

理科問題紙

平成 26 年 2 月 25 日

自 13 : 50

至 15 : 50

答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 21 までの 21 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦，⑧，化学 ⑨，⑩，物理 ⑪，⑫，⑬ の 7 枚である。
3. 生物，化学，物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

生 物

1 動物の配偶子である卵と精子の特徴は核相が単相であることだが、形や構造にも顕著な特徴がある。卵は他の細胞に比べて大きく、一方精子は非常に小さいうえ、頭部、中片部、尾部からなる特殊な構造をしている。卵と精子は接合して複相の受精卵となり、分裂を開始して胚になる。胚は分裂を繰り返して細胞の数を増し、内部に胞胚腔という空所をもつ胞胚になる。そして、胞胚を過ぎる頃には一部の細胞が陥入し始め、原腸の形成と胚葉の分化がおこる原腸胚となる。

問 1 次は卵形成の一連の過程を示したものである。



(ア) □ 1 と □ 2 に適当な細胞名を入れなさい。

(イ) a～dの過程のうち、卵の特徴である“核相”と“大きさ”のそれぞれに深く関与する過程をすべて選び、a～dで答えなさい。

問 2 精子の頭部には先体という構造がある。ウニの受精における先体の働きを説明しなさい。

問 3 胞胚の頃までの細胞分裂は卵割とよばれ、それ以降の細胞分裂とは、間期に行われるタンパク質の合成の過程に違いがある。

(ア) 図は、ウニの受精卵を正常海水中と RNA 合成阻害剤を入れた海水中で発生させ、受精後の卵と胚の細胞で合成されるタンパク質の量を比較したものである。図をもとに、卵割期の細胞におけるタンパク質の合成過程の特殊性を説明しなさい。

(イ) 卵割では、細胞分裂の過程にも、通常の体細胞分裂とは違ういくつかの特徴がある。それらの特徴のうち、(ア)のタンパク質の合成過程の特殊性と最も関連があるものを答えなさい。

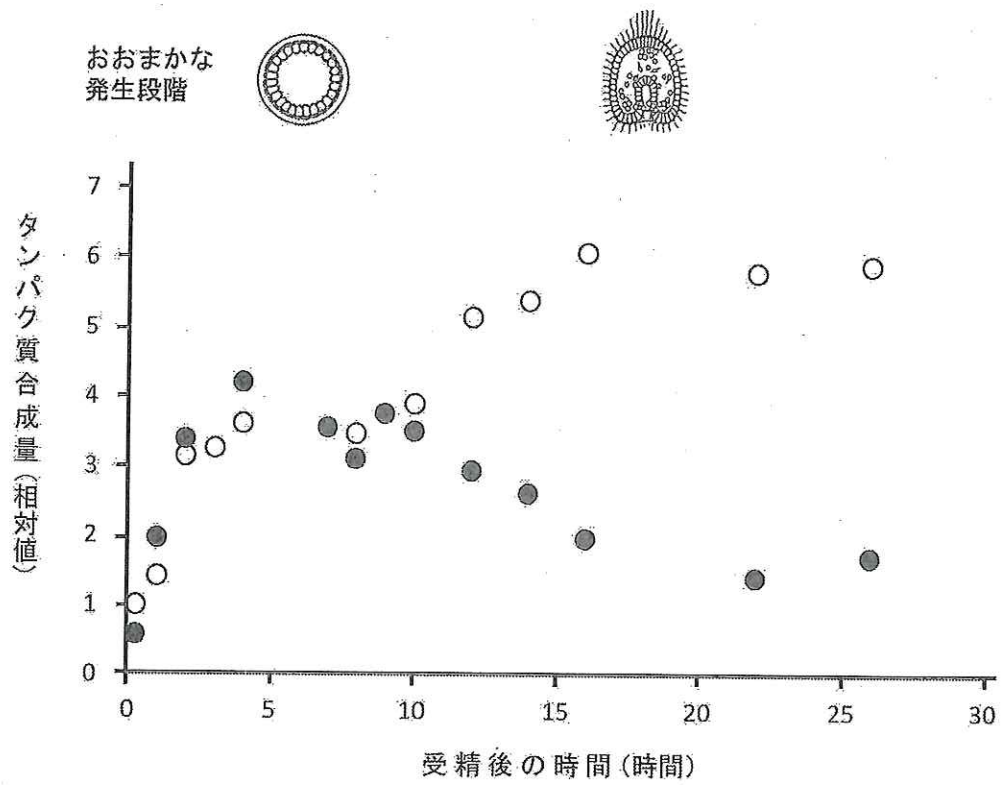


図 ウニの初期発生におけるタンパク質合成と RNA 合成阻害剤の影響。

図には正常海水中(○)の胚のおおまかな発生段階を示したが、RNA 合成阻害剤入りの海水中(●)では胚の発生は胞胚のまま止まり、原腸形成は起きなかった。

2 生物は生命活動を行うため、多くの場合、細胞内においてグルコースを、酸素を用いて分解する好気呼吸によってATPを生産する。

体温を一定に保つために大量のエネルギーを消費する恒温動物では、常にある範囲の量のグルコースが細胞に供給される必要がある。ヒトの場合、血液中のグルコース量(血糖量)が減少すると、 神経が興奮し、 からアドレナリンが分泌される。アドレナリンは、肝臓に貯蔵されている の分解を促し、血糖量を増加させる。ある程度血糖量が上昇すると、間脳の がそれを感知し、 神経を介してインスリンを分泌することにより、血糖量を減少させる。

このように、体内環境を一定に保つことを恒常性(ホメオスタシス)と呼ぶ。

問 1 ~ に最も適当な語を入れなさい。

問 2 好気呼吸は、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の3段階からなり、それぞれ細胞内の異なる場所で行われる。

(ア) それぞれの段階は細胞内のどこで行われるか答えなさい。

(イ) グルコース1分子が分解される場合、それぞれの段階で生産されるATPは何分子か答えなさい。ただしそれぞれの段階でATPが消費される場合、消費されたATPの分子数を差し引き、最終的に生産される分子数を答えること。

問 3 地球上の酸素のほとんどは ^{16}O であるが、より重い ^{18}O も微量ながら存在する。仮に、好気呼吸で取り込まれたグルコースと水に含まれる酸素原子は ^{16}O のみで構成され、酸素分子として取り込まれた酸素にのみ ^{18}O が含まれるとする。呼吸の結果生産されたもののうち、 ^{18}O が含まれるのは次の①~⑥のうちどれか答えなさい。

- ① 二酸化炭素 ② 水 ③ ATP
④ 二酸化炭素と水 ⑤ 二酸化炭素とATP ⑥ 水とATP

問 4 好気呼吸ではエネルギー源としてグルコースだけでなく、脂肪やアミノ酸が用いられる場合がある。このアミノ酸が用いられた呼吸では、グルコースを用いた呼吸においては見られなかった物質が生産される。この物質名を答えなさい。

問 5 恒常性は、血糖量の調節のように、最終的に作られた物質や働きの効果が、はじめの段階に戻って作用することで保たれている。この作用を何というか答えなさい。

問 6 ヒトはグルコースの多くを、植物を食べることによって摂取する。口から始まる消化系のうち、グルコースを吸収する器官の名称を答えなさい。

問 7 酵母菌では酸素が少ない状態で培養した場合に、酸素を用いることなく、グルコースを分解する嫌気呼吸を行うことが知られている。酵母菌の嫌気呼吸について、次の問に答えなさい。

(ア) この呼吸では、好気呼吸では見られなかった物質が生産される。この物質名を答えなさい。

(イ) この呼吸を継続している酵母菌では、好気呼吸を行っている酵母菌と比較して、ある細胞小器官の退化が観察される。この細胞小器官の名称を答えなさい。また、退化の理由を推察し、簡潔に説明しなさい。

3 ある植物において、Aとa、Bとb、Dとdはそれぞれ対立遺伝子であり、aはAに、bはBに、dはDに対して劣性である。この3対の対立遺伝子のなかで、2対は同一染色体上に存在し、1対はそれ以外の染色体上に存在する。いま、これらの遺伝子のホモ接合体どうしを交雑し、F₁を得た。つぎに、F₁の個体と、対立遺伝子がすべて劣性のホモ接合体の間で検定交雑を行った。この交雑で得られた8,400個体について、遺伝子型とその個体数を調べたところ、下の表のようになった。

遺伝子型	個体数
AaBbDd	84
AaBbdd	2,016
AabbDd	2,017
Aabdd	82
aaBbDd	84
aaBbdd	2,014
aabbDd	2,017
aabdd	86
合計 8,400	

問 1 表の結果から、遺伝子の組換えが起きたことがわかる。遺伝子の組換えは有性生殖を行う生物において、一般にみられる現象である。この現象によって、子孫はどんな遺伝的な影響を受けるか答えなさい。

問 2 下線部①で示した1対の対立遺伝子とは、どの対立遺伝子のことか答えなさい。

問 3 下線部②で、どんな遺伝子型をもった個体を交雑したか。あてはまる交雑をすべてあげ、遺伝子型がわかるように、解答例にならって答えなさい。

解答例) AA×aa

問 4 もし、検定交雑において、遺伝子の組換えが起きなかったとき、どんな遺伝子型の個体が、どんな分離比で現れるか、解答例にならって答えなさい。

解答例) $AA : Aa : aa = 1 : 2 : 1$

問 5 同一染色体上に存在する遺伝子の間の組換え価(%)を求めなさい。

4

(1) すり傷などによって体内に侵入した異物は、皮膚組織内の [1] に食作用により取り込まれるが、一部は組織液とともにリンパ管を通過してリンパ節に運ばれる。異物を取り込んだ [1] はリンパ節に移動し、分解した異物の断片を抗原として細胞表面に出す。^① 一方で、組織液とともにリンパ節に運ばれた異物は、その異物に特異的な [2] を発現する B 細胞に、食作用により取り込まれる。異物を取り込んだ B 細胞は、 [1] と同様に異物の断片を抗原として細胞表面に出す。抗原を出した [1] は、その抗原に特異的な [3] と結合しこれを活性化する。活性化した [3] は、リンパ節内で [1] と同じ抗原を出す B 細胞に結合して [4] を分泌し、B 細胞の増殖と [5] への分化を誘導する。 [5] は [2] を量産し、[2] は血流によって全身に運ばれ、異物に特異的に結合しこれを無毒化する。^② また、B 細胞の一部は [6] に分化し、異物の再度の侵入に備える。

問 1 [1] ~ [6] に適当な語を入れなさい。

問 2 下線部①のように、取り込んだ異物の断片を細胞表面に出すことを何と
いうか答えなさい。

問 3 下線部②のような免疫を特に何と
いうか答えなさい。

問 4 [2] の正体は免疫グロブリンというタンパク質である。免疫グロブリンの構造について簡単な図を描き、次の部位名を線で示しなさい。

部位名：H 鎖， L 鎖， 可変部， 定常部， 抗原結合部位

(2) 移植医療では、臓器提供者と受給患者で、細胞表面に存在するあるタンパク質複合体のタイプを一致させることが極めて重要である。このタイプが異なると、受給患者の免疫系が移植臓器を異物として認識してしまい、**1** が起こって移植臓器の機能に大きな障害が生じるからである。このタンパク質複合体を **2** という。これは巨大なタンパク質複合体で、ヒトでは第6染色体上の多数の遺伝子群にコードされている。このうちA, C, B, DR, DQ, DPの6つの遺伝子が特に重要で、これらの遺伝子型を臓器提供者と受給患者で完全に一致させれば **1** が起こる危険を回避できる。ただし下図に示すように、これらの遺伝子には多数の対立遺伝子が存在し、しかもそれぞれの対立遺伝子に優劣関係がなく、組みをなす対立遺伝子の両方がともに発現し **2** を構築している。このため臓器移植の際には、これら6対12個の遺伝子の組み合わせを臓器提供者と受給患者で一致させる必要がでてくる。それぞれの対立遺伝子が非常に多いために、**2** のタイプが他人と一致することは極めてまれで、患者にマッチする臓器提供者を見つけるのは容易ではない。

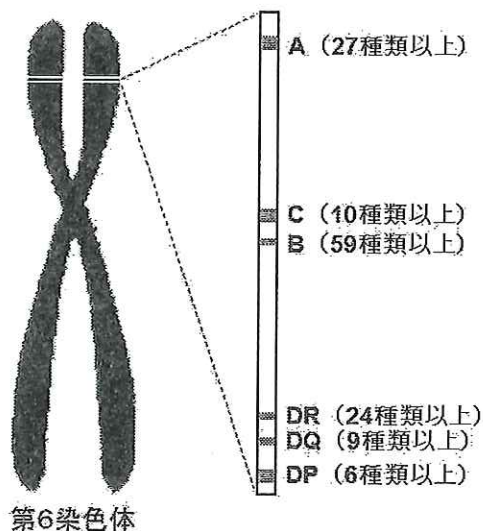


図 ヒト第6染色体におけるA, C, B, DR, DQ, DP遺伝子の分布。
カッコ内はそれぞれの対立遺伝子の数を示す。

- 問 1 と に適当な語を入れなさい。
- 問 2 のタイプは、非血縁者間で完全に一致することは極めてまれだが、同じ両親を持つ兄弟姉妹間では 25 % の確率で完全に一致する。それはなぜか、簡単に説明しなさい。
- 問 3 臓器移植で が起こる場合、移植組織の細胞表面の抗原を識別した免疫細胞が、その組織を非自己とみなして直接攻撃し排除する。このような免疫を特に何というか答えなさい。また、それは移植以外でどのような役割を担っているか、簡単に説明しなさい。