

## 理科問題

## [生物]

(平成22年度)

## 【注意事項】

1. この問題冊子は「09 生物」である。
2. 試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 理科問題は2科目選択である。受験生はあらかじめ届け出た科目について解答しなければならない。
5. 試験開始後、以下の6および7に記載されていることを確認すること。
6. この問題冊子の印刷は1ページから8ページまでである。
7. 解答用紙は問題冊子中央に3枚はさみこんである。
8. 3枚ある解答用紙に、受験番号と氏名を所定の欄（1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所）に試験開始後、記入すること。
9. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手を挙げて監督者に申し出ること。
10. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
11. 問題冊子の中の白紙部分については下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。
13. 試験終了まで退室を認めない。試験中の気分不快や用便等、やむを得ない場合には、手を挙げて監督者を呼び指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

〔 I 〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

青いバラの花言葉は、「不可能」である。バラの切り花を青色色素の水につけると、(ア)その吸水力によって色素が吸い上げられ人工的な青い切り花ができる。また、(イ)バラの品種を交配させて、見た目に青っぽいバラを育種することもできる。しかし、バラの花びらに含まれる色素は、橙色色素、赤色色素のみであり、青色色素を作るための酵素を持っていない。そのため生物学的に青色のバラを作ることはこれまで不可能とされてきた。

そこで日本の研究者たちが、青色の花を咲かせる植物から青色色素を作るのに働く遺伝子(青色遺伝子<sup>(注)</sup>とする)を単離し、バラに  技術を用いてその遺伝子を導入できれば、青いバラを作ることができると考えた。

植物には  と呼ばれる一つの細胞から完全な植物を作り出す能力がある。植物の組織片を主に2種類の(ウ)植物ホルモンの  と  の組み合わせによりいったん  と呼ばれる細胞の塊にしたのち、土壌細菌  の作用を利用して遺伝子を導入し、もう一度植物体を再生すれば、 植物を作ることができる。

最初に、(エ)ペチュニアの青色遺伝子を導入したバラを作ったが、花びらに青色色素は作られなかった。つぎに(オ)いろいろな植物から青色遺伝子を取り出し、バラに導入することを試した。そして、パンジーの青色遺伝子を導入した時に、(カ)バラの花びらで、青色色素を作らせることに成功した。

(注)この青色遺伝子とは、フラボノイド3',5'-水酸化酵素遺伝子のことである。

- (1) 文章中の  ～  に適当な語を入れよ。
- (2) 下線部(ア)に関して、植物の吸水力はどのように生じるか。30字以内で答えよ。
- (3) 下線部(イ)に関して、二倍体のある植物では、異なる白花系統を交配すると、雑種第1代( $F_1$ )は全て赤紫色になった。この原因を調べた結果、 $F_1$ の花色については、二つの優性遺伝子が共存し、補足しあって赤紫色となることがわかった。そのため両親の2系統は、それぞれ一方の優性遺伝子のみを持つ系統であると考えられた。メンデルの法則にしたがっている場合、 $F_1$ を自家受粉して得られる $F_2$ の赤紫花：白花の分離比はどのようになるか、数字を答えよ。
- (4) 下線部(ウ)に関して、気体の植物ホルモンを一つあげ、その生理作用ならびに、その応用について100字以内で述べよ。

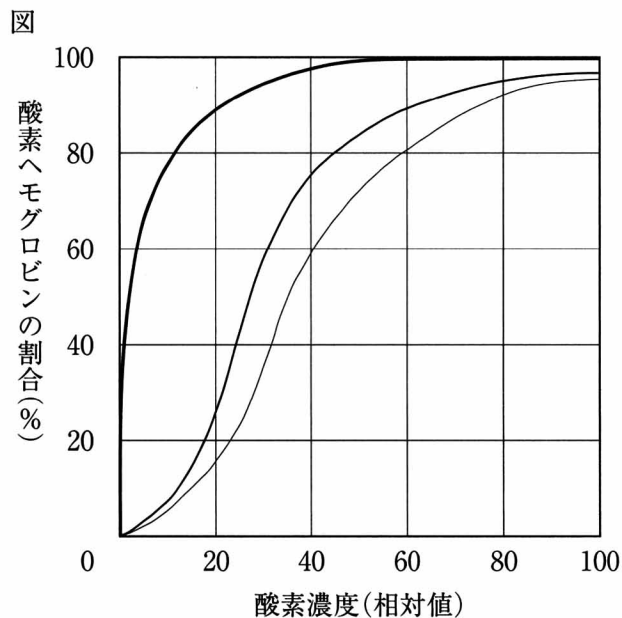
- (5) 下線部(エ)に関して、どのような原因で青色色素が作られなかったのか？考えうる原因を二つあげ、100字以内で述べよ。ただし、ペチュニアの青色遺伝子が、バラのゲノムに正しく挿入されたものとする。
- (6) 下線部(オ)に関して、単離しようとする DNA 領域が特定されているが微量である場合、その DNA 領域を大量に増幅する方法として、どのような手法が開発されているか。その名称ならびに原理を 200 字以内で答えよ。
- (7) 下線部(カ)に関して、青色色素は、細胞内のどの部位に存在すると考えられるか。その名称を答えよ。

〔Ⅱ〕 血液に関する問題文1から3を読み、それぞれの問いに答えよ。

問題文1

脊ついで動物の体液は、内部環境の恒常性を維持するために重要な役割を担っている。体液は、血液・リンパ液・ の3つに分けられる。血液は、有形成分である赤血球・白血球・血小板と液体成分である血しょうで構成される。赤血球・白血球・血小板はそれぞれヒトの場合、血液1 mm<sup>3</sup>中におよそ ,  ,  個存在する。それぞれの主な役割は、赤血球は<sub>(ア)</sub>酸素や二酸化炭素の運搬、白血球は生体防御、血小板は<sub>(イ)</sub>血液凝固作用である。

- (1)  ~  に入ることは、あるいは数字を答えよ。
- (2) 下線部(ア)に関連して、図は、二酸化炭素濃度が0のとき、および肺と組織に相当するときのヘモグロビンの酸素解離曲線である。肺の酸素濃度を100、組織の酸素濃度を30としたときに赤血球が組織で酸素を解離する割合を答えよ。また、酸素濃度と酸素ヘモグロビンの割合が直線状にならず、図のような曲線をとることによる利点を80字以内で説明せよ。
- (3) 下線部(イ)の血液凝固の仕組みを80字以内で説明せよ。



## 問題文2

たろう君, じろう君, けんた君, あきら君たちは, 以下の輸血に関する話を聞いたあとで, いろいろなことを話しました。

「ヒトには血液型(赤血球型)というものがあり, ABO型やMN型, Rh型などが有名ですが, これは輸血をする時に非常に大事になります。ABO型を例にとると, A型の赤血球の表面には凝集原Aが, B型には凝集原Bが, AB型には両者が存在します。O型の赤血球表面には凝集原は存在しません。一方, 血しょう中には凝集素とよばれる抗体が存在し, A型のヒトは凝集素 $\beta$ を, B型のヒトは $\alpha$ を, O型のヒトは $\alpha, \beta$ の両者をもっています。しかしAB型のヒトには凝集素はありません。凝集素 $\alpha$ は凝集原Aに結合し, 赤血球の塊を作ります。つまり, A型の血液をB型のヒトに輸血すると, 血管内で赤血球の塊ができ, 毛細血管につまってしまいます。すると急性腎不全などを起こし, 大変なことになることもあります。輸血は病気やけがのヒトの命を救うのに大切ですが, 血液型を間違えて輸血すると大変です。輸血には同じ血液型のヒトの血液が必要であり, 日本人に少ないAB型の血液が現在不足しています。」

たろう君「ほくも2年前に盲腸の手術を受けた時に, 軽い腹膜炎があつて輸血を受けたんだ。その時にA型の血液を輸血してもらったから, ほくはA型だよ。」

じろう君「ほくもお母さんがA型でお父さんがAB型だから, A型だと思うよ。」

けんた君「ほくは分からないんだ。」

あきら君「ほくも分からないんだ。」

けんた君「そうだ, ほくらの赤血球と血しょうを使って血液型が分からないかな。」

たろう君「やってみようよ。」

そんな会話の後, 彼らは採血してもらい赤血球と血しょうを得た。たろう君, じろう君, けんた君, あきら君それぞれの赤血球と血しょうを混ぜたところ表に示す結果を得た。

- (4) たろう君の血液型がA型のとき, 次ページの実験結果の表からじろう君, けんた君, あきら君の血液型を答えよ。じろう君の母親の血液型はA型, 父親はAB型としたとき, じろう君と母親の血液型の遺伝子型を答えよ。
- (5) 輸血を行う場合, 理論的にはだれからだれへ輸血可能か答えよ。本人から本人への輸血も含めるものとする。

表 たろう君たちの実験結果

		赤血球			
		たろう	じろう	けんた	あきら
血しょう	たろう	－	＋	＋	－
	じろう	＋	－	＋	－
	けんた	－	－	－	－
	あきら	＋	＋	＋	－

赤血球が凝固(+), 凝固せず(-)

### 問題文 3

白血球には、好中球・T細胞・B細胞などがあり、生体防御に働いている。好中球には食作用があり、感染した細菌を取り込み消化する。T細胞には、ヘルパーT細胞とキラーT細胞があり、ヘルパーT細胞は免疫系の司令塔的な役割を果たしている。一方、キラーT細胞はウイルス感染細胞やガン化した細胞を攻撃して殺していく。B細胞は、 を産生し、 が認識できる細菌やウイルスが標的細胞に感染できないようにしている。T細胞やB細胞は、抗原特異的に反応することが知られている。このように白血球が存在することで、外敵(病原性微生物)や内敵(ガンなど)から身を守っている。 は、免疫系の司令塔であるヘルパーT細胞に感染し破壊してしまうため、免疫系が働かなくなり外敵や内敵から身を守れなくなる。このような状態(疾患)を という。また、免疫系が過剰に反応してしまうと、本来は無害な抗原、例えば、花粉や食物に対して過敏に反応してしまう。このような状態を という。

白血球にも赤血球と同じように、白血球型が存在する。ヒトでは、ヒト主要組織適合抗原(HLA)といい、HLA-A, -B, -C, -DP, -DQ, -DRの6種類が知られている。これら6個の遺伝子は第6染色体上に近接してあり完全連鎖している。また、これらの遺伝子は優性・劣性の別なく発現する。本来、病原体を攻撃するT細胞は、自分と異なるHLAを持つ細胞を攻撃するという特徴を持っている。他人から臓器移植を受けた場合には、レシピエント(移植を受けた人)のT細胞が移植臓器を攻撃して排除してしまう。このため移植を行う場合はできるだけ多くのHLAが一致したドナー(移植臓器を提供する人)とレシピエントの組み合わせを見出すことが重要になってくる。HLA-A, -B, -C, -DP, -DQ, -DRには、対立遺伝子が存在し、それぞれ26, 55, 10, 6, 9, 24種類あることが知られている。

(6)  ~  に入ることばを答えよ。

(7) 一般的に兄弟間で6種類のHLAが同じ組み合わせになる確率を答えよ。

- (8) 腎臓移植の場合、HLA-A, -B, -DR の型が完全に一致していることが望ましい。このヒトに発現する HLA 型の理論上の組み合わせは、何とおりあるか計算式とその値を答えよ。
- (9) 日本人のある HLA-A, -B, -DR 型の組み合わせでは、一致する確率が(8)の理論値と異なる。その理由を 40 字以内で答えよ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

プリオンは感染性を持つ  粒子の病原体として、クロイツフェルト-ヤコブ病(ヒト)、スクレーピー(ヒツジ)や牛海綿状脳症 BSE(ウシ)など、各種の脳の変性疾患<sup>(注1)</sup>の原因となることが明らかにされた。この発見により、プルシナーは1997年ノーベル医学・生理学賞を受賞した。それまでは、スクレーピーの感染には発症まで長い潜伏期間(数年から十年以上)があることから、スローウイルス病(slow virus diseases)と考えられていた。プルシナーらは、表1にあるように、この感染性因子が<sup>(ア)</sup>紫外線照射に強い抵抗性を持つこと、さらに、熱(90℃、30分処理)やホルマリン<sup>(注2)</sup>などに対しても強い抵抗性を持つことを示すなど、通常のウイルスとは多くの点で異なる性質を持つことを明らかにし、これらの脳変性疾患に共通する病原体としてプリオンを提唱した。

プルシナーは、スクレーピーのヒツジからプリオンを精製し、感染性とその性質についてハムスターを使った実験により詳細に調べることで、<sup>(イ)</sup>その病原体の本体が  であることを明らかにした。この発見により、「 が自己増殖する」可能性が示されたことから、従来の<sup>(ウ)</sup>セントラルドグマの考え方に反するなどとして、大きな論争となった。その後の研究から、プリオン自身が自己増殖することはないことが明らかとなり、この論争は終結した。

現在、プリオンの感染性についての考え方として、通常、プリオンは正常プリオンとして存在しており、異常となったプリオンに出会うことにより、<sup>(エ)</sup>元々あった正常プリオンが異常プリオンへと変化するものとされている。また、正常なプリオンの存在量を低下させた変異マウスでは、異常プリオンへの感染性と蓄積が低下することが明らかにされている。この異常プリオンは正常なものと異なり、代謝により部分的にしか分解されないため、分解されずに残った異常なプリオンが<sup>(オ)</sup>脳組織に蓄積し、神経変性を引き起こす原因になると考えられている。

(注1)脳の変性疾患：細胞への傷害により、細胞活動に異常が起こり、結果として細胞の形態的な変化が現れる疾患をいう。変性の原因には異常な代謝産物や、細胞外からの異物の蓄積などが知られている。

(注2)ホルマリン：動物などの組織や細胞の固定や、殺菌剤、防腐剤として使われる。

(1)  は何か、適当な語を入れよ。

(2) 下線部(ア)に関して(表1参照)、プリオンが紫外線照射に強い抵抗性を持つことはどのようなことを意味しているか60字以内で説明せよ。

(3) 下線部(イ)に関して、プルシナーは感染性を持つプリオンが  であることを、どのようなことから推論したか、表2の実験結果から60字以内で考察せよ。

- (4) 下線部(ウ)に関して、セントラルドグマとはどのような考え方が 70 字以内で説明せよ。
- (5) セントラルドグマに合わない例外的な現象が知られているが、どのようなものがあるか一例をあげよ。
- (6) 下線部(エ)に関して、感染性を持つプリオンは異常となった A であることが明らかとなったが、この異常とはどのような異常と考えられるか。また、正常なプリオンと異常なプリオンを区別するためには、どのような実験を行えばよいか 130 字以内で説明せよ。
- (7) 下線部(オ)に関して、BSE などで知られているように、プリオン病の主要な変性部位として、脳や脊髄などが特徴としてあげられている。異常なプリオンが他の臓器ではなく特に脳で増える理由について、どのようなことが考えられるか 30 字以内で説明せよ。

表1 紫外線照射による感染性の変化

	$D_{37}$ (J/m <sup>2</sup> ) *
バクテリオファージ T2	4
バクテリオファージ S13	20
ラウス肉腫ウイルス	150
ポリオウイルス	240
フレンド白血病ウイルス	500
プリオン	42,000

\*  $D_{37}$ : 感染性を 37 % まで低下させる照射線量  
 J/m<sup>2</sup>: 単位面積当たりに照射される紫外線のエネルギー

表2 各種処理によるプリオンの感染性の変化

	感染性
核酸分解酵素処理	あり
酸処理	あり
アルカリ処理	なし
トリプシン処理	なし
エタノール処理	あり
紫外線照射処理	あり
尿素処理	なし
コール酸ナトリウム(細胞膜可溶化剤)処理	あり