

受験番号	
------	--

2026 年度 神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程

一般入試 (応用化学専攻) 試験問題

専門科目 (二) 物質化学

問題・解答用紙 その1 ~ その4

注意事項：

1. 試験中は、試験監督の指示に従うこと。
従わない場合は、不正行為と見なすことがあります。
2. 解答開始の合図があるまで、この冊子を開かないこと。
3. この冊子を綴じているステープラー (ホッチキス) の針を外してはいけません。
4. 「学生募集要項」で持ち込みが認められたもの以外は、机の上に置かず、カバンの中にしまうこと。
5. 時計のアラーム、時報、目覚まし音の設定をしている人は解除してください。
6. 携帯電話・スマートフォン等の電子機器類を時計として使用することはできません。
これらを持っている場合は、アラームを設定している人は解除し、必ず電源を切ってから、カバンの中にしまうこと。
アラームの解除の仕方が分からない場合は、監督者に申し出ること。
計時機能以外の機能が付いた時計の使用は認めません。
試験時間中にこれらの機器に触れている場合もしくは机の上あるいは中に置かれていた場合は、不正行為と見なすことがあります。
7. カバンなどの持ち物は、椅子の下に置くこと。
8. 机の下の物入れは、使用しないこと。
9. 答えは、黒鉛筆またはシャープペンシルで解答すること。
10. 答えは、問題・解答用紙の所定の解答欄に解答すること。
11. 試験時間中に質問等がある場合は、手を挙げて試験監督に申し出ること。
12. 試験途中の退室は認めません。
ただし、トイレに行きたい場合や気分が悪くなった場合は、手を挙げて試験監督に申し出てください。
13. 解答開始の合図の後、まず、問題・解答用紙の所定欄すべてに、受験番号を記入すること。
14. 配布した用紙 (問題・解答用紙・計算用紙) は、試験時間終了後にすべて回収します。
持ち帰ることはできないので、注意すること。

2026年度 神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程一般入試（応用化学専攻）試験問題

専門科目（二）： 物質化学（その1）	
--------------------	--

I 以下の問1～問3に答えなさい。解答はすべて解答欄に記入しなさい。

問1 X線回折測定により結晶の構造解析を行った。X線源として波長 $\lambda = 154.5 \text{ pm}$ であるCuK α 線を用いた。ここでプランク定数は $6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ 、光速は $2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 、電気素量は $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。これについて、以下の問いに答えなさい。

- (1) CuK α 線は金属銅を陽極とするターゲットに熱電子を衝突させ、銅原子内で空軌道となったK殻にL殻からの電子が緩和することによって発生する。K殻のエネルギー準位を -8.979 keV とするとき、L殻のエネルギー準位を求めなさい。計算過程も示すこと。
- (2) 体心立方格子を有する金属Mo箔のX線回折測定を行ったところ、 $2\theta = 40.5^\circ$ および 58.6° に強いピークが認められた。この2つのピークに帰属される面指数をそれぞれ答えなさい。但し、Moの単位胞の1辺の長さは 314 pm である。
- (3) 岩塩構造を有するNaCl結晶粉末のX線回折測定を行ったところ、 $2\theta = 31.7^\circ$ に(200)面の強いピークが認められ、(111)面のピークが(200)面に隣接して測定された。(111)面が観察された角度 2θ を求めなさい。計算過程も示すこと。
- (4) KCl結晶もNaCl結晶と同様な岩塩構造を有する。しかしながら、NaClの場合と異なり(111)面はほとんど認められなかった。この理由について答えなさい。
- (5) NaClに長時間X線を照射したところ、紫色に呈色した。この現象が生じる理由について答えなさい。

(1)					
(2)	40.5°		58.6°		
(3)					
(4)					
(5)					

(裏面に続く)

問2 TiCl₃水溶液に関して次の問いに答えなさい。

- (1) TiCl₃ における Ti イオンの電子配置を価数に注意し、例にならって書きなさい。例: K⁺: 1s²2s²2p⁶3s²3p⁶
- (2) TiCl₃ 水溶液中の Ti イオンは水分子が 6 つ配位する錯体構造を示す。この錯イオンの化学式を書きなさい。
- (3) この水溶液は紫色を呈色する。その理由について答えなさい。
- (4) この水溶液に過酸化水素水と水酸化カリウム水溶液を加えると白濁後、しばらくすると沈澱が生じ、上澄みは無色となった。この反応式を書き、この現象を Ti の電子配置と関連させて説明しなさい。

(1)		(2)	
(3)			
(4)	反応式		
	現象説明		

問3 Slater の定義に従うと Li を除くアルカリ金属(Na-Cs)はすべて同じ有効核電荷 $Z^* = 1.85$ をもつ。一方、電気陰性度 χ については原子の共有結合半径 r と有効核電荷 Z^* の関数として示した Allred-Rochow 式

$$\chi = 0.744 + 3590 (Z^*/r^2) \quad (r \text{ の単位は pm})$$

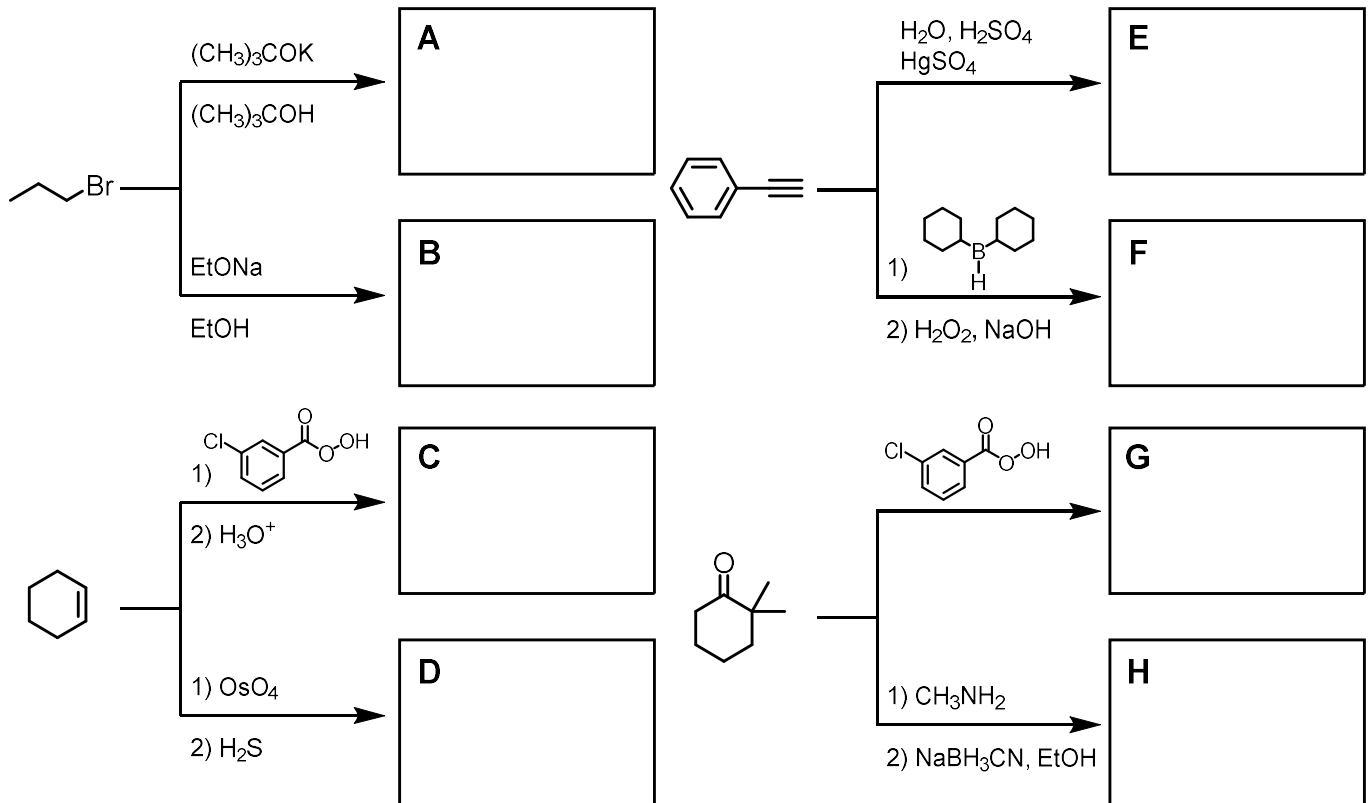
が提案されている。この式において r^2 がおかれる意味とこの式により示されるアルカリ金属の電気陰性度の傾向について説明しなさい。

ここには答案を記入しないこと。

専門科目（二）： 物質化学（その2）

II 以下の問1～問3に答えなさい。解答は各問の解答欄に記入しなさい。

問1 以下の反応式の解答欄A～Hに適切な構造式を記入しなさい。必要に応じて化合物の立体化学も示しなさい。



問2 有機化合物の構造決定について、以下の問いに答えなさい。解答は以下の解答欄に記入しなさい。なお、核磁気共鳴（NMR）分光法の測定は重クロロホルム（ CDCl_3 ）を溶媒として用いて行い、 ^{13}C NMRにおける各シグナルの化学シフトは、プロトンデカップリングして得られたスペクトルから読み取られた。また、以下の略号を用いた。 δ = 化学シフト (ppm), J = 結合定数 (Hz), d = doublet, q = quartet

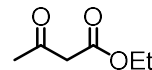
- 分子式 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$ のケトン **P** の ^1H NMR スペクトルは、 $\delta = 2.1$ および 1.2 ppm にシグナルがあり、積分された面積比は 1:3 である。なお、シグナルはすべて singlet である。ケトン **P** の構造式を示しなさい。
- 分子式 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ のカルボニル基を有する化合物 **Q** および **R** の ^1H NMR を測定したところ、次のような情報が得られた。なお、シグナルはすべて singlet である。化合物 **Q** と **R** の構造式を示しなさい。
 化合物 **Q**: $\delta = 2.0$ および 1.5 ppm (積分された面積比は 1:3)
 化合物 **R**: $\delta = 3.6$ および 1.2 ppm (積分された面積比は 1:3)
- 以下のスペクトルデータを示す、分子式 $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$ の化合物 **S** の構造式を示しなさい。
 ^1H NMR: $\delta = 9.47$ (d, $J = 7.7$ Hz, 1H), 6.88 (dq, $J = 16.1, 6.7$ Hz, 1H), 6.06 (ddq, $J = 16.1, 7.7, 1.6$ Hz, 1H), 2.03 (dd, $J = 6.7, 1.6$ Hz, 3H) ppm; ^{13}C NMR: $\delta = 191.4, 152.1, 132.8, 18.4$ ppm.

(1) ケトン P の構造式	(2) 化合物 Q の構造式	化合物 R の構造式	(3) 化合物 S の構造式

(裏面に続く)

問3 カルボニル化合物の性質と反応について、以下の問いに答えなさい。解答は以下の解答欄に記入しなさい。

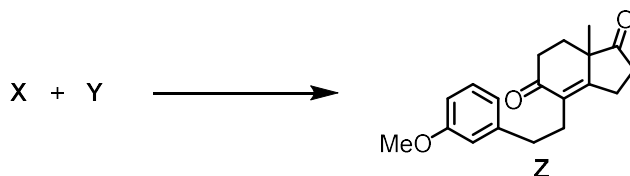
- (1) (a) アセト酢酸エチル (ethyl acetoacetate) の酸性度は acetone の酸性度よりも高い。その理由を、それぞれの構造式を比較しながら説明しなさい。



ethyl acetoacetate

- (b) ethyl acetoacetate とハロゲン化アルキルを用いて 2-pentanone を合成するために必要な反応剤を合成中間体と共に示しなさい。また、反応に伴う電子の移動を曲がった矢印を用いて示しなさい。

- (2) α,β -不飽和ケトン化合物 **X** と β -ジケトン化合物 **Y** を塩基触媒の存在下で反応させると、Robinson 環形成反応が進行し、化合物 **Z** が得られる。化合物 **X** と **Y** の構造式を示しなさい。また、反応に伴う電子の移動を曲がった矢印を用いて示しなさい。ただし、反応中間体の構造を明記し、本反応が触媒反応であることがわかるように記述しなさい。



(1)	(a)	
	(b)	
(2)	化合物 X の構造式	反応機構
	化合物 Y の構造式	

ここには答案を記入しないこと。

専門科目（二）： 物質化学（その3）

III 高分子合成および高分子構造・物性に関する以下の問いに答えなさい。なお解答はすべて（その4）の解答欄に記入しなさい。

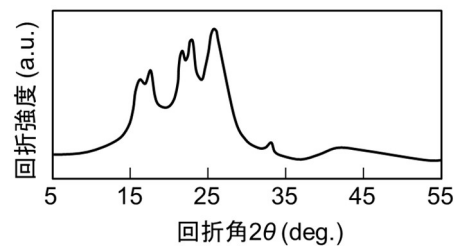
問1 ラジカル重合は[A]反応，[B]反応，停止反応，[C]反応によって構成される。この反応例としてメタクリル酸メチルに開始剤として過酸化ベンゾイルを加え、トルエン中で溶液重合を行った。最初に[A]反応が起き、続いて[B]反応で分子量が増加する。停止反応には二分子が反応して一分子となる[D]反応と二分子のままとなる[E]反応がある。また、副反応として[C]反応が起きた際は、重合の反応末端が他の分子と反応して、新たに発生したラジカルにより再度[B]反応が進行する。例えば、ここでは溶媒のトルエンと[C]反応を起こす。[A]反応では、[F]効果によってその反応効率が低下する。一方、バルク重合では重合後期に[G]効果により分子量が急激に増加する現象が起きる。

二種類のモノマーを共重合する際、その高分子に含まれるモノマー成分の比率が重要となる。その比率は、反応性比によって大きく左右される。共重合中の各モノマーの反応性は、 Q 、 e 論に基づく Q 値、 e 値によって予測することができる。(a) Q 値はモノマーの[H]性の程度を示し、[I]を1.0と定めて値が大きいほど[H]性が大きいことを示す。
 e 値は二重結合の電子密度の度合いを示す。

- (1) 上記文章中の[A]–[E]に当てはまる反応名を答えなさい。
- (2) メタクリル酸メチルを塊状重合する。ここで開始剤の濃度を $4.5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ 、その分解速度定数 (k_d) を $3.0 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 、[A]反応の効率を0.64、メタクリル酸メチルの濃度を 9.0 mol L^{-1} とする。また、[B]反応と停止反応の速度定数を k_B および k_t とし、 k_B^2/k_t は $0.0012 \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ とする。さらに、このメタクリル酸メチルの重合の停止反応では[E]反応が100%で起こるとし、[C]反応が無視できるとすると、得られる高分子の数平均重合度(P_n)を導出過程とともに答えなさい。
- (3) [F]、[G]に当てはまる語句をそれぞれ答えなさい。さらに、[F]、[G]それぞれの効果の原因についてラジカル動力学式を用いて説明しなさい。説明の必要に応じて定数を定めること。
- (4) 下線部(a)において、[H]、[I]に当てはまる語句を答えなさい。
- (5) 下線部(a)において、ブチルリチウム、塩化アルミニウム、トリエチルアルミニウムのいずれかの開始剤を用いるとする。このときそれぞれの開始剤は、 e 値が -1.20 のモノマー①および 1.23 のモノマー②のいずれの重合に適するかをモノマー番号と重合名で答えなさい。なおモノマー①、モノマー②とも Q 値は 0.2 より大きい値である。
- (6) 過酸化ベンゾイルを開始剤としたメタクリル酸メチルとブタジエンの共重合において、各モノマーのモノマー反応性比を答え、共重合組成曲線を解答欄のグラフに記載しなさい。メタクリル酸メチルの Q 値と e 値は 0.78 と 0.40 、ブタジエンの Q 値と e 値は 1.70 と -0.50 とする。

(裏面に続く)

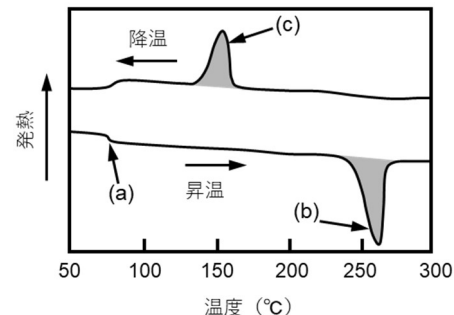
問2 テレフタル酸とエチレングリコールとを酸触媒条件下で重合し、ポリエチレンテレフタレート(以下PETとする)を得た。得られた高分子に対して熱処理後にX線回折評価とDSCによる熱物性評価を行った。熱処理後のPETのX線回折プロファイルは右図のようになった。ここで、重合による環化反応および熱処理による分解は起きないものとする。



(1) テレフタル酸とエチレングリコールのmol比を999:1000で重合した。

重合が100%進行した際の得られるPETの重合度を答えなさい。

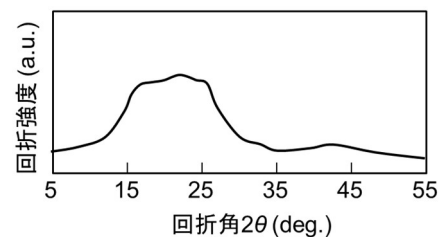
(2) テレフタル酸とエチレングリコールの縮合反応の反応度が0.80となる
とき、(1)の条件で重合した場合に得られるPETの重合度を答えなさい。また、この重合において、できる限り重合度を大きくする方法を
答えなさい。



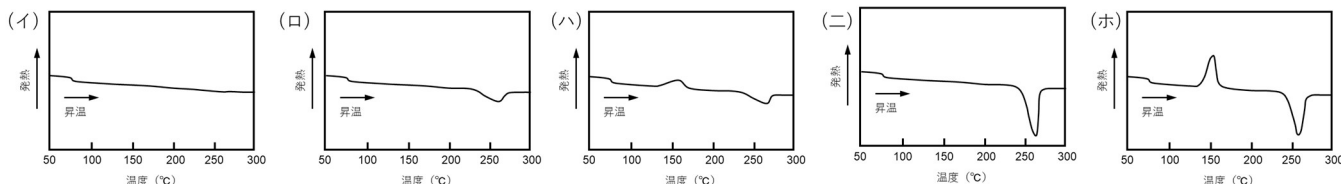
(3) 得られたPETのDSC曲線を右図に示した。得られたDSC測定の結果は、
5 °C min⁻¹での昇温プロセス及び降温プロセスの結果である。測定法
「DSC」の日本語名称を省略せずに答えなさい。また、図中に示した
(a)–(c)に該当するそれぞれの相転移過程名を答えなさい。

(4) DSC曲線の(b)と(c)の灰色の領域の面積はそれぞれ10.2 kJ mol⁻¹および8.1 kJ mol⁻¹であった。この測定した試料
の結晶化度を答えなさい。ただし、PETの完全結晶融解エンタルピーは26.9 kJ mol⁻¹とする。

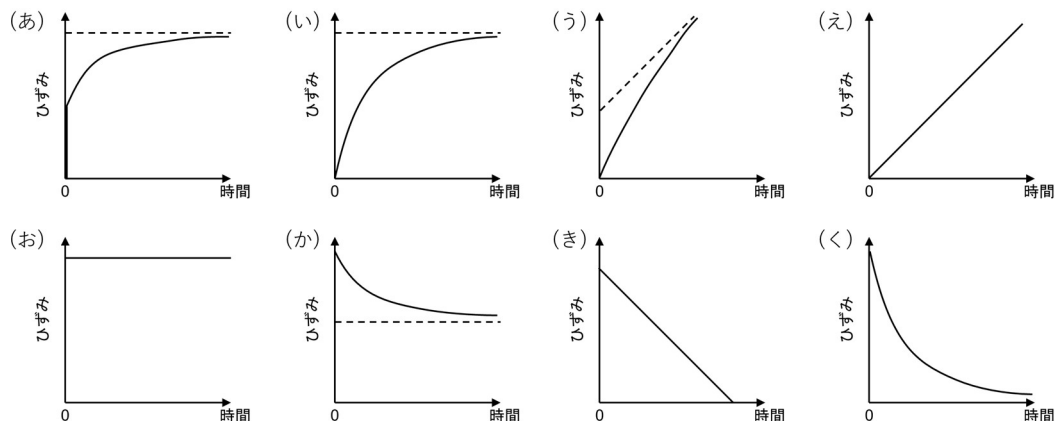
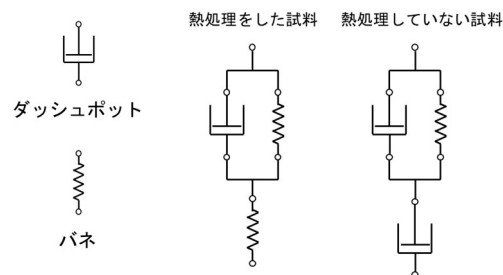
(5) 別の条件で熱処理したPETの結晶化度が20%で、その密度が1.37 g cm⁻³
であった場合、結晶領域の密度を答えなさい。PETの非晶領域の密度は
1.34 g cm⁻³であるとする。



(6) 熱処理をしていないPET試料のX線回折測定の結果は右図のようにな
った。この試料においてDSCの昇温過程で得られる結果を図(イ)–(ホ)
から選び、答えなさい。



(7) ある温度で熱処理をした試料としていない試料のクリープ挙動
を右図モデルで解析できるとき、それぞれのクリープ測定の結果
を図(あ)–(く)から選び答えなさい。ただし、モデルのばね定数E
とダッシュポットの粘度ηとした時、 $\eta/E = 1 \text{ s}$ が成立するとし、
各バネのばね定数やダッシュポットの粘度はすべて同じとする。
またグラフ中の点線は、漸近線を示す。



受験
番号

2026年度 神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程一般入試（応用化学専攻）試験問題

専門科目（二）： 物質化学（その4）

III 解答欄

問 1	(1)	[A]	[B]	[C]		
		[D]	[E]			
	(2)	導出過程				
		数平均重合度				
	(3)	[F]の語句		[F]の原因		
		[G]の語句		[G]の原因		
(4)	[H]	[I]				
(5)	ブチルリチウム		塩化アルミニウム		トリエチルアルミニウム	
	番号	重合名	番号	重合名	番号	重合名
(6)	メタクリル酸メチルの反応性比		共重合組成曲線			
	ブタジエンの反応性比					

共重合体中のメタクリル酸メチルの含量 (mol%)

モノマー中のメタクリル酸メチルの含量 (mol%)

(裏面に続く)

問 2	(1)			DSC の日本語名称		
	(2)	重合度	(3)	(a)		
		方法		(b)		
				(c)		
	(4)		(5)			
	(6)		(7)	熱処理をした試料	熱処理をしていない試料	

ここには答案を記入しないこと。