

国際環境工学部 環境生命工学科 理科

【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 時間は9時30分から11時30分までの120分、配点は物理、化学、生物それぞれ100点とし、2科目選択で合計200点です。
3. この問題冊子は、表紙以外に20ページあり、解答用紙は8枚あります。
4. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 第1問から第3問までは物理、第4問から第6問までは化学、第7問および第8問は生物の問題です。2科目を選択して解答してください。
6. 解答用紙には、解答箇所以外に次の記入欄があるので、監督者の指示に従って正しく記入してください。正しく記入されていない場合には採点できないことがありますので、十分注意してください。
 - ① 受験番号記入欄(各解答用紙2箇所)
 - ② 氏名記入欄(各解答用紙1箇所)
 - ③ 選択科目識別欄
選択した科目はこの欄に○を、選択していない科目はこの欄に×を記入してください。この記入がない場合やすべての欄に○が記入されている場合には、採点において著しく不利になります。
7. 解答はすべて指定した解答用紙に記入してください。
8. 解答用紙を持ち出してはいけません。持ち出した場合、試験をすべて無効とします。
9. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

第1問 (物理, 配点 35 点)

以下の文章の空欄 ~ に入れるのに適する数式または数値を解答箇所に入力せよ。解答用紙には答えのみを記入し、答えの導出過程は記入しないこと。ただし、文章 (3) の問いに対する解答は、解答箇所 に導出過程を含めて記述せよ。

図 1.1 のように、長さ r [m] の伸び縮みしない軽い糸の上端 (点 O) を固定し、糸の下端につるされた質量 m [kg] の小球と、質量 M [kg] の物体が同じあらい水平面上に、距離 L [m] 離れた位置で静止している。物体に大きさが I [N·s] の力積を与えたところ、物体はあらい水平面上を進み、小球に衝突した。空気抵抗、小球の大きさ、および小球と水平面の摩擦は無視できるとし、重力加速度の大きさは g [m/s²] とする。

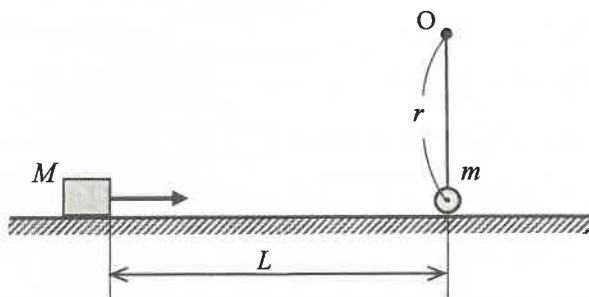


図 1.1

- (1) 物体と水平面の間の変摩擦係数を μ' とする。物体が途中で止まらずに小球に衝突するために、力積 I が満たすべき条件は、

$$I > \text{ア}$$

である。物体と小球の間の反発係数 (はねかえり係数) を e とすると、衝突直後の小球の速さ v_0 [m/s] は、 $v_0 = \text{イ}$ となる。

(2) 図 1.2 のように、衝突後に糸がたるむことなく、小球が点 O を中心とした半径 r の円周上を運動したとする。糸が鉛直方向となす角を回転角とすると、この回転角が θ のときの小球の速さを v_0 を用いて表すと となる。また、このときの糸の張力を v_0 を用いて表すと となる。小球が点 O を中心とした半径 r の円周上を外れることなく運動し最上点に達するために v_0 が満たすべき条件は、

$$v_0 \geq \text{オ}$$

である。

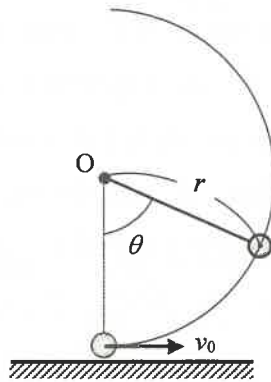


図 1.2

(3) 衝突直後の小球の速さが $v_0 = \sqrt{3.5gr}$ であるとき、小球はある回転角で点 O を中心とした半径 r の円周上を外れる。この小球が円周上を外れるときの回転角を求めよ。解答は、解答箇所 に導出過程を含めて記述せよ。

第2問 (物理, 配点30点)

以下の文章において, , には入れるのに適する語句を, , , には入れるのに適する数式または数値を解答箇所に記入せよ。解答用紙には答えのみを記入し, 答えの導出過程は記入しないこと。ただし, は答えだけでなく, 導出過程も記述せよ。

図2.1のように液体中にある点光源から出た光は, 液面上の点Sで屈折して空気中の観測者の目に届いた。このとき, 点光源は実際の深さ d よりも浅い位置 d' に見えた。点Sにおける光の入射角を θ_1 , 屈折角を θ_2 とし, 空気に対する液体の屈折率を n とする。 の法則より, n を θ_1, θ_2 を用いて表すと となる。空気中から見たときの点光源の深さ d' を θ_1, θ_2 および d を用いて表すと となる。点光源を真上近くから観測する場合, θ_1 と θ_2 は十分に小さい。 θ が十分に小さいとき, $\tan \theta \approx \sin \theta$ と近似できることを用いると, d' を d と n を用いて表すと となる。

点光源から出た光の入射角が をこえない場合は空気中への屈折光があるが, 入射角が をこえると全反射となり空気中への屈折光がなくなる。ここで, 図2.2のように, 点光源 (点P) の真上に位置する点Oが中心となるように, 液体と空気の境界面に光を遮る薄い半径 r の円板を置いたところ, 空気中への屈折光がなくなった。このときの円板の半径 r の最小値は d と n を用いて表すと である。

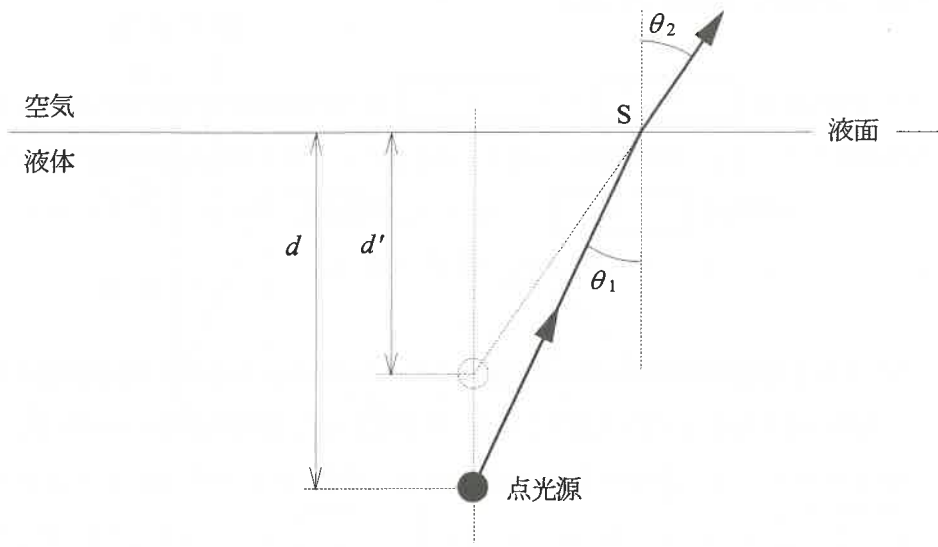


图 2.1

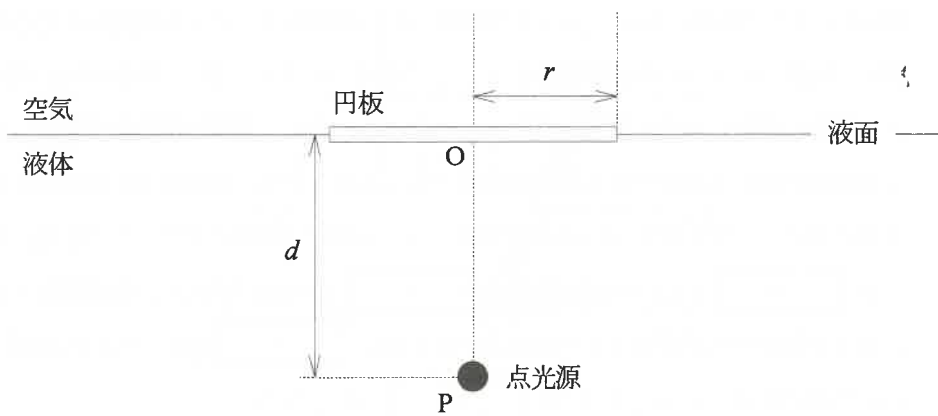


图 2.2

第3問 (物理, 配点35点)

以下の文章の空欄 ～ に入れるのに適する数式または数値を解答箇所に記入せよ。解答用紙には答えのみを記入し、答えの導出過程は記入しないこと。ただし、解答箇所 については、{順路① $c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow c$, 順路② $c \rightarrow f \rightarrow e \rightarrow d \rightarrow c$ } から選んで番号で答えよ。

問1 図3.1のような断面積 0.5 m^2 , 巻き数6のコイルがある。このコイルを右向きに貫く磁界の磁束密度 $B[\text{T}]$ を図3.2のように変化させた。磁束密度はコイル内では一様であるとする。誘導起電力の大きさは、時間 0 s から 0.3 s のときに V , 0.3 s から 0.6 s のときに V , 1.2 s から 1.5 s のときに V となる。

問2 図3.3のように導線, 長さ $l[\text{m}]$ の导体棒 cd , 抵抗値 $R[\Omega]$ の抵抗からなる回路を, 鉛直上向きの一様な磁束密度 $B[\text{T}]$ の磁界中に水平に置く。导体棒 cd は端点を導線に接触しながら摩擦なく動くものとする。また, 導線と导体棒の抵抗, および回路を流れる電流が作る磁界は無視できるものとする。导体棒 cd に右向きに外力を加え, 一定の速さ $v[\text{m/s}]$ で時間 $t[\text{s}]$ の間平行移動させた。このとき, 大きさ $[\text{A}]$ の誘導電流が の向きに流れる。导体棒を一定の速さで動かすために加えるべき外力の大きさは $[\text{N}]$ であり, 時間 $t[\text{s}]$ の間の外力による仕事 W は $[\text{J}]$ となる。

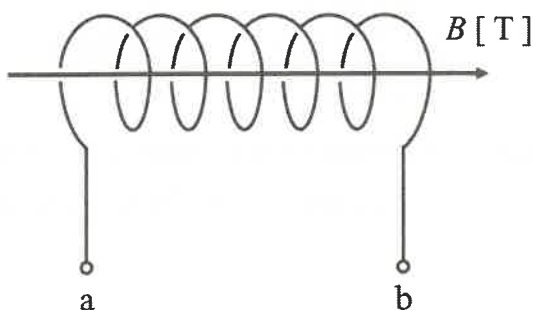


図3.1

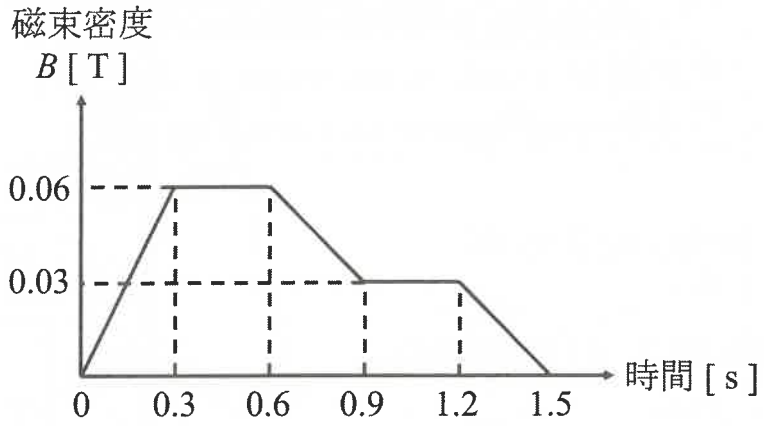


図 3.2

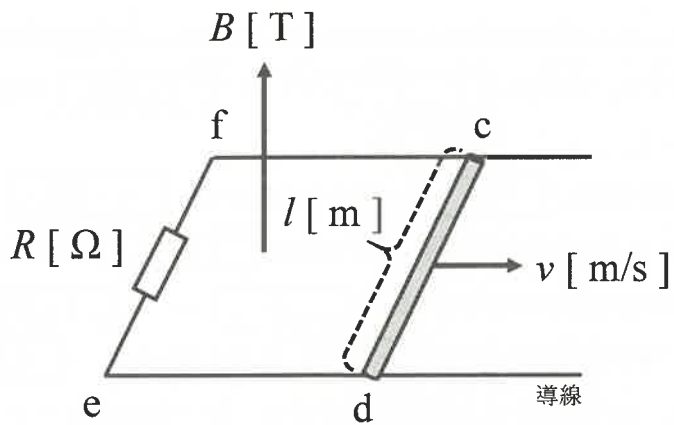


図 3.3

必要があれば、次の原子量、数値を使うこと。

H : 1.0, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0, K : 39.1

$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$, 気体定数 : $8.31 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

第4問 (化学, 配点 35 点)

物質の性質に関して、以下の問いに答えよ。

問1 下記の文章の空欄 ~ に適する語句を答えよ。

大気圧下で水をビーカーに入れて加熱すると、温度の上昇とともに水蒸気圧が高くなり、蒸発が盛んになる。ある温度で水蒸気圧は大気圧と等しくなり、液体の内部からも水蒸気が泡となって発生する。この現象を といい、 が起こる温度を という。

分子からなる物質の場合、 が強くはたらくほど は高くなる。

14 族元素および 16 族元素の水素化合物の分子量と の関係を、図 4.1 に示す。14 族元素の水素化合物は極性を持たず、 という がはたらく。この場合、分子量が大きいほど が大きいので、 が高くなる。一方、16 族元素の水素化合物の場合、分子量が最も小さい H_2O の は、分子量から予想される値より異常に高い。これは H_2O 分子同士の間には とよばれる強い がはたらくからである。

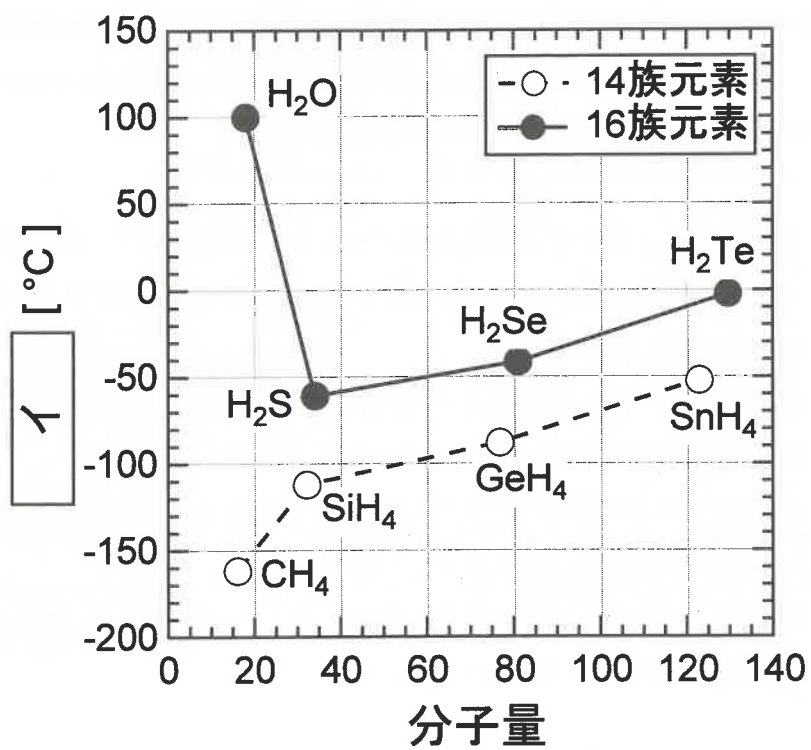


图 4.1

問2 質量 w [g] の液体の物質 A を、図 4.2 の ① のようにピストンの付いた密閉容器に入れ、温度を T [K] に保ったまま次に記す操作 1～操作 4 を行った。これについて以下の問いに答えよ。ただし、気体は理想気体とみなす。

操作 1：ピストンを十分にゆっくり上昇させたところ、液体の一部が蒸発した（図 4.2 の ②）。このときの気体の圧力は p [Pa] であり、液体と気体の体積の和は V_1 [L] であった。

操作 2：さらにピストンを十分にゆっくり上昇させたところ、さらに液体の一部が蒸発し、液体と気体の体積の和は V_2 [L] となった（図 4.2 の ③）。

操作 3：さらにピストンを十分にゆっくり上昇させたところ、ちょうど全ての液体が蒸発し、気体の体積は V_3 [L] となった（図 4.2 の ④）。

操作 4：さらにピストンを十分にゆっくり上昇させたところ、気体の圧力、体積はそれぞれ p_4 [Pa]、 V_4 [L] となった（図 4.2 の ⑤）。

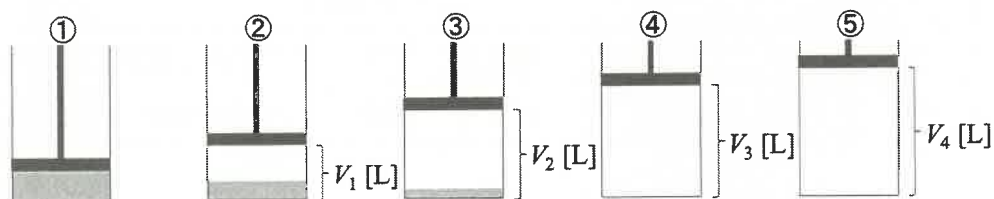
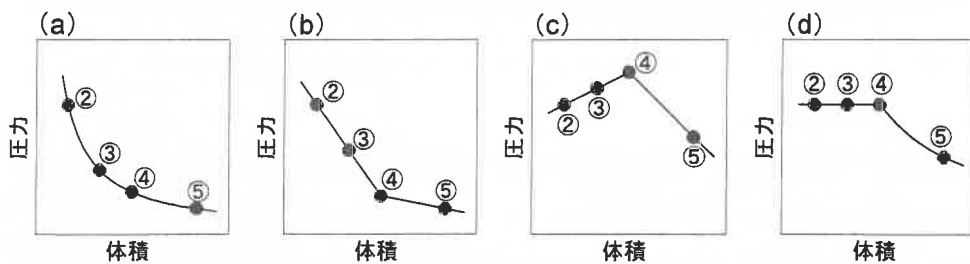


図 4.2

(1) 図4.2の②～⑤の状態において、気体の圧力と体積はどのように変化するか。正しいものを次の図(a)～(d)から選び、記号で答えよ。



(2) 問題中で与えられた記号、および気体定数 R [$\text{Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$] を用い、⑤の状態における気体の圧力 p_4 [Pa] および分子量 M を表す式を答えよ。答えを導く過程も記すこと。

第5問 (化学, 配点 35 点)

次の文章を読み, 以下の問いに答えよ。数値は有効数字 2 桁で答え, 答えを導く過程も記すこと。

一定温度, 一定圧力で, 一定量の溶媒に溶ける溶質の量には限度があり, 溶質がこの限度まで溶けた溶液のことを飽和溶液という。また, 一定量の溶媒に溶ける溶質の最大限の量を溶解度といい, 水に対する固体の溶解度は, 一般に, 水 100 g に溶ける溶質の最大質量 [g] の値 [g/100 g-H₂O] で表わされ, これは温度に依存する。

いま, 塩化カリウム (KCl) と硝酸カリウム (KNO₃) の水に対する溶解度を調べたところ, 表 5.1 に示す結果が得られた。

表 5.1

| | 温度 | 20 °C | 40 °C | 60 °C | 80 °C |
|----------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 物質名 | | | | |
| 溶解度 (水) | KCl | 34 | 40 | 46 | 51 |
| [g/100 g-H ₂ O] | KNO ₃ | 32 | 61 | 106 | 167 |

- 問1 60 °C の水 200 g に塩化カリウムを溶解させた飽和水溶液を 20 °C に冷却したとき, 析出する固体の質量 [g] を求めよ。ただし, 過飽和現象は起こらないとする。
- 問2 40 °C の硝酸カリウムの飽和水溶液のモル濃度 [mol/L] を求めよ。ただし, 40 °C の硝酸カリウムの飽和水溶液の密度を 1.20 g/cm³ とする。
- 問3 20 °C の硝酸カリウムの飽和水溶液の質量パーセント濃度 [%] を求めよ。
- 問4 40 °C の質量パーセント濃度 20% の塩化カリウム水溶液 100 g に, この温度で, さらに溶かすことのできる塩化カリウムの最大の質量 [g] を求めよ。

問5 塩化カリウムの飽和水溶液に塩化水素を通じたときの変化として最も適するものを、以下の a ~ d から選んで記号で答えよ。ただし、溶液の温度は一定とする。

- a. 水素イオン濃度が高くなるため、塩化カリウムの溶解度が大きくなる。
- b. 水素イオン濃度が高くなるため、塩化カリウムが析出する。
- c. 塩化物イオン濃度が高くなるため、塩化カリウムの溶解度が大きくなる。
- d. 塩化物イオン濃度が高くなるため、塩化カリウムが析出する。

第6問 (化学, 配点 30 点)

以下の問いに答えよ。ただし、構造式は以下の記入例にならって記せ。



構造式の記入例

問1 油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて熱すると、油脂はけん化されて、グリセリンと脂肪酸のナトリウム塩 (セッケン) を生じる。このセッケンに関する以下の問いに答えよ。

(1) パルミチン酸 ($\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$) のグリセリンエステルである油脂に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、セッケンを合成した。この反応を化学反応式で記せ。

(2) セッケンは水溶液中では弱い塩基性を示す。その理由を説明せよ。

(3) 海水中で用いるとセッケンの洗浄力が低下する。その理由を説明せよ。

問2 分子式 C_6H_{10} で表される、枝分かれした構造をもたないアルキン (化合物 A) がある。1 mol の化合物 A に対して、白金触媒を用いて水素 1 mol を反応させたところ、すべての化合物 A に対して同じ反応がおこり、化合物 B のみが得られた。B にはシーストランス異性体は存在しない。化合物 A の構造式を記せ。

問3 分子式 $\text{C}_m\text{H}_n\text{O}_2$ で表される有機化合物をエタノールと反応させてエステルを得た。このエステル 5.40 mg を完全燃焼させると二酸化炭素 13.2 mg と水 5.40 mg が得られた。 m と n はそれぞれいくらか答えよ。答えを導く過程も記すこと。

問4 異性体に関する以下の (a) ~ (d) の記述のうち、正しいものには○を、間違っているものには×をそれぞれ答えよ。ここでいう異性体には、構造異性体、シーストランス異性体、鏡像異性体が含まれる。

- (a) C_4H_8 で表される不飽和炭化水素には異性体は全部で3つある。
- (b) グリセリン中の 1 つの水酸基をアセチル化して得られる生成物には異性体が全部で2つある。
- (c) ベンゼンの水素原子のうちの3つをそれぞれ、Cl, Br, I で置換した化合物には、全部で10個の異性体がある。
- (d) 六員環構造をとった α -グルコースには6個の不斉炭素原子が存在する。

第7問 (生物, 配点 50 点)

問1 以下の文章を読んで、問いに答えよ。

真核細胞と原核細胞は細胞膜で包まれ、細胞内部に遺伝子の本体である DNA をもつという、共通した特徴をもっている。真核細胞では DNA が の中に存在するが、原核細胞は をもたず、DNA が 基質に存在する。

には特定の機能をもつ細胞小器官がある。細胞のはたらきは、細胞小器官の分業により効率的に営まれている。① 真核細胞では様々な細胞小器官が発達している。細胞小器官の膜は基本的に細胞の内外をしきる細胞膜と同じ構造である。このような膜を生体膜という。② 生体膜はリン脂質からなり、さまざまな膜タンパク質が配置されている。

細胞は必要なものを吸収し、不要なものを排出するためのしくみをもっている。生体膜の膜タンパク質には、細胞の内外に物質を ③ 能動的に輸送したり、拡散によって透過させる孔の役割を担うものもある。このような膜タンパク質は、特定の物質のみを通す 性を示す。

その他、生体膜や膜タンパク質を通過できないような大きさの物質も、細胞内外を出入りしている。この場合には、生体膜自体がそれらの物質を包みこんだ小胞を形成し、細胞外に放出したり、細胞内に取りこんだりする。このような ④ 小胞による細胞からの物質の分泌をエキソサイトーシス、細胞への物質の取りこみを という。

(1) 文章中の空欄に最も適する語句を入れよ。

(2) 下線部 ① で、真核細胞だけがもつ細胞小器官に小胞体がある。小胞体は粗面小胞体と滑面小胞体に分けられるが、その違いについて説明せよ。

- (3) 下線部 ② について、リン脂質はどのような構造をとって生体膜を構成しているか、以下の用語をすべて用いて説明せよ。

用語： リン脂質，二重層，親水性，疎水性

- (4) 下線部 ③ で、ATP を分解したときに生じるエネルギーを用いて物質を輸送するタンパク質を、以下の A ～ E の中から一つ選べ。

A シトクロム B アクアポリン C ナトリウムポンプ
D アセチルコリン受容体 E ヘモグロビン

- (5) 下線部 ④ によって、細胞内で合成されたタンパク質は細胞外へ分泌される。小胞体の中に入ったタンパク質が、どのように細胞外に輸送されるかについて、以下の用語をすべて用いて説明せよ。

用語： 細胞膜，ゴルジ体，小胞体，融合，小胞

問2 以下の文章を読んで、問いに答えよ。

リボ核酸 (RNA) は DNA と異なり 1 本鎖であり、糖として をもつ。
 では DNA の糖と異なり、5 個の炭素のうち 2 番目の炭素 (2' C) に
 が結合している。また RNA の塩基では、チミン (T) の代わりにウラシル
(U) が使われている。転写によってつくられ、タンパク質についての情報をもつ RNA を
mRNA という。

転写も複製と同じように DNA が鋳型となり、① その塩基配列と相補的な塩基をもつ
ヌクレオチドが順番につながれていく。この反応を進行させるのは RNA ポリメラーゼと
呼ばれる酵素である。真核生物の遺伝子では、実際にアミノ酸配列の情報をもつ DNA 部
分が、情報をもたないいくつかの DNA 部分に隔てられて存在する。このような遺伝子で
は、情報をもつ DNA 部分は , 情報を持たない DNA 部分は
 と呼ばれている。真核生物は、遺伝子が転写された後に が取
り除かれる ② スプライシング という加工がほどこされる。

RNA ポリメラーゼは遺伝子の転写の開始点から正確に RNA の合成を始めるが、その
開始には RNA ポリメラーゼ以外のタンパク質もかかわっている。大腸菌において、転写
開始を調節する例として、③ ラクトース (乳糖) を分解する酵素 (ラクターゼ) などの遺
伝子の転写調節のしくみが知られている。大腸菌は培地にグルコースが十分に含まれてい
るかぎり、ラクトースを加えてもそれを利用することはない。しかし、ラクトースしか含
まない培地に移すと、数分以内にラクトースを利用できるようになる。これは、それまで
十分には発現していなかったラクターゼなどの合成が誘導されるためである。

(1) 文章中の空欄に最も適する語句を入れよ。

(2) 下線部 ① で、以下の DNA 鎖が鋳型となった場合、転写された RNA の塩基配列は
どうなるか。以下の DNA 鎖の表記にならって答えよ。

5'—ATCGGA—3'

- (3) 下線部 ② で、選択的スプライシングといわれるスプライシングもある。選択的スプライシングとはどのようなスプライシングか答えよ。また選択的スプライシングは生物にどのような利点をもたらすか答えよ。
- (4) 下線部 ③ の調節では、リプレッサーと呼ばれる調節タンパク質がはたらいている。大腸菌において、培地にグルコースがなくラクトースがあるときの、ラクターゼなどの酵素の遺伝子の転写の調節について、模式図を作成するとともに文章でそれを説明せよ。ただし模式図と説明文には以下の用語をすべて用いること。

用語： リプレッサー，RNA ポリメラーゼ，プロモーター，オペレーター，
ラクトースの代謝産物，ラクターゼなどの酵素の遺伝子

第8問 (生物, 配点 50 点)

以下の文章を読んで、問いに答えよ。

生態系の中で、 や ① 化学合成 によって二酸化炭素から有機物を合成する働きを担っている生物を と呼び、陸上の生態系の中では樹木や草本類がその大部分を占めている。単位面積内の によって一定期間内につくられた有機物の総量を といい、ここから を差し引いたものを純生産量という。純生産量から一次消費者に摂食された量と 枯死量 を差し引いた量が植物の になる。

生態系の純生産量は、バイオームによって違いが見られる。陸上のバイオームでは、年降水量と年平均気温によって純生産量が異なり、赤道付近の高温多雨な環境に分布する では、亜寒帯に分布する と比較して純生産量が大きい。また、熱帯や亜熱帯に分布する草原の は、北極圏などの寒帯に分布する と比較して純生産量が大きい。海洋では、大陸棚などの沿岸で純生産量が大きいのが、これは陸域から流入する が沿岸域で豊富なためである。内湾や内海では、河川から が過剰に流入して が進み、プランクトンが異常に増殖して海水が変色する が発生することがある。増殖したプランクトンの遺体の分解には多量の酸素が消費されるため、水中の酸素が欠乏し、生物の大量死の原因となる。陸上の水域でも が生産量を決める重要な要因である。湖などへの過剰な の流入は を引き起こし、これが原因でシアノバクテリア類などの特定のプランクトンが大増殖し、 が発生することがある。 が合成した有機物は、一次消費者、二次消費者に受け継がれてゆくが、消費者の摂食量のうち、不消化排出量 を差し引いた量が同化量となる。この同化量から消費者の および 老廃物排出量 を差し引いた量が生産量、さらに生産量から および 死亡量 を差し引いた量が である。ここで、消費者による摂食、同化、生産の過程でエネルギーが伝わる効率を考えると、② 摂食効率 は純生産量に対する摂食量の割合を、同化効率 は摂食量に対する同化量の割合を、生産効率 は同化量に対する生産量の割合を表す。

このように、生態系の中では、 が合成した有機物が食うものと食われるものの関係で生物群集の中で受け継がれてゆく。こうした生物間の食うものと食われるものの関係は、天然の森林のような生物の多様性が高い生態系では複雑な構造になっている。この複雑な生物間の関係全体を と呼ぶ。

問1 文中の空欄に最も適する語句を記入せよ。ただし、, , , の語句は以下のバイオームから最も適するものを記入せよ。

バイオーム： 砂漠、サバンナ、ツンドラ、ステップ、針葉樹林、
照葉樹林、熱帯多雨林、夏緑樹林

問2 下線部 ① の化学合成とはどのような代謝であるか、説明せよ。

問3 二重下線部の「枯死量」、「不消化排出量」、「老廃物排出量」、「死亡量」の合計量に相当する有機物は、生態系の中で主にどのように利用されるか、説明せよ。

問4 下線部 ② の摂食効率は、次の図 8.1 に示す植物群落が主となって構成される生態系 A および B で比較すると、どのような違いがあるか、理由とともに述べよ。

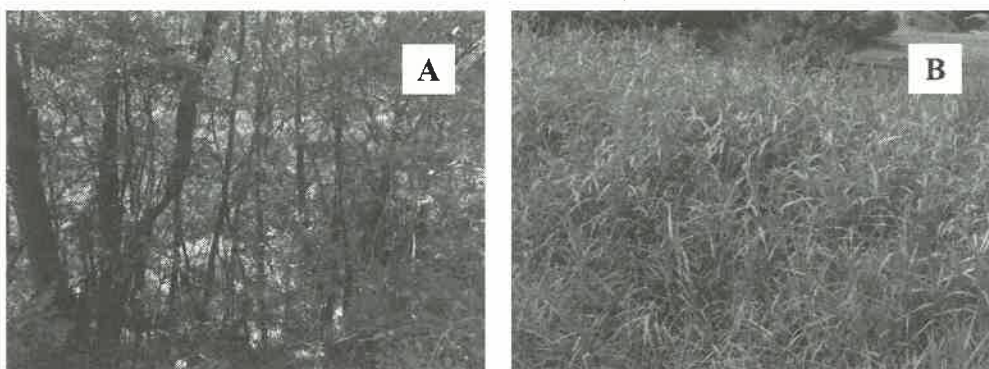


図 8.1