

生 物 (その1)

第1問 シグナル物質に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

体内や体外の環境変化に対応するため、⁽¹⁾ 細胞はさまざまなシグナル物質を血液中に放出し、体内を循環させて多くの細胞と連絡を取り合っている。体内にはそれぞれのシグナル物質に対応する受容体をもった (ア) 細胞が存在しており、そのシグナルに対して特定の反応を示す。たとえば、思春期を迎えた女性の体内では ⁽²⁾ 脂溶性のシグナル物質であるエストロゲンが増加し、乳腺細胞や子宮内膜細胞に働きかけ、これらの細胞の増殖を促す。

一方、エストロゲン自体の合成・分泌も他のさまざまなシグナル物質によって調節されている。脳の (イ) から分泌される ⁽³⁾ 性腺刺激ホルモン放出ホルモン (LH-RH) は、(ウ) の細胞に働きかけ、^{ろほう}濾胞刺激ホルモン (FSH) を放出させる。FSH は卵母細胞を取り囲んでいる濾胞を刺激し、濾胞を成長させるとともに濾胞からのエストロゲン分泌を促進する。濾胞の成長とともにエストロゲンの分泌量も増加してくるが、濾胞が十分に成長するまでの期間 (濾胞期)、⁽⁴⁾ エストロゲンは LH-RH の過剰な分泌を抑制している。

ところが、濾胞が十分に発達して、血液中のエストロゲン量が一定値を超えると、一転してエストロゲンは LH-RH の分泌を促進するようになる。LH-RH の顕著な増加は FSH に加え、(ウ) からの黄体形成ホルモンの急激な放出を促進し、成熟した濾胞からの (エ) を引き起こす。

このような LH-RH の働きを模した LH-RH 製剤を作製し、不妊症の患者に投与すれば、(エ) を誘発できるのではないかと期待された。しかし、意図に反して強力な LH-RH 製剤の長期投与は、逆に (ア) 細胞での LH-RH 受容体の発現を抑えてしまい、結果的にエストロゲン濃度を低下させることが明らかになった。そこで、この結果を利用して、⁽⁵⁾ LH-RH 製剤は一部の乳がんの治療薬として使用されるようになった。

問1 文中の (ア) ~ (エ) に適語を記せ。

問2 下線部 (1) について、

- i) このようなシグナル物質を放出する器官を一般に何とよぶか、名称を記せ。
- ii) 一般に血液中に放出されるシグナル物質を何とよぶか、名称を記せ。

問3 下線部 (2) について、

- i) エストロゲンと結合した受容体は細胞のどの部分で作用するか。次の ① ~ ⑤ から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

① 細胞質基質 ② 細胞膜 ③ 核 ④ 粗面小胞体 ⑤ 滑面小胞体

- ii) エストロゲンと結合した受容体は、i) においてどのように働くか、簡潔に記せ。

生 物 (その2)

問4 下線部(3)について,

- i) LH-RHのように, 10個程度のアミノ酸が $-\text{CO}-\text{NH}-$ で表される結合によってつながった分子を何とよぶか, 名称を記せ。
- ii) LH-RH受容体が多く存在しているのは細胞のどの部分か。次の①～⑤から最も適当なものを1つ選び, 番号で記せ。

- ① 細胞質基質 ② 細胞膜 ③ 核 ④ 粗面小胞体 ⑤ 滑面小胞体

問5 下線部(4)について, このような調節機構を何とよぶか, 名称を記せ。

問6 下線部(5)について,

- i) LH-RH製剤の効果を予測するために検討すべき項目は何か。次の①～⑤から適当なものを2つ選び, 番号で記せ。

- ① 乳がん組織の LH-RH 受容体発現状態
- ② 乳がん組織のエストロゲン受容体発現状態
- ③ 乳がん組織の FSH 受容体発現状態
- ④ 基礎体温の変化
- ⑤ 月経の有無

- ii) この治療によるエストロゲン量の低下は, 骨折を起こしやすくする疾患を誘発することがある。この疾患の名称を記せ。

生 物 (その3)

第2問 真核生物の DNA の複製と転写、翻訳に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

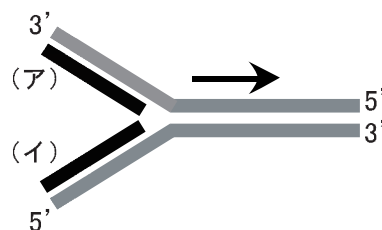
細胞分裂によってできたばかりの娘細胞が、再び2つの細胞に分裂するまでの周期的な過程を細胞周期という。DNA は細胞周期の特定の時期に正確に複製される。複製では DNA の相補的な二本鎖が部分的に開裂し、1本ずつのヌクレオチド鎖になる。次にそれぞれのヌクレオチド鎖を鋳型として新たなヌクレオチド鎖が合成される。DNA の2本のヌクレオチド鎖は互いに逆向きに配列している。DNA の複製ではこの2本の両方が鋳型となり、新たなヌクレオチド鎖は DNA ポリメラーゼによりヌクレオチドの5'側から3'側の方向へのみ合成される。したがって開裂した部分で新たに合成されるヌクレオチド鎖では、(1) 一方は開裂が進む方向と同じ向きに合成されるのに対し、他方は開裂が進む方向とは逆向きに不連続に合成される。このように、(2) 複製が終了した DNA にはもとの DNA のヌクレオチド鎖も受け継がれる。(3) DNA の遺伝情報は mRNA に転写され、最終的にタンパク質に翻訳される。転写に際しては、(4) DNA の二本鎖が部分的に開裂した後、RNA ポリメラーゼにより RNA が合成される。

問1 細胞周期はどのような順に進むか。G₁期に続く形で次の①～⑩を適切な順に並べよ。ただし、すべての番号を用いなくてもよい。

- | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------------------|
| ① 中期 | ② G ₄ 期 | ③ S期 | ④ 結期 | ⑤ 前期 |
| ⑥ G ₂ 期 | ⑦ 後期 | ⑧ G ₃ 期 | ⑨ 終期 | ⑩ G ₁ 期 |

問2 下線部(1)について、次の図は複製が進行中の DNA 鎖を示しており、矢印は二本鎖の開裂が進む方向を表す。

- i) 開裂が進む方向と逆向きに合成されるヌクレオチド鎖は(ア)と(イ)のいずれか、記号で記せ。
- ii) (ア)と(イ)の名称をそれぞれ記せ。



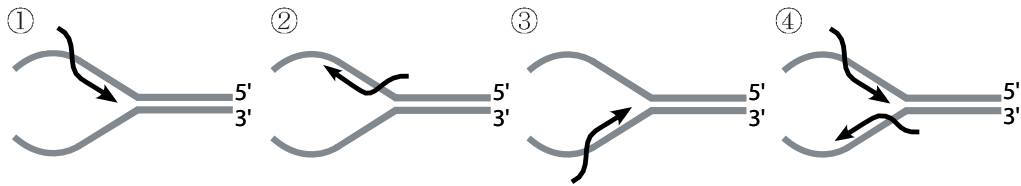
生 物 (その4)

問3 下線部(2)について、このような複製の様式を何とよぶか、名称を記せ。

問4 下線部(3)について、この一連の概念を何とよぶか、名称を記せ。

問5 下線部(4)について、

- i) RNAの合成を示す図として、次の①～④から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。ただし、灰色の線はDNA二本鎖を表しており、左から右に開裂が進むものとする。また黒色の矢印はRNAを表し、矢の向きは合成が進む方向を表す。



- ii) 転写に使われるDNAのヌクレオチド鎖を特に何とよぶか、名称を記せ。

問6 転写に関する次の文①～⑪のうち、適当なものを3つ選び、番号で記せ。

- ① 染色体のDNAの二本鎖のうち、どちらのヌクレオチド鎖が転写されるかは遺伝子ごとに決まっている。
- ② 染色体のDNAの二本鎖のうち、複製の際に新たに合成されたヌクレオチド鎖のみが転写される。
- ③ DNAから遺伝子が転写されるのは、細胞周期につき1回のみである。
- ④ 転写はDNAの塩基のATGから始まる。
- ⑤ 転写の開始には、DNA複製時と同様にプライマーを必要とする。
- ⑥ ヒトの赤血球は酸素を全身に運ぶのに大量のヘモグロビンが必要なため、盛んに転写を行っている。
- ⑦ 細胞分裂を停止している神経細胞でも転写は行われる。
- ⑧ RNAはDNAを鋳型に短い断片として転写され、リガーゼにより連結されて長くなる。
- ⑨ DNAのイントロンは転写されない。
- ⑩ mRNAの他にtRNAとrRNAもDNAを鋳型に転写される。
- ⑪ リボソームがRNAを鋳型にして、相補的なDNAを合成することを逆転写という。

生 物 (その5)

問7 翻訳に関する次の文 ① ~ ⑥ のうち、適当なものをすべて選び、番号で記せ。

- ① mRNA 中には塩基の AUG の並びは1回しか出現しない。
- ② mRNA は塩基の AUG から始まる並びからタンパク質へ翻訳される。
- ③ 1本の mRNA がタンパク質に翻訳されるのは1回だけである。
- ④ 1本の mRNA に複数のリボソームが結合できる。
- ⑤ tRNA はアミノ酸と同じく 20 種類存在する。
- ⑥ 翻訳されたタンパク質は分解されることはない。

問8 染色体の DNA からの転写と翻訳に関し、

- i) DNA から mRNA が転写される細胞小器官の名称を記せ。
- ii) mRNA がタンパク質に翻訳される細胞小器官の名称を記せ。

問9 細胞質中のある mRNA について、開始コドンから終止コドンまでは 300 塩基からなっていたが、翻訳直後のタンパク質は 100 アミノ酸より短かった。その理由について、簡潔に記せ。

生 物 (その6)

第3問 哺乳類の精子形成に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

動物の体を構成している細胞は大きく分けると体細胞と生殖細胞の2種類からなる。将来の生殖細胞を生み出す始原生殖細胞の決定は胚発生の早い段階で起きる。分化した始原生殖細胞は将来生殖腺になる場所まで胚体内を移動する。最終的に精巣にたどり着いた始原生殖細胞は精子に分化し、卵巣にたどり着いたものは卵へと分化する。

精巣にたどり着いた始原生殖細胞は体細胞分裂を繰り返し、その後、(ア)へと分化する。(ア)のうちいくつかのものは精子幹細胞として一生涯分裂を続ける。体細胞分裂を終えた(ア)は(イ)に分化し減数分裂に入る。体細胞分裂と異なり減数分裂では第一分裂中期に⁽¹⁾ 相同染色体が対合し、その後、一对の相同染色体は両極に分離し⁽²⁾ 別々の細胞に分配される。分裂した(イ)は(ウ)とよばれ、(ウ)はその後、さらにもう1回の分裂を経て(エ)になる。(エ)は細胞質の多くを捨て去り、特徴的な形態の精子に分化する。

問1 文中の(ア)～(エ)に適語を記せ。

問2 下線部(1)について、この状態の染色体を特に何とよぶか、名称を記せ。

問3 下線部(2)について、ヒトでは体細胞に46本の染色体が存在するが、減数分裂の際に父親由来の染色体と母親由来の染色体が、相同染色体ごとにランダムに分配されるとすると、計算上何種類の生殖細胞が生み出されることになるか、数値を記せ。

問4 実際には相同染色体の間で乗換えが起こり、両親由来の染色体は途中で入れ替わるため、問3での結果以上にほぼ無限の組み合わせをもつ生殖細胞が生み出される。

- i) 染色体の交差が起こっている部分を何とよぶか、名称を記せ。
- ii) 染色体の乗換えが起こるのは細胞周期のどの時期か、名称を記せ。
- iii) 染色体の乗換えがさまざまな場所で起こったあとでも、染色体の長さがもととほとんど変わらないのはどうしてか、簡潔に記せ。

問5 染色体の乗換えによって、同一染色体上で連鎖していた2種類の遺伝子が別々の染色体に別れる組換えという現象が起こる。2種類の遺伝子の中で起こる組換えの頻度を組換え価とよび、組換え価の大きさは2つの遺伝子間の距離に依存する。一方、減数分裂では少なくとも1か所で相同染色体間の乗換えが起こることがわかっている。すなわち染色体の乗換えが起こらないと減数分裂は完了しない。

- i) 対合した相同染色体間で染色体の乗換えが1回だけ起こったとき、染色体の両端に存在していた2つの遺伝子の組換え価はいくらになるか、数値を記せ。

生 物 (その7)

ii) 2つの遺伝子の間で組換え価が50%を示すとき、2つの遺伝子は連鎖しておらず別々の染色体上に存在しているものと見なされる(独立の法則)。i)の結果をもとに、連鎖している2つの遺伝子間の組換え価が50%を超えない理由を簡潔に記せ。

問6 減数分裂では染色体の数を半減させる他に、両親由来の染色体の組み合わせを変更したり、染色体の乗換えをしたりするため間違いが起こりやすい。その代償を払ってまで減数分裂を行う理由は何だと考えられるか、簡潔に記せ。

生物 (その8)

第4問 個体群に関するIとIIの文を読み、以下の各問いに答えよ。

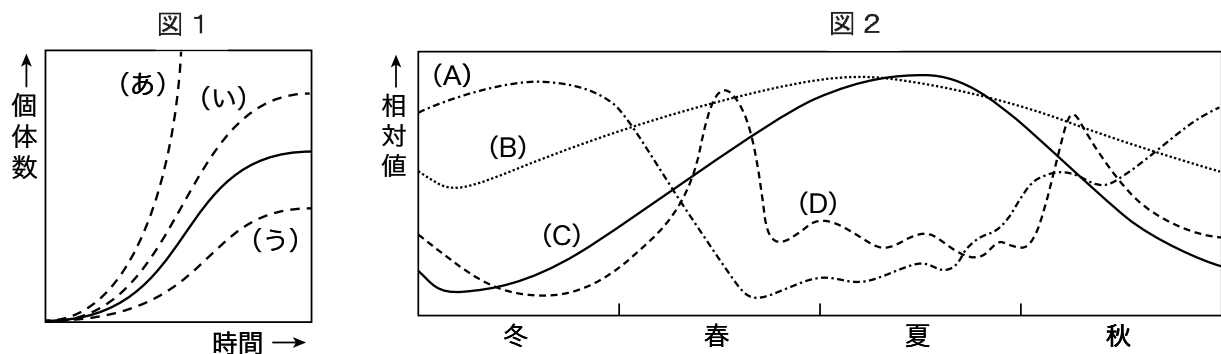
I. ある地域に生息する同種の個体のまとまりを個体群という。個体群の大きさを表す指標の1つとして、⁽¹⁾ 単位空間あたりの個体数を表した個体群密度があげられる。

個体群における個体数が増加することを個体群の成長という。たとえば、細菌を培養すると個体数は1→2→4→8→16というように増殖する。しかし、実際の個体群の成長は無限に続くわけではなく、ある環境のもとでは限界がある。このような⁽²⁾ 個体群の成長を表すグラフを成長曲線とよび、図1に実線で示す。

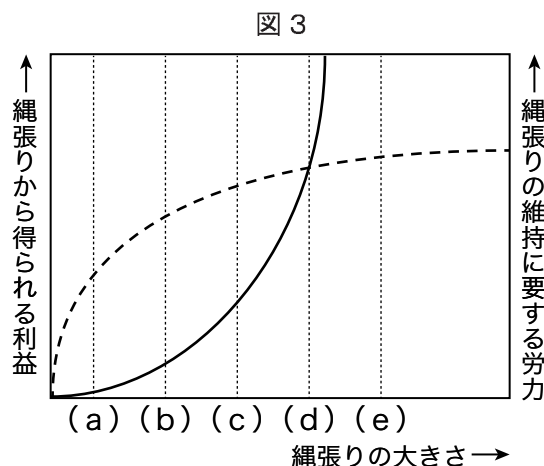
季節によって個体群密度が変動する生物が存在する。一例として、⁽³⁾ 北半球の温帯地域に位置するある湖の表層における植物プランクトンの個体数の季節変動を図2に示す。

同種であっても個体群が異なる場合には、生物は異なった非生物的環境のもとで生活していることが多い。そのため、個体群ごとに形態的な特徴が異なる場合がある。たとえば、

⁽⁴⁾ ニホンジカは屋久島から北海道まで広く分布しているが、北に行くほど体が大きくなることが知られている。



II. 生物の生存と繁殖に必要な要素は資源とよばれる。ほぼすべての資源は有限であるため、資源をめぐる競い合う競争が生じる。同種の個体間では同一の資源を利用することが多いため、競争はしばしば起こる。動物の中には1個体が空間を占有し、他の個体はその空間に侵入すると追い払う行動を示すものがある。このような空間を縄張りという。縄張りの大きさについての概念図を図3に示す。⁽⁵⁾ 最適な縄張りの大きさは、縄張りから得られる利益と縄張りの維持に要する労力によって決まると考えられている。



生 物 (その9)

問1 下線部(1)について、

- i) 一定区域の個体を捕獲した後、標識をつけ個体群に戻す。一定期間のあとに再度個体を捕獲し、その中に含まれる標識された個体の割合から、全個体数を推定する方法がある。この方法を何とよぶか、名称を記せ。
- ii) i)の方法を用いて、ある個体群の全個体数を推定するため、3回測定した結果を表1に示す。推定全個体数の平均値を計算し、小数点以下第一位を四捨五入して整数で記せ。

表1

測定	標識をつけた個体数	再捕獲数	再捕獲した中の標識つき個体数
1	40	36	8
2	44	48	12
3	42	40	10

- iii) i)の方法で正しい結果を得るためにはどのような条件が必要か。次の①～⑤から適当なものをすべて選び、番号で記せ。

- ① 初回捕獲と再捕獲の間において、個体の死亡や出生が無視できるほど少ないこと。
- ② 初回捕獲と再捕獲の間隔はできるだけ短くすること。
- ③ 調査する場所とその他の場所において、個体の出入りが無いこと。
- ④ 標識をつけることによって個体の行動や生存率が変わらないこと。
- ⑤ 再捕獲の際にできるだけ標識つきの個体を捕獲するようにすること。

問2 下線部(2)について、

- i) 成長曲線が描く上限の個体群密度を何とよぶか、名称を記せ。
- ii) 個体群密度が、個体の生理的・形態的な性質や個体群の成長に変化を生じさせることを何とよぶか、名称を記せ。
- iii) 増加しなくなる要因がすべて取り除かれた場合、図1の成長曲線はどのようなようになるか。(あ)～(う)から最も適当なものを1つ選び、記号で記せ。

問3 下線部(3)について、図2には、(ア)植物プランクトンの個体数の他に、(イ)水温、(ウ)光量、(エ)無機養分量も描かれている。それぞれどの曲線によって表示されているか。最も適当なものを選び、(A)～(D)の記号で記せ。

問4 下線部(4)について、このように寒冷地に生息する恒温動物の種は、温暖地に生息する同種や近縁種に比べて、体が大きい傾向がある。

- i) この法則を何とよぶか、名称を記せ。
- ii) どうしてこの法則が成立するのか、理由を簡潔に記せ。

生 物 (その10)

問5 下線部(5)について,

- i) 最適な縄張りの大きさを示すのは図3の(a)～(e)のうちどれか。最も適当なものを1つ選び, 記号で記せ。
- ii) 図3で示された時点より個体数が増加した場合, 縄張りの維持に要する労力を示す曲線はどのように変化するか, 解答欄の図に記入せよ。