

受験職種	研究職（金属 A）
------	-----------

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 A） 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 問あります。解答時間は、計 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、一切持って退出してはいけません。
5. 気分が悪くなった方は、試験係員に申し出て、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 A）

受験番号

氏名



【 余 白 】

## 金属 A 問題用紙

問題 1 次の(1)から(4)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

(1) 次の微分方程式を( )内の初期条件のもとで解きなさい。なお、計算過程も記入しなさい。

$$\frac{dy}{dx} - xy + x = 0 \quad (x=0, y=6)$$

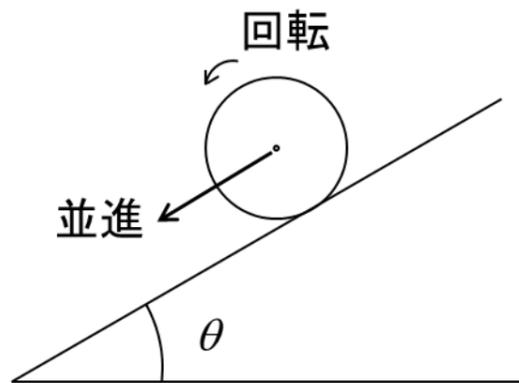
(2) 次の線積分を曲線  $C$  に沿って計算しなさい。なお、計算過程も記入しなさい。

$$\int_C (x^4 y dx + y^3 dy)$$

$C: y = x^2, 0 \leq x \leq 1$

(3) 一直線上を互いに逆向きで等しい速さ  $v$  で運動していた小球  $A, B$  が正面衝突した後、 $B$  は静止し、 $A$  は衝突前とは逆向きに速さ  $\frac{2}{3}v$  で運動を続けた。このとき  $A$  の質量  $m_A$  と  $B$  の質量  $m_B$  の比  $\frac{m_A}{m_B}$  の値を求めなさい。なお、計算過程も記入しなさい。

(4) 半径  $r$ 、質量  $M$  の一様な球が水平面と角  $\theta$  をなす粗い斜面をすべることなく転がり降りるとき、この球の並進加速度  $a$  を求めなさい。ただし、重力加速度は  $g$ 、一様な球の慣性モーメント  $I$  は  $\frac{2}{5}Mr^2$  で表されるものとし、転がり摩擦は無視する。なお、計算過程も記入しなさい。



金属 A 解答用紙

問題 1 解答欄

(1)	(計算過程)
	(答え)
(2)	(計算過程)
	(答え)
(3)	(計算過程)
	(答え)
(4)	(計算過程)
	(答え)

問題 2 次の(1)から(3)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

(1) X線回折は、結晶性物質の結晶構造を調べる有力な手段であり、用いる X 線の波長  $\lambda$ 、対象物質の回折結晶面の面間隔  $d$ 、回折角  $\theta$  の間にブラッグの関係式が成り立つことを利用している。図 2-1 はブラッグの関係式を満たす X 線散乱の様子を模式的に示したもので、第 1 原子面と第 2 原子面で散乱した X 線の内、角度  $\theta$  で示した特定の方向に散乱した X 線は、その行路差(PQ+QR)が X 線の波長の整数倍となり強め合う様子を示したものである。図 2-1 も参考にしながら、整数を  $n$  として X 線回折に関するブラッグの関係式を表しなさい。

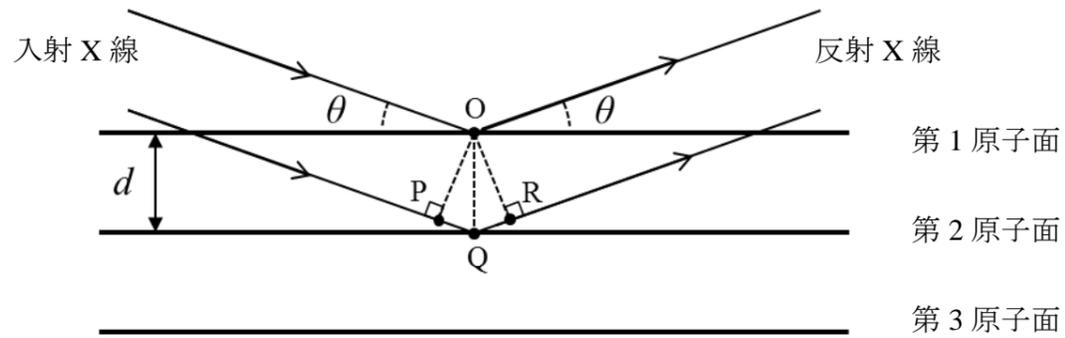


図 2-1 X 線のブラッグの回折条件を示す模式図

(2) 波長 0.154nm の X 線を用いた X 線回折の実験により、面心立方構造である金属のミラー指数(111)面の面間隔が 0.234nm であることがわかった。この金属の格子定数  $a$  はいくらになるか計算しなさい。ただし  $\sqrt{3}$  は 1.73 として計算し、計算結果を有効数字 3 桁で答えなさい。なお、計算過程も記入しなさい。

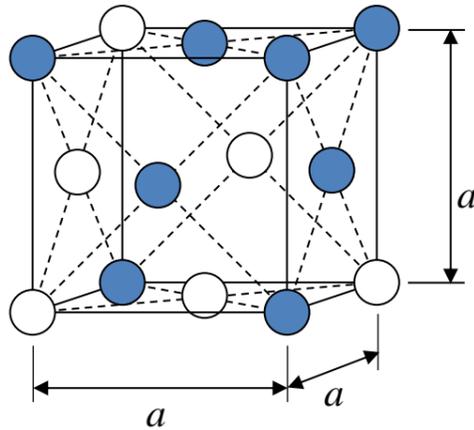


図 2-2 面心立方構造(格子)の単位格子のモデル図(ただし、丸印は原子を表し、白丸印は(111)面上の原子を表している)

(3) 図 2-3 にモデル的に示した結晶構造(格子)の名称をブラベー格子の名称で答えなさい。ただし、実線で示した 6 面体は立方体であるとする。

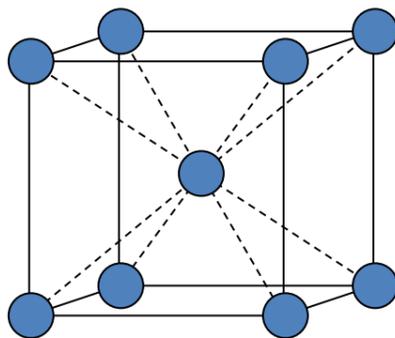


図 2-3 結晶構造(格子)の単位格子のモデル図(ただし、丸印は原子を表す)

金属 A 解答用紙

問題 2 解答欄

(1)	
(2)	(計算過程)
	(答え)
(3)	

問題 3 図 3-1 の 2 元系合金状態図を参照しながら、次の(1)から(3)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

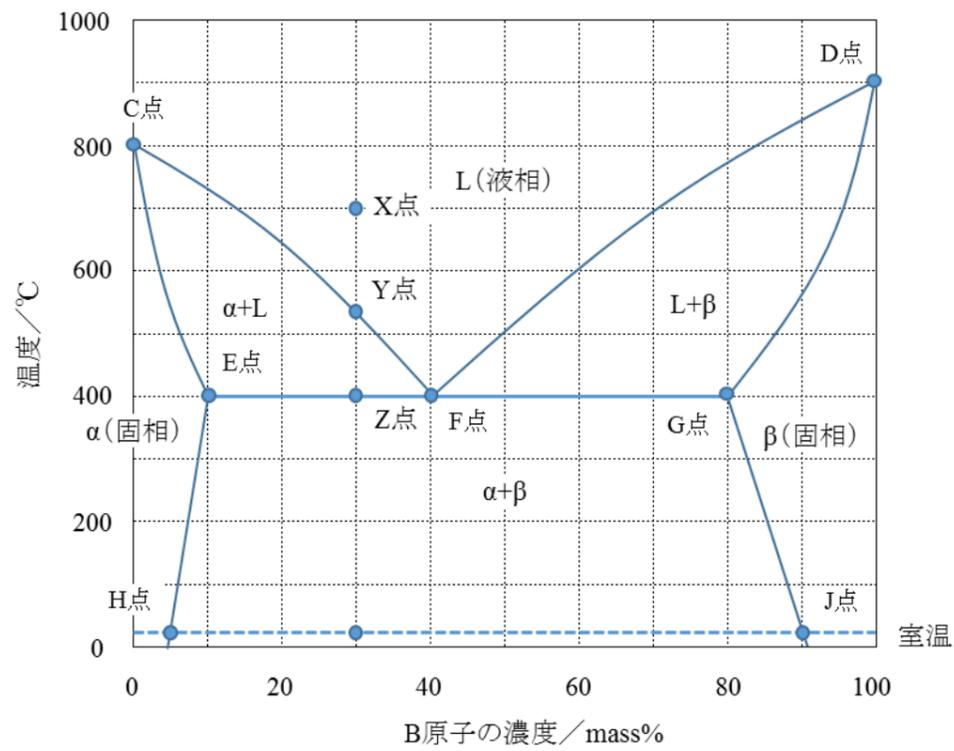


図 3-1 AB<sub>2</sub> 元系合金状態図

- (1) X 点で示される均一融液状態から緩冷して室温に達するまで、どのような変化をたどるか、段階ごとに説明しなさい。
  - (ア) X 点から Y 点に至るまで
  - (イ) Y 点において
  - (ウ) Y 点から Z 点に至るまで
  - (エ) Z 点において
  - (オ) Z 点から室温に達するまで
  
- (2) X 点で示される均一融液状態から緩冷して室温に達した合金の  $\alpha$  相と  $\beta$  相の質量比率はいくらになるか計算しなさい。計算結果は小数第 2 位を四捨五入して答えなさい。なお、計算過程も記入しなさい。
  
- (3) 図 3-1 のような状態図を何型と呼ぶか、以下の中から選んで答えなさい。  
(全率固溶型、共晶型、共析型、包晶型、包析型、偏晶型、偏析型)

金属 A 解答用紙

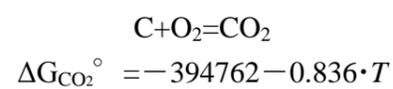
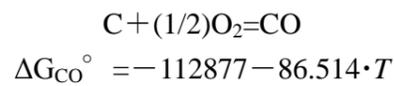
問題 3 解答欄

(1)	(ア)X 点から Y 点に至るまで
	(イ)Y 点において
	(ウ)Y 点から Z 点に至るまで
	(エ)Z 点において
	(オ)Z 点から室温に至るまで
(2)	(計算過程)
	(答え)
(3)	

## 金属 A 問題用紙

問題 4 熱力学に関する次の(1)から(3)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

- (1) CO、CO<sub>2</sub>それぞれの標準生成自由エネルギー $\Delta G_{\text{CO}}^\circ$ 、 $\Delta G_{\text{CO}_2}^\circ$ が、それぞれ絶対温度  $T$  に関する以下の 1 次式で近似できるとき、ヘスの法則を用いて  $2\text{CO}+\text{O}_2=2\text{CO}_2$  の反応の標準自由エネルギー変化  $\Delta G^\circ$  を絶対温度  $T$  の 1 次式で表しなさい。なお、導出過程も記入しなさい。



- (2) 高温の雰囲気中の酸素分圧は、CO と CO<sub>2</sub> の間に  $2\text{CO}+\text{O}_2=2\text{CO}_2$  の反応平衡が成立すれば、CO と CO<sub>2</sub> の混合ガスを流すことによって制御できる。では温度 1200K のとき、雰囲気中の酸素分圧を  $2.6 \times 10^{-12} \text{atm}$  に制御するためには、混合ガスの CO と CO<sub>2</sub> の分圧比をいくらに制御すればよいか計算しなさい。ただし、 $p_{\text{CO}}$ 、 $p_{\text{CO}_2}$ 、 $p_{\text{O}_2}$  はそれぞれ CO、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> の分圧を表し、 $2\text{CO}+\text{O}_2=2\text{CO}_2$  の反応の平衡定数を  $K$  ( $=p_{\text{CO}_2}^2 / (p_{\text{CO}}^2 \times p_{\text{O}_2})$ ) としたとき、1200K での  $1/K$  は  $2.6 \times 10^{-16}$  になるとして答えなさい。なお、計算過程も記入しなさい。
- (3) CO と CO<sub>2</sub> の混合ガスを流すことによってある温度(高温)の雰囲気中の酸素分圧を目標とするある値に制御するとき、混合ガスの CO と CO<sub>2</sub> の分圧比を計算したところ、1/10 となった。さらに低い酸素分圧に雰囲気をコントロールする場合、「混合ガスの CO と CO<sub>2</sub> の分圧比を 1/10 より大きくなるように制御する」、「混合ガスの CO と CO<sub>2</sub> の分圧比を 1/10 より小さくなるように制御する」のいずれであるか答えなさい。

金属 A 解答用紙

問題 4 解答欄

(1)	(導出過程)
	(答え)
(2)	(計算過程)
	(答え)
(3)	

金属 A 問題用紙

問題 5 トライボロジー(摩擦)に関する次の(1)から(3)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

(1) 図 5-1 に示すように、鋼制定盤の上に鋼製ブロック(質量  $m$ ) が置かれており、ブロックに結びつけられた紐により水平方向に力  $F$  を作用させる場合を考える。力  $F$  を時間  $t$  の関数として、

$$F(t) = Ct^2 \quad (C \text{ は正の定数})$$

のように変化させたとき、 $t=T$  においてブロックは動き始めた。定盤からブロックに作用する摩擦力  $F_L$  の変化として最も適切なものは①から⑥のうちどれか答えなさい。ただし、定盤とブロックの間の摩擦はクーロン摩擦と仮定する。

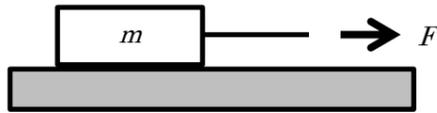
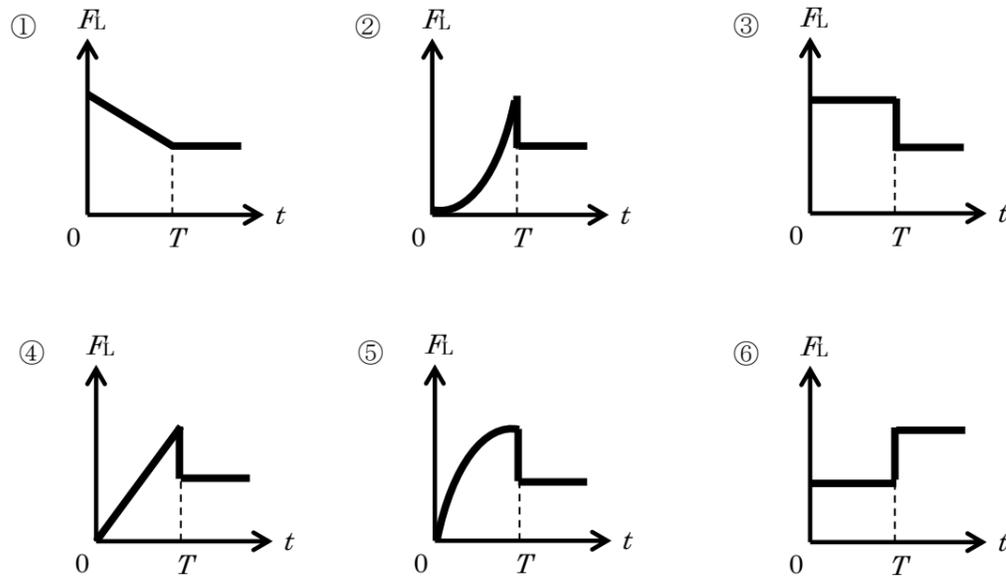


図 5-1 定盤とブロックの概略図



(2) 摩擦力  $F_L$  の種類には静摩擦力と動摩擦力がある。(1)で選択した図と同じものを解答欄に描き、その図中に静摩擦力および動摩擦力のそれぞれの箇所あるいは範囲がどの位置であることを示しなさい。

(3) 定盤表面に、a)DLC コーティング、b)窒化処理、c)浸炭焼入れの 3 種類の処理をそれぞれに行い、各定盤上でブロックを滑らせて摩擦力を測定したところ、ある時点では a)DLC コーティングの場合 7.50N、b)窒化処理の場合 2.80N、c)浸炭焼入れの場合 3.20N であった。ブロックに作用する重力を 4.90N とするとき、それぞれの摩擦係数  $\mu$  がいくらになるか答えなさい。なお、計算過程も示し、答えは小数点以下第 3 位を四捨五入しなさい。また、計算結果より、 $\mu$  がもっとも低い値になるのは a) から c) の内どれであることを答えなさい。

金属 A 解答用紙

問題 5 解答欄

(1)		
(2)		
(3)	a)	(計算過程)
		(答え)
	b)	(計算過程)
		(答え)
	c)	(計算過程)
		(答え)
	(μ がもっとも低い値になる処理)	

## 金属 A 問題用紙

問題 6 トライボロジー(摩耗)に関する次の(1)および(2)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

(1) 実際の摩耗現象は単一の機構によってではなく、複数の機構が組み合わさって起こることが多い。金属同士の摩耗の基本的な機構としては、アブレシブ摩耗、凝着摩耗、腐食摩耗、疲労摩耗の 4 種類である。これら以外の摩耗としては、フレッチングコロージョン、エロージョン・コロージョン、インピンジメントアタックなどがある。この説明をふまえて金属同士の摩耗について以下の文章が何を意味する摩耗であるか答えなさい。

- ① 二つの形式があり一つはフレーキング、もう一つは"ころがり"や"すべり"両方に見られるピッチングと呼ばれる摩耗
- ② すべり合う固体面間において硬い異物の介在や、一方の面が硬くて粗い場合、あるいは固体表面と粒子が高速で衝突する場合など、主として削り取りによる摩耗
- ③ 摩擦面の真実接触点に作用する力に基づく微視的な破壊によって生じ、機械の摩擦面でもっとも一般的に見られる摩耗
- ④ 大気中の酸素により金属表面が酸化し、酸化皮膜が形成され、摩擦により容易に剥離する摩耗

(2) 鉄鋼材料である S45C(焼なまし材)を使ったある製品のしゅう動部分が摩耗した。摩耗を抑えるためにしゅう動部分を可能な限り硬くしたい。しかし、製品には靱性が必要であり、製品全体を非常に硬くして延性を小さくすることは望ましくない。このような場合にふさわしいと思われる熱処理方法の一つを選択し、その製造工程や特徴などを含めて摩耗対策案をわかりやすく述べなさい。

金属 A 解答用紙

問題 6 解答欄

(1)	①
	②
	③
	④
(2)	

## 金属 A 問題用紙

**問題 7** 金属材料の強度、強化に関する次の(1)および(2)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

- (1) ある一定温度条件下で、ある鋼の結晶粒径  $d$  と降伏応力  $\sigma_{YS}$  の関係を調べたところ、結晶粒径が  $160\mu\text{m}$  ( $0.16\text{mm}$ ) のとき降伏応力は  $212.5\text{MPa}$  で、結晶粒径  $40\mu\text{m}$  ( $0.04\text{mm}$ ) のとき  $275\text{MPa}$  であった。結晶粒径と降伏応力の間にホールペッチの式 ( $\sigma_{YS} = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$ 、ただし  $k$  は比例定数) が成り立つとすれば、この場合の  $k$  および  $\sigma_0$  がいくらになるか答えなさい。なお、計算過程も記入しなさい。
- (2) 転位の運動を阻害するという観点から考えた場合、金属材料には 4 つの強化方法があるといわれており、結晶粒微細化は金属材料強化方法の 1 つであるが、結晶粒が微細な金属材料を製造する具体的方法を、例として 2 つ説明しなさい。

金属 A 解答用紙

問題 7 解答欄

(1)	(計算過程)
	(答え)
(2)	(方法 1)
	(方法 2)