

# 希土類鉱床のタイプとその特徴

## 希土類資源の現状

ランタノイド（ランタンからルテチウム）にイットリウムとスカンジウムを含めた17元素が希土類元素とされており（図1<sup>1)</sup>、近年、自動車用触媒や希土類磁石への添加材としての需要が増えています。今後、ハイブリッド車の一層の普及によりその需要はさらに増加すると予測されます。しかし一方で、希土類鉱石の96%以上が中国から供給されているのが現状です<sup>2)</sup>。特に重希土類は軽希土類に比べて地殻存在度が低い上に、重希土類資源を供給する鉱床タイプは限られています。したがって、希土類資源（特に重希土類資源）の安定供給のために新たな鉱床の開発が不可欠です<sup>3)</sup>。現在、私たちは世界中の希土類鉱床について資源ポテンシャル評価を行っています。

## 希土類資源を供給する鉱床タイプ

希土類資源を供給する鉱床<sup>4)</sup>は火成岩やそれに伴う熱水活動によって形成された火成鉱床と、岩石の風化によって形成された風化鉱床に大別できます（図2）。火成鉱床にはカーボナタイト鉱床、アルカリ岩関連鉱床、熱水性鉄鉱床などがあります。カーボナタイトは炭酸塩鉱物を主成分とする

火成岩であり、希土類資源の重要な供給源です。中国のマオニューピン鉱床、米国のマウンテンパス鉱床が代表的な鉱床です。アルカリ岩はしばしばカーボナタイトと共に産出し、重希土類に富む鉱床を形成することがあります。代表的な鉱床はカナダのトアレイク鉱床です。熱水性鉄鉱床はさまざまな特徴を持っていますが、世界最大の希土類鉱床である中国のバイユニオボ鉱床が有名です。

風化鉱床には、ラテライト鉱床、イオン吸着型鉱床、漂砂鉱床があります。ここでいうラテライトはカーボナタイトの風化により炭酸塩鉱物が分解し、相対的に希土類に富むようになった赤色土壌を指します。風化作用により希土類が濃縮しているのが特徴です。代表的な鉱床として豪州のマウントウェルド鉱床が挙げられます。イオン吸着型鉱床は中国南部にのみ存在する鉱床であり、重希土類の大半がこの地域から供給されています。花崗岩の風化によって形成された土壌中において、希土類が粘土鉱物表面に吸着して存在しているのが特徴です。代表的な鉱床としてロンナンやシュンウー鉱床が挙げられます。漂砂鉱床は岩石の風化・浸食によって重鉱物が濃縮して海浜地域

などに堆積したものです。チタン鉄鉱などに富む一方で、希土類鉱物であるモナザイトも含むことが多いです。インド南部のケララ州や南アフリカ共和国のリチャードベイが代表的な漂砂鉱床地域です。

## 希土類を含む鉱物

希土類を含む鉱石鉱物（資源となる鉱物）は炭酸塩、リン酸塩、酸化物、イオン交換性粘土です。炭酸塩鉱物として代表的な希土類鉱物はバストネサイト  $[\text{REE}(\text{CO}_3)\text{F}]$ ；REEは希土類元素]であり、カーボナタイト鉱床に含まれています。リン酸塩鉱物として代表的なのはモナザイト  $[(\text{REE,Th})\text{PO}_4]$ であり、多くの火成鉱床と漂砂鉱床に普遍的に含まれています。酸化物にはアルカリ岩に含まれるロパライト  $[(\text{REE,Na,Ca})_2(\text{Ti,Nb})_2\text{O}_6]$ などがあります。イオン交換性粘土はカオリナイト  $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$ などであり、希土類は鉱物の表面に電気的に吸着しているため、鉱物自体を分解せずに弱酸を用いたイオン交換によって希土類を回収することができます。珪酸塩鉱物にも希土類を含むものが多数ありますが、これらは一般に結晶構造が強固で分解するコストが高いため、現在のと

原子番号	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm*	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
地殻存在度 (ppm)	16	33	3.9	16	-	3.5	1.1	3.3	0.60	3.7	0.78	2.2	0.32	2.2	0.30
	軽希土類元素							重希土類元素							
	39 Y†	21 Sc‡													
	20	30													

\* Pmは自然界に存在しないため希土類資源には含まれない  
† Yは重希土類と化学的挙動が類似し、一般に希土類元素に含まれる  
‡ Scは他の希土類と化学的挙動が異なるため鉱床タイプも異なる

図1 希土類元素の種類と地殻存在度

	鉱床タイプ	代表的な鉱床(国名)	主な希土類資源
火成鉱床	カーボナタイト鉱床	マオニューピン(中) マウンテンパス(米) 休山中	 軽希土類
	アルカリ岩関連鉱床	ロボゼロ(露) トアレイク(加) 未開発	 軽希土類 重希土類
	熱水性鉄鉱床	バイユンオボ(中)	 軽希土類
風化鉱床	カーボナタイト起源 ラテライト鉱床	マウントウェルド(豪) 未開発	軽希土類
	イオン吸着型鉱床	ロンナン、シュンウー(中)	 軽希土類 重希土類
	漂砂鉱床	ケララ(印) リチャードベイ(南ア) 未開発	軽希土類

図2 希土類資源を供給する鉱床タイプとその特徴  
写真は希土類鉱石および鉱床を示している



図3 ラオスの花崗岩風化殻の露頭  
局所的であるがイオン吸着型の希土類鉱化作用が確認される

ころ資源として用いられることはまれです。

### 希土類資源を取り巻く課題

ベースメタルや貴金属鉱床に比べると希土類鉱床についての系統的な研究は世界的にも少なく、今後も継続的に研究を行う必要があるでしょう。希土類鉱床の研究における課題として、重希土類鉱床の特定および希土類鉱物の特定の2つが挙げられます。1つ目の課題は、軽希土類に比べて存在量が少ない重希土類資源を供給できる鉱床を特定・発見することです。例えば、重希

土類資源の供給源であるイオン吸着型鉱床は中国にのみ存在が確認されていますが、同様の鉱化作用は局所的ながら他国でも確認され始めています<sup>[6]</sup>(図3)。このほかにもアルカリ岩や漂砂鉱床などといった重希土類に富む可能性がある鉱床の研究が必要です。2つ目の課題は希土類鉱物やその存在形態を明らかにし、その中の希土類を定量的に評価することです。希土類はさまざまな鉱物に含まれていますが、珪酸塩鉱物の多くは資源としての利用が困難です。また、希土類を含む鉱物がほかの鉱物の粒間や割れ目の中に存在す

ることもわかっています<sup>[6]</sup>。そのため、希土類が選鉱や精錬に適した鉱物中に存在し、資源として経済的に取り出すことができるかどうかを評価する必要があります。以上の課題を解決できれば、より多くの希土類鉱床の開発につながるでしょう。

地圏資源環境研究部門  
さねまつ けんぞう  
実松 健造

### 参考文献

- [1] S. R. Taylor and S.M. McLennan: *Continental Crust: its Composition and Evolution*, 57-72, Blackwell, UK (1985).
- [2] U. S. Geological Survey: *Mineral Commodity Summaries*, 130-131 (2009).
- [3] 渡辺 寧: 金属, 78(8), 748-753 (2008).
- [4] 石原 舜三, 村上 浩康: 地質ニュース, 624(8), 10-29 (2006).
- [5] K. Sanematsu et al.: *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 61(11/12), in press (2009).
- [6] S. Ishihara et al.: *Resource Geology*, 58(4), 355-372 (2008).