

平成 2 8 年度入学者選抜試験問題  
山形大学大学院理工学研究科博士前期課程  
(平成 2 7 年 8 月実施)

【バイオ化学工学専攻】

専門科目  
(生物科学・生化学，有機化学，  
無機化学・分析化学，物理化学)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の本文は 1 ページから 1 4 ページまでです。
3. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 監督者の指示に従って，すべての解答用紙に受験番号を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合には，採点できないことがあります。
5. 「生物科学・生化学」，「有機化学」，「無機化学・分析化学」，「物理化学」の 4 科目から 2 科目を選択して解答してください。
6. 解答用紙は全部で 7 枚あります。1 問につき 1 枚の解答用紙を使用してください。「生物科学・生化学」は 2 枚，「有機化学」は 2 枚，「無機化学・分析化学」は 5 枚，「物理化学」は 2 枚使用してください。必要に応じて裏面を使用しても構いません。どの科目に対する解答かわかるように，それぞれの解答用紙の「受験科目」欄に科目名（「生物科学・生化学」，「有機化学」，「無機化学・分析化学」，「物理化学」）を記入してください。  
白紙の場合でも 7 枚すべて提出してください。
7. 試験終了後，問題冊子及び草案用紙は持ち帰ってください。



# 生物科学·生化学

## 科目名：生物科学・生化学

### I. 生物科学分野の問題 1 ～ 6 に答えよ。

1. 以下に挙げた，真核生物の細胞を構成する (1) ～ (3) の細胞小器官の機能を，それぞれ説明せよ。

- (1) 核
- (2) 滑面小胞体
- (3) リソソーム

2. 細胞膜の特徴について、以下の用語をすべて用いて説明せよ。

(用語) 両親媒性，流動性，膜タンパク質

3. 真核生物の DNA が染色体として凝縮されるしくみについて説明せよ。

4. ダイニンとキネシンについて説明せよ。

5. 神経軸索末端からシナプス後細胞への情報伝達について説明せよ。

6. アドレナリンが筋細胞でグリコゲンの分解を促進する過程を説明せよ。

II. 生化学分野の問題 1 ～ 5 に答えなさい。

1. 次の文章を読み、下の (1) ～ (4) の設問に答えなさい。

DNA, RNA, a 多糖類, b タンパク質などの生体高分子は、より単純な分子の重合体である。DNA と RNA は、ともにヌクレオシド分子内にある五炭糖の水酸基がリン酸化された ア を構成単位としている。タンパク質は主に 20 種類よりなるアミノ酸が イ 結合によって高分子化したものである。

一方、脂質は類似の分子が重合したものではない。たとえば細胞膜の主要な構成成分であるリン脂質の一つであるレシチンは ウ の C-1 位と C-2 位の水酸基に、長鎖の飽和または不飽和 エ がエステル結合し、ウ の C-3 位の水酸基にリン酸化された オ が結合したものである。エ は c  $\beta$  酸化 によって分解される。

- (1) 文章中のア～オの中に最も適切と考えられる語句を入れなさい。
- (2) 下線部 a の多糖類の代表であるデンプンとセルロースの基本構造を示し、その生物学的役割の違いを述べなさい。
- (3) 下線部 b のタンパク質について次の a) ～ d) について答えなさい。
  - a) タンパク質の一次構造について説明しなさい。また、その構造を決定するための実験手順についても説明しなさい。
  - b) タンパク質の二次構造について説明しなさい。また、それらの構造はどのようにして維持されているのかも説明しなさい。
  - c) タンパク質の三次構造について説明しなさい。また、それらの構造はどのようにして維持されているのかも説明しなさい。
  - d) タンパク質の四次構造について説明しなさい。
- (4) 下線部 c の  $\beta$  酸化について説明しなさい。

2. 次に示す酵素反応について答えなさい。

反応式：  $2A \rightarrow B + C$  (A は基質, B, C は生成物)

速度定数：  $10^{-6} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$

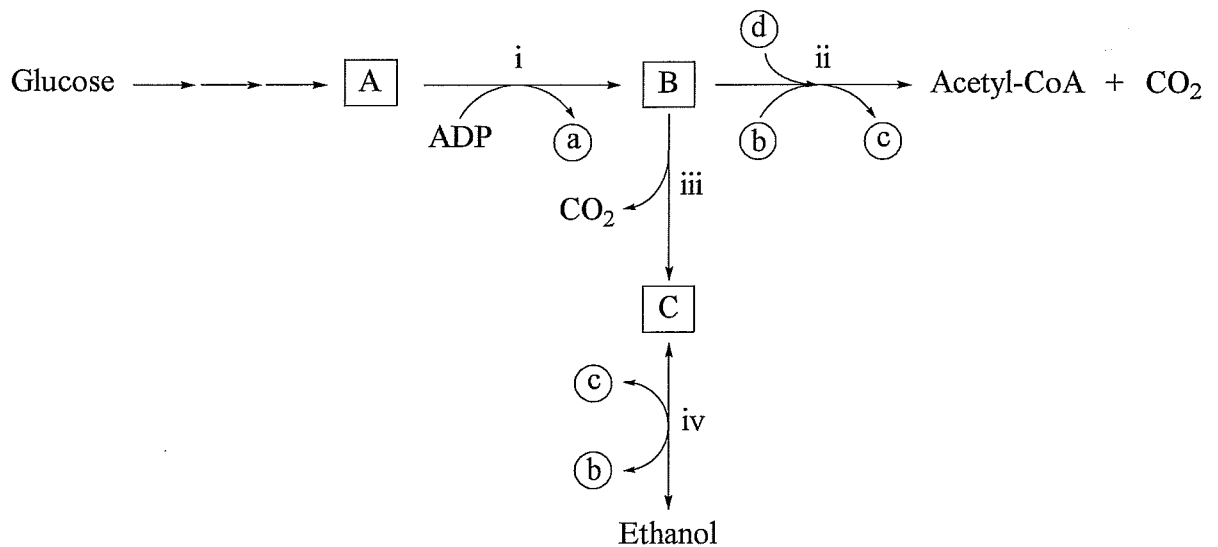
A の濃度が 10 mM のときの反応速度を求めなさい。

3. 下の図は、酵母のグルコース代謝経路の一部分を表したものである。これについて、次の (1) ~ (3) の設問に答えなさい。

(1) A, B, C をそれぞれ名称と構造式で示しなさい。

(2) a, b, c, d に当てはまる語句を入れなさい。

(3) 反応 i ~ iv のうち、ii と iii に共通する補酵素は何か。



4. 筋肉において ATP が枯渇したときに、アミノ酸が分解されて ATP を供給するシステムをグルコース-アラニン回路という。この回路を簡潔に説明しなさい。

5. クエン酸回路には大きな役割が 2 つある。それぞれを簡潔に説明しなさい。

# 有機化学

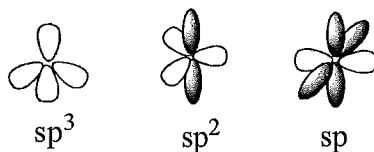
## 科目名：有機化学

### I. 以下の問題 1～4 に答えなさい。

1. *cis*-1,3-ジメチルシクロヘキサンについて、次の各問いに答えなさい。

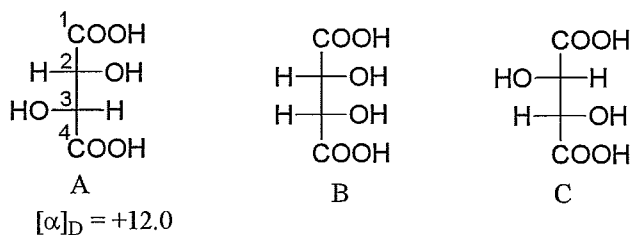
- (1) 最も安定ないす形配座を書きなさい。
- (2) 最も安定ないす形配座を、C 1, C 3 側から眺めた Newman 投影式で表しなさい。
- (3) 最も安定ないす形配座を環反転した時のいす形配座を書きなさい。
- (4) 環反転したときのいす形配座が不安定になる理由を説明しなさい。

2.  $sp^3$ ,  $sp^2$ , 及び  $sp$  炭素の混成軌道図を示した。これらを参考に、1) プロパン, 2) プロペン, および 3) プロピンの分子軌道図を書きなさい。



3. 酒石酸の立体異性体 A, B, C を Fischer 投影式で示した。次の各問いに答えなさい。

- (1) メソ化合物はどれか、記号で答えなさい。
- (2) A のエナンチオマーはどれか、記号で答えなさい。
- (3) A のジアステレオマーはどれか、記号で答えなさい。
- (4) A の比旋光度は  $+12.0$  を示した。B 及び C の比旋光度を求めなさい。
- (5) 酒石酸の IUPAC 名を書きなさい（絶対配置は考えないものとする）。
- (6) A の全ての不斉炭素の絶対配置を、位置番号とともに書きなさい。

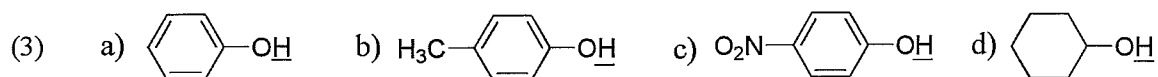
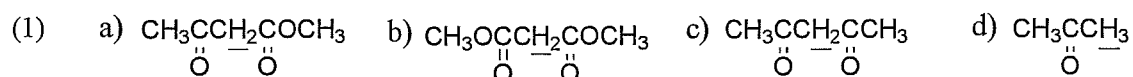


4. ハロアルカンの求核置換反応について、次の各問いに答えなさい。

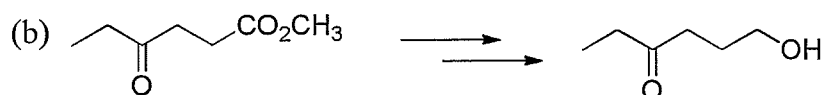
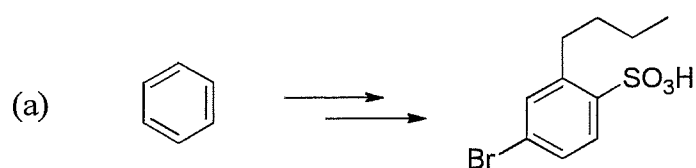
- (1)  $S_N1$ ,  $S_N2$  反応の反応機構の違いをポテンシャルエネルギー図（または反応エネルギー図）で説明しなさい。
- (2) ハロアルカンの種類（第一級，第二級，第三級）によって  $S_N1$ ,  $S_N2$  反応にどのように影響するのか，説明しなさい。
- (3) ハロアルカンについて，ハロゲンのついた炭素がキラルな場合， $S_N1$ ,  $S_N2$  反応によって生成物の立体化学はそれぞれどのように変化するのか，説明しなさい。

II. 以下の問題 1～4 に答えなさい。

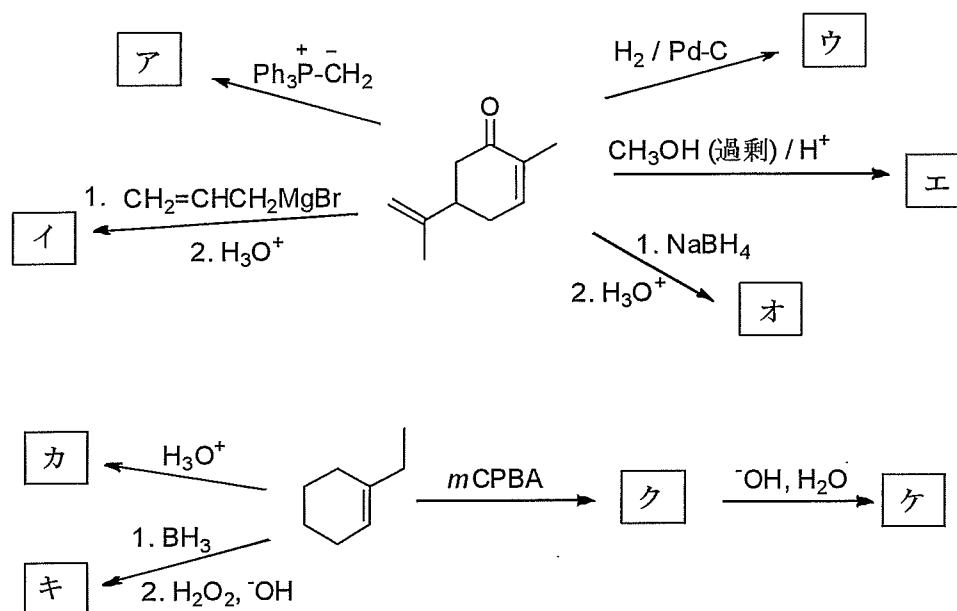
1. 次の (1)～(3) の各化合物 (a, b, c, d) について、下線部の水素の酸性度が高い化合物から順に不等号を用いて並べなさい。(例: a, b, c, d の順に酸性度が高い場合,  $a > b > c > d$ )



2. 次を示す (a) ベンゼンから 4-ブromo-2-ブチルベンゼンスルホン酸, および (b) 4-オキソヘキサン酸メチルから 4-オキソ-1-ヘキサノールの各合成法をそれぞれ書きなさい。いずれも反応は多段階を要する (各反応には反応条件も記すこと。o-, p-異性体は分離出来るものと仮定せよ)。



3. カルボン及び1-エチルシクロヘキセンに対して各反応を行ったときの主生成物（ア～ケ）の構造式を書きなさい（キ、ク、ケは立体化学も考慮すること）。



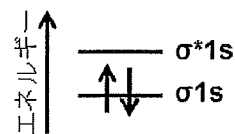
4. 酢酸エチルを  $\text{NaOCH}_2\text{CH}_3$  で処理後、塩酸酸性にすることでアセト酢酸エチルが生成する Claisen 縮合反応について、次の各問いに答えなさい。
- (1) 反応機構を電子対の動きを表す両羽の曲がった矢印（ $\curvearrowright$ ）を用いて、段階的に書き表しなさい。
  - (2) この反応で、 $\text{NaOCH}_2\text{CH}_3$  の代わりに  $\text{NaOCH}_3$  を用いるとどのような副生成物を与えることになるか、副生成物の構造式を書きなさい。

# 無機化学・分析化学

# 科目名：無機化学・分析化学

I. 以下の問題 1～6 に答えなさい。

1. 以下の分子①および②について，分子軌道のエネルギー準位図と基底状態における電子配置を水素分子の例（右図）にならってそれぞれ描きなさい。また，分子内の結合次数をそれぞれ求めなさい。



① 酸素分子    ② フッ素分子

2. 以下の物質①～④について，炭素－炭素結合の平均多重度をそれぞれ求めなさい。計算過程も記しなさい。また，炭素－炭素結合距離が長い化合物から順に番号を並べなさい。

① グラファイト    ② ダイヤモンド    ③ ベンゼン    ④ エチレン

3. 周期表の 15 族に属する窒素，リン，ヒ素，アンチモンの電子親和力は，それら元素と同じ周期に属する 14 族元素の電子親和力よりも小さい。その理由を，「p 軌道の電子」に着目して説明しなさい。
4. 以下のオキシ酸①～④に含まれる塩素原子の酸化数をそれぞれ求めなさい。また，この中でもっとも強いブレンステッド酸としてふるまうオキシ酸の番号および化学式を，その根拠とともに記しなさい。

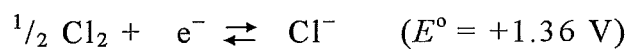
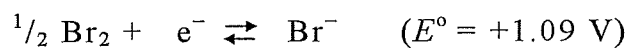
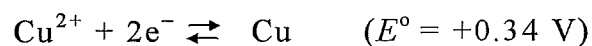
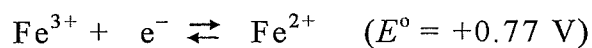
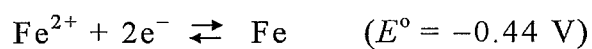
① 塩素酸    ② 過塩素酸    ③ 亜塩素酸    ④ 次亜塩素酸

5. 以下の分子①，②およびイオン③の立体構造をそれぞれ描きなさい。また，構造に影響を及ぼす孤立電子対が存在する場合には，それがわかるように記しなさい。

① 五塩化リン    ② 五フッ化ヨウ素    ③ 亜硫酸イオン

6. 次の操作 (1) ~ (3) を行った場合に起こる反応を、以下の標準酸化還元電位 ( $E^\circ$ ) を参考にして予測し、化学反応式でそれぞれ記しなさい。ただし、反応しない場合には「反応しない」と記すこと。また、水溶液中の溶存酸素による影響は無視できるものとする。

- (1) 鉄(II)イオンを含む水溶液に金属スズを入れた。
- (2) 硫酸銅(II)水溶液に金属鉄を入れた。
- (3) 臭化物イオンを含む溶液に塩素ガスを吹き込んだ。



II. 以下の問題 1 ～ 4 に答えなさい。

1. ペンタアンミンクロリドコバルト(III)塩化物について、以下の各問いに答えなさい。

(1) この錯体の化学式を記しなさい。また、この錯体の中心金属イオンの電子配置を、例にならって記しなさい。

例) マグネシウムイオンの電子配置： $1s^2 2s^2 2p^6$

(2) この錯体を水に溶かすと液は赤紫色を呈するが、この水溶液を長時間放置しておくと赤色に変化する。下線部の反応をイオン反応式で示しなさい。

(3) この錯体の酸性水溶液と、ヘキサアクアクロム(II)イオンを含む水溶液とを窒素気流下で反応させた。この反応で生成すると考えられるクロム錯イオンを、イオン式で記しなさい。

2. 正八面体型錯体について、高スピン型、低スピン型の区別が可能となるのは、中心金属イオンの 3d 電子数がいくつからいくつの場合であるか、3d 軌道と配置電子の模式図を描いて説明しなさい。

3. ビス(エタン-1,2-ジアミン)銅(II)硫酸塩を水に溶かした。この水溶液中に存在すると考えられるすべての錯イオンをイオン式で記しなさい。配位子の表記には略号を使用してもよい。ただし、錯体はすべて四配位型として存在し、錯体中のエタン-1,2-ジアミンはキレートを形成しているものとする。

4. コバルト(0)を含む金属カルボニル錯体は、単核の錯体よりも二核の錯体の方が安定に存在する。その理由と、この二核錯体の化学式を記しなさい。

Ⅲ．以下の語句またはことがら 1 ～ 3 について，それぞれ説明しなさい。

1．HSAB 則

2．測定値の誤差とその要因

3．測定値の「正確さ」と「精度」の違い

Ⅳ．以下の水溶液 1 および 2 の pH を有効数字 3 桁で求めなさい。  
ただし，水のイオン積は  $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol dm}^{-6}$  とし，計算過程も示しなさい。

1． $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  塩酸水溶液が  $10^7$  倍に希釈された水溶液

2． $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  酢酸ナトリウム水溶液

ただし，加水分解によって生成する酢酸の量のごくわずかで，酢酸イオンの濃度変化は無視できるものとする。また，酢酸の酸解離定数は  $pK_a = 4.73$  とする。

V. 25 °C において,  $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  リン酸緩衝溶液 ( $\text{pH} = 7.00$ ) を 500 mL 調製したい。このとき, 以下の問い 1 ~ 4 に答えなさい。ただし, 計算結果は有効数字 3 桁で示し, 単位が必要な場合には明記しなさい。また, 計算過程も示しなさい。

1.  $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  のリン酸二水素ナトリウム水溶液を 500 mL 調製するためには,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  が計算上何 g 必要か答えなさい。ただし,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  の式量は 156.01 とする。
2. リン酸二水素イオン ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) の解離平衡式を示し, その酸解離定数  $K_2$  と各物質のモル濃度との関係式を示しなさい。
3. 2. の関係式を用いて,  $\text{pH} = 7.00$  における二種類のリン酸イオンの濃度比を求めなさい。ただし,  $\text{p}K_2 = 7.21$  とする。
4. 目的の緩衝溶液を調製するには,  $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  のリン酸二水素ナトリウム水溶液と,  $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$  のリン酸水素二ナトリウム水溶液を, それぞれ何 mL 混合すればよいか答えなさい。

# 物理化学

## 科目名：物理化学

I. 以下の問題 1～4 に答えよ。なお、問題 2～4 は計算過程を示し、答えには必ず単位を付け、アンダーラインを引くこと。

1. 以下の語句について簡単に説明せよ。

(1) 熱力学第二法則                      (2) トルードンの規則

2. 体重 18.0 g のスズメが地上 15.0 m の電線まで飛び上がるのに消費しなければならないグルコースの質量を計算せよ。なお、1.00 mol のグルコース(分子量 180.16)の燃焼(酸化)による 25°C のギブズエネルギーは  $-2828 \text{ kJ}$  である。また、重力加速度は  $9.81 \text{ m s}^{-2}$  とせよ。

3. 1 atm の断熱下、0°C の氷 50.0 g と沸騰した水 50.0 g を混合させた。平衡状態に達したときの温度を計算し、°C の単位で示せ。なお、 $\text{H}_2\text{O}$  の分子量は 18.0 である。ただし、0°C における氷の融解エンタルピーは  $6.01 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、この温度範囲における水のモル定圧熱容量は  $75.29 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  とせよ。

4. エンジンなどの内燃機関の排気ガスの中に酸化窒素が生成する反応を調べる実験で、容積一定の反応容器に窒素分圧が 0.100 bar、酸素分圧が 0.200 bar の混合気体を導入し、生成物である NO と平衡状態になるのを待った。その結果、800 K において平衡定数  $K = 3.4 \times 10^{-21}$  であることがわかった。生成した NO の平衡分圧を計算せよ。

Ⅱ. 以下の問題1～4に答えよ。なお、問題2～3は計算過程を示し、答えには必ず単位を付け、アンダーラインを引くこと。

1. 気体分子の根平均二乗速さについて説明せよ。
2. 水素分子の根平均二乗速さは酸素分子の何倍かを求めよ。
3. 塩素分子の衝突断面積は  $0.93 \text{ nm}^2$  である。温度  $60^\circ\text{C}$ 、圧力  $1.01 \times 10^3 \text{ Pa}$  の塩素ガス中の塩素分子の平均自由行程を求めよ。
4. 生体高分子と合成高分子の違いを、「単分散」「多分散」「不均一度指数」の 3 つの言葉を使って説明せよ。