

[4] 相平衡図(3)

B 2成分系の相平衡図

<2成分系の相平衡図の読み方>

(ii) 系の温度が変化した時の系の状態変化を記述する.

平衡結晶作用(equilibrium crystallization):

平衡溶融作用(fractional crystallization):

分別結晶作用(equilibrium fusion):

分別溶融作用(fractional fusion):

例1: Forsterite-Silica 系について, Fo80SiO<sub>2</sub>20 の組成の液を冷却した場合の系の変化

平衡結晶作用(equilibrium crystallization): 系の組成が一定で平衡が常に成立して冷却

1. ~1690°C, 液 (Fo80SiO<sub>2</sub>20 )のみが存在.
2. 1690°Cでかんらん石 (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) が晶出し始める
3. 1690~1557°C, かんらん石 (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) と液 (Fo80SiO<sub>2</sub>20 → 点 p ヘリキダス上を変化) が共存する. かんらん石と液の量比の記述.
4. 1557°Cで, かんらん石+液(点 p 組成)=プロト輝石, の反応が生じ液はなくなり, かんらん石とプロト輝石が約 2:1で共存するようになる.
5. 1557~1543°C, かんらん石とプロト輝石が約 2:1で共存.

分別結晶作用(fractional crystallization): 系から晶出した結晶が次々取り去られる場合

1. ~1690°C, 液 (Fo80SiO<sub>2</sub>20 )のみが存在.
2. 1690°Cでかんらん石 (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) が晶出し系から取り去られる.
3. 1690~1557°C, と液 (Fo80SiO<sub>2</sub>20 → 点 p ヘリキダス上を変化) からかんらん石(Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>)が晶出して系から取り去られる.
4. 1557°Cで, 液(点 p 組成)から晶出する結晶はかんらん石からプロト輝石 (MgSiO<sub>3</sub>)になる.
5. 1557~1543°C, 液(点 p→e)からプロト輝石が晶出し取り去られる.
6. 1543°C, 液(e 組成)から, プロト輝石と鱗珪石 (cristobalite :SiO<sub>2</sub>)が晶出し固化する. この時の量比は, プロト輝石:鱗珪石=86:14 程度.

Q9-1: Anorthite70-Diopside30 の岩石に熱を加えて生じる変化を, 平衡溶融過程, 分別溶融過程の夫々について記述しなさい.

Q9-2: Albite50-Anorthite50, 1500°Cの液が冷却されたとき生じる変化を記述しなさい.

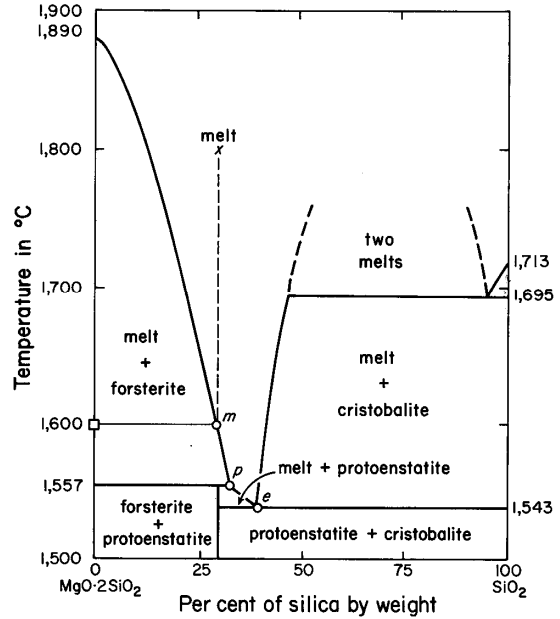


図1 Forsterite-SiO<sub>2</sub>系, 1 気圧

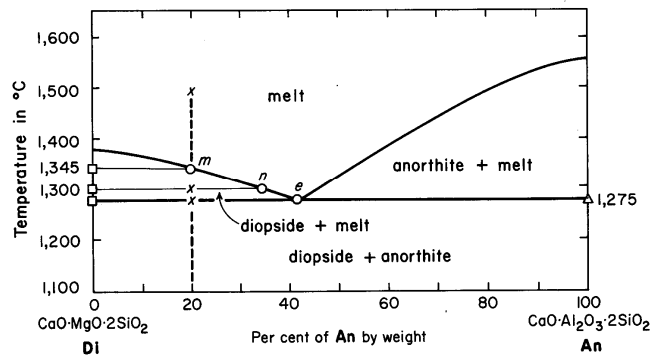


図2 Diopside (透輝石)-Anorthite(灰長石)系, 1 気圧.

Quiz-4 (要提出) Anorthite70, Diopside30の固相に1気圧で熱を加えて生じる変化を, 平衡溶融作用, 分別溶融作用の両方について記述しなさい.

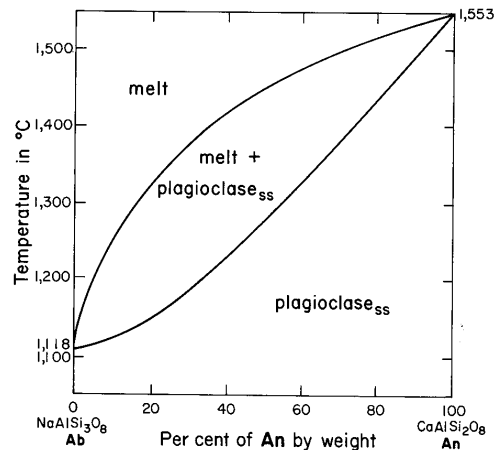


図3 Albite-Anorthite 系, 1 気圧

**C 3 成分系の相平衡図(Ternary diagrams)**

<表示方法>: 3成分系の相平衡図は、温度軸から三角形で表した組成平面に、リキダス面を投影して相平衡関係を表す。組成は、三角形の中の一点で表示され、各辺からの高さがその端成分の濃度比になる。⇒線形な相加性が成り立つ

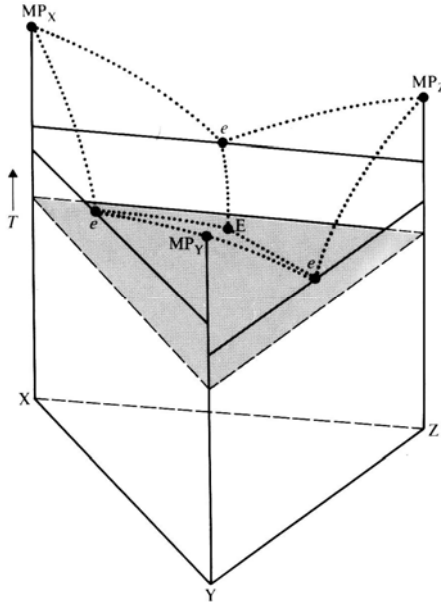


図4 3成分系相平衡図の温度軸からの投影法

<レバールール> 3成分系でも、成分の混合・加算は幾何学的に線分の長さの比で表され、レバールールが成り立つ。

<相律>  $F=C+2-P$

圧力一定の3成分系では4相が共存(液+3固相)する場合、 $F=0$ で不変点(invariant point), 3相が共存する場合、 $F=1$ で univariant line, 2相が共存する場合、 $F=2$ で divariant surface となる。

<3成分系の相平衡図の読み方>

・固溶体がある場合:

読み方1: Fo35-An50-SiO<sub>2</sub>15 の組成の液を 1,500°Cから冷却した時の変化

(平衡結晶作用)

与えられた組成の液の液相面の温度は約 1,360°Cであるので、  
 1,500-1,360°C: 液 (Fo35-An50-SiO<sub>2</sub>15)のみ  
 1,360°Cでかんらん石 (Fo)が晶出を開始し、液組成は Fo から逆方向に変化する。1360-1,280°C: かんらん石+液が共存  
 1,280°Cで続いて灰長石 (An)が晶出を開始し、液組成は B⇒rに変化する。 1280-1,260°C: Fo+An+melt が共存  
 1260°Cでr組成の液と Fo が反応し、En が晶出する。最終的に液は全て反応し、An50-En50 の固相となり、そのまま冷却する。

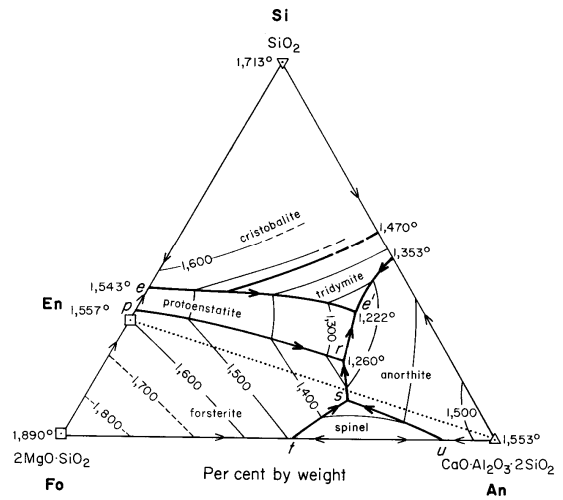


図5 Fo-An-SiO<sub>2</sub>系 (P=1atm)

(分別結晶作用)

1,500-1,360°C: 液 (Fo35-An50-SiO<sub>2</sub>15)のみ  
 1,360°Cでかんらん石 (Fo)が晶出を開始し、晶出した Fo は系から除外され、液組成は Fo から逆方向に変化する。1360-1,280°C: 液組成は A⇒B に変化  
 1,280°Cで灰長石 (An) + Fo が晶出し結晶は系から除外され、液組成は B⇒rに変化する。  
 1260-1222°Cで En+An が晶出し、固相は系から除外され、液組成は r ⇒ e' に変化する。1,222°Cで、液と同じ組成の En+An+tridymite が晶出し、固相は取り去られ、最終的に液がなくなり終了する。

<形成される固相岩石>:

- (平衡結晶作用) En50 + An50
- (分別結晶作用) Fo, Fo30 + An70, En40 + An60, En25 + An50 + Tridymite25

・固溶体がある場合

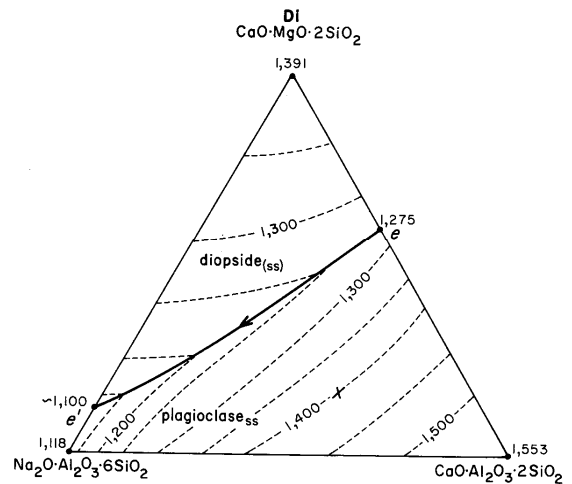


図6 Di-Ab-An系 (P=1atm)

3 成分系で固溶体を含む場合は、液組成と固溶体の共存関係が示されないと一般には液組成変化等を知ることはできない。実際の相平衡実験では液と固溶体の共存関係を求める。

・一部に固溶体がある場合

Forsterite-Diopside-SiO<sub>2</sub> 系は、マントルかんらん岩の主要鉱物を含みその部分熔融過程を理解するために重要であり、多くの実験的研究が行われてきた。ここでは、その相図を示し、簡単な問題を記す。

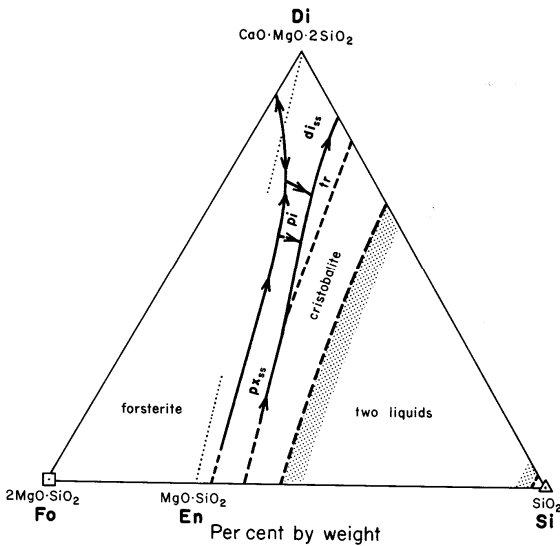


図7 Fo-Di-SiO<sub>2</sub>系 (一気圧)

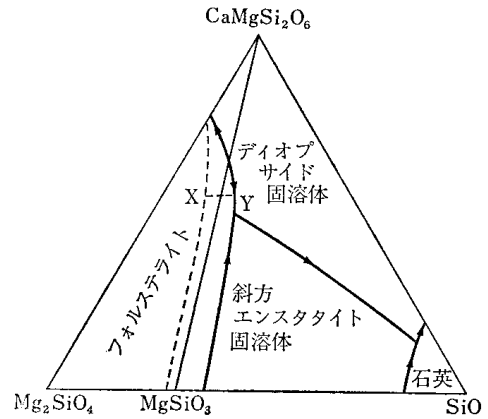


図 25.6 フォルステライト (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>)-デオプサイド (CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>)-SiO<sub>2</sub> 系の 20kb 水蒸気圧下での相平衡図。破線は 20kb 無水の場合(久城育夫, 1969 による)<sup>4)</sup>。

図9 Fo-Di-SiO<sub>2</sub>系相平衡図(2 万気圧, 水飽和下)

Q9-3 2 万気圧水を含まない条件で、Fo<sub>80</sub>-Di<sub>10</sub>-SiO<sub>2</sub><sub>10</sub>の組成のかんらん岩が熔融した場合生じる液組成を、平衡熔融の場合と、分別熔融の場合について答えなさい。図8右図の X 組成の液が 1 気圧で結晶作用した場合、どのような岩石が生じるか、平衡結晶作用と分別結晶作用について答えなさい。

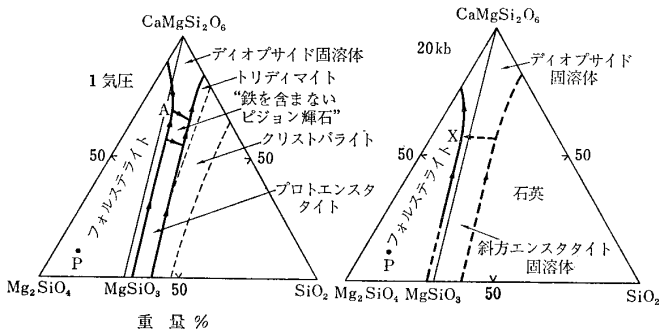


図 25.3 フォルステライト(Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>)-デオプサイド(CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>)-シリカ系の 1 気圧および 20kb (2 万気圧) 下での相平衡図(1 気圧は Bowen, 1914<sup>4)</sup>; Schairer and Yoder, 1962<sup>4)</sup>; Kushiro and Schairer, 1963<sup>4)</sup>, また 20kb は久城育夫, 1969<sup>4)</sup>による)

図8 Fo-Di-SiO<sub>2</sub>系相平衡図(1気圧と2万気圧を比較したもの)