

1. DNAの構造について以下の問いに答えよ。

DNAは、リン酸と糖と塩基からなるヌクレオチドが連なったヌクレオチド鎖で構成される、遺伝情報を担う分子である。DNAを構成する塩基には、A、T、G、Cの4種類があり、AとT、GとCはそれぞれ特異的に結合する。AとT、GとCの組合せによりつくられる対を塩基対という。1953年、(ア)と(イ)によってDNAの立体構造モデルとして(ウ)モデルが提唱された。

(1)文章中の空欄(ア)～(ウ)に当てはまる語句を答えよ。(ア)と(イ)は順不同とする。

(2点×3問)

(2)下線部①について、DNAのヌクレオチドを描け。図中に「リン酸、糖、塩基」と書き入れて示すこと。(3点)

(3)下線部②について、このように塩基どうしが結合する関係を何と呼ぶか、その名称を漢字で答えよ。(2点)

(4)あるDNAのサンプルIを解析したところ、TがGの2倍量含まれていた。このDNAの推定されるAの数の割合(%)を求め、小数第一位まで答えよ。(※2点)

(5)あるDNAのサンプルIIを解析したところ、DNAの全塩基の30%がAであった。このDNAの一方の鎖をX鎖、もう一方の鎖をY鎖としてさらに調べたところ、X鎖の全塩基数の18%がCであった。このとき、Y鎖DNAの全塩基数におけるCの数の占める割合(%)を求めよ。(※過程3点、解答2点)

$$\begin{array}{l}
 A = T = C = G \\
 30\% \quad 18\%
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 A = T \\
 C = G
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 60 \\
 2倍 \\
 18 \\
 30
 \end{array}$$

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

分子生物学や遺伝工学を主体とした現在の生物学研究では、DNAの取り扱いが非常に重要である。分子レベルで遺伝子を扱うことができるようになったのは、構造の簡単な生物などで遺伝子の本体がDNAであることが証明されたことに端を発する。この研究の最も初期に(ア)による肺炎双球菌を用いた実験が報告されている。この実験では、病原性をもつS型菌と、病原性をもたないR型菌を組み合わせ、マウスへの病原性を確認するため以下の4つの実験を行っている。

実験1: 生きたS型菌をマウスに注射する。

実験2: 生きたR型菌をマウスに注射する。

実験3: 実験1と同じS型菌を加熱処理により殺菌したものをマウスに注射する。

実験4: 実験2と同じR型菌と実験3と同じ熱殺菌したS型菌を混ぜてマウスに注射する。

この4つの実験によって、(ア)が証明したかったことは、実験4の結果、(イ)が起こることである。ではなぜ(ア)は一見すると無駄とも思われる実験1から3を行ったのだろうか。この4つの実験の中で注射されたマウスが肺炎により致死となる実験は(ウ)である。残りの実験では注射されたマウスは発症しない。これらの結果から、それぞれの実験の意味を考えると、実験4以外は(ア)の主張を補強するための対照実験になっている。

(1)文中の実験を行った(ア)の人物の名前を以下の①～⑤から選び、記号で答えよ。(1点)

- ①エイブリー ②メンデル ③グリフィス ④ハーシーとチェイス ⑤シャルガフ

(2)文中の空欄(イ)に当てはまる、実験4で発見された現象の名称を答えよ。(2点)

(3)文中の空欄(ウ)に入る実験の組合せとして、最も適当なものをA～Kの中から一つ選び記号で答えよ。(※2点)

- A. 実験1のみ B. 実験2のみ C. 実験3のみ D. 実験4のみ E. 実験1と2 F. 実験1と3
 G. 実験1と4 H. 実験2と3 I. 実験2と4 J. 実験3と4 K. それ以外の組み合わせ

(4)下線部において、実験1を対照実験として見たときに言えることとして、誤りであるものをA～Cの中から一つ選び記号で答えよ。(※2点)

- A. 実験に用いたS型菌が生存していれば、マウス体内で増殖して検出可能である。
 B. 実験に使用したマウスは、生きたS型菌を注射されると確実に発症するものを用いている。
 C. 実験に用いたS型菌の生存性に影響を与えず、マウス体内で増殖して検出可能である。

(5)実験4のみでは、生きたR型菌自体がマウスの体内で何らかの変化を起こした結果である可能性を否定できない。対照実験である実験1～3の中で、実験4の結果が「生きたR型菌自体がマウスの体内で変化を起こしたからでない」と結論づけるための最低限必要な実験をA～Gの中から一つ選び記号で答えよ。(※2点)

- A. 実験1のみで十分 B. 実験2のみで十分 C. 実験3のみで十分 D. 実験1と2
 E. 実験1と3 F. 実験2と3 G. 実験1と2と3

3. 文章を読み、以下の間に答えよ。

ある哺乳動物の1つの体細胞に由来する培養細胞（細胞株）について、細胞周期を調べる2つの実験を以下のように行った。

実験1：細胞周期をそろえる処理をせずにこの細胞株を培養した。この場合、細胞周期の時期はそろわないがほぼすべての細胞は分裂し、G₀期（静止期・休止期）に入る細胞はほぼなかった。培養を開始してから一定時間経過後の細胞数を調べた結果が表1である。また、細胞集団中のG₁期、S期、G₂期およびM期にある細胞数の割合を調べた結果が表2である。

実験2：細胞周期をそろえる処理をしてこの細胞株を培養した。そして、培養時間と細胞中のDNA量の関係調べた。実験2でも、G₀期に入る細胞はほぼなかった。

表1 培養時間と細胞数

培養時間 (時間)	培養器中の細胞数 (個)
0	5.0×10^4
10	7.1×10^4
20	1.0×10^5
30	1.4×10^5
40	2.0×10^5
50	2.8×10^5

表2 細胞周期と細胞数の割合

細胞周期	細胞集団中の割合 (%)
G ₁	50
S	30
G ₂ ・M	20

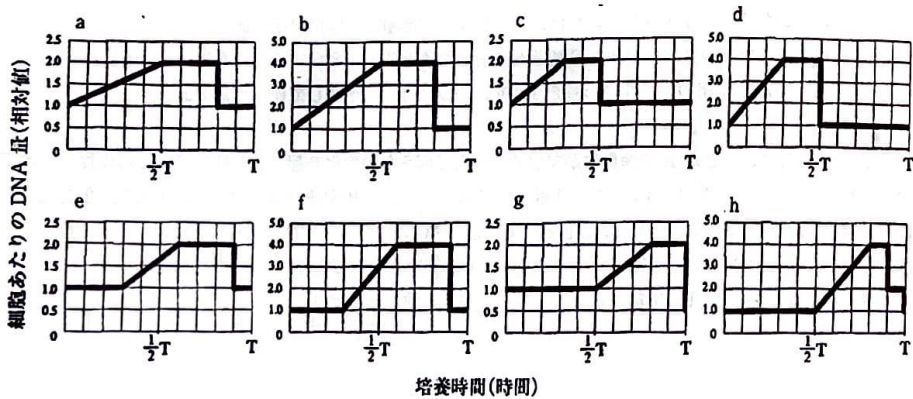
$$\frac{50}{100} \times \frac{10}{5.0} = 10$$

$$\frac{50}{100} \times \frac{100}{5.0} \times 100 = 1000$$

(1)この細胞株の1回の細胞周期（1周期にかかる時間）は何時間か、答えよ。（2点）

(2)体細胞分裂のある時期に、DNAが複製される。この複製方法の名称を答えよ。（2点）

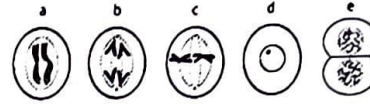
(3)実験1の結果から予想される、実験2の結果として最も適切なものを、次のグラフa~hの中から選び、記号で答えよ。なお、実験1の細胞周期の各時期にある細胞数の割合と、その時期にかかる時間は比例するものとする。また、この細胞株の1回の細胞周期にかかる時間をT（時間）とする。（※3点）



(4)10時間培養した細胞において、G₀期の体細胞とDNA量が等しい細胞数を求めよ。（※過程2点、解答2点）

(5)図1のa~eは体細胞分裂における各時期の染色体を示している。間期の細胞を最初にして、細胞周期の順に並べ、記号で答えよ。（3点）

図1



(6)(5)の図1のcにおいて、染色体が並ぶ場所の名称を答えよ。（2点）

(7)体細胞に含まれる、形や大きさが同じ1対の染色体の名称を答えよ。（2点）

(8)体細胞分裂の細胞質分裂における、動物細胞と植物細胞の違いを50字以内で説明せよ。（※3点）

4. 文章を読み、以下の間に答えよ。

遺伝子の本体である DNA の塩基配列をもとにしてタンパク質が合成されることを遺伝子の(ア)という。タンパク質のアミノ酸配列は、DNA の塩基配列によって決められている。真核生物の遺伝子が(ア)する過程では、DNA の構造の一部がほどけて、DNA ポリメラーゼという酵素のはたらきにより DNA の遺伝情報が mRNA に写し取られる。この過程は(イ)と呼ばれ、(ウ)という細胞内の構造の中で行われている。アミノ酸は mRNA の情報に従って並べられ、(エ)結合してタンパク質となる。このタンパク質が合成される過程は(オ)と呼ばれ、細胞質基質中の(カ)という細胞内の構造で行われる。このように、遺伝情報は、DNA→RNA→タンパク質へと一方に伝えられる。この遺伝情報の流れに関する原則は(キ)と呼ばれる。

(1)文中の空欄(ア)～(キ)に当てはまる語句を答えよ。(2点×7問)

(2)図1の DNA が指定するタンパク質のアミノ酸配列を答えよ。アミノ酸の名称はコドン表()内のアルファベット大文字を用いて表記すること。(例)システインを指定するコドンは“C”と解答する。(3点)

図1

CTACGCGGTTTCGGTGCCAAGAGGTG
G/A UG/C G/C CAA/AG C/C AC/G G/U U/C U/C C A C

(3)DNA と RNA の構造上の違いを2つあげ、それぞれ40字以内で述べよ。(※3点×2問)

※コドン表

1番目の塩基	2番目の塩基				3番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニル UUC } アラニン(F) UUA } ロイシン(L) UUG }	UCU } UCC } セリン(S) UCA } UCG }	UAU } チロシン(Y) UAC } UAA } (終止) UAG }	UGU } システイン(C) UGC } UGA } (終止) UGG } トロファン(W)	U C A G
C	CUU } CUC } ロイシン(L) CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン(P) CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン(H) CAC } CAA } グルタミン(Q) CAG }	CGU } CGC } アルギニン(R) CGA } CGG }	U C A G
A	AUU } AUC } イソロイシン(I) AUA } AUG } メチオン(M) (開始)	ACU } ACC } トレオニン(T) ACA } ACG }	AAU } アスパラギン(N) AAC } AAA } リジン(K) AAG }	AGU } セリン(S) AGC } AGA } アルギニン(R) AGG }	U C A G
G	GUU } GUC } ヴァリン(V) GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン(A) GCA } GCG }	GAU } アスパラ GAC } キン酸(D) GAA } グルタミン酸(E) GAG }	GGU } GGC } グリシン(G) GGA } GGG }	U C A G

5. 大腸菌をすりつぶした抽出液には、各種の酵素・アミノ酸・tRNA など、タンパク質の合成に必要なものがすべて含まれている。図1、図2や大問4のコドン表を参考にして、以下の問(1)～(4)に答えよ。

(1)抽出液を試験管に移し、この試験管の中で細胞内の生命現象を再現する実験を行った。まず、試験管内のタンパク質の量を調べたところ、図1のXのように変化した。Aの時点で試験管内の物質の分解は見られず、かつ、試験管内の細胞抽出物の機能はまだ十分な活性があった。そこにウシから抽出した「物質α」を追加したところ、タンパク質の量は続けて図1のYのように変化した。Aのときに加えた「物質α」について最も適当なものを、次の①～④のうちから1つ選び、記号で答えよ。(※2点)

- ①DNAを構成するヌクレオチド ②RNAを構成するヌクレオチド ③リン酸 ④アミノ酸

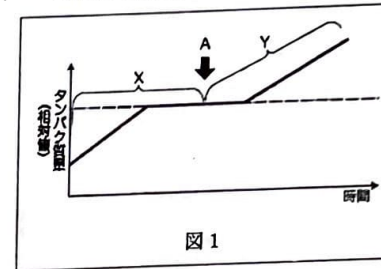


図1

(2)(1)と全く同じ条件で実験を行ったが、Bの時点で誤って物質αとは異なる物質βが失われてしまったため、タンパク質の量が図2のグラフようになった。この状況で(1)のAの時期と同じ量のタンパク質を生成させるために、Cの時点で加える物質βとして最も適当なものを、次の①～④のうちから1つ選び、記号で答えよ。(※2点)

- ①DNAを構成するヌクレオチド ②RNAを構成するヌクレオチド ③リン酸 ④アミノ酸

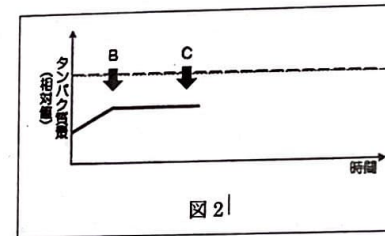


図2

(3)抽出液に、ウラシルだけからなる人工的に合成した RNA(UUUUUU...)を加えると、フェニルアラニンだけからなるポリペプチドが合成された。抽出液に、シトシン1つとアデニン2つの繰り返しからなる人工 RNA(CAACAA...)を加えると、どのようなアミノ酸からなるポリペプチドが合成されるか、それぞれについて合成されるポリペプチドをすべて答えよ。(※2点)

(4)抽出液に、ウラシルとシトシンを3:1の割合で含み、その塩基の並びがランダムである十分な長さの人工 RNA を加えた。その結果、4種類のアミノ酸からなるポリペプチドが合成され、そのアミノ酸の比は

$$\boxed{\text{ケ}} : \boxed{\text{コ}} : \boxed{\text{サ}} : \boxed{\text{シ}} = 9 : 3 : 3 : 1$$

となった。 $\boxed{\text{ケ}} \sim \boxed{\text{シ}}$ に入る適切なアミノ酸名を答えよ。ただし、 $\boxed{\text{コ}}$ と $\boxed{\text{サ}}$ は順不同とする。(※1点×4問)

