九州大学

2024 年度　前期日程　生物

1 次の文章を読み，以下の問 1〜問 5 に答えなさい。

植物細胞には①色素体（プラスチド）と呼ばれる細胞内小器官が存在する。被子植物の場合，組織によって色素体は，様々な形態的・機能的分化を示す。緑葉では〔 ア 〕が②光合成を行い，根では③アミロプラストが〔 イ 〕を貯蔵し，花弁や果実ではクロモプラストが色素を合成する。〔 ア 〕の内部には，扁平な袋状の構造である〔 ウ 〕膜が見られる。〔 ウ 〕膜には光合成色素が存在し，この色素に吸収された光エネルギーが光合成に使われる。一方，〔 ウ 〕膜と内膜の間の〔 エ 〕には，④気孔を通して取り入れた二酸化炭素（CO_2）を有機物に合成する反応に関わる酵素が多数含まれている。CO_2 は，リブロース二リン酸カルボキシラーゼ／オキシゲナーゼ（ルビスコ）という酵素の働きによって，リブロース二リン酸と反応して，2 分子の〔 オ 〕になる（図 1）。〔 オ 〕は，ATP のエネルギーと〔 カ 〕による還元作用によって，〔 キ 〕となる。この〔 キ 〕の一部は有機物の合成に使われ，残りは再びリブロース二リン酸へと戻る。この一連の反応はカルビン・ベンソン回路と呼ばれている。

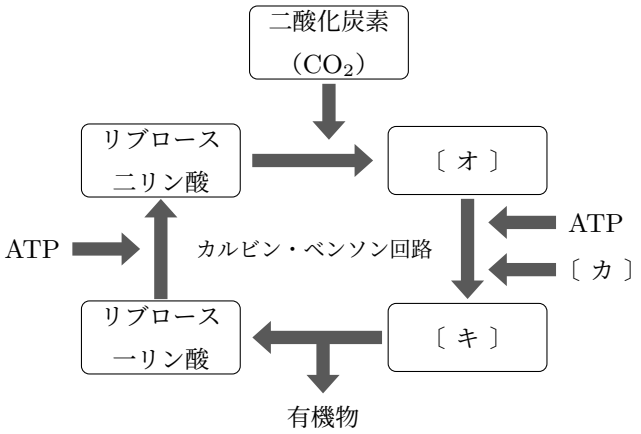


図 1

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 キ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①に関して，色素体はシアノバクテリアの一種が，単細胞の真核生物に取り込まれて共生することでできたと考えられている。この細胞内共生説の根拠とも考えられている色素体が有する特徴について該当するものを，以下の (a)〜(e) から二つ選びなさい。

(a)　細胞壁をもっている。
(b)　独自の DNA をもっている。
(c)　一重膜で囲まれている。
(d)　二重膜で囲まれている。
(e)　鞭毛を使って動く。

問 3. 下線部②に関して，以下の (1)〜(2) の問いに答えなさい。

(1) 光合成の反応の全過程をまとめると，以下の式で表される。[a]〜[c] に当てはまる数値を答えなさい。

$$6\,CO_2 + [a]H_2O + 光エネルギー \rightarrow C_6H_{12}O_6 + [b]O_2 + [c]H_2O$$

(2) 光合成で作られる O_2 は，CO_2 もしくは H_2O，どちらに由来するのかを答えなさい。

問 4. 下線部③に関して，図 2 のように植物の芽生えを水平方向に置くと，根では重力の方向に屈曲する。根の重力屈性には，アミロプラストが必要だと考えられているが，その作用機序（しくみ）について枠内の語句をすべて用いて 120 字以内で説明しなさい。

平衡細胞（コルメラ細胞），オーキシン

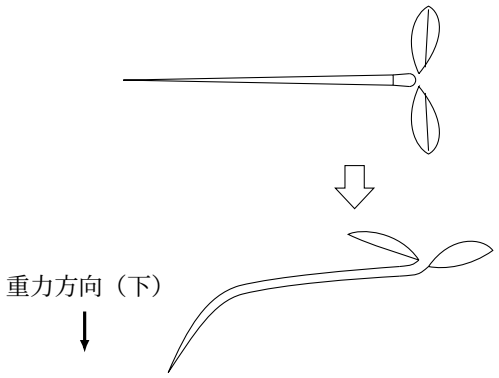


図 2

問 5. 下線部④に関して，乾燥した地域に生息する植物の一部では，夜間に気孔を開いてとりいれた CO_2 を固定し細胞に蓄えることによって，昼間には気孔を開かずに光合成を行うことができる。このような植物の総称を何というか答えなさい。また，上記の植物が夜間に液胞に溜(た)め込む炭素数 4 の化合物の名称を答えなさい。

2 次の文章を読み，以下の問 1〜問 6 に答えなさい。

皮膚で感じる感覚には，触覚，圧覚，痛覚，冷覚，温覚などがある。皮膚が刺激されると，その情報は求心性神経とも呼ばれる〔 ア 〕に伝わる。そして，細胞膜の電気的興奮により発生する〔 イ 〕により電気信号へと変換され，〔 ア 〕の軸索を介して〔 ウ 〕という通路を通り，感覚情報は脊髄に伝達される。さらに，この電気信号は間脳の〔 エ 〕，そして大脳皮質の〔 オ 〕に伝達されることで，多様な感覚情報が適切に処理される。また，①脳や脊髄といった中枢神経系に存在するグリア細胞もニューロンの機能を制御することで，感覚の伝達に影響を及ぼす。その後，皮膚への感覚刺激に応じて脳から指令が出された電気信号は脊髄に伝わり，遠心性神経である〔 カ 〕に伝達される。〔 カ 〕の軸索は〔 キ 〕という通路を通った後に筋肉に情報を伝え，手足の動きが可能になる。一方，熱い物や冷たい物に触れた時には，脳から指令が出る前に，②無意識に手足を引っ込める反応も起こす。反応を引き起こす筋肉などの器官を〔 ク 〕と呼ぶ。

外界からの刺激は多種多様であるため，感覚の伝達経路も異なる。③机に指を強くぶつけた際には激しい痛みを感じる。また，④ハチや蚊に刺されることで，痛みやかゆみを生じる。一般的にかゆみは，顆粒球である好塩基球や〔 ケ 〕からヒスタミンが分泌されることで，引き起こされる。一方，ハチや蚊が皮膚に止まると，触覚によって皮膚の異常を認識できる。触覚の情報は脊髄を経由して，脳幹である〔 コ 〕で交差し，脳に伝達されるのに対し，痛覚の情報は脊髄内で交差して，脳に伝達される。

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 コ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①に関して，グリア細胞の説明のうち，正しいものを次の (a)〜(d) の中からすべて選び，答えなさい。

(a)　中枢神経系に存在するグリア細胞の数はニューロンの数に比べて少ない。

(b)　中枢神経系においてグリア細胞の一種が髄鞘を形成する。

(c)　グリア細胞はニューロンの支持や栄養補給の働きをする。

(d)　グリア細胞はニューロンと同じく内胚葉由来である。

問 3. 脳や脊髄は，神経繊維が多く含まれる白質とニューロンの細胞体が集まる灰白質に分けられる。脳と脊髄の内側（髄質）および外側（皮質）で正しい組み合わせを右の (a)〜(d) の中から一つ選び，答えなさい。

	大脳髄質	大脳皮質	脊髄髄質	脊髄皮質
(a)	灰白質	白質	灰白質	白質
(b)	白質	灰白質	白質	灰白質
(c)	灰白質	白質	白質	灰白質
(d)	白質	灰白質	灰白質	白質

問 4. 下線部②に関して，以下の (1)〜(2) の問いに答えなさい。

(1) 脳を経由しないで無意識に手足を引っ込める反応の名称を答えなさい。また，このような生体システムを備えている理由について 50 字以内で説明しなさい。

(2) 無意識に手足を引っ込める反応を伝達する神経経路の名称を答えなさい。

問 5. 下線部③に関して，まず鋭い痛みを感じ，その後に鈍い痛みを感じる。このように痛みの伝わり方に時間差が生じるのは，軸索に伝導速度の異なる神経繊維が存在するためである。以下の (1)〜(2) の問いに答えなさい。

(1) 伝導速度が大きい神経繊維の名称を答えなさい。

(2) (1) の神経繊維において興奮がすばやく伝導できるしくみについて，枠内の語句をすべて用いて 60 字以内で説明しなさい。また，このような興奮の伝わり方を何というか答えなさい。

絶縁体，ランビエ絞輪

問 6. 下線部④に関して，ハチや蚊に二回目以降に刺されたときに強いアレルギーを引き起こす可能性がある。このアレルギーについて，以下の (1)〜(3) の問いに答えなさい。

(1) 食物に含まれる物質やハチ毒のようにアレルギー反応を引き起こす抗原を総称して何というか答えなさい。

(2) 食物，薬剤やハチ毒などが原因で，全身性のアレルギー反応を引き起こすことがある。このうち，生死にかかわる急激な血圧低下や意識障害を伴うアレルギー症状を何というか答えなさい。

(3) 花粉症は，スギやヒノキなどの花粉が原因となるアレルギー症状である。花粉症が起こるしくみの中で，体内で作られる免疫グロブリン（抗体）の種類と抗体産生細胞に分化する免疫細胞のうち，正しい組み合わせを右の (a)〜(i) の中から一つ選びなさい。

	抗体の種類	免疫細胞
(a)	IgA	樹状細胞
(b)	IgA	T 細胞
(c)	IgA	B 細胞
(d)	IgE	樹状細胞
(e)	IgE	T 細胞
(f)	IgE	B 細胞
(g)	IgG	樹状細胞
(h)	IgG	T 細胞
(i)	IgG	B 細胞

3 次の文章を読み，以下の問 1〜問 3 に答えなさい。

問 1. 初期発生の過程における細胞の分化には液性因子を介した細胞間相互作用が関わっている。両生類の胞胚期では，①植物極側の〔 ア 〕は，隣接する〔 イ 〕の細胞に対して〔 ウ 〕を分泌することにより中胚葉への分化を誘導する。中胚葉誘導が見られる胞胚期の胚では，背側の領域に〔 エ 〕というタンパク質が多く発現している。このような背側の〔 ア 〕は〔 オ 〕と呼ばれる特別な働きをもつ背側の中胚葉を誘導する。初期原腸胚で〔 オ 〕は接している〔 イ 〕の領域に働きかけて神経誘導を促す。神経誘導では，〔 オ 〕から分泌される〔 カ 〕や〔 キ 〕が〔 ク 〕と結合することにより，〔 ク 〕が細胞膜上の受容体に結合することを妨げる。〔 ク 〕が働かないことにより未分化な細胞が神経細胞に分化するようになる。

(1) 文章中の〔 ア 〕〜〔 ク 〕に入る適切な語句を下の枠内から一つずつ選び，答えなさい。

ガードン，キネシン，形成体，原腸，コーディン，先体突起，ノギン，ノーダル， 予定外胚葉，予定中胚葉，予定内胚葉，BMP，β カテニン，TGFβ

(2) 下線部①のような現象を検証するために，図 1 のようにイモリの胞胚を顕微鏡下で 4 つの部位に切り分けて培養する実験を行った。A〜D のどの部位を使ってどのように培養すると良いか。予想される結果を含めて 50 字以内で説明しなさい。ただし使う部位は一つとは限らない。

（注） この設問には誤植があり，大学により全員正解とする対応がとられた。

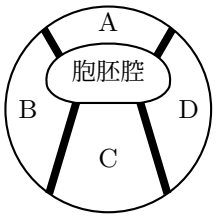


図 1

問 2. 形態形成の過程は，調節遺伝子が段階的に働くことによって制御される。ショウジョウバエの前後軸の形成において，卵細胞内で物質の局在が重要であることが知られている。卵の前方には〔 ケ 〕という遺伝子の mRNA が，後方には〔 コ 〕という遺伝子の mRNA が局在する。このような物質は，母親の胎内で卵形成中に合成され卵に蓄積することから，〔 サ 〕と呼ばれる。②受精後，これらの調節遺伝子から作られたタンパク質の濃度勾配が形成され，卵における相対的な位置情報となることにより，胚の前後軸が形成される（図 2）。さらに引き続いて体節構造が形成されていくが，それぞれの体節には特定の器官を形成させる〔 シ 〕という調節遺伝子が関わっている。このため，〔 シ 〕の突然変異によって，ある体の一部の器官が別の部位のものに置きかわるような変化を起こすことがある。

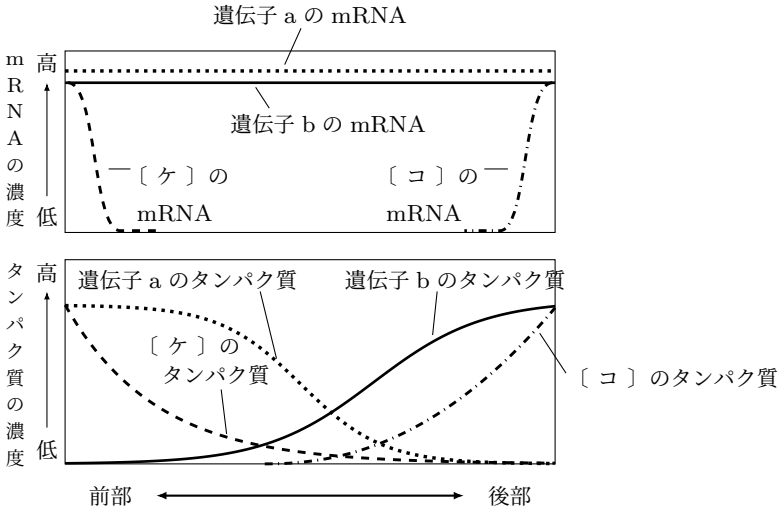


図 2

(1) 文章中の〔 ケ 〕〜〔 シ 〕に入る適切な語句を右の枠内から一つずつ選び，答えなさい。

ギャップ遺伝子，コーダル，ナノス，ハンチバック，ビコイド， 父性因子，ハウスキーピング遺伝子，母性因子， ホメオティック遺伝子

(2) 下線部②について，遺伝子〔 ケ 〕と〔 コ 〕は mRNA の濃度が前部と後部でそれぞれ高く，それに従ってタンパク質の濃度勾配が形成されている（図 2）。これに対し，同じく〔 サ 〕である遺伝子 a と b は mRNA の濃度が胚全体で一定であるにもかかわらず，タンパク質の濃度勾配が形成されているのはなぜか。これらの 4 個の遺伝子の発現は相互に影響し合うと考えて，100 字以内で理由を説明しなさい。

問 3. 器官形成の過程では，細胞の増殖や分化だけでなく，あらかじめ決まった時期に細胞が死ぬようにプログラムされている。例えば指と指の間の細胞が消失することで指が形成されるように，発生の過程で不要となった細胞が除去される。このような細胞死を〔 ス 〕という。③〔 ス 〕では細胞内の〔 セ 〕が断片化し，細胞が正常な形態を維持したまま縮小，断片化して死に至ることが特徴的である。

(1) 文章中の〔 ス 〕〜〔 セ 〕に入る適切な語句を右の枠内から一つずつ選び，答えなさい。

アポトーシス，ネクローシス，マイトーシス，ATP，DNA，RNA

(2) 生物の体内では形態の変化や分子メカニズムにおいて下線部③の細胞死とは性質が異なる細胞死がいくつかあることが知られている。下線部③のような細胞死は，他の種類の細胞死の特徴と比較してどのような利点があると考えられるか。70 字以内で説明しなさい。

4 次の文章を読み，以下の問 1〜問 2 に答えなさい。

遺伝子 X（図 1）を大腸菌に導入し，遺伝子 X から作られるタンパク質 x を大腸菌に生産させたい。大腸菌は，生育にグルコースを必要とする。グルコースが培地にない状態でも，ラクトースがあれば β-ガラクトシダーゼ等の酵素を合成し，ラクトースを分解してグルコースを作る。また，大腸菌の細胞内にプラスミド DNA を取り込ませることで，形質転換することができる。大腸菌は通常，抗菌剤であるアンピシリンの存在下では増殖できない。これらの性質を利用して，アンピシリン耐性遺伝子（Amp^r）と，β-ガラクトシダーゼをコードする $lacZ\alpha$ 遺伝子を持つプラスミド（図 2）に遺伝子 X を組み込み，そのプラスミドを用いて大腸菌を形質転換することにした。プラスミドの大きさは 3500 塩基対である。プラスミドに含まれる ▨ は，$lacZ\alpha$ 遺伝子と Amp^r 遺伝子のおおよその位置を示す。遺伝子の矢印の方向は転写の向きを示し，P と O はそれぞれプロモーターとオペレーターを示す。

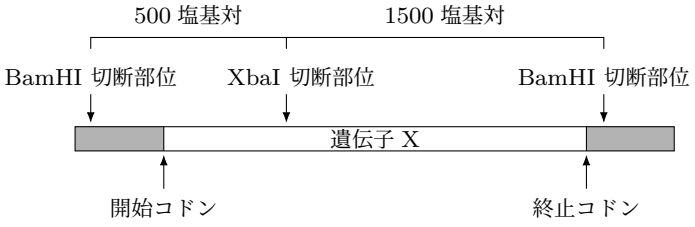


図 1

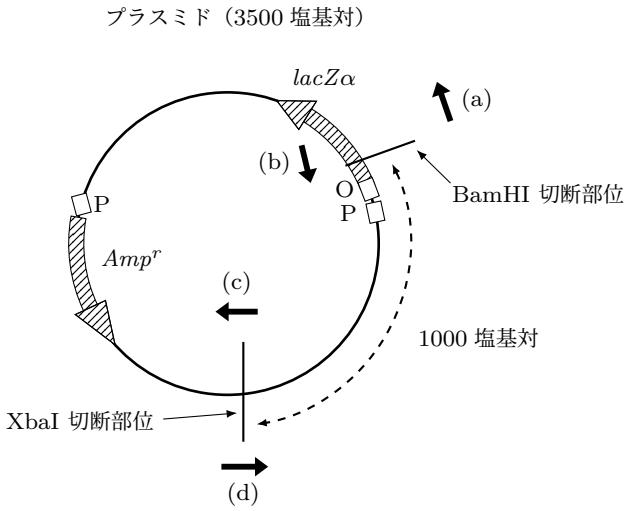


図 2

問 1. $lacZ\alpha$ 遺伝子の発現調節について，(1)〜(2) の問いに答えなさい。

(1) 原核生物において，特定の機能に関連した複数の遺伝子が隣接して存在する転写単位で，単一のプロモーターの制御下にある遺伝子群を何というか答えなさい。

(2) $lacZ\alpha$ 遺伝子はプロモーター（P）とオペレーター（O）によって発現が制御される。形質転換された細胞を選別するため，培地に X-gal および IPTG を添加して培養した。IPTG はラクトースの類似体であり，ラクトースと同様の作用をもつ。X-gal は β-ガラクトシダーゼの基質の一つである。X-gal を含む培地で培養した大腸菌に $lacZ\alpha$ 遺伝子が発現すると，産生された β-ガラクトシダーゼによって X-gal が分解され，コロニーは青色に発色する。IPTG によって $lacZ\alpha$ 遺伝子の転写が活性化されるしくみを，枠内の語句をすべて用いて 80 字以内で説明しなさい。

オペレーター，リプレッサー，RNA ポリメラーゼ

引き続き，以下に示す手順で実験を行った。

[1] 遺伝子 X の図 1 に示す領域を PCR 法で増幅した。両端には，制限酵素 BamHI によって切断される塩基配列が付加されている。

[2] 増幅した遺伝子 X の DNA 断片を制限酵素 BamHI と反応させ，精製した。

[3] 図 2 に示すプラスミドを制限酵素 BamHI と反応させ，精製した。

[4] 手順 [2]，[3] で得られた DNA 断片を混和し，DNA リガーゼを用いて DNA 末端同士を連結する反応を行った。

[5] 得られた DNA を大腸菌に導入して形質転換した。

[6] アンピシリン，X-gal，IPTG を添加した寒天培地にこの大腸菌溶液を広げ，一晩培養した後に出現したコロニーの数と色を観察した。

問 2. 寒天培地上には，120 個の青色のコロニーと 30 個の白色のコロニーが形成された。青色および白色の複数のコロニーを採取し，アンピシリン入りの液体培地で培養した後に，プラスミドを精製した。精製した各プラ

スミドを制限酵素 XbaI で切断した後に，アガロースゲルで電気泳動を行ったところ，(Ⅰ)，(Ⅱ)，(Ⅲ) の 3 つの電気泳動パターンが得られた（図 3)。

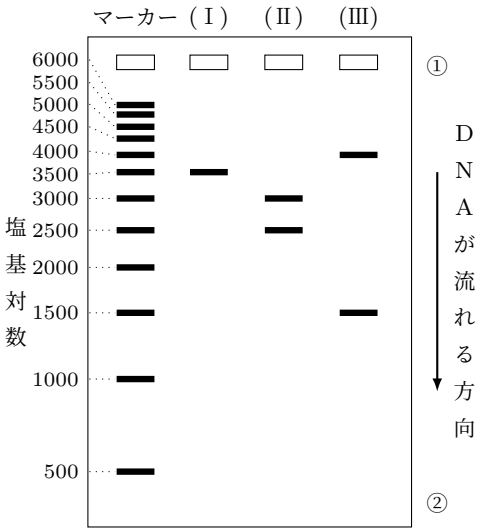


図 3

(1) 図 3 で，プラス極は①，②のどちらか答え，その理由を 40 字以内で説明しなさい。

(2) 図 3 中の (Ⅰ)〜(Ⅲ) の電気泳動パターンを示す大腸菌のコロニーについての適切な説明を，以下の (ア)〜(オ) の中からそれぞれ一つずつ選びなさい。なお，選択肢中の (a)〜(d) は図 2 中の矢印を示す。

(ア) 遺伝子 X が BamHI 切断部位に (a) の向きに組み込まれている。

(イ) 遺伝子 X が BamHI 切断部位に (b) の向きに組み込まれている。

(ウ) 遺伝子 X が XbaI 切断部位に (c) の向きに組み込まれている。

(エ) 遺伝子 X が XbaI 切断部位に (d) の向きに組み込まれている。

(オ) 遺伝子 X が組み込まれていない。

(3) 図 3(Ⅰ)〜(Ⅲ) のうち，タンパク質 x を作ることができる可能性があるのはどれか，一つ選びなさい。

(4) (3) で選んだ大腸菌が増殖したコロニーは何色になるか答えなさい。また，その理由を次ページの (ア)〜(エ) の中から一つ選んで答えなさい。ただし，制限酵素切断部位は図 1 に示した場所以外には存在しないものとする。

(ア) プラスミドに組み込まれた Amp^r の作用によって β-ガラクトシダーゼが産生され，X-gal が分解されるため。

(イ) 遺伝子 X が $lacZ\alpha$ 遺伝子の外に組み込まれており，産生された β-ガラクトシダーゼによって X-gal が分解されるため。

(ウ) 遺伝子 X が $lacZ\alpha$ 遺伝子の途中に組み込まれているため，β-ガラクトシダーゼが正常に産生されず，X-gal が分解されないため。

(エ) 遺伝子 X の働きによって $lacZ\alpha$ 遺伝子の発現が抑制され，β-ガラクトシダーゼが産生されず，X-gal が分解されないため。

5 次の文章を読み，以下の問 1〜問 3 に答えなさい。

問 1. 以下の文中の〔 ア 〕〜〔 オ 〕に入る適切な語句を枠内から一つずつ選び，答えなさい。

人為選択，性選択，自然選択，種分化，系統樹，分類， 先祖返り，間接効果，共進化，小進化，中立進化

南米沖に位置するガラパゴス諸島では，10 数種のダーウィンフィンチ類が生息する。これらは，南米から渡来した 1 種の祖先種から〔 ア 〕したことが，分子〔 イ 〕を用いて推定されている。干ばつのため大きな種子しか得られない年には，嘴（くちばし）の太い個体がそれらを食べ生存し繁殖しやすい。Bmp4 という遺伝子の発現量が多いと嘴が太くなり，干ばつ時にこのような個体は嘴が細い個体に比べ，より多くの子孫を残す〔 ウ 〕が働いたと言える。また，羽毛の色や体の大きさは雌雄で異なっており，メスはそれらをもとに配偶相手を選ぶという〔 エ 〕も働く。これは〔 オ 〕の積み重ねによって〔 ア 〕のような大進化が起こる一例である。

問 2. アズキゾウムシに一定量の資源（種子）を毎世代与え続けると，①ほぼ一定の個体数 A に到達後，それ以上は増えにくくなる。また，アズキゾウムシの個体群にヨツモンマメゾウムシを導入すると，似た〔 カ 〕を持つ種同士の種間競争により，前者の個体数が減少する。一般に個体数が減少すると，複合的な要因が積み重なり，さらに個体数の減少が進行する〔 キ 〕と呼ばれる現象が起きる。
競争種同士で〔 カ 〕を可塑（かそ）的に変化させることで種間競争が緩和され，複数種が共存できることもある。複数種のダーウィンフィンチでは②種間競争により嘴の形態が変化し，同じ島で共存できるようになった。

(1) 〔 カ 〕〜〔 キ 〕に入る適切な語句を枠内から一つずつ選び，答えなさい。

遺伝子，生態的地位，適応度，絶滅の渦，攪乱，カタストロフィー

(2) 下線部①にある個体数 A を何と呼ぶか答えなさい。

(3) 限られた資源量では，アズキゾウムシは個体数 A を超えて増加しにくい。その理由について，枠内の語句をすべて用いて 50 字以内で説明しなさい。

負の密度効果，種内競争

(4) 下線部②のような現象を何と呼ぶか答えなさい。また，嘴の形態変化によって複数種が共存できるようになった具体的原因について，餌利用の観点から 50 字以内で説明しなさい。

問 3. 様々な害虫の駆除に使われた③ DDT などの化学物質が，現在では一部の国で使用を禁止されている。同様に，貯蔵豆害虫の防除に使用されていた燻蒸剤（くんじょうざい）がオゾン層を破壊するため使用を禁止された。禁止後は，寄生バチのような〔 ク 〕や植物の抽出物など，④生態系サービスを活用した防除法が開発されている。

(1) 〔 ク 〕に入る適切な語句を答えなさい。

(2) 下線部③の理由を，DDT の性質の説明とともに，枠内の語句をすべて用いて 70 字以内で説明しなさい。

栄養段階，生物濃縮

(3) 下線部④は，自然や他の生物から人類が受ける恩恵のことを指す。以下の (あ)〜(う) のような恩恵は，それぞれ何と類別して呼ぶか。枠内から最も適したものを一つずつ選び，答えなさい。

(あ) 微生物を用いて，増えすぎた害虫を低減させる。

(い) 生物の抽出物や乾燥物を服用し，体力を改善させる。

(う) 森林は，空気中の二酸化炭素を吸収し酸素を放出する。

供給サービス，調整サービス， 基盤サービス，文化的サービス