

誕生石の鉱物科学

— 6月 真珠 —

奥山康子¹⁾

鉱物とは、人間をはじめとする生物の働きとは無関係に、天然の無機的過程で生成する結晶を指します。歯や骨のように生物が無機物質を作ることがあっても、それらは鉱物とみなされません。今月の誕生石「真珠」(第1図)は、貝が身内に入り込んだ異物から軟らかい自身の体を守るために、貝殻の内層と同じ物質を分泌して作り出します(第2図)。歯や骨と同じく、真珠も本来の鉱物ではないのです。

真珠の、文字通り真珠色のソフトな光を放つ部分「真珠層」は、炭酸カルシウムの1種であるあられ石(aragonite)とコンキオリンと総称されるたんぱく質から構成されています。純然たる無機物質ではない点も、真珠を他の誕生石から際立たせるように思われます。

真珠や貝殻にとどまらずあられ石という鉱物を取り上げるたびに、私は、産総研になって間もないころの地質標本研究グループの研究室で、貝殻を構成するあられ石の微量成分を調べたいポスドクのAさんと、変成岩研究の立場からあられ石がそうして存在することに強い疑問を挟むBさんの間でおきた、ちぐはぐなやりとりを思い出します。あられ石は、方解石(calcite)と同じ化学組成(CaCO₃:炭酸カルシウム)をもち結晶構造が違う鉱物です。この関係を「同質異像」または「多形」と呼びます。常温常圧付近で安定な炭酸カルシウムは方解石で、対するあられ石は高压下で安定です(第3図)。高压低温型変成岩に特徴的な

鉱物であると、大学の岩石学の授業では教わります。高压型変成岩の研究者であるBさんは、「なまもの」の世界にあられ石が存在することが、腑に落ちない様子でした。

真珠や貝殻のあられ石なら、「生命の神秘」とかなんとか言ってお茶を濁せるかもしれません。しかし生憎なことに、高压変成作用とは別の無機的プロセスでできたあられ石は決して珍しくないのです。たとえば、新生代の日本海拡大に伴って活動し、強く変質した苦鉄質火山岩には、鉱物脈や空隙充填鉱物としてしばしばあられ石が産出します。またいくつかの温泉では、あられ石から成る石灰華が日夜沈殿しているのです。どうしてこんなことが起こるのでしょうか? 変質苦鉄質火山岩でも石灰華でも、あられ石は熱水や温泉水から沈殿していますが、「水」からのあられ石の沈殿には、何か特殊なメカニズムが働くのでしょうか? 実は正確なところはよくわかっていないとお断りしたうえで、今回を含め2回にわたって考えてみたいと思います。

第4図は、国内の石灰華を伴う温泉の水の組成と炭酸カルシウムの飽和度との関係を示したものです(佐々木ほか、2009)。温泉水は地表に湧き出るまで、岩石の間を通りつつそれと成分のやりとりを行います。最初はほぼ無水の岩石も、温泉水が循環するにつれ次第に水和し、やがて多量の含水鉱物が生成して、「変質」します。この過程を「地



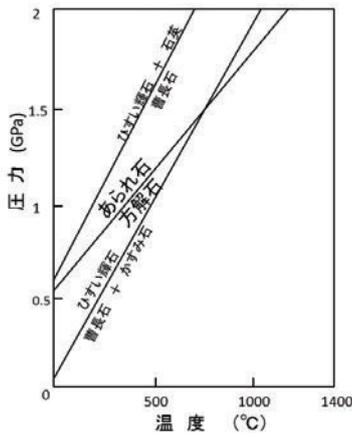
第1図 淡水真珠のネックレス。
径8~9mm大にそろった玉を連ねている。



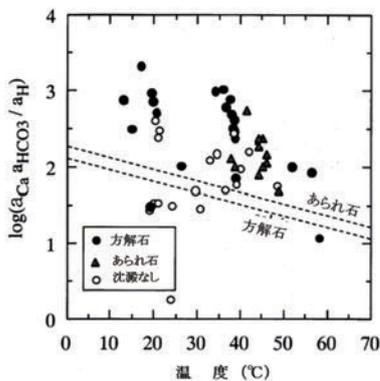
第2図 アコヤ貝が作った養殖真珠。
画面左右=約15cm。

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード: 宝石, 誕生石, 真珠, あられ石, 方解石, 同質異像, 多形, 岩石-水相互作用, 結晶成長



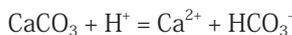
第3図
あられ石 - 方解石および、いくつかの高圧鉱物の安定関係。
都城 (1965) に基づき作図。



第4図 石灰華をともなう温泉水の温度、溶存Caと炭酸カルシウム飽和度との関係。佐々木ほか (2009) を一部改編。

球化学的岩石-水相互作用」と呼びますが、これにより水の側には鉱物を構成する元素が溶かし出されてきます。つまり、鉱物が溶解するわけです。

食塩や砂糖の水溶液にそれぞれ飽和濃度があるように、鉱物にも水に対する飽和溶解度があります。もちろん、石の中から見つかる普通の鉱物の場合、飽和濃度であっても水を口にしてわかるほど溶け込むことはありません。第4図の中ほどにひかれた斜めの破線は、方解石とあられ石についての飽和曲線です。ここでは溶解-沈殿関係は、



という反応関係で定義されています。図には、あられ石の飽和曲線の方が方解石のものよりCa濃度がわずかに高い側にあることが示されています。つまり、十分多量の炭酸カルシウムを溶かし込んで過飽和になった水溶液からは、本来、安定相である方解石の方が沈殿しやすいのです。図にプロットされた温泉水の約8割は、方解石およびあられ石の飽和曲線より高濃度のCaを溶かし込み、いずれの炭酸カルシウムに対しても過飽和です。石灰華が生成している温泉を選んだのですからそうなのでしょうが、いずれにせよ炭酸カルシウムについて過飽和でなければ石灰華の発達はまず望めません。過飽和の程度は、直感的には、図上

での温泉水の組成と飽和曲線との隔たりと考えられます。温泉は、地表近くにあり常温から沸点付近までの温度にある「水」の代表ですが、図からわかるように、こういった水では方解石に対する過飽和度の方があられ石に対する過飽和度よりわずかながら大きくなっています。実験室で溶液を作った経験のある方なら、温泉水が過飽和水溶液であることにびっくりされるかもしれません。しかし、自然界の水は鉱物について過飽和であることが決して珍しくないのです。海水でさえ、地球化学的性質を調べてみると、アンチゴライトや直閃石など含水Mg珪酸塩に過飽和であることがわかります。だからといって、海の中ではこれらの鉱物が沈殿して軟泥を作っているわけではありません。これもよく知られた事実です。私の現在の本務であるCO₂地中貯留研究プロジェクトでは、地下に貯留したCO₂が長期のうちに炭酸塩鉱物として固定され安全な状態に到達するプロセスを研究しています。ここで方解石などCO₂固定を担う炭酸塩鉱物の結晶成長条件を実験的に調べるために、天然の過飽和水溶液、つまり温泉水を使っています。

一般に鉱物が沈殿する、つまり鉱物結晶が溶液から成長するプロセスは、1) 過飽和状態の達成、2) 結晶の核形成、3) 結晶の成長という3段階を経るとされます。第4図の温泉水は炭酸カルシウムに過飽和であり、3段階の1番目はクリアしています。このような温泉水の中いたるところで、炭酸カルシウム分子がいくつか集まって核ができる現象と、一方で凝集した核が再び分解してしまう現象がともに起きています。結晶成長の理論では、過飽和状態の中で分子が核として凝集することによる自由エネルギー減少と、核の表面エネルギーに相当する自由エネルギー増加との相互関係で決まる臨界値を超えたサイズの核だけが、成長して結晶に成りうるとされます(詳しくは、鉱物学の専門書に譲ります)。ここで何らかの原因で方解石ではなくあられ石の核ができれば、沈殿物はあられ石になるかもしれません。そのきっかけについて、来年の次回に考えてみたいと思います。

文献

- 都城秋穂 (1965) 変成岩と変成帯. 岩波書店, 東京, 458p.
佐々木宗建・徂徠正夫・奥山康子・村岡洋文 (2009) 本邦の炭酸塩沈殿物を多量に伴う温泉・鉱泉の地化学的特徴—CO₂地中貯留に対するナチュラル・アナログの可能性—. 岩石鉱物科学, 38, 175-197.

OKUYAMA Yasuko (2013) Mineralogical science of birthstones — June; Pearl —.

(受付: 2013年4月22日)