

# とやまと自然

第24巻 夏の号 2001

特別展「水晶の世界」特集

特別展「水晶の世界」への招待

天然の水晶

● 人工水晶

水晶の仲間

海のいきものとシリカの関係

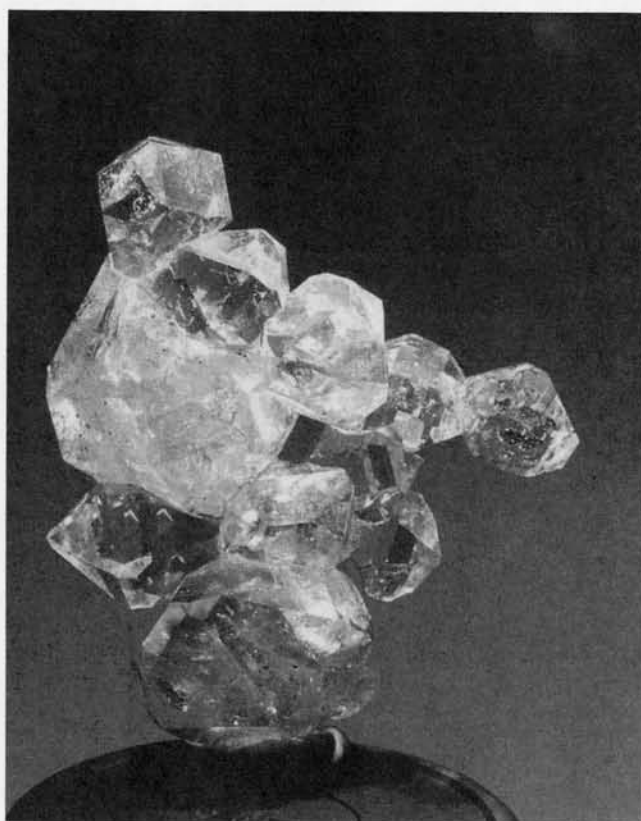
／赤羽 久忠 2

／赤羽 久忠 3

／赤羽 久忠 5

／赤羽 久忠 6

／田中 豊 7



ハーキマーダイヤ（水晶）

フォッサマグナミュージアム所蔵

# 特別展「水晶の世界」への招待

赤羽久忠

富山市科学文化センターでは、平成13年7月17日(火)から9月16日(日)まで、特別展「水晶の世界」を開催いたします。

水晶はその透き通った透明な美しさから、「水の精」が宿ると考えられ、「水精」と呼ばれ、数ある宝石の中でも特別の地位を占めていました。

水晶の成分はあまり目立ちませんが、様々に形を変え地球の歴史の中で重要な役割を演じてきました。この特別展では、水晶の仲間の多様性を探るとともに、生物界や人間との関わり、さらに近年の技術革新における水晶の利用などについても展示します。また、地表付近における水晶の成分の振る舞いに関して、未だ解明されていない不思議さについても紹介いたします。水晶とその仲間たちの世界を堪能して下さい。

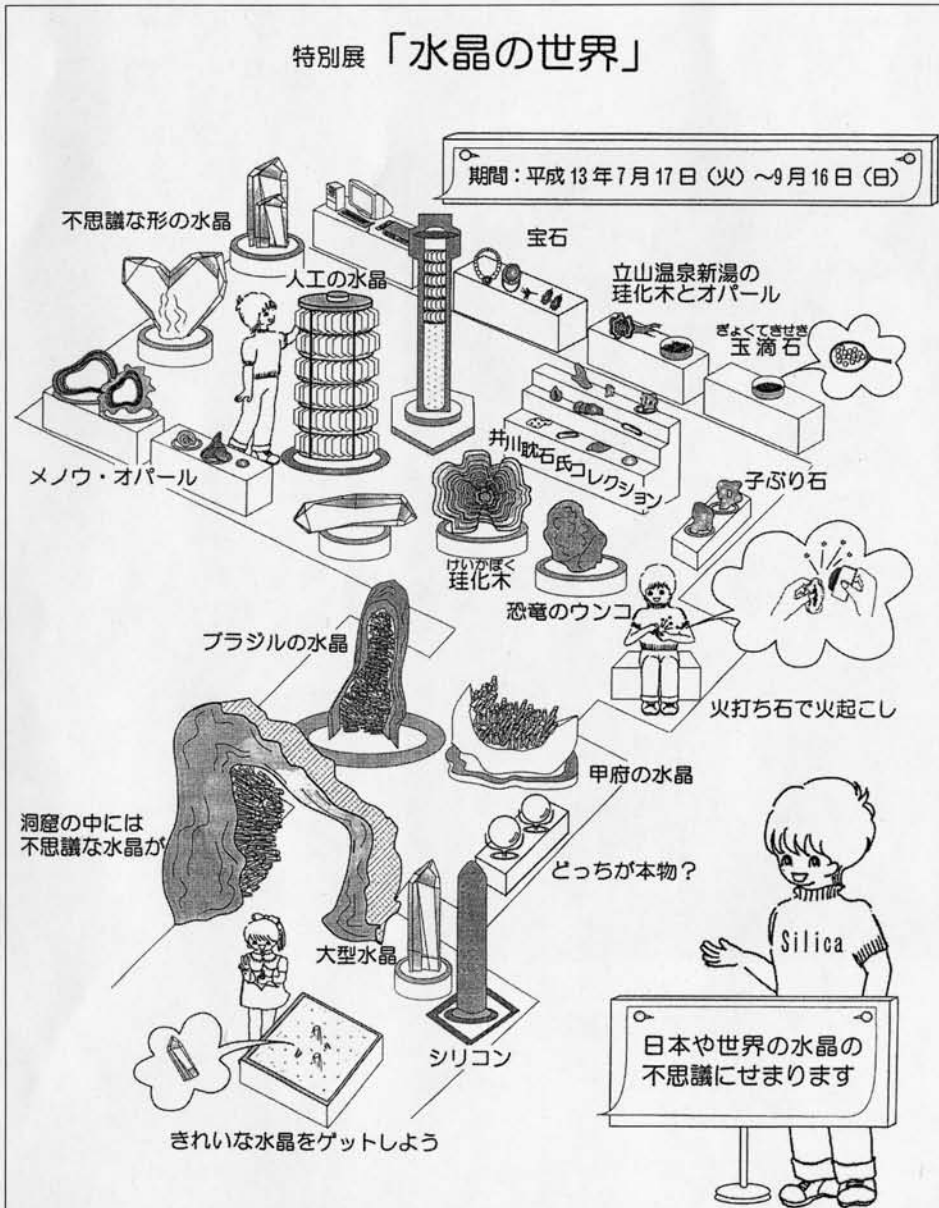
水晶の成分は、地表付近の岩石である花こう岩や扇状地の砂岩などでは60~70%を占めます。地表付近は大部分が水晶の成分からできているということが出来ます。この水晶の成分は、地下水や温泉水に溶けたり固まったりします。これらの過程を通して、水晶・メノウ・碧玉や宝石のオパール・珪華・子ぶり石・珪化木などもできました。しかし、それらがどのようにしてできたのか、そのメカニズムについてはまだよくわかっていません。水晶の成分だけでなく、長い地質時代を通して行われた現象には、まだまだ私たちが実験室で再現できず、どうしてそのようなことが起こるのか理解し得ない不思議な現象がたくさんあります。これらの現象を解明し、自然が色々な変化に対しどんな反応をするかを予測できるようになる必要があるように

に思います。そのことは、地球の未来と私たちの将来を考える時、私達が今何をすべきかを考えるための資料になると思うからです。

ここでは、特別展「水晶の世界」での展示品のいくつかについて紹介します。

この特別展を開催するにあたって、独立行政法人産業技術総合研究所地質標本館・フォッサマグナミュージアム・山梨県立宝石美術専門学校・東洋通信機宮崎工場・群馬県吉井町郷土資料館からは多くの貴重な標本をお貸しいただきました。特に、フォッサマグナミュージアムには、常設展示室で展示中の標本をこの特別展のために大量にお貸しいただきました。立山カルデラ砂防博物館・藤田石装株式会社・山梨大学の角田謙朗助教授・島根大学の中山勝博助教授・富山大学の清水正明教授・杉田キミエ様・産業技術総合研究所の柳沢幸夫様、齋藤眞様、木村克己様を始め、多くの施設・団体・個人の方々にはこの特別展を成功させるために、多くの資料や知識・アイデアを提供いただき、大変お世話になりました。

ここに厚くお礼申し上げます。



# 天然の水晶

赤羽久忠

水晶は鉱物としては「石英」です。石英の中で表面が平らな面で囲まれた結晶を「水晶」と呼びます。石英の成分は二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) で、シリカとよばれています。シリカは珪素 (シリコン=Si) と酸素 (O) が結びついたものです。

珪素と酸素は、地球全体の重さの40%以上を占めています。水晶の成分であるシリカは、地球を構成する他の成分に較べて軽く、また少し温度が上がると溶けやすい性質もあって、46億年にわたる地球の歴史の中で、火山活動などによって徐々に地表付近に集積してきました。そして、我々の住む地表付近で見えるほとんどの鉱物はシリカを含んだ珪酸塩鉱物になっています。シリカが60~70%を占める岩石の地域も少なくありません。

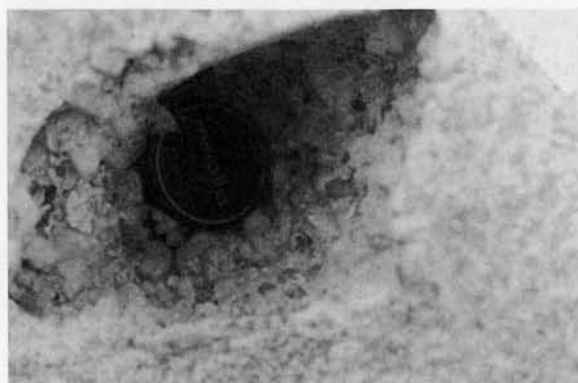
シリカの成分が多い岩石では、遂には「珪酸塩鉱物」に入りきれなくなって、純粋なシリカ (二酸化珪素= $\text{SiO}_2$ ) の形で私達の目に見えるようになってきます。これが鉱物としての石英 (水晶) の誕生ということになります。

## 水晶はどこに

水晶は鉱物名としては「石英」で、石英は花こう岩などのシリカの多い岩石の中にはたくさん入っており、特に珍しい鉱物ではありません。

石英が「水晶」と呼ばれるようになるには、石英が「ガマ」などとよばれる空洞 (晶洞) の中で結晶する必要があります。晶洞の中では、周囲に結晶が生長するのをじゃまするようなものがなく、自形と呼ばれる本来の姿に成長し、水晶と呼ばれる形になります。

天然の水晶は、ふつう六角の柱の先端が尖ったような形をしています。それは、タケノコのように柱の長い方に速く成長する性質があるからです。



岐阜県苗木の晶洞

花こう岩の中に空洞が生じ、空洞の壁から多数の水晶が生長している

山梨県甲府の乙女鉱山は、昔から花こう岩中の晶洞の中に美しい水晶を産出したことで有名です。現在では水晶の産出は少なくなっていますが、今でも水晶や宝石などの研磨は盛んで、全国で唯一の「山梨県立宝石美術専門学校」があり、今回の特別展でも多くの展示品を借用させていただきました。また、甲府市内や周辺には宝石や水晶に関する博物館や展示館が数多くあり、昇仙峡などには多くの水晶や宝石に関連する商店が軒を並べています。

昔からの伝統工芸を守り紹介している「山梨県地場産業センター」の入口には1トンを超える水晶の結晶が甲府の水晶のモニュメントとして展示してあります。これだけ大きな水晶が成長した晶洞は、どんな大きさであったのでしょうか？

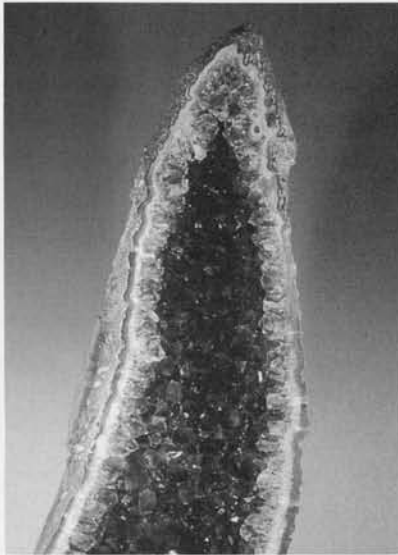


山梨県地場産業センター前の大きな水晶

ブラジルの水晶は、アメシスト (Amethyst=紫水晶) が有名です。今から約1億5,000万年前、南アメリカ大陸とアフリカ大陸がプレートテクトニクスによって分離する前に、大規模な玄武岩の噴出がありました。これを「洪水玄武岩 (Flood Basalt)」といいます。その中の安山岩質の岩石中に空洞ができ、空洞の壁から成長した水晶が特徴的な紫色をしていることから紫水晶 (アメシスト) と呼ばれ、ブラジルの水晶の代名詞ともなっています。アメシストは2月の誕生石として、磨いて宝石として扱われています。

紫色の原因は、微量の鉄イオンと放射能が関係しているといわれています。天然の紫水晶 (アメシスト) をゆっくり加熱することによって紫色がさらに強く美しくなることが多いということです。しかし、加熱が強すぎると、紫色が消えて黄色味を帯びてきます。そして、黄水晶 (シトリン=Citrine) と呼ばれるものになります。黄水晶は天然にも産しますが、天然の黄水晶は非常に少なく、大部分が熱処理をしたものと言わ

れています。



ブラジル産紫水晶の晶洞  
—フォッサマグナミュージアム所蔵—

## 二重成長の水晶

岐阜県東濃地方には、多くの晶洞をもった花こう岩が分布しています。この晶洞には多くの水晶が産出しますが、それらの水晶は、「煙水晶」と呼ばれ、全体が黒いのが特徴です。

ところが、その苗木花こう岩の上に河によって運ばれた地層が堆積しています。その地層の底の部分に写真のような二重成長の水晶が見られます。「煙水晶」を覆うように白い部分が成長しています。島根大学の中山勝博先生らの研究によれば、白い部分の水晶が成長した温度は「煙水晶」の部分より低く、河によって運ばれた地層が堆積した後で低い温度で成長したのではないかと考えられています。



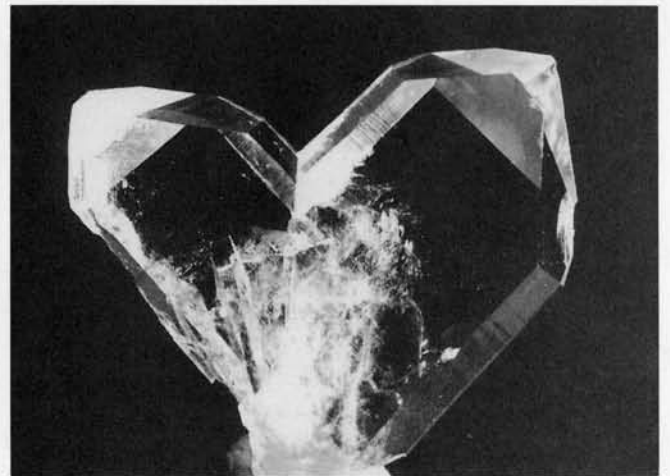
二重生長の水晶  
—島根大学中山勝博氏所蔵—

この他に、「松茸水晶」「山入り水晶」などと呼ばれる水晶も、水晶の結晶が成長する過程で環境が変化し結晶成長の様子が変わって、その痕跡が模様となって残っているものです。

## 双子の水晶

水晶などの鉱物では、二つの結晶が特別の位置関係で接していることがあり、これを双晶と呼びます。水晶の場合、お互いに84度34分をなして接していることがあり、「日本式双晶」と呼ばれています。日本産の水晶で初めて発見され研究されたことからこの名がつけられました。日本式双晶の場合、二つの結晶はよく板状になって他の水晶よりも大きく成長しています。東京大学総合研究博物館には、山梨県乙女鉱山産の「世界最大」といわれる日本式双晶をした水晶が展示されています。

また、エステレル双晶といって、二つが76度26分の角度で接していることもあります。この場合は、あまり板状にはならないようです。



日本式双晶  
—フォッサマグナミュージアム所蔵—

## 火打ち石で火起こし！！

また、特別展「水晶の世界」開催期間中は特別展示室に「火打ち石コーナー」を設け、火打ち石による火起こしの実演をし、来館者に火打ち石による火起こしの体験をしていただきます。

最初は慣れるまでなかなか火が着かないと思いますが、ちょっとしたコツをつかむと、意外と簡単に火がつけれます。



# 人工水晶

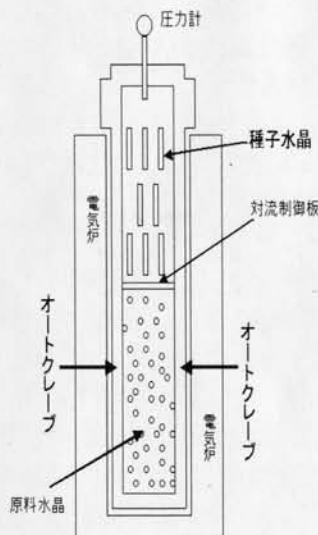
## 水晶の合成

水晶は、ブラジル産の紫水晶が2月の誕生石として珍重されているように、美しいものは宝石として扱われています。

高価な宝石を人工的に造ることは古くから多くの人々が挑戦してきました。そして近年では多くの宝石は工業的に造ることが可能になってきました。それら「合成宝石」は天然のものより純粋で、美しいものも多いのです。しかし、「合成」とか「人工」という言葉が「本物ではない」という印象を与えるのも手伝って、「合成宝石」は、「宝石」としての市民権を得ていないのが現状ようです。

水晶の場合も、合成の水晶は宝石として扱われることはほとんどありません。しかし、人工水晶は、他の合成宝石と違って、現在の科学工業の発展を支える重要な役割を担うようになったのです。

それについて語る前に、人工水晶がどのようにして造られているのか紹介しましょう。



## オートクレーブの模式的断面図

人工水晶は、オートクレーブと呼ばれる「水晶を造る釜」の中で、330~400℃、1,000気圧のアルカリ水溶液内で成長します。オートクレーブの下の方に天然の水晶（石英）を入れ少し高温にして水晶の成分を溶かし出し、オートクレーブの上の方に種子水晶を吊して少し低温にして水晶を成長させます。現在最大級のオートクレーブは、内径が65cmもあり、1回で2 t以上もの人工水晶を生産しています。

日本では、昭和35年に人工水晶が工業化しました。現在では日本の人工水晶の技術は世界のトップレベルにあります。



人工水晶の釜出し（東洋通信機宮崎工場）

## 人工水晶の利用—圧電現象—

水晶には特定の方向に電圧をかけると規則的に振動する「圧電現象」という性質があり、時計などに利用されてきました。近年時計の精度が飛躍的に良くなったのは、この「圧電現象」を利用したからです。

人工水晶は、天然水晶に較べて純粋で不純物が少ないので、人工水晶を利用した時計の精度はさらによくなりました。このことから、最近人工水晶の工業的な需要が飛躍的に増大しました。携帯電話などの普及や、いわゆる「IT革命」などともなって、コンピューターや時計を内蔵した機器はますます多くなっています。

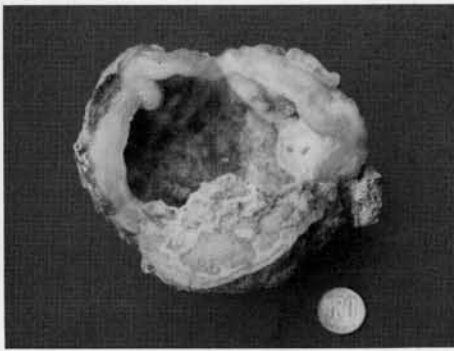
また人工水晶は、水晶発振器以外に、光学機器などにも用いられ、その需要はますます増加することが予想されています。

## 水晶の仲間

シリカ（二酸化珪素=SiO<sub>2</sub>）でできた水晶の仲間にはどんなものがあるでしょうか？ 見た目には随分違ってこれらはほとんど同じ成分をもった「水晶の仲間」です。

### ぎょうざい 玉髓

玉髓は、非常に細かい石英の粒が集まってできたものです。色や模様によってメノウ・碧玉など様々な名前がつけられています。美しい緑色のものは、「クリソプレーズ」と呼ばれ、珍重されます。火山岩などの空洞を埋めたり、空隙の壁から内側に向かって形成され、乳頭状やブドウ状などの形がみられます。



ピンク玉髓（当館所蔵、この玉髓は美しい蛍光を発する）

### メノウ

メノウ（瑪瑙）は玉髓のうちで、帯状や同心円状に色模様が見えるものをいいます。

空洞の壁から同心円上に形成された構造を示すものと、水溶液中で重力によって沈殿したと思われる構造を示すものがあります。

メノウ赤色は、微量成分の鉄によるもので、加熱することにより鉄分が酸化され赤色が濃くなります。その他天然に産するものでは白色～赤茶色のものが多いのですが、現在では様々な色に人工的に着色することができます。

### へきぎよく 碧玉

玉髓の内で、酸化鉄その他の不純物を多く含み、赤や緑などの様々な色が付いて不透明になったものです。島根県玉造の碧玉や佐渡の赤玉が有名です。

### 虎目石

角閃石または蛇紋石質の細かい繊維が集合した「石綿」にシリカが染み込んで置換したもので、独特の絹糸状の光沢を示します。研磨して装飾用の宝石として用いられています。

### 蛋白石

アモルファス（非晶質）のシリカの球状体が集まったものです。水溶液中で沈殿したシリカの球状体が0.2～0.3μmの大きさが揃って規則正しく並んだ場合、光の回折現象で美しい宝石のオパール（オパール）の輝きが生まれます。球状体の大きさや並びが不規則の場合、コモンオパールとかボッチオパールと呼ばれ、美しい輝きはありません。

オパールの中には、水に浸すと美しい輝きを生ずるものもあります。オーストラリアとメキシコのオパールが有名ですが、オーストラリアのオパールは、乾燥地帯で地下水に溶けていたシリカがゆっくり沈殿したもので、メキシコのオパールは、温泉水中で沈殿したものと考えられます。

### トリディマイト（りんけいせき 鱗珪石）

多くの場合、高温の火山岩の空洞中に六角薄板状の結晶として産出します。常温では低温型で斜方晶系ですが、六角薄板状の形をしているということから、初めに結晶したときは高温型（β2）の六方晶系であったことが推定されます。

117℃以下で安定な低温（α）型、117℃～163℃で安定な中間（β1）型、および163℃以上で出現し870℃～1,470℃で安定な高温（β2）型があります。

### クリストバル石（ほうけいせき 方珪石）

トリディマイトよりさらに高温の酸性の火山岩や火山岩中の空洞に8面体の結晶として析出していることがあります。また、流紋岩や黒曜岩の中には「球顆」と呼ばれる丸い玉のようになっていることがあります。

268℃以下で安定な低温型（α）型、268℃以上で出現し1,470℃～1,728℃（溶融温度）まで安定的に存在する高温（β）型があります。

トリディマイトやクリストバラクトは、オパールが徐々に石英になる過程でも形成されると考えられています。

### コーザイト

20,000気圧以上で安定なシリカの高圧相です。自然界では、アリゾナの隕石孔で発見されています。隕石が衝突した時の衝撃で高圧が生じて形成されたと考えられています。

### スティショバイト

これはさらに高圧な約80,000気圧以上で安定なシリカの高圧相です。やはりこれも同様に自然界ではアリゾナの隕石孔で発見されています。

# 海のいきものとシリカの関係

田 中 豊

地球に生命が誕生したのは、はるか昔の海水中だといわれています。今でも海は地球表面の約71%を覆い、多くの生命を育てています。海にすむ生き物といえば、皆さん何を思い浮かべますか？ 巨大なクジラ、富山湾でとれるおいしい魚や貝、水中に漂う海藻、それとも…様々な生き物が浮かんでくると思います。

では魚や貝よりも多く海に暮らしている生物は何か知っていますか？その一つに植物プランクトンという藻類があります。植物プランクトンは海水中をプカプカと漂いながら光合成をして生活しています。その多くは10~100 $\mu\text{m}$  (1 $\mu\text{m}$ は1/1000mm)の大きさで目に見えないほど小さいために、普段私たちが気づくことはありませんが、二枚貝や稚魚のエサとなり、海食物連鎖の根底を支える大変重要な生物なのです。

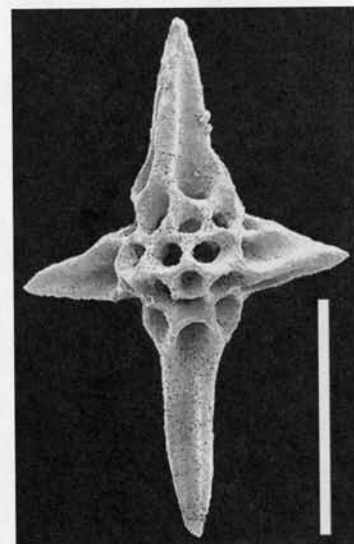
## シリカは海の生物にかかせない？

植物プランクトンの中で、一番多く出現するのは「珪藻類」です。珪藻類はたった一つの細胞からなる生物で、2 $\mu\text{m}$ くらいものから1000 $\mu\text{m}$ 以上に大きくなるものまであります。大小2つの殻(外殻と内殻)がシャレのように合わさっており、殻にはトゲ(棘)やあな(孔)、線(条線・肋線)など種ごとに特有の模様があります。実はこの殻が水晶と同じ成分、シリカからできています。恐竜時代中頃(約2億年前のジ

ュラ紀)に出現し、以来海はもとより、川や湖などで繁栄しています。ちなみにこの珪藻類の殻が多く海底に堆積すると、やがて珪藻土となり、魚を焼く七輪や、頭痛などのシックハウスを予防する有効な壁紙の原料として使われます。

さて、海にはこの珪藻類を好んで食べる生物がいます。それは動物プランクトンの「放散虫類」です。動物プランクトンも海水中をプカプカと漂いながら暮らしていますが、光合成をすることができないので、その多くは植物プランクトンを食べて栄養を得ています。約5億年前の古生代から出現する放散虫類は雑食性ですが、珪藻類と同じく、シリカからなる殻を持っているので、自分の殻を作るために珪藻類を好んで食べるようです。

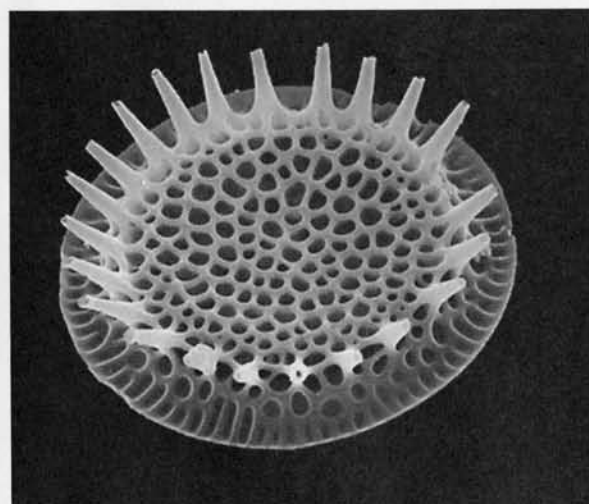
植物プランクトンの珪藻類、動物プランクトンの放散虫類、共に貝類や稚魚など、非常に多くの海洋生物のエサとなり、豊かな生物相を支えています。珪藻類や放散虫類にとって、自分自身の骨格を作るのにシリカは無くてはならないもの。そう考えると、シリカは海の生物を支える重要なものといえるでしょう。



放散虫類 ザルタス・ディッキンソニ (化石)

(大きさ約200 $\mu\text{m}$ )

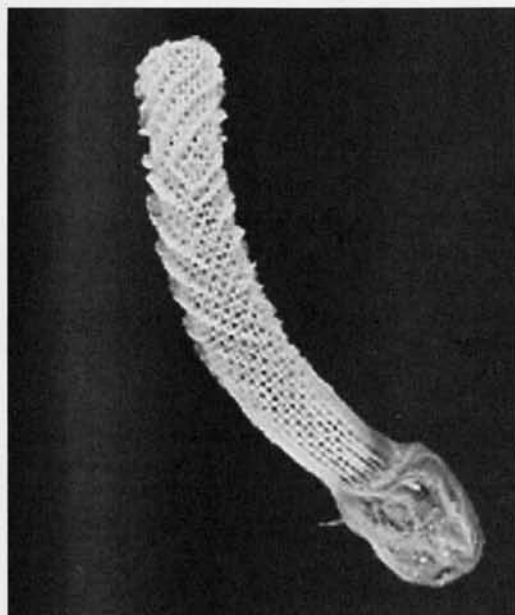
写真提供：産業技術総合研究所 齋藤 眞氏



珪藻類 タラシオシラ・ニドゥルス (化石)

殻のトゲやアナが特徴的な模様をつくる (大きさ約30 $\mu\text{m}$ )

写真提供：産業技術総合研究所 柳沢幸夫氏



海綿類 カイロウドケツ

中は空洞になっていて、そこにドウケツエビがすんでいることもある。大きさは約30cm。

この他にもシリカを使って体の骨格をつくる生き物があります。海綿類もその一つです。海綿類は6億年以上前に出現し、現在約1万種が確認されています。しかし多くは500m以深の海底にすんでいるのでなかなか知られていません。海綿類には石灰質の骨格（骨針）や海綿質繊維（体を洗うスポンジとして使われたりします）で体をつくる種類もありますが、珪質海綿と呼ばれる種類は骨格（骨針）がシリカからできています。カイロウドケツはこの珪質海綿の一種です。体は中空の筒状で、下端は細長い骨片の束となり、海底の砂泥中にうまって体を固定しています。英語ではビーナスの花籠（Venus' flower basket）と呼ばれているように、その骨格は大変美しいものです。

## シリカは山をもつくる

珪藻や放散虫が他の生物に食べられると、シリカから殻はフンとして排出され、深い深い数千メートルの海底にゆっくりと沈んでいきます。この様子はまるで海中に雪が降っているように感じられることからマリンスノーと呼ばれています。珪質海綿も死んでしまうと

その体はバラバラになり、マリンスノーと共に海底に積もります。こうして珪藻・放散虫・海綿の体を形作ったシリカは海底に堆積し、数千万年・数億年の眠りにつきます。海底に層をなしてつもったシリカは、やがて地殻変動という大地の大きな力をうけ、「チャート」と呼ばれる固い岩石となって地上にあらわれます。

生物の死がいが岩石になるなんて信じられないかもしれませんが、その証拠にチャートの一部を電子顕微鏡などで観察すると、海綿の骨針や放散虫・珪藻の化石を見ることができるのです。大地の力は数千メートルの深海に降り積もったシリカを、固い岩に変え、地上に押し上げ、数千メートルの山々を造りだします。チャートは白・黒・赤・緑など様々な色のものがありますが、南アルプスと呼ばれる赤石山脈の大部分は、赤色のチャートでできており、山脈の名の由来にもなっています。この他にも、世界中でチャートは大きな山脈を築いています。体をシリカでつくる生物は、大山脈をなすほど太古の海にも繁栄していたのです。

シリカは海綿・放散虫・珪藻の体となり、これらは海洋生物のエサとなり、はるか昔から海の生物を支えて来ました。そして私たちは海の生物の恩恵を受けてくらしています。あまり目立ちはしませんが、シリカは私たちにとっても重要なものなのかもしれません。

## 「水晶探し」にチャレンジ

特別展「水晶の世界」開催期間中の土・日・祝日には、午前10:45～と午後3:00～、水晶探しを行う予定です。探し当てた水晶はお持ち帰りできます。ただし、一人一個だけ。君も水晶をゲットできるかな？

