

福島県立医科大学

平成 28 年 度
医学部前期入学試験問題

理 科

〔「物理基礎・物理」 「化学基礎・化学」 「生物基礎・生物」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
〔物理基礎・物理〕	1～2	左の3出題科目のうちから、あらかじめ届け出た2出題科目について解答しなさい。
〔化学基礎・化学〕	3～4	
〔生物基礎・生物〕	5～7	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

生物基礎・生物

〔1〕呼吸に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

生物は炭水化物、脂肪、アミノ酸などの有機物の異化で放出されたエネルギーを用いて、生命活動に必要なATP(アデノシン三リン酸)を合成している。グルコースを呼吸基質とするとき、細胞が行う呼吸は、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系という3つの過程からなる。解糖系では1分子のグルコースが2分子の **ア** へと分解され、その際ATPと **イ** を2分子ずつ合成する。さらに **ア** はアセチル CoA を経由し、オキサロ酢酸と結合してクエン酸となる。クエン酸は、脱炭酸酵素のはたらきによって段階的に二酸化炭素を放出し、また、 **ウ** の働きによって酸化されてクエン酸へもどる。クエン酸回路では、2分子の **ア** 当たり、8分子の **イ** に加えて、ATPと **エ** を2分子ずつ生成する。電子伝達系では解糖系とクエン酸回路で生じた **イ** や **エ** によって運ばれた電子が複数のタンパク質複合体を経由して酸素に受け渡される。このとき、形成される **オ** の濃度勾配を利用してATP合成酵素がADPとリン酸からATPを合成する。酸素が少ないときには、筋肉では解糖によって、 **ア** から **カ** を産生する。一方、酵母菌の場合、環境中に酸素が多いときには呼吸を行うが、酸素が少ないときには発酵を行う。

問1 文中の **ア** ～ **カ** に適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、以下の問いに答えよ。

(1) 生体高分子について述べた次の選択肢の中から正しいものをすべて選び、数字で答えよ。

- 炭水化物には、グルコースのような単糖類、グリコーゲンのような二糖類がある
- 脂質には、脂肪のほか、生体膜を構成するリン脂質も含まれる
- タンパク質は、アミノ酸がペプチド結合によって重合してできたものである
- 核酸はヌクレオチドを構成単位として、その合成は3'末端から5'末端の方向に行われる
- タンパク質を構成するアミノ酸は20種類あり、システインはリンを含んでいる

(2) アミノ酸が代謝されて生じる有害な物質は何か、名称を答えよ。また、ヒトの場合この物質はある器官で毒性の少ない物質に代謝されて排出される、この器官の名称を答えよ。

問3 下線部②のように、酸素存在下では発酵が抑制される。この現象は何と呼ばれているか、その名称を答えよ。また、この現象の際に観察される細胞小器官の変化について説明せよ。

問4 下線部②について、以下の実験を行った。はじめに乾燥酵母を10%グルコース溶液15mLに懸濁し、ここに条件1、2に示した液体を加えよくかき混ぜたのち、キューネ発酵管(図1)に入れた。25℃で保温して発生した二酸化炭素量を5分おきに測定したところ、図2のようになった。以下の問いに答えよ。ただし、グルコースは呼吸、発酵のみで消費されるものとする。なお、原子量はH=1、C=12、O=16とし、1気圧(10⁵パスカル)、25℃における1molの気体の体積は24.8Lとする。

条件1：5mLの蒸留水を加えた。

条件2：5mLの電子伝達系の阻害剤Xを加えた。

- 条件2では、条件1と比べて発生する二酸化炭素の量が減少している。その理由を説明せよ。
- 条件2において、グルコースから二酸化炭素が発生する化学反応式を書け。
- 条件2において、実験開始40分後では何mgのグルコースが消費されたか、小数点第1位まで求めよ。
- 条件1において、実験開始40分後では何mgのグルコースが消費されたか、小数点第1位まで求めよ。
- 条件2で用いた阻害剤Xの代わりに、解糖系の阻害剤Yを加えるとどのような結果になると予想されるか、理由とともに記せ。

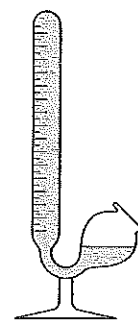


図1 キューネ発酵管

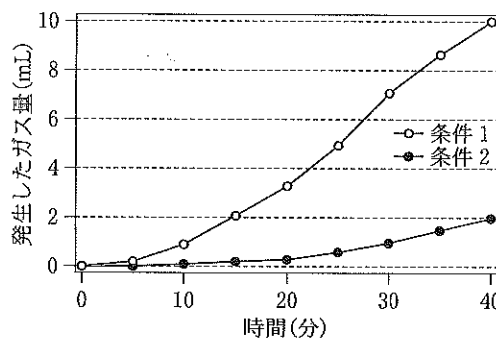


図2 二酸化炭素量の時間変化
条件1を○、条件2を●で示す。

〔2〕 動物の分類に関する次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

従来、動物の分類は主に形態的な特性に基づいて行われてきた。最近では遺伝子のデータを比較することによって、その系統樹は見直されつつある。図1は、rRNAの塩基配列を基に作成された系統樹で、従来のものとは大きく異なっている部分がある。例えば、ア動物とイ動物はいずれも体節を持つことから、従来は近縁であると考えられてきたが、図1では両者は隔たって位置しており、両者の体節はウの結果であると考えられるようになった。図中のA～Hは、その時点で獲得された形質を示し、それ以降のすべての動物群が有する共通の形質である。例えば、Aは胚葉の獲得を、Bは三胚葉の獲得を示しており、B以降の動物はすべて三胚葉動物である。動物の左右相称性はエの時点で獲得されたが、エ以降の生物群であるにもかかわらず、オ動物の成体は左右相称性を持たない。これは二次的な適応であると考えられている。

問1 文中のア～オに適切な語句を記せ。なお、ア、イ、オには、図1の動物の分類名から最も適切な語句を、エには、図1のA～Hから、最も適切な語を選び、それぞれ答えよ。

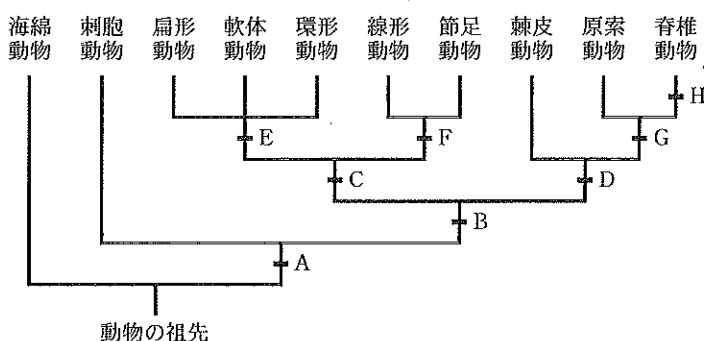


図1 動物の系統樹

問2 下線部①について、以下の問いに答えよ。

(1) 生体内におけるrRNAの役割について簡潔に述べよ。

(2) このような大きく離れた生物間の系統樹

を作成する際、mRNAやtRNAではなくrRNAの塩基配列を用いるのはなぜか。その理由について適しているものを以下の選択肢の中からすべて選び、数字で答えよ。

1. すべての生物種に存在し、細胞内に比較的大量に含まれるため
2. 類似したアンチコドンを持ち、安定な分子であるため
3. 平均して約100個のヌクレオチドからなり、構造解析が容易なため
4. すべての生物種で全体の塩基配列が良く似ているため
5. スプライシングを受けるので、機能に関連する領域のみを比較できるため

問3 下線部②について、以下の問いに答えよ。

(1) 三胚葉動物では多くの場合、体壁と内臓の間に隙間が存在する。この隙間の名称を答えよ。

(2) 刺胞動物は胚葉を有するが、まだ三胚葉を獲得していない。ウニの発生において、刺胞動物が持たない胚葉由来の器官・組織を次の中からすべて選び、数字で答えよ。

- | | | |
|----------|-------|-------|
| 1. 幼生の繊毛 | 2. 表皮 | 3. 筋肉 |
| 4. 胃 | 5. 骨片 | 6. 食道 |

問4 図1のCとDは発生の様式の差を示す形質である。C以降の動物群とD以降の動物群では発生様式がどのように異なるか、それぞれ説明せよ。

問5 図1のEとFは発生の過程で、ある現象を生じる動物群(F以降)と生じない動物群(E以降)を示している。この現象名を答えよ。

問6 図1のGとHに関する以下の問いに答えよ。

(1) GとHはそれぞれ、ある構造の獲得を示している。それぞれの構造の名称を答えよ。

(2) 図2はある脊椎動物の成体の脊椎骨の模式図である。解答欄の図中に脊椎の断面を正しい位置に書き加え、引き出し線を引いて各部の名称(白質、灰白質)を記入せよ。なお解答欄には背側、腹側を明記せよ。

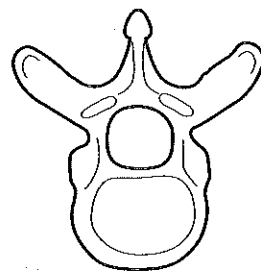


図2 脊椎骨

(3) 次の生物の中で脊椎動物に含まれるものはどれか、すべて選び、数字で答えよ。

- | | | |
|-----------|-----------|--------|
| 1. ウニ | 2. ナメクジウオ | 3. マボヤ |
| 4. ヤツメウナギ | 5. シーラカンス | 6. ヒトデ |

〔3〕 生物多様性に関する次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

地球上の生物は互に関わりあいながら、複雑な生態系を構成している。生態系を構成する地球上の生命の総体のことを、生物多様性と呼ぶ。生物多様性は、多様性、多様性、遺伝的多様性の3つの階層に分けられる。多様性とは、地球上に存在するの多様性のことで、やといった環境要因と、そこに生息する生物が相互に関わりあって、地域ごとに異なるが形成される。多様性とは、ある地域に生息するの豊富さのことで、の数と、各のによって評価できる。遺伝的多様性とは、同種内に含まれる遺伝子の多様性のことであり、種内に含まれる対立遺伝子の数とその頻度、およびヘテロ接合度^{注1}によって評価できる。表は、ある南の島に生育する自家和合性^{注2}のある樹木X種について、遺伝的多様性を調べた結果である。この解析では、ある島に生育するすべての成木と、そこから採取した種子を対象に、AからEまでの5つの遺伝子座について対立遺伝子頻度とヘテロ接合度を調べている。なお、この解析で使用した遺伝子座はすべて、自然選択の影響を受けない中立な遺伝子座である。

表 樹木X種の遺伝的多様性

遺伝子座	成木から検出された対立遺伝子(遺伝子頻度)	種子のヘテロ接合度の期待値 ^{注3}	種子のヘテロ接合度の実測値
A	A ₁ (0.30), A ₂ (0.70)	<input type="text" value="1"/>	0.19
B	B ₁ (0.15), B ₂ (0.25), B ₃ (0.60)	<input type="text" value="2"/>	0.26
C	C ₁ (0.24), C ₂ (0.33), C ₃ (0.43)	0.65	0.33
D	D ₁ (0.10), D ₂ (0.41), D ₃ (0.49)	0.58	0.27
E	E ₁ (0.07), E ₂ (0.20), E ₃ (0.36), E ₄ (0.37)	0.69	0.38

注1ヘテロ接合度：ある生物集団の中で、注目している遺伝子座がヘテロ接合になっている個体の割合。ヘテロ接合度は次の式で表せる。

$$\text{ヘテロ接合度} = \frac{\text{ヘテロ接合している個体の数}}{\text{集団の全個体数}}$$

注2自家和合性：自家受粉によって種子を作る性質。

注3ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つと仮定して算出された、種子のヘテロ接合度。

問1 文中の～に適切な語句を記せ。

問2 次に示す4つの事例の中から、下線部の生物の遺伝的多様性が低下すると考えられる現象と、上昇すると考えられる現象を1つずつ選び、そのように考えられる理由を簡潔に述べよ。

1. ノルウェー北部に生息するトナカイは、かつて広大な山岳地帯を自由に移動する一つの大きな個体群であったが、開発によって26の局所個体群へと分断された
2. 外来生物であるチュウゴクオオサンショウウオが日本の河川に定着し、在来生物であるオオサンショウウオと交雑して、繁殖能力のある交雑個体が生まれた
3. 生活排水の流入によって湖が富栄養化し、植物プランクトンが異常増殖してアオコが発生した
4. アマミノクロウサギを保全する事業の一環として、ジャワマンギースの駆除を行ったところ、アマミノクロウサギの個体数が回復しはじめた

問3 ハーディ・ワインベルグの法則は、遺伝的多様性について考える際によく使われる。ハーディ・ワインベルグの法則が成立するのに必要な条件を5つ答えよ。

問4 表に示した結果を読み取り、以下の問いに答えよ。

- (1) 遺伝子座Aについて対立遺伝子を調べたところ、2種類の対立遺伝子(A₁, A₂)が検出された。それぞれの遺伝子頻度はA₁が0.30, A₂が0.70であった。この集団でハーディ・ワインベルグの法則が成り立つと仮定した時、遺伝子座Aについて次世代のヘテロ接合度の期待値を計算せよ。
- (2) 遺伝子座Bについて対立遺伝子を調べたところ、3種類の対立遺伝子(B₁, B₂, B₃)が検出された。それぞれの遺伝子頻度はB₁が0.15, B₂が0.25, B₃が0.60であった。この集団でハーディ・ワインベルグの法則が成り立つと仮定した時、遺伝子座Bについて次世代のヘテロ接合度の期待値を計算せよ。

問5 樹木X種の繁殖について、表に示した結果からどのようなことが分かるか、根拠を示しながら説明せよ。