

生 物

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生物の発生の過程においては、ある決まった時期に、ある決まった細胞で、ある決まった遺伝子が発現することで、秩序だった細胞の分化と形態形成が実現される。発生過程の進行に応じて特定の遺伝子が選択的に発現するというモデルは、1970年代に昆虫を用いた研究から提唱された。

ショウジョウバエやユスリカなどのハエ目昆虫の幼虫や蛹の^{きなき}だ腺(だ液腺)の細胞には、通常の体細胞の染色体に比べて100倍以上も大きな染色体(だ腺染色体)が存在する。この^(a)だ腺染色体を色素で染めると、特徴的な横縞の模様^{じま}がみられ、特定の位置が大きく^{ふく}膨らんでいる様子が観察できる。だ腺染色体に見られるこの膨らみは とよばれており、対応する領域のDNAがほどこけ、^(b)そこに存在する遺伝子の転写がさかんにおこなわれていることを示している。

の生じる位置は、同じ種の生物のだ腺染色体であっても、幼虫から蛹にかけての発生段階によって違いが見られる。これは、発生の進行にともなって、いくつもの遺伝子がそれぞれ決まった時期に活性化され、次々と異なったタンパク質が合成されていることを示している。

発生過程にともなうだ腺染色体の変化のしくみをさらに調べるため、以下の3つの実験をおこなった。それぞれの実験結果の模式図を図1にまとめて示す。

[実験1] 終齢幼虫から摘出しただ腺を、細胞を生かすために最低限必要な成分を含む培地(最低培地)を用いて培養した場合は、培養時間が経過してもだ腺染色体に大きな変化は認められなかった。

[実験2] 摘出しただ腺を最低培地で培養する際に、昆虫の変態を誘導するステロイドホルモンである を加えると、だ腺染色体上の特定の場所AおよびBにおいて膨らみが形成された。

[実験3] 摘出した腺を最低培地で培養する際に、タンパク質合成を阻害する物質を とともに加えると、場所Aの膨らみは形成されたが、場所Bの膨らみは形成されなかった。

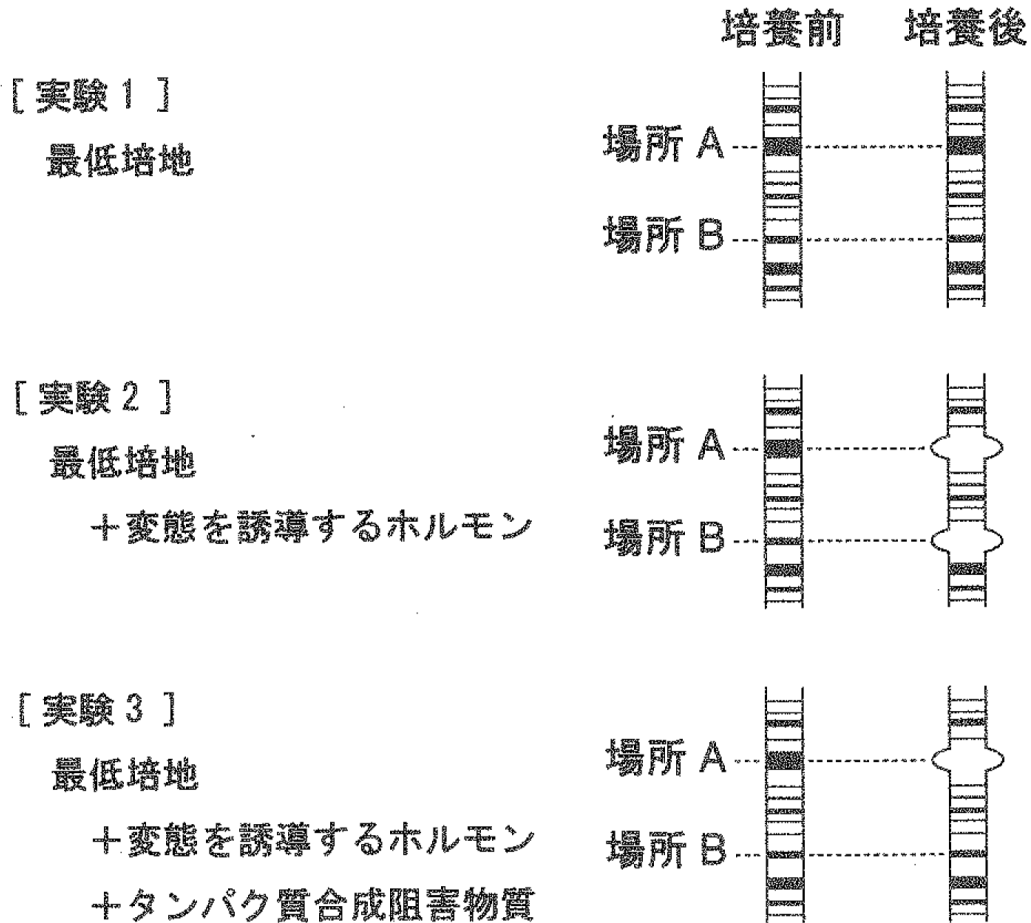


図1

問1 空欄 と に当てはまる最も適切な語を記せ。

問2 下線部(a)について、一般に用いられる色素の名称を1つ記せ。

問3 下線部(b)の根拠となる実験の例とその結果を、あわせて80字以内で記せ。

問 4 実験 1～3 の結果から、考えとして成り立たないものを以下のア～エからすべて選び、記号で記せ。ただし、以下の文章において、遺伝子 A または遺伝子 B は、場所 A または場所 B に位置する遺伝子のことを示す。また、遺伝子 A および遺伝子 B から合成されるタンパク質は、摘出直後(培養前)のだ腺には存在しないものとする。

ア. 遺伝子 A の転写は、遺伝子 B から合成されるタンパク質のはたらきを必要とする。

イ. 遺伝子 A の転写は、遺伝子 B から合成されるタンパク質のはたらきを必要としない。

ウ. 遺伝子 B の転写は、遺伝子 A から合成されるタンパク質のはたらきを必要とする。

エ. 遺伝子 B の転写は、遺伝子 A から合成されるタンパク質のはたらきを必要としない。

(次ページに第Ⅱ問があります。)

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

植物は、太陽光エネルギーを利用して二酸化炭素と水から有機物を合成し、この^(a)とき副産物として酸素が生じる。このいわゆる光合成をおこなう能力は、最初にラン藻が獲得した。それ以前の大気環境には酸素は含まれていなかったが、ラン藻の光合成により発生した酸素により大気は徐々に^{じょじょ}酸化^{じょじょ}的になり、地球の環境は大きく^(b)変化じた。

陸上植物の葉は、光合成を効率よくおこなうために特化した器官で、さまざまな組織から成り立っている。図1はある植物の葉組織の断面図である。一般に葉の柔組織は、葉の表側の細胞が密に詰まった 組織と、葉の裏側の細胞間に空間が多い 組織から構成される。蒸散やガス交換を行う が葉の裏側に多いことから、 組織の細胞間隙^{かんげき}がそれらを効率よくおこなうのに役立つと考えられている。

一方、以下の2つの実験により、2種類の柔組織が存在する意義が新たに明らかにされた。これらの実験は、葉を透過する光の量(光量)を調べた実験である。葉サンプルに照射された光の一部は葉の表面で反射され、葉内に入った光は屈折や反射により散乱されながらクロロフィル等の色素により吸収される。吸収されなかった光は葉を透過する。

[実験1] 図2のような測定装置を作製し、さまざまな波長の光を小さな穴を通して葉の表側から照射し、葉サンプルを透過する光量を調べた。光源から垂直の位置Aに光検出器を置き、葉を真っ直ぐに透過する光量を測定し、60°ずらした位置Bにも光検出器を置き、葉内で散乱した光量の一部を測定した。AとBの位置は、ともに葉サンプルから50mm離れており、それぞれの点で測定した光量の比を図3に示した。葉サンプルは、オリーブオイルを細胞間隙に染みこませたものと、オリーブオイルを染みこませていない無処理のものを用いた。オリーブオイルを細胞間隙に染みこませると、いずれの波長の光においても、その比は小さくなった。

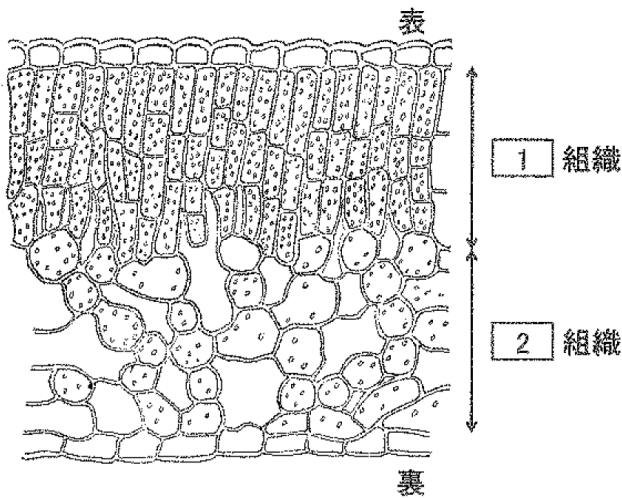


図 1

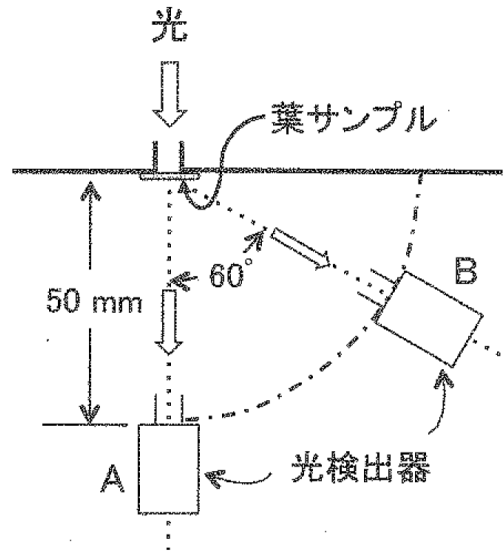


図 2

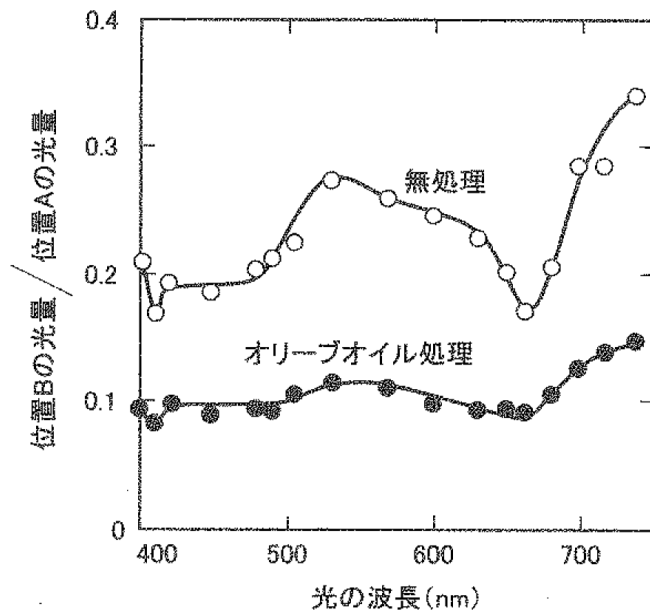


図 3 光の波長と葉を通過する光の関係

nm(ナノメートル)は長さの単位で, 1 nm は 10^9 分の 1 m である。

[実験 2] 1枚の葉の裏側から柔組織を削り取って、図4の模式図(①~⑥)に示すように、葉の表側の表皮と柔組織の一部をもつさまざまな厚みの断片を調製した。その葉の断片に表側から光を当てて透過した光量を計測し、光の透過率を求めた。光の透過率は、葉サンプルを置かないで測定した時の光量に対する、葉サンプルを通して測定したときの光量の割合で示した。図4のグラフは、用いた葉断片の面積あたりのクロロフィル量と光の透過率の関係を示したものである。その結果、2組織を含む断片の方が、^(c)クロロフィル量の増加に対する光の透過率の低下が大きくなる、すなわち光の吸収量が大きくなることがわかった。それぞれの柔組織が、光の吸収にどの程度関与したかを調べるため、上記と同様にさまざまな厚みのサンプルを用意し、葉内での光の散乱、葉の表面での光の反射等を測定した。これらの結果をふまえ、葉の組織を同じ量のクロロフィルをもつ10層に区分したとき、各層の光の吸収率を算出すると、図5のようになった。

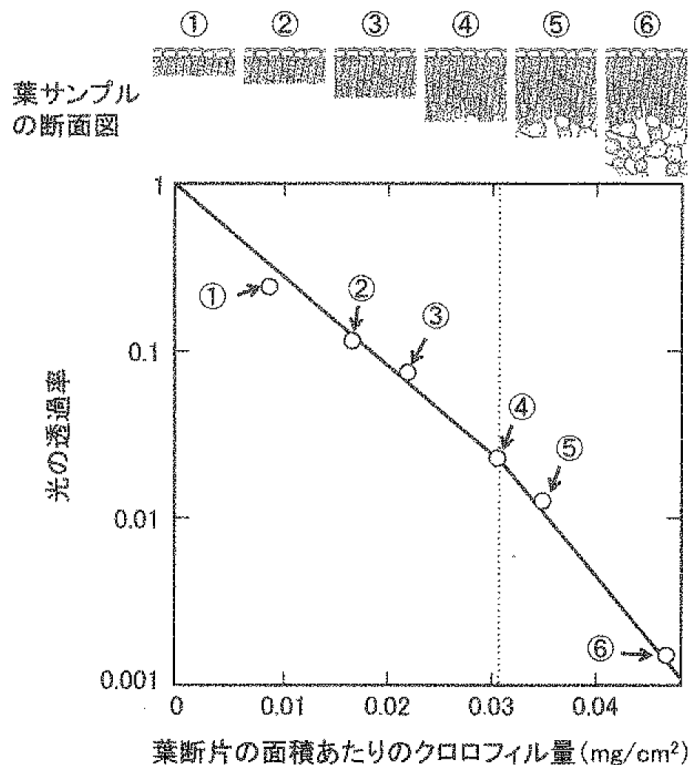


図4 葉断片の面積あたりのクロロフィル量と光の透過率の関係
 葉サンプルの断面図の①~⑥はグラフの各点に対応する。グラフ中の点線は、1組織と2組織の境界を示す。

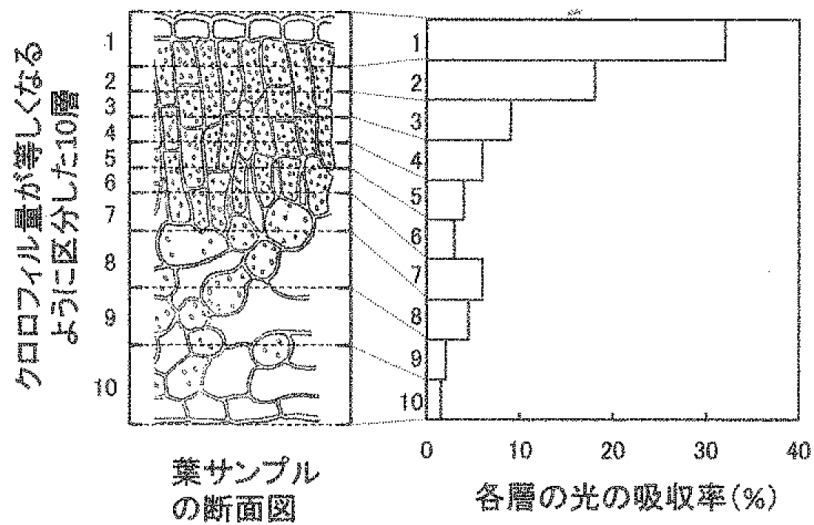


図5 各層の光の吸収率

問 1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)に関連して、二酸化炭素と水から1分子のグルコース($C_6H_{12}O_6$)が合成されるとすると、何分子の二酸化炭素が固定され、何分子の酸素分子が発生するか記せ。

問 3 下線部(b)に関連して、光合成生物の誕生により地球上に起こったと考えられるできごとを、以下のア~エからすべて選び、記号で記せ。

- ア. 無酸素環境で生育する生物は全て死滅した。
- イ. 海洋が酸性化した。
- ウ. ミトコンドリアをもつ真核細胞が誕生した。
- エ. 生物の陸上への進出が可能になった。

問 4 下線部(c)のようになった理由を、実験1の結果である図3にもとづいて、30字以内で記せ。

問 5 実験2の結果から、図1のような2種類の柔組織の配置が、光合成に適していると考えられる理由を60字以内で記せ。

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

真核細胞の細胞質に存在する の1つであるミトコンドリアは、電子伝達系や などに関わる酵素群を含み、これらの酵素群のはたらきで好気呼吸をおこなうことで、グルコースなどに存在するエネルギーを生命活動に直ちに利用できる形に変換するという重要な役割をはたしている。さらに、核とミトコンドリアの内部には、それぞれに固有な核 DNA とミトコンドリア DNA が存在している。また、マウスなどのほ乳類では、精子由来のミトコンドリア DNA は子孫に受けつがれないことが明らかになっている。

ほ乳類のミトコンドリア DNA には、好気呼吸に必要な酵素群の一部を構成するタンパク質の遺伝子のみならず、これらのタンパク質の翻訳に必要な運搬 RNA (tRNA) などの遺伝子も存在している。しかも、核 DNA に存在する遺伝子の翻訳が細胞質の でおこなわれるのに対し、ミトコンドリア DNA に存在する遺伝子の翻訳はミトコンドリア内の でおこなわれている。しかし、ミトコンドリア DNA の複製に必要な DNA 合成酵素、転写に必要な RNA 合成酵素、翻訳に必要なタンパク質の遺伝子はいずれも核 DNA に存在している。これらの遺伝子は核で転写され、細胞質の でタンパク質に翻訳され、翻訳されたタンパク質はミトコンドリア内に輸送される。

このように、ミトコンドリアが正常な好気呼吸をおこなうには、ミトコンドリア DNA と核 DNA の両方に存在する遺伝子が発現し、協調して機能することが必要となる。したがって、ミトコンドリア DNA に存在する遺伝子に突然変異が生じても、あるいは核 DNA に存在する遺伝子に突然変異が生じても、好気呼吸の機能が低下する場合がある。

ここに、いずれも好気呼吸の機能が低下している3個体のマウス A~C がいる。これらのマウスの好気呼吸の機能が低下している原因を明らかにするために、以下の3つの実験をおこなった。

[実験1] マウスAと正常な雄マウスを交雑させたところ、生まれた雑種第一代(F_1)の個体はすべて好気呼吸の機能低下を示した。また、 F_1 の雌マウスを、正常な雄マウスと交雑させたところ、生まれた個体はすべて好気呼吸の機能低下を示した。一方、 F_1 の雄マウスを、正常な雌マウスと交雑させたところ、生まれた個体はすべて正常であった。

[実験2] マウスBの細胞を調べたところ、ミトコンドリア内の転写は正常であったが、ミトコンドリア内の翻訳が阻害されていた。

[実験3] マウスCのミトコンドリアDNAの全塩基配列と正常なマウスのミトコンドリアDNAの全塩基配列を調べた。その結果、マウスCでは好気呼吸にかかわる遺伝子の特定の位置に1塩基だけ突然変異が見つかった。しかも、正常なマウスのこの位置の塩基はマウス以外の動物種でも同じであることがわかった。

問1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問2 実験1~3の結果をもとに、3個体のマウスA~Cそれぞれについて、好気呼吸の機能低下を示す原因として最も適切な考えを、以下のア~ウから選んで記号で記せ。また、その考えを選んだ理由をそれぞれ50字以内で記せ。

ア. 核DNAに存在する遺伝子の突然変異が原因である。

イ. ミトコンドリアDNAに存在する遺伝子の突然変異が原因である。

ウ. 核DNAとミトコンドリアDNAのどちらに存在する遺伝子の突然変異が原因か判断できない。

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

人間の活動が生物多様性に悪影響をおよぼしてきた結果、この数百年で過去の平均的な絶滅スピードの約1000倍という速さで、生物種の絶滅が進んでいると考えられている。このような状況において、新潟のトキや兵庫の 1 のように、すでに日本国内では絶滅してしまった種を、もう一度かつての生息地に定着させようという努力がなされている。この中で、生息地を復元するため無農薬による農業活動もおこなわれ、その結果、地域の特産物が生まれて、大きな経済効果をもたらしている事例もある。

一方で、特定の種だけではなく、地域のもつ生物多様性そのものを、維持および回復していこうという動きもある。いろいろな生物種から構成された 2 の多様性を保つためには、自然をあるがままに放置するのではなく、日本の農村にみられる 3 のように、人間が能動的に自然を管理していくことが必要になってくる。このように、単に自然を愛でるための保護活動ではなく、人間生活に役立つ 2 や、それを含む生態系を包括的に保全するという、新しい自然保護活動が始まっている。その一例が図1であらわされる生態系サービスという考え方である。生態系サービスとは、人間が、生態系のもつ機能をサービスとして活用し、経済価値に結びつける考え方である。生態系による物質循環や土壌形成などは基盤サービスとよばれ、生態系サービスの土台となる。この基盤サービスの上に、人間生活に必要なサービスとして、供給、調整、そして文化サービスが考えられている。

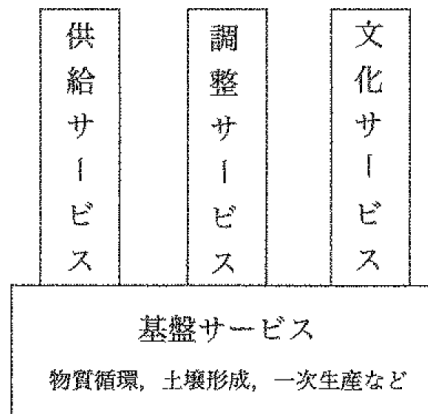


図1 生態系サービスの模式図

問 1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 下線部(a)について、生物種の絶滅の直接的な原因と考えられる人間の行為を以下のア～カからすべて選び、記号で記せ。

- ア. 害獣の天敵の導入 イ. 社寺林の間伐^{かんばつ} ウ. ダム建設
エ. 焼き畑農業 オ. ペットの飼育 カ. 動物園の運営

問 3 以下のア～コは、図 1 の生態系サービスを構成する供給、調整、文化サービスの 3 つのいずれかに当てはまる。それぞれに当てはまるものをすべて選び、記号で記せ。また、これら 3 つのサービスのうち、生物多様性が重要であるものには○を、重要でないものには×を記せ。

- ア. 食料 イ. 気候制御 ウ. 木材 エ. 精神涵養^{かんよう}
オ. 水の浄化 カ. 燃料 キ. 治水 ク. 教育
ケ. 飲料水 コ. レクリエーション

問 4 図 2 のグラフは、森林に対する攪乱^{かくらん}の頻度や攪乱後の時間の経過に応じて、森林の多様性がどのように変化するかをあらわしている。ここで攪乱とは、火山の噴火や山火事、河川の氾濫^{はんらん}、あるいは人間による森林の伐採^{ぼっさい}などを意味する。グラフの下の模式図は、横軸の 4 つの異なる位置に対応した森林の状態を示している。A, B, C は成木を、a, b, c はそれぞれの幼木をあらわしている。図 2 に関連して、以下の設問(1), (2)に答えよ。

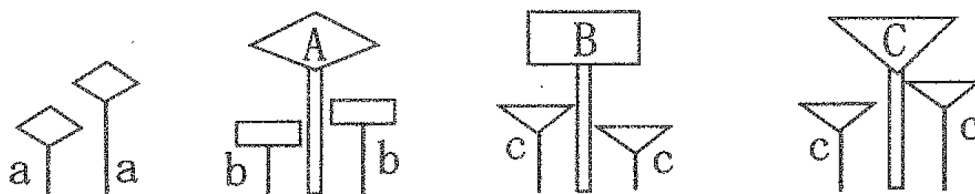
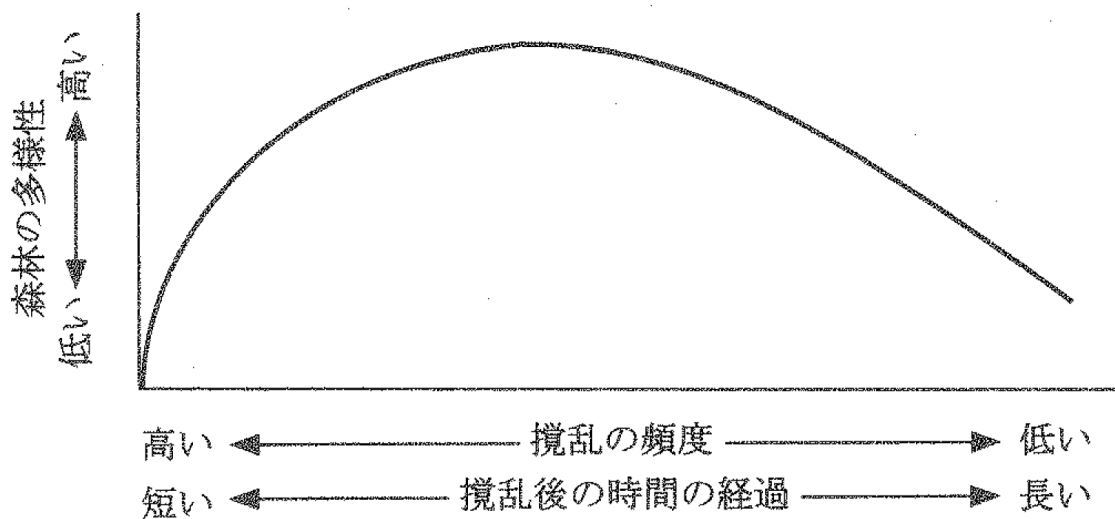


図2

- (1) 森林の状態が攪乱後の時間の経過とともに、図2の左の模式図から右の模式図に順番に変化していく様子を何とというか、また、一番右側の模式図のように、樹種Cが優占する森林の状態を何とというか、それぞれの名称を記せ。
- (2) 下線部(b)について、このように考えられる理由を、図2のグラフに基づき60字以内で記せ。