

レアアースについて（11・2・19）

上 田 喜三郎（昭23・理）

ここ数年新聞やテレビの報道に時々レアアース「以下REと表示」と言う表現が散見される様になってきた。そしてこのREという文字が出てくるとその前か後には必ずと言っていい程中国と言う文字がついている。以下に述べる様に現在世界のRE生産量の殆どは中国産出であり、この材料の動向に関しては世界は中国に握られていると言っても過言ではないと思われる。

恒例の三木会「関東一円の三高出身者の会で現在は一九四七年前後に卒業した仲間が多い」でこのREについてスピーチしてくれないかと依頼があり、いささか困惑しながらお引き受けする事とした。と言うのは小生京大工学部冶金学科卒業と称する一応金属屋ではあるが、卒業後は非鉄金属に関係する会社で数十年飯を食って来、銅、亜鉛を始めジルコニウム、チタン等手広く御相手して来たが、大学在学中を始めその後会社に在職中もこの

REと称する金属には何の関係もなく過ごしてきたからである。

この拙文をお読み頂く諸兄にも、このREと称する表示やこのグループの元素の個々の名前に接される方はここ数年が初めてと言う方も比較的多いのではないかと思われる。と言っても折角のご依頼もあり、三木会中の数少ない金属屋の一員としてお受けするべきではないかと考え、REの研究者や関係者を探してその御知恵を頂きながら関係資料を作成しREの概観でもご理解頂ければと考えてスピーチした。今回その時のスピーチを投稿する様にとのご依頼があり、その後の資料を充填して以下の様な項目で出来るだけご理解頂ける様に纏めた。

- 1 周期律表からのRE
- 2 RE発見の歴史と相互の関連
- 3 地殻中のRE存在量と製法
- 4 世界各国のRE生産量の経緯
- 5 REの用途
- 6 その他

1 周期律表からのRE

元素のご理解を頂く為に、約70年前に化学の講義で初めて出てきたメンデレーフの周期律表を思い出して頂きたい。メンデレーフは一八六九年に「元素の諸特性とその原子量との関係」と言う論文を発表し、最初の周期表を提案した。彼は元素に特有な値として原子量と原子価に注目し元素を原子量の小さい方から並べた。この表には当時発見されていた63種類の元素が記載されている。この表からは将来発見されるであろう幾つかの元素も予測され化学者にとっては未来展開の大きな武器となった。

現在の周期律表には約一一〇の元素が記載されているが、その大部分は金属である。この金属を理解しやすい様に幾つかの分類方式があるが、その一つにコモンメタルとレアメタルと言う方式がある。コモンメタルとは鉄、銅、亜鉛の様に漢字で表現される元素「アルミニウムのみは横文字」が多く9種類存在する。レアメタルとはチタン・ニッケル・タンゲステンの様に前者に比し一般性のやや低い金属の集団でこの集団の中の一部にレアアース「希土類」と称せられる一団が存在する。

周期律表から見れば表の左から3番目のNo.21のScを始めとしてそれに連なる17の元素の事である。「表1-1、1-2」またランタン「La」からユウロピウム「Eu」までを軽希土類、

族	1	2											13	14	15	16	17	18
周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	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	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac										81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	

はみ出し者かそれとも
突出した傑物か

ランタニドを入れた周期表

陰をつけた元素 (Ce ~ Lu) をランタニド, これに La を加えてランタノイド (ランタン類似物), さらに Y と Sc を加えて希土類元素 (レア・アース, Rare earths) という。

ガドリニウム [Gd] からルテチウム [Lu] にイットリウム [Y] を加えた一群を重希土類と呼んでいる。又サマリウム [Sm] からジスプロシウム [Dy] の 5 元素を中希土類と呼ぶ事もある。

希土類の元素名とその名前の由来 [表 1-2]

No.	記号	元素名	発見年	発見者名	命名の由来
21	Sc	スカンジウム	1879	L. F. Nilson	地名 Scandinavia にちなむ。
39	Y	イットリウム	1794	J. Gadolin	地名 Ytterby にちなむ。
57	La	ランタン	1839	K. G. Mosander	隠れているの意味
58	Ce	セリウム	1803	J. J. Berzelius M. H. Klaproth	1801 年に発見された小惑星 Ceres を記念して命名
59	Pr	プラセオジウム	1885	A. von Welsbach	緑色のジジムの意
60	Nd	ネオジウム	1885	A. von Welsbach	新しいジジムの意
61	Pm	プロメチウム	1947	J. A. Marinsky L. E. Glendenin C. E. Coryell	ギリシャ神話の神 Prometheus にちなむ。
62	Sm	サマリウム	1879	L. de Boisbaudran	鉱石名 Samarskite より。
63	Eu	ユウロピウム	1896	E. A. Demarcay	Europe にちなむ。
64	Gd	ガドリニウム	1880	E. C. G. de Marignac	J. Gadolon を記念して。
65	Tb	テルビウム	1843	K. G. Mosander	Ytterby にちなむ。
66	Dy	ジスプロシウム	1886	L. de Boisbaudran	得がたいの意。
67	Ho	ホルミウム	1879	P. T. Cleve	Stockholm にちなむ。
68	Er	エルビウム	1843	K. G. Mosander	Ytterby にちなむ。
69	Tm	ツリウム	1879	P. T. Cleve	Scandinavia の古都 Thule より。
70	Yb	イッテルビウム	1878	J. C. G. de Marignac	Ytterby にちなむ。
71	Lu	ルテチウム	1905	U. Urbain A. von Welsbach	Paris の古名 Lutetia による。

2 RE発見の歴史と相互の関連

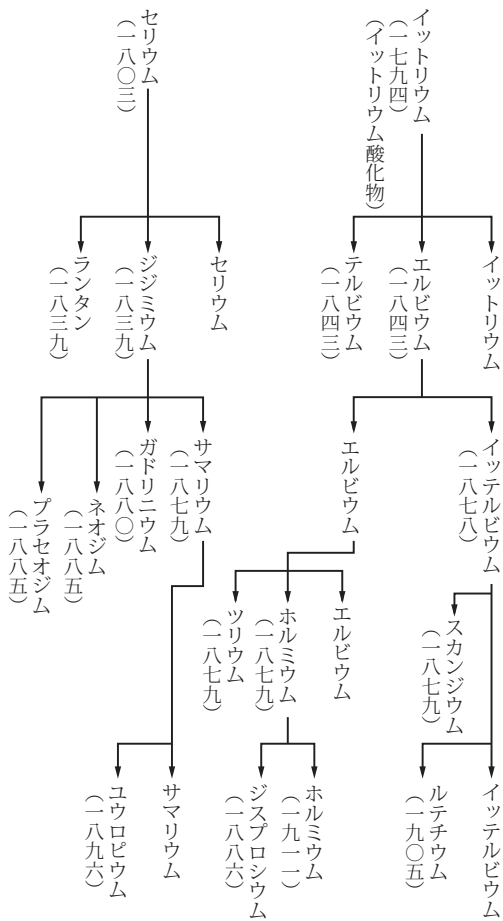
スウェーデンの化学者ガドリンは一七八七年にストックホルム近くの寒村イッテルビーで採掘されていた鉱物を分析し、一七九四年にこの新鉱物の中に新しい金属元素を発見しその酸化物にイッテルビア「イッテルビウムの酸化物」と名づけた。これがRE研究の始まりである。その後一九〇七年Lu「ルテチウム」が発見されるまで約一〇〇年の時間が掛かっているのは、これらの金属の化学的性質が極めて近似していて個別元素確定の為の分離が極めて困難で、この分離操作を一万回以上も繰り返したと言う記録も残されている事から各元素の確定の困難さが推し量られる。時間の経過と共に新しい分析方法や器具も開発され、今日の様に個別の元素が確定されたと考えられる。〔表2-1〕

3 地殻中のRE存在量と製法

地球表面部に存在する元素の存在度を表す数字を「表3-1」に示す。この数字が大きいからと言ってその存在する場所、地表か深部か、部分的な凝縮度はどの程度かその他色々な条件で企業的に採掘しうる対象物となるかどうかとは直線的には考えられないが、一応REがコモンメタルに比してどの程度地球に存在するかの参考にはなる。

希土類元素発見の歴史

[表 2-1]



この表から判る様に RE の存在量は鉄 [50,000ppm] やアルミニウム [81,300ppm] に比べれば極端に少ないがニッケル [75ppm]、亜鉛 [70ppm]、銅 [55ppm]、銀 [0.07ppm]、金 [0.004ppm] に比べれば、RE のネオジム [28ppm] セリウム [60ppm] 等それ程遜色のない存在量が確認されている事が分かる。

地球表面部の元素存在量 [表 3-1]

元素名	濃度 [ppm]	元素名	濃度 [ppm]
Al [アルミ]	81,300	Sc [スカンジウム]	22
Fe [鉄]	50,000	Y [イットリウム]	33
Ti [チタン]	4,400	La [ランタン]	30
Ni [ニッケル]	75	Ce [セリウム]	60
Zn [亜鉛]	70	Pr [プラセオジウム]	8.2
Cu [銅]	55	Nd [ネオジウム]	28
Pb [鉛]	13	Pm [プロメチウム]	
Ag [銀]	0.07	Sm [サマリウム]	6.0
Au [金]	0.004	Eu [ユウロピウム]	1.2
		Gd [ガドリニウム]	5.4
		Tb [テルビウム]	0.9
		Dy [ジスプロシウム]	3.0
		Ho [ホルミウム]	1.2
		Er [エルビウム]	2.8
		Tm [ツリウム]	0.5
		Yb [イッテルビウム]	3.0
		Lu [ルテチウム]	0.5

「表 3-2」によれば鉄が現在の使用量を続けられ今後約一〇〇年「新鉱山の開発やリサイクルも行われるので、この数字は単なる目安」と見られているのに対して、REは元素によって異なるが全体として一二〇〇年「現在の使用量で推定した数字で今後より大量の使用が想定されるので、この数字も単なる目安」と豊かな埋蔵量となっている。

希土類元素はあと何年採掘できるか [表 3-2]

元素名		あと何年採掘できるか		
ビスマス	Bi	20	年	レア・メタルと呼ばれて いるもの
バリウム	Ba	30	年	
タンタル	Ta	30	年	
モリブデン	Mo	60	年	
ニッケル	Ni	80	年	
クロム	Cr	130	年	
リチウム	Li	230	年	
希土類元素		1200	年	
亜鉛	Zn	30	年	コモン・メタルと呼ばれて いるもの
銅	Cu	40	年	
鉄	Fe	100	年	

最初に述べた様に現在の R E は中国頼りと言っても過言ではない状況であるが、中国内部の産出地域を「表 3-3」に示す。この表から見れば中国の何処からでも R E が産出される様にも見られるが、特に一九九〇年に入り内モンゴルで開発された鉱山が如何に大きな力になっているかがこの表からも良く理解できる。

〔表 3-3〕 中国のレアアース



レアアース鉱石採掘総量規制及び指令
性生産計画（2011 年）

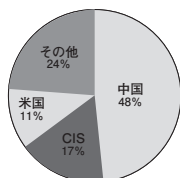
省・自治区	採掘 (トン)	精製分離 (トン)
内モンゴル自治区	50,000	35,000
山東省	1,500	2,600
江蘇省	0	8,400
四川省	24,400	11,000
福建省	2,000	2,500
江西省	9,000	13,000
湖南省	2,000	800
広東省	2,200	8,500
広西チワン族自治区	2,500	0
雲南省	200	0
陝西省	0	1,600
甘肅省	0	7,000
合計	93,800	90,400

□埋蔵量としては世界各地に存在するものの、生産量は圧倒的に中国が多い。

（出典）国土資源部、工業信息化部

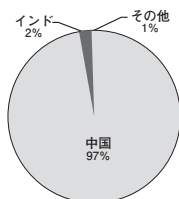
[表 3-4]

世界の埋蔵量



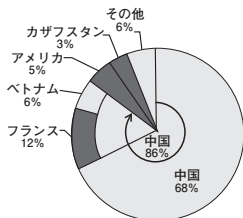
(出典) Mineral Commodity Summaries2012

世界の生産量



(出典) Mineral Commodity Summaries2012

日本輸入相手先



(出典) 財務省貿易統計 (2011 年)

「表 3-4」に世界の埋蔵量とその生産量等を示す。この表からも現在の REE に関する中国の支配力が飛び抜けている事がみられる。

採掘された鉱石から目的とする金属又は化合物を取得する工程を製錬工程と言うが、この工程は鉱石中の金属がどの元素とどの様に結合しているかによって異なる。

多くの鉱石は酸素や硫黄と結合して産出されるので、これらについて製錬工程の概略を述べる。

(1) 鉄

鉄の原料となる鉄鉱石は酸化鉄として産出する。簡潔に述べればこの鉄から酸素を離せば鉄が出来る事となる。工程とすれば先ず鉄鉱石と還元剤である炭素「コークス」を高温で反応させて鉄から酸素を離す。こうして出てきたものは数%の炭素を含んでいるので「銑鉄と言う」次の段階で酸素を吹き込んで炭素を燃焼させて、その含有量を約1%以下に上げて加工性を持った鉄「鋼」にする。これがレールや鉄橋に使用される。

(2) 銅

銅の原料となる銅鉱石は硫化銅として産出する。製錬工程の概略は硫黄は銅よりも酸素と反応しやすいので、高温で酸素と反応させれば硫黄が亜硫酸ガスとなつて分離し銅「粗銅」が出来る。この銅は金や銀等の有価物やその他の物を若干含んでいるので、この粗銅を一方の極にして電気分解を行い純度の高い銅が生産される。この銅が電線や黄銅に使用される。

(3) アルミニウム[AL]

ALは地殻上に一番多く存在する金属で、酸化ALを約50%含むボーキサイトが原料として使用される。ALは鉄と異なり酸素との結合が極めて強いので、鉄の様に炭素で酸素を分離させる様な簡単な方法では金属を得る事が出来ない。製錬工程はこの原料を前処理後高温で溶かして電気分解でALを得ると言う複雑な工程を必要とする。このALはこの電気分解法が確立されるまでは極めて複雑な分析的な方式で少量生産されざるを得なかった為に、ナポレオン3世がALの食器をひと揃え持つ

ていると自慢した程の高価値の物だと言われている。ALは極めて軟らかい金属なのでこのままでは大量に生産・消費されるまでには至らず、その後添加物を加えてジュラルミンが發明され急速に一般化が進んだ。なおこの大量生産が行われる端緒となった電気分解法は一八八六年に米国でホール、仏国でエルーという若い化学者が殆ど同時期に發明したもので、この二人は一八六三年に生まれ一八八六年にALの大量生産法を確立し一九一四年同年に死亡したと言う数奇な歴史を持つ金属である。

またこの高温での電気分解「溶融塩電解」は、その後のREの製鍊工程の展開に間接的に影響を与えていると思われる。

(4) チタン「Ti」

Tiの原料となるルチル鉱石はTiの酸化物である。この鉱石もTiと酸素の結合が強く、鉄の様に炭素で簡単に酸素を分離する事は出来ない。その為製鍊工程としては先ず鉱石を高温で塩素と反応させて4塩化チタンにして、この液とマグネシウムを高温で反応させてスポンジイな金属チタンを造る。

反応後のスポンジTiには過剰のマグネシウムと塩化マグネシウムが残留しているので、これを高温で真空にして抜き出し、結果としてスポンジTiが出来る。

(5) レアアース

REの原料として有名な鉱石はバストネサイト、モナサイト、ゼノタイルム等であるが「表4³」に示す様にこれらの鉱石間にそれ程大きな差は

ない。これらの鉱石を原料として金属またはその酸化物としての製品を造る時には

- 1 金属と酸素との結び付きが強く、簡単に酸素を分離して金属化する事が難しい。
- 2 既に述べた様に RE はお互いに化学的性質が極めて近似しているので、お互いを分離して単体の金属を得る事が極めて難しい。

以上の理由から RE が使用される初期にはミッシュメタルとして RE の混合した物が使用されており、現在も鉄鋼生産業等一部の業界ではこの混合体が使用されている。その後 RE の研究が進展するに従い単体金属としての RE が必要になり、溶融塩電解、イオン交換法や溶媒抽出法等 RE の種類により複雑な処理工程を組み合わせて目的の金属が得られる様になって来た。〔表 3-5〕〔表 3-6〕

4 世界各国の RE 生産量の経緯

RE が大量に生産される様になって来たのは極めて最近の事で、米国内務省地質調査所の資料〔表 4-1〕によれば世界の RE 酸化物の生産量は一九五〇年頃は殆どゼロ状態であったが 50 年後の二〇〇〇年には 80,000 トンとなり、二〇一一年には 120,000 トン程度と推定される様になってきた。これは日本を始め世界の国々で家庭の電化、自動車、ハイテク産業等の進展に対応し高性能な RE を含有する酸化物や合金が多量に使用される様に

[表 3-5] **希土類金属の工業的製造方法の分類** 日本希土類学会編, 第3回希土類夏季セミナー・希土類を学ぶ (後藤高士, 希土類金属の製造), 日本希土類学会 [1989] p. 28

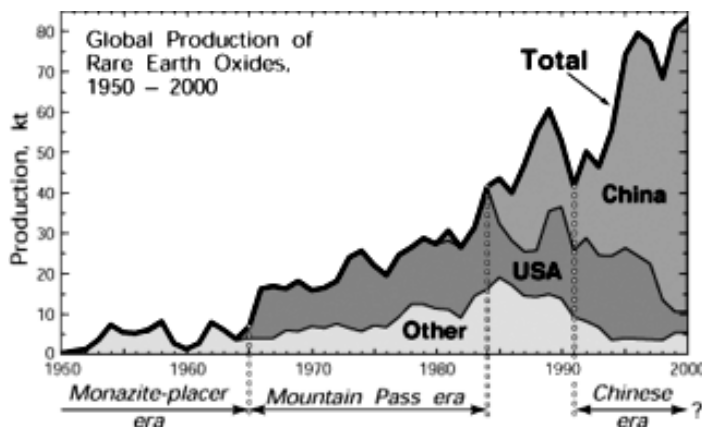
還元方法	原料	還元剤	対象金属
塩化物溶融塩電解	無水塩化希土	NaCl-KCl NaCl, CaCl ₂	MM, La, Ce, Nd-Fe
酸化物溶融塩電解	フッ化希土 酸化希土	LiF, BaF ₂	MM, La, Ce, Nd-Fe
還元拡散 (R-D)	酸化希土	Ca-Co など	Sm-Co, Nd-Fe-B
金属熱還元	フッ化希土	Ca	Sm, Eu, Tm, Yb を除く 全希土類金属
金属熱還元蒸留	酸化希土	MM	Sm, Eu, Tm, Yb

[表 3-6] **希土類金属の分析例 (%)** 日本希土類学会編, 第3回希土類夏季セミナー・希土類を学ぶ (後藤高士, 希土類金属の製造), 日本希土類学会 [1989] p. 33

還元方法	生成金属	Ca	Mg	Al	Si	Fe	C	O
Ca 還元	Gd	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.08
	Dy	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08
還元蒸留	Sm	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.005
溶融塩電解	MM	< 0.01	~ 0.3	~ 0.2		~ 0.5	0.01	0.018
還元 - 拡散	NdFeB	0.08		0.10			0.04	0.23

なつて来た為と思われる。この表から分かる様に、一九八〇年代半ばまでは資源としてのRE酸化物の生産は米国とオーストラリア等数か国で生産されていたが、価格競争の結果一九八〇年代半ば以後は次第に中国の生産量が増大し、二〇一二年には世界の必要量の約95%は中国一国の独占品と言う状況になって来た。この価格競争はこの年代に中国「内モンゴル」に白雲鄂博鉱山「この鉱山はRE世界需要の約40%日本輸入量の約80%を供給していると言われている」「表3-3」「表4-2」が新しく開発され低コストの生産が可能になって来た為と言われている。中国内部の実情には分かりにくい点も多く推定するしかないが、一般的に鉱山の開発には環境破壊と言う事態を伴い易い。通常的には鉱山は古代より緑豊かな山林地帯が多く、鉱物が地表近くにある時は樹木を伐採し表土を削り取るため、緑は喪失し、地下深くに存在する時は長い坑道を掘り続けるため多くの土砂がこの坑道から積み出される。鉱石の種類「銅、亜鉛等」によつては硫黄を含んでいる場合があるので、坑道を作つたため地下水と空気が硫黄と反応して硫酸となりこれが外部に流れ出て田畑を荒らし、またこの鉱石から金属を作る工程で出てくる亜硫酸ガスの処理が不十分な時は近隣に大きな問題を発生した事は日本の公害史にも有名な事である。

RE鉱石は酸化物等の系統「表4-3」が多いのでこの亜硫酸ガス関係の問題はないと思われるが、他方鉱山開発特有の地表の荒廃「これにより洪水災害等が懸念される」「表

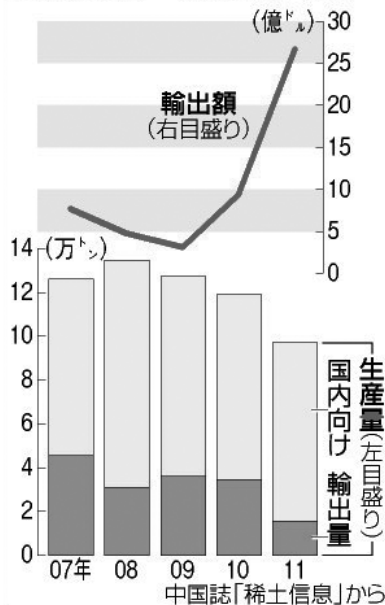


[表 4-1]

4-4」と共に、REを含有する鉱石はその製錬に複雑な工程がありその際使用される酸、アルカリ等の廃液後処理と共にこの鉱石は放射性元素を含んでいる場合が多く、鉱石の採掘、製錬後に廃棄される濃縮された放射性廃棄物の処理にコストが掛かり「日本でも原発の放射性廃棄物の処理に苦勞している」これらが結果的に価格競争に影響し中国一国支配となったと考えられる。「現在日本はカザフスタンから原発用のウランを購入しているが、中国からのRE輸出削減を受けてこの国からウランを採取した廃棄物からREを回収する交渉をしている」と言う報道もある」。

近年中国はRE産業関連の環境整理のためとして輸出規制を打ち出して来た。中国はRE産業の急速な立上りの為環境整備等に不十分な部分もあり、ここで一度鉱石の採取から製錬工程までの

中国のレアアースの生産と輸出



[表 4-2]

全行程の見直しをする必要があり、生産量を一時低下せざるを得ないと言う事は十分理解出来るが、一方エコの観点から電気自動車の開発が今後急速に展開する事が予測され、その為にはRE元素が各種の部品製造に現時点では不可欠とされているので、この原料を制限する事で日本の自動車の電化の速度に対応しようとしているのではないかという見解もある。

「表 3-4」「表 4-1」からも分かる様に産業資源の一国占有は好ましい状況ではないので、

最近米国、カナダ、オーストラリア等でRE鉱山の開発が進められているが、鉱山開発は早くても3～5年位はかかる。またRE使用量を少なくするとか代替品の研究も進められているが、ここ数年は中国の輸出制限に苦勞する事になると思われる。

[表 4-3] 代表的な希土鉱石とその希土類分布 Ln は全希土を表す

鉱石名	バストネサイト		モナザイト	ゼノタイム	イオン吸着型鉱
産 地	カリフォルニア	中国包頭	オーストラリア	マレーシア	中国江西省
全希土	73	60 以上	61	54	60
La ₂ O ₃	32	23.0	24	0.5	30
CeO ₂	49	50.1	46	5.0	7.2
Pr ₆ O ₁₁	4.4	6.2	5.0	0.7	7.1
Nd ₂ O ₃	13.4	19.5	17.4	0.7	30
Sm ₂ O ₃	0.5	1.2	2.5	1.9	6.3
Eu ₂ O ₃	0.1	0.2	0.05	0.2	0.5
Gd ₂ O ₃	0.5	0.5	1.5	4.0	4.2
Tb ₂ O ₃	} 0.4	} 0.2	} 1.2	1.0	0.5
Dy ₂ O ₃				8.7	1.8
Ho ₂ O ₃				2.1	0.3
Er ₂ O ₃				2.1	0.9
Tm ₂ O ₃				0.9	0.1
Yb ₂ O ₃	} 0.4	} 0.2	} 1.2	6.2	0.6
Lu ₂ O ₃				0.4	0.1
Y ₂ O ₃	0.1	0.3	2.4	61	10
一般式	LnFCO ₃		LnPO ₄	LnPO ₄	複 雑

[表 4-4]



5 REの用途

REは通常の金属元素と異なり物理的、化学的に特異な性質を持つているため、その用途は多岐に渉り光学ガラスの研磨剤を始め超強力な磁石、水素吸蔵合金、蛍光体等近代産業の展開に必要不可欠な材料となっている。「表 5-1,2」にその用途例を示す。この中で約一〇〇年程前から使用されていたのはミッシュメタルとよばれるRE混合物でこれはランタン、セリウム等からなり安価なため発火合金として使用されてきている。このミッシュメタルに鉄を30%程加えた物が衝撃によって火花を出すので、使い捨てライター等の点火部となつて一般的には古くから最も知られているREである。

このREのミッシュメタル中のセリウムは

REの中で最も多く使用される金属で、研磨剤「正確に言うとは酸化セリウムを主体とする希土類化合物」として光学ガラスの研磨に不可欠な物となっている。これは物理的な研磨と共に少量のフッ化物を含んでいるので、化学的な反応も寄与していると言われている。最近のREの供給の事情から酸化ジルコニウムが検討されていると言う報道もある。

REの中でセリウムについて有名なものがネオジムである。ネオジムはもとひとつの元素と考えられていた混合物であるジジミウム「ギリシャ語で双子と言う意味のジジモスから命名」からプラセオジムと共に一八八五年に発見された元素で、ラテン語の新しいを意味する Neos と Didimium を足して二で割ってネオジムと名付けられた。このネオジムは現在最強と言われるネオジム磁石の主役を演じている元素である。

ここで少し磁石の歴史を振り返ってみる。日本で磁石の研究が活発に行われる様になったのは第一次世界大戦で磁石鋼の輸入が止まったためと言われている。一九一七年本多光太郎によつてKS磁石が開発されたのを始めとして、一九三一年に三島徳七によりMK鋼が開発されこれはKS鋼の2倍の磁力を持つと言われる。一九三四年には本多光太郎により新KS鋼が開発され当時世界最強の磁石と持てはやされた。その後一九七〇年代にREを含んだサマリウム磁石が開発され、一九八四年に至つて現在世界最強と言われるネオジム磁石が日本人の手によつて開発された。この磁石は最初ネオジムと鉄とボロンから作ら

レアアースの種類と用途

[表 5-1]

元素名と元素記号		主な用途
スカンジウム	Sc	触媒、スカンジウムランプ、ニッケルアルカリ蓄電池の陽極
イットリウム	Y	高温超伝導体、触媒、携帯電話コンデンサ、蛍光体（赤色）
ランタン*	La	光学レンズ、水素貯蔵合金、永久磁石
セリウム*	Ce	ガラス研磨剤、触媒、ガラス消色剤
プラセオジウム*	Pr	陶磁器の釉薬、磁石
ネオジウム*	Nd	永久磁石、スピーカー、レーザー
プロメチウム*	Pm	（放射性物質のため、現在では使用されていない）
サマリウム*	Sm	永久磁石、触媒
ユウロピウム*	Eu	蛍光体（赤色）
ガドリニウム*	Gd	原子炉の制御剤、MRI の造影剤、磁気冷凍
テルビウム*	Tb	光磁気メモリー、蛍光体（緑色）
ジスプロシウム*	Dy	磁石、夜光塗料
ホムミウム*	Ho	レーザー、磁性超伝導体
エルビウム*	Er	光ファイバー
ツリウム*	Tm	レーザー、光ファイバーアンプ
イッテルビウム*	Yb	ガラスの着色剤
ルテチウム*	Lu	（研究用）

*：ランタノイド

れたが、温度が上ると磁力が落ちると言う問題点があり、少量のジスプロシウムを添加する事によりその欠陥を補正し、現在自動車を始め各種の家電製品等に不可欠な部品となっている。

磁石の強さを表すときに通常一番解り易いのは、その磁石の重さの何倍の重さの物が吊上げられるかと言う表現である。過去には磁石の10倍とか50倍の物を持ち上げられると表現してその強さを示したが、このネオジム磁石が開発された時の“300 gr.”のこの磁石で当時著名だった高見山を吊り上げられると言う有名な宣伝である。「実際に高見山が磁石にくっつく事はないが」この表現は磁石の強さを表現するのには極めて簡単で解りやすい。これから概算すると、ネオジム磁石は自身の重さの約六〇〇倍の物体を吊り上げられる事となり、現在世界最強と言うのもなるほどと思われる。又この磁石の強さを使って紙幣の真贋の検定が行われる。紙幣の真偽の判定には幾つかのポイントがあるとされているが、その内の一つに最強磁石であるネオジム磁石による検査がある。三木会の当日ネオジム磁石で数人の一万円札を検査したが、提示された札は全てこの磁石に吸い付き「これは札の印刷インクの中に磁性体が含まれているためで、札の場所によって吸い付き方が異なる」当会員は偽札を持っていない事が明らかになった。〔笑〕

以上、このネオジム磁石は従来の磁石に比べて格段に強力なので、周辺の機器に対する

〔表 5-2〕 レアアースとは

- ☐レアメタルは、自動車、IT 製品等の製造に不可欠な素材であり、我が国の産業競争力の要で、31 鉱種存在。特に鉄鋼原材料の領域に用途が多い。(例: Ni, Mo, Pt, Li, W)
- ☐一方、レアアースは、31 鉱種あるレアメタルの一種で、17 種類の元素（希土類）の総称。
特に化学的性質や特性の変化を伴い、製品の性能を変えるレアメタルとして用途領域が増加。

《レアアースの主な用途》

元素名	用途
セリウム	ハードディスク基盤等用研磨剤、自動車用排ガス触媒
ランタン	光学ガラス
ネオジウム・ジスプロシウム	ハイブリット自動車や電気自動車のモーター用磁石
ミッシュメタル	ハイブリット自動車用ニッケル水素電池
イットリウム	蛍光体（赤）、YAG レーザー

その他、中国依存度が高いレアメタル

タンゲステン	建設機械・工作機械等の超硬工具、特殊鋼
--------	---------------------



影響も大きく購入した時の注意書きに“この磁石は大変強力なのでテレビやパソコン等には30cm以内に近付けて置かない様にして下さい。又各種カードやペースメーカーを付けている人にも注意して下さい。”と普通の磁石にはない取り扱い注意があり、一円玉より少し大きい磁石でも相互にくつき合うと普通に人手では離せないというので磁石間にプラスチックがはさんであり、この事からもこの磁石の強力さを示している。この様に強力な磁石は現在の電気万能の時代には必要不可欠な資材で、その小形化と相俟って各種電気製品自動車等使用されていない処はないと言っても過言ではないと思われる。

サマリウムもネオジム磁石に先立って開発されたサマリウム—コバルト磁石の主要な元素として使用されている。ネオジム磁石に比べて高い温度でも磁力の低下が少ない事から重用されてきたが、価格と磁力の差からネオジム磁石の方がより広く使用される様になってきた。

又少し変った用途としてEu「ユーロピウム」がUV照射により独特の発光色を示す事を利用して、EU紙幣のインクに使用し真贋保障の一つの目印としている。Euがこの様に使用されるとは発見命名者のDemarcayも予想し得なかった事と思われる。

「表5-1.2」に示される様にREは人目につかないあらゆる処で適切に使用され、現代はREなしには過ごされないRE時代とも言えるのではないかと思われる。

6 その他

レアアース [Rare Earth] と言う言葉は導入された時はこのまま日本語に変えて Rare Earth ≡ 土、鉱物を使って「稀土類」と表示されていた。これは存在がまれな元素と言う意味で付けられ、純粋に取り出す事が難しかったために存在が少ないものと信じられていた事に由来している。

実際には表 3-1 からも解る様にコバルト、亜鉛程度は存在し、少ないものでも金、銀より多く含まれており、スカンジウムを除けば資源としては豊富であり存在量が特に少ないと言う意味で稀土類と呼ぶのは適切ではないが、現在でも稀が希に変って稀土類「稀が希に変ったのは当用漢字採用の関係か。詳細不明」として表現されている。最近はこの表現を巡って、この希の意味は希望の希で人類の将来に希望を与える金属集団と言う意味だと言っている研究者もいる。この解釈は現在では全くその通りであり、今後この Rare Earth [稀土類] と言う金属集団が人類のより良き発展のための加速剤となる事を希望して止まない。

(元日本鉱業株式会社取締役)

参考文献

稀土類物語「足立研究室編著」他