

平成 29 年度入学試験問題（後期日程）

生 物

出 題 意 図

問題 1

細胞膜と細胞、細胞間接着などに関する総合的知識を問う。問 1 は細胞膜の基本的構造、問 2 および問 3 は膜の透過性に関する知識と性質を表す基本的語句の説明、問 4 は水分子の透過をになうタンパク質について、問 5 はナトリウムポンプの機能を説明させる問題である。問 6 は細胞内シグナル伝達、問 7 は細胞骨格、そして問 8 は細胞間接着に関する設問となっている。

問題 2

呼吸は酸素を用いて有機物からエネルギーを取り出す異化の過程で、炭水化物、脂肪、タンパク質などから、ATP が生産される。一方、酸素を用いない異化の代謝系でも ATP を生産できる。この代謝系の代表的なものが、微生物が酸素を使わず炭水化物を分解する発酵である。発酵と酸素存在下での呼吸によるエネルギー獲得の共通性と違いについて理解しているかを問う。

問題 3

植生の遷移に関わる環境要因や植物種間の相互関係、また攪乱が植生の種構成や遷移に与える影響についての基本的知識や理解力を問うている。

問題 4

「遺伝子のはたらき」や「生物の進化と系統」という異なる単元での学習内容の理解を結びつけながら、「遺伝子頻度とその変化のしくみ」を正しく理解し、また、生物進化における最も基本的事項である「種分化」とその要因に関して正しく認識できているかどうかを問うものである。加えて、提示されたデータから背景にある系統や進化現象を総合的、かつ論理的考察力の評価を意図するものである。

平成29年度入学試験問題

理科（生物）

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。
4. この問題冊子は16ページあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰ること。

1 次の文章を読み、問1～8に答えなさい。

細胞膜は、細胞質を外界から隔てる膜である。細胞は、細胞膜を介して細胞外の必要な物質を取り込み、不必要な物質を排出する。細胞膜の主成分は(ア)と膜タンパク質である。二重層の(ア)分子は固定されておらず、膜タンパク質も膜の上を比較的自由に動くことができると考えられている。このモデルを(イ)モデルという。

(ア)の二重層は生命活動にとって重要な水分子ですらあまり通過させない。そのため、細胞は生命活動に必要な分子を細胞膜に存在する膜タンパク質^①を介して細胞内に取り込む必要がある。細胞膜の膜タンパク質には他にも、ホルモンなどのシグナルを受け取り細胞内へ伝えるもの、膜の内側で細胞骨格^④と結合するもの、他の細胞との接着^③に関するものなどが存在する。^⑤

問1 (ア)および(イ)に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 人工的に(ア)の二重層を作製したとき、以下の物質のうち、よく通過する物質に○、ほとんど通過しないものに×をつけなさい。

(酸素、インスリン、カルシウムイオン、ヘモグロビン、糖質コルチコイド)

問3 問2のような特定の物質のみを通過させる細胞膜の性質を何というか答えなさい。

問4 下線部①に関して、赤血球や腎臓の細尿管上皮細胞などの細胞膜には、多くの水分子を通過させる特別な膜タンパク質が存在する。この膜タンパク質の名前を答えなさい。

問5 下線部②のような働きをする膜タンパク質を輸送タンパク質と呼ぶ。輸送タンパク質の1つであるナトリウム-カリウム ATP アーゼ(ナトリウムポンプ)の輸送機構を80字程度で説明しなさい。

問6 下線部③に関して、ホルモンなどの細胞外シグナルを受け取った細胞では、細胞内のcAMPやカルシウムイオンなどの濃度が一時的に上昇して、細胞内の情報伝達に使われることがある。このcAMPやカルシウムイオンなどのような細胞内情報伝達物質を何と呼ぶか答えなさい。

問7 以下は、下線部④の細胞骨格についてまとめた表である。細胞骨格には、中間径フィラメントの他に(a)および(b)がある。空欄(a)～(e)に適切な語句を(複数ある場合も)1つだけ入れなさい。

細胞骨格の名称	(a)	中間径フィラメント	(b)
(繊維の)直径	約 25 nm	約 10 nm	約 7 nm
主な構成タンパク質	(c)	ラミン, ケラチン他	(d)
関連するモータータンパク質	ダイニン, キネシン	なし	(e)
主な役割	鞭毛や繊毛の運動, 細胞小器官の運動	細胞の張力に対する 抵抗力の付与, 核の位置や形態の維持	筋収縮, 細胞の 収縮・伸長

問8 下線部⑤に関して、以下の文はある細胞接着についての説明である。説明文の細胞接着の名前を答えなさい。

この細胞接着は隣り合う細胞同士を強固に結合し、張力に対する抵抗性を与える。また、細胞形態の保持にも関わる。細胞内部では、この細胞接着の構造に中間径フィラメントが結合している。

2 次の文章を読み、問1～6に答えなさい。

トウモロコシなどのバイオマスを発酵させることで作るバイオエタノールは、再生可能な自然エネルギーとして注目されている。バイオエタノールは、トウモロコシなどのデンプンから得られたグルコースを使用して酵母によるエタノール発酵により生産される。エタノール発酵については図1に示した。

酵母にとってエタノール発酵は(ア)の少ない環境下でのエネルギー獲得手段であり、グルコースをエタノールと(イ)に分解しATPを合成する。(ア)が十分に存在する環境下では、酵母は細胞小器官である(ウ)を持っているため、呼吸によってグルコースを(イ)と(エ)に完全分解し、エタノール発酵よりも効率的にATPを生産できる。

呼吸は複数の化学反応で進行するが、その経路は3つの段階に分けることができる。第1段階は(オ)であり、第2段階は(カ)、第3段階は(キ)と呼ばれる。(オ)は細胞内の(ク)で行われ、グルコースは(ケ)に分解される。この過程でATPが合成され、補酵素が還元される。エタノール発酵においても(オ)が利用されている。

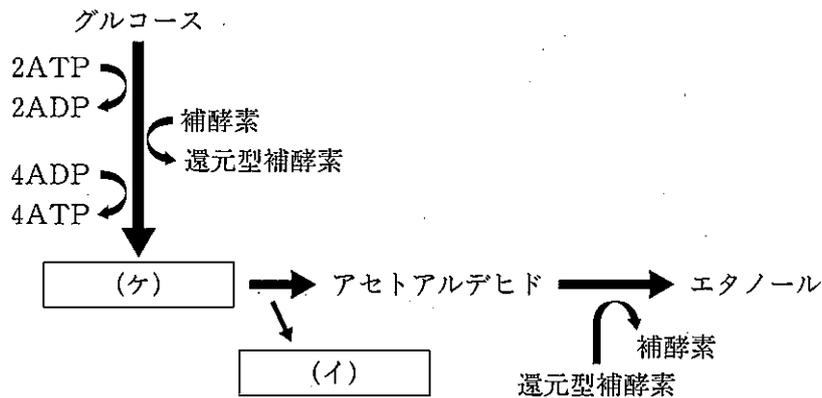


図1 エタノール発酵

問1 文中の(ア)～(ケ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①のATPは生体内でのエネルギー代謝において重要な役割を果たしており、エネルギーの通貨と呼ばれる。ATPに関する以下の設問に答えなさい。

設問1 ATPは核酸の構成塩基の1つと糖が結合したアデノシンに3個のリン酸が結合した化合物である。ATPを構成する核酸塩基と糖はそれぞれ何であるか答えなさい。

設問2 ATPは加水分解されたときに大きなエネルギーを発生する高エネルギーリン酸結合を持つ。いくつの高エネルギーリン酸結合を持っているか答えなさい。

問3 下線部②のように、酵母は呼吸によってもエネルギーを獲得できる。酵母のエタノール発酵と呼吸に関する以下の設問に答えなさい。

設問1 酵母は酸素が存在する時にエタノール発酵を抑制し、より効率的にエネルギーを生産できる呼吸を行う。この現象は、このことを発見した科学者の名前にちなんで何効果と呼ばれているか答えなさい。

設問2 酵母は呼吸によりエネルギーを獲得した場合、エタノール発酵に比べて最大何倍のATPを生産できるのか答えなさい。

問4 下線部③の補酵素を下記の(a)~(f)から選び、記号で答えなさい。

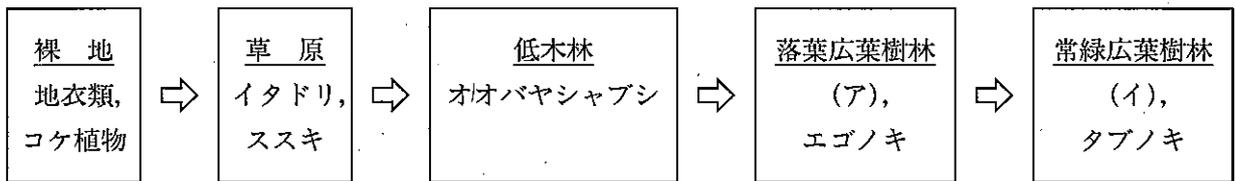
- (a) NAD (b) NADP (c) FAD (d) NAD⁺ (e) NADP⁺
(f) FAD⁺

問5 エタノール発酵では、呼吸の第1番目の段階である(オ)によりATPが合成されるが、その後の(ケ)の分解からエタノール生産までの過程が機能しないと、ATP合成は停止してしまう。なぜ、ATP合成が停止してしまうのかを100字程度で説明しなさい。

問6 トウモロコシのデンプン [$n(C_6H_{10}O_5)$] からバイオエタノールを生産する。デンプン486gを使用した場合、エタノールは何g生産されるか計算しなさい(計算の過程も解答欄に記入すること)。このとき、デンプンは完全にグルコースに加水分解され、得られたグルコースは全てエタノール発酵に使用されるものとする。また、原子量は水素:1, 炭素:12, 酸素:16とする。

3 次の文章を読み、問1～5に答えなさい。

伊豆諸島の三宅島は活火山を有する火山島で、島内には噴火年代の異なるいくつかの溶岩台地が知られている。それらの溶岩台地上にみられる植生についての調査から、噴火後の植生の遷移が推定されている。下の図はその植生の移り変わりを模式的に示している。常緑広葉樹林が見られる溶岩台地は、少なくとも800年以上経過していることから、こうした植生の遷移はおよそ800年の年月をかけて起こったと考えられる。また、三宅島では現在も活発な火山活動により、局所的に植生が破壊されて遷移の進行が中断し、さらに逆方向に進むような例(退行遷移)も認められる。



問1 上の図中の(ア)、(イ)にあてはまる植物を次から1つずつ選んで答えなさい。

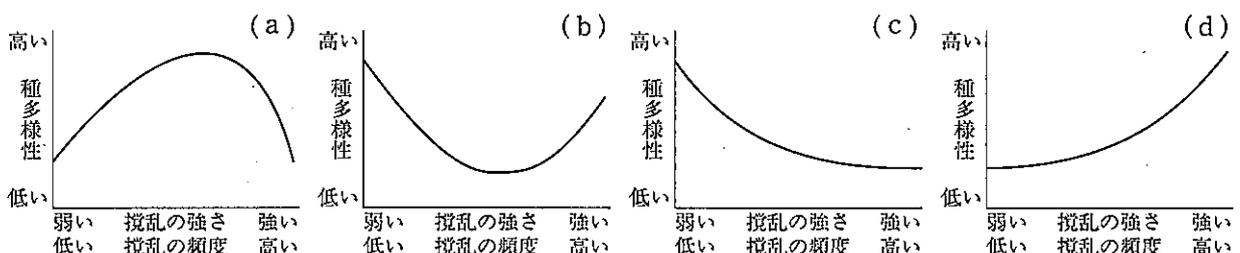
メヒルギ スダジイ アカマツ ミズナラ オオシマザクラ ブナ シラビソ

問2 裸地から草原、低木林への変化をもたらす最も重要な環境要因は何か、答えなさい。

問3 落葉広葉樹林から常緑広葉樹林への変化はなぜ生じるか。それぞれの森林を構成する樹木類の光合成特性と関連させて120字程度で説明しなさい。

問4 常緑広葉樹林が成立すると、森林の種組成はあまり変化せず、安定した状態が続くことが知られているが、こうした状態を何というか、答えなさい。

問5 火山活動などの攪乱かくらんの強さや頻度は、生物群集の種多様性にどのような影響をもたらすか。攪乱の強さ・頻度と生物群集の種多様性の関係を表しているグラフを次の(a)～(d)から1つ選んで答えなさい。また、攪乱が生物群集の種多様性に及ぼす影響について、120字程度で説明しなさい。



4 次の文章を読み、問1～5に答えなさい。

ある地域に生息している生物の集団が、物理的な障壁の形成などにより隔離されることがある。例えば、海峡の形成により互いに往来できなくなるような場合であり、このような現象は地理的隔離とよばれる。このような地理的隔離が原因となって生じる種分化は多く、以下に例として示す飛翔能力を失った昆虫類(種 A-H)の種分化の事例もその1つである。

種分化の例として、成虫の翅が退化して飛翔できないある昆虫種群の分布域を図1に示す。また、ミトコンドリア遺伝子(*注1)のうちアミノ酸を指定していない領域の塩基配列における種間での類似度を表1に示す。なおここでは、地質学的に明らかにされてきた以下の2つの事項を前提に置くこととする。

①日本列島を形成する主要な陸塊は、もともとユーラシア大陸の東縁に位置していたが、約2,000万年前から1,500万年前の期間に大陸から分裂した。

②対馬海峡の成立は約155万年前である。

*注1：ミトコンドリア遺伝子は母系遺伝することが知られている。

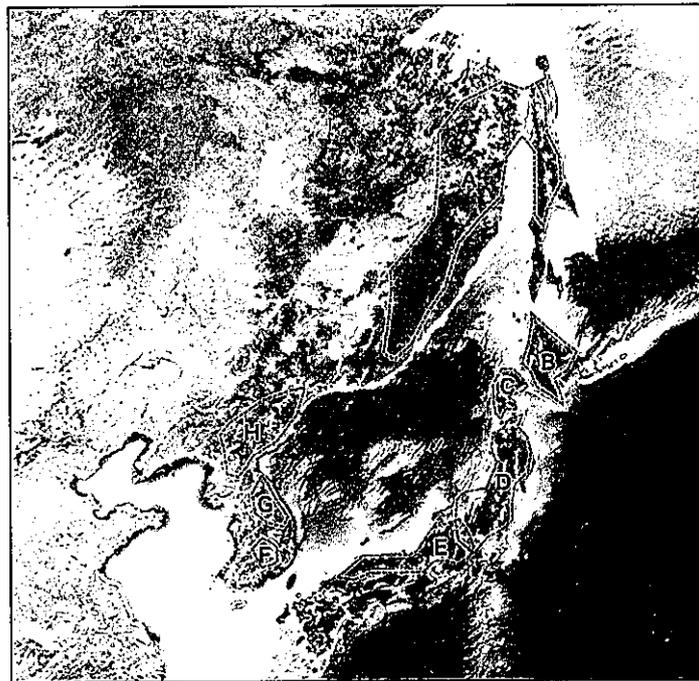


図1 対象とする昆虫種群全8種(種 A-H)それぞれの分布域
(分布域は現在の分布域を示している。また、地図も現在の地図を示している。)

表1 昆虫種 A-H の各組み合わせにおける遺伝的類似度 (%)

	種 B	種 C	種 D	種 E	種 F	種 G	種 H
種 A	80.2	80.5	80.6	52.9	53.1	53.2	54.9
種 B		89.1	88.9	54.9	54.9	54.9	54.9
種 C			94.0	54.4	53.9	55.2	55.1
種 D				52.4	53.7	54.3	55.4
種 E					95.4	84.5	75.2
種 F						83.9	76.5
種 G							74.9

アミノ酸を指定せず、自然選択において中立的な遺伝子領域の塩基配列における種間比較の平均値を示したもの。

問1 下線部の地理的隔離は、種分化における重要なはたらきをもつが、集団が隔離されるだけでは種分化には至らない。隔離されたそれぞれの集団において、どのようなことが生じることで種分化に至ると考えられるか、簡潔に記しなさい。

問2 図1と表1の情報をもとにこの昆虫種群における系統進化の歴史を考えると、正しいと思われるものを、次の(a)～(f)の中から2つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 飛翔できない昆虫であるため、海峡が大きな障壁となり、海で隔てられた大陸の種群と、サハリン(樺太)や北海道、本州の集団はそれぞれ遺伝的に大きく分化している。
- (b) 同じ島内に生息する種 B と C, 種 D と E は、それぞれの島内で種分化したと考えられ、遺伝的にも互いに近縁である。
- (c) この昆虫種群は大陸から日本列島へ渡ったと考えられ、日本に生息している4種は全て同じ祖先に由来する。
- (d) この昆虫種群は大陸から日本列島へ渡ったと考えられ、日本に生息している4種は少なくとも独立した2つの起源をもつ。
- (e) 陸続きの大陸に生息する種 A, F, G, H は遺伝的にも互いに近縁であり、大陸内で種分化した。
- (f) 種 D は、同じ本州内に生息する種 E よりも、むしろ海峡で隔てられた北海道やサハリン、大陸に生息する種 A, B, C と近縁である。

問3 表1に示したような遺伝的な類似性は、集団が隔離された状態にある時間とともに低下する傾向がある。とくに、アミノ酸を指定していない塩基配列に生じた変化は自然選択の影響を受けにくいことから、地理的な隔離が生じてからの時間とともに遺伝的類似度は低下すると考えられる。表1に示した領域の塩基配列において、100万年あたり3%の遺伝的変異が生じると仮定したとき、これらの昆虫種群の種分化に関する説明として、正しいものを、次の(a)~(d)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 種EとFは約150万年前から遺伝的に分化しており、約155万年前に成立した対馬海峡による隔離の影響を強く受けた。
- (b) 種EとFは約1,500万年前から遺伝的に分化しており、2,000-1,500万年前に日本列島が大陸から分裂した地史の影響を強く受けた。
- (c) 種CとDは約2万年前から遺伝的に分化しており、海水面が低下して最後の陸橋で繋がった時代までは遺伝的交流があり、最終氷期以降に種分化した。
- (d) 種CとDは約20万年前から遺伝的に分化しており、海水面の低下により、これ以降に形成された陸橋を渡って往来することができなかった。

問4 図1に示すように、種DとEだけは分布域が互いに重なっている。両種が混生する地域において、種間交雑の有無を検討するため、それぞれの親種を識別することができる8つの遺伝子領域(8遺伝子座位)における遺伝子型を解析した。その結果、全150個体のうち12個体において雑種第一代(F_1)と思われる個体が検出された。しかし、両親がともに交雑個体(F_1 個体間)であるような結果や、戻し交雑(交雑個体といずれか一方の種との間での交配)が生じた可能性を示す結果は得られなかった。また、交雑が確認された6個体のミトコンドリア遺伝子の塩基配列を調べたところ、全て種Dに特有の配列であることが明らかとなった。これらの情報をもとに、以下の(a)~(f)の説明の中から正しいものを2つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 種DとEの間には交雑個体が確認されたため、生殖的隔離は成立しておらず、両種を独立した種として扱うことは問題である。
- (b) 種DとEの間には種間交雑が確認されたが、その割合は8%と低いため、例外と考えてよい。
- (c) 種DとEの間には種間交雑が確認されたが、その割合は4%と極めて低いため、例外と考えてよい。
- (d) 種DとEの間での種間交雑を示す雑種第一代(F_1)が検出されたものの、 F_2 や戻し交雑に由来する個体は検出されていない。雑種個体は繁殖できない可能性が高く、両種間に生殖的隔離は成立していると考えられる。
- (e) 種DとEでの種間交雑は、全て種Dのオスと種Eのメスの組み合わせによる非対称的な交雑であり、この逆の組み合わせでは何らかの生殖的隔離機構が成立している可能性が高い。
- (f) 種DとEでの種間交雑は、全て種Eのオスと種Dのメスの組み合わせによる非対称的な交雑であり、この逆の組み合わせでは何らかの生殖的隔離機構が成立している可能性が高い。

問5 表1に示した遺伝的類似度は、自然選択がはたらかない遺伝子領域に関するものである。このことをふまえて設問1と設問2に答えなさい。

設問1 自然選択がはたらかない遺伝子領域においても、単なる確率的な過程によって、集団の遺伝子プールの構成が、世代を経て変わることがある。このように、偶然により遺伝子頻度に変化が生じる現象を何と呼ぶか、答えなさい。

設問2 何らかの原因により、集団の遺伝子プールの構成が偏ってしまう場合があり、とくに個体数が少ない集団ほど大きな影響を受けやすい。このような個体数の減少に伴い遺伝子プールの構成に偏りが生じることを何と呼ぶか、答えなさい。