

奈良県立医科大学 後期

平成 27 年 度

試 験 問 題

理 科

(9 時 ~ 12 時)

【注 意】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中をみてはならない。
2. 試験科目、ページ、解答用紙数および選択方法は下表のとおりである。

科 目	ページ	解答用紙数	選 択 方 法
化 学	1 ~ 16	3 枚	左の3科目のうちから 2科目を選択せよ。
生 物	17 ~ 36	2 枚	
物 理	37 ~ 48	3 枚	

3. 監督者の指示に従って、選択しない科目を含む全解答用紙(8枚)に受験番号と選択科目を記入せよ。
 - ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ。
 - ② 選択科目記入欄に選択する2科目を○印で示せ。

上記①、②の記入がないものおよび3科目を選択または1科目のみを選択した場合は答案全部を無効とする。
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ。
5. 物理を選択するものは、必要な計算等を解答用紙中の計算用余白で行え。採点の参考にする。
6. 試験開始後、問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせよ。
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない。
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない。問題冊子は持ち帰ってよい。

平成27年度奈良県立医科大学医学部医学科
一般選抜（後期日程）学科試験受験者の皆様へ

平成27年3月12日（木）に実施しました本学医学部医学科一般選抜（後期日程）学科試験において、以下のような出題の誤りがありました。

理科21ページ「生物」【2】の本文20行目に再出した□5は本来□4とするべきものであり、問1の二つの□5を満たす正解は存在しないこととなりますので、問1の□5については全員を正解とします。

受験者並びに関係者の皆様にご迷惑をおかけしましたことを深くお詫び申し上げます。さらに、今後は再発防止に最善を尽くす所存であります。

なお、合格発表は、当初の3月20日（金）午後3時に行う予定です。

平成27年3月13日

奈良県立医科大学

生 物

【1】 次のA, Bの文を読み, 各問に答えよ.

A 卵に近づいた精子が, 卵と接触し, 精子の核が卵の核と一緒になるまでの過程を受精といい, 受精した卵を受精卵と呼ぶ. 受精様式はそれが起こる場所によって大きく2つに分けられる. 水中に生息する動物の多くは, 精子と卵を水中に放出して, 受精を行う. 一方, 陸上で生活する動物の多くは, 交尾により 受精を行う.

受精の様式は生物種により微妙に異なる. 例えばウニでは, 精子が未受精卵のまわりにある に到達すると, 精子の頭部にある の中身が放出される. これを 反応と呼ぶ. その後, 精子は を通過し, さらにその下の卵黄膜を通過して, 卵細胞膜に接する. すると精子と卵の細胞膜が融合する. そして, 卵細胞では の中身が, 卵細胞膜と卵黄膜の間に放出され, 受精膜が形成される.⁽¹⁾

受精卵が発生を始めたものを胚といい, 受精後から始まる細胞分裂を卵割と呼ぶ. 卵割によって, 細胞の大きさが, ⁽²⁾ほぼ体細胞の大きさとなるころ, 細胞の大規模な移動・配置換えが起こる. この時, 胚の外側にあった細胞の一部が胚の内側に入り込むとともに, 胚の前後が明らかとなる. 例えばカエルではこの過程を という. そして細胞が胚のどこに位置するかによって, 胚葉という細胞群が区別されるようになる.⁽³⁾ 胚葉は将来, 組織や器官形成で重要な役割を果たす. 胚を構成する細胞が, 特定の形や働きを持つようになることを細胞の という. 細胞の が起こる過程では選択的遺伝子発現が見られるようになる.⁽⁴⁾

問 1 に当てはまる適切な語句を記せ.

問 2 下線(1)について、受精膜の働きは何か記せ.

問 3 下線(2)について、卵割は、様々な動物において、卵黄の量や分布の仕方で、大きく4つの様式に分類される。その4つの様式の名称を記せ.

問 4 下線(3)について、胚葉は3つの細胞群に分けられる。それらの名称と、それぞれの胚葉から形成される代表的な組織または器官を二つずつ記せ.

問 5 下線(4)について、このような現象の具体的な例を挙げて説明せよ.

B 双子葉植物の花は基本的にはがく、花弁、おしべ、めしべという4つの器官からできており、野生型の花では外側から中心に向かって、がく、花弁、おしべ、めしべの順に並んでいる。実験によく用いられ、自然界では自家受精して種子をつくるシロイヌナズナでは、花の器官の形は正常だが作られる場所が異常になった突然変異体⁽⁵⁾が存在する。これらの突然変異は劣性で、その花の形態は次の3種類に分類することが出来る。突然変異体 a は、めしべ、おしべ、おしべ、めしべ、突然変異体 b は、がく、がく、めしべ、めしべ、突然変異体 c は、がく、花弁、花弁、がくの順に花の外側から中心に向かって器官が並んでいる。これらの花の突然変異体の中には、一つの器官だけが変化したものはない。また、交配実験により得られた二重突然変異体 ab はすべての場所で が形成され、二重突然変異体 bc はすべての場所で が形成される。花の形態をまとめると、外側から内側に向かって器官は以下のように並んでいる。

ア) 野生型 : がく、花弁、おしべ、めしべ

イ) 突然変異体 a : めしべ、おしべ、おしべ、めしべ

ウ) 突然変異体 b : がく、がく、めしべ、めしべ

エ) 突然変異体 c : がく、花弁、花弁、がく

オ) 突然変異体 ab : , , ,

カ) 突然変異体 bc : , , ,

以上のことから、がく、花弁、おしべ、めしべがどの場所に出来るかを決定する遺伝子は、各器官ごとに4種類存在するのではなく、3種類の遺伝子の組み合わせによって4つの器官の出来る場所が決まるといって、花の ABC モデル⁽⁶⁾が考え出された。

問 6 下線(5)について、この様な突然変異体を何と呼ぶか。その名称を記せ。

問 7 下線(6)について、花の ABC モデルによると、突然変異体 a, 突然変異体 b, 突然変異体 c の原因遺伝子は、それぞれ A 遺伝子, B 遺伝子, C 遺伝子と呼ばれている。このモデルで、花の器官が正しい場所に形成されるために必要な遺伝子を、がく, 花弁, おしべ, めしべについてそれぞれ記せ。

問 8 に当てはまる器官の名称を記せ。

問 9 突然変異体 a と突然変異体 b とを交配した時、雑種第 1 代(F1)と、この F1 を自家受粉した時の雑種第 2 代(F2)における花の形態の分離比を記せ。

突然変異体 a と突然変異体 b は 1 遺伝子にのみ変異を持ち、各遺伝子は連鎖していないものとする。また、花の形態に関しては本文中のアーカを用い、ア : イ : ウ = 1 : 1 : 1 のように記せ。次世代が 1 種類しかできない場合は、その花の形態の記号だけを記せ。

【2】 次の文を読み、各問に答えよ。

動物は、病気の原因となる細菌やウイルス、寄生虫などの病原微生物が体内に侵入するのを防ぎ、侵入しても体内から取り除く仕組みを備えている。この仕組みは免疫とよばれ、一見無害と思われる非自己物質(異物)についても働く場合がある。

免疫は大きく、自然免疫と獲得免疫(適応免疫)に分けられる。自然免疫にかかわる細胞には、組織中に留まっている [1] があり、主に食作用により微生物を処理する。獲得免疫を担う細胞には [2] や [3] があり、あわせて [4] という。 [2] は主に、 [5] から抗原提示を受けてインターロイキンなどの刺激物質を分泌することで [3] に働きかけ、抗体を分泌する [6] に分化させる。 [2] にはウイルス感染細胞を直接攻撃し破壊するものもある。獲得免疫のうち、抗体が関与する免疫を [7] 免疫といい、 [2] が直接標的細胞を殺すことを [8] 免疫という。

獲得免疫は理論上無限の種類が存在する抗原を特異的に認識し排除する。 一方(1)で、自己の成分は攻撃しない仕組みも備わっている。これを [9] とよぶ。また免疫はしばしば無害な異物に過剰に反応し、病気の原因となることがある。

その一例に、アレルギー(過敏症)がある。

(2) 人為的に免疫を得させることを人工免疫と言い、医療に応用されている。殺したり毒性を弱めたりした病原体や毒素を前もって注射すると、それに対する免疫ができるので病気の予防に役立つ。この効果は、抗原により一度刺激をうけた [5] の一部が体内に長く残ることにより [10] が成立し、同じ抗原が再度侵入した時に速やかにより強い応答を起こすという獲得免疫の特性を利用している。この強い応答は [11] と呼ばれている。この時に用いる抗原を [12] とよぶ。一方、馬などの動物にヘビ毒を注射して抗体を作らせ、ヘビ(3)にかまれた人に投与してヘビ毒を不活化して治療する方法は [13] という。しかし一週間もすると投与した馬の抗体は無くなってしまうので予防には役立たない。

病気などによって本人の臓器の機能が著しく損なわれ、他人の臓器を移植する

ような場合には、人工免疫とは逆に、人為的に免疫を抑制する必要がある。これは、他人から移植された臓器を免疫系が攻撃し拒絶するのを抑制するためである。⁽⁴⁾

問 1 に当てはまる適切な語句または細胞名を記せ。

問 2 下線(1)について、この機構を明らかにした日本人研究者の名前を記せ。また、その原理を一言で説明せよ。

問 3 下線(2)について、アレルギーの一種である花粉症の発症に中心的な役割を果たす細胞名を記せ。

問 4 下線(3)について、この療法を同じ人に対して繰り返し用いることは通常行わない。その理由として考えられることを述べよ。

問 5 下線(4)について、同じ種であるにもかかわらず、臓器移植を受けた患者の免疫系が、移植された他人の臓器を拒絶する仕組みを説明せよ。

【3】 次の文A, Bを読み, 各問に答えよ.

A 被子植物の若い雄しべの葯の中では, 多数の 1 ($2n$)がつくられる. それぞれの 1 は 2 を行い, 3 (n)と呼ばれる4つの若い花粉の集まりとなる. これらの未成熟な花粉は, 葯から栄養分を供給され, 花粉表面には葯由来の物質が沈着する. さらに, それぞれの花粉では核の分裂が起こり, 2つの核ができ, 花粉の成熟過程において, 一方は細胞膜に取り囲まれて 4 (n)となり, 他方は花粉管核となる. 成熟した花粉は, 葯より放出され, 雌ずい(雌しべ)の柱頭に付着し受粉が成立する. 受粉した花粉は, 発芽し花粉管を伸長させる. 4 (n)が分裂して形成された 5 と胚のう内の卵細胞が受精したのち, 最終的に種子が形成される.

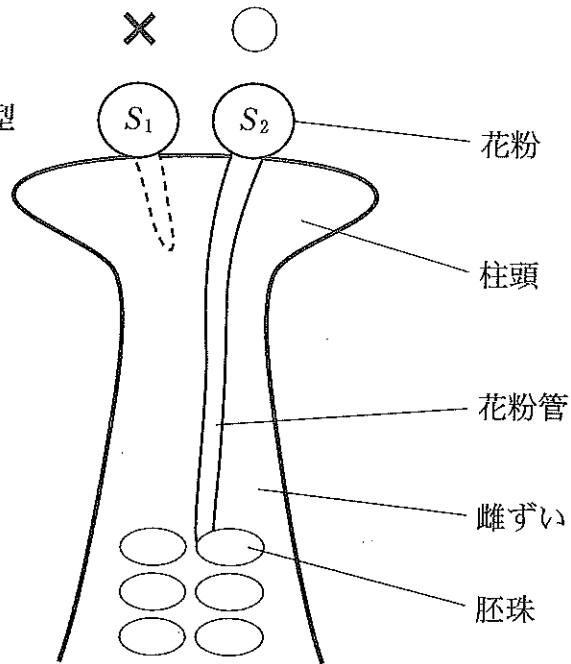
自己の花粉による受粉を自家受粉といい, 他個体の花粉による受粉を他家受粉という. 植物のなかには自己の花粉による受精(自家受精)を防ぐ機構として, 自家受粉を物理的に回避する仕組みが発達しているものがある. また, 自家受粉⁽¹⁾がおきたとしても, 自家受精を防ぐ性質をもった植物も存在している. この自家と他家の花粉を識別し, 自家受精を防ぐ性質を自家不和合性と呼ぶ. よく研究されている自家不和合性の認識反応は, S 遺伝子により制御されている. S 遺伝子には塩基配列の異なる対立遺伝子が複数存在し, その種類が n 種類⁽²⁾あるとすると, S_1, S_2, \dots, S_n と表すことができる. 植物 X では, 花粉と雌ずいが同じ種類(番号)の S 遺伝子を持っている場合に, 自家不和合性の認識反応が起こり, その結果として受精は成立しない(図1).

なお, 花粉を供与する個体を花粉親, 花粉を受け取る個体を種子親とする.

植物 X

受精

花粉の S 遺伝子型



雌ずいの S 遺伝子型

S₁S₃

図 1

- 問 1 に当てはまる適当な語句を記せ.
- 問 2 下線(1)について, 例を 1 つ挙げ説明せよ.
- 問 3 植物が自家受精を回避する利点と欠点について, それぞれ説明せよ.
- 問 4 下線(2)について, このようにある形質について 3 つ以上の遺伝子に対立関係にあるような遺伝子の一般的な名称を記せ.
- 問 5 植物 X について, (ア)花粉親 $S_1S_2 \times$ 種子親 S_3S_4 , (イ)花粉親 $S_1S_2 \times$ 種子親 S_1S_4 , の組み合わせで交配を行ったとき, 雑種第 1 代(F1)での S 遺伝子型の分離比を解答欄に記せ. なお, 次世代が 1 種類しかできない場合は, その個体の S 遺伝子型のみを, できない場合には, 「次世代無し」と記せ.
- 問 6 植物 X について, A と a は対立遺伝子であり, S 遺伝子と同一染色体上に存在している. ここに, 遺伝子型が S_1S_2Aa の個体 G と遺伝子型が S_2S_3Aa の個体 H がある. 個体 G では S_1 が A, S_2 が a と連鎖しており, 個体 H では S_2 が A, S_3 が a と連鎖している(図 2). 花粉親を個体 G, 種子親を個体 H の組み合わせで交配を行ったときに形成される種子のうち, AA の遺伝子型を持つものは全体の何%か記せ. ただし, S 遺伝子と A 遺伝子の間の組み換え価を 20 % とする.

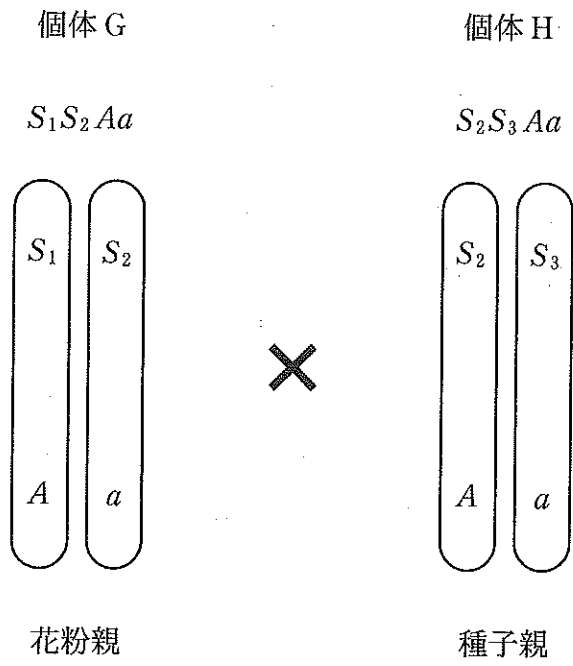


図 2

B 植物 Y は植物 X と同様に、S 遺伝子によって自家不和合性の認識反応が制御されている。しかし、その様式は植物 X とは異なっている。この植物 Y の S 遺伝子には優劣関係があり、形成された花粉の花粉親のもつ優性 S 遺伝子の種類(番号)と、雌ずいのもつ S 遺伝子の種類(番号)が一致する場合に自家不和合性の認識反応が起こり、その結果として受精は成立しない。例えば S_p, S_q, S_r の各 S 遺伝子の優劣関係を $S_p > S_q > S_r$ とする。花粉親を $S_p S_q$ 、種子親を $S_q S_r$ として交配させた場合、 $S_p > S_q$ なので種子が形成される(図 3 左)。しかし、花粉親を $S_q S_r$ 、種子親を $S_p S_q$ として交配させた場合は、 $S_q > S_r$ なので、自家不和合性の認識反応がおき、その結果種子は形成されない(図 3 右)。

ここに、植物 Y について S_a, S_b, S_c, S_d のいずれか 2 つの S 遺伝子から成るヘテロ接合体の個体 U がある。この個体 U において以下の交配実験を行った。

実験 1 : 花粉親が $S_a S_b$ または $S_b S_c$ 、種子親が個体 U では種子が得られた。

実験 2 : 花粉親が $S_a S_d$ または $S_c S_d$ 、種子親が個体 U では種子が得られなかった。

実験 3 : 花粉親が個体 U、種子親が $S_b S_d$ または $S_c S_d$ では種子が得られた。

実験 4 : 花粉親が個体 U、種子親が $S_a S_d$ では種子が得られなかった。

実験 5 : 花粉親が $S_c S_d$ 、種子親が $S_b S_c$ では種子が得られた。

問 7 実験 1—4 から、個体 U の S 遺伝子型は $S_a S_b, S_a S_c, S_a S_d, S_b S_c, S_b S_d, S_c S_d$ のうち 2 つの可能性が考えられる。その 2 つを記せ。

問 8 実験 5 の結果を考慮し、個体 U の S 遺伝子型を同定し記せ。また、 S_a, S_b, S_c, S_d の S 遺伝子の優劣関係を、解答欄に記載してある不等号を用いて記せ。

植物 Y $S_p > S_q > S_r$ の場合

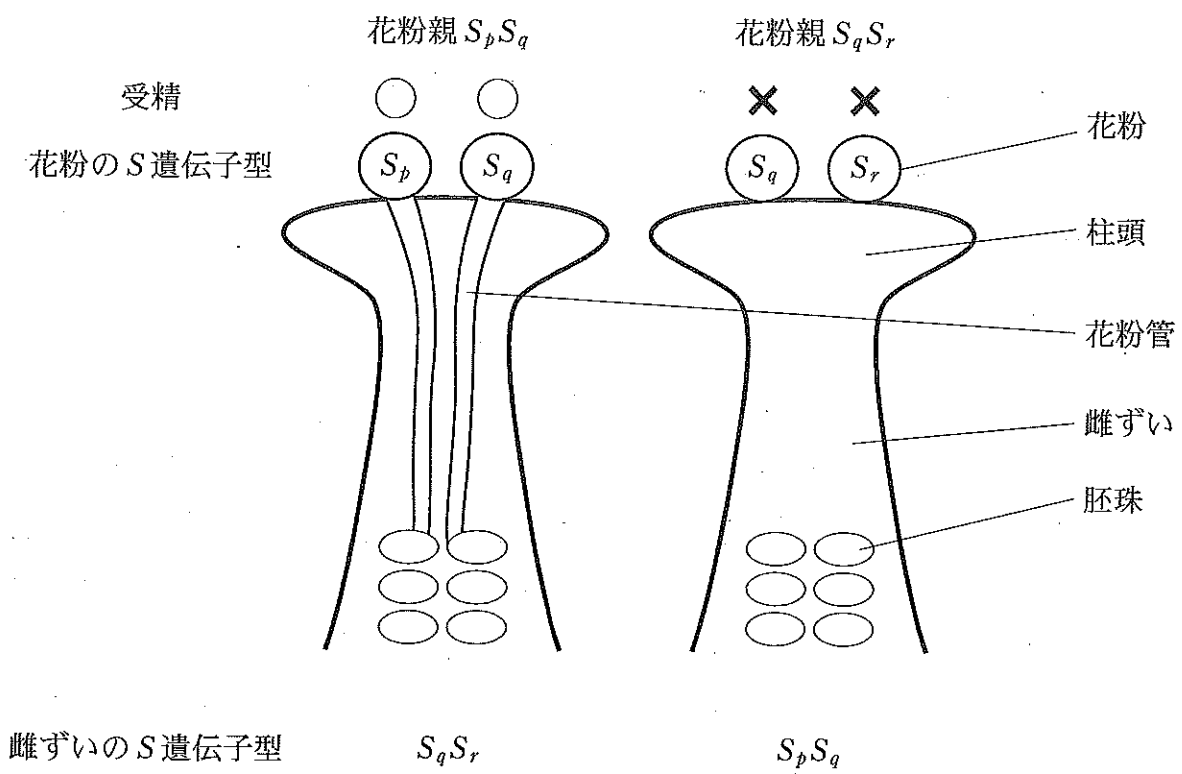


図 3

【4】 次のA, Bの文を読み, 各問に答えよ.

A 酵素は生体内で働く生体触媒で, その反応速度はさまざまな条件に応じて敏感に変化する. ⁽¹⁾たとえば, 基質濃度を変化させた場合, 反応速度は特徴的な変化を示す. ⁽²⁾酵素が働くときには, 酵素と基質が結合して酵素-基質複合体を形成する.

近年, 顕微鏡下での一分子計測技術が進歩し, 一つ一つの分子の挙動が観察できるようになってきた. 分子の性質を変えない方法で, あるATP加水分解酵素を緑に光る蛍光色素で, ATPを赤に光る蛍光色素で, それぞれ標識した(標識酵素, 標識ATP). 標識酵素をガラス面に固定した後, ある濃度の標識ATPを含む溶液を加えた. ⁽³⁾この観察条件下では, 一蛍光分子はそれが溶液中で運動している場合には捉えることができないが, 動きがなくなると蛍光スポットとして正確に画像が記録できた. また緑の蛍光と赤の蛍光は同時に別々の色で観察でき, 一蛍光分子の蛍光の強さは観察時間中全く変わらなかった.

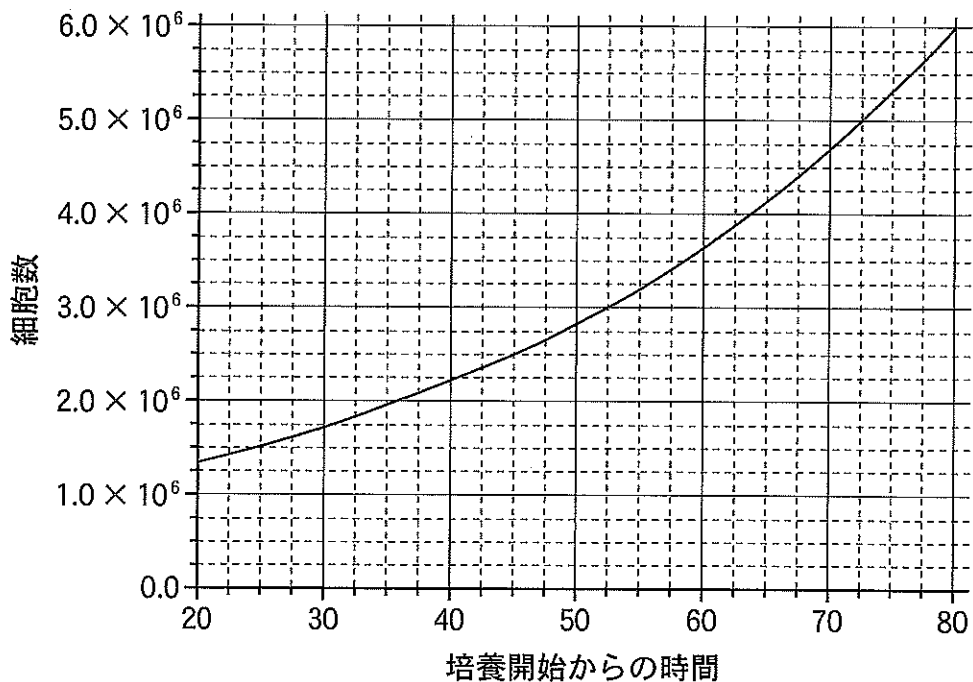
- 問 1 下線(1)について、基質濃度と酵素量以外で酵素の反応速度に大きな影響をあたえる要因を二つ記せ。
- 問 2 下線(2)について、酵素の濃度を一定にして基質濃度を変えて反応速度を測定したとき、ある程度以上の基質濃度になると反応速度は一定になった。この理由を説明せよ。
- 問 3 下線(3)について、観察領域内にこの標識酵素が 10 分子存在していた場合、緑に光るスポットは一度に何カ所観察されるか、また、赤に光るスポットは一度に何カ所観察されるか、それぞれ記せ。
- 問 4 標識 ATP が酵素-基質複合体を形成してから加水分解されるまで 1 秒かかったとする。それは画像上ではどのように見えるか説明せよ。
- 問 5 緑の蛍光スポットについて、1つの場所を連続観察したとき、標識 ATP の濃度を上げると蛍光スポットの挙動はどのように変わるか説明せよ。

B 二倍体の均質な動物細胞を培養皿で培養したところ、培養開始より 20 時間後から 80 時間後までの間、すべての細胞が同じ周期で細胞分裂を繰り返し、細胞数が下のグラフに示すように増加した。この期間内では、どの時点でも M 期、S 期、G₁ 期、G₂ 期の細胞の割合は変わらない。このままのペースで細胞の分裂が進むと、培養開始より約 時間後にはその細胞数は 1.0×10^7 個に達するはずであったが、実際には 9.2×10^6 個であった。

上と同じ動物細胞を同じ条件で培養し、以下の実験を行った。

実験 1：培養開始より 40 時間後、細胞を固定して染色体を染色し観察したところ、4% の細胞が M 期の細胞であった。

実験 2：培養開始より 40 時間後、細胞にトリチウム (³H) チミジンを短時間取り込ませた。その直後に細胞を固定して、核を染色し観察したところ、20% の細胞の核で ³H チミジンの取り込みが見られた。



問 6 下線(4)について, この動物細胞の細胞周期が1周するのに要する時間を記せ.

問 7 に当てはまる適当な値を記せ.

問 8 下線(5)について, 実際の細胞数が 1.0×10^7 個よりも少なかった原因として考えられる理由を一つ述べよ.

問 9 実験1の結果から推定される, この動物細胞のM期の長さ(時間)を記せ.

問10 実験2の結果から推定される, この動物細胞のS期の長さ(時間)を記せ.

問11 G_1 期と G_2 期のおおよその長さを推定するためには, 実験1と実験2に加えて, もう一つ実験が必要と考えられる. 必要と思われる実験と, その結果から G_1 期, G_2 期の長さを推定する方法を述べよ.

問12 M期, S期, G_1 期, G_2 期の長さ(時間)をそれぞれ m , s , g , h で表し, この動物種のゲノム1セット分の質量を p とし, 培養開始より20時間後から80時間後までの間における, 任意の時間 t における細胞数を $q(t)$ 個とする. このとき, 時間 t における細胞全体のゲノムDNAの総質量を表す式を m , s , g , h , p , $q(t)$ を用いて記せ. ただし, S期においてDNA合成は一定速度で進むと仮定し, ミトコンドリアゲノムの質量は考えないものとする.

【5】 次のA, Bの文を読み, 各問に答えよ.

A 真核細胞におけるタンパク質の情報を持つ遺伝子の発現は, 大きく分けると3つの段階から成り立っている. 一つ目は, DNAの塩基配列を塩基の を利用してRNAの塩基配列に写し取る転写の過程で, という触媒タンパク質がRNAの基本構成単位であるヌクレオチドを順番につなげていく. 二つ目は, 転写でできたばかりのRNAを加工して伝令RNA (mRNA)にするスプライシングの過程で, エキソンがつなぎあわさっていく. 三つ目は, できたmRNAの塩基配列の情報をもとにタンパク質を合成する翻訳の過程で により がつなげられていく.

真核細胞において転写が始まるためには, まず とともに密に折りたたまれたDNAがある程度ほどける必要がある. さらに, このほどけたDNAに が結合するためには, プロモーターと が必要である. プロモーター内の特定のDNA塩基配列と , が複合体を形成することにより転写が開始する.

翻訳は がmRNA上で翻訳を開始させる意味をもつ開始コドン(AUG)を見つけることによって始まる. 一方 が終止コドンとよばれる3種類のコドン(UAA, UAG, UGA)にであうと, その一つ手前のコドンで翻訳は終了する.

問 1 にあてはまる適当な語句を記せ.

問 2 下線(1)について, DNA と RNA の基本構成単位の違いを述べよ.

問 3 真核細胞の分裂期における染色体の状態を簡潔に記せ.

問 4 コドンとは何か説明せよ.

問 5 転写と翻訳の質的な違いを述べよ.

B スプライシングでは転写されたばかりの RNA から、遺伝情報を持たない 7 と呼ばれる領域が切り出され、遺伝情報を持つエキソンが次々とつなげられて mRNA ができる。スプライシングは複製が行われるのと同じ場所である 8 の中で起こり完成した mRNA は 9 を通って細胞質に運ばれて翻訳される。スプライシングにおいてはすべてのエキソンをつなげる通常のスプライシングに対して、一部のエキソンをつなげず、特定のエキソンを選択してつなげる選択的スプライシング⁽²⁾という機構も存在する。 選択的スプライシングではアミノ酸配列の一部欠損やコドンの読み枠の変化による終止コドンの変化により、一つの遺伝子から異なるタンパク質をつくることができる。

ここにエキソン①、②、③、④、⑤という5つのエキソンからなる遺伝子 A がある。この遺伝子 A では通常、エキソンが①②③④⑤と連結した mRNA が合成され、この mRNA からは505個のアミノ酸からなるタンパク質が合成される。さらにこの遺伝子 A では選択的スプライシングによりエキソンが①②③⑤、①②④⑤、①③⑤と連結した3種類の mRNA が作られる。①②③⑤、①②④⑤と連結した mRNA からはそれぞれ340個、205個のアミノ酸からなるタンパク質が合成される。エキソン①全体とエキソン④、⑤の始めの30塩基の配列は以下のとおりである。すべての mRNA ではエキソン①の下線 AUG が開始コドンとして用いられる。①②③④⑤と連結した mRNA ではエキソン⑤の下線 UGA が終止コドンとして用いられるが、①②③⑤と連結した mRNA ではコドンの読み枠がずれてエキソン⑤の下線 UAA が終止コドンとして用いられる。また①②④⑤と連結した mRNA ではやはりコドンの読み枠がずれてエキソン④の下線 UAG が終止コドンとして用いられる。

エキソン①の配列

GGAGUCGUGCCCGUGCUCGCCCCAGUUCGCUGCAGAAAUGACU

エキソン④のはじめの 30 塩基

GGGCGAUCAUAGCUCAGCUUCCUCAGGAGC

エキソン⑤のはじめの 30 塩基

GACAGCAUCUGAGCUAACACAGCCCAUGGG

問 6 にあてはまる適切な語句を記せ.

問 7 下線(2)について, 選択的スプライシングの意義について記せ.

問 8 エキソン②, ③, ④に含まれるヌクレオチドの個数をそれぞれ記せ.

問 9 ①③⑤と連結した mRNA から合成されるタンパク質のアミノ酸の個数を記せ.