

選択科目

(医学部)

— 2月7日 —

物理
化学
生物

この中から1科目を選択して解答しなさい。

科目	問題のページ
物理	1～6
化学	7～11
生物	12～18

1

次の I、II の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。

I. ある植物 P の体細胞の染色体は 1～6 番の 6 対あり、1 番染色体に A と a、2 番染色体に B と b、3 番染色体に C と c、4 番染色体に D と d、5 番染色体に E と e、6 番染色体に F と f の遺伝子が存在している。アルファベットの大文字と小文字は相同染色体の同じ遺伝子座に存在する対立遺伝子で、大文字が優性遺伝子、小文字が劣性遺伝子である。

問1 この植物 P が減数分裂によって花粉を形成すると、その遺伝子型には何通りの組み合わせが生じるか。

問2 この植物 P が自家受精を行なった場合、得られる種子 F₁ の遺伝子型には何通りの組み合わせが生じるか。

問3 a が花粉のできない突然変異の遺伝子であったとすると、P の自家受精による F₁ の遺伝子型には何通りの組み合わせが生じるか。ただし、花粉のできないこと以外には影響はないものとする。

II. ある生物の 3 つの形質を決めている、連鎖していない遺伝子を各々 X、Y、Z とする。X には対立遺伝子が X₁、X₂、X₃ の 3 つあり、そのメンデルの法則による優劣関係は X₁ > X₂ = X₃ である。Y と Z にはどちらも対立遺伝子が 2 つあり、その優劣関係は Y₁ = Y₂、Z₁ < Z₂ である。

ただし、不等号は大きいほうが優性、等号は優劣関係がないことを表している。表現型を () で表すと、遺伝子型 Y₁Y₂ の表現型は (Y₁Y₂)、遺伝子型 Z₁Z₂ の表現型は (Z₂) となる。

問4 X 遺伝子の表現型をすべて書きなさい。

問5 X₁X₁Y₁Y₁Z₁Z₁ と X₂X₃Y₂Y₂Z₂Z₂ の交配を行なって F₁ を得た。遺伝子型の異なる F₁ どうしを交配して F₂ を得た。この F₂ の表現型 (X₁) の割合を分数で答えなさい。

問6 問5の F₂ における表現型 (X₁ · Y₁Y₂ · Z₂) の割合を分数で答えなさい。

問7 対立遺伝子が 3 つあり、それらの優劣関係が W₁ = W₂ > W₃ となるヒトの遺伝の代表的な例をあげなさい。

2

細胞の浸透圧に関する以下の問に答えなさい。

問1 下記文中の空欄 (a) ~ (h) に最も適切な語句を書き入れなさい。

水溶性の物質が、かき混ぜなくても溶液全体に均一な濃度になるように広がる現象を (a) という。水とスクロース溶液をセロハン膜で隔てると、水分子とスクロース分子はそれぞれ (a) により均一になろうとする。しかし、水の分子は小さいためセロハン膜を通過するが、スクロース分子は大きい膜を通過することができない。このような水溶液成分の一部だけを通過させる性質を (b) といい、そのような性質を持つ膜を (c) という。また、(c) を通して水あるいは水溶性の物質が移動する現象を浸透現象といい、その時の圧力を浸透圧という。細胞は、(c) に近い性質の (d) で包まれており、これを通じて細胞の周囲の溶液との間での物質のやりとりを行なっている。植物の細胞では、(d) のさらに外側にセルロースを主成分とする堅い (e) がある。(e) には、すべての溶質を通過させる (f) という性質がある。そのため、植物細胞を高い濃度のスクロース溶液に浸すと、(e) はそのまま、(d) に包まれた部分のみが収縮する。この現象を (g) という。また、植物細胞ではおもに (h) が浸透圧の調節を行なっている。

問2 図1は夏期に採取したユキノシタの葉の裏面表皮細胞を種々の濃度のスクロース溶液に浸したときの「スクロース濃度」と「原形質の体積」の関係を示したものである。また、図2はその時の「原形質の体積」と「浸透圧」および「圧力 X」の関係を示したものである。低い濃度のスクロース溶液（低張液）では、原形質の体積は最大 (V5) となり、それ以上大きくならなかった。また、その時に浸透圧と圧力 X は等しい値を示した。なお、図1の原形質体積値 V1 ~ V5 は図2の原形質体積値 V1 ~ V5 にそれぞれ対応するものとする。

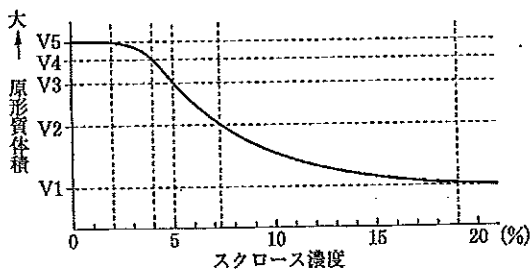


図1 スクロース濃度と原形質体積の関係

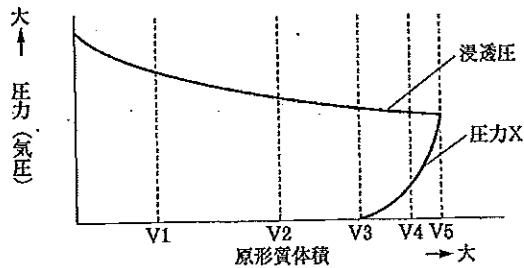


図2 原形質体積と圧力 X の関係

(1) 図2の圧力 X は何と呼ばれるか。また、以下の式で求められる値 Y は何と呼ばれるか。それぞれ答えなさい。

$$Y = \text{浸透圧} - X$$

(2) この細胞にとって等張であるスクロースの濃度は何パーセント (%) か、図1および図2の結果をもとにして答えなさい。

(3) 2%以下の濃度のスクロース溶液で細胞の原形質体積が V5 より大きくならない理由を、句読点を含めて 40 字以内で述べなさい。

生 物

問3 冬期に採取したユキノシタの葉の裏面表皮細胞を用いて、問2と同様の実験を行なった。図3はその時の「スクロース濃度」と「原形質の体積」との関係を示したものである。曲線(A)が夏期に採取した細胞から得られた結果であるとする、冬期に採取した細胞での曲線は(B)あるいは(C)の何れになると推定されるか答えなさい。また、そのように考えた理由を、句読点を含めて80字以内で述べなさい。

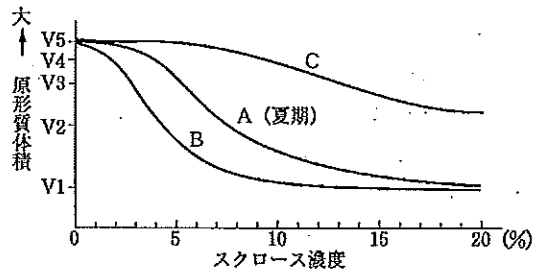


図3 スクロース濃度と原形質体積の関係

3

次の文章を読んで、以下の各問に答えなさい。

ヒトの耳は、外耳、中耳、内耳の3つの部分からできており、(A)と(B)の2種類の感覚の受容器として働いている。外耳で集められた音は鼓膜を振動させる。その振動は耳小骨から内耳の(C)に伝えられる。(C)はリンパ液で満たされており、リンパ液が振動すると、音の振動数によって基底膜の特定の場所が振動する。そこで音の高さが区別できることになる。基底膜には感覚細胞である(D)があり、基底膜が振動すると(D)の感覚毛がおおい膜にふれ(D)が興奮する。(D)の興奮は聴神経によって(E)に伝わり、聴覚を生じる。

一方、内耳には前庭と半規管があり、身体の傾きは前庭で受容され、回転は半規管で受容される。例えば、体が傾くと前庭にある(F)がずれ、その重力刺激を感覚細胞がとらえる。からだの回転を受容する半規管は、3つの半円形の管が互いに直交した構造をしており、その内部はリンパ液で満たされている。半規管の基部の膨らんだ部分には感覚毛を持った有毛細胞があり、からだのどの方向に回転しても、リンパ液の流れを刺激して受容することができる。また、体の回転を続けていて急に回転を止めると回転が続いているように感じる。この感覚も半規管から生ずる。

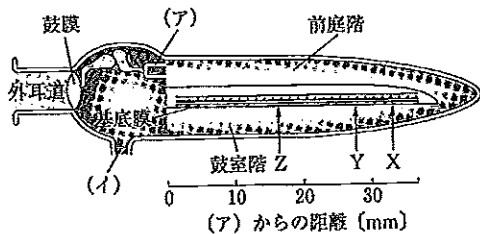


図1 耳の模式図

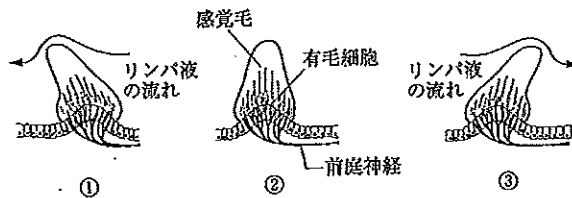


図2 回転時の感覚毛、リンパ液の動き

問1 本文中の空欄(A)～(F)に適切な語句を書き入れなさい。

問2 下線(1)について次の問に答えなさい。

- ① 耳小骨はいくつの骨からなっているか答えなさい。
- ② 図1は耳の模式図である。(ア)の骨の名称を答えなさい。
- ③ 図1の(イ)の名称を答えなさい。またその役割を20字以内で説明しなさい。

問3 下線(2)に示すように基底膜の特定の部位が振動することにより音の高低が区別されている。図1のX, Y, Zはどの振動数の音に対して最も振幅が大きくなるか、記号で答えなさい(Hz:ヘルツ 1秒間の振動数を示す単位)。

- (a) 1600 Hz (b) 200 Hz (c) 25 Hz

生 物

問4 下線(3)で(D)に生じた興奮は、聴神経を伝わっていくが、このとき聴神経を伝わっているものは何か。下記の選択肢から1つを選び、記号で答えなさい。

- (a) 収縮 (b) リンパ液 (c) アセチルコリン (d) 活動電位 (e) 振動

問5 図2は、からだを回転させたときのリンパ液、感覚毛の動きを示した模式図である。①、②、③はそれぞれ、回転開始時(a)、回転中(b)、回転停止時(c)のどの時点の状態を表していると考えられるか記号a～cで答えなさい。また、下線(4)の現象が起こるしくみを、リンパ液と感覚毛の関係から句読点を含めて50字以内で説明しなさい。

4 好気呼吸に関する次の文章を読んで、以下の間に答えなさい。

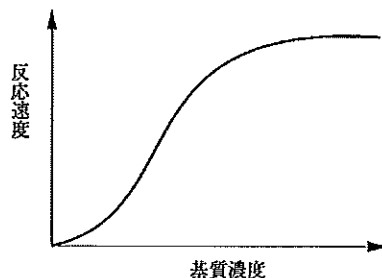
グルコースが呼吸基質となる場合、3つの反応過程を経ながら段階的に分解され、最終的に二酸化炭素と(1)にまで分解される。グルコースは解糖系でピルビン酸まで分解される。ピルビン酸は(2)となり、この(2)が環状の代謝経路に組み込まれる。この一連の反応過程を(3)回路^①という。(3)回路はミトコンドリアで反応が進行する代謝経路であり、脱炭酸反応と脱水素反応が起こる。この脱水素反応により生成された水素は補酵素により捕捉される。ここで生成した(4)型の補酵素は、次の(5)と呼ばれる反応系で(6)を放出し、(7)を遊離する。このとき放出された(6)は大きなエネルギーを持っており、(6)が(5)を伝わっていく間に、そのエネルギーを利用して(7)の濃度勾配が出来る。この(7)の濃度勾配を利用してATP合成酵素によりATPが生成される。細胞内のATP濃度が高くなると、ATPが解糖系の中心的な酵素に結合して、この酵素の活性を抑制する。その結果、解糖系^②の働きが抑えられる。このように基質が結合する部位のほかに酵素活性を調節する物質が結合する部位を持つ酵素を(8)という。

問1 本文中の空欄(1)～(8)に適切な語句を書き入れなさい。

問2 解糖系から生じたピルビン酸が下線①の過程を進むと、脱炭酸反応と脱水素反応がそれぞれ何回起こるか。その回数を答えなさい。

問3 グルコース1分子が好気呼吸の3つの反応系を経て完全に分解されるまでの化学反応式を書きなさい。また、グルコース2グラムが好気呼吸で完全に分解されたとき、使われた酸素と生成された二酸化炭素は、それぞれ何グラムになるか、答えなさい。ただし、原子量はH=1, C=12, O=16とし、答えは小数点第2位を四捨五入しなさい。

問4 下の図は、下線②の性質を持つ一般的な酵素の基質濃度と反応速度との関係を示したものである。この反応系に基質が結合する部位とは別の部位に結合する阻害物質を加えた場合どのようなようになるか。解答欄のグラフに書き入れなさい。



5

遺伝子発現の調節に関する以下の間に答えなさい。

問1 次の文章の空欄(1)～(5)に、あてはまる語句を書き入れなさい。

遺伝子の中には、常に発現しているのではなく、ある条件(環境)下においてのみ発現するものがある。このような遺伝子発現は、転写の段階で調節されることが多い。最初にこの現象を発見したのは、フランスのジャコブとモノーであった。グルコースを含む培地中で生育している大腸菌は、ラクトースを(1)と(2)とに分解する酵素を合成していない。これは、ラクトース分解酵素遺伝子群に存在する(3)に(4)が結合するために、ラクトース分解酵素遺伝子の転写が起これないためである。ところが、この大腸菌の培地中にグルコースのかわりにラクトースを加えると、やがてラクトースを分解して生育するようになる。ラクトース存在下では、ラクトースが(4)に結合して、(4)が(3)に結合できなくなることで、(5)に結合したRNA合成酵素によって転写が開始されるからである。

問2 転写調節は細菌のような原核生物のみならず、真核生物でもよく認められる。例えば、ある遺伝子の発現が特定の組織や細胞においてのみ認められることがあり、これは近年の遺伝子工学にも応用されている。

(1) あなたは今、図1に示すように緑色蛍光を発するオワンクラゲのタンパク質(GFP)の遺伝子をマウスの受精卵に注射して、トランスジェニックマウスを作製しようとしている。マウスのアルブミン遺伝子のプロモーターをGFP遺伝子に連結した人工DNAを注射して生まれたマウスでは、肝臓の細胞においてのみGFP蛍光が見られ、筋肉細胞など他臓器ではGFPの蛍光は認められなかった。元来オワンクラゲのタンパク質で、マウスの体内には存在しないGFPが、マウスの肝臓でのみ観察されるのはなぜか。句読点を合せて60字以内で答えなさい。

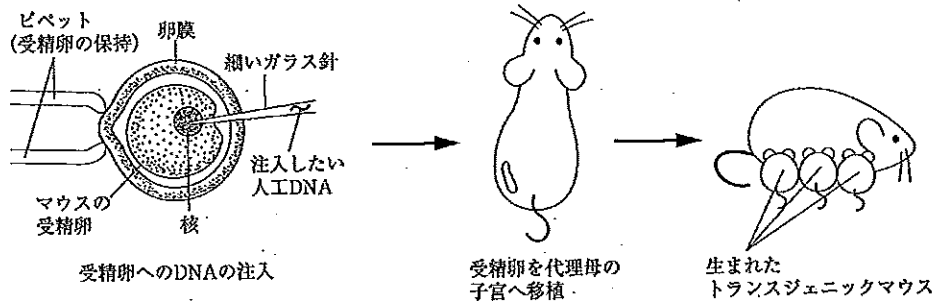


図1

生 物

(2) 図2に示すように、異なる長さのアルブミン遺伝子の調節領域を GFP 遺伝子に連結して、人工遺伝子を作製した。それぞれの人工遺伝子を受精卵に注入することにより作られたトランスジェニックマウスを比較すると、肝細胞における GFP の蛍光強度に違いがあることがわかった。この結果から、図中 a~c の領域のうちアルブミン遺伝子の発現に重要な役割を担っているのはどの領域か。記号で答えなさい。また、その領域の役割を句読点を含めて 30 字以内で説明しなさい。

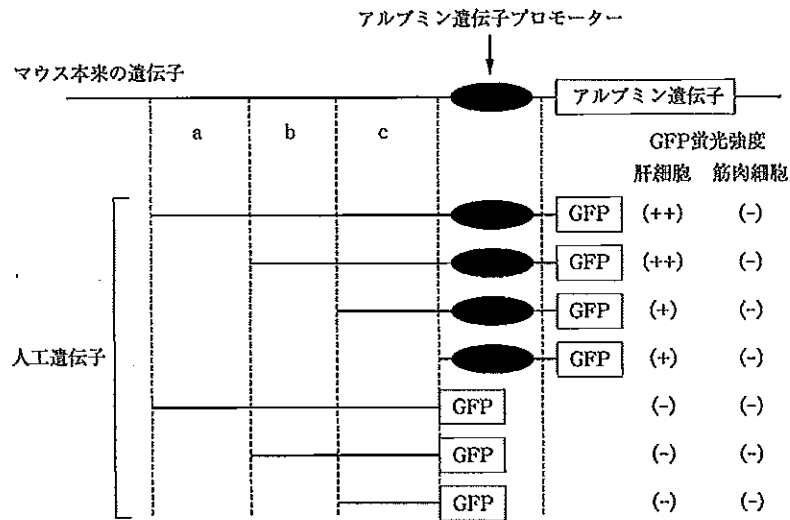


図2