

地球科学  
特別講義A  
4

宮脇 律郎  
国立科学博物館  
地学研究部



前回までのあらすじ

- 鉱物とは地質作用により自然にできた固体物質
- 鉱物種は化学組成と結晶構造で定義される
- 鉱物の多くは同形置換による固溶体である
- 鉱物の物性には化学結合が関与する
- 結晶形は結晶構造が反映された重要な情報
- 集合状態鉱物の生成過程を反映している
- 鉱物の割れ方にも結晶構造が反映される
- 鉱物の色は含まれる元素とその状態の情報
- 鉱物の色の原因は複雑で奥が深い

結晶形

- ☆殆どの鉱物は規則的に原子が並んでいる結晶質である。
  - ☆この規則的な原子配列を結晶構造と言う。
  - ★規則的な原子配列を持たない物は非晶質  
ガラスは非晶質である。
  - ☆規則的な原子配列の結果、結晶の外観(結晶形)にも規則性が現れる。
- 晶相: 結晶に現れる面の種類やその組み合わせによる外形  
晶癖: 面の不均等な発達により生ずる外形

結晶形

- 自形 自由な空間で成長……最初に晶出  
その物質(鉱物)特有の形 ← 結晶構造  
繊維状、針状、柱状、板状、粒状、鍾状、…
- 他形 制限された空間で成長…後から晶出

集合状態

- 微細な結晶の集合体の形状  
球状、ぶどう状、魚卵状、鍾乳状、皮状…
- 集合状態(集合組織)はそれぞれの鉱物の  
生成過程を反映している。→岩石組織
- 結晶成長による集合組織

劈開と断口

- 結晶構造の特定方向の化学結合が弱い →  
その方向の垂直な面で割れやすい。
- 化学結合に特定な方向への弱点が無い →  
割れ方は不特定方向になる。

**Kozoite-(Nd)**  
 $\text{Nd}(\text{CO}_3)(\text{OH})$   
 Ancyrite group  
 Polymorph of hydroxylbastnäsite-(Nd)

Crystal system: Orthorhombic  
 Space group:  $Pm\bar{c}n$   
 Z: 4  
 Lattice constants:  
 $a = 4.9823(1)$ ,  $b = 8.5188(2)$ ,  $c = 7.2570(2)$  Å  
 4 strongest diffraction lines [ $d$ (Å),  $hkl$ ]:  
 4.29, 100, 110; 2.93, 89, 102; 2.33, 78, 131; 2.06, 78, 221  
 Optical properties: High birefringence,  
 $\alpha = 1.698(2)$ ,  $\gamma = 1.730(5)$   
 Hardness: Not determined  
 Density: 4.77 g/cm<sup>3</sup> (calc.)  
 Cleavage: Not determined  
 Habit: Euhedral showing rhombo-dipyramidal habit,  
 and the dimension of crystal is approximately 10  
 μm or less  
 Color - Luster: Pale pinkish purple to white with a  
 vitreous to powdery luster  
 Mode of occurrence: Occurs in cavity and fissure of  
 alkali olivine basalt exposed at Nitōjōs, Hizzen-cho,  
 Higashi Matsuura-gun, Saga Prefecture, Japan, in  
 association with lanthanite-(Nd) and kimuraite-(Y).  
 Name: After the late Prof. Kozo Nagashima  
 (1925-1985)  
 Type specimen: National Science Museum, Tokyo  
 #NSM M27940  
 Reference: Miyawaki, R. et al., *Am. Min.*,  
 85:1076-1081 (2000).




**色と条痕色**

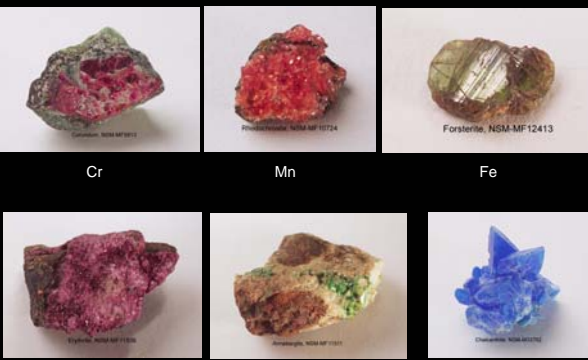
- 鉱物の色はいろいろ

**蛍石**  
 純粋なCaF<sub>2</sub>の結晶は無色透明で高性能光学レンズに使われる



**色と条痕色**

- 鉱物の色はいろいろ
- 結晶格子中の微量成分に依存  
 遷移金属原子のd電子のd-d遷移  
 π電子



Cr                      Mn                      Fe  
 Co                      Ni                      Cu

## 遷移元素

完全に満たされていないd-亜殻を持つ原子、あるいはそのような陽イオンを生ずる元素

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	Ln	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra																	
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

## 電子配置

	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p	5d	5f	6s	6p	6d	7s	7p
K																			
Ca																			
Sc																			
Ti																			
V																			
Cr																			
Mn																			
Fe																			
Co																			
Ni																			
Cu																			
Zn																			
Ga																			
Ge																			
As																			
Se																			
Br																			
Kr																			



## 色と条痕色

- 鉱物の色はいろいろ
- 結晶格子中の微量成分に依存
  - 遷移金属原子のd電子のd-d遷移
  - $\pi$ 電子 c=c二重結合
- 結晶格子の欠陥も影響
- 光の分散、散乱、や干渉による色
- 結晶粒子間や結晶表面の介在物の色
  - 鉱物そのものの色(自色)とは区別すべき
  - 岩石の色



## 色と条痕色

- 条痕色
    - 素焼きの陶板に擦り付けた時の色
    - 微粉末の色に相当
- |     |     |          |
|-----|-----|----------|
|     | 自色  | 条痕色      |
| 自然金 | 黄金色 | 黄金色……試金石 |
| 黄銅鉱 | 黄金色 | 緑黒色      |
| 黄鉄鉱 | 黄金色 | 灰黒色      |



自然金

黄銅鉱

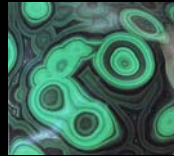
黄鉄鉱

## 色と条痕色

- 条痕色
  - 素焼きの陶板に擦り付けた時の色
  - 微粉末の色に相当
  - 自色 条痕色
- 粒径と色の濃さ
  - 孔雀石: 緑の顔料 (岩絵の具)
  - 大粒: 暗緑色 細粒: 緑色 微粒: 淡緑色 (うすみどり)

自然金	自色	条痕色
黄銅鉱	黄色色	黄色色・・・試金石
黄鉄鉱	黄色色	緑黑色
	黄色色	灰黑色

## 孔雀石



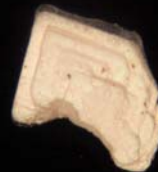
岩絵の具  
松葉緑青  
10段階の粒子(5番から白緑)  
目黒区美術館「色の博物誌・緑 - 豊潤な影」図録より

## 光沢と透明度

- 光沢 ← 反射率、屈折率、透明度、表面状態
  - ガラス光沢 造岩鉱物、宝石鉱物の多く
  - 金剛(ダイヤモンド)光沢 屈折率が大きい鉱物
  - 金属光沢 金属と重金属の硫化物
  - 真珠光沢 劈開などの微細な割れによる干渉
  - 樹脂光沢 硫黄など、ガラス光沢より弱い
  - 油脂光沢 さらに弱い光沢 オパール
  - 絹糸光沢 繊維状微結晶の集合体
  - 土状光沢 乏しい光沢 粘土鉱物
- 透明度 ← 微量成分、包有物、ひび割れ
  - 透明
  - 半透明
  - 不透明

## Kozoite-(Nd)

$\text{Nd}(\text{CO}_3)(\text{OH})$   
Ancyrite group  
Polymorph of hydroxylbastnäsite-(Nd)



Crystal system: Orthorhombic  
Space group:  $Pm\bar{c}n$   
 $Z = 4$   
Lattice constants:  
 $a = 4.9829(1)$ ,  $b = 8.5189(2)$ ,  $c = 7.2570(2)$  Å  
4 strongest diffraction lines  $d$ (Å),  $hkl$ :  
4.29, 100, 110; 2.93, 89, 102; 2.33, 78, 131; 2.06, 78, 221  
Optical properties: High birefringence,  
 $n_x = 1.699(2)$ ,  $n_y = 1.780(5)$   
Hardness: Not determined  
Density: 4.77 g/cm<sup>3</sup> (calc.)  
Cleavage: Not determined  
Habit: Euhedral showing moribio-dipyramidal habit, and the dimension of crystal is approximately 10 μm or less  
Color - Luster: Pale pinkish purple to white with a vitreous to powdery luster  
Mode of occurrence: Occurs in cavity and fissure of alkali olivine basalt exposed at Nikoba, Hizen-cho, Higashi Matsuura-gun, Saga Prefecture, Japan, in association with lanthanite-(Nd) and kimuraite-(Y).  
Name: After the late Prof. Kozo Nagashima (1925-1985)  
Type specimen: National Science Museum, Tokyo #NSM M27940  
Reference: Miyawaki, R. et al., *Am. Min.*, 85:1076-1081 (2000).

## 硬度

硬さ、堅さ、固さ、難さ、剛さ、粘り(脆さ) 靱、韌、

- ピッカース硬度
  - ダイヤモンド針を押しつけて窪みができる荷重
- モース硬度
  - 10種の指標鉱物に対する相対的な引っ掻き硬さ。

1. 滑石 2. 石膏 3. 方解石 4. 螢石 5. 燐灰石



$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$   $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   $\text{CaCO}_3$   $\text{CaF}_2$   $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$

6. 正長石 7. 石英 8. トパーズ 9. コランダム 10. ダイヤモンド



$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$

$\text{SiO}_2$

$\text{Al}_2\text{SiO}_5(\text{F},\text{OH})_2$

$\text{Al}_2\text{O}_3$

C

## 弾性、脆性、延性、展性、撓性

- 弾性: 応力をかけると変形するが、応力を除くと元に戻る性質。雲母
- 脆性: 応力をかけても変形しないで、応力が一定値を超えると破壊されてしまう性質。方解石、ダイヤモンド
- 延性: 引っ張り応力をかけると破壊されずに伸び、元に戻らない性質。自然金、自然銅
- 展性: 圧縮応力をかけると破壊されずに薄く広がり、元に戻らない性質。自然金、自然銅
- 撓性: 剪断応力をかけると破壊されずに湾曲し、元に戻らない性質。石こう、滑石、輝安鉱

## Kozoite-(Nd) Nd(CO<sub>3</sub>)(OH)

Ancylite group  
Polymorph of hydroxylbastnäsite-(Nd)



Crystal system: Orthorhombic  
Space group: *Pmnc*  
Z: 4  
Lattice constants:  
a = 4.9823(1), b = 8.5188(2), c = 7.2570(2) Å  
4 strongest diffraction lines [d(A), *hkl*]:  
4.29, 100, 110; 2.93, 89, 102; 2.33, 78, 131; 2.06, 78, 221  
Optical properties: High birefringence,  
n<sub>x</sub> = 1.693(2), γ = 1.780(5)  
Hardness: Not determined  
Density: 4.77 g/cm<sup>3</sup> (calc.)  
Cleavage: Not determined  
Habit: Euhedral showing rhombo-dipyramidal habit, and the dimension of crystal is approximately 10 μm or less  
Color - Luster: Pale pinkish purple to white with a vitreous to powdery luster  
Mode of occurrence: Occurs in cavity and fissure of alkali olivine basalt exposed at Nikōba, Hizet-cho, Higashi Matsuura-gun, Saga Prefecture, Japan, in association with lanthanite-(Nd) and kimurait-(Y).  
Name: After the late Prof. Kozo Nagashima (1925-1985)  
Type specimen: National Science Museum, Tokyo #NSM M27940  
Reference: Miyawaki, R. et al., *Am. Min.*, 85:1076-1081 (2000).

## 密度

- 単位体積当たりの質量 (g/cm<sup>3</sup>)
- 見かけ(色や形)と同じくらい重要な指標  
特に野外での鉱物観察 持ってみると、ずっしりくる感覚
- 一般に金属光沢、金剛光沢の鉱物は密度が大きく、脂肪光沢、樹脂光沢、ガラス光沢のものは密度が小さい。  
氷 0.9 g/cm<sup>3</sup>  
自然白金 21.5 g/cm<sup>3</sup>  
顕著な例外) 金属光沢を持つグラファイト 2.2 g/cm<sup>3</sup>  
樹脂からガラス光沢の重晶石 4.5 g/cm<sup>3</sup>
- 高圧力が作用して生成した鉱物は密度が大きい  
ダイヤモンド 3.5 g/cm<sup>3</sup>  
ひすい輝石 3.2 g/cm<sup>3</sup>

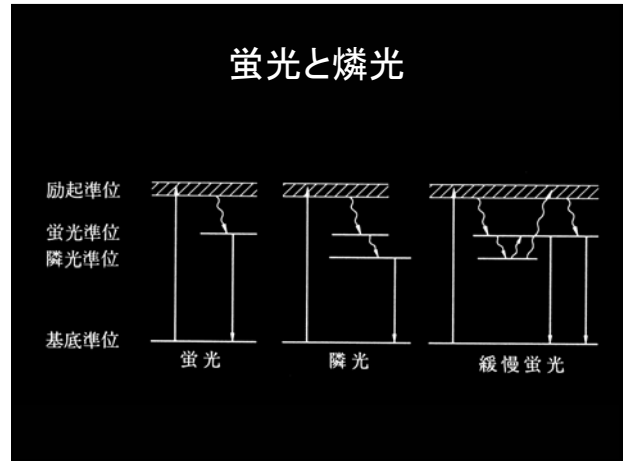
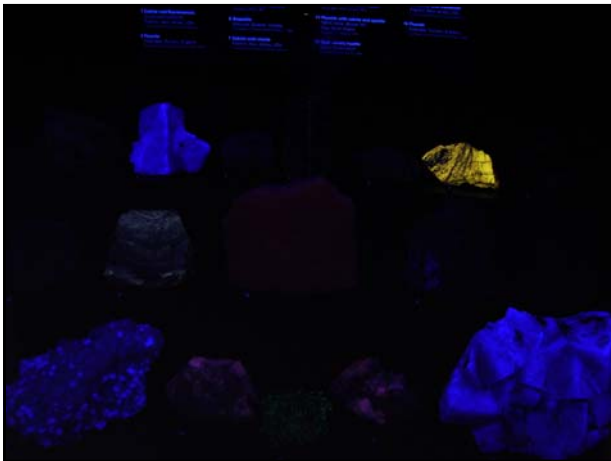
## 磁性

- 常磁性体と反磁性体、強磁性体
- 磁性のある鉱物は極めて少なく、鉄、ニッケルを主成分とする元素鉱物、酸化物、硫化物に限られる。 → 鉱物種をしぼり込める。
- 磁性を利用して鉱物を分離できる → 選鉱
- 磁性のある鉱物を含む岩石は自然残留磁気を持ち、その岩石の生成した時の地球の磁場の情報を残している。 → 古磁気の研究  
自然鉄、自然ニッケル、磁鉄鉱、マグヘマイト、磁硫鉄鉱など

## 発光

- 蛍光  
電磁波(励起光)が照射されている間だけ発せられる物質固有の電磁波。
- 磷光  
電磁波(励起光)の照射を止めるとしばらく発せられる物質固有の電磁波。
- 熱発光  
格子欠陥のある結晶に電磁波が照射されたものを加熱した時発光現象。
- 摩擦発光  
機械的刺激がエネルギー源となって発光現象。





### 電気的性質

- 電気伝導  
 導体、絶縁体、半導体・・・鉱石ラジオ
- 焦電気  
 結晶の部分加熱により帯電する現象 電気石
- 圧電気(ピエゾ電気)  
 結晶に圧力(衝撃)を加える帯電する現象 石英

### 放射性

- 放射性鉱物  
 放射能を持つ元素を主成分または主要な副成分とする鉱物  
 ・放射線の測定・・・ ガイガーカウンター  
                                          シンチレーションカウンター  
                                          電離箱
- メタミク鉱物:放射線によって結晶構造が部分的あるいは完全に破壊された鉱物 → 非晶質  
 加熱により、原構造を回復することもある
- 放射線による着色:火成岩中の黒雲母、角閃石、輝石、電気石がその中の放射性包有物周囲だけ色付く
- 絶対年代の測定

### 触感、臭い、味

- 触感:脂感、粗雑感、舌への吸い付き
- 臭い:  
 摩擦、打撃、加熱による臭いの発生  
 にんにく:As                      わざび:Se  
 硫黄:S                              腐卵:S(H<sub>2</sub>S)
- 味:水溶性の鉱物  
 苦味:エプソマイト、緑礬              甘い苦味:カリ明礬  
 塩辛い:岩塩                              清涼味:硝石  
 酸味:アルノーゲン  
**有毒な鉱物も多い!**  
 エプソマイト:MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O、緑礬:FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O、硝石:KNO<sub>3</sub>、アルノーゲン:Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·17H<sub>2</sub>O

### Kozoite-(Nd)

**Nd(CO<sub>3</sub>)(OH)**  
 Ancyllite group  
 Polymorph of hydroxylbastnäsite-(Nd)

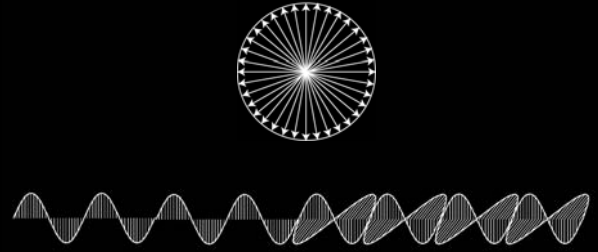
Crystal system: Orthorhombic  
 Space group: *Pmnc*  
 Z: 4  
 Lattice constants:  
 a = 4.9829(1), b = 8.5188(2), c = 7.2570(2) Å  
 4 strongest diffraction lines  $d(\text{Å}), h, k, l$ :  
 4.29, 100, 110, 2.93, 89, 102, 2.33, 78, 131, 2.06, 78, 221  
 Optical properties: High birefringence,  
 $n_x = 1.658(2), n_y = 1.720(5)$

Hardness: Not determined  
 Density: 4.77 g/cm<sup>3</sup> (calc.)  
 Cleavage: Not determined  
 Habit: Euhedral showing rhombo-dipyramidal habit, and the dimension of crystal is approximately 10 μm or less  
 Color - Luster: Pale pinkish purple to white with a vitreous to powdery luster  
 Mode of occurrence: Occurs in cavity and fissure of alkali olivine basalt exposed at Niihoba, Hizzen-cho, Higashi Matsuura-gun, Saga Prefecture, Japan, in association with lanthanite-(Nd) and kimuraite-(Y).  
 Name: After the late Prof. Kozo Nagashima (1925-1989)  
 Type specimen: National Science Museum, Tokyo #NSM M27940  
 Reference: Miyawaki, R. et al., *Am. Min.*, 85:1076-1081 (2000).

## 光学特性

- 偏光

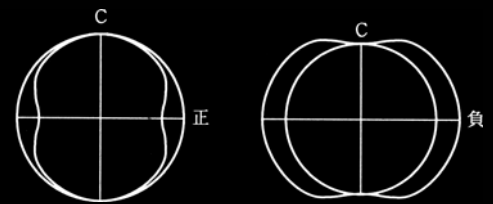
## 偏光



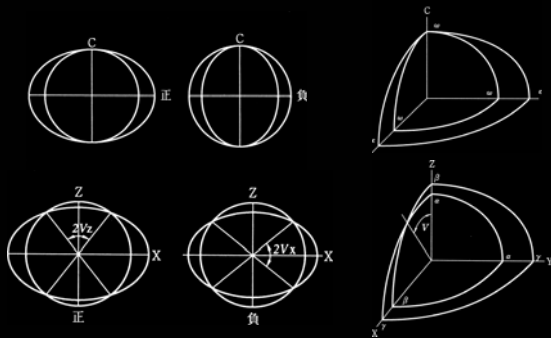
## 光学特性

- 偏光
- 光学的等方性と光学的異方性
  - 光学的等方性・・・立方(等軸)晶系、非晶質
  - 光学的異方性 通常光と異常光、光軸
    - 光学の一軸性結晶・・・正方晶系、六方晶系、三方晶系
    - 光学の二軸性結晶・・・斜方晶系、單斜晶系、三斜晶系
- 垂線速度曲面と屈折率曲面
  - 光速は屈折率に反比例する

## 垂線速度曲面の断面



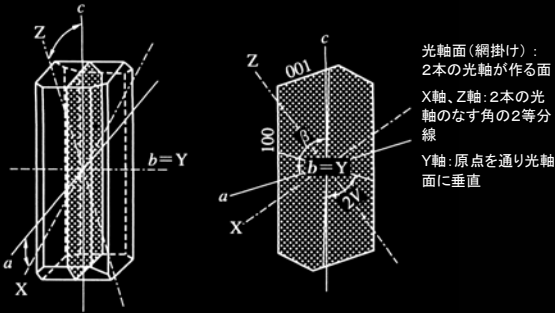
## 屈折率曲面



## 光学特性

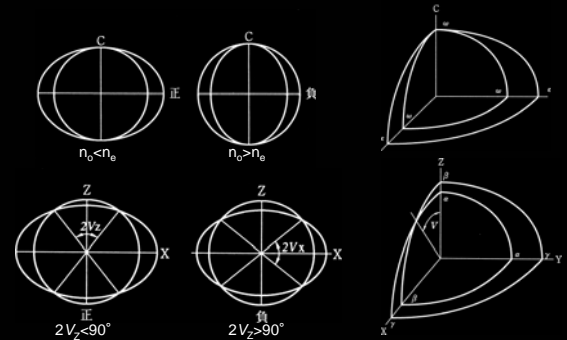
- 偏光
- 光学的等方性と光学的異方性
  - 光学的等方性・・・立方(等軸)晶系、非晶質
  - 光学的異方性 通常光と異常光、光軸
    - 光学の一軸性結晶・・・正方晶系、六方晶系、三方晶系
    - 光学の二軸性結晶・・・斜方晶系、單斜晶系、三斜晶系
- 垂線速度曲面と屈折率曲面
  - 光速は屈折率に反比例する
- 光学的彈性軸

## 光学的弾性軸



ひすい輝石の光学弾性軸(X,Y,Z)と結晶軸(a,b,c)の関係

## 屈折率曲面



## 光学特性

- 偏光
- 光学的等方性と光学的異方性
  - 光学的等方性・・・立方(等軸)晶系、非晶質
  - 光学的異方性 通常光と異常光、光軸
    - 光学の一軸性結晶・・・正方晶系、六方晶系、三方晶系
    - 光学的二軸性結晶・・・斜方晶系、単斜晶系、三斜晶系
- 垂線速度曲面と屈折率曲面
  - 光速は屈折率に反比例する
- 光学的弾性軸
- 光学性
  - 一軸性結晶・・・光学的に正、光学的に負
  - 二軸性結晶・・・二軸性の正、二軸性の負(光軸角)



つづく

Kozoite-(Nd),  $\text{NdCO}_3\text{OH}$ , a new mineral from Saga Prefecture