

生 物

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまではこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は表紙を除いて16ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板の掲示または板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げて申し出ること。次に解答用紙をミシン目に沿って落ちて着いて丁寧に別々に切り離し、学部名・受験番号・氏名を必ずすべて解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに横書きに記入すること。マス目のある記述問題には句読点も文字数に含まれます。

1 次の文章を読んで、下の問1～問4に答えなさい。

体内環境を維持するための調節には、神経とホルモンによる調節がある。神経による調節は(ア)によるもので、それには交感神経と副交感神経とがある。神経による調節では効果の発現が(1)が、その効果が及ぶ範囲は(2)である。それに比べてホルモンによる調節では効果の発現は(3)が、作用時間は(4)。

多くの場合、交感神経と副交感神経は相反する拮抗した支配によって内臓などの働きを調節している。心臓の拍動は交感神経と副交感神経の支配も受けており、副交感神経の活動が高まると副交感神経の末端からアセチルコリンが放出され心拍数は減少する。交感神経の末端からはノルアドレナリンが放出される。しかしながら例外もある。たとえば皮膚血管には交感神経のみが分布しているにもかかわらず、血管を収縮させること^①や弛緩^{しかん}させることが可能である。ヒトの心臓は規則的なリズムで自動的に拍動するが、これは右心房にある(イ)によるものである。

体の水分が失われて体液濃度(血しょう浸透圧)が高くなった時に、これを正常化する仕組みとして口渴による飲水と(ウ)というホルモンによる調節が行われる。(ウ)を分泌する細胞は神経分泌細胞ともよばれ、その細胞は間脳の(エ)にあり、その軸索を(5)へと送り、そこから(ウ)は血中に分泌される。(ウ)は腎臓の(オ)などに働き、そこで水の再吸収を促進する。水の再吸収は水だけを通すタンパク質である(6)によるものである。ヒトの(ウ)の分泌には生物がもつ約24時間周期の内因性のリズムがみられる。これを(カ)とよび、(ウ)分泌は夜間は昼間と比較して増加している。(ウ)は細胞膜にある受容体^②に結合するが、脂溶性ホルモンは(7)や(8)にある受容体に結合することにより、特定の(9)を調節する。

問 1 文章中の(ア)～(カ)に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 文章中の(1)～(4)に当てはまる適切な語句を解答欄から選び()に○を入れなさい。また、文章中の(5)～(9)に当てはまる適切な語句を下記の語群から選び、その番号で答えなさい。

【語群】

- | | | |
|-----------|----------|------------|
| ① 減少 | ② 核内 | ③ 増加 |
| ④ 循環中枢 | ⑤ 脳下垂体前葉 | ⑥ 小胞体 |
| ⑦ ゴルジ体 | ⑧ アクアポリン | ⑨ 遺伝子発現 |
| ⑩ 受容体 | ⑪ 細胞質 | ⑫ ナトリウムポンプ |
| ⑬ イオンチャネル | ⑭ 松果体 | ⑮ 脳下垂体後葉 |

問 3 下線部①が可能な理由について、120字以内で説明しなさい。

問 4 下線部②について、(ウ)の分泌が夜間に増加するとヒトにとって都合がよい。どのように都合がよいかを40字以内で説明しなさい。

2 次の文章 1、文章 2 を読み、下の問 1～問 7 に答えなさい。

文章 1：五界説に従えば、植物は(ア)、(イ)、種子植物からなる多細胞の(ウ)生物であり、光合成をおこなう。このうち(イ)と種子植物は、水分や養分を植物全体に運ぶ組織を有することから、(エ)植物と呼ばれる。(ア)や(イ)は無性生殖をおこなう(オ)と、有性生殖をおこなう(カ)がある点で共通する。

種子植物はさらに(キ)と(ク)に分けられる。(キ)では(ケ)がなく、^{はいしゆ}胚珠は裸出している。胚乳は受精前に形成されており、受精時には1個の(コ)^Aと卵細胞が受精する。一方、(ク)では(ケ)が発達し、この内部に胚珠がある。胚珠の内部には胚のう母細胞^Bがあり、これが発達して胚のう細胞を形成し、さらに核分裂を繰り返し8個の核を有する胚のうになる。柱頭上で花粉が発芽すると花柱内に花粉管を伸ばす。近年の研究から、胚のうに含まれる(サ)が花粉管を誘導する物質を放出していることが明らかになった。花粉管には花粉管核と2個の(コ)が含まれているが、これが胚のうに到達し、

卵細胞と融合すると(シ)に、2つの極核を有する中央細胞と融合^②すると(ス)となる。(ス)は核分裂を繰り返して多細胞となり、胚乳となる。この胚乳には、発芽時に必要な貯蔵養分が蓄えられてい^Cる。^③

問 1 文章中の(ア)～(ス)に当てはまる語句を下の語群から選び、その番号で答えなさい。

【語群】

- | | | |
|--------|-----------|----------|
| ① 藻類 | ② クチクラ層 | ③ 助細胞 |
| ④ 地衣類 | ⑤ 被子植物 | ⑥ 反足細胞 |
| ⑦ コケ植物 | ⑧ 裸子植物 | ⑨ 受精卵 |
| ⑩ シダ植物 | ⑪ 珠皮 | ⑫ 胚乳細胞 |
| ⑬ 真核 | ⑭ 子房 | ⑮ 胞子体 |
| ⑯ 原核 | ⑰ 精子(精細胞) | ⑱ 配偶体 |
| ⑲ 表皮系 | ⑳ 卵細胞 | ㉑ 植物ホルモン |
| ㉒ 維管束 | ㉓ 卵母細胞 | ㉔ タンパク質 |

問 2 下線部①をおこなうための色素を2種類答えなさい。また、下線部①の反応は葉緑体のどの部位でおこなわれるのか答えなさい。

問 3 下線部②の現象を何というか答えなさい。

問 4 下線部 A～C の染色体数を、n を用いて答えなさい。

問 5 下線部③のような種子を作る植物を次から選び、当てはまるものには○を、そうでないものには×をつけなさい。ただし、すべてに○または×のみを解答した場合は採点対象としない。

【植物】

- | | | |
|------|-------|----------|
| ① イネ | ② ナズナ | ③ エンドウ |
| ④ クリ | ⑤ カキ | ⑥ トウモロコシ |

文章 2 : 植物が昼と夜の長さによる影響を受けて成長反応を示す性質を光周性という。日長時間の長さにより花芽を形成する性質も光周性のひとつである。花芽形成がおこり始める連続暗期の長さを限界暗期というが、花芽形成は日長だけでなく、温度の影響を受ける場合もある。

植物 A では、花芽を形成するためには 9 時間以上の暗期が必要である。ここに 20℃の温度条件下で連続した明期を与えて栽培した植物 A がある。この後、植物 A を 25℃の温度条件下に置き、9 時間の暗期を 1 回与えると、花芽を形成した。しかし、18℃の温度条件下では、同じく 9 時間の暗期を 1 回与えても花芽を形成せず、24 時間の暗期を 1 回与えると花芽を形成した。このことから、植物 A では花芽形成に関して、暗期の長さだけでなく温度の影響も受けているといえる。植物 B もまた、暗期と温度の影響を受ける植物である。植物 B では、花芽を形成するためには 11 時間以上の連続した明期が必要であるが、安定して花芽形成させるためには日中温度が 20 ~ 25℃であることが望ましい。鹿児島県で、植物 B を日中温度が 20 ~ 25℃となる環境に置き、自然日長条件で栽培した場合、日照時間が十分長い春から夏にかけては花芽が形成されるが、日照時間が 11 時間を下回る 10 月下旬になると徐々に花芽形成数が減少しはじめる。

問 6 文章 2 に関する次の記述について、正しいものに○を、誤っているものに×をつけなさい。ただし、すべてに○または×のみを解答した場合は採点対象としない。

- ① 花芽形成で働いている光受容体をフィトクロムという。
- ② 植物 A では、暗期の長さを 8 時間で栽培した場合、室温を 25℃に維持しても花芽は形成されない。
- ③ 植物 B は、日中温度が 20℃を下回る地域で栽培すると日照時間が 11 時間であっても花芽を形成しにくくなると考えられる。
- ④ 鹿児島県で、10 月下旬以降も植物 B に十分な数の花芽を形成させるためには、日中温度が 20～25℃になる環境で、日没後に暗くなってから 2 時間程度の電照をおこなえばよい。

問 7 植物 A と同じ暗期条件を与えても花芽を形成しない植物 C がある。植物 A に植物 C を図 1 のように接ぎ木し、25℃の温度条件下で 9 時間の暗期を与えて栽培したところ、植物 C に花芽が形成された。その理由を 40 字以内で答えなさい。

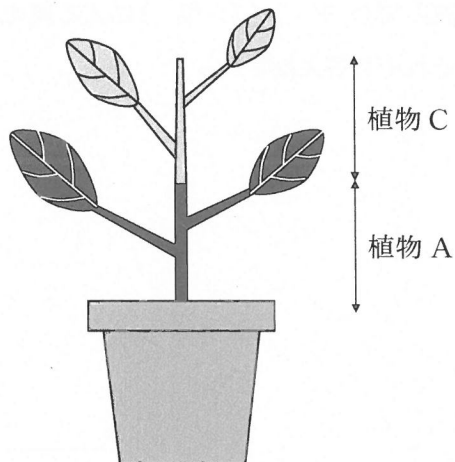


図 1 接ぎ木の様子

3 次の文章 1, 文章 2 を読み, 下の問 1 ~ 問 5 に答えなさい。

文章 1 : ヒトにおいて, 視覚情報はまず網膜で感知され, 処理される。網膜にある視細胞には(ア)細胞と(イ)細胞があり, (ア)細胞はうす暗いところ, (イ)細胞はおもに明るいところではたらく。(ア)細胞には(ウ)とよばれる視物質が含まれ, これはレチナールとよばれる光の吸収に関わる分子と, オプシンとよばれるタンパク質からなる。ヒトの(イ)細胞には通常, 光の吸収スペクトルの異なる(エ)種類の細胞がある。

網膜で感知, 処理された視覚情報は, 視神経から間脳(視床)を介して大脳へ伝えられる。この経路において, 右眼と左眼からの視神経が交わる部位があり, これを視交さという。ヒトの場合, それぞれの眼の内側の網膜に由来する神経は視交さにおいて交さする一方, それぞれの眼の外側の網膜由来の神経は交させずに中枢へ投射する。このため, それぞれの眼の網膜の右半分では処理された視覚情報は脳の右半球へ, それぞれの眼の網膜の左半分では処理された視覚情報は左半球へ伝えられる。

問 1 文章 1 を読んで(ア)~(ウ)に入る適切な語句, (エ)に入る適切な数字をそれぞれ答えなさい。

問 2 ヒトの網膜から中枢への視覚経路において、視交さが図1のように切断されたとき、それぞれの眼の視野(見える範囲)はどうなるか。図2の(a)から(e)の中から1つ選びなさい。なお、黒く塗りつぶしたところは見えないところを示している。ただし、図1の視交さの切断は、交さする視神経のみが切断され、交さしない視神経は切断されないものとする。

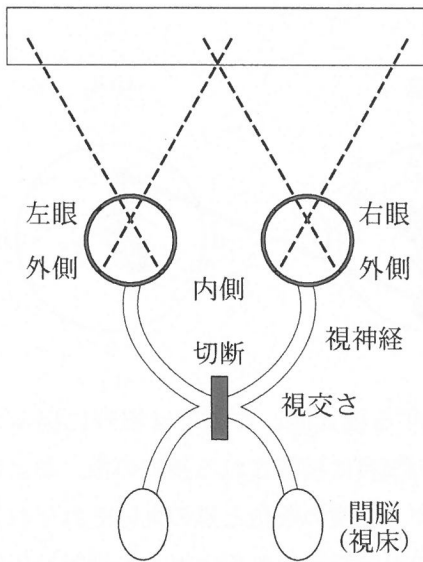


図1 ヒトの視覚経路、および視交さの切断を説明する模式図

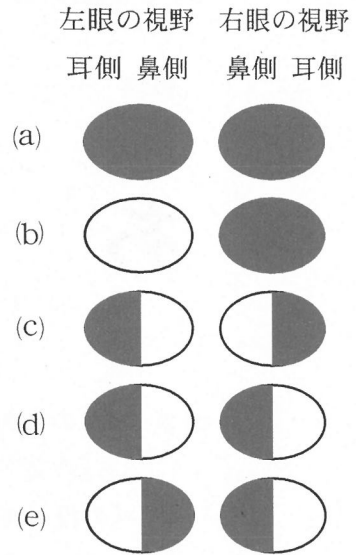


図2 左眼、右眼の視野

文章 2 : 視覚の情報伝達経路では、視野の中の位置情報を保ったまま、情報が網膜から中枢へと伝えられる(図 3)。たとえば、視野のうち、上にあるものの情報は網膜の下側にある視神経細胞、下にあるものの情報は網膜の上側にある視神経細胞が情報を中枢へ送る。その際、それぞれの視神経細胞が位置情報を保ったまま視神経を介して情報を中枢へ送る。障害された視神経が再生する能力をもつイモリを用いて、次に説明する実験 1 ~ 3 を行った。

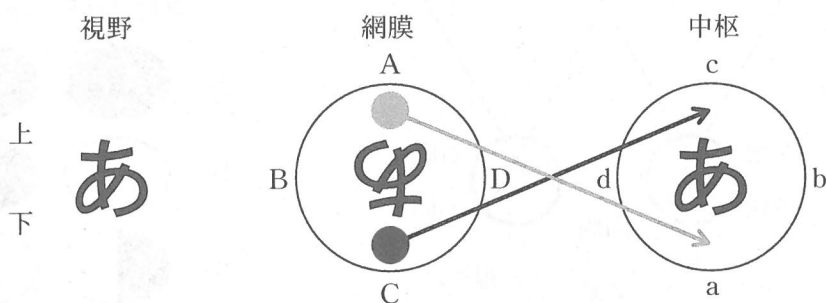


図 3 視覚の情報伝達を説明する模式図。ここでは視野に提示された「あ」の文字、片方の眼の網膜に投影される視野の像、および中枢への投射を模式的に示す。網膜の灰色と黒の丸はそれぞれ視神経細胞を表す。それぞれの視神経細胞から中枢への投射を矢印で示している。

実験 1 まず、片方の眼に由来する視神経を切断した。視神経が再生して神経回路が再接続するのを待った後、もう片方の眼を見えない状態にして、飼っている水槽の中でこのイモリの頭上にエサを提示した。すると、イモリはエサをめがけて上へと浮上してきた。

実験 2 別のイモリを用いて、片方の眼に由来する視神経を切断するとともに、眼を取り出してそのまま位置を変えずに元に戻す手術を行った(図 4 左)。取り出した眼が生着し、視神経が再生して神経回路が再接続するのを待った後、もう片方の眼を見えない状態にして、飼っている水槽の中でこのイモリの頭上にエサを提示した。すると、イモリは上へと浮上してきた。

実験3 さらに別のイモリを用いて、片方の眼に由来する視神経を切断するとともに、眼を取り出して上下回転させる手術を行った(図4右)。取り出した眼が生着し、視神経が再生して神経回路が再接続するのを待った後、もう片方の眼を見えない状態にして、飼っている水槽の中でこのイモリの頭上にエサを提示した。すると、イモリは下へともぐった。

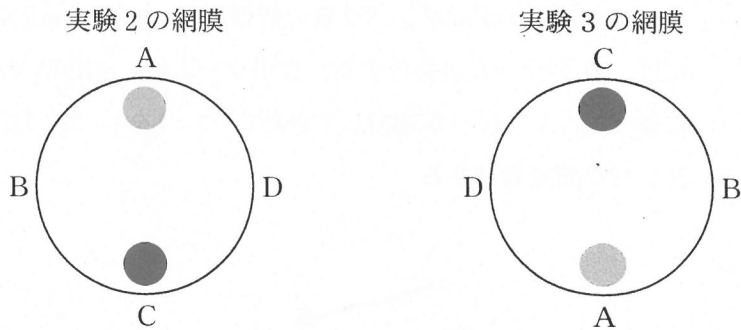


図4 実験2, 実験3の網膜を説明する模式図

これらの実験とその結果について、以下の問いに答えなさい。

問3 実験1の結果から、再生した視神経は中枢とどのように接続したと考えられるか。30字以内で説明しなさい。

問4 実験1と実験2の結果の比較から、どのようなことが言えるか。40字以内で説明しなさい。

問5 実験3の結果から、上下回転した状態で生着した眼の視神経は中枢とどのように接続したと考えられるか。図3にならって、網膜上のAとCの位置にある視神経細胞(それぞれ灰色と黒色)の中枢への投射を矢印で示しなさい。

4

次の文章 1、文章 2 を読んで、下の問 1～問 7 に答えなさい。

文章 1：ゲノム DNA 上の遺伝情報は、転写・翻訳の過程を経て発現する。図 1 は、ある生物の転写・翻訳の模式図であり、あるひとつのタンパク質の情報が暗号化されている DNA 領域の一部について示している。DNA に結合した(ア)は、DNA 上を移動しながら RNA を合成する。合成された RNA が、タンパク質の情報を担っている mRNA である場合には、リボソームが結合する。リボソームは、mRNA の塩基配列情報に従って、(イ)が運搬してきた(ウ)を(エ)結合で連結し、タンパク質を合成する。

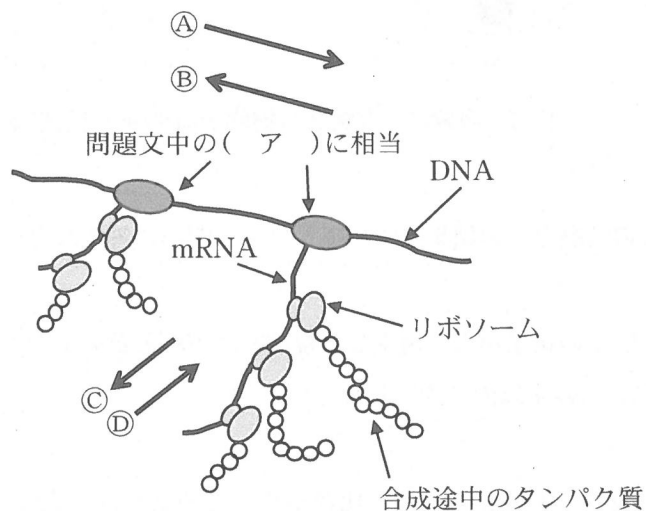


図 1 ある生物の転写・翻訳の模式図

ゲノム DNA 上に存在する遺伝子は、常に一齐に発現しているわけではない。それでは、遺伝子の発現は、どのようにして調節されているのであろうか。大腸菌の野生株は、増殖に必要な最小限の栄養素(数種類の無機塩類と炭素栄養源)を含む最少培地で増殖できる。例えば、炭素栄養源としてラクトースのみを添加した最少培地で大腸菌野生株を培養すると、ラクトースを分解する酵素などの遺伝子群(ラクトースオペロン)が発現す

る。ラクトースオペロンの転写は、次のように調節されることがわかっている。大腸菌のゲノム DNA 上には、プロモーター、(オ), そして、ラクトースを分解する酵素などの遺伝子の順で並んでいる。また、発現を調節する調節タンパク質は、(オ)に結合することによって発現を抑制するので、(カ)とよばれている。mRNA を合成する(ア)が、プロモーターに結合することで転写が開始する。ラクトースオペロンの転写を調節する(カ)は、ラクトースが存在しない条件下では、(オ)に結合しており、そのために、(ア)がプロモーターからラクトースを分解する酵素などの遺伝子領域へと進むことができずに転写が起こらない。炭素栄養源としてラクトースしかない条件下では、(カ)はラクトースと結合して立体構造が変化し、(オ)に結合できなくなる。プロモーターに結合した(ア)は、(カ)に邪魔されることなく、ラクトースを分解する酵素などの遺伝子領域へと進み mRNA を合成する。

一方、大腸菌は、最少培地に含まれる成分から、(ウ)をはじめとする様々な有機物を合成する。タンパク質を構成する(ウ)の一つであるトリプトファントリプトファンの合成に参与する酵素の遺伝子群の転写は、プロモーター、(オ), (カ)そして、トリプトファンによって調節されている。トリプトファン合成酵素遺伝子群は、トリプトファンが存在しない条件下では転写され、トリプトファンが過剰に存在すると、転写が抑制される。

問 1 文章中の(ア)～(カ)に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部①の「ある生物」に該当するのは、大腸菌と酵母菌のいずれであるか答え、そのように判断した根拠となる、図 1 に示されている特徴を 20 字以内で答えなさい。

問 3 図 1 について、文章 1 の中の(ア)が移動する方向を示す矢印は、㊸と㊹のどちらであるか答えなさい。また、リボソームが移動する方向を示す矢印は、㊺と㊻のどちらであるか答えなさい。

文章2：トリプトファン¹の合成に關与する「酵素 A」の遺伝子に突然変異が生じた結果、酵素 A の活性を失い、トリプトファンを合成することができなくなった大腸菌の変異株「M 株」がある。M 株は、トリプトファン要求株であり、最少培地では増殖することはできないが、最少培地にトリプトファンを添加した培地では、野生株と同じように増殖することができる。さらに M 株は、DNA 修復酵素も変異しており、DNA の損傷を修復する機構が働かない。そこで、M 株を使って、ある化学物質「X」が、大腸菌に突然変異を引き起こす活性があるかどうかを調べることにした。物質 X に突然変異を引き起こす活性があれば、物質 X を与えた M 株の細胞集団の中に、「酵素 A の遺伝子に再び突然変異が生じることにより、酵素 A の活性が復活した大腸菌」が出現すると考えたのである。実施した実験の手順は、次の通りであり、概略を図 2 に示した。

手順 1：トリプトファンを添加した最少培地を使って、M 株を 37℃で 18 時間培養したあと、 7.0×10^9 細胞/mL になるように蒸留水に懸濁し、菌体懸濁液とした。

手順 2：この菌体懸濁液 200 μ L と物質 X の水溶液 200 μ L (0.04 μ g の物質 X を含む) をチューブに入れてよく攪拌し、37℃で 30 分間、振盪した。

手順 3：物質 X の水溶液の代わりに、蒸留水 200 μ L を添加したチューブも同じように準備した。

手順 4：寒天で固めた最少培地のシャーレ(直径 9 cm) を 3 枚準備しておき、手順 2 のチューブ内の混合液をシャーレ 1 枚につき 100 μ L 塗布した。

手順5：寒天で固めた最少培地のシャーレを3枚準備しておき、手順3のチューブ内の混合液をシャーレ1枚につき100 μ L 塗布した。

手順6：手順4で使用したチューブに残っている混合液(約100 μ L)の一部をとり、蒸留水を使って 10^6 倍に希釈した。この希釈混合液は、400 μ L 調製した。

手順7：トリプトファンを添加して寒天で固めた最少培地のシャーレを3枚準備しておき、手順6で調製した希釈混合液をシャーレ1枚につき100 μ L 塗布した。

手順8：手順5で使用したチューブに残っている混合液(約100 μ L)の一部をとり、蒸留水を使って 10^6 倍に希釈した。この希釈混合液は、400 μ L 調製した。

手順9：トリプトファンを添加して寒天で固めた最少培地のシャーレを3枚準備しておき、手順8で調製した希釈混合液をシャーレ1枚につき100 μ L 塗布した。

手順10：全てのシャーレを37°Cで48時間培養し、出現した大腸菌のコロニーを数えた。

*実験で使用した培地、蒸留水、器具類などは、すべて滅菌したものを使用し、実験の操作は、M株以外の微生物などが混入することがないようにした。

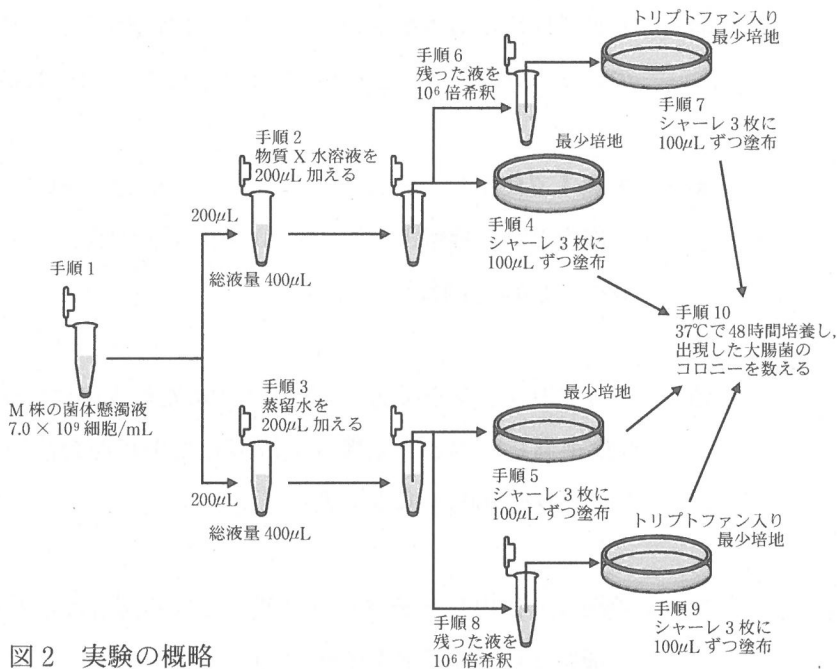


図2 実験の概略

実験の結果は、次のとおりであった。

結果1：シャーレに出現したコロニーは、すべて大腸菌のコロニーであり、雑菌の混入はなかった。

結果2：手順4で作製した3枚のシャーレに出現したコロニーを数えて平均を求めたところ、451であった。

結果3：手順5で作製した3枚のシャーレに出現したコロニーを数えて平均を求めたところ、15であった。

結果4：手順7と手順9で作製したシャーレに出現したコロニーを数えて平均を求めたところ、次のとおりであった。

手順7で準備したシャーレ = 338

手順9で準備したシャーレ = 331

これらの結果は、手順9のシャーレについて、出現を予想していたコロニー数と大きな差はないと判断した。

問 4 結果 3 について、物質 X を加えなかったにもかかわらず、コロニーが出現した理由を 50 字以内で説明しなさい。

問 5 結果 4 の下線部②について、予想していたコロニー数を答えなさい。解答用紙には、計算の過程も記載すること。

問 6 この実験では、トリプトファン要求株と最少培地を使用した。その理由を 100 字以内で説明しなさい。ただし、解答には、「M 株」、「細胞集団」、「酵素 A」、「最少培地」、「コロニー」という語を使うこと。解答中の語順は、この順である必要はない。

問 7 次の記述について、正しいものには○を、誤っているものには×をつけなさい。ただし、すべてに○または×のみを解答した場合は採点対象としない。

- (a) 手順 4 で作製したシャーレに出現したコロニー数は、手順 9 で作製したシャーレに出現したコロニー数より多いので、物質 X に突然変異を引き起こす活性はない。
- (b) 手順 4 で作製したシャーレに出現したコロニーの中には、酵素 A の遺伝子以外の遺伝子にも突然変異が生じたものが存在する可能性がある。
- (c) 手順 4 で作製したシャーレに出現したコロニーについて、酵素 A の遺伝子の塩基配列を調べると、野生株の塩基配列と同じものしかない。
- (d) M 株の DNA 修復酵素の変異は、化学物質が突然変異を引き起こす活性をより鋭敏に検出するのに役立っている。
- (e) この実験の結果だけで、「物質 X は、ヒトに対する発ガン性がある。」と結論づけることができる。

