

平成27年度

大学院生命科学院修士（博士前期）課程入学試験

専門科目問題

生命融合科学コース

受験に関する注意

- 1) 試験時間 13:30～15:00
- 2) 以下 10つの科目から、3科目選択して解答すること。
 1. 生化学
 2. 分子生物学
 3. 細胞生物学
 4. 構造生物学
 5. 有機化学Ⅰ
 6. 有機化学Ⅱ
 7. 物理化学
 8. 物理学Ⅰ
 9. 物理学Ⅱ
 10. 数学
- 3) 解答は、「解答用紙」と記載された用紙3枚へ、それぞれの科目について、1枚の解答用紙に記入すること。（草案用紙には記入しないこと）
- 4) 解答用紙の3枚には、選択した科目をそれぞれ○で囲み、受験番号のみを必ず記入すること。（氏名の記載はしないこと）
- 5) 解答が解答用紙の表に書ききれない場合は、同じ解答用紙の裏面に記入してもよい。ただしその場合は、裏面に記入があることを明記すること。

「生化学」

問. (1) から (5) の問いに答えよ.

(1) 分子間の非共有結合について以下の問いに答えよ.

(a) 生体分子間に働く 4 つの重要な非共有結合を挙げよ.

(b) これらの非共有結合は共有結合に比べて弱いですが、生体内では非常に重要である。なぜ重要なのかを 100 字以内で説明せよ.

(2) アミノ酸について以下の問いに答えよ.

(a) 酸性アミノ酸, 塩基性アミノ酸, 無電荷で極性のあるアミノ酸, 無極性のアミノ酸を一つずつえらび, それぞれの名前, 3 文字表記, 1 文字表記を示せ.

(b) 側鎖を使って共有結合を形成できるアミノ酸がある。そのアミノ酸の名前と, 形成される共有結合の名前を記せ.

(3) $A \rightarrow B$ の化学反応が生体内で起こる場合について, 以下の問いに答えよ.

(a) この化学反応の自由エネルギー変化 (ΔG) を, ΔG^0 (この反応の標準自由エネルギー変化), R (気体定数), T (反応温度), $[A]$ (A の濃度), $[B]$ (B の濃度) を使って表せ.

(b) この反応が平衡状態に達した時の $[A]$, $[B]$ の量比を, ΔG , ΔG^0 , R , T をもちいて表せ.

(c) この反応の活性化エネルギーを $1/100$ に減らす酵素を反応系に加えた場合, 平衡時の $[A]$, $[B]$ の量比はどのように変化するか考察せよ.

(d) 生体内では, 自由エネルギー的に不利な反応 (B の自由エネルギーが A の自由エネルギーよりも高い反応) も起こす必要がある。これを可能とするために生体が用いる戦略を 2 つ答えよ.

(4) 熱力学第二法則によると, 秩序が減少する方向に反応は進行する。一方で, 生体は秩序だった構造を維持しており, これは熱力学第二法則に反することになる。なぜ生体はこのようなことが可能なのかを 200 字以内で説明せよ.

(5) 細胞膜の主な構成成分の名前をかけ。また, この分子がどのようにして細胞膜を形成しているのかを 100 字以内で説明せよ.

「分子生物学」

(問題は2ページにわたっているので注意すること)

問1. 真核細胞の染色体について述べた次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

真核生物の染色体を構成する DNA には、タンパク質をコードする遺伝子以外に多数の (ア)、1 個の (イ)、2 個の (ウ) が備わっており、これらの働きで染色体の効率の良い複製と娘細胞への確実な受け渡しが行われる。染色体は DNA とそれに結合する様々なタンパク質や RNA からできており、この複合体を (エ) という。(エ) のタンパク質で最も多いのは、a ヒストン でこれに DNA が巻きつき、DNA-タンパク質の粒子が並んだ (オ) とよばれる構造体をつくる。(オ) はさらに高度におりたたまれて (エ) を形成し核内に存在するが、その凝縮度は均一ではなく、低い領域と高い領域が存在する。このうち、b 凝縮度の高い領域 は (カ) と呼ばれる。

- (1) 文章の (ア) ~ (カ) にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部 a ヒストンについて、生物間での進化的特徴を簡潔に説明せよ。
- (3) 下線部 b 凝縮度の高い領域の遺伝子発現に関連する役割について簡潔に説明せよ。

問2. 遺伝子の発現制御について述べた次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

a mRNA 合成開始後のタンパク質の合成量調節で最も一般的なのは、翻訳開始段階の調節である。細菌の mRNA には、翻訳開始を指示する (ア) の数塩基上流に、(イ) 配列が存在する。この (イ) 配列はリボソームの (ウ) サブユニットの RNA と塩基対を形成し、(ア) をリボソーム内の正しい位置に配置する。翻訳を効率よく開始するには、この相互作用が必要なので、この配列が翻訳調節に適した標的となる。すなわち、b この配列を隠せば翻訳は阻害され、露出させれば促進される。

真核生物の mRNA の 5' 末端には (エ) 構造があり、この構造が翻訳開始を指示する最初の (ア) へとリボソームを誘導する。そのため、これを阻害する機構として、mRNA の上のタンパク質をコードしていない領域である (オ) 領域にある特異的配列が制御配列として働く例が知られている。

(1) 文章の (ア) ~ (オ) にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2) 下線部 a の合成量調節に関連して、細菌に見られるプリン生合成遺伝子を制御するリボスイッチについて 200 字以内で説明せよ。

(3) 下線部 b の制御機構について、例を 2 つ挙げ、その制御の仕組みをそれぞれについて簡潔に説明せよ。

「細胞生物学」

(問題は2ページにわたっているので注意すること)

問. 下記の文章を読み, (1) ~ (6) の答えを解答用紙に記入せよ.

多細胞生物はその構造を維持するために, a 細胞の内外でタンパク質からなる繊維を利用している. 細胞骨格は細胞質を網目状に組織化しており, 繊維の直径が約 7 nm の (ア), 約 25 nm の (イ), それらの間にある (ウ) とその太さから 3 種類に大別されている. これらの繊維は物理的な性質も異なっている. (エ) は比較的丈夫なロープ状の構造で曲げやすいが切れにくく, 極性がない. (オ) は丈夫で固い中空の構造を持つ. (カ) はこれら 3 種類のなかで最も切れやすい. また, サブユニットの特徴を見ると, (キ) のサブユニットは $\alpha\beta$ の二量体で GTP が結合しており, (ク) ではサブユニットに ATP が結合している. いずれも結合しているヌクレオシド三リン酸を加水分解することで b 繊維は動的なふるまいを示す. また, 微小管が動物細胞の有糸分裂にも大きく関与していることから c がん治療にも微小管を標的とした薬剤が用いられている. 微小管とアクチンフィラメントは進化的に高度に保存されてきたが, 中間径フィラメントは d 組織特異的なものがあることが知られている. 細胞骨格は多様な役割を持つが, その一つに機械的強度の保持がある. 特に上皮細胞では e 隣接する細胞間及び基底膜との結合に関与することで上皮組織が強いシート上の構造を維持していることが知られている.

(1) 文章中の (ア) ~ (ク) に当てはまる適切な語句を, 下記の語群から 選び記号で記せ. ただし同じ記号を複数回用いてもよい.

[語群]

A. 微小管, B. 中間径フィラメント, C. アクチンフィラメント

(2) 下線部 a について, 細胞外の繊維を構成する細胞外マトリクスタンパク質を 3 種類あげよ.

(3) 下線部 b について、微小管が示すふるまいは動的不安定といわれ、微小管が急激な伸長と短縮を繰り返す現象である。この現象の機序を、下記の語群を使用して 200 字以内で説明せよ。

[語群]

重合、加水分解、GTP チューブリン、GTP キャップ、GDP チューブリン、脱重合

(4) 下線部 c について、薬剤の名称を一つあげ、その作用機序を簡単に説明せよ。

(5) 下線部 d に関して、上皮組織、神経組織、筋組織の細胞で主に見られる中間径フィラメントを下記の語群から選び、それぞれ 1 種類を記せ。

[語群]

ケラチン、デスミン、ラミン、ビメンチン、ニューロフィラメント

(6) 下線部 e について、細胞間結合様式と細胞基底膜間結合様式の名前をそれぞれ一つずつあげ、それらの構造の概略を図示して関連するタンパク質を記せ。

「構造生物学」

問. タンパク質の構造と機能について以下の文章を読み、問(1)～(3)に答えよ。

いろいろなタンパク分子の三次元構造を比べてみると、2種類の共通した折りたたみパターン(二次構造)がしばしば見られる。どちらのパターンも50年以上前の研究で発見された。第1のパターン、 α ヘリックスは皮膚やそれから派生した組織である [い] などに大量に存在するタンパク質 [ろ] で見つかった。 α ヘリックスが報告されたその年に、 β シートと呼ばれる第2の折りたたみ構造が [は] の主成分であるタンパク質 [に] で発見された。これら2つの折り畳みパターンがタンパク質に広く存在しているのは、これらの構造がポリペプチド主鎖内の [ほ] 基と [へ] 基とを結ぶ [と] 結合によって作られるからである。

筋収縮にかかわるミオシンなど細長いタンパク質では長い α ヘリックスが棒状のより合わせたコイル構造となっていることがある。一方、細胞では、短い α ヘリックス領域が、輸送タンパク質や受容体のような [ち] に特に多い。[ち] が脂質二重層を貫通する部分は、[り] 側鎖をもつアミノ酸がほとんどで、 α ヘリックスになっている。親水性であるポリペプチド主鎖は、 α ヘリックス内で [と] 結合をつくって外側には [り] 側鎖を突き出し、膜内の疎水性脂質でできた環境に直接ふれないようにしている。

β シートは並列するポリペプチド鎖の間で [と] 結合が形成されている構造でさらに2種類に分類される。並列するポリペプチド鎖のN末端からC末端の方向がそろっている場合と反対向きの場合をそれぞれ [ぬ], [る] と呼ぶ。[は] タンパク質のアミノ酸配列から形成される β シート構造はこれらのうち [る] で、高強度機能を与えている。またある昆虫では寒さで凍結するのを防ぐ凍結防止タンパクとしてはたらいっている。

(1) 文章中の [い] ～ [る] に当てはまる適切な語句を答えよ。

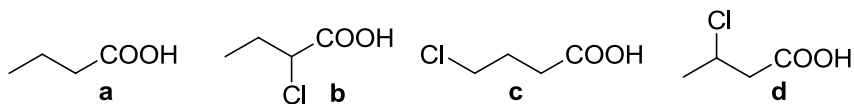
(2) タンパク質立体構造の研究方法としてX線(A)と磁石(B)を使う方法がある。(A)、(B)それぞれについて、計測法の名称、研究方法の特徴について図を用い、200字以内で簡潔に説明せよ。

(3) 輸送タンパク質(下線)の高分解能の三次構造解析が進んでいるものに、バクテリアオロドプシンがある。この輸送タンパク質の構造上の特徴と機能について、図を用い、200字以内で簡潔に説明せよ。

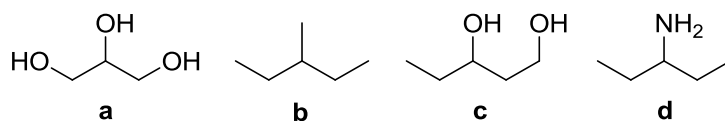
「有機化学 I」

以下の問いに答えよ。

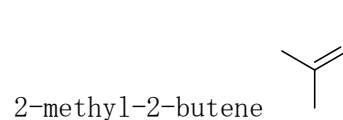
問 1. 次のカルボン酸 a~d を，酸性度が高い順に不等号を用いて並べよ。



問 2. 次の化合物 a~d を，沸点の高い順に不等号を用いて並べよ。



問 3. 2-methyl-2-butene に次の酸化反応 a~d を行った。それぞれの生成物の構造式を示せ（生成物は一つとは限らない）。



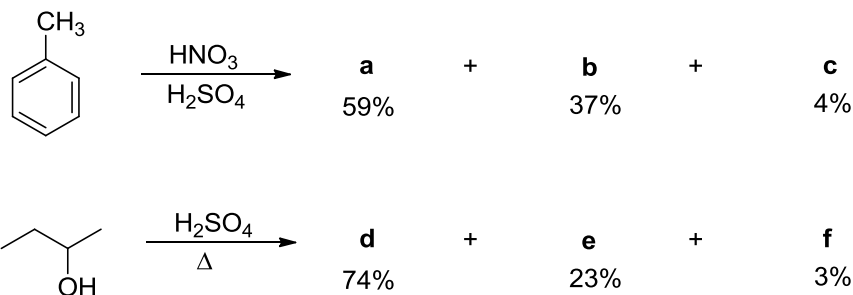
a KMnO_4 , 低温 b KMnO_4 , HO^- , Δ c O_3 , Zn or SMe_2 d PhCOOH

問 4. 次の表はカルボニル化合物に対する還元試薬の反応性を示している。a~i にそれぞれ生成物の構造式を記入せよ。反応が起こらない場合は，NR と記せ。

reagents reactants	NaBH_4	LiAlH_4	$\text{H}_2/\text{Pd-C}$
Ar-COCH_3	a	d	g
R-COOCH_3	b	e	h
$\text{R-CON}(\text{CH}_3)_2$	c	f	i

問 5. AlCl_3 を触媒として用いる芳香族求電子置換反応について，具体的な反応例を示し，説明せよ。

問 6. 次の反応による生成物を推定し，a~f の構造式を示せ。



「有機化学 II」

問 1. 糖に関する以下の問いに答えよ.

(1) D-グルコースのメタノール懸濁液に触媒量の塩化水素を吹き込み, 室温で 1 日放置したところ 2 種の生成物が主生成物と副生成物として生じた. この反応の反応機構を示し, 主生成物を命名せよ.

(2) 問題 (1) で生じた 2 種の生成物を識別可能な分析法を示し, その分析法で識別できる理由を含めて 200 字以内で述べよ.

問 2. L-アミノ酸と D-アミノ酸を識別可能な分析法を示し, その分析法で識別できる理由を 200 字以内で述べよ.

問 3. 炭素数が同じ鎖状脂肪酸の場合, 生物由来の不飽和脂肪酸は飽和脂肪酸よりも融点が低い. その理由を 200 字以内で述べよ.

「物理化学」

問1. グルコースからエタノールと二酸化炭素が生成する以下の発酵の反応が, 25°C, 1bar において自発的であるかを以下の手順で判定する. (1) ~ (3) に答えよ. その際, 必要に応じて下表のグルコース, エタノール, 二酸化炭素の標準モルエントロピーと標準生成エンタルピーのデータを用いよ.



	C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	C ₂ H ₅ OH(l)	CO ₂ (g)
S_{m}° (J K ⁻¹ mol ⁻¹)	212.1	160.7	213.74
$\Delta_{\text{f}}H^{\circ}$ (kJ K ⁻¹ mol ⁻¹)	-1273.3	-277.69	-393.51

- (1) 反応原料であるグルコースを系の始状態, 生成物であるエタノールと二酸化炭素を系の終状態と考えて, 反応における系のエントロピー変化を求めよ.
- (2) 反応における外界のエントロピー変化を求めよ.
- (3) 全エントロピー変化(系と外界を合わせた全体のエントロピー変化)を求めて, この反応が自発的であるかどうかを判定せよ. ただし, 熱力学第二法則によれば, 「自発的变化において全エントロピーは増大する」.

問2. 状態方程式 $p = \frac{nRT}{V - nb} - a \frac{n^2}{V^2}$ に従うファンデルワールス気体 n モルを, 体積 V_1 から体積 V_2 まで等温で膨張させた. その時の内部エネルギー変化 ΔU を以下の手順で導け. ただし, n, p, T, V, R, U はそれぞれ, 物質量, 圧力, 絶対温度, 体積, 気体定数, 内部エネルギーを, a, b はファンデルワールス係数を表す.

- (1) ヘルムホルツエネルギーの定義 $A = U - TS$ を出発点として, 熱力学第一法則と第二法則の結合により, ヘルムホルツエネルギーの無限小変化 dA を体積の無限小変化 dV と温度の無限小変化 dT で表す式を導け.
- (2) ヘルムホルツエネルギー A が状態関数であり dA が完全微分であることから, (1) で求めた式中の dV と dT の係数が満足しなければならない関係式(マクスウェルの関係式の一つ)を示せ.
- (3) 熱力学的状態方程式,

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V - p$$

を導け. その時, (2) で得られた関係式を用いよ.

- (4) ファンデルワールス気体が等温で V_1 から V_2 まで膨張する時の ΔU を求めよ.

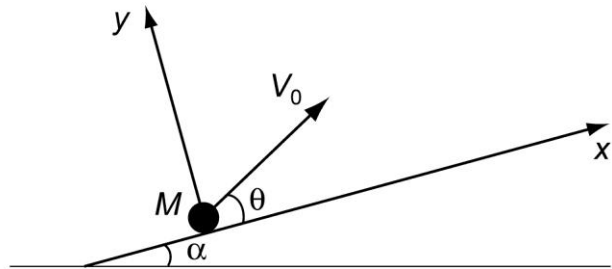
「物理学 I」

以下の文章を読んで問いに答えよ。単位も記すこと。

問 1. 質量 m (kg), 長さ $2L$ (m) の細い棒の慣性モーメントを以下のそれぞれの場合について求めよ。ただし, 棒の質量は一様とする。

- (1) 回転軸が棒の両端の midpoint を通り, 棒に垂直である場合.
- (2) 回転軸が棒の一端を通り, 棒に垂直である場合.

問 2. 傾き α (rad) の斜面上に質量 M (kg) の物体を置き, 斜面上向きに斜面から θ (rad) の角度で物体を射出する。斜面上向きに沿った方向を x 軸, 斜面に垂直上向き方向を y 軸と定める。初速度を V_0 (m/s), 重力加速度の大きさを g (m/s²) とする。以下の問いに答えよ。



- (1) この物体の運動方程式を微分方程式の形で記せ.
- (2) (1) の運動方程式を解き, 物体が斜面に落下するまでの時間 t_1 を求めよ.
- (3) 射出位置から落下地点までの距離 L を求めよ.
- (4) 物体をできるだけ遠くまで到達させるための角度 θ_1 を求めよ.

「物理学 II」

問. 真空中で, 密度 $+\lambda$ (C/m²)で電荷が, 平面状に分布している. その平面から L (m)の距離に点電荷 $+q$ (C)がある. 平面は十分に広く, また, 真空の誘電率を ϵ_0 (C²/m²N)として以下の問いに答えよ.

- (1) 点電荷を中心とした半径 r (m)の球面を考える. ただし $L > r$ であるものとする. 点電荷と球面上の点 P を結ぶ線と, 点電荷から平面へ引いた垂線がなす角度を θ (rad) とする. このとき点 P での電場の大きさを求めよ.
- (2) 電場の大きさが最大になる点 P の位置を求めよ. また, その時の電場の大きさを記せ.
- (3) 電場の大きさが最小になる点 P の位置を求めよ. また, その時の電場の大きさを記せ.

「数学」

問1と問2のどちらか一方だけを選択して解答せよ。

問1. 周期2の周期関数 $f(x) = \begin{cases} 0 & (-1 < x < -0.5, 0.5 < x \leq 1) \\ 1 & (-0.5 \leq x \leq 0.5) \end{cases}$

のフーリエ級数展開は, $F(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\pi x + b_n \sin n\pi x)$ とかける. 以下の設問に答えよ.

- (1) $f(x)$ のグラフを描け.
- (2) a_0 を求めよ.
- (3) $F(x)$ を求めよ.
- (4) $F(0)$ と $F(0.5)$ の値はいくらか.

問2. 次の微分方程式について, 以下の設問に答えよ.

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = A\vec{x}$$

ただし, $\frac{d\vec{x}}{dt} = \begin{pmatrix} \frac{dx_1(t)}{dt} \\ \frac{dx_2(t)}{dt} \end{pmatrix}$, $\vec{x} = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}$, $A = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$ である.

- (1) 行列 A の固有値と, それに対する大きさ1の固有ベクトルを求めよ.
- (2) B が対角行列のとき, $A = TBT^{-1}$ となる行列 B, T, T^{-1} を求めよ. ただし, T^{-1} は T の逆行列である.
- (3) $T^{-1}\vec{x} = \vec{y}$ とおくと, $\frac{d\vec{y}}{dt} = B\vec{y}$ が得られる. この微分方程式を導き, その一般解を求めよ. ただし, $\vec{y} = \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix}$ である.

- (4) $\frac{d\vec{x}}{dt} = A\vec{x}$ の一般解を求めよ.