

令和8年度
大学院工学府修士課程
応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

「物理化学」

令和7年8月19日(火)

9:00~12:00

(180分)

試験開始の指示があるまで、この冊子の中を見ないこと。

注意事項

1. 問題用紙（兼解答用紙）は回収するので持ち帰らないこと。
2. 各問題用紙に受験番号を記入すること。
3. 不正行為に対しては厳正に対処する。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の1枚目)

物 理 化 学

受験番号

1. 熱力学に関する以下の問に答えよ。答えは次頁の解答欄に記入せよ。ただし、必要であれば気体定数 R を用いよ。(40点)

(1) 以下の文章を読み、文章中の空欄 (a)、(d) および (f) に適切な式を入れよ。また、空欄 (b)、(c) および (e) については、語句一覧から適切な語句を選んで記入せよ。

ある温度 T において、温度を一定に保ちながら、可逆的に熱 dq_{rev} を受け取ったとき、エントロピーの変化は (a) と表せる。熱力学第二法則によると、(b) 系で自発的に起こる過程ではエントロピーは (c) する。これに基づいて、放冷について考える。系 A および系 B からなる (b) 系があり、系 A および系 B の温度、それぞれ T_A および T_B は、 $T_A < T_B$ の関係にある。系 B から系 A に微小な熱量 dq が移動したとすると、系 A+B のエントロピー変化は (d) と表せる。この符号からエントロピーは (c) することがわかり、放冷が自発的であることが確かめられる。

また、エントロピーは (e) によって統計的にも定義された。ある異核二原子分子の分子結晶において、それぞれの分子が2通りの配向を同じ確率でとるとすると、この分子結晶のモル残余エントロピーは (f) と表せる。

語句一覧

ボルツマン、クラウジウス、ネルンスト、減少、発散、増大、開放、孤立、閉鎖

(2) 下記の4つの過程からなる、物質質量 1 mol および定容熱容量 C_V の完全気体のカルノーサイクルについて、以下の各問に答えよ。

- ・過程 A→B : 温度一定 ($T = T_h$) のもと、体積 V_A から V_B に膨張
 - ・過程 B→C : 体積 V_B から V_C に断熱膨張し、温度が T_h から T_c に低下
 - ・過程 C→D : 温度一定 ($T = T_c$) のもと、体積 V_C から V_D に圧縮
 - ・過程 D→A : 体積 V_D から V_A に断熱圧縮し、温度が T_c から T_h に上昇
- ただし、状態 J (J=A, B, C, D) のエントロピーを S_J とする。

- (i) このサイクルにおける圧力 p と体積 V の変遷および温度 T とエントロピー S の変遷を、それぞれ解答欄の p - V 図および T - S 図に示せ。ただし、解答欄の凡例にならって、問題文で定義された記号を用いて各状態の座標も示せ。
- (ii) V_C と V_B の関係を式で表せ。導出過程も示せ。
- (iii) S_B と S_A の関係を式で表せ。導出過程も示せ。

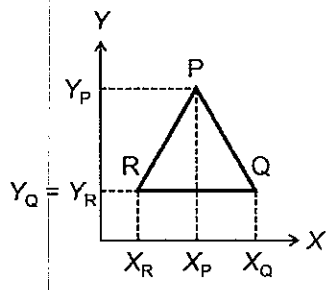
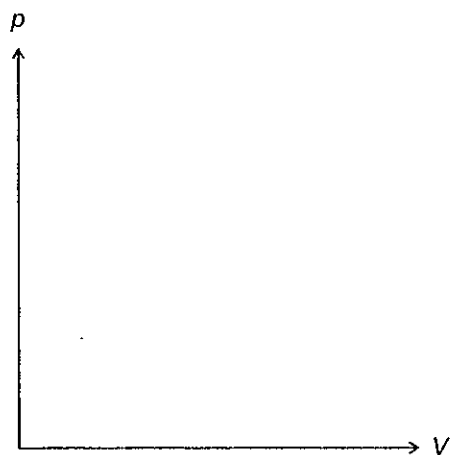
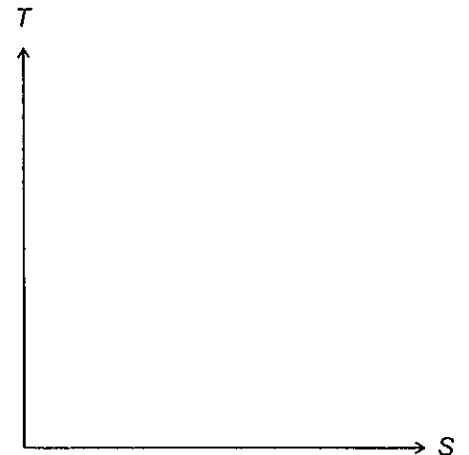
令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の2枚目)

物 理 化 学

受験番号

解答欄

(1)	(a)	(b)	(c)
	(d)	(e)	(f)
(2)	(i) (凡例) (p-V図) (T-S図)		
			
	(ii) (導出過程)		
(V _C とV _B の関係) V _C =			
(iii) (導出過程)			
(S _B とS _A の関係) S _B =			

令和 8 年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の3枚目)

物 理 化 学

受験番号

2. 量子論に関する以下の問に答えよ。答えは次頁の解答欄に記入せよ。(40点)

多電子原子は原子内に複数の電子を持ち、すべての電子が相互作用し合う。この相互作用により (a) 量子数がおなじでも (b) 量子数が異なる軌道は縮退しない。いま、 d 軌道に電子が 2 個占有された電子配置を考える。全軌道角運動量 L はクレブシュ - ゴーダン級数を使用すると、 $L = (c)$ となる。一方、2 個の電子のスピン配列から一重項状態と三重項状態が生じる。そのうち、閉殻の一重項状態がとりうる項は (d) となる。三重項状態で (ア) パウリの排他原理 を満たすような配置は (e) 通りで、それらは $L = 3, 1$ に相当するため、項は (f) となる。結局、 d^2 配置から生じる項は (d) (f) となる。これらの項のうち、基底状態の電子配置はフントの規則に従うため、(g) となる。自由粒子の点群は球対称である (h) に属し、全軌道角運動量 L に対応して項は (i) 重に縮退している。しかし、対称性低下により縮退は解け、項は分裂する。 d^2 配置から生じる項も、対称性が球から T_d へと低下することで分裂する。その様子は群論の考察から理解でき、全軌道角運動量 L に対応する軌道の分裂は次のように導かれる。原子軌道の球面調和関数の中で磁気量子数 m に関連する部分は $\Theta(\theta) = e^{im\theta}$ (ただし、 $-L \leq m \leq L$) となるので、角度 α の回転により波動関数は $\Theta(\theta+\alpha) = e^{im(\theta+\alpha)}$ と変換される。ただし、 $\alpha = 0$ のときは恒等操作となる。この回転の表現行列 ω は (i) 次元の対角行列であり、指標 $\chi(\alpha)$ は表現行列の対角項 $e^{im\alpha}$ の和であるので $\chi(\alpha) = \sum_m e^{im\alpha} = e^{-iLa}(1 - e^{i(2L+1)\alpha}) / (1 - e^{i\alpha})$ となり、これを整理すると $\chi(\alpha) = \sin(L\alpha + \alpha/2) / \sin(\alpha/2)$ となる。 T_d では回転軸 $n = 1, 2, 3, 4$ を持つので、 T_d 対称性に当てはめて軌道の回転操作 α に対する指標 $\chi(\alpha)$ を計算すると、(イ) 各項の対称種の張る表現 Γ_L が得られる。ただし、 S_4 と C_4 、 C_2 と σ_d は同じ回転対称性をもつ。 Γ_L と T_d の既約表現と積をとって位数の (j) で割ることで (ウ) 表現 Γ_L は T_d の対称種の既約表現の直和に簡約できる。

- (1) 空欄 (a) ~ (j) に入る適切な語句、数字または数式を答えよ。
- (2) 下線部 (ア) に関連した電子の軌道占有の規則を答えよ。
- (3) 下線部 (イ) に対応する表を解答欄の空欄に数字を記入して完成させよ。
- (4) 下線部 (ウ) に示すように d^2 配置から作られる項の張る表現 Γ_L を点群 T_d の既約表現に分解し、解答欄に記入せよ。必要ならば、下記の指標表を参考にしてよい。

T_d	E	$8C_3$	$3C_2$	$6S_4$	$6\sigma_d$
A_1	1	1	1	1	1
A_2	1	1	1	-1	-1
E	2	-1	2	0	0
T_1	3	0	-1	1	-1
T_2	3	0	-1	-1	1

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の4枚目)

物 理 化 学

受験番号

解答欄

(1)	(a)	(b)																																				
	(c)	(d)																																				
	(e)	(f)																																				
	(g)	(h)																																				
	(i)	(j)																																				
(2)																																						
(3)	<table style="border-collapse: collapse; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>E</th> <th>$3C_2$</th> <th>$8C_3$</th> <th>$6S_4$</th> <th>$6\sigma_d$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\Gamma_S(L=0)$</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>$\Gamma_P(L=1)$</td> <td>3</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>$\Gamma_D(L=2)$</td> <td><input type="text"/></td> <td>1</td> <td><input type="text"/></td> <td>-1</td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>$\Gamma_F(L=3)$</td> <td><input type="text"/></td> <td>-1</td> <td>1</td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td>$\Gamma_G(L=4)$</td> <td>9</td> <td><input type="text"/></td> <td>0</td> <td><input type="text"/></td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		E	$3C_2$	$8C_3$	$6S_4$	$6\sigma_d$	$\Gamma_S(L=0)$	1	1	1	1	1	$\Gamma_P(L=1)$	3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	-1	$\Gamma_D(L=2)$	<input type="text"/>	1	<input type="text"/>	-1	<input type="text"/>	$\Gamma_F(L=3)$	<input type="text"/>	-1	1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	$\Gamma_G(L=4)$	9	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	1	
	E	$3C_2$	$8C_3$	$6S_4$	$6\sigma_d$																																	
$\Gamma_S(L=0)$	1	1	1	1	1																																	
$\Gamma_P(L=1)$	3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	-1																																	
$\Gamma_D(L=2)$	<input type="text"/>	1	<input type="text"/>	-1	<input type="text"/>																																	
$\Gamma_F(L=3)$	<input type="text"/>	-1	1	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																	
$\Gamma_G(L=4)$	9	<input type="text"/>	0	<input type="text"/>	1																																	
(4)	$\Gamma_S =$ <input style="width: 150px;" type="text"/>	$\Gamma_F =$ <input style="width: 150px;" type="text"/>																																				
	$\Gamma_P =$ <input style="width: 150px;" type="text"/>	$\Gamma_G =$ <input style="width: 150px;" type="text"/>																																				
	$\Gamma_D =$ <input style="width: 150px;" type="text"/>																																					

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の5枚目)

物 理 化 学

受験番号

3. 分子スペクトルに関する以下の問に答えよ。答えは次頁の解答欄に記入すること。必要があれば、プランク定数 $4.14 \times 10^{-15} \text{ eV s}$ 、光速 $3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ の値を用いよ。(40点)

(1) 以下の IUPAC (国際純正・応用化学連合) の電子遷移に関する定義を読み、問に答えよ。

Classically, the (a) principle is the approximation that an electronic transition is most likely to occur without changes in the positions of the nuclei in the molecular entity and its environment. The resulting state is called a (a) state, and the transition involved, a vertical transition. The quantum mechanical formulation of this principle is that the intensity of (b) transition is proportional to the square of the (c) between the vibrational wavefunctions of the two states that are involved in the transition.

(i) 文章中の (a) ~ (c) に適切な語句を英語で答えよ。

(ii) ある有機化合物の素過程を調べたところ、下図のようなジャブロンスキー図となった。

(a) 蛍光量子収率 Φ_F を図中の記号を用いて表せ。

(b) また、 S_1 の寿命を τ_s とすると Φ_F はどのように表されるか答えよ。

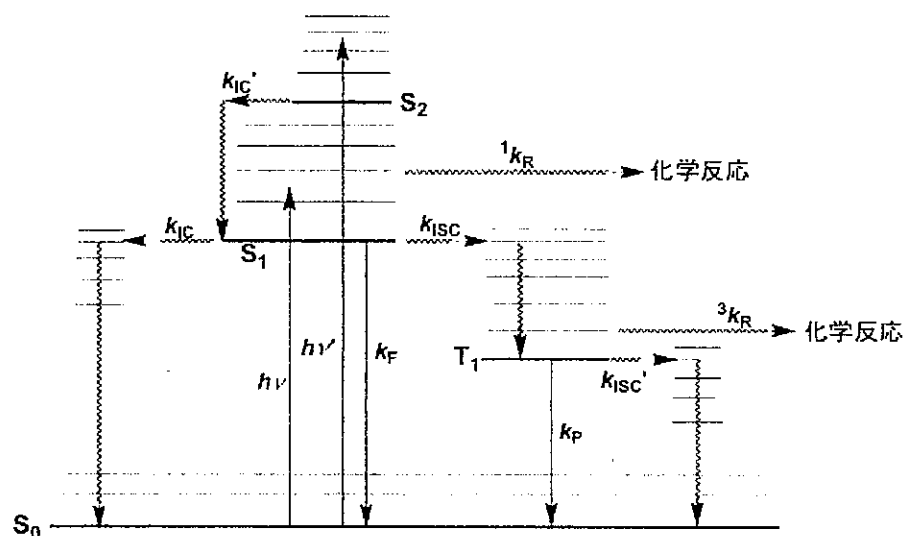


図 ジャブロンスキー図 (実線矢印: 放射遷移、波線矢印: 無放射遷移)

(2) 以下の文章を読み、文章中の (a) ~ (e) に適切な語句または数字を入れよ。

有機分子は光吸収の後、(a) 項から光を発し、発光寿命はナノ秒オーダーである。この光の名称を蛍光という。一般的に、高エネルギー光で高い準位に遷移したとしても (b) の方が速く起こり、ほとんどの有機化合物の場合が (a) 項から発光するため、蛍光は励起波長によらず同じ波長で観測されるという (c) 則が知られる。さらに、吸収スペクトルの $0 \leftarrow 0$ 遷移と蛍光スペクトルの $0 \rightarrow 0$ 遷移では蛍光の方が長波長側に観測され、これは (d) シフトと呼ばれる。ある有機化合物の吸収スペクトルでの $0 \leftarrow 0$ 遷移が 400 nm、蛍光スペクトルの $0 \rightarrow 0$ 遷移が 450 nm のとき、(d) シフトは (e) eV と見積られる。

(3) メチルシクロヘキサンおよびエタノール中でベンゾフェノンの吸収スペクトルを測定した。観測された $\pi^* \leftarrow \pi$ 遷移および $\pi^* \leftarrow n$ 遷移によって吸収される光の波長は、それぞれの溶媒でどのように違うか。理由とともに答えよ。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の6枚目)

物 理 化 学

受験番号

解答欄

(1)	(i)	(a)	(b)	(c)
	(ii)	(a) $\Phi_F =$	(b) $\Phi_F =$	
(2)	(a)	(b)	(c)	
	(d)	(e)		
(3)				

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の7枚目)

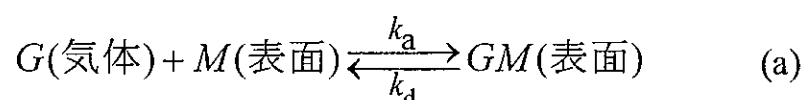
物 理 化 学

受験番号

4. 吸着に関する以下の問に答えよ。答えは次頁の解答欄に記入せよ。(40点)

(1) 一般に吸着のエンタルピー変化 (ΔH) は負の値をとる。この理由を「エンタルピー変化 (ΔS)」という語句を用いて説明せよ。

(2) 以下の固体 M の表面に対する不活性ガス G の吸着反応を考える。ただし、 k_a と k_d は吸着と脱着における反応速度定数である。



(i) 吸着反応 (順反応) および脱着反応 (逆反応) において、被覆率 θ が変化する速度 r_1 、 r_2 をそれぞれ示せ。ただし、吸着点の総数を N とし、吸着点は全てエネルギー的に等価であり、かつ、単分子層吸着のみ起こるものとする。また、吸着質 G の分圧を p とする。

(ii) 反応(a)が平衡であるとき、被覆率 θ を α を用いて示せ。ただし、 $\alpha = \frac{k_a}{k_d}$ とする。

(iii) (ii) で導出した関係式の名称を答えよ。

(iv) 反応(a)を2種類の吸着媒 M_A および吸着媒 M_B で同一の吸着質である気体 G の表面被覆率を評価した。その結果、右図が得られた。この結果からわかる吸着媒 M_A と M_B における α の大小関係を示せ。また、その理由を (iii) の関係式と、「圧力 p の低い領域」という語句を用いて示せ。

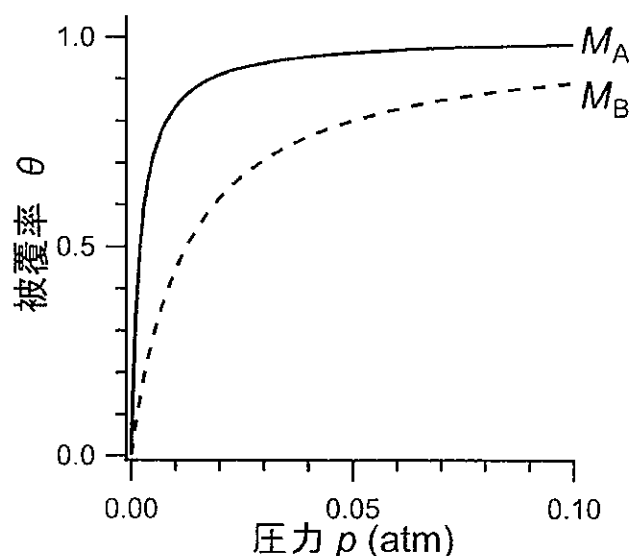


図 吸着媒 M_A 、 M_B における被覆率 θ の圧力依存性

(v) 反応(a)において、標準等量吸着エンタルピー ($\Delta_{ad}H^\circ$) は式(b)で表されることを導出せよ。ただし、 p° 、 R 、 T はそれぞれ標準圧力、気体定数および絶対温度である。

$$\frac{d \ln(\alpha p^\circ)}{dT} = \frac{\Delta_{ad}H^\circ}{RT^2} \quad (\text{b})$$

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の8枚目)

物 理 化 学

受験番号

解答欄

(1)		
	(i) 吸着速度	(i) 脱着速度
(2)	(ii)	
	(iii)	
	(iv) α の大小関係	(iv) 理由
	(v)	

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の9枚目)

物 理 化 学

受験番号

5. 化学工学に関する以下の問に答えよ。答えは次頁の解答欄に記入せよ。答えは有効数字3桁で答えよ。(40点)

(1) 以下の文章の (a) ~ (g) に適切な語句、数値または式を入れよ。なお、数式と数値については単位を含めて記入せよ。

すべての物体はその温度に応じて表面から熱を放射する。温度 T [K] の面積 A [m^2] の固体面から単位時間に放射される熱を q [J/s] とすると、固体面の熱放射率を ϵ とし、ステファン-ボルツマン定数を σ [$5.67 \times 10^{-8} \text{ J}/(\text{s m}^2 \text{ K}^4)$] とするとステファン-ボルツマンの法則から、 $q =$ (a) のように表される。熱放射率は表面の状態や物質で変化するが、黒体度 (ϕ) で表すことができる。固体面 (面積 A_1 、温度 T_1) から大気 (温度 T_2) に放射伝熱で伝わる熱は、 $q =$ (b) で表される。伝熱係数 h は熱の伝わりやすさを表す係数で、面積 A 、温度差 ΔT の時、 $q =$ (c) と表される。これらの関係式から、放射伝熱係数は、 $h_r =$ (d) で与えることができる。温度 600 K、黒体度 0.850 の表面から 300 K の大気への熱放射では、放射伝熱係数 h_r は (e) となる。

大気中に置かれた高温の物体から熱は、放射伝熱と (f) で伝わる。今、鋼管表面の境膜伝熱係数を $7.50 \text{ J}/(\text{s m}^2 \text{ K})$ とすると、300 K の大気中に置かれた温度 600 K、黒体度 0.850 の鋼管 (外径 15.0 cm、長さ 1.00 m) からの熱損失は (g) と見積もれる。

(2) 以下の文章を読み、問に答えよ。

流体にはどろどろして流れにくいものと、さらさらして流れやすいものがある。流体の内部摩擦によって、流体にはせん断応力を生じる。せん断応力が速度勾配に比例する流体は (h) と呼ばれる。流体の流れには層流と乱流があり、流れの状態を規定する無次元項として (i) がある。円管内に流体を流す際には摩擦によりエネルギー損失を生じる。この摩擦損失は圧力損失を生じ、圧力損失と運動エネルギーの関係を表す式として (j) の式がある。

(i) (h) ~ (j) に適当な語句または式を入れよ。

(ii) 内径 81.0 mm の鋼管に水を $2.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ で流すとき、流れは層流か、乱流か、理由とともに示せ。水の粘度を $\eta = 1.01 \times 10^{-3} \text{ Pa s}$ 、密度を $\rho = 1.00 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$ とする。答えは考え方を示すとともに、途中の計算式も示すこと。なお温度変化は無視できるものとする。

(iii) (ii) で水平に 400 m 輸送する際に必要な動力 [J/kg] を求めよ。ただし、摩擦係数を 6.80×10^{-3} とする。答えは考え方を示すとともに、途中の計算式も示すこと。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(10枚の10枚目)

物 理 化 学

受験番号

解答欄

(1)	(a)	(b)	(c)	
	(d)	(e)	(f)	
	(g)			
(2)	(i)	(h)	(i)	(j)
	(ii)	(考え方) (計算式と答え)		
	(iii)	(考え方) (計算式と答え)		

令和8年度
大学院工学府修士課程
応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

「無機化学・分析化学」
令和7年8月19日(火)
13:00～16:00
(180分)

試験開始の指示があるまで、この冊子の中を見ないこと。

注意事項

1. 問題用紙（兼解答用紙）は回収するので持ち帰らないこと。
2. 各問題用紙に受験番号を記入すること。
3. 不正行為に対しては厳正に対処する。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

機能物質化学系科目試験問題

(12枚の1枚目)

無機化学

受験番号

1. 物質の化学結合と電子軌道に関する以下の間に答えよ。解答は次頁の解答欄に記入せよ。
(33点)

NH_3 は、Nが(ア)混成軌道を形成することで分子全体は(イ)構造をとる。この形状は、電子対間の(ウ)によって決定される。 BeCl_2 は、Beが(エ)混成軌道を形成することで(オ)構造をとる。

遷移金属酸化物である TiO_2 では、主にOの(カ)軌道とTiの(キ)軌道が重なり、Ti-O結合が形成される。この結合は、(ク)結合と(ケ)結合の性質を併せ持つ。

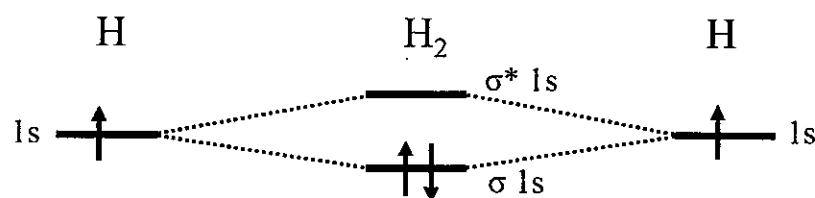
金属結晶は、(コ)結合で構成され、価電子が結晶全体にわたって(サ)化している。多数の原子が周期的に並んだ固体を形成する際に、それぞれの原子軌道が相互作用してエネルギー的に広がりを持った(シ)構造をとる。

- (1) (ア)～(シ)に入る最も適切な語句を一覧から選択せよ。

一覧

1s、2s、2p、3s、3p、3d、直線、鎖状、三角錐、平面三角形、正四面体、正八面体、三方両錐形、 sp 、 sp^2 、 sp^3 、 sp^3d 、 sp^3d^2 、共有、配位、イオン、金属、結晶、立体反発、立体安定化、固定、局在、非局在、スピン、バンド

- (2) 以下に示す H_2 分子の分子軌道のエネルギー準位図を参照し、O原子の基底状態における1s軌道から2p軌道までの原子軌道と、これら原子軌道の組み合わせに基づいて構成される O_2 分子の基底状態における分子軌道のエネルギー準位図を作図せよ。



- (3) 基底状態における O_2 、 O_2^- 、 O_2^{2-} の結合次数、不対電子数、常磁性か反磁性か答えよ。磁性に関する判断理由を100字程度で説明せよ。
- (4) N_2 が基底状態から最低励起状態(第一励起状態)になると結合距離がどう変化するかを、その理由と共に100字程度で説明せよ。
- (5) F_2 の最低励起状態ほどの軌道間の遷移によって生じるか答えよ(例： $\sigma 2s$ から $\sigma^* 2s$ への遷移)。
- (6) TiO_2 がn型半導体になりやすい理由を100字程度で説明せよ。
- (7) 金属結晶が高い電気伝導と熱伝導を示す理由を100字程度で説明せよ。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

機能物質化学系科目試験問題

(12枚の2枚目)

無機化学

受験番号

解答欄

(1)	ア	イ	ウ	エ	オ	カ
	キ	ク	ケ	コ	サ	シ
(2)						
(3)	物質	結合次数	不対電子数	磁性		
	O ₂					
	O ₂ ⁻					
	O ₂ ²⁻					
	磁性に関する理由					
(4)						
(5)						
(6)						
(7)						

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

機能物質化学系科目試験問題

(12枚の3枚目)

無機化学

受験番号

2. 次のハロゲン化銀に関する文章を読み、以下の問に答えよ。解答は次頁の解答欄に記入せよ。(34点)

[文章] ①ハロゲン化銀は銀塩写真の感光材として用いられる。② α -AgI はバンドギャップが約 2.8 eV の電子絶縁体であるが高速 Ag^+ イオン伝導を生ずる。NaCl 構造を持つ③AgCl 結晶では、特に高温域において Ag が格子間に入りやすく、その移動が Ag^+ イオン伝導に寄与する。また、④高価数の陽イオンの置換や熱平衡反応によって Ag 空孔が生成して、特に低温度域での Ag^+ イオン伝導に寄与する。

- (1) 下線①に関連して、銀塩写真の定着過程では、チオ硫酸イオン $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ の Ag^+ との二座配位錯イオン形成によるハロゲン化銀の溶解が利用されている。AgI とチオ硫酸ナトリウム水溶液の反応を化学式で表せ。
- (2) 下線②に関連して、 α -AgI のバンドギャップエネルギーは NaCl の 8.5 eV と比較すると小さい。この理由を構成元素の電子配置と化学結合の性質から簡潔に説明せよ。
- (3) 下線③に関連して、Ag の Frenkel 欠陥を形成する反応式を Kröger-Vink の表記法を用いて表せ。
- (4) 下線③に関連して、10%の Ag が四面体隙間位置に存在しているとすると、各々の四面体隙間位置の占有率はいくらになるか。導出過程と併せて記せ。
- (5) 下線④に関連して、AgCl に CdCl_2 が添加されることで、 Cd^{2+} が正規の Ag 席の Ag^+ イオンを置換して Ag 空孔が生成する欠陥反応式を Kröger-Vink の表記法を用いて表せ。
- (6) 下線④に関連して、正規の Ag 席の Ag^+ イオンの移動は最近接の Ag 空孔を介して生ずる。その移動方向を、一般化された方位指数を用いて表せ。
- (7) 右下図は、 CdCl_2 を微量添加した AgCl における Ag^+ イオン伝導度を模式的に表したものである。イオン伝導度 σ は $\sigma T = A \exp(-E_a/RT)$ の関係式で表され、ここで T は絶対温度、 A は定数、 R は気体定数、 E_a は活性化エネルギーである。Ag の Frenkel 欠陥の生成エンタルピーを ΔH_F 、Ag と I の Shottky 欠陥の生成エンタルピーを ΔH_S 、格子間 Ag^+ の移動エンタルピーを ΔH_i 、空孔を介した Ag^+ の移動エンタルピーを ΔH_v とし、図中の領域 I と領域 II の E_a を最も適切に表すものを下記の一覧からそれぞれ選べ。またそれらの根拠となる導出過程も記せ。

一覧

ΔH_F 、 ΔH_S 、 ΔH_i 、 ΔH_v 、 $\Delta H_F/2 + \Delta H_i$ 、
 $\Delta H_S + \Delta H_v$ 、 $\Delta H_S + \Delta H_i$

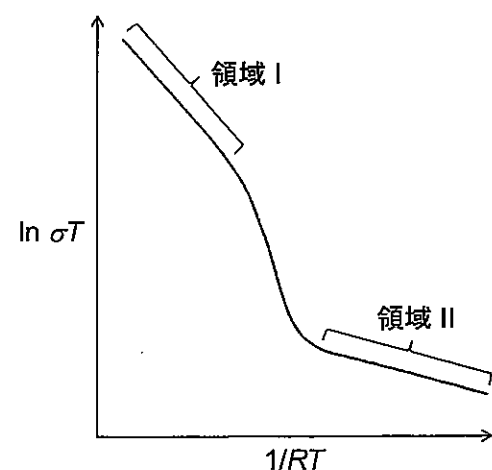


図 AgCl 結晶中の Ag^+ イオン伝導度

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(12枚の4枚目)

無機化学

受験番号

解答欄

(1)	
(2)	
(3)	AgCl →
(4)	
(5)	CdCl ₂ →
(6)	
(7)	領域I:
	領域II:
	根拠:

令和 8 年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(12枚の5枚目)

無 機 化 学

受験番号

3. 二成分系状態図に関する以下の問に答えよ。解答は次頁の解答欄に記入せよ。(33点)

(1) 次の文章の (ア) と (イ) に入る最も適切な語句を解答欄に記入せよ。

金属原子 A と金属原子 B を混合すると A-B 結合が形成され、これに伴って系の自由エネルギーが変化する。A-A 結合や B-B 結合と比較して A-B 結合が有利で、結合エネルギー変化に起因する過剰エンタルピー ΔH_e が (ア) となる場合、全率固溶系が形成される。一方、A-A 結合や B-B 結合と比較して A-B 結合が不利で ΔH_e が (イ) となる場合、共晶型のような制限固溶系が現れる。

(2) 制限固溶系において部分的な (制限された) 固溶領域 α 、 β が存在する理由を自由エネルギーの観点から説明せよ。

(3) 固溶体 (全率固溶) 型状態図と包晶型状態図の概略図を解答欄に図示せよ。図中の $T_m(A)$ 、 $T_m(B)$ はそれぞれ A と B の融点を示している。固溶体型状態図の固溶相を α 、包晶型状態図の A が主成分である固溶相を α 、B が主成分である固溶相を β 、液相を L と表記すること。

(4) 右図の共晶型状態図において、図中の点①にある A と B の混合融液を平衡を保つようにゆっくりと冷却し、温度 T_2 の点②、温度 T_1 の点③の状態を得た。また、点④は共晶点を示しており、共晶温度は T_e である。点②、点③ならびに点④直下において存在する相の組成と存在比について、図中の $x_1 \sim x_8$ を適宜用いて説明せよ。

(5) (4) において、図中の点①にある A と B の混合融液をゆっくりと点③まで冷却したときに生じる状態の変化を簡潔に説明せよ。

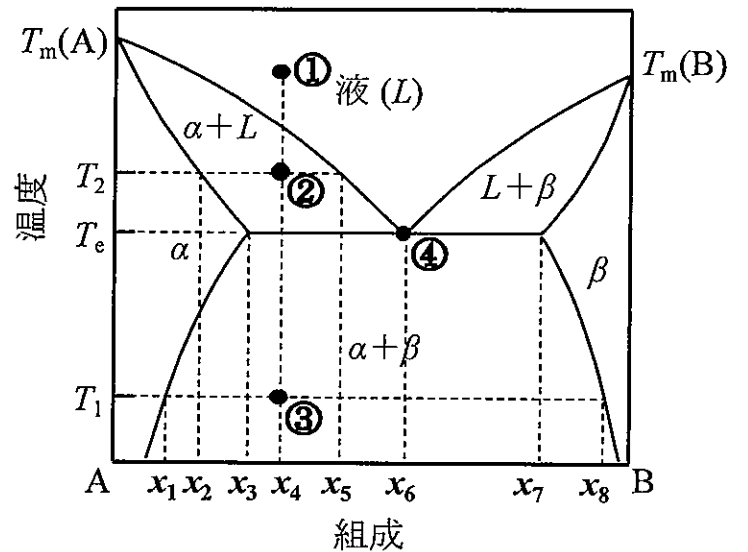


図 共晶型状態図

**令和 8 年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題**

(12枚の6枚目)

無 機 化 学

受験番号

解答欄

(1)	(ア)	(イ)
(2)		
(3)	<p>【固溶体型状態図】</p>	<p>【包晶型状態図】</p>
(4)	点②	
	点③	
	点④直下	
(5)		

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(12枚の7枚目)

分析化学

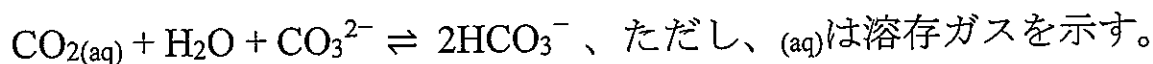
受験番号

1. 次の文章を読み、以下の問に答えよ。解答は次頁の解答欄に記入せよ。ただし、全ての反応は25℃の条件下で行われ、副反応は生じないものとする。また、求める値の有効数字は3桁とする。各元素の原子量は次の通りとする。H: 1.0、C: 12.0、O: 16.0、Ca: 40.0、Mg: 24.0 (40点)

金属イオンと強く配位結合する原子あるいは原子団を配位子とよび、金属イオンと配位子の結合で生成する化合物を錯体とよぶ。多座配位子の錯体はキレート化合物とよばれ、単座配位子の錯体に比べて安定度が **ア**。このキレート化合物が形成する反応を用いて、金属イオンの定量を行う方法をキレート滴定法とよぶ。ここで、キレート試薬であるエチレンジアミン四酢酸 (EDTA) を用いて、水道水中の総硬度 (Ca²⁺とMg²⁺の総量を1 dm³あたりのCaCO₃のミリグラム数に換算して表した値) を測定する。まず、金属イオンとしてCa²⁺とMg²⁺のみを含む水道水200 cm³をはかりとった。このうち100 cm³をとり、アンモニア緩衝液を加えてpH=10とし、1.02×10⁻² mol dm⁻³のEDTA標準液を用いて滴定したところ、15.3 cm³を要した。残りの100 cm³に、NaOHを加えてMg²⁺をMg(OH)₂として沈殿除去し、アンモニア緩衝液を加えてpH=10とした。これを1.02×10⁻² mol dm⁻³のEDTA標準液で滴定したところ、10.4 cm³を要した。この結果から、水道水中のCa²⁺とMg²⁺の濃度は、それぞれ **イ** mol dm⁻³、**ウ** mol dm⁻³であり、総硬度は **エ** mg dm⁻³と求まる。

①ボイラーなどの高温条件下で総硬度の高い水道水を使用すると、いわゆる「水あか」が析出して、配管が詰まりやすくなる。この固液平衡においては、②大気中のCO₂が水中に溶存してHCO₃⁻が生成する気液平衡も重要な役割を果たしている。大気中のCO₂濃度の上昇は、このような日常的に観察される現象のみならず、地球環境問題へも直結している。例えば、海水中の動物プランクトンである翼足類は、CaCO₃を主成分とする殻を有するため、大気中のCO₂濃度が上昇すると **オ** と考えられている。

- (1) 空欄 **ア** に当てはまる適切な語句を解答欄に記入せよ。
- (2) 空欄 **イ** から **エ** に当てはまる適切な値を、導出過程を示した上で求めよ。
- (3) 通常、水道水中の総硬度を測定するときには、あらかじめ少量のKCNを水道水中に加えることがあるが、この時のKCNの役割について説明せよ。
- (4) キレート滴定法における終点の判定には、金属指示薬が一般に用いられる。ただし、金属指示薬を用いた場合に得られる終点は、当量点と厳密には一致しない。終点と当量点の違いについて説明せよ。
- (5) 下線部②の化学平衡は、以下の通りである。



下線部①の化学平衡を上例にならって各物質の状態が分かるように解答欄に記入せよ。

(問題は次頁へ続く)

令和 8 年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(12枚の8枚目)

分 析 化 学

受験番号

(問題の続き)

(6) 空欄 オ には、大気中の CO₂ 濃度の上昇に伴う翼足類の殻への影響を説明する文章が入る。下線部①、②の化学平衡に基づき、どのような影響が殻に生じるのか説明せよ。

解答欄

(1)	ア	
(2)	イ	導出過程 <div style="text-align: right;">[Ca²⁺] _____ mol dm⁻³</div>
	ウ	導出過程 <div style="text-align: right;">[Mg²⁺] _____ mol dm⁻³</div>
	エ	導出過程 <div style="text-align: right;">総硬度 _____ mg dm⁻³</div>
(3)		
(4)		
(5)		
(6)		

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(12枚の9枚目)

分析化学

受験番号

2. 次の文章を読み、以下の問に答えよ。解答は11枚目の解答欄に記入せよ。(40点)

ホウレンソウに含まれる複数の色素成分を、カラムクロマトグラフィーを用いて分離する。ホウレンソウの葉を細かく切り、乳鉢に入れてアセトンを加えてよくすり潰し、ろ過して色素を抽出した。内径1.0 cm、長さ20 cmのガラスカラムに、シリカゲル(粒径:125~250 μm)とヘキサンの懸濁液を、流し込んで充填した。カラムが安定した後、ホウレンソウから得た色素抽出液を0.50 cm^3 注入し、移動相として、アセトン/ヘキサンの混合溶媒(体積比 アセトン:ヘキサン=30:70)を用いて溶離を行った。カラムからの溶出液を1分ごとに分画し、各フラクションについて、UV-Vis 分光光度計により吸収スペクトルを測定した。

(1) この実験において、ホウレンソウに含まれる図1に示す4種の色素が溶出される順番を(ア)~(エ)の記号を用いて解答欄に記入せよ。また、分子の極性の違いを根拠に、その理由を説明せよ。

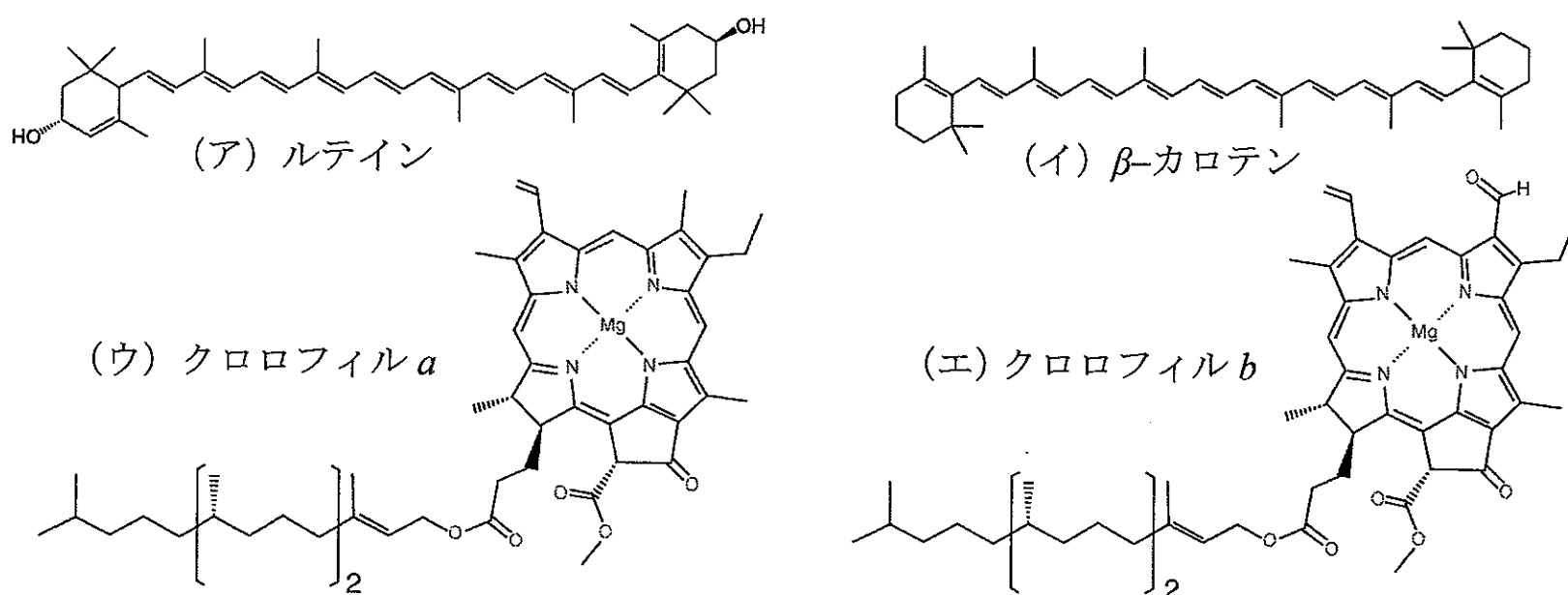


図1 色素分子の構造

- (2) 色素(ア)の溶出体積(カラムに試料を注入してから、その成分が溶出されるまでに通過した液体の体積)は25.0 cm^3 であった。非保持成分の溶出体積が6.0 cm^3 であったとき、色素(ア)の保持係数を求めよ。ただし、移動相の流量は1.0 cm^3/min で一定に保たれているものとする。
- (3) 本実験において、分離効率を向上させるために、移動相の濃度比を段階的に変化させる「グラジエント溶出法」の採用を検討する。図1の4種の色素を良好に分離するためには、アセトンに対するヘキサンの混合比を、どのように変化させていくのが適切か、理由も含めて答えよ。

(問題は次頁へ続く)

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(12枚の10枚目)

分析化学

受験番号

(問題の続き)

(4) 図2は、色素(ア)に対する移動相の流量 u (cm^3/min) を変えたときの、 u と理論段高さ H (mm) との関係を示す van Deemter 曲線である。図2から、分離効率が最適となる流量を読み取り、そのときの流量 u と理論段高さ H を答えよ。また、移動相の流量を $2.5 \text{ cm}^3/\text{min}$ として、測定を行った場合、この流量が分離に及ぼす影響を、van Deemter 式と、その構成項 A 、 B 、 C のいずれかをを用いて説明せよ。

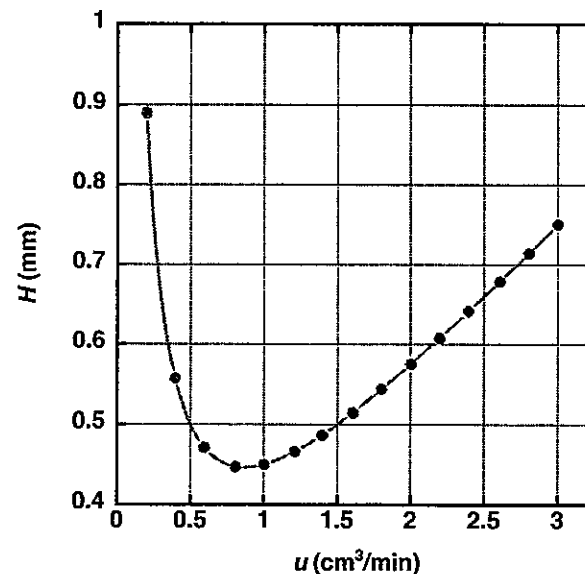


図2 van Deemter 曲線

(5) 図3に示す吸収スペクトルは、それぞれ異なるフラクションで検出された β -カロテンおよびクロロフィル a の吸収スペクトルである。 β -カロテンおよびクロロフィル a の吸収スペクトルを説明する以下の文章の空欄 [ア] ~ [カ] に当てはまる適切な語句を答えよ。なお、[ア] ~ [カ] には同じ語句を用いても良い。

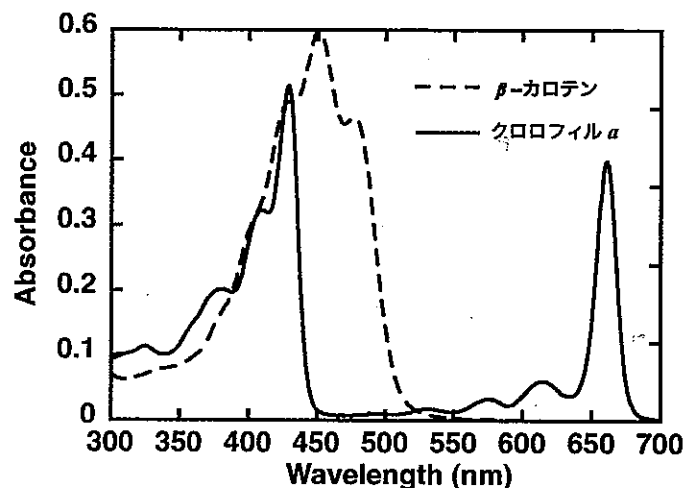


図3 吸収スペクトル

β -カロテンは、[ア]を持つため、可視域の $440\sim 470 \text{ nm}$ に観測される吸収帯は、この [ア] における許容された [イ] 遷移に由来する。クロロフィル a の $380\sim 450 \text{ nm}$ の吸収は、Soret 帯と呼ばれ、ポルフィリンの環状 [ウ] における強い [エ] 遷移に起因する。また、 $500\sim 700 \text{ nm}$ に観測される吸収は Q 帯と呼ばれ、ポルフィリン環骨格の高い分子 [オ] のため一部禁制されている比較的弱い [カ] 遷移に対応し、主に光合成における光エネルギーの捕集に寄与する。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

機能物質化学系科目試験問題

(12枚の12枚目)

分析化学

受験番号

3. 次の文章を読み、文中の **ア** から **コ** に入る適切な語句を以下の選択肢から選び、①～⑳までの数字で答えよ。解答は下の解答欄に記入せよ。(20点)

原子吸光分析法では、光源として連続スペクトルではなく **ア** スペクトルを発光する **イ** ランプが光源として用いられる。連続スペクトル光源を用いた場合、分光器を通過する光の波長幅が吸光線の線幅よりはるかに **ウ** いため、積分吸収率が小さく感度が低い。一方、線幅が原子吸光線より **エ** い **ア** スペクトルを発光する光源を用いれば、高感度な原子吸光の信号が得られる。この原子吸光分析法によるカルシウム定量分析において、リン酸イオンが共存すると感度が低下することがある。この現象は **オ** 的干渉と呼ばれ、リン酸カルシウムがフレーム中で難解離性を示すために遊離原子の濃度が低下することが原因で起きる。

フレーム分析法によるアルカリ金属元素の定量分析において、試料濃度が **カ** いとき、検量線が直線から下へ外れて曲がることがある。この現象は自己吸収とよばれ、フレームの中央領域から発せられた原子発光が、フレームの **キ** 側に存在する **ク** 状態の原子の蒸気に吸収されるため、その強度は低くなる。

高周波誘導結合プラズマ (ICP) を用いた発光分光分析法において、溶液中に濃度の高い硫酸などが存在すると、噴霧器から ICP への導入効率が下がり感度が低下することがある。この現象は **ケ** 的干渉と呼ばれる。

このような様々な要因による感度への影響を抑制しつつ正確かつ高精度な定量を行うために、試料中の目的元素の濃度は濃度既知の標準溶液を用いて作成した検量線から決定する。例えば、試料溶液に既知量の標準溶液を段階的に添加して、目的元素の信号強度の増分を測定することで検量線を作り、横軸切片から初期濃度を外挿することで目的元素の定量を行う **コ** 法などがある。

選択肢

- ①X線、②輝線、③フラウンホーファー線、④ハロゲン、⑤重水素、⑥低圧水銀、⑦中空陰極、⑧広、⑨狭、⑩高、⑪低、⑫分光学、⑬化学、⑭物理、⑮量子、⑯建設、⑰相殺、⑱外、⑲内、⑳中央、㉑上、㉒下、㉓基底、㉔励起、㉕イオン化、㉖内標準、㉗標準添加、㉘絶対検量線

解答欄

(1)	ア		イ		ウ		エ		オ	
	カ		キ		ク		ケ		コ	

令和8年度
大学院工学府修士課程
応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

「有機化学・高分子化学」

令和7年8月20日(水)

9:30~11:45

(135分)

試験開始の指示があるまで、この冊子の中を見ないこと。

注意事項

1. 問題用紙（兼解答用紙）は回収するので持ち帰らないこと。
2. 各問題用紙に受験番号を記入すること。
3. 不正行為に対しては厳正に対処する。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

機能物質化学系科目試験問題

(11枚の1枚目)

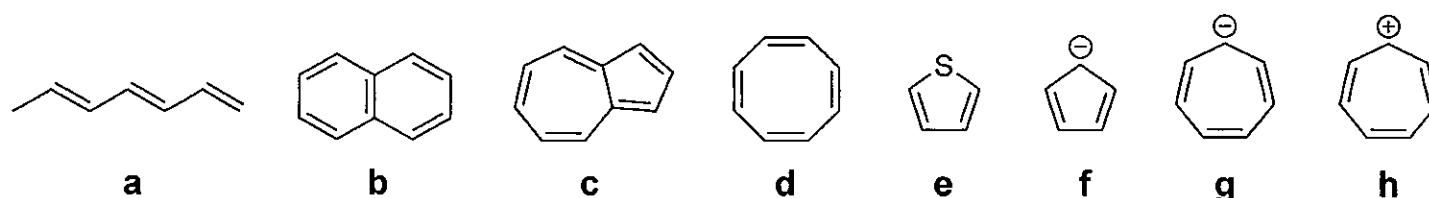
有機化学

受験番号

1. 以下の各問に答えよ。答えは次頁の解答欄に記入せよ。(30点)

(1) 次に示す4つの化合物について、沸点の高い順に並べよ。解答は構造式で答えよ。
pentan-1-ol · pentane · 2,2-dimethylpropane · pentanoic acid

(2) 次に示す化合物 **a~h** のうち、芳香族性を示すものをすべて選び、記号で答えよ。



(3) 表に一置換ベンゼン ($R-C_6H_5$) におけるニトロ化の相対速度 (ベンゼンを1としたときの反応速度の相対的な値) と配向性を示す。

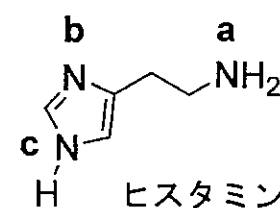
表. 一置換ベンゼン ($R-C_6H_5$) のニトロ化の相対速度と配向性

置換基 R	相対速度	異性体の生成割合 (%)		
		オルト	メタ	パラ
X	6×10^{-8}	7	91	2
Cl	0.033	35	1	64
Y	25	63	3	34
Z	1000	50	0	50

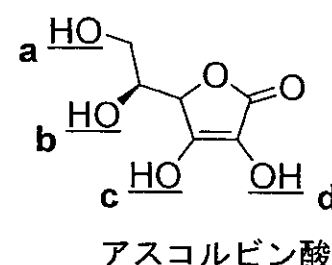
- ① 表の置換基 **X~Z** に該当する置換基を OH 基、 CH_3 基、 NO_2 基から選んで答えよ。
② クロロベンゼン ($Cl-C_6H_5$) のニトロ化に関する次の文章中の空欄 (ア) ~ (オ) に当てはまる適切な語句を答えよ。

塩素原子は、水素原子や炭素原子よりも (ア) が大きい。そのため、クロロベンゼンでは、クロロ基の (イ) 効果によってベンゼン環の電子密度は (ウ) なり、ニトロ化の相対速度の値は小さくなる。また、クロロ基は非共有電子対を有するため、(エ) 効果をもっている。すなわち、クロロベンゼンのオルト位およびパラ位での反応で生じる (オ) 中間体を安定化できるため、オルト-パラ配向性を示す。

(4) 右に示すヒスタミンは、3つの窒素原子を有する生理活性物質である。3つの窒素原子 **a~c** を塩基性の高い順に並べ、その理由を説明せよ。



(5) 右に示すアスコルビン酸 (pK_a 4.17) は、ビタミンCとして知られる化合物であり、カルボキシ基をもたないが、酢酸 (pK_a 4.76) よりも強い酸である。下線で示した水酸基 **a~d** のうち、最も酸性度が高いのはどれか記号で答えよ。また、その理由を H^+ を取去ったアニオンの構造に基づいて説明せよ。



【設問は次頁へ続く】

**令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題**

(11枚の2枚目)

有機化学

受験番号

【設問の続き】

(6) 分子式 C_3H_6O で表される化合物に関して、次の①～③に該当するものをそれぞれ1つずつ挙げ、その構造式を答えよ。

- ① ヒドロキシ基をもつ最も安定な化合物。
- ② 1H NMR スペクトルにおいて、10 ppm 付近にシグナルを示す化合物。
- ③ キラル中心をもつ化合物 (鏡像異性体の一方を立体構造が分かるように記すこと)。

解答欄

(1)	(高) > > > (低)			
(2)				
(3)	①	X	Y	Z
	②	ア	イ	ウ
		エ	オ	カ
(4)	塩基性の順 (高) > > (低)			
	理由			
(5)	最も酸性度が 高い水酸基	理由		
(6)	①	②	③	

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

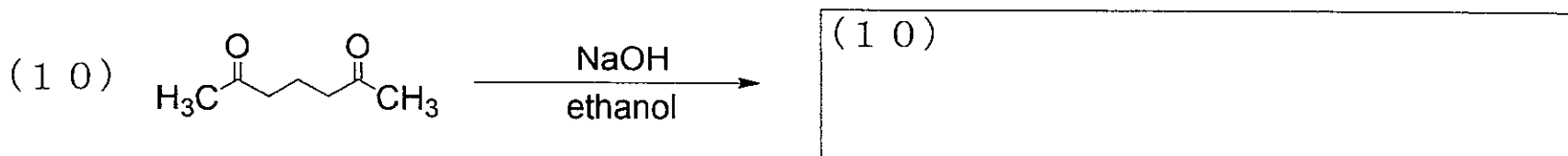
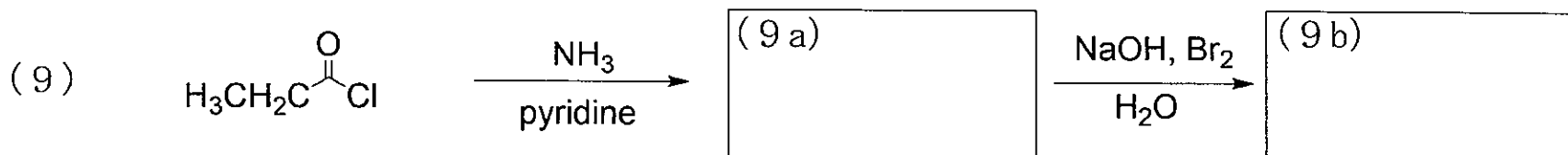
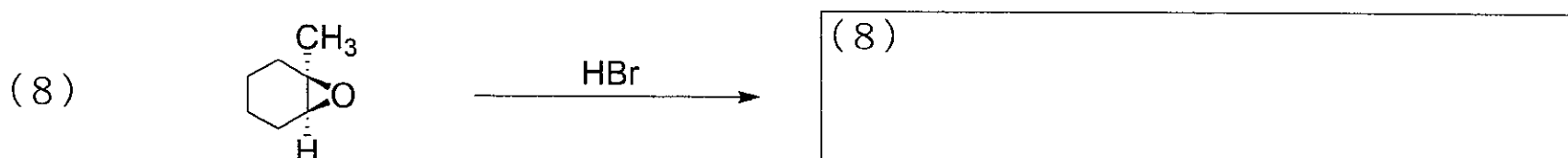
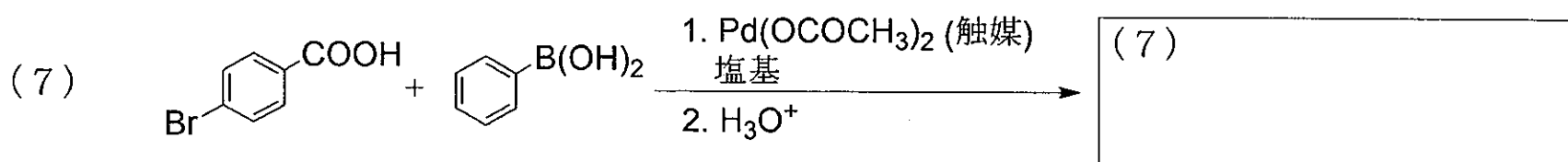
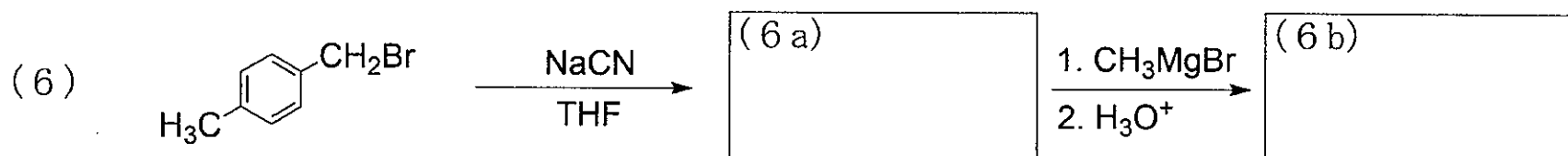
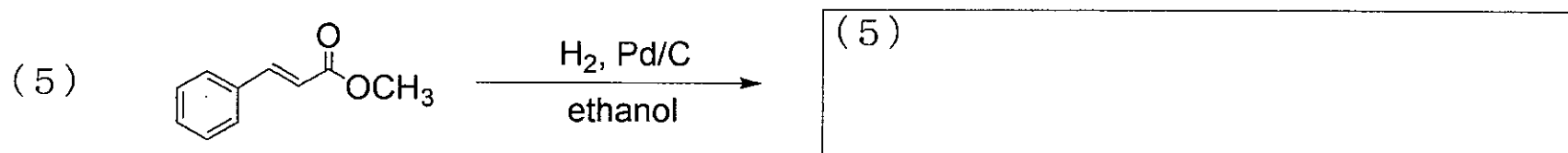
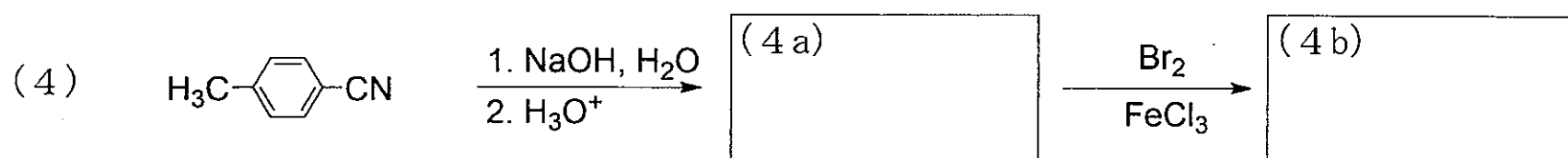
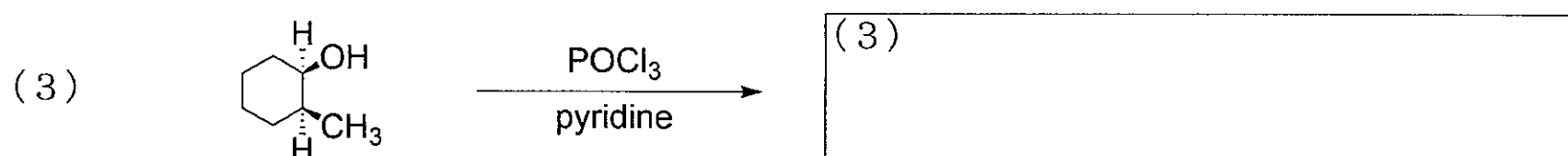
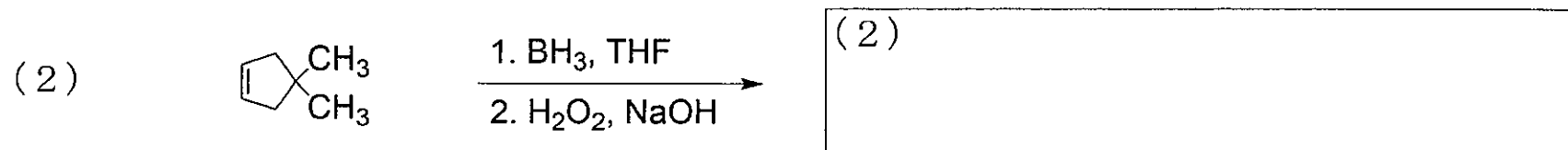
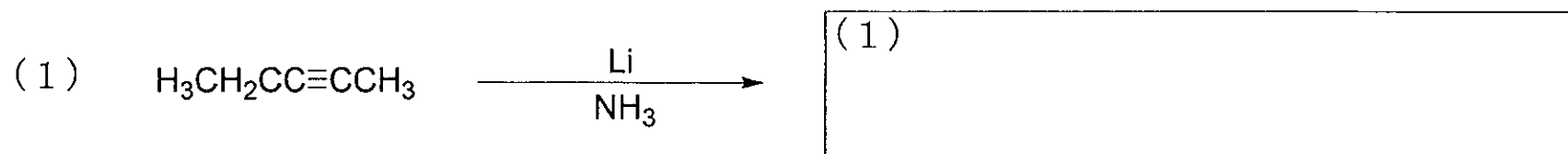
機能物質化学系科目試験問題

(11枚の3枚目)

有機化学

受験番号

2. 次の反応式の空欄を埋めよ。ただし、(8)については、主生成物の構造式を立体化学がわかるように記せ。(20点)



令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

機能物質化学系科目試験問題

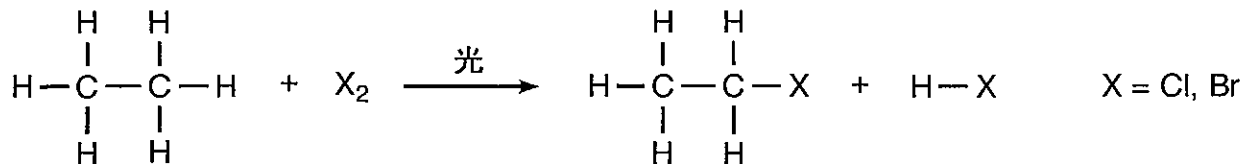
(11枚の4枚目)

有機化学

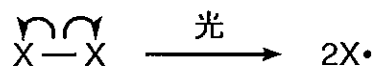
受験番号

3. 以下のラジカル反応に関する各問に答えよ。答えは次頁の解答欄に記入せよ。(20点)

スキームA



スキームB



(1) スキームAのエタンのラジカルハロゲン化反応は、スキームBに示すように、光照射により、X-X結合が開裂して、生じた①ハロゲンラジカル(X \cdot)によるエタンの水素引き抜き反応と、発生した②エチルラジカルとハロゲン分子(X $_2$)との反応で進行する。下線部①と②の反応機構を、電子の流れを示す巻き矢印を用いて、答えよ。

(2) ラジカルハロゲン化反応では出発物2分子が生成物2分子に変換される。反応のエントロピー変化(ΔS)は無視できるため、ギブス自由エネルギー変化(ΔG)はエンタルピー項(ΔH)で評価できる。塩素化(X=Clの場合)と臭素化(X=Brの場合)の③ハロゲンラジカル(X \cdot)によるエタンの水素引き抜き反応、④エチルラジカルとハロゲン分子(X $_2$)との反応、及び⑤ラジカルハロゲン化反応全体の ΔH の値を、右表に示す結合解離エネルギー(D)を用いて計算し、答えよ。

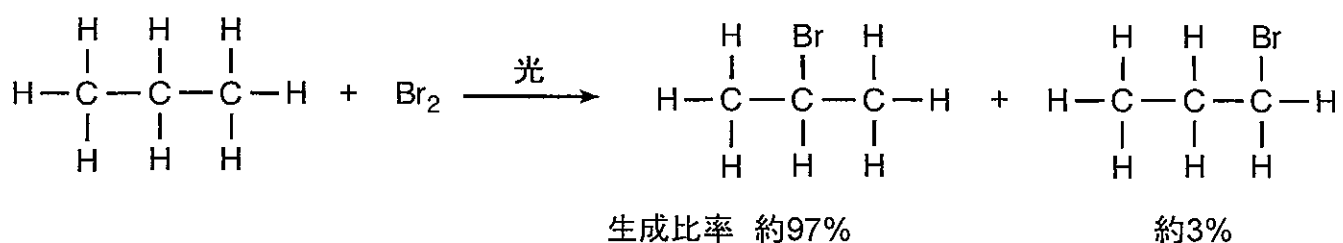
表. 結合解離エネルギー(D)

	D [kJ/mol]
H-CH $_2$ CH $_3$	410
Cl-CH $_2$ CH $_3$	339
Br-CH $_2$ CH $_3$	285
H-Cl	431
H-Br	368
Cl-Cl	243
Br-Br	193

(3) (2)で求めた ΔH を用いて、塩素化(X=Clの場合)と臭素化(X=Brの場合)の反応エネルギー図を答えよ。

(4) スキームCのプロパンの臭素化では2種類の生成物が得られる。その生成比率は水素原子の数には比例せず、2位の水素が優先して置換される。(3)で答えた反応エネルギー図とHammondの仮説に基づき、その理由を答えよ。

スキームC



令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(11枚の5枚目)

有機化学

受験番号

解答欄

(1)	①ハロゲンラジカル (X·) によるエタンの水素引き抜き反応		
	②エチルラジカルとハロゲン分子 (X ₂) との反応		
(2)	塩素化 (X = Cl の場合)		
	③塩素ラジカル (Cl·) によるエタンの水素引き抜き反応のΔH	④エチルラジカルと塩素分子 (Cl ₂) との反応のΔH	⑤ラジカル塩素化反応全体のΔH
	臭素化 (X = Br の場合)		
	③臭素ラジカル (Br·) によるエタンの水素引き抜き反応のΔH	④エチルラジカルと臭素分子 (Br ₂) との反応のΔH	⑤ラジカル臭素化反応全体のΔH
(3)	塩素化 (X = Cl の場合)	臭素化 (X = Br の場合)	
(4)			

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

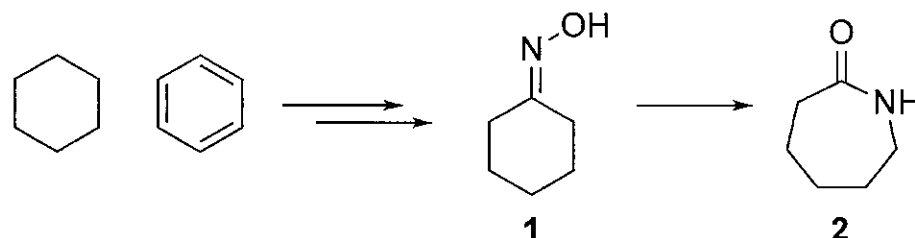
機能物質化学系科目試験問題

(11枚の6枚目)

有機化学

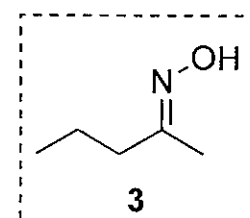
受験番号

4. ナイロン6の原料であるε-カプロラクタム**2**は、下式に示すようにベンゼンもしくはシクロヘキサンからシクロヘキサノンオキシム**1**を経て工業的に生産されている。この合成について以下の各問に答えよ。答えは次頁の解答欄に記入せよ。(30点)



- (1) **1** は酸性条件下、ベンゼンから誘導されるシクロヘキサノンとヒドロキシルアミン (H_2NOH) との縮合反応によって合成される。解答欄の空欄に適切な構造式を記入し、電子の流れを示す巻き矢印を用いて反応機構を示せ。なお、巻き矢印は空欄内に収めなくても良い。過程1には分子内プロトン移動も含むこと。
- (2) (1)の反応はpH4.5程度の時に反応速度が最大になることが知られており、pH1では反応が極端に遅くなる。pH1の時、どの過程が反応速度の低下に関与しているか解答欄(1)に示した数字で答え、理由を簡潔に述べよ。
- (3) **1** から **2** への変換反応に関する次の文章を読み、空欄(ア)には化合物のIUPAC名(日本語・英語どちらでもよい)を、空欄(イ)～(カ)には最も適切な語を語群から選んで答えよ。また、4～6の構造式を答えよ。

1 の Beckmann 転位において窒素原子上に転位する炭素原子を特定するために、非対称なケトン(ア)から誘導したオキシム**3**をモデル分子として Beckmann 転位を行ったところ、化合物**4**が選択的に得られ、構造異性体**5**は得られなかった。なお、反応条件下オキシムのE/Z異性化は起こらないものとする。



転位過程において、酸素原子の(イ)の置換基の方が窒素—酸素結合の(ウ)に対して切断される結合の(エ)が軌道相互作用しやすいため、選択的に転位する。Beckmann 転位を促進するために酸を加える必要がある。ブレンステッド酸を用いる場合には、オキシムの(オ)原子がプロトン化されることにより脱離能の高い(カ)が脱離することで反応が進行する。化合物**1**の Beckmann 転位では、生じたカチオン性中間体**6**が(カ)と反応し、互変異性を経て**2**が生成する。

語群

シス位、トランス位、ゴーシュ、アンチペリプラナー、酸素、窒素、水素、炭素、水、水酸化物イオン、非共有電子対、結合性σ軌道、結合性π軌道、反結合性σ*軌道、反結合性π*軌道

- (4) **1** の異なる製造方法として、光照射下、シクロヘキサンと塩化ニトロシル (ONCl) との反応が知られている。塩化ニトロシルは光照射によって2つのラジカル種を生成する。塩化ニトロシルと2つのラジカル種の点電子構造(ルイス構造)を示せ。
- (5) シクロヘキサンと塩化ニトロシルから**1**を与える反応の反応機構を電子の流れを示す巻き矢印を用いて示せ。なお、中間体であるニトロソシクロヘキサン ($\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$) から**1**を生じる過程はイオン反応である。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(11枚の7枚目)

有機化学

受験番号

解答欄

(1)			
	<p>過程 1</p> <p>過程 2</p> <p>過程 3</p> <p>過程 4</p>	<p>1</p>	
(2)	過程	理由	
(3)	アのIUPAC名	イ	ウ
	エ	オ	カ
	4の構造式	5の構造式	6の構造式 (アニオンは省略可)
(4)	ONCIの点電子構造	ラジカルの点電子構造	ラジカルの点電子構造
(5)			

令和 8 年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

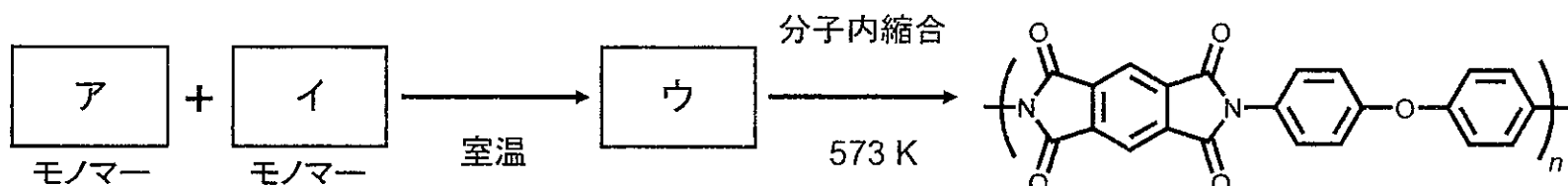
(11枚の8枚目)

高 分 子 化 学

受験番号

1. 高分子合成に関する以下の問に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。(20点)

(1) 以下のスキームにおける (ア) ~ (ウ) に当てはまる適切な化学構造式を図示せよ。1段階目の反応は逐次重合のうち、さらに何と分類されるか、その一般名称を答えよ。



(2) 以下の文章を読み、(エ) ~ (カ) に入る適切な語句あるいは数字を答えよ。

2種類のモノマー (M_1 および M_2) をラジカル共重合した場合、各モノマーの成長末端は $M_1\cdot$ 、 $M_2\cdot$ と表される。 $M_1\cdot$ と M_1 、 $M_1\cdot$ と M_2 、 $M_2\cdot$ と M_1 、 $M_2\cdot$ と M_2 が反応する場合の速度定数をそれぞれ k_{11} 、 k_{12} 、 k_{21} 、 k_{22} とする。反応速度の比、 $r_1 (= k_{11}/k_{12})$ および $r_2 (= k_{22}/k_{21})$ は、(エ) と呼ばれ、成長末端がどちらのモノマーと反応しやすいかを示す尺度となる。重合初期において、 $r_1 \times r_2 = 0$ の場合、得られる共重合体における M_1 あるいは M_2 の組成は (オ) % を超えない。 $r_1 = r_2 = 0$ の場合、(カ) 共重合体 が得られる。

(3) 一般に、バルクのラジカル重合において、停止反応の速度定数は成長反応の速度定数よりもはるかに大きいにもかかわらず、高分子量のポリマーが得られるのはなぜか、その理由を答えよ。

解答欄

(1)	ア	イ	
	ウ	一般名称	
(2)	エ	オ	カ
(3)	理由		

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(11枚の9枚目)

高分子化学

受験番号

2. 高分子の構造と分子量測定法に関する(1)~(2)の文章および図の(ア)~(セ)に当てはまる適切な語句を答えよ。答えは次頁の解答欄に記入せよ。(15点)
- (1) 高分子は、線状高分子と非線状高分子に大別される。線状高分子は、一般に加熱すると柔らかくなることから、(ア)高分子ともよばれる。一方、非線状高分子は、分岐高分子(枝分かれ高分子または分枝高分子ともいう)、(イ)高分子、(ウ)高分子がある。分岐高分子においては、その形状により、(エ)高分子、(オ)高分子、(カ)高分子に分類される。これらの分岐高分子は、特異な形状に基づく分子間あるいは分子内の相互作用のため、同じ分子量を持つ線状高分子とは大きく異なる溶液物性や固体物性を示す。
- (2) 高分子の分子量の測定法は、(キ)法と(ク)法に分けられる。(キ)法とは、(ケ)法や(コ)法などのように高分子標準物質を必要とせずに、平均分子量を決定する方法である。

(ケ)法について説明する。巨視的なスケールでは、溶液に濃度の不均一が存在すると、拡散現象によって均一になっていく。すなわち、濃度の高い領域と低い領域間の(ケ)差により発生する溶質の流れに基づく濃度の均一化現象を利用している。

(コ)法について説明する。局所領域でも、上記と同様の拡散現象が起こっており、熱的な揺らぎによって生じた濃度の不均一性は、(ケ)差により均一化される。逆に言うと、溶液の濃度変化に伴う差の大きさが濃度ゆらぎの大きさを決め、光を照射した場合に散乱光の強さが決定される。さらに、開始末端あるいは停止末端が一義的に決まっている高分子試料の場合は、(サ)でその末端基の濃度を定量すれば、(シ)平均分子量が求められる。

一方、(ク)法とは、固有粘度や分子サイズを測定し、報告されている分子量依存性を利用して分子量を決定する方法を指す。分子サイズの測定には、(ス)が用いられる。一般に、ポリスチレンを基準に用いることが多いが、得られた値は(セ)分子量であることに注意しなければならない。

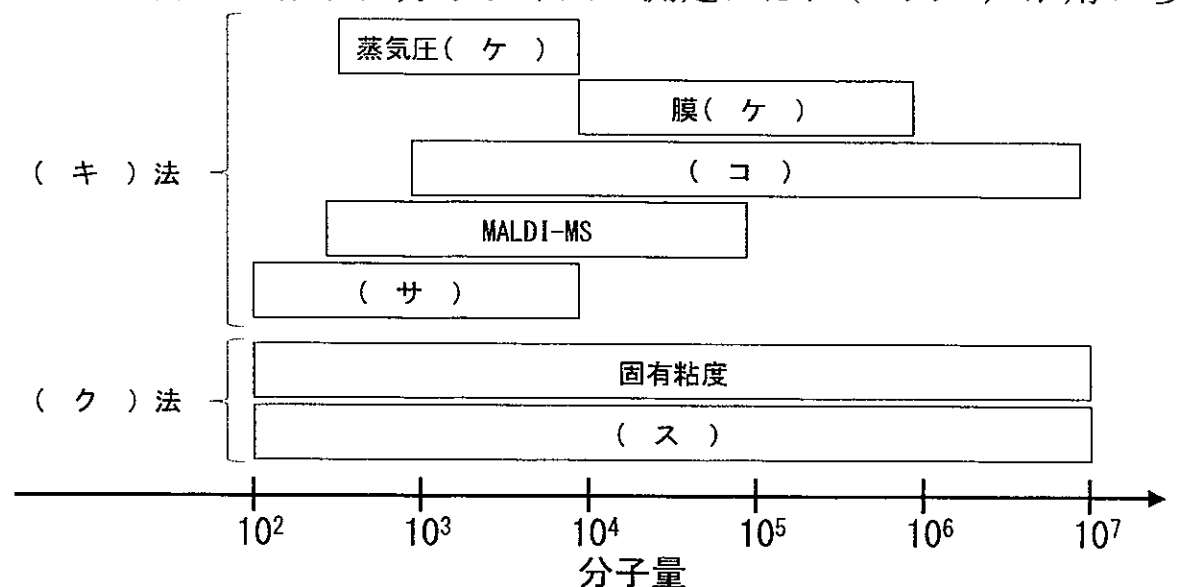


図. 高分子のさまざまな分子量測定法と測定分子量範囲

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(11枚の10枚目)

高分子化学

受験番号

解答欄

(1)	ア	イ	ウ
	エ	オ	カ
(2)	キ	ク	ケ
	コ	サ	シ
	ス	セ	

令和 8 年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験

機能物質化学系科目試験問題

(11枚の11枚目)

高分子化学

受験番号

3. 溶液の熱力学に関する以下の問に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。(15点)

- (1) 二種類の低分子物質がそれぞれ、 N_1 個および N_2 個ある場合の配置の数 (Ω) を示せ。
- (2) 気体定数を R とし、Stirling の式 ($\ln N! = N \ln N - N$) を用いると、混合によるエントロピー変化 ($\Delta_m S$) はどのような形で与えられるか示せ。ただし、各成分のモル分率は x_1 および x_2 とせよ。
- (3) 二種類の高分子物質の $\Delta_m S$ は $-R \{(\phi_1/P_1) \ln \phi_1 + (\phi_2/P_2) \ln \phi_2\}$ で与えられる。ここで、 P は各成分の重合度、 ϕ は各成分の体積分率であり、下付きの数字は高分子成分 1 および 2 に対応する。相互作用パラメータ (χ) を用いて、混合によるエンタルピー変化 ($\Delta_m H$) を $\Delta_m H = RT \phi_1 \phi_2 \chi$ で表せば、混合のギブズ自由エネルギー変化 ($\Delta_m G$) は $RT \{(\phi_1/P_1) \ln \phi_1 + (\phi_2/P_2) \ln \phi_2 + \phi_1 \phi_2 \chi\}$ で与えられる。
- ア) 両成分の重合度が等しい ($P_1 = P_2$) 場合、臨界点における高分子成分 1 の体積分率 (ϕ_c) と χP の値を求めよ。
- イ) $\chi = 1.0 \times 10^{-3}$ 、 $P_1 = P_2 = 3000$ の場合、系は相溶状態にあるか、相分離状態にあるか、答えよ。また、その理由を答えよ。
- ウ) $P_1 = 4P_2$ の場合、高分子成分 1 の ϕ_c はいくつになるか答えよ。

解答欄

(1)	$\Omega =$	(2)	$\Delta_m S =$
(3)	ア)	$\phi_c =$	$\chi P =$
	イ)		(理由)
	ウ)	$\phi_c =$	

令和8年度
大学院工学府修士課程
応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

「科学英語」

令和7年8月20日(水)

13:00～14:30

(90分)

試験開始の指示があるまで、この冊子の中を見ないこと。

注意事項

1. 問題用紙（兼解答用紙）は回収するので持ち帰らないこと。
2. 各問題用紙に受験番号を記入すること。
3. 不正行為に対しては厳正に対処する。

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(8枚の1枚目)

科学英語

受験番号

1. 以下の問に答えよ。(20点)

(1) 以下の文を英語に訳せ。

(a) 反応に関与する物質の分圧や濃度が上がると、その物質の分圧や濃度が下がる方向へ平衡は移動する。

--

(b) 固溶体とは、二種類以上の元素（金属の場合も非金属の場合もある）が互いに溶け合い、均一な固相となっているものである。

--

(2) 以下の日本語を英語に翻訳せよ。

a	窒化ホウ素	
b	塩素化	
c	求核置換反応	
d	酵素	
e	膜	
f	金属有機構造体	
g	有機半導体	
h	色素増感太陽電池	
i	発光ダイオード	
j	全固体電池	

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(8枚の2枚目)

科学英語

受験番号

2. 以下の(a) 半導体、(b) 熱力学、(c) 気化に関する文章の空欄(1)~(15)にあてはまる最も適切な英単語を解答欄に記入せよ。(30点)

(a) 

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

(b) 

(5)		(6)	
(7)		(8)	
(9)		(10)	

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(8枚の3枚目)

科学英語

受験番号

(c) [Redacted]
([Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

(11)		(12)	
(13)		(14)	
(15)		/	

出典 Peter Atkins and Julio de Paula,
Physical Chemistry, 8th Edition, Pearson 一部改編

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(8枚の4枚目)

科学英語

受験番号

3. 以下の文章はマイクロプラスチックに関する解説記事である。文章を読み、以下の問に答えよ。(50点)

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

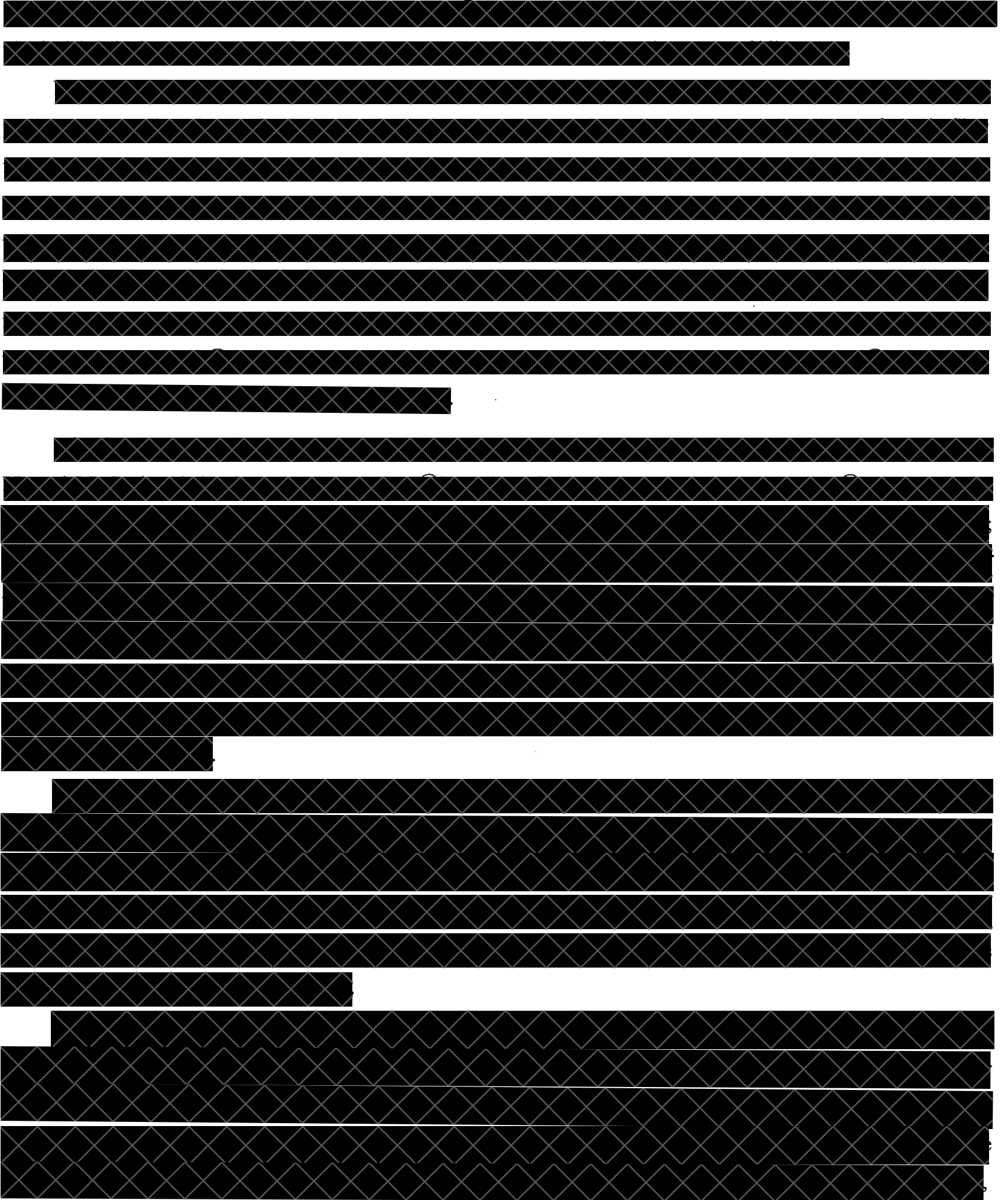
[Redacted text block]

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(8枚の5枚目)

科学英語

受験番号



令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(8枚の6枚目)

科学英語

受験番号

[Redacted text block]

1) [Redacted text block]

2) [Redacted text block]

[Redacted text block]

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(8枚の7枚目)

科学英語

受験番号

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

令和8年度大学院工学府修士課程応用化学専攻入学試験
機能物質化学系科目試験問題

(8枚の8枚目)

科学英語

受験番号

(1) 本文中の下線の単語の意味を日本語で答えよ。

- ① encompass ()
- ② debris ()
- ③ pollution ()
- ④ remediation ()
- ⑤ microbial ()
- ⑥ attribute ()
- ⑦ annually ()
- ⑧ astonishing ()
- ⑨ abundance ()
- ⑩ predominant ()
- ⑪ ingredient ()
- ⑫ exfoliate ()
- ⑬ hydrophobic ()
- ⑭ effluent ()
- ⑮ persistent ()
- ⑯ strategy ()
- ⑰ ban ()
- ⑱ eliminate ()
- ⑳ mineralize ()
- ㉑ attenuation ()

(2) 解説記事の文章に基づいて、マイクロビーズの発生源について日本語で説明せよ。

(3) 解説記事の文章に基づいて、マイクロプラスチックを削減するための方策について日本語で説明せよ。