

受験職種	研究職
------	-----

得点	※
----	---

地方独立行政法人大阪産業技術研究所
研究職 金属(熱処理・化学熱力学) 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。また、試験中に携帯電話やスマートフォン等の通信機器やICレコーダー等の電子機器の使用は禁止しますので、電源を切るか、マナーモード等の設定により、試験中に機器音が生じないようにしたうえ、かばん等へ収納してください。(計算機能付きの腕時計も同様とします。)

係員の指示に従わない場合、また、上記の電子機器の扱いに反した場合は不正行為とみなし、失格として退出していただく場合があります。

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5問あり、時間は1時間40分です。

4. 試験時間中の体調不良又はトイレ等により、やむを得ず一時退室を希望する場合には、手を挙げて試験係員に知らせ、その指示に従ってください。

ただし、一時退室が認められた場合でも、休養室等での受験はできません。また、一時退室した分の解答開始時刻の繰下げや試験時間の延長も認められません。

5. 試験を終了するとき又は棄権するときは、手を挙げて試験係員に知らせ、必ず試験用紙を試験係員に提出し、確認を受けてください。配付された冊子等は、一切持ち出すことはできません。

「はじめてください」の指示があるまで
中を開けてはいけません

整理番号
※

整理番号
※

得点	※
----	---

受験職種
研究職

受験番号

氏名

問題 1 金属材料の硬さ試験として一般的なビッカース硬さ試験に関する次の文章を読み、問い (1)～(6) に答えよ。

ビッカース硬さ試験は、対面角 136° のダイヤモンド正四角錐圧子を水平に設置された試験面に垂直に一定の力で押し込む試験である。ビッカース硬さは、当初は試験力をくぼみの表面積で割ったものと定義されていた。くぼみの表面積は、試験力を除荷した後に表面に残ったくぼみの形状を、底面が正方形で頂点の角度が圧子と同じ角錐であると仮定して算出される。

(1) 試験力を F (kgf)、くぼみ表面積を A (mm²) としたとき、ビッカース硬さ HV の定義式を示せ。

(2) 試験によって生じたくぼみの模式図を図 1-1 に示す。図に示すように、くぼみの斜面が鉛直方向となす角を θ (rad) とした時、 θ を圧子対面角の大きさ 136° および円周率 π を用いて表せ。

(3) くぼみの表面積 A (mm²) を、くぼみの一辺の長さ a (mm) を用いて表せ。また、計算過程も示せ。ただし、図中の点 p、q、r は、くぼみ上の点である。必要であれば、下に示す値を用いよ。ただし、数字は小数点第 4 位まで表記せよ。

$$\sin 68^\circ = 0.9272$$

(4) くぼみの一辺の長さを測定するよりも、対角線の長さを測定する方が、測定精度が良いので、実際の試験では二つの対角線長さを測定し、その平均値を用いて表面積を算出している。図 1-2 に示すように、くぼみの対角線長さを d (mm) とする時、くぼみの表面積 A を、 d を用いて表せ。

(5) 問い (4) で求めたくぼみの表面積を用いると、ビッカース硬さの定義式はどのように表されるか示せ。

(6) ビッカース硬さが定義された当初は、力の単位として kgf を用いたので、試験力が 1kgf の場合の硬さ記号は、HV1 と表記された。現在は、力の単位として N を用いて定義されているので、硬さ記号 HV1 に用いる試験力は 9.80665 N である。過去の硬さ値との整合性を考慮して、現在の定義式は同じ硬さであれば当初と同じ硬さ値を示すように当初の定義式に比例定数を乗ずる形で定義されている。これを考慮し、問い (5) で導き出した式を修正せよ。ただし、 $1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$ とし、数字は四捨五入により小数点第 4 位まで表記せよ。

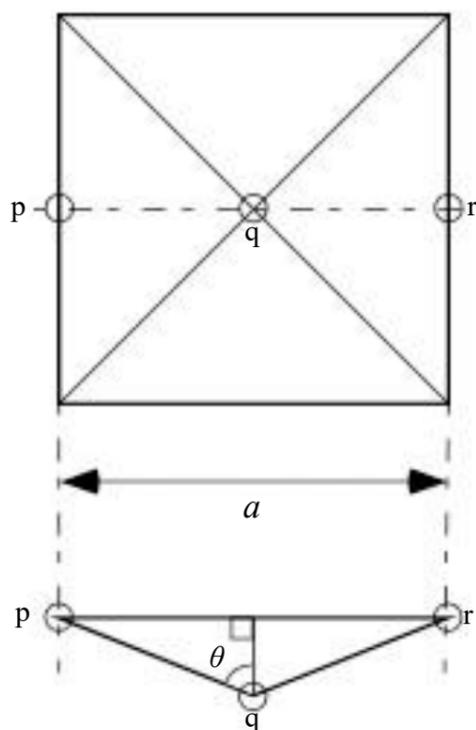


図 1-1 ビッカース硬さ試験後のくぼみ形状 (a)

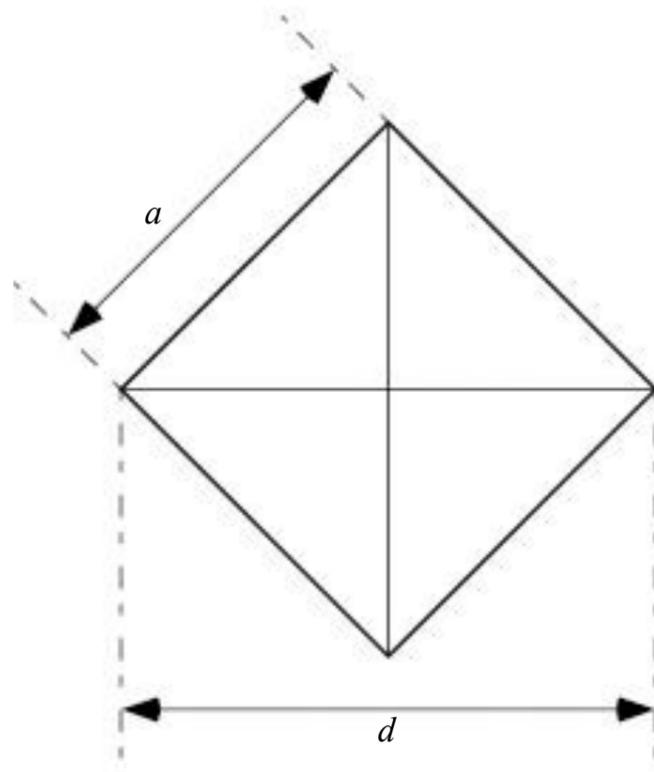


図 1-2 ビッカース硬さ試験後のくぼみ形状 (b)

問題 1 解答欄

(1)	HV =
(2)	θ (rad) =
(3)	(計算過程)
	(答え) $A =$ (mm ²)
(4)	(計算過程)
	(答え) $A =$ (mm ²)
(5)	(計算過程)
	(答え) HV =
(6)	(計算過程)
	(答え) HV =

問題2 図 2-1 に Fe-Fe₃C 準安定系状態図を示す。この図を参照して次の問い (1)~(5) に答えよ。

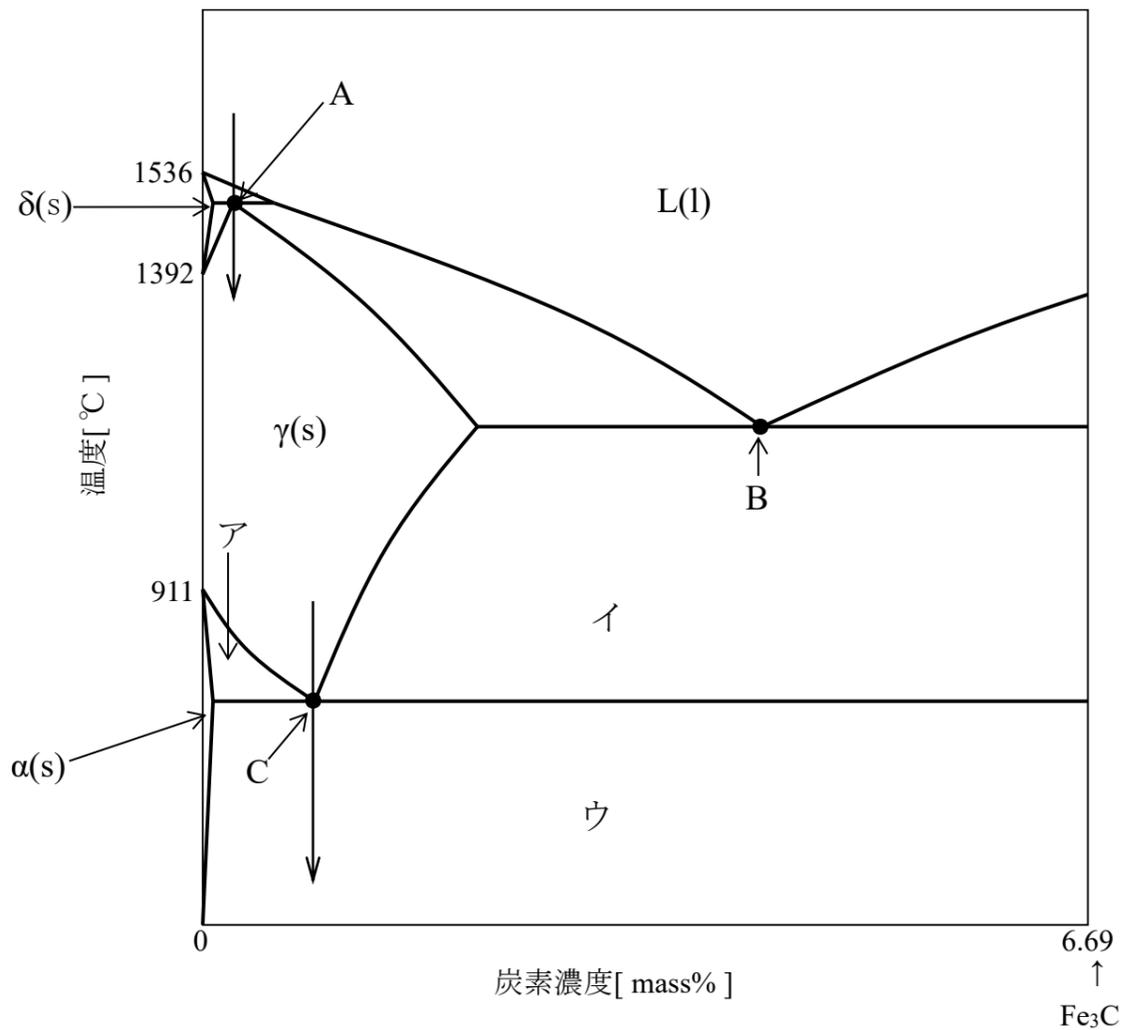
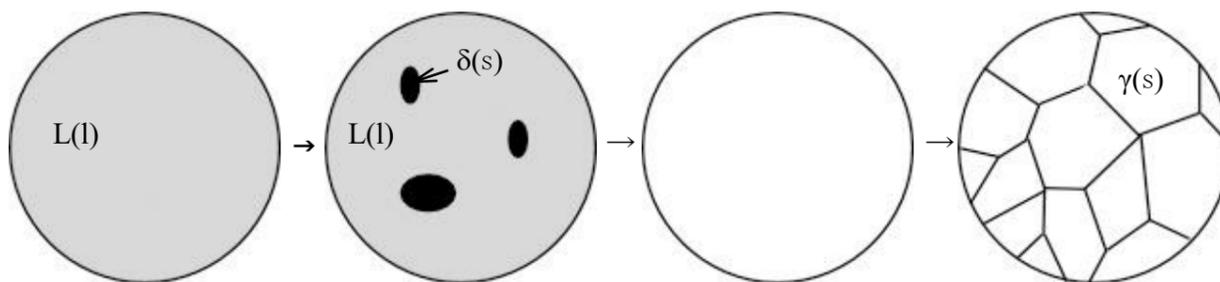


図 2-1 Fe-Fe₃C 準安定系状態図

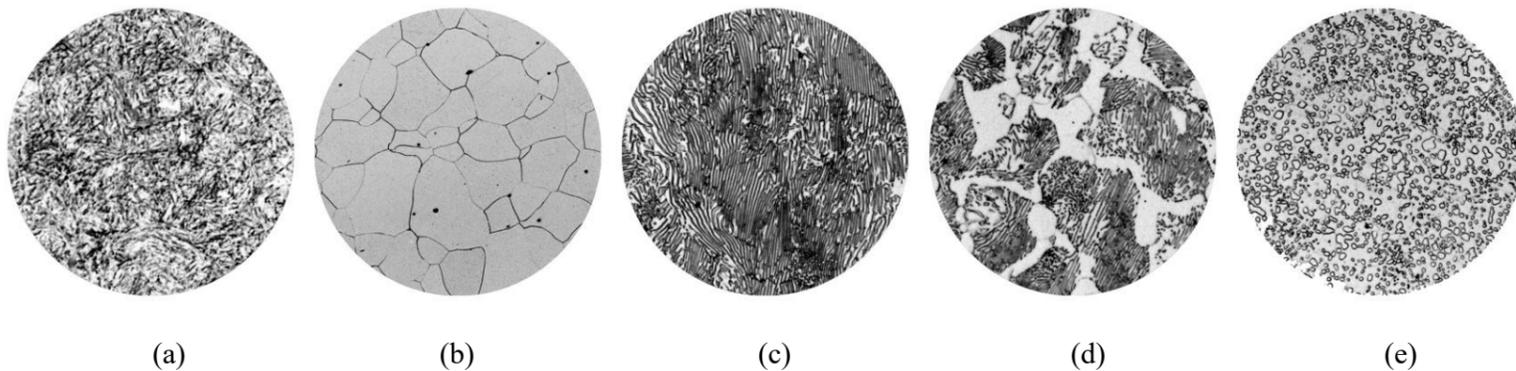
(1) 図 2-1 中の A、B、C の各点において冷却過程で起こる反応は何と呼ばれるか。また各点における反応式を記せ。

(2) 点 A の組成を持つ液体を徐冷したときの組織変化の模式図を下に示す。左から 3 番目の組織の模式図を、相を明示して描け。



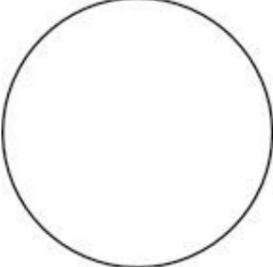
(3) 領域ア、イ、ウに存在する相を答えよ。

(4) 点 C の組成を持つ固溶体を γ 領域の温度から炉冷した場合および焼入れした場合、それぞれ室温になったときに得られる組織として適当と思われるものを下の写真群 (a)~(e) の中から選び、それぞれの組織の名称を述べよ。



(5) 問い (4) で炉冷した時に得られる組織中の相の質量比を簡単な整数比で示せ。計算過程も示せ。ただし、点 C の炭素濃度は 0.8 mass%、室温における α の炭素固溶限を 0 mass% とみなせ。

問題2 解答欄

	A	B	C
(1)	(反応名)	(反応名)	(反応名)
	(反応式)	(反応式)	(反応式)
(2)	(模式図) <div style="text-align: center;">  </div>		
(3)	ア	イ	ウ
	炉冷した場合		焼入れした場合
(4)	(写真群記号)		(写真群記号)
	(組織名称)		(組織名称)
(5)	(計算過程)		
	(答え)		

問題3 図3-1は共析炭素鋼を室温から A_{c1} 変態点以上の温度までゆっくり加熱し、続いて種々の冷却速度で室温まで冷却したときの試料の長さ l の変化を熱膨張計で測定したものである。なお、 A_{c1} は加熱時の A_1 変態点、 A_{r1} は冷却時の A_1 変態点、 A_{e1} は平衡状態の A_1 変態点である。この図を参照して、次の問い(1)～(4)に答えよ。

- (1) (a)のように徐冷すると、 A_{r1} 変態点で急激な膨張を示し、その後単調に収縮する。室温まで冷却したときに得られる金属組織を答えよ。
- (2) (b)のように空冷すると、(a)の徐冷したときよりも A_{r1} 変態点の温度が大きく低温側にずれるが、その理由を説明せよ。
- (3) (c)のように油冷すると、 A_{r1} 変態点は明確には現れなくなり、続いて 200°C 付近で大きな膨張を示す。この A_{r1} 変態点が明確に現れなくなる理由を説明せよ。また、約 400°C まで冷却した段階の金属組織について答えよ。
- (4) (d)のように水冷すると、(c)の油冷したときに現れた 500°C 付近の変態は現れなくなり、 200°C 付近での大きな膨張のみを示す。この変態を何というか答えよ。

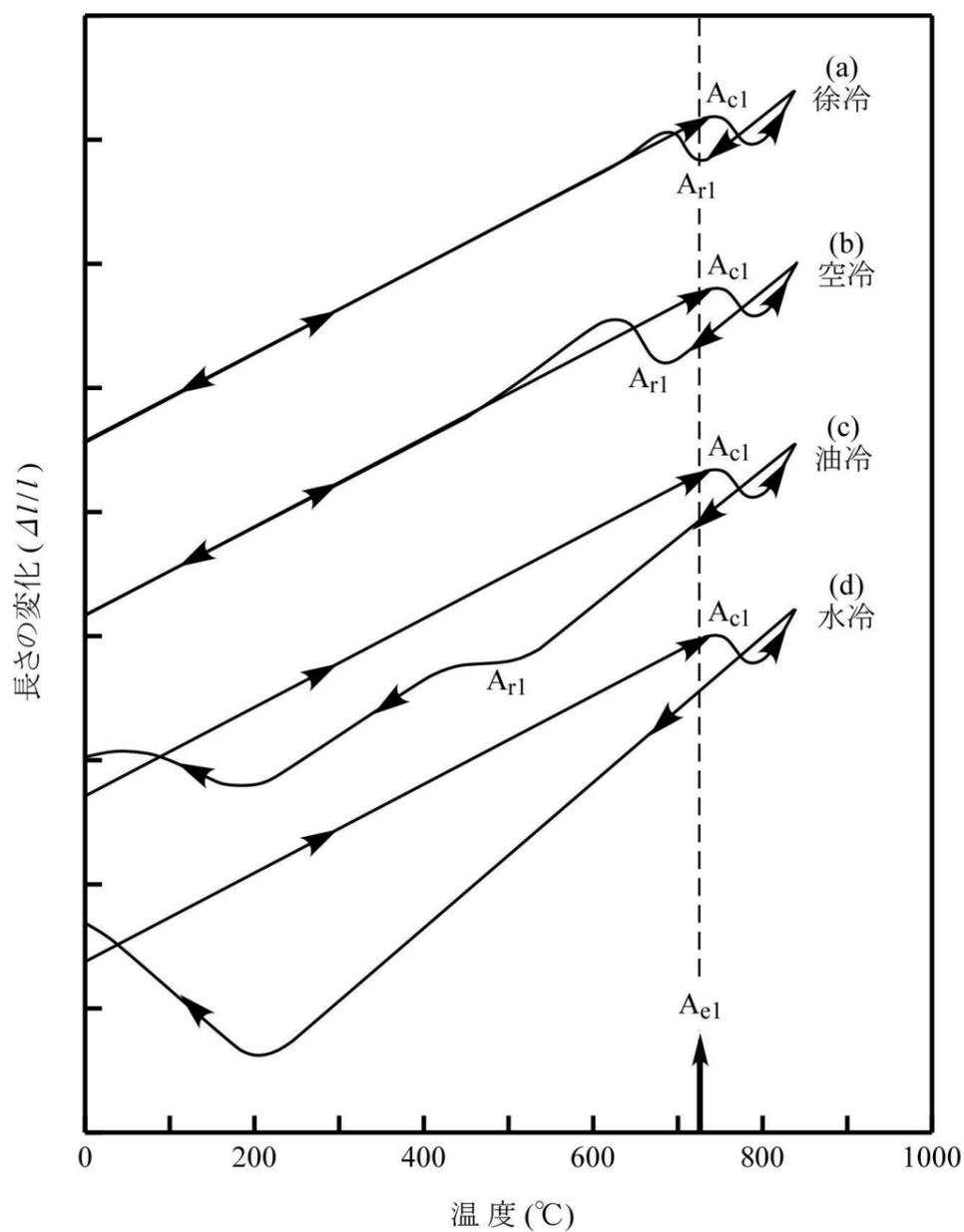


図3-1 共析炭素鋼の冷却速度による熱膨張曲線の変化

問題3 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	(理由) (金属組織)
(4)	

問題4 次の問い (1) ~ (8) に答えよ。

(1) 次の金属のうち、融点が最も低いものはどれか。

- ① すず ② 鉛 ③ 亜鉛 ④ アルミニウム ⑤ ナトリウム

(2) 現在わかっている地殻（大陸性地殻）の元素の存在度について、次の元素を多い順に番号で答えよ。

- ① けい素 ② カルシウム ③ 酸素 ④ アルミニウム ⑤ 鉄

(3) 次の金属のうち、イオンに最もなりやすいものはどれか。

- ① 水銀 ② マグネシウム ③ アルミニウム ④ 亜鉛 ⑤ 銅

(4) 次の金属のうち、融点が3番目に高いものはどれか。

- ① 金 ② 銀 ③ 銅 ④ 白金 ⑤ ニッケル

(5) 高温で用いる金属材料において、次の強化法のうち最も適切と考えられるものはどれか。

- ① 熱間加工法 ② 冷間加工法 ③ 固溶強化法 ④ 結晶粒微細化法 ⑤ 照射強化法

(6) 物質は原子の特性により固有の結晶構造をとる。結晶構造の最も小さい単位を単位胞といい、その結晶格子は金属では、ほぼ3群に分類される。例えば、クロムやタングステンは (A)、アルミニウムや銅は (B)、マグネシウムや α -チタンは (C)をとる。次のうち、(A)、(B)、(C) にふさわしい用語をそれぞれ選択せよ。

- ① 面心立方格子 ② 体心立方格子 ③ 最密六方格子 ④ 体心正方格子 ⑤ 鉄格子

(7) 環境温度が30℃で、両端を固定したアルミニウム合金線（線膨張係数 $20 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ 、縦弾性係数70 kN/mm²）がある。環境温度が-20℃に低下した時、線に生じる引張応力で適切なものを次の中から選べ。なお、回答欄には計算過程についても記入せよ。

- ① 140 N/mm² ② 70 N/mm² ③ 54 N/mm² ④ 35 N/mm² ⑤ 14 N/mm²

(8) 雰囲気熱処理に関する次の記述のうち、不適切なものを一つ選べ。

- ① COは鋼に対して還元性を示すとともに、浸炭性も示す。
- ② 一般に、ガス浸炭に用いる雰囲気ガスには、プロパンなどの炭化水素ガスを大量の空気と反応させて完全燃焼させることで生成した発熱型変成ガスが用いられる。
- ③ CO + H₂を約4%以上含むガスは空気と混合すると爆発する危険がある。このようなガスを用いる場合、一旦N₂などの不活性ガスで炉内を置換してから炉を加熱し、炉温が約760℃以上になってからガスを送入する。
- ④ 鋼に浸炭処理を施す主な目的は、耐摩耗性を高めること、および表面に圧縮応力を残留させて、疲労強度を高めることである。
- ⑤ CO-CO₂混合ガスが金属に対して酸化性を示すのか、還元性を示すのかを知るには、CO/CO₂のガス組成比を計測すればよい。

問題4 解答欄

(1)							
(2)	多い  少ない						
	<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> </tr> </table>						
(3)							
(4)							
(5)							
(6)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%;">(A)</td> <td style="width: 33%;">(B)</td> <td style="width: 33%;">(C)</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	(A)	(B)	(C)			
	(A)	(B)	(C)				
(7)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">選択番号</td> <td style="text-align: center;">計算式過程</td> </tr> <tr> <td style="height: 100px;"></td> <td></td> </tr> </table>	選択番号	計算式過程				
選択番号	計算式過程						
(8)							

問題 5 Ti-N-O 系の相平衡について、次の問い (1)~(4) に答えよ。

ただし、凝縮相としては Ti (s)、TiN (s)、TiO₂ (s) のみを考え、各凝縮相は溶け合わないものとする。

考えられる反応①および反応②と、それぞれの温度 T (K) における標準自由エネルギー変化 ΔG° (J·mol⁻¹) を以下に示す。

なお、気体定数 R は 8.314 (J·mol⁻¹·K⁻¹) を用い、ln10 の値は 2.30 として計算せよ。

また、計算結果の値は有効数字 3 桁で示せ。

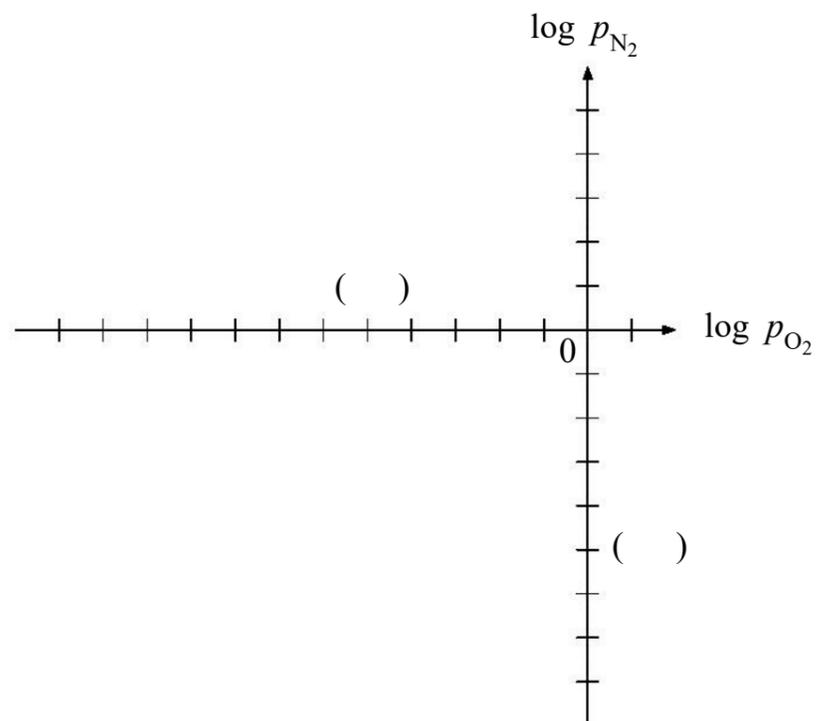


$$\Delta G^\circ(1) = 941000 - 178 \times T$$



$$\Delta G^\circ(2) = 336000 - 93.3 \times T$$

- (1) 温度 1273 K において、式 ① の反応が平衡状態にある時の $\log p_{\text{O}_2}$ の値を求めよ。計算過程も示せ。
- (2) 温度 1273 K において、式 ② の反応が平衡状態にある時の $\log p_{\text{N}_2}$ の値を求めよ。計算過程も示せ。
- (3) 温度 1273 K において、TiN (s) と TiO₂ (s) が平衡状態にある時の $\log p_{\text{N}_2}$ と $\log p_{\text{O}_2}$ の関係式を求めよ。計算過程も示せ。
- (4) 温度 1273 K における各凝縮相の安定領域を、横軸を $\log p_{\text{O}_2}$ 、縦軸を $\log p_{\text{N}_2}$ として図示せよ。また、図中の () 内にスケールのわかる値を記入せよ。



問題 5 解答欄

(1)	(計算過程)
	(答え)
(2)	(計算過程)
	(答え)
(3)	(計算過程)
	(答え) $\log p_{N_2} =$
(4)	