

レア金属の回収について

1. 使用済小型家電に含まれるレア金属及びそれらを含む部位・部品

(1) 使用済小型家電のレア金属含有量と資源ポテンシャルの把握

本年度は、7地域で収集された使用済小型家電を対象に、機器全体あるいは特定の部位・部品等について、①金属含有状況調査、②選別・濃縮試験、③回収可能性検討を行った。

次図は、本年度のモデル事業全体の作業の流れを示したものである。

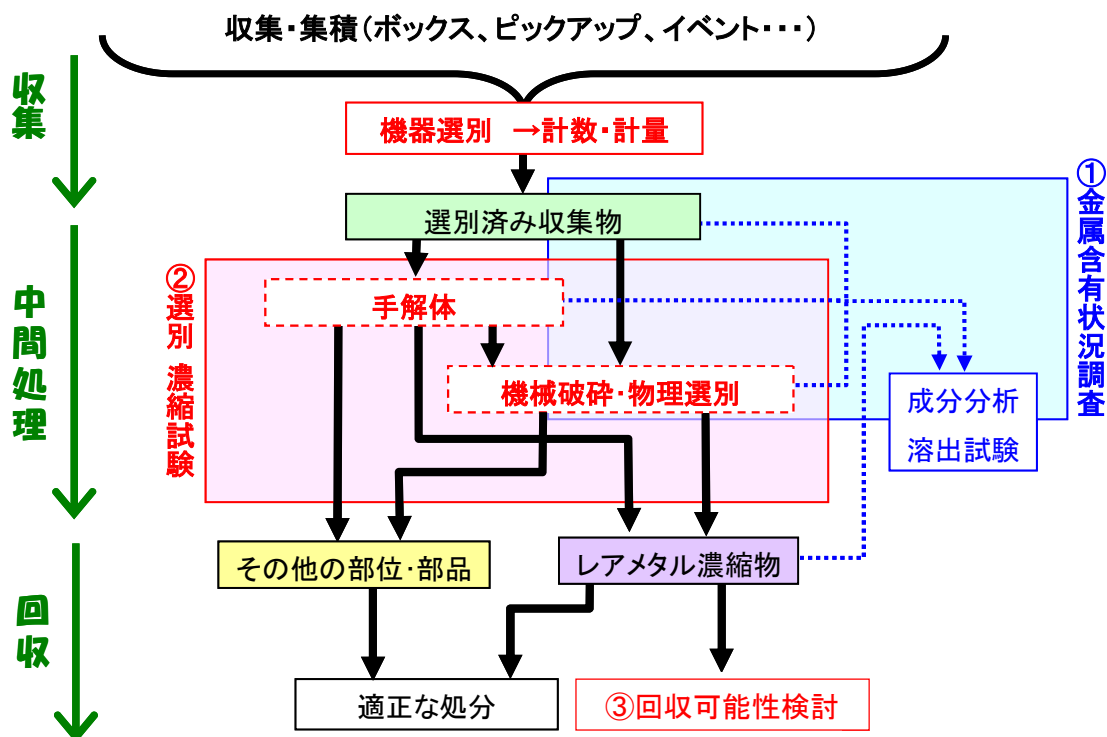


図 モデル事業での処理フローにおける分析の種類と範囲

①金属含有状況調査

- 収集された機器全体、ないしはそれらを分解し取り出した特定の部位・部品(基板、液晶、モーターなど)を対象とし、そこに含まれるレア金属等の組成を確認する調査である。現在、貴金属を多く含む基板が有価物として流通しているが、本事業では機器のレア金属の含有状況を確認するために機器全体や他の部品も対象とした。
- 分析結果の一例を次のグラフに、また、分析結果の詳細は参考資料 3 に示した。

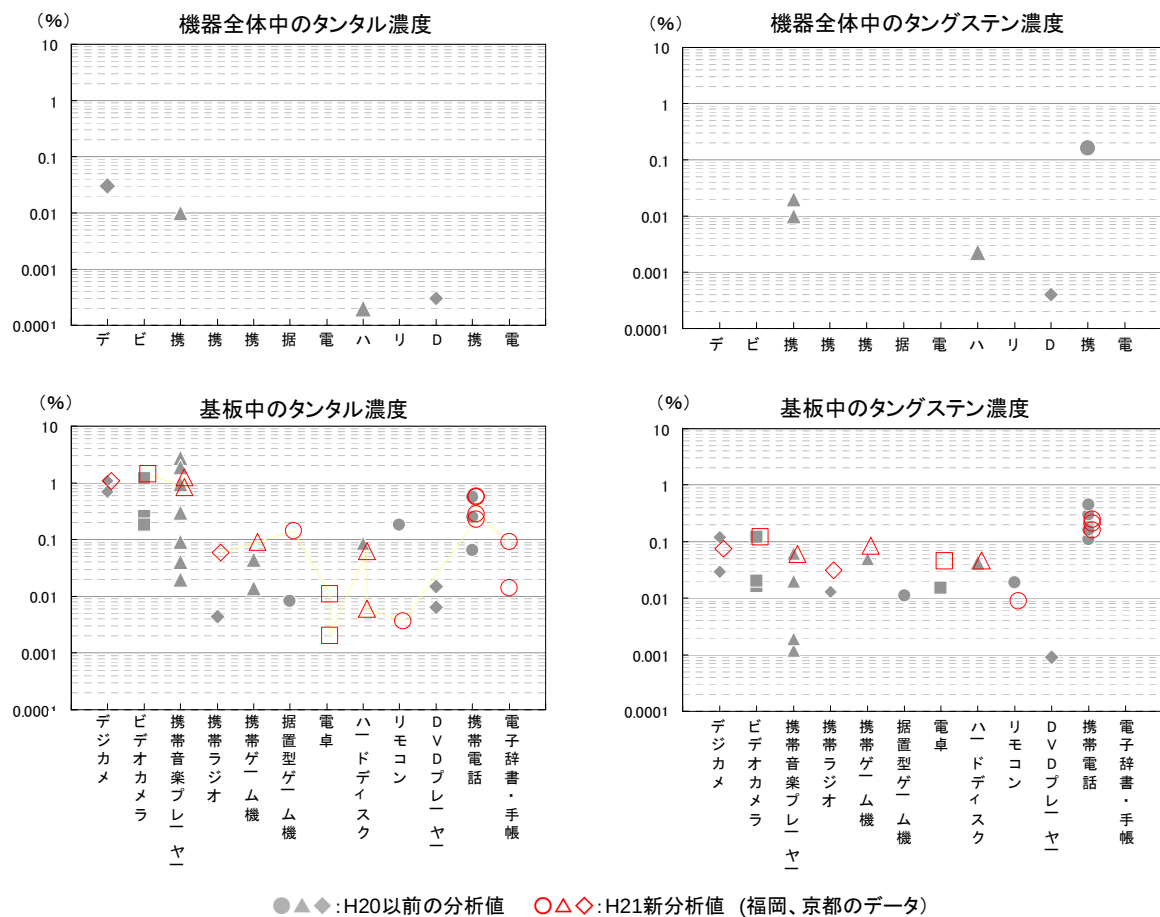


図 モデル事業における含有状況等分析の結果（機器別・元素別グラフ）

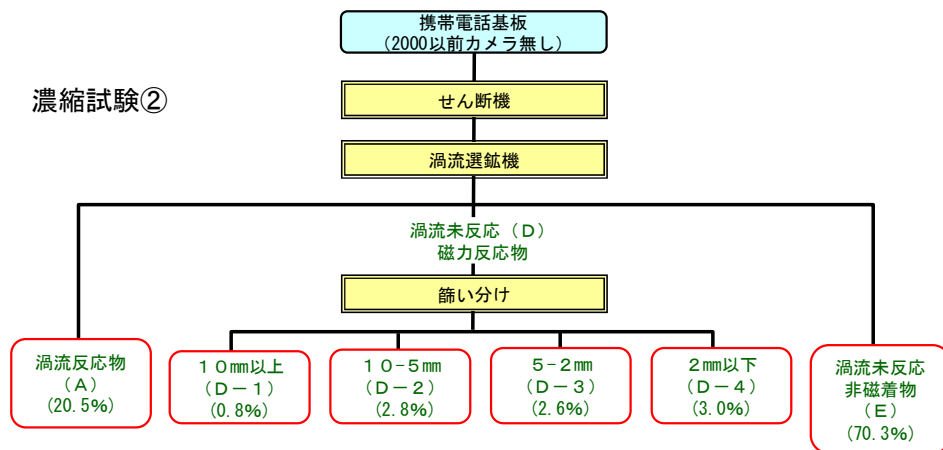
②選別・濃縮試験

- 収集機器の一部を手解体ないし各種の機械破碎・物理選別で処理し、金属全般ないし特定のレアメタルの含有部分を選別抽出することを試みる試験である。得られた産物の一部は金属濃縮度を評価するための分析に供した。
- 各地域の選別・濃縮試験の概要を次表に、また、個別の試験内容として、福岡県が実施した選別・濃縮試験の一例のフローを次図に示した。

表 各地域で実施された選別・濃縮試験の概要

地域	対象物	手解体	機械破碎・物理選別
秋田県	収集物全般 (分別済みのもの)	——→	破碎、機械選別、手解体を併用し、タングステン含有部品を抽出
	ハードディスク	——→	破碎、機械選別、手解体を併用し、ボイスコイルモーター中のネオジム磁石を抽出
茨城県	デジカメ、携帯音楽プレーヤー、携帯電話(→高品位物)	手解体により基板を抽出	機械破碎→磁力選別→篩い分け→静電選別／渦電流選別／分級器で9種類の産物に分類、
	上記以外の回収機器 (→準品位物)	機器全体(電池は抜く)が対象	
福岡県	デジカメ、ビデオカメラ、音楽プレーヤー、携帯電話3分類	手解体により基板を抽出	カッティングミルで粉碎し、3粒度に区分け 横型剥離装置で電子部品をプラスチック基板から分離→渦電流選別／磁力選別→4粒度に区分け
	携帯電話(2001年以降カメラ有り)、デジカメ	——→	機器全体を機械破碎→渦電流選別／磁力選別→4粒度に区分け
東京都 (江東区・八王子市)	回収物全体(分別済みのもの)	手解体により基板を抽出	——→
	携帯電話		電気炉で焙焼→酸溶解→溶媒抽出
名古屋市・津島市	回収物全体(分別済みのもの)	高品位物と低品位物とに分類・統合	機械破碎→磁力選別／静電選別→二次破碎→磁力選別
京都市	回収物全体(分別済みのもの)	——→	条件を変え何通りかの破碎処理
水俣市	携帯電話、デジカメ等5種類の機器	——→	解砕型破碎機により部位・部位品に分解→手選別／篩い分け

濃縮試験②



②分析結果(金属の分配濃縮状況)

金属	元試料 濃度(%)	A		D-1		D-2		D-3		D-4		E	
		濃度(wt%)	分配率(%)	濃度(wt%)	分配率(%)	濃度(wt%)	分配率(%)	濃度(wt%)	分配率(%)	濃度(wt%)	分配率(%)	濃度(wt%)	分配率(%)
Cu	36.0	37.0	26.6	12.0	0.3	5.6	0.6	4.1	0.4	5.1	0.5	29.0	71.6
Au	0.16	0.055	6.9	0.24	1.2	0.32	5.5	0.36	5.8	0.15	2.8	0.18	77.8
W	0.16	0.037	3.4	0.18	0.7	0.27	3.4	2.2	25.9	0.22	3.0	0.20	63.6
Nd	0.13	0.042		0.029		0.016		0.10		0.48		分析中	
Ta	0.23	0.056	2.4	0.018	0.0	<0.001	0.0	1.8	9.9	4.9	31.1	0.38	56.5
Ba	1.8	0.6	6.5	0.35	0.1	0.12	0.2	0.5	0.7	9.2	14.6	2.1	77.9
Bi	0.085	0.0018	3.4	0.082	6.0	0.012	3.1	0.02	4.7	0.023	6.3	0.012	76.6

図 選別・濃縮試験の結果の例(福岡県)

③回収可能性検討

- 選別・濃縮試験で得られた金属濃縮物を、現在、レアメタルを取り扱っている事業者が自らの施設で処理してレアメタルを回収することが可能か否か等について検討する作業である。
- 具体的には、地域毎に次の簡易検討あるいは詳細検討を行った。
 - ・ 簡易検討: 試料を施設に投入することはせず、選別・濃縮試験で得られた濃縮物の分析値と、産物の状態等から机上で検討する。
 - ・ 詳細検討: 試料を操業している施設に投入し、その際に必要となった前処理、諸条件等から検討する。

【検討結果からの考察】

- 本年度の金属含有状況調査により、主要機器の基板に関する分析データを多く取得できた。機器中の含有濃度を確認すべき元素としては、レアメタル31鉱種、環境規制対象鉱種等は概ねカバーされており、網羅的に調査を実施することができたと考える。
- 今後は、データが十分に得られていない機器全体、基板以外の部位について実際に分析しデータを蓄積していく必要がある。また、今後分析データを取得すべき対象には、レアメタルの含有量は高くないが、本事業で収集量の多かった機器(例えば、リモコン、電卓、ACアダプタ等)が考えられる。
- これまでの分析結果等から、同一機器でも型式や製造年代が異なれば金属含有状況は変わるものと推測されるが、分解・サンプリング方法を統一することは困難である。このため、今後、個々の機器の金属含有状況を特定するには、より多くのデータを得るため同一機器の分析事例を増やし、その分析データの分布状況等から一般的な値を求めていく必要がある。

(2) 使用済小型家電のレアメタルに係る分析方法の標準化の検討

本年度のモデル事業では、成分分析の方法については、所定の分析精度を得られる範囲で、各地域が事業内容等に応じてその方法を選択することとした。

各地域の金属含有状況調査の分析方法の手順を次表に示したが、地域によって作業要領や手法に若干の違いが生じた。例えば、分析用試料のサンプリング・均質化の方法について、多くの地域が粉碎・縮分によったが、採取試料をマット融解して分析した地域もあった。

表 金属含有状況調査の分析手法の状況

分析対象	対象物の状態	サンプル抽出方法	粉碎・均質化方法	分析前処理	濃度測定方法
A: 機器全体	収集した機器から電池を抜いた状態 事前に手解体や破砕機で粗く分解・破砕した例あり(茨城)	様々な素材の混合物であるため、全体の構成を反映した代表的なサンプルを抽出 機器で10台以上と決めた例あり(東京都、水俣市)	カッティングミル、衝撃破砕機などで~2mm程度に粗破砕し、縮分したものをボールミル等で粉碎。 銅線や金属片は破砕されにくいのでベンチ等で細粒化。完全に均質にはならないので縮分に留意必要。 マット溶融で均質化し冷却粉碎した例あり(東京都) 破砕に凍結破砕を採用した例あり(名古屋・津島市、京都市)	圧力分解、酸分解(硫酸、硝酸、王水)で金属を溶液に取り出す 水銀、銀については別処理したケースが多い	Hg,As,Se,Sbなどは原子吸光法 その他の元素はICP発光分光分析、またはICP質量分析 継続3地域では、前年度から採用していた方法で測定 新規4地域では、環境管理ワーキンググループが提案する分析方法で測定
B: 機器を手解体して選別した個々の部品	大部分の地域では、手作業で分解し基板等を抽出したもの 機器を衝撃破砕機で分解し、その産物から基板等を手作業で選別した例あり(水俣市)	一定量(機器20台以上、重量10kg以上など)を採取			
C: 選別・濃縮試験で得た産物	大部分の試料が既に破砕されている	概ね数kg程度を採取し、粉碎・縮分により50g程度が分析に供された			

(3) 使用済小型家電のレアメタル含有部位以外の処理・リサイクルの検討

本モデル事業で収集した使用済小型家電のレアメタル含有部位・部品以外の部分の処理方法について、地域毎に検討状況を整理した内容を次表に示す。

既に、使用済電子電気機器を解体・破砕した際に発生する鉄スクラップやプラスチックを中心にリサイクルを検討している地域も幾つかあるが、今後、レアメタルのリサイクルを進める場合には、こうしたレアメタルを含む部位・部品以外も併せた総合的なリサイクルについて検討することも重要と考えられる。

表 各地域におけるレアメタル含有部位以外の処理・リサイクル検討状況

地域	秋田県	茨城県	福岡県	東京都 (江東区、八王子市)	名古屋市、 津島市	京都市	水俣市
既に リサイクル 実施	・衝撃式破砕機で破砕後、磁力選別で分別された鉄（鉄スクラップ業者に売却） ・一部で金属回収を想定	・樹脂を助燃材として使用 ・一部で金属回収を想定	・大牟田リサイクルプラザで搬入小型家電から鉄、アルミ等の金属回収予定 ・八女西部クリーンセンターで搬入小型家電から鉄、アルミ等の金属回収予定	・手解体で取り出した筐体、物理選別の混合金属粉	・機械破砕、手選別で得られた基板、鉄、アルミ、銅、プラスチック等 (→引取り先、利用方法は検討中)	・鉄、スピーカー:スクラップ業者でプレス処理・ギロチン処理後に電炉でリサイクル ・アルミ:アルミ合金メーカーでリサイクル ・ハーネス:スクラップ業者にてナゲット処理後、製錬所にてリサイクル	・回収量が少ないため、回収対象品目はほぼ全量を分析用に利用)
リサイクル を検討中	・基板:タンタル等含有部品分離後に、県内の銅製錬所に売却 ・筐体プラスチックを種類別に選別し、地域の再生業者に供給。特に秋田県北部エコタウン計画関連事業者でPE、PP等を扱う業者による積極的な活用を期待。	(現在特になし)	・プラスチック片のRDF発電利用(予定)	・手解体で選別した基板(乾式製錬)(評価検討中) ・湿式製錬による、金属回収可能性評価	・樹脂についてはRDF化またはペレットとし、コークス炉原料として売却。	(現在特になし)	(現在特になし)

2. レアメタル回収の現状

(1) 既存のレアメタル回収プロセスの把握

本年度は、現在民間企業が行うレアメタル回収の実態について、公表資料、ホームページ等の情報をベースに、一部企業ヒアリング結果を加え現状を整理した。

具体的には、①非鉄製錬企業が銅、鉛、亜鉛といったベースメタルを生産する施設において行われるものと、②レアメタルを原料として中間製品あるいは製品を生産する専門メーカーが行うものとに区分した。

①非鉄製錬におけるレアメタル回収状況

非鉄製錬施設で行われるレアメタル回収は、主産物である銅、鉛、亜鉛を生産する工程で、一次原料(鉱石)や二次原料(非鉄スクラップ、含金属廃棄物など)中に微量に含まれるレアメタルを不純物として除去したものを精製して副産物として得ているものであり、多くの場合、原料に含まれる金、銀の回収と併せて行われている。

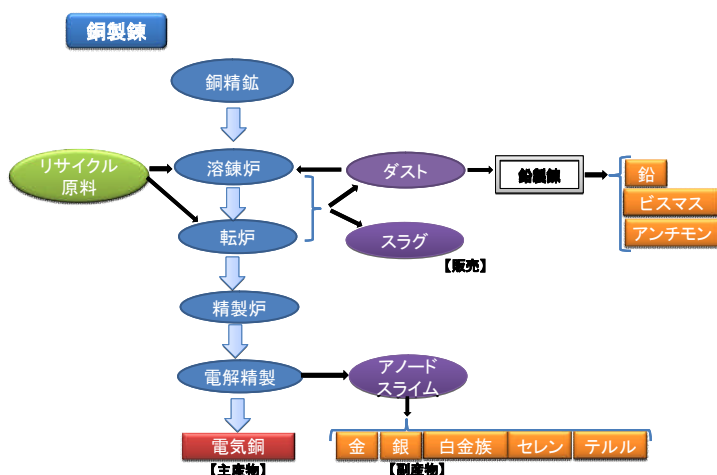


図 銅製錬の概念図

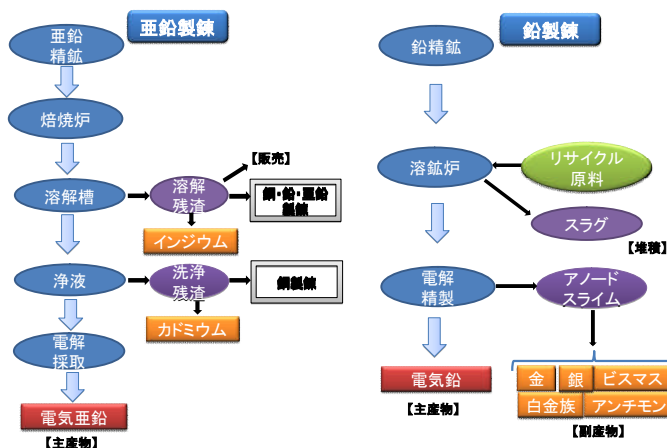


図 鉛・亜鉛製錬の概念図

銅、鉛・亜鉛製錬の概念図から、例えば、銅製錬で溶解炉から発生するダストは鉛と共にレアメタルを含むことから、鉛製錬に投入され、ビスマスやアンチモンが回収される。亜鉛製錬では、焙焼鉱を溶解した残渣等からインジウムやカドミウムを回収するが、更に残った残渣は鉛製錬に投入されビスマスやアンチモンが回収される。このように、非鉄製錬におけるレアメタルの回収は、複数の施設あるいはプロセスにまたがるのが特徴で、複数の施設間で副産物をやり取りし、レアメタルごとに回収作業を一箇所に集約しているケースが多い。

また、製錬所によって、使用している原料や採用しているプロセスが異なれば、副産物の処理プロセスと、そこから回収されるレアメタルの種類は必ずしも同一ではなく、その結果、同じ主産物の金属を生産する製錬所でも回収するレアメタルの種類は施設ごとに違っている。国内の主要な非鉄製錬所の概要を次表に示す。

表 主要非鉄製錬施設によるレアメタル回収の状況

MAP	企業・工場名	所在地	処理プロセス	主な原料	Ni	Pd	Pt	Se	Te	Bi	Sb	Co	Cd	Ge	In
1	DOWAホールディングス 小坂製錬所	秋田県鹿角郡小坂町	電気炉（鉛）	精鉱、金銀含有酸化鉱、製錬工程副産物、銅系廃棄物、含鉛・亜鉛ダスト、鉛銀残渣、鉄スクラップ、酸化鉱、酸化銀電池、電子基板、等				○	○	○	○		○		
2	日比共同製錬所 玉野製錬所	岡山県玉野市	自溶炉、電解	銅精鉱、電子基板、スクラップ	○					○	○				
3	三井金属鉱業G 三井串木野鉱山	鹿児島県串木野市	乾留ガス化炉、電解	貴金属スクラップ、基板・部品屑（固形）、含金銀めっき廃液、酸アルカリ		○	○								
4	住友金属鉱山（株） 東予工場	愛媛県新居浜市	乾式自溶炉・電解（銅）	精鉱、銅滓、銅スクラップ		○	○	○	○						
5	日鉱製錬所 佐賀関製錬所	大分県大分市	自溶炉、電解	銅精鉱、銅スクラップ、スクラップ焼却残渣	○	○	○	○	○						
6	日鉱製錬所 日立精銅工場	茨城県日立市	電解	アノード（佐賀関製錬所より調達）	○	○	○	○	○	○	○				
7	三菱マテリアルG 小名浜製錬所	福島県いわき市	反射炉、電解	精鉱、銅滓、銅スクラップ、シュレッダーダスト、飛灰、廃タイヤ	○										
8	三菱マテリアルG 直島製錬所	香川県香川郡直島町	三菱連続製銅炉、電解	精鉱、金銀銅滓、スクラップ、シュレッダーダスト、廃基板類、飛灰	○	○	○	○	○						
9	三井金属鉱業（株） 竹原製錬所	広島県竹原市	鉛熔鉱炉	廃バッテリー、廃プリント基板、鉛滓、産業廃棄物、脱銅スライム（玉野製錬所より）		○	○	○	○	○	○				
10	三井金属鉱業G 八戸製錬所	青森県八戸市	ISP方式の熔鉱炉	亜鉛精鉱、鉛精鉱、バルク鉛、リサイクル原料									○		
11	三井金属鉱業G 神岡鉱業所	岐阜県飛騨市	亜鉛焙焼炉、鉛溶解炉	亜鉛精鉱、亜鉛焼鉱、鉛バッテリー、鉛銀残渣	○	○	○					○	○		
12	三井金属鉱業G 彦島製錬所	山口県下関市	亜鉛焙焼炉、鉛溶解炉	亜鉛精鉱、亜鉛焼鉱							○	○	○	○	
13	秋田製錬所 飯島製錬所	秋田県秋田市	湿式製錬、電解	精鉱、産業廃棄物、ITOターゲット		○							○		○
14	住友金属鉱山（株） 播磨事業所	兵庫県加古郡播磨町	亜鉛・鉛熔鉱炉	精鉱、リサイクル原料（鉄鋼ダスト等）						○	○		○		○
15	東邦亜鉛（株） 小名浜製錬所	福島県いわき市	焙焼炉（亜鉛）、キルン（ニガ）電池処理	亜鉛精鉱、亜鉛焼鉱、電池				○							
16	東邦亜鉛（株） 契島製錬所	広島県豊田郡大崎上島町	熔鉱炉	精鉱、廃バッテリー、鉛リサイクル原料						○	○				
17	東邦亜鉛（株） 安中製錬所	群馬県安中市	焙焼炉（亜鉛）、キルン（ニガ）電池処理	精鉱、亜鉛焼鉱（小名浜製錬所より）、使用済乾電池				○			○	○	○	○	○
18	住友金属鉱山（株） ニッケル工場	愛媛県新居浜市	電気分解	ニッケルマット、ニッケル・コバルト混合硫化物	○							○			

注）○：初生原料及びリサイクル原料よりレアメタルを回収しているもの



図 主要非鉄製錬施設の地理的分布

②レアメタル専門メーカー等によるレアメタル回収状況

特定のレアメタル精製品、中間製品ないしレアメタルを主体とした製品を生産する企業（「レアメタル専門メーカー」）は、非鉄製錬とは異なり、レアメタルに応じた独立した生産プロセスを保有している。次図は、レアメタル専門メーカーにおけるレアメタルの回収プロセスの例を示したもので、また、次表には、主なレアメタル専門メーカーの概要について整理した。

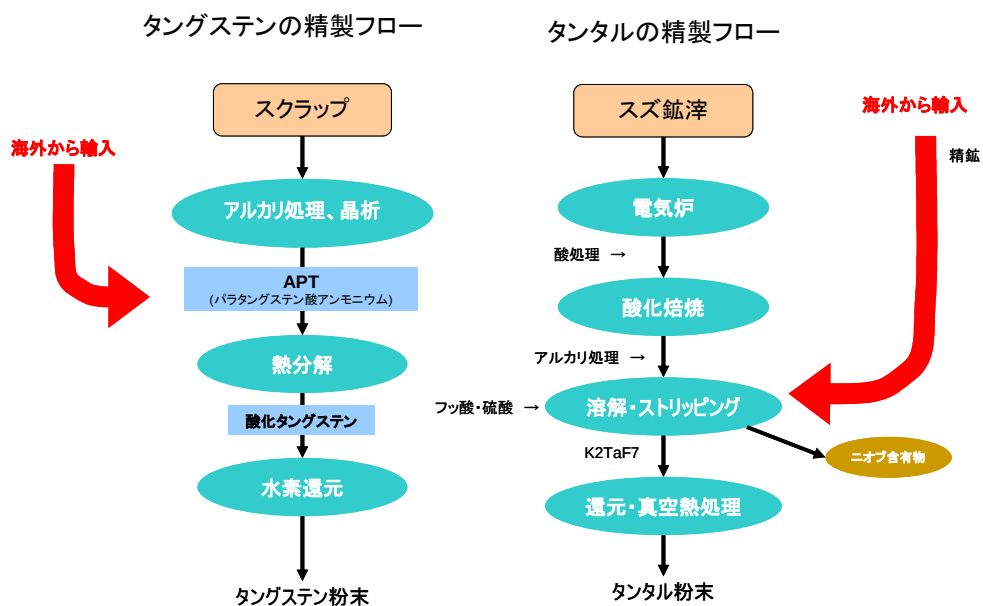


表 主なレアメタル専門メーカーによるレアメタル回収の状況

MAP	企業・工場名	所在地	処理プロセス	主な原料	Ni	Pd	Pt	Se	Te	Sb	Co	W	V	Mo	Ge	In	Nb	Ta	Ti	Ga	Zr
1	ティーエムシー㈱	滋賀県 甲賀市	電解	電子部品屑、基金属含有滓、 廃触媒		△	△				△	△		△		△	△	△	△	△	△
2	日興リカ㈱ 館林工場	群馬県 館林市	再生炉(水素化触媒技 術等)	使用済触媒等	○						○										
3	東邦金属㈱ 門司工場	福岡県 北九州市	熱分解、水素還元	鉱石										●							
4	新興化学工業㈱ 堺臨 海工場	堺市西区筑 港新町	焼成炉、イオン交換装 置、抽出装置、分離装 置、精製装置	重油燃焼残渣、石油精製触 媒、希少金属スクラップ、銅製錬 副産物		△		△	△			△	○	△	△	△		△		△	
5	東邦金属㈱ 寝屋川工 場	大阪府 寝屋川市	熱分解、水素還元	鉱石								●									
6	田中貴金属工業㈱ 市 川工場	千葉県 市川市	乾式、湿式、粉碎、焼 成処理	白金族系貴金属化合物、触媒		△	○														
7	日鉱製錬㈱ 佐賀製錬 所	大分県 大分市	塩化浸出、還元／溶媒 抽出	アノードスライム		○	○	○													
8	小島化学薬品㈱	埼玉県 狭山市	回収精製、電解回収法	使用済みつき廃液、洗浄液、電 子部品スクラップ、使用済触媒		△	○														
9	横浜金属㈱ 製錬精製 工場	神奈川県相 模原市	熔解炉(乾式)、溶解槽 (湿式)	貴金属スクラップ(工業材、宝飾 材、歯科材)		△	○														
10	七生工業㈱	横浜市 金沢区	回収精製、電解回収法	使用済みつき廃液		△	○														
11	DOWAホールディングスG システムリサイクル㈱ 本社 東日本工場	埼玉県 本庄市	湿式(剥離・溶解、電 解)	金銀スクラップ、金めっき廃液、廃 電子部品		○	○														
12	アジア物性材料㈱	横浜市 緑区	インジウム製錬設備、レア メタル精製	使用済みつき廃液、洗浄液等				○	○	○						○				○	
13	アサカ理研工業㈱	福島県 郡山市	溶媒抽出方法	基板屑等		○															
14	日本精鉱㈱ 中瀬製錬 所	兵庫県 養父市	三酸化アンチモン製造炉	アンチモン地金						●											
15	DOWAホールディングスG システムリサイクル㈱ 本社 西日本工場	岡山県 岡山市	湿式(剥離・溶解、電 解)	金銀スクラップ、金めっき廃液、廃 電子部品		○	○														
16	住友金属鉱山G 日本 キャリブサイクル㈱	愛媛県 新居浜市	煤焼炉	石油精製用使用済触媒									○	○							
17	住友金属鉱山G エヌ イーケムキャット㈱	静岡県 沼津市	燃焼、粉碎、精製	使用済みつき廃液、洗浄液、電 子部品スクラップ、使用済触媒		○	○														
18	中外鉱業㈱ 持越工場	静岡県 伊豆市	焼成、熔練、電解、王 水溶解	宝飾品、貴金属スクラップ等		○	○														
19	アサヒブリテック㈱ 福岡 工場	兵庫県 尼崎市	素材毎の前処理、精 製、熔練	ITO他貴金属スクラップ												○					
20	㈱日本ビージーエム	秋田県鹿角 郡小坂町	電気炉、酸化炉、鋳造 炉	使用済触媒、廃電子部品		○	○														
21	アサヒブリテック㈱ 愛媛 工場	愛媛県 西条市	素材毎の前処理、精 製、熔練	貴金属スクラップ、ヘースト類、各 種電子部品スクラップ、希少金属 ターゲット材		○	○														
22	中外鉱業㈱ 東京工場	東京都 大田区	王水溶解、硝酸液処 理、分解・回収、溶媒 抽出	金宝飾品		○	○														
23	DOWAホールディングスG システムリサイクル㈱ 本社 北日本工場	秋田県鹿角 郡小坂町	湿式(剥離・溶解、電 解)	金銀スクラップ、金めっき廃液、廃 電子部品		○	○														
24	DOWAホールディングスG 秋 田レアメタル㈱	秋田県秋田 市	インジウム回収設備	鉱石、使用済ITOターゲット												○	○			○	
25	三井金属鉱業㈱ 三池レ アメタル工場	福岡県大牟 田市	溶媒抽出	鉱石													●	●			
26	三菱マテリアルG マテリア ルエコリファイン㈱ 小名浜事 業所	福島県いわ き市	乾式、湿式	貴金属、電材、半田等のスクラ ップ		○	○									○					
27	日本タングステン㈱ 飯 塚工場	福岡県飯塚 市	精製、還元、混合、 成形、焼結、加工	鉱石									●	○							
28	日本新金属㈱ 秋田工 場	秋田県 秋田市	湿式製錬(化学処理 法)	精鉱、超硬合金スクラップ、廃触 媒							○	○	△	○							
29	田中貴金属工業㈱ 湘 南工場	神奈川県平 塚市	乾式、湿式、粉碎、焼 成処理	白金族金属含有銅合金、廃電 子部品、廃めっき・蒸着治具、 廃触媒		△	○														
30	太陽鉱工業㈱ 福岡鉱業 所	福岡市 博多区	焙焼、精製	使用済脱硫触媒	○						○		○	○							
31	キャピタル・ハーバル㈱ 会 津工場	福島県会津 若松市	Na還元	Ka2TaF7(輸入)	○													●			
32	日清銅業㈱ 加古川事 業所	兵庫県 加古川市	精錬	タングステンスクラップ								○									
33	東邦チタニウム㈱	神奈川県茅 ヶ崎市	電解、還元分離・破碎	精鉱、チタンスクラップ									○						○		
34	㈱大阪チタニウムテクノロ ジーズ	兵庫県 尼崎市	ロール法(塩化・蒸留、 還元・分離・電解・破碎)	チタン原料									○						●		
35	アサヒブリテック㈱ 北関 東事務所	埼玉県北葛 飾郡杉戸町	素材毎の前処理、精 製、熔練	歯科用合金、プリント基板、メッキ 液、剥離液、フィルム、宝飾、レント ゲンフィルム		○	○														

注) ●＝初生原料の精製のみ行っている場合、○＝リサイクル原料も受け入れている場合、△＝施設はあるが回収するかどうかは原料次第という場合。

レアメタル専門メーカーにおいては、パラジウム、白金を扱う施設は多いが、他のレアメタルについては数箇所程度である。海外から輸入した一次原料(地金、中間材等)のみを扱う施設と、二次原料(製造工程くず、廃触媒等)を主とする施設がある。

次図に、前表に示した主要なレアメタル専門メーカーの施設の地理的分布を示した。特に、貴金属を扱う施設は、一部の地域に集中しているが、概ね全国に存在する。一方、個々のレアメタルを専門に取り扱う施設は貴金属に比較してそれ程多くなく、地理的分布も偏っている。



図 主なレアメタル専門メーカーの地理的分布

(2) 最近のレアメタル回収技術の開発動向の把握

本年度は、レアメタル回収に関連する技術開発動向について、対象を小型家電に限定せず、公表資料、ホームページ等から把握できた情報を取りまとめた。

国が進める技術開発事業として、経済産業省関連では以下のものをリストアップした。これらを含む経済産業省関連の技術開発事業の概要を次表に示す。

【経済産業省】

- ◆ 希少金属等高効率回収システム開発
- ◆ 高性能磁石モーター等からのレアアースリサイクル技術開発
- ◆ 携帯電話からのレアメタル回収技術開発 等

表 経済産業省が実施するレアメタルリサイクル技術開発事業の概要

【経済産業省】

1. 希少金属等高効率回収システム開発

小型家電や超硬工具に含まれるインジウム・タングステン等のレアメタルを、低温・湿式処理手法で抽出・製錬する技術を開発し、回収システムの省エネルギー化を図る。
○平成19年度～22年度（JOGMEC、民間企業、大学、研究所）

2. レアメタル等高効率抽出・分離技術開発事業（携帯電話からのレアメタルリサイクル）

携帯電話に含まれるインジウム等のレアメタルの前処理技術（分離・濃縮等）と抽出技術の効率的な組合せを研究開発する。
○平成20年度（民間企業）

3. 製造工程で利用・廃棄されるレアアースのリサイクル技術開発

液晶パネル用ガラス、HD（ハードディスク）用ガラスの研磨剤等に含まれるセリウム等のレアアースを、従来よりも低コストで抽出・製錬する技術を開発し、回収システムの効率化を図る。
○平成20年度～23年度（民間企業、大学、研究所）

4. 高性能モーター等からのレアアースリサイクル技術開発

高性能磁石モーター等（自動車・家電・産業機械に使用）に含まれるネオジム、ディスプロシウム等のレアアースを低コスト・高効率に抽出し、磁石製品への再利用が可能となる技術を開発。ネオジム、ディスプロシウムの安定供給を実現。
○平成21年度（民間企業）

5. リチウムイオン電池からのレアメタル回収技術開発

今後爆発的に普及が見込まれる電気自動車に搭載されるリチウムイオン電池について、溶媒抽出等の製錬プロセスを応用し、不純物除去等を図りつつ、リチウム等を分離・回収する技術を開発する。
○平成21年度～（民間企業）

6. 生物学的な循環資源を用いた手法等によるレアメタル抽出技術開発

含有量が低く経済的に抽出が困難な廃製品等のレアメタルを微生物等を用いた手法により、低環境負荷、低コストで高効率な回収が可能となるリサイクル手法を開発する。
○平成21年度～（民間企業）

一方、環境省が実施する研究・技術開発事業（循環型社会形成推進科学研究費補助金制度）としては、以下のものをリストアップした。その中での研究テーマの例を次表に示す。

【環境省】

- ◆ レアメタル回収・適正処理技術の研究開発
- ◆ レアメタル回収・適正処理システムの設計・評価研究

表 環境省が実施するレアメタルリサイクル研究・技術開発事業の研究テーマの例

- レアメタル再資源化総合システム評価技術開発
- 有価廃棄物からのレアメタルの統合的抽出分離回収システムの開発
- 磁石合金スクラップから希土類元素を抽出・分離する新技術の開発
- 抽出分離と晶析剥離を利用したレアメタルの高度分離技術の開発
- 廃棄物からの乾式法による選択的インジウム回収プロセスの基礎研究
- バイオマス廃棄物を有効活用した使用済み小型家電製品からのレアメタル回収技術の開発
- 微生物を活用した使用済家電品からのインジウム再資源化プロセスに関する研究
- 溶融炭酸塩を用いた使用済み電子機器からのレアメタルの回収
- 環境調和型溶媒イオン液体を用いた廃家電品からのレアメタル再資源化技術の開発
- 焼却灰及びばいじんにおけるレアメタルの賦存量とその回収に関する研究
- ヒ素の無毒化法とレアメタルのリサイクル技術の開発
- 溶融塩および合金隔膜を用いた廃棄物からの希土類金属分離・回収プロセスの開発
- バイオマス廃棄物を利用した希少元素含有スクラップからのレアメタルの回収および適正処理技術の開発
- 廃食品性バイオマスを用いたレアメタル高選択的分離技術の開発
- 使用済み廃棄物等の炭化処理によるレアメタルおよび炭素の資源回収

また、大学、研究機関、民間企業が行う研究開発や技術革新・新技術利用事業の事例に関しては新聞報道等より、以下のとおりである。

- ◆ 薄型TVからのインジウム回収（J E I T A・都立産技研）
- ◆ 廃棄パネルからのインジウム回収（シャープ・大阪府立大）
- ◆ ベースメタル製錬に伴うレアメタル回収施設の拡充（日鉱金属）
- ◆ ニッケル水素電池からのコバルト、レアアースリサイクル事業に着手（三井金属鉱業）
- ◆ 北九州市における廃小型家電回収試験（ソニー）

3. 既存レアメタル回収システムの使用済小型家電への適用可能性

（1）モデル事業を通じたレアメタル回収に係る既存技術・システムの検証

本年度のモデル事業では、7 地域ごとに収集した使用済機器の一部を用いて、手解体や機械破碎・物理選別によりレアメタル含有部位・部品を選別しレアメタルの濃度を高める処理（選別・濃縮試験）を実施した。

機械破碎・物理選別による金属濃縮は、破碎と選別のそれぞれについて多数の装置とその状態、運転条件があり、多数の組み合わせが存在する。この組み合わせの中から、対象とする試料の性質と、その試料中の濃縮の対象とするレアメタルの存在形態に応じて、最適な装置、状態、運転条件を選択する必要がある。こうした状況を模式的に整理し示したものが次図である。

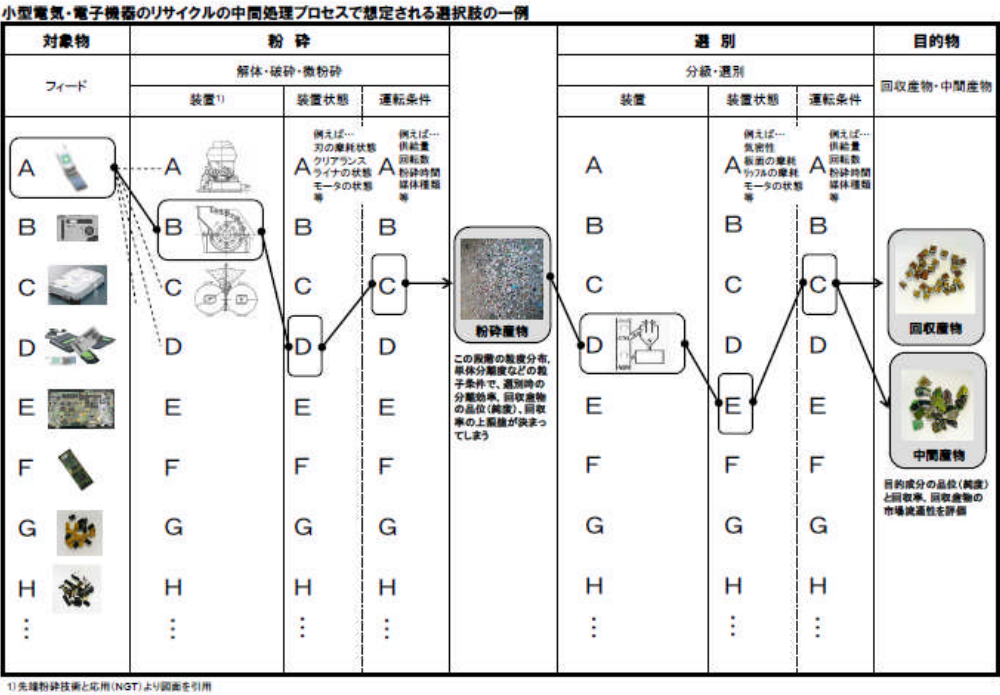


図 機械破碎・物理選別技術の概要
(産総研大木研究員提供、詳細は別添 参照)

本モデル事業では、地域ごとに濃縮対象を定め、利用できる装置と条件の中から、手分解選別、機械破碎・物理選別、両者の併用など、既存の選別技術について幅広く効果を検証した。各地域で実施した選別・濃縮試験の具体的な内容は、先に示したとおりである。

具体的には、秋田県はタングステン、福岡県ではタンタルを、回収ターゲットとして設定し、これらのレアメタルを高濃度で含む部品を選別・抽出するような処理フローを採用した。一方、茨城県や名古屋市・津島市では、収集物を機械破碎・物理選別し、鉄やアルミなど別途リサイクル可能な金属を分離し、他の金属を濃縮した試料を得た。また、東京都や京都市では、収集物を非鉄製錬施設で処理することを想定し、それに適した機器品目の抽出や手解体等の前処理を行った。水俣市では、地元企業が所有する装置を用いた処理により、どのようなレアメタル濃縮効果が得られるかを確認する試験を行った。

各地域の選別・濃縮試験で得た産物（レアメタル濃縮物）について、地域ごとに、非鉄製錬事業者あるいはレアメタル専門メーカーが、レアメタルのリサイクル原料としての分析等を実施し、更に一部の地域においては設備に投入等レアメタルの回収の可能性について検討を行った。

表 各地域で得た産物に対して実施する回収可能性検討の内容

地域	評価者	対象試料	内容			
			前処理確認	化学組成チェック	精製施設への投入	評価項目
秋田県	日本新金属（タングステン生産者）	タングステン含有部品	（一）	独自の確認分析を実施	（一）	・タングステン原料の一般要件を満たすか（濃縮度、前処理、供給数量など） ・処理した場合のタングステン回収見込量
茨城県	日鉱金属（非鉄製錬）	金属濃集物ミックス（メタル）	（一）	独自の確認分析を実施	鉛電気炉に投入し、生成物の組成変化を測定	・投入物から回収される金属のうち投入物由来の量を算出（銅□g、Sb○g、Bi△gなど） ・投入物を原料として受け入れる場合の必要量、価値について評価
福岡県	三井金属 大牟田レアメタル工場（タタル生産者）	濃縮試験産物のうちタンタル原料として最も有望なもの	（一）	独自の確認分析を実施	（一）	・タンタル原料の一般要件を満たすか（濃縮度、前処理、供給数量など） ・処理した場合のタンタル回収見込量
東京都（江東区・八王子市）	三井金属 神岡製錬所（非鉄製錬）	非鉄原料として引取り可能なものを抽出	破碎、二次選別の必要性等を評価	（提供する分析結果を参照）	鉛製錬炉に投入	・試料を炉に投入し、操業・生産品質管理面での問題の有無を確認 ・回収可能金属の特定、回収量推定、引取り価格の見積もり等
	㈱ハチオウ（湿式回収業者）	レアメタル抽出物	（一）	独自の確認分析を実施	（一）	・原料を湿式処理して得た金属濃縮物の金属原料としての品質・価値を評価。
名古屋市・津島市	DOWAホールディングス（非鉄製錬）	金属濃集物ミックス（メタル）	（一）	（提供する分析結果を参照）	（一）	・非鉄原料の一般要件を満たすか（濃縮度、前処理、供給数量など）
京都市	三菱マテリアル 直島製錬所（非鉄製錬）	全ての産物	破碎、二次選別の必要性等を評価	（提供する分析結果を参照）	銅製錬炉に投入	・試料を炉に投入し、操業・生産品質管理面での問題の有無を確認 ・回収可能金属の特定、回収量推定、引取り価格の見積もり等
水俣市	（予定なし）					

表 各地域で行うレアメタル回収可能性検討に伴い提示される見込みのデータ

地域・取得データ		パラジウム	白金	アンチモン	ビスマス	セレン	テルル	ニッケル	コバルト	タングステン	タンタル
秋田県	回収可能性	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	○	(-)
	試料中含有量	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
茨城県	回収可能性	△	△	○	△	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	試料中含有量	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
福岡県	回収可能性	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	○
	試料中含有量	●	●	●	●	●	(-)	●	●	●	●
東京都 (江東区・八王子市)	回収可能性	△	(-)	(-)	○	(-)	(-)	(-)	○	(-)	(-)
	試料中含有量	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
名古屋市・津島市	回収可能性										
	試料中含有量	●	●	●	●	●	(-)	●	●	●	●
京都市	回収可能性	○	△	△	△	△	△	○	(-)	(-)	(-)
	試料中含有量	●	○	●	●	○	●	●	●	○	●
水俣市	回収可能性	(回収可能性検討の予定なし)									
	試料中含有量										

●：実測値取得予定、○：推定／定性分析値取得予定、△：回収はできるが量は算出不能、空欄：分析結果待ち、(-)：取得せず(=回収不能／分析対象外)
試料中含有量：選別濃縮試験により得た金属濃縮物について、その重量と金属濃度から求めた、その試料中に含まれる当該金属の量

(2) 非鉄製錬以外の既存技術・システムによるレアメタル回収の可能性の検討

既存レアメタル回収システムのうち、非鉄製錬施設での回収については、貴金属や一部のレアメタル(Sb、Bi、Se、Te など)が現状で最も確実に経済性が見込める。しかし、これらのレアメタルは副産物として生産される実情から、非鉄製錬施設において回収対象金属を拡大・追加する場合には、受け入れるリサイクル原料の形態に応じた処理能力、品質の許容範囲等を考慮する必要がある。このため、今後これまでリサイクルされていなかったレアメタルのリサイクルを実現するには、非鉄製錬以外のレアメタル専門メーカーでの回収についても考えることが重要である。

現在、使用済製品からのリサイクルが行われていないレアメタルについて、リサイクルされない理由、また、今後リサイクルされるために考えられる必要な条件等について現段階で検討した結果を次表に示した。

(1) 良質原料の安定供給／処理経費の補填があれば既存施設・技術でリサイクルが可能と思われるもの			
金属名	想定するリサイクル原料	回収精製事業化の条件等	事業化主体候補
インジウム	・インジウム(ITO)が塗布された液晶パネルガラス	・インジウムの回収は技術的に可能だが、インジウム含有濃度が低いため、これを回収しても後に残るガラスの処理費を賄えない。ガラスを安価に処理できればリサイクルできる可能性あり。	・専門メーカー ・亜鉛製錬
コバルト	・電子・電気機器に使用されるコバルト含有品全般	・リチウムイオン電池の正極材のようにコバルトを多く含むものも一部にはあるが、全体としてはコバルト濃度が低い。比較的高濃度の部品を州出したものが相当量供給されるようになれば、経済的なリサイクルが可能。	・ニッケルメーカー
(2) 理論的には回収可能だが実績が無く、新たに技術実証・施設建設しなければリサイクル出来ないもの			
金属名	想定するリサイクル原料	回収精製事業化の条件等	事業化のポイント
タンタル、タングステン、ガリウム	・携帯電話、ゲーム機等のタンタルコンデンサ、振動モーターの振動子、Ga 半導体 LED	・既存精製施設で当該部品から抽出し中間品に精製することは可能であるが、既存スクラップ処理施設では使用済製品から当該部品だけを抽出することが出来ない。高度な選別が可能で新たな施設が無ければリサイクルは困難。	・選別技術実証試験 →専門メーカーが専用設備を導入
レアアース	・モーター中の希土類磁石 ・蛍光灯中の蛍光体	・かつては輸入鉱石の精製処理も行われていたが、現在は全量が精製済み原料の形で輸入されており、国内に原料から精製する設備が存在しない。使用済み蛍光体や磁石のリユースは出来るが、レアアースを分離精製はできない。	・高純度レアアース製品メーカーが技術・設備を再構築
(3) 回収精製する能力やニーズが無いためにリサイクルされないもの			
金属名	想定するリサイクル原料	リサイクルされていない理由	リサイクル実現に必要な条件
ストロンチウム	・スピーカー中のフェライト磁石	・全量が精製済み原料の形で輸入されており、国内で本格的に原料から精製する施設・技術が存在したことが無いので、リサイクルの技術もニーズもない。	・精製技術の確立 →専門メーカーが導入
クロム、ニッケル、ニオブ、マンガン	・ステンレス、特殊鋼等の合金	・鉄との合金の形で幅広く使用されており、金属毎に分離抽出せずとも合金のまままで再利用する方が有利。	

図 リサイクルされていないレアメタルがリサイクルされるための条件

- 大部分のレアメタルは、既存の技術と施設を利用する限り、使用済製品からの回収に経済性が見込めないためにリサイクルされていないと考えられる。
- インジウムやコバルトは、技術的には非鉄製錬での回収が可能であるが、使用済製品中の含有濃度の低さ、発生する残渣が多いことから、経済性が得られないのが実情である。高濃度のリサイクル原料が供給されるようになれば、リサイクルできる可能性がある。
- タンタルやタングステン、レアアースについては、元素の性質上非鉄製錬では回収できず、専門メーカーが回収することになるため、使用済製品を一定以上の品質の原料にまで加工する必要である。しかし、現状では使用済製品から十分な水準まで選別・濃縮する処理を一括して行う施設が存在しない。
- ストロンチウムのように、我が国にそのレアメタルを精製・回収する技術自体が存在しないというケースは稀である。

既存の技術・施設において、使用済機器に含まれる全てのレアメタルを回収することは不可能であることから、今後、回収対象とするレアメタルをある程度絞り込んだ上で、そのレアメタルの特性等に応じて非鉄製錬と専門メーカーが分担あるいは連携する等の対応が考えられる。