

地球科学 特別講義A

3

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
- 岩石は数種(まれに一種)の鉱物の集合体
- 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
- 1つの鉱物種の化学組成には一定の幅がある
- 同形置換にはイオンの電荷と大きさが重要
- 結晶構造を理解するには空間群の知識が要る
- 空間群は晶系、格子、対称要素で決まる

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。

Kozoite-(Nd) Nd(CO₃)(OH)

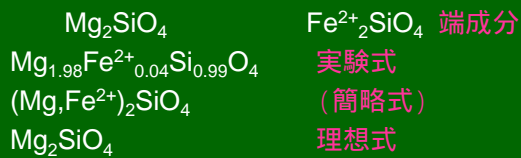
Ancylite group
Polymorph of hydroxylbastnäsite-(Nd)



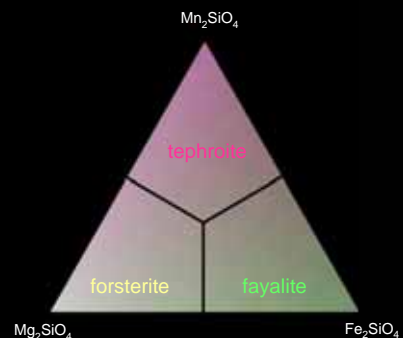
Crystal system: Orthorhombic
Space group: *Pmnc*
Z: 4
Lattice constants:
a = 4.9829(1), *b* = 8.5189(2), *c* = 7.2570(2) Å
4 strongest diffraction lines [*d*(Å), *hkl*]:
4.29, 100, 110; 2.93, 89, 102; 2.33, 78, 131; 2.06, 78, 221
Optical properties: High birefringence,
*n*_α = 1.689(2); *n*_γ = 1.780(5)
Hardness: Not determined
Density: 4.77 g/cm³ (calc.)
Cleavage: Not determined
Habit: Euhedral showing morbo-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 Nikkoba, Hizen-cho,
Hiogashi 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).

鉱物の化学組成

- 同形置換による固溶体の形成



- ベガードの法則



化学結合

- 共有結合
- イオン結合
- 金属結合
- 配位結合
- 水素結合
- 分子間力 (ファン・デル・ワールスカ)

Kozoite-(Nd)
Nd(CO3)(OH)

Ancylite group
 Polymorph of hydroxylbastnäsite-(Nd)

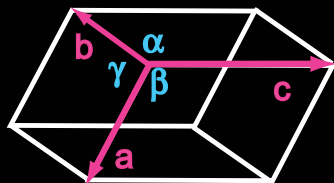
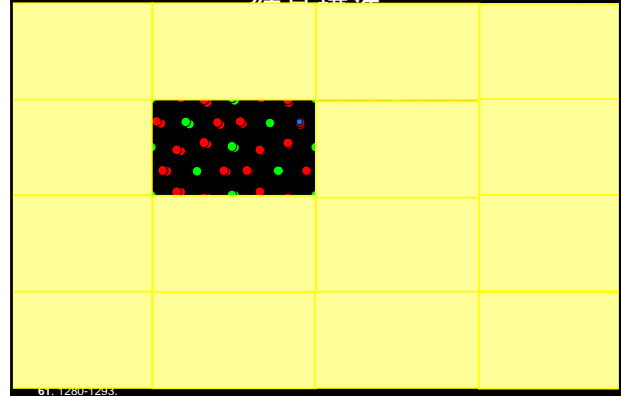
Crystal system: Orthorhombic
 Space group: *Pmnc*
 Z: 4
 Lattice constants:
 $a = 4.9823(1)$, $b = 8.5188(2)$, $c = 7.2570(2)$ Å
 4 strongest diffraction lines [d (Å), hkl]:
 4.29, 100, 110; 2.93, 89, 102; 2.33, 78, 131; 2.06, 78, 221
 Optical properties: High birefringence,
 $n_x = 1.693(2)$, $n_y = 1.780(5)$
 Hardness: Not determined
 Density: 4.77 g/cm³ (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 Niikoba, Hizen-cho,
 Higashi Matsuura-gun, Saga Prefecture, Japan, in
 association with lanthanite-(Nd) and kimuraité-(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).



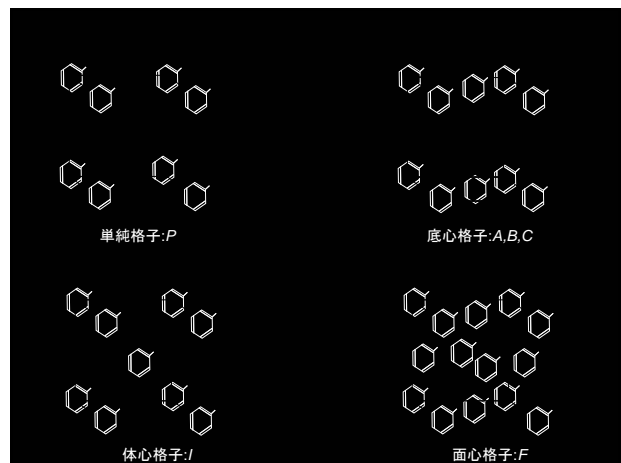
結晶系

- 三斜晶系 triclinic
- 単斜晶系 monoclinic
- 斜方晶系 orthorhombic
- 正方晶系 tetragonal
- 三方晶系 trigonal
- 六方晶系 hexagonal
- 立方晶系 cubic

苦土橄欖石, forsterite [Mg₂SiO₄]₀



- | | |
|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma$: | triclinic |
| $a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$: | monoclinic |
| $a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$: | orthorhombic |
| $a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$: | tetragonal |
| $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$: | trigonal |
| $a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma = 120^\circ$: | hexagonal |
| $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$: | cubic |

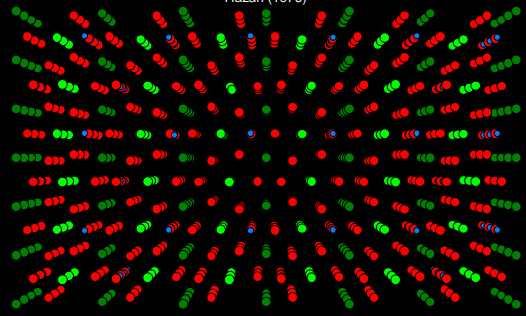


結晶系

- 三斜晶系 triclinic P
- 単斜晶系 monoclinic P,C
- 斜方晶系 orthorhombic P,C,F,I
- 正方晶系 tetragonal P,I
- 三方晶系 trigonal P,R
- 六方晶系 hexagonal P
- 立方晶系 cubic P,F,I

苦土橄欖石, forsterite $[Mg_2SiO_4]$ の結晶構造

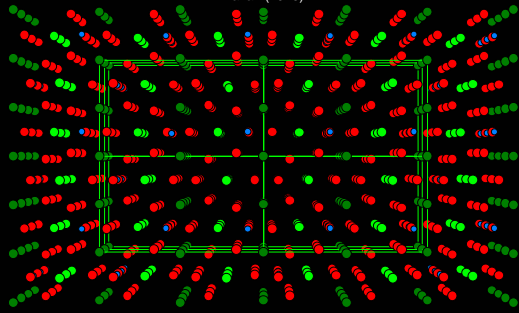
Hazan (1976)



Hazan, R. M. (1976) Effects of temperature and pressure on the crystal structure of forsterite. *Am. Mineral.*, 61, 1280-1293.

苦土橄欖石, forsterite $[Mg_2SiO_4]$ の結晶構造

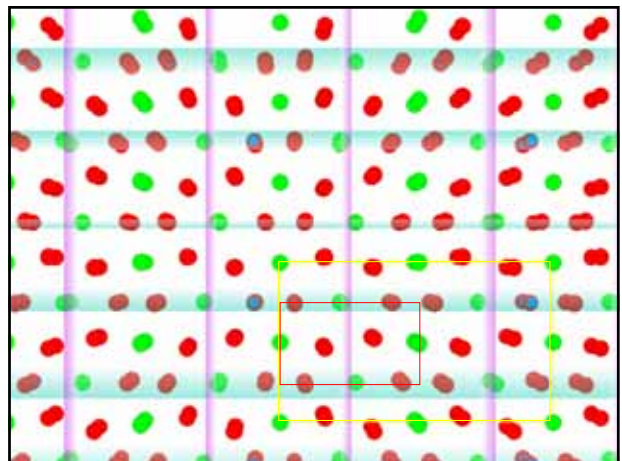
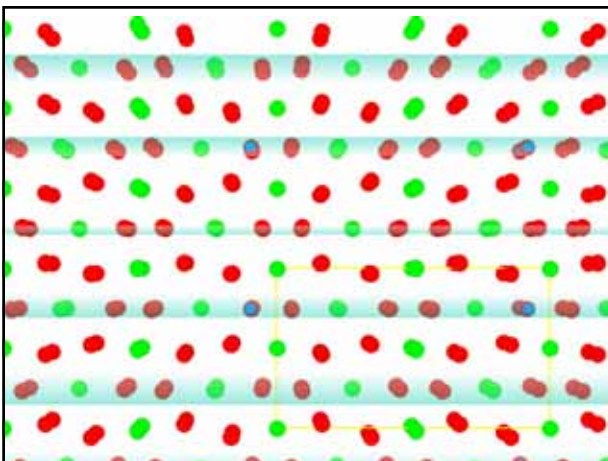
Hazan (1976)

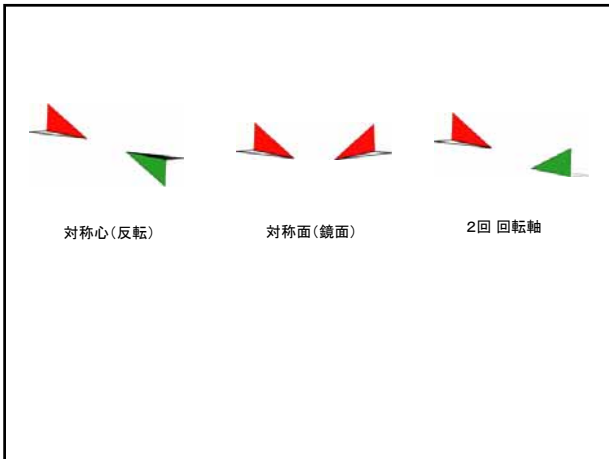


Hazan, R. M. (1976) Effects of temperature and pressure on the crystal structure of forsterite. *Am. Mineral.*, 61, 1280-1293.

結晶系

- 三斜晶系 triclinic P
- 単斜晶系 monoclinic P,C
- 斜方晶系 orthorhombic P,C,F,I
- 正方晶系 tetragonal P,I
- 三方晶系 trigonal P,R
- 六方晶系 hexagonal P
- 立方晶系 cubic P,F,I





対象要素

- 対称心(反転) $\bar{1}$
- 対称面(鏡面) m ($\bar{2}$)
- 回転軸 $2, 3, 4, 6$
- らせん軸 $2_1, 3_1, 3_2, 4_1, 4_2, 4_3, 6_1, 6_2, 6_3, 6_4, 6_5$
- 映進面 a, b, c, n, d
- 回反軸 $\bar{4}$

らせん = 回転 + 並進
 映進 = 鏡面 + 並進
 回反 = 回転 + 反転

空間群

- 230種類の空間群


対称要素

空間格子(ブラベ格子): 14
 [結晶系と格子の組み合わせ]

結晶系: 7

Kozoite-(Nd)

Nd(CO₃)(OH)
 Ancyliite group
 Polymorph of hydroxylbastnäsite-(Nd)



Crystal system: Orthorhombic
 Space group: *Pmncn*
 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,
 α = 1.699(2), γ = 1.780(5)
 Hardness: Not determined
 Density: 4.77 g/cm³ (calc.)
 Cleavage: Not determined

Habit: Euhedral showing mombo-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 Nikkoba, 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).

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、錘状、・・・
- **他形** 制限された空間で成長・・・後から晶出

繊維状



ソーダ灰珪石: $\text{Ca}_2\text{NaSi}_2\text{O}_7(\text{OH})$ 三斜



蛇紋石(一般名): $\text{A}_3\text{B}_2\text{O}_5(\text{OH})_2$ 単斜、斜方

針状



トムソン沸石: $\text{NaCa}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{20} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 斜方



若林鉱: $(\text{As,Sb})_{11}\text{S}_{18}$ 単斜

柱状



緑柱石: $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ 六方

リシア電気石: $\text{Na}(\text{Li,Al})_3\text{Al}_3(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_2$ 三方



霏石: CaCO_3 斜方

輝安鉱: Sb_2S_3 斜方



板状



水鉛鉛鉱(黄鉛鉱): PbMoO_4 正方



重晶石: BaSO_4 斜方

粒状



滿壁石榴石: $\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$ 立方

晶相と晶癖

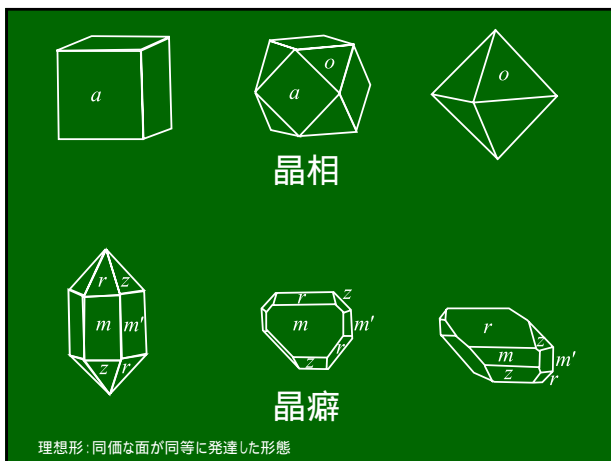
殆どの鉱物は規則的に原子が並んでいる**結晶質**である。

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



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

球状



炭酸水酸磷灰石: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ 六方



ランタン弘三石: $\text{La}(\text{CO}_3)(\text{OH})$ 斜方

ぶどう状




ぶどう石: $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ 斜方、単斜
島根県美保関市
松原 聰 「日本の鉱物」より




菱亜鉛鉱: ZnCO_3 三方

魚卵状



$\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{AsO}_4)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ 斜方



オパール: 富山県立山町の温泉沈殿物
球の直径は2~3mm
松原 聰 「日本の鉱物」より

皮状



ハリゴルスキー石: $(\text{Mg,Al})_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 単斜、斜方

集合状態

- ・結晶成長による集合組織
 - 平行成長 (平行連晶)
 - 双晶成長
 - エピタキシャル成長
 - 共融組織
 - コロフォーム組織
 - 包有物 (インクルージョン)
- 相変態 (離溶・分解など) による集合組織
- 置換反応による集合組織

平行連晶



紅鉛鉱: $PbCrO_4$ 単斜



$NaCaB_3O_7(OH)_2 \cdot 5H_2O$ 三斜

双晶



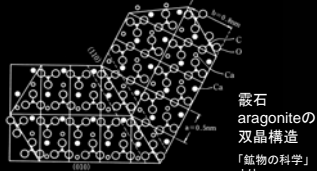
水晶 (日本式双晶): SiO_2 三方



正長石: $KAlSi_3O_8$ 単斜



石膏: $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ 単斜



コロフォーム



藍銅鉱: $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$ 単斜



異極鉱: $Zn_3Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$ 斜方

相変態 (離溶・分解など) による 集合組織



隕鉄のウイドマンシュテッテン組織:

テーナイト [γ -Fe,Ni] が徐冷される時、(111)面に沿ってカマサイト [α -Fe,Ni] が晶出

Kozoite-(Nd)

$Nd(CO_3)_2(OH)$

Ancylite group

Polymorph of hydroxylbastnäsite-(Nd)



Crystal system: Orthorhombic

Space group: $Pnmc$

Z: 4

Lattice constants:

$a = 4.9829(1)$, $b = 8.5188(2)$, $c = 7.2570(2)$ 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,

$\alpha = 1.658(2)$, $\gamma = 1.730(5)$

Hardness: Not determined

Density: 4.77 g/cm³ (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 Nikoba, Hizen-cho,

Higashi Matsuura-gun, Saga Prefecture, Japan, in

association with lanthanite-(Nd) and kimuraite-(Y).

Name: After the late Prof. Kozo Nagashima

(1925-1989)

Type specimen: National Science Museum, Tokyo

#NSM M27940

Reference: Miyawaki, R. et al. *Am. Min.*,

85:1076-1081 (2000).

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。

劈開



{101} perfect



{001} perfect



{001} perfect



{010} perfect

断口



鉄礬石榴石: $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$ 立方



水晶(玉髄): SiO_2 三方

Kozoite-(Nd) $\text{Nd}(\text{CO}_3)(\text{OH})$

Ancylite 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), I/I₀, hkl]:
4.29, 100, 110; 2.93, 89, 102; 2.33, 78, 131; 2.06, 78, 221
Optical properties: High birefringence,
 $\alpha = 1.689(2)$; $\gamma = 1.780(5)$
Hardness: Not determined
Density: 4.77 g/cm³ (calc.)
Cleavage: Not determined
Habit: Euhedral showing morbo-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 Niikobe, Hizen-cho,
Hiogashi Matsuura-gun, Saga Prefecture, Japan, in
association with lanthanite-(Nd) and kimuraite-(Y).
Name: After the late Prof. Kozo Nagashima
(1928-1988)
Type specimen: National Science Museum, Tokyo
#NSM M27940
Reference: Miyawaki, R. et al., *Am. Min.*,
85:1076-1081 (2000).

つづく

Kozoite-(Nd), NdCO_3OH , a new mineral from Saga Prefecture