

[I] 次の文章を読んで設問に答えなさい。

① 生命の基本単位である細胞は、境界である細胞膜の内部に細胞質基質や細胞小器官が存在する。細胞の内部ではゲノム DNA の情報が転写されることで RNA が、RNA が翻訳されることによりタンパク質が合成される。原核生物では細胞質基質とゲノム DNA が混在するため、転写と翻訳の場所に区別はない。一方、② 真核生物ではゲノム DNA は細胞核の中に存在し、核内で転写が行われる。その後、転写された RNA は核から③ 細胞質基質へ移動した後に翻訳される。

④ 2本のプライマーを用いて DNA を増幅する PCR 法は、逆転写酵素による cDNA の合成と定量的 PCR 法を組み合わせることで、転写量の解析やウイルス感染の判断に使用されている。このほかにも、相同配列を利用した遺伝子クローニング法や、DNA シーケンシング法の基盤技術となるなど、PCR 法は現代の生物学において欠かせない手法となっている。

問 1 下線部 ① に関する以下の設問に答えなさい。

- (1) 動物の細胞を構成する成分の約70%を占める分子は何か、漢字で答えなさい。また、この分子を選択的に透過させる膜タンパク質を一般に何と呼ぶか、カタカナで答えなさい。
- (2) 生体膜はチャネルやポンプといった膜タンパク質の機能により選択的透過性を示す。一方、生体膜の構成成分である脂質二重膜自身は、小さく電荷を持たない分子が透過可能である一方、電荷を帯びた分子や高分子は透過できないといった性質を有する。このような性質は何と呼ばれるか、漢字で答えなさい。
- (3) 細胞のように脂質二重膜に覆われた1～100 μmサイズの小胞は、ガラス上で乾燥させた脂質に水溶液を穏やかに加えることで作ることができることが知られている。このような人工的な脂質二重膜小胞をリポソームと呼ぶ。リポソームは浸透圧に対して赤血球とよく似た性質を示すことが知られている。では、0.1 mol/L のスクロース溶液を小胞の中を含むリポソームを作製し、その後0.2 mol/L のスクロース溶液に浸した場合、リポソームはどのような変化を示すと考えられるか、1行で答えなさい。
- (4) 乳酸発酵は細胞質基質で行われることが知られている。乳酸発酵は、解糖によって生じたピルビン酸を乳酸に変換する反応において、使用された補酵素の酸化還元状態を戻す役割を担う。この反応は乳酸脱水素酵素によって触媒される。乳酸発酵における乳酸脱水素酵素の反応に使用される補酵素の名前を答えなさい。略称でも良いが、酸化還元状態を区別して答えなさい。
- (5) ヒトの細胞に存在する細胞小器官の中で独自の DNA を持つものを1つ答えなさい。

問2 下線部②に関し、DNAと転写に関する以下の設問に答えなさい。

- (1) 真核生物のゲノムDNAに関係するヒストン、染色体、クロマチン、ヌクレオソームの4つを、染色体から順に、構造が大きな順に並べて答えなさい。
- (2) 転写において、原核生物のRNAポリメラーゼが直接プロモーターを認識して結合するのに対し、真核生物ではRNAポリメラーゼのほかに複数のタンパク質がプロモーターへの結合に必要である。このようなタンパク質群を何と呼ぶか、漢字で答えなさい。
- (3) 転写量を制御する因子としてリプレッサーとアクチベーターがある。リプレッサーはDNAと結合することで転写を抑える分子であり、アクチベーターはDNAと結合することで転写を増強する分子である。リプレッサーやアクチベーターがDNAと結合する配列を同定する手法として、DNase I フットプリント法がある。DNase IはDNAのランダムな場所を切断する分子である。DNase I フットプリント法は、タンパク質が結合しているDNA配列にはDNase Iが作用できないことを利用し、リプレッサーやアクチベーターが結合するDNA配列を同定する。今、薬剤Bと分子Cで制御されたオペレータを持つ大腸菌の細胞を薬剤Bで処理した場合に、このオペレータによって制御されるプロモーターからの転写量が減少したとする。説明文と図1の結果を参考に、分子Cの性質に関して最も適切な説明文を(a)～(d)の選択肢から1つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (a) 分子Cは薬剤Bが存在する場合にDNAに結合するリプレッサーである
- (b) 分子Cは薬剤Bが存在しない場合にDNAに結合するリプレッサーである
- (c) 分子Cは薬剤Bが存在する場合にDNAに結合するアクチベーターである
- (d) 分子Cは薬剤Bが存在しない場合にDNAに結合するアクチベーターである

(4) 図1の左4レーンはサンガー法で解析したDNAの電気泳動の結果である。ddA, ddT, ddC, ddGは使用したジデオキシヌクレオチドを意味する。分子量の大小とサンガー法の原理, DNase I フットプリント法の結果を踏まえ, 分子Cが結合すると考えられる6塩基のDNA配列を5'側から3'側の順で答えなさい。ただし, 塩基は一文字表記で書きなさい。

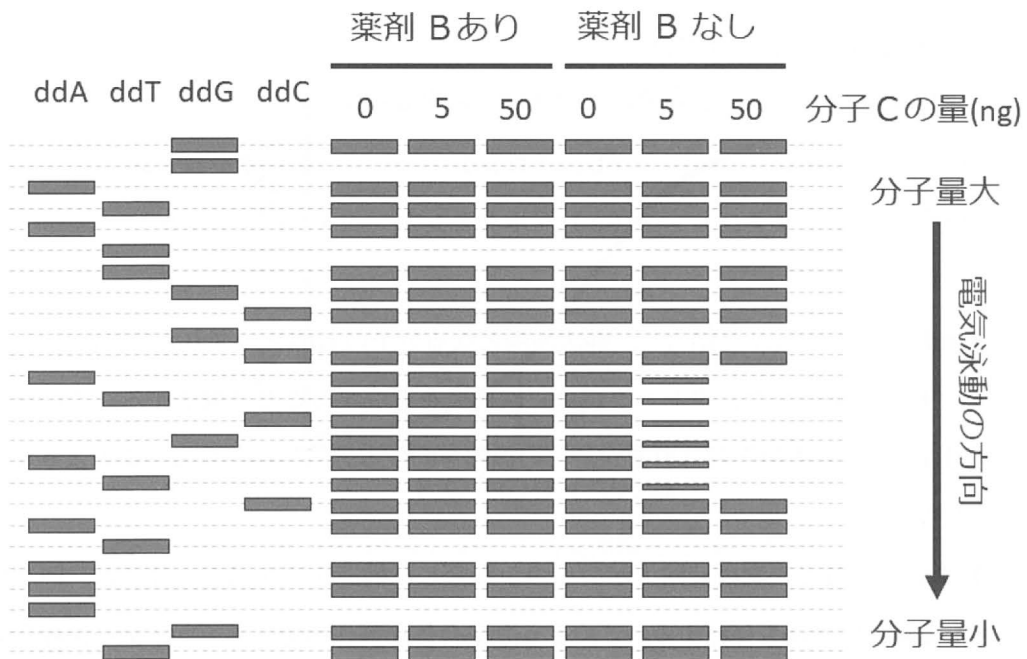


図1 DNase I フットプリント法による分子CのDNA結合配列の解析

図1説明文：四角は電気泳動後のバンドであり，バンドが大きいほど該当する分子量のDNAが多いことを意味する。左から4レーンはサンガー法によるDNAシーケンス像である。右6レーンは薬剤Bを添加した場合，添加しなかった場合のDNase I フットプリント法による解析の結果であり，上の数字は添加した分子Cの量を示す。点線は，レーンごとのバンドの位置をわかりやすくするための便宜的な線である。DNase Iは全ての場所を等しく切断するわけではないが，おおむねランダムに切断するため，切れる箇所と切れない箇所が存在していることに注意せよ。

問3 下線部③に関し、翻訳に関する以下の設問に答えなさい。

(1) ニーレンバーグらは、RNAに存在しDNAに存在しない塩基のみが重合したRNAを合成し、このRNAを翻訳した場合、フェニルアラニンのポリペプチドが合成されることを示した。この事実を踏まえ、最初に遺伝暗号が解読されたフェニルアラニンをコードするコドンは何であることを答えなさい。ただし、塩基は一文字表記で書きなさい。

(2) 一般的な生物の遺伝暗号に含まれないアミノ酸を以下の選択肢(a)～(f)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (a) システイン (b) チロシン (c) オルニチン
(d) トリプトファン (e) グルタミン (f) プロリン

(3) mRNAとtRNAと結合し、翻訳の場となる分子の名称をカタカナで答えなさい。

(4) 一般に、翻訳されたタンパク質は三次構造を形成することで機能する。この三次構造形成過程は折りたたみと呼ばれるが、この過程を助ける分子が存在する。このような分子の総称を答えなさい。

(5) タンパク質の三次構造同士がいくつか集合した構造を四次構造と呼ぶが、四次構造を超えた複雑な集合体も存在する。このような集合体を高次構造と呼ぶが、液-液相分離と呼ばれる高次構造体は膜が存在しないものの細胞小器官のような役割を担い、細胞機能に重要であることが明らかになってきている。液-液相分離を形成する機構の1つに、特定の三次構造を取らないタンパク質である天然(あ)タンパク質によるものが知られている。(あ)は、通常は三次構造を形成するタンパク質を高温や酸、アルカリ処理した際に立体構造が変化し、性質や機能が変化することを示す用語である。(あ)にあてはまる適切な用語を漢字で答えなさい。

問4 下線部④に関し、以下の設問に答えなさい。

(1) DNAの定量には、PCR反応中にDNAが増幅していく様子(増幅曲線、図2)を観察し、その増幅の様子からもとのDNA濃度を決定する定量的PCR法というものが用いられる。定量的PCRにおいて増幅曲線からDNA濃度を決定する方法はいくつかあるが、よく用いられるものがCt値を用いた手法である。Ct値は、増幅曲線においてシグナルが一定の濃度を超えたときのPCRサイクル数を用いて決定する。

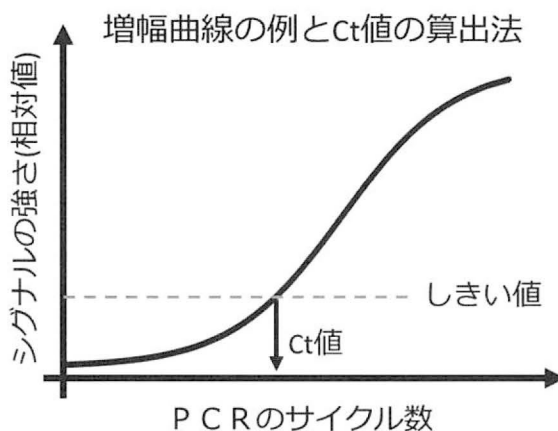


図2 定量的PCRにおける増幅曲線とCt値の関係

図2説明文：シグナルの強さはDNAの個数によって変化する。DNAの増幅によるシグナルが、あらかじめ設定したしきい値を超えたときのPCRのサイクル数がCt値である。

増幅曲線のシグナルがDNAの個数と一致するとき、100個、400個、1600個、DNAの個数が不明の試料を用いて定量的PCRを行い、結果として量が不明だった試料の中に800個のDNAが存在していたことが分かったとする。上の文章を踏まえ、次のうち、この実験で得られた各DNAにおいて、Ct値の関係として正しいものをCt値(a)～(d)から選択せよ。ただし、増幅曲線のシグナルが2倍になると、DNAの個数も2倍になるとする。また、PCRの溶液量は全ての試料で同じとする。

DNAの個数	100個	400個	1600個	試料(800個)
Ct値(a)	2	8	32	16
Ct値(b)	25	23	21	22
Ct値(c)	32	8	2	4
Ct値(d)	21	23	25	24

(2) 転写量の解析は、逆転写反応と定量的 PCR を組み合わせることで行う。通常の PCR では RNA は増幅できないため、まず逆転写酵素を用いた逆転写反応によって RNA から cDNA を作製する。逆転写反応では PCR と異なり、RNA と相補的な配列の DNA をプライマーとして1つだけ使用する。次に、逆転写反応で合成した cDNA の量を定量的 PCR で決定する。このとき、定量的 PCR のプライマーは、逆転写反応で合成した cDNA の一部を増幅するように設計する。逆転写に用いるプライマーと定量的 PCR のプライマーは重複するものを使用しても良い。以上の情報と図3の説明文を踏まえ、逆転写後に定量的 PCR で用いるプライマーが図3の(ii)と(iv)の場合、逆転写に用いるのに最も適切なプライマーを図の(i)～(iv)から1つ選び、記号で答えなさい。

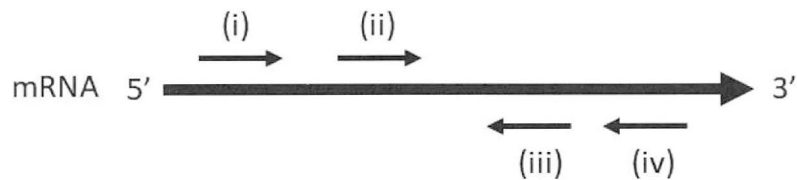


図3 定量的 PCR によって RNA 量を定量する場合のプライマーの選択

図3説明文：太矢印が mRNA，細矢印がプライマー候補とする。矢印の向きは 5' から 3' 方向を意味している。mRNA と逆向き矢印の場合，mRNA に対して相補的な配列のプライマーであることを意味する。

(3) PCR 法によって特定のウイルスの検出を行う場合、プライマーの設計において注意すべきことがいくつか存在する。プライマーが結合する DNA の相補鎖と一致する必要があると仮定したとき、PCR 法の特性と、特定のウイルスのみを検出するという目的を踏まえ、必ず考慮する必要があるものを、(a)～(f)の選択肢から1つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (a) 検出するウイルスとヒトのゲノムの間で共通する配列に結合するように設計する
- (b) 検出するウイルスのゲノムにおいて変異が入りやすい配列に結合するよう設計する
- (c) 検出するウイルスのゲノムに存在し、検出対象としない近縁のウイルスのゲノムには存在しない配列に結合するよう設計する
- (d) 3' 末端にポリ A 配列を付加して設計する
- (e) 制限酵素で切断可能な配列を含むように設計する
- (f) ウイルスゲノムに存在する遺伝子が発現するためのプロモーターが増幅可能なように設計する

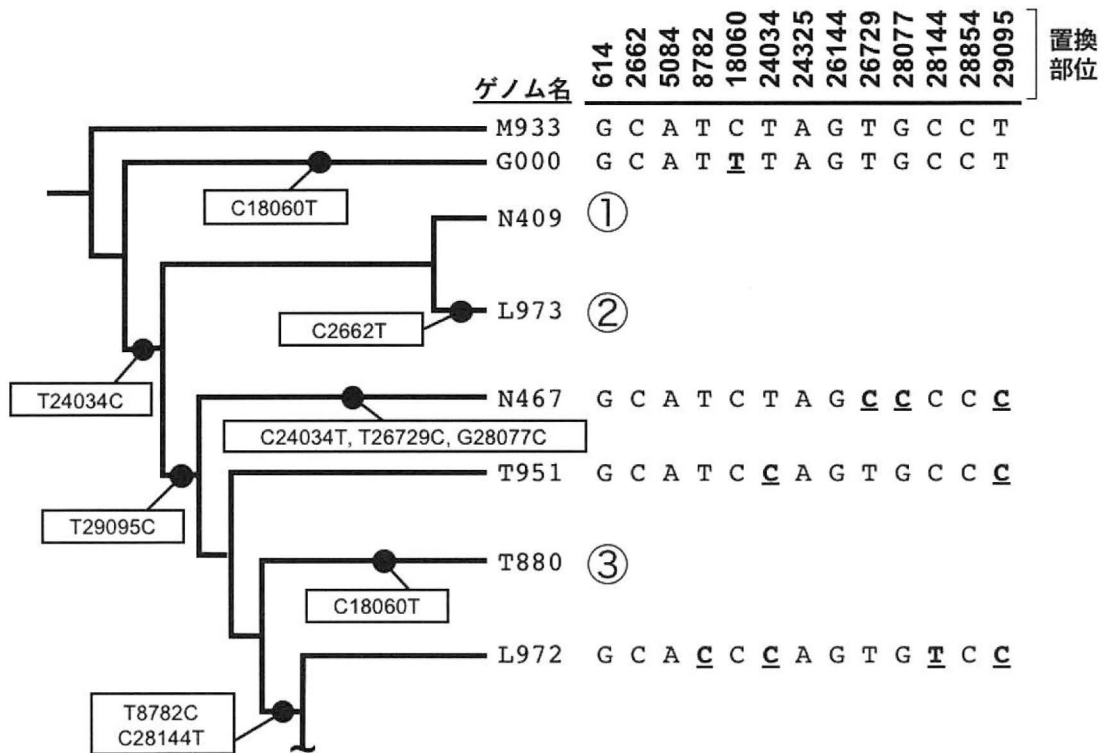
- (4) ある遺伝子 A を標的として PCR 法で増幅することを考える。真核生物の場合、ゲノム DNA を鋳型に PCR を行う場合と、mRNA を逆転写し cDNA を合成したあとに PCR を行う場合で、増幅される DNA の長さは異なる場合が多い。その理由は何か、1 行以内で簡単に書きなさい。

〔Ⅱ〕 2019年12月下旬、中華人民共和国の武漢市において最初に確認され、世界的な流行となった新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の疫学調査について以下の問いに答えなさい。

問1 47人の患者から採取された SARS-CoV-2 ウイルスのゲノム解析が行われ、60の塩基が置換された部位が見つかり、そのうちの13の部位（614, 2662, 5084, 8782, 18060, 24034, 24325, 26144, 26729, 28077, 28144, 28854, 29095 番目）を集計した。例えばゲノムの部位 28144 では塩基 T が C に置換され、ロイシンがセリンに置換していたが、この置換はコウモリ由来のウイルスがヒトからヒトへ感染する能力を得た原因になった変異であるとされている。

部位	元のコドン	変異コドン	元のアミノ酸	変異アミノ酸
614	GCT	<u>A</u> CT	アラニン	チロシン
～	～	～	～	～
28144	TTA	T <u>C</u> A	ロイシン	セリン
～	～	～	～	～
29095	TTC	TT <u>T</u>	フェニルアラニン	フェニルアラニン

- (1) ここでゲノム部位 29095 にある塩基 C が T に変異が起きているが、アミノ酸は元のフェニルアラニンのままである。このようなアミノ酸配列に影響がない変異を何というか答えなさい。
- (2) 次の図では、解析したウイルスゲノム配列から系統樹を作成し、13箇所の変異をその右に示している。図中の「M933」は比較に用いたコウモリ由来のゲノム配列の塩基を意味する。また、系統樹での黒丸は塩基が置換した位置を示しており、例えば「C18060T」は、ゲノム名 M933 が G000 に移行する過程で部位 18060 の塩基 C が T へ置換したことを意味する。
①～③ に対応する13箇所の置換部位の変異の組み合わせを (あ)～(か) から選び、記号で答えなさい。

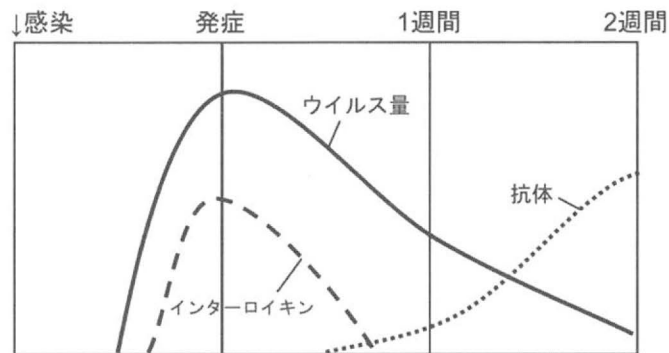


[選択肢]

	13箇所の置換部位の変異												
	614	2662	5084	8782	18060	24034	24325	26144	26729	28077	28144	28854	29095
M933	G	C	A	T	C	T	A	G	T	G	C	C	T
(あ)	G	<u>T</u>	A	T	<u>C</u>	A	G	T	G	C	C	T	
(い)	G	C	A	T	<u>C</u>	A	G	T	G	C	C	<u>C</u>	
(う)	G	C	A	T	<u>T</u>	<u>C</u>	A	G	T	G	C	C	<u>C</u>
(え)	G	C	A	T	<u>C</u>	A	G	T	<u>C</u>	<u>C</u>	<u>C</u>	<u>C</u>	
(お)	G	C	A	T	<u>C</u>	A	G	T	G	C	C	T	
(か)	G	<u>T</u>	A	T	<u>T</u>	T	A	G	T	G	C	C	<u>C</u>

- (3) ウイルス1ゲノム内での変異速度を測定すると、約24塩基/年であった。ある患者からウイルスを採取し、ゲノムを解析したところ、2019年12月の武漢でのウイルス株と比較して12塩基の変異が確認された。この株は何年何月に採取されたと考えられるか？ またこのように変異した塩基数から、分岐された年代を推定することができるとする学説を何というか答えなさい。

問2 ウイルスが体内に侵入すると自然免疫がまず働き、続いて獲得免疫（適応免疫）が働くことで病原体から体を守る免疫応答が進行する。次の図は COVID-19 患者の免疫応答および診断に用いられるウイルス量（PCR 法で検出）の推定される時間変化を示している。以下の問いに答えなさい。



- (1) 自然免疫応答に関与する細胞には、病原体に共通する分子構造のパターンを認識する受容体が存在する。代表的な受容体を答えなさい。
- (2) 図にはパターン認識受容体の認識により、合成および分泌されたインターロイキンの経時変化が示されている。免疫応答に関与し、情報伝達物質として作用するこのようなタンパク質の総称を何というか答えなさい。
- (3) 自然免疫が働いてもウイルスを処理しきれなかったときには獲得免疫システムが動き出し、発症から一週間程度で抗体が産生し始める。このシステムを説明した下の文章のうち、空欄 ～ にもっともよくあてはまる語句を以下の選択肢 (a) ～ (o) の中からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

樹状細胞がウイルスの一部を MHC 分子を使って抗原として細胞外に提示し、T 細胞を活性化させるとともに、情報伝達物質を分泌する。T 細胞の1つである は、活性化して増殖し、ウイルス感染細胞を攻撃して排除する。この働きを という。もう1つの T 細胞の は、ウイルスを取り込んだ と抗原提示を介して認識し、 の増殖後、分化して となり、抗体を産生する。抗体は抗原を特異的に結合し（抗原

抗体反応)、マクロファージや好中球などの食作用による排除に貢献する。

増殖した T 細胞や B 細胞の一部は として残り、再び同じ病原体が体内に侵入した場合、この が速やかに、かつ強い排除を行うことが可能になる。この現象を という。

[選択肢]

- | | | |
|---------------|-----------|-------------------|
| (a) B 細胞 | (b) NK 細胞 | (c) キラー T 細胞 |
| (d) ヘルパー T 細胞 | (e) 幹細胞 | (f) 形質細胞 (抗体産生細胞) |
| (g) 標的細胞 | (h) 記憶細胞 | (i) 自己免疫 |
| (j) 体液性免疫 | (k) 細胞性免疫 | (l) 抗体性免疫 |
| (m) フィードバック調節 | (n) 免疫寛容 | (o) 免疫記憶 |

(4) SARS-CoV-2 の受容体である ACE2 は、血圧調節に関与する生理活性ペプチドであるアンジオテンシン II の C 末端の 1 アミノ酸を切断する。この ACE2 のような触媒反応を起こす酵素を以下の選択肢 (a) ~ (f) の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- | | | |
|------------|-----------|------------|
| (a) 酸化還元酵素 | (b) 転移酵素 | (c) 加水分解酵素 |
| (d) 脱離酵素 | (e) 異性化酵素 | (f) 合成酵素 |

(5) アンジオテンシン II は副腎皮質にはたらいてアルドステロンを分泌する。このように内分泌腺でつくられて血液循環で全身に運ばれ、特定の器官のはたらきを調節する物質を何というか答えなさい。

問 3 一般的な風邪 (普通感冒) であっても、ウイルス感染および免疫応答に関連した味覚および嗅覚障害が生じることがある。しかし COVID-19 の患者では、鼻炎などの症状がなくても重度のこれらの障害があることが報告されている。嗅覚および味覚について記述した次の説明文に関し、以下の問いに答えなさい。

動物は外部環境の情報を刺激として感知・受容し、適切な応答を行う。様々な刺激のうち、 を主に感知する感覚として、嗅覚および味覚がある。呼吸で取り込んだ空気中の は、鼻腔内の嗅上皮にある嗅細胞の に存在する受容体が受け取り、嗅神経を介してにおいとして脳へと伝わる。ここで嗅細胞ごとに受け取る が異なることで、我々はおいの違いを区別することができる。

一方で口の中に入った **あ** は、舌の **う** で苦味・甘味・塩味・酸味・旨味の5つの種類に分けることができる。ここで **う** に加え、支持細胞や基底細胞とともに形成されている **え** と呼ばれる構造がある。この **え** は舌に5千から一万個あるとされており、受容体電位がシナプスを介して **お** の興奮を引き起こす。

(1) 上記文章の空欄 **あ** , **い** , **う** , **お** にもっともよくあてはまる語句を以下の選択肢 (a) ~ (k) 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) 味繊毛 (b) 嗅繊毛 (c) 味点 (d) 嗅点
 (e) 基底膜 (f) おおい膜 (g) 有毛細胞 (h) 味細胞
 (i) 化学物質 (j) フェロモン (k) 味神経

(2) 空欄 **え** に入る適切な語句を書きなさい。

(3) 外界からの刺激に対して効率よく反応して行動するため、受容器で受け取った多くの情報を統合し、効果器に伝えるために処理するところを何というか答えなさい。

問4 指定感染症の分類で二類相当と指定された感染症のPCR検査で陽性の結果が出ると、無自覚や軽症であっても入院や隔離などの措置を行うよう勧告される。しかし検査の精度は100%ではなく、一定の割合で偽陽性（健常者であっても陽性と検出されること）の結果が出ることから、やむくもにPCR検査を行うべきではないとされる。検査にかかる労力や費用の負担に加え、偽陽性の健常者が入院等を行うことでベッド数が圧迫され、医療崩壊する危険性が高まる。そのためPCR検査は、感染疑いのある集団（感染者の割合が高い集団）に制限するほうが望ましい。

以上の見解は、次の計算で明らかにすることができる。感染者と健常者は、PCR検査の結果から4つのパターンに分けられ、下表のように整理するとする。

PCR検査結果	感染者	健常者
陽性 (+)	[陽性] (あ)	[偽陽性] (い)
陰性 (-)	[偽陰性] (う)	[陰性] (え)

ここで「感度」はPCR検査で陽性の結果となる感染者の割合を示すが、一般に50~80%程度であり、偽陰性（感染者であるのに陰性と検出されること）の割合を無視できない。「特異度」は陰性の結果となる健常者（非感染者）の割合を示すが、PCR法では99%以上である。感度を70%、特異度を99%と仮定して以下の計算を行い、四捨五入して整数で人数を答えなさい。

$$\text{感度 (\%)} = \{(\text{あ}) / [(\text{あ}) + (\text{う})]\} \times 100$$

$$\text{特異度 (\%)} = \{(\text{え}) / [(\text{い}) + (\text{え})]\} \times 100$$

- (1) 感染者を0.2%含む集団10万人から検体（鼻咽頭ぬぐい液など）を採取してPCR検査を行った。陽性の結果であった人のうち、感染者（あ）および健常者（い）はそれぞれ何名と計算できるか、整数で答えなさい。
- (2) 陰性の結果が出た人の全員から再度、検体を採取して二回目のPCRを行うと、一回目と合計するとほとんどの感染者を陽性として検出できることが期待できる。しかし感染率が低い集団で検査をしても偽陽性となる健常者の人数はあまり減ることがない。二回目のPCRで偽陽性となる健常者の人数を整数で答えなさい。
- (3) 2020年2月上旬、横浜沖に停泊したダイヤモンドプリンセス号の乗員乗客の一部の900名の検体を採取してPCR検査を行ったところ、陽性の結果が出た人の割合は16%であった。この陽性者のうち、さらなるゲノム解析や抗体検査によって、真の感染者と診断された人数は137名であったとすると、最初のPCRで陰性の結果が出た感染者（う）、陽性の結果が出た健常者（い）はそれぞれ何名と計算できるか、整数で答えなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

生命が誕生してから約35億年。生物は長い年月を経て多種多様な進化を果たしてきた。現在の地球上には約190万種の生物が記録されており、まだ知られていない生物も含めると、870万種以上の生物が存在していると推定されている。約 年前の 紀の地層からは多種の動物の化石がみつかり、この時期に現在見られる動物のほぼすべての門に属する動物が出現している。

多細胞の動物はどのように出現したのだろうか。多細胞動物の祖先となる生物がどのようなものであったか議論されてきた。1つの細胞が多核となり、扁形動物のような左右相称の動物が多細胞動物の祖先であったとする説や、発生反復説を唱えたことでも有名な によって細胞群体起源説などが提唱されてきた。近年 rRNA を用いた分子系統解析により 類が後生動物（多細胞動物）と近縁であることが示唆されたこと、 は群体を形成することや、海綿動物がもつ一部の細胞と似た形態を示すことから後者の説が有力であると考えられるようになった。

三胚葉をもつ動物は、旧口動物と新口動物にわけられる。どちらにもみられる発生過程の現象の1つとして1層の細胞からなる胚の内側が凹んだ球のような形となる。この発生時期を 期と呼び、この凹みの構造は中胚葉が生じるために重要であったと考えられている。

問1 上記文章の空欄 **A** ~ **E** にもっともよくあてはまる語句を以下の選択肢 (ア) ~ (タ) 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]

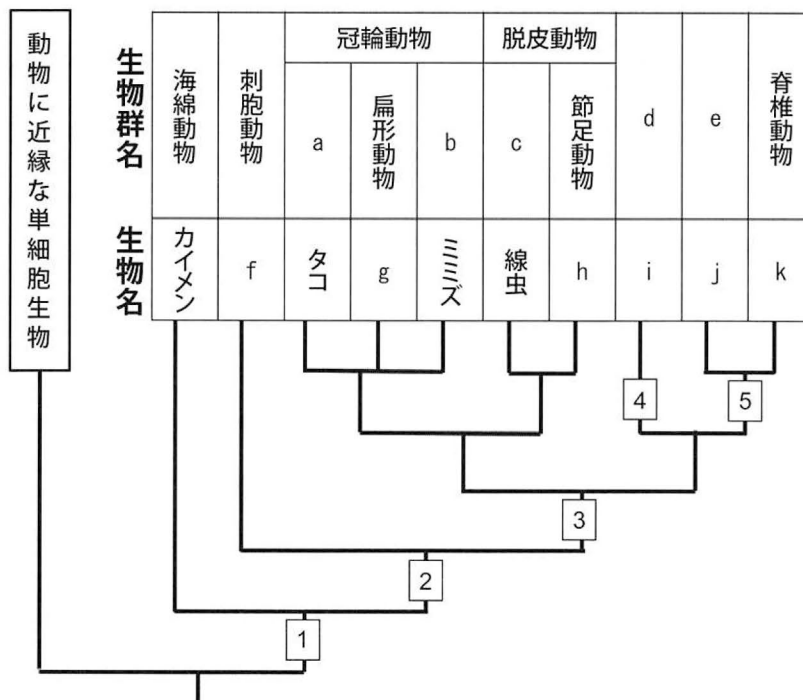
- | | | | |
|------------|------------|-----------|------------|
| (ア) 10億4千万 | (イ) 7億4千万 | (ウ) 5億4千万 | (エ) ジュラ |
| (オ) カンブリア | (カ) デボン | (キ) ヘッケル | (ク) ニューコープ |
| (ケ) ドリーシュ | (コ) シュペーマン | (サ) 褐虫藻 | (シ) えり鞭毛虫 |
| (ス) ボルボックス | (セ) のう胚 | (ソ) 胞胚 | (タ) 原腸胚 |

問2 以下のうち間違っているものを2つ選び、記号で答えなさい。

- ① 独立栄養生物である動物もいる
- ② 動物はすべて真核生物である
- ③ 海綿動物は胚葉の分化がなく消化管もない
- ④ 海綿動物はべん毛で水流を起こし食物をとらえて生活している
- ⑤ 現在の分類体系において最上位の分類階級は界である
- ⑥ クジラはウシと共通の祖先からわかれた動物である

問3 下線部 ① について旧口動物と新口動物の発生様式の違いを1行以内で答えなさい。

問4 下図は動物の系統関係をあらわした模式図である。



図中の a～e には以下の生物群名リスト（あ）～（お）のうちいずれか1つがあてはまる。また、図中の f～k には生物名リスト（イ）～（へ）のうちいずれか1つがあてはまる。図中 [1]～[5] には特徴リスト（A）～（E）のうちいずれか1つの進化過程において得られた特徴1つがあてはまる。このとき、生物群 d, 生物名 j, 特徴 [2] にあてはまる答えをそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

[生物群名リスト]

- (あ) 原索動物 (い) 環形動物 (う) 棘皮動物
(え) 線形動物 (お) 軟体動物

[生物名リスト]

- (イ) ホヤ (ロ) ヒト (ハ) ウニ
(ニ) クラゲ (ホ) ハエ (ヘ) プラナリア

[特徴リスト]

- (A) 脊索 (B) 放射相称体制 (C) 体腔の獲得
(D) 胚葉の分化 (E) 多細胞体制

問5 脊索動物に共通する特徴を2つ答えなさい。また、それらの特徴を示す脊索動物の模式図を描きなさい。

問6 中胚葉から分化する組織または器官を2つ答えなさい。

問7 以下の文章を読んで問いに答えなさい。

ある生物 *Alu seibutsu* の Zone I から Zone V までの体節のパターニングには転写を調節するタンパク質（転写因子）A～K の発現制御が関わっている。*Alu seibutsu* の体節形成に関わる転写因子間の活性化および抑制の関係は図1のようになる。例えば、転写因子 A の発現量が閾値1以上となると転写因子 A は単独で転写因子 B の発現を誘導できるが、転写因子 C が1以上発現している領域では（たとえ転写因子 A が1以上発現していたとしても）転写因子 B の発現は抑制される。抑制は発現誘導より優先される。ただし、数字の書かれていない関係について閾値はない。このような図1の関係が成り立つとき、*Alu seibutsu* の前後軸に沿った場所ごとの転写因子 A～K の発現量をグラフに表すと図2のようになった。

転写因子Iは(あ)のグラフに対応し、転写因子Cは(い)に対応する。(い)は前後軸に沿って濃度勾配をもち、① 母親の体内で初期発生に必要な物質として卵に蓄積されている。残りの転写因子も(う)～(さ)のいずれか1つのグラフにそれぞれ対応している。例えば Zone II と Zone IV のみで発現する転写因子は(う)のグラフで示される。

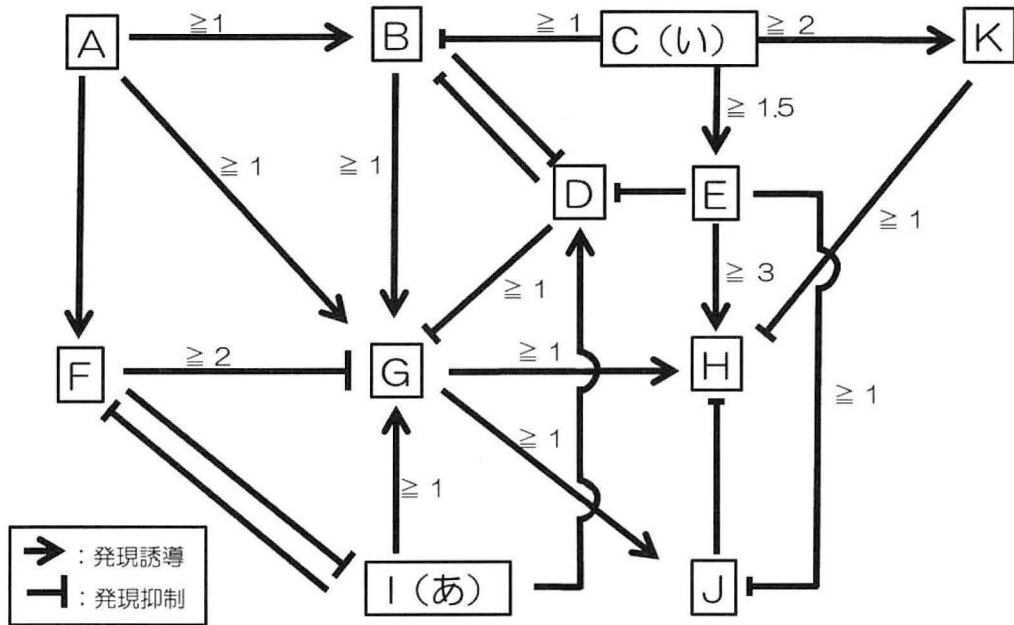


図1 各転写因子間の誘導関係

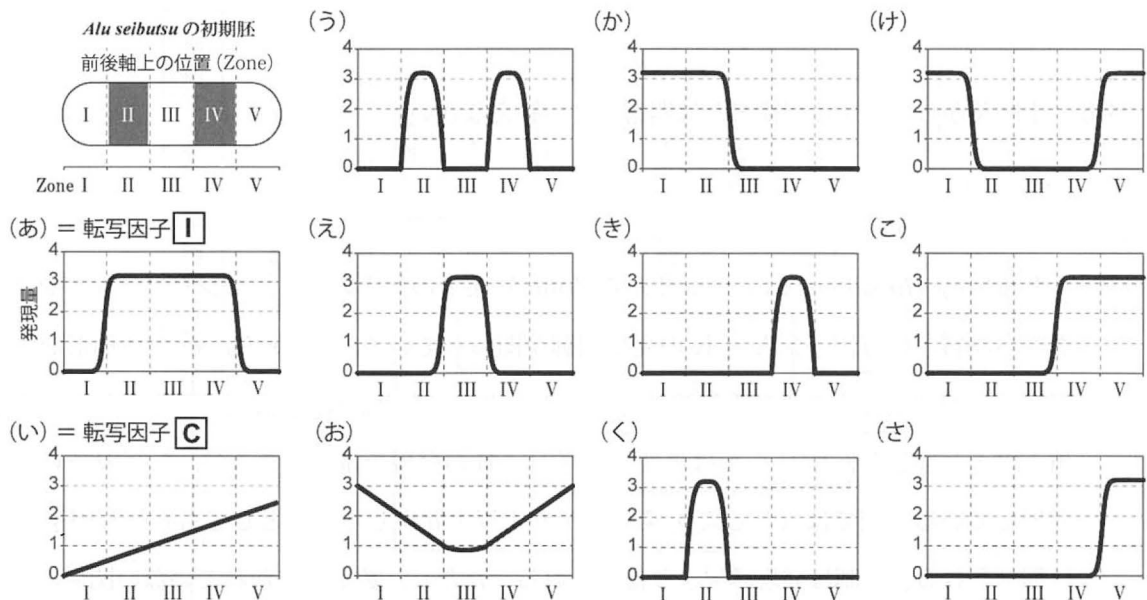


図2 各転写因子の前後軸に沿った発現量をあらわすグラフ

(1) 下線部①のような物質を何と呼ぶか答えなさい。

(2) 以下の文章の空欄①～⑨に図2の(う)～(さ)のうちのいずれか一つを入れ文章を完成しなさい。

図1より転写因子I(あ)は転写因子Fと相互抑制の関係にあるため、空間的に排他的な分布を示す①が転写因子Fである。また、転写因子Aからの誘導によってのみ転写因子Fは発現誘導されるが、①のように誘導できる転写因子の発現は②しかない。

一方、転写因子Bは転写因子Aにより発現誘導されるが、転写因子Cが1以上で抑制されるため、転写因子Bは③と表されることがわかる。また、転写因子C(い)に注目すると、2以上の閾値で転写因子Kを誘導することから転写因子Kは④と表されることがわかる。

次に転写因子Eは転写因子C(い)の1.5以上で発現誘導されるため、Zone IVおよびZone Vで発現している⑤であることがわかる。転写因子Dには転写因子I(あ)からの発現誘導と転写因子Bおよび転写因子Eからの抑制があるため、転写因子Dの発現は⑥と表される。転写因子A, B, D, F, Iの情報より、転写因子Gの発現は⑦と表される。残りの転写因子Jと転写因子Hは転写因子Eからそれぞれ抑制および発現誘導されているため、転写因子Jは⑧、転写因子Hは⑨と表されることがわかる。

(3) (い) (つまり転写因子C) の濃度勾配を図のように変化させたとき、Eのグラフはどのようになるか解答欄に記入しなさい。

