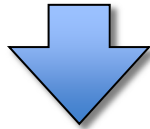


基礎材料組織学 第 11 回

- 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

と表すと, 以下の関係が導かれる.

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

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

液相中と固相中の B 金属質量の和は, 全体の B 金属質量と等しい.

・式(2)を変形

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

→ 模式的な図 (図 11.2) と

(2)' 式 が一致する ... 「てこの関係」

・式(1), (2) から変形

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

F_S, F_L : 全体の質量に対する固相もしくは液相の質量の比 = 「固相もしくは液相の存在割合」

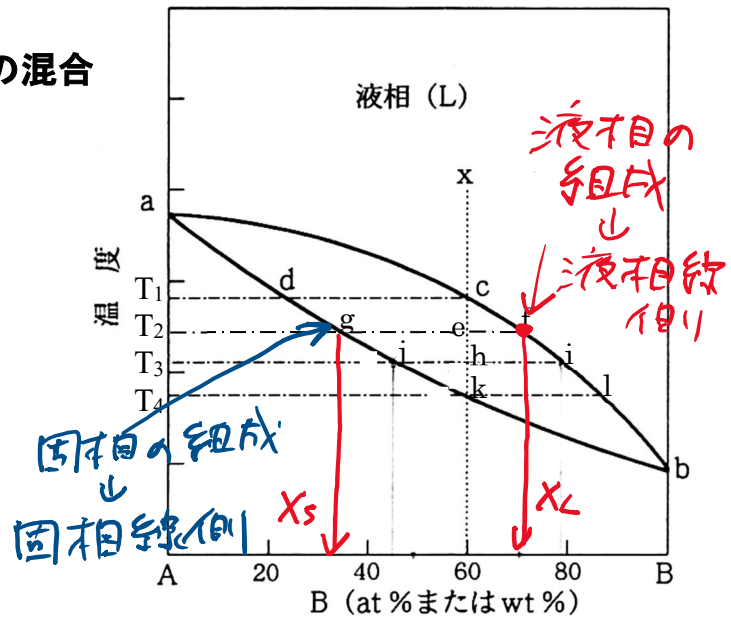


図 11.1 全率固溶型平衡状態図 (再掲)
[二元合金状態図集, アグネ技術センター]

A 金属 もしくは B 金属の組成割合の値の X_S , 本講義では「B 金属の値」を用いる. A0%-B100%

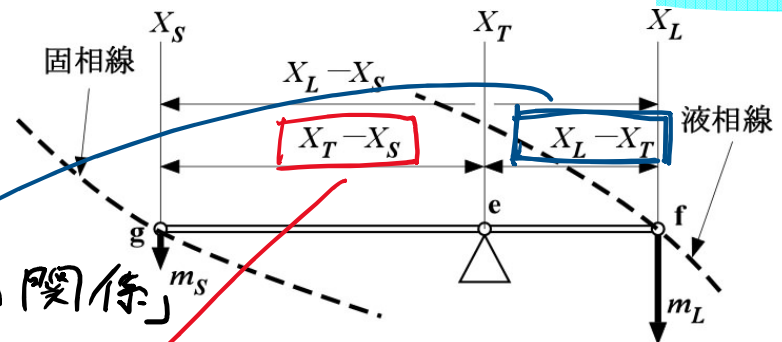


図 11.2 てこの法則

・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

A0%-B0%

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 1kg とする.

a) f 点 $\rightarrow$ B 70% - A 30%

b) g 点 $\rightarrow$ B 35% - A 65%

c) $X_L = 70$, $X_S = 35$, $X_T = 60$
 $m_T = 1\text{kg}$ とし

$$m_S = m_T \cdot \frac{X_L - X_T}{X_L - X_S} = 1 \cdot \frac{70 - 60}{70 - 35} = 0.2857... \\ = \underline{0.286\text{ kg}}$$

d) 固相の存在割合

$$F_S = \frac{m_S}{m_T} = \frac{X_L - X_T}{X_L - X_S} = 0.286 \rightarrow \underline{28.6\%}$$

液相の

$$F_L = 100 - F_S = \underline{71.4\%}$$

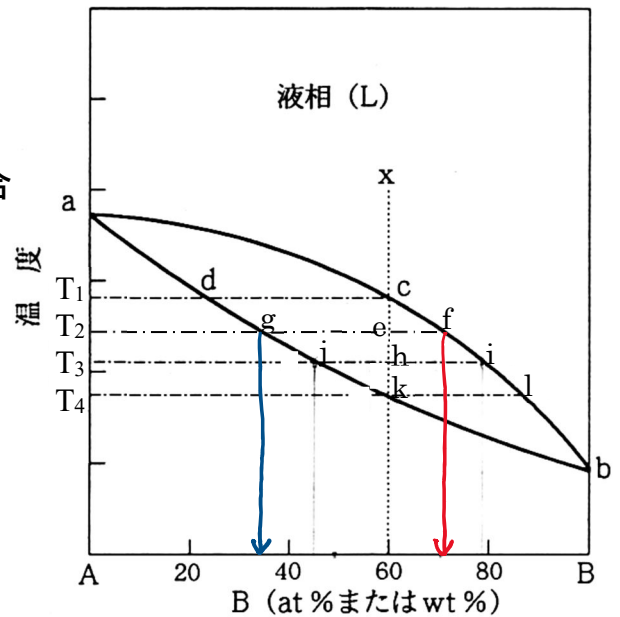


図 11.1 全率固溶型平衡状態図(再掲)

●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点 (B70% - A30%)
 ↓
 n点 (B79% - A21%)

存在割合: 71.4% $\rightarrow$ 40.6%

・固相 組成: g点 (B35% - A65%)
 ↓
 j点 (B47% - A53%)

存在割合: 28.6% $\rightarrow$ 59.4%

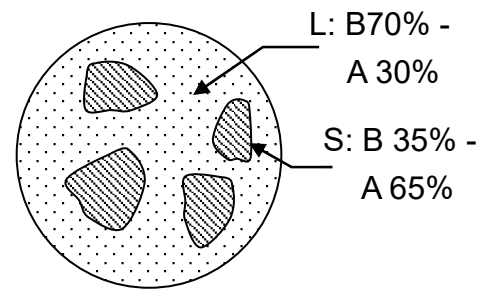
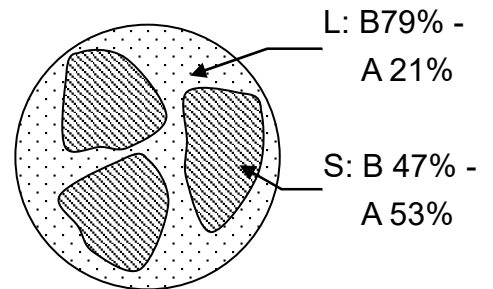
(a) 温度 T_2 時(b) 温度 T_3 時

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 / 結晶粒レベルでの A と B の混合

・ 液相線: CED, 固相線: FEG

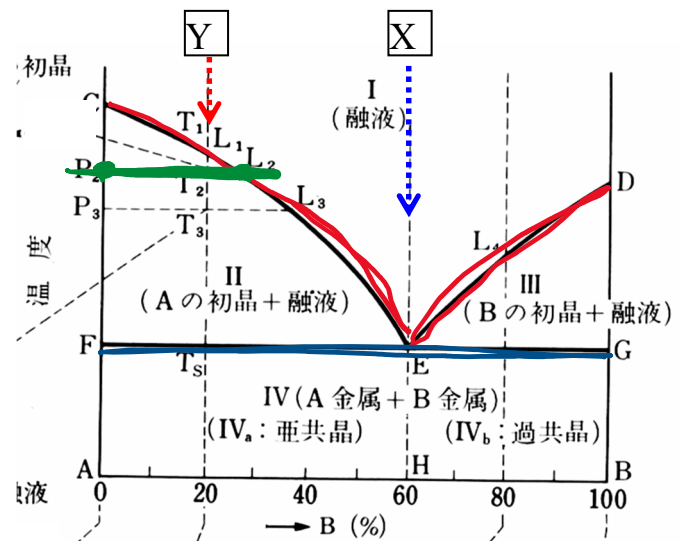


図 11.4 共晶型(I)平衡状態図

[大学基礎 機械材料 SI 単位版, 実教出版]

● X の状態 (液相, A40%-B60%) からゆっくり冷却していく

「共晶」

・ 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、固相 (A と B の混合状態) を形成する。

●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 (水平線) を描き、

その状態の領域境界との交点の組成: 存在する相の組成

の比: 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): $L+A$ 領域に入る

・ A 金属 (A 100% - B 0%) の晶生が開始、'A の初晶'

② 温度 T_2 : L+A 领域内

・タイラインと領域境界との交点: P_2 点と 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: $L_2 = 32.5\% - A 75\%$

固相の存在割合: $\frac{\overline{T_2 L_2}}{\overline{P_2 L_2}}$ 液相の存在割合: $\frac{\overline{T_2 P_2}}{\overline{P_2 L_2}}$

③ 温度 $T_3 \cdots \rightarrow \cdots T_S$ 直上と下がるにつれて: $L+A$ 領域内

固相の組成: P₃点... F点に該当する組成 = B0% - A100%
で変わる

液相の組成: L₃点... E点に $\rightarrow$ = 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: $A+B$ 全負領域内 (固相のみ)

・直前まで残っていた液相の組成: E点に該当 = 共晶がはいる組成

→ 液相からの共晶により、最終的に「A初晶 (B0%-A100%) と共晶 (B60%-A40%) の固相混合状態」を形成する。

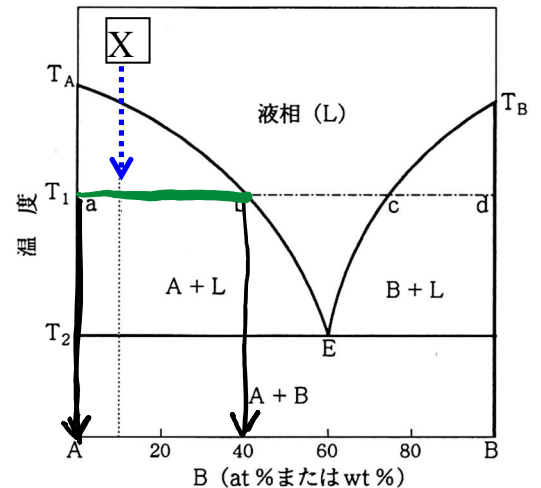
・例題: 右図 X の状態からゆっくり冷却した場合, 以下について述べよ。

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 固相 (初晶 A 金属) と液相
の混合状態



② 固相 (初晶 A 金属): a 点に該当する組成, B 0% - A 100%
液相: b 点に該当する組成, B 40% - A 60%

③ 固相 (初晶 A 金属): $\frac{40 - 10}{40 - 0} = 0.75 \rightarrow 75\%$
液相: $100 - 75 = 25\%$

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

- ・温度変化に伴い組成と存在割合が変化することを理解した, 共晶型(I)の組成の読み取りをある程度理解できた, 組成を読み取り存在割合を求められるようになった, てこの関係を知った, てこの関係がモーメントのようで面白い, 今までよく理解できていなかったものが理解できた, 授業が進むにつれて関連内容が深く理解できるようになってきた, 共晶について理解できた, 図 11.3 で理解が深まった, てこの関係は複雑そうだが補助資料がわかりやすかった:27
- ・状態図を正しく読み取れるよう復習する, テストも近づいてきたので復習しなければならない, 次回のテストに向けてしっかりと理解する, 逆の腕の長さを取るところに気をつける, 存在割合の計算を主に復習する, 存在割合の式を使いこなせるように練習する, 今日の例題をしっかりと復習する:13
- ・小テストは少し難しかった, 難易度はちょうどよかった, しっかり対策してきたつもりだったが苦戦した. 答えに確実性があまりない感じだった, 例題を復習することで良い点を取れた気がした, そこそこできたと思う, 小テストに対して気持ちが入らなくなっている, よくわかって解けた:10←今回の小テストは, 平均 7.1 点, 満点 18 名でした. a)で「正確な記述」が出来ていない人が多かったです.
- ・授業の内容量が多くてついて行くのが大変だった, てこの関係を使った式が複雑で覚えにくい, 覚えることが増えてきて混乱してきた, いつもより進みが早く理解できないところがあった, 固相と液相の存在割合の式を直感的に理解できなかった:7←(2)'式は, 物理的なてこにおける関係と一致していることを示すための導出であり, 本来は(1)・(2)→(3)と導出された「存在割合」が重要です.
- ・パソコンの不具合はしょうがない, パソコンのエラーで驚いた:2←エラー(不具合)というより, システムの更新が自動的に始まってしまいました. これは私の設定次第で避けられたことなので, 私のミスです.
- ・レポートを早めに仕上げる:2←ぜひ!
- ・FL と FS の式があまり理解しきれてないので自分で導出してみる
- ・連休は何が楽しかったか? ←昨日は W 杯決勝をリアタイした後にゴルフに行ってきました...暑くてキツかったです.
- ・文字の大きさは適切だがひらがなが時々読みにくい←あまり見にくならないように気をつけます.

●質問

- ・共晶型(I)において E 点以外で冷やしていくと「液相」→「AorB 単相 + 液相」→「固相」という流れで変化する, ということで合っているか? ←その通りです.
- ・「距離」がよくわからなかった←模式的なてこにおける「腕の長さ」です. 実際には, 平衡状態図中での各状態の組成の差分です.
- ・授業では液相と固相を扱っているが実際には気相も含んで考えていくのか(非金属の混合物など)? ←研究レベルでは行われているかもしれませんが(私はそこについては知りませんが), 少なくとも実用金属においては気相段階はほとんど考慮されないと思います.
- ・3 つ以上の金属の場合もてこの関係は使えるのか? ←使えます.
- ・全率固溶型や共晶型といった状態図の違いはどのような条件の違いにより現れるのか? ←前回の質問に対する回答でも書きましたが, 「ヒューム-ロザリーの関係」により取りうる組織の状態は変わります.
- ・定期試験に向けて学習のポイントや重点的に対策すべきところがあれば教えて欲しい←前にも書いたかもしれませんが, まずは授業中の例題や小テストを完璧に理解し, 自力で確実に解けるようにしておくことです. 「資料を見ながらだったら解けるだろう」って感じでちゃんと理解しないまま定期試験に臨むと, 少しひねった問題が出たらすぐ頓挫してしまいますので.

- ・材料組織学の本で参考となる本は？ ←シラバスに載せてある参考図書としては「日本材料学会編『改訂機械材料学』」があります。また「日本機械学会編『機械材料学』」も参考になります。

11.4 第 10 回小テスト解答

Q.1 下図の組成 y (A 80%—B 20%) の合金を液相から T_1 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(正確に記述すること)
- $a)$ の各相の組成

A.1

- 「A 金属と B 金属の固溶体」と液相
(「S と L」, 「固相と液相」は減点とした)
- T_1 のタイラインより、固相線との交点は B10%—A90%
液相線との交点は B40%—A60%

∴ 固相の組成: A90%—B10%
液相の組成: A60%—B40%

