

科目	構造・性質系－1-A
----	------------

受験番号

氏 名

--

科目	構造・性質系－1-A
----	------------

--

※解答は、点線より下に記入すること。

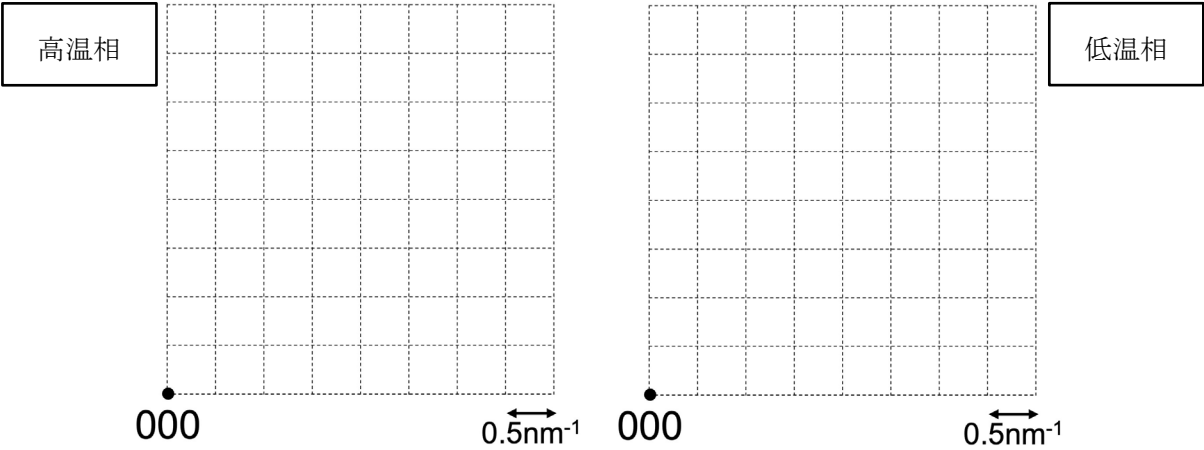
(注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし、裏面にはしないこと。)

問題1 面心立方構造を有する仮想的な結晶を考える。この結晶はシュミット則に従い変形する。以下の問いに答えよ。

- (1) シュミット則について説明せよ。
- (2) すべり面を最稠密面とした時、この結晶のすべり系を全て書き出せ。符号が反対のものは省略して良い。
- (3) この結晶の[131]方向に荷重をかけた時、最初に活動するすべり系を全て書き出せ。導出過程も記すこと。

(1)		(2)	
(3)			

問題2 A_3B 合金を考える。本合金は高温において面心立方構造（格子定数 $a=0.5\text{ nm}$ ）で、各サイトを A 原子と B 原子がランダムに占有した固溶体である。一方、低温では規則化が生じ、面心の位置を A 原子、隅点を B 原子が占有する。この合金の[010]方向から電子線を入射したときの回折図形を描き、全ての反射に指数をつけよ。なお、実格子の大きさを a とした時、その逆格子の大きさを $1/a$ と定義する。また、温度変化や構造変化に伴う格子定数の変化は無いものとする。



科目	構造・性質系－1-B
----	------------

受験番号

氏 名

--

科目	構造・性質系－1-B
----	------------

--

※解答は、点線より下に記入すること。

(注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし、裏面にはしないこと。)

問題3 表は各元素の $K\alpha$ 線のエネルギー (単位は keV) , 特性 X 線と吸収端の波長 (単位は Å) である。以下の問いに答えよ。

- (1) 水素及びヘリウムの特性 X 線が存在しない理由を答えよ。
- (2) $K\alpha_1$ 線の波長を λ_{α_1} , $K\alpha_2$ 線の波長を λ_{α_2} とする。両者は近接しているため、区別せずに $K\alpha$ 線として取り扱うことがある。 $K\alpha$ 線の波長を λ_{α_1} , λ_{α_2} を用いて表せ。
- (3) $K\beta_1$ 線は $K\beta$ 線として取り扱われる。 $K\alpha$ 線と $K\beta$ 線を分離 (単色化) するにはフィルターが用いられる。フィルターの原理について説明せよ。必要ならば図を用いて説明せよ。
- (4) コバルトの $K\alpha$ 線と $K\beta$ 線を分離するには、どの元素を用いれば良いか答えよ。
- (5) $K\alpha_1$ 線と $K\alpha_2$ 線を分離して単色化する方法の名称と原理について説明せよ。

元 素	$E(K\alpha)$ (keV)	$K\alpha_2$ 強 い	$K\alpha_1$ 非常に強い	$K\beta_1$ 弱 い	K 吸収端	$L\alpha_1$	$L_{(1)}$ 吸収端
1 H							
2 He							
3 Li	0.05	228			226.5		
4 Be	0.11	114			111		
5 B	0.18	67.6					
6 C	0.28	44.7			43.68		
7 N	0.39	31.6			30.99		
8 O	0.52	23.62			23.32		
9 F	0.68	18.32					
10 Ne	0.85	14.610		14.452	14.3018		
11 Na	1.04	11.9101		11.575	11.569		406
12 Mg	1.25	9.8900		9.521	9.5122		250.7
13 Al	1.49	8.34173	8.33934	7.960	7.94813		170.4
14 Si	1.74	7.12791	7.12542	6.753	6.738		123
15 P	2.01	6.160	6.157	5.796	5.784		94
16 S	2.31	5.37496	5.37216	5.0316	5.0185		
17 Cl	2.62	4.7307	4.7278	4.4034	4.3971		
18 Ar	2.96	4.19474	4.19180	3.8860	3.87090		
19 K	3.31	3.7445	3.7414	3.4639	3.4365		42.1
20 Ca	3.69	3.36166	3.35839	3.0897	3.0703	36.33	35.49
21 Sc	4.09	3.0342	3.0309	2.7796	2.762	31.35	
22 Ti	4.51	2.76216	2.74851	2.51391	2.49734	27.42	27.29
23 V	4.95	2.50738	2.50356	2.28440	2.2691	24.25	
24 Cr	5.41	2.293606	2.28970	2.08487	2.07020	21.64	20.7
25 Mn	5.90	2.10578	2.101820	1.91021	1.89643	19.45	
26 Fe	6.40	1.939980	1.936042	1.75661	1.74346	17.59	17.525
27 Co	6.93	1.792850	1.788965	1.62079	1.60815	15.972	15.915
28 Ni	7.47	1.661747	1.657910	1.500135	1.48807	14.561	14.525
29 Cu	8.04	1.544390	1.540562	1.392218	1.38059	13.336	13.288
30 Zn	8.63	1.439000	1.435155	1.29525	1.2834	12.254	12.131

(1)		(3)	
(2)			
(4)			
(5)			

解答

問題 1

(1)

すべり面上の分解剪断応力が臨界値を超えるとすべり変形が開始する。
臨界分解剪断応力が最大のすべり系が最初に活動する（すべる）。等

(2)

すべり面：(111)、すべり方向： $[-110]$ 、 $[10\bar{1}]$ 、 $[0\bar{1}1]$

すべり面： $(\bar{1}11)$ 、すべり方向： $[110]$ 、 $[101]$ 、 $[0\bar{1}1]$

すべり面： $(1\bar{1}1)$ 、すべり方向： $[110]$ 、 $[10\bar{1}]$ 、 $[011]$

すべり面： $(11\bar{1})$ 、すべり方向： $[-110]$ 、 $[101]$ 、 $[011]$

(「-」は数字の上。以下同様)

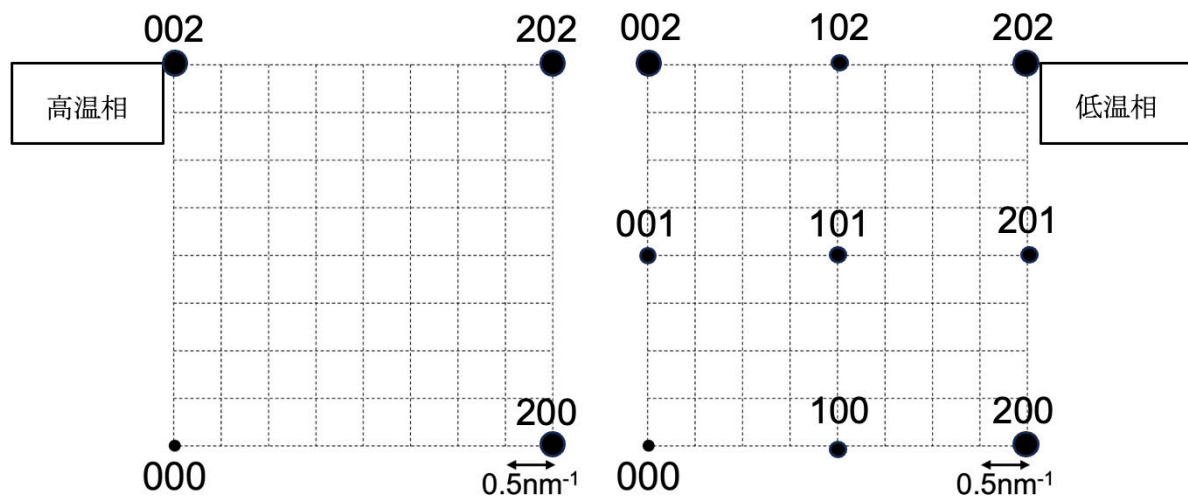
(3)

$(\bar{1}11)$ 、 $[110]$

$(11\bar{1})$ 、 $[011]$

導出過程は略

問題 2



強度については考慮しなくて良い。

指数については、 $[010]$ 入射の条件を満たしていれば、符号が逆でも可。

問題 3

(1) K 殻にしか電子が存在しないため。

(2) $(2\lambda a_1 + \lambda a_2)/3$

(3) K 吸収端が $K\alpha$ と $K\beta$ の間にある元素の金属箔に X 線を通過させる。図は略。

(4) Fe

(5) 例えば、モノクロメーター、二結晶法等。原理は略。

科目	構造・性質系－2-A
----	------------

受験番号

氏 名

--

科目	構造・性質系－2-A
----	------------

--

※解答は、点線より下に記入すること。

(注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし、裏面にはしないこと。)

問題 平滑試験片を用いた室温大気中の引張試験で延性破壊する鉄鋼材料であっても、実際の使用において巨視的な塑性変形を起こさずに脆性破壊する場合がある。その原因として考え得る材料工学的機構をできるだけ多く挙げて詳細に説明せよ。(図表を用いて説明しても良い)

【解答例】

・実際の使用において、様々な原因により鉄鋼材料に形成されたき裂による応力集中が引き起こす巨視的な脆化が考えられる。破壊靱性の低い鉄鋼材料ほどき裂に敏感である。

・鉄鋼材料が衝撃などの高速変形を受けた場合、巨視的に脆性破壊することが考えられる。一般的に体心立方構造を有する鉄鋼材料においては、ひずみ速度依存性が高く、また微視組織の影響も大きいと考えられる。

・体心立方構造を有する鉄鋼材料においては、使用温度が低くなるとへき開破壊し脆化する延性－脆性遷移がある。延性－脆性遷移温度は、鉄鋼材料の化学組成や微細組織に大きく依存する。

・高温環境下で鉄鋼材料を使用した場合、熱の影響により母相中に炭化物などの析出相が形成されることで微視組織が変化することがある。この析出相が脆い場合、脆性破壊の起点となることが考えられる。

・鉄鋼材料に繰り返し荷重が微小であっても負荷されることで、疲労破壊による巨視的な脆性破壊が考えられる。疲労き裂の進展過程は、微視的には主に転位運動によるき裂周辺の塑性変形が関与しているが、疲労き裂が成長すると過負荷により脆性破壊が生じる。

・腐食環境においては、応力腐食割れ(活性経路割れや粒界割れ)などにより巨視的に脆性破壊することが考えられる。

・鉄鋼材料が使用環境から水素を吸収することで脆化することが考えられる。通常、この水素脆化は高強度化するにつれて顕著になる。

・放射線照射による鉄鋼材料中の損傷が蓄積することで脆性破壊が引き起こされることが考えられる。

・その他

※解答は、点線より下に記入すること。

(注：この用紙の問題への解答はこの面のみとし、裏面にはしないこと。)

問題 以下の説明文中の括弧内 (①から⑫) にあてはまる適切な数値あるいは数式を解答欄に記しなさい。

図(a)の A-B 二元系状態図において、初期組成 c_B^0 を持つ α 相を温度 T_1 より急冷して得られた過飽和固溶体を温度 T_2 に保持して、厚さ r の板状の β 相が生成する場合を考える。 α 相から組成の異なる β 相が析出するには溶質原子の長距離拡散が必要となるので、 β 相の成長は拡散律速成長となる。 α 相と β 相の界面において α 相および β 相の濃度はそれぞれ c_B^α および c_B^β で平衡を保っている(局所平衡が成立する)と仮定すると、界面を横切る溶質原子 B の濃度分布は図(b)のようになると考えられる。なお、ここでは取り扱いが容易であることから、 α 相中における B 原子の濃度変化の範囲を Δr として、その間で直線の変化を仮定している(Zener の線形勾配近似)。

いま、 β 相が微小時間 dt の間に dr だけ成長するものとする、界面の移動速度 v は($v =$ ①)であり、単位面積の界面を通過して単位時間あたりに β 相の中に入る B 原子の量は(②)となる。(②)で表される B 原子は α 相側から界面へ拡散によって運ばれるので、B 原子の拡散係数を D とするとその流束はフィックの第1法則により($J =$ ③)となり、流束釣り合いの式($\text{②} = - \text{③}$)が得られる。 α 相と β 相の界面における B 原子の濃度勾配は($dc_B/dr =$ ④)となるが、 β 相側に溜まる B 原子量と α 相から吐き出される B 原子量は等しい(質量保存)ので、($\text{⑤} = \text{⑥}$)が成立する。 $(dc_B/dr = \text{④})$ と($\text{⑤} = \text{⑥}$)から Δr を消去すると($dc_B/dr =$ ⑦)が得られる。 $(dc_B/dr = \text{⑦})$ を流束釣り合いの式に代入すると($\text{②} = \text{⑧}$)となり、この式を変形して積分すると($r =$ ⑨)が得られ、さらに($dr/dt =$ ⑩)が得られる。すなわち、これらの二つの式から、 β 相の大きさ r は時間の(⑪)乗に比例し、成長速度は時間の(⑫)乗に比例することが分かる。

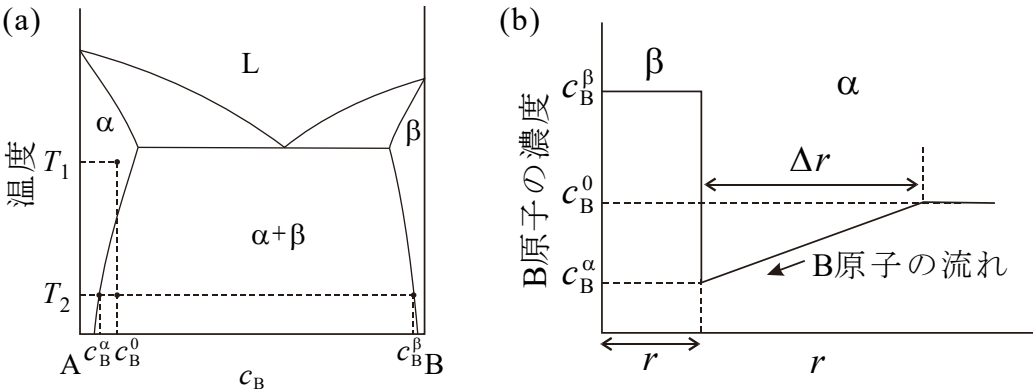


図 (a) A-B 二元系状態図および (b) α 相と β 相の界面近傍における B 原子の濃度分布。

解答欄

①		②		③	
④		⑤		⑥	
⑦		⑧		⑨	
⑩		⑪		⑫	

構造・性質系－2-B

解答 ※⑤と⑥は順不同

①	$\frac{dr}{dt}$	②	$(c_B^\beta - c_B^\alpha) \frac{dr}{dt}$	③	$-D \frac{dc_B}{dr}$
④	$\frac{c_B^0 - c_B^\alpha}{\Delta r}$	⑤	$r(c_B^\beta - c_B^0)$	⑥	$\frac{\Delta r(c_B^0 - c_B^\alpha)}{2}$
⑦	$\frac{(c_B^0 - c_B^\alpha)^2}{2r(c_B^\beta - c_B^0)}$	⑧	$\frac{D(c_B^0 - c_B^\alpha)^2}{2r(c_B^\beta - c_B^0)}$	⑨	$\frac{(c_B^0 - c_B^\alpha)D^{1/2} \cdot t^{1/2}}{[(c_B^\beta - c_B^0)(c_B^\beta - c_B^\alpha)]^{1/2}}$
⑩	$\frac{(c_B^0 - c_B^\alpha)D^{1/2} \cdot t^{-1/2}}{2[(c_B^\beta - c_B^0)(c_B^\beta - c_B^\alpha)]^{1/2}}$	⑪	$\frac{1}{2}$	⑫	$-\frac{1}{2}$