

'17

前期日程

生 物

(理 工 学 部)

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. 問題冊子は1冊(24頁)、解答用紙は4枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

1

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

ヒトの血糖値は血液100 mLあたり約 mg とほぼ一定の濃度で保たれているが、食後、小腸でのグルコースの吸収が増え、血糖値が一時的に上昇すると、すい臓のランゲルハンス島のB細胞がそれを感知し、 の分泌が促進される。さらに血糖値の上昇は間脳の でも感知され、それがB細胞に伝わり、同じく の分泌が促進される。

^a 逆に血糖値が一時的に低下すると、複数のホルモンの分泌が促進される。ランゲルハンス島のA細胞からは が分泌される。さらに血糖値の低下は でも感知され、それが副腎髄質に伝わり、その結果 が分泌される。また、^b脳下垂体前葉からは副腎皮質刺激ホルモンが分泌され、^cそれにより副腎皮質から が分泌される。

肝臓は体内最大の器官であるが、他の器官とは異なり、肝動脈と肝静脈に加えて、消化管と からの血液が流れ込む 肝門脈ともつながっている。この肝門脈を通して、消化管からはグルコースなどの消化・吸収された物質が、 からは破壊された赤血球の成分が肝臓に送られてくる。

血糖値の調節は、肝臓で次のように行われる。たとえば血糖値が一時的に低下した場合、 や が分泌されると、肝臓でのグリコーゲンからグルコースへの分解が促進される。また、 が分泌されると、 の分解が促され、グルコースの合成が引き起こされる。このような反応により、血糖値が上昇する。

問1 空欄 にあてはまる適切な数値を次の①～⑤の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 0.1 ② 1 ③ 10 ④ 100 ⑤ 1,000

問2 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 3 下線部 a および b において、それぞれどのようなしくみにより から情報が伝わるのか。両者の違いを簡潔に説明せよ。

問 4 下線部 c の副腎皮質刺激ホルモンは副腎皮質から遠く離れた脳下垂体前葉から分泌されるにも関わらず、副腎皮質のみに作用する。この理由を説明した次の文章中の空欄 , にあてはまる適切な語句を記せ。

副腎皮質刺激ホルモンは脳下垂体前葉から 中に放出され、副腎皮質に到達すると、その標的細胞の と特異的に結合して作用を引き起こすためである。

問 5 下線部 d ~ f の肝動脈、肝静脈、肝門脈の中で、通常、最も多くの酸素を含む血液が流れている、あるいは、最も多くの尿素を含む血液が流れているのはそれぞれどれか。次の①~⑥の組み合わせの中で適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

	酸素	尿素
①	肝動脈	肝静脈
②	肝動脈	肝門脈
③	肝静脈	肝動脈
④	肝静脈	肝門脈
⑤	肝門脈	肝動脈
⑥	肝門脈	肝静脈

問 6 成人の肝臓のはたらきとしてあてはまらないものを次の①～⑤の中から
1つ選び，記号で答えよ。

- ① アルコールを分解する
- ② 血しょう中に含まれる抗体をつくる
- ③ 脂肪の消化に関与する胆汁をつくる
- ④ ビタミンや鉄を貯蔵し，必要に応じて血液中に放出する
- ⑤ さまざまな化学反応に伴って熱を発生し，体温を維持する

(2) 次の文章を読んで、問1～問7の答を解答欄に記入せよ。

A. 動物は外界からの刺激を情報として受け取り、それに対する反応や行動を起こすことが知られている。このような情報は、入力・統合処理・出力の三段階の特定の経路を使って伝達される。外界からの刺激を受け取る、眼、耳、鼻などは と呼ばれる。これらの には、それぞれの刺激を感知できるように特殊化した ニューロンがある。 からの多様な入力情報は、 ニューロンで構成された中枢神経系により必要な情報が選別・関連づけられ、統合処理される。処理された情報は、筋肉や分泌腺などの に送られ、動物はさまざまな形で反応する。このような一連の情報の流れが神経系の重要なはたらきである。

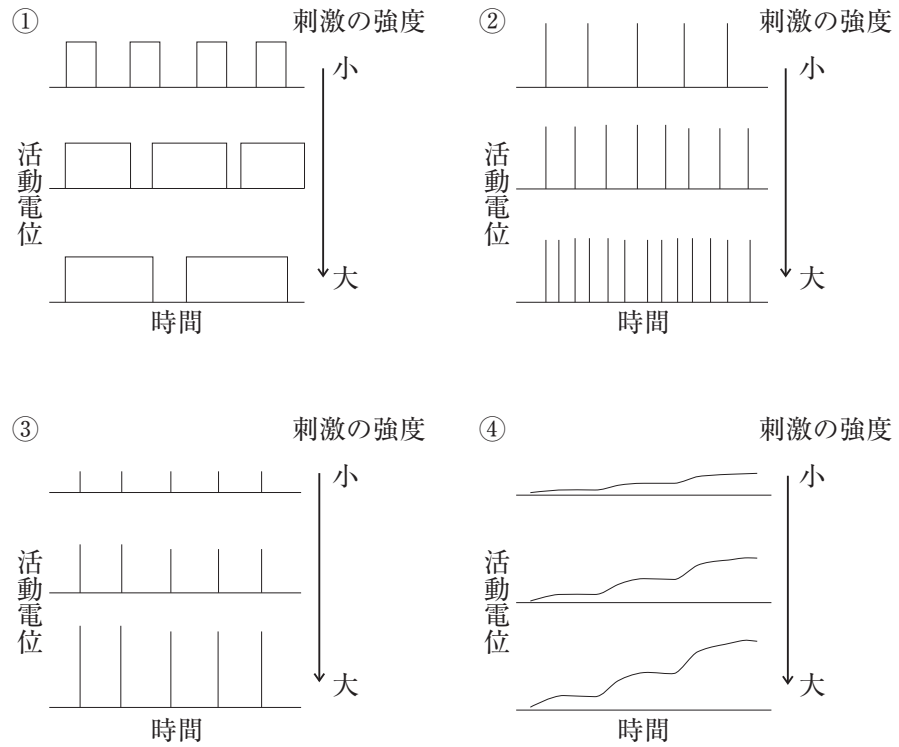
ニューロンは静止状態と興奮状態の二状態をとる。静止状態とは、細胞の外側を基準としたときに、細胞の内側の電位(膜電位)が約 $-70\sim-60\text{ mV}$ となっている状態^a のことで、この電位を静止電位という。

ニューロンを電氣的に刺激すると、刺激された部分の膜電位が一時的に正の値($+30\sim+60\text{ mV}$)を示す興奮状態となる。その後、元の静止状態に戻る。この一時的に負から正に逆転して元に戻る電位変化を活動電位と呼び、活動電位を発生することを興奮という。活動電位の大きさは、刺激の強度を大きくしても変わらない^b。また、刺激が弱ければ興奮は起こらず、興奮が起こる最小の刺激の強さを閾値という。ニューロンは、この閾値と刺激の強さとの大小関係によって、興奮するか、興奮しないかのいずれかの応答を示す^c。

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 下線部 a について、静止電位が負の電位となる理由を『カリウムイオン』の用語を用いて 40～50 字程度で説明せよ。

問 3 下線部 b について，外界からさまざまな強さの刺激がニューロンに加わるが，それらはどのような形で神経の情報として軸索上を送られていくのか，最も適切なものを次の①～④から 1 つ選び，記号で答えよ。



問 4 下線部 c について，ニューロンのこの性質は何と呼ばれているか記せ。

B. ニューロンに興奮が起こると、興奮部とその隣接部分との間に電位差が生じ、興奮が軸索に沿って伝導する。興奮は、軸索の末端までくると別のニューロンの樹状突起に伝えられる。ニューロン間の接続部分をシナプスといい、シナプスでは、情報伝達の流れの上流側にあるシナプス前細胞から、情報伝達の流れの下流側にあるシナプス後細胞への一方向性の情報の伝達が行われる。また、シナプスは、ニューロン間にのみ存在しているわけではない。運動ニューロン終末のシナプスは、終板を介して筋肉と接合していて、その機能を制御している。

問 5 下線部 d について、軸索に関する記述として誤っているものを 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① 有髄神経繊維では、無髄神経繊維よりも興奮の伝導速度が大きい
- ② 有髄神経繊維では、軸索が神経鞘で包まれている
- ③ 髄鞘には、細胞が何層にも巻き付いた、電気が通りにくい神経鞘がある
- ④ 髄鞘は、軸索における興奮の伝導を高速にしている
- ⑤ 髄鞘は軸索に沿って一定間隔で欠けており、跳躍伝導により電気信号が軸索を伝わる

問 6 下線部 e について、ニューロン間の活動電位の伝達が、シナプス前細胞からシナプス後細胞への一方向にしか起こらない理由を、『シナプス小胞』の用語を用いて簡潔に説明せよ。

問 7 神経繊維の興奮伝導速度に関して、カエルから、骨格筋に運動神経をつけたまま取り出した神経筋標本を用いて、測定を行った。神経繊維の異なる二つの位置 S, T を電気刺激したときの、筋収縮が始まるまでの時間差は 0.80 ms (ミリ秒) であった。ただし、終板から位置 S, T までの距離はそれぞれ 4.5 cm と 6.5 cm であった。この結果から興奮伝導速度 [m/s] を求め、有効数字二桁で答えよ。

2

(1) 次の文章を読んで、問1～問8の答を解答欄に記入せよ。

A. 減数分裂は、連続した2回の分裂により、1個の母細胞から4個の娘細胞が形成される。第一分裂前期では、2本の相同染色体から構成される二価染色体が形成される。このうち、複製された染色体どうしは **ア** と呼ばれる部位で結合しているが、対合する相同染色体どうしは **イ** と呼ばれる部位で結合している。第一分裂後期に相同染色体が離れるとき、**イ** を形成していた部分でその一部を交換した染色体ができる。このようなしくみで起こる染色体の交換を **ウ** という。

同一染色体上の2つの遺伝子座にある遺伝子は、減数分裂によって分配される際、基本的には行動をともにする。これを **エ** しているという。しかし、2つの遺伝子間で染色体の **ウ** が起こると、2つの遺伝子の組み合わせが変わる。これを遺伝子の組換えという。

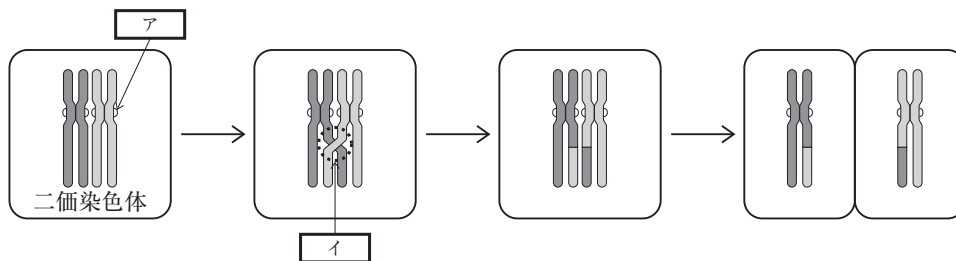


図 減数分裂第一分裂の過程の模式図

一般に、個体の遺伝子型を表現型から直接知ることはできない。そこで、^a検定交雑という手法を用いて遺伝子型を判定する。検定交雑は、2つの^b遺伝子間の組換え価を求める際にも使われる。同一染色体上にある遺伝子群の中から3つの遺伝子を選び、それぞれの組換え価を求める方法を三点交雑といい、これを用いることで3つの遺伝子の相対的な位置関係を知ることができる。

問 1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 減数分裂の過程において、DNA はどの時期に複製されるか、正しいものを次の①～④の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 第一分裂開始前
- ② 第一分裂前期
- ③ 第一分裂後期
- ④ 第一分裂から第二分裂に移行する時期

問 3 下線部 a について、遺伝子型と表現型が一致する生物を次の①～⑤の中からすべて選び、記号で答えよ。

- ① ウニ ② アカパンカビ ③ 大腸菌
- ④ 酵母 ⑤ イネ

問 4 下線部 b について、検定交雑を行うために用いる接合体として正しいものを次の①～④の中から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 優性ホモ接合体
- ② 劣性ホモ接合体
- ③ ヘテロ接合体
- ④ 優性ホモ接合体と劣性ホモ接合体の 1 : 1 混合物

問 5 組換え価から作られた染色体地図と実際の染色体上の遺伝子間の相対的な距離は必ずしも一致していない。この理由として考えられることを 30 字程度で記せ。

B. 体色，眼色，はねの形に関する野生型と突然変異型のショウジョウバエを用いて検定交雑を行った。それぞれの表現型の個体数を数えることで組換え価を求め，体色，眼色，はねの形の遺伝子の相対的な位置を表す染色体地図を作成する実験を行った。

材料 野生型(正常体色/正常眼色/正常ばね)

突然変異型(黒体色/しん砂色眼/先切ればね)

表現型	個体数
正常体色/正常眼色/正常ばね	772
正常体色/しん砂色眼/正常ばね	65
正常体色/正常眼色/先切ればね	181
黒体色/しん砂色眼/正常ばね	165
黒体色/正常眼色/先切ればね	57
黒体色/しん砂色眼/先切ればね	760

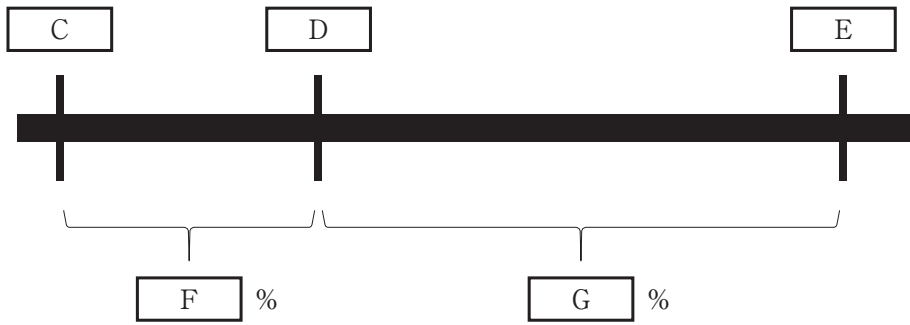
問 6 体色とはねの形を決定する遺伝子間の組換え価を求めるために，上に示した表の個体数を参考にして下に示した表の空欄 A，B に入る適切な数値を記せ。

正常体色/ 正常ばね	正常体色/ 先切ればね	黒体色/ 正常ばね	黒体色/ 先切ればね
A	181	165	B

問 7 体色とはねの形を決定する遺伝子間の組換え価は何 % か，小数点第 1 位まで答えよ。

問 8 検定交雑の結果から組換え価を計算して染色体地図を作成せよ。

下に示した模式図中の ~ に突然変異型の表現型を、
 , には組換え価を記せ。なお、組換え価は小数点
第 1 位まで答えよ。



(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

A. ヒトゲノムの解読により、どの遺伝子がゲノム上のどの位置に存在しているのかが明らかとなってきた。また、遺伝子治療のように、ある遺伝子が正常にはたらかない患者の細胞に正常な遺伝子を入れる試みや、オーダーメイド医療など、病気を治療する上で重要な知見も得られるようになった。

問1 下線部 a の結果から、ヒトの遺伝子からつくられるタンパク質は平均 6.0×10^2 個のアミノ酸からなることがわかった。ヒトゲノムの塩基対数を 3.0×10^9 、遺伝子数を 2.5×10^4 とすると、ヒトゲノムのうち、タンパク質をつくり出す領域は何%か、計算過程を示して答えよ。

問2 下線部 b について、遺伝子治療では、バイオテクノロジーのうちの遺伝子組換え技術が用いられる。代表的な遺伝子組換え実験に、制限酵素や DNA リガーゼを用いてプラスミドに目的の遺伝子を組み込む方法がある。図1のように *EcoRI* と呼ばれる制限酵素で1か所切断したプラスミドに正しく組み込むことの可能な DNA 断片を次の①～⑩の中からすべて選び、記号で答えよ。なお、DNA リガーゼは、同じ制限酵素で切断した末端どうし、平滑末端どうし、または同じ塩基配列の一本鎖の突出部をもつ末端どうしを連結することができる。

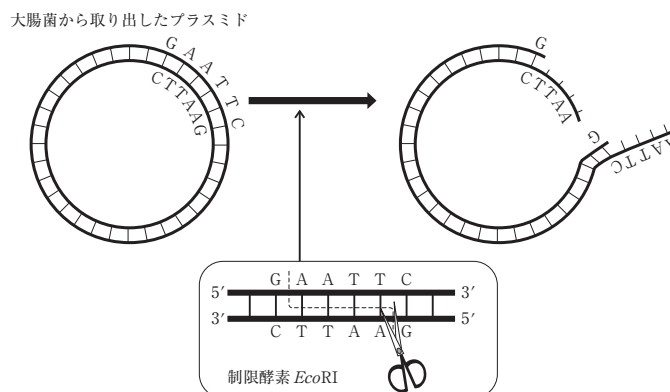
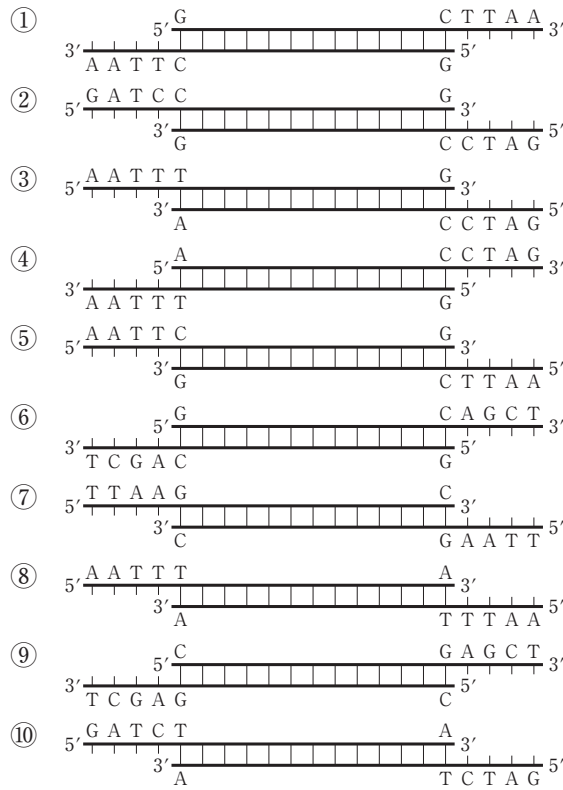


図1 *EcoRI* によるプラスミドの切断



問 3 下線部 c について、次の文章を読み、 と にあてはまる適切な語句を記せ。

赤色と緑色の微妙な色調の違いが識別できない赤緑色覚障害の原因となる遺伝子は 上にあり、正常な遺伝子に対し劣性である。男性は を 1 本しかもたないので、この遺伝子を保有すると病気を発症する。このため赤緑色覚障害は、女性よりも男性に多くみられる。このように性別の違いによって形質の現れ方が異なる遺伝形式を という。

問 4 下線部 d は、患者の体質にあわせて薬の処方や治療の最適化を目指す医療のことである。DNA の塩基配列には個体ごとに違っている部分があり、SNP やマイクロサテライト多型と呼ばれる。このうち、SNP は病気や薬の効き方、副作用などに関係があると考えられており、オーダーメイド医療への応用が期待されている。SNP とはどのような違いのことか、20 字程度で説明せよ。

B. 塩基対数の異なる DNA 断片の分離には、アガロースゲル電気泳動法が用いられる。アガロースゲルのウェルと呼ばれるくぼみに、さまざまな塩基対数の DNA 断片を含む試料を注入し、溶液中で一定方向に通電すると、DNA は の電荷をもつため、DNA 断片が 極から 極へ向かって移動する。アガロースゲルは小さな網目構造をしているため、DNA 断片がゲル中を移動するときにはふるいはたらしきをして、断片の大きさに応じて移動する速度が異なり、その結果、塩基対数の い DNA 断片ほど速く移動する。

問 5 ~ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 6 pUC 19 と呼ばれるプラスミドの塩基対数は 2,686 であり、その配列中には *Pvu*II と呼ばれる制限酵素によって切断される場所が 2 か所ある。*Pvu*II によって切断される配列とその切断面を図 2 に示す。pUC 19 に含まれる 5'-TCGCGCGTTT-3' という配列の最初の T を 1 番目とすると、*Pvu*II が DNA を切断するのに必要な 5'-CAGCTG-3' という配列は 306 番目から 311 番目ならびに 628 番目から 633 番目にある。pUC 19 を *Pvu*II で完全に切断して得られた DNA 断片をアガロースゲル電気泳動法で分離すると、観察されるバンドの数はいくつになるか。また、ウェルから最も近い位置に観察されるバンドに含まれる DNA 断片の塩基対数はいくつになるか。

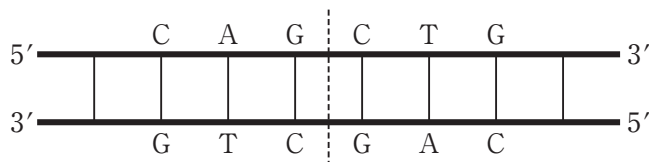


図 2 *Pvu*II が切断する配列と切断面(点線)

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問7の答を解答欄に記入せよ。

A. キイロショウジョウバエは4対の染色体($2n = 8$)をもつ。そのうち3対はオス、メスとも同じであり、これを 染色体という。もう1対はメスの場合、同じものが対になっており、これを 染色体という。オスの場合、1本の 染色体と1本の 染色体をもつ。 染色体と 染色体はあわせて 染色体といい、個体の性別の決定にもかかわる。キイロショウジョウバエのオスの配偶子は 種類の染色体構成をもつものが形成されるが、メスの配偶子では 種類の染色体構成をもつものが形成されることから、キイロショウジョウバエの性の決定様式は である。

エンドウにおいて、茎の高さ、種子の色といった外見に現れる形質を表現型という。「種子が丸いもの」と「種子にしわがあるもの」のように対をなしている表現型を といい、 を支配する遺伝子を という。 は相同染色体の同じ に存在する。

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 空欄 , にあてはまる数字を記せ。

問3 次に示すキイロショウジョウバエの発生過程の順序について、空欄にあてはまる適切な語句を下の語群の中から選んで記せ。

受精 → → 多核体の形成 → 核が表層へ移動 →
 → → 原腸の形成 → →
組織・器官の形成 → → 幼虫 → 蛹 → → 成虫

語群：体節の形成 胚葉の形成 羽化 前後軸の決定 胞胚の形成 ふ化

B. ノックアウトマウスとは、人為的に特定の遺伝子の機能を失わせたマウスのことである。ある遺伝子 G のノックアウトマウスを作製するには、まず遺伝子組換え操作により 1 対の遺伝子 G の片方を破壊した ES 細胞を作製する。この ES 細胞を毛色の異なる正常マウスから採取した初期胚に移植し、仮親の子宮内で発育させることでキメラマウスが得られる。このキメラマウスと正常マウスを交配して得られた子の中から、遺伝子 G の片方が破壊された^a個体を遺伝子解析により選抜する。遺伝子 G の片方が破壊された雌雄を交配^bして得られる子のうち、相同染色体上の 1 対の遺伝子 G が両方とも破壊された個体がノックアウトマウスである。

問 4 マウスの雌雄の配偶子を形成する器官の名称をそれぞれ記せ。

問 5 下線部 a の交配で得られた 12 匹の子のうち、8 匹が ES 細胞に由来することが毛色から判明した。この中に破壊された遺伝子 G をもつ個体は何匹いると予想されるか、答えよ。

問 6 下線部 b の交配では、8 匹の子が得られた。その中にノックアウトマウスは何匹いると予想されるか、答えよ。

問 7 キメラとは、遺伝子型の異なる細胞で構成された個体のことである。ヒトの場合も、医療行為によりキメラとなることがある。そのような医療行為の例を 1 つ挙げよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

陸上で生活する植物のうち、胞子で繁殖する 植物を 植物といい、 をもたないものを 植物という。種子で繁殖する植物には胚珠がむきだしの裸子植物と胚珠が の中にある被子植物とがある。

被子植物の生殖において、動物の精子にあたるのが の中の精細胞で、卵にあたるのが の中の卵細胞である。精細胞は 細胞が分裂して生じる。受粉において、めしべの柱頭から胚珠に向かって が伸び、精細胞の1個が卵細胞と受精し、受精卵ができる。もう1個の精細胞は 細胞と融合し、 を形成する。このような現象は、被子植物に特有のものであり、 と呼ばれる。

問1 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問2 この被子植物の相同染色体の対の数を n で表すと、次のそれぞれの細胞の染色体数はどのように表されるか、答えよ。

- (i) 精細胞
- (ii) 受精卵
- (iii) 細胞
- (iv) 細胞
- (v)

問 3 被子植物の受精において、 が胚珠に向かって伸びることが重要となる。これは誘引と呼ばれる現象であり、それに関わる細胞を特定するために、園芸品種の一つであるトレニアを用いた実験が行われた。この植物は、胚のうが胚珠から飛び出して一部むき出しになっている特徴をもち、誘引を観察するのに適している。そこで、次の表に示すように、細胞を破壊したのちに、それぞれに誘引が起きた頻度を調べた。表の結果を参考にして、以下の設問に答えよ。

胚のうの状態	各細胞の状態			誘引頻度
	卵細胞	<input type="text" value="ク"/> 細胞	<input type="text" value="サ"/> 細胞	
正常	存在	存在	2つとも存在	48/49
1 細胞破壊	破壊	存在	2つとも存在	35/37
	存在	破壊	2つとも存在	10/10
	存在	存在	1つだけ破壊	35/49
2 細胞破壊	破壊	破壊	2つとも存在	13/14
	破壊	存在	1つだけ破壊	11/18
	存在	破壊	1つだけ破壊	10/14
	存在	存在	2つとも破壊	0/77
3 細胞破壊	破壊	破壊	1つだけ破壊	5/8
	存在	破壊	2つとも破壊	0/20
	破壊	存在	2つとも破壊	0/18
4 細胞破壊	破壊	破壊	2つとも破壊	0/79

誘引頻度(分子/分母)は、実験の回数を分母に、誘引された回数を分子に示した。

- (i) にあてはまる適切な語句を記せ。
- (ii) この実験では、1つの細胞を破壊する実験だけでなく、2つ以上の細胞を破壊する実験が行われた。その理由として考えられる事柄を2つ挙げ、答えよ。
- (iii) この実験により の誘引に関わる細胞が特定された。特定された細胞名を答え、その理由を簡潔に説明せよ。

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

A. 筋収縮のエネルギーは、ATP(アデノシン三リン酸)から供給されている。消費されたATPは呼吸により補給されるが、ひんばんに筋収縮すると不足しがちとなる。下の図は、グリコーゲンを分解してATPを供給する過程を示している。図中の実線の矢印は物質の変化を、破線の矢印はエネルギーの流れを示したものである。

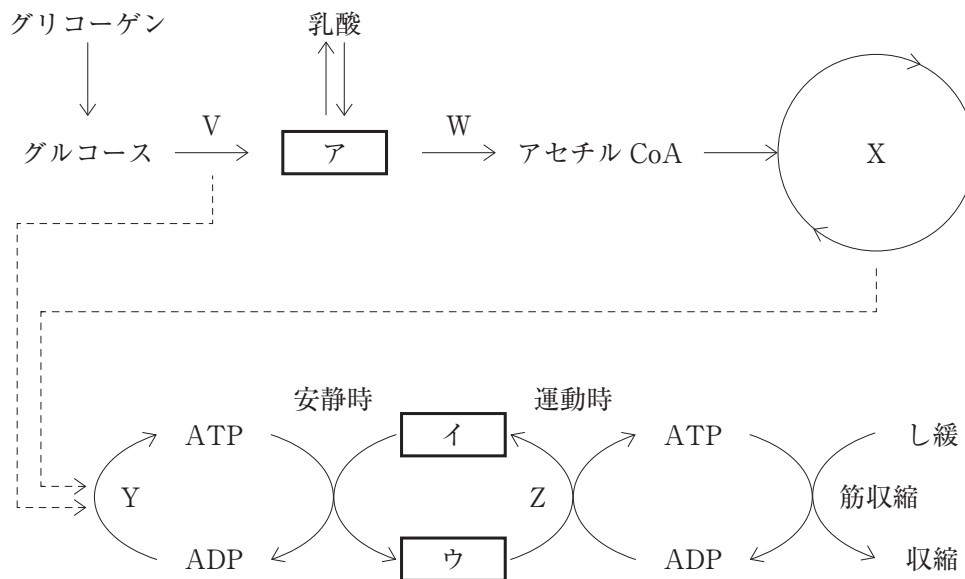


図 筋収縮とエネルギーについての模式図

問1 空欄 ~ にあてはまる適切な物質名を記せ。

問2 図中のVとXは、反応過程を表したものである。各反応過程とそれらはたらいっている筋細胞内の部位の名称をそれぞれ答えよ。

B. カエルの肢の筋肉を取り出し、反応過程 V を阻害する物質 P を加えて、筋収縮の前と後の各リン酸化合物の含有量を測定した。その結果、前頁の図中の ウ は、筋収縮の後で顕著に減少したのに対し、ATP の量はほとんど変化しなかった。

さらに、物質 P とともに物質 Q を加えて、筋収縮の前と後の各リン酸化合物の含有量を測定した。その結果、筋収縮の前後で ウ の量は変化しなかったが、その他のリン酸化合物の量は下の表に示すように変化した。なお、AMP(アデノシン一リン酸)とは ADP(アデノシン二リン酸)の高エネルギーリン酸結合が一つ切れた物質であり、モルとは 6.0×10^{23} 個の分子の集団を指す単位である。

表 筋肉 1 g あたりの ATP, ADP, AMP 量 ($\times 10^{-6}$ モル)

	ATP	ADP	AMP
収縮する前	1.28	0.64	0.08
収縮した後	0.74	1.02	0.24
増減量	-0.54	+0.38	+0.16

問 3 実験の結果から、前頁の図中の ウ の筋肉における主な役割を 35 文字以内で説明せよ。

問 4 実験の結果から、物質 Q は、前頁の図中の V~Z のどの反応過程を阻害したと考えられるか。記号で答え、それを選んだ理由を 35 字以内で説明せよ。

問 5 表の結果から，筋収縮の前後における ATP の減少量と ADP の増加量が一致しないことがわかる。その原因は，筋肉中に次の反応を触媒する酵素が存在し，一部の ADP から ATP と AMP が生成するからである。



これらを考慮して，筋収縮で消費された筋肉 1 g あたりの ATP 量を以下のように求めた。次の文章の空欄 ～ にあてはまる数値を，小数点第 2 位まで答えよ。なお，ATP，ADP，AMP の各量の変化は，筋収縮と反応式(1)のみに由来するものとする。

筋収縮による ATP 消費量を算出するためには，反応式(1)による ATP 生成量と筋収縮の前後における ATP の減少量を考える必要がある。ATP の生成量は，表の筋収縮の前後における AMP の増加量に等しく $\times 10^{-6}$ モルである。筋収縮の前後における ATP の減少量は $\times 10^{-6}$ モルであり，筋収縮による ATP の消費量から反応式(1)による ATP 生成量である $\times 10^{-6}$ モルを差し引いた量に等しくなる。これらより，この実験において筋収縮で消費された ATP 量は， $\times 10^{-6}$ モルとなる。

問 6 1 モルの ATP の高エネルギーリン酸結合が 1 つ切れて ADP とリン酸になるとき， 3.1×10^4 ジュールのエネルギーを放出する。このエネルギーは，筋収縮のための仕事に使われる以外は熱として放出される。文章 B の実験において，筋収縮によって筋肉 1 g あたり 8.0×10^{-3} ジュールの熱を放出したとすると，この時の筋収縮のエネルギー効率は何 % となるか。小数点第 1 位を四捨五入して答えよ。

(2) 血清中には、さまざまなタンパク質が含まれている。その中から抗体を分離する方法についての次の講義内容を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

P教授：今日は、抗体の分離について学習します。抗体は、アと呼ばれるタンパク質です。また、これは多様な抗原と結合するイと、共通する構造の定常部から成り立っています。あるタンパク質Aは、抗体の定常部に結合します。その結合の最適pHは7.0で、pHを2.7にすると結合できません。

S学生：酵素のような性質をもっているのですね。

P：そうです。酵素がはたらくのに最適な条件があるのと似ています。このタンパク質Aを利用したアフィニティークロマトグラフィーで血清から抗体を分離し、研究に利用します。

S：アフィニティークロマトグラフィーって何ですか。

P：それでは、抗体の分離を例にして、アフィニティークロマトグラフィーの原理を説明しましょう。概略図をここに示します(図)。

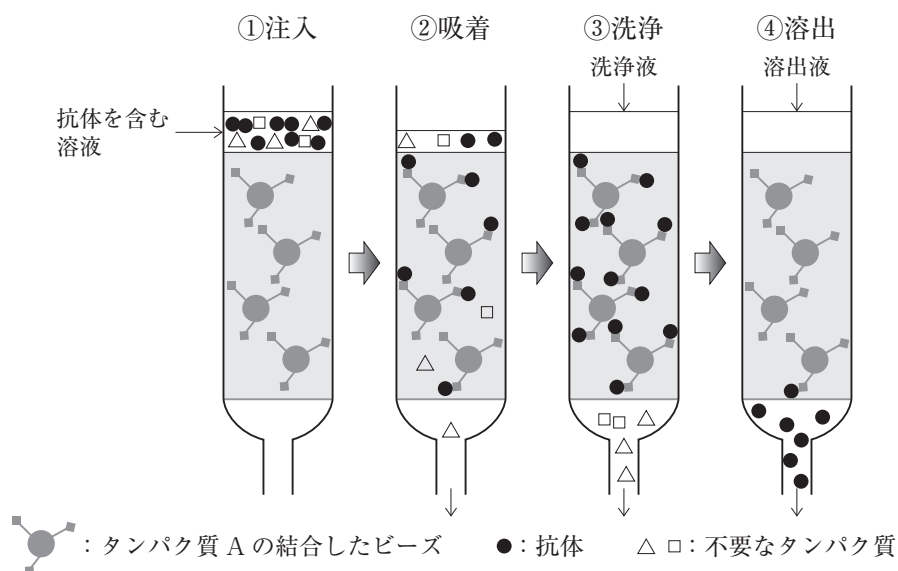


図 アフィニティークロマトグラフィーの概略図

P：タンパク質 A の結合したビーズ(直径数十マイクロメートル程度の粒子)をガラス管につめたカラムを準備します。このタンパク質 A は溶液を流しても、ビーズから離れません。次の①～④は図中の①～④に対応しています。

- ① このカラムの上部に抗体を含む溶液を注入します。
- ② その溶液をカラム内に流し入れて抗体を吸着させます。
- ③ 緩衝液(pH 7.0)を洗浄液として流し入れます。この時、抗体はタンパク質 A と結合してカラム内に留まり、その他のタンパク質は流出します。
- ④ 適当な溶出液を流せば、結合した抗体を溶出できます。

どのような溶出液にしたら、良いと思いますか。

S：酸性の溶液を流すと抗体は溶出できますか。

P：そうですね。でも、条件によっては抗体としてはたらきが失われてしまいます。ここでは pH 2.7 の溶出液を用いるのが適切です。一般に、タンパク質の は変化せずに、タンパク質本来の機能が失われることを と呼びます。

S：酵素にペプシンやトリプシンを加えて作用させると、酵素はその機能を失いますが、これも同じ変化ですか。

P：いいえ、それは、 とは違います。ペプシンやトリプシンはタンパク質の 結合を切断します。話をアフィニティークロマトグラフィーに戻しましょう。適切な条件でカラムから溶出された溶液は、目的の抗体を含みます。

S：アフィニティークロマトグラフィーは、すばらしい手法ですね。

P：この技術は、さまざまな物質の分離に使われています。それでは課題です。真核細胞内のすべての mRNA を得る時にも、この手法を使います。真核細胞の mRNA は修飾を受け、3' 末端に 200 個にも及ぶ連続したアデニンヌクレオチド*が付加されます。これを利用して mRNA を分離します。この時、カラムにつめるビーズには何を結合させるのが良いか、考えてください。^b

*：アデニンを塩基として含むヌクレオチド

問 1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 アフィニティークロマトグラフィーで利用している，特定の分子間ではたらく弱い結合は，生体内で数多く見られる。次の文章中の空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

(i) 植物細胞の原形質流動は，細胞小器官と結合した が， フィラメント上を移動することで起こる。このように原形質流動には， と 間の弱い結合が関係している。

(ii) 組織内では同じ種類の細胞どうしが互いに接着結合している。これには と呼ばれる細胞膜を貫くタンパク質が関係しており， が互いに結合できる立体構造の維持には， Ca^{2+} が必要である。

(iii) 弱い結合は分子間だけでなく，分子内でもはたらいている。タンパク質中の部分的な構造には，複数のポリペプチド鎖が平行に並び，となりどうしで水素結合(水素を介した弱い結合)して，ジグザグに折れ曲がった 構造や，1つのポリペプチド鎖内で水素結合してらせん状になった 構造がある。

問 3 下線部 a に関して，酵素の反応速度に影響を及ぼす外的条件を 2 つ答えよ。

問 4 アフィニティークロマトグラフィーでは、特定の酵素を分離するためにその酵素の基質を用いる場合がある。次の①～⑤の中から、基質と酵素の組み合わせとして適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

- ① デンプンとアミラーゼ
- ② ヌクレオチドとペプシン
- ③ ヌクレオシド三リン酸と RNA ポリメラーゼ
- ④ グルコースとコハク酸脱水素酵素
- ⑤ アミノ酸とカタラーゼ

問 5 下線部 b のカラムにつめるビーズに結合させるものとして、適切な物質を次の①～⑤の中からすべて選び、記号で答えよ。

- ① アデニンを塩基として含むヌクレオチドが多数つながってできた一本の鎖
- ② ウラシルを塩基として含むヌクレオチドが多数つながってできた一本の鎖
- ③ グアニンを塩基として含むヌクレオチドが多数つながってできた一本の鎖
- ④ シトシンを塩基として含むヌクレオチドが多数つながってできた一本の鎖
- ⑤ チミンを塩基として含むヌクレオチドが多数つながってできた一本の鎖