

# 平成30年度入学試験問題（後期日程）

## 生 物

### 出 題 意 図

---

#### 問題1

生物群集に関する基礎的な知識と実験の考察力を問う問題である。

---

#### 問題2

実験データの読み取りおよび思考力（問1，問2），また関連する基礎知識（問3，問4）を問う。

---

#### 問題3

遺伝子発現の流れに関する基礎的知識を問うとともに，セントラルドグマにおける DNA と RNA の機能的存在意義に関して，与えられた情報を元にして思考する力を問うために出題した。

---

#### 問題4

動物の運動を担う筋肉について，分子レベルにおける収縮機構，神経系による制御，エネルギー供給まで含めた全体の理解を問うている。

---

平成30年度入学試験問題

生 物

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入下さい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は6枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入下さい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから11ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出下さい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰り下さい。

1 次の文章を読み、問1～4に答えなさい。

単位空間当たりの個体数を個体群密度という。例えば、ある容器に一定量の栄養分を含む培地を入れ、その中でゾウリムシを培養すると、はじめは急速に個体群密度が増加するが、その増加率は徐々に減少し、やがて個体群密度は一定になる。このときの個体群密度は(ア)と呼ばれる。また、2種のゾウリムシを同じ容器内で培養すると、種間競争によって一方の種がもう一方の種を駆逐することがある。これを(イ)という。

個体群密度が個体の成長や生理的、形態的な性質に変化を生じさせることを(ウ)という。例えば、ダイズなどの植物をさまざまな密度条件で栽培すると、成長の初期段階では単位土地面積当たりの個体群の重量は高密度条件ほど高い。しかし、その後、高密度条件ほど個体の成長率は減少する。そのため、単位土地面積当たりの個体群の重量の密度条件による差は時間とともに縮まり、やがて最初に播種した密度に関係なく一定の重量になる。このような現象は(エ)と呼ばれる。

生物の生息地は広い範囲に広がっている場合もあるが、小さな生息地がパッチ状に分布している場合もある。このような場合、それぞれの小さな生息地だけで個体群が成り立っていることは少なく、生息地間を個体が移動することで成り立っていることが多い。このような個体群を(オ)という。

個体群密度を測る方法として、ある地域に一定面積の区画を作り、その中の個体数を数える区画法がある。区画法は植物などの固着性の生物には有効であるが、動きが激しく見つけにくい生物には不向きである。そのため、そのような生物にはしばしば(カ)法が用いられる。これは2回の個体の捕獲作業によって個体数を推定する方法である。

問1 (ア)～(カ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 多年生草本植物のカタクリに関して以下の設問1～3に答えなさい。

設問1 カタクリは陰生植物あるいは陽生植物のどちらであるか答えなさい。

設問2 カタクリは以下のどのバイオームに出現するか、記号で答えなさい。

(a) 亜熱帯多雨林 (b) 照葉樹林 (c) 夏緑樹林 (d) 針葉樹林

設問3 カタクリの季節的な地上部の消長を環境要因と関係させて説明しなさい。

問3 ある場所でのチョウの個体群の個体数を推定するために、問1の(カ)法を用いて、以下の実験を行った。チョウを50個体採取し、翅に印をつけてもとの個体群に戻した。3日後に50個体採取したところ、そのうち10個体の翅に印がついていた。この個体群の個体数を推定しなさい。

問4 次の文章を読み、設問1に答えなさい。

樹木個体群の発達過程を明らかにするため、人工的に裸地を形成した。区画法によって調査区を設置し、裸地形成直後から個体群の発達過程を観察した。裸地形成直後に陽樹性の落葉広葉樹であるダケカンバの種子が高密度に発芽定着したが、翌年以降にはほとんど発芽定着は見られなくなった。定着した個体の空間分布はランダム分布であった。その後、裸地形成から15年間にわたり観察を続けていたところ、観察最終年には樹高は平均約7mになったが、2~10mとばらつきが見られた。観察期間中、多くの個体が種内競争によって枯死した。個体の空間分布もランダム分布から徐々に別の分布パターンへと変化した。

設問1 下線部に関して、ダケカンバの分布パターンはランダム分布からどのような分布パターンへと変化したと考えられるか、その分布パターンの名称とその理由を個体群の発達過程から述べなさい。ただし、ダケカンバの成長に必要な土壌養分と水分は群落内の位置にかかわらず十分にあったと仮定して考えなさい。

**2** 次の文章を読み、問1～4に答えなさい。

アフリカツメガエルのおタマジャクシに見られる小腸は、長くコイル状に腹部に巻き込まれているが、変態期に著しく短縮し変態後は短い管になり、このとき腸管の上皮構造も大きく変化する。変態前では、全体としては比較的単純な管といえるが、その後、変態が進行すると「腸ひだ」が形成される。また幼生期の吸収上皮(幼生型上皮)はしだいに消失し、成体型の吸収上皮に置き換わり、その後、この成体型上皮が成熟する(図1)。この現象には、チロキシンと変態時に腸管の上皮に接する間充織と呼ばれる組織からの分泌物中の物質Xの働きが密接に関わるとされている。これらの関わり方を調べるために、腸管上皮と周囲の間充織をそれぞれ切り出して、以下の実験1、2を行い、それぞれ表1、表2の結果を得た。

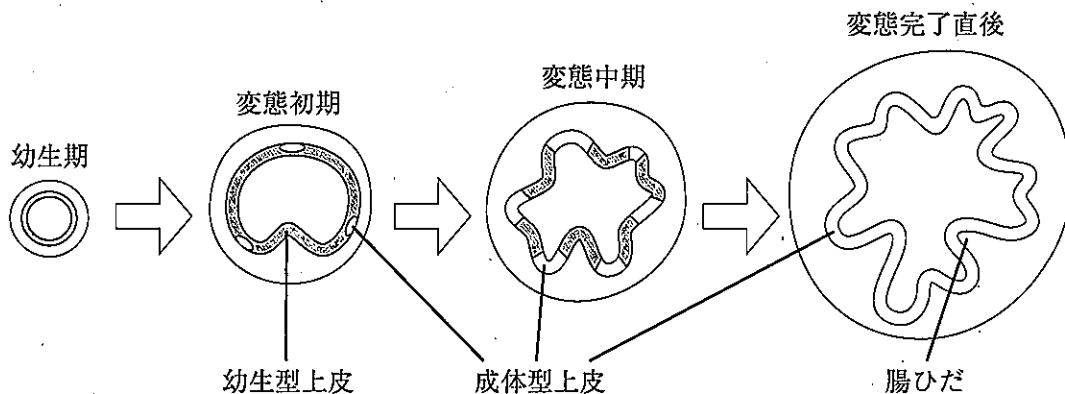


図1 発生過程における小腸の変化(小腸の断面の模式図)

実験1 幼生の上皮のみ、または上皮と間充織が接した状態で10日間培養したところ、表1のような結果が得られた。

表1 上皮または上皮と間充織を、チロキシンを加えた、または加えない培養液で培養した結果

培養したもの	チロキシンの添加	実験例数	幼生型上皮が消失した例数	未熟な成体型上皮が分化した例数	成熟した成体型上皮が分化した例数
上皮のみ	有り	12	12	12	0
	無し	11	0	0	0
上皮と間充織	有り	13	13	1	12
	無し	12	0	0	0

注：未熟な成体型上皮とは、吸収能力が未発達のものを用い、成熟した成体型上皮とは、吸収能力が十分発達したものをいう。

実験2 幼生の上皮のみ、間充織のみ、および上皮と間充織が接したもののそれぞれを、チロキシンを加えて5日間培養した後それぞれの培養液を回収し、残存するチロキシンを取り除き、それぞれ培養液A、培養液B、培養液Cとした。これらの培養液に改めてチロキシンを添加したもの、しないものを用意し、その中で新たに切り出した幼生の上皮のみを培養したところ、表2のような結果が得られた。

表2 一度培養に用いた培養液で上皮のみを培養した結果

用いた培養液	チロキシンの添加	実験例数	幼生型上皮が消失した例数	未熟な成体型上皮が分化した例数	成熟した成体型上皮が分化した例数
培養液A	有り	11	11	11	0
	無し	10	0	0	0
培養液B	有り	13	13	13	0
	無し	12	0	0	0
培養液C	有り	14	14	1	13
	無し	10	0	0	0

- 問1 チロキシンと間充織は、それぞれ変態にともなう小腸上皮の変化に対してどのような働きをもつと考えられるか、実験結果をもとに答えなさい。
- 問2 物質Xはどのようなしくみにより変態時に間充織で産生されると考えられるか、実験結果をもとに答えなさい。
- 問3 物質Xがタンパク質であることを示したい。どのような実験を行い、どのような結果が得られれば良いか、述べなさい。
- 問4 ヒトのチロキシンはどの器官で産生されるか、その名称を答えなさい。また、チロキシンはヒトの成体ではどのような働きをしているか、説明しなさい。

3 次の文章を読み、問1～6に答えなさい。

ジェームズ・ワトソンとともに、1953年にDNAの(ア)のモデルを提示したことで有名なフランシス・クリックは、「遺伝情報は[DNA]→[RNA(mRNA)]→[タンパク質]の一方向に流れる」と提唱した。この遺伝情報の流れ(遺伝子発現)は、原核生物、真核生物を問わず、全生物に共通して見られる特徴であり、これを基本原則とする概念は(イ)と呼ばれている。1958年にクリックが提唱した(イ)は、基本的には現在でも正しいとされているが、RNAを鋳型にしてDNAを合成する酵素が発見されたことに伴い、(イ)は図1のように表されるようになっていく。

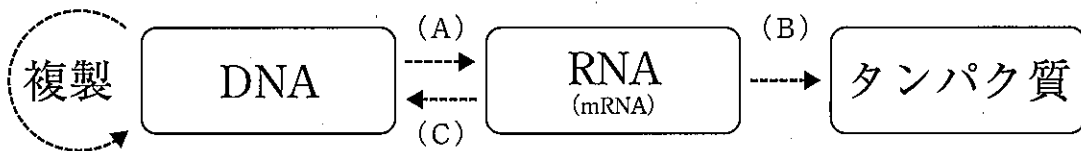


図1 遺伝情報の流れ

問1 (ア)と(イ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 図1の(A)、(B)、(C)は、遺伝情報の流れ(遺伝子発現)において、それぞれ何と呼ばれる過程であるか答えなさい。

問3 図1の(A)の過程の中核を担う酵素の名称と(B)の過程の中核を担う細胞内小顆粒の名称を答えなさい。

問4 一般的に、DNAの複製様式が半保存的である(DNAの半保存的複製)といわれる理由を50字程度で説明しなさい。

問5 図1の(A)の過程において、真核生物では合成されるmRNAの長さ(塩基数)が、対応するDNAの長さよりも短くなるように加工される場合が多い。この加工の過程を説明するとともに真核生物の遺伝子発現においてこの加工が存在することの利点を答えなさい。

問6 DNAとRNAはよく似た高分子化合物であるが、構成単位の構造がわずかに異なるため、DNAの方がRNAよりも化学的に安定である(RNAはDNAよりも細胞内で分解されやすい)。そのため、DNAはRNAよりも遺伝情報の蓄積や長期保存に適した分子だと考えられるが、遺伝情報の流れでは、全生物に共通して、DNAの持つ遺伝情報が直接タンパク質に変換されるのではなく、不安定なmRNAが仲介している。このことについて、想定される利点を答えなさい。

4 次の文章を読み、問1～6に答えなさい。

脊椎動物の筋組織には、骨格筋、心筋、(ア)の3種類が存在する。内臓の心筋や(ア)は、自律神経系の支配を受けており意志とは無関係に調節されている。心筋は、心臓を動かす筋肉である。心臓の自律的拍動は、右心房にある(イ)が活動電位を規則的に発生することによって作られる。その一方で、心臓は自律神経系による制御も受けている。外敵に追われるなど緊張時は、交感神経の末端から分泌される(ウ)により拍動が速くなり、食事や休息の時は、副交感神経の末端から分泌される(エ)により拍動が遅くなる。

骨格筋は、運動神経によって制御されており、意識的に動かすことができる随意筋である。骨格筋を制御している運動神経は、その末端で筋繊維とシナプスを形成している。運動神経の興奮がシナプスに到達すると、シナプス小胞から(エ)が分泌される。この(エ)が、筋細胞の受容体と結合し、イオンチャネルとして機能することで筋細胞は興奮し、活動電位が発生する。この活動電位が、(オ)を經由して、筋小胞体に伝えられると、筋小胞体からカルシウムイオンが細胞内に放出される。そして、放出されたカルシウムイオンは、(カ)と結合する。その結果、アクチンはミオシンと相互作用できるようになり、筋が収縮する。

ミオシンフィラメント上には、突起が並んでおり、ここでATPを繰り返し分解しながら、アクチンフィラメントと相互作用することで、滑り運動が引き起こされ、筋肉が収縮する。ミオシンは滑り力を発生するため、(キ)タンパク質と呼ばれている。骨格筋細胞の中には、細胞小器官である(ク)が多数存在しており、安静時は電子伝達系を介してATPが供給される。ただし、激しい運動により酸素供給が不足した場合は、グリコーゲンを基質とする(ケ)および(コ)からのリン酸転移によりADPから再合成されることで、ATPが供給される。

問1 (ア)～(コ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 次の(A)～(E)の神経繊維について、興奮の伝導速度の遅い順に記号で並べなさい。ただし、測定は、ネコについては37℃; その他は25℃で実施した。

- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| (A) ザリガニ(無髄, 太さ 200 $\mu\text{m}$ ) | (B) カニ(無髄, 太さ 30 $\mu\text{m}$ )  |
| (C) カエル(有髄, 太さ 15 $\mu\text{m}$ )   | (D) ネコ(無髄, 太さ 0.8 $\mu\text{m}$ ) |
| (E) ネコ(有髄, 太さ 15 $\mu\text{m}$ )    |                                   |



問3 図1は骨格筋の筋原繊維の模式図である。明帯と暗帯、および収縮時に長さを変化しない部分はどこか。領域①～⑨から当てはまるものをすべて選びなさい。

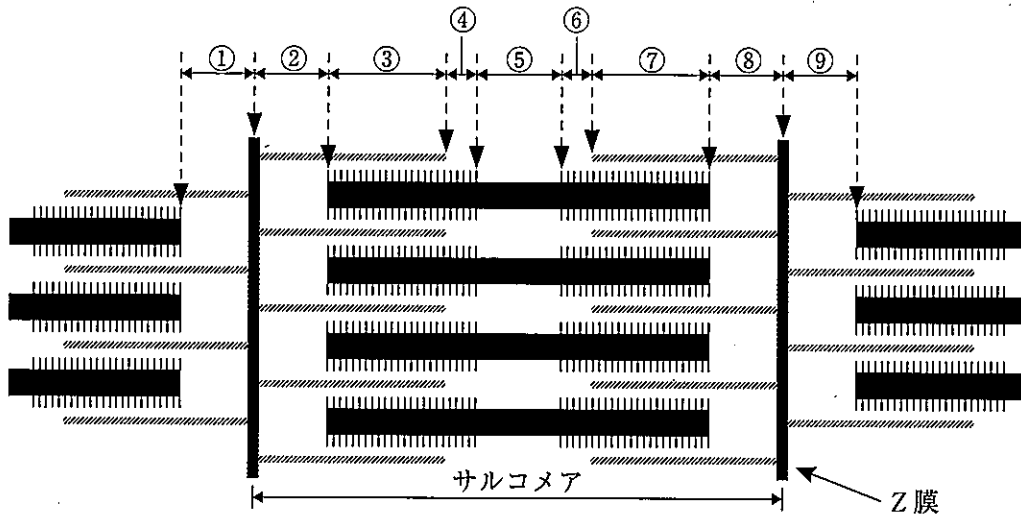


図1 筋原繊維の模式図

問4 アクチンとミオシンの相互作用において、実際に筋収縮が発生するのはいつか。次の①～⑤から選びなさい。

- ① ミオシン頭部がアクチンフィラメントへ結合するとき
- ② ミオシン頭部がアクチンフィラメントから離れるとき
- ③ ミオシン頭部にATPが結合するとき
- ④ ミオシン頭部でATPがADPとリン酸に分解されるとき
- ⑤ ミオシン頭部からADPとリン酸が放出されるとき

問5 生体において、骨格筋は収縮後どうやって弛緩しているか。力と長さの両方の観点から、150字以内で説明しなさい。

問6 気温などの条件にもよるが、死後数時間で動物の筋肉は硬化し始める。死後は筋小胞体からカルシウムイオンが漏れ出すものとして、この硬化のしくみを100字以内で考察しなさい。