

分野別攻略Ⅲ（細胞・代謝・生態）

北海道 manavee 生物科編

2013 年作成

©北海道 manavee 生物科



演習問題 ① 細胞組織（2007 大阪市立大）

細胞小器官に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

真核生物の細胞を電子顕微鏡で観察すると、さまざまな細胞小器官から構成されていることがわかる。細胞をすりつぶした後、遠心分離法を用いた細胞分画法によって細胞小器官を分けることができる。

ある植物の葉の切片から細胞小器官を分離する実験を行った。すりつぶすときから遠心分離までの細胞分画は低温(4℃)で行った。切片に pH と浸透圧を調節した液を加え、乳鉢を用いてすりつぶした。葉をすりつぶした液を目の細かいガーゼでろ過し、ろ液を遠心管に移した。1 回目の遠心分離により、ろ液は沈殿 P1 と上ずみに分かれた。この上ずみを取り出し、次に 1 回目よりも大きな遠心力がかかるように遠心分離したところ、沈殿 P2 と上ずみに分かれた。このように順次より大きな遠心力で遠心分離し、最終的に 4 つの沈殿 P1, P2, P3, P4 と 1 つの上ずみを得た。

沈殿 P1 はアセトカーミンによく染まる細胞小器官 A を多く含んでいた。沈殿 P2 には緑色の細胞小器官 B が、沈殿 P3 にはシトクロムなどを含む細胞小器官 C が多く見られた。沈殿 P4 には、細かい膜小胞が観察された。沈殿 P4 には、もともと小さい細胞小器官のほか、すりつぶすときに生じた細胞膜の断片からなる膜小胞や A, B, C などの破砕物が含まれるはずだが、電子顕微鏡観察では区別できなかった。

植物の細胞膜には、プロトンポンプと呼ばれる酵素がある。この酵素は細胞膜の細胞質側で ATP を分解し、生じたエネルギーを利用して水素イオンを細胞外に放出して細胞外の水素イオン濃度を高める。すなわち、プロトンポンプは細胞外の pH を下げるはたらきをもつ。

生体膜は適当な溶液中ですりつぶすと、閉じて小さな袋状の膜小胞になる。沈殿 P4 を用いて次のような実験を行った。色素 X は、生体膜を自由に通り抜けることができ、より酸性の強い水溶液のある区画に集まる傾向がある。そこで、沈殿 P4 の膜小胞を適当な溶液中でよくかき混ぜて均一にけんだくし、このけんだく液に色素 X を加え、さらにけんだく液と同じ pH に調製した ATP を添加した。その結果、一部の膜小胞内に色素 X が蓄積することが、ある装置を用いた測定により明らかになった。

問1 細胞小器官 A, B, C の名称を答え、それぞれのはたらきを述べよ。また、下の細胞小器官 A の模式図にある構造(ア)～(ウ)の名称を答え、A, C の模式図にならって細胞小器官 B の断面を図示し、各部の名称を記入せよ。

問2 細胞小器官 B と C は、進化の過程で細菌やラン藻のような生物が共生して生じたと考えられているが、その根拠を述べよ。

問3 細胞小器官 A, B, C および細胞膜以外で、沈殿 P4 に無傷、あるいは破砕物として含まれると考えられる生体膜をもつ細胞小器官を 3 つ答えよ。

問4 下線部のように、細胞分画を低温で行った理由を述べよ。

問5 上記の実験で、色素 X を蓄積する膜小胞の状態に関する記述として最も適当なものを次の①～④のうちから1つ選べ。

- ① 細胞膜の細胞質側が内側を向いている膜小胞に X が蓄積する。
- ② 細胞膜の細胞質側が外側を向いている膜小胞に X が蓄積する。
- ③ 細胞膜の細胞質側が内側、外側の向きにかかわらず X が蓄積する。
- ④ 穴のあいた膜小胞に X が蓄積する。

問6 能動輸送によって水素イオンが移動したために色素 X が膜小胞内に蓄積したことを示すには、どのような実験をすればよいか述べよ。

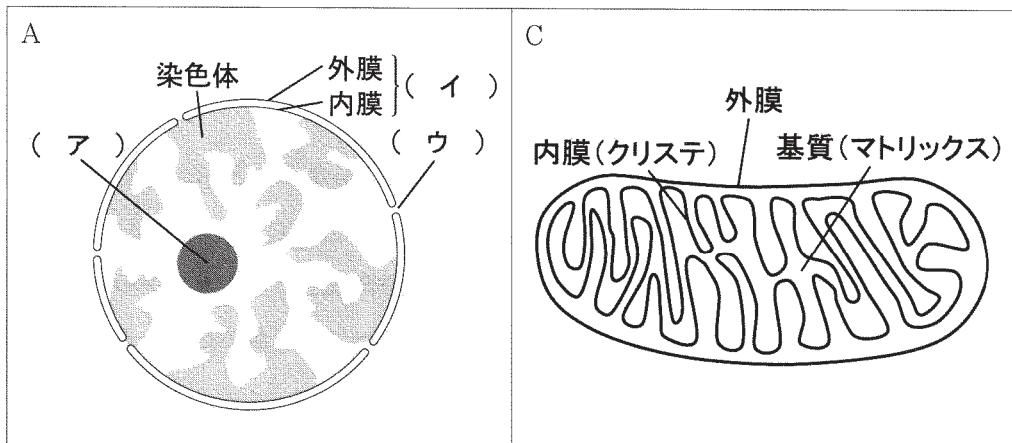


図 細胞小器官の断面

演習問題 ② 細胞組織 (2009 名古屋大)

(文 1) 細胞膜は脂質とタンパク質からなる。脂質分子には多くの種類があるが、どれも親水性(水に親和性の高い)の頭部と疎水性(水に親和性の低い)の尾部からなり、図 1 のように脂質二重膜を形成する。細胞膜にはさまざまな膜タンパク質が組み込まれており、細胞内の環境を調節するなど重要な機能を担っている。

図 1A のように赤血球膜ではすべての膜タンパク質が特定の端を細胞の外側に向け、反対の端を細胞の内側に向けている(これを正方向とし、反対向きを逆方向とする)。ある特定の種類の膜タンパク質の性質を調べるには人工膜小胞を用いる。脂質分子と 1 種類の膜タンパク質を混ぜると、脂質二重膜で囲まれた直径 $0.1\mu\text{m}$ 程度の小胞ができ、この膜に膜タンパク質が組み込まれる(図 1B)。この場合、この膜タンパク質はふつう正方向を向くものと逆方向を向くものがほぼ半々となる。

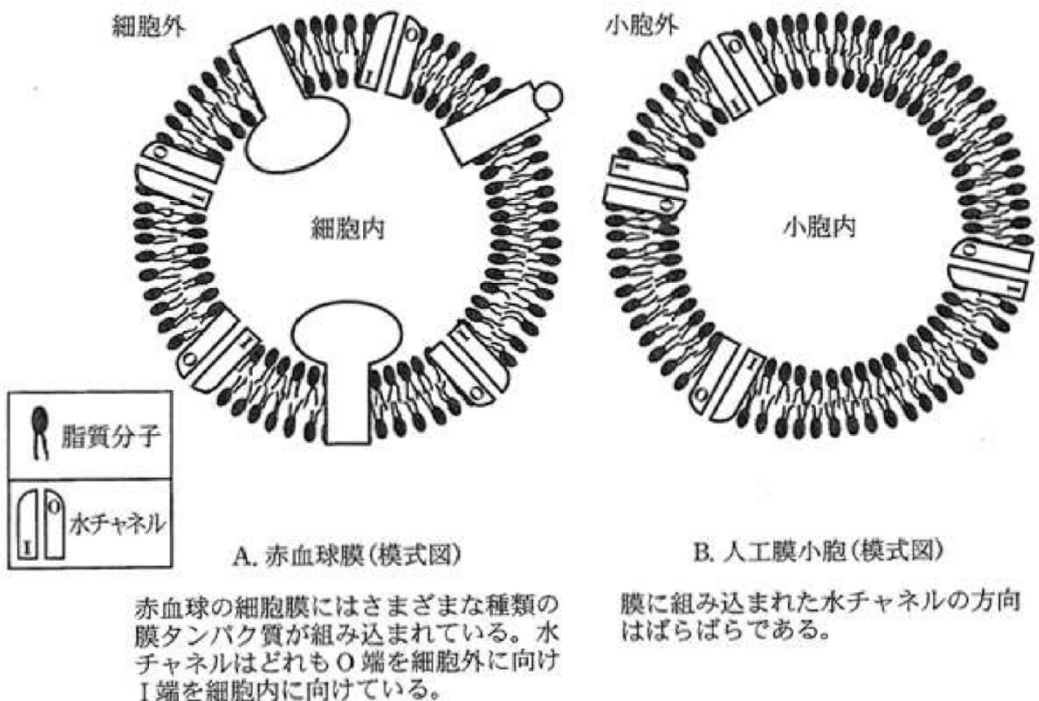


図 1

(文 2) 脂質二重膜の中央部は疎水性であるため、単位時間、単位面積あたりに透過する水分子の数は少ない。他方、動物の赤血球、腎臓の細胞、あるいは植物の細胞では細胞膜を横切って多量の水を高速に通すことができる。このような細胞の細胞膜には水分子だけを選択的に、かつ高速に透過させる水チャネル(アクアポリン)という膜タンパク質が多量に存在する。

多くの研究者は水チャネルがあるに違いないと考えていたが、長い間その存在を証明した人はいなかった。1992 年、ピーター・アグレ(Peter Agre)はヒト赤血球膜に多量に存在するタンパク質を研究していたところ、ある偶然からそのタンパク質(P と呼ぶことにする)が水チャネルではないかと気づき、それを証明しようと以下の実験を行った。

(文 3) アフリカツメガエルの卵母細胞は特定の成熟段階で停止した未成熟な卵細胞である。この細胞内では DNA の遺伝情報をもとに活発にタンパク質が作られ、作られたタンパク質は細胞膜に埋め込まれ機能する(これを膜タンパク質を細胞膜に発現させるという)。

ピーター・アグレたちは、ヒトのタンパク質 P の遺伝情報を持つ mRNA を含む溶液をアフリカツメガエルの卵母細胞に注入し、卵母細胞 A とした。卵母細胞 B には mRNA を含まない溶液を同量注入した。卵母細胞 A, B を注入操作の後 72 時間、室温で等張液(アフリカツメガエルの体液の浸透圧にほぼ等しい塩溶液)中に放置した。その後、卵母細胞を入れた外液を約 3 倍量の蒸留水でうすめたところ、卵母細胞 A は図 2 のグラフの黒丸で示したように膨張して数分の後に破裂した(矢印)。卵母細胞 B はグラフの白丸で示すように多少膨張したものの 1 時間経過しても破裂しなかった。また、別な膜タンパク質の遺伝情報を持つ mRNA を注入した卵母細胞 C では、細胞膜にこの膜タンパク質は発現されたが、卵母細胞 B と同様に破裂しなかった。

この実験で卵母細胞 A は破裂し、卵母細胞 B と C は破裂しなかったのは、卵母細胞 A では大量の水が急速に細胞内に流入したためであり、卵母細胞 B と C ではそのような水の急速な流入がなかったためと考えられる。水の急速な流入を引き起こした原因は、細胞内外の浸透圧の差である。蒸留水で外液を希釈したために細胞外液の浸透圧が細胞内の液の浸透圧に比べて[ア]なった。卵母細胞 A のみで水の急速な流入が起きたのは、卵細胞 A の膜にのみ[イ]が発現されたからと結論できる。卵母細胞 B が多少膨張したのは[ウ]を通してゆっくりとした水の流入があったためである。

ただしこの実験のみから、タンパク質 P が水チャネルそのものであるとは断定できない。それは「水チャネルの本体は卵母細胞膜にすでに存在していたが機能しておらず、タンパク質 P がその水チャネルを活性化した」という可能性を否定できないからである。これを否定するために次の実験を行った。

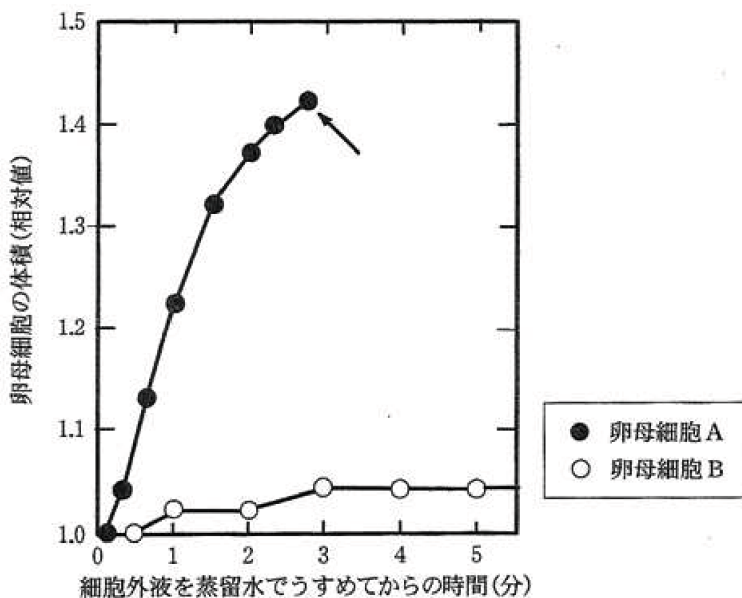


図 2

(文 4) ピーター・アグレたちはさらに、赤血球からタンパク質 P を単離・精製し、それを脂質分子と混合して人工膜小胞を作った。この人工膜小胞を等張液(浸透圧が人工膜小胞内液のそれに等しい液)中に入れ、その液にショ糖(スクロース)を加えてすばやくかき混ぜた。この結果、人工膜小胞の体積が急速に減少した。この体積減少の速度は、人工膜小胞に含まれるタンパク質 P の量に比例した。タンパク質 P を含まない人工膜小胞の体積減少はほぼゼロであった。この関係より、タンパク質 P の 1 分子あたりの水分子の透過率(単位時間あたりに透過した水分子の数)を求めた。他方、同一条件下で赤血球膜を透過する水の量を測り、それを赤血球膜に含まれるタンパク質 P の数で割ってタンパク質 P の 1 分子あたりの水分子の透過率を求めた。こうして求めた 2 つの透過率はほぼ等しかった。また、電子顕微鏡で調べると、人工膜小胞の膜に組み込まれたタンパク質 P の方向は正方向と逆方向がほぼ半々であった(図 1B)。それに対し、赤血球膜ではタンパク質 P はすべて正方向である(図 1A)。

問 1 文中の空欄[ア]～[ウ]に適切な語句を記入せよ。

問 2 この一連の実験によって文 3 の下線の可能性が否定される理由を 50 字以内で述べよ。

問 3 赤血球膜と人工膜小胞の膜の水分子の透過率は、水チャネル 1 分子あたりで比較するとほぼ等しかった。このことから結論される水チャネルの機能の特徴を 50 字以内で述べよ。ただし、水チャネルは 1 分子ずつ独立に機能する。

演習問題 ③ 酵素 (2005 東京理科大)

酵素とその反応を阻害する物質(阻害物質)の関係を調べるためには, 不完全に酵素反応を抑制する低濃度の阻害物質を加えて反応速度を調べる方法がある。下記の文章をよく読み, 以下の設問に答えなさい。

まず, 基質の濃度をいろいろ変え, 他の条件は一定にして酵素反応の速度を測定したところ 図 3A のグラフが得られた。図中の点の実験値である。また, 基質濃度の逆数を横軸に, 反応速度の逆数を縦軸にしてグラフを書くと, 図 3A の曲線は図 3B に示すように直線となった。図 3B ではこの直線を縦軸と交わるまで延長した。

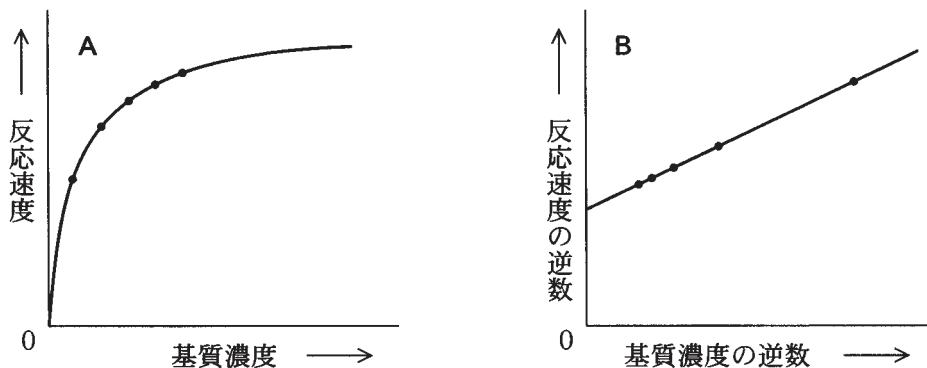


図 3

酵素の阻害物質はいろいろな機構で酵素反応を阻害する。阻害物質 Q は基質によく似た構造を持っていることから, 酵素の活性中心(活性部位, 基質結合部位ともいう)部分に結合して酵素反応を阻害する。すなわち, 酵素の活性中心部分を基質と奪い合う。このような性質をもつ阻害物質 Q は, 基質の濃度が高くなるにつれて酵素を阻害する割合が低くなり, 基質の濃度が圧倒的に高くなると活性中心から排除される。

問 1 酵素反応に関する次の記述のうち, 最も適切なものを選びなさい。

- ① 図 3A で基質濃度が十分高いときは, 酵素基質複合体濃度が基質濃度に伴って上昇するので, 反応速度が直線的に上昇する。
- ② 図 3A で基質濃度が低いときは, 基質が酵素で飽和してしまつて酵素基質複合体濃度が一定になるので反応速度がほとんど一定になる。
- ③ 酵素に比べて基質が大過剰に存在するとき, 新たに初めと同じ酵素量を加えても反応速度は変わらない。
- ④ 図 3B の縦軸切片の値は基質濃度が極限的に高くなつたときの最大反応速度の逆数を表している。
- ⑤ 図 3B では縦軸切片の値や傾きの値に実験値がおよぼす影響は, 基質濃度が高い側で大きい。

問2 阻害物質 Q を酵素反応溶液に添加して得られた結果と、阻害物質を入れないで得られた結果を図 3A の形式のグラフに表わすと、阻害物質 Q を添加して得られた曲線は図 4 に示したどの曲線になるか、最も適切なものを下記の解答群 F から選びなさい。ただし、阻害物質の濃度は一定とし、他の条件は阻害物質を入れないで行った実験の場合と同じとする。

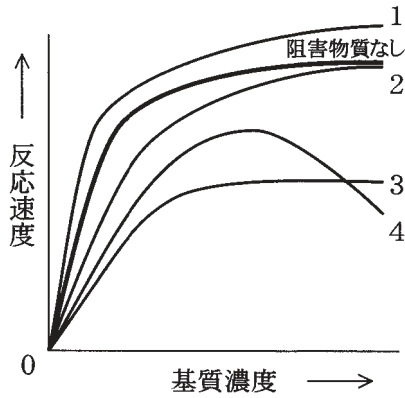


図 4

- ① 阻害物質なしの場合, ② 1, ③ 2, ④ 3, ⑤ 4

問3 問2における実験結果を図 3B の形式に変換すると、阻害物質 Q を添加して得られた直線は図 5 に示したどの直線になるか。最も適切なものを問2の選択肢から選びなさい。

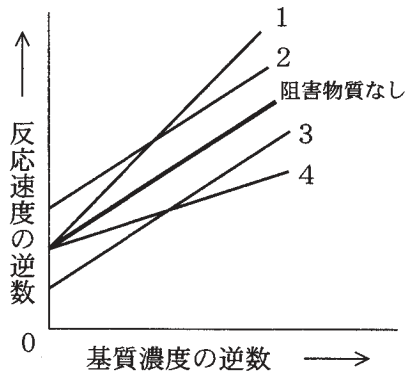


図 5

演習問題 4 異化 (2006 千葉大)

図 1 を参考にしながら次の文章を読み、以下の問 1～4 に答えなさい。

ミトコンドリアには外膜と内膜があるが、電子伝達系での ATP 合成は内膜で行われる。内膜での ATP 合成のしくみは、以下の①、②、③の過程により行われると考えられている。

- ① クエン酸回路で生じた水素に由来する電子が、ミトコンドリア内膜に並ぶ電子伝達系の酵素群で運搬される過程で生じるエネルギーを利用して、水素イオン(H^+)をマトリックスから膜間スペースへくみ出す。
- ② 膜間スペースの方がマトリックスより水素イオン濃度が高くなり、内膜をはさんで水素イオン濃度勾配が形成される。
- ③ 内膜にある ATP 合成酵素は水素イオンが濃度勾配にしたがって移動するエネルギーを利用して、ADP から ATP を合成する。

(注) ミトコンドリア外膜には、低分子(小さい分子)を自由に透過させる機構がある。

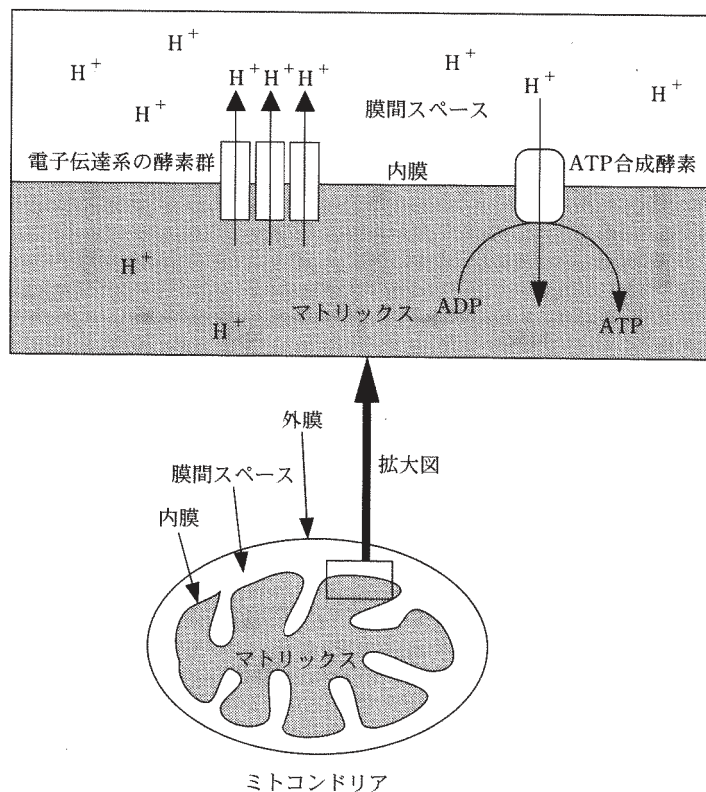


図 1

問 1 クエン酸回路の反応はミトコンドリアのどこで行われるか。記号で答えなさい。

- A 外膜 B 内膜 C 膜間スペース D マトリックス

問 2 細胞から分離、精製した様々な基質と適度な濃度の塩を含む溶液 A に、ミトコンドリアを入れた実験系をつくった(図 2 参照)。その結果、ただちに ATP 合成反応が始まったが、

一定の時間後に基質がなくなったために、合成反応は停止した。実験系の溶液 A の酸素濃度は時間経過とともにどのように変化するか。図 3 の A～F から最も適切なものを選びなさい。なお溶液 A は空気と遮断してある。

問 3 実験系の溶液 A に酸を入れて溶液 A の水素イオン濃度を高くしたところ、ATP 合成速度が上昇した。その理由としてどのようなことが考えられるか。50 字以内で答えなさい。

問 4 溶液 A の塩濃度をゼロにしたら、ATP 合成反応がみられなかった。どのような理由が考えられるか。40 字以内で答えなさい。

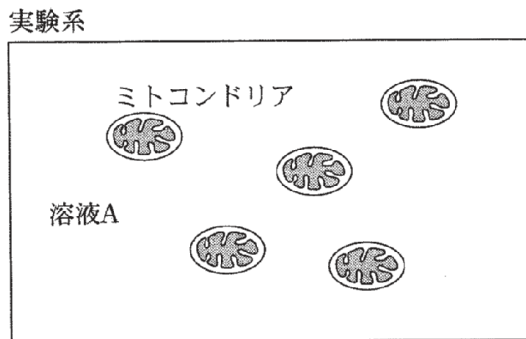


図 2

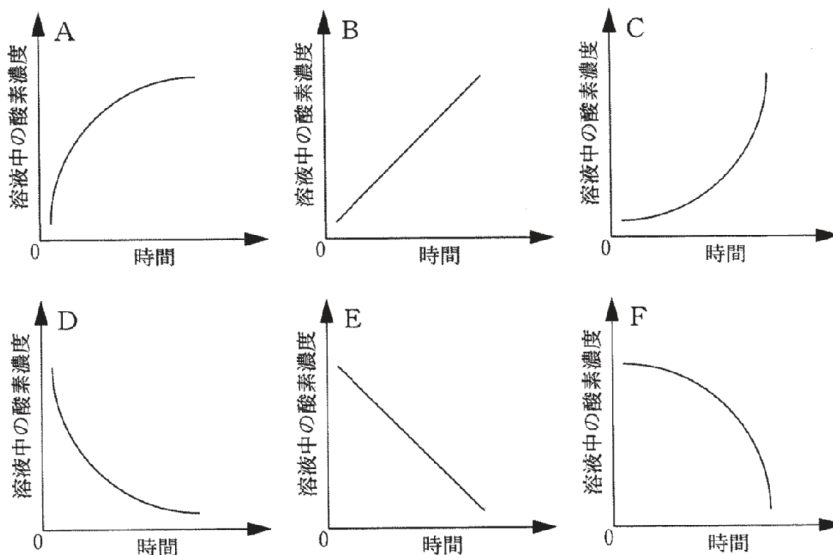


図 3

演習問題 5 異化 (2002 大阪市立大)

動物の体内では、食物に含まれる有機物が酸化されて化学エネルギーが取り出される。下の表は、あるほ乳類の体内で炭水化物、脂肪、タンパク質それぞれ 1g が酸化された場合に消費された酸素の量、呼吸商、そして得られるエネルギー(熱量)を示す。この表を参照し、以下の問いに答えよ。

| 酸化される物質 | 酸素消費量 (l/g) | 呼 吸 商 | 得られるエネルギー ($kcal/g$) |
|----------|--------------------|-------|---------------------------|
| 炭 水 化 物 | 0.84 | 1.0 | 4.2 |
| 脂 肪 | 2.0 | 0.7 | 9.4 |
| タ ン パク 質 | 0.96 | 0.8 | 4.3 |

問 1 動物の多くは脂肪を主な貯蔵物質としている。その理由を 40～60 字で述べよ。

問 2 脂肪の方が炭水化物よりも呼吸商が小さい理由を 40～60 字で述べよ。

問 3 この動物が一定時間内に 60L の酸素を消費し、54L の二酸化炭素を放出した。この時、体内で酸化されたタンパク質の量は 3.0g であった。酸化された炭水化物と脂肪の量(g)を、小数第 1 位までの数値で示せ。

問 4 体外の試験管の中で酸化させた場合、炭水化物および脂肪は体内と同じ熱量を発生したが、タンパク質は 5.3kcal/g の熱量を発生した。この動物の体内でタンパク質が酸化された時に得られるエネルギーが、この値よりも少ない理由を 40～60 字で述べよ。

問 5 体内で酸化される物質によって、酸素消費量も得られるエネルギーも異なるにもかかわらず、生物の代謝量の指標として酸素消費量が用いられる。その理由の一つは、酸素消費量の測定が比較的容易であるからである。それ以外に、どのような理由が考えられるか。80～120 字で述べよ。

演習問題 ⑥ 同化（2008 金沢大改）

ある自然環境に適応している植物 X について、晴れた日に二酸化炭素の吸収と蒸散がどのように変化しているかを調べた。図 1 は二酸化炭素の吸収の 24 時間の変化を示し、縦軸は植物体の表面積 1m^2 当たり 1 秒間に吸収した二酸化炭素量をあらわしている。図 2 は蒸散の変化を示し、縦軸は植物体の表面積 1m^2 当たり 1 秒間に失われる水の量をあらわしている。植物 X において観察された二酸化炭素の吸収と蒸散の 1 日のあいだの変化は、ヒマワリなど私たちのまわりに生育している植物の場合とは大きく異なっていた。

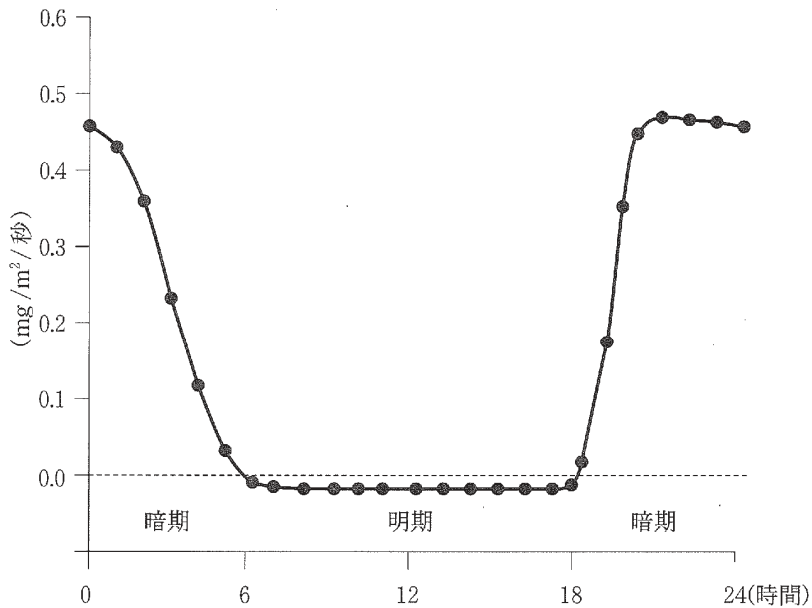


図 1 二酸化炭素の吸収の変化

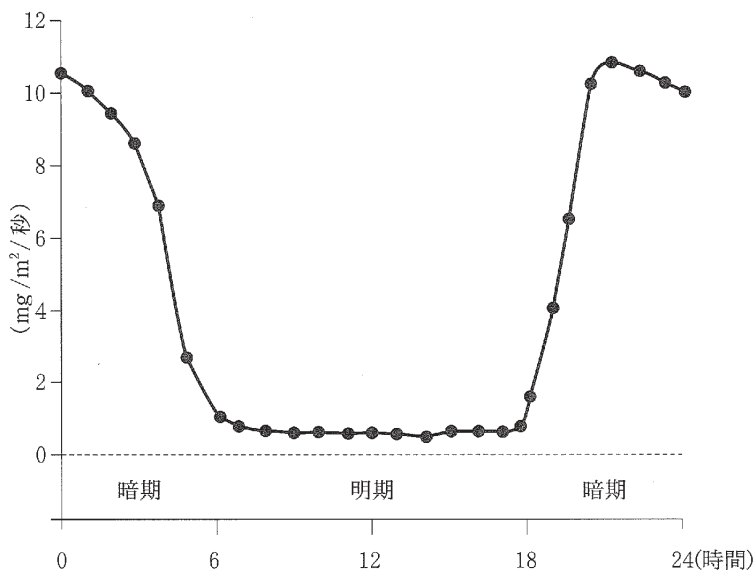


図 2 蒸散の変化

問1 図1に示された二酸化炭素の吸収の変化は、ヒマワリなど私たちのまわりに生育している植物の場合と比べてどのような違いがあるか、答えなさい。

問2 植物Xについて、酸素の放出が1日のあいだでどのように変化しているかを調べた。どのような結果になると考えられるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから選び、その番号を答えなさい。また、選んだ理由を答えなさい。

- ① 酸素の放出は、1日を通じて昼夜の区別なく観察される。
- ② 酸素の放出は、1日を通じて昼夜の区別なく観察されない。
- ③ 酸素の放出は、昼間に観察され夜間には観察されない。
- ④ 酸素の放出は、夜間に観察され昼間には観察されない。

問3 植物Xのような特徴を持つ植物を次の①～④のうちからすべて選び、その番号で答えなさい。

- ① ベンケイソウ ② サトウキビ ③ サボテン ④ トウモロコシ

問4 植物Xについて、二酸化炭素1gを吸収する際におよそ何gの水が蒸散によって植物体から失われているか。図1および図2より求められる値として最も適当なものを、次の①～④のうちから選び、その番号を答えなさい。

- ① 0.46g ② 2.3g ③ 23g ④ 460g

問5 植物Xはどのような自然環境に適応している植物であると考えられるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから選び、その番号を答えなさい。また、選んだ理由を答えなさい。

- ① 熱水噴出口の付近のように非常に高温で圧力が高い。
- ② 熱帯多雨林の林内のように高温多湿で光が弱い。
- ③ 砂漠のように非常に乾燥し温度変化が大きい。
- ④ ツンドラのように非常に低温で土壌の栄養塩類が乏しい。

演習問題 7 同化（2004 大阪市立大）

植物は、さまざまな①元素を外界から取り込んでいる。植物は大気中の酸化炭素の同化により炭素を取り込み、自らの成長に使うほか、動物や微生物に供給して、生態系を維持している。その他の多くの元素は、土壌から根を通して吸収される。大気中には、窒素ガスが体積にして約 80%含まれているが、多くの植物はこれを利用できない。しかし、ラン藻や放線菌の一部、および②マメ科植物の根に共生する根粒菌などは、大気中の窒素を固定して利用している。

これら生物による窒素固定の過程では、ニトロゲナーゼと呼ばれる酵素が、大量の③ATPを使って大気中の窒素をアンモニアに変える。ニトロゲナーゼは酸素により失活する。根粒菌は根粒に囲まれて外気から遮断されるとともに、レグヘモグロビンと呼ばれる植物タンパク質が根粒菌周囲の酸素と結合するので、根粒菌の周囲は嫌気的狀態が維持される。これに対し、ラン藻は単独で光合成を行なう原核生物である。そこで、ある種のラン藻は、光合成によって生じる酸素がニトロゲナーゼを阻害することなく、光合成と窒素固定が行えるような④特殊なメカニズムを持っている。

こうして作られたアンモニアは水に溶けてアンモニウムイオンとなり、さまざまな有機物の合成に用いられる。あまったアンモニウムイオンや、細菌の遺体の分解により生じたアンモニウムイオンは土壌中に放出され、⑤亜硝酸菌、および硝酸菌の働きによって亜硝酸イオン、および硝酸イオンに変えられる。高等植物の多くはアンモニウムイオン、あるいは硝酸イオンを吸収し、植物体内であらためてアンモニウムイオンにし、有機物の合成に用いている。

問 1 下線部①に関し、核酸を構成する元素名を 5 つ記せ。

問 2 下線部②のマメ科植物と根粒菌の共生関係について説明せよ。

問 3 下線部③の ATP は高エネルギーを持つ化合物である。ATP の構造を簡単に説明せよ。また、エネルギーが放出される時、一般に ATP はどのように変化するか、説明せよ。

問 4 下線部④に関し、単細胞のラン藻を適当な培養液中で、人工照明による明暗サイクルを与えて培養した。一定時間ごとに培養液の一部を分け取り、ニトロゲナーゼ活性と、飽和光を与えたときの酸素発生量を経時的に測定したところ、図のような変化を示した。図から予想されるこのラン藻の光合成と窒素固定の仕組みを説明せよ。

問 5 下線部⑤の亜硝酸菌がアンモニウムイオンを亜硝酸イオンに、また硝酸菌が亜硝酸イオンを硝酸イオンに変化させる理由は何か。次の語をすべて使用して説明せよ。

語群：独立栄養、酸化、炭酸固定、エネルギー

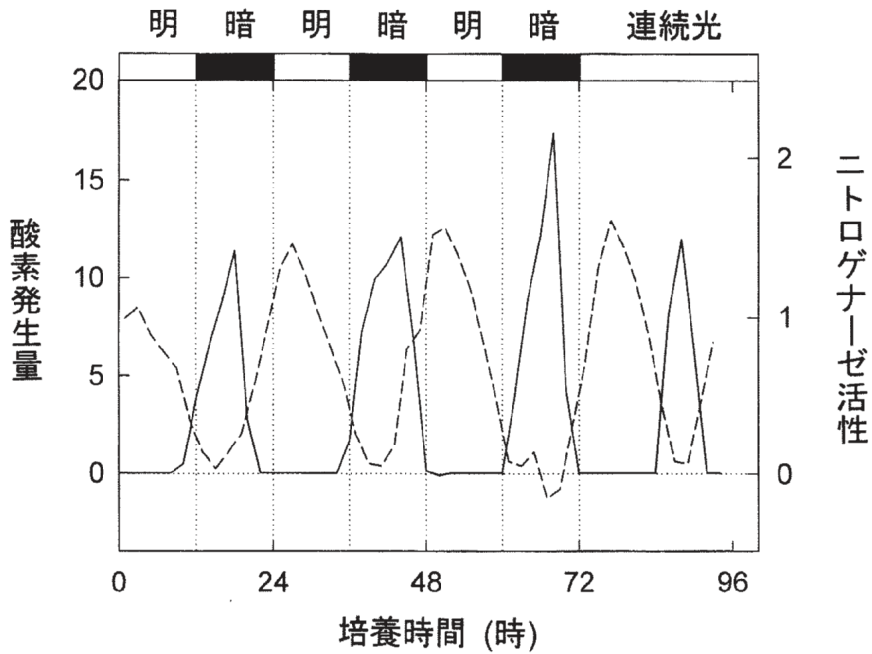


図 明暗サイクル下におけるラン藻の酸素発生量とニトロゲナーゼ活性の変化。破線の酸素発生量は、ラン藻が放出する1時間あたり、ラン藻1 mg 乾重量あたりのマイクロモル単位の酸素量を、実線のニトロゲナーゼ活性は、ラン藻1 mg 乾重量あたりに含まれるニトロゲナーゼによる、1時間あたりのマイクロモル単位の基質の還元を表わす。

演習問題 ⑧ 個体群（2007 東京理科大 改）

動物は他の生物を捕食することによって、有機物とエネルギーを得ている。食う者(捕食者)と食われる者(被食者)のつながりを食物連鎖といい、最も基本的な種間関係の1つである。

被食者(X)と捕食者(Y)の個体数をそれぞれ X_n , Y_n とする。それぞれが単独で存在する場合には被食者(X)は環境から取り入れた養分で成育することができるため正の増殖率を示すが、捕食者(Y)はえさである被食者(X)に養分を依存しているため単独では負の増殖率をもつ。捕食による個体数の変動は両者の出会いの頻度によると考えられるため、被食者の増殖率は捕食者の個体数に比例して減少し、捕食者の増殖率は被食者の個体数に比例して増加するものとする。個体群 X と Y の個体数をそれぞれ X_n , Y_n として、被食者の増殖率は式(5)のように表される。同様に捕食者の増殖率は式(6)のように表される。

$$\text{被食者の増殖率} = a - bY_n \quad \dots(5)$$

$$\text{捕食者の増殖率} = -r + pX_n \quad \dots(6)$$

ただし、 a , b , r , p は正の数とする。

図4のように横軸に X_n を、縦軸に Y_n を目盛ったグラフを、直線 l と直線 m が四つの領域に分割する。以下の問1～3に答えなさい。

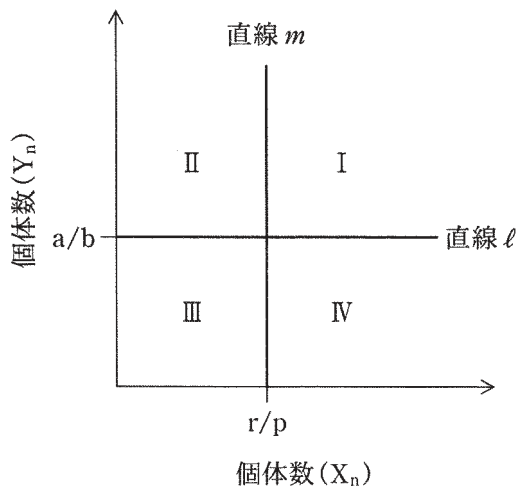


図4

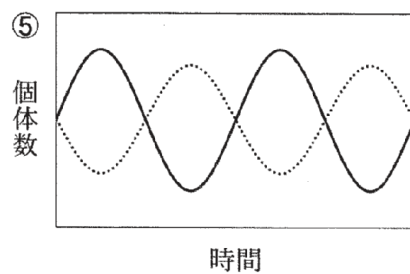
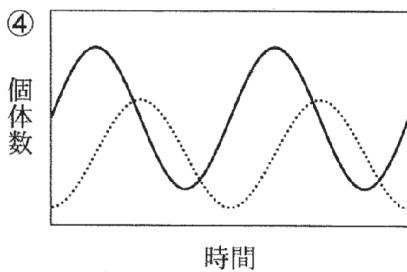
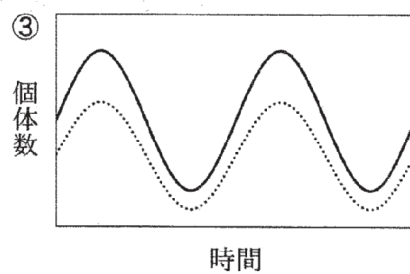
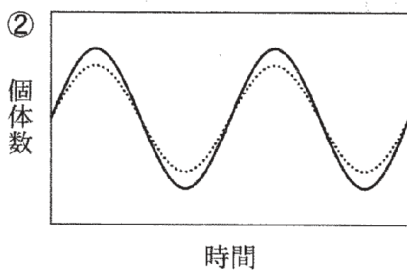
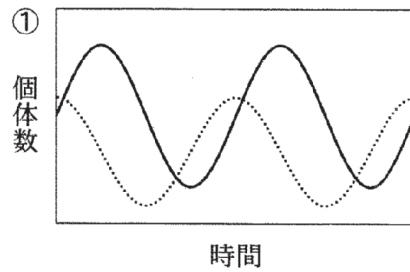
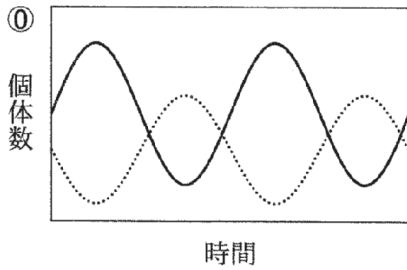
問1 図4の各領域での X_n , Y_n の増減を表した右の表2の空欄(ア)から(エ)に「増加」もしくは「減少」を記入せよ。

問2 図4において、被食者の個体数 X_n と捕食者の個体数 Y_n を座標とする点を Z とすると、個体数の変動にともなって点 Z は移動する。点 Z が領域 III にあるとき、時間の経過とともに点 Z が移動する経路として最も適切な順路を答えよ。

| | X_n | Y_n |
|--------|-------|-------|
| 領域 I | 減少 | (ア) |
| 領域 II | (イ) | 減少 |
| 領域 III | (ウ) | (エ) |
| 領域 IV | 増加 | 増加 |

表2

問3 被食者(X)と捕食者(Y)の個体数 X_n , Y_n の時間変化を表すグラフとして最も適切なものを以下の①～⑤から選べ。ただし、図中の実線は被食者、点線は捕食者の個体数をそれぞれ示すものとする。



演習問題 9 群集（2009 大阪府立大）

植物の群集と分布およびある森林で行った実験結果に関する次の文章【A】、【B】を読んで、問1～問3に答えなさい。

【A】 植物群落は、外観上の様相である〔ア〕の違いによって森林や草原などに分けられ、〔ア〕に基づいて分けたものを群系という。陸上植物の群集と分布を決める主な要因は、気温と降水量である。

森林のうち、年間を通して高温多雨の熱帯地方には〔イ〕がみられる。〔イ〕には、巨大な高木、つる植物や着生植物など、きわめて多くの種類の植物が繁茂する。気温の低い冬季がある温帯の地方には、〔ウ〕や〔エ〕がみられる。〔ウ〕は、温暖帯に分布する群系で、スタジイ・タブノキなどの常緑広葉樹が優占種となる。これらの樹木の葉の表面は、〔オ〕の発達によって光沢があり、かたくなる。〔エ〕は冷温帯に分布し、ブナ・ミズナラなどのように、冬季に落葉する〔カ〕が優占する。冬の寒さが厳しい亜寒帯地方には、オオシラビソ・エゾマツなどを優占種とする〔キ〕がみられる。さらに寒さの厳しい寒帯では、森林がみられなくなり、寒地荒原（ツンドラ）が広く分布する。寒地荒原は植物の生育にとっては厳しい環境で、植物の種類はきわめて少なく、地衣類・コケ植物などが生育するにすぎない。

日本では、降水量が多いため、遷移の最後に到達する安定した極相は森林である。気温は、標高が 1000m 上がる毎に、約〔ク〕低下するため、同じ緯度でも標高によって群系に変化がみられる。日本の中部地方では約 2500m 以上の標高になると高山特有の群落がみられるようになる。このような標高を〔ケ〕という。

【B】 ブナ・ミズナラなどがある森林で、高木層に 20m の高さに達する植物(a)が、草本層に高さ 1.5m の植物(b)が存在した。植物の一定時間の二酸化炭素吸収量は、光合成速度から呼吸速度を引いたものであり、みかけの光合成速度とよばれる。それぞれの右に物の葉のみかけの光合成速度を、当てる照明の強さを変えて測定したところ図 1 の曲線(c)、(d)のようになった。一方、この群落において、夏季の晴天日の正午に、高さを変えて光の強さを測定したところ、植物(a)の葉がある 20m から 2m までの光の強さは図 2、植物(b)の葉がある草本層の上部 1.5m から地表までの光の強さは図 3 となった。なお、図 2、3 の光の強さは、いずれも各植物の最上部の葉の位置で 100 とした相対値で示している。

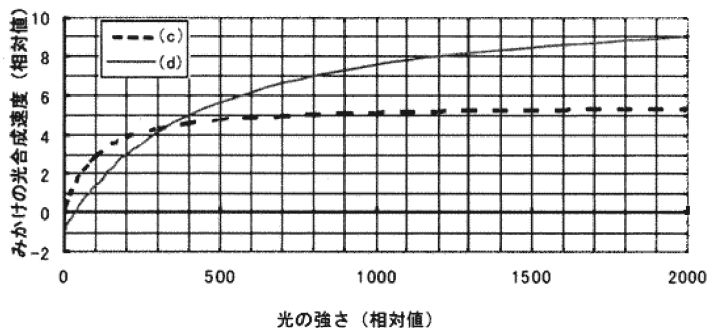


図1 植物(a)、(b)それぞれにおける光の強さと葉のみかけの光合成速度との関係

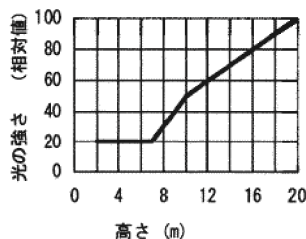


図2 植物(a)の葉のある高さでの光の強さ

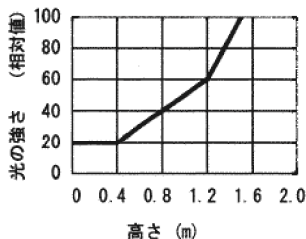


図3 植物(b)の葉のある高さでの光の強さ

問1 空欄【(ア)】～【(ケ)】にあてはまる最も適切な語句または数字を答えなさい。

問2 【B】の実験結果に関して、(1)、(2)に答えなさい。

(1) 植物(a)、(b)の葉の光—光合成曲線は、それぞれ(c)、(d)のどちらの曲線に相当するか。また、そう考えられる理由を50字程度で答えなさい。

(2) 高さ25mの光の強さ(相対値)が2000であった時に、12mの高さにある植物(a)および1mの高さにある植物(b)の葉のみかけの光合成速度(相対値)をグラフから読み取り、四捨五入して整数値で答えなさい。なお、各植物の葉の光—光合成曲線は、個々の葉によつては変化しないと仮定する。

問3 次の表1は、本文【A】で述べた様々な空欄【(イ)】、【(ウ)】、【(エ)】、【(キ)】の森林で測定された、一定面積にある植物の年間生産量に関する推定値を示したものである。表1中の(コ)、(サ)には、「総生産量」または「純生産量」のいずれかが入る。

表1 森林の生産量に関する推定値

| 森林型 | (コ) (t/ha/年) | 呼吸量 | | | (サ) (t/ha/年) |
|-----|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| | | 葉 (t/ha/年) | 材 (t/ha/年) | 計 (t/ha/年) | |
| (イ) | 28.6 | 57.0 | 37.6 | 94.6 | 123.2 |
| (ウ) | 21.6 | 24.1 | 28.3 | 52.4 | 74.0 |
| (エ) | 15.3 | 6.2 | 6.0 | 12.2 | 27.5 |
| (キ) | 14.0 | 22.0 | 11.0 | 33.0 | 47.0 |

表1に示した結果の解釈として適切なものを次の①～⑦からすべて選び、番号で答えなさい。

- ① 暖かい地方の森林ほど全体の呼吸量は大きい。
- ② 寒い地方の森林ほど総生産量は小さい。
- ③ 乾燥する地方の森林では、全体の呼吸量が大きく、純生産量は小さい。
- ④ 冬季に落葉する森林では、葉の呼吸量が小さく、全体の呼吸量も小さい。
- ⑤ 乾燥する地方の森林ほど葉の呼吸量は小さい。
- ⑥ 暖かい地方の森林ほど純生産量は大きい。
- ⑦ 寒い地方の森林ほど総生産量と純生産量の差は大きい。

演習問題 10 生態系（2009 千葉大）

生物多様性とは、生態系や生物群集を構成する種そのものや種間関係の複雑さを表す言葉である。生物群集を構成する種の多様性は、生物多様性の一つの指標とされる。これを数値化したものに多様度指数があり、生物群集を構成する種の数と、それぞれの種の頻度を考慮した値として次の式で計算される。

$$\text{多様度指数} = 1 - \text{各種の頻度の 2 乗の和}$$

たとえば、表 1 のように 5 種類の魚が同じ個体数ずついる湖の多様度指数を計算すると、計算式のように 0.8 になる。

生物群集において、絶滅や移入などで、①構成種の数が増減した場合や、②構成種の頻度が増減した場合に、多様度指数も変化する。

現在、生物多様性に対する人間活動の影響が懸念されている。たとえば、③生息地の開発や外来種の持ち込みが、生物多様性の低下をもたらしたり、④人間活動によるわずかな影響が、生態系や地球全体の環境に大きな変化を及ぼす事例も知られている。

表 1 ある湖に生息する魚の全ての種の個体数

| 種 | A | B | C | D | E |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 個体数 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |

計算式

$$\text{多様度指数} = 1 - (0.2^2 + 0.2^2 + 0.2^2 + 0.2^2 + 0.2^2) = 0.8$$

問 1 下線(1)の絶滅の影響に関する下の問いに答えなさい。

- (1) 表 1 の湖の構成種のいくつかが絶滅し、他の種の個体数に変化が無いと仮定した場合、多様度指数はどうか。
- (2) どのような種構成の時に、多様度指数が最小になるか。
- (3) 生物多様性に対する絶滅の影響について、40 字以内で考察しなさい。

問 2 下線(2)に関して、表 1 の湖に新たな種 F が侵入した結果、種 A～E の個体数が半減し、種 F の頻度が 0.5 になったと仮定する。この時の多様度指数の値を計算して答えなさい。

問 3 下線(3)に関して、生息地の開発や外来種の持ち込みが、生物多様性の低下の原因となる理由について、下線(1)と下線(2)を考慮して、100 字以内で答えなさい。

問 4 下線(4)の事例として、海洋中に低い濃度で排出された有機水銀や DDT などの有害物質が、海洋に生息するマグロやサメなどの大型の魚類や、イルカなどの歯クジラ類において、高い濃度で検出されることが知られている。この仕組みを、80 字以内で説明しなさい。

問5 下線(4)の事例として、エアコンや冷蔵庫の冷媒として使用されていたフロンが主な原因となり、南半球を中心に大きな影響が出ている環境の変化が知られている。この環境の変化とはどのようなもので、生物にどのような影響をおよぼすかを、80字以内で答えなさい。

manavee 生物演習シリーズ LINE UP

■7月までに受けてほしい講座

●分野別対策講座

分野別攻略Ⅰ（生命の連続性）

（by tomson）

▶ 生命の連続性の重要問題をチェック

分野別攻略Ⅱ（恒常性・調節）

（by tomson）

▶ 恒常性・調節の重要問題をチェック

分野別攻略Ⅲ（細胞・代謝・生態）

（by tomson）

▶ 細胞・代謝・生態の重要問題をチェック

■7～8月にかけて受けてほしい講座

●総合対策講座

総合実践攻略【夏の陣】

（by tomson）

▶ 2次力の強化を図る

パッと見えてくる計算問題

（by かりん先生）

▶ 生物の計算問題を総チェック

●分野別対策講座

遺伝の完全攻略

（by tomson）

▶ 遺伝の問題の解き方を学ぶ

●大学別対策講座

実験考察問題の解法ナビゲーション

（by とらますく先生）

▶ 東京大の過去問から実験考察問題へのアプローチを学ぶ

■11月下旬～12月上旬に受けてほしい講座

●総合対策講座

総合実践攻略【冬の陣】

（by tomson）

▶ 2次力の完成を目指す

■12月中旬～1月中旬に受けてほしい講座

●センター演習

マッハで演習するセンター生物第3問

（by あべちゃん先生）

▶ センター過去問を利用した遺伝の演習

■1月下旬ごろに受けてほしい講座

●分野別対策講座

遺伝の究極攻略【二次への架け橋】

(by tomson)

- ▶ センターボケをぶっ飛ばして2次の脳に切り替える

■1月下旬～2月にかけて受けてほしい講座

●大学別対策講座

攻略！！北大生物シリーズ

(by tomson)

- ▶ 北海道大の過去問を利用して制限時間以内に解答を導けるように鍛える

I Can 生物

(by ヒゲ先生)

- ▶ 九州大の過去問を利用して記述問題の解き方を学ぶ

はんなり稼ごう京大生物

(by かりん先生)

- ▶ 京都大の過去問を利用して問題およびその周辺知識を総チェック

(注意事項)

※国立受験を軸にこの予定表は作られています。

※詳しくは各講座の授業の概要，イントロダクションをご覧ください。

※一部作成中・作成予定のカリキュラムを含みます。



manavee 生物陣のベストメンバーが，多彩な講座と充実した教材を用意して，皆さんの受験突破のお手伝いをします！！

