

生 物

教育学部・医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は20ページで、医学部は解答用紙3枚、教育学部、応用生物科学部は解答用紙5枚である。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
5. 問題は、大問で5題ある。教育学部・応用生物科学部の受験生は、5題すべてに解答すること。医学部の受験生は、問題 **1**、**2**、**3** に解答すること。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率を表示してある。
9. 指定の字数以内で解答用紙のマス目に解答を記述する場合、数字、アルファベット、および句読点は、すべて1マスに1文字とする。

1 次の文章 I, II を読み, 問 1 ~ 5 に答えよ。(配点比率 教育・応生: $\frac{1}{5}$, 医: $\frac{1}{3}$)

I. 生体には, 体内環境の変動を敏感に感知して調整し, 体内環境をほぼ一定に保つしくみがある。このしくみを恒常性という。恒常性には, 腎臓などの器官が重要なはたらきをし, その調節は自律神経系と内分泌系の共同作業で行われていることが多い。自律神経系の中枢としてはたらいっているのは, 主に間脳の **ア** である。自律神経系には交感神経と副交感神経があり, 器官によってそのはたらきは異なる。内分泌系では分泌細胞が集合して腺組織を形成し, ホルモンを直接血中に分泌している。ホルモンは, 体液の循環によって全身の **イ** 細胞にある受容体に作用してそのはたらきを調節する。ホルモンにはいくつかの種類があり, 脳下垂体後葉から分泌され, 腎臓の集合管での水の再吸収を促進する **ウ**, 副甲状腺から分泌され血液中のカルシウム濃度を上げる **エ** がある。

また, 血液中のグルコースの濃度(血糖値)を直接的に上昇させるホルモンとしては, 脳下垂体前葉から分泌される **オ**, 副腎皮質から分泌される **カ**, 副腎髄質から分泌される **キ**, すい臓のランゲルハンス島 **ク** から分泌される **ケ**, 甲状腺から分泌される **コ** などがある。このように血糖値を上昇させるホルモンは複数存在するが, 血糖値の低下の度合いに応じて分泌量が異なる。また, 食事をしたときにも消化管でグルコースが吸収されると血糖値が上昇する。血糖値が上昇すると負の **サ** による調節が行われ, 血糖値を低下させるホルモンの分泌量が増加して, 一定の範囲内に血糖値が保たれる。一方, 血糖値が腎臓での再吸収能力をこえて上昇すると, 尿中にグルコースが排出される。

問 1. **ア** ~ **サ** に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して, 器官と交感神経のはたらきに関する正しい組合せを次の(a)~(f)の中からすべて選び, 記号を記せ。

| | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) |
|------|-----|----------|-----|-------|-----|-------|
| 器官 | 立毛筋 | 胃・小腸 | 気管支 | 心臓 | 瞳孔 | ぼうこう |
| はたらき | 収縮 | ぜん動運動の促進 | 拡張 | 拍動の促進 | 拡大 | 排尿の促進 |

問 3. ヒトの体温の調節に関して、体温上昇には放熱量の減少と発熱量の増加がある。この発熱量の増加を引き起こすはたらきとして適切なものを次の(a)~(h)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) 肝臓での代謝を促進させる。
- (b) 立毛筋を収縮させる。
- (c) 骨格筋のふるえを促進させる。
- (d) 皮膚の血管を収縮させる。
- (e) 皮膚の血管を拡張させる。
- (f) 心臓の拍動を促進させる。
- (g) 汗腺の分泌作用を促進させる。
- (h) 汗腺の分泌作用を停止させる。

問 4. 正常なヒトの空腹時の血糖値として、適切なものを次の(a)~(f)の中から1つ選び、記号を記せ。

- (a) 0.01% (b) 0.02% (c) 0.1% (d) 0.2% (e) 1% (f) 2%

II. 糖尿病は、世界で成人のおよそ10%が発病していることが報告されており、世界的な課題となっている。糖尿病には、1型と2型の2種類があり、世界の糖尿病患者の90%以上が2型糖尿病である。

2型糖尿病の予防が期待される「成分X」のはたらきを確かめるため、実験動物(マウス)を用いて以下の実験1~3を行った。成分Xは、消化管における食品成分の吸収を穏やかにする(抑制する)はたらきを持つため、これにより2型糖尿病の発病を遅らせることができると考えられる。一方、「飼料Y」は、マウスに長期間摂取させることで2型糖尿病を発病させることができる。実験期間中、飼料Yに含まれる成分の摂取量と摂取期間はすべてのマウスで同じであった。

[実験1]

飼料Yのほかに、飼料Yに成分Xを1%の濃度になるように混ぜた飼料1X、および、飼料Yに成分Xを5%の濃度になるように混ぜた飼料5Xを準備した。これら3つの飼料をそれぞれ長期間摂取したマウスを順に、マウスY、マウス1X、マウス5Xとする。また、糖尿病を発病させない飼料Cを同じ期間摂取したマウスCを対照とした。長期間摂取後、マウスYは他のマウスに比べて、空腹時の血糖値と食後の血糖値がより上昇したことから、2型糖尿病の初期症状を発病したと判断された。一方、マウス1Xとマウス5Xは、成分Xの含有量に従ってその発病が抑制された。

[実験2]

実験1の後、絶食によりすべてのマウスを空腹にさせてから、各マウスにグルコースを口から(経口的に)胃内へ投与し、投与後の時間経過に伴う血糖値の変化(図1)と血液中のインスリンの濃度の変化(図2)を調べた。

[実験 3]

実験 1 の後、絶食によりすべてのマウスを空腹にさせてから、各マウスにインスリンを注射して、注射後の時間経過に伴う血糖値の変化(図 3)を調べた。

この部分につきましては、著作権許諾の都合により公開しません。

(Kubo & Kawai, *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 67, 283-291, 2021
を一部改変)

問 5. 実験 1～3 の結果に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 図 1 の 0 分の時点での血糖値に関して、空腹時のマウスの体内では、体内に貯蔵している物質からグルコースを作り出して血糖値を維持している。このとき、血糖はマウスの体内において主にどのような物質からつくられたか、グルコースに変化する前の成分の名称を 2 つ記せ。
- (2) 図 1 の 30 分の時点での血糖値に関して、マウス Y の値とマウス C の値の間に差が生じた主な理由として、適切なものを次の(a)~(f)の中から 1 つ選び、記号を記せ。
 - (a) マウス Y はマウス C に比べて、尿中へのグルコースの排出が低下したため。
 - (b) マウス Y はマウス C に比べて、糞中へのグルコースの排出が低下したため。
 - (c) マウス Y はマウス C に比べて、組織へのグルコースの取り込みが低下したため。
 - (d) マウス Y はマウス C に比べて、尿中へのグルコースの排出が増加したため。
 - (e) マウス Y はマウス C に比べて、糞中へのグルコースの排出が増加したため。
 - (f) マウス Y はマウス C に比べて、組織へのグルコースの取り込みが増加したため。

(3) 図 2 のインスリン濃度の変化に関して、適切なものを次の(a)~(h)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) マウス Y は血糖値を一定の範囲に保つため、インスリンの分泌量が増加した。
- (b) マウス Y はインスリンの分泌量が増加したため、血糖値も増加した。
- (c) マウス 5X はマウス 1X に比べて、血糖値の上昇が抑制されたため、インスリンの分泌量が増加した。
- (d) マウス 5X は血糖値の上昇を抑制するために、マウス 1X に比べてインスリンの分泌量が増加した。
- (e) マウス Y は血糖値を一定の範囲に保つため、インスリンの分泌量が低下した。
- (f) マウス Y はインスリンの分泌量が低下したため、血糖値が増加した。
- (g) マウス 5X はマウス 1X に比べて、血糖値の上昇が抑制されたため、インスリンの分泌量が低下した。
- (h) マウス 5X は血糖値の上昇を抑制するために、マウス 1X に比べてインスリンの分泌量が低下した。

(4) 図 3 の(a)~(d)の中からマウス 1X を選び、記号を記せ。

(5) 図 3 の血糖値の低下に関して、マウス Y とマウス C の間で大きな差が生じた。その理由について、「インスリン」という語句を用いて 30 字以内で記せ。

下書き用 (30 字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|
| | | | | | 5 | | | | | | 10 | | | | | | 15 | | | | | | 20 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2

次の文章 I, II を読み, 問 1~7 に答えよ。(配点比率 教育・応生: $\frac{1}{5}$, 医: $\frac{1}{3}$)

I. 真核細胞には, 細胞の活動に必要なエネルギーを供給するミトコンドリア, タンパク質合成に関わる小胞体^①, そして, 合成されたタンパク質を小胞に包み込み細胞外へと輸送するゴルジ体などが存在する。これら以外の空間は繊維状の細胞骨格が縦横に走り, 細胞の形態や動きを制御するだけでなく, 小胞を介した物質輸送の際のレールとしての役割などを果たしている。また, 細胞は栄養物質や細胞機能を維持するための分子を細胞外部から取り込む とよばれる機構を有し, この際にも細胞骨格が重要な役割を担う。取り込む物質や機構にもとづき はピノサイトーシスとファゴサイトーシスに大別される。前者はほぼすべての真核細胞に備わっているのに対し, 後者はマクロファージ, 好中球, 樹状細胞などの食細胞に見られる。細菌などの病原体がファゴサイトーシスによってマクロファージに取り込まれると, まず初期ファゴソームとよばれる食胞が形成され, その後, ゴルジ体から分泌輸送された分解酵素を含む と食胞が融合することにより病原体は殺菌される。しかし, 一部の病原体はさまざまな方法によりこの殺菌機構から逃れ, 宿主細胞内で生きのびる。

問 1. , に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して, 細胞内でのエネルギー生産について, 適切でないものを次の(a)~(d)の中から2つ選び, 記号を記せ。

- (a) 複雑な物質が単純な物質に分解されてエネルギーを放出する反応を異化とよぶ。
- (b) 解糖系では2分子のATPを消費し, 4分子のATPが作られる。
- (c) 発酵は原核細胞のみで行われ真核細胞では行われない。
- (d) 電子伝達系では基質レベルのリン酸化によりATPが作られる。

問 3. 下線部②に関して, 新生されたポリペプチド鎖が正しい立体構造にフォールディングするのを助けるはたらきをするタンパク質の総称を記せ。

問 4. 下線部③に関して, 細胞骨格は3種類ある。それらの名称を記せ。

II. ある病原細菌 P は、ヒト細胞に感染するとタンパク質 X をヒト細胞に輸送することにより殺菌から逃れる(図 1)。タンパク質 X は分子量 30,000 の 1 本のポリペプチド鎖から構成される単量体タンパク質である。ヒト細胞の殺菌機構にはヒト遺伝子 Z が関与しており、その発現はタンパク質 Y によって正に調節されている。そこで、タンパク質 X が殺菌機構に及ぼす影響を調べるために、以下に示す実験 1 と実験 2 を行った。

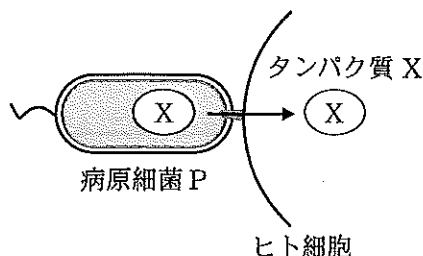


図 1 病原細菌 P からヒト細胞へのタンパク質 X の輸送

[実験 1]

ドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動(SDS-PAGE)はタンパク質の高次構造を変性させ、ポリペプチド鎖の状態にし、分子量の違いによりタンパク質を分離する実験手法である。タンパク質 X がタンパク質 Y に与える影響を調べるために、タンパク質 X とタンパク質 Y をそれぞれ精製したのち、表 1 に示す組成の試料 1 から 6 を調製し、反応後に還元剤ありと還元剤なしの 2 つの条件で SDS-PAGE により解析した。還元剤の存在下では、タンパク質はジスルフィド結合(S-S 結合)を形成することができない。タンパク質はゲルを染色することにより帯(バンド)として検出できる。図 2 に結果を示す。

表 1 タンパク質試料の組成

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
|---------|---|---|---|---|---|---|--------|
| タンパク質 X | + | - | + | + | - | + | + : あり |
| タンパク質 Y | - | + | + | - | + | + | - : なし |
| 還元剤 | + | + | + | - | - | - | |

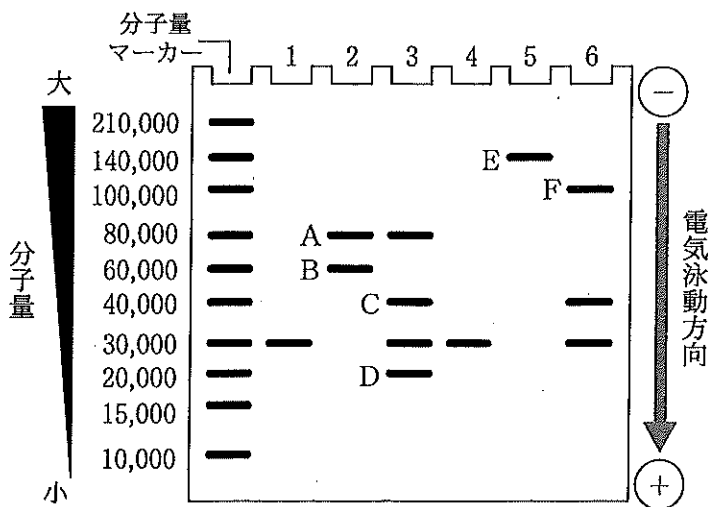


図 2 SDS-PAGE の結果

問 5. 実験 1 の結果に関して、以下の問いに答えよ。

(1) タンパク質 Y の構造について、下線部④を参考に次の語句をすべて用いて 80 字以内で記せ。

(語句) 分子量, ポリペプチド鎖, ジスルフィド結合

下 書 き 用 (80 字)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|----|
| | | | 5 | | | | 10 | | | | 15 | | | | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

(2) 図 2 のバンド F に含まれるタンパク質断片を図中のバンド A ~ E よりすべて選び、記号を記せ。

(3) 下線部⑤に関して、次の文中の , に適切なアミノ酸の名称を入れよ。

ジスルフィド結合は の側鎖の硫黄の間に作られる結合で、タンパク質の構造の安定化に重要な役割を担っている。 のほかに、側鎖に硫黄が含まれるアミノ酸には があり、タンパク質翻訳の際の開始コドン AUG にコードされる。

[実験 2]

病原細菌 P 由来のタンパク質 X が殺菌に関与する遺伝子 Z の発現にどのような影響を与えるのかを調べるために、(i)遺伝子導入を行わずタンパク質 X を産生していないヒト培養細胞、および(ii)遺伝子導入によりタンパク質 X を産生させたヒト培養細胞から RNA をそれぞれ抽出し、RT-PCR を行った。RT-PCR は RNA を逆転写 (RT) により cDNA に変換したのち、ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) で cDNA を増幅させることにより遺伝子の発現レベルを調べる方法である。RT-PCR を行うためにはプライマーを 2 本 1 組で設計する必要があるため、プライマーの候補 1~4 を設計した (図 3)。黒い矢印は 1 本鎖 DNA からなるプライマーで、矢印の方向は 5'→3' の向きを示す。RT-PCR の結果は図 4 に示す。

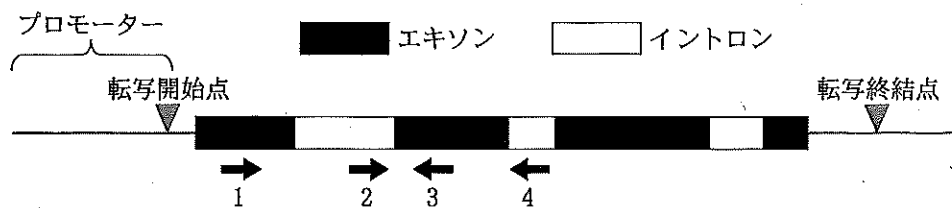


図 3 ゲノム DNA 上の遺伝子 Z の構造と設計したプライマー

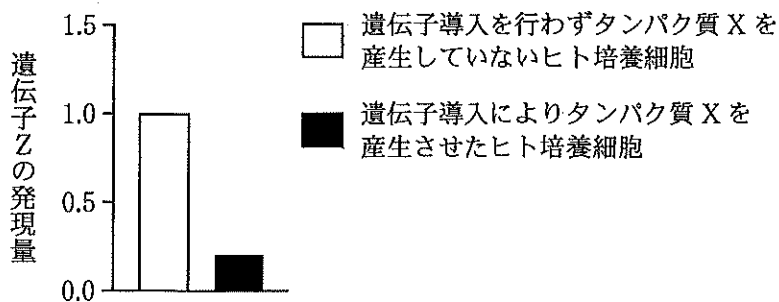


図 4 RT-PCR の結果

問 6. 遺伝子 Z の発現を調べるために、どの組み合わせのプライマーを用いれば良いのか、次の(a)~(f)の中から適切な組み合わせを1つ選び、記号を記せ。また、なぜその組み合わせのプライマーを選ぶ必要があるのか、理由を次の語句をすべて用いて50字以内で記せ。

(語句) DNA, mRNA, 転写

- (a) 1と2 (b) 1と3 (c) 1と4
 (d) 2と3 (e) 2と4 (f) 3と4

下書き用 (50字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|
| | | | | | 6 | | | | | | 10 | | | | | | 15 | | | | | | 20 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 7. 実験1と実験2の結果から推察される病原細菌 P の感染におけるタンパク質 X の機能に関して、文中の オ ~ ク に入る適切な語を次の(a)~(h)の中から選び、記号を記せ。同じ語句は選択しないこと。

- (a) 促進 (b) 抑制 (c) 受容体 (d) 酵素(触媒)
 (e) 合成 (f) 切断(分解) (g) 増加 (h) 減少

病原細菌 P 由来のタンパク質 X はタンパク質 Y を オ する カ として機能する。タンパク質 X によってタンパク質 Y が オ されることによりその機能が キ され、殺菌に関する遺伝子 Z の発現量が ク する。その結果、病原細菌 P は宿主の殺菌機構を逃れ宿主細胞内で生きのびることができる。

3

次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点比率 教育・応生： $\frac{1}{5}$ ，医： $\frac{1}{3}$)

自然界において、生物は同種他個体や他種の生物と相互作用を行う。中でも、2つの種が密接に相互作用を行い、互いに利益を与え合うことがある。^①例えば、マメ科植物の根には、根粒菌が根の細胞に入り込むことが知られている。植物は根から吸収した無機窒素化合物を用いて、有機窒素化合物を作り出す。^②空気中には体積として約80%もの窒素(N_2)が存在するが、多くの生物はこれを直接利用することはできない。ところが、一部の生物は、空気中の窒素を取り込んでアンモニウムイオンに還元することができる。その1つである根粒菌は、マメ科植物の根の細胞に入り込み窒素固定を行う。根粒菌によって生産されたアンモニウムイオンはマメ科植物に送られ、さまざまな有機窒素化合物の窒素源となる。根粒菌は生きるために必要な有機物を自身で生産することができないため、マメ科植物から得ている。^③つまり、マメ科植物と根粒菌は利益を与え合う関係といえる。一方、ある種のマメ科植物には、複数系統の根粒菌が感染する。感染した根粒菌の中には、窒素固定を行わず、アンモニウムイオンをマメ科植物に与えずに、有機物を受け取るだけのものが含まれる^④(以下このような系統を「裏切り系統」と記す)。

マメ科植物は裏切り系統の感染を回避する手段は持ち合わせていない。このような状況では、裏切り系統は、マメ科植物から有機物を得られるだけでなく、窒素固定にかかるコストの負担がない。その結果、マメ科植物の根には裏切り系統ばかりが存在すると予測されるが、実際はマメ科植物の根には窒素固定を行う系統が多く存在する。^⑤この背景に、マメ科植物は裏切り系統に対して何らかの対策を持つと考えられる。^⑥

問1. 下線部①～④に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 下線部①に関して、異なる種同士の相互作用で、利益を与え合う生物種間の関係を何とよぶか記せ。
- (2) 下線部②に関して、このような現象を何とよぶか名称を記せ。
- (3) 下線部③に関して、次の文章の ～ に適切な語を入れよ。

アンモニウムイオンは、生物の遺体や排泄物などに由来し、菌類の働きによって、硝酸イオンに変換される。硝酸イオンは、植物の根から水と共に吸収され、茎の を通じて の細胞に送られ、 に還元される。さらに、 はアンモニウムイオンに還元され、 の中で と結合する。この時、光エネルギーを利用して合成された が用いられる。

(4) 下線部③のように、ほかの生物が生産した有機物に依存して生活する生物を何とよぶか記せ。

(5) 下線部④のような、細菌系統とマメ科植物の関係を何とよぶか記せ。

問 2. 植物が合成する有機窒素化合物を次の(a)~(e)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) DNA
- (b) フェニルアラニン
- (c) インドール酢酸
- (d) グルコース
- (e) 硝酸イオン

問 3. 根粒菌以外の窒素固定細菌を次の(a)~(f)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) シアノバクテリア
- (b) 枯草菌
- (c) ピフィズス菌
- (d) クロストリジウム
- (e) 黄色ブドウ球菌
- (f) アゾトバクター

問 4. 現在の地球上で、生物を介さずに空気中の窒素をアンモニウムイオンなどの無機窒素化合物に変換する自然現象は何か記せ。

問 5. 下線部⑤に関して、裏切り系統が優占するようになると予測される理由を 80 字以内で記せ。

下書き用 (80字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 6. 下線部⑥に関して、マメ科植物が裏切り系統に感染された場合に何らかの対策を持つかを明らかにするために実験を行った。ダイズの根全体に窒素固定を行う系統の根粒菌を感染させた。その後、図1のように根を同量にわけ、一方の根を窒素と酸素を混ぜた気体、もう一方の根をアルゴンと酸素を混ぜた気体に十分にさらした。また、通常の空気に十分にさらした個体をコントロールとした。その後、ダイズを約5ヶ月栽培した後、それぞれの根の根粒あたりの根粒菌の数を数えたところ、図2のような結果が得られた。また、栽培後はいずれの処理区の根も正常な状態であり、殺菌作用のある物質などはみつからなかった。これらの実験の結果をもとに以下の問いに答えよ。

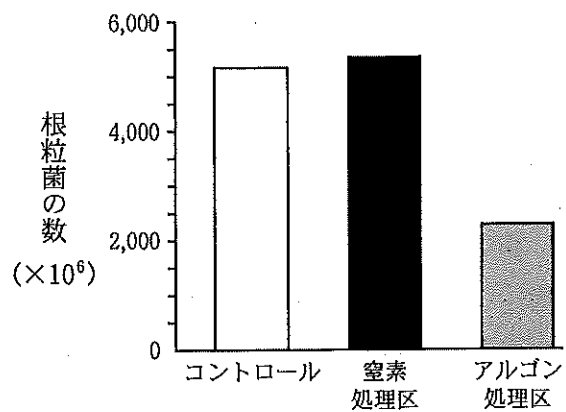
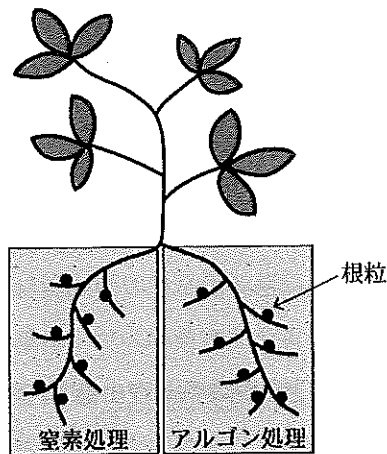


図1 ダイズを用いた実験の様子

図2 根粒1つあたりに含まれる根粒菌の数

図2の結果から、ダイズは窒素固定を行わない系統に対してどのような対策を持つと考えられるか。予測できるものを、以下の(a)~(d)の中から1つ選び、記号を記せ。

- (a) ダイズは、窒素固定を行わない根粒菌がいる根を選択的に枯らすことで、成長と増殖を阻害した。
- (b) ダイズは、窒素固定を行わない根粒菌に対し、有機物を与えないことで、成長と増殖を阻害した。
- (c) ダイズは、窒素固定を行う根粒菌に対し、通常よりも成長と増殖を促進する何らかの化合物を与えた。
- (d) ダイズは、アルゴン処理区の根粒菌の土壤中のアンモニウムイオン吸収を妨げ、成長を阻害した。

4

次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点比率 教育・応生： $\frac{1}{5}$)

動物は常に外部から情報を取り込み、学習することで行動を変化させている。軟体動物のアメフラシは背中に水管とえらを持ち、水管に刺激が加わるとえらを引っ込める反射(えら引っ込め反射)^①を起こす。えら引っ込め反射のしくみは神経細胞であるニューロンと、ニューロン同士の接続^②によって形成されるシナプスのはたらきで説明できる。ニューロンは情報を受け取ると、をシナプス間隙に放出する。放出されたは、次のニューロンの受容体に結合し、シナプス後電位を発生させることで次のニューロンへと情報を伝達する。シナプスには性シナプスと、興奮性シナプスがある。として性シナプスではGABAなど、興奮性シナプスではなどが放出される。水管の感覚ニューロンはえらの運動ニューロンにシナプスを介して接続している。水管の刺激によって感覚ニューロンが興奮^③すると、その興奮がえらの運動ニューロンへ伝達され、えら引っ込め反射が引き起こされる。

興味深いことに水管に繰り返し刺激を与えると、えら引っ込め反射はみられなくなっていく。これは「慣れ」とよばれる学習の1種である。一方で、通常ではえら引っ込め反射を引き起こさないような弱い刺激でも、学習によってえら引っ込め反射を引き起こすようになる。このような学習のことを「鋭敏化」とよぶ。慣れや鋭敏化^④は、水管の感覚ニューロンやえらの運動ニューロンだけでなく介在ニューロン^⑤などのはたらきが変化することで生じる。

問1. ～に適切な語を入れよ。

問2. 下線部①に関して、反射の例としてヒトでは膝蓋腱^{しつがいけん}反射が知られている。膝蓋腱反射に関して正しいものを次の(a)～(d)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) 膝の腱の刺激によって膝関節を伸ばす筋肉が伸び、これを筋紡錘が受容して膝蓋腱反射が起こる。
- (b) 感覚ニューロンの興奮によって、膝関節を伸ばす筋肉を制御する運動ニューロンが興奮する。
- (c) 感覚ニューロンの興奮が介在ニューロンに伝達され、膝関節を曲げる筋肉を制御する運動ニューロンが興奮する。
- (d) 瞳孔反射と同様に中脳を中枢とする反射の1種である。

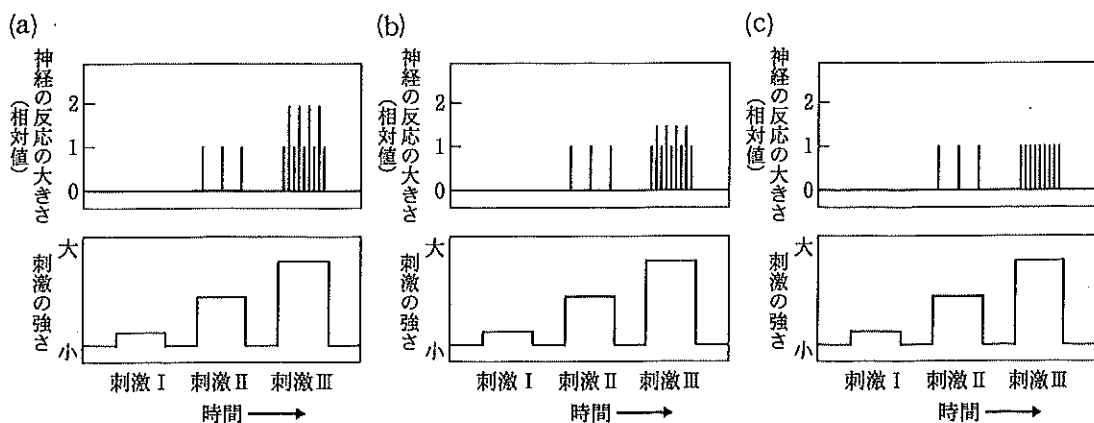
問 3. 下線部②に関して、以下の文章はニューロンの性質の説明である。 [エ] ~ [キ] に適切な語を入れよ。

ニューロンは、加えられた刺激の強さがある一定以上でないと興奮しない。興奮に必要な最小限の刺激の強さを [エ] とよぶ。単一のニューロンに [エ] 以上の刺激が加えられると、刺激の強さに応じて興奮の [オ] が増加するものの、興奮の [カ] は変化しない。また [エ] はニューロンごとに異なるため、多数のニューロンが含まれる神経においては、刺激の強さに応じて興奮する [キ] も増加する。このように刺激の強さの情報がニューロンによって変換され脳へ伝えられる。

問 4. 下線部③に関して、刺激の強さと、多数のニューロンが含まれる神経の反応の大きさの関係を調べるために、実験 1 を行った。以下の図は刺激の強さと、多数のニューロンが含まれる神経の反応の大きさの関係を示している。適切でないものを次の(a)~(c)の中から1つ選び、記号を記せ。なお、(a)~(c)のいずれにおいても刺激 II では神経の反応の大きさとして単一のニューロンのみが興奮が記録されているものとし、個々のニューロンが興奮した時に記録される反応の大きさはすべてのニューロンで等しいものとする。

[実験 1]

神経を取り出し、神経に電気刺激を与えるために刺激電極を設置した。また、神経の反応の大きさを記録するために記録電極を設置した。電気刺激の強さを刺激 I、刺激 II、刺激 III の順に強くしていき、それぞれの刺激を与えた時に生じた神経の反応の大きさを記録した。



問 5. 下線部④に関して、慣れと鋭敏化が生じるしくみについて以下の語句をすべて用いてそれぞれ 50 字以内で記せ。

慣れ (語句) 感覚ニューロン, シナプス小胞

鋭敏化 (語句) 感覚ニューロン, 介在ニューロン

下書き用 (50字)

慣れ

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|
| | | | | 5 | | | | | 10 | | | | | | 15 | | | | | | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

下書き用 (50字)

鋭敏化

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|
| | | | | 5 | | | | | 10 | | | | | | 15 | | | | | | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 6. 下線部⑤に関して、えら引っ込め反射の慣れや鋭敏化に関与する介在ニューロンを探索したところ、えらの運動ニューロンにシナプスで接続する新たな介在ニューロン A が発見された。介在ニューロン A は触角の感覚ニューロンから情報を受け取っており、触角に刺激を与えると活性化された。介在ニューロン A のはたらきを調べるために、実験 2 を行った。実験結果をもとに、以下の問いに答えよ。

[実験 2]

図 1 に示すように水管刺激を繰り返し行って、慣れが生じるまでに必要な水管刺激の回数を調べた。以下の(I)~(IV)の 4 群に分けて異なる条件で水管刺激を行い、その結果を図 2 に示した。なお図 2 において、「+」は処置を行ったことを示し、「-」は処置を行わなかったことを示す。

(I) 水管刺激のみ行った群

(II) 水管刺激と同時に触角刺激を行った群

(III) GABA のはたらきを阻害する薬剤を作用させてから水管刺激と同時に触角刺激を行った群

(IV) GABA のはたらきを阻害する薬剤を作用させてから水管刺激のみ行った群

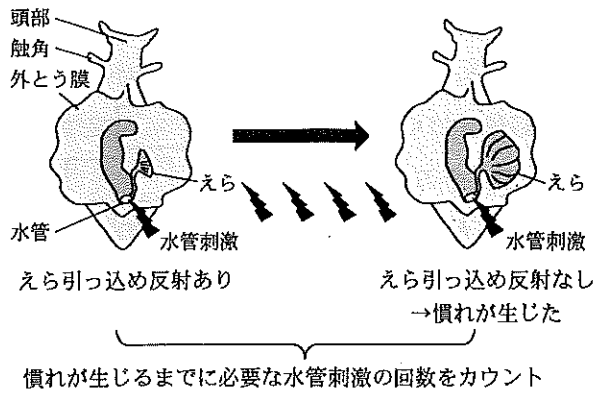


図1 実験の方法

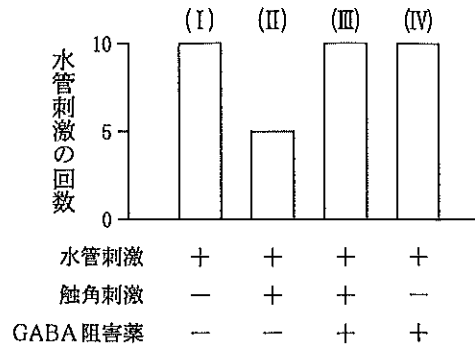


図2 それぞれの刺激条件における慣れが生じるまでの水管刺激の回数

(1) 図2に関する記述として適切なものを次の(a)~(d)の中から1つ選び、記号を記せ。

- (a) 水管刺激と同時に触角刺激を与えると、慣れが生じにくくなる。
- (b) 慣れが生じるには GABA のはたらきが必須である。
- (c) 触角刺激を与えれば水管刺激がなくとも慣れが生じる。
- (d) 触角刺激による慣れへの影響には GABA のはたらき関わっている。

(2) 図2の結果から考えられる介在ニューロン A のはたらきについて 80 字以内で記せ。なお介在ニューロン A は触角に刺激を与えた場合のみ活性化されるものとする。

下書き用 (80 字)

| 5 | | | | 10 | | | | 15 | | | | 20 | | | |
|---|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

(3) 触角を持続的に刺激し続けると、水管刺激と同時に刺激した場合と比べ、慣れが生じるまでに必要な水管刺激の回数はより少なくなった。この結果から考察される内容として適切なものを次の(a)~(d)の中から1つ選び、記号を記せ。

- (a) 触角の感覚ニューロンが、介在ニューロン A をより強く活性化した。
- (b) 介在ニューロン A が、えらの運動ニューロンをより強く抑制した。
- (c) 触角の持続的な刺激によって活性化される未知の介在ニューロンが、えらの運動ニューロンを抑制した。
- (d) 水管の感覚ニューロンが、えらの運動ニューロンを抑制した。

5 次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 教育・応生： $\frac{1}{5}$)

同形または異形配偶子が合体することで新個体をつくる生殖様式を とよぶ。一般に、このときの合体のことを とよび、その結果生じた細胞を とよぶ。

を行う個体は多くの配偶子を形成する。配偶子は遺伝的に多様な性質を持ち、配偶子^①どうしの合体によって遺伝的に多様な子孫がつくられる。私たちヒトを含む哺乳類は基本的に を行い、現存する多くの種が胎生で、乳で子を育てるのが特徴である。

ここでは、哺乳類の生殖についてみていこう。卵や精子をつくるもととなる細胞は とよばれ、初期胚の段階でつくられ、生殖巣に移動する。雌の場合は、ここで に分化し、盛んに体細胞分裂を繰り返してその数を増やす。そして、一部の は、一次卵母細胞へと成長する。その後、一次卵母細胞は減数分裂の第一分裂前期を終了した段階で休止状態となる。胎子が出産を経て成長し、性成熟にいたると、一次卵母細胞が減数分裂を再開し、二次卵母細胞となり、第二分裂中期の状態で性周期に合わせて卵巣から排卵される。排卵された細胞は、 内を通過中に精子が進入すると減数分裂を再開し、卵と に分裂する。このように卵と精子が することを とよび、 によって生じる を とよぶ。

問1. ～ に適切な語を入れよ。

問2. 下線部①に関して、減数分裂において遺伝子型の多様化がおこるしくみについて説明した以下の文章について、 ～ に適切な語を入れよ。

減数分裂の第一分裂の前期では、それまで核内に分散していた染色体が凝縮し、対をなす相同染色体どうしが平行に並んで接着する。これを とよぶ。 が完成した染色体を とよび、4本の染色体から構成されている。このとき相同染色体の間で交さがおこり、染色体の一部が交換される が生じる。 によって染色体に含まれる遺伝子の組み合わせが変化することを とよぶ。なお、交さしている部分を とよぶ。

問 3. 下線部②に関して、ウシにおいて、減数分裂の第一分裂前期から第二分裂中期への減数分裂の再開に関与する因子は MPF (成熟促進因子) であり、生体内では脳下垂体から分泌される性腺刺激ホルモン(ゴナドトロピン)の刺激によって MPF が活性化される。そこで MPF とゴナドトロピンの関係や MPF の特性を明らかにするために、体外実験 1～4 を実施した。以下の問いに答えよ。

[実験 1]

ゴナドトロピンを添加した培養液で第一分裂前期の卵母細胞を培養すると、約 80 % の卵母細胞で第二分裂中期まで減数分裂が進行した。また、第一分裂前期の卵母細胞内に直接、ゴナドトロピンを注入しても、第二分裂中期まで減数分裂が進行した卵母細胞の割合は同じ結果であった。

[実験 2]

ゴナドトロピンを含まない培養液で第一分裂前期の卵母細胞を培養すると、約 80 % の卵母細胞で第二分裂中期まで減数分裂が進行した。

[実験 3]

第一分裂前期の卵母細胞をタンパク質合成阻害剤を添加した培養液で培養すると、減数分裂の再開はおきなかった。しかし、タンパク質合成阻害剤を添加しても、第一分裂前期の卵母細胞内に直接、MPF を注入した場合は、減数分裂の再開がおきた。

[実験 4]

第一分裂前期に核を除去した卵母細胞を培養すると、MPF 活性の上昇が観察されたが、その後 MPF 活性は低下した。その卵母細胞に改めて第一分裂前期の卵母細胞の核に含まれる物質 A を注入すると、その卵母細胞では再び MPF 活性の上昇が観察された。

(1) 実験 1～3 の結果から、体外培養時の減数分裂に対する MPF とゴナドトロピンに関する記述で正しいものを、次の(a)～(d)の中から 1 つ選び、記号を記せ。

- (a) 減数分裂の再開に新たなタンパク質合成は必要ない。
- (b) MPF が機能するには、ゴナドトロピンが細胞膜を通過することが不可欠である。
- (c) MPF の存在下においては、ゴナドトロピン刺激がなくても減数分裂の再開がおこる。
- (d) 第一分裂期の卵母細胞には、例外なく十分な MPF が存在する。

(2) 実験 4 の結果ならびに図 1 を参考にして、減数分裂の第一分裂ならびに第二分裂の進行に対して、卵母細胞の核や核に含まれる物質 A がもたらす機能について推測されることを「MPF」という語句を用いて 120 字以内で記せ。

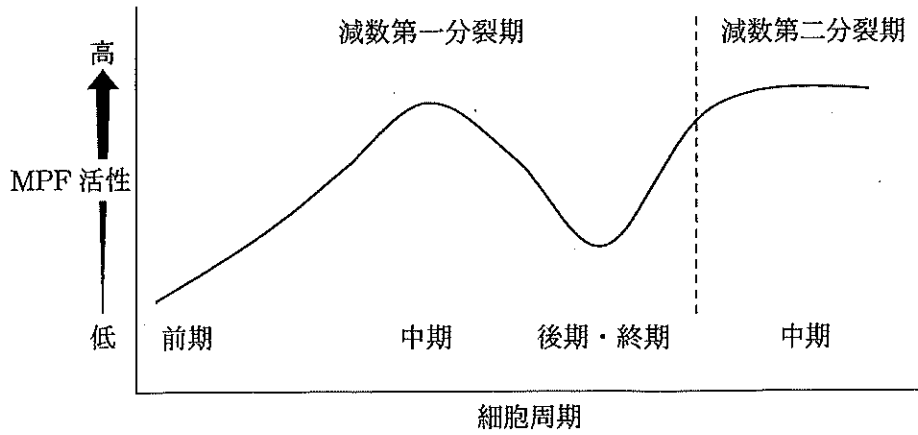


図 1 ウシ卵母細胞の減数分裂過程の MPF 活性変動のモデル図

下書き用 (120 字)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

問 4. 下線部③に関して、以下の問いに答えよ。

(1) 図 2 はウシ精子の模式図である。 ~ に適切な語を入れよ。

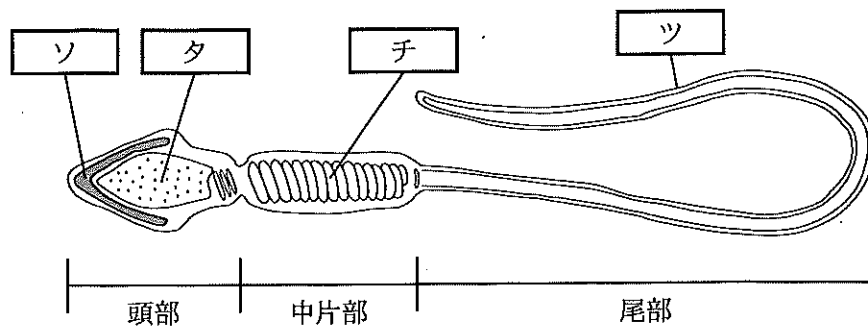


図 2 ウシ精子の模式図

(2) 精子についての説明として適切なものを、次の(a)~(e)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) 1個の二次精母細胞から4個の精子ができる。
- (b) 精子は雄の精巣でつくられるため、すべてY染色体を持つ。
- (c) 頭部には、さまざまなタンパク質分解酵素が含まれている。
- (d) 中片部では、精子の運動に必要なエネルギーが生産される。
- (e) 尾部では、ゴルジ体のはたらきにより運動性が生じる。