

# 使用済製品の有用金属の再生利用の 在り方について（案）

平成24年10月9日

中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会  
小型電気電子機器リサイクル制度及び使用済製品中の有用  
金属の再生利用に関する小委員会



**産業構造審議会環境部会  
廃棄物・リサイクル小委員会**

**中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会  
小型電気電子機器リサイクル制度及び  
使用済製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会  
使用済製品中の有用金属の再生利用に関する  
ワーキンググループ**

**合同会合**

**中間取りまとめ**

**平成24年9月**

## 目次

I 検討の背景と目的	3
II レアメタルのリサイクルを取り巻く状況	5
1. リサイクルを重点的に行うべき鉱種	5
(1) ネオジム、ジスプロシウム	6
(2) コバルト	10
(3) タングステン	14
(4) タンタル	17
2. 各製品のリサイクルに係る現状	21
(1) 家電4品目	21
(2) 次世代自動車（HV、PHEV、EV）	26
(3) パソコン	30
(4) 小形二次電池	36
(5) 携帯電話	39
(6) 小型電子機器等	43
(7) 超硬工具	45
III レアメタルのリサイクルに係る基本的な考え方	46
1. レアメタルのリサイクルの必要性	46
2. 検討の方向性	46
3. 課題と対応策	47
(1) 回収量の確保	47
(2) リサイクルの効率性の向上	48
(3) レアメタルの回収が進むまでの準備	49
(4) 進捗状況等のフォローアップ	50
IV 当面の具体的な対応策	51
1. 使用済製品の回収量の確保	51
(1) 現行回収スキーム等の強化	51
(2) 新たな回収スキームの構築	53
(3) 違法回収や不適正な輸出の取締強化等の海外流出の防止	53
(4) 消費者等への情報提供	54
2. リサイクルの効率性の向上	55
(1) 技術開発の推進	55
(2) レアメタルの含有情報の共有	55
(3) 易解体設計の推進等	56
3. 事業者によるレアメタルリサイクルへの先行的取組の推進	57
(1) 資源循環実証事業	57
(2) 国内でレアメタルのリサイクルに取り組む事業者の表彰等	58
4. 対策の進捗状況等のフォローアップの実施	59

V 中長期的な方向性	60
別紙 技術開発ロードマップ	61
1. ネオジム (Nd)、ジスプロシウム (Dy)	61
(1) 現状技術の評価結果	61
(2) 今後取り組むべき技術課題	61
(3) 技術開発ロードマップ	62
2. コバルト (Co)	63
(1) 現状技術の評価結果	63
(2) 今後取り組むべき技術課題	63
(3) 技術開発ロードマップ	64
3. タングステン (W)	65
(1) 現状技術の評価結果	65
(2) 今後取り組むべき技術課題	65
(3) 技術開発ロードマップ	65
4. タンタル (Ta)	66
(1) 現状技術の評価結果	66
(2) 今後取り組むべき技術課題	66
(3) 技術開発ロードマップ	66
合同会合委員名簿	68
合同会合審議経緯	70

## I 検討の背景と目的

レアメタルは、自動車、IT製品といった我が国の主要製造業において、環境性能の向上や省電力化、小型・軽量化、耐久性向上等の機能を実現するために不可欠な素材であり、我が国の産業競争力の要である。

他方、レアメタルは一般的に希少性や偏在性が高く、その供給は相手国の輸出政策や政情、生産施設の状況等のほか、投資家の思惑などにも影響を受けるため、供給リスクや価格が乱高下するリスクを常に抱えている。特にレアアースについては、世界供給の約97%を占める中国がレアアース輸出枠の大幅削減を実施するなど、輸出数量管理を強化する動きが顕在化している。加えて、近年、新興国の経済成長を背景として多くのレアメタル価格は高騰しており、レアメタル等の資源確保の重要性が急速に高まっている。

政府としては、平成21年に策定した「レアメタル確保戦略」において、レアメタル確保に向けた4本柱として、「海外資源確保」、「代替材料の開発」、「備蓄」に加えて「リサイクル」による国内資源循環を位置付けている。

しかしながら、レアメタルのリサイクルの現状を見ると、経済的なリサイクル技術が開発途上であること、レアメタルを多く含む使用済製品の排出が本格化する時期はもう少し先であること等の課題が存在し、現時点では取組は進んでいない。他方、次世代自動車や高機能家電等の需要の増加により、今後、レアメタルを含む使用済製品の排出量は大幅に増加することが見込まれる。これを見据え、今の段階から上記課題への対応策を講じることにより、リサイクルによる資源確保を着実に進めていくことが必要である。

このため、昨年11月より、産業構造審議会 環境部会 廃棄物・リサイクル小委員会と、中央環境審議会 廃棄物・リサイクル部会 小型電気電子機器リサイクル制度及び使用済製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会 使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループとの合同会合（以下「合同会合」という。）を開催し、レアメタルを含む主要製品全般（自動車、大型家電、超硬工具、パソコン、二次電池等）を横断的に対象として、レアメタルのリサイクルに係る課題と対応策の検討を行ってきた。本中間取りまとめにおいては、近い将来にレアメタルを含む使用済製品の排出が本格化することを見据え、リサイクルを通じたレアメタル確保を着実に進めるために我が国が取り組むべき対応策を提示する。

## レアメタル確保戦略における4つの柱

### レアメタル確保に向けた4つの柱

<①海外資源確保>	<②リサイクル>	<③代替材料の開発>	<④備蓄>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○重要なレアメタルを保有する資源国と人材育成、インフラ整備、産業振興等を通じた関係強化</li> <li>○JOGMEC、JBIC、NEXI、JICAの連携によるリスクマネー供給</li> <li>○我が国周辺海域の海底熱水鉱床等への計画的な取組</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○重要なレアメタルのリサイクル技術の開発</li> <li>○リサイクルシステムの構築や既存システムを活用した使用済製品の回収促進</li> <li>○リサイクルしやすい環境配慮設計の導入促進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○重要なレアメタルの代替材料開発等の取組</li> <li>○ナノテク等我が国最先端技術の結集による取組強化</li> <li>○産業連携体制、研究開発拠点の整備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○重要なレアメタルのうち、備蓄の必要があるものを着実に推進</li> <li>○機動的な備蓄の積み増しや放出</li> </ul>

(出典：総合資源エネルギー調査会鉱業分科会 レアメタル確保戦略 (H21.7) より)

## レアメタルの主な用途例

製品	主な鉱種
次世代自動車 (EV・PHV・HV) 	ネオジウム、ジスプロシウム(駆動用モーターの磁石) リチウム、コバルト、ニッケル(バッテリーの正極材)
家電4品目 (エアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機) 	ネオジウム、ジスプロシウム(エアコンのコンプレッサーやドラム式洗濯機のモーター内の磁石)
PC 	ネオジウム、ジスプロシウム(HDDの磁石)
電気・電子機器全般 	タンタル(基板のタンタルコンデンサ)
超硬工具 	タングステン(超硬工具、刃先交換工具)

(出典：産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第15回)資料より)

## II レアメタルのリサイクルを取り巻く状況

### 1. リサイクルを重点的に行うべき鉱種

レアメタルは、鉱業審議会において「地球上の存在量が稀であるか、技術的・経済的な理由で抽出困難な金属」のうち、工業需要が現に存在する（今後見込まれる）ため、安定供給の確保が政策的に重要であるものと定義されており、現在31鉱種<sup>1</sup>が対象となっている。ただし、各鉱種において供給安定性や用途などに違いがあることから、リサイクルを検討するにあたってはレアメタル全鉱種を対象とするのではなく、今後の需要や供給リスク及び使用済製品の回収量確保が見込まれる等の鉱種を絞り込んで検討することが効果的である。

このため、平成20～22年度に経済産業省及び環境省が開催した「使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会」では、小型家電に限らず幅広い使用済み製品を対象として、供給リスクを定量的に、需要見通し等を評価しつつ、リサイクルの技術の確立が不十分等のため今後リサイクルの検討を優先する鉱種をリサイクル検討優先鉱種として14鉱種選定している。

本合同会合では、これらリサイクル検討優先鉱種14鉱種から更に、工程内リサイクルで既に相当程度の回収が進んでいる鉱種（インジウム、ガリウム）、現時点でリサイクル技術の目処が立っていない鉱種（リチウム、ランタン、サマリウム）等を除いた5鉱種（ネオジウム、ジスプロシウム、コバルト、タンタル、タングステン）を、リサイクルを重点的に検討すべき鉱種として選定した。

この項では、これら5鉱種の需給動向や自給率、排出の見通し等の詳細について見ていくこととする。

図表 リサイクルを重点的に行うべき鉱種として具体的検討

鉱種	用途 (国内需要に占めるシェア)	技術開発段階		当面の方向性
		(効率的な回収技術)	(抽出技術)	
タングステン	超硬工具	希少金属等効率的回収システム開発（平成19～23年度）が終了し実用化を目指す（住友電工）		研究開発を進めつつ、リサイクルについても早急に検討。
コバルト	リチウムイオン2次電池 次世代自動車用バッテリー その他小電等の2次電池	リチウムイオン電池からのレアメタルリサイクル技術開発事業（～本年5月）の実用化検討（JX日鉱） 早急に技術開発が必要	リチウムイオン電池からのレアメタルリサイクル技術開発（平成23年度）（JX日鉱）	研究開発を進めつつ、リサイクルについても早急に検討。
リチウム	リチウムイオン電池材料、耐熱材料等々 次世代自動車用バッテリー その他小電等の2次電池	リチウムイオン電池からのレアメタルリサイクル技術開発事業（～本年5月）の実用化検討（JX日鉱） 経済的に見合わないため進んでいない	リチウムイオン電池からのレアメタルリサイクル技術開発（平成23年度）（JX日鉱）	今後、自動車リサイクルのあり方について要検討。研究開発を進めるが、リサイクルについては、国内の利用量が拡大した段階で検討。
インジウム	透明電極用ITOターゲット	中型液晶パネルの処理に課題あり	既存の非鉄製錬で回収可能	工程内リサイクルで十分回収できているため、当面検討は不要。
ガリウム	半導体、コンピューター、小型家電のチップ等の素子	既存の非鉄製錬で回収可能		工程内リサイクルで十分回収できているため、当面検討は不要。
タンタル	タンタルコンデンサー	早急に技術開発が必要		研究開発を進めつつ、リサイクルについても早急に検討。
<b>レアアース</b>				
セリウム (5.0%)	ガラス研磨材	希土類金属等回収技術研究開発（平成20～24年度）（三井金属）		製造現場からの収集は容易で、かつ、利用者が限られていることから、検討する必要はない。
ネオジウム (2.2%)	Nd-F e-B磁石	22年度補正「廃電気電子機器に含まれるレアアース磁石のリサイクル」（～23年度末）（DOWA）	22年度補正「廃電気電子機器に含まれるレアアース磁石のリサイクル」（～23年度末）（DOWA）	研究開発を進めつつ、リサイクルについても早急に検討。
ランタン (1.0%)	光学レンズ、触媒等	経済的に見合わないため進んでいない		現状では無理だが、今後の需要動向によっては検討する必要あり。
イットリウム (5%)	蛍光体、光学ガラス等	希土類金属等回収技術研究開発（平成20～23年度）が終了し実用化の検討開始（三井金属）		技術についてはめどが立っており、地方自治体独自に回収実証事業が実施されており、将来は検討する必要あり。
ジスプロシウム	Nd-F e-B磁石等の高度選別（～平成23年度末）（DOWA）	「廃電気電子機器中のレアメタル含有部位等の高度選別」（～平成23年度末）（DOWA）	「廃電気電子機器に含まれるレアアース磁石のリサイクル」（～23年度末）（DOWA）	研究開発を進めつつ、リサイクルについても早急に検討。
サマリウム	SmCo磁石	経済的に見合わないため進んでいない		今後の需要動向によっては検討する必要あり。
ユーロピウム	蛍光体、光学ガラス等	希土類金属等回収技術研究開発（平成20～23年度）が終了し実用化の検討開始（三井金属）		技術についてはめどが立っており、地方自治体独自に回収実証事業が実施されており、将来は検討する必要あり。
テルビウム	Nd-F e-B磁石、光磁気ディスク	希土類金属等回収技術研究開発（平成20～23年度）が終了し実用化の検討開始（三井金属）		技術についてはめどが立っており、地方自治体独自に回収実証事業が実施されており、将来は検討する必要あり。

(出典：産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第15回）資料より)

<sup>1</sup> レアアース17元素を1鉱種として数える。



## (1) ネオジウム、ジスプロシウム

### ①需給動向

#### i) 供給の現状

ネオジウム、ジスプロシウムを含むレアアース全体の2010年時点における世界の国別鉱石生産量をみると、9割強を中国が占めており、我が国の輸入相手国においても中国が大きなシェアを占めている。

また、資源価格については、2011年7月をピークに下落しつつあるものの、レアメタル価格が高騰する以前の2009年4月を基準価格としてみた場合、依然として高い水準となっている。

図表 1.1 ネオジウム、ジスプロシウムの供給状況

国別鉱石生産量(2010年)

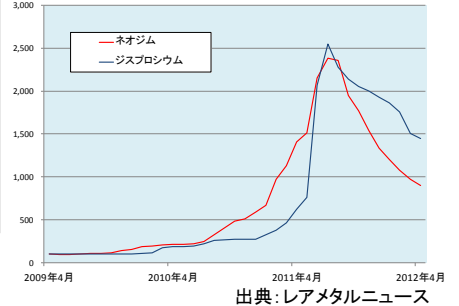
	国名	生産量(トン)	割合
1位	中国	130,000	97.3%
2位	インド	2,700	2.0%
3位	ブラジル	550	0.4%
上位3カ国計		133,250	99.7%

輸入相手国(2010年)

	国名	輸入量(トン)	割合
1位	中国	19,721	82.1%
2位	ベトナム	595	2.5%
3位	韓国	388	1.6%
上位3カ国計		20,704	86.2%

資源価格の推移

※基準価格:2009年4月=100



出典:MINERAL COMMODITY SUMMARIES、財務省貿易統計、工業レアメタル2011(参考値)。数値は希土類全体の酸化物量。

出典:レアメタルニュース

#### ii) 中国の輸出数量管理の状況

供給において大きなシェアを占めている中国ではレアアースの輸出数量管理を強化しており、我が国の供給においてリスクが存在している。

実際、2010年7月には2010年下期レアアース輸出可能枠を前年同期比で72%減の8千トンと公表。通年期で見ても約40%減となる大幅な削減がなされている。

さらに2011年通期では、前年とほぼ同量となっているが、これまで管理対象外であった鉄合金が新たに加わったことから、実質的には2割程度の削減となっている。

図表 1.2 中国におけるレアアース輸出枠

■中国の対世界レアアース輸出枠(総量ベース)

(出典:中国商務部)(単位:トン)

暦年	2007	2008	2009	2010	2011			2012
					(第1期)	(第2期)	計	(第1期)
輸出数量枠	60,173	47,449	50,145	30,259	14,446	15,738	30,184	24,904

約4割削減 鉄合金を新たに管理対象に追加

<内訳>  
軽希土 約21,700トン  
中重希土 約3,204トン

iii) 自給率<sup>2</sup>

2010年時点での我が国におけるレアアース全体としての自給率は、鉱山開発及びリサイクルともに0%であり、供給のほぼ全量を輸入に頼っているのが現状である。

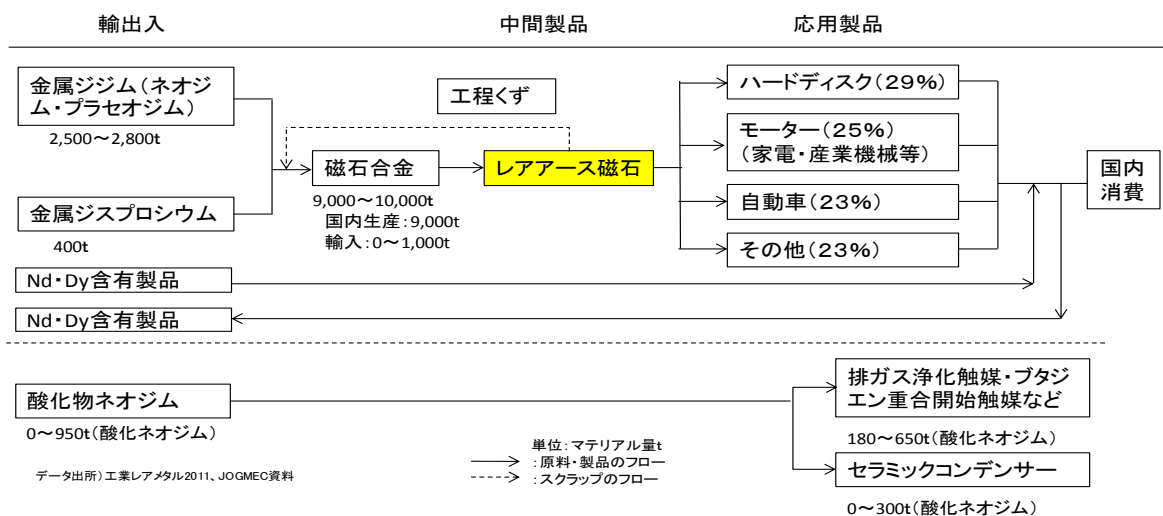
図表 1.3 ネオジム、ジスプロシウムの自給率

鉱山	0%
リサイクル	0%
計	0%

iv) 動脈側のマテリアルフロー

ネオジム・ジスプロシウムは、主として強力な永久磁石であるレアアース磁石の原材料として用いられており、応用製品としてハードディスク、エアコン等の家電製品や産業機械のモーター、次世代自動車（HV、PHV、EV）に搭載され出荷されている。

図表 1.4 ネオジム、ジスプロシウムのマテリアルフロー



なお、ネオジム磁石の製造において、投入されるネオジム・ジスプロシウムを含有する原材料のうち35%程度が研磨スラッジや切削くずとなる。これら工程くずは、ほぼ全量が原料合金メーカーに戻された後、品位の高いものは、ネオジム磁石合金の製造段階へ原材料としてリサイクルされ、その他のものについては、ネオジム、ジスプロシウムの製造工程へ戻してリサイクルされている。

v) 国内需要見通し

国内需要量は、今後も次世代自動車や高性能家電等のネオジム磁石搭載

<sup>2</sup> 海外自山鉱比率（権益ベース）とリサイクル比率の合計値であり、既存の統計資料や企業アンケート等から推計した値（参考）。分母は内需と輸出の合計値。

製品の需要増加により、ネオジム、ジスプロシウムの需要も増加が見込まれる。

図表 1.5 ネオジム、ジスプロシウムの国内需要

ネオジム (Nd)				ジスプロシウム (Dy)			
	2010年	2015年	2020年		2010年	2015年	2020年
国内需要量 (単位:トン)	5,200	6,200	7,100	国内需要量 (単位:トン)	600	720	740

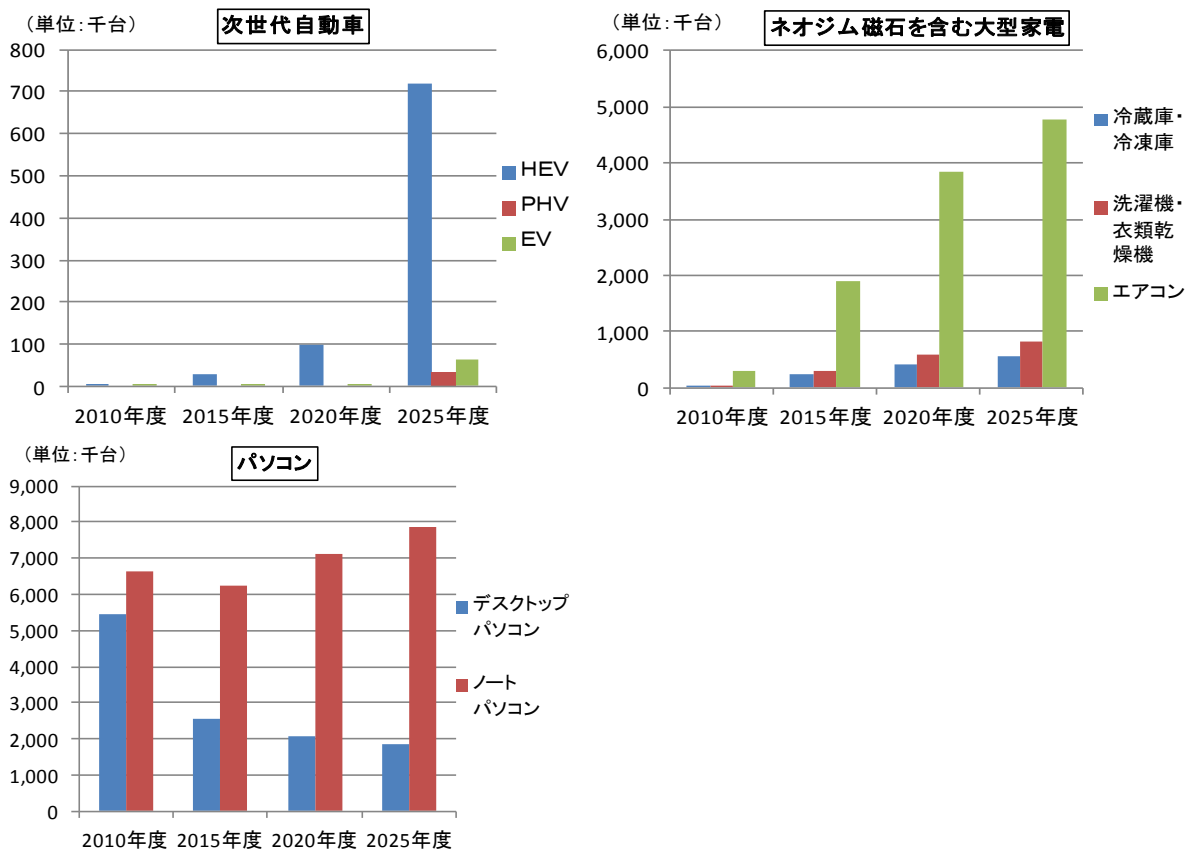
出典：2010年については工業レアメタル2011より。2015年以降の増加量については(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：「平成21年度レアメタル関連データ収集等業務」に関する報告書より。

## ②レアメタル含有製品の排出量

### i) レアメタル含有製品の排出見通し

ネオジム磁石搭載製品の排出見通しは、次世代自動車や高性能家電等のネオジム磁石搭載製品の排出が今後大幅に増加する見込みである。

図表 1.6 ネオジム、ジスプロシウム含有製品の排出見通し



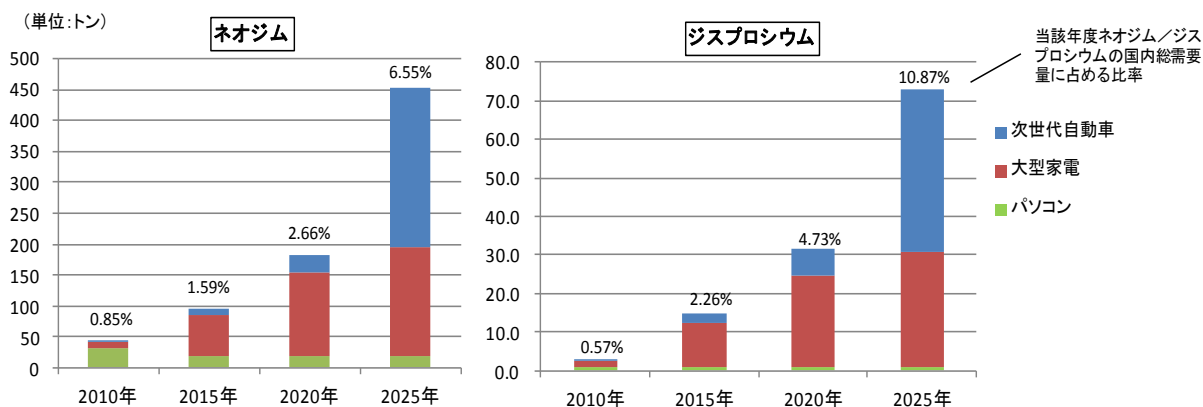
出典：使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会含有量調査データ、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：平成21年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書、みずほ情報総研：平成21年度使用済家電4品目の経過年数調査、経済産業省：平成19年度鉱物資源供給対策調査報告書、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会資料 ほか

### ii) リサイクルにより確保できるレアメタル量のポテンシャル

ネオジム、ジスプロシウムを含有する使用済製品のリサイクルによるポテンシャルは、2010年では、国内需要に対してネオジム、ジスプロシ

ウム共に1%に満たないものの、2015年頃より増えはじめ2025年においては、ネオジムで約7%、ジスプロシウムで約11%まで増加する見込みであり、一定程度のポテンシャルを有している。

図表 1.7 ネオジム、ジスプロシウムのリサイクルによるポテンシャル※



※ 仮に、過去の出荷製品が平均使用年数を経た後に全量排出・回収され、当該製品中のレアメタルを全量抽出できた場合に、1年間で確保できるレアメタル量。

出典：使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会含有量調査データ、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：平成21年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書、みずほ情報総研：平成21年度使用済家電4品目の経過年数調査、経済産業省：平成19年度鉱物資源供給対策調査報告書、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会資料 ほか

### ③技術開発動向

ネオジム磁石を含む使用済製品からネオジム磁石を回収する前処理技術に関して、使用済ハードディスクや使用済エアコン・コンプレッサーについては、各々要素技術が開発され、実用化に向けた実証が進められている。また、使用済斜めドラム式洗濯機モーター、自動車の使用済電動パワーステアリングモーター、次世代自動車の使用済駆動用モーターについては、各々要素技術が開発されているものの、今のところ実用化に向けた実証は行われていない。

一方、回収されたネオジム磁石からネオジムやジスプロシウムを回収する後処理技術は既に実用化されている。

## (2) コバルト

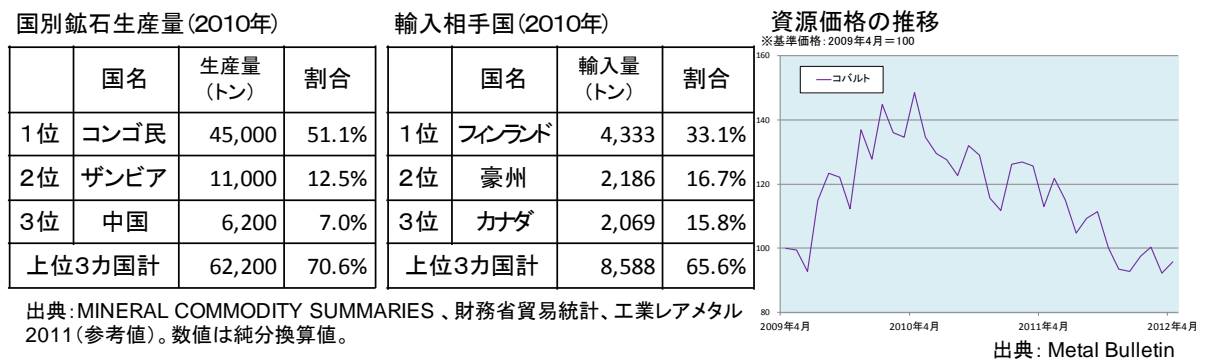
### ①需給動向

#### i) 供給の現状

コバルトの2010年時点における世界の国別鉱石生産量をみると、約5割程度が、政情が不安定なコンゴ民主共和国に集中しており、政情次第では供給に大きな影響を与えることから、我が国の供給においてリスクが存在している。

また、資源価格については、2010年4月をピークに下落しつつあり、レアメタル価格が高騰する以前の2009年4月を基準価格としてみた場合、ほぼ同じ水準となっている。

図表 1.8 コバルトの供給状況



#### ii) 自給率

2010年時点での我が国におけるコバルトの自給率は、リサイクルを重点的に行うべき5鉱種の中では最も高い18%となっているものの、その全てが鉱山開発でのものであり、リサイクルについては0%となっている。

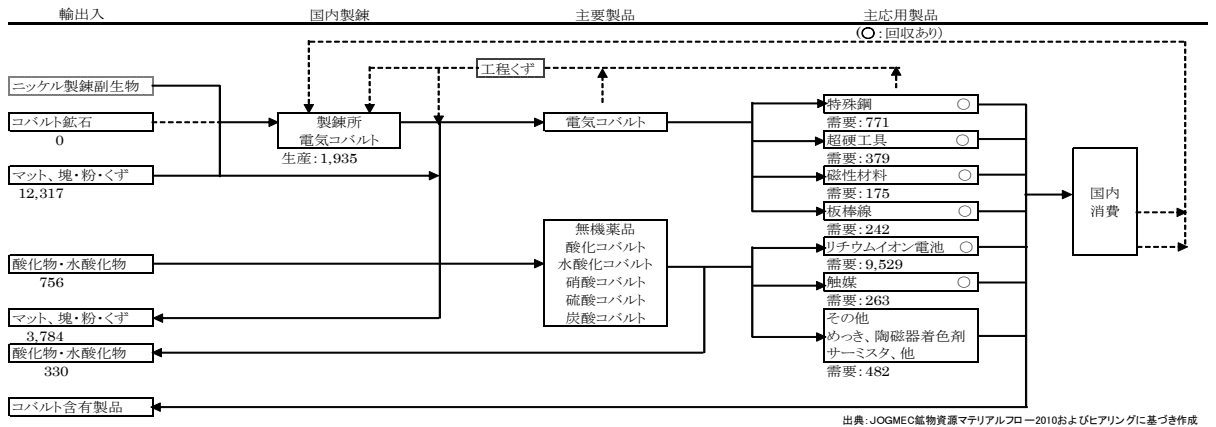
図表 1.9 コバルトの自給率

鉱山	18%
リサイクル	0%
計	18%

#### iii) 動脈側のマテリアルフロー

コバルトは主としてリチウムイオン電池の正極材料に用いられており、ノートパソコン、携帯電話、デジタルカメラ等のモバイルIT機器や、次世代自動車(HV、PHV、EV)の最終製品に搭載されている。

図表 1.10 コバルトのマテリアルフロー



なお、リチウムイオン電池の製造において、投入されるコバルトを含有する原料のうち約10%程度が工程くずとなる。これら工程くずは、専門リサイクル業者や製錬業者に引き渡されリサイクルされている。工程くずから回収されたコバルトは、主として合金製造向けや磁性材料としてカスケードリサイクルされている。

iv) 国内需要見通し

国内需要量は、リチウムイオン電池一個あたりの省コバルト化が進んでいるものの、次世代自動車等の需要増加やノートパソコン、携帯電話等の堅調な需要により、コバルトの需要も今後増加することが見込まれる。

図表 1.11 コバルトの国内需要

	2010年	2015年	2020年
国内需要量 (単位:トン)	14,000	14,900	16,300

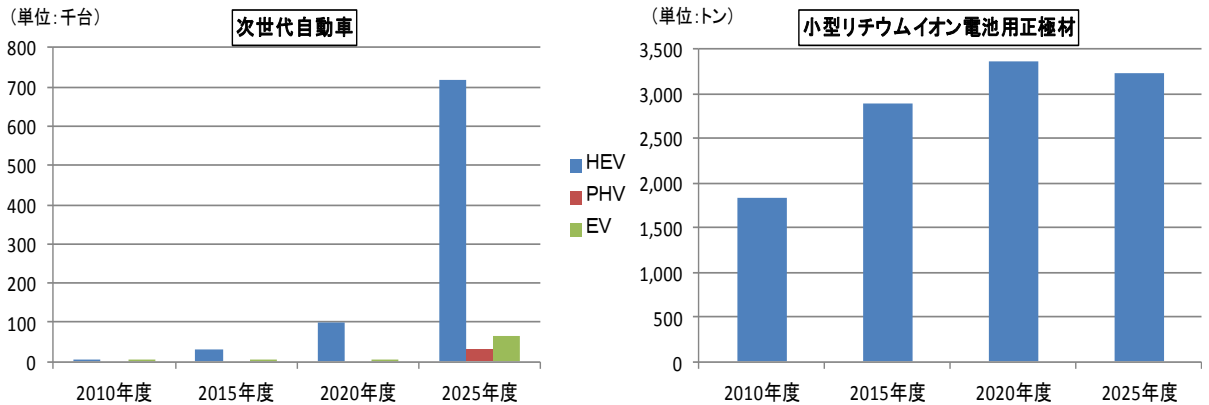
出典:2010年については工業レアメタル2011より。2015年以降の増加量については(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構、「平成21年度レアメタル関連データ収集等業務」に関する報告書より。

②レアメタル含有製品の排出量

i) レアメタル含有製品の排出見通し

コバルトを含有する製品の排出見通しは、小形二次電池や次世代自動車用電池の排出量が今後増加する見込みである。

図表 1.12 コバルト含有製品の排出見通し

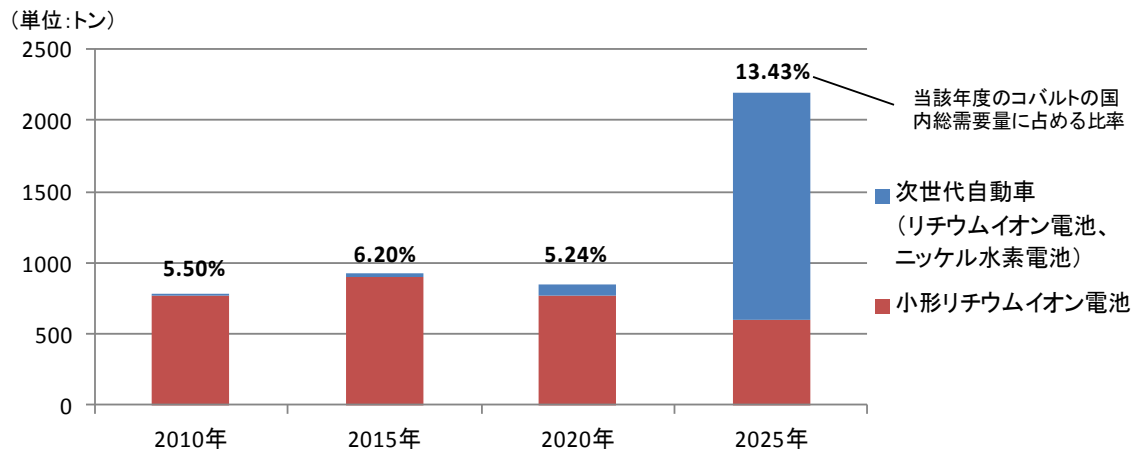


出典：使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会含有量調査データ、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：平成21年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書、経済産業省：平成19年度鉱物資源供給対策調査報告書、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会資料 ほか

ii) リサイクルにより確保できるレアメタル量のポテンシャル

コバルトを含有する使用済製品のリサイクルによるポテンシャルは、2010年では、国内需要に対して約6%であるが、2020年以降に次世代自動車の排出が増加するため2025年においては、約13%まで増加する見込みであり、一定程度のポテンシャルを有している。

図表 1.13 コバルトのリサイクルによるポテンシャル\*



※ 仮に、過去の出荷製品が平均使用年数を経た後に全量排出・回収され、当該製品中のレアメタルを全量抽出できた場合に、1年間で確保できるレアメタル量。

出典：使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会含有量調査データ、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：平成21年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書、経済産業省：平成19年度鉱物資源供給対策調査報告書、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会資料 ほか

③技術開発動向

使用済リチウムイオン電池や使用済ニッケル水素電池からコバルト含有活物質を回収する前処理技術に関して、使用済小形リチウムイオン電池や次世代自動車の使用済ニッケル水素電池については、既に実用化されている。次世代自動車の使用済リチウムイオン電池については、要素技術が開発されて

いるものの、今のところ実用化に向けた実証は行われていない。また、使用済電気電子機器等の製品内部に組み込まれた小形リチウムイオン電池を簡便に取り出す技術の開発は行われていない。

一方、回収されたコバルト含有活物質からコバルトを回収する後処理技術に関して、次世代自動車の使用済ニッケル水素電池や、使用済小形リチウムイオン電池及び次世代自動車の使用済リチウムイオン電池のいずれも要素技術は開発されており、実用化に向けた実証が進められている。



### (3) タングステン

#### ① 需給動向

##### i) 供給の現状

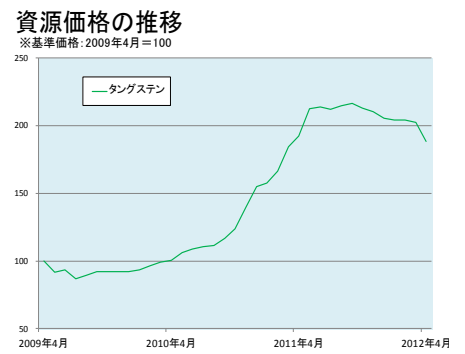
タングステンの2010年時点における世界の国別鉱石生産量をみると、8割強を中国が占めており、我が国の輸入相手国においても中国が大きなシェアを占めている。

また、資源価格については、レアメタル価格が高騰する以前の2009年4月を基準価格としてみた場合、依然として高い水準となっている。

図表 1.14 タングステンの供給状況

国別鉱石生産量(2010年)				輸入相手国(2010年)			
	国名	生産量(トン)	割合		国名	輸入量(トン)	割合
1位	中国	52,000	85.2%	1位	中国	7,352	82.5%
2位	ロシア	2,500	4.1%	2位	韓国	439	4.9%
3位	ポリビア	1,100	1.8%	3位	ベトナム	227	2.6%
上位3カ国計		55,600	91.1%	上位3カ国計		8,018	90.0%

出典: MINERAL COMMODITY SUMMARIES、財務省貿易統計、工業レアメタル2011(参考値)。数値は純分換算値。



##### ii) 中国の輸出数量管理の状況

供給において大きなシェアを占めている中国でタングステンは輸出数量管理の対象鉱種となっていることから、今後中国政府の政策によっては、生産及び輸出数量管理強化の可能性も否定できず、引き続き供給リスクが存在する。

##### iii) 自給率

2010年時点での我が国におけるタングステンの自給率は、鉱山開発では0%となっているものの、リサイクルについては5鉱種の中では最も高い11%となっている。

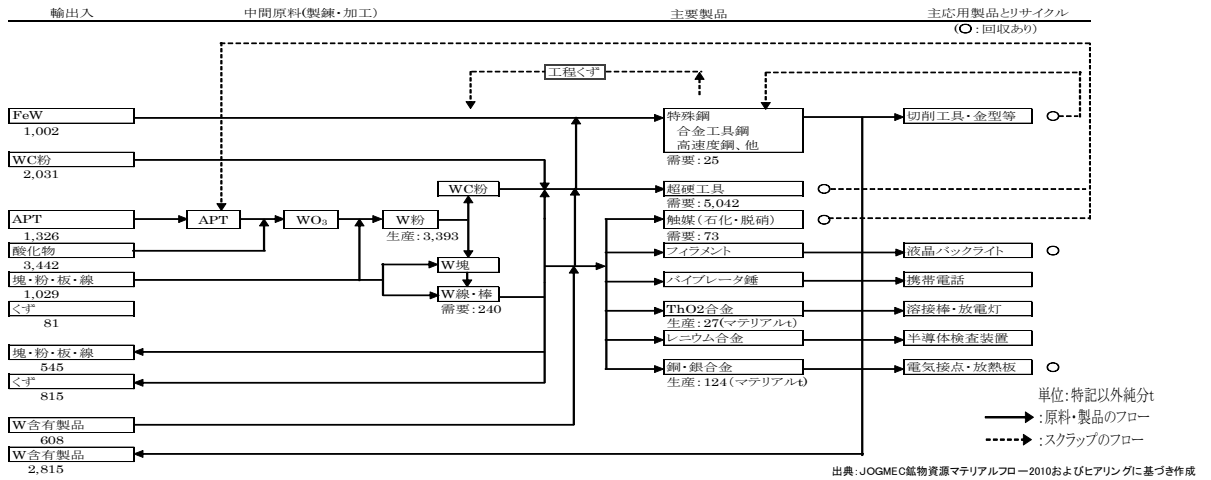
図表 1.15 タングステンの自給率

鉱山	0%
リサイクル	11%
計	11%

##### iv) 動脈側のマテリアルフロー

タングステンは強度、弾性に富み融点も高いため、主として超硬工具の原材料として用いられ、需要の約9割を占めている。

図表 1.16 タングステンのマテリアルフロー



なお、超硬工具の製造において、投入されるタングステンを含有する原材料のうち約20%が工程くずとなる。国内の超硬工具メーカーで発生するこれらのタングステンカーバイト(WC)工程くずは、全量が特殊鋼用途に利用されるか、あるいは製錬事業者に引き渡された後に超硬工具原料としてリサイクルされている。

v) 需要見通し

国内需要量は、超硬工具の需要の増加に伴い、今後もタングステン原料の需要量の増加が見込まれている。

図表 1.17 タングステンの国内需要

	2010年	2015年	2020年
国内需要量 (単位:トン)	6,000	6,400	6,800

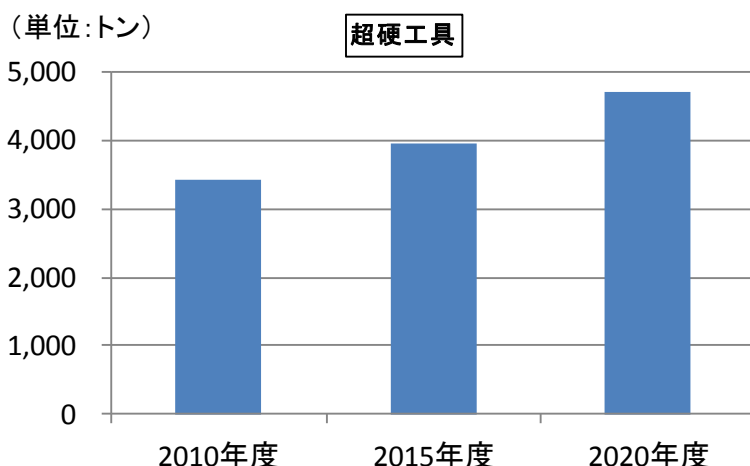
出典:2010年については工業レアメタル2011より。2015年以降の増加量については(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構:「平成21年度レアメタル関連データ収集等業務」に関する報告書より。

②レアメタル含有製品の排出量

i) レアメタル含有製品の排出見通し

タングステンを主な原材料としている超硬工具の排出量は今後増加する見込みである。

図表 1.18 タングステン含有製品の排出見通し



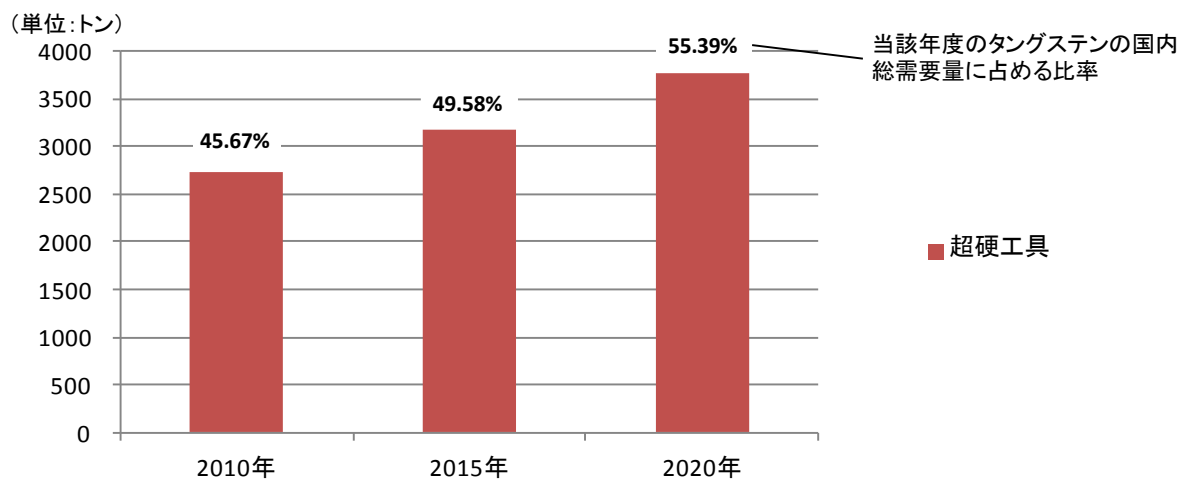
※超硬工具のタングステン含有率を80.2%として純分推計値より換算。

出典：使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会含有量調査データ、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：平成21年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書、経済産業省：平成19年度鉱物資源供給対策調査報告書、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会資料 ほか

ii) リサイクルにより確保できるレアメタル量のポテンシャル

タングステンを含有する使用済超硬工具のリサイクルによるポテンシャルは、2010年では国内需要に対して約46%、2020年では約55%となる見込みであり、既に高いポテンシャルを有している。

図表 1.19 タングステンのリサイクルによるポテンシャル\*



※ 仮に、過去の出荷製品が平均使用年数を経た後に全量排出・回収され、当該製品中のレアメタルを全量抽出できた場合に、1年間で確保できるレアメタル量。

出典：使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会含有量調査データ、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：平成21年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書、経済産業省：平成19年度鉱物資源供給対策調査報告書、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会資料 ほか

③技術開発動向

使用済超硬工具から超硬合金原料(タングステン)を再生する技術として、亜鉛処理法や化学処理法が既に実用化されている。

#### (4) タンタル

##### ① 需給動向

###### i) 供給の現状

2008年以降、コンゴ民主共和国鉱石の世界的な使用制限の動きにより、世界的に供給が不足している状況である。

また、資源価格については、2011年5月をピークに下落しつつあるものの変動が大きく、レアメタル価格が高騰する以前の2009年4月を基準価格としてみた場合、依然として高い水準となっている。

図表 1.20 タンタルの供給状況

国別鉱石生産量(2010年)

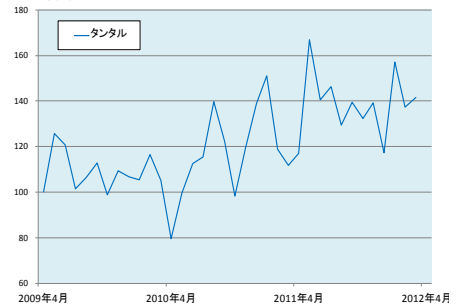
	国名	生産量 (トン)	割合
1位	ブラジル	180	26.9%
2位	モザンビーク	110	16.4%
3位	ルワンダ	100	14.9%
上位3カ国計		390	58.2%

輸入相手国(2010年)

	国名	輸入量 (トン)	割合
1位	アメリカ	336	48.3%
2位	タイ	89	12.8%
3位	中国	57	8.1%
上位3カ国計		482	69.2%

資源価格の推移

※基準価格:2009年4月=100



出典:財務省貿易統計(タンタル塊)

出典:MINERAL COMMODITY SUMMARIES、財務省貿易統計、工業レアメタル2011(参考値)。数値は純分換算値。

###### ii) 自給率

2010年時点での我が国におけるタンタルの自給率は、鉱山開発及びリサイクルともに0%であり、供給のほぼ全量を輸入に頼っているのが現状である。

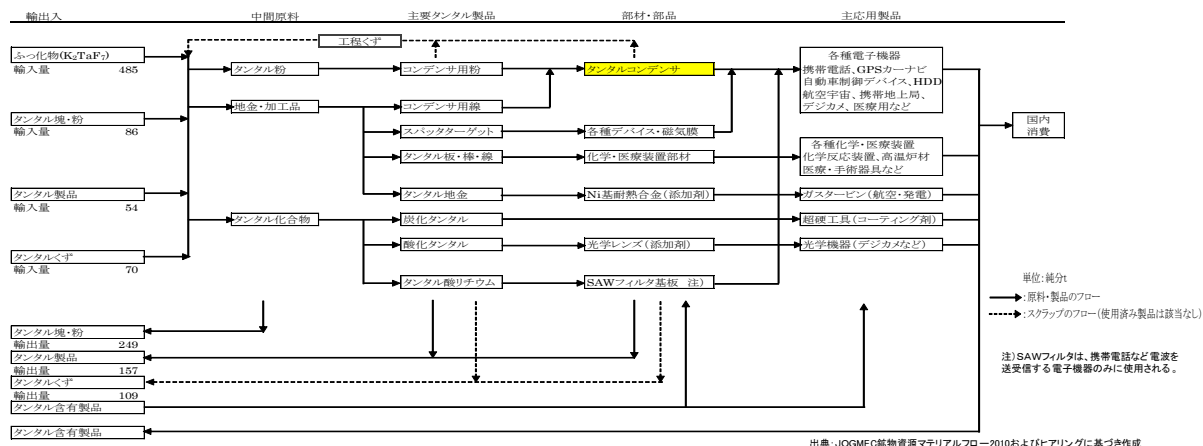
図表 1.21 タンタルの自給率

鉱山	0%
リサイクル	0%
計	0%

###### iii) 動脈側のマテリアルフロー

タンタルは主として酸化被膜の絶縁性を活かしてコンデンサの原材料に用いられており、最終製品として携帯電話、パソコン等、電気電子機器の基板等に幅広く使用されている。

図表 1.22 タンタルのマテリアルフロー



なお、タンタルコンデンサーの原料であるタンタル粉の成型や焼結工程など、製造工程で発生するタンタルスクラップやタンタルのリード線の端材等の工程くずは投入量のうち約2～3%程度であり、これら工程くずは、ほぼ全量がタンタル粉メーカーに戻されている。再度タンタル粉製造の原料としてリサイクルされるケースが多いが、一部は特殊鋼添加剤として鉄鋼需要が旺盛な中国等に輸出されていると見られる。

iv) 需要見通し

国内需要量は、タンタルコンデンサーを搭載する電気電子機器の需要は堅調に推移すると見込まれていることから、タンタルの需要についても引き続き堅調に推移することが見込まれる。

図表 1.23 タンタルの国内需要

	2010年	2015年	2020年
国内需要量 (単位:トン)	460	510	530

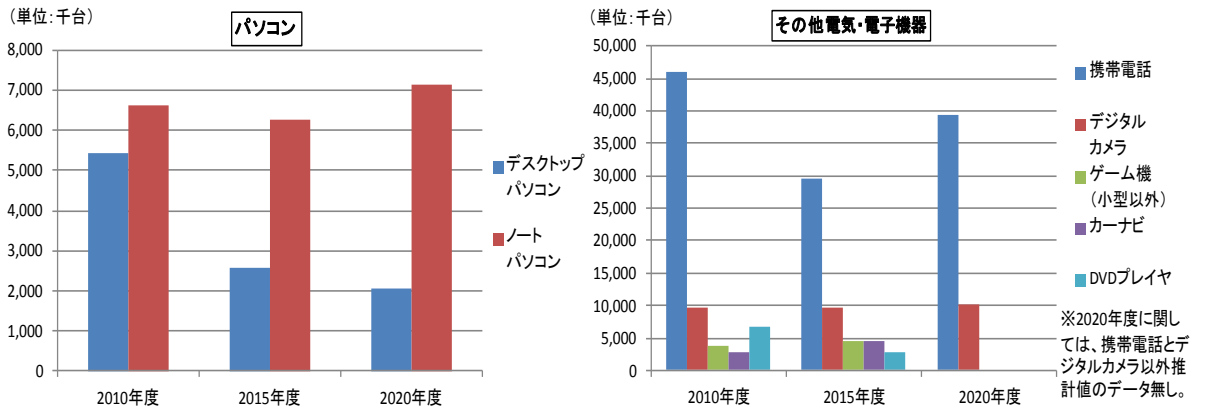
出典: 2010年については工業レアメタル2011より。2015年以降の増加量については(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構:「平成21年度レアメタル関連データ収集等業務」に関する報告書より。

②レアメタル含有製品の排出量

i) レアメタル含有製品の排出見通し

タンタルコンデンサーを搭載するパソコンやその他の電気電子機器の使用済製品の排出見通しは横ばいとなっている。

図表 1.24 タンタル含有製品の排出見通し

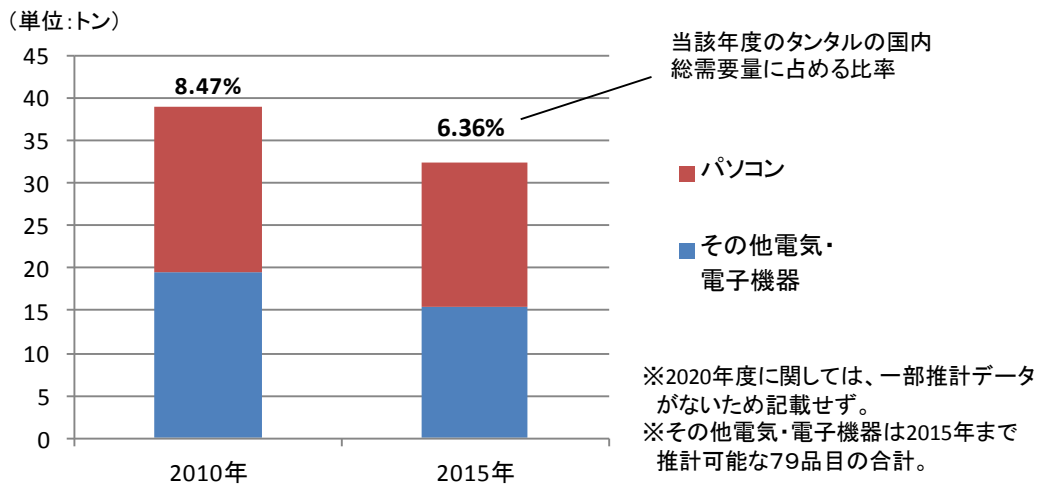


出典：使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会含有量調査データ、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：平成21年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書、経済産業省：平成19年度鉱物資源供給対策調査報告書、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会資料 ほか

ii) リサイクルにより確保できるレアメタル量のポテンシャル

タンタルを含有するパソコン及びその他電気電子機器の使用済製品のリサイクルによるポテンシャルは、2010年では国内需要に対して約8%、2015年では約6%となる見込みであり、一定程度のポテンシャルを有している。

図表 1.25 タンタルのリサイクルによるポテンシャル※



※ 仮に、過去の出荷製品が平均使用年数を経た後に全量排出・回収され、当該製品中のレアメタルを全量抽出できた場合に、1年間で確保できるレアメタル量。

出典：使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会含有量調査データ、(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構：平成21年度レアメタル関連データ収集等業務に関する報告書、経済産業省：平成19年度鉱物資源供給対策調査報告書、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会資料 ほか

③技術開発動向

使用済電子基板から電子素子を剥離し、剥離した電子素子からタンタルコンデンサーを選別濃縮する前処理技術については、個々の要素技術は開発されているものの、電子基板の種類等によって電子素子が剥離しにくい場合が

あるほか、処理プロセス全体の最適化が図られていない。また、使用済電気電子機器等から電子基板を選別回収する技術が開発されていない。

使用済タンタルコンデンサーからタンタルを回収する後処理技術は実用化されている。

## 2. 各製品のリサイクルに係る現状

これまで前項で見てきた5鉱種のレアメタルは、含有する製品が多岐にわっており数多く存在する。そこで主立った製品についてリサイクルによってどの程度のレアメタル量を確保できるかというポテンシャルの推計を行い、特にポテンシャルが高い、またはポテンシャルの増加が見込まれることが明らかである製品として、大型家電製品、次世代自動車、パソコン、二次電池、電気電子機器全般、超硬工具を検討の対象とした。

本項ではこれら各製品のリサイクルに係る現状について以下の通り整理する。

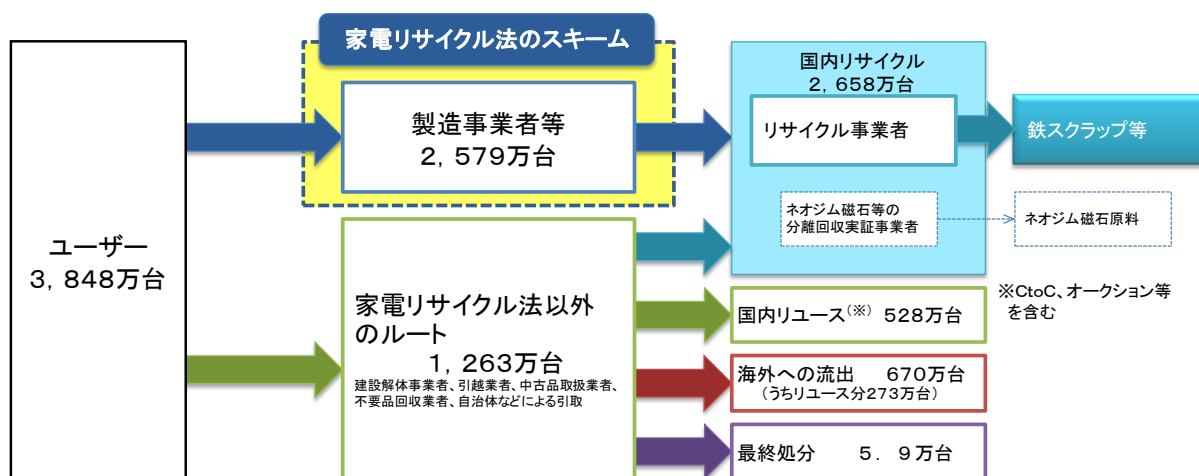
### (1) 家電4品目

#### ①使用済製品のマテリアルフロー

家電4品目については、主に一般家庭から排出され、家電リサイクル法に基づき、小売店等から製造事業者等に引き渡され、リサイクルプラントにおいてリサイクルされる。

家電リサイクル法に基づく回収台数は2,579万台で、リユースを除いた年間推計排出量3,047万台に対する回収率は約85%<sup>3</sup>となっている。

図表 2.1 家電4品目の静脈側マテリアルフロー



出典：産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会電気・電子機器リサイクルワーキンググループ 中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会家電リサイクル制度評価検討小委員会 第20回合同会合資料に基づき作成。

なお、一部の中間処理業者では、エアコンのコンプレッサーからネオジム磁石を選別し、国内磁石合金メーカーへ売却するが、多くは、ネオジム磁石は取り出されずに鉄くず等として処理されるケースや、鉄スクラップとして輸出されるケースが存在する。その他に不用品回収業者等を通じて海外流出されるケースが存在する。

また、中間処理業者の中には、国内磁石合金メーカー等においてどのような性状であれば買い取るか等の受入条件の情報発信を望む声があった。

更に、中古品輸出業者によって輸出されるものの中には、実際にはリユース

<sup>3</sup> 回収率の推計の対象年度は平成22年度であり、家電エコポイント制度の対象期間となる。



ス品ではないにも関わらずリユース品として輸出されている事例も存在する。

## ②消費者の排出意識（消費者アンケート調査より）

### i) 家電リサイクル制度の認知度

経済産業省が実施した消費者アンケート調査（H24.2）によると家電リサイクル制度の認知度は84.7%となっており、全く知らないと回答した人は5.8%であった。この結果から、家電リサイクル制度の認知度が他の制度に比べて高いと言える。

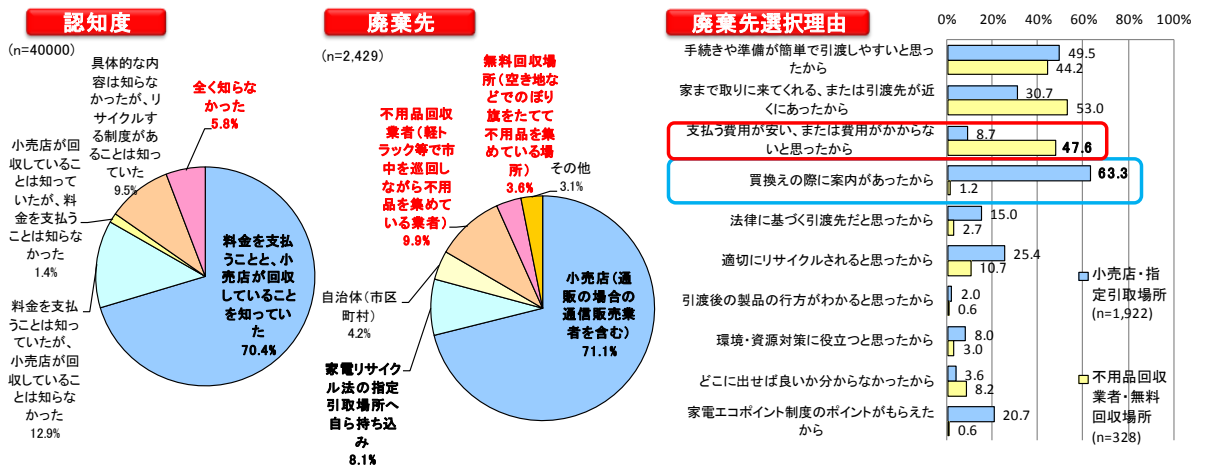
### ii) 廃棄先

実際に使用済家電を廃棄した人で、その廃棄先として制度上の廃棄先（小売店、指定引取場所）を選択した人は79.2%だったが、不用品回収業者等を選択した人も13.5%存在した。

### iii) 廃棄先決定理由

廃棄先に不用品回収業者等を選択した理由として「支払う費用が安い、またはかからない」ことを選択した人の割合は、制度上の廃棄先（小売店、指定引取場所）に廃棄した理由として同選択肢を選択した人の割合に比べ約5倍であった。また、制度上の廃棄先（小売店、指定引取場所）を選択した人の理由で最も高いものは「買換えの際の案内」であった。

図表 2.2 家電4品目の消費者アンケート結果



(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第22回)資料より)

## ③レアメタルの含有情報の共有状況（エアコンのコンプレッサーについて）

### i) レアメタルの含有状況

2011年に排出される使用済エアコンのうち、ネオジム磁石を含むも

の割合は5%<sup>4</sup>程度であり、それ以外については希土類を含まないフェライト磁石等が使用されている。今後、使用済エアコンのうちネオジム磁石を含むものの割合は増加する見込みである。(2020年：65%<sup>4</sup>)

ii) 含有情報の共有状況

レアメタルをリサイクルする場合、ネオジム磁石が搭載されたもののみを分別する必要があるが、コンプレッサーの外観からは、搭載されている磁石の種類(ネオジム磁石、フェライト磁石等)が判別できない。

現在、コンプレッサーからのネオジム磁石回収に取り組んでいる一部の事業者では、グループ内各メーカーからの情報提供により品番からネオジム磁石の含有有無を判断するケースやメーカーと中間処理業者との間で、機密保持契約を締結すること等より、ネオジム磁石含有有無に係る情報を共有するケースがある。他方、メーカーから情報を得られていない場合は、中間処理業者においてコンプレッサーを切断し、目視で含有の有無を判断するケースや自ら組成分析を行う等、含有情報の不足が中間処理業者におけるレアメタルリサイクルの妨げとなっているケースも存在する。

④レアメタルリサイクルの経済性分析(エアコンのコンプレッサーについて)

i) 算定範囲と条件の設定

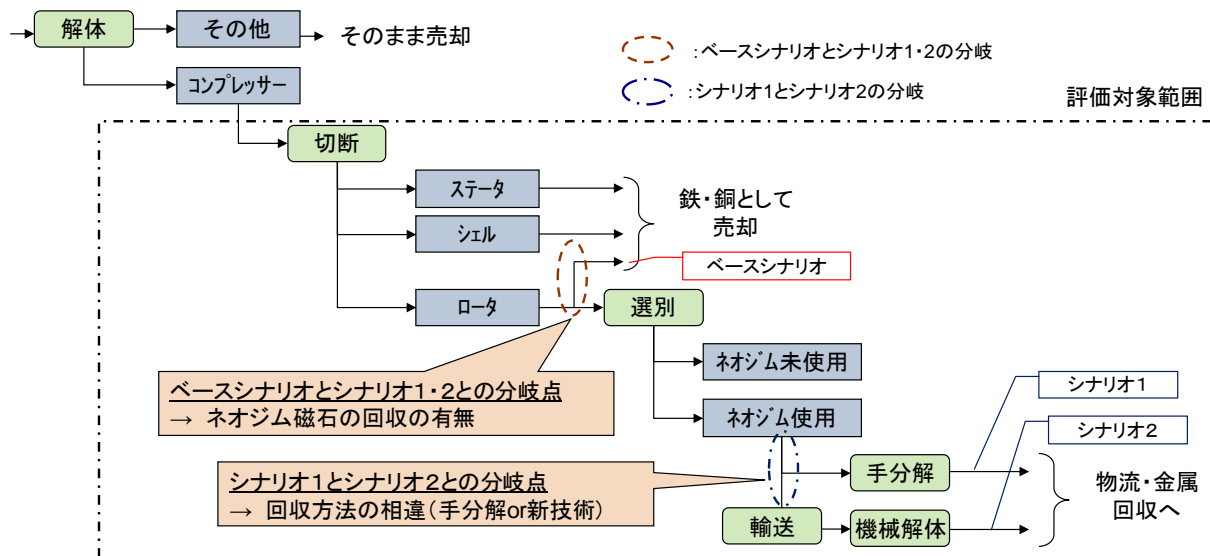
評価対象範囲はエアコンを解体し、コンプレッサーを取り出した以降とし、2010年と2020年において「ネオジム磁石回収なし」(ベースシナリオ)の場合と「ネオジム磁石回収あり」の場合について推計を実施した。

なお「ネオジム磁石回収あり」については、2010年は手解体(シナリオ1)、2020年は最新技術(シナリオ2)による機械解体を想定している。

---

<sup>4</sup>産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第16回)ヒアリング資料より

図表 2.3 エアコンの処理フローとシナリオ分岐



(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第22回)資料より)

## ii) 試算結果<sup>5</sup>

2010年の経済性を見ると「ネオジム磁石回収なし」の合計収支が「ネオジム磁石回収あり」の合計収支を上回る一方で、2020年では、エアコンのネオジム磁石の採用率の向上(5%→65%)やレアメタルリサイクル技術の進展等を要因として「ネオジム磁石回収あり」が「ネオジム磁石回収なし」より優位となった。

ただし、中間処理段階の収支では、「ネオジム磁石回収なし」が「ネオジム磁石回収あり」より優位となっていることから、レアメタルリサイクルが促進されるためには、金属回収段階での収入を一定程度中間処理段階に配分することが必要である。

<sup>5</sup>本試算は、あくまで議論の材料として、関係者ヒアリング及び既往調査等を踏まえ部分的に試算したものであることや、レアメタルを回収した場合、しない場合に比べ経済性が改善するのか悪化するのかを相対的に見ることを目的としているものであり、全体収支の数値がリサイクル事業の利潤を示すものではないことに留意が必要。

図表 2.4 エアコンの経済性分析結果（2010年～2020年）

（単位：百万円）

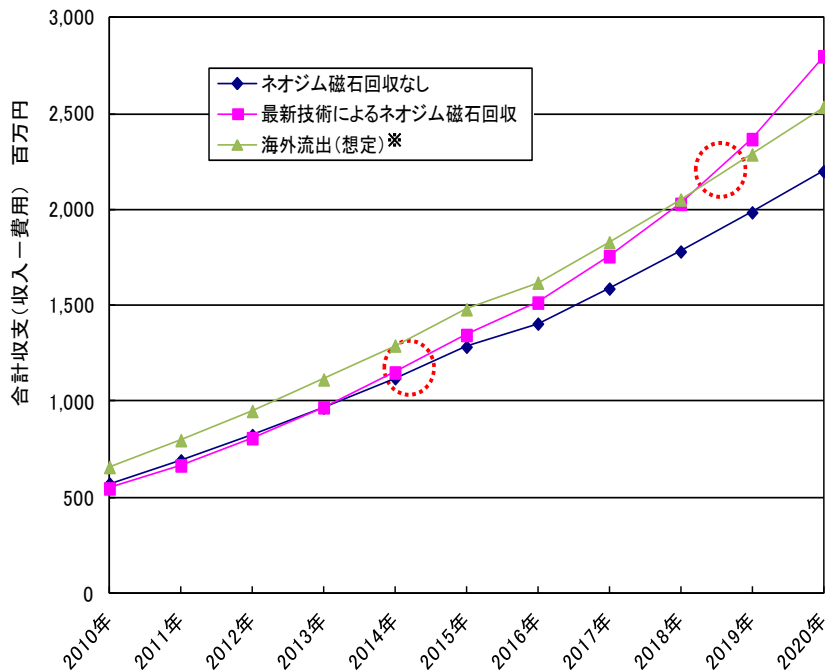
		2010年		2020年	
		ネオジム磁石なし	手分解によるネオジム磁石	ネオジム磁石なし	最新技術によるネオジム磁石
中間処理	費用	84	111	320	580
	収入	654	659	2,521	2,749
中間処理段階にお		571	548	2,200	2,169
金属回収	費用	—	9	—	442
	収入	—	21	—	1,073
金属回収段階にお		—	12	—	631
合計収支（収入－費用）		571	560	2,200	2,800
（回収りの合計収支）			-1		+60

（産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第22回）資料より）

iii) 感度分析（年度）

経済性分析結果をベースに、2010年以降毎年の合計収支の変化を試算したところ「ネオジム磁石回収あり」は、2014年以降に「ネオジム磁石回収なし」に比べて優位となり、海外流出を想定したケースに対しても、2018年以降に優位となった。

図表 2.5 2010年以降の経過年による感度分析結果



\*コンプレッサーを切断・解体せずに、そのまま海外輸出していると推測される事業者に売却した場合の試算。

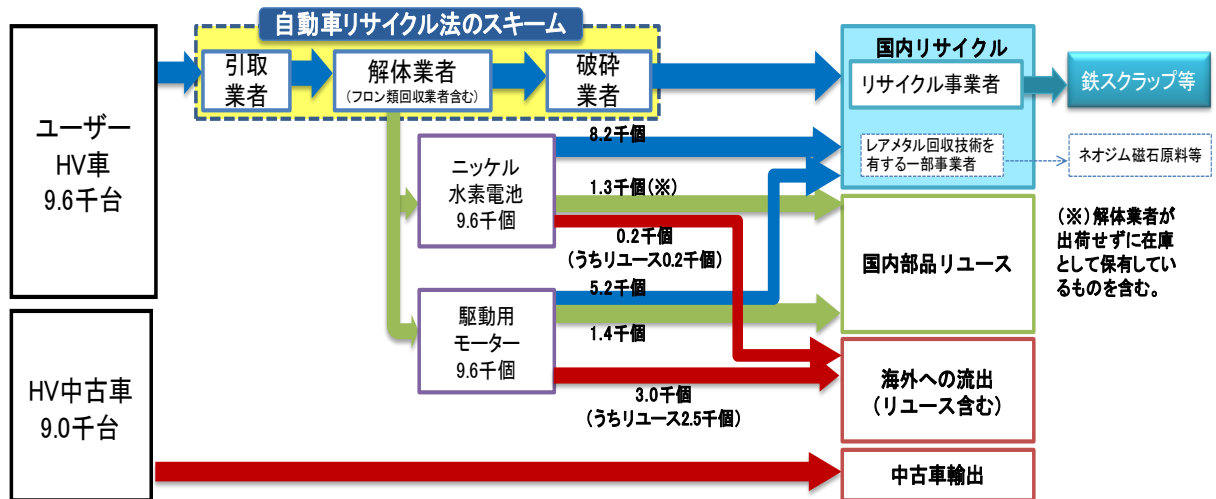
（産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第22回）資料より）

## (2) 次世代自動車（HV、PHEV、EV）

### ①使用済製品のマテリアルフロー

次世代自動車は一般家庭等から排出され、自動車リサイクル法に基づき、引取業者を通じて解体業者・破碎業者によりリサイクルされる。自動車リサイクル法に基づく回収台数は9.6千台で、中古車輸出を除き自動車の回収率はほぼ100%となっている。

図表 2.6 次世代自動車の静脈側マテリアルフロー



出所：株式会社経済研究所調査に基づき作成

しかしながら、自動車リサイクル法に違反し、エアバッグ類等未処理のまま輸出されるケースも存在する。

また、回収後に解体業者等を通じて部品等として海外流出するものが相当数存在する。

中でも次世代自動車の駆動用モーターは、自動車メーカーに売却されることもあるが、海外へ輸出されるものも約31%存在する。その一方で、次世代自動車のニッケル水素電池は、自動車メーカーに引き渡されることが多く、輸出されることは少ない。

なお、解体業者の中には、今後国内資源循環を進めるためには、解体業者だけでは難しく、自動車メーカーや非鉄製錬事業者等関連事業者との取引ルート構築が必要との声があったほか、自動車解体業者の業界団体からは、この業界は零細企業が多く、自動車メーカーや非鉄製錬事業者等に個社で交渉等することはなかなか難しいので、各社が協力して業界全体で進めていく必要があるとの声があった。

### ②レアメタルの含有情報の共有状況

#### i) レアメタルの含有状況

次世代自動車の駆動用モーターには、メーカーや車種によらず全てにネオジム磁石が使用されているが、自動車の電動パワステモーターについては、メーカー、車種、年式によって、搭載している磁石の種類（ネオジム磁石、

フェライト磁石等) が異なっている。

次世代自動車用電池では、ニッケル水素電池はメーカーや機種によらず全てにコバルトが使用されているが、リチウムイオン電池については、コバルトを含む三元系正極材のほか、コバルトを含まないマンガン系正極材などが存在しており、一台当たりのコバルト使用量の低減に向けた取組も進みつつある。

## ii) 含有情報の共有状況

次世代自動車の駆動用モーターおよびニッケル水素電池については、メーカーや機種にかかわらず、全てにレアメタルを含有していることから、レアメタルのリサイクル工程において、ネオジム磁石の含有情報の共有については課題となっていない。一方で、電動パワステ用モーターについては、搭載している磁石の種類が混在していることからネオジム磁石搭載車種を特定する必要がある。

またリチウムイオン電池については、外観からコバルトの含有有無が判別できないことや、有価金属（コバルト等）の含有量やリサイクルを阻害する成分の混入状況を確認するため、含有情報の把握が必要となるケースがある。そのため一部では、自動車用電池メーカー・正極材メーカーと製錬業者との間で機密保持契約を締結すること等により、製造工程で発生する屑や不良品中の含有情報を共有している場合も存在する。他方メーカーから情報が得られない場合は、製錬業者が自ら含有量分析・評価を実施しており、製錬業者におけるリサイクルの妨げとなっている場合も存在する。

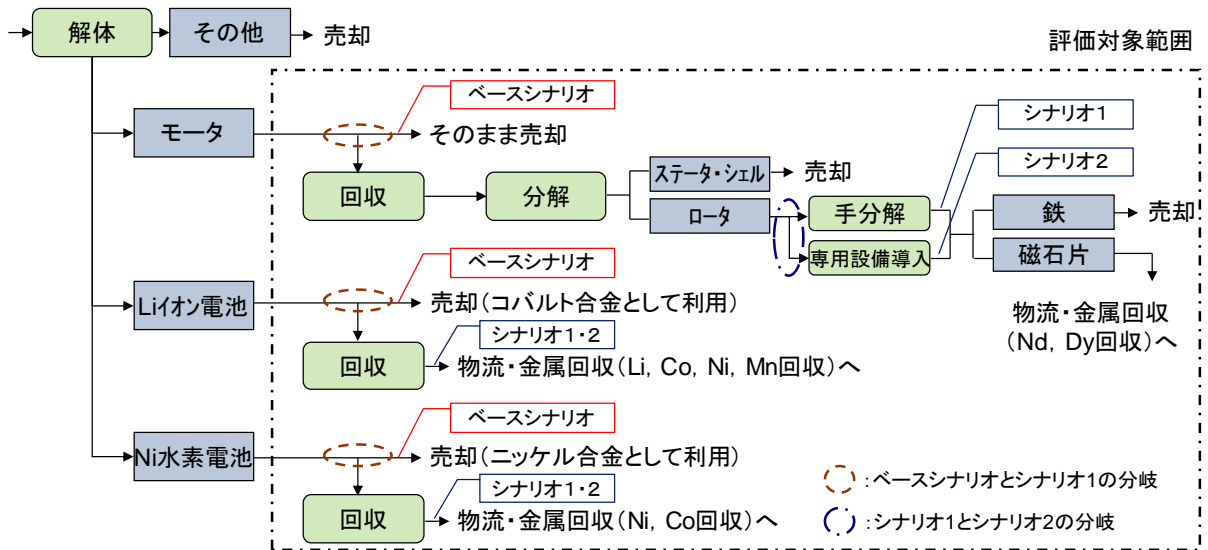
## ③レアメタルリサイクルの経済性分析

### i) 算定範囲と条件の設定

評価対象範囲は次世代自動車を解体し、「モーター（エンジンユニット）」、「電池」を取り出した以降とし、2010年と2020年において「レアメタル回収なし」（ベースシナリオ）の場合と「レアメタル回収あり」の場合について推計を実施した。

なお「レアメタル回収あり」については、2010年は手解体（シナリオ1）、2020年は専用設備導入（シナリオ2）によるレアメタル回収を想定している

図表 2.7 次世代自動車の処理フローとシナリオ分岐



(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会 (第22回) 資料より)

## ii) 試算結果<sup>6</sup>

2010年の経済性を見ると「レアメタル回収なし」の合計収支が「レアメタル回収あり」の合計収支を上回る一方で、2020年では、次世代自動車の排出量が増加したことやレアメタルリサイクル技術の進展等を要因として「レアメタル回収あり」が「レアメタル回収なし」より優位となった。

ただし、中間処理段階の収支では、依然として「レアメタル回収なし」が「レアメタル回収あり」より優位となっていることから、レアメタルリサイクルが促進されるためには、金属回収段階での収入を一定程度中間処理段階に配分することが必要である。

<sup>6</sup>本試算は、あくまで議論の材料として、関係者ヒアリング及び既往調査等を踏まえ部分的に試算したものであることや、レアメタルを回収した場合、しない場合に比べ経済性が改善するのか悪化するのかを相対的に見ることを目的としているものであり、全体収支の数値がリサイクル事業の利潤を示すものではないことに留意が必要。

図表 2.8 次世代自動車の経済性分析結果（2010年～2020年）

（単位：百万円）

		2010年		2020年	
		レアメタル回収なし	手分解によるレアメタル回収	レアメタル回収なし	専用設備導入によるレアメタル回収
中間処理	費用	0	63	0	483
	収入	33	24	866	653
中間処理段階における収支		33	-39	866	170
金属回収	費用	-	50	-	854
	収入	-	78	-	1,867
金属回収段階における収支		-	28	-	1,012
合計収支※(収入-費用)		33	-11	866	1,182
（回収ありの合計収支）-（回収なしの合計収支）			-44		+316

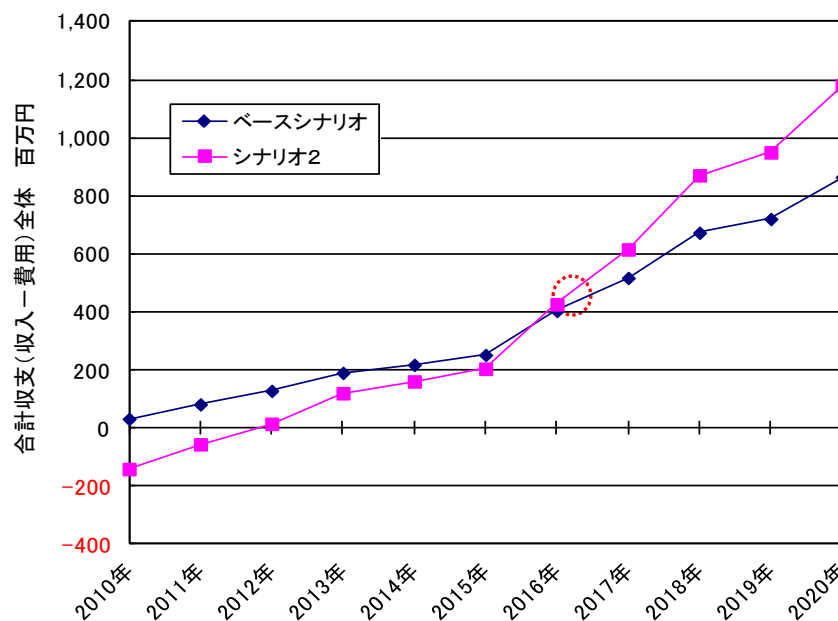
※合計収支については、レアメタル含有部品の買取価格が評価対象外となっていることに留意が必要。

（産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第22回）資料より）

iii) 感度分析（年度）

経済性分析結果をベースに、2010年以降毎年の合計収支の変化を試算したところ、2016年以降に「レアメタル回収あり」が「レアメタル回収なし」に比べて優位となった。

図表 2.9 2010年以降の経過年による感度分析結果



（産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第22回）資料より）

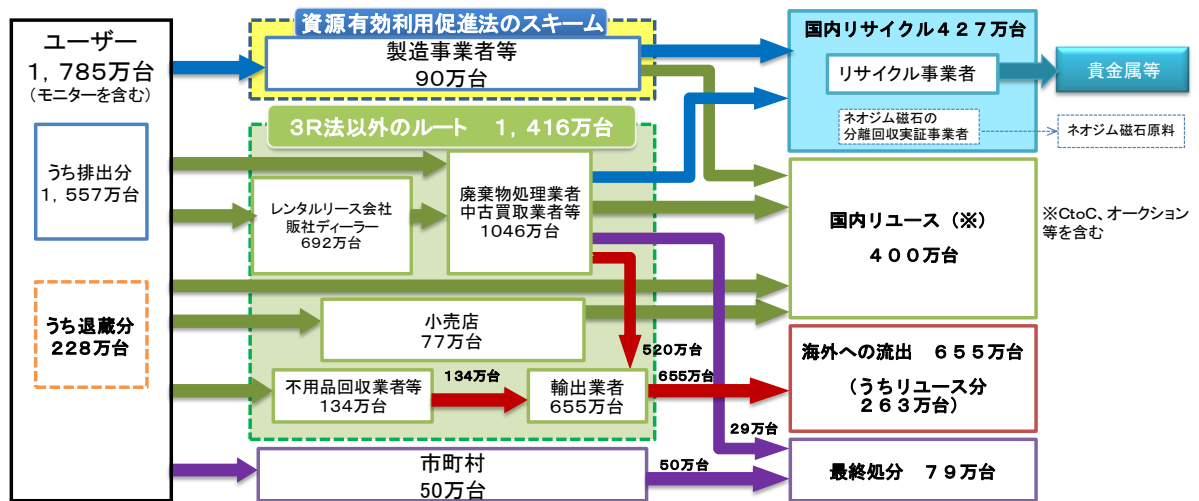


### (3) パソコン

#### ①使用済製品のマテリアルフロー

パソコンについては、一般家庭及び事業者より排出され、資源有効利用促進法に基づきゆうパック等を活用し、パソコンメーカーにより回収・リサイクルされる。資源有効利用促進法に基づく回収量は90万台で、リユースを除いた年間推計排出量893万台に対する回収率<sup>7</sup>は約10%となっている。

図表 2.10 パソコンの静脈側マテリアルフロー



一方、中古買取業者や不用品回収業者等を通じて海外に流出するものや市町村により最終処分場に埋め立てられているものも相当数存在するほか、回収されても鉄くず等として処理されたり、スクラップとして輸出されるケースも存在する。

なお、中間処理業者の中には、ハードディスク (HDD) からネオジウム磁石を解体・選別し、国内磁石合金メーカーへ廃磁石として売却しているケースも存在する。

また、一部の中間処理業者からは、国内資源循環に向けるため、適切にリサイクルできる事業者など関係者間での国内資源循環ルートの構築を望む声のほか、使用済パソコンを抱えている国内リース会社の入札では、ほとんど中国系の企業に買い負けているとの声もあった。

#### ②消費者の排出意識 (消費者アンケート調査より)

##### i) パソコンリサイクル制度の認知度

経済産業省が実施した消費者アンケート調査 (H24. 2) によると資源有効

<sup>7</sup>年間推計排出量から退蔵分及びリユース分を除いたものを分母としたもの。なお、分母には一部有価取引のものを含むことに留意が必要。

利用促進法に基づくパソコンリサイクル制度の認知度は21.6%で、全く知らないと回答した人は55.0%であった。この結果からパソコンリサイクル制度の認知度は、他の制度に比べて低いと言える。

## ii) 廃棄先

実際に使用済パソコンを廃棄した人で、その廃棄先としてパソコンメーカーを選択した人は22.1%であったが、不用品回収業者等を選択した人も30.2%存在した。なお、廃棄先として最も高かったのは小売店の35.9%であった。

## iii) 希望廃棄先

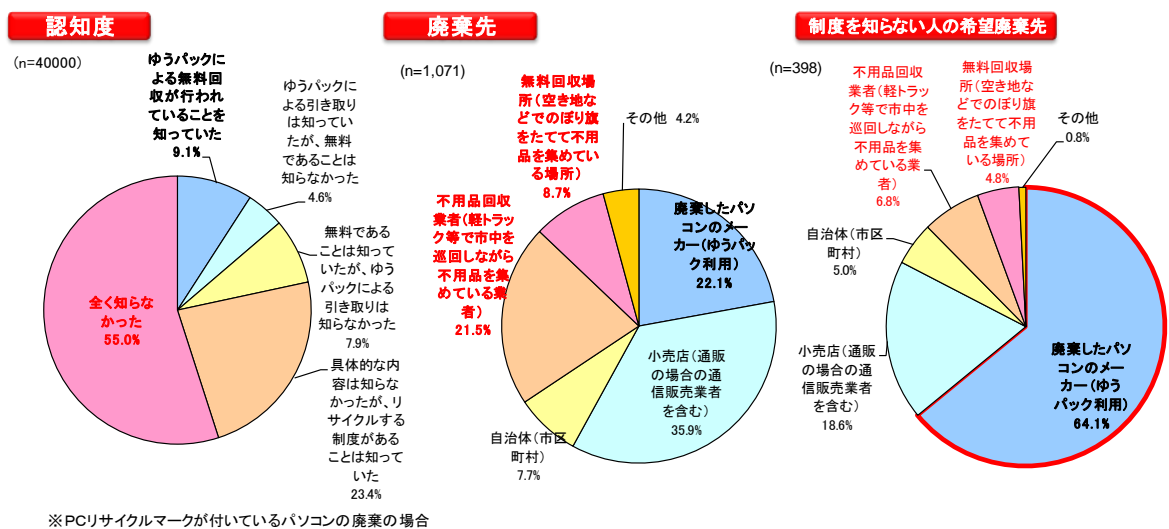
使用済パソコンのリサイクル制度を知らない人で、実際の廃棄先としてパソコンメーカーを選択した人は8.0%だったが、PCリサイクルマークが貼付されたパソコンは排出時に無料でパソコンメーカーが回収することを理解すると、パソコンメーカーを希望廃棄先と選択する人が64.1%まで増加した。

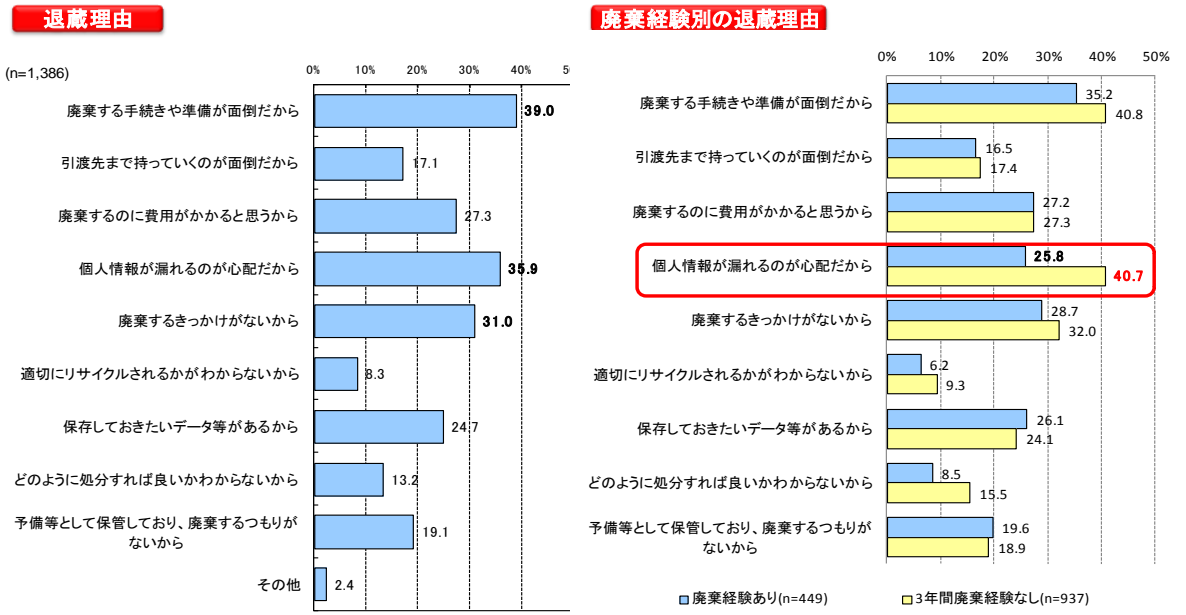
## iv) 退蔵理由

使用済パソコンを家庭内に退蔵している人の割合は46.7%で、その退蔵理由として「手続きや準備が面倒」が39%、「個人情報漏洩を心配」が35.9%、「きっかけがない」が31%の順であった。

なお、退蔵している人は、廃棄経験者に比べ、個人情報の漏洩を心配している割合が約1.5倍となっている。

図表 2.11 パソコンの消費者アンケート結果





(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会 (第22回) 資料より)

### ③レアメタルの含有情報の共有状況

#### i) レアメタルの含有状況

パソコンのHDDについては、メーカーや機種によらず全てにネオジム磁石が使用されている。

#### ii) 含有情報の活用状況

パソコンのHDDについては、メーカーや機種によらず全てにレアメタルを含有していることから、レアメタルのリサイクル工程において、ネオジム磁石の含有情報の共有については課題となっていない。

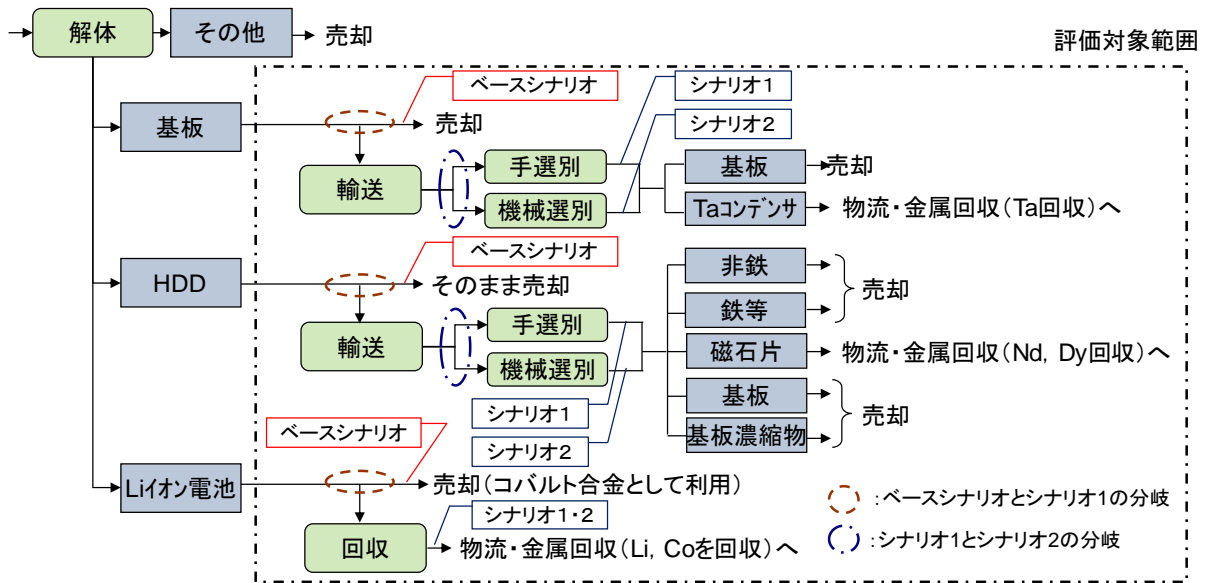
### ④レアメタルリサイクルの経済性分析

#### i) 算定範囲と条件の設定

評価対象範囲はパソコン（ノート型、デスクトップ型）を解体し、「基板」「HDD」「リチウムイオン電池」を取り出した以降とし、2010年と2020年において「レアメタル回収なし」（ベースシナリオ）の場合と「レアメタル回収あり」の場合について推計を実施した。

なお「レアメタル回収あり」については、2010年は手解体（シナリオ1）、2020年は機械設備導入（シナリオ2）による機械解体・機械選別を想定している。

図表 2.12 パソコンの処理フローとシナリオ分岐



(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会 (第22回) 資料より)

ii) 試算結果<sup>8</sup>

パソコン全体での経済性については、2010年、2020年ともに「レアメタル回収あり」の合計収支が「レアメタル回収なし」の合計収支より優位となることはなかった。

図表 2.13 パソコンの経済性分析結果 (2010年~2020年)

(単位: 百万円)

		2010年		2020年	
		レアメタル回収なし	手分解によるレアメタル回収	レアメタル回収なし	機械解体によるレアメタル回収
中間処理	費用	0	179	0	54
	収入	926	945	568	573
中間処理段階における収支		926	766	568	518
金属回収	費用	-	38	-	35
	収入	-	50	-	41
金属回収段階における収支		-	12	-	6
合計収支(収入-費用)		926	778	568	524
(回収ありの合計収支)-(回収なしの合計収支)			-148		-44

(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会 (第22回) 資料より)

そこで、2020年における構成部品毎(基板・HDD・リチウムイオン電池)の経済性をみたところ基板については、「Taコンデンサ回収あり」が、「Taコンデンサ回収なし」を上回ることはなく、HDDについても「ネ

<sup>8</sup>本試算は、あくまで議論の材料として、関係者ヒアリング及び既往調査等を踏まえ部分的に試算したものであることや、レアメタルを回収した場合、しない場合に比べ経済性が改善するのかわ悪化するのかわを相対的に見ることを目的としているものであり、全体収支の数値がリサイクル事業の利潤を示すものではないことに留意が必要。

「ネオジム磁石回収あり」が「ネオジム磁石回収なし」を上回ることにはなかった。一方リチウムイオン電池については、合計収支がプラスに転じることはないものの「湿式製錬によるLi、Co、Ni等回収あり」が「Li、Co、Ni等回収なし」を若干上回る結果となった。

図表 2.14 パソコンの構成部品毎における経済性分析結果（2020年）

（単位：百万円）

対象部品	基板のみを対象とした場合		HDDのみを対象とした場合		リチウムイオン電池のみを対象とした場合	
	Taコンデンサ回収なし	機械解体によるTaコンデンサ回収	ネオジム磁石回収なし	機械解体によるネオジム磁石回収	Li、Co、Ni等回収なし	湿式製錬によるLi、Co、Ni等回収
合計収支(収入-費用)	564	529	10	1	-6	-5
(回収ありの全体収支)-(回収なしの合計収支)		-35		-9		+1

（産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第22回）資料より）

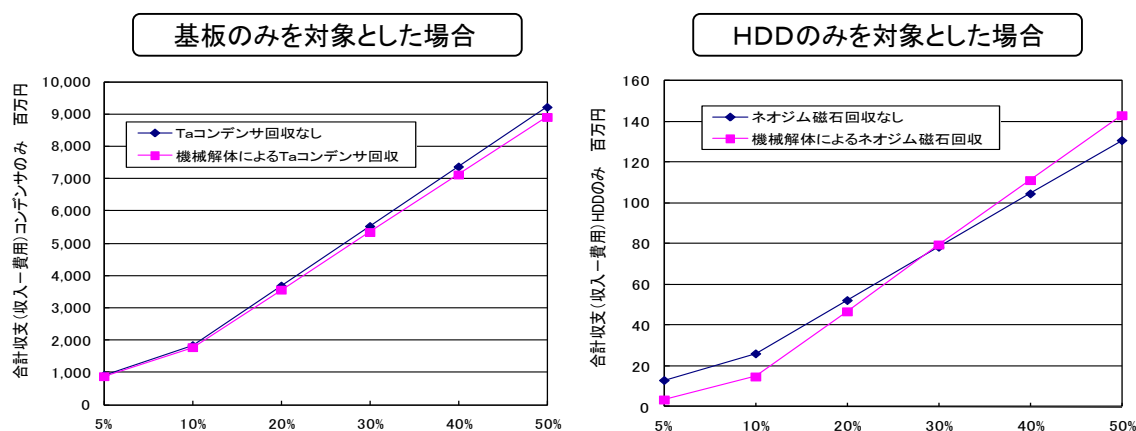
### iii) 感度分析（回収率）

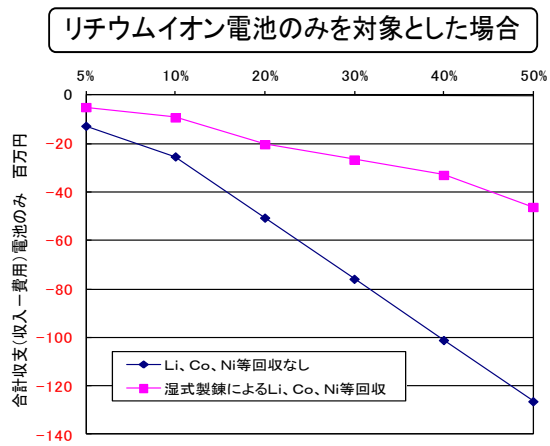
2020年におけるパソコンの構成部品毎の経済性分析結果をベースに、回収率が変化した場合の合計収支の変化を試算したところ、基板については、回収率が向上しても「Taコンデンサ回収あり」が、「Taコンデンサ回収なし」を上回ることにはなかった。

またHDDについては、回収率が30%以上となることで、「ネオジム磁石回収あり」が「ネオジム磁石回収なし」より優位となることから回収率の向上が課題となった。

またリチウムイオン電池については、回収率が向上しても、合計収支がプラスに転じることはないものの「Li、Co、Ni等回収あり」が「Li、Co、Ni等回収なし」を上回る結果となった。

図表 2.15 構成部品毎における回収率による感度分析結果





(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第22回)資料より)

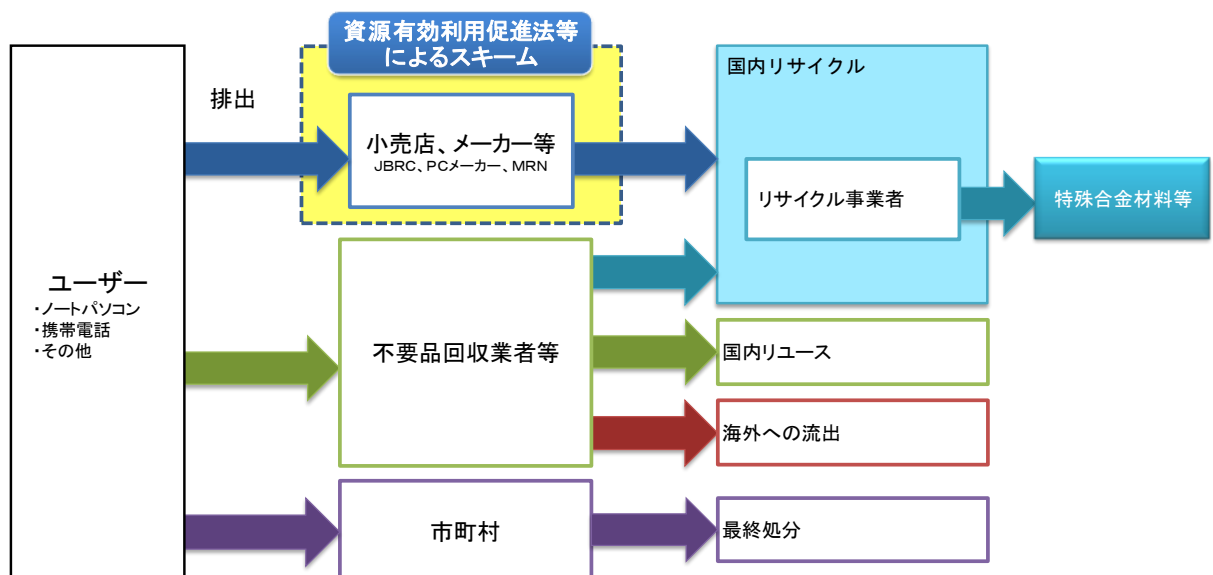
#### (4) 小形二次電池<sup>9</sup>

##### ①使用済製品のマテリアルフロー

使用済小形二次電池については、一般家庭及び事業者より排出され、資源有効利用促進法に基づき、電池メーカーと電池使用製品メーカー等による回収が行われており、電池単体での排出と、製品（パソコン・携帯電話等）と一体となった排出の2通りが存在している。

電池単体での排出の場合、電池メーカーと電池使用製品メーカー等が参画したJ B R C（Japan Portable Rechargeable Battery Recycling Center）により設置された回収ボックス等にてJ B R C会員である電池メーカーと電池使用製品メーカー等の使用済小形二次電池の回収が行われている。一方、製品と一体となった排出の場合、パソコンについては資源有効利用促進法に基づく使用済パソコン回収スキームのなかでパソコンメーカー等により回収され、携帯電話については、携帯電話メーカーと通信事業者が設立したモバイル・リサイクル・ネットワーク（MRN）における使用済み携帯電話の回収取組のなかで、携帯電話ショップ等での回収が行われている。

図表 2.16 小形二次電池の静脈側のマテリアルフロー



出典：産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第15回）資料より。

なお、J B R C が回収ボックス等を設置し回収した小形二次電池単体については、国内非鉄製錬事業者や電池リサイクル業者に引き渡されるため、輸出されるものはほとんどない。また、メーカー等による回収スキームにおいてパソコン・携帯電話と一体となって回収された小形二次電池についても、電池の取り扱い不良等によって発火等の可能性があるため、必ず選別され、電池リサイクル業者に引き渡されるので、輸出されるものはほと

<sup>9</sup>小形二次電池におけるレアメタルリサイクルの経済性分析については、33 ページのパソコン、41 ページの携帯電話の経済性分析を参照。

んどない。

一方、小型電子機器等と一体となって排出されたもののうち、市町村により最終処分場に埋め立てられてしまうものや、不用品回収業者等を通じて海外に流出してしまうものなども一部存在する。

## ②消費者の排出意識（消費者アンケート調査より）

### i) 小形二次電池回収制度の認知度

経済産業省が実施した消費者アンケート調査（H24.2）によると資源有効利用促進法に基づく使用済小形二次電池の回収制度の認知度は52.8%で、知らないと回答した人は28.4%であった。

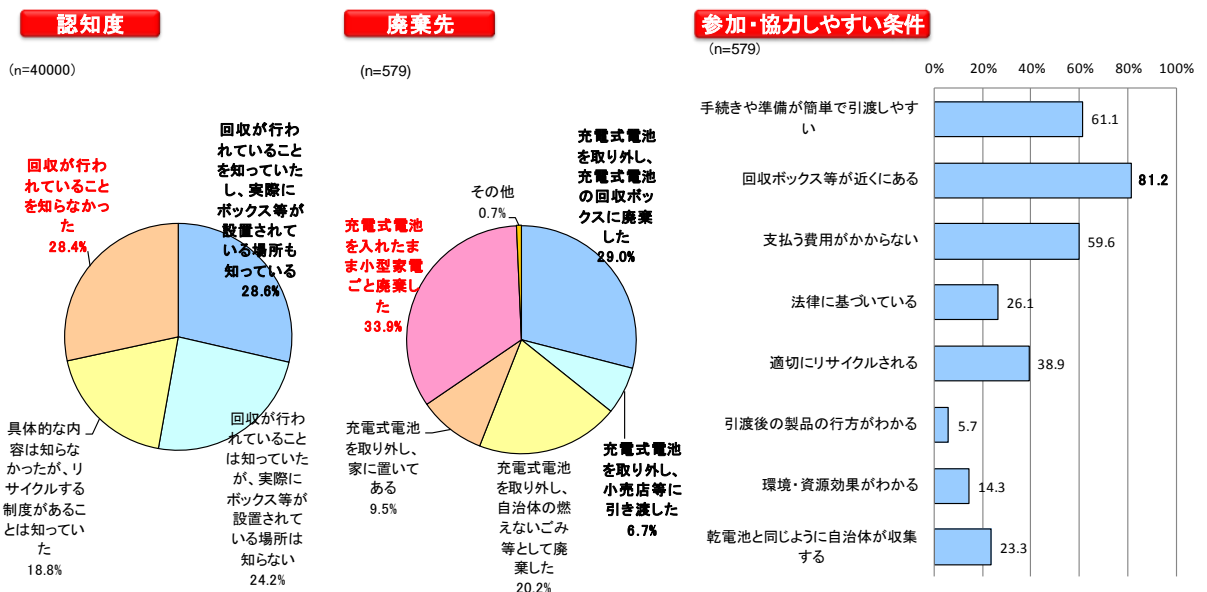
### ii) 廃棄先

実際に使用済小形二次電池を廃棄した人で、その廃棄先として回収ボックスや小売店等を選択した人は35.7%で、小型電子機器等と一緒に廃棄した人は33.9%であった。

### iii) 使用済小形二次電池回収制度に参加・協力しやすい条件

使用済小形二次電池の回収制度にどのような条件であれば参加・協力しやすいか聞いたところ「回収ボックス等が近くにあること」を選択する割合が81.2%で最も高かった。

図表 2.17 小形二次電池の消費者アンケート結果



（産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第22回）資料より）

## ③レアメタルの含有情報の共有状況

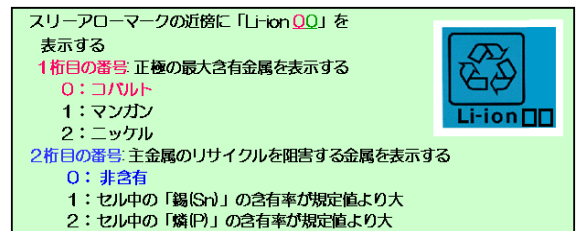
### i) レアメタルの含有状況



小形リチウムイオン電池については、コバルト含有量が高いコバルト系正極材のほか、コバルト含有量が低い三元系正極材、ニッケル主成分のニッケル系、コバルトを殆ど含有しないマンガン系正極材や鉄系正極材が存在する。2010年にJBRCが回収した使用済みリチウムイオン電池のうち、コバルト系正極材の割合は78%※であり、コバルト系以外の正極材の割合が増加しつつある。

ii) 含有情報の活用状況

電池メーカーにおいて、正極材の含有金属情報等を電池に表示する取組を実施※しており、一部のリサイクル業者は、その識別表示に基づき、使用済み電池を正極材の種類毎に分別して処理を行っており、コバルトの含有情報の共有については課題となっていない。



※産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第17回）資料より

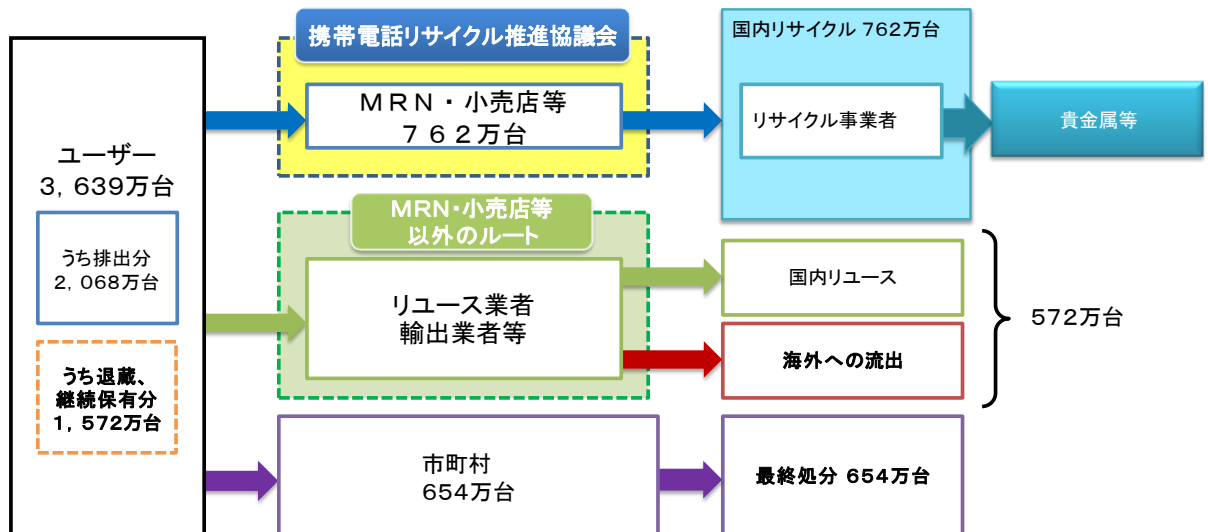
## (5) 携帯電話

### ①使用済製品のマテリアルフロー

携帯電話については、主に一般家庭から排出され、携帯電話リサイクル推進協議会（MRN・小売店等）により回収・リサイクルされる。

携帯電話リサイクル推進協議会による回収量は762万台で、退蔵分を除いた年間推計排出量2,068万台に対する回収率37%となっている。

図表 2.18 携帯電話の静脈側マテリアルフロー



出典：中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会小型電気電子機器リサイクル制度及び使用済製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会（H23年度）資料に基づき作成。

なお、家庭内退蔵されるもの<sup>10</sup>が相当数存在するほか、市町村により最終処分されるものや海外流出するものも一定量存在する。

### ②消費者の排出意識（消費者アンケート調査より）

#### i) 携帯電話ショップ等での引き取り制度の認知度

経済産業省が実施した消費者アンケート調査（H24.2）によると携帯電話ショップ等での引き取り制度の認知度は60.4%で、全く知らないと回答した人は19.5%であった。

#### ii) 廃棄先

使用済携帯電話を実際に廃棄した人で、その廃棄先として携帯電話ショップを選択した人は85.6%、家電量販店等が9.3%となっており、ほとんどの消費者は携帯電話ショップ等に引き渡しているとの結果となった。

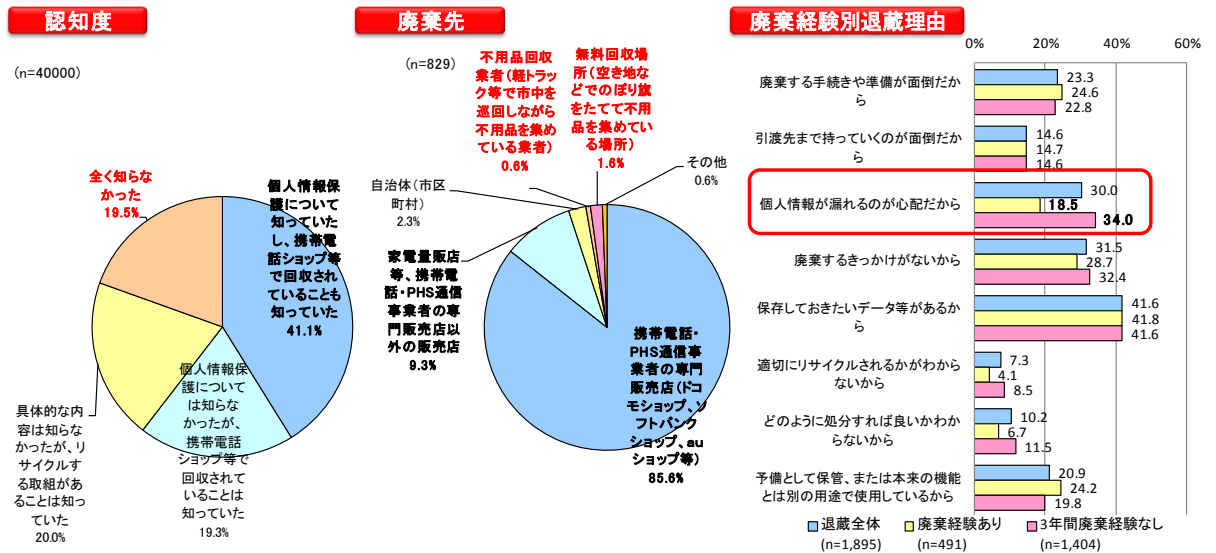
#### iii) 退蔵理由

使用済携帯電話を家庭内に退蔵している人の割合は63.9%と他の品

<sup>10</sup>電話以外の用途での継続利用等するケースもあり留意が必要。

目に比べ、退蔵割合が高い。またその退蔵理由としては「保存しておきたいデータがある」が41.6%、「きっかけがない」が31.5%、「個人情報漏洩が心配」が30%の順となっている。退蔵している人は、廃棄経験者に比べ、個人情報の漏洩を心配している割合が倍近く高い。

図表 2.19 携帯電話の消費者アンケート結果



(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第22回)資料より)

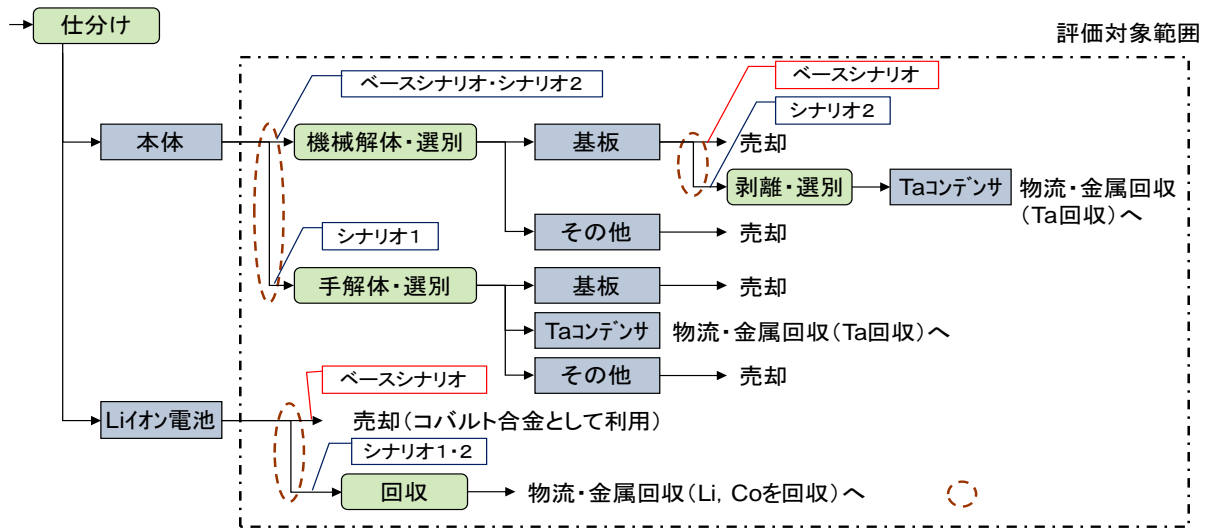
### ③レアメタルリサイクルの経済性分析

#### i) 算定範囲とシナリオの設定

評価対象範囲は回収された携帯電話を本体とリチウムイオン電池に仕分けした以降とし、2010年と2020年において「レアメタル回収なし」(ベースシナリオ)の場合と「レアメタル回収あり」の場合について推計を実施した。

なお「レアメタル回収あり」については、2010年は手解体(シナリオ1)、2020年は専用設備導入(シナリオ2)によるレアメタル回収を想定している。

図表 2.20 携帯電話の処理フローとシナリオ分岐



(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第22回)資料より)

ii) 試算結果<sup>11</sup>

携帯電話全体での経済性については、2010年、2020年ともに「レアメタル回収あり」の合計収支が「レアメタル回収なし」の合計収支より優位となることはなかった。

図表 2.21 携帯電話の経済性分析結果(2010年~2020年)

(単位: 百万円)

		2010年		2020年	
		レアメタル回収なし	手分解によるレアメタル回収	レアメタル回収なし	専用設備導入によるレアメタル回収
中間処理	費用	44	579	44	97
	収入	1,174	1,639	999	972
中間処理段階における収支		1,130	1,060	955	875
金属回収	費用	—	65	—	42
	収入	—	90	—	56
金属回収段階における収支		—	25	—	15
合計収支(収入-費用)		1,130	1,085	955	890
(回収ありの合計収支)-(回収なしの合計収支)			-45		-65

(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第22回)資料より)

そこで、2020年における構成部品毎(基板・リチウムイオン電池)の経済性をみたところ、基板については、「Taコンデンサ回収あり」が「Taコンデンサ回収なし」を上回ることはなく、リチウムイオン電池については、合計収支がプラスに転じることはないものの「Li、Co、Ni等回収あり」が「Li、Co、Ni等回収なし」を上回る結果となった。

<sup>11</sup>本試算は、あくまで議論の材料として、関係者ヒアリング及び既往調査等を踏まえ部分的に試算したものであることや、レアメタルを回収した場合、しない場合に比べ経済性が改善するのかわ悪化するのかわを相対的に見ることを目的としているものであり、全体収支の数値がリサイクル事業の利潤を示すものではないことに留意が必要。

図表 2.22 携帯電話の構成部品毎における経済性分析結果（2020年）

（単位：百万円）

対象部品	基板(Taコンデンサ)のみを対象とした場合		リチウムイオン電池のみを対象とした場合	
	Taコンデンサ 回収なし	機械解体による Taコンデンサ 回収	Li、Co、Ni等 回収なし	湿式製錬による Li、Co、Ni等 回収
合計収支(収入-費用)	970	897	-15	-6
(回収ありの全体収支)-(回収なしの合計収支)		<b>-73</b>		<b>+9</b>

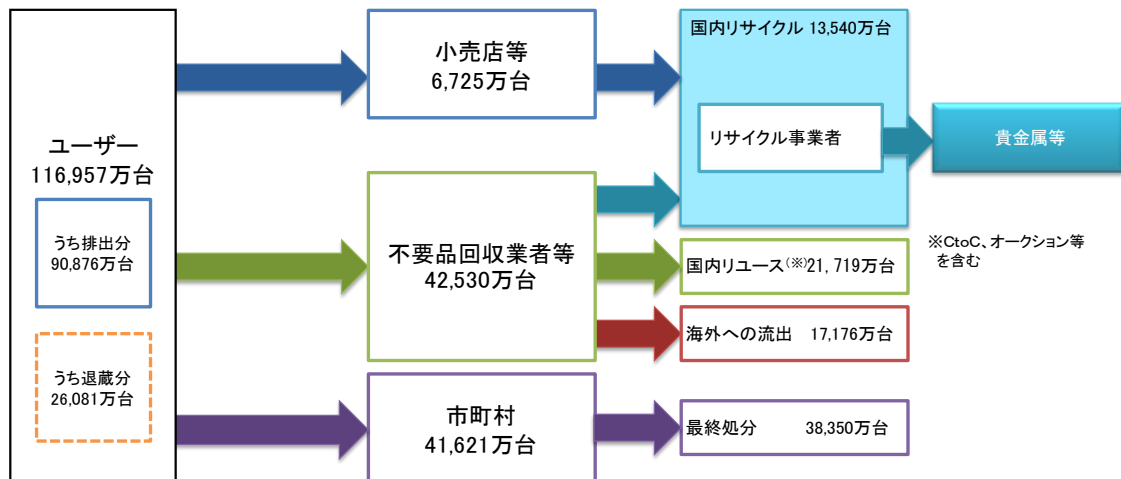
（産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会（第22回）資料より）

## (6) 小型電子機器等

### ①使用済製品のマテリアルフロー

小型電子機器等については、主に一般家庭から排出され、大半が一般廃棄物として自治体により埋立・焼却処理されている。国内リサイクル量は13,540万台となっている。

図表 2.23 小型電子機器等の静脈側のマテリアルフロー



出典：中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会小型電気電子機器リサイクル制度及び使用済製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会（H23年度）資料に基づき作成。  
 ※上記小委員会の検討対象品目から、携帯電話、パソコン、カー用品を除いた80品目。

なお、小売店等を通じてリユース・リサイクルされているものや、海外流出しているものも存在するほか、市町村が実施する使用済小型電子機器等の入札で、雑品として海外へ輸出する業者に買い負けてしまうことが多いとの声があった。

### ②消費者の排出意識（消費者アンケート調査より）

#### i) 廃棄先

経済産業省が実施した消費者アンケート調査（H24.2）によると、使用済小型電子機器等を実際に廃棄した人で、その廃棄先として自治体を選択した人は53.7%で、小売店が23.0%、不用品回収業者等が17.4%であった。

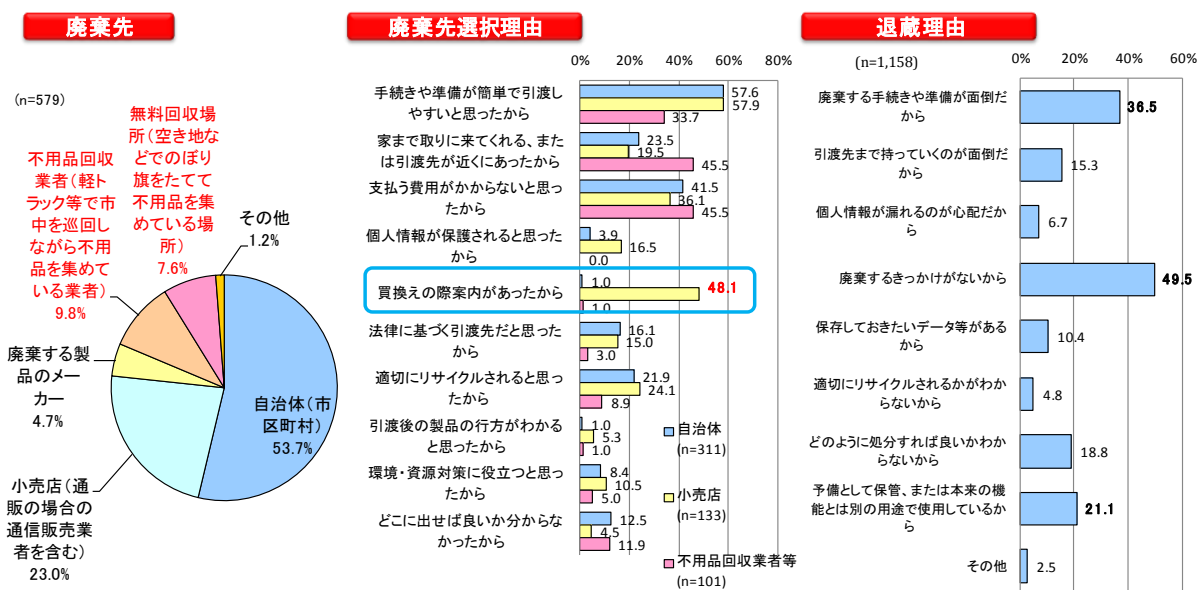
#### ii) 廃棄先決定理由

廃棄先として小売店を選択した理由として「買換えの際に案内があったから」を選択した人が48.1%となっており、他の廃棄先に比べて高い。

#### iii) 退蔵理由

使用済小型電子機器等を家庭内に退蔵している人の割合は39.0%で、その退蔵理由として「きっかけがない」が49.5%、「手続等が面倒」が36.5%、「予備として保管」が21.1%の順であった。

図表 2.24 小型電子機器等の消費者アンケート結果



(産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会(第22回)資料より)

### ③レアメタルの含有情報の共有状況

#### i) レアメタルの含有状況

携帯電話・パソコンを含む電気電子機器等の基板全般については、タンタルコンデンサーのほか、タンタルを含まないアルミ電解コンデンサ、セラミックコンデンサなども電気電子機器等の基板に搭載されている。なお、携帯電話等の一部用途においてセラミックコンデンサへの代替が進展している。

#### ii) 含有情報の共有状況

現在、基板に含まれるタンタルコンデンサーの有無に関する情報共有は行われておらず、一部のリサイクル業者の取組として、自動化装置によりタンタルコンデンサーを選別する場合や目視により手選別する場合など様々なケースが存在する。

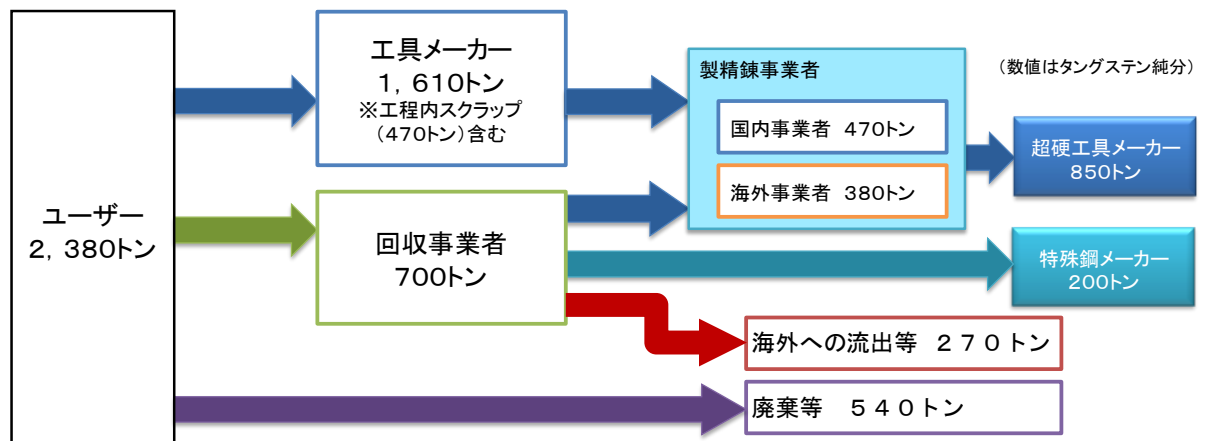
今後、使用済電気電子機器等からタンタルコンデンサーを回収する前処理の技術開発が行われ、当該技術が実用化された場合、レアメタルの含有情報の共有は課題ではなくなる見込みである。

## (7) 超硬工具

### ①使用済製品のマテリアルフロー

超硬工具については、主に自動車メーカー等の製造事業者から排出され、超硬工具メーカー及び回収事業者を通じて、製錬事業者や特殊鋼メーカーにおいてリサイクルされる。国内超硬工具メーカーへの還流量は850トンで、年間推計排出量に対する回収率は30%（排出量、回収量ともに工程内スクラップを含む）となっている。

図表 2.25 超硬工具の静脈側のマテリアルフロー



出典：三菱UFJリサーチ&コンサルティング「3Rシステム化可能性調査事業（超硬工具スクラップの回収促進事業）」（平成23年）に基づき作成。

なお、超硬工具メーカーにて回収された超硬工具スクラップは国内製錬または海外にて委託製錬が行われ、超硬工具原料としてリサイクルされる。

一方で、超硬工具回収事業者にて回収された場合は、国内外製錬事業者や国内特殊鋼メーカーへ売却される他、海外へ輸出されるケースや、リサイクルの必要性が認識されず、廃棄されるものが存在する。

超硬工具協会からは、回収量増加のために超硬工具ユーザー向けの排出ガイドラインを作成した上で、超硬工具ユーザーへの普及を実施予定であり、特に大口ユーザーの業界団体との連携が課題との声があった。

### ②レアメタルの含有情報の共有状況

#### i) レアメタルの含有状況

超硬工具については、メーカー、型番によらず全ての超硬工具にタングステンが含有している。

#### ii) 含有情報の活用状況

超硬工具については、メーカーや用途にかかわらず、全ての使用済製品にレアメタルを含有していることから、レアメタルのリサイクル工程において、レアメタル含有情報の共有については課題となっていない。



### Ⅲ レアメタルのリサイクルに係る基本的な考え方

#### 1. レアメタルのリサイクルの必要性

近年、新興国の経済成長に伴う資源価格の高騰や、一部の資源供給国における資源ナショナリズムの台頭など、世界的な資源制約の高まりを背景として、資源の安定供給確保の重要性が急速に高まっている。資源の安定供給が確保されない場合、これを利用する我が国の主要製造業が国内で安定的に操業を継続することが困難になる恐れもある。特に、需要量の増加が見込まれている一方、自給率が0～2割程度と低く、供給途絶のリスクも存在するなど、資源確保の必要性が高いものとして特にリサイクルによる回収が重要となりうる今回検討対象とした5鉱種（ネオジム、ジスプロシウム、コバルト、タンタル、タングステン）については、今後、これらを含む使用済製品の排出増加が見込まれることも踏まえると、資源小国の我が国においては、海外資源確保、代替材料開発・使用量削減等の取組と並行して、リサイクルを推進することにより国内の静脈資源を最大限活用し、多様な供給源を確保することを通じて、自給率を高めていくことが必要である。

レアメタルのリサイクルは、世界に遅れをとらず我が国が先駆的に取組を推進することは、供給源の多様化に加え、環境制約・資源制約の克服に向けた静脈産業と動脈産業の連携や静脈産業の拡大、製造業の空洞化の防止、新規事業の創出等の観点からも重要である。また、国内でレアメタルのリサイクルを進めることは資源外交上も有利に働く可能性があるほか、将来的には、アジアをはじめ海外からのリサイクル原料の輸入を通じて日本が世界のリサイクル拠点となることも期待される。更に、静脈資源の活用は、資源採取時のエネルギー・環境負荷（岩石・土砂の採掘やエネルギー消費等）の低減の観点からも重要である。

#### 2. 検討の方向性

これまでのリサイクル政策は、最終処分場の延命化等を目的とし、廃棄物処理という外部費用を内部化するための社会政策という要素が主であったのに対し、レアメタルのリサイクルは、上記のとおり資源確保の観点から更にリサイクルを推進しようというものであり、こうした資源リサイクルにより資源のユーザーである日本の先端産業ビジネスの事業の円滑化に貢献するものである。

ただ、レアメタルリサイクルの現状については、レアメタルはベースメタルと異なりリサイクル技術は開発途上であること、レアメタルを多く含む使用済製品の排出が本格化する時期はもう少し先であること等の課題が存在することから、

現時点ではレアメタルのリサイクルは経済的に成り立たないケースがほとんどである。一方で、経済性分析によると、これらの課題を解消することにより将来的には経済的に成り立つ可能性がありベースメタル等に加えレアメタルも回収されるようになることがわかったが、その実現のためには国が主導して様々な対応策を講じていくことが必要である。

上記を踏まえると、レアメタルリサイクルの促進のためには、先ず経済的に成り立つ状況の実現を目指し、そのための課題を検討し、対応策を講じていくことが先決である。その上で、かかる対応策の進捗状況や効果のフォローアップを行うこととする。その結果、仮にレアメタルの回収が進まない場合等には、その原因を精査し、より強い措置や対応策の見直しが必要かどうかの検討が必要となる可能性がある。

### **3. 課題と対応策**

レアメタルリサイクルを経済的に成り立たせるための条件整備として、経済性分析等でも見たように、規模の経済の観点からできるだけ多くの回収量を確保することと、リサイクルの効率性を向上させることという観点から対策を講じることが必要不可欠である。

#### **(1) 回収量の確保**

回収量を確保するためには、レアメタルを含んだ使用済製品の割合が高くなることと、レアメタルを含んだ使用済製品の回収量を増加させることが重要である。

##### **①レアメタルを含んだ使用済製品の割合の向上**

現在排出されている製品のうちレアメタルが含有されている製品の割合はまだ低いものの、既に市中に普及しているレアメタル含有製品は多いことから、将来的にはレアメタル含有製品の排出割合が高まることが見込まれるため、以下②のとおり、これらの使用済製品を着実に回収することが重要となる。

##### **②使用済製品の回収量の増加**

使用済製品の回収量の増加のためには、使用済製品の回収が一部において十分ではないものがあるため、これらの使用済製品の回収率を向上させるとともに、回収されたものができるだけ海外流出等しないように対応策を講じ

る必要がある。

第一に、使用済製品の回収率の向上については、今回検討対象とした製品の多くは、法律に基づく回収スキーム（自動車、家電4品目、パソコン、小形二次電池）や、事業者の自主的取組による回収スキーム（携帯電話、超硬工具）など既に回収ルートが存在することから、これらの回収スキームを最大限活用して回収量の確保を図ることが有効である。しかしながら、回収スキーム自体の認知度が低いケースや、回収されず家庭内に退蔵されるケース等の課題もあることから、現行回収スキームの改善策を講じること等により、使用済製品の回収率の向上を図るべきである。加えて、回収スキームが存在せず大半が埋立・焼却されている製品（小型電子機器等）等についても、新たな回収スキームを構築することにより回収量の確保を図るべきである。また、廃棄物の減量化による最終処分場の延命など環境上の効果を目的とした当初のリサイクル政策の観点からも、使用済製品の回収量確保は、引き続きさらに追求すべきである。

第二に、海外流出等対策については、レアメタルを含む部品は有価物であるケースが多いため、資源確保の観点のみからその取引や海外輸出を制限することは、経済原則をゆがめ、自由貿易を歪曲する可能性（WTO協定との整合性等）もあることに留意する必要がある。廃棄物処理法やバーゼル法等の現行法の規制を逃れて不法に海外輸出されるケースについては、海外での不適正な処理を防止する観点から、現行法の更なる適正な施行、運用を検討することが必要である。こうした不法輸出を防止することにより、結果的に海外流出の低減につながる。

## **（２）リサイクルの効率性の向上**

リサイクルの効率性の向上のためには、使用済製品に含まれ得る有害物質等の環境管理にも配慮しつつ、リサイクル事業者が中間処理工程や製錬工程などで効率的に資源を選別・回収できるようにすることが重要であり、そのためには、リサイクルの技術開発の推進のほか、どの部品にどの資源が使用されているかが容易に判別できるよう含有情報の共有、解体しやすい設計上の工夫等の課題を解決していく必要がある。

### **①リサイクル技術の開発**

技術開発については、鉱種・製品・リサイクル工程毎に進捗状況は異なるものの、中間処理段階を中心として必ずしも効率的に解体・選別するための

技術が確立していないことから、技術課題や目標を評価・整理し、今回新たにレアメタルリサイクルに係る技術開発ロードマップを作成したところであり、今後は、当該技術開発ロードマップに沿って、官民連携して効果的に技術開発・実証を進めていく必要がある。

## ②レアメタル含有情報の共有

含有情報の共有については、含有情報がないためにリサイクルを阻害する成分の混入状況を確認する必要性が生じるケースがあるなど、リサイクルの効率性を阻害する課題がある。そのため企業秘密に配慮しながら工夫をして共有を進めている先進的な事例を国が情報提供するなどにより、含有情報の共有に係る取組を拡大していく必要がある。

## ③易解体設計の推進

易解体設計の推進については、静脈企業側のニーズと動脈企業側の設計との調整の円滑化のために、例えば国が主導して動脈企業と静脈企業の連携を深めるための場を設けるなどして、動脈企業と静脈企業の意思疎通の円滑化を進めていく必要がある。

## (3) レアメタルの回収が進むまでの準備（資源循環実証事業）

上記（1）や（2）の対策を講じることにより将来的にはレアメタルの回収が経済的に成り立つ可能性はあるものの、それが実際に進むまでの準備として、回収から再利用まで関係者が実際に取り組んでみることが重要である。

そのため、国主導の下、使用済製品の回収から選別、再資源化、再利用に至るまでの一連のプロセスを各関係事業者の参加を得て資源循環実証事業を実施していくことが必要である。さらに、この実証事業を通じて、動脈・静脈双方の事業者における経験・ノウハウの蓄積や新たな課題の抽出やその対策等の検討を行うことが可能となる。

上記（1）～（3）の対策の実施については、レアメタルを含む使用済製品の排出が本格化してくる2010年代後半までの間を「条件整備集中期間」と位置付け、国主導の下に産学とも連携しつつ条件整備に向けたこれらの対策を集中的に講じることとする。

#### (4) 進捗状況等のフォローアップ

前述の対策が確実に取り組まれるように、課題毎に必要な応じ別途検討の場での議論を踏まえ、本合同審議会において対策の進捗状況やその効果について、海外資源確保や代替材の開発等の進捗等を踏まえつつ、定期的にフォローアップすることにより、PDCA (Plan, Do, Check, Action) を実施することも重要である。

また、条件整備集中期間において国が中心となってこうした対策を講じることにより、経済的に成り立つようになりレアメタルも回収されるようになることを目指すものの、仮にフォローアップによるPDCAの結果として、レアメタルの回収が進まない場合や、我が国へのレアメタルの供給途絶等により需給が更に逼迫した場合等には、レアメタルの回収を進める上での課題を精査した上で、例えばレアメタルの回収を強制するなど資源確保の観点から更に強い措置や対応策の見直し等の検討が必要となる可能性がある。

なお、その検討にあたっては、製造事業者・消費者等にリサイクルを義務付けてきた現行リサイクル制度における外部費用の内部化の観点に加え、リサイクルによって得られる資源の利用主体が製造事業者等であるという点も踏まえ、その必要性について見極めていく必要がある。

以上を踏まえ、今回検討対象とした5鉱種を含む主な製品・部品（次世代自動車、家電4品目、パソコン、電気電子機器全般、小形二次電池、超硬工具）等について、検討すべき具体的な対応策は以下のとおり。

## IV 当面の具体的な対応策

### 1. 使用済製品の回収量の確保

#### (1) 現行回収スキーム等の強化

##### ①パソコン（鉱種：Nd, Dy, Co, (Ta)）

資源有効利用促進法に基づき製造事業者等が回収・リサイクルしているが、回収率<sup>12</sup>は約10%にとどまっており、回収率を向上させるための具体的な対応策について検討するべきである。その際、具体的な対応策として以下のような論点について検討し、今年度中を目途に一定の結論を得るべきである。

- ・使用済パソコンを家庭内退蔵する理由として、排出手続きや準備の面倒さ、個人情報漏洩の懸念を挙げる消費者が一定程度存在することから、使用済パソコンの排出までの作業・手続きを消費者の視点から判りやすくする余地がないかなどを検証する他、引き取った使用済製品について製造事業者等が講じる個人情報保護措置の制度的担保化、消費者への普及啓発等を通じた退蔵製品の排出促進を図るべきである。
- ・小売店で引き取られる使用済製品やリース・レンタル業者等からの使用済製品の排出割合が高いことから、これらの事業者において排出後の処理実態を把握するとともに、排出者責任の考え方にも留意しつつ一定水準の再資源化の取組を検討すべきであり、製造事業者等においてもこれらの事業者からの回収を促進するための具体的な方策を検討すべきである。
- ・製品区分が曖昧なタブレット型端末の急速な市場拡大を踏まえ、消費者の利便性等の観点から携帯電話とパソコンの製品区分方法について整理を行うべきではないか。かかる整理を踏まえ、現行制度の対象外となっている重量が1kg以下のパソコンも含め、現行スキームにより回収すべきと整理されるものについては制度の対象とするべきである。
- ・アンケート調査により消費者における制度の認知度は約20%と他の製品に比べ低いため、制度の認知度向上に向けて消費者への更なる普及啓発を推進すべきである。

##### ②家電4品目（鉱種：Nd, Dy）

家電リサイクル法に基づく回収率は約85%<sup>13</sup>であり、平成20年に取りまとめられた「家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書」

<sup>12</sup>年間推計排出量から退蔵分及びリユース分を除いたものを分母としたもの。なお、分母には一部有価取引のものを含むことに留意が必要。以下同じ。

<sup>13</sup>回収率の推計の対象年度は平成22年度であり、家電エコポイント制度の対象期間となる。なお、回収率は、リユース分を除いたものを分母としている。

に基づき、消費者の適正排出の一層の推進等を引き続き進めるべきである。

### ③小形二次電池（鋳種：Co）

- ・使用済製品から小形二次電池を取り外さずに排出する消費者が約34%存在することや、回収拠点の場所など制度内容の認知度向上の余地があることを踏まえ、消費者に対する制度内容も含めた普及啓発（電池取り外しの必要性、回収拠点の場所、電池の取外し時や取外し後の電池の安全性の確保等）等を推進すべきである。
- ・資源有効利用促進法に基づく小形二次電池の回収スキームについては、消費者アンケートにおいて、回収ボックスが近くにあることを参加・協力の条件とする割合が高く、製造事業者等による回収拠点の拡大の取組を引き続き推進すべきである。
- ・使用済製品から小形二次電池を取り外して排出することが原則であるものの、やむを得ず製品と一体となって排出された小形二次電池についても、回収後に安全に取り外せる場合は可能な限り取り外してリサイクルルートに乗せることが重要である。このため、今後、小型電子機器等リサイクル法において製品と一体となって回収された小形二次電池についても、資源有効利用促進法に基づく回収ルートの活用も含めその取扱いについて検討すべきである。

### ④携帯電話（鋳種：Co, (Ta)）

- ・モバイル・リサイクル・ネットワークが、自主的取組として携帯電話ショップ等での回収を推進しており、更に量販店など他の携帯電話販売事業者等も加わり昨年7月に新たに立ち上がった携帯電話リサイクル推進協議会の活動を通じて、更なる回収量の向上を目指すべきである。
- ・使用済製品を家庭内退蔵する理由として個人情報漏洩の懸念を挙げる消費者が一定程度存在することから、現行回収スキームにおける個人情報保護対策（及び当該措置の周知）等を通じた退蔵製品の排出促進を図るべきである。
- ・携帯電話ショップ等における消費者への声かけの実施などの普及啓発を引き続き推進するべきである。

### ⑤超硬工具（鋳種：W）

超硬工具メーカーが中心となって使用済超硬工具の回収に取り組んでいる

が、回収率は約30%であり、更なる回収率向上を図るため、超硬工具協会が作成した「使用済み超硬工具のリサイクル促進に向けた選別・保管・処分に関するガイドライン」の工具ユーザーへの普及を徹底することにより、適切な分別やメーカーへの引き渡しを推進すべきである。また、超硬工具の大ユーザーの協力を得るべく、今夏から国や超硬工具協会が関係団体等に対して働きかけを始めるべきである。

## (2) 新たな回収スキームの構築

### ① 小型電子機器等の回収スキーム構築（鉱種：Co, (Ta)）

現在、使用済み小型電子機器等の大半が一般廃棄物として自治体により埋立・焼却処理されているため、本年8月に成立した使用済み小型電子機器等の再資源化の促進に関する法律による新たな回収スキームを構築するとともに、当該制度への自治体の参加及び小売店の協力促進を図り、回収・リサイクルを促進することが重要である。

### ② 次世代自動車の駆動用電池回収スキームの構築（鉱種：Co）

本年2月に、使用済み自動車の再資源化等に関する法律施行規則（平成十四年経済産業省・環境省令第七号）第九条第二号が改正され、事前回収物品として駆動用電池であるリチウムイオン電池等が追加された。このことを踏まえ、自動車メーカー等においては、使用済みリチウムイオン電池等の回収を実施しており、今後、使用済みリチウムイオン電池等の排出増加を見据えて、全国的な回収スキームの構築・効率化を進めるべきである。

## (3) 違法回収や不適正な輸出の取締強化等の海外流出の防止

### ① 違法な不用品回収業者の取締強化（鉱種：Nd, Dy, Co, (Ta)）（製品：家電、パソコン、小型電子機器等）

使用済み製品が、現行回収スキームに基づいて回収されずに、不用品回収業者により回収されるものが一定程度存在する。このうち一部については、廃棄物処理法に違反した不用品回収業者により回収され、結果的に不適正な処理が行われることや海外へ不法輸出される可能性が指摘されていることから、こういった違法な不用品回収業者の取締を強化するため、家電4品目以外についても使用済み製品の廃棄物該当性を明確化し、廃棄物処理法による取締を強化することが必要である。



## ②バーゼル法・廃棄物処理法の運用強化（鉱種：Nd, Dy, (Ta)）（製品：家電、パソコン、小型電子機器等、自動車）

使用済製品・部品の輸出に当たっては、バーゼル法及び廃棄物処理法の規制を受ける可能性があるため、海外における不適正な処理を防止する観点から、これらの法律の更なる適正な施行、運用等を検討することが必要である。具体的には、実際には中古品ではないにもかかわらず中古品と称して脱法的に輸出されることを防ぐため、中古品判断基準を策定するとともに、これまでは明確ではなかった有害物質の含有分析対象部位や分析手法を明確化することが適当である。特に自動車部品に関しては、既に再生資源として輸出する者向けに有害物質の含有に関する情報を記した文書<sup>14</sup>を発出しており、毎年行っているバーゼル法等の全国説明会を通じて周知を図るなど、有害物質の含有によりバーゼル法の規制対象となる場合において、同法に基づく手続の遵守徹底を図るべきである。こうした取組により、結果的に国内での回収量確保も促進されることが期待される。

## ③自動車リサイクル法の遵守徹底（鉱種：Nd, Dy, Co）

使用済自動車について、エアバッグ類等が未処理状態で解体部品として不法輸出されているケースが存在することから、関係機関（税関や都道府県等）と連携して自動車リサイクル法の遵守を徹底し、不正輸出の防止を図るべきである。こうした不法輸出の防止により、結果的に国内資源循環も促進されることが期待される。

## （４）消費者等への情報提供（鉱種：共通）（製品：共通）

消費者等の排出者に対して、製品の環境性能の向上などレアメタルの重要性に係る理解促進や、適正な回収ルートへの排出促進を図るため、リサイクルが資源確保のほか、資源採取時や廃棄削減による環境負荷低減等に資すること、製品に含まれる資源の価値、退蔵製品の排出促進、適正な排出ルート、違法な不用品回収業者に対する注意喚起、実証事業等におけるレアメタルリサイクルに係る事業者の取組等について、消費者団体等とも連携して国が情報提供を行うことが重要である。このため、国は今年度より消費者団体等が全国で行うセミナーでの説明を進めるほか、冊子やホームページなど発信ツールの作成を行うべきである。

<sup>14</sup>経済産業省HP「自動車部品を再生資源として輸出される方へ」

([http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin\\_info/law/10/pdf/pamph\\_autoparts.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/law/10/pdf/pamph_autoparts.pdf))

## 2. リサイクルの効率性の向上

### (1) 技術開発の推進（鉱種：共通）（製品：共通）

これまで取り組まれてきたレアメタルリサイクル技術と今後の課題について、鉱種・製品・リサイクル工程毎に評価・整理し、今回新たにレアメタルリサイクルに係る技術開発ロードマップ（別紙参照）を作成した。個々の技術開発の進捗状況は、①要素技術が確立しておらず、技術開発が必要なもの、②要素技術は確立しているが、実用化には至っておらず、当該技術を活用した実証を行う必要があるもの、③既に実用化されているもの（更なる効率化を図るものを含む）の3段階に整理されるが、中でも未だ実用化されていない技術（①及び②）については、使用済み製品の排出が本格化するまでの条件整備集中期間に実用化を目指すべきである。今後は、当該ロードマップに沿って官民連携して技術開発・実証を進めるとともに、その過程で更なる技術課題を明らかにし、ロードマップに更に反映しながら、計画的かつ効率的に技術開発・実証を進めるべきである。

### (2) レアメタルの含有情報の共有

製品の年式等によりレアメタルの含有部品・非含有部品が混在する部品等については、レアメタルのリサイクルを行うに当たって、レアメタル含有部品を分別する場合等に含有情報が必要となるケースが存在する。既に行われている先行事例も参考にしつつ、以下の製品・部品についてメーカーとリサイクル事業者間など特定の関係者間で含有情報の共有を行うべきである。またその参考の用に供するため、国は事業者間での情報共有方法の具体的事例を収集し、情報提供するほか、資源循環実証事業の中に参加メーカーとリサイクル事業者とで構成する協議の場を設置し、具体的に課題や対応策の検討を進めるべきである。なお、含有情報の共有に当たって、不特定多数へ情報開示する場合に、国際競争や市況等に影響を及ぼす可能性があることにも留意すべきである。

#### ①次世代自動車（鉱種：Nd, Dy, Co）

解体業者において、レアメタル含有部品・非含有部品の効率的な分別に資するため、自動車メーカーと解体業者との間でレアメタル含有情報の共有を進めるべきである。具体的には、自動車リサイクルシステムのウェブサイト等を通じて、リサイクルに適した部品を対象として、レアメタル含有の有無に係る情報を自動車メーカーから解体業者に対して提供していく等の取組が有効である。

また、次世代自動車用リチウムイオン電池については、製錬業者において、有価金属の含有量やリサイクルを阻害する成分の混入状況を事前に把握し、効率的なリサイクルを行うため、駆動用電池メーカーと製錬業者との間で、製造工程で発生する屑や不良品等の含有情報の共有を図ることが有効である。このため、二社間での秘密保持契約の活用等により、含有情報を共有する取組を更に進めるべきである。

## ②大型家電（鉱種：Nd, Dy）

エアコンのコンプレッサーについて、レアメタル含有部品・非含有部品の効率的な分別に資するため、メーカーから中間処理業者に対する含有部品の品番等の情報提供や二社間での秘密保持契約の締結など、先行事例を参考にしつつ、メーカーとリサイクル業者との間で含有有無情報を共有していくべきである。具体的には、グループ内企業間（メーカーとリサイクルプラント間）でネオジム磁石の含有有無情報を共有するとともに、メーカーと、リサイクルプラントから引き渡されたコンプレッサーからのレアメタルのリサイクルに取り組む特定の間接処理業者の間でも、秘密保持契約の締結等により含有有無情報の共有を推進すべきである。

## （3）易解体設計の推進等（鉱種：共通）（製品：共通）

レアメタルのリサイクルを行う上で、効率的な処理を行う観点から、レアメタル含有部品の取り外し・解体の容易化を行うことが重要である。このため、製品の特性に応じて、リサイクル業者における製品設計へのニーズを、メーカー側と摺り合わせることによる易解体設計の推進や、メーカーからリサイクル業者への解体方法に係る情報提供等について、動脈企業と静脈企業との連携が必要である。静脈企業側のニーズと動脈企業側の設計との調整の円滑化のために、まずは資源循環実証事業の中に参加メーカーとリサイクル事業者とで構成する協議の場を設け、具体的に課題や対応策の検討を進めるべきである。

### 3. 事業者によるレアメタルリサイクルへの先行的取組の推進

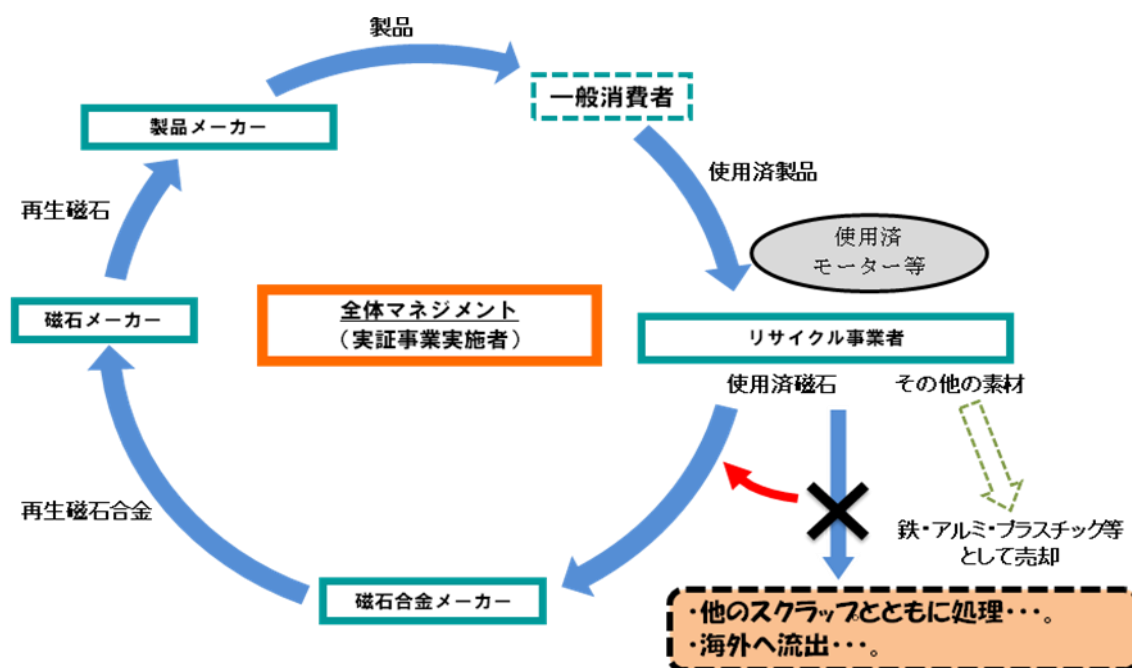
#### (1) 資源循環実証事業（鉱種：Nd, Dy, Co, W）（製品：共通）

上記1.～2.にある対策を講じることにより将来的にはレアメタルの回収が経済的に成り立つ可能性はあるものの、それが実際に進むまでの準備として、使用済製品の回収業者、前処理を行う中間処理業者、後処理を行う製錬業者、リサイクル材を原材料として使用するメーカー等の動脈・静脈の一連の関係者の参加の下に官民連携して、資源循環の実証事業を行うことが有効である。多様な関係者が連携して実際にリサイクルを実施する過程で、具体的には経済性分析で見られたように中間処理段階と金属回収段階の利益配分の工夫をどのように行うか、どの程度の回収量が確保できれば新たに設備導入して採算性を確保できるか、どのような物流網を構築すれば効率的か、個々の作業に実際にかかるコストはどの程度か、技術開発している設備を動かしてみても更なる課題はどこか、含有情報の共有の進め方、易解体設計のあり方などの課題に関して、具体的に検討・解決を行うことが期待される。

また、この実証事業により、動脈・静脈双方の事業者における経験・ノウハウの蓄積、新たな課題の抽出やその対策の検討にも資するとともに、参加事業者以外の事業者へのPR効果も働き、国内でレアメタルリサイクルに取り組む事業者の裾野の拡大・波及も期待される。

なお、5つの鉱種の中でタンタルについては、経済性分析等も踏まえ、まずはリサイクル技術の開発に重点的に取り組むことが最優先であることから、技術開発の進捗状況を踏まえた上で実証事業についても検討していくべきである。

図表 関係者による資源循環実証事業の取組イメージ



**(2) 国内でレアメタルのリサイクルに取り組む事業者の表彰等（鉱種：共通）  
（製品：共通）**

国内でレアメタルのリサイクルに取り組む事業者の裾野を広げるために、事業者が国内でリサイクルに取り組むインセンティブとして、国等が国内でレアメタルのリサイクルに取り組む事業者の取組事例を対外的に紹介したり表彰等を行うことが有効と考えられる。

具体的には、国がレアメタルのリサイクルに取り組む事業者の事例を収集して国や関係団体のホームページなどで取組を紹介するほか、特に優れた事業者の取組に対しての表彰（資源循環表彰制度（仮称））を来年度にも実施すべきである。

#### 4. 対策の進捗状況等のフォローアップの実施

以上のような対策が確実に取り組まれるように、課題毎に必要な応じ別途検討の場での議論を踏まえ、本合同審議会において、回収率向上策の進捗状況や実際の回収率の動向はどうなっているか、リサイクル技術開発等がロードマップに沿って計画通りに進捗しているか、新たな課題は発生していないか、資源循環実証事業の実施状況やその結果はどうなっているか等について、製品や鉱種の特徴を踏まえつつ、半年に一度程度を目途に定期的にフォローアップすることにより、PDCA (Plan, Do, Check, Action) を実施することは有効である。

また、今回検討対象としている製品のほかにも、産業機械や風力発電機などレアメタルが使用されているものがありうることや、現在回収が進んでいる貴金属やベースメタルを含め5鉱種のほかにも資源確保の必要性が更に高まるものがありうることから、引き続き資源の需給動向や使用状況、排出・リサイクルの実態把握を行い、必要な応じて、今回検討対象とした鉱種・製品以外についても、リサイクルを促進するための対応策を検討すべきである。

## V 中長期的な方向性

「IV 当面の具体的な対応策」に示した対応策を条件整備集中期間に講じることにより2010年代後半には、使用済製品の回収量の増加やリサイクルの効率性の向上、資源循環実証事業等の取組による効果を得て、レアメタルのリサイクルが経済的に成り立つ状況を目指していくこととなる。

ただし、中長期的には、これらの対応策に対するフォローアップによるPDCAの結果、当面の対応策を実施してもなおレアメタルのリサイクルが進まない場合や、我が国へのレアメタルの供給途絶等により需給が更に逼迫した場合等には、レアメタルの回収を進める上での課題を精査した上で、例えばレアメタルの回収を強制するなど資源確保の観点から更に強い措置や対応策の見直し等の検討が必要となる可能性がある。

なお、その検討にあたっては、製造事業者・消費者等にもリサイクルを義務付けてきた現行リサイクル制度における外部費用の内部化の観点に加え、リサイクルによって得られる資源の利用主体が製造事業者等であるという点も踏まえ、その必要性について見極めていく必要がある。

## 1. ネオジム（Nd）、ジスプロシウム（Dy）

### （1）現状技術の評価結果

#### ①前処理技術

使用済ハードディスクについては、分解・脱磁・選別により、また、使用済エアコン・コンプレッサーについては、分解・脱磁・取り外しによりネオジム磁石を回収する要素技術が各々開発されており、実用化に向けた実証が進められている。

一方、使用済斜めドラム式洗濯機モーターについては、加熱脱磁・取り外しにより、また、自動車の使用済電動パワーステアリングモーターや次世代自動車の使用済駆動用モーターについては、分解・脱磁・取り外しによりネオジム磁石を回収する要素技術が各々開発されているものの、今のところ実用化に向けた実証は行われていない。

#### ②後処理技術

使用済ネオジム磁石から磁石合金原料（ネオジム、ジスプロシウム）を回収する後処理技術は実用化されているが、多量の薬品を使用し、エネルギー消費量が多く、発生するフッ化水素の対策が必要であるなど、更なる効率化等の余地がある。

### （2）今後取り組むべき技術課題

#### ①前処理技術

使用済ハードディスク、使用済エアコン・コンプレッサー、次世代自動車の使用済駆動用モーターからネオジム磁石を回収する要素技術は各々開発されていることから、引き続き実用化に向けた実証が必要である（次世代自動車の使用済駆動用モーターについては、処理プロセスの自動化等による低コストプロセスの実用化が必要）。

一方、使用済斜めドラム式洗濯機モーターや使用済電動パワーステアリングモーターについては、現時点においてネオジム磁石が使用された当該製品・部品の普及率がまだ低いことから、実証を開始するかどうかについては、今後の当該製品・部品の普及動向を見極める必要がある。

#### ②後処理技術

使用済ネオジム磁石から磁石合金原料（ネオジム、ジスプロシウム）を回収する後処理技術は実用化されていることから、当該技術の活用が可能であ

<sup>15</sup>使用済み製品中のレアメタル等を対象としたリサイクル技術・システムに関する動向調査（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）における有識者委員会（委員長：中村 崇 東北大学 多元物質科学研究所 教授）にて検討されたもの。



る。

なお、当該技術の更なる効率化など、技術向上を図るための技術課題として、分離性能に優れた抽出剤の開発などがある。

### (3) 技術開発ロードマップ

ネオジム (Nd)、ジスプロシウム (Dy) に係る24年度以降のロードマップは別紙図表1のとおり。

別紙図表1 ネオジム、ジスプロシウムに係る技術開発ロードマップ

対象製品・部品	技術水準 ※	24年度 (2012)	25年度 (2013)	26年度 (2014)	27年度 (2015)	28年度 (2016)	29年度 (2017)	30年度 (2018)	31年度 (2019)	
前処理 ハードディスク	②	分解・脱磁・選別によりネオジム磁石を回収する要素技術は開発されており、実用化に向けた実証が必要。								
エアコン・コンプレッサーモーター	②	分解・脱磁・取り外しによりネオジム磁石を回収する要素技術は開発されており、実用化に向けた実証が必要。								
斜めドラム式洗濯機モーター	②	加熱脱磁・取り外しによりネオジム磁石を回収する要素技術は開発されているが、実証を開始するかどうかは、今後の当該製品の普及動向を見極める必要がある。								
電動パワーステアリングモーター	②	分解・脱磁・取り外しによりネオジム磁石を回収する要素技術は開発されているが、実証を開始するかどうかは、今後の当該部品の普及動向を見極める必要がある。								
次世代自動車駆動用モーター	②	分解・脱磁・取り外しによりネオジム磁石を回収する要素技術は開発されており、実用化に向けた実証が必要(処理プロセスの自動化等による低コストプロセスの実用化が必要)。								
後処理 ネオジム磁石	③	使用済みのネオジム磁石から磁石合金原料(ネオジム、ジスプロシウム)を回収する後処理技術は実用化されており、当該技術の活用が可能。								
	④	<更なる効率化など、技術向上のための技術課題> ・安価な抽出剤や、ネオジムとプラセオジムの分離性能に優れた抽出剤 ・ネオジム磁石とその他磁石の選別技術 ・省ジスプロシウム磁石のリサイクルのための粉砕技術 ・省エネルギー・無公害型の新たな電解プロセス								

※技術水準 ①:これから技術開発が必要なもの又は技術開発中のもの、②:要素技術は開発済みで、これから実証が必要なもの又は実証中のもの、③:実用化されているもの、④:実用化されているが更なる効率化など、技術向上を図るもの

## 2. コバルト（Co）

### （1）現状技術の評価結果

#### ①前処理技術

使用済小形リチウムイオン電池については、機能破壊、溶媒除去、ケース処理を兼ねた焼却、破碎、選別によりコバルト含有活物質を回収する技術が実用化されているが、使用済電気電子機器等の内部に組み込まれた電池を簡便に取り出す技術は存在していない。

また、次世代自動車の使用済ニッケル水素電池については、機能破壊、溶媒除去、ケース処理を兼ねた焼却、破碎、選別によりコバルト含有活物質を回収する技術が実用化されている。

一方で、次世代自動車の使用済リチウムイオン電池については、機能破壊、溶媒除去、ケース処理を兼ねた焼却、破碎、選別によりコバルト含有活物質を回収する要素技術が開発されているものの、今のところ実用化に向けた実証は行われていない。

#### ②後処理技術

次世代自動車の使用済ニッケル水素電池から回収したコバルト含有活物質からコバルトを回収する要素技術が開発されており、実用化に向けた実証が進められている。

また、使用済小形リチウムイオン電池や次世代自動車の使用済リチウムイオン電池から回収したコバルト含有活物質からコバルトを回収する要素技術が開発されており、実用化に向けた実証が進められている。（当該技術により、コバルト以外の金属も回収する場合は、よりコストがかかる）。

### （2）今後取り組むべき技術課題

#### ①前処理技術

使用済小形リチウムイオン電池については、使用済電気電子機器等の内部に組み込まれた電池を簡便に取り出す技術の開発が必要である。

次世代自動車の使用済ニッケル水素電池からコバルト含有活物質を回収する技術は実用化されていることから、当該技術の活用が可能である。

また、次世代自動車の使用済リチウムイオン電池からコバルト含有活物質を回収する要素技術が開発されていることから、引き続き実用化に向けた実証が必要である（事前の有価物濃縮や禁忌成分除去等による省エネルギー型プロセスの実用化が必要）。

#### ②後処理技術

次世代自動車の使用済ニッケル水素電池から回収されたコバルト含有活物質からコバルトを回収する要素技術が開発されていることから、引き続き実

用化に向けた実証が必要である。

また、使用済小形リチウムイオン電池や次世代自動車の使用済リチウムイオン電池から回収されたコバルト含有活物質からコバルトを回収する要素技術は開発されていることから、引き続き実用化に向けた実証が必要である。

(三元系正極材リチウムイオン電池の低コストプロセスの実用化が必要)。

### (3) 技術開発ロードマップ

コバルト(Co)に係る24年度以降のロードマップは別紙図表2のとおり。

別紙図表2 コバルトに係る技術開発ロードマップ

	対象製品・部品	技術水準 ※	24年度 (2012)	25年度 (2013)	26年度 (2014)	27年度 (2015)	28年度 (2016)	29年度 (2017)	30年度 (2018)	31年度 (2019)
前処理	小形リチウムイオン電池	①	焼却・破碎・選別によるコバルト含有活物質の回収技術は実用化されているが、使用済電気電子機器等の内部に組み込まれた小形リチウムイオン電池を簡便に取り出す技術の開発が必要。							
	次世代自動車ニッケル水素電池	③	焼却・破碎・選別によるコバルト含有活物質の回収技術は実用化されており、当該技術の活用が可能。							
	次世代自動車リチウムイオン電池	②	焼却・破碎・選別によりコバルト含有活物質を回収する要素技術は開発されており、実用化に向けた実証が必要(事前の有価物濃縮や禁忌成分除去等による省エネルギー型プロセスの実用化が必要)。							
後処理	ニッケル水素電池のコバルト含有活物質	②	コバルト含有活物質からコバルトを回収する要素技術は開発されており、実用化に向けた実証が必要。							
	リチウムイオン電池のコバルト含有活物質	②	コバルト含有活物質からコバルトを回収する要素技術は開発されており、実用化に向けた実証が必要(三元系正極材リチウムイオン電池の低コストプロセスの実用化が必要)。							

※技術水準 ①:これから技術開発が必要なもの又は技術開発中のもの、②:要素技術は開発済みで、これから実証が必要なもの又は実証中のもの、③:実用化されているもの、④:実用化されているが更なる効率化など、技術向上を図るもの

### 3. タングステン（W）

#### （1）現状技術の評価結果

使用済超硬工具から超硬合金原料（タングステン）を回収する技術として、亜鉛処理法や化学処理法が実用化されている。

亜鉛処理法については、薬品や排水処理が不要であり、処理コストの面で優れているが、使用済超硬工具の組成のままの再生粉末しか得られず用途が制限される。また、品質の制御が難しいため、投入する原料の組成に応じて事前に使用済超硬工具の分別作業が必要であるが、現在は人手で行われていることから、工具の分別に係るコストは嵩む。

他方、化学処理法については、使用済超硬工具の組成にかかわらず、また、研磨屑からでもバージン原料と同等品質で汎用性の高い中間原料（パラタングステン酸アンモニウムや三酸化タングステン）が得られる。最近、処理プロセスを簡略化し、省エネルギー化を図った高効率プロセスが実用化されている。

#### （2）今後取り組むべき技術課題

使用済超硬工具から超硬合金原料（タングステン）を回収する技術は実用化されていることから、引き続き当該技術によるリサイクルを進めていく必要がある。

なお、当該技術の更なる効率化など、技術向上を図るための技術課題として、使用済超硬工具を材質別に選別する技術や、タングステンカーバイドとサーメットの複合材料からの超硬合金原料の再生技術などがある。

#### （3）技術開発ロードマップ

タングステン（W）に係る24年度以降のロードマップは別紙図表3のとおり。

別紙図表3 タングステンに係る技術開発ロードマップ

対象製品・部品	技術水準 ※	24年度 (2012)	25年度 (2013)	26年度 (2014)	27年度 (2015)	28年度 (2016)	29年度 (2017)	30年度 (2018)	31年度 (2019)	
超硬工具 (超硬合金)	③	使用済みの超硬合金から超硬合金原料(タングステン)を回収する技術として亜鉛処理法や化学処理法が実用化されている。								
	④	<更なる効率化など、技術向上のための技術課題> ・使用済超硬工具の材質別選別技術 ・タングステンカーバイドとサーメットの複合材料からの超硬合金原料の再生技術								

※技術水準 ①:これから技術開発が必要なもの又は技術開発中のもの、②:要素技術は開発済みで、これから実証が必要なもの又は実証中のもの、③:実用化されているもの、④:実用化されているが更なる効率化など、技術向上を図るもの

## 4. タンタル（T a）

### （1）現状技術の評価結果

#### ①前処理技術

使用済電気電子機器等を解体し、効率的に電子基板を選別回収する技術は存在していない。また、廃電子基板から電子素子を剥離し、剥離した電子素子からタンタルコンデンサーを選別濃縮する要素技術は開発されているが、電子基板の種類等によって電子素子が剥離しにくい場合があるほか、タンタルコンデンサー以外の多様な電子素子・部品の選別濃縮には対応していない。

更に、多様な電子素子・部品の剥離・選別濃縮の処理プロセス全体について、システムの最適化が図られていない。

#### ②後処理技術

使用済タンタルコンデンサーから酸化タンタルや炭化タンタルを回収する後処理技術は実用化されているが、処理プロセスにおいてフッ酸を使用することや、多量のアンモニアの処理が必要であるなど、更なる効率化等の余地がある。

### （2）今後取り組むべき技術課題

#### ①前処理技術

使用済電気電子機器等を解体し、効率的に電子基板を選別回収する技術、多様な電子基板からでも効率的に電子素子を剥離する技術、タンタルコンデンサーを含む多様な電子素子・部品を総合的に選別濃縮する技術の開発が必要である。

更に、使用済電気電子機器等の解体から、多様な電子素子・部品の剥離・選別濃縮までの処理プロセス全体について、システムの最適化が必要である。

#### ②後処理技術


使用済タンタルコンデンサーからタンタルを回収する後処理技術は実用化されており、当該技術の活用が可能である。

なお、当該技術の更なる効率化など、技術向上を図るための技術課題として、フッ素やアンモニア等の副産物処理の低コスト化や、タンタルに加え、銀も回収可能な分離システムの追加などがある。

### （3）技術開発ロードマップ

タンタル（T a）に係る24年度以降のロードマップは別紙図表4のとおり。

別紙図表4 タンタルに係る技術開発ロードマップ

	対象製品・部品	技術水準 ※	24年度 (2012)	25年度 (2013)	26年度 (2014)	27年度 (2015)	28年度 (2016)	29年度 (2017)	30年度 (2018)	31年度 (2019)
前 処 理	電気電子機器 等の電子基板	①	 <p>使用済電気電子機器等を解体し効率的に電子基板を選別回収する技術、多様な電子基板からでも効率的に電子素子を剥離する技術、タンタルコンデンサーを含む多様な素子・部品を総合的に選別濃縮する技術の開発を行うとともに、これら技術による処理プロセス全体のシステムの最適化を行う必要がある。</p>							
後 処 理	タンタル コンデンサー	③  ④	<p>使用済みのタンタルコンデンサーからタンタルを回収する後処理技術は実用化されており、当該技術の活用が可能。</p> <p>&lt;更なる効率化など、技術向上のための技術課題&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・フッ素やアンモニア処理の低コスト化技術</li> <li>・タンタルコンデンサーからタンタルに加え、銀も回収可能な分離システム</li> <li>・フッ酸を使用しない安価な溶解法</li> </ul>							

※技術水準 ①:これから技術開発が必要なもの又は技術開発中のもの、②:要素技術は開発済みで、これから実証が必要なもの又は実証中のもの、③:実用化されているもの、④:実用化されているが更なる効率化など、技術向上を図るもの

産業構造審議会 環境部会 廃棄物・リサイクル小委員会 委員名簿

(委員)

小委員長	永田 勝也	早稲田大学環境・エネルギー研究科教授
小委員長代理	中村 崇	東北大学多元物質科学研究所教授
	井上 祐輔	社団法人新金属協会理事
	大塚 浩之	読売新聞社論説副委員長
	大和田 秀二	早稲田大学理工学術院教授
	岡部 徹	東京大学生産技術研究所教授
	奥平 総一郎	一般社団法人日本自動車工業会環境委員会委員長
	織 朱實	関東学院大学法学部教授
	木暮 誠	一般社団法人電子情報技術産業協会電子機器のリサイクルに関する懇談会座長
	酒井 伸一	京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター長
	佐々木 五郎	公益社団法人全国都市清掃会議専務理事
	佐藤 泉	弁護士
	関口 紳一郎	超硬工具協会専務理事
	辰巳 菊子	公益社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会理事
	田中 規久	一般社団法人パソコン3R推進協会代表理事
(大橋 慎太郎		第23回より田中委員と交替)
中島 賢一		早稲田大学環境総合研究センター招聘研究員
	中谷 謙助	一般社団法人電池工業会専務理事
	星 幸弘	日本鋳業協会理事、技術部長兼環境保安部長
	細田 衛士	慶應義塾大学経済学部教授
	椋田 哲史	一般社団法人日本経済団体連合会常務理事
	村上 進亮	東京大学大学院工学系研究科准教授
	村松 哲郎	一般財団法人家電製品協会環境担当役員会議副委員長

敬称略 (50音順)

中央環境審議会 廃棄物・リサイクル部会  
 小型電気電子機器リサイクル制度及び  
 使用済製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会  
 使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ委員名簿

(委員)

座長	中村	崇	東北大学多元物質科学研究所教授
座長代理	村上	進亮	東京大学大学院工学系研究科准教授
	大塚	直	早稲田大学大学院法務研究科教授
	木暮	誠	一般社団法人電子情報技術産業協会電子機器のリサイクルに関する懇談会座長
	酒井	伸一	京都大学環境安全保健機構附属環境科学センター長
	佐々木	五郎	公益社団法人全国都市清掃会議専務理事
	下井	康史	筑波大学大学院ビジネス科学研究科教授
	新熊	隆嘉	関西大学経済学部教授
	田中	規久	一般社団法人パソコン3R推進協会代表理事
	(大橋)	慎太郎	第8回より田中委員と交替)
	中島	賢一	早稲田大学環境総合研究センター招聘研究員
	中杉	修身	上智大学地球環境学研究科元教授
	中谷	謙助	一般社団法人電池工業会専務理事
	村松	哲郎	一般財団法人家電製品協会環境担当役員 会議副委員長

敬称略 (50音順)



産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会

中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会小型電気電子機器リサイクル制度及び使用済製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ合同会合審議経緯等<sup>16</sup>

第15回廃棄物・リサイクル小委員会 平成23年11月8日（火）

議題：○レアメタルのリサイクルに係る現状と課題について

○その他

第16回廃棄物・リサイクル小委員会

第1回使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ合同会合 平成23年11月29日（火）

議題：○合同会合の開催について

○事業者等からのヒアリング

○その他

第17回廃棄物・リサイクル小委員会

第2回使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ合同会合 平成23年12月1日（木）

議題：○事業者等からのヒアリング

○その他

第18回廃棄物・リサイクル小委員会

第3回使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ合同会合 平成23年12月19日（月）

議題：○レアメタル等の確保に向けた取組の全体像

○中間論点整理について

○その他

---

<sup>16</sup>平成23年11月8日については、産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会による単独での開催であり、平成23年11月29日以降の開催について中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会小型電気電子機器リサイクル制度及び使用済製品中の有用金属の再生利用に関する小委員会使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループとの合同会合となっている。

第19回廃棄物・リサイクル小委員会

第4回使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ  
合同会合 平成24年1月24日(火)

議題：○レア金属のリサイクルの検討全般について  
○その他

第20回廃棄物・リサイクル小委員会

第5回使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ  
合同会合 平成24年3月30日(金)

議題：○使用済製品の回収量の確保について  
○使用済小型電子機器等のリサイクル制度等について  
○その他

第21回廃棄物・リサイクル小委員会

第6回使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ  
合同会合 平成24年5月10日(木)

議題：○国内資源循環の推進及びレア金属含有情報の共有について  
○その他

第22回廃棄物・リサイクル小委員会

第7回使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ  
合同会合 平成24年6月7日(木)

議題：○レア金属リサイクルの推進に向けた具体的な対応策について  
○その他

第23回廃棄物・リサイクル小委員会

第8回使用済製品中の有用金属の再生利用に関するワーキンググループ  
合同会合 平成24年7月12日(木)

議題：○中間取りまとめ(案)について  
○その他

パブリックコメント 平成24年8月10日(金)～9月10日(月)

中間取りまとめの公表 平成24年9月25日(火)