

時間＝物理・化学・生物の3科目中2科目選択で100分

[1] 次の文章を読み、設問に答えなさい。

真核生物では、DNA は主に核内に収納されている。DNA に結合するタンパク質の大部分はヒストンが占める。ヒストンは5種類あり、その中の4種類が2個ずつ集まりヒストン8量体を形成する。1つのヒストン8量体は、約146 bp のDNA を左巻きに約1.65回巻き付け、クロマチン構造の最小単位である〔ア〕を構築する。

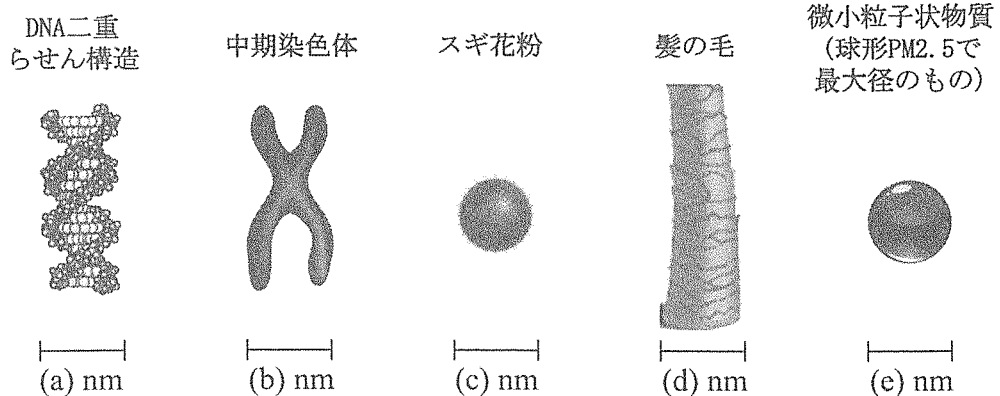
〔ア〕から突き出た部分は〔イ〕と呼ばれ、ここにメチル基や〔ウ〕基が結合してヒストンの修飾が起これると、染色体のクロマチン構造が変化⁽¹⁾する。このようなヒストン、あるいはDNA の修飾により、同一の塩基配列でも遺伝子発現に差異が生じる場合⁽²⁾が存在する⁽³⁾。

1. 〔ア〕～〔ウ〕に適切な語句を答えなさい。

2. 次の図はDNA二重らせん、中期染色体、スギ花粉、髪の毛、微小粒子状物質(PM2.5)の模式図を表している。

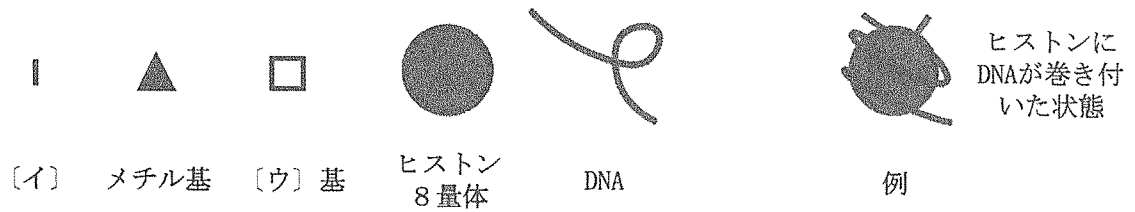
(1) (a)、(b)に入る適切な数値を整数で答えなさい。

(2) (a)～(e)を大きい順に並べ替え、記号で答えなさい。



3. 下線部(1)はDNAに対しても起こる。メチル化が起きやすい塩基配列を答えなさい。

4. 下線部(2)について、転写されにくい状態と転写されやすい状態を、次の模式図を用い解答欄に描きなさい。ただし、それぞれの図でヒストン8量体と〔イ〕を2個ずつ用い、DNAの長さは適宜かえてよい。なお、DNAの修飾、およびヒストンH3の修飾は考えない。



5. 下線部(3)の例を一つ挙げ、それを引き起こす要因を答えなさい。

〔2〕 次の文章を読み、設問に答えなさい。

神経細胞が静止状態にあるとき、ナトリウムイオンとカリウムイオンは〔ア〕の働きにより細胞内外で一定の濃度が維持されているが、ある種の〔イ〕チャネルは開いている。これらの働きにより神経細胞の膜電位は一定の値を示し、静止電位と呼ばれる。神経細胞が刺激を受けて興奮すると、膜電位は一過性に変化し、活動電位が生じる。このような神経の興奮について、カエルを用いた以下の実験を行った。

実験

図1のようなカエルの皮膚—神経標本を作製した。座骨神経は、中枢側がオシロスコープ(E1, E2)のマイナス側になるように電極の上にのせた(図2)。その際、E1のマイナス電極は、脊髓前角(脊髓神経の細胞体が存在する脊髓の部位)から39.6 mmの位置に設置した。

濃い酢酸を含ませた濾紙を皮膚全面に接触させたところ、〔ウ〕の反応が起こり、E1とE2では図3のような信号波形が検出された。ただし、図3では酢酸刺激後、最初に検出された信号波形のみを示した。また、ピーク α を生じさせた活動電位の伝導速度は49.5 m/秒であった。

- 〔ア〕～〔ウ〕に適切な語句を答えなさい。
- 静止電位の値を次の(a)～(h)の中から選び、記号で答えなさい。また、その単位も答えなさい。
(a) $-120 \sim -90$ (b) $-90 \sim -60$ (c) $-60 \sim -30$ (d) $-30 \sim 0$
(e) $0 \sim 30$ (f) $30 \sim 60$ (g) $60 \sim 90$ (h) $90 \sim 120$
- 図3で信号波形のピークが複数見られる理由を答えなさい。
- E1とE2の間(マイナス電極同士の間)の距離(mm)、およびピーク β と γ を生じさせた活動電位の伝導速度(m/秒)を求めなさい。
- 酢酸刺激を受けた皮膚から感覚神経を興奮させるまでの時間は1ミリ秒であった。感覚神経から脊髓神経へ興奮が伝わるまでの時間を求めなさい。ただし、感覚神経の伝導時間は無視し、また、脊髓神経と座骨神経の伝導速度は変わらないものとする。

6. シナプス伝達に要する時間は通常1～5ミリ秒である。設問5で求めた時間と比較して差があるかどうか、また、そのようになった理由を答えなさい。

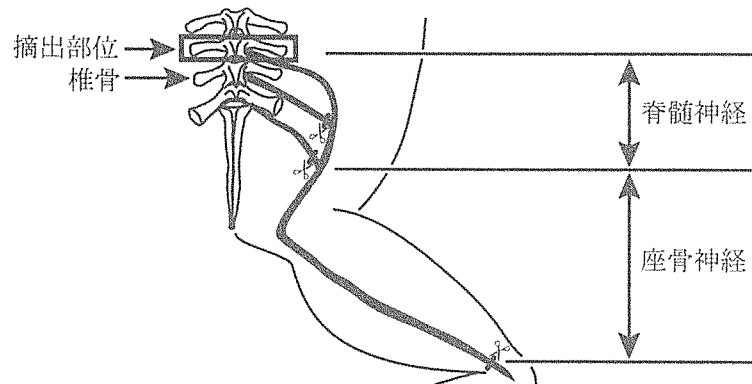


図1

カエルの背側から見た解剖模式図。椎骨が1つだけ含まれるように脊髄と皮膚を含むその周辺組織(四角で囲まれた領域)を、脊髄神経と座骨神経(片側のみ)がつながった状態で摘出し、皮膚—神経標本を作製した。その際、ハサミの記号で示す位置(3ヶ所)で神経を切断し、1本の神経繊維束になるようにした。

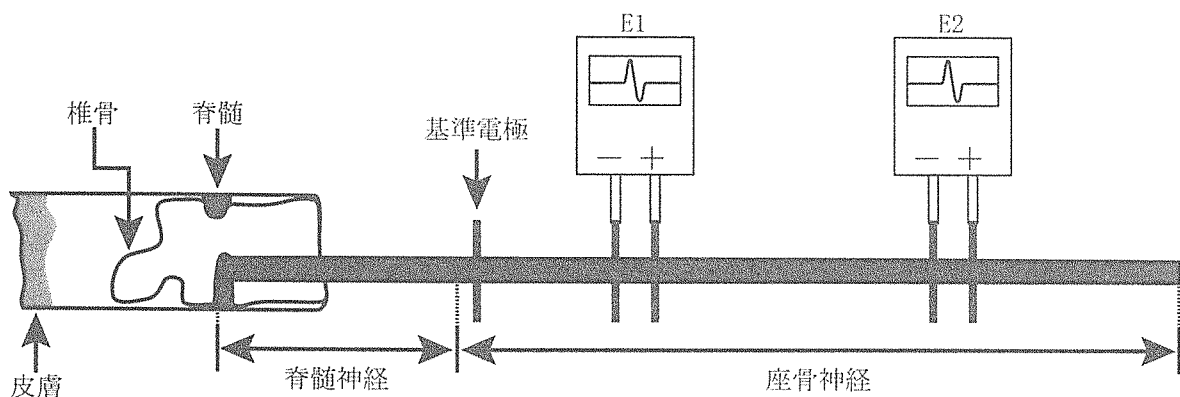


図2

摘出した脊髄には皮膚を支配する感覚神経がつながり、腹根と背根が含まれる。また、オシロスコープ(E1, E2)では基準電極に対する活動電位を記録した。

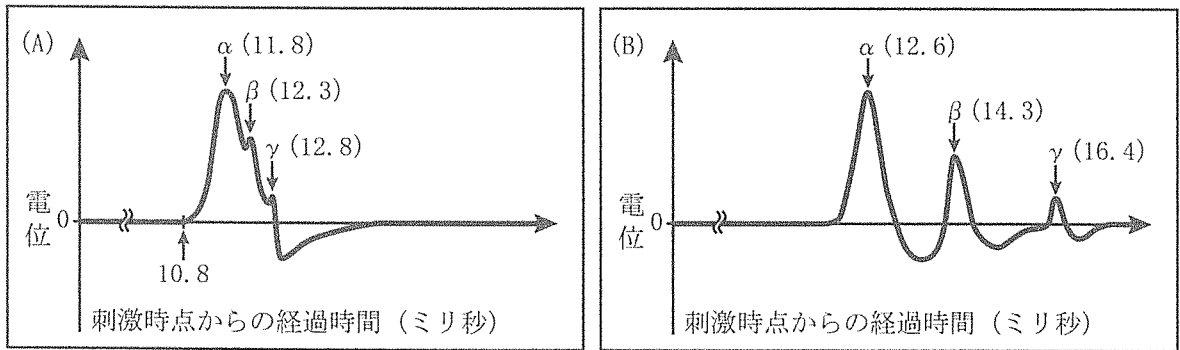


図 3

(A) E1 で記録された活動電位。信号波形は 10.8 ミリ秒後から検出され始めた。

(B) E2 で記録された活動電位。

括弧内の数値はピーク α , β , γ が検出されるまでの経過時間を示す。

〔3〕 次の文章を読み、設問に答えなさい。

哺乳類の免疫系は自然免疫系と適応免疫系から成る。自然免疫系は、体内に侵入した抗原や異物を非特異的に貪食して除去する系であり、主にマクロファージや〔ア〕といった食細胞が関与する。適応免疫系は、体内に侵入した抗原を区別した上で特異的に排除する系であり、〔イ〕と〔ウ〕の2つの系が含まれる。

適応免疫系においては、体内に侵入した抗原を樹状細胞が取り込み、分解した抗原の一部を細胞表面でT細胞に提示する。抗原の提示を受けたT細胞はマクロファージを活性化したり、感染した細胞を直接破壊する。これが〔イ〕である。抗原の提示を受けたヘルパーT細胞は、抗原に対応するB細胞も活性化し、形質細胞への分化を促す。形質細胞は抗原に特異的に結合する抗体分子を体液中に放出し、抗原の無力化と食細胞による認識・除去が行われる。これが〔ウ〕である。

さらに、適応免疫系では、抗原に対して特異的に反応するT細胞やB細胞の一部が長期間保存される。このことは自然免疫系とは異なる適応免疫系の特徴である。

1. 〔ア〕～〔ウ〕に適切な語句を入れなさい。
2. 下線部において、長期保存される細胞の名称を答えなさい。また、そのような細胞を持つ利点を説明しなさい。

抗体について、以下の実験を行った。

病原性細菌に感染したマウスから、感染した細菌に特異的に結合する抗体を産生する形質細胞を3種類(A, B, C)取り出し、ハイブリドーマ^(注)を作製し培養した。培養液中にはそれぞれのハイブリドーマが産生する単一の抗体(抗体a, b, c)が存在することを確認した(図1)。

(注) ハイブリドーマ：形質細胞とある種のがん細胞を融合させ、抗体産生能力を維持したまま不死化した細胞。無限に増殖させることができる。

実験1：マウスに感染している病原性細菌からタンパク質を抽出し、ゲル電気泳動を行ったあと、全てのタンパク質を特殊な膜に写し取った。その膜を抗体a, b, cとそれぞれ反応させ、タンパク質に結合した抗体を色素で検出したところ、図2のような結果になった。

実験2：抗体aが認識するタンパク質を精製してタンパク質分解酵素で処理し、ゲル電気泳動を行ったあと、実験1と同様にそれぞれの抗体と反応させ検出したところ、図3のような結果になった。

3. 実験1, 2の結果から, それぞれの抗体の抗原への結合特性についてどのようなことが考えられるか。正しいものを全て選び, 番号で答えなさい。

- ① 抗体 a と c は同じ分子量のタンパク質に結合する。
- ② 抗体 a と c は同じ分子量をもつ異なるタンパク質にそれぞれ結合する。
- ③ 抗体 a と c は同じタンパク質の同じ部位にそれぞれ結合する。
- ④ 抗体 a と c は同じタンパク質の異なる部位にそれぞれ結合する。
- ⑤ 抗体 a と c は抗体 b が結合するタンパク質にも結合する。
- ⑥ 抗体 b はこの細菌のタンパク質には結合しない。
- ⑦ 抗体 b が結合するタンパク質は抗体 c が結合するタンパク質よりも分子量が大きい。
- ⑧ 抗体 b は抗体 a が結合するタンパク質にも結合する。

4. 生体では, 体内に侵入してくる抗原に対する特異的な抗体で, 効果的に抗原を除去している。その機構について, 「エピトープ」「食食」というキーワードを用いて説明しなさい。なお, キーワードには下線を引くこと。

5. 体内の抗原除去が完了したあと, 形質細胞と産生された抗体はそれぞれどうなるか答えなさい。

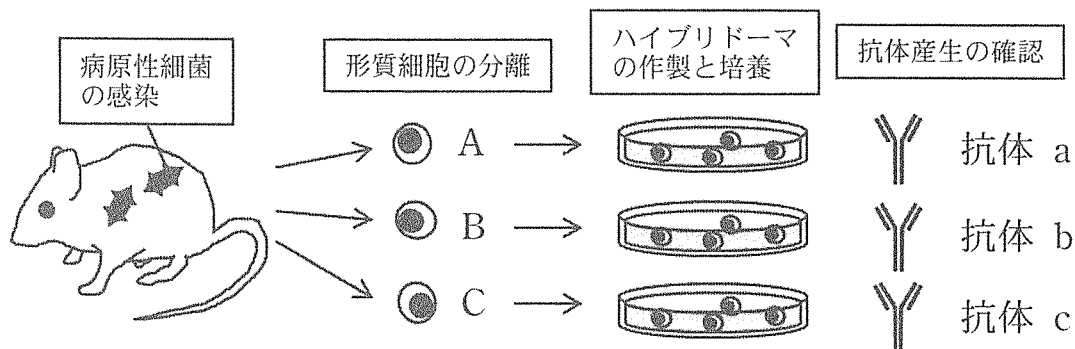


図1

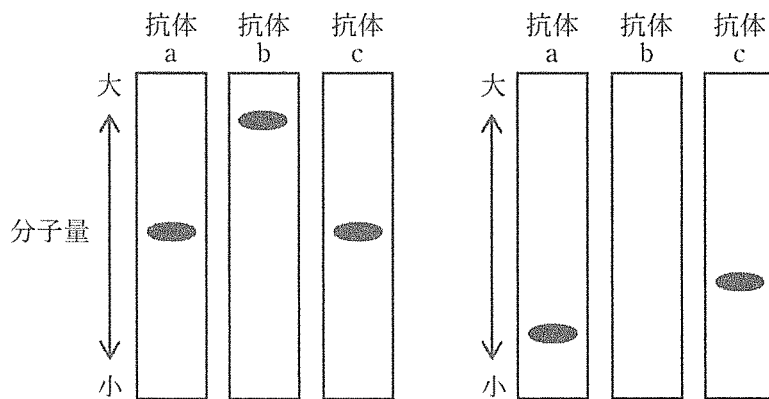


図2

図3

〔4〕 次の文章を読み，設問に答えなさい。

図1はヒトの耳の内部構造である。聴力には気導聴力と骨導聴力の2つがある。気導聴力は外耳で集められた音が鼓膜の振動を通して内耳に伝わるのに対して，骨導聴力は頭蓋骨の振動が直接内耳に伝わる。内耳に伝わった音の振動は内耳にある〔ア〕に伝えられる。〔ア〕の内部は〔イ〕で満たされており，その振動により聴細胞の〔ウ〕が変形することで聴細胞は興奮する。聴細胞が興奮すると，その情報が脳に伝わり聴覚が生じる。

正常被験者に振動数の異なる7種類の音を聴かせて聴力レベル(聞こえ易さ)を測定すると，図2のような結果になる。ただし，気導聴力と骨導聴力は分けて示す。気導聴力と骨導聴力の片方または両方の聴力が低下すると難聴が生じる。

1. 〔ア〕～〔ウ〕に適切な語句を答えなさい。
2. 中耳内部にあり，音を増幅する装置の名称を答えなさい。これが障害されると気導聴力と骨導聴力はそれぞれどうなるか，図3の①～⑥の中から選び，番号で答えなさい。
3. 図1で示すAまたはBの場所の聴細胞が障害されると気導聴力と骨導聴力はそれぞれどうなるか，図3の①～⑥の中から選び，番号で答えなさい。
4. ある被験者の気導聴力と骨導聴力を測定した結果，左右の耳ともに図4のようであった。このような変化が起きた理由を述べなさい。
5. 耳の感覚機能に関わる神経を解答欄の図に描き加えなさい。
6. 一過性の難聴が起こるとめまいが生じることがある。その理由を述べなさい。

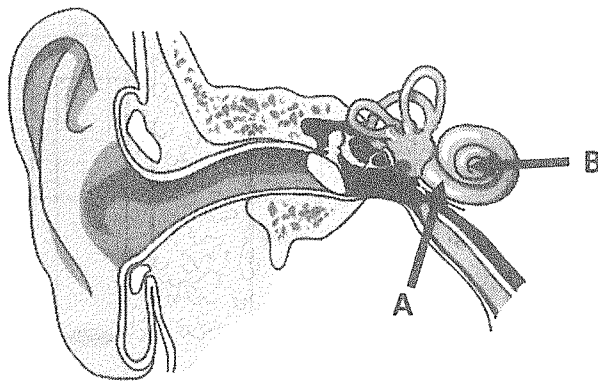


図1

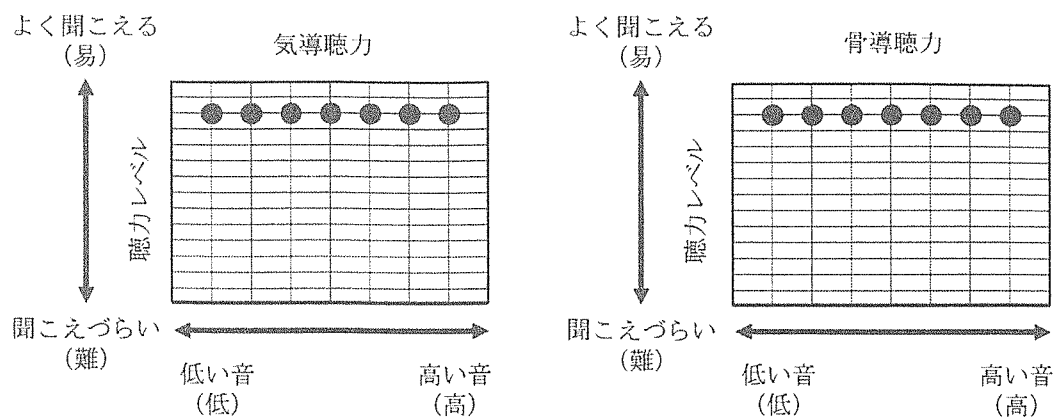


図 2

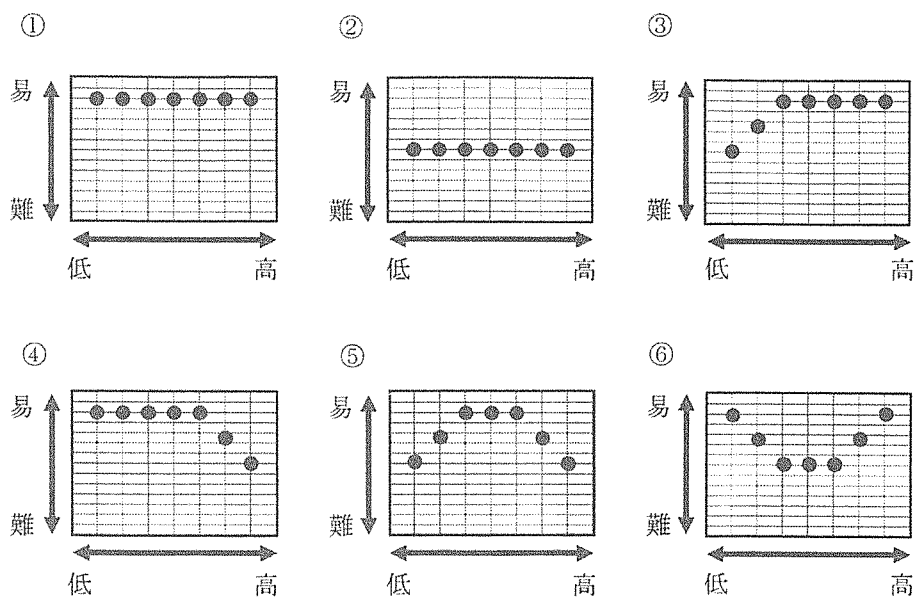


図 3

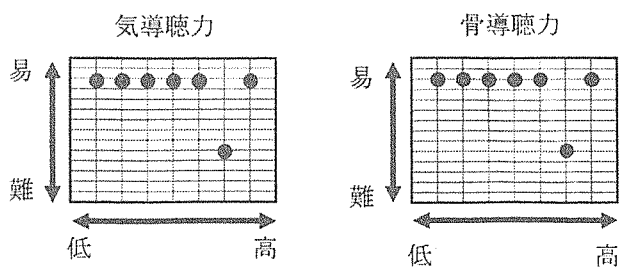


図 4