 平成 16 年 3 月.
- 6) 「平成 20 年度アルミニウム圧延業における地球温暖化対策の取り組み」, (株)日本アルミニウム協会.
- 7) 「アルミニウム」, (株)日本アルミニウム協会, 第 15 巻第 72 号, (2008), 43.