

令和5年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物理基礎・物理	2 頁 ~ 13 頁
化学基礎・化学	14 頁 ~ 21 頁
生物基礎・生物	22 頁 ~ 31 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理，化学，生物の問題がのっている。そこから2科目を選択し，解答すること。

注 意 事 項 II

- 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ない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

多細胞生物の細胞分裂とは、1つの細胞が2個以上の娘細胞に分かれる細胞の増殖法のことである。細胞分裂の過程は 分裂とそれに続く 分裂があり、細胞分裂の種類は 分裂と 分裂がある。

分裂を繰り返している細胞は、間期と分裂期(M期)を交互に繰り返しながら、増殖する。この間期から分裂期までの一連の過程を と呼ぶ。間期は、G₁期、S期、G₂期に分けられる。G₁期では、DNAの合成に必要な物質がつけられ、DNA合成の準備が行われる。DNAの合成はS期に行われ、DNAが完全に複製される。G₂期では、細胞分裂に入る準備が行われている。^(a)M期になると、 は凝集して光学顕微鏡で観察できる程度に太く短くなる。それぞれの は、複製されて2つになったものが、中央あたりでくっついた状態になっている。このときの各 に含まれるDNAの量は、細胞分裂の直後に比べて2倍になっている。M期の後期になると、各 は中央の結合部分から別れて両極へ移動する。M期の終期には、核が形成され、 分裂が起こって2個の細胞が生じる。このときに、複製されたDNAが2個の細胞に等しく分配されて同一の遺伝情報をもつ細胞が増えたことになる。

有性生殖では、 を形成する過程で、 の数を させる特別な細胞分裂である 分裂が起こる。それぞれの は、 分裂が始まる前に複製が完了している。 分裂では、複製された が、^(b)第一分裂と第二分裂と呼ばれる2回の細胞分裂をへて、4個の娘細胞に分配される。2回目の分裂の間には、DNAの複製は起こらない。

問1 問題文および問4の解答欄の ~ に当てはまる用語を答えなさい。

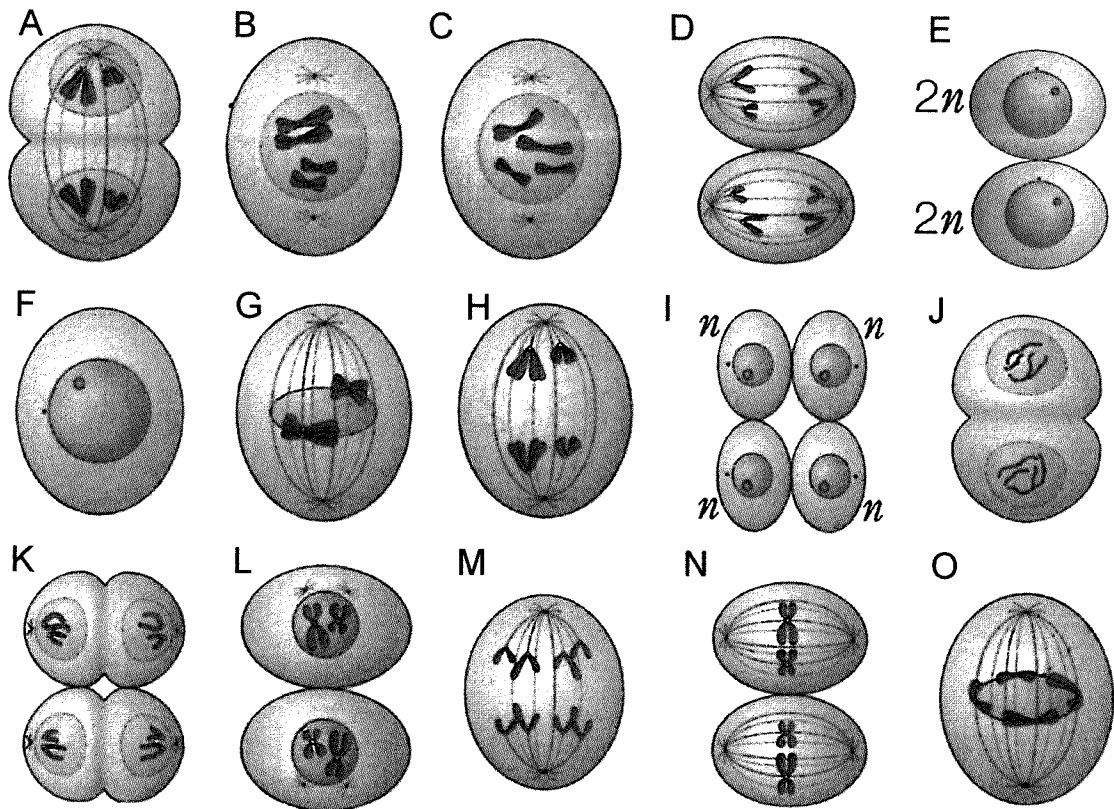
問2 が24時間の細胞集団600個についてDNA量を調べると、DNA量が2(相対値)の細胞が330個、DNA量が4(相対値)の細胞が180個であった。M期に要する時間を2時間とすると、G₁期、S期、G₂期のそれぞれに要する時間を求めなさい。なお体細胞の通常DNA量は2(相対値)とする。

問3 下線部(a)について、DNAの複製のしくみに関して以下の問いに答えなさい。

(i) 2つのDNA鎖(リーディング鎖とラギング鎖)を合成する酵素の名称とDNA鎖の合成に関してこの酵素の持つ性質を2つ以上挙げて説明しなさい。

(ii) 大腸菌などの多くの原核生物のDNAは環状である。一方、真核生物のDNAは線状であり、DNAの複製において末端部分が完全に複製することができない。真核生物はDNAの末端に特殊な構造を持っている。この構造の名称とその維持に関わる酵素の名称を答えなさい。

問4 分裂と 分裂の過程において核1個あたりのDNA量の変化を解答欄の図に線を描いて答えなさい。なお体細胞の通常のDNA量は2(相対値)とし、また核が消失している際は細胞1個あたりのDNA量を示すこととする。また細胞の状態として当てはまる模式図を以下の図から選択し、解答欄の図の[]内にアルファベット(A~O)で答えなさい。



問5 分裂の過程において遺伝的多様性が生じることが知られている。どの様にして遺伝的多様性が生じるのか以下の用語を用いて説明しなさい。

用語：二価, 対合, キアズマ

問6 ヒトの体内で 分裂が観察される臓器の名称を2つ答えなさい。

問7 下線部(b)について、ヒトでは1つの一次卵母細胞から1個の卵しか形成されない。このしくみが初期発生においてどのような有用性があると考えられるか以下の用語を用いて説明しなさい。

用語：卵割, 分裂速度, 卵黄

(この頁は空白)

2 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

カエルの未受精卵は、色素粒の多い動物半球と少ない植物半球に見分けられる。精子は動物半球から1個だけ卵内に侵入する。すると、卵の表層部が内側の細胞質に対して約30度回転する。この回転は **ア** とよばれ、精子侵入点の反対側の赤道部に周囲と色の異なる領域が生じる。この領域は灰色三日月環とよばれる。卵割が進むにつれて受精卵はやがて胞胚になる。

胞胚期の胚では、**イ** というタンパク質が引き起こす中胚葉誘導が見られる。原口背唇部には、**ウ** とよばれる特別なはたらきをもつ中胚葉が誘導される。原腸形成が始まると、**ウ** は予定外胚葉の領域にはたらきかけ、その領域を神経に分化させる。この現象には、**ウ** から分泌される **エ** というタンパク質がかかわっている。**エ** は外胚葉だけではなく、中胚葉にも作用する。

中胚葉誘導が見られる胚では、背側の領域にβ-カテニンというタンパク質が多く蓄積されている。β-カテニンの mRNA をカエルの4細胞期胚の腹側に注入すると、発生させた胚に二次胚とよばれる新たな背腹軸を備えたもう1つの胚が形成される。一方、受精卵にはタンパク質A(A)とタンパク質B(B)が発現しており、β-カテニンの分解を調節する。

問1 文章中の空欄ア～エに当てはまる用語を答えなさい。

問2 下線部(a)について、

胚の前後軸、背腹軸、左右軸は、精子が侵入した直後にある程度決まる。図1は異なる方向から見た受精した直後の受精卵を模式的に表している。図中の(あ)～(か)は、前、後、背、腹、左、右のうち、どの方向と考えられるか、答えなさい。

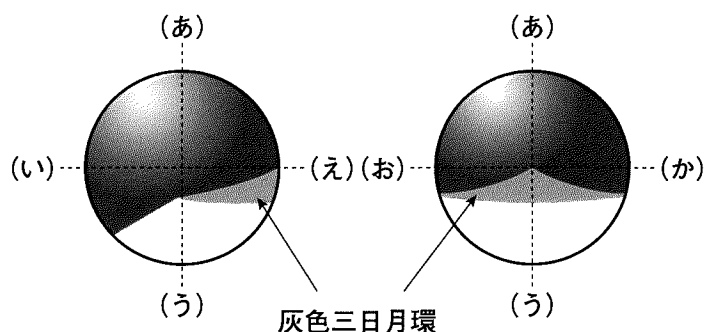


図1

問3 下線部(b)について,

ウ のはたらきを明らかにするために、スーパーマンとマンゴルドは色の異なる2種類のイモリを用いて、一方の胚から得た組織片(移植片)をもう一方の胚(宿主胚)に移植する実験を行った。この実験および結果について簡潔に説明しなさい。必要があれば、以下の用語を使っても構わない。

用語：二次胚を形成する組織，腹側赤道部，軸構造，種の色の違い

問4 下線部(c)について,

エ はどのように中胚葉に作用するのか簡潔に説明しなさい。

問5 下線部(d)について，下の各問いに答えなさい。

カエルの胚の発生におけるAとBのはたらきを調べたところ，以下の実験結果が得られた。ただし，AとBは胚全体でつくられていると仮定する。

実験Ⅰ：Aは β -カテニンだけに作用し，BはAだけに作用した。

実験Ⅱ：BのmRNAを4細胞期胚の腹側に注入した。この処置を行った胚を発生させると，二次胚が形成された。

(i) 実験ⅠとⅡから，胚の腹側にBのmRNAを注入すると β -カテニンの濃度はどのように変化すると考えられるか，解答欄の中から正しいと考えられるものを1つだけ丸で囲みなさい。また，AとBのはたらきとして2つの実験結果に矛盾しないものを下の選択肢①～④より2つ選びなさい。

- ① Aは β -カテニンの分解を促進し，BはAのはたらきを促進する。
- ② Aは β -カテニンの分解を促進し，BはAのはたらきを抑制する。
- ③ Aは β -カテニンの分解を抑制し，BはAのはたらきを促進する。
- ④ Aは β -カテニンの分解を抑制し，BはAのはたらきを抑制する。

実験Ⅲ：実験Ⅱで使った同じ量のBのmRNAを4細胞期胚の背側に注入した。この処置を行った胚を発生させたが，変化は見られなかった。

実験Ⅳ： β -カテニンのmRNAと共にAのmRNAを4細胞期胚の腹側に注入した。この処置を行った胚を発生させたが，二次胚は形成されなかった。

(ii) すべての実験結果をふまえると，AとBはどのようにはたらくと考えられるか，上の選択肢①～④より1つ選びなさい。また，その根拠を簡潔に説明しなさい。

3 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

動物は、環境からの刺激を受け、それらに対する反応としてさまざまな行動を示す。動物の行動は一般に、遺伝的にプログラム化された生得的な行動^(a)と、生まれてからの経験によって変化する行動(学習による行動)とが複雑に組み合わさって形成されている。以下では、学習による行動の例として、アメフラシの感覚神経による研究について考える。

海生軟体動物であるアメフラシ(図1)は、背中のでらに続く水管から海水を出し入れして呼吸をしている。水管に接触刺激を与えると、えらを縮めて体の中^(b)に引っ込める。これは「えら引っ込め反射」と呼ばれ、身を守るための行動であると考えられる。しかし、何度も繰り返し接触刺激を与えると、しだいにえらを引っ込めなくなる。これは短期の慣れ^(c)と呼ばれる単純な学習であり、放置すると接触刺激により再びえらを引っ込めるようになる。一方、長い時間刺激を繰り返し続けると、数日～数週間放置してもなかなか元に戻らない長期の慣れ^(d)が持続する。

慣れを起こしたアメフラシの尾部に電気ショックを与えると、水管の接触刺激によるえら引っ込め反射が回復する。これを脱慣れ^(e)という。さらに尾部に強い電気ショックを与えると、水管への微弱な刺激でも敏感にえら引っ込め反射が生じるようになる。これを鋭敏化^(f)という。この場合も刺激の繰り返により、長期の鋭敏化^(g)が持続する。

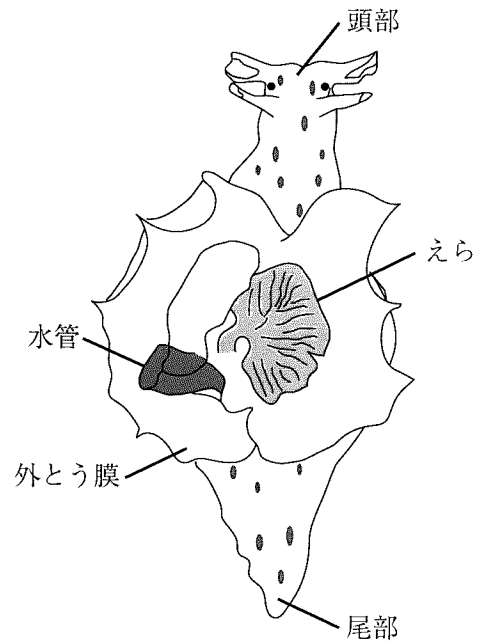


図1 アメフラシ

問1 下線部(a)の生得的な行動とは、どんな動物がどのような行動をとることを指すのか、1例を挙げて簡潔に説明しなさい。

問2 下線部(b)に関連して、以下の問いに答えなさい。

(1) 接触刺激は機械刺激の一種であるが、水管の感覚細胞ではどのように受容されていると考えられるか、以下の用語を全て用いて簡潔に説明しなさい。

用語：イオンチャネル，感覚細胞，受容器電位，受容体

(2) 図2のような神経筋標本を用いて、筋肉から距離が2.0 cm 離れた神経軸索上のA点を刺激すると7.5 ミリ秒後に筋肉が収縮し始めた。また、筋肉から8.0 cm 離れた神経軸索上のB点を刺激すると9.0 ミリ秒後に筋肉が収縮し始めた。一方、筋肉を直接刺激した場合には、4.5 ミリ秒後に筋肉は収縮し始めた。

(2-1) この神経軸索上での興奮の伝達速度(cm/ミリ秒)を求めなさい。

(2-2) この神経末端から筋肉への興奮の伝達に要した時間(ミリ秒)を求めなさい。

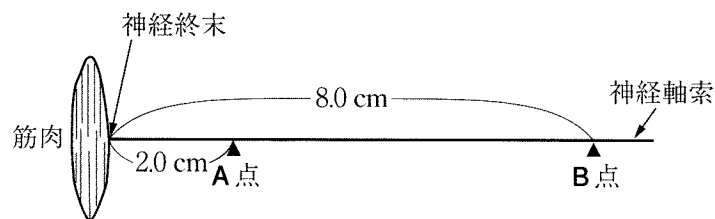


図2 神経筋標本を用いた筋肉の収縮実験

問3 下線部(c), (d)についての次の説明文を読み, 以下の問いに答えなさい。

図3に示すように, アメフラシの水管感覚ニューロンは, えら引っ込め反射に関する運動ニューロンに1つのシナプスで結合している。接触刺激により生じた活動電位が感覚ニューロンの末端まで達すると, 電位依存性 チャンネルが開いて イオンが流入してシナプス小胞の神経伝達物質が放出され, えら運動ニューロンに興奮性シナプス後電位 (EPSP)が生じる。

この反応が繰り返し生じると, シナプス小胞の減少と チャンネルの不活性化により放出される神経伝達物質が減少して, 運動ニューロンの EPSP も小さくなるため, えら引っ込め反射が生じにくくなる短期の慣れが成立する。

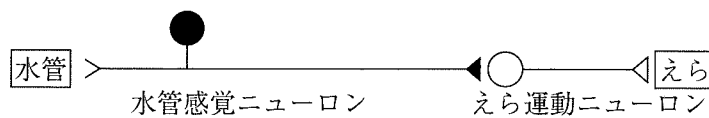


図3 慣れの成立に関わるアメフラシの神経回路

- (1) 文中の空欄 に入る用語を答えなさい。
- (2) 流入する イオンはどのようなはたらきによって, 神経伝達物質の放出量を増加させるのかについて簡潔に答えなさい。
- (3) 長期の慣れでは, 短期の慣れで観察されたシナプス小胞の減少や チャンネルの不活性化が正常時の状態にまで回復していても, えら引っ込め反射が生じにくくなっている。その理由を簡潔に答えなさい。

問4 下線部(e), (f), (g)についての次の説明文を読み、以下の問いに答えなさい。

図4のように、脱慣れや鋭敏化は、尾部からの感覚情報を受けた介在ニューロンが、水管感覚ニューロンの神経終末とシナプスを形成して反応を増強させることによる。慣れを起こした状態の水管感覚ニューロンの神経終末の受容体に介在ニューロンの神経伝達物質^(h) **イ** が結合すると、cAMPが合成される。cAMPはタンパク質リン酸化酵素(プロテインキナーゼ)を活性化し、活動電位の再分極に関与する **ウ** チャネルをリン酸化して不活性化する。すると **ウ** イオンの流出が減少し、活動電位の持続時間が延長することで、**エ** イオンの流入が多くなる。その結果、より多くのシナプス小胞が開口し、神経伝達物質の放出量の増加により運動ニューロンのEPSPが増大して、興奮が生じやすくなる。

さらに介在ニューロンの影響が繰り返されてcAMP濃度が増大すると、タンパク質リン酸化酵素は核内に移動し、調節タンパク質をリン酸化することで、新しい遺伝子の発現を誘導し、長期の鋭敏化が成立する。⁽ⁱ⁾

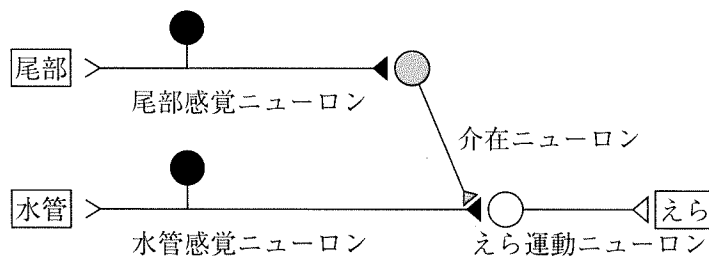


図4 脱慣れと鋭敏化に関わるアメフラシの神経回路

- (1) 文中の空欄 **イ** , **ウ** , **エ** に入る用語を答えなさい。
- (2) 下線部(h)が作用する水管感覚ニューロン上の受容体の種類は何か、以下の選択肢より一つ選びなさい。
- ① イオンチャネル型受容体
 - ② 酵素型受容体
 - ③ Gタンパク質共役型受容体
 - ④ 核内受容体
- (3) 長期記憶の形成時には、シナプスの数や形態が変化することが知られている。下線部(i)の長期の鋭敏化成立においては、どのようなはたらきをする遺伝子の発現が誘導され、水管感覚ニューロンの軸索末端で何が生じるのかを答えなさい。

