

2020年度

慶應義塾大学入学試験問題

看護医療学部

生 物

- 注意
1. 受験番号と氏名を解答用紙の所定の欄にそれぞれ記入してください。
 2. 解答用紙は1枚です。解答は、必ず所定の欄に記入してください。
解答欄外の余白、採点欄および裏面には一切記入してはいけません。
 3. 問題用紙の余白は計算および下書きに用いてもかまいません。
 4. この冊子の総ページ数は20ページです。問題文は2～16ページに書かれています。
試験開始直後、総ページ数および落丁などを確認し、不備がある場合はすぐに手を挙げて監督者に知らせてください。
 5. 不明瞭な文字・まぎらわしい数字は採点の対象としませんので注意してください。
 6. 問題冊子は終了後必ず持ち帰ってください。

《 指示があるまで開かないこと 》

〔I〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

これまでに、さまざまな研究者による数多くの発見に基づいて、DNA や遺伝子、遺伝子発現の仕組みが明らかになってきた。1949年シャルガフは、「どのような DNA であっても A と T、そして C と G の含有量は等しくなる」との①シャルガフの規則を導いた。1953年にワトソンとクリックが、シャルガフの規則に矛盾せず、またウィルキンスらが撮影した X 線回折像からも推測できる構造として、DNA の 2 重らせん構造モデルを提唱した。1958年にメセルソンとスタールは DNA の半保存的複製を証明、そして1958年にクリックが、「全ての生物において、細胞のもつ遺伝情報は DNA → RNA → タンパク質という一方向の流れがある」との②セントラルドグマを提唱した。また1966年には、岡崎令治が③岡崎フラグメントを発見することによって DNA の複製メカニズムが解明された。一方で、1970年にテミンとボルティモアによる④逆転写酵素の発見は、セントラルドグマの概念に修正を迫るものであった。

またバイオテクノロジーの発展にも多くの発見が貢献している。1962年に下村脩はオワンクラゲから緑色蛍光タンパク質 GFP を発見し、GFP は今や研究対象のタンパク質発現機構や生体内の局在観察などに幅広く使われている。1968年にはアーバーやスミスらによって制限酵素が発見され、1975年にはサンガーが DNA の塩基配列を決定する方法を開発した。さらに1983年にマリスらが発明した⑤PCR 法 (ポリメラーゼ連鎖反応法)は、微量のゲノムや相補的 DNA (cDNA) から目的 DNA を選択的に増幅できることから、⑥DNA 型鑑定や疾患診断等にも応用されている。

問1 下線部①に関する以下の設問に答えなさい。

- (1) ある大腸菌の DNA に含まれる A, C, G, T の含有率を調べたところ、A の含有率は 22% だった。ではこの大腸菌の DNA に含まれる G の含有率は何%か、答えなさい。
- (2) (1) の大腸菌の 2 本鎖 DNA を 1 本鎖ずつに分け、片方の DNA に含まれる A, C, G, T の含有率を調べたところ、A の含有率は 20% だった。この 1 本鎖 DNA に含まれる T の含有率は何%か、答えなさい。

問2 下線部②に関する以下の文章を読んで設問に答えなさい

- (1) 大腸菌ではアラビノースを分解し、それを代謝系に取り込む AraA, AraB, そして AraD という酵素群が存在する (図 1)。そしてこれら酵素群の発現制御は AraC によって調節されている。このように、同じ調節タンパク質によって共通の制御を受けている単位を何というか、答えなさい。
- (2) 図 1 において、RNA ポリメラーゼもしくは AraC が結合する DNA 上の特定の塩基配列 (それぞれ空欄 (あ) および (い)) を何というか、答えなさい。

(3) アンチコドンの塩基配列が「GAC」という tRNA が運搬するアミノ酸は何か、答えなさい。

なお、必要に応じて図2の遺伝暗号表を参考にしなさい。

(4) 翻訳には3種類のRNAが関わっている。そのうち2つが mRNA と tRNA である。残り

1つのRNAは何か、答えなさい。

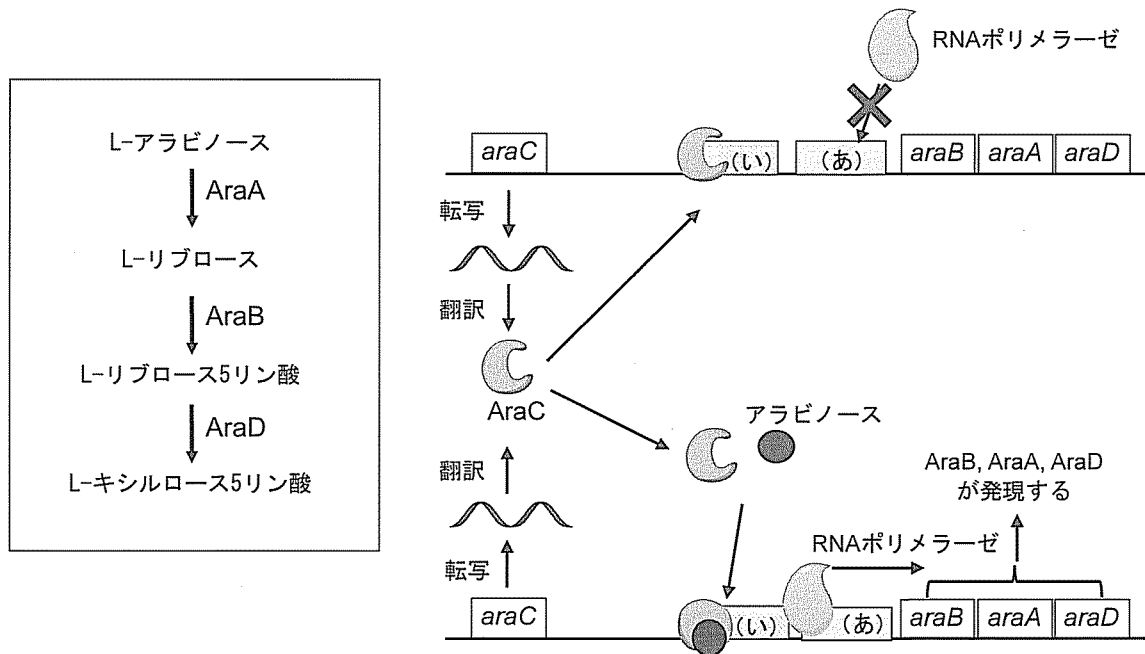


図1

		第 2 番 目 の 塩 基					
		U	C	A	G		
種 の 一 覧	U	UUU } フェニル UUC } アラニン UUA } ロイシン UUG }	UCU } UCC } セリン UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA } 終止コドン UAG }	UGU } シス테인 UGC } UGA } 終止コドン UGG } トリプトファン	U C A G	種 の 一 覧
	C	CUU } CUC } ロイシン CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } グルタミン CAG }	CGU } CGC } アルギニン CGA } CGG }	U C A G	
	A	AUU } AUC } イソロイシン AUA } AUG } メチオニン (開始)	ACU } ACC } トレオニン ACA } ACG }	AAU } アスパラギン AAC } AAA } リシン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } アルギニン AGG }	U C A G	
	G	GUU } GUC } バリン GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン GCA } GCG }	GAU } アスパラギン酸 GAC } GAA } グルタミン酸 GAG }	GGU } GGC } グリシン GGA } GGG }	U C A G	

図2

問3 下線部③に関する以下の文章を読んで設問に答えなさい

細胞内で DNA が複製される際には、(1) によって DNA の 2 本鎖がほどけ、続いてプライマーが 1 本鎖 DNA に結合し、これを出発点として DNA ポリメラーゼが親鎖 DNA を鋳型として新しい鎖（娘鎖）を合成する。さて 2 本鎖 DNA においては、一方が 5' → 3'、他方が 3' → 5' という逆向きの極性を保持している。DNA ポリメラーゼは親鎖 DNA を鋳型として娘鎖を 5' → 3' 方向にしか合成できないため、娘鎖の一方は、2 本鎖がほどけていく方向に連続的に合成されるが、もう一方の娘鎖がどのような仕組みで合成されるのか、分かっていなかった。ここで岡崎らは、3' → 5' 方向に伸長する DNA 鎖の複製においては、一時的に生じる不連続な短い DNA 鎖、すなわち岡崎フラグメントが合成され、これらが連結することで 3' → 5' 方向に娘鎖が合成されることを見出した。

- (1) 空欄 (1) に入る適切な語句を書きなさい。
- (2) 波線部① 連続的に合成される娘鎖を何とよぶか、答えなさい。
- (3) 波線部② DNA 鎖の末端同士を連結させる酵素を何というか、またこの酵素によってできる結合様式をなんというか、答えなさい。

問4 下線部④に関する以下の文章を読んで設問に答えなさい

テミンとボルティモアが発見した逆転写酵素は、mRNA に相補的な塩基配列をもつ DNA（これを cDNA という）を合成することができるため、現在では分子生物学実験や医療診断等にも使われる重要なツールである。

さていま、ある疾患 A の発症の疑いがある 6 名（ア～カ）について、遺伝子診断をするところである。この疾患 A は、酵素 X をコードする遺伝子 X の塩基配列の変化によって発症することがわかっている。遺伝子 X は、13 個のエキソンと 12 個のイントロンから構成されている。しかし、12 番目のイントロンのはじめにある配列が変化すると 12 番目のエキソンもスプライシングによって除かれ、12 番目のエキソンを含まない異常な酵素 X が翻訳されてしまう。その結果、疾患 A が発症するのである。まず 6 名の細胞から RNA を抽出し、T を 16 個繰り返した塩基配列のプライマーと逆転写酵素を混ぜて 42℃ で 1 時間反応させ、cDNA を合成した。続いてエキソン 11 とエキソン 13 に存在する塩基配列に相補的なプライマーを用いて PCR をおこなった。そしてその増幅物をアガロースゲル電気泳動をおこなった結果が図 3 である。

- (1) 二重線部について、逆転写酵素を用いて mRNA から cDNA を合成する時には、T を 12～16 回繰り返した塩基配列のプライマーを用いる。なぜそのようなプライマーを用いるのか、mRNA の特徴から 1 行で説明しなさい。

(2) 図3の結果より、疾患Aを発症している患者を全て、記号で答えなさい。なお、疾患Aは遺伝子Xがヘテロ接合で発症するものとする。

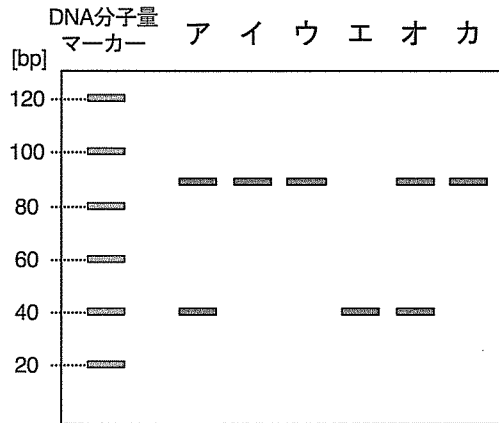


図3

問5 下線部⑤に関する以下の文章を読んで、空欄(あ)～(お)に入る適切な語句もしくは数字を答えなさい

マリスらが開発したPCR法は、

ステップ1 DNA溶液を94～98℃に加熱して、2本鎖DNAを2本の1本鎖DNAに分ける

ステップ2 50～60℃に温度を下げ、1本鎖DNAの複製する領域の3'末端に、相補的な短い1本鎖DNA(プライマー)を結合させる

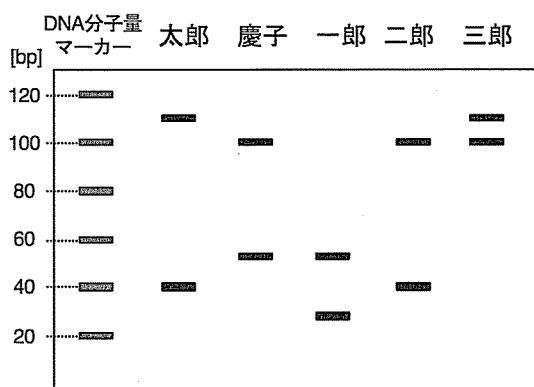
ステップ3 約72℃にしてDNAポリメラーゼがはたらくと、それぞれ1本鎖DNAが鋳型となってA, T, G, Cの4種類のヌクレオチドを材料にして2本鎖DNAが複製される

以上のステップ1～3を繰り返せば、例えば10回繰り返せば理論上、DNAは〔あ〕倍に増幅されるのである。さてマリスらがPCR法を開発した当初は、PCRのサイクル毎にDNAポリメラーゼをステップ3で追加していたが、現在では最初のサイクル前にDNAポリメラーゼを添加するだけで、サイクル毎に追加する必要はなくなった。なぜならば、現在使用されているDNAポリメラーゼは〔い〕だからである。さてこのPCR法だが、目的のDNAを必ず増幅できるわけではなく、増幅対象DNAとプライマーの塩基配列、サイクル中の各温度設定や時間に依存することが知られている。例えば試料として用いるDNAに含まれるCとGの割合(GC含有率)が高いときには、一般的にステップ1の温度を上げるとよい。なぜならば、DNAの2本鎖の対を形成するA-T間には〔う〕結合が〔え〕本、G-C間には〔う〕結合が〔お〕本あるため、G-C間の結合の方がA-T間の結合よりも強い。そのためGC含有率が高い2本鎖DNAを1本鎖に分ける時には温度を高くする必要がある。

問6 下線部⑥に関する以下の設問に答えなさい。

2～4塩基程度の配列単位が反復する配列をマイクロサテライトと呼び、個体ごとに反復の数が異なる場合がある。これを利用して親子鑑定や犯罪捜査がおこなわれている。いま、太郎と慶子は生き別れた子供を探しているが、3名の人物（一郎、二郎、三郎）が名乗り出ている。そこで、太郎、慶子、そして一郎、二郎、三郎の5名の口腔細胞をそれぞれ採取し、ゲノムDNAを抽出した。その後、常染色体上に存在するマイクロサテライトAとマイクロサテライトBをPCRにて増幅、アガロースゲル電気泳動で解析した。その結果が図4である。この結果より、太郎と慶子の生き別れた子供は一郎、二郎、三郎の誰か、名前で答えなさい。

マイクロサテライトAの増幅結果



マイクロサテライトBの増幅結果

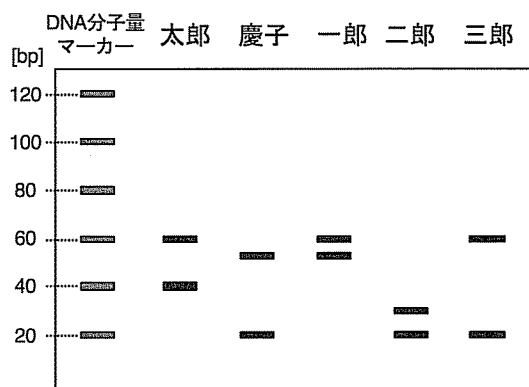


図4

〔Ⅱ〕 視覚に関する以下の文章を読んで設問に答えなさい。

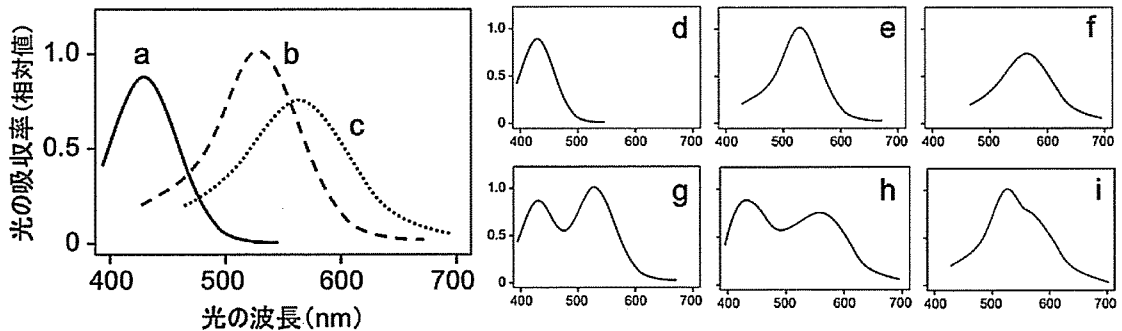
動物は光や音などの外界の刺激を信号として受け取り、適切な反応や行動を起こす。このような反応を起こすために、刺激を受容する仕組みに加え、情報を伝達し、反応する仕組みが構築されている。

視神経は網膜で①視細胞が受け取った光の情報を眼から脳へ情報を伝える役割を果たしている。視細胞が受け取った情報は、視神経細胞（網膜神経節細胞）の長い軸索（神経繊維）によって脳に伝わる。視神経はこの②神経細胞の軸索が束になったものであるが、この細胞に障害が生じれば視力障害が起きる。特に緑内障は40代以上の日本人の5%が罹患し30万人の患者数がおり、失明する原因の25%を占めている。これまで視神経細胞の軸索を維持したまま培養することが困難であったが、最近日本の研究グループによってヒトの③人工多能性幹（iPS）細胞および胚性幹（ES）細胞から視神経細胞を作製することが可能になった。この方法で作製された視神経細胞は軸索の機能を維持しており、④薬物の開発や疾患を再現（模倣）したモデル細胞の作製に役立つことが期待されている。

問1 下線部①について、以下の問いに答えなさい。

(1) ヒトの網膜には2種類の視細胞があり、それぞれ光を吸収する異なる視物質を有している。

色覚を認識する場合に使われる錐体細胞には青錐体細胞、赤錐体細胞、緑錐体細胞の3種類が存在する。下図の左に3つの吸収スペクトルを示した。青と赤の錐体細胞が認識する光の吸収スペクトルを図に示す(a)～(c)のスペクトルの中からそれぞれ選び、記号で答えなさい。



(2) ある光を3つの錐体細胞が受け取り、黄色に感じた場合に推定される光の吸収スペクトルを図の(d)～(i)のスペクトルの中から選び、記号で答えなさい。

(3) 視細胞のうち視物質ロドプシンを有し、色を区別できないが弱い光でも吸収することができ、夜行性の動物で発達している細胞を答えなさい。また暗い場所に急に入ると最初は何も見えないが、次第に眼が慣れて見えるようになる現象名を答え、その仕組みをロドプシンの働きを絡めて簡潔に説明しなさい。

問2 下線部②に関連する以下の文章を読み、問いに答えなさい。

視物質が光を吸収すると構造変化を起こし、視細胞で **あ** がつくられて受容器電位が変化する。この電位の変化は介在ニューロンである **い** を経由して視神経細胞へ伝わり、視神経細胞の神経繊維を興奮させる。ここで興奮とは、光などの刺激がある強さ（閾値）以上になると細胞膜内外で電位差が瞬間的に変化する活動電位が発生することである。活動電位の発生時は膜電位が一時的に $+30 \sim +60 \text{ mV}$ に変化するが、約 $1/1,000$ 秒ですぐにもとの静止電位に戻る。哺乳類の網膜では、視神経の神経繊維が束になっている部分があり、大脳の視覚野へ連結している。しかしこの束の部分は光を受容できないため、**う** と呼ばれている。光が強い場合、複数の視細胞が同時に反応して多数のニューロンが興奮することから、興奮するニューロンの数と頻度が刺激の強弱の情報となる。

(1) 上記文章の空欄 **あ** ～ **う** にもっともよくあてはまる語句を以下の選択肢 (A) ～ (J) の中からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (A) 黄斑 (B) 瞳孔 (C) サイトカイン (D) 色素上皮細胞
(E) ホルモン (F) セカンドメッセンジャー (G) ジベレリン
(H) 連絡神経細胞 (I) 盲斑 (J) アクチンフィラメント

(2) 静止電位（波線部）は具体的に何 mV か？以下の選択肢 (K) ～ (O) の中から1つを選び、記号で答えなさい。

- (K) -600 mV (L) $-50 \sim -90 \text{ mV}$ (M) 0 mV 付近
(N) $+30 \sim +60 \text{ mV}$ (O) $+800 \text{ mV}$

(3) 個々のニューロンは閾値以上で興奮するが、小さい刺激では興奮しない。また刺激をさらに大きくしても活動電位の振幅はほぼ一定で反応の大きさは変わらない。このような性質を何というか答えなさい。

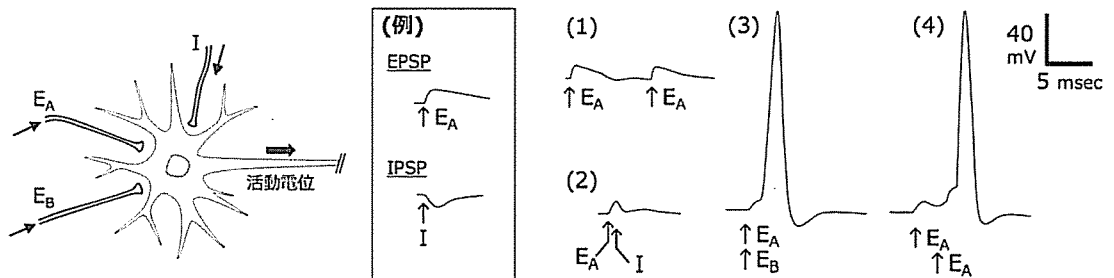
問3 興奮を伝える仕組みについて、次の文章を読んで以下の問いに答えなさい。

軸索の末端にはシナプスと呼ばれる部位があり、狭い隙間（シナプス間隙）を経て他のニューロンや効果器と接している。シナプスで行われる情報伝達は、シナプス内部から放出される神経伝達物質が担っている。神経伝達物質はシナプス小胞に入っており、小胞がシナプス前膜と膜融合を引き起こすことでシナプス間隙に放出される。

*設問(2)(3)では、以下の値を使って計算してもよい。ただし、問題文中で使われている対数はすべて常用対数である。

$$\begin{array}{llll} \log 0.033 = -1.5 & \log 0.079 = -1.1 & \log 0.20 = -0.70 & \log 0.24 = -0.62 \\ \log 4.1 = 0.61 & \log 5.0 = 0.70 & \log 13 = 1.1 & \log 33 = 1.5 \end{array}$$

- (1) ニューロンは興奮させる興奮性シナプス (E_A および E_B) と興奮を抑える抑制性シナプス (I) が組み合わさることで、複数の信号を受け取った信号の加算もしくは減算を行い、活動電位の発生という形で情報を処理する (図)。図中のタイミング (\uparrow で表示) で興奮性もしくは抑制性シナプスから興奮が伝達された際に観測されると考えられるシナプス後電位を (1) ~ (4) に示した。これらのシナプス後電位を適切に説明している文章を (a) ~ (e) の選択肢からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。ただし (1) ~ (4) には異なる記号を入れなさい。



(例) 興奮性シナプスが興奮をシナプス後膜に伝えると膜電位が上昇する一方 (興奮性シナプス後電位 EPSP), 抑制性シナプスでは膜電位が負に変化する (抑制性シナプス後電位 IPSP)

[選択肢]

- (a) 興奮性シナプスから興奮が伝達された後に抑制性シナプスから興奮が伝わると、一度 EPSP が発生しかけたとしても膜電位が負に変化して静止電位に戻る
- (b) 短い間隔で EPSP が複数発生すると高い EPSP となるが、閾値を超えると活動電位が発生する
- (c) 1 回の興奮の伝達で発生する EPSP のみで活動電位が発生することはない
- (d) ほぼ同時に異なる興奮性シナプスから興奮が伝達されると高い EPSP となり、閾値を超えると活動電位が発生する。このような加算効果を空間的加重という
- (e) 異なる 2 つの興奮性シナプスから興奮が伝達された場合、同じ興奮性シナプスから 2 回伝わったよりも高い活動電位が発生する

(2) あるモデル細胞における膜の内外のイオンの分布を以下とする。

細胞外：[Na⁺] = 450 mM, [K⁺] = 13 mM, [Cl⁻] = 550 mM

細胞内：[Na⁺] = 90 mM, [K⁺] = 390 mM, [Cl⁻] = 60 mM

膜内外のカリウムイオン (K⁺) 濃度差がどの程度の電位差を引き起こすかを見積もるには、平衡電位 E_{K^+} (mV) を使って算出することができる (Nernst の式)。ここで膜外および膜内カリウムイオン K⁺ 濃度をそれぞれ $[K^+]_{out}$, $[K^+]_{in}$ とすると、

$$E_{K^+} = \frac{RT}{zF} \times 2.3 \times \log \frac{[K^+]_{out}}{[K^+]_{in}}$$

ここで R は気体定数 (8.31 J/K·mol), T は絶対温度 (K), z はイオンの価数 (K⁺ は +1), F はファラデー定数 (9.65×10^4 C/mol) である。

例えばある変温動物の体温が 20°C では RT/zF は約 25 mV となり、以下の式となる。

$$E_{K^+} = 58 \times \log \frac{[K^+]_{out}}{[K^+]_{in}}$$

膜の内外のカリウム濃度から、 E_{K^+} は -87 mV と計算できる。では哺乳類の場合、何 mV か？体温が 37°C として計算し、次の選択肢から選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

(a) -62 mV (b) -87 mV (c) -92 mV (d) -107 mV (e) -161 mV

また変温動物の膜の内外のナトリウムイオン (Na⁺) 濃度から、20°C での E_{Na^+} を計算しなさい (少数第一位を四捨五入して答えなさい)。ただし Na⁺ のイオンの価数 z は +1 とする。

(3) (2) のモデル細胞における膜の内外のイオンの分布を以下とする。

イオンは膜を自由に透過できないため、静止電位を求めるには (2) の式に加え、イオンの膜の透過性を考慮する必要がある。Na⁺, K⁺, Cl⁻ の膜の透過性を考慮すると、以下の式で活動電位 V_m (mV) を計算 (予想) できる (Cl⁻ の関与は無視できる条件とする)。

$$V_m = 58 \times \log \frac{r[K^+]_{out} + b[Na^+]_{out}}{r[K^+]_{in} + b[Na^+]_{in}}$$

ここで b は Na⁺ と K⁺ の透過性の比であり、能動輸送系のカップリング比 (r) は 1 である。静止状態における透過性の比率 (b) を測定すると 0.040 であった。静止電位 (mV) を計算しなさい。また活動電位発生時は Na⁺ の透過性が増加し、 b が 20 となった。予想される活動電位 (mV) を計算しなさい (いずれも少数第一位を四捨五入して答えなさい)。

(4) シナプス間隙に放出された神経伝達物質アセチルコリンはシナプス後膜の受容体に結合し、 Na^+ を細胞内に流入させて細胞の膜電位を脱分極させる。その後アセチルコリンは酵素で分解もしくはシナプス前膜に再吸収されることでシナプス間隙から除かれる。しかし有機リン化合物の殺虫剤や化学兵器の神経ガスはアセチルコリンの分解酵素を阻害し、アセチルコリンを間隙に蓄積させることで様々な神経症状を引き起こす。このように基質と異なる物質が酵素の活性部位に結合して反応を阻害することを何というか答えなさい。

問4 下線部③について説明した以下の文章のうち、空欄 ～ にもっともよくあてはまる語句を以下の選択肢 (A) ～ (U) の中からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

哺乳類の受精卵が発生して形成する の内部凝集塊を取り出すと、様々な細胞に分化できる ES 細胞を得ることができる。しかし ES 細胞は、そのまま成長を続けると胎児となる受精卵から作製することになり、 な問題が指摘されている。また再生医療に用いる際には他人の細胞を移植することになり、拒絶反応の問題もある。2006年に らの研究グループは、体細胞から ES 細胞に近い多分化能を示す を作製する技術に成功した。 は、胚細胞や幹細胞などで発現している四つの を体細胞に導入することにより作製することができる。つまり患者自身の体細胞を用いることができることから、免疫による拒絶反応の心配がない。また受精卵を使わないことから、 な問題および拒絶反応の問題の両方を回避できるとして、再生医療に加え創薬や疾患の治療法開発などへの実用化が期待されている。

[選択肢]

- | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|------------|
| (A) 遺伝子 | (B) クローン | (C) 技術的 | (D) 成長ホルモン |
| (E) 倫理的 | (F) iPS 細胞 | (G) 胚盤胞 | (H) 経済的 |
| (I) 桑実胚 | (J) 幼生 | (K) 免疫グロブリン | |
| (L) 胎盤 | (M) イオンチャネル | (N) ゲノム | (O) 内胚葉 |
| (P) 緑色蛍光タンパク質 (GFP) | (Q) 時間的 | (R) 下村脩 | |
| (S) 山中伸弥 | (T) 野口英世 | (U) 利根川進 | |

問5 下線部④に関して、以下の問いに答えなさい。

破傷風は創傷部位から体内に破傷風菌が侵入・感染し、菌が産生する毒素によって引き起こされる感染症である。古い時代から知られている病気であるが、現在でも全世界で脅威となっている感染症の1つであり、発展途上国を中心に年間数十万人の犠牲者が出る。発症はワクチン接種によって予防でき、国内では予防接種法で定められている四種混合ワクチンの1つに含められている。

- (1) 破傷風毒素はシナプス前膜の糖鎖受容体に結合して神経細胞内に取り込まれた後、逆行性輸送によって脊髄に達し運動ニューロンの過興奮を引き起こす。この過興奮は、シナプス小胞とシナプス前膜の膜融合を担う膜タンパク質（VAMP）の76番目のグルタミンと77番目のフェニルアラニンとの間のペプチド結合を加水分解することで抑制性神経伝達物質の放出が抑制され、引き起こされる。このように酵素が特定の物質のみに作用する性質のことを何というか答えなさい。
- (2) 破傷風菌は広く土壌中に芽胞（極めて耐久性の高い細胞構造）として存在し、酸素が多い環境では増殖できない。このように生育に酸素を必要としない細菌を何というか答えなさい。
- (3) 世界で初めて破傷風菌の培養に成功するとともに、血清療法を開発した日本人研究者は誰か答えなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

問1 誘導に関する以下の文章を読み、問いに答えなさい。

図1はある生物の初期胚における神経板領域の細胞運命決定のようすを模式的に示した図である。胞胚期において細胞分裂が生じ、太枠で囲った12個の細胞からなる神経板領域が形成される。原腸胚期から神経胚期において分泌タンパク質Nは左右2つずつの細胞で発現し、分泌タンパク質Fは2つの内胚葉細胞において発現する。

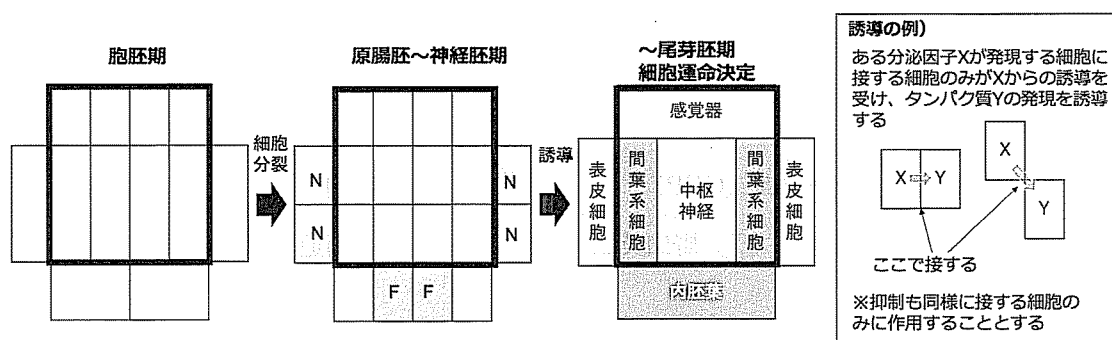


図1 FとNの発現パターンと神経板領域における細胞運命決定

原腸胚期から神経胚期にかけて12個の細胞はこれら分泌因子による誘導を受け、①性質の異なる娘細胞ができる分裂を生じ、神経板領域およびその周辺の細胞運命を決定する。このとき、図2に示すように4つのタンパク質、B、C、E、Pそれぞれのタンパク質の発現パターンを様々な

実験条件下で調べた。左列から、コントロール胚，B ノックダウン胚（B を発現させなくした変異胚），C ノックダウン胚（C を発現させなくした変異胚），N の mRNA 導入胚（すべての細胞で N による誘導を生じさせた胚），N の阻害剤を処理した胚である。各行にはこれら実験条件下における B，C，E，P それぞれのタンパク質発現パターン（灰色に塗りつぶされたマスの部分）を示す。F，N，B，C は分泌タンパク質であり，上の誘導の例に示すように，各分泌因子が発現している細胞と接する周囲の細胞に対しタンパク質の発現誘導や抑制を行う。ただし，誘導や抑制は分泌する細胞自体には作用しないものとする。

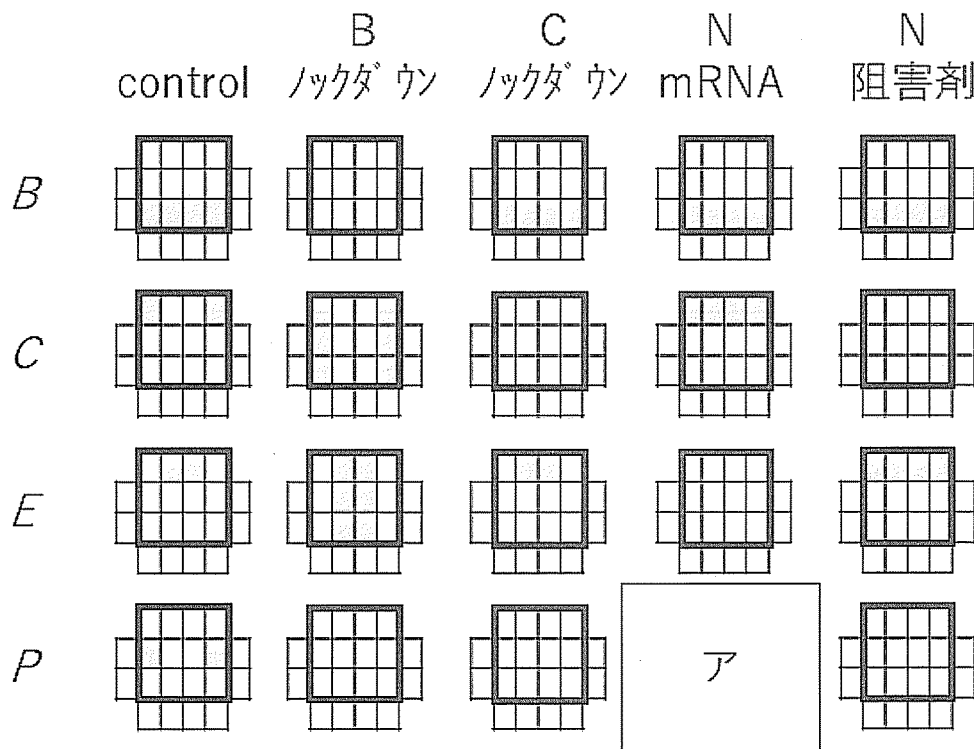


図2 異なる実験条件下での各タンパク質発現パターン

- (1) 下線部①について，このような分裂を何と呼ぶか答えなさい。
- (2) 以下の文章の①～⑤に該当するタンパク質名をN，B，C，E，Pのいずれかから選択し，解答欄に記入しなさい。

「観察されたタンパク質の発現パターンから，各タンパク質の制御関係を類推した。まず，内胚葉ではFのみが発現しており，Fは太枠内の神経板領域の細胞に作用し，①を誘導する。一方，②はBまたは③によって抑制を受ける。④の発現にはNの誘導が必要であるが①に抑制される。また，Cからの誘導と③からの誘導を両方受け取った細胞でのみ⑤の発現が誘導される。」

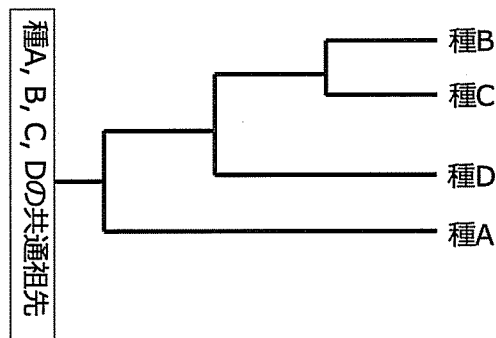
- (3) 図2の空欄アに該当するPタンパク質の発現パターンはどのようになるか。解答欄の図の太枠内のマスのうち、Pタンパク質が発現する細胞と考えられる箇所に×を記入しなさい。

問2 次の文章を読んで設問に答えなさい。

運動性のある従属栄養生物である動物は現在約30の門に分類されている。慶應太郎君は夏休みの①大潮の日に海に行き、磯でとれる動物を探索することにした。②フジツボ、ゴカイ、ウミウシ、ホヤ、スジエビ、ハゼ、コケムシ、タコ、ヤドカリ、バフンウニなどさまざまな種類の動物を採取した。採取したホヤの中には未記載の種Dがあった。この未記載種Dがどのホヤと近縁か調べるためにそれぞれの種から③遺伝子XのDNAを採取した。2つの種の間で異なる遺伝子配列の数はそれらの生物が共通の祖先から分岐してからの時間におよそ比例しており、生物種に関わらず、時間的におよそ一定である。④この一定性を利用し、太郎君は系統樹を作成した。

一方、採取したタコの眼を解剖してみると⑤タコの眼も人間の眼と同様にレンズや網膜を持ち、ピント調節を行えるカメラ眼の構造をしていることがわかった。しかし、タコの網膜は視細胞の向きが人間と異なり、盲斑がなかった。

- (1) 下線部①について、この日は月の満ち欠けに関連している。どのような月の状態か1行で答えなさい。
- (2) 下線部②の採取した動物をまず旧口動物と新口動物に分けることとした。新口動物をすべて解答欄に記入しなさい。
- (3) 下線部③について、それぞれの動物から採取した遺伝子XのDNAを比較し、種間で異なる塩基のサイトに注目し、それぞれの系統樹のどこで変化したか考え、最も少ない塩基配列の変化で説明がつく系統関係として以下が考えられた。このような系統樹の作成方法を最節約法と呼ぶ。種Aは系統的に種B、C、Dと最も離れていることがわかった。種Aが系統樹の最も基部に位置し以下の系統関係が考えられた。



それぞれの種における遺伝子 X の塩基配列の違いの数は以下のようになっていた場合、種 D の遺伝子は次の (あ), (い), (う) のうちどれか答えなさい。

	種 A	(あ)	(い)	(う)
種 A	0	70	72	71
(あ)	—	0	43	26
(い)	—	—	0	48
(う)	—	—	—	0

また、系統樹をつくるのにふさわしい遺伝子 X の特徴として以下のア) ~ウ) のどれが最も適切か該当する記号を 1 つ答えなさい。

- ア) 遺伝子重複が頻繁に生じている遺伝子
- イ) 多様な細胞で発現している遺伝子
- ウ) アミノ酸をコードしていない遺伝子

(4) 上記 (3) のそれぞれの種の特徴として、種 A は 2 倍体、種 B と種 C は 3 倍体、種 D は 2 倍体であった。上記 (3) の系統関係が支持される場合の種 A, B, C, D における倍数性の進化について考えられる文章として適切ではないものを以下 ① ~ ⑤ より 1 つ選び記号で答えなさい。ただし、種 A, B, C, D の共通祖先から現在に至るまでに倍数性の進化はこれらの系統において 1 度だけ生じたとする。

- ① 種 D における倍数性の特徴は種 A, B, C, D の共通祖先から種 A が分岐する前に獲得された特徴を受け継いでいると考えられる
- ② 種 A, B, C, D の共通祖先から最初に分岐したのは種 A である
- ③ 種 B と種 C は共通祖先より 3 倍体の特徴を受け継いだと考えられるが、その特徴をもった共通祖先は種 D が分岐する前の共通祖先の特徴に由来すると考えられる
- ④ 種 A と種 D は 2 倍体の特徴を共通祖先より受け継いで進化したが、種 B と C の共通祖先において 3 倍体の特徴をもつ種が生じたと考えられる
- ⑤ 種 A, B, C, D の共通祖先は 2 倍体であったと考えられる

(5) 下線部④について、このような一定性を何と呼ぶか答えなさい。

また、採取した遺伝子の塩基配列においてこの考え方が成り立ち、種Aと種Dがおおよそ900万年前に分岐したことが化石記録からわかっているとき、種Bと種Cが分岐した年代の推定値として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから1つ選び解答欄に記号で答えなさい。

- ① 15万年前 ② 150万年前 ③ 330万年前
④ 1,500万年前 ⑤ 3,000万年前 ⑥ 3,300万年前

(6) DNAの塩基配列ではなくアミノ酸配列では上記(5)のような分岐年代の推定は近縁種間では利用できないのはなぜか2行以内で答えなさい。

(7) 下線部⑤について、解答例を参考に形や機能が類似しているが起源が異なると考えられる相似の進化例を挙げ、起源がどのように異なると考えられるかを3行以内で述べなさい。

[解答例]

相似の進化例：タコの眼とヒトの眼

起源の違い：タコの眼とヒトの眼はどちらもカメラ眼をもつが、タコの網膜は視細胞が前を向いており、盲斑がなく、ヒトの眼と構造が異なり、相同ではなく相似器官であると考えられるため、起源が異なると考えられる。

<このページは白紙です>

〈このページは白紙です〉

<このページは白紙です>

〈このページは白紙です〉