

I 以下の文章を読み、設問に答えよ。

ヒトが眼で物を見るとき、<sub>1</sub> 眼に入る光量は、(あ)にある筋肉の働きによって瞳孔を拡大、縮小することで調節される。光は眼の(い)と(う)で順に屈折し、網膜上に像を結ぶ。(う)では毛様体の筋肉の働きによってその厚さを変えて像のピントを合わせている。網膜には視細胞があり、光を受容すると、光強度に応じて視細胞の電気的応答の大きさが変化する。この電気的応答が<sub>2</sub> 視神経を介して大脳に伝えられると視覚が生じる。

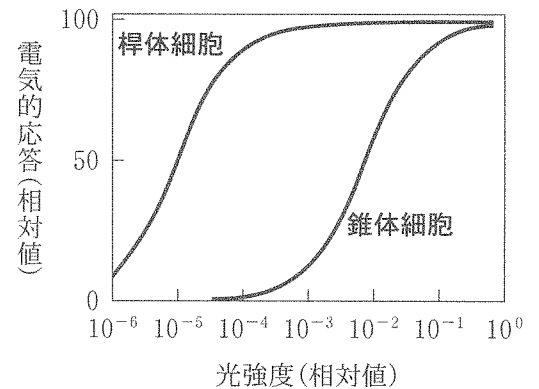
問1 (あ)~(う)の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 下線部1の反応は、刺激に対して意志とは無関係に起こる。このような反応を何というか。また、下線部1の反応の中核がある脳の部位の名称を答えよ。

問3 網膜の中で視細胞が分布していない場所を何というか。また、なぜ視細胞が分布していないか説明せよ。

問4 下線部2の現象には、細胞膜に存在するイオンチャネルが関与している。主に関与する2つのイオンチャネルの名称を書け。

問5 コイから視細胞を単離し、さまざまな光強度に対する視細胞の電気的応答の大きさを調べ、図の結果を得た。



Tachibanakiら(2001)より改変

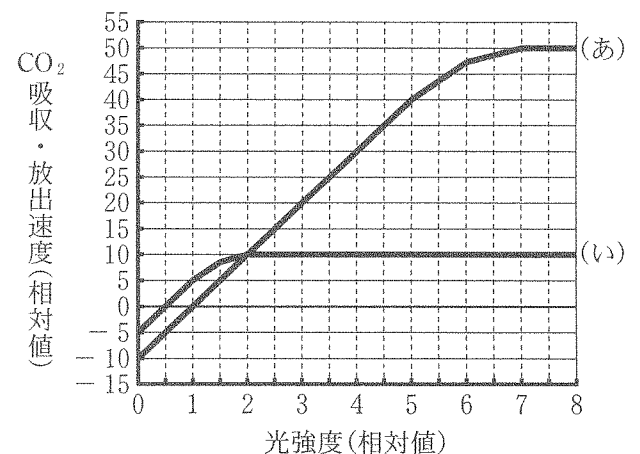
- (1) 錐体細胞が電気的応答(相対値)50を示すためには、桿体細胞が同じ大きさの電気的応答を示す場合の約何倍の光強度が必要であるか。(有効数字1桁)
- (2) 星を見るとき、視野の中心よりも、視野の中心から少しそれたところの方が暗い星がよく見える。この理由を、網膜の構造をふまえて説明せよ。

II 以下の文章を読み、設問に答えよ。

ある場所に生育している植物の集まりを植生という。植生の中で、個体数が多く背丈が高く葉や枝の広がり大きい種類を(1)という。様々な生物は環境に働きかけ、植生内の光や土壌の環境を変えていく。このことを(2)作用という。この変化に伴い、長い年月をかけて植生は移り変わっていく。これを(3)という。三原山(伊豆大島)の周辺において、噴火時期が異なる4地点に見られる植生の様子や環境条件などを1958年から1960年に調査したところ、表のようになった。また、図は、温度一定下において、ある植物(あ)と(い)の葉に光を照射した際の光強度の相対値とCO<sub>2</sub>吸収・放出速度(1時間あたり、単位葉面積あたりの相対値)の関係を表している。

調査地点	A	B	C	D
噴火時期	(ア)	(イ)	(ウ)	約4000年前
植物種類数	42	3	21	33
植生の高さ(m)	9.2	0.6	2.8	12.5
地表照度(%)*	2.7	90	23	1.8
土壌の厚さ(cm)	40	0.1	0.8	37
土壌有機物(%)	20	1.1	6.4	31

\* 植生の最上部の照度を100とした場合の相対値 Tezuka 1961より



問1 (1)~(3)の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 一般に土壌はどのように形成されるか、簡潔に説明せよ。

問3 表中の(ア)~(ウ)に適切と思われる噴火時期を1~3から選べ。 1. 約10年前 2. 約200年前 3. 約1300年前

問4 調査地点Dでは長い年月をかけて安定した植生の状態が維持されている。このような状態を何というか。

問5 調査地点Bに存在する植物の光強度と光合成速度の関係は植物(あ)、(い)のどちらに近いと考えられるか、理由とともに答えよ。

問6 (1) 植物(い)に光強度2の光を照射した際の光合成速度を答えよ。

(2) 植物(あ)において、(1)で解答した光合成速度の2倍の値を与える光強度を答えよ。

問7 植物(あ)、(い)の葉に光強度5の光を13時間照射し、その後11時間暗黒下に置いた。単位葉面積あたりで、植物(あ)の葉の乾燥重量の増加量は、植物(い)の葉の乾燥重量の増加量の何倍になるか。なお転流はおきないものとする。(有効数字2桁)

Ⅲ 以下の文章を読み、設問に答えよ。

DNA 複製は、細胞周期の( 1 )期のうちのS期に行われる。複製の際には、DNA が1本鎖にほどこ、それぞれを鋳型として新しいDNA 鎖がつけられる。このような複製を半保存的複製といい、( 2 )と( 3 )という研究者達の実験によって証明された。まず、 $^{15}\text{N}$ のみを窒素源として含む培地で大腸菌を培養し、何回も分裂を繰り返させた。その大腸菌を $^{15}\text{N}$ よりも軽い $^{14}\text{N}$ のみを含む培地に移し、さらに分裂させた。1回の分裂が終わるごとに大腸菌からDNA を抽出し、密度勾配遠心分離法により、DNA がどの位置に層となって集まるかを調べた。

DNA 複製は、複製起点とよばれる領域で始まり、そこから両方向に行われる。原核生物のDNA は環状で、複製起点は1か所である。DNA 複製における新生DNA 鎖の伸長は( 4 )という酵素により行われる。DNA 2本鎖のうち、一方のDNA 鎖では連続的に新しい鎖が合成される。この鎖を( 5 )鎖という。もう一方のDNA 鎖では、( 6 )というDNA 断片を作りながら不連続にDNA 鎖が合成される。この鎖を( 7 )鎖という。それぞれのDNA 断片をつなぐのは( 8 )という酵素である。

問1 ( 1 )~( 8 )の空欄に適切な語句をいれよ。

問2 下線部のように $^{15}\text{N}$ を含む培地で何回も大腸菌を分裂させる理由を答えよ。

問3 この実験を行う際、DNA 複製が半保存的複製であるという仮説以外に、全保存的複製(鋳型である元のDNA 2本鎖はそのまま残り、新たなDNA 2本鎖ができる)、分散的複製(DNA 鎖があちこちで分断され断片となり、そこから新しいDNA が合成され、それらの断片がつながって複製される)という仮説も立てられた。

① 半保存的および全保存的複製の場合、大腸菌を $^{15}\text{N}$ を含む培地から $^{14}\text{N}$ を含む培地に移して1回目および2回目の分裂が終わった後に観察されるDNA の層を解答欄の図に描き入れよ。ただし、 $^{14}\text{N}$ のみ、 $^{15}\text{N}$ のみからなるDNA の密度勾配遠心の結果は解答欄の左端に示している。また解答の際、DNA の層の厚さは考慮しなくてもよい。

② DNA 複製が分散的複製ではなく半保存的複製であることが最初に判定できるのは、大腸菌を $^{15}\text{N}$ を含む培地から $^{14}\text{N}$ を含む培地に移した後、何回目の分裂後か。

問4 ゲノムの大きさが $4.6 \times 10^6$ 塩基対の細菌において、 $1.0 \times 10^3$ 塩基対/秒の平均速度でDNA が複製したとする。1回のDNA の複製にかかる時間(分)を計算せよ。(有効数字2桁)

Ⅳ 脊椎動物の上皮組織に関する以下の文章を読み、設問に答えよ。

上皮細胞の集まりを上皮組織といい、消化管の内表面などをおおっている。上皮組織を形成するためには上皮細胞が互いに結合することが必要である。結合には大きく分けて三種類ある。一つ目は密着結合である。二つ目は固定結合で、密着結合とは別の接着タンパク質に細胞内の細胞骨格が結合して、上皮組織に伸縮性や強度を与えている。固定結合には、細胞と細胞を結合するデスモソームによる結合や、細胞と結合組織の間にある繊維状タンパク質でできた層と細胞を結合するヘミデスモソームによる結合などがある。三つ目はギャップ結合で、図のように低分子の物質や無機イオンが移動できる中空の膜貫通タンパク質によって結合している。

問1 消化管の上皮組織の中には、栄養素を消化する酵素をエキソサイトーシスによって消化管の内部に分泌する細胞がある。エキソサイトーシスを説明せよ。

問2 小腸の上皮組織はどの胚葉に由来するか。また小腸には、上皮組織と結合組織以外にどのような組織があるか、2つあげよ。

問3 小腸の上皮細胞の細胞膜には、アミノ酸を細胞内に能動輸送により取り込む系が存在する。この輸送を例として、能動輸送とはどのような輸送かを説明せよ。

問4 デスモソームによる結合に関与する接着タンパク質と細胞骨格の名称をそれぞれあげよ。

問5 下線部の繊維状タンパク質、および、それからなる層の名称をあげよ。また、関与する接着タンパク質の名称をあげよ。

問6 細胞内に物質を微量注入する技術を用いて、ギャップ結合を拡散できる物質の分子量を調べる実験を行いたい。下記は細胞Aと細胞Bがギャップ結合で結合している様子を模式的に示した図である。図を参考にしてどのような実験をすればよいか答えよ。

