

生

生 物

生物 問題 1

DNAに関する次の文章【A】，【B】を読み，下の間に答えよ。

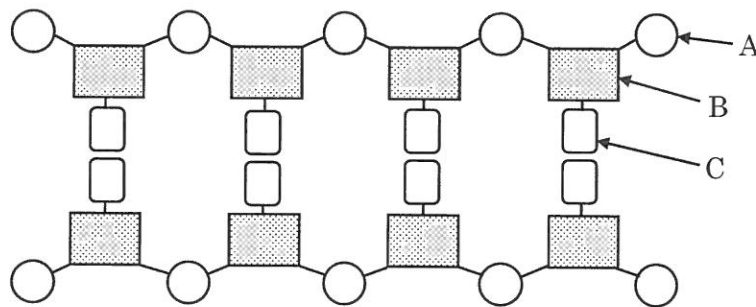
【A】 DNAは2本の鎖からなる構造をしており，それぞれの鎖はヌクレオチドと呼ばれる単位が繰り返し結合してできている。ヌクレオチドは糖，リン酸，塩基の3つの部分で構成されている。DNAに含まれる遺伝情報は4種類の塩基の並び方によって決められている。ヒトゲノムには遺伝情報を表す塩基対が約30億も含まれており，1本の二重らせん構造のDNAにするとその長さは1mにもおよぶ。この巨大な分子を細胞の核内に収めるのに重要な役割を果たすのが（あ）とよばれるタンパク質である。DNAは（あ）に巻き付きヌクレオソームを形成し，それらが連なって繊維状になる。細胞分裂の際にはさらに規則的に凝縮して染色体となる。

真核生物では，DNAの遺伝情報はmRNA前駆体に転写されたのち，（い）という過程を経て，完成したmRNAとなる。完成したmRNAは核の外へ出て，細胞質でタンパク質へと翻訳される。遺伝情報はDNA→RNA→タンパク質へと一方向に伝えられる。これは遺伝情報発現の大原則と考えられ，（う）とよばれている。しかし，（う）に合わない例外的な現象も発見されている。たとえばヒト免疫不全ウイルス（HIV）は宿主細胞内で，自身のRNAを（え）という酵素でDNAにつくりかえる。

問1. 本文中の（あ）～（え）に入る適切な語句を記せ。

問2. 図1にDNAの構造の一部を模式的に示した。糖，リン酸，塩基はそれぞれA，B，Cのどれか。記号で記せ。

図1

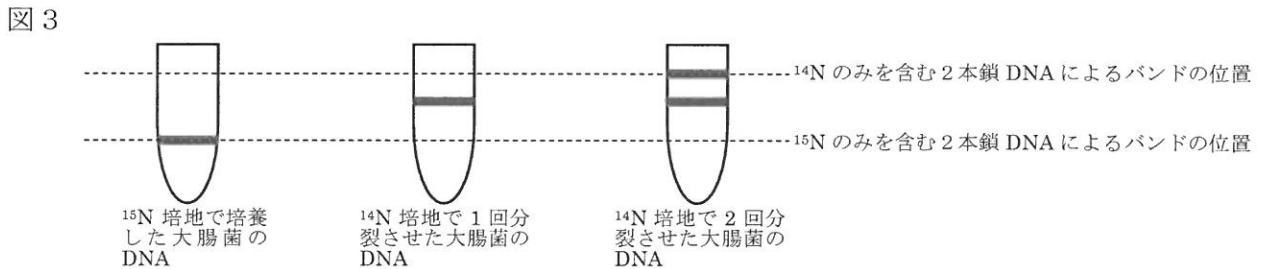
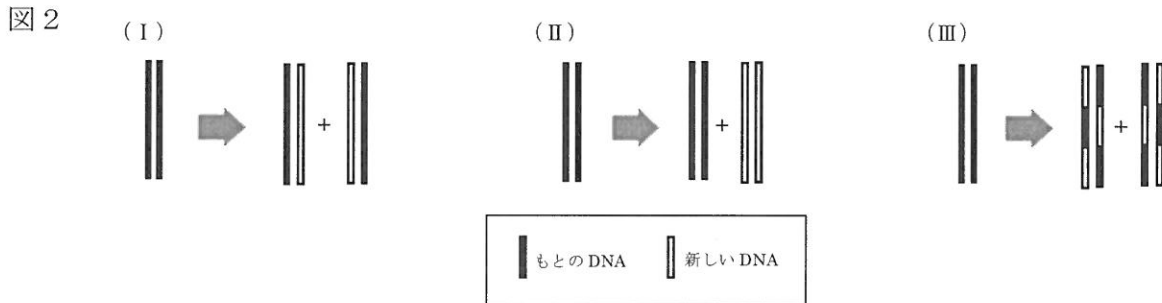


問3. DNAとRNAを構成するヌクレオチドについて異なる点を2つ記せ。

問4. DNA分子中のアデニン（A），グアニン（G），チミン（T），シトシン（C）のモル比が生物種によらず同じであるのは次の（ア）～（オ）のうちどれか。すべて選び記号で記せ。

$$\begin{array}{ccccc} \text{(ア)} \frac{G}{C} & \text{(イ)} \frac{A}{T} & \text{(ウ)} \frac{G}{T} & \text{(エ)} \frac{A+T}{G+C} & \text{(オ)} \frac{A+G}{T+C} \end{array}$$

【B】 DNA の塩基には相補的な関係があり、DNA を複製するときにはもとの鎖を鋳型に相補的な新しい鎖を合成すれば、同じ遺伝情報をもった DNA ができあがる。このように片方の鎖が新たに合成され、もう一方はもとの鎖が残るような複製のしかたを（ お ） という。DNA が複製される方法には図2に示すように、(I) もとの DNA のそれぞれの 1 本の鎖を鋳型として新しい DNA がつくられる、(II) もとの DNA はそのまま新しい DNA がつくられる、(III) DNA 鎖は部位ごとに分散的に複製され新しい DNA がつくられる、という 3 つの説が考えられた。そこで、DNA の複製機構を検証するために次のような実験が行われた。窒素 (^{14}N) がすべて窒素の同位体 (^{15}N) で作られた培地で大腸菌を何世代も培養し、ほとんどすべての ^{14}N を ^{15}N に置き換えた。その大腸菌を ^{14}N の培地で 1 回分裂させた大腸菌、2 回分裂させた大腸菌、それぞれから DNA を回収し、塩化セシウムを含んだ溶液に加えて、長時間遠心分離した。塩化セシウム溶液に高速回転による遠心力を加えると、塩化セシウムによる（ か ） が形成され、DNA の密度と釣り合う溶液の密度の部分に DNA が集まってバンドをつくるため、わずかな比重の違いも識別できる。このとき得られた DNA のバンドの位置は図3のようになった。また、 ^{15}N のみを含む 2 本鎖 DNA の位置と ^{14}N のみを含む 2 本鎖 DNA の位置をそれぞれ点線で示してある。



問 5. (お), (か) に入る適切な語句を記せ。

問 6. この方法を用い、DNA 複製のしくみを明らかにした 2 人の研究者の名前を記せ。

問 7. この結果より、DNA の複製は (I) によることが示されたが、(II) や (III) の仮説を否定するためには、少なくとも何回 DNA を複製させる必要があったのか。それぞれの仮説を否定するために必要な DNA の複製回数とその理由を記せ。

生物 問題 II

植物の種子の発芽に関する次の文章を読み、下の問に答えよ。

植物は、開花し受粉・受精の後に種子を形成する。①種子は最適な条件下で発芽し、新たな植物体を形成するが、条件がそろわない場合には休眠することがある。この休眠には植物ホルモンである（あ）が関与して、LEAタンパク質を誘導し、種子の発芽を抑制している。植物の種子には、光の照射がないと発芽しないものがある。レタスやタバコの種子がこれにあたり、（い）種子と呼ばれる。②（い）種子の発芽には光受容体である（う）という色素タンパク質が関与している。種子に光が当たると、胚において植物ホルモンである（え）が合成され、（あ）の発芽抑制が解除される。イネの種子では（え）は、糊粉層での（お）合成を誘導する。（お）は胚乳に含まれる（か）を分子量の小さい糖に変え、糖は胚に吸収されて吸水などが活発になり、発芽が始まる。発芽した植物は環境要因の影響を受けながら成長するが、その過程には③多くの植物ホルモンが働いている。

問1. 上の文の（あ）～（か）に入る適切な語句を記せ。

問2. 下線部①について、光と水以外に種子の発芽に必要な条件を2つ記せ。

問3. 下線部②の色素タンパク質について、下の文章の（き）～（さ）に入る適切な語句を下の（a）～（d）から選び、それぞれ記号で記せ。ただし、同じ記号を何度用いてもよい。

この色素タンパク質は、（き）の光によって（く）に変化し、（け）の光によって（こ）に変化する。（く）の色素タンパク質が、ある植物ホルモンを活性化させ、発芽へと誘導する。植物の葉が茂っている場所で地表に到達する割合は、（さ）の光の方が多い。

- (a) 波長 660 nm (b) 波長 730 nm (c) P_R型（赤色光吸収型） (d) P_{FR}型（遠赤色光吸収型）

問4. 下線部③について、次の（1）～（4）の働きをする植物ホルモンの名称をそれぞれ1つずつ記せ。

- (1) 側芽の成長を抑制する (2) 果実の成熟および落葉を促進する
(3) 側芽の成長を促進する (4) 花芽の形成を誘導する

生

生 物

生物 問題 III

視覚に関する次の文章を読み、下の間に答えよ。

生物にはまわりの環境変化を感知するための器官があり、その生物の生活に適したものを発達させてきた。外部環境からの刺激は受容器で受けとめられ神経系へと伝達され、刺激に応じた反応を起こす筋肉などの（あ）によって反応や行動が起こる。眼は光の受容器であり、その構造や適刺激の範囲は動物の種類や生活様式によってさまざまである。ヒトの眼の構造はしばしばカメラにたとえられ、さまざまな距離にあるものに焦点を合わせることで、（い）上に対象物の像が結ばれる。眼から入ってきた光の情報を感知するのは（い）にある2種類の視細胞であり、そこで光の情報は電気信号に変換される。錐体細胞には赤色光・（う）色光・青色光を受容する3種類の細胞があり、（え）と呼ばれる部分に集中して分布している。かん体細胞は、その周辺部に多い。かん体細胞が光を感知するには、ロドプシンとよばれる視物質が重要な役割を果たす。ロドプシンにはレチナールという色素が含まれており、レチナールが光を吸収すると、その構造が変化する。この構造変化の情報により、細胞膜でのイオンの透過性が変化し、光の刺激が電気信号になる。伝達された情報は視神経に集約され、最終的に大脳に伝達され、処理される。また、眼には周囲の光の状況に対応するしくみがある。（お）を通して眼の中に入ってくる光の量は（か）によって調節されている。（か）はカメラのしぼりに相当するもので、暗い場所では（お）を拡大、明るい場所では縮小させて（お）を通る光量を調節している。また、光を感じ取る視細胞も光の状況によって感度に変化する。暗い場所から急に明るい場所に行くと、まぶしく感じるがやがて明るさに慣れる。このことを明順応という。逆に明るい場所から暗い場所に行くとはじめは何も見えないが、しだいに見えるようになる。これを暗順応という。

問1. 本文中の（あ）～（か）に入る適切な語句を記せ。

問2. ヒトが近くを見るときにのしくみについて、毛様筋、チン小帯、水晶体の3語を用いて説明せよ。

問3. （お）の拡大を促進する自律神経と、縮小を促進する自律神経の名称をそれぞれ記せ。

問4. 明順応が起こるしくみについて正しいのはどれか。下記の（ア）～（エ）から1つ選び、記号を記せ。

- （ア）光を吸収する色素が大量に消費され、光に対する感度が下がる
- （イ）光を吸収する色素が大量に合成され、光に対する感度が下がる
- （ウ）光を吸収する色素がしだいに蓄積され、光に対する感度が上がる
- （エ）光を吸収する色素の量は変化しないが、光を感じる細胞数が増える

問5. 暗順応が起こるとき、最初に光への感度が上昇する視細胞はなにか、名称を記せ。

生

生 物

問6. 暗黒中では、ヒトのかん体細胞は図1のように、 Na^+ チャンネルおよび K^+ チャンネルが開いて膜電位は -30mV となっている。光の刺激を受けると Na^+ チャンネルが閉じ、膜電位が 40mV 変化し、光の刺激がなくなるとすみやかにもとの膜電位に戻る。このことより、光の刺激を受けたときの膜電位の変化の様子は、図2のグラフ (ア), (イ) のどちらになると考えられるか。またその理由も記せ。ただし、 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ポンプ, K^+ チャンネルは光の刺激を受けても変化しないものとする。

図1

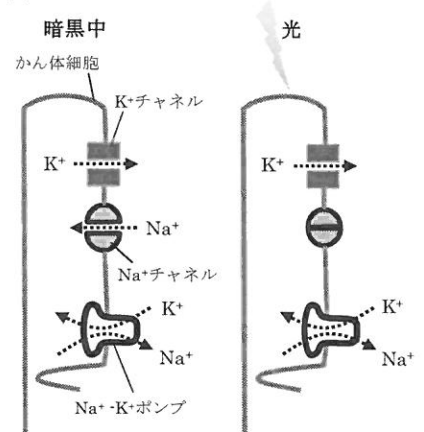
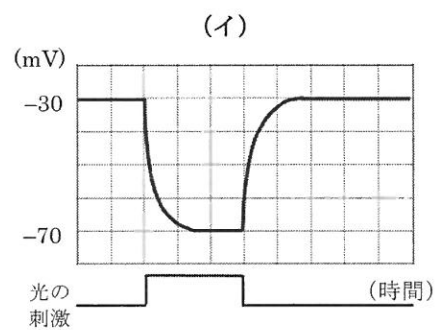
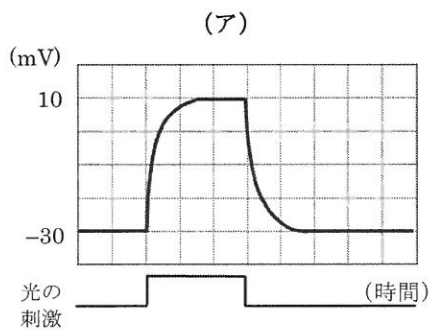


図2



生物 問題 IV

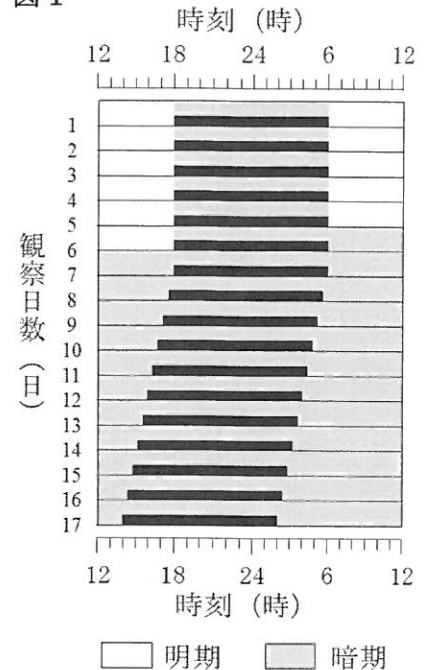
概日（サーカディアン）リズムに関する次の文章【A】～【C】を読み、下の間に答えよ。

【A】 地球上に生息するほとんどすべての動植物の活動は、24時間の周期で変動している。時間的手掛かりの無い恒常暗環境下においてもその活動は約24時間の周期を示す。このことは生物には自律的な生物時計が存在することで、概日（サーカディアン）リズムといわれる内在的リズムを制御していることを示している。ほ乳類の生物時計は睡眠覚醒、体温、ホルモンなどのリズムを駆動している。

ある系統のマウスの周期的行動が外界の光の変化に依存したものか、内在的なものかをみるために、以下の実験を行った。マウスを温度や湿度などが一定に保たれた条件下で明期12時間、暗期12時間の環境で5日間飼育した。その後、6日目の暗期からは恒常暗の環境下で飼育を続けた。マウスの自由な行動を赤外線感知式装置により自動的に検出し、活動量を観察した。図1は、12時から始まる1日の時刻を横軸に、観察日数（縦軸）ごとに活動が見られた時間帯を黒い太線で表したものである。明期は白、暗期はグレーの背景で示している。

夜行性動物であるマウスの活動開始時刻は明暗のある環境下では消灯時刻の直後であったが、実験6日目に恒常暗環境に移行したところ、実験7日目から10日間かけて活動開始点が18時から14時まで移動した（図1）。

図1



問1. 下線部①のような生命活動にみられる性質を表す語として最も適切なものはどれか。次の（ア）～（オ）のうちから1つ選び記号を記せ。

- （ア）光屈性 （イ）光周性 （ウ）走光性（光走性）
 （エ）日周性 （オ）光傾性

問2. 下線部②の情報をもとにこのマウス固有の生物時計の周期を計算せよ。

問3. このマウスが明暗のある24時間の周期に同調できる理由のうち、最も適切と考えられるものを次の（ア）～（オ）のうちから1つ選び記号を記せ。

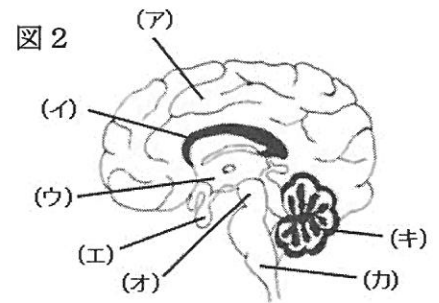
- （ア）マウスの活動量が朝の光で抑制されるから
 （イ）マウスの活動量が夕方の光で増加するから
 （ウ）マウスの生物時計が朝の光で前進するから
 （エ）マウスの生物時計が夕方の光で後退するから
 （オ）マウスの睡眠量が日中の光で減少するから

【B】 ほ乳類の生物時計（体内時計）すなわち自律的な振動子である時計本体は、③視床下部の視交叉上核とよばれる約 1 万個の神経細胞からなる 1 対の神経核（神経細胞の集団）に存在する。視交叉上核は、外界からの光が眼に入力したのち左右の視神経が交差する視交叉と呼ばれる部位の近傍にあり、網膜からの神経入力を受けることで外部の光の 24 時間の周期的変化に同調するという機能を有している。この視交叉上核を外科的手術によって破壊すると、活動量の日内変動などほぼすべての概日リズムが消失する。さらに、いくつかのホルモン分泌にも概日リズムがあり、④糖質コルチコイドの血中濃度はマウスでは暗期から午前中は低く、夕方に高値を示すという日内変動があることが知られている。このリズムも視交叉上核の破壊によって消失する。これは④糖質コルチコイドの分泌を制御するホルモンの分泌とそのリズムが失われることによる。

問 4. 下線部③の視床下部は、図 2（右図）の脳のどの領域か。次の（ア）～（キ）のうちから 1 つ選び記号を記せ。

問 5. 下線部④の糖質コルチコイドと同じように、血糖値上昇を促すホルモンを、以下の（ア）～（キ）から 3 つ選び記号を記せ。

- （ア）成長ホルモン （イ）バソプレシン （ウ）パラトルモン
 （エ）アドレナリン （オ）鉱質コルチコイド
 （カ）インスリン （キ）グルカゴン



問 6. 下線部⑤のホルモンの名称と、それを分泌する内分泌腺の名称を記せ。

問 7. 時計中枢である視交叉上核は、どのようにして⑤のホルモン分泌を制御していると考えられるか、説明せよ。

【C】 分子生物学的解析から、生物時計が特定の遺伝子によって制御されていることがわかっている。現在では 10 種類以上の時計遺伝子が多くの生物種から見つかっている。ほ乳類においても時計遺伝子 *Clock*, *Per2* などが知られる。それらの遺伝子産物である CLOCK タンパク質と PER2 タンパク質は、遺伝子の転写のしかたを調節する転写調節タンパク質である。

真核生物の遺伝子の転写の調節機構は非常に巧妙である。転写の開始を助けるタンパク質である（あ）が、転写を担う酵素である（い）とともに（う）領域に結合し、転写が開始される。CLOCK タンパク質は *Per2* mRNA の転写調節タンパク質の 1 つとして、*Per2* 遺伝子の転写開始部位付近にある（う）領域に結合し、*Per2* 遺伝子発現を促進する。そこで転写された *Per2* mRNA から翻訳される PER2 タンパク質は、さらに別の時計遺伝子産物（CRY）と複合体を形成して核内に移行し、CLOCK タンパク質による *Per2* 遺伝子の転写を抑制する。この⑥負のフィードバック調節機構が約 24 時間で行われることで、巧妙に生物時計の発振が行われている。

問 8. 上記【C】の文中の（あ）～（う）に入る適切な語を記せ。

問 9. 下線部⑥の、負のフィードバック調節の例として、他に甲状腺からのチロキシン分泌調節、血糖値の調節などがある。負のフィードバック調節とはどのようなものか簡単に説明せよ。