

初期型アルミ合金製車両のリサイクル手法

○清水 忠 [機] 留岡 正男 船渡 健太郎 (東京地下鉄)

佐々木 侑哉 (日本アルミニウム協会) 小嶋 教人 赤石 真規 (日軽エムシーアルミ)

Recycling Method for the Initial Type of Aluminum Rolling Stock

○Makoto Shimizu, Masao Tomeoka, Kentaro Funato, (Tokyo Metro)

Yuzo Sasaki (Japan Aluminium Association),

Norito Kojima, Masanori Akaishi (Nikkei MC Aluminium)

In order to establish the recycling method for the initial type of aluminum rolling stock, the authors estimated the component of secondary aluminum alloys melted from out-of service aluminum car-bodies. To recycle the initial type of aluminum rolling stock which is structured by welding many kinds of aluminum alloys, it is necessary to classify each type of aluminum alloy because the method of extracting the alloy elements other than aluminum is not established commercially. So, the authors scraped the aluminum rolling stock and confirmed the composition of the secondary aluminum alloy.

As a result, the yield rate of this scrap was 86.2%. And it is confirmed to burn the scrap directly in the operating furnace, even though it contains 4.0% volume content of iron and stainless steel. Finally the under-frame reproduction alloy with a high content of zinc was recycled to ADC12. The roof and side-plate with a low content of zinc was recycled to AC2B which was changed into engine component (cylinder head, intake manifold, etc.)

キーワード：リサイクル，アルミニウム合金製車両，解体分別，再生，自動車部品

Key Words : recycling ,aluminum rolling stock, classifying, reproduction , engine component

1. はじめに

アルミニウムは「再生地金化するのに新地金を作る場合のわずか3%のエネルギー消費量ですむ」という優れたリサイクル性を有しており、再利用することで大きな省エネ効果を発揮する。そのため、アルミ合金製車両の廃車時にも、その特性を十分に発揮して製品から製品への循環を可能とすべく、これまで多くのリサイクル手法に関する基礎研究が実施されてきた。本稿では、その研究成果を踏まえ、当面の間多く廃車される初期型アルミ車両のリサイクル手法を確立すべく廃車車両を用いてリサイクル調査を実施したので、その内容を報告する。

2. これまでの研究成果と課題

アルミ合金の品質は成分組成と割合で確保されているが、再生地金化する際にアルミ以外の合金元素を抽出する技術は商業的に確立されていない。そのため、初期型アルミ合金製車両のように、軽量化と高剛性を両立させるために強度の異なるアルミ合金 (=成分組成が大きく異なる) を溶接して製造している車体 (図1参照) をリサイクルする場合、再生用途に適した合金種別毎に分別回収し、再生地金の成分を確認する必要がある。一方、分別しない場合

は、手間もコストも抑制できるが、低品質合金として利用範囲が限定されるか、或いは純アルミを追加して全体を薄めて成分調整しなければならない。1993年には東京メトロ東西線5000系車両を解体して新造車両の部品にリサイクルした¹⁾が、異種合金へ再生するのに多くの純アルミを必要とした。そのため、1990年代後半以降のアルミ車体は、主構造を同一の合金で構成しモノアロイ化を図ってリサイクル性を向上させている。しかし、当面の間の廃車対象は、それ以前に製造された初期型アルミ車両であるため、今後それらを何にリサイクルするかが課題となった。

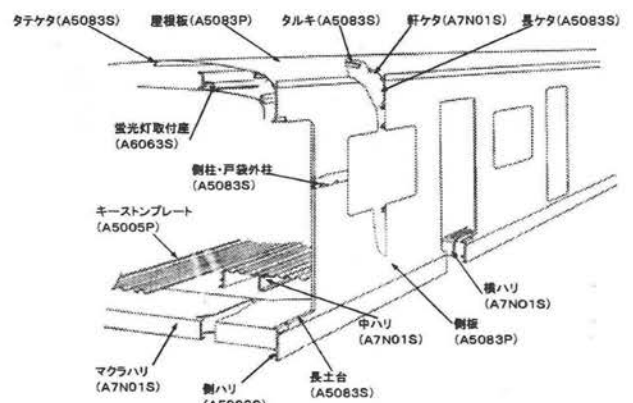


図1 初期型アルミ構体透視図

3. 初期型アルミ合金線車両のリサイクル手法

3.1 再生用途の検討

廃車車体を新造車体に戻すには、最終的に 6N01 (6005C) という押出型材に適したアルミ合金に戻さなければならない。しかし、初期型アルミ車体に多く使用されている 5083 合金は、6N01 合金と比較して Mg 量が多いため、純アルミで 7 倍程度薄めなければならない (Mg 抽出は困難)。また、7N01 という Zn を多く含む合金も同様に大量の純アルミで薄めなければならない。しかし純アルミを多く使用するということは、それだけエネルギーを消費するため、本来のアルミの優れたリサイクル性を活かしきれない。そこで、押出型材に戻すことは断念し、消費量が多く、流通ルートも確立している鋳物自動車部品への再生を試みることにした。

3.2 解体分別・シュレッドスクラップ化

廃車車体の解体分別は、車内設備品・床下機器の撤去と塗装断熱材 (アンダーシール) の除去をした後、合金種別が異なる側屋根部材と台枠部材とにプラズマカッターで図 2-1, 2 のように大別する方法とした。これにより構体質量 4.2t を表 1 のように合金分別でき、側屋根部材に 7000 系合金が混入することを抑制できる。その後、ニブラーにて裁断しながら電線等を引抜いた後に、シュレッダー処理機にかけた。鉄道車両のアルミ車体には鋼製ねじ座やステンレス部品、床材や断熱材等が付着しているため、シュレッダー処理の過程で不純物除去率を高めることが重要となる。そのため粉碎・ダスト集塵・磁気選別・手選別等の処理能力の高い設備を選択する必要がある。

最終的に得られたシュレッドスクラップの状況を図 3 に示す。また、この処理により 1 両あたり 5182kg (内装材含む) のアルミスクラップを得ることができた。各段階での重量内訳を表 2 に示す。

表 1 1 両構体の合金分別質量 単位: t

部材名称	アルミ合金種別			
	5000系	6000系	7000系	計
側屋根部材	0.31	1.91	0.08	2.3
台枠部材	0.8	0	1.1	1.9
計	1.11	1.91	1.18	4.2



図 2-1 台枠部材 図 2-2 側屋根部材 図 3 シュレッドスクラップ

表 2 段階別重量内訳 単位: kg

部材名称	解体後	シュレッダー処理後						手選別後			
		アルミ	鉄	アルミ + 鉄	ダスト	目盛り	計	アルミ	ダスト	目盛り	計
側屋根妻	2805	1895	400	20	320	170	2805	1843	34	18	1895
台枠	2730	2100	225	0	365	40	2730	2037	51	12	2100
内装材	1840	1320	270	7	220	23	1840	1302	12	6	1320
計	7375	5315	895	27	905	233	7375	5182	97	36	5315

3.3 歩留・合金

得られたスクラップを回転炉にて溶解し、歩留と合金成分を確認した結果を表 2, 3 に示す。鉄・ステンレスが 4% 含まれるが操業用溶解炉に直接投入可能と判断した。なお、溶解炉内の不純物は適宜処理されている。

表 2 1 両あたりの歩留

投入		発生	
材料名	数量 (kg)	内訳	歩留 (%)
シュレッドスクラップ	5182	再生合金	4467
		ドロス	472
		Fe・SUS	207
		空減	36

表 3 再生合金成分一覧

	Cu	Si	Fe	Zn	Mg	Mn	Ni	Ti	Pb	Cr	Sn
台枠	0.143	0.107	0.290	1.698	1.618	0.351	0.019	0.040	0.007	0.149	0.002
側屋根	0.075	0.233	0.276	0.303	0.634	0.269	0.005	0.017	0.006	0.039	0.001
内装材	0.090	0.169	0.218	0.453	2.660	0.430	0.009	0.027	0.012	0.097	0.002
平均値	0.103	0.170	0.261	0.818	1.637	0.350	0.011	0.028	0.008	0.095	0.002

3.4 リサイクル製品

シュレッドスクラップを溶解炉に投入している状況を図 4 に示す。その後 2 次合金化し、最終的には台枠部材からの再生合金は、亜鉛の含有量が高くなるため ADC12 等のダイカスト材 (図 5) として再生し、側屋根・内装材は適切に分別したことで亜鉛含有量を低くでき、AC2B や AC4B 等の高品質鋳物材として自動車エンジン部品 (シリンダーヘッド・インテークマニホールド・ホイール等) に用いることが可能となった。そこで当面は、これら自動車部品に用途を限定してリサイクルするようにした。



図 4 溶解炉投入

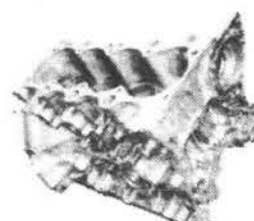


図 5 シリンダーブロック

4. まとめ

本研究により、初期型アルミ合金製車両を自動車部品にリサイクルする手法及び流通ルートを確立することができた。再生用途を限定しない場合は、鉄鋼脱酸剤や触媒となる場合もあり、必ずしも製品に戻らずアルミの特性を活かしきれないため、今後は再生用途を限定することにした。

コスト収支について本稿では詳細省略しているが、適切に分別処理したことでスクラップ価値を高め、分別しないで廃物として売却する方法と比較しても収支上ほぼ同等とすることができた。

参考文献

- 1) 黒川悦伸, 盛山保雄, ほか: アルミリサイクルカー, J-RAIL96
- 2) 財) クリーンジャパンセンター, 社) 軽金属協会: 製品アセスメント個別指導書作成事業報告書, 1998