

前期日程試験

令和6年度医学科入学試験問題

生 物

[注意事項]

- 1 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 2 解答用紙に受験番号と氏名を必ず記入すること。
- 3 この問題冊子の本文は、8ページからなっている。落丁、乱丁及び印刷不鮮明な箇所などがあれば、手を挙げて監督者に知らせること。
- 4 この問題冊子の白紙と余白は、適宜下書きに使用してもよい。
- 5 解答は、すべて別紙「解答用紙」の指定された場所に記入すること。
- 6 この問題冊子は持ち帰ること。

1 次の文を読み以下の設問に答えよ。

細胞は生物の体を構成する基本単位である。真核生物の細胞には特定のはたらきを担う細胞小器官が存在する。それぞれの細胞小器官のはたらきを調べるために、ホウレンソウの葉を材料として細胞小器官を次の方法で分離し、以下の実験に用いた。

【方法】 図1で示すように、ホウレンソウの葉を 葉と等張な液に入れ、氷水で冷やしながらか(1)ホモジェナイザーで細かく破碎した。そして、その破碎液を低速(500 g)で遠心分離して核を含む沈殿物 P1 と上澄み液 S1 に分離した。次に、S1 を中速(3,000 g)で遠心分離して葉緑体を含む沈殿物 P2 と上澄み液 S2 に分離した。そして、S2 を高速(8,000 g)で遠心分離してミトコンドリアを含む沈殿物 P3 と上澄み液 S3 に分離した。さらに、S3 を超高速(100,000 g)で遠心分離してリボソームや細胞骨格を含む沈殿物 P4 と上澄み液 S4 に分離した。

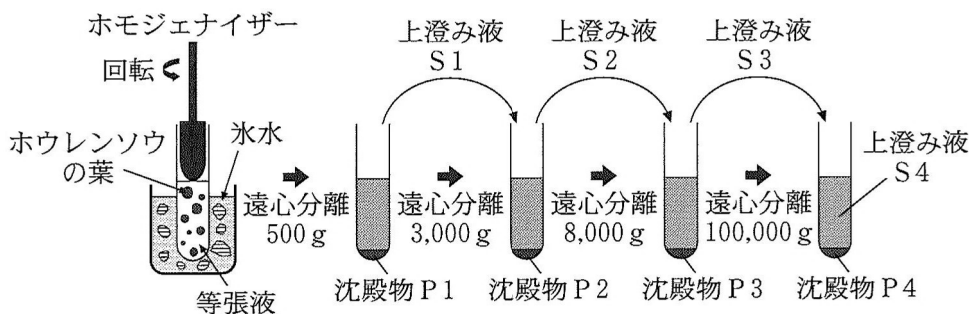


図1 ホウレンソウの葉の破碎と細胞小器官の分離

【実験1】 図1のP2を等張液に懸濁し、試験管内の空気を抜いて光を当てても酸素(O_2)は発生しなかったが、還元されやすい化合物の1つであるシュウ酸鉄(III)を加えて光を当てると酸素が発生した。

【実験2】 P2を等張液に懸濁し、酸素 ^{16}O より重い同位体である ^{18}O からなる水(H_2^{18}O)あるいは二酸化炭素(C^{18}O_2)を加え、光を当てて酸素を発生させた。そして、酸素に含まれる同位体をそれぞれ分析した。

【実験3】 P3を等張液に懸濁したものとコハク酸ナトリウム水溶液およびメチレンブルーを図2のようにツンベルク管の中に入れた。そして、管内の⁽³⁾空気を抜き、これらの液を混合して温めたところ、溶液の色が青色から無色に変化した。その後、再び管内に空気を⁽⁴⁾入れると溶液は青色に戻った。

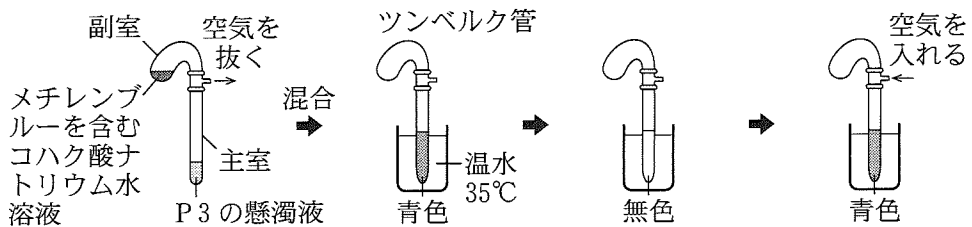


図2 ツンベルク管を用いたコハク酸ナトリウムを基質とする反応

1. 下線部(1)と下線部(2)のように操作する理由をそれぞれ説明せよ。
2. 図1のP1, P2, P3, P4の中でDNAを含むものをすべて選び○で囲め。
3. 実験1で酸素が発生した反応において、シュウ酸鉄(Ⅲ)の役割を説明せよ。
4. 実験2で発生した酸素に ^{18}O が含まれるのは H_2^{18}O を加えた時か C^{18}O_2 を加えた時か選び○で囲み、その理由も説明せよ。
5. 下線部(3)で、メチレンブルーの色が青色から無色に変化した理由を説明せよ。
6. 下線部(4)で、再び管内に空気を入れると溶液が青色に戻った理由を説明せよ。

2

次の文を読み以下の設問に答えよ。

真核細胞では、DNA は細胞周期の(ア)期に複製される。複製起点に DNA ヘリカーゼが作用して塩基対の水素結合を切り、二本鎖がほどけて一本鎖部分ができる。DNA の一本鎖部分と二本鎖部分の境界部分を(イ)という。DNA 複製の開始においては、プライマーと呼ばれる RNA でできた短いヌクレオチド鎖⁽¹⁾が作られ、これに続いて DNA が合成される。DNA ポリメラーゼは、デオキシリボヌクレオシド三リン酸を用いて 5' → 3' 方向にのみ DNA を合成することができる。⁽²⁾この反応には三リン酸から外側の 2 つのリン酸基がいっしょに外れることで放出されるエネルギーが用いられる。 DNA ポリメラーゼは、鋳型となる一本鎖 DNA の複製起点より 5' 側を鋳型とする場合には DNA を連続的に合成することができる。一方、複製起点より 3' 側を鋳型とする場合は、DNA の合成方向と(イ)の進む方向が逆になるので、鋳型鎖において一定の長さの一本鎖部分ができただ後にプライマーが合成され、続いて DNA が鋳型鎖の複製起点側に向かって伸長していき、DNA 断片(岡崎フラグメント)が不連続に作られる。RNA プライマーは、5' 側から DNA 断片が伸びてくれば、DNA に置き換えられ、置き換えられた DNA 鎖は(ウ)という酵素によって 3' 側にある DNA 断片とつなげられる。

DNA ポリメラーゼは、伸長中の DNA 鎖に新しいヌクレオチドを付加するときに、1 つ前につけたヌクレオチドの塩基が鋳型鎖の塩基と相補的に結合しているかどうか、確認する。正しいければさらに新しいヌクレオチドを付加し、正しくなければ間違ったヌクレオチドを取り除き正しいヌクレオチドに置き換える。この一連の現象を校正という。

1. (ア)～(ウ)にふさわしい語句や文字を入れよ。
2. 下線部(1)に関して、DNA 複製に先立ってプライマーが必要となるのはなぜか、DNA ポリメラーゼの作用のしかたをふまえて説明せよ。

3. 下線部(2)に関して、たとえ DNA が 3' → 5' 方向に伸長したとしても、校正は行われないと考えられる。DNA の伸長反応では、デオキシリボヌクレオシド三リン酸(ヌクレオチドのうちリン酸基を 3 つ持つもの)から 2 つのリン酸基が外れ、その残りのリン酸基が連結に使われることをもとに、校正が行われない理由を考えて答えよ。
4. 真核生物の DNA 複製では、複製が終了した段階で必ず欠ける部分がある。図 1 のどこに相当するか、①~⑥の番号で答えよ。また、なぜ欠けるのか理由も述べよ。
5. 原核生物の DNA 複製過程も、真核生物と同じ仕組みで行われる。しかし原核生物では、DNA が複製後に短くなることは無い。その理由を述べよ。

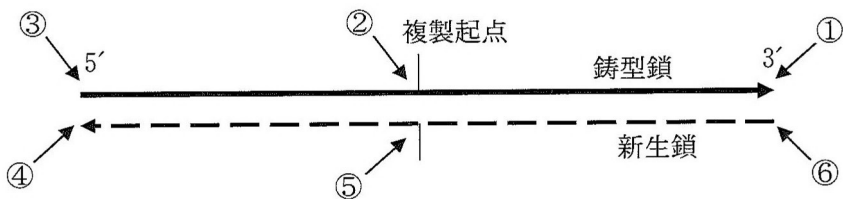


図 1 複製の終了した DNA 鎖

3 次の文を読み以下の設問に答えよ。

ほ乳類の摂食行動は、様々なホルモンによって調節されている。レプチンは脂肪細胞から分泌されて摂食を抑制するホルモンであり、脂肪組織が発達して増大するとその分泌量も増加する。野生型マウス、および遺伝子 X または Y に変異をもちレプチンのはたらきに異常がある 2 種類のマウス(変異体 X と変異体 Y)を用いて、遺伝子 X, Y のはたらきを明らかにするために以下の実験を行った。なお、マウス個体どうしで皮膚をつなぎ合わせることにより、体循環を共有させることができる。ただし、皮膚をつなぎ合わせることによる免疫反応は起きないものとする。

【実験 1】 変異体 X の摂食量を一定期間測定し、野生型マウスと比較したところ、変異体 X は野生型マウスより摂食量が多かった。また、体重を測定したところ、変異体 X の体重は野生型マウスより重く、脂肪組織が発達していた。

【実験 2】 変異体 X と野生型マウスの皮膚をつなぎ合わせたところ、その前後で野生型マウスの摂食量および体重に変化は認められなかった。一方、変異体 X の摂食量は減少し、体重も減少した。

【実験 3】 変異体 Y の摂食量を一定期間測定し、野生型マウスと比較したところ、変異体 Y は野生型マウスより摂食量が多かった。また、体重を測定したところ、変異体 Y の体重は野生型マウスより重く、脂肪組織が発達していた。

【実験 4】 変異体 Y と野生型マウスの皮膚をつなぎ合わせたところ、その前後で野生型マウスの摂食量は減少し、体重も減少した。一方、変異体 Y の摂食量および体重に変化は認められなかった。

1. 実験1と2から、変異体Xはどのような遺伝子に変異を持っていると考えられるか、理由とともに答えよ。
2. 実験3と4から、変異体Yはどのような遺伝子に変異を持っていると考えられるか、理由とともに答えよ。
3. 実験4で野生型マウスの体重が減少したのはなぜだと考えられるか、理由を答えよ。
4. 変異体Xと変異体Yの皮膚をつなぎ合わせた場合、変異体Xと野生型マウスの皮膚をつなぎ合わせた場合と比較して、変異体Xの摂食量と体重はどのようなになると考えられるか、理由とともに答えよ。

4

次の文章を読み以下の設問に答えよ。

血液は赤血球や白血球などの血球と液体成分である血しょうから構成される。赤血球が肺胞の毛細血管で酸素を受け取り、全身の様々な組織に運搬する。その際、赤血球に含まれるヘモグロビンが重要な役割を果たしている。一方、組織で生じた二酸化炭素の多くは血しょう中に溶解し炭酸水素イオンとなり、肺胞において水素イオンと結合した後、再び二酸化炭素となって体外へ放出される ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$)。このように、肺では外界から体内へ酸素を取り込み、体内で生じた二酸化炭素を放出するガス交換が行われている。

1. ヒトでは成熟した赤血球には核がない。このような構造的特徴は、どのような利点があると考えられるか、生理的な意義を考えて答えよ。

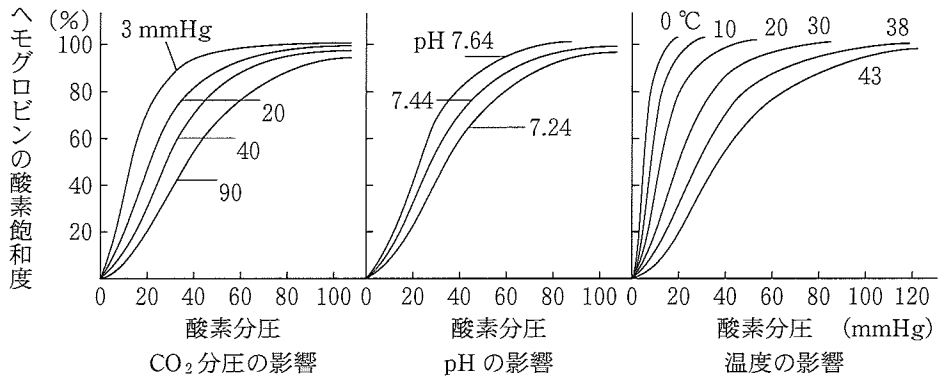


図1 酸素飽和度に及ぼす CO_2 分圧、pH、温度の影響

2. 図1は様々な CO_2 分圧、pH、温度における酸素分圧とヘモグロビンの酸素飽和度の関係を表している。この図が示すヘモグロビンの特徴は、酸素を各組織に受け渡す上でどのような利点があると考えられるか答えよ。なお分圧とは、混合気体の示す圧力のうち、各成分気体による圧力のことをいい、成分気体の体積比に比例する。

3. 機能的に障害のある肺胞表面の毛細血管には多くの血液が流れないように、血流量を調節する仕組みが存在する。この仕組みは、血液が組織に酸素を運搬する上でどのような利点があるか、説明せよ。

4. 胎児と母体の間でのガス交換は胎盤において行われる。胎児のヘモグロビンは母体のヘモグロビンよりも酸素に対する親和性が高い。その利点は何か、胎盤における血液循環をふまえて、説明せよ。

5. 血しょうの pH は通常 7.4 付近に維持されているが、糖尿病や尿毒症といった疾患では酸性側に傾くことがあり、これを代謝性アシドーシスと呼ぶ。代謝性アシドーシスを緩和するため、深く、速い呼吸を示すことがある。なぜ、このような呼吸を示すのか、説明せよ。

