

平成26年10月入学

東京農工大学大学院
生物システム応用科学府
博士前期課程（修士）

入学試験問題（基礎）

- | | | |
|-------------|------------|-----------------|
| 1. 解析学, | 2. 線形代数学, | 3. フーリエ及びラプラス変換 |
| 4. 確率及び統計学, | 5. 力学, | 6. 電磁気学 |
| 7. 光学及び波動, | 8. 情報基礎, | 9. 物理化学 |
| 10. 有機化学, | 11. 無機化学, | 12. 分析化学 |
| 13. 分子生物学, | 14. 細胞生物学, | 15. 生理・生化学 |
| 16. 生態学 | | |

(注意事項)

1. 解答は問題ごとに別々の解答用紙に記入すること。

以上16題の中から任意の4題を選択し、解答すること。

ただし、物質機能システム学専修を志望する者（第二志望を含む）は、
「9. 物理化学, 10. 有機化学, 11. 無機化学, 12. 分析化学」から2題
以上を選択し、合計4題を解答すること。

2. 解答は問題ごとに別々の解答用紙に記入すること。

3. 受験番号と問題番号を解答用紙の所定欄に必ず記入すること。

1. (解析学)

次の微分方程式の一般解を求めよ。なお、解の導出過程も記述すること。

$$(1) \frac{dy}{dx} - y = 2xy^3$$

$$(2) \frac{d^2y}{dx^2} - 3\frac{dy}{dx} = e^{3x} \sin x$$

2. (線形代数学)

次の問いに答えよ. なお, 答えの導出過程も記述すること.

(1) (i) 行列 A の固有値と固有ベクトルを求めよ.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 4 & -2 \end{pmatrix}$$

(ii) 行列 A を対角化する変換行列 P を求めよ.

(iii) (i), (ii)の結果を利用して A^6 を求めよ.

(2) 直交座標系に関して原点 O と点 A, B, C をそれぞれ結ぶベクトルを以下のように定める. $\vec{a} = \overrightarrow{OA} = (2, 6, 4), \vec{b} = \overrightarrow{OB} = (4, 1, 5), \vec{c} = \overrightarrow{OC} = (1, 7, 6)$

(i) $\vec{a} \times \vec{b}$ を求めよ.

(ii) O, A, B, C を頂点とする四面体の体積を求めよ.

3. (フーリエ及びラプラス変換)

以下の問いに答えよ。ただし、答えを導く過程も記すこと。

(1) $f(x) = |x|$ ($-\pi < x \leq \pi$) をフーリエ級数に展開せよ。

(2) ラプラス変換を利用して、次の連立微分方程式の解を求めよ。

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} - 2x + 4y = 4 \\ \frac{dx}{dt} - \frac{dy}{dt} + 2y = 2 \end{cases} \quad (\text{ただし, } x(0) = 1, y(0) = 1)$$

4. (確率・統計学)

表1は、BASE 住宅から農工中央駅に至るバス路線の、昼間時間帯の発車時刻表である。この路線には2種類の経路があり、経路によって農工中央駅までの所要時間が異なる。

いま、バスの発車時刻を全く知らない利用客が、10時～16時の間にBASE 住宅停留所に現れ、農工中央駅に向かう場合、駅に到着するまでの実質所要時間(停留所での待ち時間とバスの所要時間との合計)の期待値を求めよ。

ただし、バスは時刻表どおりに運行し、利用客は最初に来たバスに必ず乗るものとする。

また、答だけでなく答に至る過程も記すこと。

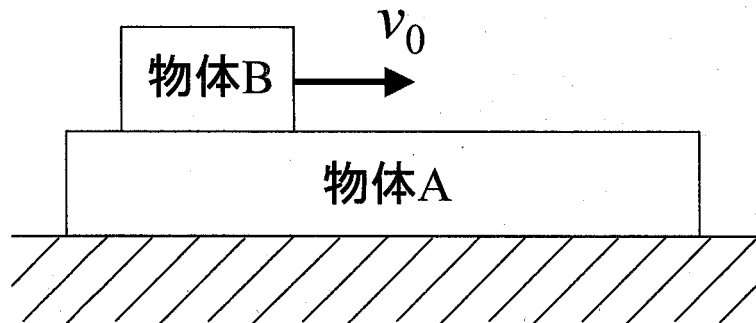
表1. バス発車時刻表

BASE 住宅発 バス発車時刻表						
時	農工中央駅行					
:	:					
10	0 公	12 公	18 病	30 公	42 公	48 病
11	0 公	12 公	18 病	30 公	42 公	48 病
12	0 公	12 公	18 病	30 公	42 公	48 病
13	0 公	12 公	18 病	30 公	42 公	48 病
14	0 公	12 公	18 病	30 公	42 公	48 病
15	0 公	12 公	18 病	30 公	42 公	48 病
16	0 公	12 公	18 病	30 公	42 公	48 病
:	:					
凡例	公: けやき公園経由 (終点まで所要 14 分) 病: けやき病院経由 (終点まで所要 22 分)					

5. (力学)

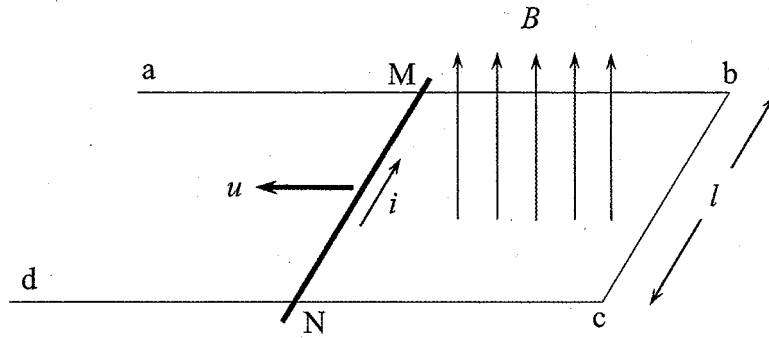
図に示すように、水平で滑らかな平面上に、質量 M [kg] の物体 A が置かれており、物体 A の上に質量 m [kg] の物体 B が置かれている。時刻 $t=0$ [s] で、物体 B に瞬間的に強い力を水平方向に加えることで速度 v_0 [m/s] を与えたところ、時刻 $t=t_1$ [s] のときに物体 B と物体 A の速度が一致した。物体 A と物体 B の間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g [m/s²] として、以下の問いに答えよ。答えを導く過程も示せ。ただし、物体 A は物体 B が移動する距離よりも大きく、物体 B が物体 A から落ちることは無いものとする。また、時刻 t は $0 \leq t \leq t_1$ の範囲をとるものとする。

- (1) 物体 B の速度を v [m/s] として、 m, M, v_0, g, μ', t の中から適切なものを用いて表せ。
- (2) 物体 A の速度を V [m/s] として、 m, M, v_0, g, μ', t の中から適切なものを用いて表せ。
- (3) 物体 B と物体 A の速度が一致する時刻 t_1 を m, M, v_0, g, μ' を用いて表せ。
- (4) 時刻 t_1 における物体 B の速度を m, M, v_0 を用いて表せ。
- (5) 時刻 t_1 までに物体 B がした仕事を m, M, v_0 を用いて表せ。
- (6) 時刻 t_1 までに物体 B がした仕事が物体 A の運動エネルギーと摩擦による熱エネルギーに変化した。熱エネルギーを m, M, v_0 を用いて表せ。



6. (電磁気学)

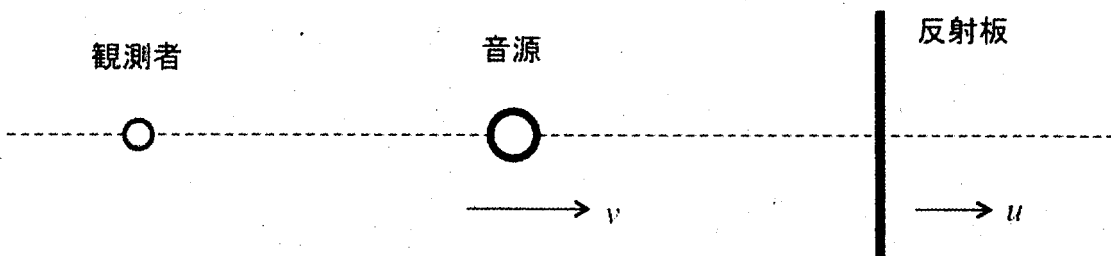
図のような抵抗を無視できる導線 $abcd$ が一様な磁場 B [T] 中に垂直に置かれている。導線上で bc に平行に置いた質量 m [kg] の導体が摩擦無く滑るとする。導体の MN 間の抵抗を R [Ω], bc 間の距離を l [m] として以下の問いに答えよ。



- (1) 導体の速度を u [m/s] とすると、回路 $MbcN$ に流れる電流 i [A] を求めよ。
- (2) 時刻 $t=0$ において導体に対して図の向きに速度 u_0 [m/s] を与えたとき、導体の運動方程式から、時刻 t [s] ($t > 0$) における u [m/s] を算出せよ。
- (3) 導体 MN 中に発生するジュール熱の総和 Q [J] を、上記の結果を時間的に積分して求めよ。

7. (光学及び波動)

図のように静止している観測者に対し、振動数 f [Hz] の音波を発する音源が直線に沿って右方に速度 v [m/s] で移動している。音源のさらに右方には反射板があり、音源と同じ方向に速度 u [m/s] で移動している。反射板は、その移動方向に対して垂直を維持している。音速を c [m/s] とし、音源と反射板は衝突しないとする。



- (1) 音源から左方へ出た音波が観測者に達したとき、観測者が受ける音波（直接音）の振動数 f_1 [Hz] を求めよ。
- (2) 音源から右方へ出た音波が反射板に達したとき、反射板が受ける音波の振動数 f_2 [Hz] を求めよ。
- (3) この反射板を新しい音源と見なすと、反射した音波が観測者に達したとき、観測者が受ける音波（反射音）の振動数 f_3 [Hz] を求めよ。
- (4) 観測者に達する直接音と反射音がうなりを生じないための条件を求めよ。

8. (情報基礎)

x - y 平面上の 4 点の座標 $P_0: (x_0, y_0)$, $P_1: (x_1, y_1)$, $P_2: (x_2, y_2)$, $Q: (x_Q, y_Q)$ を入力し, 点 Q が $\triangle P_0P_1P_2$ の内部, 外部のどちらにあるかを判定するための手順 (アルゴリズムまたはプログラム) の一例を示せ.

ただし, ここでは問題の単純化のため, これら 4 点のうちどの 3 点をとっても, 同一直線上にないことが保証されているものとする.

解答の書き方は,

手続き型プログラミング言語 (C, BASIC など)

手順を箇条書きやプログラム風に記述したもの

フローチャート

などの中から自由に選んでよい.

必要に応じてコメントや考え方の説明を付加することを勧める.

なお, 本問では手順が正しいかどうかを採点するため, 手順を説明する上で支障がない限り, プログラム中の変数宣言などは省略してもよい. また, 些細な文法ミスなどは減点しない.

9. (物理化学)

以下の問い(1)~(3)に答えよ.

(1) 四塩化炭素に臭素を溶かした298 Kの溶液がある (臭素のモル分率: 0.050). この温度において, 純粋な四塩化炭素の蒸気圧は4.5 kPaであり, 臭素の濃度をモル分率で表したときの臭素のヘンリー定数は16 kPaである. 上記の濃度, 温度では理想希薄溶液の条件が満たされると仮定して, 各成分の蒸気圧, 蒸気相の組成を求めよ.

(2) $\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S$ となる関係を用いて, Gibbs-Helmholtzの式, $\left(\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{G}{T}\right)\right)_p = -\frac{H}{T^2}$ を導け. ただし, G をギブズエネルギー, H をエンタルピー, T を温度, p を圧力とする.

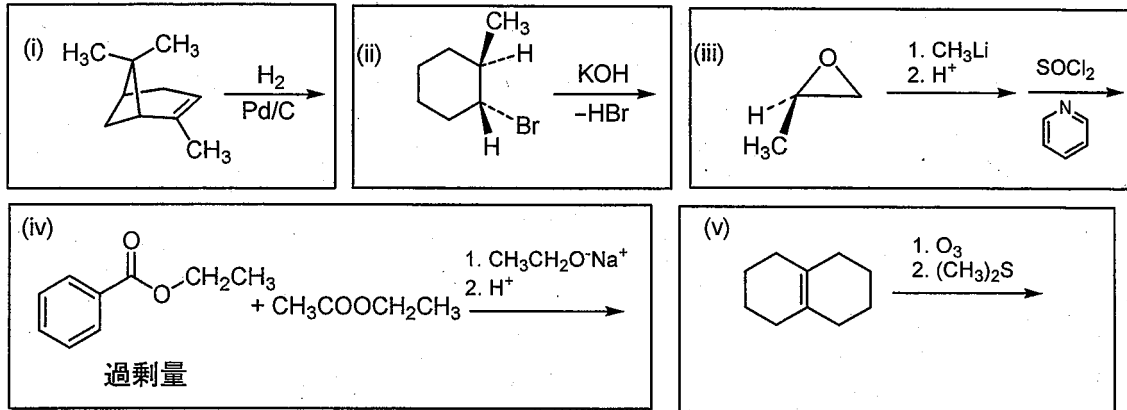
(3) ある理想気体1 molの状態 (V_1, T_1) から状態 (V_2, T_2) への変化を考える. ただし, V_1, V_2 は体積を, T_1, T_2 は温度を表す. また, 定容熱容量 (C_V) は温度に依存しない定数とする. 以下の問いに答えよ.

(i) 内部エネルギーの変化(ΔU)とエントロピー変化(ΔS)を求めよ.

(ii) 上記の状態間変化が断熱可逆過程で起こった場合, ΔU と ΔS を求めよ.

10. (有機化学)

(1) 次に示す反応の主生成物の構造を書け。立体構造を区別する必要がある場合には、その違いがわかるような形式で解答すること。

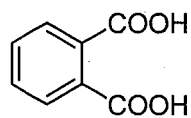


(2) 次の(i)~(iii)の実験事実が得られる理由を簡潔に説明せよ。

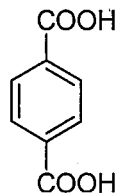
(i) 0°Cで1,3-ブタジエンと臭化水素を反応させると3-ブromo-1-ブテンが主生成物だったが、40°Cでは1-ブromo-2-ブテンが主生成物だった。

(ii) 1-ブromoプロパンと2-ブromoプロパンのそれぞれのエタノール溶液に硝酸銀水溶液を数滴加えたところ、2-ブromoプロパン溶液においてのみ、沈殿が生じた。

(iii) フタル酸の第二酸解離定数はテレフタル酸より小さい。



フタル酸



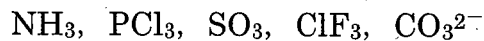
テレフタル酸

11. (無機化学)

次の問い(1), (2)に答えよ.

(1) ホウ素化合物に関する以下の問いに答えよ.

- (i) ホウ酸の構造式を示せ. また, 属する分子の点群を答えよ.
- (ii) ホウ酸は水中で酸として働く. 水中における化学反応式を示せ.
- (iii) 以下の化学種のうち, 分子の形が三塩化ホウ素と同じ対称性となる化学種をすべて答えよ.



(iv) 電子基底状態における B_2 の結合次数とスピン多重度を答えよ.

(2) 結晶構造に関する以下の問いに答えよ.

CsCl 型結晶は Cs (あるいは Cl) だけをみると単純立方格子を形成しており, Cs と Cl の位置関係は立方体の中心に Cs , 各頂点に Cl が配置した構造として表現できる. そのため, 下に示した静電相互作用式から CsCl 型結晶のマーデルング定数 M を 1.76267 と求められる. 式中の d は中心 Cs 原子と隣接する Cl 原子との距離である.

- (i) d を用いて最短となる $\text{Cl}-\text{Cl}$ 間距離を答えよ.
- (ii) A, B, C にあてはまる数値を答えよ.
- (iii) 結晶構造解析には X 線回折法が用いられる. 結晶を構成する原子核間距離が “X 線” の “回折” から決定できる理由を 100 字以内で答えよ.

$$-\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d} M = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d} \left(\frac{1}{1} \times 8 - \frac{1}{\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)} \times A - \frac{1}{(B)} \times 12 + \frac{1}{\sqrt{\frac{11}{3}}} \times C + \dots \right)$$

12. (分析化学)

次の問い(1)~(3)に答えよ。

(1) 水に溶解した酢酸エチルを回収するために、ベンゼンによる抽出を行う。

酢酸エチルのベンゼン相 / 水相への分配係数

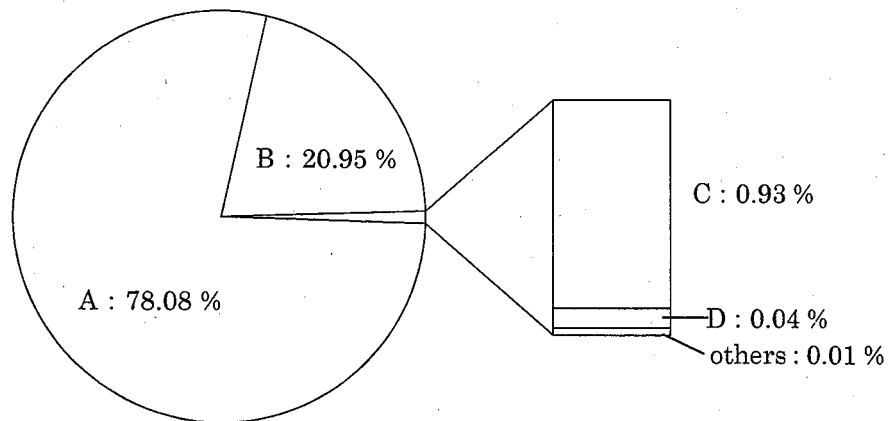
$$K_d = (\text{ベンゼン相でのモル濃度}) / (\text{水相でのモル濃度}) = 12$$

を用いて、以下の問いに答えよ。ただし、水とベンゼンの相互溶解と酢酸エチルによる溶媒の体積変化は無視できるとする。

- (i) 水と同体積のベンゼンを用いて1回抽出した場合の抽出率を求めよ。
(ii) 水と同体積のベンゼンしかないが、抽出率 99 %以上を達成したい。この場合、ベンゼンを N 等分して N 回抽出を行えば可能となる。N の最小値を求めよ。

(2) ある実験条件において、 0.25 mol dm^{-3} の Sn^{2+} 水溶液 50.0 cm^3 を 0.25 mol dm^{-3} の Ce^{4+} 水溶液を用いて酸化還元滴定を行う。この系における還元電位がそれぞれ $E(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = +0.15 \text{ V}$ 、 $E(\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}) = +1.61 \text{ V}$ であるとき当量点における電位を求めよ。

(3) 水蒸気を除くと大気成分は、下図に示す A, B, C, D の4種類の化学種によって 99.99 %以上が構成されている。このうち、その濃度を通常の実験室での分光法で計測できない化学種の名称と測定できない理由を答えよ。



地球大気の組成 (体積比)

13. (分子生物学)

(1) 次の文章を読み、各設問に答えよ。

大腸菌の(a)lac オペロンは、炭素源となる糖の代謝に関わる複数の遺伝子が染色体上で隣接して存在する、遺伝子の発現調節単位である。複数の遺伝子が上流に存在する1つの *lac* プロモーターの制御下であり、転写時には(b)ポリシストロニック mRNA が作られ、これが翻訳されることで各々の遺伝子にコードされたタンパク質が細胞内で生産される。また、(c)lac オペレーターは *lac* オペロンからの(d)タンパク質の生産を負に制御するための DNA 領域である。

- (i) 下線部 (a) に関して、このオペロンはラクトース (乳糖) の代謝に関与する酵素の遺伝子を含んでいる。ラクトースを構成する単糖を2つ答えよ。
- (ii) 下線部 (b) に関して、ポリシストロニック mRNA とはどんな構造の RNA であるか簡素に答えよ。
- (iii) 下線部 (c) に関して、*lac* オペレーターに結合してタンパク質の生産を負に制御する因子の名称を答えよ。
- (iv) 下線部 (d) に関して、タンパク質の生産を負に制御する仕組みについて、200字程度で説明せよ。ただし、次の3つの用語を必ず使うこと。
[RNA ポリメラーゼ, 誘導, IPTG]
- (v) 下線部 (d) に関して、*lac* オペロンにはタンパク質の生産を負に制御する仕組みとは逆に、正に制御する仕組みも存在する。この正の制御の仕組みについて、200字程度で説明せよ。ただし、次の2つの用語を必ず使うこと。
[cAMP, カタボライト活性化タンパク質]

(2) 次の (i) ~ (iii) の用語について、簡素に説明せよ。

- (i) ウェスタンブロットティング法
- (ii) モノクローナル抗体
- (iii) アミノアシル tRNA

1 4. (細胞生物学)

(1) 次の文章を読み、各設問に答えよ。

1つの細胞内に異なる膜で区切られた複数の区画がある真核生物には、膜を横断して物質を移動させるための仕組みが備わっている。例えば、(a)細胞内の特定の構造体上で合成されたタンパク質の多くは、細胞内外の必要な場所に適切な方法で運ばれる。特定の区画へ運ぶことが必要なタンパク質には、通常、そのポリペプチド中に特徴的な(b)シグナル配列が存在している。例えば、ゴルジ体やリソソーム、原形質膜などに輸送されるタンパク質は、合成された後に(c)小胞体の内腔に移動し、そこから目的の区画へ運ばれる。このような細胞内の輸送システムは、正常な細胞機能の維持に必須なものである。

- (i) 下線部 (a) に関して、細胞内でタンパク質を合成する場であり、核酸などを構成成分として含む粒状の構造体の名称を答えよ。
- (ii) 下線部 (b) に関して、多くのシグナル配列は十数～数十残基のペプチドであるが、このような配列はタンパク質を構成するポリペプチド鎖のどの部分に存在している頻度が高いか。一例を挙げて、30字以内で簡潔に答えよ。
- (iii) 下線部 (c) に関して、小胞体の内腔では、タンパク質が翻訳後修飾と呼ばれる化学的な変化を受けて、3次元構造が形成される。この立体構造の形成を介助するタンパク質の名称を答えよ。
- (iv) 下線部 (c) に関して、小胞体の内腔でタンパク質が受ける化学的な変化（翻訳後修飾）には、具体的にどのようなものがあるか、その例を2つ挙げよ。
- (v) 小胞体からタンパク質が細胞外へ輸送される小胞輸送について、その概要を200字以内で答えよ。ただし、次のカッコ内の用語を必ず使うこと。
[輸送小胞, ゴルジ体, 膜融合, エキソサイトーシス]

(2) 次の (i) ~ (iii) の用語について、各々60字以内で説明せよ。

(i) クロマチン

(ii) オートファジー

(iii) iPS細胞 (induced pluripotent stem cell)

15. (生理・生化学) 本試験問題

(1) 次の文章を読んで、(i) ~ (iii) の問いに答えよ。

多くの^(a)酵素の触媒活性は、補因子と呼ばれる小分子を必要とする。補因子は、金属と低分子有機化合物の2種類に分類されるが、このうち低分子有機化合物型の補因子は (A) とよばれる。ビタミンの多くは (A) の前駆体である。触媒活性を有する酵素-補因子複合体を (B) という。(B) から補因子を取り除いた酵素活性のないタンパク質を (C) という。多くの酵素の反応速度論的性質は、ミカエリス・メンテン式によって説明できる。しかし、酵素分子中に基質結合部位が複数存在し、1つの部位への結合が別の部位への結合に影響する場合、その反応速度論的性質はミカエリス・メンテン式によって説明できない。^(b)この種の酵素は、(D) 酵素とよばれる。

- (i) 空欄 (A) ~ (D) に適した語句をそれぞれ答えよ。
- (ii) 下線部 (a) 「酵素」は、触媒反応の性質によって6分類されている。このうちイソメラーゼ (isomerase) はどのような反応に対して触媒作用をするか答えよ。
- (iii) 下線部 (b) の反応速度論的性質は、ミカエリス・メンテン式で説明できる酵素とどのように異なるのかについて、以下の語句を用いて説明せよ。
[S字形, 反応速度, 基質濃度]

(2) 次の (i) ~ (iii) の生化学・酵素学に関する用語について、それぞれ50字程度で説明せよ。

- (i) フィードバック阻害
- (ii) アイソザイム (isozyme)
- (iii) 誘導適合

16. (生態学) 本試験問題

次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

森林における植生遷移①とは、森林を含めた植生、あるいはそれを取り巻く環境を含めた陸上生態系②の時間変化のことを指す。遷移の過程は、最も早く侵入した植生から、一定の順序で種構成を経て、最終的にその気候下において最も安定した植生である(A)に達する。一次遷移の初期段階においては、(B)が生態系発達の制限因子となる③ことが指摘されている。そのため、ある植物相④の定着が顕著に見られる。

- (1) 空欄(A)に適切な言葉を、(B)に元素名を入れて文章を完成せよ。
- (2) 下線部①について、遷移は一次遷移と二次遷移に区別される。両者について説明せよ。
- (3) 下線部②について、一般に陸上生態系のありさまを決定するうえで重要な状態決定因子を5つ挙げよ。
- (4) 下線部③の理由を説明せよ。
- (5) 下線部④について、「ある植物相」が有する典型的な特徴を30字以内で答えよ。