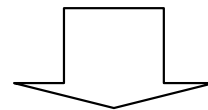


第1回 使用済小型家電からのレアメタルの回収及び適正処理に関する研究会  
資料3 レアメタルリサイクルの現状

1. レアメタルリサイクルの現状
2. レアメタルを含む小型家電の現状
3. 使用済電気電子機器の国際動向

# 1. レアメタルリサイクルの現状

- 鉱種によってはリサイクルされていない。  
(⇒1)埋蔵量と消費量等) (⇒2)非鉄金属のリサイクル状況)  
(⇒3)レアメタル鉱種別のリサイクルの現状)
- リサイクルシステムがある場合には、工程くずを対象としたものが主。
- 使用済製品からのリサイクルは、一部(貴金属含有物や触媒等)を除いて未実施。  
(⇒4)レアメタル利用製品でのリサイクルの取組状況と課題)



使用済製品からのレアメタルリサイクルは今後の課題  
(⇒5)レアメタルリサイクル状況整理)

## 1-1) 埋蔵量と消費量等

- レアメタルの埋蔵量は、ベースメタルに比べて少ない。
- 一方、日本で消費された金属は、製品、使用済製品あるいは廃棄物として、国内に相当量蓄積されていると推量され、リサイクル原料としてポテンシャルがある。
- ただし、蓄積されたものの全てが必ずしもリサイクル可能ではない。

### 【レアメタルの埋蔵量や消費量等(例)】

	埋蔵量	世界消費量 (年間)	日本消費量 (年間)
ニッケル	6,400(万トン)	142(万トン)	19.6 (万トン)
コバルト	700(万トン)	5.5(万トン)	1.4(万トン)
タンタル	43,000(トン)	1,290(トン)	897(トン)
インジウム	2,800(トン)	351(トン)	211(トン)
参考:銅	48,200 (万トン)	1,796 (万トン)	125 (万トン)

出典: 資源エネルギー庁鉱物資源課資料及びJOGMEC資料より

## 1-2) 非鉄金属のリサイクル状況

- ★ 非鉄金属は回収・再生可能な資源であり、資源の安定供給を確保する観点から、リサイクルシステムの確立が重要。
- ★ 特に、資源の偏在が著しく、希少性の高いレアメタル類については、リサイクル原料は貴重な国内資源。
- ★ 銅、亜鉛、鉛、アルミ等の主要非鉄金属に加え、レアメタルについても、リサイクル活動が行われているものの、回収率の向上のためには、リサイクル原料を安定的に確保するシステムや回収設備等の整備が課題。
- ★ 多数の非鉄金属が、様々な工業製品の部品として、多様な形態で利用される。使用済み製品から、効率的にリサイクルを進めるためには、高度の分離技術が必要。

鉱種	国内の原料に占めるスクラップ等の割合(%) (推計値)
銅	70
鉛	89
ニッケル	44(注1)
クロム	26(注1)
コバルト	7(注2)
モリブデン	14(注3)

(出典)

○JOGMEC鉱物資源マテリアルフロー2007

○銅、鉛、亜鉛: 日本鉱業協会「鉱山」

○ニッケル～バナジウム: JOGMEC調査による

注1: 特殊鋼分野の消費量に占めるスクラップ原料の割合(2003年)

注2: 日本の需要量における鉄鋼分野で使用されたスクラップ原料の占める割合(1999年)

注3: 日本の消費量における金属スクラップ及び石油精製使用済み触媒からの回収量の占める割合(2003年)



# (参考) リサイクル原料の例

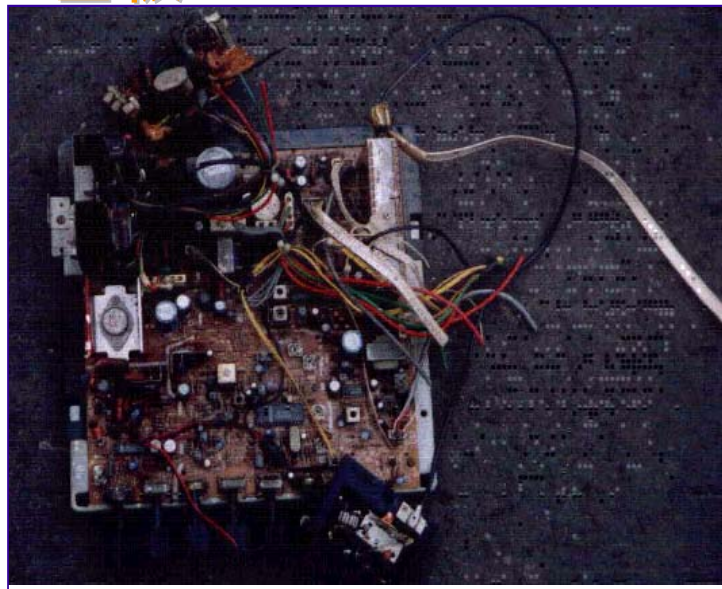
## 携帯電話



## OA機器破砕屑



## TV基板



## 自動車破砕屑(ASR)



# 1-3)レアメタル鉱種別のリサイクルの現状

鉱種によってはリサイクルされていないものがある。

鉱種	電気電子機器等(カッコ内はリサイクル率)	その他主要用途(カッコ内はリサイクル率)
ニッケル	家電等:一部回収	ステンレス鋼・特殊鋼:ほぼ全量リサイクル
コバルト	電池: Li電池(58%)、ニッケル水素電池(77%)	特殊鋼:鋼屑として回収
タングステン	—	切削・研磨屑、スクラップ(40%)
モリブデン	—	特殊鋼:鋼屑として回収
タンタル	コンデンサ・光学レンズ・電子機器フィルタ等: リサイクル無し	その他:リサイクル無し
プラチナ	電気電子用部品:貴金属として回収あり	触媒:リサイクルあり(70%以上)
パラジウム	電気電子用部品:貴金属として回収あり	触媒:リサイクルあり(60%以上)
リチウム	電気電子用部品、二次電池:リサイクル無し	耐熱ガラス:リサイクル無し
インジウム	使用済製品:リサイクル無し	ITOターゲット:リサイクル有り
レアアース	光学レンズ:リサイクル無し	磁石:リサイクル無し
アンチモン	テレビブラウン管:リサイクル無し	合成樹脂:リサイクル無し



# 1-4)レアメタル利用製品でのリサイクルの取組状況と課題

- リサイクルシステムがあるものでも、工程くずを対象としたものが主。
- 使用済製品からのリサイクルは一部をのぞいて行われていない。

	<工程くず>		<使用済み製品>	
	現状	課題	現状	課題
液晶パネル (インジウム)	○液晶パネル製造用ITOターゲット中のインジウムの約70%が使用済材として排出 ○使用済材は再度ターゲット原料としてリサイクル	○液晶パネル製造時における工程くずの発生抑制 ○プロセスの収率・経済性の向上(使用済ターゲット材) ○内張り材料の開発(装置内壁)、抽出コストの低減(パネル不良品)	○製品含有のインジウム量は、液晶パネル製造用ITOターゲット中のインジウムの約3%に過ぎない ○使用済液晶パネル中のインジウムは回収されていない	○リサイクルの効果・効率性の検討 ○液晶パネルからのインジウム抽出コスト低減
ネオジム磁石 (レアース)	○ネオジム磁石用原料の約35%程度が工程くずとして排出 ○工程くずの半数が国内合金メーカーによって磁石用途としてリサイクル	○磁石製造時における工程くずの発生抑制 ○経済性のあるリサイクルプロセスの開発・整備	○使用済製品中のネオジム磁石単体の回収は行われていない ○他の金属くずと併せて、製鋼原料としてリサイクル	○最終製品からのリサイクルのための要素技術の開発・高度化とこれらのシステム化
触媒 (レアメタル全般)	(工程くずはほとんど発生しない。)	—	○使用済触媒はほとんど回収され、触媒用途や特殊鋼用途としてリサイクル	○海外での回収ルート整備と制度的障害の除去 ○技術優位性の維持。
超硬工具 (タングステン)	○超硬工具製造原料の約2割が工程くずとして排出 ○工程くずは国内タングステンカーバイトメーカーによって超硬工具用途等としてリサイクル	○超硬工具用途としてリサイクルするための経済性のあるリサイクルプロセスの開発・整備	○使用済み超硬工具の約2割は、国内で超硬工具用途、特殊鋼用途としてリサイクル	○回収ルート整備と回収量確保 ○経済性のあるリサイクル技術確立
リチウムイオン電池 (コバルト)	○電池材料・電池製造時の工程くずは、磁性材料用途としてリサイクル	○高純度回収技術の開発	○JBRCルートで回収された使用済み電池は、磁性材料用途としてリサイクル	○リサイクル制度に基づく更なる回収率向上 ○高純度回収技術の開発
特殊鋼 (レアメタル全般)	○特殊鋼メーカー内で発生する工程くずは、自社内でほぼ100%リサイクル	—	○製品に使用される特殊鋼の多くは、鉄スクラップとしてリサイクル ○自動車部品の一部は特殊鋼用途としてリサイクル	○徹底した分別による未回収資源のリサイクル促進

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基本政策ワーキンググループ参考資料集(抜粋版)より作成

# 1-5)レアメタルリサイクル状況整理

- 小型家電はレアメタル含有率が高いものがあると言われているが、使用済製品の回収は行われていない。
- レアメタル回収においては、組成が明らか、回収ルートがある、含有率が高い等の条件が必要。

レアメタル 用途	工程くず等	製品の種類		
		自動車	大型家電 (家リ法 4品目)	小型家電
製品の特性 (レアメタル)	組成が明らかで、レアメタル含有率が高いものもある	レアメタルを含む特定部品(触媒)は組成が明らかで、レアメタルの含有率が高い	組成はまちまちで、含有部位・部品の特定が困難。レアメタル含有率は低い	組成は多種多様で、含有部位・部品の特定が困難。集積度が高いため、レアメタル含有率の高いものもあると言われている。
回収ルート (法規制等)	経済活動として成立	解体業ルートあり (自動車リサイクル法)	下取等の商習慣あり (家電リサイクル法)	特になし (一般廃棄物)
レアメタル 回収(現状)	一部実施	触媒からのレアメタルは回収されている	基板等からの貴金属回収に付随して実施されているものあり。	実施されていない
ベースメタル 回収(現状)	----	鉄、アルミ等について二次原料化実施		----



## 2. レアメタルを含む小型家電の現状

- 小型家電は、その製品や種類が多彩。 (⇒1)小型家電とは)
- レアメタルは電子部品や、液晶、小型磁石などに使用されるため、小型家電には多種多様なレアメタルを含有しているものがある。
- 小型家電は集積度が高いため重量あたりのレアメタルの含有率は高い傾向。 (⇒2)小型家電に含まれるレアメタルの例)
- 小型家電は広く普及してきているため、今後廃棄量が増加するものと予想。  
(⇒3)小型家電の普及状況、4)使用済小型家電排出量の推計)
- 小型家電リサイクルは、廃棄物減量化の推進、環境負荷の低減のためにも重要。 (⇒5)小型家電リサイクルと環境負荷)

## 2-1) 小型家電とは

本研究会では、家庭で使用する電気・電子製品のうち、法に基づくりサイクルの制度を有せず、電子部品等の集積度が高いと思われる製品のうち、比較的小型のものを「小型家電」と呼ぶ。

例えば、機械統計上の分類で見た場合、電子部品等の集積度が高いと思われる「通信機械器具及び無線応用装置」、「民生用電子機械器具」、「電子計算機及び関連装置」のうち、比較的小型の「携帯電話」「PHS」「ビデオカメラ」「デジタルカメラ」「ポータブルオーディオ」「外部記憶装置」等が代表的な小型家電と考えられる。

また、小型家電は多種多様な製品が想定され、下記表以外にもゲーム機、PDA等も、小型家電と考えられる。

(参考)

機械統計上の分類	主要製品
民生用電気機械器具	電子レンジ、電気がま、ジャーポット、食器洗い乾燥機、 <b>電気冷蔵庫</b> 、クッキングヒーター、換気扇、電気温水器、自然冷媒ヒートポンプ式給湯器、家庭用電気井戸ポンプ、空気清浄機、 <b>電気洗濯機</b> 、電気掃除機、温水洗浄便座、電気かみそり、電気マッサージ器具、家庭用生ゴミ処理機 等
電球、配線及び電気照明器具	電球(白熱電球、蛍光灯、HIDランプ等)、配線器具、電気照明器具(白熱灯器具、蛍光灯器具等) 等
通信機械器具及び無線応用装置	電話機、電話応用装置(インターホン等)、通信・画像装置(ファクシミリ)、交換機、搬送装置、無線通信装置(携帯電話、PHS等)、ネットワーク接続機器 等
民生用電子機械器具	<b>テレビ</b> 、ビデオテープレコーダ、DVD-ビデオ、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ポータブルオーディオ、ホームオーディオ、カーオーディオ、カーナビゲーションシステム、補聴器 等
電子計算機及び関連装置	汎用コンピュータ、ミッドシップコンピュータ、 <b>パーソナルコンピュータ</b> 、外部記憶装置、入出力装置(プリンタ、 <b>モニター</b> 等)等、端末装置、プラズマモニター、プロジェクタ 等
電池	乾電池(マンガン乾電池、アルカリマンガン乾電池等)、蓄電池(鉛蓄電池、(自動車用鉛蓄電池、 <b>小型制御弁式鉛蓄電池</b> )等)、 <b>ニッケル・水素電池</b> 、 <b>ニッケル・カドミウム電池</b> 、 <b>リチウムイオン蓄電池</b> 等

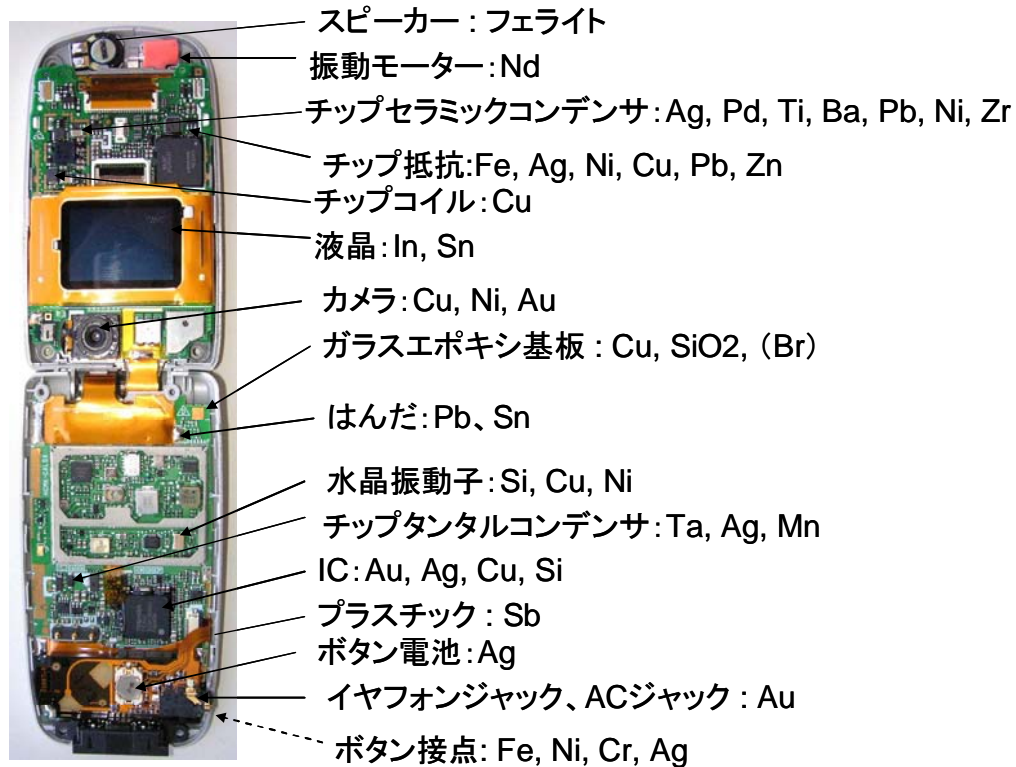
高いと思われ  
る製品群  
電子部品等の集積度が

注：法に基づくりサイクル制度を有する製品：家電4品目(テレビ、エアコン、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機)及び資源有効利用促進法の指定再資源化製品2品目(パソコン、小形二次電池)を表中、**青字**で記載

## 2-2) 小型家電に含まれるレアメタルの例(携帯電話)

レアメタルは電気電子部品や、液晶、小型磁石に使用されるため、小型家電には多種多様なレアメタルが含まれているものがある。

また、集積度が高いためレアメタルの含有率は高くなる傾向がある。



### 【携帯電話に含まれる金属等の事例】

出典：T. Shiratori and T. Nakamura: Journal of MMIJ, Vol.123, p.171-178, (2007) より

### 【携帯電話の分析結果例】

金属	含有量	一台あたり※
Cu	19 %	15.2 g
Al	9 %	7.2 g
Fe	8 %	6.4 g
Ni	1 %	0.8 g
Sn	1 %	0.8 g
Cr	8,970 ppm	0.7 g
Pb	6,870 ppm	0.5 g
Nd	3,870 ppm	0.3 g
Ta	2,590 ppm	0.2 g
W	2,240 ppm	0.2 g
Ag	1,400 ppm	0.1 g
Ti	1,400 ppm	0.1 g
Mn	1,160 ppm	0.1 g
Pd	1,110 ppm	0.1 g
Mg	520 ppm	42 mg
Ba	390 ppm	31 mg
Au	340 ppm	27 mg
Bi	150 ppm	12 mg
Li	120 ppm	10 mg
Co	80 ppm	6 mg
Ru	50 ppm	4 mg
Zr	50 ppm	4 mg
Be	40 ppm	3 mg
Sr	40 ppm	3 mg
Ga	10 ppm	1 mg
Y	10 ppm	1 mg

※携帯電話1台 80gとして計算

出典：MOBILE PHONE PARTNERSHIP INITIATIVE (MPPI)  
Basel Convention より

## 2-3) 小型家電の普及状況

- 小型家電は広く普及してきている。
- 一人あたり複数の所有などもあり、世帯あたりの保有台数が増加している。
- 平均使用年数は比較的短期間であり、使用済となる時期は早いと考えられ、今後廃棄量が増加すると予想される。

(単位:台)

品目	世帯普及率 %				100世帯当り保有台数				平均使用年数		
	2005.3	2006.3	2007.3	2008.3	2005.3	2006.3	2007.3	2008.3	2005年度	2006年度	2007年度
携帯電話	82.0	85.3	88.0	90.5	179.7	194.6	203.9	208.8	2.6	2.7	2.9
DVD	49.0	61.1	65.1	71.7	70.1	90.8	97.5	108.5	4.3	4.4	4.5
デジタルカメラ	46.2	53.7	58.9	66.0	55.6	66.8	74.7	85.7	3.2	3.5	3.7
ビデオカメラ	39.6	40.2	41.2	41.4	44.4	43.9	45.2	44.8	6.5	6.0	7.0
ファクシミリ	49.7	56.7	57.7	59.0	51.2	58.7	59.4	60.6	-	-	-

「家電産業ハンドブック2008 (財団法人家電製品協会)」より作成

## 2-4) 使用済小型家電排出量の推計

小型家電に相当すると考えられる分類の使用済製品発生量推計 約50万トン／年

カテゴリー分類	重量 (t)	1人あたり重量 (kg/person)
家電リサイクル法機器	671,410	5.3
台所用品	216,637	1.7
清掃・洗面用品	114,288	0.9
居室用品、屋外機器	95,876	0.8
音楽・映像機器	211,830	1.7
娯楽・個人機器	120,559	0.9
IT機器	155,879	1.2
車用品	19,095	0.1
工具類	11,788	0.1
照明器具	570,160	4.5
医療・工業制御機器	104,147	0.8
その他	187,680	1.5
合計	2,479,349	19.4

小型家電に相当する品目が多いものと推定

出典：T. Shiratori and T. Nakamura: Journal of MMIJ, Vol.123 (2007) より作成

### 【我が国の総使用済電気電子機器に含まれる金属量推定※】

総使用済電気電子機器発生推計 約250万トン／年(国民一人あたり19.4kg)

※2005年度生産量をベースとして推計 出典：T. Shiratori and T. Nakamura: Journal of MMIJ, Vol.123 (2007)より

- ・使用済機器中の金属量は  
銅：約11万トン、鉛：約1万トン、錫：約5.3千トン程度と推定
- ・貴金属類は小型家電では含有量が高く、数十トン程度と推定
- ・レアメタル類も貴金属類と同等量と推定



## 2-5) 小型家電リサイクルと環境負荷

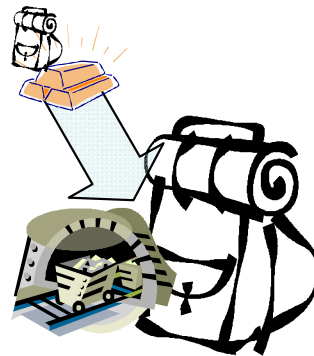
小型家電のリサイクルは、含有される有害物質の適正管理、レアメタルの持つ自然への負荷の低減および天然資源の保護の意味からも重要。

### 【エコロジカル・リュックサック】

- 素材／製品1kgを得るために鉱石、土砂、水等の天然資源を何kg自然界から動かしたかによって表わされる。

- Fe鉄	21kg
- Alアルミ	85kg
- Cu銅	500kg
- Au金	540,000kg
- Pt白金	1,000,000kg

(データ例は「環境白書」より)



- 貴金属・レアメタルはリュックサックの大きいものもあり、天然資源保護のためにはリサイクルの推進が重要。

### 【有害物質】

使用済みとなる電気電子機器には、次のような物質が含まれているものもある。

- ・水銀(蛍光管)
- ・鉛(はんだ)
- ・カドミウム(電池)
- ・ヒ素(半導体、ガラス)
- ・アンチモン(難燃材)
- ・他

### 3. 使用済電気電子機器の国際動向

- EUでは、有害物質管理の視点に立ったWEEE指令のもと、RoHS指令による有害物質の電気機器への使用制限とともに、使用済電気電子機器の回収から再資源化までの動きが見られる。
- 米国においても、州レベルで電気電子機器の回収・再資源化の動きが見られる。
- ただしレアメタルの回収はほとんどが未実施。

(⇒1) 海外規制動向)

- E-Wasteからのレアメタル回収は、ほとんど未実施。また、不適正な国際移動および処理による、環境負荷の懸念が大きい。

(⇒2) E-Waste (電気電子機器廃棄物))

## 3-1) 海外規制動向

- WEEE（電気電子機器廃棄物：Waste from Electrical and Electronic Equipment）
  - EUでは、WEEEは毎年3～5%の発生増加（他の廃棄物増加率の3倍）
  - 市民一人あたり、年間17～20kgを排出するものと予想

- EUではWEEEの量が増加し、その約9割が前処理を経ることなく埋立・焼却処理され、鉛などによる環境汚染が問題化。
- EUではWEEE問題に対して指令を出し再資源化を促進。幅広いカテゴリーの電気電子機器廃棄物につき、製造者負担で再資源化。市民は回収に協力し、無償で引取。
- RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令により電気電子機器に使用する以下の有害物質を制限。
  - (1)鉛、(2)水銀、(3)カドミウム、(4)六価クロム、
  - (5)PBB(ポリ臭化ビフェニール)、(6)PBDE(ポリ臭化ジフェニルエーテル)
- 米国では州レベルでWEEEについて回収・再資源化を規定する等の動き
- その他、複数国にてWEEE指令、RoHS指令と同様の規制が制定、検討中
  - 我が国では「家電リサイクル法」、「資源有効利用促進法」により、優先順位の高い品目から法制度化して実績を上げている。

## 3-2) E-Waste (電気電子機器廃棄物)

- E-Wasteとは電気電子機器廃棄物の意味(WEEEと同じ意)
- アジア各国では、廃電気電子機器の輸入禁止措置や、バーゼル条約に基づく規制などが行われている。
- 先進国から電気電子廃棄物が途上国に輸出され、現地で環境上不適正な処理・資源回収が行われ、環境を汚染しているのではないかとされている。
- 再資源化されている場合でも、銅や貴金属が対象であり、レアメタル回収事例はほとんどない。



電子基板からの部品回収の様子

出典：平成16年度 産業構造審議会  
国際資源循環ワーキンググループ第2回資料より



バーゼル条約の規制対象物として  
日本にシップバックされたテレビ等

出典：平成18年  
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  
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WG  
第5回合同会合 資料より