

令和5年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

生 物

学類によって解答する問題が異なります。

人間社会学域及び医薬保健学域は、解答する問題を決めたあと、その問題番号の答案用紙の「解答の有無欄」に丸印(○)をつけ、解答欄に解答しなさい。
解答すべき問題数より多くの問題を解答した場合は、すべての問題について採点の対象外とします。

「解答の有無欄」に丸印(○)がない答案用紙は、採点の対象外とします。

学 域	学 類	解 答 す る 問 題
融 合 学 域	先 導 学 類(理系傾斜) 観光デザイン学類(理系傾斜) スマート創成科学類(理系傾斜)	I, II, III, IV <u>4問</u>
人間社会学域	学 校 教 育 学 類	I, II, III, IVの4問のうち <u>3問</u> を選択し、解答しなさい。
理 工 学 域	地 球 社 会 基 盤 学 類 生 命 理 工 学 類	I, II, III, IV <u>4問</u>
医薬保健学域	保 健 学 類	I, II, III, IVの4問のうち <u>3問</u> を選択し、解答しなさい。

(注 意)

- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文16ページです。答案用紙は、4枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

I 次の文を読んで、問1～7に答えなさい。

タンパク質を構成するアミノ酸は20種類ある。各アミノ酸の性質の違いは、(ア)の性質の違いに由来する。(ア)には、水になじみやすい性質のものと、水になじみにくい性質のものがあり、水になじみやすいものの中には正や負の電荷をもつものもある。

タンパク質は、多数のアミノ酸がペプチド結合でつながった大きな分子であり、合成された後、特有の立体構造を形成することにより、特有のはたらきをもつようになる。さまざまな生命現象において、タンパク質の多くは、特定の物質にはたらきかけることでその役目を果たす。たとえば、酵素は特定の物質にのみはたらきかけて化学反応を促進し、^①抗体は特定の抗原にのみ結合してそれを排除するためにはたらく。結合する相手側の物質がタンパク質であることも多い。タンパク質どうしが結合する際には、タンパク質がもつ特徴的な構造で、相手側のタンパク質がもつ異なる特徴的な構造を認識して結合する。ここでは、タンパク質の中の特定の機能をもつと考えられる特徴的な構造を「領域」とよぶことにする。領域は、複数のアミノ酸から形成され、領域内の1つのアミノ酸を別のアミノ酸に置換すると、その領域がもつ機能が変わることもしばしば起こる。

タンパク質の性質を調べるためには、調べようとするタンパク質をできるだけ純粋な状態で生物から取り出さなければならない。さまざまな物質を含む混合液(たとえば、生物由来の組織や細胞の破碎液)から、^②特定のタンパク質を分離して純度を高めていく作業をタンパク質の精製という(図1)。通常、タンパク質は、水溶液の状態に精製される。以下に述べる[実験1]～[実験6]では、ある生物から6種類のタンパク質(P1, P2, P3, A, B, C)を精製して実験を行った。

アミノ酸配列情報やいくつかの実験結果から、部分的によく似た立体構造をもつ3種類のタンパク質P1, P2, およびP3が、別の3種類のタンパク質A, B, またはCに結合してそれらの機能を変化させる可能性が示された。そのことを検証するため、[実験1]～[実験6]を行い、タンパク質どうしが結合するかどうかを調べた。各実験において、タンパク質P1, P2, またはP3の水溶液に対して、タンパク質A, B, C, またはそれらにアミノ酸置換を含むタンパク質などを添加

して、一定時間経過後に混ぜ合わせたタンパク質どうしが結合するかどうか(複合体を形成するかどうか)^③を調べた(図2)。[実験2]と[実験4]を除く実験の結果を表にまとめた。なお、以下の実験において検出されたすべてのタンパク質複合体は、2種類のタンパク質を1分子ずつ含んでいた。

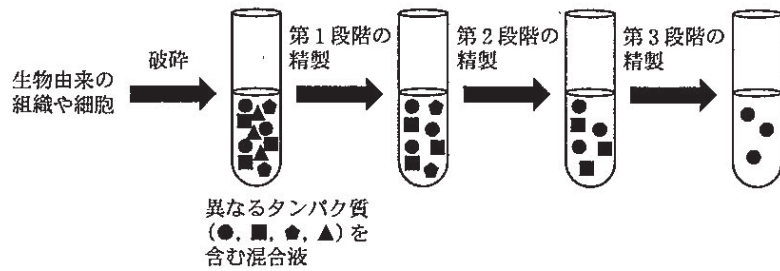


図1

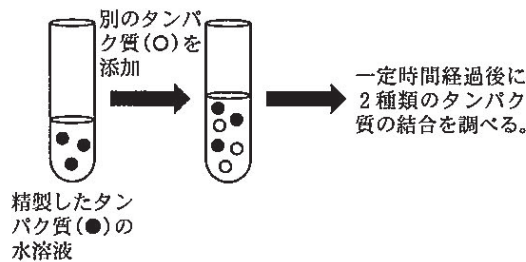


図2

[実験1] タンパク質 P1, P2, または P3 の各水溶液に対して、タンパク質 A, B, または C を添加して結合を調べた。その結果, P1 は A, B, および C のすべてに結合すること, P2 は B のみに結合すること, P3 は A, B, および C のすべてに結合しないことがわかった。

[実験2] タンパク質 P1 の水溶液に、タンパク質 A, B, および C を同時に添加したとき, P1 と A, P1 と B, および P1 と C の複合体がほぼ同じ割合で検出され, それ以外の複合体(1分子の P1 に対して A と B が同時に結合した複合体など)は検出されなかった。このことは, P1 の同じ領域が, A, B, および C との結合に関与することを示している。

- [実験 3] タンパク質 A の領域 a1, タンパク質 B の領域 b1, およびタンパク質 C の領域 c1 内の 1 つのアミノ酸を別のアミノ酸に置き換えたタンパク質を作製した。これらのタンパク質をそれぞれ AM1, BM1, および CM1 と名づけた。それらを用いて, タンパク質 P1, P2, および P3 との結合を調べる実験を行ったところ, すべての実験において, タンパク質どうしの結合を検出できなかった。
- [実験 4] P1 と結合しないことがわかっているいくつかのタンパク質に, タンパク質 A の領域 a1 を挿入した新しいタンパク質を作製した。それらを用いて P1 との結合を調べる実験を行ったところ, 新しく作製したすべてのタンパク質が P1 と結合した。さらに, タンパク質 B の領域 b1 またはタンパク質 C の領域 c1 を挿入した新しいタンパク質についても同様の実験を行ったところ, 新しく作製したすべてのタンパク質が P1 と結合した。これらのことは, あるタンパク質が, 領域 a1, b1, c1 のうちのいずれかを含んでいれば, P1 が結合することを示している。
- [実験 5] タンパク質 B において, 領域 b2 内の 1 つのアミノ酸を別のアミノ酸に置き換えたタンパク質を作製し, BM2 と名づけた。それを用いて結合を調べる実験を行ったところ, P1 は結合したが, P2 と P3 は結合しなかった。
- [実験 6] タンパク質 C において, 領域 c2 内の 1 つのアミノ酸を別のアミノ酸に置き換えたタンパク質を作製し, CM2 と名づけた。それを用いて結合を調べる実験を行ったところ, P1 と P3 は結合したが, P2 は結合しなかった。

表

		置換領域	P 1	P 2	P 3
A	A	—	○ ^{※1}	× ^{※2}	×
	AM1	a1	×	×	×
B	B	—	○	○	×
	BM1	b1	×	×	×
	BM2	b2	○	×	×
C	C	—	○	×	×
	CM1	c1	×	×	×
	CM2	c2	○	×	○

(表の説明)「置換領域」の欄には、置換されたアミノ酸を含む領域の名称を記入した。「—」は、すべての領域にアミノ酸の置換が無いことを示す。また、○は、横と縦の欄に記載した2種類のタンパク質が結合したことを、×は結合しなかったことを示す。たとえば、※1では、タンパク質P1とタンパク質Aが結合したことを表し、※2では、タンパク質P2とタンパク質Aが結合しなかったことを表す。

問 1 (ア)にあてはまる適当な語を入れなさい。

問 2 下線部①のような酵素の性質を何とよぶか、答えなさい。

問 3 下線部②について、生物由来の組織や細胞を破碎した粗抽出液から、ある特定のタンパク質を精製するために、タンパク質がもつ固有の電荷を利用することがある。なぜタンパク質はそれぞれ異なる固有の電荷をもつのか、説明しなさい。

問 4 下線部③について、2種類のタンパク質が結合するかどうかを調べるとき、何の変化を調べればよいと考えられるか、理由とともに説明しなさい。

問 5 [実験 1], [実験 2], [実験 3], および[実験 4]において, タンパク質 P1 を用いた実験結果から, タンパク質 A の領域 a1, タンパク質 B の領域 b1, およびタンパク質 C の領域 c1 を比較したとき, 3つの領域のアミノ酸配列についてどのようなことが考えられるか, 説明しなさい。

問 6 [実験 1], [実験 2], [実験 3], [実験 4], および[実験 5]から, タンパク質 P1 と P2 の, タンパク質 B への結合のしかたの違いについて, どのようなことが考えられるか, 説明しなさい。

問 7 [実験 1]と[実験 6]から, タンパク質 P3 とタンパク質 C の結合に関して, 領域 c2 のアミノ酸配列について, または, 領域 c2 のはたらきについて考えられることを1つ説明しなさい。

II 次の文を読んで、問1～4に答えなさい。

ヒトのからだでは、器官系が協調してはたらい、体内環境の状態が一定に保たれる。器官系のひとつに、心臓を中心とした循環系というしくみがある。心臓が収縮するリズムをつくっているのは、自律的に電気的な信号を発生してペースメーカーの役割を果たす(ア)結節とよばれる場所である。心臓の構造において、(ア)結節は(イ)の上側に存在する。自律神経系の交感神経からの信号により、心拍数は上昇する。安静時、心臓から全身には毎分約5Lの血液が送り出される。血液の循環経路としては、肺循環と体循環の2つの経路がある。肺循環の中で、肺から心臓に戻る肺静脈には、肺動脈と比較して(ウ)が多い血液が流れる。

別の器官系である内分泌系から放出されるホルモンも、心臓のはたらきに影響する。例えば、甲状腺から分泌されるチロキシン濃度が上昇した場合には、心拍数は上昇する①。そして、内分泌器官である(エ)髄質から分泌されるアドレナリンも、心臓に作用して心拍数を上昇させる。一方、アドレナリンには血糖値を変動させるはたらきもある②。また、(エ)皮質から分泌される糖質コルチコイドも、血糖値を変動させる。

腎臓は体液の成分を一定に保つはたらきをしているため、常に多くの血液が循環する。腎臓は左右一対あり、尿を生成して血液中の老廃物を取り除く。ホルモンは心臓だけでなく、腎臓のはたらきにも影響する。脳内の内分泌腺から分泌されたバソプレシンというホルモンは、腎臓に作用して水の再吸収を促進させる③。さまざまなホルモンのはたらき、成人の尿量は、ふつう1日に1～2Lに保たれる。

問1 (ア)～(エ)にあてはまる適当な語を入れなさい。

問2 内分泌系において、図1のように内分泌腺(a)から分泌された甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンが、内分泌腺(b)からの甲状腺刺激ホルモン分泌を促す。そして甲状腺刺激ホルモンが甲状腺からのチロキシン分泌を増加させ、標的器官である心臓に作用して、心拍数を上昇させる。(1)と(2)に答えなさい。

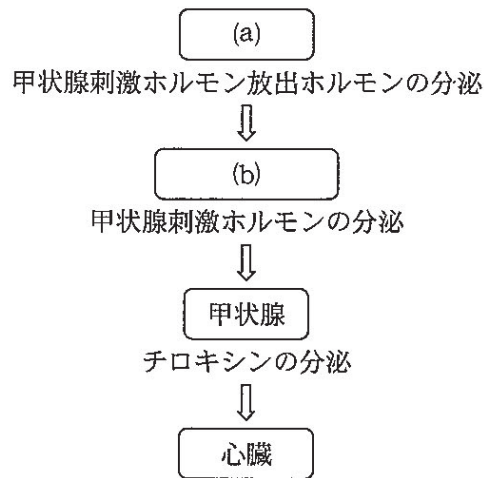


図 1

(1) (a)と(b)にあてはまる内分泌腺の名称を答えなさい。

(2) 下線部①のようにチロキシン濃度が上昇した場合、ヒトのからだにはチロキシン濃度が一定に保たれるよう調節するしくみがある。この調節のしくみの名称を答えるとともに、そのしくみを簡潔に説明しなさい。

問 3 下線部②のように、ホルモンには血糖値を変動させるはたらきがある。(1)～(3)に答えなさい。

(1) アドレナリンと糖質コルチコイドは、それぞれ血糖値を上げるか下げるか、答えなさい。

(2) ヒトでは血糖値を上げるホルモンと血糖値を下げるホルモンの、どちらの種類が多いか、答えなさい。

(3) (2)のような結果となる理由を説明しなさい。

問 4 図 2 は、ヒトの両側の腎臓の断面図である。(1)～(5)に答えなさい。

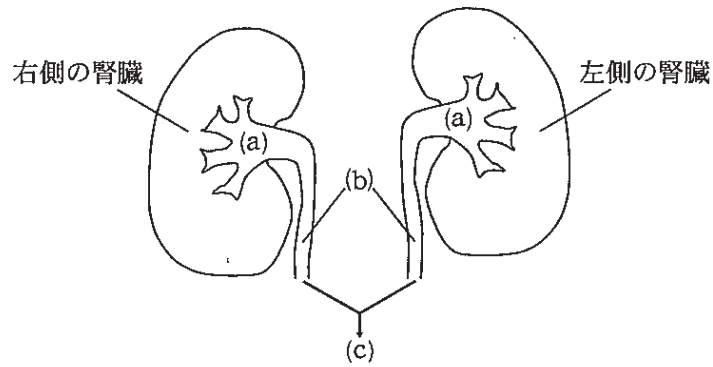


図 2

- (1) 腎臓において、尿は(a)から(b)を経て、(c)にためられる。(a)、(b)、および(c)の名称を答えなさい。
- (2) 内分泌器官である(エ)の断面図を、髄質と皮質を示して、解答用紙に描きなさい。
- (3) からだの中にある内分泌器官である(エ)の数、および腎臓と(エ)の位置関係を答えなさい。
- (4) 下線部③で説明されている脳内にある内分泌腺の名称を答えなさい。
- (5) 尿崩症^{にようほうしょう}という内分泌系の異常が原因で起こる病気がある。尿崩症の患者は、1日に3～10Lの健常者と比較して多量の尿を排出することがあり、また、多量の水を飲むという症状を示す。ヒトの尿崩症と同じ症状を示す2種類の変異体マウスAとマウスBを作製した。マウスAにバソプレシンを投与すると、尿崩症の症状は改善した。しかし、マウスBのバソプレシン血中濃度は野生型マウスと違いはなく、またマウスBにバソプレシンを投与しても尿崩症の症状は改善できなかった。変異体マウスAとBにおける尿崩症発症のメカニズムの違いを考えて説明しなさい。

Ⅲ 次の文を読んで、問1～6に答えなさい。

ウニにおける受精の過程では、精子が卵に近づくと、卵のまわりのゼリー層に含まれる物質に反応して、精子の頭部にある(ア)が^①壊れ、タンパク質分解酵素などを含む内容物が放出される。その後、精子の頭部の細胞質では、アクチンフィラメントの束が形成され、糸状の突起を出す。精子はゼリー層を貫通し、卵の細胞膜に接すると、精子と卵の細胞膜が融合する。このとき、卵の細胞膜ではイオンの透過性が変化し、 Na^+ が卵内へ流入する。^②卵の細胞質の表面付近には、膜につつまれた多数の(イ)があり、精子が卵に到達すると、(イ)の内容物が放出される。(イ)の内容物が卵黄膜の内側に付着すると、卵黄膜は細胞膜から離れて硬化する。

受精すると、細胞内の生理的な活性が高まって、個体の発生が始まる。発生初期に見られる細胞分裂を(ウ)といい、細胞の成長を伴わないため、分裂のたびに細胞が小さくなっていく。(ウ)によって生じた細胞を(エ)という。卵黄の量と分布は(ウ)に影響するため、(ウ)のしかたは動物種によって異なる。^③

発生が進み、細胞数が増えてくると、細胞間の相互作用によって細胞の発生運命が決まり、特定の組織や器官が形成される。^④一般に、未分化な細胞群に作用して、特定の器官へ分化を誘導するはたらきをもった領域を(オ)という。カエルの胚では、背側の赤道面付近から胚の内部に向かって陥入が起こり、内部に新たな空間ができる。この空間を(カ)といい、陥入部位を(キ)という。(カ)の先端部はやがて外胚葉に接して開口し、将来の(ク)となる。一方、(オ)のはたらきによって、背側の外胚葉は、肥厚して板のような構造になり、やがて左右両側の縁がせり出し、正中線上でくっついて管状になる。この管状の構造を(ケ)という。発生の早い時期には、細胞の運命は変更し得るが、発生の進行とともにしだいに不可逆的になっていく。^⑤

問 1 (ア)～(ケ)にあてはまる適当な語を入れなさい。

問 2 下線部①に関して、ウニの卵のゼリー層に含まれる精子の活性化や誘引にかかわる物質は、ウニの種ごとに異なることが知られている。このことはウニの生殖においてどのような役割を果たすか、簡潔に説明しなさい。

問 3 下線部②に関して、以下のような実験を行った。次の文を読んで、(コ)～(シ)に入る文として適切なものを(a)～(g)から選びなさい。ただし、挿入された電極の、発生に対する影響はないものとする。

ウニの卵の細胞質内に微小な電極を挿入して、細胞膜外に対する細胞膜内の電位差(膜電位)を測定できるようにした。図1Aのように、卵を精子にさらすと、卵の膜電位が急速に上昇し、やがて元の膜電位に戻った。この間に、単一の精子による受精が起こり、発生は正常に進行した。

[実験1] 図1Bのように、人工的に膜電位をプラスにまで上昇させてから精子にさらしたところ、(コ)。その後、その操作を止め、卵の膜電位を元に戻したところ、(サ)。

[実験2] 図1Cのように、卵を精子にさらし、その直後に、人工的に膜電位をマイナスの状態に15秒間維持した後、その操作を止めたところ、(シ)。

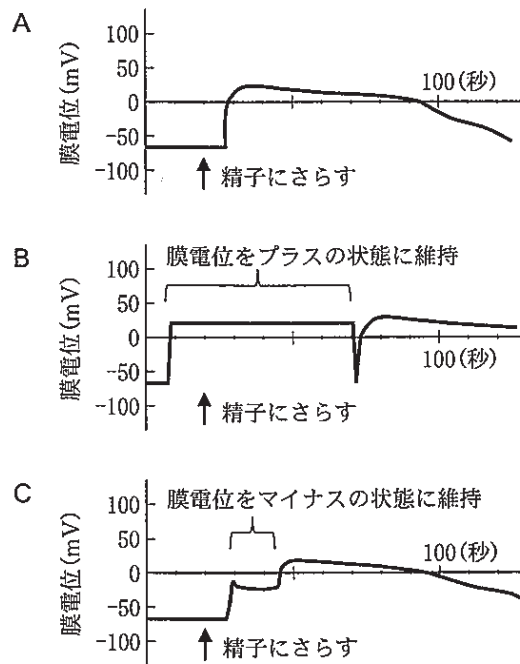


図1

- (a) 単一の精子による受精が起こり、正常に発生が進行した
- (b) 単一の精子による受精が起こり、やがて発生が停止した
- (c) 複数の精子による受精が起こり、正常に発生が進行した
- (d) 複数の精子による受精が起こり、やがて発生が停止した
- (e) 複数の精子による受精が起こり、発生が速まった
- (f) 受精が起きなかった
- (g) 再び発生が進行した

問4 下線部③に関して、正しい文を下記の(a)~(d)からすべて選びなさい。

- (a) ヒトの卵は、卵黄を含まない無黄卵であるため、桑実胚ではほぼ同じ大きさの細胞が均一に分布する。
- (b) ニワトリの卵は、卵黄の量がきわめて多い端黄卵であるため、動物極の周辺に胞胚腔が形成される。

(c) ウニの卵は、卵黄の量が少なく、均一に分布する等黄卵であるため、8細胞期の細胞はすべて大きさが同じである。

(d) ショウジョウバエの卵は、卵黄が中央に偏った心黄卵であるため、卵の中央で細胞分裂すると、やがて卵の表面へ細胞が移動する。

問 5 下線部④に関して、32細胞期のカエルの胚を用いて図2のような実験を行った。次の文を読んで、(1)と(2)に答えなさい。

[実験1] 動物極側と植物極側の細胞に分けて、別々に培養したところ、動物極側と植物極側の細胞からそれぞれ外胚葉と内胚葉の組織が形成された。

[実験2] 動物極側と植物極側の細胞に分けて、両者を接触させて培養したところ、外胚葉と内胚葉の組織に加えて、中胚葉の組織も形成された。

[実験3] 植物極側の細胞のうち、腹側の細胞をA、背側の細胞をBとし、それぞれ動物極側の細胞と接触させて培養したところ、異なる中胚葉の組織が形成された。

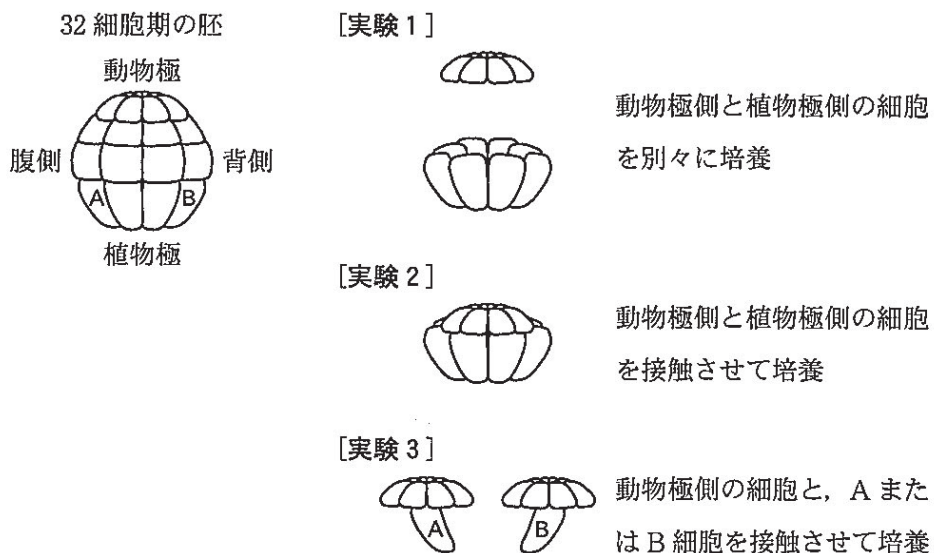


図 2

- (1) [実験 2]において、中胚葉の組織は動物極側と植物極側のどちらの細胞から形成されたか、答えなさい。また、なぜ接触させて培養すると発生運命が変化するのか、理由を説明しなさい。
- (2) [実験 3]において、動物極側の細胞と、A または B 細胞を接触させて培養した時に形成される中胚葉組織の組み合わせとして、最も適切なものを選びなさい。

接触させる細胞 {	A 細胞	B 細胞
中胚葉組織 {	(a) 脊索	筋肉
	(b) 腎臓	血球
	(c) 血球	脊索
	(d) 脊索	腎臓

問 6 下線部⑤に関して、次の文を読んで、(1)と(2)に答えなさい。

生物学者のガードンは、紫外線によって核を不活化したアフリカツメガエルの卵へ、同種の腸上皮細胞の核を移植すると、2%未満ではあるが、腸上皮細胞の核に由来した正常なおたまじゃくしが得られることを示した。

- (1) 通常では、分化した細胞は受精卵のように個体を形成することはない。それはなぜか、説明しなさい。
- (2) 卵へ移植された腸上皮細胞の核にはどのような変化が起きたと考えられるか、説明しなさい。

IV 問1と2に答えなさい。

問1 次の文を読んで、(1)~(4)に答えなさい。

現在の地球上のすべての生物は、進化という過程を経てきた。それによって多種多様な生物が形成されてきたが、進化は生物集団における対立遺伝子の頻度が増えることによって起こる場合がある。遺伝子頻度が増える要因の1つに突然変異があり、それは遺伝子や染色体のレベルで起こる。また遺伝子頻度は生物が交配を繰り返す過程で偶然に変化することもある。

生物の個体間で形質は異なっており、特定の形質をもつ個体が、ある生息環境で他個体より生存や繁殖に有利となる場合がある。そうした個体は次世代に多くの子孫を残すことができるため、集団内にはその性質をもつ個体が増え、遺伝子頻度が増えることもある。これを自然選択という。

自然選択はさまざまな要因によって起こる。インドでは1940年代後半にマラリアを媒介する力を駆除するため、殺虫剤のDDTを使用した。しかし、この力の野生集団の中にはDDTに対してさまざまな抵抗性をもつ個体が存在し、抵抗性の強さは遺伝的に受け継がれていた。図1はDDT使用前の力の集団内に、それぞれの強さの抵抗性をもった個体がどのくらいいたか、その頻度分布の概要図である。抵抗性の強さがAの個体が、もっとも多くいたことが示されている。

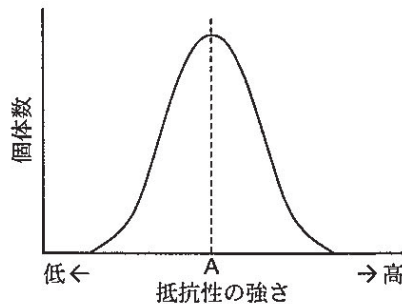


図1

(1) 下線部①について、染色体レベルで起こる突然変異には欠失、逆位、転座、重複の4つがある。このうち2つを選び、それぞれどのような変化が染色体の構造に起こるのか説明しなさい。

- (2) 下線部②について、こうした個体間の形質の違いを変異という。イギリスに生息するオオシモフリエダシャクの成虫には体色が黒い黒色型と白い白色型がいるが、19世紀後半から、特に工業地帯で黒色型の割合が増加した。適応に含まれる、この現象の名称をあげ、なぜこうした変化が起こったか、簡潔に説明しなさい。
- (3) 下線部③と図1について、DDTの使用を続けた場合、この分布はどのように変化するか、解答欄のグラフ中に変化した後の曲線を描きなさい。
- (4) これまでにヒトを宿主とした病原性ウイルスの大規模な感染が起こってきたが、こうしたウイルスの毒性も株間で差がみられる。20世紀前半にはインフルエンザウイルスの世界的な感染が起こり、日本ではスペイン風邪とよばれ、多くの死亡者も出た。しかし、ヒトへの感染が進むにつれ、このスペイン風邪のウイルス集団の毒性は自然選択により変化した。宿主との関係を考慮して、毒性がどのように変化したか、その理由とともに説明しなさい。

問2 次の文を読み、(1)~(4)に答えなさい。

多くの動物種では、個体が集まって群れをつくって生活する。そうした群れ^①をつくることにはさまざまな利点があるが、個体の密度が高まるので餌をめぐる競争が激しくなったり、排泄物によって生息環境が汚染されるなどの不利益も生じる。一方で、個体が集まっても個体単位や家族単位で一定の空間を占有、防衛して、縄張りをつくる種もいる。シジュウカラでは繁殖期になると雄が縄張りをつくり繁殖を行う。縄張りの形成時期に縄張りをもつ数個体の雄を実験的に取り除くと、そこに新しい個体が侵入し、新たな縄張りがつくられた(図2)。しかし、新しい縄張りの大きさは取り除いた個体の縄張りの大きさと^③大きな違いがなかった。

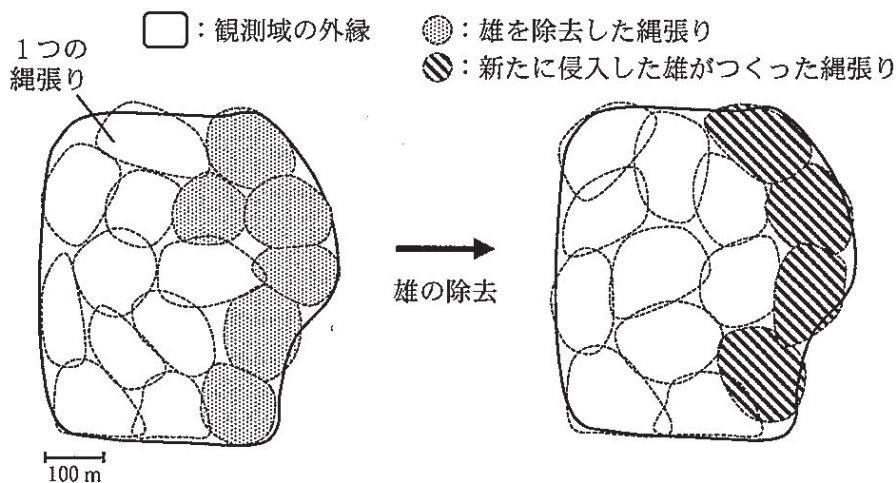


図2 シジュウカラの縄張りの分布図

- (1) 下線部①について、個体が群れをつくることの利点を2つあげなさい。
- (2) 下線部②について、以下の(a)~(e)から縄張りをつくる行動に該当する例をすべて選びなさい。
 - (a) カブトムシは樹液に集まる他の昆虫を追い払い、餌である樹液を独占することがある。
 - (b) トノサマガエルの雄は池などで鳴く時に個体どうしで一定の距離を保つ。
 - (c) イトヨの雄は水底に水草で巣をつくり、求愛ダンスなどで雌を誘い込む。
 - (d) ムクドリは秋になると街路樹や雑木林に集団でねぐらをつくる。
 - (e) 春から夏にカモシカは樹木の表面に頭部や体表をこすりつける。
- (3) 下線部③について、縄張りの大きさに大きな違いがないことから、縄張りの形成がシジュウカラの個体群にもたらす効果を簡潔に説明しなさい。
- (4) 雄が縄張りをつくる鳥類の中には1つの縄張りの中に雄が数個体いて、共同で1つの巣の雛を養育する種もある。こうした共同繁殖はなぜ起こるのか、その理由を以下の4つの語をすべて用いて説明しなさい。

競争, 血縁, ヘルパー, 適応度