

誕生石の鉱物科学

— 11月 トパズ —

奥山康子¹⁾

とうとう紅葉の季節が来てしまいました。何かしら人恋しくなり、温もりを求めたくなる11月—今月の誕生石は「トパズ*」です(第1図)。その赤みを帯びた淡褐色の色調は、いかにもこの季節にふさわしく思われます。

トパズは、化学組成 $Al_2SiO_4(F, OH)_2$ の、典型元素のみからなる鉱物です。化学的には強い色調をもたらす遷移金属元素と縁がなく、このため鮮やかな発色からは本来縁遠い鉱物です。結晶系は斜方晶系で、断面がほぼ菱形で柱状に伸びた、いかにもこの結晶系の鉱物らしい形態で産出します(第2図)。結晶系の上では、8月の誕生石ペリドット(かんらん石)とお仲間です。

このシリーズでは、誕生石を美的代表として、鉱物の科学的特性を手短かに紹介してきました。今月は誕生石トパズを素材に、鉱物の結晶構造をとりあげましょう。

鉱物とは、人手を介しない自然のもとでできた無機物で、一定の化学組成を持ち、構成原子が3次元的に規則配列したものと定義されます。「構成原子が3次元的に規則配列した」状態が、「結晶」です。この定義の各項には、人手を介さない点を除いていずれも例外があり、たとえば「こはく」は有機物なのに、また先月の誕生石オパールも結晶ではないのに、いずれも鉱物として扱われます。鉱物学は自然物の記載や分類から始まっているので、しかつめらしい定義ができあがる以前から鉱物とみなされてきたものに

は「先住権」があるわけです。

では、構成原子が3次元的に規則配列する状態とは、いかに記述されるのでしょうか? 話を単純化して、取り上げる物質の構成要素(分子、原子)を球で近似し、結晶ではそれが3次元的に規則配列していると仮定します。これはあながち架空の話ではなく、たとえば自然金、ダイヤモンド、自然硫黄など元素鉱物では、構成要素がそれぞれ1種類の原子であるため、球体近似した原子の規則配列は鉱物結晶の実像に合った近似と言えます。このように単純化した場合、構成要素はそれぞれ等価な点とみなすことが可能で、物質の構造はこの等価な点から成る小さな立体の形で表現することができます。ここでいう「小さな立体」、すなわち空間格子には、上下・左右に同じ物を繰り返して積んでいっても、重複や隙間やずれという幾何学的な破綻を起こさないという制約があります。空間格子は、大きさを気にしなければ、1つの物質の構造に対して何種類も想定することができます。しかし一般には、構成要素やその3次元的配列の対称性を維持した上で、最も小さい平行六面体の性質で代表させます。述語「単位格子」は、この最小の平行六面体を指し、その性質は3辺の長さ a, b, c とそれらの間の角 α, β, γ で記述します。

自然金など元素鉱物の場合は、構成要素が化学組成と合致する原子であり、それが単位格子の頂点を占めると理解



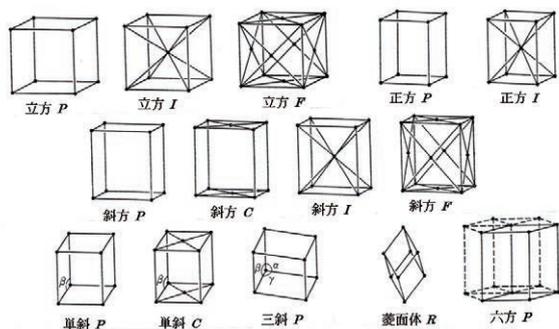
第1図 トパズのカットストーン。
パキスタン, Shigar Valley 産. 24.7g.



第2図 頂面の発達したトパズ自形結晶。
高さ5 cm. パキスタン, Shigar Valley 産.

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: 宝石, 誕生石, トパズ, 結晶, 空間格子, 単位格子, Bravais



第3図 14のBravais格子。

森本ほか(1975)に基づき作図。小さな黒丸が格子点。底心格子での追加の格子点は、格子の伸長軸を含まない面(C面)に位置するとして、略号をCとしている。

できます。それ以外の鉱物はすべて化合物であり、何種類かの原子が単位格子の中に含まれます。この場合普通は、化合物を構成するいずれかの元素の位置が頂点となるように、単位格子を決めます。化合物の場合は、化学式に対応する原子の集団が最低1個は単位格子中に含まれるという、化学的制約も発生します。

さて、鉱物の構造の根幹にあるこの単位格子、つまるところ最も少なくても何通りで実際の鉱物の構造を記述できるのでしょうか？手に取れるくらいの大きさの鉱物を材料に結晶学が進歩した19世紀中ごろ、この問題に取り組んだAuguste Bravais(A.ブラベ)は、14種類の格子で記述が可能であることを見出しました。彼の業績にちなみ、結晶構造の基本となる14の単位格子は、「Bravais格子」と呼ばれています(第3図)。

14個のBravais格子のうち7つは、頂点だけに格子点がある単純格子(略号P、ただし菱面体晶系に対してはR)です。一連の単純格子の導き方はサイコロ形(正六面体:立方P)から始まり、それに対して稜(結晶軸)の長さを変えたり、90°以外の交差角を与えて変形させたものと理解できます。残りの7つでは頂点以外にも格子点があり、追加の格子点の位置によって底心格子(底面上に追加の格子点がある)、面心格子(向かい合った面状に追加の格子点;略号F)、体心格子(中心に追加の格子点;略号I)と呼ばれます。

14個のBravais格子は、対称性から三斜・単斜・斜方・正方・三方(菱面体)・六方・立方の7種類に分類されます。トパズやかんらん石が属する「斜方晶系」とは、単位格子の形が、長さが違う3本の稜から成る直方体で代表される晶系です($a \neq b \neq c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$:第3図)。単位格子の対称性は目に見え手にとれる大きさの鉱物結晶の対称性をも規定し、鉱物結晶についての7つの結晶系につな



第4図 オレンジ・ブラウンのトパズ(インペリアル・トパズ)結晶。頂面は認められない。高さ約2cm。ブラジル, Ouro Preto産。

がります。

ただし、言うまでもないことですが、実際の鉱物の形態は、内的微細構造である単位格子の形そのままではありません。たとえばトパズは斜方晶系の単純格子「斜方P」を構造単位としますが、実際の結晶は第2図のようにいかにもそれらしい場合もあるものの、第4図のようになかなかはなれてしまうことのほうが多いのです。Bravaisが導いた単位格子では、物質の構成要素は点あるいは球で近似されていました。しかし実際の物質では、ある化学式(トパズであれば $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})_2$)で表現される原子の集まりが実際の単位です。マクロな結晶の形や物理的性質には、化学式に含まれる原子の集合が空間的にどのような配列をなしているかという事柄も反映されてきます。これは、第3図で小さな黒丸で示した格子点在实际は丸ではないとする考え方です。単位格子と実際の結晶の形(特に対称性)との関係には別の解釈もありますが、とにかく、実際の結晶の形を対称性に基づいて分類すると、単位格子よりもちょっとだけ多様になります。

結晶であるという特性から、鉱物は形成条件が許せば、自然界でも第2図や第4図のような整った形で産出します。この形態の自然美を再現しよう、あるいはもっと美しく見せようとして、人は鉱物を切り出し整形し、磨き上げる技術を生み出しました。カット石の技術です。鉱物結晶の自然の美は、煌めく宝石の原点と言えましょう。

*トパーズとも呼ぶ。関連記事 p. 323。

文 献

森本信男・砂川一郎・都城秋穂(1975) 鉱物学。岩波書店、東京、640p。

OKUYAMA Yasuko (2012) Mineralogical science of birthstones — November; Topaz —

(受付:2012年8月28日)