

5. 鉱物の同定（Ⅰ）

・肉眼から光学顕微鏡を使った観察～野外でわかること～

鉱物の内部を観察することによって、その生い立ちを知ることができます。この生い立ちを知るということは天然起源なのか、あるいは人工的なものなのかを判断する際に大変重要です。一般的には次に紹介する実体顕微鏡を使用します。鉱物の内部に見られるインクルージョン（Inclusion：内包物あるいは包有物）の生い立ちは、次のように3つに分けて考えることができます。

1.初生インクルージョン

結晶が成長する時にすでに生成していた鉱物を取り込まれたもの。形態的には土状や不定形なものが多い。

2.同生インクルージョン

結晶が成長すると同時に他の鉱物が形成されたり、液体や気体を取り込まれたりしたもの。含まれた結晶の形態は幾何学的な自形をなしていることが多い。さらに、成長模様を示す色帯や双晶と呼ばれる、2つの結晶がある面や点に対して対称的に成長したものなどが見られます。

3.後生インクルージョン

結晶内に閉じ込められた液体中に結晶が生じたものや、成長後に熱変成作用を受けてできたものなど。

さらにインクルージョンの状態によって分類する次のようになります

A. 気体が単独に含まれる

気体が単独に気泡として見られる場合は人工的につくられたものに見られます。固体からの生成による、ベルヌイ法によって造られた合成ルビー、合成サファイア、合成スピネルなどに観察することができます。ガラスやいわゆる“ねり物”と呼ばれる模造石にも見られます。また、張り合わせ石には接着部分に気泡が見られます。

天然に産出する鉱物（宝石）には気泡が単独に見られることはありません(図 1-1 参照)。

B. 液体が見られる

鉱物、あるいは水熱法によって人工的に造られた合成宝石には液体が含まれます。合成宝石の液体の分布はほぼ均一ですが、天然宝石の液体の分布はさまざまなパターンを示します。コロンビア産の天然エメラルドには、液体・固体・気体と一緒に含まれることがあります。これは、エメラルドが生成する際に閉じ込められた液体が冷えるにつれて結晶と空隙が生じます。その結果、一つの隙間に液体、結晶、気体と一緒に見られることになります。それらを、液相、固相及び気相と呼び、三つの相が含まれることでコロンビア産の特徴を示すことになります。また、スリランカ産の天然サファイアには指紋（フィンガープリント）状と呼ばれる液体が見られます。

C. 結晶が見られる

鉱物には様々な結晶が含まれることがあります。一方、人工的に造られた合成宝石には他の結晶が含まれることは極めて稀です。

・屈折率の測定

a. 屈折計とは

屈折計（図5-1，左）は，表面が平らであれば，屈折率が測定できます．使用する際には，その測定値が正しい数値であるかをチェックするため，水と合成無色サファイアを使います．水は，1.333，合成無色サファイアは，1.770～1.762を示します．もし，数値がズレている場合には屈折計内部にある調整用ネジを回して修正します．

この屈折計は，光の全反射を利用してつくられたアッペ型屈折計を改良したもので，平坦な面が2ミリ程度あれば，1.30～1.81までの範囲において，その最小目盛りが0.01なので，練習を積めば精度は±0.002程度により，屈折率を容易に測定することができます．

屈折計のガラス面（瑕がつきやすいので，取り扱いには注意します）の中央部に接触液（ヨウ化メチレンに硫黄などを混ぜた液体）を一滴たらす．

- ① 宝石の平らな面をその液体に付着させます．
- ② 覗くところに円盤状の偏光板をセットし，その偏光板を360°回転させながら観察し，明暗の境界線が，はっきり見えるところを探します．例えば，トルマリンは，1.644と1.624という値に明暗の境目が見えます（図5-1,右）．これが屈折率です．

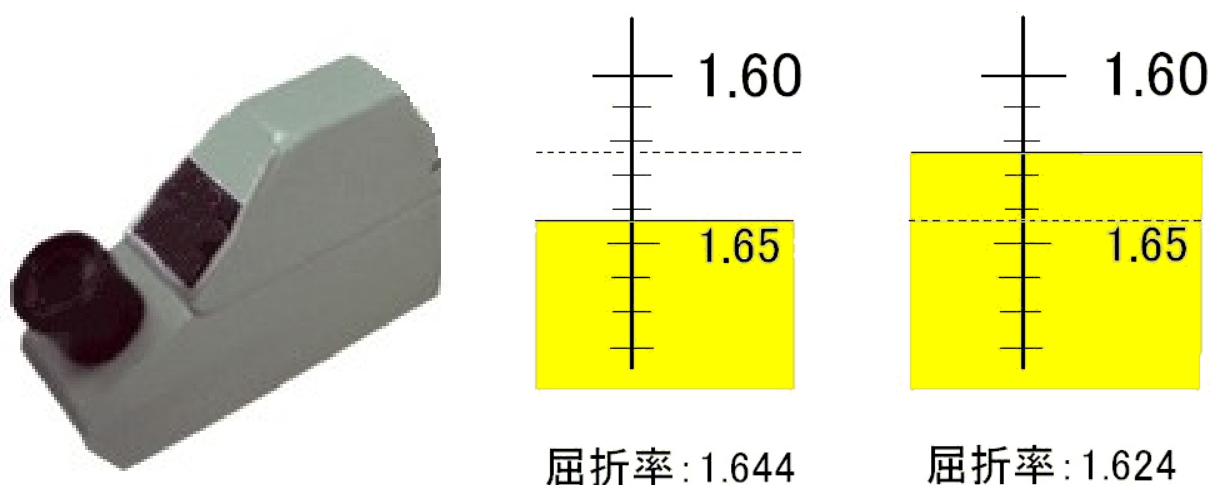


図5-1 屈折計の本体（左）とその見え方の例（右）

b. 屈折計の原理

前述のように光の全反射を利用して屈折率を測定する装置が屈折計です。

例えば、水の入ったコップにストローを入れると、ストローが曲がって見えます。これは、光が屈折するからです。何故そのように見えるかと言うと空気と水の密度が異なるので、光の進み方が違うことによります。図5-2で示すとその図の上のようになります。

宝石屈折計は右上のように光が左下から①、②、③、④と入射するとそれぞれ①'、②'、③'、④'、④''のように屈折と反射をするようになります(図5-2)。

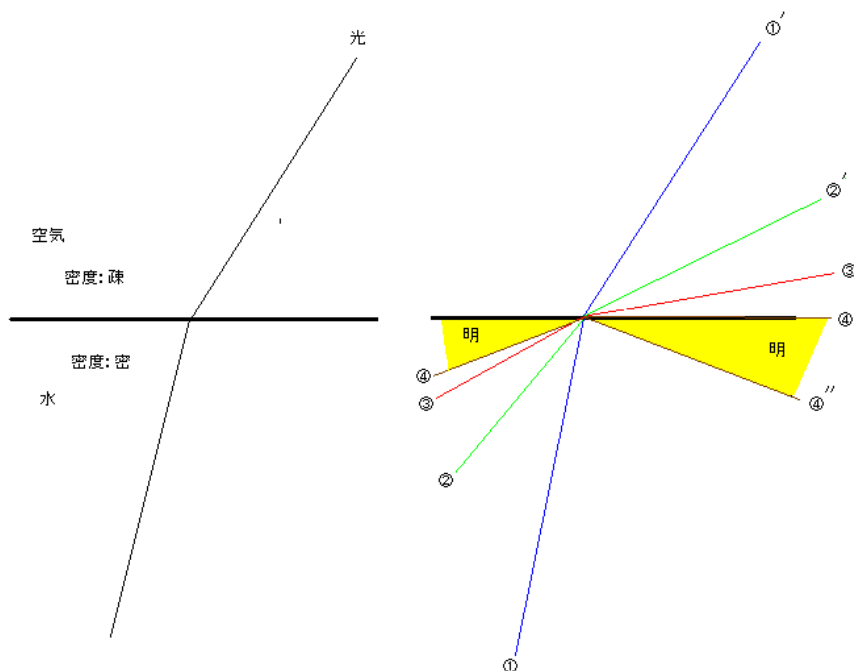


図5-2 光の屈折と反射

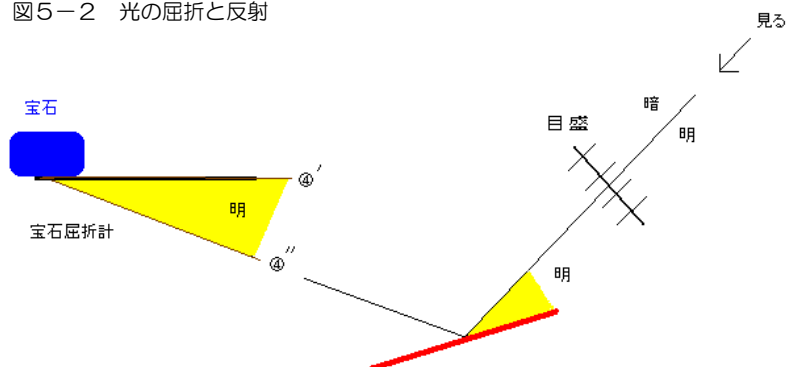


図5-3 屈折計内の光の様子

図5-3に示したように屈折計内に左側から入射した光は、全反射によって右側へ進みます。途中の鏡で反射してから目盛りがふってあるスケールを通ります。この時、全反射によって明るく見える範囲は目盛りの下側にきます。明るい範囲と暗い範囲の境目が、求める鉱物の屈折率となります。鉱物と屈折計の間には、接触をよくするために接触液(ヨウ化メチレンと硫黄などを混ぜたもの)を使用します。この液体の量は多くしない方が屈折率の誤差を少なくします。

また、スポット法と呼ばれる方法は、カボション（山形）カットされたものや彫刻品などの屈折率の測定に使われます。この計測のポイントは、接触液をなるべく少量にすることです。スポット法の場合は、宝石屈折計から眼を 20～30cm 離して目盛りをみるようにします。見方として、下図の中央のように、カボション・カット面と屈折計が接している面が丸く見えますので、その丸のちょうど上半分が暗く、下半分が明るい位置を探します。その明暗の境目と目盛りが一致するところが、その鉱物の屈折率となります（図 5-4）。下図の場合は 1.54 です。

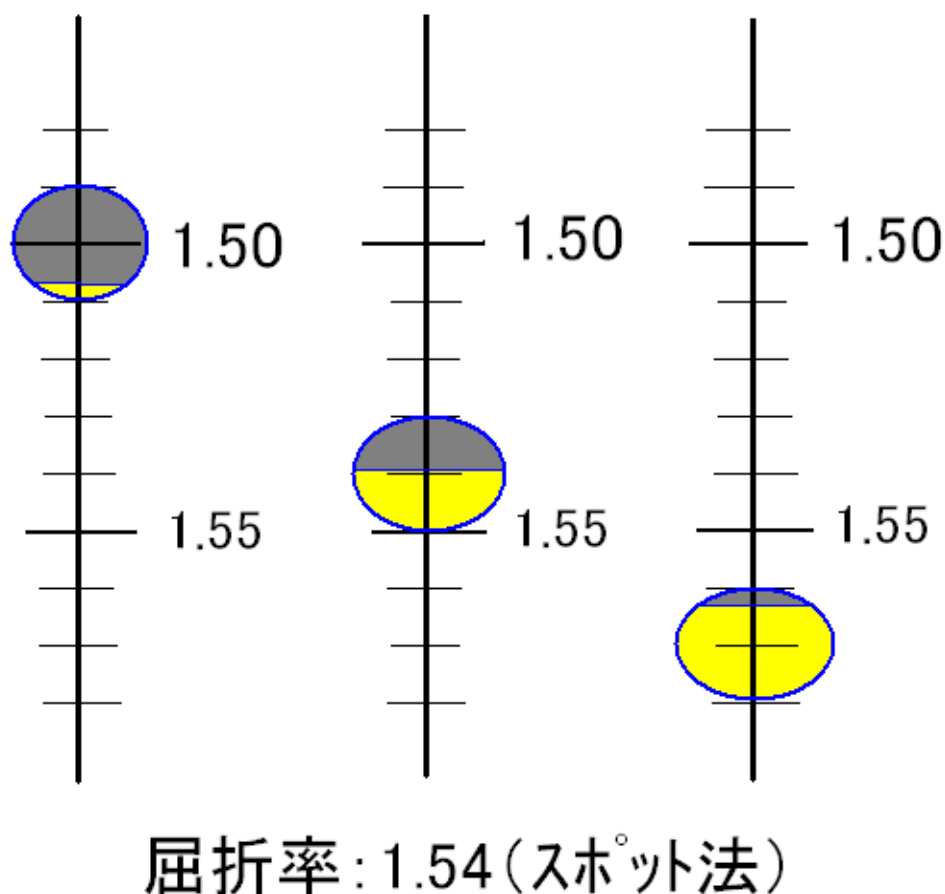


図 5-4 スポット法による屈折率の求め方

c. 屈折率について

光が物質の中を伝わっていく場合に、その方向によって光の速さが変化するものがあります。即ち、方向によって変化しないものは屈折率が一つ、変化するものは最大3つまであります。

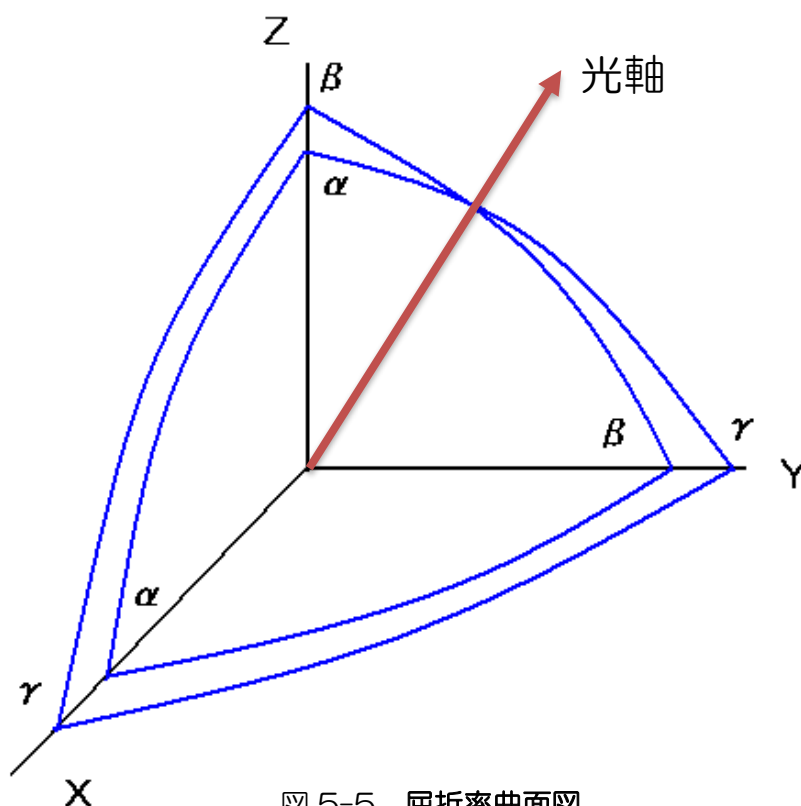


図 5-5 屈折率曲面図

3つの屈折率を α , β , γ と呼び、それぞれの屈折率が等しい ($\alpha = \beta = \gamma$) 場合は、屈折率が一つであり、単屈折性と呼びます。また、 $\alpha = \beta$ と γ , α と $\beta = \gamma$ の場合は、屈折率が二つとなり、これら屈折率を ω , ε という記号が使われます。

これらの屈折率と結晶系との関係は次のとおりです。

- 屈折率が一つ _____ 立方（等軸）晶系
- 屈折率が二つ (ω , ε)
 - _____ 六方晶系
 - _____ 三方晶系
 - _____ 正方晶系
- 屈折率が三つ (α , β , γ)
 - _____ 直方（斜方）晶系
 - _____ 単斜晶系
 - _____ 三斜晶系

非晶質のガラスのようなものは、等軸（立方）晶系と同じで屈折率が一つの単屈折性です。

宝石屈折計では、1度に2つの値しか測定できませんが、宝石の向きを変えて計測することによって、屈折率が3つの場合もある程度の推定ができます。即ち、ある方向で α と β , 別な方向で β と γ という値が測定できれば、それぞれ α , β , γ が求められたことになります。

その他の簡易な検査手段

屈折計以外に、次に示すように紫外線を照射させて、その蛍光反応を観察したり、分光スペクトルなどの特性を調べたりする方法があります。

a. 紫外線蛍光反応

鉱物に長波（365nm）と短波（253.6nm）という2種類の紫外線を照射させ、その蛍光反応を観察する検査です。

b. 偏光器による検査

一方向にしか振動しない光を通す偏光板を2枚使い、それぞれを90度で交差させて重ねてみると、光を透過しない状態になり、真っ黒にみえます。ところが、複屈折性の鉱物は、入射した光を偏光させてしまうので、交差した偏光板の間に置いてみても明るくみえます。一方、単屈折性の鉱物（ダイヤモンドなど）は、光を偏光させないため、真っ黒です。

この検査は、透明であれば、複屈折性かどうか、簡単に分かりますので、複屈折性の水晶と単屈折性のガラスは、この偏光器だけで区別ができます。

c. 多色性による検査

複屈折性の有色鉱物は、多色性と呼ばれる性質をもっています。一方、単屈折性には多色性は見られないため、ルビーとスピネルあるいはガーネットとの区別に有効です。ダイクロスコープ（二色鏡）と呼ばれるカルサイト（方解石）を加工したものがあります。

d. 分光スペクトルによる検査

赤外～可視～紫外領域の分光スペクトルを検査します。

e. その他

エメラルド・フィルターと呼ばれる、ガラスとエメラルドを区別するために作られたフィルターがあります。これは、赤色（690nm）と黄緑色（540nm）のみを透過するように作られ、このフィルターを通してみると、赤色か緑色、あるいは茶褐色の色調に見えます。例えば、ガラスは緑色、エメラルドは赤色に見えます。

その他、様々な分析装置がありますが、別頁で説明します。

5章のまとめ（1）：

コロンビア産エメラルドに見られるインクルージョン

コロンビア産エメラルドにはインクルージョンとして、その空隙に固体（結晶）・気体・液体が図-1 のように見られます．含まれている結晶が岩塩（NaCl）であることから、アンデス山脈の造山運動の時、熱せられた周囲の海水が地層に浸透し、エメラルドが生成したと考えられています．有用な鉱物が集まっているところを鉱床と呼びますので、コロンビア産エメラルド鉱床は、このような熱水によって出来たということになります．もう一度、エメラルドに包有されたインクルージョンの生成について考えてみることにします．

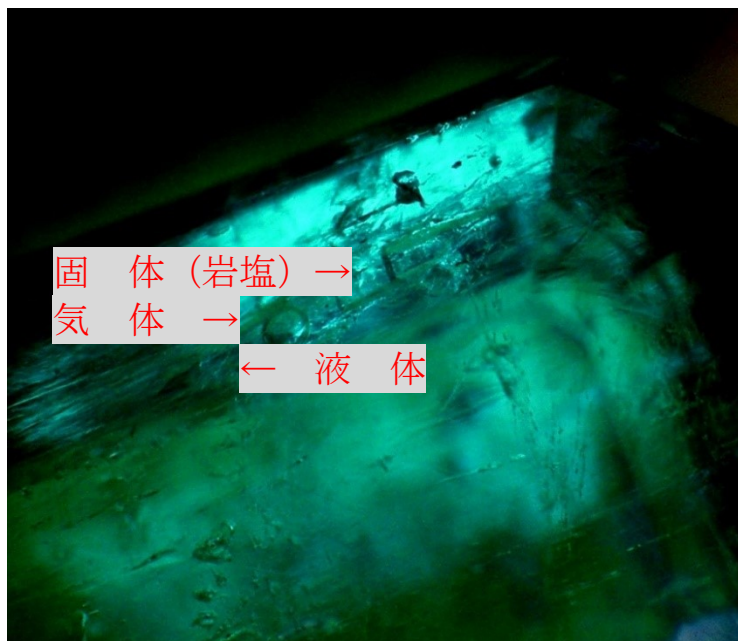


図-1

地層に（ ① ）が浸透し、その（ ① ）が冷える過程でエメラルドにも（ ① ）が取り込まれます．冷える時、岩塩（NaCl）のような固体（結晶）が生じます．結晶が生じて密度が増した分は空隙（気体）ができます．その結果、冷えた液体（液相），結晶（固相），気体（気相）が共存することになります．これを（ ② ）インクルージョン（内包物）と呼びます．

一方、アフリカのクレオパトラの鉱山と呼ばれる産地では結晶片岩中に見られるエメラルドがあります．この場合は、特徴的な鉱物が含まれます．

上記の括弧内の①と②に入れる語句は？

① = () ② = ()

5章のまとめ（2）：

屈折率（Refractive Index）について

鉱物に光が入射すると屈折します（図—1）。その屈折率は鉱物の特性の一つです。

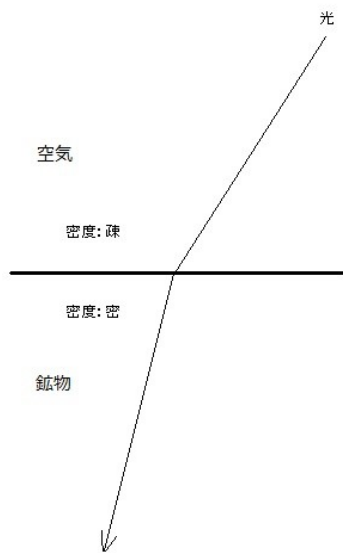
ダイヤモンドやガラスに光を入射させると一方向に屈折しますが、方解石（Calcite： CaCO_3 ，三方晶系）の場合は文字が二重に見えることから、光は二方向に分かれます（図—2）。

屈折率を三次元空間（座標： $X \cdot Y \cdot Z$ ）の中心からの長さで表現するとして、その位置は3つの座標で表されます。習慣的にそれぞれ α ， β ， γ という記号を用います。

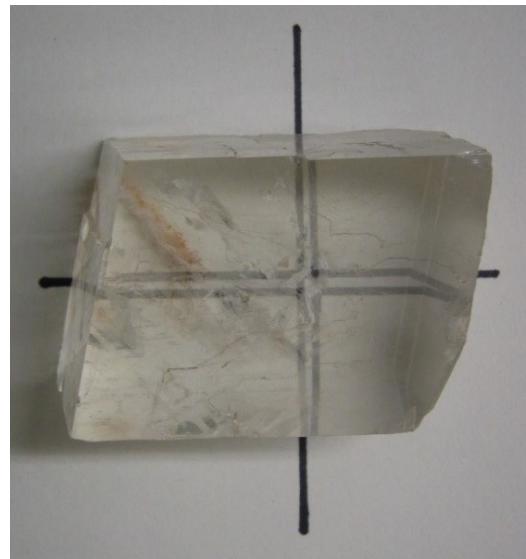
鉱物に入射した光が二方向（二つの屈折率）ということは、 α と β ， β と γ ， γ と α という二つずつの組み合わせで表されます。例えば、屈折率がダイヤモンドのような一つだけの鉱物は、 $\alpha = \beta = \gamma$ ということで、三次元空間で表すと球（断面は真円）になります（図—3）

一方、二方向に分かれる鉱物について、 $X \cdot Y \cdot Z$ 座標の上に α と β ， β と γ ， γ と α を書き入れて、 α ， β ， γ を線で結ぶと屈折率曲面図ができます（図—4）。この図を完成させなさい。

白雲母の屈折率曲面の様子をコノスコープ像で図—5に示します。



図—1



図—2

