

2021 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	生 物	15

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と選択した選択問題の番号、志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。
4. 問題〔4〕、〔5〕は選択問題である。どちらか一方のみを解答すること。両方を解答してはいけない。選択問題〔4〕、〔5〕のうち、選択した問題の番号を解答用紙(その4)の所定の枠内に記入すること。

注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、すべて(5枚)の解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず記入すること。
2. 理科の選択科目は、出願時に選択したものと異なるものについて解答してはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上に置くこと。解答用紙は、解答していないものも含め、すべて(5枚)を回収する。
5. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

〔1〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～6)に答えよ。

種子植物の成長は、細胞分裂による細胞数の増加と、成長部位における個々の細胞容積の増加によって起こる。細胞分裂を盛んに行う分裂組織には、茎の先端の と根の先端の がある。また、裸子植物と双子葉植物の茎や根の肥大成長は、木部と師部の間にある の細胞分裂により支えられている。一方、個々の細胞体積の増加のほとんどは吸水によって起こる。植物細胞は硬い細胞壁をもっているが、成長している細胞では、植物ホルモンの が細胞壁をゆるめて細胞の吸水を容易にする。このときの細胞が伸びる方向^①の調節にも植物ホルモンが関わっている。

分裂組織で生まれた細胞は分化して特定の形と機能を示すようになる。植物の同じような特徴の細胞の集まりを組織といい、関連のある組織のまとまりを組織系という。植物は3つの組織系から成り立っている。表皮系は1層の表皮細胞とそれに付随する細胞群からなり、植物体内部の保護と物質の出入りの調節、および体内水分の蒸発を防ぐはたらきをしている。気孔の 細胞は表皮細胞が変化したものである。維管束系は木部や師部といった通道組織が含まれ、水や栄養分を植物体全体に運ぶはたらきをしている。表皮系と維管束系を除いた部分が基本組織系である。基本組織系には細胞壁が薄い柔細胞からなる柔組織が多く、葉の葉肉細胞のほか根や地下茎の貯蔵組織などが含まれる。

^②植物体を構成する成分のうち、炭水化物は光合成により水と二酸化炭素から合成されている。^③一方、タンパク質や核酸など窒素を含む有機窒素化合物は、主に^④土壤から吸収した無機窒素化合物をもとにして合成されている。ほとんどの生物は大気中に豊富に存在する窒素分子を直接利用することができないが、ある種の細菌は空気中の窒素分子をアンモニウムイオンに変えることができる。このうち、ダイズなどのマメ科植物の根に侵入してこぶ状の構造を形成する は、生産したアンモニウムイオンを植物に提供し、有機化合物を植物から得ている。

植物は周囲の環境条件が適切であれば、地上部ではつぎつぎと葉・芽・茎を形成して成長をするが、ある環境条件の変化や一定の成長段階に達すると花芽を形成する。多くの植物が花芽を形成する環境条件として日長の変化^⑤を利用している。

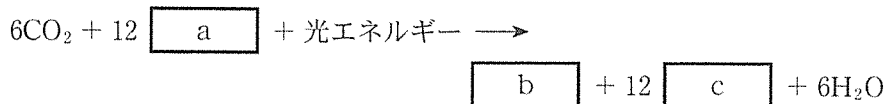
問 1 文章中の ～ に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部①の細胞が伸びる方向は、細胞壁のセルロース繊維の形成方向によって決まる。セルロース繊維の形成方向が茎の軸方向と直角、または平行となるようにはたらく植物ホルモンをそれぞれ何と呼ぶか答えよ。

問 3 下線部②に挙げた基本組織系の主なはたらきを 30 字以内で説明せよ。

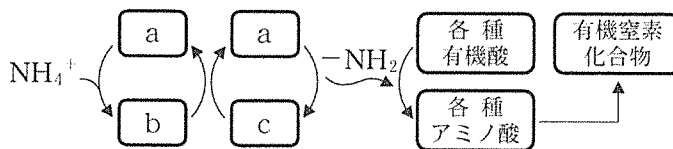
問 4 下線部③について、以下の問いに答えよ。

(1) ある種の光合成細菌は水を分解せず酸素を発生しない以下の光合成を行う。a～c に該当する化学式を記入せよ。



(2) 上記の光合成細菌が持つ光合成色素の名称を答えよ。

問 5 下図は下線部④の反応を示している。a～c に該当する物質の名称を答えよ。



問 6 下線部⑤について、以下の問いに答えよ。

(1) 植物が日長の変化を感知する光受容体のうち、赤色を吸収する光受容体と青色を吸収する光受容体をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。

(2) 多くの植物で花芽形成を引き起こす環境要因は温度ではなく日長である。このことはその植物にとってどのような利点があるか 100 字以内で説明せよ。

〔2〕 次の文章を読み、以下の問い(問1・問2)に答えよ。

動物の行動のメカニズムを探っていくと、ニューロンという特徴的な形態と機能^①を有する神経細胞に行き着く。神経細胞の細胞体からは軸索と呼ばれる長い突起が伸びており、ニューロンや効果器の細胞とシナプスを形成して情報の伝達と処理を行っている。我々の行動も、神経細胞と神経細胞の結びつきにより構築される神経回路網の機能に帰着され、研究目的に応じた様々な実験系を利用して、そのメカニズムの解明が進められている。^②

問1 下線部①の特徴の一つとして、一定以上の刺激を受けると興奮する、すなわち活動電位の発生がある。発生した活動電位は軸索を神経終末へと伝わっていく。

(1) どのようにして活動電位が発生するかを「ニューロンが刺激されて閾値を超える脱分極が起こると」で始まり「元の状態に戻る」で終わる文章で説明せよ。ただし、以下の2つの語句を用いること。

(電位依存性カリウムチャネル、電位依存性ナトリウムチャネル)

(2) 興奮の伝達は興奮部を中心に生じる局所電流(活動電流)によって隣接部が脱分極することによる。興奮が軸索の中央部に到達した時のことを考えると、局所電流はこの興奮部を中心に神経終末方向と細胞体方向の両方向へ流れることになるが、興奮は神経終末方向でしか起こらず、細胞体方向で起こることはない。あなたが記した先の問題の解答文(問1(1))の中から、この現象の理由を説明するのにもっともふさわしいと考える部分を選んで、その部分に下線を引きなさい。ただし、下線を引く部分はできるだけ短くすること。

(3) 興奮が神経終末まで伝わり、シナプス間隙に神経伝達物質が放出された。神経終末に伝わった興奮がどのようにして神経伝達物質の放出を導くのか、「カルシウムイオン」の語句を用いて説明せよ。

問 2 下線部②の例として、ある動物を用いた実験を示す。この動物は外部に突出した器官 A を持ち、器官 A が外から突かれるなどの刺激を受けると、器官 A を守るために、器官 A を動かす筋肉を収縮させて器官 A を引っ込める、という反応をする。このとき、器官 A とは無関係な器官 B が刺激を受けていると、器官 A の反応は鋭敏になり、より長い間引っ込むようになる。器官 B は常に外部と接しており、ここが刺激を受けた、ということは「外界が通常より危険な状況」にある、と判断されて、器官 A を通常より長く引っ込めるようになったものと考えられる。

この現象に関わる神経を調べると、図 1 のように、器官 A を動かす筋肉に軸索を伸ばしてシナプスを作っている運動ニューロンに加えて、器官 A への刺激を受容する感覚ニューロン A、器官 B への刺激を受容する感覚ニューロン B、そして、感覚ニューロン B と感覚ニューロン A をつなぐ介在ニューロンで構成されており、感覚ニューロン A の神経終末は運動ニューロンと、感覚ニューロン B の神経終末は介在ニューロンと、そして、介在ニューロンの神経終末は感覚ニューロン A の神経終末と、それぞれシナプスを作っていることがわかった。

- (1) このように、生命現象の研究には、研究目的に適したモデル生物がよく用いられる。モデル生物を対象に研究を行う理由の一つに、基本的な生命現象には共通点が多く、その研究成果は我々ヒトを含む生物一般の理解に寄与する、ということが挙げられる。それでは、なぜ、生物の間で基本的な生命現象に共通点が多く認められるのか、20 字以内で記せ。

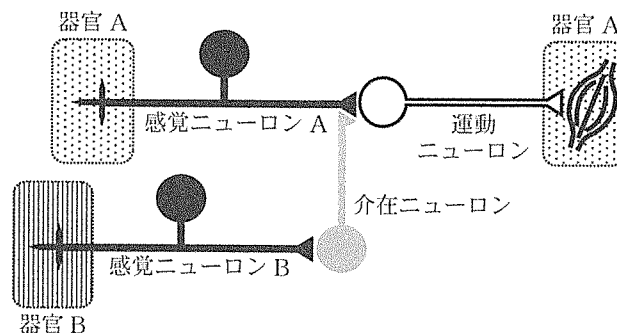


図 1

(2) 実験は、器官 B に与える刺激を一定にするために、電極を用いた電気刺激を一瞬与えることにより行った。その結果を図 2 に示す。この動物を 2 群に分け、片方は電極を当てるだけとし、もう片方は電極を当ててすぐに電気刺激を与えた。両群の器官 B に電極を当てた時を 0 とし、その 30 分前、30 分後、1 時間半後、5 時間半後にそれぞれ、今度は器官 A を刺激して、器官 A が収縮して引っ込んでいる時間を測定した。

(i) 以下の文章のうち、図 2 の実験とグラフから推定できることを全て選んで、解答欄にアルファベットで記入せよ。

- (a) 器官 B への刺激による器官 A の収縮の鋭敏化は 6 時間以上は持続しない。
- (b) 器官 B への刺激のみで器官 A の収縮が観察される。
- (c) 器官 B への電気刺激の 30 分後、器官 A への刺激による器官 A の収縮時間は 2 倍以上になる。
- (d) 電極を器官 B に当てただけでは器官 A への刺激による器官 A の収縮は影響を受けない。
- (e) 両群とも電極を当てて前の器官 A への刺激による器官 A の収縮は同等である。

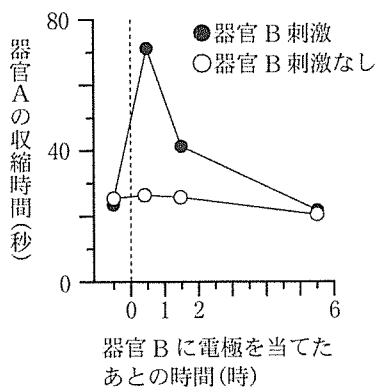


図 2

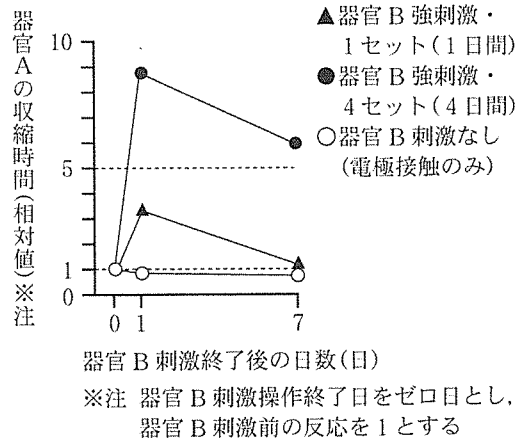


図 3

(ii) ここで観察された器官 A の収縮の鋭敏化の現象を解析した。感覚ニューロン A の神経終末の細胞膜には、ある種のカリウムイオンチャネルが存在し、通常は開いている。このカリウムイオンチャネルが、器官 B への刺激後まもなくリン酸化されて閉じることにより、感覚ニューロン A からの神経伝達物質の放出が増えることがわかった。なぜ、このカリウムイオンチャネルが閉じると神経伝達物質の放出が増えることになるのか、説明せよ。

(3) 器官 B への刺激によって、器官 A への刺激による器官 A の収縮は鋭敏になったが、この鋭敏化は一過性であった。そこで、先の実験で行った器官 B への刺激を、今度は、1 時間ほどの間隔をおいて 4 回行い、これを「1 セット」の「強刺激」とした。動物を以下の 3 群に分けて実験を行った結果が図 3 である。各群の実験手順の概略を図 4 に示す。

群 1 (▲で示す)：器官 B に対して 1 セットの強刺激を行い、その 1 日後と 1 週間後に器官 A の収縮の鋭敏化を観察した。

群 2 (●で示す)：器官 B に対して 1 日あたり 1 セットの強刺激を 4 日連続・合計 4 セット行い、その 1 日後と 1 週間後に器官 A の収縮の鋭敏化を観察した。

群 3 (○で示す)：群 2 と同じ実験を、電気刺激なしで行った。

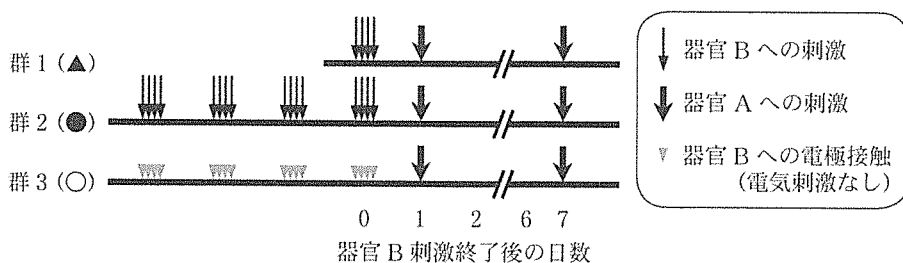


図 4

(次頁に続く)

- (i) 以下の文章のうち、図2と図3の実験とグラフから推定できることを全て選んで、解答欄にアルファベットで記入せよ。
- (a) 器官Bへ4日連続合計4セットの強刺激を行った翌日に器官Aに刺激を行うと、器官Bへの刺激がないときなら20～30秒程度で収縮が解除されてくるのに対して5分以上も収縮したままになる。
 - (b) 図2の実験で行った刺激を、間隔をあけて4回繰り返すと、器官Aの収縮の鋭敏化の持続時間は延長される。
 - (c) 器官Bへ4日連続合計4セットの強刺激を行うと、その1週間後でも器官Aの収縮の鋭敏化が観察される。
 - (d) この実験は古典的条件付けの典型的な実験であり、器官Bへの継続的な強刺激により器官Aの収縮の鋭敏化を永続的なものとすることができる。
- (ii) その後の解析から、群2において、感覚ニューロンAと運動ニューロンとの間のシナプスの数が増えていることがわかった。もし、あなたが「この動物の感覚ニューロンAのシナプスの数が増えているかどうか調べなさい」といわれたらどのようにして調べるか、あなたの考える方法を説明せよ。
- (iii) 図2の実験で見られた一過性の鋭敏化と図3の実験で見られた鋭敏化の違いを調べるために、それぞれの実験をタンパク質の合成を抑制する薬剤を投与して行った。図2の実験で見られた鋭敏化は薬剤投与による影響を受けなかったが、図3の実験で見られた鋭敏化は薬剤投与により抑制され、感覚ニューロンAが運動ニューロンと作っているシナプスの数の増加も抑制されていた。これらの実験から、図3の実験で見られた鋭敏化はどのようにして生じたと考えられるか、これらの実験結果を踏まえて述べよ。なお、この薬剤投与による、この動物の通常生命活動への影響はなかったものとする。

試験問題は次に続く。

〔3〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えよ。

遺伝情報をもつDNAの塩基配列がmRNAに転写され、それをもとにアミノ酸への翻訳が行われタンパク質が合成される過程を遺伝子の と呼ぶ。細胞分裂の過程でDNAが正確に されずに塩基配列が変化することがある。これは突然変異の一つであり、転写されるmRNA、さらにタンパク質のアミノ酸配列が影響を受け、形質が変化することがある。1個の塩基の欠失または はコドンの にずれを生じ、それ以降のアミノ酸配列が大幅に変化することがある。一方、1個の塩基の ではコドンの のずれは生じないが1個のアミノ酸の変化または終止コドンを生じることがある。

トマトでは果実の成熟が抑制された形質を生じる突然変異が多く発見されている。このうちある突然変異では、第5染色体の2つの隣接する遺伝子(遺伝子A、遺伝子Bとする)のうち遺伝子Aの塩基配列に変化が生じ、遺伝子Aだけでなく遺伝子Bからも正常な転写が行われず。突然変異がない個体の遺伝子Aと遺伝子Bはいずれも8個のエキソンと7個のイントロンで構成されている。成熟時の果実では遺伝子AのmRNA量は増加し、遺伝子BのmRNA量はほぼ一定である。一方、変異型の遺伝子Aが相同染色体で対となった個体では、変異がない個体とは異なるmRNAが転写されている。このmRNAは、5'末端側に遺伝子Aの1～7番目のエキソンに相当する配列が順に配置し、それに次いで遺伝子Bの2～8番目のエキソンに相当する配列が順に配置した構造をとっている。この個体の果実では植物ホルモンの生成、果肉の軟化、色素の生成などの複数の変化が抑制されている。

問1 文章中の ～ に適切な語句を記入せよ。

問2 下線部①について、真核細胞の核内のDNAはどのような構造で存在するか、以下の語句をすべて用いて説明せよ。

(ヒストン　ヌクレオソーム　クロマチン)

問 3 下線部②のように、1つの遺伝子座について、対となる相同染色体で同じ塩基配列の遺伝子を持った個体を何というか答えよ。

問 4 下線部③について、以下の問いに答えよ。

(1) 遺伝子 A と遺伝子 B から正常な転写が行われない仕組みを説明した下記の文章の空欄 ～ に適切な数字を記入せよ。

この突然変異では、遺伝子 A の 番目のイントロンの途中から、遺伝子 A の 番目のエキソンを経て、遺伝子 A と遺伝子 B を隔てる領域の途中までの約 1700 塩基対の DNA が欠失している。この領域には遺伝子 A の転写が終結する部位が含まれているため、遺伝子 A の領域と遺伝子 B の領域が一続きの遺伝子として転写される。スプライシングでは、遺伝子 A の 番目のイントロンの開始点から遺伝子 B の 番目のイントロンの終了点までの領域が 1 個のイントロンとして認識され、他の 個のイントロンとともに取り除かれる。

(2) この mRNA からは、遺伝子 A の 1～7 番目のエキソンに加え、遺伝子 B の 2～8 番目のエキソンにコードされるタンパク質が融合したタンパク質が翻訳される。このためには、この mRNA において遺伝子 A の 7 番目のエキソンと遺伝子 B の 2 番目のエキソンが、スプライシング後、一定の条件でつながっている必要がある。その条件とは何か、コドンという語句を用いて説明せよ。

問 5 下線部④について、この個体に、正常に転写される遺伝子 A または遺伝子 B の組換え DNA を導入したトランスジェニック植物を作出したところ、遺伝子 A の組換え DNA が導入された個体でのみ果実の成熟が正常な状態に回復した。遺伝子 A は果実の成熟にどのようにはたらいていると推測されるか説明せよ。

〔選択問題〕

〔4〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えよ。

大部分の生物は、個体～個体群間で相互に影響し合っている。とくに、生物同士が資源を奪い合う関係は、 と呼ばれる。このような関係は、生物の特性だけでなく生物を取り巻く物理的環境や化学的環境によって変化する。

ある種の集団内における個体間の資源の奪い合いは、個体群の成長にともなっ②て激しくなる。その結果、成長は抑えられ個体群を構成する個体数は一定に近づ③く。実際の自然界では、攪乱※によって個体数が減少し、 が緩和されることが珍しくない。

植物群落の遷移の過程では、多くの植物種間で資源の奪い合いが生じる。遷移の進行にともなって、 能力の高い種が優勢となりやすい。しかし、攪乱が生じると、 能力の低い種が侵入定着および成長する機会を得やすくなる。

※ 「攪乱」または「かく乱」とも表記される。

問1 以下の生物にとって、下線部①に該当するものとして相応しくない組み合わせはどれか。1つ選び i～iii の記号で答えよ。

	生 物	資 源
(i)	クヌギ	カブトムシ、光、ミツバチ
(ii)	ジャノメチョウ	クヌギ、ススキ、水
(iii)	スズメバチ	クヌギ、水、ミツバチ

問2 に当てはまる語句を答えよ。また、その語句を用いて下線部②及び下線部④の関係をそれぞれ4文字で表せ。

問3 下線部③をもたらしうな効果を何と呼ぶか、4文字で答えよ。また、そのような効果をもたらしうる資源をめぐる 以外の生物的要因を3つ挙げよ。

問 4 ある生育地における攪乱後の遷移の過程において、a 能力が高い A 種，攪乱後の侵入定着能力が高い B 種，それらの中間的な性質を持つ C 種が，時間の経過にともなって優占度を変化させていくときの，それぞれの種の個体群成長曲線を解答欄中に模式的に記せ。どの曲線がどの種を表すか A～C の記号を用いて示すこと。なお，横軸と縦軸ともに相対値とする。

問 5 遷移過程中の植物群落を構成する種数が最も高くなりやすいのは，どのような規模や頻度で攪乱が生じるときか。「攪乱」を簡潔に定義したうえで，80～100 字程度でその理由とともに説明せよ。

〔選択問題〕

〔5〕 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えよ。

中米の河川に生息する淡水魚のソードテールでは、成熟した(繁殖齢に達した)雄の尾びれの下部は長く伸びており、この部分は「ソード(刀)」と呼ばれている。一方、雌にはこのような形質は見られない。同じ場所に生息しているにも関わらず、なぜ雄と雌の尾びれの形状は異なるのだろうか。

雄と雌では繁殖に関する社会的環境が異なるため、雌雄間の形質の違いは性選択による進化によって説明できる。一般的に、雄は異性をめぐって争うが、雌は異性を選択する立場にある。各社会的環境に応じた進化が起きるとすると、成熟雄には、雌をめぐるライバルとの闘争に用いる形質や雌を引き付ける形質が進化し、成熟雌には、雄が持つ何らかの形質に対する選好性が進化すると考えられる。ソードテールのソードは雄どうしの闘争では使用されず、もっぱら求愛時に雌に誇示される。では、雄のソードは雌を引き付ける形質なのだろうか。それを確かめるためにまず、実験1と2を行った。

実験1：水槽を透明な隔壁で3つの区画に分け、真ん中の区画に成熟雌を入れて、両側の区画にソードの長さが異なる成熟雄(ただし、ソードの色や尾びれを除く体サイズは同じ)を1個体ずつ入れた。これら2雄とも雌に対して配偶を促す求愛行動を行った。20分間の観察中、雌が各雄の求愛行動に反応した時間を5つの組で計測したところ、どの組の雌もより長いソードを持つ雄に長時間反応し(図1)、2雄のソードの長さの差が大きくなるほど2雄に対する雌の反応時間の差も大きくなった(図2)。

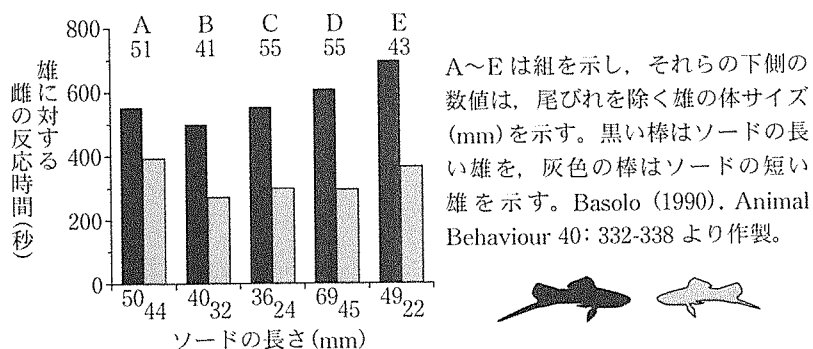


図1. 雄のソードの長さと雄に対する雌の反応時間

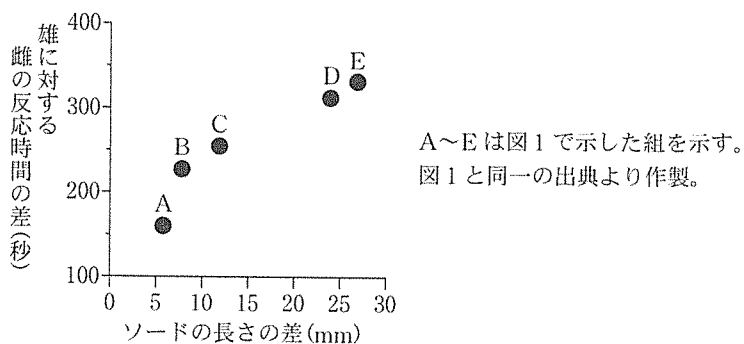


図2. 雄のソードの長さの差と雄に対する雌の反応時間の差

実験2：実験1で用いた1組の雄のソードを切断し、ソードの相対的な長さを逆転させたところ、2雄に対する雌の反応時間の長さも逆転し、雌はソードが相対的に長くなった雄に長時間反応した(図3)。

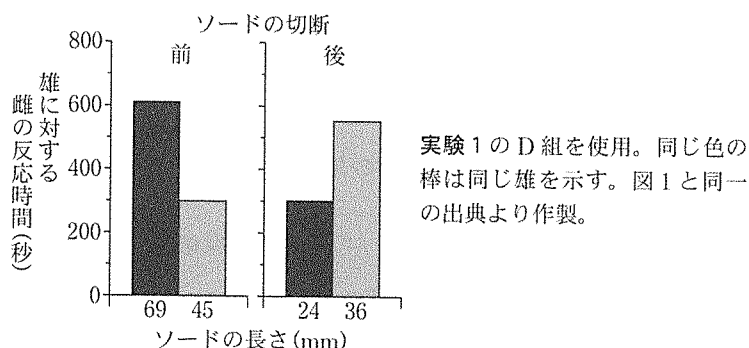


図3. 雄のソードの長さとは雄に対する雌の反応時間

実験1と2の結果から、雌にはより長いソードに対する選好性があると言えよう。従って、長いソードを持つ雄は、短いソードを持つ雄よりも配偶相手として雌に選ばれやすく、雄のソードは性選択によって進化したと考えられる。もしそうならば、ソードに対する雌の選好性は、雄の尾びれにソードが出現する以前に存在していた可能性もある。そこで次に、ソードテールと近縁なプラティ(雄にソードは存在しない)を用いて、ソードに対する雌の選好性を確かめる**実験3**を行った。なお、ソードテールはソードを持たないプラティ型の祖先から進化したことがわかっている。

実験3：プラティの雄の尾びれの下部に、長さ 25 mm のプラスチック製の人工ソードを縫い付けた。一方の雄にはよく目立つ黄色いプラスチックを、もう一方の雄には、視覚でとらえることが困難な透明なプラスチックを縫い付けた。実験1と同じ方法を用いてそれら2雄の求愛行動に対する雌の反応時間を6つの組で測定した結果、どの組の雌も黄色いソードを持つ雄に長時間反応した(図4)。更に、黄色いソードと透明なソードを2雄間で入れかえたところ、やはり雌は黄色いソードを持つ雄に長時間反応した。つまり、雌は自然状態では存在しないソードに選好性を示したと言えよう。

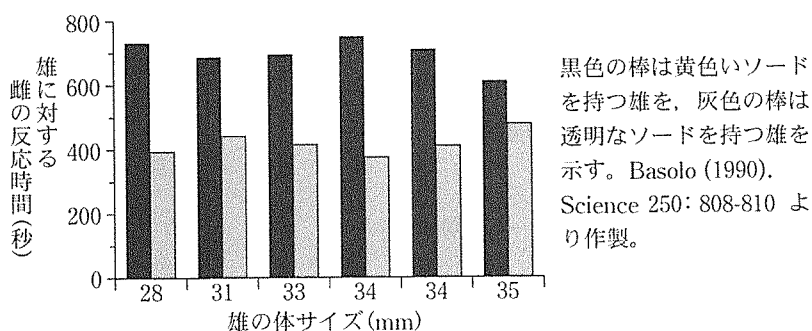


図4. 人工ソードを持つ雄に対するメスの反応時間

さらに、プラティ以外の魚種においても同様な現象が発見されており、ソードテールとそれに近縁な種について、雄のソードとソードに対する雌の選好性の有無を整理すると、下の表1の様になった。

表1. 雄のソードとソードに対する雌の選好性の有無

	A種	B種	C種	プラティ	ソードテール
雄のソード	なし	なし	なし	なし	あり
ソードに対する雌の選好性	なし	なし	あり	あり	あり

問1 ソードテールの雌がより長いソードを持つ雄に長時間反応することを示すためには、実験1に加えて実験2を行う必要がある。その理由を40字以内で説明せよ。

問 2 下線部①について、雄のソードが性選択によって進化するために必要な条件を次のア)～カ)から全て選べ。なお、性選択による進化は自然選択による進化と同様な仕組みで起きる。

- ア) ソードの長さは個体によって異なる。
- イ) ソードの長さはどの個体も同じである。
- ウ) ソードの長さは父親から息子に伝わる。
- エ) ソードの長さは父親から娘に伝わる。
- オ) ソードの長い雄はソードの短い雄よりも生涯に多くの子を残す。
- カ) ソードの短い雄はソードの長い雄よりも生涯に多くの子を残す。

問 3 実験 3 において、黄色いソードを縫い付けた雄の比較対象となる雄には透明なソードを縫い付ける必要がある。その理由を 40 字以内で説明せよ。

問 4 下の図 5 は、表 1 に示した魚種の系統樹である。表 1 に基づいて、雄のソードとソードに対する雌の選好性が進化したと考えられる系統樹上の位置を 1～9 からそれぞれ 1 つ選べ。ただし、一度進化した形質は消失することなく、その後に派生した全子孫種に受け継がれるものとする。

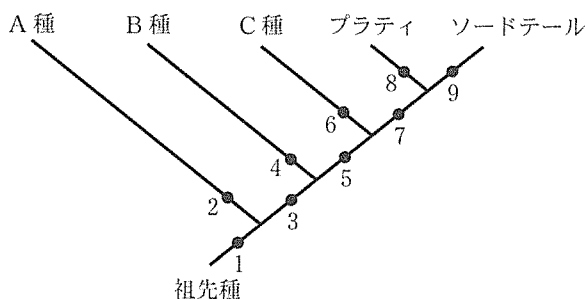


図 5. ソードテールとそれに近縁な魚種における系統樹

問 5 実験 1～3 の結果と図 5 の系統樹に基づいて、ソードテールの雄に長いソードが進化した経緯を 140 字以内で説明せよ。ただし、「遺伝的変異」, 「選択」, 及び「世代」という語を必ず用いること。

