

入学試験問題(1次)

理 科

令和6年1月22日

10時50分—12時10分

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かないこと。
- 2 この問題冊子は表紙・白紙を除き43ページ(物理1～10ページ、化学11～23ページ、生物24～43ページ)である。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合は申し出ること。
- 3 物理、化学、生物のうちからあらかじめ入学志願票に記入した2科目を解答すること。
- 4 解答には必ず黒鉛筆(またはシャープペンシル)を使用すること。
- 5 解答は、各設問ごとに一つだけ選び、解答用紙の所定の解答欄の該当する記号を塗りつぶすこと。
- 6 解答を訂正する場合は、消しゴムできれいに消すこと。
- 7 解答用紙の解答欄は、左から物理、化学、生物の順番になっているので、マークする科目の解答欄を間違えないように注意すること。
- 8 監督員の指示に従って、問題冊子の表紙の指定欄に受験番号を記入し、解答用紙の指定欄に受験番号、受験番号のマーク、氏名を記入すること。「志願票に記入した科目を2つマークしなさい」の欄には、入学志願票と同じ科目にマークすること。
- 9 この問題冊子の余白は、草稿用に使用してよい。ただし、切り離してはならない。
- 10 解答用紙およびこの問題冊子は、持ち帰ってはならない。

受験番号				
------	--	--	--	--

上の枠内に受験番号を記入しなさい。

生 物

次の文章を読み、以下の問い(問題1～4)に答えよ。

臓器移植に伴う拒絶反応は、抗原や移植部位が非自己と認識されることで起こる。これには、主要組織適合抗原(MHC)が関与している。ヒトの場合、MHCはヒト白血球型抗原(HLA)とよばれ、第6染色体上にある6対の遺伝子(HLA遺伝子)によって決まる。各々の遺伝子座には非常に多くの対立遺伝子が存在する。一般的に父親由来と母親由来の対立遺伝子は異なるため、1個の(A)には6種類⁽¹⁾の異なるMHCクラスI分子が、(B)ではそれに加えて6種類の異なるMHCクラスII分子が発現することになる。MHCクラスI分子とMHCクラスII分子は、それぞれ(C)と(D)に認識される。この(E)種類のMHC分子のすべてが他人と一致することはほとんどなく、臓器移植では移植臓器のMHC分子と自己のMHC分子との不一致が拒絶反応の主な原因となる。

マウスにおける皮膚移植実験においても、拒絶反応を確かめることができる。皮膚片は、遺伝的に均質な系統Xまたは系統Yの同系統の成熟した個体間では生着するが、異なる系統Xと系統Yの成熟した個体間では脱落する。しかし、異なる系統間においても、移植前の処置により皮膚片の生着率を高めることができる。また、生後すぐに移植を受ける個体のある器官を切除しても皮膚片の拒絶がみられなくなる⁽³⁾。

- 1 下線部(1)について、父親がab、母親がcdで表されるHLA遺伝子の組合せをもっている場合、子供に現れる可能性があるHLA遺伝子の組合せとして正しいものはどれか。

- ㊦ ab, ac, ad, bc ㊧ ab, ac, ad, bd ㊨ ac, ad, bc, bd
㊩ ac, ad, bc, cd ㊪ ac, ad, cd, bd

2 文章中のA～Eに入る語句・数字の組合せとして適当なものはどれか。

	A	B	C	D	E
㉗	抗原提示細胞	有核細胞	キラーT細胞	ヘルパーT細胞	12
㉘	有核細胞	抗原提示細胞	ヘルパーT細胞	キラーT細胞	12
㉙	有核細胞	抗原提示細胞	キラーT細胞	ヘルパーT細胞	12
㉚	抗原提示細胞	有核細胞	ヘルパーT細胞	キラーT細胞	6
㉛	有核細胞	抗原提示細胞	ヘルパーT細胞	キラーT細胞	6

3 下線部(2)について、異なる系統間の皮膚移植において皮膚片の生着率を高める方法として適しているものはどれか。

- ㉜ 系統Xの成熟マウスの血清を、系統Yの成熟マウスに注射する。その後、血清を注射された系統Yのマウスに、系統Xの成熟マウスの皮膚片を移植する。
- ㉝ 系統Yの成熟マウスの血清を、系統Xの成熟マウスに注射する。その後、血清を注射された系統Xの皮膚片を、系統Yの成熟マウスに移植する。
- ㉞ 系統Yの成熟マウスのひ臓細胞を、系統Xの成熟マウスに注射する。その後、ひ臓細胞を注射された系統Xの皮膚片を、系統Yの成熟マウスに移植する。
- ㉟ 系統Xの成熟マウスのひ臓細胞を、系統Yの胎児マウスに注射する。この胎児マウスが産まれて成熟した後、系統Xの成熟マウスの皮膚片を移植する。
- ㊱ 系統Xの胎児マウスのひ臓細胞を、系統Yの成熟マウスに注射する。その後、ひ臓細胞を注射された系統Yのマウスに、系統Xの成熟マウスの皮膚片を移植する。

4 下線部(3)の「ある器官」はどれか。

- ㉟ 副腎 ㊱ 胸腺 ㊲ ひ臓 ㊳ 甲状腺 ㊴ リンパ節

次の文章を読み、以下の問い(問題5～8)に答えよ。

私たちに身近な原核生物には(A)のような従属栄養の細菌が多い。一方、公園や空き地で見られるイシクラゲは(B)という原核生物の一種であり、酸素、二酸化炭素、窒素という3種類の気体を利用できる独立栄養生物として知られている。図1に典型的なイシクラゲの細胞の模式図を示す。顕著な特徴は発達したチラコイドとカルボキシソームとよばれる構造である。チラコイドには光合成色素が埋め込まれており、(C)と同様に(D)を電子の供給源としてATPとNADPHがつくられる。カルボキシソームは二酸化炭素と(E)を結合させるカルボキシラーゼ活性を持つ酵素が集積した構造で、炭酸同化を促進する。また、細胞内には窒素貯蔵に適した特徴を持つシアノフィシンが見られるが、これは(F)とアスパラギン酸という2つのアミノ酸から構成されるポリマーである。イシクラゲでは、窒素が不足すると窒素固定に特化した大型の細胞が一定の割合で生じ、他の細胞では光合成を続ける。窒素固定を触媒する酵素は酸素によって失活するため、大型の細胞は光合成で生じる酸素の影響からこの酵素を守る特徴を持っている。⁽¹⁾

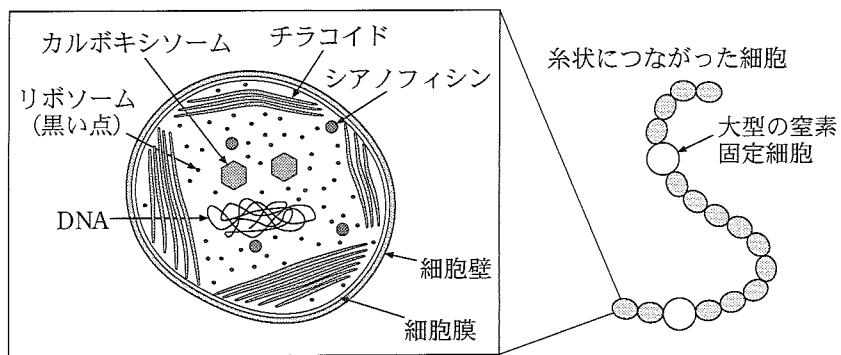


図1 イシクラゲの細胞

5 文章中のA～Cに入る語句の組合せとして適切なものはどれか。

	A	B	C
㉞	メタン菌	アーキア	緑藻類の葉緑体
㉟	大腸菌	シアノバクテリア	緑色硫黄細菌
㊱	大腸菌	根粒菌	バクテリオクロロフィル
㊲	乳酸菌	根粒菌	緑藻類の葉緑体
㊳	乳酸菌	シアノバクテリア	植物の葉緑体

6 文章中のDとEに入る語句の組合せとして適切なものはどれか。

	D	E
㉞	酸素	C ₃ 化合物
㉟	二酸化炭素	C ₅ 化合物
㊱	水	C ₃ 化合物
㊲	水	C ₅ 化合物
㊳	NAD ⁺	C ₅ 化合物

7 文章中のFには窒素を貯蔵する役割を果たすため、窒素を最も多く含むアミノ酸が入る。正しいものはどれか。

- ㉞ グルタミン酸 ㉟ アルギニン ㊱ グルタミン
 ㊲ システイン ㊳ グリシン

8 下線部(1)として適当なものはどれか。

- ㉞ 光化学系Ⅰの阻害
- ㉟ 光化学系Ⅱの阻害
- ㊱ カルボキシラーゼ活性を持つ酵素の活性化
- ㊲ ミトコンドリアの増殖の活性化
- ㊳ 解糖系酵素の発現の増強

9 固定結合は、さまざまな動物の組織に見られる結合で、カドヘリンまたはインテグリンと呼ばれる膜タンパク質が関与している。これらのタンパク質は、細胞内でアクチンフィラメントや(A)と結合している。

文章中のAに入る細胞骨格を図1より選べ。

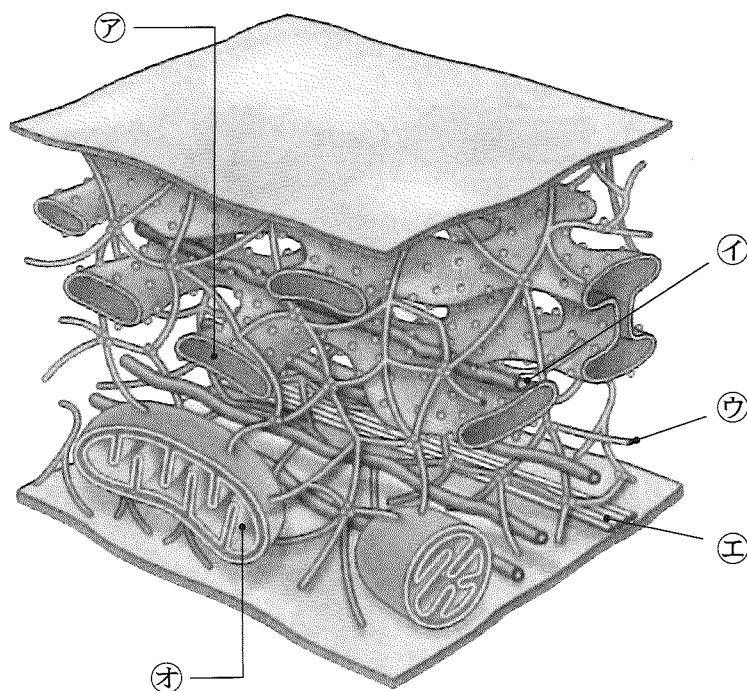


図1 細胞内の模式図

10 ある生物の遺伝子に注目し、数個体を選び mRNA の塩基配列を決定したところ、図 1 のような配列が得られた。

1 10 20 30 40 50
| | | | | |
AUG CUC CUA UAC GUC AUU CUU AUU GAC AAA UUU CAA GUC AUA UGA CUU GAA AUG A

図 1 得られた mRNA の塩基配列

ところが、多くの個体の塩基配列を調べると一部に次のような配列の異なる mRNA を持つ個体もいることがわかった。

- ㊦ 左から 28 番目の A が U になっていた。
- ㊧ 左から 33 番目の U が A になっていた。
- ㊨ 左から 13 番目の G が欠失していた。
- ㊩ 左から 13, 14 番目の G と U が欠失していた。
- ㊪ 左から 15, 16 番目の C と A の間に A が挿入されていた。

㊦～㊪の中で、翻訳されるポリペプチドを構成するアミノ酸数が増加する変異はどれか。ただし、この遺伝子はこの配列の左端の AUG から翻訳されるものとする。必要に応じて図 2 を用いること。

11 ある真核生物の遺伝子 y は、mRNA 前駆体の分子量が 5.0×10^5 であり、mRNA 前駆体に占めるエキソンの割合は30%である。また、エキソンのすべてがアミノ酸に翻訳されるわけではなく、実際にアミノ酸に翻訳される mRNA の塩基配列の割合は60%である。この遺伝子 y から合成されるタンパク質の分子量として適当なものはどれか。RNA ヌクレオチドの平均分子量を300、アミノ酸の平均分子量を120とする。

- ㉞ 1.2×10^4 ㉟ 2.8×10^4 ㊱ 3.6×10^4
 ㊲ 8.4×10^4 ㊳ 1.1×10^5

12 DNA の複製に関するA～Fの説明のうち正しいものはいくつあるか。

- A DNA ポリメラーゼは、リーディング鎖とラギング鎖の双方の合成にはたらく。
 B DNA ポリメラーゼによるヌクレオシド三リン酸どうしの連結には、ヌクレオシド三リン酸の外側の1つのリン酸基がはずれたときのエネルギーが使われる。
 C 複製起点では、DNA ヘリカーゼによって相補的塩基対の水素結合が切れ、部分的に1本ずつのヌクレオチド鎖にわかれる。
 D ラギング鎖では、DNA リガーゼにより岡崎フラグメントどうしが連結される。
 E ラギング鎖は、 $3' \rightarrow 5'$ の方向に合成される。
 F DNA 合成の開始には、DNA ポリメラーゼとは別の酵素によって合成されたDNA プライマーが必要である。

- ㉞ 1 ㉟ 2 ㊱ 3 ㊲ 4 ㊳ 5以上

次の文章 I, II を読み、以下の問い(問題 13~15)に答えよ。

I. ショウジョウバエの形態形成は、調節遺伝子が段階的にはたらくことによって制御されている。卵の前後軸の一方の末端にはナノス mRNA, もう一方の末端にはビコイド mRNA が局在しているが、受精後に翻訳されると、ナノスとビコイドのタンパク質の濃度勾配が生じる。この濃度勾配を位置情報として胚の前後軸が決まる。その後、(A)グループの分節遺伝子によって胚が区画化されて(B)個の体節が形成される。最後に *Hox* 遺伝子が細胞の増殖や接着、分化を制御する多くの遺伝子の発現を調節することで、それぞれの体節は前後軸に沿った特徴的な形態となる。

II. 脊椎動物の胚では、中胚葉の分節構造である体節が神経管の両側に形成され、前後軸に沿って並ぶ。この分節構造は外からは見えないが、最終的に形成される脊椎骨の分節で確認できる。マウスにはショウジョウバエの *Hox* 遺伝子と相同な遺伝子群が存在し、*Hox6*, *Hox7*, *Hox9* が発現する領域から肋骨のある胸椎が、*Hox10* が発現する領域から腰椎が形成される(図 1)。*Hox10* ノックアウトマウスでは本来腰椎になるべき領域全体が胸椎のような形態になった。一方、野生型の約 1/6 量の *Hox10* を発現するマウスでは、本来腰椎になるべき領域の一番前側の脊椎骨だけが胸椎のような形態になった。

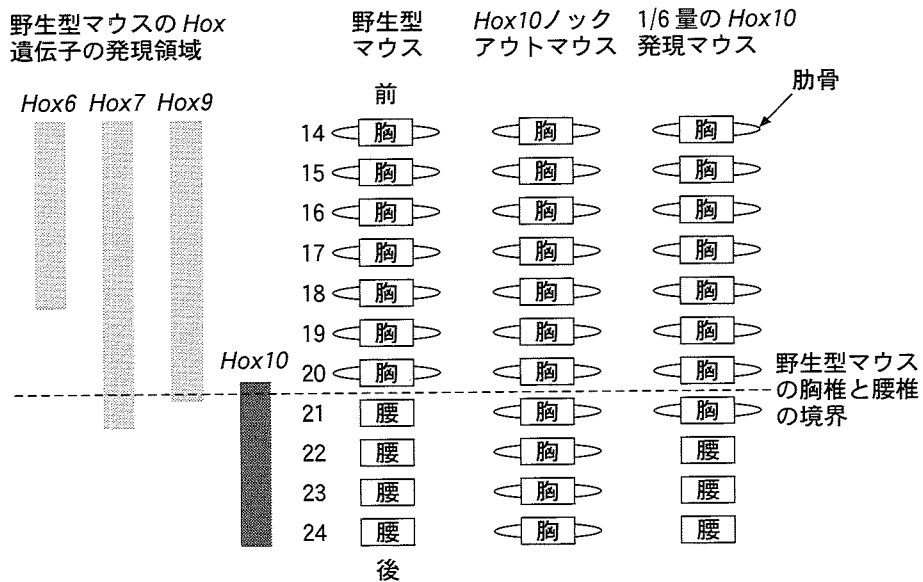
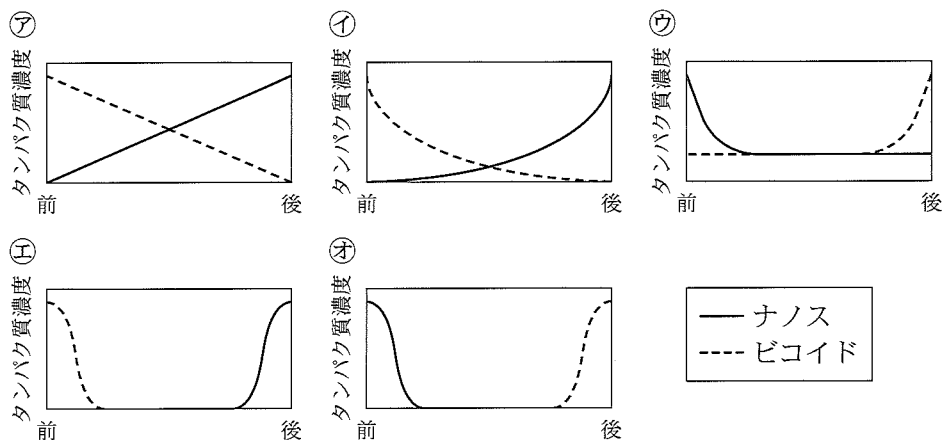


図1 *Hox* 遺伝子の発現領域とマウスの表現型の模式図
 * 胸 は胸椎, 腰 は腰椎を表し, 14~24 番目の脊椎骨の領域だけを示す。

- 13 下線部(1)を表すグラフとして適当なものはどれか。ただし、縦軸は受精卵でのナノスとピコイドのタンパク質濃度(相対値)、横軸は受精卵の前端から後端までの位置(相対値)を示している。



- 14 文章中のAとBに入る数字を足すといくつになるか。

- Ⓐ 8 ⓐ 10 Ⓤ 13 Ⓧ 17 ⓚ 18

- 15 前後軸に沿った脊椎骨形成の特徴づけに関する記述のうち、誤っているものはどれか。

- Ⓐ 21～24番目の脊椎骨を形成する中胚葉・体節は、*Hox10* がなければ胸椎を形成する。
- ⓐ 21～24番目の脊椎骨を形成する中胚葉・体節は、*Hox10* がはたらくことで腰椎の特徴をもつようになる。
- Ⓤ 野生型の1/6の*Hox10*発現量では21番目の脊椎骨を形成する中胚葉・体節を腰椎の特徴をもつように変えることはできない。
- Ⓧ *Hox7* は21番目の脊椎骨を形成する中胚葉・体節が胸椎になることを抑制している。
- ⓚ *Hox10* は、ホメオティック遺伝子だといえる。

16 図1はショウジョウバエの染色体地図である。白眼を生じる劣性(潜性)遺伝子 w には正常な赤眼となる優性(顕性)の対立遺伝子 w^+ があり、痕跡ばねを生じる劣性遺伝子 vg には正常ばねとなる優性の対立遺伝子 vg^+ がある。図の左下の円内は表現型【白眼，痕跡ばね】を示す個体 A の体細胞で観察された染色体の模式図を示している。この個体と表現型【赤眼，正常ばね】の異性個体 B との交配によって【白眼，痕跡ばね】のメス個体が生まれた。個体 B の性別と遺伝子型の組み合わせとして正しいものはどれか。

- ア オス, $X^{w^+}Y, vg^+vg^+$ ① オス, $X^{w^+}Y, vg^+vg$
 ウ メス, $X^{w^+}X^{w^+}, vg^+vg$ ② メス, $X^{w^+}X^w, vg^+vg$
 エ 1つには決まらない

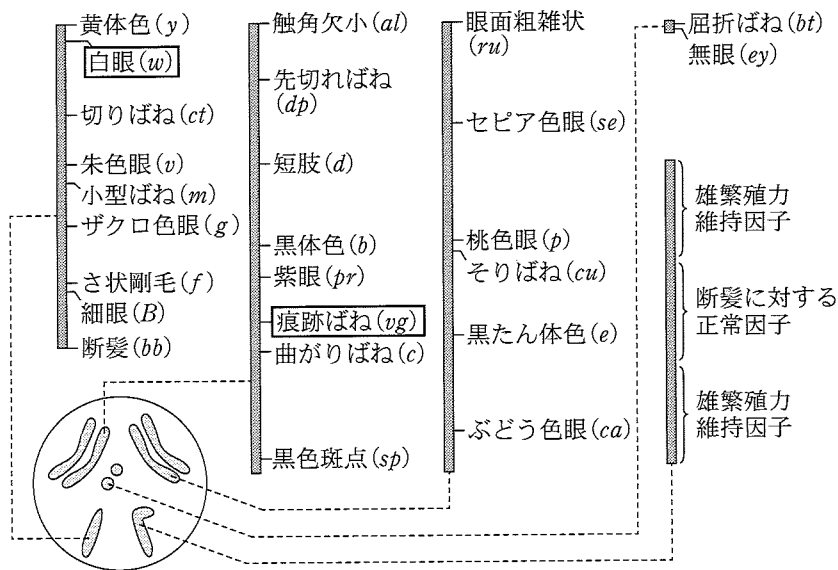


図1 ショウジョウバエの染色体地図と個体 A の染色体

- 17 オナモミは短日植物である。図1のように枝分かれしたオナモミの一方の枝を枝A、もう一方の枝を枝Bとする。実験前から長日条件下で栽培を続け、実験1～4の操作を行った後、領域Xだけを暗幕で覆うことで短日処理を施した。枝A、Bが共に花芽形成すると考えられるものはいくつあるか。

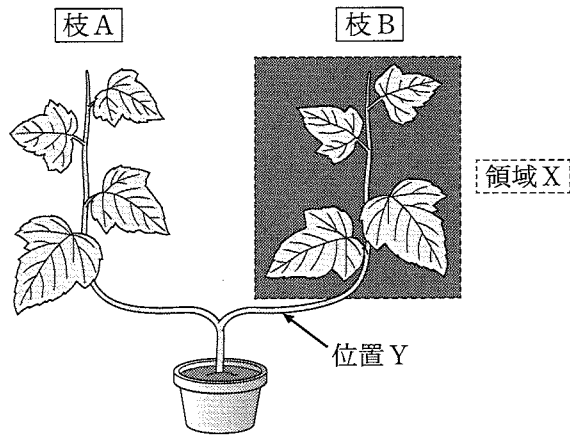


図1 実験に使ったオナモミ

- 【実験1】 枝Bの葉をすべて除去する。
- 【実験2】 位置Yを環状除皮する。
- 【実験3】 枝Bの茎頂だけでフロリゲンの受容体が働かないようにする。
- 【実験4】 枝Bの葉だけでフロリゲンの受容体が働かないようにする。

- ア 0 イ 1 ウ 2 エ 3 オ 4

18 以下のミツバチの行動に関する説明のうち正しいものはいくつあるか。

- A えさ場が巣から近くにある時は円形ダンスを行う。
- B 円形ダンスでは方角の情報は伝えられない。
- C 8の字ダンスでは直進する際に尻振りダンスが行われる。
- D 8の字ダンスでは尻振りダンスの方向が重力方向の場合、えさ場は巣から見た太陽と逆方向にある。
- E 円形ダンスと8の字ダンスのかぎ刺激は光である。

㊦ 1 ㊧ 2 ㊨ 3 ㊩ 4 ㊪ 5

19 人の死を判断する場合、呼吸の停止と心拍の停止に加えて、瞳孔反射の消失の確認が行われる。瞳孔反射の消失は、脳のどの領域の機能停止を意味しているか。

㊦ 大 脳 ㊧ 小 脳 ㊨ 間 脳 ㊩ 中 脳 ㊪ 延 髄

20 図1はさまざまな生態系における年間の現存量と純生産量の関係を表している。例として図中に温帯常緑樹林を示してある。同じように熱帯多雨林、ステップ、砂漠、外洋が図中のa~dの点のどれかに当てはまる。a~dの点と生態系の組合せで適当なものはどれか。

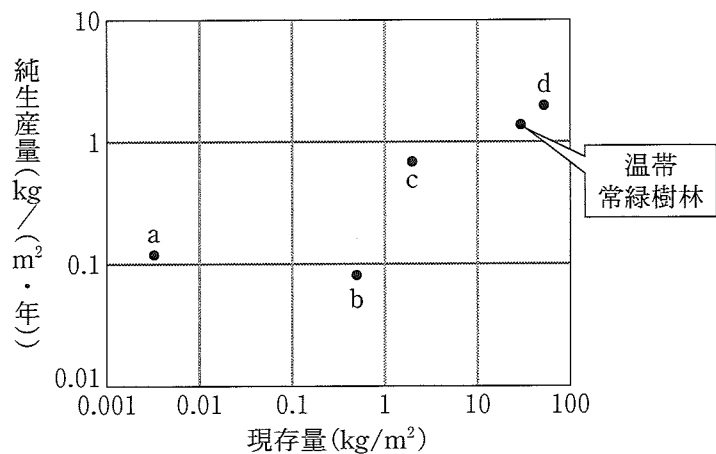


図1 純生産量と現存量の関係

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ㉞ a—外洋, b—熱帯多雨林 | ㉠ a—砂漠, c—ステップ |
| ㉡ a—外洋, b—砂漠 | ㉡ c—砂漠, d—熱帯多雨林 |
| ㉢ b—ステップ, c—外洋 | |

21 一部の生物の間には共生や寄生と呼ばれる関係がみられる。ある陸上植物の根には菌根菌が侵入する。菌根菌は土壌のリンを植物に渡し、植物からは炭水化物を常に受け取る。しかし、土壌のリン濃度が高いと、植物は自らリンを効率よく吸収できるので、菌根菌から受け取るリンの重要性は低くなる。図1は菌根菌の存在がこの植物の成長におよぼす影響と土壌のリン濃度の関係を表している。この図に関する以下の文章で正しいものはどれか。なお窒素化合物は土壌に豊富に存在し、十分に利用できるものとする。

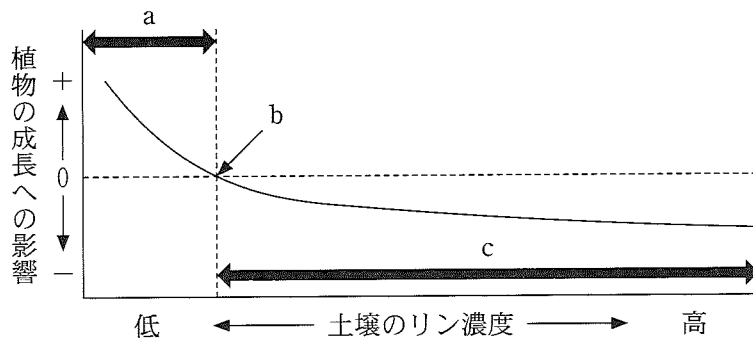


図1 土壌のリン濃度と菌根菌が植物の成長に与える影響

- ㊦ 図の a のリン濃度の範囲では植物のみが利益を得ているので、この植物と菌根菌の関係は片利共生である。
- ㊧ 図の b のリン濃度では植物の成長への影響は0なので、この植物と菌根菌の間に共生関係は無い。
- ㊨ 図の c の範囲のリン濃度では、この植物と菌根菌の関係は寄生にあたる。
- ㊩ 図の a, b, c いずれのリン濃度においても植物と菌根菌の関係は相利共生である。
- ㊪ 図の a, b, c いずれのリン濃度においても植物と菌根菌のいずれかのみが利益を得ているので、この植物と菌根菌の関係は片利共生である。

22 マダニが媒介する重症熱性血小板減少症候群が2013年以降、西日本を中心に434例報告されている。ある地域の基礎データとして、郊外の森林に隣接する公園に生息するマダニの数を推定することを計画した。

まず、幅2mの白い布を350mにわたって引きずり、マダニを採取した。捕獲された数は180匹であった。180匹すべてをアクリル絵の具でマークした後、元の地域に放った。3週間後、同じ場所で132匹のマダニを採取したところ、32匹がマークされていた。注目した区域1m²あたりのマダニの生息数は何匹と推定されるか。

- ㊦ 0.1匹 ㊧ 1匹 ㊨ 10匹 ㊩ 100匹 ㊪ 1000匹

次の文章を読み、以下の問い(問題 23～25)に答えよ。

ある島に生息するマイマイ(カタツムリ)は、通常は右巻きの殻をもつ(右巻きマイマイ)。しかし、突然変異によって、左巻きの殻をもつ個体(左巻きマイマイ)が現れることがある。⁽¹⁾マイマイの各個体は、雌雄同体だが、特徴的な交尾姿勢をとって精子のつまった袋を交換し、有性生殖を行う。このとき、交尾は右巻きマイマイのペア間、あるいは左巻きマイマイのペア間でのみ成立する。

23 左巻きマイマイが、集団全体に広まるために必須の条件として正しいものはいくつあるか。

- A 右巻きマイマイの個体数が減少すること。
- B 右巻きマイマイの移動が妨げられる地理的障壁が形成されること。
- C 左巻きマイマイが右巻きマイマイに比べ生存に不利ではないこと。
- D 同時期に複数の左巻きマイマイが存在すること。
- E 右巻きマイマイと左巻きマイマイに生殖的隔離が形成されること。

㉞ 0 ㉟ 1 ㊱ 2 ㊲ 3 ㊳ 4

24 このマイマイの生息する島では、マイマイだけを食するという食性をもったヘビの1種がマイマイの主要な捕食者である。このヘビは、左右非対称の下顎骨を持ち、右巻きマイマイの軟体部だけを殻から引き抜き食べることができる。左巻きマイマイが集団全体に広まり、右巻きマイマイと共存するようになった後、島に生息していたマイマイよりも小型の殻をもつ別種のマイマイ(小殻マイマイ)が侵入し大量発生し続けた。すると、このヘビは小殻マイマイを優先的に食べるようになった。小殻マイマイ侵入後の既存のマイマイの個体数の変化として適切なものはどれか。また、既存のマイマイと小殻マイマイの間に資源を巡る競争はないものとする。

	右巻きマイマイ	左巻きマイマイ
㉠	増える	増える
㉡	増える	減る
㉢	減る	増える
㉣	減る	減る
㉤	変化なし	変化なし

25 下線部(1)に関連して、5種のマイマイのある1本の染色体を調べたところ、最も祖先的な種1の染色体構造と比較して、種2、3、4、5の染色体構造は図1のようになっていた。この構造から種2、3、4、5の系統関係を推定した。推定される系統関係として適当なものはどれか。

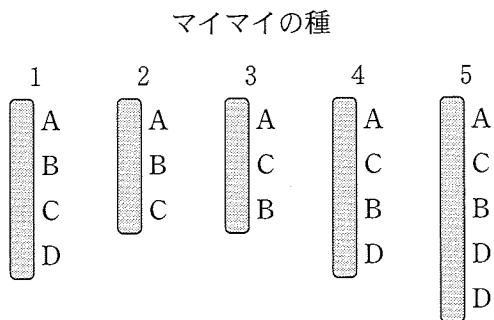


図1 マイマイの染色体構造
*A~Dは染色体の領域を表す。

