# 広島大学

## 2023 年度　前期日程　生物

**1** 種子発芽に関する次の文章を読み，問 1〜問 4 に答えよ。

成熟した種子に含まれる水の量は，種子の質量に対する割合でおよそ 10% である。いわば乾燥して眠っているような状態となっている。そこから吸水して水の割合が 40% を超えると細胞内で生化学反応が生じるようになり，発芽の準備が始まる。この状態で (a) 一部の植物の種子は (b) 光を感じるとスイッチが入り，［ ア ］と呼ばれる成長を促す植物ホルモンが内部で作り出される。オオムギ種子では，［ ア ］が胚乳の外側にある［ イ ］の細胞で［ ウ ］遺伝子の発現を促進する。［ ウ ］は胚乳に分泌され［ エ ］を［ オ ］に分解し，胚は［ オ ］を栄養分として用いて成長が進む。これにより種子を構成する胚のうち根になる部分が伸び始め，発芽するという仕組みだ。一方，温度や酸素濃度などの環境が適切でない場合には，光があっても (c) 発芽を抑制するホルモンが優勢になり，再び休眠状態に入る。

（毎日新聞 2022 年 4 月 7 日より一部抜粋・改編）

問 1. 文章中の［ ア ］〜［ オ ］に最も適切な語句を記せ。

問 2. 下線部 (a) について，光を感じて発芽する種子の総称を答えよ。

問 3. 下線部 (c) について，この植物ホルモンの名称を答えよ。

問 4. 下線部 (b) について，光を感じる分子の一つにフィトクロムがあげられる。図 1 はフィトクロムの吸収スペクトルを示している。フィトクロムは光を吸収すると分子構造が可逆的に変換する。赤色光（660 nm 付近）は最も効率良く赤色光吸収型フィトクロム（Pr 型）を遠赤色光吸収型フィトクロム（Pfr 型）へ変換し，遠赤色光（730 nm 付近）は最も効率良く Pfr 型を Pr 型へ変換する。また，この現象は単離精製したフィトクロムでも観察される。単離精製したフィトクロムに充分な時間，赤色光を照射し続けた後でも，フィトクロムの約 10% は Pr 型として存在する。一方，単離精製したフィトクロムに充分な時間，遠赤色光を照射し続けた後には，フィトクロムの約 2% は Pfr 型として存在する。単離精製したフィトクロムに充分な時間，赤色光を照射し続けた後でも Pr 型のフィトクロムが存在する理由について，最も適切なものを下の①〜④から一つ選び，番号で答えよ。

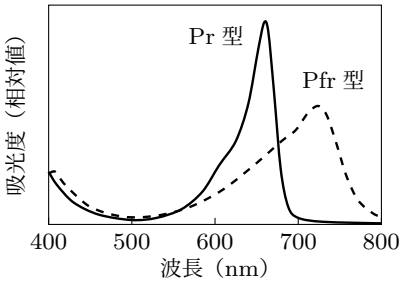


図 1

① 新たに Pr 型のフィトクロムが合成されるため
② Pfr 型が赤色光を吸収して Pr 型へ再変換されるため
③ Pr 型の吸光度は 660 nm 付近が一番大きいため
④ Pfr 型の吸光度は 730 nm 付近が一番大きいため

**2** 原核生物の遺伝子の構造と発現制御に関する次の文章を読み，問 1 と問 2 に答えよ。

原核生物では，関連する機能をもつ複数の遺伝子が連続して存在し，それらが 1 本の mRNA として転写されることが多い。このようにいくつかの遺伝子が，その発現を調節している遺伝子（調節遺伝子）のもとに，共通の制御を受けて発現する転写単位のことをオペロンという。最上流に位置する遺伝子の直前には，調節遺伝子から作られる調節タンパク質と結合する部位（DNA 領域）があり，これをオペレーターという。さらにその近くには，［ ア ］と結合する部位があり，これをプロモーターという。プロモーターに［ ア ］が結合して初めてオペロン中の遺伝子の転写が開始される。また，調節タンパク質の中で，オペロンに含まれる遺伝子の転写を抑制する調節タンパク質を［ イ ］と呼ぶ。

これらに加え，多くのオペロンにはオペロン中の遺伝子を正確に発現させるために以下に述べる部位もある。オペロンに含まれるそれぞれの遺伝子の開始コドンの直前には Shine-Dalgarno（SD）配列と呼ばれる部位があり，転写された mRNA の SD 配列をリボソームが認識することで，正確な位置から翻訳を開始することができる。また，最下流に位置する遺伝子の直後にはターミネーターと呼ばれる部位（配列）があり，その部位が転写されると伸長中の mRNA の転写は終結する。

問 1. 文章中の［ ア ］と［ イ ］に最も適切な語句を記せ。

問 2. 次ページの図 1 は，大腸菌のトリプトファンオペロンの構造，トリプトファン合成酵素群，それらが触媒するトリプトファン生合成経路の関係を，模式的に示したものである。タンパク質 C は単独で酵素活性をもつが，タンパク質 A と B，および D と E は，それぞれ複合体を形成することで酵素活性をもつ。このオペロンについて，以下の (1)〜(3) の問いに答えよ。

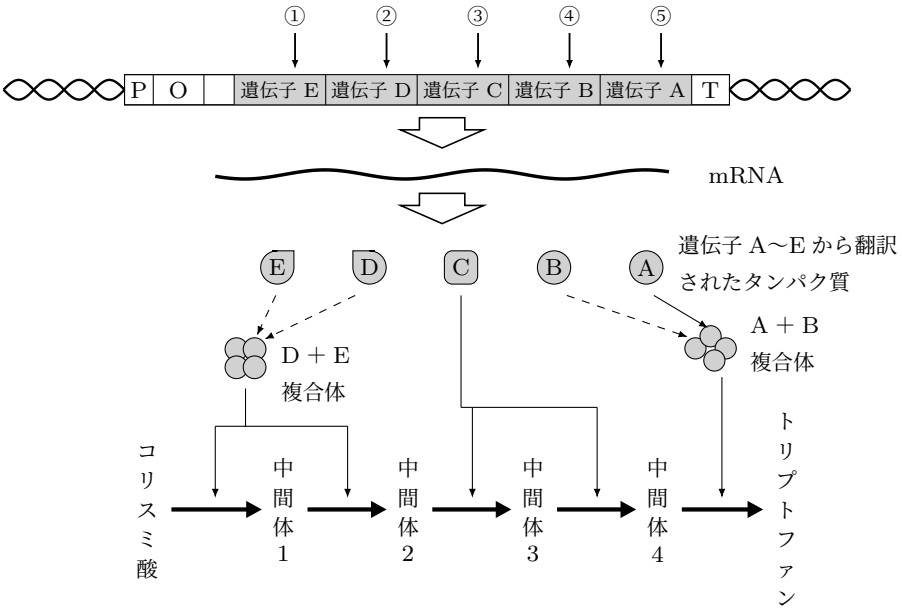


図 1
P：プロモーター，O：オペレーター，T：ターミネーター

(1) トリプトファンオペロンの図中の矢印①〜⑤の位置に，終止コドンに置き換わる変異を導入することによって，大腸菌の変異株①〜⑤を作製した。それぞれの変異株では遺伝子の翻訳が途中で終結する。変異株①と②では，タンパク質 D ＋ E 複合体を形成することができなくなっており，変異株④と⑤では，タンパク質 A ＋ B 複合体を形成することができなくなっていた。

これらの変異株を得るもとになった野生株は，最少培地（無機塩類，炭素源としてグルコース，ビタミン等を加え，アミノ酸を含まない培地）で増殖したが，変異株①～⑤は増殖しなかった。そこで，最少培地にコリスミ酸もしくはトリプトファン生合成の中間体 1～4 をそれぞれ加えた培地を用いて，各変異株の増殖の有無を調べた。

右上の表に，各変異株がそれぞれの培地で増殖する場合を○，増殖しない場合を × で記入せよ。

| | 最少培地に添加した化合物 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | コリスミ酸 | 中間体 1 | 中間体 2 | 中間体 3 | 中間体 4 |
| 変異株① | | | | | |
| 変異株② | | | | | |
| 変異株③ | | | | | |
| 変異株④ | | | | | |
| 変異株⑤ | | | | | |

(2) 図 1 の矢印②の位置に，(1) の問いで導入した終止コドンに置き換わる変異に加え，その変異のすぐ下流にターミネーターを挿入した変異株② T を作製した。この変異株② T が，最少培地にコリスミ酸もしくは中間体 1～4 をそれぞれ加えた培地で増殖するかを調べた。

右の表に，変異株② T が各培地で増殖する場合を○，増殖しない場合を × で記入せよ。

| | 最少培地に添加した化合物 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | コリスミ酸 | 中間体 1 | 中間体 2 | 中間体 3 | 中間体 4 |
| 変異株② T | | | | | |

(3) 図 1 の「トリプトファンオペロンのオペレーターとプロモーターを含む転写調節領域全体」を，「ラクトースオペロンのオペレーターとプロモーターを含む転写調節領域全体」に置き換えた変異株を作製した。この変異株は，最少培地でほとんど増殖しなかった。

この変異株が増殖するようになるためには，使用している最少培地の成分の何かを除くか，何かを追加するか，もしくはその両方を行うことが必要である。最少培地の成分をどのように変更すれば増殖阻害を軽減できるか。最少培地にトリプトファンやトリプトファンを含む混合物を加える以外の方法を，30 字以内で述べよ。

**3** 遺伝と進化に関する次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1. 色覚に関わるオプシン遺伝子の進化について，塩基配列に基づいて作成した次ページの図 1 の遺伝子系統樹を参照しながら次の文章を読み，以下の (1) と (2) の問いに答えよ。

脊椎動物の眼の網膜には光刺激を受容するための［ ア ］細胞が存在し，とくに色を認識する［ ア ］細胞を［ イ ］細胞と呼ぶ。その細胞膜中には特定の波長の光に強く反応する［ ア ］物質が存在し，オプシン（フォトプシン）と呼ばれる。

脊椎動物のオプシンは，強く反応する波長の違いに基づき，赤オプシン，緑オプシン，青オプシン，紫外オプシンの 4 種類に区別され，4 色色覚を可能とする。ただし，哺乳類は進化の過程でもともとの［ ウ ］オプシン遺伝子と［ エ ］オプシン遺伝子の二つを失った。ただし，霊長類では残った［ オ ］オプシン遺伝子に突然変異が生じて［ エ ］オプシンとしての機能を獲得した。それゆえ，現在の哺乳類は一般的に［ オ ］オプシンないしは［ エ ］オプシン，そして赤オプシンによる 2 色色覚を備えている。なお，赤オプシン遺伝子は X 染色体の末端，それ以外のオプシン遺伝子は常染色体上に位置する。ヒトを含む霊長類の狭鼻猿類は，その共通祖先において，X 染色体の末端に［ ウ ］オプシンの機能を担う遺伝子が新たに出現し，これによって 3 色色覚が可能になった。

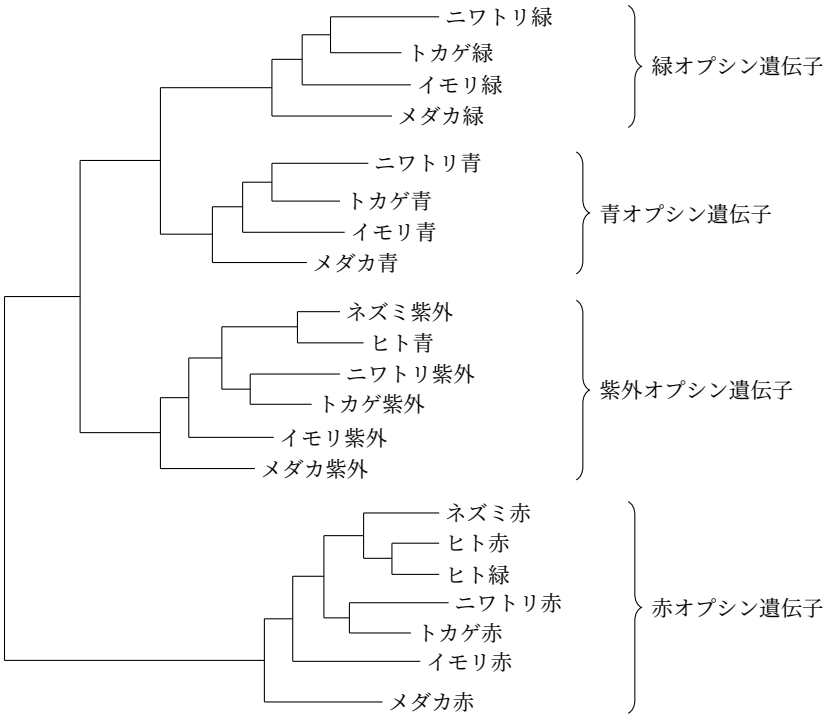


図 1

(1) 文章中の［ ア ］～［ オ ］に最も適切な語句を記せ。

(2) ヒトを含む狭鼻猿類が 3 色色覚を獲得したのは，遺伝子のコピーを一つ作り，そのうち一方が別の機能をもつ新しい遺伝子として進化した結果である。このような遺伝子の進化様式を何というか。10 字以内で記述せよ。

問 2. 毛色と性染色体に関する次の文章を読み，以下の (1)～(3) の問いに答えよ。

ネコの性染色体は雄が XY，雌が XX で表される。XX 雌の体細胞では 2 本の X 染色体のうち，1 本が不活性化を受け，遺伝子の活性が抑えられて発現しない。この不活性化を受ける X 染色体には父方あるいは母方由来の区別はなく，細胞ごとにランダムに不活性化される。また，その不活性化パターンは細胞分裂後も継承されるため，同一の不活性化パターンをもつ細胞集団が生じる。

三毛ネコの毛色は次の三つの遺伝子によって決定されている（図 2 を参照）。黒毛を作る A 遺伝子，白色の斑を形成する B 遺伝子，そして黒毛を茶毛に変える D 遺伝子である。なお，対立遺伝子 d は対立遺伝子 D に対して劣性（潜性）であり，黒毛を茶毛に変えることはできない。また，B 遺伝子の対立遺伝子 b は白斑を形成できない。D 遺伝子は X 染色体上にあり，A 遺伝子と B 遺伝子はそれぞれ別々の常染色体上に存在する。X 染色体の不活性化機構により，三毛ネコは雌に限られ，雄には通常存在しない。

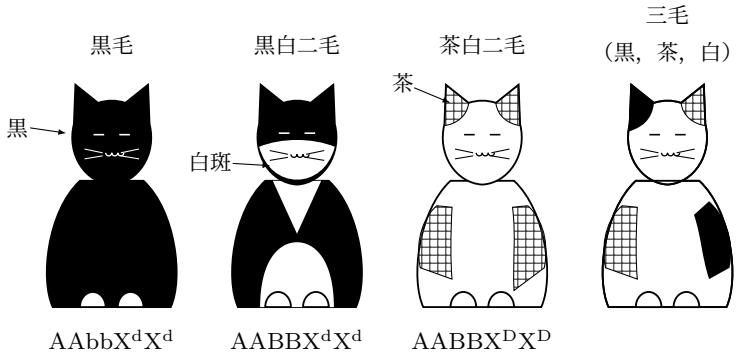

図 2

(1) 三毛ネコ雌の毛色の遺伝子型を答えよ。なお，A および B 遺伝子の遺伝子型は AABB とし，遺伝子型の書き方は図 2 に従うこと。

(2) 3 本の X 染色体をもつ三毛ネコ雌が生まれたとする。3 本のうち 2 本の X 染色体がランダムに不活性化される場合，この雌ネコがもちうる毛色の遺伝子型をすべて答えよ。なお，A および B 遺伝子の遺伝子型は AABB とし，遺伝子型の書き方は図 2 に従うこと。

(3) カンガルーはネコと同様，雄が XY，雌が XX の性染色体をもつ。ただし，XX 雌の体細胞では父方の X 染色体が選択的に不活性化される。ネコと同様，A 遺伝子と B 遺伝子は常染色体上，D 遺伝子は X 染色体上にあると仮定した場合，(1) の問いの三毛ネコ雌と同様の毛色の遺伝子型をもつカンガルーの雌は，どのような毛色を示すか。このカンガルーがもちうる毛色をすべて答えよ。

**4** 動物の発生と系統に関する次の文章を読み，問 1〜問 7 に答えよ。

動物の発生は種によって異なるが，同時に様々な共通点も見られる。脊椎動物のカエルと［ ア ］動物のウニを比べると，いずれも最初の 3 回の卵割は経割→経割→緯割と進む。次の卵割は (a) ウニではカエルとは異なる様式で起こり，3 種の異なる大きさの割球が生じる。さらに発生が進むといずれも (b) 胞胚期に至り，続く原腸胚期には (c) 胚の細胞は三つの胚葉に分化していく。

カエルでもウニでも原口は肛門になり，口は新たに作られる。この特徴は脊椎動物と［ ア ］動物が同じ (d) 新口動物に属する根拠の一つとされた。このように発生の比較は動物の系統関係の推定にも用いられてきた。たとえば原索動物の［ イ ］の成体は固着生活を送るが，幼生は尾部に脊索をもつオタマジャクシ型をしており，遊泳する。そのため［ イ ］は脊椎動物に近縁だと考えられるようになった。

旧口動物でも発生の類似が系統の推定に用いられた。たとえば軟体動物と環形動物はいずれも［ ウ ］幼生を経て発生する。これが両者を近縁だとする根拠の一つとされてきた。近年，分子系統学によってもこの両者の近縁性が確認され，両者は現在，扁形動物などとともに［ エ ］動物というグループに分類されている。一方，同じ旧口動物でも節足動物や線形動物は［ オ ］動物というグループに分類されている。

(e) 新口動物と旧口動物はいずれも左右相称体制で，三胚葉から体を作る。一方，刺胞動物は放射相称体制で，二胚葉から体を作るなど，異なる発生様式をもつ。刺胞動物の原口は旧口動物と同様に口になるが，肛門は形成されず，口が肛門の機能を兼ねる。このような特徴は (f) 刺胞動物が動物の中でも比較的初期に分岐したと考える根拠の一つになっている。

問 1. 文章中の［ ア ］〜［ オ ］に最も適切な語句を記せ。

問 2. 下線部 (a) のウニの卵割について述べた次の文中の空欄［ A ］〜［ E ］に入る語を下の語群①〜⑤から選び，番号で答えよ。

ウニの 8 細胞期の動物極側の 4 割球の卵割は［ A ］，植物極側の 4 割球の卵割は［ B ］によって 16 細胞期になる。16 細胞期の割球は動物極側から植物極側へ［ C ］割球→［ D ］割球→［ E ］割球の順に並ぶ。

① 経割　② 緯割　③ 大　④ 中　⑤ 小

問 3. 下線部 (b) の胞胚期には，多くの動物で胞胚腔という空所が形成される。動物の胞胚腔について正しく述べた文を次の①〜⑤からすべて選び，番号で答えよ。

① ウニの胞胚腔は胚の中央より植物極側に偏って形成される。
② ウニの幼生の骨片は胞胚腔に由来する空所に形成される。
③ カエルの胞胚腔は胚の中央より動物極側に偏って形成される。
④ カエルの胞胚腔は原腸の陥入にともなって拡張する。
⑤ 哺乳類の胞胚期にあたる胚盤胞期には胚の内部に空所はない。

問 4. 下線部 (c) について，次の①〜⑧から中胚葉に由来するものをすべて選び，番号で答えよ。

① カエルの脳　② カエルの表皮　③ カエルの心臓　④ カエルの肝臓
⑤ カエルの腎臓　⑥ ウニの幼生の表皮　⑦ ウニの幼生の骨片　⑧ ウニの幼生の胃

問 5. 下線部 (d) について，次の①〜⑩から新口動物をすべて選び，番号で答えよ。

① イソギンチャク　② カイメン　③ カニ　④ カモノハシ　⑤ コウガイビル
⑥ ゴカイ　⑦ サンゴ　⑧ タコ　⑨ ナメクジウオ　⑩ ヒトデ

問 6. 下線部 (e) に関連する次の①〜⑥の記述の中から，誤りを含むものをすべて選び，番号で答えよ。

① 刺胞動物は外胚葉と中胚葉をもつが，内胚葉をもたない。

② 刺胞動物の神経系は散在神経系で，中枢神経をもたない。

③ 旧口動物には肛門をもつものと，もたないものがいる。

④ 旧口動物には体腔をもつものと，もたないものがいる。

⑤ 新口動物は背腹軸をもつが，旧口動物は背腹軸をもたない。

⑥ 節足動物と環形動物はいずれも体節構造をもつ。

問 7. 下線部 (f) に関して，刺胞動物，脊椎動物，軟体動物，節足動物の系統樹を図 1 に示す。また，これらの動物がもつ相同遺伝子 X 間の塩基置換数を表 1 にまとめた。たとえば表中の①は脊椎動物と刺胞動物の間の塩基置換数を示している。この遺伝子の分子系統樹の形が図 1 の動物の系統樹と一致しており，塩基の置換速度が一定であると仮定して，①〜⑥の値を大きい順に並べよ。その際，①の値が②の値より大きい場合，「①＞②」と記し，互いに大小を推定できない場合はそれらを括弧でくくったうえで並べよ。たとえば③と④の大小が推定できない場合には「①＞②＞（③④）＞⑤＞⑥」のように記せ。

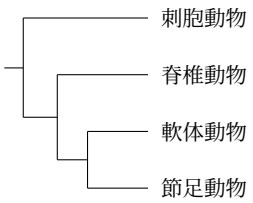


図 1

表 1

| | 刺胞動物 | 脊椎動物 | 軟体動物 |
|---|---|---|---|
| 脊椎動物 | ① | — | — |
| 軟体動物 | ② | ③ | — |
| 節足動物 | ④ | ⑤ | ⑥ |

**5** 中部日本における高原の植生の二次遷移に関する次の文章を読み，問 1〜問 3 に答えよ。

中部地方のある高原（標高 1,300 m）では，約 4,000 年前から火入れ・放牧・草刈りが行われ，(a) ススキを中心とする草原植生が維持されてきたが，20 世紀になって開拓・植林，酪農の衰退等が原因で草原の利用は放棄された。草原を放置すると，風散布型の種子をもつアカマツが発芽・定着した。はじめはススキとアカマツの生育場所は異なっていたが，20 年程度経過してアカマツの林冠が広がるにつれてススキは衰退していった。(b) さらに数十年後，鳥が運び込んだ種子から樹木が発芽し，アカマツ林のやや暗い林床でゆっくり成長して混合林を形成した。その後，別の樹種に置き換わって極相林に達した。しかし，極相林になった後でも (c) 部分的に植生の更新が起こることがある。

表 1

| | 経過年数 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ヨモギ | 11.3 | 34.6 | 55.2 | 92.2 | 78.1 | 95.1 | 100.0 |
| ヒメスイバ | 51.4 | 80.9 | 84.2 | 50.7 | 52.6 | 46.3 | 45.7 |
| イヌビエ | 72.5 | 6.6 | — | 1.0 | — | — | — |
| シロザ | 35.4 | — | — | — | — | — | — |
| アキメヒシバ | 64.2 | 12.9 | 1.1 | 0.5 | — | — | — |
| ヒメジョオン | — | 65.0 | 28.6 | 13.8 | 5.4 | 15.7 | 16.9 |
| ヒメムカシヨモギ | — | 40.1 | 15.9 | 1.8 | 1.0 | 4.0 | — |
| ススキ | — | 3.6 | 8.0 | 7.9 | 25.3 | 19.4 | 29.7 |

—出現個体なし

問 1. 次の (1) と (2) の問いに答えよ。

(1) 下線部 (a) に関して，前ページの表 1 はこの場所に埋土種子を残してその他の植物体を取り除いた裸地を設定し，その後 7 年間の草本種の積算優占度 * を調査した結果を示している。この結果では，最終的にススキ群落になっていく。ススキ群落が形成される前に，次の植物 3 種はどの順番で優勢になっていくか。表 1 を参考にして，その順番を番号で答えよ。

① ヨモギ　② イヌビエ　③ ヒメジョオン

*ある植物種が地表を覆う面積の割合（被度），その種が出現する調査枠数の全調査枠数に対する比（頻度），そして，その種の平均草丈の 3 指標から求めた値で，値が大きいほど優勢であることを示す。

(2) 表 1 の草本植生の遷移では一年生草本→二年生草本→多年生草本の順に侵入・定着する。二年生草本は秋までに葉をロゼット状に広げて耐寒性を高める。多年生草本はどのようにして耐寒性を高めるか。10 字以内で記せ。

問 2. 次の (1) と (2) の問いに答えよ。

(1) 下線部 (b) に関して，アカマツの後に遷移する樹種を次の①〜⑤の中から二つ選び，遷移の順に番号で答えよ。

① アラカシ　② ブナ　③ クヌギ　④ ハンノキ　⑤ ミズナラ

(2) 下線部 (b) の遷移が起こる理由を 30 字以内で記せ。

問 3. 下線部 (c) に関して，部分的な更新が起こるしくみを 30 字以内で記せ。ただし，人為的な攪乱（かくらん）を除く。