

和歌山県立医科大学

平成 29 年 度

理 科

問 題 冊 子

生 物

第1問 以下の文章を読み、各問に答えよ。

細胞骨格はほとんどすべての真核細胞に存在する繊維状の構造体で、太さの異なる3種類に分類される。最も細いアクチンフィラメントを形成するタンパク質であるアクチンは筋肉の収縮を引き起こすタンパク質の1つとして知られるが、筋肉細胞以外の細胞にも存在し、様々な機能を担っている。^(b) ヒトを含む脊椎動物はアクチンの遺伝子を複数種類もっており、細胞の種類により含まれるアクチンの種類や比率が異なることが知られている。例えば骨格筋細胞には骨格筋型 α アクチンと少量の心筋型 α アクチンが含まれるが、心筋細胞では心筋型 α アクチンの含有量が多くなる。また神経細胞や赤血球など筋肉細胞以外の細胞に含まれるアクチンのほとんどが β アクチンと γ_1 アクチンである。それぞれのアクチンは前述の通り異なる遺伝子にコードされているが、いずれもアクチン繊維を形成する等の共通の性質を持ち、構造は互いによく似ている。

問1 文中の下線部(a)について、この中でもっとも太い繊維構造からなる細胞骨格の名称を答えるとともに、その主な機能を以下の選択肢より4つ選び、番号で答えよ。

- | | | |
|------------|--------------|---------------|
| ① 繊毛運動 | ② クロマチン繊維の形成 | ③ ギャップ結合の維持 |
| ④ べん毛運動 | ⑤ 細胞質分裂 | ⑥ 紡錘体による染色体移動 |
| ⑦ 細胞内の物質輸送 | ⑧ ホルモンを受容 | ⑨ 水の透過 |
| ⑩ 接着結合の維持 | | |

問2 下線部(b)について、筋肉細胞以外におけるアクチン繊維の機能を上記の選択肢より3つ選び、番号で答えよ。

問 3 ヒトの場合、骨格筋型 α アクチンの遺伝子に生じた 1 塩基の置換と先天性ミオパチー(生まれつき骨格筋に障害がある病気)との関連性が認められる例がいくつか知られている。その 1 つに関する以下の問に答えよ。

- (1) A から C への塩基置換が起こることで、コードされる骨格筋型 α アクチンのアミノ酸配列中のイソロイシンがロイシンに変異している例が知られている。遺伝子のこの変異はどのような過程を経て骨格筋の障害を引き起こすと考えられるか。下の語をすべて用いて 5 行以内で説明せよ。

(用いる語)

翻訳, 転写, 一次構造, 筋原繊維

- (2) ヒトの骨格筋型 α アクチン遺伝子は 1 番染色体上にあり、血液細胞を用いた遺伝子検査の結果、前述の遺伝子変異は対立遺伝子の片方にのみ見つかっている。また、遺伝子変異が見つかった患者の両親は健康で、同じ両親から 3 年前に生まれた子も健康であった。これらのことから、この遺伝子変異が最初に生じた場所としてどこが考えられるか。①～⑧の中で比較的可能性が高いと思われるものを 3 つ選べ。

- ① この患者の骨格筋細胞
- ② この患者の血液細胞
- ③ この患者の始原生殖細胞
- ④ 母親の始原生殖細胞
- ⑤ 母親の卵原細胞
- ⑥ 父親の筋肉細胞
- ⑦ 父親の精原細胞
- ⑧ 祖父母いずれかの始原生殖細胞

- (3) この先天性ミオパチーの患者には、心臓の機能に大きな異常が認められなかった。この理由を説明する文として適切なものを以下よりすべて選べ。

- ① 心臓の拍動は自律性が高く、運動神経からの刺激に依存しないため。
- ② 心筋細胞は父親由来の骨格筋型 α アクチン遺伝子と、母親由来の骨格筋型 α アクチン遺伝子をもっているため。
- ③ 心筋細胞には心筋型 α アクチンが多く含まれるため。
- ④ 心筋細胞には心筋型 α アクチンに加え、骨格筋型 α アクチンも含まれるため。
- ⑤ 骨格筋細胞に含まれるアクチンのほとんどは骨格筋型 α アクチンであるため。
- ⑥ 骨格筋型 α アクチンと心筋型 α アクチンとではわずかながらアミノ酸配列に違いがあるため。
- ⑦ 骨格筋細胞は多核であるが、心筋細胞のほとんどは単核であるため。

第2問 以下の文章を読み、各問に答えよ。

生物をかたちづくる細胞の大きさは様々であるが、いずれも細胞膜により覆われ、内部にはいろいろな細胞小器官が存在する。多くの細胞は少なくとも1つの核をもつ。核は核膜で覆われ、内部^(a)には遺伝物質であるDNAがタンパク質と結合した染色体があり、核小体も1つ以上存在している。核膜は内膜と外膜の2重の生体膜で構成され、外膜に連続するように小胞体が存在する。小胞体^(b)は生体膜で構成された扁平な袋状構造で、核を取り巻くように何層も存在し、リボソームと結合しているものもある。細胞内には小胞体と同様に生体膜で構成された構造としてゴルジ体のほか、様々な小胞が存在する。その1つがリソソーム^(c)である。リソソームは内部に様々な種類の分解酵素を含んでいる。

細胞は様々な活動を行っているが、酸素を使った代謝反応^(d)は細胞小器官の1つであるミトコンドリアで行われている。ミトコンドリアも外膜と内膜の2重の生体膜で構成され、内膜はクリステと呼ばれる「ひだ」をつくっている。植物細胞には光合成を行う細胞小器官である葉緑体^(e)も存在しており、ミトコンドリア同様、内膜と外膜の2重の生体膜で覆われた構造をもつ。一方、細胞質には糖質の分解に関わる酵素など様々なタンパク質が存在する。原形質流動や細胞の移動などに重要な役割を果たしている細胞骨格もタンパク質でできた繊維状の構造である。

細胞膜は細胞を外部から隔て、保護する役割をもっているが、同時に細胞内外の物質の運搬を調整して、細胞内の恒常性を保つ役割も果たしている。また、細胞外からの情報を受け取り、内部に伝える役割もち、これらには細胞膜がもつ膜タンパク質^(f)が大きな役割を果たしている。

問1 下線部(a)に関連する以下の文より、内容が正しいものをすべて選べ。

- ① ヌクレオチドの構造はDNAとRNAで同じである。
- ② DNAはヒストンと呼ばれるタンパク質に巻き付いて、ヌクレオソーム構造をとる。
- ③ 転写時にはDNAとRNAが相補的に結合して2重らせん構造をとる。
- ④ 細菌はDNAではなくRNAのみに遺伝情報を記録している。
- ⑤ 染色体はG₁期よりもM期の方が観察しやすい。
- ⑥ 核小体は内部にRNAを含む生体膜で覆われた小胞構造である。
- ⑦ RNAの転写は核内でなく、細胞質で進行する。

問 2 下線部(b)に関連して、小胞体とリボソームについて述べた以下の文より、内容が正しいものをすべて選べ。

- ① リボソームは生体膜をもつ細胞小器官である。
- ② 粗面小胞体はタンパク質の生合成と運搬に関係している。
- ③ 滑面小胞体は細胞内のカルシウムイオンの濃度調節に関係している。
- ④ 小胞体の一部は細胞膜と融合して内容物を放出する。
- ⑤ リボソームは mRNA と結合することができる。
- ⑥ リボソームと結合していない小胞体がゴルジ体である。

問 3 下線部(c)に関して、リソソームの細胞内での役割を 1 行以内で答えよ。

問 4 下線部(d)に関して、以下に示した(1)から(3)の反応は細胞内で起こる呼吸の過程である。それぞれの反応式の(ア)から(オ)に当てはまる正しい係数を記入せよ。

- (1) $2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + (\text{ア})\text{H}_2\text{O} + 8\text{NAD}^+ + 2\text{FAD}$
 $\longrightarrow (\text{イ})\text{CO}_2 + 8(\text{NADH} + \text{H}^+) + 2\text{FADH}_2 + 2\text{ATP}$
- (2) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{NAD}^+$
 $\longrightarrow (\text{ウ})\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2(\text{NADH} + \text{H}^+) + (\text{エ})\text{ATP}$
- (3) $10(\text{NADH} + \text{H}^+) + 2\text{FADH}_2 + (\text{オ})\text{O}_2$
 $\longrightarrow 10\text{NAD}^+ + 2\text{FAD} + 12\text{H}_2\text{O} + 34\text{ATP}$

問 5 問 4 の(1)から(3)の反応の名称を答えよ。また、細胞内のどこで進行するかを以下の語群より 1 つ選んで答えよ。

(語群)

細胞質、ミトコンドリアマトリックス、ミトコンドリア内膜、細胞膜

問 6 下線部(e)に関して述べた以下の文より、内容が間違っているものを 2 つ選べ。

- ① クロロフィルはチラコイド膜に存在する。
- ② 光化学系Ⅰも光化学系Ⅱもクロロフィルをもっている。
- ③ 光合成では電子受容体として NADP^+ が使われている。
- ④ カルビン・ベンソン回路はマトリックスで進行する。
- ⑤ 取り込まれた二酸化炭素が最初にオキサロ酢酸になる植物は C3 植物である。
- ⑥ 葉緑体で起こる ATP 合成反応は光リン酸化とも呼ばれる。

問 7 細胞の大きさや細胞内での原形質流動の速さは、顕微鏡とマイクロメーター(マイクロメーター)と呼ばれる器具を使って測ることができる。図 1 は、顕微鏡下で接眼マイクロメーターの 1 目盛りの間隔を求めるために、対物マイクロメーターの目盛りと合わせているところである。図中で 10, 20 などの数字が入った目盛りが接眼マイクロメーターの目盛りであるが、この 1 目盛りの間隔を求める方法を説明せよ。答えは、解答用紙の空欄に収まるように書くこと。

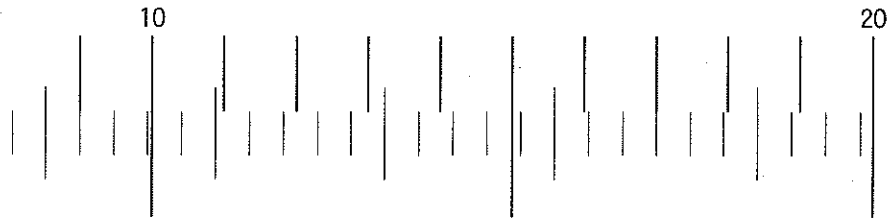


図 1

問 8 原核細胞と真核細胞に関する以下の文より、内容が間違っているものをすべて選べ。

- ① 原核細胞の DNA は環状構造をしている。
- ② 原核細胞内の DNA は核膜で保護されている。
- ③ 原核細胞も真核細胞もリボソームをもっている。
- ④ アルコール発酵を行う酵母は原核細胞である。
- ⑤ ほとんどの原核細胞は単細胞真核生物よりも大きい。
- ⑥ 真核細胞の細胞壁はセルロースやペクチンなどから構成されている。

問 9 葉緑体やミトコンドリアはそれぞれ細菌が起源だと考えられており、その証拠とされる特徴をもつ。それらの特徴を 2 つ挙げて、まとめて 3 行以内で答えよ。

問10 下線部(f)に関して、以下の(1)から(3)の現象はそれぞれ{ }内に示した膜タンパク質が関係している。それぞれの現象に{ }内の膜タンパク質が果たしている役割を 3 行以内で説明せよ。

- (1) ヒトの赤血球を低張液にいれると溶血を起こす。{アクアポリン}
- (2) アフリカツメガエルの胞胚の受精膜を除去し、カルシウムイオンとマグネシウムイオンを完全に抜いた培養液で培養したところ、一定時間後、胞胚を構成している割球(細胞)はばらばらになった。{カドヘリン}
- (3) 神経細胞に伝わった刺激はシナプスにおいて、次の神経細胞へ伝達される。{伝達物質依存性イオンチャネル}

第3問 以下の文章を読み、各問に答えよ。

地球上の最古の生物の化石は、約 35 億年前に形成された岩石から見つかったが、それより前に、既に地球上には今の原核生物に似た生命体が存在していたと考えられている。真核細胞が出現したのは約 21 億年前で、約 10 億年前には多細胞生物が生存していたとされる。約 6 億年前には、現在のクラゲに似た形態の生物の化石が見つかったが、現存する生物との類縁関係は不明である。^(a)古生代カンブリア紀になると、多様な生物が誕生し、^(b)この時代に現在見られる動物門のほとんどが出現した。中には現在のものとは大きく異なる動物も含まれており、このような多様な生物の出現は、カンブリア大爆発と呼ばれている。カンブリア紀末には、原始的な脊椎動物も現れて^(c)いる。

現在の地球上には、未知のものも含めて何百万種類とも何千万種類とも言われる生物が存在する。この膨大な種類の生物はヒトによって様々な観点から分類されており、系統関係に基づく分類は系統分類と呼ばれる。生物間の系統関係を推測するには、その生物の形態的特徴^(d)を知り、比較することが重要である。また、動物の発生様式の比較による推測も行われてきた。近年では生物を構成するタンパク質のアミノ酸配列^(e)や、これを決定する DNA の塩基配列を比較すること^(f)によっても系統関係が推測されている。

問 1 下線部(a)に示した特徴をもった生物群は、その化石の見つかった地域の名前から、なんと呼ばれているか答えよ。

問 2 下線部(b)のカンブリア紀に関連した以下の文のうち、間違っているものをすべて選べ。

- ① パージェス動物群はカンブリア紀の多様な動物群の化石として有名である。
- ② 三葉虫はこの時代に出現した代表的な動物である。
- ③ 先カンブリア時代に比べると海中の酸素濃度は大きく上昇していた。
- ④ 陸上には維管束をもった小型の原始的な植物が繁殖していた。
- ⑤ この時代の動物群の運動能力はまだ高くなく、今で言う肉食動物も存在しなかった。

問 3 下線部(c)に示した原始的な脊椎動物は現在のヤツメウナギと似た体制をもつものと考えられている。これらの動物をなんと呼ぶか、また一般的な硬骨魚類と比べた場合、どの様な点が異なるか、2行以内にまとめて答えよ。

問 4 文中で「系統分類」や「系統関係」という語が使われている。この「系統」という語はどのようなことを意味するか、1行以内で説明せよ。

問 5 下線部(d)に関して、形態の類似性には、相同の関係と、相似の関係があることが知られており、相似の関係には系統関係はないことが知られている。相同と相似の違いを具体的な例を挙げて 5 行以内で説明せよ。

問 6 下線部(e)に関して、以下の表は、異なる 4 種の動物(A, B, C, D)に共通して存在するタンパク質 X のアミノ酸配列を比較したものである。値はタンパク質を構成するアミノ酸のうち、置換が起こっているアミノ酸の割合を%で示した数値であり、4 種の動物間でタンパク質 X を構成するアミノ酸の数は同一であるとする。4 種の動物の系統関係はこの表や他の研究結果より解答欄の図の通りになることがわかっている。この表をもとに図中の()内に A から D の記号を入れよ。

表

	B	C	D
A	18	28	33
B		32	35
C			37

表の見方(例)

動物 A と動物 B ではタンパク質 X のアミノ酸配列のうち、18 % が置換している。

問 7 下線部(f)に関して、塩基の置換が起こっていた場合でもそれが中立的な場合と、中立的でない場合がある。このような 2 種類の置換が存在する理由を 5 行以内で答えよ。

第4問 以下の文章を読み、各問に答えよ。

有性生殖では、異なる個体の配偶子が接合することにより、親と異なる遺伝子セットをもつ個体を生むことが可能となる。よってこれは、種内の遺伝子多様性を確保する上で有為な生殖方法であると考えられる。多くの動物と同様に植物も有性生殖を行うが、その方法は多様である。被子植物の場合、やくと胚珠の中での減数分裂を経て配偶子が形成される。花粉はやくにある花粉母細胞が減数分裂して花粉四分子となった後、さらに細胞分裂を経て花粉管細胞と雄原細胞とになったものである。雄原細胞は受粉後花粉管の中でもう一度分裂して2つの精細胞となり、片方はめしべの胚珠にある卵細胞と融合して胚の形成にあずかり、もう片方は同じく胚珠にある中央細胞と融合して胚乳の形成にあずかる。イネ科の被子植物であるトウモロコシは、1つの個体にめしべをもつ雌花とおしべをもつ雄花を別々に開花させる雌雄異花の植物である。花粉は風により媒介されるので、異なる個体間での交雑が起こるが、同一個体での雌花と雄花で開花のタイミングが合えば自家受粉も起こる。同じ被子植物でもナス科やバラ科の植物の場合は1つの花におしべとめしべをもつ両性花をつけるため、自家受粉の確率が高くなるとも考えられるが、自家不和合性により自家受粉による種子形成はほとんど進まない種が多くある。

問1 トウモロコシの種子は大きな胚乳をもち、その色は変化に富むが、一般に栽培されている品種では黄色か白色のものが多く、この場合黄色が白色に対して優性の形質となる。胚乳の染色体数は $3n$ であるから、黄色の胚乳を形成する遺伝子を Y 、白色の胚乳を形成する遺伝子を y とした場合、 YYY 、 YYy 、 Yyy の胚乳が黄色、 yyy の胚乳が白色となる。

(1) ある畑に胚乳の遺伝子型が Yyy の種子をできるだけ多く(数百個程度)まき、この畑に実ったトウモロコシの種子の胚乳の色について、黄色のものと白色のものの割合を調べる実験を計画した。ここで自家受粉がおこらないと仮定した場合、黄色のものと白色のものの数の比はおおよそ何対何になると予想されるか答えよ。なおこの遺伝子の遺伝子型の違いにより受粉や結実の効率に差が生じることはなく、この畑の周辺に別のトウモロコシ畑はないものとする。

(2) ある畑に遺伝子型が YYy で黄色の胚乳をもつ種子と遺伝子型が yyy で白色の胚乳をもつ種子を1:1の割合で混ぜてできるだけ多く(数百個程度)まき、この畑に実ったトウモロコシの種子の胚乳の色について、黄色のものと白色のものの割合を調べる実験を計画した。ここで自家受粉がおこらないと仮定した場合、黄色のものと白色のものの数の比はおおよそ何対何になると予想されるか答えよ。なお、2種類の種子をまく領域に偏りはなく、他の条件は(1)と同じであるとする。

(3) 上の(2)の実験で、すべての個体において実った種子の2分の1が自家受粉によるものであると仮定した場合、この畑に実ったトウモロコシの種子の胚乳の色の比はおおよそ何対何になると予想されるか答えよ。

問 2 ナス科やバラ科の植物における自家不和合性には S 遺伝子の関与が知られている。S 遺伝子には多くの遺伝子型 (S1, S2, S3 …) があり、花粉がもつ遺伝子型とめしべがもつ遺伝子型の組合わせにより、受粉後花粉管が伸長して受精するか、伸長しないかが決まる。

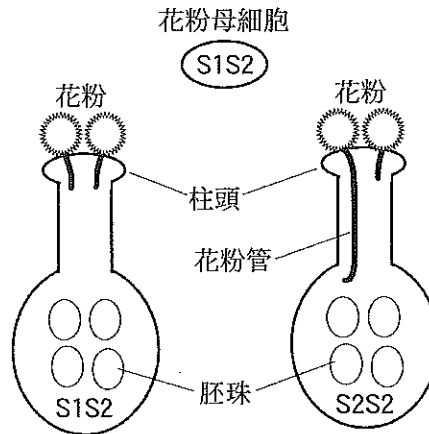


図 2

(1) 遺伝子型が S1S2 の個体の花のめしべに同じ個体の花粉を受粉させると種子形成が認められなかったが、この花粉を S2S2 の遺伝子型をもつ別の個体の花のめしべに受粉させると種子形成が認められた。これはめしべのもつ S 遺伝子の少なくとも片方と同じ遺伝子型の S 遺伝子を花粉がもつ場合に花粉管の伸長が妨げられるためである (図 2)。ただし、ここに示した実験結果のみからは他の可能性も考えられる。それはどのような可能性か、該当するものすべてを下から選べ。

- ① 花粉管が伸びるか否かは花粉の S 遺伝子の遺伝子型によって決まり、めしべの遺伝子型は影響しない。
- ② めしべがもつ S 遺伝子の少なくとも片方と異なる型の S 遺伝子をもつ花粉においてのみ花粉管の伸長が妨げられる。
- ③ めしべがもつ S 遺伝子の少なくとも片方と同じ遺伝子型の S 遺伝子をもつ花粉の花粉管のみが伸長する。
- ④ めしべがもつ S 遺伝子のいずれとも異なる遺伝子型の S 遺伝子をもつ花粉においてのみ花粉管の伸長が妨げられる。
- ⑤ S 遺伝子の遺伝子型にかかわらず花粉管が伸びる確率は常に 50 % である。

(2) 次に(1)で選んだ可能性すべてを検証するための交配実験を計画した。花粉は(1)と同じものを用いる場合、めしべはどのような遺伝子型の個体のものを用いれば良いか。下より 1 つ選んで答え、選んだ理由を 2 行以内で述べよ。これに該当する遺伝子型が複数ある場合はその中の 1 つについてのみ答えること。

(遺伝子型)

S1S1, S1S3, S2S3, S3S4

(3) S 遺伝子が存在すると考えられる染色体の領域の構造が明らかになるにつれ、この領域には複数種類の異なる遺伝子が存在し、その中の少なくとも 2 種類の遺伝子、すなわちめしべで発現する遺伝子(ここでは仮に“A”とよぶ)と花粉で発現する遺伝子(ここでは仮に“B”とよぶ)が自家不和合性に関与することが知られるようになった。A 遺伝子と B 遺伝子にはそれぞれ S 遺伝子の遺伝子型に対応する複数の遺伝子型が存在する。すなわち S1 には A1 と B1 が、S2 には A2 と B2 が含まれることになる。また、A 遺伝子はどの遺伝子型のものでも花粉管の伸長を阻害するために必要な酵素をコードしており、B 遺伝子は A 遺伝子の働きを制御する酵素をコードしていると考えられている。ここで、「めしべのもつ S 遺伝子の少なくとも片方と同じ型の S 遺伝子をもつ花粉において花粉管の伸長が妨げられる」という先の結論に照らし、特定の遺伝子型をもつ A 遺伝子と B 遺伝子の関係についての記述として妥当であるものを下よりすべて選べ。

- ① B1 は A1 の働きのみを抑制する。
- ② B1 は A2 の働きのみを抑制する。
- ③ B1 は A1 以外の A の働きを抑制する。
- ④ B1 は A2 以外の A の働きを抑制する。
- ⑤ B1 は A1 と A2 の働きを抑制するがそれ以外の A の働きは抑制しない。
- ⑥ B1 は A1 と A2 以外の A の働きを抑制する。
- ⑦ B1 はすべての A の働きを抑制する。
- ⑧ B1 はいずれの A の働きも抑制しない。

(4) ここで取り上げた自家不和合性は完全なものではなく、ある条件下では自家受粉による種子の形成が行われることがある。第 4 問の間 2 冒頭からここまでの文章あるいは図の中でこの事実を裏付ける記述を 1 つ挙げるとともに、その理由を 2 行以内で述べよ。

(5) 前述のとおり A と B は同一染色体上の狭い領域に近接して存在している。仮に A と B が別々の染色体上に存在した場合あるいは同一染色体上の離れた位置に存在した場合、自家不和合性にどのような影響が及ぶと考えられるか、理由とともに 8 行以内で述べよ。