

奈良県立医科大学 後期

平成 31 年 度

試 験 問 題

理 科

(9時～12時)

【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中をみてはならない。
2. 試験科目、ページ、解答用紙数および選択方法は下表のとおりである。

科 目	ページ	解答用紙数	選 択 方 法
化 学	1～12	3 枚	左の3科目のうちから 2科目を選択せよ。
生 物	13～34	2 枚	
物 理	35～44	3 枚	

3. 監督者の指示に従って、選択しない科目を含む全解答用紙(8枚)に受験番号と選択科目を記入せよ。
 - ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ。
 - ② 選択科目記入欄に選択する2科目を○印で示せ。上記①、②の記入がないものおよび3科目を選択または1科目のみを選択した場合は答案全部を無効とする。
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ。
5. 物理を選択するものは、必要な計算等を解答用紙中の計算用余白で行え。採点の参考にする。
6. 試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせよ。
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない。
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってよい。

生 物

【1】 次のA, B, Cの文を読み, 問1～問13に答えよ.

A 盛んに増殖している動物の体細胞には, 多数の間期の細胞と少数のM期(分裂期)の細胞が存在する. M期では, 核分裂に引き続き, 細胞質分裂が起こり, 細胞は最終的に2個の娘細胞となる. 核分裂は前期, 中期, 後期, 終期の4つの連続した時期に分けられ, この時期には特定の条件下で, 染色体を光学顕微鏡で観察できる. 間期の細胞は, DNA合成準備期であるG₁期, DNA合成期であるS期, 分裂準備期であるG₂期に分けられる. 細胞周期において, S期とM期は必須ではあるが, G₁期やG₂期は, 必ずしも必要ではない. 実際, カエルの発生初期に受精卵で起こる卵割と呼ばれる細胞分裂では, G₁期やG₂期をしばしば欠くことがある.

細胞周期の制御にはチェックポイントという調節点が存在する. たとえば, 中期から後期に移行するチェックポイントでは, 細胞は染色体の分配にはたらく微小管が, 各染色体に結合していることを確認する. これにより, 複製された二つの染色体が確実に二つの娘細胞に分配されることが可能になる. S期に移行するときとM期に移行するときにも, それぞれのチェックポイントにおいて, 細胞はその時点での自身の状態を確認する. それぞれのチェックポイントにおいて細胞の状態が不十分な場合には, 細胞は次の段階への移行を遅らせたり, 止めたりして, エネルギーの浪費や不完全な細胞分裂が起こらないようにしている.

問 1 下線部(1)について、前期、中期、後期、終期における染色体の状態を述べよ。

問 2 下線部(2)について、(A)卵割において G_1 期や G_2 期を欠いても細胞周期を進められる理由、(B) G_1 期や G_2 期を欠くために卵割が通常の体細胞分裂と異なる点、をそれぞれ述べよ。

問 3 下線部(3)について、(A)微小管が染色体に結合する部分の名称、(B)このときの微小管の名称、(C)星状体などにおいて微小管が伸びる基点となる細胞内の構造体の名称、をそれぞれ記せ。

問 4 下線部(4)について、遺伝情報を確実に娘細胞に伝えるために、このチェックポイントで最低限確認しなければならないことを述べよ。

B ヒトの通常の細胞では 23 本の染色体が 2 組存在する。S 期には、すべての染色体に含まれる、おおよそ 60 億塩基対 (6×10^9 塩基対) の DNA が正確に複製される。S 期では、まず複製起点(複製開始点)において、二本鎖 DNA がほどこ、そこから両方向に複製が進む。それぞれの複製部位では、DNA ポリメラーゼがリーディング鎖およびラギング鎖にそれぞれ 1 個ずつ存在して複製を行っていると考えられている。そのため、たとえば「ある細胞では 2.5×10^3 個の複製起点から一斉に複製が始まり、DNA ポリメラーゼが 1 分間に 1000 個のヌクレオチドを結合させる」というように、複製起点の数と DNA ポリメラーゼがヌクレオチドを結合させる速さがわかれば、おおよその S 期の長さは予想できる。また、T(チミン)を標識できる物質を細胞に短時間取り込ませ、その直後に標識された細胞を検出することで、S 期の細胞を同定することも可能である。

問 5 下線部(5)について、この父方および母方に由来する、対になる染色体の名称を記せ。

問 6 下線部(6)について、ヒトのゲノムのおおよその大きさ(塩基対数)を記せ。

問 7 下線部(7)について、一つの複製起点から DNA 合成を行うために必要な DNA ポリメラーゼの数を記せ。

問 8 下線部(8)について、この細胞の S 期のおおよその長さを計算し、その時間を整数で記せ。ただし、複製起点は、ほぼ等間隔に存在し、さらに多数の複製起点が存在するため、染色体が 46 本に分かれている影響は無視できるものとする。

問 9 下線部(9)について、他の塩基を標識しても S 期の細胞を同定できない。その理由として考えられることを述べよ。

C 培養皿の中で培養することが可能なヒトの体細胞があり、この細胞は、適正な密度で培養すると、どの細胞においてもM期、G₁期、S期、G₂期の長さの比は等しくなる。また、この細胞には特殊な変異が入っており、細胞分裂の後、娘細胞の一つが死んでしまうため、細胞周期を繰り返しても細胞数に変化がない。その結果、M期、G₁期、S期、G₂期の細胞数の比は、M期、G₁期、S期、G₂期の長さの比と等しい。

この細胞を適正な密度で培養したところ、すべての細胞の細胞周期は60時間であった。このときの細胞を光学顕微鏡で観察したところ、全体の約1/10の細胞で染色体が観察された。⁽¹⁰⁾ さらに、T(チミン)を標識できる物質を細胞に短時間取り込ませ、標識された細胞を検出したところ、全体の約1/3の細胞でチミンの標識が検出された。⁽¹¹⁾ このとき、この状態の細胞から抽出したDNA量を、同じ数のG₁期の細胞から抽出したDNA量と比較したところ、⁽¹²⁾ 1.4倍のDNAが存在していた。なお、S期の細胞がもつDNA量の平均値は、G₁期の細胞がもつDNA量のおおよそ1.5倍であった。⁽¹³⁾

問10 下線部(10)について、これらの細胞のM期のおおよその長さを計算し、その時間を整数で記せ。

問11 下線部(11)について、これらの細胞のS期のおおよその長さを計算し、その時間を整数で記せ。

問12 下線部(12)について、これらの細胞のG₁期およびG₂期のおおよその長さを計算し、その時間を整数で記せ。

問13 下線部(13)について、M期およびG₂期の細胞が持つDNA量は同じ数のG₁期の細胞が持つDNA量の何倍か、それぞれ記せ。

【2】 次のA, Bの文を読み, 問1～問12に答えよ。

A 真核生物において, 核内のDNAは, と呼ばれるタンパク質とともに密に折りたたまれ, 繊維状の構造である となっている。
 は染色体の末端などではさらに高度に折りたたまれているが, 頻繁⁽¹⁾に転写される領域では折りたたみが緩んだ状態になっている。⁽²⁾このような
 の状態変化は, が化学修飾されることなどによって調節される。⁽³⁾

多細胞生物を構成する細胞では, 発現する遺伝子の種類や量が調節されることで, 発生の段階や体内環境などに応じて細胞の形やはたらきが変化する。遺伝子発現を調節するタンパク質は調節タンパク質と呼ばれ, その遺伝子を調節遺伝子という。調節タンパク質には転写を抑制するはたらきをもつ抑制因子や, 転写を促進するはたらきをもつ があり, 前者による転写の調節を の調節, 後者を の調節という。また調節遺伝子の発現が別の種類の調節タンパク質によって調節されていることもある。さらに, 一つの調節遺伝子の発現によって順次連鎖的に複数の調節遺伝子の発現が調節される現象もある。ショウジョウバエの初期発生における遺伝子発現調節はその典型的な例である。

ショウジョウバエの卵細胞には, 前端にピコイド遺伝子などの mRNA が, 後端にナノス遺伝子などの mRNA が, 因子として局在している。ピコイド遺伝子の mRNA は, 受精後, 胞胚までの間に細胞内で拡散し, その後翻訳されてタンパク質が作られる。そのため, ピコイドタンパク質の濃度勾配が胚の前後軸(頭尾軸)に沿って生じる。その結果, 胞胚の後期には胚の表層⁽⁴⁾の細胞がもつピコイドタンパク質の量は, 胚の前方の細胞で多く, 後方の細胞で少なくなる。その後, ピコイドタンパク質や他の 因子由来のタンパク質の細胞内濃度に応じて, ギャップ遺伝子群と呼ばれる数種の遺伝子が前後軸に沿って特定の領域で発現する。その後同様に, ギャップ遺伝子群の産物によってパールール遺伝子群が, パールール遺伝子群の産物によってセグメン

トポラリティ遺伝子群が、前後軸に沿って特定の領域で発現する。これによつて、最終的に胚の前後軸(頭尾軸)に沿った [7] と呼ばれる構造ができる。14に区画化された [7] には [8] 遺伝子群と呼ばれる調節遺伝子をはたらくことによつて、特定の [7] に特定の器官が作られる。 [8] 遺伝子群に含まれる [9] 遺伝子に突然変異が起こったショウジョウバエは、胸に4枚のはねをもつようになる。このように、ショウジョウバエの体は、様々な遺伝子の発現が時間的、空間的に厳密に制御されることによつて作られる。

問 1 文中の [1] ~ [9] に当てはまる適切な語句を記せ。

問 2 下線部(1)について、染色体末端にあるDNAの繰り返し配列の名称を記せ。

問 3 下線部(2)について、転写が頻繁に起こるには折りたたみが緩んでいる必要がある理由を記せ。

問 4 下線部(3)について、このような化学修飾の例を1つ記せ。

問 5 下線部(4)について、ショウジョウバエの卵割様式を考慮して、胞胚後期の各細胞でピコイドタンパク質の量が異なる理由を述べよ。

B 植物ホルモンは、植物の一生を通じて環境に応答した成長を調節している物質である。植物の種子は、水と と酸素などの環境条件が適切であれば発芽することができる。しかし、環境条件が適切であっても、 によって発芽が抑制されることが知られている。また、レタスやタバコなどの種子は、発芽に光を必要とし(光発芽種子)、多くの場合、その種子は小さく、貯蔵栄養分が少ない、これらの種子は、赤色光(波長 660 nm 付近)が当たると発芽が促進され、遠赤色光(波長 730 nm 付近)が当たると発芽が抑制される。これには という色素タンパク質が関わっている。これらの種子に赤色光が当たると が合成され、その働きによって という酵素の遺伝子発現が誘導される。この酵素によって種子の中にある が分解され、その分解産物が発芽に必要なエネルギー源として使用される。

発芽したばかりの植物を窓際において育てると、光の当たる方向に向かって成長する。これは、 が関与することによって、光の当たる側と当たらない側の組織の成長速度が異なるために起きる現象である。また、気孔は、水分の蒸散や光合成のための気体の交換を担うため、孔辺細胞によって開閉が制御されている。乾燥状態に置かれた植物は、乾燥ストレスを受けた状態となり、 のはたらきで気孔を閉じることが知られている。

植物はそれぞれ決まった季節に花を咲かせる。多くの植物は、季節の変化を日長(昼の長さ)の変化としてとらえて花芽を形成する。このような性質を と呼ぶ。日長が長くなると花芽をつける植物を長日植物、逆に日長が短くなると開花する植物を短日植物という。日長を感知して花芽を誘導する植物ホルモンは と呼ばれ、長らくその分子実体は不明であったが、近年その要件を満たす物質が同定された。

⁽⁹⁾一般的に、花が受粉すると子房が発達し、成長して果実となる。受粉が刺激となって植物ホルモンが分泌され、子房の成長が促進される。このことを利用して、 でブドウの花を人為的に処理することにより、種なしブドウの生産が行われている。果実が成長してやわらかく成熟する過程には、 が関わっている。この植物ホルモンは花の老化を早める作用もある。また、 は、葉の老化の抑制や側芽の伸長を促進するはたらきをもっている。

問 6 文中の 10 ~ 14 に当てはまる適切な語句を記せ.

問 7 文中の a ~ h に当てはまる適切な植物ホルモン名を記せ. ただし, 同じ植物ホルモン名が当てはまる場合がある.

問 8 下線部 (5) について, これらの種子の発芽が光により促進されることの利点を簡潔に述べよ.

問 9 下線部 (6) について, (A) この反応の名称を記し, (B) この反応により植物にもたらされる利点を述べよ.

問10 下線部 (7) について, 気孔が開閉するときの孔辺細胞の状態変化について述べよ.

問11 下線部 (8) に関して, 正しく記述されているものを以下の (a)~(e) からすべて選び, その記号を記せ.

(a) キクは, 夜間, 人工的に光を補うことにより開花を早めることができる.

(b) 植物の中には, 日長とは関係なく花芽をつける植物が存在する.

(c) 長日植物は, 長日条件で栽培していても, 暗期に一時的に光を与えれば, 花芽を形成しなくなる.

(d) 長日植物の中には, 暗期が明期より長くても, 花芽形成するものがある.

(e) オナモミでは, すべての葉を取り除いたものを短日処理しても, 花芽が誘導される.

問12 下線部 (9) について, あてはまる物質名を, 以下の (a)~(e) から 1 つ選び, その記号を記せ.

(a) RNA

(b) ステロイド

(c) タンパク質

(d) 糖

(e) リン脂質

【3】 次のA, Bの文を読み, 問1～問8に答えよ.

A 血液中に含まれるグルコースは血糖と呼ばれ, 血液中のグルコース濃度を血糖濃度と呼ぶ. ヒトやマウスの場合, 空腹時の血糖濃度は約100 mg/100 mLである.

細胞の呼吸によって体内の糖が消費されても, 食事などによって糖を摂取し
(1) ても, 血糖濃度は一定の範囲内の量に調節されている. この調節は自律神経系とホルモンのはたらきによって行われている.

血糖濃度の増加を感知した間脳の は, 自律神経系である
(2) を通じて膵臓のランゲルハンス島のB細胞(以下, B細胞)を刺激する. そして, B細胞からはインスリンが分泌される. インスリンはグルコースの細胞内への取り込みや呼吸による分解を促進するとともに, 肝臓や筋肉におけるグリコーゲンの合成を促進する. その結果, 血糖濃度は減少する.

一方, 運動などによって血糖濃度が減少すると, それを感知した
(3) が自律神経系である を通じて, ランゲルハンス島のA細胞(以下, A細胞)を刺激し, A細胞からはグルカゴンが分泌される. さらに は を刺激し, からは が分泌される. グルカゴン
(4) や は肝臓や筋肉の標的細胞に作用する. この経路とは別に, 血糖濃度の減少を感知した は放出ホルモンを分泌し に作用する. その結果, は 刺激ホルモンを分泌し を刺激する. 刺激を受けた からは が分泌される. はタンパク質の分解を促し, グルコースの合成を引き起こす. これらの反応により血糖濃度が上昇する.

問 1 ~ に当てはまる適切な語句を記せ.

問 2 下線部(1)について, このように個体の内部環境を一定に保つ性質の名称を記せ.

問 3 下線部(2), (3)について, 以外にも血糖濃度の(A)増加, (B)減少を感知する細胞が存在する. それぞれについて, 最も適切なものを以下の(a)~(h)から1つずつ選び, その記号を記せ.

- | | |
|------------------|------------------|
| (a) 肝臓の肝細胞 | (b) 筋肉の筋細胞 |
| (c) 粘膜上皮のマスト細胞 | (d) ランゲルハンス島のA細胞 |
| (e) ランゲルハンス島のB細胞 | (f) 延髄の神経細胞 |
| (g) 血液中の赤血球 | (h) 腎小体の血管内皮細胞 |

問 4 下線部(4)について, この結果として血糖濃度が増加するメカニズムを記せ.

B 糖尿病は、血糖濃度の調節機構が正常にはたらかないために、血糖濃度が正常値より高く、尿中にグルコースが排出される疾患である。⁽⁵⁾ 糖尿病はその発症の機序により、I型糖尿病とII型糖尿病に分類される。 共通していることは、インスリンによる血糖濃度調節機構が破綻していること⁽⁶⁾であり、基本的な治療方法は、インスリン機能の補完である。

一方で、糖尿病における慢性的な血糖濃度の上昇には、インスリンによる血糖濃度調節機構の破綻よりも、グルカゴンが重要という考え方もある。⁽⁷⁾ 以下の実験1～実験3を行ったところ、その結果はグルカゴンが重要という考えを支持した。

実際にグルカゴンを標的とした糖尿病治療薬の開発が試みられている。以下の実験4は、その開発実験の1つである。その結果はグルカゴンが糖尿病治療の創薬のターゲットとなる可能性を示している。⁽⁸⁾

実験1 正常マウス(対照マウス)、およびA細胞を欠損するマウス(A細胞欠損マウス)において、薬剤によりB細胞のみを完全に破壊した。破壊した日から空腹時の血糖濃度を計測した。

実験2 正常マウス(対照マウス)、およびグルカゴンの受容体を欠損するマウス(グルカゴン受容体欠損マウス)に対して、実験1とは異なる量の薬剤によりB細胞のみを完全に破壊した。破壊した日から空腹時の血糖濃度を計測した。

実験3 グルカゴンの受容体を欠損するマウスにおいて、薬剤によりB細胞のみを完全に破壊した。このマウスを用いて、肝細胞にグルカゴン受容体の遺伝子を導入したマウスを作製した(受容体マウス)。また、比較対照として、肝細胞にマウスでは生理的な機能を示さない遺伝子を導入したマウスを作製した(対照マウス)。遺伝子を導入した日から、受容体マウスと、対照マウスの空腹時の血糖濃度を計測した。なお、どちらのマウスでも導入遺伝子の発現は数日間継続した。

実験 4 食欲を制御するある遺伝子が破壊されたマウスは、肥満マウスとなりⅡ型糖尿病を発症することが知られている。このⅡ型糖尿病を発症したマウスに、グルカゴン受容体の機能を特異的に阻害する抗体を投与した(阻害抗体投与マウス)。比較対照として、Ⅱ型糖尿病を発症した別のマウスに、グルカゴン受容体の機能を阻害しない抗体を投与した(対照マウス)。その後、抗体を投与した日から、阻害抗体投与マウスと対照マウスの空腹時の血糖濃度を計測した。阻害抗体投与マウスにおいては、投与した抗体の血中濃度を投与後4日目より測定した(図1)。

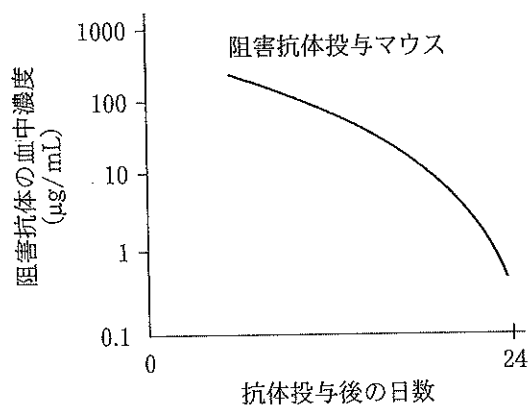


図 1

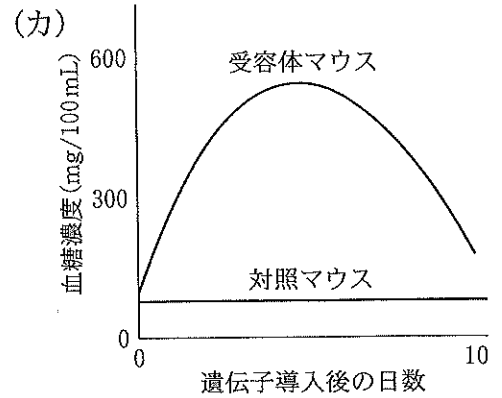
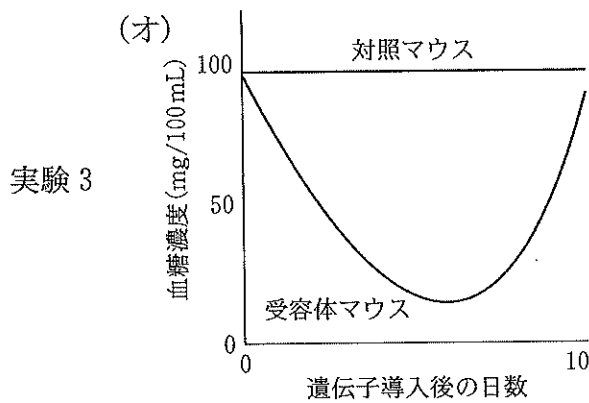
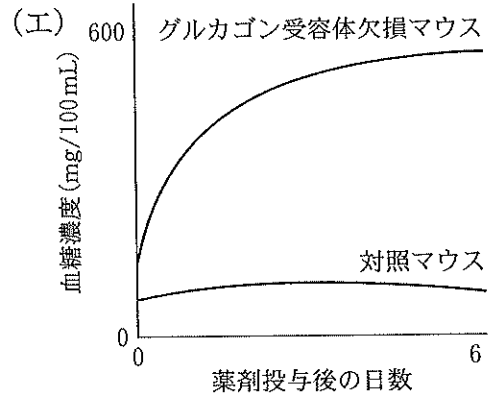
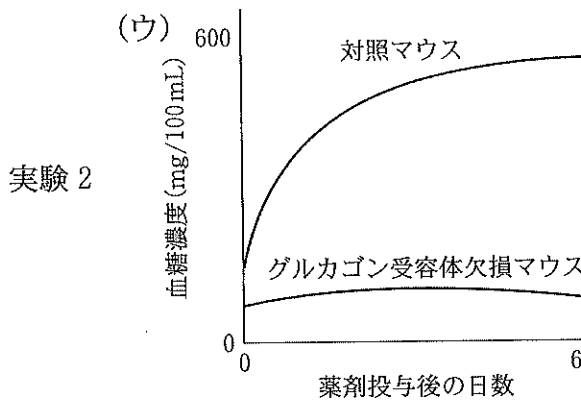
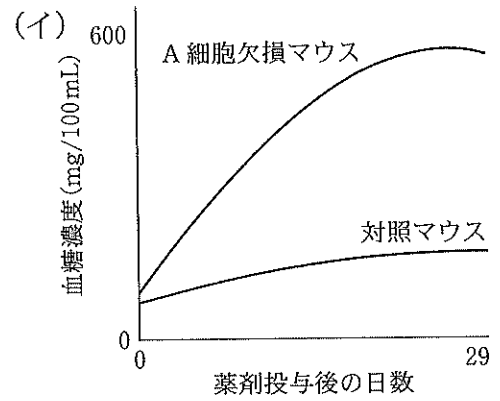
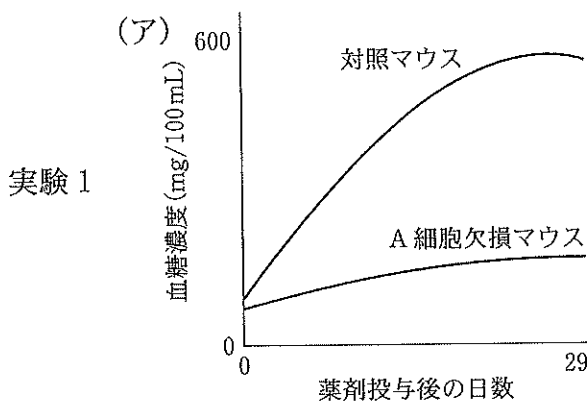
問 5 下線部(5)について、血糖濃度が高いときに尿中に糖が排出される理由を述べよ。

問 6 下線部(6)について、以下の(a)~(e)のうちⅠ型糖尿病の特徴を説明したものはⅠを、Ⅱ型糖尿病の特徴を説明したものはⅡを、どちらでもないものには×を記せ。

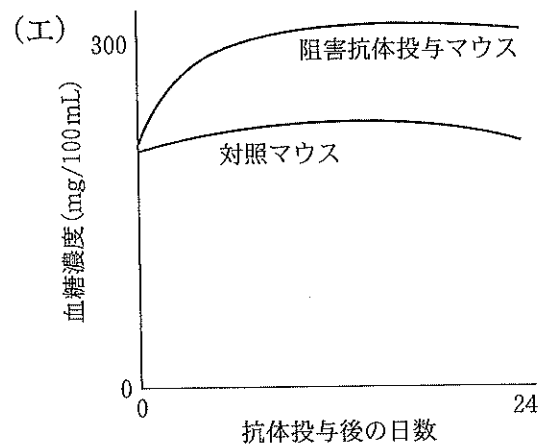
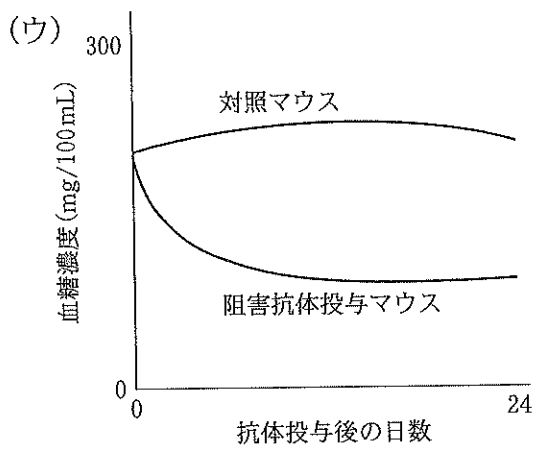
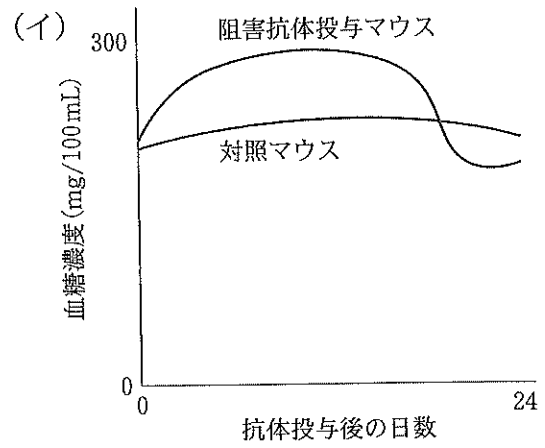
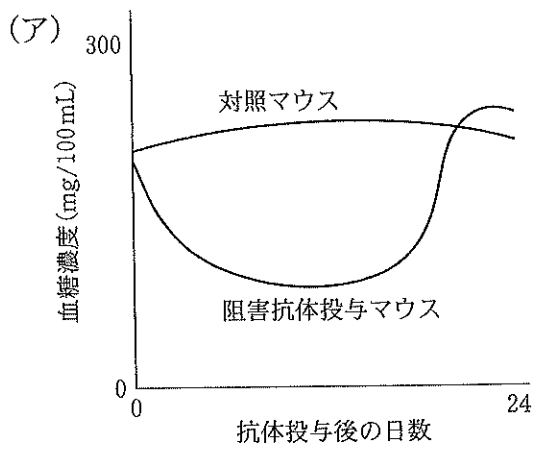
- (a) 最終的にすべてのB細胞が破壊され、インスリンが欠乏する。
- (b) 最終的にすべてのA細胞が破壊され、グルカゴンが欠乏する。
- (c) 細胞のインスリンへの反応性が低下している。
- (d) 日本人が罹患している糖尿病の多くを占める。
- (e) B細胞は残存しているが、それぞれのB細胞のインスリン分泌量が低下している。

問 7 下線部(7)について、実験1～実験3の結果として適切と考えられるものを、それぞれ下図(ア)～(カ)より選び、その組み合わせ(実験1—実験2—実験3)を以下の(a)～(h)から選び、その記号を記せ。

- (a) アーウーオ (b) アーウーカ (c) アーエーオ (d) アーエーカ
 (e) イーウーオ (f) イーウーカ (g) イーエーオ (h) イーエーカ



問 8 下線部(8)について、実験4の結果として考えられるものを下図(ア)～(エ)より選び、その記号を記せ。



【4】 次のA, Bの文を読み, 問1～問7に答えよ.

A ネコの毛色に関わる遺伝子は多数知られており, そのうちの少なくとも3つの遺伝子座の遺伝子が, オレンジ・黒・白斑の3色斑の三毛ネコの出現に関与する. これらはそれぞれ異なる染色体上に存在する遺伝子座であり, ここでは便宜的にA, B, D遺伝子座とする. A遺伝子座は白色・有色の決定に関わる. 優性遺伝子Aをもつ個体は他の遺伝子座の遺伝子型とは無関係に全身が白色となり, 劣性遺伝子aのホモ接合個体は有色となる. B遺伝子座の優性遺伝子Bは毛色をオレンジ色に, 劣性遺伝子bは黒色にする. D遺伝子座は白斑の有無に関与し, 優性遺伝子Dをもつ個体には白斑が現れ, 劣性遺伝子dのホモ接合個体には白斑はできない.

ネコはヒトと同様に, XY型の性染色体を持つ. ネコの毛色にオレンジ色と黒色の斑が生じるのは, B遺伝子座がX染色体上に存在し, 雌では2本あるX染色体のうちの1本が不活性化されることによる. このX染色体の不活性化は発生のごく初期に細胞ごとに起こる. そして, いったん不活性化されると, 生殖細胞でリセットされる以外は, 細胞が何回分裂してもその子孫細胞では同じX染色体の不活性化状態が維持される. このために三毛ネコはほとんどが雌である. しかし, まれに雄の三毛ネコが生まれることがあり, ほとんどの場合, それらの雄は性染色体を3本もち, 不妊である. 三毛ネコの誕生に関しては, 体細胞由来のクローン動物の作製で興味深い報告がされている. オレンジ・黒・白斑の三毛ネコの体細胞由来のクローンネコを作製したところ, 黒・白斑やオレンジ・白斑といった2色の毛色のクローンネコしか生まれなかったのである.

図1に示すように, 全身白色の雄ネコ①とオレンジに白斑の毛色をもつ雌ネコ②の間に, 全身白色の雄ネコ③およびオレンジ・黒の2色斑の雌ネコ④, オレンジ・黒・白斑の三毛の雌ネコ⑤が生まれた.

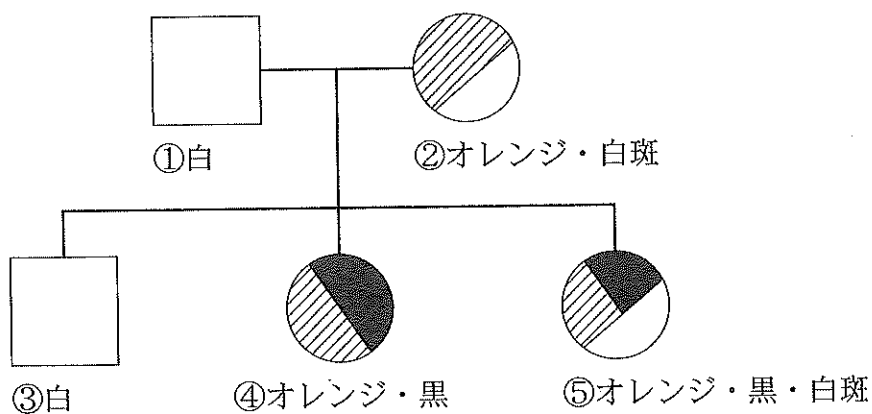
問 1 毛色に関わる遺伝子座の遺伝子型が同じ三毛ネコでも、同じ模様となることは基本的でない。その理由として考えられることを述べよ。

問 2 下線部(1)について、雄の三毛ネコの性染色体の構成として考えられるものを記せ。

問 3 下線部(2)について、クローンネコが2色の毛色であった理由として考えられることを述べよ。

問 4 図1の雌ネコ②と④の遺伝子型を記せ。ただし、遺伝子型はAA ; BB ; DD のように記せ。

問 5 図1の雄ネコ①と雌ネコ②の子として誕生するネコについて、③、④、⑤以外に考えられる毛色を、雌ネコ、雄ネコそれぞれについて記せ。答えはオレンジ・黒、オレンジ・黒・白斑のように記し、ほかに可能性がない場合は「なし」と記せ。



四角形は雄，円形は雌を表す

図1

B ネコでは尾の長さに関与する遺伝子も知られている。日本で見られる短い尾の表現型にはJ遺伝子座が関与する。優性遺伝子Jのホモ接合個体は尾が非常に短く、劣性遺伝子jのホモ接合個体は尾が長くなる。Jjのヘテロ接合個体は中程度の長さとなる。野良ネコにおける尾の長さが異なる個体の割合は地域により様々であり、ある地域ではJ遺伝子座の関与による尾の非常に短い個体が⁽³⁾22.1%，中程度が49.8%，長い個体が28.1%であった。

また、M遺伝子座はイギリスのある島で見つかったもので、短い尾の表現型に関与する。優性遺伝子Mをもつと尾が短くなるが、Mのホモ接合個体は致死である。劣性遺伝子mのホモ接合個体は尾が長くなる。ある集団でM遺伝子座の関与による尾が短い個体の割合が⁽⁴⁾10.0%であった。

問 6 下線部(3)について、Jの遺伝子頻度pと、jの遺伝子頻度qを計算し記せ。ただし、 $p + q = 1$ とする。

問 7 下線部(4)について、この集団で交配がまったく任意(ランダム)に行われたとしたときに、次世代での尾の短い個体の割合(%)を計算し記せ。答えは四捨五入し、小数点以下第1位まで求めよ。なお、新たな突然変異は起こらないものとする。

【5】 次のA, B, Cの文を読み, 問1~問13に答えよ.

A 神経組織は, 神経細胞とそれを取り囲むグリア細胞⁽¹⁾などによって構成されている. 神経細胞は, 核のある細胞体, 他の細胞から信号を受け取る [1], 効果器などに信号を伝える [2] から構成されており, 末梢神経のほとんどの [2] は, シュワン細胞が何層にも巻きついた [3] をもつ. この [3] をもつ [2] では, その構造が一定間隔で欠けた部分があり, この部分を [4] という. 興奮の伝達において, [3] が絶縁体の役目を果たし, 活動電流は [4] ごとに伝わることで伝達速度を上昇させている. この興奮の伝わり方を [5] と呼ぶ.

神経細胞の膜電位は -70 mV 程度に保たれているが, 神経細胞を刺激すると活動電位が発生し, 膜電位が一瞬, 負から正になる. この活動電位が発生する刺激には閾値があり, 閾値以下の刺激には全く反応しない. また, 閾値以上の刺激を与えても反応の大きさは変わらない. このような神経細胞の性質を [6] という. 神経細胞の興奮は, シナプスにおいて神経伝達物質⁽⁴⁾により, 次の細胞へ一方向に伝えられる. 具体的には, 活動電位による興奮がシナプス前細胞の神経終末まで伝導すると, 神経終末内部に存在する [7] に蓄えられた神経伝達物質が次の細胞とのすき間である [8] に放出される.

問1 文中の [1] ~ [8] に当てはまる適切な語句を記せ.

問2 下線部(1)について, グリア細胞の役割を2つ記せ.

問3 下線部(2)について, 静止電位が保たれているしくみを簡潔に記せ.

問4 下線部(3)について, (A)閾値以上の刺激を加えても反応の大きさが一定である理由を述べよ. また, (B)反応の大きさが一定であるのに, 神経が刺激の強さの違いを伝えられるしくみを記せ.

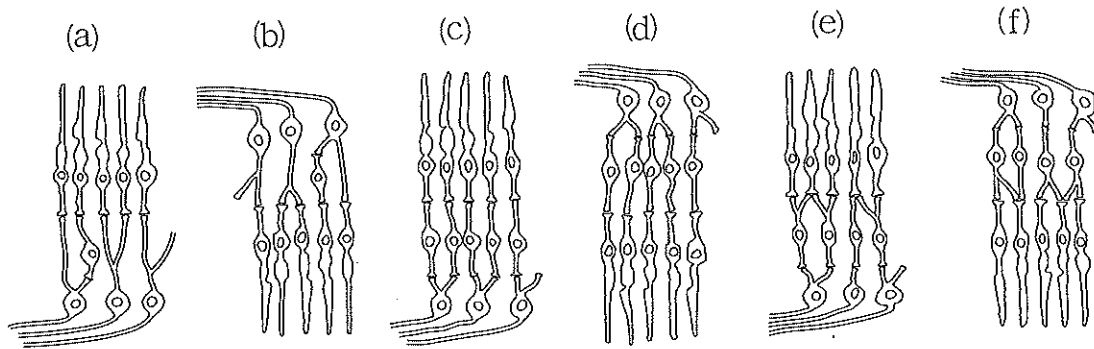
問5 下線部(4)について, 代表的な神経伝達物質を3つ記せ.

B 動物は、環境中のさまざまな情報を検知し、必要な場合には環境の変化に対して自らの体を動かすことによって対応する。環境中の情報を集めるのが受容器であり、ヒトの体には外界の情報を検知するためのさまざまな受容器が備わっており、多くの適刺激を受容している。たとえば、内耳では3つの異なる⁽⁵⁾適刺激を受容される。それぞれの受容器には、その目的のために高度に特殊化⁽⁶⁾した感覚細胞がある。受容器で獲得した環境情報は脳へ送られて処理される。受容器によって、感覚情報を脳へつなぐ神経回路も異なる。例えば、視覚の神経回路では、まず網膜内で、連絡神経細胞が複数の隣接する視細胞とつながる⁽⁷⁾とともに、反対側で視神経細胞とつながる。さらに、視神経細胞の軸索は、視神経として眼球を出て視交叉を経て間脳とつながるが、ヒトでは半交叉と呼ばれる様式をとる。⁽⁸⁾視覚情報は、さらに間脳を経て大脳皮質の視覚野へ送られる。ここで、視覚認識が行われるとともに、さらに他の皮質領域との連絡を経て、視覚に意味があたえられる。ヒトの大脳皮質は非常に大きく、感覚機能の⁽⁹⁾中枢は感覚によってその位置が異なることが知られている。これを大脳皮質の機能局在と呼ぶ。

問 6 下線部(5)について、(A)3つの適刺激の名称、(B)それぞれの適刺激を受容する部位の名称をそれぞれ記せ。

問 7 下線部(6)について、聴細胞が音を感じるために使われる細胞上の構造の名称を記せ。

問 8 下線部(7)について、網膜内の神経回路の模式図として最も適当な図を下図(a)~(f)から選び、その記号を記せ。なお、すべての図は上方から光が入るように描いてある。



問 9 下線部(8)について、左の眼球を出た視神経が半交叉の様式で間脳まで届く経路を説明せよ。

問10 下線部(9)について、(A)視覚と(B)聴覚の感覚を受容する大脳皮質の部位として最も適切なものを、下図の㉑~㉓から選び、その記号を記せ。

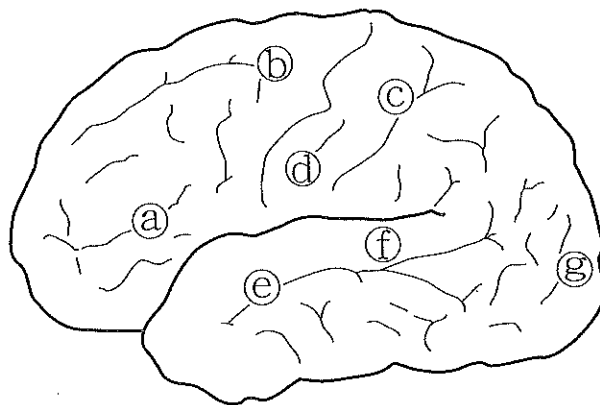


図1 ヒトの大脳の左側の側面図

C ヒトは外部環境の情報の多くを視覚に頼っており、そのため、ヒトの視覚系は高度に発達した構造になっている。眼は外胚葉上皮と神経管の2つの異なる組織に由来する。⁽¹⁰⁾ 眼の発生では、この2つの組織間の相互作用や誘導現象によって角膜、水晶体、毛様体、網膜などさまざまな組織が形成されると考えられている。眼の発生は眼胞期、眼杯期、水晶体形成期の3段階に分けて考えることができる。図2は、眼胞期の発生途中の眼を模式的に描いたものである。

ヒトの網膜には、視覚の受容を考える上で、2つの特殊な部位があり、図3では、(あ)および(い)によって示されている。これらの構造の意味を知ることによって、ヒトの視覚認識の特殊性を理解する事ができる。また、図3には網膜内の2種類の視細胞の分布が(ア)または(イ)として描かれている。

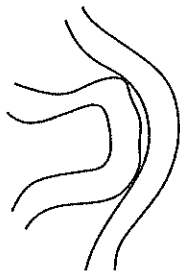


図2 眼胞期の発生中の眼
(片側だけを描いてある)

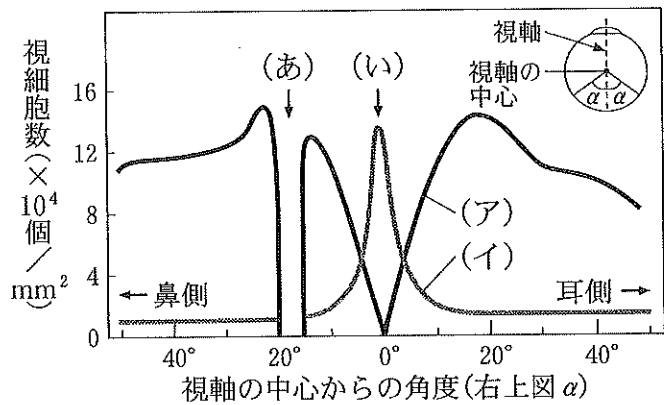


図3 視細胞の分布

問11 下線部(10)について、図2を参考にして、眼杯期と水晶体形成期の眼の模式図を描け。また水晶体形成期の図中には、描いた主要な構造について、そこから形成される組織の名称を記せ。

問12 図3の(ア)と(イ)の曲線が示す視細胞の種類を記せ。

問13 下線部(11)について、図3の(あ)と(い)が示している部位の(A)名称と、(B)その部位の特徴を記せ。

— 余 白 —

(このページに問題はありません)