

5 3 5 4 5 5

理 科 問 題

(平成 27 年 度)

【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は 2 科目を解答すること。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. 試験開始後すぐに、以下の 5. に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は 1 ページから 18 ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に 10 枚はさみこんである。

科 目	問 題	解答用紙
物 理	1 ページから 6 ページ	3 枚 (53-1, 53-2, 53-3)
化 学	7 ページから 10 ページ	3 枚 (54-1, 54-2, 54-3)
生 物	11 ページから 18 ページ	4 枚 (55-1, 55-2, 55-3, 55-4)

6. 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、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること（1 枚につき受験番号は2 箇所、氏名は1 箇所）。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も 1 字として数えること。英数字を記入する場合は、1 字分のマス目に 2 文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分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。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあ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。

55 生物

11 ページから 18 ページ

〔 I 〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

〔問題文 1〕

近年、DNA の塩基配列を解析するシーケンス技術の向上により、いろいろな生物のゲノム配列(全塩基配列)の解読が進んでいる。この塩基配列の情報をもとに、ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法によって目的の DNA 領域を短時間に増幅させることができる。PCR 法では、生物の組織や細胞から得られる DNA、増幅したい領域の両端それぞれと相補的な塩基配列を持つ 2 種類のプライマー、DNA ポリメラーゼ、4 種類のヌクレオチドを用いる。例えば、(A)これらを含んだ反応液を 95℃で熱した後、60℃に温度を下げてから 72℃に温度を上げるというサイクルを繰り返し、プライマー間の DNA を特異的に増幅させることができる。理論的には 1 回の反応で目的の DNA は 2 倍に増えるので、それを n 回繰り返せば目的の DNA を 2^n 倍に増やすことができる。(B)PCR 法を応用した遺伝子増幅技術は、臨床医療の場で活用されている。

- (1) 下線 (A) で用いた 95℃、60℃、72℃の各段階においてどのような反応が起きているか簡潔に説明せよ。
- (2) ALDH2 (アルデヒド脱水素酵素 2) 欠損症では、487 番目のコドンが正常型の GAA から変異型では AAA になっているため、対応するアミノ酸がグルタミン酸からリジンに変わっている。この 1 塩基変異による 1 アミノ酸置換の結果、酵素活性は消失する。下線 (B) の PCR 法を用いて ALDH2 欠損症を診断することができるが、その理由と方法を 90 字以内で説明せよ。

〔問題文 2〕

酵母由来の 300 個のアミノ酸からなる酵素タンパク質 X について、ゲノム由来の DNA を鋳型とした PCR 法により、タンパク質 X の N 末端から C 末端までコードする DNA 断片の増幅を試みた。その結果、酵素タンパク質 X の遺伝子として 900 塩基からなる DNA 断片が増幅された。次に、この増幅した酵素タンパク質 X の DNA 断片を (C)発現用プラスミドに組換え、(D)大腸菌に導入する操作を行った。その後、プラスミドが導入された大腸菌を増殖させ、大腸菌を破碎し、酵素タンパク質 X を含む (E)タンパク質抽出液を得た。

- (3) 大腸菌を用いて外来タンパク質を発現させる際に用いられる組換えプラスミドを、下線 (C) の発現用プラスミドという。この発現用プラスミドに必要な要素は何か簡潔に説明せよ。

- (4) 下線 (D) の操作を行うと、プラスミドが導入された大腸菌と導入されなかった大腸菌が混在する。この中からプラスミドが導入された大腸菌を選別して増やすためにはどのようにすれば良いか、具体的な方法を簡潔に説明せよ。
- (5) 下線 (E) の抽出液に酵素タンパク質 X の基質を加えて反応させたが、酵素活性は検出されなかった。どのような理由が考えられるか 120 字以内で述べよ。

[問題文 3]

オーストリア人のグレゴール・メンデルはエンドウの交配実験により、遺伝に関する基本原理を発見した。メンデルは「二者択一」で区別できる形質をもつ純系の親を選んで交配し、 F_1 世代、 F_2 世代の個体の定量的な分析を行なった。紫花のエンドウと白花のエンドウを交雑した F_1 雑種はすべて紫花をつけた。 F_1 雑種を自家受精して得られた F_2 世代では 705 個体が紫花で 224 個体が白花を咲かせた。この結果は紫花が優性、白花が劣性の表現形質であり、それぞれ優性対立遺伝子、劣性対立遺伝子を持ち、(F) 白花形質は一つの劣性対立遺伝子によって支配されることを意味する。また、メンデルは F_2 世代で生じた紫花について遺伝子型(ホモ接合性/ヘテロ接合性)を検証するため白花との(G) 検定交雑を行った。

- (6) 下線 (F) で、もし白花形質が異なる染色体に座乗する二つの劣性対立遺伝子によって制御される場合、 F_2 世代はどのような分離を示すか、期待される分離比を答えよ。
- (7) 下線 (G) の検定交雑は難しい方法であるため、他の方法で F_2 世代各個体の花色遺伝子の遺伝子型を決定したい。考えられる方法を 100 字以内で述べよ。
- (8) 一般に、 F_2 世代ではホモ個体とヘテロ個体が 1 : 1 の割合で出現するためホモ接合体の出現率は 50 % になる。自家受精を繰り返して出来た F_n 世代におけるホモ接合体の出現率 (%) を求めよ。また、第 n 世代 (F_n 世代；ただし $n \geq 2$) におけるホモ接合体の出現率 $Q(\%)$ を表す数式を示せ。計算過程を解答用紙に記すこと。

〔Ⅱ〕 眼と中胚葉の発生に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 下の図1は脊椎動物胚の眼胞を切り取って移植する実験と、その対照実験をまとめたものである。図中の(a)～(e)の記述から、水晶体は眼胞から表面外胚葉への誘導により形成されることがわかる。

眼の形成は、Pax6 タンパク質に異常があると妨げられる。Pax6 の野生型遺伝子を *P*、タンパク質機能を喪失した突然変異遺伝子を *p* として、遺伝子型が *PP* と *pp* のネズミ胚を用意した。これらのネズミ胚から眼胞と表面外胚葉をそれぞれ切り出し、シャーレの中で再結合して培養する実験(図2)を行ったところ、結果は表1のようになった。なお、Pax6 遺伝子は眼が発生している領域およびその周辺で発現していることがわかっている。

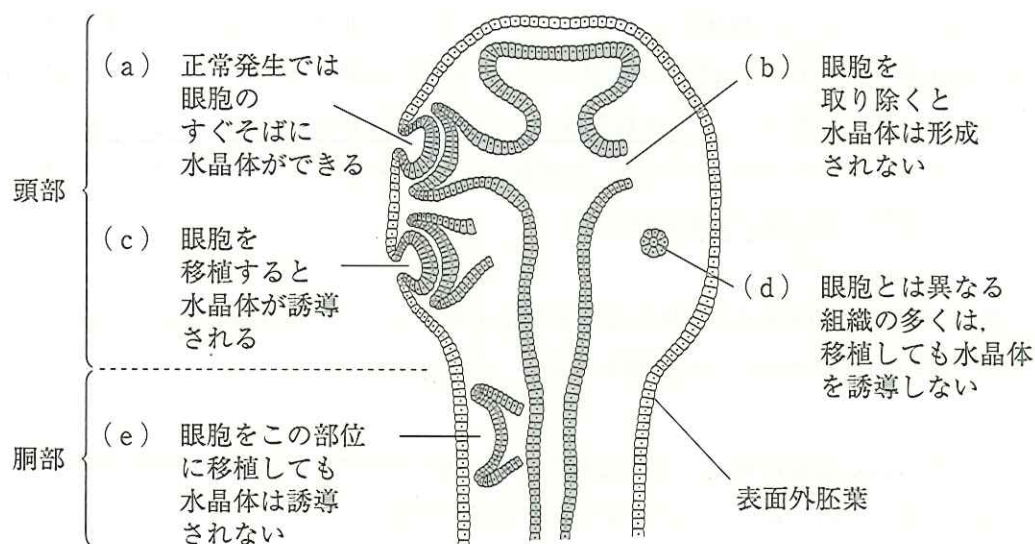


図1 眼胞の移植実験のまとめ

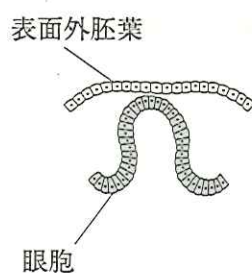


図2 再結合実験

表1 眼胞と表面外胚葉の再結合の結果

眼胞の遺伝子型	頭部の表面外胚葉の遺伝子型	再結合片中の水晶体
<i>PP</i>	<i>PP</i>	大きなものが形成された
<i>pp</i>	<i>PP</i>	小さなものが形成された
<i>PP</i>	<i>pp</i>	形成されなかった
<i>pp</i>	<i>pp</i>	形成されなかった

(ア) 図1の(a)～(e)の記述から、表面外胚葉についてわかることを50字以内で述べよ。

(イ) 上記すべてから、Pax6 遺伝子は眼の発生にどう関わっているか、130字以内で述べよ。

- (2) アフリカツメガエルの胞胚の外胚葉の細胞には多能性がある。この領域を針で切り出して生理食塩水中に移し、アクチビンというタンパク質を加えて培養すると、アクチビンによる中胚葉誘導がおこり、さまざまな組織が分化した。一方、脂溶性の誘導因子であるレチノイン酸をアクチビンと共に加えると、腎節が分化した。それらの結果を表2に示す。なお表2には示していないが、レチノイン酸のみを加えても腎節は分化しなかった。

表2 培養した外胚葉片からの各組織の出現頻度(%)^{注1, 注2, 注3}

アクチビンの濃度		0 ng/mL		10 ng/mL		
レチノイン酸の濃度		0	0	低濃度	中濃度	高濃度
組織	表皮	100	25	56	100	50
	神経	0	38	78	50	0
	脊索	0	88	78	40	10
	体節	0	12	89	60	20
	腎節	0	0	44	100	80

^{注1} 20個の外胚葉片のうち10個に神経分化がおきたとき、神経の出現頻度を50%とする。

^{注2} ここに示したものの以外に分化した組織の出現頻度は省略した。

^{注3} 一つの外胚葉片中に複数の組織が分化することがあるので、各実験条件において、組織の出現頻度の合計が100%を超えることもある。

(ウ) 表2から、脊索の分化についてわかることを65字以内でまとめよ。

(エ) 上記すべてから、腎節の分化についてわかることを65字以内でまとめよ。

- (オ) 今回用いたアクチビンの濃度について考察したい。外胚葉の細胞が一辺10 μ mの立方体であると仮定する。そして一辺10mmの立方体中の1mLの生理食塩水中に10ngのアクチビンが均等に存在するとして、アクチビンは1細胞と同じ体積あたり何分子あるか求めよ。計算式も示せ。ただし1molあたりの分子数を 6.0×10^{23} 個とし、アクチビン1molあたりの質量を 2.5×10^4 gとする。ngは、 10^{-9} gである。

またアクチビンの濃度がその1/100のときは、1細胞と同じ体積あたり何分子あるか。ちなみに0.10ng/mLの濃度のアクチビンには中胚葉誘導作用はほとんどみられない。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生物個体はさまざまな器官からなり、それらが連携して体内環境を維持している。連携には各器官間での情報の受け渡しが重要であり、自律神経系や^(A)内分泌系がそれを行っている。

自律神経系は末梢神経の一つで、内臓、心筋、平滑筋、血管や分泌腺などに分布し、血液循環や呼吸など生物の基本的な働きを調整する。自律神経には交感神経と副交感神経があり、交感神経は主に を、副交感神経は主として をその情報伝達物質に用いている。交感神経と副交感神経は一般に同一器官に分布し、互いにはほぼ正反対の働きをして各器官が正常に働くよう調節している。この正反対の作用を という。

内分泌系ではホルモンと呼ばれる情報伝達物質が内分泌腺から直接血液中に分泌され、特定の標的器官に作用する。標的器官には特定のホルモンの作用を受ける標的細胞が存在し、細胞表面の を介してホルモンの作用が細胞内に伝えられる。ホルモンは微量で調節作用を有する物質であり、生体内のホルモン量が多過ぎたり少な過ぎたりすると、体内環境の維持ができなくなる。このため、生体内のホルモン量を適正に維持する仕組みが存在する。例えば、^(B)甲状腺からは代謝(特に異化作用)の促進、成長と分化の促進作用がある というホルモンが分泌される。 の分泌量が増加すると脳下垂体前葉に働き甲状腺刺激ホルモンの分泌を抑制し、甲状腺からの の分泌を抑制する。逆に が減少すると脳下垂体前葉から甲状腺刺激ホルモンの分泌量が増える。このようなホルモン分泌量の調節機構を という。

自律神経とホルモンがそれぞれ単独で働く場合もあるが、両者が協調して働く場合がある。例えば^(C)血糖値の調節には自律神経系とホルモンが協調して働く。ヒトの血糖値(血中グルコース濃度)は %前後ではほぼ安定しているが、食後には一時的に血糖値が上昇し、逆に激しい運動の後には血糖値は低下する。この血糖値の調節機能に障害が起きると糖尿病になる。糖尿病には自己免疫疾患である^(D)I型糖尿病と、生活習慣病であるII型糖尿病がある。

(1) ～ に適当な語句または数字を入れよ。

(2) 下線(A)の内分泌系の器官は、内分泌腺と呼ばれる。この他に生体内には汗腺や消化腺などの外分泌腺も存在する。内分泌腺と外分泌腺の形態と働きの違いを模式図を描いて簡潔に説明せよ。

- (3) 下線 (B) 甲状腺には、甲状腺刺激ホルモンに対する標的細胞が存在する。この細胞表面にある d やその他の情報伝達物質に対して自己抗体ができてしまう自己免疫疾患がある。産生される抗体の作用機序の違いにより甲状腺の機能が低下する橋本病や増強するグレーブス病が知られている。このように甲状腺機能が低下する疾患と増強する疾患で標的細胞表面にある d に対して、理論上どのような抗体が産生されると機能低下あるいは亢進が起こるか簡潔に述べよ。
- (4) 下線 (C) の血糖値の調節について自律神経系と内分泌系の協調作用を 175 字以内で述べよ。
- (5) 下線 (D) の I 型糖尿病は、すい臓のランゲルハンス島に対する自己免疫疾患で、血糖値を調節するホルモンをつくるランゲルハンス島が破壊されてしまう。I 型糖尿病患者の食事前後の血糖値の推移と血糖値に関与する血中ホルモン量の推移を、解答欄の健康な人の図を参考に図示せよ。ただし血糖値を実線、ホルモン量を点線とする。また、この患者の治療方法とその理由を簡潔に述べよ。

〔Ⅳ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

被子植物の生活環(発生の開始から死に至るまでの一生)を動物の哺乳類と比較すると、受精卵から個体発生が始まるのは哺乳類の場合と同様であるが、初期発生では頂端部(茎頂と根端)に分裂組織がつくられ、しばらくの間は根、茎、葉の栄養成長のみを行う。この栄養成長には光が重要で、主に赤色光と 光を吸収するクロロフィル a やクロロフィル b が光合成器官である葉の 組織や海綿状組織の細胞に多く含まれている。一方、栄養成長から生殖成長への転換にも光が重要で、アサガオのような 植物では、^(A)日長が一定の長さ以下になると生殖器官である花芽を形成する。この日長の感知も葉で行われており、^(B)赤色光を受容する という光受容体が関与している。そして、^(C)日長を感知した葉では、植物ホルモンの一つである (花芽形成促進物質)がつくられ、その結果花芽ができることが最近明らかになった。このように、被子植物における生殖器官の分化は発生後期に起こり、そこで減数分裂がみられるが、^(D)減数分裂後の単相(n)の細胞は、いずれも配偶子ではなく、コケ植物やシダ植物同様、孢子である。したがって、孢子を出発とした発生がまた別に起こり、哺乳類にはない配偶世代(単相世代)が存在することになる。そして最後に、雄性配偶体でつくられた二つの精細胞と雌性配偶体でつくられた卵細胞あるいは 細胞が重複受精する。

- (1) 空欄 ～ に適当な語句を入れよ。
- (2) 下線 (A) に関して、花芽形成は、明期の長短によって引き起こされるのではなく、連続する暗期の長さが一定以上(限界暗期以上)であることが必要である。このことはどのような実験によって確かめられるか、100 字以内で述べよ。
- (3) 下線 (B) に関して、 が光合成色素のクロロフィルと異なる性質を 100 字以内で述べよ。
- (4) 下線 (C) に関して、アサガオの一品種(限界暗期が 9 時間で、日長感受性が高く、子葉一枚で日長に反応できる)を用いて、次の実験を行った。この実験結果から推測されることを 100 字以内で述べよ。

【実験】 種子を播き、6日間育てた後、芽生えの茎頂部を無菌的にメスで切り出し、ショ糖を含む培地に置床する(茎頂培養の開始)。その後、短日条件(8時間明期/16時間暗期)あるいは長日条件(16時間明期/8時間暗期)で4週間培養すると、茎葉をもつ小植物体に発達し、花芽形成の有無を調べることができる。その際、別の植物体から採取した短日師管液(16時間の暗期を1回与えた子葉の師管からしみ出た液)あるいは長日師管液(連続照明下で育てた子葉の師管からしみ出た液)を培地に添加した場合についても同時に調査し、それぞれの条件で複数の植物体についての花芽形成率を表にした。

表 アサガオの茎頂培養における花芽形成と師管液の効果

茎頂培養時の 日長条件	師管液の添加		花芽形成率 (%)
	短日師管液	長日師管液	
短日条件	—	—	100
	+	—	100
	—	+	52
長日条件	—	—	0
	+	—	82
	—	+	0
+ 添加あり — 添加なし			

(5) 下線 (D) に関して、胞子と配偶子の違いを 50 字以内で説明せよ。