

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5問あり、時間は100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

以下の設問について、答えを解答欄に記入しなさい。

- (1) 図 1 は金属に見られる代表的な結晶構造の一つである面心立方構造の原子配列の一つの単位を模式的に示したものです。この結晶構造の最近接原子の数（配位数）を答えなさい。
- (2) 図 1 に示した結晶構造の格子定数を a としたとき、最近接原子間距離 L を式で表しなさい。
- (3) 図 1 に示した結晶構造を持つ金属における代表的なすべり系をミラー指数により答えなさい。
- (4) 図 1 に示した結晶構造を持つ金属を二つ挙げなさい。
- (5) 結晶構造あるいは結晶方位を同定する代表的な装置を二つ挙げ、それぞれの装置の測定原理または測定方法を簡単に説明しなさい。
- (6) 金属材料は、その製造工程の中で特定の結晶方位に優先して配向する傾向があります。このように材料を構成する結晶粒が特定の方向に優先的に配列した状態（組織）は何と呼ばれるか答え、それを積極的に利用して機械的特性あるいは電気的特性を制御している事例を一つ挙げて説明しなさい。

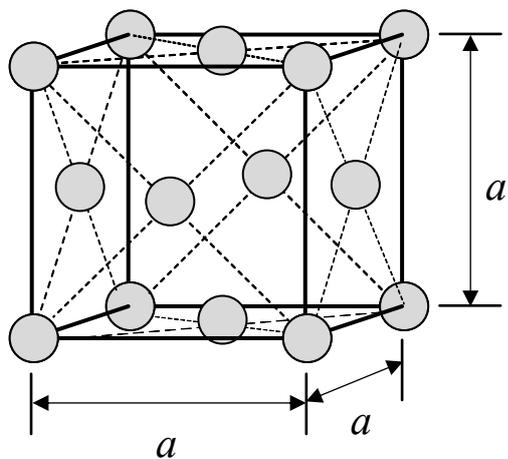


図1 面心立方構造の原子配列模式図

問題 1 解答欄

(1)	
(2)	$L =$
(3)	
(4)	
(5)	① 装置名： 説明：
	② 装置名： 説明：
(6)	

問題 2

- (1) 図 2 の Fe-Fe₃C 準安定系状態図を参考にし、以下の設問について答えを解答欄に記入しなさい。
- a) オーステナイト単相領域まで加熱された炭素濃度 0.5 mass% の鋼を室温まで緩冷したときに現れる相 (図中の括弧) アとイを答え、それらの質量比率を計算し、整数比で答えなさい。ただし、室温におけるフェライト中の固溶炭素濃度は 0 mass% であるとしなさい。
- b) 図 2 中の丸印ウで示した部分の反応は何と呼ばれ、どのような反応であるのか説明しなさい。
- c) オーステナイト単相領域まで加熱された共析組成の鋼を室温まで急冷したときに、どのような組織になるか答えると共にその組織の特徴も説明しなさい。

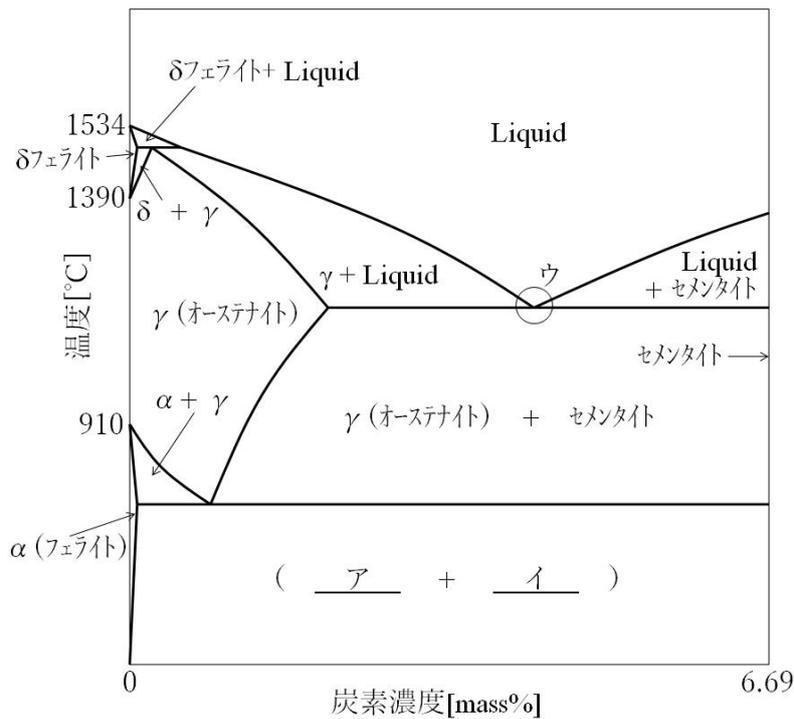


図 2 Fe-Fe₃C 準安定系状態図

- (2) 次の文章の空欄部分 (A) ~ (F) に当てはまる語句、文章および式を答えなさい。

鋼の表面から炭素を拡散させ、表面近傍のみ炭素濃度を高める (A) 処理は、古くから利用されている技術です。その処理のあとに、通常は焼入れ・焼戻しを行います。それにより、(B) といった利点が生まれます。通常は鋼に焼入れを行うと残留応力が発生しますが、低炭素鋼に (A) 焼入れを行った場合、表面に (C) の残留応力が発生します。これは、焼入れ時に表面近傍が内部よりも遅れて相変態し、(D) するためです。残留応力を実際に測定する方法として、X線を利用した手法があります。この手法は、X線の (E) 現象を利用したものです。試料の格子面間隔を d 、X線の波長を λ 、X線の (E) 角を θ 、自然数を n としたとき、ブラッグの式 (F) が成り立ちます。試料に作用している応力状態により d および θ が変化しますが、それらがこの式を満たすことから残留応力を計算することができます。

問題 2 解答欄

(1)	相の名称： ア () イ () (a) 質量比率：
	反応の名称：ウ () (b) 説明：
	組織の名称： (c) 特徴：
(2)	(A)
	(B)
	(C)
	(D)
	(E)
	(F)

問題 3

以下の設問について、答えを解答欄に記入しなさい。

- (1) 図3に示す (a) および (b) は、ある金属で高温変形中に動的再結晶あるいは動的回復のいずれかにより、定常変形が起こった際の真応力-真ひずみ曲線を表しています。これらの図のうちで、動的回復を表すものを選択し、その挙動について説明しなさい。

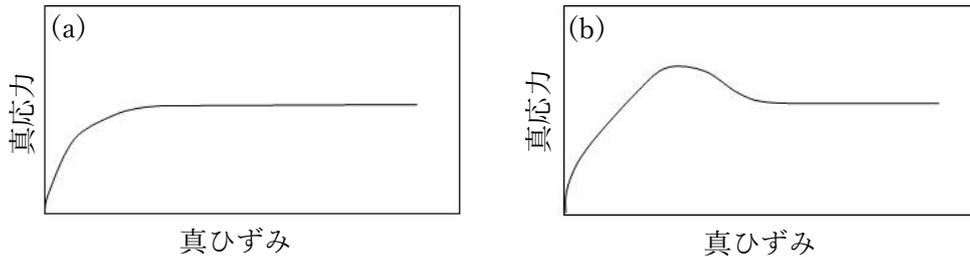


図3 高温変形時の真応力-真ひずみ曲線

- (2) 次の式は、クリープ変形での応力とひずみ速度の関係を表した構成方程式です。この構成方程式内のパラメータ n の呼称を答えると共にその値の意味について説明しなさい。

$$\dot{\epsilon} = A \frac{Gb}{kT} \left(\frac{\sigma}{G} \right)^n \left(\frac{b}{d} \right)^p D$$

$\dot{\epsilon}$: ひずみ速度

A : 定数

G : 剛性率

b : バーガースベクトルの大きさ

k : ボルツマン定数

T : 絶対温度

σ : 変形応力

d : 結晶粒径

p : 粒径指数

D : 拡散係数

- (3) 一定温度条件下で、あるアルミニウム合金の結晶粒径と降伏応力の関係を調べたところ、結晶粒径 0.09 mm のとき降伏応力は 120 MPa で、結晶粒径 0.01 mm のとき降伏応力は 180 MPa でした。このとき、結晶粒径 0.04 mm の同じアルミニウム合金の降伏応力をもとめなさい。ただし、降伏応力と結晶粒径の間にホール・ペッチの法則が成立するものとしなさい。
- (4) 結晶粒径の測定方法に関する次の説明文中で、(I) と (II) の空欄箇所に当てはまる語句を答えなさい。

結晶粒径を測定する方法には、切片法などが知られていますが、最近では金属組織の画像から、自動で測定できる技術開発が進められています。それを実現し得る方法の一つに、(I) を利用した測定法があります。(I) とは、統計数理に基づいた技術の一つですが、結晶粒径が既知な金属組織写真を (II) として準備し、それを大量に学習させることで、自動で結晶粒径を推定できるアルゴリズムを開発することができます。

問題3 解答欄

(1)	(a) (b) (答えに○)
	説明：
(2)	パラメータの呼称：
	説明：
(3)	
(4)	(I)
	(II)

問題 4

以下の文章は、金属の破壊に関する説明文です。文中の（ア）～（ク）の空欄部分に当てはまる語句や文章を入れて完成させ、この説明文に関連する後の（1）～（4）の設問に答えなさい。

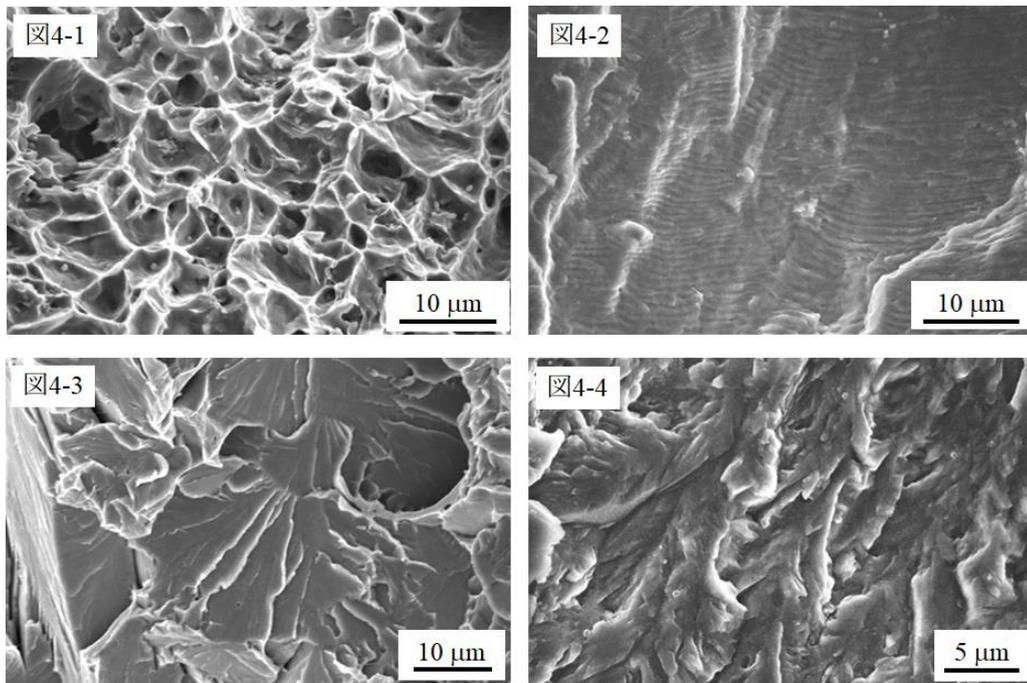
金属には多くの優れた特徴がありますが、加工により変形させて形状を付与できることも特徴の一つです。金属の変形には、大きく分けると二つの種類があります。一つは（ア）と呼ばれ、力を除くと、元の形に戻るような変形を指します。もう一つは（イ）と呼ばれ、力を除いても元の形には戻らない変形を指します。

ところで金属は加工すると、より強くなることがあります。この現象は（ウ）と呼ばれ、工業的にも積極的に利用されることが多く、金属の強度を高めるための重要な手法の一つです。金属の強度を高める手法には、この他に（エ）や（オ）、あるいは（カ）などが知られており、いずれも重要な金属の強化法です。

（ウ）は、簡便に金属の強度を高めることができますが、これにより問題が生じることもあります。たとえば、針金に力を加えると曲がりますが、それを続けると徐々に硬くなり、最終的には破壊してしまいます。このように、（ キ ）現象を疲労破壊と呼びます。疲労破壊は、針金を曲げて破壊するような現象だけでなく、見掛け上ほとんど変形しないほどの力であっても突然起こることがあり、非常に注意を要する現象です。

疲労破壊などの破壊現象は、応力集中の影響を強く受けることが知られています。応力集中とは、（ ク ）現象で、応力集中部は特に破壊しやすくなります。しかしながら、世の中には積極的に応力集中を利用した製品もあり、破壊やそれに関与する現象を正しく理解し、製品を安全に使用することができれば、豊かな社会の構築につながることができます。

- (1) 金属材料が破壊した原因を調査する手法の一つに、破断面観察があります。図 4-1 ~ 図 4-4 は、種々の破壊様式で破断した金属の破断面を撮影した写真ですが、この中から疲労破壊の特徴を表した破断面の写真を選び、その模様の特徴を答えなさい。



- (2) 疲労破壊という現象は、ときに大事故の原因となることがあり、ニュースや新聞等で大々的に取り上げられることもあります。疲労破壊が原因と考えられている事故の中で、あなたが知っている事例を一つ挙げ、それについて説明しなさい。
- (3) 応力集中という現象を利用して、人々が扱いやすくなるよう工夫された製品も多くあります。応力集中を積極的に利用している身近な製品を一つ挙げなさい。

- (4) 応力集中により生じた最大応力を実断面積から計算された応力で除した値を応力集中係数 α と呼びます。図 4-5 のように、長軸の長さが $2a$ 、曲率が ρ のだ円孔を有する無限の幅を持つ板が、引張り力 P を受けている状態であった場合、 α は次式で表されるものとします。

$$\alpha = 1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}$$

無限幅の板中に、直径 1 mm と 4 mm の真円の孔があった場合、それぞれの円孔の縁の応力集中係数 α を求めなさい。

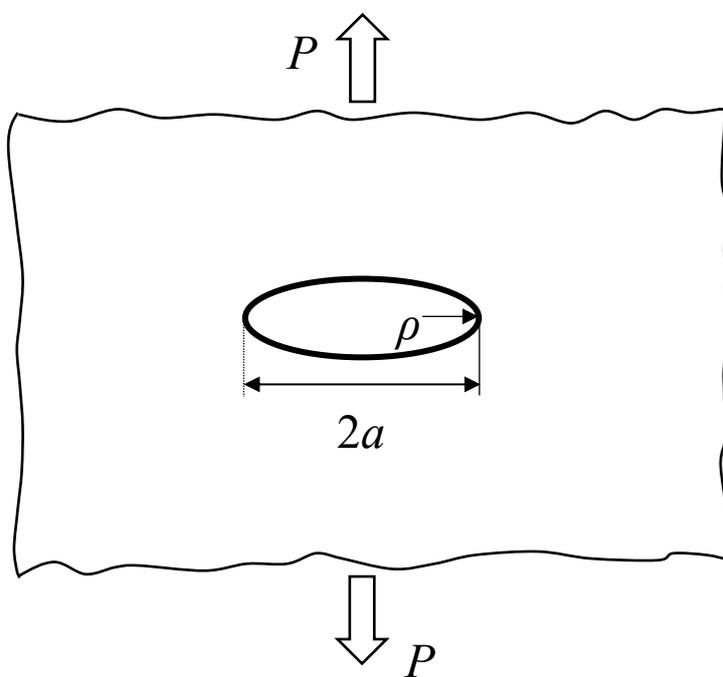


図 4-5 だ円孔を有する無限の幅を持つ板

問題 4 解答欄

(ア)	
(イ)	
(ウ)	
(エ)	
(オ)	
(カ)	
(キ)	
(ク)	

問題 4 解答欄 (つづき)

(1)	図 4-1 図 4-2 図 4-3 図 4-4 (答えに○)
	名称：
(2)	
(3)	
(4)	直径 1 mm：
	直径 4 mm：

問題 5

金属は、ものづくりに欠かせない材料ですが、多くの金属関連企業が人材不足等に悩まされ、技術伝承にも工夫が必要な時代になってきています。そのような中、将来的に金属に興味を持ってもらうために、中学校の生徒たちを一日だけ、大阪産業技術研究所に招待することになりました。あなたがその企画担当者になった場合、子供たちに対してどのようなデモンストレーションをしますか。回答形式は自由に、あなたのアイデアを説明してください。

問題 5 解答欄