

身近なレアメタル

CONTENTS

- 1 はじめに
- 2 レアメタルとは
- 3 レアメタルの用途とその生産量の推移
- 4 レアメタル問題
- 5 レアメタル問題への対応
- 6 おわりに

1 はじめに

最近、雑誌などで「レアメタル」という文字を見ることが多くなった。普段の生活においてレアメタルを意識することはほとんどないと思うが、実は携帯電話やパソコンなど、私たちの生活に欠かせないハイテク機器等のほとんどに使われている。

レアメタルには「超伝導性」「強磁性」など様々な特性があるため、工業製品には欠かせない元素である。そのため、以前から「産業のビタミン」と呼ばれ、その重要性は認識されていたが、科学技術の発展に伴って、レアメタルを使用する製品が非常に多くなり、今や「産業の生命線」になったと言っても過言ではない。特に日本の得意とするハイテク機器には不可欠であることから、レアメタルは日本にとっての生命線とも言える。しかし、後述のように安定供給には不安があるため、最近では「都市鉱山」が取り上げられるように、上手にリサ

イクルすることも重要となってくる。本稿では、そのリサイクルの前知識として、レアメタルについて、定義、用途、問題などについてレポートする。

2 レアメタルとは

地球上には様々な金属鉱物資源があるが、そのうち、鉄を除いた非鉄金属資源の中で、アルミニウム、銅、亜鉛、鉛など消費量が多い金属はベースメタルと呼ばれている。レアメタルは、ベースメタル以外の金属鉱物のうち、何らかの理由で「レア（希少）」な金属鉱物のことである。明確なレアメタルの定義はないものの、①地球上での天然の存在量が極めて稀である場合、②地球上での存在量が多いが、その金属を抽出するに足りるだけの濃縮した経済性のある品位の鉱石が少ない場合、③地球上での存在量が多いが、化学的、物理的に純粋な金属として抽出することが

図表1 レアメタル31鉱種47元素

	1族	2族	3族	4族	5族	6族	7族	8族	9族	10族	11族	12族	13族	14族	15族	16族	17族	18族
1周期	1 H 水素																	2 He ヘリウム
2周期	3 Li リチウム	4 Be ベリリウム											5 B ホウ素	6 C 炭素	7 N 窒素	8 O 酸素	9 F フッ素	10 Ne ネオン
3周期	11 Na ナトリウム	12 Mg マグネシウム											13 Al アルミニウム	14 Si ケイ素	15 P リン	16 S 硫黄	17 Cl 塩素	18 Ar アルゴン
4周期	19 K カリウム	20 Ca カルシウム	21 Sc スカンジウム	22 Ti チタン	23 V バナジウム	24 Cr クロム	25 Mn マンガン	26 Fe 鉄	27 Co コバルト	28 Ni ニッケル	29 Cu 銅	30 Zn 亜鉛	31 Ga ガリウム	32 Ge ゲルマニウム	33 As ヒ素	34 Se セレン	35 Br 臭素	36 Kr クリプトン
5周期	37 Rb ルビジウム	38 Sr ストロンチウム	39 Y イットリウム	40 Zr ジルコニウム	41 Nb ニオブ	42 Mo モリブデン	43 Tc テクネチウム	44 Ru ルチニウム	45 Rh ロジウム	46 Pd パラジウム	47 Ag 銀	48 Cd カドミウム	49 In インジウム	50 Sn スズ	51 Sb アンチモン	52 Te テルル	53 I ヨウ素	54 Xe キセノン
6周期	55 Cs セシウム	56 Ba バリウム	57~71 ランタノイド	72 Hf ハフニウム	73 Ta タンタル	74 W タングステン	75 Re レニウム	76 Os オスミウム	77 Ir イリジウム	78 Pt 白金	79 Au 金	80 Hg 水銀	81 Tl タリウム	82 Pb 鉛	83 Bi ビスマス	84 Po ポロニウム	85 At アスタチン	86 Rn ラドン
7周期	87 Fr フランシウム	88 Ra ラジウム	89~103 アクチノイド	104 Rf ラザホージウム	105 Db ドブニウム	106 Sg シーボークウム	107 Bh ボーリウム	108 Hs ハッシウム	109 Mt マイトネリウム	110 Ds ダームスタチウム	111 Rg レントゲニウム							
			ランタノイド	57 La ランタン	58 Ce セリウム	59 Pr プラセオジウム	60 Nd ネオジウム	61 Pm プロメチウム	62 Sm サマリウム	63 Eu ユウロピウム	64 Gd ガドリニウム	65 Tb テルビウム	66 Dy ジスプロジウム	67 Ho ホルミウム	68 Er エルビウム	69 Tm ツリウム	70 Yb イットルビウム	71 Lu ルチニウム
			アクチノイド	89 Ac アクチウム	90 Th トリウム	91 Pa プロアクチウム	92 U ウラン	93 Np ネプツニウム	94 Pu プルトニウム	95 Am アメリシウム	96 Cm キュウリウム	97 Bk バークリウム	98 Cf カリホルニウム	99 Es アインシュタインウム	100 Fm フェルミウム	101 Md メンデレビウム	102 No ノーベリウム	103 Lr ローレンシウム

出所：経済産業省「レアメタル確保戦略」

極めて困難な場合、④抽出された金属を利用するだけの用途がなく、特性も明らかでないため未開発であった場合のどれかに該当するものをレアメタルとするのが一般的である。日本では経済産業省が31鉱種47元素をレアメタルとして定義している(図表1)。

3 レアメタルの用途とその生産量の推移

レアメタルは様々な用途に使われているが、以下では用途別に代表的なものを紹介したい。

(1) 鉄鋼・超硬工具

レアメタルは、鉄鋼を高機能化するために添加されたり、金属材料の加工に使われる超硬工具に使用されたりしている。この分野の主なレアメタルは、ニッケル、クロム、タンゲステン、コバルト、モリブデン、マンガン、バナジウムなどである。例えば、さびない鉄鋼であるステンレス鋼には、クロムやニッケルなどが添加されているし、自動車のボディ等に使われている強度が高い「高張力鋼(ハイテン)」にはマンガン、ニッケルなどが添加されている。

上記レアメタルのうち、ニッケル、クロム、マンガン、モリブデン、

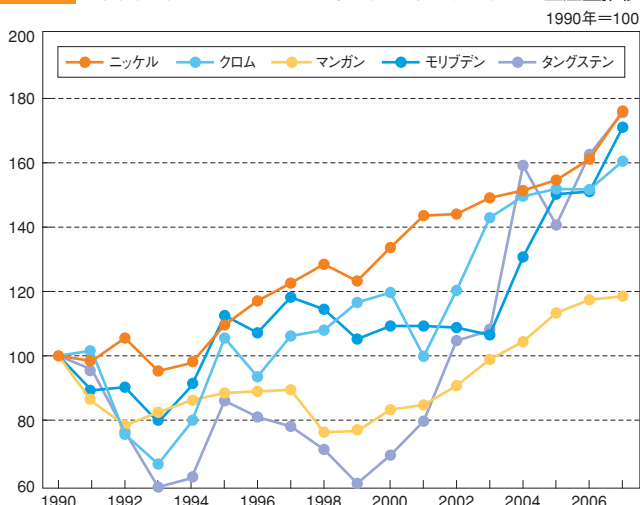
タンゲステンの生産量の推移を見てみると(図表2)、元素ごとに開きはあるものの、2002年頃から生産量の増加が続いている。これは、BRICsなど新興国の経済成長でインフラ需要が高まったことなどがその背景にあると考えられる。また、超硬工具も、高速切削に優れていることや高寿命であることから需要が拡大している。

(2) 触媒(自動車・燃料電池)

自動車の排気ガスには炭化水素や窒素酸化物、一酸化炭素などの有害物質が含まれているが、それらを浄化するために、白金、パラジウム、ロジウムを使用した「三元触媒」が使用されている。この触媒により、有害物質が還元・酸化され、水、二酸化炭素、窒素になる。また、最近市販が開始された家庭用燃料電池にも白金が触媒として使用されている。

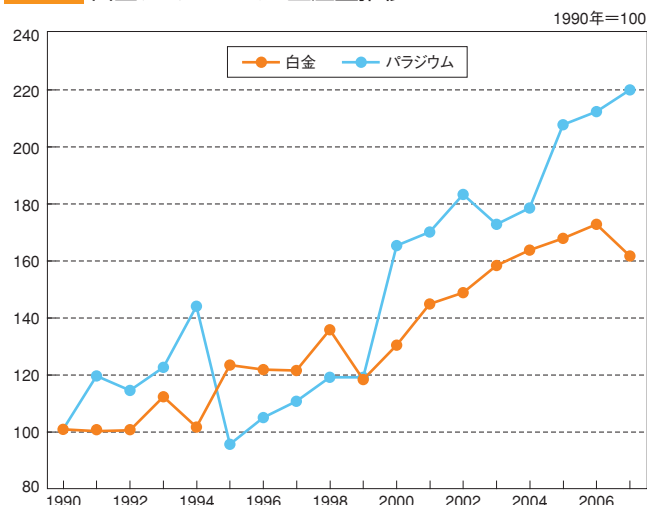
白金とパラジウムの生産量を見てみると(図表3)、それぞれ大幅な伸びをみせている。今後についても、新興国での自動車需要の拡大などに加え、燃料電池のような新分野への使用も拡大していくことなどから、増加する需要に応じて、生産も大幅に伸びていくことが予想される。

図表2 ニッケル、クロム、マンガン、モリブデン、タンゲステンの生産量推移



出所: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
「レアメタル備蓄データ集(総論)」

図表3 白金、パラジウムの生産量推移



出所: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
「レアメタル備蓄データ集(総論)」

(3) リチウムイオン電池

携帯電話やノートパソコンなどには繰り返し使える二次電池、リチウムイオン電池が搭載されている。また、最近では電気自動車に搭載され、注目度が高まっている。リチウムイオン電池には、プラス極材料として、リチウムを含む酸化物(コバルト酸リチウム、マンガン酸リチウム、ニッケル酸リチウム)が用いられている。

リチウムとコバルトの生産量を見てみると(図表4)、リチウムが1990年比約3倍、コバルトは約2倍と大幅な伸びをみせている。携帯電話向け、パソコン向けなどリチウムイオン電池の需要が大幅に伸びていることがその背景にあり、今後は自動車向け需要が急拡大し、生産も拡大していくだろう。

(4) 液晶パネル

携帯電話やパソコン、液晶テレビには液晶パネルが使われているが、そこには「透明電動膜」としてインジウムとスズの酸化物(ITO:Indium Tin Oxide)が使用されている。

インジウムの生産量を見てみると(図表5)、1990年比5倍近くまで生産量が増加している。現在は、テレビの主流がブラウン管テレビから液晶テレビなどに移っており、それに伴

いインジウム需要も大幅に伸びていることがうかがえる。

(5) 磁石

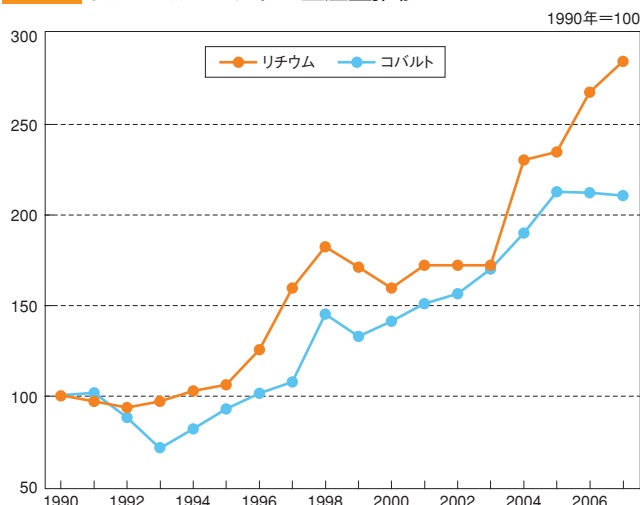
ハイブリッドカーや電気自動車、あるいは家電など多くの製品にモーターが使われているが、そのモーター用永久磁石にはレアアースが使用されている。現在、史上最強の磁石としてネオジム・鉄・ボロン磁石があり、そこにジスプロシウムなどが耐熱性向上などのために添加されている。

レアアースの生産量を見てみると(図表6)、大幅な増加傾向が続いている。高性能モーターには永久磁石は必要不可欠であり、また、ハイテク機器の小型化の進展、あるいは電気自動車など新分野でも使用されるようになっていくことから、今後も需要はさらに拡大していくだろう。なお、レアアースはその他に蛍光灯やレーザー、ガラス研磨剤など様々な分野で使用されている。

(6) 航空機

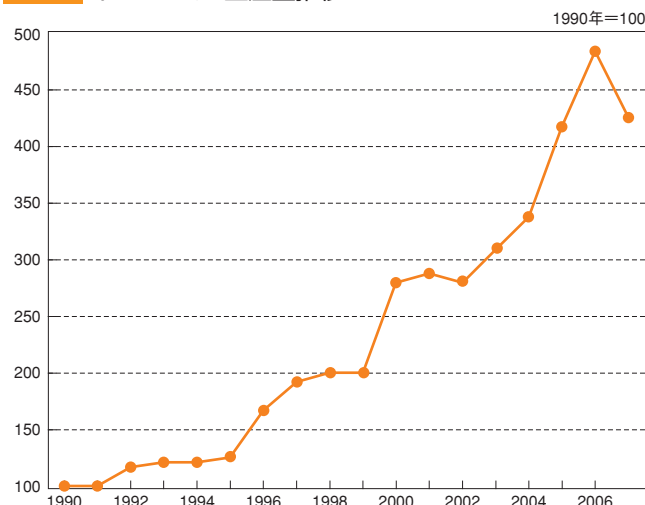
航空機の機体には、主にアルミニウムが使用されているが、非常に強い上に軽く、耐食性があるなどの特徴があるチタンの使用量も増えてきている。また、最近ではCFRP(炭素繊維強化プラスチック)の使用量も増加しているが、CFRPと

図表4 リチウム、コバルトの生産量推移



出所:独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
「レアメタル備蓄データ集(総論)」

図表5 インジウムの生産量推移



出所:独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
「レアメタル備蓄データ集(総論)」

の電位差の影響で、アルミニウムは電蝕を起こすこともチタン需要の増加の背景にある。

チタンの生産量推移を見てみると(図表7)、ほぼ横ばいで推移していたが、最近では増加傾向にある。なお、チタンは航空機の他にゴルフクラブや自転車、時計バンドなど様々な製品に使用されている。

4 レアメタル問題

このように、レアメタルは様々な製品、特に日本が得意とするハイテク産業には欠かせない元素であるため、レアメタルの安定確保が重要となってくる。しかし、最近ではレアメタル問題が大きく注目されているように、安定確保が難しくなりつつある。その要因を需要側と供給側から見ていく。

(1) 需要側の要因

A. 新興国の著しい経済成長

近年、BRICsをはじめとする新興国が著しい経済成長を見せているが、経済成長するということは、それだけエネルギー(=資源)を必要とすることになる。また、ハイテク製品のように、今まで先進国が中心だったマーケットに、新たに

に数十億人の人口規模がある新興国が加わるということを見ると、今後、レアメタル需要は爆発的に増加する可能性が高い。

B. エネルギー・環境問題

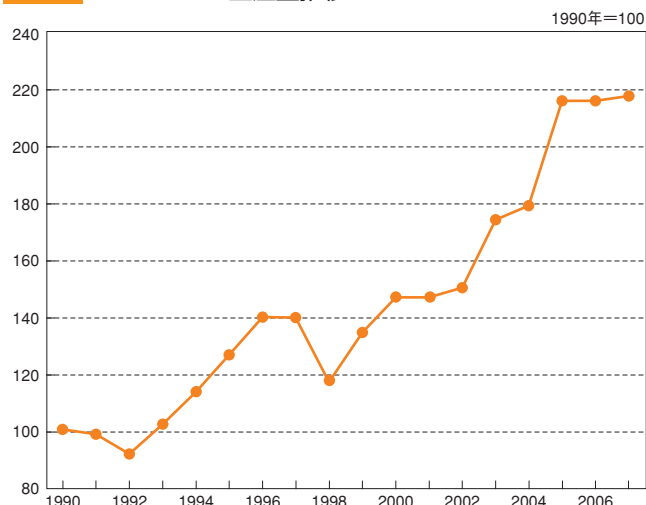
地球温暖化対策としてCO₂削減が叫ばれているが、その切り札として電気自動車、燃料電池、太陽電池などが期待されており、今後はこれらのマーケットが大幅に拡大していくだろう。それらの製品には、レアアースや白金などのレアメタルが使用されているため、マーケットが拡大していけば当然レアメタル需要も拡大していくこととなる。もちろん、需要の拡大に伴い、鉱山開発などが進むことが考えられるが、急激な拡大に対応できるかは不透明であり、供給不安が強くなっている。

(2) 供給側の要因

A. 埋蔵量が少ない

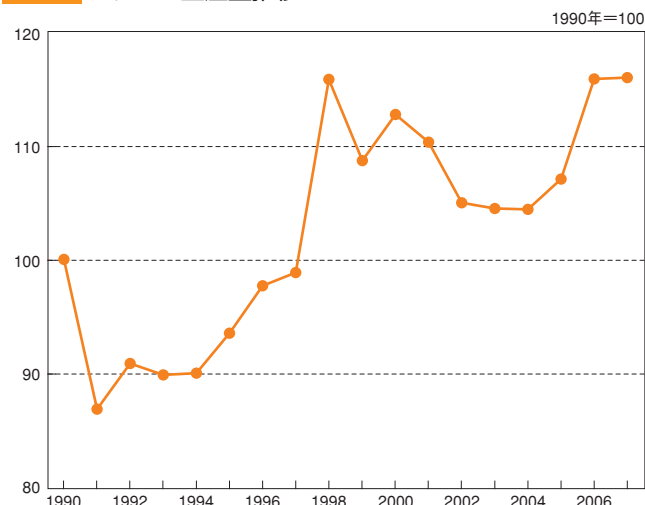
レアメタルには、埋蔵量が少ないものも多く、今後需要が拡大していくと枯渇の危険性が高くなっていく。レアメタルの枯渇性の大小を資源枯渇性特性化係数(注1)で見ると、白金、タンタル、タリウム、レニウムなどの枯渇性が高い(P37図表8)。もちろん、今後探査などによって埋蔵量

図表6 レアアースの生産量推移



出所: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
「レアメタル備蓄データ集(総論)」

図表7 チタンの生産量推移



出所: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
「レアメタル備蓄データ集(総論)」

が増加する可能性はあるものの、安定的な供給には不安が付きまとう。

B. 資源の偏在性と資源ナショナリズム

レアメタルの埋蔵量と生産量を国別に見ると(図表9,10)、上位5カ国で90%以上のシェアとなるレアメタルが多く、特定の国に偏在していることが分かる。偏在していても安定供給が可能であればそれほど問題ではないが、実際は資源供給国の思惑や情勢によって供給量が大きく左右される。特に、最近では資源供給国の経済成長により自国での使用を優先させ、その分輸出を抑制する動きや、資源を外交カードとして利用しようとする資源ナショナリズムの動きが目立ってきている。

その一例が中国である。中国は、自国の経済成長のためにエネルギーと原材料の確保を重要課題としており、国内資源を保護するために、①輸出増徴税(注2)の還付率の廃止、②輸出税の引き上げ、③輸出品割当制度の品目拡大などを進めてきた。また、それだけでなく、海外資源確保のための対外投資も積極的に進めており、

図表8 資源枯渇性特性化係数(2007年)

白金	160000	イットリウム	290
タンタル	8600	コバルト	210
タリウム	7900	セレン	170
レニウム	6300	レアアース	150
ベリリウム	5700	パラジウム	130
インジウム	5700	ビスマス	110
リチウム	1400	ニッケル	95
モリブデン	1100	クロム	67
タングステン	930	チタン	38
ゲルマニウム	740	アンチモン	23
バナジウム	580	銅	22
テルル	570	マンガン	11
ニオブ	510	ストロンチウム	2.9
ジルコニウム	380	鉄	1
ホウ素	360		

出所:社団法人環境情報科学センター

図表9 レアメタル国別埋蔵量

鉱種	単位	埋蔵量	第1位埋蔵国			第2位埋蔵国			第3位埋蔵国			第4位埋蔵国			第5位埋蔵国			上位5カ国計		備考
			国名	埋蔵量	%	国名	埋蔵量	%	国名	埋蔵量	%	国名	埋蔵量	%	国名	埋蔵量	%	埋蔵量	シェア	
ニッケル	千MT	67,000	オーストラリア	24,000	35.8	ニューカドニア	7,100	10.6	ロシア	6,600	9.9	キューバ	5,600	8.4	カナダ	4,900	7.3	48,200	71.9	純分量
クロム	百万MT	475	カザフスタン	290	61.1	南アフリカ	160	33.7	インド	25	5.3	アメリカ	0	0.0	(以下データなし)			475	100.0	グロス量
マンガン	百万MT	460	ウクライナ	140	30.4	南アフリカ	100	21.7	オーストラリア	62	13.5	インド	56	12.2	中国	40	8.7	398	86.5	純分量
コバルト	千MT	7,000	コンゴ	3,400	48.6	オーストラリア	1,400	20.0	キューバ	1,000	14.3	ザンビア	270	3.9	ロシア	250	3.6	6,320	90.3	純分量
タングステン	千MT	2,900	中国	1,800	62.1	カナダ	260	9.0	ロシア	250	8.6	アメリカ	140	4.8	ボリビア	53	1.8	2,503	86.3	純分量
モリブデン	千MT	8,600	中国	3,300	38.4	アメリカ	2,700	31.4	チリ	1,100	12.8	カナダ	450	5.2	ロシア	240	2.8	7,790	90.6	純分量
バナジウム	千MT	13,000	ロシア	5,000	38.5	中国	5,000	38.5	南アフリカ	3,000	23.1	アメリカ	45	0.3	(以下データなし)			13,000	100.0	純分量
ニオブ	千MT	2,700	ブラジル	2,600	96.3	カナダ	62	2.3	オーストラリア	21	0.8	(以下データなし)						2,644	97.9	純分量
タンタル	MT	130,000	ブラジル	88,000	67.7	オーストラリア	40,000	30.8	カナダ	3,000	2.3	(以下データなし)						131,000	100.8	純分量
ストロンチウム	千MT	6,800	中国	6,800	100.0													6,800	100.0	純分量
アンチモン	千MT	2,100	中国	790	37.6	タイ	420	20.0	ロシア	350	16.7	ボリビア	310	14.8	タジキスタン	50	2.4	1,920	91.4	純分量
白金族	MT	71,000	南アフリカ	63,000	88.7	ロシア	6,200	8.7	アメリカ	900	1.3	カナダ	310	0.4	(以下データなし)			70,410	99.2	純分量
イルメナイト	千MT	680,000	中国	200,000	29.4	オーストラリア	130,000	19.1	インド	85,000	12.5	南アフリカ	63,000	9.3	ブラジル	43,000	6.3	521,000	76.6	TiO2量
ルチル	千MT	42,000	オーストラリア	19,000	45.2	南アフリカ	8,300	19.8	インド	7,400	17.6	シエラレオネ	2,500	6.0	ウクライナ	2,500	6.0	39,700	94.5	TiO2量
ベリリウム	MT	481,000	ブラジル	140,000	29.1	ロシア	90,000	18.7	インド	64,000	13.3	中国	50,000	10.4	アルゼンチン	25,000	5	369,000	76.7	純分量
ジルコニウム	千MT	38,000	南アフリカ	14,000	36.8	オーストラリア	9,100	23.9	ウクライナ	4,000	10.5	アメリカ	3,400	8.9	インド	3,400	8.9	33,900	89.2	ZrO2量
レニウム	MT	2,500	チリ	1,300	52.0	アメリカ	390	15.6	ロシア	310	12.4	カザフスタン	190	7.6	アルメニア	95	3.8	2,285	91.4	純分量
リチウム	千MT	4,100	チリ	3,000	73.2	中国	540	13.2	ブラジル	190	4.6	カナダ	180	4.4	オーストラリア	160	3.9	4,070	99.3	純分量
ホウ素	千MT	170,000	トルコ	60,000	35.3	アメリカ	40,000	23.5	ロシア	40,000	23.5	中国	25,000	14.7	ヘルー	4,000	2.4	169,000	99.4	B2O3量
ガリウム	MT	110,000	アフガニスタン	45,000	40.9	オセアニア	40,000	36.4	ヨーロッパ	9,000	8.2	北米	9,000	8.2	南米	4,000	3.6	107,000	97.3	純分量
バリウム	千MT	190,000	中国	62,000	32.6	インド	53,000	27.9	アメリカ	15,000	7.9	モロッコ	10,000	5.3	タイアルゼリア	18,000	9.5	158,000	83.2	重晶石量
セレン	MT	82,000	チリ	16,000	19.5	アメリカ	10,000	12.2	カナダ	6,000	7.3	ヘルー	5,000	6.1	フィリピン	2,000	2.4	39,000	47.6	純分量
テルル	MT	21,000	アメリカ	3,000	14.3	ヘルー	1,600	7.6	カナダ	700	3.3	(以下データなし)								純分量
ビスマス	MT	320,000	中国	240,000	75.0	ヘルー	11,000	3.4	ボリビア	10,000	3.1	メキシコ	10,000	3.1	カナダ	10,000	3.1	281,000	87.8	純分量
インジウム	MT	11,000	中国	8,000	72.7	ヘルー	360	3.3	アメリカ	280	2.5	カナダ	150	1.4	ロシア	80	0.7	8,870	80.6	純分量
セシウム	MT	70,000	カナダ	70,000	100.0													70,000	100.0	純分量
タリウム	KG	380,000	アメリカ	32,000	8.4	(以下データなし)												32,000	8.4	純分量
ハフニウム	MT	610,000	南アフリカ	280,000	45.9	オーストラリア	180,000	29.5	アメリカ	68,000	11.1	ブラジル	44,000	7.2	インド	42,000	6.9	610,000	100.0	HfO2量
レアアース	千MT	88,000	中国	27,000	30.7	CIS	19,000	21.6	アメリカ	13,000	14.8	オーストラリア	5,200	5.9	インド	1,100	1.3	65,300	74.2	酸化物量

(注) 数値は出所元の通り記載している。
出所:独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタル備蓄データ集(総論)」

レアメタルを支配、独占しそうな勢いである。このような動きはロシアにも見られており、供給面での大きな不安要因となっている。

C. 副産物としての産出

レアメタルには、主産物として鉱石鉱物から取り出すものもあるが、副産物として銅や亜鉛などの鉱石鉱物から分離して取り出すものも多い(図表11.12)。副産物の場合、生産

量はその源鉱種の生産量に左右される。つまり、ある副産物のレアメタルの需要が増えたとしても、源鉱種の生産が増えない限り、そのレアメタルの生産も増えないこととなる。

D. 環境問題

まだ地球上には未開発資源が残っており、資源探査が進むにつれ、埋蔵量も増加する可能性が高い。しかし、鉱山開発は環境破壊と表裏一体の関係にある。特に近年は

図表10 レアメタル国別推定生産量(2007年)

鉱種	単位	生産量	第1位生産国			第2位生産国			第3位生産国			第4位生産国			第5位生産国			上位5カ国計		備考
			国名	生産量	%	国名	生産量	%	国名	生産量	%	国名	生産量	%	国名	生産量	%	生産量	シェア	
ニッケル	千MT	1,559	ロシア	294	18.8	カナダ	255	16.3	インドネシア	229	14.7	オーストラリア	183	11.7	ニューカドニア	125	8.0	1,086	69.7	純分量
クロム	千MT	18,890	南アフリカ	7,089	37.5	インド	4,858	25.7	カザフスタン	3,881	20.5	ブラジル	560	3.0	フィンランド	556	2.9	16,944	89.7	グロス量
マンガン	千MT	30,361	南アフリカ	5,341	17.6	中国	5,300	17.5	オーストラリア	5,289	17.4	ガボン	3,300	10.9	ブラジル	3,200	10.5	22,430	73.9	グロス量
コバルト	MT	53,130	中国	13,245	24.9	フィンランド	9,100	17.1	カナダ	5,604	10.5	ザンビア	4,425	8.3	ノルウェー	3,939	7.4	36,313	68.3	純分量
タングステン	MT	90,281	中国	79,000	87.5	ロシア	3,000	3.3	カナダ	2,700	3.0	ルワンダ	1,400	1.6	ボリビア	1,395	1.5	87,495	96.9	純分量
モリブデン	MT	210,600	中国	66,300	31.5	アメリカ	56,000	26.6	チリ	44,800	21.3	ペルー	16,800	8.0	カナダ	6,800	3.2	190,700	90.6	純分量
バナジウム	MT	58,600	南アフリカ	23,000	39.2	中国	18,500	31.6	ロシア	16,000	27.3	—	—	—	—	—	57,500	98.1	純分量	
ニオブ	MT	45,000	ブラジル	40,000	88.9	カナダ	4,200	9.3	オーストラリア	200	0.4	ルワンダ	80	0.2	ナイジェリア	40	0.1	44,520	98.9	純分量
タンタル	MT	1,400	オーストラリア	850	60.7	ブラジル	250	17.9	カナダ	70	5.0	エチオピア	70	5.0	モザンビーク	70	5.0	1,310	93.6	純分量
ストロンチウム	MT	600,000	スペイン	200,000	33.3	中国	190,000	31.7	メキシコ	125,000	20.8	トルコ	60,000	10.0	アルゼンチン	15,000	2.5	589,800	98.3	純分量
アンチモン	MT	170,435	中国	152,900	89.7	ボリビア	3,881	2.3	タジキスタン	3,480	2.0	南アフリカ	3,436	2.0	ロシア	3,000	1.8	166,697	97.8	純分量
プラチナ	MT	203	南アフリカ	156	76.7	ロシア	28	13.5	カナダ	10	4.8	ジンバブエ	4	2.0	アメリカ	3	1.7	200	98.7	純分量
パラジウム	MT	232	ロシア	95	40.9	南アフリカ	93	40.1	カナダ	18	7.8	アメリカ	14	5.8	ジンバブエ	4	1.9	224	96.5	純分量
チタン	千MT	4,549	オーストラリア	1,476	32.4	南アフリカ	850	18.7	カナダ	814	17.9	ウクライナ	375	8.2	ノルウェー	350	7.7	3,865	85.0	酸化物量
ベリリウム	MT	130	アメリカ	100	76.9	中国	20	15.4	モザンビーク	6	4.6	—	—	—	—	—	126	96.9	純分量	
ジルコニウム	MT	1,240,000	オーストラリア	550,000	44.4	南アフリカ	405,000	32.7	中国	170,000	13.7	ウクライナ	35,000	2.8	ブラジル	26,000	2.1	1,186,000	95.6	精鉱量
レニウム	KG	49,500	チリ	22,900	46.3	カザフスタン	8,000	16.2	アメリカ	7,300	14.7	ペルー	5,000	10.1	カナダ	1,700	3.4	44,900	90.7	純分量
リチウム	MT	25,000	チリ	9,400	37.6	オーストラリア	5,500	22.0	中国	3,000	12.0	アルゼンチン	3,000	12.0	ロシア	2,200	8.8	23,100	92.4	純分量
ホウ素	千MT	4,300	トルコ	2,500	58.1	アルゼンチン	650	15.1	チリ	460	10.7	ロシア	400	9.3	中国	150	3.5	4,160	96.7	酸化物量
バリウム	千MT	8,000	中国	4,400	55.0	インド	1,000	12.5	モロッコ	600	7.5	アメリカ	540	6.8	イラン	250	3.1	6,790	84.9	重晶石量
セレン	MT	2,204	日本	806	36.6	アメリカ	380	17.2	ベルギー	200	9.1	ドイツ	100	4.5	フィンランド	90	4.1	1,576	71.5	純分量
テルル	MT	251	ベルギー	60	23.9	アメリカ	50	19.9	日本	44	17.3	ペルー	35	13.9	カザフスタン	40	15.9	229	90.9	純分量
ビスマス	MT	5,374	中国	1,900	35.4	メキシコ	1,170	21.8	ペルー	1,114	20.7	日本	403	7.5	オーストラリア	400	7.4	4,987	92.8	純分量
インジウム	KG	510,000	中国	250,000	49.0	韓国	85,000	16.7	カナダ	50,000	9.8	日本	50,000	9.8	ベルギー	30,000	5.9	465,000	91.2	純分量
レアアース	MT	124,000	中国	120,000	96.8	インド	2,700	2.2	ブラジル	730	0.6	マレーシア	200	0.2	—	—	—	123,630	99.7	酸化物量

(注) 元素によっては生産量の小数点以下を四捨五入しているため、計算が合わない場合がある。

出所:独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタル備蓄データ集(総論)」

図表11 レアメタルの鉱種別生産形態

生産形態	鉱種
主産物	タングステン、レアアース、ニッケル、クロム、マンガン、アンチモン、ジルコニウム、ホウ素、バリウム、(以下は推定) ストロンチウム、リチウム、セシウム、ルビジウム
副産物	コバルト、ゲルマニウム、レニウム、ガリウム、セレン、テルル、ビスマス、インジウム、タリウム、ハフニウム
どちらの場合もある	モリブデン、バナジウム、ニオブ、タンタル、プラチナ、パラジウム、(以下は推定) チタン、ベリリウム

出所:福岡正人著「なぜの金属・レアメタル」

図表12 副産物生産形態のレアメタルの源鉱種

鉱種	源鉱種
コバルト	銅、ニッケル、金、銀、プラチナ、マンガン
ガリウム	ボーキサイト、亜鉛
ゲルマニウム	鉛、亜鉛
セレン	黄銅鉱、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱など
インジウム	亜鉛、鉛
テルル	銅、鉛、金、銀(硫化鉱物)
ハフニウム	ジルコニウム
レニウム	モリブデン、銅
タリウム	ある種の硫化鉱物

出所:福岡正人著「なぜの金属・レアメタル」

生物多様性を守ることが叫ばれる中、新たな鉱床を発見しても、環境問題から許可が下りない可能性がある。また、鉱石から目的となる元素を取り出すまでには、それ以外の膨大な廃棄物が出てくるが、今後その処理がますます厳格化してくる可能性もある。そうなると、コスト面から開発が停滞することも考えられる。

(3) まとめ

このように、レアメタルについては今後著しい需要の拡大が見込まれるものの、その供給は非常に不安定である。もちろん、価格が上がれば新規鉱山開発は活発化し、コストの問題で閉山した鉱山から再び採掘が行われたり、あるいは廃棄されていたスラグからの回収が活発化することなども考えられるため、枯渇とまではいかない可能性が高い。しかし、今まで通り日本がレアメタルを安定的に確保することが難しい状況になってくることは十分ありうるし、おそらく価格も上昇していき輸入コストもそれだけ増大するだろう。

5 レアメタル問題への対応

今や日本の生命線とも言えるレアメタルの様々な問題を解決する方法としては、①備蓄、②海外を含めた資源確保、③代替材料の開発および使用量の削減、④リ

サイクルが挙げられる。

(1) 備蓄

根本的な解決ではないものの、鉱山ストライキや事故、戦争など一時的な供給減少には備蓄が有効である。

日本では、2度にわたるオイルショックの経験から、国家経済安全保障の確立という観点より、レアメタルの備蓄制度が1983年度に創設された。現在の対象鉱種は、ニッケル、クロム、タングステン、コバルト、モリブデン、マンガン、バナジウム、インジウム、ガリウム^(注3)の9鉱種である。備蓄は、国家備蓄と民間備蓄に分けられ、備蓄目標は、国家備蓄が国内基準消費量の42日分、民間備蓄が18日分の合計60日分である^(注4)。なお、備蓄は日本だけでなく、アメリカなどでも行われている。

(2) 資源確保

A. 海外

日本は資源をほぼ輸入に頼っている状況であるため、資源外交が今まで以上に重要となっている。現在、中国がアフリカなどで積極的に資源外交を行っているが、それに負けないように資源外交を進めていかなければならない^(注5)。そのためにも、資源国への技術移転など日本の強みを活かした戦略が求められる。

また、海外資源確保には、海外資源権益の獲得も目指す

コラム 日本「最後の」鉱山:菱刈鉱山

日本には資源がないと言われているが、実は様々な資源が存在している。「黄金の国ジパング」と呼ばれ、江戸時代は金、銀、銅など非鉄の輸出が盛んであったように、昔は非鉄大国であった。しかし、①鉱床規模が小さく昔からの開発で枯渇してしまった、②採掘などのコストが高く、採算が合わず多くの鉱山が閉山した、ということから、資源がない国となってしまった。そういった状況下、現在唯一操業している鉱山が菱刈鉱山である。

菱刈鉱山は、鹿児島県北部にある金鉱山である。江戸時代から産金地であったことから、金属鉱業事業団(現独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)が探査を行い、1981年に鉱脈を発見、1985年から住友金属鉱山(株)による採掘がスタートし、現在も続けられている。この鉱山の特長は、鉱石1tに含まれる平均金量が40g超(世界の主要金鉱山の平均は5g)という高品位であることである。現在は、年間7.5tの金を産出している。

必要がある。2008年末現在、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構では、10件の海外探査を実施中である(図表13)。新規探鉱には莫大な資金が必要であり、かつカントリーリスクの高い国も多いため、民間だけでは難しい。そのため、国による積極的な海外資源権益の確保が今後求められる。

B.国内

海外ではなく、日本の資源として注目されるのが海底鉱物資源(マンガン団塊、コバルト・リッチ・クラスト、海底熱水鉱床)である。日本の国土は世界18位であるが、領海を含めると世界6位となる「海洋大国」である。コストや技術、環境などまだまだハードルは高いものの、積極的に取り組む必要があるだろう。

(3) 代替材料の開発、使用量の削減

様々な製品にレアメタルが使用されているが、供給不安があるレアメタルではなく、他の手に入り易い金属に置き換える、あるいは使用量を削減する取組がなされている。ここでは文部科学省の「元素戦略プロジェクト」、経済産業省の「希少金属代替材料開発プロジェクト」を紹介する。

A.文部科学省「元素戦略プロジェクト」

2007年度からスタートしたプロジェクトで、①豊富で無害な元素による代替材料の研究、②戦略元素の有効機能の高度活用、③元素有効利用のための実用材料設計技術という切り口から、代替材料の開発などを目的としている。

このプロジェクトでは、研究期間を最長5年間とし、研究期間終了後は、実用化に向けた研究段階に移行することを目標に、基礎的・基盤的な研究を推進することとしている。ちなみに、2009年度は55件の提案に対し、4件の事業が採択された。

B.経済産業省「希少金属代替材料開発プロジェクト」

「元素戦略プロジェクト」と同じく、2007年度からスタートしたプロジェクトで、インジウム、ジスプロジウム、タングステンを対象に代替、使用量削減技術の開発を目的としている。なお、「元素戦略プロジェクト」とは連携して事業を行っている。

このプロジェクトでは、5年後の実用化を目処に研究が実施される。また、2009年度は、白金、セリウム、テルビウム・ユーロピウムが追加され、12件の提案に対し、5件の事業が採択された。

図表13 日本のレアメタル・レアアース関連のJV調査

課題の鉱種	鉱床	国名	案件名	パートナー	契約時期	期間	権益比率
レアアース	Cu・Au・U	オーストラリア	ロックスピーダウンス地域(2鉱区)	Minotaur Exploration社など	2007年9月	3年間	51
レアアース	Cu・RE	ベトナム	ラオカイ地域	ベトナム政府	2007年10月	3年間	—
レアアース	Cu・RE	オーストラリア	メーベル・クリーク地域(2鉱区)	Minotaur Exploration社	2008年7月	3年間	51
タングステン	W・Au・Bi	カザフスタン	ウシュコルムラリ地域	カザフスタン	2008年6月	3年間	—
タングステン	W	カナダ	セルウィン地域(4鉱区)	Yankee Hat Minerals社	2008年8月	未定	60
モリブデン・インジウム	Cu	ペルー	パシュバップ地域	Northern Peru Copper社	2005年6月	4年間	51
インジウム	Zn・Ag	インドネシア	カジョン地域	PT.TRIBINA.SEMPURNA社	2005年7月	3年間	51
インジウム	Pb・Zn	オーストラリア	ジョージナバイズン地域(7鉱区)	Mincor Resources社	2008年6月	2年間	25
インジウム	—	インドネシア	非公表	—	—	—	—
白金族	—	ブラジル	非公表	—	—	—	—

出所:工業レアメタル Annual Review2009

(4) リサイクル

レアメタルは様々な製品に使用されるが、それは「地下資源」が「地上資源」に形を変えたと考えることもできる。よって、地下資源だけでなく、地上資源にも着目し、それを有効活用しようというのがリサイクルである。私たちの生活に欠かせないレアメタルを多く使用した携帯電話やパソコンなどを集めることが出来れば、それは立派な鉱山、「都市鉱山」となる。とはいえ、いかに効率よく収集、運搬するか、あるいはいかに効率よくレアメタルを抽出するかなど、様々な課題はある。しかし、日本は人口密度が高く、また、銅・亜鉛・鉛の精錬所もあることから、リサイクルをやり易い環境にある。そのため、仕組みをきちんと構築できれば、リサイクルは資源確保の有力な武器になる。なお、リサイクルについては、改めてレポートしたい。

6 おわりに

レアメタルという、何か遠い存在のように思えてしまうが、私たちの生活に非常に身近な元素であることがわかりただけだと思う。また、日本にとって、レアメタルがどれほど重要なのかは、日本のレアメタル消費量を見るとよく分かる(図表14)。その多くを輸入、それも限られた国に頼っている現状では(図表15)、いかに安定的に確保するかが産業にとっても非常に重要な問題となってくるし、それは私たちの生活にも無縁ではないのである。現在の快適な生活はレアメタルの上に成り立っているといっても過言ではない。そのため、私たちもレアメタルについて充分認識し、日常生活においてきちんと資源循環できるように心がける必要がある。

コラム レアメタルの価格

コバルトとモリブデンは、LME (London Metal Exchange) に上場されたものの、ほとんどのレアメタルについては、市場規模が小さいことなどから、国際的な標準価格というものがなく、基本的に相対取引が中心となっている。そのため、需給要因の他に、投機などによっても、短期間に暴騰したり暴落したりする。

最近の動きを見てみると、2002年以降の世界経済の高成長により価格高騰が続いていたものの、リーマンショック後は需要が「蒸発」し、暴落した。しかし、その後政府の経済効果などによる景気回復を背景に、再び上昇トレンドとなっている。

主なレアメタルの価格推移



出所: Bloomberg
 (注) レアメタルの価格は品位などにより様々であるため、あくまで目安である。

(注1) 資源消費のパラメータとして、資源の消費ベースの影響を取り入れた「資源枯渇性加速度(埋蔵量と消費量によって定義)」と「資源の市場価格」との調平均を取ったもの。鉄を基準としている。数値が大きいほど枯渇性が大きい。

(注2) 増値税とは、日本での消費税と同じ。還付率が下がるということは、実質的な増税となり、また、輸出抑制策でもある。

(注3) インジウムとガリウムは、2009年に追加。また、備蓄対象鉱種の他に

要注意対象鉱種として、白金、レアアース、ニオブ、タンタル、ストロンチウムが指定されている。

(注4) あくまで目標値であり、実際の備蓄量は情勢によって変化する。

(注5) 2008年3月に「資源確保方針」が策定され、日本企業による資源開発権益取得案件や調達案件を政府および関係機関でバックアップしていく方針を定めた。

(2010.5.7) 共立総合研究所 調査部 河村 宏明

図表14 レアメタルの国別消費量

鉱種	単位	年	消費量	第1位消費国		第2位消費国		第3位消費国		第4位消費国		第5位消費国		上位5カ国計		備考					
				国名	消費量	%	国名	消費量	%	国名	消費量	%	国名	消費量	%		消費量	シェア			
ニッケル	千MT	2007	1,419	中国	328	23.1	日本	196	13.8	アメリカ	162	11.4	ドイツ	110	7.8	台湾	5.3	872	61.4	純分量	
クロム	千MT	2003	4,695	南アフリカ	656	14.0	中国	613	13.1	日本	533	11.4	カザフスタン	328	7.0	ドイツ	283	6.0	2,413	51.4	純分量
マンガン	千MT	2006	19,062	中国	10,300	54.0	南アフリカ	2,100	11.0	ブラジル	1,900	10.0	日本	1,200	6.3	ノルウェー	849	4.5	16,349	85.8	鉱石粗重量
コバルト	MT	2007	57,300	日本	14,500	25.3	中国	12,500	21.8	アメリカ	12,500	21.8	西欧	9,800	17.1	—	—	—	49,300	86.0	純分量(スクラップ含まず)
タングステン	MT	2007	64,600	中国	28,800	44.6	欧州	13,850	21.4	アメリカ	8,400	13.0	日本	6,850	10.6	—	—	—	57,900	89.6	純分量
モリブデン	千MT	2007	180	西欧	63	35.0	日本	39	21.7	アメリカ	29	16.1	—	—	—	—	—	131	72.8	純分量	
バナジウム	MT	2007	101,241	西欧	19,504	19.3	アメリカ	17,690	17.5	中国	17,690	17.5	日本	10,432	10.3	—	—	—	65,316	64.5	V2O5量
ニオブ	MT	2007	88,000	(日本の消費量は9,300tと推定)			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	純分量	
ストロンチウム	MT	2005	275	日本	55	20.1	アメリカ	40	14.5	欧州	40	14.5	中国	40	14.5	韓国	40	14.5	215	78.2	炭酸Sr量
アンチモン	MT	2005	145,000	中国	35,000	24.1	アメリカ	28,000	19.3	韓国	17,300	11.9	日本	16,500	11.4	台湾	6,800	4.7	103,600	71.4	純分量
ブラチナ	MT	2007	219	欧州	82	37.4	中国	39	17.8	北米	34	15.5	日本	33	15.1	—	—	—	188	85.8	純分量
パラジウム	MT	2007	213	北米	52	24.3	日本	47	22.3	欧州	40	18.7	中国	37	17.2	—	—	—	175	82.4	純分量
チタン	MT	2007	152,750	中国	40,750	26.7	CIS	40,000	26.2	アメリカ	38,900	25.5	日本	27,100	17.7	欧州	6,000	3.9	152,750	100.0	スポンジチタン量
ベリリウム	MT	1988	285	アメリカ	190	66.7	旧ソ連	50	17.5	(1999年の日本消費量は約50tと推定)			—	—	—	—	—	240	84.2	純分量	
ジルコニウム	千MT	2006	1,253	欧州	407	32.5	中国	177	14.1	北米	159	12.7	日本	59	4.7	—	—	—	802	64.0	精鉱量(ZrSiO4量)
レニウム	MT	2000年度	41	(米国10t以上、日本1t以上と推定)			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	純分量	
リチウム	MT	2007	80,000	(日本の消費量は14,000tと推定)			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	炭酸リチウム量	
ホウ素	千MT	2005	1,800	アジア	600	33.3	欧州	550	30.6	北米	400	22.2	中南米	150	8.3	—	—	—	1,700	94.4	B2O3量
ガリウム	MT	2007	221	日本	143	64.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	143	64.7	純分量	
バリウム	千MT	1998	6,000	アメリカ	2,333	38.9	中国	1,521	25.4	ドイツ	350	5.8	インド	205	3.4	メキシコ	174	2.9	4,583	76.4	重晶石量(BaSO4)
ヒスマス	MT	2007	12,000	(2007年の日本の消費量は1,364tと推定)			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	純分量	
レアアース	MT	2006	108,000	中国	59,000	54.6	日本東南アジア	25,750	23.8	アメリカ	11,500	10.6	欧州	9,750	9.0	—	—	—	106,000	98.1	酸化物量

(注) 元素によっては消費量的小数点以下を四捨五入しているため、計算が合わない場合がある。

出所: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタル備蓄データ集(総論)」

図表15 レアメタルの我が国輸入相手国

鉱種	単位	輸入量	第1位輸入国		第2位輸入国		第3位輸入国		第4位輸入国		第5位輸入国		上位5カ国計		備考					
			国名	輸入量	%	国名	輸入量	%	国名	輸入量	%	国名	輸入量	%		輸入量	シェア			
ニッケル	MT	276,425	インドネシア	116,906	42.3	フィリピン	40,615	14.7	ニューカドニア	35,113	12.7	オーストラリア	19,091	6.9	ロシア	10,439	3.8	222,164	80.4	
クロム	MT	624,855	南アフリカ	328,902	52.6	カザフスタン	164,362	26.3	インド	76,543	12.2	ロシア	28,647	4.6	ジンバブエ	8,862	1.4	607,316	97.2	
マンガン	MT	947,253	南アフリカ	368,048	38.9	中国	296,707	31.3	オーストラリア	197,573	20.9	韓国	26,441	2.8	インド	20,666	2.2	909,435	96.0	
コバルト	MT	14,591	フィンランド	4,672	32.0	オーストラリア	2,695	18.5	カナダ	1,997	13.7	ノルウェー	1,134	7.8	ザンビア	1,003	6.9	11,500	78.8	
タングステン	MT	3,517	中国	3,014	85.7	ドイツ	130	3.7	韓国	112	3.2	アメリカ	111	3.2	オーストリア	95	2.7	3,461	98.4	
モリブデン	MT	29,709	チリ	14,150	47.6	メキシコ	3,512	11.8	米国	3,397	11.4	中国	3,141	10.6	カナダ	2,178	7.3	26,378	88.8	
バナジウム	MT	6,108	南アフリカ	2,652	43.4	中国	1,573	25.7	チェコ	781	12.8	韓国	634	10.4	ロシア	150	2.5	5,790	94.8	
ニオブ	MT	5,317	ブラジル	5,027	94.5	カナダ	252	4.7	中国	26	0.5	ドイツ	10	0.2	英国	1	0.0	5,316	100.0	
タンタル	MT	694	アメリカ	367	52.9	ドイツ	174	25.1	タイ	53	7.6	中国	49	7.0	エストニア	12	1.7	655	94.4	
ゲルマニウム	KG	51,456	中国	24,262	47.2	カナダ	13,603	26.4	韓国	10,000	19.4	ロシア	2,272	4.4	フィンランド	932	1.8	51,069	99.2	
ストロンチウム	MT	17,958	中国	9,663	53.8	ドイツ	4,223	23.5	メキシコ	3,637	20.3	シンガポール	160	0.9	タイ	120	0.7	17,803	99.1	
アンチモン	MT	14,510	中国	13,546	93.4	ベトナム	637	4.4	メキシコ	186	1.3	台湾	60	0.4	キルギスタン	40	0.3	14,470	99.7	
ブラチナ	KG	64,601	南アフリカ	50,613	78.3	スイス	4,739	7.3	アメリカ	3,069	4.8	イギリス	1,931	3.0	ドイツ	1,825	2.8	62,177	96.2	
パラジウム	KG	81,583	南アフリカ	37,164	45.6	ロシア	25,260	31.0	イギリス	8,868	10.9	アメリカ	4,354	5.3	ノルウェー	2,585	3.2	78,231	95.9	
チタン	MT	310,769	オーストラリア	69,196	22.3	南アフリカ	67,254	21.6	インド	36,306	11.7	台湾	35,716	11.5	ベトナム	34,859	11.2	243,331	78.3	
ベリリウム	KG	305	アメリカ	218	71.5	イギリス	57	18.7	カザフスタン	30	9.8	—	—	—	—	—	305	100.0		
ジルコニウム	MT	27,801	オーストラリア	16,961	61.0	南アフリカ	7,623	27.4	ロシア	1,832	6.6	アメリカ	818	2.9	フランス	316	1.1	27,550	99.1	
リチウム	MT	3,042	チリ	2,042	67.1	アメリカ	584	19.2	中国	187	6.1	アルゼンチン	170	5.6	カナダ	54	1.8	3,036	99.8	
ホウ素	MT	39,393	ロシア	17,570	44.6	アメリカ	14,796	37.6	トルコ	3,239	8.2	チリ	2,655	6.7	イタリア	446	1.1	38,706	98.3	B2O3量
ガリウム	KG	61,840	中国	24,051	38.9	台湾	18,412	29.8	カザフスタン	12,991	21.0	アメリカ	2,786	4.5	ロシア	1,900	3.1	60,140	97.3	
バリウム	MT	63,251	中国	59,195	93.6	イタリア	2,370	3.7	ドイツ	1,376	2.2	タイ	274	0.4	インド	24	0.0	63,239	100.0	
セレン	KG	6,000	ベルギー	6,000	100.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,000	100.0		
テルル	KG	47,002	ベルギー	18,952	40.3	ドイツ	10,371	22.1	中国	6,129	13.0	フィリピン	5,050	10.7	ロシア	4,368	9.3	44,870	95.5	
ヒスマス	KG	999,611	中国	599,421	60.0	ベルギー	232,198	23.2	韓国	47,085	4.7	メキシコ	44,652	4.5	イギリス	28,023	2.8	951,379	95.2	
インジウム	KG	367,682	韓国	231,171	62.9	中国	66,504	18.1	カナダ	34,440	9.4	台湾	28,793	7.8	アメリカ	4,122	1.1	365,030	99.3	
レアアース	MT	37,652	中国	34,312	91.1	エストニア	1,399	3.7	フランス	972	2.6	インド	385	1.0	カザフスタン	175	0.5	37,242	98.9	R2O3量

出所: 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構「レアメタル備蓄データ集(総論)」