

令和 8 年度 4 月入学

令和 7 年度 10 月入学

北海道大学大学院工学院

修士課程

材料科学専攻 入学試験問題

令和 7 年 8 月 19 日 (火) 9 : 00 ~ 12 : 00

試験科目 : A 材料物理化学

解答上の注意

- 1) 試験監督者の指示があるまで本問題冊子を開いてはならない。
- 2) 本問題冊子は、表紙 1 枚、下書用紙 1 枚、問題用紙 3 枚からなる。解答用紙は専用の解答用紙を含め 3 枚である。試験開始の合図の後、枚数を確認し、落丁、乱丁、印刷の不鮮明などがあった場合は、直ちに試験監督者に申し出なさい。試験開始後に、解答用紙を冊子から外しなさい。
- 3) 設問は 3 問ある。設問 1 ~ 3 から 2 問を選択し、解答は受験番号を明記した上で、設問ごとに所定の解答用紙に記入すること。選択した解答用紙 2 枚を提出しなさい。3 枚とも提出した場合は採点の対象としない。選択しない解答用紙、下書用紙、問題用紙は持ち帰ること。
- 4) 解答用紙が不足する場合は、続き具合を明示した上で裏面を使用して下さい。

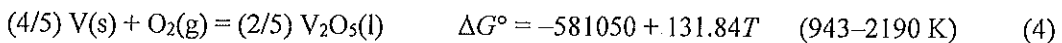
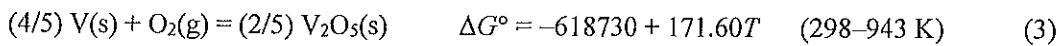
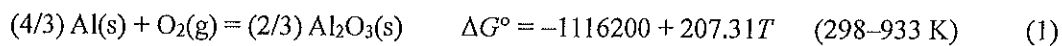
下書用紙

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	A (1 / 3)	試験科目	材料物理化学
------	-----------	------	--------

設問1 酸化物の標準自由エネルギー-温度図(エリンガム図)に関する以下の問(1)~問(5)に答えなさい。なお、 T は熱力学温度とする。

問(1) Al_2O_3 と V_2O_5 に関するエリンガム図を解答用紙に描きなさい。ただし、AlおよびVの酸化反応式と O_2 1 mol当たりの標準自由エネルギー変化 ΔG° (J mol^{-1})は以下のとおりである。



問(2) 式(3)により表されるVの酸化反応について、以下の(A)~(B)に答えなさい。

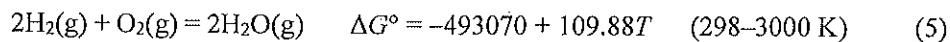
(A) 標準エンタルピー変化(ΔH°)と標準エントロピー変化(ΔS°)を推定しなさい。また、推定の根拠について式を用いて述べなさい。なお、単位の表記が無い場合は不正解とする。

(B) 本反応は発熱反応であるか、吸熱反応であるか、答えなさい。

問(3) V_2O_5 とAlを反応させてVを生成させることが可能かどうかを、問(1)で描いた図をもとに述べなさい。ただし、文中では以下の括弧内のキーワードをすべて用いなさい。

(標準自由エネルギー変化, 酸化, 還元)

問(4) H_2 と H_2O の圧力比が $10^6:1$ である H_2 - H_2O 混合ガスの酸素ポテンシャルを、問(1)で描いた図中に描きなさい。ただし、気体定数は $8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ とし、 H_2 の酸化反応式と O_2 1 mol当たりの標準自由エネルギー変化 ΔG° (J mol^{-1})は以下のとおりである。



問(5) H_2 - H_2O 混合ガス中において、 Al_2O_3 をAlに還元させたい。以下の(A)~(B)に答えなさい。

(A) H_2 と H_2O の圧力比が $10^6:1$ の場合、 Al_2O_3 をAlに還元させるためにどのような操作をすればよいか答えなさい。

(B) 温度を 1300 K に保持する場合、 H_2 と H_2O の圧力比をどのようにすればよいか答えなさい。計算過程を必ず示すこと。

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	A (2 / 3)	試験科目	材料物理化学
------	-----------	------	--------

設問2 化学反応に関する以下の問(1)～問(5)に答えなさい。なお、問(2)～問(5)では以下に示す化学反応を考える。この化学反応は標準圧力下で起こるものとする。



解答は小数点第2位を四捨五入して小数点第1位まで答え、必要なら以下の熱力学データ①～⑨を用いてもよい。 $(C_p(i))$:物質*i*の定圧モル熱容量, $\Delta H_f^\circ(i, 298\text{ K})$:298 Kにおける物質*i*の標準生成エンタルピー, $S^\circ(i, 298\text{ K})$:298 Kにおける物質*i*の標準エントロピー, T :熱力学温度)

- ① $C_p(\text{Cu}_2\text{O}(\text{s})) = 62.34 + 23.8 \times 10^{-3} T \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (298～1200 K)
- ② $C_p(\text{O}_2(\text{g})) = 30.0 + 4.2 \times 10^{-3} T - 1.7 \times 10^5 T^{-2} \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (298～3000 K)
- ③ $C_p(\text{CuO}(\text{s})) = 38.8 + 20.1 \times 10^{-3} T \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (298～1250 K)
- ④ $\Delta H_f^\circ(\text{Cu}_2\text{O}(\text{s}), 298\text{ K}) = -167.4 \text{ kJ mol}^{-1}$
- ⑤ $\Delta H_f^\circ(\text{O}_2(\text{g}), 298\text{ K}) = 0 \text{ kJ mol}^{-1}$
- ⑥ $\Delta H_f^\circ(\text{CuO}(\text{s}), 298\text{ K}) = -155.2 \text{ kJ mol}^{-1}$
- ⑦ $S^\circ(\text{Cu}_2\text{O}(\text{s}), 298\text{ K}) = 93.09 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- ⑧ $S^\circ(\text{O}_2(\text{g}), 298\text{ K}) = 205.0 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- ⑨ $S^\circ(\text{CuO}(\text{s}), 298\text{ K}) = 42.7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

問(1) 化学反応における標準反応エンタルピーと物質の標準生成エンタルピーについて、それぞれ2行程度で説明しなさい。

問(2) 298 Kにおけるこの反応の標準エンタルピー変化を求めなさい。

問(3) 1000 Kにおけるこの反応の標準エンタルピー変化を計算し、導出過程とともに示しなさい。

問(4) 1000 Kにおけるこの反応の標準エントロピー変化を計算し、導出過程とともに示しなさい。

問(5) 問(3)と問(4)の結果から、1000 Kにおけるこの反応の標準ギブズエネルギー変化を求めなさい。

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	A (3 / 3)	試験科目	材料物理化学
------	-----------	------	--------

設問3 全率固溶体を形成する金属 A と金属 B の二元系合金について、以下の問(1)～問(4)に答えなさい。なお、A と B の結晶構造は同じで、原子サイズや電気陰性度の差は小さいものとする。また、 T は熱力学温度とする。

問(1) 純金属 A の融点を T_{mA} 、純金属 B の融点を T_{mB} (ただし $T_{mA} < T_{mB}$) とする。横軸を B のモル分率 X_B として、A-B 二元系状態図を描きなさい。ここで、固相は α 固溶体で表されるものとする。また、 T_1 ($T_{mA} < T_1 < T_{mB}$) における液相 (L) および α 相中の B 濃度をそれぞれ $X_{B(L)}$ 、 $X_{B(\alpha)}$ とし、図中に示しなさい。各相領域における構成相も記載すること。

問(2) 温度 T_1 における各相の組成自由エネルギー曲線を描き、共通接線の接点における組成について、問(1)で示した状態図と対応させて説明しなさい。

問(3) 温度 T_1 における B 濃度の変化に伴う成分 B の活量(ラウール基準)の変化を模式的に描き、そのようになる理由を説明しなさい。このとき各相で活量係数は濃度によらず一定とする。

問(4) α 固溶体における混合の自由エネルギー変化 ΔG_{mix} について考える。以下の (あ) ～ (き) に当てはまる適切な語句または式を書きなさい。

ΔG_{mix} は式(1)で表される。ここで X_A は A のモル分率、 R は気体定数である。

$$\Delta G_{mix} = \Omega X_A X_B + RT(X_A \ln X_A + X_B \ln X_B) \quad (1)$$

式(1)において、混合のエンタルピー変化 ΔH_{mix} と混合のエントロピー変化 ΔS_{mix} はそれぞれ (あ)、(い) である。理想溶体では ΔH_{mix} が (う) となるため ΔG_{mix} は (え) となる。一方、 ΔH_{mix} を考慮する必要がある (お) 近似において、 Ω が重要な因子である。 Ω を (か) とよび、最近接原子間の (き) を用いて式(2)で表される。

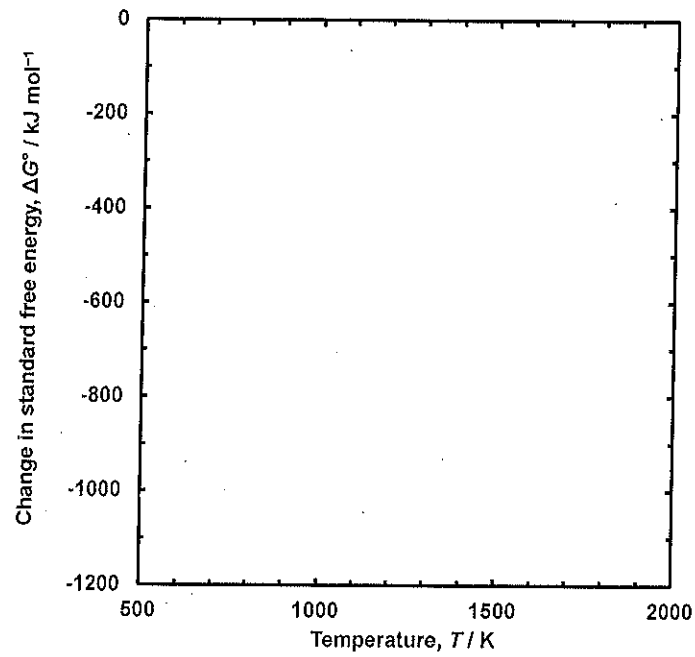
$$\Omega = Nz \left(e_{AB} - \frac{e_{AA} + e_{BB}}{2} \right) \quad (2)$$

ここで、 N は総原子数、 z は1原子あたりの配位数、 e_{AB} 、 e_{AA} 、 e_{BB} はそれぞれ A-B、A-A、B-B の (き) である。

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	A (1 / 3)	受験番号	
		評点	

問(1)



令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	A (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	A (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和 8 年度 4 月入学
令和 7 年度 10 月入学

北海道大学大学院工学院

修士課程

材料科学専攻 入学試験問題

令和 7 年 8 月 19 日 (火) 9 : 00 ~ 12 : 00

試験科目 : B 材料物性学

解答上の注意

- 1) 試験監督者の指示があるまで本問題冊子を開いてはならない。
- 2) 本問題冊子は、表紙 1 枚、下書用紙 1 枚、問題用紙 3 枚からなる。解答用紙は 3 枚である。試験開始の合図の後、枚数を確認し、落丁、乱丁、印刷の不鮮明などがあつた場合は、直ちに試験監督者に申し出なさい。試験開始後に、解答用紙を冊子から外しなさい。
- 3) 設問は 3 問ある。設問 1 ~ 3 から 2 問を選択し、解答は受験番号を明記した上で、設問ごとに所定の解答用紙に記入すること。選択した解答用紙 2 枚を提出しなさい。3 枚とも提出した場合は採点の対象としない。選択しない解答用紙、下書用紙、問題用紙は持ち帰ること。
- 4) 解答用紙が不足する場合は、続き具合を明示した上で裏面を使用して下さい。

下書用紙

科目記号	B (1 / 3)	試験科目	材料物性学
------	-----------	------	-------

設問1 水素原子のエネルギー準位に関する下記の文章を読み、以下の問(1)~問(4)に答えなさい。

水素原子の模型として原子核のまわりを1個の電子が等速円運動している系を考える。古典力学では、電子-原子核間の(あ)力 F_1 と電子の円運動による(い)力 F_2 が等しいとする運動方程式が成立する。ニールス・ボーアは、原子内の電子はエネルギーを吸収したり放出したりしない(う)状態にあるとし、その条件を満たすのは電子の円運動の(え)量が $h/2\pi$ の n 倍をとる場合だけであると仮定した。ただし、 h はプランク定数、 n は正の整数である。この条件を満たす電子は電磁波を放出せず、永続的に円運動を行うことができる。この条件を(お)条件といい、(う)状態におけるエネルギーが最も低い状態を(か)状態という。

問(1) 上の文章中の(あ)~(か)に入るべき適切な語句を答えなさい。

問(2) F_1 と F_2 の絶対値が等しく、かつボーアの(お)条件が成立するとして、電子の軌道半径 r を記述する式を導出しなさい。ただし、 ϵ_0 : 真空の誘電率、 q : 電気素量、 m : 電子の質量、 v : 電子の速度とする。

問(3) ボーア半径とは何か答えなさい。また、ボーア半径を有効数字3桁で算出しなさい。ただし、 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$ 、 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ 、 $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、 $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ とする。

問(4) 水素原子の第一イオン化エネルギー[J]を有効数字3桁で求めなさい。

科目記号	B (2 / 3)	試験科目	材料物性学
------	-----------	------	-------

設問2 クレーガー・ピンク表記法を用いた酸化物の格子欠陥に関する以下の問(1)～問(7)に答えなさい。ただし、クレーガー・ピンク表記法では格子欠陥を A_B^C の形式で表す。ここで B は格子サイト、A はそのサイトを実際に占めるイオン原子、C は有効電荷である。

問(1) Y_{Al}^{\times} はどのような格子欠陥か答えなさい。

問(2) $V_O^{\bullet\bullet}$ はどのような格子欠陥か答えなさい。

問(3) $(1/2) O_2 \rightarrow O_O^{\times} + V_{Ni}^{\bullet\bullet} + 2h^{\bullet}$ の欠陥反応を説明しなさい。

問(4) 図1に示す酸化ジルコニウム(バルク)中への酸化カルシウム添加の際に起こる欠陥反応式を示しなさい。

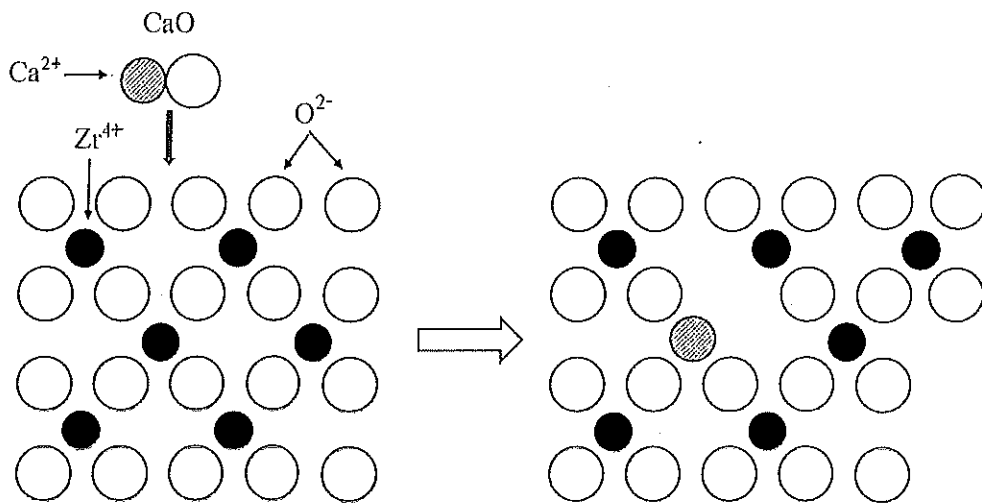


図 1

問(5) 金属酸化物 MO 中に起こるショットキー欠陥反応とフレンケル欠陥反応をクレーガー・ピンク表記で示しなさい。ただし、金属 M のイオン価数は 2 価とする。

問(6) 金属酸化物 MO 中に起こるショットキー欠陥とフレンケル欠陥の図を描きなさい。

問(7) フレンケル欠陥生成反応の平衡定数、生成エンタルピーをそれぞれ K_F , ΔH_F とするとき、温度 T における欠陥濃度を表す式を示しなさい。その他、必要な記号は適宜定義して用いること。

科目記号	B (3 / 3)	試験科目	材料物性学
------	-----------	------	-------

設問3 材料の物性とその応用に関する以下の問(1)~問(2)に答えなさい。なお、必要に応じて図を用いても良い。

問(1) 材料の光学的性質について以下の(A)~(C)に答えなさい。

(A) 材料による光の吸収のうち、電子の不連続な準位間またはエネルギー帯間の遷移に伴う吸収を2つ答えなさい。

(B) ある材料に電圧を印加しながら波長を変えて光を照射したところ、図1のような吸収係数と電流の変化を得た。領域Iと領域IIで光の吸収と電流の変化に違いがある。その理由を説明しなさい。

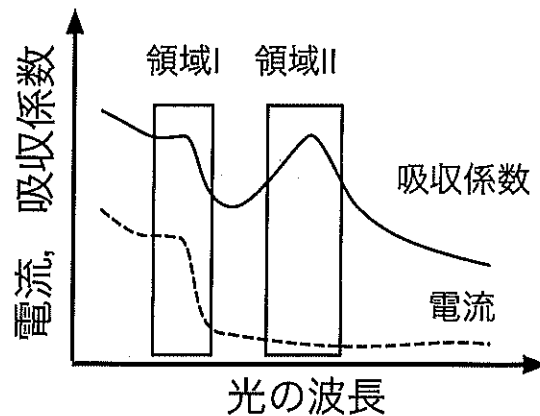


図1 照射光の波長による吸収係数と電流の変化

(C) 材料の発光現象には、けい光とりん光がある。それぞれの特徴を簡潔に述べなさい。また、けい光とりん光の使用例をそれぞれについて1つ答えなさい。

問(2) 材料の磁氣的性質について以下の(A)~(B)に答えなさい。

(A) 弱磁性および強磁性を細分化したときの、それぞれの名称を答えなさい。また、それぞれの永久磁気双極子モーメントを図示しなさい。

(B) 軟磁性材料と硬磁性材料の特徴を磁界の強さと磁束密度によるヒステリシス曲線を用いて説明しなさい。また、軟磁性材料と硬磁性材料の使用例をそれぞれについて1つ答えなさい。

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	B (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	B (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	B (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和 8 年度 4 月入学

令和 7 年度 10 月入学

北海道大学大学院工学院

修士課程

材料科学専攻 入学試験問題

令和 7 年 8 月 19 日 (火) 13 : 00 ~ 16 : 00

試験科目 : C 材料プロセス工学

解答上の注意

- 1) 試験監督者の指示があるまで本問題冊子を開いてはならない。
- 2) 本問題冊子は、表紙 1 枚、下書用紙 1 枚、問題用紙 4 枚からなる。解答用紙は 3 枚である。試験開始の合図の後、枚数を確認し、落丁、乱丁、印刷の不鮮明などがあつた場合は、直ちに試験監督者に申し出なさい。試験開始後に、解答用紙を冊子から外しなさい。
- 3) 設問は 3 問ある。設問 1 ~ 3 から 2 問を選択し、解答は受験番号を明記した上で、設問ごとに所定の解答用紙に記入すること。選択した解答用紙 2 枚を提出しなさい。3 枚とも提出した場合は採点の対象としない。選択しない解答用紙、下書用紙、問題用紙は持ち帰ること。
- 4) 解答用紙が不足する場合は、続き具合を明示した上で裏面を使用してよい。

下書用紙

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	C (1 / 3)	試験科目	材料プロセス工学
------	-----------	------	----------

設問1 亜鉛の電解採取プロセスに関する以下の問(1)～問(6)に答えなさい。

問(1) 亜鉛の多くは閃亜鉛鉱 (ZnS) を原料として製造される。電解液の硫酸溶液には ZnS はほとんど溶解しない。溶解させるために ZnS に対してどのような前処理が行われるか答えなさい。

問(2) 亜鉛イオンを含む酸性の電解液を用いた際、鉛合金アノードでの半反応式を答えなさい。

問(3) 電解電流を印加した際に生じるアノードとカソード間の電圧について、考えられる電圧の成分を全て答えなさい。

問(4) 問(3)で解答した各成分の電圧を低下させることを考える。その方法についてそれぞれ答えなさい。

問(5) 電解中のアノードとカソード間の電圧が 3.4 V であった場合、亜鉛を 1 トン生産するための電力原単位をカソードの電流効率を 90% として計算しなさい。また、導出過程も示しなさい。なお、亜鉛の原子量は 65.38、密度は 7.14 g cm^{-3} 、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ とする。

問(6) 亜鉛の電解採取法では、亜鉛の酸化還元電位が水素のそれよりも卑な電位でありながら水溶液の電解液を用いることができる。この理由について、電極表面で起こる反応に着目し、電流効率が 100% にならないことにも触れて答えなさい。

科目記号	C (2 / 3)	試験科目	材料プロセス工学
------	-----------	------	----------

設問2 鉄鉱石の還元に関する下記の文章を読み、以下の問(1)~問(3)に答えなさい。

2050年のカーボンニュートラル達成を目指して、鉄鋼業では水素製鉄技術の開発が急務となっている。従来の〔あ〕法をベースとした水素製鉄技術では、〔あ〕内に水素を吹き込むことで主要な還元剤である〔い〕の使用量削減が期待できる。一方、〔あ〕法によらない製鉄プロセスとして、水素直接還元法がある。鉱石の還元と溶解を一つの炉で一貫して行う〔あ〕法とは違い、水素直接還元法では鉱石を〔う〕処理して作製したペレット等を水素を用いて固体のまま還元し、その後別の炉で溶解する必要がある。現段階において水素直接還元法は、〔あ〕法と比べるとエネルギー効率が低くなる等の課題があるが、再生可能エネルギー由来のグリーン水素を用いることでCO₂排出量を抜本的に削減できる可能性がある。

問(1) 文中の〔あ〕～〔い〕に入る適切な語句を答えなさい。

問(2) 以下の(A)~(C)に答えなさい。

(A) 文中の〔う〕に入る適切な予備処理技術の名称を答えなさい。

(B) 予備処理技術に関して説明した以下の文中の〔え〕～〔か〕に入る最も適切な語句を選択肢から答えなさい。

金属製錬では、鉱山から採掘した鉱石をそのまま利用することはほとんどない。通常、鉱石を製錬に適した〔え〕や〔お〕にすること、〔か〕を除去して原料の品位を向上させること等を目的とした予備処理が施される。

選択肢：岩石、粘土、色彩、組成、形状、脈石、銹鉄、温度、圧力

(C) 鉄鉱石の還元プロセスにおいて、以下の(i)~(ii)の特徴を持つ鉱石の利用を想定する際、それぞれの鉄鉱石へ実施すべき適切な予備処理法の名称を答えると共に、適切な予備処理が還元プロセスにもたらす効果をそれぞれ1行程度で説明しなさい。

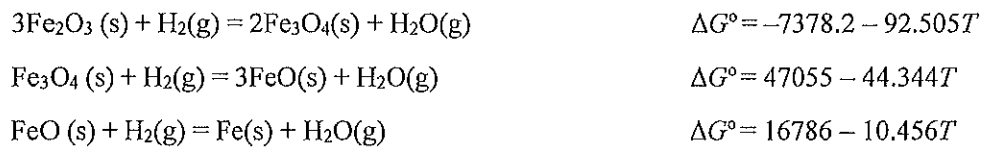
(i) 多量の結晶水を含有する

(ii) 雨に濡れ、多量の水分が表面に付着している

科目記号	C (2 / 3)	試験科目	材料プロセス工学
------	-----------	------	----------

(前頁より続き)

問(3) 図1は $P_{H_2} + P_{H_2O} = 1.0 \text{ atm}$ における Fe-H-O 系平衡図の一部を示す。還元炉内における酸化鉄の $H_2(g)$ による還元に関連する(A)~(B)に答えなさい。なお、 $H_2(g)$ による酸化鉄類の還元反応およびそれぞれの標準ギブズ自由エネルギー変化 ΔG° [$J \text{ mol}^{-1}$]は以下の通りである。また、気体定数: $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とし、固体の活量は1とする。



(A) 図1中の(I)~(III)の平衡関係に相当する反応式をそれぞれ答えなさい。ただし、その根拠を必ず記すこと。

(B) 図1中の(ア)~(エ)の領域における安定相をそれぞれ答えなさい。

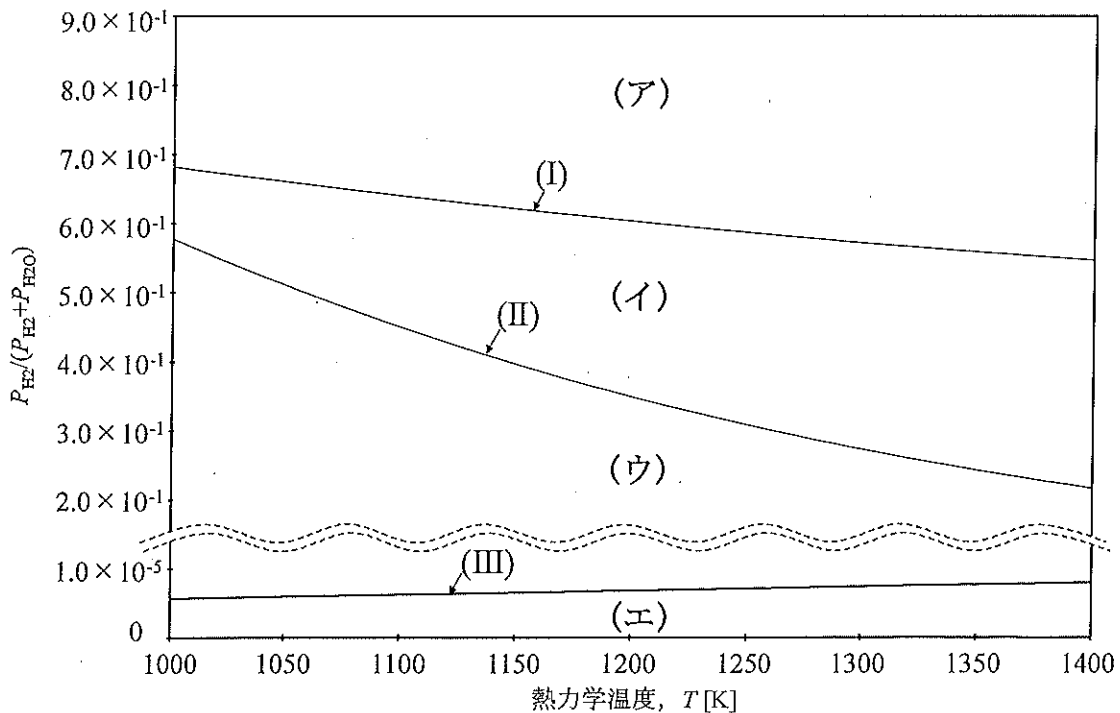


図1

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	C (3 / 3)	試験科目	材料プロセス工学
------	-----------	------	----------

設問3 流動に関する以下の問(1)~問(2)に答えなさい。

問(1) レイノルズ数と相似則に関する以下の(A)~(C)に答えなさい。ただし、空気の動粘性係数 ν は、水の動粘性係数の15.0倍であるとする。

(A) レイノルズ数 Re の物理的意味を述べなさい。

(B) 内直径 $d=40.0\text{mm}$ の水平管内部を水が体積流量 $Q=5.03 \times 10^{-5}\text{m}^3\text{s}^{-1}$ で流れている。この管内に水の代わりに空気を流した場合、流動状態を相似にするために必要な空気の平均流速 \bar{v} を求めなさい。

(C) 翼長 12.0m 、巡航速度 20.0ms^{-1} の小型飛行機について考える。実機の巡航速度飛行における翼周りの空気流れを調べるために、翼長 1.00m の相似模型を作製して回流水槽の中で実験を行った。模型の翼近傍の点で水の流速が 2.00ms^{-1} であった場合、実機の相似な点における空気の相対流速 v を求めなさい。

問(2) ハーゲン・ポアズイユ流れに関する以下の(A)~(B)に答えなさい。

(A) ハーゲン・ポアズイユ流れとはどのような流れか、簡単に述べなさい。

(B) 内半径 a が一定で滑りのない円管内のハーゲン・ポアズイユ流れを考える。中心軸を x 軸にとった円柱座標系 (r, θ, x) で表したとき、中心軸方向の速度成分 v_x の動径 r 分布は、

$$v_x(r) = \frac{1}{4\eta} \left(-\frac{dp}{dx} \right) (a^2 - r^2) \quad (1)$$

となることを示しなさい。ただし、 $\frac{dp}{dx}$ は圧力勾配、 η は流体の粘性係数を表し、それぞれ一定とする。また、中心軸回りの旋回成分は無く、軸対称の近似が成り立つものとする。

なお、中心軸上に半径 r 、長さ Δx の微小な円柱要素を考え、この円柱要素の中心軸に平行な面、および垂直な面のそれぞれに働く流れ方向の力のつり合いから求めるとよい。

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	C (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	C (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	C (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和 8 年度 4 月入学
令和 7 年度 10 月入学

北海道大学大学院工学院

修士課程

材料科学専攻 入学試験問題

令和 7 年 8 月 19 日 (火) 13 : 00 ~ 16 : 00

試験科目 : D 材料組織学

解答上の注意

- 1) 試験監督者の指示があるまで本問題冊子を開いてはならない。
- 2) 本問題冊子は、表紙 1 枚、下書用紙 1 枚、問題用紙 3 枚からなる。解答用紙は 3 枚である。試験開始の合図の後、枚数を確認し、落丁、乱丁、印刷の不鮮明などがあつた場合は、直ちに試験監督者に申し出なさい。試験開始後に、解答用紙を冊子から外しなさい。
- 3) 設問は 3 問ある。設問 1 ~ 3 から 2 問を選択し、解答は受験番号を明記した上で、設問ごとに所定の解答用紙に記入すること。選択した解答用紙 2 枚を提出しなさい。3 枚とも提出した場合は採点の対象としない。選択しない解答用紙、下書用紙、問題用紙は持ち帰ること。
- 4) 解答用紙が不足する場合は、続き具合を明示した上で裏面を使用して下さい。

下書用紙

科目記号	D (1 / 3)	試験科目	材料組織学
------	-----------	------	-------

設問1 金属材料の析出に関する以下の問(1)~問(2)に答えなさい。

問(1) 下記の文章を読み、以下の(A)~(B)に答えなさい。

図1に二種類の金属元素、AとBからなるA-B二元系合金の平衡状態図の一部を示す。ここで、 α は固溶体相、 β は α 相と平衡する固相、およびLは液相を表している。 α に β を析出させる合金を作製するために、以下の方針で合金組成の選択ならびに熱処理を実施した。 α 単相から β を析出させるためには、B原子の濃度を【①】at%までの組成にする必要がある。作製した合金中の全てのB原子を固溶させるために、はじめに【(あ)】処理を行う。この処理を行うためには、平衡状態図内の α 単相領域の温度に保持しなければならない。例えば、B原子をx at%含む合金を【(あ)】するためには、【②】 $^{\circ}\text{C}$ 以上の温度が必要である。

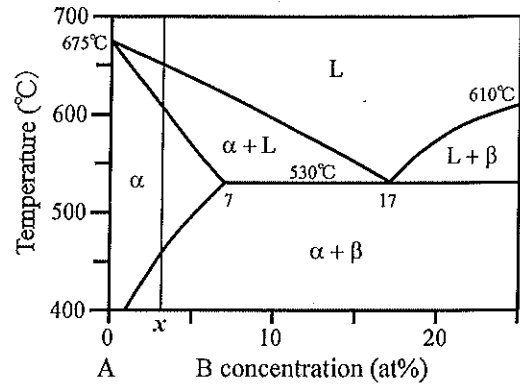


図1

【(あ)】処理では、合金を所定の温度に保持した後に、例えば氷水中に焼き入れる。急冷することでB原子は【(い)】する時間が十分に得られず、母相中に【(う)】に固溶することになる。次に【(あ)】処理で得られた【(う)】固溶体から β を析出させる熱処理を行う。析出させるための熱処理温度は、【(あ)】処理の温度よりも低く、平衡状態図上で β が析出することを示す固溶限の温度以下に保持する必要がある。これによってB原子は【(い)】し、析出物 β が生成する。この β を析出させる熱処理を【(え)】という。

(A) 文中の【(あ)】~【(え)】に入る適切な語句と、【①】~【②】に入る適切な数字を答えなさい。

(B) 図2は、A-x at%B合金の【(え)】時間の経過に伴う降伏応力の変化を表した模式図である。図中の t_1 、 t_2 、および t_3 における析出物 β の大きさと分布状態について説明しなさい。

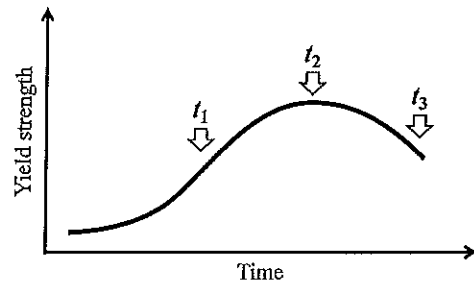


図2

問(2) 下記の文章を読み、以下の(A)~(B)に答えなさい。

Al-1.7 at%Cu合金は、比較的低温の【(え)】を行う場合、平衡状態図に示される安定相 $\theta(\text{Al}_2\text{Cu})$ が析出する前に、別の構造が出現することが知られている。Al母相格子の【③】面上に円板状にCuが【④】原子層分だけ偏析した構造をもつG.P.(I)ゾーンや、Al母相の結晶構造である【(お)】とは異なる構造を有する板状のG.P.(II)ゾーン(θ'')および θ' である。これらが発現する温度では、保持時間の経過とともにG.P.(I)ゾーン \rightarrow G.P.(II)ゾーン(θ'') \rightarrow θ' \rightarrow θ のように遷移することになる。その際、母相との界面の整合性も変化するため、【(え)】時間の経過とともに力学特性が変化することが知られており、転位との相互作用に応じた様々な強化機構が提案されている。

(A) 文中の【(お)】に入る適切な語句と、【③】~【④】に入る適切な数字を答えなさい。なお、【(え)】は問(1)と共通の語句である。

(B) 下線部の転位との相互作用に着目して、界面の整合性の変化を踏まえて、提案されている強化機構に関して述べなさい。

科目記号	D (2 / 3)	試験科目	材料組織学
------	-----------	------	-------

設問2 金属材料の変形に関する以下の問(1)～問(2)に答えなさい。

問(1) 右図は、ある金属材料の引張試験から得られた公称応力-公称ひずみ曲線である。この材料は弾性変形中、等方弾性体として振る舞い、ポアソン比は0.25である。以下の(A)～(G)に答えなさい。なお、必要に応じて単位も明記すること。

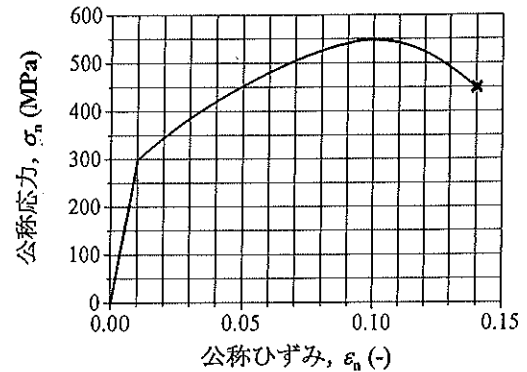


図 ある金属材料の公称応力-公称ひずみ曲線
(ひずみは百分率ではないことに注意)

- (A) 降伏応力を答えなさい。
- (B) ヤング率を答えなさい。
- (C) 剛性率を答えなさい。
- (D) 引張強さを答えなさい。
- (E) 破断応力を答えなさい。
- (F) 上記の性質の他に、この曲線から求まる機械的性質の名称を一つ答えなさい。
- (G) 公称応力が最大値を示した後に低下する理由を答えなさい。

問(2) ある金属材料に外力を負荷して変形させた。そのときの応力テンソル σ は下記のように与えられる。応力の単位はMPaである。以下の(A)～(D)に答えなさい。

$$\sigma = \begin{pmatrix} 120 & 30 & 60 \\ 30 & 90 & 45 \\ 60 & 45 & 30 \end{pmatrix}$$

- (A) 静水圧応力を答えなさい。
- (B) この変形が弾性変形であるときの垂直ひずみ ϵ_{xx} と工学的せん断ひずみ γ_{zx}^* を答えなさい。なお、この材料は等方弾性体であり、ヤング率は100 GPa、剛性率は40 GPaとする。
- (C) 三つの主応力($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$)のうち、 σ_1 と σ_2 はそれぞれ $\sigma_1 = 180$ MPa、 $\sigma_2 = 60$ MPaである。モールの応力円を描きなさい。
- (D) この材料の降伏応力が170 MPaであるとき、この材料は降伏するか否かを、トレスカの降伏条件とミーゼスの降伏条件、それぞれに基づいて答えなさい。

科目記号	D (3 / 3)	試験科目	材料組織学
------	-----------	------	-------

設問3 結晶格子とX線回折に関する以下の問(1)～問(2)に答えなさい。

問(1) 下記の文章を読み、以下の(A)～(C)に答えなさい。

図1はブラベー格子のFCC(面心立方)単位胞の模式図であり、格子ベクトル \mathbf{a} , \mathbf{b} , \mathbf{c} は互いに直交し、その大きさは $|\mathbf{a}| = |\mathbf{b}| = |\mathbf{c}| = a_0$ とする。ここで、 a_0 は格子定数である。FCC 単位胞は (あ) 個の原子で占められている。一方、図中のベクトル \mathbf{t}_1 , \mathbf{t}_2 , \mathbf{t}_3 は結晶中の格子点の並進を表す最小単位のベクトルであり、基本格子ベクトルと呼ばれる。FCC 単位胞の基本格子ベクトルを格子ベクトル \mathbf{a} , \mathbf{b} , \mathbf{c} を用いて表すと、 $\mathbf{t}_1 =$ (い), $\mathbf{t}_2 =$ (う), $\mathbf{t}_3 =$ (え) となる。さらに、基本格子ベクトルがつくる単位胞に含まれる原子の数は (お) である。

(A) 文中の (あ) ～ (お) に当てはまる数字、式を答えなさい。

(B) 格子内の一つの原子が占める体積(原子体積)を基本格子ベクトル \mathbf{t}_1 , \mathbf{t}_2 , \mathbf{t}_3 を用いて表しなさい。

(C) 原子体積を格子定数 a_0 で表しなさい。

問(2) 図2はある金属のX線回折スペクトルである。以下の(A)～(E)に答えなさい。なお、測定に用いたX線の波長は0.154 nmである。

(A) FCC および BCC(体心立方)単位胞からなる物質の消滅則をそれぞれ答えなさい。

(B) この金属の結晶構造が FCC または BCC のどちらであるかを理由とともに答えなさい。

(C) この金属の格子定数を答えなさい。

(D) この金属に原子半径のより大きな別の金属を少量置換固溶させ、再度 X 線回折スペクトルを得た。予想されるスペクトルの変化を理由とともに答えなさい。

(E) この金属製の板を焼きなました後に X 線回折スペクトルを得た。次に、この金属板を冷間圧延し再び X 線回折スペクトルを得た。圧延前後のスペクトルにどのような違いが見られるかを理由とともに答えなさい。

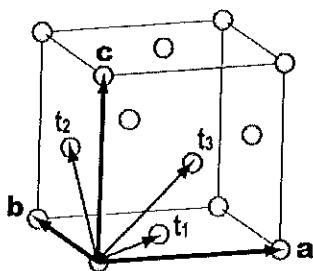


図1 FCC 単位胞と格子ベクトル

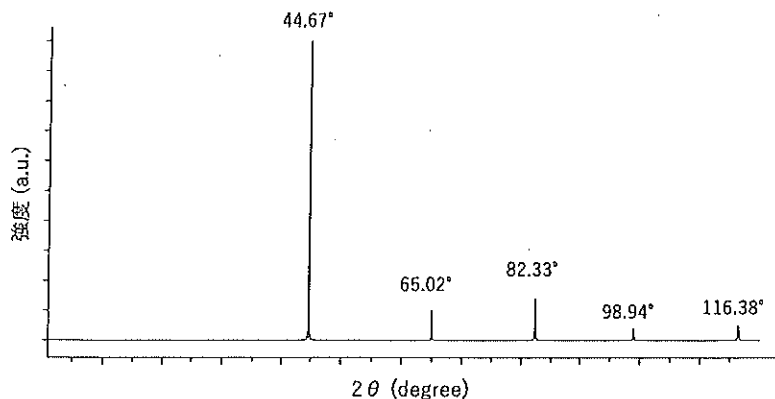


図2 ある金属のX線回折スペクトル

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	D (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	D (/ 3)	受験番号	
		評点	

令和8年度4月入学 令和7年度10月入学 材料科学専攻 専門科目

科目記号	D (/ 3)	受験番号	
		評点	