

## 2021年9月・2022年4月入学試験

## 大学院先進理工学研究科修士課程

## 電気・情報生命専攻

## 問題表紙

◎問題用紙が 10 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 10 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

1. 選択した科目の解答用紙全てと1枚目の解答用紙に、受験番号・氏名を必ず記入しなさい。また、選択した科目について、対応する解答用紙の解答記入欄の左上にある「選択」という文字を○で囲みなさい。
2. 電磁気学，回路理論，情報工学，細胞生物学，分子生物学の5科目から2科目を選択し，科目名が記載されている指定の解答用紙に解答しなさい。各科目の問題には「\*\*（その1）」、「\*\*（その2）」がある。選択した科目の全ての問題に解答しなさい。
3. 各科目の解答用紙は2枚あり，それぞれ「\*\*（その1）」、「\*\*（その2）」となっている。必ず選択した科目の問題番号と一致する解答用紙に解答しなさい。
4. 選択しなかった科目も含めて，解答用紙は全て提出しなさい。
5. 電卓，コンピュータを使用することはできない。

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名：電磁気学（その1）

問題番号

1

以下の問いに答えなさい。なお、真空の誘電率 (permittivity of vacuum) を  $\epsilon_0$  とし、全て国際単位系 (SI 単位系) を用いるものとする。

1.  $x, y, z$  座標系 (Cartesian coordinates) において電位 (potential) の分布が以下の式であらわされる。

$$V = 2x^3 + yz + 2y^2$$

(1) 電界 (electric field) の分布がどのような式になるのか求めなさい。なお、 $x, y, z$  軸における単位ベクトルを  $i, j, k$  としなさい。

(2)  $x=0$  の平面上の以下の点における電界の大きさと向きを図示しなさい。

$$(y, z) = (1, -1) \text{ および } (-2, 1)$$

2. 2つの誘電体 (dielectric materials) の界面 (interface) において成立する電界に関する条件 (boundary condition), 電束密度 (electric flux density) について成立する条件について図と式の両方を用いて説明しなさい。説明に必要な物理定数は適宜定義しなさい。

3. 面積が  $S$  である平行平板電極間 (電極間距離  $d_1 + d_2$ ) に誘電率が  $\epsilon_1$  と  $\epsilon_2$  の誘電体材料が各々  $d_1$  と  $d_2$  の厚みで満たされている。電極間に  $V$  の電位差を与えたときの電極間の電界および静電容量を求めなさい。

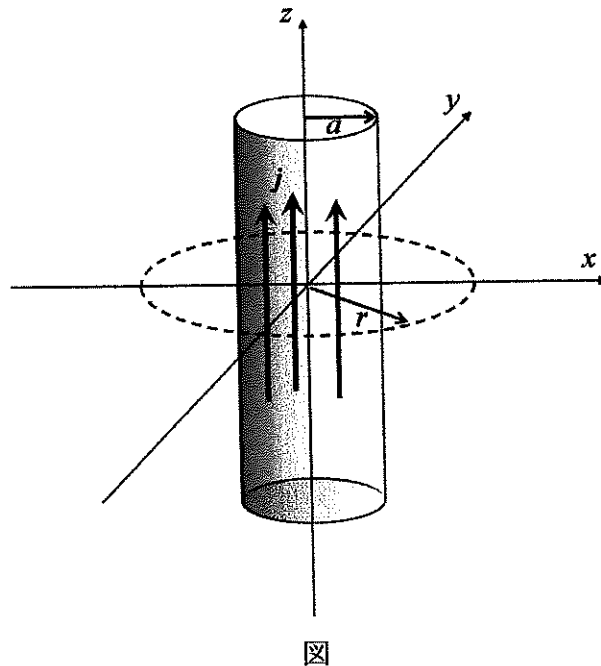
2021年9月・2022年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 電磁気学 (その2) \_\_\_\_\_

問題番号 2

以下の問いに答えなさい。なお、真空の誘電率 (permittivity of vacuum) を  $\epsilon_0$ 、透磁率 (permeability of vacuum) を  $\mu_0$  とし、全て国際単位系 (SI 単位系) を用いるものとする。

1. 図1に示すように、無限に長い (infinitely long) 半径 (radius) が  $a$  の円柱状 (cylindrical) の導線 (conductor) がある。導線の内部を電流密度 (current density)  $j$  の一様な定常電流 (uniform current) が  $z$  軸方向 ( $z$ -axis direction) に流れている。 $z$  軸方向を正方向とする。



- (1) 導線の中心 (center) からの距離 (length)  $r$  における導線の内部および外部に生じる磁界の強さ (magnetic field intensity)  $H$  をアンペールの周回積分の法則 (Ampère's law) を用いて求めなさい。
- (2) この際に導線内部および外部に生じる磁界の強さ  $H$  と距離  $r$  の関係を解答用紙に図示しなさい。
- (3) 導線の内部に一様な定常電流  $I$  が  $z$  軸方向に流れている際に、導線内外部に生じる磁界の強さ  $H$  をビオ-サバールの法則 (Biot-Savart law) を用いて求めなさい。

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程 電気・情報生命専攻

科目名: 回路理論 (その1)

問題番号 1

1. 図1の回路に  $v(t) = 100\sqrt{2}\sin(\omega t)$  [V] の電圧を加えた。ただし、 $\omega$  は角周波数 (angular frequency) とする。以下の問いに答えよ。
- (1) この回路のアドミタンス (admittance)  $Y$  を  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $\omega$  で表せ。
  - (2)  $R_1 = 20[\Omega]$ ,  $R_2 = 10[\Omega]$ ,  $L = 20[\text{mH}]$ ,  $C = 100[\mu\text{F}]$ ,  $\omega = 1000[\text{rad/s}]$  の時, この回路のインピーダンス (impedance)  $Z$  の値を求めよ。
  - (3) (2) の回路での電流  $i_1(t)$ ,  $i_2(t)$ ,  $i(t)$  のフェーザ電流 (phasor current)  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I$  をそれぞれ求めよ。さらに, 電源のフェーザ電圧 (phasor voltage) の単位ベクトル (unit vector)  $V_{\text{unit}}$  と  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I$  を複素平面 (complex plane) 上に図示せよ。
  - (4) (2) の回路での有効電力 (active power), 無効電力 (reactive power), 皮相電力 (apparent power), および, 力率 (power factor) を求めよ。

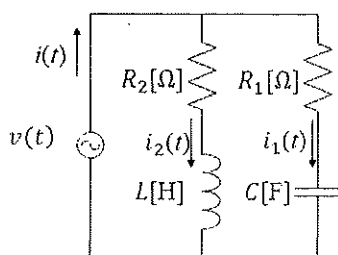


図 1

2. 図2の回路について以下の問いに答えよ。
- (1) 電流  $I$  の大きさが最大 (maximum) となる  $C$  の値とそのときの電流の大きさを求めよ。
  - (2) この回路の有効電力の最大値 (maximum value) を求めよ。

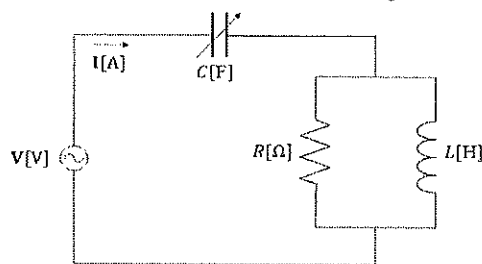


図 2

3. 図3の回路に共振角周波数  $\omega_0$  の正弦波交流電圧  $v(t) = 6\sqrt{2}\sin(\omega_0 t)$  [V] を印加した。
- (1) 共振角周波数  $\omega_0$  (resonance angular frequency) と共振の鋭さ  $Q$  (quality factor) の値を求めよ。
  - (2) 回路を流れる電流の瞬時値 (instantaneous value) を求めよ。
  - (3) 抵抗 (resistor), インダクタ (inductor) ならびにコンデンサ (capacitor) の各素子の両端電圧 (both end voltage) の瞬時値を求めよ。

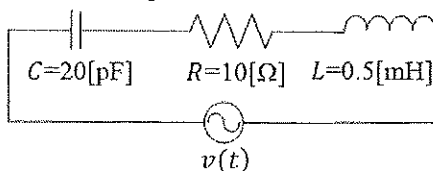


図 3

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程 電気・情報生命専攻

科目名: 回路理論 (その2)

問題番号 2

1. 図1の回路について以下の問いに答えよ。

- (1) スイッチ(switch)  $S_1$ ,  $S_2$  ともに開かれている(open)状態から  $t = 0[\text{sec}]$  で  $S_1$  だけを閉じた。  
 $t \geq 0[\text{sec}]$  におけるインダクタ(inductor)の電流 (current)  $i_L(t)$  を求めよ。
- (2)  $t = \infty$  で  $i_L(t)$  が一定(constant)のとき  $S_1$  を開き,  $S_2$  を閉じる(close)。その時刻を  $t' = 0[\text{sec}]$  として  $t' \geq 0[\text{sec}]$  におけるコンデンサ(capacitor)の電圧 (voltage)  $v_c(t')$  を求めるための回路方程式(circuit equation)を示せ。
- (3) (2)において  $t' = 0[\text{sec}]$  での電流(current)を  $i_L(0) = I_1$ , キャパシタの電荷(charge)は  $0[\text{C}]$  である。  
 $t' \geq 0[\text{sec}]$  におけるキャパシタの電圧  $v_c(t')$  を求めよ。ただし,  $r_L^2 \leq 4L/C$  とする。
- (4)  $L = 1[\text{H}]$ ,  $r_L = 1[\Omega]$ ,  $C = 1[\text{F}]$  のとき,  $t' = T_2[\text{sec}]$  における電圧  $v_c(T_2)$  が  $1[\text{V}]$  以上になるための最小(minimum)の  $E[\text{V}]$  と最短(shortest)の  $T_2[\text{sec}]$  を求めよ。

2. 図2の回路で  $e(t) = \sqrt{2} \sin(100\pi t + \theta) [\text{V}]$  とする。

- (1)  $t = 0[\text{sec}]$  でスイッチ  $S$  を閉じた。コンデンサの電圧  $v_c(t)$  に関する回路方程式を示せ。
- (2) (1) のとき時刻  $t \geq 0[\text{sec}]$  における  $v_c(t)$  を求めよ。ただし,  $R = 1[\Omega]$ ,  $C = 1/(100\pi) [\text{F}]$  であり,  $v_c(0) = 0$  とする。
- (3) (2) で電流  $i(t)$  を求めよ。
- (4) (2) の条件(condition)で  $S$  を閉じた後,  $v_c(t)$  が過渡状態(transient state)を経ずに角周波数(angular frequency)  $\omega$  の正弦波 (sine wave) になったとする。このときの  $\theta[\text{rad}]$  を求めよ。

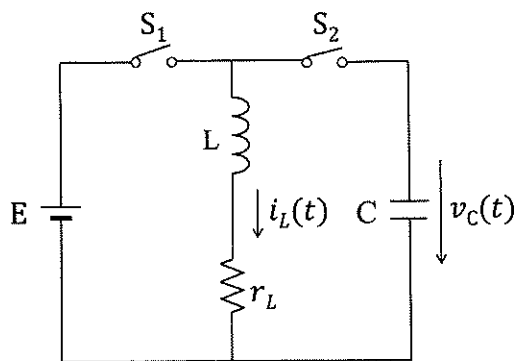


図 1

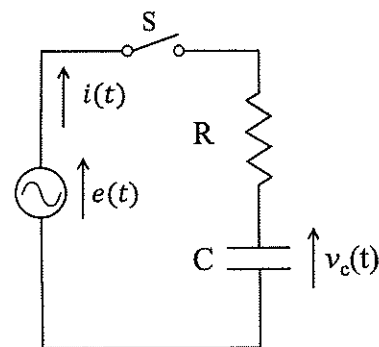
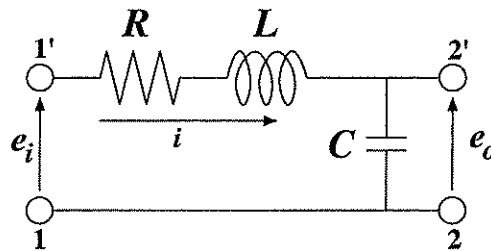


図 2

以上

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程電気情報生命専攻科目名: 情報工学(その1)問題番号 1

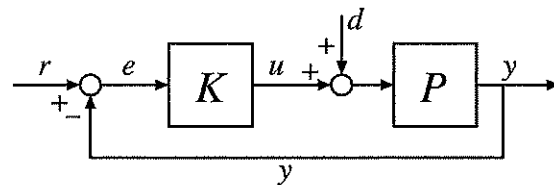
1. 図の回路 (circuit) を考える。



ここで、 $R[\Omega]$ は抵抗(resistance),  $L[H]$ はインダクタンス(inductance),  $C[F]$ はキャパシタンス(capacitance)を表す。また $e_i[V]$ と $e_o[V]$ は端子電圧(terminal voltage),  $i[A]$ は回路を流れる電流(current)を表す。回路の入力(input)は $e_i$ , 出力(output)は $e_o$ とする。

- 1) 回路の伝達関数(transfer function)  $G(s)$ を求めよ。
- 2)  $G(s)$ の減衰比/減衰係数(damping ratio)  $\zeta$ , 自然角周波数/固有角周波数(natural frequency)  $\omega_0$ , および定常ゲイン/直流ゲイン(steady state gain/DC gain)  $K$ を求めよ。
- 3)  $G(s)$ の極(pole)を求めよ。また,  $G(s)$ が安定(stable)であることを示せ。
- 4)  $R = 4, L = 1, C = 1/5$ とする。回路のステップ応答(step response)を求めよ。
- 5)  $R = 2, L = 1, C = 1/2$ とする。この回路に $e_i(t) = \sin \sqrt{2}t$ を入力する。十分時間が経過した定常状態(steady state)における出力 $e_o(t)$ の振幅(amplitude)を求めよ。

2. 次のフィードバック制御系(feedback control system)を考える。



- 1) フィードバック制御系の内部安定性(internal stability)について, その定義を述べよ。
- 2)  $P(s)$ と $K(s)$ がそれぞれ次で与えられているものとする。

$$P(s) = \frac{10}{s+5}, \quad K(s) = \frac{1}{s^2 + 3s + 2}$$

ナイキストの安定判別法(Nyquist stability criterion)を用いて, フィードバック制御系の内部安定性を判別せよ。

- 3) ゲイン余裕(gain margin)  $GM$ を求めよ。

2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程 電気・情報生命専攻

科目名: 情報工学 (その2)

問題番号 **2**

台 (support) が実数 (real numbers) で, 平均 (mean) が 3, 分散 (variance) が 5 であるような連続分布 (continuous distribution) で, 微分エントロピー (differential/continuous entropy) が最大となるような分布を次の手順で求めよ。但し, 微分エントロピーの計算には, 自然対数 (natural logarithm) を用いよ。

- (1) 分布の確率密度関数 (the probability density function) を  $f(x)$  として, 制約条件 (constraints) を数式で表せ。
- (2) 微分エントロピーと上記制約条件を, Lagrange の未定乗数法 (method of Lagrange multipliers) を用いて組み合わせよ。
- (3) 変分法 (calculus of variations) と平方完成 (completing the square) を用いて上記式の最大点 (the maximum point) を求めよ。但し, 求まった臨界点/停留点 (the critical/stationary point) が最大点であることの証明は不要である。

2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名: 細胞生物学 (その1)

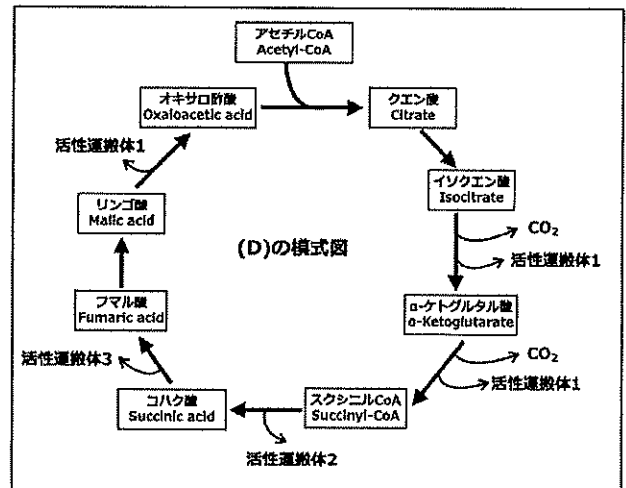
問題番号 **1**

次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生物が糖(sugar)を分解、酸化して  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2\text{O}$  にする時、糖に蓄えられた化学結合エネルギーを取り出す。この過程を (A) と呼ぶ。グルコース(glucose)などの糖は生体温度で作用する酵素を用いて、<sup>(1)</sup> 多くの中間体(intermediate)を経て段階的に分解され、これらの反応で放出されるエネルギーは ATP をはじめとする<sup>(2)</sup> 活性運搬体(activated carrier)とよばれる分子内に化学結合エネルギーとして蓄えられる。まず、細胞質における解糖とよばれる反応により、グルコース1分子から (B) 分子のピルビン酸(pyruvate)が産生される。その後ピルビン酸は、細胞質から細胞内小器官 (C) のマトリックス(matrix) に移行しアセチル CoA (acetyl-CoA) になる。

<sup>(3)</sup> このアセチル CoA はオキサロ酢酸(oxaloacetic acid)と結合し、(D) という一連の反応(図)が開始する。この反応が一周進むと、 $\text{CO}_2$  2 分子と数種類の活性

運搬体が産生される。解糖と(D)で産生された活性運搬体は高エネルギーの電子(electron)を (E) に渡す。(E)では電子への親和性がより高い分子に電子が受け渡される過程で、(C)のマトリックスから膜間腔(intramembrane space)に (F) が移動し、ATP 合成の駆動力となる<sup>(4)</sup> (F) の電気化学的勾配(electrochemical gradient)を作る。(E)の最終段階では、酸素が電子と(F)を受け取り、 $\text{H}_2\text{O}$  を産生する。



問1. 文中の(A), (B), (C), (D), (E), (F)に当てはまる語句、数字を答えよ。Answer the words or numbers that apply to (A), (B), (C), (D), (E), and (F) in the above sentence.

問2. 下線部(1)について、細胞内でグルコースが多くの中間体を経て段階的に代謝されることのメリットと必要性を論じよ。Discuss the benefits and necessity of stepwise metabolism of glucose in cells via various intermediates.

問3. 下線部(2)について、活性運搬体の略称を、ATP 以外で一つ記述せよ。  
Describe the name (abbreviation) of an active carrier other than ATP.

問4. 下線部(3)の反応経路は、コハク酸脱水素酵素を阻害する毒物であるマロン酸を用いて解明された。(D)の反応系にマロン酸とフマル酸を加えると、どのような物質が蓄積すると考えられるか?  
The reaction pathway in the underlined part (3) was elucidated using malonic acid, a poisonous substance that inhibits succinic acid dehydrogenase. If malonic acid and fumaric acid are added to the reaction system in (D), what substance is expected to accumulate?

問5. 下線部(4)について、(F)の電気化学的勾配がATP合成を駆動する仕組みを記述せよ。  
For the underlined part (4), describe the mechanism how the electrochemical gradient in (F) drives ATP synthesis.



2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名： 細胞生物学（その2）問題番号 

2
---

次の各問いについて、解答用紙の所定欄に簡潔に記載せよ。

問1. (1)タンパク質の構造解析 (protein structure analysis)の技術により、タンパク質の立体構造が分子・原子レベルで明らかにできるようになった。タンパク質の構造解析は、今や新規化合物の探索 (Search for novel compounds)やワクチンのデザイン(vaccine design)など(2)創薬 (drug discovery)にも応用される技術となっている。

- A. 下線部(1)について、タンパク質の構造解析に用いられる手法を1つ以上答えよ。  
Answer one or more of the methods used for protein structure analysis.
- B. 下線部(2)について、どのようにタンパク質構造解析が創薬に応用されているのか、例を挙げて説明せよ。  
How is protein structure analysis applied to drug discovery? Explain with examples.

問2. 合成されたタンパク質は細胞の中で(3)適切な場所に輸送される。例えば核で働くタンパク質は核内へ輸送され、ミトコンドリアのタンパク質はミトコンドリアに輸送される。膜上のタンパク質は、脂質二重膜上を自由に移動できる。しかし、細胞膜やオルガネラ膜には、(4)特定のタンパク質を閉じ込めて特別な機能を発揮する膜領域 (membrane domain)が存在する。

- A. 下線部(3)について、タンパク質が適切な場所に輸送される仕組みを説明せよ  
Explain how proteins are transported to the appropriate location.
- B. 下線部(4)について、特定のタンパク質を閉じ込めて特別な機能を発揮する「膜領域」の例を挙げよ。  
Give an example of a “membrane domain” that confines a specific protein to perform a special function.

問3. 細胞膜は細胞の内外の物質の濃度勾配 (gradient)を維持する役割を持つ。(5)細胞の中と外ではイオンの濃度が異なる。この(6)細胞内外のイオンの濃度勾配は、ATP を消費して維持されている。細胞が刺激を受けると、細胞膜上のイオンチャネル (ion channel)が開閉し、電気化学的勾配に従ってイオンの移動が起こる。この(7)イオンの移動 (ion transfer)を細胞は細胞内シグナル (intracellular signaling)として利用している。

- A. 下線部(5)について、細胞内の濃度が高いイオンを答えよ。  
Which ion is more concentrated inside the cell?
- B. 下線部(6)について、ATP を消費してイオンの濃度勾配を維持する仕組みを答えよ。  
Answer the mechanism by which ATP is consumed to maintain the concentration gradient of ions.
- C. 下線部(7)について、イオンの移動をシグナルとして利用している生命現象を一つ選び、その現象を説明せよ。  
Describe one biological phenomenon that uses ion transfer as a signal.

2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名： 分子生物学（その1）

問題番号

1

以下の設問に答えなさい。

(1) 遺伝子の増幅に用いられる PCR は何の略か。英語で正式な名称を書きなさい。

What does PCR, which is used to amplify genes, stand for?

(2) PCR 反応に用いる水以外の成分を、できるだけ正確に列挙しなさい。

List the components other than water used in the PCR reaction as accurately as possible.

(3) 特定の生物のゲノム DNA を鋳型として PCR 反応を行い、PCR 産物を電気泳動で解析した。その結果、予想される長さの断片だけでなく、複数の非特異的と思われる断片が観察された。この場合のトラブルシューティングとして、あなたならどのような対応をとるだろうか。優先順位と理由を含めて適切と思われる対処法を書きなさい。ただし、試薬の入れ間違いはないものとし、また、DNA の精製度や濃度には問題がなかったこととする。

When you observe extra signals on agarose gel electrophoresis after PCR reaction, how will you improve the reaction to gain proper PCR products?

(4) 上記 (3) とは異なり、PCR 反応を行っても増幅断片がまったく得られなかった場合は、何を改善すればよいか、同様に書きなさい。ただし、試薬の入れ間違いはないものとし、また、DNA の精製度や濃度には問題がなかったこととする。

When you do not get any signals on agarose gel electrophoresis after PCR reaction, how will you improve the reaction to gain proper PCR products?

(5) 遺伝子発現の解析に用いる qPCR (定量的 PCR) の原理を書きなさい。

Describe the principle of qPCR (quantitative PCR) used for the analysis of gene expression.

(6) qPCR 以外に遺伝子発現を定量的に解析する手法を 2 つ選び、その原理と短所を書きなさい。ただし、短所については「別の手法に比べてどこが劣っているか」が明記されていることが望ましい。

List two methods for quantitative analysis of gene expression other than qPCR, and write down their principles and disadvantages.

2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院先進理工学研究科修士課程電気・情報生命専攻

科目名： 分子生物学（その2）

問題番号 **2**

以下の設問に答えなさい。

(1) 5.0 kb の DNA 断片を *EcoRI* を用いて切断したところ、1.2 kb, 1.3 kb, 2.5 kb の断片が得られた。同じ 5.0 kb の DNA 断片を *HindIII* を用いて切断すると、今度は 0.9 kb, 1.0 kb, 3.1 kb の断片が得られた。さらに同じ 5.0 kb の DNA 断片を両方の酵素を用いて切断したところ、0.3 kb, 0.9 kb, 1.0 kb, 1.2 kb, 1.6 kb の 5 つの断片が得られた。元の 5.0 kb の断片の地図を描き、制限部位とその間の距離を記入しなさい。

A 5.0-kb DNA fragment was digested with *EcoRI*, yielding fragments of 1.2 kb, 1.3 kb, and 2.5 kb. The same 5.0-kb DNA fragment was digested using *HindIII*, and fragments of 0.9 kb, 1.0 kb, and 3.1 kb were obtained. Digestion of the same 5.0 kb DNA fragment with both enzymes yielded five fragments of 0.3 kb, 0.9 kb, 1.0 kb, 1.2 kb, and 1.6 kb. Describe a genetic map of the original 5.0-kb fragment and fill in the restriction sites and the distances between them.

(2) 制限酵素を用いたゲノム遺伝子多型分析法 (RFLP 法) の概略を述べなさい。

Describe the outline of the genomic polymorphism analysis method (RFLP method) using restriction enzymes.

(3) 制限酵素のように、特定の DNA 配列を認識して切断する活性と、他の酵素活性を巧妙に組み合わせることで、ゲノム DNA の特定の配列を操作できる可能性がある。この考え方は近年目覚ましいゲノム編集技術のベースとなっている。CRISPR/Cas9 を用いたゲノム編集技術の概略を説明しなさい。

Explain the outline of genomic editing technology using the CRISPR/Cas9 system.

(4) CRISPR/Cas システムは、もともとどのような生理的意義を持つ生体システムなのか、知るところを説明しなさい。

Explain original physiological significance of the CRISPR/Cas systems for organisms which hold them.

(5) ヒト *Homo sapiens* の細胞は、受精卵に始まって 500 種類に及ぶ様々な異なる細胞に分化する。それぞれの分化細胞では、遺伝子発現パターンが異なる。同じゲノム DNA を持っているのに、どのようにして異なる発現パターンを持つ複数の分化細胞にきちんと分化することができるのだろうか。ヒトに限らない一般的な話として、「一種類のみしか存在しない細胞が初めて他の細胞に分化する場面」を想定し、それが可能となるメカニズムについて、以下の用語を参考にしながら答えなさい（すべてを引用する必要はない）。なお、「特定のシグナルを受け取った細胞が特定の細胞に分化するため」といった回答は、「そもそもなぜその特定のシグナルを受け取れるのがその細胞なのか」を説明できていないため不十分である。用語：反応拡散、遺伝子発現ネットワーク、双安定性、チューリング波、フィードバック

How is it possible to have the same genomic DNA and yet differentiate properly into multiple differentiated cells with different expression patterns? In general, imagine a situation in which only one type of cell differentiates into other cells for the first time, and answer the question about the mechanism by considering the following terms. You may not necessarily use these terms. Terms: Reaction diffusion, gene expression network, bistability, Turing wave, feedback