九州大学

2021 年度　前期日程　生物

1 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

植物は光を光合成のためのエネルギー源として利用するが，環境の変化を感知するためのシグナルとしても利用する。例えば，朝，太陽光が葉に当たると，①孔辺細胞の〔 ア 〕と呼ばれる光受容体が〔 イ 〕色光を受容することにより，気孔の開口が開始される。

また，植物種によっては，光は発芽を調節する重要な環境シグナルとなっており，レタスなどの種子は吸水後に光を浴びることで発芽が促進される。このような種子を〔 ウ 〕という。この現象では，〔 エ 〕が光受容体として光を感知する役割を果たしている。光の作用は波長によって異なり，〔 オ 〕色光には発芽促進効果があり，〔 カ 〕色光にはこの効果を打ち消す作用がある。種子が受け取る光は周囲の植物にも影響される。葉のクロロフィルは〔 オ 〕色光を吸収するが〔 カ 〕色光はほとんど吸収しない。したがって，②〔 ウ 〕が〔 オ 〕色光により発芽することは，発芽後の生育にとって都合のよいしくみといえる。

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 気孔開口以外に〔 ア 〕が関与する現象を次の (a)〜(e) の中から 2 つ選びなさい。
(a) 光屈性　(b) 花芽形成　(c) 器官脱離・落葉　(d) 概日リズム制御　(e) 葉緑体の定位運動

問 3. 下線部①に関して，水不足や乾燥した環境で，気孔の閉鎖を促す植物ホルモンの名称を答えなさい。
また，その植物ホルモンが持つ，気孔閉鎖以外の働きを 1 つ挙げなさい。

問 4. 植物は〔 ア 〕や〔 エ 〕を含め，多くの種類の光受容体を持つ。ある光応答が，既知の光受容体 X を介して生じるかどうかを調べるにはどのような実験をすればよいか。2 つ挙げて，それぞれ 40 字以内で説明しなさい。

問 5. 下線部②について，どのような点で都合がよいのか，40 字以内で説明しなさい。

2 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

ヒトの分泌腺は汗や消化液などを分泌する〔 ア 〕分泌腺と，血液中にホルモンを分泌する〔 イ 〕分泌腺とに分かれる。特定のホルモンが作用する器官を〔 ウ 〕という。視床下部の神経分泌細胞は，血管中にさまざまな放出ホルモンや放出抑制ホルモンを分泌して脳下垂体〔 エ 〕におけるホルモン分泌を調節する。脳下垂体の〔 オ 〕には，視床下部から伸びた神経分泌細胞の軸索が入り込んでおり，ホルモンが貯蔵されている。脳下垂体〔 オ 〕から分泌される〔 カ 〕というホルモンは，腎臓の集合管の細胞に作用し，水分の再吸収を促進させる。

副腎皮質から分泌される，〔 キ 〕コルチコイドは，血糖濃度を上昇させる。また，副腎髄質から分泌される〔 ク 〕も血糖濃度を上昇させる。

甲状腺から分泌される〔 ケ 〕は，全身の細胞で代謝を促進する。血中の〔 ケ 〕の濃度が不足すると，視床下部で感知され，脳下垂体〔 エ 〕から甲状腺刺激ホルモンが分泌され，甲状腺から〔 ケ 〕が分泌される。一方，血中の〔 ケ 〕が過剰になると，逆に甲状腺刺激ホルモンの分泌は抑制される。このようなしくみを〔 コ 〕という。

すい臓の〔 サ 〕にある A 細胞から〔 シ 〕が分泌されると血糖濃度は上昇し，〔 サ 〕にある B 細胞からインスリンが分泌されると血糖濃度は低下する。①食後は血糖濃度が上昇するが，それを感知して B 細胞がインスリンを分泌し，血糖濃度は再び正常化する。

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 シ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①について，インスリンが血糖濃度を低下させる主なしくみを 2 つ答えなさい。

問 3. 血糖濃度が高い状態で持続するのが糖尿病である。糖尿病にはⅠ型とⅡ型がある。それぞれ，血糖濃度が高

くなる理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 4. 腎臓の糸球体で血しょうからろ過された原尿にはグルコースが含まれる。しかしながら，正常な血糖値の範囲内であれば，グルコースは尿として排泄されることはない。そのしくみを 40 字以内で説明しなさい。

3 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

脊椎動物の卵は，減数分裂を行うことで形成される。減数分裂の第一分裂では，一次〔 ア 〕から二次〔 ア 〕と第一〔 イ 〕が生じ，続く第二分裂では，二次〔 ア 〕から卵と第二〔 イ 〕が生じる。いずれの過程でも，細胞質は不均等に分裂するため，〔 イ 〕は小さくなる。卵は〔 イ 〕が出現した側が〔 ウ 〕であり，その反対側が植物極である。動物種によっては，卵黄が卵の植物極側に偏って分布している。このような卵を，〔 エ 〕と呼ぶ。

両生類の卵では，受精すると，①表層回転によって灰色三日月環が出現する。両生類の卵には卵黄のほか，特定のタンパク質や mRNA（伝令 RNA）が植物極側に局在しており，受精が引き起こす一連の現象によって②胚における β カテニンの分布が変化する。受精卵は卵割を繰り返し，個々の割球はその位置に応じて異なる種類のタンパク質と mRNA を含むことになる。胞胚期に至ると，③胚の帯域の細胞は植物極側の細胞からの作用で中胚葉になる。胞胚期に起こるこの現象を，中胚葉〔 オ 〕と呼ぶ。その結果，赤道部では中胚葉を特徴付けるブラキウリ（*brachyury*）遺伝子等が，より背側ではグースコイド（*goosecoid*）遺伝子等が発現する。原腸胚期に至ると，灰色三日月環の植物極側に〔 カ 〕が出現し，④ここから〔 カ 〕背唇部などが胚の内部に入り込んでいく。これらの細胞運動により外胚葉，中胚葉，内胚葉は胚に適切に配置され，さらに発生が進行する。

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①について，具体的にどのように回転するか，図 1 の (a)〜(d) の中から正しいものを選びなさい。なお，矢尻は精子進入点を，矢印は回転方向を示している。

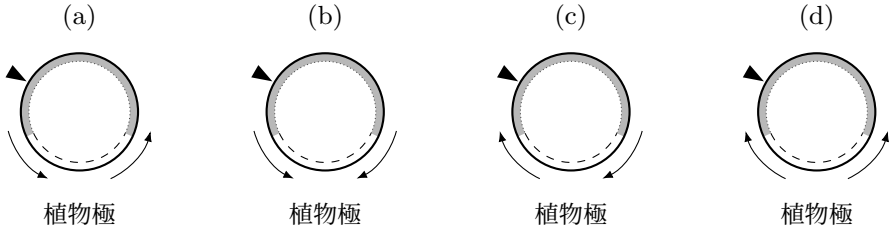


図 1

問 3. 下線部②について，胞胚全体における β カテニンの濃度分布はどのような特徴を示すか，30 字以内で説明しなさい。

問 4. 図 2 は原腸胚後期の断面図（正中面）の模式図である。模式図の外胚葉領域すべてに縦線を引き，〔 カ 〕背唇部が陥入した〔 カ 〕の位置を矢印で示しなさい。なお，縦線のおよその幅は，図 2 右下の例に従うこと。

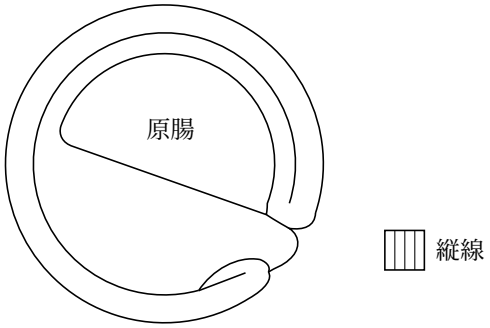


図 2

問 5. 下線部④について，〔 カ 〕背唇部および脊索は，コーディン（Chordin）やノギン（Noggin）などを分泌することで外胚葉の分化を制御する。次の問いに答えなさい。

(1) コーディンやノギンが作用する外胚葉領域 (Ⅰ)，およびその作用を受けない外胚葉領域 (Ⅱ) はそれぞれ何に分化するか答えなさい。

(2) コーディンやノギンが外胚葉の分化を制御するしくみを，BMP の機能と関連付けて 40 字以内で説明しなさい。

問 6. 下線部③について，現在では分泌タンパク質であるノーダル（Nodal）が関与すると考えられている。次の問いに答えなさい。

(1) マウス胚におけるノーダルの機能を調べるために，常染色体上にあるノーダル遺伝子をヘテロ接合で欠失させた（ノーダル $^{+/-}$ と記載する）マウス ES 細胞（胚性幹細胞）を作出した。これを野生型マウスに由来する胚盤胞の中に入れることで，野生型の細胞と ES 細胞に由来する細胞が同一個体に混在したマウス（キメラマウス）を作出した。ある雄のキメラマウス個体 A と野生型の雌マウスを交配したところ，産まれたマウスにはノーダル $^{+/-}$ の個体が 10% 存在していた。一方，ノーダル $^{+/-}$ の個体は健康であり，ノーダル $^{+/-}$ のマウスを野生型マウスと交配したところ，産まれたマウスにはノーダル $^{+/-}$ の個体が 50% 存在した。キメラマウス個体 A の精巣中に ES 細胞に由来する生殖細胞は何 % 存在すると推測されるか答えなさい。

(2) ノーダル $^{+/-}$ のマウス個体同士を交配させたところ，ノーダル遺伝子の欠失をホモ接合（ノーダル $^{-/-}$ と記載する）で有する胚は，着床後間もない発生初期に原腸陥入に異常をきたし，また致死になることが明らかになった。次に，ノーダル $^{-/-}$ のマウス ES 細胞を作出し，これを野生型マウスに由来する胚盤胞の中に入れてキメラ胚を作出した。発生中期にキメラ胚を観察したところ，キメラ胚は正常な形態をしており，ES 細胞に由来する細胞は胚のあらゆる組織に分布していた。ノーダル $^{-/-}$ 胚とキメラ胚の表現型が異なる理由を考察し，40 字以内で説明しなさい。

(3) ノーダルと同様に中胚葉〔 オ 〕活性を示す因子として分泌タンパク質アクチビン（Activin）が知られている。カエル胞胚の〔 ウ 〕側の領域を切り取り（図 3 左），そこに低濃度のアクチビンを放出するビーズを置くと，その近傍の細胞がブラキウリを発現した（図 3 中央）。一方で，高濃度のアクチビンを放出するビーズを置くと，ビーズ近傍の細胞はグースコイドを発現し，より遠方の細胞はブラキウリを発現した（図 3 右）。高濃度アクチビンで，このような発現パターンが出現した理由を考察し，放出部位からの位置と関連付けて 60 字以内で説明しなさい。

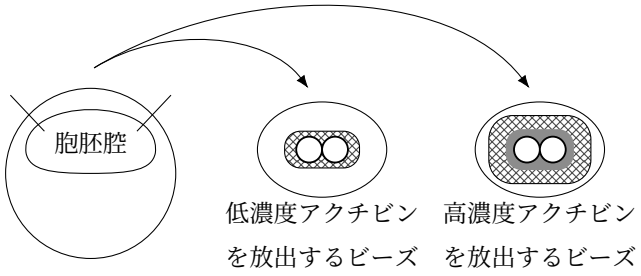


図 3. 胞胚期培養片におけるアクチビンの作用。網目はブラキウリ発現領域を，灰色はグースコイド発現領域を示す。中央の 2 個の丸はビーズを示す。

4 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

真核細胞の核では，DNA は〔 ア 〕というタンパク質に巻きついて，〔 イ 〕と呼ばれる基本単位構造を形成する。数珠状に連なった〔 イ 〕はさらに折りたたまれ，〔 ウ 〕という繊維状の構造体となる。細胞分裂期では，さらに凝縮し，棒状の染色体として光学顕微鏡で観察される。真核細胞の核の最外層は二重の生体膜で囲まれている。この生体膜には，核内と核外の物質の通り道となる多数の〔 エ 〕がある。原核細胞ではこの生体膜は存在しない。

核内で DNA から mRNA が転写される過程では，様々な調節が行われる。まず，特定の DNA 塩基配列に結合する〔 オ 〕は，RNA ポリメラーゼが DNA に結合することを促進または抑制する。真核生物の遺伝子は，多くの場合，①長い mRNA 前駆体が合成されたのち，不要部分が取り除かれて mRNA が作られる。原核生物ではこの過程が存在しない。また，転写前の段階においても調節が行われる。例えば，〔 ア 〕や DNA の化学修飾は，〔 ウ 〕の高次構造の変化に関与し，mRNA の発現を調節することが知られている。その後，mRNA は〔 エ 〕を通って核外へ移動する。〔 カ 〕が mRNA 上を移動しながらタンパク質を合成する。

問 1. 文章中の〔 ア 〕～〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. メチルグリーン・ピロニン溶液は，DNA と RNA を染め分けることができる染色液である。真核細胞を染色液で染めると，核は 1～数個の核小体がピロニンで桃色に染色され，そのほかの大部分はメチルグリーンで青緑色に染色された。核小体がピロニンで染色された理由を 40 字以内で説明しなさい。

問 3. 文章中の下線部①について，真核生物では遺伝子の数よりもはるかに多い種類のタンパク質が合成される。そのしくみについて 50 字以内で説明しなさい。

問 4. 遺伝子の転写は，複数の〔 オ 〕によって制御されることがあり，結合する〔 オ 〕の働きによって，転写を促進する DNA 領域と抑制する DNA 領域を区分できる。転写の調節に関わる DNA 領域を調べる方法として，次のような手法がある。

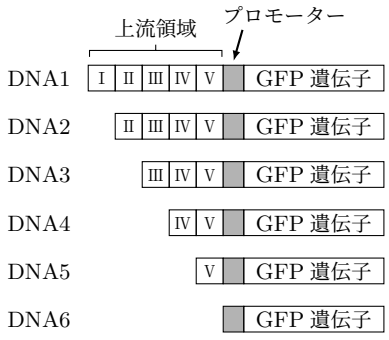


図 1

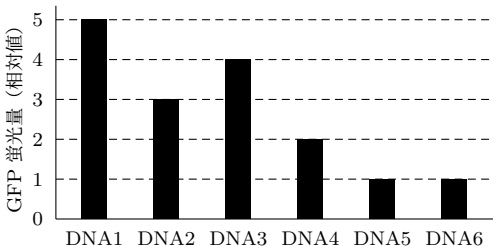


図 2

遺伝子 X の転写開始点の上流領域に着目し，プロモーターを含む上流領域を蛍光タンパク質 GFP の遺伝子とつないで，図 1 の DNA1 を得た。さらに，遺伝子 X の上流領域の配列を I ～ V に分け，図 1 の DNA2～DNA6 のように徐々に短くした DNA を作製した。これらの DNA を，あるヒト培養細胞 Y に導入し GFP が発する蛍光量を測定することで，上流領域が遺伝子 X の転写に及ぼす影響を調べた。図 2 は，各 DNA による GFP 蛍光量を比較した結果である。ただし，細胞に導入される各 DNA の量は一定とし，翻訳される効率も同じとする。次の (1)～(3) の問いに答えなさい。

(1) 上流領域 I ～ V を，(A) 転写を促進するもの，(B) 転写を抑制するもの，(C) 転写に影響しないものに分け，I ～ V ですべて答えなさい。

(2) 上流領域 I ～ V を新たに組み合わせて，図 3 のような DNA7～DNA9 を作製した。それぞれを細胞 Y に導入した場合の GFP の蛍光量はどうなると考えられるか，図 4 のグラフ (a)～(d) の中から 1 つ選び，記号で答えなさい。

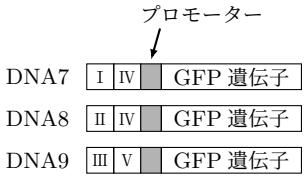


図 3

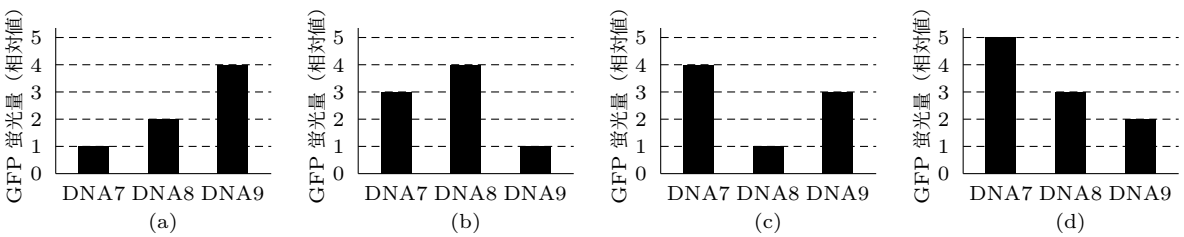


図 4

(3) 図 1 の各 DNA を，細胞 Y と異なる種類のヒト培養細胞に導入した場合，図 2 と違う結果が得られることがある。考えられる理由を 30 字以内で説明しなさい。

5 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

様々な①生物間の相互作用により成立している生態系においては，生物種数に関して単純な計算式が成り立たない。ある地域に仮に 6 種の生物からなる生物群集があったとする。ここで何らかの原因でそのうちの 1 種が絶滅した場合，6 種 −1 種と書くことができるが，その答えが② 0 種（最終的に全種が消滅）となったり，③逆に 8 種（最終的に総種数が増える）となる場合がある。答えは生物間相互作用の形によって変わってくるからである。開発や外来生物の侵入などにより一部の種が消滅した場合，生態系や生物群集に何が起こるかを予測するのは難しく，一度に多くの種が絶滅することすらある。

さて，観葉植物や愛玩動物など意図的に持ち込まれた外来生物や，非意図的に持ち込まれた外来生物のなかには，環境中に放出され定着すると，④生態系や人間の活動などに悪影響を与えるものがある。特に悪影響が強いものを〔 A 〕と呼び，全世界で重大な環境問題のひとつとなっている。また，国内種であっても，本来生息していない地域に持ち込まれた場合は，その地域での外来種と見なすことができ，やはり様々な問題を引き起こす可能性がある。例えば，日本本土にはカブトムシ本土亜種が，沖縄本島や久米島にはオキナワカブトムシと呼ばれる固有の沖縄亜種が，それぞれ生息している。ところが，ペットとして人気のあるカブトムシ本土亜種が沖縄に持ち込まれ，⑤野外で交雑が生じた結果，純粋なオキナワカブトムシの割合が減少し，沖縄亜種が消滅する危険性が指摘されている。すべての外来生物が問題となるわけではないが，問題を引き起こすと予想されるものについては，その持ち込みや飼育などを規制する必要がある。

問 1. 下線部①にある生物間相互作用について，一方の種から見た他方の種との利害関係から，表 1 のようにまとめることができる。なお，表の中では生存や繁殖にプラスになる影響を＋，マイナスになる影響であれば − としている。表中の〔 ア 〕〜〔 エ 〕にある生物間相互作用を説明する語句を答えなさい。複数解答も可とする。

B 種に対する A 種の影響	A 種に対する B 種の影響 ＋	−	なし
＋	〔 ア 〕	〔 イ 〕	〔 ウ 〕
−	〔 イ 〕	〔 エ 〕	片害
なし	〔 ウ 〕	片害	中立

表 1

問 2. 表 1 の中の〔 ア 〕〜〔 エ 〕にある生物間相互作用の例として最も適切なものを，下の選択肢 (a)〜(j) から 2 つずつ選んで答えなさい。

(a) イワナとヤマメの関係
(b) レンゲと根粒菌の関係
(c) スダジイとブナの関係
(d) シマヘビとヌマガエルの関係
(e) シロアリと腸内微生物の関係

(f)　カブトムシとオニヤンマの関係
(g)　コバンザメとジンベイザメの関係
(h)　チーターとアフリカライオンの関係
(i)　ソメイヨシノとその幹に生息する地衣類の関係
(j)　COVID-19 を引き起こす新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）とヒトの関係　（補足説明：一般的にはウイルスは生物ではないとされることが多いが，ここでは生物と同様に考えること）

問 3. 下線部②や③となるような生物間相互作用にはどのようなものが考えられるか，それぞれの例について 30 字以内で説明しなさい。ただし具体的な生物種名を挙げる必要はない。

問 4. 下線部④のような問題が生じるのは，一部の外来生物の個体数が増えすぎるためであるが，その場合の増えすぎる理由を 2 つ挙げ，それぞれ 20 字以内で説明しなさい。

問 5. 〔 A 〕に当てはまる用語を答えなさい。

問 6. 下線部⑤について，そもそも在来沖縄亜種の個体数に比べて，環境中に放出された本土亜種の個体数は圧倒的に少ないと考えられる。それにもかかわらず，交雑が生じた結果として純系の沖縄亜種が減少するのはなぜか。その理由を推察し，60 字以内で記述しなさい。