

生 物

I. 《文章1》、《文章2》を読み、それぞれの下の各問に答えよ。(解答番号 ～)

《文章1》

減数分裂は細胞分裂の様式のひとつであり、動物では精子や卵などの を作る時に行われる。例えば、ヒトにおける精子形成の場合には体細胞分裂によって精巣内の が数を増やし、その一部が へ分化し、その核内では減数分裂に先立つ に染色体が複製される。第一分裂 に どうしが対合し、染色体の乗換えが生じる。第一分裂 には対合していた が分離し、その後、 2個に分裂する。それぞれの は染色体を複製することなく第二分裂を開始する。第二分裂では1個の から精細胞2個ができる。第一分裂 に対合していた どうしの間で染色体の乗換えが起こった場合、精細胞の染色体は一部分は母親由来、他の部分は父親由来になっているものができる。減数分裂の過程における核や染色体の振る舞いは、オスの精子形成の場合も、メスの卵形成の場合も同様だが、細胞質分裂は両者で異なる。精子形成では、 1個から精子4個がつけられるのに対し、卵形成では機能的な は1個しかできない。

問1. 《文章1》の文中の空欄 ～ を補うのに適切な語を選べ。 ～

- ア. 一次精母細胞 イ. 間期 ウ. 後期 エ. 精原細胞 オ. 前期
 カ. 相同染色体 キ. 中期 ク. 二価染色体 ケ. 二次精母細胞 コ. 配偶子
 サ. 配偶体

《文章2》

メダカは体外受精を行う。メスが生み出す卵は、卵細胞ではなく二次卵母細胞である。卵に精子が侵入すると卵の核は第二分裂を行い、生じた2つの核のうち一方は極体として放出され、もう一方の核が精核と合体し受精が完了する。このようにメダカは通常の有性生殖を行うが、実験的に特殊な処理を施すことにより、メス親に由来する染色体のみをもつ子を得ることができる。その手法はおおむね次のようなものである。なお、オスから取り出した精子には十分な量の紫外線を照射してDNAを破壊しておく。この精子を卵に与えると、卵核は第二分裂を始め、減数分裂を完了すると卵核だけで発生が進行する。

(手法1) DNAを破壊した精子を与えた後、最初の卵割の分裂中期に高温処理などを施すと卵割が阻害され、2細胞期へ移行できずに分裂途中の核が融合し、複相(2n)の核1個をもった細胞になる。以後は通常と同様に卵割が進み、胚が得られる。

(手法2) DNAを破壊した精子を与えた2～3分後に高温処理などを施すと第二分裂が途中で阻害され、核は単相(n)の核2個にならずにそのまま融合して複相(2n)の核1個ができる。以後は通常と同様に卵割が進み、胚が得られる。

問2. 手法1で得られた子は、メス親の全遺伝子のうちどれだけの割合の遺伝子をうけついだか。もっとも適切なものを下の選択肢から1つ選べ。なお、メス親はあらゆる遺伝子座についてホモ接合体ではなく、かつ、対立遺伝子は別々の遺伝子として数えるものとする。 9

問3. 手法2で得られた子は、メス親の全遺伝子のうちどれだけの割合の遺伝子をうけついだか。もっとも適切なものを下の選択肢から1つ選べ。なお、メス親はあらゆる遺伝子座についてホモ接合体ではなく、かつ、対立遺伝子は別々の遺伝子として数えるものとする。 10

選択肢 (割合を x とした場合)

- ア. $x=0$ イ. $x=1/8$ ウ. $1/8 \leq x \leq 1/4$ エ. $x=1/4$ オ. $1/4 \leq x \leq 1/2$
カ. $x=1/2$ キ. $1/2 \leq x \leq 1$ ク. $x=1$

II. 生態系における有機物の物質収支についての下の間に答えよ。(解答番号 ~)

問1. 次の文の ~ の空欄を補うのに適切な用語を、文の下の選択肢から選べ。ただし、番号の異なる空欄にはそれぞれ別の用語が入る。 ~

植物などの 栄養生物である がつくり出した有機物は、 自身の成長や生活/生存のために使われるほか、一部は 栄養生物である に摂取され、一部は枯死や脱落により失われる。 が摂取した有機物も同様に、 自身の成長や生活/生存のために使われるほか、一部は に摂取され、一部は死亡により失われる。

ア. 合成者 イ. 生産者 ウ. 一次消費者 エ. 単独 オ. 独立
カ. 従属 キ. 二次消費者 ク. 分解者

問2. 表は、ある生態系における生産者、一次消費者、二次消費者のそれぞれについて、一定面積内における1年間の成長量、被食量、枯死/脱落量もしくは死滅/死亡量、呼吸量、不消化排出量を示したものである(同一の適切な単位で表した数値のみを示している)。

	A	B	C	呼吸量	D
い	260	65	60	60	55
ろ	90	55	45	35	35
は	500	0	65	70	70

(1) 生産者、一次消費者、二次消費者は、それぞれ、い、ろ、はのいずれか。妥当な組み合わせを下から選べ。

ア. 生産者：い 一次消費者：ろ 二次消費者：は
イ. 生産者：い 一次消費者：は 二次消費者：ろ
ウ. 生産者：ろ 一次消費者：い 二次消費者：は
エ. 生産者：ろ 一次消費者：は 二次消費者：い
オ. 生産者：は 一次消費者：い 二次消費者：ろ
カ. 生産者：は 一次消費者：ろ 二次消費者：い

(2) 成長量 ()、被食量 ()、枯死/脱落量もしくは死滅/死亡量 ()、不消化排出量 () は、それぞれ、A、B、C、Dのいずれか、下から選べ。なお、い、ろ、はのBとDを全て合わせた量はこの生態系における分解者が分解する量の一部となる。 ~

ア. A イ. B ウ. C エ. D

(3) この生態系の間2の表に示す一定面積の範囲において1年間で光合成によって合成された有機物の総量はどれだけか、数値を答えよ。

Ⅲ. 次の文章を読んで、下の問に答えよ。

シナプスでは、信号を渡す側のニューロン（シナプス前細胞）の終末部まで興奮が到達すると、そのの あ 依存性の い イオンチャネルが開き、い イオンが終末部に流入する。い イオンによって、終末部に蓄えられていた (A) う が、細胞膜（シナプス前膜）と融合し、神経伝達物質がシナプス間隙に放出される。

信号を受け取る側の細胞（シナプス後細胞）のシナプス部位の細胞膜（シナプス後膜）には、神経伝達物質に特異的な受容体がある。神経伝達物質がその受容体に結合すると、受容体の立体構造が変化し通路が開いて、特定のイオンを通すことができるようになる。受容体が Na^+ を通すものだと、 Na^+ が (え) 《 流入する 流出する 》 ので、膜電位が静止電位よりも (お) 《 0mV に近づく 0mV から遠ざかる 》。受容体が Cl^- を通すものだと、 Cl^- が (か) 《 流入する 流出する 》 ので、 Na^+ の場合とは逆の膜電位の変化が生じる。このようにしてシナプス後細胞に生じる膜電位の変化をシナプス後電位という。(B) シナプス後細胞は、シナプス後電位がある値になると興奮する。

問1. 上の文章の あ ～ う の空所に適切な語を記入せよ。また、(え) ～ (か) の《 》内の適切な語句に○をつけよ。答は解答用紙に記入せよ。

問2. 下線部 (A) のような、細胞が小胞内の物質を細胞外へ放出する仕方を一般になんというか。

問3. 下線部 (B) にあるように、興奮性の細胞を興奮させる刺激の最小の強さをなんというか。

問4. ある細胞から別の細胞への信号の伝わり方は、シナプスによるもの以外にもいくつかある。たとえば、細胞どうしの接着のための構造の中には、隣接する細胞の細胞膜どうしが小孔の開いたタンパク質で連結され、その小孔を通過してイオンや小さな分子が隣の細胞へ移動する構造があり、この構造を通る物質の移動により信号が伝えられることがある。下線部の構造をなんというか。

IV. 次の文章を読んで、下の間に答えよ。

《文章1》

軟体動物のアメフラシは、背中にえらを持ち、それに続く水管から海水を出し入れして呼吸する。水管に軽い接触刺激を与えると、えらを収縮させて引っ込める。このえらの収縮をえらの引っ込み反射と呼ぶ。

この反射弓では、水管にある(A)接触刺激を受容する感覚ニューロンが、えらの筋肉の収縮を引き起こす運動ニューロンに信号を直接伝達する。

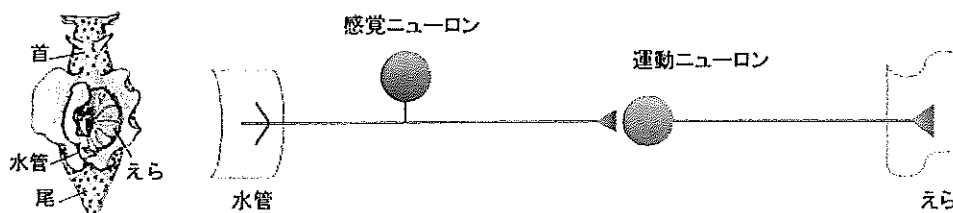


図1

実験1

アメフラシの水管に、一定の強さの0.8秒間の接触刺激を与え、えらの引っ込み反射を起こさせ、えらが収縮する度合いを計測した。これを1分間隔で何回も繰り返した(図2には一部の回の刺激に対する収縮の度合いが示されている)。80回目の刺激(図中に示されていない)の後、122分間刺激を与えずにおき、再び同じ刺激を与えた(81回目)。図2の[A]の範囲に見られるような、反復刺激を受けた場合のえらの収縮の度合いの変化を「ア」という。

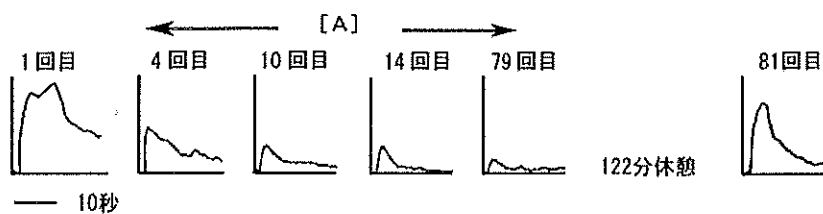


図2

実験2

実験1と同じ強さと持続時間の接触刺激を1分間隔で水管に20回与えたところ、下のようなえらの引っ込み反射の変化が見られた(図3には一部の回の刺激に対する収縮の度合いが示されている)。アメフラシの首により強くて長い接触刺激を1回与え(図中の黒い三角)、つづいて20回目までと同じ接触刺激を水管へ与えた(21回目)ところ、この刺激に対するえらの引っ込み反射は[B]のようになった。[B]に見られるような、それ以前とは異なるえらの収縮が起こることを「イ」という。

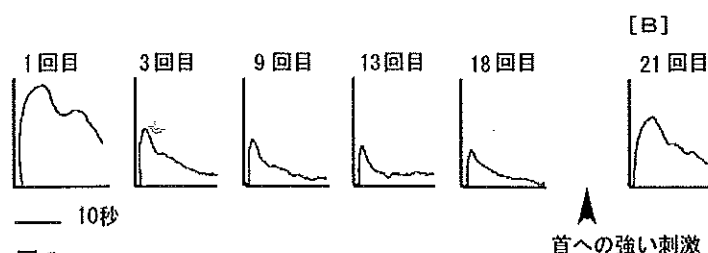


図3

問1. ヒトに起こる反射のうち、反射弓が下線部 (A) と同じように2個のニューロンから成るものをあげよ。

問2. 反射弓を構成するニューロンが2個より多い場合は、下線部 (A) のニューロンの他になんというニューロンが加わっているか。

問3. 実験1、実験2の空所 ア、イ に入る適切な語はそれぞれ何か。

問4. アメフラシの水管に図4の最上段にあるように6段階の強さの接触刺激を与えると、それぞれの強さの刺激に対して、最下段にあるようなえらの引っ込み反射がおこった。①、②、③の段は、それぞれ、最上段の6段階の接触刺激に対する、水管への接触刺激を受容する感覚ニューロンの活動電位、えらへ信号を伝える運動ニューロンのシナプス後電位、えらへ信号を伝える運動ニューロンの活動電位のいずれかである。水管への接触刺激がえらの引っ込み反射を引き起こすまでの経過の順に、①、②、③を並べたものはどれか、次から選んで記号で答えよ。

- ア. ①→②→③ イ. ①→③→② ウ. ②→③→① エ. ②→①→③
 オ. ③→①→② カ. ③→②→①

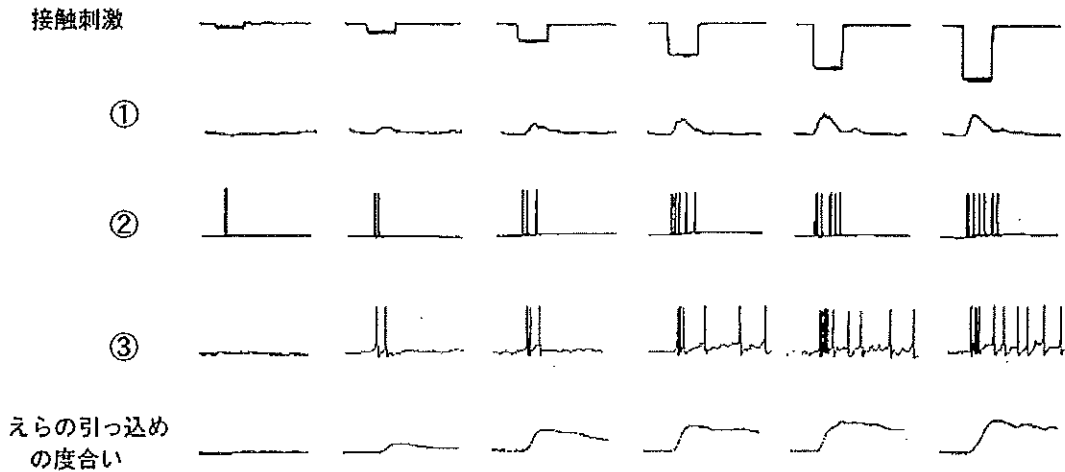


図4

《文章2》

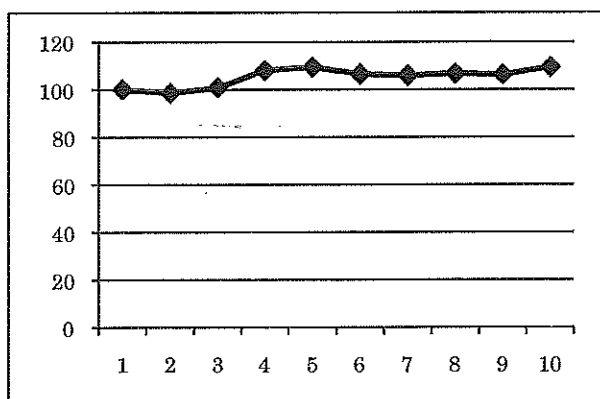
アメフラシに次の実験を行い、結果をグラフに表した。それぞれのグラフの横軸は刺激の回、縦軸は1回目の刺激に対する反応を100とした時の反応の相対値を表す。すべての測定値は5個体の平均である。

実験3

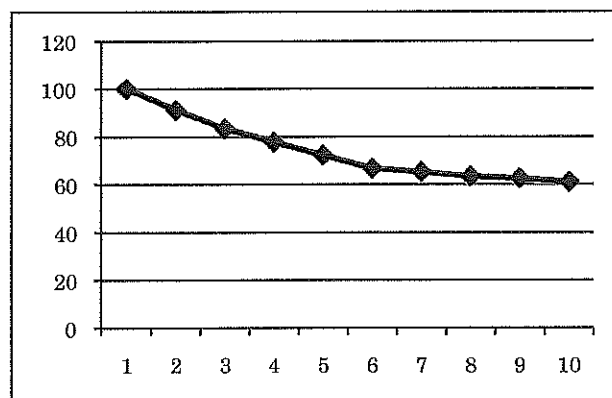
アメフラシの水管に実験1と同じ強さと持続時間の接触刺激を1分間隔で10回与えた。それぞれの刺激に対して感覚ニューロンに生じた活動電位の発生数を測定した(図A)。それぞれの刺激に対して運動ニューロンに生じた活動電位の発生数を測定した(図B)。それぞれの刺激に対して生じたえらの収縮の度合いを測定した(図C)。

実験4

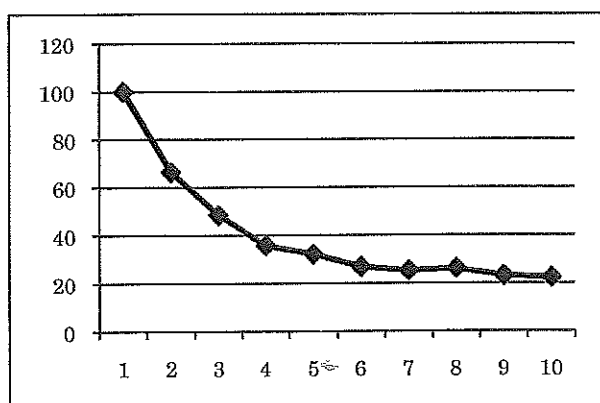
えらの収縮を起こす運動ニューロンに電極を刺して微弱な電流を流すと、運動ニューロンは水管への接触刺激がなくても活動電位を発生する。電流の強さと持続時間を、実験3の1回目と同じ程度の数の活動電位が1回目の刺激で発生するように調節した。アメフラシをじゅうぶんに休ませたあと、上のように調節した強さと持続時間の電流の刺激を1分間隔で運動ニューロンに10回与えた。それぞれの刺激に対して運動ニューロンに生じた活動電位の発生数を測定した(図D)。それぞれの刺激に対して生じたえらの収縮の度合いを測定した(図E)。



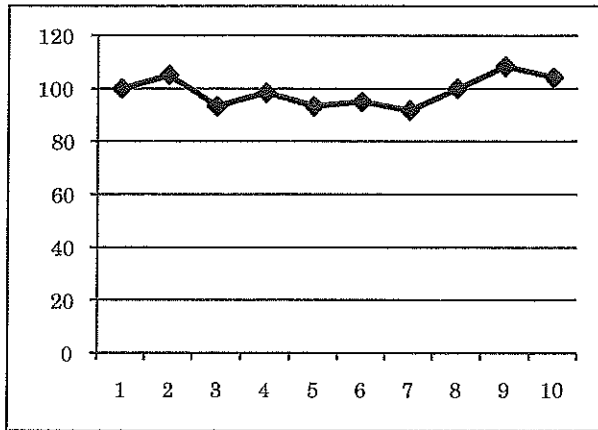
図A：水管への刺激による感覚ニューロンの活動電位の発生数



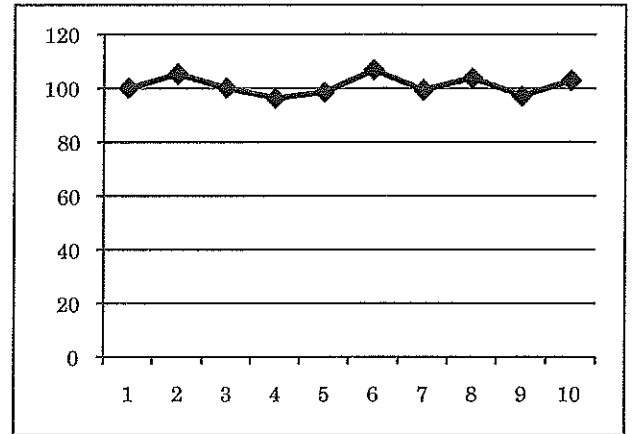
図B：水管への刺激による運動ニューロンの活動電位の発生数



図C：水管への刺激によるえらの収縮の度合い



図D: 直接刺激による運動ニューロンの活動電位の発生数



図E: 運動ニューロンへの直接刺激によるえらの収縮の度合い

問5. 《文章2》の実験3、4の結果を合わせると、《文章1》の実験1における「ア」はどのようなことにより起こると考えられるか、次から妥当なものをすべて選んで記号で答えよ。

- ア. 感覚ニューロンは刺激を繰り返し受けると活動電位が発生しにくくなるから
- イ. 運動ニューロンは興奮を繰り返すと活動電位が発生しにくくなるから
- ウ. えらの筋肉は収縮を繰り返すと疲労して収縮しにくくなるから
- エ. 上のどれも該当しない

V. 次の文章を読んで、下の問に答えよ。

血液型とは、血液に含まれる赤血球表面膜上に存在する特定の物質の種類やその有無により、血液を分類したものである。ある方式の血液型では、X型、Y型、XY型、Z型の4型に分類され、赤血球表面膜上に物質Xが検出される場合をX型、物質Yが検出される場合をY型、物質XとYの両方が検出される場合をXY型、物質XもYも検出されない場合をZ型と判定する。これらの物質の生成に関わる遺伝子にはx、y、zやwがある。x、y、zは常染色体である第9染色体の遺伝子座Pに存在し（1本の第9染色体の遺伝子座Pにはx、y、zのいずれかが存在する）、wは常染色体である第19染色体の遺伝子座Qに存在する。物質Xは前駆物質Wに糖Fが結合することで生じ、この化学反応を触媒する酵素（X酵素と呼ぶ）の遺伝子がxである。物質Yは前駆物質Wに糖Gが結合することで生じ、この酵素（Y酵素と呼ぶ）の遺伝子がyである。Z型では、前駆物質Wが存在しても糖FやGが結合されることはない。また、前駆物質Wを生成する酵素の遺伝子はwである。なお、糖FやGは十分に存在し、1分子の前駆物質Wには1種類の糖しか結合しないとして考えよ。

問1. 遺伝子x、遺伝子y、遺伝子zのように、同じ遺伝子座に存在する異なる遺伝子を何というか。

問2. 遺伝子zからタンパク質がつくられるとすると、そのタンパク質はどのようなものであるだろうか。以下から、可能性のあるものをすべて選んで記号で答えよ。

- ア. 前駆物質Wに糖Fを結合させて物質Xを生成する酵素活性を持つ。
- イ. 前駆物質Wに糖Gを結合させて物質Yを生成する酵素活性を持つ。
- ウ. 前駆物質Wに糖Fや糖Gを結合させる酵素活性を持たないが、別の糖を結合させる酵素活性を持つ。
- エ. いかなる酵素活性も持たない。

問3. 血液型がX型、Y型、XY型、Z型と判定された4人の人がいた。これらの人の遺伝子x、y、zについての遺伝子型をそれぞれ表せ。複数の可能性がある場合は、それらを全て記せ。ただし、2本の9番染色体の遺伝子座Pのそれぞれに存在する遺伝子は均等に発現する。遺伝子zからはタンパク質がつくられるが、このタンパク質はX酵素やY酵素の働きに影響することはない。また、X酵素とY酵素が互いの働きに影響することもない。なお、これらの人では前駆物質Wは十分な量が生成されている。

問4. 遺伝子wが突然変異を起こして機能を果たさなくなった遺伝子w'がある。遺伝子wとw'をヘテロに持つXY型の人同士が結婚して子供が出来たとする。子供が、X型、Y型、XY型、Z型であると判定される確率の比を、最も小さな整数の比で答えよ。なお、遺伝子wとw'をヘテロに持つ人では前駆物質Wは十分な量が生成されている。

問5. X酵素とY酵素のアミノ酸配列を比べたところ、4つの部位（N末端から176番目、235番目、266番目、268番目）で互いに異なるアミノ酸となっているが、他は全く同じであることがわかった。遺伝子組換え技術を用いて、この4部位のアミノ酸の一部がX酵素のアミノ酸と同じで残りがY酵素のアミノ酸と同じになるように改変した遺伝子をつくり、これを前駆物質Wをつくる適当な細胞に遺伝子導入して、X物質またはY物質を産生するかどうか調べた。すると、176番目のアミノ酸については、それがX酵素のアミノ酸と同じであってもY酵素のアミノ酸と同じであっても、残りの3部位のアミノ酸の組み合わせが同じであれば、産生する物質の種類は変わらないことが分かった（ただし、3部位のアミノ酸の組み合わせによって産生する物質の種類は異なる）。すなわち、176番目のアミノ酸はつくられる酵素の基質特異性に影響しないと判断された。よって、残りの235、266、268番目のアミノ酸の組み合わせについてのみ以下の表に記してある。これら3部位のアミノ酸のそれぞれについて、そのアミノ酸が酵素の基質特異性にどの程度影響するかを176番目のアミノ酸についてと同様にして判断し、次のa)とb)に当てはまるアミノ酸の部位をそれぞれ答えよ。

- a) つくられる酵素の基質特異性に影響するが、その程度は3部位の中で最も弱い。
- b) つくられる酵素の基質特異性に影響し、その程度は3部位の中で最も強い。

	235番目の アミノ酸の種類	266番目の アミノ酸の種類	268番目の アミノ酸の種類	X物質の生成	Y物質の生成
遺伝子x	X酵素と同じ	X酵素と同じ	X酵素と同じ	+	-
改変遺伝子1	X酵素と同じ	X酵素と同じ	Y酵素と同じ	+	-
改変遺伝子2	X酵素と同じ	Y酵素と同じ	X酵素と同じ	+	+
改変遺伝子3	X酵素と同じ	Y酵素と同じ	Y酵素と同じ	-	+
改変遺伝子4	Y酵素と同じ	X酵素と同じ	X酵素と同じ	+	-
改変遺伝子5	Y酵素と同じ	X酵素と同じ	Y酵素と同じ	+	+
改変遺伝子6	Y酵素と同じ	Y酵素と同じ	X酵素と同じ	+	+
遺伝子y	Y酵素と同じ	Y酵素と同じ	Y酵素と同じ	-	+

問6. もし仮に1本の第9染色体の遺伝子座Pに遺伝子xやyやzではなく、前問5の表の改変遺伝子2を持つ人がいたとしたら、その人の血液型はX型、Y型、XY型、Z型のいずれであると判定されるか。複数の可能性があるなら、可能性のあるものを全て答えよ。ただし、前駆物質Wは十分な量が生成されている。

問7. ある女性と上記の改変遺伝子2を持つ男性（共に遺伝子wをホモに持つ）との間に出来た3人の子の血液型が、X型、XY型、Z型であったとする。改変遺伝子2をaと表して、男性と女性の遺伝子x、y、z、およびaについての遺伝子型をそれぞれ答えよ。