

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2月6日 —

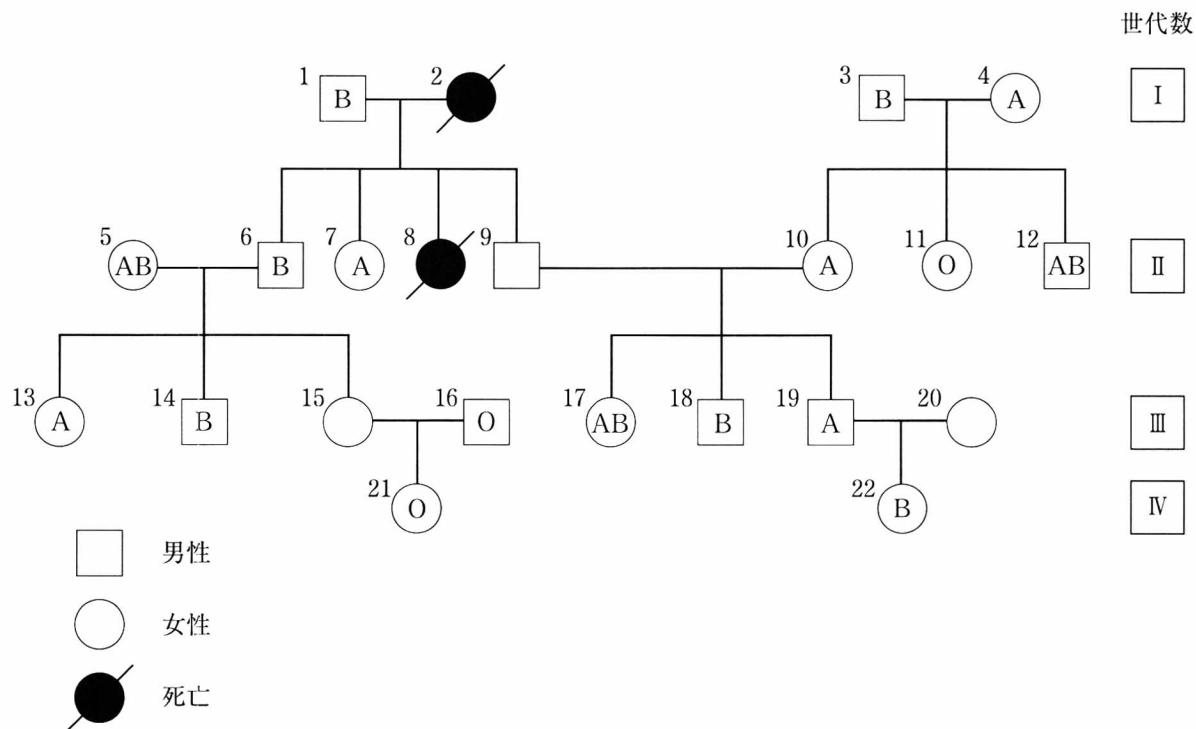
物 理 }
化 学 } この中から1科目を選択して解答しなさい。
生 物 }

科 目	問 題 の ペ ー ジ
物 理	1～6
化 学	7～10
生 物	11～19

解答用紙をきりとり線から切り離して，解答はすべて解答用紙に記入し提出しなさい。

1

下図は、ある家系の4世代22人の家系図を示したものである。各人のABO式血液型を調べたところ、図に示すような結果が得られた。ABO式血液型は通常A, B, Oの3対立遺伝子によって決定され、抗A血清、抗B血清を用いるとヒト集団を4種類の血液型に分類することができる。以下の問に答えなさい。



問1 図中の第II世代9番の男性の考えられるすべての遺伝子型と表現型を答えなさい。

問2 図中の第III世代20番の女性の考えられるすべての遺伝子型と表現型を答えなさい。

問3 図中の第III世代15番の女性の考えられるすべての遺伝子型と表現型を答えなさい。

問4 図中の第III世代13番の女性と、第II世代11番の女性と同じ遺伝子型をもつ男性との間で生まれてくる子供の考えられるすべての遺伝子型、および生まれる子供の血液型がA型である確率(%)を答えなさい。

問5 ここで、 p , q , r をそれぞれ対立遺伝子A, B, Oの頻度とする。ある集団におけるABO式血液型の遺伝子の頻度が $p = 0.3$, $q = 0.5$, $r = 0.2$ であったとき、各血液型の現れる確率(%)を答えなさい。ただし、遺伝子型の頻度はハーディ・ワインベルグ平衡で保たれているものとする。

遺伝情報の構造と発現制御に関する以下の問に答えなさい。

問1 核酸の構造・種類・機能について、文中の空欄（ a ）～（ j ）に当てはまる適切な語句を以下の語群から選び、記号を書き入れなさい。

核酸は、糖・リン酸・塩基が結合した化合物（ヌクレオチド）であり、（ a ）と（ b ）の種類の違いにより、大きく DNA と RNA の2種類に分けられる。（ c ）の塩基は、アデニン、チミン、グアニン、シトシンの4種類であるのに対して、（ d ）の塩基はアデニン、ウラシル、グアニン、シトシンの4種類である。また、（ c ）が2本のポリヌクレオチドからなるのに対して、（ d ）は1本のポリヌクレオチドである。RNA には働き異なる幾つかの種類がある。（ e ）は、DNA が保持しているタンパク質のアミノ酸配列情報をタンパク質合成の場である（ f ）に伝える役割を担っている。（ g ）は、タンパク質合成の材料となるアミノ酸を結合して（ f ）に運ぶ役割を担っている。また、（ h ）は、多くのタンパク質と集合して（ f ）をつくっている。このように、RNA は DNA が保持している遺伝情報からタンパク質を合成する際に重要な役割を果たしている。特に、DNA の遺伝情報が RNA 合成酵素により（ e ）の配列に写し取られる過程を（ i ）、そして（ e ）の配列をもとにタンパク質が合成される過程を（ j ）とよぶ。

〔語群〕

- | | | | | |
|-------------|------------|------------|-------------|-----------|
| (あ) 糖 | (い) 脂質 | (う) アミノ酸 | (え) リン酸 | (お) 塩基 |
| (か) DNA | (き) RNA | (く) rRNA | (け) tRNA | (こ) mRNA |
| (さ) コドン | (し) アンチコドン | (す) トリプレット | (せ) ゴルジ体 | (そ) リボソーム |
| (た) ミトコンドリア | (ち) 翻訳 | (つ) 転写 | (て) スプライシング | (と) 複製 |

問2 フランスのジャコブとモノーは、ラクトース（乳糖）による大腸菌の酵素合成誘導に関する遺伝学的研究を通して、ラクトース代謝系の構造遺伝子群とその発現を制御する塩基配列部分を合わせて1つの遺伝学的な機能的単位と考えた。このような機能的単位を何とよぶか答えなさい。

問3 大腸菌におけるラクトース代謝系酵素遺伝子群の発現は、問2の機能的単位に含まれる2つの DNA 領域、およびその機能的単位の上流に存在する調節遺伝子の遺伝子産物（タンパク質）によって調節されている。これら2つの DNA 領域およびタンパク質は何かそれぞれ答えなさい。

問4 大腸菌が生育するためにはアミノ酸であるトリプトファンが必要である。トリプトファンがない培地で生育させると、大腸菌は自らトリプトファン合成に必要な酵素群を産生することによりトリプトファン合成を行うが、トリプトファンが培地にある場合には培地中のトリプトファンを利用し、その際トリプトファン合成に必要な酵素群はつくられない。ところが、トリプトファンがない場合であってもトリプトファン合成酵素群の産生が起こらない大腸菌の変異体がある。この大腸菌変異体をトリプトファンを含む培地で6時間培養し、その後にトリプトファンがない培地に置換してさらに6時間培養した。この大腸菌変異体の増殖曲線は図中のA～Dの何れの結果を示すと予想されるか、記号で答えなさい。

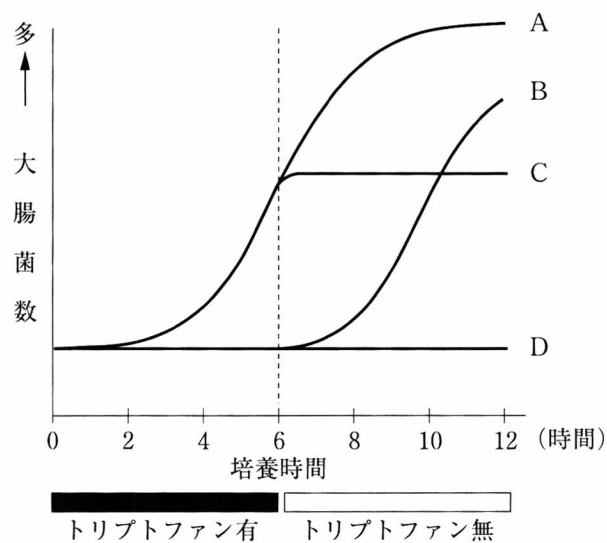


図 大腸菌の増殖曲線

問5 問4で示した変異体においては、トリプトファン合成酵素の産生に関わる機能的単位において遺伝子変異が生じている可能性がある。どのような遺伝子変異が起こっていると考えられるかについて、句読点を含めて50字以内で説明しなさい。なお、トリプトファン合成酵素そのもののアミノ酸配列をコードするDNA塩基配列には異常はないものとする。

3

次の文章を読んで、以下の問に答えなさい。

ヒトは外界からの刺激の中で特定の信号を受容器で受け取り、その信号の強さを脳に伝える。光を受容する視細胞は目の網膜上にあつて、受容した光の信号は視神経細胞に伝えられる。視細胞には、形状、機能の異なる錐体細胞およびかん体細胞の2種類がある。錐体細胞には、青、緑、赤色の光を強く吸収し反応する3つの種類があり、どの細胞が強く刺激されたのかについての情報が脳に伝達され、色の違いが認識される。一方、かん体細胞は、錐体細胞に比較して光に対する感度が高く、暗い場所ではよく働くが、色の区別はできない。暗いところから明るいところに出ると、はじめはまぶしいが時間が経過するにしたがつて物が見えるようになってくる。これを(a)という。一方、明るいところから暗いところへ入ると最初は物がよく見えないが、しばらくすると見えるようになる。これを(b)という。

視覚の遠近調節は水晶体の厚みを変化させることによってなされている。例えば、近くを見るときには、水晶体の周りを環状にとり巻いている毛様筋が(c)すると水晶体を引っ張っているチン小帯がゆるみ、水晶体の厚さが増し、焦点距離が(d)なり、近くが見えるようになる。近視眼では網膜の(e)で像を結ぶので、視覚の矯正には屈折率の(f)な凹レンズを用いる。また、遠視眼は網膜の(g)で像を結ぶので、視覚の矯正には屈折率の(h)な凸レンズが用いられる。

問1 本文中の空欄(a)～(h)に当てはまる適切な語句を書き入れなさい。

問2 図1は、網膜の一部を模式的に示したものである。

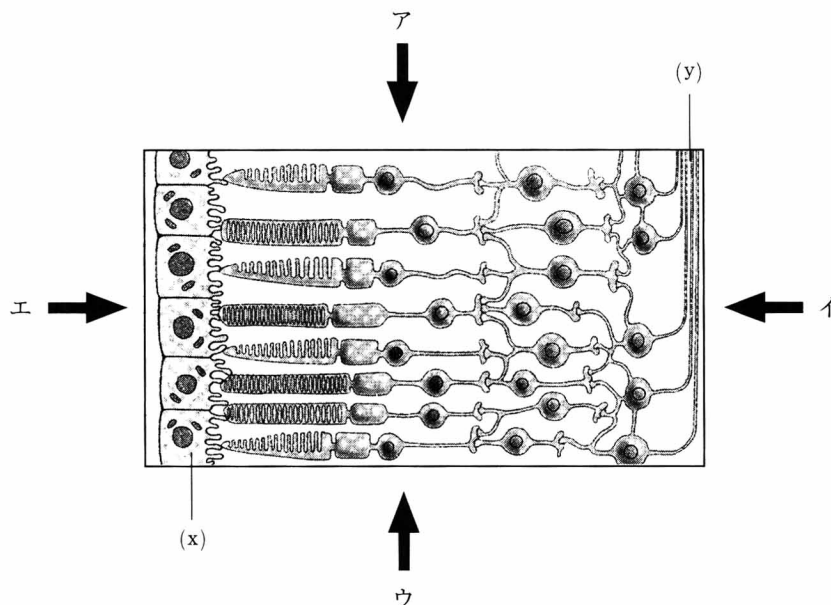


図1

(1) 図1で示す(x)および(y)の名称を答えなさい。

(2) 図1において、光はどちらの方向から入ってくるか。正しいものをア～エの中から選び、記号で答えなさい。

問3 本文中の(a)は、(b)に比べると比較的早い時間で終了する。下記①～⑥の文章は、その理由について述べたものである。その理由の組み合わせとして正しいものを(A)～(H)の中から選び、記号で答えなさい。

- ① (a)ではロドプシンの合成が主に起こるため。
- ② (a)ではロドプシンの分解が主に起こるため。
- ③ (b)では錐体細胞の感度が上昇し、さらにかん体細胞内のロドプシン合成が亢進しているため。
- ④ (b)では錐体細胞の感度が上昇し、さらにかん体細胞内のロドプシン分解が亢進しているため。
- ⑤ (b)では錐体細胞の感度が低下し、さらにかん体細胞内のロドプシン合成が亢進しているため。
- ⑥ (b)では錐体細胞の感度が低下し、さらにかん体細胞内のロドプシン分解が亢進しているため。

- (A) ①と③ (B) ②と③ (C) ①と④ (D) ②と④ (E) ①と⑤ (F) ②と⑤
 (G) ①と⑥ (H) ②と⑥

問4 図2は光の波長とヒトの3種類の錐体細胞の光の吸収率との関係を示したものである。図2のカ、キ、クの曲線はそれぞれ何色に反応する細胞か、色を答えなさい。

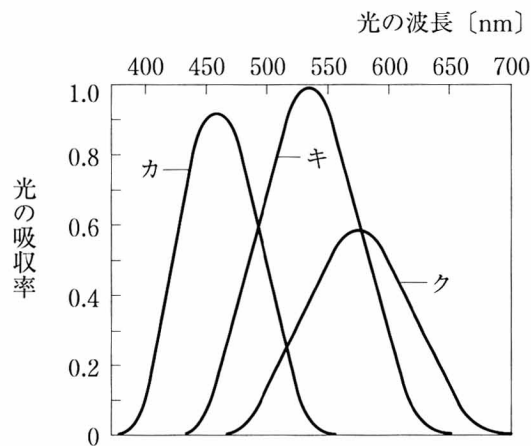


図2

問5 盲斑において光が受容できない理由について、句読点を含めて60字以内で説明しなさい。

4

次のA～Dの文章を読んで、各問に答えなさい。

A. 図1はカエルの減数分裂および受精の過程を表している。カエル卵では、第1減数分裂前期および第2減数分裂〔A〕期において、分裂停止している。前者の停止はホルモンが引き金となって解除される。このとき、未成熟卵の核（卵核胞とよばれる）の崩壊が分裂停止解除の目印となる。また、後者の停止は通常、受精によって解除されるので、卵割が分裂停止解除の目印である。

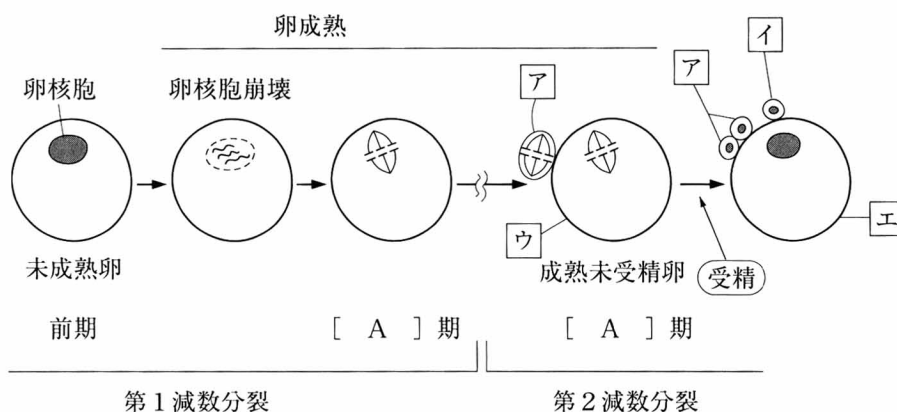
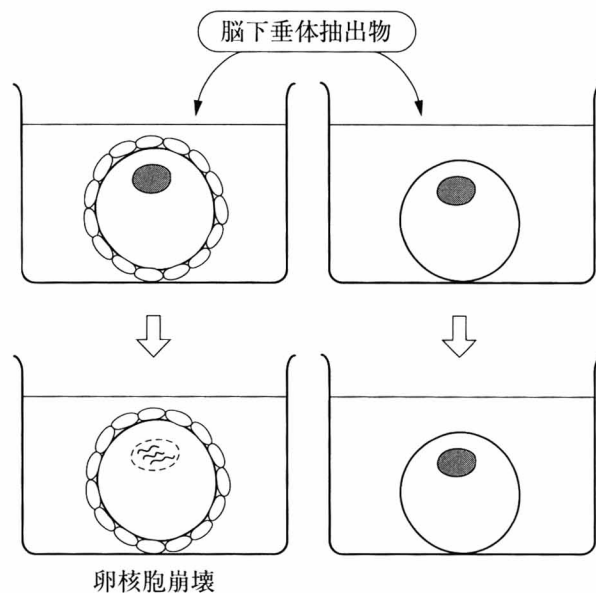


図1

問1 〔A〕期では染色体が整列し、紡錘糸が観察された。その時期を答えなさい。また、図1のア、イ、ウ、エに当てはまる名称を答えなさい。

B. 通常、卵細胞を体外で培養しても卵成熟は進行しない。取り出した未受精卵を用いて図2のような実験を行った。ろ胞（卵巣にあって卵細胞を包んでいる球状の細胞）が付着した未成熟卵を脳下垂体の抽出物を含む溶液で処理したところ、卵成熟が促進した。しかし、ろ胞を取り除いた未成熟卵を同じ抽出物で処理したところ、卵成熟は認められなかった。



問2 図2の実験より推測される卵成熟促進機構として正しいものを(a)～(e)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) ろ胞が卵成熟を阻害しており、それを取り除くことで卵成熟が開始された。
- (b) ろ胞は刺激に反応して卵細胞を成熟させる因子を放出する。
- (c) 脳下垂体抽出物に含まれる物質は卵成熟を阻害する。
- (d) 脳下垂体抽出物に含まれる物質は卵細胞に直接作用して卵成熟が開始される。
- (e) 脳下垂体抽出物に含まれる物質はろ胞に作用する。

C. 一方、ろ胞で産生されるあるホルモンを含む溶液で未成熟卵を処理した結果、図3に示すように卵成熟が開始された。しかし、このホルモンをマイクロピペットで未成熟卵の細胞質に直接注入した場合、卵成熟は開始されなかった。このろ胞のホルモンに反応して卵成熟を促進させる因子を、ここではM因子とよぶ。また、図4に示すように、マイクロピペットで吸い取った成熟未受精卵の細胞質を2細胞期の胚(2細胞胚)の一方に注入したところ、その割球は卵割を停止した。注入しない割球は正常に卵割を行った。また、未成熟卵や受精卵の細胞質を同様に2細胞胚の割球に注入したところ、卵割の停止は認められなかった。この成熟未受精卵に存在する卵割を停止させる因子を、ここではC因子とよぶ。

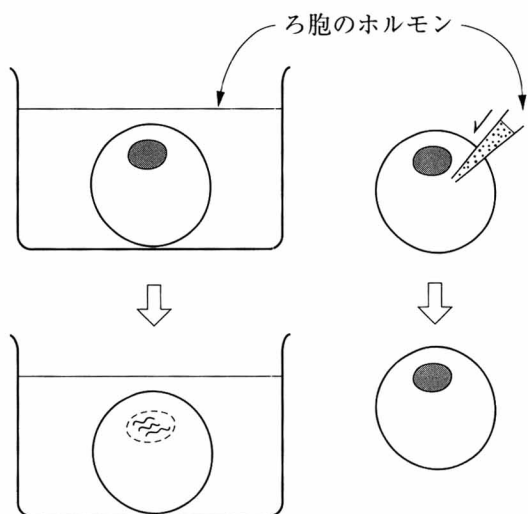


図3

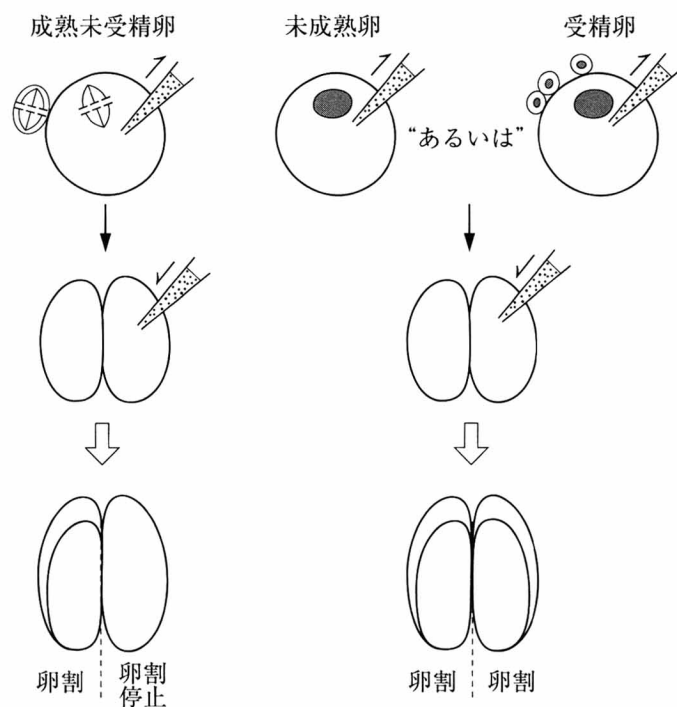


図4

問3 ろ胞のホルモンは、どのような機構で卵成熟を促進するか。“M因子”という語句を用い、句読点を含めて45字以内で説明しなさい。

問4 C因子の生成と分解の時期について、句読点を含めて40字以内で説明しなさい。

D. 研究の発展により、M因子とC因子の分子が同定され、その挙動がくわしく調べられた。その結果、M因子は卵成熟のみならず、卵割や細胞分裂においても重要な因子であることがわかった。受精後にM因子が分解されると核膜が形成され、再び細胞質に蓄積してくると受精卵の核膜崩壊を起こした。さらにその後分解されるが、2細胞胚の割球においてもM因子が蓄積してくると核膜崩壊が起こった。しかし、C因子は分解後に再び蓄積することはなかった。

問5 M因子とC因子の働きと、それらの予想される関係について、正しく説明しているものを下記の(a)～(g)からすべて選び記号で答えなさい。

- (a) M因子が分解すると、C因子が増加する。
- (b) M因子が蓄積すると、核分裂が開始される。
- (c) M因子が分解すると、細胞は間期となる。
- (d) C因子が分解すると、卵割が抑制される。
- (e) C因子は分裂において周期的に増減を繰り返す。
- (f) C因子とM因子の両方が蓄積すると、第2減数分裂は停止する。
- (g) C因子が分解すると、M因子の周期的増減が開始され、卵割が進行する。

5

DNA の複製に関する次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

遺伝情報が娘細胞に正しく伝達されるためには DNA が正しく複製されなければならない。複製の際には 2 本の DNA 鎖がそれぞれ鋳型の役目をし、相補的なヌクレオチドが (A) とよばれる酵素によって次々と結びつけられ、新しい DNA 鎖が合成される。このとき、複製を行っている Y 字型の部分を複製フォークとよんでいる (図 1)。複製フォークは DNA 鎖に沿って進行しながら、新たな 2 本鎖 DNA を 2 組合成していく。この機構については原核細胞と真核細胞の間で大きな違いはないものと考えられている。しかし、両者ではゲノムサイズが大きく異なるほか、真核細胞では分化を行うためにより複雑な制御が必要であると考えられる。

大腸菌の場合、ゲノム DNA は環状の 2 本鎖で、1 本鎖あたり、およそ 4.8×10^6 個のヌクレオチドが連結されてできている。この中に複製開始点とよばれる、およそ 240 ヌクレオチドからなる領域が 1 か所ある。複製フォークは 2 つ形成され、複製開始点から両側に向かって進行しながら新しい DNA 鎖を合成し、お互いが出会ったところで終結する (図 2)。大腸菌の 1 つの複製フォークは、1 本鎖あたり 1 秒間におよそ 1000 個のヌクレオチドを新たに連結する。

一方、ヒトの場合、ゲノム DNA は 46 本の線状 2 本鎖 DNA であり、1 つの細胞 (核) に含まれる 1 本鎖あたりの DNA の全長はおよそ 6×10^9 個のヌクレオチドからなる。ヒト細胞における DNA 複製がどのように行われているかを解析する目的で、以下のような実験を行った。増殖しているヒト由来の細胞を、塩化デオキシウリジンを含む培養液中で 30 分間培養し、その後ヨウ化デオキシウリジンを含む培養液でさらに 30 分間培養した。これらのハロゲン化ヌクレオチド誘導体はチミジンの代わりに DNA 合成の際に取り込まれるが、RNA 合成には用いられない。

この細胞から穏やかな条件で DNA を抽出し、1 本 1 本の DNA 分子をガラススライド上に直線状に伸ばした形で貼付けた。この方法では 2 本鎖 DNA や複製中の DNA 鎖も、あわせて 1 本の線状分子 (DNA 繊維) として顕微鏡下で観察することができる。塩化デオキシウリジン、ヨウ化デオキシウリジンは、それぞれ緑色、赤色の蛍光色素で可視化した。多数の DNA 繊維を蛍光顕微鏡で観察したところ、いろいろな蛍光パターンが観察されたが、図 3 に示したものはそのうちの 1 つである。白抜きの太線は緑、黒太線は赤の蛍光を発する部分であることを示す。また、図 3 で示す (X) は、 9×10^4 個のヌクレオチドからなる DNA の長さに相当した。

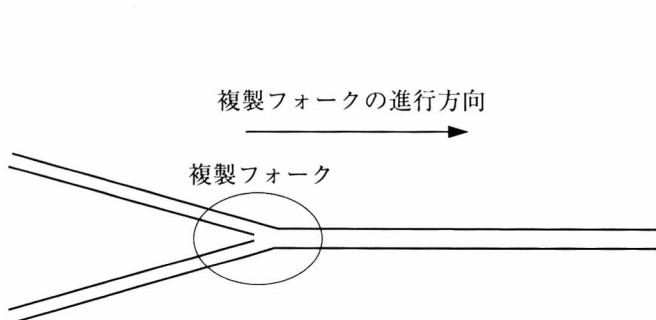


図 1

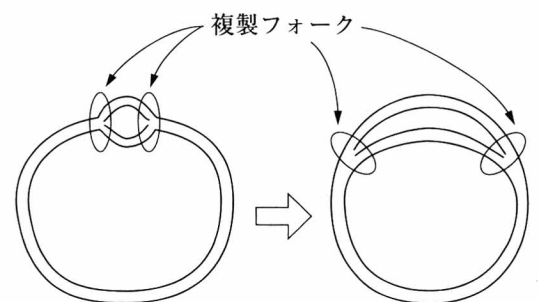


図 2

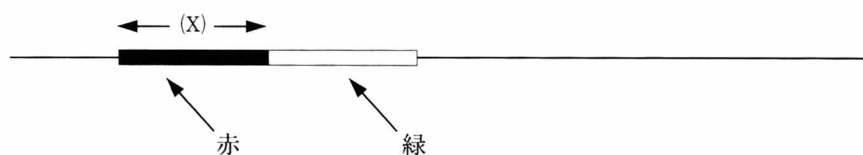


図 3

問1 本文中の空欄 (A) に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 大腸菌がゲノム DNA 全長の複製を終えるのに何分かかかるか答えなさい。

問3 図3において複製フォークは、左あるいは右のどちら向きに進行したか答えなさい。

問4 ヒト細胞における複製フォークでは1秒間にいくつのヌクレオチドが連結されていると推測されるか答えなさい。

問5 ヒト細胞のゲノムが46本の同じ長さの線状2本鎖DNAで構成され、1本の染色体DNAあたり1か所の複製開始点がDNA鎖の中央に位置し、ここから両側にゲノムの複製を行うと仮定した場合、ゲノムDNA全長の複製を終えるのに、何時間かかると推測されるか、小数点以下を四捨五入して答えなさい。

問6 塩化デオキシウリジンによる標識時間内に複製を開始したDNA(a)、およびヨウ化デオキシウリジンによる標識時間内に複製を開始したDNA(b)は、それぞれ蛍光顕微鏡によりどのように観察されるか。図3を参考にして図示しなさい。

なお、解答欄の破線によるマス目は、相対的な長さの参考にしなさい。

問7 このヒト細胞は、複製開始後8時間でゲノム全長の複製を終えることがわかっている。また、この細胞は、大腸菌の場合と同様に複製フォークは複製開始点から両方向に進む。このとき、

(1) 複製開始が一斉に起こり、均一の速度で複製が進行すると仮定した時、細胞1個あたり複製開始点は何個あると推測されるか、小数点以下は四捨五入して答えなさい。

(2) 複製開始が一斉には起こらず、細胞周期のS期(DNA合成を行う期間)の初期から後期にかけて複製開始のタイミングがまちまちであると仮定した場合、複製開始点の数は(1)の場合に比べてどうなるか、下記の(a)～(c)の中から選び、記号で答えなさい。

(a) 多くなる (b) 少くなる (c) 変化しない