

§ 二元合金状態図

図 9 の真中に A, B 二元平衡状態図を示す.

横軸は A の組成

最も左の B は B 元素 100% の純粋状態

最も右の A は A 元素 100% の純粋状態

縦軸は温度である.

温度 T_1 で B ($x_A = 0$) から A ($x_A = 1$) へ見てゆくと, 始めは α 相 (固相) 単相で, 更に α 相と液相の二相分離状態となる. さらに液相線を右に越えると液相 (Liquid) 単相となる.

温度 T_2 で B から A へ見てゆくと, 始めは α 単相で, 溶解度曲線を越えると, α 相と β 相 (固相) の二相分離状態となる. このとき各相の出現割合はこの原理に従う. さらに右へ組成をずらすと β 単相となり, その後, β 相と液相の二相分離状態を経て, 最後には液相単相となる.

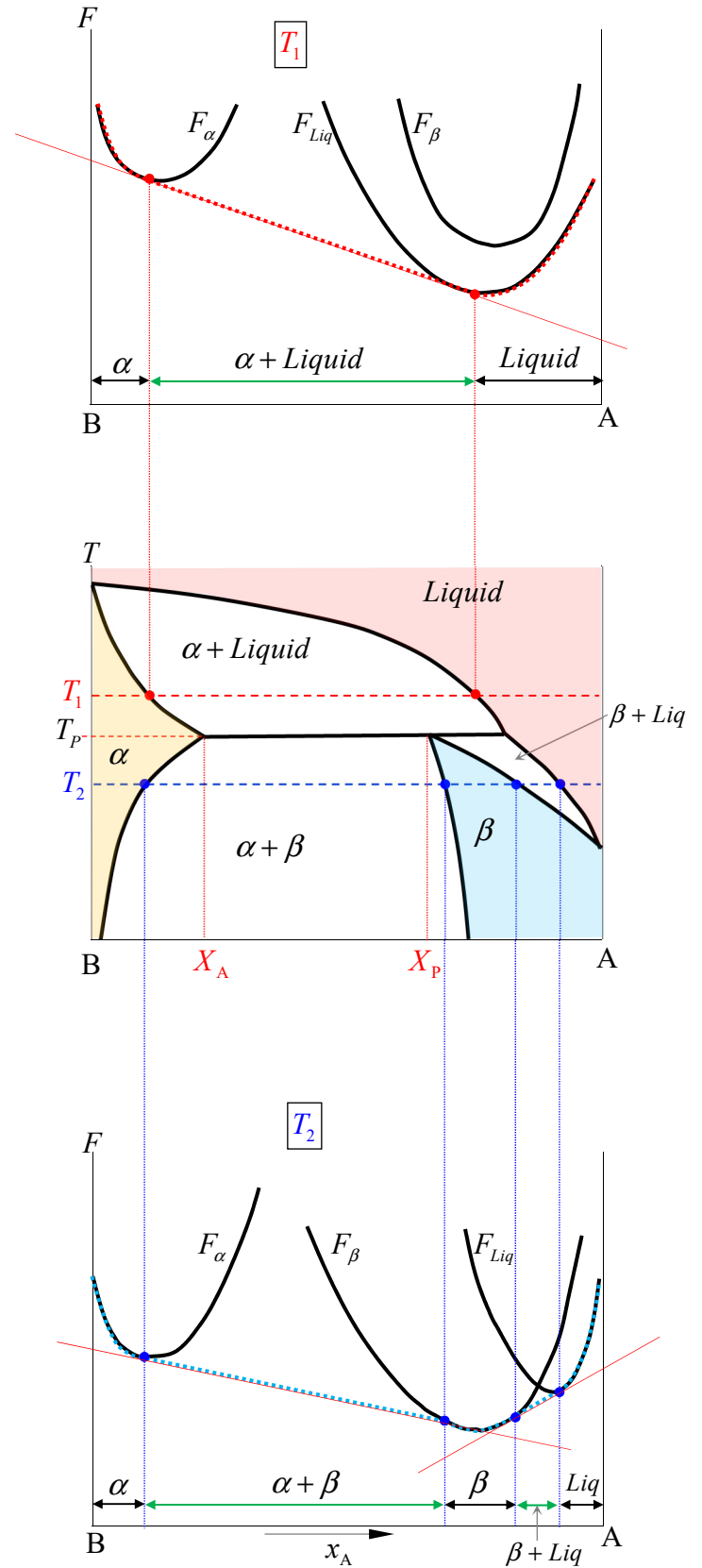


図 9

§ 相律

f : 自由度の数 温度 T , 圧力 P , 濃度 x などの中で独立に変化可能な状態変数の数 (freedom)

c : 成分の数 (constituent or component)

p : 共存している相の数 (phase)

$$f = c - p + 2 \quad (1)$$

通常の実験条件では圧力が一定なので自由度は一つ減って

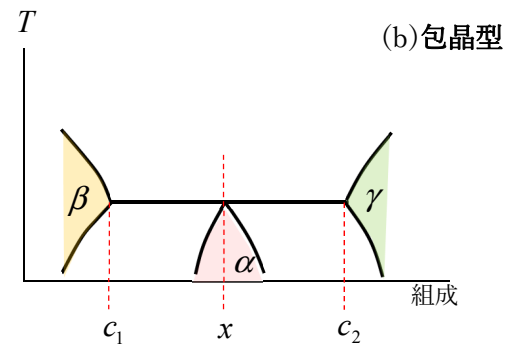
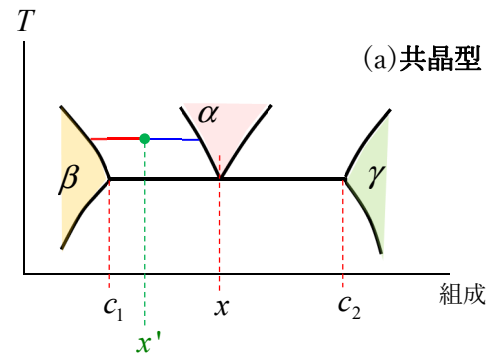
$$f' = c - p + 1 \quad (2)$$

§ 相律と二元状態図

式(2) $f' = c - p + 1$ において, $c = 2$ なので
 $f' = 3 - p$

二元合金の平衡状態図の特徴

c	p	f'	状態図における特徴
2	1	2	直線, 曲線で囲まれた領域. その中では温度と組成を任意に変えられる
2	2	1	二相が向かい合った一組の曲線 てこの法則が成立 温度又は組成の一方を変化できる
2	3	0	組成が一定の3つの相が一定温度で共存 水平線によって表現される 温度も, 組成も変化させられない



三相が共存し, 自由度が無くなる場合は図 10(a),(b)の二種類

図(a)の共晶型 (共析型) の場合は, $\alpha(x) \xrightleftharpoons[\text{←加熱}]{\text{冷却→}} \beta(c_1) + \gamma(c_2)$

x 組成の高温相 (α 相) を水平線の上の温度から冷却すると, 水平線上で α, β, γ の三相が共存する.

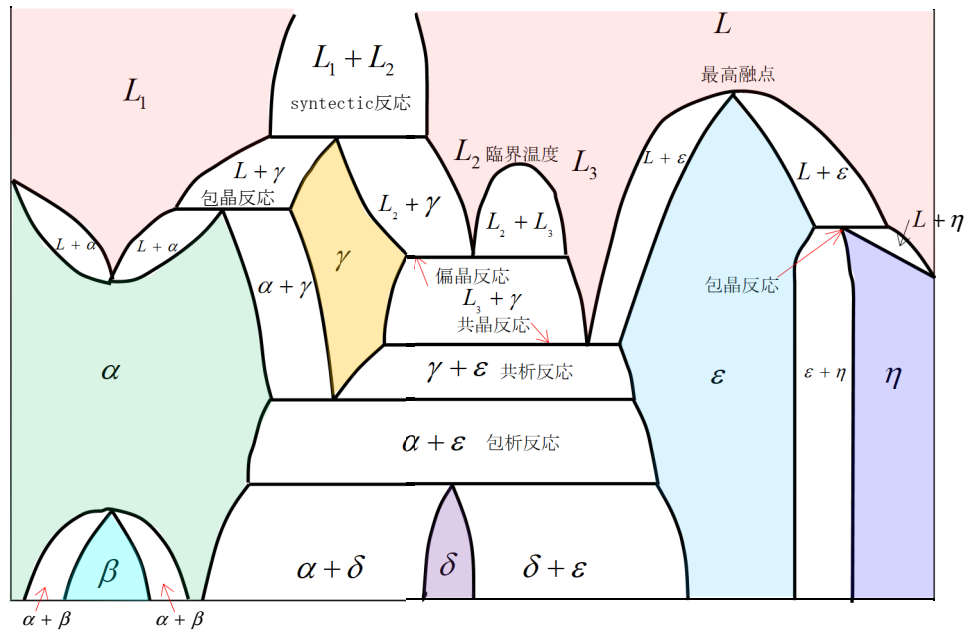
- α が液相, β と γ が固相のとき : 共晶反応 (eutectic)
- α, β, γ がすべて固相のとき : 共析反応 (eutectoid)
- α が液相, β 又は γ のどちらかが液相のとき : 偏晶反応 (monotectic)

図(b)の包晶型の場合は, $\beta(c_1) + \gamma(c_2) \xrightleftharpoons[\text{←加熱}]{\text{冷却→}} \alpha(c)$

- β 又は γ のどちらか一方が液相でその他二相が固相のとき : 包晶反応(peritectic)
- α, β, γ がすべて固相のとき : 包析反応 (peritectoid)
- β と γ が液相で α が固相のとき : シンテクティク反応(syntactic)と呼ぶ.

金属間化合物の組成が温度により変化せず, 組成が化学量論的(stoichiometric)組成である場合は, 状態図で垂直な一本の線となる.

§ 仮想平衡状態図

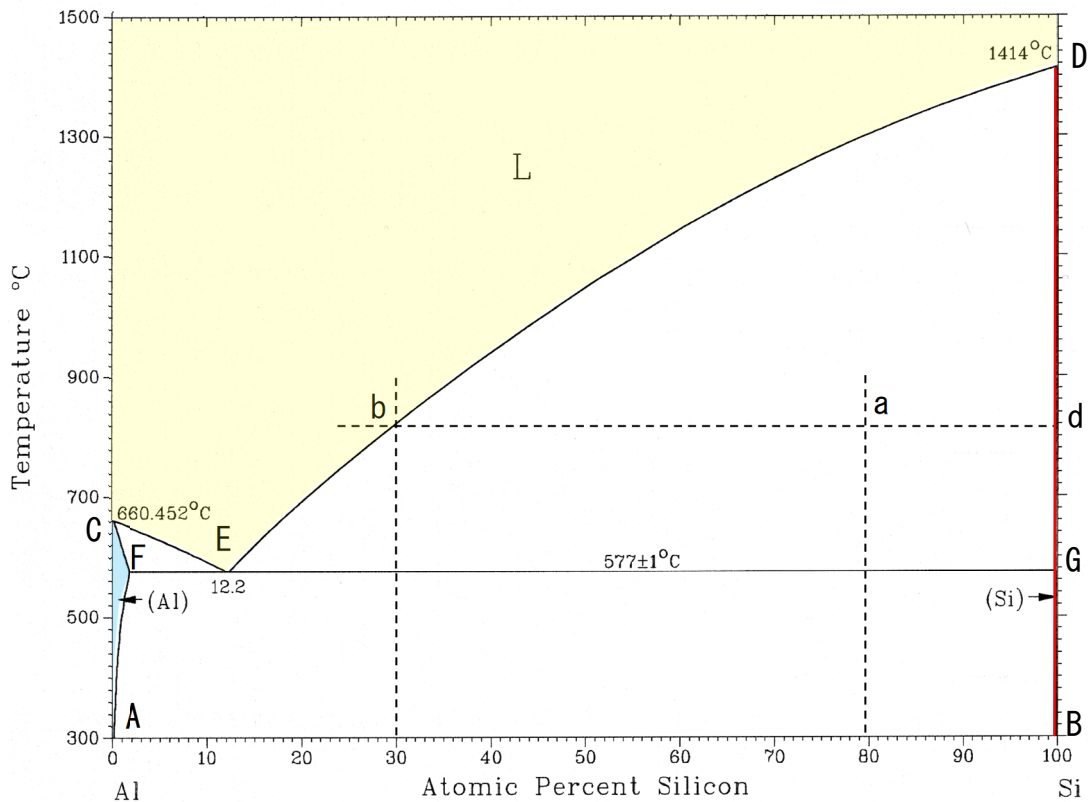


仮想平衡状態図

一般原則

- (1) 単相領域は他の単相領域と1点で接触する。
相境界線に沿って二つの単相領域が接触する事はない。
- (2) 二つの単相領域の間には、これらの各相が共存する二相領域がある。
- (3) 三相等温線（図の水平線）からは三個の単相領域が発生している。
言い換えると、各水平線からは6本の相境界線がつながっている。
- (4) 二つの三相等温線は一つの二相領域により連結されている。
- (5) 二相領域の境界線を三相等温線との交点で延長した場合、
それは他の二相領域へ入るが、**単相領域に延長されることはない。**

図は Al-Si 系の二元平衡状態図である。空欄を埋めよ。



Al-Si 系の二元平衡状態図

点は Al の融点で、それは °C である。Si の融点は °C である。

図の (Al) と示してある領域は であり、Al と同じ f.c.c. 構造を示す。

その固溶限は at% Si である。

図中の L の領域は であり、すべての組成で均一に混じっている。

E は 点であり、この組成で L の状態からゆっくり温度を降下させると、577°C では、 と が同時に晶出する。

80 at% Si の a 点でこの材料を保持すると、 点の Si と at% Si の液体が

: の割合で生ずる。

この状態から温度を降下させると、液体の濃度は、 富組成へ変化する。

以下の設問 (1) ~ (4) に解答しなさい。

(1) 物理的関係式を基に基本単位から組立単位は組み立てられている。以下の SI 組立単位を SI 基本単位 (長さ [m], 質量 [kg], 時間 [s]) を用いて空欄 [①] ~ [④] に表現しなさい。

力の単位(Newton): $1 [N] = 1 [\text{ ① }]$, 仕事の単位(Joule): $1 [J] = 1 [\text{ ② }]$

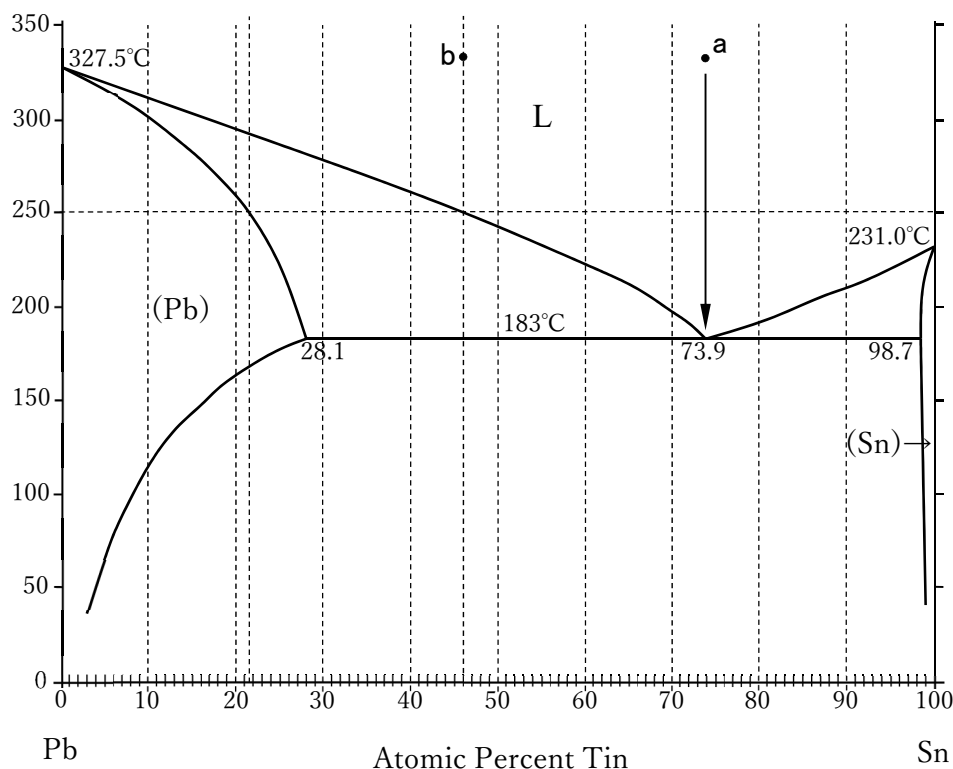
圧力の単位(Pascal): $1 [Pa] = 1 [\text{ ③ }]$, 仕事率の単位(Watt): $1 [W] = 1 [\text{ ④ }]$

(2) 圧力: P 一定の下で, 系への熱: Q の出入りの向き, 系の内部エネルギー: U の変化, 系の体積: V の変化を定義・図示し, 熱力学の第一法則を説明しなさい。ただし, 物理量: $*$ の微分量を $d *$ とする。

(3) 定圧下での熱力学の第二法則について図示し, 第一法則と組み合わせてクラウジウスの不等式を導きなさい。ただし系のエントロピーを S , 外系の温度を $T_{\text{外}}$, 圧力を $P_{\text{外}}$ とし, 物理量: $*$ の差分量を $\Delta *$ とする。

(4) Pb-Sn 二元状態図について下記の空欄 [①] ~ [⑮] を埋めなさい。

Temperature °C



錫の融点は [①] °Cである。(Pb)の領域は鉛の [②] である。この合金の共晶点は [③] at%Sn,

[④] °Cであり, この組成の a 点から温度を下げてゆくと, 共晶温度で [⑤] at%Sn の [⑥] と

[⑦] at%Sn の [⑧] が, [⑨] : [⑩] の割合で析出する。b 点から温度を下げてゆくと [⑪] °Cで

[⑫] at%Sn の [⑬] が析出し始め, さらに温度を下げてゆくと, 液相の錫の濃度は徐々に

[⑭] し, [⑮] at%Sn に至る。