

53 54 55 【医学科】

理科問題

(平成30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ページまでであり、解答用紙は問題冊子中央に9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11ページ	3枚 (54-1, 54-2, 54-3)
生物	12ページから17ページ	3枚 (55-1, 55-2, 55-3)

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。

【訂正】

科 目	理科 (生物)
問題番号	〔Ⅱ〕
内 容	<p>14ページ (3) (ア) の全文</p> <p>【誤】 ヘムに酸素の結合した酸素ヘモグロビンの割合と、酸素濃度の割合を示す酸素解離曲線のグラフ (右上図：破線) は、組織中の二酸化炭素濃度が増えると、酸素ヘモグロビンの曲線はどう変化するか、図中に実線を描き加えよ。</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>【正】 右上図 (破線) は、酸素解離曲線である。組織中の二酸化炭素濃度が高くなると、この曲線はどう変化するか、図中に実線を描き加えよ。</p>

55 生物

12 ページから 17 ページ

〔 I 〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

真核細胞の DNA は、ヒストンに巻きついた を形成している。 のつながりは折りたたまれ、クロマチン構造を形づくっている。クロマチン構造の動的な変化は、転写調節だけでなく、(A)複製や(B)修復においても重要な役割を果たす。

下図は、ヒト細胞のヒストンの一種である H2A をコードする遺伝子(ヒト H2A 遺伝子)とその近傍のゲノム領域の塩基配列を示す。大文字のアルファベットは実際に転写される領域、小文字のアルファベットはその外側の配列である。よって、太字で示した C が転写開始点であり、その上流の 60 塩基は を含む配列であると予想される。ヒト H2A 遺伝子は、 を含んでおらず、エキソンのみから構成されるため、遺伝子発現の過程で と呼ばれる RNA 加工を必要としない。ヒト H2A 遺伝子 mRNA の終止コドンは 5'-UGA-3' であり、翻訳されるタンパク質のアミノ酸の数は 個であるが、翻訳後に(C)最初のアミノ酸が一つ除去されるため、実際に核ではたらく H2A は 個のアミノ酸からなる。

5'-

```
agcctacctc tgtaccatac ataagggctc gctggccttc actgccctct tgtttttagt
CTCGCTTTTC GGTTGCCGTT GTCTTTTTTTC CTTGACTCGG AAATGTCCGG TCGTGGAAG
CAGGGTGGCA AGGCGCGCGC CAAGGCTAAG TCGCGCTCGT CGCGCGCGGG GCTGCAGTTC
CCCGTGGGCC GCGTGCACCG GTTGCTCCGC AAGGGCAACT ATTCGGAGCG CGTGGGCGCC
GGCGCCCCGG TCTATCTGGC CGCGGTGCTC GAGTACTTGA CTGCCGAGAT CCTGGAGCTT
GCCGGCAACG CGGCGCGCGA CAACAAGAAG ACGCGCATCA TCCCGCGCCA CCTGCAGCTG
GCCATCCGCA  GCTCAACAAG CTGCTGGGCC GCGTGACCAT CGCGCAGGGT
GGCGTCTCTGC CCAACATCCA GGCCGTACTG CTGCCCAAGA AGACGGAGAG CCACCACAAG
GCCAAGGGCA AGTGAGGCCG CCCGCCGCC CCGGGGCCCC TTTGATGGAC ATAAAGGCTC
TTTTCAGAGC CACCTActat ctcgagaaaa gagccgcact gatcctgcag ttctttat-3'
```

(1) 文章中の空欄 ~ に入る最も適切な語句を答えよ。

(2) 文章中の空欄 , に入る数字をそれぞれ答えよ。

(3) 図中の空欄 に入る正しい塩基配列を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) ACGACGAGTA (b) ACGACTAGGA (c) ACGACTAAGA (d) ACGACGAGGA

(4) 下線部 (A) に関して、次の問いに答えよ。

(ア) ラギング鎖で生じる DNA 断片の名称を答えよ。また、複製の過程でこのような DNA 断片の合成が必要とされる理由を 110 字以内で説明せよ。

(イ) 大腸菌のゲノムは環状の DNA であり、そのサイズは 4.6×10^6 塩基対である。複製に要する時間が 38 分であるとする、大腸菌の DNA ポリメラーゼは 1 秒あたりおよそ何塩基の DNA 鎖を合成していると考えられるか。最も近い塩基数を記号で答えよ。また、その計算式を示せ。

(a) 50 (b) 100 (c) 200 (d) 500 (e) 1,000 (f) 2,000 (g) 5,000

(ウ) DNA の合成は試験管内でも可能である。特に PCR 法を用いると、使用する 2 つのプライマーに挟(はさ)まれた領域の DNA を大量に増幅することができる。ヒトゲノム DNA を鋳型として $95^\circ\text{C} \rightarrow 60^\circ\text{C} \rightarrow 72^\circ\text{C}$ の反応サイクルを n 回繰り返して行くと、2 つのプライマーに挟まれた領域だけをもつ DNA が 1 分子の鋳型 DNA から何分子合成されるか。理論的に最も正しいものを選び、記号で答えよ。また、その解答の根拠をわかりやすく図で示せ。

(a) $2^n - 2$ (b) $2^n - 4$ (c) $2^n - 2 - n$ (d) $2^n - 2n$
(e) $2^n - 4n$ (f) 2^n (g) 2^{n-1} (h) 2^{n-2}

(エ) DNA ポリメラーゼを使った試験管内反応が不可欠なバイオテクノロジーの技術を、PCR 法のほかに 1 つあげよ。

(5) 下線部 (B) に関して、次の問いに答えよ。

(ア) 細胞に DNA 修復機構が備わっている理由を 50 字以内で述べよ。

(イ) グアニンは、通常シトシンと塩基対を形成するが、酸化を受けるとアデニンとも結合できるようになる。ゲノム中のグアニンが酸化を受け修復されなかった場合、どのような塩基に変化する可能性があるか、答えよ。また、図中で二重下線を施したグアニンにそのような塩基置換が実際に生じた場合、H2A の遺伝子発現にどのような影響が出ると考えられるか、100 字以内で具体的に述べよ。

(6) 下線部 (C) のアミノ酸の名称を答えよ。また、このアミノ酸に対応する tRNA のアンチコドンの塩基配列をアルファベット 3 文字で示せ。ただし、「5' - ··· - 3'」のように、方向性がわかるように解答すること。

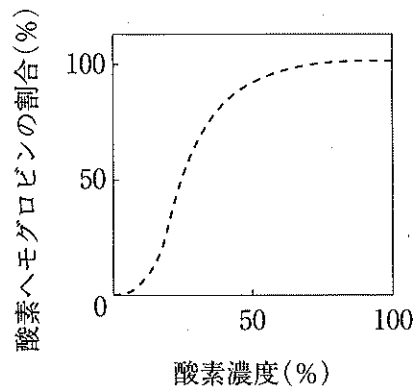
〔Ⅱ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

生物は約 10 万種類のタンパク質からつくられている。それらのタンパク質は、(A)体内の化学反応の触媒や、物質の運搬、異物の侵入に対する生体防御など、多種多様なはたらきを有する。

(B)大腸菌では、水分(70%)を除くと、それ以外の物質(30%)のうち、約 50%の乾燥重量をタンパク質が占める。タンパク質はアミノ酸がペプチド結合したポリペプチドとしてつくられる。ポリペプチドは単一ではたらく場合や、複数のポリペプチドとして集合している場合、金属イオンなどタンパク質以外の分子が含まれる場合もある。筋肉のミオグロビンは 1 本のポリペプチドから、ヘモグロビンは複数のポリペプチドからなり、共に鉄イオンを有するヘム分子を含み、酸素と結合する機能をもつ。

脊椎動物の赤血球に存在し、酸素と結合して、血管から組織に酸素を運ぶ(C)ヘモグロビンは、2 種類のポリペプチド(α 鎖と β 鎖)がそれぞれ 2 本ずつ集合した合計 4 本のポリペプチドで構成されている。(D)各ポリペプチドは、約 140 個のアミノ酸からなり、酸素と結合するヘムを 1 分子ずつ含む。(E)ヘモグロビンのアミノ酸配列は、動物の種類により異なる。ヒトではヘモグロビンの遺伝子の変異が知られており、(F)かま状赤血球ヘモグロビンはその一例である。

- (1) 下線部 (A) について、タンパク質の多種多様なはたらきとして、下線に示した触媒、運搬、生体防御、以外の役割を 2 つ記せ。
- (2) 下線部 (B) について、この乾燥重量に含まれるタンパク質以外の主要な物質の名称を 3 つ記せ。
- (3) 下線部 (C) のヘモグロビンについて、
- (ア) ヘムに酸素の結合した酸素ヘモグロビンの割合と、酸素濃度の割合を示す酸素解離曲線のグラフ(右上図：破線)は、組織中の二酸化炭素濃度が増えると、酸素ヘモグロビンの曲線はどう変化するか、図中に実線を描き加えよ。
- (イ) 次の空欄 ~ に適当な語句を入れよ。
- 酸素ヘモグロビンから組織へ酸素が受け渡されると、細胞内の代謝系である電子伝達系から放出される と結合して がつくられる。ヘモグロビンの酸素解離曲線を変化させる二酸化炭素は代謝系の から放出される。両方の代謝は で行われる。



- (4) 下線部 (D) について、ヒトのヘモグロビン α 鎖とヘムとの結合には、64 番目と 93 番目の 2 つのヒスチジンが関与している。離れた位置にあるこれらのアミノ酸は、なぜヘムと結合できるのか、80 字以内で説明せよ。
- (5) 下線部 (E) について、ヒト、イヌ、コイのヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を比べると、互いに同じ配列と、動物種により異なる配列が存在している。
- (ア) 動物種を超えてアミノ酸配列の同じ部分は、ヘモグロビンにおいてどのような役割をはたすと考えられるか、45 字以内で説明せよ。
- (イ) アミノ酸配列の異なる程度は、ヒトとイヌの間よりもヒトとコイの間のほうが大きかった。動物の系統が遠くなるほどアミノ酸配列の異なる程度が大きくなった理由はなぜか、100 字以内で説明せよ。
- (6) 下線部 (F) について、マラリア感染症は赤血球中で増殖するマラリア原虫を病原体とする疾病である。かま状赤血球ヘモグロビンの保有者では、マラリア発症に対する抵抗性を有する。ヘモグロビンの変異とマラリア発症への抵抗性には、どのような関係があるか、考えられることを 100 字以内で述べよ。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

グルホシネートは植物を枯らす除草剤として使われており、植物において^(A)グルタミン合成酵素の活性を阻害するはたらきがある。一方で、放線菌由来の *Bar* 遺伝子がコードする酵素はグルホシネートを化学変化させ、除草剤としての効果を失わせることができる。そのため、*Bar* 遺伝子を遺伝子組換えにより植物に導入することで、グルホシネートを与えても枯死しない除草剤耐性のトランスジェニック植物をつくることができる。

除草剤耐性のイネをつくるため、図に示すような実験を行った。まず、イネの^(B)カルスに *Bar* 遺伝子を組み込んだプラスミドをもつアグロバクテリウムを感染させた。*Bar* 遺伝子は植物内で^(C)構成的発現をさせるようにした。カルスから再生し、グルホシネートに耐性を示したトランスジェニック植物から1個体を選び、個体Pとした。個体Pを自家受精させ、275粒の種子を得た。これらの種子をすべて発芽させてグルホシネートを与えたところ、68個体はグルホシネートに耐性を示さずに枯死した。一方、グルホシネートに耐性を示した残りの207個体を育てたところ、^(D)69個体は他の138個体や形質転換していないイネと比べると草丈が低くなった。この草丈の低い個体を自家受精させて得られた種子の中から10粒を発芽させ、5個体にジベレリンを与えて育てた。ジベレリンを与えた5個体は草丈が形質転換していないイネと同程度になったが、ジベレリンを与えなかった5個体は草丈が低くなった。この結果から、^(E)草丈の低いトランスジェニック植物は、ジベレリンを合成できなくなったと考えられた。

次に、グルホシネートに耐性を示した別のトランスジェニック植物1個体を選び、個体Qとした。個体Qを自家受精させ、320粒の種子を得た。これらの種子をすべて発芽させてグルホシネートを与えたところ、^(F)20個体はグルホシネートに耐性を示さずに枯死した。枯死する前に採取していた葉から抽出したDNAを調べたところ、^(G)枯死した20個体では *Bar* 遺伝子が導入されていないことがわかった。

(1) 下線部 (A) について、グルタミン合成酵素の活性を阻害すると、なぜ植物が枯死するのか、30字以内で説明せよ。

(2) 下線部 (B) について、次の問いに答えよ。

(ア) カルスはオーキシシンとサイトカイニンを含む培地で植物細胞を培養することによってつくられる。オーキシシンとサイトカイニンは、頂芽優勢という現象にも関与している。頂芽優勢がどのような現象か説明し、頂芽優勢におけるオーキシシンとサイトカイニンの役割を簡潔に説明せよ。

- (イ) 哺乳動物においてもカルスのようにさまざまな組織に分化する能力を保ちながら増殖する培養細胞がつくられている。このような多分化能をもった培養細胞を2種あげ、それぞれの作製方法を説明せよ。また、それらの細胞について、どのような利用が期待されるか述べよ。
- (3) 下線部 (C) は、どのような発現のことか、25字以内で説明せよ。
- (4) 下線部 (D), (E) について、この結果から、個体Pに導入した *Bar* 遺伝子がジベレリン合成に必要な遺伝子にどのような影響を及ぼしたのか、考えられることを2つ述べよ。
- (5) 下線部 (F), (G) について、個体Pから得た種子では発芽した275個体中68個体がグルホシネートで枯死したのに対して(生存:枯死 = 3:1)、個体Qから得た種子では発芽した320個体中20個体が枯死した(生存:枯死 = 15:1)。2つのトランスジェニック植物で枯死した個体の割合がこのように異なっていたのはなぜか、考えられることを述べよ。

