

令和4年度入学試験問題（前期日程）

理 科
(医学部医学科)

物 理	1 ページから	7 ページまで
化 学	8 ページから	11 ページまで
生 物	12 ページから	15 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所または2か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。
3. 解答時間は、100分である。

生 物

1 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

生体膜は外界から細胞内部を隔離する役割を担う一方、細胞内部では細胞小器官として細胞質から隔てられた空間を形成する。生体膜によって構成される細胞小器官としては、核膜の外膜とつながる一重の袋状または管状の構造で、物質の合成と輸送に関わる **1**，扁平な袋状構造が重なり合い、糖の付加などタンパク質の修飾や物質輸送を担う **2**，さらに細胞内で生じた不要な物質などを分解する分解酵素を含んだ **3**，不要物の分解に加え物質の貯蔵も行う液胞などがある。**4** を主成分として構成される生体膜は、特定の物質のみを通過させる性質をもち、イオンや分子量の大きい物質の移動は 輸送タンパク質によって行われる。^(a) ^(b)

物質輸送を担う細胞小器官に加え、膜によって隔てられた空間を利用して代謝を行う細胞小器官もある。例えば、ミトコンドリアにはマトリックスと膜間腔(内膜と外膜の間の領域)の二つの空間があり、これらを隔てる内膜に電子伝達系が存在する。そこでは 解糖系とクエン酸回路で生じた **5** と **6** から電子伝達系へ電子が受け渡され、その際に放出されるエネルギーを使って水素イオンがマトリックス側から膜間腔へ輸送される。その結果、膜間腔での水素イオン濃度は上昇し、濃度勾配に従って水素イオンがATP合成酵素を通過することでATPが合成される。一方、葉緑体では光エネルギーを利用して水素イオンの濃度勾配が形成される。この濃度勾配に従って水素イオンがATP合成酵素を通過する事でATPが合成される。^(c) ^(d)

問1 文章中の **1** ~ **6** に入る最も適切な語句を記入しなさい。ただし、**5** と **6** は順不同とする。

問2 下線部(a)の性質の名称を答えなさい。

問3 下線部(b)についての正しい記述を全て選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) ナトリウムポンプは拡散によってナトリウムイオンを細胞外へ運び出す。
- (イ) 輸送体(担体)は運搬する物質と結合すると立体構造が変化して膜の反対側へ物質を輸送する。
- (ウ) アクアポリンとは水分子を通すポンプのことである。
- (エ) チャネルには電荷や特定の物質の存在によって孔が開閉するものがある。
- (オ) 極性のある物質をエネルギーを使って膜の反対側へ輸送するのが輸送体(担体)である。
- (カ) ナトリウム-カリウム ATPアーゼはポンプの一種である。
- (キ) チャネルは脂質二重層を貫通する孔で、エネルギー源としてATPを必要とする。
- (ク) ポンプとは特定の物質が結合することで立体構造を変化させるタンパク質である。
- (ケ) カルシウムチャネルが開くと濃度勾配に逆らってカルシウムイオンが移動する。

問4 下線部(c), (d)にある水素イオンの移動を利用したATP合成反応の名称をそれぞれ答えなさい。

問5 下線部(d)にある水素イオンの濃度勾配の形成には、光化学系 II が利用されている。光化学系 II による水素イオンの濃度勾配の形成過程を 80 字以上 120 字以内で説明しなさい。また、この反応によって、葉緑体のどの部分で水素イオン濃度が高くなるか答えなさい。

問6 単離したチラコイド膜を使って図 I の実験を行った。図 I 中にあるステップ③で産生される物質とそれが検出される場所を答えなさい。さらにステップ③で物質が産生される過程を 80 字以上 120 字以内で説明しなさい。ただし、チラコイド膜に存在するタンパク質等は生体内と同一状態であるものとする。

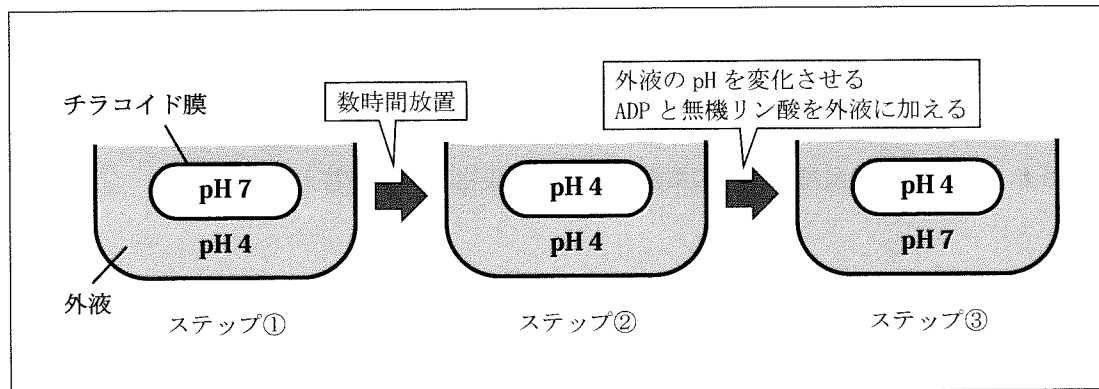


図 I チラコイド膜を利用した実験

(Berg ら(著)入村達郎ら(監訳)「ストライヤー生化学」第 6 版(東京化学同人) 539 ページをもとに作画)

2 次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。(25点)

沖縄島北部の山地は「やんばる(山原)」と呼ばれ、常緑広葉樹が優占する緑豊かな亜熱帯の森が広がっている。やんばるでは琉球王朝の時代から林業が行われており、伐採の後に再生した森が、景観の大部分を占めている。やんばるの森を歩くと、河川近くの谷、急な斜面、尾根など起伏があり、地形に応じて出現する植物の種が異なる。

夏になると、やんばるの森には台風が襲来する。台風は森林の上層の大きな樹木を倒し、森林を部分的に破壊する。そのような場所では、森の中に光が差し込み、弱光に耐性のある陰生の樹木種だけでなく、明るい場所を好む陽生の樹木種も生育できる。また、樹木の集まりからなる森林の地上部の現存量を調べると、1ヘクタール当たり約180トンになり、森林の純生産量は年間約18トンにおよぶことがわかった。このような森林の物質生産が、やんばるに生息する多様な動物の暮らしを支えている。

- 問1 下線部(a)に説明されている、琉球列島の常緑広葉樹について、優占種を1つ答えなさい。
- 問2 下線部(b)に説明されているような、伐採後に森林が再生して植物の種類が入れ替わっていく過程を、何というか答えなさい。
- 問3 下線部(c)に関係して、河川近くの谷、斜面、尾根それぞれで樹木の出現種と各種の個体数を調査したら、表Iの結果が得られた。

表I 各場所の樹木種の個体数

樹木種	谷	斜面	尾根
A種	10	40	10
B種	5	30	30
C種	10	30	50
D種	5	0	10
E種	70	0	0
合計個体数	100	100	100

場所ごとの生物多様性の豊かさは、出現した種数(n)や種ごとの個体数の頻度(p_i)で評価される。例えば、シン普森の多様度指数(D)は、以下の式で表される。

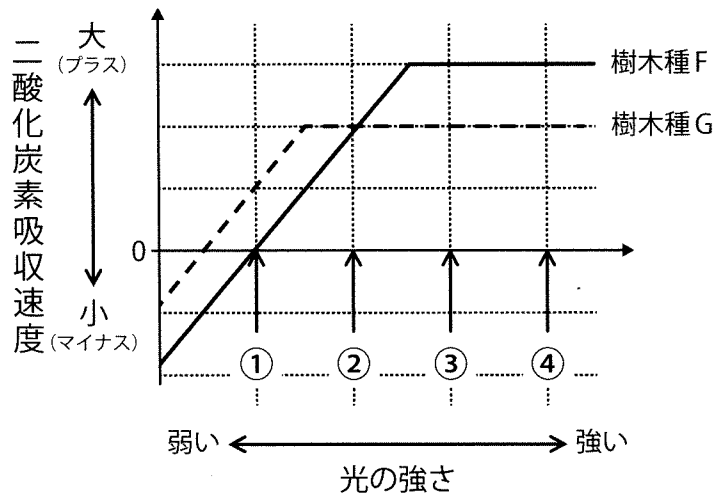
$$D = 1 - \sum_{i=1}^n (p_i)^2$$

この式では、1番目の種から n 番目の種まで出現種があった場合、任意に選んだ2個体が同じ種である確率(p_i)²を1から引くことで、任意に選んだ2個体が別の種である確率を計算している。つまり、シン普森の多様度指数が大きいほど、めったに同じ種に出会わないという意味で、その場所は種多様性が高いとみなすことができる。

表Iを見て、谷において任意に選んだ2個体が同じ種である確率、尾根において任意に選んだ2個体が異なる種である確率を、それぞれ計算し答えなさい。そして、谷、斜面、尾根についてシン普森の多様度指数を計算し、種多様性が最も豊かな場所と、そのシン普森の多様度指数を答えなさい。

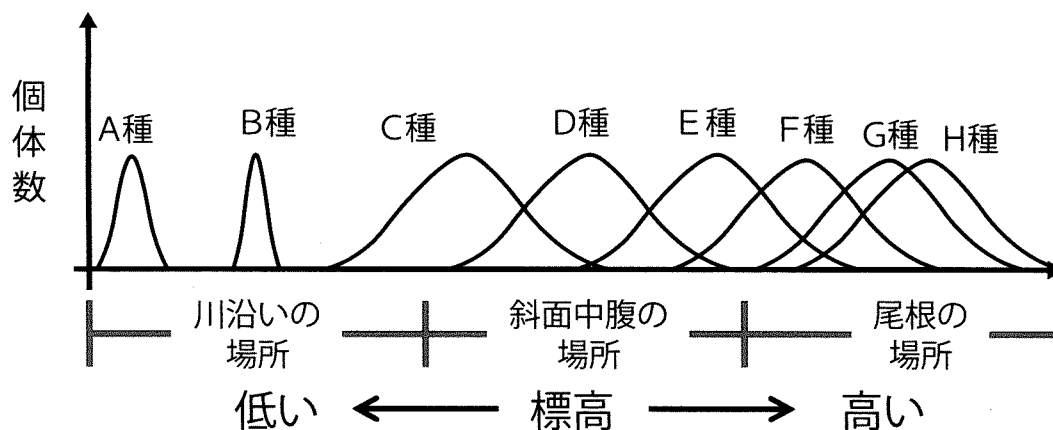
- 問4 下線部(d)の「そのような場所」は何と呼ばれるか、答えなさい。

問5 下線部(d)の説明に関係して、図Ⅱは陰生植物と陽生植物の、光の強さと単位時間の二酸化炭素の吸収量あるいは放出量との関係を表している。図Ⅱの樹木種Fと樹木種Gの線のどちらが陰生植物かを答えなさい。そして、これら2種がお互いに競争排除せず、最も安定的に共存できる光の強さは、図Ⅱの①、②、③、④のどれか答えなさい。ただし、これら2種の樹木の二酸化炭素吸収速度は成長率と相関し、種間の成長率の違いに応じて、下線部(d)のような場所において、競争が生じると仮定する。



図Ⅱ 光の強さと単位時間の二酸化炭素の吸収量あるいは放出量の関係

問6 下線部(b), (c), (d)に関係して、河川沿いの谷から尾根にかけての森林において、在来の草本植物を対象に各種の個体数を調べると、図Ⅲで示した結果が得られた。やんばるの気候環境に適応した特性をもつ外来植物種の場合、どの場所が最も侵入しやすいか、図Ⅲを基にして100字以内で予想を述べなさい。



図Ⅲ 標高や地形に沿った草本植物の種ごとの個体数の分布

問7 森林の現存量の50%が炭素であること、日本人1人あたりの年間の二酸化炭素放出量は炭素換算で約9トンであることを、それぞれ仮定する。下線部(e)を参考にする、やんばるの森林1ヘクタールが地上部に1年間に貯蔵する炭素は、日本人の年間二酸化炭素放出量の何人分に相当するか答えなさい。また、やんばるで山火事が発生して1ヘクタールの森林の地上部が消失し、樹木が貯蔵していた炭素が大気中に放出された場合、それは日本人の年間二酸化炭素放出量の何人分に相当するか答えなさい。

問8 下線部(f)に関係して、やんばるの森には沖縄在来の大型の肉食性哺乳類は分布していない。また、周囲を海で隔絶された島では、生態系食物連鎖の長さが、大陸に比べて短くなる傾向がある。この理由として、島には肉食性哺乳類が歴史的に侵入定着できなかったという要素もあるが、生態ピラミッドの成り立ちに関係した生態学的な要素もある。後者について、以下のキーワードを全て使って200字以内で説明しなさい。

キーワード：植物の一次生産量、大型肉食動物、栄養段階、餌資源、エネルギー効率

