

令和7年度 群馬大学大学院理工学府  
博士前期課程（修士課程）  
夏季入試＜一般入試・留学生入試＞  
材料科学プログラム  
問題冊子

# 材料科学 I , II , III

## 注意事項

1. 材料科学 I , II , III について 全問解答すること。
2. 解答は、それぞれの問題番号が記載された解答用紙に記入すること。  
裏面は使用しないこと。
3. すべての解答用紙に受験番号および氏名を記入すること。
4. 問題用紙，解答用紙を持ち帰ってはならない。

材料科学 I

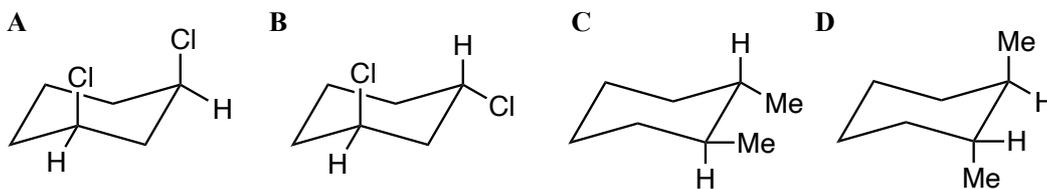
1. 有機化学

次の各問に答えよ。

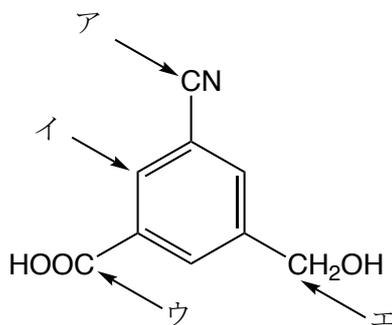
1) 以下に示した化合物 **A**~**D** について、次の問に答えよ。

a) **A**~**D** について、*cis* 体か *trans* 体かをそれぞれ記せ。

b) **C** と **D** はどちらが安定か、安定な方の記号を理由とともに記せ。



2) 次の化合物について、「矢印でマークした炭素原子ア~エ」の混成状態をそれぞれ記せ。

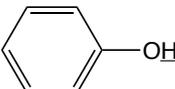
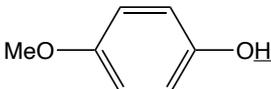


3) 以下の a) ~ c) において、下線の水素原子がプロトンとして放出されやすいもの（酸性が強いもの）から順に、化合物 **A**~**C** を並べて不等号で記せ。なお、次の例にならって記述すること。

例) **A** > **B** > **C**

a) **A** CH<sub>3</sub>COOH      **B** Cl<sub>3</sub>CCOOH      **C** ClCH<sub>2</sub>COOH

b) **A** NH<sub>3</sub>      **B** CH<sub>4</sub>      **C** H<sub>2</sub>O

c) **A**       **B**       **C** 

材料科学 I

2. 物理化学

次の各問に答えよ。

1) 気体の状態方程式について、次の問に答えよ。

- a) 理想気体の状態方程式を記せ。ただし、圧力  $p$ , モル体積  $V_m$ , 温度  $T$ , 気体定数  $R$  とする。
- b) 同様に、ファンデルワールスの状態方程式を記せ。なお、ファンデルワールスのパラメーターの定数  $a$  と  $b$  を用いよ。
- c) 実在気体は、どのような場合に理想気体として振る舞うか説明せよ。

2) 次の(1)式で表される平衡反応について、次の問に答えよ。



表 298 K における標準生成ギブズエネルギー  $\Delta_f G^\circ(298\text{K})$  の値

物質	$\Delta_f G^\circ(298\text{K}) / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	97.89
$\text{NO}_2(\text{g})$	51.31

- a) 上の表の値から、298 K における(1)式の解離反応の標準反応ギブズエネルギー  $\Delta_r G^\circ(298\text{K})$  を有効数字 3 桁で求めよ。計算過程も示せ。
- b) 温度  $T$  における(1)式の解離反応の標準反応ギブズエネルギー  $\Delta_r G^\circ(T)$  と平衡定数  $K(T)$  の関係を表す式を記せ。なお、気体定数は  $R$  とする。
- c) 上記の a) と b) の結果を組み合わせて、298 K における(1)式の平衡定数  $K(298\text{K})$  を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、気体定数  $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とする。計算過程も示せ。

材料科学 I

3. 無機化学

A 第一イオン化エネルギーは Na より Mg のほうが大きい。 一方, B 電子親和力は Na より Mg のほうが小さい。 次の各問に答えよ。

- 1) 第一イオン化エネルギーとは何か説明せよ。
- 2) 電子親和力とは何か説明せよ。
- 3) Na 原子と Mg 原子の基底状態の電子配置を次の例にならってそれぞれ記せ。

例) C : [He]  $2s^2 2p^2$

- 4) 下線部 A の理由を説明せよ。
- 5) 下線部 B の理由を説明せよ。

材料科学Ⅱ

4. 材料力学

図1のように、軸に垂直な面の断面積が  $2.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  で、区間 AB、区間 BC および区間 CD の長さがそれぞれ 0.40 m、0.50 m および 0.30 m の鋼棒がある。この鋼棒が図2のように軸荷重を受けるとき、次の問に答えよ。鋼棒の縦弾性係数は 200 GPa とし、引張力および圧縮力の符号はそれぞれ正(+)および負(-)とする。

- 1) 区間 AB、区間 BC および区間 CD に作用する内力をそれぞれ求めよ。
- 2) 区間 AB、区間 BC および区間 CD の伸びをそれぞれ求めよ。  
計算過程も記せ。
- 3) 全体の伸びを求めよ。  
計算過程も記せ。

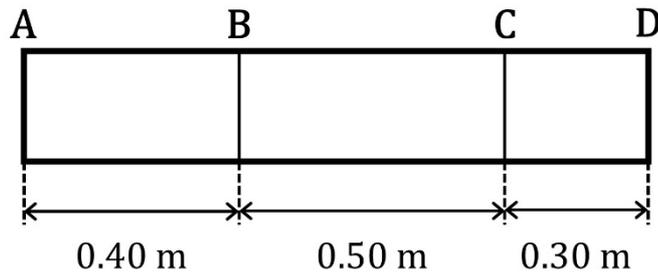


図1

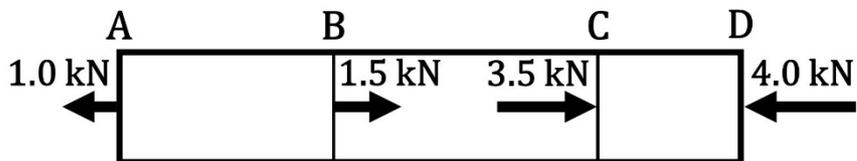


図2

材料科学Ⅱ

5. 金属材料学

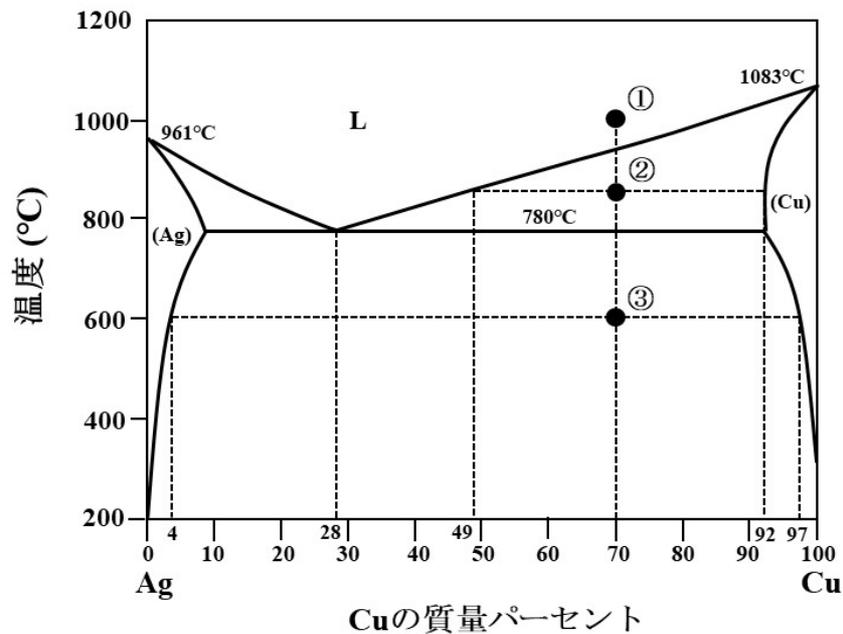
次の各問に答えよ。

1) 面心立方格子(fcc)の結晶構造を有するアルミニウム Al について、次の間に答えよ。

- a) fcc の単位胞中の原子の数を記せ。
- b) 格子定数を  $a$ , 原子半径を  $r$  とするとき,  $a$  を  $r$  で記せ。
- c) fcc における充填率を有効数字 2 桁で求めよ。
- d) Al の原子半径(m)および密度( $\text{Mg m}^{-3}$ )を有効数字 3 桁で求めよ。  
ただし, Al の原子量は 27.0, 格子定数は  $4.05 \times 10^{-10}$  m, アボガドロ数は  $6.02 \times 10^{23}$  とする。

2) 下の図は銀 Ag—銅 Cu 系平衡状態図を示している。次の間に答えよ。

- a) Ag—Cu 系の共晶温度を記せ。
- b) 状態図中の①, ②, ③の各点における生成相を図中の記号を使って記せ。また, それらの組成を記せ。2 相が共存する場合には, それらの量比を求めよ。
- c) Ag や Cu などの金属に対して, 圧延や曲げなどの塑性加工を施すと硬さが上昇する。この現象名を記せ。また, 硬さが上昇する理由について説明せよ。



### 材料科学Ⅲ

#### 6. 高分子化学

次の各問に答えよ。

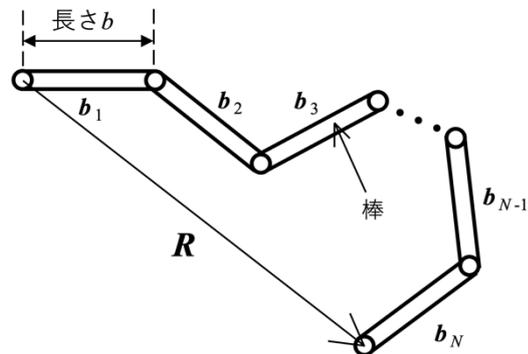
1) ラジカル重合について次の問に答えよ。

- a) 酢酸ビニルを用いてラジカル重合を  $70^{\circ}\text{C}$ で行うのに適している開始剤を一つ挙げ、その化合物名と構造式を記せ。
- b)  $\alpha$ -メチルスチレンを用いて  $70^{\circ}\text{C}$ でのラジカル重合によってポリマーを得ることが困難である理由を説明せよ。
- c) スチレンと無水マレイン酸を等量用いてラジカル重合を行った。その際に得られるポリマー中のモノマー単位の配列について説明せよ。なお、スチレンと無水マレイン酸のモノマー反応性比は、それぞれ 0.04 と 0.015 である。

次頁に続く

2) 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

高分子鎖の統計的な性質を調べるために、右図のような自由連結鎖を考える。これは、簡単な高分子鎖のモデルであり、 $N$  個の長さ  $b$  の棒が鎖状に繋がっている。棒は高分子の主鎖の共有結合をモデル化したものであり、各棒は他の棒と無関係に自由な方向を向くことができる。



この場合、各棒の両端を結ぶベクトルを  $\mathbf{b}_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) とすれば、高分子鎖の末端間ベクトル  $\mathbf{R}$  は総和の記号 ( $\Sigma$ ) を用いて次のように表される。

$$\mathbf{R} = \sum_{i=1}^N \mathbf{b}_i$$

この  $\mathbf{R}$  の二乗平均  $\langle \mathbf{R}^2 \rangle$  は、総和の記号を用いて次のように表される。ただし、記号  $\langle \rangle$  は統計平均を表す。

$$\langle \mathbf{R}^2 \rangle = \sum_{i=1}^N \langle \mathbf{b}_i^2 \rangle + \boxed{\text{X}} \sum_{i=2}^N \sum_{j=1}^{i-1} \langle \mathbf{b}_i \cdot \mathbf{b}_j \rangle$$

ここで、 $\langle \mathbf{b}_i^2 \rangle = b^2$  であることと、各棒は他の棒と無関係に自由な方向を向くことができることを考慮すると、

$$\langle \mathbf{R}^2 \rangle = \boxed{\text{Y}}$$

となる。このような  $\langle \mathbf{R}^2 \rangle$  は、高分子鎖の広がりを表しており、高分子の分子量と関係がある。

- a) 下線部のような高分子鎖の状態を何というか記せ。
- b) 空欄  $\boxed{\text{X}}$  ,  $\boxed{\text{Y}}$  に当てはまる数式または数を記せ。
- c) 高分子の分子量の一般的な測定法の名称を一つ記せ。

材料科学Ⅲ

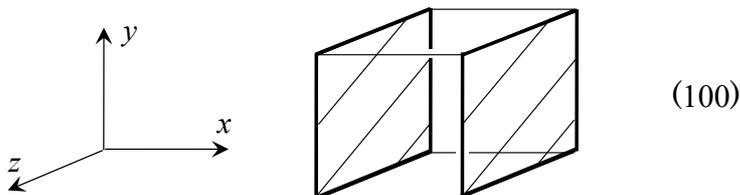
7. 固体化学, 無機材料学

次の各問に答えよ。

1) 立方晶の結晶構造について次の問に答えよ。

a) 立方単位格子からなる結晶の(220)面, (211)面, (111)面を, 例にならって面間隔がわかるように図示せよ。

例)



b) 波長が 154 pm の X 線を用いて NaCl 結晶の粉末 X 線回折を測定したところ, (200)面の回折線が回折角  $2\theta = 31.7^\circ$ に観測された。この結果を用いて, NaCl 結晶の格子定数  $a$  (pm) を有効数字 3 桁で求めよ。計算過程も示せ。

2) ペロブスカイト型構造のチタン酸バリウムについて次の問に答えよ。

a) このチタン酸バリウムの組成式を記せ。

b) チタン酸バリウムは炭酸バリウムと二酸化チタンを混合して熱処理することで合成できる。しかし, この方法では生成物の組成が不均一になりやすい。チタン酸バリウムの合成について, 生成物の組成を均一化しやすい手法の名称を一つ記せ。

c) チタン酸バリウムは, 立方晶から正方晶に相転移すると, 誘電体としての性質が常誘電体から強誘電体に変化する。このような変化が生じる原因を次の用語を全て用いて説明せよ。なお, 同じ用語を繰り返し使ってもよい。

正方晶, 立方晶, 双極子モーメント, 中心, 常誘電体, 強誘電体

電卓の設定及び動作確認を、以下のように行ってください。

1. 電卓のふた裏側のクイックリファレンスの一番上を見て、初期状態にして下さい。

キー操作は、

[SHIFT][CLR][2][=] です。

“-----”という表示が出たら OK です。

2. 動作を確認し、操作に慣れるために、下記の計算を行い、答えを確認してください。

キー操作

1)  $\log 20 = 1.30 \dots$

[log][20][=] “1.30 ...”

2)  $\ln 20 = 2.995 \dots$

[ln][20][=] “2.995 ...”

3)  $e^{-2} = 0.135 \dots$  (e の-2 乗)

[shift][e<sup>x</sup>][-][2][=] “0.135 ...”

4)  $10^{2.5} = 316.2 \dots$  (10 の 2.5 乗)

[10][^][2.5][=] “316.2 ...”

5)  $\cos(180) = -1$

[cos][180][=] “-1”

6)  $23^5 \div 25 = 257,453.72$

[23][^][5][÷][25][=]  
“257,453.72”

(カンマと小数点の違いに注意)

7)  $23^{(5 \div 25)} = 1.872 \dots$

[23][^][([)][5][÷][25][)]][=]  
“1.872 ...”