

2025年9月・2026年4月入学試験

大学院先進理工学研究科修士課程

生命医科学専攻

問題表紙

- ◎問題表紙を除いて、問題用紙が 8 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。
- ◎解答用紙が 4 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。
- ◎すべての解答用紙の所定欄に受験番号・氏名を必ず記入しなさい。
- ◎解答用紙の裏面は使用できません。
- ◎選択した科目については、別紙の選択科目届け出用紙の選択科目欄に○を記入しなさい。

【注意事項】

1. 各科目の問題用紙は、基礎工学Ⅰは2ページ、基礎工学Ⅱは2ページ、生命科学Ⅰは2ページ、生命科学Ⅱは2ページである。
2. 1科目あたり2枚の解答用紙を使用しなさい。
3. 解答用紙の問題番号の選択欄に各自で選択した問題番号、科目名を記入しなさい。未使用の解答用紙にも問題番号、科目名を記入し、解答欄には大きく×印を記入しなさい。
4. 解答用紙の解答欄には各小問題番号も書き込み、どの設問に対する解答であるかを判別できるようにしなさい。
5. 電子卓上計算機は試験会場に準備したものを使用しなさい。自分で持ち込んだ計算機類（電卓、コンピューター、携帯電話など）は使用できません。
6. 解答は日本語または英語で書きなさい。

2025年9月・2026年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻
科目名： 基礎工学 I

問題番号 1

1. 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

ある製薬会社の研究部は、がんの新薬Aを開発中である。研究部では被験者に新薬Aと偽薬Bのどちらを与えたかを知らせないで効能を調べるテストを実施した。一方、マーケット部では新薬Aの商品名を決定するために調査を開始した。なお、問いにおいて計算する際、表1に示した χ^2 分布の表を活用せよ。表1では χ^2 分布の自由度は n 、 χ^2 分布の l 以上の積分値を α とした。

表1 χ^2 分布

α n	0.500	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.45	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	1.39	4.61	5.99	7.38	9.21	10.62
3	2.37	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	3.36	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86

1-1) 研究部は被験者100人に対して効能テストを実施し、その結果が表2となった。この場合、新薬は効能があるといえるか、帰無仮説を立てて、危険率5%で検定しなさい。

表2 効能テストの結果

	効能あり	効能なし
新薬	31	19
偽薬	52	48

1-2) マーケット部では、新薬Aの商品名にアルファベットを入れるか否かを定めるため、これまで市販された100種の薬に対して商品名にアルファベットが入っている時と入っていない時の売り上げとの関係を調べた。その結果が表3となった。この場合、アルファベットが商品名に入っているか否かが売れるか否かに関係しているといえるか、帰無仮説を立てて、危険率10%で検定しなさい。

表3 これまでの売り上げの結果

	入っている	入っていない
よく売れた	29	21
あまり売れなかった	22	28

2. 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

以下の①～⑩の語句の中から5つ選び、式や図を用いて選んだ語句を説明せよ。

- ①電磁気学におけるマクスウェルの方程式 ②サイクロトロン振動数 ③ミラー指数
④光電効果 ⑤コンプトン効果 ⑥シュレディンガー方程式 ⑦圧電効果
⑧疎水性相互作用 ⑨ヘンダーソン・ハッセルバルヒの式 ⑩オイラー・ラグランジュ方程式

2025年9月・2026年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻
科目名： 基礎工学 I

3. 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。 R は $8.31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

反応速度定数が以下の表4のような温度変化を示す物質 X と物質 Y がある。

3-1) これらのデータを用いて、アレニウスの式を用いて活性化エネルギーと頻度因子を求め、速度定数が温度に強く依存するのはどちらの物質か述べよ。

表4 速度定数の温度変化

温度 [K]		300	400	500	700	800	900	1000
速度定数 [$\text{dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$]	X				0.011	0.75	19.5	145
	Y	8.0×10^6	7.9×10^7	3.2×10^8				

3-2) 温度 600 K における半減期をそれぞれ求めよ。

4. 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。 $R = 8.31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

4-1) 化学ポテンシャルとエントロピー及び化学ポテンシャルと部分モルギブズエネルギーとの関係をそれぞれ示し、化学ポテンシャルについて多角的に説明せよ。

4-2) ある気体の 1.00 mol を 2.00 atm の一定圧で加熱したところ、温度が 260 K から 290 K まで上昇した。その気体の定圧モル熱容量が $38.5 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ であることを使って、内部エネルギーの変化 ΔU 、及びエンタルピーの変化 ΔH を求めなさい。

4-3) ある化学反応における 300 K における標準反応ギブズエネルギーが -7.0 kJmol^{-1} であるとき、この反応の平衡定数を求めよ。

4-4) $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g})$ の解離反応の標準ギブズエネルギーは 2300 K で $+118.08 \text{ kJmol}^{-1}$ である。 2300 K における平衡定数 K を求め、さらに、 1.50 bar における H_2O の解離度を求めなさい。解離度は1より極めて小さいとして近似を用いてもよい。

4-5) ある分解反応 $\text{A} \rightleftharpoons \text{B} + \text{C}$ の平衡定数の温度依存性を表5に示す。この分解反応の標準反応エンタルピーを求めよ。

表5 平衡定数の温度変化

温度 [K]	350	400	450	500
平衡定数 [M]	8.00×10^{-3}	6.58×10^{-3}	5.59×10^{-3}	4.29×10^{-3}

2025年9月・2026年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻
科目名： 基礎工学 II

問題番号 2

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

日本は四方を海に囲まれているため、海洋資源の有効利用技術が進んでいる。その一つとして、¹⁻¹⁾海水から食塩を作る製塩業が古くから盛んである。また、日本は、海水から真水を得る技術も世界トップレベルを誇っている。海水から真水を得る方法として、¹⁻²⁾蒸留法と¹⁻³⁾逆浸透膜法が利用されている。さらに、¹⁻⁴⁾海水から有用金属を回収する技術や¹⁻⁵⁾海底面下のメタンハイドレートを回収する技術の開発も進められている。

- 1-1) 海水から食塩を製造する場合、まず電気透析法によって海水を濃縮する場合が多い。この電気透析法で使われる膜の名称、および電気透析法で海水から高濃度の食塩水が得られる原理を述べなさい。必要に応じて図を用いなさい。
- 1-2) 蒸留法によって海水を真水にする場合の必要エネルギーは、約 2.3×10^9 [J m³]である。この値は、水の (ア) に近い値である。(ア) にあてはまる用語を答えなさい。
- 1-3) 逆浸透膜法によって海水から真水を得る場合の必要エネルギーは、(イ) [J m³]であり、蒸留法に比べて圧倒的に小さい。(イ) にあてはまる数値を答えなさい。途中の計算式も示しなさい。ここで、海水は、NaCl (分子量: 58.4) を 3.40 [wt/wt%] の濃度で真水 (分子量: 18.0) に溶かした水溶液であり、溶けている NaCl は 100% 電離すると仮定しなさい。また、海水の水温は 15.0 [°C]、比重は 1.02 であるとしなさい。浸透圧 Π [Pa] は、以下に示すファンツホッフの式で表され、真水を生成させるための逆浸透圧は正浸透圧の 1.10 倍が必要であるとしなさい。ただし、大量の海水を用いるため、逆浸透膜法の操作中における海水側の NaCl 濃度変化は無視できるものとする。

$$\Pi = MRT$$

M : イオン全体のモル濃度 [mol m⁻³]
 R : 気体定数 = 8.31 [J mol⁻¹ K⁻¹]
 T : 絶対温度 [K]

- 1-4) 海水中から有用金属を捕集する際に固体吸着剤が使われることが多い。吸着物質と吸着剤との間で成り立つ吸着平衡関係を表す式は吸着等温式と呼ばれ、フロインドリッヒ型やラングミュア型の吸着等温式がよく知られている。ラングミュア型の吸着等温式を理論的に導きなさい。
- 1-5) メタンハイドレートは水分子 (分子量: 18.0) が作る結晶のケージの中にメタン分子 (分子量: 16.0) が閉じ込められた構造となっていて、I 型結晶は $\alpha\text{CH}_4 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$ という化学構造式で表される。 α は「ケージ占有率」と呼ばれ、ケージ内のメタン分子の占有率を示す (すべてのケージにメタン分子が入っている場合、ケージ占有率は 1 となる)。I 型結晶のメタンハイドレート 1.00 [kg] を分解した結果、162 [m³] のメタン (0.00 [°C], 1.00 [atm]) が得られた。このときに使われた I 型結晶のメタンハイドレートのケージ占有率 α の値を求めなさい。途中の計算式も書きなさい。ただし、I 型結晶のメタンハイドレートの比重を 0.910、気体定数 = 8.31 [J mol⁻¹ K⁻¹], 1.00 [atm] = 1.01×10^5 [Pa] とする。

2025年9月・2026年4月入学試験問題
 大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻
 科目名： 基礎工学 II

2. 以下に示す2つの分析あるいは分離手法の相違点を、分析・分離の原理や適用対象の違いを含めて説明しなさい。

2-1) “核磁気共鳴分光法 (NMR)” と “電子スピン共鳴分光法 (ESR)”

2-2) “赤外分光法” と “ラマン分光法”

2-3) “Magnetic cell sorting (MACS) 法” と “Fluorescence activated cell sorting (FACS) 法”

3. 化学反応における反応速度には様々なパターンがある。下表はその一部を示したものである。表中の①～⑥にあてはまる式を求めなさい。④～⑥については解答用紙にその導出過程も書きなさい。ただし、⑥の導出過程においては、以下の不定積分の式を用いなさい。

$$\int \frac{1}{(a-x)(b-x)} dx = \frac{1}{b-a} \left(\ln \frac{1}{a-x} - \ln \frac{1}{b-x} \right) + C$$

(a, b は定数, C は積分定数, x は変数)

	反応式	速度式 (微分型)	反応物の濃度変化を表す式 (積分型)
0 次反応	$A \rightarrow P$	$d[A]/dt = \boxed{\text{①}}$	$[A] = [A]_0 - kt$
1 次反応	$A \rightarrow P$	$d[A]/dt = -k[A]$	$[A] = \boxed{\text{④}}$
2 次反応 (1 反応物)	$A + A \rightarrow P$	$d[A]/dt = \boxed{\text{②}}$	$[A] = \boxed{\text{⑤}}$
2 次反応 (2 反応物)	$A + B \rightarrow P$	$d[A]/dt = \boxed{\text{③}}$	$\boxed{\text{⑥}} = kt$

$[A], [B]$: 任意の時間における反応物 A, B の濃度

$[A]_0, [B]_0$: 反応物 A, B の初期濃度, t : 時間, k : 反応速度定数

2025年9月・2026年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻

科目名: 生命科学 I問題番号 3

1. 次の文章を読んで問いに答えなさい。

K^+ を透過し Na^+ と Cl^- は透過しない あ 膜によって区切られた区画 A と区画 B があり、それぞれに表 1 に示す組成の水溶液を入れ、十分に時間が経過したとき、半透膜の区画 A 側に対する区画 B 側の電位 (V_{B-A} とする) は -97 mV であった。 V_{B-A} は「 K^+ についての い 電位」と呼ばれる。また、表 2 に示す組成の水溶液に変更すると V_{B-A} は -79 mV となった。いずれの場合も両区画内のイオン組成は変化しないものとする。

表 1

	区画 A [mM]	区画 B [mM]
Na^+	150	4
K^+	4	150
Cl^-	154	X

表 2

	区画 A [mM]	区画 B [mM]
Na^+	150	8
K^+	8	150
Cl^-	158	Y

- 1-1 文中 あ と い とに入る語句をそれぞれ答えなさい。
1-2 表 1 において区画 A と区画 B の浸透圧は同じだった。区画 B の Cl^- の濃度 X を答えなさい。
1-3 区画 A と B を表 3 に示す組成の水溶液にした場合の V_{B-A} を根拠とともに答えなさい。

表 3

	区画 A [mM]	区画 B [mM]
Na^+	150	16
K^+	16	150
Cl^-	166	Z

表 4

	細胞外液 [mM]	細胞内液 [mM]
Na^+	145	20
K^+	4	150
Cl^-	114	3

- 1-4 ある細胞の細胞内外の Na^+ , K^+ , Cl^- の濃度を表 4 に示す。この細胞の膜電位は -80 mV であった。表 4 に基づいて、この膜電位の成因を説明しなさい。
1-5 問 1-4 に述べた細胞の細胞膜では K^+ の流入量と流出量が均衡していることで細胞内 K^+ 濃度は一定に保たれている。流入と流出それぞれの経路について説明しなさい。「能動輸送」、「受動輸送」のふたつの語句を含めること。
1-6 表 4 に示されるように細胞内の Na^+ と K^+ の濃度の合計は Cl^- の濃度よりも大きい。この差を埋めている主な負の荷電をもつ物質を列挙しなさい。

2025年9月・2026年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻

科目名： 生命科学 I

2. 細胞内 Ca^{2+} について以下の文を読み、問いに答えなさい。

細胞内 Ca^{2+} 濃度を測定するために蛍光 Ca^{2+} センサー分子を用いることが多い。化合物蛍光 Ca^{2+} センサーはカルシウムイオンを結合するカルシウムキレート部分と、蛍光を発する蛍光団の部分からなっている。これに対し蛍光タンパク質を利用した Ca^{2+} センサータンパク質が近年多く用いられるようになった。

- 2-1 細胞質に Ca^{2+} を運び入れる機構を、細胞膜と小胞体膜に分けて述べなさい。
- 2-2 細胞質から Ca^{2+} を運び出す機構を、細胞膜と小胞体膜に分けて述べなさい。
- 2-3 細胞内 Ca^{2+} 濃度上昇が契機となって起こる細胞の現象を3つ挙げ、それぞれを簡潔に説明しなさい。
- 2-4 化合物蛍光 Ca^{2+} センサーはカルシウムキレート部分が極性をもつため、そのままでは細胞外に添加しても細胞膜を透過しない。細胞内へ化合物蛍光 Ca^{2+} センサーを導入する方法を述べなさい。
- 2-5 フェルスター共鳴エネルギー移動 (Förster resonance energy transfer; FRET) を利用したタイプの Ca^{2+} センサータンパク質について、その動作原理を説明しなさい。FRET 現象そのものの説明はここでは不要である。
- 2-6 FRET 現象が起こるために必要な条件を述べなさい。「ドナー」と「アクセプター」のふたつの語を含むこと。
- 2-7 FRET 現象を利用しないタイプの Ca^{2+} センサータンパク質について、その動作原理を説明しなさい。
- 2-8 化合物蛍光 Ca^{2+} センサーと Ca^{2+} センサータンパク質それぞれの長所を述べなさい。
- 2-9 より低ノイズで細胞内 Ca^{2+} 濃度測定を行うために、 Ca^{2+} センサーの細胞内濃度をより高くした場合の副作用について述べなさい。

2025年9月・2026年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻

科目名： 生命科学 II

問題番号

4

1. 下記の文章を読んで問いに答えなさい。

細胞内には多様なタンパク質が存在し、その解析法も多岐にわたる。

分子量を測定する際には、SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) が最も一般的である。タンパク質がゲルの網目をどれだけ速く移動できるかは、分子量に依存する。ただしその前提として、①高次構造を完全に変性させる、②均一な負電荷／質量比を付与する、③還元剤によって単一のポリペプチド鎖にする、という処理が必要である。こうして得た一本鎖ポリペプチドは、ゲル濃度に応じた網目の中を分子量が小さいほど速く泳動する。泳動後に④可視化し、分子量マーカー（標準タンパク質）と比較することで、目的タンパク質のおおよそのサイズを推定できる。

タンパク質の分離には、⑤分子量、⑥電荷、⑦疎水性、⑧特異的結合親和性などの物理化学的性質を指標とする各種クロマトグラフィー法が用いられる。クロマトグラフィーでは 固定相と移動相の間で溶質が分配・吸着する差を利用して分離が進む。具体的には、固定相を担持したカラムの表面や細孔内を緩衝液などの移動相が流れる際、保持時間が異なり、分離の原理に従って順次溶出される。この保持差を検出することで、混合タンパク質を高純度に分離できる。

- 1-1) 下線①から③について具体的に説明しなさい。
- 1-2) 下線④の可視化方法を説明しなさい。
- 1-3) 下線⑤から⑧を指標とするクロマトグラフィーについてそれぞれの名前を挙げて原理を簡単に説明しなさい。

2. 下記の文章を読んで問いに答えなさい。

今後の科学の多様な発展を展望し、①持続可能な未来社会を科学的知見に基づいて具現化することは極めて重要である。その基盤技術の一つとして合成生物学が急速に進歩しており、環境負荷の少ないバイオものづくりの社会実装が各国で推進されている。

近年のノーベル賞研究（過去 5 年間）を俯瞰すると、AI で分子・経路を設計 → CRISPR でホスト（シャーシ）細胞を構築 → miRNA/mRNA で動的制御 → クリック化学で最終産物を高効率コンジュゲーションという“分子レゴ”型ワークフローが構想される。このフレームワークが確立されれば、循環型でサステナブルな未来社会の実現に大きく寄与すると期待される。

- 2-1) 上記に関連するノーベル賞研究の成果を 3 つ挙げてそれぞれ 100 字以内で説明しなさい。
- 2-2) CRISPR-Cas9 システムのルーツについて 200 字以内で説明しなさい。
- 2-3) 下線①について、どのようなアイデアがありますか。200 字以内でご自身の考えを記しなさい。

2025年9月・2026年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻

科目名： 生命科学 II

3. 下記の文章を読んで問いに答えなさい。

真核細胞はきわめて複雑で、①呼吸を担うミトコンドリアや光合成を担う葉緑体など、膜で区画された多様なオルガネラを持つ。両者は細菌が細胞内に取り込まれ、長い進化を経て細胞構造に組み込まれた「一次共生オルガネラ」の典型例である。海洋では、窒素固定性シアノバクテリア *Candidatus Atelocyanobacterium thalassa* (UCYN-A) が単細胞藻 *Braarudosphaera bigelowii* の細胞内で共生しており、その進化的行方が注目されてきた。この系では、窒素固定機能をもつ②細胞内共生体が「ニトロプラスト」という新しいオルガネラへと進化しつつあるという仮説が提唱されている*。葉緑体＝光合成、ミトコンドリア＝呼吸に続き、真核生物が窒素固定という代謝機能を内在化しうる、まさしく「第三の一次共生オルガネラ」候補である。

* Coale et al. Science 384,217-222 (2024)

- 3-1) 下線①の進化的由来に関してそれぞれ説明しなさい。
- 3-2) 下線②で提唱されている Coale らの仮説は実験的な結果によって導き出されている。実験としては、ソフト X 線トモグラフィー（細胞内オルガネラを三次元で可視化）とオルガネラの分画後のプロテオーム解析を行っている。それぞれの実験からどのような結果を得てこの仮説を提唱したかを記述しなさい。
- 3-3) 真核生物が窒素固定できるようになることから得られるベネフィットを説明しなさい。

受験番号					
氏 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

2025年9月・2026年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻

No.

2	/	4
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可	選択 問題番号		科目名	
-----------	---------	--	-----	--

受験番号					
氏 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

2025年9月・2026年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻

No.

3	/	4
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可	選択 問題番号		科目名	
-----------	---------	--	-----	--

受験番号					
氏 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別すること

2025年9月・2026年4月入学試験問題
大学院先進理工学研究科修士課程 生命医科学専攻

No.

4	/	4
---	---	---

採点欄

※裏面の使用は不可

選択 問題番号		科目名	
---------	--	-----	--