

40 レア・アース (RE)

40 レアアース(RE)

40.1 マテリアルフロー分析

レアアースの概要

レアアースは、スカンジウム(Sc)、イットリウム(Y)及びランタノイド 15 元素の計 17 元素の総称で、総て 3A 族に属する。またレアアースの内、スカンジウム、イットリウム及びランタノイドの内の原子番号の大きい ${}_{64}\text{Gd}\sim{}_{71}\text{Lu}$ は重希土と呼ばれ、原子番号の小さい ${}_{57}\text{La}\sim{}_{63}\text{Eu}$ は軽希土と呼ばれる。なお、 ${}_{63}\text{Eu}$ を重希土に分類したり、 ${}_{63}\text{Eu}\sim{}_{65}\text{Tb}$ を中希土と分類することもある。

重希土と軽希土は 3 価イオンの塩の溶解度、イオン交換分離過程の挙動などに違いがみられる。また、重希土は軽希土に比べて単体金属の空気中の安定性が大きい(出典:東京化学同人「化学大辞典」2005)。一般的には軽希土は水に不溶(セリウム族)、中希土は水に難溶(テルビウム族)、重希土は水に可溶(イットリウム族)との特徴がある。

レアアースは、単体又は混合物で、また化合物あるいは金属として使われ、用途は多岐にわたる。主要なレアアース、混合物等の用途は表1のとおりである。

表1 主要なレアアース等の用途

分類	レアアース等	主要用途	
軽希土	ランタン(La)	光学レンズ、セラミックコンデンサー、触媒、蛍光体	
	セリウム(Ce)	ガラス研磨剤、触媒、UV カットガラス、ガラス消色剤	
	プラセオジウム(Pr)	Nd 焼結磁石、セラミックタイル発色剤(黄色)	
	ネオジウム(Nd)	Nd 磁石(焼結及びボンド)、セラミックコンデンサー	
	プロメチウム(Pm)		
	サマリウム(Sm)	SmCo 磁石(焼結及びボンド)	
	ユウロピウム(Eu)	蛍光体(赤色)	
	重希土	ガドリニウム(Gd)	光学ガラス、原子炉の中性子遮蔽材
		テルビウム(Tb)	蛍光体(緑色)光磁気ディスクターゲット、Nd 焼結磁石
		ジプロシウム(Dy)	Nd 焼結磁石、超磁歪材
ホルミウム(Ho)		レーザー関係、磁性超伝導体	
エルビウム(Er)		クリスタルガラス着色剤	
ツリウム(Tm)		レーザー関係	
イッテルビウム(Yb)		レーザー関係、可視アップコンバージョン	
ルテチウム(Lu)		シンチレーション	
イットリウム(Y)		蛍光体(赤色)、光学ガラス、ジルコニア安定化剤、二次電池の極材	
スカンジウム(Sc)			
その他	ミッシュメタル	発火合金、Ni-MH 合金、鉄鋼・非鉄金属添加剤、 Sm_2O_3 還元剤	
	バストネサイト	ガラス研磨剤	
	粗塩化希土	FCC 触媒	

(出典)JOGMEC:レアメタル備蓄検討の調査報告(平成 19 年 3 月)、化学同人:希土類の科学

レアアースの供給

我が国ではレアアース鉱石・原料は国内では生産されず、すべて輸入されている。レアアース原料・製品の過去 5 年の輸入量は表2の通りであるが、近年中国の比率が急増している。

表2 日本の原料輸入推移

(単位:マテリアルトン)

	2002	2003	2004	2005	2006
酸化イットリウム	917	1,235	1,377	1,226	1,603
内中国シェア	96%	97%	100%	99%	99%
酸化ランタン	1,315	2,240	1,915	1,801	2,141
内中国シェア	85%	87%	97%	98%	98%
酸化セリウム	4,161	4,241	4,178	6,147	11,489
内中国シェア	87%	83%	83%	83%	83%
セリウム化合物	6,225	6,609	6,381	7,216	9,069
内中国シェア	91%	89%	88%	73%	73%
希土類化合物(注1)	4,463	4,802	6,230	5,738	7,645
内中国シェア	79%	82%	85%	90%	90%
希土類金属	4,985	6,119	6,379	8,387	9,460
内中国シェア	79%	99%	100%	100%	100%
フェロセリウム	505	458	298	592	548
内中国シェア	11%	23%	22%	44%	44%
合計	22,571	25,704	26,758	31,107	41,955
内中国シェア	88%	88%	90%	88%	88%

(注1)2001年から粗塩化希土が希土類化合物に含まれている。

(出典:財務省貿易統計)

品種によって異なるが、ここ数年は全体としてほぼ90%前後が中国からの輸入である。2000年のITバブルの崩壊の影響を受け2001年に一旦落ち込んだものの、その後回復し2006年は41,955トンと過去最高記録である2005年の31,107トンの初めての3万トン台から一挙に4万トン台に達した。前年2005年までは実需に基づいたものであったが、2006年の急増は世界主要生産国である中国の2005年からの政策転換に対応する形で日本の加工メーカーを中心として在庫確保に走った為と思われる。

輸入金額も2003年16,351百万円(トン当たり単価636千円)、2004年20,792百万円(同777千円)、2005年24,426百万円(同785千円)、2006年43,096百万円(同1,027千円)と着実に増加して来たが2006年は単価の上昇が顕著である。2006年は中国の関連国内政策が矢継ぎ早に発表され、既に希土類では委託加工は前年度より禁止されていたが2006年1月1日からは希土類以外のその他全品目の委託加工も一切禁止とし、更に希土類の輸出税還付を2006年9月1日に廃止したばかりか11月1日からは逆に希土類の輸出に賦課を行った。既に世界の鉍石生産量(酸化物換算123千トン)の内の120千トン(98%)を中国が生産するというほぼ独占状態に入っていたため、この還付税廃止相当額、更には輸出税相当額も価格に上乗せされ海外の買主が負担することとなった。

レアアースの需要

レアアース製品の国内需要は、表3のとおり酸化物換算(REO)で2002年の17,602tから順次増加の傾向を辿り、2006年には21,179tと大幅に伸びている。

表3 日本のレアアース用途別需要量推移

(単位:酸化物換算 トン)

用途	REO,金属	2002	2003	2004	2005	2006
研磨剤	CeO ₂	3,721	4,061	4,500	5,000	5,500
RE 焼結磁石	Nd ₂ O ₃	3,250	3,920	4,000	4,200	4,450
	Sm ₂ O ₃	115	138	140	140	150
フェライト磁石	La ₂ O ₃	70	65	60	60	60
RE ボンド磁石	Nd,Sm	118	127	180	160	136
磁石小計		3,553	4,250	4,380	4,560	4,796
ニッケル水素電池	MM	3,920	3,560	2,874	2,846	3,071
自動車排ガス触媒	CeO ₂	615	618	1,261	1,296	1,300
	La ₂ O ₃	62	62	126	130	130
化学反応触媒	CeO ₂	555	603	676	734	731
FCC 触媒	粗塩化希土	814	682	939	983	903
触媒小計		2,046	1,965	3,002	3,143	3,064
UV ガラス	CeO ₂	1,346	1,350	1,382	1,420	1,490
光学ガラス	La ₂ O ₃	384	437	390	293	502
ブラウン管ガラス	CeO ₂	1,020	907	843	500	450
ガラス小計		2,750	2,694	2,615	2,213	2,442
コンデンサー	Nd ₂ O ₃	652	805	990	1,130	1,245
	La ₂ O ₃	110	137	170	192	211
コンデンサー小計		762	942	1,160	1,322	1,456
発光体	Y,Ce,Eu,Gd	850	1,200	920	900	850
合計		17,602	18,672	19,451	19,984	21,179

(注1)RE ボンド磁石、ニッケル水素二次電池は金属量その他は REO (類推)

顕著な伸びを示しているのは主として Nd-Fe-B 系磁石合金分野、FPD(フラットパネルディスプレイ)分野での高品質ガラス研磨や CMP(Chemical Mechanical Polishing)と呼ばれる半導体シリコンウエハー研磨である。これらはいずれもハイテク機器には欠かせぬものである。

蛍光体材料や自動車排ガス浄化触媒分野を中心とする触媒関係も景気の拡大に合わせる形で堅調に推移している。ミッシュメタルを使用する二次電池分野では小型電池(含む部材)の海外生産が増加し漸減して来た。国内生産はリチウムイオン二次電池との棲み分けがほぼ完成したと見られ、2006 年には生産量は 1 割近く増加したが、これは新型ニッケル水素二次電池が出て来た為と思われる。ハイブリッド自動車等大容量二次電池分野では、2010 年まではニッケル水素二次電池が主流と見られ、国内生産が今後も期待されているが自動車メーカーと電池メーカーの最大の最先端極秘研究分野であり正確な実態が掴めないのが実情である。

レアアースの用途、需要動向 ランタン(La)

光学レンズ: 主な用途は高屈折低分散の光学レンズで最近ではデジタルカメラのレンズでの使用が多い。携帯電話のカメラレンズの需要も底堅い。光学レンズ用ランタンは高品質なものは要求されず、中国で製造されたものが、直接輸入され、日本のレンズメーカーに納入されている。光学レンズ向けはデジタルカメラの生産が前年横這いであったことから、他のビデオカメラ等での伸びを含めても消費はそれ程変わっていないと思われる。

コンデンサー：セラミックコンデンサー用ランタンは、酸化ネオジウムとともに周波数の低い領域に使用されているが、高性能が要求されるため、中国製では対応できず、国産の製品が使用されている。磁気コンデンサーそのものの生産は大きく伸びているがランタンやネオジウムを多く使用する積層セラミックコンデンサー（電極に貴金属使用）の価格上昇もあるためか微増傾向と推測されるが各社によって状況は異なると思われ詳細は不明である。

磁石・他：La-Co 系フェライト焼結磁石に使用されるが使用量は年々減少してきている。他に 3 波長蛍光灯（緑色）に使用されているが使用量は大きくは無い。

セリウム (Ce)

主に研磨材として使用される。液晶ガラス研磨や半導体研磨である CMP が大きな分野だが無研磨ガラスが普及しており液晶ガラスの生産は伸びているものの Ce 消費量は横ばいと思われる。その他に UV ガラス・CRT(ブラウン管)の添加剤や自動車排ガス等の触媒に使われるが 2006 年の全体の消費量は 7,000 トン位と推定される。今後画面は液晶乃至プラズマが主流となり国内での CRT 生産は 2010 年までには完全に無くなる見込みである。

ネオジウム(Nd)、サマリウム(Sm)

用途は水素吸蔵合金用のミッシュメタルと永久磁石の磁性材料に大別される。特にネオジウムの需要は自動車や家電を始め堅調に伸びているが今後はハイブリッドカーの増産に合わせる形で伸びてゆくものと思われる。

ネオジウムは、ハードディスクや冷蔵庫等の家電、自動車特にハイブリッドカーのモーターに使用される。MRI の磁石への使用増が一時は期待されたが、この分野では超伝導使用が主流となって来ている。ネオジウム磁石は Co を使用する必要がなく、磁石性能(磁束、保持力)は最も高い。保持力を高める(小型高出力)ため、ジスプロシウム(Dy)やテルビウム(Tb)を 2-6%添加する。

イットリウム(Y)

イットリウムの用途は蛍光体(CRT、3 波長ランプ、液晶バックライト)を中心に、光学ガラス(プロジェクター、カメラ用レンズ)、セラミックスの安定剤、電池極板、コンデンサーなどにも使われる。

中間生産物に係る我が国の主要生産者並びに生産品目は次のとおりである。

表4 中間生産物に関する主要生産者及び生産品目

主要生産者	生産品目
三徳	ミッシュメタル、希土磁石合金他
信越化学工業	酸化イットリウム、酸化ユウロピウム他
三井金属鉱業	酸化ランタン他
昭和電工	レアアース金属、化合物
第一稀元素化学工業	レアアース金属、化合物
阿南化成	酸化イットリウム、酸化ユウロピウム、酸化セリウム他
太陽鉱工	セリウム等希土化合物
住金モリコープ	希土類合金
ニッキ	レアアース塩類他
日本イットリウム	酸化イットリウム、酸化ユウロピウム他

(出典：工業レアメタル 2007、新金属データブック 2002、各社ウェブサイト)

40. 2 リサイクルの現状と評価

従来使用済み電池や磁石の回収ができていないこと、国内でのリサイクルではコスト的に合わないことから、製造工程で発生するスクラップ以外のリサイクルは 2000 年代になるまで行われていなかった。しかし電池に関しては 2001 年に「資源の有効な利用の促進に関する法律」が施行さ

れたことにより小型充電式電池の回収・再資源化が義務づけられ、自治体による分別回収で現在は電池のリサイクルはかなり進んできた。

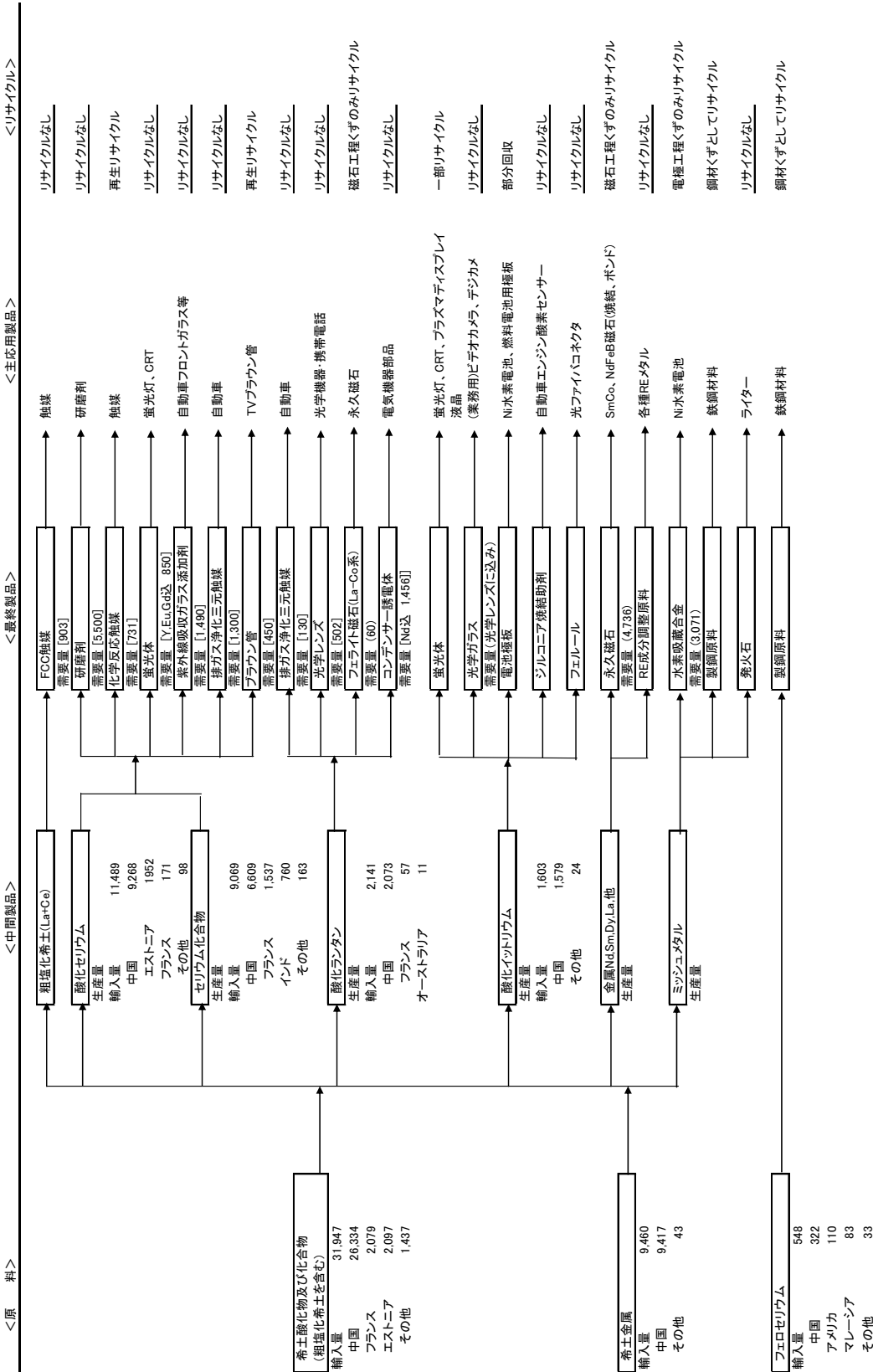
製品として出荷され使用後の磁石の回収は鉄と着く性質があるが故に分離がコスト的にも難しく回収はされていない。

但し、製造工程での磁石は切削や破損などで発生する 20～30%の屑は例えばネオジム磁石では 95%以上リサイクルされている。スラッジはドラムに入れ、水漬にして中国へ原料として送られていると言われていたが、現在は委託加工が出来なくなった為、新たな対策が検討されていると思われる。

一般的にレアアースは殆どどの製品分野でも原料としては副資材(一番多く使用するネオジム鉄ボロン磁石でも 30%Max と殆どが微量添加剤)であり原単位に占める重量比率は小さい事からレアアースを目的に回収することはコスト的にも難しい面がある。しかし昨今のレアアースを含む非鉄金属価格の上昇や中国のレアアース資源政策の変化等で従来のような原材料手当ては困難を増してきており、現在は大幅なリサイクルの研究・見直しが行なわれている。

CRT(ブラウン管)は酸化セリウムが添加されているが、CRTのリサイクルはCRT製造メーカーにて国内で再生ガラス原料として再利用されていたが現在は CRT の国内生産が略無くなった。今後は同じ用途で海外へ輸出されるが、海外でも同様に CRT が液晶・プラズマへと変わって行った場合今後この用途が無くなりその処分の方法が問題となる。

レアース(RE)



1. 鉱石埋蔵量(Reserves): REO 88百万トン(USGS: MGS2007)
 2. 出典: 財務省貿易統計、工業レアメタル 2007、新金属協会、他

レアアース(RE)

リサイクルの現状

主な応用製品	利用形態	使用済み品の形態・量		リサイクル形態		リサイクル 現状評価	備考
		形態	推定量 Ton/年	リサイクル実態	リサイクルの サイクル(注②)		
研磨剤	研磨剤	研磨くず	不明	リサイクルなし	0.1	0	A
蛍光体	蛍光灯、CRT	蛍光灯、CRT	不明	再生リサイクル	5	不明	B
紫外線吸収ガラス	ガラス	ガラス	不明	リサイクルなし	5	0	B
光学ガラス、レンズ	カメラ、ビデオ	カメラ、ビデオ	不明	リサイクルなし	5	0	B
磁石	磁石	磁石	不明	リサイクルなし	5	0	B
水素吸蔵合金	Ni水素電池	Ni水素電池	不明	部分回収	5	不明	B G

現状評価:

- A. 応用製品が消耗品
- B. 添加剤として使用
- C. リサイクル流通システムが未整備
- D. 効果的なリサイクル技術がない
- E. 経済性がない
- F. 需要開発が不十分
- G. その他

蛍光灯は無し。CRTは再生、LCD/PDPはリサイクルされていると言われている

工程くずはリサイクルされている