

日本生物学オリンピック2025 理論試験

解答用紙に受験番号と氏名を記入すること
(例) 受験番号1234567、生物 太郎 の場合

フリガナ	セイブツ タロウ	年	月	日
氏名	生物 太郎			

番 号											問	解 答 欄								
0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
●	●	●	●	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	●	1	1	1	1	1	1	3	0	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	2	2	2	●	2	2	2	2	2	4	0	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	3	3	3	3	●	3	3	3	3	5	0	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	4	4	4	4	4	●	4	4	4	6	0	1	2	3	4	5	6	7	8
5	5	5	5	5	5	5	5	●	5	5	7	0	1	2	3	4	5	6	7	8
6	6	6	6	6	6	6	6	6	●	6	8	0	1	2	3	4	5	6	7	8
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	●	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	0	1	2	3	4	5	6	7	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	11	0	1	2	3	4	5	6	7	8
											12	0	1	2	3	4	5	6	7	8

番号は右揃えで記入
未使用欄にはゼロを入れる

試験開始前に解答用紙に必要事項を記入したのち、この冊子のページを開いて『次のページから問題が始まります』のところまでをよく読んでおくこと

<空白ページ>

諸注意

1. 試験中に緊急事態が発生した場合には、試験監督の指示に従ってください。
2. 以下のことを守らない場合は、不正行為となることがあります。不正行為と認められた場合、その時点で失格とし、解答用紙を取り上げた後に試験終了まで自席で待機してもらいます。
 - (a) いつでも受験者本人の確認ができるよう、名札は首に付けるか、机の上に置いてください。
 - (b) 電子機器類の扱いについて、試験監督の指示に従ってください。具体的には以下のように対応して頂きます。
 - (i) まず、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。これらの機器を試験中に使用することはできません。
 - (ii) 次に、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を、かばんなどにしまってください。
 - (iii) かばんの中でスマートフォン、携帯電話が鳴った場合は、試験監督は本人の了解を得ずにかばんを預かります。
 - (iv) 時計のアラームを設定している人は解除してください。
 - (c) 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、眼鏡、ポケットティッシュ、名札、飲料です。これ以外のものはかばんにしまい、机や椅子の足元に置いてください。通路を邪魔することの無いようご注意ください。
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高く挙げて試験監督に知らせてください。
4. 試験中の水分補給は各自の裁量に委ねます。その都度の試験監督の許可は必要としませんが、周囲の迷惑にならないようご注意ください。
5. 貴重品の管理は、各自で行ってください。
6. 各問題について、解答用紙の該当する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。
7. 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、手を高く挙げて試験監督に知らせてください。
8. 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。
9. 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、手を高く挙げて試験監督に知らせてください。
10. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。
11. この諸注意に書かれていない事象が生じた場合、すべて試験監督が判断を下します。
12. 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。

宣誓

我々は日本生物学オリンピック 2025 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。

次のページから 問題が始まります

試験時間は 80 分です。

この試験の問題数は 11 問で、解答欄の数は 77 個です。
また、満点は 100 点です。

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。

試験開始までに、ここまで読んでおくこと
以降のページは、試験開始まで開いてはならない

下書き用紙
(切り離さずに用いよ)

下書き用紙
(切り離さずに用いよ)

第1問

(9点)

日本では冬になると季節性のインフルエンザが流行する。インフルエンザの主な症状は、38℃以上の発熱、関節痛・筋肉痛、全身の倦怠感、頭痛、鼻水・鼻づまり、くしゃみ、咳、喉の痛みなどであり、インフルエンザが疑われる高熱などの症状がある場合には発熱外来などで (ア) 迅速検査が行われる。

原因ウイルスであるインフルエンザウイルスは、主にA、B、C型に分類され、そのうち大きな流行の原因となるのはA型とB型である。これらの型は、図1のように脂質二重層のエンベロープで覆われ、その表面にヘマグルチニン(HA)とノイラミニダーゼ(NA)というタンパク質をもつ。HAは宿主細胞の表面にあるシアル酸という糖に結合してウイルスが細胞内に侵入できるようにはたらき、一方のNAはウイルスが感染細胞から細胞外へ出る際に、シアル酸を切り離す機能を担っている。(イ) HAとNAの違いにより、A型ウイルスはさらに複数の亜型に分けられる。

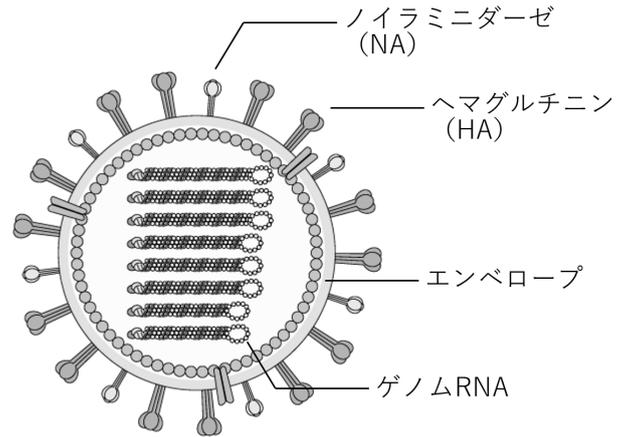


図1. インフルエンザウイルスの構造. ©2016 DBCLS To-goTV / CC-BY-4.0

インフルエンザの主な治療法は、抗インフルエンザウイルス薬を服用することであり、発症後48時間以内に服用すると、症状の改善や重症化を防ぐ効果がある。主な治療薬として、(ウ) 内服薬のオセルタミビルや吸入薬のザナミビルがあり、これらはNAを阻害することにより細胞からのウイルス放出を阻害しウイルスの増殖(体内での拡散)を抑える作用をあらわす。

問1

下線部(ア)に関して、インフルエンザウイルス感染の診断のために図2のような「迅速診断キット」が用いられる。検体の鼻腔ぬぐい液などを滴下部に滴下して3-5分反応させるだけで、A型とB型の各々のウイルスのタンパク質を検出してひとつのキットで型別判定が可能である。しかし、発症から12時間以内に検査した場合、偽陰性になることがある。迅速診断キットの検出の原理および偽陰性が出現する理由として、最も適切な組合せを選択肢(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。解答欄は

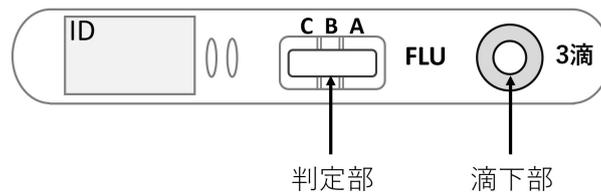


図2. インフルエンザウイルス感染の診断を行うための迅速診断キット

選択肢	キットの検出の原理	発症から12時間以内で検査した場合に偽陰性となりやすい理由
(1)	PCR *1	ウイルスの変異が盛んな時期だから
(2)	PCR	発症後12時間未満ではウイルス量が十分でないことがあるから
(3)	PCR	体温が37℃未満で症状が安定しているから
(4)	抗原抗体反応	ウイルスの変異が盛んな時期だから
(5)	抗原抗体反応	発症後12時間未満ではウイルス量が十分でないことがあるから
(6)	抗原抗体反応	体温が37℃未満で症状が安定しているから
(7)	電気泳動	ウイルスの変異が盛んな時期だから
(8)	電気泳動	発症後12時間未満ではウイルス量が十分でないことがあるから
(9)	電気泳動	体温が37℃未満で症状が安定しているから

*1 PCR: ポリメラーゼ連鎖反応

問 2

下線部 (イ) に関して、A 型のインフルエンザウイルスは HA と NA の種類により、それぞれの頭文字と番号をとって「H1N1」というように分類される。2013 年にコウモリから新たに HA と NA が 2 種類ずつ確認されたことにより、A 型ウイルスの亜型は理論上 198 種類となった。2013 年のこの報告よりも前に想定されていた HA と NA の種類として、最も適切な組合せを選択肢 (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

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
HA	18	19	16	18	16	18	11	12
NA	11	11	12	12	9	9	18	18

問 3

下線部 (ウ) に関して、NA は一般にシアル酸類を糖タンパク質から切断する酵素であり、オセルタミビルはその酵素活性を阻害する化合物である。

酵素は、その反応速度を v 、基質濃度を $[S]$ とした場合、酵素反応速度論の基本式として、

$$v = \frac{V_{\max}[S]}{K_m + [S]} \quad \dots \quad (\text{エ})$$

で表される。式中の V_{\max} は最大反応速度を示す。 K_m はミカエリス定数とよばれ、 V_{\max} の $\frac{1}{2}$ となる基質濃度に相当する。

酵素の反応速度と基質濃度の関係は、実験的にさまざまな基質濃度で酵素活性を測定し、横軸に基質濃度、縦軸に酵素活性をとってプロットした場合、図 3 の曲線 (オ) の形となる。また、このような実験系にオセルタミビルのような阻害剤を添加した場合、曲線 (オ) から曲線 (カ) のように変化する。

また、式 (エ) の両辺の逆数をとって、

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{\max}} \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{\max}} \quad \dots \quad (\text{キ})$$

としたとき、 $\frac{1}{[S]}$ に対する $\frac{1}{v}$ のプロットが直線となり (図 4 直線 (ク))、ラインウィーバー・バーク プロット、または二重逆数プロットとよばれる。

酵素反応速度論的な解釈から、NA とオセルタミビルに関する記述 (1)–(4) について、正しいものをすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての記述が正しいと判断した場合は (9) を、適切な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

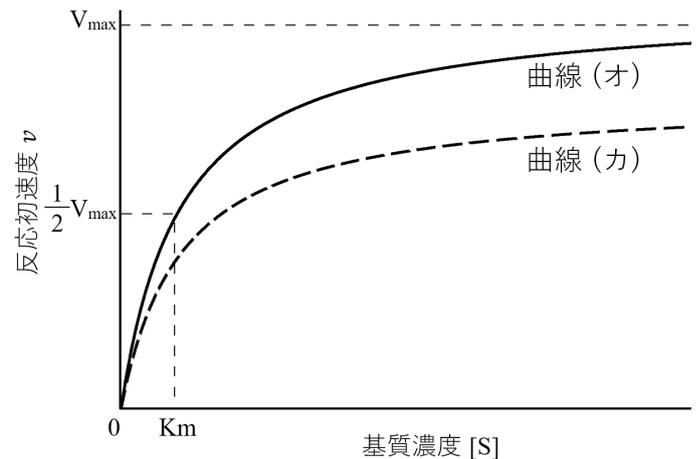


図 3. 基質濃度と反応速度の関係. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michaelis-Menten_saturation_curve_of_an_enzyme-reaction.LARGE.svg を改変

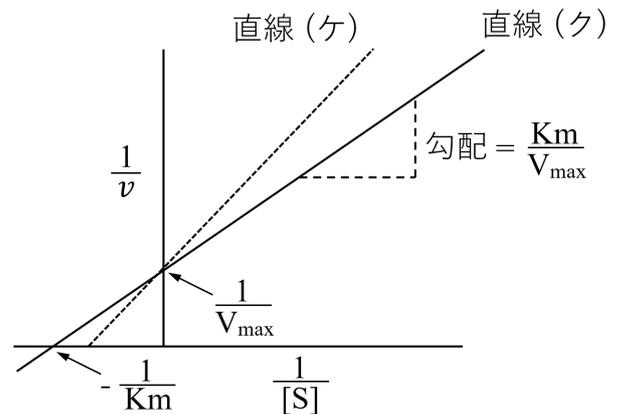


図 4. ラインウィーバー・バーク プロット. 直線 (ク) はオセルタミビル非存在下であり、直線 (ケ) はオセルタミビル存在下の結果である。

- (1) オセルタミビルは、シアル酸と結合して NA の反応初速度 v を変化させる。
- (2) オセルタミビルの濃度が高くなると、図 4 のラインウィーバー・バーク プロットの点線の傾き $\frac{K_m}{V_{\max}}$ は大きくなる。
- (3) オセルタミビルの濃度が一定の場合、 $\frac{1}{2}V_{\max}$ に到達するまでの間では、反応速度は基質濃度を高くしても変化しない。
- (4) 基質 S の濃度 $[S]$ を十分に増加させたときの最大速度 V_{\max} は、オセルタミビルの有無にかかわらず等しくなる。

第2問

(9点)

キイロショウジョウバエの卵形成は、生殖細胞由来の細胞群が一層の濾胞細胞（体細胞由来）に囲まれた卵室内で進む。卵室内には、ひとつの卵原細胞が体細胞分裂を繰り返して生じた、1個の卵母細胞と15個の哺育細胞が細胞質を一部連絡した状態で存在する。哺育細胞で産生された胚発生にかかわるさまざまな分子は、この連絡を通じて発達中の卵に送られる。受精時に減数第一分裂を完了した卵内では、続いて減数第二分裂が起こり、その後に雌性前核と雄性前核の融合が起こる。初期胚の前後軸を決定する因子Bは母性効果因子であり、mRNAとして卵細胞内の特定領域に局在し、受精後に翻訳されて機能する。

問1

変異型の母性効果因子Bのみを含む卵では、致死となる胚発生異常が観察される。このとき、濾胞細胞、哺育細胞、雌性前核、受精卵の遺伝子型として、最も適当なものを選択肢(1)-(8)からひとつずつ選び、選んだ番号を解答欄にマークしなさい。ただし、 B^+ は野生型遺伝子、 B^- は潜性変異遺伝子とする。濾胞細胞の解答欄は 、哺育細胞の解答欄は

、雌性前核の解答欄は 、受精卵(子)の解答欄は

- | | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|
| (1) B^+/B^+ | (2) B^+/B^- | (3) B^-/B^- | (4) B^+/B^+ あるいは B^+/B^- |
| (5) B^+/B^- あるいは B^-/B^- | (6) B^- | (7) B^+ | (8) B^+ あるいは B^- |

図5はショウジョウバエの初期胚での細胞核(●)の挙動を示している。初期胚では細胞質分裂を伴わない核分裂が同調して進み多核体を生じる。9回目の核分裂サイクルの時に少数の核が卵の後極表層に移動する。続く10回目の核分裂サイクルでは大半の核が表層に移動し多核性胞胚が生じ、9回目以後極に達した核は細胞膜に囲まれて細胞化して将来生殖細胞になる極細胞(図5、白矢印)が生じる。核分裂サイクル11~13にかけて時間間隔は徐々に長くなり、そして14回目の核分裂後に表割が起こり、細胞性胞胚が生じる。

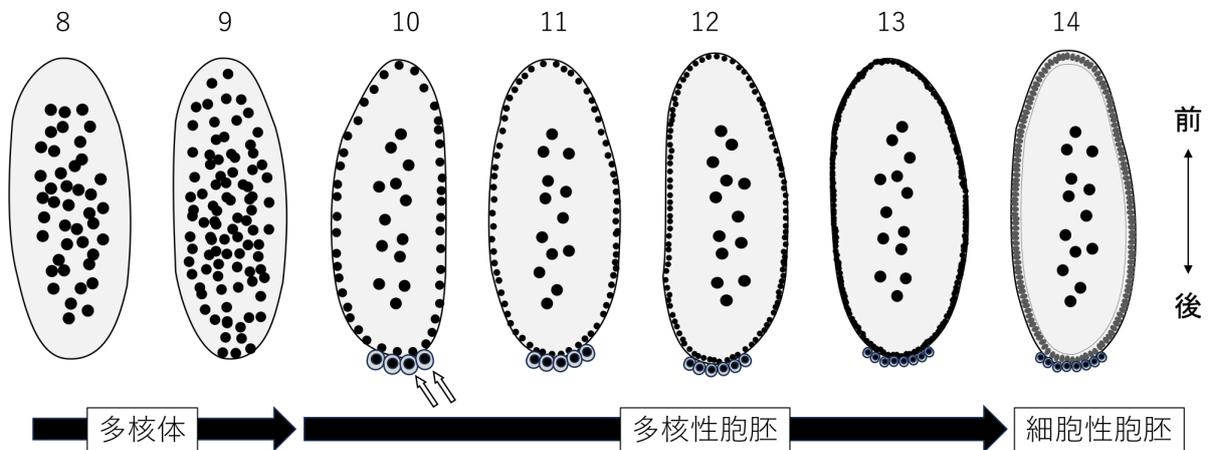


図5. キイロショウジョウバエ初期胚の核の局在性変化。図中の●は核を示す。数字は核分裂サイクルをあらわしており、たとえば8なら第8核分裂である。白矢印で指されているものは極細胞である。

問2

トランスポゾンが染色体上を転移する機構を応用し、キイロショウジョウバエ胚の染色体に遺伝子導入する実験技術が確立されている。この技術を用いて、体細胞で遺伝子発現を促す転写調節配列と緑色蛍光タンパク質(GFP)遺伝子の両方を含むDNA断片を初期胚に顕微注入して染色体に導入し、すべての体細胞でGFPを発現するような個体を作成したい。図5の胚のどこにどのタイミングでDNA断片を注入するのが最も効率が良いと考えられるか、該当するものを選択肢(1)-(8)からひとつずつ選び、選んだ番号を解答欄にマークしなさい。ただし、染色体にDNA断片が組み込まれる効率はあまり高くはない。顕微注入の場所の解答欄は 、タイミングの解答欄は

- | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| (1) 胚の中心部 | (2) 胚中央の表層付近 | (3) 胚前方の表層付近 | (4) 胚後方の表層付近 |
| (5) 第5核分裂時 | (6) 第9核分裂時 | (7) 第11核分裂時 | (8) 第14核分裂時 |

問 3

図 6 は、胚発生においてボディープランが確立される過程に異常を示す変異体の 1 齢幼虫の表皮形態を模式的に示している。図中の歯状突起列は、胚発生後期に胚の腹側に現れる短い突起の帯状の集合である。身体の両端（頭部と尾部）に特有の構造の変化に加え、歯状突起列をてがかりに体幹に含まれる体節の数（野生型では胸部 3 つと腹部 8 つ）、順序と方向の変化を調べると、ボディープランに関わる変異体の表現型を読み解くことができる。以下の (ア)～(ウ) の各変異体はなんと呼ばれる遺伝子群の変異体か、それぞれに該当するものを選択肢 (1)～(5) からひとつずつ選び、選んだ番号を解答欄にマークしなさい。(ア) の解答欄は 、(イ) の解答欄は 、(ウ) の解答欄は

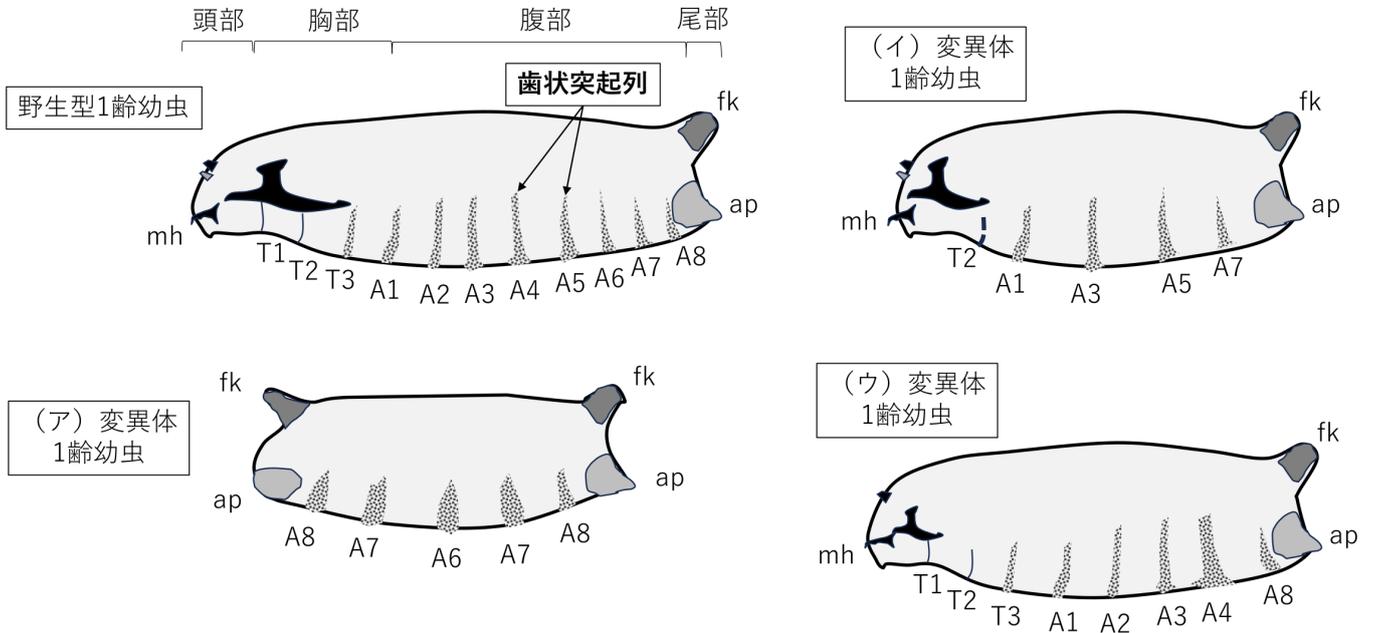


図 6. 胚のボディープランにかかわる変異体の表皮（クチクラ層）形態の表現型. mh は口器 (mouth hook), T1～T3 は各胸部体節の歯状突起列, A1～A8 は各腹部体節の歯状突起列, fk は体内の呼吸器官につながる尾部の突起 (filzkorper), ap は囲肛板 (anal plate) を示す.

- (1) 卵極性遺伝子群
- (2) ギャップ遺伝子群
- (3) ペアルール遺伝子群
- (4) セグメントポラリティー遺伝子群
- (5) ホメオティック遺伝子群

第3問

(10点)

十分な鎖長を持ち、用いられる塩基の出現頻度がすべて乱数的かつ均等である DNA 配列を考えた場合、それを 6 塩基認識配列の制限酵素で完全切断して得られる DNA 断片の平均鎖長は、理論的には (あ) 塩基である。実際にそのことを検証するために、以下に示す解析を行った。

- (1) データベースから、一定の鎖長を持つ DNA 配列を無作為に抽出した。以降、これらを DNA サンプル A、B などと呼ぶことにする。
- (2) 抽出したそれぞれの DNA サンプルに関して、用いられる塩基の出現頻度がすべて等しいことを確認したのち、それぞれの DNA サンプルに存在する制限酵素認識部位を調べあげた。
- (3) 抽出した DNA サンプルと制限酵素切断部位の関係を表にしてまとめた。

これらの作業によって得られた結果を表 1 に示す。それを踏まえて以下の問いに答えなさい。

問 1

空欄 (あ) に入る数字を求め、解答欄 から にその数字が当てはまるようにマークしなさい。不要な桁は空欄にせずに (0) をマークしなさい。

万	千	百	十	一
<input type="text" value="13"/>	<input type="text" value="14"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="17"/>

問 2

今回の DNA サンプルが直鎖状の場合、今回の解析結果から得られる『6 塩基認識配列の制限酵素で完全切断して得られる DNA 断片の平均鎖長』を求め、解答欄 から にその数字が当てはまるようにマークしなさい。不要な桁は空欄にせずに (0) をマークしなさい。ただし、ここでは話を簡単にするために、直鎖状 DNA の両端がそれぞれ制限酵素によって切断されていたと見なすことにする。例えば HindIII を作用させた場合、すべてのサンプルにおいて、その両端が HindIII で切断されていたものと見なす。他の制限酵素についても同様である。計算の過程では常に小数点第三位を四捨五入して小数点第二位を維持し、解答欄には小数点第一位を四捨五入した整数を記入すること。

万	千	百	十	一
<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="19"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="21"/>	<input type="text" value="22"/>

問 3

今回の DNA サンプルが環状の場合、今回の解析結果から得られる『6 塩基認識配列の制限酵素で完全切断して得られる DNA 断片の平均鎖長』を求め、解答欄 から にその数字が当てはまるようにマークしなさい。不要な桁は空欄にせずに (0) をマークしなさい。ただし、ここでは直鎖状 DNA のときのような前提条件は無いものとする。計算の過程では常に小数点第三位を四捨五入して小数点第二位を維持し、解答欄には小数点第一位を四捨五入した整数を記入すること。

万	千	百	十	一
<input type="text" value="23"/>	<input type="text" value="24"/>	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="26"/>	<input type="text" value="27"/>

問 4

一連の作業をおこなって気づいたことであるが、用いた DNA サンプルの中には今回の解析に適していないと思われるものがひとつ含まれているようだ。今回の解析に適していないと思われるサンプルと、その根拠となる制限酵素を以下の選択肢からひとつずつ選び、解答欄に該当する番号をマークしなさい。選んだサンプルの解答欄は 、選んだ制限酵素の解答欄は

今回の解析に適していないと思われるサンプル (1) サンプル A (2) サンプル B (3) サンプル C

その根拠となる制限酵素 (1) HindIII (2) EcoRI (3) BamHI (4) Eco32I (5) SacI

第4問

(8点)

陸上植物は、広義の緑藻から進化した生物群で、最も近い系統群はシャジクモ藻類である。陸上植物の共通祖先は、約 4.7 億年前に陸上へ進出したと考えられているが、(ア)陸上での環境に適応した形態的な特徴を獲得することで、その後、系統樹(図7)に示すように、さまざまな群に多様化した。生活環をみると、シャジクモ藻類では配偶子が融合した接合子は、体細胞分裂は行わずに減数分裂を行う生活環を持っている。一方、陸上植物では、受精卵が体細胞分裂を行い、(イ)多細胞性の世代である孢子体と配偶体が交互に現れる生活環を持っている。

問1

下線部(ア)について述べた次の文章(1)-(5)のうち、陸上植物の共有派生形質の記述として、正しいものすべてを選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は(9)だけをマークし、あてはまるものがな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) 植物の体内に水分や栄養などを通す維管束をもつようになった。
- (2) 土壤中から水や無機塩類を吸収する根をもつようになった。
- (3) 光合成を行う葉をもつようになった。
- (4) 植物の体内から水分の過剰な喪失を防ぐクチクラ層が表皮を覆うようになった。
- (5) 植物と外気との間で気体や水などの交換を行う気孔をもつようになった。

問2

下線部(イ)について、陸上植物が多様化した過程で、生活の中心となる世代が入れ替わる進化が生じた。系統樹(図7)に示した①-⑦のうち、その進化が生じた場所として正しいものをひとつ選び、選んだ番号を解答欄にマークしなさい。解答欄は

問3

系統樹(図7)に関連する記述(1)-(5)として、正しいものすべてを選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は(9)だけをマークし、あてはまるものがな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) 孢子で繁殖する植物は、側系統群である。
- (2) 鞭毛を持つ精子で受精をする植物は、多系統群である。
- (3) 小葉は、ヒカゲノカズラ植物とシダ植物の共有派生形質である。
- (4) 花と果実は、種子で繁殖する植物の共有派生形質である。
- (5) 単子葉植物は、子葉を2枚もつ植物(双子葉植物)から進化した。

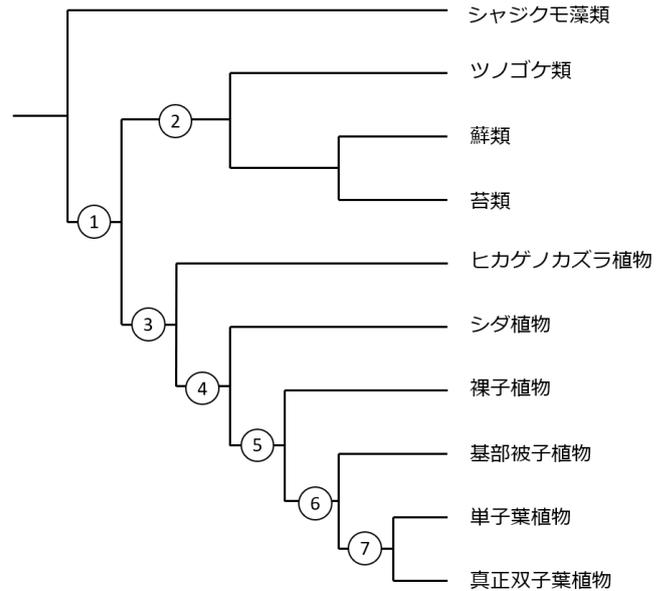


図7. 陸上植物の主要な群についての系統関係。最新の知見を踏まえ、Harris et al. (2020) の Figure 1 を参考に簡略化した系統樹を示す。

下書き用紙
(切り離さずに用いよ)

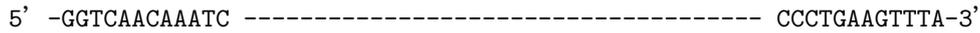
第5問

(10点)

従来、生物の系統推定は形態形質に基づいていたが、近年は (ア) DNAの塩基配列が有用な情報として利用されるようになってきた。また、DNA 塩基配列を用いた (イ) 分岐年代の推定も盛んに行われている。

問1

下線部 (ア) に関して、下の DNA 部分領域を PCR 法により増幅したい。ここでは、当該領域の 2 本鎖のうち片方の鎖について、その両端の配列のみを示している (プライマー結合領域を含む)。この領域を増幅するために用いるプライマーとして適切なものを選択肢 (1)-(8) からすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄 にマークしなさい。

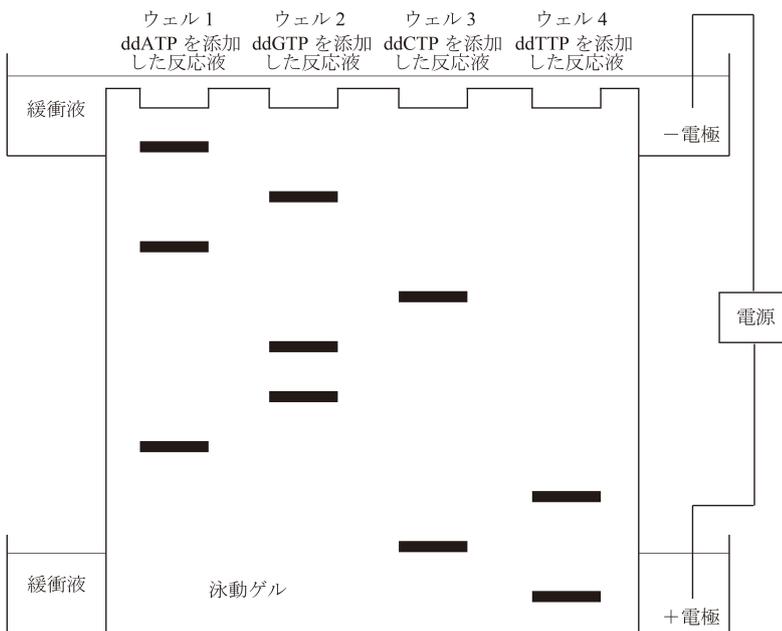


解答の選択肢

- (1) 5'-GGTCAACAAATC-3'
- (2) 5'-CCAGTTGTTTAG-3'
- (3) 5'-CTAAACAACCTGG-3'
- (4) 5'-GATTTGTTGACC-3'
- (5) 5'-CCCTGAAGTTTA-3'
- (6) 5'-GGGACTTCAAAT-3'
- (7) 5'-ATTTGAAGTCCC-3'
- (8) 5'-TAAACTTCAGGG-3'

問2

DNA 断片の塩基配列を決定する方法のひとつにサンガー法がある。サンガー法では、DNA ポリメラーゼとジデオキシヌクレオチド (ここでは、ddATP、ddGTP、ddCTP、ddTTP と表記) を用い、DNA 合成を途中で停止させた DNA 断片の長さや 3'末端の塩基を調べることで塩基配列を決定する。図 8 は、4 種類のジデオキシヌクレオチドのどれかひとつだけを加えて伸長反応を行なった反応液を、泳動ゲルの異なるウェルに入れて電気泳動した結果である。この電気泳動パターンから読み取ることができる鋳型鎖の塩基配列として最も適切なものを選択肢 (1)-(8) から選び、選んだ選択肢の番号を解答欄にマークしなさい。なお、電気泳動した DNA 断片は何らかの方法で可視化したものとする。解答欄は



解答の選択肢

- (1) 5'-AGACGGATCT-3'
- (2) 5'-TCTGCCTAGA-3'
- (3) 5'-ACAGGCAACA-3'
- (4) 5'-TGTCCGTTGT-3'
- (5) 5'-TCTAGGCAGA-3'
- (6) 5'-AGATCCGTCT-3'
- (7) 5'-TGTTGCCTGT-3'
- (8) 5'-ACAACGGACA-3'

図 8. サンガー法による塩基配列決定の模式図

問 3

表 2 はある分類群（種 1～種 8）について、ある遺伝子の DNA 塩基配列を決定し、種間の差異の割合（%）を示したものである。表 2 のデータを使って、遺伝距離的に最も近接したクラスターを合体させていき、最終的にひとつのクラスターとしてまとめる方法（平均距離法＝UPGMA 法）で種 1～種 8 の系統関係を推定し、系統樹（図 9）を作成した。図 9 の生物 A～生物 E にあてはまる分類群として最も可能性が高いものを種 2～種 8 からひとつずつ選び、選んだ種の数字を解答欄にマークしなさい。なお、遺伝子の進化速度は一定と仮定する。生物 A の解答欄は 、生物 B の解答欄は 、生物 C の解答欄は 、生物 D の解答欄は 、生物 E の解答欄は

表 2. ある遺伝子における DNA 塩基配列間の差異の割合（%）

	種 1	種 2	種 3	種 4	種 5	種 6	種 7	種 8
種 1	0							
種 2	13	0						
種 3	8	15	0					
種 4	20	19	21	0				
種 5	25	25	25	24	0			
種 6	27	27	27	26	26	0		
種 7	23	24	25	24	5	26	0	
種 8	30	31	30	31	31	30	31	0

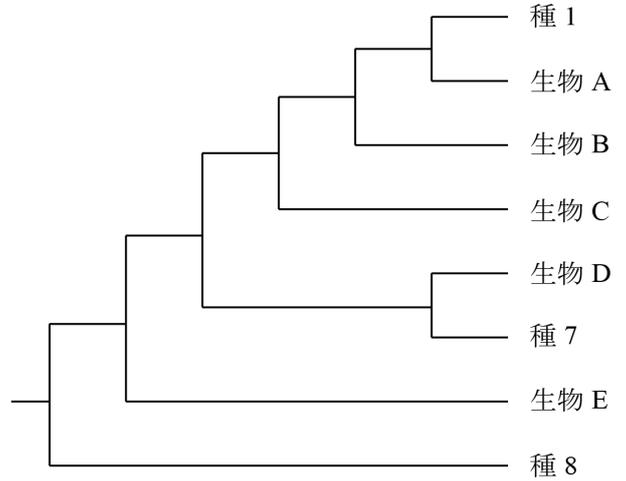


図 9. 推定した系統樹

問 4

下線部 (イ) に関して、化石記録などから、種 1 と生物 A の共通祖先と生物 B が分岐した年代は 14 万年前であることが分かっている。種 1、生物 A、生物 B の共通祖先と生物 C が分岐した年代について、推定される年代の数字（万年）を計算し、解答欄 から にその数字が当てはまるようにマークしなさい。不要な桁は空欄にせず (0) をマークしなさい。ただし、分岐年代は表 1 の塩基配列間の差異の割合を最も説明できるものとし、割り切れない場合は四捨五入して小数点以下第一位までとする。

百 十 一 小数一

 . 万年前

問 5

問 3 および問 4 で言及した種 1～種 8 は、種ごとに樹木の上に生息する「樹上型」と地表の落葉層などに生息する「地表型」に分けられる。表 3 は、種 1～種 8 の各種の生態型を示したものである。種 1～種 8 の共通の祖先種は地表型であり、そこから最少の変化の回数で現在の生態型に至ったと仮定した場合、現在の生態型に至る筋道には何通りの可能性があるか答えなさい。またその時に生じる『最少の変化の回数』を数字で答えなさい。現在の生態型に至る変化の可能性が何通りあるかの解答欄は 、最少の変化の回数の解答欄は とし、それぞれあてはまる数字をマークしなさい。なお、あてはまる数字がない場合は (0) をマークしなさい。

表 3. ある分類群における種ごとの生態型

	種 1	種 A	種 B	種 C	種 D	種 7	種 E	種 8
生態型	樹上型	地表型	樹上型	地表型	地表型	樹上型	樹上型	地表型

第6問

(10点)

ほとんどの植物は光合成を行うことで成長する。光合成電子伝達の基本的な仕組みはどの植物でも同じであり、最終的にカルビン回路で CO_2 を固定する点も共通するが、カルビン回路に CO_2 を供給する経路には複数の様式が知られており、多くの乾生植物が行うベンケイソウ型有機酸代謝 (Crassulacean Acid Metabolism: CAM) は、そのひとつである。

問1

プラストキノンは光合成電子伝達系で働く電子運搬体である。植物の葉緑体には、ひとつの光化学系 II あたり 10~20 個のプラストキノン分子が存在し、それらの総体をプラストキノンプールとよぶ。光照射により光合成電子伝達を駆動した際に、プラストキノンプールが通常よりも強く酸化した状態を引き起こすと考えられる処理や条件を、以下の選択肢 (1)-(8) からすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。すべての記述が正しいと判断した場合は (9) を、適切な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) 薬剤により、光化学系 I 内部における電子伝達を阻害する。
- (2) 薬剤により、光化学系 II の酸素発生複合体を破壊する。
- (3) 薬剤により、シトクローム b_6f 複合体の働きを阻害する。
- (4) 薬剤により、チラコイド膜のプロトン濃度勾配を解消する。
- (5) 光化学系 II を選択的に励起する波長の光のみを当てる。
- (6) 光化学系 I を選択的に励起する波長の光のみを当てる。
- (7) 遺伝子組換えにより、プラストシアニンの量を大幅に低下させる。
- (8) 遺伝子組換えにより、フェレドキシンの量を大幅に低下させる。

問2

図 10 は、CAM 光合成を行う植物の細胞内での物質や代謝の流れを示す。図 10 内の (ア)、(イ)、(ウ) の矢印が示す過程はそれぞれ、昼と夜のどちらの時間帯で主に行われるか。その組み合わせとして最も適当なものを選択肢 (1)-(8) から選び、解答欄にマークしなさい。解答欄は 47

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(ア)	昼	昼	昼	昼	夜	夜	夜	夜
(イ)	昼	昼	夜	夜	昼	昼	夜	夜
(ウ)	昼	夜	昼	夜	昼	夜	昼	夜

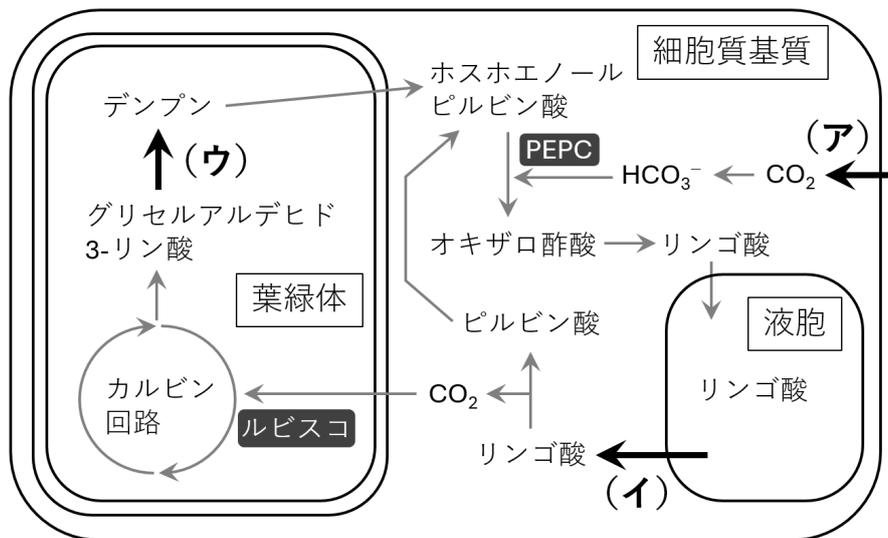


図 10. CAM 光合成を行っている細胞内での物質や代謝の流れ. PEPC はホスホエノールピルビン酸カルボキシラーゼの略.

問 3

図 11 は、典型的な CAM 植物における大気からの CO₂ の取り込み速度の 1 日の変化を表したものである。このような変化のパターンから、CAM 光合成の日周変化は I から IV の四つのフェーズに分けることができる。以下の (1)-(4) の記述はそれぞれ、I から IV のいずれかのフェーズについての説明である。I から IV の各フェーズに該当する記述をそれぞれ選び、その選択肢の番号をフェーズ I、II、III、IV の順に解答欄にマークしなさい。

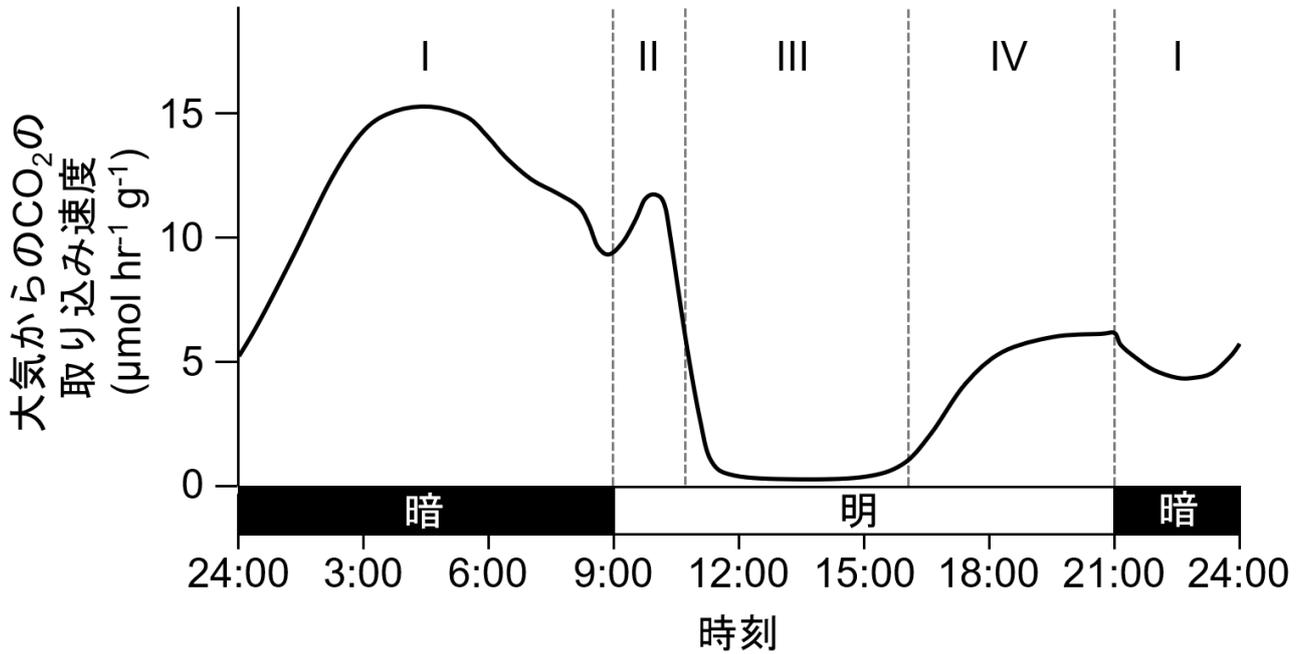


図 11. 上部の I~IV は各フェーズの時間帯を示す。横軸の黒塗りの部分は暗期を、白塗りの部分は明期の時間帯を示す。

- (1) 気孔は閉じており、ルビスコはリンゴ酸の脱炭酸により生じた CO₂ を使って炭素同化を行っている。
- (2) PEPC に加え、ルビスコが働いている。細胞内のリンゴ酸の濃度は高い。
- (3) 気孔は開いており、PEPC は活発に働いている。
- (4) 細胞内のリンゴ酸濃度は低く、ルビスコは大気 CO₂ を使った炭素同化を行っている。

フェーズ I フェーズ II フェーズ III フェーズ IV

第7問

(6点)

すべての細胞は生体膜を持つ。生体膜は膜タンパク質と膜脂質から構成され、細胞や細胞小器官の区画化、内側と外側との情報交換の場としても機能している。また、光合成や呼吸の電子伝達の場ともなる。膜脂質には、主にリン脂質や糖脂質がある。

図12に、一般的な生体膜のイメージ図を示す。

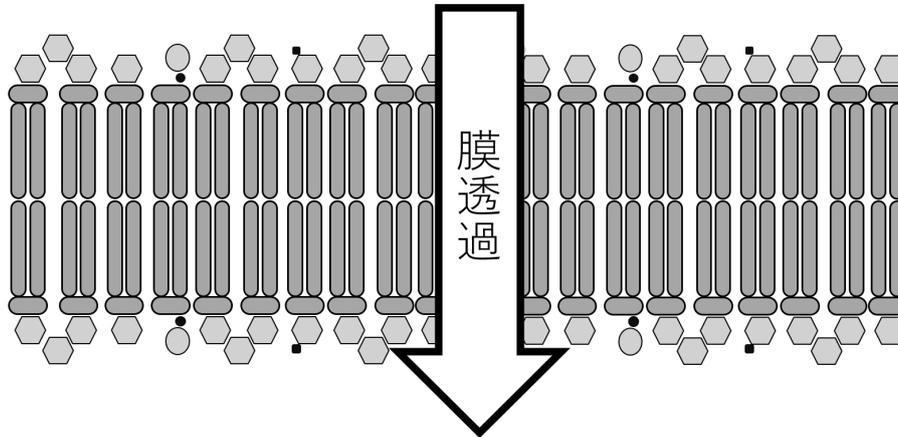


図12. 生体膜 (イメージ図)

問1

生体膜は、細胞や細胞小器官の内側と外側を区画することで、それらの恒常性維持に寄与している。そのため、生体膜は物質の選択的透過性をもつ。次の選択肢のうち、膜脂質で構成される生体膜の脂質二重層を透過しやすい物質等はどれか、該当するものを選択肢(1)-(5)からすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての記述が正しいと判断した場合は(9)を、適切な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) 酸素分子や二酸化炭素分子 (2) 水分子 (3) 電子 (4) 脂溶性物質 (5) イオン

問2

光合成の電子伝達反応を行うチラコイド膜は、糖脂質が主成分であり、リン脂質は他の生体膜と比べると少ない。これは、生育環境中にリンがあまり多く存在しないため、その使用量を極力抑えるためであると考えられている。その仮説を検証するため、あるシアノバクテリアをリン欠乏条件下で培養し膜脂質への影響を調べたところ、リン脂質が減少し、糖脂質のうちジガラクトシルジアシルグリセロール(DGDG)とスルホキノボシルジアシルグリセロール(SQDG)が増加していることがわかった。

DGDGとSQDGがリン欠乏時のチラコイド膜の電子伝達反応に必要なかを検証するため、ふたつの株で電子伝達反応の違いを比較する実験を計画した。その実験で用いる株の組み合わせとして適当ではないと考えられるものを、次の選択肢(1)-(7)のうちからふたつ選べ。なお、遺伝子変異株は欠失変異株であり、至適培養条件下では野生株と遺伝子変異株のあいだに差は見られないものとする。解答欄は

- (1) DGDG合成酵素遺伝子変異株と野生株
(2) リン脂質合成酵素遺伝子を発現させたDGDG合成酵素遺伝子変異株と野生株
(3) DGDG合成酵素遺伝子変異株とリン脂質合成酵素遺伝子を発現させた野生株
(4) SQDG合成酵素遺伝子変異株と野生株
(5) SQDG合成酵素遺伝子とDGDG合成酵素遺伝子の二重変異株と野生株
(6) SQDG合成酵素遺伝子とDGDG合成酵素遺伝子の二重変異株とDGDG合成酵素遺伝子変異株
(7) SQDG合成酵素遺伝子とDGDG合成酵素遺伝子の二重変異株とSQDG合成酵素遺伝子変異株

下書き用紙
(切り離さずに用いよ)

第8問

(9点)

哺乳類の食物の処理は、摂取・消化・吸収・排泄の4段階で行われる。口腔に食物が入ると唾液に含まれる(あ)がデンプンやグリコーゲンを分解する。その後、食物は蠕動によって押し出されて胃へと取り込まれる。胃では胃液を構成する主要なふたつの成分が胃での食物の液状化を助ける。ひとつ目の成分がタンパク質の変性や殺菌によって消化を助ける(い)であり、もうひとつがタンパク質分解酵素である(う)である。(い)の濃度が高いため、胃液はpH約2の強酸であり、大半の細菌はここで死滅する。胃で消化が進んだ食物はその後、小腸へと運ばれる。小腸の胃側領域の25cm程は十二指腸と呼ばれ、胃からの糜汁が、(ア)膵臓、肝臓、胆嚢、小腸の消化液と混合される。炭水化物は消化によって単糖類に分解され、血中に吸収されることで血糖値が上昇する。よって、食事後には血糖が高くなるのである。血糖値が高いままでは体に悪影響を及ぼすためホルモンの働きによって血糖値が減少し、(イ)血糖値の恒常性が保たれている。

問1

下記の選択肢(1)-(6)の中から、空欄(あ)(い)(う)に当てはまる最も適切な組み合わせをひとつ選び、選んだ選択肢の番号を該当する解答欄にマークしなさい。解答欄は

- | | | |
|---------------|--------|-------------|
| (1) (あ) トリプシン | (い) 塩酸 | (う) ペプシン |
| (2) (あ) トリプシン | (い) 乳酸 | (う) キモトリプシン |
| (3) (あ) ペプシン | (い) 乳酸 | (う) トリプシン |
| (4) (あ) ペプシン | (い) 塩酸 | (う) トリプシン |
| (5) (あ) アミラーゼ | (い) 塩酸 | (う) キモトリプシン |
| (6) (あ) アミラーゼ | (い) 塩酸 | (う) ペプシン |

問2

下線部(ア)に示した器官において、下記の(1)-(5)の文章で適切なものをすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は(9)だけをマークし、あてはまるものがな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) 脂質の吸収と消化を担う胆汁酸塩は、肝臓から分泌されて胆嚢で蓄積、濃縮されたものである。
- (2) 胆嚢は消化酵素を産生して十二指腸に直接分泌し、タンパク質の分解を担っている。
- (3) 膵臓から分泌されるリパーゼの働きによって脂肪がモノグリセリドと脂肪酸に分解され、小腸で吸収されやすい形となる。
- (4) 小腸では膵臓から分泌されるカルボキシペプチダーゼによってDNAが分解されヌクレオチドとなる。
- (5) 小腸の内壁には絨毛とよばれる微細な突起構造が多数存在し、表面積が大きくなり、栄養の吸収率を高めている。

問3

下線部(イ)において、恒常性が破綻した一例として糖尿病が挙げられる。糖尿病には血糖値を下げるホルモンが分泌できないことにより発症する1型糖尿病と標的細胞の応答不全により発症する2型糖尿病に大別される。1型糖尿病を発症するマウスIと2型糖尿病を発症するマウスII、健全なマウスIIIを準備した。その後、マウスIとマウスIII、マウスIIとマウスIIIの互いの軟部組織を密着させ2匹間で皮膚を縫合しあった。血管がつながるまで一定期間飼育し、2匹のマウスは互いに血液を共有する状態となった。次のうち、マウスIIIとの血液共有によって、血糖調節機構の改善が期待される糖尿病モデルマウスはどれか、選択肢(1)-(4)から最も適切なものをひとつ選び、選んだ選択肢の番号を該当する解答欄にマークしなさい。なお、測定は摂餌後30分経過した時点で行った。解答欄は

- (1) マウスI
- (2) マウスII
- (3) マウスIとIIの両方
- (4) 改善は見られない

問 4

図 13 のグラフ a と b は、1 型糖尿病または 2 型糖尿病のいずれかの患者の血糖濃度および血糖降下ホルモン濃度を示したものである。下記の選択肢 (1) - (8) から適切な記述をすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は (9) だけをマークし、あてはまるものがないと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は

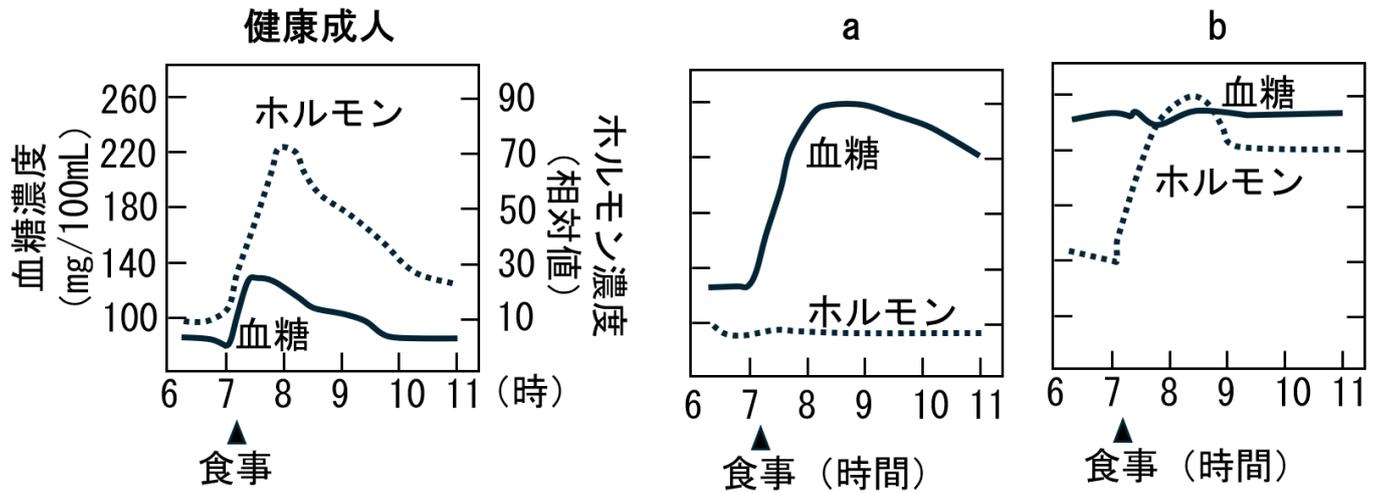


図 13. 食事前後の血糖値およびホルモンの測定結果

- (1) グラフ a は 1 型糖尿病患者の血糖値および血糖降下ホルモンの変化を示している。
- (2) グラフ b は 1 型糖尿病患者の血糖値および血糖降下ホルモンの変化を示している。
- (3) グラフ a は膵臓からインスリンが分泌されていないことを示している。
- (4) グラフ a は肝臓からインスリンが分泌されていないことを示している。
- (5) グラフ a は膵臓からグルカゴンが分泌されていないことを示している。
- (6) グラフ a は肝臓からグルカゴンが分泌されていないことを示している。
- (7) グラフ b は標的細胞が正常にインスリンに反応できていないことを示している。
- (8) グラフ b は標的細胞が正常にグルカゴンに反応できていないことを示している。

第9問

(11点)

ヒトなどの脊椎動物では、肝臓や筋肉が主要なエネルギー貯蔵場所となっている。これらの組織の細胞では、食事由来の過剰なエネルギーはグリコーゲンという多数のグルコースが重合した形で蓄えられる。肝臓、筋肉のグリコーゲン貯蔵が上限に達すると、さらに過剰になったエネルギーは脂肪として脂肪細胞に貯蔵される。

野外に生息する動物は、ヒトのように定期的に食事を摂ることができない可能性が高い。そのように絶食状態におかれたとき、動物は体内のエネルギー源を動員して生存する。この生存戦略を解明するために、アフリカツメガエルを用いて絶食の実験を行った。アフリカツメガエルを3週間実験群、3ヶ月実験群、7ヶ月実験群に分け、それぞれの実験群で期間中摂食させた対照群と期間中絶食させた絶食群を用意した。実験期間終了後、それぞれの実験群のアフリカツメガエルを解剖し、血中グルコース濃度、肝グリコーゲン量、筋グリコーゲン量、脂肪組織重量、筋肉組織重量を測定し、それぞれの対照群(摂食させたグループ)に対する相対値でデータを整理した。その結果が表4である。なお、肝グリコーゲン量、筋グリコーゲン量は対照群を1とした相対値について、0.1程度の場合、ほぼ枯渇した状態にあると考えられる。また、図14は細胞内の代謝を模式的に表した図である。

表4. アフリカツメガエルを用いた絶食実験の結果

	絶食3週間の実験		絶食3ヶ月の実験		絶食7ヶ月の実験	
	対照群 (摂食)	実験群 (絶食)	対照群 (摂食)	実験群 (絶食)	対照群 (摂食)	実験群 (絶食)
血中グルコース濃度 (対照群を1としたときの相対値)	1	0.63	1	0.39	1	0.81
肝グリコーゲン量 (対照群を1としたときの相対値)	1	0.55	1	0.29	1	0.12
筋グリコーゲン量 (対照群を1としたときの相対値)	1	0.98	1	0.33	1	0.11
脂肪組織重量 (対照群を1としたときの相対値)	1	1.01	1	0.99	1	0.64
筋肉重量 (対照群を1としたときの相対値)	1	0.98	1	1.02	1	0.99

問1

絶食3週間後のアフリカツメガエルは何を主に代謝することでエネルギーを得ていると考えられるか。以下の選択肢(1)-(4)のうち考えられるものをすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は(9)だけをマークし、あてはまるものがな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) 肝グリコーゲン (2) 筋グリコーゲン (3) 脂肪細胞の脂肪 (4) 筋肉

問2

絶食3ヶ月後のアフリカツメガエルは何を主に代謝することでエネルギーを得ていると考えられるか。以下の選択肢(1)-(4)のうち考えられるものをすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は(9)だけをマークし、あてはまるものがな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) 肝グリコーゲン (2) 筋グリコーゲン (3) 脂肪細胞の脂肪 (4) 筋肉

問3

絶食7ヶ月後以降のアフリカツメガエルは何を主に代謝することでエネルギーを得ていると考えられるか。以下の選択肢(1)-(4)のうち考えられるものをすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は(9)だけをマークし、あてはまるものがな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) 肝グリコーゲン (2) 筋グリコーゲン (3) 脂肪細胞の脂肪 (4) 筋肉

問 4

絶食後の血中グルコース濃度を見てみると、対照群に対する相対値は、3週間後(0.63)、3ヶ月後(0.39)と減少した後、7ヶ月後(0.81)では回復する傾向が見られた。これは糖新生とよばれる生理学的反応により、体内のエネルギー源からグルコースを作り出す仕組みが働いたためと考えられる。7ヶ月絶食実験で、糖新生に用いられた主要なエネルギー源は何だと考えられるか。以下の選択肢(1)-(4)のうち考えられるものをすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は(9)だけをマークし、あてはまるものがな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) 肝グリコーゲン (2) 筋グリコーゲン (3) 脂肪細胞の脂肪 (4) 筋肉

問 5

問 4 で解答したエネルギー源が糖新生に利用されたことを実験的に確認したい。図 14 の①-⑨のうち、問 4 で解答したエネルギー源が糖新生に利用された場合、顕著に変化する指標はどれだと考えられるか。考えられるものをすべて選び、選んだ番号をすべて解答欄にマークしなさい。すべての番号があてはまると判断した場合は(9)だけをマークし、あてはまるものがないと判断した場合は(0)だけをマークしなさい。なお、図 14 の矢印上に書かれている番号(①, ②, ⑥, ⑦, ⑧)は、その反応を触媒する酵素のはたらきを示しているものとする。解答欄は

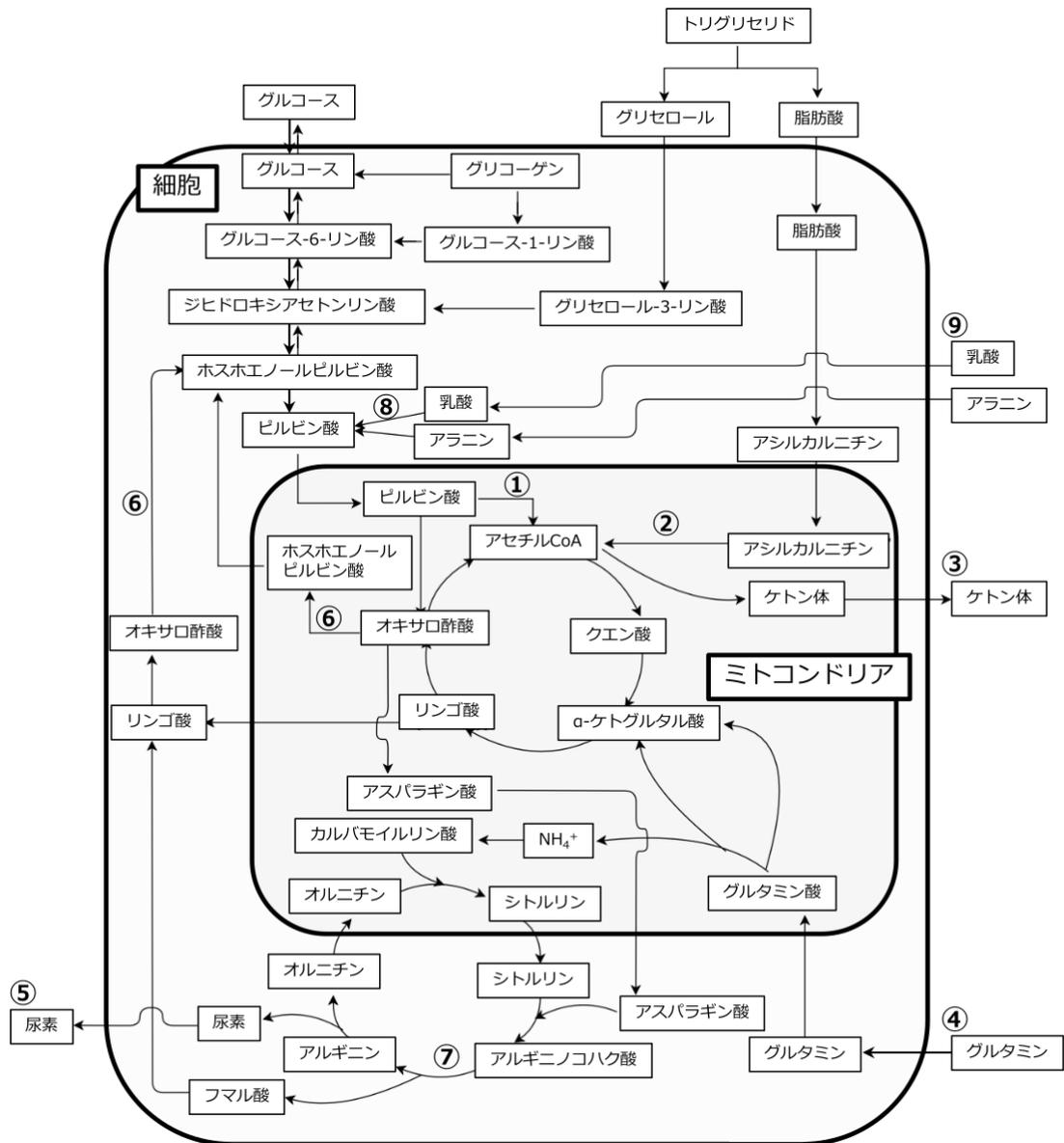


図 14. 細胞内代謝の模式図。矢印上に書かれている番号(①, ②, ⑥, ⑦, ⑧)は、その反応を触媒する酵素のはたらきを示しているものとする。

第10問

(10点)

ソバは日本の伝統食であり、近年世界的にも健康食として人気が高まっている。ソバはタデ科に属し、雌しべが雄しべより長い長花柱花と、雌しべが雄しべより短い短花柱花がある。花のタイプは個体(株)ごとに遺伝的に決まっていて、両タイプの花間での花粉のやり取りがないと受精できない。ソバの花は丸1日だけ開花する一日花であるが、個体は成長しながら約2週間にわたり次々と花をつける。

多くの作物ではセイヨウミツバチが主な送粉者(花粉媒介者)として知られているが、ソバには多様な昆虫が訪れることがわかっている。さまざまな昆虫がソバの結実への程度貢献しているかを調べるために、野外で訪花昆虫を排除する袋掛け実験を行った。

実験① 体サイズが異なる昆虫による結実への貢献を調べるため、昆虫を全く通さない細メッシュ(0.5 mm)の袋と、大型昆虫のみを通さない粗メッシュ(5 mm)の袋の2種類を用意し、ソバ畑のソバの花序(花の集まり)に対して袋掛けを行った。袋掛けは開花直後の早朝に行い、翌朝に袋を回収し、後日花序を実験室に持ち帰り、すべての花の結実の有無を調べた。

実験② 昼と夜のそれぞれに訪れる昆虫の結実への貢献を調べるために、昼のみ袋掛けする花序と、夜のみ袋掛けする花序を選んだ。また、昼と夜それぞれについて、実験①と同様にメッシュが異なる2種類の袋をそれぞれの花序に袋掛けし、後日結実の有無を調べた。

実験③ 上記実験の対象区として、何も処理をしない自然状態のままの花序を選び、後日結実の有無を調べた。

図15は、上記のさまざまな袋掛け処理区(または無処理区)における結実率(すべての花のうちで結実した花の割合)の結果を示している。

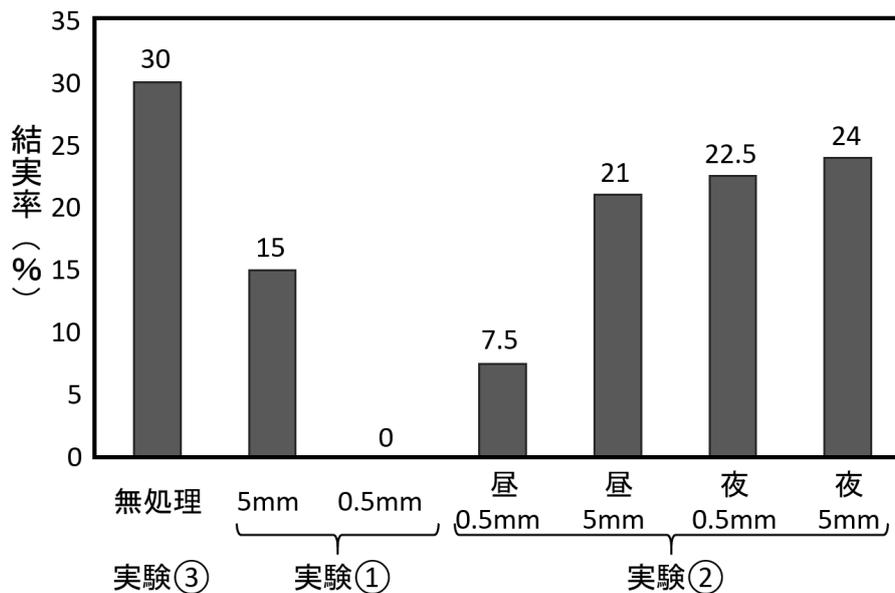


図15. さまざまな条件における結実率. 昼と夜は、それぞれ昼のみ、夜のみ袋掛けをしたことを示す.

問1

以下のA~Cの問いの から に入る適切な数字を(1)-(8)からひとつずつ選び、該当する解答欄にその選択肢の番号をマークしなさい。ただし、袋掛けそのものは結実に影響を与えないものとする。

A. 昼行性と夜行性の昆虫の結実への貢献の比率は？

:

B. 大型昆虫における昼行性と夜行性の昆虫の貢献の比率は？

:

C. 小型昆虫における昼行性と夜行性の昆虫の貢献の比率は？

:

- (1) 1.5 (2) 6 (3) 7.5 (4) 9 (5) 13.5 (6) 15 (7) 22.5 (8) 24

問 2

以下の選択肢 (1)-(4) に記す昆虫の性質のうち、ソバの収穫量を高めるうえで効果的でないものをすべて選び、選んだ選択肢の番号をすべて解答欄にマークしなさい。なお、すべての選択肢があてはまると判断した場合は (9) だけをマークし、あてはまるものがないと判断した場合は (0) だけをマークしなさい。解答欄は

69

- (1) 同じ植物種に繰り返し訪花する。
- (2) 同じ株に繰り返し訪花する。
- (3) 気象条件に敏感に応答する。
- (4) セイヨウミツバチとの種間競争が生じにくい。

第11問

(8点)

動物の行動を研究する行動生態学においては、行動が自然選択による適応進化の産物であると考えて分析を行う。適応進化の結果として、個体はその時点で利用可能な情報に基づいて、取りうる選択肢の中から個体としての適応度を最大化するものを選ぶように行動することが予想される。この予想に基づいて、とある鳥の採餌行動の連鎖によって生じる群れの大きさについて考えよう。

この鳥は、毎朝ねぐらから餌場の草原に1個体ずつ飛来し、それぞれが独立に1回、採餌方法を選んで、そのまま夕方まで餌場で採餌する。1番目の個体は単独で採餌を始めるが、2番目以降の個体には、単独で採餌するか、先に餌場にいる個体に合流して群れの一員として採餌するかの選択肢が生じる。各個体は、どちらの選択肢がより多くの餌を得られるかの情報を持っており、その情報をまとめたものが表5である。表5では、採餌群れに参加する個体数に応じて、群れ全体としてその日に獲得できる餌の総エネルギー量(単位:kJ)を示した。上に述べた予想から、個体はこの情報に基づいて、自分の適応度が大きくなる方の選択肢を選ぶと考えられる。なお、この鳥の性質に個体差はなく、個体の適応度は、ここで考えている餌場での採餌のみによって決まるとする。

2番目の個体は、単独採餌なら(あ)kJを、1個体目に合流して採餌するなら(い)kJを、個体あたりで獲得できるため、(A)ことを選択すると考えられる。同様に考えていくと、4番目の個体は(B)ことを、6番目の個体は(C)ことを、それぞれ選択すると考えられる。最終的に、その日の餌場には、最大でサイズ(う)の群れが形成される。

表5からは、群れ全体として最大の採餌効率を示す群れサイズは、個体として最大の採餌効率が得られる群れサイズと比べて(D)ことが読み取れる。また、この鳥の例においては、多数の個体による最適な行動選択の連鎖の結果、実現する群れサイズは、個体として最大の適応度が得られる最適群れサイズに比べて常に(E)ことが結論される。

表5. ある鳥における、群れの個体数と獲得エネルギー量

群れサイズ	1	2	3	4	5	6	7
群れ全体として獲得できる餌の総エネルギー量(単位:kJ/日)	2	8	15	16	12	10	8

問1

空欄(あ)-(う)に入る数字を以下の選択肢(1)-(6)からひとつずつ選び、選んだ選択肢の番号をそれぞれ該当する解答欄にマークしなさい。同じ選択肢を何度用いてもよい。(あ)の解答欄は 、(い)の解答欄は 、(う)の解答欄は

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

問2

空欄(A)-(C)に入るものを以下の選択肢(1)・(2)からひとつずつ選び、選んだ選択肢の番号をそれぞれ該当する解答欄にマークしなさい。同じ選択肢を何度用いてもよい。(A)の解答欄は 、(B)の解答欄は 、(C)の解答欄は

- (1) 単独で採餌する (2) 餌場にいる個体に合流して採餌する

問3

空欄(D)・(E)に入る語句を以下の選択肢(1)-(3)からひとつずつ選び、選んだ選択肢の番号をそれぞれ該当する解答欄にマークしなさい。同じ選択肢を何度用いてもよい。(D)の解答欄は 、(E)の解答欄は

- (1) 大きい (2) 差がない (3) 小さい

下書き用紙
(切り離さずに用いよ)