# 日本生物学オリンピック 2020 代替試験

# 二次試験



2020年12月20日(日)

13:00 - 15:00

### 諸注意

- 1. もし、試験中に緊急事態が発生した場合には、監督者の指示に従ってください。
- 2. いつでも受験者本人の確認ができるよう、受験票とともに本人確認のできる書類を机の上に置いてください。
- 3. これから試験が終わるまで、試験室を出てはいけません。途中で気分が悪くなった人や、トイレに行きたくなった人は手を挙げてください。それ以外で、どうしても退出する場合には、試験放棄となります。試験終了までは試験室を出ないでください。
- 4. スマートフォン、携帯電話、その他通信可能な機器をすべて机の上に出してください。そしてそれらの電源を切ってください。マナーモードに設定していても、必ず電源を切ってください。これらの機器は試験中に使用することはできません。電源を切ったスマートフォン、携帯電話、その他通信可能な機器は身につけないで、かばんなどにしまってください。
- 5. 腕時計のアラームを設定している人は解除してください。
- **6.** 受験票と本人確認書類のほかに机の上に置けるものは、鉛筆かシャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネです。これ以外のものは鞄にしまい、椅子の下に置いてください。
- **7.** 以上のことを守らない場合には、不正行為となることがあります。また、かばんの中でスマートフォン、携帯電話が鳴った場合は、監督者は本人の了解を得ずにかばんを預かります。
- 8. 試験中、どうしても飲み物を飲みたくなった場合は、手を挙げてください。
- 9. 貴重品の管理は、各自で行ってください。
- **10.** 各問題について、解答用紙の指定された解答欄に正しくマークしてください。正しくマークされていない場合は、事故答案となって採点できないことがあります。
- **11.** 問題冊子に印刷の不鮮明なページや乱丁・落丁があったり、解答用紙に汚れなどがあった場合には、手を高く挙げて 監督者に知らせてください。
- 12. 問題冊子の余白をメモ用紙や計算用紙として利用して構いませんが、ページは切り離さずに使用してください。
- 13. 不正行為を行った場合は、その時点で失格とし、退室していただきます。
- 14. 問題内容に関する質問は受け付けません。試験進行に関する質問があれば、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 15. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。
- 16. この試験の問題数は30間で、解答欄の数は60個です。
- 17. この試験では、同一の解答欄に複数の選択肢をマークする場合があります。問題ごとの指示に従い、注意して解答してください。

### The IBO Oath

国際生物学オリンピック(国際大会)では、開会式の際に、選手全員で以下の英文を読み上げ、宣誓します。

We, competitors of this International Biology Olympiad solemnly swear that we will answer the theoretical and practical competition questions in the most responsible way and we will compete honestly according to the principles of "Fair Play".

それに従い、この試験を受ける皆さんは、以下の文章を黙読し、心の中で宣誓を行ってください。

### 官誓

我々は日本生物学オリンピック 2020 代替試験 二次試験において、フェアプレーの精神に則り、誠実かつ正々堂々と試験に臨むことを誓います。

# アミノ酸一覧表

20 種類のアミノ酸について、この試験における選択肢番号、アミノ酸の名称、アミノ酸の一文字表記、構造式、分子量、等電点\* $^1$ が記載されている。

等電点	5.98	9.75	5.74	5.48	6.30	5.68	6.16	5.89	5.66	5.96
分子量	131.17	146.19	149.21	165.19	115.13	105.09	119.12	204.23	181.19	117.15
構造式	H <sub>3</sub> C OH OH	H <sub>2</sub> N OH <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> C-S OH	O NH <sub>2</sub> OH	OH HN	HO OH NH2	HO NH <sub>2</sub>	NH O OH	HO OH	H <sub>3</sub> C OH OH
一文字表記	Γ	K	M	된	Ь	$\infty$	T	W	Y	>
アミノ酸	ロイシン	ジジン	メチオイン	フェニルアラニン	プロリン	セリン	トレオニン	トリプトファン	チロシン	メリン
選択肢番号	25	26	27	28	29	34	35	36	37	38
等電点	6.00	10.76	5.41	2.77	5.05	5.65	3.22	5.97	7.59	6.05
分子量	6(	2	12	1.3	16	15	13	7	15	17
\lambda	89.09	174.2	132.12	133.1	121.16	146.15	147.13	75.07	155.15	131.17
構造式分	H <sub>3</sub> C OH 89.C	NH2 O 174.	H <sub>2</sub> N OH 132.	HO OH 133	HS OH 121.	0 ON ON 146.	HO O 147.	H <sub>2</sub> N OH 75.0	N OH 155.	H <sub>3</sub> C CH <sub>3</sub> O 131.2
	OH OH	NH <sub>2</sub>	O OH	OH OH	0H 0H 2	NH <sub>2</sub> OH	OH OH	o≠ o=(	OH OH	OCH3 OH2 OH2
構造式	H <sub>3</sub> C OH	NH2 HN NH2 OH	H <sub>2</sub> N OH OH	HO OH OH	HS OH	O NH2 OH	HO O O O NH <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> N OH	NH2 OH	H <sub>3</sub> C CH <sub>3</sub> O NH <sub>2</sub>

 $<sup>^{*1}</sup>$  等電点: アミノ酸の電荷がみかけ上 0 になる水素イオン濃度 (pH) のこと

# 第1問

図 1-1はペプチドホルモンであるバソプレッシンとオキシトシンの一次構造を示している(アミノ酸は一文字表記、数字は N 末端からの順番、-S-S-はジスルフィド結合を表している)。どちらも C 末端のカルボキシ基はアミド化されている。

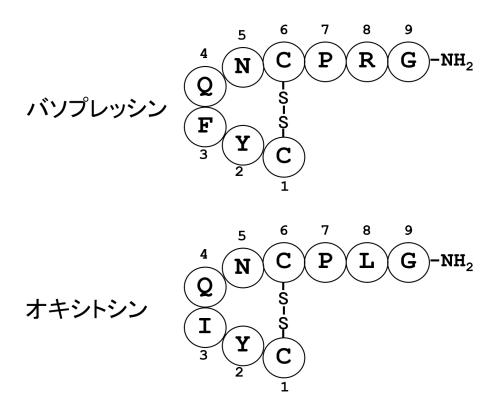


図 1-1. バソプレッシンとオキシトシンの一次構造

アミノ酸一覧表と図 1-1をもとに、下記の (1)-(6) の記述の正誤を判定し、正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 1

- (1) 分子量が大きいのは、バソプレッシンである。
- (2) 塩基性アミノ酸が含まれるのは、バソプレッシンである。
- (3) どちらも N末のアミノ酸には、アミノ基が存在しない。
- (4) どちらも分子中に、カルボキシ基が存在しない。
- (5) 芳香環 (ベンゼン環) をもつ側鎖が2つあるのは、オキシトシンである。
- (6) 構造異性体の関係にあるアミノ酸2つを含むのは、バソプレッシンである。

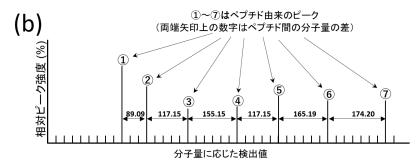
### 第2問

近年、タンパク質のアミノ酸配列の決定に質量分析機(マススペクトロメーター)がもちいられている。これは、トリプシンなどのタンパク質消化酵素処理で生じたペプチドを、さらにレーザー照射によりペプチド結合を開裂させて生じるさまざまなペプチド断片を分子量に応じたピークとして検出し、各ペプチド断片の分子量の差から、構成するアミノ酸配列を推定する方法である。

図 2-1(a) は遺伝子配列から予測される健常人血中ヒトトランスサイレチンのアミノ酸配列(1-40 番目)である。図 2-1(b) は、健常人血液中のヒトトランスサイレチンをトリプシン処理して生じた 22 番目グリシンから 34 番目アルギニンまでのペプチドを、マススペクトロメーターで解析した結果の一部を簡略化して示した図である。①~⑦のピークは、レーザー照射により生じたペプチド断片由来であり、そのアミノ酸配列を図 2-1(c) に示している。①~⑦のピーク間の分子量の差が相当するアミノ酸と一致している。

図 2-1(d) はある患者由来の血液をもちいて、同様の解析を行った結果である。図 2-1(b) の①, ②ピークと、図 2-1(d) の①', ②'ピークの分子量はそれぞれ同一である。

(a) 10 PLMVKVLDAV RGSPAINVAV HVFRKAADDT



- (c) ( GSPAINV
  - 2 GSPAINVA
  - ③ GSPAINVAV
  - (4) GSPAINVAVH
  - (5) GSPAINVAVHV
  - (6) GSPAINVAVHVF
  - 7 GSPAINVAVHVFR

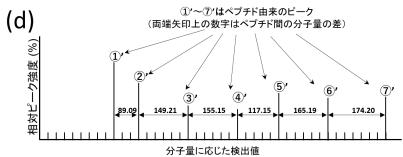


図 2-1. (a) 遺伝子の DNA 配列から予測される血中ヒトトランスサイレチンのアミノ酸配列(1-40 番目)。(b) 健常人血液中のヒトトランスサイレチン由来ペプチドの質量分析解析結果。(c) 質量分析解析から予測されるヒトトランスサイレチン由来ペプチドのアミノ酸配列。(d) ある患者由来の血液をもちいて同様の解析を行った結果。

#### 問1

図 2-1とアミノ酸一覧表を踏まえ、図 2-1の結果から推定されるこの患者血液中に存在するトランスサイレチンの 30 番目のアミノ酸は何か。解答欄は 2 とし、アミノ酸表から該当する選択肢番号をマークしなさい。該当するアミノ酸番号が (12) であれば、(1) と (2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

#### 問 2

この患者ではなぜこのような結果が得られたのか、その理由について最も適切と思われる記述を以下の (1)-(5) からひと つだけ選びなさい。解答欄は 3

- (1) この患者の血液中に含まれるトランスサイレチンの量が、健常人のそれよりも少ないため。
- (2) この患者では、なんらかの理由でアミノ酸の代謝に異常が生じているため。
- (3) この患者のゲノムにコードされたトランスサイレチン遺伝子上の、30番目のアミノ酸に該当する配列に変異が生じたため。
- (4) この患者のゲノムにコードされたトランスサイレチン遺伝子にフレームシフト変異が生じたため。
- (5) この患者が高齢であり、加齢に伴って血液中に含まれるトランスサイレチンタンパク質が変性したため。

### 第3問

1 親等、2 親等という呼び方は、親戚関係をしめす尺度であり、遺伝的血縁関係を必ずしも反映していない。日本の法律では、親と子の関係は 1 親等であり、兄弟姉妹の関係は 2 親等である。これらの関係の遺伝的血縁関係を知るため、次のようなモデルを考えた。なお、ここでは組換えのことを考慮しなくても良いものとする。

#### [モデル]

- (a) 両親とその間に生まれた長女と次女(双子ではない姉妹)の4人家族を考える。
- (b) 常染色体上のある遺伝子座には多数の対立遺伝子があり、母親の遺伝子型は  $R_1R_2$ 、父親の遺伝子型は  $R_3R_4$  である。 長女と次女の遺伝子型は不明である。
- (c) X 染色体上のある遺伝子座には多数の対立遺伝子があり、母親の遺伝子型は  $S_1S_2$ 、父親の遺伝子型は  $S_3$  である。長女と次女の遺伝子型は不明である。
- (d) 遺伝的血縁度をつぎのように定義する。
  - 二人の遺伝子型が完全に一致しているとき、この二人の間の遺伝的血縁度を 100% とする。
  - 二人の遺伝子型がまったく違う場合、遺伝的血縁度を 0% とする。
  - 1 つの対立遺伝子だけを共有している場合(たとえば、 $R_1R_2$  と  $R_1R_3$  のような場合)、遺伝的血縁度を 50% と する。

つぎの文章は、このモデルに基づいて求めた遺伝的血縁度に関する記述である。文章の空欄 ( $_{
m T}$ ) ( $_{
m T}$ ) に入る数値 の正しい組合せを (12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は  $_{
m L}$  とし、解答が (12) なら (1)、(2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

常染色体上の遺伝子座では、母親と長女の間の遺伝的血縁度は 50% である。長女と次女の間の遺伝的血縁度はいろいろな場合が考えられるが、それらを平均することにより、遺伝的血縁度の期待値は (r) (r)

X 染色体上の遺伝子座では、母親と長女の間の遺伝的血縁度は 50% である。長女と次女の間の遺伝的血縁度はいろいろな場合が考えられるが、それらを平均することにより、遺伝的血縁度の期待値は( イ )% となる。

		(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(23)	(24)	(25)	(26)
7	7	約 33	約 33	約 33	約 33	50	50	50	50	約67	約 67	約 67	約 67
	1	約 33	50	約 67	75	約 33	50	約 67	75	約 33	50	約 67	75

# 第4問

ある遺伝病は、その遺伝様式は常染色体劣性であり、劣性ホモ(aa)になると発症する。図 4-1の家系図において、P の母親が遺伝病の保因者(Aa)で、父親は正常(AA)とする。この両親の子供 F1 がそれぞれ血縁関係のない者との間に F2 を作り、さらに F2 同士のあいだから生まれた子供(図 4-1中の X)が発症する確率について考える。この確率は、F2 と血縁関係のない者とのあいだの子供(図 4-1中の Y)の確率とくらべて、どの程度大きいだろうか。その倍率としてもっとも適当なものを (12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 5 とし、解答が (12) なら (1)、(2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

なお、図 4-1の□は発症していない男性、○は発症していない女性を示す。また、この遺伝病の保因者は集団中の 1000 人に 1 人存在すると仮定し、F1 の相手方が保因者の可能性は無視してよい。

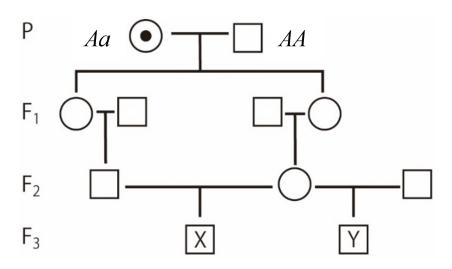


図 4-1. ある家族の家系図

# 第5問

ある島に尾のないネコの個体がたくさん飼われていた。この島の無尾のネコはみな、1つの対立遺伝子が尾のある普通のネコと違っていた。尾のあるネコは遺伝子型 TT であるのに対し、無尾のネコは遺伝子型 TM であった。無尾のネコどうしを交配したとき、生まれてくる無尾のネコと普通のネコの比率は2:1 であった。ネコが1 匹もいない別の島に無尾のネコだけを多数放したところ、野生化した。最初に島に放したネコを第1 世代とすると、第3 世代の集団中の対立遺伝子 M の頻度および無尾のネコの割合は、それぞれいくらか。期待される数値の組合せを(12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は M とし、解答が(12) なら(1)、(2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

ただし、異なる世代間の交配は行われず、同世代の個体間の交配は任意に行われたものとする。また、無尾のネコと普通のネコのあいだで個体の生存率や生殖能力には差がないものとする。

	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(23)	(24)	(25)	(26)
対立遺伝子 M の頻度	1/4	1/4	1/4	1/4	1/5	1/5	1/5	1/5	1/6	1/6	1/6	1/6
無尾のネコの割合	5/8	1/2	2/5	3/8	5/8	1/2	2/5	3/8	5/8	1/2	2/5	3/8

# 第6問

新型コロナウイルス感染症 COVID-19 の原因となる新型ウイルス SARS-CoV-2 は、29,903 塩基からなる一本鎖 RNA を ゲノムとして保持する。

SARS-CoV-2 のゲノムには、年間あたり 24 塩基の頻度で変異が生じると言われている。これはヒトゲノムに変異が入る速度の 100 万倍である。

このことを踏まえ、以下の (1)-(4) の記述の正誤を判定し、正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 7

- (1) 遺伝物質として DNA がもちいられていると、遺伝物質として RNA がもちいられているときより、変異速度が上昇 する可能性が高まる。
- (2) 遺伝物質が一本鎖であると、遺伝物質が二本鎖であるときより、変異速度が上昇する可能性が高まる。
- (3) RNA 鎖を末端から分解するヌクレアーゼが SARS-CoV-2 のゲノムにコードされていることにより、変異速度が上昇する可能性が高まる。
- (4) 変異により感染力が増した SARS-CoV-2 ほど、毒性が強力になる可能性が高まる。

# 第7問

図 7-1(a) のように、プラスミド A を Xho I と Sal I という二つの制限酵素で反応させ、ある遺伝子の領域(白抜き矢印で示す)を切り出したのち、同様に Xho I と Sal I で処理したプラスミド B と連結させ、プラスミド C を構築する実験計画を立てた。

その計画に沿って、実際にこれらプラスミド A、B それぞれが入った溶液に対して計画通りの制限酵素を加えて保温し、さらに保温後のそれぞれのサンプルを混合したのちに DNA 連結酵素で連結させた。次にそれを大腸菌に形質転換させたのち、カナマイシン入りの寒天培地に塗布し、その培地で生育した単一コロニーからプラスミドを精製した(これをプラスミド D とする)。さらに、プラスミド D の入った溶液に対して EcoR I、Xho I のふたつの制限酵素を加え、保温したのちに電気泳動で確認した。プラスミド A、プラスミド B それぞれの入った溶液に Xho I と Sal I のふたつの制限酵素を加えて保温したサンプルとあわせ、電気泳動の結果を図 7-1(b) に示す。

なお、プラスミド B の Xho I と Sal I の間の DNA 配列は極めて短く、鎖長としても無視でき、かつ、電気泳動を行っても検出されない。また、 $Ap^r$  は抗生物質アンピシリン耐性遺伝子、 $Km^r$  は同様にカナマイシン耐性遺伝子を意味する。

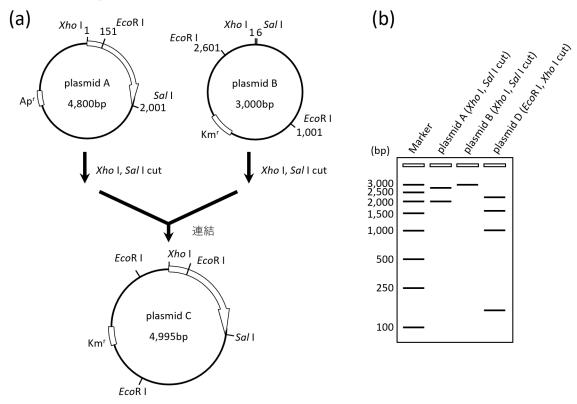


図 7-1. プラスミド構築計画と電気泳動結果。図中の『bp』は塩基対 (base pair) を意味する。(a) プラスミド C の構築計画。(b) 各サンプルの電気泳動の結果。

また、ここに制限酵素 EcoR I、Sal I、Xho I の認識配列を以下に示す。

これらを踏まえ、以下の (1)-(6) の記述の正誤を判定し、正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 8

- (1) プラスミド D には *Eco*R I 認識部位が存在する。
- (2) プラスミド D には Sal I 認識部位が存在する。
- (3) プラスミド D には *Xho* I 認識部位が存在する。
- (4) プラスミド D に Xho I、Sal I のふたつの酵素を同時に反応させると、約 2,000bp の DNA 断片が切り出される。
- (5) カナマイシン入りの培地で生育するかどうかで、目的とするプラスミド C の構築が出来たかどうかが判断できる。
- (6) 電気泳動の結果から、目的とするプラスミド ()の構築が出来たと考えられる。

### 第8問

これらの結果から導き出される仮説として、以下の (1)-(4) の記述の正誤を判定し、正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 9

- (1) 卵母細胞では、Gwl と細胞質内の物質が核膜により隔てられることで Cdk1 の活性化が抑制されている。
- (2) 卵成熟誘起ホルモンの作用により、まず Gwl が活性化し、これによって Cdk1 が活性化される。
- (3) Gwl はサイクリン B の分解を誘導する。
- (4) 卵成熟誘起ホルモンによる Cdk1 の活性化において核内物質は必須である。

### 第9問

2つの遺伝子制御ネットワークを例に、遺伝子ネットワークについて考えてみる(図 9-1)。

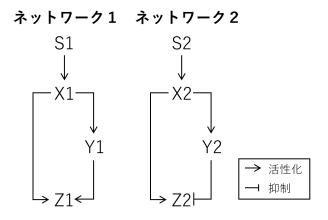


図 9-1. 遺伝子制御ネットワークの例

### [ネットワーク 1]

刺激 S1 に応答して、遺伝子 X1 の mRNA が発現し、タンパク質 X1 が産生される。タンパク質 X1 は遺伝子 Y1 と Z1 の発現をそれぞれ誘導する。またタンパク質 Y1 よって遺伝子 Z1 の発現が誘導される。また、遺伝子 X1 もしくは遺伝子 Y1 の変異体では、遺伝子 Z1 の発現は起こらない。

#### [ネットワーク 2]

刺激 S2 に応答して、遺伝子 X2 の mRNA が発現し、タンパク質 X2 が産生される。タンパク質 X2 は遺伝子 Y2 の発現および Z2 の発現を誘導する。ネットワーク 2 ではタンパク質 X2 のみで遺伝子 Z2 の発現が起こるが、その発現はタンパク質 Y2 によって抑制される。

なおどちらのネットワーク持った細胞でも、それぞれ刺激から遺伝子発現、mRNA の発現からタンパク質産生に至るまでの時間は同じものとする。

#### 問 1

上記のネットワークにおいて、ある時点から刺激 S(S1 および S2)を継続的に加えた。この際のタンパク質 Z の量の時間変化を以下の文に示した。空欄(P)(P1)内に入る適切な用語の組合せを P2 からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。なお、いずれのネットワークでも刺激前にはどの遺伝子の P3 mRNA もタンパク質も存在していないものとする。解答欄はP3 の量の時間では、P4 の過伝子の P5 を継続的に加えた。この際のタンパク質 P5 では、P6 では、P7 の量の形象が、P9 では、P9 では、P

「ネットワーク 1 において、タンパク質 Z の量が増加し始めるのは、ネットワーク 2 よりも( P )。どちらのネットワークでも刺激後にタンパク質 Z の量は増加するが、( Y )ではその後すぐに Z の増加が検出できなくなる。」

	(ア)	( / )
(1)	早い	ネットワーク 1
(2)	早い	ネットワーク 2
(3)	遅い	ネットワーク 1
(4)	遅い	ネットワーク 2

#### 問 2

生体内では誤った刺激(継続的ではない一過的な刺激)も多く入る。こういったノイズに影響されにくいネットワークは、 どちらか。該当する番号を解答欄にマークしなさい。**解答欄は** 11

(1)  $\lambda y + y - 2$  (2)  $\lambda y + y - 2$ 

# 第10問

ヘモグロビン $\beta$ 鎖の6番目のアミノ酸がグルタミン酸からバリンに変わる変異が知られている。この変異型アリル\*2をホモでもつヒトは鎌型赤血球症を発症し死亡する。そのため変異型アリルは集団からは除去されると予想される。しかしマラリアが発生する地域では、野生型アリルに加えて、この変異型アリルが一定の割合で存在することが分かっている。

この事を説明する以下の (1)-(4) の記述の正誤を判定し、正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 12

- (1) マラリアが発生する地域において、野生型と変異型のアリルをヘテロでもつヒトが鎌型赤血球症で死亡する確率は、 変異型アリルをホモでもつヒトの約半分になる。
- (2) マラリアに感染すると、変異型のアリルをホモでもつヒトでも鎌型赤血球症で死亡する確率が低くなる。
- (3) マラリアにかかった際の生存率は、野生型のアリルをホモでもつヒトより、野生型と変異型のアリルをヘテロでもつヒトの方が高くなる。
- (4) マラリアに感染すると、ヘモグロビン $\beta$ 鎖の6番目のアミノ酸に変異が蓄積する確率が高くなる。

 $<sup>^{*2}</sup>$  アリル:対立遺伝子のこと。アレルともいう。

# 第11問

ヒト集団中には、苦味物質の1つであるフェニルチオカルバミド(PTC)に対する感受性の有無が多型として存在することが分かっていた。加えて、チンパンジー集団中にも PTC 感受性の有無が多型として存在することが分かった。以下の図11-1は PTC を受容する苦味受容体遺伝子の塩基配列比較に基づいた系統樹で、それぞれヒトとチンパンジーの PTC 感受性・非感受性アリルを計 7 個ずつ解析に含めたものである。

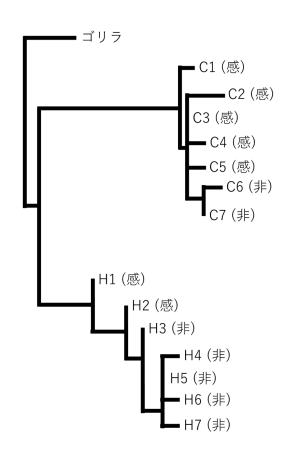


図 11-1. PTC を受容する苦味受容体遺伝子の系統樹。C はチンパンジー、H はヒトを表す。(感)は PTC 感受性アリル、 (非) は非感受性アリルを表す。

この事を説明する以下の (1)-(4) の記述の正誤を判定し、正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 13

- (1) PTC 感受性の有無の多型はヒトとチンパンジーの共通祖先の時点で存在し、種が分かれた後も保持されてきたと考えられる。
- (2) 一般に苦味の感覚は食物に含まれる毒物を忌避するために進化したものである。
- (3) PTC 非感受性の原因となる変異はヒトとチンパンジーで独立に起きたと考えられる。
- (4) ヒトは PTC 非感受性から PTC 感受性へと進化を遂げたと考えられる。

### 第12問

SINE\*3 とは、真核生物組織のゲノム中に存在する可動性反復配列の1つを指す。ある場所に存在する SINE は、転写と 逆転写を経て作られた自身のコピーが、まったく別の場所に挿入されることで、ゲノム中における数を増やしていく。この SINE は一度挿入すると抜け落ちることがないため、生物の系統関係の推定にも利用されている(図 12-1参照)。

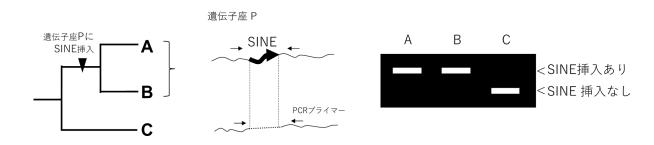
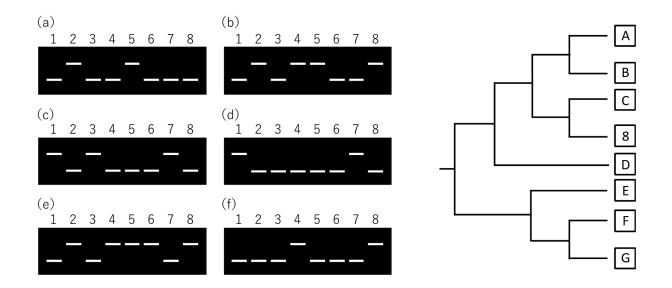


図 12-1. SINE 挿入を指標とした系統推定。 A、B、C の 3 種に注目した時に、遺伝子座 P において A と B の共通祖先で SINE が挿入した場合は(左)、A と B のみに SINE 挿入があり C には挿入はない(中央、種 C の点線は SINE の挿入がな いことを表す)。 この SINE の挿入は遺伝子座 P を増幅させた PCR 産物の長さによって確認できる(右)。 つまり、SINE の分だけ長い PCR 産物が確認された種 A と B が単系統群を形成することが分かる。

次に示す SINE 遺伝子座 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f) を対象とした PCR 産物の電気泳動像から、種 1、2、3、4、5、6、 7の系統関係を推定し、下記の系統樹の $oxed{A}$ から $oxed{G}$ の中に、それぞれの番号を書き入れよ(ここでは、種 $oxed{8}$ のみ場所を指定 してある)。なお、Aの解答欄は 14 、B の解答欄は 15 、Cの解答欄は 16 、D の解答欄は 解答欄は 18 、Fの解答欄は 19 、Gの解答欄は 20 とし、それぞれに該当する番号をマークしなさい。順 序は関係ないと解答者が判断した場合、その選択肢は順序を気にせず解答欄にマークして良い。順序が関係あると解答者が 判断した場合、書き入れる記入欄に注意しながらマークしなさい。



(1)1 (2)2 (3)3 (4)4 (5)5 (6)6 (7)7

# 第13問

分岐学では形質を原始形質と派生形質に分け、派生形質の共有のみに基づいて系統を推定する。下の表は、分類群ア-エの形質 1-6 の形質状態を示したものである。a-f は原始形質状態、a'-f' は各々の派生形質状態とする。分岐学で推定される系統樹を (12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 21 とし、解答が (12) なら (1)、(2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

			形	質		
分類群	1	2	3	4	5	6
ア	a'	b'	c	d	e	f'
イ	a'	b'	c'	d'	e'	f'
ウ	a'	b	с	d	e	f
エ	a	b	с	d	е	f

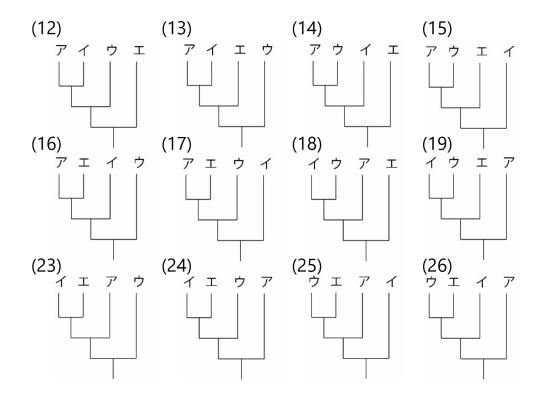


図 13-1. 分岐分類法で推定される系統樹

### 第14問

土壌から取り込まれた無機塩類は、主に根のアポプラストとシンプラストの二つの区画を経由して維管束へと輸送される。 アポプラストは生細胞の外側の区画(図 14-1中の区画 X)のことで、シンプラストはサイトゾルや原形質連絡を含む区画(図 14-1中の区画 Y)のことである。( ア )を介した無機塩類の維管束への輸送は、内皮細胞を取り囲む疎水性の構造 ( イ ) によって制限される。

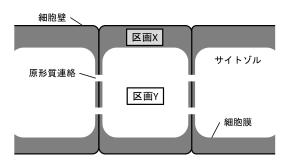


図 14-1. 植物細胞の模式図

これを踏まえ、以下の実験を行った。

実験 1: ある植物 (野生型) を、至適条件に比べてはるかに高濃度の鉄イオンを含む培地で生育させたところ、野生型植物は 正常に生育した。

実験 2: ( イ ) が正常に形成されない突然変異体を実験 1 と同じ条件で生育させたところ、突然変異体は枯死した。

#### 問 1

空欄( ア )( イ )内に入る語句の組合せとしてもっとも適当なものを (1)-(6) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 22

	(ア)	( 1 )
(1)	シンプラスト	クチクラ
(2)	シンプラスト	細胞外マトリクス
(3)	シンプラスト	カスパリー線
(4)	アポプラスト	クチクラ
(5)	アポプラスト	細胞外マトリクス
(6)	アポプラスト	カスパリー線

### 問 2

実験 1、2 の結果を踏まえ、培地、野生型植物の道管液、突然変異体の道管液中の鉄イオン濃度を示すグラフとして最も適当なものを図 14-2の (1)-(4) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。なお、グラフの縦軸は鉄イオン濃度を示し、グラフ中の A は培地、B は野生型植物の道管液、C は突然変異体の道管液を表している。解答欄は 23

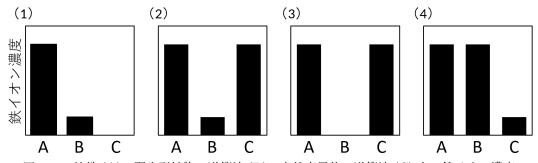


図 14-2. 培地 (A)、野生型植物の道管液 (B)、突然変異体の道管液 (C) 中の鉄イオン濃度

# 第15問

以下の空欄 ( ア )、( イ ) に当てはまる語句として最もふさわしい組合せを (12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 24 とし、解答が (12) なら (1)、(2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

植物は動物と同じ真核生物であるが、植物の発生様式と動物の発生様式は異なる点が多い。茎や根の植物細胞を観察すると大半の細胞が細長く伸びている。これらの植物細胞の伸長は、(  $_{T}$  ) の増加と(  $_{T}$  ) によって制御されている。このことを確かめる実験として、通常の植物育成培地に高濃度のソルビトール ( $_{0.4}$  M Sorbitol) を加えた培地を準備し、そこに幼植物体を移植した。その結果、(  $_{T}$  ) は増加せず、根の細胞伸長が阻害された。

	(ア)	(イ)
(12)	核	細胞壁の強度
(13)	膨圧	細胞壁の強度
(14)	核	細胞分裂活性
(15)	膨圧	細胞分裂活性
(16)	核	屈性
(17)	膨圧	屈性
(18)	オーキシン	細胞壁の強度
(19)	ジベレリン	細胞壁の強度
(23)	オーキシン	細胞分裂活性
(24)	ジベレリン	細胞分裂活性
(25)	オーキシン	屈性
(26)	ジベレリン	屈性

# 第16問

植物は光合成を行い、一次生産者として生態系を支えている。しかしながら植物自身は被食されることを嫌い、様々な方法によって被食に対する防衛を行なっている。被食防衛は物理的防御と化学防御に大別され、物理的防御の例として、茎や葉の表面に形成される鋭いトゲが挙げられる。化学防御の例としては、ニコチンやモルヒネ、青酸などの防御物質をもちいて被食防衛していることが知られている。

以下の (1)-(5) の記述の正誤を判定し、正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は

- (1) 食害後のアブラナ科植物では、化学防御により辛味成分が増加する。
- (2) 植物がもちいる主な防御物質には根から吸収したマンガン、銅、ホウ素などの微量要素が含まれる。
- (3) 液胞は強酸性のオルガネラであるため、防御物質の蓄積にはもちいられない。
- (4) 物理的防御にもちいられるトゲの数は、食害を受けた植物で増えることが知られている。
- (5) 食害を受けた植物に、捕食者(植食者)の天敵が集まってくるのは、植物の化学防御の一種といえる。

# 第17問

葉の表皮をはがし、異なる濃度のスクロース溶液に浸したところ、6% スクロース濃度で表皮細胞の原形質分離が初めてみられた。

以下の文章はこの表皮をもちいてプロトプラストを作製する手順を記したものである。この文章の (ア) (イ) (ウ) に入る記述の組合せを (12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 26 とし、解答が (12) なら (1)、(2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

① nm ②  $\mu$  m ③ よりやや低い濃度 ④ よりやや高い濃度 ⑤ 約 0.5 ⑥ 約 5 ⑦ 約 5 0

	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(23)	(24)	(25)	(26)
(ア)	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
( イ )	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4
( ウ )	(5)	6	7	(5)	6	7	⑤	6	7	(5)	6	7

### 第18問

アブシシン酸\*4 はさまざまな環境ストレスに対する耐性を植物個体や組織、細胞にもたらすホルモンである。外から与えたアブシシン酸によって、植物細胞に塩ストレス耐性が誘導される様子を調べる実験を、野生型の植物とアブシシン酸情報伝達系の 2 種類の突然変異体 x、y をもちいて行った。具体的には、これらの植物の若い葉の一部をアブシシン酸を含む培地に 5 分間, 20 分間, 100 分間静置(アブシシン酸前処理)した後、塩ストレス処理として 100 mM NaCl を含む培地に移動させ、24 時間後に細胞の生死を顕微鏡で判定した。このとき、NaCl 無処理の実験区、アブシシン酸前処理なしで NaCl 処理のみを行った実験区を対照実験として実施した。表 18-1と表 18-2はその結果である。なお表中のそれぞれの数値は、細胞の生存率(%)を[平均値  $\pm$  標準偏差]で示したものである。

表 18-1: NaCl 無処理区

野生型	$99.8 \pm 0.1$
変異体 x	$99.3 \pm 0.3$
変異体 y	$99.8 \pm 0.1$

表 18-2: 100 mM NaCl 処理区

アブシシン酸前処理時間	前処理なし	5分	20 分	100 分
野生型	$26.3 \pm 6.4$	$27.2 \pm 8.2$	$82.9 \pm 6.5$	$88.0 \pm 4.7$
変異体 $x$	$23.2 \pm 10.2$	$19.5 \pm 6.1$	$23.3 \pm 4.5$	$20.4 \pm 9.3$
変異体 y	$25.5 \pm 7.3$	$23.7 \pm 5.3$	$31.9 \pm 9.8$	$85.2 \pm 5.1$

次の記述のうち、これらの結果から推測できるものの組合せを (12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 27 とし、解答が (12) なら (1)、(2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

- ① 野生型において塩ストレスによる細胞ダメージは、アブシシン酸による5分の前処理で緩和される。
- ② 野生型において塩ストレスによる細胞ダメージは、アブシシン酸による 20 分の前処理で緩和される。
- ③ 変異体 x の原因遺伝子は、アブシシン酸依存的な塩ストレス耐性に必須の遺伝子である。
- ④ 変異体 x の原因遺伝子は、アブシシン酸依存的な塩ストレス耐性に必須の遺伝子ではない。
- ⑤ 変異体 y の原因遺伝子は、アブシシン酸依存的な塩ストレス耐性の比較的早い時期の応答に重要な遺伝子である。
- ⑥ 変異体 y の原因遺伝子は、アブシシン酸依存的な塩ストレス耐性の比較的遅い時期の応答に重要な遺伝子である。
- ⑦ 変異体 y の原因遺伝子は、アブシシン酸依存的な塩ストレス耐性に関与している遺伝子ではない。

<sup>\*4</sup> Abscisic acid アブシジン酸ともいう。

# 第19問

図 19-1は、バッタ(昆虫類)の内部形態の模式図(左側面)である。

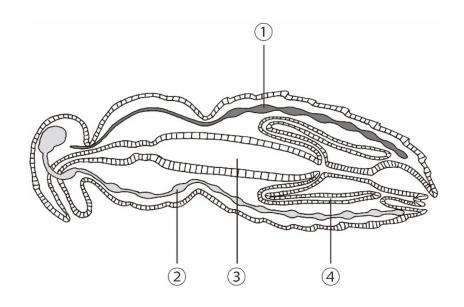


図 19-1. バッタ (昆虫類) の内部形態の模式図 (左側面)

#### 問1

図中の①-④の各器官について、それぞれの名称として正しいものを次の(1)-(7) からひとつずつ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。同じ選択肢を繰返しもちいても良い。①の解答欄は28 、②の解答欄は29 、③の解答欄は30 、④の解答欄は31

- (1) 神経
- (2) 消化管
- (3) 生殖腺
- (4) 気管
- (5) マルピーギ管
- (6) 心臟
- (7) 脊索

#### 問 2

図中の①-④の各器官について、それぞれの機能として正しいものを次の (1)-(7) からひとつずつ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。同じ選択肢を繰返しもちいても良い。①の解答欄は 32 、②の解答欄は 33 、③の解答欄は 35

- (1) ガス交換や水分の喪失の調節
- (2) 開放血管系に血リンパを送る
- (3) 代謝老廃物の排出や浸透圧調節
- (4) からだを支え、筋肉の付着点となる
- (5) 外部の情報の伝達と処理を行う
- (6) 精子や卵などの生殖細胞をつくる
- (7) 食物の消化や吸収

# 第20問

#### 問1

ヒトの化学的消化に関わる物質のうち、ペプシン、トリプシン、胆汁酸塩を産生する主たる器官として最も適切な組み合わせはどれか。以下の (1)-(8) のなかからひとつだけ選んでマークしなさい。解答欄は 36

	ペプシン	トリプシン	胆汁酸塩
(1)	胃	膵臓	胆嚢
(2)	膵臓	膵臓	胆嚢
(3)	胃	肝臓	胆嚢
(4)	膵臓	肝臓	胆嚢
(5)	胃	膵臓	肝臓
(6)	膵臓	膵臓	肝臓
(7)	胃	肝臓	肝臓
(8)	膵臓	肝臓	肝臓

#### 問 2

キモトリプシンはある器官から不活性な状態で分泌されたのち、別の器官で活性化され消化酵素として機能する。この機構により自己消化を免れる器官として考えられるもっとも適切なものは次の選択肢のうちどれか。以下の (1)-(7) のなかからひとつだけ選んでマークしなさい。解答欄は 37

(1) 口腔・咽頭 (2) 食道 (3) 胃 (4) 小腸 (5) 肝臓 (6) 膵臓 (7) 胆嚢

#### 問3

ヒト消化系における化学消化では、酵素の作用で糖質は単糖類に、タンパク質はアミノ酸に、脂肪は脂肪酸とモノグリセリドに、それぞれ分解された後、小腸絨毛上皮細胞に吸収される。脂肪酸とモノグリセリドは小腸絨毛上皮細胞内で脂肪に再構成され、キロミクロンを形成する。小腸絨毛上皮細胞からこれらの消化物がたどる経路について、最も適切な組み合わせはどれか。以下の(1)-(6)のなかからひとつだけ選んでマークしなさい。解答欄は 38

	単糖類	アミノ酸	脂肪 (キロミクロン)
(1)	毛細血管	毛細血管	リンパ管
(2)	毛細血管	リンパ管	リンパ管
(3)	リンパ管	毛細血管	リンパ管
(4)	毛細血管	リンパ管	毛細血管
(5)	リンパ管	毛細血管	毛細血管
(6)	リンパ管	リンパ管	毛細血管

### 第21問

インスリンと結合することが知られているタンパク質 A をコードする遺伝子 A に変異が生じて、タンパク質 A の機能が失なわれたマウス(以下変異型マウスと呼ぶ)をもちいた研究の実験データを図 21-1に示す。なお、全ての実験において、野生型マウスを対照としてもちいており、変異型マウス、野生型マウスともに、もちいたマウスは全て成獣のオスに統一している。

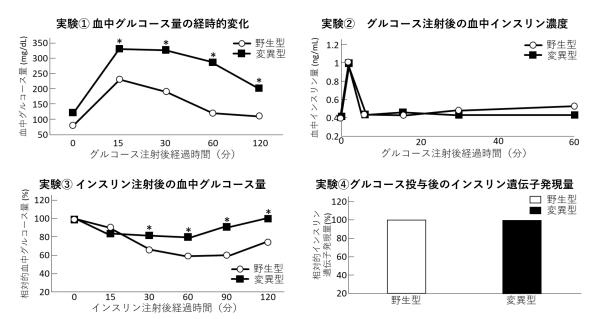


図 21-1. 実験①から④の結果。\*は野生型と変異型マウスの値に統計学的な有意差が認められることを示している。なお、実験③ではそれぞれのマウスにおいてインスリン注射前の血中グルコース濃度を 100 としており、実験④では野生型マウスの 膵島細胞におけるインスリン遺伝子発現量を 100 としている。

- 実験① 血中グルコース濃度を一定に保つ能力を検討するため、野生型マウスおよび変異型マウスに同量のグルコースを注入し、血中のグルコース濃度の経時的変化を測定した。
- 実験② 血中グルコース濃度に応じたインスリン分泌量の変化を明らかにするため、野生型マウスおよび変異型マウスに同量のグルコースを注入し、血中のインスリン濃度の経時的変化を測定した。
- 実験③ インスリンによる血中グルコース濃度の制御に対する影響を検討するため、インスリン注射後の相対的な血中グル コース濃度の経時変化を測定した。
- 実験④ グルコース投与 15 分後の膵島細胞におけるインスリン遺伝子発現量を検討した。

データから遺伝子 A はインスリンとどのような関係にあると考えられるか。以下の (1)-(8) のなかからひとつだけ選び、 該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は $\boxed{\phantom{a}39\phantom{a}}$ 

- (1) インスリンの分泌量を調整して血中グルコース量を上昇させる。
- (2) インスリンの分泌量を調整して血中グルコース量を低下させる。
- (3) インスリン分解を調節して血中グルコース量を上昇させる。
- (4) インスリン分解を調節して血中グルコース量を低下させる。
- (5) インスリンとその受容体の結合を調節して血中グルコース量を上昇させる。
- (6) インスリンとその受容体の結合を調節して血中グルコース量を低下させる。
- (7) インスリン遺伝子の発現を調節して血中グルコース量を上昇させる。
- (8) インスリン遺伝子の発現を調節して血中グルコース量を低下させる。

# 第22問

ヒトの網膜には 2 種類の視細胞がある。 1 つは薄暗いところでよくはたらき、色の区別には関与しない桿体細胞である。 もう 1 つは明るい場所ではたらき、色の区別に関与する錐体細胞である。錐体細胞には、青錐体細胞、緑錐体細胞、赤錐体細胞の 3 種類があり、それぞれの視細胞は、吸収する光の波長が異なる光受容体分子(視物質)を含んでいる。桿体細胞の視物質はロドプシンとよばれ、500 nm 付近の波長の光をもっともよく吸収する。図 22-1は、ヒト網膜に含まれる 4 種類の視物質(ア)、(1)、(1)、(2) が吸収する光の量(吸光度)と光の波長の関係を表した曲線(吸収スペクトル)である。

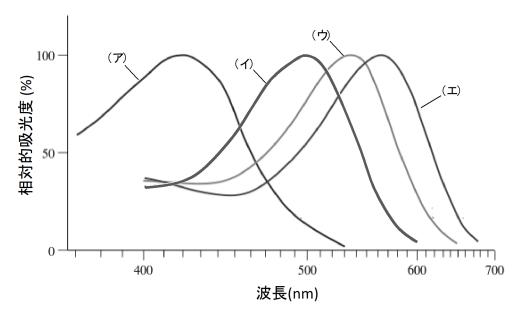


図 22-1. 視物質の吸収スペクトル

視物質(ア)~(ウ)についての以下の記述のうち、正しいものの組合せを (12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 40 とし、解答が (12) なら (1)、(2) の両方の番号を同一解答欄にマークしなさい。

- ① (ア) は青錐体細胞に含まれる視物質である。
- ② (ア) は緑錐体細胞に含まれる視物質である。
- ③ (ア) は赤錐体細胞に含まれる視物質である。
- ④ (ア) は桿体細胞に含まれるロドプシンである。
- ⑤ (イ) は青錐体細胞に含まれる視物質である。
- ⑥ (イ) は緑錐体細胞に含まれる視物質である。
- ⑦(イ)は赤錐体細胞に含まれる視物質である。
- ⑧ (イ) は桿体細胞に含まれるロドプシンである。
- ⑨ (ウ) は青錐体細胞に含まれる視物質である。
- ⑩(ウ)は緑錐体細胞に含まれる視物質である。
- ① (ウ) は赤錐体細胞に含まれる視物質である。
- ② (ウ) は桿体細胞に含まれるロドプシンである。

(12) ①⑥⑫	(13) ①⑦⑫	(14) 1810	(15) ①⑧⑪	(16) 2512	<b>(17)</b> 270
(18) (289)	(19) 2811	(23) (3(5)(9)	(24) (36)(2)	(25) (3(8)(9)	(26) 381

# 第23問

神経細胞の細胞体、樹状突起及び軸索は、閾値を超える刺激を受けると活動電位を生じる性質がある。神経細胞の樹状突起は主に幼若期に活発に伸長・退縮を繰り返し、標的となる他の神経細胞の軸索や細胞体に近づくことで、シナプスが形成される。活動電位は細胞内を伝導し、シナプスを介して隣接する神経細胞に伝達される。

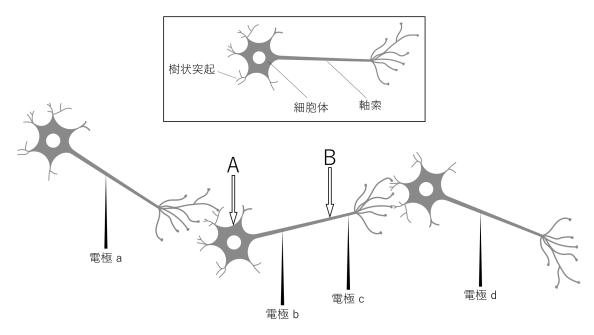


図 23-1. シナプスを形成する神経細胞の模式図

図 23-1 は互いにシナプスを形成している 3 つの神経細胞と、活動電位を記録する 4 本の電極を模式的に表している。矢印 A あるいは矢印 B の場所に閾値を超える電気刺激を与えたとき、活動電位が記録された全ての電極の組み合わせで正しいものを以下の (1)-(9) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。

#### (a) 刺激 A

(1)a (2)a-b (3)b (4)b-c (5)c (6)a-b-c (7)c-d (8)b-c-d (9)a-b-c-d 解答欄は 41

#### (b) 刺激 B

(1)a (2)a-b (3)b (4)b-c (5)c (6)a-b-c (7)c-d (8)b-c-d (9)a-b-c-d 解答欄は 42

# 第24問

ニホンミツバチは、太陽の位置を基準にして認識したえさ場の方向を他のミツバチに伝える仕組みを持つことが知られている。えさ場をみつけたはたらきバチは、巣箱に戻ってくると、地面に垂直に立てられている巣板の面上で8の字ダンスをする。8の字ダンスの中央で直進する方向と鉛直上方が作る角度が、それぞれ巣箱からみたえさ場の方向と太陽の方向が作る角度を示す。また、ダンスの速さは巣箱からえさ場までの距離を反映する。

ある晴れた秋分の日に、ニホンミツバチ A, B, C が図 24-1に示す 8 の字ダンスとその回転数を示した。それぞれの個体は何の花の蜜を集めてきたのか、最もよく当てはまる組み合わせを (1)-(8) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 43

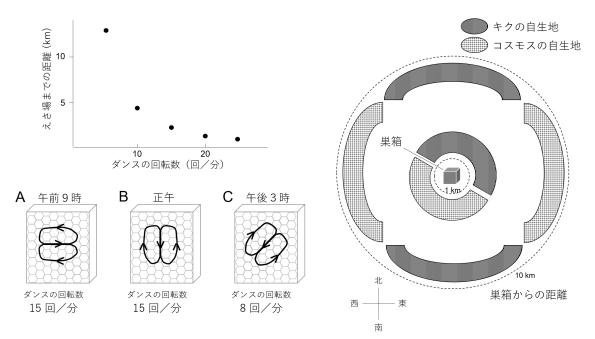


図 24-1. 本問における、二ホンミツバチのダンスパターン

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
A	キク	キク	キク	コスモス	キク	コスモス	コスモス	コスモス
В	キク	キク	コスモス	キク	コスモス	キク	コスモス	コスモス
$\mathbf{C}$	キク	コスモス	キク	キク	コスモス	コスモス	キク	コスモス

### 第25問

メダカの配偶行動では、まずオスがメスに接近し、メスの前で求愛演舞を行う。メスが気に入れば、その後交叉(密着)し、放卵、放精して体外受精が成立する。では、メスはどのようなオスを受け入れるのだろうか。メダカは 28  $\mathbb C$  前後で飼育していれば毎朝配偶行動をとる。そこでヒーターを 1 つ用意して、この水(28  $\mathbb C$ )を循環させる水槽(循環式)を作り、水槽の間で温度の差がないようにし、以下の実験を行った(実験室内は 25  $\mathbb C$  にした)。

実験 1: オス1匹とメス1匹を、同じ水槽に入れて、飼育(対照実験)。

実験 2: 実験を行う前日から、オス1匹を背の高いガラスシャーレに入れて、これをメス1匹が入った水槽に入れて飼育した。 実験日の朝、オスをガラスシャーレから出して、メスと同じ水槽に入れた。

実験 3: オスを黒い紙で隠して、背の高いシャーレに置いて、循環式水槽の外で飼育した。翌朝、オスをガラスシャーレから 出して、メスと同じ水槽に入れた。

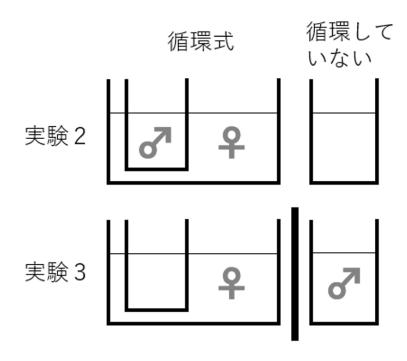


図 25-1. メダカの配偶行動実験

その結果、実験 1 と 2 ではすぐにメスがオスをすぐに受け入れた。実験 3 ではオスを受け入れるまでの時間が実験 1、2 と比べて多くかかった。

以下の (1)-(3) の記述の正誤を判定し、上記の実験結果から、可能性があると判断できる選択肢を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 44

- (1) メスは前日から視認していたオスを早く受け入れる。
- (2) メスは前日から視認しているオスにしか配偶行動を行なわない。
- (3) オスの配偶行動は温度依存的である。

### 第26問

Connell (1961) は、スコットランドの潮間帯において、 $Chthamalus\ stellatus\ E\ Balanus\ balanoides$ (現  $Semibalanus\ balanoides$ )の 2 種類のフジツボの間に、付着場所を巡る競争があることを報告した。北海道道南地方の潮間帯ではイワフジツボとムラサキインコガイが似たような関係にあることが知られている(高橋 2007)。イワフジツボとムラサキインコガイは潮間帯に生息する固着性動物で、通常イワフジツボは潮間帯の上部、ムラサキインコガイは中部に群生する。 2 種の種間競争を検証するため、イワフジツボを除去した区画(A 区)と、ムラサキインコガイを除去した区画(B 区)を作り、除去区において 2 種の分布がどのようになるかをシミュレーションした。

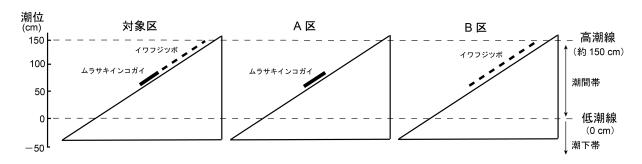


図 26-1. 対象区と A 区 (イワフジツボ除去区)、B 区 (ムラサキインコガイ除去区) における 2 種の分布パターンの模式図。 対象区においてイワフジツボとムラサキインコガイが重なり合って分布することはない。 高潮線は潮が最も満ちた時の高さ、低潮線は潮が最も引いた時の高さを示している。 低潮線を  $0~\mathrm{cm}$  として、低潮線と高潮線との間を潮間帯、低潮線より下を潮下帯と呼んでいる。

#### 問1

図 26-1はシミュレーションの結果を示したものである。図 26-1から推測できる記述として正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 45

- (1) イワフジツボとムラサキインコガイは常に競争関係にある。
- (2) ムラサキインコガイの分布の上限は潮汐による制限を受けている。
- (3) ムラサキインコガイは潮間帯中部の競争においてイワフジツボよりも強い。
- (4) イワフジツボの分布を制限している最大の要因は食物である。

### 問 2

自然海岸では必ずしもシミュレーション通りにはならず、競争関係にある種が排除されることなく共存している。自然海岸においてイワフジツボとムラサキインコガイの種間競争が緩和される要因に関する以下の記述のうち、正しいと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 46

- (1) イワフジツボやムラサキインコガイの餌となるプランクトンが豊富にある場合は競争が緩和される。
- (2) 海藻や海綿など、同所に他の固着性生物が存在する場合は競争が緩和される。
- (3) 肉食性の貝、ヒトデなど、イワフジツボやムラサキインコガイに対する捕食者が存在する場合は競争が緩和される。
- (4) 波浪によってはがされるなどの適度な攪乱がある場合は競争が緩和される。

### 第27問

海洋生態系において、植物プランクトンは春に増殖し、夏から秋には減少することが知られている。しかし、大都市が隣接する内湾域では夏でも植物プランクトンが大量に発生することがある。図 27-1は 8 月にある内湾域の 2 地点で測定した水質データである。調査は潮流の影響の少ない小潮の午前中に実施し、調査日前に大規模な降雨はなかった。なお、調査区域の夏の平均的な塩濃度は 32  $PSU^{*5}$ 、飽和溶存酸素量は 6.8-7.0 mg/L である。

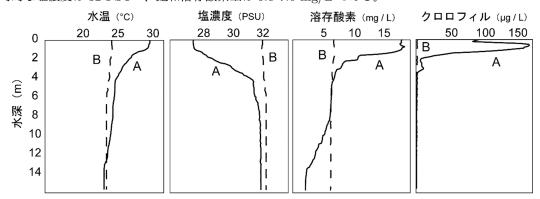


図 27-1. A 地点(実線)と B 地点(破線)における水温、塩濃度、溶存酸素、クロロフィル a 濃度の鉛直分布

#### 問 1

以下の記述のうち、これらのデータから予想される A 地点の水環境として正しい推測だと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 47

- (1) A 地点では表層において栄養塩類の供給があると考えられる。
- (2) A 地点では陸域から淡水の流入があると考えられる。
- (3) A 地点では藻場(海藻群落)が形成されていると考えられる。

#### 問 2

以下の記述のうち、これらのデータから予想される B 地点の水環境として正しい推測だと判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 48

- (1) B地点は光が底層まで良く届いていると考えられる。
- (2) B地点は潮流が弱く、海水が停滞していると考えられる。
- (3) B 地点では植物プランクトンの大量発生が起きていないと考えられる。

#### 問 3

4 つのデータから、2 地点の内いずれかは富栄養化の傾向がみられると予想される。富栄養化の傾向がみられる可能性が高いのは A と B のどちらか。該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 49

- (1) A 地点
- (2) B地点

#### 問 4

2 地点の富栄養化状況をより正確に調べるためにはどのような観測データが必要だろうか。適切と判断される選択肢の番号を全てマークしなさい。なお、全ての記述が正しいと判断した場合は (9) だけをマークし、正しい記述が無いと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は 50

- (1) 2 地点の底泥を採取し、マイクロプラスチックを調査する。
- (2) 2 地点の硝酸塩濃度、リン酸塩濃度を測定する。
- (3) 2 地点の水銀、六価クロム、カドミウム濃度を測定する。

<sup>\*&</sup>lt;sup>5</sup> PSU:実用塩分単位、Practical Salinity Unit の略。32PSU とは、調査海域における一般的な海水塩濃度と考えて良い。

# 第28問

以下の文中の解答欄に入る最もふさわしい数字を選択肢から選び、解答欄にマークしなさい。

図 28-1は沿岸域における捕食-被食関係の例である。矢印の先は捕食者を示し、矢印付近の数字は被食者から捕食者への重量の転換効率(%)を示す。カタクチイワシはヨコエビのみを、スズキはカタクチイワシのみを捕食する場合、スズキの体重が 1 kg 増加するためには、カタクチイワシが( 51 ) kg、ヨコエビは( 52 53 ) kg 必要である。また、カタクチイワシ( 51 ) kg で成長できるシギの重量は( 54 . 55 56 ) kg である。従来農薬として使われていた DDT\*6 は、生物濃縮により生態系の高次の生物に大きな影響を及ぼすことが知られている。DDT が重量当たり 0.02 ppm 含まれるヨコエビのみをカタクチイワシが捕食した場合、そのカタクチイワシを捕食したスズキとシギの体内の DDT 濃度はそれぞれ( 57 ) ppm、( 58 ) ppm となる。なお、被食者の体内の DDT は全て捕食者に移り、体内における DDT の分解や排出は生じないものとする。

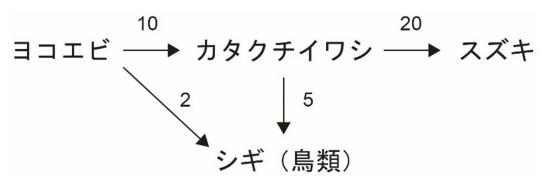


図 28-1. 沿岸域における捕食-被食関係の例

(1)1 (2)2 (3)3 (4)4 (5)5 (6)6 (7)7 (8)8 (9)9 (0)0

 $<sup>^{*6}</sup>$  dichlorodiphenyltrichloroethane(ジクロロジフェニルトリクロロエタン)と呼ばれる化合物のこと

### 第29問

水中の生物から放出された DNA は「環境 DNA」とよばれている。海洋や湖沼の水中の環境 DNA を分析することで、生息する生物種や個体数を特定することが可能となってきた。環境 DNA 分析の模擬実験として次の実験  $1\sim3$  を行った。

- 実験 1 別種の魚  $a\sim c$  をそれぞれ別々の水槽で飼育し、水槽内の DNA を採取して同じ遺伝子領域を PCR 法で増やしたところ、3 種ともに同じ長さの DNA 断片がえられた。
- 実験 2 魚 a~c のうちの 2 種を混合して飼育した水槽内の DNA を採取し、実験 1 と同様に処理したところ、実験 1 と同じ 長さの DNA 断片がえられた。
- 実験 3 実験 1 でえられた 3 つの DNA 断片(魚  $a\sim c$ )と、実験 2 でえられた DNA 断片(「混合」とする)を、それぞれ同じ制限酵素で処理してアガロースゲル電気泳動を行った結果、図 29-1のようなバンドがみられた。なお、図 29-1中の白い- は最初にサンプルを載せた場所(ウェル)を示している。

次の設問 1~3 について、正しいものの組合せを (12)-(26) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 59 とし、解答が (12) なら (1)、(2) の両方の番号を同一解答欄

設問1 実験2で混合した水槽内の魚の組合せはどれか。

① 魚aと魚b

にマークしなさい。

- ② 魚 a と 魚 c
- ③ 魚 b と 魚 c

設問2 実験1と実験2のPCR法でもちいたプライマーはどれか。

- ④ 魚 a~c で共通したプライマー
- ⑤ 魚 a~c でそれぞれ異なるプライマー

設問3 PCR 法で増やす遺伝子領域の塩基配列はどれか。

- ⑥ 魚 a~c で全く同じ塩基配列
- ⑦ 魚 a~c のそれぞれが少しずつ異なる塩基配列

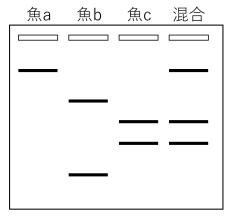


図 29-1: 実験 3 の電気泳動結果

(18) 256 (19) 257 (23) 346 (24) 347 (25) 356 (26) 357

# 第30問

生物多様性のとらえ方の1つに種の多様性(種多様性)がある。種多様性は、種数だけでなく、各種の出現する割合も基準となる。また、種多様性で重要なことは、それが空間のスケールに依存するという点である。種数-面積曲線は、種多様性を評価する方法の1つで、1つの調査区(単位面積の方形区)を基準として、面積を拡大していき、調査区の面積とその調査区中に存在する種数との関係を表した曲線である。図 30-1は特徴の異なる2つの種数-面積曲線で、c は単位面積あたりの種数を示している。図 30-2は生息地全体と小区画での種多様性の関係を示した模式図で、(a) と (b) は図 30-1の (P) と (1) のいずれかにそれぞれ対応するものとする。これらの図について述べた①~⑥の記述について、正しいものの組合せを (1) からひとつだけ選び、該当する番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は 60

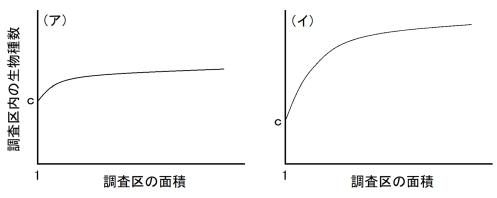


図 30-1. 特徴の異なる2つの種数-面積曲線

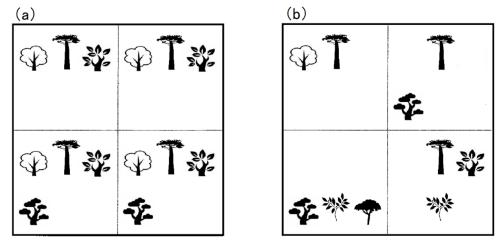


図 30-2. 生息地全体と小区画での種多様性の関係を示した模式図

- ① (ア)には(a)が、(イ)には(b)が対応する。
- ② (ア) には (b) が、(イ) には (a) が対応する。
- ③ 生息地全体の種多様性が高いのは (a) である。
- ④ 生息地全体の種多様性が高いのは (b) である。
- ⑤ 生物多様性の保全対策を考える場合、より広い地域を保全することが必要な調査区は(ア)である。
- ⑥ 生物多様性の保全対策を考える場合、より広い地域を保全することが必要な調査区は(イ)である。
- (1) ①35
- (2) 136
- (3) 145
- (4) 146
- (5) 235

- (6) 236
- (7) 245
- (8) 246