

平成28年度編入学者・転入学者選抜学力検査
専門試験問題

生命・物質工学科

平成27年6月19日（金）午前10時00分～12時00分

注意事項

- (1) 物質化学、生物生命、生体材料に関する問題8問（A～H）のうち、
4問を選択解答すること。
- (2) 選択した問題の解答を、解答冊子中の各問題に対応する解答用紙（A～H）に記入すること。
- (3) 解答冊子1冊を提出すること（問題用紙は持ち帰ること）。
- (4) 面接試験は、午後2時40分から下記にて行う。

試験場 1号館2階203B室
集合場所 1号館2階204B室
集合時間 午後2時30分

平成28年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 A

以下の設問すべてについて解答すること。計算問題は導出過程も記し、有効数字2桁で解答すること。すべての化学種の活量係数は1.00とする。

問題1 以下の問いについて答えよ。

- (1) 0.020 mol L^{-1} の塩酸水溶液 50.0 mL と 0.10 mol L^{-1} の酢酸水溶液 50.0 mL を混合した溶液中の酢酸イオンの濃度を求めよ。ただし、酢酸の酸解離定数は 1.8×10^{-5} とする。
- (2) 0.040 mol L^{-1} の $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ と 0.40 mol L^{-1} の NH_3 を含む水溶液に、同体積の $2.0 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ の NaI 水溶液を混合したとき、 AgI は沈殿するかどうかを答えよ。ただし、 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ の生成定数および AgI の溶解度積はそれぞれ、 2.0×10^7 および 1.0×10^{-16} とする ($[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ は無視できると仮定する)。

問題2 以下の問いについて答えよ。

- (1) 濃度 0.10 mol L^{-1} の酸 HA 水溶液 100.0 mL と有機溶媒 20.0 mL を混合し、平衡に達するまで振とうしたところ、水相中の HA の物質量は $2.00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ であった。 HA の分配比 D を求めよ。また、 NaOH の添加により、水相の pH を7以上に調整したとき、 HA の分配比はどのように変化するかを理由とともに説明せよ。ただし、 HA の酸解離定数は 1.00×10^{-5} とする。
- (2) 物質 A と選択的に反応し、 600 nm に高いモル吸光係数をもつ錯体を生成する比色試薬 HR がある。試料溶液中の A を簡易的に定量するため以下の操作を行った。 10 mL メスフラスコ2本にそれぞれ、試料溶液を 5 mL 分取し、一方には $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ の A 標準溶液 1 mL を添加した。 HR 溶液の適量を加え、水で 10 mL に定容した。 600 nm でのそれぞれの吸光度は、 1 cm セルで 1.250 と 1.350 であった。試料溶液中の A の濃度を求めよ。 A と HR はそれぞれ 600 nm には吸収を持たず、単一の錯体のみを生成すると仮定する。

問題3 以下の事象について説明せよ。

- (1) 紫外・可視吸光光度法における等吸収点
- (2) 原子吸光分析における化学的干渉

平成28年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 B

以下の設問すべてに解答すること。

問題 1 次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。

1 mol のファン・デル・ワールスの状態方程式は以下のように書くことができる。この式について、以下の問いに答えよ。

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

(1) この式は、理想気体の状態方程式に幾つかの補正を加えることで得られる。その補正の内容を50字以内で説明せよ。

(2) この式は、温度が臨界温度(T_c)以下の場合、気体だけではなく液体の状態も表現される。この時の横軸を V 、縦軸を P とした曲線の概略図 (V - P 曲線) を書き、どの部分が液体に対応するかを示せ。

(3) 臨界温度(T_c)では、 V - P 曲線に水平な変曲点が生じることが示される。水平な変曲点では、以下の2つの条件を満たす。これより臨界温度(T_c)を a, b, R で表せ。

$$\frac{dP}{dV} = 0, \quad \frac{d^2P}{dV^2} = 0$$

問題 2 (1), (2)の問いに答えよ。

(1) 1 mol の理想気体が、体積 V_1 から V_2 に等温膨張した。この時、この理想気体の系が外界に対してなす仕事 w を求めよ。

(2) 定積モル熱容量 (C_v) と定圧モル熱容量 (C_p) は、以下のように定義される；

$$C_v = \frac{dU}{dT}, \quad C_p = \frac{dH}{dT} \quad (U: \text{内部エネルギー}, \quad H: \text{エンタルピー})$$

この時、理想気体を仮定すると C_v と C_p の間に以下の関係が成り立つことを示せ。

$$C_p = C_v + R$$

平成28年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 C

以下の設問すべてに解答すること。問題2と問題3は導出過程も記すこと。

問題1 以下のSI誘導単位をSI基本単位で表せ。

- (1) 「圧力」を表すPa (パスカル)
- (2) 「エネルギー」を表すJ (ジュール)
- (3) 「仕事率」を表すW (ワット)

問題2 ある成分Aを重量分率で x_F 含む溶液を、流量 F [kg/h]だけ蒸留塔に供給するとき、Aの重量分率が x_D である留出液として取り出したい。成分Aの留出側の回収率を α とするとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 成分Aの缶出液量 W [kg/h]と留出液量 D [kg/h]を F , x_F , x_D , α を使って表せ。
- (2) 缶出液中のA成分の濃度 x_W を x_F , x_D , α で表せ。

問題3 外径89.1 mm, 厚さ4.2 mmの円管Aと, 外径139.8 mm, 厚さ4.5 mmの円管Bがまっすぐ直列に接続されており, 円管A内を25°Cの水が流速0.15 m/sで流れている。水の密度 ρ を1000 kg/m³, 粘度 μ を1.0 mPa·sとするとき, 以下の問いに答えよ。

- (1) 円管B内における水の流速はいくらか。有効数字2桁で答えよ。
- (2) 円管B内の流れの状態は, 層流と乱流のどちらか。Reynolds数を求めて判定せよ。

平成28年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 D

以下の設問すべてに解答すること。

問題 1 次の文章を読み、(1)～(4)の問いについて答えよ。計算問題は導出過程も記すこと、ただし、根号はそのままよい。

原子量 M の金属が面心立方格子の結晶構造をとっている。

(1) 単位格子あたりの原子の個数を答えよ。

(2) 単位格子の一辺の長さを a (cm) としたとき、この金属の密度を求めよ。ただし、アボガドロ定数は N_A とする。

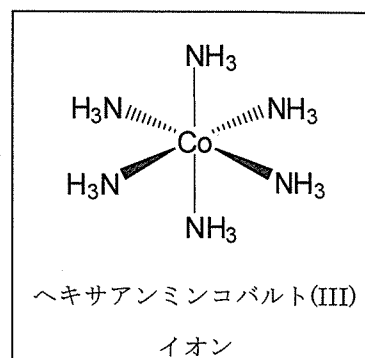
(3) この構造において、金属原子の半径を単位格子の一辺の長さ a (cm) を用いて表わせ。

(4) この構造における原子の空間充填率を、円周率 π を用いて表わせ。

問題 2 次の文章を読み、(1)～(3)の問いについて答えよ。

ヘキサアンミンコバルト(III)イオンは右図のように、六配位八面体型構造を取る(電荷は省略)。

同様に六配位八面体型構造を取る、以下の錯体の異性体を右図の構造にしたがって全て書け、電荷は省略してよい。



(1) テトラアンミンジクロロコバルト(III)イオン

(2) トリアンミントリクロロコバルト(III)

(3) トリス(グリシナト)コバルト(III), グリシナトはグリシン(H_2NCH_2COOH)から水素イオン(H^+)が解離した $H_2NCH_2COO^-$ である。

問題 3 3本の試験管にヘキサン, エタノール, クロロホルムがそれぞれ入っている。蒸留水を用いてこれらを見分ける方法を述べよ。

平成28年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 E

下の文を読み、設問全てに解答をすること。

緑色蛍光タンパク質 (w t G F P) は、(A) イクオリンと共に1960年台に下村脩博士によりオワンクラゲから単離精製された天然タンパク質であり、(B) 細胞内で生産されると同時に自発的に (C) 緑色蛍光 (503 nmと508 nmに蛍光発光) を発することが可能である。w t G F Pの立体構造を、リボンモデルにより図1に示す。w t G F Pは、11本の (D) β -シートからなる樽状 (バレル) 構造からなり、バレル構造の内側で65番目のセリン、66番目のチロシン、67番目のグリシンの間で縮環反応と酸化が起これば蛍光発色団が生成する (図2)。

w t G F Pのアミノ酸に変異を導入することにより、異なる蛍光色を発する変異体の構築も行われている。例えば (E) 66番目のチロシンをヒスチジンに変異を行うことで、青色蛍光を示す青色蛍光タンパク質 (B F P) の作成が可能である (447 nmに蛍光発光)。また、合計4つの変異 (65番目のセリンをグリシンに、68番目のバリンをロイシンに、72番目のセリンをアラニンに、203番目のトレオニンをチロシン) を同時にかけることで、黄色蛍光を示す黄色蛍光タンパク質 (Y F P) の作成も可能となる (527 nmに蛍光発光)。このような異なる蛍光発色を示す蛍光タンパク質は、近年の細胞生物学において必須のツールとして利用されており、現在においても様々な発色特性を示す蛍光タンパク質の開発は進められている。

(注) タンパク質のアミノ酸配列は、N末端側のアミノ酸から順番に番号を付けて表記される。「変異」とはタンパク質に含まれるアミノ酸を、他のアミノ酸に置き換える操作をいう。「変異体」とは、一部のアミノ酸に変異を導入した類縁のタンパク質のこと。

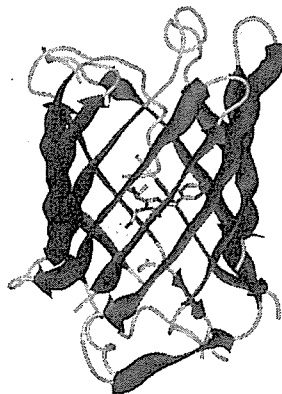


図1 w t G F Pのリボンモデルによる分子構造の表記

出典 [PDB code 1GFL in RCSB: *Nat. Biotechnol.* 14, 1246-1251 (1996)] より作図。

(黒色の太矢印が β -シート構造を示す。)

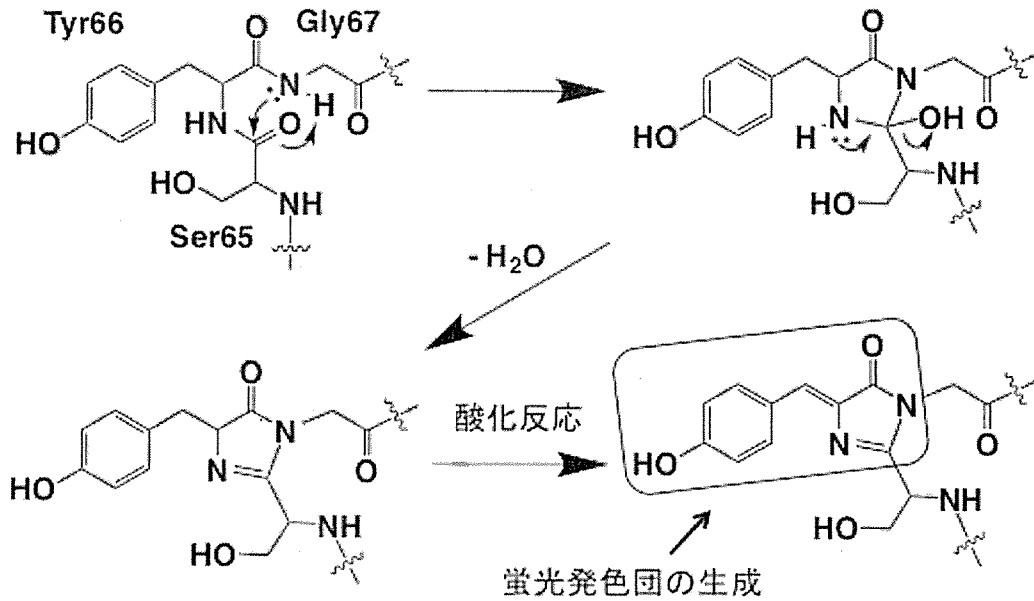
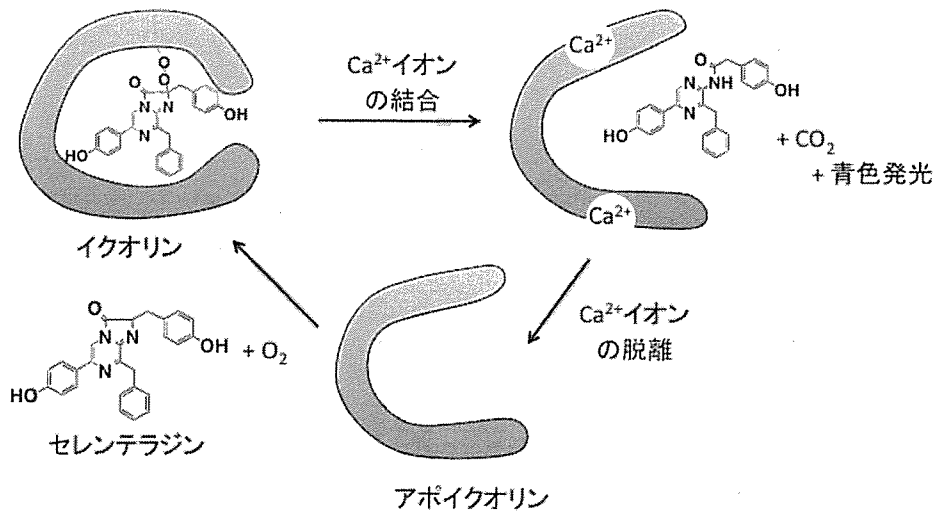


図2 wt GFP骨格内で起こる蛍光発色団の生成
 [65番目のセリン (Ser65)、66番目のチロシン (Tyr66)、
 67番目のグリシン (Gly67) の間で縮環反応と酸化が起こる。]

問題 1 下線(A)にあるイクオリンは、 Ca^{2+} イオンと結合することでタンパク質構造が変化し、セレンテラジンとの酸素架橋構造が変化することで青色発光する (下スキームの左上から右上)。このイクオリンの発光メカニズムにおいて、セレンテラジンと呼ばれる有機化合物が予めイクオリンに結合すること (下スキームの中下から左上) が機能発現において必須となるが、このような分子をアポタンパク質 (アポイクオリン) に対して何と呼ばれるか答えよ。



問題 2 下線 (B) に関連し、リボソームにおけるタンパク質生産を以下のキーワードを用いて 150 文字以内で説明せよ (図などを作成してもよい)。

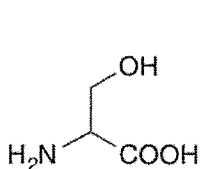
キーワード：m-RNA、リボソーム、コドン、t-RNA

問題 3 下線 (C) に関連し、「蛍光」という発光現象に関して、以下のキーワードを用いて 150 文字以内で説明せよ (図などを作成してもよい)。

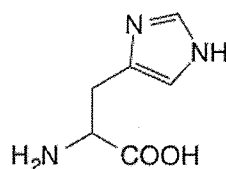
キーワード：光励起、励起状態、基底状態

問題 4 下線 (D) にある「 β -シート」とは、タンパク質の何次構造にあたるか答えよ。

問題 5 下線 (E) に関して、66 番目のチロシンをヒスチジンに変更することで形成される蛍光発色団の分子構造を、図 2 を参考に考え、その構造を記せ。セリン、ヒスチジン、グリシンの各アミノ酸の分子構造は、下図を参考にせよ。



セリン



ヒスチジン



グリシン

問題 6 様々なタンパク質変異体の分析において、分子量を調べることは重要である。タンパク質の分子量を分析する方法に関して 2 つ挙げ、それぞれを 150 字以内で説明せよ。

問題 7 タンパク質に対して、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) の高濃度水溶液を添加した場合、一般にタンパク質は変性してしまう。その理由を、150 字以内で説明せよ。

平成28年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

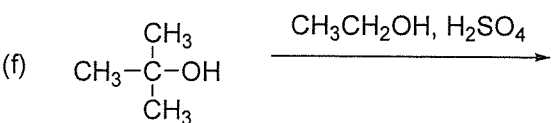
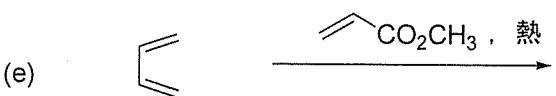
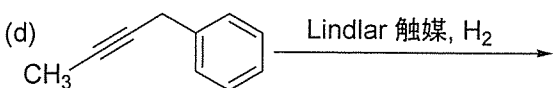
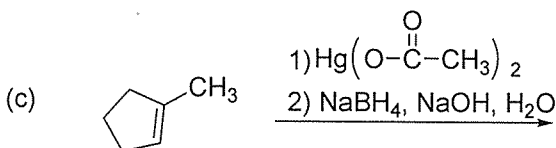
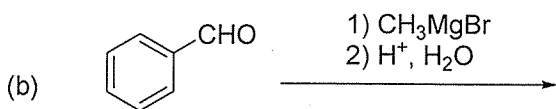
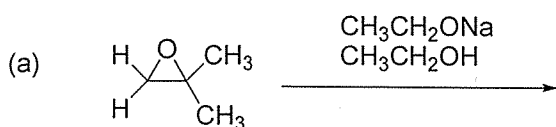
問題 F

以下の設問すべてに解答すること。

問題 1 以下の化合物の構造式を記せ。

- 1) 2,4-ジメチル-3-ペンテン-2-オール
- 2) cis-1-エトキシ-2-メチルシクロヘキサン
- 3) trans-1,2-ジエチニルシクロオクタン
- 4) 3-シクロヘキセン-1-オール

問題 2 以下の反応の主生成物の構造式を示せ。



平成28年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 G

以下の設問すべてに解答すること。

問題 1 次の文章を読み、設問すべてについて解答すること。

同じモノマーから合成した高分子においても一次構造の違いが、高分子の高次構造や物性に大きく影響を及ぼす。次の(1)~(3)の問いに答えよ。

(1) アタクチックポリプロピレンとイソタクチックポリプロピレンのうち結晶化するのはどちらの立体規則性のポリプロピレンであるか選択せよ。また結晶化できうる理由を分子鎖のコンホメーションをキーワードに説明せよ。

(2) アタクチックポリメタクリル酸メチルとイソタクチックポリメタクリル酸メチルの高分子材料としての物性の違いについて一つ例を挙げて説明せよ。

(3) 高分子の立体規則性を評価するための適切な分析方法の名称を記せ。

問題 2 次の文章を読み、設問すべてについて解答すること。

ポリビニルアルコール (PVA) は結晶性高分子であり、ポリ酢酸ビニル (PVAc) は非晶性高分子である。ある合成方法で得た PVA と PVAc から構成される共重合体 (試料 X、Y、Z の三種類) について次の(1)~(4)の問いに答えよ。計算問題は計算途中 (過程) も記載すること。高分子末端の構造は考慮しなくてよい。必要であれば原子量として次の値を用いよ。

H : 1.0、C : 12、O : 16

(1) 試料 X のポリ酢酸ビニル中のメチル基の全水素原子数と試料 X の全水素原子数の比が 1 : 6 であった。試料 X の構成モノマー単位の成分比 $f_{PVAc} : f_{PVA}$ (mol%) を求めよ。

(2) 試料 Y および試料 Z の構成モノマー単位の成分比は下表のとおりである。一連の共重合体試料と PVA 単体における結晶の融点 (T_m) を調べた結果、下表のとおりであった。この結果から、これら一連の共重合体におけるモノマー単位の連鎖状態を推察せよ。

(3) 試料 Z について PVA の重量分率 (wt%) を求めよ。

(4) 試料 Z を熱分析により融解熱を測定したところ、試料全体の重量を基準に 26 J/g と求めた。PVA の完全結晶融解熱が 53 J/g であることを利用し、試料 Z 中の PVA の何 wt% が結晶化していたか計算せよ。

	酢酸ビニル単位 (mol%)	ビニルアルコール単位 (mol%)	T_m (°C)
試料 X	f_{PVAc}	f_{PVA}	223
試料 Y	15	85	225
試料 Z	30	70	224
PVA	-	100	225

[データ出典: "Melting point and heat of fusion of poly(vinyl alcohol)" R. K. Tubbs, *Journal of Polymer Science: Part A*, 3, 4181-4189 (1965) および "基礎高分子科学" 高分子学会編 東京化学同人 (2006). 出典より一部改編]

— 専門試験 —

(生命・物質工学科)

問題 H

以下の設問すべてについて解答すること。

問題 1 次の文章を読み、設問すべてについて解答すること。

ポリ \square ア \square やポリアミドは、ビニル重合で得られるポリマーと異なり、主鎖にヘテロ元素を含むことが特徴である。 \square イ \square ジメチルとエチレングリコールを酸触媒によって反応させるとポリエチレンテレフタレートが得られる。この反応は、 \square ア \square 交換反応であり、生成物(ポリマー)側に平衡をずらすためには、副生する \square ウ \square を反応系から除く操作が必要である。 \square エ \square とヘキサメチレンジアミンの反応では、ポリアミドの一種であるナイロン6,6が得られる。この場合は、①平衡は生成物側に著しく偏っており、モノマーに戻る逆反応は実際上起こらない。しかし、②ポリマーの分子量を大きくするためには、モノマーを \square オ \square の条件で仕込む必要がある。両端にカルボン酸とアミンを有するモノマーの重合では、官能基の \square オ \square 性が保証されるが、③分子内環化が起こる可能性がある。 α -アミノ酸の重合においても、2分子からの環状化合物が得られやすい。 α -アミノ酸から効率よくポリマーを得るためには、④ α -アミノ酸とホスゲンから NCA と呼ばれる環状化合物を合成し、得られる NCA の重合を行う方法が用いられる。

(1) 空欄 \square ア \square から \square オ \square に当てはまる語句を書け。

(2) 下線①について、カルボニル基の反応性に基づいて理由を述べよ。

(3) 下線②について、カルボン酸とアミンを反応させて得られるナイロン塩を出発物質として加熱重合させる方法が知られている。 \square エ \square とヘキサメチレンジアミンから得られるナイロン塩の構造式を書け。

(4) 下線③について、5-アミノペンタン酸の分子内環化で得られると考えられる生成物の構造式を書け。

(5) 下線④について、L-アラニン (S体) から得られる NCA の構造式を書け。

問題 2 次の文章を読み、設問すべてについて解答すること。

高分子反応は、直接モノマーが入手できない場合などに有効である。アゾビスイソブチロニトリル(AIBN)を開始剤として酢酸ビニルの \square ア \square 重合を行った後、精製したポリマーをメタノール中で水酸化ナトリウムと反応させることにより、側鎖の \square イ \square 基がヒドロキシ基に変換されたポリビニルアルコールが得られる。ポリビニルアルコールは、ヒドロキシ基の \square ウ \square によって結晶性を示す。⑤ヒドロキシ基の一部をホルムアルデヒドでアセタール化し、水に不溶の繊維としたものが日本で開発された「ビニロン」である。

(1) 空欄 \square ア \square から \square ウ \square に当てはまる語句を書け。

(2) 下線⑤について、生成すると考えられるアセタール部分の構造式を書け。