1-1 周期表で見る金属元素と非金属元素

—— 周期表のつくりと見方

本書はタイトルにあるとおり、「レアメタル」と「レアアース」についてご説明しようという本です。本書を手に取られた方で、レアメタル、レアアースという言葉を聞いたことがないという方はおられないのではないでしょうか？

●「レアメタル」と「レアアース」

それではレアメタル、レアアースとは何でしょう？ レアメタルが英語の「rare metal」であるということはご存知の方が多いでしょう。だとしたらそれが rare（希少）な metal（金属）、つまり「希少金属」であるということもご存知かもしれません。そのとおりです。レアメタルは希少金属、つまり地球上に存在量の少ない、もしくは抽出するのが難しい希少な金属元素のことです。実は、レアメタルという名前の定義はそれほど厳密なものではなく、科学的な見地から定められたものではないのです。次の節でご説明します。

それではレアアース（rare earth）は何でしょう？ rare（希少）な earth（地球）のことでしょうか？ 全宇宙に 1 個しかない地球をあえて希少と言うのは不合理ですから、レアアースは希少（rare）な土壌（earth）のことであろうと、推量できるのではないでしょうか。実際にレアアースは、化学的に「希土類」と呼ばれる元素群です。

● 分子・原子・元素とは

宇宙には無数種類と言ってよいほどの物質が存在しますが、その全ては、複数個、複数種類の「分子」が集まってできています。分子は複数個、複数種類の「原子」が固有の順序で結びついてできているものです。

「原子」は高密度の微小粒子「原子核」とそれを取り巻く「電子雲」からできています。原子核は 2 種類の微粒子「陽子」と「中性子」からできています。原子を構成する陽子の個数をその原子の原子番号 Z と言い、原子番号が同じ原子の集合を「元素」と言います。地球上の自然界には約 90 種類の元素が存在しています。

原子 1 個 1 個を、電子顕微鏡などによって観察することはできます。ただし、その観察像は、電子などと原子との相互作用を利用して得られるものです。

こうした観察や、これまでに明らかになっている原子の物性や反応性から、1 個の原子を推定することはできます。それによれば、前述しましたが、原子は小さくて丸い、雲のような物質と考えられています。原子には直径が小さくて軽い原子から、大きくて重い原子まで各種あります。

原子番号 Z は陽子の個数を表わしています。原子の質量は、主に陽子と中性子の総数によって決まります。原子を原子番号の順に並べると一番軽い $Z=1$ の水素原子 H から、一番重い $Z=92$ のウラン原子 U まで、先にも述べましたが自然界には約 90 種の元素があることが知られています。性質が似たものどうしが縦に並ぶように、

元素を原子番号順に並べた表を周期表と言います。周期表は苦手な方も多いかもしれませんが、「役に立つ表」であることも確かです。あまり嫌いにならないでください。

● 周期表のつくり

周期表の上部には 1 ～ 18までの数字が振ってあります。この数字を「族番号」と言い、それぞれの数字の下に縦に並ぶ元素を 1 族元素とか12族元素とかと呼びます。同じ族の元素を互いに「同族元素」と呼び、互いに似た性質を持つことが知られています。

周期表の左端には 1 ～ 7 の数字が振ってありますが、これは「周期番号」と言い、原子の大きさの目安になります。同じ族では、一般に下の周期ほど原子が大きくなります。同一周期では、一般に右へ行くほど原子半径が小さくなる傾向があります。次項で見るランタノイド元素は15個の元素が並んでいますが、左から右へ行くにつれて原子半径が少しずつ小さくなっており、これを「ランタノイド収縮」と呼びます。

このようなことで、元素が周期表のどこにいるかがわかれば、およその性質や相対的な大きさがわかる仕組みになっています。

図 1-1-1 ● 周期表の金属元素

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 水素																	He ヘリウム
2	Li リチウム	Be ベリリウム											B ホウ素	C 炭素	N 窒素	O 酸素	F フッ素	Ne ネオン
3	Na ナトリウム	Mg マグネシウム											Al アルミニウム	Si ケイ素	P リン	S 硫黄	Cl 塩素	Ar アルゴン
4	K カリウム	Ca カルシウム	Sc スカンジウム	Ti チタン	V バナジウム	Cr クロム	Mn マンガン	Fe 鉄	Co コバルト	Ni ニッケル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Ga ガリウム	Ge ゲルマニウム	As ヒ素	Se セレン	Br 臭素	Kr クリプトン
5	Rb ルビジウム	Sr ストロンチウム	Y イットリウム	Zr ジルコニウム	Nb ニオブ	Mo モリブデン	Tc テクネチウム	Ru ルテニウム	Rh ロジウム	Pd パラジウム	Ag 銀	Cd カドミウム	In インジウム	Sn スズ	Sb アンチモン	Te テルル	I ヨウ素	Xe キセノン
6	Cs セシウム	Ba バリウム	ランタノイド	Hf ハフニウム	Ta タンタル	W タングステン	Re レニウム	Os オスミウム	Ir イリジウム	Pt 白金	Au 金	Hg 水銀	Tl タリウム	Pb 鉛	Bi ビスマス	Po ポロニウム	At アスタチン	Rn ラドン
7	Fr フランシウム	Ra ラジウム	アクチノイド															

金属元素
非金属元素

ランタノイド	La ランタン	Ce セリウム	Pr プラセオジム	Nd ネオジム	Pm プロメチウム	Sm サマリウム	Eu ユウロピウム	Gd ガドリニウム	Tb テルビウム	Dy ジスプロシウム	Ho ホルミウム	Er エルビウム	Tm ツリウム	Yb イッテルビウム	Lu ルテチウム
アクチノイド	Ac アクチニウム	Th トリウム	Pa プロトアクチニウム	U ウラン	Np ネプツニウム	Pu プルトニウム	Am アメリシウム	Cm キュリウム	Bk バークリウム	Cf カリホルニウム	Es アインスタイニウム	Fm フェルミウム	Md メンデレビウム	No ノーベリウム	Lr ローレンシウム

● “付録”の周期表？

周期表には、上で説明した本体部分と、その下に付けられた「ランタノイド(Ln)」部分と「アクチノイド(An)」部分の付表があります。この下の 2 つの部分はまるで上の本体部分の付録のように見えますが、決して付録ではありません。

最新の周期表には全部で118個のマスがあり(巻頭の周期表参照)、各マスには 1 個ずつの元素が入ることになっています。ところが、周期表本体にある 2 つのマス、Ln（ランタノイド)と An（アクチノイド)には、実は15個ずつの元素が入ることになっているのです。全部で118個の元素の内の30個ですからばかにできません。しかし、ここに15個ずつのマスを並べたのでは、周期表が横長になってしまい、印刷や製本に困ります。そこでこのLnとAnを本体の下に取り出して示したのです。なお、このLnとAnは次の項で重要な働きをします。

● 金属元素と非金属元素

元素の分類の仕方は何種類もありますが、一般的なのは金属元素

と非金属元素に分けることです。金属元素の単体は、一般に次のような特徴を持っていきます。

①金属光沢がある：金属固有の輝きの有無です。
②展性・延性がある：展性は叩くと広がって箔(はく)になる性質、延性は引っ張ると伸びて針金になる性質です。
③電気伝導性がある：電気を通すことです。

図1－1－1に示した、アミの付いた元素が金属元素、アミのない元素が非金属元素です。金属元素が圧倒的に多いことがわかります。非金属元素は水素の他は右上の一角にまとまっています。

1-2 「レアメタル」「レアアース」の定義は何？

—— 科学的なのか、非科学的なのか

言うまでもなく、レアメタル、レアアースは現代の科学研究、科学産業において欠くことのできない重要な資源であり、そのため現代科学産業の「ビタミン」とか「米」とか言われることがあります。それでは自然界の90種ほどの元素のうち、どれがレアメタルと呼ばれ、レアアースと呼ばれているのでしょうか？また、どのような理由で「希少」と呼ばれることになったのでしょうか？希少な金属ならまず金を挙げなければならないのに、金が入っていないのは何故でしょうか？

● レアメタルの定義

「レアメタル」という名前は科学的に決められたものではありません。1984年に当時の通商産業省（現在の経済産業省）が政治経済的に決めたものです。ですからもし、「レアメタルがレアメタルと呼ばれる理由を科学的に説明せよ」などと言われてもそれはできません。そもそも科学を無視して決めた物を後になって“科学的に”説明しろなんていうのは“無茶振り”です。

それでも、レアメタル、レアアースと呼ばれるための“条件”はいくつかあり、主なものを挙げると次のようになります。

①科学研究、科学産業にとって欠かせない金属
②存在量が少ない、または採掘・精錬の難しい金属

ですが、それぞれを細かく見ると、

○産業上の重要性とは

・ハイテク産業などに不可欠な素材である。
・戦略的な重要性：供給の安定確保が国家戦略上重要視される。

○存在量が少なく、採掘、精錬が難しいとは

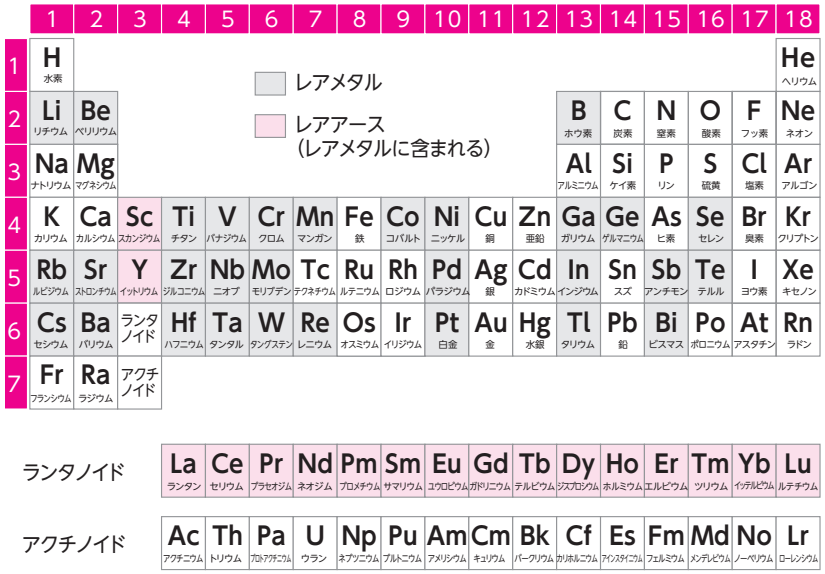
・地球上に存在する量が少ない。
・日本に存在する量が少ない。
・技術的な困難さ：単体として取り出す技術が難しい。
・経済的な困難さ：採掘や精錬のコストが高い。

ということになります。特に重要なのが「日本に少ない」ということで、これは、地球上に存在する総量が多くても、抽出が難しく、工業用需要があるものなどはレアメタルに含まれます。したがって、レアメタルと呼ばれる金属は国によって異なるということになります。日本にとっては「希少金属」でも中国にとっては何処にでも転がっている「ありふれた金属」ということもありえるのです。

● レアメタルの種類

図1－2－1は巻頭のレアメタルの周期表をコンパクトにしたものです。グレーでも色のついたものでもアミのかかっている元素はレアメタルです。レアメタルは現在のところ全部で47元素（経済産業省の分類では31鉱種）あります。しかし、この数字は将来動く可能性があります。と言うのは、レアメタルの特定は不変のものではなく、政治経済事情によって変化するからです。

図1-2-1●レアメタルとレアアース



前節の周期表と見比べてください。ホウ素B、セレンSeは金属元素でないのにレアメタル（希少金属）と金属扱いをされています。これがこの定義の科学的でないことの証左になります。

● レアアースの種類

図1－2－1に色アミの付いた元素があります。3族元素のスカ

ンジウムSc、イットリウムYと、下部のランタノイド元素です。ランタノイド元素はランタンLaからルテチウムLuまで15種類あります。この合計17種類の元素がレアアース（希土類）と呼ばれる元素群です。この希土類という名称は、レアメタルのそれとは違い、科学的に定められた元素の種類です。周期表の一角に堂々と陣地を持っていることからも明らかなとおりです。

そして、ややこしいことに、この希土類（レアアース）もレアメタルの一種なのです。したがって「レアメタル」と言った場合にはレアアースも含めて言っていることになります。

実は、レアメタルの一部である「レアアースを特定する名称」はあるのに「レアアース以外のレアメタルを特定する名称」はありません。これでは（不公平？）不便です。そこで、一般的ではありませんが、本書ではレアアース以外のレアメタルを「レアメタル30」と呼ぶことにしています。そしてレアメタル30とレアアースをまとめて指す場合にはただ「レアメタル」と呼びます。

1－3 レアメタル、どこにあってどこにない？

—— 地球規模と国家規模との違い

レアメタルに指定される重要な条件は、希少であるということと有用であるということです。それではどの程度の“希少”なのでしょうか？

日本はことあるごとに資源が希少であると言われます。神様は不公平なのかもしれません。石油はない、天然ガスはない、石炭もない、ウランもありません。あるのは「優秀で勤勉な国民」だけと昔は言われましたが、近年はそれも危なくなっているようです。困ったことです。

● 地球規模の存在量

レアメタルと言えど資源です。手の届かない所にある資源は資源とは言えません。図1－3－1は世界中の地殻に存在する元素をその存在量に従って並べたものです。この図を見てみると、コモンメタル（普通の金属）、レアメタル30、レアアースが不規則に並んでいます。コモンメタルのうち、アルミニウムAlや鉄Feが多くて金Auや水銀Hgが少ないのは予想のとおりです。

しかし、その間を埋めているのがレアメタル30やレアアースです。本来存在量が多いはずのコモンメタル（亜鉛Znや銅Cuなど）

ウムThを含む物が多いということです。

放射性元素とは、β線、γ線、中性子線などの放射線を放出する元素です。ウランやトリウムの崩壊では主にα線が放出されます。なお、原子炉の燃料として利用できるのは、そのうちウラン235やプルトニウム239など一部の核種に限られます。

製錬作業を行なう作業員はもちろん、工場周辺の住民が被ばくすることのないよう、工場の厳重な隔離とその周辺環境の放射線による汚染を警戒する必要があります。

図1-4-1●製錬の違いのイメージ

1-5 レアメタル・レアアースの「生産国」はどこか？

—— 産出するところと生産するところ

前節で見たように、レアアースの製錬は、「製錬技術」「環境問題」という全く異なる2つの問題をクリアーする必要があるのです。

●「産出国」と「生産国」

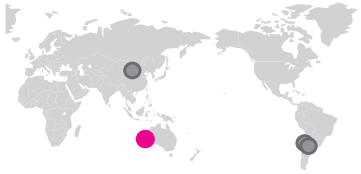
鉱物の多くは「産出国」と「生産国」が違います。ここでは、鉱物を採掘する国を「産出国」と呼びます。神様の思し召しめでたく、鉱物に恵まれて、高濃度、高品質の鉱物をたくさん埋蔵している国だったら、何処の国だって黙っていても産出国になることができます。鉱物を欲しい国がやってきて喜んで鉱物を掘り、大金を払って持ち去って行ってくれます。

ここでは、製錬・分離精製によって金属や化合物を生産する国を、採掘国と区別して「生産国」と呼びます。そのためには生産国は技術を持った工員を教育して育て、工場を建て、操業するための電気などのエネルギーを用意し、工場から出た廃棄物を処理するなどの環境整備をしなければなりません。

図1-5-1 ● 主なレアメタル3種とレアアースの産出国と製錬・分離精製国（生産国）

● 主な産出国　○ 主な製錬・分離精製国　● 両方

リチウム Li

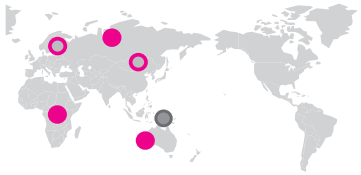


豪州の鉱石は国外でも加工される

● 産出	○ 製錬・分離精製
• オーストラリア	• 中国
• チリ	• チリ
• 中国	• アルゼンチン
• アルゼンチン	

鉱石型と塩湖かん水型で工程が異なる

コバルト Co

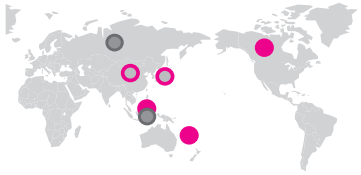


採掘はコンゴ民主共和国に集中

● 産出	○ 製錬・分離精製
• コンゴ民主共和国	• 中国
• インドネシア	• インドネシア
• ロシア	• フィンランド
• オーストラリア	

銅・ニッケル生産の副産物が多い

ニッケル Ni

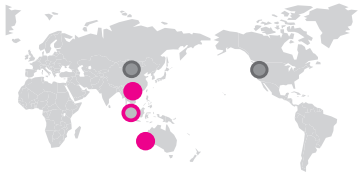


インドネシアは採掘・製錬の両方で中心

● 産出	○ 製錬・分離精製
• インドネシア	• インドネシア
• フィリピン	• 中国
• ロシア	• 日本
• ニューカレドニア	• ロシア
• カナダ	

2025年鉱山生産：インドネシアが世界最大

レアアース



精製工程で中国への集中が強まる

● 産出	○ 製錬・分離精製
• 中国	• 中国
• アメリカ	• マレーシア
• ミャンマー	• アメリカ
• オーストラリア	

中国：採掘 60%、分離精製 91%（2024年）

鉱山 ➡ 選鉱・濃縮 ➡ 製錬・分離精製 ➡ 金属化合物などの素材

注：国名は主要例であり、全ての産出国を網羅したものではありません。「製錬・分離精製」には、鉱石精鉱から化合物や金属などを得る中流工程を含めています。レアアースの比率は磁石用4元素（Nd、Pr、Dy、Tb）の2024年実績。その他の主要産出国は2025年推計を基準に整理。
出典：IEA, Rare Earth Elements (2026) USGS, Mineral Commodity Summaries 2026.

● 中国の特殊性

現在のレアアース市場は中国がほぼ独占していると言われています。2024年時点で、磁石用4元素（Nd、Pr、Dy、Tb）について、中国の鉱山産出量は世界の約60%、分離精製量のシェアは約91%。

これからわかるように、レアアースの資源そのものが中国にだけ大量に存在しているわけではありません。国土が広大なため産出量も大きくなりますが、地殻中の存在密度で見れば他国と比べて突出しているわけではないのです。中国の市場占有率が高い最大の理由は、製錬・分離精製工程を中国が事実上握っていることにあります。

前節で見たとおり、レアアースの製錬・分離精製には大きく2つの課題――高度な精錬技術の確立と、放射性物質を含む残渣など環境負荷への対応――があります。中国はこの両方を満たす体制を比較的早い段階から整えてきました。

長年にわたる人材育成と技術投資により、精錬分野で熟練した技術者・作業員が育っていること、また大規模な製錬プラントの立地と操業を国家戦略として計画的に進めてきたことが、今日の生産体制の確立を支えています。

一方、他の国々では、放射性物質を扱う工場の新設にあたって、環境規制への対応や周辺住民の理解形成、専門人材の確保などに相応の時間とコストがかかることが多く、これが新規参入のハードルの一つになっているという事情もあります。

1-6 日本におけるレアメタル・レアアースの重要性とは

—— どこでどのように使われているのか

レアメタル30、レアアースは「現代ハイテク産業のビタミン」と言われて大切なものとされてきました。その理由は、言うまでもなく、レアメタル30やレアアースがなければ、ハイテク産業の製品を作ることができないからです。

● レアメタル30の重要性と役割

ハイテク産業におけるレアメタル30とレアアースが占める役割には違いがあります。細かいことは章を改めて詳しく見ることにしますが、簡単に言えば、レアメタル30を純粋な状態で使用することはほとんどありません。レアメタル30は鉄鋼や銅、アルミニウムなどの素材金属に少量混ぜて使われます。すると、その素材金属の性質が優秀、強固になるのです。

鉄鋼の性質として大切な硬度や耐熱性、耐酸化性はレアメタル30を添加すると大幅に改良されます。そのため、高硬度鋼など、鉄鋼の掘削、成形、研磨に使う工具用鋼材はレアメタル30なしで作ることはできません。

高温で融けたり柔軟になったりすることのない耐熱性も同じことです。耐熱性は高熱に耐えるだけでは十分でありません。例えば宇宙空間で活用するためには、絶対0度に近いような低温下でも脆弱にならないことが要求されますが、このためにもレアメタル30が必要とされます。

言ってみればレアメタル30はハイテク産業の「縁の下の力持ち」というような役割と言ってよいでしょう。

● レアアースの重要性と役割

それに対してレアアースの役割は発色性、磁性、レーザーの発振性能など、現代ハイテク産業製品の表向きの性能、「ショーウィンドウ展示用の花形性能」に関係すると言ってよいでしょう。

昔の話になりますが、カラーテレビが出始めた頃、某家電メーカーが鮮やかなカラー画面を表出する自社製品のカラーテレビを「キドカラー」と称して売り出したことがありました。それは“希土”類(レアアース)を用いた「輝度」の高いカラーという意味を持っていた

図1-6-1 ● レアメタル・レアアースは何に使われているか

レアメタル		レアアース	
鉄鋼・特殊鋼	Cr・Ni・Mo・V・Nb など 強度、耐食性、耐熱性を高める	高性能磁石	Nd・Pr・Dy・Tb 小型で強い永久磁石
航空機・ロケット	Ti・Ni・Co・Re など 軽さや高温強度を生かす	モーター・発電機	Nd・Pr・Dy・Tb EV、家電、風力発電など
半導体・電子部品	Ga・In・Ge・Ta など 半導体、電極、コンデンサ	LED・蛍光体	Y・Eu・Tb・Ce など 発光色や明るさを調整
蓄電池	Li・Ni・Co など EVや電子機器の電池材料	レーザー・光通信	Nd・Er・Yb など レーザー光源、光ファイバー
工具・排ガス触媒	W・Co/Pt・Pd・Rh 超硬工具/自動車用触媒	研磨材・触媒	Ce・La など ガラス研磨、排ガス浄化

注: 代表的な用途と元素の例です。同じ元素が複数の用途に使われる場合があります。
出典: JOGMEC「鉱物資源マテリアルフロー2024」、JOGMEC「レアメタル備蓄とは」などを基に作成。

と言います。

現代のハイテク産業で注目されているものに、磁石があります。鉄・ホウ素にレアアースのネオジムNdを混ぜて作ったネオジム磁石は強力な磁性を持ちます。ネオジム磁石を使ったモーターは電気エネルギー万能の現代においてあらゆる機械の動力源となっている心臓部です。

ネオジム磁石以外の磁石を使ったモーターはネオジム磁石モーターに太刀打ちできません。これはモーターで走る電気自動車の性能に関しても同じです。現在、多くの電気自動車がネオジム磁石モーターを採用していますが、レアアースの供給リスクを避けるため、誘導モーターや外部励磁式同期モーター、フェライト磁石モーター、スイッチトリラクタンスモーターなど、ネオジム磁石を使わない方式もすでに実用化・開発が進められています。

● レアメタルが国の経済の明暗を握る

資源が少ない日本は、資源を売って外貨を稼ぐことはできません。知識、技術を外国に売るか、あるいは外国から資源を買って、それに加工を施した製品を外国に売って外貨を稼ぐ以外ありません。そのためにはレアメタル、つまり、レアメタル30やレアアースがないことには土俵に上がることができない状態と言ってよいでしょう。

レアメタルを欲しい時に欲しいだけ買える外交環境を維持し続けていくか、日本国内でレアメタル資源を発見・開発するか、あるいは、レアメタルに代わる能力を持った資源を発明するかしないことには、日本がハイテク産業部門で生き延びていく道はないと言ってよいのではないでしょうか。

3-7 周期表1、2族及び12~18族の典型元素に分類されるもの

—— 典型金属レアメタル30の物性（その1）

「典型金属レアメタル30」とは、レアメタル30に指定された元素のうちで、周期表1、2族及び12～18族の典型元素に分類されるもののことを言います。ここではその元素について、その基礎知識として、性質、特長を個別に見ていくことにしましょう。紹介の順序は原子番号順とします。

▶ベリリウム　Be　$Z=4$　発見年：1798　国：フランス

○性質

比重：1.85　**融点**：1287℃　**沸点**：2468℃　**色**：銀白色

軽くて融点が高いため構造材として優れる。極めて毒性が強く、肺に入ると肺がんに至ることもある。宝石のエメラルド、アクアマリンの成分。

○用途

ベリリウム合金：ベリリウムとアルミニウムとの合金は軽くて強度が高く、航空機に用いられる。また、極低温でも変形しないので極低温で使う宇宙望遠鏡にも用いられる。

原子炉材料：中性子を吸収しないので、原子炉の中心部部材、中性子の減速材として用いられる。

▶ガリウム　Ga　$Z=31$　発見年：1875　国：フランス

○性質

比重：5.91　**融点**：29.7646℃　**沸点**：2229℃　**色**：灰白

気温次第で液体状態。

○用途

半導体：ガリウムの95%は半導体に使われる。

ダイオード：ダイオード（Diode）は電流を一定方向にしか流さない電子素子。交流を直流に変換する。

LED：ダイオードのなかには、電流を通すと発光するものがあり、それを発光ダイオードという。ガリウムは青色に発色する青色ダイオードの原料。

低融点金属：ガリウム、インジウムIn、スズSnの合金であるガリンスタンは融点が－19℃である。

▶ゲルマニウム　Ge　$Z=32$　発見年：1886　国：ドイツ

○性質

比重：5.3234　**融点**：938.25℃　**沸点**：2833℃　**色**：灰色

トランジスタの材料。

○用途

半導体：ゲルマニウム製の素子はシリコン製の素子に比べて温度

特性は劣るが、シリコンに比べて低純度でも機能する利点がある。

トランジスタ：トランジスタ（transistor）は伝達（transfer）と抵抗（resistor）を組み合わせた造語であり、電流の増幅とスイッチ動作（切る、入れる）をする半導体素子。現在はシリコン製が主流だが初期はゲルマニウム製だった。

赤外線レンズ：ゲルマニウムは可視光・紫外線を通さないので目には不透明だが、赤外線は素通しなので、赤外線レンズに用いる。

光通信ファイバー：光通信用の光ファイバーのコア部分にゲルマニウムの酸化物を混ぜると屈折率が上がる。

▶セレン　Se　$Z=34$　発見年：1817　国：スウェーデン

○性質

比重：4.809　**融点**：220.8℃　**沸点**：685℃　**色**：灰色

金属ではないが半金属とされることもある。半導体の性質がある。必須元素であるが摂り過ぎると中毒になり、死に至ることもある。

○用途

コピー：セレンは普段は絶縁体だが、光が当たると良導体になる。セレンを塗ったドラムを正に帯電させ、そこにコピー原稿からの反射光を当てると、原稿の白い部分に相当するドラム部分は伝導性となって静電気を失い、黒い文字に相当する部分にだけ静電気が残る。ここに黒いトナーを吹きかけると、文字部分にだけトナーが吸着される。これを紙に転写したのがコピー。

露出計：セレンの伝導度を計ることによって、セレンに当たった光の量を計測できる。これを用いてカメラの露出計を作る。

必須元素

▶ルビジウム　Rb　$Z=37$　発見年：1861　国：ドイツ

○性質

比重：1.53　**融点**：39.30℃　**沸点**：688℃　**色**：銀白色

液化しやすい。空気中で自然発火する。

○用途

原子時計：簡易型の原子時計として使われる。NHKの標準時計もこのタイプ。

年代測定：岩石の年代測定に使われる。ルビジウムの同位体である^{87}Rbは半減期約496億年でβ崩壊して^{87}Srになる。岩石中には^{86}Srと^{87}Srが含まれるが、安定同位体である^{86}Srの量は変化しない。ところが^{87}Rbから生成する^{87}Srの量は時間と共に増加する。そこで両者の比を測定すると、^{87}Rbがその岩石に入った年代、すなわち岩石の生成年代がわかる。

花火：赤紫の炎色反応を花火に用いる。

▶ストロンチウム　Sr　$Z=38$　発見年：1790　国：イギリス

○性質

比重：2.64　**融点**：777℃　**沸点**：1377℃　**色**：銀白色

核分裂廃棄物に含まれる^{90}Srは高い放射性を持つ危険な物質。ストロンチウムは骨の主成分であるカルシウムCaの同族元素なので、体に入ると骨に集まりやすく、骨がんや白血病を引き起こす。

その上、半減期は29年と長いので、一度体内に入ると長期間にわたって害を及ぼし続ける。しかし、^{90}Srは自然界には存在しない。

○用途

磁性材料：フェライト磁石などの原料。

ガラス添加材：X線を透過しないのでブラウン管に用いられる。

花火：赤い炎色反応を用いる。

▶インジウム　In　$Z=49$　発見年：1863　国：ドイツ

○性質

比重：7.31　**融点**：156.60℃　**沸点**：2027℃　**色**：灰色

柔らかく、ナイフで切断可能。毒性があり、間質性肺障害、発がん性が報告されている。

○用途

透明電極：ガラスに酸化インジウムIn_2O_3とスズSnの酸化物SnO_2を真空蒸着したものでインジウムのI、スズ（英語でTin）のT、酸化物のOをとってITO 電極とも言う。

● かつて北海道の豊羽鉱山から採掘されたが2006年に閉山。

▶アンチモン　Sb　$Z=51$　発見年：古代　国：不明

○性質

比重：6.68　**融点**：630.628℃　**沸点**：1587℃　**色**：銀灰色

劇物、有毒。水と同様に、液体状態より固体状態の体積が大きい。

○用途

活版用合金：鉛Pb、スズSn、アンチモンの合金は融けた液体状態から冷めて固体になるときに体積が膨張する。そのため、鋳型の隅々にまで金属が行き渡り、正確な鋳物ができ、活版印刷の活字作りに用いられる。グーテンベルクが最初に作った印刷活字にも用いられた。

鉛合金：鉛にアンチモンを混ぜると硬くなるので、散弾銃の弾丸や、鉛蓄電池の鉛電極に用いられる。錫製の食器、ピューター（スズを主成分とする合金）に混ぜることもある。

● 古代エジプト女王クレオパトラのアイシャドウに含まれていたとも言われている。

▶テルル　Te　$Z=52$　発見年：1783　国：ハンガリー

○性質

比重：6.232　**融点**：449.51℃　**沸点**：988℃　**色**：灰色

非金属元素。結晶性のものと非晶性のものがあり、前者は金属テルルと呼ばれることもある。半導体性がある。有毒である。

○用途

冷蔵庫：二種類の特殊な半導体を接合し、両者の間に電流を流すと片方は温まり、片方は冷却される。これをペルチエ効果と言い、これを利用した冷蔵庫はモーターがなく、無音なので、ホテルで使用される。

記憶材料：テルルは温度が変化すると、結晶性となったり非晶性（アモルファス）となったりする。これを利用して情報の記録に用

いる。このような材料を相変化記憶材料と言い、書き換えができることが特徴である。DVD－RAMはこの性質を利用したもの。

▶セシウム　Cs　$Z=55$　発見年：1860　国：ドイツ

○性質

比重：1.873　**融点**：28.5℃　**沸点**：671℃　**色**：黄色がかった銀色

気温次第で液体状態。－118℃でも水と反応するほど反応性が高く、空気中で自然発火する。

○用途

原子時計：現在の1秒は「セシウム133が放射する電磁波の周期の91億9263万1770倍」と定義されている。セシウムを用いた原子時計の精度は約3億年に1秒である。現在ではイッテルビウムYbを用いたさらに正確な時計が開発中でこれの精度は100億年に1秒となる。

- セシウム137は強いγ線を出すのでがんの放射線療法に用いられる。

▶バリウム　Ba　$Z=56$　発見年：1774　国：スウェーデン

○性質

比重：3.62　**融点**：727℃　**沸点**：1845℃　**色**：銀白色

毒性が強く、溶液としてイオンの状態で体内に入ると重篤な中毒となり、時には死に至る。

○用途

X線造影剤：胃のレントゲン撮影の時に飲む液体は硫酸バリウム$BaSO_4$。バリウムはX線を通さないので胃壁に硫酸バリウムを付着させてレントゲン撮影をする。バリウムイオンは毒性が強いが、硫酸バリウムは溶解度が非常に小さいので体内でイオン化することがなく、安全であるとされる。

高温超伝導体：イットリウムY、バリウム、銅Cuの酸化物$YBa_2Cu_3O_7$はYBCOと呼ばれ、液体窒素温度（77K）より高温で超伝導性を示した最初の化合物。

▶タリウム　Tl　$Z=81$　発見年：1861　国：イギリス

○性質

比重：11.8　**融点**：304℃　**沸点**：1473℃　**色**：銀白色

柔らかく、空気中ではすぐに酸化されるため石油中に保管される。ヒ素と並んで毒物として有名。致死量は1g。毒性が強く、摂取量などによっては重篤な中毒や死に至る。腹痛・嘔吐などの消化器症状や神経症状が現れ、脱毛は通常、摂取後2～3週間ほどで見られる。発見当初はヒ素に代わる暗殺剤とも言われた。

○用途

シロアリ退治：酢酸タリウムCH_3COOTlや硫酸タリウムTl_2SO_4はかつて白アリやネズミの駆除に用いられたことがある。

殺菌剤：選択培地で、目的以外の細菌の増殖を抑えるために用いられる。

▶ビスマス　Bi　$Z=83$　発見年：1753　国：フランス

○性質

比重：9.79　融点：271.406℃　沸点：1564℃　色：赤白色

安定な同位体を持つ元素の中で原子番号が最も大きい、と思われていたが、実はこの安定同位体も半減期 2×10^{19} 年（宇宙の年齢の約15億倍）で α 崩壊することがわかった。結晶は表面の酸化膜で光が干渉することによる構造色（干渉色）で多彩な色を示す。

○用途

合金：ビスマスは水と同じように液体状態より、固体状態のほうが、体積が大きくなる。そのため、鋳型の形を克明に反映できるので、昔は活字合金として使われたこともある。

低融点合金：ビスマス－スズの合金は鉛フリーのハンダである。ビスマス－鉛－スズ－カドミウムの合金はウッドメタルと呼ばれ、融点が70℃と低い。低融点合金はヒューズやスプリンクラーの口金に用いられる。

3-8
周期表の4～11族に示された遷移金属の中で指定されたもの

—— 遷移金属レアメタル30の物性（その2）

ここでは周期表の 4 ～ 11族に示された遷移金属の中で、レアメタル30に指定された物の物性を見ていきます。

▶チタン　Ti　$Z=22$　発見年：1791　国：イギリス

○性質

比重：4.506　融点：1670℃　沸点：3287℃　色：銀白色

1791年に発見されたのは酸化チタン TiO_2 であり、高純度の金属チタンが得られたのは1910年とされる。

軽くて硬い（硬度 6）。実用的な金属としてはアルミニウム、鉄、マグネシウムに次いで埋蔵量が多い。

○用途

チタン合金：軽くて高硬度で耐熱性も良いが、切削加工では難削材として扱われる合金。メガネ、スポーツ用品、航空機に使われる。戦闘機の機体は1/3、偵察機ではほぼ100%がチタン製。

反応触媒：ポリエチレンなどを作る際の触媒の成分として重要。

光触媒：二酸化チタン TiO_2 は光エネルギーによって水や酸素と反応し、その結果生じる活性物質によって有害物質を酸化分解する。

料にした次世代繊維です。鉄の約 5 倍の強度で重さは約 3 分の 1 と言われ、高強度かつ耐熱・耐薬品性に優れた素材として、ガラス繊維の代替などでも期待されています。

しかし、この研究の成果はそれだけではなかったのです。バッシュファイバーを作る工程では、原料の石炭灰に含まれるレアアース元素を分離・回収できることが基礎研究レベルで確認されたと言います。つまり、石炭の燃え殻がレアアースの鉱床だったというわけです。

石炭灰は、もともとネオジムなどのレアアースを微量に含むことが知られていましたが、それを「繊維化プロセスの途中で取り出す」ことに成功したというわけです。

ただし、どの元素をどのくらいの効率で回収できるか、コスト的に合うかといった点は、まだ研究・検討段階と言います。

5-5 典型金属レアメタル30の産地

—— 周期表1、2および12～18族

周期表の 1、2 族および12 ～ 18族の典型金属レアメタルの地殻における存在量(ppm単位)と年間総産出量および主要産出国とその産出量を見てみましょう。元素は原子番号の順に並べてあります。

3　リチウム　Li

地殻中存在量：20ppm
総産出量：29万（単位：トン、2025年）※アメリカは非公表のため除く
主な産出国：①オーストラリア：9万2000　②中国：6万2000
③チリ：5万6000　④ジンバブエ：2万8000

リチウムと言えばリチウムイオン二次電池の原料として、スマホから電気自動車、航空機まで、世界中のあらゆるところで活躍する電池に使われている元素です。その世界的な元素の生産の 8 割以上を、この 4 か国だけで占めているのです。文句の一つも言いたくなろうというものです。

4　ベリリウム　Be

地殻中存在量：2.8ppm
総産出量：430（単位：トン、2025年）
主な産出国：①アメリカ：230　②ブラジル：80　③中国：77
④ナイジェリア：40

この4か国で約99%です。どう見ても寡占に過ぎるというものではないでしょうか？

5　ホウ素　B

地殻中存在量：10ppm
総産出量：データなし（USGS）
主な産出国：①トルコ：150万　②ボリビア：38万
③チリ：30万　④中国：23万

31　ガリウム　Ga

地殻中存在量：19ppm
総産出量：900（単位：トン、2025年）
主な産出国：①中国：約900　②ロシア：6　③日本：3

32　ゲルマニウム　Ge

地殻中存在量：1.5ppm
総産出量：230（単位：トン、2024年）
主な産出国：①中国：145　②カナダ・ベルギー・ロシア等

34　セレン　Se

地殻中存在量：0.05ppm
総産出量：3800（単位：トン、2025年）
主な産出国：①中国：2000　②日本：640　③ロシア：320
④ベルギー：200

37　ルビジウム　Rb

地殻中存在量：90ppm
総産出量：データなし（USGS）
主な産出国：○オーストラリア：不明　○カナダ：不明
○中国：不明　○ナミビア：不明

38　ストロンチウム　Sr　（天青石の鉱石重量）

地殻中存在量：370ppm
総産出量：45万（単位：トン、2025年）
主な産出国：①イラン：25万　②スペイン：10万　③中国：8万
④メキシコ：2万

49　インジウム　In

地殻中存在量：0.25ppm
総産出量：1100（単位：トン、2025年）
主な産出国：①中国：760　②韓国：180　③日本：65　④カナダ：40

51　アンチモン　Sb

地殻中存在量：0.2ppm
総産出量：11万（単位：トン、2025年）
主な産出国：①中国：4万　②ロシア：3万2000
③タジキスタン：2万2000　④ボリビア：5000

52　テルル　Te

地殻中存在量：0.001ppm
総産出量：1000（単位：トン、2025年）
主な産出国：①中国：800　②ロシア：67　③日本：61
④スウェーデン：48

55　セシウム　Cs

地殻中存在量：3.0ppm
総産出量：データなし（USGS）
主な産出国：中国・カナダ等

56　バリウム　Ba　（重晶石の鉱石重量）

地殻中存在量：425ppm
総産出量：870万（単位：トン、2025年）
主な産出国：①インド：300万　②中国：220万
③モロッコ：100万　④カザフスタン：70万

81　タリウム　Tl

地殻中存在量：0.85ppm
総産出量：約10（単位：トン、2022年）
主な産出国：中国・カザフスタン・ロシア等

83　ビスマス　Bi

地殻中存在量：0.0085ppm
総産出量：1万6000（単位：トン、2025年）
主な産出国：①中国：1万4000　②韓国：1000　③日本：500
④ラオス：500

地殻中存在量はCRC Handbook of Chemistry and Physics（第97版）、産出量はUSGS「Mineral Commodity Summaries 2026」（2026年2月発行、多くは2025年推定値）を基にしています。

5-6 遷移金属レアメタル30の産地

―― 周期表4～11族

22　チタン　Ti　（鉱石ベース、TiO_2含有量）

地殻中存在量：5650ppm
総産出量：980万（単位：トン、2025年）
主な産出国：①中国：320万　②モザンビーク：191万
③南アフリカ：140万　④オーストラリア：98万

23　バナジウム　V

地殻中存在量：120ppm
総産出量：11万（単位：トン、2025年）
主な産出国：①中国：8万2000　②ロシア：2万1000
③ブラジル：5300　④南アフリカ：5000

24　クロム　Cr　（クロム鉄鉱、粗鉱重量）

地殻中存在量：102ppm
総産出量：5100万（単位：トン、2025年）
主な産出国：①南アフリカ：2300万　②トルコ：900万
③カザフスタン：700万　④インド：300万