

## 出題意図

問題Ⅰは無機・物理化学、問題Ⅱは有機化学、問題Ⅲは化学工学、問題Ⅳは生物化学の標準的な問題です。化学・バイオ系における応用化学・化学工学・生物化学コースに関する基礎学力や論理的な思考力、および説明能力等について評価します。

令和8年度（2026年度） 東北大学工学部

3年次編入学試験問題

# 専門関連科目

（化学・バイオ工学科）

【問題Ⅰ】（無機・物理化学），【問題Ⅱ】（有機化学），  
【問題Ⅲ】（生物化学）， 【問題Ⅳ】（化学工学）  
から2問選択

## 注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆、シャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下（床面）に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 電卓は配布します。自身のものは使用しないでください。
3. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。試験中に携帯電話等を身に着けていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
4. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
5. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、草案紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
6. 最初に、解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
7. 解答用紙の科目名を忘れずに記入してください。
8. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
9. 草案紙は使用してもしなくても構いません。
10. 問題冊子、草案紙は持ち帰らないでください。

【 問題 I 】 (無機・物理化学)

塩の水への溶解に関する次の文章を読み、以下の間に答えよ。なお、数値で解答する場合は、アボガドロ定数  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  とし、有効数字を 3 桁とせよ。

塩化ナトリウム (NaCl) の結晶は ( ア ) 系, 硝酸アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) は ( イ ) 系の結晶構造をとる。これら 2 つの塩は水によく溶けるが、溶解時の熱の出入りは対照的である。( ウ ) は水に溶かしても温度変化が小さいのに対し、( エ ) は強い吸熱反応を示し、水温を大きく低下させる。後者の性質は瞬間冷却パックに応用されている。

塩化銀 ( $\text{AgCl}$ ) は ( オ ) 系の結晶構造をとり、水に極めて溶けにくい。この性質は、水中の塩化物イオンの検出や定量に利用されている。

これらの塩の基礎物性値は表 1 に与えられている。

表 1 塩の基礎物性値 (298 K)

項目	NaCl	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	AgCl
モル質量 $M [\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}]$	58.44	80.04	143.32
結晶の格子定数 <sup>†</sup>	$a = 0.564 \text{ nm}$	$a = 0.572 \text{ nm}$	$a = 0.554 \text{ nm}$
	$b = 0.564 \text{ nm}$	$b = 0.546 \text{ nm}$	$b = 0.554 \text{ nm}$
	$c = 0.564 \text{ nm}$	$c = 0.495 \text{ nm}$	$c = 0.554 \text{ nm}$
	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
標準溶解エンタルピー $\Delta_{\text{sol}}H^\circ [\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}]$	3.88	25.7	65.5
溶解度 $s [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^\ddagger$	5.65	11.3	$1.35 \times 10^{-5}$

<sup>†</sup> $a, b, c$  は単位格子の三辺の長さ,  $\alpha, \beta, \gamma$  は同三辺の間の三つの角を表す。

<sup>‡</sup>溶解度  $s$  は飽和水溶液  $1 \text{ dm}^3$  中の溶質の物質質量を表す。

問 1 空欄 ( ア ) ~ ( オ ) のそれぞれに最もふさわしい語句を、次の選択肢から選んで答えよ。ただし、同じ語句を複数回使用してもよい。

三斜晶, 単斜晶, 直方晶, 正方晶, 六方晶, 立方晶, NaCl,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

問 2 表 1 の値を用いて、298 K における NaCl の密度  $\rho [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$  を求めよ。

問 3 NaCl の溶解エンタルピーが比較的小さい理由を 50 字以内で述べよ。

問4 NaCl と  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  の溶解度の温度依存性に関する記述として、最も適切なものを次の選択肢から選んで記号を答えよ。

- A. NaCl と  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  は、どちらも温度の上昇に伴い溶解度が著しく増加する
- B. NaCl と  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  は、どちらも温度の上昇に伴い溶解度が減少する
- C. NaCl の溶解度は温度による変化が比較的小さいが、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$  の溶解度は温度の上昇に伴い著しく増加する
- D.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  の溶解度は温度による変化が比較的小さいが、NaCl の溶解度は温度の上昇に伴い著しく増加する

問5  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  8.00 g と水 100 g を混合した。最終的な溶液の温度  $T_{\text{fin}}$  [K] を求めよ。ただし、初期温度はいずれも 298 K とし、外部との熱のやり取りはないものとする。また、生成した水溶液の比熱容量  $c$  は水と同じ  $4.18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  であると仮定する。

問6  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  2.00 g を水 50.0 g に溶かした水溶液の凝固点  $T$  [K] を求めよ。ただし、水の凝固点は 273 K、水のモル凝固点降下定数は  $K_f = 1.86 \text{ K}\cdot\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$  とする。また、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$  は水中で完全に電離し、この溶液は理想溶液としてふるまうものとする。

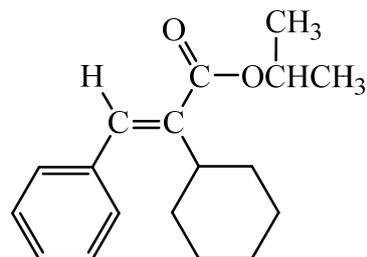
問7 難溶性塩の飽和水溶液における溶解平衡は溶解度積  $K_{\text{sp}}$  によって定量的に表される。理想溶液であると仮定して、(a) および (b) に答えよ。

(a)  $\text{AgCl}$  の  $K_{\text{sp}}$  [ $\text{mol}^2\cdot\text{dm}^{-6}$ ] を求めよ。

(b) 設問 (a) で求めた  $\text{AgCl}$  の  $K_{\text{sp}}$  を用いて、 $0.100 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  の NaCl 水溶液中における  $\text{AgCl}$  の溶解度  $s'$  [ $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ] を求めよ。

【 問題Ⅱ 】 (有機化学)

以下の問に答えよ。ただし、解答中、構造式は右の例にならって書け。



問1 以下の有機化合物それぞれにおける幾何異性体（シストランス異性体）の構造式をすべて記せ。



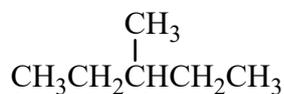
問2 有機化合物の性質について、(a)～(c)に答えよ。

(a) 次の中から、沸点が最も高い化合物と最も低い化合物をそれぞれ選び、記号で書け。また、その理由も述べよ。

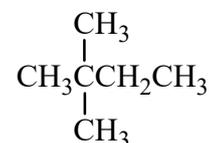
ア)



イ)



ウ)



(b) 次の中から、水への溶解度が最も高い化合物と最も低い化合物をそれぞれ選び、記号で書け。また、その理由も述べよ。

ア)



イ)

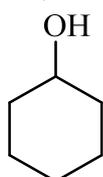


ウ)

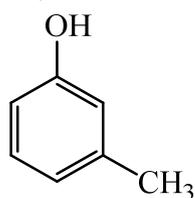


(c) 次の中から、酸性が最も強い化合物と最も弱い化合物をそれぞれ選び、記号で書け。また、その理由も述べよ。

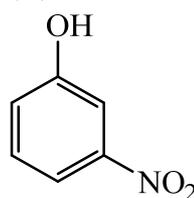
ア)



イ)



ウ)



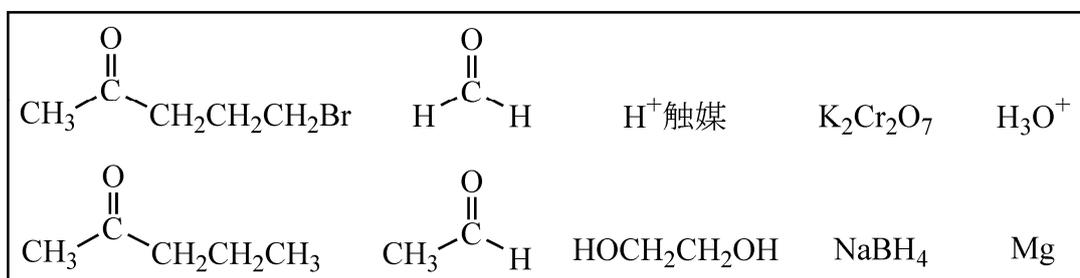
問3 以下の文章から有機化合物 **A**~**D** を推定し，構造式をそれぞれ記せ。  
 なお，**A**，**B**，**C** はいずれも分子式が  $C_{16}H_{14}O_4$  であり，ベンゼン環 2 つとエステル結合を 2 つもつ化合物である。

**A**，**B**，**C** それぞれを塩基性水溶液で処理し，化合物中のエステル結合をすべて加水分解した。反応液を酸性水溶液で処理した後，生成物のうち，ベンゼン環をもつ化合物を分析したところ，**A** からは安息香酸 ( $C_6H_5CO_2H$ ) のみが，**B** からはフェノール ( $C_6H_5OH$ ) のみが，**C** からはフェノールと有機化合物 **D** が得られていることがわかった。なお，加水分解により，**A** および **B** それぞれから得られた脂肪族化合物にはメチル基が存在しなかった。また，**A** を  $LiAlH_4$  で還元したところ，**D** が得られた。

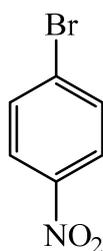
問4 有機化合物 **E** を枠内に示した試薬のみを用いて合成する。そのときの合理的な合成経路を反応式で記せ。  $H_3O^+$  は適当な酸性水溶液を， $H^+$  触媒は適当な酸触媒を示す。また，同じ試薬を複数回使用してもよく，使用しない試薬があってもよい。



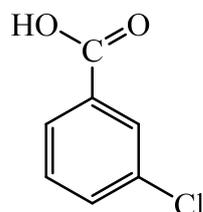
**E**



問5 ベンゼンから出発して有機化合物 **F**，**G** を合理的に合成する経路を反応式でそれぞれ記せ。ただし，異性体の単離操作を含めてよい。



**F**



**G**

【 問題 III 】 (生物化学)

以下の問に答えよ.

問1 次の文章を読み, (a)~(c) に答えよ.

(ア) は, 細胞内におけるエネルギーの「通貨」として重要な役割を果たしている. アデニン, リボース, そして3つのリン酸基から構成されており, リン酸結合の加水分解によりエネルギーを放出する. 細胞のエネルギー生産の中心である(イ) では, 酸素を用いてグルコースなどの有機物を分解し, それにより生じるエネルギーを用いて(ア) を合成する(ウ) が起こる. 植物細胞においては, (エ) 内で光エネルギーを用いて水と(オ) から有機物を合成する(カ) というプロセスが進行する.

(a) 空欄 (ア) ~ (カ) のそれぞれにあてはまる最も適した語句を, 下記の〈語句解答群〉の中から選べ.

〈語句解答群〉

ATP, ADP, クエン酸回路, 解糖系, 光合成, 呼吸, ミトコンドリア, 葉緑体, 二酸化炭素, 窒素, NADPH, FADH<sub>2</sub>, アセチル CoA, リン酸, クエン酸

(b) (カ) において主要な役割を果たす色素の名称を答えよ.

(c) 動物細胞において, 酸素供給が不足した場合に解糖系の最終産物から生成され, 疲労の原因となる主要な有機酸の名称を答えよ.

問2 次の文章を読み、(a)～(d) に答えよ。

タンパク質は、多数の（ア）が（イ）結合によって連結された高分子であり、特有の立体構造をとることでその機能を発揮する。タンパク質の立体構造は、アミノ酸の配列順序から始まり、 $\alpha$ ヘリックスや $\beta$ シートといった規則的な繰り返し構造である（ウ）構造を形成する。細胞内でタンパク質の正しい折りたたみを補助するタンパク質は（エ）と呼ばれ、その機能不全はさまざまな病気につながる。(i)タンパク質の機能は、アミノ酸残基の翻訳後修飾によっても調節される。

(a) 空欄（ア）～（エ）のそれぞれにあてはまる最も適した語句を、下記の〈語句解答群〉の中から選べ。

〈語句解答群〉

アミノ酸、ヌクレオチド、一次、二次、三次、四次、ペプチド、グリコシド、水素、変性、凝集、シャペロン、プロテアソーム、アポトーシス

(b) タンパク質の三次構造の安定化に寄与する結合または相互作用の例を2つあげよ。

(c) 不要になったタンパク質を分解する主要な細胞小器官の名称を答えよ。

(d) 下線部(i) について、翻訳後修飾の例を2つあげよ。

【 問題Ⅳ 】 (化学工学)

以下の問に答えよ。

問 1 次の文章を読み、下線部が正しくないものをすべて選び、その記号と正しい語句をそれぞれ書け。

- (a) 原料を連続的に加熱器へ送って加熱し、減圧弁を経て低圧室に噴出させることで、原料の一部を即座に蒸発させて蒸気留分と液留分に分離する方法を、一般にフラッシュ蒸留という。
- (b) 高温の物体の表面から発せられる電磁波が直接低温物体に伝わる現象を、放射伝熱という。
- (c) 熱や物質の移動における移流と拡散の比を表した無次元数を、ペクレ数という。
- (d) 反応速度定数の温度依存性を頻度因子と活性化エネルギーで表した式のことを、アントワンの式という。
- (e) 固液，固気接触系，あるいは二相流体系において相境界に存在して熱あるいは物質の移動の抵抗となっている仮想的な膜を、浸透膜という。
- (f) 反応物を連続的に注入しながら攪拌を行い、反応生成物を連続的に取り出す方式の反応器を、管型反応器という。

問2 次の文章を読み、(a)～(d)に答えよ。有効数字は2桁とせよ。

伝熱管として内径 30 mm, 外径 35 mm の内管を設置した二重管型熱交換器がある。この熱交換器を用いて、環状部に 20°C の水を流量  $2.0 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  で流し、内管部を流量  $1.5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  で流れる 60°C のトルエンを 40°C まで冷却したい。ただし、トルエンと水の比熱はそれぞれ  $1.8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  および  $4.2 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  とする。また、内径基準の総括伝熱係数は  $2.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  とする。なお、各流体の断面方向の温度分布は無視できるとものとし、熱交換器内部の二流体間の平均温度差には両端における二流体間の温度差の算術平均を用いよ。また、円周率  $\pi$  には 3.14 を用いよ。

- (a) トルエンから水への伝熱量 [ $\text{kJ}\cdot\text{s}^{-1}$ ] を求めよ。
- (b) 出口での水の温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ] を求めよ。
- (c) 水とトルエンを並流で流した場合の伝熱管長さ [m] を求めよ。
- (d) 熱交換器内部の二流体間の平均温度差として算術平均よりも対数平均の方が正確に性能を評価できるとされている。その理由について並流と向流における温度差の特徴に着目して説明せよ。