

平成 23 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。

生命誕生以来、地球上の生物は様々な環境ストレスに曝されながらも巧みに適応して、生活の場を広げてきた。生物は初め水中だけで生活していたが、⁽¹⁾
 1 代の 2 紀から 3 紀になると、地球環境の変化を背景⁽²⁾
にして、植物が最初に陸上に進出した。陸上植物は 4 の共通性から水中
で生活する 5 類が祖先と考えられている。植物は表皮系に 6 が
発達して乾燥に適応し、また、 7 系が発達して水分と機械的強度を獲得
して重力に適応し、陸上で進化をとげてきた。やがて、クモ類や昆虫類などの陸
上節足動物が出現した。⁽⁴⁾その後、脊椎動物も陸上に進出し、めざましい進化をと
げてきた。⁽⁶⁾一方、陸上から空中へ、あるいは陸上から再び水中へと、生活の場を
求めたものも現れた。⁽⁷⁾このように、多様な環境に適応する新しい種の誕生と絶滅
を繰り返しながら、現在見られるような生物の多様性を獲得してきたのであ
ろ。⁽⁸⁾

問 1 にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 下線部(1)について、生物にとって水中で生活することの利点を二つ記せ。

問 3 下線部(2)について、(ア)それまでの地球環境では生物にとって陸上は危険な場所であったと考えられているのはなぜか。また、地球環境の変化とは(イ)何が、(ウ)どのように形成されたと考えられているかを記せ。

問 4 下線部(3)について、(ア)植物にとって水中と比べて陸上の利点を記せ。
また、最初に陸上に進出したのは(イ)菌類や動物ではないと考えられているのはなぜか、その理由を記せ。

問 5 下線部(4)について、コケ植物やシダ植物と比べて、種子植物の受精が陸上生活に有利な点を記せ。

問 6 下線部(5)について、節足動物が陸上に進出する上で有利と考えられる構造名を記せ。

問 7 下線部(6)について、下記の動物で窒素排出物が異なる。それぞれの(ア)窒素排出物名と、(イ)化合物の性質を記せ。また、(ウ)その化合物を排出することがその生物にとって有利と考えられる点を記せ。

(a) 両生類の幼生 (b) は虫類 (c) ほ乳類

問 8 下線部(7)について、(ア)異なる祖先の生物が同じような生活様式に適応することによってよく似た特徴をもつことを何と呼ぶか。また、陸上から水中生活に適応してよく似た特徴をもった(イ)は虫類、(ウ)鳥類、(エ)ほ乳類を一つずつ記せ。

問 9 下線部(8)について、植物は花や果実、動物はおもに口の形態が、互いに密接に関係して、多様化に大きな役割をはたしたことが知られている。このような現象を何と呼ぶか記せ。

【2】 次の文を読み、各問に答えよ。

フルマラソンは過酷なスポーツである。42.195 km 先のゴールに至るまでに 30 km あるいは 35 km の「壁」と呼ばれるものがあり、多くのランナーが苦しみ、ペースを落とすことになる。これは体内の糖が不足し、運動のため主として依存するエネルギー源が糖から脂肪などに切り替わるためといわれている。トレーニングや減量あるいはレース時の適切な食物の摂取の工夫によって「壁」が来ることを遅らせたり、その変化に体を適応させていく努力がなされている。

素早いグルコースの吸収を目指すスポーツ飲料はグルコースだけでなく、 も含んでいる。これは小腸の上皮細胞がグルコースを細胞内に輸送するとき、 によって細胞 で高く、細胞 では低く保たれている の濃度勾配を利用して と一緒にグルコースを細胞内に輸送するというしくみに基づいている。飲料に が含まれていないと、濃度勾配が低くなり、グルコースの輸送の速さが遅くなってしまう。

アミノ酸もまたエネルギー源としても利用され始め、また筋肉の内部が酷使によって損傷することからも、筋肉の維持や回復のためアミノ酸の補給も重要となる。スポーツ飲料の中には アミノ酸を含んでいるものも多い。ヒトが体内で合成できない アミノ酸は実際に筋肉を構成する主要タンパク質に多く含まれている。

骨格筋には横紋構造が見られ、これは筋節(サルコメア)を単位としている。サルコメアは から までの構造である。運動神経の軸索末端まで興奮が伝導すると、 が放出され、それを表面に結合した筋細胞が興奮する。この興奮はT管を介して に伝えられ、そこから の細胞質への放出を促す。ミオシンフィラメントはいつでも を分解して力を発生する用意があるが、 の濃度が低いとアクチンフィラメントと相互作用ができない。 はアクチンフィラメント上のトロポニン複合体に結合している。その結合は、同じくアクチンフィラメント上に結合しており、ミオシンフィラメントとの相互作用を阻害していたトロポミオシンの位置をずらすことにより相互作用を可能にする。滑り説というのは、ミオシンフィラメントの隙間にアクチンフィラメントが滑り込むことで筋収縮が起きるという説である。

問 1 にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 アミノ酸の代謝により生じる有害な窒素化合物を哺乳類では比較的無害な窒素排出物に変えて排出するが、この生成反応を(ア)何と呼ぶか。また、(イ)それが行われる器官はどこか記せ。

問 3 グルコース 1 モルを使った場合、 $\text{グルコース} + 6 \text{O}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 12 \text{H}_2\text{O}$ という反応の結果、38 モルの ATP が生成されるといわれている。一方、パルミチン酸 1 モルを使った場合、 $\text{パルミチン酸} + 23 \text{O}_2 \rightarrow 16 \text{CO}_2 + 16 \text{H}_2\text{O}$ という反応の結果、129 モルの ATP が生成されるとされている。主要なエネルギー源が糖から脂肪へすっかり切り替わったと仮定し、この例から、「壁」によってランナーが苦しむ理由を考察せよ。

問 4 酸素を用いた ATP の生成はミトコンドリア内で行われる。このミトコンドリアや葉緑体は、好気性細菌やラン藻が進化の過程において、他の細胞に侵入して共生した結果できたものだと考えられている。その根拠を二つ記せ。

問 5 滑り説において、ミオシンフィラメントの中央に向かってその両側からアクチンフィラメントが滑り込む。その理由をミオシンフィラメントの構造と機能から説明せよ。

問 6 筋肉は発生において(ア)どの胚葉から分化するか。また(イ)主としてその胚葉から分化する器官や細胞を下記から全て選びその記号を記せ。

- | | | | |
|---------|---------|--------|----------|
| (a) 骨 | (b) 甲状腺 | (c) 表皮 | (d) 腸間膜 |
| (e) 平滑筋 | (f) 血球 | (g) 肺 | (h) 肝臓 |
| (i) 腎臓 | (j) 心臓 | (k) 網膜 | (l) 運動神経 |

【3】 次のA、Bの文を読み、各問に答えよ。

A 血糖値は、ホルモンなどの液性因子や、交感神経などの [1] 系のはたらきにより維持されている。⁽¹⁾ 食事の後など血糖値が高い状態では、膵臓 [2] 島にある [3] 細胞からのインスリンの分泌が上昇する。このインスリンの作用により、骨格筋や脂肪組織では、血中グルコースの取込みが亢進し、肝臓では、 [4] の量が増加する。このようにインスリンが過剰なエネルギーを蓄える方向に代謝を調節することで、⁽²⁾ 血糖値が低下する。一方、絶食時など血糖値が低い状態では、副腎髄質から [5] ，膵臓から [6] ， [7] 前葉から成長ホルモンがそれぞれ分泌され、肝臓での [4] ⁽³⁾ 分解が亢進することで血糖値が上昇する。また副腎皮質から分泌される [8] は、肝臓において、 [9] を原料としたグルコース産生を⁽⁴⁾ 促進する。このような血糖値維持機能は、間脳 [10] ⁽⁵⁾ によりモニターされ、制御されている。

問 1 [] にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 下線部(2)について、インスリンは、グリコーゲンのような糖質の代謝だけでなく、脂肪の代謝にも作用を及ぼす。脂肪の生体内での機能を考慮し、インスリンの脂肪の代謝に対する作用として正しいものを、下記からすべて選びその記号を記せ。

- (a) 肝臓における脂肪の合成を促進する。
- (b) 脂肪組織における脂肪の合成を抑制する。
- (c) 骨格筋における脂肪の消費を促進する。
- (d) 脂肪組織に蓄えた脂肪の分解を促進する。

問 3 下線部(3)について、成長ホルモンを分泌する [7] からは、他に様々なホルモンが分泌されている。それらホルモンの中で(ア)血圧上昇に關与するホルモンの名称と(イ)排卵促進に關与するホルモンの名称をそれぞれ記せ。

問 4 下線部(4)について、副腎皮質からは、8 とは別のホルモンも分泌される。そのホルモンの(ア)名称と、(イ)主な作用を記せ。

問 5 下線部(5)について、10 によるモニターおよび制御の結果、ヒトでは血糖値が、どの程度に維持されているか、適切なものを下記から一つだけ選び、その記号を記せ。

- (a) 0.1 mg/ml (b) 1 mg/ml (c) 10 mg/ml
(d) 50 mg/ml (e) 100 mg/ml

B 大腸菌はグルコースを含みラクトースが欠乏した培地で生育しているとき、ラクトースを代謝・吸収するために必要な3種類のタンパク質(β ガラクトシダーゼ・ β ガラクトシドパーミアーゼ・ β ガラクトシドトランスアセチラーゼ)の合成レベルは非常に低い。これは [11] と呼ばれる調節タンパク質が、特定の塩基配列をもった [12] に結合することによって、その下流に位置する遺伝子発現が抑制されているためである。ところが、ラクトースが豊富でグルコースが欠乏した環境が変わると、ラクトース代謝物が [13] として調節タンパク質に結合し、調節タンパク質が [12] に結合するのを防げる。その結果、 [14] 部位に結合した [15] が機能出来るようになり、上記3種類の酵素を作る遺伝子の発現が誘導される。このような現象をもとに [16] と [17] により [18] 説が提唱された。⁽⁶⁾

一方、ヒトを含む多細胞真核生物では、正常に発生して適切な機能を個体が維持するために、適切なタンパク質が正しい時期に正しい細胞で合成されなければならない。そのため、原核生物に比べてその遺伝子発現調節機構は複雑かつ巧妙である。遺伝子発現は正確にコントロールされる必要がある、その破綻⁽⁷⁾は様々な疾患につながる事が知られている。

問 6 [] にあてはまる適当な語句を記せ。

問 7 下線(6)について、どのような大腸菌株の発見からこの説の提唱にいたったか記せ。

問 8 下線(6)について、この説による大腸菌の遺伝子発現調節機構には生存のためにどのような長所があると考えられるか記せ。

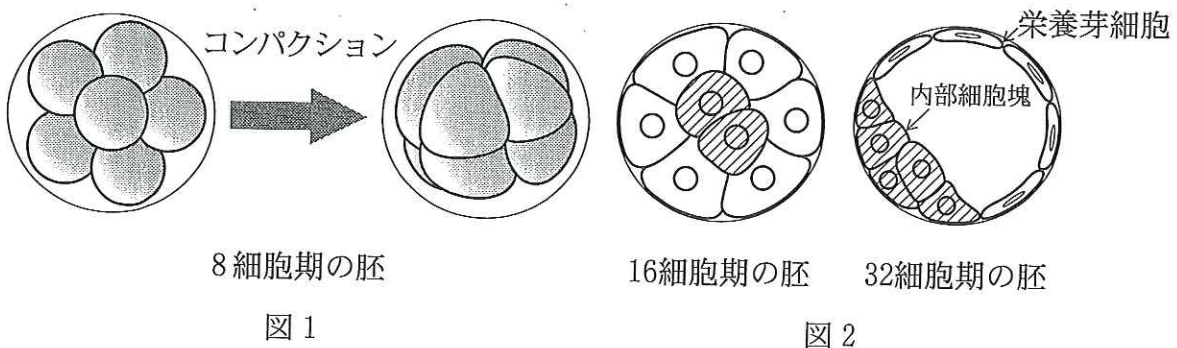
問 9 真核細胞において、(ア)転写と、(イ)翻訳が行われる細胞内小器官名を記せ。

問10 下線(7)について、真核細胞のセントラルドグマを考慮して、転写調節・翻訳調節以外に、遺伝子発現において調節可能な段階を3例記せ。

【4】 次のA, Bについて, 各問に答えよ。

A 生物が新しい個体を生じるはたらきを生殖という。このはたらきによって生物は を維持している。生殖には と とがある。 とは, 性とは無関係なはたらきによって新しい個体を作る方法であり, 新個体は親の形質をそのまま受け継ぐ。 の様式にはイソギンチャクの , ヒドラの , 水カビの 生殖, オニユリのむかごの 生殖などがある。 とは, 二つの個体からの が して新個体を作る方法であり, 新個体は新しい遺伝子の組み合わせを持つ。 を生み出すための分裂方法を という。

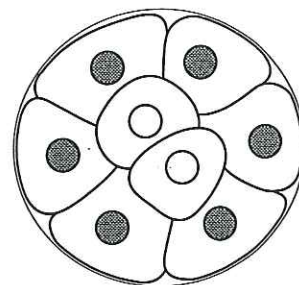
マウスやヒトなどの胚は3回の分裂により8細胞胚になった後, それまで(1)比較的ゆるく結合していた細胞の接着力が強まり, しっかりと互いに結合した8細胞胚になる。この現象をコンパクションと言う(図1)。さらに各細胞が1度分裂し16細胞胚になり, その後も細胞分裂が進んで胚の外側を被う栄養芽細胞と, 個体が形成される内部細胞塊とに分かれる(図2)。発生過程を調べたところ, 16細胞期に胚の外側に位置し, 外界と接している細胞がその後栄養芽細胞に, 16細胞期に胚の内側に位置する細胞が内部細胞塊の構成細胞へと分化することが分かった。



問 1 にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 下線部(1)について、コンパクション前の 8 細胞期の全割球が同じ大きさの球形の割球になるとしたとき、全娘細胞の細胞膜表面積の総和は、受精卵の表面積の約何倍になるか記せ。

B 栄養芽細胞となる発生運命を決定づける A 遺伝子にコードされる A タンパク質は、外側の細胞でのみ発現していた。A タンパク質の発現には B タンパク質が必要である。B タンパク質は合成後ただちに核に移行する。16 細胞期の胚において B タンパク質は図 3 の様に外側の細胞では核に存在していた。一方、内側の細胞では B タンパク質は特定部位のアミノ酸がリン酸化されることにより、恒常的な機構により効率よく分解されている。C タンパク質は B タンパク質の分解に必要な特定部位のアミノ酸をリン酸化する酵素である。16 細胞期の胚で外側に位置する細胞では、C タンパク質の活性が抑制されているため B タンパク質のリン酸化は起こらない。16 細胞期のマウス胚において行われた以下の実験に関して、問いに答えなさい。



正常な発生における
B タンパク質の局在

図 3

実験 1

B タンパク質の分解に必要な特定部位のアミノ酸を換え、リン酸化されない変異型 B タンパク質を、16 細胞期のマウス胚の全ての細胞に人工的に発現させた。

実験 2

常に活性のあるような変異型 C タンパク質を 16 細胞期のマウス胚の全ての細胞に人工的に発現させた。

実験3

ここで新たなDタンパク質が、16細胞期の外側に位置する細胞でのAタンパク質の発現に関与していることが分かった。通常、このDタンパク質は外側に位置する細胞ではたらいており、内側に位置する細胞でははたらきが抑制されている。活性型Dタンパク質をマウスの16細胞期の全ての細胞で人工的に発現させたところ、内側に位置する細胞でもBタンパク質が核に局在し、Aタンパク質が発現した。

問3 Bタンパク質のはたらきとして最もふさわしいものを下記から選びその記号を記せ。

- (a) A 遺伝子の転写を促進する。
- (b) A 遺伝子の転写を抑制する。
- (c) A タンパク質の翻訳を促進する。
- (d) A タンパク質の翻訳を抑制する。
- (e) A タンパク質の分解を促進する。

問4 実験1の16細胞期のマウス胚において、変異型Bタンパク質の局在を記せ。

問5 実験1の16細胞期のマウス胚において、(ア)外側の細胞、(イ)内側の細胞、それぞれで予想されるAタンパク質の発現の有無を記せ。

問6 実験2におけるBタンパク質について、ふさわしいものを下記から全て選びその記号を記せ。

- (a) 外側の細胞でBタンパク質は主に核に局在する。
- (b) 外側の細胞でBタンパク質は分解され、ほとんど存在しない。
- (c) 内側の細胞でBタンパク質は主に核に局在する。
- (d) 内側の細胞でBタンパク質は分解され、ほとんど存在しない。

問 7 以上の結果から考えられる可能性として、ふさわしいものを下記から全て
選びその記号を記せ。

- (a) Dタンパク質はBタンパク質の分解を抑えるはたらきがあるのではないか。
- (b) Dタンパク質はBタンパク質の分解を促進するはたらきがあるのではないか。
- (c) Dタンパク質はCタンパク質の活性を抑えるはたらきがあるのではないか。
- (d) Dタンパク質はCタンパク質の活性を促進するはたらきがあるのではないか。
- (e) Dタンパク質はCタンパク質の分解を抑えるはたらきがあるのではないか。
- (f) Dタンパク質はCタンパク質の分解を促進するはたらきがあるのではないか。

(余 白)

【5】 次の文を読み、各問に答えよ。

最近のバイオテクノロジーの発展は著しい。 を取り除いた卵細胞に別の個体の を移植することにより を提供した個体と同じ遺伝子を持つ 生物を作ることが可能である。 生物は優良な肉牛と同じ遺伝子を持った牛を誕生させるなど、畜産への応用が期待されている。しかし、エネルギー産生に必要な細胞内小器官である は卵細胞由来であり、この方法では完全に親と同じ個体を作ることが出来ない。最近、体細胞の性質を変えて、ほとんど全ての細胞に分化できる iPS 細胞を作製する技術が報告された。iPS 細胞は以前から研究が進められてきた と良く似た性質を持っている。 は と呼ばれるほ乳類初期胚から内部細胞塊と呼ばれる将来胎児になる部分の細胞を取り出し、あらゆる細胞に分化できる状態で培養し続けることにより得られる。マウスでは iPS 細胞や から完全な個体を作製することも可能である。iPS 細胞や を特定の細胞や組織に分化させ、これを移植して失われた機能を回復させる の可能性も検討されている。

iPS 細胞の への応用が可能になるといくつかの大きな利点がある。まず卵や初期胚を使う必要がないため倫理的な制約を受けない。また、各個人から作成可能で が同じ細胞を使用できるため、臓器移植において大きな問題となる を気にせず移植を行うことが可能である。この においては を認識する T 細胞が重要な役割を果たす。このとき T 細胞は直接移植片を攻撃する。このような免疫反応は 免疫の一形態と考えられる。免疫にはこの他に T 細胞に刺激された が産生する抗体などの液性成分による 免疫がある。抗体は抗原に特異的に結合する というタンパク質性の物質である。

問 1 にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 バイオテクノロジーの1つに遺伝子を導入するトランスジェニック技術がある。トランスジェニック技術の応用例として正しいものを下記から全て選びその記号を記せ。

- (a) X線照射により遺伝子に変異を導入し、冷害に耐性のある植物を作製する。
- (b) 緑色蛍光タンパク質の遺伝子を受精卵に導入することで、全身の細胞が緑色に光るマウスを作製する。
- (c) 害虫耐性遺伝子を植物細胞に導入し、必要な農薬の量が少なくて済む品種を作製する。
- (d) 特定遺伝子の発現が高い株を掛け合わせ、糖度の高い果実をつける品種を作製する。
- (e) 特定の配列の2本鎖RNAを受精卵に導入し、特定の遺伝子の発現を抑制した線虫を作製する。

問 3 T細胞が直接がん細胞や移植片を攻撃するときにはT細胞やマクロファージの間の相互作用と活性化が必要である。このしくみを、順を追って述べよ。

問 4 抗体の基本構造と機能を説明せよ。

問 5 非常に多数の抗原に対応する特異的な抗体を作り出すしくみについて述べよ。