

A, B, D

平成 30 年度個別学力検査問題
(国際資源学部, 教育文化学部, 理工学部)

生 物

前 期 日 程

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで, この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は, 6 ページあります。解答用紙は 2 枚あります。問題は I と II の 2 題です。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明, ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 監督者の指示に従って, 解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は, 解答用紙の該当欄に記入しなさい。
- 6 配付された解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 7 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

I 次の文章を読み、設問に答えなさい。

ある昆虫 A の精原細胞の染色体数は 7 であり、卵原細胞の染色体数は 8 である。この昆虫 A は、無性生殖をせず、卵と精子の受精による有性生殖によってのみ子孫を増やしている。卵は、卵黄が細胞質の中央に集まる(ア)卵という特徴をもち、受精後には、一般的な昆虫と同じ(イ)割という部分割を行う。その後、卵にもともと含まれていたタンパク質などの(ウ)因子が調節遺伝子の発現を制御し、その調節遺伝子から合成されるタンパク質が次の段階の調節遺伝子の発現を制御する、といった調節が段階的におこる。こういった積み重ねの結果、体節が形成される。そして、どこの体節にどんな構造をつくるのかにおいて、重要な働きをしているのが、(エ)遺伝子群である。この遺伝子群に異常が起これると、本来触角がつくられる場所に脚ができてしまうことがある。

問 1 (ア)~(エ)に適切な語句をいれなさい。

問 2 昆虫 A の、オスとメスそれぞれの体細胞の染色体数を答えなさい。また、精子の染色体数を答えなさい。

問 3 有性生殖のメリットとデメリットをそれぞれ 1 つずつ、簡潔に述べなさい。

問 4 一次卵母細胞から卵ができる過程において、卵と比較すると大きさがとても小さい極体がつくられる。小さい極体がつくられる意義を簡潔に述べなさい。

問 5 次の文章中の(a)から(e)に適切な語句や数字をいれなさい。

カエルの卵は、昆虫 A の卵の卵黄の分布と異なっており、(a)卵と呼ばれている。また、卵割で生じる割球の大きさから、カエルで受精卵から 2 細胞期になる卵割は(b)割とよばれ、4 細胞期から 8 細胞期になる卵割は(c)割とよばれる。ウニの発生で初めて(c)割が起こるのは、(d)細胞期から(e)細胞期になるときである。

問 6 昆虫、カエルやウニの卵割は、通常の体細胞分裂と異なっている。異なっている点を細胞周期という語句を使って説明しなさい。

問 7 (エ) 遺伝子群がもつ共通の特徴を 30 字程度で説明しなさい。ただし、句読点も数字も 1 字とする。

II 緑色蛍光タンパク質(GFP)遺伝子のPCR(ポリメラーゼ連鎖反応)による増幅に関する次の文章を読み、設問に答えなさい。

まず、オワンクラゲからRNAを抽出した。得られたRNAにはタンパク質のアミノ酸配列についての情報を持つ(1)、アミノ酸を運ぶ(2)、タンパク質合成の場となる複合体の構成成分である(3)が含まれている。そこに、下の図1に示すプライマー1とDNAを構成する4種類のヌクレオチドを加えて、RNAを鋳型とするDNAポリメラーゼ^(a)を作用させることによりGFP遺伝子の(1)に相補的な1本の鎖^(b)からなるDNA(cDNA)を合成した。このように、RNAを鋳型としてDNAを合成するDNAポリメラーゼを逆転写酵素という。次に、得られたGFP遺伝子のcDNAを鋳型として、図1に示すプライマー2、およびプライマー3を加え、逆転写酵素とは異なる種類のDNAポリメラーゼ^(d)を用いてPCRを行ったところ、1回目のサイクルではプライマー2からのDNA伸長反応のみが起こり、鋳型となったGFP遺伝子のcDNAとの間で二本鎖DNAが合成された。その後、この二本鎖のDNAを鋳型として通常のPCR^(e)が進行した。その結果、下線部(c)のRNAに含まれる開始コドンから終止コドンまでと相補的な範囲のcDNAが増幅された。

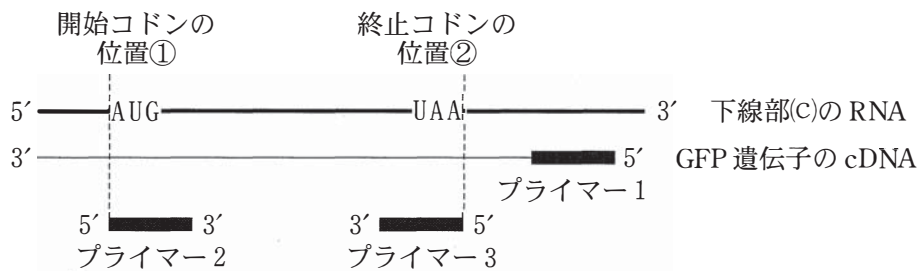


図1 プライマー結合位置の模式図

下線部(c)のRNAと、逆転写酵素によって作られたGFP遺伝子のcDNAを模式的に示し、プライマー1(GFP遺伝子のcDNA内の太線部)が下線部(c)のRNAに結合する位置を模式的に示している。また、PCRに用いたプライマー2とプライマー3がPCRの過程で鋳型となるDNAと結合する位置も示している。

- 問 1 空欄(1)～(3)に当てはまる適切な用語を記しなさい。
- 問 2 下線部(a)の DNA を構成する 4 種類のヌクレオチドに含まれる塩基の名称を書きなさい。
- 問 3 逆転写に用いた下線部(b)の DNA ポリメラーゼと PCR に用いた下線部(d)の DNA ポリメラーゼの両者について DNA を伸長する働きがあることを確かめた後に 94 °C で 10 分間加熱した。その後、加熱したそれぞれの DNA ポリメラーゼについて再び DNA を伸長する働きを調べたところ、PCR に用いた下線部(d)の DNA ポリメラーゼのみで DNA の伸長が認められた。この結果は、これら 2 種類の DNA ポリメラーゼのどのような性質の違いによるものと考えられるか答えなさい。
- 問 4 一般に、下線部(d)の DNA ポリメラーゼを用いて PCR を行う場合、下線部(c)の RNA を鋳型とした場合は増幅されず、GFP 遺伝子の cDNA を鋳型とした場合のみ大量の増幅産物を得ることができる。考えられる理由を「DNA ポリメラーゼ」「DNA」「RNA」「鋳型」の 4 つのキーワードを用いて説明しなさい。キーワードは複数回使用しても良い。

問 5 下線部(e)で示す通常の PCR の 1 回のサイクルは、下に示す(A), (B), (C) 3 つの反応を適切な順番で組み合わせることにより成り立っている。1 回のサイクルにおける反応の正しい順番を示しなさい。また、それぞれの反応に最も適した温度範囲を(T 1), (T 2), および(T 3)より選び記しなさい。

反応

- (A) DNA ポリメラーゼの働きによりプライマーから DNA 伸長反応が起きる。
- (B) プライマーが鋳型 DNA に結合する。
- (C) 2 本鎖の鋳型 DNA が 1 本鎖に分離する。

温度

- (T 1) 55~60 °C
- (T 2) 72~74 °C
- (T 3) 94~95 °C

問 6 図 1 に示した模式図と、下の図 2 に示した RNA の塩基配列にもとづき、PCR に用いた 20 個のヌクレオチドよりなる短い DNA 断片であるプライマー 2 とプライマー 3 の塩基配列をそれぞれ 5' 側から示しなさい。

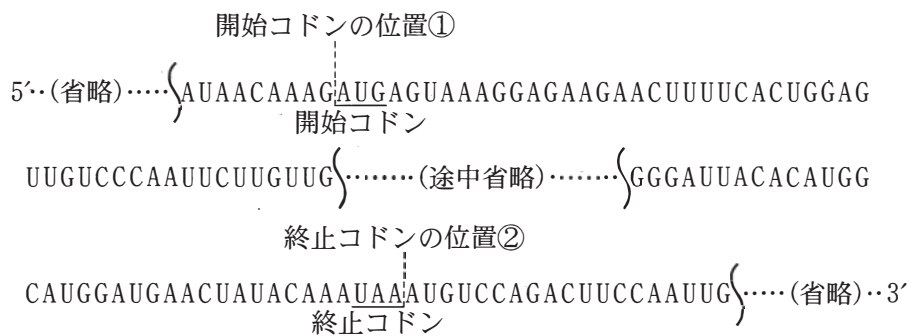


図 2 RNA の塩基配列

下線部(c)の RNA の配列の一部と、その中に含まれる開始コドン、終止コドンの位置を下線で示している。さらに、図 1 で模式的に示している「開始コドンの位置①」と「終止コドンの位置②」の正確な位置も示している。

問 7 タンパク質の合成においては、(1)の配列に含まれる開始コドンから終止コドンに向かって順番に、遺伝暗号表にしたがって対応するアミノ酸が結合してポリペプチド鎖が合成されていく。このとき、終止コドンの一つ前のコドンに対応するアミノ酸まででポリペプチド鎖の伸長が止まるのはなぜか説明しなさい。

問 8 一般に、PCR による二本鎖 DNA の増幅が理想的に行われたとすると、最初にあった量の 10^7 倍以上に鋳型の DNA が増幅されるのは最低何回サイクルを行った後か計算過程を示して答えなさい。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.301$ として計算しなさい。