

## 生 物

### 1. 糖代謝に関する各問いに答えよ。

食事により摂取されたデンプンは、唾液や  ア  に含まれるアミラーゼや、小腸の消化酵素である  イ  の働きによりグルコースに分解され、小腸で能動輸送により吸収される。吸収されたグルコースは、血流を介して全身の組織に送られる。組織に運ばれたグルコースは、細胞膜にあるグルコース輸送体により、 ウ  に従って細胞内に受動輸送される。細胞内に取り込まれたグルコースは、まず細胞質基質の酵素が働く反応過程である  エ  によって段階的に分解され、ATP 産生のためのエネルギー源として使用される。食事により血糖値が上昇すると、すい臓のランゲルハンス島の B 細胞よりインスリンが分泌される。インスリンは、細胞膜のグルコース輸送体の数を増やすことで細胞内へのグルコースの取り込みを促進させるとともに、エネルギー源としてすぐに利用されなかった余剰なグルコースを、特定の細胞内に  オ  として蓄える反応を促進する。<sup>(a)</sup> さらに余剰なグルコースは脂肪に変換され、脂肪細胞に蓄えられる。

グルコースは分子量が小さいため、血液中のグルコースは腎臓の糸球体でろ過される。そのため、原尿のグルコース濃度は血しょう中のグルコース濃度と同じであるが、その後、グルコースは、細尿管では能動輸送により再吸収される。<sup>(b)</sup>

問 1. ア～オの      に入る適切な語句を答えよ。

問 2. 下線部(a)の特定の細胞をふたつあげよ。

問 3. 下線部(b)について，以下の問いに答えよ。

- 1) グルコースを点滴で血管内に投与することで血しょう中のグルコース濃度を変化させた。表1は，血しょう中のグルコース濃度と尿中へのグルコース排出量(1分間の排出量として算出)の関係を調べた結果である。ただし，糸球体でろ過される血しょうの量は125 mL/分で一定とする。

| 血しょう中の<br>グルコース濃度<br>(mg/100 mL) | 尿中へのグルコース<br>排出量(mg/分) |
|----------------------------------|------------------------|
| 100                              | 0                      |
| 200                              | 0                      |
| 300                              | 5                      |
| 400                              | 128                    |
| 500                              | 251                    |
| 600                              | 375                    |
| 700                              | 503                    |

表 1

この結果から，細尿管でのグルコース再吸収速度の最大値として適切なものを①～⑤のなかより選び，番号で答えよ。

- ① 200－250 mg/分
- ② 250－300 mg/分
- ③ 300－350 mg/分
- ④ 350－400 mg/分
- ⑤ 400－450 mg/分

- 2) 細尿管では，グルコースを能動輸送で再吸収する。これに関して，受動輸送ではなく，能動輸送である利点を述べよ。

問 4. Aさんは会社の健康診断で尿中にグルコースが排出されていることがみつき、病院を受診した。Aさんの糖代謝を調べるため、前日夜より絶食した状態で起床後にグルコース溶液を飲んでもらい、血糖値と血中インスリン値を、時間を追って測定した。測定は、飲む直前と、飲んだ後30分毎に3時間まで行った。その結果について図1に血糖値、図2にインスリン値を実線で示す。Aさんは同様の検査を過去に受けたことがある。その時の検査結果を破線で示す。

1) 図1から、今回の検査では過去に行った検査とくらべて、血糖値の値と時間変化にどのような違いがあるか述べよ。

2) 図2をふまえ、Aさんの血糖値が、過去とくらべて今回、図1のように変化した理由を考察せよ。

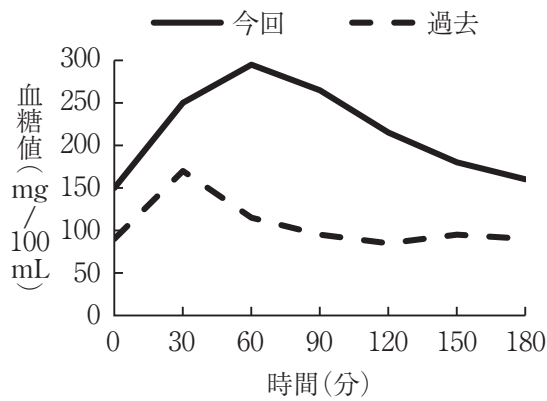


図1

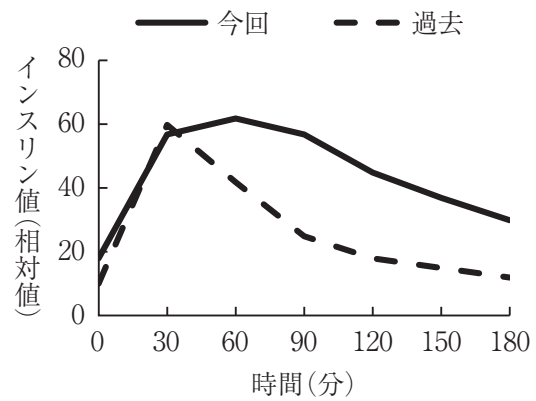


図2



## 2. 光合成に関する各問いに答えよ。

I. 原始の地球では、高温、高圧、放電などによりつくられた有機物がもとになり生物が誕生したとされる。最初に現れた生物は海のなかの有機物を消費して生きていたが、やがて一部の細菌に光合成色素ができ、独自に有機物をつくるようになった。これらの光合成細菌の光合成色素はバクテリオクロロフィルであった。その後、バクテリオクロロフィルとは構造の異なるクロロフィルをもつ光合成生物が現れ、その後の生物の生息域の変化・拡大をもたらした。

また、植物や藻類の光合成の場となる葉緑体はシアノバクテリアが初期の真核生物に共生したことを起源とし、その共生は生物進化の過程で1回だけ生じたと考えられている。

表1は代表的な光合成生物について、葉緑体の膜(葉緑体包膜)の数と葉緑体に含まれる光合成色素の種類をまとめたものであり、図1は光合成色素の吸収スペクトルを示す。

|             |               | 光合成細菌 | シアノバクテリア | 紅藻類 | ケイ藻類 | ミドリムシ | 褐藻類 | 緑藻類 | 種子植物 |
|-------------|---------------|-------|----------|-----|------|-------|-----|-----|------|
| 葉緑体包膜の数     |               |       |          | 2   | 4    | 3     | 4   | 2   | 2    |
| クロロフィル      | a             |       | ○        | ○   | ○    | ○     | ○   | ○   | ○    |
|             | b             |       |          |     |      | ○     |     | ○   | ○    |
|             | c             |       |          |     | ○    |       | ○   |     |      |
| バクテリオクロロフィル |               | ○     |          |     |      |       |     |     |      |
| カロテノイド      | $\beta$ -カロテン | ○     | ○        | ○   | ○    | ○     | ○   | ○   | ○    |
| フィコビルリン     | フィコシアニン       |       | ○        | ○   |      |       |     |     |      |
|             | フィコエリトリン      |       | ○        | ○   |      |       |     |     |      |

表1

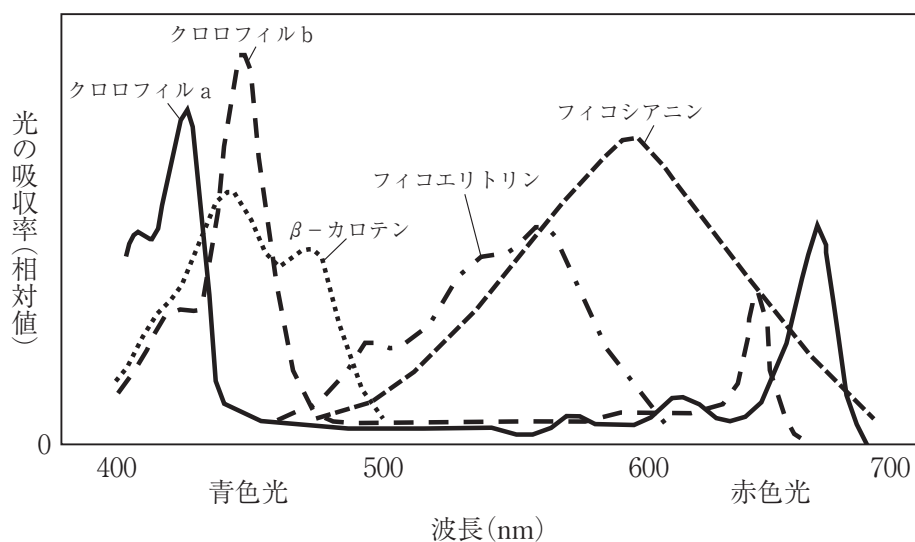


図 1

問 1. 下線部について、クロロフィルをもつ光合成生物がどのように生物の生息域の変化・拡大をもたらしたか、説明せよ。

問 2. 陸上植物と代表的な藻類の系統を表した図 2 について、以下の問いに答えよ。

- 1) 緑藻類、褐藻類、紅藻類は空欄あ～うのどこに入るか、表 1 から考え、記号で答えよ。
- 2) シアノバクテリアが初期の真核生物に共生し、葉緑体となった時期を図 2 の①～⑨から選び、解答欄 i に番号で答え、その理由を解答欄 ii に答えよ。

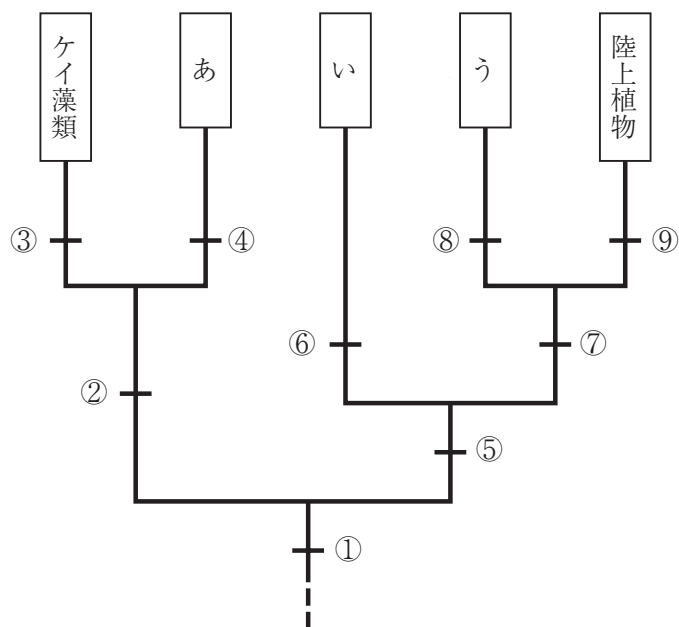


図 2

問 3. ある緑藻と紅藻の作用スペクトルと吸収スペクトルを図 3 に、水深と光強度の関係を図 4 に示した。以下の問いに答えよ。

- 1) 図 3 のアとイはそれぞれ緑藻と紅藻のいずれかを示している。紅藻を示しているのはどちらか、記号で答えよ。
- 2) 陸上植物と異なり、藻類は種によって含まれる光合成色素に多様性がある。藻類がこのような多様性をもつ理由について、図表を参考にして考えを述べよ。用語として緑藻と紅藻を用いること。

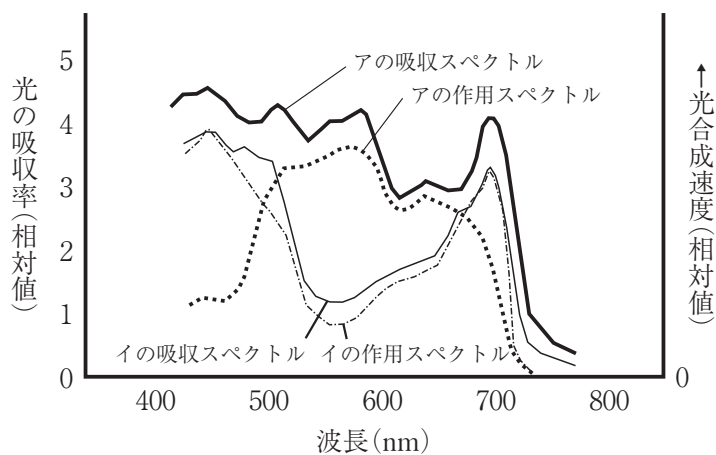


図 3

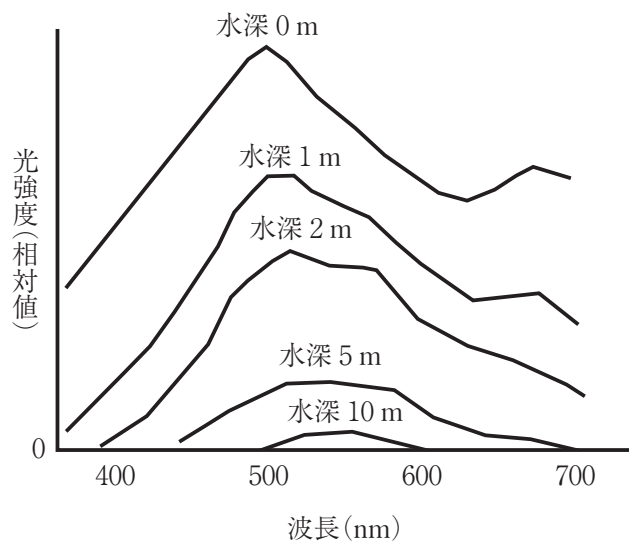
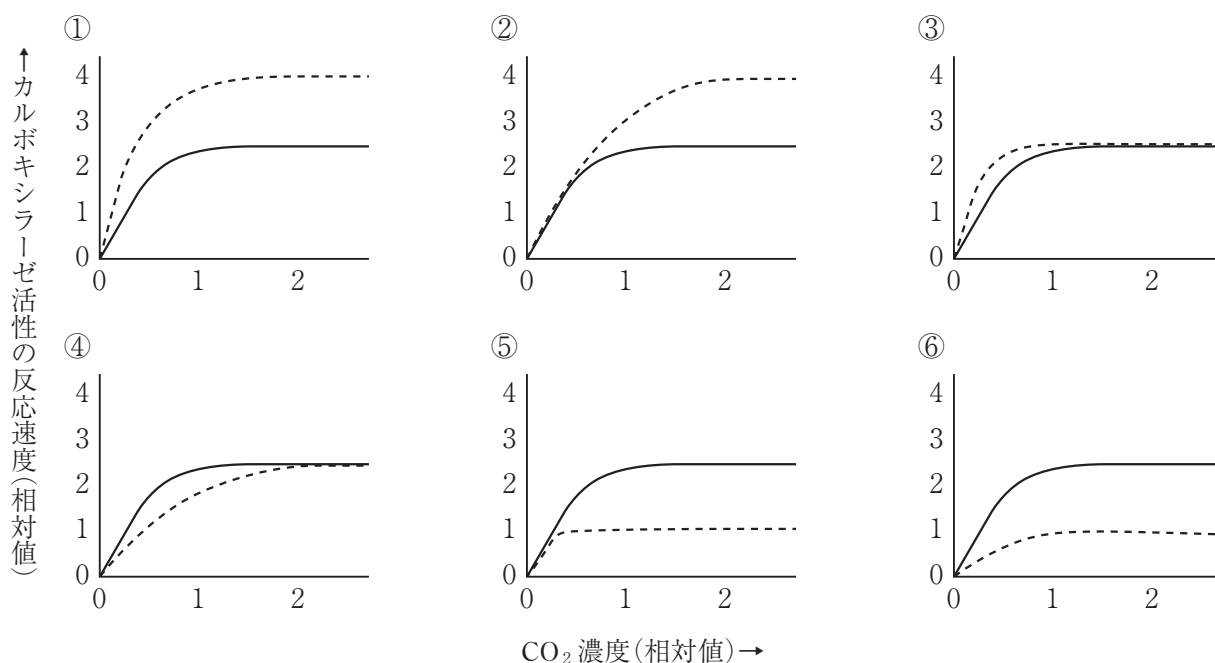


図 4

Ⅱ. 光合成のカルビン回路で働く酵素のルビスコは、1分子の二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )と ア 分子の  $\text{C}_5$  化合物のリブローズ 1, 5 - ビスリン酸(RuBP)から、イ 分子の  $\text{C}_3$  化合物のホスホグリセリン酸(PGA)を合成する反応を触媒する。同時にルビスコは、酸素( $\text{O}_2$ )と RuBP から PGA とホスホグリコール酸を合成する反応も触媒する。このように、ルビスコは  $\text{CO}_2$  を基質に用いて炭素を固定するカルボキシラーゼと、 $\text{O}_2$  を基質に用いて酸化を行うオキシゲナーゼの2種類の酵素活性をもつ。 $\text{CO}_2$  と  $\text{O}_2$  は拮抗しながらルビスコの活性部位に入るため、どちらの反応が行われるかは、ルビスコ周辺の  $\text{CO}_2$  濃度と  $\text{O}_2$  濃度に依存する。

問 4. アとイの   に入る数字を答えよ。

問 5. 下のグラフの実線(反応曲線)は、ある  $\text{O}_2$  濃度下での  $\text{CO}_2$  濃度に対するルビスコのカルボキシラーゼ活性の理論的な反応速度を示している。 $\text{O}_2$  濃度をもとの濃度よりも高い特定の濃度にしたときに、この反応曲線はどのように変化するか、最も適切な変化後の反応曲線(破線)が描かれているグラフを下の①～⑥より選び、番号で答えよ。また、そのように変化するしくみを説明せよ。それぞれのグラフの横軸は  $\text{CO}_2$  濃度の相対値、縦軸はカルボキシラーゼ活性の反応速度の相対値を示す。



### 3. 動物の行動に関する各問いに答えよ。

動物は、環境からの刺激に対してさまざまな行動を示す。これら動物の行動は、ア 的行動と習得的行動に分けることができる。

ア 的行動は、遺伝的に決められた固定的な神経回路によって生じる。ア 的行動を引き起こすきっかけになる外界からの刺激を イ 刺激という。引き起こされる行動のパターンのうち、リズムカルな運動パターンを生じさせる神経回路は ウ 発生器と呼ばれており、歩行運動などの際に働いている。

これに対して、習得的行動では、受容した刺激に応じて行動をつかさどる神経回路が可<sup>か</sup>塑<sup>そ</sup>的に変化し、結果的に刺激に対する行動が変化する。この変化を学習という。また、2種類の刺激を結びつける学習は連合学習という。

線虫は線形動物の一種であり、体長1 mmほどの細長い糸状の形状をしている。線虫はさまざまな分子に対する走性(走化性)を示すことが知られている。たとえば、アルコールの一種であるプロパノールには近づいていく走化性(正の走化性)を示し、塩酸希釈液には逆の負の走化性を示す。このことを利用して、線虫の学習について調べるため以下の手順で実験を行った(図1参照)。

手順1：

200匹の線虫を、飼育に用いる寒天培地から底面が網でできたコップ(以後、網コップという)のなかに移した。網コップの底面は液体を通すが線虫は通さない。次に、この網コップを蒸留水につけてなかの線虫を水洗いした。

手順2：

線虫が入った網コップを、表1に示した4種類の溶液のいずれかに1秒間浸した(以後、この操作をトレーニング、用いる溶液をトレーニング溶液という)。その後、網コップをすみやかに蒸留水につけてなかの線虫を水洗いした。時間をあけず以上の手順を10回連続して繰り返した。なお、トレーニング溶液④を作製する際にはプロパノールと塩酸液を混合するが、この際にプロパノールの変化等の化学反応は生じないとする。

| トレーニング溶液の番号 | 組成                       |
|-------------|--------------------------|
| ①           | 蒸留水(pH 7)                |
| ②           | 1 % プロパノール水溶液(pH 7)      |
| ③           | 塩酸希釈液(pH 4)              |
| ④           | 1 % プロパノールを含む塩酸希釈液(pH 4) |

表1

手順 3 :

手順 2 で処理した線虫を寒天培地上で 10 分間休ませた後、図 2 に示すような走化性測定用培地の中央にすべて置いた。走化性測定用培地の点アには 1 % プロパノール水溶液を、点イに蒸留水を一滴ずつ、線虫を置く直前に滴下した。その 10 分後、線虫が領域 1 と 2 のどちらに移動したかを観察した。

以上の手順での実験の結果、線虫はすべて図 2 に示した領域 1 か 2 のどちらかに移動した。次に、線虫がプロパノールにどの程度強く正の走化性を示したかを求めるため、以下に示す走化性指標を計算した。

$$\text{走化性指標} = \frac{(\text{領域 1 に移動した線虫の数}) - (\text{領域 2 に移動した線虫の数})}{(\text{線虫の総数})}$$

その結果を、図 3 のグラフに示す。なお、図 3 には、対照実験として手順 1 が終わってすぐに手順 3 を行った実験の結果をトレーニング溶液「無」として示す。

問 1. ア～ウの  に入る適切な語句を答えよ。

問 2. トレーニング溶液②でトレーニングした後、手順 3 において何匹の線虫が領域 1 に移動したか答えよ。

問 3. 図 3 をみると、走化性指標はトレーニング溶液④を用いたトレーニングを行ったときのみ著しい違いがみられた。この結果から、2 種類の物質が混ざっているトレーニング溶液④でトレーニングを行ったことにより連合学習が成立したと考えた。すなわち、「本来なら  エ の刺激の受容によって生じる走化性を、 オ の刺激を受容したときにも示すような個体が現れた」と実験結果を解釈した。なお、今回の学習は、線虫の自発的行動に関わる学習ではないため、 カ 条件付けではない。

1) 実験結果について、上の文章のエ～カの  に入る語句を答えよ。

2) 下線部の結果は、トレーニング溶液④に含まれるプロパノールに対する「慣れ」の学習で生じたのではないと考えられる。実験結果にもとづいてその理由を述べよ。

問 4. 実験の手順1を行う前から薬剤が入った培地上で線虫を飼育し，線虫の細胞での転写や翻訳を阻害した後に実験を行った。その結果，図3と同様の結果を得た。このことをふまえて，トレーニング溶液④でのトレーニングによりどのようなしくみで学習が生じたと考えられるか。次の考察1～3のなかから実験結果が説明できる可能性がもっとも高いと考えられるものをひとつ選び，番号で答えよ。また，それを選んだ理由と他を選ばなかった理由を述べよ。

考察1：走化性を決定する神経組織のなかから，細胞が分裂して新たな神経細胞が生じたので神経回路が変化して学習が生じた。

考察2：走化性を決定する神経組織のシナプスで，リン酸化などによる既存のタンパク質の活性が調節されて伝達効率が変化したので神経回路が変化して学習が生じた。

考察3：塩酸にはプロパノールの刺激を受容する受容体タンパク質を変性させる作用があり，塩酸を含む溶液④によるトレーニングの結果，既存の受容体がプロパノールの刺激を受容できなくなり，結果として異なる走化性を示す学習が生じた。

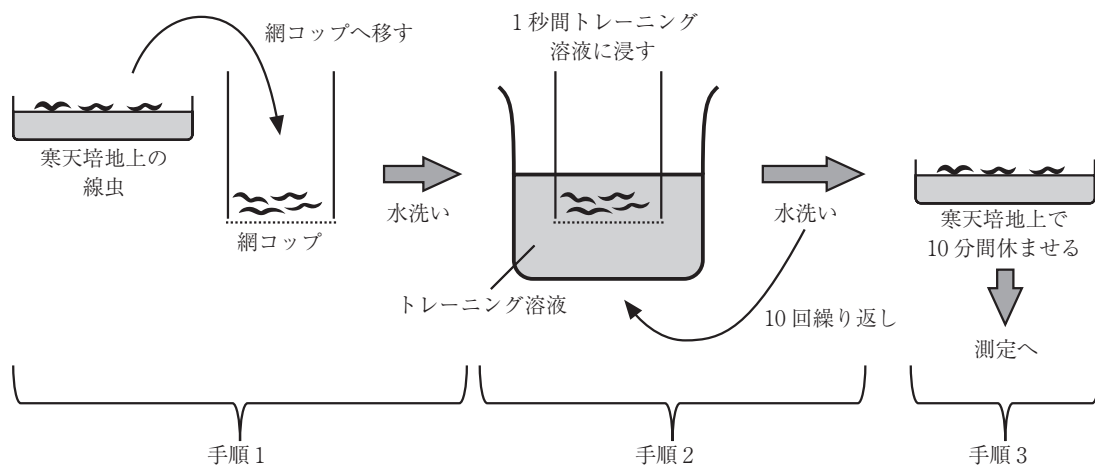
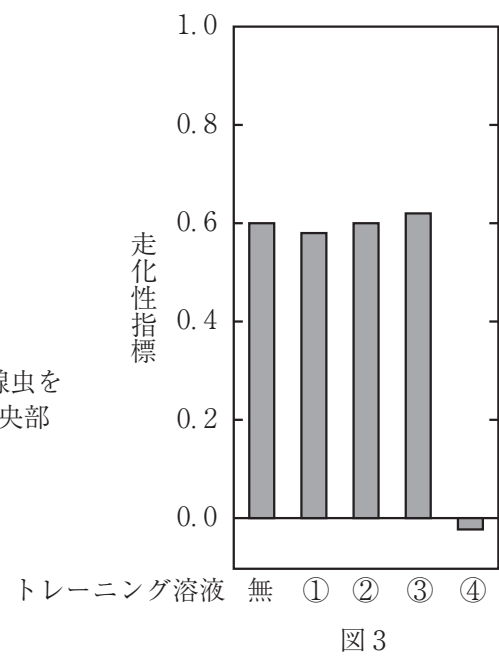
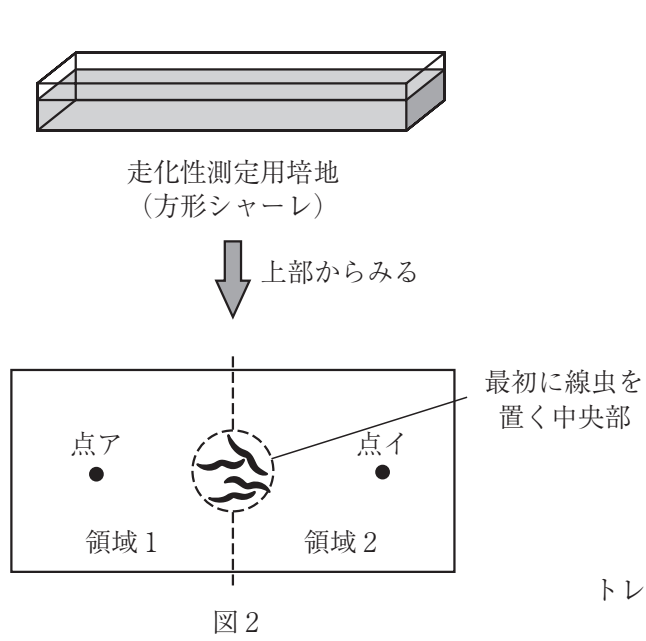


図1



#### 4. 個体群に関する各問いに答えよ。

ある地域に生息する同じ種の個体のまとまりを個体群という。個体群における個体間にはさまざまな関係性がみられる。多数の個体が統一的な行動をとる動物の個体群を群れという。群れのなか<sup>①</sup>で各個体が捕食者などを警戒する時間と個体間で争う時間は、群れの大きさにより変化し、最適な群れの大きさはそれらのバランスで決まってくる。また、特定の生物種は、個体や群れによる空間の占有を行い、その空間に同種他個体が侵入すると排除する行動を行う。この防衛される空間を縄張りという。縄張りの大きさは、個体が縄張りから得られる利益と維持に要する労力から決まっ<sup>②</sup>てくる。

異なる種の個体群間でもさまざまな関係性が存在し、食物や生活空間などの共通する資源をめぐる種間競争がおこる場合がある。また、食う食われるという捕食－被食の相互関係もある。この関係においては被食者の個体数が一方的に減少するのではなく、捕食者と被食者の個体数が相互に関<sup>③</sup>係しながら周期的に変化する。そのほかにも、異種個体群間にはさまざまな相互作用が形成される。<sup>④</sup>

問 1. 下線部①に関して、群れの大きさと各個体が警戒する時間と個体間で争う時間は図1のように表され、ふたつの曲線の交点が最適な群れの大きさになる。ここで、群れが大きくなるときは、個体数、占有面積は増加し、個体群密度も高くなるとする。

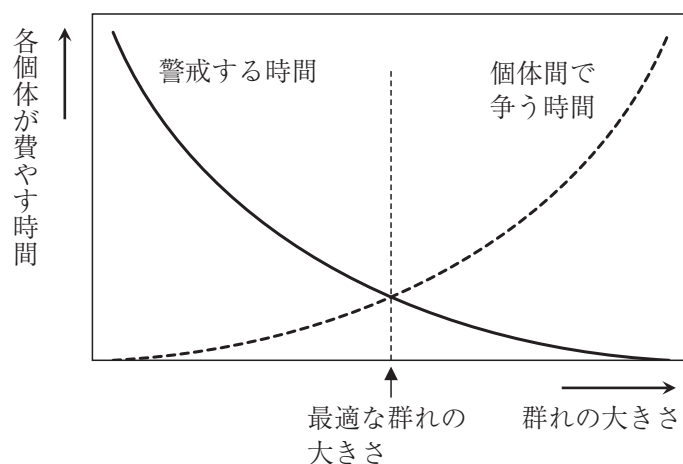


図 1

- 1) 図1のグラフに「各個体が採食に費やせる時間」を表す曲線を追加するとどのようなになるか。解答欄のグラフに記入せよ。
- 2) ある群れにおいて、その生物の捕食者の数が増加したとき、最適な群れの大きさはもとの最適な群れの大きさとくらべてどのようなになるか。a～dから適切なものを選び、記号で答えよ。
  - a. 小さくなる
  - b. 大きくなる
  - c. 変わらない
  - d. 小さくなる場合と大きくなる場合がある

問 2. 下線部②に関して、縄張りの大きさと縄張りから得られる利益、および維持に要する労力の関係は図 2 で表される。

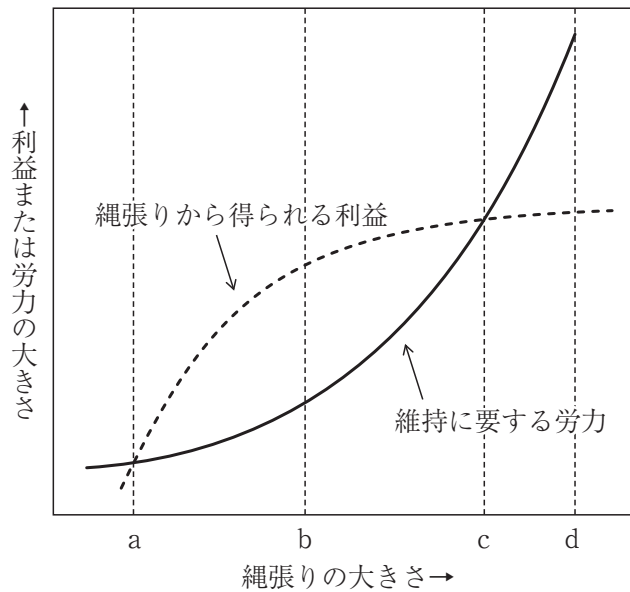


図 2

- 1) 最適な縄張りの大きさはグラフの a～d のどの位置になるか。記号で答えよ。
- 2) 生物種 A はつがいで縄張りを作る性質をもつ。ある空間において、この生物種 A の縄張りに関して図 2 の関係性が成り立っている。この空間で生物種 A の個体群密度が増加した場合、図 2 のグラフはどのように変化するか。解答欄のグラフに何がどのように変化するかわかるように記入せよ。変化について説明文を書き込んでもよい。

問 3. 下線部③に関して、捕食者と被食者の個体数は理論的には図3の楕円の矢印で示す順で周期的に変化する。図中のXとYには捕食者か被食者のどちらかが入る。図中のア～エには「増加」または「減少」のどちらかが入る。ア～エにはどちらが入るか答えよ。

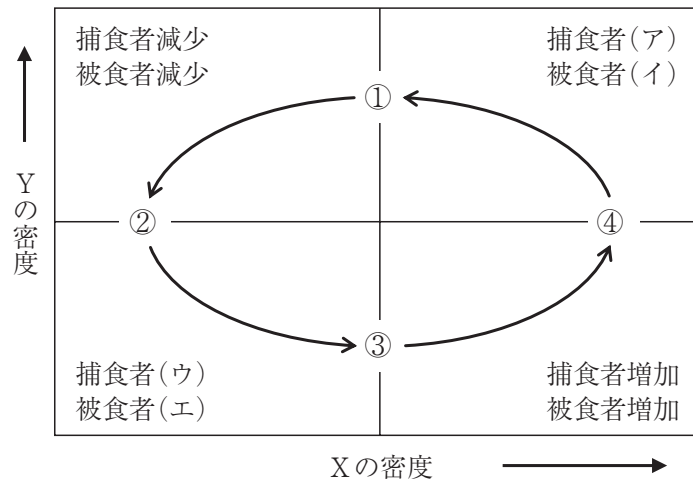


図3

問 4. 地勢的に分断化され地理的隔離が生じた地域に、捕食者としてオオカミが、被食者としてウサギがいた。ある年に病気によりオオカミが激減したため、ウサギの個体数が増加した。その後もオオカミの個体数は減少したままであったが、ウサギの個体数は際限なく増え続けたわけではなく、ある一定数で安定した。なお、オオカミはこの地域の食物網で最上位の生物種であり、この地域のウサギの捕食者はオオカミしかおらず、他の捕食者の流入はなかった。

- 1) 個体群の成長において、ある環境下に存在できる最大の個体数をなんというか。
- 2) ウサギの個体数が増えなくなった理由を、「種内競争」と「生活環境」の語句を用いて説明せよ。
- 3) この地域のオオカミは病気のまん延が終息しても個体数の減少は止まらず、最終的に絶滅してしまった。分断化された地域の個体群において、個体数が減少して絶滅に向かう要因は複数あるが、遺伝的多様性の観点から絶滅に向かう理由を説明せよ。

問 5. 下線部④に関連する以下の文章を読み、アとイの  に入る適切な語句を答えよ。

陸上植物の根には菌根菌と呼ばれる菌類が生息している場合がある。土壌中のリン濃度が低い時、菌根菌は土壌中のリンを吸収して植物に渡し、植物からは炭水化物を受け取っている。このような両者の種間関係は  ア  である。しかし、土壌中のリン濃度が高くなると、植物は菌根菌を介さずに自らリンを吸収できるようになるが、菌根菌は植物から炭水化物を受け取り続けている。この時の両者の種間関係は  イ  になる。