

受験職種	研究職（金属）
------	---------

得点	※
----	---

地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所
研究職（金属）専門試験

(注 意 事 項)

1. 試験時間中は、すべて試験係員の指示に従ってください。お互いに話をしたり、席を立ったり、そのほか、人の迷惑になるようなことをしてはいけません。指示に従わない、また、試験中にICレコーダーや携帯電話等を使用するなどの不正行為を行った場合は、失格として直ちに退室していただきます。
2. 受験番号及び氏名は必ず記入してください。（※欄は記入しないでください。）
3. 問題は、全部で7問あって、時間は2時間20分です。
4. 棄権するとき、気分が悪くなったときを除き、途中退室はできません。棄権するときには、試験用紙を必ず試験係員に提出し、確認を受けてください。こちらから渡したものは、一切持って出てはいけません。
5. 気分が悪くなった方は試験係員に申し出、指示に従ってください。

指示があるまで中をあけてはいけません

整理番号
※

整理番号
※

得点	※
----	---

受験職種
研究職（金属）

受験番号

氏名

問題1 結晶物質におけるX線回折現象に関連する次の問い(1)から(4)について、答えを解答欄に記入しなさい。

- (1) X線の波長を λ 、回折角を 2θ 、回折に関与した面の面間隔を d 、回折の次数を n とすると、ブラッグの回折条件を式で表しなさい。
- (2) 格子定数 0.405nm である立方晶のミラー指数(111)の面の面間隔を計算しなさい。ただし、 $\sqrt{3}$ は 1.73 として計算し、有効数字3桁で答えなさい。
- (3) 波長 0.154nm のX線による1次回折線の回折角 2θ が 90° の時、回折面の面間隔はいくらになるか計算しなさい。ただし、 $\sqrt{2}$ は 1.41 として計算し、有効数字3桁で答えなさい。
- (4) 結晶構造が面心立方構造である金属に対してX線回折実験を行った場合、ミラー指数で示す以下の結晶面の中で回折の起こらない結晶面はどの面か。次のうち、該当するものをすべて答えなさい。
(110)、(111)、(200)、(112)、(220)、(300)

問題1 解答欄

(1)		
(2)	求め方	
	答え	
(3)	求め方	
	答え	
(4)		

問題2 熱力学に関連する次の問い(1)から(4)について、答えを解答欄に記入しなさい。

- (1) CO、O₂、CO₂の間に $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ の反応平衡が成り立つとき、この反応の平衡定数 K と CO、O₂、CO₂ それぞれのガス分圧 p_{CO} 、 p_{O_2} 、 p_{CO_2} との関係を示しなさい。
- (2) CO、CO₂ の標準生成自由エネルギー変化 ΔG° が温度 T の一次関数としてそれぞれ $\Delta G^\circ_{\text{f,CO}} = -111700 - 87.65 \times T$ [J]、 $\Delta G^\circ_{\text{f,CO}_2} = -394000 - 0.8 \times T$ [J] で表される時、ヘスの法則を用いて $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ のなる反応の標準自由エネルギー変化 ΔG° を温度 T に関する1次式で表しなさい。
- (3) ある反応の平衡定数を K 、標準自由エネルギー変化を ΔG° 、気体定数を R 、絶対温度を T とするとき、この反応が平衡状態にあるときにこれらに成り立つファンツホッフの等温式を示しなさい。
- (4) $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ なる反応の温度 1200K における標準自由エネルギー変化 ΔG° 、およびファンツホッフの等温式を用いることで、この反応の温度 1200K における平衡定数 K を $1/K = 2.6 \times 10^{-16}$ と見積もれるが、CO、CO₂、O₂ のみの温度 1200K の雰囲気において、 $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ の反応平衡が成り立つとみなせるとき、雰囲気中の酸素分圧 p_{O_2} を 2.6×10^{-12} atm 以下に制御するためには CO と CO₂ の分圧 p_{CO} 、 p_{CO_2} をどのようにコントロールすればよいか答えなさい。

問題2 解答欄

(1)	
(2)	求め方
	答え
(3)	
(4)	求め方
	答え

問題3 次の文章を参照しながら、拡散に関する以下の問い(1)から(3)について、答えを解答欄に記入しなさい。

距離 x 、時刻 t における拡散対象元素の濃度を $C(x,t)$ 、拡散係数を D とするとき、フィックの第2法則としても知られている拡散方程式を1次元で記述すると

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C(x,t)}{\partial x} \right) \quad \dots \dots \quad (\text{式1})$$

となるが、拡散対象元素の濃度が C_0 である材料に対して、拡散対象元素の表面濃度を C_s に維持しながら加熱し、一定温度条件下で対象元素を拡散させたときの拡散方程式の解は、対象元素のこの材料中での拡散係数 D が濃度によらず一定とみなせる場合、ガウスの誤差関数を用いて以下のように与えられる。

$$C(x,t) = (C_s - C_0) \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right\} + C_0 \quad \dots \dots \quad (\text{式2})$$

- (1) フィックの第1法則を言葉、または式で表しなさい。なお、新たに文字変数を用いる場合はその定義も記述しなさい。
- (2) 拡散処理前の C_0 がゼロである材料に対して、拡散対象元素の表面濃度を C_s で維持しながら加熱し、一定温度条件下で対象元素を拡散させたとき、対象元素の濃度が $0.4795C_s$ となる表面からの距離 x と加熱時間 t との関係は、よく知られている拡散時間と拡散距離の関係を表す近似式 $x = \sqrt{Dt}$ であることを示しなさい。なお、対象元素のこの材料中での拡散係数 D は濃度によらず一定とみなしなさい。また、誤差関数の値は下表を参照しなさい。
- (3) 炭素濃度 C_0 が $0.2\text{mass}\%$ の鋼板を 900°C に加熱し、表面炭素濃度 C_s を $0.8\text{mass}\%$ に維持しながら4時間、浸炭処理を行った時、表面から板厚方向 0.576mm の深さでの炭素濃度を計算し、有効数字3桁で答えなさい。なお、 900°C での鋼中の炭素の拡散係数は炭素濃度によらず $1.6 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ で一定とし、板厚は十分に厚いとする。また、誤差関数の値は下表を参照しなさい。

表 ガウスの誤差関数の値

z	$\operatorname{erf}(z)$
0	0
0.1	0.1125
0.2	0.2227
0.3	0.3286
0.4	0.4284
0.5	0.5205
0.6	0.6039

問題3 解答欄(1)と(2)

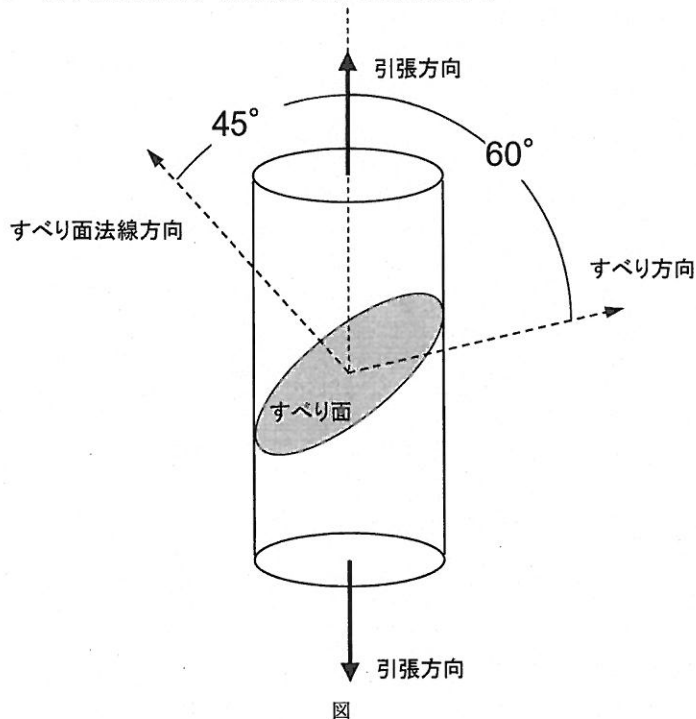
(1)	
(2)	

問題3 解答欄 (3)

(3)	求め方	
	答え	

問題4 金属の塑性変形に関する以下の問い(1)から(4)について、答えを解答欄に記入しなさい。

- (1) 結晶構造が面心立方構造である金属の主なすべり面とすべり方向をミラー指数で答えなさい。
- (2) 金属単結晶丸棒を用いて、丸棒軸方向の引張試験を行った結果、降伏応力は44MPaであり、すべり面の法線方向は荷重方向から45°、すべり方向は荷重方向から60°傾いていた。このときのシュミット因子を求めなさい。ただし $\sqrt{2}$ は1.41として計算し、有効数字3桁で答えなさい。(下図参照)
- (3) この金属単結晶の臨界分解せん断応力を計算し、有効数字3桁で答えなさい。
- (4) この金属の多結晶体の塑性変形がテイラーモデルに従うと仮定し、この金属の多結晶体の降伏応力を推定しなさい。ただし、この金属の多結晶体のテイラー因子は3.1とし、有効数字3桁で答えなさい。



問題4 解答欄

(1)		
(2)	求め方	
	答え	
(3)	求め方	
	答え	
(4)	求め方	
	答え	

問題5 金属材料の強化に関連する以下の問い(1)及び(2)について、答えを解答欄に記入しなさい。

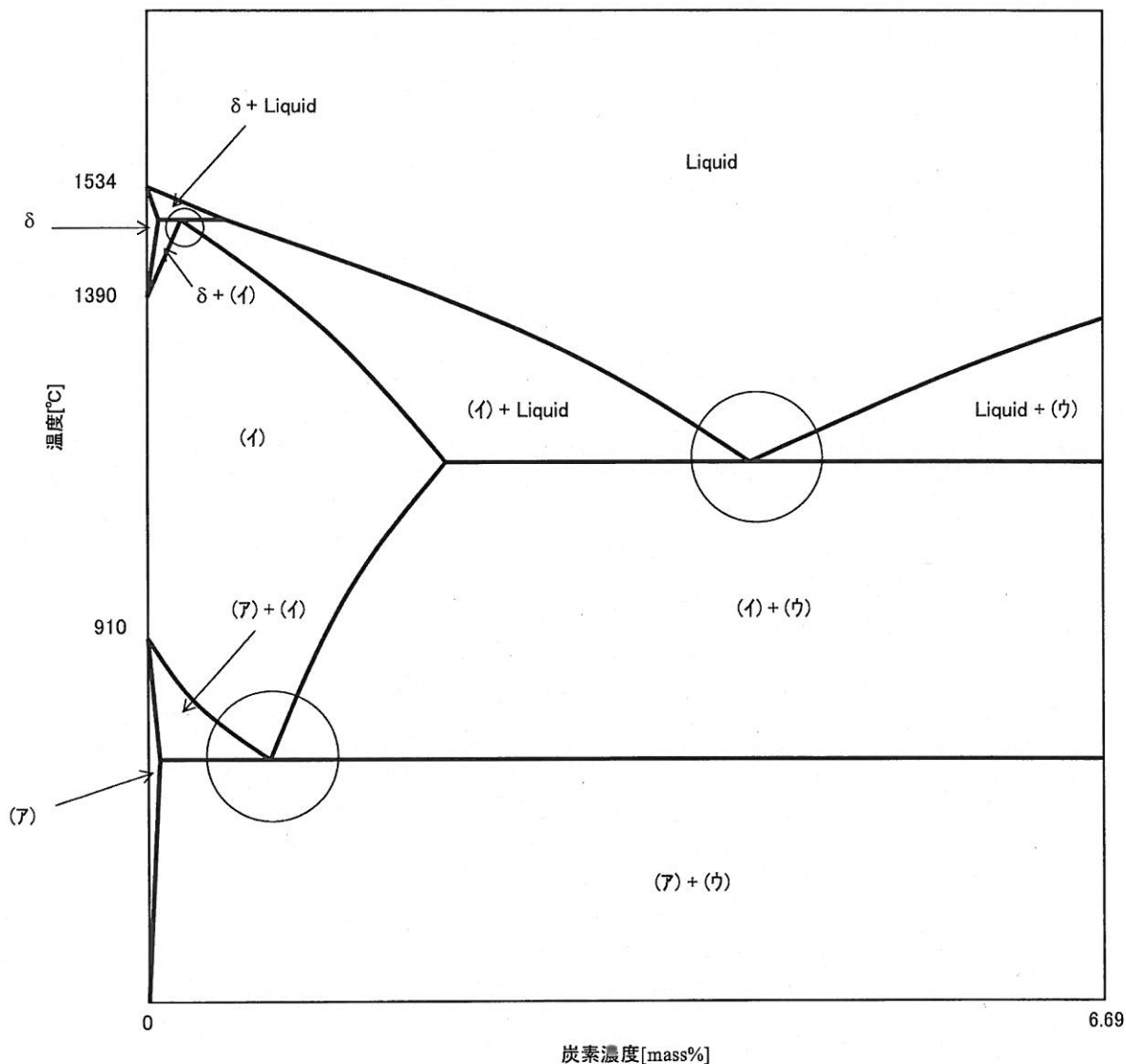
- (1) 転位の動きという観点から、金属材料の強化方法を六つ挙げて、それぞれ100字程度で説明しなさい。
- (2) 鋼は焼入れ焼戻しを行うことで強化されるが、その理由を、(1)で解答した金属材料の強化法の観点を踏まえ400字程度で説明しなさい。

問題5 解答欄

(1)	説 明 (100字程度)	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
(2)	6	
	説 明 (400字程度)	

問題6 鉄鋼熱処理に関連する以下の問い(1)から(3)について、答えを解答欄に記入しなさい。

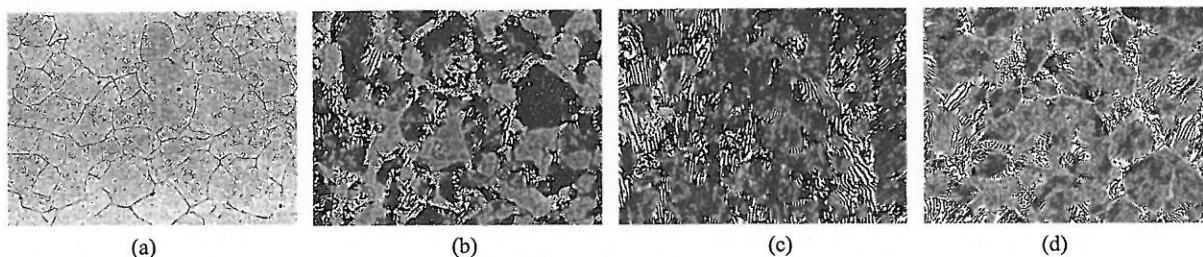
- (1) 次の図はFe-C系平衡状態図(Fe-Fe₃C準安定系。以下、「状態図」)を示したものである。状態図の中の各領域に現れる相の名称(ア)、(イ)、(ウ)を、記号または用語で答えなさい。
- (2) 状態図中の丸印で示された部分に表れている冷却過程での相反応の名称を温度の高いほうから順に記し、その特徴を100字程度で説明しなさい。



図：Fe-C系平衡状態図(Fe-Fe₃C準安定系)

- (3) 次の文章①及び②の場合において、その組織はどういう状態になるか。①と②それぞれについて、以下の写真(a)から(d)の中から、適当なものを選び、その記号を解答欄に書きなさい。
 - ① 炭素濃度約0.4mass%の鋼(亜共析鋼)を状態図の(イ)の領域に一旦加熱した後、室温まで緩冷却した場合
 - ② 炭素濃度約1.1mass%の鋼(過共析鋼)を状態図の(イ)の領域に一旦加熱した後、室温まで緩冷却した場合

[写真]



問題6 解答欄

(1)	(ア)	(イ)
	(ウ)	
(2)	相反応の名称	特 徴
(3)	①	②

問題7 トライボロジーに関連する以下の問い(1)及び(2)について、答えを解答欄に記入しなさい。

(1) 次の①から⑦の語句のうち二つを選び、選択した番号を選択番号欄に記入し、それぞれについて100字程度で説明しなさい。

- ① 摩擦係数 ② クーロンの摩耗法則 ③ ヘルツの接触理論 ④凝着摩耗 ⑤アプレシブ摩耗
- ⑥ 疲労摩耗 ⑦ 腐食摩耗

(2) 次の①から⑧の語句のうち三つを選び、選択した番号を選択番号欄に記入し、それぞれについて100字程度で説明しなさい。

- ① ビッカース硬さ試験機 ② ロックウェル硬さ試験機 ③ 走査電子顕微鏡 (SEM) ④原子間力顕微鏡 (AFM)
- ⑤ 電子プローブマイクロアナライザ (EPMA) ⑥ 蛍光X線分析 ⑦ X線ディフракトメータ
- ⑧ 大越式摩擦摩耗試験機

問題7 解答欄

	選択番号	説明(100字程度)
(1)		
(2)		