

平成 29 年度医学科入学試験問題

生 物

(注意事項)

- 1 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 2 解答用紙に受験番号と氏名を必ず記入すること。
- 3 この問題冊子の本文は、10 ページからなっている。落丁、乱丁及び印刷不鮮明な箇所等があれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
- 4 この問題冊子の白紙と余白は、適宜下書きに使用してもよい。
- 5 解答は、すべて別紙「解答用紙」の指定された場所に記入すること。
- 6 この問題冊子は持ち帰ること。

問題訂正・補足説明

試験科目 生物

5 ページ 下 から 8 行目

(誤)

(正)

実験2で用いた

実験2で切断した

1

次の文を読み以下の設問に答えよ。

ABO 式血液型は赤血球膜表面の糖鎖の違いによって決まっている。まず、H 遺伝子の産物である酵素によって H 抗原が作られる。次に、H 抗原の先端に、複対立遺伝子の産物である糖転移酵素によってさらに糖が付加される。すなわち、A 型遺伝子の産物によって N-アセチルガラクトサミンが付加されたものが A 抗原となり、B 型遺伝子の産物によってガラクトースが付加されたものが B 抗原となる。AB 型の赤血球表面には A 抗原と B 抗原が存在する。O 型遺伝子は A 型遺伝子と相同であるが、A 型遺伝子のはじめの部分で 1 塩基の欠失が起こっており、活性のあるタンパク質を作れない。

一方、血しょう中には自身の赤血球の膜表面にある抗原と反応する抗体は含まれない。すなわち、A 型の血しょう中には凝集素 β が、B 型の血しょう中には凝集素 α が含まれ、A 型には α が、B 型には β が含まれない。

H 遺伝子の変異した h 遺伝子をホモに持つ人には H 抗原ができないので、A 型や B 型の遺伝子の産物があっても機能せず、A 抗原や B 抗原ができない。その結果、凝集素 α 、 β いずれにも反応しないため O 型と間違えられる。これをポンベイ型という。ポンベイ型の血しょう中には、O 型とは異なり抗 H 抗体が存在する。

なお、血液型の遺伝子に関しては、A 型遺伝子は A、B 型遺伝子は B、O 型遺伝子は O と表記すること。また、A、B は O に対して優性である。

1. A 型の人に B 型の血液を輸血してはいけないのはなぜか説明せよ。
2. 遺伝子型が hhAA の人の血液に凝集素 α を含む抗 A 血清を加えたとき凝集反応はどうなるか説明せよ。
3. ボンベイ型の人に O 型の血液を輸血したらどうなるか説明せよ。
4. ボンベイ型と A 型の親から B 型のこどもが生まれた。親の遺伝子型に関して、どのようなことが考えられるか説明せよ。

2 次の文を読み以下の設問に答えよ。

昆虫の体は頭部，胸部，腹部から成り立っている。こうした構造は胚発生の時期に決定される。図1は発生後期の昆虫の胚を示しており，胚の前端から後端にかけて頭部(A)，胸部(B)および腹部(C，D，E，F)が形成されている。こうした構造の位置と順番は，図2に示すように発生初期の胚の中の物質Xの濃度勾配によって決まることが分かっている。物質Xと胚の構造との関連を明らかにするため，以下のような実験1，2，3を行った。図3にそれぞれの実験の手順とその結果生じた発生後期胚の構造を示す。

【実験1】 発生初期の胚の中央を糸でしばりそのまま発生させた。

【実験2】 発生中期の胚の中央を糸でしばりそのまま発生させた。

【実験3】 発生初期の胚の後端部を取り出し，図のように移植しそのまま発生させた。

1. 実験1の胚において，物質Xの分布はどのように変化したと考えられるか，図2にならって解答欄に図示せよ。
2. 実験1と2の結果から，物質Xの分布と胚の運命決定との関連についてどのようなことが考えられるか，その理由とともに答えよ。
3. 実験3の胚において，物質Xの分布はどのように変化したと考えられるか，解答欄に図示せよ。また，胚の後端部は物質Xに対してどのような作用があると考えられるか，説明せよ。
4. 発生初期の胚の後端部を取り出し，糸でしばっていない別の発生初期の胚の中央に移植した場合には，発生後期の胚の構造はどのようにになると考えられるか，つくられた構造を示すアルファベットを図3にならって解答欄に記入せよ。また，そう考えた理由について実験1から3の結果をふまえて説明せよ。

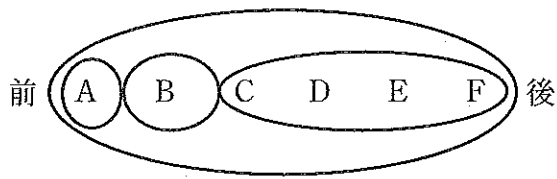


図1 昆虫の発生後期胚の構造

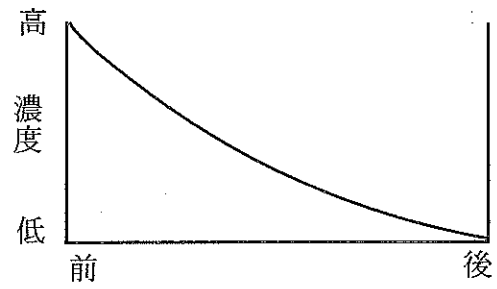
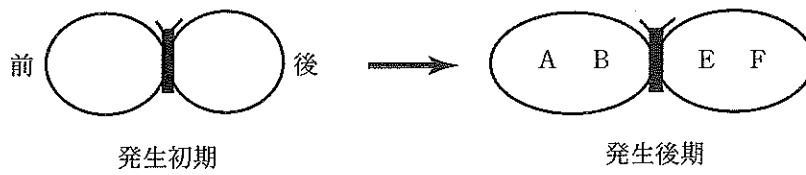
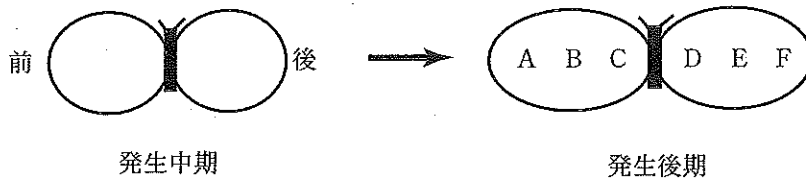


図2 発生初期の胚における物質Xの分布

【実験1】



【実験2】



【実験3】

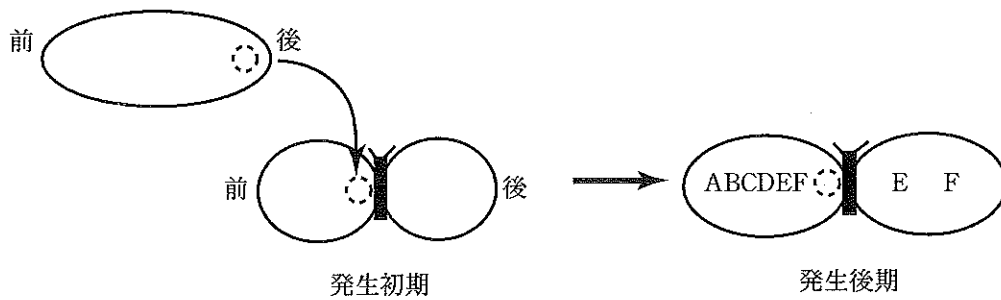


図3 実験1, 2, 3の手順とその結果生じた発生後期胚の構造

3 次の文を読み以下の設問に答えよ。

線状の DNA の複製は、次のような手順で行われる。プライマーゼという酵素が RNA プライマーを鋳型 DNA 上に合成する。そこに DNA ポリメラーゼが結合し、新生鎖が 5' から 3' に向かって合成される。その時、連続的に合成される長い DNA 鎖と、岡崎フラグメントとよばれる複数の短い DNA 鎖が形成される。⁽¹⁾その後、新生鎖の RNA プライマーは分解され、5' 側の岡崎フラグメントが伸長する過程で DNA に置き換えられる。この結果、新生鎖 DNA の 5' 末端は鋳型鎖と比べて短くなる。⁽²⁾

真核生物の線状の DNA の末端にはテロメアとよばれる DNA 配列がある。テロメアの機能を調べるために以下の実験を行った。

【実験 1】

図 1 に示すようなロイシン合成酵素の遺伝子を持った環状のプラスミド DNA を、生存にロイシンを必要とする細胞に入れ、ロイシンを含まない培養液で培養したところ、このプラスミド DNA を持つ細胞は生存し、増殖した。

【実験 2】

図 1 のプラスミド DNA を制限酵素 A で切断し、線状にして実験 1 で用いた細胞に入れ、ロイシンを含まない培養液で培養したところ、細胞は死滅した。

【実験 3】

実験 2 で用いたプラスミド DNA を実験 1 で用いた細胞に入れてロイシンを含む培養液で培養したところ、細胞は生存し増殖した。しかし、細胞に入れた DNA は検出できなかった。

【実験 4】

図 1 のプラスミド DNA を A で切断した後に、1,500 塩基対の 2 本鎖のテロメア DNA を両端に付加した。これを実験 1 で用いた細胞に入れ、ロイシンを含まない培養液で培養したところ、この DNA を持つ細胞は生存し、増殖した。

【実験 5】

実験 4 で細胞に入れた DNA の大きさを解析するため、①制限酵素 B で切断する前の DNA と、② B で切断した後の DNA を電気泳動したところ、図 2 のようになった。

【実験 6】

1 本鎖のテロメア DNA と 4 種のデオキシヌクレオチド (dATP, dCTP, dGTP, dTTP) を様々な組み合わせで混合し、そこに酵素を加えて反応させた。まず図 3 の①に示すように 4 種類をすべて混合し反応させた。すると、テロメア DNA に 1 塩基ずつデオキシヌクレオチドが付加される反応が起こり、電気泳動したところ、図 3 右の①のように様々な反応段階の DNA が観察された。次に、図 3 の②～⑥に示す組み合わせで混合し、テロメア DNA と酵素を加えて反応させ、電気泳動したところ、図 3 右の②～⑥に示すような結果となった。なお⑥には、dTTP の代わりに取りこまれると DNA の伸長反応を止める特殊なヌクレオチドである ddTTP も加えた。

1. 下線部(1)に関して、なぜ長さの異なる DNA が合成されるのか説明せよ。
2. 下線部(2)に関して、新生鎖が短くなるしくみを説明せよ。
3. 実験 1 ～ 4 の結果から、テロメアの働きについてどのようなことが考えられるか説明せよ。
4. このプラスミド DNA が全長 8,700 塩基対であるとき、図 2 の a, b, c の DNA の大きさはそれぞれ何塩基対か、実験 5 の結果から計算過程とともに答えよ。
5. 実験 6 で用いた酵素はある塩基配列を繰り返し付加する酵素である。この結果から、付加される塩基配列はどのようなものと考えられるか、理由とともに答えよ。

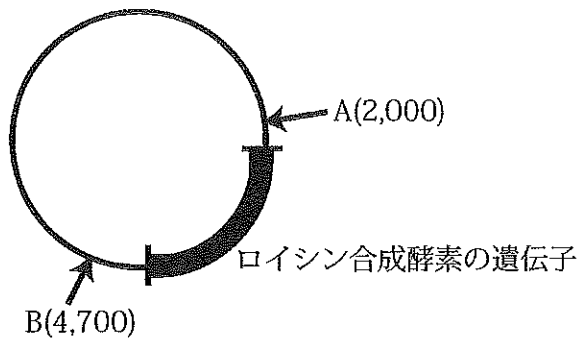


図1 プラスミド DNA の構造

()内の数字は、それぞれ制限酵素 A または B で切断される塩基対の位置を表している。

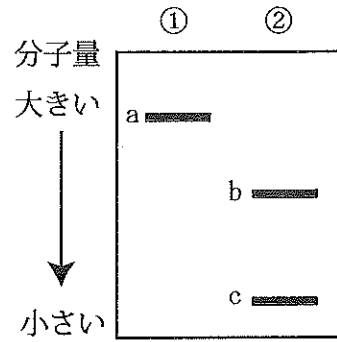


図2 実験 5 の電気泳動の結果

- ① 制限酵素 B で切断する前のプラスミド DNA
- ② 制限酵素 B で切断した後のプラスミド DNA

- ① : dATP, dCTP, dGTP, dTTP
- ② : dATP, dCTP, dGTP
- ③ : dATP, dCTP, dTTP
- ④ : dATP, dGTP, dTTP
- ⑤ : dCTP, dGTP, dTTP
- ⑥ : dATP, dCTP, dGTP, dTTP, ddTTP

dATP, dCTP, dGTP, dTTP はデオキシヌクレオチドを示し、ddTTP は dTTP の代わりに取り込まれると DNA の伸長反応を止める特殊なヌクレオチドである。

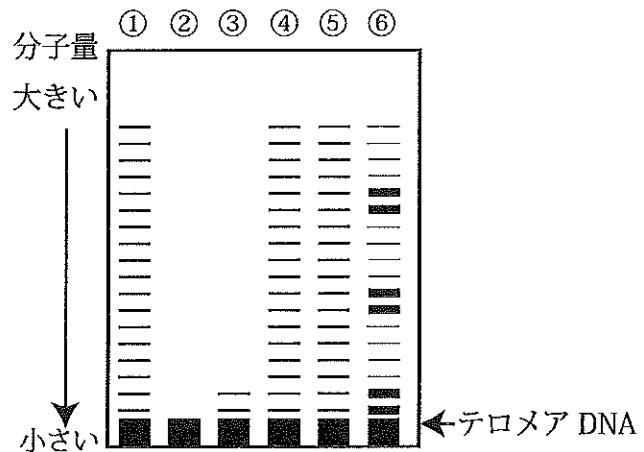


図3 実験 6 で加えたデオキシヌクレオチドの組み合わせとその電気泳動の結果

4

次の文を読み以下の設問に答えよ。

体内環境は、外界の環境変化に対して一定の範囲内に保たれており、これを恒常性という。体内環境の恒常性の多くの部分は、内分泌系によって維持されている。⁽¹⁾内分泌腺からはホルモンが分泌され、ホルモンは血流により全身に運ばれ標的器官に作用する。

内分泌腺を含む組織の顕微鏡観察には、ヘマトキシリンなどで染色された標本がよく用いられる。ヘマトキシリンは、細胞内で負電荷を持つ酸性高分子に結合する。その染色の程度は、細胞小器官の発達などにより異なり、リボソームが発達している細胞はよく染まる。脳下垂体をヘマトキシリンで染めると、後葉は前葉ほど強くは染まらない。⁽²⁾また、副腎皮質も、脳下垂体前葉と比べると染まり方が弱い。⁽³⁾

脳下垂体前葉からは、他のホルモンの分泌を調節するホルモンが分泌される。例えば、甲状腺刺激ホルモンや副腎皮質刺激ホルモンはそれぞれ、甲状腺や副腎皮質に作用してホルモンの分泌を促す。甲状腺や副腎皮質からホルモンの分泌が過剰になると、脳下垂体前葉からのホルモンの分泌は抑制され一定に保たれる。⁽⁴⁾一方、病的な状態で、甲状腺刺激ホルモンと同じ作用を持つ物質が作られると、甲状腺を過剰に刺激し、甲状腺ホルモンが過剰に分泌され続けてしまう。⁽⁵⁾

これに対して、上記とは異なった調節の仕方がある。脳下垂体前葉からは、生殖腺刺激ホルモンが分泌され、卵巣に働きかけて女性ホルモンの分泌や排卵などの調節を行っている。生殖腺刺激ホルモンの分泌は、視床下部から分泌される生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン(GnRH)により調節されている。卵細胞を包んでいるろ胞が成熟してくると、ろ胞からの女性ホルモンの分泌が高まる。すると、GnRHの作用を介して生殖腺刺激ホルモンの分泌が急激に高まり、その結果排卵が起こる。⁽⁶⁾

1. 下線部(1)に関して、内分泌と外分泌の違いを説明せよ。
2. 下線部(2)に関して、前葉も後葉もどちらもペプチドホルモンを分泌するのに、前葉のほうが強く染まるのはなぜか、その理由を説明せよ。
3. 下線部(3)に関して、副腎皮質の染まり方が弱い理由を説明せよ。
4. 下線部(4)に関して、このような調節の仕方を何とよぶか。
5. 下線部(5)に関して、(a)この物質は甲状腺ホルモンを分泌する細胞の何に結合して作用するか答えよ。また、(b)このような状態では、甲状腺刺激ホルモンの分泌は促進されるか抑制されるか、理由と合わせて答えよ。
6. 下線部(6)に関して、このような排卵の調節の仕方にはどのような意味があるか説明せよ。