

オパール

(1) オパール（蛋白石）は鉱物か？

鉱物の定義の一つに「結晶をつくる」という条件があります。オパールは結晶をつくらない「非晶質」と考えられていたため鉱物ではなく「準鉱物」扱いでした。古い鉱物図鑑にはオパールが載っていないものもあります。しかしX線を使って調べると非常に小さな結晶を持つ（潜晶質）と考えられ、国際鉱物学連合では正式な鉱物としています。

(2) オパールはどのような鉱物か

オパールの化学組成は $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ で、水分子をふくむ二酸化ケイ素の鉱物というのが最大の特徴です。種類は、非晶質である「オパール A」と、非常に小さな結晶のため肉眼では非晶質のようにみえる（潜晶質・隠微晶質）「オパール CT」があります。A, C, T は amorphous（非晶質）, cristobalite（クリストバライト）, tridymite（トリディマイト）の頭文字です。

オパール A は二酸化ケイ素の凝集した球の積み重なる間に水が充満したもので、二酸化ケイ素の球の大きさによって「プレシャス・オパール」と「コモン・オパール」に分けられます。**オパール CT** は石英の多形であるクリストバライトやトリディマイトの非常に細かい結晶の積み重なりで、トリディマイトと非晶質のシリカと場合によっては結晶していないクリストバライトからできています。これは高圧下で水分含有量が少なくなり、水分が蒸発したのちに結晶構造を持つクリストバライトやトリディマイトとなり、最終的に水晶や玉髄に変化します。

*クリストバライト：1470°C以上の高温で低圧力で形成されるシリカ（二酸化ケイ素）です。

*トリディマイト：870°Cから 1,470°Cで安定なシリカ（二酸化ケイ素）です。

(3) 成因

オパールの成因には火成活動に伴うものと堆積起源のものがあります。前者は火成活動に伴って、熱水の貫入が起ると、熱水溶液に溶け込んでいた珪酸分が、空隙に溜まりオパールなどができます。また、埋没した貝殻や樹木などがケイ酸分と交代することでも生成されます。日本産のものはペグマタイトに伴うものなどが多いようです。一方、堆積起源のものは、堆積岩が強く風化を受けて、母岩中に含まれていたシリカが地下水中に放出されることに由来します。その地下水が地層中の空隙に浸透することによって形成されます。オーストラリア産のものはこちらのものが多いようです。オーストラリアでは、恐竜や哺乳類の歯などの化石がアパタイトからケイ酸分に入れ替わり、オパール化したものも産出します。縞状の玉髄の一種であるメノウはオパール、石英、玉髄が、火成岩あるいは堆積岩の空洞中に層状に沈殿してできたものです。

(4) 分類

◎**プレシャス・オパール（precious opal：図 1）** は遊色効果をもち、キラキラと輝き、宝石としての価値が高いとされます。直径 150nm～300nm くらいの二酸化ケイ素の分子からなり、分子の大きさ

がどれだけ揃っているかと、分子の詰まり具合（充填度）が、宝石としてのオパールの品質を決定するそうです。オパールの遊色（play of color または playing fire）は光の回折*・干渉現象によるもので、CDやDVDのディスクが虹色に光るのと似ています。オパールは球状のシリカ粒子からできていますが、この粒子の大きさは約 150～300nm で、ちょうど可視光の波長（約 380～800nm）と同程度であるため、回折格子と同様の現象が起こるのです。オパールの半透明で優美な色調は、シリカ粒子の大きさや配列が一様ではないことも関係しています。角度により回折面が異なるために、見える色調が見る方向によって変化します。



図1 プレシャス・オパール（オーストラリアで購入したもの）

***回折**：波長と同程度サイズの障害物が、波長と同程度サイズの間隔で規則正しく並んでいると、回折同士が干渉し合っ（ブラッグ回折：図2）特定の方向で強め合います。オパールをつくるシリカ粒子の積み重なりによって可視光の回折現象が起こり、発色します。オパールの遊色現象は、観察者の見る角度や光源の位置によって様々な色がみえます。

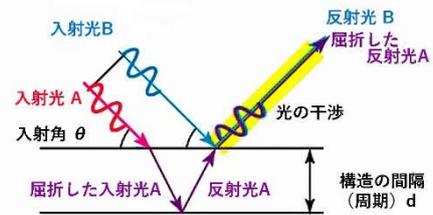


図2 ブラッグ回折 (URL1)

◎**コモン・オパール (Common opal)** は遊色効果が無いか、あっても不十分なオパール（図3）で、プレシャス・オパールとの違いは内部構造です。分子の大きさがバラバラで、あまり充填されていません。宝石としての価値が低いとされますが、中には玉滴石（hyalite）や木蛋白石（珪化木）などは珍重されます。玉滴石は卵のような形状をした蛋白石 (Opal) です。温泉に含まれる珪酸分が集まったもので、温泉の沈殿物として産出します。富山県中新川郡立山町立山温泉新湯のものがとくに有名です。魚卵状珪石の中心には核となった微細な岩石があります。透明なものだけを玉滴石と呼ぶことがあるようです。図4は購入した立山温泉新湯のもので、透明ではありません。



図3 コモン・オパール



図4 魚卵状珪石 (立山温泉新湯産) →

(5) オパールの産地 (日本)

日本でも多くの場所で産出が報告されています。ほとんどがコモン・オパールです。福島県耶麻郡西会津町宝坂大字宝坂の屋敷鉦山が有名でしたが、2006年に閉山しています。暗緑色の新鮮な流紋岩の隙間にオパールの球顆が見られたようです。愛知県では新城市の棚山



図5 棚山のオパール 左：露頭 右：採集したオパール

高原のものが有名です。川の堰堤工事の時にはプレシャス・オパールも産出したようですが、現在はほとんどがコモン・オパールです。多くは河床で採取しますが、露頭からも産出します（図 5）。愛知県内では犬山市善師野、設楽町田口鉾山からも報告されているようですが詳細はわかりませんでした。美濃加茂市のオパール CT については、私の Web サイトの記事 20 をご覧ください。

（6）オパールの産地（オーストラリア）

世界の産地としてはメキシコやオーストラリアなどが有名です。ここでは、以前に訪れたオーストラリアのクーバーペディ Coober Pedy を紹介します。クーバーペディは南オーストラリア州の州都であるアデレードの北西 863km にあります。オパールの産地は有名な大鑛井盆地(地下水の自噴井が多いところ)の周縁部に多いようです(図 6)。ここはジュラ紀～白亜紀には内陸に深く入り込む浅海で、古第三紀に陸地化します。

オパールの含まれる地層は前期白亜紀(1.4 億～1 億年前の Bulldog shale (sandstone))

で、灰色のシルト質粘土、白色カオリナイト*質シルト質粘土岩からできています(図 7)。表面の 30m ほどは灰色の頁岩、泥岩、石灰岩と砂岩で、この層の中にオパールが発見されます。成因についてははっきりしませんが、母岩中の長石の風化によって生じたシリカに由来すると考えられています。黄色い大地に、無数の穴があき、その横には掘り出した白っぽい土が円すい形の小山(図 9)をつくっています。ここは乾燥地(arid)で夏には気温が 50 度近くまで上がります。そのため、「地下にある町」とも呼ばれていました。現在はエアコンが普及しているので、地上に住む人が増えましたが、地下にあるホテル(図 11 は私の泊まった部屋です)や教会(図 12)なども見られます。

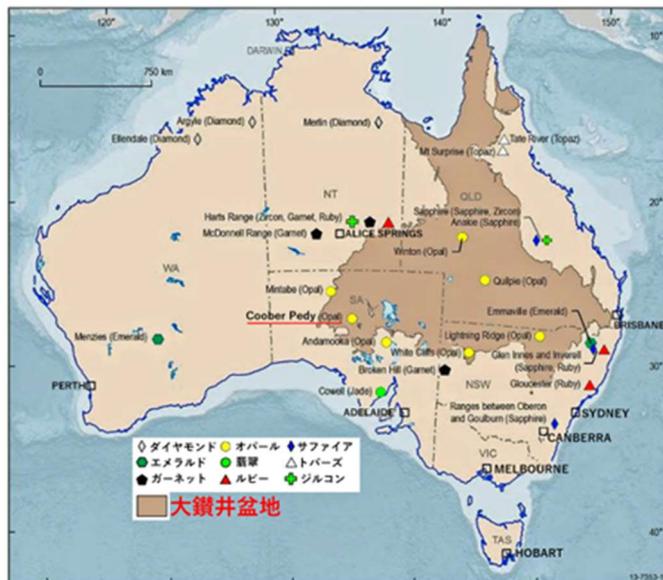


図 6 オーストラリアの宝石産地 (URL2 を改)

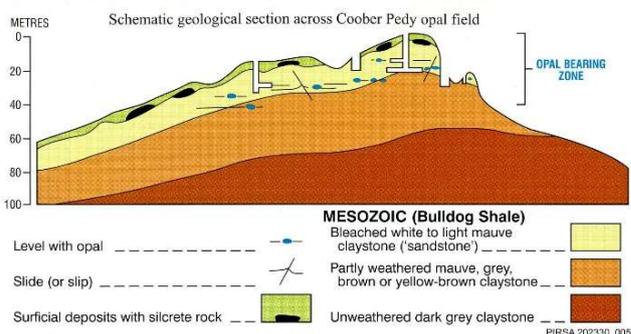


図 7 Bulldog 頁岩の地質断面図 (文献 2)



図 8 Coober Pedy の街並



図 9 採掘場



図 10 警告板



図 11 地下にあるホテル

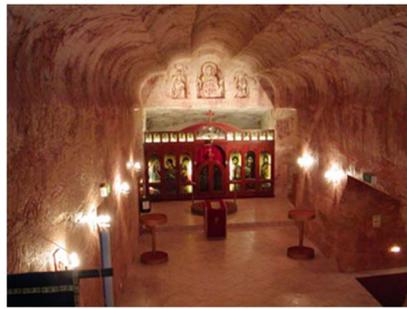


図 12 地下にある教会



図 13 オパールに充てんされた貝化石

2012 年には火星探査機によるゲールクレーターから、破碎ヘイロー(fracture halo)という鉱物の帯にオパールが多く含まれていることが確認され、かつて火星に存在した水が作用して形成された可能性が示唆されています。

*カオリナイト：長い間の風化作用によって花崗岩などの長石が分解して生成される粘土鉱物の一種で、磁器の材料となります。

(6) 宮沢賢治とオパール

オパールに人気があるのは日本くらいだと聞いたことがあります。それは最初に述べたようにオパールが、結晶形を持たず約 10 %の水を含んでいるため、乾いた所では縮み割れる可能性があるからです。宮沢賢治は、短編童話の『貝の火』と、『^{なご}榎ノ木大学士の野宿』でオパールを取り上げています。「貝の火」は、うさぎの子ホモイが溺れていたひばりの子を助け、そのお礼にひばりの親から「貝の火」(オパール)をもらいます。その後、ホモイは「貝の火」の持つ不思議な力で^{おご}驕った態度をとったため、その宝石は砕けてしまいます。また、「榎ノ木大学士の野宿」では、主人公の大学士が「蛋白石ぐらいたよりのない宝石はないからね。今日は虹のように光っている。あしたは白いただの石になってしまう。今日は円くて美しい。あしたは砕けてこなごなだ。」と述べています。これらは賢治が含水鉱物であるオパールの性質をよく知っていたことを示していると思います。

いろいろな Web サイトによれば、オパールは十分乾燥してから加工するとか、水に付けて保存しているなどと書かれていますが、確認してありません。黄色に輝く黄鉄鉱も風化しやすい鉱物ですね。

主な参考引用文献

秋月瑞彦, 1975, オパールーその歴史と科学 2. 宝石学会誌, 2 (1), 11-24.

Government of SouthAustralia Minerals & Energy,2004,OPAL in South Australia.19p. (文献 2)

L.C.Barnes et al.,1992,OPAL Southe Australia's Gemstone. *Department of Mines and energy*,176p.

J.F.Drexel, W.V.Preiss,1995,The geology of South Australia vol.2. *Geological Survey of Southe Australia Mines and Energy*, 347p.

宮沢賢治, 2001, 青空文庫. 貝の火. 底本:「銀河鉄道の夜」1969, 角川文庫、角川書店.

宮沢賢治, 2008, 青空文庫, 榎ノ木大学士の野宿. 底本「注文の多い料理店」1990, 新潮文庫、新潮社.

URL1 : <http://www.phar.nagoya-cu.ac.jp/hp/ybk/bukka/booklets/booklet.pdf>

URL 2 : <https://artsandculture.google.com/asset/gemstone-occurrences-and-mines-in-australia/VQFqrybeUZUdIg>