生　　物　（その１）

第１問　味覚と嗅覚に関する次の文を読み，以下の各問いに答えよ。

動物は周りの環境からさまざまな情報を受け取り，その変化に応じて適切に行動する。環境には光や温度，音などいろいろな要素があり，それぞれの要素を効率よく受けとめるために，動物は特殊化した(1)受容器をもつ。受容器は刺激の種類ごとに決まった感覚細胞をもち，特定の刺激にだけ反応する。

感覚細胞による刺激への反応は，細胞内部や表面にあるタンパク質でできた受容体を介して行われる。(2)味覚と嗅覚は化学物質に対する反応ということで共通点も多いが，異なっている部分もある。(3)ヒトでは味覚は５つに分類されており，味覚を生じさせる化学物質は，それぞれ異なるタイプの受容体に結合する。

嗅覚は鼻腔の奥にある嗅上皮の嗅細胞で受容される。１つの嗅細胞には１種類の受容体だけが発現しており，ヒトでは約 400 種類が見つかっている（図１）。嗅細胞の受容体に，におい物質が結合すると，セカンドメッセンジャーを介してカルシウムイオンチャネルが開き，その結果，活動電位が発生する。(4)１つの受容体は複数のにおい物質と反応することができるが，におい物質ごとに反応の強さは異なる。一方，１つのにおい物質もまた複数の受容体と反応することができる（図２）。嗅細胞で生じた興奮は，脳の嗅球にある嗅糸球体を介して大脳へと伝わるが，同一種類の受容体が発現している嗅細胞からの神経はすべて１つの嗅糸球体につながっている（図１）。このようなしくみを使うことによって，(5)ヒトでは 400 種類程度の受容体を使って 10 万種類以上のにおいを嗅ぎ分けることができるといわれている。

問１　下線部（１）について，ヒトの受容器にはどのようなものがあるか，５つ記せ。

問２　下線部（２）について，味覚を生じさせるのに必ずしも必要ではないが，嗅覚を生じさせるのに必須となるにおい物質の特性は何か，１つ記せ。

問３　下線部（３）について，５つの味覚をすべて記せ。

生　　物　（その２）

問４　下線部（４）について，図２には，におい物質 a ～ k に対する嗅覚受容体の組み合わせの一例が示してある。

ⅰ）最も多種類の嗅覚受容体に結合できるにおい物質はどれか。 a ～ k から１つ選び，記号で記せ。

ⅱ）最も多種類のにおい物質と反応できる嗅細胞はどれか。１～ 14 から１つ選び，番号で記せ。

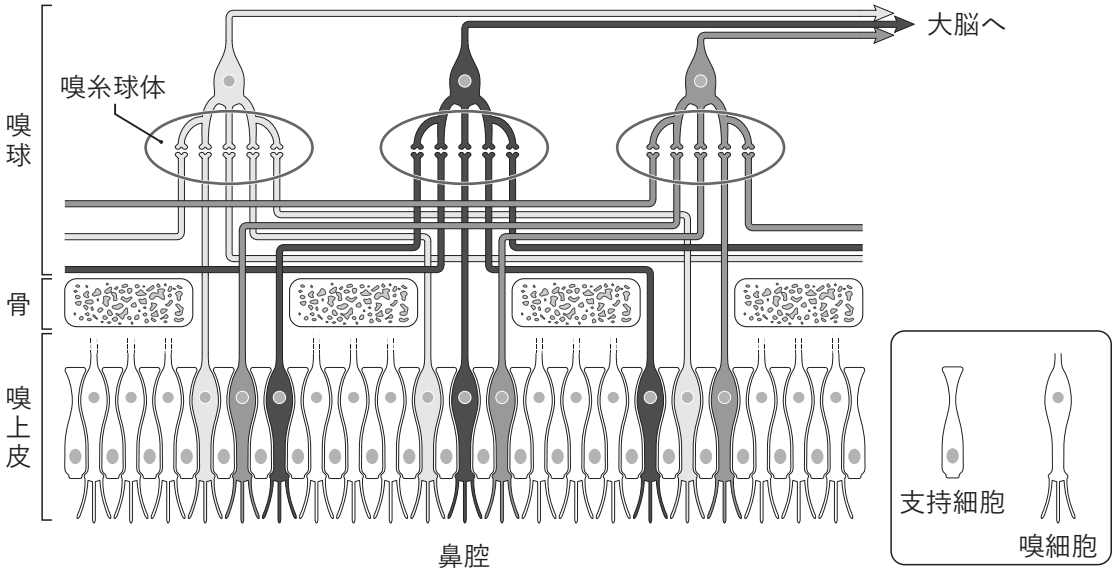
ⅲ）ある物質のにおいを嗅いだときに，５と７の嗅細胞は反応したが，11 と 12 の嗅細胞は反応しなかった。この物質は何であると考えられるか。可能性のある物質を a ～ k からすべて選び，記号で記せ。

ⅳ）図２では異なったにおい物質に対する各嗅細胞の反応の強さが色の濃淡として示されている。１つの嗅細胞において反応の強さは興奮のどのような違いとして伝えられるか，簡潔に記せ。

問５　下線部（５）について，400 種類程度の受容体で 10 万種類以上のにおいを嗅ぎ分けられるのはどうしてか。そのしくみについて，図１と図２を参照して簡潔に記せ。

生　　物　（その３）

図１　ヒトの嗅覚器



嗅上皮には細胞ごとに異なる嗅覚受容体を発現した嗅細胞が支持細胞に挟まれて並んでいる。におい物質が嗅細胞の繊毛にある受容体に結合すると，興奮が脳の嗅球に伝わる。嗅球には嗅糸球体が規則正しく並んでおり，同じ嗅覚受容体を発現している嗅細胞から伸びた軸索は１つの嗅糸球体につながっている。嗅糸球体で受けた信号は大脳へと伝わる。嗅球における嗅糸球体の配置は個体差がなく一定であると考えられている。

図２　さまざまなにおい物質 a ～ k に対する嗅細胞１～ 14 の反応パターン

にお い物質 ＼ 嗅細胞		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
a	C_3-COOH														
b	C_4-COOH														
c	C_5-COOH														
d	C_6-COOH														
e	C_7-COOH														
f	C_8-COOH														
g	C_5-OH														
h	C_6-OH														
i	C_7-OH														
j	C_8-OH														
k	C_9-OH														

マス目の色は左に示した物質に対する各嗅細胞の反応の強さを示す。各嗅細胞にはそれぞれ異なった１種類の嗅覚受容体が発現している。白いマス目は，におい物質に反応しなかったことを示し，マス目の色が濃くなるほど反応が強いことを示す。 a ～ f の物質は炭素数が３から８の直鎖状炭化水素の末端にカルボキシ基が結合していることを示し，g ～ k の物質は炭素数が５から９の直鎖状炭化水素の末端にヒドロキシ基が結合していることを示す。

生　　物　（その４）

第２問　生物の個体群に関する次の文を読み，以下の各問いに答えよ。

自然界の生物は単独で生活していることはなく，他の個体や天敵などとかかわりながら暮らしている。ある地域に生息する同じ種の個体のまとまりを個体群という。

動物の個体が集まって，一緒に移動したり採食したりする集団を群れという。群れをつくることにはさまざまな利益がある反面，個体群密度が高まることによる不利益も存在する。(1) 群れが大きいと周囲に対する警戒に費やす時間は短くなるが，同じ群れの中の他の個体と食物を争う時間が長くなる。そのため，群れの大きさは利益と不利益のバランスで決まると考えられている（図３）。

ある一定の場所に生活するすべての個体群の集まりを生物群集という。生物群集の中において，食物網に占める位置や，生活空間・活動時間などの資源の利用のしかたは種ごとにだいたい決まっている。生物群集内で占めるこのような位置をニッチという。ニッチの似た異種の生物の間でも，同種の個体間と同様に，共通の資源をめぐって種間競争が起こる。(2) 共通の生活空間を利用する原生生物Ａ種，Ｂ種，Ｃ種をそれぞれ単独で飼育した場合や，他の種と一緒に飼育した場合のそれぞれの個体数の変化を図４に示す。

自然界では，１つの生物群集の中に似たような生活様式をもつ多種の生物がいるにもかかわらず，競争が見られない場合がある。例えば「ニッチの分割」により競争を避けているものとして，大きさの異なる種子を食べることによって同じ生活空間での共存を可能にしている例や，同じ川でも上流側と下流側に分布することで生活空間を分割してすみ分けている例が知られている。また，ニッチの分割が生じていなくても，外部からの要因が作用することによって，似たニッチをもつ多種の生物が共存している場合がある。サンゴ礁において，(3) 各種サンゴは太陽光や付着する岩盤をめぐって競争するが，波浪の影響で岩盤からはがされることもある。あるサンゴ礁のさまざまな地点における一定面積中に占める生きたサンゴの割合（被度）とサンゴの種数との関係を図５に示す。

これまで述べてきたような個体群の特徴を考えるうえで重要な尺度として，個体群密度がある。これを測定する方法として標識再捕法があげられる。しかし，(4) 標識再捕法は生物の生活様式によっては正確な個体数を算出できない場合がある。

生　　物　（その５）

図３

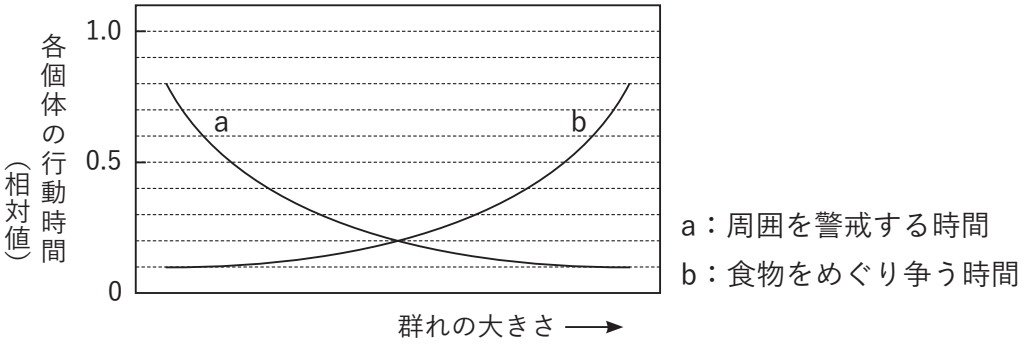


図４

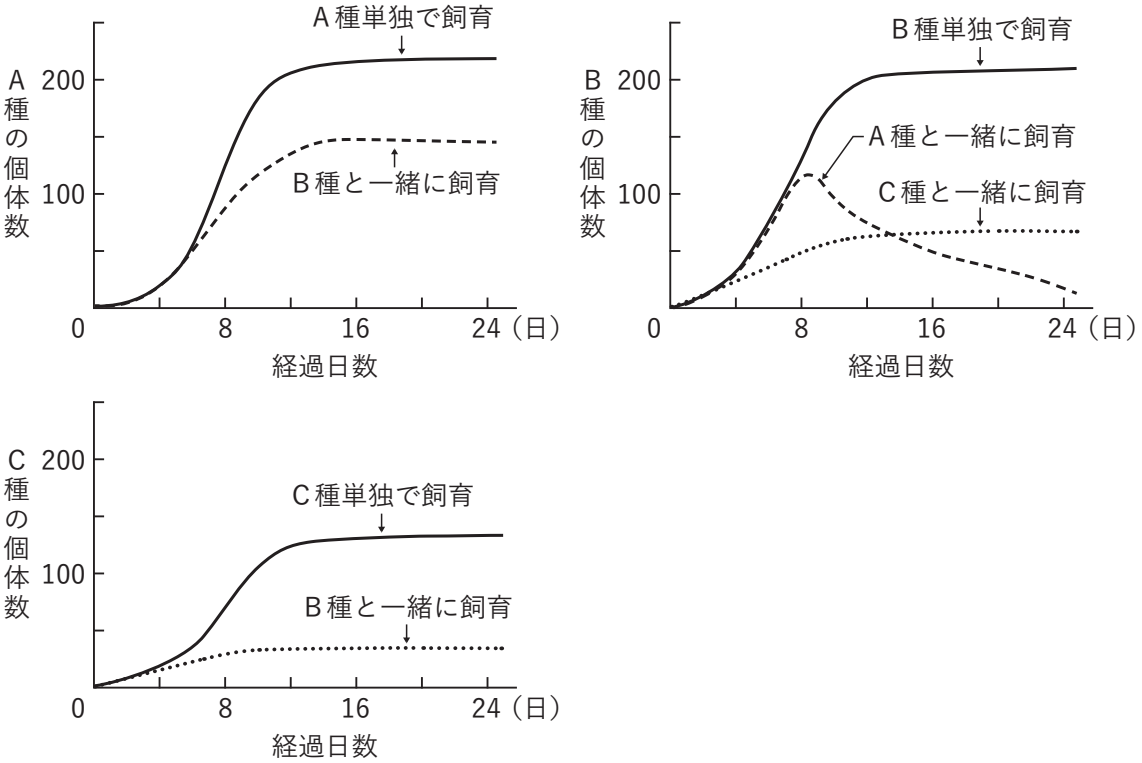
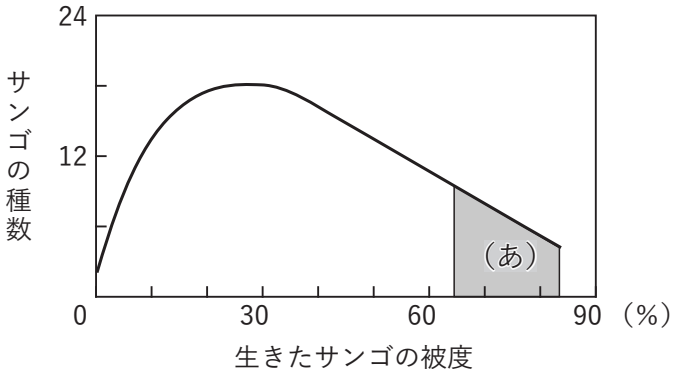


図５



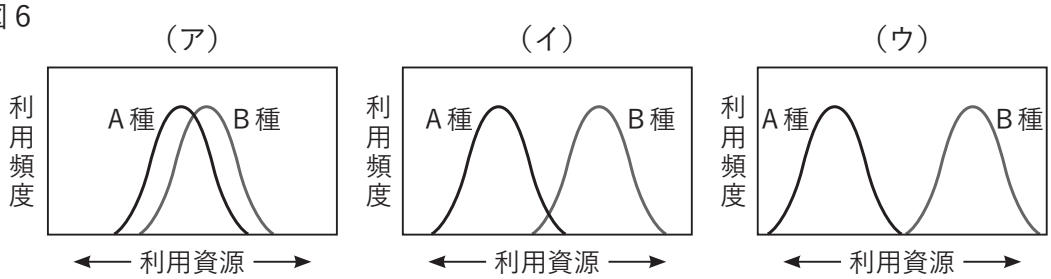
生　　物　（その６）

問１　下線部（１）について，群れの中で，各個体が採食に費やす時間は，起きている時間から「a：周囲を警戒する時間」と「b：食物をめぐり争う時間」を引いたものだと仮定する。その場合，「採食に費やす時間」はどのようになるか。解答欄のグラフに描け。ただし，個体が起きている間のすべての時間（相対値 1.0）は，「周囲を警戒する時間」，「食物をめぐり争う時間」，「採食に費やす時間」にしか使われないものとする。

問２　下線部（２）について，

ｉ）Ａ種とＢ種のニッチの関係は，図６の（ア）～（ウ）のどれに相当するか。最も適当なものを１つ選び，記号で記せ。ただし，図の横軸は，食物の大きさや種類，生活空間の違いを利用資源として表現したものとする。

図６



ii）Ａ種とＢ種，Ｂ種とＣ種，Ａ種とＣ種間のそれぞれの関係を表しているのはどれか。次の ① ～ ⑤ から最も適当なものをそれぞれ１つずつ選び，番号で記せ。ただし，番号は重複して選んでもかまわない。

① 一方が他方の捕食者である。
② 一方が競争的排除を受ける。
③ ２種は互いに影響を与えない。
④ ２種は互いに影響を受けるが共存できる。
⑤ ２種間の相互作用は不明である。

生　　物　（その７）

問３　下線部（３）について，

ⅰ）台風や噴火，山火事，土砂崩れなど，生物群集に大きな影響を与える要因を何とよぶか，用語で記せ。

ⅱ）図５の（あ）の領域におけるサンゴの生育環境を表しているのはどれか。次の ① ～ ⑤ から最も適当なものを１つ選び，番号で記せ。

① 波浪の影響が大きく，多くのサンゴが岩盤からはがされている。
② 波浪の影響が大きく，種間競争が激しい。
③ 波浪の影響は少なく，種間競争が激しい。
④ 波浪の影響は少なく，ニッチの似た種数が大きくなる。
⑤ 波浪の影響を受け，ニッチの似た種数が大きくなる。

問４　下線部（４）について，

カメＸ種とＹ種がほぼ同数生息している完全に閉ざされた池において，十分離れた複数の観測区域で個体を捕獲し，その個体数を測定後，標識をつけてその場で池に戻した。一定期間後，再度同じ場所で捕獲し個体数を測定した。この結果を表１に示す。

ⅰ）Ｘ種について，観測区域１，２，３から標識再捕法によって得られる全個体数をそれぞれ計算し，整数で記せ。

ⅱ）ⅰ）の結果の平均値を計算し，小数点以下第一位を四捨五入して整数で記せ。

ⅲ）Ｙ種はＸ種と同様な標識再捕法では正確な全個体数を算出できない。その理由を簡潔に記せ。ただし，Ｘ種，Ｙ種とも測定期間中に繁殖はなく，全個体数に変化はないものとする。

表１

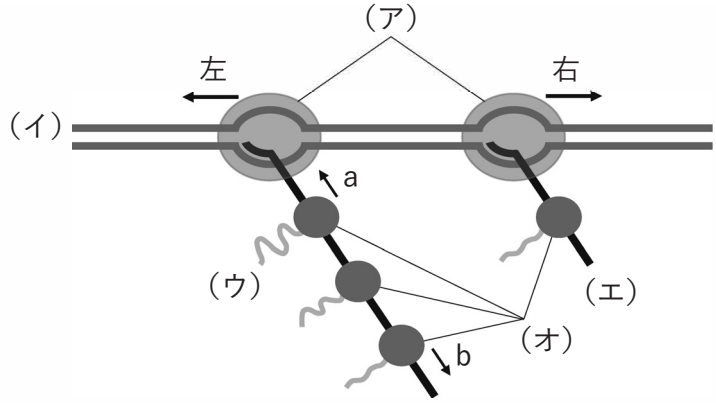
観測区域	カメ	１回目の捕獲	２回目の捕獲	
		捕獲数（標識をつけた個体数）	捕獲数	捕獲した中の標識つき個体数
1	Ｘ種	50	57	15
	Ｙ種	42	40	32
2	Ｘ種	49	48	12
	Ｙ種	3	2	1
3	Ｘ種	50	52	13
	Ｙ種	52	54	3

生　　物　（その８）

第３問　生物はセントラルドグマとよばれる原則に従って遺伝子を発現する。そのしくみは，基本的にはすべての生物で共通であるが，真核生物と原核生物ではいくつかの相違点がある。遺伝子発現に関する以下のⅠ，Ⅱの各問いに答えよ。

Ⅰ．図７はある生物の遺伝子発現の一部を模式的に示したものである。

図７



問１　（ア）～（オ）は何を表しているか。次の ① ～ ⑩ から適当なものを１つずつ選び，番号で記せ。

① DNA の 3 ' 側
② DNA の 5 ' 側
③ RNA の 3 ' 末端
④ RNA の 5 ' 末端
⑤ ポリペプチドの C 末端
⑥ ポリペプチドの N 末端
⑦ DNA ポリメラーゼ
⑧ RNA ポリメラーゼ
⑨ プロテアソーム
⑩ リボソーム

問２　（ア）の移動方向はどちらか。右か左で記せ。

問３　（オ）の移動方向はどちらか。 a か b で記せ。

問４　この生物は真核生物か原核生物か。いずれかを記し，その理由も簡潔に記せ。

生　　物　（その９）

Ⅱ．(1) 2本鎖のDNAは，水溶液をアルカリ性にすると，塩基間の水素結合が切れて1本鎖になる。水溶液を中性に戻すと，相補的なDNA同士が会合して再び2本鎖になる。このとき，DNAから転写されたRNAを大量に加えると，このRNAと相補的なDNAの間で優先的に2本鎖（DNA-RNAハイブリッド鎖）が形成される。

(2) マウスのある組織から抽出した遺伝子XのmRNAを，同じ組織から取り出したDNA断片とアルカリ性の溶液中で混ぜ合わせ，その後中和すると，図8のような電子顕微鏡像が観察された。同様の処理を，マウスの別の組織から抽出した遺伝子XのmRNAとDNA断片で行うと，図8とは異なるDNA-RNAハイブリッド鎖が観察された（図9）。

図8

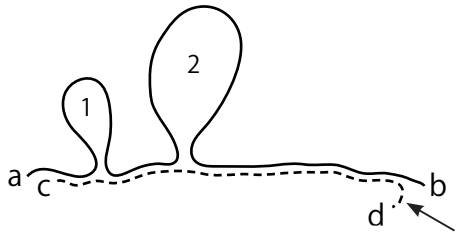
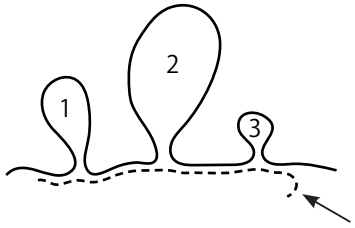


図9



問5　下線部（1）について，試験管内で2本鎖DNAを1本鎖にするには，DNA溶液をアルカリ性にすること以外にどのような方法があるか，簡潔に記せ。

問6　下線部（2）について，

ⅰ）DNAの5'末端はどこか。図8のa ～ d から1つ選び，記号で記せ。

ⅱ）図8の1，2，あるいは図9の1，2，3のように，DNA-RNAハイブリッド鎖を形成していないループ部分を何とよぶか，名称を記せ。

ⅲ）図8と図9のDNA-RNAハイブリッド鎖を形成していない矢印部分を何とよぶか，名称を記せ。

ⅳ）同じ遺伝子Xから転写されたmRNAを用いた実験であるにもかかわらず，図8と図9で異なった電子顕微鏡像になっているのは何が起きた結果か，用語で記せ。

生　　物　（その10）

問７　図８の mRNA が翻訳されてできるタンパク質の C 末端側のアミノ酸配列を図 10 の A に示す。また，この部分に対応する mRNA の塩基配列の一部を図 11 に示す。一方，図９の mRNA が翻訳されてできるタンパク質の C 末端側のアミノ酸配列は図 10 の B であった。

ｉ）表２のコドン表を参考にして図 11 の空欄部分の塩基配列を決定し，解答欄に左詰めで５' 側から記せ。

ⅱ）図９のループ３は何塩基で構成されているか，数値を記せ。

図 10

A：Glu-Ala-Val-His-Ile-Lys-Ser-Trp-Cys-Asn-Phe-Ser

B：Glu-Ala-Leu-Val-Gln-Leu

図 11

G	A	A	G	C	U	G	U	G	C	A	C	A	U	A	A	A	G	A	G	C	U														U	U	G	A

表２（コドン表）

		2番目の塩基					
		U	C	A	G		
1番目の塩基	U	UUU フェニルアラニン (Phe)	UCU セリン (Ser)	UAU チロシン (Tyr)	UGU システイン (Cys)	U	3番目の塩基
	U	UUC フェニルアラニン (Phe)	UCC セリン (Ser)	UAC チロシン (Tyr)	UGC システイン (Cys)	C	
	U	UUA ロイシン (Leu)	UCA セリン (Ser)	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン	A	
	U	UUG ロイシン (Leu)	UCG セリン (Ser)	UAG 終止コドン	UGG トリプトファン (Trp)	G	
	C	CUU ロイシン (Leu)	CCU プロリン (Pro)	CAU ヒスチジン (His)	CGU アルギニン (Arg)	U	
	C	CUC ロイシン (Leu)	CCC プロリン (Pro)	CAC ヒスチジン (His)	CGC アルギニン (Arg)	C	
	C	CUA ロイシン (Leu)	CCA プロリン (Pro)	CAA グルタミン (Gln)	CGA アルギニン (Arg)	A	
	C	CUG ロイシン (Leu)	CCG プロリン (Pro)	CAG グルタミン (Gln)	CGG アルギニン (Arg)	G	
	A	AUU イソロイシン (Ile)	ACU トレオニン (Thr)	AAU アスパラギン (Asn)	AGU セリン (Ser)	U	
	A	AUC イソロイシン (Ile)	ACC トレオニン (Thr)	AAC アスパラギン (Asn)	AGC セリン (Ser)	C	
	A	AUA イソロイシン (Ile)	ACA トレオニン (Thr)	AAA リシン (Lys)	AGA アルギニン (Arg)	A	
	A	AUG メチオニン (Met)	ACG トレオニン (Thr)	AAG リシン (Lys)	AGG アルギニン (Arg)	G	
	G	GUU バリン (Val)	GCU アラニン (Ala)	GAU アスパラギン酸 (Asp)	GGU グリシン (Gly)	U	
	G	GUC バリン (Val)	GCC アラニン (Ala)	GAC アスパラギン酸 (Asp)	GGC グリシン (Gly)	C	
	G	GUA バリン (Val)	GCA アラニン (Ala)	GAA グルタミン酸 (Glu)	GGA グリシン (Gly)	A	
	G	GUG バリン (Val)	GCG アラニン (Ala)	GAG グルタミン酸 (Glu)	GGG グリシン (Gly)	G	

生　　物　（その11）

第４問　動物の行動に関する次の文を読み，以下の各問いに答えよ。

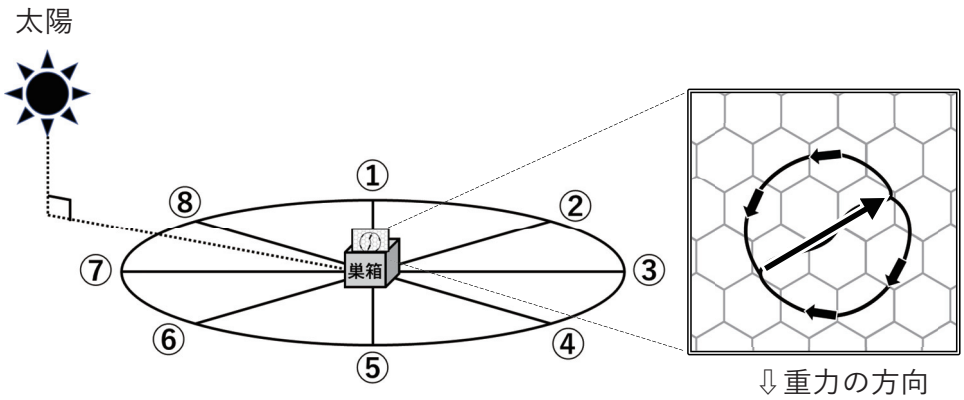
動物の動きが，その個体の生存や繁殖などに意味づけられる場合を行動とよぶ。行動には経験を積むことで得られる（　ア　）行動と，生まれつき備わっている（　イ　）行動の２つがある。（　ア　）行動の代表的なものには，生後のごく短い期間に得た経験が生涯にわたって記憶される（　ウ　）があり，（　イ　）行動には日中に鳥が「渡り」をする際，太陽の位置情報をもとにして渡りの方向を決める（　エ　）や，ミツバチが蜜源を仲間に教える(1)８の字ダンスなどがある。

ミツバチは集団を形成し，集団内での個体の役割を明確に分業する（　オ　）昆虫であり，生殖を専門とする１匹の女王バチと多数の働きバチ，少数の雄バチに分類される。女王バチの体は働きバチよりも 1.5 倍ほど大きく，寿命も長い。また，女王バチは雌雄の卵を生み分けることができ，(2)雄と雌の染色体を合わせもつ倍数体（２ｎ）の卵は雌，雌の染色体のみをもつ半数体（ｎ）の卵は雄になる。

女王バチは働きバチが分泌したローヤルゼリーで満たされた巣房に産卵する。孵化した幼虫はローヤルゼリーの中で３日間を過ごした後，ハチミツと花粉を与えられて働きバチへと成長する。女王バチが死んだ場合には，巣に残った働きバチが孵化後３日以内の幼虫の中から１匹を選び，ローヤルゼリーを与え続ける。すると，その幼虫は大きく成長して女王バチとなり，これが雄と交尾して産卵を開始することで巣は維持される。このような観察から，(3)女王バチへの分化誘導にはローヤルゼリーが必要であるのは 100 年以上前から知られていたが，どのような成分が重要であるかは不明であった。近年，ローヤルゼリーに含まれるロイヤラクチンが女王バチへの分化誘導に重要な働きをしていることが，日本人研究者により報告された。

生　　物　（その12）

図 12



問１　文中の（ ア ）～（ オ ）に適語を記せ。

問２　下線部（１）について，ハチが巣の中で図 12 の右に示す行動をとっている場合，蜜源（花畑）は巣箱からどの方向にあるか。図左の ① ～ ⑧ から最も適当な場所を１つ選び，番号で記せ。ただし，図左の ① ～ ⑧ は均等に分けた８方位を示し，図右の矢印は，ハチの動く向きを示している。

問３　下線部（２）について，

ⅰ）多くの動物では性染色体の組み合わせによって雌雄が決められている。

ａ）ショウジョウバエ，ｂ）バッタ，ｃ）ニワトリの各雄における性染色体の組み合わせはどれか。次の ① ～ ⑥ から適当なものをそれぞれ１つずつ選び，番号で記せ。

① XX　　② XY　　③ X　　④ ZW　　⑤ ZZ　　⑥ Z

ⅱ）ミツバチが母娘間で同じ遺伝子をもっている確率は 50％であるが，姉妹間で同じ遺伝子をもっている確率は何％か，数値を記せ。

ⅲ）働きバチは自身の子孫を残すことなく命がけで巣を守り，女王バチが生んだ卵を育てる。どうしてこのような利他行動をとると考えられるか。ⅱ）の結果をもとに考察し，簡潔に記せ。

生　　物　（その13）

問４　下線部（３）について，幼虫の成長とロイヤラクチンとの関係を明らかにするため，実験１～４を行った。実験の結果からロイヤラクチンの性質や働きとして考えられるものはどれか。下の ① ～ ⑥ から２つ選び，番号で記せ。

実験１	熱処理したローヤルゼリーで飼育した幼虫は，通常の働きバチになった。
実験２	熱処理したローヤルゼリーに，精製したロイヤラクチンを加えて飼育した幼虫は，通常の働きバチより 1.5 倍大きく育った。
実験３	ローヤルゼリーに，細胞表面に存在する上皮成長因子（EGF）の受容体を阻害する物質を添加して飼育した幼虫は，通常の働きバチになった。
実験４	ローヤルゼリーに，インスリンの受容体を阻害する物質を添加して飼育した幼虫は，通常の働きバチよりも 1.5 倍大きく育った。

① ロイヤラクチンは EGF 受容体である。
② ロイヤラクチンは転写因子として作用する。
③ ロイヤラクチンは EGF のセカンドメッセンジャーとして作用する。
④ ロイヤラクチンはタンパク質である。
⑤ ロイヤラクチンは EGF 受容体を介して作用する。
⑥ ロイヤラクチンはインスリン受容体を介して作用する。

問５　ヒトが利用するために飼育されているミツバチは，家畜（農用動物）に分類される。

ⅰ）家畜としてのミツバチは，ハチミツの生産以外にどのような目的で利用されているか，簡潔に記せ。

ⅱ）家畜として分類されている昆虫をミツバチの他に１つ記せ。