

2024年度 総合化学院修士(博士前期)課程
入学試験問題

専門基礎科目 B 群(工学系)

総合基礎科目と合わせて解答しなさい。

2023年8月8日(火) 9:30~12:00 (総合基礎科目の試験時間を含む)

注意事項

- (1) 下表の5科目から2科目を選択して解答しなさい。
- (2) 配点は1科目100点である。
- (3) 解答は設問毎に別の答案用紙に記入しなさい。
- (4) 選択科目の答案用紙の所定欄に受験番号を必ず記入しなさい。
- (5) 選択した2科目の答案用紙のみ封筒に入れて提出しなさい。
3科目以上提出した場合には、全て採点しないので注意すること。
- (6) 草案紙は2枚ある。
- (7) 問題紙、選択しなかった科目の答案用紙、および草案紙は提出する必要はない。

科目記号	科目	問題紙の枚数	答案用紙の枚数
B1-1	化学工学基礎	2	2
B1-2	熱力学・反応速度論	2	2
B1-3	応用分析化学	2	2
B1-4	応用有機化学	2	2
B1-5	生化学	3	2

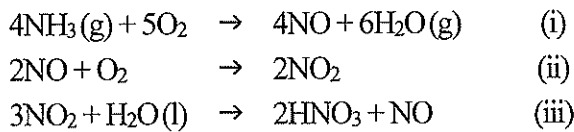
総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-1 (1/2)	試験科目	化学工学基礎
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙 2 枚)。

設問 1 次の文章を読み、以下の問 (1) ~ (3) に答えなさい。

工業的な硝酸製造法として、アンモニア ($\text{NH}_3(\text{g})$) を酸化し、一酸化窒素 (NO) を得て、冷却後、これをさらに酸化して二酸化窒素 (NO_2) とした後に、水に吸収させて硝酸 (HNO_3) を得る方法がある。



反応 (i) を図 1 に示すプロセスでおこなった。反応器には $\text{NH}_3(\text{g})$ と O_2 が供給され、 NO と $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ が生成する。未反応の $\text{NH}_3(\text{g})$ は分離器で完全に分離され、反応器入口にリサイクルされる。必要であれば次のデータを用いなさい。

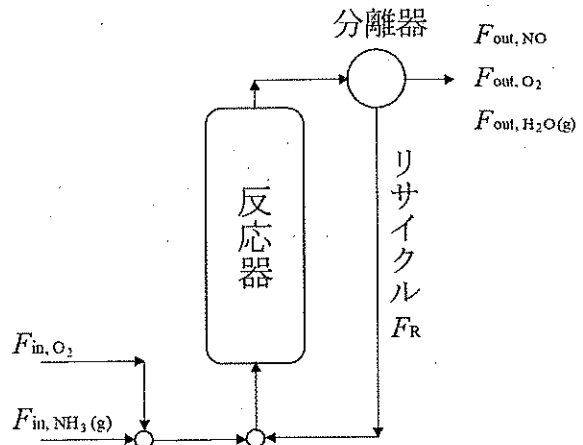


図 1 プロセスフロー図

(データ) 標準生成熱 ΔH_f° [kJ mol^{-1}]: 0 (O_2), -241.83 ($\text{H}_2\text{O}(\text{g})$), -45.90 ($\text{NH}_3(\text{g})$), 90.25 (NO)

気体の定圧モル熱容量 C_p [$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$] (T : 熱力学温度 [K])

O_2 :	$6.82 + 25.594 \times 10^{-3} T + 13.25 \times 10^{-6} T^2$
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$:	$30.20 + 9.933 \times 10^{-3} T + 1.117 \times 10^{-6} T^2$
NO :	$26.94 + 8.657 \times 10^{-3} T - 1.761 \times 10^{-6} T^2$
$\text{NH}_3(\text{g})$:	$24.77 + 37.501 \times 10^{-3} T - 7.381 \times 10^{-6} T^2$

- (1) 反応 (i) の標準反応熱 ΔH_r° [kJ mol^{-1}] を求めなさい。
- (2) 反応 (i) の 1000 K での標準反応熱 $\Delta H_{r,1000}^\circ$ [kJ mol^{-1}] を求めなさい。
- (3) 図 1 に示すプロセスでは、 O_2 が反応 (i) の量論量の 20.0% 過剰で供給され、 $\text{NH}_3(\text{g})$ の単通転化率が 80.0% である。このプロセスが定常運転され、反応器出口の NO 流量 ($F_{\text{out,NO}}$) が 500 mol h^{-1} のとき、以下の問 1) ~ 3) を求めなさい。
 - 1) 酸素供給量 ($F_{\text{in,O}_2}$ [mol h^{-1}])
 - 2) 反応器出口 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 流量 ($F_{\text{out,H}_2\text{O}(\text{g})}$ [mol h^{-1}])
 - 3) リサイクル流量 (F_R [mol h^{-1}])

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-1 (2/2)	試験科目	化学工学基礎
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

設問2 0.500 のモル分率でAを含むA-B混合液の蒸留について考える。なお、AのBに対する比揮発度は3.00 で一定とする。

まず、単蒸留により上記組成の混合液を蒸留する場合について考える。以下の問(1)に答えなさい。

- (1) 蒸留を実施し、モル基準で原料液の55.0%を蒸発させたところで蒸留を終了した。終了時点での缶残液中のAのモル分率は0.290であった。留出液中のAのモル分率を求めなさい。

次に、フラッシュ蒸留により上記組成の混合液を蒸留する場合について考える。以下の問(2)、(3)に答えなさい。

- (2) 気液分離器、熱交換器、圧力調節弁を利用してフラッシュ蒸留を実施する場合、3つの機器をどのように接続し、それぞれの機器でどのような操作を行えばフラッシュ蒸留が実施できるかを答えなさい。
- (3) 上記組成の混合液をフラッシュ蒸留により、モル基準で混合液の50.0%を蒸発させる場合、留出蒸気および排出液の組成を求めなさい。

最後に、多段式連続蒸留塔により上記組成の混合液を蒸留する場合について考える。上記組成の混合液を蒸留塔に供給し、塔頂よりAを90.0mol%含む留出液を、塔底よりBを90.0mol%含む缶出液を得たい。以下の問(4)に答えなさい。

- (4) McCabe-Thieleの作図法で多段式連続蒸留塔を設計する際に用いる、以下の問1)~4)の操作線の式を求め、 $y = ax + b$ (a, b は定数)の形で答えなさい。ただし、 x と y はそれぞれ液中および蒸気中のAのモル分率を表す。

- 1) 最小理論段数を求めるための操作線。
- 2) 還流比を3.00とした場合の濃縮部操作線。
- 3) 原料を沸点の液として蒸留塔に供給し、還流比を最小還流比とした場合の濃縮部操作線。
- 4) 原料を沸点の蒸気として蒸留塔に供給し、還流比を3.00とした場合の回収部操作線。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-2 (1/2)	試験科目	熱力学・反応速度論
------	-------------	------	-----------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

設問1 次の問 (1), (2) に答えなさい。

(1) 以下の空欄 (ア) ~ (ク) に適切な語句または数式を入れなさい。

系内の状態量を示す圧力を p , 体積を V , 温度を T で表すものとする。物質質量 n の完全気体の状態方程式は気体定数 R を用いて次のように表される。

$$p = \boxed{\text{ア}} \quad (\text{i})$$

$\boxed{\text{イ}}$ 法則より, 無限小の状態変化における内部エネルギー変化 dU は系になされた仕事 dw と熱として供給されたエネルギー dq の和に等しい。均一組成をもつ閉鎖系で可逆的な変化が起こる際, dU はエントロピー変化 dS と体積変化 dV を用いて, 次の熱力学基本式として表される。

$$dU = \boxed{\text{ウ}} dV + \boxed{\text{エ}} dS \quad (\text{ii})$$

また, 式 (ii) の $\boxed{\text{ウ}}$ と $\boxed{\text{エ}}$ をそれぞれ偏導関数に置き換え, 次のように表すこともできる。

$$dU = \boxed{\text{オ}} dV + \boxed{\text{カ}} dS \quad (\text{iii})$$

内部エネルギーは状態関数であるので dU は完全微分可能であり, 上述の基本式からマクスウェルの関係式の一つである次式が得られる。

$$\boxed{\text{キ}} \quad (\text{iv})$$

このことから, T が一定の条件で S は V に依存して次のように変化することがわかる。

$$\Delta S = \boxed{\text{ク}} \quad (\text{v})$$

(2) 質量モル濃度 b の化合物 M_pX_q を溶解して得た理想溶液において, カチオン M^{p+} の活量係数を γ_+ , アニオン X^{q-} の活量係数を γ_- , 平均活量係数を γ_{\pm} とする。以下の問 1) ~ 3) に答えなさい。

1) γ_{\pm} を γ_+ と γ_- を用いて示しなさい。

2) さまざまな M_pX_q の標準質量モル濃度 b° で規格化した b とイオン強度 I の間に式 (vi) が成り立つとき, 空欄 (ケ) ~ (ス) を埋めて値 k を示す表を完成させなさい。

$$I = kb/b^{\circ} \quad (\text{vi})$$

k	X^{-}	X^{2-}	X^{3-}
M^{+}	1	(ケ)	(コ)
M^{2+}	(ケ)	(サ)	(シ)
M^{3+}	(コ)	(シ)	(ス)

3) 室温において, $5.06 \text{ mmol kg}^{-1}$ の KCl 水溶液の平均活量係数 γ_{\pm} が 0.920 であるとき, $1.00 \text{ mmol kg}^{-1}$ の AlCl_3 水溶液のイオン強度 I と平均活量係数 γ_{\pm} を求めなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-2 (2/2)	試験科目	熱力学・反応速度論
------	-------------	------	-----------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。また、化学種Aの濃度を [A] と表す。

設問2 以下の問 (1), (2) に答えなさい。

(1) 次の文章を読み、以下の問1) ~ 4) に答えなさい。

A から B が生成し、順反応と逆反応の両方が1次である反応を考える。



ここで、 k_1 , k_2 はそれぞれ反応 (i) の正反応および逆反応の反応速度定数であり ($k_1 > k_2$ とする), A の初濃度を $[A]_0$ とし, B の初濃度を 0 とする。

1) [A] の変化速度を表す式を, k_1 , k_2 , [A], $[A]_0$ を用いて書きなさい。

2) 問1) で得た速度式の解を求めると

$$[A] = \frac{k_2 + k_1 e^{-(k_1 + k_2)t}}{k_1 + k_2} [A]_0 \quad (\text{ii})$$

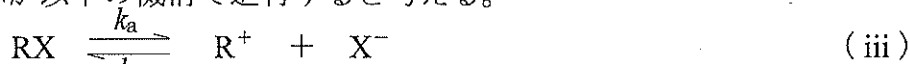
となる。これを用いて、平衡時の A の濃度 $[A]_{\text{eq}}$ と B の濃度 $[B]_{\text{eq}}$ を表す式を書きなさい。

3) 問2) で得た式を用いて、この反応の平衡定数 K と速度定数の関係を導きなさい。

4) 式 (ii) において、[A] が $[A]_0/2$ になるときの時間 $t_{1/2}$ を示す式を書きなさい。

(2) 次の文章を読み、以下の問1) ~ 3) に答えなさい。

含水アセトン中の有機ハロゲン化物 RX の他のハロゲン化物イオン Y^- による置換反応が以下の機構で進行すると考える。



また、以下の反応も進行するとする。



1) $[R^+]$ の変化速度を表す式を書きなさい。

2) $[R^+]$ の変化速度に対して定常状態の近似を適用し、RY の生成速度を表す式を書きなさい。

3) 問2) で得られた RY の生成速度の式において、RY の生成速度が RX の1次反応とみなすことができる条件について説明しなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-3 (1/2)	試験科目	応用分析化学
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

設問1 以下の問(1), (2)に答えなさい。

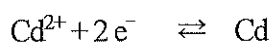
(1) 次の文章を読み、以下の問1)～3)に答えなさい。

キレート試薬Lと金属イオンMは、1) 490 nm に吸収極大を持つ極めて安定な1:3 錯体 ML_3 を形成する。 $1.00 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ のLと $0 \sim 2.50 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ のMを含む水溶液について、光路長1 cmのセルで水を対照として、2) 490 nm の吸光度 A_{490} とMの濃度 C_M の関係を調べたところ、 $A_{490} = 2.45 \times 10^4 \times (C_M / \text{mol dm}^{-3}) + 0.256$ を得た。 縦軸切片が0ではないことから、L自身も490 nmに吸収を示すことが分かる。また、そのモル吸光係数は a である。この水溶液中では全ての金属イオンが錯体となっていると考えられるので、錯体 ML_3 のモル吸光係数は b と求められる。

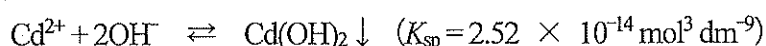
- 1) 下線部1)で示したようにスペクトル分析においてはピーク波長が指標としてよく用いられる。ここで示した吸光度法を例として、ピーク波長を用いる理由を二つ挙げなさい。
- 2) 空欄 a と b にあてはまる値を有効数字3桁で求め、単位を含めて答えなさい。また、計算過程も記入しなさい。
- 3) 下線部2)のように分析対象の量と分析信号の強度の関係を表す曲線や直線の名称を答えなさい。

(2) pHに関する以下の問1)～4)に答えなさい。また、計算過程も記入しなさい。

- 1) 酸を含む水溶液のpHは、酸解離定数 pK_a 、酸の濃度 C [mol dm^{-3}]およびその共役塩基の濃度 C^* [mol dm^{-3}]を用いて表すことができる。この式を導いて示すとともに、式の名称を答えなさい。
- 2) $0.500 \text{ mol dm}^{-3}$ 酢酸水溶液 (A) と 1.00 mol dm^{-3} NaOH水溶液 (B) を用いて、 $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$ 酢酸緩衝溶液 (pH 5.00) を 500 cm^3 調製したい。AとBをそれぞれ何 cm^3 混合し、水で 500 cm^3 とすればよいか有効数字3桁で求めなさい。ただし、酢酸の pK_a は4.80とする。
- 3) 問2)の緩衝溶液 100 cm^3 に $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$ 塩酸を 5.00 cm^3 添加した。この溶液のpHを有効数字3桁で求めなさい。ただし、塩酸添加後の総体積は2液の体積の単純和としてよい。
- 4) カドミウムは、水溶液中で Cd^{2+} として存在し、以下のような酸化還元平衡にある。



また、 Cd^{2+} は以下のようにアルカリ条件下で水酸化物の沈殿を生成する。



25°C において Cd^{2+} 水溶液の電位が標準電極電位 E° 以上となる pH 範囲を求めなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-3 (2/2)	試験科目	応用分析化学
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

設問2 以下の問 (1), (2) に答えなさい。

(1) 分光分析に関する以下の問1), 2) に答えなさい。

1) 文中の空欄 (あ) ~ (く) に適切な語句や式を入れなさい。

物質に振動数 ν_0 の光 (入射光) を照射すると, 散乱光として ν_0 のほかに (あ) の光が観測される。振動数 ν_0 の散乱光を (い) 散乱, 振動数 (あ) の散乱光をラマン散乱という。ラマン散乱は, 入射光より長波長側に検出されるラマン散乱光を (う) 線, 短波長側に検出されるものを (え) 線という。通常, 強度の大きい (う) 線を分析に利用する。分光した各波長を波数に換算し, 入射光の波数との差 (お) を横軸に, 散乱光の強度を縦軸にとったものをラマンスペクトルとよぶ。ラマンスペクトルは, 赤外吸収スペクトルと同様に分子の (か) に基づく (か) スペクトルである。ラマンスペクトルと赤外吸収スペクトルのピークの位置や強度, 形状は異なるため, 両者は (き) 的な情報を与える。例えば, 対称中心を持つ分子では, 赤外吸収スペクトルに現れる基準振動はラマンスペクトルに現れず, 逆にラマンスペクトルに現れる基準振動は赤外吸収スペクトルに現れないという (く) が成り立っている。

2) 赤外吸収分光法に対するラマン分光法の利点を二つ答えなさい。

(2) 分離分析に関する以下の問1) ~ 3) に答えなさい。

1) ①~④の特徴を有する試料を分離分析する場合に使用される液体クロマトグラフィーの種類を答えなさい。

- | | |
|----------------------|------------------|
| ①分子量小・水溶性・イオン性の試料 | ②分子量大・結合特異性がある試料 |
| ③分子量大・親水性・分子量に差がある試料 | ④分子量小・疎水性の試料 |

2) ガスクロマトグラフィーの検出器として, 水素炎イオン化検出器 (FID) が最も利用されている。FIDの基本原理を説明しなさい。

3) 長さが30cmの充填カラムを用いて, 試料Aの測定を行った。その結果, 観測されたピークの保持時間は8.3分, またピーク幅は0.30分であった。以下の①~④を有効数字2桁で求めなさい。また, 計算過程も記載しなさい。ただし, このカラムに保持されない化学種の溶出時間 (t_0) は, 1.1分とする。

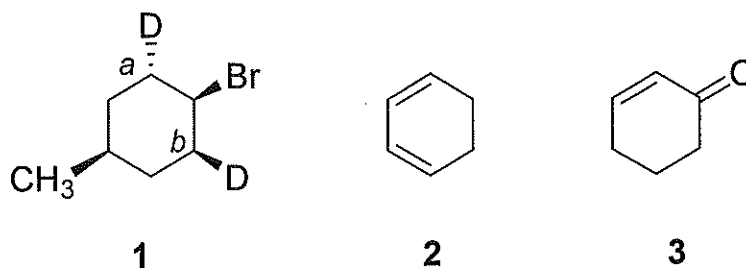
- | | |
|-------------------|-------------------|
| ①試料Aの補正 (調整) 保持時間 | ②試料Aの保持係数 |
| ③このカラムの理論段数 N | ④このカラムの理論段高さ HETP |

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-4 (1/2)	試験科目	応用有機化学
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

設問1 化合物 1~3 に関する以下の問 (1)~(7) に答えなさい。ただし、構造式中の D は重水素を表す。



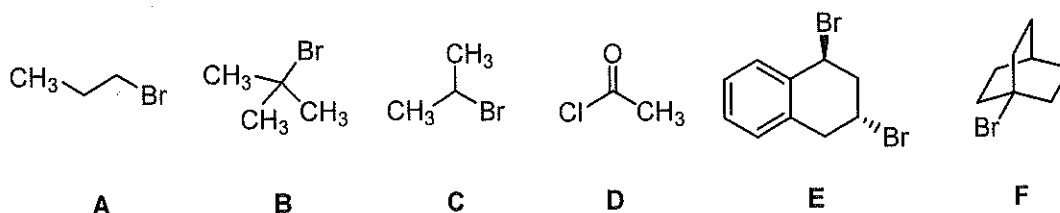
- (1) 化合物 1 のキラル中心 a および b の R, S 配置を決定しなさい。
- (2) 化合物 2 に対し 1 当量の臭化重水素 (DBr) を付加させたとき、異性体は何種類できるか答えなさい。ただし、鏡像異性体は区別しないものとする。
- (3) シクロヘキサンのねじれ舟形配座がいす形配座よりもエネルギー的に不安定になるひずみの要因を二つ答えなさい。
- (4) エタノール中で *cis*-1-ブロモ4-メチルシクロヘキサンに対して水酸化カリウムを作用させると、E2脱離反応生成物として4-メチルシクロヘキセンが得られた。シクロヘキサンの立体配座に注意して、この反応の機構を電子の流れを表す曲がった矢印を用いて説明しなさい。
- (5) エタノール中で化合物 1 に対して水酸化カリウムを作用させると、分子量が異なる二つのE2脱離反応生成物が得られた。主生成物の構造式を立体化学に注意して書きなさい。また、その化合物が主生成物になる理由を簡潔に説明しなさい。
- (6) アニソールを出発物質として化合物 3 を合成する方法を示しなさい。ただし、反応は1段階とは限らない。
- (7) ジエチルエーテル中で化合物 3 に対してCH₃Liを作用させた後、適切な後処理を行った際に得られる主生成物の構造式を書きなさい。また、同様の条件下でCH₃Liの代わりにLi(CH₃)₂Cuを用いた際に得られる主生成物の構造式を書きなさい。

総合化学院 総合化学専攻

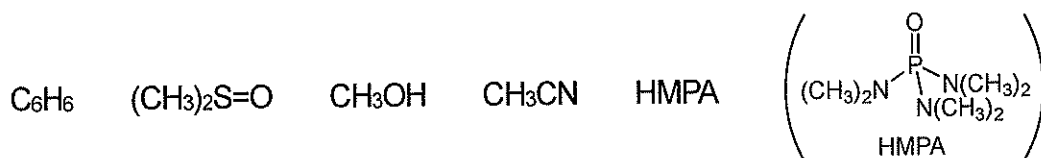
科目記号	B 1-4 (2/2)	試験科目	応用有機化学
------	-------------	------	--------

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙2枚)。

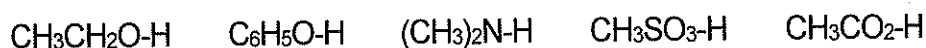
設問2 以下に示す有機ハロゲン化合物に関する以下の問 (1) ~ (7) に答えなさい。



- (1) 化合物 **A** は、アジドイオン (アジ化物イオン, N_3^-) との S_N2 反応によって1-アジドプロパンを与える。この反応の溶媒効果について、反応速度が大きい順に並べなさい。
(大>小)



- (2) 化合物 **A** との S_N2 反応において、以下の求核試薬 (Nu-H) を反応性が高い順に並べなさい。(高>低)



- (3) 化合物 **A** ~ **C** を S_N2 反応の反応性が高い順に並べなさい。(高>低)
- (4) 化合物 **B** は、光照射下、2-メチルプロパンと Br_2 とのラジカル反応により合成できる。その際、副生成物として HBr を生じる。この反応の反応機構を電子の流れを表す曲がった矢印を用いて示しなさい。
- (5) 化合物 **D** を塩化アルミニウム存在下、ベンゼンと反応させるとアセトフェノンが得られる。この反応の反応機構を電子の流れを表す曲がった矢印を用いて示しなさい。
- (6) 光学的に純粋な化合物 **E** を酢酸中で加熱すると、片方のプロモ基のみが選択的に反応し、対応する酢酸エステルが2種類のジアステレオマーの混合物として得られる。得られた2種類のジアステレオマーの構造式を立体化学に注意して示しなさい。
- (7) 化合物 **F** と求核試薬との S_N2 反応は進行しない。また、化合物 **F** の S_N1 反応もほとんど進行しない。その理由を100字程度で述べなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-5 (1 / 3)	試験科目	生化学
------	---------------	------	-----

(注)全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること(答案用紙2枚)。

設問1 微生物は、グルコースを主に解糖系, TCA 経路, ペントースリン酸経路で代謝する。これら経路, および関与する酵素に関する以下の問(1)~(9)に答えなさい。

(1) 解糖系では, 基質レベルのリン酸化により ATP が生成する酵素反応が2つ存在する。それらの基質名と生成物名を各々答えなさい。

(2) 酵素のなかには, 補酵素を必要とするものがある。ピルビン酸デヒドロゲナーゼ複合体の反応に必要な補酵素を3つ答えなさい。いずれも正式名称で答えなさい。略称の場合は減点する。

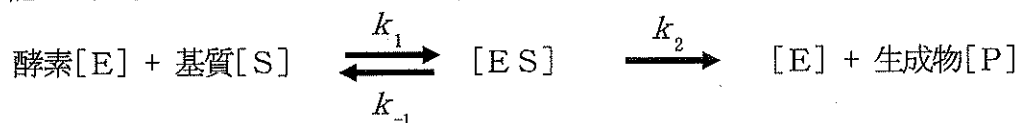
(3) ペントースリン酸経路が必要な理由を3つ答えなさい。

(4) 酵素のなかには, 酵素の特定のアミノ酸側鎖が関与する酸-塩基触媒作用により反応が開始するものがある。この酸-塩基触媒作用に関与する代表的なアミノ酸5つについて, アミノ酸の名称, 三文字表記, 一文字表記, 側鎖の構造を答えなさい。

(5) 多くの酵素の反応速度は, 右の Michaelis-Menten 式に従う。
$$v = \frac{k_2[E]_t[S]}{[S] + K_m}$$

なお, $K_m = \frac{k_2 + k_{-1}}{k_1}$, v は反応速度, $[E]_t$ は全酵素濃度, $[S]$ は基質濃度とする。

下記の式から Michaelis-Menten 式を導く方法を答えなさい。



(6) 基質が酵素に対し大過剰存在する条件下では反応速度は最大速度 V_{max} となる。Michaelis-Menten 式は, V_{max} を用いた式で表すことができる。その式を答えなさい。

(7) 問(6)で導いた式から, 実験で V_{max} 値を得ることができれば K_m 値を推定できる。その理由を答えなさい。

(8) K_m 値は酵素の基質に対する親和性の指標に用いられる。その理由を答えなさい。

(9) 酵素の触媒能を表す値として, V_{max} ではなく k_{cat} が使われる場合が多い。両者の違いを答えなさい。

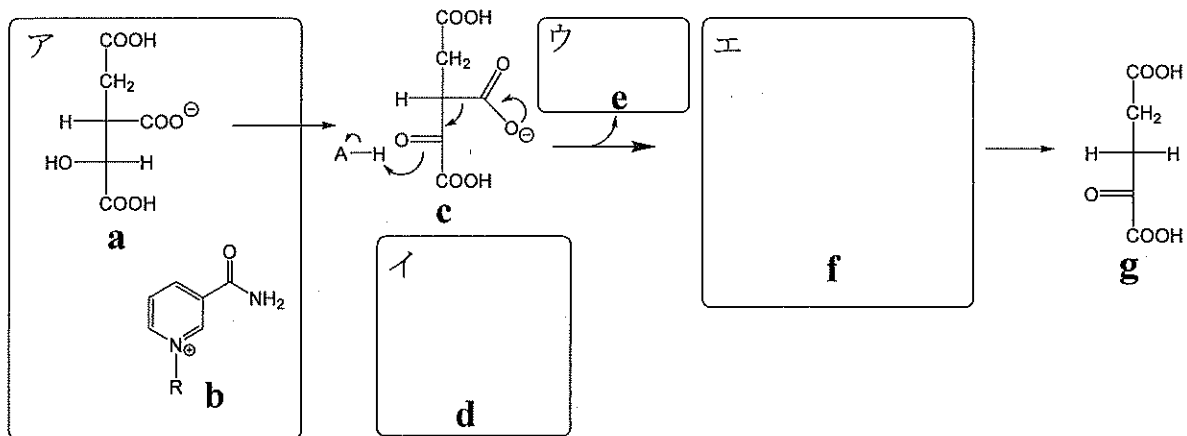
総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-5 (2/3)	試験科目	生化学
------	-------------	------	-----

(注) 全設問に解答すること。解答は設問毎に別の答案用紙に記入すること (答案用紙 2 枚)。

設問 2 酵素反応に関する以下の問 (1), (2) に答えなさい。なお H-A は酸触媒, B は塩基触媒とする。

(1) TCA 経路に関与するイソクエン酸デヒドロゲナーゼの反応機構を下図に示す。以下の問 1) ~ 4) に答えなさい。

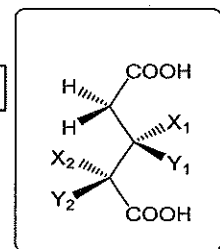


1) イソクエン酸 (a) は, はじめに補酵素 NAD^+ (b) によって酸化され中間体 c になる。反応機構を示す矢印を答案用紙の **ア** に書きなさい。また, 反応後の補酵素 d の構造を b と同様に置換基 R を用いて答案用紙の **イ** に書きなさい。

2) 続いて中間体 c から気体分子 e と中間体 f とができる。e の化学式を答案用紙の **ウ** に書きなさい。また, 中間体 f の構造と生成物 g にいたる反応機構を示す矢印を答案用紙の **エ** に書きなさい。

3) 基質 a のエピマーの構造を 2 つ答案用紙に書きなさい。

4) 上図の基質 a はフィッシャー投影式で示してある。イソクエン酸の立体化学を考慮して右図の X_1, X_2, Y_1, Y_2 の部分を考え, 答案用紙の **オ** の点線の中を埋め構造を完成させなさい。

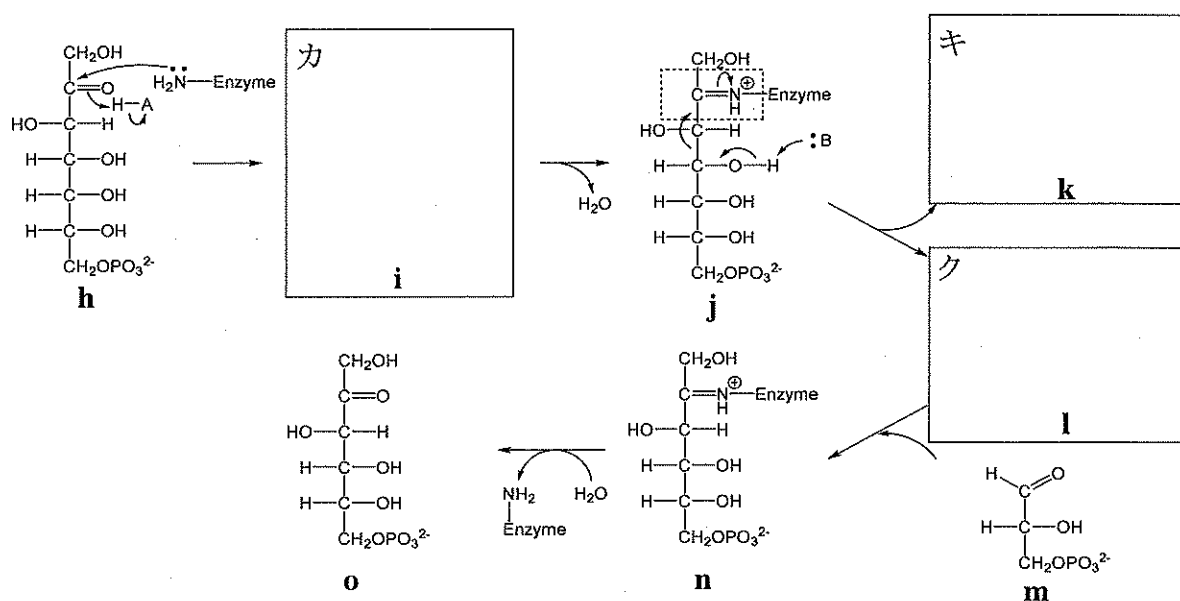


(つづく)

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	B 1-5 (3/3)	試験科目	生化学
------	-------------	------	-----

- (2) ペントースリン酸経路に見られる酵素であるアルドラーゼの反応機構を示した。なお、 H_2N^- はあるアミノ酸残基の側鎖構造の一部を示す。以下の問1)～4)に答えなさい。



- 1) 反応機構を示す矢印に従って、反応中間体 **i** の構造と中間体 **j** にいたる反応機構を示す矢印を答案用紙の **カ** に書きなさい。
- 2) 反応中間体 **j** からの生成物 **k** の構造を答案用紙の **キ** に書きなさい。また、**l** の構造と中間体 **n** にいたる反応機構を示す矢印を答案用紙の **ク** に書きなさい。なお、矢印は枠からはみ出て描いても構わない。
- 3) 反応中間体 **n** から生成物 **o** への反応機構を書きなさい。
- 4) この反応中、中間体 **j** の点線の四角で示したようにプロトン化された **ケ** 塩基構造が見られる。**ケ** に当てはまる名称を書きなさい。