

# 選択科目

(医学部)

— 2月2日 —

物理 }  
化学 } この中から1科目を選択して解答しなさい。  
生物 }

科目	問題のページ
物理	1～4
化学	5～11
生物	12～19

解答用紙をビニール袋から取り出し、選択した科目の解答用紙にすべて記入して提出しなさい。

1

次の A～J の記述は、実験とその観察結果を説明したものである。空欄 ①～⑩ に適切な語句を記入しなさい。また各々の実験に使用された生物を下の語群 a～j から選び記号で答えなさい。ただし、重複して選んではいけない。

- A. 4℃の条件下で一昼夜 50% ( ① ) 溶液に浸した筋肉をほぐし、筋繊維を得た。この筋繊維は細胞膜をはじめとする膜構造が破壊されているにもかかわらず、1%ATP 水溶液を滴下することにより収縮するのが観察された。
- B. 赤色の花と白色の花を交雑したところ、F<sub>1</sub> の花はすべて桃色になった。F<sub>1</sub> どうしを自家受粉することによって得られた F<sub>2</sub> では、赤：桃：白が 1：2：1 の割合になった。この赤色と白色のような表現型を示す対立遺伝子間の関係を ( ② ) と呼んでいる。
- C. 弱い光を当てたときは葉緑体が細胞の上面に並んでいたが、強い光を当てると葉緑体は細胞の側面に集まった。細胞内で細胞小器官などが活発に動いている現象を ( ③ ) と呼んでいる。
- D. 細胞内に、束になった巨大な染色体が観察された。この染色体を色素で染めたところ、太さの異なる様々な横縞が見られた。また、染色体の一部がほどけて膨らんでいる ( ④ ) と呼ばれる部分も観察された。
- E. 塩化アセチルコリン溶液を用いて卵と精子を集め、受精させた。受精卵は時間経過とともに卵割を繰り返し、やがて外側が通常の体細胞と同じ大きさの一層の細胞で覆われて内側が空所となる ( ⑤ ) と呼ばれる状態にまで発生した。
- F. ラセン状の葉緑体を持つ糸状の藻類と ( ⑥ ) 細菌を混ぜ、藻類の葉緑体に部分的に光を当てた。( ⑥ ) 細菌は光が当たっている部分に集った。
- G. 採取したうろこに、副腎髄質で産生される ( ⑦ ) を含む溶液を滴下したところ、色素胞内の黒色顆粒が凝集するのが観察された。
- H. 葉裏の表皮をはがし、20%スクロース溶液と蒸留水に5分間浸した。スクロースに浸したものでは、細胞膜が細胞壁からはがれる ( ⑧ ) と呼ばれる現象が起こっていた。また、細胞内の赤色色素の濃度は、スクロースに浸したもののほうが蒸留水に浸したものよりも濃かった。
- I. 卵巣片を採取して1-メチルアデニン水溶液に浸すと卵巣が縮み、( ⑨ ) が押し出されてきた。( ⑨ ) を観察すると、その中央部には卵核胞と呼ばれる比較的大きな球形の透明な部分が見えた。( ⑨ ) は、さらに第1極体、第2極体を放出して卵になった。
- J. 食塩水の濃度が高くなるにつれて、収縮胞の単位時間当たりの収縮回数が減少するのが観察された。収縮胞は体外に水を排出して ( ⑩ ) の調節を行っていると考えられる。

[語群]

- |            |          |            |            |
|------------|----------|------------|------------|
| a. ユキノシタ   | b. アオミドロ | c. マルバアサガオ | d. バフンウニ   |
| e. トノサマガエル | f. モツゴ   | g. オオカナダモ  | h. イトマキヒトデ |
| i. ゾウリムシ   | j. ユスリカ  |            |            |

2

以下の文章を読んで、各問いに答えなさい。

古くから日本人に親しまれているメダカは、メンデルの法則が脊椎動物で最初に確認された生物である。メダカの体色遺伝はメンデルの法則に従い、野生型である黒褐色（表現型 [BR] 正常の黒色素胞と黄色素胞を有する）が、ヒメダカの橙色（表現型 [bR] 黒色の色素胞はないが正常の黄色素胞を有する）に対して優性であるため、野生型とヒメダカを交配して得られた  $F_1$  では全ての個体が黒褐色となり、 $F_2$  においては黒褐色と橙色が 3 : 1 に分離する。また、ヒメダカの橙色がシロメダカの白色（表現型 [br] 黒色および黄色の色素胞を持たない）に対して優性であり、野生型メダカとシロメダカを交配すると、 $F_1$  は全て黒褐色のものばかりであるが、 $F_2$  においては黒褐色、青色、橙色、白色の各メダカが 9 : 3 : 3 : 1 に分離して現れる。

メダカの性染色体はヒトと同様に XY 型であり、雌は XX、雄は XY である。Y 染色体上には性決定遺伝子 (DMY) が存在することが分かっている。市販のヒメダカ（遺伝子型が bbRR もしくは bbRr）の中に混在しているシロメダカ（遺伝子型が brrr）のうち雌を選び、ヒメダカの雄と交配した。次に、その  $F_1$  の中から雌のシロメダカと雄のヒメダカを選んで交配した。このように、雌のシロメダカと雄のヒメダカの兄妹交配を繰り返すと、シロメダカであればほとんど全て雌、ヒメダカであればほとんど全て雄である系統を得ることができる。しかし、こうして得られたシロメダカとヒメダカとの間で交配を行ったところ、得られた 1,000 匹の  $F_1$  雄個体のうち 3 個体がシロメダカであった。

問 1 下線①について、メンデルの法則を再発見したのは誰か。以下の a ~ h から選び記号で答えなさい。

- |           |         |         |         |           |
|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| a. シュペーマン | b. モーガン | c. ワトソン | d. ヘッケル | e. ド・フリース |
| f. マラー    | g. ラマルク | h. ビードル |         |           |

問 2 下線②に関して以下の問いに答えなさい。

- (a) 青色メダカの遺伝子型について、考えられるものを全て記しなさい。（例：「BBRR」は黒褐色の野生型メダカの遺伝子型の 1 つである。）
- (b) 下線②で得られたメダカから、雄のヒメダカ（橙色）と雌のシロメダカ（白色）を無作為に選んで多数のペアを交配した場合、得られた仔メダカの中のシロメダカの割合は何パーセントになると期待されるか。小数点第 1 位を四捨五入し整数値で答えなさい。

問 3 下線③のような遺伝様式を何と言うか。

問 4 下線④について、以下の問いに答えなさい。なお、ここでは X 染色体と Y 染色体間で減数分裂時の相同組換えが生じることがあると仮定する。

- (a)  $F_1$  にシロメダカの雄が生じる理由（機序）を、句読点を含めて 35 字以内で説明しなさい。ただし、ここでは遺伝子の変異や性転換は考慮しない。

生 物

- (b) 組換え価1%を与える遺伝的距離を1 cM(センチモルガン)と定義した時に、メダカにおいて、DMY 遺伝子と r(あるいは R) 遺伝子間の遺伝的距離は何 cM であるか、小数点以下第1位までの値を答えなさい。
- (c) また、このゲノム領域において1 cM の遺伝的距離が平均 2,000 kbp(キロ塩基対) (= 2,000,000 bp[塩基対]) の物理的距離に相当すると仮定した場合、DMY 遺伝子と r(あるいは R) 遺伝子間の物理的距離は約何 kbp(キロ塩基対) であると推定されるか、答えなさい。

3

内分泌系による恒常性維持に関するⅠ、Ⅱの文章を読んで、各問いに答えなさい。

Ⅰ. 内分泌腺で産生され、分泌されたホルモンは血流によって(①)に到達し効果を発揮する。内分泌腺としては、視床下部、脳下垂体、甲状腺、副甲状腺、すい臓、副腎がよく知られている。すい臓の(②)のA細胞とB細胞からはそれぞれ(③)と(④)が分泌され血糖値を調節しており、また、副腎髄質からもアドレナリンが分泌され血糖値を上げる働きをしている。一方、これらの血液中のホルモンの濃度はからだの活動状態に応じて正確に調節されている。(⑤)の視床下部とよばれる部分とその周囲は、ホルモン分泌調節に特に重要な役割を果たしている。視床下部の神経分泌細胞から血液中に分泌されたホルモンは、脳下垂体(⑥)に運ばれてホルモン産生細胞を刺激し、(⑥)からのホルモン分泌を調節する。脳下垂体(⑥)では主に6種類のホルモンが作られ血液中に分泌される。下垂体で分泌されたホルモンのうちいくつかは他の内分泌腺のホルモン分泌を調節している。また、視床下部の神経分泌細胞の細胞体でつくられたホルモンが(⑦)を通過して脳下垂体(⑧)まで輸送され分泌される。(⑨)はその一例で、腎臓の集合管における水の再吸収を促進している。

問1 本文中の空欄(①)～(⑨)に適切な語句を記入しなさい。

Ⅱ. ネズミの脳下垂体を取り出し、冷却しながら細かくきざみ、その後、デイスパーゼという酵素を作用させると、一つ一つの細胞が分離した状態の細胞集団が得られる。これらの細胞は、適切な培養液中において約1週間培養することが可能である。この細胞集団は脳下垂体の初代培養細胞とよばれ、ホルモンを作る能力を持つとともに、神経分泌細胞から作られる因子によって調節される機能を保持している。このためこの細胞集団は、脳下垂体ホルモン産生制御の仕組みを調べる様々な実験に用いられてきた。

問2 この初代培養細胞の培養液中に視床下部で作られるホルモンAを加えたところ、培養液中にホルモンBが検出されるようになった。このホルモンBをネズミに注射すると、肝臓や骨格筋の代謝が高まることがわかった。成長ホルモンはタンパク質合成の促進、グリコーゲン分解の促進などの作用を有しており、ホルモンBと同様に体の代謝を高めることがわかっている。

- ① ホルモンAの名称を答えなさい。
- ② ホルモンBの名称を答えなさい。
- ③ ホルモンBを投与したネズミの肝臓や骨格筋の代謝が高まった理由を、句読点を含めて45字以内で説明しなさい。

問3 次に、この初代培養細胞に視床下部で作られるホルモンCを作用させたところ、ホルモンDが培養液中に検出されるようになった。このホルモンDをネズミに注射すると血液中のグルコース濃度が上昇した。また、成長ホルモンはグリコーゲンの分解を促進し、結果としてホルモンDと同じように血糖値を上昇させる効果を持つことがわかっている。

- ① ホルモンDの名称を答えなさい。
- ② ホルモンDを投与したネズミの血液中グルコース濃度が上昇した理由を、句読点を含めて45字以内で説明しなさい。

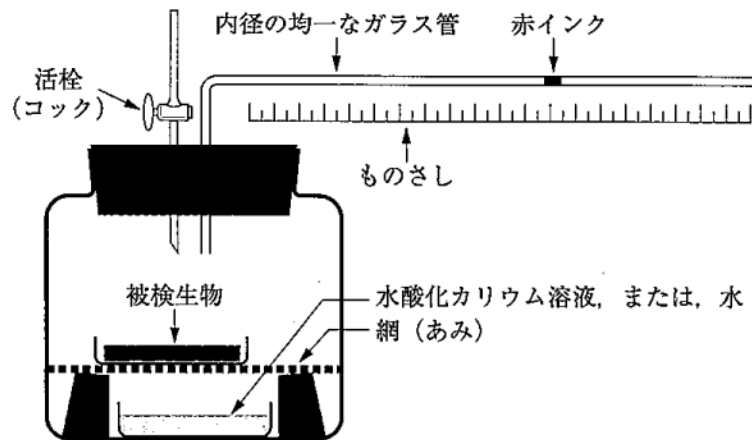
**4** 次の文章を読んで、各問いに答えなさい。

植物や動物はおもに糖質や脂質を呼吸基質としている。グルコースを呼吸基質とした場合、呼吸全体の化学反応式は、



となる。発生する二酸化炭素と吸収した酸素の標準状態での体積比(比の値)  $([CO_2 \text{の体積}]/[O_2 \text{の体積}])$  を ( ① ) という。グルコースなど糖質を呼吸基質とした場合、その値は ( ② ) になる。一方、脂質やタンパク質は糖質と比較すると分子を構成する炭素原子の数に比べて酸素原子の数が ( ③ ) ため、( ① ) の値は1よりも ( ④ ) 。

( ① ) は、水酸化カリウム溶液が二酸化炭素を吸収する性質を利用して図の装置で測定することができる。装置の温度、室温は一定に保つようにする。底部に水酸化カリウム溶液または水を入れたシャーレを置き、網の上に置いたシャーレに被検生物を入れ、ふたをする。赤インクの位置を適当な位置に調整した後、活栓を閉めて測定を始める。一定時間後、赤インクの移動を調べる。水酸化カリウム溶液を入れた場合、赤インクは ( ⑤ ) に移動する。上側のシャーレにトウモロコシの発芽種子 10 g を入れ、底部のシャーレに水酸化カリウム溶液または水を入れた条件でそれぞれ 5 回ずつ測定した。赤インクの移動距離の平均は、水酸化カリウム溶液を入れたときが 48.0 mm、水を入れたときは 8.0 mm であった。水酸化カリウム溶液を入れたときと、水を入れた時の赤インクの移動方向は同じであった。このときの ( ① ) は ( ⑥ ) である。



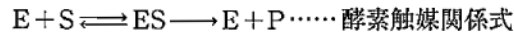
問1 本文中の空欄 ( ① ) ~ ( ⑥ ) に当てはまる適切な語句を答えなさい。ただし、( ② ) には数値を、( ⑤ ) には右または左を、( ⑥ ) には、計算した数値を四捨五入し小数点以下第1位までの値を答えなさい。

問2 オオムギを用いて調べたところ、畑で育っている葉では ( ① ) は 1.0 であったが発芽後 75 時間の種子では 0.8 であった。発芽後 75 時間の種子で値が小さくなる理由を、句読点を含めて 60 字以内で説明しなさい。

問3 ウォーキングをしている人(被検者)の呼気(吐いた息)を集めたところ、呼気量が1分あたり 15ℓ、二酸化炭素濃度が 4% であった。ヒトでは酸素 1ℓ の消費が約 5 kcal のエネルギー消費に相当することがわかっている。( ① ) を 0.8 として、被検者の 1 時間あたりのエネルギー消費量を kcal で求めなさい。大気中の二酸化炭素 (0.04%) は無視してよい。

5 次の文章を読んで、各問いに答えなさい。

酵素は化学反応の速度を促進させる生体触媒であり、その主成分はタンパク質である。酵素が結合できる相手の基質は決まっている。その基質特異性を規定しているのは、酵素の触媒作用の場である(①)の立体構造である。(①)は、鍵と鍵穴の関係のように基質の立体構造に適合する構造をしている。酵素(E)は基質(S)と可逆的に結合して酵素基質複合体(ES)を形成する。その後、酵素基質複合体は生成物(P)を生じる。この関係は下のように表される。



ある血液がん細胞に強く発現しているタンパク質の遺伝子をクローニングし、マウスの正常血液細胞にその遺伝子を導入して発現させると、血液がん細胞に形質転換した。このことから、クローニングされた遺伝子は血液がんの発症に重要な役割を果たしていると推察された。そこで、その遺伝子の塩基配列を調べたところ、遺伝子Xの変異型であることが明らかとなった(以下、遺伝子X<sup>変異型</sup>とする)。遺伝子X<sup>変異型</sup>の伝令RNAを解析したところ、タンパク質に翻訳される部分の塩基数は600であった。したがって、アミノ酸1個あたりの平均分子量を110とした場合、遺伝子X<sup>変異型</sup>から生成されるタンパク質の分子量はおおよそ(②)であることが予想された。さらに、そのタンパク質は細胞増殖を促進する働きのある酵素であり、がん細胞では変異によって酵素の活性が増強していることが明らかとなった。そこで、その酵素の活性を阻害すれば血液がんの増殖を抑制する抗がん剤が開発できるのではないかと考え、がん細胞に発現する酵素の(①)に特異的にはまり込んで基質との結合を阻害するような化合物Yを合成し、以下の実験を行なった。<sup>(A)</sup>

実験1 マウスの正常血液細胞を軟寒天培地で培養すると、1個の細胞由来の細胞集団で形成されるコロニーが多数検出される。このとき、化合物Yを軟寒天培地に添加してもコロニー形成数に変化は認められなかった。一方、遺伝子X<sup>変異型</sup>を導入したマウス血液細胞に化合物Yを添加すると、化合物Yの濃度依存的にコロニー形成数が減少した。

実験2 マウス血液細胞を採取して遺伝子X<sup>変異型</sup>を導入し、これをマウスに移植することによって血液がんを発症させた。このマウスに化合物Yを投与すると、血液中のがん細胞数は著明に減少し検出限界以下となった。しかし、長期間にわたって追跡すると、化合物Yを投与し続けているにもかかわらず、血液がんの再発が確認された。そこで、がん再発の原因を明らかにするために、さらに以下の実験を行なった。

実験3 IC<sub>50</sub>とは生物活性の50%を阻害するのに必要な化合物の濃度のことである。治療前の血液がん細胞と再発後の血液がん細胞のそれぞれについて、化合物Yを段階希釈した各濃度に対するコロニー形成数を生物活性の指標としてIC<sub>50</sub>を算出した。その結果、再発した血液がん細胞のIC<sub>50</sub>は、治療前の血液がん細胞と比べて約20倍も高い値であった。<sup>(B)</sup>

実験4 プラスミドベクターにクローニングした遺伝子を大腸菌に導入すると、大腸菌の増殖にともなって導入した遺

# 生 物

伝子も複製されるので、多量の目的遺伝子を得ることができる。そこで、DNAの複製中に生じるDNA配列の変異を修復する酵素(DNA修復酵素)の遺伝子が欠損した大腸菌株と正常な大腸菌株を用意し、それぞれに遺伝子X<sup>変異型</sup>を導入し培養することにより増幅した。

実験5 実験4で増幅した遺伝子X<sup>変異型</sup>を正常血液細胞に導入し、化合物Yを添加した軟寒天培地で培養したところ、正常な大腸菌株で増幅した遺伝子X<sup>変異型</sup>を導入した血液細胞はまったくコロニーを形成しなかった。一方、DNA修復酵素を欠損した大腸菌株で増幅した遺伝子X<sup>変異型</sup>を導入した血液細胞では、多数のコロニー形成が観察された。

実験6 実験5により形成されたコロニーの一つからDNAを回収し、遺伝子X<sup>変異型</sup>の塩基配列を調べたところ、もとの変異に加えて新たに突然変異が認められた(以下、付加的突然変異とする)。そのコロニーから検出されたものと同じ変異が、実験2において再発した血液がん細胞においても検出された。以上のことから、この付加的突然変異が血液がん再発の原因であると推察された。

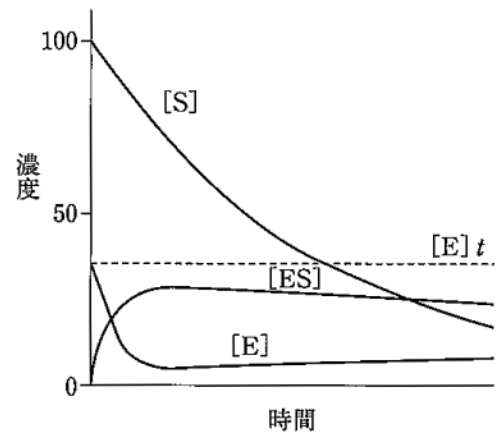
問1 空欄(①)と(②)に入る適切な語句または数値を答えなさい。

問2 酵素の反応に関する次の(1)と(2)の各問いに答えなさい。

(1) 下線(A)のような阻害様式を何と呼ぶか、適切な語句を答えなさい。

(2) 図は、酵素触媒関係式における酵素濃度[E]、基質濃度[S]、酵素基質複合体濃度[ES]が時間とともに変化する様子を表したものである。[E]と[ES]の和が総酵素濃度[E]<sub>t</sub>である。酵素触媒反応の時間経過における生成物濃度[P]の予想される推移を表す線を解答欄の図に実線で書き込み、図を完成させなさい。

また、図の反応系に下線(A)のような化合物を酵素反応の始めから添加した場合、[S]の推移を表す線を解答欄の図に点線で書き込み、図を完成させなさい。



問3 実験1の結果から、化合物Yは副作用の少ない治療薬となることが期待される。その理由を、句読点を含めて30字以内で答えなさい。

問4 下線(B)から、再発した血液がん細胞はどのような細胞に変化したことがわかるか。句読点を含めて30字以内で答えなさい。



問5 次の(イ)～(ニ)は、下線(C)で示した DNA 修復の各段階を順不同で表したものである。正しい順番に並べなさい。  
また、(イ)の働きを担う酵素の名称を答えなさい。

- (イ) DNA 塩基対が鋳型鎖に相補的に形成される。
- (ロ) 変異のある塩基が認識される。
- (ハ) 新生された DNA 鎖と既存の DNA 鎖を連結する。
- (ニ) DNA に切れ目が入り、1 本鎖の一部が取り除かれる。

問6 下線(D)について、付加的突然変異により遺伝子 X<sup>変異型</sup>から生成される酵素にどのような変化が生じたと考えられるか。句読点を含めて 40 字以内で答えなさい。