

C 5 生 物

この冊子は、生物の問題で1ページより31ページまであります。

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたもののだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横1行について1箇所に限ります。
2箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

(下書き用紙)

(下書き用紙)

- 1 次の問題(1), (2)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って解答用マークシート の所定欄にマークしなさい。(35 点)

(1) 次の文章を読み, 問題(a)~(e)に答えなさい。

ニーレンバーグやコラーナの実験に従い, 以下の実験を行った。

大腸菌をすりつぶしてリボソーム, 各種の酵素, アミノ酸などのタンパク質合成に必要な構造体や物質を含む溶液を調製した。この溶液に人工的に合成した RNA を加え, ペプチドを合成した。この実験系では人工 RNA の 5' 末端から必ず翻訳され, アミノ酸 5 つ以上で構成されたペプチドが得られるものとする。

なお, 必要に応じて, 表 1 遺伝暗号表と以下の原子量の数値を用いなさい。

原子量 : H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, S 32.1

表 1 遺伝暗号表

		2 番目の塩基					
		U	C	A	G		
1 番目の塩基	U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U	3 番目の塩基
		フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	C	
		ロイシン	セリン	終止コドン	終止コドン	A	
		ロイシン	セリン	終止コドン	トリプトファン	G	
	C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U	
		ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	C	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	A	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	G	
	A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U	
		イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	C	
		イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	A	
		メチオニン(開始コドン)	トレオニン	リシン	アルギニン	G	
	G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U	
		バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	C	
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	A	
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	G	

- (a) 1種類もしくは2種類の塩基からなる2塩基を繰り返す人工RNAからペプチドを得た。このとき得られるペプチドの1番目のアミノ酸から5番目のアミノ酸までのアミノ酸配列の組み合わせは合計何通りあるか。次の にあてはまる数字をマークしなさい。ただし、答えが1桁の場合には と に、2桁の場合には に0をマークしなさい。

(ア)	(イ)	(ウ)	通り
↑	↑	↑	
百の位	十の位	一の位	

- (b) アミノ酸の平均分子量を138として、5つのアミノ酸で構成されるペプチドの分子量を3桁で計算し、次の にあてはまる数字をマークしなさい。

(エ)	(オ)	(カ)
↑	↑	↑
百の位	十の位	一の位

- (c) UとGのみからなる3塩基を繰り返す人工RNAのうち、ロイシン、システイン、もしくはバリンのいずれかの単独のアミノ酸のみからなるペプチドが得られるRNA配列は合計何種類あるか。次の にあてはまる数字をマークしなさい。ただし、答えが1桁の場合には に0をマークしなさい。

(キ)	(ク)	種類
↑	↑	
十の位	一の位	

- (d) 18 塩基の RNA でメチオニン-アラニン-バリン-トリプトファン-アスパラギン酸の配列をもつペプチドが得られた。このペプチドが得られる RNA 配列は合計何種類あるか。次の にあてはまる数字をマークしなさい。ただし、答えが1桁の場合には と に、2桁の場合には に0をマークしなさい。

種類
 ↑ ↑ ↑
 百の位 十の位 一の位

- (e) 溶液からイソロイシン、セリン、グリシンを完全に除去し、これら3つのアミノ酸は合成ペプチドに全く取り込まれない条件でペプチドを合成した。この合成において、18 塩基の RNA から5つのアミノ酸で構成されるペプチドが合成される確率を解答群Aから一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群 A

0	$\frac{3^3}{2^{14}}$	1	$\frac{3^4}{2^{14}}$	2	$\frac{3^5}{2^{14}}$	3	$\frac{3^3}{2^{12}}$	4	$\frac{3^4}{2^{12}}$
5	$\frac{3^5}{2^{12}}$	6	$\frac{3^3}{2^{10}}$	7	$\frac{3^4}{2^{10}}$	8	$\frac{3^5}{2^{10}}$	9	$\frac{3^6}{2^{10}}$

(下書き用紙)

(2) 遺伝的多様性と細胞機能に関する次の問題(a)～(e)に答えなさい。

(a) ヒト集団においては、ゲノムの塩基配列の一部に違いがあることなどにより、遺伝的な多様性が生じていることが知られている。こうした遺伝的な多様性は、直接形質に影響を与えないものが多い。しかし、中にはタンパク質の構造や発現に影響し、薬の効き目や副作用、病気の罹^{かか}りやすさなど、個人差が生じる原因となる。細胞は、DNAに損傷を引き起こす放射線や化学物質などにさらされ続けると、がん化するリスクが高まる。遺伝子の中には、がん化の可能性を低くする機能を有するタンパク質を指定しているものが存在しており、このような遺伝子のがん抑制遺伝子と呼ばれる。タンパク質Xはがん抑制遺伝子Xからつくられるタンパク質であり、放射線や化学物質などの刺激に応答して、細胞増殖の停止、DNA損傷の修復、あるいは細胞死を誘導することで、がん細胞の発生を抑制している。ヒトのがん細胞においては、タンパク質Xの遺伝子Xに、高頻度に変異が見つかることが知られている。遺伝子Xの塩基配列を読む実験を行った。AさんとBさんの遺伝子Xの塩基配列を調べてみたところ、Aさんの遺伝子Xは、72番目のアミノ酸はプロリンであり、そのコドンは、5'-CCC-3'であった。ここでは、このタンパク質のことをPro型タンパク質(以下、X-Proと略する)と呼ぶこととする。一方、Bさんでは、このコドンの塩基配列がAさんのものと1塩基違っており、その結果、アルギニンに変化していた。ここではこのような72番目のアミノ酸がアルギニンになっているものをArg型タンパク質(以下、X-Argと略する)と呼ぶこととする。

Bさんの72番目のアミノ酸を指定するアンチコドンを解答群Bから一つ選び、その番号をマークしなさい(表1 遺伝暗号表を参照)。

解答群B

0 5'-UCU-3'	1 5'-CGU-3'	2 5'-CGC-3'
3 5'-AGG-3'	4 5'-UCG-3'	5 5'-GCG-3'
6 5'-ACG-3'	7 5'-CCU-3'	8 5'-CGG-3'

(b) ヒト集団のゲノムを比較したところ、遺伝子 X の 72 番目のアミノ酸を指定するコドンが A さんと同じ Pro 型のヒトと B さんと同じ Arg 型のヒトが一定の頻度以上でみられることから、この 1 塩基の違いは一塩基多型であることがわかった。また、DNA 損傷時の細胞応答の実験で、タンパク質 X-Pro をもつ細胞は増殖の停止能と DNA 修復能が高く、タンパク質 X-Arg をもつ細胞は細胞死の誘導能が高いことがわかった。

一塩基多型と遺伝子 X に関して、最も適切な記述の組み合わせを解答群 C から一つ選び、その番号をマークしなさい。なお、遺伝子 X は常染色体に存在している。

記述

- ① ヒト集団の中には、1 対の相同染色体にある 2 つの遺伝子 X のうち、一方が Pro 型で他方が Arg 型(つまり Pro/Arg 型)のヒトもいる。
- ② ヒト集団は、1 対の相同染色体にある 2 つの遺伝子 X が、両方とも Pro 型(Pro/Pro 型)か両方とも Arg 型(Arg/Arg 型)のヒトからなる。
- ③ 一塩基多型は、同一種の個体間のゲノムで約 1000 塩基に 1 回程度みられる塩基の違いである。
- ④ 一塩基多型は、DNA 複製の誤りで起きるゲノムの約 1 万塩基に 1 回程度の塩基の違いである。
- ⑤ Pro 型の一塩基多型をもつ細胞で、RNA 干渉により遺伝子 X の発現をほぼ 100 % 抑制した場合、DNA 損傷時の細胞死誘導能には影響がない。
- ⑥ 一塩基多型を含むゲノム情報は、両親から子へ受け継がれるが、子と親の間には遺伝的多様性がある。

解答群 C

- | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------|
| 00 ①, ③ | 01 ①, ④ | 02 ②, ③ | 03 ②, ④ |
| 04 ①, ③, ⑤ | 05 ①, ③, ⑥ | 06 ①, ④, ⑤ | |
| 07 ①, ④, ⑥ | 08 ②, ③, ⑤ | 09 ②, ③, ⑥ | |
| 10 ②, ④, ⑤ | 11 ②, ④, ⑥ | 12 ①, ③, ⑤, ⑥ | |
| 13 ①, ④, ⑤, ⑥ | 14 ②, ③, ⑤, ⑥ | 15 ②, ④, ⑤, ⑥ | |

- (c) 次の文章の空欄(ア～シ)にあてはまる最も適切な語句を解答群Dから一つ選び、その番号をマークしなさい。

プロリン(Pro)は環状構造をもつ (ア) アミノ酸で、アルギニン(Arg)はアルカリ性(塩基性)の (イ) をもつ (ウ) アミノ酸である。この2つのアミノ酸の性質の違いがX-ProとX-Argの機能の違いに関係している可能性がある。そこで、PCR法によってProからアラニン(Ala)へコドンを変更することにした(図1)。PCR反応にはP1とP2の2種類のプライマーを用いた。ProからAlaへの変更用のプライマーP1は、鋳型となる遺伝子Xの72番目のProを指定するコドン付近の塩基配列で、Proのコドン(5'-CCC-3')の1塩基の置換でAlaのコドンに変わる1塩基置換を含む塩基配列5'- (エ) -3'を中央部にもつ(図1で、P1の***の位置の3塩基)。プライマーP2は、鋳型の3'側の (オ) の配列をもつ。ステップ1で、鋳型X-ProのDNA、プライマー、4種類の (カ) , (キ) のDNA (ク) の混合液を約 (ケ) °Cで加熱し、鋳型DNAを (コ) に解離させた。ステップ2で、1塩基置換があるため通常よりも少し低温の約55°Cでプライマーと鋳型DNAを結合させた。ステップ3で、約 (サ) °CでDNA鎖を伸長させた。ステップ1～3を1サイクルとして、30サイクル繰り返してDNA鎖を (シ) させた。最後に、DNA (ス) を作用させて改変X-Ala断片を (セ) に組込んだプラスミドを、大腸菌に (ソ) して、目的の改変X-AlaのDNAを得た。

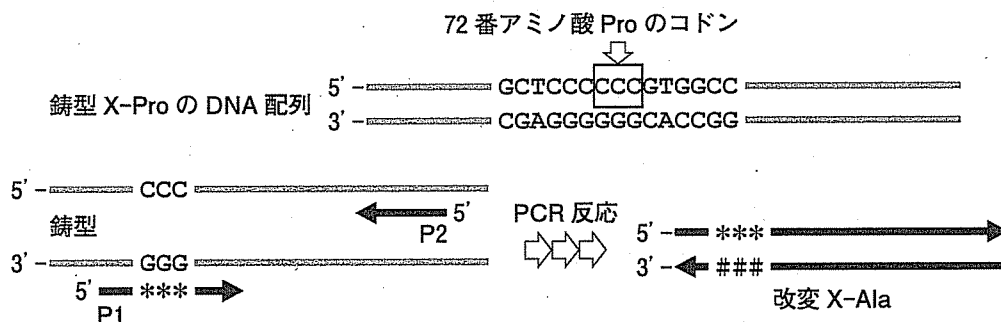


図1

解答群D

00 親和性	01 親水性	02 耐水性
03 熱変性	04 耐熱性	05 酸性
06 恒温性	07 疎水性	08 一本鎖
09 二本鎖	10 相補鎖	11 短鎖
12 側鎖	13 増殖	14 転移
15 導入	16 増幅	17 転写
18 AGG	19 GGA	20 GCC
21 CGG	22 AGC	23 GGC
24 CCG	25 CGC	26 ライブラリー
27 制限酵素	28 ヘリカーゼ	29 リガーゼ
30 ポリメラーゼ	31 ベクター	32 リボヌクレオチド
33 リボヌクレオシド	34 ヌクレオシド	35 ヌクレオチド
36 25	37 35	38 42
39 52	40 72	41 95

- (d) タンパク質 Y は、タンパク質 X に結合し、X のはたらきを抑制する X 抑制因子である (図 2)。転写調節因子としてはたらくタンパク質 Z は、タンパク質 Y の遺伝子 Y がもつ転写調節領域に結合して転写を促進する。タンパク質 Z の結合配列には、ヒトによってチミン (T) またはグアニン (G) の一塩基多型が存在する。タンパク質 Z とこの結合配列との結合実験の結果、塩基が T の場合は Z との結合が弱く、塩基が G の場合は Z との結合が強いことがわかった。

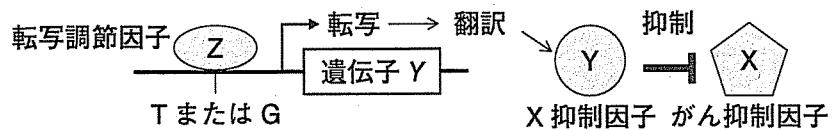
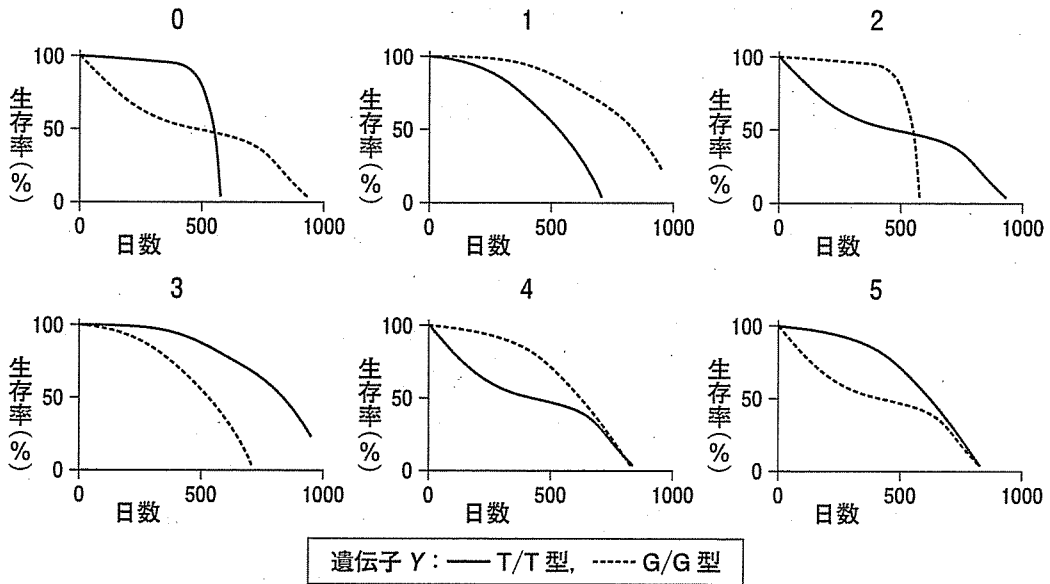


図 2

次に、ヒトの遺伝子 Y に相当するマウスの遺伝子 Y の転写調節領域をヒトのものに入れ替えた。その際に、タンパク質 Z の結合配列に T の一塩基多型をもつものと G の一塩基多型をもつものの 2 種類のマウスを用意した。マウスのタンパク質 Z は、転写調節領域に対する結合のしかたはヒトと同じであった。この 2 種類のマウスを用いて発がん実験を行った。両親由来の遺伝子 Y の両方とも T である T/T 型マウスと G である G/G 型マウスで、発がんが原因で死亡した場合の産まれた日からの日数 (横軸) と生存率 (%) (縦軸) との関係グラフで表し比較した。解答群 E のグラフ 0 ~ 5 の中から、T/T 型と G/G 型のマウスの実験結果を示す最も適切なものを選び、その番号をマークしなさい (マウスの平均寿命を約 850 日とする)。

解答群 E



- (e) ヒトの一塩基多型 T あるいは G をもつ遺伝子 Y から合成されるタンパク質 Y と、タンパク質 X との関係の説明に関して、最も適切な記述を解答群 F から一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群 F

- 0 T/T 型のヒトと G/G 型のヒトにおいて、合成されるタンパク質 Y の量とタンパク質 X の量のいずれにも差がない。
- 1 T/T 型のヒトでは G/G 型のヒトよりも、タンパク質 Y の 1 分子あたりのタンパク質 X を抑制する作用は強い。
- 2 G/G 型のヒトでは T/T 型のヒトよりも、タンパク質 Y の 1 分子あたりのタンパク質 X を抑制する作用は強い。
- 3 G/G 型のヒトと T/T 型のヒトでは、タンパク質 Y とタンパク質 X との結合活性には差がない。
- 4 T/T 型のヒトでは G/G 型のヒトよりも、タンパク質 Y がタンパク質 X とより強く結合する。
- 5 G/G 型のヒトでは T/T 型のヒトよりも、タンパク質 Y がタンパク質 X とより強く結合する。

- 2 植物に関する次の問題(1)～(3)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って解答用マークシートの所定欄にマークしなさい。(35点)

- (1) 根端分裂組織細胞の細胞周期に関する次の文章を読み、問題(a)、(b)に答えなさい。

植物の根が伸長するとき、根端分裂組織では細胞が分裂を繰り返し細胞増殖する。根の細胞周期を調べるために、チミジンの類似物質であるエチニル・デオキシウリジン(EdU)を含む培地で根を生育させた。EdUはDNA複製時にDNAに取り込まれるが、DNA複製や細胞周期に影響を及ぼすことはない。化学処理をすることで、EdUは蛍光を発するため、顕微鏡を使用してDNA複製期(S期)の細胞を特定することができる。EdUを含んだ培地で根を生育させてから17時間経過後、根端分裂組織の全細胞の細胞核でEdUの取り込みが検出できた。次に、EdUを含む培地に短時間生育させた後、根をよく洗い、EdUを含まない培地で生育させた。EdUを含まない培地で生育させた根端分裂組織の中で、明視野観察による細胞数の測定および、DNAを染色した細胞内の特徴を指標に分裂期(M期)の細胞を特定してEdUの取り込み細胞の割合を算出した。その結果、図1のようにEdUの検出されたM期の細胞の割合は時間によって変動した。

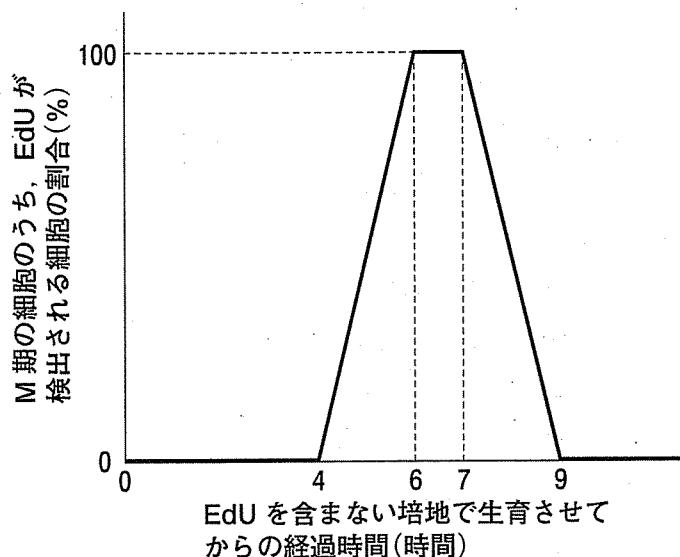


図1

- (a) 下線部の観察のとき、M期の細胞の指標として使用できる、細胞の特徴の組み合わせを解答群Aから一つ選び、その番号をマークしなさい。

特徴

- ① 核膜が崩壊して核小体が消失する。
- ② 凝縮した相同染色体が見える。
- ③ 対合した二価染色体が見える。
- ④ 両極に分かれた染色体群が見える。
- ⑤ 染色体が赤道面上に並んでいる。

解答群A

- | | | | |
|---------------|------------|------------|------------|
| 00 ①, ② | 01 ①, ③ | 02 ①, ④ | 03 ②, ④ |
| 04 ①, ③ | 05 ②, ④ | 06 ①, ②, ③ | 07 ①, ②, ④ |
| 08 ②, ③, ④ | 09 ①, ②, ④ | 10 ①, ③, ④ | 11 ②, ③, ④ |
| 12 ①, ②, ③, ④ | 13 ①, ②, ④ | 14 ①, ③, ④ | 15 ②, ③, ④ |
| 16 ①, ②, ③, ④ | 17 ①, ②, ③ | 18 ①, ②, ④ | 19 ①, ③, ④ |
| 20 ①, ②, ③, ④ | 21 ①, ②, ④ | 22 ①, ③, ④ | 23 ②, ③, ④ |
| 24 ①, ②, ③, ④ | | | |

- (b) EdUの取り込み実験により、この植物の根端分裂組織細胞の細胞周期の各期は何時間と考えられるか、最も適切な数字をマークしなさい。この根端分裂組織において細胞ごとの細胞周期の各期の長さに差はない。なお、十の位がない場合は、0をマークしなさい。

G1期	ア	イ	時間	S期	ウ	エ	時間
	↑ 十の位	↑ 一の位			↑ 十の位	↑ 一の位	
G2期	オ	カ	時間	M期	キ	ク	時間
	↑ 十の位	↑ 一の位			↑ 十の位	↑ 一の位	

- (2) (1)で用いた植物の根端分裂組織細胞の DNA 量に関する次の文章を読み、問題(a)～(d)に答えなさい。

根端分裂組織を酵素処理して、個々の細胞にばらばらにし、細胞壁を溶解した。細胞壁がなくなった個々の細胞の細胞核を、DNA に結合して蛍光を発する物質(DAPI)により染色した。DAPI の蛍光量は DNA 量に比例する。細胞核あたりの DAPI の蛍光量を測定して、その細胞あたりの DNA 量の相対値を計測した結果を図 2 に示す。

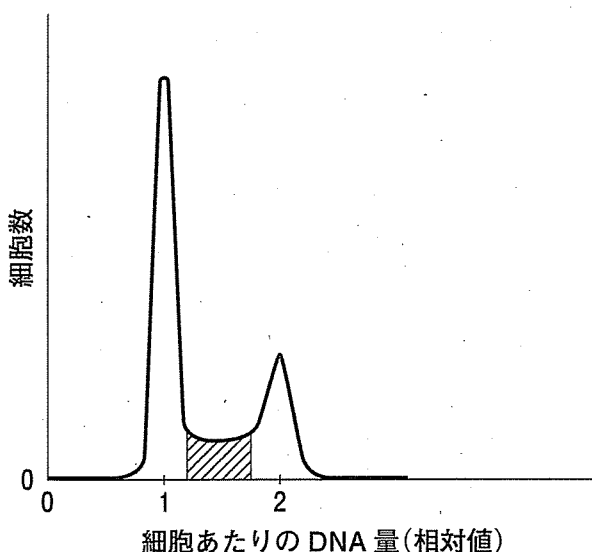


図 2 根端分裂組織の細胞あたりの DNA 量

- (a) 双子葉植物の細胞壁に関する記述として間違っているものを解答群 B から一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群 B

- 0 細胞壁は層状に蓄積したセルロース繊維からなる。
- 1 隣り合う細胞どうしで細胞膜がつながる原形質連絡がある。
- 2 離層の細胞壁が酵素によって分解されることで落果や落葉が起こる。
- 3 細胞壁が緩んだ細胞は吸水して伸長することが可能になる。
- 4 細胞壁にはオーキシン輸送タンパク質が存在する。

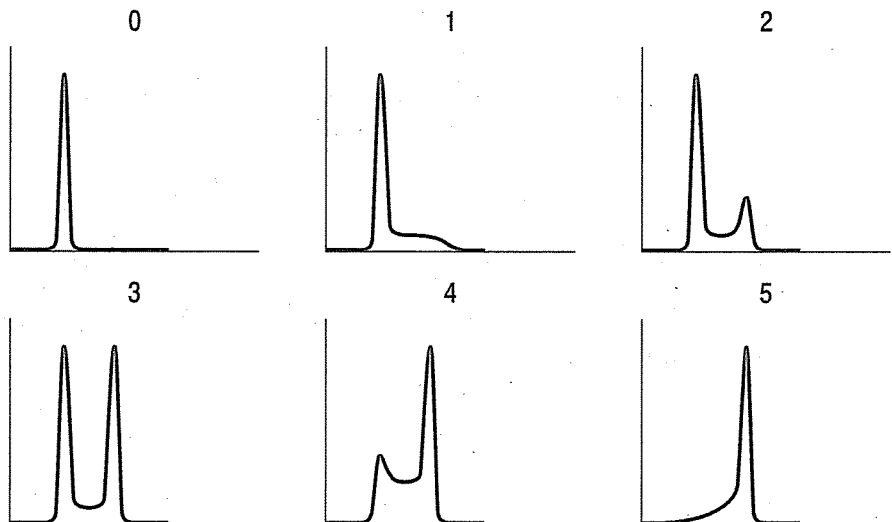
- (b) 図2のグラフの斜線部に最も多く含まれる細胞周期の時期として、最も適切なものを解答群Cから一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群C

- | | | | |
|--------------|-------------|------------------|-------|
| 0 G1 期 | 1 G2 期 | 2 M 期 | 3 S 期 |
| 4 G1 期と G2 期 | 5 G1 期と M 期 | 6 G1 期と S 期 | |
| 7 G2 期と M 期 | 8 G2 期と S 期 | 9 G2 期と M 期と S 期 | |

- (c) S 期を阻害する物質を入れた培地生根を入れて、6 時間生育させたところ、細胞分裂が観察されなくなった。なお、阻害物質は直ちに DNA 複製を阻害する。このとき、根端分裂組織の細胞あたりの DNA 量の相対値を計測した結果として最も適切なものを解答群Dから一つ選び、その番号をマークしなさい。グラフの縦軸は細胞数、横軸は細胞あたりの DNA 量の相対値を示す。

解答群D



- (d) 根の根端分裂組織よりも地上部側の部分(伸長領域)の組織の細胞あたりの DNA 量を調べたところ、図 3 の結果を得た。横軸は図 2 と同じように細胞あたりの DNA 量(相対値, 常数)を示す。顕微鏡を用いて細胞あたりの細胞核の個数を数えたところ、すべて細胞あたり 1 個であった。その 1 個の細胞核の体積が根端分裂組織の細胞核よりも大きかった。この結果に関して考察した次の文章の空欄にあてはまる最も適切なものを下記の解答群 E から一つ選び、その番号をマークしなさい。

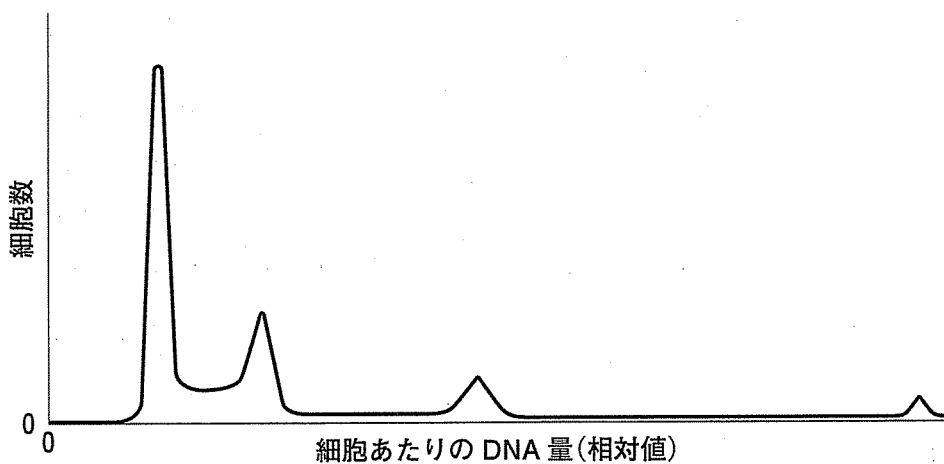


図 3 根の伸長領域の細胞あたりの DNA 量

図 3 のグラフの左から 1 番目のピークに対して、3 番目のピークは、細胞あたりの DNA 量が約 倍、4 番目のピークは、細胞あたりの DNA 量が約 倍になっている。これは、細胞周期の 期を経ずに DNA 複製を繰り返すことで、細胞核あたりの DNA 量が増大したからである。このように細胞核内の DNA 量が倍加する現象は、 にも見られる。

解答群 E

- | | | | | |
|------------|------|----------------|-------|-------|
| 00 2 | 01 4 | 02 8 | 03 16 | 04 32 |
| 05 G1 | 06 S | 07 M | 08 G2 | |
| 09 ヒトの骨格筋 | | 10 ユスリカの唾腺(だ腺) | | |
| 11 カエルの赤血球 | | 12 ウニの胚 | | |

(下書き用紙)

- (3) 根から葉へ長距離輸送される物質に関する次の文章を読み、問題(a), (b)に答えなさい。

物質 X は植物のすべての細胞で生合成される物質であり、植物の成長を促進するが、細胞間や維管束を移動できない。物質 X の前駆物質 Y と Z は細胞間の移動や道管を使った長距離移動ができる。前駆物質から物質 X を生合成する経路を触媒する酵素の遺伝子に変異した変異体 A, B および二重変異体 AB がある。この遺伝子の変異によって酵素活性は失われる。この植物の地下部と地上部の間を切断した後に、同一個体もしくは別個体の地下部と地上部を接ぎ木することができる。接ぎ木後、すぐに維管束が連結し、根から葉への物質の長距離輸送が再開する。例えば図 4 のように、野生型の地下部と変異体 A の地上部を連結させた接ぎ木 A を作製した。野生型、変異体 A, B および AB も同一個体の接ぎ木を行った。いずれの場合も、接ぎ木という操作自体による第一本葉の生育への影響は生じなかった。

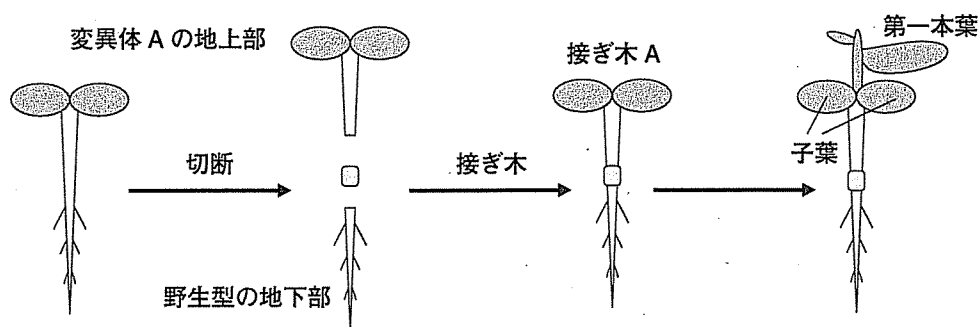


図 4 接ぎ木 A の作製方法

表 1 接ぎ木作製後、3 日目、5 日目、7 日目の葉の面積 (mm²)

	接ぎ木作製後 3 日目	5 日目	7 日目
野生型	200	240	288
変異体 A	150	165	181.5
変異体 B	200	220	242
二重変異体 AB	150	165	181.5
接ぎ木 A	200	240	288

接ぎ木作製後，3日目，5日目，7日目の第一本葉の葉の面積を計測したところ，表1の結果が得られた。

また，各時期の子葉の一部を採取して，各物質を検出し，表2の結果を得た。なお，子葉の一部を採取しても第一本葉の成長や物質の長距離輸送に影響はない。また，子葉と第一本葉の間で物質 X，Y，Z の検出の有無に差はない。

表2 葉における物質 X，Y，Z の検出の有無(+は検出あり，-は検出なし)

	物質 X	物質 Y	物質 Z
野生型	+	+	+
変異体 A	-	-	+
変異体 B	-	+	+
二重変異体 AB	-	-	+
接ぎ木 A	+	+	+

- (a) この実験結果に関して考察した次の文章の空欄に最も適切な語句を下記の解答群Fから一つ選び，その番号をマークしなさい。なお，同じ記号の空欄には同じ語句が入る。

実験結果より，ア は，接ぎ木作製後，3日目から7日目までの第一本葉の面積を2日でイ 倍広げる作用をもつ。変異体 A はア からウ を作り出す経路を触媒する酵素の遺伝子に変異が生じており，変異体 B はウ からエ を作り出す経路を触媒する酵素の遺伝子に変異が生じている。

解答群F

0 X	1 Y	2 Z		
3 1.05	4 1.1	5 1.2	6 1.3	7 1.4

(b) 接ぎ木 A と同じように、変異体 B の地上部と野生型の地下部を用いて接ぎ木 B を作製し、二重変異体 AB の地上部と野生型の地下部を用いて接ぎ木 AB を作製した。接ぎ木作製後、3 日目、5 日目、7 日目の第一本葉の面積として最も適切なものを解答群 G から一つ選び、その番号をマークしなさい。

接ぎ木 B	3 日目	(オ)	5 日目	(カ)	7 日目	(キ)
接ぎ木 AB	3 日目	(ク)	5 日目	(ケ)	7 日目	(コ)

解答群 G

0 150	1 165	2 181.5	3 200
4 220	5 240	6 242	7 288

(下書き用紙)

- 3** 酵素反応に関する次の問題(1)～(3)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って解答用マークシートの所定欄にマークしなさい。(30点)

(1) 指に傷ができたため、消毒薬オキシドールを傷口に垂らし消毒を行ったところ、傷口から気体が発生し、泡を形成した。この現象に関する次の問題(a)～(c)に答えなさい。

(a) この反応をあらわす最も適切な化学式を解答群Aから一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群A

- 0 $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
- 1 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- 3 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- 4 $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$

(b) (a)の反応は指の細胞が壊れた際に細胞内から流れ出た酵素Eが直接はたらいた結果であると考えられる。酵素Eの名前を解答群Bから一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群B

- | | | |
|----------|---------|-----------|
| 0 ペプシン | 1 アミラーゼ | 2 トリプシン |
| 3 カタラーゼ | 4 マルターゼ | 5 ルシフェラーゼ |
| 6 ATPアーゼ | 7 セルラーゼ | 8 リパーゼ |

(c) 酵素 E はヒト以外の動植物にも広く存在する。これまでに、異なる種がもつ酵素 E もしくはそれに類似した酵素の立体構造がいくつか知られている。その一つを図 1 に示した。

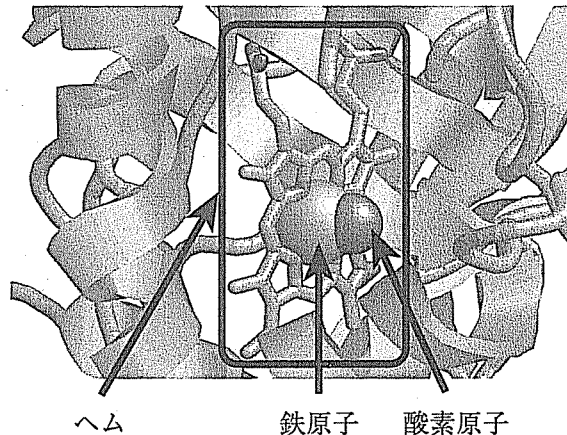
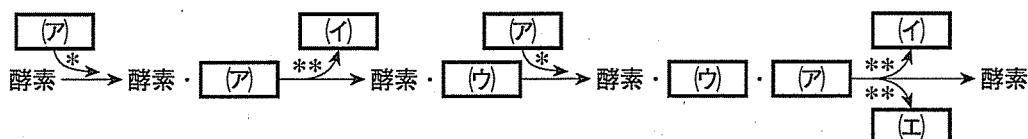


図 1 酵素 E の触媒部位の立体構造(タンパク質構造データベース ID 2cag より) 触媒部位付近の一部の構造を示した。

図 1 の構造では、触媒反応が起こる部位にあるへムと呼ばれる構造の中心にある鉄原子に、基質に由来する酸素原子が結合していることがわかった。また、酵素反応は 1 段階では反応が完了せず、基質が酵素に結合する段階、酵素上で基質の反応が起こる段階、反応後にできた物質(反応産物)が酵素から解離する段階を経て反応が完了することが知られる。

酵素 E がはたらく反応の進行をこれらの段階に分けて表した下の反応 1 の空欄(ア)～(エ)にあてはまる最も適切な語句を解答群 C から一つ選び、その番号をマークしなさい。なお、同じ記号の空欄には同じ語句が入る。

反応 1 酵素 E の触媒反応の各段階



酵素への結合を*の矢印、酵素からの解離を**の矢印で示した。同じ記号は同じ分子や原子を表す。また、式中の「酵素」は、ヘムと鉄原子を結合した状態にあり、「・」は酵素もしくは酵素上のヘムの鉄原子に基質が結合した状態を示す。

解答群 C

- | | | | | |
|------------------------|-----------------|--------------|--------------------------|----------------|
| 0 H_2O | 1 H_2 | 2 O | 3 O_2 | 4 CO |
| 5 CO_2 | 6 CH_4 | 7 H | 8 H_2O_2 | 9 O_3 |

(2) ジャガイモをおろし金ですりおろし、ガーゼでこした抽出液(以下ジャガイモ抽出液と呼ぶ)を用意した。これを用いて行った実験と、それに関連する実験について次の問題(a)～(c)に答えなさい。

(a) 次の文章の空欄(ア)～(ウ)にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ下記の選択肢①～③から選び、その組み合わせを解答群 D から一つ選んで番号をマークしなさい。

ジャガイモ抽出液を試験管に 1 mL 用意し、そこに 3 % の過酸化水素水 2 mL を添加したら、泡が発生した。このとき、火がついた線香を試験管に入れると、直後には線香の火は (ア)。試験管から線香を取り出し、しばらく泡の発生が続いた後泡の発生が止まってから 10 時間そのまま放置し、再び火がついた線香を入れた直後、線香の火は (イ)。この試験管から線香を取り出して再び 10 時間放置し、この試験管にジャガイモ抽出液

1 mL を追加して火がついた線香を入れた直後には、線香の火は ウ。
ただし、この実験は常に 25℃ で行い、抽出液の pH は 7.0 のまま変化せず、
泡は発生したら液体内にとどまらずにすぐ液体から出ていくものとする。ま
た、火がついた線香を試験管に入れるときには、試験管内の液体に触れない
ように注意した。

選択肢

- ① 試験管の外での燃え方よりも激しく燃えた
- ② 試験管の外での燃え方より弱く燃えたか、消えた
- ③ 試験管の外での燃え方とほとんど変わらなかった

解答群D

0	(ア) ①	(イ) ①	(ウ) ②
1	(ア) ①	(イ) ②	(ウ) ③
2	(ア) ②	(イ) ②	(ウ) ①
3	(ア) ③	(イ) ②	(ウ) ②
4	(ア) ①	(イ) ③	(ウ) ①
5	(ア) ②	(イ) ③	(ウ) ③
6	(ア) ①	(イ) ③	(ウ) ③
7	(ア) ②	(イ) ①	(ウ) ②
8	(ア) ③	(イ) ③	(ウ) ①
9	(ア) ③	(イ) ①	(ウ) ③

- (b) ジャガイモ抽出液を使った実験についての次の説明を読み、問題に答えなさい。

ジャガイモ抽出液 1 mL, または, 二酸化マンガン(酸化マンガン(IV))とも呼ぶ, 化学式は MnO_2 0.05 g が入った精製水 1 mL (以下二酸化マンガン含有水 1 mL と呼ぶ) をそれぞれ用意し, 表 1 に従い, 異なる温度条件下で 3 % 過酸化水素水を 2 mL 添加する実験を行った。反応に使用する液はあらかじめ表 1 の各温度に設定し, 反応中も温度が変化しないようにした。ただし, 実験 D についてはジャガイモ抽出液 1 mL または二酸化マンガン含有水 1 mL をあらかじめ 90 °C で 5 分間加熱した後, 温度を 35 °C に下げた。その後, 蒸発した分の 35 °C の精製水を補充して 1 mL にし, それを使用して実験 A ~ C と同様の実験を行った(表 1 の※印)。結果の比較はあくまで反応開始 5 分後のジャガイモ抽出液の実験 A ~ D 間もしくは二酸化マンガン含有水の実験 A ~ D 間で行う。ジャガイモ抽出液と二酸化マンガン含有水の間では結果の比較は行わない。また反応液の pH は常に 7.0 に保たれているものとする。

表 1 過酸化水素水の反応による泡の発生

	温度条件(°C)	ジャガイモ抽出液	二酸化マンガン含有水
実験 A	1	(ア)	(オ)
実験 B	35	(イ)	(カ)
実験 C	70	(ウ)	(キ)
実験 D	90 → 35 ※ (問題文参照)	(エ)	(ク)

表 1 中の(ア)~(エ)のジャガイモ抽出液の泡の発生度合として最も適切な組み合わせを解答群 E から一つ選び、その番号をマークしなさい。なお、泡の発生の度合は次のように表記する。

－：ほとんどまたは全く無し，＋：少ない，++：中程度，+++：多い

ただし、純水を加熱したときに発生する泡とは異なり区別できるものとする。

解答群 E

0	(ア) －	(イ) ＋	(ウ) ++	(エ) +++
1	(ア) ＋	(イ) +++	(ウ) －	(エ) －
2	(ア) +++	(イ) +++	(ウ) +++	(エ) －
3	(ア) ＋	(イ) ++	(ウ) ++	(エ) +++
4	(ア) ＋	(イ) ++	(ウ) +++	(エ) ++
5	(ア) －	(イ) +++	(ウ) +++	(エ) +++
6	(ア) －	(イ) －	(ウ) －	(エ) －
7	(ア) －	(イ) ++	(ウ) +++	(エ) －
8	(ア) +++	(イ) ++	(ウ) ＋	(エ) －

(c) (b)に示した表1中の(オ)~(ク)の二酸化マンガ含有水の泡の発生度合として最も適切な組み合わせを解答群Fから一つ選び、その番号をマークしなさい。なお、泡の発生の度合は次のように表記する。

－：ほとんどまたは全く無し，＋：少ない，++：中程度，+++：多い

ただし、純水を加熱したときに発生する泡とは異なり区別できるものとする。

解答群F

0	(オ) －	(カ) ＋	(キ) ++	(ク) +++
1	(オ) ＋	(カ) +++	(キ) －	(ク) －
2	(オ) +++	(カ) +++	(キ) +++	(ク) －
3	(オ) ＋	(カ) ++	(キ) ++	(ク) +++
4	(オ) ＋	(カ) ++	(キ) +++	(ク) ++
5	(オ) －	(カ) +++	(キ) +++	(ク) +++
6	(オ) －	(カ) －	(キ) －	(ク) －
7	(オ) －	(カ) ++	(キ) +++	(ク) －
8	(オ) +++	(カ) ++	(キ) ＋	(ク) －

- (3) 光を当てると蛍光を発する性質のある蛍光分子をタンパク質に反応させて結合し、その蛍光分子を光学顕微鏡で1分子ごとに観察することでタンパク質の性質を調べる方法がある。このとき、当てた光で蛍光分子の化学構造が確率的に変化し蛍光を発しなくなることがあるが、その変化が起こるまでの時間をなるべく長く保つために、酵素の一種であるグルコースオキシダーゼとその基質であるグルコースを酵素Eとともに観察溶液中に添加することがある。この観察溶液中では酵素Eがはたらく(1)(a)の反応とグルコースオキシダーゼがはたらく以下の反応2が共存して進行する。



これら2種類の反応が進むにつれて、両反応全体として観察溶液の成分の分子数はどのように変化していくか。最も適切な語句を解答群Gから一つ選び、その番号をマークしなさい。ただし、溶液中のグルコースと酸素は十分な量が観察溶液中にあり両反応は充分進むものとし、この二つの反応以外に起こりうる他の反応については無視できるものとする。また、溶液は密閉されており、溶液内外で気体の出入りはないものとする。

解答群G

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 0 H_2 が増加する。 | 1 H_2 が減少する。 |
| 2 H_2O_2 が増加する。 | 3 H_2O_2 が減少する。 |
| 4 O_2 が増加する。 | 5 O_2 が減少する。 |
| 6 CO_2 が増加する。 | 7 CO_2 が減少する。 |
| 8 H_2O が増加する。 | 9 H_2O が減少する。 |



0.001