

生 物 (120分)

(令和5年度 前期日程)

注 意 事 項

問 題 冊 子	解 答 用 紙
<ol style="list-style-type: none">1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。2. 問題冊子は全部で19ページである。表紙を開くと白紙があり、その裏が1ページ目である。不鮮明な印刷、ページの脱落到気付いたときは、試験監督者に申し出ること。3. 問題冊子は持ち帰ること。	<ol style="list-style-type: none">1. すべての解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。記入を忘れたとき、あるいは誤った番号を記入したときは失格となることがある。2. 解答用紙の枚数は、5枚である。3. 解答は、指定された箇所に記入すること。

I 以下の文を読み、問1～問5に答えなさい。

(配点 50 点)

動物の配偶子としては卵と精子がある。精子が卵と接触し、精子の核が卵の核と一緒になるまでの過程を受精という。ウニでは精子が未受精卵の外側を取り囲み(ア)に到達すると、精子の頭部にある(イ)の中身が(ア)に向かって放出される。これによって(ア)が分解され精子が内部へと侵入可能になる。その後、精子は(ア)の下層にある(ウ)を通過して卵の細胞膜と融合する。この際、卵細胞からは(エ)の内容物が卵の細胞膜と(ウ)の間に放出される。その後、(ウ)は細胞膜から遊離して硬化し、受精膜へと変化する。卵に侵入した精子は核の尾側に(オ)を持っている。精子から卵細胞に入った(オ)は(カ)を形成し、(カ)は精核と卵核とを近づける。その後、受精卵は卵割とよばれる特殊な体細胞分裂を開始する。

問1 文中の(ア)～(カ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 一般に、体内受精と体外受精を行う動物には、生活様式上それぞれどのような特徴があるか、簡潔に答えなさい。また体内受精を行う動物はなぜ受精を体内で行う必要が生じたのか、30字以内で説明しなさい。

問3 下線部a)について、以下の設問(1)と(2)に答えなさい。

(1) 受精時における受精膜の役割を説明しなさい。

(2) 設問(1)で答えた役割のためにウニの卵はもう一つのしくみを保持している。そのしくみを80字以内で説明しなさい。

問4 卵と精子は減数分裂とよばれる特殊な細胞分裂を経てつくられる。脊椎動物の卵と精子の形成過程に関する以下の設問(1)と(2)に答えなさい。

(1) 雄の生殖細胞が減数分裂を完了するまでの、1細胞に含まれるDNA量の変化を解答欄に折れ線グラフで示しなさい。なお、 G_1 期の1細胞あたりのDNA量を2とする。

(2) 以下の①～⑥について、卵だけにあてはまるものにはEを、精子だけにあてはまるものにはSを、卵と精子の両方にあてはまるものにはGを、どちらにもあてはまらないものにはNをそれぞれ選び、記号で答えなさい。

- ① 細胞質をほとんど持たない。
- ② 減数第一分裂の前期が長期にわたる。
- ③ 減数第二分裂の中期で受精が行われる。
- ④ 受精直前には単相(n)分のDNAをもつ。
- ⑤ 減数第一分裂では染色体の乗換えが起こる。
- ⑥ 減数分裂を開始した一つの細胞から4個の配偶子が生じる。

問5 下線部b)について、卵割の様式は動物の分類群ごとに異なる。魚類の受精後に生じる初期の卵割の一般的な特徴として正しいものを以下の①～⑫からすべて選び、番号で答えなさい。

- ① 分裂した割球は成長して元の割球と同じ大きさに戻る。
- ② 分裂した割球は分裂ごとに大きくなる。
- ③ 分裂した割球は分裂ごとに小さくなる。
- ④ 細胞周期のS期を欠くことがある。
- ⑤ 細胞周期のM期を欠くことがある。
- ⑥ 細胞周期の G_1 期や G_2 期を欠くことがある。
- ⑦ 個々の割球は、ほぼ同調して分裂し、 n 回の卵割後の割球数は 2^n 個となる。
- ⑧ 個々の割球は、ほぼ同調して分裂し、 n 回の卵割後の割球数は $2n$ 個となる。
- ⑨ 個々の割球が独立して分裂するため、割球数の増加速度は一定ではない。
- ⑩ 卵全体が分裂する。
- ⑪ 核がまず先に分裂し、これが表層に移動することで一斉に割球が生じる。
- ⑫ 8細胞期以降、動物極側と植物極側で割球の大きさに違いが生じる。

Ⅱ 以下の文を読み、問1～問6に答えなさい。

(配点50点)

1970年代後半、サンガーによりDNAの塩基配列を読む技術が確立された。サンガー法の原法では、塩基配列を調べたいDNA(1本鎖)を含む溶液を4等分し、それぞれに放射性物質で標識したプライマー、DNAを複製する酵素である(ア)、4種類のデオキシリボヌクレオチドを加える。これらにジデオキシリボースという五炭糖を含んだ4種類のジデオキシリボヌクレオチドを1種類ずつ加えて反応させる。ジデオキシリボヌクレオチドは、伸長中のDNA鎖に偶然取り込まれた時点でDNA合成が止まる。このため、少量のジデオキシリボヌクレオチドを加えることで、ヌクレオチド1個から最長のDNA鎖まで、さまざまな長さのDNA断片を合成させることができる。それらのDNA鎖は、再び熱処理により1本鎖にした後、電気泳動により長さに従って分けられる。

個体の形成、維持、生命活動の営みに必要なすべての遺伝情報を含むゲノムについて、DNAの全塩基配列を解読することは、その生物をつくり出す設計図を解き明かす作業ともいえる。このような作業を(イ)といい、これまでに数百種に及ぶ生物のゲノムの全塩基配列が解読されている。

問1 文中の(ア)および(イ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 以下の①～⑥について、DNAだけにあてはまるものにはAを、RNAだけにあてはまるものにはBを、DNAとRNAの両方にあてはまるものにはCを、どちらにもあてはまらないものにはDをそれぞれ選び、記号で答えなさい。

- ① ヌクレオチド鎖に方向性があり、5'末端側から3'末端側に向かって水素結合でつながっている。
- ② 翻訳によって合成される。
- ③ リン酸と糖と塩基からなる。
- ④ リン酸と糖がつながった主鎖のリン酸に塩基が結合した構造をしている。
- ⑤ 真核生物では、ヒストンと結合してヌクレオソームを形成している。
- ⑥ プロモーターとよばれる塩基配列が存在する。

問 3 遺伝暗号表を参考にして以下の部分配列を解読し、①～⑥に入る塩基またはアミノ酸を答えなさい。

DNA															
5'	A										G			3'	
3'		G	①				②		G				③	5'	
mRNA															
5'			U	C									④	G	3'
ポリペプチド															
			⑤	プロリン			バリン				⑥		終止コドン		

表 遺伝暗号表

		コドンの2番目の塩基										
		U		C		A		G				
コドンの1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		
		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				ACA		AAA	リシン	AGA	A	
		AUG		メチオニン		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
										コドンの3番目の塩基		

問 4 下線部 a) について、DNA が複製される際には、一方の鎖をもとにもう一方の鎖がつくられる。このような DNA の複製方法を何というか答えなさい。

問 5 ある 1 本鎖 DNA の塩基配列をサンガー法で解読するために、各ジデオキシリボヌクレオチドで合成を終了させた 4 種類のサンプルを用意し、それぞれに含まれる DNA の長さを電気泳動により解析した。図の結果をもとに、プライマーの 3' 末端の次の塩基から 10 塩基分に相当する「鋳型 DNA 鎖」の塩基配列を 5' → 3' の方向で書きなさい。なお、ここで用いたプライマーの長さは 10 塩基であったとする。

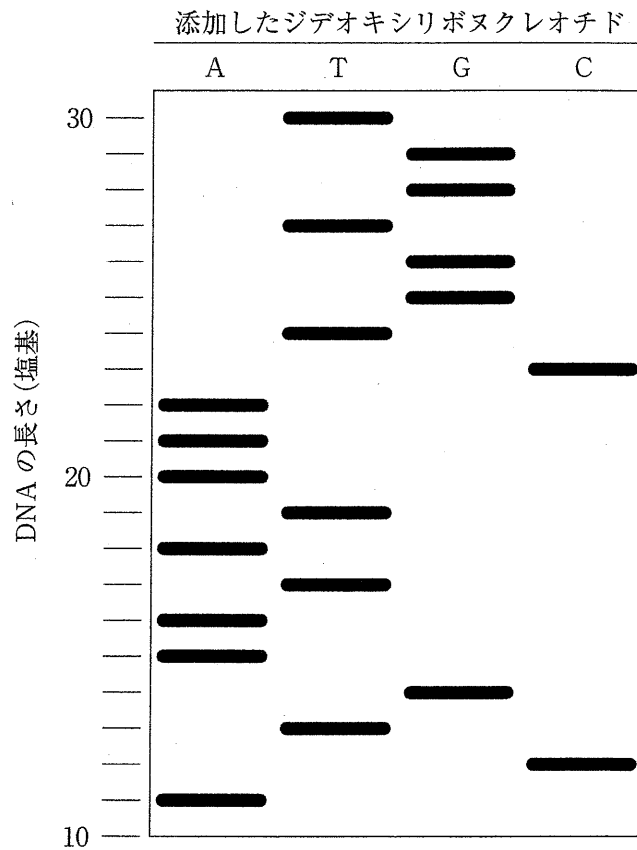


図 電気泳動の結果

問 6 下線部 b) について、ジデオキシリボヌクレオチドの量が多すぎるとどのような問題が生じると予想されるか、20 字以内で書きなさい。また、その理由を 80 字以内で説明しなさい。

Ⅲ 以下の文を読み、問1～問4に答えなさい。

(配点 50 点)

被子植物の生殖器官は花で、一般的に各花器官の形成には3種類のホメオティック遺伝子がはたらいている。被子植物の有性生殖は、おしべ内の花粉とめしべ内の胚のうにおいてつくられる配偶子の接合による。めしべの柱頭^{a)}についた花粉は発芽し、最終的には胚珠中の胚のうにたどりつく。受精卵は細胞分裂を繰り返して胚球と胚柄になり、胚球はさらに分裂して胚になる。

問1 植物の生殖に関する以下の①～⑥の中から間違っているものを1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 花粉母細胞は減数分裂を行い、4個の成熟花粉となる。
- ② 雄原細胞は体細胞分裂を行い、1個の花粉あたり2個の精細胞を生じる。
- ③ 胚のうは、卵細胞、助細胞、反足細胞、中央細胞の合計7個の細胞で構成される。
- ④ 胚珠を包む子房は、受精後に種皮となる。
- ⑤ 中央細胞は、2個の極核と1個の精核と融合して、三倍体の胚乳細胞となる。
- ⑥ 反足細胞は他の細胞に分化することはない。

問2 花の色はD(紫)とd(赤)の対立遺伝子、花粉の長さはF(長い)とf(短い)の対立遺伝子の有無で決まっており、これらの遺伝子は互いに独立しているものとする。純系品種Ⅰの遺伝子型をDDFF、純系品種Ⅱの遺伝子型をddffとし、遺伝子型の大文字は小文字に対して優性の遺伝形質を表す。以下の設問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 純系品種Ⅰの花粉が純系品種Ⅱのめしべに受粉して得られた種子について、種皮の遺伝子型と胚の遺伝子型をそれぞれ答えなさい。
- (2) 設問(1)で得られた雑種第一代と、個体Ⅲを交配したところ、次の代の個体の表現型と分離比は(紫・長い) : (紫・短い) : (赤・長い) : (赤・短い) = 3 : 3 : 1 : 1であった。個体Ⅲの遺伝子型を答えなさい。
- (3) 遺伝子型の分からない2つの個体を交配したところ、次の代の個体の表現型が(紫・長い) : (紫・短い) : (赤・長い) : (赤・短い) = 1 : 1 : 1 : 1となった。交配に用いた2個体の遺伝子型として、可能性のある組み合わせを例にならってすべて答えなさい。
(例) DDFF × ddff

問 3 下線部 a) について、シロイヌナズナの場合、外側から、領域 1 : がく片、領域 2 : 花弁、領域 3 : おしべ、領域 4 : めしべの順に花器官が形成され、この形成過程は 3 種類のホメオティック遺伝子(A クラス、B クラス、C クラス)のはたらきによって制御されている。これらの遺伝子はそれぞれはたらく領域が決まっており、その組み合わせによってどの花器官が形成されるか決まる。これまでに、花器官の形成に異常を示すシロイヌナズナの突然変異体が多数得られている。それぞれの遺伝子が欠損した突然変異体では、表のように、いくつかの花器官の形成に異常を示す。以下の設問(1)~(3)に答えなさい。

表 各突然変異体で形成された花器官

欠損したホメオティック遺伝子	形成された花器官			
	領域 1	領域 2	領域 3	領域 4
なし	がく片	花弁	おしべ	めしべ
A クラス	めしべ	おしべ	おしべ	めしべ
B クラス	がく片	がく片	めしべ	めしべ
C クラス	がく片	花弁	花弁	がく片

- (1) ホメオティック遺伝子に関する以下の①~⑤の中から正しいものを 1 つ選び、番号で答えなさい。
- ① おしべの形成には A クラスと C クラスの遺伝子をはたらく必要がある。
 - ② がく片の形成には A クラスと B クラスの遺伝子をはたらく必要がある。
 - ③ 花弁の形成には B クラスの遺伝子は関与していない。
 - ④ 領域 4 では A クラスの遺伝子が単独ではたらいている。
 - ⑤ B クラスの遺伝子が単独ではたらいて形成される花器官はない。
- (2) シロイヌナズナで、領域 1 から領域 4 のすべての領域で B クラスの遺伝子を強制的にはたらかせると、各領域にはどの花器官が形成されると考えられるか、それぞれの領域で形成される花器官の名称を答えなさい。
- (3) シロイヌナズナで、B クラスと C クラスの遺伝子が両方とも欠損した場合、各領域にはどの花器官が形成されるか、それぞれの領域で形成される花器官の名称を答えなさい。

問 4 下線部 b)の現象を調べるために、次の3つの実験を行った。以下の設問(1)~(3)に答えなさい。

実験1 レーザーを使って、胚のう内の特定の細胞を破壊したところ、柱頭に付着した花粉は発芽し、花粉管は花柱の中を通常で伸長したが、胚のうには誘引されなかった。

実験2 おしべから花粉を取り出し、めしべから取り出した胚のうとともに寒天培地で一緒に培養したところ、花粉は発芽したが、花粉管の伸長速度は遅く、花粉管は胚のうには誘引されなかった。ただし、めしべから胚のうを取り出す処理は、胚のうの機能に対しては影響がないことがわかっている。

実験3 植物Pと植物Qを使って花粉の反応を比較したところ、植物Pの花粉から伸びる花粉管は植物Pの胚のうに誘引されたが、植物Qの胚のうには誘引されなかった。また、植物Qの花粉から伸びる花粉管は植物Qの胚のうには誘引されたが、植物Pの胚のうには誘引されなかった。

(1) 実験1において、レーザーで破壊した細胞の名称を答えなさい。

(2) 実験2の結果から考えられる花柱のはたらきを40字以内で説明しなさい。

(3) 実験3で示された現象はこれらの植物にとってどのように役立つか、40字以内で説明しなさい。

IV 以下の問1～問4に答えなさい。

(配点47点)

問1 自然界においては、環境に適応している個体ほど、繁殖可能な年齢まで生き残って、自分と同じ形質を持った子をより多く残す可能性が高い。このような個体は適応度が高いとみなされる。適応度は、ある個体が一生の間につくる子のうち、繁殖可能な年齢になるまで成長した数で表す。表に示された仮想的な魚種A～Cについて、雌1個体の適応度が小さい順に左から並べたときに、その順序が適切なものを下の①～⑥から選び、番号で答えなさい。

表 各魚種の産卵数と生き残り

魚種	雌1個体あたりの生涯産卵数(個)	産卵からふ化までの卵の死亡率(%)	ふ化から繁殖年齢までの生存率(%)
A	620	89	1.50
B	38000	98	0.13
C	1050000	99	0.01

- ① ABC ② ACB ③ BAC ④ BCA ⑤ CAB ⑥ CBA

問2 生まれた卵や子が発育成長するにつれて、生存個体数が減少していくようすを示したグラフを生存曲線という。図1に示した生存曲線の典型的な型a～cについて、設問(1)と(2)に答えなさい。

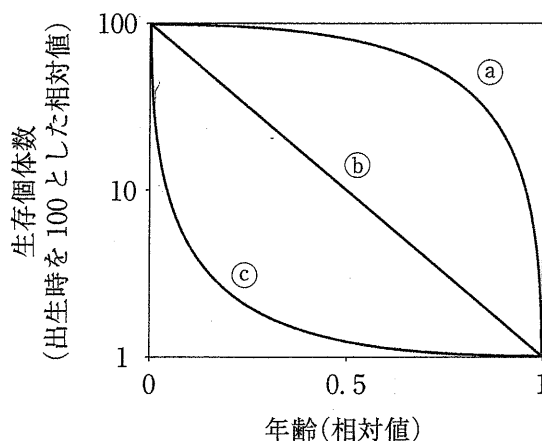


図1 生存曲線の典型的な型

(1) 生存曲線の典型的な型①～③の説明としてそれぞれ適切なものを下の①～⑤からすべて選び、番号で答えなさい。

- ① 生んだ子を親が保護する行動をとる動物に多くみられる。
- ② 産卵・産子数が少なく、ほとんどの個体が生殖齢に達するまで生存する。
- ③ 発育初期の死亡率が高く、産卵・産子数の多い動物にみられる。
- ④ 生涯にわたって死亡率がほぼ一定である。
- ⑤ ごく一部の個体が平均寿命よりはるかに長く生存する。

(2) 生存曲線の典型的な型①～③それぞれにあてはまる動物を下の①～⑥からすべて選び、番号で答えなさい。

- ① ニホントカゲ
- ② シジュウカラ
- ③ アサリ
- ④ ニホンミツバチ
- ⑤ ニホンザル
- ⑥ マイワシ

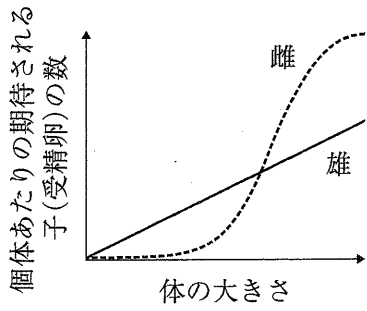
問 3 以下の文を読み、設問(1)と(2)に答えなさい。

魚類では、種によってさまざまなつがい関係が認められる。ベラ科の魚類のなかには、雄が縄張りをもってハレムを形成する種が存在する。体の大きな雄は、縄張り争いに勝利して大きな縄張りをもち、縄張り内に複数の雌をすまわせて配偶することで、多くの子を残すことができる。このベラのようなつがい関係を(ア)という。一方、イソギンチャクにすむクマノミのなかには、同居するなかで最も大きい個体が雌、2番目に大きい個体が雄であり、この2個体間でのみつがいを形成する種がいる。このクマノミのようなつがい関係を(イ)という。ハタ科の魚類のなかには、繁殖期になると複数の雌雄が集まって群れ産卵を行う種が存在する。このハタのようなつがい関係を(ウ)という。

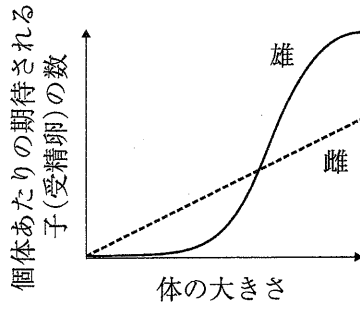
(1) 文中の(ア)～(ウ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

(2) 縄張りをもってハレムを形成するベラ科魚類のなかには、体が大きくなると雌から雄に性転換する種が存在する。この種が性転換する理由を説明する図として、最も適切なものを下の①～⑤から1つ選び、番号で答えなさい。

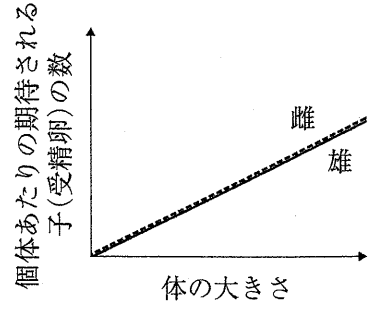
①



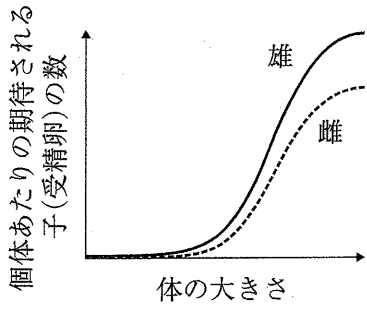
②



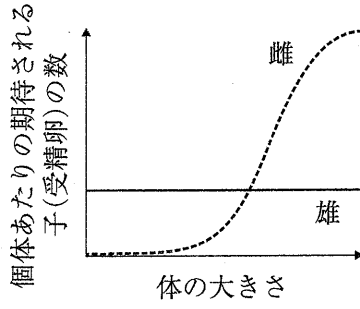
③



④



⑤



問 4 以下の文を読み、設問(1)と(2)に答えなさい。

岩礁の潮間帯(満潮時と干潮時の海面にはさまれた場所)には、さまざまな生物が共存している。ある潮間帯の岩礁表面には、図2のように2種のフジツボ(種Aと種B)が帯状に分布していた。これらのフジツボ2種の間には競争が存在するかどうかを検証するために、この区画から種Bを継続的に除去した。その結果、種Aの分布は②から③に変化した。

また、別の岩礁潮間帯では、イガイ、フジツボ、カメノテ、藻類が岩礁表面に固着し、ヒトデ、ヒザラガイ、カサガイ、イボニシが岩の表面を移動しながら生活していた。この生物群集では、ヒトデが他の動物種を広く捕食するが、特にフジツボとイガイを多く捕食していた。この潮間帯のある区画からヒトデを継続的に除去する実験を行った結果、3年後にはこの区画内の岩礁表面をイガイが覆いつくして、その他の種はほとんどいなくなった。

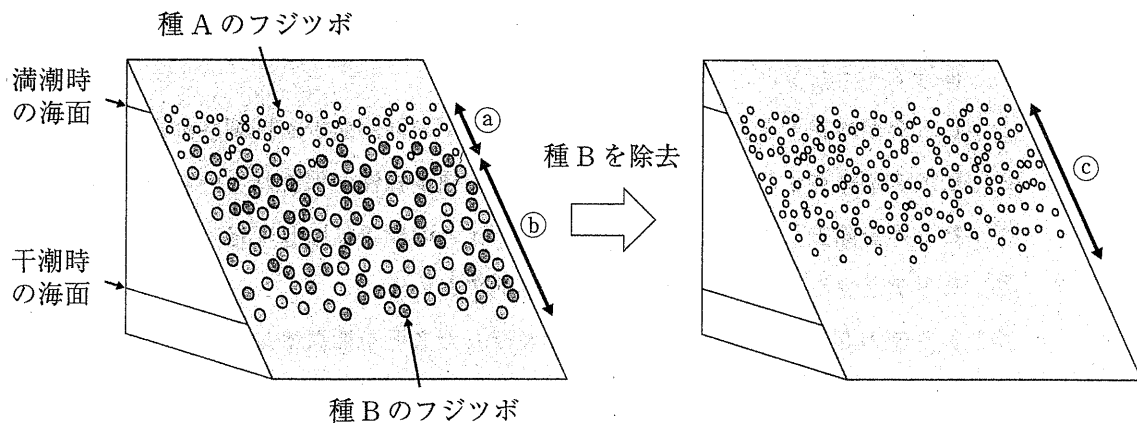


図2 岩礁潮間帯に生息するフジツボの分布

(1) 下線部 a) について、この実験に関する以下の①～⑧の説明から正しいものをすべて選び、番号で答えなさい。

- ① 種 B は種 A を捕食することで生息範囲を広げていた。
- ② 種 A は種 B よりも長い干出時間に耐えることができる。
- ③ 種 B を除去する前、種 A の基本ニッチは種 B による競争排除によって実現ニッチより狭くなっていた。
- ④ ⑥ が示す範囲は種 B の実現ニッチである。
- ⑤ ③ が示す範囲は種 A の基本ニッチである。
- ⑥ 種 A と種 B の間には、生息場所をめぐる種内競争がある。
- ⑦ 種 A と種 B は生態的同位種である。
- ⑧ 種 A と種 B の競争は干渉型競争である。

(2) 下線部 b) について、この実験に関する以下の①～⑦の説明から正しいものをすべて選び、番号で答えなさい。

- ① ヒトデが存在することで、イガイとフジツボの種間競争が抑制された。
- ② ヒトデが存在することで、この生物群集の種多様性が保たれていた。
- ③ ヒトデを除去したあと、カメノテはイガイとの競争に敗れて他の区画へ移動した。
- ④ ヒトデとフジツボのような関係を相利共生という。
- ⑤ ヒトデの存在が藻類の生存に影響を及ぼしたことを間接効果という。
- ⑥ この生物群集における優占種はヒトデである。
- ⑦ この生物群集におけるイガイのような生物種をキーストーン種という。

V 以下の文を読み、問1と問2に答えなさい。

(配点 53 点)

動物はエネルギーを食事から得ており、摂食行動による摂取エネルギーの制御は、動物にとって個体の生命維持に必須である。マウスを用いた一連の研究により、脂肪細胞で産生され、血液中に分泌されるレプチンと名付けられたペプチドホルモンが摂食行動の制御に関わることが確かめられている。摂取エネルギー量が消費エネルギー量を上回ると、余ったエネルギーは主に中性脂肪に変わり体脂肪として貯蔵される。このように体脂肪が増加すると、脂肪細胞におけるレプチンの産生量が増加する。血液中に分泌されたレプチンは脳a)の視床下部のレプチン受容体に作用し、摂食行動を強力に抑制する。以上のように、ホルモン分泌による食欲の制御で、摂取エネルギーと消費エネルギーのバランスがとられ、体内の脂肪量は一定に保たれる。

問 1 下線部 a) について、以下の設問(1)と(2)に答えなさい。

(1) レプチンによる細胞間の情報伝達のしくみは、以下の①～④のどの型にあてはまるか、最も適切なものを1つ選び、番号で答えなさい。

- ① 神経型(シナプス型)
- ② 接触型
- ③ 内分泌型
- ④ 傍分泌型(分泌型)

(2) 以下の物質が関わる細胞間の情報伝達のしくみは、設問(1)の①～④のどの型にあてはまるか、最も適切なものをそれぞれ選び、番号で答えなさい。

セロトニン

主要組織適合遺伝子複合体(MHC)

アセチルコリン

インスリン

問 2 以下の文を読み、設問(1)~(3)に答えなさい。

レプチンの機能を解明するうえで、レプチン遺伝子の突然変異による遺伝性肥満マウス(レプチン変異マウス)、およびレプチン受容体遺伝子の突然変異による遺伝性肥満マウス(レプチン受容体変異マウス)が重要な役割を果たした。これらの遺伝性肥満マウスは過剰に摂食し、その体重は通常の3倍程度になる。レプチン変異マウスでは、通常168個のアミノ酸からなるタンパク質に翻訳されるレプチン遺伝子の1塩基置換により、104個のアミノ酸からなる異常レプチンが産生される。この異常レプチンはレプチン受容体に結合できず機能不全となる。また、レプチン受容体変異マウスでは、スプライシング異常によりレプチンと結合できないレプチン受容体が産生される。これらの遺伝子変異マウスと遺伝子変異を持たないマウス(野生型マウス)を外科的に結合することで(併体結合実験、図1)、レプチンの機能が調べられた。なお、この2匹のマウス間では1分あたり全血液の約1~2%が交換される。

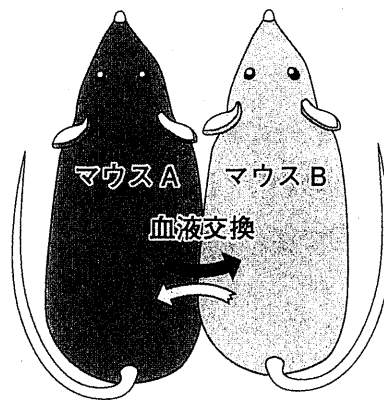


図1 マウスの併体結合

- (1) 下線部 b) について、レプチン遺伝子の配列にどのような変異が生じたと考えられるか 30 字以内で答えなさい。
- (2) 野生型マウス 2 匹を図1のように併体結合し、マウス A には食道挿管により強制的に餌を与え続けることで、エネルギー摂取を過剰な状態にした。一方、マウス B には自発的に摂食させた。なお、餌に由来する摂取エネルギーの個体間での移動は無視できるものとする。このとき、マウス B の摂食量および体重はどのように推移するか、20 字以内で書きなさい。また、その理由を 100 字以内で説明しなさい。

(3) 図2は、野生型マウス、レプチン変異マウス、レプチン受容体変異マウス、3種類のマウスから2匹を選び、それぞれマウスAおよびBとして併体結合した実験の結果をまとめたものである。なお、これらのマウスには自発的に摂食させた。

	実験1		実験2		実験3	
	マウス A	マウス B	マウス A	マウス B	マウス A	マウス B
	(a)	野生型	(b)	(c)	野生型	(d)
体重 (g)	(ア) 				(イ) 	
摂食量 (g/日)	(ウ) 				(エ) 	

図2 併体結合実験におけるマウスAおよびBの体重および摂食量の変化

図2中の(a)～(d)にあてはまるマウスを解答欄の2種類の中から選び、丸で囲みなさい。また、図2中の(ア)～(エ)にあてはまる最も適切なグラフを以下の①～③の中からそれぞれ選び、番号で答えなさい。

