

生 物 I B

(全 問 必 答)

第 1 問 動物細胞の分裂・増殖に関する次の文章A・Bを読み、下の問いA (問1～3)、B(問4・問5)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 16)

A 体細胞分裂では、まず、核分裂が起こり、続いて細胞質分裂が起こる。

受精卵の細胞分裂も体細胞分裂と同じ仕組みで起こるが、特に「卵割」と呼ばれている。卵割では、1回の細胞分裂にかかる時間が短く、急速に細胞数が増えていくなど、一般的な体細胞分裂とは違ったいくつかの特徴が見られる。

一般的な体細胞分裂および卵割の初期における「細胞1個当たりのDNA量」の変化を模式的に示すと、図1のようになる。なお、細胞1個当たりのDNA量は、体細胞分裂では細胞質分裂を完了した直後の細胞のものを、卵割では受精卵のものを、それぞれ1とした相対値で示した。また、グラフの横軸の上向き矢印は、1回ごとの細胞質分裂が完了した時点を表している。

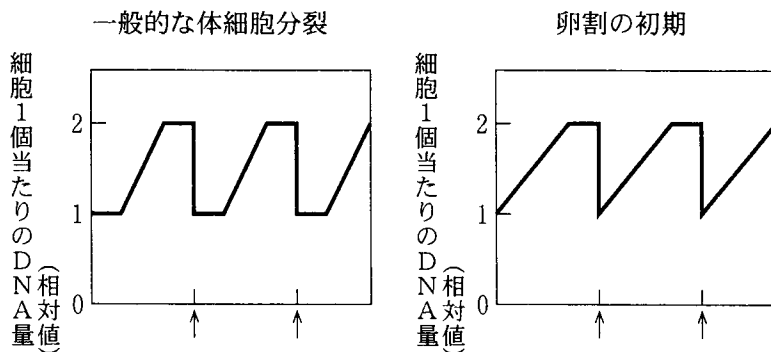


図 1

問 1 分裂期に関する記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 前期には、染色体は光学顕微鏡ではまだ観察できない。
- ② 中期には、棒状に凝縮した染色体が細胞の赤道面に並ぶ。
- ③ 後期には、染色体が裂け目から二つに分かれ、それぞれ紡錘体の両極へ移動する。
- ④ 終期には、染色体の形が崩れ、核膜や核小体が再び現れる。

問 2 染色体に関する記述として正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 染色体が基本数 n の整数倍に変化する現象を、異数性と呼ぶ。
- ② 卵原細胞や精原細胞の染色体数は n である。
- ③ 染色体の動原体は、紡錘糸が付着する部分である。
- ④ ヒトの性決定の様式は XY 型で、ニワトリと同じである。

問 3 図 1 に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① DNA の複製が始まってから次の DNA の複製が始まるまでにかかる時間は、一般の体細胞分裂でも卵割の初期でも変わらない。
- ② 卵割の初期では、分裂の間期が見られない。
- ③ 卵割の初期では、細胞質分裂が完了した直後の DNA 量は一定だが、染色体数は半減する場合がある。
- ④ 卵割の初期では、細胞質分裂が完了するとすぐ次の DNA の複製が開始される。

生物 I B

B 動物の細胞は体外に取り出して培養することができる。一般に、正常な動物細胞を培養する場合には、ブドウ糖やアミノ酸などの栄養素のほかに、細胞の増殖に必要な物質を含んだウシの血清などを加えたものを培養液として用いる。

ラットの胎児由来の細胞を用いて、以下のような実験を行った。

実験 1 シャーレに、栄養素のみの培養液、栄養素とウシの血清を 2% または 10% 加えた培養液を入れ、それぞれに同じ数の細胞を加え、その後の増殖の様子を観察したところ、図 2 に示すような結果が得られた。

実験 2 血清を 10% 含む条件下で、**実験 1** と同様に培養し、増殖が止まった細胞の培養液を、血清を 10% 含んだ新しい培養液と取り替えると、細胞はさらに増殖した(図 3 中の x, y)。

実験 3 **実験 2** と同じ条件の操作を繰り返したところ、新しい培養液と取り替えても細胞の増殖は見られなくなった(図 3 中の z)。

実験 4 **実験 3** で増殖しなくなった細胞群を適当な処理で一つ一つになるように分離し、希釈して、血清を 10% 含む培養液を入れた新しいシャーレに移したところ、再び増殖を始めた。

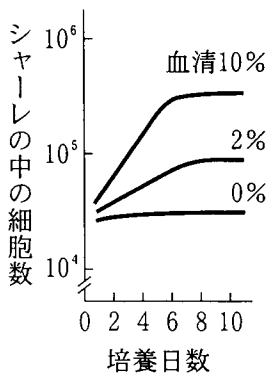


図 2

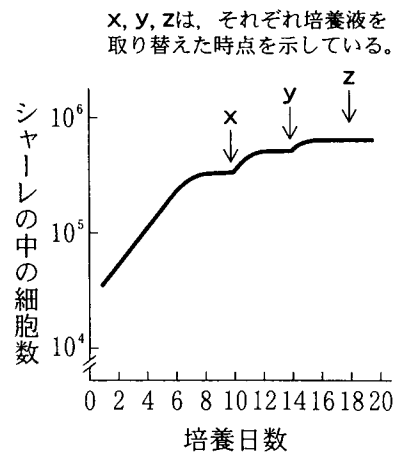


図 3

問 4 実験 1 と実験 2 の結果から考えて、実験 1 で細胞の増殖が止まったことに
関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

4

- ① 血清が 2 % の条件で細胞の増殖が止まったとき、シャーレにはそれ以上細胞が増殖できる空間は残っていない。
- ② 血清が 2 % の条件で細胞の増殖が止まったとき、血清を 10 % 含んだ新しい培養液と取り替えても、細胞の増殖は見られない。
- ③ 血清が 10 % の条件で細胞の増殖が止まったのは、シャーレにそれ以上細胞が増殖できる空間がなくなったためである。
- ④ 血清が 10 % の条件で細胞の増殖が止まったのは、血清中の増殖に必要な物質を使い切ったためである。

問 5 実験 1 ～実験 4 の結果から考えられる記述として最も適当なものを、次の

①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 細胞は、培養液を取り替える操作を繰り返すと、老化して増殖能力を失う。
- ② 細胞は、密度が高くなると、老化して増殖能力を失う。
- ③ 細胞は、密度が高くなると、血清中の増殖に必要な物質が十分にあっても増殖を停止する。
- ④ 細胞は、一つ一つになるように解離して新しいシャーレに移すと、血清中の増殖に必要な物質がなくても増殖を開始する。

生物 I B

第 2 問 糖の代謝に関する次の文章を読み、下の問い(問 1～5)に答えよ。

(解答番号 ～) (配点 17)

細胞内でのグルコース(ブドウ糖)の分解にはいくつかの代謝経路が関与している。一般に、グルコースはまず O_2 の消費を伴わない経路でピルビン酸に変えられる。好気呼吸においては、生成したピルビン酸は O_2 の消費を伴ってさらに分解されるが、この分解経路は ア CO_2 を生成する経路と、 イ H_2O を生成する経路から成り立っている。酵母菌には、ピルビン酸から嫌氣的にエタノールを生成する経路もあり、 ウ 酵母菌がこの経路をどれだけ糖代謝に用いるかは、生育環境によって大きく異なる。

さらに、 エ 動物の筋肉においてはピルビン酸から乳酸を生成する経路もある。この反応を触媒する酵素はただ一つである。この酵素は比較的容易に他の生体成分を含まない状態にまで精製することができるが、精製した酵素で乳酸を生成させるには、基質のピルビン酸だけでなく オ ほかの要素も必要である。こうした要素や反応に適した条件が整っていれば、 カ 乳酸の生成反応はピルビン酸を基質とした単純な一酵素反応として進行する。

問 1 上の文章中の下線部ア、イに当てはまる代謝経路の名称とその反応が行われる場所の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。ア イ

	名 称	場 所		名 称	場 所
①	解糖系	細胞質基質	②	解糖系	ミトコンドリア
③	解糖系	核	④	クエン酸回路	細胞質基質
⑤	クエン酸回路	ミトコンドリア	⑥	クエン酸回路	核
⑦	水素伝達系	細胞質基質	⑧	水素伝達系	ミトコンドリア
⑨	水素伝達系	核			

問 2 下線部ウに関して、グルコースを呼吸基質として酵母菌を培養したとき、ある条件下ではエタノールの生成がまったく見られず、また、別のある条件下ではグルコース 1 分子の消費当たり 1 分子のエタノール生成が見られた。それぞれの条件下で、グルコース 1 分子当たりに消費した O_2 、および生成した CO_2 の分子の数の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑩のうちからそれぞれ一つずつ選べ。ただし、グルコースからはエタノール、 CO_2 、 H_2O 以外のもは生じないものとする。

エタノールの生成が見られなかった場合

エタノールがグルコース 1 分子当たり 1 分子生成した場合

	O_2	CO_2		O_2	CO_2
①	0	1	②	0	2
③	0	3	④	3	1
⑤	3	3	⑥	3	4
⑦	3	6	⑧	6	1
⑨	6	3	⑩	6	6

問 3 下線部エに関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 運動時よりも休息時の筋肉でより活発に進む。
- ② 乳酸菌の乳酸発酵も同様な経路で起こる。
- ③ ピルビン酸 1 分子から 2 分子の乳酸が生成される。
- ④ CO_2 の発生を伴う。

生物 I B

問 4 下線部オの要素に当てはまるものとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

- ① 反応を進めるエネルギー源となる ATP
- ② 反応からエネルギーを受け取る ADP とリン酸
- ③ 基質ピルビン酸に付加できる水素
- ④ 基質ピルビン酸に付加できる酸素

問 5 下線部カの反応において、使う酵素の量を増減させた。それぞれの場合について、乳酸が生成される速度(生成速度)と、反応を最後まで完結させたときに得られる最終的な乳酸の生成量を調べた。使う酵素の量の増減に伴って変化する場合を＋、変化しない場合を－としたとき、予想される結果の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、基質の減少と生成物の増大以外に起こる反応中の変化は無視できるものとする。 7

	乳酸の生成速度	最終的な乳酸の生成量
①	＋	－
②	＋	＋
③	－	＋
④	－	－

生物 I B

第 3 問 ウニの発生に関する次の文章 A・B を読み、下の問い A (問 1・問 2)、B (問 3・問 4) に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 17)

A ウニの 4 回目の卵割では、動物半球の 4 細胞は等割し、同じ大きさの 8 個の細胞 (中割球) になるが、植物半球の細胞は不等割し、4 個の大きな細胞 (大割球) と 4 個の小さな細胞 (小割球) になる。卵割が進み細胞数が増すと、 と呼ばれる胚^{はい}になり、さらに卵割が進むと、胚の内部に生じたすきまが大きくなり、 と呼ばれる胚になる。 が発生を続けると、胚の特定の部分の細胞群が胚の内部に向かって入り込んでいく。これを陥入^{はいりい}といい、陥入を始めた胚を と呼ぶ。

問 1 上の文章中の ～ に入る語の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- | | ア | イ | ウ |
|---|-----|-----|-----|
| ① | 胞 胚 | 原腸胚 | 桑実胚 |
| ② | 胞 胚 | 原腸胚 | 神経胚 |
| ③ | 原腸胚 | 神経胚 | 尾芽胚 |
| ④ | 桑実胚 | 胞 胚 | 原腸胚 |
| ⑤ | 胞 胚 | 桑実胚 | 原腸胚 |
| ⑥ | 桑実胚 | 胞 胚 | 神経胚 |

問 2 2細胞期に割球を分離し、それぞれ発生を続けさせた場合の結果として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

2

- ① 割球の片方は、正常なプルテウス幼生の半分の領域を形成し、もう片方はプルテウス幼生の反対側の半分の領域を形成する。
- ② 両方の割球とも、胞胚の段階で発生が停止する。
- ③ 割球の片方は、正常なプルテウス幼生になるが、もう片方は、胞胚の段階で発生が停止する。
- ④ 両方の割球とも、小形ではあるが、正常なプルテウス幼生になる。

生物 I B

B 割球の予定運命を調べるために、16細胞期の割球を用いて、以下の実験を行った。なお、16細胞期の胚の模式図は、簡略化のため細胞数を半分にして描いている。

実験1 図1のように、8個の中割球、8個の中割球と4個の大割球、4個の小割球を分離した。それぞれ発生を続けさせたところ、外胚葉のみからなる胚(工)、筋肉・骨片をつくる中胚葉、外胚葉、内胚葉をもつほぼ正常な胚(オ)、骨片をつくる中胚葉細胞(カ)になった。

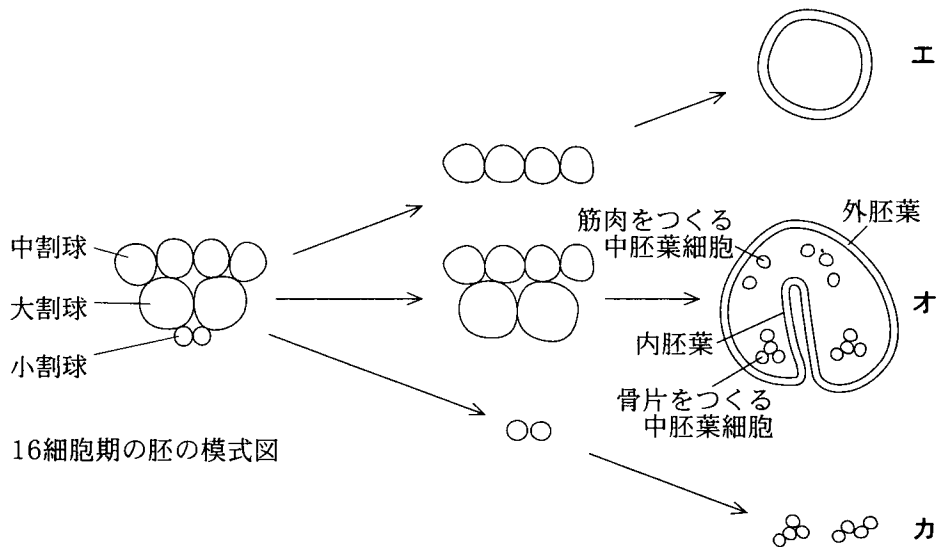


図 1

実験2 発生に影響を与えず、細胞膜を透過しない色素を細胞に注入することで、細胞の運命を追跡することができる。8個の中割球と、色素を注入した4個の小割球を組み合わせて発生を続けさせると、外胚葉、内胚葉のほか、筋肉や骨片をつくる中胚葉が形成された。なお、外胚葉、内胚葉の細胞はすべて色素を含んでいなかった(図2キ)。

実験 3 8 個の中割球と 4 個の大割球に、色素を注入した 4 個の小割球を組み合わせて発生を続けさせたところ、外胚葉、内胚葉、筋肉や骨片をつくる中胚葉が形成された。なお、骨片をつくる中胚葉細胞はすべて色素を含んでいた(図 2 ク)。

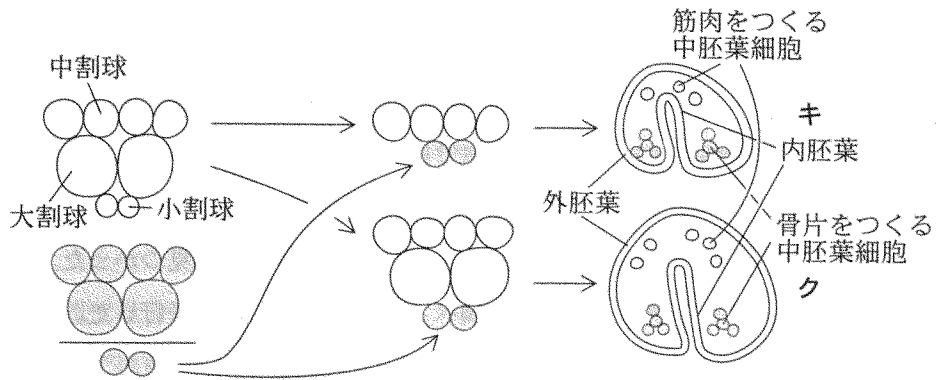


図 2

問 3 実験 1 と実験 2 の結果から考えられることとして最も適当なものを、次の

①～④のうちから一つ選べ。

- ① 小割球は中割球の予定運命を変え、外胚葉を誘導する。
- ② 小割球は中割球の予定運命を変え、内胚葉を誘導する。
- ③ 中割球は小割球の予定運命を変え、外胚葉を誘導する。
- ④ 中割球は小割球の予定運命を変え、内胚葉を誘導する。

問 4 実験 1 の(オ)と実験 3 の結果から考えられることとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 小割球以外の細胞は骨片を形成することができない。
- ② 中割球と大割球は、小割球と組み合わせられていると骨片をつくる中胚葉を形成しない。
- ③ 中割球と大割球は、小割球と組み合わせされていないと内胚葉を形成しない。
- ④ 中割球と大割球は、小割球と組み合わせされていないと外胚葉を形成しない。

生物 I B

第 4 問 遺伝に関する次の文章を読み、下の問い(問 1～3)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 16)

キイロショウジョウバエ(以下「ハエ」という。)では、^め眼の色、体の色、^{はね}翅の形など様々な形質を決める遺伝子が知られている。例えば、眼の色にも、赤眼(野生型)に対して白眼、茶眼、朱眼などの形質がある。これらの形質を決める対立遺伝子の多くはホモ接合体の系統として実験室で維持されている。このような系統との交配により、野外から採集した突然変異体の遺伝子の性質を調べることができる。

野外からハエを 100,000 匹集めたところ、白眼の雄が 1 匹見つかった。この白眼の形質を決めている遺伝子の性質を調べる目的で実験 1・2 を行った。

実験 1 この白眼の雄と実験室で維持されている赤眼の系統の雌を交配したところ、雑種第一代(F_1)はすべて赤眼となった。

問 1 野外から得たこのハエの白眼遺伝子の性質として、**実験 1**の結果から推論できる最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- | | |
|-------------|-------------|
| ① 劣性である。 | ② X染色体上にある。 |
| ③ Y染色体上にある。 | ④ 優性である。 |

実験 2 実験室で維持されている白眼の系統の遺伝子はX染色体上にあることが知られている。野外から得たこのハエの白眼遺伝子が実験室で維持されている白眼の系統の遺伝子と同じかどうかを調べるため、**実験 1** の F₁ 雌と実験室で維持されている白眼系統の雄を交配した。

問 2 野外から得たこのハエの白眼遺伝子が実験室で維持されている白眼の系統の遺伝子と同じであれば、**実験 2** の交配でどのような結果が期待されるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 2

- ① 雄では白眼のみ，雌では赤眼のみ
- ② 雌では白眼のみ，雄では赤眼のみ
- ③ 雄，雌ともに白眼：赤眼＝1：1
- ④ 雄，雌ともに白眼：赤眼＝1：3
- ⑤ 雄では白眼：赤眼＝1：1，雌では白眼：赤眼＝1：3
- ⑥ 雄では白眼：赤眼＝1：3，雌では白眼：赤眼＝1：1

問 3 **実験 2** の結果，野外から得たこのハエの白眼遺伝子はX染色体上の白眼の系統の遺伝子と同じであった。**実験 1** で得られた F₁ の雄と雌を交配して雑種第二代(F₂)を得た。F₂ の雄および雌の表現型の比率として最も適当なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

F₂ の雄 3 F₂ の雌 4

- | | |
|--------------|-------------|
| ① 赤眼のみ | ② 白眼のみ |
| ③ 赤眼：白眼＝3：1 | ④ 赤眼：白眼＝1：1 |
| ⑤ 赤眼：白眼＝1：3 | ⑥ 赤眼：白眼＝9：7 |
| ⑦ 赤眼：白眼＝15：1 | ⑧ 赤眼：白眼＝7：9 |

第5問 動物の行動に関する次の文章A・Bを読み、下の問いA(問1・問2)、
B(問3・問4)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 17)

A ^{みつ}蜜や花粉を得て巣に戻ったミツバチの働きバチ(以下「ハチ」という。)は、^{えき}餌場の方向と距離を同じ巣板の上に並んでいる仲間に伝える。ハチは、暗い巣箱の中の垂直な巣板の上で、激しく尻を振りながら一定の向きに前進し、尻振りを止めて右または左へ半円を描いて元に戻り、再び同じ向きの尻振り直進歩行に移る「8の字ダンス(以下「ダンス」という。)」を繰り返す。餌場が巣箱から見て真南から西へ30度の方向にある場合、太陽の南中時に巣箱へ戻ったハチは、 への尻振り直進歩行を示す。また、太陽の南中時から2時間後に巣箱へ戻ったハチは、 への尻振り直進歩行を示す。

巣箱の外の前庭(水平な板)に仲間がいる場合には、ハチはそこでダンスを始めると。この場合、太陽が直接見えなくとも、天頂近くの青空が見えていれば、尻振り直進歩行は餌場の方を向く。ハチは空が全く見えない水平面でもダンスをするが、その尻振り直進の方角は一定せず、不規則に変わる。

問1 上の文章中の ・ に入る記述として最も適当なものを、次の①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

- ① 鉛直上向きから左へ30度の向き
- ② 鉛直下向きから左へ30度の向き
- ③ 鉛直上向きから右へ30度の向き
- ④ 鉛直下向きから右へ30度の向き
- ⑤ 鉛直上向き
- ⑥ 鉛直下向き

問 2 ハチが餌場の方向を仲間に伝える仕組みに関する記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

3

- ① 地磁気は、ハチのダンスの向きを決める手掛かりにならない。
- ② ハチは、太陽の方向で決まる青空の見え方を記憶できる。
- ③ 仲間のハチは、ダンスの向きを眼で見て、餌場の方向を知る。
- ④ ハチは重力の感覚と視覚による青空の見え方の記憶を比べることができる。

生物 I B

B ワモンゴキブリ(以下「ゴキブリ」という。)は、触角による匂いの感覚と口による味の感覚の二つを結び付ける学習と記憶の能力をもっている。この能力を調べる目的で、以下の行動観察実験を行った。行動の違いを量的にとらえる方法として、ゴキブリが二つの異なる匂いのそれぞれに留まる時間の長さを測り、その違いに着目した。

実験1 バニラの匂いもペパーミントの匂いも経験したことのないゴキブリを、一匹ずつバニラとペパーミントの二つの匂い源を置いた測定場に放し、個体ごとにペパーミントの匂い源を訪問していた時間の長さ(Tp)とバニラの匂い源を訪問していた時間の長さ(Tv)を測った。ペパーミントの匂いに引きつけられる度合い(誘引率)を、

$$\text{誘引率}(\%) = \frac{T_p}{T_p + T_v} \times 100$$

で表して、図1のaを得た。図の横軸は誘引率、縦軸は誘引率10%ごとの区間に入った個体数を示してある。

実験2 ペパーミントの匂い源のそばに砂糖水を、バニラの匂い源のそばに食塩水を置いて、ゴキブリに1回だけ味を経験させ、1週間後に実験1と同じように二つの匂い源のみを与えて誘引率を測定したところ、図1のbが得られた。

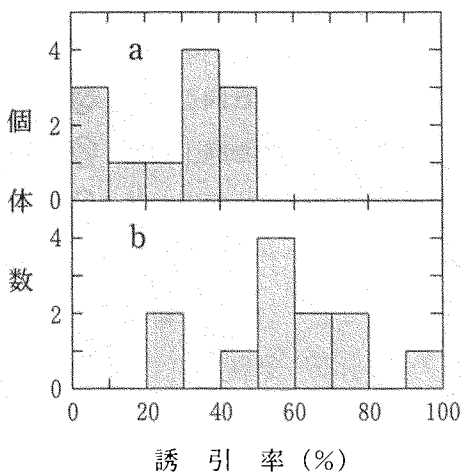


図 1

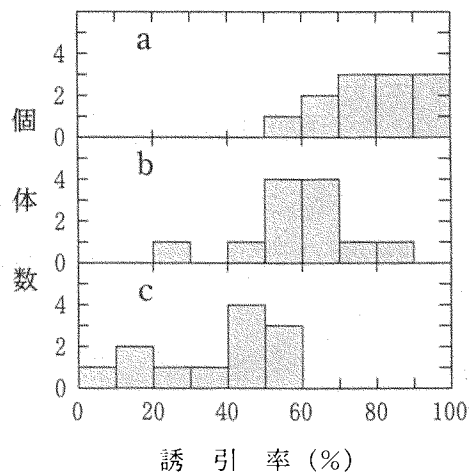


図 2

実験 3 実験 2 と同じ訓練を 1 日 1 回，3 日間続け，1 週間後に誘引率を測ると図 2 の a が得られた。その後，バニラの匂い源のそばに砂糖水を，ペパーミントの匂い源のそばに食塩水を置いて 1 回だけ味を経験させる「逆訓練」を行って，1 日後に誘引率を測ると図 2 の b が得られた。この「逆訓練」を 1 日 1 回 3 日間続けたところ，図 2 の c が得られた。

問 3 図 1 と図 2 に関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 図 1 の a では，ペパーミントの匂い源を訪れたゴキブリはいない。
- ② 図 1 の b では，すべての個体がペパーミントの匂い源を訪れている。
- ③ 図 2 の a では，バニラの匂い源を訪れたゴキブリは半数以下である。
- ④ 図 2 の b では，バニラよりペパーミントの匂い源をより長く訪れたゴキブリは半数以下である。

問 4 実験 1 ～ 3 から分かる記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① ゴキブリは，常に最後に砂糖水と組み合わせられた匂い源のみを訪れる。
- ② ゴキブリの匂いの記憶は 1 日以上もつが，1 週間以内に消える。
- ③ たった 1 回の味の実験でも，半数以上のゴキブリは匂いへの誘引率を変える。
- ④ 砂糖水や食塩水と匂いとの関係を 3 回以上経験すると，ゴキブリは食塩水と組み合わせられた匂い源を訪れなくなる。

生物 I B

第 6 問 生態系における植物の窒素利用に関する次の文章 A・B を読み、下の問い

A (問 1・問 2), B (問 3～5) に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 17)

A 通常の植物は、根によって土壌からアンモニウムイオンや硝酸イオンなどの無機窒素を吸収し、その後これを有機物に取り込んで光合成などに必要な物質をつくる。これに対し、窒素固定を行う微生物と共生するマメ科などの植物は、共生菌のはたらきで大気中の N_2 に由来する窒素をアンモニウムイオンに変換して利用することができる(共生的窒素固定)。通常の植物と共生的窒素固定を行っている植物がともに十分な窒素を獲得しているとき、これらの植物は同程度の光合成能力をもつことができる。

問 1 無機窒素を有機物に取り込む過程の名称として最も適当なものを、次の

①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 硝化 ② 脱窒素 ③ 異化
④ 無機化 ⑤ 窒素同化

問 2 植物と共生して共生的窒素固定を行う微生物として最も適当なものを、次の

①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 硝酸菌 ② 根粒菌 ③ 乳酸菌
④ 大腸菌 ⑤ 酵母菌

生物 I B

B 無機窒素の吸収と共生的窒素固定はエネルギーを必要とする過程であり、必要なエネルギーは、光合成によって生産した有機物を呼吸で消費することによって取り出される。吸収と固定が必要とするエネルギー量には違いがあるため、1日に生産した有機物の成長への配分が異なる(表1)。そのため、無機窒素を吸収している通常の植物と共生的窒素固定を行っている植物がともに十分な窒素を獲得し、同程度の光合成能力をもつ場合、生産した有機物の配分が異なることによって、個体の1日当たりの成長速度(有機物の蓄積速度)に違いが生じる。この違いは日を経るにしたがって増幅され、その結果は個体重量の違いに現れる。

表 1

生産した有機物の用途	1日当たりのいろいろな用途への配分(%)	
	通常の植物	共生的窒素固定を行う植物
成長(有機物の蓄積)	65	50
呼吸(有機物の消費)		
成長と維持のため	20	20
窒素以外の無機物の吸収のため	5	5
無機窒素の吸収のため	5	0
共生的窒素固定のため	0	20
その他	5	5

問 3 共生的窒素固定を行っている植物における成長(有機物の蓄積)への有機物の配分について、表 1 をもとに判断できる記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① 窒素の獲得に必要なエネルギー量が大きいため、通常の植物よりも成長への配分が増加する。
- ② 窒素の獲得に必要なエネルギー量が大きいため、通常の植物よりも成長への配分が減少する。
- ③ 窒素の獲得に必要なエネルギー量が小さいため、通常の植物よりも成長への配分が増加する。
- ④ 窒素の獲得に必要なエネルギー量が小さいため、通常の植物よりも成長への配分が減少する。

問 4 生育初期のある時期に同じ個体重量であった通常の植物と共生的窒素固定を行っている植物が、表 1 に示された有機物配分率に基づいて成長したとする。60 日後、共生的窒素固定を行っている植物の重量は通常の植物の重量の約何倍になっているか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、通常の植物の重量増加は 1 日当たり 10 % であり、両方の植物の光合成能力に差はないものとする。必要に応じて $1.077^{60} \approx 86$, $1.1^{60} \approx 304$, $1.13^{60} \approx 1530$ を参考にせよ。 4

- ① 0.1 ② 0.3 ③ 5 ④ 18

問 5 窒素を十分に獲得できないために通常の植物の光合成能力が低下し、それによって共生的窒素固定を行っている植物が優占種となり得る遷移段階として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 一次遷移のはじめ ② 一次遷移の終わり
- ③ 二次遷移のはじめ ④ 二次遷移の終わり