

2025年度

慶應義塾大学入学試験問題

看護医療学部

生 物

- 注 意
1. 受験番号と氏名を解答用紙の所定の欄にそれぞれ記入してください。
 2. 解答用紙は1枚です。解答は、必ず所定の欄に記入してください。
解答欄外の余白、採点欄および裏面には一切記入してはいけません。
 3. 問題用紙の余白は計算および下書きに用いてもかまいません。
 4. この冊子の総ページ数は20ページです。問題文は3～19ページに書かれています。
試験開始直後、総ページ数および落丁などを確認し、不備がある場合はすぐに手を挙げて監督者に知らせてください。
 5. 不明瞭な文字・まぎらわしい数字は採点の対象としませんので注意してください。
 6. 問題冊子は終了後必ず持ち帰ってください。

《 指示があるまで開かないこと 》

〈このページは白紙です〉

〔Ⅰ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

タンパク質は多数のアミノ酸が連結したものである。①タンパク質を構成するアミノ酸は20種類あり、アミノ酸の並び順や数の違いによって、タンパク質には多様性が生じる。②アミノ酸がどのような順序で並んでいるかというアミノ酸配列を一次構造といい、 α ヘリックスや β シートなど、タンパク質の一部が水素結合などで折りたたまれた構造を二次構造という。二次構造が立体的に配置され、タンパク質の構造が形成される。これをタンパク質の三次構造という。酵素や抗体の多くはタンパク質である一方で、③RNAの中にも酵素のような触媒作用を持つものがあることから、最初の生物は遺伝物質と触媒作用をRNAだけが担っていたと考えられている。

問1 下線部①について、世の中にはタンパク質を構成しないアミノ酸も存在しており、それらの種類は無数にあると考えられる。タンパク質の構成成分ではないアミノ酸を含め、アミノ酸とは何か以下の文章の と にあてはまる語句をカタカナで答えなさい。

アミノ酸とは、塩基性の性質をもつ 基と酸性の性質を持つ 基の両方の官能基を持つ有機化合物である。

問2 タンパク質を構成する20種類のアミノ酸のうち、少なくとも1種類のアミノ酸に含まれる構成元素を、次の選択肢（ア）～（コ）の中から全て選びなさい。

[選択肢]

（ア）水素 （イ）ホウ素 （ウ）炭素 （エ）窒素 （オ）酸素
（カ）ケイ素 （キ）リン （ク）硫黄 （ケ）ヒ素 （コ）ヨウ素

問3 下線部②について、タンパク質の構造には三次構造に加えて四次構造もある。タンパク質の四次構造とはどのようなものを示すか、1行で答えなさい。

問4 下線部③について、触媒活性をもつRNAの総称を何と呼ぶか、カタカナで答えなさい。

問5 以下のタンパク質の翻訳に関する文章を読んで、設問に答えなさい。

mRNAの塩基配列にもとづいてアミノ酸が連結され、タンパク質が合成される過程を翻訳という。mRNAにおいて、1つのアミノ酸を指定する3つの塩基の並びをコドンという。表1に一般的な遺伝暗号表が示されている。

		二番目の塩基									
		U		C		A		G			
一 番 目 の 塩 基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U	三 番 目 の 塩 基
		UUC		UCC		UAC		UGC		C	
		UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A	
		UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G	
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U	
		CUC		CCC		CAC		CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG		CGG		G	
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U	
		AUC		ACC		AAC		AGC		C	
		AUA	メチオニン	ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A	
		AUG		ACG		AAG		AGG		G	
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U	
		GUC		GCC		GAC		GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG		GGG		G	

表1：一般的な遺伝暗号表

Uはウラシル，Cはシトシン，Aはアデニン，そしてGはグアニンを示している。

コドン AUG はメチオニンをコードしているが，同時に開始コドンの役割を担っている。すなわち，タンパク質の最初のアミノ酸はメチオニンである。例えば，mRNA ㉗の全配列が5'側から CUAUGCUUUGUUGAGUAAC の時は，最初の CU は翻訳されず，メチオニン（AUG），ロイシン（CUU），システイン（UGU），終止コドン（UGA）となり，これ以降の塩基配列は，翻訳されない。一般的には表2のように，アミノ酸をアルファベット一文字で表すことが多く，また終止コドンは表記しないため，上記の mRNA ㉗ がコードするアミノ酸配列は MLC と示す。

略	アミノ酸	略	アミノ酸
A	アラニン	M	メチオニン
C	システイン	N	アスパラギン
D	アスパラギン酸	P	プロリン
E	グルタミン酸	Q	グルタミン
F	フェニルアラニン	R	アルギニン
G	グリシン	S	セリン
H	ヒスチジン	T	トレオニン
I	イソロイシン	V	バリン
K	リシン	W	トリプトファン
L	ロイシン	Y	チロシン

表2：アミノ酸の一文字表記法

(1) mRNA ㉗ から翻訳されるアミノ酸配列はメチオニン，グリシン，アラニン，フェニルアラニンである。解答用紙の mRNA ㉗ の塩基配列を完成させなさい（空欄5か所に，対応する塩基を A や U のように一文字表記で書きなさい）。

- (2) 真核細胞における mRNA の説明で正しいものを、次の選択肢 (ア) ～ (オ) の中から全て選びなさい。

[選択肢]

- (ア) スプライシングは、核の中で行われる。
- (イ) キャップ構造は、転写後に 3' 末端側へ付加される。
- (ウ) ポリ A テイルは、DNA 中にあるポリ T テイル配列から転写される。
- (エ) 成熟した mRNA は、翻訳されるために細胞質基質へと運ばれる。
- (オ) mRNA のコドンと相補的に結合する tRNA は、64 ($4 \times 4 \times 4$) 種類ある。

問 6 以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

制限酵素は DNA の特定の塩基配列を認識して切断する酵素である。切断した DNA を結合するには DNA リガーゼが利用される。また、スプライシングは転写された RNA のイントロン配列を除去し、エクソン同士を結合させる非常に複雑な過程である。mRNA ㉔ の全塩基配列が 5' 側から AUAGCAUGCGGGGGACCAUUC~~CG~~GUUUAGGGGCUAAGUCAUUAGG であるとする。

- (1) mRNA ㉔ からは、どのようなアミノ酸配列のペプチドが翻訳されるか、表 2 を参考にしてアミノ酸の一文字表記を用いて答えなさい。
- (2) 図 1 のように mRNA 中の CG の配列を認識した後、除去し、その後除去された CG の両端の塩基を結合させるような仮想の酵素 A が存在したとする。酵素 A が存在する場合、mRNA ㉔ からどのようなアミノ酸配列のペプチドが翻訳されるか、表 2 を参考にしてアミノ酸の一文字表記を用いて答えなさい。

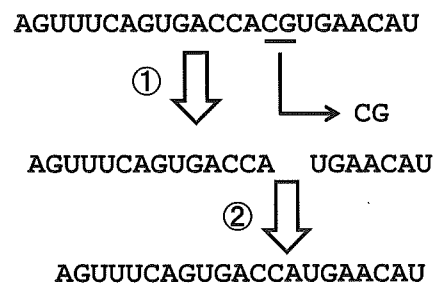


図 1：酵素 A は ① と ② の二段階で作用する。① で CG 配列を認識・除去し、② で RNA を結合させる。結果的に RNA は CG 配列が除去される。CG 配列が複数あれば、全て除去される。

- (3) RNAの塩基は4種類あり、それぞれA, U, G, Cと表記するが、それ以外にも表3のように複数の塩基を1つのアルファベットで表記する場合もある。例えば、ARと書いてある場合は、塩基配列はAAまたはAGを示している。また、YHの場合、塩基配列はCA, CU, CC, UA, UUまたはUCを示している。

略	塩基
R	AかG
M	AかC
W	AかU
S	CかG
Y	CかU
K	GかU
H	G以外
B	A以外
D	C以外
V	U以外
N	どれでもよい

表3：塩基の様々な表記法

表3のMRVで表される配列を認識・除去する酵素Bが存在し、mRNA⑤の全塩基配列が5'側からUUAGCAUGCGGGGGACCAUUCCCGUUUAGGGGCUAAGUCAUUAGUであるとする。MRVで表される配列は12種類ありうるが、このうち酵素BがmRNA⑤から除去する配列は4種類である。この4種類を5'側から4つ全てCCCのようにA, U, CまたはGのみを使用して答えなさい。また、酵素Bが作用したmRNA⑤からどのようなアミノ酸配列のペプチドが翻訳されるか、表2を参考にしてアミノ酸の一文字表記を用いて答えなさい。ただし、この時に酵素Aは作用しないものとする。

- (4) 表1と表3を使用すると、アスパラギンは、「AAUまたはAAC」ではなく「AAY」として、またバリンは「GUU, GUC, GUAまたはGUG」ではなく「GUN」のように三文字で表すことができる。これをふまえメチオニン、グルタミン酸、イソロイシン、トリプトファンの順番でペプチドに翻訳され終了するmRNA⑥の塩基配列を答えなさい。ただし、アスパラギンのようにAAUとAACという複数の対応するコドンが存在する場合は、表3を使用し、AAYと答えること。また、最初の3塩基はAUG、最後の1塩基はA、長さは15塩基とし、酵素Aと酵素Bは存在しないものとする。

- (5) 表3を使用しても一通りの三文字では全てのコドンを表記できないアミノ酸がある。そのアミノ酸を全て、表2を参照しアルファベット一文字で書きなさい。

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

生物は孤独ではない。世界は①多様な動植物にあふれ、肉眼では見えないものの、いたるところに微生物が存在する。生物同士は相互作用する。たとえば、②個体の増殖における生殖も相互作用である。③被食者と捕食者のように、片方が生きるためにもう片方が殺されることも相互作用である。④光合成で生きる植物であっても、微生物との相互作用を介し、栄養を得ることや病気になることがある。土の中を見てみれば、⑤微生物同士がなわばり争いというべき相互作用をしている。このような生物間での相互作用だけではなく、生物は大気や日光のような環境も相互作用の相手であり、たとえば温度は個体の生死や増殖と密接に関わる。

常に相互作用にさらされるのは生物の個体に限ったものではなく、細胞の中でも同じである。細胞の中には非常にたくさんの分子が存在し、これらの⑥分子同士の間にも相互作用がある。解糖系のような代謝経路においても、⑦補酵素のリサイクルやエネルギー分子のやりとりといった過程で、多様な反応が相互作用している。ゲノムにコードされた遺伝子の間にも相互作用は存在し、⑧まったく同じDNA配列の遺伝子であっても他の遺伝子の働きによって転写される量が変わる。このように、生物は個体から分子、どのスケールでみても⑨常に何かと共生しつつ相互作用しており、その理解のためには個々の要素に着目するだけでは不十分で、⑩他に存在するものの影響を考慮することが必須である。

問1 下線部①に関し、個々の生物種が生態系において占める地位のことを何と呼ぶか。もっとも適切なものを以下の選択肢（ア）～（ク）から1つ選びなさい。

[選択肢]

- | | | | |
|----------|-----------|----------|---------|
| （ア）バイオーム | （イ）ポラリティ | （ウ）セグメント | （エ）ホックス |
| （オ）ノギン | （カ）マトリックス | （キ）ニッチ | （ク）ドメイン |

問2 下線部②に関し、一部の動物では単為生殖と呼ばれる、遺伝子交配を伴わない生殖形式が存在する。単為生殖において子孫へ染色体を受け継ぐ機構はいくつか知られているが、そのうちの1つに、クローン生物同士の交配のように同じ染色体セットを利用した単為生殖がある。染色体がヒトと同様に2対からなる生物の場合、このような単為生殖によって生まれる子と親に関し、次のページの選択肢（ア）～（カ）の中から最もありうるものを1つ選びなさい。

[選択肢]

(ア) 親と子ではミトコンドリアの DNA 配列が異なる。

(イ) アルコールを分解する遺伝子を持つ親からアルコールを分解できない子が生まれる可能性がある。

(ウ) 親がどのような血液型であっても、子の血液型は必ず親と同じになる。

(エ) トンビがタカを生む、という言葉のように種を越えた子が生まれる可能性がある。

(オ) 乗換えによる遺伝子の組み換えは起きない。

(カ) 生まれる子は基本的に雄になる。

問 3 下線部 ③ に関し、生物同士の間で

被食者－捕食者相互関係がある場合、まず被食者が増え、その後に捕食者が増えるとともに被食者が減り、その結果、捕食者も減る、という個体数の周期的変動が生じる。図 2 のとおり

に周期的に被食者と捕食者の個体数が増減する場合、被食者と捕食者の個体数の図に相当するものを下の図の (ア) ～ (オ) の中から 1 つ選びなさい。なお、下図の矢印は時間を経たときの個体数の変化の方向を示す。

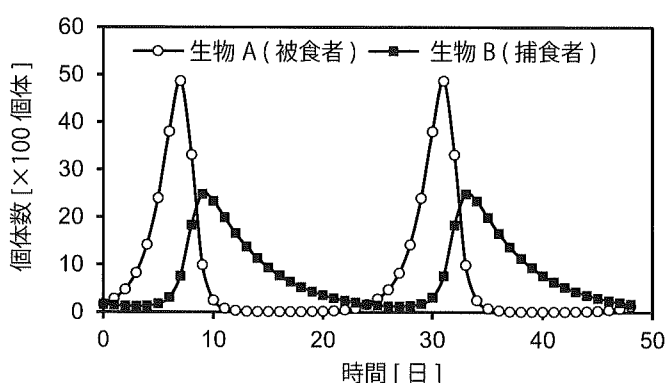
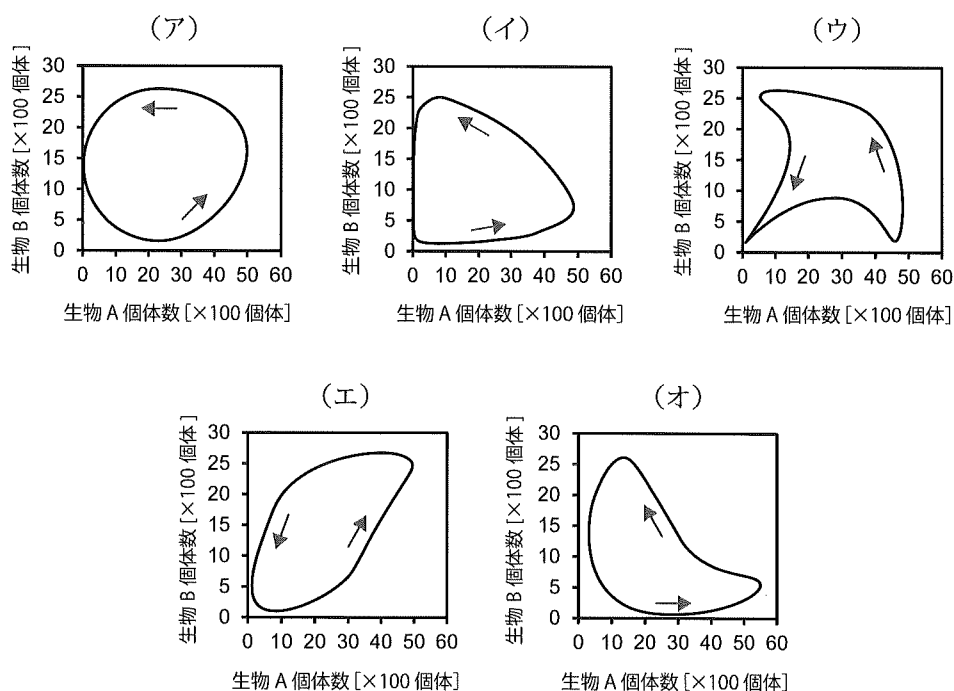


図 2：各生物の個体数の時間変化



問4 下線部④に関し、植物は光合成によりエネルギー源や有機物の源となる糖を合成可能である。

しかし、環境と絶えず相互作用する植物は様々な理由で枯れる。以下の選択肢（ア）～（カ）の中から、化学肥料を与えることで防げる可能性が高い枯死として最も適切なものを1つ選びなさい。

[選択肢]

- （ア）植物ホルモンの作用によるシグナル伝達で枯れる。
- （イ）カビや細菌のような病原体の作用で枯れる。
- （ウ）コガネムシの幼虫に根をかまれることで栄養を吸収できず枯れる。
- （エ）日照が不十分で糖を合成できず枯れる。
- （オ）土壌中の窒素成分が欠乏することで有機物を合成できなくなり枯れる。
- （カ）ウイルスの感染により有機物を合成する能力を失うことで枯れる。

問5 下線部⑤に関し、微生物のなわばり争いでは抗生物質という微生物の増殖を抑える薬剤が重要な役割を担う。抗生物質の中でも、原核生物にのみ作用するものは病原性細菌には効くがヒトには効かないため、薬としてよく使われる。たとえば、アジスロマイシンは原核生物のリボソームの機能のみ阻害し、ヒトを含む真核生物のリボソームの機能は阻害しない。このような原核生物のみに効く抗生物質によって増殖が抑えられる生物を以下の選択肢（ア）～（ク）から1つ選びなさい。

[選択肢]

- （ア）ミジンコ （イ）シャジクモ藻類 （ウ）クラミジア （エ）細胞性粘菌
- （オ）ケカビ （カ）マラリア原虫 （キ）担子菌類 （ク）トリパノソーマ

問6 下線部⑥に関し、細胞内では多様な分子が集まり、相分離液滴とよばれる構造体を形成することがある。このような相分離液滴は、細胞を破壊することで試験管に回収することが可能である。得られた相分離液滴が添加物によりどう変化するか調べる実験を行ったところ、RNA分解酵素の添加で消失、タンパク質分解酵素の添加で消失、塩化ナトリウムを最終濃度が1.5%となるよう添加することでも消失、グルコースを最終濃度が3%となるよう添加した場合は変化しない、という結果が得られた。これらの実験結果から言える可能性があるものを次のページの選択肢（ア）～（カ）から1つ選びなさい。

[選択肢]

- (ア) 得られた相分離液滴の維持には、電荷が関係している。
- (イ) 得られた相分離液滴の維持には、浸透圧が関係している。
- (ウ) 得られた相分離液滴は、ナトリウムによって形成されている。
- (エ) 得られた相分離液滴は、タンパク質の分解によって形成されている。
- (オ) 得られた相分離液滴の RNA は、タンパク質を分解する作用を示す。
- (カ) 得られた相分離液滴の RNA は、タンパク質と相互作用しない。

問7 下線部⑦に関し、ヒトや酵母など多様な生物において、グルコースをピルビン酸に変換する過程で NADH が蓄積するが、NADH を NAD^+ に戻す反応が存在することで代謝が成り立っている。

- (1) NADH を NAD^+ に戻す反応に相当しないものを以下の選択肢 (ア) ～ (エ) から1つ選びなさい。

[選択肢]

- (ア) クエン酸回路を一周する反応
- (イ) アセトアルデヒドをエタノールにする反応
- (ウ) ピルビン酸を乳酸にする反応
- (エ) 酸化的リン酸化における電子伝達系を介した反応

- (2) 光合成においては、 NAD^+ ではなく、 NADP^+ が NADPH に還元される。以下の文章の あ と い に当てはまる適切な用語を答えなさい。

光合成では、光化学系 II において光のエネルギーを利用して あ から電子が引き抜かれ い が生じる。ここで引き抜かれた電子が光化学系 I において NADP^+ に渡され、NADPH が生産される。光合成により い を放出する生物が誕生したことが、真核生物が誕生するきっかけになったといわれている。

問8 下線部⑧に関し、染色体には非常にたくさんの遺伝子が存在しており、1つの遺伝子を破壊することで現れる形質を観察するだけでは、必ずしも破壊した遺伝子の機能を明らかにすることはできない。遺伝子 A を破壊した場合に、細胞内における遺伝子 B にコードされるタンパク質の量が10倍に増えたとする。このとき、実は遺伝子 C を介した遺伝子 B の制御により、遺伝子 B の発現量が変化している可能性がある。これらを踏まえ、次のページの選択肢 (ア) ～ (カ) のうち、最もありうるものを2つ選びなさい。

[選択肢]

- (ア) 遺伝子 A にコードされたタンパク質 A は遺伝子 C の発現を上昇させ、遺伝子 C にコードされたタンパク質 C が遺伝子 B の転写を活性化する。
- (イ) 遺伝子 A にコードされたタンパク質 A は遺伝子 C の発現を抑制し、遺伝子 C にコードされたタンパク質 C が遺伝子 B の RNA に結合し、翻訳量を抑制している。
- (ウ) 遺伝子 A にコードされたタンパク質 A は遺伝子 C の発現を上昇させ、遺伝子 C にコードされたタンパク質 C が遺伝子 B にコードされたタンパク質の分解に関わっている。
- (エ) 遺伝子 A にコードされたタンパク質 A は遺伝子 C の発現を抑制し、遺伝子 C にコードされたタンパク質 C が遺伝子 B の立体構造形成を阻害している。
- (オ) 遺伝子 A の RNA が遺伝子 C の転写を活性化し、遺伝子 C にコードされた RNA が遺伝子 B の転写を行うために必要である。
- (カ) 遺伝子 A の RNA が遺伝子 C の転写を抑制し、遺伝子 C にコードされた RNA が遺伝子 B の転写を活性化している。

問9 下線部⑨に関し、生物間の相互作用はなくても、ほかの生物との環境適応度や増殖速度の違いによって生物多様性は変化する。図3の左の図は、細胞分裂で増える単細胞生物 A, B, C が、各温度において1日後にどれだけ生き残るかの割合を示したものである。図3の右の図は各温度において、全ての生物が生きていると考えた場合に、6時間ごとに各生物の個体が何倍に増えるかを示したものである。これらの条件のもとで、以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

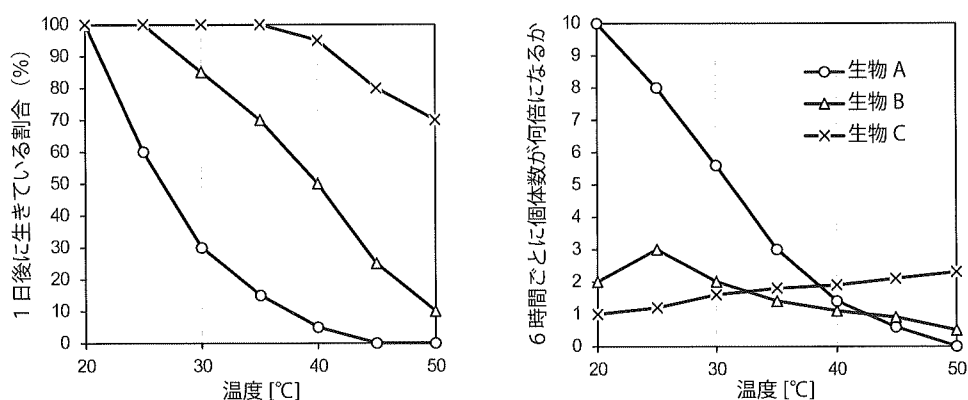


図3：各生物の温度に対する特徴

- (1) 図3の左の図は、環境の変化に対して1日後にどれだけ生き残るかを示した図であるが、時間経過に従って各温度で個体数がどのように減るかを図に示すこともできる。一般に、縦軸に生き残っているものの数や割合、横軸に時間を取り、その関係性を示した図を何と呼ぶか。漢字で答えなさい。

(2) 図3にもとづくと、生物 A, B, C が最初にそれぞれ4個体存在した場合、温度20℃では24時間後にそれぞれ何個体になっているかを整数で答えなさい。ただし、温度20℃における図3の各点は全て整数であると考えて良い。

(3) 同じ個体数の生物 A, B, C を同じ容器に入れ、図3の右の図の通りに増殖する条件の栄養を与えたとする。図3の条件かつ生物間で相互作用がない場合、1週間後に生物の個体数が偏っていない、すなわち多様性が最も高いのは20℃、30℃、40℃のうちどれか、1つ選びなさい。また、他の温度の場合にどうなるかを記述することで、その理由を3行以内の文章で答えなさい。ただし、各温度における最終的な個体数や時間に応じた変化を数字で記述する必要はない。

問10 下線部⑩に関し、大腸菌を含む細菌では、ゲノム情報をコードした染色体のほかにプラスミドと呼ばれるDNAを持つことがある。一般に、プラスミドは1つの細胞に同じものが何個も存在する。この1細胞あたりのプラスミドの数をコピー数と呼び、たとえば1つの細胞に10個のプラスミドが存在する場合は10コピーのプラスミドと呼ぶ。今、ラクトースオペロンのプロモーターとオペレーターの下流にクラゲ由来の緑色蛍光タンパク質GFPの遺伝子がコードされたプラスミドを持つ大腸菌を用意したとする。

(1) プラスミドやウイルスのDNAは細胞内で増幅されるため、他の生物の遺伝子を宿主に発現させるための材料として用いられる。このような、遺伝子を別の生物に移すための材料となるDNAは一般に何と呼ばれるか。カタカナで答えなさい。

(2) プラスミドに関して正しいものを次の選択肢の中から1つ選びなさい。

[選択肢]

(ア) 1コピーの場合、プラスミドは染色体に組み込まれる。

(イ) 一般的に、プラスミドのコピー数と大腸菌におけるGFPの発現量は関係がない。

(ウ) コピー数が多いプラスミドの方が、一定の重さの大腸菌から回収できるプラスミドの量が多い。

(エ) 1万塩基対のプラスミドが100コピーであった場合、400万塩基対の大腸菌の染色体よりもプラスミドの方が核酸としての量が多い。

(オ) プラスミドは染色体ではないのでラクトースリプレッサーは結合できない。

(カ) プラスミドを用いた場合は、大腸菌にGFPを発現させても遺伝子組換えの法規制対象には該当しない。

(3) GFP 遺伝子の上流にラクトースオペロンを導入したプラスミド A を作製し、ラクトースを添加した場合にのみ GFP 遺伝子が発現する大腸菌を作製することを試みた。しかし、プラスミド A を大腸菌の細胞内に入れた場合、ラクトースを添加しない場合にも過剰な GFP 遺伝子の発現が見られた。この理由を探るため、プラスミド A に加え、ラクトースリプレッサー遺伝子を発現するプラスミド B も一緒に大腸菌の細胞内に入れたところ、ラクトースを添加しない場合には GFP 遺伝子の発現は見られなくなった。一方、プラスミド A と同じく GFP 遺伝子の上流にラクトースオペロンを導入したプラスミド C のみを大腸菌の細胞内に入れたところ、GFP の発現はラクトースを添加しない場合には見られなかった。別の実験により、それぞれのプラスミドのコピー数を調べたところ、プラスミド A と B は 100 コピー、プラスミド C は 2 コピーであった。また、どの条件においても、大腸菌の染色体からは 1 細胞あたり 10 個のラクトースリプレッサーが発現していた。以上の実験結果を踏まえると、なぜプラスミド A ではラクトースを添加しない場合にも GFP 遺伝子が発現したと考えられるか、3 行以内の文章で答えなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

石油や石炭、ガスを中心とする化石燃料を人類が利用（燃焼）することで大量の二酸化炭素（CO₂）が排出され、①地球温暖化が起きている。地球温暖化は気候変動の中で最も大きい因子とされ、異常気象（30年で一回以下の著しく高い、もしくは低い気象要素の出現）の原因となる。異常気象では熱波や寒波、さらに降雨の頻度やその激しさなどが注目され、日本国内でも近年、台風や大雨による②水害および土砂災害などが続いている。

作物の生育適温はその原産地の気候に依存するが、栽培する地域の気象条件が生育に適応していることが望ましい。通常、温度が高いと作物の生育は促進されるが、地球温暖化でその作物の至適な温度範囲を超えると高温ストレスを受けて成長が遅くなり、生育および収量に障害が発生する。例えば、イネは35℃以上で不稔（受粉不良）となることが知られている。本邦では、2024年の夏には前年の猛暑による品質低下に加え、南海トラフ地震予測や台風の影響で、消費者が米を入手しにくくなったことが社会問題となった。

問1 下線部①に関連する次の文章について、に入る語句を答えなさい。また、～にもっとも適する語句を以下の選択肢から1つ選びなさい。

地球に降り注いだ太陽光は地球の地面を暖め、その放射熱はによって吸収される。この吸収によって大気の温度（気温）は年々上昇していることが観察されており、それに伴う自然界のバランスが崩れる現象を「地球温暖化」という。例えば平均気温が1℃上がるとが約150 m上がり、この変化によって鳥類や陸上の哺乳動物の分布域や個体数に影響すると考えられる。にはCO₂、フロンガスの他になどがあり、これを2020年以降に削減する枠組みが2015年に採択された（2016年に発効）。この国際的な枠組みをという。

〔選択肢〕

- | | | | |
|-------------|-----------|----------------|---------|
| (ア) 海面 | (イ) 京都議定書 | (ウ) 水平分布 | (エ) オゾン |
| (オ) 森林限界 | (カ) エチレン | (キ) モントリオール議定書 | (ク) メタン |
| (ケ) ブラキストン線 | (コ) パリ協定 | (サ) 酸性雨 | |

問2 下線部②に関連する以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

ある農業試験場（農作物を育てる場所）においてイネ（自殖性植物^{*1}）の新しい品種を生み出すため、既存の品種と病害抵抗性遺伝子を持つ品種の2つの品種を交雑できる範囲で3世代の間、放任栽培^{*2}した。4世代の後に病害抵抗性を持つ個体を複数選び、他の独立させた場所でさらに数世代、自殖を行って新しい品種とする計画であった。しかし3世代後、台風の影響で大雨が降り、試験場の周囲で洪水が起き、大部分の作物が一時的に冠水した。冠水した二週間後には水が完全に引いたが、冠水したイネは枯れてしまった。

^{*1} 自分の花粉で種子を作る植物のこと。 ^{*2} 手を加えずに栽培すること。

(1) この試験場の個体の病害抵抗性遺伝子の有無を4世代後に調べると、放任前の分布の頻度と大きな違いがない。このような法則を何というか答えなさい（ただし、他の生物集団からの影響がないものとする）。

(2) イネが水に浸かる（冠水する）と低酸素状態となり生理的障害を受けるとともに、エチレンを植物体外に放出することができず蓄積される。ここでイネは葉先を水中から出して酸素などを取り込もうとするため、エチレン濃度の上昇に応答し、茎の節間を伸ばすシグナル伝達が進む。しかし一時的な冠水の場合は節間伸張のために過度なエネルギーを消費してしまい、1～2週間経って水が引いた後に枯死することがある。一連のシグナル伝達経路を調べたところ、受容体のエチレン認識を介して応答遺伝子が発現し、節間伸長を抑制するタンパク質Aの分解を引き起こしていることがわかった。そこで育種によって得られた冠水に耐性のある株（冠水後に枯死しない株）のシグナル伝達経路を調べたところ、タンパク質Bがこの一連の経路に関与していることが明らかになった。耐性株のタンパク質Bが行うと考えられる働きを以下の選択肢から1つ選びなさい。

[選択肢]

(ア) タンパク質Bがタンパク質Aの分解を促進する。

(イ) タンパク質Bが植物体内の酸素濃度を減少させる。

(ウ) タンパク質Bがタンパク質Aの分解を阻害することで、節間伸張を抑制する。

(エ) タンパク質Bがエチレン応答を引き起こす感度を増強させる。

(オ) タンパク質Bがタンパク質Aを介さずに直接、節間伸長を増強させる。

(3) 洪水により作物が枯れた試験場において、病害抵抗性遺伝子を含む個体分布を調べたところ、その頻度が洪水前と大きく異なっていた。このように偶発的な因子などである生物集団の個体数が大きく減り、遺伝子頻度が変動する現象を何というか答えなさい。

問3 以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

種子の休眠と発芽は、2つの植物ホルモンが関わり、そのバランスによって調節されている。
③ ホルモンX は種子が形成時に高い濃度となり、胚の成長を停止するなどして休眠状態を維持させ、
発芽を抑制する。休眠期間ではホルモンXは次第に分解され、減少する。水や温度、酸素などの
条件が揃うと、④ ホルモンY が合成され始め、発芽可能な状態となる。イネなどの種子の中では、
ホルモンYが合成されると、アミラーゼ遺伝子を発現誘導し、⑤ デンプンがグルコースなどの糖に
分解される。糖は胚に吸収されて呼吸や給水によって成長が再開され、発芽する。発芽に光を必要
とする種子は ⑥ 光発芽種子 と呼び、発芽後に光合成する。一方で ⑦ 暗発芽種子 は、光が届かない
地中で発芽し、根を伸ばした後に地表に芽を出す。

(1) 下線部③および④の植物ホルモンXおよびホルモンYは何か答えなさい。

(2) 種子においてデンプンなどが多く含まれ、下線部⑤の分解が起きる部位を漢字で答えなさい。

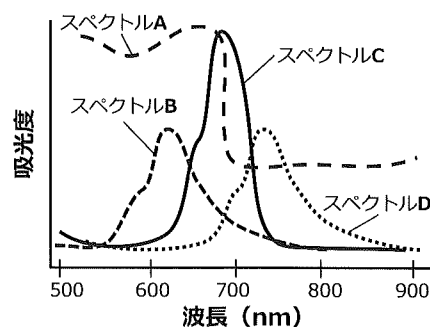
(3) 下線部⑥の光発芽種子を以下の選択肢から2つ選びなさい。

[選択肢]

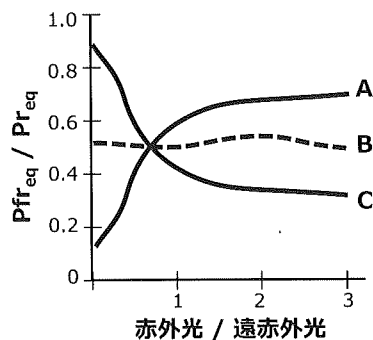
- | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|
| (ア) イネ | (イ) エンドウ | (ウ) カボチャ | (エ) キュウリ |
| (オ) シロイヌナズナ | (カ) トマト | (キ) レタス | |

(4) 光発芽種子が発芽する際のホルモンの働きには、光受容体のフィトクロムが関与している。

フィトクロムは赤色光を吸収すると、赤色光吸収型 (Pr 型) から遠赤色光吸収型 (Pfr 型) へ構造が変わる。さらにこの Pfr 型が遠赤色光を吸収すると、Pr 型に戻る。この2つのフィトクロムのうち、フィトクロム Pfr 型がホルモンYの合成を促進する。下の図に示した吸収スペクトルのうち、Pfr 型フィトクロムの吸収スペクトルを (A) ~ (D) から1つ選びなさい。



- (5) 自然環境下では一日のうちで赤色光と遠赤色光の割合が変化し、それに伴って植物のフィトクロムの含量の平衡値 ($P_{fr_{eq}}$ および $P_{r_{eq}}$) が変化する。下の図は日中および日没後のフィトクロムの比 ($P_{fr_{eq}}/P_{r_{eq}}$) を赤色光と遠赤色光の比 (赤色光/遠赤色光) に対してプロットした図である。図に示した曲線スペクトルのうち、もっとも適切と考えられる曲線を (A) ~ (C) から1つ選びなさい。



- (6) 下線部⑦の暗発芽種子には、光があると発芽が抑制されるものや光の有無が発芽に関係しないものがある。暗発芽種子が発芽に光を必要としない理由を1行で答えなさい。

問4 以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

植物にとって、種子をどこでどのように発芽させるかはその個体群によって重要な生存戦略である。一般に種子は散布され、地面におち、土壤中で次の発芽の機会を待つが、風や昆虫、小動物によって遠くに飛散させることもある。極地である高山においては、発芽せずに土壤中で生き続ける種子(埋土種子)が重要な役割を果たす。高山は気温が低く、植物が生育できる期間が短いだけでなく、凍結融解や雪解け水による土壌侵食など、通常の土地では起きないかく乱もあり、生育に条件が厳しい環境の1つである。高山植物Zは多年生草木であり、雪解け直後に葉を広げ、6月に花を咲かせる。果実の高さは15cm程度であり、夏の終わりには、晴れた日に果実の頂上が割れ、種子は親の周囲に落下する(重力散布)。光があたる場所では春に発芽するが、光がないとほとんど発芽しないため、土壌中に埋もれた場合、何かのかく乱で地表に出るまで発芽の機会がない。

次の方法で高山植物Zの種子の時間的・空間的分布を調べた。ある個体群に着目し、湿地で春に土壌を採取後、採取位置と開花個体の位置をマッピングした。土壌を上層(地表から0-1cm)と下層(1-5cm)にわけて採取した。採取された数十の種子および開花個体の葉からDNAを抽出した後、マイクロサテライトと呼ばれるDNAマーカーをポリメラーゼ連鎖反応(PCR)で増幅して解析し、個体の空間分布を調べた。二個体(種子と種子、種子と開花個体など)の相対血縁度をすべてのペアで算出し、個体間の空間的距離に対してプロットしたものを図4に示した。

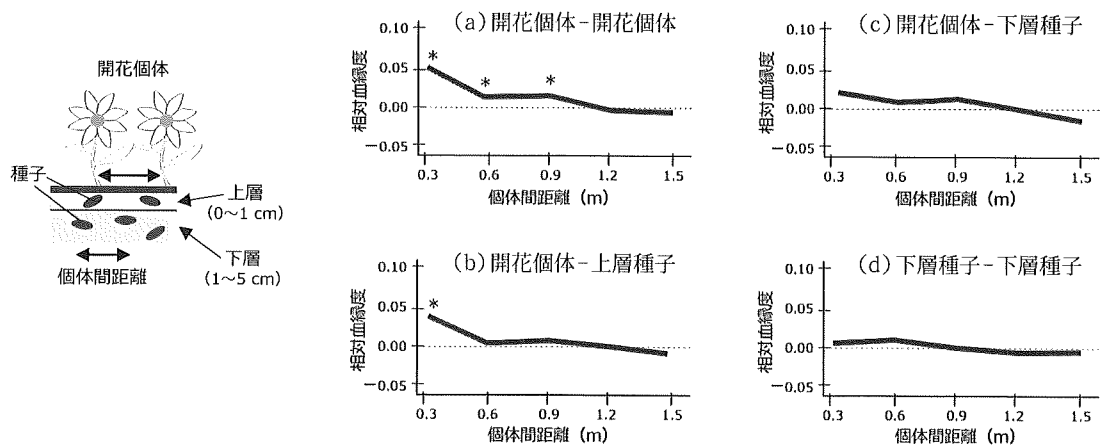


図4：個体の空間分布と相対血縁度

*は統計的な解析から基準と比較して差があることが確定した点である。また、相対血縁度の値が0より大きければ遺伝的に類似していることを示し、0未満であれば類似しないことを意味する。

(1) マイクロサテライトとは短い塩基配列が繰返されている DNA 領域であり、個体によって繰返しパターンが異なる遺伝子多型の1つである。PCRなどでマイクロサテライトを調べ、親子などの血縁関係を調べることができるほか、犯罪捜査にも用いられている。DNAの違いから個人を識別することを何というか答えなさい。

(2) マイクロサテライト解析では、対象となる DNA 領域を遺伝子増幅する。一般的な酵素は37℃付近が至適温度であり、50℃以上になると失活することが多い。しかし PCR 法では、60℃以上でも活性を有する耐熱性ポリメラーゼを用いて遺伝子増幅する。今回行った PCR では、増幅したい遺伝子、DNA プライマー、4種類のヌクレオチド、酵素などを加えた試験管を95℃にしばらく置いた後、95℃、60℃、72℃の順に温度を上げ下げする操作を30回繰り返した。これら3つの温度(95℃、72℃、60℃)における、もっとも重要な働きを以下の選択肢から、それぞれ1つずつ選びなさい。

[選択肢]

- (ア) 酵素と DNA を解離させる。
- (イ) 酵素が DNA を伸長する。
- (ウ) DNA を切断して、短い DNA の本数を増やす。
- (エ) 解離した一本鎖 DNA を二本鎖に戻す。
- (オ) 二本鎖 DNA を一本鎖にする。
- (カ) プライマーを鋳型となる DNA に結合(アニーリング)させる。

- (3) マイクロサテライトの解析結果から、4つの二個体間（開花個体と開花個体、開花個体と上層種子、開花個体と下層種子、下層種子と下層種子）の相対血縁度を算出し、個体間距離に対してプロットしたものが図4の(a)～(d)である。図4の種子の空間的分布の観測結果を説明する文のうち、もっとも正しいと考えられるものを以下の選択肢から2つ選びなさい。

[選択肢]

- (ア) 開花個体の周囲に種子が重力散布されたため、相対血縁度の高い種子が上層から1 m以上離れた場所で採取された。
- (イ) 開花個体や上層で採取された異なる二個体は、採取された場所の距離が離れるに従って相対血縁度が下がった。
- (ウ) 雨水による土壌のかく乱などで、上層と下層の土壌が混ざり合った痕跡がある。
- (エ) 下層種子間では距離に関係なく、遺伝的に近い個体が多く存在した。
- (オ) 下層には複数世代の種子が蓄積されたほか、土壌のかく乱で遠くの場所から移動してきた種子が含まれていると考えられる。

〈このページは白紙です〉