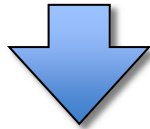


基礎材料組織学 第 11 回

- 前回：
- ・ 固溶体の概要
 - ・ 全率固溶型平衡状態図



- 今回：
- ・ てこの関係
 - ・ 共晶型（I）平衡状態図

11.1 てこの関係

●図 11.1 の e 点 (L+S 領域内=液相と固相の混合状態, 元の組成: A40%-B60%) において,

・液相: 質量 m_L , 組成 X_L
 ・固相: " m_S , " X_S
 ・全体: " m_T , " X_T

本講義では B 金属の値を用いる

と表すと, 以下の関係が導かれる.

$$m_L + m_S = m_T \quad (1)$$

$$X_L m_L + X_S m_S = X_T (m_L + m_S) \quad (2)$$

液相と固相にそれぞれ含まれている B 金属の質量の和
 全体の B 金属の質量

・式(2)を変形

$$m_S (X_T - X_S) = m_L (X_L - X_T) \quad (2)'$$

→ 仮想的なてこ (図 11.2) に基づくと, 式(2)' が成り立つことがわかる... 「てこの関係」

・式(1), (2)から変形

$$\frac{m_S}{m_T} = \boxed{F_S} = \frac{X_L - X_T}{X_L - X_S}, \quad \frac{m_L}{m_T} = \boxed{F_L} = \frac{X_T - X_S}{X_L - X_S} \quad (3)$$

固相の存在割合 液相の存在割合

F_S, F_L : 全体の B 金属の質量に対する、固相または液相の B 金属の質量の比 F_S or F_L

→ 固相または液相の存在割合

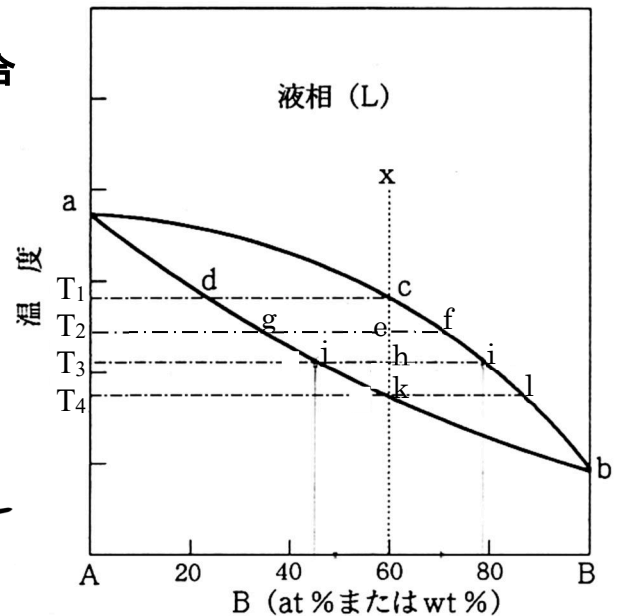


図 11.1 全率固溶型平衡状態図(再掲)

[二元合金状態図集, アグネ技術センター]

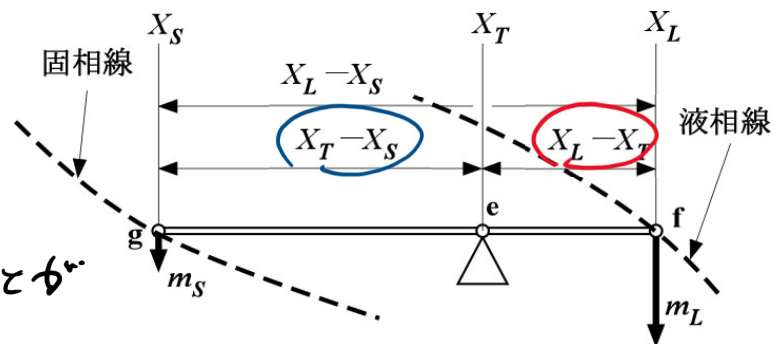


図 11.2 てこの法則

固相線側のうでの長さ

液相線側のうでの長さ

・例題: 図 11.1 の温度 T_2 (e 点) における

- a) 液相の組成 b) 固相の組成
c) 固相の質量 d) 液相および固相の存在割合

を答えよ。ここで全体の質量 m_T を 1.0 kg とする。

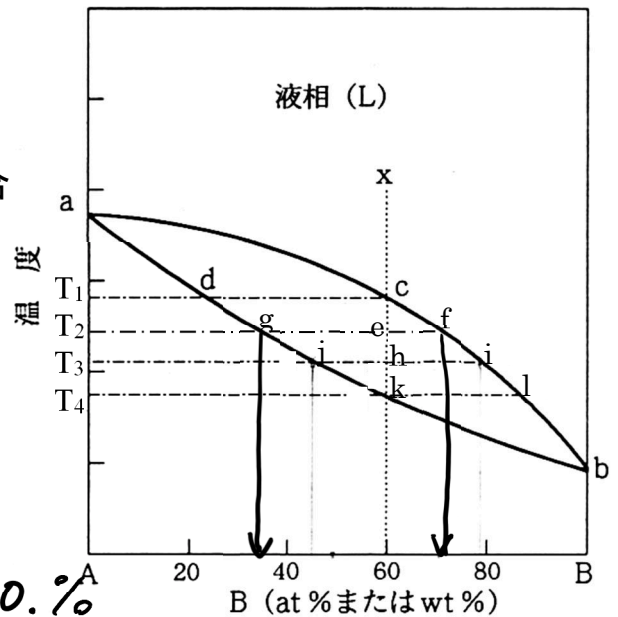


図 11.1 全率固溶型平衡状態図(再掲)

a) f 点 が該当 : B 70.% - A 30.%

b) g 点 : B 35.% - A 65%

c) $X_L = 70. \%$, $X_S = 35 \%$, $X_T = 60. \%$

$m_T = 1.0 \text{ kg}$

$$\therefore m_S = m_T \cdot \frac{X_L - X_T}{X_L - X_S} = 1.0 \times \frac{70. - 60.}{70. - 35} = 0.2857 \dots = 0.29 \text{ kg}$$

$$d) F_L = \frac{X_T - X_S}{X_L - X_S} = \frac{60. - 35}{70. - 35} = 0.7142 \dots = 71\%$$

$$F_S = 1 - F_L = 0.2857 \dots = 29\%$$

●組成と存在割合の変化のまとめ ($T_2 \rightarrow T_3$ の温度変化時)

・液相 組成: f (B 70% - A 30%)

$\downarrow$
 i (B 79% - A 21%)

存在割合: 71.4% $\rightarrow$ 40.6%

・固相 組成: g 点 (B 35% - A 65%)

$\downarrow$
 j 点 (B 47% - A 53%)

存在割合: 28.6% $\rightarrow$ 59.4%

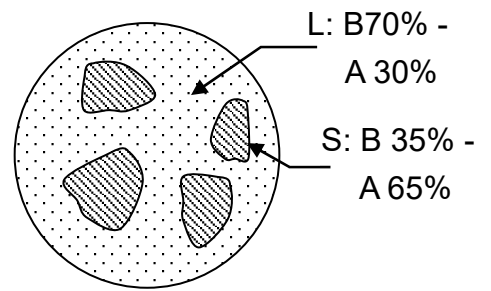
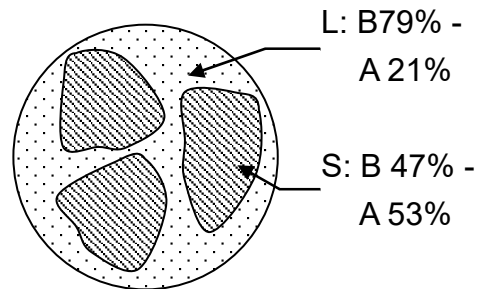
(a) 温度 T_2 時(b) 温度 T_3 時

図 11.3 温度変化に伴う組成と存在割合の変化

● 組成・存在割合ともに変化する。

11.2 共晶型 (I) 平衡状態図

- ・ A 金属と B 金属が全く固溶体を形成しない
 $\rightarrow$ 固相としては A 金属単相 / B 金属単相 / A と B の混合状態の 3 形態

・液相線: **CED**, 固相線: **FEG**

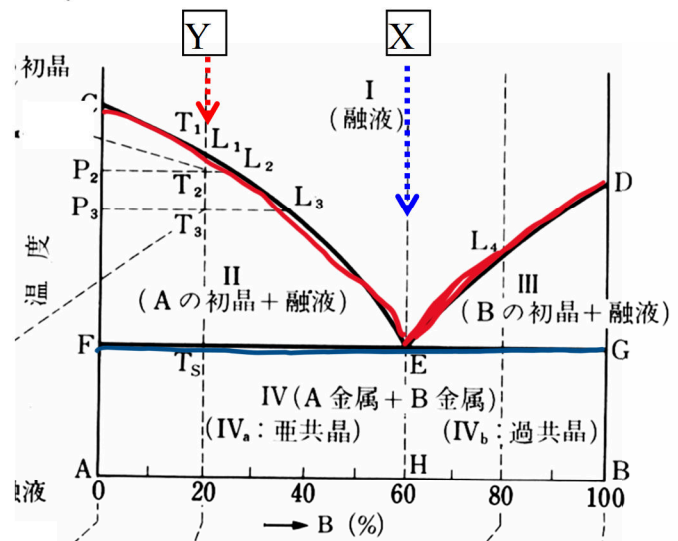


図 11.4 共晶型 (I) 平衡状態図

[大学基礎 機械材料 SI 単位版, 実教出版]

● X の状態 (液相, A 40% - B 60%) からゆっくり冷却していく

- ・ E 点に該当する温度直下で, A 金属と B 金属が **同時に** **晶出** して 固相 (A と B の混合状態) となる。
 $\rightarrow$ 「共晶」

●共晶型 (I) における, 存在割合と組成の求め方: 全率固溶型と同一

→ その状態におけるタイラインを引く

・その状態の領域の境界との交点: 存在する相の組成

その距離: 存在する相の存在割合.

●Y の状態 (液相, A80%-B20%) からゆっくり冷却する

① 温度 T_1 直下 (液相線との交点 L_1 以下): $A+L$ 領域に入る

・A 金属 (A100%) の晶出が開始

② 温度 T_2 : $A+L$ 領域内

・タイラインと領域境界との交点: P_2 点 および L_2 点

∴ 固相の組成: P_2 点に該当する組成 = B0%-A100%

液相の組成: L_2 点 = B25%-A75%

固相の存在割合: $\frac{T_2 L_2}{P_2 L_2}$

液相の存在割合: $\frac{T_2 P_2}{P_2 L_2}$

③ 温度 $T_3 \cdots \rightarrow \cdots T_S$ 直上と下がるにつれて:

固相の組成: $P_3 \rightarrow F$ に該当する組成, B0%-A100%のまま

液相の組成: $L_3 \rightarrow E$ に, 連続的に変化する

固相, 液相の存在割合: 連続的に変化する

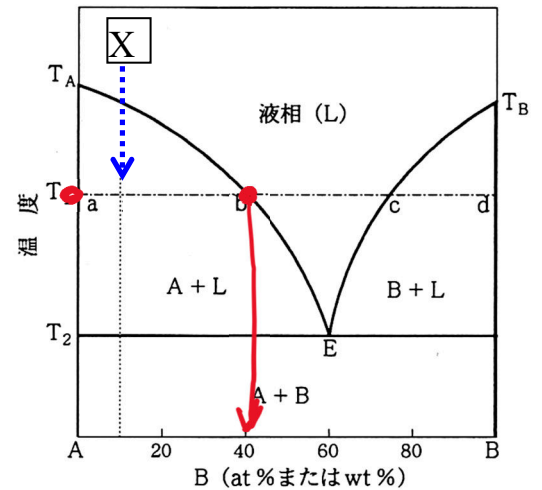
④ 温度 T_S 直下: $A+B$ 領域に入る, (固相のみ)

・直前まで残っていた液相の組成: E 点に該当 $\rightarrow$ 共晶成分

→ 最終的な組織: A 初晶 (B0%-A100%) と共晶 (B40%-A60%) の固相 最初の晶出 混合状態.

・例題: 右図 X の状態からゆっくり冷却した場合, 以下について述べよ.

- ①温度 T_1 における組織の状態
- ②温度 T_1 において存在する相の組成
- ③ // 存在割合



① 初晶 A 金属と液相の混合状態

(2) 初晶 A: A 100% - B 0%
液相: B 40% - A 60%

③ 固 : 75%
液 : 25%

11.3 第 11 回講義に関する意見・感想・質問のまとめ

●意見・感想

- 組成の求め方と存在割合の求め方が混ざってしまいそう、色々な文字が出てきて不安になったのでしっかり復習する、例題や問題を繰り返し解く、平衡状態図の読み取りについてよく復習する、存在割合を求める式を間違えないように気をつける、共晶型に曖昧な点があるため復習する、図から読み取ることが多すぎて混乱してきた、存在割合の式の理解が曖昧だったので復習する、例題を完璧にできるようにする:11
- 授業内容について問題なかった、平衡状態図について理解できた、てこの関係や存在割合の求め方を理解できた、共晶型も全率固溶型も類似点が多いため理解しやすかった、温度を下げていくと固相の割合が増えるのがわかりやすかった、動画のおかげで存在割合の式が直感的に理解しやすかった:11
- 小テストについて問題なかった、そのような問題が出るかを考えながら勉強できた、今日の小テストはやりやすかった、今日も小テストができなかった、「直上」に気をつけて小テストに取り組めた:5 ←今回の小テストは平均 7.9 点、満点 32 名でした。やはり補講にちゃんと出席する人は勉強もちゃんとしてますね！
- てこの関係が面白かった、力学でのトルクが仮想的に応用できることが意外、図に自分で水平線を描いて問いを解くのが楽しい、共晶する条件が思っていたより存在しないことに驚いた、共晶型(I)のグラフが読めるようになって面白い:5
- 平衡状態図に関する資料が図書館にあったらレポートにしたい、フックの法則の演習問題はたくさん見つけたがミラー指数の問題を見つけるのが難しい:2 ←レポートを早めに取り組むのは良いと思います。
- 授業が進むにつれて理解できるようになってきた、グラフの領域や読み取り方がだんだんわかってきた:2 ←理解が深まっているなら良かったです。
- 固溶体が形成されない例を調べてみる ←こうやって疑問点をどんどん自分で調べるのも良いですね！
- 教室が涼しくて快適だった ←今日は外が激暑だったですから・・・
- テストの過去問が欲しい ←ただでさえ持ち込み可にしてるのに、そこまでの情報を出す訳ないです。
- 小テスト良かった、共晶型平衡状態図の読み取り方がわかった、今日の小テストは簡単だった、小テスト自信あったけど勘違いしていたかも、1 限の方が涼しいのでいい、問題の解き方を暗記ではなく意味からしっかり理解する、わかりやすかった、平衡状態図の問題を復習する、グラフの読み取りを気をつける、高校で習った状態変化の図を見てる気分、読み取りを間違えない、共晶型での冷却の理解が怪しい、小テスト全部解けた、復習になった、復習頑張る、 ←出席が多かったのでホッとしました。

●質問

- 共晶型(I)について一方の金属は共晶するまで晶出してこないのか？ ←こういう疑問は今までちゃんと考えたことがありませんでした。私の理解ですが、共晶型(I)の場合は固相線以下が完全な固相領域であり、それ以上の温度条件で出てくる固相は A リッチ領域では B 金属が乏しいため A 金属が優先して(初晶 A)、B リッチ領域では A 金属が乏しいため B 金属が優先して(初晶 B)出てくる、ということです。加えて、それぞれもう一方の組成割合が増えてくると(=共晶組成に近づいてくると)初晶開始温度が下がり初晶が起こりにくくなるため、最終的に共晶(同時に晶出する)に至ります。
- 2 ページの X_s だけ"."を打たないのはなぜか？ ←こう思っちゃうなら、有効数字を理解していないですね。
- 「初晶」という言葉があまり理解できなかった ←授業でも言いましたが、「最初に生じる晶出」ということ(その後には生じる共晶との対比ということ)。
- 共晶が起きる組成のとき 2 つの金属が冷却で単離できなくなるか？ ←「単離」というのは化学における物質の分離を指す語だと思いますが、合金を対象とする場合そもそも「分ける」必要はないです。
- なぜ「てこ」という名称なのか？ ←図 11.2 を見て「てこだ！」って思いませんか？

11.4 第 10 回小テスト解答

Q.1 下図の組成 y (A 55%—B 45%) の合金を液相から T_3 直上までゆっくり冷却した場合、以下の問いに答えよ。[各 4, 6 点]

- 存在する相
- 存在する各相の組成

A.1

- 固相と液相(S と L)

注:「存在する相」と問われているので、「L+S」のような解答は減点とした。「固相と液相の混合状態」の解答は OK.

- 固相:j 点が該当 → A55%—B45%
液相:i 点が該当 → A21%—B79%

