

生 物 (全3の1)

1 細胞は細胞膜に包まれて周囲から独立したまとまりを作っている。また真核細胞内には生体膜に包まれたさまざまな細胞小器官が見られ、それぞれ独自のはたらきを持っている。下の表はラットの肝細胞内に存在するおもな細胞小器官が占める体積の相対値および細胞小器官を形作る各種膜の総面積の相対値を示したものである。以下の問いに答えよ。

問 1 次の A ~ E に示すような特徴を持つ細胞小器官の名称をそれぞれ答えよ。

- A 表面にリボソームを結合しており、膜タンパク質を合成する
- B カルシウムを蓄えて放出するはたらきがあり、細胞質のカルシウム濃度の調節に関わる
- C 扁平な袋を数枚重ねたような形をした膜からなる
- D 細胞周期の特定の時期に消失する
- E 細胞内消化に関係する

問 2 1 個のラット肝細胞の中に 1 個の核と複数のリソソームが含まれると仮定する。リソソーム膜および核膜内膜をそれぞれ 1 枚の生体膜からなる球状の構造と考えたとき、リソソームの半径を 1 としたときの核膜内膜の半径の比を整数で求めなさい。また、リソソームは細胞内におよそいくつ存在すると考えられるか、整数で答えよ。

問 3 ラット肝細胞では他の一般的な細胞と比べてゴルジ体膜が占める面積の相対値が大きいことが知られており、分泌タンパク質の産生が活発に行われていることを示している。肝細胞で産生される分泌タンパク質の名称を 1 つ答えよ。

問 4 ミトコンドリアは外膜と内膜からなる細胞小器官であるが、肝細胞のミトコンドリアにおいて外膜の膜面積の相対値よりも内膜の膜面積の相対値の方が 4 倍以上大きい理由について 25 字以内で答えよ。

表

細胞小器官が占める体積の相対値		細胞小器官を形作る各種膜面積の相対値	
細胞質ゾル	54 %	細胞膜	2 %
ミトコンドリア	22 %	ミトコンドリア外膜	7 %
		ミトコンドリア内膜	32 %
粗面小胞体	9 %	粗面小胞体膜	35 %
滑面小胞体およびゴルジ体	6 %	滑面小胞体膜	16 %
		ゴルジ体膜	7 %
核	6 %	核膜内膜	0.2 %
リソソーム	1 %	リソソーム膜	0.4 %
ペルオキシソーム	1 %	ペルオキシソーム膜	0.4 %
エンドソーム	1 %	エンドソーム膜	0.4 %

2 エンドウの草丈の高い純系と草丈の低い純系を親として交雑すると、雑種第一代  $F_1$  はすべて草丈の高いものになる。この  $F_1$  を自家受精させて  $F_2$  を得た。この  $F_2$  をさらに自家受精させて  $F_3$  を得た。この自家受精を繰り返しておこなっていくときに、ホモ接合体の期待される割合の変化をみる。

- 問 1  $F_2$  においてヘテロ接合体の期待される割合を求めよ。
- 問 2  $F_n$  においてヘテロ接合体の期待される割合を  $p_n$  としたとき、 $p_n$  と  $p_{n-1}$  の関係式を求めよ。ただし、 $n$  は  $n = 3, 4, \dots$ 。
- 問 3  $p_n$  を  $n$  を使って表せ。
- 問 4 ヘテロ接合体の期待される割合が、はじめて 10 % より小さくなるときの  $n$  の値を求めよ。
- 問 5  $F_n$  において、草丈の高い個体のうち、ヘテロ接合体の期待される割合を求めよ。

生 物 (全3の2)

3 タンパク質のアミノ酸配列の情報は DNA にコードされており、DNA を鋳型として転写された mRNA からタンパク質が翻訳される。mRNA 上のタンパク質のコード領域において、連続した(ア)つの塩基の配列の並び方が、タンパク質のアミノ酸1個に対応する。この塩基配列のことを(1)とよぶ。そのうち3種類の(1)はアミノ酸に対応しておらずそこで翻訳が終了する。従って、ほとんどの真核生物では(イ)種類の(1)が、全部で(ウ)種類のアミノ酸をコードすることになる。これは、多くのアミノ酸がそれぞれ複数の(1)によって重複してコードされることを意味する。

真核生物において、遺伝子の発現は必要に応じてさまざまな段階で調節されている。多くの場合、遺伝子発現に大きく影響を及ぼすのは、DNA から RNA への転写である。転写の調節には、基本転写因子とよばれる一群のタンパク質が関与する。基本転写因子は、転写を行う(2)と複合体を形成し、DNA の(3)領域に結合して転写開始の制御を行う。その他にも基本転写因子とともに、これらの活性を制御するさまざまな因子が関与する。真核生物では(3)以外の転写調節領域とよばれる DNA 領域も転写調節に関わっており、転写調節領域、調節タンパク質、基本転写因子、(2)、(3)が結合して複合体を形成することで、転写が開始される。

マウスの遺伝子 A の転写調節に関与する調節タンパク質として、3種類のタンパク質 B, C, D が同定されている。タンパク質 B および C と遺伝子 A の上流にある転写調節領域との相互作用を調べたところ、B は単独でこの転写調節領域に結合できるが、C は単独では結合しないことがわかった。遺伝子 A の転写調節機構を詳しく調べるために、タンパク質 B, C, D のそれぞれを恒常的に必要十分な量を発現させることができる3種類のプラスミドを作成して、3種類のプラスミドのうちのいくつかを同時にマウス由来の培養細胞に導入してタンパク質を発現させた。図1では、条件1~8のようにプラスミドを培養細胞に導入して、タンパク質 B, C, D を発現させたときの遺伝子 A の転写量を定量し、条件1での転写量を1として相対値で示している。

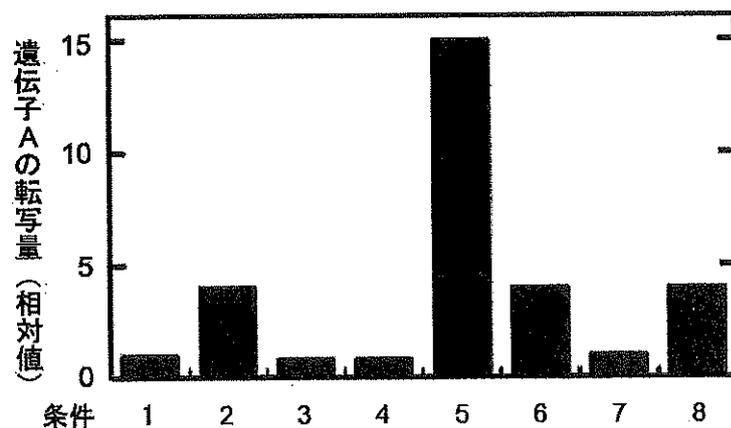
問1 上の(ア)~(ウ)に入る適切な数字を答えよ。

問2 上の(1)~(3)に入る適切な語句を答えよ。

問3 下線部の例外として、1つの(1)と1対1の対応関係にあるアミノ酸が2種類存在するが、そのうちの1つはタンパク質の翻訳開始位置を示す(1)と対応するアミノ酸である。そのアミノ酸の名称を答えよ。

問4 遺伝子 A の転写調節におけるタンパク質 C の作用機構としてどのような可能性が考えられるか。20字以内で答えよ。

問5 遺伝子 A の転写調節におけるタンパク質 D の作用機構としてどのような可能性が考えられるか。30字以内で答えよ。



条件	1	2	3	4	5	6	7	8
タンパク質Bを発現するプラスミド	-	+	-	-	+	+	-	+
タンパク質Cを発現するプラスミド	-	-	+	-	+	-	+	+
タンパク質Dを発現するプラスミド	-	-	-	+	-	+	+	+

図1

生 物 (全3の3)

- 4 A 同種であっても、各個体のもつゲノムの塩基配列はかならずしもすべて同じではない。種の中におけるこれらの多様な特性を( 1 )という。( 2 )によって塩基配列が少しずつ変化し、種内の( 1 )は時間の経過とともに大きくなる。このことによって、種内における形態や機能の差異が生じることがある。しかし、塩基配列が異なっても、形態や機能が変化しない場合もある。

問 1 上の文中の( 1 ), ( 2 )に適切な語句を入れよ。

問 2 下線において、その原因を1つあげよ。

- B ハチ、アリは、( 3 )とよばれる同種の個体が密に集合した集団を形成して生活している。このような生活をしている昆虫を( 4 )という。ここでは、生殖に専念する女王と、食物の運搬や幼虫の世話をする個体、及び天敵に対して防衛をする個体など( 5 )とよばれる分業がある。

また、鳥の中には、自分の兄弟や姉妹であるひなに食物を与え、両親の繁殖を助ける個体がいる。これらは( 6 )とよばれる。このように、群れ生活をする動物では、自分の生存や繁殖の機会を減らして、群れ内の他個体の生存や繁殖の手助けをするような行動を示す個体が見られる。このような行動を( 7 )という。

生物学者ハミルトンは、自分自身が繁殖しなくても、( 6 )となって近縁の他個体の繁殖を助ける行動やワーカーによる自己犠牲の現象を次のように説明した。その個体は自己の子孫を残そうとしているのではなく、血縁個体の繁殖を助けることにより、自分のもつ遺伝子と同じ遺伝子を増やそうとしている。

血縁関係にある他個体を助けることによって、自分の遺伝子を増やす尺度を( 8 )とよび、これによる形質の進化の要因を( 9 )という。

問 3 上の文中の( 3 )~( 9 )に適切な語句を入れよ。