

### 生物 問題 I

神経と筋肉のはたらきについて次の問に答えよ。

問1. 神経について、適切な説明を2つ選び、記号で記せ。

- (ア) 脊髄では神経細胞の細胞体は、外側の皮質に集まっている
- (イ) 脳では神経細胞の軸索（神経繊維）は、内側の髄質に集まっている
- (ウ) 中枢神経系には脳と脳神経が含まれ、末梢神経系には脊髄と脊髄神経が含まれる
- (エ) 有髄神経繊維の興奮の伝導速度は、同じ太さの無髄神経繊維よりも速い
- (オ) 神経伝達物質は樹状突起の末端から分泌されて、隣接する神経細胞の受容体に結合する

問2. 1個の神経細胞（ニューロン）の膜電位について、適切な説明を2つ選び、記号で記せ。

- (ア) 活動電位の大きさは、軸索を伝わるうちに小さくなる
- (イ) 活動電位を生じる刺激の閾値は、どの神経細胞でも同じである
- (ウ) 閾値より弱い刺激を繰り返し与えると、活動電位を生じる
- (エ) 大きな刺激を受けても、活動電位の大きさは変わらない
- (オ) 大きな刺激を受けると、活動電位を生じる頻度が増加する

問3. ヒトでは刺激を受容器（感覚器）で受け取り神経系で処理された情報が効果器（作動体）に伝えられる。次の場合について、刺激が伝わる経路が正しくなるように（a）～（d）に下の語群の中から適切な語句を1つずつ選び、数字で記せ。

- |                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| (ア) 熱いものにさわると、思わず手を引っ込める | 受容器→感覚神経→（ a ）→運動神経→効果器     |
| (イ) 恐ろしい映画を見ると、心臓がドキドキする | 受容器→感覚神経→大脳→延髄→（ b ）→効果器    |
| (ウ) 強い光を目に受けると、瞳孔が縮小する   | 受容器→感覚神経→中脳→（ c ）→効果器       |
| (エ) レモンを見ると、だ液がでる        | 受容器→感覚神経→（ d ）→延髄→副交感神経→効果器 |

語群：(1) 大脳 (2) 間脳 (3) 中脳 (4) 小脳 (5) 延髄 (6) 脊髄 (7) 運動神経 (8) 感覚神経  
(9) 交感神経 (10) 副交感神経

問4. カエルの神経筋標本を作製した。運動神経を筋肉に付着する部分から60 mm（ミリメートル）離れた場所で1回電気刺激したところ、刺激後4.5ミリ秒（1ミリ秒は1000分の1秒）の時点で筋肉が収縮した。また同様に、15 mm離れた場所で運動神経を電気刺激したところ、刺激後3ミリ秒の時点で筋肉が収縮した。このとき、この神経の興奮伝導速度（m/秒）を求めよ。また興奮が運動神経の末端に到達してから、筋肉が収縮するまでの時間（ミリ秒）を求めよ。

問5. 図1は筋原繊維の模式図である。次の問に答えよ。

- (1) 図1のア～ウの名称をそれぞれ記せ。
- (2) 図1のアに結合しているトロポニンというタンパク質が、ある陽イオンを受け取ると、図1のイがATPを加水分解して筋原繊維に大きな変化が生じる。どのような変化が生じるのか、解答欄（変化が生じる前の筋原繊維の輪郭を点線で示す）に実線で作図し、イとウを黒く塗りつぶせ。

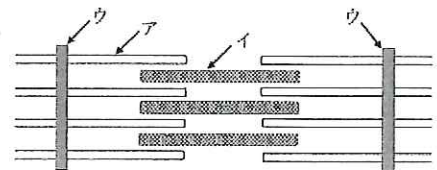


図1

### 生物 問題 II

腎臓のはたらきについて次の問に答えよ。

問1. 表1はヒトの血しょうと尿の成分を比べたものである。このとき、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、尿素、クレアチニンの中で、血しょう中の濃度と比べたとき、尿中の濃縮率が最も高い成分はどれか。また、ヒトの一日の尿量が2L(リットル)であるとき、一日の原尿量は何Lか。ただし、クレアチニンは細尿管(腎細管)で再吸収されずに尿中へ排出される。

表1

成 分	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	尿素	グルコース	クレアチニン	タンパク質
血しょう (%)	0.3	0.02	0.03	0.1	0.001	7.2
尿 (%)	0.34	0.15	2	0	0.075	0

問2. PさんとQさんに、1L(リットル)の水または生理食塩水のいずれかを飲んでもらい(時間0分とする)、直後に採尿を行い、その後も30分ごとに採尿して尿量(mL/30分)の変化を調べた(表2)。この実験について、適切な説明を2つ選び、記号で記せ。

表2

時間経過	0分	30分	60分	90分	120分	150分	180分
Pさんの尿量	50 mL	55 mL	60 mL	65 mL	70 mL	75 mL	75 mL
Qさんの尿量	50 mL	145 mL	170 mL	160 mL	140 mL	100 mL	80 mL

- (ア) Pさんの体液の浸透圧は、時間0分と比べたとき、30分後には高くなった
- (イ) Qさんの体液の浸透圧は、時間0分と比べたとき、30分後には低くなった
- (ウ) Pさんの体液の浸透圧は、90分後の時点で、Qさんよりも高かった
- (エ) Qさんの体液の浸透圧は、60分後の時点で、Pさんよりも高かった
- (オ) Pさんの体液の浸透圧は、Qさんと比べたとき、大きく変化した

問3. Rさんに1L(リットル)の水を飲んでもらい(時間0分とする)、その後の尿量の変化を調べた。時間0分の時と比べて60分経過後では、Rさんの腎臓の尿の生成過程において、水の移動が減少しているところがあった。それはどの部分からどの部分への移動か、次の(ア)～(オ)の中から適切なものを1つ選び、記号で記せ。また、時間0分の時と比べて60分経過後では、Rさんの血液中のバツプレシン濃度はどのように変化しているのか、次の(カ)～(ク)の中から適切なものを1つ選び、記号で記せ。

- (ア) 糸球体 → ボーマンのう
- (イ) 近位細尿管 → 毛細血管
- (ウ) 遠位細尿管 → 毛細血管
- (エ) 集合管 → 腎髄質の毛細血管
- (オ) 集合管 → 腎う
- (カ) 増加している
- (キ) 減少している
- (ク) 変化していない

### 生物 問題 III

タンパク質は、生物の構造と機能を担う主役である。タンパク質は、多数のアミノ酸が鎖のようにつながってできているが、このアミノ酸配列を一次構造という。タンパク質を構成するアミノ酸は20種類であるが、その配列はDNAの遺伝情報にもとづいて指定される。DNAを構成する塩基は4種類であるが、トリプレットと呼ばれる塩基3つの配列が1つのアミノ酸に対応している。DNAのトリプレットはmRNAに転写され、これをもとにタンパク質の合成が行われる。このmRNAのトリプレットを特にコドンという。mRNAにリボソームが付着し、付着部のmRNAのコドンに対応するアンチコドンをもつ<sup>(1)</sup> tRNAが結合する。tRNAが運んできたアミノ酸は合成されているポリペプチド鎖の末端に結合する。この繰り返しの繰り返しによりタンパク質は合成されていく。ポリペプチド鎖は、構成するアミノ酸の種類と配列によって、部分的な立体構造をつくるがこれを<sup>(2)</sup> 二次構造という。一本のポリペプチド鎖は、これらの二次構造がさらに組み合わさって、より複雑な三次構造と呼ばれる構造をつくる。タンパク質によっては、さらに<sup>(3)</sup> 四次構造をつくるものがある。

遺伝子の塩基配列の変化が、アミノ酸配列の変化となって、タンパク質の構造に変化を起こす例として<sup>(4)</sup> かま状赤血球症が知られている。赤血球中にある<sup>(5)</sup> ヘモグロビンは酸素の運搬を担うが、かま状赤血球症のヘモグロビンにはアミノ酸配列の変化があることが知られている。かま状赤血球ヘモグロビンは、酸素が不足すると赤血球をかま状に変化させる。かま状の赤血球は壊れやすく、<sup>(6)</sup> 貧血を起こしやすい。貧血になると末梢組織への酸素運搬能力が低下する。

遺伝暗号表

1番目の塩基	2番目の塩基				3番目の塩基				
	U	C	A	G					
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA		UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A
	UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU		U
	CUC		CCG		CAC		CGC	アルギニン	C
	CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU		ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U
	AUC	イソロイシン	ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
	AUG	メチオニン	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU		GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU		U
	GUC	バリン	GCC		GAC		GGC	グリシン	C
	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

問1. 一般に下線部(1)の種類はタンパク質を構成するアミノ酸の種類より多い。その理由を説明せよ。

問2. 下線部(2)について、(a)結合様式は何か、また(b)その例を2つあげよ。

問3. 下線部(3)について、四次構造とは何か説明せよ。



問4. 下線部(4)のかま状赤血球症のヘモグロビン遺伝子を調べたところ、塩基配列の一部分が変異していることがわかった。次に正常型ヘモグロビンとかま状赤血球ヘモグロビンの mRNA の塩基配列の一部分を示す。

—————→ 転写の方向

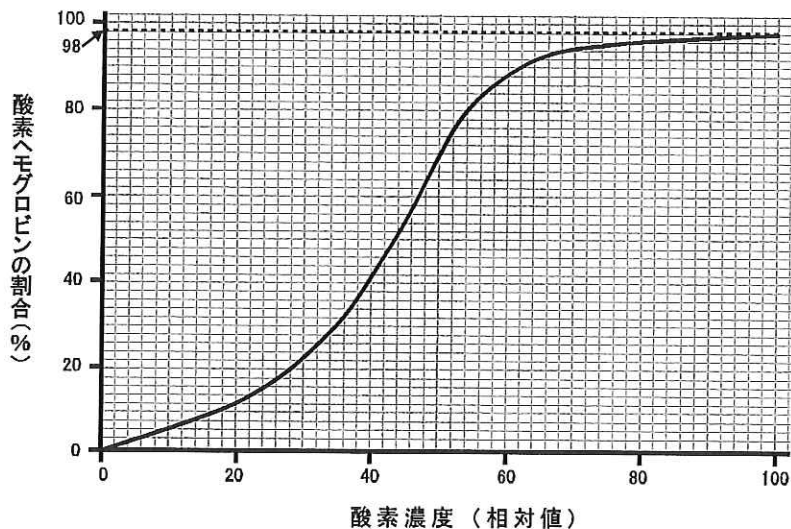
正常型ヘモグロビン mRNA : ...CUCCCGAAGAA...

かま状赤血球ヘモグロビン mRNA : ...CUCCCGUAGAA...

- (a) 上に示した正常型ヘモグロビン mRNA の部分配列から生成されるペプチドは、最大何種類の可能性があるか。遺伝暗号表を参考にして、数字で記せ。
- (b) かま状赤血球ヘモグロビンは正常型ヘモグロビンと同じ 146 個のアミノ酸から構成されていたが、上に示す配列から翻訳されるアミノ酸のうち、1つが別のアミノ酸に置換されていた。上に示した、かま状赤血球ヘモグロビン mRNA の配列から生成される可能性のあるペプチドを、解答例にならってすべて書き出せ。また、変異しているアミノ酸を線で囲め。

解答例：フェニルアラニン-フェニルアラニン-フェニルアラニン、・・・

問5. 下線部(5)について、酸素濃度(相対値)と酸素ヘモグロビンの割合は酸素解離曲線と呼ばれ図に示すような特性を示す。大動脈から得られた血液の酸素濃度(相対値)が 100 であり、右心房から得られた血液の酸素濃度(相対値)が 50 であったとき、血液 100 mL あたり何 mL の酸素が組織に供給されたか求めよ。ただし、ヘモグロビン濃度は血液 100 mL あたり 14 g であり、ヘモグロビンは 1g あたり 1.3 mL の酸素を結合することができる。答えが小数を含む場合は、小数点以下第 2 位を四捨五入せよ。



問6. 下線部(6)について、様々な原因により血液中のヘモグロビン濃度が正常より低下した状態は貧血と呼ばれる。次の (a), (b) に答えよ。

(a) 貧血でみられるヘモグロビン酸素飽和度(酸素ヘモグロビンの割合)について正しいものを1つ選び、記号で記せ。

- (ア) 動脈血ヘモグロビン酸素飽和度は正常であり、静脈血ヘモグロビン酸素飽和度も正常である
- (イ) 動脈血ヘモグロビン酸素飽和度は正常より低下し、静脈血ヘモグロビン酸素飽和度も正常より低下する
- (ウ) 動脈血ヘモグロビン酸素飽和度は正常より低下するが、静脈血ヘモグロビン酸素飽和度は正常である
- (エ) 動脈血ヘモグロビン酸素飽和度は正常であるが、静脈血ヘモグロビン酸素飽和度は正常より低下する
- (オ) 動脈血ヘモグロビン酸素飽和度は正常であるが、静脈血ヘモグロビン酸素飽和度は正常より上昇する

(b) (a) の理由を説明せよ。

# 生

## 生 物

### 生物 問題 IV

地球上には多種多様な生物が生きている。そのなかで、従属栄養で運動性のある生物は単細胞の原生動物と多細胞の後生動物に分けられる。さらに、後生動物は体制をつくる発生様式や脊索の有無をもとに分類することができる。まず、胚葉が生じない無胚葉性の動物、2種類の胚葉をもつ二胚葉動物、3種類の胚葉をもつ三胚葉動物がある。三胚葉動物は旧口動物と新口動物に大別される。旧口動物と新口動物は中胚葉のでき方に違いがあり、旧口動物の中胚葉は（あ）とよばれる特殊な大形の細胞が分裂して形成されるのに対し、新口動物では原腸の壁がふくれてできる。体腔とよばれる体壁と内臓の間にできるすき間にも違いが見られる。胞胚腔に由来する体腔を（い）、胞胚腔が消失し中胚葉から新たに形成される体腔を（う）という。脊索については、その有無や発生などの時期にできるかで動物の分類ができる。このように、外部形態や内部構造、発生の仕方を比較して生物間の系統関係を推測することができる。しかし、近縁種の場合、その形態などの特徴から種を同定することは非常に困難な場合がある。最近ではDNAの塩基配列を用いた系統解析が一般的になっている。DNAには遺伝情報が含まれ、その情報量は非常に多いため、精度の良い推定ができる。一般にDNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の違いは、共通の祖先より分岐してから長い時間が経っている動物間ほど大きい傾向がある。近縁種どうしでは<sup>(1)</sup>染色体DNAのうち自然選択の影響を受けない部分や<sup>(2)</sup>細胞小器官のDNAの塩基配列を比較して種を同定することができる。また、特定のDNA配列を増幅することができる<sup>(3)</sup>PCR法の開発により、化石標本に含まれる微量のDNAも解析が可能となった。

問1. 中胚葉のでき方以外に、旧口動物と新口動物の違いを簡潔に述べよ。

問2. 本文中の（あ）～（う）に入る語句を漢字で記せ。

問3. 旧口動物で（う）をもつ動物を下記の（a）～（g）からすべて選び、記号を記せ。

- (a) プラナリア (ナミウズムシ)      (b) カブトムシ      (c) ツボムシ  
(d) ナメクジウオ      (e) バフンウニ      (f) ヒドラ      (g) アサリ

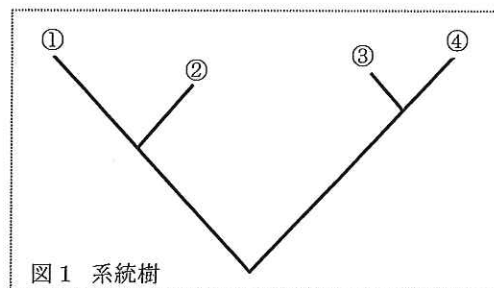
問4. 原索動物と脊ついで動物について下の文中の（1）～（3）に入る適切な語句を記せ。

原索動物と脊ついで動物ではいずれも発生過程で脊索や（1）が生じる。脊ついで動物では脊索は発生過程で消失するとともに、（2）が（1）を取り囲む。また、（1）からは脳と（3）が分化する。

問5. 4種類の生物種A, B, C, Dの間におけるDNA塩基配列の違いの度合いを数値化したところ、表の結果が得られた。表の数値をもとに生物種A～D間の類縁関係を樹状に示したものが図1である。この図における2つの生物種間の類縁関係は、両者の分岐点までの枝の長さで表わされている。生物種A～Dは図1の系統樹の生物種①～④のどれと対応しているか、それぞれ記号で記せ。

表 塩基配列の違いの度合い (%)

	A	B	C
B	0.292	—	—
C	0.269	0.105	—
D	0.061	0.306	0.282



問6. 下線部(1)の染色体DNAのうち自然選択の影響を受けない部分とはどのような部分と考えられるか、簡潔に述べよ。

問7. 下線部(2)の細胞小器官とは何か、名称を記せ。また、そのDNAが近縁種の系統解析に用いられる理由について正しいのはどれか、①～⑤の中から2つ選び、番号を記せ。

- ① その細胞小器官のDNAは非常に大きいため、核内DNAより多くの情報が含まれる
- ② その細胞小器官のDNAには、核内DNAとは異なる種類の塩基が存在するため、塩基配列を解析しやすい
- ③ その細胞小器官にはDNAの複製ミスなどを修復する仕組みがないため、核内DNAと比べて変異速度が速い
- ④ その細胞小器官は二重膜に包まれているため、紫外線を受けてもDNAは損傷しない
- ⑤ その細胞小器官は受精時に卵由来のものしか残らないため、母系の共通祖先を推測しやすい

問8. 下線部(3)のPCR法について下記の  ～  に適切な語句または数字を、 には説明文を記せ。

PCR法により特定のDNAを増幅させるためには、増幅する領域の両末端部分の塩基配列と相補的な配列をもつ1組の  , 4種類のヌクレオチド,  という酵素を用いる。この酵素は大腸菌のそれと比べると  という特徴を持つ。これらを増幅させたい鋳型DNAと混ぜ合わせ、混合液の温度を上下させることでDNAが増幅される。このとき、混合液をPCR法の増幅サイクルで10回繰り返し反応させると、 には含まれたDNA断片を元の  倍に増幅させることができる。