

# 生 物 (120分)

(令和3年度 前期日程)

## 注 意 事 項

問 題 冊 子	解 答 用 紙
<ol style="list-style-type: none"><li>1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけない。</li><li>2. 問題冊子は全部で13ページである。表紙を開くと白紙があり、その裏が1ページ目である。不鮮明な印刷、ページの脱落到気付いたときは、試験監督者に申し出ること。</li><li>3. 問題冊子は持ち帰ること。</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. すべての解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。記入を忘れたとき、あるいは誤った番号を記入したときは失格となることがある。</li><li>2. 解答用紙の枚数は、5枚である。</li><li>3. 解答は、指定された箇所に記入すること。</li></ol>

I 以下の文を読み、問1～問3に答えなさい。

(配点 45 点)

人によっては、花粉やホコリに暴露されたり特定の食物を食べたりすると、ぜんそくやじんましんなどの症状が現れることがある。このような現象をアレルギーとよぶ。アレルギーは獲得免疫により引き起こされる特定の抗原に対する免疫反応であり、この反応を引き起こす抗原を(ア)という。花粉症では、スギやブタクサなどの花粉を吸入すると、花粉が粘膜に付着し花粉から抗原となるタンパク質が流出する。花粉症の人の体内では、(イ)細胞からこの抗原に対する抗体が産生される。この抗体は粘膜上皮の近くに存在するマスト細胞の表面に付着する性質<sup>a)</sup>があり、この細胞膜上で抗体が抗原と結合すると細胞内の顆粒に貯蔵されていたヒスタミンが放出され、アレルギー反応が起こる。アレルギー反応には、呼吸困難や急激な血圧低下などの激しいショック症状を示すものもあり、このような反応を(ウ)という。

エビやカニなどの甲殻類を食べるとじんましんが出る人がいる。この反応は、甲殻類の筋肉タンパク質のひとつであるトロポミオシンが主な(ア)となり起こる。トロポミオシンは、筋原繊維のうち、アクチンフィラメントを構成する成分の1つである。筋原繊維は、細いアクチンフィラメントと太い(エ)フィラメントからなる。アクチンフィラメントは、アクチンやトロポミオシンのほか(オ)というタンパク質からなる。筋収縮時には、筋小胞体から放出される(カ)が(オ)と結合すると、アクチンフィラメントの構造に変化が生じる。(エ)頭部は(キ)分解酵素活性をもち、(キ)を(ク)および(ケ)に分解しながらアクチンフィラメントと相互作用を繰り返すことで、フィラメントの間の(コ)運動を引き起こす。このような筋収縮のしくみを(コ)説とよぶ。

問1 文中の(ア)～(コ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部a)に関連する以下の設問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 解答欄の図は、抗体の模式図である。抗体は2本のH鎖と2本のL鎖からなり、定常部と可変部に分けられる。可変部を塗りつぶし、抗原と結合する部位をすべて丸で示なさい。
- (2) 抗原となる分子の中で、抗体が認識する部分を何とよぶか答えなさい。

(3) ABO 型の血液型は、血しょう中の凝集素(抗体)と赤血球膜上の凝集原(抗原)との抗原抗体反応により赤血球の凝集が起こるかどうかで判別される。以下の①～⑥の組み合わせについて、赤血球の凝集反応が起こるものには○を、起こらないものには×を解答欄に書きなさい。

- ① A 型の赤血球に O 型の血しょうを加える。
- ② A 型の赤血球に AB 型の血しょうを加える。
- ③ O 型の赤血球に A 型の血しょうを加える。
- ④ O 型の赤血球に AB 型の血しょうを加える。
- ⑤ AB 型の赤血球に A 型の血しょうを加える。
- ⑥ AB 型の赤血球に O 型の血しょうを加える。

問 3 下線部 b) について、一般にエビに対するアレルギーをもつ人は、カニのトロポミオシンに対してもアレルギー反応を示すことが多い。一方、トロポミオシンは魚の筋繊維にも含まれるが、エビに対するアレルギーをもつ人が魚を食べてもアレルギー症状を示さないことが多い。エビに対してアレルギーをもつ人がカニに対してもアレルギー反応を示す理由を説明しなさい。

II 以下の文を読み、問1～問8に答えなさい。

(配点 50 点)

植物は、生育場所の環境に応じて形態などを変化させながら成長や生殖を行っている。光は、光合成に必要なエネルギー源であるだけでなく、植物の環境応答にとっても重要な情報である。<sup>a)</sup>植物は、光受容体とよばれる物質をいくつかもっており、光に反応するが、光受容体によって感知する波長域(色)は異なっている。

レタスなどの比較的小型で蓄えている栄養分が少ない種子は、水分や温度などの条件が適切であっても、光が当たらないと発芽しない。このような種子を(ア)という。発芽の環境条件が整うと、ジベレリンなどの植物ホルモンがはたらき発芽する。レタスの種子を用いて、発芽について次の実験Aを行った。

【実験A】 光の色が発芽にどのように影響するか調べるために、レタスの種子を25℃の暗所で吸水させた。次に、下表に示す光照射条件で処理を施し、暗所で3日間培養した。3日後に発芽の有無を調べたところ、下表の結果を得た。

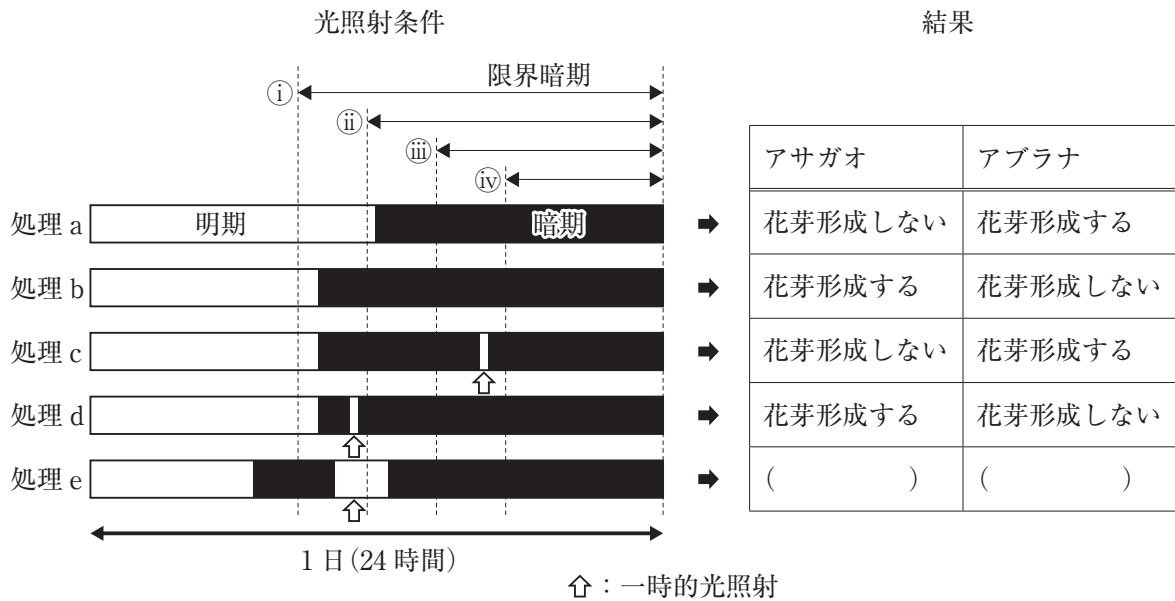
表 照射される光による発芽の有無の違い

光照射条件	発芽の有無
光を照射しない	無
白色光を照射	有
赤色光を照射	有
遠赤色光を照射	無

光の照射は15分行った。

光受容体は、発芽だけでなく、花芽形成においても重要な役割を果たしている。植物は、日長<sup>b)</sup>を情報として受容し、それに応じて花芽形成を促進する物質を合成している。日長が花芽形成に与える影響について調べるために、次の実験Bを行った。

【実験 B】 白色光を照射し、さまざまな明期と暗期の組み合わせで、アサガオとアブラナの花芽形成を調べた。その時の光照射条件を下図に、また花芽形成結果を下表に示している。



処理 c の結果にあるように、暗期の途中で一時的に光を照射すると、アサガオは花芽を形成しなかった。花芽形成が起これ始める連続暗期の長さを、限界暗期という。アサガオは暗期が限界暗期よりも短いと花芽形成が見られなかったことから(イ)植物であり、反対にアブラナは暗期が限界暗期よりも短い時に花芽を形成したことから(ウ)植物であることがわかる。アサガオのような(イ)植物の光中断には、光受容体が関与していて、赤色光が有効である。

問 1 文中の(ア)~(ウ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部 a)に関連する以下の設問(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 遠赤色光の割合は、植物に覆われている場所では地面の近くで高まる。考えられる理由を説明しなさい。
- (2) 実験 A では、レタスの種子は白色光と赤色光を照射した場合に発芽し、遠赤色光を照射した場合には発芽しなかった。蓄えている栄養分が少ない種子にとって、この現象が適応的である理由を説明しなさい。

- 問 3 下線部 b) について、このように植物が日長に対して反応する性質を何というか、最も適切な語句を答えなさい。
- 問 4 下線部 c) について、この光受容体はレタスの種子の発芽でもはたらく。この受容体の名称を答えなさい。
- 問 5 イネなどの多くの植物において、ジベレリンはアミラーゼ遺伝子などの発現を誘導することが知られている。アミラーゼは、デンプンを糖に分解する。この分解は、発芽において主に2つの点で重要な役割を果たしていると考えられている。それらの役割について説明しなさい。
- 問 6 実験 B において、限界暗期の長さとして正しいものを図中の①～④から選び、記号で答えなさい。
- 問 7 実験 B の処理 e におけるアサガオとアブラナの花芽形成の有無について、解答欄の正しい方を○で囲みなさい。
- 問 8 ある(ウ)植物は、低温を経験すると花芽形成する。この現象を何とよぶか答えなさい。また、この現象が適応的である理由を説明しなさい。



Ⅲ 以下の文を読み、問1～問8に答えなさい。

(配点 55 点)

多細胞生物の体を作る細胞は、同じはたらきをもつ細胞が集まって(ア)を構成し、さらにこれが集まって(イ)を形成することで、まとまったはたらきを担っている。この際に細胞外の空間を充てんとすると同時に、物理的な支持体の役割をはたす構造を(ウ)とよぶ。動物の場合、(エ)とよばれるタンパク質が(ウ)の主な構成要素である。特に上皮細胞に接する膜状の(ウ)を(オ)とよぶ。細胞間や細胞と(オ)との接着を細胞接着とよび、これには上皮細胞同士を緊密に結合する(a)、隣接する細胞同士のアクチンフィラメントの束をつなぐ(b)、隣接する細胞同士の間系フィラメントをつなぐ(c)、上皮細胞内の中間系フィラメントを(オ)に結合させる(d)、さらに細胞間の小さな筒状の構造である(e)がある。

問1 文中の(ア)～(オ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 文中の(a)～(e)に入る最も適切な結合名を以下の語群から選び、記号で答えなさい。

- い) ギャップ結合      ろ) デスモソーム      は) ヘミデスモソーム  
に) 密着結合          ほ) 接着結合

問3 以下の①～③の現象に重要な役割を果たしている結合は問2の語群のうちどれか、最も適切なものを選び、記号で答えなさい。ただし、同じ記号を繰り返し用いてもよい。

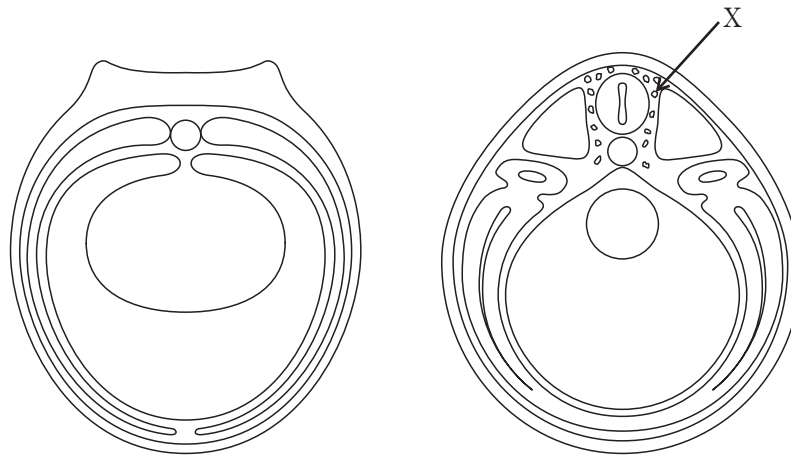
- ① 環境水は魚の体表から体内に侵入しない。  
② 心筋細胞はすべての細胞が同調して拍動する。  
③ 卵母細胞を取り囲む細胞から卵母細胞へと cAMP が供給される。

問4 細胞接着では特殊なタンパク質が細胞膜に配置され、その機能を担っている。以下のタンパク質が重要な役割を果たしている結合は、問2の語群のうちどれか、適切なものをすべて選び、記号で答えなさい。

- ・インテグリン
- ・カドヘリン
- ・コネクソン



問 5 下に示した神経胚初期および後期の断面のうち、N-カドヘリンを発現している部位をすべて塗りつぶしなさい。



神経胚初期の断面の模式図

神経胚後期の断面の模式図

問 6 カドヘリンが正しい立体構造をとり、接着タンパク質として機能するためには、あるイオンの存在が必須である。それは何か答えなさい。

問 7 神経胚の後期に外胚葉から神経管が形成される際、カドヘリンが重要な役割を果たす。その過程を 100 字以内で答えなさい。

問 8 問 5 の図中にある X の細胞集団を何とよぶか、答えなさい。また、この細胞集団の説明として適切なものを以下の①～⑥からすべて選び、番号で答えなさい。

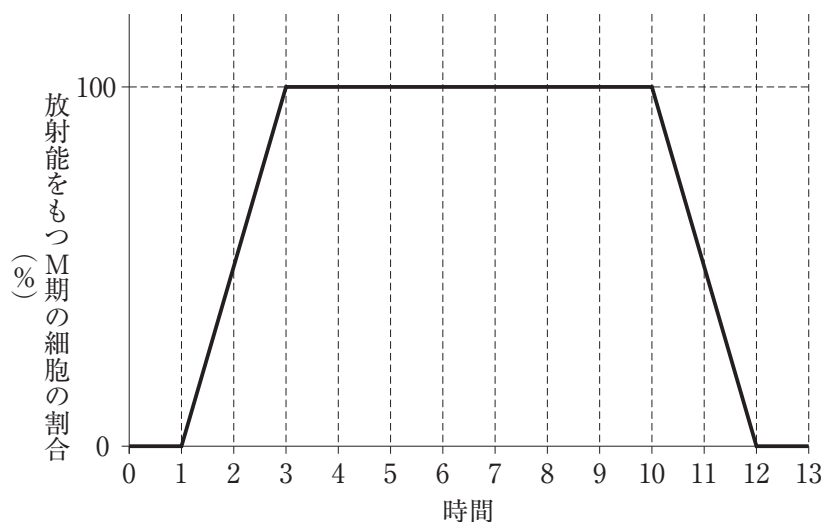
- ① 神経管の周囲に留まり、そこで増殖を繰り返すことで最終的には神経管を取り囲む。
- ② 神経管から遊離して中胚葉組織の間を通過してさまざまな場所に移動する。
- ③ 皮膚の色素細胞に分化する。
- ④ 皮膚の上皮細胞に分化する。
- ⑤ 脊椎動物の顎の骨細胞や軟骨細胞に分化する。
- ⑥ 原索動物の顎の骨細胞や軟骨細胞に分化する。

IV 以下の文を読み，問1～問5に答えなさい。

(配点 50 点)

体細胞分裂を繰り返す細胞では，分裂が終わってから次の分裂が終わるまでを細胞周期といい，間期と分裂期(M期)に分けられる。間期はさらに，DNA合成準備期( $G_1$ 期)，DNA合成期(S期)，分裂準備期( $G_2$ 期)の3段階に分けられ，M期は，前期，中期，後期，終期の4段階に分けられる。M期では，アクチンフィラメントや微小管などの(ア)が重要な役割を果たしている。細胞周期からはずれた細胞が，構造とはたらきの異なる細胞になることを(イ)といい，再び分裂を行わずに停止状態( $G_0$ 期)となる。

ある動物の分裂中の体細胞集団を， $^3\text{H}$ -チミジン(チミンと糖からなるヌクレオシドで，水素(H)を放射性同位元素の水素( $^3\text{H}$ )で置換したもの)を含む培養液にごく短時間浸してすぐによく洗い，その後 $^3\text{H}$ -チミジンを含まない培養液で培養を続けた。下図は， $^3\text{H}$ -チミジンを含まない培養液に移した後の時間経過と放射能をもつM期の細胞の割合を示す。



問1 文中の(ア)と(イ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 図の体細胞集団の細胞周期が17時間のとき， $G_1$ 期，S期， $G_2$ 期，M期のそれぞれに要する時間を答えなさい。なお， $G_1$ 期とS期については，計算式もあわせて書きなさい。

問3 体細胞集団の増殖が指数関数的なとき，細胞周期をT時間とすると，t時間後の全細胞数Nはどのような式で表せるか答えなさい。なお，測定開始時の全細胞数を $N_0$ とする。

問 4 動物細胞において、次の①～⑩の現象は、体細胞分裂の M 期の前期、中期、後期、終期のうち、どの時期で観察されるか、それぞれ答えなさい。また、観察されないものには×を記入しなさい。

- ① 各染色体の 2 本の染色分体が分離し、紡錘糸に引かれて両極へ移動する。
- ② 核膜や核小体が出現し、細胞板が形成される。
- ③ 核膜や核小体が消失する。
- ④ 細胞膜の内側にアクチンフィラメントとミオシンで構成される輪が形成される。
- ⑤ 染色体が縦裂する。
- ⑥ 染色体が赤道面に並び、紡錘体が完成する。
- ⑦ 染色体数が半減する。
- ⑧ 相同染色体が対合して二価染色体を形成する。
- ⑨ 中心体が二分し、両極へ移動して星状体ができる。
- ⑩ 両極に極帽が現れる。

問 5 ヒトの DNA の末端には、テロメアとよばれる TTAGGG の繰り返し配列がある。細胞分裂の回数には限界があり、細胞分裂ごとにテロメアの長さが短くなっていくことが知られている。このことは個体の老化や寿命に関係していると考えられている。一方、生殖細胞では、テロメラーゼという酵素が働き、テロメアが短くなるのを防いでいるといわれている。生殖細胞でこのような現象がみられる理由として考えられることを 40 字以内で説明しなさい。

V 以下の文を読み、問1～問4に答えなさい。

(配点 50 点)

ある一定の場所に生息し、相互作用し合う生物の個体群の集まりは(ア)とよばれ、多様な生物種からなっている。この(ア)の中において、ある生物がどのような生活場所を占めているのか、また、どのような種を捕食し、どのような天敵に捕食されるのかは、ほぼ決まっている。このように、生物が生活する環境において、必要とされるさまざまな資源の要素やその資源の利用のしかたを(イ)という。

生態系は、(ア)とそれを取り巻く(ウ)で構成されている。既存の生態系やその一部を外部からの力によって破壊することを(エ)という。外部からの力には台風や噴火などの自然災害だけでなく、乱獲、森林伐採、外来生物の導入などの人為的なものもある。

問1 文中の(ア)～(エ)に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部a)に関連する以下の文を読み、設問(1)～(3)に答えなさい。

ある大学では、臨海実習場前の岩礁域の生物相を調べる実習が行われる。岩礁域の上部には、潮の干満により干出と冠水を繰り返す潮間帯とよばれる場所があり、潮が引くと岩礁のくぼみに潮だまり(タイドプール)が形成される。タイドプールにはさまざまな魚が生息しており、大きくは、潮間帯で生活する滞在種と偶発的にやってくる偶来種に分けられる。図1に示す潮間帯において、潮が最も引いたときに、3班に分かれて体積が同じ3つのタイドプールを選び、タイドプール内の海水を汲みだしながらそこに生息する魚の種類と個体数を調べた。その結果、滞在種3種と偶来種3種がみられ、それぞれの個体数は表1のようになった。

(1) 種多様性は、その生態系に含まれる生物の種の豊かさとそれらが相対的に占める割合で評価される。生態系から無作為に1つの個体を抽出し、それを元に戻してから次の1つの個体を抽出するとき、同じ種が観察されない確率を多様度指数という。上記の実習で各班が調査したタイドプールでみられた魚類の多様度指数を計算し、小数点以下第3位を四捨五入し、小数点以下第2位まで答えなさい。なお、1班は計算の過程も書きなさい。

(2) タイドプールの海水面からの高さで魚類の多様度指数の関係を説明しなさい。

(3) 設問(2)で答えたような関係がみられるのはなぜか、考えられる理由を説明しなさい。

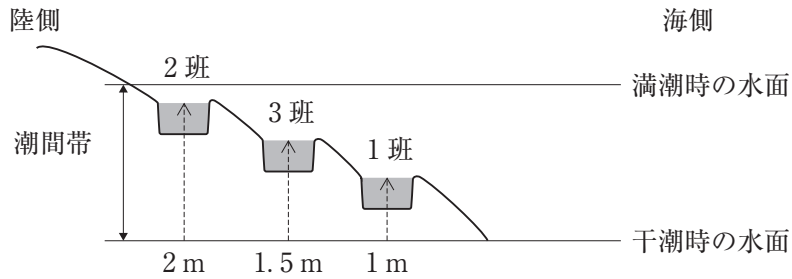


図1 調査した潮間帯のタイドプール

グレーの塗りつぶしは各班が調査したタイドプールを示す。  
破線の矢印は干潮時の水面からの高さを示す。

表1 各班が調査したタイドプールの魚種と個体数(A~Fは種を表す)

班	滞在種			偶来種		
	A	B	C	D	E	F
1	2	4	3	1	1	1
2	4	3	2	0	1	0
3	3	2	4	0	1	1

問3 下線部b)に関連する以下の文を読み、設問(1)と(2)に答えなさい。

サンゴ礁を形成するサンゴは、ある種の藻類を体内に共生させ、その光合成産物を利用している。サンゴ礁では、しばしば台風などによる強い波浪によって一部がはがれて破壊され、生きたサンゴの被度が低くなる。

(1) 図2は、サンゴ礁における波浪の強さと生きたサンゴの被度、および生きたサンゴの種数の関係を示したものである。台風の波浪を受けやすい場所では、波浪による損傷に弱い種類が死んでしまいサンゴの種数が激減する。一方、波浪が弱い場所では、損傷が小さいにもかかわらずサンゴの種数が少なくなっている。それはなぜか、考えられる理由を説明しなさい。

- (2) 図2のような多種共存のメカニズムを説明する仮説を何というか、適切な語句を答えなさい。

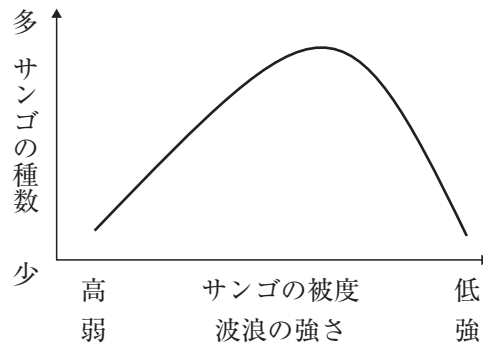


図2 波浪の強さと生きたサンゴの被度、および生きたサンゴの種数の関係

問4 下線部c)に関連し、以下の設問(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 外来生物は、生物間相互作用によって在来生物の存続を脅かすといわれている。その生物間相互作用を3つ答えなさい。
- (2) このような生物間相互作用は共存している在来生物の間でもみられるにもかかわらず、なぜ外来生物は在来生物の存続を脅かすのか、考えられる理由を説明しなさい。