

平成 19 年 度
前 期 日 程
理 科 問 題

〔注 意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 9 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 10 \text{ ページから } 16 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 17 \text{ ページから } 27 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理3枚、化学4枚、生物4枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科，化学科，生物科学科を志望する者は，物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

生物問題

(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

〔1〕 植物ホルモンに関する以下の文章を読み、問1～問5に答えよ。

植物ホルモンであるオーキシンは、細胞の伸長や増殖・分化など植物の成長において様々な働きをしている。インドール酢酸は植物の主要なオーキシンの一種である。オーキシンの作用による植物伸長のしくみを調べる目的で以下の実験を行った。

【実験1】

オートムギの種子を暗所で発芽させ、生育した幼葉鞘と根が水平になるように芽生えを横にして1時間放置した(図1)。その後、先端部分を図に示すように切り取り、それぞれを横にした時の上側と下側に切り分けた。得られた切片のインドール酢酸の濃度を測定したところ、下側の濃度が上側に比べて数倍高くなっていた。

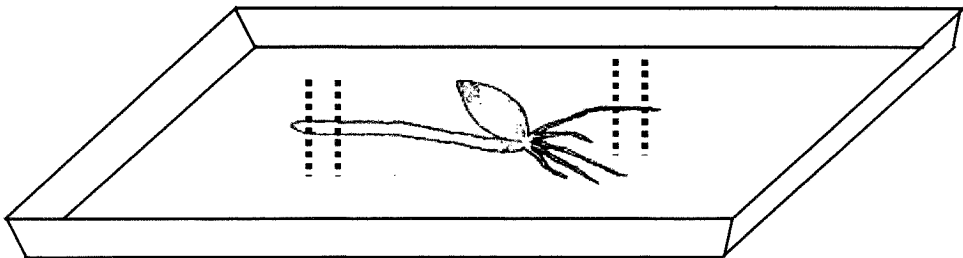


図1

【実験2】

オートムギの幼葉鞘切片を用意して、放射性同位元素 ^{14}C で標識されたインドール酢酸(以下「 ^{14}C インドール酢酸」と表す)を含む寒天片と含まない寒天片を図2のように先端部と基部に4通りの方法で置き、蒸散の影響のない状態で暗所に一定時間放置した。はじめインドール酢酸を含まなかった寒天片を調べたところ、IとIVの場合のみ、 ^{14}C インドール酢酸が寒天片に検出された。

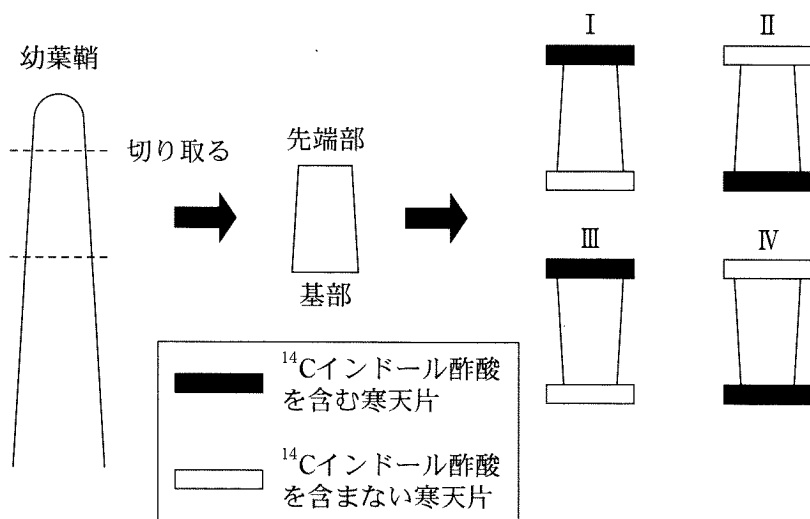


図 2

【実験 3】

野生型シロイヌナズナと A 遺伝子に突然変異を起こした変異体シロイヌナズナの茎の一部を同じ長さに切り取り、先端部側の端を ^{14}C インドール酢酸を含む溶液に浸した。一定時間後に溶液に浸されていない基部側の端に含まれる ^{14}C インドール酢酸の量を測定したところ、変異体では野生型で検出された量の 10% 以下の ^{14}C インドール酢酸しか検出できなかった。

【実験 4】

シロイヌナズナの A 遺伝子によって作られる A タンパク質の働きを調べるために、ある植物の培養細胞に A 遺伝子を導入して、A タンパク質を過剰に作っている細胞を得た。細胞を壊して細胞質と細胞膜に分けたところ、A タンパク質は細胞膜にあることがわかった。次に A 遺伝子を導入した細胞と、導入していない対照の細胞を含む懸濁液に ^{14}C インドール酢酸を加え、細胞内に一定量の ^{14}C インドール酢酸を取り込ませた。その後、インドール酢酸を含まない溶液に細胞を移し、一定時間経過後に細胞内の ^{14}C インドール酢酸量を調べた。インドール酢酸を含まない溶液に移した直後の細胞に含まれる ^{14}C インドール酢酸の量を 100% とすると、対照の細胞では約 80% の ^{14}C インドール酢酸が残っていたが、A 遺伝子を導入した細胞では約 20% しか残っていなかった。

- 問 1 芽生えを横にして暗所に数時間放置していると、幼葉鞘と根は異なる方向に伸長する。実験 1 で得られた結果をもとに、オーキシンによる幼葉鞘と根の重力屈性のしくみを 70 字以内で説明せよ。
- 問 2 最適濃度では、オーキシンの働きによって幼葉鞘の細胞は伸長する。「吸水力」、「細胞壁」、「浸透圧」、「膨圧」の 4 つの言葉を用いてこの現象を 70 字以内で説明せよ。なお、幼葉鞘の細胞の浸透圧は変化しないものとする。
- 問 3 実験 2 より、オーキシンは植物の幼葉鞘内を移動することがわかる。この移動にはどのような特徴があり、重力はどのような影響を与えているのか、実験結果に基づき 80 字以内で述べよ。
- 問 4 実験 4 の結果から、シロイヌナズナの A タンパク質はどのような働きをしていると考えられるか、40 字以内で述べよ。
- 問 5 実験 3 と 4 で示された A タンパク質の役割から、A タンパク質は細胞のどの部分に存在していると推測できるか。茎内での細胞の配置を考慮して、理由とともに 90 字以内で述べよ。なお、オーキシンは細胞壁を通過して細胞から細胞に移動する。

〔2〕 ヒトの血液循環に関する以下の文章を読み、問1～問5に答えよ。

血液は心臓の拍動によって、左心房 → 左心室 → (ア) → からの各部の毛細血管 → (イ) → 右心房 → 右心室 → (ウ) → 肺 → (エ) → 左心房、と全身を循環する。心臓の拍動とは、心臓を構成する心筋細胞が電氣的に興奮して、個々の細胞が収縮することの総和であると考えてよい。心筋細胞は神経細胞と同様に全か無かの法則にしたがう活動電位を発生し、急速な時間経過で収縮する。このとき、心臓全体が同時に収縮するのではなく、はじめに心房にあるとう房結節(ペースメーカー)が自動的に興奮し、その電氣的興奮が心臓内を伝わっていく。その結果、心房から心室へ向かって心筋の収縮がおこる。

心臓の生理的な機能を調べるために、30歳の健康な男子に、あらかじめ内容を十分に説明して同意を得た上で、測定1と測定2をおこなった。

【測定1】

心臓の興奮—収縮過程に生じる電気活動を体外から観察するため、電気信号を計測した。まず、右手首と左手首に電極板をつけ、右手首の電極の電位を基準にして、左手首の電位を計測すると、心臓の拍動に際してみられる最も大きな信号はプラスの電位変動であった。右手首の電極板をそのまま基準として、左手首の電極板を左足首につけ替えて同様の計測をおこなっても、心臓の拍動に際してプラスの電位変動が観測された。

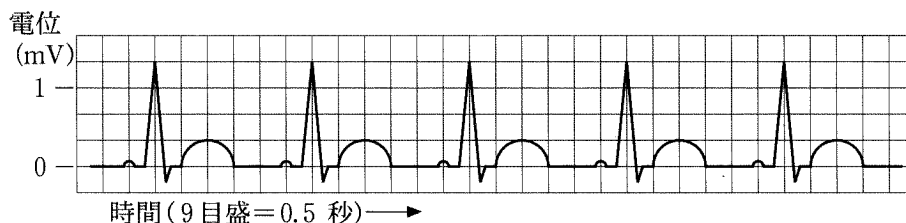
【測定2】

持久力を高めるトレーニングを8週間にわたって実行してもらった。8週間のトレーニング期間の前後に、トレッドミル(ベルトコンベア式の運動器)を用いて運動負荷試験をおこなった。「もうこれ以上強い運動はできない」という限界にあたる最大運動強度で走っているときの心臓の機能を調べたところ、次の表と図に示す結果を得た。

【表】最大運動強度で走っているときの心臓の機能の指標

	トレーニング前	8週間のトレーニング後
心拍数(回/分)	179	(オ)
心臓が1心拍で送り出す血液量(ml/回)	120	135
動脈血と静脈血の酸素濃度の差(mmol/l)	6.2	6.3
心臓が1分間に送り出す血液量(l/分)	(カ)	(キ)
1分間の酸素消費量(mmol/分)	(ク)	(ケ)

【図】8週間のトレーニング後、最大運動強度で走っているときの心臓の電気活動



問 1 (ア)～(エ)に当てはまる血管名を書け。また、これらを通る血液の酸素濃度の高い方から低い方へ順に、(ア)～(エ)を記号で並べよ。

問 2 測定1の結果をもとに、この人の心臓では最も大きな興奮の信号は体軸に対してどの方向に伝播するかを、測定を受けた者から見た方向として答えよ。また、そう推察した理由を50字以内で述べよ。

問 3 測定1で使用した計測装置は、通常の神経活動を記録するためのもので、1ミリ秒よりかなり小さい時間差をとらえることができる。この計測装置を用いると、心臓の電気信号が心臓付近に置いた電極板に到達するまでの時間と、手首足首の電極板に到達するまでの時間は同じであった。このことから、心臓の電気活動はどのようにして手首足首へ伝わると考えられるかを、20字以内で述べよ。

問 4 測定 2 の図から、8 週間のトレーニング期間の後にトレッドミル上を最大運動強度で走っているときの心拍数(オ)を求めよ。また、表の空欄(カ)~(ケ)に適切な数字(四捨五入をして小数点以下 1 桁まで)を入れよ。

問 5 測定 2 で実行した 8 週間のトレーニングによって、心臓や血管、血液などにどのような変化が起こるか。測定結果から考えて可能性のある変化を 3 つあげ、それぞれ 20 字以内で述べよ。

〔 3 〕 遺伝子連鎖に関する以下の文章を読み、問 1 ～問 7 に答えよ。

- (I) 細菌に感染して増殖するウイルスは、宿主細菌に吸着すると粒子内の核酸を^(a)細菌内に注入する。注入された核酸は複製され、最終的に多数の子ウイルスが作られる。

この種のウイルスのうち、あるウイルスが 5 つのほぼ同じサイズの遺伝子 (a, b, c, d, e と命名) を有していると仮定する。ひとつのウイルス粒子から取り出した DNA を調べると図 1 に示す遺伝子の配置であった。このウイルスが細菌に感染し、そこから生まれた子ウイルス粒子を 3 個単離してその DNA を調べると、それぞれの DNA は図 2 の①, ②, ③に示す遺伝子配置になっていた。また、ウイルス感染細菌内には、さまざまな大きさのウイルス DNA が存在し、その中には図 3 に示す遺伝子配置を持つ DNA も存在していた。ウイルス粒子中の DNA よりサイズの大きな DNA から、DNA 切断を利用し子ウイルス粒子のためのゲノム DNA が作られる。

図 1 a b c d e a b

図 2 ① c d e a b c d

 ② d e a b c d e

 ③ e a b c d e a

図 3 a b c d e a b c d e a b

- (II) 有性生殖をする生物の遺伝子連鎖地図は、親の形質とその親から生じた子孫の形質を比較することで作成することが出来る。有性生殖をしない細菌などの場合でも、その細菌のゲノムの一部を伝達できるウイルスを利用したり、単離したゲノム DNA を別の個体に導入することで遺伝子連鎖地図を作ることが出来る。

ある種の細菌(株 S)から薬剤 N に耐性になった変異株を単離した。次にそ

の変異株から薬剤 O にも耐性になった変異株を単離し、同様に薬剤 P, さらに薬剤 Q に耐性を示す変異株を単離することで、最終的に 4 種類の薬剤に耐性を示す変異株(株 R)を得た。4 種類の変異は独立した遺伝子に起きたものとする。この 4 つの遺伝子の連鎖地図を作成するために、株 R から単離した DNA を用いて株 S を形質転換させた。^(b) この細菌 (2×10^6 細胞ずつ) を 4 種類の薬剤を多様な組み合わせで含んだ寒天培地上で培養した。形質転換の操作により、細菌のゲノム DNA の一部のみが細菌内に導入される。薬剤耐性を示す変異遺伝子が細菌に導入され、相同領域での組換えにより細菌のゲノムに挿入された場合、細菌は増殖しコロニー(細菌の集落)を形成するが、耐性遺伝子を受け取らなかった細菌は死滅する。この実験により以下のような結果が得られた。

薬 剤	コロニーの数
N	5 7 8
O	6 1 0
P	6 2 1
Q	5 6 1
N, O	0
O, P	0
N, P	4 0 8
N, Q	3 8 0
P, Q	1 2 0
N, P, Q	1 0 5

問 1 下線部(a)のウイルスの名称を記せ。

問 2 このウイルスの遺伝子 a, b, c, d, e の連鎖地図を記せ。

問 3 宿主細菌の中では、相同性のあるウイルス DNA 間で容易に組換え(DNA の切断再結合)が起こることを考慮し、図 1 に示す DNA 2 分子から図 3 に示す DNA 分子がどのように形成されたかを記せ。

問 4 図 1 の親ウイルスから図 2 に示す遺伝子配置を持つ子ウイルスが生じたメカニズムを、図を用いて説明せよ。

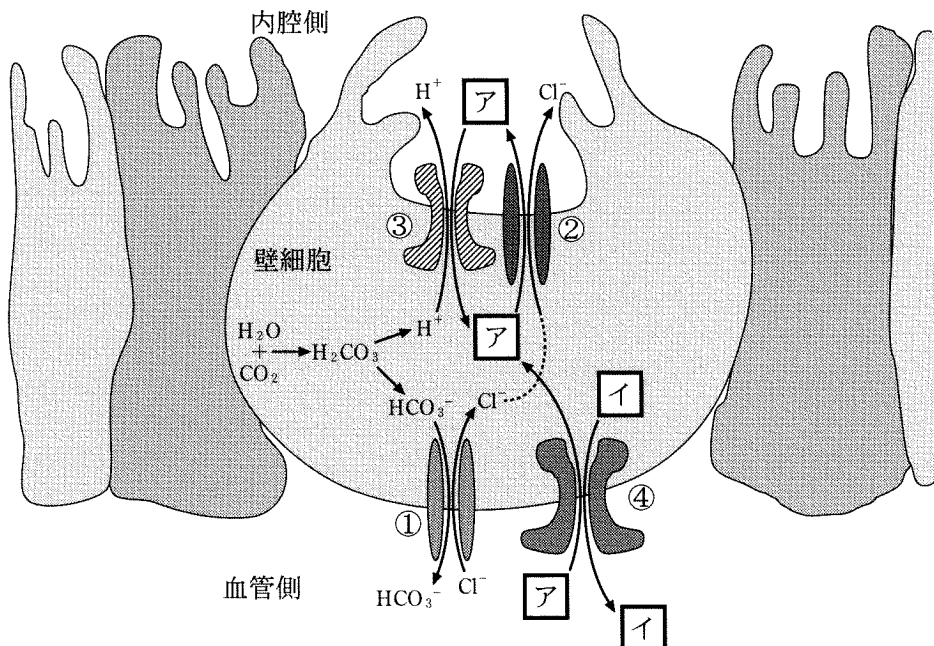
問 5 下線部(b)の手法により、遺伝物質は DNA であることを初めて示した研究者名を記せ。

問 6 薬剤 N および薬剤 O を含む培地上でのコロニーの数が 0 であることは何を意味しているかを 50 字以内で記せ。

問 7 薬剤に耐性を与える遺伝子について連鎖地図を記せ。ただし、薬剤 N, O, P, Q に耐性を与える遺伝子をそれぞれ n, o, p, q 遺伝子とする。

〔4〕 胃酸分泌に関する以下の文章を読み、問1～問5に答えよ。

図は胃酸を分泌する壁細胞でのイオンの動きを模式的に示したものである。壁細胞中では炭酸(H_2CO_3)より水素イオン(H^+)と炭酸水素イオン(HCO_3^-)が生成する。このうち炭酸水素イオン(HCO_3^-)は①の陰イオン交換系で血管側の細胞外に放出され、代わりに塩化物イオン(Cl^-)が細胞内に入る。この塩化物イオン(Cl^-)は陽イオンである **ア** とともに②のしくみによって胃の内腔側(胃の内側のこと)の細胞外に放出される。 **ア** は③のしくみによって選択的に細胞内に取り込まれ、このとき代わりに細胞内の水素イオン(H^+)が細胞外に放出される。このようにして胃の内腔側では、水素イオン(H^+)と塩化物イオン(Cl^-)が細胞外に分泌され、胃酸としてはたらく。また、細胞内にはこの他に④のしくみが存在し、2分子の **ア** を細胞内に取り込み、代わりに3分子の陽イオンである **イ** を細胞外に放出する。このしくみにより **ア** の濃度は細胞外よりも細胞内の方が高く、逆に **イ** の濃度は細胞内よりも細胞外の方が高い。



問 1 体液中に多く含まれるアルカリ金属イオンである ア , および イ とは何か, 答えよ。

問 2 ④は能動的に ア を細胞内に取り込んで イ を細胞外に放出する膜タンパク質である。④の名称を答えよ。

この膜タンパク質はどのような化学エネルギーを利用して働いているか。
30 字以内で説明せよ。

問 3 水素イオン(H^+)のみが細胞外に放出され, 細胞内水素イオン濃度が $9.9 \times 10^{-8} \text{ mol/l}$ 減少したと仮定すると, 細胞内 pH はいくらになるか。計算式とともに示せ。ただし, 初期の細胞内 pH を 7.0 とする。

実際に胃酸が分泌される場合には細胞内 pH はほとんど変化しない。どのように調節されていると考えられるか。70 字以内で答えよ。

問 4 細胞内外にイオンの濃度勾配が存在するのは, 細胞膜において, 膜タンパク質以外の部分をイオンが自由に通過できないからである。その理由を, 細胞膜の構成成分の名称をあげて 70 字以内で説明せよ。

問 5 胃潰瘍や胃炎は, 胃酸の過剰分泌でおこる場合が多い。この壁細胞でイオン濃度を調節するしくみ(①, ②, ③, ④)に, どのような作用をする薬であれば, 胃潰瘍や胃炎の治療に役立つと考えられるか。その根拠も含めて 70 字以内で答えよ。