

(令3志理) 総合問題 II

問題部分 1 ～ 11 ページ

〔 第1問 : 1 ～ 3 ページ 〕

〔 第2問 : 4 ～ 7 ページ 〕

〔 第3問 : 8 ～ 11 ページ 〕

注意事項

- (1) 使用できるもの：黒鉛筆・シャープペンシル・プラスチック製の消しゴム・小型鉛筆削り・時計等、「受験者心得」で指示したもの。
- (2) 受験番号欄は各答案用紙の解答欄と評点欄の2か所、氏名欄は解答欄に1か所あります。受験番号は5けたの数字を枠内に1字ずつ明確に記入してください。
- (3) 受験番号及び氏名を指示されたところ以外に記入した場合や受験番号の数字が判別できない場合、採点の対象になりません。
- (4) 解答は、黒鉛筆またはシャープペンシルで答案用紙の所定の欄に、明確に記入してください。
- (5) 答案用紙の裏面には何も記入してはいけません。
- (6) 答案用紙に指示された以外のことを記入しても採点の対象になりません。
- (7) 医学部保健学科以外の志願者は、第1問～第3問より2問を選択・解答してください。
医学部保健学科の志願者は、第1問～第3問より1問を選択・解答してください。
- (8) 選択・解答した問題番号を、別紙「選択問題登録用紙」に登録してください。登録した選択問題以外の問題を答案用紙に解答しても、採点の対象とはなりません。

※ 医学部保健学科以外の志願者は、第1問～第3問より2問を選択・解答し、
医学部保健学科の志願者は、第1問～第3問より1問を選択・解答してください。

第1問

計算のために必要であれば、以下の値を用いよ。

原子量：H 1.00 N 14.0

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

I（配点率 17%，医学部保健学科のみ配点率 34%）以下の(1)～(7)の問いに答えよ。

I a 周期律表に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 1族の元素 H, Li, Na, K の中で $20\text{ }^\circ\text{C}$, 1.01×10^5 Pa で単体が気体である元素をすべて分子式で答えよ。
- (2) 17族の元素 F, Cl, Br, I の中で $20\text{ }^\circ\text{C}$, 1.01×10^5 Pa で単体が液体である元素をすべて分子式で答えよ。
- (3) 1族および17族の元素のそれぞれの最外殻の電子数を答えよ。
- (4) 17族の原子は、電子を1個取り込んで1価の陰イオンになりやすい性質を有する。この理由を、Cl を例にして説明せよ。
- (5) 原子番号17のClの原子量は35.5であり、整数値から大きくずれている。この理由を説明せよ。

I b 3原子分子である水および二酸化炭素について以下の問いに答えよ。

- (6) 水および二酸化炭素分子の構造式を分子の立体形状がわかるように示せ。
- (7) H_2O は分子量が18で軽く小さな分子であるが液化しやすい物質である。また、分子量に比して高い沸点をもつ液体として安定な物質でもある。その理由を分子の構造と関連づけて説明せよ。

II (配点率 16%, 医学部保健学科のみ 32%) 以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

IIa 化学平衡と反応速度に関する以下の問いに答えよ。

(1) 次の文章で間違っているものをすべて選び答えよ。

- (ア) 発熱反応は温度を下げた方が反応速度は増加する。
- (イ) モル数の増える反応は圧力を下げた方が反応速度は増加する。
- (ウ) モル数の増える反応は圧力が上がると平衡定数が小さくなるので平衡が原料側に移動する。
- (エ) 水の分解反応は室温付近で進行し難いので、触媒を用いることで反応を進める。
- (オ) 反応が平衡状態に達すると正反応および逆反応とも反応速度はゼロとなり反応が停止する。

IIb 次の a ~ c の文章を読んで以下の問いに答えよ。

- a. 水溶液中の塩素イオンの存在を確かめるために、金属塩である (ア) の水溶液を滴下した。
- b. 漂白や殺菌に利用される次亜塩素酸ソーダ水溶液は (イ) 性の水溶液であるが、① (ウ) 性の液体と混ぜると反応が進行し有毒な (エ) ガスが発生することがあるため、注意する必要がある。
- c. 構造物のコンクリートに (オ) の溶け込んだ (カ) 性の雨水が染み込むと、コンクリート中の成分 (キ) が一部溶解する。さらに雨水が浸透し反応が進行すると一度溶解した成分が更に反応し (ク) が生成し析出する。これらは、しばしばつらら状の構造として観察され、鍾乳洞内の鍾乳石の生成過程もこれと同じである。

(2) (ア) ~ (ク) に入る適切な語句, 数字, あるいは化学記号, 化合物名を答えよ。

(3) 下線部①の反応を下記の化学反応式の空欄に化学式を入れ完成させよ。



Ⅲ（配点率 17%，医学部保健学科のみ 34%）以下の(1)～(7)の問いに答えよ。（ただし，数値解は，有効数字 3 桁で答えよ。）

水素は太陽電池や風力発電などの再生可能エネルギーから得られる電気エネルギーを化学エネルギーとして貯蔵するためのエネルギーキャリアとして注目されている。水素の製造に関して以下の問いに答えよ。なお，気体の水素は理想気体であると考えてよい。

- (1) 水酸化ナトリウム水溶液を再生可能エネルギーから得られる電気エネルギーを用いて電気分解し，水素と酸素を発生させる。陽極および陰極で起こる反応の化学反応式をそれぞれ示せ。
- (2) (1)の電気分解で， $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.01\times 10^5\text{ Pa}$ の水素を 1.00 m^3 製造する。製造した水素の物質量は何 mol か答えよ。
- (3) (1)の電気分解で， $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.01\times 10^5\text{ Pa}$ の水素を 1.00 m^3 製造するために必要な電気量は何クーロンか答えよ。
- (4) (1)の電気分解で， $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.01\times 10^5\text{ Pa}$ の水素を $1.00\text{ m}^3/\text{h}$ で製造するために必要な平均の電流値は何 A か答えよ。
- (5) 再生可能エネルギーを蓄える方法として水素だけでなくいくつかの化合物が検討されており，アンモニアも候補の 1 つである。また，アンモニアは化学品原料としても重要な物質であり，肥料として使用される尿素もアンモニアから作られる。アンモニアと二酸化炭素から尿素を合成する化学反応式を答えよ。
- (6) (1)の電気分解で， $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.01\times 10^5\text{ Pa}$ の水素を $1.00\text{ m}^3/\text{h}$ 製造しすべてをアンモニアに転換する場合，1日あたりに合成されるアンモニアの質量は何 kg か答えよ。
- (7) 再生可能エネルギーを化学物質として貯蔵するとき，体積が小さい方が貯蔵に有利である。アンモニアは， $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.01\times 10^5\text{ Pa}$ では気体であるが，圧力を $6.25\times 10^5\text{ Pa}$ まで高めると $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ であっても液化でき，その密度は 624 kg/m^3 である。液化したアンモニア 1.00 L ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $6.25\times 10^5\text{ Pa}$) を得るために必要なもとの水素 ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.01\times 10^5\text{ Pa}$) の体積は何 L か答えよ。

第2問

I (配点率 24%, 医学部保健学科のみ配点率 48%) 以下の(1)~(5)の問いに答えよ。ただし、数値解は、有効数字2桁で答えよ。

(1) 静水に対して 4.0 m/s の速さで進む船が、速さ 2.0 m/s で一様に流れる川幅 96 m のまっすぐな川を対岸へ渡るとき、次の①~⑤に答えよ。ただし、船の大きさは無視でき、風の影響はないものとする。

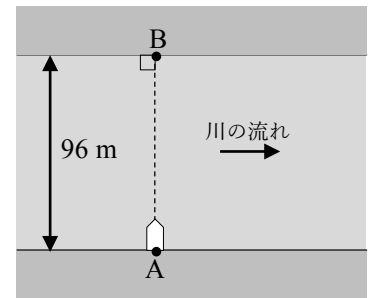


図 2-1

① この船で、図 2-1 の川岸の点 A から真向かいの点 B までまっすぐに渡りたい。船首をどの方向へ向けて進めばよいか。直線 AB からの角度と川の上流側か下流側かも含めて答えよ。

② このとき、船が川を渡るのに要する時間を答えよ。

上流のダムからの放水により川の流れの速さが 3.0 m/s の一様な流れに変化したとき、同じ船で船首を川岸に対して垂直な向きにして点 A から出発した。

③ このとき、岸で静止する人が見た船の速さは何 m/s か答えよ。

④ 船が対岸に達するまでにかかる時間は何 s か答えよ。

⑤ 船は点 B から何 m 下流の点に到着するか答えよ。

(2) 厚さが一様な半径 r の円形の板がある。図 2-2 のように、この円形の板から、円に内接する半径 $\frac{r}{2}$ の円形の部分を切り抜いた。切り抜いた後の板の重心は、円の中心 O から、どちら向きにどれだけ離れた位置にあるか求めよ。なお、図 2-2 の点 O は、切り抜く前の円形の板の中心、O' は切り抜いた円形の中心、A、B は円形の板の端で、O と O' を結ぶ直線上にあるものとする。

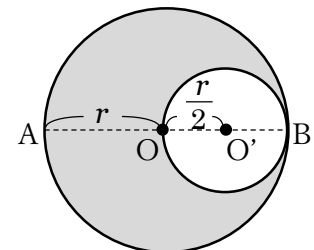


図 2-2

(3) 音波の干渉を確認する装置として、図 2-3 のようなクイケン管という装置がある。この装置では、一定の周波数で出された音が、ACB と ADB の経路に分かれて進み、B で干渉する。

初めは、経路 ACB と ADB の長さが等しくなるようにしておき、次に右側の U 字部分を引き出していくと、8.5 cm 引き出すごとに、B で聞こえる音が大きくなった。次の①~③に答えよ。ただし、音速を 3.4×10^2 m/s とする。

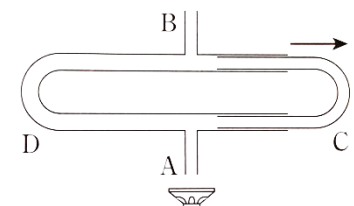


図 2-3

① 音の波長は何 m か答えよ。

② 音の振動数は何 Hz か答えよ。

③ 同じクイケン管で、振動数 1.7×10^3 Hz の音を用いると、C を何 cm 引き出すごとに B で聞こえる音が大きくなるか答えよ。

(4) 最大目盛り 100 mA, 内部抵抗 2.4Ω の電流計がある。この電流計を用いて, ある電気回路を流れる電流を計測したい。次の①~②に答えよ。

① 電流計は測定する箇所に対して, 直列に接続するか, 並列に接続するか答えよ。

② この電流計を最大目盛り 500 mA の電流計として用いるには, 何 Ω の抵抗をどのように接続すればよいか簡潔に説明せよ。

(5) 断面積 $1.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ で長さが 5.0 m の導体に, 12 V の電圧を加えると, 80 mA の電流が流れた。同じ導体で, 断面積 $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2$, 長さが 1.0 m のものに, 12 V の電圧を加えた場合, 流れる電流は, 何 A 流れるか答えよ。

II (配点率 11%, 医学部保健学科のみ配点率 22%) 温度がすべて異なる 3 個の固体 A, B, C がある。まず, 固体 A と固体 B を接触させ, 熱平衡に達すると, 固体 A の温度は $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下がり, 固体 B の温度は $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 上昇した。その固体 B を固体 A から離して, 固体 B を固体 C と接触させ, 熱平衡に達すると, 固体 B の温度は $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下がり, 固体 C の温度は $5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 上昇し, $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ になった。次の(1)~(4)の問いに有効数字 2 桁で答えよ。ただし, 固体 A, B, C は物質の三態の変化はなく, その体積変化は無視できるものとし, 熱のやりとりは固体間でのみ起こるものとする。

- (1) 固体 B と接触させる前の, 固体 A の温度は何 $^{\circ}\text{C}$ か答えよ。
- (2) 固体 A の熱容量は, 固体 B の何倍か答えよ。
- (3) 固体 C の熱容量は, 固体 B の何倍か答えよ。
- (4) さらに, 固体 C を固体 B から離して, 固体 A と固体 C を接触させ, 熱平衡に達すると, 温度は何 $^{\circ}\text{C}$ になるか答えよ。

Ⅲ（配点率 15%，医学部保健学科のみ配点率 30%）物体の運動エネルギーに関する以下の(1)～(3)の問いに答えよ。

質量 10 kg の物体 X に軽い糸をつけて水平面上の点 S に置き、以下の 2 つの実験（実験 A，実験 B）における運動エネルギーの比較を行った。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 ，摩擦や空気の抵抗は無視できるものとし，導出過程も含めて答えよ。

実験 A：図 2-4 のように，物体 X につけた糸にばねはかりをつなぎ，ばねはかりの目盛りが 49 N を保つようにして引っ張った。物体 X が点 S から 1.0 m 動いたときに物体 X がもつ運動エネルギーを求めた。

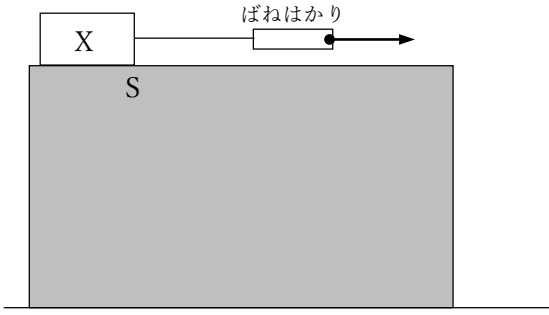


図 2-4

実験 B：図 2-5 のように，物体 X につけた糸に質量 5.0 kg の物体 Y をつけ，水平台の端に軽い滑車をかけ，物体 Y をつるして静かに放した。物体 Y は落下を始め，物体 X が点 S から 1.0 m 動いたときに物体 X がもつ運動エネルギーを求めた。

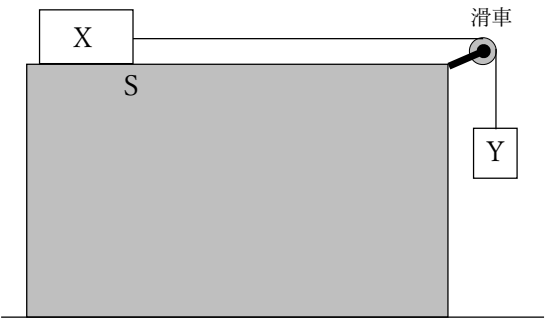


図 2-5

- (1) 実験 A で求めた運動エネルギーについて，有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 実験 B で求めた運動エネルギーについて，有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) 実験 A と実験 B で求めた運動エネルギーに差が出る原因について説明せよ。

第3問

I (配点率 18%, 医学部保健学科のみ配点率 36%) 以下の(1)~(5)の問いに答えよ。

(1) 地球上に存在する^(a)すべての生物のからだは細胞からできている。細胞には原核細胞と真核細胞があり、原核細胞でからだができている生物を^(b)原核生物、真核細胞でからだができている生物を真核生物という。真核細胞にはミトコンドリアや葉緑体などの細胞小器官がある。ミトコンドリアは酸素を使って有機物を分解する生物が、葉緑体は光合成を行う生物が、細胞の内部にそれぞれ取り込まれて生じたと考えられている。

① 下線部(a)について、すべての細胞に共通して含まれる物質を、次の(ア)~(エ)から、2つ選びその記号を答えよ。

(ア) クロロフィル (イ) アデノシン三リン酸 (ウ) セルロース (エ) デオキシリボ核酸

② 下線部(b)の原核生物に属するものを、次の(ア)~(オ)から、2つ選びその記号を答えよ。

(ア) ミドリムシ (イ) ゴウリムシ (ウ) 大腸菌 (エ) ネンジュモ (オ) オオカナダモ

③ 次の(ア)~(エ)を、大きい方から順に答えよ。

(ア) 乳酸菌 (イ) ヒトの赤血球 (ウ) ゴウリムシ (エ) インフルエンザウイルス

(2) 顕微鏡観察に関する以下の①~③の問いに答えよ。

① 次の(ア)~(カ)の光学顕微鏡操作に関する説明を、正しい順に並べかえ、その記号を答えよ。

(ア) 接眼レンズをのぞきながら、対物レンズとプレパラートの間隔が広がる方向へ、ピント調節ねじを回してピントを合わせる。

(イ) ステージ上にプレパラートをおく。

(ウ) しぼりを開き、反射鏡を調節して光をレンズに入れる。

(エ) 観察対象の細部を観察するため、対物レンズを低倍率から高倍率に切りかえ観察する。

(オ) ステージの横から見ながら、対物レンズをプレパラートに近づける。

(カ) ピントが合ったら観察対象を視野の中央に動かすとともに、鮮明な像が見えるようにしぼりを調節する。

② 次の(ア)~(エ)のうち、光学顕微鏡のレンズの取り付けに関する説明として、最も適切なものを1つ選び、その記号を答えよ。

(ア) 顕微鏡内の光学系に悪影響がないよう、暗室内で取り付ける。

(イ) 対物レンズを先に取り付け、後から接眼レンズを取り付ける。

(ウ) 接眼レンズを先に取り付け、後から対物レンズを取り付ける。

(エ) 接眼レンズと対物レンズは、どちらを先に取り付けても良い。

③ 次の(ア)~(オ)のうち、しぼりに関連する説明として、適するものを2つ選び、その記号を答えよ。

(ア) しぼりを開くと、視野は明るくなる。

(イ) しぼりを絞ると、視野は明るくなる。

(ウ) しぼりを絞ると、ピントの合う深さが深くなる。

(エ) しぼりを開くと、ピントの合う深さが深くなる。

(オ) しぼりの調節と、ピントの合う深さは関係ない。

(3) ヒトの肝臓に関する次の文中の (ア) ~ (エ) に最も適する語句を答えよ。

肝臓は約 50 万個の肝小葉により形成されている。肝臓に流入している血管は、肝動脈と (ア) という静脈である。消化管から心臓へ戻るほぼすべての血流は (ア) を通って肝臓に入り、小腸で吸収されたグルコースの一部を (イ) に合成して肝細胞内に貯蔵し、血糖濃度の調節に関わっている。また、肝臓では、血しょう中に存在するアルブミン等のタンパク質の合成・供給や、アミノ酸の分解により生じたアンモニアを尿素に変えるなど、有害な物質を毒性の低い物質に変える (ウ) 作用、(エ) の分解産物であるビリルビンを含んだ胆汁の生成なども行なっている。

(4) 真核生物の遺伝情報の転写に関する次の文中の (ア) ~ (エ) に最も適する語句を答えよ。

遺伝情報の転写は、DNA の一方の鎖が鋳型となり、その塩基配列に対応した RNA が (ア) のはたらきで合成される。

真核生物の DNA には (イ) という転写の開始に関与する特定の塩基配列をもつ領域があり、(ア) が (ウ) とともに (イ) に結合すると、DNA の二重らせんがほどけて転写が始まる。DNA にはタンパク質のアミノ酸配列を指定するエクソンという領域とアミノ酸配列に関与しないイントロンという領域がある。転写された RNA は、核内でイントロンが取り除かれエクソンがつなぎ合わされ、mRNA となる。この過程を (エ) という。

(5) 抗体に関する以下の①~②の問いに答えよ。

体内に侵入した細菌やウイルス、花粉などの異物は、非自己と認識され排除される。このような物質を (ア) と呼んでいる。

B 細胞がつくる抗体は、(イ) というタンパク質で、図 3-1 のように、H 鎖と L 鎖と呼ばれる 2 種類のポリペプチドが対になって結合し、それらが 2 つ合わさった Y 字型をしている。H 鎖と L 鎖の先端部は可変部と呼ばれ、この部分で (ア) に結合する。様々な (ア) に特異的に結合するためには、抗体ごとに異なった可変部の立体構造をもつ必要がある。このため、(a)ある (イ) の H 鎖の可変部の構造を決める遺伝子の領域には V、

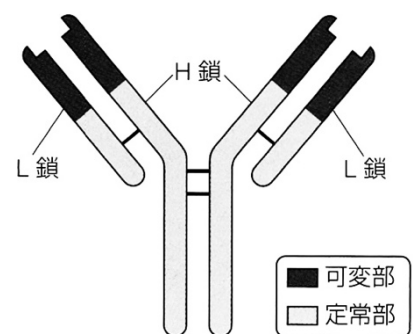


図 3-1

D、J の 3 つの領域があり、それぞれ、40 種、25 種、6 種の遺伝子断片がある。この 3 つの領域から 1 つずつ遺伝子断片が選ばれ、ポリペプチドが合成される。また、L 鎖も同様に、可変部の構造を決める遺伝子の領域には H 鎖とは異なる V、J の 2 つの領域があり、それぞれ 70 種、9 種の遺伝子断片があり、それぞれから 1 つずつ選ばれ、ポリペプチドが合成される。

① 文中の (ア) ~ (イ) に最も適する語句を答えよ。

② 下線部(a)の場合、理論上、何種類の可変部の構造ができることになるかと考えられるか、有効数字 2 桁で答えよ。

II (配点率 18%, 医学部保健学科のみ配点率 36%) 生物が細胞内で酸素を利用して有機物を分解し、エネルギーを取り出すはたらきを呼吸といい、このとき放出されるエネルギーを用いて生命活動に必要な ATP を生成している。呼吸により分解される物質を呼吸基質といい、呼吸基質には炭水化物だけでなく、脂質やタンパク質も利用される。呼吸基質を分解するとき、消費する酸素の体積に対する発生する二酸化炭素の体積の比 (CO_2 / O_2) を呼吸商と呼び、呼吸基質が炭水化物だけの場合は約 1.0、脂質だけの場合は約 0.7、タンパク質だけの場合は、約 0.8 である。

種子が発芽するときには呼吸が盛んになるため、容易に呼吸商を測定できる。そこで、ある植物の種子を用い、図 3-2 のような装置を用い、呼吸商を求める実験を行なった。2つの装置には、同じ種類の植物の発芽しかけの種子を等量入れ、装置 1 には、中央の容器に水酸化カリウム溶液を、装置 2 には、水酸化カリウム溶液の代わりに蒸留水を入れ、密閉した。両装置を 25 °C に保ち、一定時間経過した後、着色液の移動から、両装置内の気体の体積変化を測定したところ、装置 1 では 21.2 mL、装置 2 では 4.1 mL の減少が計測された。この実験において、発芽種子は光合成を行わず、体積変化は呼吸による変化だけで起こるものとして、次の(1)~(6)の問いに答えよ。

(1) 装置 1 に、水酸化カリウム溶液を入れた目的を簡潔に述べよ。

(2) 装置 1 の気体の減少量は、何を表しているか。簡潔に述べよ。

(3) 装置 2 の気体の減少量は、何を表しているか。簡潔に述べよ。

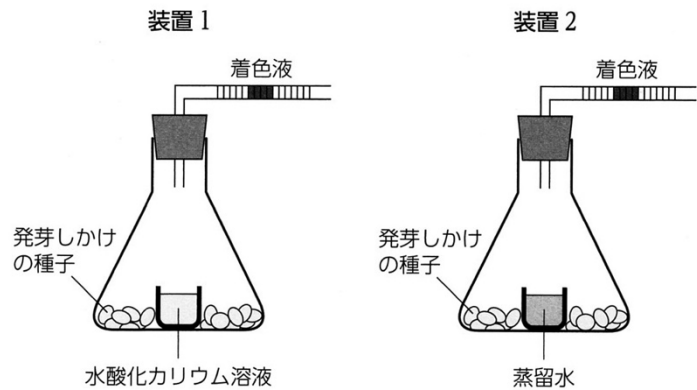


図 3-2

(4) この実験の体積変化から呼吸商を求めよ。ただし、解答は、有効数字 2 桁で答えよ。

(5) この発芽種子の主な呼吸基質は何と考えられるか答えよ。

(6) ある生物が、呼吸基質にグルコースとパルミチン酸を 4 対 1 の物質質量比 (モル比) で利用した場合の呼吸商を求めよ。グルコースの分子式は $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ で、パルミチン酸の分子式は $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$ である。原子量は、 $\text{H}=1.0$, $\text{C}=12$, $\text{O}=16$ とし、導出過程も示し、有効数字 2 桁で答えよ。

Ⅲ（配点率 14%，医学部保健学科のみ配点率 28%）気候が温暖で適度な降水量がある地域の地表面をおおっている植生は、自然現象や人間の活動によって破壊されても、時間の経過とともに植生は回復し森林へと遷移する。森林ができると、地表付近に届く光の量は少なくなり、弱い光のもとでも芽ばえや幼木が生育できる樹木だけが生き残る。

遷移の後期には、このような芽ばえや幼木のときに耐陰性が強い樹種が主となり林冠を形成し、(a)長年にわたり森林を構成する樹種の組成が安定した状態になる。

(1) 下線部(a)のような状態を何と呼ぶか答えよ。

遷移後期の安定した森林では、主に陰樹により林冠が形成されるが、樹木の枯死や台風などによって林冠を形成する樹木の幹や枝が折れたり、樹木が倒れたりして、林冠の途切れた空間が生じる。このような空間はギャップと呼ばれ、(b)ギャップが生じる以前の森林内の林床と、植物の生育に影響する条件が大きく変化する。図 3-3 は、ある森林にみられる 5 種類の植物（ア～オ）の芽ばえの、大きいギャップ内における生存率と成長速度を表したものである。

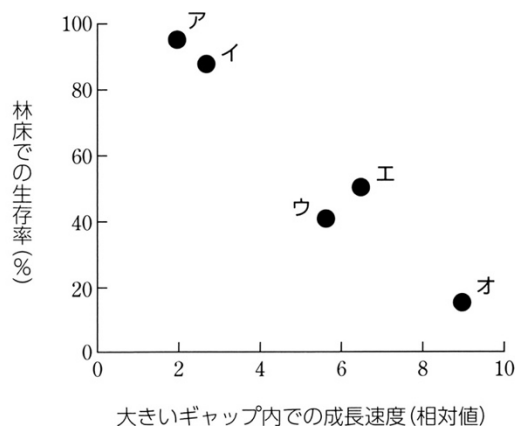


図 3-3

(2) 下線部(b)に示される、植物の生育に大きく影響を及ぼす条件とは何か答えよ。

(3) 図 3-3 に示される 5 種類の植物のうち 2 種が陰樹である場合、陰樹に相当すると考えられるものをア～オから 2 つ選び記号で答えよ。

(4) 図 3-3 に示される 5 種類の植物のうち 1 種が遷移の初期に見られる先駆種である場合、先駆種に相当すると考えられるものをア～オから 1 つ選び記号で答えよ。

林冠の面積に占めるギャップの面積の割合は、温帯の森林では 5～31%といわれている。ギャップ形成後、最初に林冠を埋める樹種は陰樹とは限らず、ギャップの大きさによっては陽樹が林冠に達することもある。このようなギャップを中心とした樹木の入れかわりをギャップ更新という。ギャップは、いろいろなときに、いろいろな場所に生じるため、遷移が進んだ安定した森林においても、さまざまな樹種がモザイク状に混ざるように林冠をおおうようになる。

実際に森林において調査を行うと、さまざまな更新が起こっている可能性を示す調査結果が得られる。図 3-4 は、老齢で遷移が進んだ森林において、林冠に達している樹木をランダムに選び、その樹齢と幹の直径の関係を表したものである。

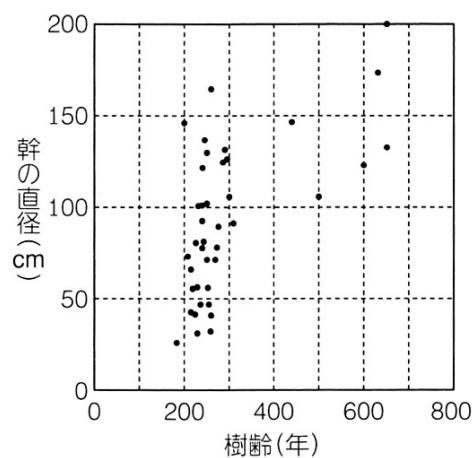


図 3-4

(5) この森林に関して、図 3-4 に示される調査結果から直接読み取れる特徴を述べよ。

(6) この調査結果の特徴から考えると、この森林において、過去にどのような更新が起こったと考えられるか述べよ。