

令和2年度前期日程入学試験問題

生 物

教 育 学 部

理 学 部

工 学 部

農 学 部

注 意 事 項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ② 問題冊子は17ページ(表紙、白紙を除く)です。試験開始後、確認してください。
- ③ 問題は①から④まで4題あります。
- ④ 解答は、解答用紙の指定の欄に記入しなさい。
- ⑤ 解答用紙は、(その1)と(その2)の2枚あります。
(その1)には①と②(裏)の解答欄が、
(その2)には③と④(裏)の解答欄があります。
- ⑥ それぞれの解答用紙の指定の欄に受験番号を記入しなさい。
- ⑦ 字数が指定されている問については、アルファベット、算用数字を含め、1マスに1字ずつ記入しなさい。

1 次の文章を読み、問1～5に答えよ。

植物は、病原体の感染、昆虫や植食性動物による食害などを原因とした成長が阻害された状態(ストレス)に応答する仕組みを備えている。

植物の表皮やクチクラ層は、病原体の侵入を物理的に防いでいる。物理的に防ぎ切れなかった病原体が植物体内に侵入すると、病原体の構成成分が細胞膜にある受容体^①で受容される。受容体によって病原体の存在が感知されると、植物はさまざまな応答を示す。その1つは過敏反応と呼ばれる、感染部位の近くで起きる自発的な細胞死である。過敏反応には、病原体を感染部位に閉じ込め、病気が全身に広がるのを防ぐ効果がある。

このほかの応答としては、リグニンや抗菌物質の合成がある。リグニンは細胞壁に蓄積する高分子物質で、通常は道管などの組織に含まれる。病原体が感染したときに合成されるリグニンは、感染部位の周辺に広く蓄積して細胞壁を強化し、病原体に対する物理的障壁を形成する。

また、昆虫によって食害を受けた植物では、ポリペプチドでできたシステムインと呼ばれる植物ホルモンがつくられる。システムインは、食害情報の伝達物質として働く の合成を誘導する。 は、さまざまなタンパク質の合成を誘導する。そのなかには消化を阻害する作用をもつものが大量に含まれており、昆虫の成長を妨げ、昆虫による食害の拡大を防ぐと考えられている。

イネの害虫であるセジロウンカ*は、水田で増え、イネの葉や茎に針のような口を刺して養分を吸う(吸汁とよぶ)。この吸汁行動でセジロウンカの唾液がイネ体内に入る。一方、菌類によるイネの病気である「いもち病」の被害も同じ時期におこることが知られている。

このセジロウンカによる被害を受けたイネの葉における と抗菌物質の蓄積量を分析した。比較として、無処理区とともに、セジロウンカの吸汁を想定した細い針を用いた機械的な傷を与えた区(付傷区)を設け、蓄積量を比較した。その結果、セジロウンカが吸汁したイネで と抗菌物質の蓄積量が他の処理区に比べて多かった。^③

*セジロウンカ

イネの害虫として知られており，体長は約4 mm，背中に白い線がある。幼虫も成虫もイネから養分や水分を得ている。

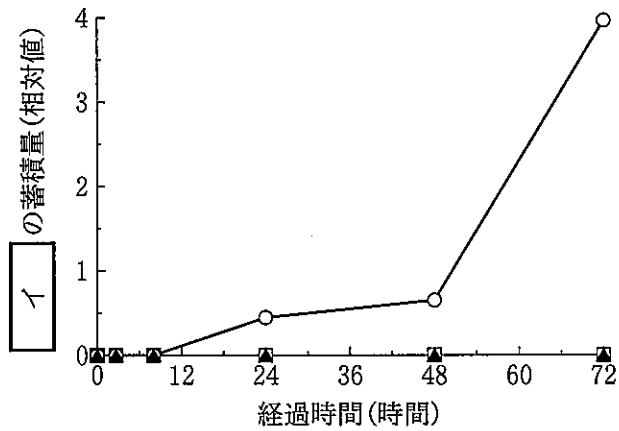


図1 セジロウカの加害時間の変化とイネにおける **イ** の蓄積量の変化
 ○：セジロウカ加害区，▲：細針を使用した機械的付傷区，□：無処理区

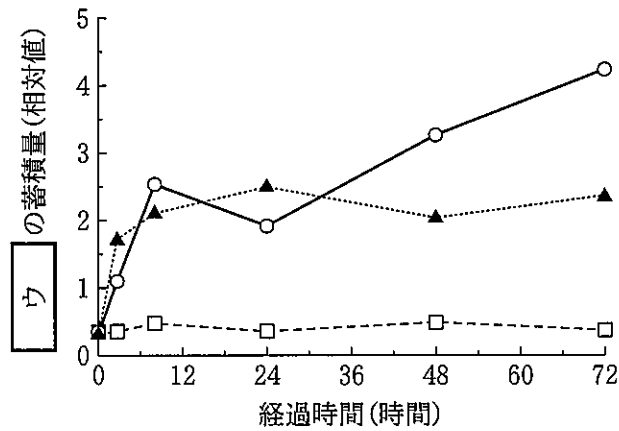


図2 セジロウカの加害時間の変化とイネにおける **ウ** の蓄積量の変化
 ○：セジロウカ加害区，▲：細針を使用した機械的付傷区，□：無処理区

図1，2 (菅野紘男『昆虫の加害によって植物に蓄積される植物ホルモンとフィトアレキシン』化学と生物 51 巻，2013 年，p. 364-365，一部改変)

問 1 下線部①の病原体の多くは、細菌や菌類などの微生物である。下記の生物から菌類をすべて選べ。

ミドリムシ 乳酸菌 スギゴケ アカパンカビ
大腸菌 シイタケ

問 2 本文中にあるように、リグニンは、感染部位の周辺に蓄積して細胞壁を強化し、物理的障壁を形成することで病原菌の感染を防いでいる。下線部②の抗菌物質にはどのような作用があるのか。25字以内で説明せよ。

問 3 本文中の に適切な語句を入れよ。

問 4 下線部③の結果を図 1，2 に示した。次の(1)，(2)に答えよ。

(1) 図中の , は, または抗菌物質のどちらかである。抗菌物質はイまたはウのどちらか答えよ。

(2) 本文を参考にして、(1)で答えた理由を 100 字以内で説明せよ。なお、以下の語句を用いること。ただし、複数回用いてもよい。

病原体

問 5 稲作水田におけるセジロウンカと「いもち病」の発生面積の年次変動に関するデータを解析したところ、セジロウンカの発生が多い年には、いもち病の発生が少ないことが明らかとなった。本文を参考にして、この理由を 100 字以内で説明せよ。なお、以下の語句を用いること。ただし、複数回用いてもよい。

病原体

2 次の文章を読み、問1～4に答えよ。

カタツムリには「右巻き」と「左巻き」があり(図1)、これは種によって決まっている。多くの種は右巻きであり、左巻きの種は少ない。様々な種のカタツムリのDNAを分析した結果、左巻きの種は右巻きの種から生じたと考えられている。また、カタツムリの右巻きと左巻きは、1つの遺伝子座で決まっており、右巻きのカタツムリの集団に突然変異で左巻きのカタツムリが出現することがある。左巻きの個体も生殖能力をもつが、カタツムリは交尾の際に向かい合って生殖孔(右巻きの個体は体の右側、左巻きの個体は体の左側にある)を対面させる必要があるため、巻き型が異なる個体間では交尾をすることができない。したがって、^①右巻きの集団の中に1個体だけ左巻きの個体が出現しても、その個体は子孫を残すことができず、左巻きの個体は絶えてしまう。しかし、もし右巻きの集団内で複数個体の左巻きの突然変異個体が出現すれば、左巻きの個体同士では交尾を行うことができるが、右巻きの個体とは ア があるため、左巻きの集団が形成され、種分化する可能性がある。このように左巻きの種が右巻きの種から種分化するの^②は、偶然に偶然が重なる極めて低い確率によってのみ生じるものであり、これが左巻きの種が少ない原因であると考えられている。

ところが、カタツムリを専門に捕食するセダカヘビ類が分布している地域では、左巻きの種が比較的多く生息する(図2)。このヘビは、カタツムリの殻のサイズにかかわらず、殻ごと捕食するわけではなく、^は這っているカタツムリの軟体部に^か噛みつき、噛みついた下あごをそのままカタツムリの殻の中に挿しこみ、殻の中からカタツムリの体を引きずりだして捕食する。セダカヘビ類の下あごの歯の数は左右で異なり、右の歯の数が左よりも多いという特徴がある。沖縄の西表島に生息し、カタツムリを専門に捕食するイワサキセダカヘビも、他のセダカヘビ類と同様に右の歯が左の歯よりも多いことが知られている。オナジマイマイという右巻きの種のカタツムリで発見された左巻きの突然変異系統を用いて、イワサキセダカヘビの捕食実験を行ったところ、左巻きのオナジマイマイでは、右巻きの個体に比べて捕食成功率が低かった。このことから、セダカヘビ類の右の歯の数が左よりも多いのは、右巻きのカタツムリを捕食するのに有利であるためと

考えられている。実際に野外のイワサキセダカヘビを捕獲して、糞の内容物から消化されないで排泄されていたカタツムリの歯舌*を調べたところ、捕食されていたカタツムリはすべて右巻きの種であった。

*歯舌

カタツムリの口の中にある硬い舌のような器官。やすり状で、食物を削り取って食べるのに使う。歯舌は、種の名前を明らかにするために用いられる。

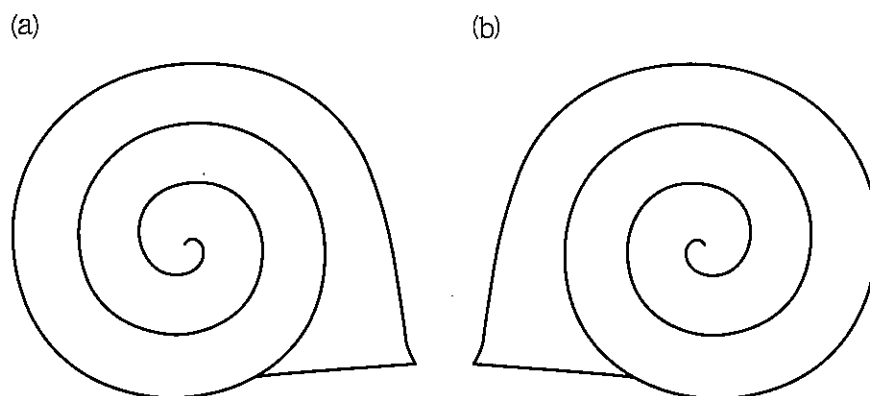
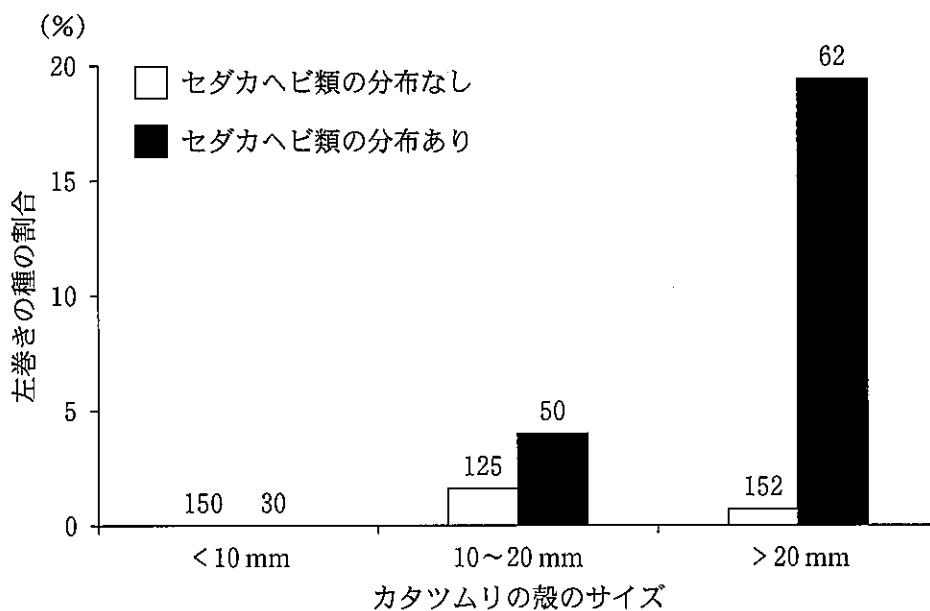


図1 右巻きのカタツムリ(a)と左巻きのカタツムリ(b)



カタツムリの殻のサイズ	セダカヘビ類の分布	調査したカタツムリの種数	左巻きの種の割合 (%)
< 10 mm	なし	150	0
	あり	30	0
10~20 mm	なし	125	1.6
	あり	50	4.0
> 20 mm	なし	152	0.7
	あり	62	19.4

図2 セダカヘビ類の分布と左巻きカタツムリの種の割合との関係
カタツムリの殻のサイズごとに分けて示した。

問 1 ア には、下線部①のように異なる形質をもつ集団に属する個体間で交配ができなくなる状態を示す語句が入る。適切な語句を答えよ。

問 2 下線部②の種分化は、進化のひとつの例である。以下のA～Eの中で、生物学的に進化といえるものはどれか。進化といえるものには○を、進化といえないものには×を解答欄に記入せよ。

A 変化球を打てなかった野球選手が多くの練習をした結果、変化球を打てるようになる。

B チョウの幼虫がさなぎを経て成虫になる。

C ある害虫に有効な殺虫剤を毎年繰り返し散布すると、その殺虫剤が効かなくなる。

D インフルエンザを発症して回復した後、しばらくは同じ型のインフルエンザは発症しなくなる。

E ランの花の蜜を吸うハチドリのくちばしの形がランの花の形に合わせて変化し、ハチドリに花粉を運ばせるランの花の形がハチドリのくちばしの形に合わせて変化する。

問 3 図 2 をみると、カタツムリの殻のサイズが小さくなればなるほど、セダカヘビ類の分布の有無と、左巻きの種の割合との関係に差が無くなっていくことがわかる。この理由を 75 字以内で述べよ。

問 4 カタツムリを捕食するセダカヘビ類が分布する地域では、右巻きのカタツムリから左巻きのカタツムリへの種分化が複数回生じたため、左巻きの種数が多くなったと考えられている。なぜ、セダカヘビ類が分布している地域では、分布していない地域に比べて種分化が多く起こるのか。その理由を、進化的観点から 150 字以内で述べよ。なお、以下の語句をすべて用いること。ただし、複数回用いてもよい。

突然変異 生存率 捕食 集団 種分化

3 次の文章を読み、問1～3に答えよ。

地球上にこれまでに生き、そして現在生きている生物は、その形や生活の仕方などにおいてさまざまである。このことを「生物多様性」もしくは「生物の多様性」という。生物多様性は、『生物の多様性に関する条約』においても示されているように、一般的には、次の3つの段階をもつとされている。この3つは、(1)ある1つの種内において個体によって異なる対立遺伝子をもつことに基づく「遺伝的多様性」(または「遺伝子の多様性」)、(2)ある生態系もしくはある地域における種^①の豊富さとそこにおいてそれぞれの種が相対的に占める個体数割合(「相対的個体数割合」, または「相対優占度」もしくは「均等性」)によって評価される「種の多様性」, そして(3)ある一定の空間での生態系の多様さである「生態系の多様性」である。

生態系とは、ある地域に生息する生物すべてと生物をとりまく温度などの非生物的環境を構成要素とする系全体である。構成する生物の間にはさまざまなかわりあいがあると同時に、生物は非生物的環境から影響を受ける一方、生物も非生物的環境に影響を与えている。非生物的環境が生物に影響を与えることを といい、生物が非生物的環境に影響を与えることを という。

生物多様性の3つの段階は、互いに独立したものではなく、相互に深く関連している。ある生態系におけるある1種の遺伝的多様性の減少がその生態系における種^②の多様性の減少につながったり, 逆にある生態系の種の多様性の減少が遺伝的多様性の減少を引き起こすことが、これまでの研究で示されている。

問 1 文中の ア と イ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部①の多様性は、横軸の値をそれぞれの種の相対的個体数割合の大きい種からつけた順位(軸ラベルは「順位」とする)とし、縦軸の値を相対的個体数割合(軸ラベルは「個体数割合」とする)としてグラフに示すことで、生態系間で視覚的に比較できる。次の(1)、(2)に答えよ。

(1) 12 ページの表に出現種と各種の相対的個体数を示した 4 つの生態系について、生態系 1 について示したグラフ(図)を参考にして、生態系 2 ~ 4 のグラフを、生態系 2 は(a)に、生態系 3 は(b)に、生態系 4 は(c)に作図せよ。

(2) (1)で作図したグラフに基づくと、種の多様性の大きい方から生態系 3、生態系 1、生態系 2、生態系 4 となると判断できる。生態系 3 の種の多様性が最も大きいと判断した理由を 100 字以内で述べよ。なお、以下の語句をすべて用いること。ただし、複数回用いてもよい。

種数 相対的個体数割合 優占

問 3 下線部②のように、ある 1 つの種の遺伝的多様性の減少が、生態系の種の多様性の減少につながる可能性がある理由を 150 字以内で述べよ。

表 生態系 1～4 における出現種と各種の相対的個体数割合

種	相対的個体数割合(各種個体数/各生態系総個体数)			
	生態系 1	生態系 2	生態系 3	生態系 4
A	0.21	0.2	0.1	—
B	0.08	0.28	0.09	0.06
C	0.22	—	0.07	0.04
D	0.05	0.1	0.13	—
E	0.02	0.03	0.09	0.16
F	0.02	0.04	0.08	0.36
G	0.03	—	0.12	0.37
H	0.05	0.27	0.14	—
I	0.06	—	0.07	0.01
J	0.26	0.08	0.11	—

「—」はその種が出現しなかったことを示す。

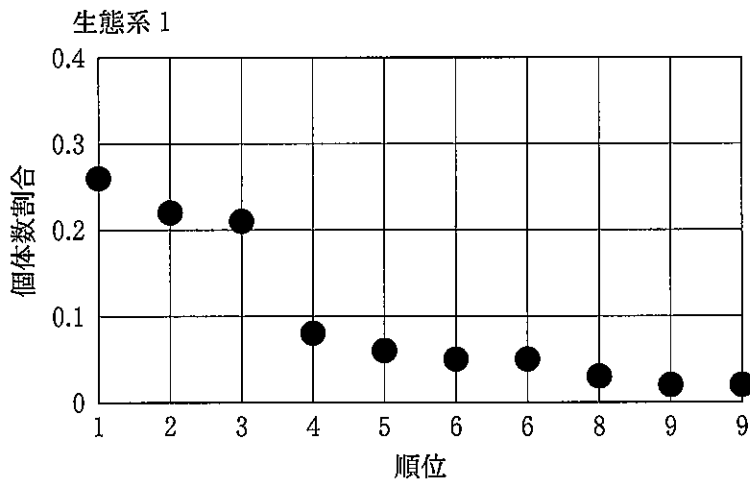


図 生態系 1 における各種の順位と相対的個体数割合の関係

4 次の文章を読み、問1～3に答えよ。

ホルモンは、内分泌腺で合成されて、血液中に分泌される物質で、体内を循環し、特定の器官や組織に運ばれて作用する。昆虫の脱皮や変態を制御する脂溶性ホルモンであるエクジステロイドと幼若ホルモンも、内分泌腺で合成されて血液中に放出され、皮膚などのさまざまな標的器官で脱皮や変態に関係する遺伝子の転写調節を行う。

幼虫からさなぎを経て成虫となる完全変態昆虫であるカイコガは、卵からふ化した幼虫(1齢幼虫)が4回脱皮して5齢幼虫になった後、さなぎを経て成虫になる(図1)。エクジステロイドは前胸腺、幼若ホルモンはアラタ体で合成、分泌され(図2)、成長途中の幼虫では血液中の幼若ホルモンの濃度が高い(図3)。この時期の幼虫において、血液中のエクジステロイドの濃度が上昇すると幼虫への脱皮が誘導される(図3)。一方、幼虫の成長が進むと幼若ホルモンの濃度が急激に低下する。この後にエクジステロイドの濃度が上昇するとさなぎへと変態する(図3)。カイコ(カイコガの幼虫)の3齢幼虫からアラタ体を除去すると、4齢幼虫^①にならずに、小さなさなぎになる。

幼若ホルモンに関係する遺伝子A、B、Cの発現についてカイコを使って以下の実験を行った。まず、遺伝子AとBそれぞれについて、遺伝子が発現しなくなるノックアウトカイコを作製して飼育し、成長の様子を観察した。すると、遺伝子Aをノックアウトしたカイコは、卵からふ化して1齢幼虫、2齢幼虫を経て3齢幼虫になった後、4齢幼虫にならずに小さなさなぎになり、その後小さな成虫になった。遺伝子Bをノックアウトしたカイコは、3齢幼虫になった後、4齢幼虫にはならず死んでしまった。

次に、遺伝子A、Bのノックアウトが、幼虫の皮膚における遺伝子A、B、Cの発現にどのような影響を与えるかを調べた。その際に、幼若ホルモンを与えたときの影響についても検討した。2齢幼虫の腹部の皮膚に幼若ホルモンを滴下することで塗布した後、腹部の皮膚における遺伝子A、B、CのmRNAの量を調べたところ、図4のようであった。また、遺伝子Aについては幼若ホルモンを与えていないカイコのアラタ体におけるmRNAの量も調べた(図4a)。

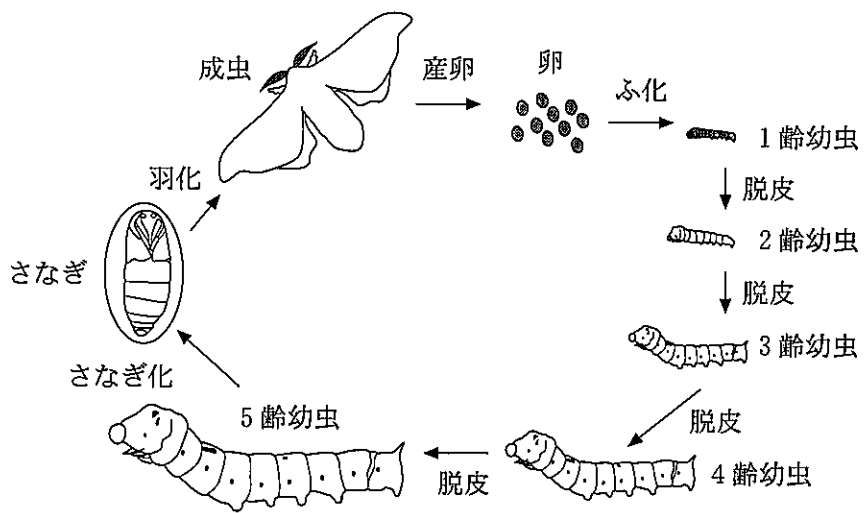


図1 カイコガの生活環

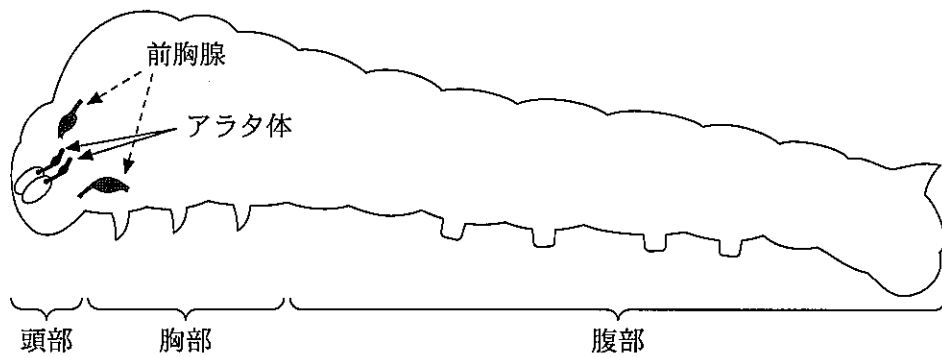


図2 カイコのホルモン分泌器官

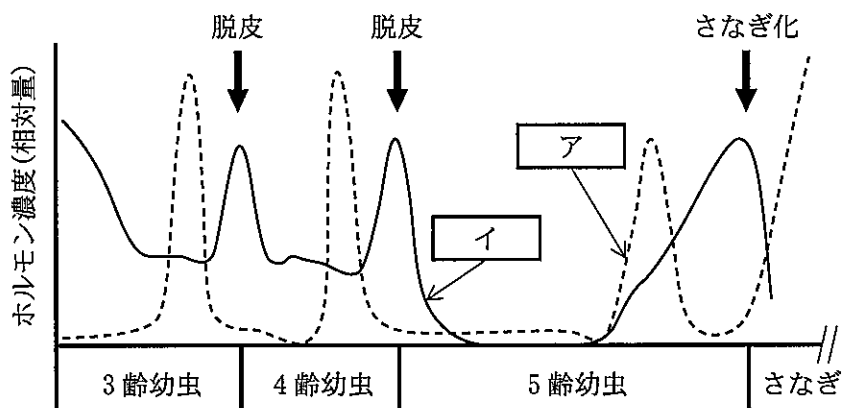
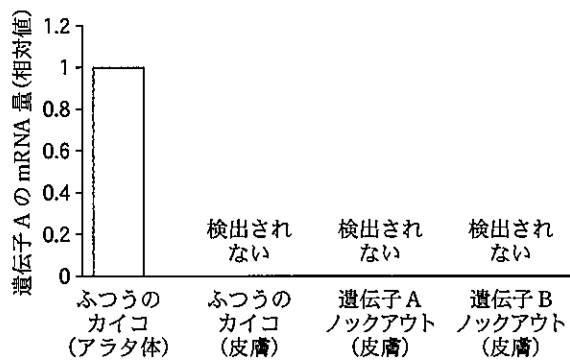
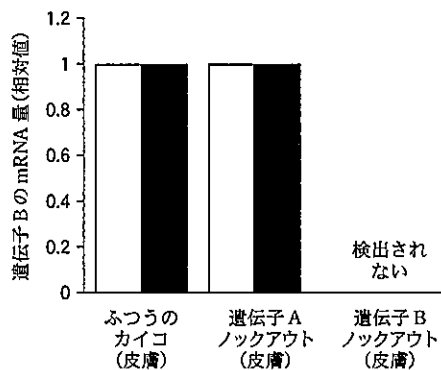


図3 カイコの血中ホルモン濃度の変化

(a)



(b)



(c)

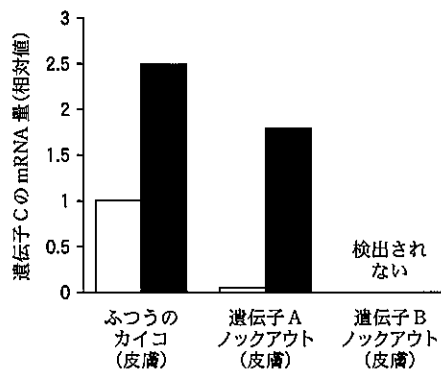


図 4 カイコ 2 齢幼虫における遺伝子 A, B, C の発現量

□ : 幼若ホルモン処理なし, ■ : 幼若ホルモン処理あり

問 1 図 3 のグラフの , は、片方がエクジステロイド、もう一方が幼若ホルモンである。幼若ホルモンは , のどちらか答えよ。

問 2 下線部①の実験結果から、幼若ホルモンはカイコのさなぎへの変態においてどのようなはたらきをもつと考えられるか、25 字以内で答えよ。

問 3 遺伝子 A, B, C は、皮膚で幼若ホルモン受容体として働く遺伝子(受容体遺伝子)、皮膚において幼若ホルモンとその受容体との複合体によって転写が活性化される遺伝子(標的遺伝子)、幼若ホルモンの合成に必要な酵素遺伝子(ホルモン合成遺伝子)のいずれかである。ただし、カイコにおいて幼若ホルモンの受容体遺伝子は、遺伝子 A, B, C のいずれかのみとする。次の(1), (2)に答えよ。

(1) 遺伝子 A, B, C のうち、ホルモン合成遺伝子として最も適切なものを記せ。

(2) 遺伝子 A, B, C のうち、標的遺伝子として最も適切なものを記せ。また、その解答を導き出した理由を 125 字以内で説明せよ。