

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

—要 旨—

平成16年3月

財団法人 機械システム振興協会
委託先 財団法人 金属系材料研究開発センター

KEIRIN



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、技術開発力の強化に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、財団法人 機械システム振興協会では、日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、経済産業省のご指導のもとに、機械システムの開発等に関する補助事業、新機械システム普及促進補助事業等を実施しております。

特に、システム開発に関する事業を効果的に推進するためには、国内外における先端技術、あるいはシステム統合化技術に関する調査研究を先行して実施する必要がありますので、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長 放送大学 教授 中島尚正 氏）を設置し、同委員会のご指導のもとにシステム技術開発に関する調査研究事業を民間の調査機関等の協力を得て実施しております。

この「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」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人 金属系材料研究開発センターに委託して実施した調査研究の成果であります。

今後、機械情報産業に関する諸施策が展開されていくうえで、本調査研究の成果が一つの礎石として役立てば幸いです。

平成 16 年 3 月

財団法人機械システム振興協会

はじめに

アルミニウムは鋳石からアルミニウム新地金を作り出す一次精錬に多大な電力を必要とします。したがってアルミニウムのリサイクルは地球環境負荷を低減し、かつエネルギーの有効活用を図るために、極めて効果的な手段であり、循環型社会の構築のためにもアルミニウムのリサイクルに対する社会的要請が増大している。

しかし、スクラップから得られたリサイクルアルミニウム材には鉄、けい素、亜鉛等の不純物やセラミックス等の介在物が含まれており、もとの製品に再利用することが困難でありました。

平成5年度から平成14年度まで行った新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のプロジェクト「非鉄金属系素材リサイクル促進技術開発」では、このような不純物や介在物を精製工程及び介在物除去工程を通すことによって除去する技術、すなわちトータルシステム技術を開発しました。ただ近年の軽量化の要求に対応したアルミニウム部材の適用の広がりから、溶解後の除去では分離が困難な材料が多くなっているため、溶解前のスクラップの状態での分別を効率的に行うことが重要な課題となっております。すなわち、スクラップ状態での前処理工程と開発済みのトータルシステムを効率的に組み合わせることによって、リサイクルアルミニウム材をもとの製品に再利用する、いわゆる“product to product”リサイクルが可能となります。

本調査研究では、以上の社会的要請と技術的背景に対応するため、前処理工程を主に調査・検討を行い、アルミニウムの用途拡大に対応した効率的なリサイクルトータルシステムを実用化するための課題を明らかにすることを目指すものであります。

本報告書の発行にあたり、ここにあらためて東京工業大学大学院総合理工学研究科・熊井委員長をはじめとする委員各位、並びに財団法人機械システム振興協会および、ご指導とご協力をいただいた多くの関係者の方々に深く感謝申し上げます。

平成16年3月

財団法人 金属系材料研究開発センター

目 次

序

はじめに

1. 調査研究の目的	1
2. 調査研究の実施体制	2
3. 調査研究成果の要約	5
3-1 スクラップの成分変動に関する調査・検討	5
3-1-1 目的	5
3-1-2 アルミニウムスクラップの調査	5
3-1-2-1 対象としたシュレッダー業者	5
3-1-2-2 現在のアルミスクラップの状況	5
3-1-2-3 サンプル溶解方法、分析方法	8
3-1-3 アルミ溶解時の水銀の残存試験	11
3-1-3-1 熔融アルミニウムへの水銀、水銀化合物の添加試験	11
3-1-3-2 熔融アルミニウムへの水銀、水銀化合物の添加試験	12
3-1-4 まとめ	14
3-2 スクラップ状態での固相分別技術の調査・検討	16
3-2-1 現状の固相選別技術の調査	16
3-2-1-1 調査目的	16
3-2-1-2 アルミニウムスクラップの固相選別技術に関する文献調査	16
3-2-1-3 アルミニウムスクラップの固相選別技術特許調査	19
3-2-1-4 各種固相選別技術の詳細調査	23
3-2-2 アルミニウムの材質別選別技術の技術比較	28
3-2-2-1 目的	28
3-2-2-2 各種選別技術の開発動向	28
3-2-2-3 各種選別技術に関する考察	30
3-2-3 まとめ	32

3-3	スクラップ発生量予測見直しと回収方法の調査・検討	33
3-3-1	目的	33
3-3-2	94年調査における分野別需要量予測と実績の差異の要因	33
3-3-2-1	94年調査における分野毎の伸び率	33
3-3-2-2	94年調査における分野毎需要予測	34
3-3-2-3	94年調査におけるスクラップ発生・回収量予測と 実績の差異の要因	36
3-3-3	予測の前提条件の見直しと将来予測	40
3-3-3-1	分野別需要量予測	40
3-3-3-2	スクラップ発生・回収量予測の前提条件の見直しと 回収量予測	41
3-3-3-3	将来のアルミニウムスクラップ需給バランスの予測	42
3-3-4	まとめ	44
3-4	設備投資額の調査と処理コストの検討	46
3-4-1	前処理工程の現状	46
3-4-1-1	使用済みアルミのスクラップ前処理	46
3-4-1-2	レーザー選別法	50
3-4-1-3	X線選別法	50
3-4-1-4	前処理の纏め	50
3-4-2	溶解後の精製・介在物除去工程	51
3-4-3	前処理および溶解後の精製・介在物除去の一貫化工程	52
3-4-3-1	工場内ブレージングシートスクラップ	53
3-4-3-2	自動車用熱交換器スクラップ	53
3-4-3-3	自動車ボディスクラップ	53
3-4-3-4	ダーティサッシ(ビス付きサッシ)スクラップ	54
3-4-4	まとめ	55
3-5	トータルシステム導入にあたっての課題の整理と業界全体としての 対応の検討	56
3-5-1	目的	56
3-5-2	サッシスクラップのリサイクル	56
3-5-3	自動車スクラップのリサイクル	57

3-5-4	アジア(中国)の経済発展	59
3-5-4-1	中国におけるアルミスクラップのリサイクル	59
3-5-4-2	中国の経済発展	60
3-5-5	product to product 推進の課題	61
3-5-5-1	サッシ to サッシ推進の課題	62
3-5-5-2	自動車 to 自動車推進の課題	63
3-5-6	まとめ	64
4. 調査研究の今後の課題及び展開		
4-1	今後の課題	65
4-2	今後の展開	65

1. 調査研究の目的

アルミニウムは鋳石からアルミニウム新地金を作り出す一次精錬に多大な電力を必要とするため、リサイクルアルミニウム材を効果的に利用する必要がある。しかし、スクラップから得られたリサイクルアルミニウム材には鉄、けい素、亜鉛等の不純物やセラミックス等の介在物が含まれており、もとの製品に再利用することができなかった。

平成5年度から平成14年度まで行った新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のプロジェクト「非鉄金属系素材リサイクル促進技術開発」では、このような不純物や介在物を精製工程及び介在物除去工程を通すことによって除去する技術、すなわちトータルシステム技術を開発した。ただ近年の軽量化の要求に対応したアルミニウム部材の適用の広がりから、溶解後の除去では分離が困難な材料が多くなっている。特に電子部品に使われている銅や同じ軽量金属のマグネシウムなどが問題となる。

このような材料は、溶解前のスクラップの状態での分別を効率的に行う必要がある。スクラップ状態での前処理工程と開発済みのトータルシステムを効率的に組み合わせることによって、リサイクルアルミニウム材をもとの製品に再利用する、いわゆる“product to product”リサイクルが可能となる。

本調査研究は、アルミニウムの用途拡大に対応した効率的なリサイクルトータルシステムを実用化するための課題を明らかにするために、前処理工程を主に調査・検討を行うことを目的とする。

2. 調査研究の実施体制

(1)実施体制と役割分担

図1に示すように、財団法人機械システム振興協会内に「総合システム調査研究開発委員会」を、財団法人金属系材料研究開発センター内に本事業を総括運営する機関として「アルミニウムリサイクルトータルシステム調査委員会」を設け事業を実施した。「アルミニウムリサイクルトータルシステム調査委員会」で事業計画細部の決定と執行を図り、かつ必要に応じて適切な専門家にアドバイスを求め、当初の目的を達成すべくこれを推進した。

スクラップの成分変動に関する調査とスクラップ発生量予測見直しと回収方法については神鋼リサーチ(株)に再委託を行った。

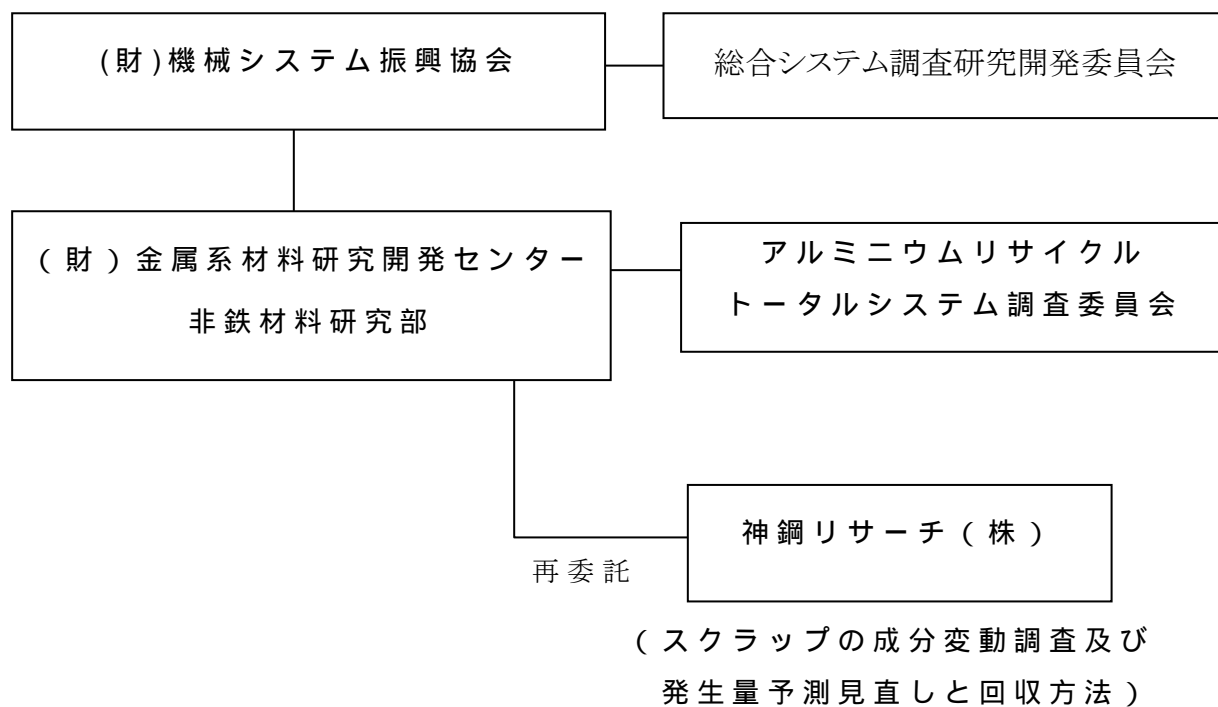


図1 調査の実施体制

(2) 総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	放送大学 教授 東京多摩学習センター所長	中 島 尚 正
委員	政策研究大学院大学 政策研究科 教授	藤 正 巖
委員	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 教授	廣 田 薫
委員	東京大学 大学院工学系研究科 助教授	藤 岡 健 彦
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 つくば中央第2事業所 管理監	太 田 公 廣
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 シニアリサーチャー	志 村 洋 文

(3) アルミニウムリサイクルトータルシステム調査委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 助教授	熊井真次
委員	(社)日本鉄リサイクル工業会 常務執行役員	池田清朗
委員	株式会社リーテム 代表取締役社長	中島賢一
委員	社団法人日本自動車工業会 参事	竹井英敏
委員	トヨタ自動車株式会社 第2材料技術部 金属材料室主担当員	林 壮一
委員	社団法人日本自動車部品工業会 技術部 部長	荒井宏昭
委員	トステム株式会社 商品本部技術管理室 室長	木寺 康
委員	社団法人日本アルミニウム合金協会 業務部 部長	松永正二
委員	日本軽金属株式会社 技術・開発グループ 技術部 担当部長	渡辺靖彦
委員	社団法人日本アルミニウム協会 理事	大久保正男
委員	株式会社神戸製鋼所 アルミ・銅カンパニー 技術部長	川口雅弘

3. 調査研究成果の要約

3-1 スクラップの成分変動に関する調査・検討

3-1-1 目的

平成7年度(1995年度)に行った調査に比較し、自動車軽量化の要求に対応したアルミニウム部材の適用の広がりから、溶解後には分離困難な材料が多くなっているほか、家電由来のアルミニウムスクラップが混入していると考えられるため、使用済み自動車、家電等を処理する原料、回収方法が明らかなシュレッダー業者を訪問し、現在の処理方法を確認するとともに原料、回収方法が明らかな代表的なアルミニウムスクラップサンプルを入手し、スクラップの溶解・分析を行い、原料、回収工程等とスクラップの不純物成分混入の実態を明らかにした。

また、自動車、家電のランプ等に使用されている水銀がアルミニウムスクラップに混入し、溶解したアルミニウム鑄塊に混入する可能性があるかどうかを確認するため、純アルミニウムに水銀、水銀化合物を添加し、アルミニウム中に水銀が残存するかどうかの試験を行った、

3-1-2 アルミニウムスクラップの調査

3-1-2-1 対象としたシュレッダー業者

平成7年度は18のシュレッダー業者などからのサンプルを分析したが、今回はその中から、代表的なアルミニウムスクラップサンプルを扱っている以下のシュレッダー業者を対象とした。

- ①A社－シュレッダー処理工程から回収したミックスメタルを重液選別したアルミニウムスクラップ
- ②B社－シュレッダー処理工程から回収したミックスメタルを渦電流選別後にさらに手選別したアルミニウムスクラップおよびそれを溶解したベースメタル鑄塊
- ③C社－使用済み自動車のエンジン、ミッション等を加熱し、アルミニウムを溶解分離したベースメタル鑄塊およびシュレッダー処理工程から回収したミックスメタルを手選別したアルミニウムスクラップ

3-1-2-2 現在のアルミスクラップの状況

3-1-2-2-1 A社スクラップ

A社は家電リサイクル法における再商品化工場に指定され、冷蔵庫を除く家電3品目を処理している。手分解の後、シュレッダー処理し、シュレッダー処理工程から回収したミックスメタルからアルミの重液選別を行っている。シュレッダー処理の母材は、家電3品目のほか、家電4品目以外の家電品、金属系産業廃棄物、不燃物（一般廃棄物）等であり、使用済み自動車を処理することはない。1995年当時に比べると、シュレッダー処理の母材に占める家電品の比率が上り、グループ全体では使用済み自動車の投入比率は50%以下である。

重液選別工程は1995年当時と変わっていない。現在A社およびグループ3工場から発生するミックスメタル1,000t/月を処理している。回収物は下表の通りである。

表 3-1-1 A社の回収物と回収量

品目		t/月	備考
投入量		1,000	A社分20%、グループ分80%
回収物	アルミニウムスクラップ	54	自動車鋳物工場に売却
	ヘビーメタル、軽アルミ等	546	中国等に輸出
	ワイヤーハーネス		売却、国内でナゲット処理
	ダスト等	400	

1995年当時は他社からの処理委託を含めて、1,700t/月を処理しアルミニウムスクラップを500t/月回収していた。現在は他社から処理委託されることはない。

3-1-2-2-2 B社スクラップ

B社は家電リサイクル法における再商品化工場に指定され、家電4品目を手分解の後、シュレッダー処理している。シュレッダー処理の母材重量比率は、使用済み自動車40%、使用済み家電、OA機器等30%、農機具、飲料容器、とたん板等30%である。1995年当時に比べると、シュレッダー処理の母材に占める家電品の比率が上り、使用済み自動車の投入比率（当時は60%）低下している。

使用済み自動車は中古部品を手分解で採取し、輸出している。部品採取後の殻（エンジン、足回り付）をシュレッダー処理している。

シュレッダー処理の基本設備は300馬力プレシュレッダー、1,500馬力シュレッダーであり、1995年当時と変わっていない。しかし、家電品手選別ライン、溶媒フロン、断熱フロンの回収、処分設備新設、アルミニウム溶解炉の改修（6t,7t回転炉各1基、15t反射炉1基）などを行っている。

シュレッダー処理量は8,000t/月であり、このうち重量比20%（1,600t/月）のダストが排出する。非鉄金属回収量は200t/月で、このうちアルミニウムスクラップの回収量は120～130t/月である。排出するシュレッダーダストの重量比80%は、日鉱金属

株三日市工場、小名浜製錬(株)にリサイクル委託(焼却、熱回収、銅分等回収)している。残りの20%は自社の安定型および管理型処分場に埋立処分している。

シュレッダー処理工程の渦電流選別機等で粗選別した非鉄金属類は手選別ライン(3基に増設)で手選別する。銅、真鍮、ステンレスを選別し、アルミニウムスクラップの品位を高める。選別したアルミニウムスクラップはADC12(Cu分規格1.5~3.5%)の原料にするので、細かい銅分は選別する必要がない。

シュレッダー処理により回収したアルミニウムスクラップに、各種アルミニウムスクラップを購入・調合して二次合金地金(主としてADC12)を1,000t/月弱製造、販売している。調合するアルミニウムスクラップ原料は表1-2の通りである。アルミニウムドロスは自家発生のほか、地元のアルミニウムメーカー(YKK、新日軽等)および名古屋地方、大阪地方などから集荷している。また、使用済み家電品の入荷は年々増加している。

表3-1-2 B社の二次合金地金製造原料

原料名		使用量
自社	シュレッダースクラップ	120~130t/月
	アルミニウムドロス	150~200(Al:50~70)t/月
社外調達	アルミサッシ	30t/月
	アルミ缶	50~60t/月
	その他アルミスクラップ等	残量
	アルミニウムドロス	Al:300~400 t/月

3-1-2-2-3 C社スクラップ

C社は1995年当時は4万台の使用済み自動車を処理していたが、2003年は11月までで3万台強と処理量は減少している。自動車だけの処理で1995年当時の自動車1台あたりのアルミ回収量は28.42kg/台であったが、2003年では42.77kg/台と増加している。→回収されたアルミは2003年11月までで1,300t程度。

自動車を解体し、エンジンを粉砕したあと、磁選により鉄を除去。一方シュレッダーにかけた車体から回収したミックスメタルから50mm以上のものは手選別し、それ以外は渦流選別、重液選別を経てアルミを回収。回収したアルミは溶解し、無規格のベースメタルとして販売。ADC12に成分が似ているので鋳物に使用されていると見られる(Zn,Fe<1%でないと売れない)。ミックスメタルの重液選別後に沈殿したものは中国に輸出している(1月から11月の間で合計170t)。

3-1-2-3 サンプル溶解方法、分析方法

表3-1-3に示すA社、B社、C社のスクラップサンプル3～10kgは電気炉内に設置した坩堝で常温から昇温し、750℃まで加熱、溶解し、分析用ディスクサンプルに鑄造した。分析は発光分析法によって行った。また、B、C社のベースメタルのディスクサンプル、炉底の残溶湯凝固片はそれぞれのサンプルを切り出、発光分析を行った。分析成分は下記に示すJIS等の標準的な分析成分13種類とした。

Si、Fe、Cu、Ti、Mn、Mg、Ni、Zn、Cr、V、Bi、Pb、およびSn

表3-1-3 分析を行ったサンプルの種類

NO.	サンプルの内容
1	A社重液選別後
2	B社重液選別後、手選別(重量の重いもの)
3	B社重液選別後、手選別(重量の軽いもの)
4	B社ベースメタル(ディスクサンプル)
5	C社(渦電流選別後)
6	C社(重液選別後)
7	C社ベースメタル(炉底の残溶湯凝固片)

3-1-2-3-1 溶解時の状況

表3-1-4にスクラップ溶解時の状況を示す。

表3-1-4 アルミスクラップの溶解時の状況

NO.	サンプルの内容	溶解量 (kg)	滓量 (kg)	溶解時の状況
1	A社重液選別後	1.64	0.34	発火なし、発煙なし
2	B社重液選別後、手選別(重量の重いもの)	3.74	0.55	発火僅か、発煙少量
3	B社重液選別後、手選別(重量の軽いもの)	1.14	0.38	発火激しい、発煙多量
5	C社(渦電流選別後)	2.04	0.58	発火激しい、黒煙多量
6	C社(重液選別後)	1.80	1.02	発火激しい、黒煙多量

スクラップを坩堝内にセットした際に坩堝から溢れない程度に入れ、常温から加熱したため、かさばるスクラップは溶解重量が少なくなっている。NO.3のサンプル溶解開始時には発火、発煙が激しかったが、これは樹脂の混入によるものと

考えられる。また、NO.5,6の黒煙は自動車のオイルの混入によると見られる。一方、NO.1は家電リサイクルのスクラップで手分解により、樹脂類、油の混入が少ないために発火、発煙がなかったと考えられる。NO.2も発火、発煙は少量であったが、これは大型のスクラップで金属分が高く、樹脂、油の量の割合が少なかったためであろう。

3-1-2-3-2 分析結果

図3-1-1～図3-1-3に前回の平成7年度の分析結果と今回の分析結果を比較して示す。

A社は平成7年度は他社から委託の自動車スクラップ処理も行っていたが、現在は家電リサイクル再商品化工場に指定され、主に冷蔵庫以外の家電3品目を処理している。このため自動車のエンジンなどの鋳物が大きく減少し、Si,Cu,Feが減少している。

B社も家電リサイクル再商品化工場に指定され、現在は家電4品目が増加している。このため、現在の処理品は使用済み自動車40%、使用済み家電、OA機器等30%、農機具、飲料容器、とたん板等30%となっており、平成7年度は使用済み自動車60%であったのに比べ、自動車が40%と減少している。渦電流選別のスクラップの成分を比較すると重いスクラップではSiが高く、鋳物が主体、一方、軽いスクラップではSiが低く、展伸材が主体の成分となっている。また、家電リサイクルの増加で手解体が進みFe,Cu分が解体時に取り外されるため、減少しているのが分かる。

C社は自動車だけの処理で平成8年当時の自動車1台あたりのアルミ回収量は28.42kg/台であったが、平成15年では42.77kg/台と増加している。特に解体時のエンジンの取外しの割合が増加したため、鋳物の成分であるSi,Cuが減少している。

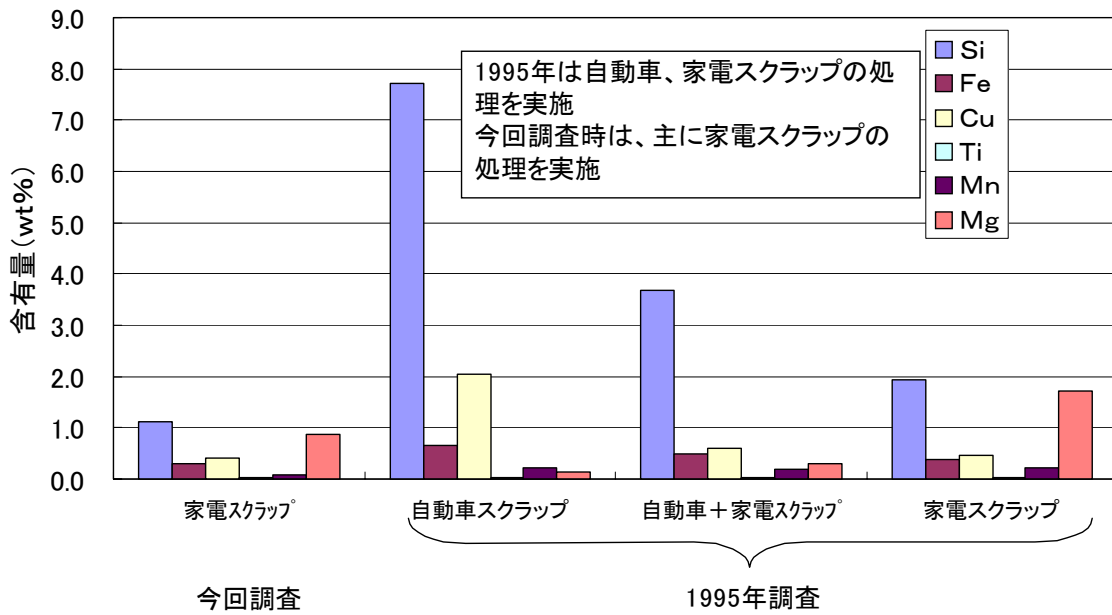


図 3-1-1 A社のアルミスクラップの分析結果

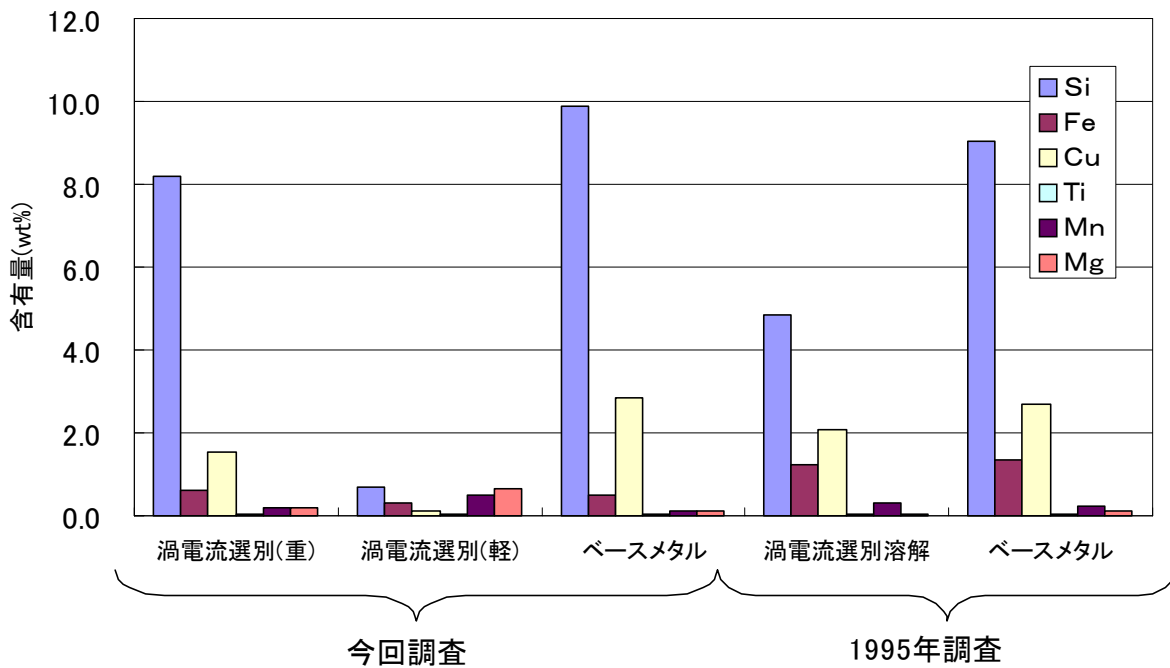


図 3-1-2 B社のアルミスクラップの分析結果

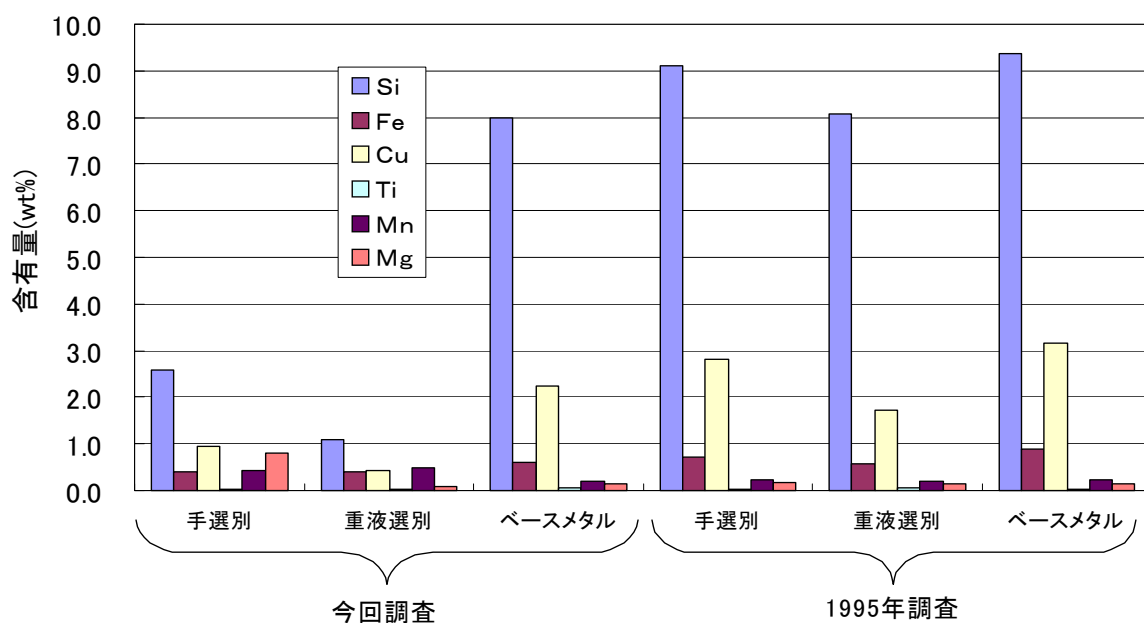


図 3-1-3 C社のアルミスクラップの分析結果

3-1-3 アルミ溶解時の水銀の残存試験

自動車、家電のランプ等に使用されている水銀がアルミニウムスクラップに混入し、溶解したアルミニウム鋳塊に混入する可能性があるかどうかを確認するため、溶融した純アルミニウムに水銀、塩化水銀を添加し、凝固後に採取したサンプル中の水銀含有量の分析を行う試験と純アルミニウムと水銀を常温から加熱、溶融させ、凝固後採取したサンプル中の水銀含有量の分析を行う試験を実施した。

3-1-3-1 溶融アルミニウムへの水銀、水銀化合物の添加試験

3-1-3-1-1 試験方法

表 3-1-5 に示すように純アルミニウム 1.42kg と 1.68kg に水銀 (14.0g、0.99%)、HgCl₂ (10.0g、0.60%) をそれぞれ添加、溶解し、凝固後に採取したサンプル中の水銀含有量の分析を行った。

表 3-1-5 水銀添加実験内容

NO.	純アルミ量 (kg)	水銀、水銀化合物添加量 (g)	水銀純分添加量 (g)	添加水銀量 (%)
1	1.42	14.0	14.0	0.99
2	1.68	10.0	7.4	0.44

試験は純アルミニウムを溶解し、750℃に達してから、水銀または塩化水銀を添加した。水銀は添加時に沸騰するため、5回に分けて少量ずつ、溶湯表面に添加した。水銀添加時には水中に油を入れた時のような音がした。一方、塩化水銀は1回で全量を添加し、添加時には白煙が発生した。添加直後に黒鉛棒で溶湯を攪拌し、水銀、塩化水銀の溶け込みを促進した。

水銀と塩化水銀の物性を表1-6に示す。

表3-1-6 水銀と塩化水銀の物性

	融点(℃)	沸点(℃)	密度
水銀	-38.8	356.7	13.55
塩化水銀	277~280	302	5.42

(理化学辞典より)

水銀、塩化水銀添加後は炉の電流をオフにし、坩堝内で凝固させ、取り出した後、のこぎりで縦断し、中心部からドリルで水銀分析サンプルを採取した。

3-1-3-1-2 試験結果

採取したサンプルは還元気化原子吸光光度法で水銀の分析を行った。なお、純アルミについても同じ分析方法で水銀の分析を行い<0.0001%であることを確認している。分析結果を表1-10に示す。水銀、塩化水銀とも0.03%(300ppm)程度の水銀が残存しており、塩化水銀の歩留まりの方が7.8%と水銀の3.2%に比べ高く、残存しやすい事を示している。さらに、試験片断面をEPMAで調査したが、水銀の偏析は認められず、均一に分散していることがわかった。今回のテストは添加溶解後に炉の電源を切り、坩堝内で凝固させたものであるため、今後、溶解温度、保持時間等の影響について検討する必要がある。

表3-1-7 水銀分析結果

	水銀含有量(%)	添加水銀量(%)	歩留まり(%)
水銀添加試験	0.032	0.99	3.2
塩化水銀添加試験	0.034	0.44	7.8

3-1-3-2 溶融アルミニウムへの水銀、水銀化合物の添加試験

3-1-3-2-1 試験方法

純アルミニウム約57.9gと水銀約0.06gとを図3-1-4に示す試験装置内のアルミナ坩堝にセットし、Ar雰囲気中で加熱を行い、アルミニウムを溶解した。排ガスは

洗浄ビンで水中を通し、大気に放散した。

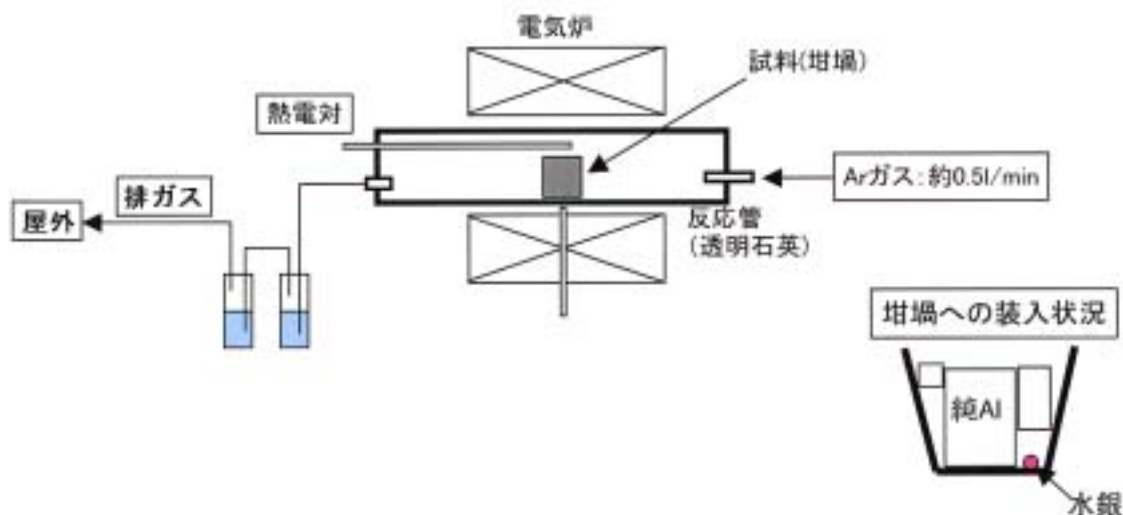


図 3-1-4 アルミニウム溶解試験装置概略図

加熱パターンは昇温速度を15℃/minとし、750℃で30min間保持後、炉の通電を停止し、炉冷した。

3-1-3-2-2 試験結果

試験前後の資料重量測定結果を表3-1-8に示す。水銀の添加量は0.105%であった。

表 3-1-8 試験前後の試料の重量測定結果(g)

	試験前	試験後
純Al	57.877	—
水銀	0.061	—
坩堝	40.129	—
合計	98.067	98.067

試料が溶解しているかどうかは確認できないため、溶解が確実に進むように炉内温度を750℃として30min保持した。冷却後の試料表面に酸化皮膜があり、分割して装入した試験片同士の一体化はなかった。このため、半熔融の状態であったと推察される。また、水銀が蒸発すれば、試験後の重量が減少するはずであるが、試験前と同じ重量であった。

純アルミニウムから1箇所と加熱後の試験片の上下2箇所から分析サンプルを

採取し、還元気化原子吸光光度法により水銀分析を行った。

表3-1-9に分析結果を示す。

表3-1-9 水銀分析結果

試料	水銀濃度 (ppm)
純アルミニウム	<0.01
試験片上部	<0.01
試験片下部	<0.01

いずれも水銀の含有量は分析限界以下であり、加熱後の水銀残存はないという結果が得られた。加熱前後の試験片などの合計重量に変化がなかったことから、蒸発した水銀は坩堝表面、または試験片の表面に付着している可能性がある。また、純アルミニウムが完全に溶解していないかたと見られるため、坩堝表面、または試験片の表面に付着していた水銀がもし試験片が完全に溶解した場合に、中に溶け込み残存したかどうかは不明である。しかし、3-1-3-1の実験結果から、これらの水銀が溶湯と接し、混合された場合には溶湯中に溶け込み、残存する可能性が高いと考えられる。これらの点を確認するにはさらに詳細な実験が必要である。

3-1-4 まとめ

1)平成7年度に行った調査に比較し、軽量化の要求に対応したアルミニウム部材の適用の広がりから、溶解後には分離困難な材料が多くなっているほか、家電由来のアルミニウムスクラップが混入していると考えられるため、使用済み自動車、家電等を処理する原料、回収方法が明らかなシュレッダー業者を訪問し、現在の処理方法を確認するとともに以下の代表的なアルミニウムスクラップサンプルの分析を行った。3~10kgを溶解し、Si、Fe、Cu、Ti、Mn、Mg、Ni、Zn、Cr、V、Bi、Pb、およびSn(13元素)の分析を行い、平成7年度に行った調査結果と比較し、不純成分含有量の変化の状況を確認した。なお、各業者は平成7年度の調査時と同じシュレッダー業者である。

- ①A社—シュレッダー処理工程から回収したミックスメタルを重液選別したアルミニウムスクラップ
- ②B社—シュレッダー処理工程から回収したミックスメタルを渦電流選別後にさらに手選別したアルミニウムスクラップおよびそれを溶解したベースメタル铸塊

- ③C社一使用済み自動車のエンジン、ミッション等を加熱し、アルミニウムを溶解分離したベースメタル鑄塊およびシュレッター処理工程から回収したミックスメタルを手選別したアルミニウムスクラップ

分析結果

	中間処理物の種類の変化	スクラップ成分の変化
A社	95年は他社から委託の自動車スクラップ処理も行っていたが、現在は家電リサイクル再商品化工場に指定され、主に冷蔵庫以外の家電3品目を処理。	自動車のエンジンなどの鑄物が大きく減少し、Si, Cu, Feが減少。
B社	家電リサイクル再商品化工場に指定され、家電4品目を処理。使用済み自動車40%、使用済み家電、OA機器等30%、農機具、飲料容器、とたん板等30%。以前は使用済み自動車60%	重いスクラップでは鑄物、軽いスクラップでは展伸材が主体。家電リサイクルの増加で手解体が進みFe, Cuが減少
C社	自動車だけの処理で1995年当時の自動車1台あたりのアルミ回収量は28.42kg/台であったが、2003年では42.77kg/台と増加	解体時のエンジンの取外しの割合が増加し、Si, Cuが減少。

2)自動車、家電のランプ等に使用されている水銀がアルミニウムスクラップに混入し、溶解したアルミニウム鑄塊に混入する可能性があるかどうかを確認するため、純アルミニウム1.42kgと1.68kgに水銀(14.0g、0.99%)、HgCl₂(10.0g、0.60%)をそれぞれ添加、溶解し、凝固後に採取したサンプル中の水銀含有量の分析を行った。溶湯に添加時に大部分が蒸発するものの、Hgは0.032%、HgCl₂は0.034%残存していることがわかった。今回のテストは添加溶解後に炉の電源を切り、坩堝内で凝固させたものであるため、今後、溶解温度、保持時間等の影響について検討する必要がある。

また、水銀0.06gと純アルミニウム57.9gを坩堝内にセットし、常温から加熱、溶解後に試料中の水銀の残存を調査する試験も実施した。この試験では水銀の残存は認められなかった。蒸発した水銀が坩堝、試料表面に付着した後、攪拌を行っていないため、試料中に溶けこまなかった可能性があり、常温から加熱、溶解した場合に、アルミニウム中への水銀の残存が生じないかどうかについては今後さらに詳細な調査が必要である。

3 - 2 スクラップ状態での固相分別技術の調査・検討

3-2-1 現状の固相選別技術の調査

3-2-1-1 調査目的

アルミニウム材料の資源回収手段として、アルミニウムスクラップの固相選別技術に関する現状技術および開発中を含めた最新の技術を調査し、前処理工程の設備としての実用化の可能性について検討する。

3-2-1-2 アルミニウムスクラップの固相選別技術に関する文献調査

〔1〕 調査方法

平成8年以降を検索対象期間とし、科学技術事業振興団の「科学技術文献情報検索システム(JOIS)」を用いて文献の検索を行った。1996年以降発行の文献236件中、明らかにノイズと判断できる127件の文献を除外した109件の文献についてその内容を調査した。

〔2〕 検索結果の出力と整理

上記109件について、主題によって分類した結果を表3-2-1-2-1に示す。用途別製品分野では自動車のスクラップ回収・再生に関するものが最も多く、次いで飲料缶を含む容器・包装、家電製品が続いた。検索数としては使用済み自動車のスクラップの回収・選別に関するものが最も多く検索された。

表 3-2-1-2-1 複写文献の主題による分類

項 目	件数	項 目	件数
A) 用途別製品選別処理	70	B) 選別技術	25
(内訳) 自動車	19	(内訳) 非鉄・アルミ金属選別	12
包装容器・缶	17	シュレッタ ^①	1
家電製品	10	空気選別	3
電子・半導体機器	5	カラー・光選別	6
都市ごみ	9	渦電流選別	2
ラミネート・プラスチック	9	磁力選別	1
鉄道車両	1		
		C) その他	3
		合計	98

また、アルミニウムスクラップの選別技術には

①風力(気流)を利用する風力(空気)選別法(以下風力選別法)

②湿式または乾式による比重差を利用した比重選別法

磁性を利用した磁力選別法

比重と電気伝導度を利用する過電流選別法

⑤発光分光分析法、X線蛍光分析法、レーザー誘起分光分析法を利用した選別法

⑥色調差を利用するカラー選別法

が取りあげられ、それぞれの方法の概要を解説ないしは紹介している。さらに、これらの方法

の適用例として自動車から発生するスクラップの選別例が示されている。

〔3〕 固相選別技術

ここでは、調査した文献のなかで見出された固相選別と固相選別に関連する技術を、ミックススクラップからの非鉄金属選別技術とアルミニウムの鋳物／展伸材判別あるいはアルミニウムの材質別選別技術に分けて、以下に整理する。

(1) ミックススクラップからの非鉄金属選別技術

(a) 破碎（シュレディンク）

自動車のリサイクルは、解体によって有価部品が取り外された後、シュレッダにかけられ、得られた破碎屑を対象に種々の方法で金属或いは非金属材料に、金属材料は鉄系、アルミニウム系、銅系材料に、さらに各金属系材料は合金系或いは合金毎に分類する努力が続けられている。この際、シュレッダによる破碎の状況がその後の分離成績に影響するので最も合理的な破碎条件の選定が重要である。

(b) 風力選別／空気選別

風力選別は多くは布類、プラスチックを金属類から除去する場合に用いられている。

風力分離装置を用いての廃棄冷蔵庫の断熱ウレタンとプラスチック類の分離や、アクセラレータを付けたカラム型気流選別機を用いての金属類の選別が検討されている。アクセラレータはカラム中に断面積の狭い円筒を数個挿入するもので、この部分で流速を速めて浮揚しやすい粒子にさらに浮力を与える効果を有するものである。この装置を用いてエアコンの回収実証試験を行い、エアコンの熱交換器を圧延あるいは衝撃によって破碎し、銅とアルミニウムを単体分離した結果、回収率は何れも 98%であったと報告している。

(c) 磁力選別および渦電流による選別

磁力選別機には種々の形式のものが使用されるが、一般的には磁石を貼り付けた静止ドラムが、回転円筒の半分に内蔵されて、これがコンベアプーリに組み立てられた構成となっており、磁石に引きつけられた鉄、鋼などの強磁性体がコンベアで運び出される構造の選別機が多く使用されている。

渦電流選別は破碎片供給部、識別部、回収部からなり、識別部はベルトコンベヤを挟んで設置された金属検知コイルとコンベヤ先端の傾斜路に作用する荷重を測定する質量測定ユニットとこれらのデータを処理する材質識別コントローラから構成されている。金属片を投入すると電磁誘導により金属表面に渦電流が発生してコイルの磁束密度が変化し、発生した渦電流に応じてコイルのインダクタンスが変化する。この装置を用いてシュレッダダストの選別試験を行った結果、回収ボックスに回収されたアルミニウムの回収率は 97.2%と良好であったと報告している。

(d) 静電選別

静電選別は対象となる固体粒子表面の電気伝導性の差を利用して選別する方法であり、通常選別の対象となる粒子の大きさは、直径が 0.1～3.0mm 程度である。電気伝導性を利用した選別法としては渦電流選別法があるが、この場合の対象粒子の大きさは直径が 5～40mm 程度と大きくその挙動も若干異なっており、アルミニウムの選別に利用されている。

(2) アルミニウム鋳物／展伸材判別あるいはアルミニウムの材質別選別技術

シュレッドされたアルミニウムスクラップを鋳物、展伸材の別に分けるだけでなく、さらにそれぞれの合金種類別に分別する技術も報告されている。

(a) カラー選別

スクラップの破片を種々の濃度の NaOH 溶液で、続いて HNO₃ 溶液でエッチングして得られる色調の変化による選別方法の研究結果が報告されており、エッチングによって生じる色調の変化と組成、組織の関係が考察されている。この方法によって第一段階で鋳物と展伸材を、第二段階で重金属元素を多く含むものと比較的少ないものを選別できると述べている。

アルコアの報告によると、2000、3000、5000、6000、7000 系合金の5種類の合金系に分けて選別することが可能であるとしている。この方法も苛性ソーダの温浴に浸漬して、乾燥する方法であるが、上記の各系の合金はそれぞれ黒色、灰色、銀色、黄褐色、金色を呈するので、これを検出して分類できると述べている。

(b) 種々のスペクトルを応用した選別

スペクトルを応用した選別法は、1982 年に米国ロスアラモス研究所からレーザーを利用した分析法に関する論文が発表され、これが契機になった。1986 年頃にドイツの Metallgesellschaft 社がロスアラモス研究所とレーザーによるアルミニウムスクラップの分析選別に関する共同研究を行い、その中心となったのが Dr. Satller である。Dr. Satller のレーザー選別技術については、後述の 2-1-4 項でも紹介する。

アルキヤンが開発を進めてきたレーザー誘起発光分光法についての報告では、個々のアルミニウム合金ごとの分類が可能で、エッチング処理が不要などの利点があるとの見解を紹介している。

(c) ホットクラッシュ法

アルミニウム鋳物材と展伸材のスクラップを分別する方法として採り上げられている。そのコンセプトは「鋳物材は展伸材に比べ融点が低く、脆い。鋳物材が半熔融状態になる温度にスクラップを保持し機械的力を加え、スクリーニングを行えば両者を分別することができる」という概念から出発している。この考え方を実証するものとして、5種類の自動車用鋳物合金を 520～560℃に加熱して実験室的規模のハンマーミルで圧縮した結果、いずれも細かい破砕片になることを確認したとの報告がなされている。

しかしながら、別の報告では、類似の実験をおこなった結果、鋳物材は小粒に破碎される結果は得られないこと、従って本方法では展伸材との分離ができないことが報告されている。先行文献との違いは、ハンマーミルの条件および材料条件にあると推定している。

[5] まとめ

種々の分野にアルミニウム材料が浸透しそのスクラップ回収・再生の重要性が強調されているにもかかわらず検索された文献数は予想に反して少なかった。また、検索された文献のなかでも、オリジナルな文献は約 30%程度に止まり、半数以上が解説或いは紹介記事で占められていた。これらの解説記事はプラスチック、金属、資源、物理、化学、機械など多方面の分野の刊行物に掲載されている。

アルミニウムスクラップの回収の問題点はスクラップが少なくとも再生製品の原材料としての経済性を維持することであり、そのためには回収によって材料の品位が低下することの無いよう分別精度を向上させることにある。製品設計の段階で解体部材の再生効率を改善し、シュレダチップとなったスクラップについては材料選別精度を向上させる技術開発が重要である。自動車へのアルミニウム材料の使用の増加に伴って、アルミニウムスクラップでは、

- 1) 異種金属材料および非金属材料との分離、
- 2) アルミニウム鋳物・ダイカストと板、押出材、鍛造材などの展伸材との選別、
- 3) 展伸材または鋳物・ダイカストにおける合金種類別の選別

などの技術が重要と考えられる。上記の 1) については工業的実施例、学会発表が行われており、日本でも技術開発が行われている。2) については、エンジン部材は解体回収され転回原料として使用されている。しかし、エンジン部材に限らず、自動車構造材の結合部材などに鋳物・ダイカストを使用する事例も最近では報告されているので、今後の技術開発の要否を改めて整理することが必要と思われる。3) については日本における技術開発事例の報告は2、3の特許ないしは特許出願を除いて、今回の調査範囲では見出せなかった。

特に、3) に関する技術開発は海外においても先行している。この固相選別分野では今後、官・学・民の団体、関係学協会が協力して取り組む必要があると考える。

3-2-1-3 アルミニウムスクラップの固相選別技術特許調査

[1] 調査方法

固相選別技術に関する日本国内特許および実用新案の検索には、「PATOLIS (Patent On-Line Information System)」を使用した。調査対象は、出願年が 1980 年以降であって 2003 年 6 月までに公開された特許および実用新案で、合計 422 件が検索された。

[2] 検索結果の出力と整理

抽出された 422 件の中から、固相選別技術の中でも特にアルミニウムの回収に関連するもの 90 件を抽出した。この内訳は、特許が 88 件で実用新案が 2 件である。

特許出願内容を調べた結果、組み合わせの最も多かった固相選別技術は、磁力選別と渦電流による選別の組み合わせであるが、この2つの選別技術と篩選別、風力選別、比重選別などいろいろな組み合わせで、前処理の破碎工程を伴って出願されていた。

各出願特許の筆頭IPCを主体とした固相選別技術に区分し、その出願年別出願件数を整理した。その結果を表3-2-1-3-1に示す。これによると、非磁性体のアルミニウムの固相選別技術としては、筆頭IPCが磁気・渦電流を使用した分離技術の出願が圧倒的に多く、全体の約40%を占めることが判明した。

表3-2-1-3-1 出願年・技術区分別出願件数

(件)

技術区分	80	81	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	合計
1.形状・寸法の変更			1																		1
2.破碎		1							2			1	1		2			1			8
3.圧縮								2													2
4.重液比重分離						1						1		2				1	1		6
5.篩・気体流による分離													3		1						4
6.廃棄物特殊処理														1	1	3		3	1	1	10
7.廃棄物の順次仕分け														2				1			3
8.機械的処理方法の改善														2		1	1				4
9.磁気・渦電流による分離										6	10	3	5	1	2	8	2		3	1	41
10.その他								2					1	2	2	1		1	1	1	11
合計	0	1	1	0	0	1	0	4	2	6	10	5	10	10	8	13	3	7	6	3	90

〔3〕 アルミニウムの鋳物／展伸材判別あるいはアルミニウムの材質別選別技術

アルミニウムの鋳物／展伸材判別あるいはアルミニウムの材質別選別技術としては、次の4つの技術がある。

- (1) カラー選別
- (2) ホットクラッシュ法による選別
- (3) X線による選別
- (4) レーザーによる選別

これらの技術に関する出願特許を以下にまとめる。

(1) カラー選別

(a) 特公昭 53-3954 「アルミニウム合金の簡易判別法」

出願人：住友軽金属工業(株)

出願番号：特願昭 48-114242(出願日：1973年10月11日)

公開番号：特開昭 50-65293(公開日：1975年6月2日)

(b) 特開平 10-328620 「アルミ合金分別を可能にするためのアルミ合金の化学処理」

出願人：アルコア

出願番号：特願平 10- 84864(出願日：1998 年 2 月 24 日)

公開番号：特開平 10- 328620(公開日：1998 年 12 月 15 日)

内容：アルミニウム合金展伸材および鋳物のスクラップ表面に苛性化合物、酸、酸化剤、染料およびこれらの組み合わせの処理によって生じるアルミニウム合金の表面色の違いから合金系を判別し分別する方法。光学的センサーを用いた分別も可能である。

(c) 特開 2001-91511 「アルミニウム合金展伸材屑の識別方法」

出願人：(株)神戸製鋼所

出願番号：特願平 11-266990(出願日：1999 年 9 月 21 日)

公開番号：特開 2001- 91511 (公開日：2001 年 4 月 6 日)

内容：5000 系と 6000 系のアルミニウム合金が混在するアルミニウム合金展伸材屑の表面をアルカリエッチングして色調差を出し、この色調差からアルミニウム合金系を識別する方法。色差計の”b” (黄色味の程度) の測定値により識別する方法。

(2) ホットクラッシュ法による選別

アルミニウムの異合金を含むアルミニウムスクラップを、異合金の融点の差を利用して、低融点側の合金の融点温度以上で、高融点側の融点温度未満の温度に加熱して、低融点側の合金を融解し、機械的振動を与えて低融点側の合金を分離するホットクラッシュ法による選別に属する出願特許は、次の 4 件である。

(a) 特開平 08- 73955 「異合金混在スクラップの分離方法」

(b) 特開平 09-316556 「異合金を含有するスクラップの分離方法」

(c) 特開平 10-219364 「ブレイジングシートスクラップの半溶融分離方法」

(d) 特開 2000-336435 「ブレイジングシートスクラップの半溶融分離方法の制御方法」

いずれもスカイアルミニウム(株)の出願で異合金をクラッドした熱交換器用のブレイジングシートなどから皮材と心材を分離する技術に関するものである。

(3) X線による選別

今回の調査ではこの選別法に関する出願は検索されなかった。

(4) レーザーによる選別

シュレッダースクラップなどのアルミニウム破砕片を材質系統別に分離する方法として次の 1 件が出願されていた。

(a) 特許第 2620805 号「金属スクラップの分析方法および装置」

(権利消滅日：2002 年 4 月 4 日)

特願昭 63-138255 (出願日：1988 年 6 月 4 日)

出願人：ソルテック・ゲーエムベーハー

発明者：ハンスペーター・ザトラー他

特開昭 63-311150 (公開日：1988 年 12 月 19 日)

内容：アルミニウム破砕片をベルトコンベヤー上に一列に整列して供給し、それを成分分析して分離する方法である。分析は破砕片にレーザーをあててプラズマを発生させ、その光を分光定量分析して、予め設定してあるアルゴリズムに従って、系統別に合金を識別し、ベルトコンベヤーの側面から機械的に破砕片を所定の箱に突き落とし分離する。分析速度が非常に速く、1 秒あたり 20～30 片を 6 元素について分析できる。

〔 5 〕 まとめ

1980 年以降出願の特許および実用新案を対象に、自動車のスクラップの固相選別技術、特にアルミニウムの分離・回収に関する検索を行い合計 90 件の特許および実用新案を抽出した。その内訳は、特許が 88 件、実用新案が 2 件であった。

この内容を調査した結果、単独の固相選別技術に関する出願は少なく、複数の固相選別技術を組み合わせた出願が多かったことから、各特許および実用新案に付与された筆頭 IPC を主体とした固相選別技術に区分した結果、非磁性体のアルミニウムの固相選別技術に関する出願としては、磁気・渦電流を使用した分離技術に関する出願が圧倒的に多く、全体の約 40% を占めることが判明した。磁気・渦電流を使用した分離技術は、異種材料が混入しているシュレッダー屑からのアルミニウムの分離・回収に使用される従来から採用されている技術であるが、回収率を高めるために技術改良が積み重ねられており、今後も回収率をさらに高めるための技術開発とこれに伴う特許出願が推進されると予測される。

一方、アルミニウムの材質別選別技術であるカラー、ホットクラッシュ、X 線、レーザーによる選別技術に関する出願は非常に少なく、カラー選別に関する出願が 3 件、ホットクラッシュ法に関する出願が 4 件、レーザーによる選別技術に関する出願が 1 件、X 線による選別技術に関する出願は検出されなかった。

アルミニウム業界がアルミニウムスクラップの Product to Product をより高く達成するためには、回収されたアルミニウムの成分が判明し、材質別に区分されて回収されることが望まれる。

今後のアルミニウムの材質別選別技術の更なる技術開発が望まれるとともに、解体時に分解・回収しやすい商品開発によって、シュレッダー屑になる前の段階でアルミニウムを分離・回収するような設計技術の開発が重要になると考えられる。

3-2-1-4 各種固相選別技術の詳細調査

欧米における最近の固相選別技術の動向調査およびレーザー選別技術、カラー選別技術に関して、過去の入手情報および今回の文献・特許情報をもとに特に実用化の可能性が高いと考えられる技術に関して詳細調査を行った。

〔1〕レーザー選別技術（LIBS：Laser Induced Breakdown Spectroscopy）

他の選別技術と比較した場合、基本的に分析技術であるレーザー選別法は、合金の材質毎の選別が可能な唯一の方法と考えられる。レーザー選別の目的は、展伸材を合金材質別に分離・分別し、従来よりも高い価値のスクラップを得ることにある。したがって、合金別あるいは合金群別に精度良く分離できるかどうか、生産性ととも重要となる。

(1)開発の経緯

レーザーを用いた分析技術はアメリカのロスアラモス研究所が開発した技術であり、この技術をアルミニウムのシュレッダーチップの選別技術として初めて応用したのが、当時ドイツのMetallgesellschaft社に在籍していたDr.Sattlerなどのグループであった。特許は1987年6月4日にドイツで出願し、日本には1988年6月4日出願し、他にカナダ、アメリカにも特許が出願されている。その後、Metallgesellschaft社のリサイクル部門はDr.Sattlerが経営にも参画してSortec社として独立した。1998年にSortec社のアルミニウムリサイクル部門(レーザー選別技術のパイロットプラント、特許および技術ノウハウ式)はDr.Pohleの経営するTEC Consultant社に売却された。なお、日本特許については2002年4月に失効している。

Dr. Sattlerの開発技術にたいしてアルキャン社が関心を持ち、1990年頃にMetallgesellschaft社に対して共同研究の申し入れがあったが、Metallgesellschaft社は拒絶したため、アルキャン社は独自に研究を行った。その後、アルキャン社ではこの研究を中断することになったため、アルキャン社での研究担当者Gesing氏がHuron Valley Steel Corp.社に移籍して研究を継続している。

(2)レーザー選別技術の原理

レーザー誘導型発光分光分析(LIBS)の原理は、強力なレーザーパルスを照射してプラズマを作り出し、プラズマ中の原始・電子から放射される光を光ファイバーで収集し、分光分析することにある。

(3) Dr.Sattlerの技術開発の内容

Dr.Sattlerの開発した設備構成概略図を図3-2-1-4-1に示す。設備は分析機能とコンピューターおよび分別のための機械的装置の組み合わせから構成される。

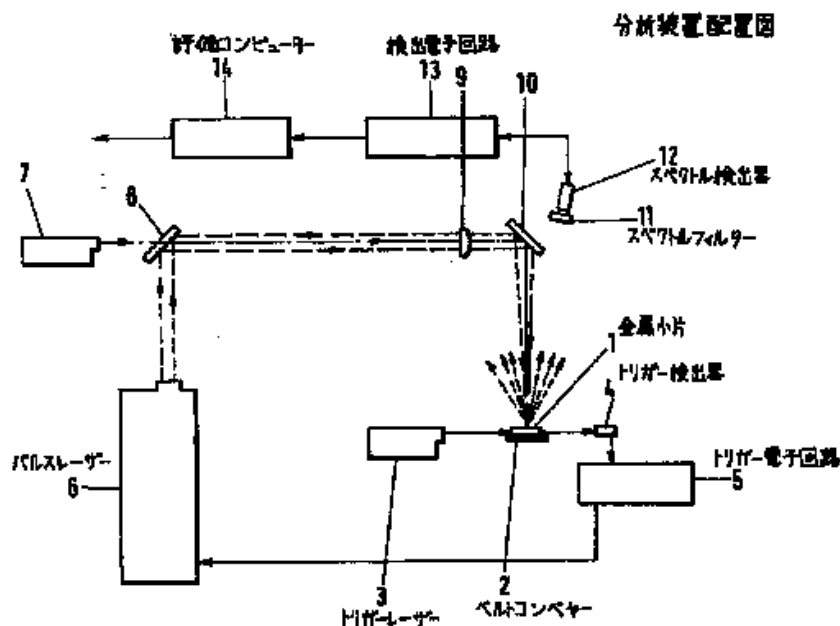


図 3-2-1-4-1 レーザー選別装置の構成概略図

実際には、レーザーによる分析を実施した後にスクラップを分別する工程が必要となるが、その際には、対象となるアルミニウムスクラップの小片をすべて分析するために、コンベア上に一列に並べ、その後所定の容器に分類する。

(d)選別能力

レーザー選別における処理能力は、取り扱うスクラップのサイズと数に依存する。選別器では、スクラップサイズが均一なほど、取り扱いが容易である。

実際には、選別能力は(a)一個ずつ整列搬送する装置の最高速度 - 現在 500 ~ 600mm/s、(b)選別速度に律速される。現状では、20 ~ 30mm のサイズのスクラップなら約 20 個/s、30 ~ 45mm サイズのスクラップなら 15 個/s、45 ~ 60mm サイズのスクラップなら 10 個/s、65 ~ 95mm サイズのスクラップなら 5 個/s で設計されている。

(4)Huron Valley Steel 社での技術開発の内容

(a)Huron Valley Steel 社の概要

Huron Valley Steel 社は北米の有力なシュレッダー事業者であり、各種スクラップ（輸送材料、建築材料、包装材料など）の混在したスクラップを購入して、シュレッダーにかけ、その後重液選別、渦電流選別などをおこなって、金属材料のリサイクル処理をしている。

同社の特長は、重液選別装置、渦電流選別装置、カラー選別装置からなる 3 種の自動選別装置を保有する点にあり、大量のスクラップを収集して、選別・リサイクルすることを戦略的に進めている。

(b)技術開発の内容

アルカン社で独自開発されたレーザー選別技術は、現在 Huron Valley Steel 社に技術移管されている。Dr.Sattler の開発技術と比較して、技術的な開発内容はほぼ同じであるが、レーザー選別技術の応用に関する考え方に相違がある。すなわち、Dr.Sattler はすべてのシュレッドスクラップにレーザー選別技術を応用し、分析精度を高くするために各種前処理の有効性を検討しているが、Huron Valley Steel 社は、シュレッタースクラップの選別を事業としているために、保有している既存選別技術では選別困難なスクラップを対象に、新選別技術を開発し、レーザー選別技術もその一つであるとの立場に立っている。

Huron Valley Steel 社が計画している、シュレッドスクラップのリサイクルフローを図 3-2-1-4-2 に示す。

シュレッター工程

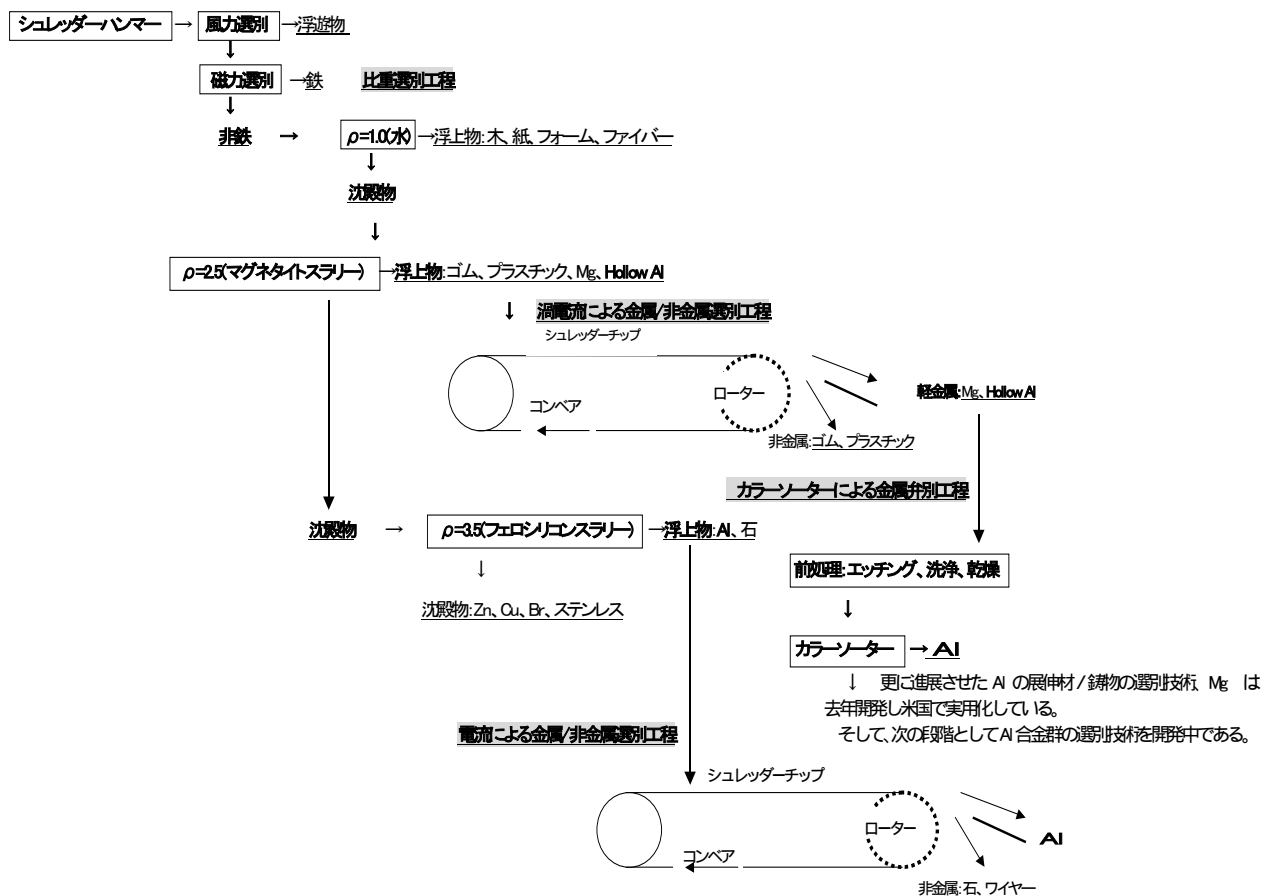


図 3-2-1-4-2 Huron Valley Steel 社が計画している、シュレッドスクラップのリサイクルフロー

重液選別にて、比重 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。比重 2.5 で浮遊するホロアルミニウムとマグネシウムとの選別についても、2~3 年前にカラー選別技術を実用化している。この方法は、ホロアルミニウムとマグネシウムのシュレッドチップをエッチング・洗浄後、乾燥させ、70~80 個/s で選別できる。

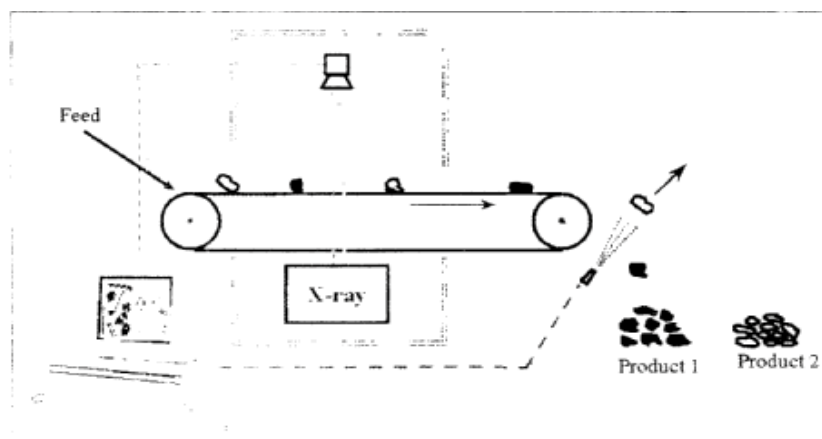
アルミニウム鋳物材と展伸材との選別技術については、去年開発し、米国で実用化している。そして、その次の段階として、アルミニウム合金群の選別技術を開発中である。この方法は、カラー選別により、ブライト：Al,Mg 系、グレー：Si,Fe,Mn 系、ダーク：Cu,Zn 系に分類して、機械的に選別する方法である。

Huron Valley Steel 社でのカラー選別技術は、アルコア社が特許を保有する技術であり、アルコア社と共同で実証研究を行い、すでにアルミニウム鋳物材と展伸材との分離については実用段階にある。したがって、レーザー選別技術での課題である塗装や下地処理の除去についても、Dr.Sattler の推奨するショットブラストとは異なり、

流動床デコーターを推奨している。また、重液選別やカラー選別で、事前にアルミニウム合金材質群として選別されたシュレッドスクラップを選別するだけで済むことから、レーザー選別では 2 材質程度の簡略化された選別で十分実用的であると推定される。レーザー選別技術については研究段階は終了し、2003 年にはレーザー選別のパイロットプラントを立ち上げる計画であり、今後の動向が注目される。

〔2〕デルフト工科大学における X 線選別技術（X 線ダブルビーム法）

オランダのデルフト工科大学で開発中の技術であり、Audi 社も推奨する X 線ダブルビーム法である。この方法は、空港の手荷物検査に使用されている X 線検査装置をスクラップの選別に応用した方法である。



Schematic diagram of an X-ray sorting machine, in which the nature of a particle decides which of a number of air jets ejects it from the material flow.

図 3-2-1-4-3 X 線選別技術の概念図

通常の X 線透過検査装置では物性的にアルミニウムの材質を識別することは困難で

あるが、波長の異なる 2 種類の X 線を用いることで軽元素と重元素の識別を可能とした。また、スクラップ形状の画像処理および識別のためのアルゴリズムの設計、鋳物材と展伸材との識別方法の開発、識別されたスクラップの選別・回収技術の開発、処理速度の向上などの技術開発を行った結果、シュレッドスクラップからの鉄、非鉄、ガラスや樹脂などの選別はもちろん、アルミニウム鋳物材と展伸材とを分別することが可能となった。さらに、展伸材の材質別選別も可能性が見えてきた。本設備の概念図を図 3-2-1-4-3 に示す。

ベルトコンベア上を移動するスクラップを X 線センサーで検知し、その信号をコンピュータに送って、その結果を基にエアージェットで選別する。この方法は、異種材質の複合したスクラップをモニター上で、色の相違として簡単に識別し、誤識別せずに複合スクラップとして回収できる点に特長がある。また、設備費が安い（約 4 万 1-0）、重液選別と異なり液体を用いないで済むことも特長である。

〔3〕まとめ

欧米における最近の固相選別技術の動向調査およびレーザー選別技術、カラー選別技術に関する情報について詳細調査を行った。新しい選別技術として注目されるレーザー選別技術については、その開発経緯、開発技術内容や処理能力が明らかになり、さらに問題点として、表面処理の重要性が認められた。レーザー選別技術に関しては、比重選別、カラー選別と併用した技術開発を行っている Huron Valley Steel 社が実用化に向けたパイロットプラントを 2003 年に製作するとのことで、その動向を注目したい。また、デルフト工科大学では X 線ダブルビーム法を開発し、アルミニウム鋳物材と展伸材との選別が可能となった。さらに、アルミニウムの材質別選別にも期待が持てることから、同じく、今後の動向を注目したい。

3-2-2 アルミニウムの材質別選別技術の技術比較

3-2-2-1 目的

今回の固相選別技術に関する文献調査、特許調査および実態調査の結果から、アルミニウムの材質別選別技術である①ホットクラッシュ法、②カラー選別法、③レーザー選別法、および④X線選別法について、その開発動向をまとめ、今後の実用化の可能性と課題を記述する。

3-2-2-2 各種選別技術の開発動向

表 3-2-2-2-1 に、各選別技術別の開発動向として、開発者の関連文献と特許出願を年代別に整理した。これによると、住友軽金属工業(株)のカラー選別法が最も早い取り組みであるが、異材混入のものからアルミニウム合金系を分別することを目的としたもので、スクラップからのアルミニウム合金系を選別する技術として応用可能であるが、スクラップを対象とした選別技術としては、ホットクラッシュ法が最初に開発されたことが分かる。

ホットクラッシュ法は、1980年に米国内務省名で特許が出願され、米国鉱山局がアルミニウム合金の鋳物と展伸材を分離する方法として1983年に文献213を発表している。日本では、スカイアルミニウム(株)が1994年から1999年までに特許出願を行っている。

年代順では、次いでレーザー選別法が開発されている。カラー選別法は、住友軽金属工業(株)の特許出願および文献発表以後は特に開発の進展が見られず、1995年以降に複数の企業により開発の取り組みがなされている。カラー選別法は、ヒューロンバレースチール社において、これらの選別法の中では唯一実用化されている選別法である。

線選別法は、近年開発に着手されたところであり、文献、特許とも検索では見つからなかった。今回の実態調査において、デルフト工科大学から紹介されたもので、今後の技術開発が期待される選別法である。

表 3-2-2-2-1 各種選別技術の開発動向

No.	選別技術	区分	～1980	1981～1985	1986～1990	1991～1995	1996～2000	2000～
1	ホットクラッシュ法	技術文献		Bureau of Mines 文献213	Bureau of Mines 文献212		Albany Research Center, DOE 文献302	
		特許	米国内務省 USP4,330,090 1980年	アルコア USP4,498,523 1983年 (特公平3-72689) (1984年)		スカイアルミニウム 特開平8-73955 1994年	スカイアルミニウム 特開平 9-316556 特開平 10-219364 特開 2000-336435 1996,1997,1999年	

No.	選別技術	区分	～ 1980	1981～ 1985	1986～ 1990	1991～ 1995	1996～ 2000	2000～
2	カラー選別法	技術文献	住友軽金属 文献：注4				アルコア 文献50 デルフト工科大学 文献6 アルコア 文献41	
		特許	住友軽金属 工業 日本特許 第925094号 1973年			②大紀アル ミニウム工業 特開平 07-275802	ヒュンパレ チル USP5,676,256 1996年 アルコア USP6,100,487 1998年 (特開平 10-328620) (1998年) 五品産業 特開平 1-333385 (1998年) 神戸製鋼所 特開 2001-91511 1999年	
3	レーザー選別法	技術文献		Los Alamos National Laboratory 文献：注5	Sattler氏 の論文 文献：注6	アルキャン 文献106 ヒュンパレ チル 文献96	アルコア 文献50	
		特許			メルケセル シャフト AG DE3718672A 11987年 (USP5,042,94 7)(1990年) (日本特許 2620805号) (ソルテック・ゲ ーエム ペーパ (1988年)			
4	X線選別法	技術文献						デルフト工科大学 私信
		特許						

注 1：文献No. は、文献No. は、報告書本編の資料編参考資料—1表1、表 2 の文献番号を示す。

今回の報告書に採録されていない文献は表の下に注記を記載する。

注 2：特許の欄の年号は出願年を示し、USP は米国特許、DE はドイツ特許を示す。

注 3：特許の欄の () 付のものは、その上の行の特許を優先権主張して出願されたことを示す。

注 4：住友軽金属技報 Vol14, No.3, July, 1973

注 5："Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: A New Spectrochemical Technique" (Los Alamos National Laboratory, 1982), Tech. Rept. No.:LA-UR-82-465.

D.A. Cremers, "The Analysis of Metals at a Distance Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy," Appl. Spectroscopy, 41(1987),572-579.

注 6："Automatic Sorting of Non-Ferrous Metals from Automobile Shredders," Second International Symposium on Recycling of Metals and Engineered Materials(TMS,1990),333-341.

3-2-2-3 各種選別技術に関する考察

表 3-2-2-3-1 にこの章で採り上げた4つの選別法の概要を示す。

表 3-2-2-3-1 アルミニウムの固層選別技術一覧

項目	ホットクラッシュ法	カラー選別法	レーザー選別法	X線選別法
目的	鋳物材と展伸材の分離 分別	展伸材の合金系別分 別、	鋳物、展伸材を合金系統 別に分別	現状は鋳物と展伸材の 分別(将来はマルチセン サーシステムであらゆるも のの分離分別)
原理	鋳物材と展伸材の固相 温度差、脆弱性差に起 因する粒度	化学反応による変色	極表面分光分析	密度、破面形状
対象	シュレツダースクラップ、 熱交換器	(特に制限はない)	シュレツダスクラップ	シュレツダースクラップ
	炉、クラッシャー、篩	薬液(NaOH, CuSO 4, HNO3等)	コンピュータシステム、分 別アルゴリズム、分別メカ ニズム	コンピュータシステム、分 別メカニズム、ダブルビー ム
特長	鋳物材と展伸材をある程 度分別できる他、塗装な どを含む樹脂を除去で き、カラー選別法の前処 理として有効		アルゴリズムの設定で 色々な分類が可能	CustomXray活用。発展 の余地が多い。マルチセ ンサーシステムで多彩な 選別が可。
開発期間	約18年	約6年(スクラップ選別に 応用)	約18年	約5年
設備費		発生ガス対策など環境保 持費など必要だが安価	約50万ユーロ(前処理設備 も含む)	4万ユーロ
処理能力			~1.5トン/H	
識別能力		70~80個/s	~20個/s	目標200個/s
処理費用			9~11円/kgAl	
鋳物材と展 伸材との選 別	○ 展伸材:鋳物=50:50→ =80:20 程度までの分 別可能	○ HVSCでは1年前から確 立実施中。Siを3%以上 含む自動車鋳物スクラッ プでは可能	○ 自動車で使われている Siを3%以上含む鋳物な ら完全に分離できる	○ 破面の形状と密度でほぼ 分けられる
アルミニウ ムの材質別 選別	×	○ 展伸材を材質系統別に 選別	○ スクラップ中の材料が予 め想定出来ればアルゴリ ズムの工夫により選別可 能	△ 開発が進めば可能だが 現在は不可
スクラップ の前処理	不要	必要 少なくとも変色を検出す る部分が塗装などに覆わ れていないことが必要	必要 極表面分光分析なので 表面が内部を代表する組 成になっていることが必 要	不要
スクラップ 表面の塗 装などの影 響	受けない	やや受ける	強く受ける 塗装のための防蝕下地 処理の影響も強く受ける	受けない
技術実績	不明	鋳物/展伸材の選別には HVSCで実用化。	パイロットプラント段階	市販装置を用いて技術 開発中
その他		廃液処理、その他環境面 での配慮が必要		

アルミシュレッダースクラップから更に鋳物・ダイカスト材と展伸材を分離分別する技術は上記4つしか知られておらず、論文もまた特許も数えるほどしかない。

従来使用済みの自動車アルミ部品は解体された後に再溶解されて、主に鋳物にカスケードリサイクルされていた。従って、ここに挙げた技術は実際には殆んど利用されておらず、技術開発中の段階であると判断される。

しかし、埋め立て用地の制限等も差し迫って来ており、昨年(2002年)自動車のリサイクル法が制定された。自動車にアルミ展伸材が多く使われ始めると Product to Product リサイクルが必須である。鋳物材料の相対的な需要減で Product to Product リサイクルでなければアルミニウムスクラップの消費先が無くなる。これは社会的コンセンサスになってきている。ここに挙げたような技術は今後重要な技術になるはずである。

Product to Product リサイクル技術が発展するためには、環境面からの制限がトリガーになる。静脈側のことを考えずに、動脈側のみの自由競争ではリサイクルなどの技術は発達しにくい。レーザー選別技術の利用が考えられてから現在までの18年の道のりを見ても、その感が深い。ドイツのメタルゲゼルシャフト社、アルキャン社も手を付けたが中断しており、Audi社も時期なお早と考えている。アルコア社も「良い素材の提供が使命」といい、動脈側に視点がある。それぞれの企業が、不景気の中で、事業のコアを見直した結果と思われる。

ヒューロン バレー スチール社はリサイクルを業務範囲と捉えている静脈側の会社である。そのために、同じ技術に対する見方が動脈側の会社とは違うように見受けられる。

視野、視点、視座が違うのでメタルゲゼルシャフト社、アルキャン社が開発を中止したレーザー選別技術も使いこなす姿勢であり、技術の組み合わせ、シナジー効果を考えて活用するスタンスのようである。静脈産業の今後、リサイクル業の将来も視野に入れているのだと思われる。

レーザー選別やX線選別のような技術開発は、ベンチャー企業に向くというのではなく、ある程度の規模の会社が企業としての戦略を持って取り組むものであるように思われる。日本国内で Can to Can を推進している企業にしても、経済的側面だけではメリットは少ない。バラツキを考えると、品質面でも良くなるということは考えにくい。

このように、静脈側業務をコアとする企業では、これらの技術を活用する事を考えるので、今後は、徐々にではあろうが、開発が進んでいくものと思われる。

3-2-3 まとめ

アルミニウムスクラップからの固相選別技術に関する文献、特許および技術の実態調査を行った。固相選別には鉄、ガラス、樹脂、銅、アルミニウムなどの材料が混合している屑から材料別に分別する「ミックススクラップからの非鉄金属選別技術」と、選別回収されたアルミニウムスクラップを鋳物と展伸材に分別し、さらに展伸材を合金系統別に分ける「アルミニウムの材質別選別技術」がある。

Product to product リサイクルに必要となる「アルミニウムの材質別選別技術」は、文献、特許とも「ミックススクラップからの非鉄金属選別技術」に比べ比較にならないくらいに少なかったが、カラー選別技術、レーザー選別技術（LIBS 法）およびホットクラッシュ技術があげられた。これらの選別技術の詳細について、レーザー選別技術の開発者である Dr.Sattler、独自の視点でスクラップの選別技術を研究しているデルフト工科大学、米国アルミニウム協会、米国の大手のリサイクル業者である Huron Valley Steel Company(以下 HVSC)から入手した未公開資料も含めた情報をもとに詳細を調査検討した。HVSC 社が、磁力選別、比重選別およびカラー選別をライン化して、アルミニウムスクラップの選別を実際に行っていることは、リサイクルへの取り組み方として示唆に富むものである。日本の同業者にも参考になると思われる。

アルミニウムの材質別選別技術の中 HVSC で実施しているカラー選別技術以外は現在実稼働している技術はない。しかし、LIBS 法の完成度は高く、精度、コスト面でのもう一段のブレークスルーにより、実用に近い技術である。HVSC では LIBS 法の試験稼働を計画しているとのことである。デルフト工科大学の X 線選別技術は、まだ研究に着手したばかりだが、将来は実用化の可能性が高い技術である。ホットクラッシュ技術は、選別後の純度の低さが課題であるが、使い方の工夫により利用可能な技術となりえる。

今後もこれらの技術の動向と進展を注目していく必要がある。

3-3 スクラップ発生量予測見直しと回収方法の調査・検討

3-1 目的

アルミニウムスクラップの需給予測は、平成6年度(1994年度)において、スクラップの消費量を中心としたフローの現状と将来予測の2点を中心に、「非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発」プロジェクト調査の一環として行われた。その成果は、「アルミニウムスクラップ需給動向調査」(平成7年3月)(財団法人 金属系材料研究開発センター)として纏められている。

この調査では、1993年の実績を基に、2010年のアルミニウムスクラップの需給動向を予測している。その予測によると、2010年にはアルミニウムスクラップの供給が需要を537千トン上回り、この余剰を輸出する場合とスクラップの使用原単位を上げて国内で消化する場合のアルミニウム原料フローを示している。

その後1997年にスクラップ需要予測の見直しを行った。1993年～1996年における缶用板材や建材の需要増によるアルミニウムスクラップの需要増を反映し、2010年のアルミニウムスクラップの供給は需要を450千トン上回る結果となり、94年調査の537千トンから87千トン余剰量が縮小する結果となった。

今回、アルミニウムスクラップの需給予測を見直すに当たり、前述の「非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発」プロジェクトでの調査(以下94年調査という)方法に従って2002年を予測し、実績統計値との乖離の要因を考察のうえ予測の前提条件を修正し、2020年までの需給予測を行う。

3-3-2 94年調査における分野別需要量予測と実績の差異の要因

3-3-2-1 94年調査における分野毎の伸び率

94年調査では、自動車等の輸送分野(以下、自動車)、サッシ・ドアなどの建設分野(以下、建材)、アルミ缶などの食料品分野(以下、缶)の主要3分野およびその他分野について、分野ごとに成長率を仮定して需要予測を行っている。分野ごとに仮定した成長率を表3-3-1に示す。

自動車国内生産台数、住宅着工戸数については、日本興業銀行が2010年までの予測を行っており(興銀調査'94.6)、これを採用した。

自動車1台当たりの鋳物・ダイカストおよび展伸材の伸び率、缶およびその他の伸び率は以下の通り設定した。この設定は、94年調査を推進した「需要予測WG」の予測に基づくものである。

①船舶、鉄道車両など自動車以外の輸送分野の伸び率：3%

②主要3分野以外のその他分野の伸び率：2%

表3-3-1 分野ごとの成長率の設定値

年度	分野	自動車		建材	缶	
		国内生産台数伸び率	1台当り使用量伸び率			住宅着工戸数
			鋳物・ダイカスト	展伸材		
1993～1995	3.6%(/3年)	2.0%	2.0%	3.0%(/3年)	5.0%	
1996～2000	▲13.1%(/5年)	1.0%	3.0%	▲2.0%(/5年)	3.0%	
2001～2005	▲5.0%(/5年)	0.0%	5.0%	▲2.0%(/5年)	2.0%	
2006～2010	▲3.0%(/5年)	0.0%	7.0%	▲3.0%(/5年)	1.0%	

注：分野ごとの成長率は興銀調査（'94.6）を参考に推定。

3-3-2-2 94年調査における分野毎需要予測

94年調査では、以上のように設定した分野別伸び率を用いて分野ごとのアルミニウム需要予測を行っている。この予測のまとめを表3-3-2に示す。

表3-3-2 分野毎需要予測 単位：千トン

分野	1993	1995	2000	2005	2010
自動車 展伸材	180	194	196	238	323
鋳物・ダイカスト	814	879	800	760	737
（自動車計）	994	1,073	996	998	1,060
その他輸送	93	97	112	130	151
（輸送計）	1,087	1,170	1,108	1,128	1,211
建材	887	914	895	877	851
食料品（缶）	345	380	441	487	512
その他	1,102	1,147	1,266	1,398	1,544
内需計	3,421	3,611	3,710	3,890	4,118
輸出	146	152	168	184	203
合計	3,567	3,763	3,878	4,074	4,321

これらの需要予測の手順は、1993年の実績に表3-3-1の分野別伸び率を乗じて算出した。分野別需要予測は、自動車以外は1993年実績に伸び率を乗じて算出している。自動車は、1993年実績に自動車台数伸び率とアルミニウム使用量伸び率とを乗じて予測算定している。

2002年の分野ごとの需要予測と実績を表3-3に示す。表3-3によると、輸送分野では需要量の実績が予測を大きく上回る結果となっている。とくに、自動車分野の鋳物・ダイカストは予測を大きく上回る需要実績である。これに対し、建材分野は需要量の実績が予測を大きく下回る結果となっている。食料品(缶)は、需要実績は予測とかなり良く一致している。輸送分野、建設分野、食料品(缶)分野以外のその他分野を含めた全分野の合計需要量の実績は、おおむね予測と一致している。

自動車生産台数と自動車1台当たりのアルミニウム使用量の予測と実績を表3-4に示す。これによると、自動車生産台数は1993年の生産台数を100として、2002年には88.9と予測している。すなわち、2002年の自動車生産台数は9,982千台と予測している。この予測に対して実績は、指数91.4、実数10,258千台であり、若干低めの予測になっている。また2001年の自動車生産台数は9,777千台である点を考慮すると自動車生産台数に関する予測は実績と比較的良く一致していると言える。

表3-3-3 分野別需要の予測と実績(2002年) (千トン)

	予測	実績	差異 (実績 - 予測)	割合(%)
自動車 展伸材	213	244	31	14.6
鋳物・ダイカスト	792	1,098	306	38.6
(自動車計)	1,005	1,342	337	33.5
その他輸送	111	38	▲73	▲65.8
(輸送計)	1,116	1,380	264	23.7
建材	889	705	▲184	▲20.7
食料品(缶)	459	451	▲8	▲1.7
その他	1,317	1,004	▲313	▲23.8
内需計	3,781	3,537	▲244	▲6.5
輸出	174	239	65	37.4
合計	3,955	3,776	▲179	▲4.5

注：実績の出所はアルミニウム統計年報。予測は、94年調査の2000年、2005年の予測の内挿値。

一方、自動車1台当たりのアルミニウム使用量は、1993年のアルミニウム使用量を100として、2002年には113.7と予測している。すなわち、2002年のアルミニウム使用量を1,005千トンと予測している。この予測に対して実績は、指数147.8、実数1,342千トンであり、大幅に実績が予測を上回っている。このように、自動車用アルミニ

ウムの使用量が大幅に予測を上回ったのは、自動車生産台数の減少する中で、自動車1台当たりのアルミニウム使用量が大幅に上昇した結果である。

以上のように、94年調査のアルミニウム製品需要量の予測は、全体としてはおおむね予測に沿って推移しているが、輸送、建設の分野で予測を大きく外れて推移している。そのため、2002年の実績を踏まえて、2010年以降の予測を見直し、2020年までの製品予測を行った。

表3-3-4 自動車生産台数とアルミニウム使用量

項目		1993年	2002年		
			予測	実績	
自動車生産台数	指数	100	88.9	91.4	
	実数(千台)	11,228	9,982	10,258	
自動車用アルミニウム使用量	1台当り使用量指数	板	100	133.1	148.4
		押出	100		
		鋳物・ダイカスト	100	109.4	147.6
		合計	100	113.7	147.8
	実数(千トン)	板	180	213	244
		押出			
		鋳物・ダイカスト	814	792	1,098
		合計	994	1,005	1,342

3-3-2-3 94年調査におけるスクラップ発生・回収量予測と実績の差異の要因 〔1〕自動車

94年調査では、自動車1台当たりのアルミニウム使用量、廃車台数、自動車の平均寿命から次の式でスクラップ発生量を予測している。

$$X\text{年における自動車からのスクラップ発生量} = ((X - \tau)\text{年における1台当りアルミニウム使用量}) \times (X\text{年における廃車台数})$$

自動車は平均寿命(平均使用年数) τ 年を経過した時点で一斉に廃車されると仮定している。

(a)自動車1台当たりのアルミニウム使用量

94年調査では、1993年の自動車1台当たりのアルミニウム使用量として自工会による実績値を用い、1994年以降は表3-3-1に示した伸び率を用いて1台当たりの使用量を予測している。その結果と2002年実績を表3-3-5に示す。

表3-5によると、2002年の自動車1台当りアルミニウム使用量(kg/台)は実績を大幅に下回っている。

表3-3-5 自動車1台当りのアルミニウム使用量(kg/台)

年		1985	1990	1993	1995	2000	2002	2005	2010
94年調査	展伸材	—	—	11	12	14	15.6	18	25
	鋳物・ダイカスト	—	—	55	54	57	57	57	57
	計	42	55	66	66	71	72.6	75	82
アルミニウム協会	展伸材		13	14.9	16.2	21.2	24.1	31.9	44.9
	鋳物・ダイカスト		63	72	78	89	91.4	95	100
	計	53	76.0	86.9	94.2	110.2	115.5	126.9	144.9

注：94年調査の2002年予測は、2000年と2005年予測の直線内挿値。アルミニウム協会の値は乗用車1台当りの数値。

(b)使用済み自動車発生台数

94年調査では、使用済み自動車発生台数を2000年以降7,000千台/年と仮定している。この使用済み自動車発生台数と自動車1台当りアルミニウム使用量(kg/台)から、自動車の平均使用年数を5年および10年としてスクラップの発生量を予測している。この予測をもとに回収率を2000年までは80%、2001年以降85%と仮定してスクラップ回収量を算定している。この算定結果とともに、2002年の実績(推定)を表3-3-6に示す。

表3-3-6によると、2002年の自動車1台当たりのアルミニウム使用量実績(推定)値は110.8 kg/台と予測値59.4kg/台を大幅に上回っている。一方、廃車台数は実績(推定)4,000千台に対し予測7,000千台と実績が大幅に下回っている。そのためスクラップ発生量は予測416千トン(寿命10年の場合)に対し実績(推定)429千トンとなった。回収率を実績(推定)90%とすると、2002年のスクラップ回収量は予測333千トンに対し、実績386千トンと16%程度の差となっている。

結果的には予測と実績の差は小さいが、予測の前提条件は十分見直す必要がある。

表3-3-6 使用済み自動車からのスクラップ発生量、回収量
(自動車の平均使用年数10年の場合)

	予 測				実績(推定)
	1995年	2000年	2002年	2005年	2002年
廃車年	1995年	2000年	2002年	2005年	2002年
対象車生産年	1985年	1990年	1992年	1995年	1992年
アルミニウム使用量(kg)	42	55	59.4	66	110.8
廃車台数(千台)	6,500	7,000	7,000	7,000	4,000
スクラップ発生量(千トン)	273	385	416	462	429
回収率(%)	80	80	80	85	90
スクラップ回収量(千トン)	218	308	333	393	386

注：2002年のアルミニウム使用量実績(推定)はアルミニウム協会データによるもので乗用車1台当りから自動車1台当りの換算した数値。2002年廃車台数4,000千台は産業構造審議会環境部会資料(2001年4月)による。2002年回収率90%は、JRCMビジネスモデルWGによる実態調査結果による。自動車の平均使用年数10年は、(財)自動車検査登録協力会のデータによる。

[2] 建材

建材の場合も自動車の場合と同様に、平均使用年数 τ (年) を経過した時点で廃棄されると考えて、X年における建材スクラップ発生量は(X - τ)年における建材製品出荷量に等しいとして求めている。表3-3-7に建材製品出荷量の推移を、表3-3-8に建材製品出荷量と素材出荷量を、表3-3-9に建材の寿命を20年、25年、30年とした場合の建材スクラップ発生量と回収量の予測値を示す。

表3-3-7 建材製品出荷量 単位：千トン

用途	サッシ		ドア	エクステリア	その他	計
	木造住宅	ビル用				
1970	193		11			204
1975	275	94	33		13	415
1980	326	158	35		53	572
1985	222	159	40	65	31	517
1990	246	200	45	108	30	629
2002	191	136	36	97	34	494

出所) 窯業建材統計年報

表3-3-8 建材製品出荷量と素材出荷量 単位：千トン

年	建材素材	建材製品	製品／素材
1990	933	629	67.4%
1991	938	628	67.0%
1992	901	604	67.0%
1993	887	590	66.5%
2001	749	524	70.0%
2002	705	494	70.1%

出所)窯業建材統計年報、アルミニウム統計年報

表3-3-9 建材スクラップ発生量と回収量の予測値 単位：千トン

年	回収率	寿命20年		寿命25年		寿命30年	
		発生量	回収量	発生量	回収量	発生量	回収量
1995	80%	402	322	204	163	32	26
	90%		362		184		29
2000	80%	572	458	402	322	204	163
	90%		515		362		184
2002	80%	520	416	505	404	341	273
	90%		468		455		307
2005	80%	517	414	572	458	402	322
	90%		465		515		362
2010	80%	629	503	517	414	572	458
	90%		566		465		515

出所)窯業建材統計年報に基づき算定。

いずれの表にも2002年の実績値を付け加えた。建材製品出荷量は減少する一方で、製品量に対する素材量の比(製品量／素材量)は上昇している。

建材の場合、スクラップの発生は住宅やビルの建て替えによる解体およびリフォームによるものであり、回収率は高いと考えられている。

表3-3-9では回収率80%と90%の場合の回収量を算定している。木造住宅の耐用年数は30年程度、鉄筋コンクリート造建築物等の耐用年数は50年以上といわれている。鉄筋コンクリート造建築物の場合30年程度でリフォームによるアルミサッシ等の交換が生じるケースが多いといわれている。ただ、表3-9の回収量の予測に

あるように、寿命の想定によって2000～2005年の回収量は200千トン程度異なってくる。そのため、解体あるいはリフォームされる建物の平均使用年数の把握等が必要である。

[3]使用済飲料缶

アルミ缶の寿命は3ヶ月程度とみられ、実質的にはその年のアルミ缶生産量が使用済み飲料缶発生量とみられる。

94年調査のアルミ缶の生産量は、1993年のアルミ缶生産量201千トンに表3-3-1に示した伸び率で成長するものとして求めている。その結果を表3-3-10に示す。表3-3-10には回収率が60%一定の場合と60%から75%に増えていく場合の二つの場合を示している。表3-10から、UBCの回収量は2000年で160千トン程度、2010年で200千トン程度と予測されている。これに対し、2002年のアルミ缶販売量288千トン、UBC回収量243千トン、回収率83.1%と回収量、回収率ともに予測を大きく上回っている。

表3-3-10 UBCの回収量予測

年	販売量	ケース1		ケース2	
		回収率	回収量	回収率	回収量
1995	222	60%	133	60%	133
2000	257	60%	154	65%	167
2005	284	60%	170	70%	199
2010	295	60%	177	75%	221

3-3-3 予測の前提条件の見直しと将来予測

3-3-3-1 分野別需要量予測

[1]分野毎の伸び率の見直し

現在の状況から見て、分野別の需要予測を見直し、以下のように設定した。

- a)乗用車(軽含む)生産台数:8,500千台/年、2002年以降横ばい
- b)自動車用の板、押出、鋳物・ダイカスト生産量(アルミニウム協会の技術戦略数値を使用して推定*)

*技術戦略値:2002年以降、2010年まで板を年+2.2kg/台増量、2025年の板80kg/台として2010年～2025年の間を直線内挿した。

- c)建材は2003年には板80千トン、押出720千トン合計800千トンに需要が回復し、以降横ばいとした。(アルミサッシ協会コメントに基づく)
- d)缶材生産量:2002年以降横ばい

〔2〕需要量予測

上記の前提に基づき2020年までの分野毎の需要予測を行った結果を図3-3-1に示す。缶材、建材、その他のアルミニウム需要には変化があまり無く、自動車の鋳物・ダイカスト、板・押出し材の増加によってアルミニウム需要量が2002年に比べ、約100万トン増加する。

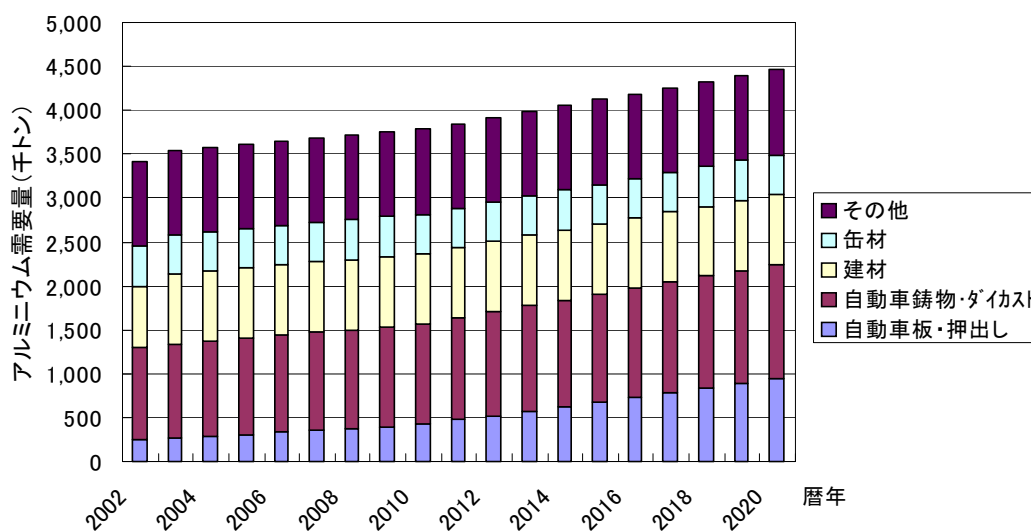


図3-3-1 分野別アルミニウム需要量の推移の予測

3-3-3-2 スクラップ発生・回収量予測の前提条件の見直しと回収量予測

〔1〕分野毎の前提条件の見直し

現在の状況から見て、スクラップの発生対象市場からの回収率を以下のように設定した。

- a) 自動車：年間廃棄台数5,000千台、国内回収4,000千台、回収率90%で一定。(エンジンは再使用されるとして回収量から除く)
- b) 建材：寿命を30年、回収率90%で一定
- c) 缶材：2002年は回収率実績値83.1%、2003年は84%、2004年以降回収率85%、横ばい(アルミ缶リサイクル協会推定)

〔2〕スクラップ発生、回収量予測

上記の前提に基づき2020年までの分野毎のアルミニウムスクラップの回収量の予測を行った結果を図3-3-2に示す。缶材には変化がほとんど無く、建材は30年前の需要の変化に応じてスクラップ回収量が増加する。一方、自動車へのアルミニウム使用量増加に伴い、自動車鋳物・ダイカスト、板・押出し材のアルミニウムスクラップ量が増加し、それに伴う板・押出し材の加工屑の増加も伴い、2020年にお

るスクラップの回収量は2002年に比べて約90万トン増加する

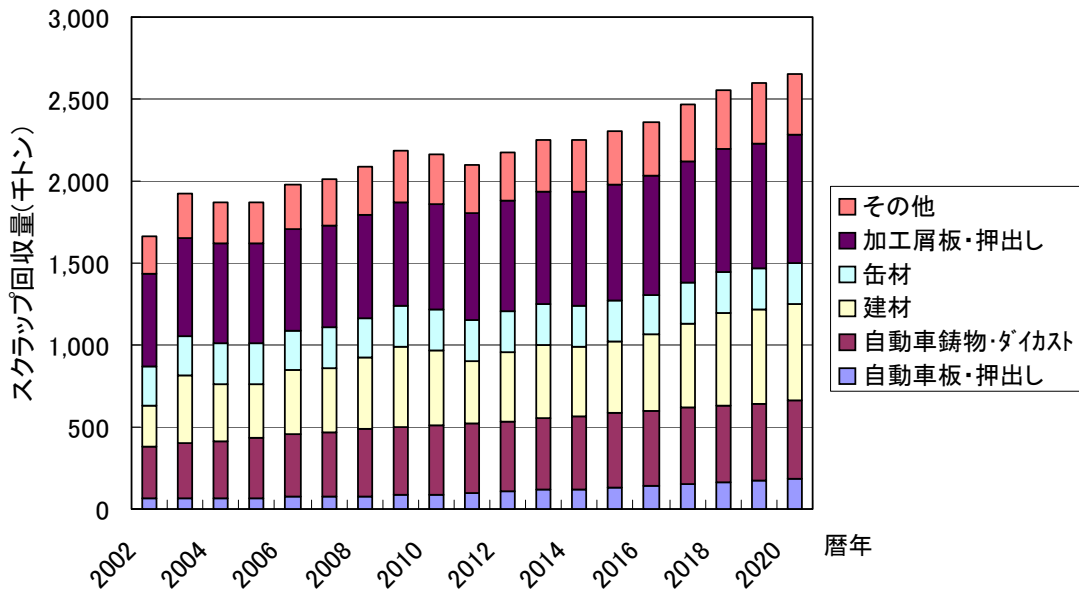


図3-3-2 分野毎のアルミニウムスクラップ回収量の推移の予測

3-3-3-3 将来のアルミニウムスクラップ需給バランスの予測

図3-3-3に予測された自動車その他に使用される鋳物・ダイカストのアルミニウム需要量と自動車その他の鋳物・ダイカストから回収されるアルミニウムスクラップ量の推移を示す。主に自動車への鋳物・ダイカスト部品へのアルミニウムの使用量の増加により需要量とともにスクラップ回収量も増加する。また、その差は約60万トンとほぼ同じ量で推移している。

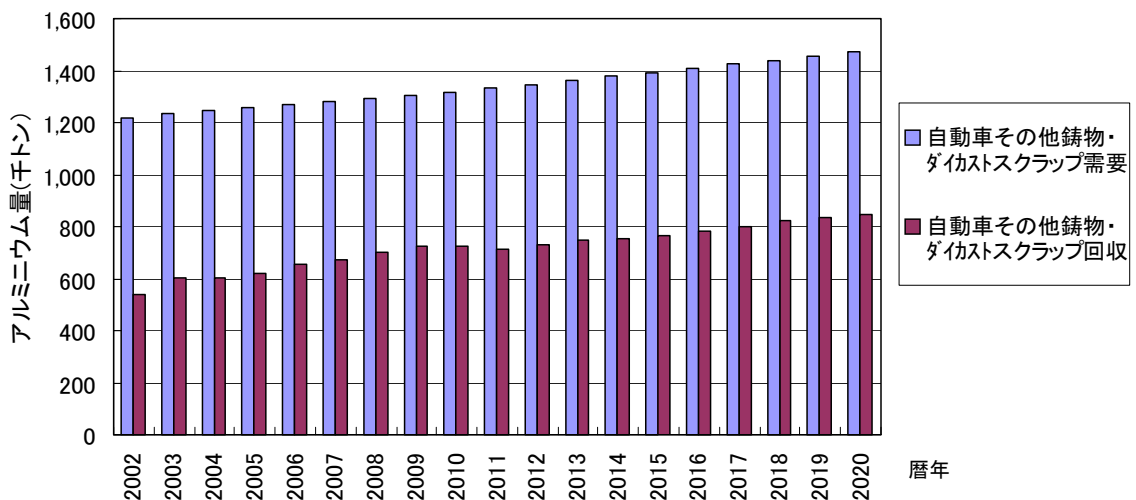


図3-3-3 鋳物・ダイカスト製品用のアルミニウム使用量と鋳物・ダイカスト製品からスクラップ回収量の推移

このアルミニウム使用量と鋳物・ダイカスト製品からスクラップ回収量の差は展伸材からのスクラップで賄われると見られる。

一方、図3-3-4に板・押出し製品用のアルミニウムスクラップ使用量と板・押出し製品からアルミニウムスクラップ回収量の推移を示す。

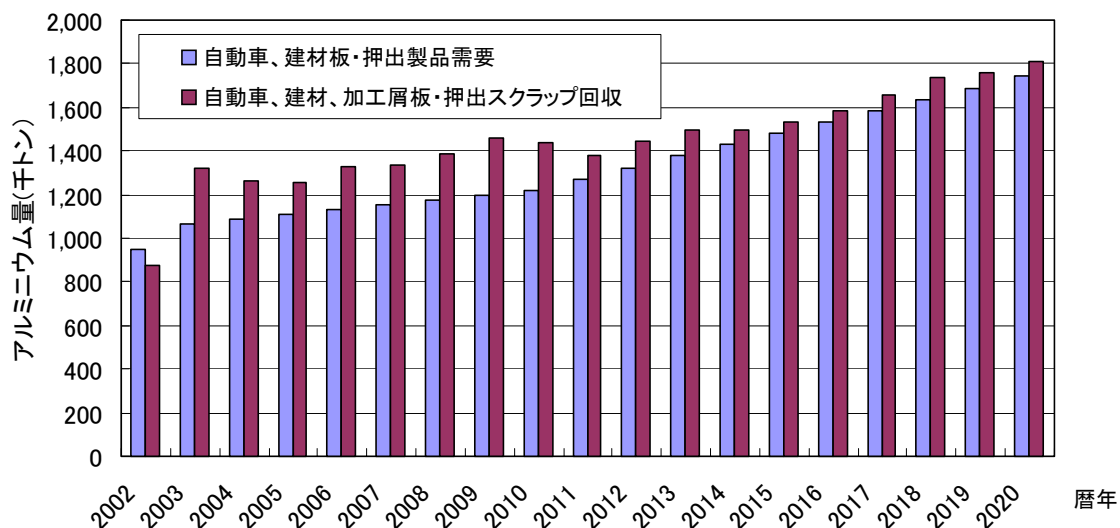


図3-3-4 板・押出し製品用のアルミニウムスクラップ使用量と板・押出し製品からのアルミニウムスクラップ回収量の推移

主に自動車への展伸材へのアルミニウムの使用量の増加により需要量とともにスクラップ回収量も増加する。また、その差は2013年までは最大約25万トン程度あるが、2013年以降は5～10万トンと少なくなっており、使用量と回収量がほぼ同じ量で推移している。したがって、もし、展伸材 to 展伸材のリサイクルが可能となれば、十分使用量を賄える量のスクラップがカバーできることを示している。

次に図3-3-3で示した鋳物・ダイカスト製品用のアルミニウム使用量と鋳物・ダイカスト製品からスクラップ回収量の差を図3-3-4で示した板・押出し製品からのアルミニウムスクラップ回収量で賄うと仮定した場合（鋳物・ダイカスト用原料としての最大使用可能量）の比較を図3-3-5に示す。鋳物・ダイカスト製品用のアルミニウム使用量と鋳物・ダイカスト製品からスクラップ回収量の差に対し、不足するアルミスクラップ量を板・押出し製品からのアルミニウムスクラップ回収量を最大限利用してカバーするとしても2009年には約20万トンが鋳物・ダイカストとして吸収できないことになる。また、2013年以降、その差は年々増加し、2020年には約40万トンになると予想され、product to product型のリサイクル推進が必要となることがわかった

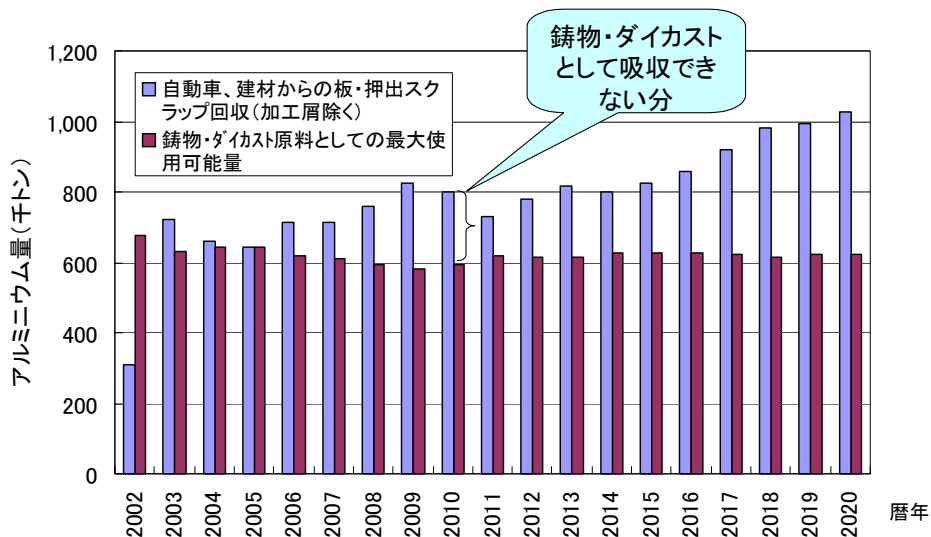


図 3-3-5 板・押出製品から回収されるアルミニウムスクラップ量と鋳物・ダイカスト用原料としての最大使用可能量の推移

3-3-4 まとめ

- 1) アルミニウムスクラップ需要実績整理：アルミニウムの製品別（圧延品、鋳物・ダイカスト、その他）の需要量の実績推移（1993-2002年）を統計資料等から整理するとともに、これら需要量の生産に必要な原材料（スクラップ、新地金、スラブ・ビレット、再生地金）の実績推移（1993-2002年）を統計資料等から整理した。また、再生地金（二次合金地金、二次地金、ベースメタル）の生産、輸入量の実績推移を収集・整理するとともに、再生地金の生産に必要な原料（新地金、ベースメタル、アルミニウムスクラップ、アルミニウム合金スクラップ等）の需要量の推移を整理した。
- 2) 原料原単位の算出：これらの製品別原材料の需要推移から製品の生産に必要な原料原単位を算出した。
- 3) アルミニウムスクラップの需要予測：2020までのアルミニウム製品別需要量を予測するとともに、これを生産するために必要なスクラップ量を上記の原料原単位を用いて算出・予測した。
- 4) アルミニウムスクラップの発生・回収量予測：アルミニウムスクラップの発生・回収量を統計資料等から整理し、2020年までのアルミニウムスクラップの発生・回収量を予測した。スクラップの発生・回収量は使用済み製品の耐用年数等と処理・回収現場の実態等から予測する。発生量の推定は製品分野毎に耐用年数（=X年）を仮定し、X年前の出荷量、製品化率（歩留り）、輸出、輸入等を考慮して求めた。回収率は平成8年度調査において行った関係団体へのヒアリング結果をもとに推定した。使用済みアルミ缶の発生量、回収量はアルミ缶リサイクル協会の統計が公表されているのでその統計値を用いた。加工スクラップの発生・回収量は、製品別に加工スクラップ発生率を想定して予測した。

5)自動車用鋳物・ダイカストの需要量も増加するものの展伸材の増加量がそれを上回るため、従来、ダイカスト・鋳物用にカスケードリサイクルされていた展伸材スクラップが余剰になると予想される。

すなわち、将来、スクラップ需給のアンバランスを生じないためには、product to product型のリサイクル推進が必要となることがわかった。

6)考察：自動車における展伸材の使用量の増加により2020年におけるアルミニウムスクラップの発生・回収量が需要量と共に1.5倍程度に増加し、需給のアンバランスは生じないとみられる。したがって、中国の経済発展による輸出の増加がスクラップ需給に影響を及ぼすことになると考えられる。

3-4 設備投資額の調査と処理コストの検討

前処理工程と溶解後の精製工程・介在物除去工程を組合せたリサイクルトータルシステム導入に要する設備投資額と処理コストの検討を行った。

3-4-1 前処理工程の現状

3-4-1-1 使用済みアルミのスクラップ前処理

アルミのリサイクルシステムは使用されている製品でも異なっている。前処理工程に限ったことではないが、こういう設備で、こういうプロセスでリサイクルされるという決まった道筋があるわけではない。状況により適当な設備とプロセスを組み合わせで行われているのが現状である。典型的なアルミリサイクルの例は缶と自動車である。それらを例に以下現状を説明する。

3-4-1-1-1 缶材

缶スクラップは量が多いが、材質が決まっており、形で分別できるので、アルミのリサイクルの点では最も成功している。缶スクラップの処理コストは、リサイクルマークを見てアルミ缶だけ分別してあれば、ほとんど運搬費用であると言われている。プレスと簡単な選別のため、トラックに積んで回収現場で分別処理と圧縮プレスをかけるような装置も市販されている。可搬式のそのような設備は1時間に18千缶を処理でき約1,400万円である。図 3-4-1-1 缶用プレスブロック機械は運搬効率を上げ、ストックヤード確保のための減容に使われる。スチール缶、ガラス容器との分別が必要な場合、図 3-4-1-2 の様なチップ機械が使われ、ここに示されるような工程でチップ機械で破砕し、その後それぞれの材料に分別することが行われる。(キャンの場合は自動車のシュレッダー屑と違い分別は容易である。)



図 3-4-1-1 缶用プレスブロック機械

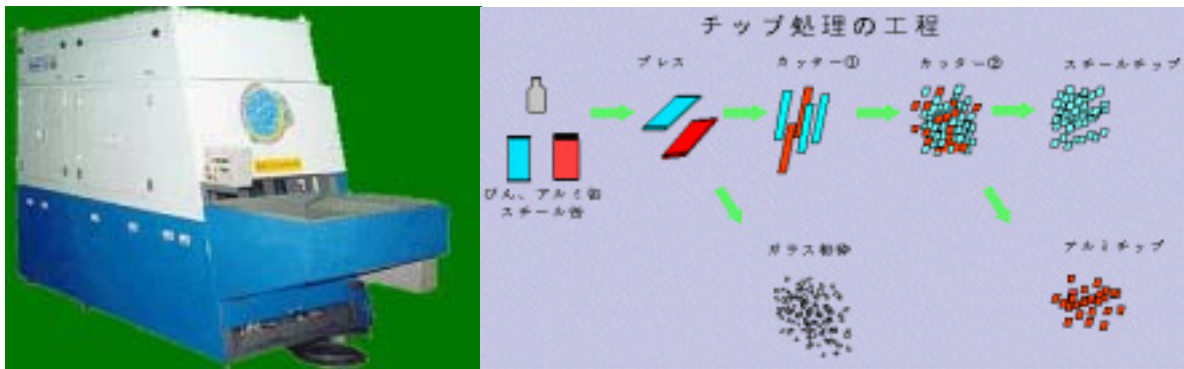


図 3-4-1-2 缶用チップ機械とチップ処理工程

3-4-1-1-2 自動車

廃自動車のリサイクルは通常二つの工程を通る。まず、解体工程を経て、プレスで平らに減容される。次にシュレッダー工程のためシュレッダー工場に運ばれ、ここで破碎される。アルミのスクラップの大部分は最初の解体時に取り出されるが、取りにくいものはシュレッダー工程まで行き破碎された後に鉄、銅、プラスチック、ガラスなど他の材料と分離されアルミスクラップになる。それぞれの工程と主要設備は下記の表 3-4-1-1 のようなものである。

表 3-4-1-1 固相選別工程と主要設備

	解体工程	シュレッド工程	シュレッダー後工程
主要設備	マルチ自動車解体機	プレシュレッダー	レーザー選別法
	廃自動車反転機	シュレッダー	X線選別法
		集塵機	
	リサイクルプレス	サイズ分別機	
		渦電流非鉄選別機	
		重液式非鉄選別機	
		手選別ライン	

使用される設備は廃自動車反転機、自動車解体機（ニブラー）、およびリサイクルプレスが主なものである。

廃自動車反転機は外形寸法5m*5m*3mH程度の装置で、クレーンをそなえ可搬式であることが多い。これで廃自動車を吊り上げ、反転させる。ここでは中古部品をリユースする目的で分解、エンジン、アルミホイールなど足回り部品などの部品取り外しを行う。次いで、マルチ自動車解体機で、異材を分別しながら、スクラップにする備品類を引きちぎりながら取り出す。この機械は手作業の10倍の能力を持つと言われ、一人で一日60台くらいを処理できる。部品の種類で材料はだいたい決まっているので異材の混入はシュレッダーなどに比べれば

っと少ない。この工程でアルミ展伸材のボディーシート、ラジエーターやヒーターなどの熱交換機部品が取り出される。この場合、**product to product** 型リサイクルが可能である。この後、プレスをかけてシュレッダー工場へ運ばれる。

自動車アルミリサイクルは主に解体作業工程に依存している。リサイクルのためには自動車がプレスにかけられる前に、回収できるものはできるだけ解体作業時に取り外すことが重要であるが、解体業者も中古部品販売と有用金属回収の経済性を考慮しその方向になっている。

解体工程の設備費と処理コストであるが、アルミリサイクルに必要な設備であっても、必ずしもアルミのリサイクルのために設置されているものではない。従って、アルミリサイクルシステムに要する設備は区分できない。同様に処理コストもアルミスクラップは副産物と言う事になり、解釈は難しい。アルミのリサイクルに大きな役割を果たしている反転機、ニブラー、プレスのおおよその価格は、それぞれ、約400万円、2,600万円、3,200万円である。通常一台の自動車解体に要する費用は、おおよそ3,000円から6,000円くらいと見積られる。

詳細は省くが、主に手作業で解体して、1台当たり一人約2時間で解体できる。又上記の設備費合計1億3千万と仮定し、10年、3%の償却費を算出すると、1分当たりの償却費は約130円である。これらの設備をフルに活用できるとすれば1台当たり20分以内で処理できる。これで見積られるアルミスクラップは通常50-70Kg位である。

解体で回収できなかったアルミは車体と共にプレスにかけられ、シュレッダーで粉砕される。シュレッダーをかけたスクラップは一旦鉄、銅、プラスチック、ガラスなどあらゆる材料が混合されるため、磁選、重液(比重選別)、非鉄選別機等を使ってアルミを分別する。通常シュレッダー屑中のアルミはせいぜい数パーセント、1%以下のことも珍しくない。他の材料の混入もあり、アルミスクラップ価値は低い。

しかし、一方では、シュレッダースクラップの様な雑屑でも諦めずに何とか **product to product** を実現しようと言う試みもある。それらが、後に 4-1-2 に出てくる「レーザー選別法」或いは「X線選別法」などである。しかし、未だ実用には至っていない。

なお、家電などからのアルミスクラップ回収も自動車の場合と似ているが、解体工程を省きいきなり破碎するケースがより多い。自動車に比べて破碎屑の占める鉄材量が少ないので埋め立てられることが多い。

自動車、家電からのアルミスクラップには塗装が施されていることがあり、これが **product to product** を妨げるケースがある。塗装を取り除く方法としては、既に外国で検討が加えられており、ターンブラスト利用の物理的方法が現実的だと言われている。実験された設備は約800万円で1時間1トンの処理能力がある。この工程にかかる処理コストは、操業コスト 3.00 ユーロ/H、消耗品 3.00 ユーロ/H、ブラスト残査廃棄費用 3.00 ユーロ/H、工賃(実際の操作は出し入れの時間10分)である。8年償却、金利5%、ユーロを130円、人件費 32000EUR/年・人と仮定し計算すると 1.88 円/kg と試算される。

3-4-1-1-3 建材(サッシ):

建材の場合はニブラーなどの解体機で分別され、屑問屋などに持ち込まれる。サッシ屑には、クレセントなどの金具(亜鉛ダイカスト)や鉄ビスが付いているもの(サッシB屑)と、これらが取り外されたもの(サッシA屑)が市中屑にはある。屑問屋の買い取り価格で見ると kg当たりの単価で両者には40円くらいの差がある。サッシの場合、前処理として、鉄ビス等を取り外す工程を考えると、かなりのコストであることが想像される。

3-4-1-1-4 前処理設備と処理コスト

アルミスクラップに関しての処理設備、処理コストの把握は、設備がアルミスクラップ前処理のためだけに利用されていないこと、および、アルミスクラップが副産物なので処理コストも把握は困難であることにより困難である。しかし、前処理されたアルミスクラップの市場価格ならおおよそ把握できる。下記表 3-4-1-2 がインターネット上にあったその一例である。現実には市場を流通しているアルミスクラップの処理コストは市場価格以下かそれに近いと考え推定できる。

自動車スクラップの場合、解体工程で回収される場合は経済性に問題はないと推定される。根拠は実際に解体アルミ屑が流通していることがその理由だが、いくつかの仮定をおいてみると、そのような推定がつく。仮定だが、廃自動車価格はゼロ、解体に必要な直接的経費4,000円、得られるアルミスクラップは50Kg とすると、回収費用は kg 当たり、80円以下となる。以下というのはこの解体工程で得られるものはスクラップの他にリユースの部品、有価鉄屑がある。これは、廃棄のための諸費用を上回ると推定できる。一方同じ自動車のスクラップでもシュレッダー工程で発生するスクラップはあまり流通していない。シュレッダー屑からアルミを分離する費用は市場価格を上回ることがあるため、埋め立てなどで捨てられているものが多いと推定される。シュレッダーにかけてしまうと高価な設備類を使い、更に手選別ライン等が必要になるが、スクラップの価値は低く、処理コストに引き合わないと推定される。

表 3-4-1-2 金属問屋スクラップ買い取り価格例(2004年2月)

スクラップ種類	価格(円/kg)	補足説明
1)新屑A(2S)	98~138	アルミの中でも純度が高い物。柔らかいもの。
2)新屑B(2S カラー)	85~113	2Sにビニールが付いた物です。
3)サッシA(63S)	98~133	アルミサッシで鉄等のビスを取り除いてあるもの。
4)サッシB	65~83	アルミサッシに鉄等のビスや金具が付いている物。
5)新コロ	94~130	アルミ製品を解体した物。車のアルミホイール等アルミの鋳物が主。
6)機械コロ	80~105	新コロに鉄等の不純物が付いている物。
7)5000系屑	100~127	
8)ドライ粉	91~105	旋盤削り粉。比重が軽いので濡れたもの、油切れが悪い物は水引きする。
9)印刷版屑	140	画像を焼き付けた後のアルミ原板。
10)缶バラ屑	100	軽くつぶしたもの

上記スクラップは分別されているので、前処理のコストは上記金額から原料引き取り価格を差し引いたものである。それ以下で処理できなければ、埋め立て廃棄される。(埋め立てにも費用は必要。)スクラップ中に鉄ビスや垂鉛金具などが付いている場合、上表では買い取り価格で見ると、平均コロで19円、サッシで41円の差があることから、通常のこれらを取り除く手間と重量減を合わせると追加前処理コストの大凡を知ることができる。

3-4-1-2 レーザー選別法:

レーザー選別法は自動車のシュレッダー屑から分別されたアルミスクラップを対象に **product to product** 実現を目的に開発されている技術である。前述のようにシュレッダー工程から抽出されたスクラップはいかにコストが掛かっていようと価値は低く価格は安い。それを原料にベルトコンベヤー上で迅速分析を行い合金系統別に分別し **product to product** に近いリサイクルを達成しようとする試みである。

処理費用を試算した結果、1シフトで 91.44 ユーロ/t (1ユーロ=120円として約 11,000円/t)、2シフトでは 74.78 ユーロ/t (同じく約 9,000円/t)となる。また、設備投資額は約 60百万円である。即ち、1kg 当たりでは10円前後の処理費で、合金系統別に分別できる。しかし、未だ分別精度に課題が多く、実用化に至っていない。

3-4-1-3 X線選別法:

レーザー選別法と同じような目的で研究開発中の技術である。研究開発のスタートがガラスの破砕片の分別からなので、まだ充分のデータがない。処理能力等が不明であり処理コストが算定できない。

3-4-1-4 前処理のまとめ

- ①アルミ主要スクラップの缶材、自動車、建材はリサイクルの形がほぼできつつある。
- ②缶材は特にリサイクルが進んで、体制が整ってきている。
- ③自動車は解体工程でリサイクルされるものはほぼリサイクルできる形ができつつある。但し解体で取り出せないアルミはシュレッダー工程に於いて破砕混合してしまい経済的なリサイクルが難しくなり埋め立てられてしまう場合が少なくない。
- ④サッシを中心とする建材スクラップは鉄ビスやクレセント金具の垂鉛などが混入している。そのため、それらを取り外さないものはスクラップ価値が非常に低い。
- ⑤現状の前処理工程については、設備がアルミスクラップ前処理のためだけに利用されていないこと、および、アルミスクラップが副産物であるため、設備投資額、処理コストの把握は困難である。しかし、前処理有無のアルミスクラップの市場価格差から大凡の推定は可能であり、サッシの場合では約 40,000円/tと推定された。
- ⑥ **product to product** の推進には、さらに材質別分別までを行うことが望ましく、現在開発中のレーザー選別法 (LIBS) では、投資額約 60百万円、処理コスト約 10,000円/tと推定された。

3-4-2 溶解後の精製・介在物除去工程

溶解後の精製工程・介在物除去工程の設備投資額と処理コストについて、「非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発」(NEDO、平成5年度～14年度)にて行われた検討の結果は以下のとおりである。

ブレージングシートスクラップを溶解原料にして、2つの精製工程(分別結晶法、真空蒸留法)と介在物除去工程(内部ろ過法)とを一貫化した工程で連続的に処理した際のトータルコストを評価した。

展伸材スクラップを展伸材にリサイクルするために、真空蒸留法での精製目標は残留Zn量0.1%以下としている。このことは、原料スクラップ中のZn量が0.1%以下であれば、真空蒸留工程が不要となることを意味しているため、ここでは図3-4-2-1に示す2つの試験工程を検討した。

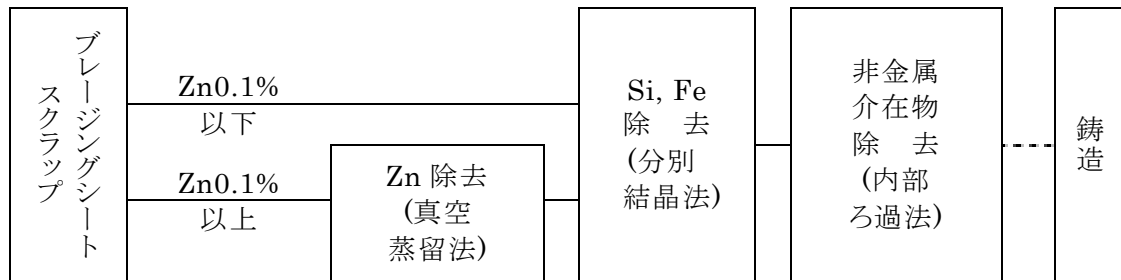


図 3-4-2-1 2 精製工程・1 溶湯清浄化工程のフローチャート

(1) 実用化設備を想定したコスト試算

実用化設備として1,000t/月規模の設備を想定し、表3-4-2-1に示す前提条件でコスト試算した結果を表3-4-2-2に示す。

表 3-4-2-1 試算に用いた前提条件

項目	前提条件
処理量	スクラップ溶湯で1,000t/月
人件費	単価6,000千円/年・人、3直4交代
電力費	15円/kWH
設備償却費	12年定額償却、残存簿価10%、金利と修繕費も以下の値として含む。 金利：設備費の3%/年 修繕費：設備費の2%/年
溶解歩留	95%
除外項目	土地、建屋およびその基礎工事、スクラップ溶解炉、環境対策費、保険、租税は除外する

なお、分別結晶法の場合は精製物歩留70%なので副生物として濃化液相が30%発生し、

また真空蒸留法では Zn が 0.5～1.5%程度副生物として回収される。今回は精製物歩留と溶解歩留とが等しいとして試算した。

分別結晶＋内部ろ過工程の場合のコストは約 29 円/kg、真空蒸留＋分別結晶＋内部ろ過工程の場合のコストは約 51 円/kg となる。いずれの工程においてもトータルシステムの実用化は可能な水準と考えられる。

表 3-4-2-2 コスト試算結果 (円/t-精製物)

	設備費 (百万円)	項目	分別結晶 ＋内部ろ過	真空蒸留 ＋分別結晶 ＋内部ろ過
人件費	—	人件費	6,300 (3 人工/直)	8,400 (4 人工/直)
溶解費	—	溶解費	3,000	
真空蒸留	400	設備償却費	—	4,400
		消耗品費		13,200
		エネルギー費		3,200
分別結晶	300	設備償却費	3,300	
		消耗品費	11,800	
		エネルギー費	4,700	
内部ろ過	5	設備償却費	50	
		消耗品費 (フィルターなど)	220	
		エネルギー費	200	
合計			29,570	50,370

3-4-3 前処理および溶解後の精製・介在物除去の一貫化工程

前処理および溶解後の精製・介在物除去の一貫化工程の技術を実用化するにあたり、最終的には、市中スクラップの種類に応じて、

- 実操業を念頭にした、これら技術を組み合わせたシステム工程设计
- 操業設備規模の算出および設備設計
- 操業規模でのコスト試算

が必要となる。

本調査研究では、主に product to product 型リサイクルを採り上げている。リサイクルにはカスケード型リサイクルと product to product 型リサイクルがあり、前者が通常行われるが、後者の重要性は今後益々増してくるはずである。その理由は今後、展伸材の需要の伸びが大きいのに対し、鋳物・ダイカストの需要の伸びは相対的に小さいと見られるからである。特に国内では展伸材の需要は、自動車の軽量化に伴い、ボディーシートを始め、益々アルミ展伸

材の需要は増えると考えられている。それに対し、鋳物・ダイカストは既に鋳鉄からのアルミ化が進んでいる。海外に生産工場が移っているということもあり、結果的に将来はアルミ屑のカスケードリサイクルには制約があり得る。カスケード型では、鋳物・ダイカスト再生塊が供給過剰になり消化しきれなくなり、アルミ屑が国内に余ってしまうことも懸念されている。リサイクルは経済性の課題はあるが、**product to product** が、少なくとも展伸材は展伸材へのリサイクルが、望ましい形である。

この章では、既に固相分別がなされたスクラップを購入した場合を前提に、精製・介在物除去工程を通すことが想定される代表的スクラップのリサイクルに関して、設備投資額および処理コストを検討した。

3-4-3-1 工場内ブレージングシートスクラップ

工場内発生スクラップであるため、前処理としての固相分別は不要である。したがって、処理コストは溶解後の精製・介在物除去工程の費用のみとなる。

2002年度の調査によると、軽金属圧延7社の工場内ブレージングシートスクラップの発生量は、図3-4-3-1に示すようにZn量0.1%以下のスクラップは約1,450t/月で全体の約48%、Zn量0.1%以上1.5%未満の材料が約1,400t/月で約47%を占める。Zn量1.5%以上の材料は約150t/月であり、全体の約5%に過ぎない。また、平均Si量で分類すると1%、2%および2.5%の材料のいずれもほぼ1/3であった。Zn量0.1%以下のスクラップは真空蒸留工程を必要としない。

これらの結果から、ブレージングシートスクラップを対象とした場合、分別結晶+ろ過工程を通過する材料は約1,450t/月で、真空蒸留+分別結晶+ろ過工程を通過する材料は約1,550t/月と試算でき、設備投資額およびその処理コストは表3-4-3-1に示すとおりとなる。

3-4-3-2 自動車用熱交換器スクラップ

廃車台数500万台/年のうち、国内で回収されるものは400万台/年、熱交換器重量5kg/台、回収率90%と仮定した場合、

1,500t/月のスクラップ発生が見込まれる。廃車解体工場で手またはニブラにより解体されたアルミニウムスクラップが、二次合金メーカーでそのまま溶解し再生地金としてリサイクルする場合と、精製工程を経てリサイクルする場合が考えられる。

ここでは、**product to product** を念頭に置いたトータルシステムとして後者の場合を想定すると、溶解後の工程としては、基礎調査におけるZn量0.6%との分析結果から、真空蒸留+分別結晶+ろ過工程が必要と判断され、設備投資額およびその処理コストは表3-4-3-1に示すとおりと見込まれる。

3-4-3-3 自動車ボディスクラップ

現状の発生量は少ないが、今後自動車へのアルミニウム適用が進むことが想定されている。廃車台数500万台/年のうち、国内で回収されるものは400万台/年、ボディ材重量10kg/台、

回収率 90%と仮定した場合、3,000t/月のスクラップ発生が見込まれる。廃車解体工場で手またはニブラにより解体されたアルミニウムスクラップが、①二次合金メーカーでそのまま溶解し再生地金としてリサイクルする 경우가一般的である。しかし product to product の観点では、②現在研究開発が進められている溶湯圧延による不純物無害化(鉄の影響をなくする)技術、および③精製工程を経て自動車用展伸材にリサイクルする場合は考えられる。ここでは、トータルシステムとして、既に研究開発の進んでいる③を採り上げた。ただし、③の精製工程を経て自動車用展伸材にリサイクルする場合は想定すると、前処理として塗料除去工程が必要と考えられる。その場合、除去工程としては、化学的、物理的方法が考えられ、今後の検討課題であるが、ここでは、4-1-1-2 自動車の前処理で述べた物理的方法を想定した場合の設備投資額、処理コストを用いる。

精製工程としては、基礎調査においてこの材料への Fe の混入が想定されており、分別結晶する過工程が必要と判断され、表 3-4-3-1 に示すとおりと見込まれる。

表 3-4-3-1 リサイクルトータルシステムの設備投資額および処理コスト

スクラップ種類	処理対象量 (t/月)	処理工程	設備投資額 (1,000t/月規模) (百万円)	処理コスト (円/t)
工場内ブレイジングシート	1,450	分別結晶+ 内部ろ過	405	29,400
	1,550	真空蒸留+ 分別結晶+ 内部ろ過	705	51,200
自動車 熱交換器	1,500	真空蒸留+ 分別結晶+ 内部ろ過	705	51,200
自動車ボディ	3,000	塗装剥離+ 分別結晶+ 内部ろ過	413 ^{*1)}	31,280 ^{*2)}
ダーティサッシ (ビス付き サッシ)	2,700	真空蒸留+ 分別結晶+ 内部ろ過	705	51,200

備考: ^{*1)} 8 百万円(タンブルブラストマシン) + 405(分別結晶 + 内部ろ過) = 413 百万円

^{*2)} 1,880 円/t(塗装剥離) + 29,400(分別結晶 + 内部ろ過) = 31,280 円/t

3-4-3-4 ダーティサッシ(ビス付きサッシ)スクラップ

回収率 90%としてビス付きサッシは 2,700t/月と推定されている。解体現場から発生したサッシスクラップはアルミニウムスクラップ専門問屋を通してビス付およびビス無しの2種類が二次

合金メーカーに納入されるが、現状ではサッシ以外の主として鋳物・ダイカスト合金等にカスケードリサイクルされている。今後、サッシ トウ サッシ(**product to product**)リサイクルをビス付きサッシでも行うためには、溶解後の工程としては、基礎調査において、鉄ビス、金具類の除去が確実に行えないため、この材料への **Fe, Cu, Zn** の混入が想定されており、真空蒸留＋分別結晶＋ろ過工程が必要と判断される。したがって、設備投資額およびその処理コストは表 3-4-3-1 に示すとおりと見込まれる。

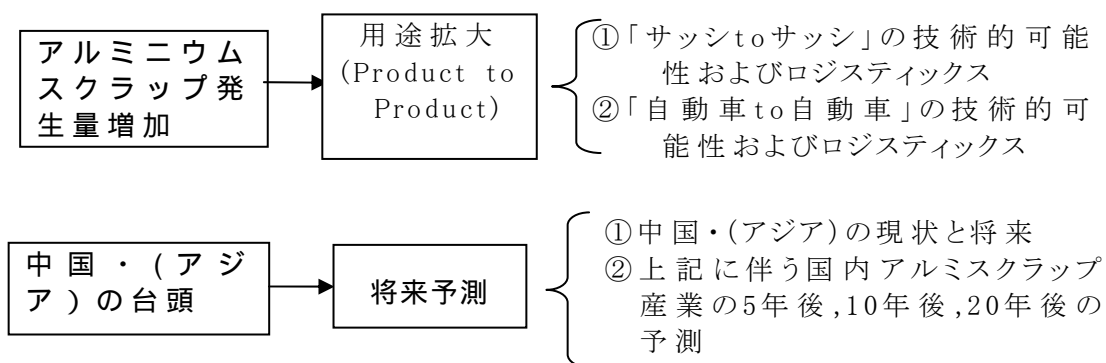
3-4-4 まとめ

- 1) 現状の前処理工程については、設備がアルミスクラップ前処理のためだけに利用されていないこと、およびアルミスクラップが副産物であることから、設備投資額、処理コストの把握は困難である。しかし、前処理有無のアルミスクラップの市場価格差から現状の前処理の大凡の推定は可能であり、サッシの場合では、ネジや金具が付いているものと、きれいに取り外されているものの価格差から約 40,000 円/t と推定された。
- 2) **product to product** 型リサイクルの推進には、さらに材質別分別までを行うことが望ましく、現在開発中のレーザー選別法(LIBS)では、投資額約 60 百万円、処理コスト約 10,000 円/t と推定された。
- 3) 固相分別がなされたスクラップを精製・介在物除去工程を通す場合の設備投資額および処理コストは下表のとおりである。スクラップ種類、処理工程により異なるが、設備投資額は約 400～700 百万円、処理コストは約 30,000～50,000 円/t と推定された。
- 4) 実用化に際しては、処理コストのほかに、地金単価、スクラップ入手単価、分別結晶精製後に生成する濃縮物の売却単価等の条件を勘案し、経済性を考慮する必要がある。

3-5 トータルシステム導入にあたっての課題の整理と業界全体としての対応の検討

3-5-1 目的

将来予想されるアルミニウムスクラップの回収量の増加と近年におけるアジア(中国)の急激な経済発展を考慮し、下記2つの観点からアルミニウムスクラップ産業の将来予測を行い、自動車 to 自動車、サッシ to サッシなどのアルミニウムスクラップの効率的なリサイクルトータルシステムを導入するにあたっての課題の整理と、実用化に向けての業界全体としての対応の検討を行う。



3-5-2 サッシスクラップのリサイクル

現状のサッシのリサイクル(サッシドア以外の製品に使用するアルミ原材料を含む)については1998年度で32.8%にあたる224千トンの自社内スクラップと6.2%にあたる42千トンの社外購入スクラップが使用されている。また、2002年度はで32.3%にあたる228千トンの自社内スクラップと13.3%にあたる94千トンの社外購入スクラップが使用されている。表3-5-1はサッシドア以外の製品に使用するアルミ原材料を含んでいる。

また、図3-5-1に2002年度のサッシスクラップから再利用までのマテリアルフローを示す。

(単位千トン)

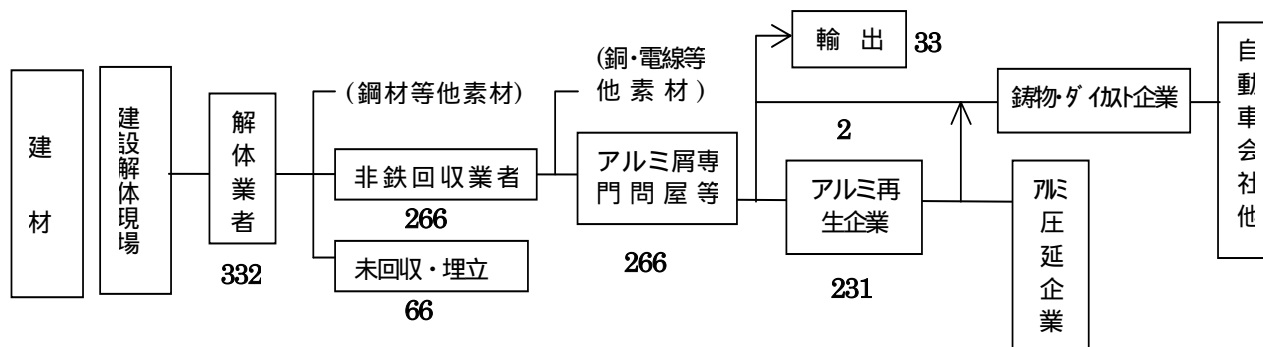


図3-5-1 2002年度のサッシスクラップから再利用までのマテリアルフロー

(クリーンジャパンセンター(1997年度)のフローを基に作成)

建設解現場から回収されたサッシスクラップは解体業者から非鉄回収業者を経てアルミ屑専門問屋に送られ、一部が電線などの素材として使用されるが、大部分はアルミ再生企業に送られ、その後、鋳物・ダイカスト企業、アルミ圧延企業に送られリサイクルされている。大部分は鋳物・ダイカスト企業に送られていると見られる。アルミサッシ廃材は図3-5-2に示すように市場価値が高い有価物として流通機構ができあがっていることから、サッシ協会としては「市場原理に委ねる」ことを対応の基本としてきており、処分場に廃棄されている量はごくわずかであると見られている。しかし、第3章で述べたように、将来のスクラップ需給バランスを考慮すると、product to product 型のリサイクル推進のための何らかの仕組みづくりが必要である。

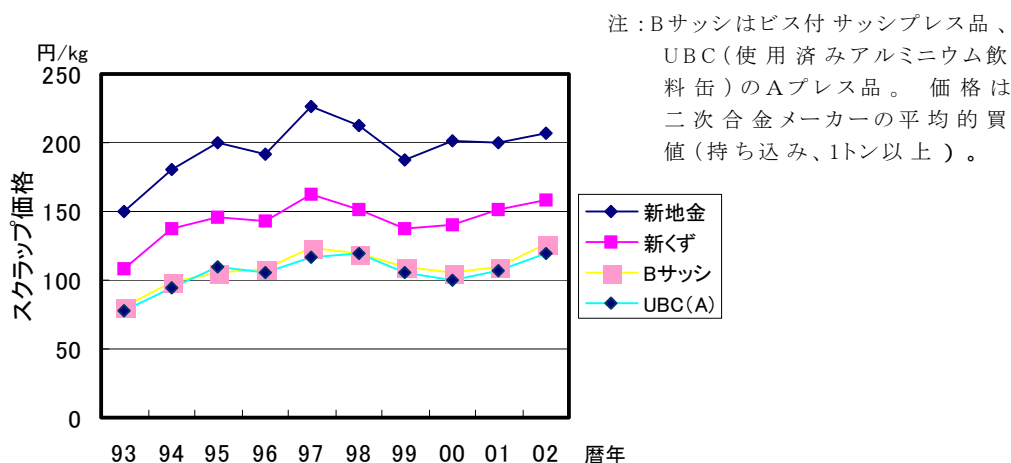


図3-5-2 アルミニウムスクラップの価格推移

3 - 5 - 3 自動車スクラップのリサイクル

図3-5-3に自動車アルミニウム展伸材へのアルミニウムスクラップ比率の推移を示す。

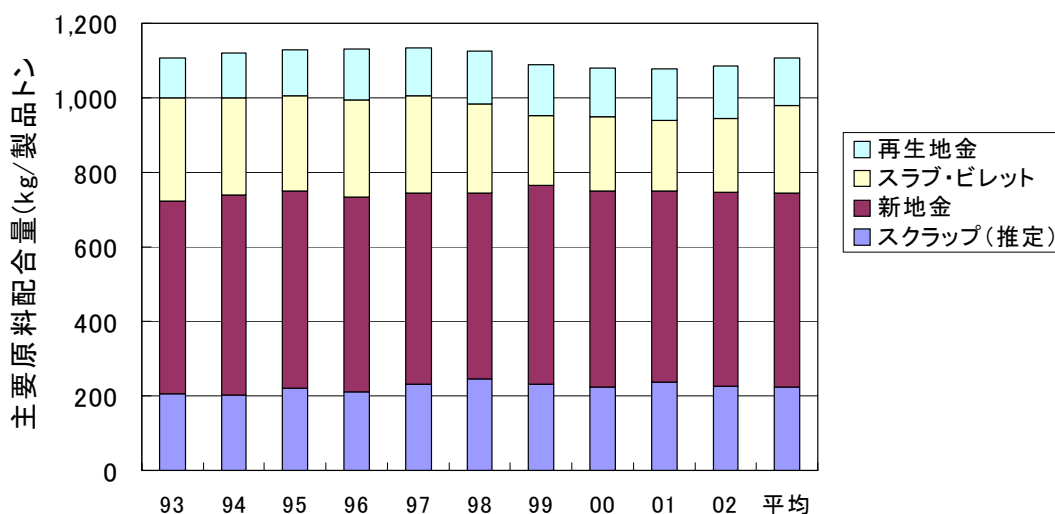


図3-5-3 自動車アルミニウム展伸材へのアルミニウムスクラップ比率の推移

また、図3-5-4に自動車アルミニウム鋳物・ダイカスト材へのアルミニウムスクラップ比率の推移を示す。また、図3-5-5に自動車アルミニウム材料(展伸材、鋳物・ダイカスト材)の主原料配合比率を示す。アルミニウム展伸材の場合、スクラップの大半が加工屑であり、古スクラップが使用されることはほとんどない。一方、鋳物・ダイカスト材の場合、再生地金、スクラップの大半が使用された古スクラップであり、新地金の使用割合は13%と少ない。

しかし、第3章で述べたように、今後、自動車用鋳物・ダイカストの需要量も増加するものの展伸材の増加量がそれを上回るため、従来、ダイカスト・鋳物用にカスケードリサイクルされていた展伸材スクラップが余剰になると予想される。すなわち、将来、スクラップ需給のアンバランスを生じないためにはproduct to product 型のリサイクル推進が必要となる。

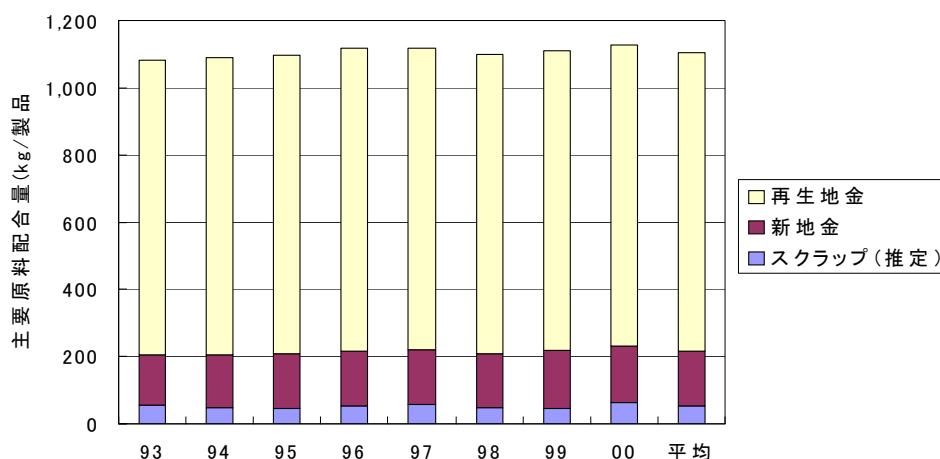


図3-5-4 自動車アルミニウム鋳物・ダイカスト材へのアルミニウムスクラップ比率の推移

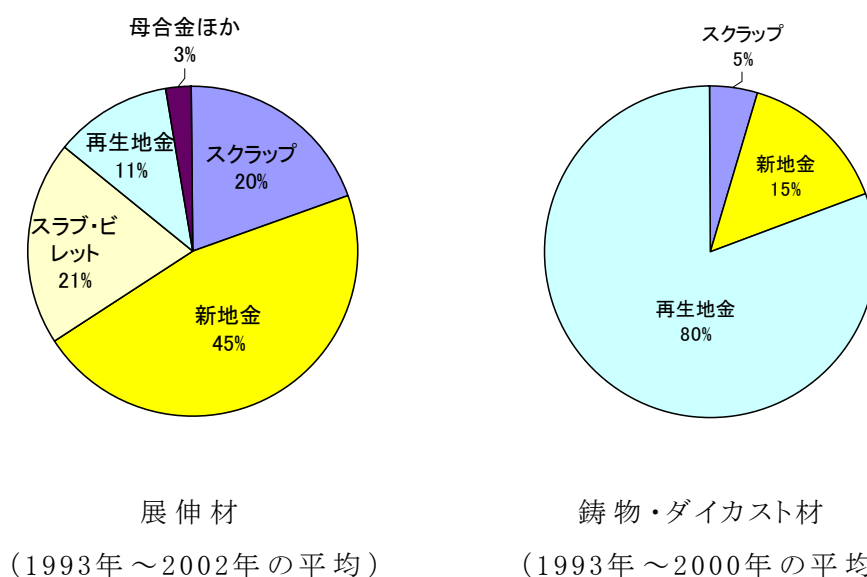


図3-5-5 自動車用展伸材、鋳物・ダイカスト材への主原料配合比率

また、図3-5-6に自動車アルミスクラップのマテリアルフローを示す。

(単位千トン)

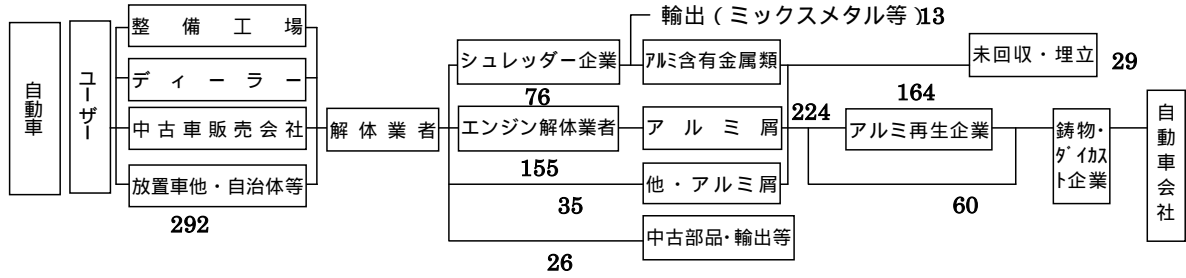


図3-5-6 2002年度の自動車アルミスクラップのマテリアルフロー

(クリーンジャパンセンター(1997年度)のフローを基に作成)

使用済み自動車はディーラー等で回収され、解体業者、シュレッダー業者に送られる。一部リユース品が解体業者で取り外されるが、大部分はシュレッダー企業、エンジン解体業者でアルミ屑として回収され、アルミ再生企業経由か、また、品質の高いものは直接鋳物・ダイカスト企業に送られ、自動車部品などに加工される。また、一部はミックスメタル等として海外、特に中国に輸出される。

3-5-4 アジア(中国)の経済発展

3-5-4-1 中国におけるアルミスクラップのリサイクル

中国では沿岸部の天津、浙江蘇省太倉市、浙江省寧波市、福建省漳州市に特に大きいリサイクル団地があり、日本などからリサイクル品が輸出され、主に手選別によってアルミなどの有価物が回収されている。

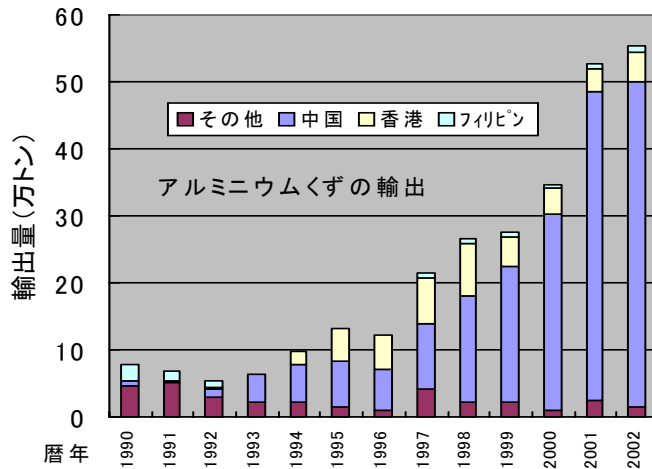


図3-5-7 アルミニウムスクラップの輸出量の推移(貿易統計)

また、中国におけるスクラップなどの手解体については1000元/月（約14,000円/月）の安価で豊富な労働力により素材ごとに細かな選別が行われている。日本から輸出されるアルミスクラップの量の推移を図3-5-7に示すが、ここ数年における輸出量の増加は著しく、特に中国への輸出の増加が大きい。これは、中国における経済発展によるものであるが、特に2008年の北京オリンピック開催、2010年の上海万博の影響が大きいとされている。

3 - 5 - 4 - 2 中国の経済発展

図3-5-8に中国GDPの伸びを示す。過去10年間の平均成長率は10.8%であり、2000年からの第10次5カ年計画においても8%の成長率とされている。

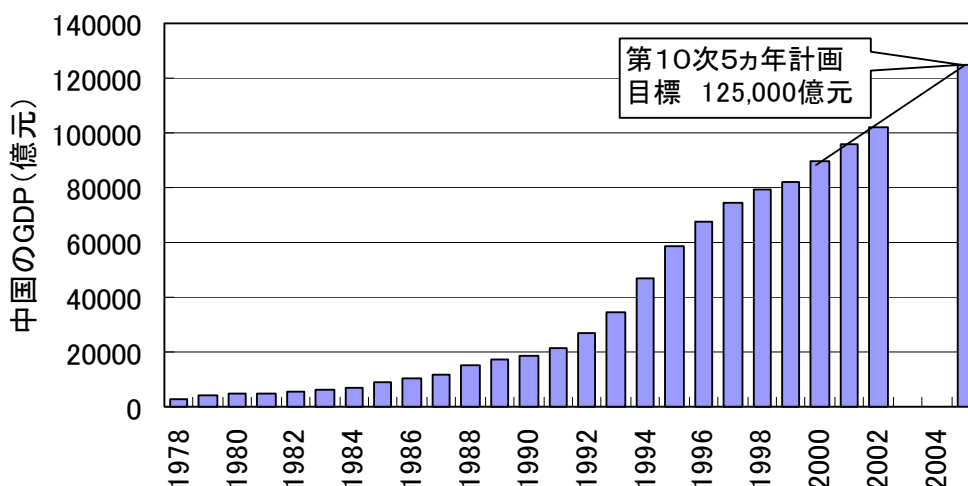


図3-5-8 中国GDPの推移

今後の経済発展については多くの分野で推測が行われている。電炉業構造改善促進協会「普通電炉業および鉄鋼業の現状と展望」によれば2010年まで4～8%の粗鋼の伸びが考えられるとしており、このうち、4%の伸びが最も可能性が高いとされている。また、Wang Zhutang(AnTaike Information service corp)によると2002年の中国の新地金生産量4,335千トン、リサイクルされるアルミ量1,500千トンが2010年にはそれぞれほぼ倍の>9,000千トンと3,056千トンと予想されている。これはほぼ8%の増加率に相当する。この他の予想もほぼ4～8%の中に入っており、三井物産戦略研究所によると2010年以降については一端、停滞の後、再び増加すると予想されている。従って、2020年までの中国のGDPの推移は図3-5-9のように推測され、スクラップ輸出量も同じ比率で増加すると見られ、今後の中国の経済発展の程度によるが、2020年には2002年の2～5倍になると予測される。

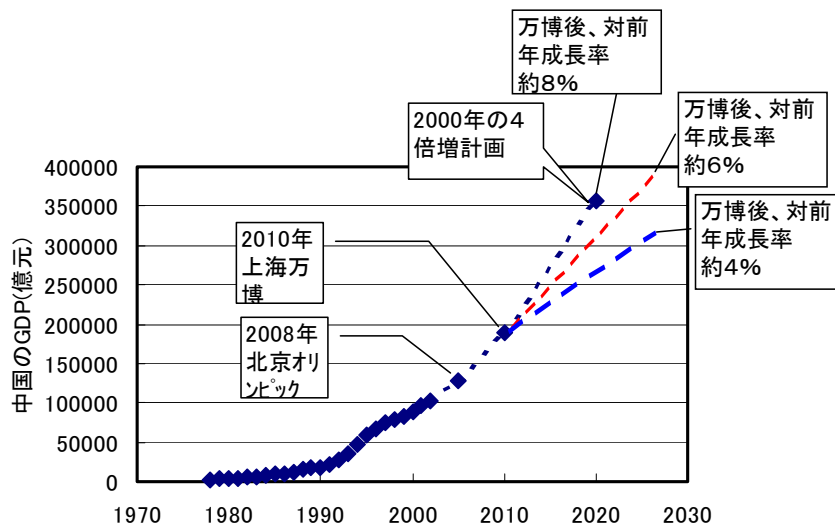


図3-5-9 中国GDPの推移の予測

表3-5-1に示すように2001年で45,961トン、2002年で48,498トン、2003年で61,652トンと、多量に中国に輸出されているアルミスクラップの価格は60～70円/kgと比較的安価なものが輸出されており、ミックスメタルが主と見られる。したがって、今後とも中国に輸出されるスクラップが低品位のミックスメタルが主体である限り、日本国内のスクラップリサイクルに影響を及ぼすことはないと考えられる。

表3-5-1 アルミスクラップの国別輸出価格(貿易統計)

輸出先国名	2001年		2002年		2003年	
	数量(t)	単価(円/kg)	数量(t)	単価(円/kg)	数量(t)	単価(円/kg)
韓国	849	103	748	111	233	139
中国	45,961	61	48,498	65	61,652	71
香港	3,390	180	4,209	136	4,830	75
ベトナム					3	80
タイ	784	117	251	31	17	20
シンガポール	43	175	9	60		
マレーシア	54	115	97	27	42	142
フィリピン	830	28	1,095	30	986	26
パキスタン	64	72	157	45		
インドネシア					784	131
バーレーン					52	118
スイス	52	27			118	68
ロシア	20	72				
カナダ					318	93
アラブ首長国連邦			19	43		
その他	628	176	281	394	202	549
合計・平均	52,674	71	55,363	71	69,238	73

3-5-5 product to product 推進の課題

かなり高い率でリサイクルされているアルミニウム缶を除いて、大量に使用される建材、自動車のproduct to product が今後のアルミニウムスクラップのリサイクルにとって重

要と考えられ、図3-5-10示すように、使用済み自動車から排出される板、押出しスクラップのリサイクル、サッシスクラップのリサイクルを進めるとともに図3-5-11に示すように展伸材へのスクラップの利用の増加を図る必要がある。以下にその課題について述べる。

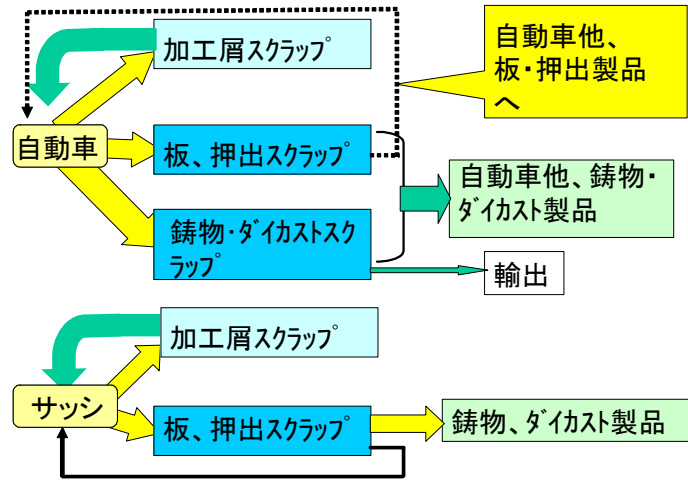


図3-5-10 アルミニウムスクラップのマテリアルフロー

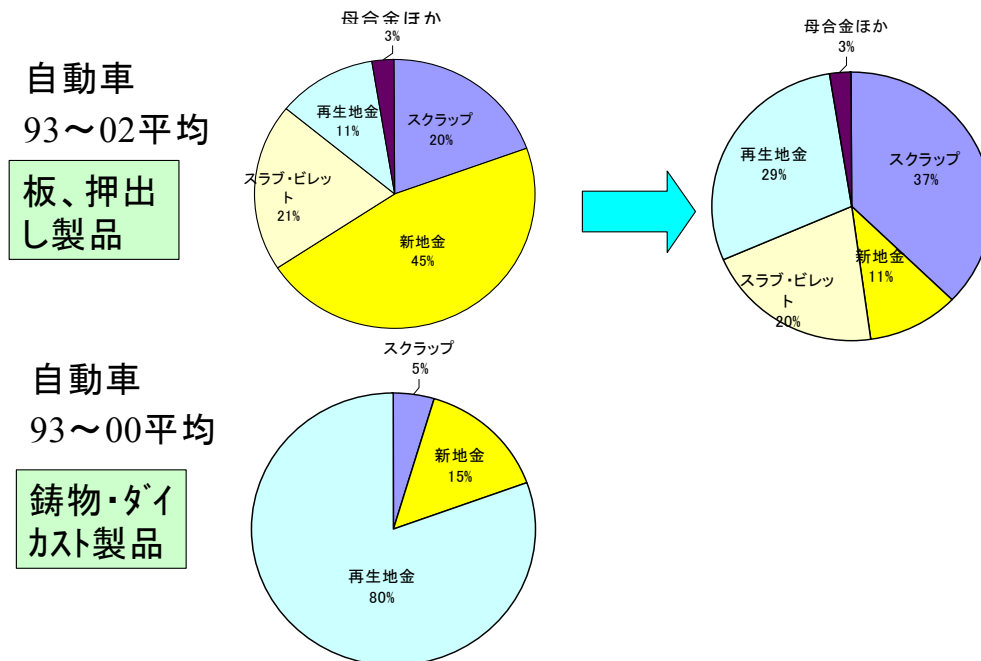


図3-5-11 自動車用展伸材、鋳物・ダイカスト材への主原料配合比率の変化例

3 - 5 - 5 - 1 サッシ to サッシ推進の課題

サッシ協会および会員会社の取り組みの現状として、以下の内容があげられる。

a) 協会「環境自主行動計画」における目標値の設定と実績の把握

- ・社外購入スクラップ使用量／現状使用量 \geq 15%

・2002(平成14)年度の実績13.3%の目標値見直し検討中

b) 易解体性向上への取り組み

・「アルミ締結部材」研究開発事業への参画(アルミ協会)

平成14年度より

組立および取付用ねじ等のアルミ化を研究中

・断熱構造サッシの易分別解体設計への取り組み(会員各社)

対象:アルミ・樹脂複合断熱サッシ、アルミ熱遮断構造サッシ

内容:アルミと樹脂が容易に分別できる構造にする

また、建築物解体からアルミサッシ(ドア)廃材を回収する仕組みづくりが重要とされており、現況でも有価物として市場流通しているため「サッシtoサッシ」を政策的に進める必要があるか否かには議論を要すること。進める必要があると判断された場合には、既存の市場流通システムに配慮した「回収→リサイクル」の仕組みを構築する必要があることが指摘されている。

その他、以下の項目が、開発すべき技術としてあげられる。

①ビスのアルミ化

②ビスの溶解分離法(Rotary Sweat Furnaceなど)

③「易分別・解体設計の推進」(ねじ、アルミ以外の金属金属部品、樹脂部品、樹脂型材との分離)

3 - 5 - 5 - 2 自動車 to 自動車推進の課題

自動車へのアルミニウム材料の使用量の増加により、2020年には2002年の約倍の60万トンのアルミニウムスクラップが発生すると予測される。

この結果、使用済み自動車からの展伸材スクラップが3倍に増加し、鋳物・ダイカストスクラップも1.5倍に増加する。さらに中国の経済発展に伴い、スクラップの輸出量が急増しているが、今後とも価格の安い、ミックスメタルが主と見られる。また、2002年(62千トン)から2020年(189千トン)に増加が予想される展伸材スクラップは選別できれば付加価値が高くなり、再生地金の代替としてリサイクル可能である。

自動車 to 自動車リサイクルで展伸材の回収に必要な技術開発などについては以下の対策があげられる。

解体時の材料識別方法(バーコード、ICチップ)

易解体設計および易解体技術の開発

合金種の減少

固相選別技術の開発(米国では展伸材スクラップの増加に伴い、カラーソータによる展伸材、鋳物材の選別技術を実用化、さらにレーザー選別技術を開発中で現在50万トンの処理能力を2009年に360万トンに拡大予定)

自動車のシュレッドレスリサイクル推進による分別強化→ワイヤーハーネスのアルミ化

3-5-6 まとめ

1) 建設解現場から回収されるアルミサッシスクラップのうち、サッシメーカーにサッシとしてリサイクルされるものは1割強で、大部分は鋳物・ダイカスト企業にカスケードリサイクルされている。しかし、将来のスクラップ需給バランスを考慮すると、product to product 型のリサイクル推進のための何らかの仕組みづくりが必要である。

2) 自動車用アルミ鋳物・ダイカスト材は、再生地金、スクラップの大半が使用済みの古スクラップであるのに対し、自動車用アルミ展伸材は古スクラップの使用される比率はごく僅かである。

しかし、今後、自動車用鋳物・ダイカストの需要量も増加するものの展伸材の増加量がそれを上回るため、従来、ダイカスト・鋳物用にカスケードリサイクルされていた展伸材スクラップが余剰になると予想される。

すなわち、将来、スクラップ需給のアンバランスを生じないためにはproduct to product 型のリサイクル推進が必要となる。

3) 中国の経済発展は上海万博開催の2010年まで持続すると見られ、2000～2005年の第10次5ヵ年計画でもGDP増加率は8%とされ、GDPは2020年に現在の4倍になるとされている。したがって、今後も中国へのスクラップ輸出は4～8%の割合で増加するが、現在、輸出されているスクラップは低品位のミックスメタルが主体で、中国の安い人件費で手選別され、再生地金として使用されているため、日本国内のアルミニウムスクラップ産業への影響は少ないとみられる。

4) 自動車to 自動車のリサイクルに必要な技術

①解体時の材料識別方法(バーコード、ICチップ)

②易解体設計および易解体技術の開発

③合金種の減少

④固相選別技術の開発(米国では展伸材スクラップ^oの増加に伴い、カラーソータによる展伸材、鋳物材の選別技術を実用化、さらにレーザー選別技術を開発中で現在50万tの処理能力を2009年に360万tに拡大予定)

⑤自動車のシュレッドレスリサイクル推進による分別強化→ワイヤーハーネスのアルミ化

5) サッシto サッシのリサイクルに必要な技術

①ビスのアルミ化

②ビスの溶解分離法

③「易分別解体設計」の推進(ねじ、アルミ以外の金属部品、樹脂部品、樹脂型材との分離)

4. 調査研究の今後の課題及び展開

前記の成果を踏まえ、トータルシステムの実用化に向けて、次のような課題と展開が必要と考えられる。

4-1 今後の課題

(1) 今後大量発生が予測されるスクラップのproduct to product 型リサイクルに必要な技術開発課題

a) 自動車to 自動車リサイクルのリサイクルに必要な技術課題

- ①解体時の材料識別方法(バーコード、ICチップ)
- ②易解体設計及び易解体技術の開発
- ③合金種の減少
- ④固相選別技術の開発(米国では展伸材スクラップの増加に伴い、カラーソータによる展伸材、鋳物材の選別技術を実用化、さらにレーザー選別技術を開発中で現在50万tの処理能力を2009年に360万tに拡大予定)
- ⑤自動車のシュレッドレスリサイクル推進による分別強化→ワイヤーハーネスのアルミ化

b) サッシto サッシのリサイクルに必要な技術課題

- ①ビスのアルミ化
- ②ビスの溶解分離法
- ③「易分別解体設計」の推進(ねじ、アルミ以外の金属部品、樹脂部品、樹脂型材との分離)

(2) リサイクルトータルシステム(適切な前処理工程と溶解後の精製工程・介在物除去工程の一貫化)の実用化のための課題

- ①スクラップ原料の動向の把握
- ②経済的な原料収集プロセスの検討
- ③再生材の利用形態の明確化と用途の開発

(3) 廃棄物中の有害物質への対応課題

アルミスクラップ溶解後の水銀の残存については、今後さらに詳しい調査が必要である。

4-2 今後の展開

①精製工程までを含めたトータルシステムの実用化については、設備投資規模が大きくリスクが高いため、1社での実機導入は難しい可能性があり、関連業界が協力して取り組みを行う必要がある。

②同上システムの実用化推進にあたっては、さらなるコストダウンの可能性や、必要に応じて設備導入に対する国の助成金や税等制度面の優遇措置を仰ぐことも検討する必要がある。

禁無断転載

システム技術開発調査研究 15 R 18
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
(要旨)

平成16年3月

作成 財団法人 機械システム振興協会
東京都港区三田1丁目4番28号
TEL: 03(3454)1311(代)

委託先 財団法人 金属系材料研究開発センター
東京都港区西新橋1丁目5番11号
TEL: 03(3592)1284