

# 生 物

## 第1問

次の文1～4を読み、I～IVの各問に答えよ。

### 〔文1〕

自然界において生物は、自分と同じ種の個体だけでなく、自分とは異なる種の個体とも、さまざまな相互作用を行いつつ生活している。微生物の中には、動植物の細胞内に入り込んで生活しているものさえいる。このような場合には、2つの種の間での密接な相互作用が、何らかの意味で双方に利益をもたらしている例が多い。マメ科植物と 1 の関係は、その一例である。昆虫類の中には、細胞内にすみついた微生物を、卵の細胞質を通じて子孫に伝え、世代を超えて維持している種も少なくない。

### 〔文2〕

オナジシヨウジヨウバエ（キイロシヨウジヨウバエの近縁種）には、ある種のリケッチア（真核細胞の中でしか増殖できない特殊な細菌）に感染した個体のいることが知られている。このリケッチアをWと呼ぶことにする。Wはオナジシヨウジヨウバエの細胞質で増殖するが、核へは入らない。また、Wは卵の細胞質を通じて次世代へ伝えられるだけで、他の感染経路をもたないことがわかっている。この昆虫のWに感染した雌と雄をそれぞれ ♀ と ♂ ，非感染の雌と雄をそれぞれ ♀ と ♂ で表すことにする。このWの次世代への伝えられ方を知る目的でいくつかの実験を行い、次のような結果を得た。

## 実験結果

1. ♀ × ♂ の交配からは、♀ × ♂ の交配とほぼ同数の雑種第一代 ( $F_1$ ) が得られた。♀ × ♂ の交配により得られた  $F_1$  はすべて W に感染しており、雌雄の比はほぼ 1:1 であった。
2. ♀ × ♂ の交配からは、♀ × ♂ の交配とほぼ同数の  $F_1$  が得られた。♀ × ♂ の交配により得られた  $F_1$  はすべて W に感染しており、雌雄の比はほぼ 1:1 であった。
3. ♀ × ♂ の交配からは、 $F_1$  が得られなかった。

### [文 3]

生物は、自分の子孫 (遺伝子) をできるだけ多く残そうとしている。W は、オナジショウジョウバエ (宿主) を一種の「乗り物」に使用して、自らの子孫を増やすことで、宿主との相互作用から利益を得ている。他方、W に感染した宿主も W との相互作用から利益を得ている。 <sup>(ア)</sup>なぜなら、[文 2] の実験結果から推測できるように、W 感染個体を含むオナジショウジョウバエの個体群では、♂ は ♀ よりも多くの子孫を残せるからである。

(ア)

ところで、オナジショウジョウバエの雌には、複数の雄と交尾し、得た精子を受精囊<sup>の</sup>に貯えておく性質があり、雄には複数の雌との間に交尾をくり返す性質がある。しかし、実際に卵に入れる精子は 1 個だけであり、2 個以上の精子が卵に入ることはできない。このため、受精をめぐる、複数の雄に由来する多数の精子の間に競争が起こる。また、いくつかの実験から、♂ のつくる精子は ♂ の精子よりも、運動性の高いことが示されている。精子間に競争があること <sup>(カ)</sup>を考えると、♂ の精子の運動性が高いことは、W 感染個体が感染によって得る利益をさらに大きなものにしている。

〔文4〕

オナジシ ヨウジ ヨウバエは W の他に、よく似た性質のリケッチア V に感染する。しかし、これら 2 つのリケッチアに同時に感染することはない。それぞれ W および V に感染したオナジシ ヨウジ ヨウバエの間で交配実験を行った。その結果、W 感染雌と V 感染雄の間にも、V 感染雌と W 感染雄の間にも  $F_1$  は得られず、次世代が得られたのは、交配した雌雄が同じリケッチアに感染している場合だけであった。同じ種でありながら、異なるリケッチアに感染することによって、W 感染群と V 感染群の間には 

2
---




 が生じたと考えられる。

〔問〕

I 文1について。

- A 空欄1に、最も適当な微生物名を入れよ。
- B 下線部(ア)について。広く、同種の動物個体間にみられる現象のうちで、種内の遺伝的多様性を高めているものは何か。最も重要な現象を1つ記せ。
- C 下線部(イ)について。異種生物間のこのような関係を一般に何というか。
- D 下線部(ウ)について。マメ科植物は 1 との相互作用によって、どのような利益を得ているか。1行で述べよ。

II 文2について。

- A それぞれが複数の雌雄からなるオナジショウジョウバエの2つの群、pとqがある。pとqのうちの、少なくとも一方は、W感染群（すべてがW感染個体）であることがわかっている。どちらが感染群であるか、あるいは双方ともが感染群であるかを最も簡単に判別するためには、2つの交配実験を行えばよい。それらはどのような交配実験か。また、どのような結果が期待できるのか。合わせて4行以内で述べよ。
- B  の精子は、卵に入っても卵核と合体できないように不活性化されていることがわかった。そうすると、 のつくる卵の細胞質には、不活性化された  の精子を再活性化する因子が含まれていると考えられる。なぜそのように考えられるか。〔文2〕の実験結果を参照して、2行以内で述べよ。

III 文3について。

- A 下線部(㉔)について。一部の個体がWに感染することは、オナジシヨウジヨウバエの個体群全体にとっては、むしろ不利にはたらくと考えられる。その理由を2行以内で述べよ。
- B 下線部(㉕)について。♀が♂よりも多くの子孫を残せると考えられる理由を2行以内で述べよ。
- C 下線部(㉖)について。♀, ♂, ♀, ♂が同じ数だけ存在するオナジシヨウジヨウバエの個体群があり、内部で任意に交配を行わせた。集団としてみたときに、♂の精子は♂の精子に比べて1.5倍の頻度で卵に入ったものとする。F<sub>1</sub>世代では、感染個体の数は非感染個体の数の何倍になるか。

IV 文4について。

- A 空欄2に、最も適当な語句を入れよ。
- B 異なるリケッチアに感染したオナジシヨウジヨウバエは、の結果、長い期間の後には、互いに形態も性質も異なる別種へと分化すると予測される。どのようなしくみで別種へ分化すると予想されるか。そのしくみを3行以内で述べよ。

## 第2問

次の文1～3を読み、I～IIIの各問に答えよ。

### 〔文1〕

光合成とは、植物などが太陽光のエネルギーを用いて二酸化炭素と水から有機物を合成する反応である。光合成の反応に使われる二酸化炭素は、空気中から葉の表皮に存在する気孔を通して取り込まれる。気孔の開き具合は環境条件によって左右され、空気中の湿度が低下した際などに気孔が閉じる。また、植物ホルモンの1種である 1 を与えた場合にも気孔が閉じることが知られている。

実験1 ある植物を温度20℃、相対湿度80%の温室の中で太陽の光が十分当たる条件において生育させた。ある晴れた日の朝に気孔を観察すると、気孔は十分開いた状態であった(「全開」状態とする)。この条件下で植物にある処理を行うと、他の状態は変えずに気孔の開き具合のみを、完全に閉じた状態(「閉」状態)や、半分ほどの開き具合になった状態(「半開」状態)に変えることができた。それぞれの状態で、太陽の光が十分に当たる生育条件での光合成を測定すると、光合成速度は気孔の開き具合に従って変動し、「閉」の状態の葉では「全開」の状態のときに比べて大きく低下し、「半開」の状態では「全開」と「閉」の状態の間であった。

### 〔文2〕

太陽の直射光が当たれば、植物の光合成は多くの場合、光飽和の状態となるが、植物群落内においては、個々の植物が成長すると葉の重なりが多くなり、群落内の下層ほど受光量が低下する。このことが植物群落内における、光合成器官である葉と、光合成能力に乏しい茎や花(ここでは非光合成器官とする)の垂直的な分布構造にも影響を及ぼしている。

実験2 葉の形状や、つき方が異なる2種の草本がある。それらの草本を用いて単一種からなる2つの群落(a), (b)を作り、それぞれに1m×1mの方形の枠を設定した。その方形枠内の群落を上部から10cmごとに、順次、層別に刈り取り、光合成器官と非光合成器官に分けて乾燥重量を測定した。その結果を群落別に示したものが図1である。

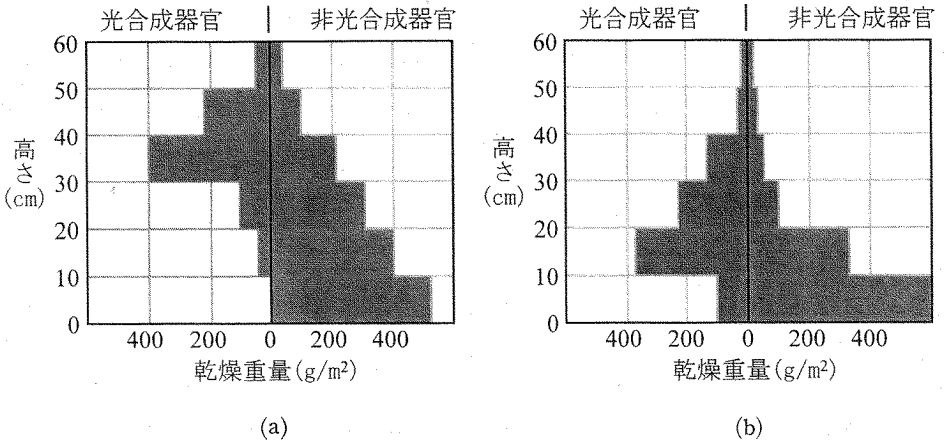


図1 各群落における光合成器官と非光合成器官の層別重量分布

[文3]

植物の葉における主要な光合成色素であるクロロフィルが主に青紫色光と赤色光をよく吸収するために、群落の下層では光の量だけでなく、光の質も群落の外に比べて変化している。ある植物を光以外の条件は同一にして、太陽光そのままの条件、および、群落の中のように光が弱く、青紫色光と赤色光の割合が低下した条件、の2種類の光条件に移して育てた。すると、下線部(ウ)の条件で育てた植物は下線部(イ)の条件で育てた植物に比べ、節間が長くて背の高い形状となった。この節間の伸びは下線部(イ)の条件に移すと止まった。また、この植物の種子の発芽実験を行ったところ、下線部(イ)の条件では発芽したが、下線部(ウ)の条件では発芽しなかった。

〔問〕

I 文1について。

A 空欄1に最も適当な語句を入れよ。

B 光合成の速度に影響を与える外界のいろいろな要因のうち、実験1の生育条件で光合成の限定要因となっているのは何か。そう考えた理由とともに2行以内で述べよ。

C 実験1と同様の光合成速度の測定を、「閉」状態でも光が限定要因となる弱光（ただし光補償点以上とする）においても行った。気孔が閉じるにつれて起こる光合成速度の変化は、このような弱光下では、十分な強さの太陽光下に比べてどのようになると考えられるか。最も適当なものを次の(1)～(5)のうちから1つ選び、番号で答えよ。

(1) 気孔が閉じた際の速度の低下の割合は、太陽光下での測定のとくに比べ大きくなる。

(2) 気孔が閉じた際の速度の低下の割合は、太陽光下での測定のとくと同程度である。

(3) 気孔が閉じた際の速度の低下の割合は、太陽光下での測定のとくに比べ小さくなる。

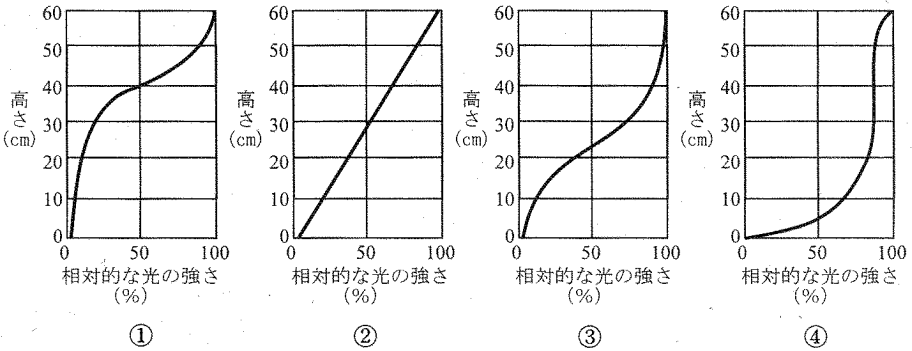
(4) 気孔が閉じると、速度は0まで落ちる。

(5) 気孔が閉じると、速度は増加する。

D 気孔が「閉」状態となっている葉の中（気孔とつながっている細胞間の<sup>すき</sup>隙間）の二酸化炭素濃度を測定した。葉に太陽光が当たっているときの濃度（a）、光が限定要因となる強さの光（ただし光補償点以上）が当たっているときの濃度（b）、光が当たっていないときの濃度（c）、および大気中の二酸化炭素濃度（d）に関して、それらの濃度が高い順に  $a > b > c > d$  のように記せ。

II 文2について。

A 図1の(a), (b)各々の群落の中で光が減衰していく様子を示した図(最上層を100としたときの光の強さを高さごとに示したもの)として最も適当なものを次の①~④のうちから選択し, (a)-⑤, (b)-⑥のように答えよ。



B 図1(a)の草本群落では, 生育の過程で下層の葉が枯死脱落している。このように下層の葉が枯死することにより, 物質生産の効率が上がると考えられる。それはなぜか。3行以内で述べよ。

C 図1(b)の草本群落について。同じ条件のもとで個体間の間隔を狭め, 高密度で栽培を行うと, 光合成器官の垂直的な分布構造に違いが見られた。どのような違いか。1行で述べよ。

D 次の(1)~(4)に示すような形態上の特徴を有する草本の群落は, 図1(a), (b)の群落のどちらにより近い分布構造を示すと考えられるか。それぞれ, (5)-(a)のように答えよ。

- (1) 広く大きな葉を茎から水平につける。
- (2) 上層では葉が茎周辺に集中して斜めにつき, 下層ほど葉がより水平につく。
- (3) 地面から直接細長い葉が斜めに伸びる。
- (4) 地面から直接出た葉柄の先に傘がかさ開いたように葉を展開する。

III 文3について。

- A 下線部(ア)の事実から、植物の葉が人に通常緑色に見える理由を2行以内で説明せよ。
- B 下線部(ウ)の条件で下線部(イ)のような形状をとることが、群落内ではこの植物個体にとってどのような利点となると考えられるか。2行以内で述べよ。
- C 下線部(イ)のような特徴を示す種子を何というか。
- D 下線部(イ)の発芽実験において、下線部(ウ)の条件に置いた種子を次に示す条件(1)～(4)に移した。発芽する条件をすべて選び、番号で答えよ。
- (1) 白色(可視)光を当てる。      (2) 赤色光を当てる。  
(3) 近赤外光を当てる。      (4) 暗所に置く。
- E 下線部(イ)のように下線部(ウ)の条件で発芽しないことは、この種子にとってどのような利点となると考えられるか。2行以内で述べよ。

### 第3問

次の文1～4を読み、I～IVの各問に答えよ。

#### 〔文1〕

ヒツジが感染するスクレーピーという中枢神経系の病気が知られている。この病気にかかったヒツジの脳の抽出物をハムスターの脳内に接種すると、病原体は脳内で増殖し、数カ月の潜伏期<sup>(注1)</sup>をおいてハムスターは発病する。

種々の方法で測定するとスクレーピーの病原体の大きさはウイルスより小さいことが判明した。もし病原体がウイルスであれば、その増殖に必要な遺伝情報は  または  のどちらかに蓄えられているはずである。たとえば  をもつウイルスは感染した細胞内で、 →  → タンパク質、という遺伝情報の流れにそって増殖する。しかし、この病原体は、ウイルスと異なり、 によっても感染力を失わなかった。その結果から、スクレーピーの病原体は、 も  ももたずに増殖できる特殊な因子（プリオンと呼ばれる）ではないかという考えがでてきた。

スクレーピーを起こすプリオンが、ハムスターの脳から精製され、ある特定のタンパク質であることがわかった。驚いたことに、このタンパク質は正常なハムスターにも存在した。正常なハムスターに存在するこのタンパク質を PrP<sup>c</sup><sup>(注2)</sup> とし、発病したハムスターに見られるタンパク質を PrP<sup>sc</sup> とする。PrP<sup>sc</sup> と PrP<sup>c</sup> のアミノ酸配列は全く同じであったが、両者の立体構造は異なることがわかった（以後、PrP<sup>sc</sup> をプリオンの本体とする）。以上から、PrP<sup>c</sup> と PrP<sup>sc</sup> は同一の宿主遺伝子（PrP 遺伝子）からつくられ、PrP<sup>c</sup> から PrP<sup>sc</sup> への変化は、ポリペプチド鎖への  ののちに起こると考えられる。

(注1) 潜伏期：病原体が宿主に入り込み、十分量の病原体が複製されて症状が出現するまでの期間。

(注2) アミノ酸配列は種間で少しづつ異なるが、すべての哺乳類がこのタンパク質を発現していると考えられている。

〔文2〕

ハムスターの脳内で増殖したプリオンを他のハムスターの脳に接種すると、ハムスター由来のプリオンが増殖し、ハムスターは発病した。しかし、マウスの脳で増殖したプリオンをハムスターに接種しても発病しなかった。逆に、マウスにマウス由来のプリオンを接種すると発病したが、ハムスター由来のプリオンを接種しても発病しなかった。

この種間の感染の違いを調べるために、遺伝子組換え技術によりハムスターの PrP 遺伝子をもったマウスが作製された。このマウスはマウスの PrP<sup>c</sup> とハムスターの PrP<sup>c</sup> の双方を発現する。このマウスにハムスター由来のプリオンを接種したところ、マウスは発病した。またマウス由来のプリオンを接種しても、やはり発病した。このことは、ハムスターのプリオンはハムスターの PrP<sup>c</sup> と相互作用しやすく、それを PrP<sup>sc</sup> に変えていき、一方、マウスのプリオンはマウスの PrP<sup>c</sup> と相互作用しやすく、それを PrP<sup>sc</sup> に変えていくことを示している。このようにしてプリオンが増殖するという考えをプリオン説という。

数年前にイギリスにおいて流行した狂牛病は、ウシがヒツジのプリオンに感染したものである。ヒツジからウシへの感染があるなら、当然、ウシからヒトへの感染もあるのではないかという心配がでてくる。狂牛病のプリオンがヒトに感染するかどうかを確かめるために、科学者たちは、ヒト PrP 遺伝子をもったマウス<sup>(1)</sup>を作製し、そのマウスに狂牛病にかかったウシの脳の抽出物を接種した。その結果、接種されたマウス（寿命は約2年）にはマウス PrP<sup>sc</sup> は出現したが、ヒト PrP<sup>sc</sup> は検出できなかった。この事実は、潜伏期を2年以内と限れば、

5
---

 は狂牛病にはかからず、

6
---

 はかかる可能性があるということを示している。

〔文3〕

プリオン説をさらに検証するために、PrP 遺伝子を欠失したマウスが作製された。2本の相同染色体のいずれにも PrP 遺伝子がないマウスの遺伝子型を PrP -/- とする。この PrP -/- マウスは正常に成長した。この PrP -/- マウスおよび野生型の PrP +/+ マウスの脳内に、マウスのプリオンを接種して経過を観察した。その結果、PrP +/+ マウスは百数十日後に発病したが、PrP -/- マウスは2年近く観察しても発病しなかった。一方、マウスにマウス<sup>(ウ)</sup>あるいはハムスターの PrP<sup>C</sup> を大量に発現させると、自然に発病するマウスが現れた。よって、PrP<sup>Sc</sup> を接種しなくても、個体内で PrP<sup>C</sup> から PrP<sup>Sc</sup> への変化が一定の確率で起こっているらしい。

ヒトには遺伝性のプリオン病がまれに存在する。図2に示したように、遺伝性プリオン病の遺伝形式は、父親から男児への遺伝があることなどから、

7
---

 染色体 

8
---

 遺伝と考えられる。この病気の人々の PrP 遺伝子産物には、アミノ酸の置換が1箇所のみみられた。これと同じ異常をもつ PrP 遺伝子<sup>(エ)</sup>を発現するマウスをつくると、このマウスはプリオンを接種しなくても発病した。

一方、ヒトのプリオン病の大部分は非遺伝性であり、また特殊な例を除いて、動物やヒトからの感染によるものではないと考えられ、毎年100万人につき約1人の割合で発病する。上に述べたことを考慮に入れれば、ヒト非遺伝性プリオン病については、ヒトの PrP<sup>C</sup> の発現量が 

9
---

 し、発病する可能性があげられる。または、体細胞の PrP 遺伝子に一定の確率で 

10
----

 が生じ、自然発病するという可能性も考えられる。

〔文4〕

ヒトの PrP 遺伝子を導入したマウスにヒトのプリオンが接種された。予想に反して、ヒトのプリオンをこのマウスに感染させるのは、野生型マウスに対するのと同様に容易ではなかった。この実験から、マウス PrP 遺伝子が存在する場合には、ヒト PrP<sup>C</sup> が PrP<sup>Sc</sup> になりにくいのではないかと考えられた。そこで下線部<sup>(イ)</sup>に述べた狂牛病の感染実験を再検討するために、科学者たちは遺伝子組換え技術<sup>(オ)</sup>によって新たに作製したマウスを用いて、感染実験を行った。

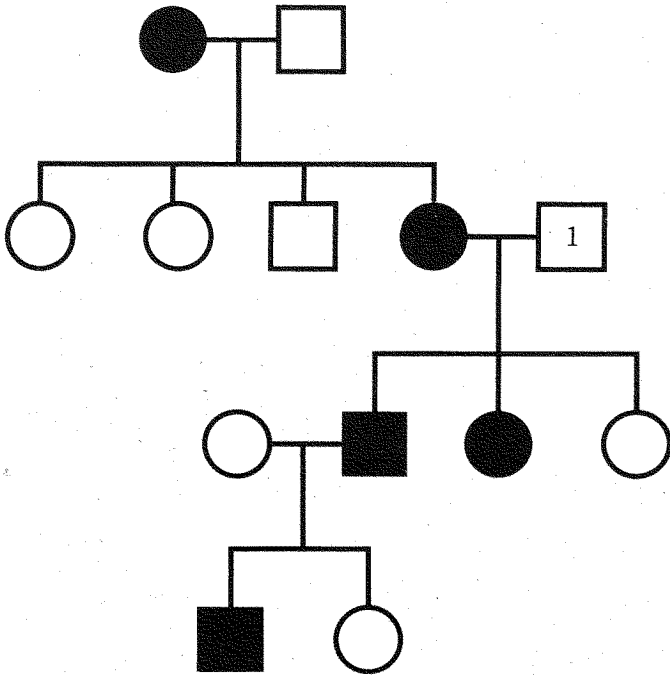


図2 遺伝性プリオン病の家系の例

□と○はそれぞれ正常な男性と女性を、■と●はそれぞれ発病した男性と女性を表す。ただし、図中の□1で表される男性は病気の原因遺伝子をもたないことがわかっている。

〔問〕

I 文1について。

A 空欄1, 2, 4に, それぞれ最も適当な語句を入れよ。

B 空欄3に当てはまるのはどのような操作か。最も適当なものを次の(1)~(4)のうちから1つ選び, 番号で答えよ。

- (1) 加熱処理 (2) 紫外線照射 (3) アルカリ処理 (4) 酸処理

II 文2について。

A 空欄5と6に, それぞれ最も適当な動物名を入れよ。

B 下線部(ア)について。双方の PrP<sup>c</sup>を発現しているマウスに, ハムスターのプリオンを接種して発病させた。この発病したマウスの脳の抽出物を, マウスおよびハムスターに接種した。この場合, それぞれについて発病するかどうかを述べよ。

C 下線部(イ)について。なぜこのような実験を行ったのか。その理由をプリオン説にもとづいて2行以内で述べよ。

III 文3について。

A 下線部(ウ)について。その理由をプリオン説にもとづいて2行以内で述べよ。

B 空欄7と8に, 次の(1)~(6)のうちから最も適当なものを選び, それぞれ7-(7)のように答えよ。

- (1) X (2) Y (3) 常 (4) 優性 (5) 劣性 (6) 伴性

C 下線部(エ)について。この実験結果にもとづくと, ヒト遺伝性プリオン病の発病のしくみはどのように説明されるか。2行以内で述べよ。

D 空欄9と10に, それぞれ最も適当な語句を入れよ。ただし, 空欄9には増加または減少のいずれかを入れよ。

IV 文4の下線部(オ)について。どのようなマウスを作製したと考えられるか。2行以内で述べよ。