

5 3 5 4 5 5

理 科 問 題

(平成 28 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 17 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 17 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 17 ページ

〔 I 〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生物は多くの遺伝子の発現を調節して生命活動を営んでいる。生物の生命活動に必要な遺伝情報の必要最小限のセットをゲノムと呼ぶ。ゲノムは以下の特性をもつ。①莫大な遺伝情報を蓄え、細胞から細胞、世代から世代へ伝達される。②細胞分裂ごとに正確に自己複製する。③突然変異がおこる。④遺伝情報は解読され、形質を発現する。

現在では、ゲノムの本体は、DNAであることが判明している。また、真核生物では、DNAは、 と結合し  構造をとっている。細胞分裂中期には、 は、凝縮した染色体構造をとる。ゲノムの遺伝子領域は、 により転写される。転写の調節には、転写開始点近傍にある特定の塩基配列である  に結合する  が関わっている。

DNA が遺伝物質であることを証明した以下の決定的実験が知られている。バクテリオファージは、大腸菌に感染するウイルスである。T2ファージは、DNAと  の2種類の分子種からなる。T2ファージは、大腸菌に感染すると遺伝物質を注入し、宿主である大腸菌を溶菌して子ファージを放出する。 と  は、DNAにのみ含まれる元素である  の放射性同位元素と、 にのみ含まれる元素である  の放射性同位元素でファージをそれぞれ標識し、大腸菌内に送り込まれる分子種を調べた。大腸菌内には、 の標識がみられた。また、子ファージの放射性同位元素を調べてみると  の放射性同位元素のみが観察された。以上の結果より  と  は、遺伝物質は、DNAであると結論付けた。

(1)  ～  に適当な語句または人名を入れよ。

(2) 細胞分裂について以下の問いに答えよ。

真核生物では、細胞数を増やす細胞分裂と、配偶子形成の際にみられる特殊な細胞分裂がある。

- (ア) それぞれの細胞分裂を何と呼ぶか。
- (イ) それぞれの細胞分裂様式の特徴を述べよ。
- (ウ) 染色体の基本構造を3つあげよ。

(3) 遺伝情報の発現に関して以下の問いに答えよ。

大腸菌は、グルコース(ブドウ糖)を栄養源としている。培地にグルコースが含まれている限り、ラクトース(乳糖)を加えてもラクトースを分解することはない。しかし、ラクトースしか含まない培地に移すとラクトースを分解して利用するようになる。これは、ラクトース分解酵素などが新規に生成されるためと考えられる。この調節システムをラクトースオペロンという。

(ア) グルコースが培地中にない場合、(a) ラクトースがないとき、(b) ラクトースがあるとき、それぞれのラクトースオペロンの調節システムを遺伝子構造を図示することにより説明せよ。

(イ) グルコースが培地中にある場合、ラクトースが存在してもラクトースオペロンのスイッチが入らないことを考察せよ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

遺伝子組換え技術を利用して、ヒトの遺伝子を大腸菌の中で発現させることができる。下図は、ヒトの遺伝子 *X* の mRNA の塩基配列を示したものである(ただし U を T と表記してある)。図中の二重下線は遺伝子 *X* の開始コドンと終止コドンを示す。

```
5' -CCTGCCGACGTGTTCTTCCGGTGGCGGAGCGGCGGATTAGCCTTCGCGGG      50
    GCAAAATGGAGCTCGAGGCCATGAGCAGATATAACCAGCCCAGTGAACCCA      100
    GCTGTCTTCCCCTCACTGACCGTGGTGCTTTTGGCCATTGGCATGTTCTT      150
    CACCGCCTGGTTCCTTCGTTTACGAGGTCACCTCTACCAAGTACACTCGTG      200
    ATATCTATAAAGAGCTCCTCATCTCCTTAGTGGCCTCACTCTTCATGGGC      250
    TTTGGAGTCCTCTTCCTGCTGCTCTGGGTTGGCATCTACGTGTGAGCACC      300
    CAAGGGTAACAACCAGATGGCTTCACTGAAACCTGCTTTTGTAAATTACT      350
    TTTTTTTACTGTTGCTGGAAGTGTCCCACCTGCTGCTCATAATAAATGCA      400
    GATGTATAGCAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA-3'
```

ヒト正常細胞から mRNA を抽出し (A) cDNA の合成を行った のち、(B) 遺伝子 *X* の開始コドンから終止コドンまでの領域を PCR 法により増幅した。(C) 増幅された DNA をプラスミドに組み込み、得られた組換えプラスミドを用いて大腸菌の形質転換を行った。

(1) 遺伝子 *X* がコードするタンパク質のアミノ酸の数は何個か、答えよ。

(2) 下線 (A) に関し、次の問いに答えよ。

(ア) この反応に用いられる酵素の名称を答えよ。また、この酵素の発見はそれまでの遺伝子発現の概念にどのような影響を与えたか、100 字以内で説明せよ。

(イ) この反応には mRNA の特徴に基づいたプライマーが使用される。その特徴とは何か、20 字以内で説明せよ。また、このプライマーとして最も適当なものを、次ページの枠内の (a)~(n) の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

(3) 下線 (B) に関し、次の問いに答えよ。

(ア) この反応を行うのに必要なプライマーを枠内の(a)~(n)の中から2つ選び、記号で答えよ。

(イ) 増幅された DNA の大きさは何塩基対か、答えよ。

(ウ) (ア)で使用した2つのプライマーを用い、ヒトゲノム DNA を鋳型にして PCR を行ったところ、800 塩基対の DNA が増幅された。この実験結果から遺伝子 X の構造について何がわかるか、20 字以内で述べよ。

(エ) がん細胞から抽出したゲノム DNA を用いて(ウ)と同様の実験を行ったところ、800 塩基対の DNA に加え、1000 塩基対の DNA が増幅された。この結果から、実験に用いたがん細胞がもつ遺伝子 X に関して推測されることを 50 字以内で述べよ。

(4) 下線 (C) の過程で必要となる「糊(のり)」の役目を果たす酵素の名称を答えよ。また、このような活性をもつ酵素は、ヒト細胞の核で起こる現象において重要な役割を担っている。その現象とは何か、2つ答えよ。

(5) 形質転換した大腸菌において遺伝子 X の発現が確認されなかったため、組換えプラスミドの塩基配列を解析したところ、遺伝子 X の 116 番目のシトシン(下線を施した C)が欠失していることが判明した。

(ア) この変異は遺伝子 X の発現にどのような影響を与えたと考えられるか、90 字以内で説明せよ。

(イ) その後実験をやり直し、正しい組換えプラスミドを作製することができたが、操作の過程で正しい組換えプラスミドが入ったマイクロチューブと誤ったプラスミド(116 番目の C を欠失)が入ったマイクロチューブを混同してしまった。両者を区別するためにはどのような実験を行えばよいか、90 字以内で述べよ。ただし、この実験には *Bsp*HI (5'-TCATGA-3' を認識し切断する)または *Sca*I (5'-AGTACT-3' を認識し切断する)のいずれかの制限酵素を用いるものとし、塩基配列の解析は行わないものとする。

(a) 5'-ATGGAGCTCGAGGCC-3'	(b) 5'-GGCCTCGAGCTCCAT-3'
(c) 5'-CCGGAGCTCGAGGTA-3'	(d) 5'-TACCTCGAGCTCCGG-3'
(e) 5'-AAAAAAAAAAAAAAAA-3'	(f) 5'-CCCCCCCCCCCCCCCC-3'
(g) 5'-GGGGGGGGGGGGGGG-3'	(h) 5'-TTTTTTTTTTTTTTTTT-3'
(i) 5'-UUUUUUUUUUUUUUU-3'	(j) 5'-GGCATCTACGTGTGA-3'
(k) 5'-TCACACGTAGATGCC-3'	(l) 5'-AGTGTGCATCTACGG-3'
(m) 5'-CCGTAGATGCACACT-3'	(n) 5'-CCTGCCGACGTGAAG-3'

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

問題文 1

脊つゝ動物の体液は体内を循環し、各種の栄養分、酸素などを全身の細胞に供給する。体液は、血液、リンパ液、組織液に分けられる。血液は、有形成分の血球と液体成分の血しょうからなる。ヒトの血球は、赤血球、白血球、 からなり、それぞれ酸素の運搬、生体防御、血液凝固に関与している。哺乳類の赤血球には  がなく、ヘモグロビンを多量に含んでいる。ヘモグロビンは、酸素分圧の高い肺胞で酸素と結合し酸素ヘモグロビンとなり、酸素分圧の低い組織で酸素を解離することで組織に酸素を運搬する。(A)酸素分圧と酸素ヘモグロビンの割合を示す曲線は、酸素解離曲線と呼ばれる。酸素は血しょう 1 L あたり、最大で 3 mL しか溶けないが、(B)血液 1 L あたり、約 200 mL の酸素を含むことができる。

- (1)  ,  に適当な語句を入れよ。
- (2) 下線 (A) に関して、二酸化炭素分圧 40 mmHg (肺胞) と 70 mmHg (組織) の酸素解離曲線を図示せよ。ただし、肺胞の酸素分圧を 98 mmHg とし、肺胞・組織ともに酸素分圧が 0 mmHg になるまでの解離曲線を図示するものとする。また、肺胞での酸素分圧を 98 mmHg、組織での酸素分圧を 30 mmHg としたとき、組織で解離される酸素量はどのようにして求めればよいか、作図したものに補助線等を書き加え簡潔に説明せよ。ただし、肺胞の酸素解離曲線を実線で、組織の酸素解離曲線を点線で示せ。
- (3) (2) の解答用紙に図示した酸素解離曲線が、直線ではないことから考えられる利点を簡潔に答えよ。
- (4) 下線 (B) に関して、体重 70 kg のヒトの血液は何 mL の酸素を含むことができるか答えよ。また、どのように計算したかも示せ。
- (5) 哺乳類の母体と胎児は胎盤を介してガス交換を行っている。これは、胎児のヘモグロビンが母親(成人)と異なる特徴をもつためである。これは、どのような特徴か簡潔に答えよ。また、胎児と成人の胎盤での酸素分圧 0 から 100 mmHg の間の酸素解離曲線を図示せよ。ただし、胎児の酸素解離曲線を実線で、成人の酸素解離曲線を点線で示せ。

問題文 2

生物個体には、自己と非自己(病原微生物など)の成分を区別し、これを排除することで体内環境を維持するしくみがある。このしくみを免疫という。免疫をになう細胞には、異物を食作用により細胞内に取り込み処理する  , マクロファージ, 樹状細胞などの食細胞や細胞性免疫・液性免疫の主役であるT細胞, B細胞などのリンパ球がある。

免疫には、生まれながらに備わり不特定の異物に対してはたらく  と特定の異物に対してはたらく獲得免疫がある。獲得免疫ではT細胞やB細胞などのリンパ球が重要な役割を担っている。T細胞は胸腺で、B細胞は骨髄で自己と非自己を区別し、自己には反応しないように教育を受けた後、末梢組織に送られる。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細胞は免疫の司令塔としてはたらく。これは、ヘルパーT細胞に感染し、これを破壊する  によって起こる後天性免疫不全症候群になると免疫がはたらかなくなることでわかる。B細胞は、抗体を産生し異物の排除にあたる。獲得免疫には  という現象があり、(c)ワクチンはこの現象を利用している。

免疫が正常にはたらくと病原体の排除など生体に有利な現象を引き起こすが、免疫系の異常はさまざまな疾患につながる。たとえば、生まれながらに免疫がはたらかない場合は先天性免疫不全症になる。また、自己に反応するリンパ球が末梢組織に送られ、T細胞や抗体が自己組織に反応し障害を起こす病気があり、これを(d)自己免疫疾患という。本来は無害である異物(食べ物や花粉など)に対して生体内で抗体ができてしまうとアレルギー疾患になる。

(6)  ~  に適当な語句を入れよ。

(7) 下線 (c) に関して、ワクチンの原理と機序を 200 字以内で答えよ。

(8) 下線 (d) に関して、自己反応性T細胞(自己の組織などにある抗原に反応するT細胞)は、本来胸腺で排除されると考えられていたが、実際には末梢にもれることがわかってきた。また、ヘルパーT細胞の約10%をしめる制御性T細胞が発見され、この細胞は、自己反応性T細胞が自己の組織を破壊することを抑制していることが明らかになった。どのような実験をすれば、制御性T細胞の存在と機能を証明できるか簡潔に答えよ。ただし、ヘルパーT細胞や制御性T細胞については、細胞表面にあるそれぞれ特有のタンパク質を利用して、他の細胞と区別して分け取ることができるものとする。



〔IV〕 植物ホルモンに関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

オーキシンは幼葉鞘の光屈性に関わる植物ホルモンとして発見された。オーキシンには他にも、(A)重力屈性の制御、頂芽優勢の促進、側根と不定根の形成などはたらきがある。また、(B)オーキシンの移動には極性があることが知られている。オーキシンと  は、植物の組織培養に用いる培地の中に含まれる濃度によって形態形成を制御する。 の濃度が高いときは芽や葉が形成され、オーキシンと  の濃度比が適切な場合には未分化な細胞の塊である  が形成される。 は動物の受精卵などがもつ、すべての細胞に分化して完全な個体をつくりだす  という能力をもっている。ジベレリンは茎の伸長促進、(C)休眠打破、花芽誘導、性決定などに影響がある。また、受粉なくとも果実を成長させる  の促進作用があり、種なしブドウを作る際に利用される。気体の植物ホルモンである  は果実の成熟を促進し、落葉や落果を制御している。 によって落葉が起こるのは、葉柄の付け根に  とよばれる細胞層が形成されるためである。また、落葉や落果は  によっても誘導される。 は種子の休眠の開始と維持や、(D)気孔の閉鎖をおこなう。近年、花芽形成を誘導する花成ホルモン  の実体は Hd3a または FT とよばれるタンパク質であることが明らかになっている。

(1)  ～  にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2) 下線 (A) に関して、暗所で水平に置かれたマカラスムギの幼葉鞘は負の重力屈性を、根は正の重力屈性を示す。これは、オーキシンが重力側へ移動するために起こる。この現象について、オーキシンの感受性の違いを示す図と、植物(幼葉鞘と根)の模式図を描き、幼葉鞘と根の重力屈性がなぜ違うのかを説明せよ。

(3) 下線 (B) に関して、オーキシンの極性移動は細胞膜に存在する2種類の輸送タンパク質のはたらきによる。第一段階ではたらくのは、オーキシンの細胞外から細胞内への取り込みにはたらくタンパク質(取り込み輸送体)、第二段階ではオーキシンを細胞内から細胞外へ排出するタンパク質(排出輸送体)である。この情報をもとに、オーキシンの極性移動のしくみについて植物細胞の模式図を描き説明せよ。ただし、取り込み輸送体は●で、排出輸送体は■で表すこと。

(4) 下線 (C) に関して、オオムギ種子の発芽の際には、胚からジベレリンが分泌される。この後、種子の中で何が起こり発芽に至るのか、100字以内で説明せよ。

(5) 下線 (D) に対して、土壌に水分が十分ある場合に気孔は開くが、そのしくみを気孔の構造から説明せよ。