

# 魅惑の鉱物 — その美しき結晶

上野 禎 一

## まえがき

人は美男、美女を見たとき、美しいと感じ心ときめかす。

又、協和音の織りなす美しいメロディーを聴いた時、安らぎを覚える。

なぜだろうか。

美男、美女は端正な顔立ちと均斉のとれたスタイルをしており、そこには調和と対称がある。メロディーも又然り。

水晶の六角柱状の美晶、正八面体のダイヤモンド、二十四面体のガーネットを見たとき、人はやはりそこに美しさを感じ、純粋な驚きを覚える。つまり結晶のもつ調和した形とその対称性に心惹かれるのである。

30年程前の話になるが、私は卒業論文研究の為に青森県弘前市の西南約22kmの秋田県境に近い中津軽郡西目屋村砂子瀬にある尾太鉱山というところに一ヶ月程籠ったことがある。熱水鉱床として、黄鉄鉱・黄銅鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱等を産し、又ピンク色の菱マンガン鉱を被った水晶の美晶を産することでも当時有名であった鉱山である。その時坑夫達と鉱山住宅で寝起きを共にし、休日には麻雀を楽しんでいたが、あるとき一人の坑夫が、私に何かを尋ねてきた。青森弁なので初めは何を言っているのか判らなかったが、どうも水晶はどうして六角形をしているのかと聞いている様だ。素人の質問は時として鋭いものがある。私は咄嗟のことで多少面食らったが、あわてず手をサッと出し、「人間の手には5本の指があるでしょう。人間は誰でも生まれながらにして5本の指を持っているのです。六方石（水晶のこと）も生まれながらにして六角形になるように運命づけられているのです。」と答えると、坑夫は「さすが学生シャン。言うことが違うね。ハイライト一本けねが」と言うので、その後二人でハイライトをくゆらせた。当時ハイライトは高級サラリーマンのタバコで、学生の分際でハイライトを吸うのは、多少気がひけていた。ちなみに坑夫の吸っていたタバコは“しんせい”であった。ところで私は今では健康を考えてニコチン・タール量が3分の1であるマイルドセブンスーパーライトを吸っている。麻雀の方は、最近の学生は無駄なことをしない様なので、一緒にする相手がいなくなりさっぱりしなくなってしまったので、役は覚えているが点数の数え方は忘れてしまった。パソコンで時々してみるが、やはり人間相手じゃないと実につまらない。表情が見えないと駄目なのである。鉱物も又然り。最近、博物館にもパソコンが導入され、展示物の説明や科学の解説がなされているようだが、無味乾燥でまったくつまらない。へたくそでもいいから、やはり人間の肉声による説明が欲しい。

まえおきが長くなってしまったが、今回のこの講座では鉱物の結晶をとりあげ、結晶の形、対称性について、実際の結晶や結晶モデルを用いて、簡単な結晶学を通して理解して頂くことにする。又、鉱物には様々な色と光沢や特殊な光学的性質があるが、それらについても実際の鉱物標本を用いて学んで頂くことにする。加えて、金属地下資源鉱物として重要な硫化鉱物や酸化鉱物についても、実際に手に触れて頂き、それらの社会的価値についても実感して頂くこととする。

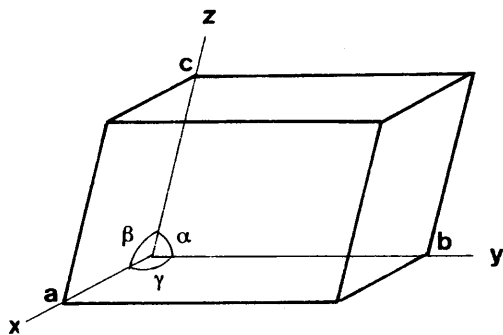
# I. 結晶

## I-1 単位胞 (単位格子) と格子定数

我々人間をはじめ生物の体を構成している最小の単位は細胞 (Cell) である。

鉱物の結晶も同じ様に、その最小単位は単位胞 (Unit Cell) と呼ばれる。結晶は普通三次元の存在なので、三次元空間に  $x, y, z$  の3本の軸をとり、それぞれの単位の長さを  $a, b, c$  とし、結晶軸  $a, b, c$  と呼ぶ。b 軸とc 軸のなす角を  $\alpha$ 、c 軸とa 軸のなす角を  $\beta$ 、a 軸と b 軸のなす角を  $\gamma$  と定義する。この様にして定められた六つの量 ( $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$ ) は、鉱物結晶によって決まった値をもっているのが格子定数と呼ばれる。

(結晶軸は大きさと方向を持った量なので、数学的には典型的なベクトル量であり、単位格子ベクトルと呼ばれる。)



### 平行六面体

単位格子ベクトル :  $a, b, c$

$$|a| = a, |b| = b, |c| = c$$

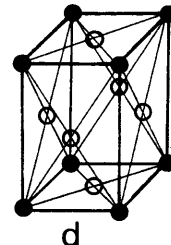
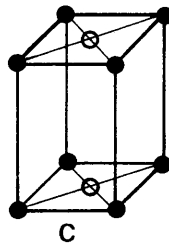
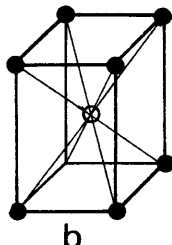
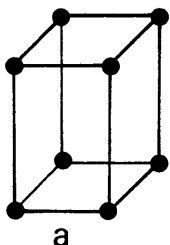
$$b \wedge c = \alpha, c \wedge a = \beta, a \wedge b = \gamma$$

格子定数 :  $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$

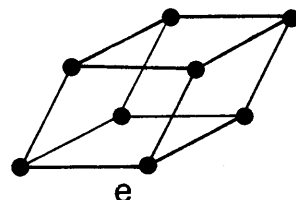
(六つのパラメーター)

## I-2 基本空間格子の型

単位胞は空間の存在であるから空間格子とも呼ばれ、この中に原子が入っているわけだが、その入り方に4種類あり、結晶面が菱形である菱面体格子を加えた5種類を基本空間格子という。原子及び原子の集団を一つのまとまりと考え、それを格子点と呼ぶ。つまり格子点が単位格子の隅(角)にのみ存在している格子を単純格子、八つの隅と格子のど真ん中に存在している格子を体心格子、八つの隅と底面の中心に存在している格子を底心格子、八つの隅と6枚の結晶面の中心に存在している格子を面心格子及び菱面体の八つの隅にのみ存在している格子を菱面体格子と呼ぶ。



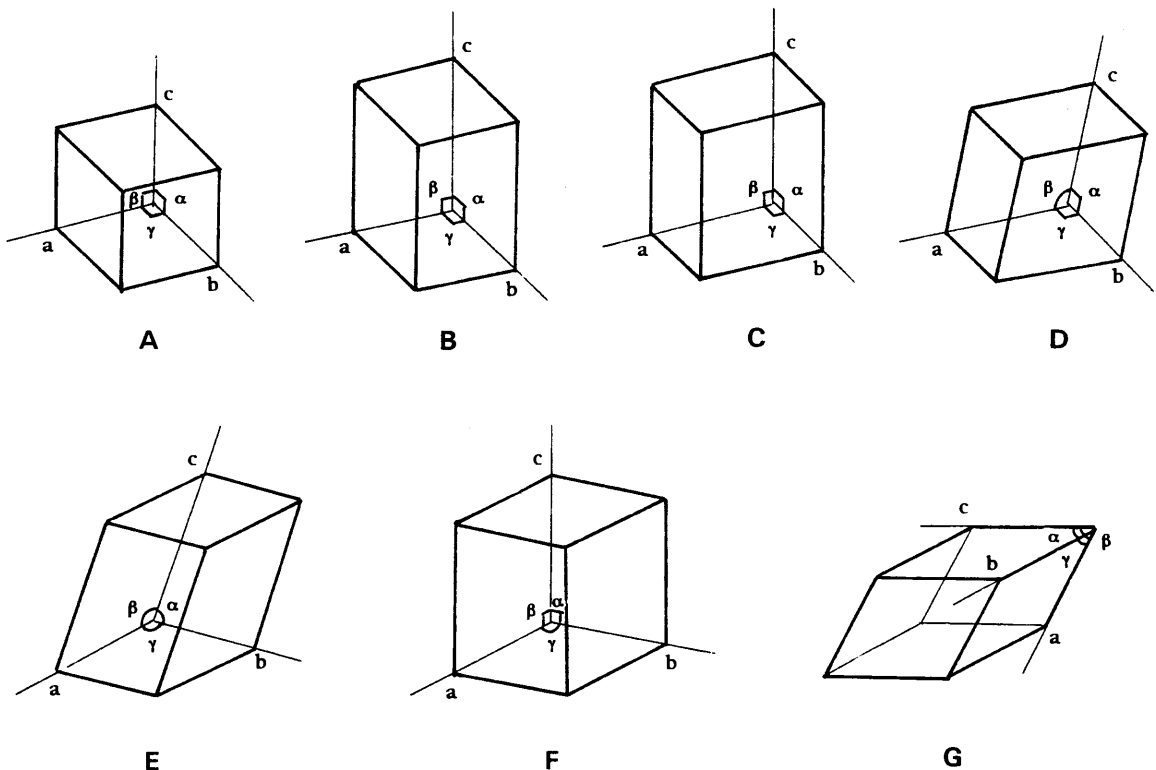
- a : 単純格子 (P) Primitive lattice
- b : 体心格子 (I) Intercentered lattice
- c : 底心格子 (A), (B), (C) Base centered lattice
- d : 面心格子 (F) Face centered lattice
- e : 菱面体格子 (R) Rhombohedral lattice



### I-3 結晶における7つの晶系

格子定数である六つのパラメーター、 $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$ の大きさの関係から、結晶格子は7つの晶系に分けられる。すなわち、3軸の長さが等しく3つの角が90度であるものを等軸(立方)晶系、2軸の長さが等しく3つの角が90度であるものを正方晶系、3軸の長さが異なり3つの角が90度であるものを斜方晶系、3軸の長さが異なり2つの角が90度であるものを単斜晶系、3軸の長さが異なり3つの角が90度でないものを三斜晶系、2軸の長さが等しく2つの角が90度でもう1つの角が120度であるものを六方晶系、及び3軸の長さが等しく3つの角が90度でなく等しいものを菱面体(三方)晶系という。

晶系	格子定数の関係
(A) 等軸晶系	$a = b = c, \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
(B) 正方晶系	$a = b \neq c, \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
(C) 斜方晶系	$a \neq b \neq c, \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
(D) 単斜晶系	$a \neq b \neq c, \quad \alpha = \gamma = 90^\circ, \quad \beta \neq 90^\circ$
(E) 三斜晶系	$a \neq b \neq c, \quad \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
(F) 六方晶系	$a = b \neq c, \quad \alpha = \beta = 90^\circ, \quad \gamma = 120^\circ$
(G) 三方晶系	$a = b = c, \quad \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$



## II. 対称性

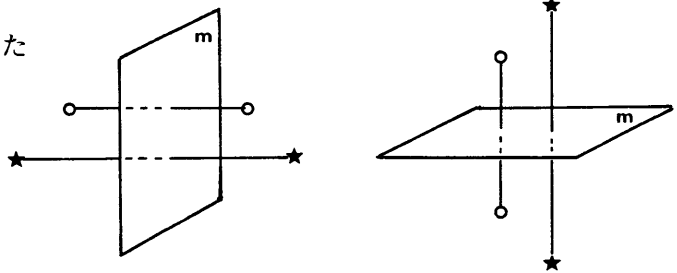
鉱物の結晶は、左右対称、点对称、回転対称等の多くの種類の対称を示す。物体や構造物は、その成分が釣り合いのとれた状態に配列されているとき、すなわち物体にある操作を行ない、それによってその物体が元の物体と一致するような場合対称的であるといい、この操作を対称操作という。

主な対称操作には以下のものがある。

### II-1 対称面（鏡映面）

左右（上下）対称なので、鏡に写した対称関係である。

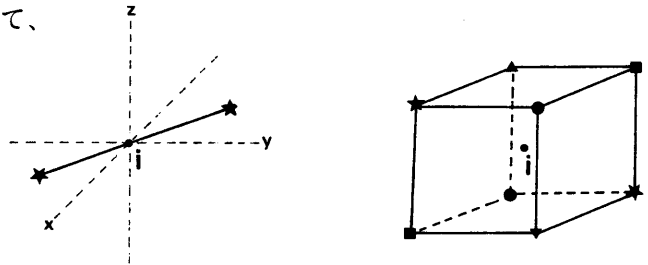
mirror plane (m) ともいう



### II-2 対称心

三次元空間において、一点を中心として、反対側に同じものが存在する場合。

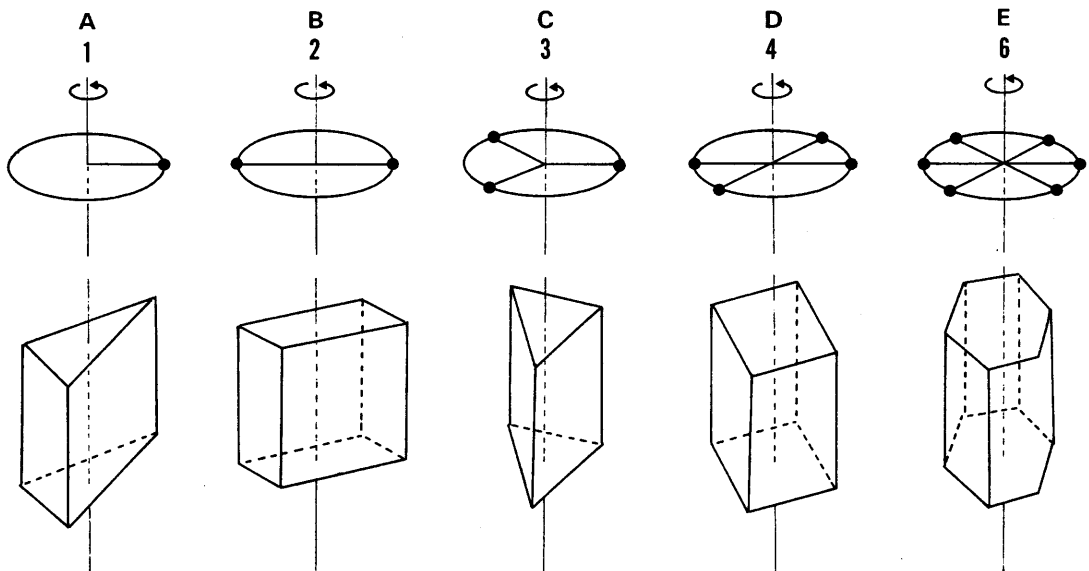
反像 (inversion=i) ともいう。



### II-3 対称軸（回転軸）

一つの軸を中心として物体を回転させた時、その回転角に応じ元の物体と一致する場合。

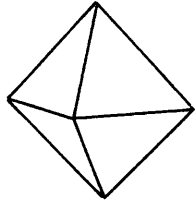
- (A) 一回対称軸  $\sim 360^\circ$  回転 (B) 二回対称軸  $\sim 180^\circ$  回転 (C) 三回対称軸  $\sim 120^\circ$  回転  
 (D) 四回対称軸  $\sim 90^\circ$  回転 (E) 六回対称軸  $\sim 60^\circ$  回転



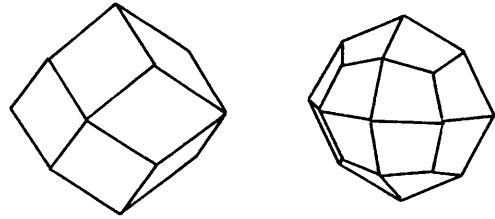
### Ⅲ. 鉱物と多面体結晶

#### Ⅲ-1 立方晶系 (等軸晶系)

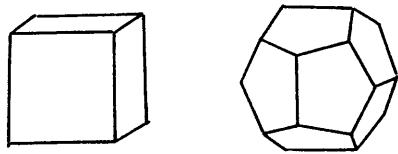
(1) ダイヤモンド (C)



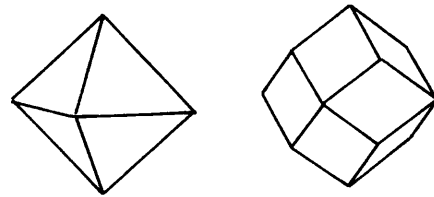
(2) ガーネット ((Ca,Mg,Fe)<sub>3</sub>(Al,Fe)<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>)



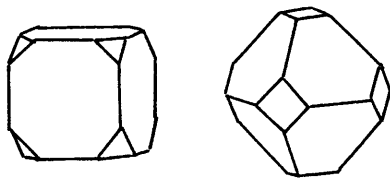
(3) 黄鉄鉱 (FeS<sub>2</sub>)



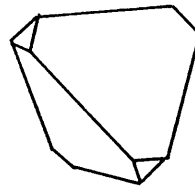
(4) 磁鉄鉱 (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)



(5) 方鉛鉱 (PbS)

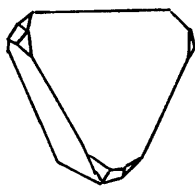


(6) 閃亜鉛鉱 ((Zn,Fe)S)



#### Ⅲ-2 正方晶系

(1) 黄銅鉱 (CuFeS<sub>2</sub>)

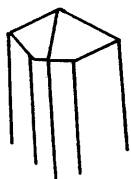


(2) ジルコン (ZrSiO<sub>4</sub>)



#### Ⅲ-3 斜方晶系

(1) トパーズ (Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(F,OH)<sub>2</sub>)

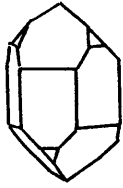


(2) 重晶石 (BaSO<sub>4</sub>)

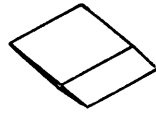


### Ⅲ-4 三方晶系 (菱面体晶系)

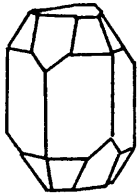
(1) 水晶 ( $\text{SiO}_2$ )



(2) 方解石 ( $\text{CaCO}_3$ )



(3) コランダム (ルビー、サファイア、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

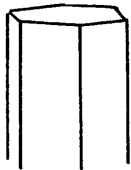


(4) 赤鉄鉱 (ヘマタイト、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

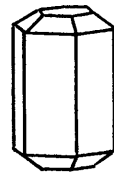


### Ⅲ-5 六方晶系

(1) 緑柱石 (エメラルド、 $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ )



(2) 燐灰石 (アパタイト、 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})$ )

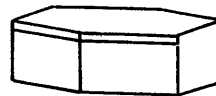


### Ⅲ-6 単斜晶系

(1) セッコウ ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )



(2) 黒雲母 ( $\text{K}_2(\text{Mg},\text{Fe})_6\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20}(\text{OH},\text{F})_4$ )



### Ⅲ-7 三斜晶系

(1) 曹長石 ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ )

