

平成 25 年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は 40 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)
「物理」、[化学]、[生物]のうち 2 科目を選択して解答しなさい。
選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は
選択の変更は認めません。
全科目の解答用紙 4 枚ともに受験番号を記入しなさい。

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	” 2	5 ”
	” 3	7 ”
	” 4	11 ”

化 学	問題 1	15 ページ
	” 2	17 ”
	” 3	21 ”
	” 4	23 ”

生 物	問題 1	27 ページ
	” 2	31 ”
	” 3	35 ”
	” 4	37 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	1 枚
理科	化学解答用紙	1 枚
理科	生物解答用紙	2 枚

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

多細胞生物は、各部位の細胞が特殊化して集合し組織や器官を形成することにより、一個体の生物として統率のとれた機能を発揮する。特に植物の発生は、遺伝的プログラムによる植物体の形成過程に加え、生育環境に応じた柔軟な形態形成が行われるため、正確に同じ形をした陸上植物の個体は存在しない。特に光の影響は大きく、光受容体の働きにより成長が制御される。光による植物の形の変化として観察されるものに、がある。この現象を初めて実験で確かめたのは、進化論で有名なと息子のフランシスであった。彼らはクサヨシ(イネ科植物の牧草)を用いた研究によって、未知の物質が植物体内を移動して、植物の成長に作用することを示唆する結果に至った。彼らの研究に加え、後に行われた他の研究者達の実験により、この現象を引き起こす物質としてオーキシンが明らかにされた。

問 1 空欄ア、イに適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a に示すように、細胞がその機能や形を変える現象を特に何と呼ぶか答えよ。

問 3 下線部 a について、組織と器官の違いを 100 字程度で説明せよ。

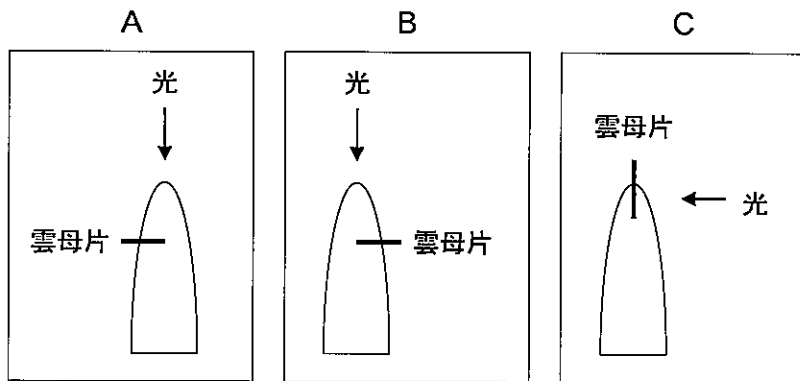
問 4 下線部 b について、ほとんどの植物の形態形成に光が大きく影響する理由を述べよ。

問 5 下線部 c は、特定の色の光を吸収して変化する色素タンパク質のことである。植物の光受容体の名称を 1 つあげ、その受容体が吸収する光の色を同時に答えよ。

問 6 下線部 d について、クサヨシの幼葉鞘は横から光を受けると、光の方向へと曲がった。また、幼葉鞘の先端を黒い覆いで遮光すると、幼葉鞘は曲がらなかった。しかし、先端部以外を遮光した場合は、遮光しない場合と全く同じ結果を示した。以上のことを踏まえ、以下の問いに答えよ。

- 1) 下線部 e のように、特定の植物細胞に作用し、植物の成長に一定の変化を引き起こす物質のことを、総称して何と呼ぶか答えよ。
- 2) 下線部 e の化合物は複数知られるが、そのうちの 1 つを答えよ。
- 3) これらの実験から、下線部 e はどこで作られると考えられるか答えよ。またその理由を述べよ。
- 4) 次の図 1 に示すように雲母片を幼葉鞘へ突き刺す実験を行った。A～C の場合について、それぞれ予想される結果を次の(ア)～(エ)から選び答えよ。
 - (ア) 右へ曲がる
 - (イ) 左へ曲がる
 - (ウ) 曲がらずに上へ伸びる
 - (エ) 変化しない

図 1



問 7 オーキシンと遺伝子発現の関連を明らかにするため、以下の実験を行った。

植物の芽生えから胚軸を切り取り、オーキシシンを含んだ溶液もしくは含まない溶液に一定時間浸した。その際、光および温度などの条件は、全く同じになるように注意した。その後、それぞれの胚軸から mRNA を抽出し、各 mRNA をもとに試験管内でタンパク質を合成した。最後に、合成されたタンパク質を電気泳動(注)と呼ばれる方法で分離して観察した(図 2)。

電気泳動で分離されたタンパク質のバンドのうち、オーキシシンが遺伝子の発現に作用すると考えられるタンパク質のバンドを、すべて選び答えよ。

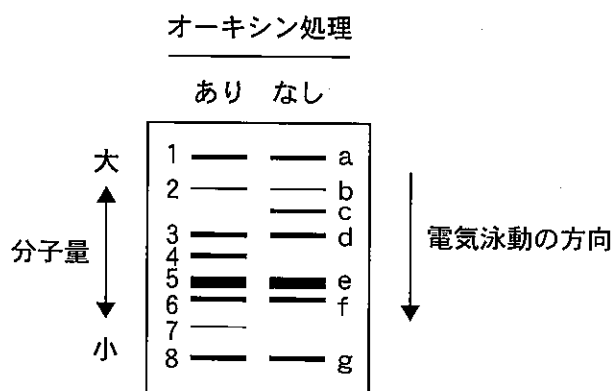


図 2 タンパク質の電気泳動像

(注) 電気泳動とは、ゲルと呼ばれる高分子の媒体を使って、大きさの異なる核酸の混合物もしくはタンパク質の混合物を、それぞれの分子量に応じて分離する技術である。

草 稿 用 紙

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

炭水化物(糖)は、ヒトの栄養素の中で最も重要なものの1つである。ヒトが主食として食べる米やパンなどは が主成分で、消化・分解されるとグルコース(ブドウ糖)を生じる。このグルコースは代謝の中心的な物質としてはたつき、多くの生命体がこの化合物を栄養素として利用する。

細胞内に取り込まれたグルコースは、細胞質内で という代謝過程で分解され、生命体の活動に必要なエネルギーとしてATP(アデノシン三リン酸)をつくり出す。ほとんどの原核生物はこの経路を利用してエネルギーを得ている。

をもつ真核生物では、さらに、 と を利用してより大きなエネルギーを得ることができる。余剰のグルコースは肝臓や筋肉中に という多糖類の形で貯蔵される。

糖は、エネルギー源としてだけでなく、生命の設計図であるDNAやRNAの構成成分、あるいはタンパク質や脂質と結合して分泌タンパク質や生体膜成分などとして機能していることが知られている。

問1 空欄a)、b)およびd)～f)に適切な語句を入れよ。

問2 空欄c)に適切な細胞小器官を答えよ。

問3 下線部(ア)ATPに含まれる糖は何か答えよ。

- 問4
- 1) 下線部(イ)の作用を促すために血中に分泌されるホルモンの名称とそのホルモンを分泌する臓器を答えよ。
 - 2) 1)と同じ臓器から分泌される反対の作用を持つホルモンは何か答えよ。

- 問 5 食事の摂取前後における正常なヒトの血糖量の推移を解答図Aに記入せよ。
また、問4で答えた2種類のホルモンについても同様に、食事の摂取前後における血液中の量の変化を、1)のホルモンは解答図B、2)のホルモンは解答図Cにそれぞれ記入せよ。
- 問 6 下線部(ウ)の核酸の構成単位であるヌクレオチドに見られるDNAとRNAの違いは何か、糖以外についてすべて答えよ。
- 問 7 下線部(エ)のように、ヒトの赤血球の細胞膜表面にはタンパク質や脂質と結合した鎖状の糖(糖鎖)が存在する。ABO式の血液型は、3種類の糖鎖構造の違いによって分類される。これらの糖鎖は3種類の対立遺伝子由来の酵素(糖転移酵素)によって合成される。各々の遺伝子を比較したところ、図1に示す α あるいは β の部位に1塩基の変異(*あるいは Δ)が同定された。その変異の有無は、表に示すように4種類の制限酵素により切断されるか否かで区別できる。すなわち、部位 α に関して、制限酵素Iは、AおよびB型対立遺伝子を切断するがO型対立遺伝子は切断しない。それに反して、制限酵素IIは、AおよびB型対立遺伝子を切断せずO型対立遺伝子のみを切断する。一方、部位 β に関して、制限酵素IIIは、AおよびO型対立遺伝子を切断するがB型対立遺伝子を切断しない。それとは逆に、制限酵素IVは、AおよびO型対立遺伝子を切断せずB型対立遺伝子のみを切断する。そこで被験者(イ)~(ロ)の遺伝子から血液型を調べる実験を行なった。図1に示した各対立遺伝子の α あるいは β の部位を含むDNA領域をPCRで増幅し、制限酵素(α 部位は制限酵素IあるいはII、 β 部位は制限酵素IIIあるいはIV)で切断して生じる断片の長さを電気泳動で比較した(図2)。被験者(ロ)の血液型は何型か遺伝子型で答えよ。
- 問 8 ABO式血液型は、問7の細胞表面の糖鎖構造の違いによって生じる抗原抗体反応、すなわち赤血球凝集の有無で4種類に分類される。抗A血清あるいは抗B血清に対する赤血球凝集反応により、無作為に選んだ100名の血液型を調べた。問7の(イ)および(ロ)の血液型の人々の総数は35名、(ロ)と同じ血液型の人々は30名であった。また、抗B血清で凝集した人は46名であった。B型の血液型の人数、および、抗A血清で凝集した人数を答えよ。

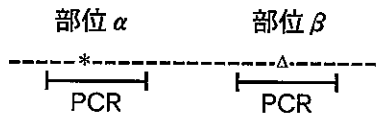


図 1. ABO 式血液型対立遺伝子に見出された変異

表 制限酵素 (I ~ IV) により切断される ABO 式血液型対立遺伝子の変異部位

血液型 \ 制限酵素	α		β	
	I	II	III	IV
A	切断される		切断される	
B	切断される			切断される
O		切断される	切断される	

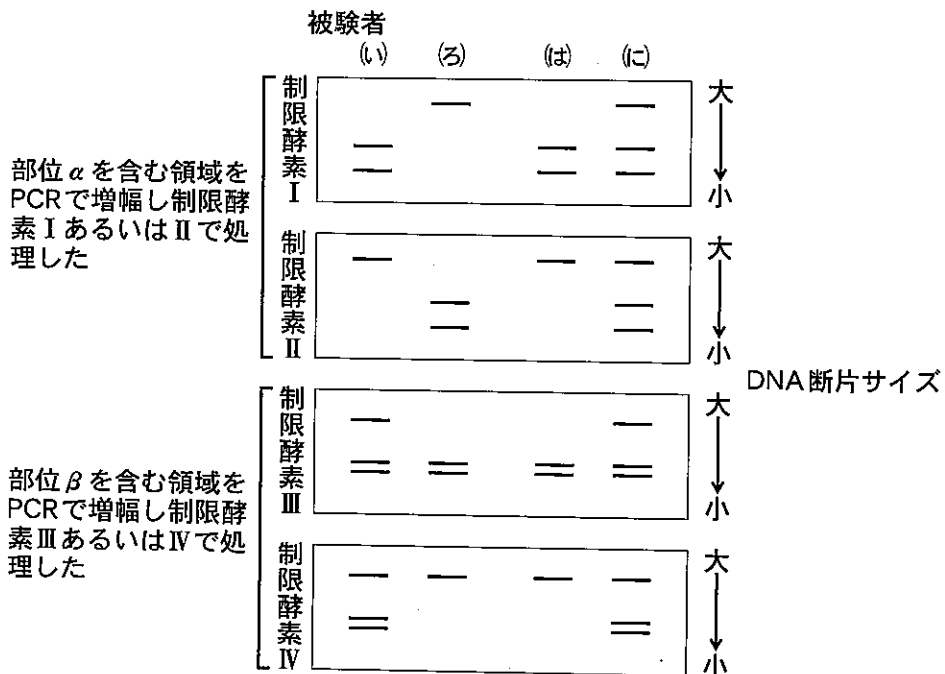


図 2. 制限酵素 (I ~ IV) により切断された DNA 断片の電気泳動

草 稿 用 紙

生物問題 3

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

ニューロンは1個の細胞体と、そこから放射状にのびた数多くの細長い突起からなっている。通常は1本の長い軸索が細胞体から遠く離れた標的細胞にシグナルを伝える。そして、短く枝分かれした樹状突起が細胞体からアンテナ状にのびて、他のニューロンの軸索からシグナルを受ける表面を作り出しており、これをシナプスと呼ぶ。ニューロンの細胞膜では電位の変化を介して興奮が伝導される。すなわち、^(ア)閾値より高い電位が起こると活動電位が発生し、興奮状態になる。活動電位の大きさ、形、伝導速度は最初に起こった刺激の強さに関係なく一定で、^(イ)閾値を越えているか否かで決定される。ニューロン内を伝導する興奮はシナプスを介して次の細胞に伝達される。^(ウ)シナプスには興奮性シナプスと抑制性シナプスの2種類があり、前者ではアセチルコリン、グルタミン酸、セロトニンなどの興奮性神経伝達物質がシナプス後膜を脱分極させ、後者ではγ-アミノ酪酸、グリシンなどの抑制性神経伝達物質がシナプス後膜を過分極させる。

問1 下線部(ア)に関して正しいものはどれか、記号で答えよ。

- (a) 静止状態における膜電位は細胞内で正の電位を示す。
- (b) 興奮状態ではナトリウムポンプが開き、 Na^+ の細胞内への流入がおこる。
- (c) ナトリウムチャンネルが働くにはATPなどのエネルギーが必要である。
- (d) 活動電位が起きた直後には不応期があり、その間は活動電位がおきない。

問2 下線部(イ)に関して、活動電位が刺激の大きさに関係なく一定であるにもかかわらず、ヒトは刺激に対する強弱を感じることができる。どのようにしてその強弱を感じているのか、100字程度で説明せよ。

問 3 下線部(ウ)に関して、興奮の伝達は伝導とは異なり、シナプスを通じて一方向にしか伝わらない。シナプスを図示し、以下の語句を表示してこのしくみを説明せよ。

シナプス小胞, 神経伝達物質, 受容体

問 4 銀杏(ぎんなん)を多量に食べると銀杏中毒をおこすことが知られているが、これは銀杏に含まれる物質によってシナプス内における γ -アミノ酪酸の産生が阻害されることによる。このことによってどのような症状が現れると考えられるか、下記から選び記号で答え、その根拠について簡潔に述べよ。

- (a) 手に力がはまらない
- (b) けいれんがおこる
- (c) うつ状態になる
- (d) 知能が低下する
- (e) 話がしづらい

問 5 問 4 に示されたようにシナプスの機能が障害されることで様々な症状が出てくるが、モルヒネなどの鎮痛剤はシナプスに対する作用を利用して医薬品として使用している。このようにシナプスにおける興奮伝達を変化させることで医薬品にも毒物にもなりうるが、もしあなたがシナプスの興奮伝達を阻害する薬物を開発したいと考えた場合に、どのような作用点を持つ物質を考えたら良いか、問 3 の解答を参考にして、簡潔に 3 つ列挙せよ。

生物問題 4

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

細胞が分裂していく過程において、正確に複製された染色体 DNA が等分配されることにより、遺伝情報が娘細胞に正確に伝わる。しかし、まれに突然変異体という形質の異なる細胞や個体が生じる。突然変異には、DNA 塩基の置換、欠失、挿入などによって合成されるタンパク質の働きが変化したり失われる **ア** と、染色体の一部が重複などして構造が変化したり、染色体数が変化する **イ** がある。

突然変異体の解析は遺伝学の発展に大きく寄与している。マラーはキイロシヨウジヨウバエに X 線を照射することによって人為的な突然変異体を多く作成した。ビードルとテータムは、アカパンカビを用いて特定の栄養分がないと生育できない 栄養要求株を解析することによって、**ウ** 説を提唱した。

問 1 文中の空欄ア～ウにあてはまる最も適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a) について、一般的な動物細胞の体細胞分裂のしくみを以下の語句を用いて 100 字程度で説明せよ。

中心体、動原体、赤道面、くびれ

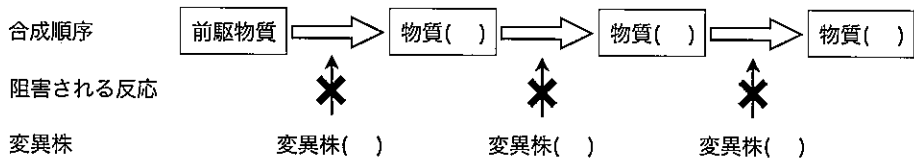
問 3 下線部 b) において、塩基置換の影響はさまざまであるのに対して、たとえば 1 塩基の欠失や挿入でも大きく機能が失われる場合が多い。この理由を答えよ。

問 4 下線部 c) について、以下の文章で正しいものを選び記号で答えよ。

- A) アカパンカビは核を持たない原核生物である。
- B) アカパンカビは鞭毛を使って動くことができる。
- C) 一倍体のアカパンカビは相同染色体を持っていない。
- D) アカパンカビは光合成によりすべてのアミノ酸を合成できる。
- E) 二倍体のアカパンカビの方が劣性変異体を選択しやすい。

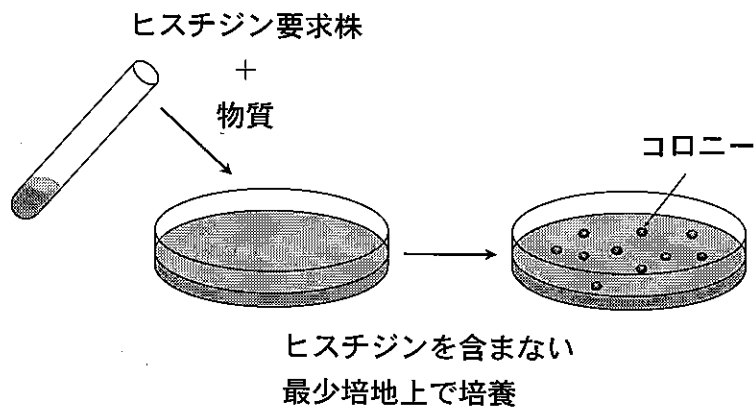
問 5 下線部 d)について、アカパンカビの野生株はグルコースや無機塩など生育可能な最少限の栄養分だけを含む最少培地で生育できる。物質 P を含まない最少培地で生育できず、P を加えることで生育できる P 要求株を探索したところ、変異株 1 ~ 3 の 3 種類の変異株が分離できた。それらの変異株に P と同一の合成経路にある物質 Q と R を最少培地に加えて培養したところ、以下の結果を得た。変異株 1 は、Q もしくは R を加えても生育しなかった。変異株 2 は Q を加えても生育できないが、R を加えた場合は生育した。変異株 3 は Q を加えた場合でも、R を加えた場合でも生育できた。R を加えても生育できないが、Q を加えた場合に生育できた変異株はなかった。

- 1) 前駆物質から合成される順序と各変異株で阻害される反応が対応できるように、図内に物質 P, Q, R と変異株 1 ~ 3 の記号を入れよ。



- 2) さらに P 要求株を探索したところ変異株 4 を得た。変異株 4 は Q もしくは R を加えても生育できなかったため、変異株 1 と同じ反応経路に関与することが推測されるが、染色体上の異なる領域に変異が見つかった。変異株 1 では、遺伝子 a に変異があり、遺伝子 a から合成されるタンパク質 A が検出できなかった。このタンパク質 A が物質 P の合成経路に関わる酵素であることがわかった。一方、変異株 4 では、別のタンパク質 B を合成する遺伝子 b に変異があった。変異株 4 において、タンパク質 A が発現していない場合と発現していた場合のそれぞれについて、タンパク質 B の働きを推察し、答えよ。

問 6 X線以外にも、紫外線や放射線、特定の化学物質によって突然変異が誘発される。これらを変異原と呼ぶが、変異原は私たち人間にとっても有害でがんなどの疾患につながる恐れがある。変異原の影響について簡便に調べる方法の1つとしてエイムス試験がある。原核生物であるネズミチフス菌のヒスチジン要求株はヒスチジンを合成する酵素に変異があり、ヒスチジンを含まない最少培地では生育できない。エイムス試験では、このヒスチジン要求株に変異原を与え、変異が元に戻ってヒスチジンを含まない最少培地でも生存できるようになった復帰変異体の数を調べる。ネズミチフス菌が寒天培地上で増殖するとコロニーという細胞集団を形成する。1個のコロニーは1個の細胞に由来し、約1000万個まで増えた集団である(下図)。



実際に化学物質 α 、 β についてエイムス試験を行った。約1億個のネズミチフス菌ヒスチジン要求株に水を加えてヒスチジンを含まない最少寒天培地で一晚培養すると10個のコロニーを形成した。化学物質 α では約1000個のコロニー、 β では約50個のコロニーを形成した。また、水、 α 、 β それぞれにラットの肝臓抽出液を加えてから同様の試験を行ったところ、水では12個、 α では10個、 β では約1000個のコロニーを形成した。

- 1) 変異原性のない水を加える実験を行う理由はなぜか。また、水の代わりに十分量のヒスチジンを加えた場合のコロニー数は理論上いくつであると予想できるか、答えよ。
- 2) 化学物質 α もしくは β を単独でネズミチフス菌に添加した場合に、変異発生率はそれぞれどれくらい上昇したと推測されるか、答えよ。
- 3) ラットの肝臓抽出液には、化学物質を変化させる様々な酵素が含まれていると考えられるが、化学物質 α 、 β はそれぞれどのように変化したと推測されるか、答えよ。
- 4) エイムス試験について述べた以下の文章で正しいものを全て選び、記号で答えよ。
- A) エイムス試験でヒスチジン要求株を用いる理由は、ヒスチジンがヒトでは必須アミノ酸であるためである。
- B) 変異原は生物に共通する DNA に損傷を与えるため、エイムス試験ではネズミチフス菌を利用することができる。
- C) ネズミチフス菌の方がヒトの細胞よりも増殖が速いため、エイムス試験では変異原の影響を迅速に調べることができる。
- D) ネズミチフス菌とヒトでは代謝のしくみが似ているため、エイムス試験で得られた変異原はヒトでも必ず突然変異を起こす。
- E) 変異原はタンパク質を変性させるため、エイムス試験では最少寒天培地でコロニーを形成する。
- F) ヒスチジン要求株ではヒスチジンを合成する酵素に変異があるため、エイムス試験で得られた変異原はその酵素の働きを阻害する。