

山形大学

平成 28 年度入学者選抜試験問題

地域教育文化学部・食環境デザインコース
理学部・生物学科
医学部・医学科
工学部・バイオ化学工学科
農学部・食料生命環境学科

理 科 (生 物)

前 期 日 程

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子の本文は 1 ページから 18 ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁、解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は、手をあげて監督者に知らせてください。
- 4 監督者の指示にしたがって、解答用紙に大学受験番号を正しく記入してください。
大学受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
- 5 地域教育文化学部受験者は I, II, III, IV の 4 問を解答してください。
理学部受験者は I, II, III, IV の 4 問を解答してください。
医学部受験者は I と II の 2 問を解答してください。
工学部受験者は I, II, III, IV の 4 問を解答してください。
農学部受験者は I, II, III, IV の 4 問を解答してください。
- 6 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

I つぎのAとBの文を読んで、問1～9に答えよ。

A ヒトのABO式血液型には、A型、B型、AB型、O型の4つの表現型があり、これらの表現型に関わる対立遺伝子には、A、B、Oの3種類がある。このように、1つの形質に関わる対立遺伝子が3種類以上ある場合、これらを複対立遺伝子とよぶ。対立遺伝子Aと対立遺伝子Bの間に優劣関係はなく、対立遺伝子Oは対立遺伝子Aと対立遺伝子Bのどちらに対しても劣性である。

ABO式血液型の表現型は、赤血球の細胞表面に露出したA型物質とB型物質の有無によって決まる(図1)。A型物質はA型物質固有の糖が、また、B型物質はB型物質固有の糖が、それぞれ赤血球の細胞表面のH型物質に結合したものである。A型物質固有の糖のH型物質への結合は、遺伝子Aの情報をもとにつくられる酵素によって起こり、B型物質固有の糖のH型物質への結合は、遺伝子Bの情報をもとにつくられる酵素によって起こる。遺伝子Oの情報をもとにつくられるタンパク質は、いずれの糖もH型物質に結合させることができない。

ABO式血液型は、A型物質に特異的に結合する抗体(抗A抗体)とB型物質に特異的に結合する抗体(抗B抗体)を別々に血液に加え、赤血球が凝集するかどうかによって判定することができる。

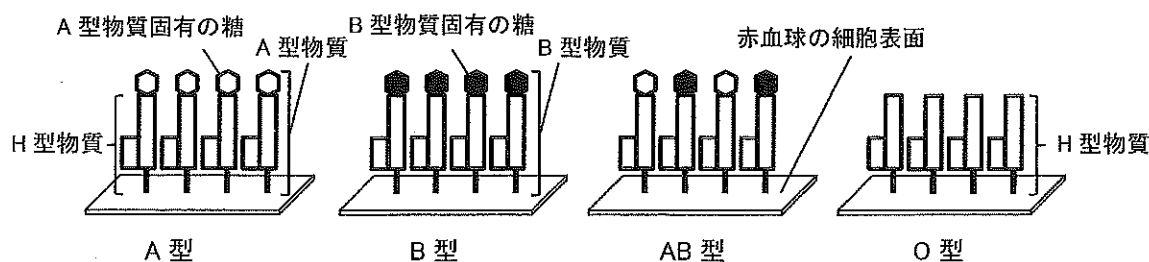


図1 ABO式血液型における赤血球の細胞表面のA型物質とB型物質の分布

問1 ヒトのABO式血液型の遺伝子型をすべて記せ。

問2 ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っているヒトの集団Jにおいて、遺伝子Oの頻度が0.6であった。この集団Jから無作為に1,000人を選んだとき、その中に含まれるO型の人数の期待値を記せ。ただし、小数の場合は、小数第一位を四捨五入して整数で記せ。

問3 上記の集団JにおいてA型の人の割合が0.45であるとき、AB型の人の割合を記せ。ただし、小数第三位以下を含む数値の場合は、四捨五入して小数第二位まで記せ。

問 4 下線部①について、遺伝子 A の一塩基置換によって遺伝子 B が生じたと仮定すると、この一塩基置換は遺伝子 A のどの部位で起こったと考えられるか。もっとも適切なものを、つぎのア)～エ) から 1 つ選び、記号で答えよ。なお、遺伝子 A と遺伝子 B が指定する酵素に含まれるアミノ酸の数に違いはない。

ア) イントロン イ) エキソン ウ) 調節領域 エ) プロモーター

問 5 下線部②において、O 型と判定されるのはどのような場合か、50 字以内で説明せよ。

問 6 遺伝子 A のみをもつが、極めてまれに、H 型物質が赤血球でつくられていない場合がある。このとき、下線部②の方法を用いると、ABO 式血液型では何型に判定されるか、解答欄 i) に記せ。また、そのように判断した理由を、つぎの用語をすべて用いて、解答欄 ii) に 125 字以内で記せ。ただし、アルファベットの場合も、1 字につき解答欄 1 マスを用いよ。

用語： 酵素 A 型物質 H 型物質

- B 原核生物である大腸菌では、ラクトースオペロンのように、複数の遺伝子の転写がまとめて調節される。一方、真核生物では転写は個々の遺伝子ごとに調節されている。真核生物における転写調節を調べるために、トランスジェニックマウスを利用する場合がある。

実験 マウスのゲノム DNA からヘモグロビンβ鎖遺伝子の調節領域とプロモーターだけを含む DNA 断片を 酵素を用いて切り出した。切り出した DNA 断片を、 という酵素を用いて、調節領域やプロモーターを含まない緑色蛍光タンパク質 (GFP) 遺伝子と連結し、組換え DNA を作成した。GFP は紫外線をあてると緑色の蛍光を発する。マウスの受精卵にこの組換え DNA を導入してトランスジェニックマウスを作成した。そのトランスジェニックマウスの血球に紫外線をあてて観察したところ、核が消失する前の赤血球 (赤芽球) では GFP からの蛍光が観察されたが、白血球では観察されなかった。なお、赤芽球と白血球は導入した組換え DNA をもっていた。また、赤芽球ではヘモグロビンβ鎖タンパク質が発現していたが、白血球では発現していなかった。

- 問 7 下線部③の転写は、栄養源としてグルコースが存在しラクトースが存在しないとき、どのように調節されるか。つぎの用語をすべて用いて、100 字以内で記せ。ただし、アルファベットの場合も、1 字につき解答欄 1 マスを用いよ。

用語： RNA ポリメラーゼ オペレーター ラクトース 遺伝子群

- 問 8 と に入る適切な用語を、解答欄あ) と い) にそれぞれ記せ。

- 問 9 下線部④の結果のみから判断して、ヘモグロビンβ鎖遺伝子が選択的に発現する理由として、もっとも適切なものをつぎのア) ~ オ) から 1 つ選び、記号で答えよ。

ア) 赤芽球と白血球の間では、ヘモグロビンβ鎖遺伝子の調節領域の塩基配列が異なり、異なる種類の調節タンパク質が発現しているから。

イ) 赤芽球と白血球の間では、ヘモグロビンβ鎖遺伝子の調節領域の塩基配列は同じだが、異なる種類の調節タンパク質が発現しているから。

ウ) 赤芽球と白血球の間では、同じ種類の調節タンパク質が発現しているが、ヘモグロビンβ鎖遺伝子の調節領域の塩基配列が異なっているから。

エ) 赤芽球はヘモグロビンβ鎖遺伝子をもっているが、白血球はヘモグロビンβ鎖遺伝子を失っているから。

オ) 赤芽球はヘモグロビンβ鎖遺伝子を失っているが、白血球はヘモグロビンβ鎖遺伝子をもっているから。

II つぎの A と B の文を読んで、問 1 ～ 9 に答えよ。

A ヒトが運動するとき、脊髄で刺激の入力を受けた運動ニューロンは、根から伸ばした軸索を介して、末梢の効果器である骨格筋を収縮させる。一般に、ニューロンへ刺激が入力されるときに、その刺激の強さがに達すると、活動電位が発生する。この活動電位の発生時には、細胞膜外を基準としたときの細胞膜内の電位（膜電位）が、1～2 ミリ秒の間に、静止電位から一時的に 100 mV 程度上昇したのち元の静止電位へと戻る。このとき、ニューロンに入力される刺激の強さがよりもさらに強くなっても活動電位の最大値は変化せず、入力される刺激がよりも弱いと活動電位は発生しない。これをの法則という。運動ニューロンでは、活動電位が軸索を伝導して軸索末端に達すると、筋細胞とのシナプスにおける神経伝達物質であるがシナプス間隙へと放出される。放出されたが筋細胞膜にある受容体と結合すると、受容体に存在するチャンネルが開くことで筋細胞の興奮が引き起こされ、筋が収縮する。

問 1 ～ に入る語を、解答欄あ) ～ え) にそれぞれ記せ。

問 2 ニューロンの静止電位としてもっとも適切な値を、つぎのア) ～ キ) から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ア) $-230 \sim -190$ mV イ) $-160 \sim -120$ mV ウ) $-90 \sim -50$ mV エ) $-20 \sim +20$ mV
オ) $+50 \sim +90$ mV カ) $+120 \sim +160$ mV キ) $+190 \sim +230$ mV

問 3 軸索での活動電位に関わるイオンについて、膜電位が上昇していくときにニューロンに流入するイオンの名称を解答欄 i) に、また、膜電位が下降していくときにニューロンから流出するイオンの名称を解答欄 ii) に、それぞれ記せ。

問 4 下線部①のように、個々の運動ニューロンでは、入力される刺激の強さにかかわらず活動電位の最大値は一定であるが、その効果器である骨格筋の収縮は段階的に変化するように調節されている。一定の大きさの活動電位しか出せない運動ニューロンが、強さの異なる骨格筋収縮を引き起こすことができるしくみを、つぎの用語をすべて用いて 50 字以内で説明せよ。

用語： 運動ニューロン 活動電位

問 5 下線部②に関して、軸索を伝導している活動電位は、逆方向に伝導して戻ることはない。その理由を 50 字以内で記せ。

B 筋の収縮は、筋細胞内の ATP がミオシン頭部によって分解されて得られるエネルギーによって起こる。筋が弛緩しているときにも筋細胞内に ATP はあるが、筋原繊維周辺の Ca^{2+} 濃度が低いときには、アクチン分子におけるミオシン結合部位は覆われた状態にあるので、ミオシン頭部はアクチンフィラメントとは結合できず筋収縮は起こらない。しかし、運動ニューロンからの刺激を受けて筋細胞が興奮すると、 から Ca^{2+} が放出されて筋原繊維周辺の Ca^{2+} 濃度が上昇し、ミオシン頭部がアクチンフィラメントに結合して収縮が起こる。その後、 Ca^{2+} は能動輸送によって に取り込まれ、アクチン分子のミオシン結合部位が再び覆われた状態に戻るにより、筋は弛緩する。

問 6 に入る語を、解答欄お) に記せ。

問 7 下線部③の過程におけるトロポニンの役割を、つぎの用語をすべて用いて 75 字以内で記せ。ただし、「 Ca^{2+} 」は解答欄 2 マスを用いよ。

用語： トロポミオシン Ca^{2+}

問 8 筋の収縮のためのエネルギー源は ATP であるが、筋肉には、激しい運動のときに呼吸や解糖よりもすばやく ATP を供給できる別の物質が蓄えられている。この物質の名称を解答欄 iii) に記せ。また、この物質を用いて ATP が合成される反応を解答欄 iv) に 75 字以内で記せ。ただし、アルファベットの場合も、1 字につき解答欄 1 マスを用いよ。

問 9 つぎの図 1 は、筋の弛緩時における筋節の状態を模式的に表したものである。図 1 に対して、筋の収縮時における筋節の状態を表す模式図としてもっとも適切なものを、つぎのア) ~ エ) から 1 つ選び、記号で答えよ。

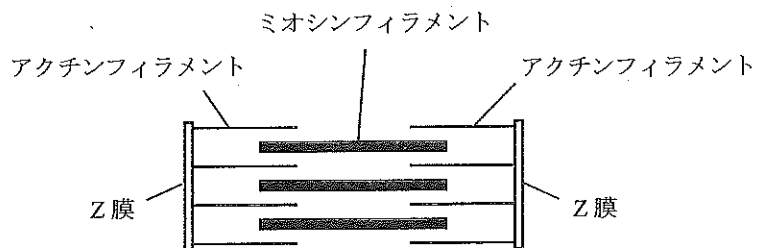


図 1 筋の弛緩時における筋節

- ア)
- イ)
- ウ)
- エ)