

平成 28 年 度

試 験 問 題 ②

学 科 試 験

(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. 試験教科、試験科目、ページ、解答用紙および選択方法は下表のとおりである。

| 教 科 | 科 目 | ペ ー ジ | 解 答 用 紙 数 | 選 択 方 法 |
|-----|-----|---------|-----------|--|
| 数 学 | 数 学 | 1 ~ 12 | 1 枚 | 数学、英語は必須解答とする。 理科は左の 3 科目のうちから 1 科目を選択せよ。 |
| 英 語 | 英 語 | 13 ~ 16 | 1 枚 | |
| 理 科 | 化 学 | 17 ~ 28 | 2 枚 | |
| | 生 物 | 29 ~ 40 | 3 枚 | |
| | 物 理 | 41 ~ 50 | 1 枚 | |

3. 監督者の指示に従って、選択しない理科科目を含む全解答用紙(8枚)に受験番号と選択科目(理科のみ)を記入せよ。
 - ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ。
 - ② 理科は選択科目記入欄に選択する 1 科目を○印で示せ。

上記①、②の記入がないもの、および理科 2 科目または理科 3 科目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. 問題冊子の余白を使って、計算等を行ってもよい。
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】 次の問1，問2に答えよ。

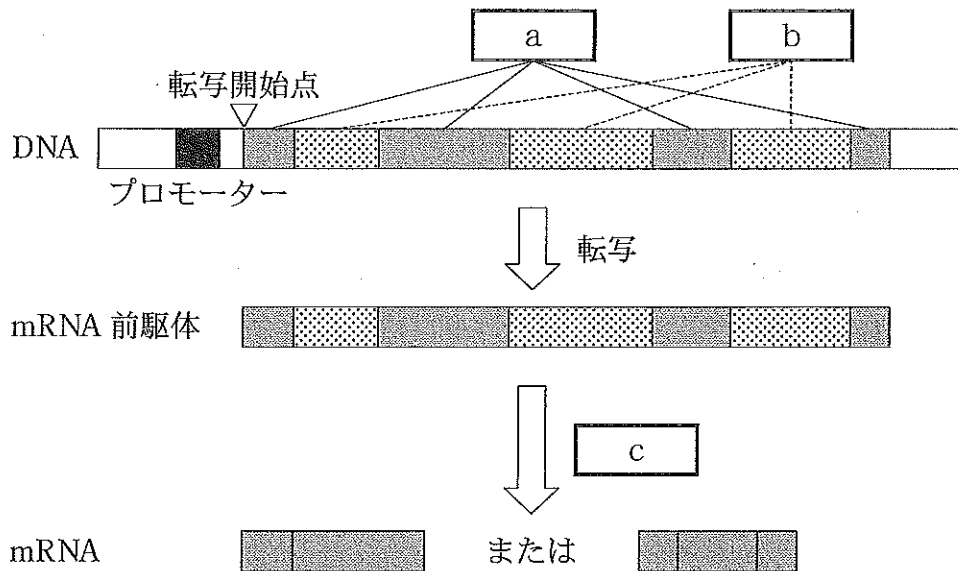
問1 文中の ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

ウニの精子は頭部，中片部，尾部からなる。頭部には核と がある。精子の細胞膜が卵のゼリー層に含まれる糖類を受容すると， はエキソサイトーシスにより卵のゼリー層や卵黄膜を分解する酵素を放出する。中片部にはミトコンドリアと があり， から細胞骨格の一種である が尾部の中に向かって伸びている。尾部は鞭毛^{べんまう}からなり， が，ミトコンドリアで作られる のエネルギーにより滑ることで尾部が屈曲する。

問2 以下の記述(A)～(C)それぞれについて，下線部の誤りを訂正し，解答欄に記せ。

- (A) ショウジョウバエの発生において，パールール遺伝子は胚の前後(頭尾)軸に沿って 14本の帯状に発現する。
- (B) ショウジョウバエの脚の数は，胸部2対と腹部1対の合計6本である。
- (C) 染色体数 $2n = 6$ の生物において，乗換えが起こらなかつたと仮定した場合，有性生殖の結果生じる受精卵の染色体の組み合わせは，1024通りとなる。

【2】 真核生物の遺伝情報の発現に関する模式図を以下に示した. 問1~問4に答えよ.



問1 ~ にあてはまる適切な語句を記せ.

問2 プロモーターとは何かを解答欄の枠内に記せ.

問3 図で示されるように, 1つの mRNA 前駆体から複数の mRNA がつくられることは, 生物にとってどのような利点があるか, 解答欄の枠内に記せ.

問4 ヒトの染色体1本あたりのDNAの平均の長さは4.3 cmである. ヌクレオチド対10個分のDNAの長さを3.4 nmとした時, ヒトの体細胞1個に含まれるDNAのヌクレオチド数を求め, 下から選び記号で記せ.

- (あ) 5.8×10^8 (い) 5.8×10^9 (う) 5.8×10^{10}
 (え) 1.2×10^9 (お) 1.2×10^{10}

【3】 次の文を読み，問 1～問 4 に答えよ。

細胞小器官の単離のために，スクロースを含む溶液^①でシロイヌナズナ幼植物体をすりつぶして細胞破碎液を得たのち，遠心分離機にかけた。遠心力を段階的に大きくして，さまざまな細胞小器官を分離した。最初に，細胞破碎液を 1,000 g で 10 分間遠心分離して沈殿 (P 1 画分) と上澄み (S 1 画分) を得た。さらに S 1 画分を 2,000 g で 20 分間遠心分離して沈殿 (P 2 画分) と上澄み (S 2 画分) を得た。S 2 画分を 10,000 g で 20 分間遠心分離して沈殿 (P 3 画分) と上澄み (S 3 画分) を得た。最後に S 3 画分を 100,000 g で 60 分間遠心分離して沈殿 (P 4 画分) と上澄み (S 4 画分) を得た。

(g は，重力の大きさを基準にした遠心力の大きさを表す)

問 1 下線部 ① について，スクロースを含む溶液を使用するのはなぜか，その理由を解答欄の枠内に記せ。

問 2 P 1 画分には DNA が多く含まれていた。この画分にある細胞小器官について，電子顕微鏡で観察したときの構造の特徴を述べよ。

問 3 P 3 画分をスクロース溶液で再懸濁^{さいけんたく}し，ツンベルク管主室に入れた。副室にメチレンブルーとコハク酸ナトリウムを加えてよく混ぜたのち，主室と連結した。管を脱気して，副室の液を主室に移してよく混合させた。この溶液の色はどのように変化するか，変化を A 欄に，その理由を B 欄に記せ。

問 4 P 4 画分に含まれる細胞小器官名を答えよ。

【4】 次の文を読み，問1～問3に答えよ。

植物の草丈が低い形質は矮性^{わい}と呼ばれ，正常な草丈のものと容易に区別できる。矮性形質は通常1つないし少数の遺伝子によって支配されている。

イネは自殖性が強く，自家受精を繰り返して品種が維持されているが，放射線育種によって矮性のイネを作り出すことができる。いま，あるイネ品種の種子に放射線をあて(S_0 世代)，それらを栽培して自家受精によって種子を得た(S_1 世代)。この S_1 世代を栽培して草丈が正常な1個体から自家受精によって種子を得た(S_2 世代)。この S_2 世代の中から矮性個体を1個体選んだ(A個体とする)。優劣関係のある対立遺伝子 B ， b の劣性のホモ接合で矮性形質を示していることがすでにわかっているB個体(遺伝子型： bb)をA個体に交雑し，後代における形質を調査したところ， F_1 はすべて正常な草丈を示した。 F_1 の自家受精で得られた F_2 の分離比は F_1 のどの個体から得た F_2 集団であっても正常：矮性が1：1に近いものとなった。

問1 A個体の矮性形質をもたらしている遺伝子はB個体の矮性形質をもたらしている遺伝子 b とは異なる遺伝子座にあると考えられる。その理由を解答欄の枠内に記せ。

問2 問1の草丈を支配し，異なる遺伝子座にある優劣関係のある対立遺伝子を A ， a と B ， b (B ， b は本文中と同じ)とする。A個体，B個体のそれぞれについて遺伝子型を答えよ。

問3 F_2 世代の分離比から，草丈を支配する2つの遺伝子座の位置関係はどのようなになっているか，解答欄の枠内で説明せよ。

【5】 次の文を読み、問1～問4に答えよ。

免疫のはたらきの1つは、さまざまな方法で抗原を認識して、抗体を産生し、抗原を排除することである。

始めに体内に侵入した抗原は に分類されるマクロファージに貪食・分解される。並行して抗原は、強い抗原提示細胞である樹状細胞にも貪食・分解される。次に、 の中でも に分類されるT細胞が樹状細胞上に提示された抗原情報を認識し、その後ヘルパーT細胞に分化する。

一方で、特異的な受容体を有するB細胞も抗原を提示する。これによりB細胞はヘルパーT細胞の助けを得て、抗体を産生できるようになる。

産生される抗体は、2種のタンパク質、即ち分子量の小さな と大きな よりなる計 本のポリペプチドを含んでいる。抗原に結合する抗体の部分を 部、それ以外を 部と呼ぶ。抗体が抗原に結合すると、マクロファージや がこれを効率よく貪食・分解できるようになる。

問1 ～ にあてはまる適切な語句または数字を記せ。

問2 T細胞が分化・成熟する器官名をあげよ。

問3 樹状細胞、T細胞並びにB細胞間で抗原情報の伝達が行われる器官名を答えよ。

問4 T細胞とB細胞の抗原認識の方法の違いを述べよ。

【6】 次の文を読み，問1～問3に答えよ。

ヒトの網膜には と という2種類の感覚細胞がみられる。
 は網膜の中心部より周辺部に多く，明暗を認識する。 は網膜の中心部の に特に多く， ， ， の3タイプがあり，この3タイプそれぞれがもつ色素により吸収する光の波長が違うため，さまざまな色を感じることができる。脊椎動物の色覚は何種類のタイプの をもつかによって決まり，魚類や両生類，は虫類の多くは4タイプ，霊長類以外の多くのほ乳類は2タイプをもつ。ほ乳類の祖先の多くは夜行性であったため，色覚の一部を失ったのではないかと考えられている。^① 霊長類はその^② 後，再び色覚の一部を入手している。

ヒトでは，ある種の色覚異常は男女差が大きい。これはこの色覚異常の遺伝形式が であるからと考えられる。

問1 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部①について，ほ乳類は色覚の一部を失い，代わりにどのような感覚を発達させたか。解答欄の枠内に記せ。

問3 下線部②について，その理由を考察し，解答欄の枠内に記せ。

【7】 次の文を読み，問1，問2に答えよ。

生態系における物質の流れにおいて，有機物は緑色植物などの光合成により生産される。地球上のさまざまな生態系では，主な生産者が異なるため，現存量や総生産量に違いと特徴が認められる。

表1は，地球上のさまざまな生態系の面積(km^2)，現存量(kg/m^2)および純生産量($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$)の推定値を示している。

表1

| 生態系 | 面積 (10^6 km^2) | 現存量 (乾燥重量) (kg/m^2) | 純生産量 (乾燥重量) ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$) |
|-------|-------------------------------|---|---|
| 森林 | 56.5 | 30 | 1.3 |
| 草原 | 24.0 | 3.1 | 0.63 |
| 荒原 | 50.0 | 0.36 | 0.05 |
| 農耕地 | 14.0 | 1.1 | 0.65 |
| 湿原 | 2.0 | 15 | 2.5 |
| 湖沼・河川 | 2.5 | 0.02 | 0.5 |
| 浅海域 | 28.6 | 0.1 | 0.46 |
| 外洋域 | 332.4 | 0.003 | 0.13 |
| 地球総計 | 510.0 | 3.61 | 0.32 |

問1 草原と農耕地では純生産量がほぼ同じであるが，現存量に約3倍の差がある。その理由を述べよ。

問2 現存量1kg当たりの年間の純生産量を森林と湖沼・河川について求め，計算式とともに，小数第2位まで計算し，A欄に記せ。また，森林と湖沼・河川の現存量1kg当たりの純生産量の差は，生産者のどのような特徴の違いを反映しているか，B欄に記せ。

【8】 次の問1～問3に答えよ.

問1 ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つ生物集団の条件をすべて答えよ.

問2 ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つ生物集団において, 対立遺伝子 A , a が存在し, 遺伝子型 aa をもつ個体が9%とする.

(1) この集団内における, A と a の割合(%)を求めよ.

(2) 遺伝子型 Aa をもつ個体の割合(%)を求めよ.

問3 生物集団の個体数が有限の場合, 自然選択がはたらかない状況でも, 単なる確率的な過程により, 対立遺伝子頻度が世代を経て変わることがある. このような変化を何と呼ぶか, その名称を記せ.

【9】 生物の進化に関する次の文を読んで、 ~ に入る値として最も近いものを下の数値欄から選んで解答欄に記入せよ。また、 ~ にあてはまる適切な語句を記せ。

〔数値欄〕

| | | | | | | |
|-----|-----|----|----|----|-----|-----|
| 0.5 | 1.2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 12 |
| 20 | 30 | 38 | 46 | 74 | 100 | 200 |

地球は今からおよそ 億年前に誕生した。その後、およそ 億年前のグリーンランドの堆積物から最初の生物の証拠が発見されている。化石に基づいて地球の生物の歴史をたどると、はじめに から真核生物への単細胞生物の進化があり、さらに真核単細胞生物から へ進化した。真核生物はおよそ 億年前に誕生し、このときに細胞は光合成に必要な を獲得している。さらに最初の はおよそ 億年前に誕生したと推定されている。この間、生物進化は海中で進んできたが、オルドビス紀になると植物が上陸している。

最初の陸上植物はコケ植物であったと考えられ、現在のコケ植物同様に 中心の生活環をもっていた。その後、およそ 億年前には孢子体中心の生活環をもつ植物が現われるが、根も葉ももっていなかった。まもなくそうした植物に根や葉が、さらに が発達するようになり、そのうちの一部は現在のトクサやワラビなど 植物の祖先として進化をとげている。石炭紀には大森林が形成されたが、その多くは孢子で繁殖する植物であった。その一方、石炭紀にはすでに孢子で繁殖する植物以外に をもつ植物も生育していた。すなわち裸子植物の登場である。その後、しばらく などの裸子植物の時代が続いた後、被子植物が現れている。実際に被子植物の特徴を示す果実や などの化石が、今から 億年前の白亜紀の初めのころの地層から発見されている。

その後、多くの被子植物の種が進化(多様化)し、世界の至るところに進出している。イネやコムギなど、食料として我々の日常に欠かすことのできない植物が登場したのはごく最近のことである。

【10】 次の文を読み，問1～問3に答えよ。

ガラパゴス諸島のガラパゴスフィンチ類は，生息場所(地上か樹上か)と，くちばしの形態(大きいか小さいか)によって14種に分類されている。このうち，ガラパゴスフィンチとコガラパゴスフィンチは，からだの大きさに差があるが，食性は同じである。生息地には，それぞれの種が単独に住む島と，両種が共存する島がある。くちばしが大きいフィンチは，それだけ大きく堅い果実を食べることを意味する。2種のくちばしの大きさとその個体数を各島において調査し，単独で生息する場合と共存する場合を比較した結果を，図1と図2に示した。

問1 一般に，同じ群集内に似たニッチ(生態的地位)をもつ2種が生息する場合，種間競争が起こり，その結果，競争に勝った種は生き残り，負けた種は絶滅する。この現象を何と呼ぶか。

問2 図1から，ダフネ島ガラパゴスフィンチ個体群(G)とロヘルマノス島コガラパゴスフィンチ個体群(g)の生態系内の果実の利用について，正しい記述を1つ選べ。

- (あ) Gはgより大きな果実を食べ，gはGより小さな果実を食べニッチが異なる。
- (い) Gはgと同じ大きさの果実を食べ，ニッチが異なる。
- (う) gはGより大きな果実まで食べ，Gはgより小さな果実まで食べるのでニッチは似ている。
- (え) gは小さな果実を食べる個体も多いが，Gとほぼ同じ大きさの果実まで幅広く食べるのでニッチは似ている。

問3 図1，図2から，それぞれ単独で生息していたガラパゴスフィンチとコガラパゴスフィンチがサンタマリア島で共存するようになったと仮定すれば，両種は利用する果実をどのように変えたと考えられるか，A欄に記せ。また，このように両種が共存する現象を何と呼ぶか，B欄に記せ。

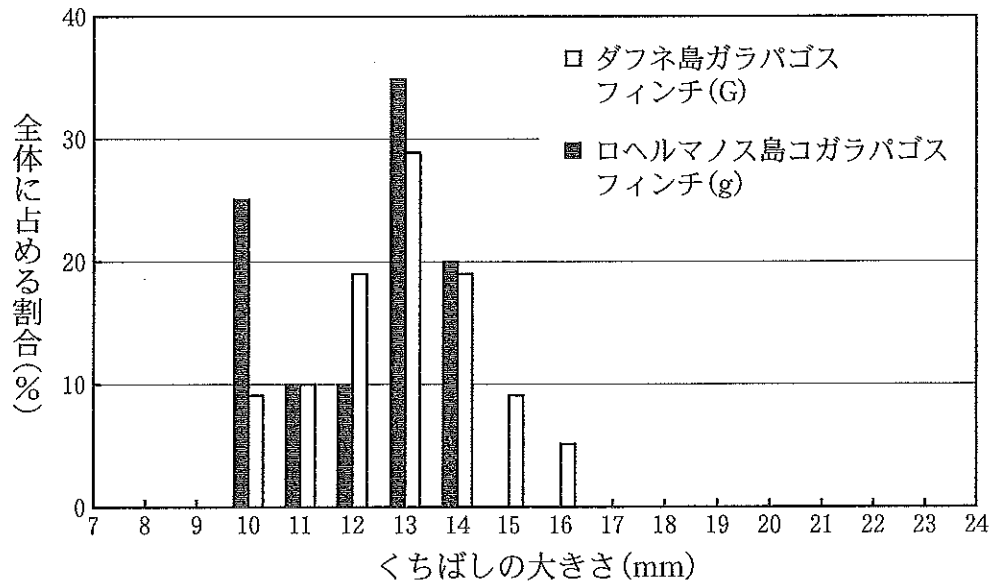


図 1

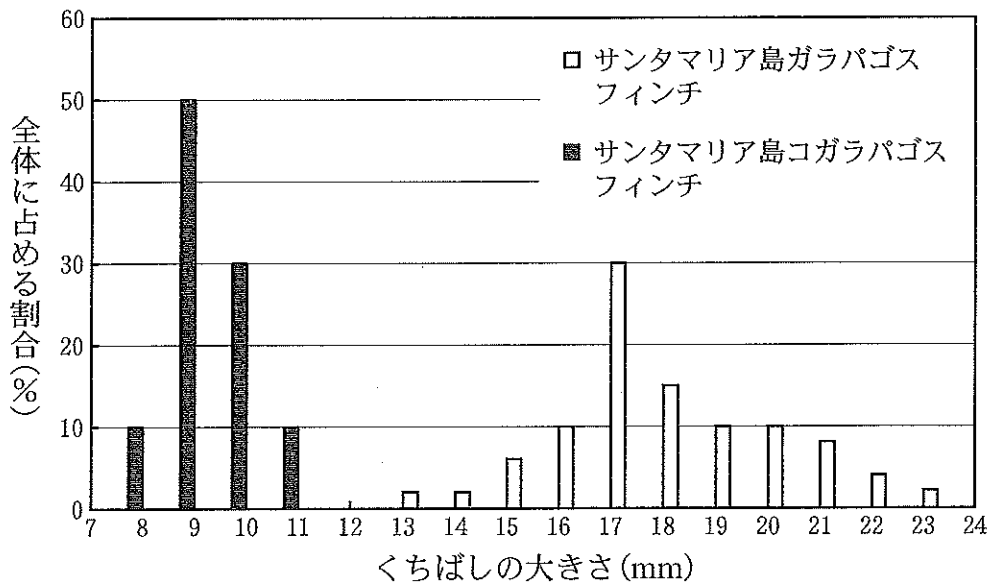


図 2