

生 物

第 1 問

遺伝子の発現に関する次の文章を読み、下の問 1～問 3 に答えよ。

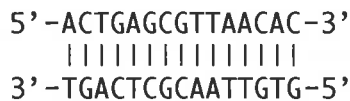
RNAは、DNAの塩基配列の一部を写し取るようにしてつくられる。DNAには（ア）とよばれる特別な機能をもつ塩基配列の領域が存在する。原核生物では、そこに（イ）という酵素が結合してRNAの合成が始まる。（イ）が（ア）に結合するとDNAの（ウ）がほどけて塩基どうしの結合が切れた状態になる。鋳型の鎖の塩基に（エ）的な塩基をもつ（オ）が結合すると、（イ）のはたらきによって先に結合していた（オ）に連結される。この過程が繰り返され、最終的にDNAの塩基配列を写し取った新しいRNA分子ができる。このようにDNAの鋳型となる鎖の塩基配列に対応したRNAを合成することを（カ）という。

真核生物の（イ）は、（キ）とともに複合体をつくって（ア）に結合して（カ）が開始される。真核生物の遺伝子では、多くの場合、RNAが合成された後に核内でその一部分が取り除かれることが知られている。このとき取り除かれる部分に対応するDNA領域を（ク）、それ以外の取り除かれない部分に対応するDNA領域を（ケ）という。（カ）によってつくられたRNAから（ク）に対応する部分が除かれ、隣り合う（ケ）に対応する部分が結合して（コ）がつけられる。この過程は、（サ）とよばれる。

問 1 文章中の（ア）～（サ）に最も適切な語句を入れよ。

問 2 文章中のDNAとRNAについて、構成要素における違いをあげよ。

問3 ある酵素（185個のアミノ酸からなるポリペプチド）の遺伝子 α は、上の文章中の（ケ）の配列を5つもつ。つくられる（コ）は、5つの（ケ）に由来する1種類のみで長さは731塩基である。3番目の（ケ）の配列の一部分が次に示されている。この配列は（コ）の5'末端より数えて311番目から325番目の塩基に相当する。



- (1) 下側の鎖をもとに合成されるRNAの配列を5' → 3'の方向で記せ。
- (2) 表1を参考に、遺伝子 α に由来する(1)のRNA配列から推定されるアミノ酸配列を記せ。また、そのように推定した理由を簡潔に述べよ。

表1 遺伝暗号

1番目の塩基	2番目の塩基				3番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU フェニルアラニン	UCU UCC UCA UCG セリン	UAU チロシン	UGU システイン	U
	UUA UUG ロイシン		UAC	UGC	C
			UAA (終止)	UGA (終止)	A
			UAG (終止)	UGG トリプトファン	G
C	CUU CUC CUA CUG ロイシン	CCU CCC CCA CCG プロリン	CAU ヒステジン	CGU アルギニン	U
	CAA CAG グルタミン		CGC	C	
			CGA	A	
			CGG	G	
A	AAU AUC AUA AUG イソロイシン	ACU ACC ACA ACG トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
	AAA AAG リシン		AGC	C	
			AGA	A	
			AGG	G	
G	GUU GUC GUA GUG バリン	GCU GCC GCA GCG アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U
	GAA GAG グルタミン酸		GGC	C	
			GGA	A	
			GGG	G	

第 2 問

ヒトにおける肝臓と腎臓に関する次の文章を読み、下の問 1～問 8 に答えよ。

肝臓と腎臓は内部環境の恒常性の維持に関与する器官である。食物中に含まれるデンプンはグルコースに分解されて消化管から吸収され、血流に入る。血流によって運ばれる。グルコースは細胞に取り込まれ、細胞内の代謝系により分解される。肝臓においては、グルコースから (ア) が作られて細胞内に貯蔵される。肝臓では、タンパク質や脂質が合成される。

体内の代謝によって、からだにとっては不要な物質も生じる。タンパク質の分解で生じたアミノ酸はアンモニアに変えられ、さらに、二酸化炭素と結合して、尿素になり、血流を介して尿中に排出される。古くなった赤血球は、肝臓や脾臓で分解され、その分解産物は胆汁に含まれて体外に排出される。

血液中の塩類、グルコース、アミノ酸、ビタミン、窒素化合物、小分子などは腎臓の腎小体にある (イ) の毛細血管から (ウ) に入り、原尿となる。原尿は、細尿管 (腎細管)、集合管を流れていくあいだに、からだに有用な物質が毛細血管中に再吸収される。集合管からの水の再吸収は、脳下垂体後葉から分泌されるホルモンである (エ) によって (オ) される。副腎皮質から分泌される (カ) は、細尿管でのナトリウムイオンの再吸収とカリウムイオンの排出を促進する。

問 1 文章中の (ア) ～ (カ) に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部 a に関連する記述として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ
選び番号で答えよ。

- ① グルコースは細胞膜のリン脂質二重層（脂質二重層）の部分を通して細胞内に輸送される。
- ② グルコースは細胞内から細胞外に輸送されることがある。
- ③ グルコースの拡散による細胞内への輸送にはエネルギーが必要である。
- ④ グルコースは水に溶けやすいので、細胞内へ選択的に透過させるしくみは必要ない。
- ⑤ 筋肉における細胞内へのグルコースの輸送は、グルカゴンによって促進される。

問3 下線部 b には血液凝固に関与するタンパク質が含まれている。血液凝固に関する記述として適切なものを、次の①～④のうちから全て選び番号で答えよ。

- ① トロンビンは、フィブリノーゲンを合成する酵素である。
- ② アルブミンが集まって繊維状になり、血球とからみあって血ぺいができる。
- ③ 血液凝固にはカルシウムイオンが関係している。
- ④ 血小板から放出される物質が血液凝固に関係している。

問4 下線部 c をおもに合成する器官の名称を答えよ。

問5 下線部 d に関連して、水分子の輸送に関与する細胞膜に存在するタンパク質の名称を答えよ。

腎臓における血しょうから尿へ移動する物質の主な成分について調べた(表2)。なお、表中のイヌリンは、細尿管・集合管で再吸収や分泌されない水溶性の物質で、腎臓においてろ過される血しょうの量を調べるために、血液中に投与されたものである。なお、1日の尿量は1.5Lであり、血しょうと尿の比重はいずれも1.03であった。

表2 血しょうと尿に含まれる主な物質の成分の比較

成分	血しょう(質量%)	尿(質量%)
タンパク質	7 ~ 9	0
グルコース	0.1	0
尿素	0.03	2
イヌリン	0.1	12
ナトリウムイオン	0.3	0.35
カリウムイオン	0.02	0.15

- 問6 表2において示されるように、血しょうにはタンパク質とグルコースが検出できるが、尿には両物質ともに検出できない。それぞれの物質について、尿中に検出されない理由を簡潔に説明せよ。
- 問7 表2をもとに、原尿中から1日あたり何リットルの水が再吸収されるか答えよ。ただし、小数第1位まで求めること。
- 問8 血液中の尿素は、腎小体において原尿に全て移動し、細尿管でその一部が再吸収される。表2をもとに、1日あたり何グラムの尿素が再吸収され、また尿として排出されるか答えよ。ただし、小数第1位まで求めること。

第3問

動物の行動に関する次の文章を読み、下の問1～問4に答えよ。

動物は外界からの特定の刺激に対して、生まれつき備わった定型的な行動をとる場合がある。これは生得的行動といわれ、遺伝的なプログラムに支配されている。化学物質が生殖行動などの生得的行動を引き起こす場合もある。例えば、a カイコガのオスはメスが分泌する化学物質によって誘引されて、生殖行動を示す。このような化学物質は（ア）とよばれる。カイコのオスでは、（ア）はにおい物質と同じように（イ）細胞で受容されて神経興奮を引き起こし、脳へ情報を送る。

一方で多くの動物は生後の経験によって行動が変化する。この行動変化を（ウ）とよぶ。経験による行動の変化のしくみは、軟体動物である（エ）を用いて多く研究が行われている。（エ）は背中にえらをもっており、えらの近くにある水管に接触刺激を与えると、えらを引っ込める反応を示す。このような刺激に対する単純で定型的な反応を一般に（オ）とよぶ。しかし、接触刺激を繰り返し与えると、えらを引っ込めなくなる。これは単純な（ウ）の1つで（カ）と呼ばれる。水管で刺激を受容する（キ）神経とえらを引っ込める（ク）神経は（ケ）を介して接続している。b 最初の接触刺激では、（キ）神経の興奮が（ク）神経に伝わるが、（カ）が生じた後は、（キ）神経の興奮が（ク）神経に伝わらなくなる。このように、（ケ）の（コ）が変化することを（ケ）可塑性とよぶ。また、（ウ）が生殖行動に影響を与える例も知られている。c 例えば、メダカのメスは前日から「見ていたオス」を記憶していて、他のオスよりも「見ていたオス」を配偶相手として短時間で受け入れる傾向がある。

問1 文章中の（ア）～（コ）に最も適切な語句を入れよ。

問2 下線部 a を支持する実験とその結果の記述として適当なものを、次の文章①～⑦から全て選び、番号で答えよ。

- ① ふたで密封した透明ガラス容器にオスをいれてメスの近くにおいた結果、オスはさかんに羽ばたき（婚礼ダンス）をした。
- ② ふたを開いた透明ガラス容器にオスをいれてメスの近くにおいた結果、メスはオスの方向へ移動した。
- ③ メスの腹部末端にろ紙片を押し付けて、そのろ紙片をオスのいるガラス容器にいれた結果、オスはさかんに羽ばたき（婚礼ダンス）をした。
- ④ 両方の触角を基部から切断したオスをメスのそばにおいた結果、オスは羽ばたき（婚礼ダンス）をしなかった。
- ⑤ オスの腹部末端を解剖により摘出し、抽出物を得た。それを付着させたろ紙片をオスの入ったガラス容器にいれた結果、オスはさかんに羽ばたき（婚礼ダンス）をした。
- ⑥ ふたを開いた透明ガラス容器にメスをいれて、オスの近くにおいた結果、オスはさかんに羽ばたき（婚礼ダンス）をした。しかし、実験室の換気を十分にしている状態では、その行動は引き起こされなくなった。
- ⑦ ふたを開いた透明ガラス容器にメスをいれてオスの近くにおいた結果、オスはさかんに羽ばたき（婚礼ダンス）をした。しかし、暗室で同じ実験を行ったところ、その行動は引き起こされなくなった。

問3 下線部 **b** が生じるしくみを 30 字以内で説明せよ。

問4 下線部 c を証明するため、性成熟したメダカを材料にして以下の実験 1, 2 を行った。しかし、メダカのメスが前日から「見ていたオス」を他のオスと区別していることを証明するためには、実験 1, 2 だけでは不十分である。下線部 c を証明するための追加実験を次の①～⑦から 3 つ選択し、それぞれの追加実験において、下線部 c を支持する最も適切な実験結果を次の (a) ～(d) から選択せよ。

(実験 1) 図 1A のように、オス 1 匹をいれておいた透明なビーカーをメス 1 匹がいる水槽の中においた。この条件では、オスとメスはお互いに見ることができる。翌日、オスをメスのいる水槽にいれると、メスはオスを平均 10 秒で配偶相手として受け入れた。

(実験 2) 図 1B のように、オス 1 匹をいれておいた透明なビーカーをメス 1 匹のいる水槽の外においた。両者の間に不透明な仕切りをいれた。この条件では、オスとメスはお互いに見ることができない。翌日、オスをメスがいない水槽にいれると、メスはオスを数回拒絶したが、メスはオスを平均 60 秒で配偶相手として受け入れた。

追加実験

- ① メス 1 匹とオス 2 匹をお互いに見ることができる条件にした (図 1C)。翌日、どちらかのオス 1 匹をメス 1 匹のいる水槽と一緒にいれた。
- ② メス 2 匹とオス 1 匹をお互いに見ることができる条件にした (図 1D)。翌日、メス一匹を取りのぞき、オス 1 匹をメス 1 匹のいる水槽と一緒にいれた。
- ③ メス 1 匹とオス 1 匹をお互いに見ることができる条件にした。翌日、オスを別のオス 1 匹と交換して、メスのいる水槽と一緒にいれた。
- ④ メス 1 匹とメス 1 匹をお互いに見ることができる条件にした。翌日、片方のメス 1 匹をオス 1 匹と交換して、残ったメス 1 匹のいる水槽と一緒にいれた。
- ⑤ オス 1 匹とオス 1 匹をお互いに見ることができる条件にした。翌日、片方のオス 1 匹をメス 1 匹と交換して、残ったオス 1 匹のいる水槽にいれた。
- ⑥ メス 1 匹とオス 1 匹をお互いに見ることができる条件にした 2 組のペアを

作った。翌日、オスをペア間で交換して、メス1匹のいる水槽にオスを1匹ずつ入れた。

- ⑦ メス1匹とオス1匹をお互いに見ることができる条件にした。翌日、メスが「見ていたオス」に加えて、別のオス1匹もメス1匹のいる水槽に入れた。

実験結果

- (a) メスがオスを配偶相手として受け入れるまでの時間は実験1と同程度であった。
- (b) メスがオスを配偶相手として受け入れるまでの時間は実験2と同程度であった。
- (c) メスは「見ていたオス」を配偶相手として選択した。
- (d) メスは「別のオス」を配偶相手として選択した。

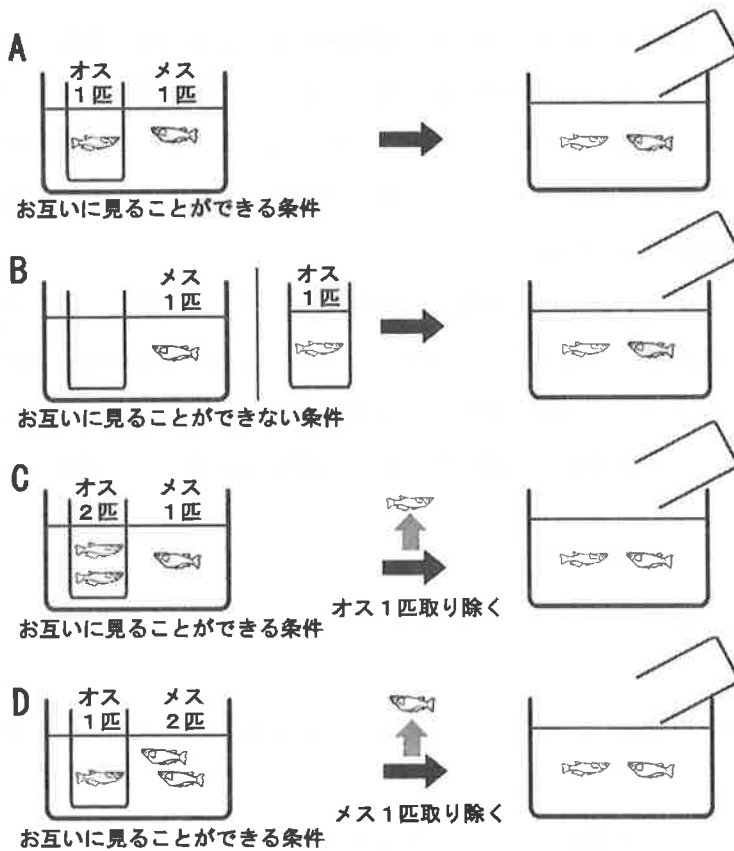


図 1

第4問

問1 減数分裂における染色体の挙動と遺伝子の連鎖に関する次の文章を読み、
(ア)～(オ)に最も適切な語句を入れよ。

母細胞(染色体数 $2n$)では、間期に染色体が複製される。それに続く減数分裂は連続して起きる2回の分裂からなり、はじめに起きる第1分裂では、前期において相同染色体が(ア)して(イ)を形成する。それぞれの相同染色体は複製によってできた2本の染色体がまとまっているため、1つの(イ)は4本の染色体でできている。なお、(イ)において染色体同士の(ウ)(部分的な交換)が起きると、染色体上にある対立遺伝子の組合せが新しいものになることがある。この現象を遺伝子の(エ)という。しかし、同じ染色体上において比較的近い場所に存在する複数個の遺伝子は、対立遺伝子の組合せが変わることなく配偶子に受け渡される傾向があり、この現象を連鎖という。中期にはすべての(イ)が赤道面に並び、後期には(ア)していた相同染色体がそれぞれ両極に移動する。そして最終的には、ひとそろいの相同染色体をもつ2個の娘細胞に分裂する。

続いて起きる第2分裂では、染色体の挙動は(オ)と似ている。中期に赤道面に並んだ染色体は、後期に2分され、それぞれ両極に移動する。終期には、各染色体を1本ずつもつ2個の娘細胞に分裂する(染色体数 n)。これにより、1個の母細胞から、染色体数が半減した4個の娘細胞(配偶子)が形成される。

問2 連鎖と組換え価について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 検定交雑での連鎖と組換え価に関する次の文章を読み、下の問いに答えよ。

遺伝子座 X には対立遺伝子 X と x 、遺伝子座 Y には対立遺伝子 Y と y があると
する。交雑によって得られた遺伝子型が $XxYy$ である F_1 に、遺伝子型が $xyyy$ であ

る個体を検定交雑し、遺伝子の分離を調べたところ、表3に示した結果が得られた。連鎖している2組の対立遺伝子を答えよ。また、組換え価(%)を計算して答えよ。

表3 遺伝子座 *X* および *Y* に関する遺伝子型と観察個体数

遺伝子型	<i>XxYy</i>	<i>Xxyy</i>	<i>xxYy</i>	<i>xyyy</i>
個体数	44	7	9	40

(2) F_2 での組換え価の計算法に関する次の文章を読み、(カ)～(シ)に最も適切な数式を入れよ。

イネのように自家受粉(自家受精)を行う植物においては、自家受粉による種子を大量に得ることが容易にできる。したがって、多数の個体を用いて遺伝子の分離や連鎖を調べる際には、 F_1 の自家受粉によって得られる F_2 が用いられることが多い。問2(1)のように、検定交雑では F_1 の配偶子における遺伝子の組合せの比を直接調べることができるため、組換え価を容易かつ正確に計算できる。一方、 F_2 では配偶子における遺伝子の組合せの比を直接調べることが容易でないで、各個体において遺伝子型によって現れる形質(以下では、表現型と記す)の比に基づいて組換え価を推定するための計算方法が工夫されている。以下では、そのうちのひとつの方法について説明する。

親A(遺伝子型 *SSTT*)と親B(遺伝子型 *sstt*)を交雑すると、親Aと同じ表現型を示す F_1 (遺伝子型 *SsTt*)が得られる。対立遺伝子 *S*と *T*、*s*と *t*が連鎖している場合、 F_1 で形成される配偶子(花粉および卵細胞の両方)における遺伝子の組合せの比を $ST : St : sT : st = p : 1-p : 1-p : p$ とおく(ここでは $0.5 < p < 1.0$ とする)と、組換え価(%)は $(1-p) \times 100$ で求められる。

F_2 における遺伝子型の比は、花粉と卵細胞における遺伝子の組合せの比を掛け合わせることによって求められるので、表4のようになる。

表4 花粉と卵細胞における遺伝子の組合せの比に基づくF₂での遺伝子型の比

		花粉			
		ST	St	sT	st
卵細胞	ST	p ²	(カ)	(カ)	p ²
	St	(カ)	(キ)	(キ)	(カ)
	sT	(カ)	(キ)	(キ)	(カ)
	st	p ²	(カ)	(カ)	p ²

表4を集計すると、F₂における表現型の比は[ST] : [St] : [sT] : [st] = (ク) : (ケ) : (ケ) : (コ)となる。ただし、遺伝子型 SSTT や SsTt などをもつ F₂の表現型は[ST]、SStt や Sstt は [St]などと省略して示している。

下記の式はF₂における表現型の比を用いて表されており、この式で求められる値をKとする。この式は(ク)～(コ)を代入することによりpで表すことができる。また、実験により表現型ごとの個体数が調べられるので、それを代入してKの数値を求めることができる。したがって、以下で説明するように、pに関する方程式を立てて解を求めるとpの値が得られる。

$$K = ([St] \times [sT]) \div ([ST] \times [st])$$

$$= \{(ケ) \times (ケ)\} \div \{(ク) \times (コ)\}$$

p² = Pとおき、式を整理するとPを変数とする二次方程式となる。

$$(サ) P^2 + (シ) P + 1 = 0$$

解の公式を用いて二次方程式を解くと(なお、0.5 < p < 1.0の条件により、一方の解は不適となる)、組換え価(%)は(1 - √P) × 100 = (1 - p) × 100で求められる。

(3) F_2 を用いて行った遺伝子の連鎖に関する実験について説明した次の文章を読み、下の問いに答えよ。

イネの品種で、^{わせ}早生（穂が出る時期＝出穂期が早い）だが「いもち病」に感染しやすい（^り罹病性の）「セトノヒカリ」と、「いもち病」に抵抗性だが晩生（出穂期が遅い）である「セトチカラ」があるとす。早生で「いもち病」に抵抗性という望ましい形質をもつ品種を育成することを目的として、「セトノヒカリ」と「セトチカラ」を交雑して F_1 をつくり、それを自家受粉（自家受精）させて F_2 をつくった。 F_2 を300個体栽培して、出穂期と「いもち病」に対する抵抗性を調べたところ、表5のようになった。

- 表5から、出穂期と「いもち病」抵抗性はそれぞれ1個の遺伝子座によって決まると考えられるが、その理由を答えよ。
- それぞれの遺伝子座について、優性形質（優性の対立遺伝子によって表れる表現型）は何か、答えよ。
- 問2(2)の式を用いてKとPの値および組換え価(%)を計算し、答えよ。

注1：計算過程および解答では四捨五入して小数点第2位までの数値を用いよ。

注2：二次方程式の解の公式で、平方根の数値は最も近い整数に置き換えよ。

注3：必要に応じて、次の数値を用いよ。

$$\sqrt{0.47} = 0.69, \sqrt{0.51} = 0.71, \sqrt{0.63} = 0.79, \sqrt{0.76} = 0.87$$

表5 イネの F_2 における出穂期といもち病抵抗性に関する観察個体数

出穂期	^{わせ} 早生	^{わせ} 早生	晩生	晩生
いもち病抵抗性	^り 罹病性	抵抗性	^り 罹病性	抵抗性
個体数	47	27	28	198