

生 物

(解答番号 ~)

第1問 次の文章を読み、後の問い(問1～3)に答えよ。(配点 12)

(a) ヒトの近縁種の系統関係を調べるため、チンパンジー、ゴリラ、オランウータン、およびニホンザルのそれぞれについて、遺伝子Aからつくられるタンパク質Aのアミノ酸配列を調べたところ、互いに異なっているアミノ酸の割合は、表1のとおりであった。

表 1

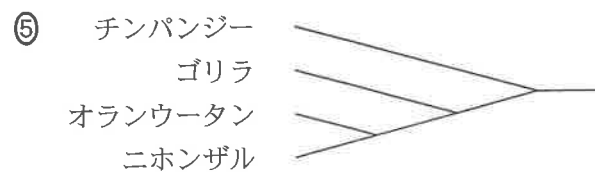
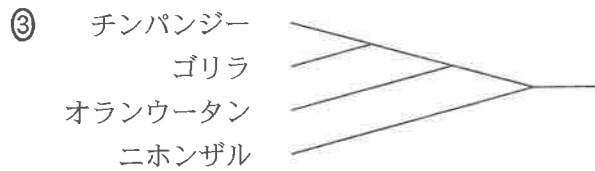
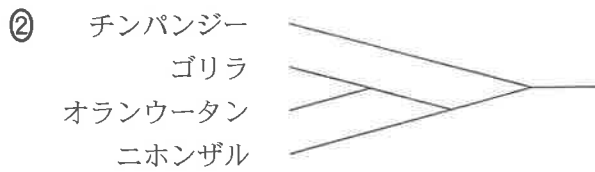
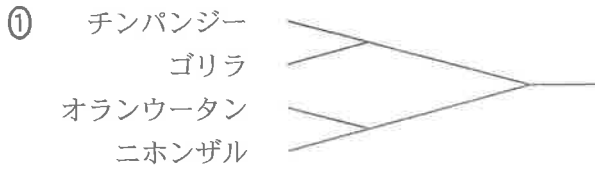
	チンパンジー	ゴリラ	オランウータン
ゴリラ	0.90 %	—	—
オランウータン	1.93 %	1.77 %	—
ニホンザル	4.90 %	4.83 %	4.85 %

問1 下線部(a)について、ヒトが持つ次の特徴①～④のうち、直立二足歩行に伴って獲得した特徴はどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 手には、親指がほかの指と独立に動く、^{ほし}拇指(母指)対向性がある。
- ② 大後頭孔が頭骨の底面に位置し、真下を向いている。
- ③ 眼が前方についている。
- ④ 骨盤は幅が広く、上下に短くなっている。

- ① a, b
- ② a, c
- ③ a, d
- ④ b, c
- ⑤ b, d
- ⑥ c, d

問 2 表 1 の結果から得られる系統樹として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 2



生 物

問 3 チンパンジーの祖先とオランウータンの祖先が分岐した年代が 1300 万年前、ヒトの祖先とチンパンジーの祖先が分岐した年代が 600 万年前とすると、分子時計の考え方により、表 1 を用いてヒト-チンパンジー間のタンパク質 A におけるアミノ酸配列の違いを予測できる。ところが、タンパク質 A におけるヒト-チンパンジー間のアミノ酸配列の違いを実際に調べた値は、分子時計の考え方による予測値よりも小さかった。次の数値㉔~㉞のうち、分子時計の考え方による予測値はどれか。また、後の記述 I ~ III のうち、実際に調べた値が予測値よりも小さくなった原因に関する考察として適当なものはどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①~⑨のうちから一つ選べ。

3

㉔ 0.42 %

㉕ 0.89 %

㉖ 4.18 %

- I 遺伝的浮動により、ヒトの集団内で、突然変異によって遺伝子 A に生じた新たな対立遺伝子の頻度が上がったため。
- II ヒトにおいて生存のためのタンパク質 A の重要度が上がり、タンパク質 A の機能に重要なアミノ酸の数が増えたことで、突然変異によりタンパク質 A の機能を損ないやすくなったため。
- III 医療の発達により、ヒトでは突然変異によってタンパク質 A の機能を損なっても、生存に影響しにくくなったため。

① ㉔, I

② ㉔, II

③ ㉔, III

④ ㉕, I

⑤ ㉕, II

⑥ ㉕, III

⑦ ㉖, I

⑧ ㉖, II

⑨ ㉖, III

(下 書 き 用 紙)

生物の試験問題は次に続く。



生物

第2問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問1～6)に答えよ。(配点 22)

A キク科の草本Rには、A型株とB型株とがある。両者は遺伝的な性質や形態が異なり、互いに交雑することがない。A型株は病原菌Pに感染することがあるが、B型株は病原菌Pに対する抵抗性を持ち、病原菌Pには感染しない。

アオバさんとミノリさんは、草本RのA型株とB型株とを高密度で混ぜて栽培した実験1に関する資料を見つけ、このことについて話し合った。

実験1 温室内の2箇所の栽培区画のそれぞれに、草本RのA型株とB型株の芽生えを144個体ずつ混ぜて植えた。片方の区画を健全区、もう片方の区画を感染区とし、感染区では病原菌PをA型株に感染させた。両区の個体を同じ環境条件で育成し、十分に成長させた後、健全区と感染区においてA型株とB型株の個体数と個体の乾燥重量をそれぞれ測定し、図1のように頻度分布としてまとめた。

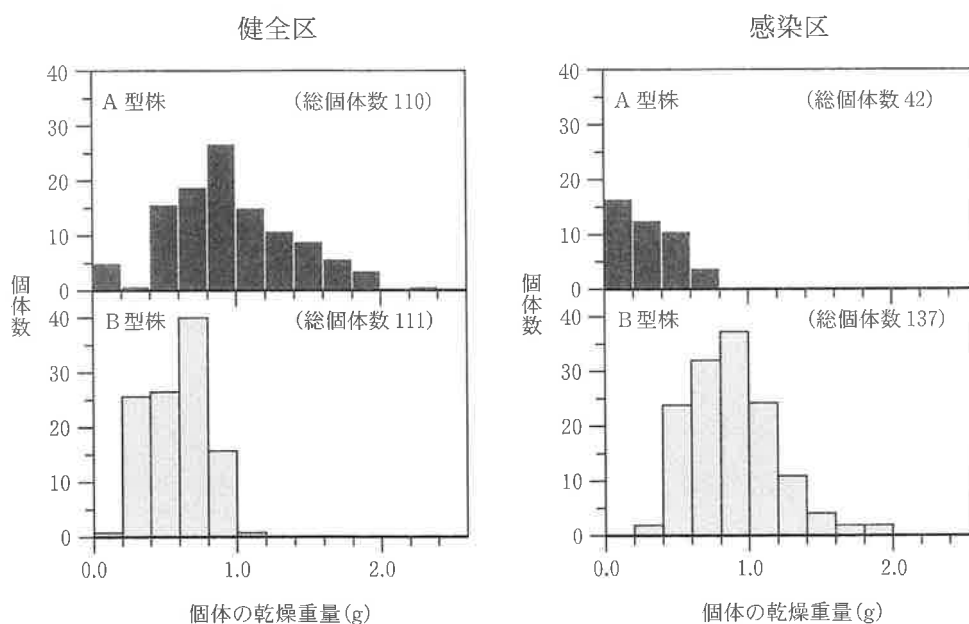


図 1

生物

アオバ：図1を見ると、個体によって乾燥重量が違うね。乾燥重量が大きい個体は小さい個体よりも高い位置に多くの葉を配置して、光をたくさん浴びることができるということだよ。

ミノリ：そうだね。つまり、光は植物の生存に必須の資源なので、個体が重いほど生存に有利になるということが言えるね。

アオバ：だけど、健全区のA型株ではB型株よりも重い個体が多いのに、個体数の差はほとんどないよ。

ミノリ：実験1では1年しか栽培していないからね。個体数が変わらなくても、(a) 個体の大きさが違うので、生産される種子数は変わってくるはずだよ。

問1 下線部(a)に関連して、実験1の健全区において、A型株とB型株が生産した種子数の総計は、それぞれ約2000個と約200個であった。個体の乾燥重量が同じであれば、A型株とB型株とが生産する種子数は互いに等しいとすると、草本Rの個体の乾燥重量と個体当たりの種子生産数との関係を表す近似曲線として最も適当なものを、図2中の①～⑤のうちから一つ選べ。

4

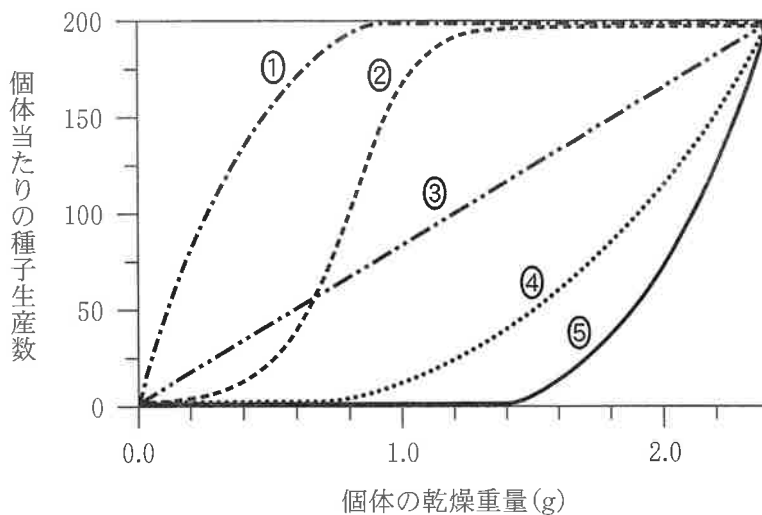


図 2

生 物

二人はさらに文献を調べ、**実験 1** が行われた歴史的背景に関する**資料 1** を見つけ、話し合った。

資料 1 1960 年代のオーストラリア南東部では、草本 R が外来種として侵入し、深刻な農業被害が発生していた。当時、多くの場所で農作物の脅威となったのは A 型株であった。そこで、1971 年に病原菌 P を海外から移入して A 型株に感染させ、草本 R の防除を図った。しかし、結果として、それまで少数派であった B 型株が多くの場所で繁茂し、農業被害を起し始めた。

アオバ：外来の病原菌を移入する際には、慎重な検討が必要だね。

ミノリ：B 型株が繁茂した理由を調べるために、**実験 1** が行われたんだね。

アオバ：(b) 1971 年を境に A 型株と B 型株に何が起こったのか、**図 1** をもとに考えてみようよ。

問 2 下線部(b)に関連して、**図 1** の結果と**資料 1** から導かれる、病原菌の移入前後のオーストラリアにおける草本 R の A 型株と B 型株の状況に関する考察として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

5

- ① 病原菌 P の移入前には、B 型株は A 型株が繁茂しない日照条件が悪い農地でのみ生存していたため、個体数の増加が抑えられていた。
- ② 病原菌 P の移入前には、B 型株は A 型株との非生物的環境をめぐる競争によって、個体数の増加が抑えられていた。
- ③ 病原菌 P の移入前には、B 型株は同型株どうしの生育場所をめぐる競争によって、個体数の増加が抑えられていた。
- ④ 病原菌 P の移入後には、B 型株は A 型株とは異なる生態的地位を占めるようになり、A 型株と B 型株の両方の個体数が増加した。
- ⑤ 病原菌 P の移入後には、B 型株は病原菌と相利共生の関係になり、A 型株に対する競争力を高め、個体数が増加した。
- ⑥ 病原菌 P の移入後には、A 型株の多くの個体が病原菌に対する抵抗性を獲得し、B 型株へと変化することで、B 型株の個体数が増加した。

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。



生 物

B 栽培種のカキも、病原菌に感染することで枯れたり成長が抑制されたりすることがある。そこで、トランスジェニック植物の作製技術を用いて、カキに病原菌に対する抵抗性を付与する研究が進められている。その実験方法の一例として、手順1～3がある。

手順1 薬剤Kの耐性遺伝子Xを組み込んだプラスミドを準備する。薬剤Kを与えると、遺伝子Xが導入されていない植物の細胞は増殖できないが、遺伝子Xが導入された植物の細胞は増殖することができる。(c)このプラスミドに病原菌に対する抵抗性を付与する遺伝子YのDNAを組み込み、図3のプラスミドを作製する。なお、作製したプラスミドにおいて、遺伝子Xと遺伝子Yはいずれも転写調節領域とプロモーターに連結されており、それぞれの遺伝子は導入された植物細胞で発現する。



図 3

手順2 図3のプラスミドをアグロバクテリウムに導入する。このアグロバクテリウムを、輪切りにしたカキの茎の細胞に感染させる。その後、茎から多数の新たな芽(不定芽)を形成させる。これらの不定芽には、遺伝子Xと遺伝子Yの両方が導入されたものと、どちらも導入されていないものがある。

手順3 (d)薬剤Kを含む培地で、手順2で得られた不定芽を培養する。その後、不定芽から植物体を再生させ、トランスジェニック植物を作製する。作製したトランスジェニック植物で(e)遺伝子Yが発現していることを確認する。

問 3 下線部(c)について、プラスミドに遺伝子 Y の DNA を組み込む際に必要な処理や操作に関する次の文中の **ア** ・ **イ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 **6**

遺伝子 Y の DNA の両端とプラスミドのそれぞれを **ア** で切断後、**イ** を用いて両者をつなぐ。

	ア	イ
①	制限酵素	DNA ヘリカーゼ
②	制限酵素	DNA リガーゼ
③	DNA ヘリカーゼ	制限酵素
④	DNA ヘリカーゼ	DNA リガーゼ
⑤	DNA リガーゼ	制限酵素
⑥	DNA リガーゼ	DNA ヘリカーゼ

問 4 下線部(d)について、トランスジェニック植物の作製過程で、この操作を行う理由として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 **7**

- ① 遺伝子 Y が導入された細胞で、遺伝子 Y の働きを適度に弱めるため。
- ② 遺伝子 Y が導入された細胞の分化を抑制し、導入されていない細胞の分化を促進するため。
- ③ 遺伝子 Y が導入されていない細胞が、増殖しないようにするため。
- ④ 遺伝子 Y が導入されていない細胞が、未分化な状態を維持するため。
- ⑤ 遺伝子 Y が導入された細胞とされていない細胞を同程度に増殖させるため。

生 物

問 5 下線部(e)について、図4はキクの染色体に組み込まれた遺伝子Yを模式的に示したものである。トランスジェニック植物における遺伝子Yの転写に関する後の文章中の **ウ**・**エ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 **8**

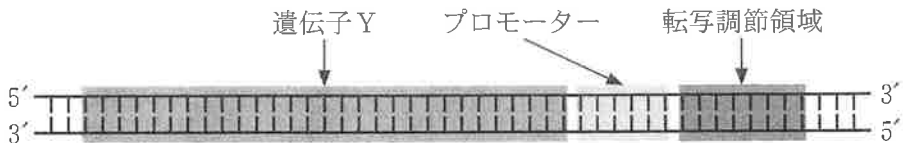


図 4

遺伝子Yは **ウ** によって転写される。遺伝子Yが転写される際にアンチセンス鎖(鋳型鎖)となるのは、図4に示す2本鎖のうち、**エ** の鎖である。

	ウ	エ
①	RNA ポリメラーゼ	上 側
②	RNA ポリメラーゼ	下 側
③	DNA ポリメラーゼ	上 側
④	DNA ポリメラーゼ	下 側

問 6 手順1～3により作製したトランスジェニック植物を自家受粉させて多数の種子を回収し、発芽させ、育てた。このとき得られた個体のうち、病原菌に対する抵抗性を持つ個体の割合として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、トランスジェニック植物を作製したキクは二倍体であり、遺伝子Yはキクの細胞で1本の染色体の1箇所を組み込まれたものとする。 **9**

- ① 25 % ② 33 % ③ 50 % ④ 75 % ⑤ 100 %

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。



生 物

第3問 次の文章を読み、後の問い(問1～5)に答えよ。(配点 19)

マウスの前肢と後肢やニワトリの翼と脚など、四足(四肢)動物の肢は、肢芽と呼ばれるふくらみから形成される。肢芽は、胚の前後軸に沿った特定の部位に移動してきた側板由来の細胞が、表皮に覆われて形成される。形成された肢芽は伸長し、外胚葉と中胚葉の相互作用によって、それぞれの部位に特有の肢を形成する。このことを学んだミハルさんとヒデヨさんは、この仕組みについて議論した。

ミハル：肢芽がそもそもからだのどこに形成されるかは、どの(a) ホックス(Hox)遺伝子がどの体節で働くかによって決まっているそうだよ。

ヒデヨ：だから、同じ鳥類でも、Hox 遺伝子の発現の場所が異なることで翼が生じる場所が変わるから、首が長いものと短いもののがいるんだね。

ミハル：Hox 遺伝子の発現する場所が変化しなくても、Hox 遺伝子によって直接的または間接的に制御される遺伝子の発現や働きを変えることでも、肢芽が本来とは別の場所に形成されたり、その肢芽が翼や脚を形成したりしそうだよね。

ヒデヨ：それは面白そうだね。そういう論文があるか、図書館で調べてみよう。

ミハルさんとヒデヨさんは、図書館に行って、ニワトリ胚の肢芽で外胚葉と中胚葉の相互作用を変化させた**実験1～3**を行った論文を見つけた。

実験1 肢芽が途中まで伸長した段階で、肢芽の先端の表皮を除去したところ、肢芽の伸長は停止した。しかし、表皮を除去した肢芽に、肢芽の先端の表皮から分泌されるタンパク質 W を染み込ませた微小なビーズを埋め込んだところ、肢芽は正常に伸長した。

実験 2 本来は枝芽を形成しないわき腹の表皮の下に、タンパク質 W を染み込ませた微小なビーズを埋め込んだところ、わき腹に新たな枝芽が形成された。新たに形成された枝芽は、翼になる枝芽の近くにあると翼を、脚になる枝芽の近くにあると脚を形成した。

実験 3 翼になる予定の前方の枝芽と脚になる予定の後方の枝芽との間で発現に違いのあるタンパク質を探したところ、前方の枝芽の側板由来の細胞から調節タンパク質 X が、後方の枝芽の側板由来の細胞から調節タンパク質 Y が、それぞれ見つかった。**実験 2** と同様にわき腹の中間に形成させた新たな枝芽で、調節タンパク質 X または調節タンパク質 Y を発現させたところ、枝芽はそれぞれ翼または脚を形成した。



ヒデヨ：論文を読むと、(b) 外胚葉と中胚葉の相互作用が変化することで2対の翼や2対の脚を持つニワトリができるのだから、形態形成の過程は想像以上に柔軟だということが分かるね。そういえば、この相互作用が邪魔されて2対の後肢が生えるカエルが、自然界でも見つかったそうだよ。

ミハル：でも、よく考えたら、**実験 3** だけでは、正常発生でからだの前方の枝芽が翼を形成する仕組みに、調節タンパク質 X が本当に必要かどうか分からないよね。

ヒデヨ：それを証明するためには、調節タンパク質 X の遺伝子を、ニワトリのからだの **ア** の枝芽で **イ** ，その部位で **ウ** が **エ** ことを確かめればいいんじゃないかな。

ミハル：なるほどね。次は、(c) 枝芽ができるときに、どの辺りの細胞が分裂して増えるか調べる方法を考えてみようよ。

ヒデヨ：(d) 正常発生で、わき腹で枝芽が形成されないようにしている仕組みにも興味があるね。

生 物

問 1 下線部(a)について、次の記述①~④のうち、正しい記述はどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①~⑩のうちから一つ選べ。 10

- ① 核に移動して DNA に結合するタンパク質の遺伝子である。
- ② 連鎖している遺伝子群である。
- ③ 母性効果遺伝子(母性因子)である。
- ④ バージェス動物群はまだ持っていなかったと考えられる遺伝子である。

- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ b, c
- ⑤ b, d ⑥ c, d ⑦ a, b, c ⑧ a, b, d
- ⑨ a, c, d ⑩ b, c, d

問 2 下線部(b)について、次の記述①~④のうち、二人の会話と実験 1 ~ 3 の結果とから導かれる考察はどれか。それを過不足なく含むものを、後の①~⑦のうちから一つ選べ。 11

- ① 正常発生において、からだのどこに肢芽を形成するかを最初に決めているのは、Hox 遺伝子を発現する中胚葉である。
- ② 肢芽の形成と伸長を支えているのは、外胚葉である。
- ③ からだの前方の肢芽が翼を形成することを決めているのは、からだの前方の外胚葉である。

- ① e ② f ③ g ④ e, f
- ⑤ e, g ⑥ f, g ⑦ e, f, g

問 3 次の文は、上の会話文の一部を再掲したものである。文中の **ア** ~ **エ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑥のうちから一つ選べ。 **12**

それを証明するためには、調節タンパク質 X の遺伝子を、ニワトリのからだの **ア** の枝芽で **イ** , その部位で **ウ** が **エ** ことを確かめればいいんじゃないかな。

	ア	イ	ウ	エ
①	前 方	強制的に働かせて	翼	できる
②	前 方	働かないようにして	翼	できない
③	前 方	働かないようにして	脚	できる
④	後 方	強制的に働かせて	翼	できる
⑤	後 方	強制的に働かせて	脚	できない
⑥	後 方	働かないようにして	脚	できない

問 4 下線部(c)に関連して、ミハルさんは、生体を構成する分子に目印をつけたものを一定時間取り込ませることによって、その時間内に分裂した細胞に目印を蓄積させ、分裂した細胞の場所を調べる方法を考えた。目印をつける分子は、細胞が増殖せずに活発に活動しているだけで蓄積してしまう分子ではなく、必ず細胞分裂に伴って取り込まれる分子でないといけない。目印をつけるべき分子として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 **13**

- ① メチオニン
- ② ウラシルを含む RNA のヌクレオチド
- ③ チミンを含む DNA のヌクレオチド
- ④ アセチル CoA

生 物

問 5 下線部(d)に関連して、ヒデヨさんは、わき腹になる領域の将来体節になる細胞(以下、予定体節細胞)が枝芽の形成を抑えていることを明らかにした論文を見つけた。そのなかで行われた実験とその結果として**適当でないもの**を、次の①~④のうちから一つ選べ。

14

- ① わき腹になる領域の予定体節細胞を死滅させたところ、枝芽になる細胞が盛んに細胞分裂する様子がみられた。
- ② わき腹になる領域の予定体節細胞を死滅させたところ、枝芽になる領域でタンパク質 W を発現する細胞数が減少した。
- ③ わき腹になる領域の予定体節細胞を除去し、枝芽になる領域の予定体節細胞に置き換えたところ、発現するタンパク質 W の量が増加した。
- ④ 枝芽になる領域の予定体節細胞を除去し、わき腹になる領域の予定体節細胞に置き換えたところ、生じた枝芽が小さかった。

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。



生物

第4問 次の文章を読み、後の問い(問1～3)に答えよ。(配点 12)

一般的に働きアリ(以下、アリ)は、餌を見つけると、腹部から分泌される道標^{みちしるべ}(a)フェロモンを地面に付けながら、巣と餌場との間を往復して餌を運ぶ。同じ巣のほかのアリが、これをたどりながら巣と餌場の行き来を繰り返すと、徐々にアリの行列ができる。アリの行列の形成過程における道標フェロモンの役割を調べるため、実験1・実験2を行った。

実験1 アリの巣と餌場との間を、図1のような二つの通路(通路A、通路B)でつないだ。しばらくすると、アリの行列が観察された。条件Ⅰでは通路Aと通路Bの長さを同じにし、条件Ⅱでは通路Aよりも通路Bを長くした。実験開始から30分経過した後に、通路Aと通路Bを通行しているアリの数を10分間記録した。条件Ⅰと条件Ⅱで各20回の試行を行い、両通路のうち通路Aを通行しているアリの割合が0-20%、20-40%、40-60%、60-80%、80-100%であることが観察された回数をそれぞれ数えたところ、表1の結果が得られた。図2は、条件Ⅰでの通路Aの通行率と、そのときの通路上のアリの分布の例を示したものである。なお、実験中のアリは巣と餌場の周囲以外では通路上のみを通行できるものとする。

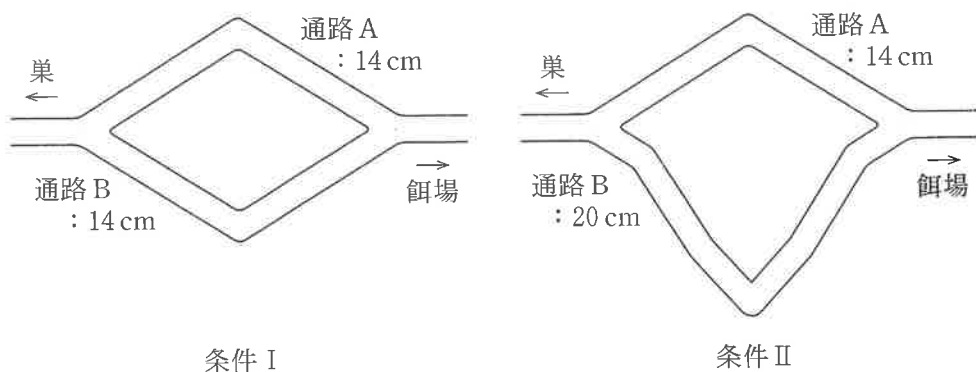


図1 通路を上から見た図

表 1

通路 A の通行率	0 - 20 %	20 - 40 %	40 - 60 %	60 - 80 %	80 - 100 %
条件 I での観察回数 (計 20 回)	7	3	1	2	7
条件 II での観察回数 (計 20 回)	1	2	0	1	16

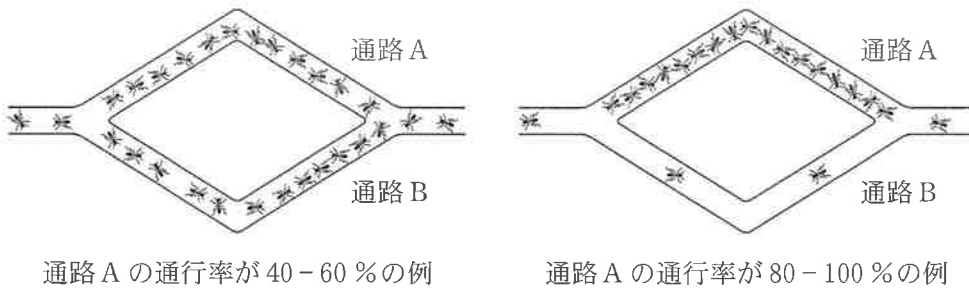


図 2

問 1 実験 1 の結果の記述として適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選べ。

ただし、解答の順序は問わない。 15 ・ 16

- ① 条件 I では、各試行における、通路 A および通路 B の通行率は、それぞれ約 50 % になった。
- ② 条件 I では、各試行における行列は、通路 A と通路 B とに交互にできた。
- ③ 条件 I では、20 試行中の 14 試行で、80 % を超えるアリが、通路 A または通路 B のどちらかに集中した。
- ④ 条件 I ・ 条件 II とともに、通路 A と通路 B の両方にほぼ同数のアリが行列をつくった観察回数は、全体のなかで最も少なかった。
- ⑤ 条件 II では、20 試行中の 16 試行で、80 % を超えるアリが通路 B を通行した。
- ⑥ 条件 II では、通路の長短はアリの通路の選択に影響しなかった。

生 物

実験2 図3左のように、通路Cだけが存在する状態で実験1と同様の実験を行った。行列ができて30分後に、図3右のように通路Cより短い通路Dを追加し、その後、各通路を通行するアリの数を10分間記録した。その結果、通路Dを通行するアリが少数観察されたが、ほとんどの試行で多くのアリが通路Cを通行する状態が続いた。なお、実験を通じて餌は十分にあり、アリは餌を運び続けた。

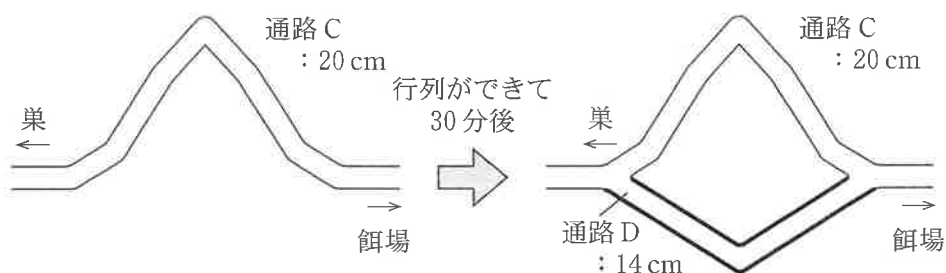


図 3

問2 実験1・実験2の結果から導かれる次の考察文中の **ア** ~ **エ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。

17

実験1の条件Ⅱで得られた結果は、試行開始後、単位距離当たりのアリの通行量が、通路 **ア** で多く、その後も個々のアリが道標フェロモン濃度のより高い通路を通行し続けたことによるものと考えられる。

実験2のほとんどの試行では、通路Dが新たに追加された後、少数のアリが通路Dを通行し、餌場にたどり着くと道標フェロモンを通路Dに付けた。しかし、通路Dは通路Cよりも道標フェロモンの濃度が相対的に **イ** 状態が続くので、多くのアリが通路Cを通行し続け、通路Cの道標フェロモンは濃度が相対的に **ウ** 状態が続いたと考えられる。いずれの実験結果も **エ** のフィードバックで説明できる。

	ア	イ	ウ	エ
①	A	高 い	低 い	正
②	A	高 い	低 い	負
③	A	低 い	高 い	正
④	A	低 い	高 い	負
⑤	B	高 い	低 い	正
⑥	B	高 い	低 い	負
⑦	B	低 い	高 い	正
⑧	B	低 い	高 い	負

問 3 下線部(a)に関連して、生物が体外に放出する化学物質の働きに関する次の記述のうち、フェロモンの働きとして誤っているものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 18

- ① カイコガのメスが、オスを誘引する。
- ② ミツバチのコロニーにおいて、女王バチが、働きバチの性成熟を抑制する。
- ③ チャバネゴキブリが、ほかの個体を誘引して群れを形成する。
- ④ 同じ巣のアリどうしが、同じコロニーの仲間であることを伝える。
- ⑤ 巣への侵入者を発見したミツバチが、コロニーの仲間に警戒を促す。
- ⑥ アブラムシが、アリを誘引する。

生物

第5問 次の文章を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。(配点 16)

(a) 被子植物は、植物の中で最も多様化している。この理由の一つは、動物を利用することで花粉をほかの個体の柱頭へと付着させ、(b) 有性生殖によって子孫を残す効率を高めることができる仕組みを獲得したためである。例えば、被子植物に見られる多様な花の色や模様は、花粉を運ぶ動物(送粉者)に花の存在や、餌となる蜜や花粉のありかを知らせることで、送粉者を効率よく誘引することに役立つ特徴である。

被子植物の主要な送粉者である昆虫は、ヒトが感知できない花の色や模様を目印に訪花する。これは、ヒトと昆虫とでは(c) 視細胞の発生過程が異なるだけでなく、(d) 昆虫は紫外線を感じできる視細胞を持つためである。このように、私たちヒトが感知できない情報のやり取りも、生物の多様化に関与している。

問1 下線部(a)に関連して、次の記述①～③のうち、被子植物がほかの植物と共通して持つ特徴はどれか。それを過不足なく含むものを、後の④～⑦のうちから一つ選べ。

19

- ① 表皮がクチクラ(クチクラ層)で覆われる。
- ② シヤジクモ類と同じ光合成色素を持つ。
- ③ 果実の中に種子がつくられる。

- ④ ①, ②
- ⑤ ①, ③
- ⑥ ②, ③
- ⑦ ①, ②, ③

問 2 下線部(b)に関連して、有性生殖が多様な遺伝子型をつくる仕組みに関する次の文章中の $\boxed{\text{ア}}$ ・ $\boxed{\text{イ}}$ に入る数値として最も適当なものを、後の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

ア $\boxed{20}$ ・ イ $\boxed{21}$

ある常染色体に、三つの連鎖した遺伝子座が存在し、それぞれで対立遺伝子がヘテロ接合している個体を想定する。この個体が形成する配偶子における対立遺伝子の組合せの種類は、減数分裂の際に相同染色体の乗換えが全く起こらない場合には $\boxed{\text{ア}}$ 種類であり、乗換えが自由に起こった場合には最大 $\boxed{\text{イ}}$ 種類になる。こうした相同染色体の乗換えによる遺伝子の組換えは、減数分裂の際に全ての染色体で起こるため、有性生殖により多様な遺伝子型を持つ子孫がつくられる。

- | | | | |
|-----|-----|-----|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 |
| ⑤ 6 | ⑥ 8 | ⑦ 9 | ⑧ 36 |

生 物

問 3 下線部(C)に関連して、ショウジョウバエの眼は、複数の個眼から構成される複眼であり、各個眼には視細胞として R1～R8 の光受容細胞が 1 個ずつある。8 個の光受容細胞は R1～R6, R7, R8 の 3 種類に大別され、それぞれ異なる波長の光に反応する。遺伝子 X が働かない変異体 X と、遺伝子 Y が働かない変異体 Y では、R1～R6 と R8 は正常に分化するが、R7 は分化しなくなる。遺伝子 X と遺伝子 Y に関する次の考察を導くための実験として適当でないものを、後の①～⑤のうちから一つ選べ。

22

将来 R7 になる細胞において遺伝子 X からつくられるタンパク質 X が、R8 において遺伝子 Y からつくられるタンパク質 Y の受容体として働き、R7 の分化が誘導される。

- ① タンパク質 X が細胞のどこに存在するかを調べる。
- ② 遺伝子 X の mRNA がどの細胞で転写されているかを調べる。
- ③ 遺伝子 X の発現をどの細胞で阻害したら、R7 が分化しなくなるかを調べる。
- ④ 遺伝子 Y の発現をどの細胞で阻害したら、R7 が分化しなくなるかを調べる。
- ⑤ タンパク質 X が遺伝子 Y の転写調節領域に結合するかを調べる。

問 4 下線部(d)に関連して、野生型のショウジョウバエと問 3 の変異体 Y とを用いて、実験 1 を行った。後の記述①～⑥のうち、実験 1 の結果から導かれる、ショウジョウバエの光走性と光受容細胞に関する考察はどれか。それを過不足なく含むものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。 23

実験 1 暗所において、図 1 のように、透明な容器の中心に野生型または変異体 Y を入れ、光を照射せずに 1 分間放置したところ、どちらも容器全体に一様に広がった。次に、容器に一定の可視光や紫外線を照射して 1 分間放置したところ、ショウジョウバエの分布は図 2 のようになった。

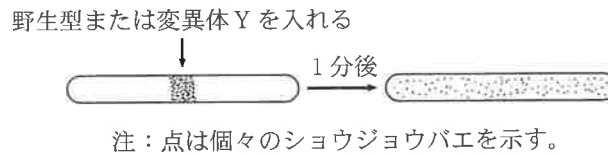


図 1

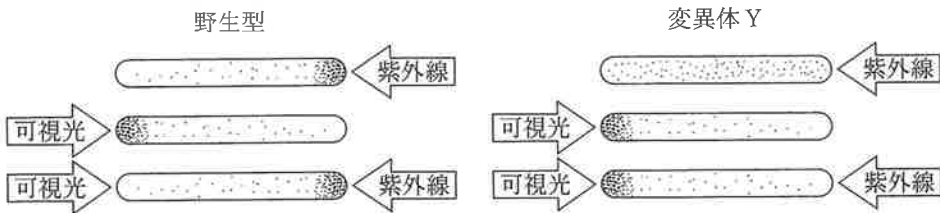


図 2

- ① 紫外線に対する正の光走性には、R 7 が紫外線に反応することが必要である。
- ② R 7 が分化しないと、紫外線に対して負の光走性を示す。
- ③ 可視光に対する正の光走性には、R 1 ～R 8 の全てが分化する必要がある。

- ① d
- ② e
- ③ f
- ④ d, e
- ⑤ d, f
- ⑥ e, f
- ⑦ d, e, f

生 物

第 6 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 19)

宮沢賢治が「サムサノナツハオロオロアルキ」と詠んだ夏場の低温による凶作では、 10°C を上回る温度でも、イネの^(a)種子が形成されにくくなる。その原因は、^(b)低温では成熟した花粉が正常に形成されないことにある。この現象を調べるため、^(c)イネの花のおしべが分化してから花粉が成熟するまでの約 20 日間の発生の過程を調べたところ、表 1 の結果が得られた。成熟した花粉が正常に形成されない現象は、^(d)表 1 の発生段階のどこかが低温において進行しなくなっていることが原因と考えられる。

他方、冬場の低温においては、 0°C 以下になると細胞内の水が凍結し、生じた氷の結晶により細胞が破壊されることがある。しかし、^(e)徐々に温度が低下した場合には、植物は凍結による細胞の破壊を回避できることがある。

表 1

発生段階	花と花粉の様子
I	おしべが分化する
II	^{やく} 葯の見かけが完成し、葯の中が花粉母細胞で満たされる
III	減数分裂により、花粉母細胞から花粉四分子が形成される
IV	花粉四分子がばらばらになる
V	花粉管細胞と雄原細胞が形成される
VI	花粉が成熟する

問 1 下線部(a)に関連して、一般的な被子植物の種子の形成から発芽に至る過程における現象の記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

24

- ① 胚珠全体が、種子では種皮になる。
- ② 受精卵は、細胞分裂を経ずに胚となる。
- ③ 発芽前の種子では、まだ器官の分化はみられない。
- ④ 種子は、成熟すると乾燥に対して強くなる。
- ⑤ 種子は、アブシシン酸の含有量が増えると発芽しやすくなる。

生 物

問 2 下線部(b)に関連して、低温が花粉の形成に与える影響を調べるため、花粉の成熟に至る途中の様々な時期のイネを 12℃ の低温にさらして受精しなかった割合を調べ、発生段階ごとに示したところ、図 1 の結果が得られた。この結果から考えられる低温の影響の記述として最も適当なものを、後の①～⑤のうちから一つ選べ。なお、図中の I～V は、表 1 の発生段階である。

25

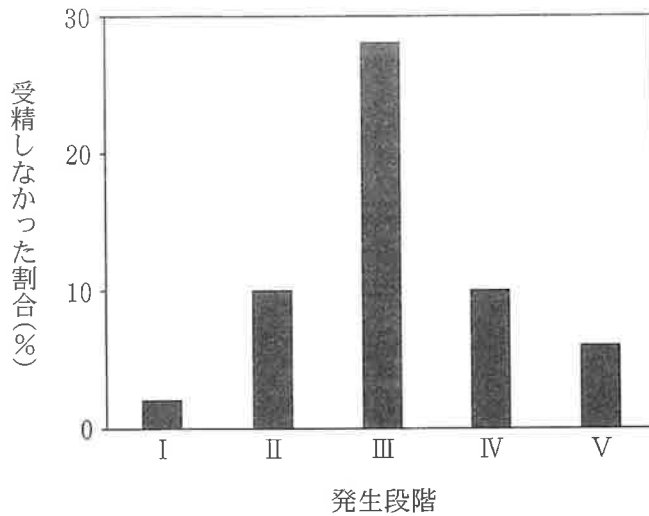


図 1

- ① 花粉管細胞と雄原細胞の形成は、低温の影響を大きく受ける。
- ② 花粉四分子の形成は、他の段階よりも低温の影響を受けやすい。
- ③ 低温により、おしべが分化しなくなる。
- ④ 成熟した花粉は、低温にさらされると受精の能力を失う。
- ⑤ どの発生段階であっても、低温にさらされることにより受精の効率は 10% 以上低下する。

問 3 下線部(C)に関連して、イネでは、花芽形成前の茎は見かけより短く、茎頂分裂組織が地面近くにあり(図 2)、葉や花穂はここから分化して伸びる。イネの成長のある時期(以下、時期 X)に、水田の水深を、イネの下半分が水につかるくらいまで深くしておくのと、気温が一時的に低下しても、花粉の形成には大きな影響がなかった。この結果から導かれる考察として適当でないものを、後の①～⑤のうちから一つ選べ。

26

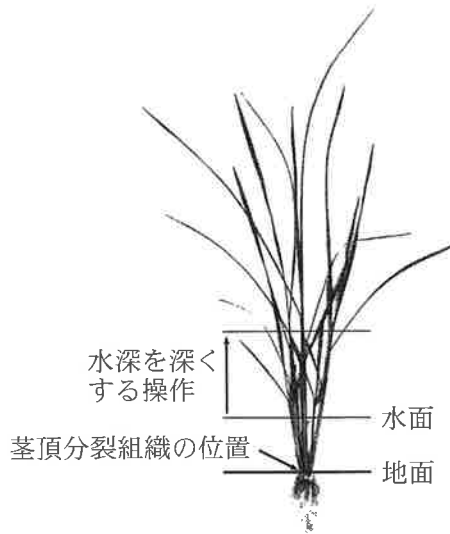


図 2

- ① 時期 X に植物体の上半分だけが低温にさらされても、花粉の形成は影響を受けない。
- ② 時期 X に花粉四分子の形成が起こった。
- ③ 花穂が水面下にあることにより、気温の一時的な低下から花粉の形成が保護された。
- ④ 花粉の成熟が遅れたままで花穂が伸びたときには、花粉の形成を低温から保護するために、水田の水深をより深くする必要がある。
- ⑤ 時期 X に水田の水深を深くした際の気温の一時的上昇は、気温が変化しない場合と比べて、種子の実る割合を低下させる。

生 物

問 4 下線部(d)に関連して、低温処理が花粉の形成に与える影響を調べるため、実験1を行った。実験1の結果から導かれる後の考察文中の **ア** ~ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 **27**

実験1 ジベレリン合成能力の変化が原因で草丈が低い矮性^{わいせい}のイネでは、普通の草丈のイネに比べて、低温で処理した際には異常な花粉の割合がさらに高くなった。また、普通の草丈のイネを低温で処理したときの葯のジベレリンの量を測定したところ、処理しなかったものと比較して減少していた。さらに、この処理の際に根からジベレリンを吸収させたところ、正常な花粉の割合が回復した。

ジベレリンには、草丈を **ア** する働きと、低温にさらされたときの花粉の形成を **イ** 働きとがある。花粉の形成におけるジベレリンの働きから考えると、品種改良された草丈が低く倒伏しにくい現代のイネは、品種改良される前のイネに比べて、低温に対して **ウ** なっている可能性がある。

	ア	イ	ウ
①	高 く	阻害から守る	弱 く
②	高 く	阻害から守る	強 く
③	高 く	阻害する	弱 く
④	高 く	阻害する	強 く
⑤	低 く	阻害から守る	弱 く
⑥	低 く	阻害から守る	強 く
⑦	低 く	阻害する	弱 く
⑧	低 く	阻害する	強 く

問 5 下線部(e)に関連して、植物が 0°C を大きく下回るような低温での凍結をどのように回避しているかを調べるため、実験 2 を行った。

実験 2 実験室でよく栽培されるシロイヌナズナの植物体を、通常の生育温度である 23°C から急速に -15°C に温度を下げて数時間処理すると、 23°C に戻してもすぐに枯れてしまった。しかし、あらかじめ生育温度を通常の 23°C から 2°C に下げて 3 日間栽培して寒さに慣らしてから -15°C の低温処理を数時間行った場合、植物は枯れずに生き続けることができた。また、 -15°C にさらされても生き残った植物の細胞内の糖やアミノ酸の量は、通常に生育させた植物に比べて増えていた。

この実験の結果から、細胞内の糖やアミノ酸を増やすことが、凍結による細胞の破壊を回避するために有効であると考えた。この考えが正しいかどうかを調べるために追加すべき実験として適当でないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

28

- ① まず -15°C で数時間処理し、次いで 2°C に移して 3 日後に糖やアミノ酸の量を測定する。
- ② -15°C での処理による細胞の破壊の程度を、あらかじめ 2°C での栽培をする場合としない場合とで比較する。
- ③ 2°C で 3 日間栽培する前後で、糖やアミノ酸の量を比較する。
- ④ 増えた糖やアミノ酸の合成に関わる酵素の遺伝子が働かなくなるようにした株が、 -15°C の低温処理に対して弱くなるかどうかを調べる。
- ⑤ 増えた糖やアミノ酸の合成に関わる酵素の遺伝子を過剰に働くようにした株が、 -15°C の低温処理に対して強くなるかどうかを調べる。