

生 物

生物 問題 I

次の文章を読み、下の問に答えよ。

アメフラシは水管から海水を出し入れすることによって、えら呼吸を行っている。アメフラシの神経回路は神経細胞が大きく、数が少ないという特徴がある。この特徴を生かして学習と記憶のメカニズムに関する研究を行い、エリック・カンデルがノーベル賞を受賞している。アメフラシは図1のように水管に接触刺激を与えると、えらを引っ込める。この水管への接触刺激を何度も繰り返すと、アメフラシは次第にえらを引っ込めなくなる。これを（ア）と呼ぶ。反復刺激の後、しばらく時間をおいて水管を刺激すると、アメフラシは再びえらを引っ込めるようになる。しかし、長時間、接触刺激を繰り返し続けると、数日～数週間放置しても水管の接触刺激に対するえらの反応が起こらなくなってしまう。このように反応が起こらなくなったアメフラシの尾部に強い刺激を与えた後、水管に接触刺激を与えるとアメフラシは再びえらを引っ込めるようになる。これを（イ）という。また、さらに尾部に強い刺激を与えると、水管へのわずかな接触刺激でもアメフラシは敏感にえらを引っ込めるようになる。これを（ウ）という。このように尾部へ強い刺激を与えたとき、図2の各神経細胞では以下に示す①～⑤の反応が順番に起こる。

- ① 尾部の感覚ニューロンから情報を受け取った介在ニューロンから（エ）が放出される。
 - ② （エ）を受容した水管の感覚ニューロンの神経末端ではセカンドメッセンジャーとして（オ）がつくられる。
 - ③ （オ）は（カ）チャネルに作用して（カ）の流出を減少させる。
 - ④ この流出減少によって（キ）の持続時間が長くなり、（ク）が軸索内に流入する時間が長くなる。
 - ⑤ （ク）は（ケ）と軸索の細胞膜融合を促す働きがあるため、（ケ）に含まれる神経伝達物質のシナプス間隙への放出量が増加し、（ウ）が起こる。
- ⑥ この尾部への強い刺激を繰り返し行くと、（ウ）の現象が長期間維持されるようになる。このような刺激にともなう反応の変化は、各ニューロンのシナプス間における興奮伝達効率の変化によって生み出される。このように、興奮伝達効率が変わることをシナプス（コ）という。

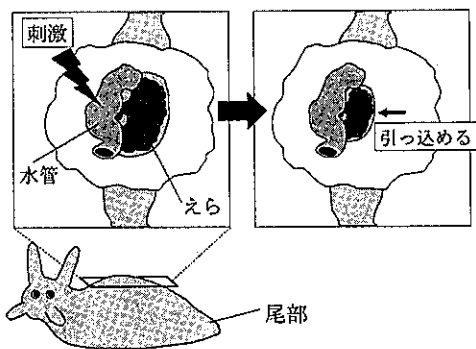


図1. アメフラシの水管への刺激実験模式図

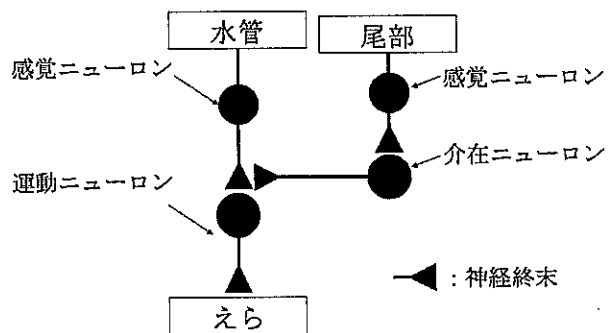


図2. アメフラシの神経回路模式図

問1. 文章中の（ア）～（コ）に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2. 下線部①について、尾部への電気刺激を繰り返し行くと図2の水管の感覚ニューロンの軸索末端では形態的な変化が起こる。どのような変化が起こるか説明せよ。

問3. このアメフラシの実験結果から、学習とはどのような現象であると考えられるか。神経回路で起こる変化をふまえて簡潔に説明せよ。

生 物

問4. 以下の文章を読み、図3の（あ）～（こ）に当てはまるニューロンを（a）～（j）の記号で記せ。
 なお、この神経回路では、ニューロン（c）と（f）の間にシナプスが形成されていることとする。

神経系では隣接するニューロンを興奮させる興奮性シナプスと、興奮を抑制する抑制性シナプスが複雑に組み合わさることによって、多様な情報の処理を行っている。ニューロン（a）～（j）が図3のような神経回路を形成しているとする。図4に示すように、ニューロン（g）を刺激した後、X秒後にニューロン（h）を刺激したとき、ニューロン（a）～（j）それぞれの膜電位を測定するとパターン①のような結果が得られた。また、ニューロン（g）と（h）を同時に刺激し、各ニューロンの膜電位を測定するとパターン②の結果が得られた。さらに、ニューロン（h）を刺激した後、X秒後にニューロン（g）を刺激し、各ニューロンの膜電位を測定するとパターン③の結果が得られた。パターン①～③において、ニューロン（g）と（h）に与えた刺激はそれぞれ1回とする。

なお、すべてのニューロン間の興奮伝導速度と軸索の長さは同じとし、ニューロンが興奮性シナプスと抑制性シナプスから同時に信号を受けた場合は抑制性シナプスからの信号が優先的に働くこととする。

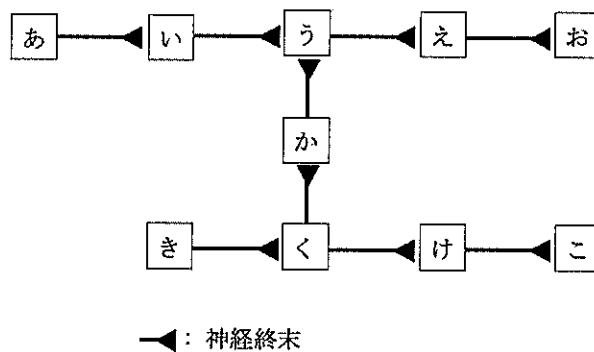


図3. 神経回路

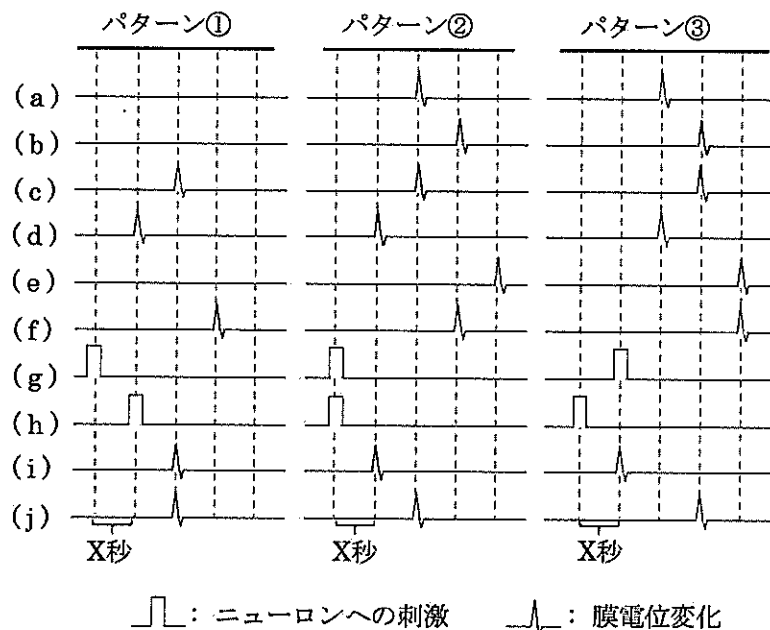


図4. 刺激後の各ニューロンの興奮伝達

生 物

生物 問題 II

次の文章を読み、下の問に答えよ。

大腸菌では、栄養素の代謝に関わる酵素を指定する遺伝子の発現が、栄養条件の変化によって調節される例が知られている。酵素の合成の調節は転写の段階で行われることが多い。大腸菌は生育にグルコースを必要とする。しかし、グルコースがなくてもラクトースがあるときには、ラクトースの代謝に関わる酵素の合成が誘導されて大腸菌は生育する。ジャコブとモノーは大腸菌の突然変異株を詳しく調べて、ラクトースの代謝に関わる複数の酵素の遺伝子が隣り合って1つの転写単位を構成しており、それらが1つの①プロモーターの制御下でまとまって転写の調節を受けるしくみを明らかにした。この転写単位はラクトースオペロンとよばれ、図1のように、遺伝子 *lacI*、プロモーター、オペレーター、構造遺伝子が並んで存在している。調節遺伝子の *lacI* は独立した転写単位を形成している。*lacZ*、*lacY*、*lacA* はラクトースの取り込みと分解などに必要な3種類の酵素を指定している。そのうち、*lacZ*が指定するβ-ガラクトシダーゼは、ラクトースをグルコースと（ア）に加水分解する酵素である。

これまで、遺伝子発現の調節のしくみは大腸菌の形質転換実験によっても明らかにされてきた。特定の遺伝子を含むDNA断片を取り出して、プラスミドにつないだのち、大腸菌に導入するといった遺伝子組換え技術はその一つである。目的とするDNAが極めて少ないときには、②PCR法によって短時間に大量に増幅させることもできる。さらに、そのDNA断片を切断するには、特定の塩基配列を識別してその部分だけを切断する制限酵素が用いられる。取り出されたDNA断片をプラスミドに挿入するには、DNA（イ）という酵素を作用させて結合させる。③こうして組み換えられたプラスミドを大腸菌に導入して形質転換がおこなわれる。特定の遺伝子の運び屋として利用されるプラスミドのようなDNAは（ウ）とよばれる。

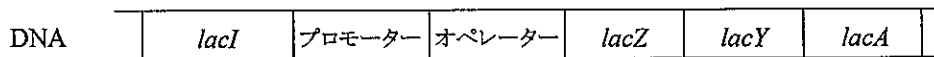
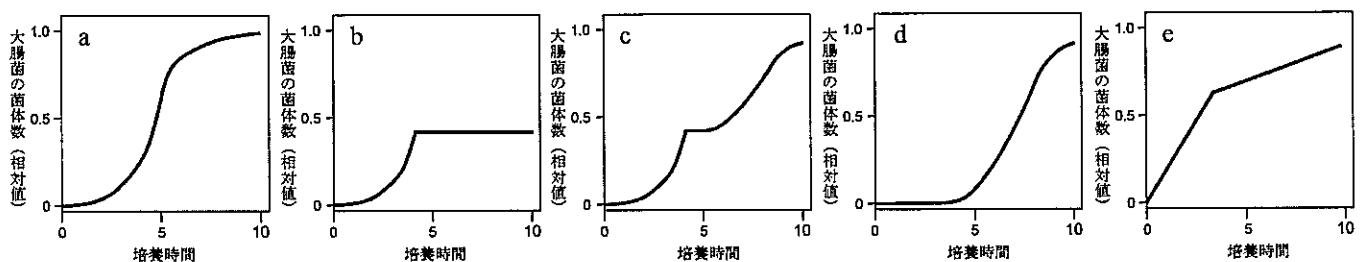


図1. ラクトースオペロンの構造

- 問1. 文章中の（ア）～（ウ）に当てはまる最も適切な語句を記せ。
- 問2. 下線部①について、真核生物では、RNAポリメラーゼはプロモーターに単独では結合できず、複数のタンパク質とともに複合体を形成して結合することで転写が開始される。真核生物において、RNAポリメラーゼのプロモーターへの結合と転写の開始を助ける複数のタンパク質の総称を記せ。
- 問3. 下線部②のPCRは何の略か。日本語もしくは英語で記せ。
- 問4. 十分量のラクトースと少量のグルコースが含まれる混合培地で大腸菌野生株を10時間程度培養した。大腸菌は培養開始時点からどのような増殖曲線を描いて生育するか。下に示すa～eの増殖曲線のうち最も近いものを選び、その記号を記せ。



生 物

問 5. ラクトースオペロンの発現調節が野生株のそれとは異なる 5 種類の突然変異株 I ~ V を得た。これらの変異株はラクトースの有無に関わらず常に β -ガラクトシダーゼの活性を示す性質か、常に活性が認められない性質のどちらかである。各変異株は、*lacI*, プロモーター, オペレーター, *lacZ* のいずれかに原因となる突然変異を 1 つ持ち、それ以外の DNA 領域に変異は生じていない。これらの変異株を用いて、下線部③に関連して以下に示す実験 1 ~ 3 をおこない、表 1 の結果を得た。

- 実験 1 : 変異株 I ~ V を、グルコースのみまたはラクトースのみを含む寒天培地で培養して、大腸菌の生育を観察した。
 実験 2 : 変異株 I ~ V に、図 2 に示すプラスミド A を導入する形質転換をおこなった。形質転換後の大腸菌を実験 1 と同様に培養して生育を観察した。
 実験 3 : 図 3 のように、ラクトースオペロンの構造遺伝子を GFP (緑色蛍光タンパク質) 遺伝子に置き換えたプラスミド B を作製した。変異株 I ~ V にプラスミド B を導入する形質転換をおこなった。形質転換後の大腸菌をグルコースのみの培地で培養して、GFP の蛍光を観察した。

なお、大腸菌がラクトースのみの培地で生育するには、3 種類の酵素がすべて揃うことが必須であるとする。

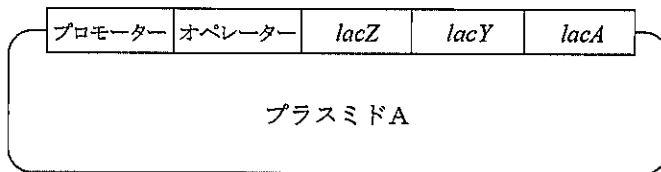


図 2. 実験 2 の形質転換実験に用いたプラスミド A

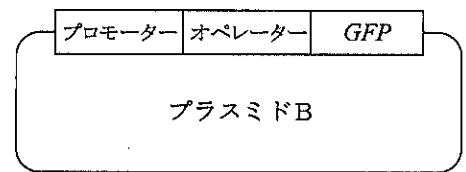


図 3. 実験 3 の形質転換実験に用いたプラスミド B

実験結果 : 実験 1 ~ 3 の結果をまとめて表 1 に示した。実験 1 と 2 では、寒天培地上における菌集合体 (コロニー) の形成を観察して、+ (増殖あり) と - (増殖なし) で示した。実験 3 では、大腸菌が発する GFP の蛍光の有無を示した。

表 1. 実験結果のまとめ

	実験 1		実験 2		実験 3
	形質転換なし		プラスミド A による形質転換		プラスミド B による形質転換
	大腸菌の生育の観察		大腸菌の生育の観察		GFP 蛍光の観察
寒天培地の栄養条件	グルコースのみ	ラクトースのみ	グルコースのみ	ラクトースのみ	グルコースのみ
変異株 I	+	+	+	+	有
変異株 II	+	+	+	+	無
変異株 III	+	-	+	+	無
変異株 IV	+	-	+	+	無
変異株 V	+	-	+	-	無

- (1) 変異株 I では、どの DNA 領域に変異があると考えられるか。変異部位とその理由を記せ。
 (2) 変異株 III と IV では異なる領域に変異が存在する。DNA の塩基配列を調べずに、変異株 III と IV ではどの領域に変異があるかを知るために、プラスミド C をそれぞれに導入する実験をおこなった。プラスミド C による形質転換後には、変異株 III がラクトースのみの培地で生育して、変異株 IV は生育しなかった。プラスミド C はどのようなものと考えられるか。簡潔に記せ。
 (3) 実験 2 において、変異株 V がラクトースのみの培地で生育できなかったのはなぜか。簡潔に説明せよ。

生 物

生物 問題 III

次の文章を読み、下の問に答えよ。

植物はさまざまな環境の変化に応じて成長や形態を調節している。特に光は環境要因の中でも重要であり、植物はそれを感知するだけでなく、光の波長や光を浴びている時間を認識することができる。植物の光受容体には、赤色光や遠赤色光を受容するフィトクロム、青色光を受容する（ア）や（イ）がある。一般に、茎の伸長成長は赤色光や青色光で抑えられ、遠赤色光で促進される。また、茎は光に対し正の屈性を示す。これらの現象では（ア）は茎の伸長抑制に、（イ）は光屈性に、フィトクロムは①光発芽種子の発芽、②花芽形成、③茎の伸長などに関与している。

感知された環境変化に应答する過程では、オーキシシンが光屈性を調節している。植物が合成する天然のオーキシシンは（ウ）という化学物質である。光屈性の原因は、④光によるオーキシシンの分布の変化であり、オーキシシンの移動には方向性があることが知られている。また、重力の刺激に対し、多くの植物では茎は負の重力屈性を示し、⑤根は正の重力屈性を示して成長する。この現象にもオーキシシンが関与する。また、植物ホルモンには⑥茎の成長する方向を調節するものがある。ジベレリンや（エ）は長軸方向へ茎の伸長成長を促進し、接触や振動などの刺激により合成が増大されるエチレンは茎の伸長を抑制し、肥大成長を促進する。

問1. 文章中の（ア）～（エ）に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2. 図1はヒトの3つの錐体細胞の光吸収率を示している。図1の光の波長（ p, q, r, s ）を参考に、赤色光を吸収するフィトクロムの光の波長と吸収度（相対値）を示す図を（a）～（f）から選び、記号で記せ。ただし波長の1目盛りは50 nmである。

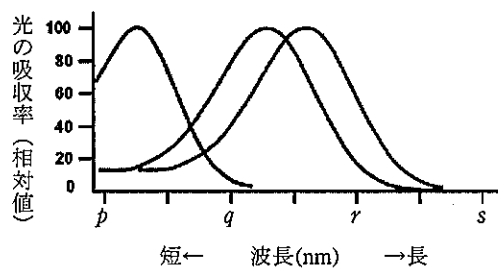
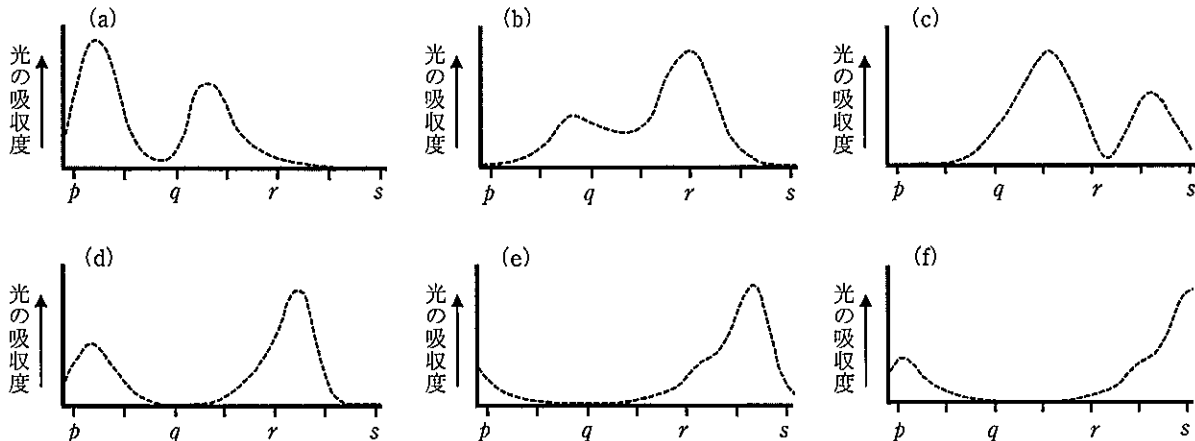


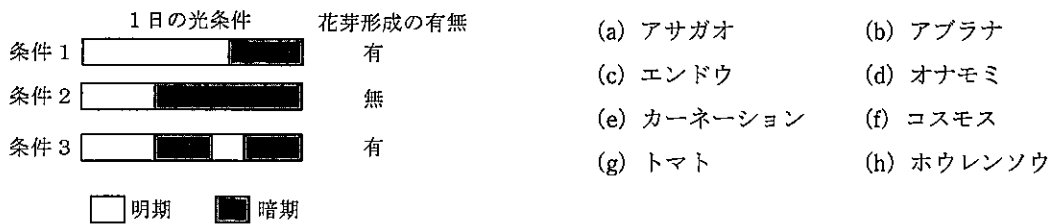
図1. ヒトの錐体細胞の光の波長とその吸収率



生 物

問3. 下線部①について、レタスなどの種子は小型の種子が多く、赤色光と遠赤色光を認識できる。このような光発芽種子が赤色光を浴びた時に発芽できる利点は何か。簡潔に記せ。

問4. 下線部②について、花芽形成に必要な最短の暗期の長さを何というか。また、下図に示すような1日の光条件下で花芽形成の有無の性質を示す植物はどれか。(a)～(h)からすべて選び、記号で記せ。



問5. 下線部③について、光によりオーキシンの分布はどのように変化するのか。そのしくみについて簡潔に記せ。

問6. 下線部④について、重力を感知する細胞が存在するのは植物のどの部位か、記せ。また、重力を感知する細胞小器官は何か、記せ。

問7. 光や重力の刺激により茎と根は屈曲する。オーキシンにより茎と根は伸長促進されるにも関わらず、茎と根が互いに逆方向に屈曲するのはなぜか。その理由を簡潔に記せ。

問8. 下線部⑤について、成長方向を制御するしくみを以下の文章に示す。文章の(1)～(4)に当てはまる最も適切な語句を記せ。

ジベレリンは細胞骨格のひとつである(1)の方向を制御することにより、細胞壁の(2)の繊維を伸長方向に対して(3)方向にそろえる。オーキシンは細胞壁の(2)繊維どうしのつながりを緩めるため(4)が減少し、細胞が吸水して伸長する。

問9. 頂芽の成長が活発なときには側芽が発育しにくい。このような現象を何というか、記せ。また、頂芽が成長し続けている間、なぜ側芽は発育しないのか。そのしくみを簡潔に記せ。