

生 物

(解答番号 ~)

第1問 次の文章を読み、後の問い(問1～3)に答えよ。(配点 12)

個体を構成する様々な細胞は、(a)生体膜に存在するタンパク質を介して情報を受け取り、体内環境を維持する。例えば免疫細胞は、体内に侵入した(b)異物を認識し、排除する。特定の免疫細胞は、異物に含まれるタンパク質の断片と(c)MHC分子(MHC抗原)との複合体を認識して、その異物に特異的な情報を受け取る。

問1 下線部(a)について、この例として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① DNA と結合して、ヌクレオソームを形成するタンパク質
- ② 複数のポリペプチドにより構成され、酸素を運搬するタンパク質
- ③ べんもう鞭毛や繊毛において、屈曲に働くタンパク質
- ④ 解糖系において、触媒として働くタンパク質
- ⑤ ミトコンドリアにおいて、 H^+ の濃度勾配を利用してATPを合成するタンパク質

問 2 下線部(b)に関連して、病原体などを危険な異物として識別する仕組みは、適切な免疫応答に役立つ。例えば、抗原を提示する細胞は、一部の病原体が産生する物質 M を受容体 N で認識すると活性化して、シグナル分子 P を多く分泌する。病原体の抗原を提示された T 細胞は、このシグナル分子 P により、強く活性化される。この事実に基づき、危険な異物を識別する仕組みを調べるため、**実験 1**・**実験 2**を行った。**実験 1**・**実験 2**の結果から導かれる、異物に対する免疫応答に関する考察として**適当でないものを**、後の①～⑤のうちから一つ選べ。

2

実験 1 病原体でない異物に含まれるタンパク質 Q を、マウス X に注射した。その 2 週間後、マウス X の血清中に、タンパク質 Q に対する抗体が検出された。

実験 2 タンパク質 Q に加えて、物質 M をマウス X と同系統のマウス Y に注射した。その 2 週間後、マウス Y の血清中に、**実験 1**を行ったときより大量の、タンパク質 Q に対する抗体が検出された。

- ① 抗体産生細胞(形質細胞)は、病原体でない異物に含まれるタンパク質に対しても抗体をつくることができる。
- ② T 細胞は、MHC 分子に結合した、病原体でない異物に含まれるタンパク質の断片も T 細胞受容体(抗原受容体)で認識することができる。
- ③ 物質 M は、マウスから大量の抗体を得たいときに、利用可能である。
- ④ 樹状細胞は、MHC 分子上にタンパク質 Q の断片を提示することができない。
- ⑤ **実験 1** よりも**実験 2** で検出された抗体が多かったのは、**実験 2** では樹状細胞がシグナル分子 P を多く分泌したからである。

生 物

問 3 下線部(c)について、ヒトの免疫における MHC 分子に関する次の記述①～③のうち適当なものはどれか。それを過不足なく含むものを、後の④～⑦のうちから一つ選べ。 3

- ① MHC 分子の遺伝子座は複数あり、それぞれに多くの対立遺伝子が存在するため、2 個体間で MHC 分子の遺伝子型が全て同じになることはまれである。
- ② MHC 分子の対立遺伝子は B 細胞の分化に伴って再構成されるため、限られた数の遺伝子から膨大な種類の抗体を産生できる。
- ③ 臓器移植において、好中球やマクロファージは、移植された組織由来の MHC 分子を非自己として認識するため、拒絶反応が起こる。

④ ①

⑤ ②

⑥ ③

⑦ ①, ②

⑧ ①, ③

⑨ ②, ③

⑩ ①, ②, ③

生 物

第 2 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 3)に答えよ。(配点 12)

哺乳類では、卵の細胞膜の外側は、複数のタンパク質を含む卵膜と呼ばれる膜で取り囲まれている。受精の際には、精子はまず卵膜に結合し、その後、卵に進入する。卵膜は、その卵と同じ種の精子のみが結合できる仕組みや、(a)受精後、それ以上の精子が卵に進入しないようにする仕組みに関わっている。また、卵膜は、受精後もしばらくの間は胚を取り囲み、胚を保護する。

哺乳類の卵膜に含まれるタンパク質 X について、卵膜と精子との結合における働きを調べるため、2 種の哺乳類(種 A、種 B)を用いて**実験 1**・**実験 2**を行った。

実験 1 タンパク質 X の働きを失わせた種 A (以下、変異体 x) から未受精卵を得た。さらに、変異体 x に種 A のタンパク質 X (以下、 X_A) や種 B のタンパク質 X (以下、 X_B) の遺伝子を導入して、卵膜に X_A 、 X_B 、または X_A と X_B の両方を発現する未受精卵を得た。各未受精卵を入れたペトリ皿に、種 A または種 B の精子を加え、卵膜に精子が結合するか調べたところ、表 1 の結果が得られた。

表 1

卵膜に発現させたタンパク質	種 A の精子	種 B の精子
な し	結合しなかった	結合しなかった
X_A	結合した	結合しなかった
X_B	結合しなかった	結合した
X_A と X_B	結合した	結合した

実験 2 図 1 は、タンパク質 X と、タンパク質 X の一部に相当するポリペプチド P を模式的に示したものである。変異体 x に種 A のポリペプチド P (以下、 P_A)、または種 B のポリペプチド P (以下、 P_B) の遺伝子を導入して、卵膜に P_A または P_B を発現する未受精卵を得た。各未受精卵を入れたペトリ皿に、種 A または種 B の精子を加え、卵膜に精子が結合するか調べたところ、表 2 の結果が得られた。



図 1

表 2

卵膜に発現させたポリペプチド	種 A の精子	種 B の精子
な し	結合しなかった	結合しなかった
P_A	結合した	結合しなかった
P_B	結合しなかった	結合した

問 1 実験 1・実験 2 の結果から導かれる記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 4

- ① 種 A の未受精卵の卵膜に種 B の精子が結合するためには、卵膜にタンパク質 X_A が存在する必要がある。
- ② 種 A の未受精卵の卵膜に種 B の精子が結合するためには、タンパク質 X_B のうち、ポリペプチド P_B 以外の部分はいらない。
- ③ 種 A の未受精卵の卵膜にタンパク質 X_B が存在すると、種 A の精子の卵膜への結合が妨げられる。
- ④ ポリペプチド P_A とポリペプチド P_B のアミノ酸配列は同じである。
- ⑤ 種 A の未受精卵の卵膜にポリペプチド P_A が存在すると、種 A の精子は、ポリペプチド P_A と直接結合する。

生 物

問 2 下線部(a)に関連して、種 A では、受精後、精子が卵膜に結合しなくなる。これには、タンパク質 W が関わっていることが分かっている。タンパク質 W がどのように関わっているかを調べるため、種 A を使って**実験 3**を行った。**実験 3**から導かれる、タンパク質 W の働きについての考察として最も適当なものを、後の①～⑤のうちから一つ選べ。 5

実験 3 種 A の野生型(以下、野生型)の未受精卵, またはタンパク質 W の働きを失わせた変異体(以下、変異体 w)の未受精卵を入れたペトリ皿に、種 A の精子を加え、受精卵を得た。その後、それぞれの受精卵の観察を続けたところ、野生型の受精卵への精子の結合は見られなくなったが、変異体 w の受精卵には多くの精子が結合していた。そこで、それぞれの未受精卵と受精卵の卵膜に存在するタンパク質 X_A の分子の数を調べたところ、どの卵の卵膜にも同程度の数のタンパク質 X_A が存在していた。次に、それぞれの未受精卵と受精卵の卵膜に存在するタンパク質 X_A の長さを調べた。図 2 は、その結果を示したものである。

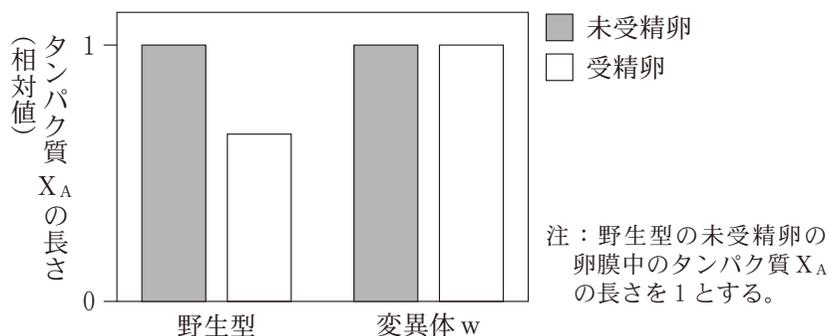


図 2

- ① タンパク質 W は、タンパク質 X_A の卵からの分泌を抑制する。
- ② タンパク質 W は、タンパク質 X_A の翻訳を抑制する。
- ③ タンパク質 W は、タンパク質 X_A と複合体を形成する。
- ④ タンパク質 W は、タンパク質 X_A の一部を切断する。
- ⑤ タンパク質 W は、タンパク質 X_A の遺伝子の転写を抑制する。

問 3 哺乳類の卵膜の形成には、卵膜に含まれるタンパク質 Y が数珠状^{じゆず}に連なって、長い繊維へと伸長することが必要である。タンパク質 Y をつくる遺伝子 Y の変異型遺伝子 Y₁~Y₃には、正常な遺伝子とのヘテロ接合で、卵膜が形成されないものと、卵膜が形成されるものがある。次の記述は各変異型遺伝子からつくられる変異型タンパク質 Y₁~Y₃について、それぞれの働きを示したものである。これらの記述から導かれる後の考察文中の **ア** ~ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。

6

変異型タンパク質 Y₁：細胞外に分泌されて繊維に組み込まれるが、組み込まれるとそこで繊維の伸長を妨げる。

変異型タンパク質 Y₂：細胞外に分泌されるが、繊維に組み込まれない。

変異型タンパク質 Y₃：細胞外に分泌されず、正常なタンパク質 Y の分泌を妨げる。

正常な遺伝子と変異型遺伝子 Y₁ のヘテロ接合では、卵膜は **ア**，正常な遺伝子と変異型遺伝子 Y₂ のヘテロ接合では、卵膜は **イ**，正常な遺伝子と変異型遺伝子 Y₃ のヘテロ接合では、卵膜は **ウ**，と考えられる。

	ア	イ	ウ
①	形成される	形成される	形成される
②	形成される	形成される	形成されない
③	形成される	形成されない	形成される
④	形成される	形成されない	形成されない
⑤	形成されない	形成される	形成される
⑥	形成されない	形成される	形成されない
⑦	形成されない	形成されない	形成される
⑧	形成されない	形成されない	形成されない

生物

第3問 次の文章を読み、後の問い(問1～5)に答えよ。(配点 22)

トゲウオ科の魚の種Aには、主として海洋に棲息する集団(以下、海洋型)と、淡水域に隔離されて棲息し、海洋型から遺伝的に分化した集団(以下、淡水型)とが存在する。海洋型は、図1のように(a)腹びれが棘状になった腹棘と、胴部によるような硬い鱗板とを形成するが、淡水型ではどちらも喪失している。

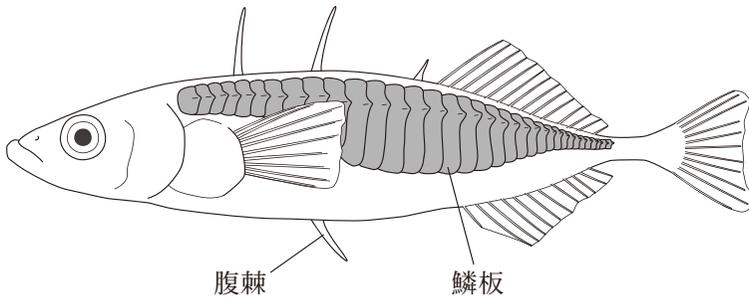


図 1

様々な実験の結果、種Aの淡水型での腹棘の喪失は遺伝子Xが原因であると考えられた。遺伝子Xからつくられるタンパク質Xは調節タンパク質である。また、遺伝子Xから転写されたmRNAは、海洋型の個体では頭部と腹部で観察されたのに対し、淡水型の個体では頭部でのみ観察された。

問1 下線部(a)に関連して、魚類の腹びれは、四足(四肢)動物の後肢の相同器官である。次の記述①～④のうち、四足動物の後肢に関する適当な記述はどれか。それを過不足なく含むものを、後の①～⑩のうちから一つ選べ。 7

- ① 後肢の筋肉は、神経胚の側板に由来する。
- ② 後肢の筋肉の運動には、アセチルコリンの作用が必要である。
- ③ 腹びれから後肢への進化は、古生代に起こった。
- ④ 霊長類の後肢の拇指(母指)対向性は、類人猿で失われた。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① a | ② b | ③ c | ④ d |
| ⑤ a, b | ⑥ a, c | ⑦ a, d | ⑧ b, c |
| ⑨ b, d | ⑩ c, d | | |

問 2 種 A の海洋型と淡水型とを交配して得られた個体は、全て腹棘を形成した。種 A とは別の種 B にも、種 A と同様に腹棘を形成する海洋型と、それを喪失した淡水型とがある。種 B でも、海洋型と淡水型とを交配して得られた個体は、全て腹棘を形成した。種 B の淡水型における腹棘の喪失は、遺伝子 X とは別の遺伝子の働きを失ったことが原因であると考え、種 A の淡水型と種 B の淡水型との交配を行った。この考えが正しいとすると、種 A の淡水型と種 B の淡水型との交配により得られた雑種のうち、腹棘を形成する個体と腹棘を形成しない個体との比はどのようになると推定されるか。推定される比として最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。

腹棘を形成する個体：腹棘を形成しない個体 8

- ① 1 : 0 ② 3 : 1 ③ 2 : 1 ④ 1 : 1
 ⑤ 1 : 2 ⑥ 1 : 3 ⑦ 0 : 1

生 物

問 3 種 A の淡水型への分化を引き起こした遺伝子 X の変化について調べるため、次の仮説を立てた。それをもとに**実験 1**・**実験 2**を行って、得られた結果からこの仮説が正しいことを証明した。**実験 1**の文章中の **ア** ~ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~④のうちから一つ選べ。また、**実験 2**の文章中の **エ** ~ **カ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の⑤~⑥のうちから一つ選べ。

ア~ウ **9** ・エ~カ **10**

仮説：タンパク質 X は、淡水型か海洋型かによらず、腹棘の形成に必要な全ての遺伝子を活性化できる。淡水型で腹棘を喪失した原因となった突然変異は、ゲノム上でタンパク質 X のアミノ酸配列を指定している領域以外で生じた。

実験 1 種 A の **ア** の遺伝子 X の **イ** , プロモーター, および緑色蛍光タンパク質をつくる遺伝子(以下, GFP 遺伝子)を結合したプラスミド P を, **ウ** の受精卵の染色体に組み込んだところ, その受精卵から発生した個体では, 頭部と腹部で蛍光が観察された。他方, **ウ** の遺伝子 X の **イ** , プロモーター, および GFP 遺伝子を結合したプラスミド Q を, **ウ** の受精卵の染色体に組み込んだところ, 頭部で蛍光が観察される個体が得られたが, 腹部で蛍光が観察される個体は得られなかった。

実験 2 **実験 1** のプラスミド P の GFP 遺伝子を **エ** のタンパク質 X のアミノ酸配列を指定する DNA 断片に置き換えたプラスミド S を作製し, **オ** の受精卵の染色体に組み込んだところ, その受精卵から発生した個体は, 腹棘を形成 **カ** 。

	ア	イ	ウ
①	海洋型	オペレーター	淡水型
②	海洋型	転写調節領域	淡水型
③	淡水型	オペレーター	海洋型
④	淡水型	転写調節領域	海洋型

	エ	オ	カ
⑤	海洋型	海洋型	した
⑥	海洋型	海洋型	しなかった
⑦	海洋型	淡水型	した
⑧	海洋型	淡水型	しなかった
⑨	淡水型	海洋型	した
⑩	淡水型	海洋型	しなかった
㉑	淡水型	淡水型	した
㉒	淡水型	淡水型	しなかった

生 物

腹棘の喪失は遺伝子 X が原因であるのに対し、鱗板の喪失は遺伝子 Y が原因であることが分かっている。種 A の淡水型は、腹棘も鱗板も喪失しているため、捕食者の多い海洋では生き残りにくい。それにもかかわらず、淡水型は北半球の様々な淡水域に広く分布している。これは、海洋型の集団が、最終氷期に各地の淡水域に進入し、淡水型へと独立に進化したためだと考えられている。

問 4 種 A の淡水型を様々な淡水域から集めて、遺伝子 X、遺伝子 Y、およびそれぞれの遺伝子の周辺の塩基配列を調べたところ、遺伝子 X では周辺の塩基配列に淡水域ごとに異なる欠失がみられた一方、遺伝子 Y およびその周辺の塩基配列は淡水域間での違いが小さいことが分かった。そこで、様々な海域から集めた海洋型の遺伝子 Y の塩基配列を調べたところ、多くの個体では淡水型の塩基配列と大きく異なっていたが、一部の個体は淡水型の塩基配列と海洋型の塩基配列をヘテロ接合で持っていた。これらのことから導かれる腹棘または鱗板の喪失に関する考察として**適当でないもの**を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

11

- ① 腹棘の喪失を引き起こした対立遺伝子は、それぞれの淡水域で独立に生じた。
- ② 腹棘を欠いた個体は、どの淡水域でも適応的であった。
- ③ 各地の淡水型の集団に鱗板の喪失を引き起こした対立遺伝子は、もともと一つの対立遺伝子に由来する。
- ④ 淡水域への進入が始まる前に、鱗板を欠いた個体からなる集団が、ある海域で生じた。
- ⑤ 鱗板の喪失を引き起こした対立遺伝子は、海を介して各地の淡水域に広がり、頻度を増していった。

問 5 遺伝子 Y について、海洋型の塩基配列と淡水型の塩基配列を、それぞれ対立遺伝子 Y と y で表す。図 2 のように、種 A の遺伝子型 Yy の個体は鱗板を部分的に欠き、遺伝子型 yy の個体は大部分を欠く。野外から遺伝子型 Yy の個体だけを採集し、捕食者のいない淡水の人工池に放流して自由に繁殖させたところ、多数の稚魚が孵化した。これらの稚魚を翌春まで人工池の中で飼育した後、全ての個体の遺伝子型、全長、および成熟の有無を調べたところ、図 3 の結果が得られた。図 3 から導かれる、鱗板を喪失した集団が淡水域で進化した理由を過不足なく含むものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。 12

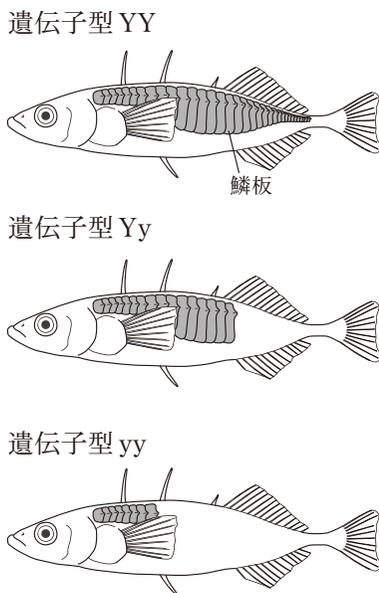


図 2

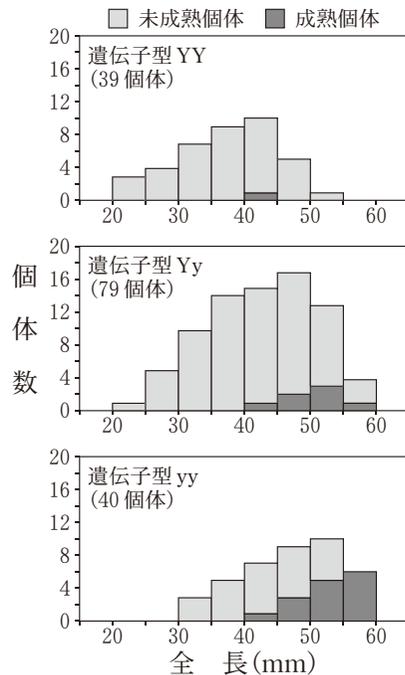


図 3

- ① 孵化率が高い
- ② 成長が速い
- ③ 成熟が早い
- ④ 孵化率が高い、成長が速い
- ⑤ 孵化率が高い、成熟が早い
- ⑥ 成長が速い、成熟が早い
- ⑦ 孵化率が高い、成長が速い、成熟が早い

生 物

第 4 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 20)

植物は、(a)光のエネルギーを使って、CO₂を有機物に取り込む。このとき CO₂を有機物に固定する反応段階を担うのは、ルビスコと呼ばれる酵素である。(b)ルビスコは、リブローズビスリン酸(リブローズニリン酸)(以下、RuBP)を CO₂と反応させるカルボキシラーゼとして働いて CO₂固定を行うが、それと同じ活性部位に RuBP を O₂ と反応させるオキシゲナーゼ活性も持つ。これらの反応は、葉内の CO₂ 濃度や O₂ 濃度に大きな影響を受ける。

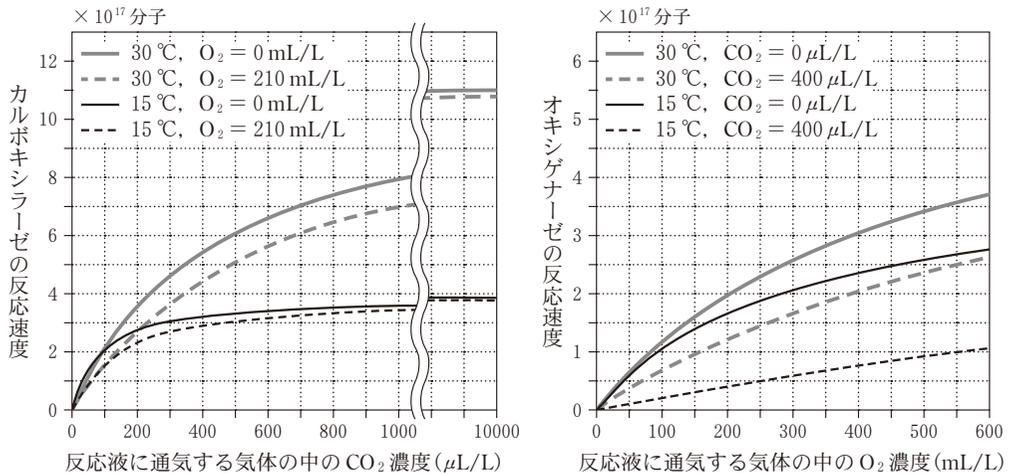
葉の内部には、気孔を通して外気から CO₂が入ってくる。(c)気孔の開き具合は葉内の CO₂ 濃度に応じて変わり、その結果として、外気からの CO₂ 流入が調節される。この調節は、ルビスコの反応の効率にも深く関わっている。気孔の形成は、葉の発達過程で、未分化な表皮細胞の一部が孔辺細胞に分化することによって起こる。この(d)孔辺細胞の分化の過程にも、CO₂が作用することが知られている。

大気中の CO₂ 濃度は、この 100 年間、急激に上昇してきている。(e)CO₂ 濃度の上昇は、CO₂ 固定の効率や気孔の制御を通して植物の物質生産に影響を与えると考えられる。

問 1 下線部(a)について、光エネルギーの使われ方の説明として最も適当なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。 13

- ① ルビスコが光エネルギーを吸収して、活性型になる。
- ② RuBP が光エネルギーを吸収して、活性型になる。
- ③ 光エネルギーを吸収した光化学系で H₂O が分解されることにより、CO₂ 固定反応の活性化エネルギーが小さくなる。
- ④ 光エネルギーを吸収した光化学系で H⁺ が輸送されることと連動して、RuBP が濃縮される。
- ⑤ 光エネルギーを吸収した光化学系で生産された ATP と NADPH が、カルビン・ベンソン回路による RuBP の再生産に必要である。

問 2 下線部(b)に関連して、ホウレンソウのルビスコのカルボキシラーゼ反応とオキシゲナーゼ反応のそれぞれについて、CO₂濃度、O₂濃度、および温度の影響が調べられ、図1に示す結果が得られている。図1から導かれる考察として適当でないものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 14



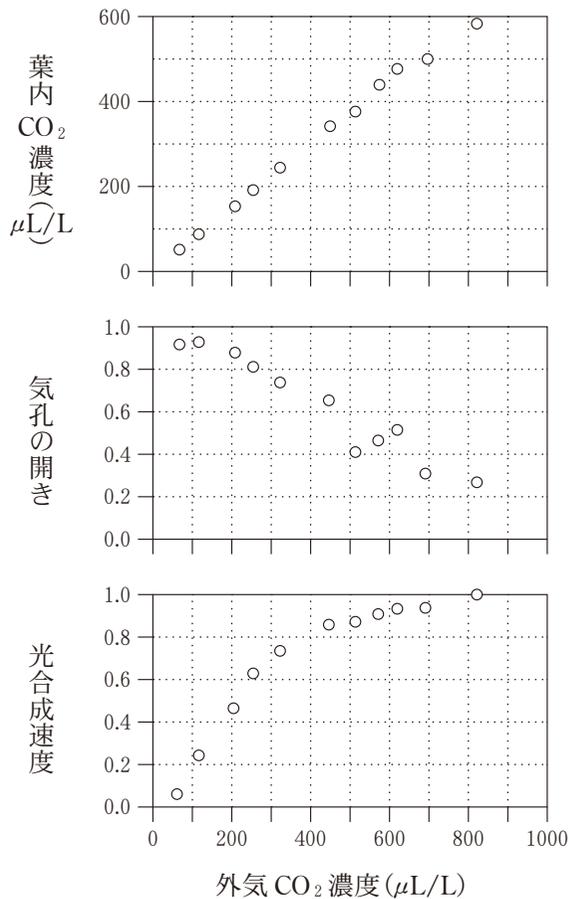
注：縦軸の反応速度は、1 mg のルビスコによって 1 分間に転換される RuBP の分子数。
 O₂ = 210 mL/L と CO₂ = 400 μL/L は、それぞれ通常の大気中の O₂ 濃度と CO₂ 濃度に相当。

図 1

- ① カルボキシラーゼ反応とオキシゲナーゼ反応のどちらでも、最大反応速度は温度が高いほうが大きい。
- ② 通常の大気の下では、オキシゲナーゼ反応速度に対するカルボキシラーゼ反応速度の比は、温度が高いほうが小さい。
- ③ O₂ は、カルボキシラーゼ反応に対して、基質の CO₂ と競合する阻害物質（競争的阻害物質）として作用する。
- ④ CO₂ は、オキシゲナーゼ反応に対して、基質の O₂ と競合しない阻害物質（非競争的阻害物質）として作用する。

生 物

問 3 下線部(C)に関連して、オナモミを用いて、外気の CO₂ 濃度を様々に変えた条件で、葉内 CO₂ 濃度、気孔の開き具合、および光合成速度を調べる実験が行われ、図 2 に示す結果が得られている。図 2 を踏まえて、これらの間の相互関係をまとめると、図 3 のようなネットワークが描ける。図 3 の **ア** ~ **エ** に入る語句と記号の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 **15**



注：気孔の開きは、閉鎖を 0、全開を 1 とする相対値。
光合成速度は、葉 1 m² 当たり 1 秒間に固定される CO₂ の量 (mg)。

図 2

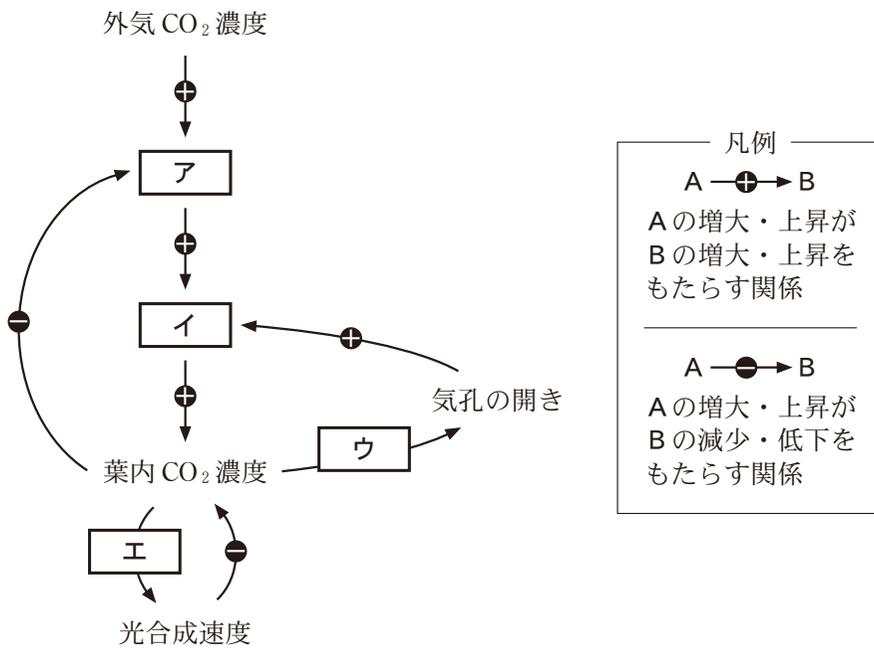


図 3

	ア	イ	ウ	工
①	外気から葉内への CO ₂ の流入	外気と葉内の間の CO ₂ 濃度の差	⊕	⊕
②	外気から葉内への CO ₂ の流入	外気と葉内の間の CO ₂ 濃度の差	⊕	⊖
③	外気から葉内への CO ₂ の流入	外気と葉内の間の CO ₂ 濃度の差	⊖	⊕
④	外気から葉内への CO ₂ の流入	外気と葉内の間の CO ₂ 濃度の差	⊖	⊖
⑤	外気と葉内の間の CO ₂ 濃度の差	外気から葉内への CO ₂ の流入	⊕	⊕
⑥	外気と葉内の間の CO ₂ 濃度の差	外気から葉内への CO ₂ の流入	⊕	⊖
⑦	外気と葉内の間の CO ₂ 濃度の差	外気から葉内への CO ₂ の流入	⊖	⊕
⑧	外気と葉内の間の CO ₂ 濃度の差	外気から葉内への CO ₂ の流入	⊖	⊖

生物

問 4 下線部(d)に関連して、CO₂濃度を通常の大気と同じにした環境、またはCO₂濃度を通常の大気の2倍に高めた環境の下で育てたシロイヌナズナを用いて、図4に示すように、その時点で成熟していた葉だけを異なる濃度のCO₂にさらし、若い葉が成熟した後に、気孔の密度を調べる実験が行われた。図5はその結果を示している。後の記述①~⑤のうち、図5から導かれる考察として適当なものはどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 16

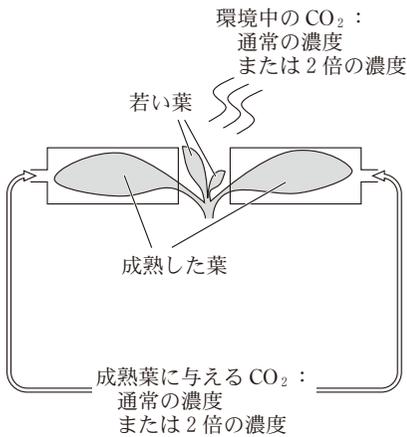


図 4

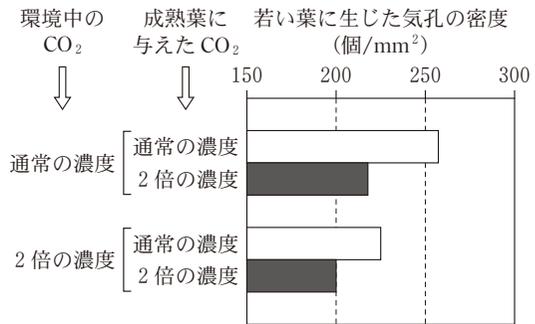


図 5

- ① CO₂濃度が高い環境では、孔辺細胞の分化が起こりやすくなる。
- ② CO₂濃度が高い環境では、孔辺細胞の分化が起こりにくくなる。
- ③ 孔辺細胞の分化を制御するCO₂の情報は、成熟した葉と若い葉との間で移動しない。
- ④ 孔辺細胞の分化を制御するCO₂の情報は、成熟した葉から若い葉に移動する。
- ⑤ 孔辺細胞の分化を制御するCO₂の情報は、若い葉から成熟した葉に移動する。

- ① a, c
- ② a, d
- ③ a, e
- ④ a, d, e
- ⑤ b, c
- ⑥ b, d
- ⑦ b, e
- ⑧ b, d, e

問 5 下線部(e)に関連して、地球上の全ての植物が同じ標準的な CO₂ 固定の仕組みを持ち、問 2～4 でみてきたルビスコや気孔開閉・形成の特徴も全ての植物に当てはまるとしたとき、温暖化を伴わずに地球全域で一様に、突然大気中の CO₂ 濃度が 2 倍に上昇した仮想的状況において、植物の物質生産はどのように変化すると考えられるか。次の推論中の **オ** ～ **キ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 **17**

大気中の CO₂ 濃度の上昇は、植物の現存量当たりの物質生産を **オ** させるだろう。そしてこの変化は、**カ** で特に顕著にみられるだろう。CO₂ 濃度が高くなった状況が数か月、数年と続くと、こうした CO₂ 濃度上昇の影響は **キ** だろう。

	オ	カ	キ
①	増 大	低緯度地方や乾燥地域	ますます大きくなる
②	増 大	低緯度地方や乾燥地域	やや小さくなる
③	増 大	高緯度地方や湿潤地域	ますます大きくなる
④	増 大	高緯度地方や湿潤地域	やや小さくなる
⑤	減 少	低緯度地方や乾燥地域	ますます大きくなる
⑥	減 少	低緯度地方や乾燥地域	やや小さくなる
⑦	減 少	高緯度地方や湿潤地域	ますます大きくなる
⑧	減 少	高緯度地方や湿潤地域	やや小さくなる

生 物

第 5 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 21)

ヒロミさんとカオルさんは、春の植物園を散策しながら植物について話をした。

ヒロミ：植物は、孢子で繁殖するか、種子で繁殖するかで分類されるんだよね。

カオル：(a)植物の分類には、他の特徴の違いも重要だよ。種子で繁殖する植物は、子房の有無だけではなく、(b)受精の仕組みでも分類できるよ。被子植物は(c)重複受精だしね。

ヒロミ：そうか。でも、被子植物のそれぞれの種では、重複受精は共通していても、花の構造には違いがあるみたい。例えば、ヤマザクラの花には、がく片、花弁、おしべ、めしべがあるけど、ハクモクレンやスイセンの花には、がく片が見あたらないよ。

カオル：そういえば、子葉の数にも違いがあるって中学校で習ったね。(d)被子植物の花の構造や子葉の数の違いは、系統と関係があるのかな。授業で系統樹の作成法を習ったから、後で調べてみよう。

ヒロミ：ここにあるアオキの花を見てよ。おしべがない花(雌花)だけを持つ雌株と、めしべがない花(雄花)だけを持つ雄株とがあるよ。

カオル：植物でも性染色体が性決定に関係しているものがあるのかな。

ヒロミ：そうかもしれないね。(e)おしべやめしべが発達しなくなる仕組みにも、性染色体が関わっていたら面白いね。ホメオティック遺伝子も関係しているのかもしれないよ。

カオル：そういう論文がないか、この後、図書館に寄って調べてみよう。

問 1 下線部(a)に関連して、植物にみられる特徴やその進化に関する記述として適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 18 ・ 19

- ① 最初に陸上に進出した植物は、胞子で繁殖し、維管束を持たなかった。
- ② 植物は、繁殖方法が胞子であっても種子であっても、また維管束を持っていても持っていなくても、根、茎、葉の区別がある。
- ③ 胞子で繁殖する植物では、胞子が発芽して孢子体になる。
- ④ 種子で繁殖する植物では、通常みられる植物体は孢子体で、種子は配偶体である。
- ⑤ 胞子で繁殖する植物が大型化することで、森林を形成した時代がある。
- ⑥ 種子で繁殖する植物で最初に出現したものは、子房に包まれる胚珠を持っていた。

問 2 下線部(b)に関連して、被子植物における配偶子の形成から種子の形成までの記述として誤っているものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 20

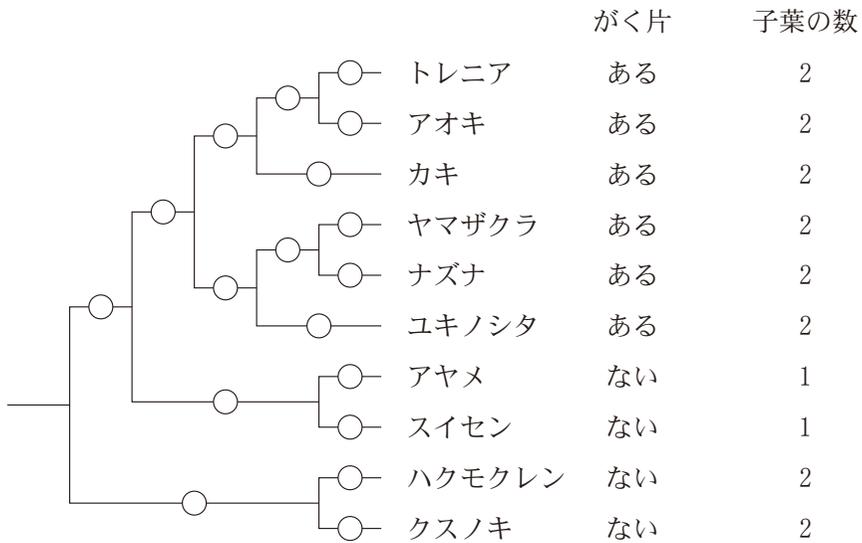
- ① 精細胞は、花粉母細胞が減数分裂と体細胞分裂を連続して行うことで形成される。
- ② 胚のうは、胚珠の中で形成される。
- ③ 胚のう母細胞は、減数分裂を行うことで四つの胚のう細胞を形成する。
- ④ 柱頭についた花粉は、発芽して胚のうへ向かって花粉管を伸ばす。
- ⑤ 無胚乳種子を形成する植物でも、重複受精は起こる。

生 物

問 3 下線部(c)に関連して、体細胞の染色体数が 18 本であるトレニアについて、胚のうちの中に存在する染色体の総数と、重複受精直後の受精卵の核と胚乳の核のそれぞれに存在する染色体数との組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。 21

	胚のうちの中に存在する染色体の総数	受精卵の核の染色体数	胚乳の核の染色体数
①	27	9	9
②	27	18	18
③	27	18	27
④	45	9	9
⑤	45	18	18
⑥	45	18	27
⑦	72	9	9
⑧	72	18	18
⑨	72	18	27

問 4 下線部(d)に関連して、二人は植物園で見かけた 10 種の植物について、花の構造と子葉の数を図鑑で調べた。さらに、ある遺伝子 R の塩基配列の情報をデータベースから取得して系統樹を作成したところ、図 1 の結果が得られた。図 1 から導かれる、被子植物の花の構造と子葉の数の進化に関する後の考察文中の ア ～ オ に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、それぞれの形質の変化は 1 回だけ生じたとする。 22



注：系統樹の中に示す○は、形質の変化が起こる可能性のある箇所を示す。

図 1

被子植物では、**ア** 花から **イ** 花が進化した。また、**ウ** 類から **エ** 類が進化した。がく片の有無と子葉の数に関わる変化は、系統樹の中の **オ** 箇所が生じた。

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	がく片がある	がく片がない	単子葉	双子葉	同 じ
②	がく片がある	がく片がない	単子葉	双子葉	異なる
③	がく片がある	がく片がない	双子葉	単子葉	同 じ
④	がく片がある	がく片がない	双子葉	単子葉	異なる
⑤	がく片がない	がく片がある	単子葉	双子葉	同 じ
⑥	がく片がない	がく片がある	単子葉	双子葉	異なる
⑦	がく片がない	がく片がある	双子葉	単子葉	同 じ
⑧	がく片がない	がく片がある	双子葉	単子葉	異なる

生 物

問 5 下線部(e)に関連して、二人は、カキのなかまで雌株と雄株がみられる植物 A が、雌花と雄花を形成する仕組みについて説明した資料 1 を図書館で見つけた。資料 1 によれば、図 2 のように、雌花では発達しためしべと未発達なおしべが、雄花では発達したおしべと未発達なめしべがみられる。後の記述①～③のうち、資料 1 から導かれる考察として適切な記述はどれか。それを過不足なく含むものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。

23

資料 1 植物 A の株の性は、XY 型(XX が雌、XY が雄)の性染色体上の遺伝子によって決定されている。X 染色体には、Y 染色体上にはない調節遺伝子 K が存在する。調節遺伝子 K は、花器官の形成に必要な三つのクラス(A, B, C)のホメオティック遺伝子のうち、B クラス遺伝子の機能を抑制する働きのほか、めしべの発達に必要な遺伝子の機能を促進する働きを持つ。調節遺伝子 K が働くことで、雌株で雌花を形成する。他方、Y 染色体には、X 染色体上にはない調節遺伝子 L が存在する。調節遺伝子 L は、調節遺伝子 K から合成された mRNA を分解する働きを持つ。このことにより、雄株で雄花を形成する。

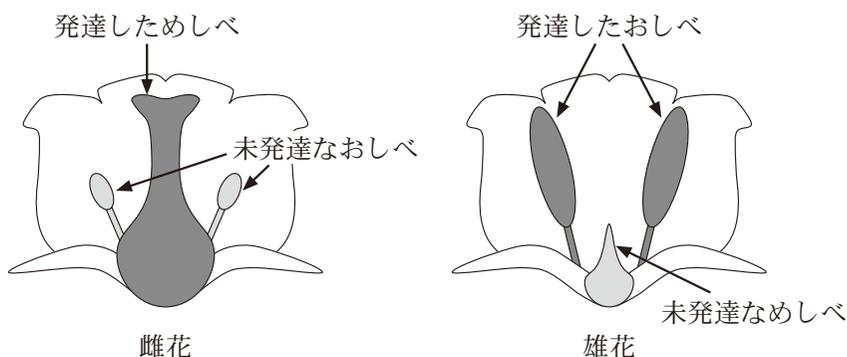


図 2

- ① 雌花では，調節遺伝子 K の働きにより，B クラス遺伝子の機能が抑制され，C クラス遺伝子が茎頂分裂組織の全体で働くようになり，発達しためしべがみられるようになる。
- ② 雌花では，調節遺伝子 K の働きにより，B クラス遺伝子の機能が抑制され，発達したおしべがみられなくなる。
- ③ 雄花では，調節遺伝子 L の働きにより，調節遺伝子 K が働かなくなり，発達しためしべがみられなくなる。

- ① a ② b ③ c ④ a, b
- ⑤ a, c ⑥ b, c ⑦ a, b, c

生 物

第 6 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 3)に答えよ。(配点 13)

ヒトは、指先がうっかり熱いものに触れると、思わず手を引っ込める。このように刺激に対して無意識に起こる反応を反射という。この手を引っ込める反射では、受容器で発生した興奮が、大脳を介さずに、効果器の^(a)骨格筋にすばやく伝わる。ヒトの反射の別の例として、ひざの下を軽くたたくと足が前に跳ね上がる^(b)膝蓋腱反射^{しつがいけん}があげられる。

問 1 下線部(a)について、骨格筋は、一つの核を持つ未分化の細胞(以下、筋芽細胞^{きんが})から分化した筋繊維と呼ばれる多核の筋細胞からできている。多核の筋細胞が生じる過程では、それぞれの筋芽細胞の中で核分裂が繰り返し起こる可能性と、複数の筋芽細胞が融合する可能性の二つが考えられる。筋繊維の形成過程でどちらが起こるのかを判別するため、実験 1 を行ったところ、複数の筋芽細胞が融合していることが分かった。実験 1 の文章中の ・ に入る語句と数値の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑥のうちから一つ選べ。

実験 1 筋繊維には、分化後に 2 分子が複合体 P-P を形成して働くタンパク質 P がある。タンパク質 P には、働きに違いのないタンパク質 P_A とタンパク質 P_B の 2 種類があり、これらのタンパク質は、同じ種類か異なる種類かにかかわらず複合体を形成する。複合体 P_A-P_A, P_A-P_B, および P_B-P_B は、電気泳動法で異なるバンドとして互いに区別できる。また、タンパク質 P に関して、タンパク質 P_A の遺伝子のみを持つ系統のマウス A と、タンパク質 P_B の遺伝子のみを持つ系統のマウス B がいる。以上のことを利用して、 のち、分化した筋繊維に含まれる複合体を電気泳動法で調べたところ、ゲル上には 本のバンドが検出された。

	ア	イ
①	両者を交配して両方の遺伝子を持つ子マウスを得た	1
②	両者を交配して両方の遺伝子を持つ子マウスを得た	2
③	両者を交配して両方の遺伝子を持つ子マウスを得た	3
④	それぞれから単離した筋芽細胞を混合して培養した	1
⑤	それぞれから単離した筋芽細胞を混合して培養した	2
⑥	それぞれから単離した筋芽細胞を混合して培養した	3

問 2 神経細胞の軸索には、^{ゆうずい}有髄と^{むずい}無髄の2種類の神経繊維がある。次の記述①～④のうち、有髄神経繊維の特徴として適当な記述はどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 25

- ① ランビエ絞輪の部分でのみ興奮が発生する。
- ② ^{ずいしやう}髄鞘は軸索の一部がふくらんだものである。
- ③ 髄鞘は電気的な絶縁体としての役割を果たす。
- ④ 同じ太さの無髄神経繊維と比べて興奮の伝導速度は小さい。

- ① a, b
- ② a, c
- ③ a, d
- ④ b, c
- ⑤ b, d
- ⑥ c, d

生物

問 3 下線部(b)に関連して、図 1 は、ヒトの右足の膝蓋腱反射における電気信号の伝わる経路を模式的に示したものである。図に示されている反射の経路に関する後の文章中の **ウ** ~ **オ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑨のうちから一つ選べ。ただし、感覚神経の伝導速度は 10 m/秒、運動神経の伝導速度は 50 m/秒とし、一つのシナプスでの興奮の伝達にかかる時間を 1 ミリ秒とする。また、図中の Q-R-S および T-U で示した神経繊維の長さは、それぞれ 60 cm および 50 cm である。 **26**

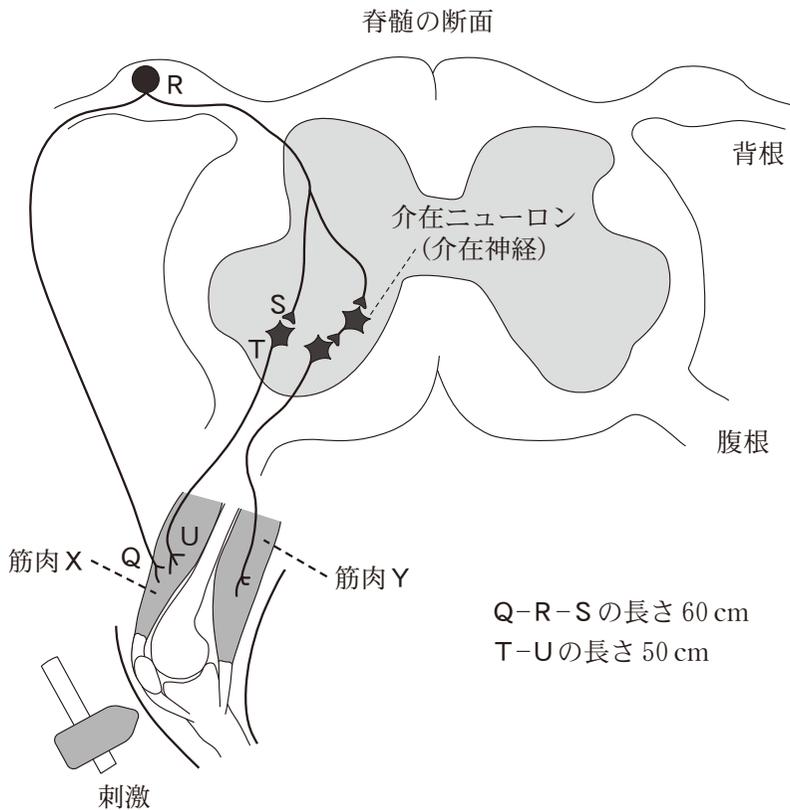


図 1

刺激により筋肉の長さが変化したことを筋紡錘が受容すると、その信号が感覚神経により脊髄に伝えられ、筋肉 X を収縮させる運動神経を **ウ** と同時に、筋肉 Y を収縮させる運動神経を **エ** ことで、足が前に跳ね上がる。刺激を受けてから筋肉 X に信号が伝わるまでの時間は、およそ **オ** ミリ秒である。

	ウ	エ	オ
①	興奮させる	抑制する	9
②	興奮させる	抑制する	64
③	興奮させる	抑制する	72
④	興奮させる	興奮させる	9
⑤	興奮させる	興奮させる	64
⑥	興奮させる	興奮させる	72
⑦	抑制する	興奮させる	9
⑧	抑制する	興奮させる	64
⑨	抑制する	興奮させる	72