

山形大学

平成 30 年度入学者選抜試験問題

理学部理学科 (生物学分野受験)

医学部医学科

工学部化学・バイオ工学科

農学部食料生命環境学科

理 科

(生 物)

前 期 日 程

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 この問題冊子の本文は 1 ページから 14 ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁、解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 監督者の指示にしたがって、解答用紙に大学受験番号を正しく記入してください。
大学受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
- 5 理学部受験者は第 1 問、第 2 問、第 3 問、第 4 問の 4 問を解答してください。
医学部受験者は第 1 問と第 2 問の 2 問を解答してください。
工学部受験者は第 1 問、第 2 問、第 3 問、第 4 問の 4 問を解答してください。
農学部受験者は第 1 問、第 2 問、第 3 問、第 4 問の 4 問を解答してください。
- 6 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

(補足説明)

理科 (生物)

4 ページ 問 8 2 行目に次の下線部の文章を加える。

…するタンパク質に蛍光タンパク質がつながったものが合成されていなかった。…

9 ページ 問 9 3 行目の漢字にふりがなを付ける。

(ふりがなを付ける漢字)

イ) イネの幼葉^{ようようしょう}鞘の光による屈曲

第1問 つぎのAとBの文を読んで、問1～8に答えよ。

A バイオテクノロジーは遺伝子や細胞に操作を加えて生物を利用する技術である。その中には、環状のDNAであるプラスミドに外来の遺伝子を挿入して、大腸菌を用いてそのプラスミドを増やしたり、細胞にプラスミドを導入して外来の遺伝子を発現させたりする、遺伝子組換えという技術が含まれる。遺伝子組換えのしくみを調べるために、つぎの実験1と2を行った。

実験1 あるタンパク質を合成するための情報をもつ遺伝子Aと遺伝子Bを含むDNAを、①特定の塩基配列を認識して切断する酵素で処理した。その結果、遺伝子Aを含むDNA断片Aおよび遺伝子Bを含むDNA断片B(図1a)が得られた。これらのDNA断片を切断したのと同じ種類の酵素でプラスミドCを処理した結果、環が開いたプラスミドC(図1b)が得られた。この環が開いたプラスミドCと、DNA断片AあるいはDNA断片Bをそれぞれ混合し、②DNAの末端どうしをつなぐ酵素で処理した。その結果、DNA断片AあるいはDNA断片Bが挿入された環状のプラスミドが得られた。これらを、それぞれプラスミドA+C(図1c)、プラスミドB+C(図1d)とする。なお、プラスミドに挿入されたDNA断片AおよびDNA断片Bには、タンパク質を指定するために必要なすべての塩基配列が含まれているものとする。

実験2 実験1で作成したそれぞれのプラスミドを大腸菌に導入し、寒天培地上で1細胞から分裂し増殖した大腸菌のコロニーを形成させた。それぞれの大腸菌のコロニーから細胞をとって培養し、増殖した大腸菌からプラスミドを取り出した。これら取り出したプラスミドA+C、あるいはプラスミドB+Cに対し、下線部①のはたらきをもつX、Y、Zの酵素を単独、あるいは複数の組み合わせで処理し、環状のプラスミドが再びDNA断片となるように切断した。そのDNA断片を③アガロース(寒天)ゲルを用いた電気泳動法により分離した。分離した各DNA断片の長さを調べたところ、表の結果が得られた。なお、プラスミドを処理した酵素はそれぞれのプラスミドを完全に切断するのに十分な量に加えられた。また、プラスミドA+C、プラスミドB+Cはいずれも全長が10,000塩基対であるとする。

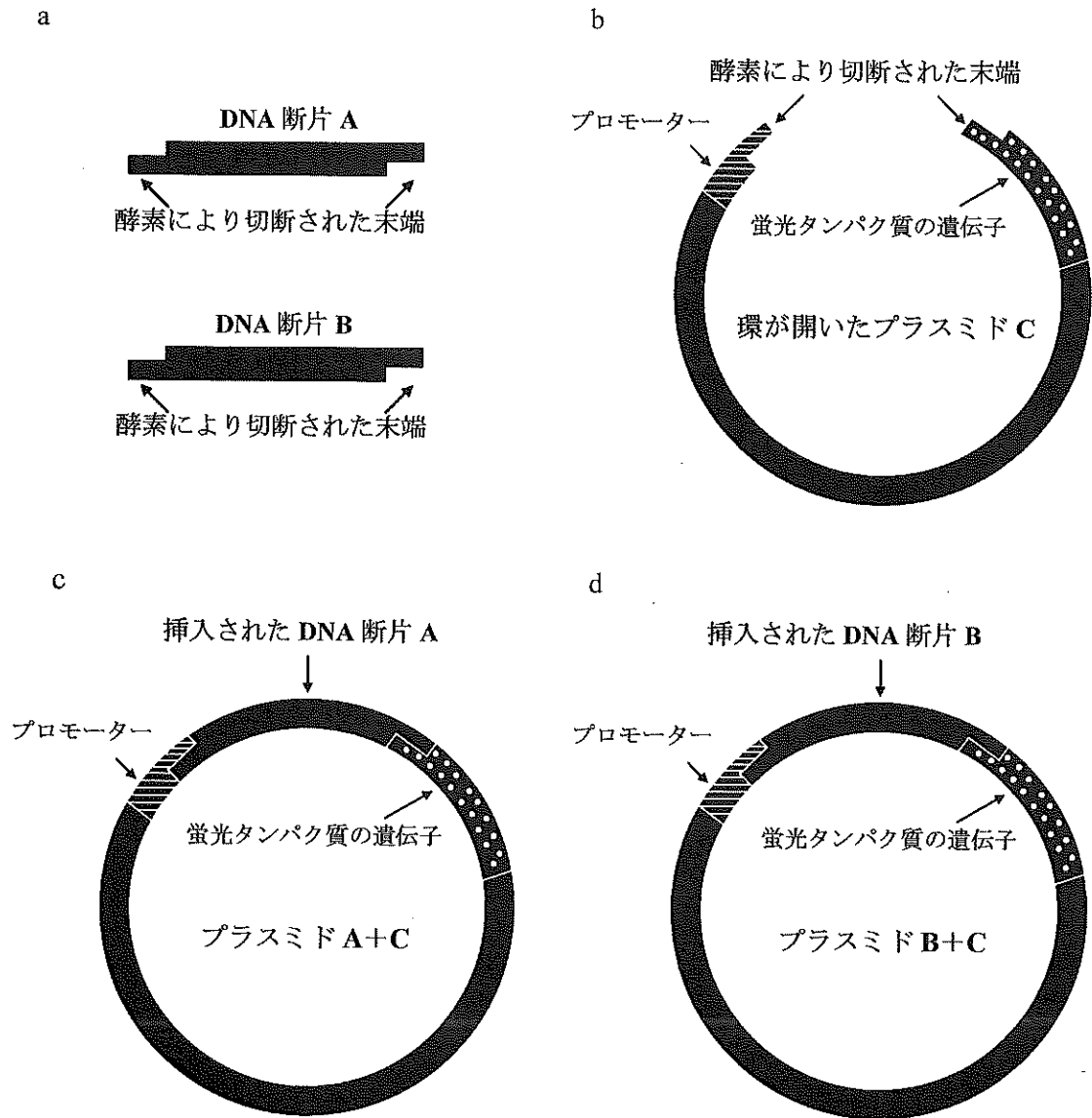


図1 プラスミドを用いた遺伝子組換え

表 酵素の処理により生じた DNA 断片の長さ (塩基対)

	用いた酵素					
	X	Y	Z	XとY	XとZ	YとZ
プラスミド A+C	10,000	10,000	10,000	8,000/2,000	6,000/4,000	8,000/2,000
プラスミド B+C	10,000	10,000	10,000	8,000/2,000	8,000/2,000	6,000/4,000

2つの数値の組み合わせは、塩基対の数が異なる2つのDNA断片が生じたことを示す。

問1 下線部①の名称を解答欄に記せ。

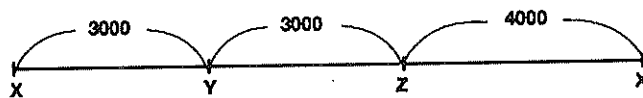
問2 下線部②の名称を解答欄に記せ。

問3 下線部③の方法により長さが違う DNA 断片が分離されるしくみを、つぎの用語をすべて用いて、100 字以内で記せ。ただし、DNA には解答欄 3 マスを用いよ。

用語： DNA アガロースゲル

問4 表に示した実験結果から、プラスミド A+C、プラスミド B+C のそれぞれにおいて、酵素 X、Y、Z が認識し、切断する DNA の配列の箇所^{かしよ}を示した図を、プラスミド A+C については解答欄 i) に、プラスミド B+C については解答欄 ii) に、それぞれ記せ。ただし、つぎの解答例のように、プラスミドを酵素 X の切断箇所^{かしよ}で開いた線で表し、3 種類の酵素による切断箇所^{かしよ}の間の距離を塩基対の数で示せ。

解答例



B プラスミドに挿入した目的の遺伝子を動物細胞内で発現させ、つくり出されたタンパク質を調べるために、挿入した遺伝子の末端に④蛍光タンパク質の遺伝子をつなぐ方法がある。この方法により、発現を調べたい遺伝子が指定するタンパク質が細胞内のどこに存在するか、蛍光として観察できる。実験1で作成したプラスミドに含まれる遺伝子によりつくり出されるタンパク質を調べるために、つぎの実験を行った。

実験3 実験1で作成したプラスミドには図1cおよび図1dで示すように、⑤遺伝子発現を開始するために必要なプロモーターと、蛍光タンパク質の遺伝子が存在している。実験2でプラスミドを取り出した大腸菌のコロニーとは別に、プラスミド A+C を保持する大腸菌のコロニーを寒天培地上から新たに複数個選び、それぞれを培養した後、大腸菌からプラスミドを取り出した。これらのプラスミドを動物細胞に導入し、プラスミドに挿入した DNA 断片 A の⑥遺伝子情報からつくり出されたタンパク質を調べた。その結果、あるコロニー由来のプラスミド A+C を導入した細胞では蛍光タンパク質の存在が確認されたが、⑦別のコロニー由来のプラスミド A+C を導入した細胞では蛍光タンパク質の存在が確認されなかった。ただ

し、いずれのプラスミドも全長は 10,000 塩基対であり、タンパク質の発現を観察するのに十分な量が細胞に導入された。なお、遺伝子 A が指定するタンパク質はプラスミドを導入した動物細胞にもともと存在する。

問 5 下線部④の中に、ある生物由来の緑色蛍光タンパク質 (GFP : Green Fluorescent Protein) がある。自然界で GFP をもつ生物の名称を記せ。

問 6 下線部⑤の役割を、つぎの用語をすべて用いて 100 字以内で記せ。ただし、DNA, RNA にはそれぞれ解答欄 3 マスをを用いよ。

用語： RNA 合成酵素 RNA DNA

問 7 下線部⑥のように、DNA の遺伝情報が始まりとなり、タンパク質が合成されるまで、情報が一方に伝達されることを何とよぶか。その名称を記せ。

問 8 下線部⑦についてさらに調べたところ、プラスミドを導入した細胞内では、遺伝子 A が指定するタンパク質が合成されていなかった。その理由として考えられることを、つぎの用語をすべて用いて、125 字以内で記せ。ただし、A+C には解答欄 3 マスをを用いよ。

用語： プラスミド A+C プロモーター 挿入

第2問 つぎのAとBの文を読んで、問1～9に答えよ。

A 配偶子のもととなる は動物の発生の初期から存在し、未分化な生殖巣に移動する。生殖巣は雄では精巣に分化し、 は精原細胞になる。精原細胞は体細胞分裂をくり返して増殖し、その一部が一次精母細胞となる。1個の一次精母細胞は減数分裂の第一分裂を経て2個の二次精母細胞となり、第二分裂を経て4個の となる。 は形態変化を経て運動性をもつ精子になる。一方、雌では生殖巣から分化した卵巣において①卵原細胞は体細胞分裂をくり返して増殖し、その一部は を蓄えた②一次卵母細胞となる。1個の一次卵母細胞は、減数分裂の第一分裂を経て大きな③二次卵母細胞と 個の小さな④第一極体になる。二次卵母細胞は減数分裂の第二分裂によって大きな④卵と 個の小さな第二極体となる。

問1 ～ に入る適切な用語または数字を、解答欄 あ) ～ お) にそれぞれ記せ。

問2 下線部①～④の細胞の核相を、つぎの ア) ～ エ) から1つずつ選び、解答欄①～④にそれぞれ記号で答えよ。ただし、同じ記号をくり返し用いてもよい。

ア) n イ) $2n$ ウ) $3n$ エ) $4n$

問3 下線部④が生じる卵の部分(部域)を何とよぶか、その名称を記せ。

問4 動物の体細胞分裂と減数分裂について述べた、つぎの ア) ～ オ) のうち、正しいものをすべて選び記号で答えよ。

- ア) 体細胞分裂では相同染色体が対合する。
- イ) 減数分裂の第一分裂と第二分裂の間には間期はみられない。
- ウ) 減数分裂の第二分裂では染色体は赤道面に並ばずに二分される。
- エ) 減数分裂では核膜は形成されない。
- オ) 体細胞分裂でも減数分裂でも染色体は紡錘体によって二分される。

問5 精子形成の過程において、細胞は精子特有の形へと劇的な変化をすると同時に、細胞小器官の存在位置も変化する。精子において、ミトコンドリアが集まっている部分の名称を解答欄 i) に記せ。また、ミトコンドリアは精子のどのような機能に対してどのような役割を担っているか、解答欄 ii) に50字以内で記せ。ただし、アルファベットは、解答欄1マスに1文字ずつ記せ。

B ウニでは、精子が卵に到達すると、卵のゼリー層で精子の頭部にある の内容物が放出される。その後、精子の頭部の先端に⑤突起が形成され、精子は卵膜を通過し、最終的に精子と卵の細胞膜が融合する。すると、卵膜が卵の細胞膜から切り離されて上昇し、⑥受精膜が形成される。受精卵は、卵割して桑実胚となり、やがて胞胚へと発生する。

実験 RNA 合成を阻害する試薬 A を加えた海水中で受精卵を発生させたところ、受精卵は卵割を開始し、胞胚となった。一方、タンパク質合成を翻訳の段階で阻害する試薬 B を海水に加えて受精卵を発生させたところ、卵割がまったく起こらなかった。なお、RNA 合成を阻害する試薬 A は阻害作用を示すのに十分な量を海水に加えてある。

問 6 に入る適切な用語を解答欄 (か) に記せ。

問 7 下線部⑤の形成には、アクチンフィラメントが関わっている。これ以外に、アクチンフィラメントが関わる細胞活動を解答欄に 2 つ記せ。

問 8 下線部⑥の役割を 50 字以内で記せ。

問 9 タンパク質合成を阻害すると卵割が起こらず、RNA 合成を阻害しても受精卵から胞胚に発生が進んだのはなぜか、この実験結果から考えられることを 75 字以内で記せ。ただし、アルファベットは、解答欄 1 マスに 1 文字ずつ記せ。

第3問 つぎのA～Cの文を読んで、問1～9に答えよ。

A 植物は光エネルギーを用いて光合成を行い、有機物を合成する。この光合成の過程は、葉緑体のチラコイド膜で進行する光に依存した反応と、ストロマで進行する炭酸同化反応の、大きく2つの反応に分けられる。

チラコイド膜上にある光依存的な反応系は、①光化学系Ⅱと②光化学系Ⅰ、それらをつなぐ③電子伝達系からなる。この一連の反応で、光エネルギーはATPや還元型の補酵素である④Xがもつ化学エネルギーに変換される。

ストロマでは、空気中から取り込まれたCO₂が、炭素数5の化合物である と結合して、炭素数6の化合物になる。この化合物は、すぐに分解されて、2分子の炭素数3の化合物である になる。 はATPのエネルギーやXのもつ還元力などによって、炭素数3の化合物である になる。この の一部は他の有機物の合成に使われ、残りは複数の反応を経て、再び になる。

光合成の結果つくられた有機物の多くは師管を通して他の部位に転流され、エネルギー源や植物体の構築の材料などに利用される。

問1 下線部①において、光により活性化した反応中心のクロロフィルは、電子を他の電子受容体に渡して酸化されるが、ある物質の分解によって生じた電子を受け取り、還元されてもとの状態に戻る。この物質の名称を解答欄i)に記せ。また、このような光による酸化還元反応の存在は、葉から取り出した葉緑体やシュウ酸鉄(Ⅲ)などを含む反応液を用いて実験的に示すことができる。その反応の名称を解答欄ii)に記せ。

問2 チラコイド膜では下線部①～③における一連の反応により、ATPが合成される。そのしくみを、つぎの用語をすべて用いて125字以内で記せ。ただし、アルファベットや符号は、解答欄1マスに1文字ずつ記せ。

用語： 濃度勾配 内側 ストロマ側

問3 下線部④のXの名称を記せ。

問4 ～ に入る用語を解答欄あ)～う)に記せ。

B 植物は、光合成反応以外でも光をたくみに利用し、環境に適応しながら生活している。その一例として、フィトクロムという光受容体による種子発芽の調節がある。光発芽種子として知られているレタス種子を用いて、発芽に対する光の効果について、つぎの実験を行った。

実験 レタス種子を 20°C の暗所で十分に吸水させ、表の a) ~ i) で示した処理を種子に行った。処理後、再び種子を 20°C の暗所に移して 3 日間培養し、発芽率（発芽した種子の割合）を測定した。ただし、表の処理にある a) では、種子にいずれの光も照射しなかった。また b) では赤色光 (R) のみを 1 分間、c) では遠赤色光 (FR) のみを 4 分間、種子に照射した。d) ~ i) の処理では、赤色光 (R) を 1 分間、遠赤色光 (FR) を 4 分間、それぞれの条件で交互に連続して照射した。

表 レタス種子の発芽に対する赤色光 (R) と遠赤色光 (FR) の効果

処 理	発 芽 率 (%)
a) 暗 所	6
b) R	73
c) FR	6
d) R→FR	7
e) FR→R	74
f) R→FR→R	74
g) R→FR→R→FR	6
h) R→FR→R→FR→R	76
i) R→FR→R→FR→R→FR	7

問 5 フィトクロムには赤色光を吸収する Pr 型と遠赤色光を吸収する Pfr 型の 2 つの光吸収型がある。実験の結果から、レタス種子の発芽の促進にはたらいっているフィトクロムはいずれの光吸収型と考えられるか、解答欄 i) に記せ。また発芽率の低下は、この光吸収型がどのように変化した結果だと考えられるか、50 字以内で解答欄 ii) に記せ。ただし、アルファベットは、解答欄 1 マスに 1 文字ずつ記せ。

問 6 実験の結果から、レタス種子の発芽における光の利用のしかたは光合成における利用のしかたと異なることがわかる。発芽における光の利用のしかたの特徴を、50 字以内で記せ。

問 7 野外において、ある植物の種子が光発芽性を示す場合、この種子が有する利点を 75 字以内で記せ。

C 発芽した植物体は子葉や葉を展開し、光を求めて屈曲する。成長につれ、植物は葉の数をより増やし、光合成能力を高めていく。葉における光合成反応は気孔の開閉によって影響され、気孔開口に関わる光受容体としてフォトトロピンが知られている。⑤気孔の開閉の調節は光合成や植物の生存にとって極めて重要であり、他にもさまざまな環境要因や植物ホルモンにより調節されている。十分に成長した植物体は、やがて花芽を形成し、種子をつくる。

問8 下線部⑤の理由を100字以内で記せ。

問9 気孔開口以外に、フォトトロピンが関係している現象としてもっとも適切なものを、つぎのア)～エ)から1つ選び、記号で答えよ。

ア) トマトの芽生えの光による伸長抑制

イ) イネの幼葉鞘の光による屈曲

ウ) チューリップの花の開閉運動

エ) キクの光中断による花芽形成の抑制

第4問 つぎのA～Cの文を読んで、問1～7に答えよ。

A 異種の生物間には、しばしば資源をめぐる競争が生じる。あ が重複する生物間ほど、種間競争は強くなる。種間競争によって、競争に弱い種は、競争に強い種がいる生息域に生存できない場合がある。捕食者も被食者の個体数に影響する。ハダニを捕食するカブリダニと、ハダニを同じ飼育容器で飼育して、両種が長期的に共存した場合には、ハダニだけを飼育した場合と異なり、ハダニの個体数はい に変動する。寄生者も宿主の個体数に大きく影響する。宿主は、寄生者に栄養を奪われることで、産子数が減ったり、生存率が下がったりする。宿主の体内に寄生する生物は、宿主が死ぬといっしょに死ぬ場合がある。一方、宿主が死亡する前に成長を終えて、他の環境に移動できる寄生者は存続しやすい。

問1 あ と い に入る語を、解答欄 あ) と い) にそれぞれ記せ。

問2 下線部の現象の名称を記せ。

問3 寄生と片利共生は、種間の相互作用においてどのように異なるか、50字以内で記せ。

B 寄生者の中には、自然選択によって宿主の行動を変えるように進化したと考えられるものがある。寄生生物 G は、水生昆虫や魚類に寄生して成長するが、交尾や産卵は宿主を離れて水中で行う。寄生生物 G は、宿主を捕食した陸生昆虫にも寄生する場合がある。つぎの実験 1 と 2 を通じて、寄生生物 G が陸生昆虫に与える影響を調べた。なお、成熟した寄生生物 G は陸上では宿主から離れて生存できない。

実験 1 水辺にいるコオロギを個体ごとに 15 分追跡し、水に入らなかった個体と、水に入って溺死した個体を採集した。それらの個体を解剖して、寄生生物 G の有無を比較すると、表 1 の結果が得られた。

表 1 寄生生物 G の有無とコオロギの行動

	水に入らなかったコオロギ	水に入ったコオロギ
寄生されていたコオロギ	21	20
寄生されていなかったコオロギ	26	4

表中の数字は個体数を示す。

実験2 一方に水が入った水槽，他方に空の水槽を設置した Y 字迷路（図1）に，野外で採集したコオロギ 44 匹を 1 匹ずつ放して，どちらの通路に進むのか観察した。さらに，水入りの水槽がある通路に進んだ 22 匹については，水に接近するまで観察し，水に入ったかどうか記録した。観察した後，すべてのコオロギを解剖して寄生生物 G の有無を比較すると，表 2 と表 3 の結果が得られた。

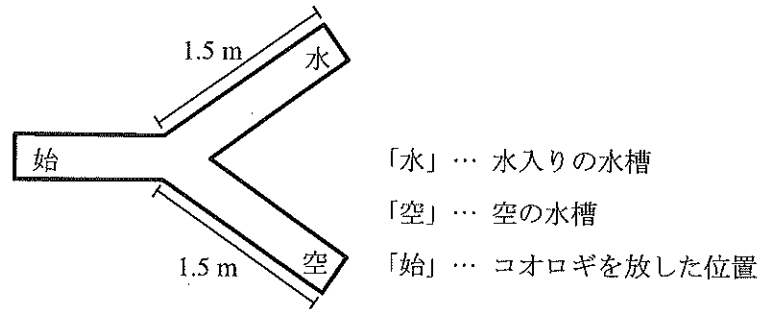


図1 Y字迷路

表2 寄生生物 G の有無とコオロギの通路選択

	水入りの水槽がある通路	空の水槽がある通路
寄生されていたコオロギ	10	11
寄生されていなかったコオロギ	12	11

表中の数字は個体数を示す。

表3 寄生生物 G の有無と水に接近した後のコオロギの行動

	水に入らなかったコオロギ	水に入ったコオロギ
寄生されていたコオロギ	0	10
寄生されていなかったコオロギ	11	1

表中の数字は個体数を示す。

問4 実験1と2から考えて，コオロギの行動をもっとも適切に説明している文を，つぎの ア)～オ) から1つ選び，記号で答えよ。

- ア) 寄生されていないコオロギは，数 m 先にある水に近づかない。
- イ) 寄生されていないコオロギは，水に入らない。
- ウ) 寄生生物 G に寄生されたコオロギは，数 m 先にある水に誘引される。
- エ) 寄生生物 G に寄生されたコオロギは，水に入りやすい。
- オ) 寄生生物 G の寄生は，コオロギの水に対する反応に影響しない。

問5 寄生生物 G がコオロギの行動を変化させることは，自然選択においてなぜ有利だと考えられるか。B の文と実験1と2から考えてわかることを 50 字以内で記せ。

C 寄生生物 P は、生活環の前半は蚊に寄生し、後半はヒトに寄生する (図 2)。寄生生物 P は、蚊の中で有性生殖によって誕生した後、ステージ 1 から 3 まで成長する。宿主である蚊がヒトから吸血している間に、寄生生物 P はヒトに移動できる場合がある。吸血時間が長いほど、寄生生物 P がヒトに移動できる割合が増し、ヒトが吸血に気づく可能性も高まる。ステージ 3 になると寄生生物 P は、ヒトの中で増殖が可能になり、ヒトの体内でステージ 4 から 6 まで成長しながら、無性生殖をくり返す。ステージ 6 になると、寄生生物 P は蚊の中で有性生殖を行えるようになり、宿主であるヒトを吸血した蚊に移る。つぎの実験 3 と 4 では、寄生生物 P が蚊とヒトに与える影響を調べた。

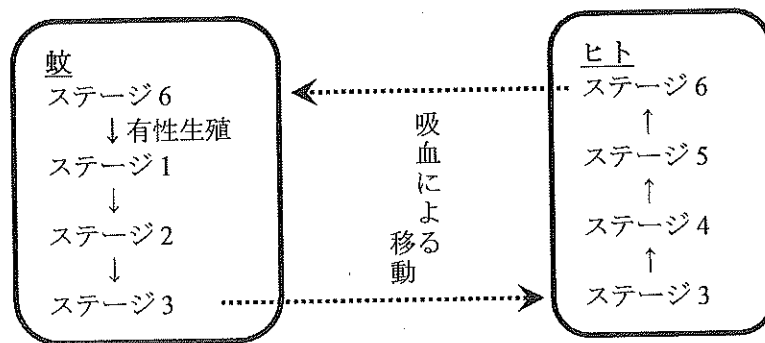


図 2 寄生生物 P の生活環

実験 3 寄生生物 P に寄生されていないヒト, ステージ 3 から 5 の寄生生物 P に寄生されているヒト, およびステージ 6 の寄生生物 P に寄生されているヒトから, 匂い成分を採取した。採取した匂い成分を同時に蚊に提示した結果, 誘引された蚊の数に差がみられた (図 3)。

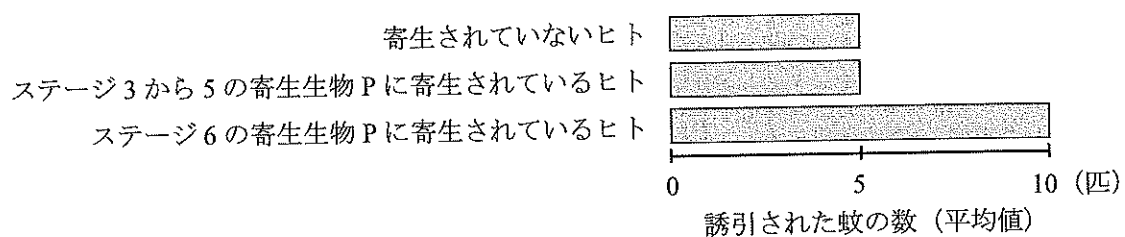


図 3 誘引された蚊の数

問 6 実験 3 から寄生生物 P はヒトの匂いを変化させたと考えられる。寄生生物 P にとってこの変化が, 自然選択においてなぜ有利だと考えられるか。C の文と実験 3 からわかることを 50 字以内で記せ。

実験4 寄生生物Pのステージが、蚊がヒトから吸血する時間に与える影響を調べた。蚊の行動を観察した結果、ステージ1と2の寄生生物Pに寄生されている蚊は、寄生されていない蚊より吸血時間が短かった。一方、ステージ3の寄生生物Pに寄生されている蚊は、寄生されていない蚊より長い時間吸血していた。なお、実験に参加したヒトは寄生生物Pに寄生されていなかった。また、寄生生物Pの有無や寄生生物Pのステージによって、蚊がヒトに接近する頻度や、吸血する頻度に差はないとする。

問7 寄生生物Pが蚊の行動を変化させることは、自然選択においてなぜ有利だと考えられるか。

Cの文と実験4からわかることを75字以内で記せ。