

生 物 (その1)

第1問 真核生物の転写制御に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

真核生物において遺伝子の転写は複雑に制御されている。真核生物の DNA は塩基性タンパク質であるヒストンに巻きついてヌクレオソームを形成し、さらに折りたたまれてクロマチンを形成する。⁽¹⁾ DNAのプロモーターに複数のタンパク質が結合し、そこに RNA ポリメラーゼがやってきて、⁽²⁾ 転写が開始される。クロマチンが凝縮していると RNA ポリメラーゼはプロモーターに結合しづらく、転写は抑制される。転写を促進するためにはクロマチンをゆるめる必要があり、その過程には⁽³⁾ ヒストンのメチル基修飾やアセチル基修飾が深く関与している。このように、クロマチンの高次構造の変化は転写制御の重要なしくみの1つである。

転写因子も転写制御に重要なはたらきを担っている。転写調節領域に結合した転写因子により、転写は促進されたり抑制されたりする。1つの遺伝子が複数の転写因子に制御されたり、1つの転写因子が複数の遺伝子の転写を制御したりする。

転写がこのような多段階の制御を受けることで、多細胞生物の細胞では、同じ遺伝情報を持ちながら⁽⁴⁾ 組織ごとに遺伝子発現のしかたが異なる。⁽⁵⁾ 転写因子の遺伝子に突然変異が起こると遺伝子の転写制御が乱れ、⁽⁶⁾ 細胞のがん化につながることがある。

問1 下線部(1)について、プロモーターに RNA ポリメラーゼが結合するきっかけをつくるこれら複数のタンパク質を何とよぶか、名称を記せ。

生 物 (その2)

問2 下線部(2)について、

i) 次の①～⑥から適当なものをすべて選び、番号で記せ。

- ① 転写中のRNAポリメラーゼは終止コドンに対応する配列を認識して、鋳型鎖から離れる。
- ② DNAの2本鎖のうち、どちらが鋳型鎖になるかは遺伝子ごとに異なる。
- ③ RNAポリメラーゼは転写にプライマーを必要としない。
- ④ 転写調節領域はプロモーターから離れたDNA上に存在することがある。
- ⑤ 転写調節領域は各遺伝子に対して1つずつ存在する。
- ⑥ 転写されたmRNA前駆体は核外でキャップ構造とポリAテールが付加される。

ii) アンチセンス鎖の塩基配列が5'-TGGCACTAA-3'の場合、転写されたRNAの配列はどうなるか、5'側から記せ。

問3 下線部(3)について、

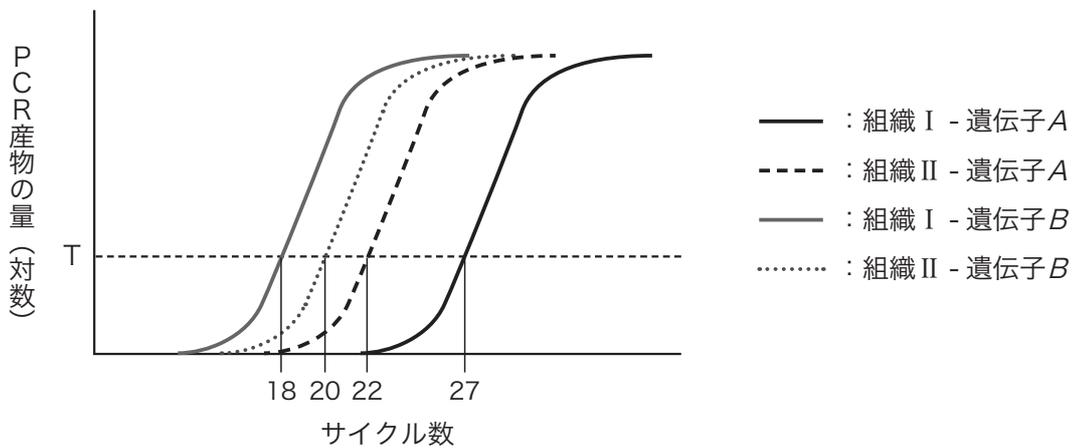
i) 塩基性タンパク質のヒストンにアセチル基が付加することで、ヒストンの正電荷が減少してクロマチン構造がゆるむ。ヒストンの正電荷が減少するとクロマチン構造がゆるむのはどうしてか、簡潔に記せ。

ii) ヒストンのメチル基修飾やアセチル基修飾などによる転写の制御は、個体の形質変化にも関与する。例えば一卵性双生児は同じゲノムをもつが、体格や健康状態が同じになるとは限らない。このように、DNAの塩基配列の変化を伴わずに遺伝子発現が調節される現象およびその研究分野を何とよぶか、名称を記せ。

生 物 (その3)

問4 下線部(4)について、マウスの組織Iと組織IIにおける遺伝子Aの転写量(mRNAの量)を比較するために以下の実験を行った。転写量の基準として、どちらの組織においても細胞あたりの転写量が同じである遺伝子BのmRNAを用いた。まず、採取した組織Iと組織IIからそれぞれ全mRNAを抽出し、これらのmRNAをもとにcDNAを合成した。次に、cDNAを鋳型として遺伝子Aと遺伝子Bのそれぞれの一部をPCR反応で増幅した。各PCR産物をサイクルごとに定量し、その値が一定量(T)になるまでのサイクル数を比較することでmRNAの定量を行った(図1)。ただし、遺伝子Aと遺伝子BのPCR産物の長さは同じである。また、図1は縦軸が対数の片対数グラフである。

図1



- i) 遺伝子Bのように、細胞の種類に関わりなく常に発現している遺伝子を何とよぶか、名称を記せ。
- ii) 遺伝子BのPCR産物の量がTになったのは、組織Iでは18サイクル目、組織IIでは20サイクル目であった。採取した組織Iに含まれていた細胞数は、採取した組織IIに含まれていた細胞数の何倍か。次の①～⑦から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- ① 1/8倍 ② 1/4倍 ③ 1/2倍 ④ 1倍
⑤ 2倍 ⑥ 4倍 ⑦ 8倍

生 物 (その4)

iii) 遺伝子 A の PCR 産物の量が T になったのは、組織 I では 27 サイクル目、組織 II では 22 サイクル目であった。遺伝子 A について、組織 II における細胞あたりの転写量は組織 I における細胞あたりの転写量の何倍か、整数で記せ。

問5 遺伝子発現はホルモンにより調節されることもある。糖質コルチコイドによる調節のしくみについて、次の ①～⑧ から適当なものをすべて選び、その過程を例にならって順に記せ。

例：⑩ → ⑫ → ⑪ → ⑨

- ① 糖質コルチコイドが細胞内にある受容体に結合する。
- ② 糖質コルチコイドが細胞膜にある受容体に結合する。
- ③ 糖質コルチコイドが細胞膜の脂質二重層を通過して細胞内に入る。
- ④ 糖質コルチコイドが直接 DNA に結合し、転写因子としてはたらく。
- ⑤ 糖質コルチコイドが細胞膜にあるチャネルを通過して細胞内に入る。
- ⑥ 活性化された G タンパク質が転写因子としてはたらく。
- ⑦ 受容体と結合した糖質コルチコイド複合体が G タンパク質を活性化する。
- ⑧ 受容体と結合した糖質コルチコイド複合体が転写因子としてはたらく。

問6 下線部 (5) について、ある遺伝子 C の遺伝子産物 C は、4 量体 ($4C$) を形成したときのみ転写因子として機能する。 C は 4 量体形成に必要な領域と転写制御に必要な領域をもつ。遺伝子 C の変異型である C' の遺伝子産物 C' は、4 量体形成に必要な領域は正常であるが、転写制御に必要な領域は変異して機能をもたない。この変異型遺伝子 C' と正常型遺伝子 C をヘテロにもつ細胞でつくられる 4 量体のうち、機能するもの ($4C$) の割合は何%か。数値は四捨五入して小数第 2 位まで記せ。ただし、この細胞において変異型 C' と正常型 C のタンパク質の量は同じものとする。

生 物 (その5)

問7 下線部(6)について、ある正常細胞で転写因子の遺伝子 D 、 E 、 F 、 G はほとんど転写されていないが、それががん化した細胞では遺伝子 D の転写量が著しく増加し、その影響下にある遺伝子 $E \sim G$ の転写量も増加していた。遺伝子 W 、 X 、 Y 、 Z は正常細胞で一定量の転写がみられたが、このがん細胞では転写因子 $D \sim G$ の影響を受け、その転写量は遺伝子 W と X は増加し、 Y は減少、 Z に変化はみられなかった(表1)。このがん細胞に対し、RNA干渉を用いて転写因子 $D \sim G$ の量を減少させたところ、遺伝子 $W \sim Z$ の転写量は表1のようになった。これらの結果から、遺伝子 $E \sim G$ 、 $W \sim Z$ の転写量は転写因子 D により図2のように調節されていることがわかった。

図2の(ア)～(キ)に入る遺伝子を記せ。ただし、(ア)～(ウ)は $E \sim G$ のいずれか、(エ)～(キ)は $W \sim Z$ のいずれかである。また、転写因子 $E \sim G$ は互いの転写に影響せず、遺伝子 D の転写にも影響しない。さらに、遺伝子 $W \sim Z$ の転写は、転写因子 $D \sim G$ 以外の影響を受けない。

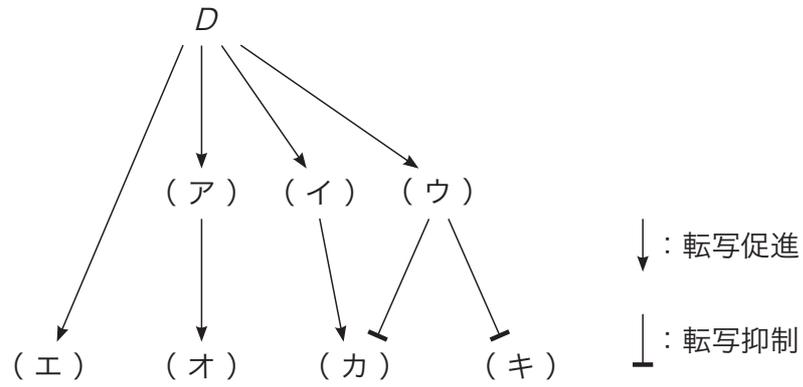
表1

| 細胞 | RNA干渉 | W | X | Y | Z |
|------|------------|-----|-----|-----|-----|
| 正常細胞 | なし | ++ | ++ | ++ | ++ |
| がん細胞 | なし | +++ | +++ | + | ++ |
| がん細胞 | D をRNA干渉 | ++ | ++ | ++ | ++ |
| | E をRNA干渉 | ++ | +++ | + | ++ |
| | F をRNA干渉 | +++ | +++ | + | + |
| | G をRNA干渉 | +++ | +++ | ++ | +++ |

(+ の数は転写量を表す)

生 物 (その6)

図2



生 物 (その7)

第2問 糖尿病に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

I型糖尿病患者Aさんの例

小学5年生のAさんは、家族でキャンプに行った際に夜尿(おねしょ)で寝袋をぬらしてしまった。小学校に入学した頃から夜尿をすることはなかったので、両親は少し心配になり、Aさんの日常生活を振り返ってみた。すると、トイレに行く回数が非常に多く、頻回に水を飲むようになっていた。また、⁽¹⁾以前に比べて異常なほど食欲があり、食事量が増えたにも関わらず、やせてきてズボンがゆるくなっていた。両親はこれらの症状が糖尿病でみられることを知っていたため、キャンプから帰宅後に受診させ、I型糖尿病であることが判明した。それ以来、Aさんは⁽²⁾インスリン注射器セットを携帯することになった。

II型糖尿病患者Bさんの例

若い頃からお酒と甘いお菓子が大好きだった自営業のBさんは、現在55才で身長160cm、体重92kg(肥満体型)である。最近、からだのだるさや頻尿に悩まされていたため病院で検査してもらったところ、II型糖尿病であることが判明した。

問1 腎臓と尿の生成について、

- i) 次の文の(ア)～(カ)に入るものはどれか。下の①～⑨から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

腹部の大動脈から(ア)を通過して腎臓へと供給された血液は(イ)から(ウ)にろ過されて原尿となり、水は(エ)と集合管で再吸収される。集合管を通過した尿は(オ)から(カ)を通過してぼうこうにためられる。

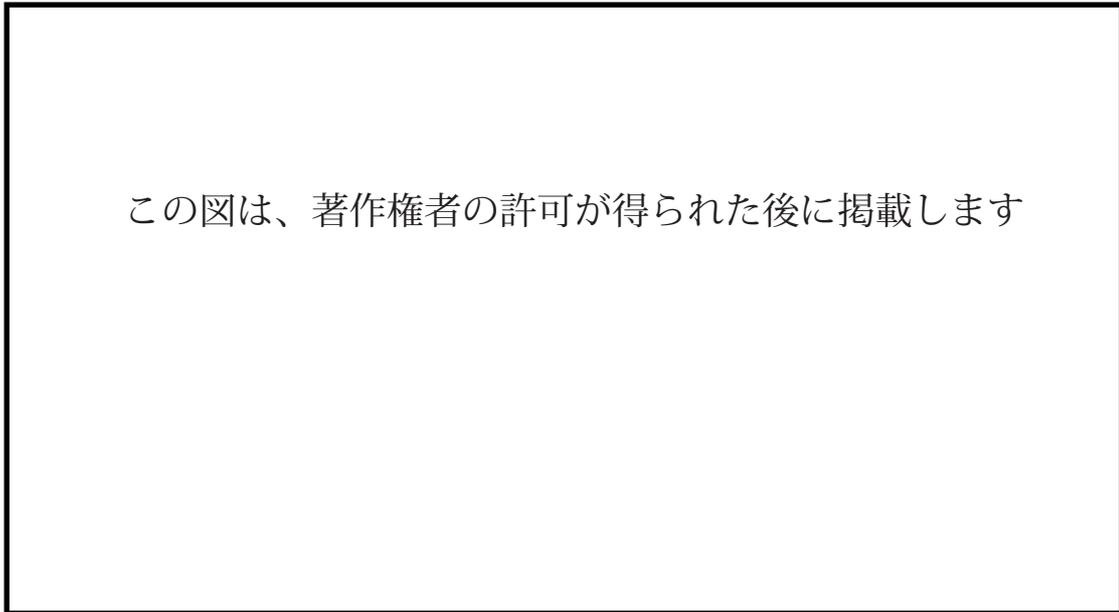
- | | | |
|-------|-------|----------|
| ① 細尿管 | ② 輸尿管 | ③ ボーマンのう |
| ④ 糸球体 | ⑤ 腎動脈 | ⑥ 腎静脈 |
| ⑦ 腎う | ⑧ 皮質 | ⑨ 髓質 |

- ii) i)の(イ)と(ウ)を合わせて何とよぶか、名称を記せ。

生 物 (その8)

- iii) 腎臓の構造を図3に示す。図3の a ~ d が示す部分は何か。下の ① ~ ⑨ から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

図3



- | | | |
|-------|-------|----------|
| ① 細尿管 | ② 輸尿管 | ③ ボーマンのう |
| ④ 糸球体 | ⑤ 腎動脈 | ⑥ 腎静脈 |
| ⑦ 腎う | ⑧ 皮質 | ⑨ 髓質 |

- iv) ぼうこうにはたらきかけて排尿を促進する神経はどれか。次の ① ~ ④ から最も適当なものを1つ選び、番号で記せ。

- | | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| ① 感覚神経 | ② 運動神経 | ③ 交感神経 | ④ 副交感神経 |
|--------|--------|--------|---------|

生 物 (その9)

問2 下線部(1)について、食事量が多いにも関わらず、Aさんがやせたのはどうしてか、簡潔に記せ。

問3 下線部(2)について、

i) インスリンのはたらきとして、次の①～⑤から適当なものを2つ選び、番号で記せ。

- ① 肝臓でのグリコーゲンの分解を促す。
- ② 肝臓でのグリコーゲンの合成を促す。
- ③ 骨格筋へのグルコースの取り込みを促す。
- ④ 血しょう中でグルコースを分解してATPを産生する。
- ⑤ 脂肪細胞での脂肪の分解を促す。

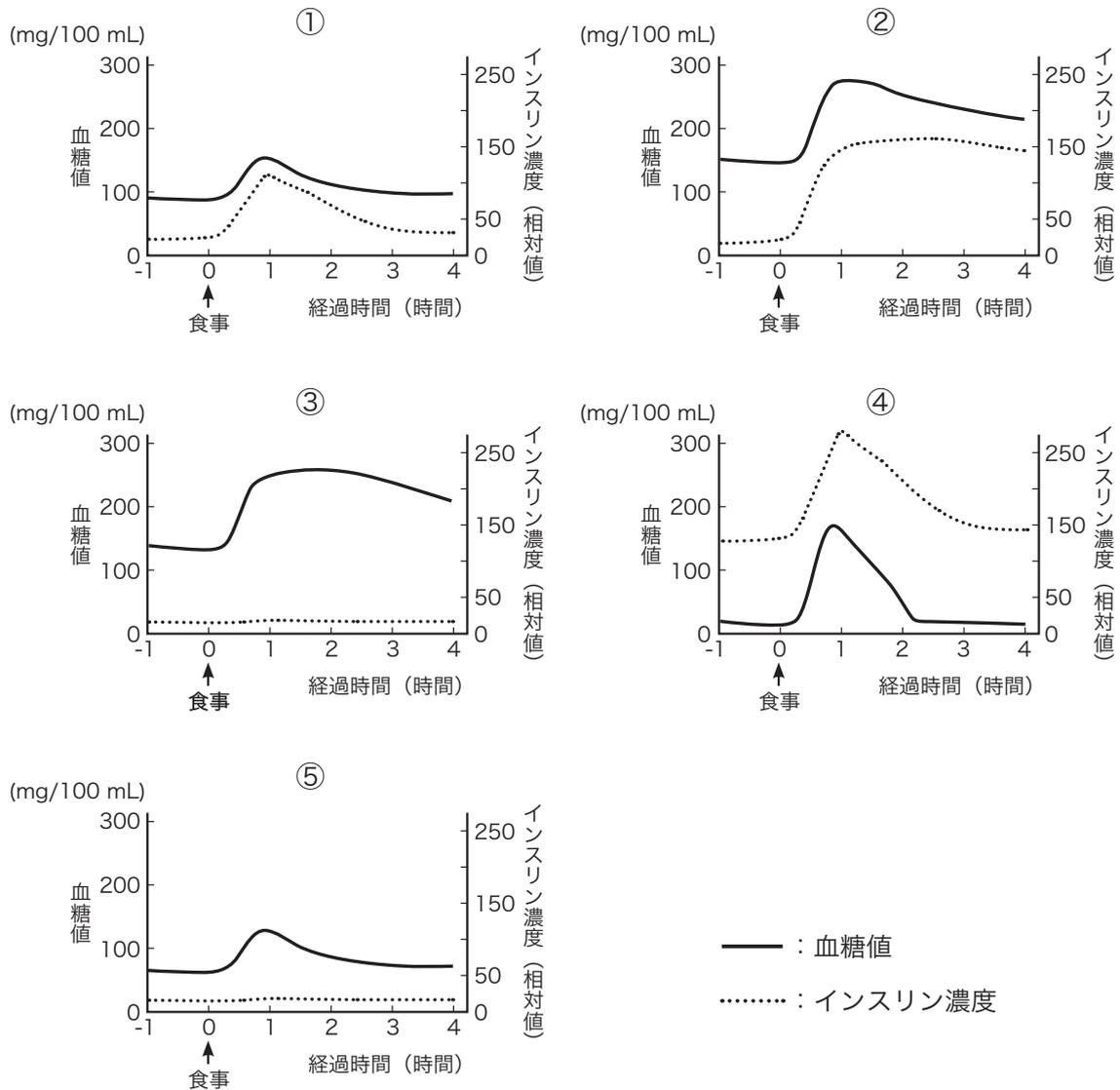
ii) 小春日和のある日、あなたはAさんを連れてサイクリングに出かけることになった。途中のパン屋で食事する予定だったので、その前の休憩時にAさんはいつもどおりインスリンを注射したが、パン屋が臨時休業だったため少し離れたレストランまで足を伸ばすことになった。ほどなく、Aさんはひどく汗をかき始めた後で意識がもうろうとして動けなくなってしまった。一番近い病院までは10 kmほどある。Aさんのカバンの中には予備のインスリン注射器セット、ラムネ菓子(グルコースが多く含まれている)、水、タオルが入っている。このとき、あなたがとる行動として最も適当なものはどれか。次の①～⑤から1つ選び、番号で記せ。

- ① 周囲の人に協力してもらい、かついで病院へ運ぶ。
- ② 予備のインスリン注射を打つ。
- ③ ラムネ菓子を食べさせる。
- ④ タオルを水でぬらしてからだを冷やす。
- ⑤ タオルで汗をふき、木陰でからだを休ませる。

生 物 (その10)

問4 治療前のAさんとBさんについて、食事前1時間から食事後4時間までの血糖濃度(血糖値)と血中インスリン濃度の時間変化を調べたところ、それぞれ異なる結果を得た。AさんとBさんの測定結果はそれぞれどれか、最も適当なものを図4の①～⑤から1つずつ選び、番号で記せ。ただし、測定前10時間は何も食べていない。

図4



生 物 (その11)

問5 1分間に細尿管に流れ込むグルコース量と細尿管で再吸収されるグルコース量の関係を図5に示す。1分間に細尿管に流れ込むグルコース量と細尿管で再吸収されずに排出されるグルコース量の関係はどうなるか、解答欄の図に実線で描け。

図5

この図は、著作権者の許可が得られた後に掲載します

生 物 (その12)

第3問 性と生殖に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

生物が新しい個体を生み出す過程を生殖とよぶ。配偶子をつくらずに親のからだの一部から新しい個体を生じる生殖法を (1) 無性生殖とよぶ。一方、雌雄2種類の配偶子が合体することにより、新しい個体生まれることを有性生殖とよぶ。(2) 有性生殖では配偶子をつくる際に減数分裂を伴う。(3) この過程で配偶子の多様性が生みだされる。(4) 有性生殖を行う動物の多くは雌雄が別個体(雌雄異体)だが、(5) 1つの個体が雌と雄の両方の生殖器官をもち(雌雄同体)、卵と精子をつくりだす動物もいる。

問1 下線部(1)について、ヒドラとジャガイモはどのような方法の無性生殖をするか、それぞれ名称を記せ。

問2 下線部(2)について、減数分裂の過程の一部を図6と図7に示す。

図6

図7

この図は、著作権者の許可が得られた後に掲載します

この図は、著作権者の許可が得られた後に掲載します

生 物 (その13)

i) 図6と図7は減数分裂の過程のどの時期にあたるか。次の①～⑧から最も適当なものをそれぞれ1つずつ選び、番号で記せ。

① 第一分裂前期

② 第一分裂中期

③ 第一分裂後期

④ 第一分裂終期

⑤ 第二分裂前期

⑥ 第二分裂中期

⑦ 第二分裂後期

⑧ 第二分裂終期

ii) 図6において、aは2つのbが対合して形成される。aとbをそれぞれ何とよぶか、名称を記せ。

iii) 図6のcで示した部位を何とよぶか、名称を記せ。

問3 下線部(3)について、減数分裂で多様性が生みだされるしくみを2つ簡潔に記せ。

生 物 (その14)

問4 下線部(4)について、雌雄異体の性は、配偶子をもつ性染色体の組み合わせにより受精時に決まることが多い。カイコガは性染色体としてZとWの2種類をもつ。

i) 性決定様式がZW型である生物を、次の①～④からすべて選び、番号で記せ。

① ニワトリ

② キイロショウジョウバエ

③ トノサマバッタ

④ ミノガ

ii) カイコガの雌と雄の性染色体の組み合わせをそれぞれ記せ。

iii) カイコガには油をしみこませた紙のように皮膚が透ける変異体(油蚕)がある。この変異は単一遺伝子によることがわかっている。油蚕の雌を正常蚕の雄と交配したところ、得られたF₁は雌雄ともにすべて正常蚕であった。F₁どうしを交配して得られたF₂の雌の分離比は正常蚕：油蚕＝1：1で、雄はすべて正常蚕であった。油蚕の原因遺伝子について、次の①～⑤から適当なものをすべて選び、番号で記せ。

① 顕性(優性)である。

② 潜性(劣性)である。

③ 常染色体上にある。

④ Z染色体上にある。

⑤ W染色体上にある。

問5 下線部(5)について、カタツムリのミスジマイマイは雌雄同体であるが自家受精ができない。雌雄同体であることが、ミスジマイマイの繁殖にとってどのような利点があるか、簡潔に記せ。