

平成 24 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 ～ 9	2 枚	左の 3 科目のうちから 2 科目を選択せよ。
生 物	10 ～ 23	2 枚	
物 理	24 ～ 33	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(7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】 次の文を読み、各問に答えよ。

耳殻で集められた音は外耳道を通り、 に達する。 の振動は中耳にある の振動に変わり増幅され内耳に伝えられる。内耳にある感覚細胞はこの振動をその感覚毛の動き(傾き)として捉えて興奮することで音の情報を聴神経を介して大脳へ伝える。視細胞には と の2種類があり、 は色を見分けることができるのが特徴で、 は微弱な光を感じるができるのが特徴である。化学物質がその受容体に結合することから感覚細胞が興奮する感覚は と である。マウスはヒトよりも に優れ、鋤鼻器官というフェロモンの受容に働く特別な器官の研究も進んでいる。

神経細胞の細胞膜にはナトリウムポンプがあり、 を分解して生じるエネルギーを使ってナトリウムイオンを細胞外に、 イオンを細胞内に輸送することで、細胞内にはナトリウムイオンが少なく、 イオンが多いという状態を作っている。一方、細胞外ではナトリウムイオンが多く、 イオンが少ない。すなわち、それぞれのイオンについて細胞膜を隔てて が生じている。静止状態ではナトリウムイオンは細胞膜をほとんど できない。それに対し、 イオンは しやすくなっており、 に従って、細胞内から細胞外へ流出する。すると細胞外にプラスイオンが増え、細胞内では減るので細胞内は負、細胞外は正という電位差、すなわち電位の勾配が生じ、 イオンは電位勾配に逆らって流出しにくくなる。 と電位勾配とのバランスによって実質的に イオンの流出が止った時の電位を平衡電位と呼び、静止状態では静止電位となる。興奮時はまずナトリウムイオンに対する 性が大きく上昇し、 に従ってナトリウムイオンが細胞内に流入してくる。すると細胞内が正となった活動電位が生じる。少し遅れて イオンの 性も大きく上がり、

ナトリウムイオンの  性はすぐに下がるので、細胞内は正になるものの一瞬ですぐに負に戻る。

問 1  にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 内耳にあるうずまき管、前庭、半規管の担当する感覚をそれぞれ記せ。

問 3 以下の文章の  にあてはまる適切な語を下記から選び、その記号を記せ。

眼が  を経て発生してきたこと考えると、 などを含む  は  の一部であると言える。一方、 から生じるのは目に入る光が最初に通過する  や  などである。

- (a) 水晶体, (b) 脳, (c) 色素細胞層, (d) 角膜,  
(e) 網膜, (f) 表皮, (g) 眼胞,

問 4 フェロモンとは何か、簡潔に述べよ。

問 5 神経細胞の細胞外のナトリウムイオン濃度が減少すると、活動電位の大きさはどう変化するか記し、その理由も述べよ。

問 6 静止電位がより強い負の値を示すようになるためには、神経細胞の細胞外のイオン組成はどのように変化する必要があるか記し、その理由も述べよ。

【2】 次の文を読み、各問に答えよ。

ヒトを含め、多くのほ乳類では胚発生のある段階において、2つあるX染色体のランダムに選択された一方は不活性化され、不活性化されたX染色体からは遺伝子発現が起らない。この現象をX染色体の不活化という。この不活化された形質は、分裂後の娘細胞に引き継がれる事が知られており、通常は生殖細胞系列以外では不活化されたままである。このためX染色体上のある遺伝子がヘテロ接合であった場合、その遺伝子は個体全体でモザイク状の発現パターンを示すことが知られている。この例として三毛猫における体毛のまだら模様<sup>(1)</sup>の形成が知られている。

遺伝子疾患とは、遺伝子の異常が原因となって引き起こされる疾患の事である。12番染色体上のフェニルアラニン水酸化酵素遺伝子の異常によって引き起こされる  尿症、減数分裂時に染色体の不分離が生じ<sup>(2)</sup>、21番染色体が3本になることで発症するダウン症候群など多くの遺伝子疾患が知られている。これらは常染色体異常が原因とされている疾患であるが、性染色体に起因する疾患も知られている。その代表的な例として血友病がある。血友病患者ではX染色体上の血液凝固因子をコードする遺伝子に異常があるため、正常な血液凝固因子<sup>(3)</sup>を作ることができず、血液凝固がおこらない。このような性染色体に依存する遺伝形式を  遺伝という。同じくX染色体上に原因遺伝子が存在する遺伝子疾患としてレット症候群がある。この疾患は女兒のみで発症が確認される疾患<sup>(4)</sup>であり、その発症率は1—2万人に1人とされる。この疾患の患者は、精神発達・運動機能障害を持つが<sup>(5)</sup>、実際には個々の患者によって症状の程度は様々であり、重度の者は歩行や会話を行うことすらできない。多くのレット症候群の患者では、この疾患の原因遺伝子とされているX染色体上のMECP2遺伝子に何らかの突然変異が確認されている。近年の研究から、神経細胞(ニューロン)でMECP2タンパク質が機能しなくなることによって神経細胞に異常が生じ、結果として上述の症状が引き起こされる可能性が報告されている。しかしながら、詳しい発症機構は解明されていない。

問 1  にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 下線(1)について、通常、雄の三毛猫は存在しない。その理由を述べよ。

問 3 下線(2)の減数分裂について適切なものを下記から全て選び、その記号を記せ。

- (a) 染色体の複製は第一分裂後に行われる。
- (b) 一つの生殖母細胞から、必ず 4 つの機能的に等価な娘細胞が生じる。
- (c) 配偶子に含まれる DNA 量は、通常は生殖母細胞の約  $1/2$  である。
- (d) 減数分裂では、染色体の複製を伴わない。

問 4 下線(3)の血液凝固について明らかに不適切なものを下記から全て選びその記号を記せ。

- (a) フィブリンが多数結合してフィブリノーゲンになる。
- (b) プロトロンビンは血液凝固因子の作用により、トロンビンになる。
- (c) トロンビンが多数結合して出来た血の塊を血餅という。
- (d) カルシウムイオンが無ければ、血液凝固はおこらない。

問 5 血友病が一对の対立遺伝子のみによって決定されていると仮定した場合、正しいものを下記から全て選びその記号を記せ。ただし、女性のヘテロ型は保因者であり、血友病を発症しないものとする。

- (a) 発症男性と、保因女性から生まれる子は全員血友病を発症する。
- (b) 正常男性と、保因女性から生まれる女の子は血友病を発症しない。
- (c) 発症男性と、発症女性の子で血友病を発症しない子がいた。
- (d) 正常男性と、発症女性から生まれる男の子は全て血友病を発症する。
- (e) 発症男性と、正常女性から生まれる女の子は全て保因者となる。

問 6 下線(4)について、なぜ男児で発症が確認されないのか、その可能性を説明せよ。ただし、レット症候群の発症には *MECP2* 遺伝子の変異以外の原因は関与せず、かつ全ての患者での変異箇所は同じであると仮定する。

問 7 下線(5)について、なぜ症状に個人差が出ると考えられるか、その可能性を説明せよ。この場合も問 6 と同様、レット症候群の発症には *MECP2* 遺伝子の変異以外の原因は関与せず、かつ全ての患者での変異箇所は同じであると仮定する。

問 8 実際には低確率ではあるが、男児のレット症候群の患者が報告されている。しかしこの患者では必ず、ある別の染色体異常が同時に引き起こされている。この染色体異常はどのようなものであると推察されるか。簡潔に記せ。ちなみに雄の三毛猫も同様の染色体異常が原因でごく僅かではあるが存在している。

【3】 次のA, Bの文を読み, 各問に答えよ。

A 進化の定義は, 集団を形成している個体(種)の形質が世代を経るに従って遺伝的に変化することである。このように生物種は一定不変のものではなく, 長い時間の間にある種の一部から新しい集団が分かれて新しい種が誕生する。

(1)  
地球上で生物が進化してきた道筋は系統と呼ばれる。生物間の系統関係を推定する方法は数多くある。一つは外部形態の比較である。系統関係はないが, (2) 同じ機能をするようになった器官や, 似た形態になった器官を相似器官(3) といふ。

問 1 下線(1)のように種が分化, 確立していく為には集団の隔離が必要であるが, どういった隔離があるか2つ記せ。

問 2 生物間の系統関係を推定するのに, 下線(2)以外にどのような比較が行われるか2つ記せ。

問 3 下線(3)の相似器官の例を下記から全て選びその記号を記せ。

- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| (a) 鳥類の翼と昆虫の翅       | (b) ニワトリの翼とイルカの胸鰭 |
| (c) 魚類の背鰭とイルカの背鰭    | (d) 魚類のえらとヒトの肺    |
| (e) 魚類の浮き袋とヒトの肺     | (f) ジャガイモとサトイモ    |
| (g) サツマイモとジャガイモ     | (h) カラタチのとげとバラのとげ |
| (i) カラタチのとげとサボテンのとげ |                   |

問 4 ヒトにあって, ニワトリにない器官を3つ記せ。

B ニワトリには羽毛をもつ翼と、鱗をもつ足がある。ニワトリの四肢の発生は、ステージ 18 ごろから脇腹に肢芽とよばれる膨らみが出現することで始まる。肢芽はその後伸長し、扁平になり、ステージ 22 で指骨の個性が決まり、種々の筋肉と骨の要素ができる。その後発生が進み、最終的に前肢は 3 本指骨 (a-b-c) を持つ翼となり、後肢は 4 本指骨 (I-II-III-IV) を持つ足となる (図 1)。ニワトリの前肢の 3 本指骨が、後肢の I-II-III に対応するのか II-III-IV に対応するのかは、恐竜との系統関係を考える上でも重要であり、長年論議の対象であった。ニワトリ肢芽の後方部分には、ソニックヘッジホッグ (以下 shh と記述) という分泌タンパク質をコードする遺伝子が発現していることが分かっている。発生過程では指の個性 (番号) が決まるステージ 22 で、前肢、後肢とも shh の発現領域に隣接する外側前方部から肢芽の前側に向かって III-II-I と指骨の性質が決定される。発生中のニワトリの肢芽を用いて行われた以下の実験に関して、問いに答えなさい。

#### 実験 1

ステージ 22 の前肢肢芽の shh 発現領域を標識し、切り取り、同じステージの別の個体 (宿主) の前肢肢芽の前方部に移植すると、c-b-a-a-b-c といった鏡面对称の指骨をもつ翼が発生した。この時標識した細胞は形成された指骨の中には存在しなかった。

#### 実験 2

ステージ 22 の前肢肢芽の shh 発現領域を標識し、切り取り、同じステージの別の個体 (宿主) の後肢肢芽の前方部に移植すると IV-III-II-I-I-II-III-IV といった鏡面对称の指骨をもつ足が発生した。この時標識した細胞は形成された指骨の中には存在しなかった。

#### 実験 3

ステージ 22 に後肢肢芽の shh 発現領域を標識し、切り取り、同じステージの別の個体 (宿主) の前肢肢芽の前側に移植すると、X-b-a-a-b-c といった指骨をもつ翼が発生した。ここで「X」は標識された細胞からなる後肢型指骨を示す。



問 5 実験 1, 2 から考えられる shh 発現領域の働きを述べよ。

問 6 実験 2 と実験 3 から考えられる移植片の性質について下記から全て選びその記号を記せ。

- (a) 前肢の移植片には宿主後肢の肢芽から翼を分化させる性質がある。
- (b) 後肢の移植片には宿主前肢の肢芽から足を分化させる性質がある。
- (c) 後肢の移植片はそれ自身が後肢型指骨に分化できる。
- (d) 前肢の移植片はそれ自身が前肢型指骨に分化できる。
- (e) 後肢の移植片はそれ自身が前肢型指骨に分化できる。
- (f) 前肢の移植片はそれ自身が後肢型指骨に分化できる。

さらに以下の新たな実験を加えた。

#### 実験 4

ステージ 20 の肢芽の shh 発現領域を標識すると、その後の発生では、前肢肢芽で標識された細胞は翼の後方部および c 指骨にも存在し、後肢肢芽で標識された細胞は足の後方部および IV 指骨にも存在した。

#### 実験 5

ステージ 22 の肢芽の shh 発現領域を標識すると、その後の発生では、前肢肢芽で標識された細胞は指骨を除く翼の後方部に存在し、後肢肢芽で標識された細胞は足の後方部および IV 指骨にも存在した。

#### 実験 6

ステージ 22 の肢芽で shh 発現領域の前側(図 2 右)を標識すると、その後の発生では、後肢肢芽で標識された細胞は、足の III 指骨に存在した。

問 7 上記の実験のように、細胞を標識し、その後の発生を観察することにより、一般的に何が分かるか簡潔に述べよ。

図 1

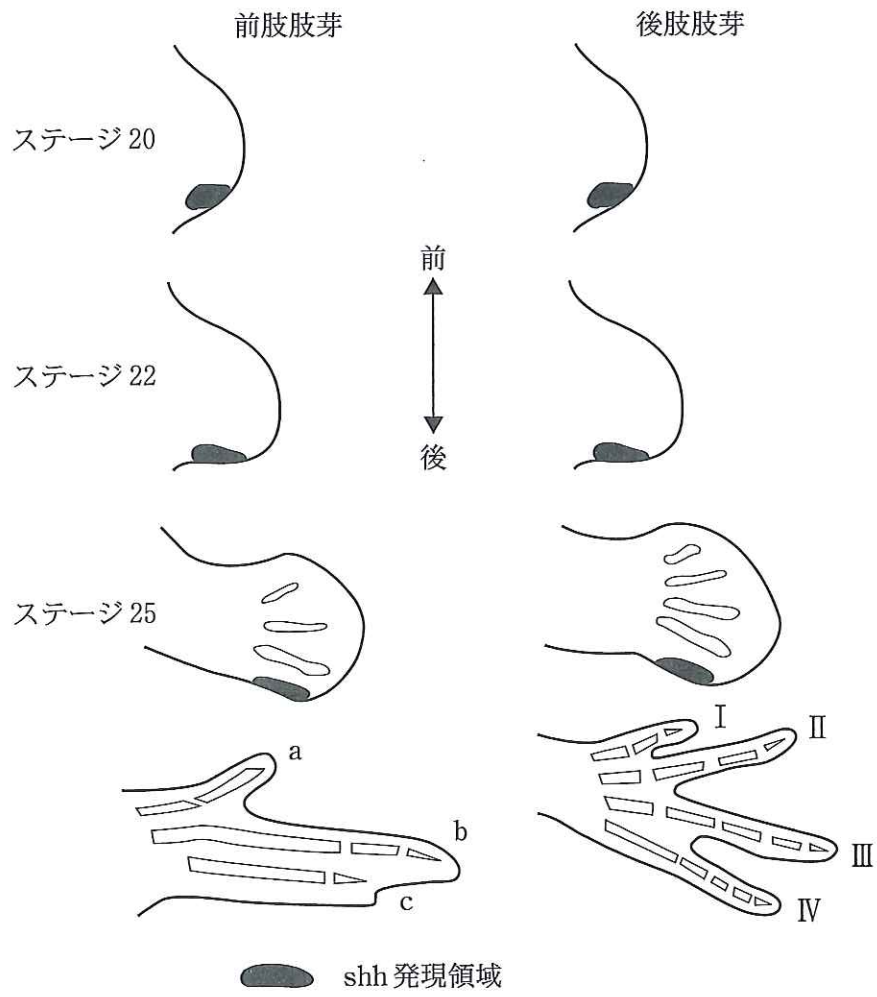


図 2



問 8 ステージ 22 の肢芽で shh 発現領域の前側(図 2 右)を標識したとき, 前肢肢芽で標識された細胞が, その後の発生で翼のどの部分に主に存在すると考えられるか, その場所を記せ。

問 9 ステージ 20 の肢芽で shh 発現領域の前側(図 2 左)を標識したとき, 前肢肢芽および後肢肢芽で標識された細胞が, その後の発生で翼および足のどの部分に主に存在すると考えられるか, その場所を記せ。

問10 ニワトリ前肢の c 指骨は, 後肢の何指骨と相同と考えられるか。その理由も述べよ。

問11 これらの実験から前肢の最後方指骨(c)の形成について考察できることを述べよ。

【4】 次の文を読み、各問に答えよ。

動物細胞の体細胞分裂では以下のような事象が起こる。

前期：各染色体が凝縮を始める。核の外側において、 が細胞の両極に移動し、それが起点となり、有糸分裂紡錘体の形成が始まる。

前中期： の消失が始まる。染色体は  を介して紡錘糸の主要構成成分である微小管に付着する。

中期：染色体は紡錘体の両極の間にある  に並ぶ。対をなす染色体の  微小管はそれぞれ反対側にある紡錘体の極に付着する。

後期：各染色体の2本の染色分体がそれぞれ分かれて両極に移動する時期。  
 微小管は短くなり、紡錘体の極も離れていくために、染色体が分離する。

終期：各染色体の2本の染色分体がそれぞれ紡錘体の極に到着する。染色体の周囲に新たな  が再形成され、有糸分裂が終了する。

細胞質分裂： フィラメントと  フィラメントからなる収縮環<sup>(1)</sup>により作られるくびれにより細胞質が2つに分割され、2個の娘細胞ができる。

問1  に当てはまる適当な語句を記せ。なお、 と  には筋節(サルコメア)の主要構成タンパク質2種類と同等のものが入る。

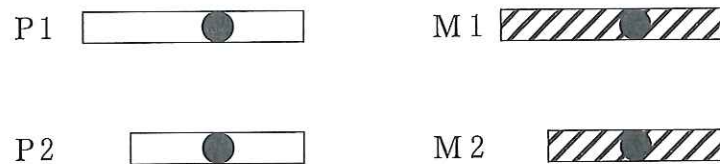
問2 微小管によって形成される、細胞の恒久的な構造の名称を2つ記せ。

問 3 下線(1)について、植物細胞の細胞質分裂において、(ア)収縮環の代わりに形成される構造の名称、(イ)この構造の由来となる、物質の細胞外への分泌にも関わる細胞内小器官の名称、を記せ。

問 4 細胞周期は間期と分裂期からなるが、分裂に先立って細胞内で複製されるものを DNA 以外に 1 つ記せ。

問 5 微小管に影響を与える薬剤コルヒチンにより多倍体の細胞を作る場合、どの様に多倍体の細胞が形成されるか説明せよ。

問 6 仮に 2 対の染色体 ( $2n = 4$ ) から成る有性生殖を行う動物がいるとする。(ア)体細胞分裂の中期と(イ)減数分裂の第一分裂中期における染色体の状態を紡錘体の状態と共に解答欄に模式的に示せ。尚、下図の様に 1 本の染色体を長方形で描き、母方の染色体には斜線を引き、動原体を黒丸で示せ。父方の染色体を P1, P2, 母方の染色体を M1, M2 とし、P1 と M1 そして P2 と M2 を相同染色体とする。P2 と M2 は P1 と M1 よりも短い長方形として、図中に記せ。解答用紙の○は紡錘体の極とする。



問 7 分裂後の 2 つの娘細胞が異なる運命に至る分裂を非対称分裂と呼び、細胞の多様性を生み出すのに必須の過程である。通常の細胞分裂にどのような事が起これば非対称分裂が誘導されると考えられるか、例を 1 つ述べよ。

【5】 次のA, Bの文を読み, 各問に答えよ。なお, 問8以降に必要な計算式等は解答用紙の余白に記載しても良い。

A 多細胞生物のからだは, 形もはたらきも異なるさまざまな細胞で構成されている。生物の発生過程において, 細胞が形態や働きの異なる細胞に変化することを  といい, 細胞が全ての種類の細胞に変化できる能力を <sup>(1)</sup>  という。

生物の染色体に含まれる全DNA(遺伝情報)のことを  という。1つの細胞(母細胞)が分裂してできた2つの娘細胞は, 基本的にたがいに同じ遺伝情報をもっている。この過程には, DNAの複製をとまなう。<sup>(2)</sup>

問1  に当てはまる適当な語句を記せ。

問2 下線(1)の能力をもつ細胞を, 下記から全て選びその記号を記せ。

- (a) 受精卵                      (b) 筋肉細胞                      (c) 神経細胞  
(d) 精子                          (e) カルス

問3 下線(2)に関する次の5つの記述の下線部において適切なものには○を, また, 誤っているものはその部分を正せ。

- (a) 母細胞でDNAは複製する。  
(b) 真核生物の複製の起点は一方所である。  
(c) DNAを構成する塩基であるシトシン(C)は, グリシン(G)と結合しやすい性質をもつ。  
(d) DNAの複製には酵素がはたらく。  
(e) DNAの複製によって, 全て新しく合成された鎖になる。

問4 DNAの(ア)分子構造と(イ)その構造を提唱した著名な人物2名を記せ。

問5 近年, クローン動物が誕生し世界中の注目を集めている。クローン技術の利点および問題点をそれぞれ具体的に説明せよ。

B ヒトの MN 式血液型には M 型, N 型, MN 型の 3 つがあり, これは優劣のない一対の対立遺伝子 M と N によって決定される。一方, ヒトの耳あかの湿性と乾性は一対の対立遺伝子により決定されており, 湿性が乾性に対して優勢である。耳あかの遺伝子は MN 式血液型の遺伝子とは別の染色体上に存在している。

ハーディ・ワインベルグの法則とはある前提条件を満たす集団内では, 集団内の対立遺伝子の比率は世代を重ねても変化しないという法則である。この法則が成り立つ人口約 99 万人の小国がある。この国では 188188 人の耳あかが湿性であった。また N 型で耳あかが乾性のヒトは 451154 人であった。

問 6 M 型で湿性の父親と N 型で乾性の母親の子どもの MN 式血液型と耳あかの性状で考えられる組み合わせを全て記せ。

問 7 ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つのに必要な前提条件を全て述べよ。

問 8 この小国における湿性および乾性の遺伝子の頻度は約何% か記せ。

問 9 この小国における M 型, MN 型, N 型のヒトの頻度は約何% か記せ。

問10 この小国における M および N の遺伝子の頻度は約何% か記せ。

問11 この小国において M 型で乾性のヒトは総人口の約何% か記せ。

問12 この小国において MN 型で湿性のヒトは総人口の約何% か記せ。