

世界のレアアース需給

世界のレアメタル (3)

総務企画グループ
企画調整チーム 担当調査役
morikawa-ichizo@jogmec.go.jp 森川 市参

レアアースは、携帯電話・パソコンといったIT関連向けのセラミック製品（コンデンサ、フィルター、センサー等）、希土類永久磁石、水素吸蔵合金電池、自動車排ガス触媒、ガラス研磨剤、自動車ガラス紫外線吸収剤、ブラウン管ガラス消色剤等に広く利用されている。

最先端産業に密接かつ幅広い分野で使用されるレ

アースについて、その概要、動向を纏めてみる。

1. レアアースとは

レアアースは、周期律表第Ⅲ族に属する原子番号57番から71番の15元素に21番のスカンジウム（Sc）及び39番のイットリウム（Y）の2元素を加えた17元素の呼称である。

原子番号	元素名	元素記号	地殻における存在度 (ppm)
57	ランタン	La	30
58	セリウム	Ce	60
59	プラセオジウム	Pr	8.2
60	ネオジウム	Nd	28
61	プロメチウム	Pm	-
62	サマリウム	Sm	6.0
63	ユウロビウム	Eu	1.2
64	ガドリニウム	Gd	5.4
65	テルビウム	Tb	0.9
66	ジスプロシウム	Dy	3.0
67	ホルミウム	Ho	1.2
68	エルビウム	Er	2.8
69	ツリウム	Tm	0.5
70	イッテルビウム	Yb	3.0
71	ルテチウム	Lu	0.5
21	スカンジウム	Sc	22
39	イットリウム	Y	33

なお、レアアース元素は、その存在度に差異はあるが、イットリウム（33 ppm）やセリウム（60ppm）は錫（2ppm）や鉛（12.5 ppm）よりも多く存在し、少ないルテチウム（0.5ppm）などでも金（0.004ppm）、銀（0.07ppm）などの貴金属に較べればその存在度は大きい。レアアース元素はその相互の分離精製が困難な上に、多種類の岩石中に微量に広く含まれているという特徴から、純粋な単一の元素を入手することが難しいため、“レア（希）な元素”とされている。

これらレアアースは、原子核を周回する電子の軌道が特殊なため、他金属にはない独特の機能を発揮する。

2. 用途・需要

化合物別のレアアースの用途・需要は次のようになっている。

① 酸化希土

バストネサイトを焼成した混合希土酸化物で、

長年テレビブラウン管やカメラ、複写機等、光学ガラスの仕上げ研磨に供されてきたが、近年はパソコン用HDDのガラスディスク、フォトマスク用ガラス、液晶ガラスなど一層高度な用途に需要が拡大している。

② 酸化セリウム（CeO₂）

自動車の排ガスであるHC、CO、NOxの浄化用三元触媒に使われており、地球環境の保全のための廃ガス規制強化により今後も需要が拡大すると考えられる。また、ブラウン管の消色剤として添加されるほか、紫外線カット用に自動車ガラスに添加される。

③ 酸化ランタン（La₂O₃）

高屈折低分散のガラスレンズ材料として使用されているが、近年ではデジタルカメラのレンズにも使用されている。また、セラミックコンデンサ向け需要も拡大している。

④ 酸化サマリウム（Sm₂O₃）

SmCo磁石が実用化された1975年頃から酸化サマリウムはほぼ全量がSmCo磁石用に使わ

れている。成分的にはサマリウムメタルとコバルト合金のもの、さらに鉄、銅、ジルコニウムなどが加わったものがある。SmCo磁石には焼結磁石と樹脂で合成されたボンド磁石があるが、そのほとんどが焼結磁石である。

なお、Nd・Fe・B磁石の出現によりSmCo磁石の生産量は低下している。

⑤ 酸化ネオジウム (Nd₂O₃) (フッ化ネオジウム)

Nd・Fe・B磁石はIT産業に重要な役割を持つ材料のひとつであり、ネオジウム磁石として開発され、その後プラセオジウムもネオジウムとともに使われ、高温特性向上のためジスプロシウムが添加される。自動車用には添加量が増しており、医療用機器のMRI、携帯電話の振動モーターやスピーカー用途も増大している。

酸化ネオジウムは温度補償用セラミックコンデンサ、フィルターにも用いられ、あらゆるIT機器の基板に組み込まれていると考えられる。

⑥ 酸化ユウロピウム (Eu₂O₃)、酸化イットリウム (Y₂O₃)

酸化ユウロピウムと酸化イットリウムの最大の用途は蛍光体であり、赤色蛍光体はカラーテレビのブラウン管に塗布されて使用される。また、三波長蛍光灯にも使われ、赤、青、緑の3成分の蛍光体をブレンドして自然光に近い光を発光させる。

⑦ ミッシュメタル

ミッシュメタルは混合希土のメタルで、発火石として初めて使われ、現在も使い捨てライターとしても広く使われている。工業用としては鋳鉄管、自動車のクランクシャフトなどになるダクタイル鋳鉄の黒鉛球状化剤、鉄鋼の脱酸剤として、また耐熱アルミニウム合金や鉄鋼の亜鉛メッキ用に添加される。

近年の主用途は、電池寿命、容量に優れたニッケル水素二次電池であり、携帯電話、ハイブリッドカーの普及でさらにミッシュメタル需要は増加している。

⑧ その他のレアアース金属

光磁気ディスクの記憶媒体にテルビウムが使用される。

⑨ 塩化希土

溶液の形で石油接触分解触媒 (FCC) として合成ゼオライトに吸着させて使われる。

3. レアアース原料

レアアース原料となる主な鉱石鉱物はバストネサイト、モナザイト、ゼノタイムであり、資源埋蔵量は酸化物量換算で約9千万t (Mineral Commodity

Summary) と見られており、主な産出国は中国、アメリカ、インド、旧ソ連である。

① バストネサイト (Ce, La) (CO₃) F

アメリカ・カリフォルニア州のマウンテンパス鉱床は、バストネサイトを伴うカーボナタイト鉱床であり、中国でバストネサイトを産出するまでは、特にユウロピウム原料として重要であった。

② モナザイト (Ce, La, Nd, Th) PO₄

1960年頃まではモナザイトがレアアースの主たる原料鉱石であった。豪州、インド、ブラジル、マレーシア、アメリカの海岸や川岸に砂鉱床として、錫石、イルメナイト、ルチル、ジルコンなどの鉱物と共に産出する。

③ ゼノタイム YPO₄

マレーシアなど限定された地域のモナザイトに少量共生する。1975年頃までイットリウム原料として使用された。

主な生産国である中国の鉱石は以下のとおりである。

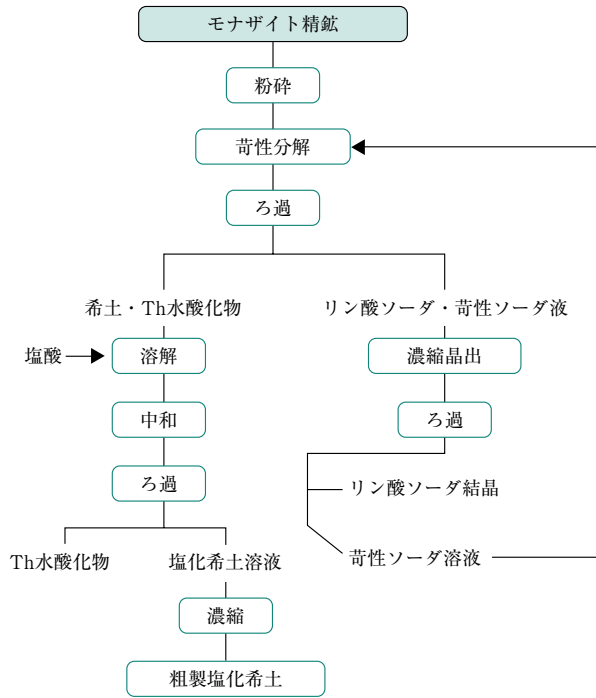
① 中国の複雑鉱石

バストネサイトとモナザイトの共生したもので、中国、内蒙古自治区、白雲鉱床の磁鉄鉱副産物として産出し、混合希土、軽希土の原料となる。

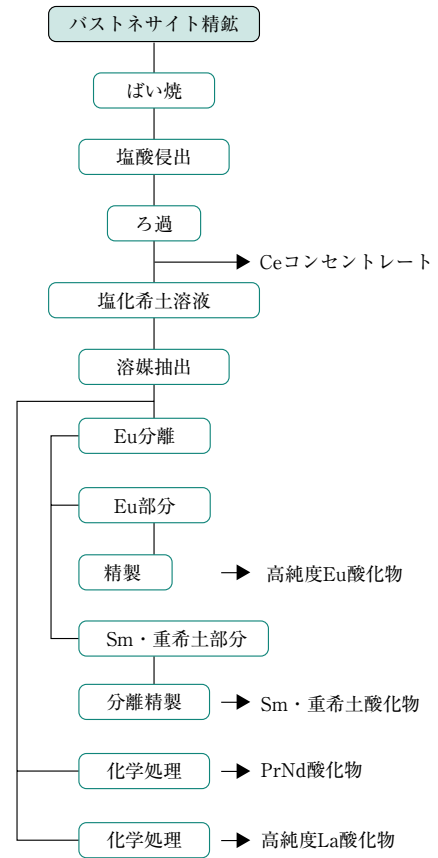
② イオン吸着鉱

レアアースを少量含む花崗岩などが風化して形成された風化土壤中に、レアアースイオンが0.1~0.2%の濃度に濃縮したものであり、中国江西省、広東省、福建省に分布する。1980年から蛍光体用イットリウム、ユウロピウム、永久磁石用のサマリウム、ネオジウム、ジスプロシウム抽出に特に重要な鉱石となっている。

モナザイトのアルカリ分解フロー



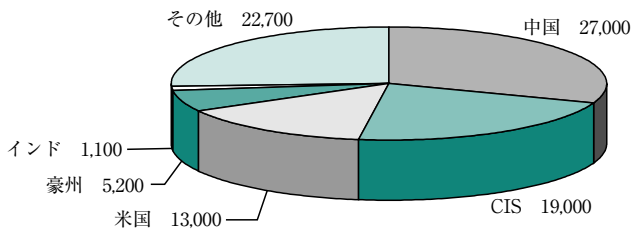
バストネサイト処理 (モリコープ社)



シリーズ

世界のレアアース需要

レアアースの埋蔵量 (REO : 千 t)



Mineral Commodity Summary 2004

なお、レアアースはバストネサイト、モナザイト、ゼノタイム、イオン吸着鉱の各鉱石中にそれぞれ特有の成分構成比をなしており、鉱石ごとに分離される各レアアースの量は限定される。従って、希土鉱石を溶媒抽出法により分離精製されると各鉱石の組成に従って15元素が抽出されてくる。現時点では、必要な元素だけを選択的に抽出する技術は開発されていない。

このため、ある特定のレアアース元素に対する需要が急増した場合、それ以外のレアアース元素が有

効利用されないと、その分を不要在庫の形で保有するか、特定のレアアース元素化合物に生産コストが配分されることになる。

また、金属レアアースは、元素により異なるが1か月程度で酸化してしまうため、なるべく早く合金にするなどの加工が必要かつ重要であり、不要在庫の形で保有には錆対策が必要であろう。さらに、酸化レアアースは同一中間製品でも元の原料により品質が大きく異なるデリケートなものであり、用途によってもスペックを異ならせることが必要である。

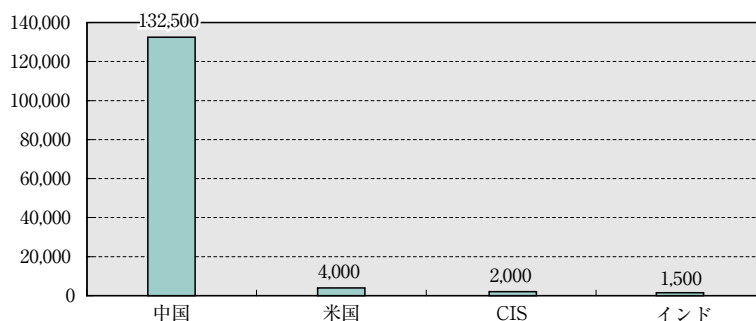
レアアース鉱石組成例

単位：%

	バストネサイト		モナザイト				ゼノタイム		中国イオン吸着鉱	
	米国	内モンゴ	西蒙州	インド	米国	中国	マレーシア	中国	龍南鉱	尋烏鉱
La ₂ O ₃	32	27	23.9	23	17.47	23.35	0.5	1.2	2.18	29.84
CeO ₂	49	50	46.03	46	43.73	45.69	5	3	<1.09	7.18
Pr ₆ O ₁₁	4.4	5	5.05	5.5	4.98	4.16	0.7	0.6	1.08	7.14
Nd ₂ O ₃	13.5	15	17.38	20	17.47	15.74	2.2	3.5	3.47	30.18
Sm ₂ O ₃	0.5	1.1	2.53	4	4.87	3.05	1.9	2.2	2.34	6.32
Eu ₂ O ₃	0.1	0.2	0.05		0.16	0.1	0.2	<0.20	0.1	0.51
Gd ₂ O ₃	0.3	0.4	1.49		6.56	2.03	4	5	5.69	4.21
Tb ₄ O ₇	0.01		0.04		0.26	0.1	1	1.2	1.13	0.46
Dy ₂ O ₃	0.03		0.69		0.9	1.02	8.7	9.1	7.48	1.77
Ho ₂ O ₃	0.01		0.05		0.11	0.1	2.1	2.6	1.6	0.27
Er ₂ O ₃	0.01	1	0.21	1.5	0.04	0.51	5.4	5.6	4.26	0.8
Tm ₂ O ₃	0.02		0.01		0.03	0.51	0.9	1.3	0.6	0.13
Yb ₂ O ₃	0.01		0.12		0.21	0.51	6.2	6	3.34	0.62
Lu ₂ O ₃	0.01		0.04		0.03	0.1	0.4	1.8	0.47	0.13
Y ₂ O ₃	0.1		2.41		3.18	3.05	60.8	59.3	64.1	10.07

新金属協会報告書、平成14年2月

2003年生産量 (REO : t)

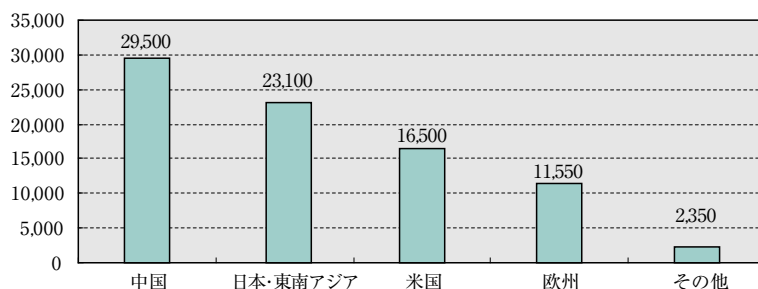


なお、2003年のレアアースの世界埋蔵量では中国が世界の約30%、旧ソ連が約20%、米国が15%、蒙州が6%を占めているが、生産量では中国が約

88%を占めている。

我が国への輸入でも中国がほぼ独占状態であり、かつ毎年中国からの輸入割合は増加し続けている。

2003年の消費量 (REO : t)



Roskill 2004

4. 2003年の我が国のレアアース輸入状況

品目別輸入先別状況

単位：kg

	希土類金属 スカンジウム イットリウム	酸化セリウム	セリウム化合物	希土類金属の 化合物	酸化イットリウム	酸化ランタン
アジア						
中国	6,115,648	3,537,920	5,898,371	3,927,822	1,204,200	1,955,275
台湾	954	266,555				
韓国		8,992	125,600	80		
インド				456,779		
CIS						
ロシア				80		
カザフスタン			165,000			
キルギスタン				361		
エストニア		220,000		161,000		
欧州						
フランス		172,099	396,163	250,027	17,100	282,940
イギリス	1			2,248		
ノルウェー						
オランダ	20					
ドイツ			7,000	3,283	2,586	
オーストリア	2,000	200			1,920	2,320
北米						
アメリカ	44	34,866	17,259	126	9,640	
カナダ			49			
合計	6,118,667	4,240,632	6,609,442	4,801,806	1,235,446	2,240,535

日本貿易月表

日本の輸入は、一部最終製品に近い形の製品の輸入もあるが、中国から半製品を輸入して加工販売する形となっており、近年は中国の高付加価値化政策により最終製品のウエイトがかなりの比率を占める

と見込まれる。

また、レアアースの製品に占める割合は非常に小さいため、一部の価格の高い鉱種以外は採算に合わず再利用はされていない。

我が国の輸入先推移状況

年	第1位輸入国	2位輸入国	第3位輸入国	第4位輸入国	第5位輸入国
1990	中国 27%	アメリカ 23%	マレーシア 18%	フランス 16%	ソ連邦 10%
1995	中国 50%	フランス 24%	アメリカ 11%	エストニア 7%	インド 4%
2000	中国 85%	フランス 9%	台湾 3%	エストニア 2%	インド 1%
2001	中国 81%	フランス 7%	エストニア 5%	インド 3%	アメリカ 2%
2002	中国 90%	フランス 5%	インド 2%	台湾 1%	エストニア 1%
2003	中国 91%	フランス 4%	インド 2%	エストニア 2%	台湾 1%

フランスから輸入されるレアアースの原料は中国産であり、また、台湾も同様と推測されるため、2003年においては中国にほとんどを依存している状況にある。

これは、中国が豊富な資源、安価な労働力に加え、増値税還付による輸出奨励策などを背景に西側諸国品に比べて低価格で市場を拡大してきたことが主要因である。

我が国の輸入規模（2003年輸入概算額）

鉱種	輸入概算額（億円）	鉱種	輸入概算額（億円）	鉱種	輸入概算額（億円）
ニッケル	1,904	レアアース	161	バリウム	24
プラチナ	1,242	ニオブ	82	ゲルマニウム	18
クロム	557	ジルコニウム	78	ビスマス	6
パラジウム	452	タングステン	64	インジウム	4
マンガン	420	バナジウム	64	ベリリウム	2
コバルト	365	ホウ素	58	テルル	1
モリブデン	351	アンチモン	43	セレン	0
チタン	227	リチウム	33		
タンタル	177	ストロンチウム	30		

日本貿易月表

5. 我が国の需要・用途

我が国のレアアース需要は2000年まで毎年増加していたが、2001年にIT不況のため落ち込みが生じ

た。しかし、その後回復基調にある。近年の推移は次の通りである。

単位：酸化物量t

用途	1999年	2000年	2001年	2002年	
研磨剤	CeO ₂	2,440	3,738	2,542	3,721
FCC触媒	粗製塩化希土	600	700	780	810
ブラウン管	CeO ₂	1,340	1,500	1,098	1,020
UVガラス	CeO ₂	1,300	1,315	1,284	1,352
光学ガラス	La ₂ O ₃	450	526	409	384
廃ガス用触媒	CeO ₂ 、La ₂ O ₃	656	662	647	681
脱硫触媒	CeO ₂	500	533	533	555
コンデンサ	Nd ₂ O ₃ 、La ₂ O ₃	820	1,139	633	762
蛍光体	Y、Eu、Gd、Tb				750
焼結希土磁石	Nd ₂ O ₃ 、Sm ₂ O ₃	3,498	3,753	3,053	3,106
ボンド磁石	Nd ₂ O ₃ 、Sm ₂ O ₃	300	165	139	118
ミッシュメタル	MM、La	1,997	2,360	1,490	1,240
合計		13,901	16,391	12,608	14,499

平成15年 日本メタル経済研究所報告書

6. 我が国の企業の動向

我が国にはレアアース製品を生産する企業が10社程度あり、レアアース化合物、磁石、水素吸蔵合金、研磨剤等を製品としている。ただ、我が国には原料からレアアースを取り扱うメーカーは存在せず、鉱石からレアアースを抽出する施設も国内にはない。このような状況下、レアアース関連企業も他産業同様中国での生産に乗り出しており、合併による水素電池用のミッシュメタルや水素吸蔵合金製造会社の設立、現地でのネオジウム系磁石の下工程生産等が開始されている。近い将来は本邦企業による上工程からの磁石一貫製造が中国で行われるかもしれない。一方、国内では安価な中国産汎用品との差別化、新分野向け用途等、技術開発が進められている。

最近の事例

- ・ 従来ネオジウム系異方性磁粉の製造においては多量に添加することが必要であったコバルトを無添加で製造する技術の開発。
- ・ 水素吸蔵合金による冷凍熱輸送利用システムの実用化。
- ・ 磁性材料のサマリウム・鉄・窒素粉末の耐酸化性の向上。
- ・ ガドリニウムを使った超伝導磁石の開発。
(通常磁石の10倍、従来の超伝導磁石の4倍以上の磁力。)
- ・ 世界最高磁力のサマリウム・鉄・窒素系等方性ボ

ンド磁石の開発。

- ・ ハイブリッドカー用等向けネオジウム・鉄・ボロン系焼結磁石の開発。
- ・ ガラスに微量のプラセオジウムやエルビウムを添加することによる強固圧縮ガラス基板の実現。
- ・ 大口径ネオジウム磁石を開発。
(風力発電や環境対応自動車分野での需要が期待。)
- ・ ネオジウムを主成分とする米粒大の駆動用モーターの開発。
(内視鏡やロボット関節部に需要が期待。)

7. 中国の動向

中国は1991年、イオン吸着鉱とアンチモンの資源開発及び採掘を中央政府の管轄下におき、国家鉱物資源保護法により、私企業や合併企業の同分野への参入を禁じた。さらに、2002年、レアアース産業への外国投資に関する暫定規定が公布され、外国企業が中国国内でレアアース鉱山企業を設立すること、外国企業独資での製錬や分離事業が禁じられた。翌2003年には、レアアース資源保護のため、鉱石の試掘権発給等が2005年末まで停止され、レアアース産業の立て直しのため、北方と南方に稀土集団会社の設立が予定されている。

近年の中国のレアアース内需及び輸出状況を次表に示す。

中国のレアアース内需推移

単位:REOt

	2000年	2001年	2002年
磁石・蛍光体・ニッケル水素電池	4,620	6,300	8,340
金属・機械	5,200	5,500	5,300
石油・化学	4,300	4,500	4,230
ガラス・セラミックス	2,000	2,900	3,790
農業・軽工業	3,150	3,400	3,240
内需合計	19,270	22,600	24,900

China Rare Earth Information, Antaike Report

2002年の中国の品目別輸出通関状況

単位：t

	日 本	アメリカ	フランス	オランダ	台 湾	ブラジル
Nd-Metal	1,834	43	0	11	0	0
Dy-Metal	42	3	0	0	0	0
その他Metal	1,035	205	3	146	0	20
MH用ミッシュメタル	1,049	190	0	0	0	6
その他の希土合金	1,490	540	0	600	80	21
水酸化セリウム	372	47	0	0	0	0
炭酸セリウム	3,095	1,230	3,144	9	20	2
酸化ランタン	1,032	1,696	28	25	6	0
酸化ネオジム	292	80	7	2	3	0
酸化ユロビウム	27	2	0	8	0	0
その他の酸化希土	2,192	723	162	296	184	100
混合塩化希土	0	102	0	0	0	0
その他の塩化希土類	451	1,092	20	1,060	0	455
混合炭酸希土	0	52	403	0	0	0
その他の炭酸希土	1,285	1,625	1,112	46	2,233	395
その他の希土化合物	511	1,880	167	155	15	0
合計	14,707	9,510	5,046	2,358	2,541	999

	ドイツ	韓 国	イタリア	イギリス	その他	合 計
Nd-Metal	134	0	0	0	18	2,040
Dy-Metal	13	0	0	1	1	60
その他Metal	125	5	4	14	53	1,610
MH用ミッシュメタル	60	0	0	0	132	1,437
その他の希土合金	221	88	160	27	607	3,834
水酸化セリウム	20	447	0	0	353	1,239
炭酸セリウム	313	97	156	190	194	8,450
酸化ランタン	351	7	368	101	41	3,655
酸化ネオジム	22	9	4	62	27	508
酸化ユロビウム	2	2	0	0	1	42
その他の酸化希土	254	886	14	190	231	5,232
混合塩化希土	0	0	0	0	10	112
その他の塩化希土類	384	312	160	0	9	3,943
混合炭酸希土	0	0	70	0	20	545
その他の炭酸希土	322	147	12	1	111	7,289
その他の希土化合物	116	114	160	42	137	3,297
合計	2,337	2,114	1,108	628	1,945	43,293

日本メタル経済研究所報告書、平成16年2月

8. フランス企業の動向

我が国の中国に次ぐ輸入相手国フランスの企業動向は次のようになっている。

Rhodia Electronics & Catalysis社は総合化学品会社であり、ローディア・グループ傘下においてレアアースをベースとして各種素材の生産を行っており、フランス国内はもとより、欧州においても唯一のレアアース関連製品の生産者であり、欧州内のシェアは100%という。同社は原料のレアアース鉱石の9割近くを中国から輸入し、残りはロシア、エストニア等からの輸入である。同社のレアアース関連製品は300品目を越え、各顧客のニーズに合った製品の開発・生産を基本方針としている。

同社の製品は大まかに、エレクトロニクス分野（ブラウン管、磁石、医療用MRI等）と、触媒分野（石油関連、燃料電池用途）の2つに分類することが

できるが、今後は研磨剤や顔料の分野にも力を入れていくと共に、電子機器や触媒等の高付加価値製品の生産に特化し、技術的優位性の維持を目指している。

9. まとめ

レアアース製品は、自動車、IT関連製品など各種部品原料、あるいは、直接原料として幅広く使用されており、また、その機能性から新しい用途開発も期待でき、世界需要は今後も増加し続けるであろう。一方、中国では生産を抑制し価格の高値安定を確保する動きが見られることもあり、供給先の多様性が強く求められる。

なお、韓国・大韓鉱業振興公社は、レアアースに関し中国を中心に投資を行う計画がある模様。

付表

ローディア社の販売価格

単位：REO・\$/kg

	1990年末	1992年末	1994年末	1996年末	1998年末
ルテチウム	7,000	5,500	5,500	4,500	4,500
ツリウム	3,600	2,750	3,600	3,600	3,600
ユウロピウム	1,650	1,200	990	700	700
テルビウム	880	575	685	85	685
ホルミウム	510	485	485	85	485
イッテルビウム	230	220	230	30	230
エルビウム	190	175	190	50	150
ガドリニウム	136.5	118	130	115	115
イットリウム	100.5	90	88	85	85
サマリウム	175	90	125	75	75
ジスプロシウム	132	95	110	65	65
プラセオジウム	38.85	30	36.8	32	32
セリウム (99.95%)	28.5	16	22.95	23	23
ランタン	23	45	23	23	23
ネオジウム	19.7	17.9	19.7	22	22

Minerals Handbook 2000-2001より

参考 (社) 新金属協会報告書 (平成14年2月)
 (社) 日本メタル経済研究所報告書 (平成16年2月)
 JOGMEC希少金属備蓄グループ出張報告 他

(2004. 7. 22)