

# 生 物

## 生物 問題 I

動物の系統に関する次の文章を読み、下の問に答えよ。

地球上での生物の進化の過程は系統と呼ばれる。系統にもとづいた生物の類縁関係によって生物を分類する方法を系統分類といい、系統を表す図は樹木状の形に描かれるため系統樹と呼ばれる。系統分類を行うためには生物の系統関係を推定する必要がある。伝統的には、外部形態や解剖学的特徴、①発生様式などの生物のもつ形質を比較し、それらの特徴の共通性に注目することによって、生物の系統関係の推定は行われてきた。これに対し、近年ではゲノムの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列などの分子データの比較による系統関係の推定が盛んに行われている。

分子系統学的解析によって支持される②動物の系統樹を図1に示す。動物は、多細胞で運動性のある（あ）栄養生物であり、単細胞生物の（い）と最も近縁であると推定されている。形態と発生様式の特徴にもとづいた従来の分類では、動物は胚葉の区別がないものと、外胚葉・内胚葉の二胚葉性に分化するもの、および中胚葉があってより複雑な三胚葉性のものに大別される。三胚葉性の動物は、原口がそのまま成体の口になる③旧口動物と、原口またはその付近に（う）が形成され、その反対側に口が形成される新口動物とに分類される。さらに、④三胚葉性の動物は真体腔をもつか、偽体腔をもつかによっても区別された。しかし、この体腔にもとづく分類体系は、分子系統学的解析の結果、系統を反映していないことが示された。

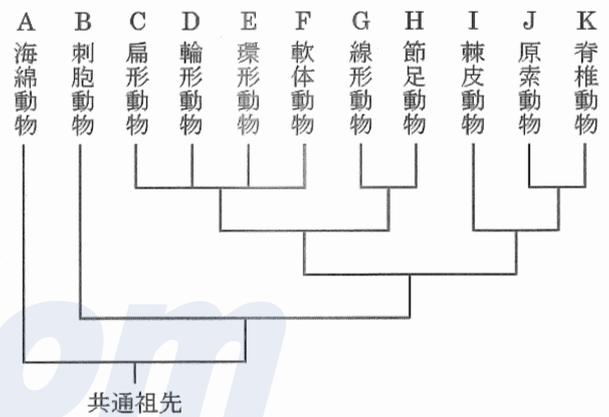


図1. 動物の系統樹

問1. (あ)～(う)に入る適当な語句を(ア)～(シ)から選び、それぞれ記号で記せ。

- (ア) 依存 (イ) 肛門 (ウ) 従属 (エ) 自立 (オ) 神経 (カ) 体腔 (キ) 独立  
 (ク) 生殖器 (ケ) 繊毛虫類 (コ) 渦鞭毛藻類 (サ) シャジクモ類 (シ) えり鞭毛虫類

問2. 下線部①と動物の系統に関して、かつてヘッケルが提唱した反復発生説について簡潔に説明せよ。

問3. 下線部②について、(i)～(iii)の問に答えよ。

(i) (a)～(e)の動物は図1のA～Kのどの動物群に含まれるか、それぞれ記号で記せ。

- (a) ゴカイ (b) ナマコ (c) バッタ (d) プラナリア (e) カタユウレイボヤ

(ii) 新口動物に分類される動物群を図1のA～Kからすべて選び、記号で記せ。

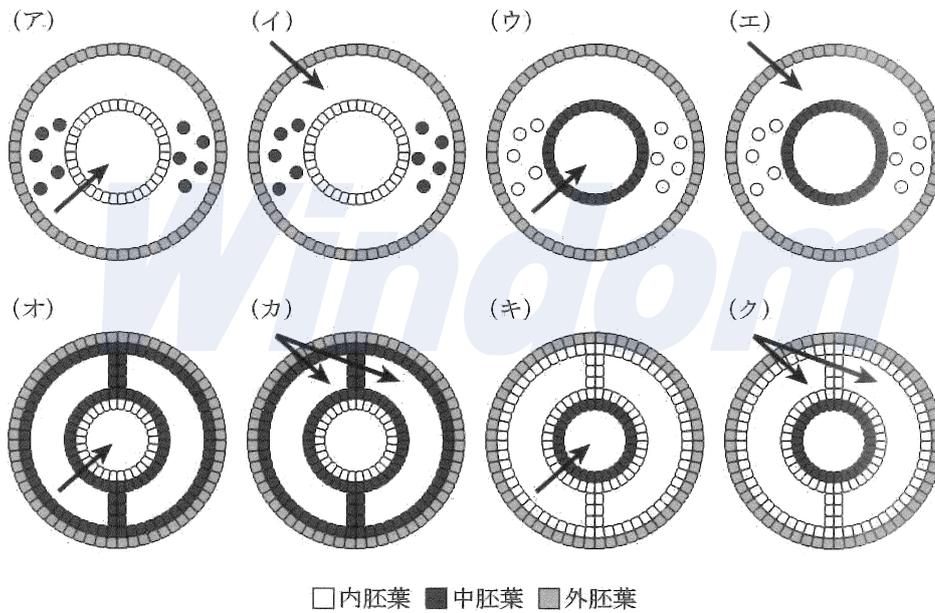
(iii) 脊索をもつ動物群を図1のA～Kからすべて選び、記号で記せ。

生 物

問4. 下線部③について、正しいものはどれか。(ア)～(オ)から2つ選び、記号で記せ。

- (ア) 軟体動物は、外とう膜をもつ。
- (イ) 輪形動物は、体節構造をもつ。
- (ウ) 扁形動物は、排泄物を口から出す。
- (エ) 環形動物は、成長過程で脱皮をする。
- (オ) 節足動物は、体節ごとに神経節のある散在神経系をもつ。

問5. 下線部④について、図中の矢印(→)が真体腔あるいは偽体腔を示している断面図をそれぞれ(ア)～(ク)から1つ選び、記号で記せ。



生物 問題 II

次の文章を読み、下の問に答えよ。

ヒトの免疫は、自然免疫と獲得免疫に分けられる。獲得免疫は、反応するリンパ球の種類により細胞性免疫と体液性免疫に分けられる。体液性免疫で重要な役割を果たすのが抗体とよばれる免疫グロブリンである。もともと体内に存在しない異物が体内に入ってくると、①その異物を認識し特異的に結合する抗体がつくられ、血しょう中に放出される。ウイルスや細菌など病原体に対する抗体ができると、細胞への侵入を防ぎ、マクロファージなど食作用を持つ細胞への取り込みも促進される。また、病原体を特異的に認識し結合する血清中の抗体の存在の有無を調べることにより、その病原体に感染したかどうかわかる。

病原体を認識し特異的に結合する抗体は次のような手順で検出することができる。まず、病原体抗原を小さな試験管（ウエル）の底に結合させる（図1-①）。検査対象のヒト血清をウエルに加え、その抗原と反応させると、病原体抗原を特異的に認識する抗体（病原体特異的抗体）は結合するが、認識しない抗体は結合しない（図1-②）。抗原に結合しない抗体を洗い除いた後、抗原に結合した抗体を、ヒト免疫グロブリンを認識する抗体（二次抗体）で検出する（図1-③）。この時、二次抗体に酵素 E を化学的に結合させておくと、酵素 E に対する基質 S を加えることにより、生成物 P が産出される。生成物 P を検出することにより、病原体特異的抗体がわずかな量であっても高感度に調べることができる。このような方法を ELISA 法（Enzyme-Linked Immunosorbent Assay）という。

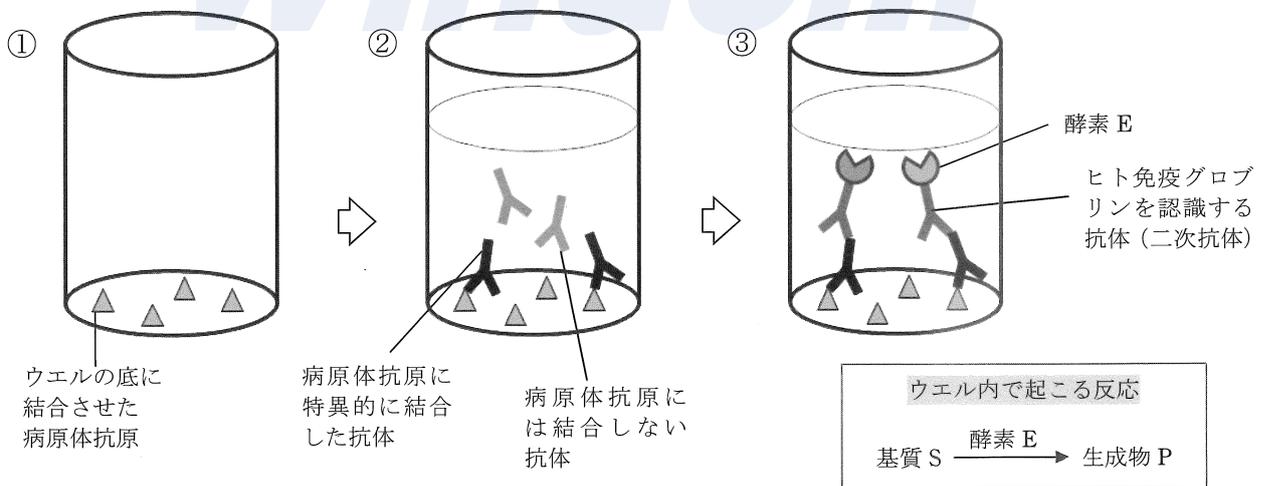


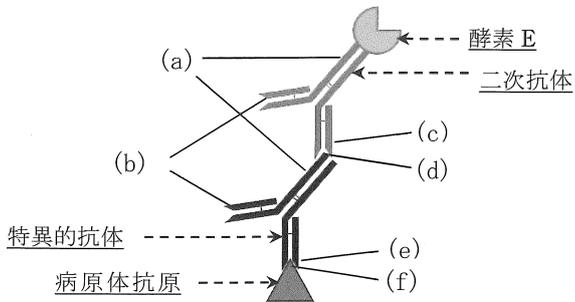
図1. ELISA法の原理

問1. 下線部①について、異物と特異的に結合する抗体がつくられるしくみを、下の4つの語句をすべて用いて説明せよ。

語句： 樹状細胞、 抗体産生細胞、 B細胞、 ヘルパーT細胞

生 物

問2. ELISA法において形成される複合体(病原体抗原-病原体特異的抗体-酵素を結合させた二次抗体)を図2に模式的に示す。図2の(a)~(f)のうち、エピトープとなっている部分はどれか。すべて選び、記号で記せ。  
ただし、右の(a)~(f)の説明は、それぞれ図2の(a)~(f)に対応している。



- (a) 抗体のうち、構造が共通する部分
- (b) 抗体のうち、抗体によって構造が異なる部分
- (c) 二次抗体のうち、特異的抗体に結合している部分
- (d) 特異的抗体のうち、二次抗体が結合している部分
- (e) 特異的抗体のうち、病原体抗原に結合している部分
- (f) 病原体抗原のうち、特異的抗体が結合している部分

図2

問3. 病原体に感染した患者Aと患者Bの血清を用い、病原体特異的抗体をELISA法にて検査した。酵素Eに対する基質Sを加え、時間ごとに生成物Pの量を測定すると図3ようになった。この結果より推測できることのうち、適当なものはどれか。次の①~④より、1つ選び記号で記せ。

ただし、酵素Eの量と病原体抗原に結合している抗体の量は比例するものとする。

- ① 異なる病原体を抗原としても同じ結果が得られる。
- ② 患者Aの血清に含まれる病原体特異的抗体の量は患者Bの2倍である。
- ③ 患者Aと患者Bのウェル当たりの酵素Eの酵素反応速度は同じである。
- ④ 患者Aは免疫の一次応答、患者Bは二次応答により病原体に対する抗体が産生されている。

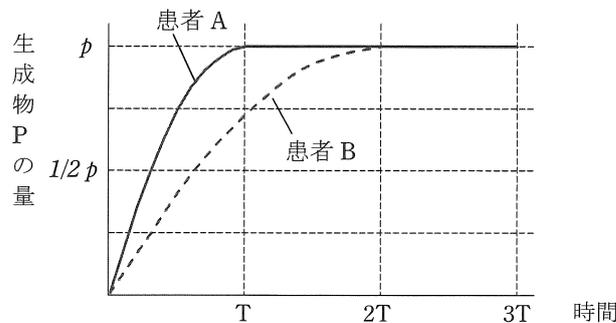


図3

問4. 問3における患者Bの血清を用い、1/2倍の濃度の基質Sを使ってELISAを行った。この時の生成物Pの量と時間の関係をグラフに記せ。

問5. 酵素活性を阻害する物質には、競争的阻害剤と非競争的阻害剤がある。

一定量の阻害剤を添加し、酵素Eの反応速度と基質濃度の関係を調べた(図4)。競争的阻害剤はX, Yのいずれか。

記号とその理由をそれぞれ記せ。

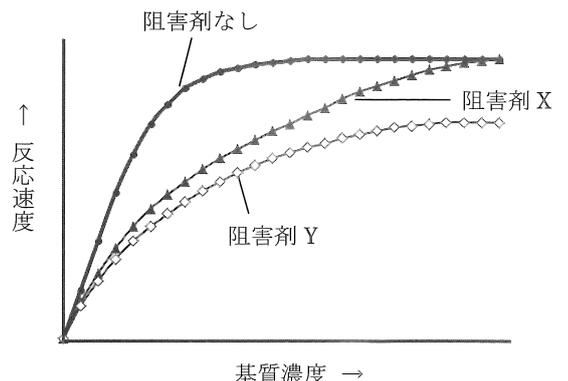


図4

生物 問題 III

神経伝達および筋収縮に関する次の文章を読み、下の問に答えよ。

細胞では細胞膜を境に内側と外側で電位差が存在する。細胞の外側の基準電圧を  $0\text{ mV}$  としたときの細胞内外の電位差を膜電位と呼ぶ。膜電位は通常状態では一定に保たれているが、細胞が刺激を受けると膜電位が変化する。この現象を ( あ ) という。この細胞膜の電気特性を利用して情報を伝達しているのが神経細胞である。神経細胞が他の細胞からの信号や実験的な電気刺激を受けると ( あ ) が起こり、電位差が一定の値を超えると活動状態になるが、その後、電位差はすぐに元に戻る。この神経細胞で起こる一連の電位変化を活動電位と呼び、神経細胞が活動状態になることを ( い ) という。また、神経細胞で活動電位が生じる最小の刺激の強さを ( う ) という。このような細胞内外の電位差の維持、変化には①ナトリウムポンプやイオンチャンネルが重要な役割を果たしている。

図1はカエルの腓腹筋とそれにつながる神経を取り出した神経筋標本である。いま、②軸索の点A、Bにそれぞれ一定の強さの電気刺激を与えたところ、点Aを刺激すると0.15ミリ秒後、点Bを刺激すると0.2ミリ秒後に筋肉の収縮が起こった。この収縮反応は電気刺激によって発生する活動電位が軸索を伝わり、③神経終末に到達後、シナプスを介して刺激が筋細胞に伝達され起こったものである(図2)。神経細胞からの刺激を受けた筋細胞では筋小胞体から( え ) が放出され、( お ) というタンパク質と結合すると筋収縮が起こる。筋肉は神経支配の様式によって大きく2種類に分類される。腓腹筋のような骨格筋は体性神経系を介して意思通りに動かせる随意筋、④心筋のように自律神経系により支配され、自分の意思では動かせない筋肉は不随意筋と呼ばれる。

筋収縮にはATPがエネルギー源として利用されている。筋肉へのATP供給は呼吸や解糖系によって行われるが、筋肉には高エネルギーリン酸結合を持った( か ) が多量に含まれており、これが分解される際に放出されるエネルギーによってADPからATPを合成することができる。これによって、筋収縮を繰り返しても筋細胞ではATP量が一定に保たれる。しかし、長時間激しい運動が続くと、酸素の補給が間に合わなくなり、ATP量が減少する。このような場合は、⑤乳酸発酵と同じ過程でグルコース、またはグリコーゲンを分解する解糖が主に働き、ATPが生成される。

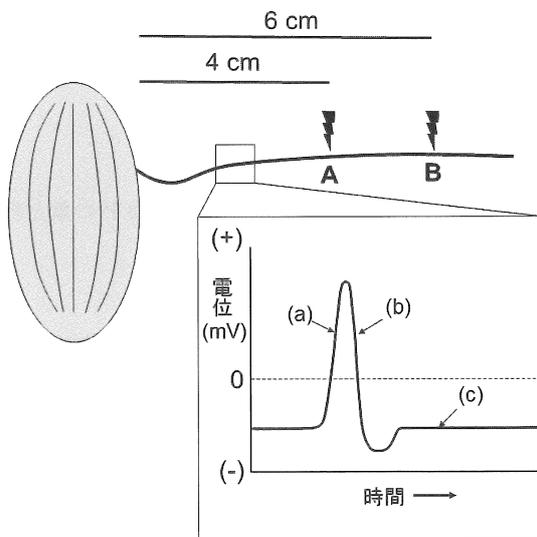


図1. 神経筋標本の電気刺激実験

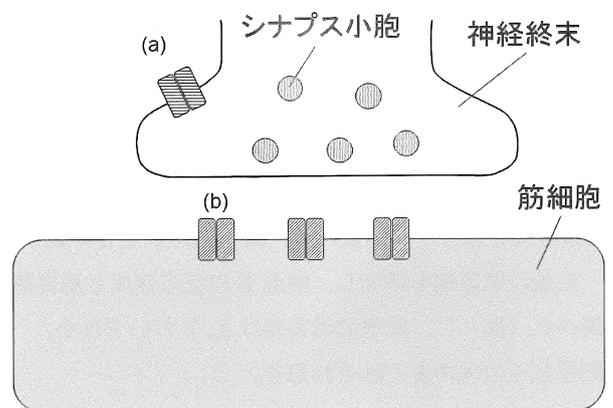


図2. 筋細胞におけるシナプス結合部位

## 生 物

問1. (あ)～(か) に当てはまる語句を記せ。

問2. 下線部①ナトリウムポンプについて正しいものを(ア)～(オ)から3つ選び、記号で記せ。

- (ア)  $\text{Na}^+$ を細胞外に放出する。
- (イ)  $\text{K}^+$ を細胞内に取り込む。
- (ウ) アクアポリンとともに水分子を輸送する。
- (エ) ATPのエネルギーを使って輸送する。
- (オ) 濃度の高い側から低い側に、濃度勾配に従って輸送する。

問3. 下線部②について、活動電位が神経終末に到達してから、筋肉が収縮するまでの時間(ミリ秒)を求めよ。

問4. 図1のグラフは軸索に電気刺激を与えた際の細胞膜の電位変化を示している。グラフ中の(a)～(c)において神経細胞膜で起きているイオンの流入、流出について当てはまるものを(ア)～(カ)からすべて選び、記号で記せ。

- (ア)  $\text{Na}^+$ が細胞内へ流入
- (イ)  $\text{Na}^+$ が細胞外へ流出
- (ウ)  $\text{K}^+$ が細胞内へ流入
- (エ)  $\text{K}^+$ が細胞外へ流出
- (オ)  $\text{Ca}^{2+}$ が細胞内へ流入
- (カ)  $\text{Ca}^{2+}$ が細胞外へ流出

問5. 下線部③について、図2中の(a)はシナプス小胞中の物質を細胞外に放出させるために必要なイオンチャネルで、(b)は放出された物質を受け取って筋肉に情報を伝えるイオンチャネルである。下のイオンチャネル(a)、(b)の名称中の(あ)～(う)に当てはまる語句を記せ。

- (a) (あ)依存性(い)チャネル
- (b) (う)依存性イオンチャネル

問6. 下線部④について、心筋の収縮運動は自律神経系によってどのように制御されているか、下の文章中の(あ)～(お)に当てはまる語句を記せ。

激しい運動によって血中の二酸化濃度が高まると、脳のうち(あ)にある心臓拍動中枢が情報を受け、(い)神経によって心臓へと情報が伝達される。心筋は(い)神経から分泌される(う)の作用によって収縮速度が速くなり、心拍数が増加する。一方、(え)神経から分泌される(お)の作用によって収縮速度が遅くなり、心拍数が減少する。

問7. 下線部⑤について、下記はグルコースを基質として用いた場合の解糖の反応式である。(あ)と(え)には当てはまる数字、(い)と(う)には当てはまる化学式を記せ。

