

入学試験問題

理科



(配点 120 点)

令和 3 年 2 月 26 日 9 時 30 分—12 時

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- 2 この問題冊子は全部で 89 ページあります(本文は物理 4～27 ページ、化学 28～43 ページ、生物 44～69 ページ、地学 70～89 ページ)。落丁、乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には、必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
- 4 解答は、1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
- 5 物理、化学、生物、地学のうちから、あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。
- 6 解答用紙の指定欄に、受験番号(表面 2 箇所、裏面 1 箇所)、科類、氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。
- 7 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。
- 8 解答用紙表面上方の指定された()内に、その用紙で解答する科目名を記入しなさい。
- 9 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち、その用紙で解答する科目の分のみ 1 箇所をミシン目に沿って正しく切り取りなさい。
- 10 解答用紙の解答欄に、関係のない文字、記号、符号などを記入してはいけません。また、解答用紙の欄外の余白には、何も書いてはいけません。
- 11 この問題冊子の余白は、草稿用に使用してもよいが、どのページも切り離してはいけません。
- 12 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
- 13 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

生 物

第1問

次のⅠ、Ⅱの各問に答えよ。

Ⅰ 次の文1と文2を読み、問A～Eに答えよ。

[文1]

水は、ほとんどの生物の体内において最も豊富に存在する分子であり、生命活動の維持に必須である。水は代謝活動を担う化学反応の場を提供するとともに、生体分子やそれらが集合して形成する生体構造の維持にも重要な役割を果たす。
(ア) このため、陸上に生息する多くの生物にとって水の確保は最優先課題の1つである。一方で、一部の生物種には、水をほぼ完全に失っても一時的に生命活動を停止するだけで、水の供給とともに生命活動を回復するものが知られている。このような乾燥ストレスに非常に高い耐性を示す動物ヨコヅナクマムシ(図1-1)と、その近縁種のヤマクマムシについて、以下の実験を行った。

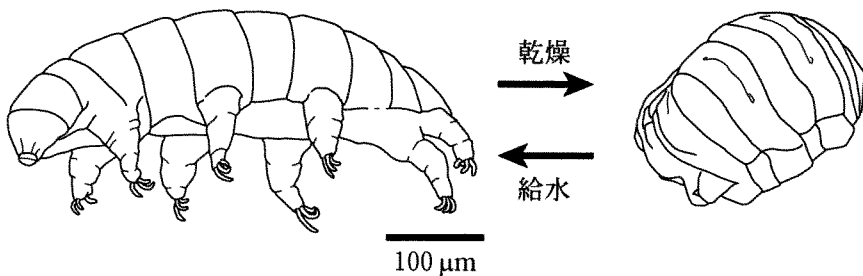


図1-1 ヨコヅナクマムシの乾燥と給水
乾燥すると右のように体を縮めて丸まった状態になる。

実験1 通常条件下で飼育したヨコヅナクマムシとヤマクマムシとを、厳しい乾燥条件に曝露(以降、この操作を「乾燥曝露」と呼ぶ)した後、給水後の生存率を調べたところ、図1-2に示すように種間に大きな違いが観察された。次に、乾燥曝露の前に、ヤマクマムシが死なない程度に弱めた乾燥条件に1日曝露しておく(以降、この操作を「事前曝露」と呼ぶ)、乾燥曝露後のヤマクマムシの生存率が大きく上昇し、ヨコヅナクマムシとほとんど同じになった。

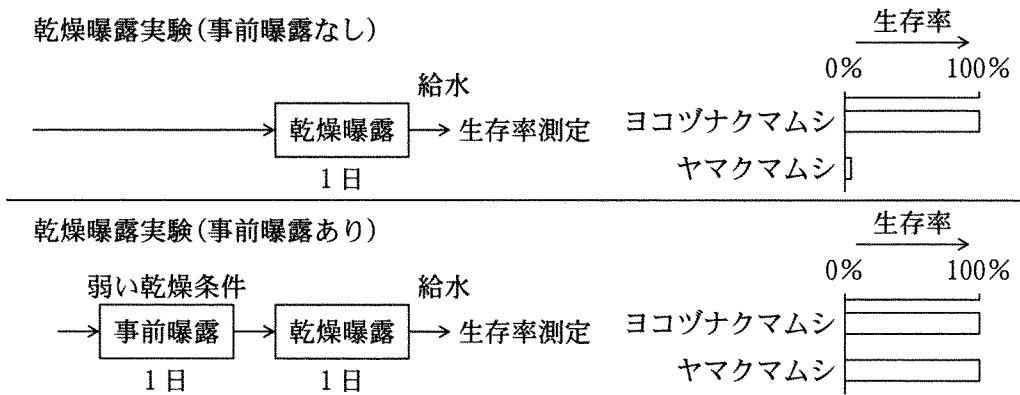


図1-2 乾燥曝露後の生存率におよぼす事前曝露の影響

実験2 ヨコヅナクマムシとヤマクマムシそれぞれに転写阻害剤を投与した後、事前曝露と乾燥曝露とを行い、給水後の生存率を測定した。対照として阻害剤で処理しない条件や、事前曝露のみで乾燥曝露を行わない条件も合わせて解析した。その結果は、図1-3のようになった。また、翻訳阻害剤を用いた場合にも転写阻害剤の場合と同様の結果が得られた。なお、転写阻害剤や翻訳阻害剤の投与によって、mRNAやタンパク質の新規合成は完全に抑制された。

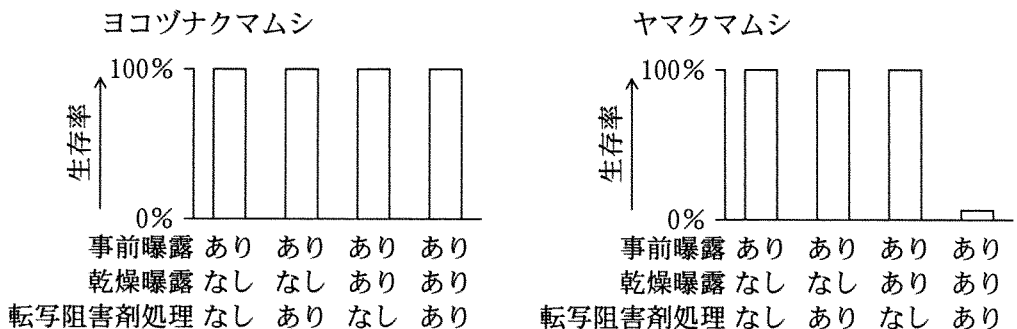


図1-3 生存率に与える乾燥曝露と転写阻害剤の影響

[文2]

3つの遺伝子A, B, Cはクマムシの乾燥ストレス耐性に関わっている。これらの遺伝子のいずれかを欠損させたヤマクマムシについて、事前曝露と乾燥曝露とを行ったところ、野生型に比べて生存率が大きく低下した。野生型ヤマクマムシにおける遺伝子A, B, CのmRNA量について次のような実験を行った。

実験3 ヤマクマムシを3群に分け、1群はそのまま(阻害剤なし)、次の1群には転写阻害剤を投与、最後の1群には翻訳阻害剤を投与した。その後、各群を事前曝露条件に置き、個体中の遺伝子A, B, CのmRNA量を経時的に測定したところ、図1—4の結果を得た。

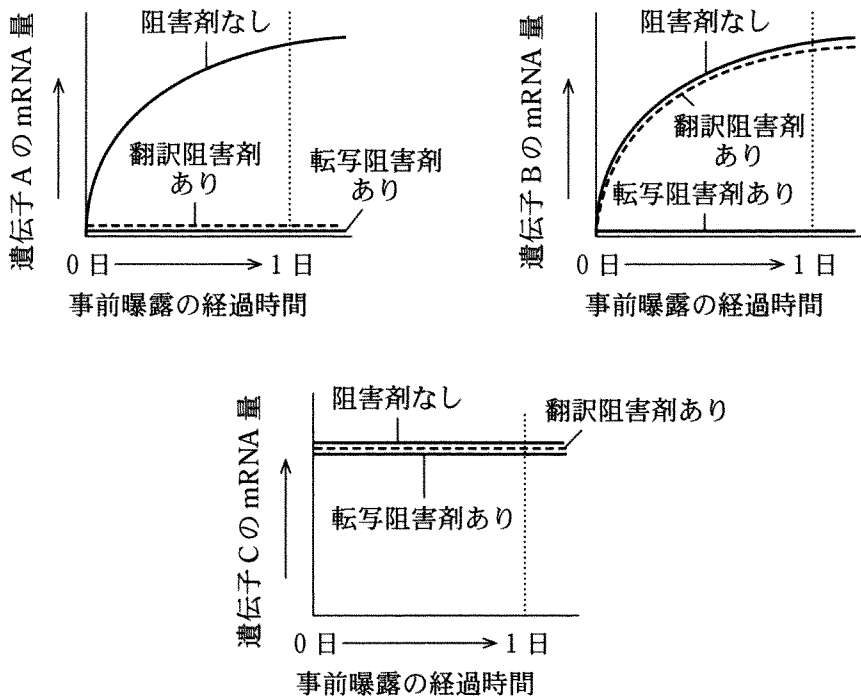


図1—4 事前曝露処理中の遺伝子A, B, CのmRNA量の変化

〔問〕

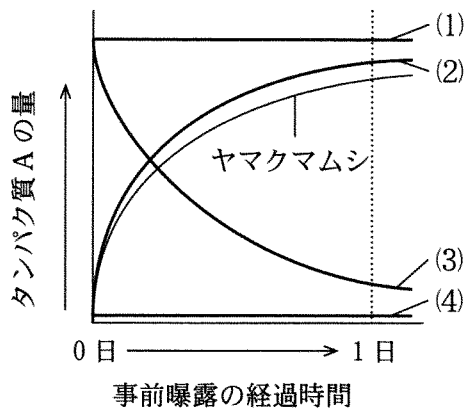
A 下線部(ア)について、水の存在下で安定化される生体構造の1つに生体膜がある。生体膜の主要な構成成分の特徴に触れつつ、水が生体膜の構造維持および安定化に果たす役割を3行程度で説明せよ。

B 実験1の結果から、ヨコヅナクマムシとヤマクマムシには乾燥ストレス耐性に違いがあると考えられる。実験2の結果と合わせて、ヨコヅナクマムシとヤマクマムシの乾燥ストレス耐性について最も適切に説明しているものを下記の選択肢(1)~(6)から1つずつ選び、ヨコヅナクマムシ-(1)、ヤマクマムシ-(2)のように答えよ。なお、同じものを選んでよい。

- (1) 薬剤への感受性が強いいため、転写阻害剤や翻訳阻害剤の投与によって生存率が低下する。
- (2) 通常時は乾燥耐性に必要な遺伝子の mRNA とタンパク質を保持しているが、事前曝露時にタンパク質を選択的に分解する。
- (3) 乾燥耐性に必要なタンパク質を事前曝露と関係なく常時保持している。
- (4) 通常時も乾燥耐性に必要な遺伝子の mRNA を保持しているので、事前曝露時に転写を経ず、速やかに必要なタンパク質を合成する。
- (5) 通常時は乾燥耐性に必要な遺伝子を転写しておらず、事前曝露時に転写・翻訳する。
- (6) 乾燥耐性に必要な遺伝子が不足している。

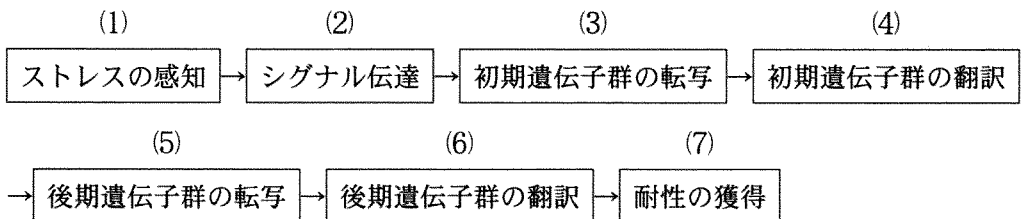
C 生体の環境ストレス応答は、環境ストレスの感知から始まる。この情報が核内に届き、最初の標的遺伝子(初期遺伝子)が転写される。転写された mRNA は、次にタンパク質に翻訳され様々な機能を発揮する。翻訳されたタンパク質の中に転写を調節する因子(調節タンパク質)が含まれている場合、それらによって新たな標的遺伝子(後期遺伝子)の転写が開始される。実験3の結果に基づき、遺伝子 A, B, Cのうち、乾燥ストレスに対する初期遺伝子と考えられるものをすべて示し、その結論に至った理由を2行程度で説明せよ。

D 遺伝子 A がコードするタンパク質 A はヨコヅナクマムシの乾燥耐性にも必須であった。また、乾燥曝露後の生存率が事前曝露の有無によらず 0% であるクマムシ種 S にも遺伝子 A が見いだされた。種 S にタンパク質 A を強制的に発現させると乾燥曝露後の生存率が上昇した。ヨコヅナクマムシと、タンパク質 A を強制発現していない野生型の種 S それぞれについて、事前曝露時のタンパク質 A の量の変化パターンとして最も適切と考えられるものを次の図中の(1)~(4)から選べ。解答例：ヨコヅナクマムシ(1)，種 S(1)。



比較のためヤマクマムシにおける変化パターンを細線で示してある。

E ヤマクマムシの乾燥ストレス耐性を阻害する 2 種の薬剤として Y と Z が見いだされた。事前曝露の前にヤマクマムシを薬剤 Y もしくは薬剤 Z で処理すると、事前曝露と乾燥曝露とを行った後の生存率が顕著に低下した。薬剤 Y で処理した場合、事前曝露時の遺伝子 A、B の mRNA 量の増加はともに阻害されたが、薬剤 Z で処理した場合は遺伝子 A の mRNA 量の増加のみが阻害された。薬剤 Y と薬剤 Z それぞれについて、上記の結果を説明する作用点として可能性のある過程を下記の経路からすべて挙げ、薬剤 Y-(1)，(2)，薬剤 Z-(1)，(3)のように答えよ。



II 次の文章を読み、問F～Iに答えよ。

ある種の線虫は4日間の事前曝露を行うと乾燥耐性を示すようになる。この線虫では、事前曝露時に糖の一種であるトレハロースが大量に蓄積し、これが耐性に必須である。トレハロースは、グルコースから作られるG1とG2を基質として酵素Pによって合成される(図1—5)。線虫の変異体Pは、酵素Pが機能を失っておりトレハロースを蓄積しないため、乾燥耐性を示さない。

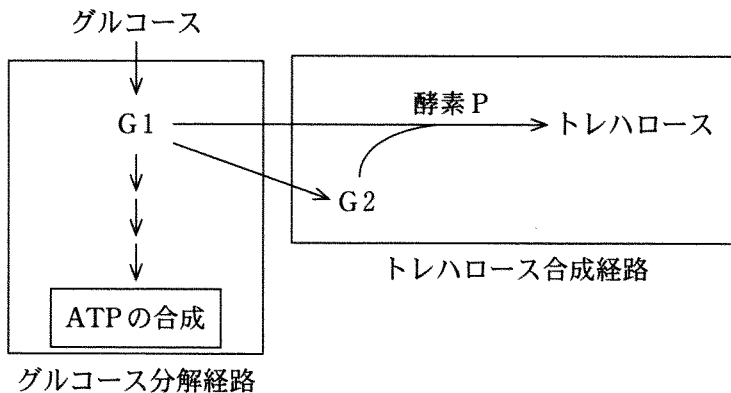


図1—5 グルコース分解経路とトレハロース合成経路

グルコースは、細胞の主要なエネルギー源として分解され、生体のエネルギー通貨とも呼ばれるATPの産生に利用される。この反応は3つの過程、、、に分けられる。、によって生じたNADHやFADH₂は、ミトコンドリアの内膜ではたらくに渡されてATP合成に利用される。グルコース分解の第1段階であるは、多数の酵素によって触媒される多段階の反応である。その多くは可逆反応であり、一部の不可逆反応のステップについても逆反応を触媒する別の酵素が存在するため、反応を逆方向に進めてグルコースを合成することもできる。この仕組みは、糖が不足した時に他の栄養源からグルコースを合成する際に使用される。線虫はアミノ酸や脂質を原料としてグルコースを合成できることが分かっている。

実験4 この線虫において、乾燥耐性が低下した新たな変異体 X を単離した。さらに、変異体 X から酵素 P が機能を失った二重変異体 P:X も作出した。野生型、変異体 P、変異体 X、および二重変異体 P:X について、事前曝露によるトレハロースの蓄積量を解析したところ、図 1—6 のようになった。また、各変異体について、トレハロースを産生する酵素 P の個体あたりの活性を、基質である G1 および G2 が十分にある条件下で測定した結果、図 1—7 のようになった。

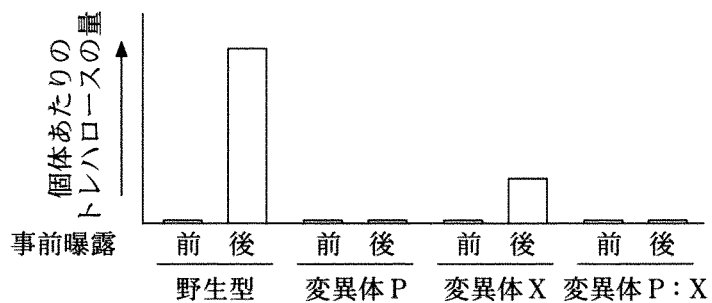


図 1—6 各変異体における事前曝露時のトレハロースの蓄積量の変化

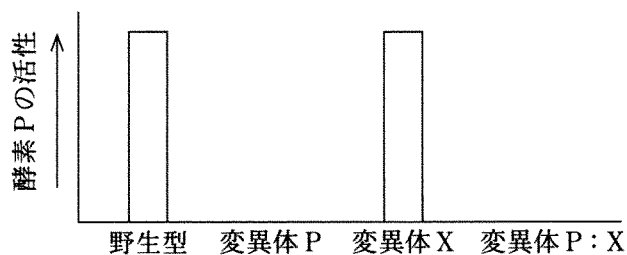


図 1—7 各変異体における個体あたりの酵素 P の活性

実験5 生体内における物質代謝の挙動を知るためには、放射性同位体で標識した化合物を生物に取り込ませた後、その物質がどのような物質に変化するかを放射線を指標に調べるという方法がある。炭素の放射性同位体である ^{14}C で標識した酢酸を餌に混ぜて線虫に 3 日間摂取させた。その後、放射標識された物質を解析したところ、野生型でも変異体 X でも放射標識された酢酸は検出されず、エネルギー貯蔵物質として知られる脂質の一種トリグリセリドが顕著に放射標識されていた。その後、4 日間の事前曝露

を行ったところ、野生型では放射標識されたトリグリセリドがほぼ完全に消失し、代わりに放射標識されたトレハロースが顕著に増加した。一方、変異体 X では事前曝露によるトレハロースの蓄積は野生型よりも少なく、事前曝露後も放射標識されたトリグリセリドが残存していた。

〔問〕

F 文中の空欄 1～3 に当てはまる適切な語句を答えよ。

G 下線部(イ)のようにミトコンドリアでは、NADH や FADH₂ から得られた電子が最終的に酸素分子に渡される過程でエネルギーが蓄積され、そのエネルギーをもとに ATP が合成される。この反応を何と呼ぶか答えよ。

H 実験 4 の結果から、変異体 X のトレハロースの蓄積量が野生型より低くなる原因として考えられるものを、以下の選択肢(1)～(5)からすべて選べ。

- (1) 変異体 X では、酵素 P の発現を促進する遺伝子の機能が失われた結果、酵素 P の活性が低下したため。
- (2) 変異体 X では、トレハロースの合成が酵素 P を介さない代替経路に切り替わり、その代替経路のトレハロース生産量が低いため。
- (3) 変異体 X では、基質 G1 もしくは G2 の産生量が低下したため。
- (4) 変異体 X では、酵素 P の活性を強化する遺伝子が破壊された結果、酵素 P の活性が低下したため。
- (5) 変異体 X では、基質 G1 もしくは G2 を産生する酵素の量が増加したため。

I 変異体 X は遺伝子 X の機能を失った変異体であった。実験 5 の結果から、遺伝子 X の役割としてどのようなことが考えられるか、またそれがトレハロースの産生にどう影響するか、以下の語句をすべて用いて 2 行程度で述べよ。

トレハロース、基質 G1、酵素 P、トリグリセリド、遺伝子 X

第2問

次のⅠ、Ⅱの各問に答えよ。

Ⅰ 次の文章を読み、問A～Dに答えよ。

生物は環境に応じてその発生や成長を調節する。植物もさまざまな刺激を受容して反応し、ときに成長運動を伴う応答を見せる。成長運動の代表例が屈性であり、刺激の方向に依存して器官が屈曲する現象をいう。刺激に近づく場合が正の屈性、遠ざかる場合が負の屈性であり、^(ア)刺激源側とその反対側とで細胞の成長速度が違うために器官の屈曲が生じる。植物が屈性を示す代表的な刺激源には、光、重力、水分などがあり、実験1～3によって示されるように、根はこれら複数の刺激に対して屈性を示す。^(イ)

屈性制御にはさまざまな植物ホルモンが関わっており、中でも細胞成長を制御するオーキシンが重要な役割を果たしている。植物細胞の形態と大きさは、細胞膜の外側に存在する細胞壁によって決められる。^(ウ)オーキシンは、細胞壁をゆるめることで、細胞の吸水とそれに伴う膨潤とを容易にし、細胞成長を促進する。オーキシンが細胞壁をゆるめる機構に関しては、組織片を純水に浸した状態でオーキシンを与えると細胞壁の液相が酸性になること、組織片を酸性の緩衝液に浸すとオーキシンを与えなくても組織片の伸長が起こること、などの観察にもとづいて、「オーキシンによる細胞壁液相の酸性化が、細胞壁のゆるみをもたらし、植物細胞の成長が促される」とする「酸成長説」が唱えられてきた。細胞壁液相の酸性化は、古くは、弱酸であるオーキシンが供給する水素イオンによって起こると考えられていたが、現在では、オーキシンによって活性化される細胞膜上^(エ)のポンプが、エネルギーを消費して積極的に細胞外に排出する水素イオンによって起こるとの見方が有力となっている。このような修正を受けながらも、「酸成長説」は現在でも広く受け入れられている。

実験1 図2—1に示すように、シロイヌナズナの根の重力屈性を調べるために、シロイヌナズナ芽生えを垂直に保った寒天培地で2日間育てた後、寒天培地ごと芽生えを90°回転させて栽培を続けた。芽生えを90°回転させた直後から定期的に芽生えの写真を撮影し、最初の重力方向に対する根の先端の屈曲角度を計測した。

実験2 図2—2に示すように、シロイヌナズナの根の光屈性を調べるために、シロイヌナズナ芽生えを垂直に保った寒天培地で、2日間暗所で育てた後、光を重力方向に対して90°の角度で照射して栽培を続けた。光照射開始直後から定期的に芽生えの写真を撮影し、重力方向に対する根の先端の屈曲角度を計測した。光源には、根が屈性を示す青色光を用いた。

実験3 図2—3に示すように、シロイヌナズナの根の水分屈性を調べるために、シロイヌナズナ芽生えを垂直に保った寒天培地で、2日間暗所で育てた。その後、根の先端0.5 mmが気中に出るように寒天培地の一部を取り除き、この芽生えを寒天培地ごと閉鎖箱に入れた。これによって、根の先端近傍では、右の四角内に示すように、寒天培地から遠ざかるにつれて空気湿度が低下した。閉鎖箱に移動させた直後から定期的に芽生えの写真を撮影し、重力方向に対する根の先端の屈曲角度を計測した。

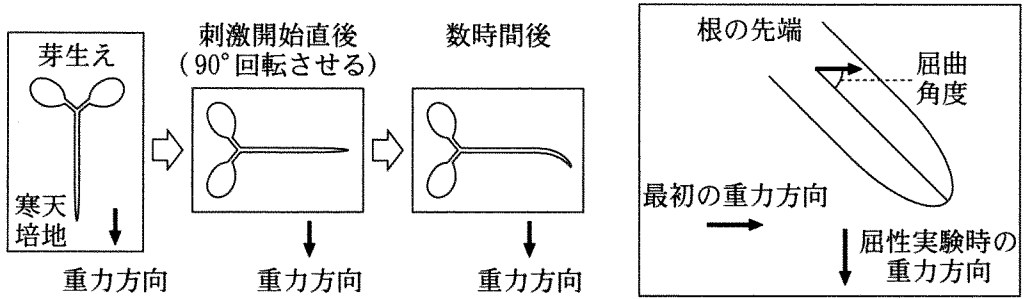


図 2—1 シロイヌナズナの根の重力屈性実験

シロイヌナズナ芽生えを 90° 回転させて根の屈曲を一定時間おきに観察した。右の四角内には、屈曲角度の測定法を示してある。

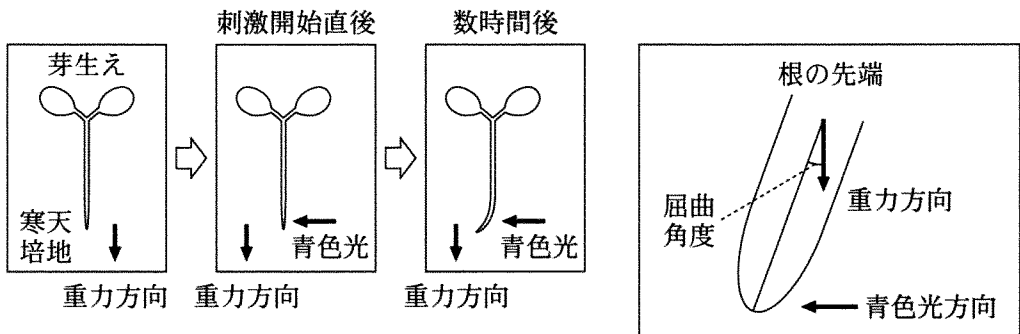


図 2—2 シロイヌナズナの根の青色光屈性実験

暗所で育てたシロイヌナズナ芽生えの根に重力方向と 90° の方向から青色光を照射し、根の屈曲を一定時間おきに観察した。右の四角内には、屈曲角度の測定法を示してある。

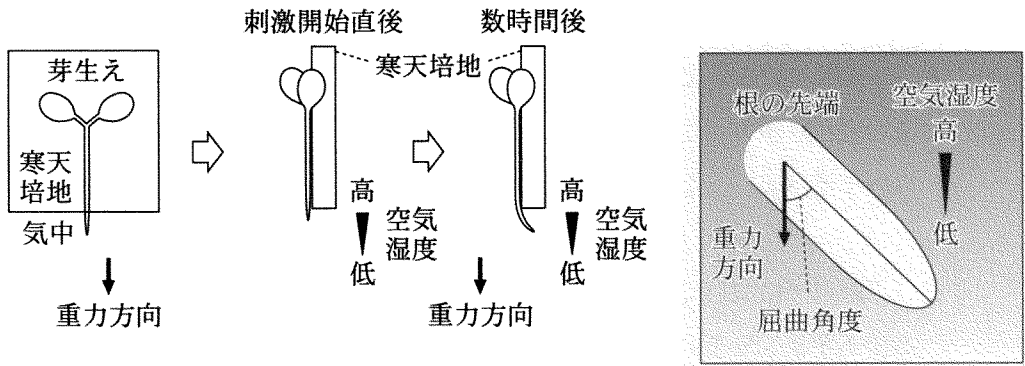


図 2—3 シロイヌナズナの根の水分屈性実験

暗所で育てたシロイヌナズナ芽生えの根の先端 0.5 mm が気中に出るように寒天培地の一部を切除した後、閉鎖箱に移し、根の屈曲を一定時間おきに観察した。図では閉鎖箱は省略してある。右の四角内には、屈曲角度の測定法を示してある。灰色が濃いほど空気湿度が高いことを示す。

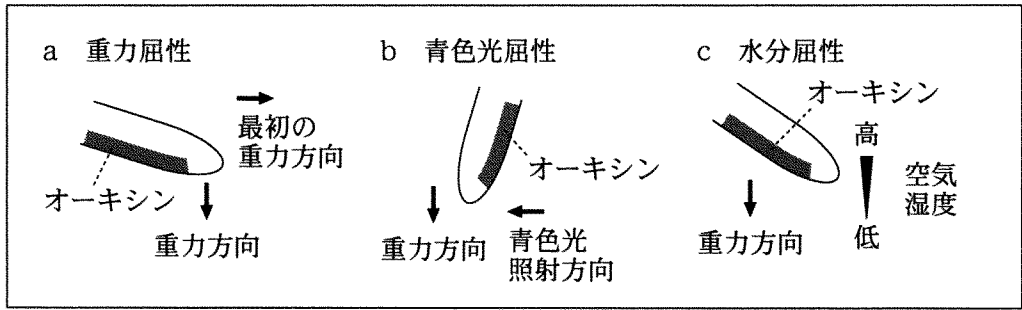
〔問〕

A 下線部(ア)について。重力に対して茎は負の屈性を、根は正の屈性を示す。
このような重力屈性の性質が、陸上植物の生存戦略上有利である理由を2行
以内で述べよ。

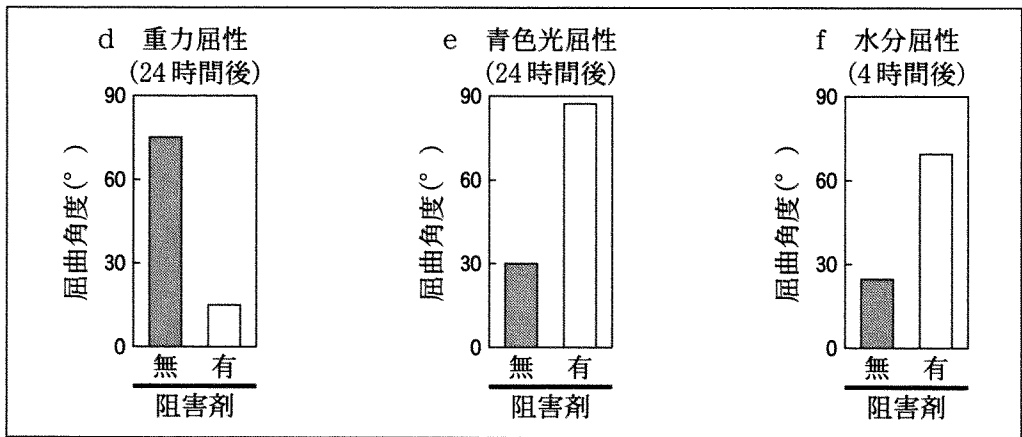
B 下線部(イ)について。図2—4は、実験1～3を行った際の根の先端におけ
るオーキシン分布の様子(a～c)、実験1～3を、オーキシンの極性輸送を
阻害する化合物(オーキシン極性輸送阻害剤)を含んだ寒天培地で行った場合
の結果(d～f)、実験1～3を、オーキシンに応答して起こる遺伝子発現調
節が異常となった変異体Aで行った場合の結果(g～i)をまとめたもので
ある。以下の(1)～(5)の記述のそれぞれについて、図2—4の結果から支持さ
れるなら「○」、否定されるなら「×」を記せ。さらに否定される場合には、否
定の根拠となる実験結果のアルファベットを解答例のように示せ。ただし、
根拠が複数存在する場合にはそのすべてを記すこと。

解答例：[(1)－×－a, b] [(1)－○]

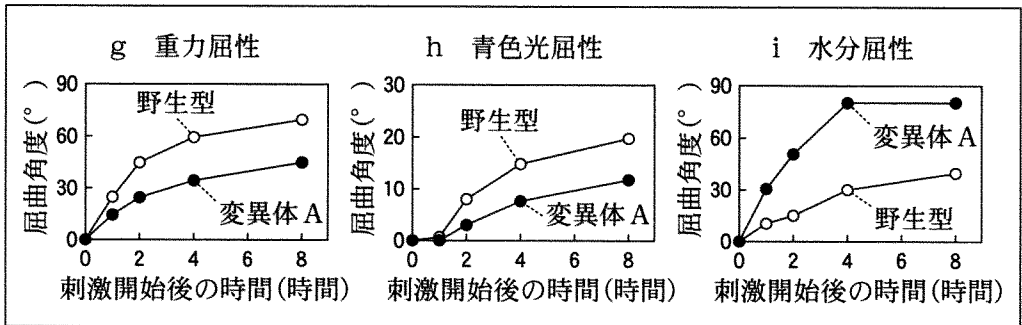
- (1) シロイヌナズナの根では、重力、青色光、水分のうち、青色光に応答し
た屈曲をもっとも早く観察することができる。
- (2) 重力屈性、青色光屈性、水分屈性のいずれにおいても、刺激の方向に依
存したオーキシン分布の偏りが、シロイヌナズナの根の屈曲に必須であ
る。
- (3) シロイヌナズナの根の屈性においては、オーキシンは常に刺激源に近い
側に分布する。
- (4) 変異体Aで起こっている遺伝子発現調節異常は、シロイヌナズナの根
の青色光屈性と水分屈性において、屈曲を促進する効果をもつ。
- (5) シロイヌナズナの根は、重力と水分には正の、青色光には負の屈性を示
す。



実験 1～3 における，刺激開始 4 時間後の根の先端付近のオーキシシン分布の様子
 ■ はオーキシシン濃度が高い部分を示す。



実験 1～3 をオーキシシン極性輸送阻害剤を含んだ寒天培地で行った結果



実験 1～3 をオーキシシンに応答して起こる遺伝子発現調節が異常となった変異体 A で行った結果

図 2-4 シロイヌナズナの根の屈性実験の結果

C 下線部(ウ)について。天然オーキシンであるインドール酢酸(IAA)は、細胞膜に存在する取りこみ輸送体および排出輸送体によって、極性をもって輸送される。重力屈性などで見られる器官内のオーキシン分布の偏りは、排出輸送体が細胞膜の特定の面に局在することによって形成されると考えられている。では、なぜ取りこみ輸送体よりも排出輸送体の偏在制御が重要となるのか。その理由について、IAAは、弱酸性の細胞壁液相ではイオン化しにくく、中性の細胞内ではイオン化しやすいことと、細胞膜の性質とに着目し、3行以内で説明せよ。

D 下線部(エ)について。このような輸送の仕組みを何とよぶか。

II 次の文章を読み、問E～Hに答えよ。

植物は、劣悪な環境から逃避することはできないが、環境ストレスから身を守るためにさまざまな防御反応を行う。それらの中には、害を受けた部位からシグナル伝達物質が出され、他の部位に伝わることによって引き起こされる防御反応もある。そのひとつが、昆虫などによる食害への防御反応である。食害を受けると、の生合成が活性化し、による遺伝子発現誘導によって、昆虫の消化酵素を阻害する物質が作られる。このとき、食害を受けていない葉でも、他の葉が食害を受けてから数分以内にの生合成が始まることから、食害のシグナルは非常に速い伝播速度をもつことが示唆されていた。最近、このシグナルはカルシウムイオンシグナルであることが示され、毎秒約1 mmの速さで、篩(師)管を通じて植物体全身へと広がることが明らかとなった。^(オ)

カルシウムイオンは生体内で多面的な役割を果たしており、植物では上記の食害に加えて、いろいろな刺激を細胞に伝達するシグナル分子としてはたらいている。図2—5および図2—6は、タバコの芽生えに風刺激、接触刺激や低温刺激を与えたときの、細胞質基質のカルシウムイオン濃度の変化を表している。これらの結果は、植物が、環境から受ける刺激やストレスを化学的シグナルに変換し、成長や発生を調節していることを示唆している。

実験4 遺伝子工学の手法により、カルシウムイオン濃度依存的に発光するタンパク質イクオリン(イクオリンとも呼ぶ)を細胞質基質に発現させた遺伝子組換えタバコを作製した。このタバコの芽生えをプラスチック容器に入れて発光検出器に移し、発光シグナルを記録しながら、以下の処理を行った。

- ・風刺激処理：注射器を使って子葉に空気を吹きつけた。
- ・接触刺激処理：子葉を細いプラスチック棒で触った。
- ・低温刺激処理：芽生えの入った容器に5℃の水を満たした。なお、10℃～40℃の水を満たした場合には、発光シグナルは検出されなかった。
- ・組み合わせ処理①：風刺激処理後に接触刺激を繰り返し与え、再度、風刺激処理を行った。
- ・組み合わせ処理②：低温刺激処理後に風刺激を繰り返し与え、再度、低温刺激処理を行った。

以上の結果を図2—5にまとめた。

実験5 イクオリンを細胞質基質に発現させた遺伝子組換えタバコの芽生えを、カルシウムチャンネルの機能を阻害する化合物(カルシウムチャンネル阻害剤XおよびY)で処理してから、実験4と同じ要領で風刺激および低温刺激で処理した際の発光シグナルを記録した。その結果を図2—6にまとめた。

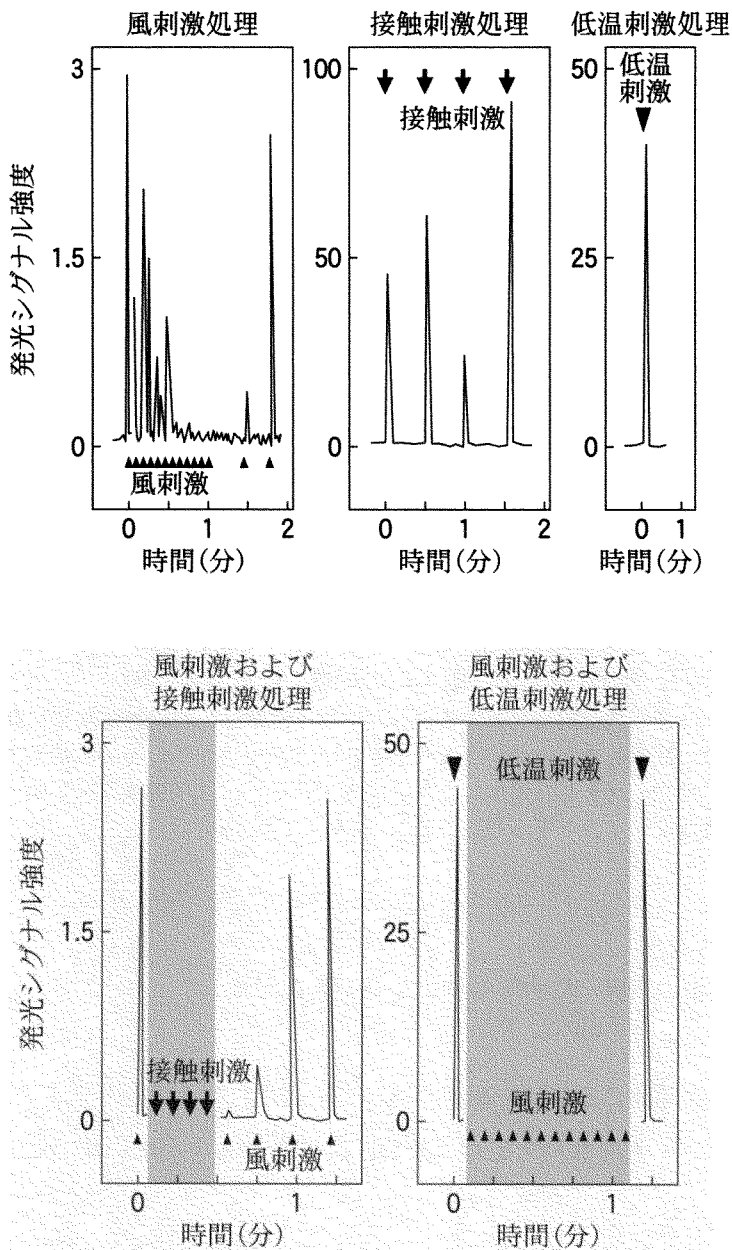
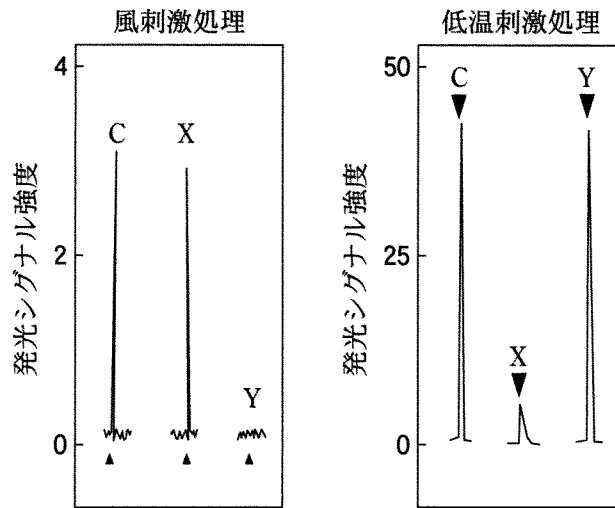


図 2—5 遺伝子組換えタバコの芽生えを用いた風刺激、接触刺激、低温刺激処理実験の結果

カルシウムイオン濃度依存的に発光するタンパク質イクオリンを発現させた遺伝子組換えタバコの芽生えに、風刺激、接触刺激、低温刺激処理を行い、発光シグナルを検出した。上向き三角形(▲)は風刺激を、黒矢印(▼)は接触刺激を、下向き三角形(▼)は低温刺激を与えたタイミングを示している。なお、図中の■部分では、発光シグナルを測定していない。



C：対照芽生え
XおよびY：カルシウムチャンネル阻害剤処理芽生え

図2—6 風刺激および低温刺激処理時の細胞内カルシウムイオン濃度上昇に対する、カルシウムチャンネル阻害剤の影響

カルシウムイオン濃度依存的に発光するタンパク質イクオリンを細胞質基質に発現させた遺伝子組換えタバコの芽生えを、カルシウムチャンネル阻害剤で処理した後、風刺激あるいは低温刺激処理を行い、発光シグナルを検出した。上向き三角形(▲)は風刺激を、下向き三角形(▼)は低温刺激を与えたタイミングを示している。

〔問〕

E 文中の空欄1に入る植物ホルモン名を記せ。

F 下線部(オ)について。篩管を通して輸送されるものを、以下の(1)~(4)から全て選び、その番号を記せ。なお、該当するものがない場合には、なしと記せ。

- | | |
|------------|-------------------|
| (1) ショ糖 | (2) アミノ酸 |
| (3) クロロフィル | (4) 花成ホルモン(フロリゲン) |

G 下線部(カ)について。図2—5で示した実験4の結果から推察できることとして適切なものを、以下の選択肢(1)~(3)から1つ選び、その番号を記せ。

- (1) 風刺激と接触刺激は、同様の機構で細胞質基質のカルシウムイオン濃度の変化をもたらす。
- (2) タバコは、低温刺激よりも風刺激により速く反応して、細胞質基質のカルシウムイオン濃度を上昇させる。
- (3) 連続した風刺激処理は、低温刺激による細胞質基質のカルシウムイオン濃度の上昇を促進する。

H 下線部(カ)について。図2—6で使用したカルシウムチャネル阻害剤XおよびYは異なるタイプのカルシウムチャネルに作用し、阻害剤Xは細胞膜に局在するカルシウムチャネルを、阻害剤Yは細胞小器官に存在するカルシウムチャネルを、それぞれ強く阻害する。図2—6の結果から、風刺激処理と低温刺激処理とで起こる、細胞質基質のカルシウムイオン濃度変化の仕組みの違いを推察し、2行程度で述べよ。

第3問

次のⅠ、Ⅱの各問に答えよ。

Ⅰ 次の文章を読み、問A～Gに答えよ。

脊椎動物の個体の性は、雄か雌かの二者択一の形質だと考えられがちであるが、実際には、そう単純なものではないことが明らかになってきた。たとえば鳥類では、図3—1に示したキンカチョウのように、左右どちらかの半身が雄型の表現型を示し、もう一方の半身が雌型の表現型を示す個体がまれに出現する。また魚類や鳥類の中には、ブルーギルやエリマキシギのように、雌のような外見をもつ雄がある頻度で現れる種が存在する。魚類の中にはさらに、精巣と卵巣を同時にもち、自家受精を行うマングローブキリフィッシュという種や、キンギョハナダイやカクレクマノミのように、性成熟後に雌から雄に、あるいは雄から雌に性転換する種も存在する。



図3—1 右半身が雄型の表現型を示し、左半身が雌型の表現型を示すキンカチョウ

〔問〕

A 下線部(ア)のキンカチョウの体の様々な細胞で性染色体構成を調べてみたところ、雄型の表現型を示す右半身の細胞の大部分は、通常の雄と同様にZ染色体を2本有しており、雌型の表現型を示す左半身の細胞の大部分は、通常の雌と同様にZ染色体とW染色体を1本ずつ有していた。このようなキンカチョウが生まれた原因として、最も可能性が高いと考えられるものを以下の選択肢(1)~(6)の中から選べ。なお、鳥類では、一度に複数の精子が受精する多精受精という現象がしばしばみられる。

- (1) 減数分裂中の精母細胞で、性染色体に乗換えが起きた。
- (2) 減数分裂の際に、卵母細胞から極体が放出されなかった。
- (3) 第一卵割に先だって、ゲノムDNAの倍化が起こらなかった。
- (4) 第一卵割の際に、細胞質分裂が起こらなかった。
- (5) 2細胞期に、いずれかの細胞で性染色体が1本抜け落ちた。
- (6) 性成熟後に、左半身の大部分の細胞でZ染色体がW染色体に変化した。

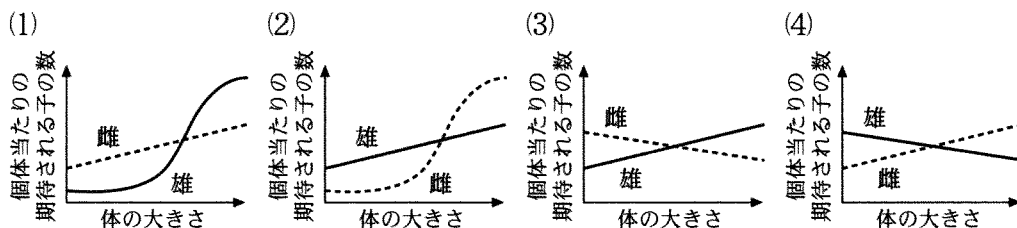
B 従来、脊椎動物では、個体の発生・成長の過程で精巣あるいは卵巣から放出される性ホルモンによって、全身が雄らしく、あるいは雌らしく変化すると考えられてきたが、図3-1に示したキンカチョウの発見は、その考えに疑問を投げかけることになった。このキンカチョウの表現型が、なぜ性ホルモンの作用だけでは説明できないのかを3行程度で説明せよ。

C 下線部(イ)の雄個体は、外見は雌型でありながら、精子を作り、雌と交配して子孫を残す。このような雄個体の繁殖戦略上の利点として、最も適切なものを以下の選択肢(1)~(5)の中から選べ。

- (1) 通常の雄よりも見た目が派手なので、雌をより惹きつけやすい。
- (2) 通常の雄よりも見た目が地味なので、雌をより惹きつけやすい。
- (3) 通常の雄よりも攻撃性が高く、雄間競争に勝ちやすい。
- (4) 他の雄個体から求愛されることがある。
- (5) 他の雄個体から警戒や攻撃をされにくい。

D 下線部(ウ)について、マングローブキリフィッシュの受精卵(1細胞期)で、常染色体上の遺伝子Aの片側のアレル(対立遺伝子)に突然変異が生じたとする。この個体の子孫F1世代(子の世代)、F2世代(孫の世代)、F3世代(ひ孫の世代)では、それぞれ何%の個体が遺伝子Aの両アレルにこの変異をもつか。小数第1位を四捨五入して、整数で答えよ。ただし、マングローブキリフィッシュは自家受精のみによって繁殖し、生じた突然変異は、生存と繁殖に有利でも不利でもないものとする。

E 下線部(エ)について、キンギョハナダイのように一夫多妻のハレムを形成する魚類の中には、体が大きくなると雌から雄に性転換する種が存在する。ハレムを形成する種が性転換する意義を示したグラフとして、最も適当なものを以下の(1)~(4)から選べ。ただし、魚類は体が大きいほどより多くの配偶子を作ることができるものとする。



F 下線部(エ)について、ハレムを形成せず、パートナーを変えながら一夫一妻での繁殖を繰り返すカクレマノミは、成長に伴って雄から雌に性転換することがある。カクレマノミでは、雄の体の大きさは雌を惹きつける度合いには影響せず、体が大きいほどより多くの配偶子を作ることができるものとして、この種が成長に伴って雄から雌に性転換することの繁殖戦略上の利点を、3行程度で説明せよ。

G 2匹の雄のカクレマノミが出会うと、体の大きい方が雌に性転換する。その際、体の接触や嗅覚情報は必要なく、視覚情報のみによって性転換が引き起こされることが知られている。そのことを確かめるためにはどのような実験を行えばよいか、3行程度で説明せよ。

II 次の文を読み、問H～Jに答えよ。

ヒトの性についても、男性か女性かの二者択一で捉えられがちである。脳機能についても例外ではなく、男性は体系立てて物事を捉える能力や空間認知能力に長けた「男性脳」をもち、女性は共感性や言語能力に長けた「女性脳」をもつと言われることがある。しかし実際は、男女の脳機能の違いは二者択一的なものではなく、男女間でオーバーラップする連続的な違いであることが明らかになっている。たとえば、空間認知能力の中で、男女の違いが最も大きいと言われる「物体の回転像をイメージする能力」^(カ)についてテストしたところ、図3-2に示すように、32%の女性が男性の平均スコアを上回った。男女の違いを平均値だけで比べると、このような事実を見逃してしまいがちである。

また、男性の脳の中には女性よりも大きな部位がいくつかあり、逆に女性の脳の中にも男性より大きい部位がいくつかあると考えられてきた。個々の部位の大きさを男女の平均値で比較すると、確かに差が認められるものの、男性で大きいとされる全ての脳部位^(キ)が女性よりも大きい男性はほとんどおらず、女性で大きいとされる全ての脳部位が男性よりも大きい女性もほとんどいないことが、最近の研究によって示された。このように、機能の面でも構造の面でも、脳の特徴を「男性脳」か「女性脳」かの二者択一で捉えることはできないのである。

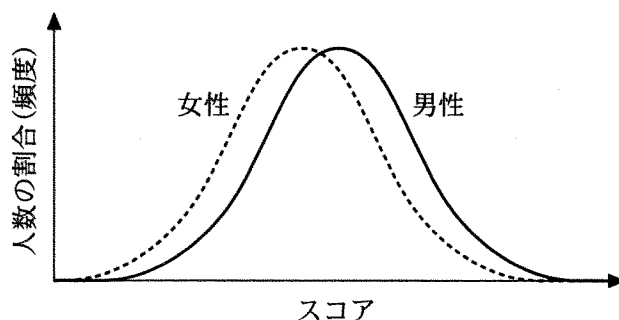


図3-2 物体の回転像をイメージする能力のスコア分布

〔問〕

H 下線部(オ)の言語能力に深く関わる脳の部位に関する説明として、最も適切なものを以下の選択肢(1)～(4)の中から選べ。

- (1) 言語能力に最も深く関わる部位は大脳辺縁系であり、大脳の表層に位置する。
- (2) 言語能力に最も深く関わる部位は大脳辺縁系であり、大脳の深部に位置する。
- (3) 言語能力に最も深く関わる部位は大脳新皮質であり、大脳の表層に位置する。
- (4) 言語能力に最も深く関わる部位は大脳新皮質であり、大脳の深部に位置する。

I 下線部(カ)の「物体の回転像をイメージする能力」に男女差が生じる仕組みはまだ明らかとなっていない。仮に、脳内で恒常的に発現するY染色体上の遺伝子のみ、あるいは、精巣から放出される性ホルモンのみにより、この男女差が生じるとする。その場合、身体の変現型は典型的な女性と同じで卵巣をもつ一方で、性染色体構成が男性型である人たちのスコア分布は、図3-2中の男性と女性のスコア分布のいずれに近くなると考えられるか。最も適切なものを以下の選択肢(1)～(4)の中から選べ。

- (1) Y染色体上の遺伝子が原因：男性、性ホルモンが原因：男性
- (2) Y染色体上の遺伝子が原因：男性、性ホルモンが原因：女性
- (3) Y染色体上の遺伝子が原因：女性、性ホルモンが原因：男性
- (4) Y染色体上の遺伝子が原因：女性、性ホルモンが原因：女性

J 下線部(キ)について、海馬の灰白質の体積の平均値は、女性よりも男性の方が大きいという報告がある。しかし、実際には、海馬の灰白質が女性の平均値よりも小さい男性も少なくない。これらの報告や事実について考察した以下の文中の空欄に当てはまる語句として、最も適切な組み合わせはどれか。

海馬の灰白質の発達は、胎児の時期の性ホルモンの影響を強く受けると考えられている。男性の胎児では、海馬に神経細胞が生じる過程で、精巣から放出される男性ホルモンの影響によって女性の胎児よりも を起こしやすいが、小さい海馬の灰白質をもつ男性では、胎児期に が と考えられる。

- (1) 1：アポトーシス， 2：より促進された
- (2) 1：アポトーシス， 2：それほど起こらなかった
- (3) 1：細胞増殖， 2：より促進された
- (4) 1：細胞増殖， 2：それほど起こらなかった
- (5) 1：軸索の伸長， 2：より促進された
- (6) 1：軸索の伸長， 2：それほど起こらなかった
- (7) 1：軸索の分岐， 2：より促進された
- (8) 1：軸索の分岐， 2：それほど起こらなかった