

2019年度

慶應義塾大学入学試験問題

看護医療学部

生 物

- 注 意
1. 受験番号と氏名を解答用紙の所定の欄にそれぞれ記入してください。
  2. 解答用紙は1枚です。解答は、必ず所定の欄に記入してください。  
解答欄外の余白、採点欄および裏面には一切記入してはいけません。
  3. 問題用紙の余白は計算および下書きに用いてもかまいません。
  4. この冊子の総ページ数は16ページです。問題文は2～15ページに書かれています。  
試験開始直後、総ページ数および落丁などを確認し、不備がある場合はすぐに手を挙げて監督者に知らせてください。
  5. 不明瞭な文字・まぎらわしい数字は採点の対象としませんので注意してください。
  6. 問題冊子は終了後必ず持ち帰ってください。

《 指示があるまで開かないこと 》

〔I〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

日本人のがん罹患数は年々増加しており、死亡者の3人に1人ががんで亡くなっている。がんは色々な原因によって生じた遺伝子の変異が蓄積した細胞が、正常な制御機構から逸脱して無制限に増殖することによって発生すると考えられている。このことから、「がんは遺伝子の病気である」と考えられるようになった。実際に細胞のがん化には「がん遺伝子」や「がん抑制遺伝子」と呼ばれる二つの遺伝子群の変異が関係している。正常細胞の増殖に関わる遺伝子の変異を受けて「がん遺伝子」となり、それにコードされたタンパク質（がん遺伝子産物）による増殖促進作用が過剰に活性化することで、正常細胞のがん化を引き起こす。一方、「がん抑制遺伝子」は通常は増殖のブレーキ役のタンパク質をコードしており、細胞の増殖を抑制する働きをする。がん抑制遺伝子の①対立遺伝子の両方が機能を失う変異を受けると不適切に増殖が起こり、がん化が誘導される。

がん細胞と正常細胞には様々な違いが見られる。②正常細胞の増殖はきちんとコントロールされている。しかし、がん細胞は増殖のコントロールを逃れて異常に増殖する。また、③正常細胞には寿命があり、細胞分裂できる回数には限度がある。しかし、がん細胞は無限に分裂する寿命を有している。

さらに、転移する能力を持つこともがん細胞の特徴である。主に体の表面（皮膚や内臓の表面など）を構成する上皮細胞は整然と配列され、隣り合う上皮細胞は種々の細胞間結合でつながれている。これにより上皮細胞が自由に移動することが制限され、組織が構成されている。しかし、④がんになった上皮細胞では互いの細胞接着が壊れて、高い運動性を獲得することで他の臓器へ転移することができる。

がん細胞はエネルギー生産方法でも正常細胞と異なっている。正常細胞はそのエネルギー生産をミトコンドリアの酸化的リン酸化に依存しているが、⑤がん細胞は有酸素環境下でもミトコンドリアの酸化的リン酸化よりも解糖系でATPを産生する。これをワールブルグ効果という。

そのほか、がん細胞は免疫監視機構から逃れる能力や細胞死誘導シグナルに抵抗性を示す。近年は、これら正常細胞とがん細胞の違いを利用したがん治療戦略の開発が進んでいる。

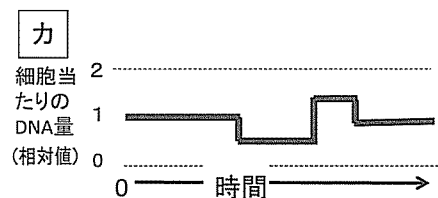
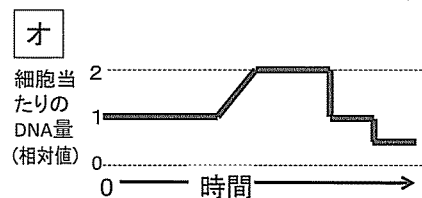
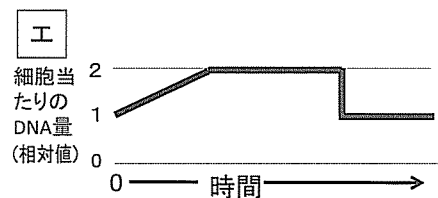
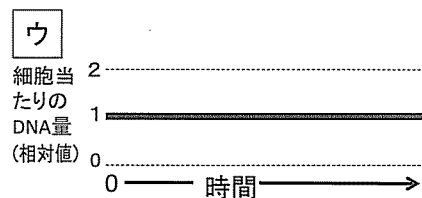
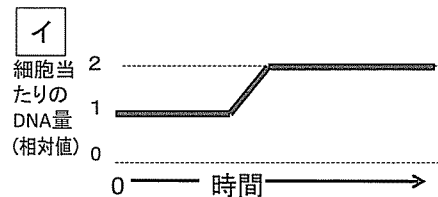
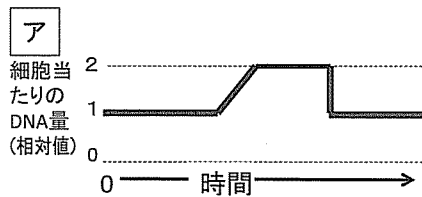
問1 下線部①について、対立遺伝子の遺伝子型が異なっている状態を何と呼ぶか答えなさい。

問2 下線部②について、次の文章を読んで以下の問いに答えなさい。

休止期にある正常細胞は細胞増殖が停止しているが、細胞膜にある受容体に細胞外から細胞増殖を促す情報伝達物質（増殖因子）が結合すると、そのシグナルはタンパク質Aに伝えられ、タンパク質Aの構造が変化して活性化される。その結果、増殖の指令はタンパク質Aから細胞内の様々なタンパク質に伝達され、その情報の一部は核に伝搬されて、細胞周期に関わる遺伝子の発現が引き起こされる。タンパク質Bは転写調節領域に結合して細胞周期のG1期進行に関わる遺伝子の発現を活性化する調節タンパク質である。通常はタンパク質Cがタンパク質Bに

結合していて、タンパク質 B の遺伝子発現活性化作用は抑制されている。しかし、増殖因子刺激によってタンパク質 A が活性化されるとタンパク質 D をコードする遺伝子が転写・翻訳され、タンパク質 D はタンパク質 C に作用する。その結果、タンパク質 C はタンパク質 B から離脱する。それによって、タンパク質 B が活性化されて細胞周期進行に関わる遺伝子の発現を誘導し、細胞周期が進行する。

- (1) タンパク質 A ~ D の中で「がん抑制遺伝子産物」はどれか、一つ選んで記号で答えなさい。
- (2) 正常細胞を増殖因子で刺激した時を時間 0 として、その後の細胞周期進行を示したのが図 **ア** である。RNA 干渉 (RNAi) によってタンパク質 D の mRNA が分解された細胞の細胞周期はどのようなグラフを描くか、図 **イ** ~ **カ** の中から一つ選んで記号で答えなさい。
- (3) 休止期の正常細胞に染色体が赤道面に並ぶことを阻害する薬剤を添加し、増殖因子で刺激した時の細胞周期はどのようなグラフを描くか、図 **イ** ~ **カ** の中から一つ選んで記号で答えなさい。



- (4) 正常細胞ではタンパク質 D の機能はタンパク質 E によって阻害されることでタンパク質 D が過剰に働くことを抑制している。一方、ある種のがん細胞ではタンパク質 E をコードする遺伝子のプロモーター領域では多くのシトシンがメチル化されていた。このシトシンのメチル化が細胞のがん化と関係していると考えられる理由を 3 行以内で説明しなさい。

(5) タンパク質 A をコードする遺伝子の12番目のコドンに相当する DNA の塩基配列の点突然変異によってグリシンからバリンに変わる。このことでタンパク質 A は細胞外からの指令がなくても常に細胞増殖のシグナルを発して細胞をがん化させる。下図はタンパク質 A をコードする遺伝子の正常型と変異型の12番目のコドン周辺の DNA 塩基配列を示している。表 1 を参考にして ①～④ に入る塩基を記入しなさい。

正常型遺伝子 5' ----TTGGAGCTGGTGGCGTA---- 3'

変異型遺伝子 5' ----TT①GAG②TG③TGC④GTA---- 3'

表 1 遺伝暗号表

UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン
UUC	フェニルアラニン	UCC	セリン	UAC	チロシン	UGC	システイン
UUA	ロイシン	UCA	セリン	UAA	終止コドン	UGA	終止コドン
UUG	ロイシン	UCG	セリン	UAG	終止コドン	UGG	トリプトファン
CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン
CUC	ロイシン	CCC	プロリン	CAC	ヒスチジン	CGC	アルギニン
CUA	ロイシン	CCA	プロリン	CAA	グルタミン	CGA	アルギニン
CUG	ロイシン	CCG	プロリン	CAG	グルタミン	CGG	アルギニン
AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン
AUC	イソロイシン	ACC	トレオニン	AAC	アスパラギン	AGC	セリン
AUA	イソロイシン	ACA	トレオニン	AAA	リシン	AGA	アルギニン
AUG	メチオニン	ACG	トレオニン	AAG	リシン	AGG	アルギニン
GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン
GUC	バリン	GCC	アラニン	GAC	アスパラギン酸	GGC	グリシン
GUA	バリン	GCA	アラニン	GAA	グルタミン酸	GGA	グリシン
GUG	バリン	GCG	アラニン	GAG	グルタミン酸	GGG	グリシン

問 3 下線部 ③ について、次の文章を読んで以下の問いに答えなさい。

正常細胞の DNA の末端にはテロメアと呼ばれる繰り返し配列が存在する。DNA 複製の際には、新生鎖の 5' 末端では新生鎖の合成開始時に作られたプライマーが分解されたのちに、その部分を DNA ポリメラーゼは DNA で置き換えることができない。それ故、DNA 複製のたびにテロメアが短縮していく。テロメアが一定の長さまで短縮されると、細胞は分裂できなくなり寿命を迎える。

(1) DNA ポリメラーゼがヌクレオチド鎖伸長する方向は、(A) 5' → 3' か、それとも (B) 3' → 5' のどちらか、アルファベットで答えなさい。また RNA ポリメラーゼは RNA のヌクレオチド鎖を上記 (A) と (B) のどちらの方向で伸長するか、アルファベットで答えなさい。

(2) テロメアが短くなる新生鎖として適切なものを以下の (ア) ~ (ウ) の中から一つ選び、記号で答えなさい。

(ア) リーディング鎖を鋳型として合成される新生鎖

(イ) ラギング鎖を鋳型として合成される新生鎖

(ウ) リーディング鎖，ラギング鎖に関わらず合成される新生鎖

(3) がん細胞はどのようなメカニズムで無限に分裂する寿命を獲得しているか，2行以内で説明しなさい。

問4 下線部④について，転移性の高いがん細胞では細胞接着に関わるあるタンパク質の発現量の低下によって細胞間接着力が低下している。このタンパク質にはいくつかのタイプがあり，同じタイプ同士が結合する。このタンパク質が機能を発揮するためにはカルシウムイオンが必要である。このタンパク質名を答えなさい。

問5 下線部⑤について以下の問いに答えなさい。

(1) 酸素の存在下で1モルのグルコースから生成されるATPの最大モル数を解糖系，クエン酸回路，電子伝達系のステップごとに答えなさい。

(2) ワールブルグ効果によって，解糖系でできたピルビン酸から乳酸が生成する。このピルビン酸から乳酸が生成する過程が解糖系を持続的に働かせることになる。その理由を4行以内で説明しなさい。

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

一般に  や繊毛はATPの分解によって得られたエネルギーで回転運動をうみだすことができる。例えば水生の単細胞生物である  は  生物に属し，この  や繊毛の動きを使って個体の遊泳運動に必要な推進力を生み出し泳ぎ回ることが可能である。一方，水生の後生動物も発生の早い段階でこの繊毛を使って移動する。例えば， 動物や環形動物に共通の  幼生と呼ばれる幼生形態は二列の繊毛帯が体の周りを取り巻いており，これが動くことで水中を移動できる。

動物のウニの幼生では胚の表面に繊毛が生えており，この繊毛を回転させることで水中を泳ぎ回ることができる。このように多くの生物の幼生期において， や繊毛が水中を移動する

のに使われている。一方、脊索動物の幼生は尾を動かすことで移動する。<sup>①</sup>脊索動物の幼生は脊索という構造をもち、脊索の左右両側には筋肉が、脊索の背側には中空の  が生じ、全体として個体の形は前後に伸び、幼生は尾を形成する。この幼生の尾は脊索動物を特徴づける進化的に重要な形質の一つとなっている。

<sup>②</sup>脊索動物の幼生期にみられる尾はなぜ動かすことができるのだろうか？ 脊索動物の発生過程においてこの筋肉質の尾は <sup>③</sup>尾芽胚期とよばれる時期に胚の後部が前後に伸長することで形成される。脊椎動物では尾芽胚において中胚葉細胞の集まりである  が背側の正中線の両側で前後軸に沿って並び、これがやがて尾を動かすための筋肉や脊椎骨などの組織に分化する。分化した尾の筋肉の収縮は  神経によって直接制御されており、これにより脊索動物の幼生は左右の筋肉を巧みに操ることで、水中を自由に泳ぎ回ることができる。無顎類の  の遊泳運動では  の左右の筋肉が交互に収縮し推進力を生み出す。

一方、ヒトは歩行運動によって移動するが、我々は歩行時あまり意識することなく、ひざの伸筋と屈筋、また左右の足の筋肉を交互に動かしている。この筋肉の収縮・弛緩を交互に制御する運動の一つ一つは脳で直接制御されているのではなく、<sup>④</sup>脊髄の中にある一定のリズムを刻む機能をもつ神経回路が制御していることが示唆されている。 やゼブラフィッシュの遊泳運動を制御する神経回路の研究が進められているが、この回路とヒトの歩行時のリズムを制御する神経回路を比較することは脊椎動物の陸上への適応進化を考えるうえで興味深い。

問 1

(1) 上記文中の空欄  ～  に適切な言葉を以下の語群 (ア) から (フ) の中からそれぞれ 1 つずつ選び記号で答えなさい。

[語群]

- |           |            |            |             |
|-----------|------------|------------|-------------|
| (ア) トルナリア | (イ) プリズム   | (ウ) ゴエア    | (エ) トロコフォア  |
| (オ) 原生    | (カ) 原核     | (キ) 細菌     | (ク) 古細菌     |
| (ケ) 緩歩    | (コ) ゾウリムシ  | (サ) ワラジムシ  | (シ) オオヒゲマワリ |
| (ス) サメ    | (セ) ヤツメウナギ | (ソ) ナメクジウオ | (タ) 棘皮      |
| (チ) 軟体    | (ツ) 節足     | (テ) 線形     | (ト) 刺胞      |
| (ナ) 体節    | (ニ) 腎節     | (ヌ) 側板     | (ネ) 神経管     |
| (ノ) 鞭毛    | (ハ) 微絨毛    | (ヒ) 末梢     | (フ) 運動      |

問 2 下線部①について、以下の問いに答えなさい。

(1) カエルの原腸胚において将来脊索となる背側の中胚葉領域は脊索に分化しながら周囲の細胞や組織に作用し分化を誘導する。このような誘導作用をもつ領域を何と呼ぶか書きなさい。

(2) シュペーマンによるイモリの移植実験について正しい文章を選択肢 (ア) ~ (エ) の中から 1 つ選び記号で答えなさい。

[選択肢]

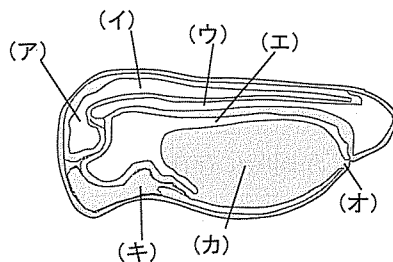
- (ア) 初期原腸胚の原口背唇を切り取り、同時期の他の胚の予定表皮領域へ移植すると移植片は脊索に分化した
- (イ) 初期神経胚の予定神経域を切り取り、同時期の他の胚の予定表皮領域へ移植すると二次胚が形成された
- (ウ) 2細胞期胚を卵割面に沿って髪の毛で弱く縛り、割球の分離を不完全にして発生させると二次胚が形成された
- (エ) 2細胞期胚を卵割面に沿って髪の毛で強く縛り、割球の分離を完全にして発生させると2つの頭を持つ胚が形成された

問3 下線部②について、オタマジャクシの尾を振る力は主にどの分子によって生み出されるか  
 選択肢 (A) ~ (F) の中から 2つ 選び記号で答えなさい。

[選択肢]

- (A) チューブリン (微小管)      (B) アクチン      (C) コラーゲン
- (D) ミオシン      (E) インテグリン      (F) ダイニン

問4 下線部③について、下の図はカエルの尾芽胚の縦断面の模式図である。将来脊髄となる箇所はどこか。該当する記号を1つ答えなさい。



問5 下線部④について、以下の問いに答えなさい。

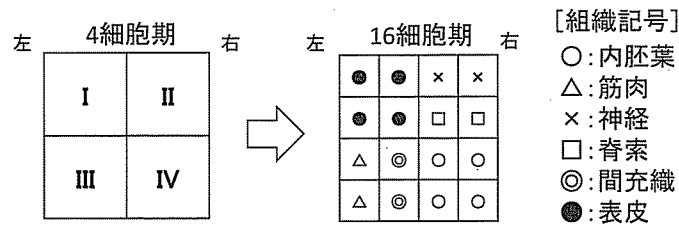
左右の筋肉が交互に運動する下線部④のような回路を考えると以下のような神経接続関係をもつ回路で示すことができる。

A → B, B → C, C → 左の筋肉, D → E, E → F, F → 右の筋肉, E → H, H → B, B → G, G → E

A ~ H のアルファベットは神経細胞, 矢印で示されるのはシナプス結合の方向である。また, それぞれのシナプスの種類は興奮性シナプスか抑制性シナプスのいずれかである。ただし, A および D はそれぞれ左側および右側の最も上流の神経細胞で興奮性シナプスをもつ。

- (1) この特定のリズムカルな運動パターンを生じさせる神経回路のことを何と呼ぶか答えなさい。
- (2) 神経細胞 A ~ H のうち抑制性シナプスをもつニューロンが2つある。それはどのニューロンか、アルファベットで2つ答えなさい。
- (3) 上記(2)の抑制性シナプスを2つとも切断するとどのような運動がみられると考えられるか、2行以内で答えなさい。

問6 誘導に関する次の文章を読み問いに答えなさい。



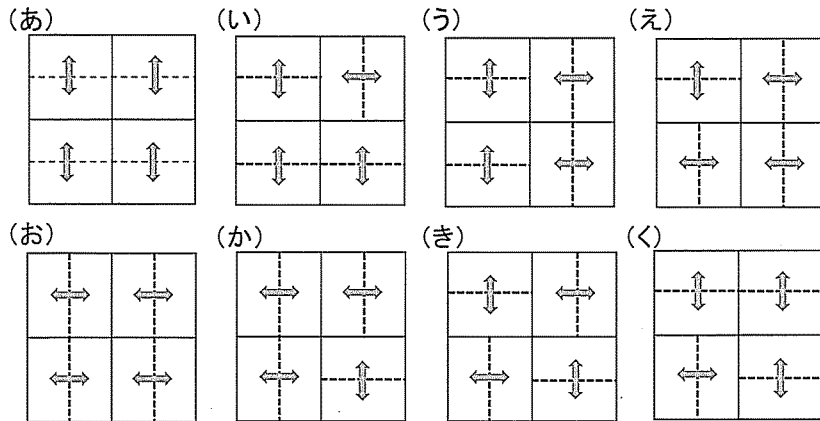
あるモザイク発生を行う生物の4細胞期におけるすべての細胞は1辺が10マイクロメートルの立方体であり、1細胞あたりの体積は1000立方マイクロメートルであった。4細胞期における各割球には上図のようにI~IVの記号を割り当ててある。この生物の細胞分裂は16細胞期まで細胞成長を伴わず等分裂が進む。この生物においてそれぞれの組織分化決定に関わるシグナル分子の性質は以下のようにわかっている。

1. タンパク質 A は内胚葉への分化を促す
2. タンパク質 B は筋肉への分化を促す
3. タンパク質 C は神経への分化を促す
4. タンパク質 A とタンパク質 C が同時に存在するとき細胞は脊索へ分化する
5. タンパク質 A とタンパク質 B が同時に存在するとき細胞は間充織へ分化する
6. タンパク質 B はタンパク質 C の働きを抑制する
7. タンパク質 A は分泌性のタンパク質であり、4細胞期から8細胞期へ分裂する際にのみ誘導因子としてはたらき、タンパク質 A が発現している細胞と100平方マイクロメートル以上接触している8細胞期の娘細胞のみタンパク質 A を十分受け取り、分化誘導できる。ただし、100平方マイクロメートルより接触面積が少ない場合は例え接触していても分化誘導できなくなる。
8. タンパク質 A ~ C の作用を受けない細胞は表皮細胞に分化する



- (1) タンパク質 A ~ C のようなあらかじめ卵内に存在し、細胞分裂を経て受け継がれる細胞の運命決定に関わる分子のことを何と呼ぶか答えなさい。
- (2) 8細胞期の卵割パターンとして以下の図 (あ) ~ (く) のどれが適切か、1つ選び記号で答えなさい。

8細胞期の卵割パターン



※両矢印は直前の分裂後の娘細胞ペア、点線は分裂面を示す

- (3) 4細胞期において割球IにはA~Cいずれのタンパク質も発現していない。各割球II~IVにはタンパク質A~Cのいずれか1種が発現している。各割球II~IVに発現しているタンパク質をそれぞれ類推して対応するアルファベットで答えなさい。
- (4) 4細胞期の割球Iにタンパク質Aを注入したとき16細胞期において発生運命が変化する16細胞期の細胞は合計何個になるか答えなさい。
- (5) 4細胞期の正常胚において、左右両側からカバーガラスではさみこみ、胚全体を軽く左右から圧縮して発生させると個々の細胞は圧縮方向に対して垂直な面の面積は増加し、平行な面ではすべて減少した。その結果、16細胞期は本来の組織分化とは異なる結果を得た。正常な16細胞期胚と比較して細胞運命が変化した細胞のみ、変化後の組織記号 (○, △, ×, □, ◎, ●) を解答欄の図の対応するマスの中に書きなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

2017年のノーベル生理学・医学賞は「概日リズムを制御する分子機構の発見」に関して、アメリカの生物学者ホール、ロスバッシュ、および、ヤングの3人に授与された。概日リズムとは、種々の生理活性が約24時間周期で変動する現象である。概日リズムが環境の変化によるものではなく体内時計によるものではないかという可能性は、1729年にフランスの天文学者ド・メランによって初めて報告された。彼は、① 昼夜の明暗に合わせて生じることが知られていたオジギソウの葉の開閉が、外部からの刺激のない暗箱の中でも生じることが観察したのである。その後、1930年代になってドイツの生理学者ビュニングが植物の概日リズムが遺伝することを証明したが、概日リズムの原因遺伝子は長らく不明であった。この突破口となったのは、1971年にアメリカの生物学者ベンザーとコノプカが、概日リズムに異常があるショウジョウバエの変異体をオス2千匹の中から3系統スクリーニングしたことである。② これら3種類の変異体は概日リズムが消失したもの、リズムの周期長が約19時間と短くなったもの、および、約28時間と長くなったものに対応しており、これらすべての変異がX染色体上の *period* (*per*) と名付けられた単一の遺伝子座にマッピングされた。今回ノーベル賞を受賞した3人は、1984年に③ この *per* 遺伝子をクローニングすることに成功した。

当初、この *per* 遺伝子がコードしている PER タンパク質がどのようにして概日リズムを生み出すのかを説明するための様々な仮説が提案された。例えば、その中の1つである「膜勾配」モデルでは、PER はポンプとして機能するタンパク質で、④ 膜の内外で何らかの分子の濃度勾配をつくり、その勾配がある閾値を越えると一気に解消するというプロセスを繰り返すことで周期的な変動を生み出すのではないかと考えられた。また、別の仮説では、PER は細胞接着に関与するタンパク質で、A を介した細胞間の小分子による情報のやりとりを促進することで最終的に概日リズムを生み出すのではないかと考えられた。この謎を解く最初のヒントも、ホールとロスバッシュによってもたらされた。彼らは、1990年に *per* 遺伝子の mRNA 発現レベルが約24時間周期で振動していることを見出し、PER タンパク質が自身の *per* 遺伝子の転写を抑制する「負の B」モデルを提唱した。

一方、ヤングは、ショウジョウバエの新たなスクリーニングにより、振動に必須のもう1つの遺伝子 *timeless* (*tim*) を発見した。*tim* 遺伝子の mRNA も約24時間周期で振動しており、*tim* 遺伝子がコードしている TIM タンパク質は PER タンパク質と直接相互作用することで核に移行するとともに、PER タンパク質の分解を抑制することがわかった。さらに、その後、*per* および *tim* 遺伝子の転写を活性化する *clock* (*clk*) および *cycle* (*cyc*) 遺伝子が発見された。これらの遺伝子がコードする CLK および CYC タンパク質は複合体を形成し、*per* および *tim* 遺伝子の調節領域に結合して、それらの転写を促進する。TIM および PER タンパク質の複合体はこの CLK の転写活性を抑制することで、自身の転写を負に制御していると考えられている。

しかし、これだけではリズムが生じることは説明できても、その周期が約24時間になることは説明できない。実際には、体内時計は正確に約24時間とは限らず、光や摂食などの外部刺激によって約24時間になるように周期が微調整されている。例えば、 という光受容体タンパク質は青色光によって活性化されると細胞質で TIM タンパク質と結合し、その分解を導く。その結果、朝が来ると TIM が分解され、TIM から遊離した PER の分解も促進されるようになり、概日リズムがリセットされる。

概日リズムの起源は古く、太古の単細胞生物にも存在していたと考えられている。これは、⑥ 昼間の紫外線の下で DNA 複製を行うことで変異が生じることを回避するために獲得した機能ではないかと考えられている。最初にショウジョウバエで発見された PER などの遺伝子はヒトなどの哺乳類にも見つかっており、ほぼ共通の転写翻訳制御の分子メカニズムで概日リズムを生み出していると考えられている。一方、シアノバクテリアでは、転写に依存しない振動の分子メカニズムが発見されており、関与しているタンパク質も PER とは異なっていることから、概日リズムには複数の独立した起源があり、由来の異なる生物が似た機能を獲得する  によって生じたものと考えられている。

ヒトの概日リズムは、睡眠や摂食などの行動パターンばかりでなく、⑥ ホルモン分泌、血圧、体温、代謝などの変動にも関与している。例えば、血圧は朝上がり始め、体温は夕方上がる。また、⑦ 糖質コルチコイドの濃度は、昼間は高く、夜間は低い。最近、糖質コルチコイドは免疫力を高める作用があることが明らかになり、活動期の時間帯において免疫系の反応性を高めることで外界からの感染リスクに適応していると考えられている。このように概日リズムはヒトの健康に大きく関与しており、概日リズムの乱れは、がんや神経変性疾患、代謝疾患、炎症などのリスクを高めることが報告されている。

問1 空欄  ～  にもっともよくあてはまる語句を以下の選択肢 (あ) ～ (た) の中からそれぞれ1つずつ選び記号で答えなさい。

[選択肢]

- |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| (あ) アロステリック | (い) 異所的種分化  | (う) ギャップ結合  |
| (え) 共進化     | (お) 共有結合    | (か) クリプトクロム |
| (き) クロロフィル  | (く) 収束進化    | (け) 接着結合    |
| (こ) 適応放散    | (さ) ヒートショック | (し) フィードバック |
| (す) フィトクロム  | (せ) フィブリン   | (そ) ホメオティック |
| (た) 密着結合    |             |             |

問2 下線部①について、以下の問いに答えなさい。

- (1) このように植物の葉や花が昼夜の明暗に合わせて行う周期的な運動は特に何とよばれるか、その語句を書きなさい。
- (2) オジギソウの葉が昼は開き、夜は閉じることの利点として考えられることを、それぞれ1行以内で述べなさい。

問3 下線部②について、3種類の変異体（概日リズムが消失した *per* 0、リズムの周期長が短くなった *per* S、および、長くなった *per* L）および野生型のオスの X 染色体を組み合わせた二重変異体のメスの表現型を観察した結果を表1に示す。以下の問いに答えなさい。

表1 ショウジョウバエ二重変異体の遺伝子型と表現型

遺伝子型		周期（時間）	表現型
第一X染色体	第二X染色体		
野生型	野生型	24.4±0.5	正常
<i>per</i> 0	<i>per</i> 0	リズム消失	リズム消失
<i>per</i> S	<i>per</i> S	19.5±0.4	短い周期
<i>per</i> L	<i>per</i> L	28.6±0.5	長い周期
<i>per</i> 0	野生型	25.2±0.4	ほぼ正常
<i>per</i> S	野生型	21.9±0.4	中間
<i>per</i> L	野生型	25.5±0.5	ほぼ正常
<i>per</i> S	<i>per</i> 0	19.5±0.4	短い周期
<i>per</i> L	<i>per</i> 0	30.6±1.3	長い周期
<i>per</i> S	<i>per</i> L	22.9±0.4	ほぼ正常

- (1) 表1の結果から推測できることとして、もっとも確からしいものを以下の選択肢（ア）～（カ）の中から1つ選び記号で答えなさい。

[選択肢]

- (ア) *per* 0 変異型遺伝子は野生型遺伝子に対して優性（顕性）である
- (イ) *per* S 変異型遺伝子は野生型遺伝子に対して優性（顕性）である
- (ウ) *per* L 変異型遺伝子は野生型遺伝子に対して優性（顕性）である
- (エ) *per* 0 変異型遺伝子は *per* S 変異型遺伝子に対して優性（顕性）である
- (オ) *per* S 変異型遺伝子は *per* L 変異型遺伝子に対して優性（顕性）である
- (カ) *per* L 変異型遺伝子は *per* 0 変異型遺伝子に対して優性（顕性）である

(2) 表1の二重変異体による相補性検定の結果のうち、3種類の変異体が同じ *per* 遺伝子上の変異であることを支持する結果はどれか、また、一見すると支持しないように見える結果はどれか、それぞれの組み合わせとしてもっとも適当なものを以下の選択肢(あ)～(か)の中から1つ選び記号で答えなさい。

[選択肢]

- (あ) *per* S と *per* 0 の二重変異体の結果は支持するが、*per* L と *per* 0 の二重変異体および *per* S と *per* L の二重変異体の結果は一見支持しない
- (い) *per* L と *per* 0 の二重変異体の結果は支持するが、*per* S と *per* 0 の二重変異体および *per* S と *per* L の二重変異体の結果は一見支持しない
- (う) *per* S と *per* L の二重変異体の結果は支持するが、*per* S と *per* 0 の二重変異体および *per* L と *per* 0 の二重変異体の結果は一見支持しない
- (え) *per* S と *per* 0 の二重変異体および *per* L と *per* 0 の二重変異体の結果は支持するが、*per* S と *per* L の二重変異体の結果は一見支持しない
- (お) *per* S と *per* 0 の二重変異体および *per* S と *per* L の二重変異体の結果は支持するが、*per* L と *per* 0 の二重変異体の結果は一見支持しない
- (か) *per* L と *per* 0 の二重変異体および *per* S と *per* L の二重変異体の結果は支持するが、*per* S と *per* 0 の二重変異体の結果は一見支持しない

問4 下線部③について、以下の問いに答えなさい。

(1) 一般的な遺伝子のクローニング方法に関する以下の文章の空欄 a ～ c にあてはまる語句を書きなさい。

まず、目的の遺伝子を含むショウジョウバエのゲノム DNA を a を用いて切断する。同時に、環状2本鎖 DNA である b も同じ a を用いて切断する。次に、両者を c を用いて連結する。これを大腸菌に導入することで目的遺伝子を含む b を増やすことができる。

また、上記の方法でクローニングした全長のショウジョウバエの野生型の *per* 遺伝子を適切な向きで大腸菌のプロモーターを用いて大腸菌の中で発現させたとしても、正常な長さのアミノ酸配列をもつ PER タンパク質がつくられることはない。その理由として考えられることを2行以内で述べなさい。

(2) *per S*, *per L* および *per 0* 変異型遺伝子の塩基配列を決定し、野生型遺伝子と比較した結果、野生型では589番目のセリンをコードするコドンが *per S* ではアスパラギンのコドンに変化していた。また、野生型の243番目のバリンが *per L* ではアスパラギン酸に、464番目のグルタミンが *per 0* では終止コドンに変化していた。それぞれの変化は遺伝子 DNA の塩基配列のたった1文字の変異によるものであった。それぞれ野生型遺伝子 mRNA における何の塩基が変異型では何の塩基に変異したのか、表2を参考にして、以下の選択肢(ア)～(シ)の中からそれぞれ1つずつ選び記号で答えなさい。

[選択肢]

- |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|
| (ア) U から C に変異 | (イ) U から A に変異 | (ウ) U から G に変異 |
| (エ) C から U に変異 | (オ) C から A に変異 | (カ) C から G に変異 |
| (キ) A から U に変異 | (ク) A から C に変異 | (ケ) A から G に変異 |
| (コ) G から U に変異 | (サ) G から C に変異 | (シ) G から A に変異 |

表2 遺伝暗号表

UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン
UUC フェニルアラニン	UCC セリン	UAC チロシン	UGC システイン
UUA ロイシン	UCA セリン	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン
UUG ロイシン	UCG セリン	UAG 終止コドン	UGG トリプトファン
CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン
CUC ロイシン	CCC プロリン	CAC ヒスチジン	CGC アルギニン
CUA ロイシン	CCA プロリン	CAA グルタミン	CGA アルギニン
CUG ロイシン	CCG プロリン	CAG グルタミン	CGG アルギニン
AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン
AUC イソロイシン	ACC トレオニン	AAC アスパラギン	AGC セリン
AUA イソロイシン	ACA トレオニン	AAA リシン	AGA アルギニン
AUG メチオニン	ACG トレオニン	AAG リシン	AGG アルギニン
GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン
GUC バリン	GCC アラニン	GAC アスパラギン酸	GGC グリシン
GUA バリン	GCA アラニン	GAA グルタミン酸	GGA グリシン
GUG バリン	GCG アラニン	GAG グルタミン酸	GGG グリシン

問5 下線部④のように、ある閾値を越えると変動するというメカニズムにもっともよく当てはまる生命現象を以下の選択肢(ア)～(エ)の中から1つ選び記号で答えなさい。

[選択肢]

- (ア) トリプトファンオペロンにおける遺伝子発現の変動
- (イ) 神経活動電位の変動
- (ウ) 捕食者と被捕食者の個体数の変動
- (エ) 遺伝的浮動による集団中の遺伝子頻度の変動

問6 下線部⑤と異なり、現在の生物の多くは昼間にもDNA複製をおこなっている。現在の生物が問題なく昼間にDNA複製をおこなえるようになった理由として考えられることを2つ挙げ、それぞれ1行以内で述べなさい。

問7 下線部⑥に関連して、一般に、以下の(1)～(3)の説明に該当するホルモンの名称をそれぞれ書きなさい。

(1) すい臓のランゲルハンス島から分泌され、血糖濃度を低下させる

(2) 脳下垂体後葉から分泌され、血圧を上昇させる

(3) 甲状腺から分泌され、物質の代謝を促進し、体温を上昇させる

問8 下線部⑦について、マウスでは、ヒトと異なり、糖質コルチコイドの濃度は昼間低く、夜間に高い。その理由として考えられることを1行以内で述べなさい。

〈このページは白紙です〉