

レポートで出題した問題はこの例題集には含まず、試験問題の範疇に入ることの特記する。

1. 原子間力ポテンシャルを図示して説明し、温度による格子振動と原子間距離の関係について説明せよ
2. Cu 原子に対して、(a) : Cu 原子の 1 個の質量を求めなさい、(b) : 1g 中に含まれる Cu 原子数について求めなさい。Cu の原子量は 63.5、アボガドロ数は  $6.02 \times 10^{23}$  とする。
3. Ce(セリウム)は室温で立方晶系の結晶構造をとることは判明しているが、単純立方晶か体心立方晶か面心立方晶かは不明である。以下のデータを用いて、Ce の室温での結晶構造を決定せよ。格子定数 =  $5.16 \times 10^{-10}$ m, 原子量 = 140.12, 密度 =  $6.685 \times 10^3$  Kg/m<sup>3</sup>, アボガドロ数 =  $6.02 \times 10^{23}$  個/モル。なお原子量は物質 1 モルのグラム数である。
4. Cu は fcc 結晶構造を持ち原子半径は 0.1278nm である。Cu を剛体球と考えて体積密度 (Mg/cm<sup>3</sup>、あるいは g/cc) を計算しなさい。Cu の質量は 63.54g/mol である。
5. 六方稠密晶の軸比 c/a を、剛体球モデルを用いて求めよ。さらに、この場合の原子充填率を求めよ。
6. イオン結合、共有結合、金属結合についてその違いを説明せよ。結合エネルギー、融点の違いを示し、特に各結合に及ぼす電子状態を用いて説明せよ。
7. 面心立方格子、体心立方格子、六方稠密格子の 3 種類の格子について結晶構造を図示し、単位胞中の原子数・配位数・最近接距離・充填率・代表的元素について表にして示せ。
8. FCC と BCC のすべり系を示せ(最稠密面の最稠密方向)。またすべり系の数について比較せよ。
9. 同じ格子定数の fcc 結晶と bcc 結晶の最もすべりやすい(発生しやすい)バーガーズベクトルの大きさを比を用いて比較せよ。
10. 平衡状態図の見方(例題)
  - A) 0.8%炭素鋼が 750°Cから徐冷され 723°Cの共晶温度よりわずかに低い温度に達したとき、オーステナイト鋼は完全にフェライト相( $\alpha$ 相)とセメンタイト相( $Fe_3C$ 相)に分離した。このとき
    - (1) 共晶フェライト相の重量%濃度を示せ。
    - (2) 共晶セメンタイト相の重量%濃度を示せ。
  - B) 0.4%炭素鋼が 940°Cから徐冷され 723°Cの共晶温度よりわずかに高い温度に達したとき
    - (1) 炭素鋼中のオーステナイト相( $\gamma$ 相)の重量%濃度を示せ。
    - (2) 炭素鋼中のフェライト相( $\alpha$ 相)の重量%濃度を示せ。

0.4%炭素鋼が 940°Cから徐冷され 723°Cの共晶温度よりわずかに低い温度に達したとき

      - (3) 炭素鋼中のフェライト相( $\alpha$ 相)の重量%濃度を示せ。
      - (4) 共晶組織中のフェライト組織( $\alpha$ )とセメンタイト組織( $Fe_3C$ )の重量%濃度を示せ。
  - C) 1.2%炭素鋼が 1000°Cから徐冷され 723°Cの共晶温度よりわずかに高い温度に達したとき
    - (1) 炭素鋼中のオーステナイト相( $\gamma$ 相)の重量%濃度を示せ。
    - (2) 炭素鋼中のセメンタイト相( $Fe_3C$ 相)の重量%濃度を示せ。

1.2%炭素鋼が 1000°Cから徐冷され 723°Cの共晶温度よりわずかに低い温度に達したとき

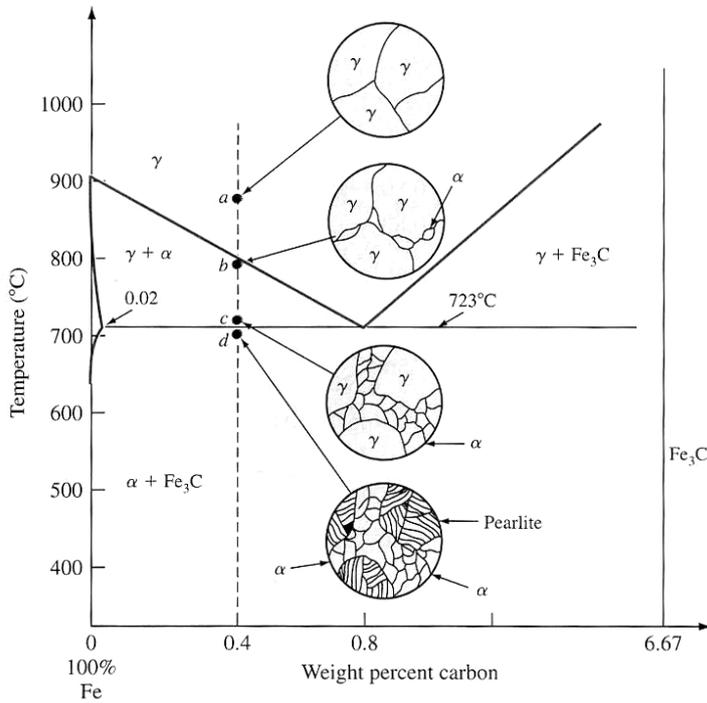
      - (3) 炭素鋼中のセメンタイト相( $Fe_3C$ 相)の重量%濃度を示せ。
      - (4) 共晶組織中のフェライト組織( $\alpha$ )とセメンタイト組織( $Fe_3C$ )の重量%濃度を示せ。

11. 公称応力-公称ひずみ曲線の模式図において、 $\sigma_F$ ,  $\sigma_E$ ,  $\sigma_{0.2}$ ,  $\sigma_B$  の名称を記し、かつそれらの定義を簡潔に述べよ。
12. 衝撃試験、疲労試験、クリープ試験の手法の簡明な説明とその試験を行う工学的意義について説明せよ。ただしそれぞれの説明文中に、衝撃試験では延性脆性遷移温度、上部棚エネルギー、疲労試験では疲労限度、ストライエーション、クリープ試験では破断時間、ラーソンミラーパラメーターの語句を必ず用いること。
13. ビッカース、ブリネル、ヌープ、ロックウェル硬さ試験機の特徴について比較しながら述べよ。
14. 下図に示す公称応力-公称ひずみ曲線の模式図中に  $\sigma_{0.2}$ (0.2%耐力)の決定法を図示し、かつその方法を簡潔に述べよ。また 0.2%耐力は、機械設計や塑性加工を行う上で重要な基準応力である。その理由を簡潔に述べよ。
15. 207MPa の応力での CM247 合金の 980°Cにおける破壊時間について L-M 曲線から求めよ。ただし材料定数  $C=20$  で計算せよ。
16. Calculate the time to cause 0.2% creep strain in gamma titanium aluminide (TiAl) at a stress of 40 ksi and 1200°F. Gamma titanium aluminide is subjected to a stress of 50 ksi. If the material is to be limited to 0.2% creep strain, how long can this material be used at 1100°F? Fig.7.32 を用いる。ここで Larson-Miller parameter for 0.2% strain を次式で示す ;  $P = (460^\circ\text{F} + T^\circ\text{F}) * \{20 + \log t(h)\} \times 10^{-3}$  ちなみに  $t/^\circ\text{C} = 5/9(\theta/^\circ\text{F} - 32)$ : 1200°F→649°C、1100°F→593°C、1ksi = 6.9 MPa : 40ksi→276MPa, 50ksi→345MPa
17. 点欠陥(空孔、格子間原子、置換型不純物、格子間型不純物)について図示し、その特徴について説明せよ。
18. 理想結晶の臨界剪断応力を剛性率  $G$  を用いて導出せよ。
19. 刃状転位とらせん転位の共通点と相違点について説明せよ(図を使つての説明可)
20. 分解せん断応力について導出せよ。  $\tau_0 = \frac{F}{A} \cos \lambda \cdot \cos \phi$
21. 1000°Cから室温に焼き入れした直後の Cu は、十分に焼き鈍した Cu に比べて、どれくらいの長さに差があるか概算せよ。 $E_F$ は 1eV、エントロピー項  $A$ は 1、空孔の体積は Cu 原子体積と同じとする。なお、この差を実測することは可能か？
- $$c = \frac{n}{N} = A \exp\left(-\frac{E_F}{kT}\right)$$
22. 結晶粒界について概述し、結晶粒界の構造と材料強度の相関について説明せよ。
23. 銅 Cu 単結晶で [110] 方向を長手方向に持つ梁 (100mm x 5mm 角材) に強加工により 1° の曲がりの歪みが導入された。転位の密度について求めよ。ただしバーカーズベクトル  $b=1/2\langle 110 \rangle$  であり格子定数は 0.362nm である (Cu-FCC 金属)。
24. Fe 86.56wt.%、Mn 12.1wt.%、C 1.34wt.%のオーステナイト鋼は格子定数  $a=0.361\text{nm}$  の面心立方構造の固溶体合金である。密度を実測したところ  $7.83\text{g}/\text{cm}^3$  であった。このデータから、炭素は侵入型か置換型かを決定せよ。ただし Fe の原子量は 56、Mn の原子量は 55、C の原子量は 12 とする。
25. Fe は 912°Cで BCC から FCC に変態する(同素変態という)。この場合変態前後で原子半径が変わらないとすると、温度を降下させて FCC から BCC に変態した場合体積変化率はどのようになるか計算せよ。

26. 理想結晶において結晶のポテンシャルを正弦関数として定義し、フックの法則を用いて臨界せん断応力を導出せよ。また導出された臨界せん断応力と実際のせん断応力の相違( $10^3$  倍程度)についてその原因について説明せよ。
27. 多成分系の相律を表す式について説明し、二成分系で圧力一定の場合の自由度の式とパラメーターについて示せ。
28. 二元系合金の固溶過程において共晶反応および包晶反応の起こる条件について結晶構造、原子半径比、核外電子の状態を用いて示せ。
29. Ni45.2at.%Al の NiAl 合金は室温で密度が  $5.35\text{g/cm}^3$ 、格子定数が  $0.2862\text{nm}$  である。この情報からこの結晶構造に原因する空孔の濃度を概算せよ。ただし Ni の原子量は  $58.71$ 、Al の原子量は  $26.98$  である。
30. 転位からの点欠陥の発生・消滅過程および転位の運動による点欠陥の発生・消滅過程について刃状転位を用いて説明せよ。
31. 再結晶化と回復現象を焼鈍温度に対して示し、その場合の内部残留応力・強度・延性・結晶粒径と併せて説明せよ。
32. 活性化エネルギーについて図を用いて説明し、熱活性化過程について説明せよ。
33. (a) アルミニウム合金 1100-H18 の 50%再結晶化する過程が  $250^\circ\text{C}$  で 115h、 $285^\circ\text{C}$  で 10h かかったとき、50%再結晶化するための活性化エネルギーはアレニウス図からいくらかと求められるか。単位は  $\text{kJ/mol}$  とする。(b) この時  $200^\circ\text{C}$  では 50%再結晶化するための時間はどれくらい掛かるか。
34. 銅の再結晶が  $88^\circ\text{C}$  で 9000 分、 $135^\circ\text{C}$  で 200 分 の時間を掛けて再結晶を終了させた。このとき熱活性化過程で得られる再結晶化終了過程の熱活性化エネルギーを求めよ。ただし、ここでボルツマン定数  $k$  を用いず、リュードベリ一定数  $R$  を用いて回答せよ。ボルツマン定数は  $\text{eV}$  によりエネルギーを表し、リュードベリ一定数は  $\text{kJ/mol}$  にてエネルギーを表す。リュードベリ一定数は  $R=8.314\text{J/mol}\cdot\text{K}$  である。
35. 結晶性材料設計における材料強度強化策について 4 つ示した上、各々の特長について説明せよ。
36. クリープ変形機構について代表的なクリープ変形機構図を示し、それぞれのクリープ変形機構について簡単に説明せよ。
37. 材料中のき裂発生要因について二つ示し、簡単に説明せよ。
38. 顕微鏡の種類、適用範囲とその特徴について述べよ。
39. 透過型電子顕微鏡で用いられる信号と分析方法、その試料からの情報について概術せよ。
40. 電気防食法として陰極防食法は船舶、港湾施設、埋設配管等広範囲に使用されている。海水中や土中などの電解質中にある被防食体よりもアルミニウム、亜鉛、マグネシウムのようなイオン化傾向の大きい金属を接続し、両者間の電位差を利用して被防食体に防食電流を流す方式を流電陽極方式という。船舶胴体部分の防蝕ため  $2.2\text{kg}$  のマグネシウム陽極を取り付けた。この陽極が 100 日で完全に腐食される場合、この期間の平均電流はどれくらいか？マグネシウムの反応は  $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$  とする。
41. 腐食の形態分類について 5 種類図示して示し、各形態について簡単に説明せよ。

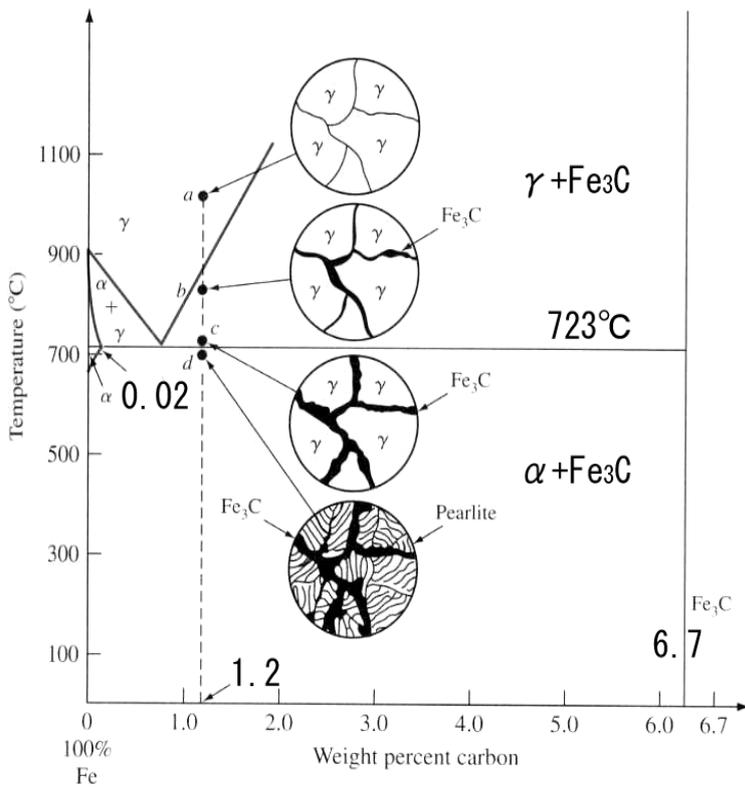
42. 25°C水中のFeの電位-pH 図を図示して説明し、Fe の腐食する領域を示せ。また他の金属との比較から各金属の腐食の特徴を示せ。
43. 応力腐食割れの発生要因について 3 因子に分けて説明し、各因子について項目立てて説明せよ。

参照 二元系狀態圖

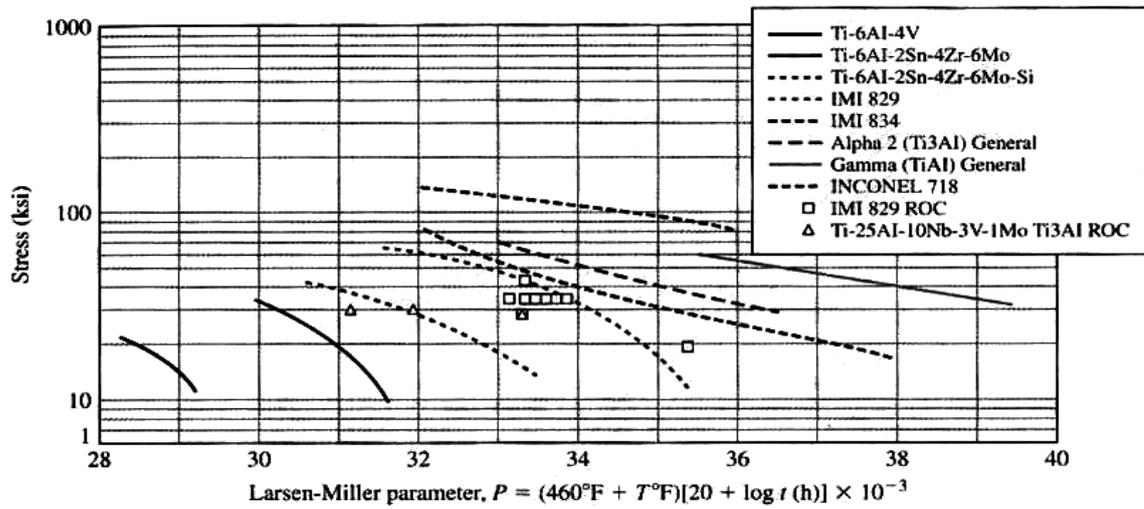


**Figure 9.9**  
Transformation of a 0.4% C hypoeutectoid plain-carbon steel with slow cooling.  
(After W. F. Smith, "Structure and Properties of Engineering Alloys," 2nd ed., McGraw-Hill, 1993, p. 10.)

0.4%亞共析炭素鋼



1.2%過共析炭素鋼



**Figure 7.32**

Larsen-Miller diagram for 0.2% strain, comparing ROC and IM Ti-829 and ROC Ti-25-10-3-1 to several commercially important alpha and beta alloys. ROC: rapid omnidirectional compaction.

[After N. R. Osborne et al., *SAMPE Quart.*, (4)22:26(1992).]