

平成 31 年度・入学試験問題

理 科 (前)

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. この冊子は 35 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

[物理]、[化学]、[生物]のうち 2 科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙 8 枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

1950

1951

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	" 2	5 "
	" 3	7 "
	" 4	9 "

化 学	問題 1	11 ページ
	" 2	14 "
	" 3	17 "
	" 4	19 "

生 物	問題 1	21 ページ
	" 2	23 "
	" 3	29 "
	" 4	33 "

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚
理科	生物解答用紙	4 枚

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

脊椎動物の発生過程においては、細胞数が増加しながら、異なる形や役割を持つ細胞が生じ、複雑な組織や器官が形成されていく。発生の初期では、受精卵が(①)と呼ばれるタイプの細胞分裂を繰り返して細胞のサイズを縮小しながら、急速に細胞の数を増やしていく。その後、胚の外側の細胞が内部に移動し、細胞の再配置が生じる。(②)と呼ばれるこの過程で、外胚葉・中胚葉・内胚葉が形成され、各胚葉からいろいろな組織・器官が^Bつくられる。発生過程で不要になった細胞は、細胞死によって除去される。決まった時期に決まった場所で起こる細胞死をプログラム細胞死という。(②)が終わる頃になると、胚の背側に神経管が形成^Dされる。神経管の前部がふくらんで脳になり、後半部は細長く伸びて(③)になる。脳や(③)には、ネットワークを形成しシナプスを介して情報を伝える神経細胞(ニューロン)と、ニューロンのはたらきを助け栄養分の補給などをする様々な(④)細胞が存在する。

問1 文中の空欄(①)～(④)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aに関して、発生過程における細胞の分裂や形態維持・変化において、細胞骨格が重要なはたらきをしている。

- (1) おもな細胞骨格の名称を3つ書きなさい。
- (2) 以下の現象a～eが最も深く関与している細胞骨格はどれか。(1)で記載した細胞骨格の名称の下の空欄に、記号を記入しなさい。ただしa～eの全てを、細胞骨格のどれか1つに対応させること。

現象： a 核形態の維持， b 繊毛運動， c 細胞小器官の輸送，
d 細胞分裂のときの染色体の移動， e 細胞質分裂

問 3 下線部Bに関して、以下の組織 a～h を、外胚葉・中胚葉・内胚葉に分類し、記号を記入しなさい。

組織： a 脳, b すい臓, c 平滑筋, d 心臓,
 e 肺, f 腎臓, g つめ, h 毛

問 4 下線部Cに関して、指の形成におけるプログラム細胞死について、ヒトとアヒルにおける違いにも言及し、100 字程度で説明しなさい。

問 5 下線部Dに関して、以下の問いに答えなさい。

(1) 神経管を形成する時期の胚を神経胚と呼ぶ。神経胚の背側における形態形成の過程を以下の用語を全て使って、100 字程度で説明しなさい。ただし、同じ用語を複数回使用しても構わない。

神経板, 脊索, 神経溝

(2) 神経管の形成において、カルシウムイオンの存在下ではたらく細胞接着分子が関わっていることが知られている。この細胞接着分子にはいくつかのタイプがあり、複数のタイプが作用することで神経管形成が促進される。この過程について、細胞接着分子の名称に言及しながら 150 字程度で説明しなさい。

問 6 下線部Eに関して、以下の問いに答えなさい。

(1) 有髄神経繊維をもつ神経細胞の形態を描きなさい。ただし、図の中に以下の構造 a～e を全て表現し、記号で示すこと。

構造： a 核, b 軸索, c 樹状突起,
 d 髄鞘, e ランビエ絞輪

(2) 無脊椎動物の神経は無髄神経であるのに対して、脊椎動物の神経は大部分が有髄神経である。有髄神経と無髄神経の構造・機能の違いを説明するとともに、脊椎動物が有髄神経を持つことの利点として考えられることを 150 字程度で書きなさい。

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

日本人の死因の第1位は悪性新生物(がん)であるが、約4人に1人は心臓あるいは脳血管の病気で亡くなっており、心臓の病気の大半は心臓そのものではなく心臓の血管の異常による。では血管の異常とはどのようなものであろうか？

心臓から送り出された血液は、動脈—(①)—静脈の順に全身をめぐり、心臓に戻る。いずれの血管においても、血液に接する血管の内側は一層の内皮細胞からなり、動脈と静脈ではその外側を筋肉(平滑筋)の層がおおっている。内皮細胞は、血管の正常なはたらきを保つうえで重要な役割を果たしており、血管の異常は内皮細胞の異常から始まる。

内皮細胞は、血液凝固に関与する血球である(②)が内皮細胞自体に接着するのを防いでいる。また内皮細胞は、血液凝固反応の最終段階の酵素である(③)の活性を抑制し、血べいの繊維成分である(④)を分解する酵素を活性化している。こうした内皮細胞のはたらきにより、からだの中の血管を流れている血液は凝固しない。しかし血圧の高い状態、糖尿病、血液中のコレステロールが高い状態などが続くと内皮細胞が障害され、その部位では、血液凝固が起こりやすくなる。

血管の異常には、免疫に関与する血球である白血球も関係している。内皮細胞が障害されると、一部の白血球が内皮細胞の外側に侵入して、食作用をもつ細胞である(⑤)に変化する。(⑤)はコレステロールを取り込み、さらにサイトカインを放出して白血球を呼び寄せる。こうして内皮細胞の外側に(⑤)やコレステロールがたまり、血液の通り道が狭くなる。こうした血管では、さきに述べたように血液凝固も起こりやすくなっているため、血べいにより狭くなった血管がつまると心筋梗塞や脳梗塞が起こる。

内皮細胞には、血管の平滑筋の収縮力を調節して、全身の各組織の活動に応じて適切な量の血液を配分する役割もある。例えば運動中には、骨格筋や心臓の血管が拡張して、これらの臓器への血流は著しく増加する。

問 1 空欄(①)～(⑤)にあてはまる適切な用語を入れよ。

問 2 下線部について，図 1 のような実験装置を使って，動脈平滑筋の収縮力調節における内皮細胞のはたらきを調べた。

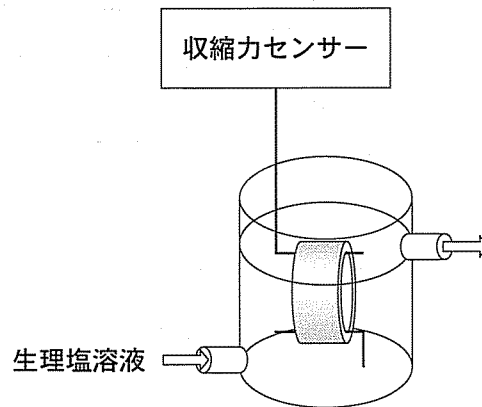


図 1

ラットから取り出した動脈(外径約 $200\ \mu\text{m}$)からリング状の標本を作成し，図 1 の下側のフックで標本を固定，上側のフックを収縮力センサーに接続して動脈平滑筋の収縮力の変化を記録した。標本を設置した実験槽には， $36\ ^\circ\text{C}$ に加温して酸素を吹き込んだ生理塩溶液が左下の流入口から流れ込み，右上の排出口から流出しているため，持続的に実験槽内の溶液が入れ替わっている。

図 2 および図 3 は，生理塩溶液を，図中に示した濃度の薬物を含む流入溶液に順次変えることにより起こった収縮力の変化を示している。

図 2 の実験では，内皮細胞を傷つけないように慎重に 2 つのフックを動脈リング標本に通した。一方，図 3 の実験では，意図的に動脈リング標本の内腔をガラス棒でこすり，内皮細胞を破壊した。

図2と図3の実験結果を比較して、結果の違いを2つ、解答欄(1)および(2)に書きなさい。またそれぞれの結果の違いから考えられる、血管平滑筋の収縮力調節における内皮細胞のはたらきについて解答欄に書きなさい。

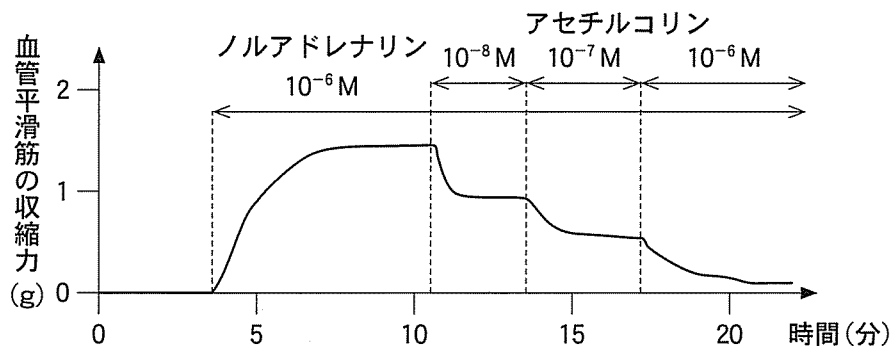


図2

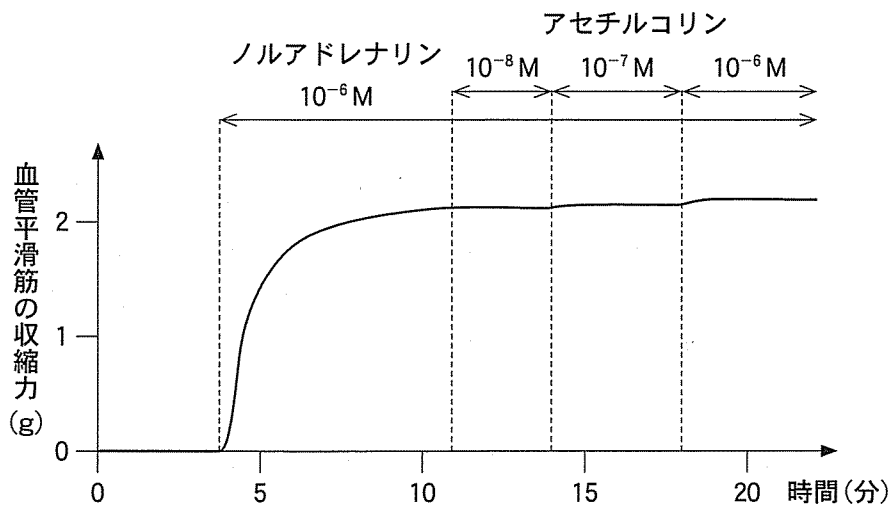


図3

問 3 次に図4のような実験装置を使って、局所で起こった血管平滑筋の収縮力変化が動脈の壁を伝わるしくみを調べた。

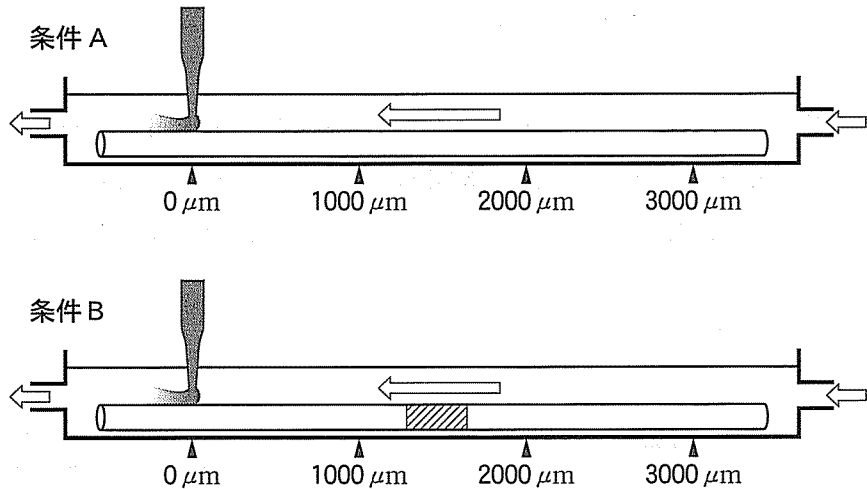


図 4

血管は、矢印(⇐)で示された一方向に流れる溶液中に設置されている。そのため、マイクロピペットから放出された薬物は、図4に示したように上流には流れず、薬物放出部位(0 μm)およびその下流にのみ作用する。

図中の▲の下に示された数値(μm)は、薬物放出部位(0 μm)からの距離を示している。なおこの実験で使った細い動脈(外径約60 μm)は、一層の平滑筋のみにおおわれており、薬物は薬物放出部位(0 μm)において平滑筋だけではなく内皮細胞にも作用する。

- (1) 図4の条件Aでマイクロピペットからノルアドレナリン(10^{-6} M)を放出したところ、4つの部位での血管外径は図5の結果Aのように変化した。この結果からわかることを述べなさい。なお矢印は薬物放出部位($0\ \mu\text{m}$)でのノルアドレナリン放出のタイミングを示している。
- (2) 次に、 $1000\ \mu\text{m}$ と $2000\ \mu\text{m}$ の間の部位(図4の斜線部)で内皮細胞を破壊して(図4の条件B)同じ実験を行ったところ、図5の結果Bが得られた。図5の結果Aと結果Bを比較して、結果Aで観察された現象のしくみについて述べなさい。

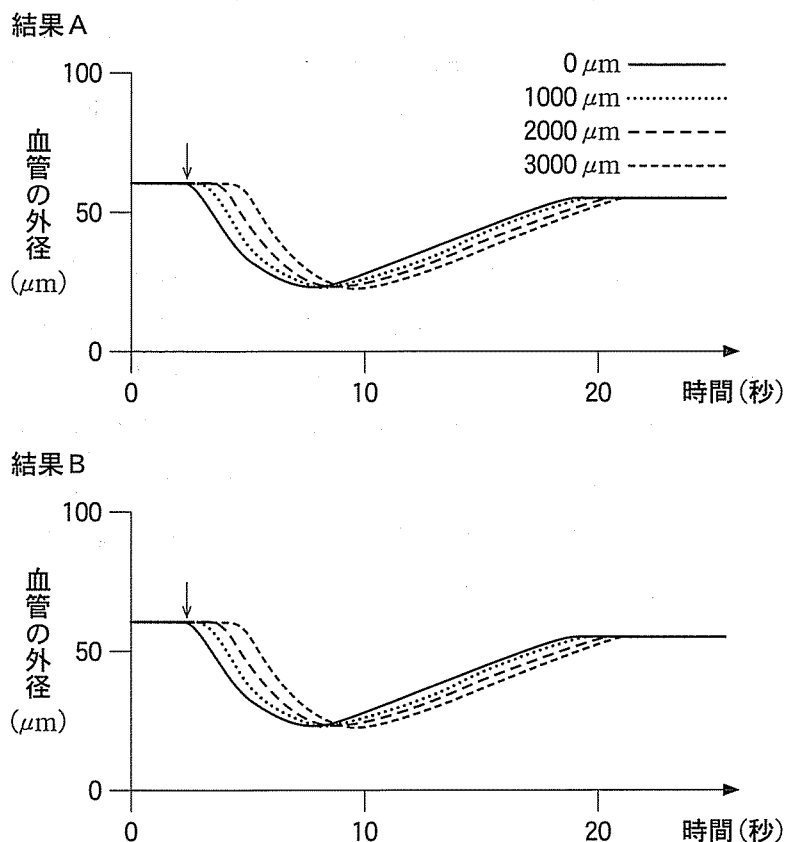


図5

問 4 (1) 次に図 4 の条件 A でマイクロピペットからアセチルコリン(10^{-6} M)を放出したところ、4つの部位での血管外径は図 6 の結果 C のように変化した。図 5 の結果 A と比較して、この結果からわかることを述べなさい。なお矢印は薬物放出部位($0 \mu\text{m}$)でのアセチルコリン放出のタイミングを示している。

(2) 次に、図 4 の条件 B で同じ実験を行ったところ、図 6 の結果 D が得られた。図 6 の結果 C と結果 D を比較して、結果 C で得られた現象のしくみについて述べなさい。

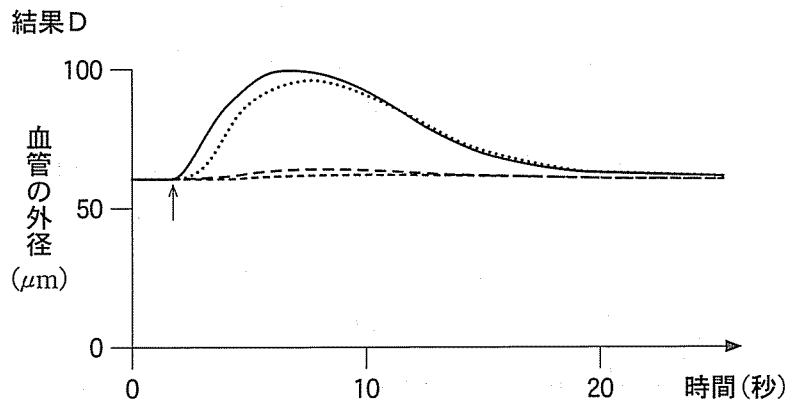
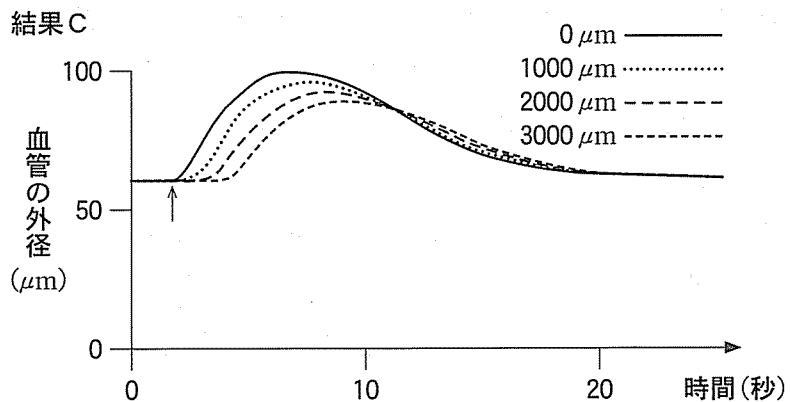


図 6

問 5 問 2 から問 4 での実験結果をふまえて、問題文中の下線部に関して、内皮細胞が障害されるとどのような不利益が生じると考えられるか述べなさい。

生物問題 3

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

真核生物は、呼吸により有機物を分解してATPを合成し、生命活動に利用している。グルコースを分解してATPを得る系は大きく分けて3つの過程があり、それぞれ順に、(①)で行われる解糖系、ミトコンドリアの(②)で行われるクエン酸回路、ミトコンドリアの(③)で行われる電子伝達系の反応系に大別される。1分子のグルコースは解糖系でピルビン酸までに代謝されるが、この過程で最終的に2分子のATPが得られる。続いて2分子のピルビン酸はクエン酸回路に入り、還元力(NADH, FADH₂)を生じるとともに2分子のATPが得られる。電子伝達系ではこの還元力を利用して、1分子のグルコースから最大34分子のATPが得られる。

また、呼吸の過程ではいくつかの酵素が化学反応を調節する。解糖系の全体の速度は、グルコースからグルコース6-リン酸を生じる過程に大きく影響されているが、これを触媒する酵素としてヘキソキナーゼとグルコキナーゼが知られている。

一般に、酵素は特定の物質(基質)にしか作用しない性質があり、この性質を基質特異性という。これは、酵素にはそれぞれ特有の立体構造をもつ活性部位があり、ここにその構造に適合した物質(基質)だけが結合して反応が起こるためである。しかし、ある種の酵素は、活性部位以外に、反応生成物が結合する部位をもつ。このような酵素をアロステリック酵素という。例えば、哺乳類で解糖系の制御において重要な役割を果たしているホスホフルクトキナーゼはアロステリック酵素である。^(A)
この酵素は解糖系の最終生成物であるATPにより制御される。細胞内に十分量のATPが存在すると、この酵素の反応速度が低下する。^(B)

また、酵素の活性部位には、基質だけではなく、補酵素とよばれる低分子の物質が結合する場合がある。酵素と結合する低分子の物質には、阻害物質とよばれるものもある。酵素と可逆的に結合する阻害物質は、どのように酵素反応を阻害するか^(C)によって区別される。阻害物質の中には、酵素と不可逆的に結合して反応を阻害するものもある。

問 1 空欄(①)～(③)にあてはまる細胞内の場所を答えよ。

問 2 酵素反応速度は、基質濃度の影響を大きく受ける。図 1 は基質濃度と酵素反応速度の関係を点線で示したものである。次の問いに答えよ。

- 1) 酵素濃度が一定のとき、基質がある濃度まで達するまでは、酵素反応速度は基質濃度に比例して大きくなる。しかし、基質濃度が高くなるにつれてしだいに一定値に近づいていく。その理由を 70 字程度で答えよ。
- 2) 図 1 と同様の実験を酵素の濃度を半分にして行ったときの基質濃度と反応速度の関係を図 1 のグラフ中に実線で示せ。

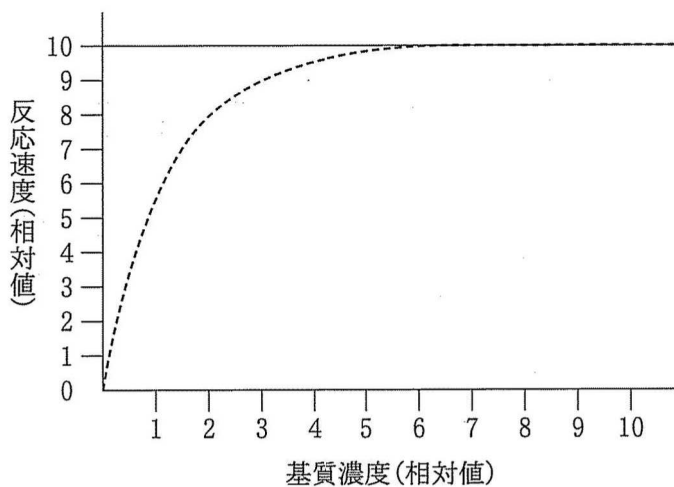


図 1

問 3 下線部(A)について、図 2 はグルコース濃度と一定量のヘキソキナーゼおよびグルコキナーゼの反応速度の関係を示している。ヒトの場合、血中グルコース濃度は $4.5\sim 5.5\text{ mmol/L}$ の範囲で維持されており、食後には $6.5\sim 7.2\text{ mmol/L}$ に上昇し、空腹時には $3.3\sim 3.9\text{ mmol/L}$ に低下する。次の問いに答えよ。

- 1) ヘキソキナーゼとグルコキナーゼのうち、基質との親和性が高いのはいずれの酵素か、答えよ。
- 2) ヒトの場合、ヘキソキナーゼはすべての細胞に存在するが、グルコキナーゼは肝臓などで特異的に存在する。グルコース濃度に対する両酵素の反応速度から考えると、肝臓におけるグルコキナーゼの存在にはどのような利点があるか、120 字程度で答えよ。

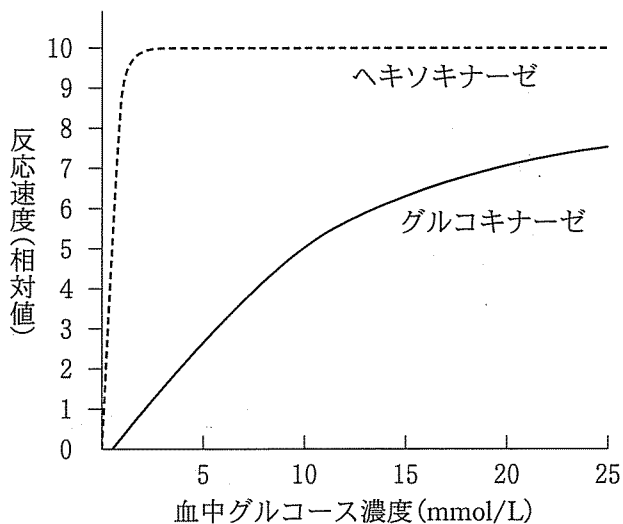
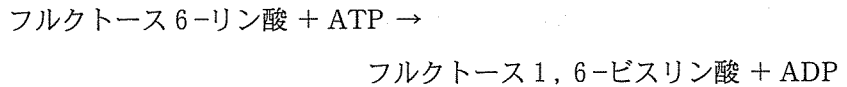


図 2

問 4 下線部(B)について、ホスホフルクトキナーゼは解糖系ではたらく酵素の1つでフルクトース 6-リン酸と ATP が基質であり、以下の反応を触媒する。



また、この酵素によって呼吸の反応が進めば、ADP から ATP が産生されるので、ATP の濃度が上がる。解糖系においてこのような酵素が関与する利点について 100 字程度で答えよ。

問 5 下線部(C)について、酵素と可逆的に結合する阻害物質には競争的阻害剤および非競争的阻害剤がある。図 3 は阻害剤がないときの基質濃度と酵素反応速度の関係を点線で示したものである。次の問いに答えよ。

- 1) 競争的阻害剤と非競争的阻害剤があるときの基質濃度と反応速度の関係を図 3 のグラフ中にそれぞれ示せ。
- 2) 競争的阻害剤と非競争的阻害剤による酵素の阻害作用のしくみと酵素反応速度への影響について 100 字程度で答えよ。

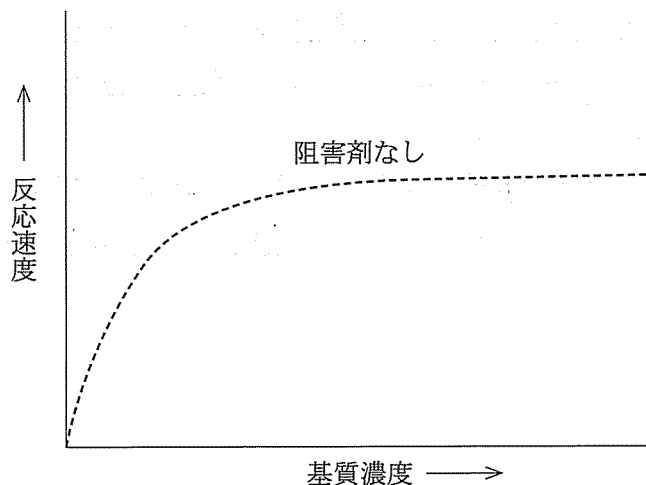


図 3

生物問題 4

次の文章を読み、問1～問10に答えよ。

メンデルの独立の法則は、別々の染色体にある遺伝子が(ア)分裂の際に独立に振る舞うという事実に基づいている。したがって、2つの遺伝子が同じ染色体にあると独立に分配されないことになる。^(a)しかし、独立の法則は決して完全ではなく、相同染色体上で遺伝子を交換するしくみがあるに違いないと考えられた。^(b)その仮説に基づき、モーガンらは、同一の染色体上で近接している遺伝子は、離れたものよりも行動を共にしやすいと推論し、染色体上の遺伝子の相対位置を決めた。^(c)

その実験において、モーガンらは実験材料に赤眼のキイロショウジョウバエ(図1)を選んだ。彼らが最初に見つけた変異体は、白眼のオス(図2)であった。白眼を示す変異体の原因となる遺伝子は *white* という名前が付けられた。野生型である赤眼の(イ)遺伝子は w^+ と略記され、それに対する白眼の遺伝子は w とされた。

モーガンらが白眼のオスと赤眼のメスを交配すると、その雑種第一代のハエはすべて赤眼であった。^(e)次に、その雑種第一代の赤眼のオスと赤眼のメスを交配したところ、雑種第二代ではメンデルの法則から予想された比の赤眼と白眼の個体が得られた。^(f)しかし、赤眼の個体のうちオスとメスの比は2：1で、白眼の個体は全てオスであった。^(g)

さらに、得られた雑種第二代の赤眼のメスと白眼のオスを交配すると、白眼のメスが生まれた。モーガンらは、この白眼のメスと野生型の赤眼のオスを交配してみた。^(h)

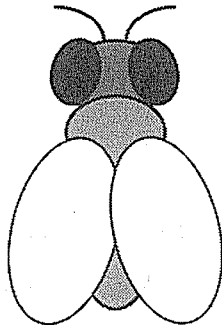


図 1 : 野生型のメス (赤眼)

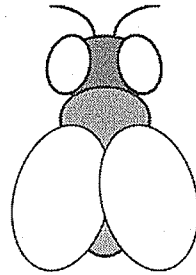


図 2 : 白眼変異体のオス

- 問 1 文中の空欄ア，イにあてはまる最も適切な語句を答えよ。
- 問 2 下線部(a)のような遺伝子の状態を何と呼ぶか，適切な語句で答えよ。
- 問 3 下線部(b)のしくみを何と呼ぶか，適切な語句で答えよ。
- 問 4 下線部(c)によって作成されたものは何か，適切な語句で答えよ。
- 問 5 下線部(d)について，実験材料としてのキイロショウジョウバエの利点を，3つ簡潔に答えよ。
- 問 6 下線部(e)の実験結果から結論されることを簡潔に答えよ。
- 問 7 下線部(f)について，予想された赤眼：白眼の比を答えよ。
- 問 8 下線部(g)の実験結果から結論されることを簡潔に答えよ。

問 9 下線部(h)について、以下の問いに答えよ。

- 1) この実験で得られる子の結果について、理論上考えられる性別ごとの形質(赤眼、白眼)の割合を答えよ。
- 2) この実験で得られた子のオスとメスを交配させた場合に得られる孫の結果について、理論上考えられる性別ごとの形質(赤眼、白眼)の割合を答えよ。

問10 マラーは、X線を用いて人為的に突然変異体を作成することにより、多くのハエの変異体を単離した。その中に、図3のように赤と白がまだらになる複眼をもつ奇妙な変異体Aがあった。赤い眼の細胞があるため、*white* 遺伝子自体は正常であると考えられた。しかし、同じ遺伝情報を持つにも関わらず眼の細胞によって表現型が異なった。これはX線によって *white* 遺伝子の染色体上の位置が変わってしまい、この位置にある *white* 遺伝子がはたらく細胞とはたらかない細胞が生じることにより、赤白まだら眼になったのである。

遺伝学の研究では、変異体の表現型を抑えるような抑圧変異体を単離することによって変異の原因を探索することがある。そこで、変異体Aの赤白まだら眼の表現型が、野生型に近づく抑圧変異体B(図4)を単離した。抑圧変異体Bにおいても *white* 遺伝子自体は正常で、変異体Aと同じ染色体上の位置のままであった。さらに詳しく調べてみると、抑圧変異体Bは *b* 遺伝子が欠損していることがわかった。正常な *b* 遺伝子から作られるタンパク質のはたらきについて、どのようなことが考えられるか、50字程度で答えよ。

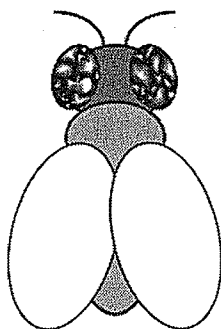


図3：まだら眼変異体A

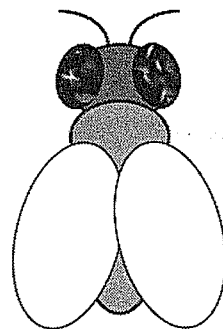


図4：まだら眼の抑圧変異体B

