

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 専門試験

(注 意 事 項)

- 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。
- 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。)
- 問題は、全部で7問あり、時間は2時間20分です。
- 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。
- 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

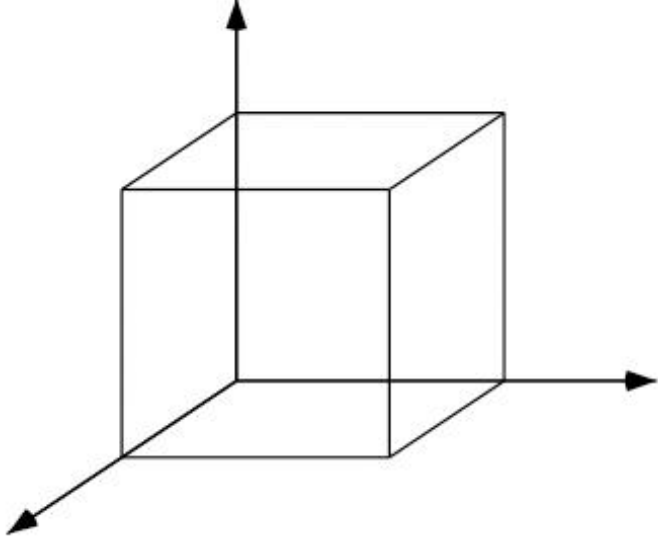
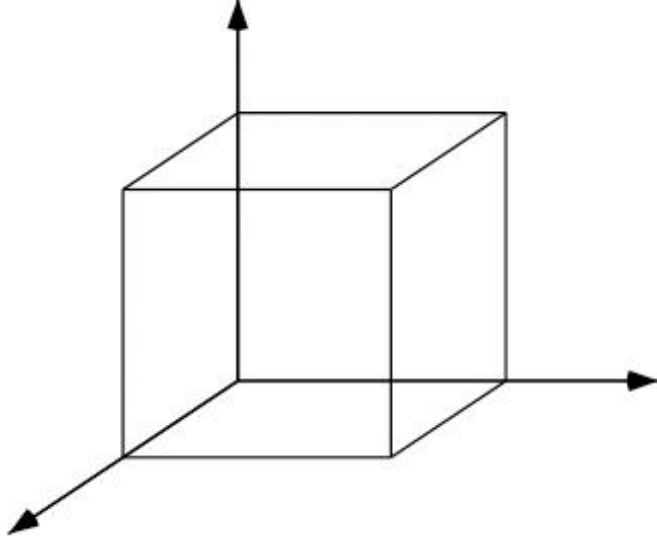
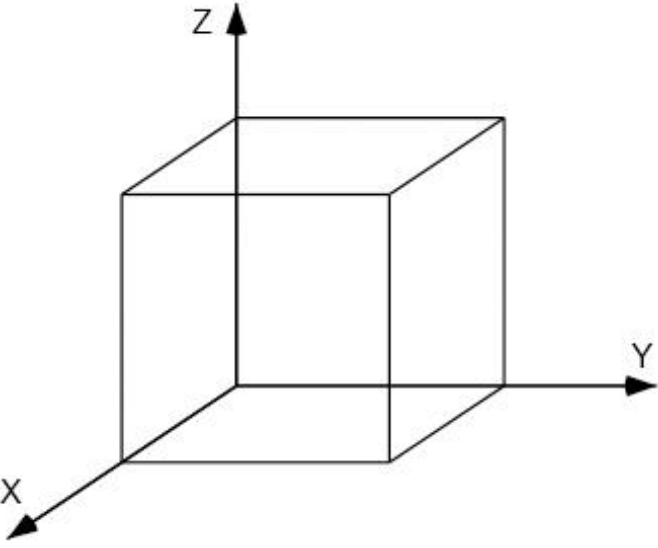
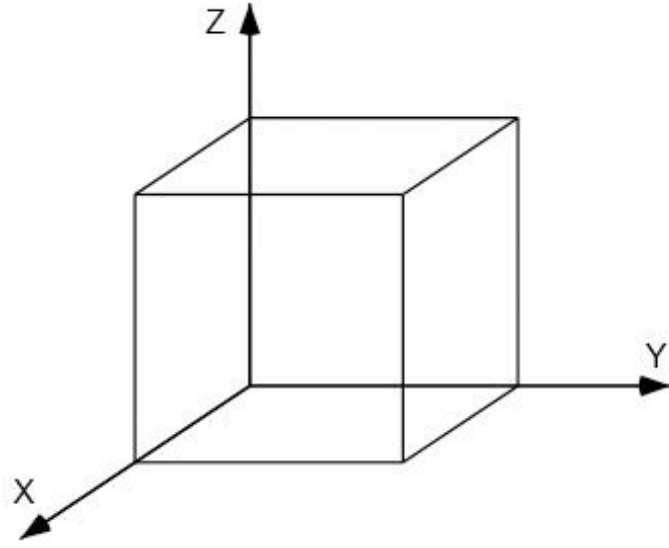
受験番号

氏名

問題 1 金属の代表的な結晶構造である bcc および fcc について次の問い(1)~(4)に答えよ。

- (1) 模式図を描け。
- (2) 単位格子あたりの原子数を答えよ。
- (3) すべり系を 1 つ図示し、そのすべり面とすべり方向をミラー指数で示せ。
- (4) bcc 金属および fcc 金属の加工性の違いについて述べよ。

問題 1 解答欄

(1)	bcc	fcc
		
(2)	bcc	fcc
(3)	bcc	fcc
		
	すべり面	すべり面
	すべり方向	すべり方向
(4)		

問題2 図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。

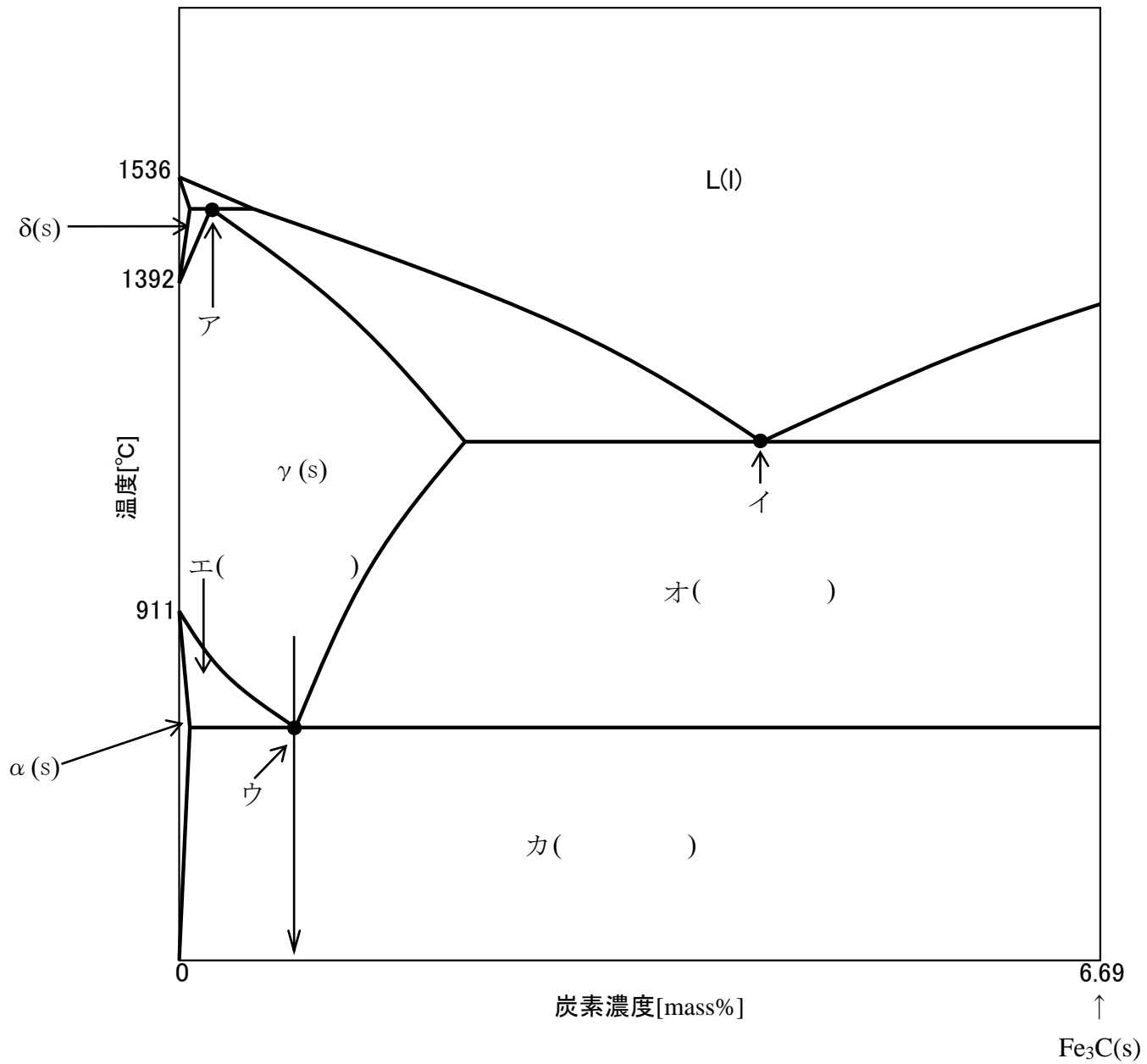
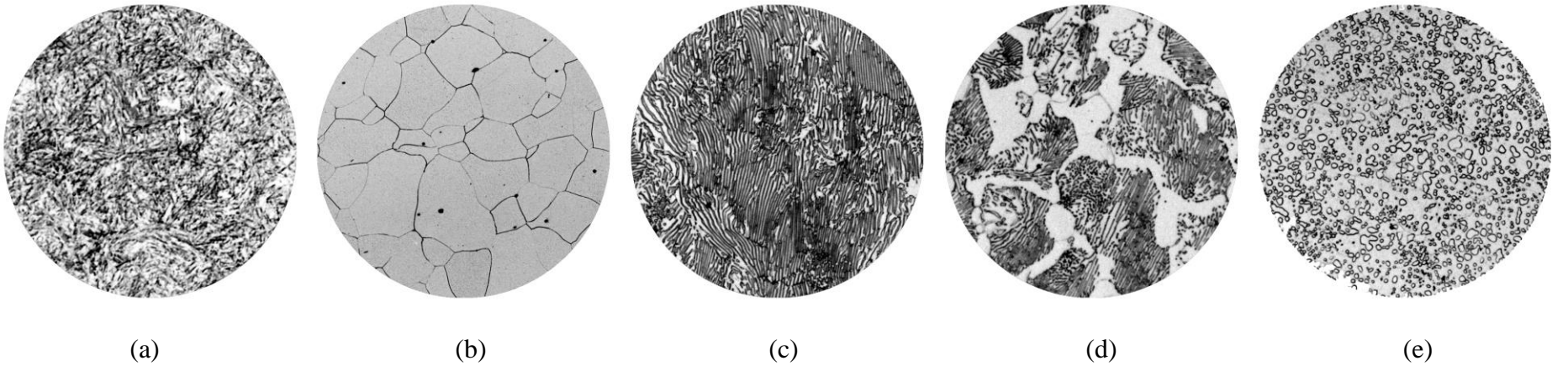


図1 Fe-Fe₃C 準安定系状態図

- (1) 図1中のア、イ、ウ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) 領域エ、オ、カに存在する相を答えよ。
- (3) 点ウ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)の中から選べ。



- (4) 問い(3)で選んだ組織のそれぞれの名称と生成機構を述べよ。
- (5) 問い(3)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を用いた比例式(○ : △ =)で示せ。計算過程も示せ。ただし、点ウの炭素濃度は 0.8 mass%、室温におけるαの炭素固溶限を 0 mass%と見なせ。

(†) 山本科学工具研究社「標準顕微鏡組織」写真集より一部抜粋

問題2 解答欄

(1)	ア	イ	ウ
	(反応名)	(反応名)	(反応名)
	(反応式)	(反応式)	(反応式)
(2)	エ	オ	カ
(3)	炉冷した場合		焼入れした場合
(4)	炉冷した場合		焼入れした場合
	(名称)		(名称)
	(生成機構)		(生成機構)
(5)	(計算過程)		
	(答え)		

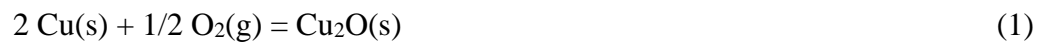
問題 3 Cu-S-O 系の相平衡について次の問い(1)~(6) に答えよ。

ただし凝縮相としては Cu(s)、Cu₂S(s)、Cu₂O(s)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)~反応(3)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)は以下に示す。

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。

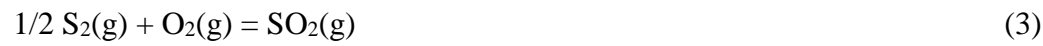
また、計算結果の値は有効数字 3 桁で示せ。



$$\Delta G^\circ (1) = -168000 + 71.3 \times T$$



$$\Delta G^\circ (2) = -132000 + 30.8 \times T$$



$$\Delta G^\circ (3) = -362000 + 72.7 \times T$$

(1) この系の自由度 F を Gibbs の相律式を示して答えよ。

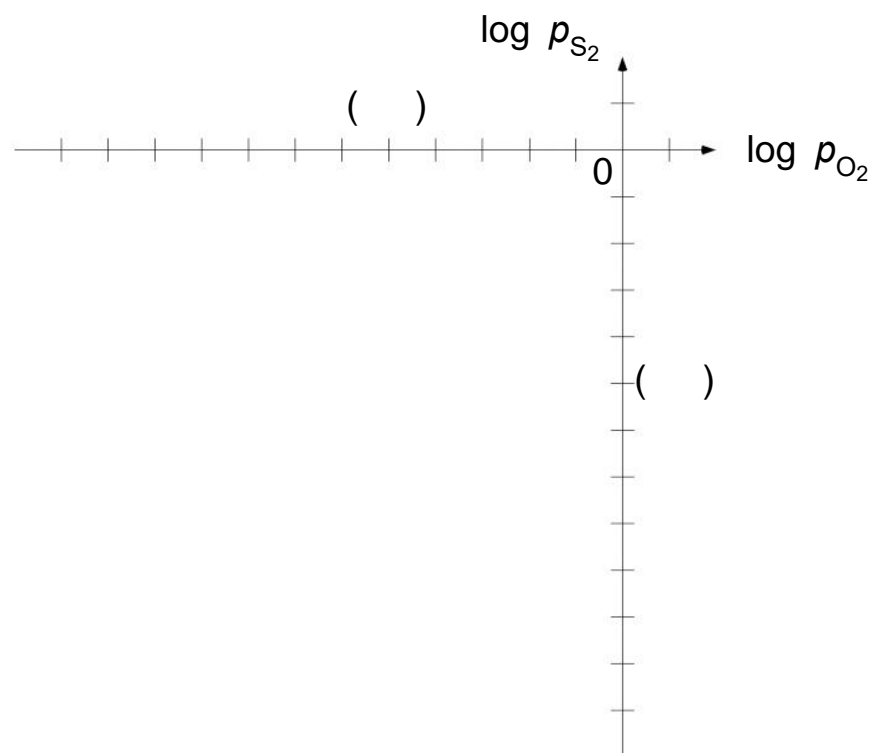
(2) 温度 1000 K において、式(1)の反応が平衡状態にある時の $\log p_{\text{O}_2}$ の値を求めよ。計算過程も示せ。

(3) 温度 1000 K において、式(2)の反応が平衡状態にある時の $\log p_{\text{S}_2}$ の値を求めよ。計算過程も示せ。

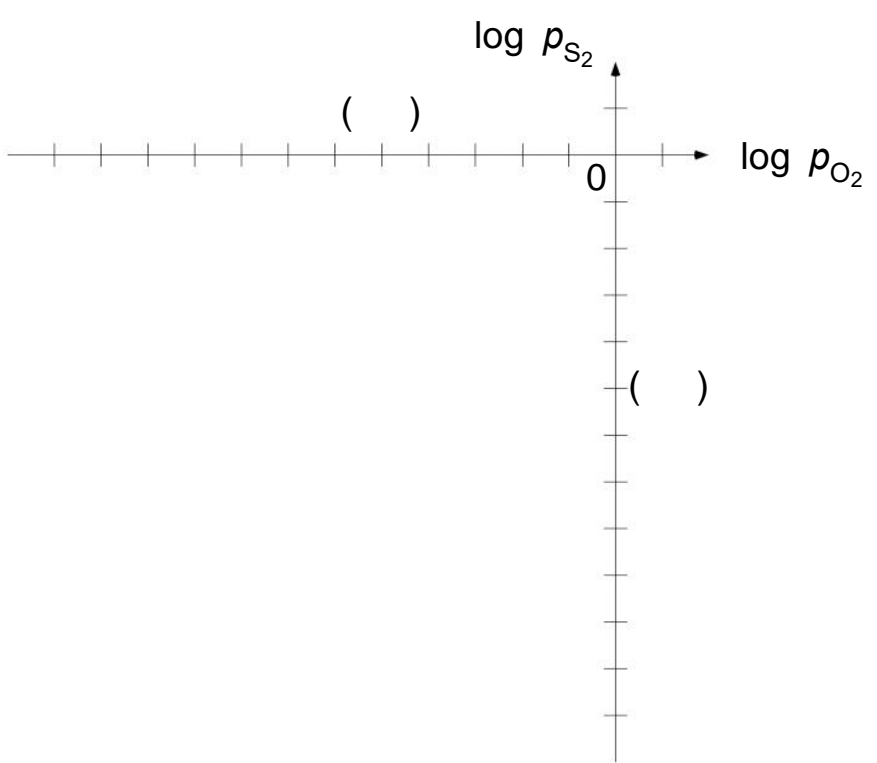
(4) 温度 1000 K において、Cu₂S(s) と Cu₂O(s) が平衡状態にある時の $\log (p_{\text{S}_2} / p_{\text{O}_2})$ の値を求めよ。計算過程も示せ。

(5) 温度 1000 K において、この系が平衡状態にある時の $\log p_{\text{SO}_2}$ の値を求めよ。計算過程も示せ。

(6) 温度 1000 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 $\log p_{\text{S}_2}$ として図示せよ。また図中の()内にスケールの分かる値を記入せよ。



問題 3 解答欄

(1)	F =
(2)	(計算過程)
	(答え)
(3)	(計算過程)
	(答え)
(4)	(計算過程)
	(答え)
(5)	(計算過程)
	(答え)
(6)	

問題 4 図 2 に示す A-B 二元系合金状態図において組成 X_B の合金を温度 T_1 から冷却する場合について次の問い(1)~(4)に答えよ。

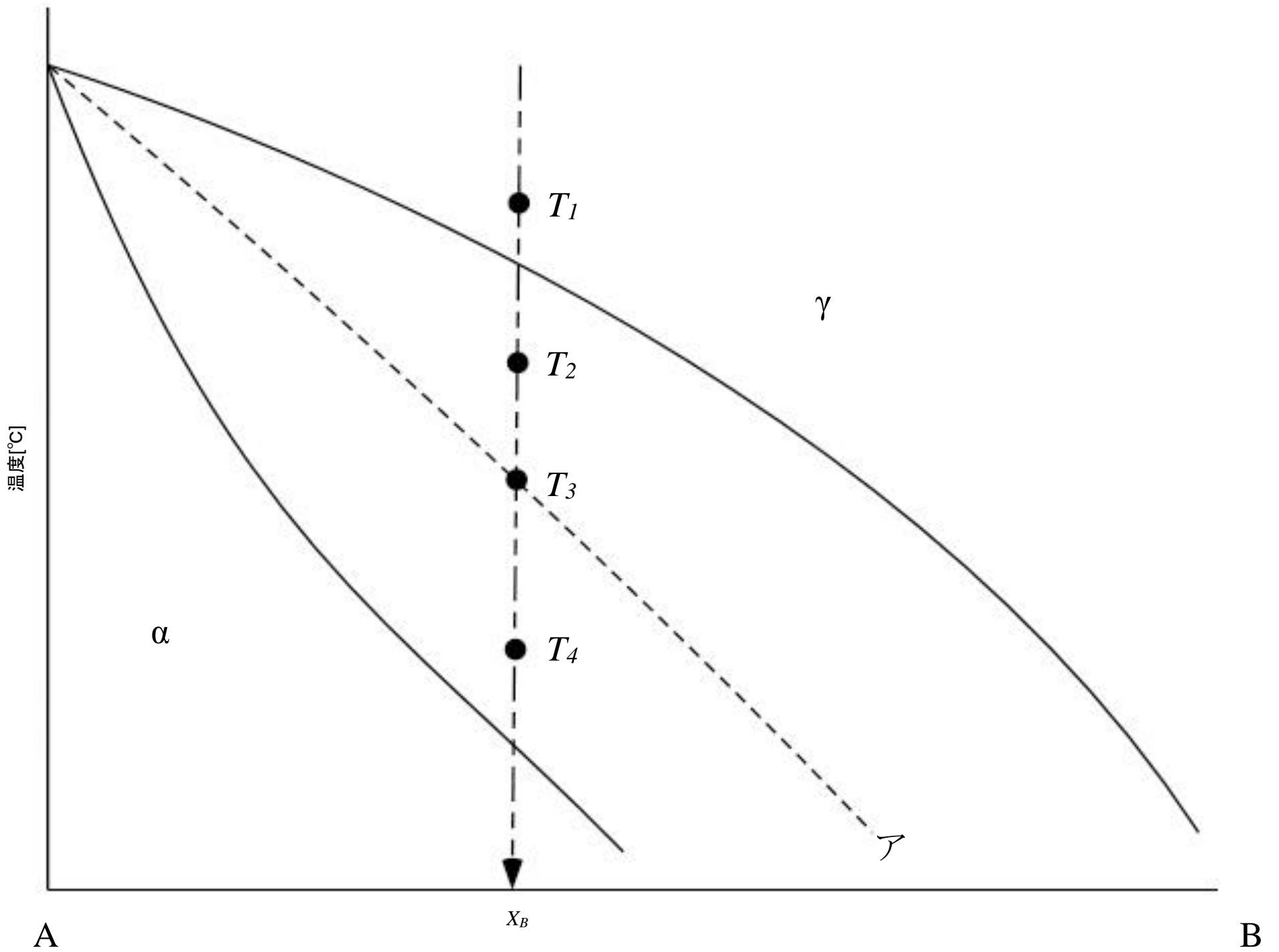



図 2 A-B 二元系合金状態図

- (1) 図中破線アで示される γ 相および α 相の自由エネルギーが等しくなる温度は通常どのように呼ばれるか答えよ。
- (2) 温度 T_1 ~ 温度 T_4 における γ 相および α 相の自由エネルギー組成曲線 G_γ 、 G_α の模式図を共存する相の組成を考慮して描け。必要であれば解答用紙に示す状態図中に記号や点を書き加えてもよい。
- (3) α 相の核が生成したことによる単位体積あたりの自由エネルギー変化(駆動力)を ΔG_v 、単位面積当たりの界面エネルギーを σ とするとき、半径 r を持つ α 相の核生成による自由エネルギー変化 Δg はどのような式で表されるか答えよ。また、 Δg と r の関係を表す模式図を使い、母相からの新相核生成に関して知ることを説明せよ。
- (4) 問い(2)で描いた図を使って、鋼の拡散変態とマルテンサイト変態の駆動力について知るところを説明せよ。

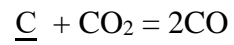
問題 4 解答欄

(1)			
(2)	<p style="text-align: center;">T_1</p>	<p style="text-align: center;">T_2</p>	
		<p style="text-align: center;">T_3</p>	<p style="text-align: center;">T_4</p>

(3)	<p>(式)</p> $\Delta g =$
	<p>(説明)</p>
	<p>(グラフ模式図)</p> 
	(4)

問題5 鋼のガス浸炭について次の問い(1)~(4)に答えよ。

(1) 鋼のガス浸炭においては、鋼表面の炭素と雰囲気の間、



$$\Delta G^\circ = -173000 + 176 \times T$$

の平衡反応が成立すると考えられている。ここで、 \underline{C} は鋼中に固溶した炭素を表す。この反応の 1200 K における平衡定数 K_P を $\log K_P$ として求めよ。計算過程も示せ。なお、 ΔG° ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$) は温度 T (K) におけるこの反応の標準自由エネルギー変化を表す。また、気体定数 R は 8.314 ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) を用い、 $\ln 10$ の値は 2.30 として計算し、計算結果の値は有効数字 3 桁で示せ。

(2) ガス浸炭は平衡炭素濃度(カーボンポテンシャル)を調節した雰囲気中に行なうが、カーボンポテンシャルは雰囲気の CO_2 分圧から求めることができる。カーボンポテンシャルを C_P 、雰囲気の CO_2 分圧を p_{CO_2} とし、問(1)の反応式を用いて C_P と p_{CO_2} の関係式を示せ。計算過程も示せ。なお、浸炭温度は 1170 K とし、この温度における平衡定数 $K_P = 29.6$ 、オーステナイトの炭素固溶限は 1.2 mass%、鋼中における炭素の活量係数は 1、雰囲気の搬送ガスは 20% の CO を含む吸熱型変成ガスとせよ。

(3) 吸熱型変成ガスを搬送ガスとして用いた雰囲気にエンリッチガスを添加することでカーボンポテンシャルを増加することができるが、エンリッチガスにメタンを用いたとして、その理由を反応式とともに述べよ。

(4) ある種の合金元素を添加した鋼に対してガス浸炭焼入れを行うと、鋼表層部の結晶粒界に添加元素の酸化物が生成することがあるが、その酸化物の生成機構を述べよ。また酸化物が生成した場合にどのような不具合があるかについても述べよ。

問題 5 解答欄

(1)	(計算過程)
	(答え)
(2)	(計算過程)
	(答え)
(3)	
(4)	(酸化物の生成機構)
	(酸化物が生成した場合の不具合)

問題 6 工具鋼の熱処理について次の問い(1)~(4)に答えよ。

- (1) 工具鋼に対しては焼入れの前処理として球状化焼なましを行うが、その理由を述べよ。
- (2) 球状化焼なましにはいくつかの方法があるが、炭素量 1.05%の炭素工具鋼を例にしてヒートパターンを 4 つ図示せよ。保持温度、冷却方法も図中に記載せよ。なお、温度は Fe-Fe₃C 状態図の A₁ 線および A_{cm} 線との相対関係で記載してもよい。
- (3) 工具鋼に球状化焼なましを行った後、適切な温度から焼入れする場合について、炭化物を完全に固溶させて焼入れする場合と比べて焼入れ性にどのような影響があるか述べよ。
- (4) 高速度工具鋼は焼戻しを通常、2~3 回行うが、その理由を述べよ。

問題 6 解答欄

(1)		
(2)	① A _{cm} 線 ----- A _l 線 -----	② A _{cm} 線 ----- A _l 線 -----
	③ A _{cm} 線 ----- A _l 線 -----	④ A _{cm} 線 ----- A _l 線 -----
(3)		
(4)		

問題 7 熱処理欠陥について次の問い(1)～(6)に答えよ。

- (1) 鋼を焼入れしたときに割れる現象を焼割れというが、焼割れの発生機構について述べよ。なお、鋼の形状は丸棒とする。
- (2) 焼割れを防止する焼入れ方法にマルテンパがあるが、これについて説明せよ。
- (3) 脱炭した鋼を焼入れすると焼割れを起こしやすくなるが、その理由を述べよ。
- (4) 焼入れした鋼を焼戻しすると衝撃値が高くなるが、ある鋼は $450^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ で焼戻しすると逆にぜい化することがある。その理由を述べよ。また、最もぜい化しやすい鋼種を次の選択肢から選べ。

(選択肢) 炭素鋼 Cr 鋼 Cr-Mo 鋼 Ni-Cr 鋼 Ni-Cr-Mo 鋼

- (5) 問(4)の鋼にある元素を添加すると焼戻しぜい性を防止できるが、その元素として適切なものを次の選択肢から 1 つ選べ。

(選択肢) Cr Mn Mo Ni Ti V

- (6) 問(4)の焼戻しぜい性のうち、ある温度範囲で焼戻ししたものは、その後の冷却方法によりぜい化を防止することができる。その温度範囲および冷却方法について答えよ。

問題 7 解答欄

(1)		
(2)		
(3)		
(4)	(理由)	(鋼種)
(5)		
(6)	(温度範囲) ~	(冷却方法)