

基礎材料組織学 第 10 回

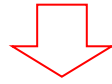
- 前回：
- ・ 純金属の凝固
 - ・ 平衡状態図の概要
 - ・ 1 成分系平衡状態図
 - ・ 2 成分系（2 元系）平衡状態図



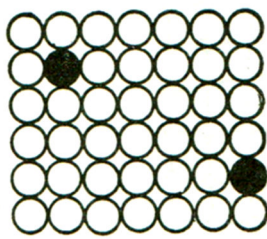
- 今回：
- ・ 固溶体の概要
 - ・ 全率固溶型平衡状態図

10.1 固溶体の概要

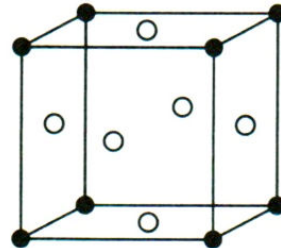
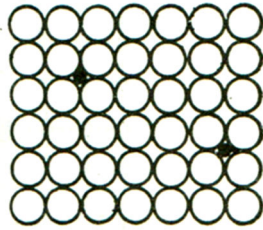
●溶解状態の合金をゆっくり冷却・凝固させた場合を考える



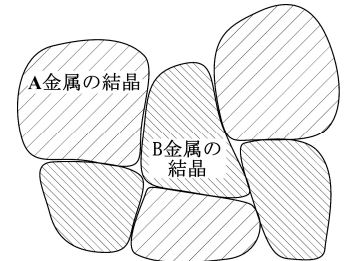
- (a) 固溶体: 原子レベルで不規則に結晶内に入り込んだ状態。
(固溶量に幅がある)
- (b) 金属間化合物: 結晶内の特定の位置に入り込み、規則的構造を形成した状態。
(固溶量は一定で変化しない)
- (c) 結晶粒レベルの混合体: 個別の元素がそれぞれ個別に結晶を形成した状態、原子レベルでは混ざっていない。



(a) 固溶体



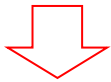
(b) 金属間化合物



(c) 混合相

図 10.1 合金の状態

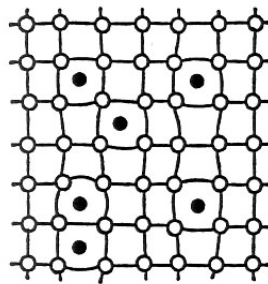
[新版 基礎機械材料学, 朝倉書店]



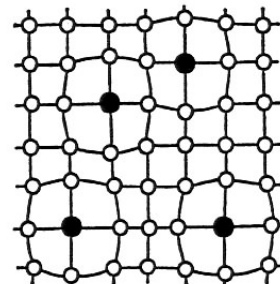
●固溶体の形態

- ① 侵入型固溶体: 結晶内の比較的空いたスペースに異なる元素の原子が入り込んだ状態。
(相対的に小さい原子に限る)
- ② 置換型固溶体: 結晶内の原子と異なる元素の原子が入れ替わった状態

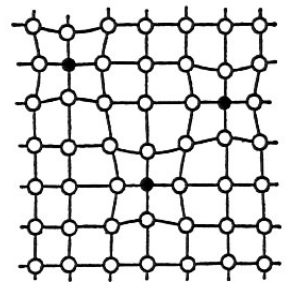
↓↓
いずれも、結晶格子のひずみを生じる。



(a) 侵入型



(b) 置換型 (溶質原子が大きい場合)

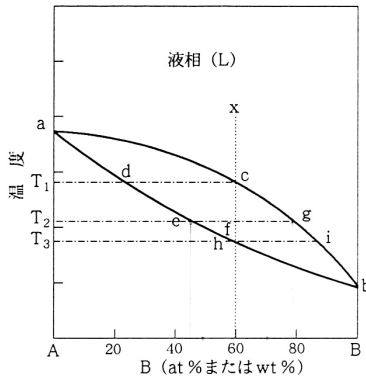


(c) 置換型 (溶質原子が小さい場合)

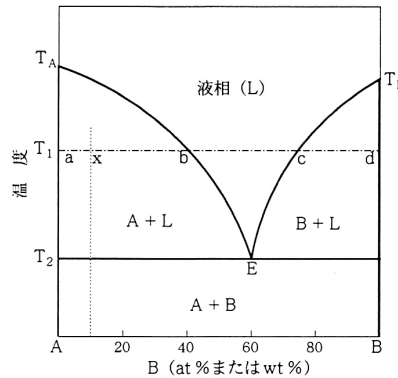
図 10.2 固溶体の形態

[新版 基礎機械材料学, 朝倉書店]

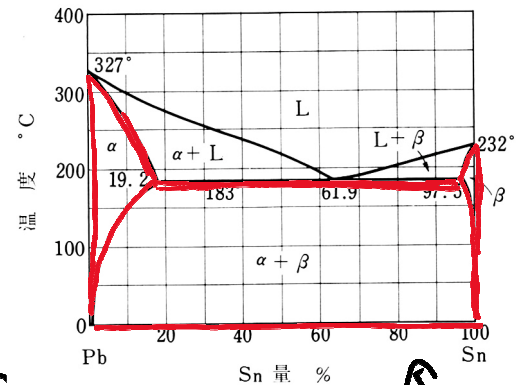
●2 元系平衡状態図における固溶体



(a) 全率固溶型



(b) 共晶型(I)



(c) 共晶型(II)

図 10.3 各種平衡状態図(再掲)

[二元合金状態図集, アグネ技術センター]

固溶体

- ・全率固溶型: A金属とB金属が全ての組成割合で固溶体を形成する。
- ・共晶型(I): A金属とB金属が全く固溶体を形成しない
- ・共晶型(II): ・・・ がある範囲内でそれぞれ固溶体を形成し、かつそれらが混合する。

10.2 全率固溶型平衡状態図

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

- ・液相線との交点cに達すると L+S領域, S(AとBの固溶体)が液相中から現れ始める。

晶出

- ・冷却を続け、固相線との交点kをTまわると晶出完了, S領域となる。

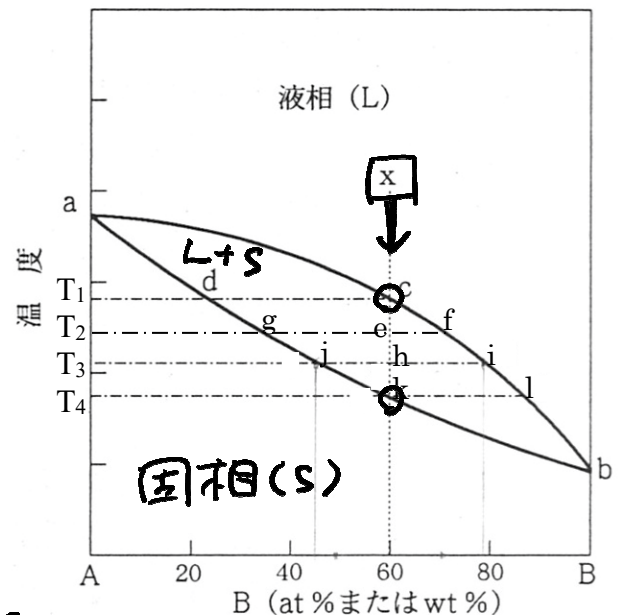


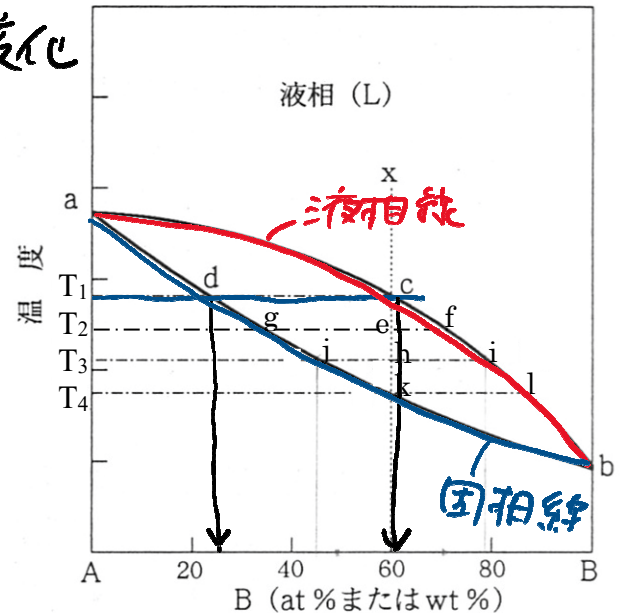
図 10.4 全率固溶型平衡状態図

[二元合金状態図集, アグネ技術センター]

●前述の晶出過程において、

i) 液相/固相の存在割合の変化
→ 液相減少, 固相増加

ii) 液相および固相それぞれの組成の変化
が温度変化に伴い生じる。



ii) 組成変化の把握方法:

対象とする状態における水平線(タイライン)を描き、平衡状態図中の境界との交点の組成を横軸から読み取る。

図 10.4 全率固溶型平衡状態図(再掲)

① X から温度 T_1 (液相線との交点 c) 直上 まで冷却: L+S 領域に入る, 固相の晶出開始
水が下がる こと

・ T_1 において 水平線 を描く



・その位置の組成: B 25% - A 75%

B 60% - 40%

∴ その瞬間の

固相の組成

液相の組成
(元の組成のまま)

② 更に温度 T_2 (e 点) まで冷却: L+S 領域, 晶出進行

・ T_2 で水平線 → g 点 (B 35% - A 65%) 固相組成 f 点 (B 70% - A 30%) 液相組成

- ・最初に晶出してくる固相: A 金属の割合が高い
 $\rightarrow A$ 金属の方が凝固点が高い
 $B 25\% - A 75\%$
 $\downarrow$
 $B 35\% - A 65\%$
- ・先に晶出した固相の組成: 温度低下に伴い変化
- ③ 更に温度 T_4 (固相線との交点 k) 直上 まで冷却: $L+S$ 領域内、晶出終盤
 T_4 で水平線 $\longrightarrow$ k 点 ($B 60\% - A 40\%$) 固相, l 点 ($B 90\% - A 10\%$) 液相
- ④ 更に温度 T_4 直下まで冷却:
 ・固相 (A と B の固溶体) のみ, 組成: k 点 ($B 60\% - A 40\%$), S 領域内に入ります

・例題: 図 10.4 の X の状態から T_3 まで冷却した時,

- a) どの領域内にあるか b) 液相の組成 c) 固相の組成 を答えよ.

a) $L+S$ 領域

組織の状態は?
存在する相は?

b) ~~$B 60 - A 40$~~ c 点
 $B 79\% - A 21\%$ l 点

c) $B 45\% - A 55\%$ j 点

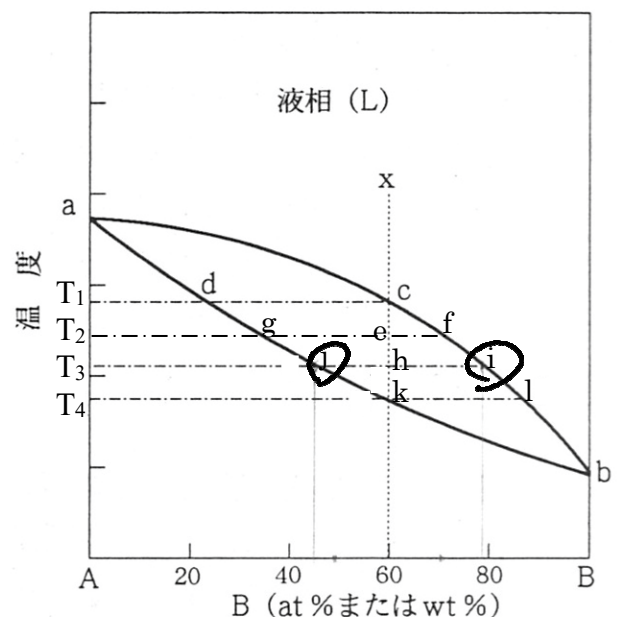


図 10.4 全率固溶型平衡状態図(再掲)

10.3 てこの関係

●右図 X からの冷却時の, L+S 領域内での
晶出に伴う 2 つの変化

i) 液相／固相の存在割合の変化

→ 液相減少, 固相増加

ii) 液相・固相それぞれの組成の変化(説明済)

i) 存在割合変化の把握方法:

「てこの関係」を用いる.

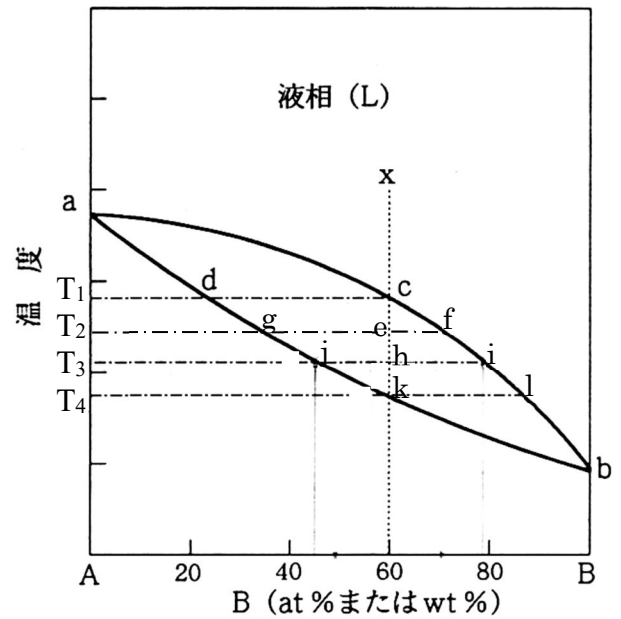
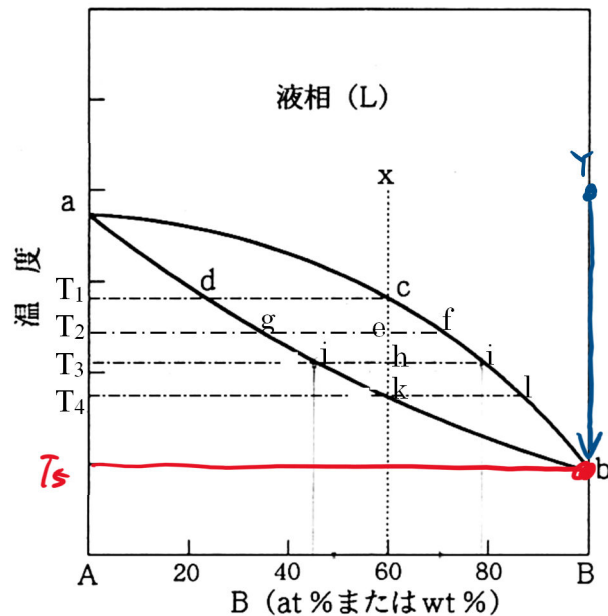


図 10.4 全率固溶型平衡状態図(再掲)



10.3 第 10 回講義に関する意見・感想・質問のまとめ

●意見・感想

- ・平衡状態図の理解を深めることができた, 固溶体についての疑問が解消された, 固溶体について理解が深まった, 晶出開始から終了までの流れを理解できた, 固相線と液相線の読み取りを理解できた, 固溶体の種類について知った, 例題を通して理解が深まった, 固溶体の格子のひずみが理解できた, 組成の変化について理解できた, 結晶粒レベルの混合を知ったことで $\alpha + \beta$ のイメージがしやすくなった, 全率固溶型平衡状態図をよく理解できた: 27 ← **平衡状態図や固溶体の理解が進んだようで安心しました.**
- ・固溶限に関する問題が曖昧だったから復習する, 期末も近くなってきたので復習する, 平衡状態図の理解をもっと深める, 存在割合と組成を注意する, 小テストで満点が取れるようにする: 8
- ・全率固溶型平衡状態図については理解が簡単だった, 例題はかなり機械的に解けた, 平衡状態図は図から読み取ることが多くて楽しい, 合金の場合を考えるのはとても興味深い, 水平線との交点から組成を読み取れるのは便利だ, 合金の混ざり方によって様々な種類があるというのが面白い: 6
- ・だんだん内容が難しくなってきた, 旋回新しい言葉が多く意味がしっかり結びついていない, まだ完全に固相と液相の組成という言葉を理解できていない, 平衡状態図の読み取りで理解が遅れた, 自分も例題で読む場所を間違えた: 5
- ・小テストでケアレスミスが多いため積極的に挙手したい, 参考問題がなくなり自分で全体を把握することが必要となり難しかった, 上手く解答することができなかった, 小テストの参考問題がほしい: 4 ← **今回の小テストは平均 6.7 点, 満点 15 名でした. 今更「参考問題がほしい」というお子ちゃまな意見が来るとは思いませんでした. 絶対出しません.**
- ・ヨッシーの T シャツを見てスーパーマリオワンダーをやろうと思っていたことを思い出した, マリオシリーズが好きなのか?: 3 ← **スーパーマリオブラザーズはどへたなので好きじゃないですがマリカーは好きです.**
- ・レポート課題に向けて本をしっかり読む ← **頑張ってください!**
- ・教室が寒かった ← **私が部屋に入った時 24°C 設定だったので 26°C 設定に上りましたが, これ以上上げると今度「暑い」という人が出てくると思います.**
- ・平衡状態図の読み取りでたまにミスするので気をつける, 固溶体の状態がわかった, 固溶限が難しかった, 今日中に復習する, レポートを通じて自分で問題を調べるスキルを身につける, 体調不良で前回休んでしまい気づいたら平衡状態図に入っていたので復習する, 組成の読み取りを理解できた, レポートを試験期間前に終わらせる, わからない点は特になかった, 復習頑張る

●質問

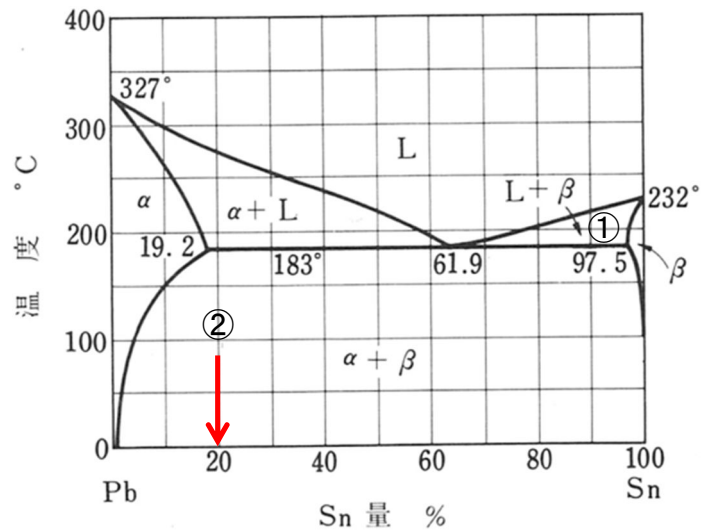
- ・補講日来れないのだがプリントをもらえるか? ← **授業ページの「未記入講義ファイル」はそのために置いてあるのですが(印刷可能です).**
- ・説明の T1 直下まで冷却した時の固相の組成で B22%くらいに見えたのだが何%くらいのズレなら許容されるのか? ← **数%は許容します.**
- ・結晶格子のひずみが転位の運動にどのような影響を与えるのか? ← **数回後の「固溶強化」で説明します.**
- ・侵入型と置換型のどちらの方が強度が高くなるのか? ← **形式というより固溶量によって変化します.**
- ・前頁の最後の図で, T5 まで温度を下げたら(赤線)液相も固相も A0%B100%になるのか? ← **そもそも前提として X 組成(B60%-A40%)を見てるので, S 領域に入った時点で X 組成(B60%-A40%)の固溶体(固相)であり, タイラインを引いて b 点を取ることはありません. もし b 点を取るとしたら, それは最初的前提として Y 組成(B100%), つまり B の純金属の凝固を見ることになります(青線)ので, それなら B100%で合っています.**

10.4 第 9 回小テスト解答

S

Q. 図の共晶型(Ⅱ)平衡状態図において、以下の問いに答えよ。[各 4, 3, 3 点]

- 図中①の領域に存在する相(正確に記述すること)
- 図中②における組成(Pb と Sn のそれぞれの%)
- 183°Cでの Pb に対する Sn の固溶限



A.

- ①において存在する相: 液相と β 固溶体

注: 「L と β 」はちょっと減点, 「液相と β 固溶相」もちょっと減点(「 β 固溶相」という用語は使わない), 「液相と固相」は半分減点(「固相」をもっと詳しく表す必要あり)

- 横軸より Sn: 20%, よって Sn20%-Pb: 80%

- 「Sn の固溶限」= その温度における α 固溶体(Pb に Sn が少量固溶したもの)が固溶できる Sn の最大値, よって図中表記より 19.2%