

福島県立医科大学

平成 25 年 度
医学部前期入学試験問題

理 科

〔「物理Ⅰ・物理Ⅱ」「化学Ⅰ・化学Ⅱ」「生物Ⅰ・生物Ⅱ」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

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 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
「物理Ⅰ・物理Ⅱ」	1～2	左の 3 出題科目のうちから、あらかじめ届け出た 2 出題科目について解答しなさい。
「化学Ⅰ・化学Ⅱ」	3～4	
「生物Ⅰ・生物Ⅱ」	5～7	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

生物Ⅰ・生物Ⅱ

〔1〕 循環器に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

体液の循環において最も重要なポンプ作用を担うのが心臓である。心臓は血液を貯留して心室に送る心房と、収縮して血液を拍出する心室とからなり、内部には血液の逆流を防ぐための **ア** が存在する。心臓を形成する心筋には、心房や心室の壁を構成するポンプ役の固有心筋^①と、刺激伝導系を構成する特殊心筋^②がある。心筋が規則正しく収縮、拡張を繰り返すことが出来るのは、特殊心筋による刺激伝導系が興奮の発生と伝導を調節しているからである。さらに心臓の拍動の調節には、交感神経と副交感神経の二種類の自律神経が関与している。哺乳類や **イ** 類では、心臓から静脈血を **ウ** へ送り出す **ウ** 循環と、動脈血を全身へ送り出す **エ** 循環の二種類の循環が存在する。

問1 文中の **ア** ～ **エ** に適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、固有心筋と骨格筋との構造上の類似点と相違点をそれぞれ一つずつ挙げよ。

問3 下線部②の特殊心筋の働きを知るために行われた次の実験に関する問いに答えよ。

【実験1】 麻酔したカエルの胸部をハサミで切開し、心臓を露出させて拍動を観察した。

収縮は静脈洞(注)→心房→心室の順に規則正しく生じていた(図)。静脈洞と右心房の境(破線)に絹糸を巻き、次第に強く縛った(結紮)ところ、静脈洞のリズムは変わらないが、心房と心室はいったん拍動を停止した後、結紮前よりも遅いリズムで拍動した。なお結紮による血流障害は本実験の結果に影響を及ぼさないとする。

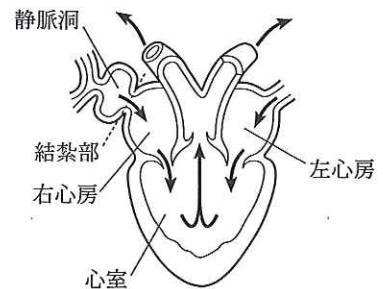
(注) 静脈の合流により形成された血管腔で静脈血を心房に送り込む部分。哺乳類では胚期に原基が生じるが、後に右心房に合併する。

- (1) 図はカエル心臓の模式図である。静脈洞以外でヒト心臓とカエル心臓の構造上の相違点を挙げよ。その結果、ヒト心臓はカエル心臓と比べて機能の上でどのような利点があるか述べよ。
- (2) 実験1の結果から、カエルの心臓で自発性が生じている部位について考察せよ。
- (3) 生体内ではカエルの心房や心室は結紮後の遅いリズムではなく、静脈洞と同じ速いリズムで収縮する。その理由を実験結果から考察せよ。
- (4) ヒト心臓において、心臓の自動性を生じている部位の名称と、その位置を述べよ。またヒトでは、心房と心室が独立の収縮を行う疾患が知られている。この疾患の原因について考察せよ。

問4 下線部③の自律神経の働きを知るために行われた次の実験に関する問いに答えよ。

【実験2】 カエルから心臓を迷走神経のついた状態で摘出した。この心臓Aをリンガー液に浸したところ、しばらくの間一定のリズムで拍動を続けた。ここで迷走神経に電気的な刺激を与えると、心臓の拍動は遅くなった。次に別のカエルから迷走神経のついていない状態で心臓Bを摘出し、拍動が遅くなった心臓Aから拍出されたリンガー液を流し込んだ結果、心臓Bの動きも遅くなった。

- (1) ヒトの迷走神経に関する以下の記述のうち、正しいものをすべて選べ。
 - a. 延髄から出る
 - b. 心筋などの内臓諸器官に広く分布する
 - c. 脊髄に並走する神経幹を持つ
 - d. 瞳孔散大の作用を持つ
 - e. すべて有髄神経である
- (2) 心臓をリンガー液に浸したのはなぜか、リンガー液に含まれる物質の組成と関連させて説明せよ。
- (3) 心臓Aから拍出されたリンガー液には、心臓の拍動を遅くする物質が含まれていた。この物質の名称を答えよ。また、この物質は迷走神経の細胞内のどの部位に蓄えられているか、名称を答えよ。
- (4) 実験2と同様の実験を交感神経について行ったらどのような結果となるか、考察せよ。



〔2〕 植物の花色に関する次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

花の色は、細胞内の(1)に蓄えられたアントシアニン類などによって決まる。アントシアニン類には、シアニジン(赤色)・ペラルゴニジン(オレンジ色)・デルフィニジン(青色)が知られており、すべて同一の前駆物質0から、複雑な経路を経て合成される(図1)。例えば、赤色の色素シアニジンは酵素Aによって前駆物質0から前駆物質1になり、さらに酵素Bによって前駆物質2が生成され、その後、酵素C、酵素D、酵素E、酵素Fの作用によってシアニジンが完成する。

マルバアサガオの花色には赤花、桃花、白花がある。赤花(RR)と白花(rr)の純系どうしを交配すると、F₁の花色はすべて桃花(Rr)となることが知られており、この現象は(2)とよばれている。この現象の原因を知るために、マルバアサガオの酵素A遺伝子の転写産物量、酵素Aのタンパク質量、色素量について調べたところ、表1の結果を得た。^①

カーネーションやバラの場合、赤・白・桃・黄の花色があるが、青のカーネーションやバラは存在しなかった。そこでカーネーションでは、遺伝子工学により青色色素を合成する遺伝子を茎片に導入して青いカーネーションを作出することに成功した。^②一方、バラの場合には、組織片を培養することにより(3)とよばれる細胞塊を作り、ここに、青色色素を合成する遺伝子を導入して青色のバラが作られた。これらのように、他の生物の遺伝子をもつようになった個体を(4)植物という。

問1 (1)～(4)に当てはまる適当な語句を答えよ。

問2 下線部①について、以下の問いに答えよ。

- (1) 表1における転写産物とは何か、物質名を答えよ。
- (2) 赤花、桃花、白花に含まれる酵素Aの量比について、 $x:y:1$ の形で答えよ。ただし、 x, y は小数点第一位を四捨五入して整数で求めよ。
- (3) 赤花と桃花に含まれる酵素Aの活性(タンパク質量当たりの生成物量)について、考察せよ。
- (4) (2)、(3)をもとに、桃花が生じる原因を考察せよ。

問3 下線部②について、具体的な実験内容を次に示す。以下の問いに答えよ。

【実験1】 青いパンジーから単離した青色色素を合成する遺伝子Xを組み込んだプラスミドを、アグロバクテリウムに形質転換した。このアグロバクテリウムを赤いカーネーションの茎片に感染させた。その結果、花色は紫色がかった赤色になった。

【実験2】 自然突然変異によりできた白いカーネーションを選び、実験1の遺伝子Xと、ペチュニア由来の遺伝子Yを導入した。その結果、ほぼデルフィニジンのみを含む青いカーネーションが作出できた。

- (1) 実験1において、青色色素の合成のために導入した遺伝子Xがコードする酵素は何か、図1のA～Fから1つ選べ。
- (2) 実験1において、なぜ紫がかった赤色の花が得られたのか、考察せよ。
- (3) 実験2の材料である白いカーネーションは1つの遺伝子だけを欠失していた。この遺伝子がコードする酵素として候補と考えられる酵素を図1のA～Fからすべて選べ。

- (4) 実験2において、ペチュニア由来の遺伝子Yのコードする酵素は、(3)で欠損したものを補うが、その基質特異性は、カーネーションがもともと有していた酵素とは異なっている。遺伝子Yがコードする酵素は何か、図1のA～Fから1つ選べ。また、作出されたカーネーションが青くなる理由について、考察せよ。

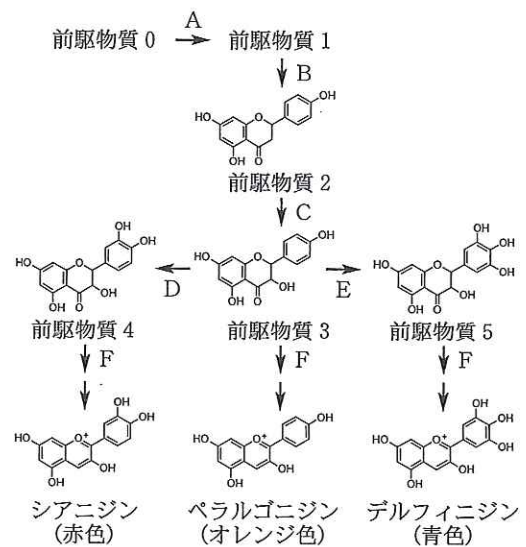


図1 アントシアニン類の合成経路

A～Fは合成を触媒する酵素を示している。前駆物質0～5は無色である。矢印以外の経路は考えないこととする。

表1 マルバアサガオの酵素A遺伝子の転写産物量、酵素Aのタンパク質量、色素量の測定
なお、数値は相対値で示してある。

	赤花	桃花	白花
転写産物量	1.145	0.706	0.055
タンパク質量	0.937	0.480	0.028
色素量	1.023	0.525	0.031

〔3〕 植物の生殖に関する次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

サクラソウは川沿いの草地や明るい林床に生える多年草で、その花には2種類のタイプがある。ひとつはラッパ状の花の中央にめしべの柱頭が見えているタイプ、もう一方は柱頭が奥の方であって見えないタイプである(図1)。柱頭が見える方は長花柱花、もう一方は短花柱花と呼ばれ、長花柱花の柱頭の高さは短花柱花のおしべの葯の高さと等しく、長花柱花の葯の高さは短花柱花の柱頭の高さと同じ。なお、サクラソウは種子による繁殖の他に、クローンにより広がることができる。また、長花柱花と短花柱花の花のタイプは遺伝的な形質であるため、クローンごとに花のタイプは決まっている。

進化論で有名なダーウィンはサクラソウのよ
うに同種の花に複数のタイプがある植物につい
て、形態や受粉に関する詳しい研究結果を残し
ている。彼は細長い口吻を持つマルハナバチ
(図2)が、サクラソウの花の奥にある蜜を吸う
ためにしばしば訪れることを観察した。そこ
で、死んだマルハナバチの口吻をサクラソウの
花に差し込んで、どこに花粉が付くかを調べ
た。その結果、長花柱花の花粉はおもに口吻の先端近く、
短花柱花の花粉はおもに口吻の付け根に付着することがわ
かった。

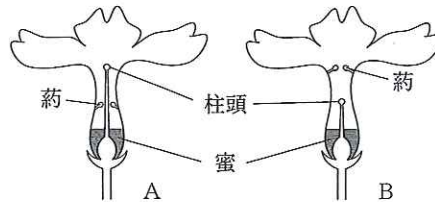


図1 サクラソウの花の断面図
A：長花柱花 B：短花柱花

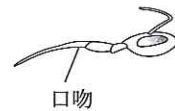


図2 マルハナバチの頭部

日本のサクラソウ自生地の田島ヶ原には野生のサクラソウの大群落があり、特別天然記念物に指定されている。このサクラソウ群落において長花柱花4クローン、短花柱花4クローンを選んで人工受粉実験および自然状態での受粉による種子の結実状態を調べたところ、表1のような結果が得られた。表中の他家受粉は異なるタイプ間(長花柱花と短花柱花の間)での受粉実験を意味している。同じタイプどうしにおける他家受粉(異なるクローン間の受粉)についてはdとhのクローンについてのみ実験があり、平均結実数はそれぞれ1.0、1.2であった。

表1 田島ヶ原サクラソウ群落におけるクローンごとの人工受粉および自然状態での結実数
(数値は同じクローンに咲いた花1つあたりの平均結実数)

クローン番号	人工受粉		自然状態
	自家受粉	他家受粉	
長花柱花			
a	0.5	29.6	2.7
b	5.2	29.6	3.8
c	14.4	51.5	12.4
d	2.8	50.0	3.6
短花柱花			
e	0.0	48.4	0.0
f	1.7	47.6	2.8
g	0.2	9.4	2.6
h	3.9	27.9	3.6

- 問1 下線部①について、植物の場合、クローンによる生殖は自然状態でも比較的普通に見られる。植物がクローンで増えることを何と呼ぶか。またその例を2つあげよ。
- 問2 植物で見られる自家受粉とクローンによる繁殖プロセスは、遺伝学的にはどのように異なるか。遺伝子の動きを考慮に入れて説明せよ。
- 問3 下線部②について、ダーウィンの実験結果から、マルハナバチが媒介する場合のサクラソウの受粉に関してどのようなことが予測されるかを述べよ。
- 問4 表1の人工受粉の結果から、サクラソウの自家受粉と他家受粉の平均結実数について何がわかるか。個々のクローンによる違いも含めて説明せよ。
- 問5 表1の自然状態の結果と人工受粉の結果とを比較して、現在の自然状態のサクラソウ群落では受粉はどのように行なわれていると考えられるか。そのように考えた理由とともに説明せよ。
- 問6 問3や問5の結果などから、田島ヶ原のサクラソウ群落では保全上の問題点が指摘されている。それはどのようなことであると考えられるか。また、問題がおこる原因として予想されることを述べよ。