

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 機械金属(トライボロジー) 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 次の問い (1) から (10) について、答えを解答欄に記入しなさい。

(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なさい。

- 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) メタン 1 kg を完全燃焼させるために必要な理論空気量を計算し、最も近い値を次の中から選びなさい。ただし、空気中の酸素の質量割合は 0.232 とする。なお、回答欄には化学式や計算過程についても記入しなさい。

- ① 3.8 kg ② 4.0 kg ③ 8.6 kg ④ 16.6 kg ⑤ 17.2 kg

(7) 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) に適した用語をそれぞれ選択しなさい。

- 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

(8) ある金属棒（断面積 400 mm^2 、基準長 500 mm ）に 40 kN の力を加えたところ 0.25 mm 伸びた。この材料の縦弾性係数（ヤング率）は次のうちどれか。なお、回答欄には計算過程についても記入しなさい。

- ① 200 kN/mm^2 ② 300 kN/mm^2 ③ 400 kN/mm^2 ④ 500 kN/mm^2 ⑤ 600 kN/mm^2

(9) 環境温度が $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 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/mm^2 ）がある。環境温度が $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ 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びなさい。なお、回答欄には計算過程についても記入しなさい。

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

(10) トライボロジーに関する次の記述のうち、不適切なものを一つ選びなさい。

- ① 摩擦面の駆動条件を示す軸受特性数 [(接触面の摺動速度) \times (潤滑材の粘度) / (軸受接触面間に作用する単位幅当たりの荷重)] によって、摩擦係数がどのように変化するかを示す曲線をストライベック曲線という。
- ② 二硫化モリブデン、窒化ホウ素、グラファイトといった固体潤滑剤は、いずれも結晶が層状構造となっており、これが優れた潤滑性を示す理由である。
- ③ 乾燥摩擦状態では、摩擦係数は一定とみなせるので、単位面積当たりの摩擦面での発熱量は通常、圧力と速度の積に比例し、この値は摩擦面の温度上昇の指標として用いられる。
- ④ 摩擦によって発生する摩耗粉の総体積（摩耗量）をすべった距離と摩擦面に加わる荷重で割った値を比摩耗量と呼び、摩耗を表すパラメータとしてよく用いられる。
- ⑤ 低温環境下では潤滑油の粘度が増大し、軸受の摩擦損失が増大する。この粘度の増大を低減するために、極圧添加剤が用いられる。

問題 1 解答欄

(1)					
(2)	多い  少ない				
(3)					
(4)					
(5)					
(6)	選択番号	化学式や計算過程			
(7)	(A)	(B)	(C)		
(8)	選択番号	計算式過程			
(9)	選択番号	計算式過程			
(10)					

問題2 次の文章を読み、トライボロジー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。

(1) 次の文中の (①) から (⑥) に該当する用語を A 群から選び、文章を完成させなさい。

鉄鋼材料の引張強さなどの強度を増す方法に (①) 強化、(②) 強化、(③) 強化、結晶粒微細化などがあり、強化させた鉄鋼材料は様々な製品、部品として利用されている。特に耐摩耗性を向上させる方法として、鉄鋼材料の場合、硬さを上げることが有効と考えられており、一般に (④) を行うことで 700~900 HV まで上げることができる。一方、しゅう動材料として使用されている銅合金などの場合、硬さは 80~200 HV と鉄鋼材料に比べると非常に低い。硬さだけを比較すると銅合金が (⑤) と思われる。しかし、すべり軸受けの場合、鋼の軸と (⑥) の軸受けの方が鋼の軸と (⑦) の軸受けの組み合わせより長寿命であることが多い。

【A 群】

- | | | | | |
|-------|-------|---------|--------|-------------|
| ア) 加工 | イ) 鍛造 | ウ) 時効処理 | エ) 曲げ | オ) 溶体化処理 |
| カ) 析出 | キ) 固溶 | ク) 鋼 | ケ) 銅合金 | コ) 耐摩耗性を有する |
| サ) 鋳造 | シ) 塑性 | ス) 摩耗する | セ) 熱処理 | ソ) 焼きなまし |

(2) 次の文中の (⑧) から (⑭) に該当する用語を下の B 群から選び、文章を完成させなさい。また、完成させた文章から説明する摩耗現象は、主として何摩耗が起こる時に見られるものか、最も適切なものを C 群の中から選択し、(⑮) に記入しなさい。

問い (1) で述べた鋼と銅合金のしゅう動材料としての組み合わせの良否について、鋼 (240 HV) と銅 (80 HV) をある試験条件にて摩擦摩耗試験を行い、得られた結果から考察することにした。摩擦摩耗試験結果と鉄と銅の二元平衡状態図をそれぞれ図 2-1 と図 2-2 に示す。

図 2-1 から、鋼と鋼、銅と銅より、鋼と銅の組み合わせの方がピンの摩耗が少ない。したがって (⑧) 材料より (⑨) 材料の組み合わせの方が摩耗量を抑えることができる。注目すべきは、摩耗量が材料の (⑩) の値とは逆比例の関係にないことである。なぜ、このような現象が起こるのか、図 2-2 をみると、鉄と銅は溶融させても (⑪) のように (⑫) せず二相分離する。このことが摩擦時の表面でも発生しており、鉄と銅の組み合わせの場合、溶融や移着反応が (⑬) と考えられる。これらの反応が (⑭) ことが、摩耗量を抑える要因の一つとして考えられる。よって、しゅう動材料として鋼と銅合金の組み合わせは (⑭) と考察した。

【B 群】

- | | | | | |
|--------|-------|---------|--------|------------|
| タ) 水と油 | チ) 硬さ | ツ) 大きい | テ) 小さい | ト) 水とアルコール |
| ナ) 同種 | ニ) 異種 | ヌ) 水と塩 | ネ) 固溶 | ノ) 良 |
| ハ) 否 | ヒ) 酸化 | フ) 摩擦係数 | ヘ) 融点 | ホ) 凝固 |

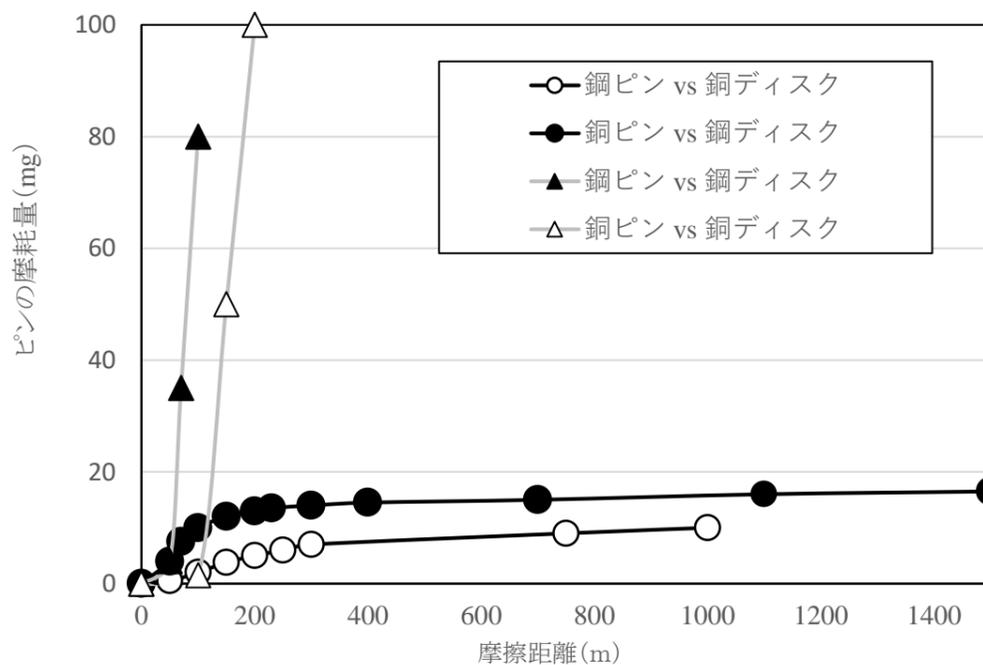


図 2-1 摩擦摩耗試験結果

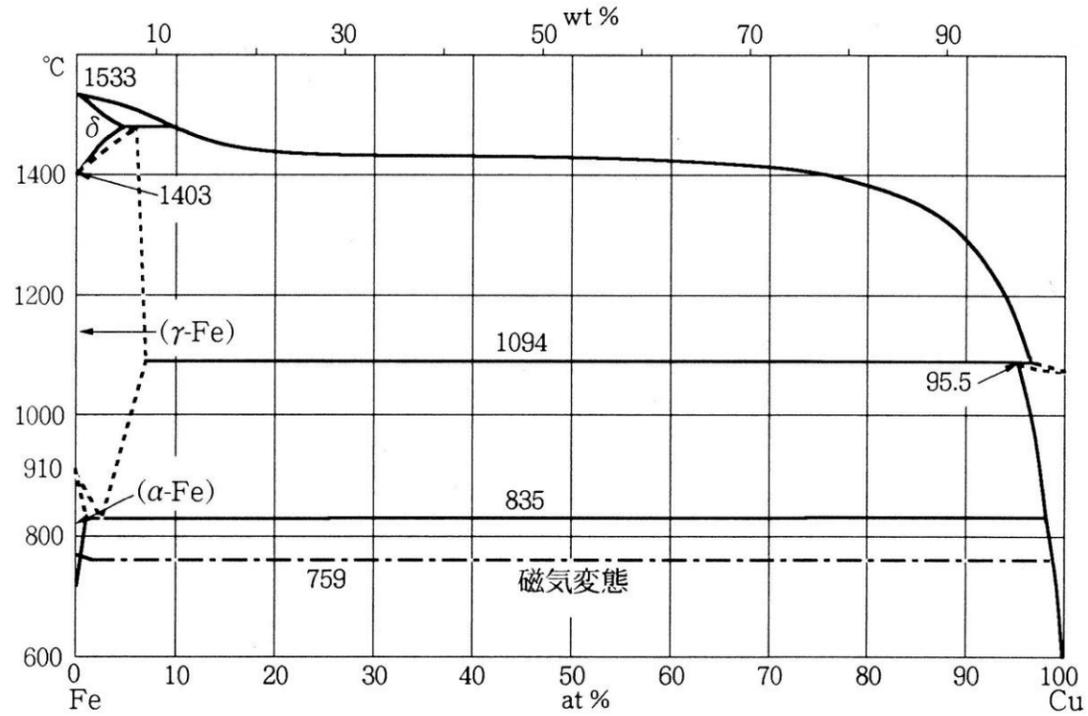


図 2-2 鉄と銅の二元平衡状態図

【C群】

- マ) 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
- ミ) 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
- ム) 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、機械の摩擦面で最も一般的に見られる摩耗
- メ) 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
- モ) 物質（液体・気体・スラリー等）が金属表面を流動することによって、金属表面が物理的に摩耗

(3) 金属材料の摩擦や摩耗を低減させる方法は、問い (1)、(2) の現象のように材料の硬さを上げる方法以外にもいくつかある。あなたが知っている摩擦や摩耗を低減させる方法について、(a) 材料の硬さを上げて改善する方法、(b) 材料の硬さ以外で改善する方法について、処理、対策方法とそれらによる効果をいくつか上げ、説明しなさい。

問題2 解答欄

(1)	①		②		③		④	
	⑤		⑥		⑦			
(2)	⑧		⑨		⑩		⑪	
	⑫		⑬		⑭		⑮	

(3)	(a) 材料の硬さを上げて改善する方法	
	処理法、対策方法	効果
	(b) 材料の硬さ以外で改善する方法	
	処理法、対策方法	効果

問題3 次の文章を読み、トライボロジー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。

(1) 図 3-1 に示す摩耗試験 (A)、(B)、(C) の名称を次の ① から ⑦ の中からそれぞれ選択しなさい。

- ① スラストシリンダ摩耗試験
- ② 往復しゅう動摩耗試験
- ③ スガ式摩耗試験
- ④ ブロック・オン・ディスク摩耗試験
- ⑤ ボール・オン・ディスク摩耗試験
- ⑥ 曾田式四球試験
- ⑦ ピン・オン・ディスク摩耗試験

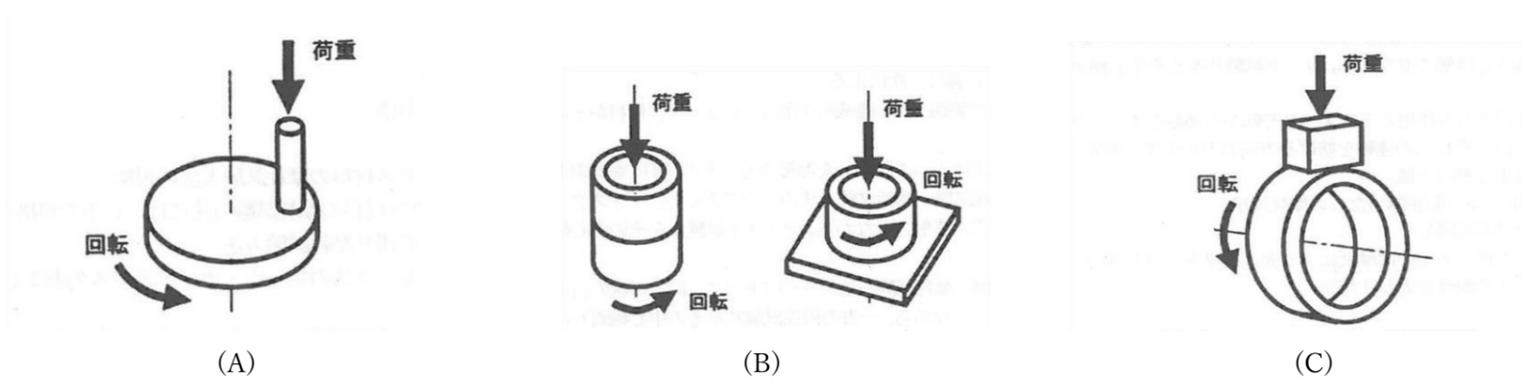


図 3-1 摩耗試験

(2) 問い (1) の (A) の方法で試験を行った摩耗試験片の摩耗量を測定する場合、① 試験片の重量の変化から求める方法と、② 摩耗痕形状を計測して断面積から求める方法がある。相手材がアルミナで試験片が鋼、またはアルミニウム合金である場合、それぞれの摩耗試験で摩耗量を測定する方法としてより好ましいのは、① と ② のどちらか。また、その理由を 100 字程度で説明しなさい。

(3) 次の ① から ⑧ の語句の中から 3 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 比摩耗量
- ② シビア摩耗
- ③ マイルド摩耗
- ④ 摩擦係数
- ⑤ フレッチング摩耗
- ⑥ エロージョン摩耗
- ⑦ 腐食摩耗
- ⑧ ピッチング摩耗

問題3 解答欄

	(A)	(B)	(C)
(1)			
(2)	選択番号	説明 100 字程度	
(3)	選択番号	説明 100 字程度	

問題4 図4-1に Fe-Fe₃C 準安定系状態図を示す。図を参照して、以下の問い(1)から(5)について、答えを解答欄に記入しなさい。

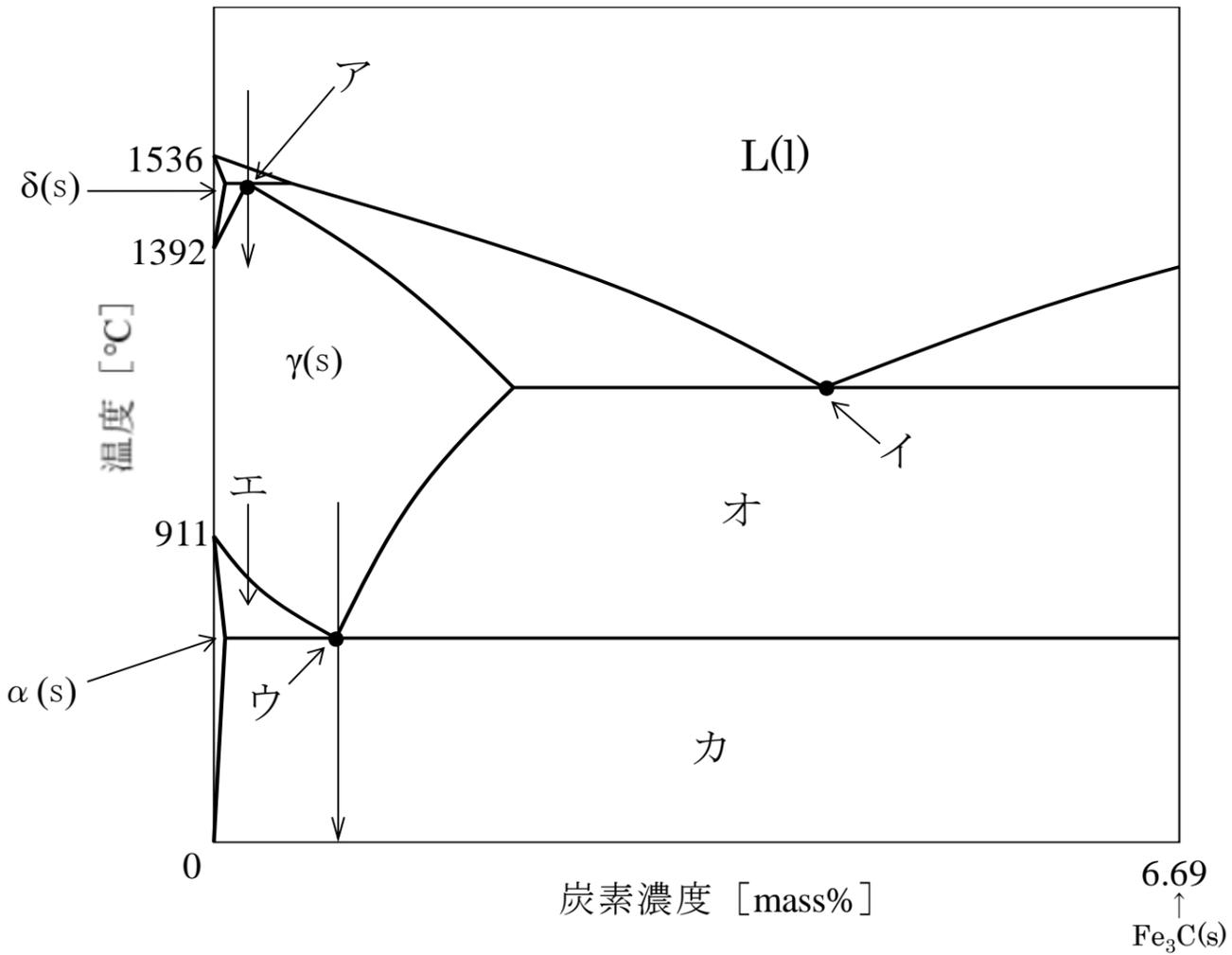
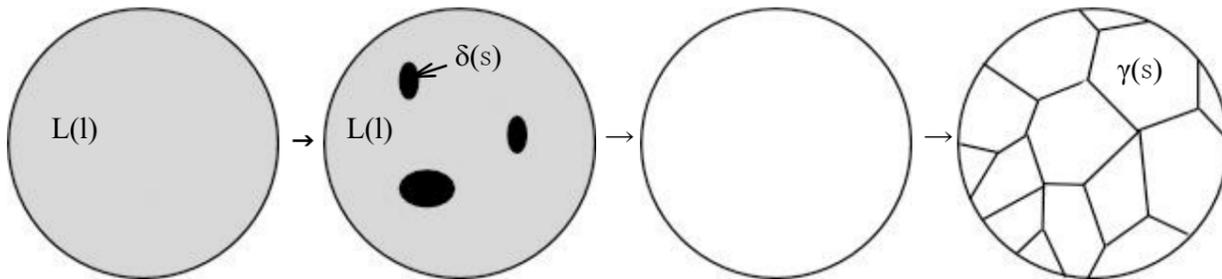


図4-1 Fe-Fe₃C 準安定系状態図

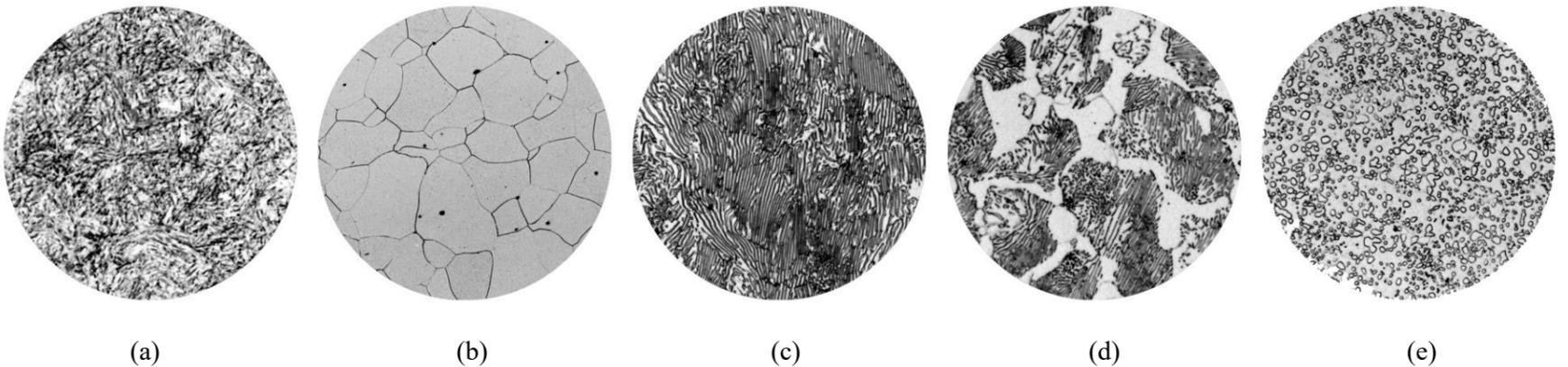
(1) 図4-1中のア、イ、ウの各点において冷却過程で起こる反応は何と呼ばれるか。また、各点における反応式を記しなさい。

(2) 点アの組成を持つ液体を徐冷したときの組織変化の様式図を下に示す。左から3番目の組織の様式図を、相を明示して描きなさい。



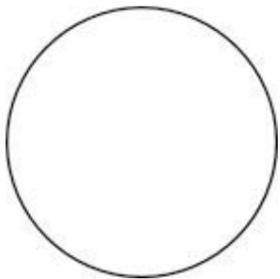
(3) 領域エ、オ、カに存在する相を答えなさい。

(4) 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)の中から選び、それぞれの組織の名称を述べなさい。



(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しなさい。また、計算過程も示しなさい。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%とみなす。

問題4 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)	(模式図) <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  </div>		
(3)	エ	オ	カ
(4)	炉冷した場合		焼入れした場合
	(写真群記号) (組織名称)		(写真群記号) (組織名称)
(5)	(計算過程)		
	(答え)		

問題 5 回転する軸の円筒側面部に対して、半径方向にブレーキ片を押し付けるブロックブレーキを考える。図 5-1 に示すように、ブレーキ腕に操作力 F を加えることで、ブレーキ腕に取り付けられたブレーキ片を介して回転軸にブレーキ力 T が働いているとする。この時、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。なお、問い (2)、(3) については、計算過程も記入しなさい。

(1) 回転する軸にブレーキが作用している時、ブレーキ片が回転軸から受ける垂直抗力を P として摩擦力を求めなさい。ただし、ブレーキ片と回転軸との摩擦係数を μ とする。また、これらの力を図示しなさい。

(2) 150 N のブレーキ力 T を作用させるために必要な操作力 F を求めなさい。ただし、 $a = 300 \text{ mm}$ 、 $b = 160 \text{ mm}$ 、 $c = 50 \text{ mm}$ 、 $\mu = 0.2$ とする。

(3) 軸の回転方向が図と逆向き（逆回転）である時、ブレーキのきき方として正しいものを次の ①～③ の中から選び番号で答えなさい。また、この時、問い (2) で求めた値と同じ操作力 F を作用させた場合に得られるブレーキ力 T' を求めなさい。

- ① 逆回転の方がブレーキはききやすい。
- ② 逆回転の方がブレーキはききにくい。
- ③ ブレーキのきき方は同じ。

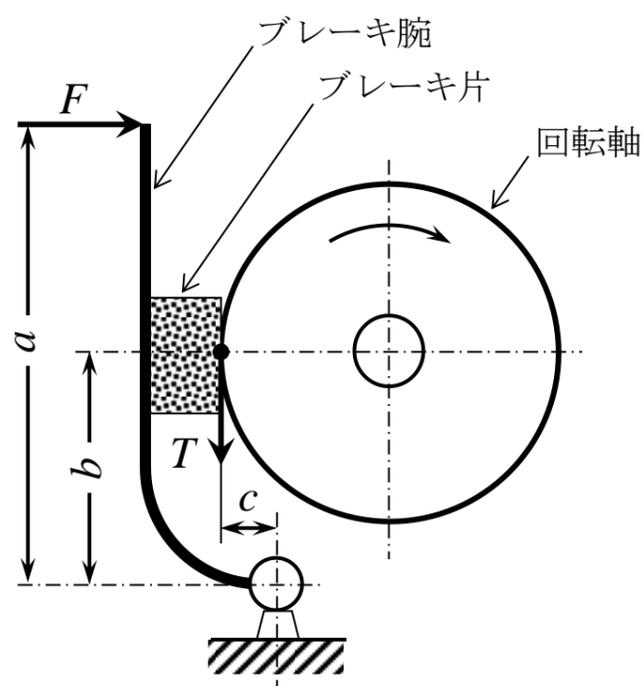
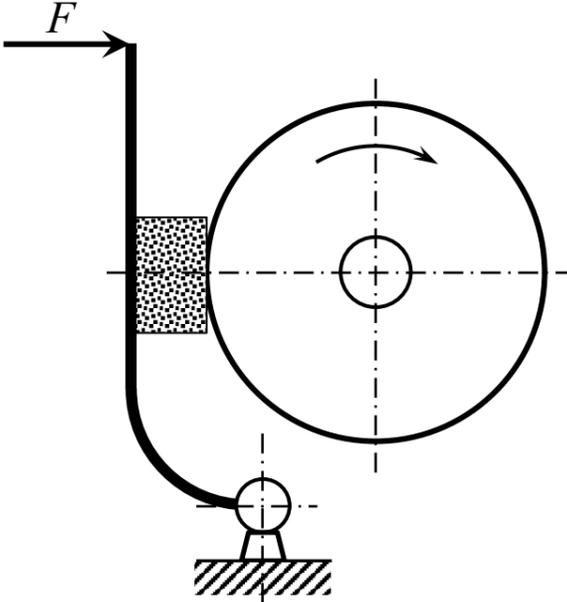


図 5-1 ブロックブレーキ

問題 5 解答欄

(1)	(答え) 摩擦力 =
	
(2)	(計算過程)
	(答え) $F =$ N
(3)	(答え) 番号 :
	(計算過程)
	(答え) $T' =$ N