

令和 8 年度
後 期 日 程

生 物

応用生物学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は 25 ページで解答用紙 5 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
5. 問題は、大問で 5 題ある。5 題すべてに解答すること。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率を表示してある。
9. 指定の字数以内で解答用紙のマス目に解答を記述する場合、数字、アルファベット、および句読点は、すべて 1 マスに 1 文字とする。

—問題訂正—

「生物」

(後期日程：応用生物科学部)

<問題訂正>

理科『生物』 7～8ページ

2 問1空欄イの解答「栄養段階」が問題文に記載されていたため、当該問題については全員正解として扱う。

1 次の文章 I, II を読み, 問 1 ~ 3 に答えよ。(配点比率: $\frac{1}{5}$)

I. 生物が自分と同じ構造をもつ個体をつくるためには, その設計図となる DNA が必要である。有性生殖を行う真核生物の 1 つの体細胞には, 形や大きさが同じ染色体が 2 本ずつあり, 一方は母方から, もう一方は父方からそれぞれの配偶子を介して受け継いだものである。この対になっている染色体を相同染色体という。ヒトの体細胞の場合, 男女に共通してみられる 本の染色体を といひ, 残りの 本を といひ。ある遺伝子が染色体のどの位置に存在するかは生物種ごとに決まっている。このような遺伝子が占める位置のことを といひ。同じ に異なる形質をあらわす遺伝子が複数存在する場合, それぞれを といひ。例えば, ラブラドルレトリバーの毛色は, 2 つの主要な遺伝子によって制御されている(図 1)。このうち 1 つは, メラノコルチン 1 受容体遺伝子 (*MC1R*) であり, *MC1R* には として *E* または *e* が知られている。もう 1 つはチロシナーゼ関連タンパク質 1 遺伝子 (*TYRP1*) であり, *TYRP1* には として *B* または *b* が知られている。これらの毛色に関する遺伝子は, いずれも に存在する。*E* は *e* に対して顕性遺伝子であり, *E* が存在すると, *B* または *b* に従い, 色素が沈着する。一方, 2 つの潜性遺伝子 *ee* をもつ場合, そのラブラドルレトリバーの毛色は, *TYRP1* の遺伝子の組み合わせにかかわらず黄色となる。*TYRP1* は, 黒色または茶色の毛色を決める遺伝子で, 顕性遺伝子である *B* をもつとそのラブラドルレトリバーの毛色は黒色となり, そうでなければ毛色は茶色になる。

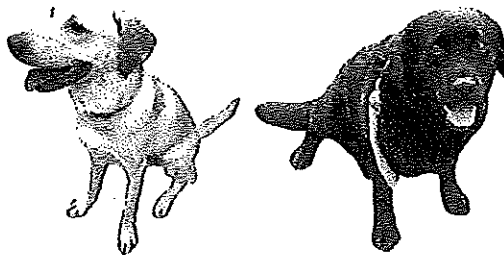


図 1 ラブラドルレトリバーの毛色の違い

問 1. ~ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) $EeBb$ の遺伝子の組み合わせをもつラブラドルレトリバーと $eeBb$ の遺伝子の組み合わせをもつラブラドルレトリバーの毛色はそれぞれ何色か、記せ。

- (2) (1)の遺伝子をもつ2頭($EeBb$, $eeBb$)を交配した場合、得られる子の毛色の比率を最も簡単な整数比で記せ。なお、出現しない毛色については比率を0とする。ただし、組換えや変異は生じなかったものとする。

II. *MCIR* は、ラブドールレトリバー以外にもヒトを含む多くの生物に広く存在する。これは、ラブドールレトリバーと *MCIR* をもつその他の生物が共通の祖先から進化したことを意味する。しかしながら、それぞれの生物間で *MCIR* の塩基配列を比較すると、いくつかの違いがみられる。DNA の塩基配列の変化は一定の確率で起こるため、*MCIR* の塩基配列を比べたとき、その違いはその種が分岐してからの時間に応じて増える傾向がみられる。このように、DNA の塩基配列などの分子情報を利用して、生物の系統の関係を分子系統樹としてあらわす^②ことができる。例えば、ある生物種 A ~ C からなる生物群の分子系統樹を描く方法を考えてみよう。表 1 は、この生物群がもつ遺伝子 X の塩基配列の違いを調べてまとめたものである。進化距離の短い 2 種の組み合わせから順に枝を結び付けていく方法を用いて、系統樹を描くこととする。

表 1 生物種 A ~ C の遺伝子 X の間で異なる塩基数

	生物種 A	生物種 B	生物種 C
生物種 A	/	2	3
生物種 B	/	/	1
生物種 C	/	/	/

まず生物種 A ~ C のうち、塩基配列の変化が最も少ないものは生物種 B と生物種 C であるから、最も近縁な生物種であるのも生物種 B と生物種 C と考えられる。生物種 B と生物種 C の間で異なる塩基数は 1 塩基であるため、共通祖先から平均してそれぞれ 0.5 塩基ずつ変異したと推定することができ、図 2 のように系統樹の一部を描くことができる。

次に、生物種 B と生物種 C を 1 つの枝とみなし、生物種 B と生物種 A、生物種 C と生物種 A の間で異なる塩基数の平均値を生物種 B・C と生物種 A の違いと考えることができる。生物種 B と生物種 A の間で異なる塩基数は 2 塩基、生物種 C と生物種 A の間で異なる塩基数は 3 塩基であるから、これらを平均して生物種 B・C と生物種 A の違いは 2.5 塩基と計算できる。共通祖先から枝分かれた後、合計で 2.5 塩基の違いが生じたとみなせることから、共通祖先からそれぞれ平均して 1.25 塩基ずつ変異したと推定して図 3 のように分子系統樹を描くことができる。

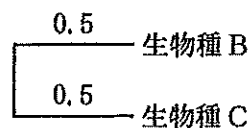


図 2 最も近縁な生物種間における遺伝子 X の分子系統樹

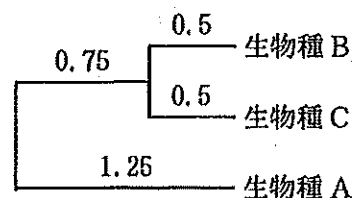


図 3 生物種 A ~ C における遺伝子 X の分子系統樹

このように、DNA の塩基配列を利用して分子系統樹を作成することで、これまで形態だけでは明らかにできなかった生物間の系統関係が明らかになりつつある。

- (2) 表2に示されたラブラドルレトリバーの *E*, ネコ, マウス, ヒトの *MC1R* の塩基配列を用いて, それぞれの間に生じた塩基の置換数を計算し, 表4の①~⑥に適切な数字を入れよ。

表4 ラブラドルレトリバー *MC1R* の *E* および各生物種における *MC1R* の間で異なる塩基数

	<i>E</i>	ネコ	マウス	ヒト
<i>E</i>		①	②	③
ネコ			④	⑤
マウス				⑥
ヒト				

- (3) 表4をもとにして, 分子系統樹を図示せよ。それぞれの共通祖先から変化した塩基の置換数は, 小数第3位を四捨五入して, 小数第2位まで記せ。ただし, 系統樹の枝の長さは進化距離と厳密に対応させなくてよい。
- (4) ラブラドルレトリバーがもつ *MC1R* の *E* と, ヒトの *MC1R* が, 共通祖先から分岐したのは何万年前と考えられるか, 記せ。ただし, 1塩基の変化に2000万年かかるものとする。

2

次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率： $\frac{1}{5}$)

生態系を構成する生物は、光合成などにより無機物から有機物を合成する生産者と、生産者が合成した有機物を直接的あるいは間接的に取り込んで利用する消費者に分けられる。このうち消費者は、生産者を摂食する一次消費者、一次消費者を摂食する二次消費者、二次消費者を摂食する三次消費者のように分けることができる。また、生物の遺骸や排泄物などの有機物を取り込んで、無機物にする **ア** も消費者である。このように、生産者から高次の消費者までは、捕食・被食の関係でつながっており、このつながりを食物連鎖とよび、食物連鎖のそれぞれの段階を **イ** という。実際の生態系においては、捕食・被食の関係は直線的ではなく、ある生物は複数の種の生物を捕食し、その生物も複数の種に被食されるため、その関係は **ウ** とよばれている。

生態系において、生産者が無機物から有機物を合成する過程を **エ** とよび、合成された有機物の総量は、総生産量とよばれる。この総生産量から生産者の呼吸量を差し引いたものが **オ** である。消費者は下位の栄養段階の生物を摂食して、体を構成する有機物を合成する。この摂食量から消化・吸収されなかった **カ** を差し引いたものを同化量とよぶ。消費者における同化量は、生産者における総生産量に相当し、ここから呼吸量を差し引いたものが消費者の生産量であり生産者の **オ** に相当する。エネルギーや炭素・窒素などの物質は、こうした食物連鎖を通じて移動していく。各 **イ** において、ある段階がもつエネルギー量のうち、その次の段階で利用されたエネルギーの割合をエネルギー効率とよぶ。

③ このように生態系は、生物のつながりによって成り立っているといえるが、人間の活動などの影響により、そのバランスや生産量が大きく損なわれることがある。ある地域にもともと生息している生物は **キ** とよばれるが、これに対して他の地域から人間の活動によって意図的または非意図的に移入され定着してしまった生物を外来生物とよぶ。外来生物の中には、その地域にもともと生息していた生物を捕食するものや、その食物あるいは生息環境を奪うことにより、地域の生態系のバランスを改変させるものが少なからずいる。こうした外来生物による生態系への負の影響を防ぐため、日本では2005年6月に外来生物法を施行し、日本の生態系や自然環境に大きな影響を及ぼす、あるいは及ぼす可能性のある生物を **ク** に指定し、その飼育や栽培、輸入および野外へ放つ行為などを禁止している。

問 4. 下線部③に関して、以下の問いに答えよ。

草地の牧草の種類が家畜であるウシの生産量におけるエネルギー効率の違いに及ぼす影響を調べるために、温帯地域の草地において寒地型牧草と暖地型牧草を、それぞれ栽培した。それぞれの草地にウシを放牧して、太陽からの光エネルギーからウシの体重増加分として蓄積されたエネルギー量までを測定し、図1のような結果を得た。なお、図中の値は、いずれも単位面積当たりに換算したエネルギー効率として求めている。

この部分につきましては、著作権許諾の都合により公開しません。

(大久保ら，草地学，122-124，1990 を一部改変)

- (1) 暖地型牧草の特徴に関して、適切なものを次の(a)~(e)の中からすべて選び、記号を記せ。
- (a) 暖地型牧草は、寒地型牧草に比べエネルギーとしての総生産量が高い。
 - (b) 暖地型牧草は、寒地型牧草に比べ全植物体に蓄積されたエネルギーに対して、ウシが摂取可能な部分のエネルギーの効率は低い。
 - (c) 暖地型牧草は、寒地型牧草に比べウシが摂取可能な部分のエネルギーに対して、ウシが摂取したエネルギーの効率は高い。
 - (d) 暖地型牧草は、寒地型牧草に比べウシが摂取したエネルギーに対して、同化したエネルギーの効率は低い。
 - (e) 暖地型牧草は、寒地型牧草に比べウシが同化したエネルギーに対して、体重増加として蓄積されたエネルギーの効率は高い。
- (2) この実験の結論として、適切なものを次の(a)~(d)の中から1つ選び、記号を記せ。
- (a) 放牧地においてウシの体重をより増加させるためには、総生産量の高い暖地型牧草を用いる必要がある。
 - (b) 寒地型牧草では、ウシが摂取したエネルギーに対するウシが同化したエネルギーの効率が高くなるが、これはウシの体重増加における太陽からの光エネルギーの効率の改善には寄与していない。
 - (c) 放牧地における土地面積当たりのウシの生産量を考える場合、牧草の生産における太陽からの光エネルギーの効率ではなく、ウシの体重増加における太陽からの光エネルギーの効率で評価する必要がある。
 - (d) 放牧地でのウシの体重増加における太陽からの光エネルギーの効率は、どちらの牧草でも大きく変わらないので、土地面積当たりのウシの生産量の観点では、気候条件によらず、どちらの牧草を使っても問題ない。

問 5. 下線部④に関して、以下の問いに答えよ。

この部分につきましては、著作権許諾の都合により公開しません。

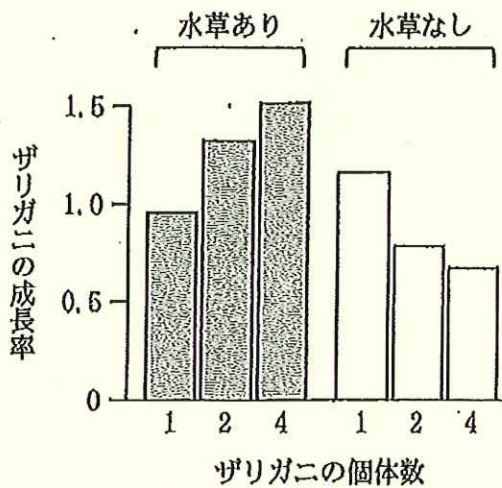


図2 水槽当たりのザリガニの個体数とザリガニ1匹当たりの成長率

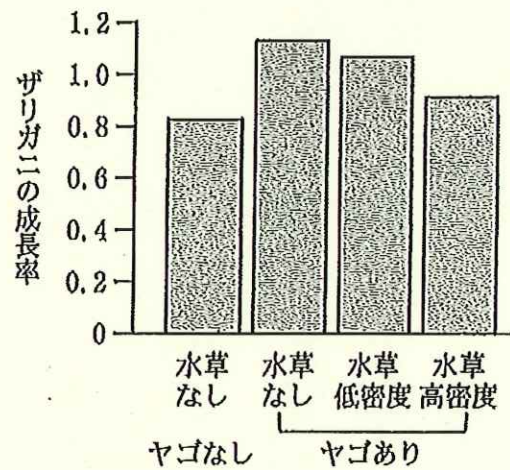


図3 水槽内に異なる密度の人工水草がある場合のザリガニ1匹当たりの成長率

(Nishijima ら, *BMC Ecology*, 17, 37, 2017. 図2と図3は東京大学大学院農学生命科学研究科プレスリリース資料 [2017年12月12日]を一部改変)

(1) 図2に示したザリガニの成長率に関する説明として適切なものを次の(a)~(f)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) 水草がある条件では、ザリガニの個体数によらず、1匹当たりの成長率は同じ程度である。
- (b) 水草がある条件では、ザリガニの個体数が増えるほど、1匹当たりの成長率は増加する。
- (c) 水草がある条件では、ザリガニの個体数が増えるほど、1匹当たりの成長率は低下する。
- (d) 水草がない条件では、ザリガニの個体数によらず、1匹当たりの成長率は同じ程度である。
- (e) 水草がない条件では、ザリガニの個体数が増えるほど、1匹当たりの成長率は増加する。
- (f) 水草がない条件では、ザリガニの個体数が増えるほど、1匹当たりの成長率は低下する。

(2) 図3に示したザリガニの成長率に関する説明として適切なものを次の(a)~(e)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) ヤゴがいない条件では、ヤゴがいる条件に比べて、1匹当たりの成長率は低下する。
- (b) ヤゴがいる条件では、水草がない場合には、1匹当たりの成長率は低下する。
- (c) ヤゴがいる条件では、水草の密度が増えるほど、1匹当たりの成長率は低下する。
- (d) ヤゴがいる条件では、水草の密度が増えるほど、1匹当たりの成長率は増加する。
- (e) ヤゴがいる条件でも、水草が高密度になると、ヤゴがいない条件と、1匹当たりの成長率は変わらない。

(3) 実験1と実験2の結果から、ザリガニが水草を切断することにどのような意義があると考えられるか、60字以内で記せ。

下書き用(60字)

3

次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率： $\frac{1}{5}$)

体内の電解質の濃度や水分量は、おもに腎臓および内分泌腺のはたらきにより調節されている。図1に示すように、腎臓に入ってきた血液は、糸球体でろ過され、それにより原尿が作られる。原尿は、細尿管を経て集合管に至り、その過程で電解質と水分量が調整され、最終的に尿となる。糸球体では毎日100リットル以上の血液がろ過されるが、実際に尿として排出される量は1リットル程度である。これは、血液中のほとんどの水が再吸収されるためであり、水の再吸収においては集合管が重要な役割を果たしている。ア 脳の視床下部で産生されるバソプレシンが、下垂体後葉から分泌されると、集合管の血管側細胞膜に存在するバソプレシン受容体に結合する。すると、アクアポリンとよばれるチャネルが開き、集合管から血管内へと水が移動する。その結果、原尿の濃縮が起こる。発汗などにより体液中の水分量が減少して血しょう浸透圧が上昇すると、下垂体後葉からバソプレシンが分泌され、その結果、水の再吸収が促進されて体液量が保持される。また、体液中の水分量が減少した場合には、副腎皮質から鉱質コルチコイドの一種であるアルドステロンも分泌され、集合管における Na^+ および水の再吸収を促進することにより、体液量が保持される。このとき、 Na^+ とは逆に K^+ は、尿中へ排出される。

体内における Na^+ や K^+ は、ニューロンの興奮にも関わっている。刺激を受けていないニューロンの細胞膜の外側はイ に、内側はウ に帯電している。細胞膜の外側を基準としたときの内側の電位をエ という。ニューロンの一部に刺激を与えると、刺激を受けた部位で生じた電位変化が軸索を伝わる。このとき、細胞膜内外の電位が瞬間的に逆転し、内側がイ、外側がウ となり、やがてもとの電位にもどる。この一連の電位の変化を、オ といい、このようなオ が発生することを興奮という。ニューロンは、刺激の強さがある一定以上でないとき興奮しない。興奮が起こる最小限の刺激の強さをカ という。刺激をさらに強くしても反応の大きさは変化せず、このような性質をキ という。

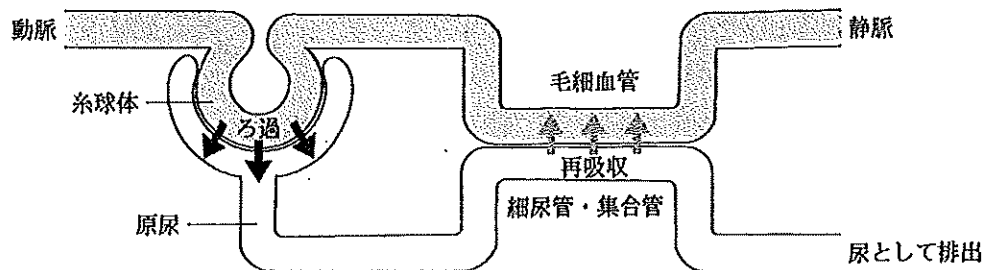


図1 腎臓における血液のろ過と尿の生成

問 1.

ア

 ~

キ

 に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して、細胞内の Ca^{2+} は、さまざまな生理機能の発現に関わっており、例えば筋収縮には、筋細胞内における Ca^{2+} 濃度の上昇が必須である。次の(a)~(g)を、骨格筋が収縮する過程の順に並べ、記号で記せ。ただし、最後(7番目)は(g)となる。

- (a) 筋小胞体から細胞質内へ Ca^{2+} が放出される。
- (b) トロポニンと Ca^{2+} が結合する。
- (c) 細胞膜にあるアセチルコリン受容体にアセチルコリンが結合する。
- (d) 運動ニューロンからアセチルコリンが放出される。
- (e) 細胞膜にある電位依存性 Na チャネルが開く。
- (f) ミオシン頭部がアクチンフィラメントと結合する。
- (g) 骨格筋が収縮する。

問 3. 下線部②の機能として適切なものを次の(a)~(f)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) からだの平衡を制御
- (b) 血糖調節
- (c) 呼吸運動
- (d) 体温調節
- (e) 眼球運動
- (f) 視覚

問 4. 下線部③に関して、神経細胞に炎症を生じるマウスの中に、多尿(尿の排出回数および排出量が異常に増える状態)の症状を示すマウスがいることがわかった。このマウスの多尿の原因を調べるために、バソプレシンと同じ受容体に作用してバソプレシンと同じ効果を示すデスマプレシンを多尿マウスに投与し、投与前後の尿量を測定したところ、図2の結果を得た。また、正常マウスと多尿マウスの血中バソプレシン濃度を比較したところ、図3の結果を得た。以下の問いに答えよ。

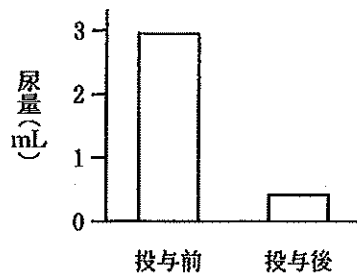


図2 多尿マウスにおけるデスマプレシン投与前後の尿量変化

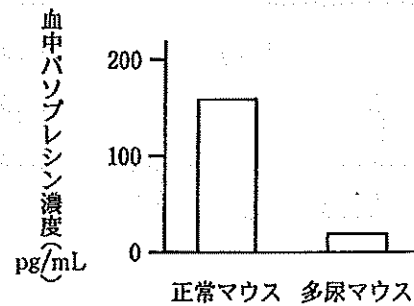


図3 正常マウスと多尿マウスの血中バソプレシン濃度を比較した結果

- (1) この多尿マウスが多尿を示す原因として考えられるものを次の(a)~(f)の中からすべて選び、記号を記せ。
- (a) 視床下部におけるバソプレシンの産生不全
 - (b) 視床下部におけるバソプレシンの過剰産生
 - (c) 下垂体後葉におけるバソプレシンの分泌不全
 - (d) 下垂体後葉におけるバソプレシンの過剰分泌
 - (e) 集合管におけるバソプレシン受容体の活性化不全
 - (f) 集合管におけるバソプレシン受容体の過剰発現

4

次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率： $\frac{1}{5}$)

細胞は生物の基本単位である。細胞には核やミトコンドリアなどの細胞小器官が存在し、細胞を構成する物質には、水、タンパク質、炭水化物、脂質、核酸、無機塩類などがある。細胞の遺伝情報は体細胞分裂と減数分裂により受け継がれる。前者は多細胞生物において1個の接合子から個体が形成されるまで繰り返され、後者は生殖細胞が増殖する際に行われる。細胞分裂は間期[G₁期(DNA合成準備期)、S期(DNA合成期)、G₂期(分裂準備期)]とM期(分裂期)で構成される。間期と分裂期をあわせた一連の過程を細胞周期とよぶ。細胞周期の制御に関わる遺伝子の塩基配列が変化すると、細胞周期の制御がきかなくなり無秩序に増殖する細胞集団が形成される場合がある。

問1. 下線部①に関して、表1はある生体を構成する主要元素の割合を示している。以下の問いに答えよ。

表1 ある生体を構成する主要元素の割合

元素名	重量パーセント
A	65
炭素	18
水素	10
B	2.9
カルシウム	1.5
リン	1.1
硫黄	0.25
カリウム	0.35
ナトリウム	0.15
塩素	0.15
マグネシウム	0.05
その他	0.55

(1) 表1のAとBに適する元素名をそれぞれ記せ。

(2) エネルギーの伝達にかかわり、高エネルギーリン酸結合をもつ化合物を1つ記せ。

問 4. 下線部④に関して、以下の問いに答えよ。

細胞周期に関する実験 1～5 を行った。なお、すべての実験においてそれぞれの周期の長さはすべての細胞で等しかった。それぞれの周期に要する時間 t は、次の式で求められる。

$$t = T \times \frac{n}{N}$$

T = 1 回の細胞周期に要する時間

N = 測定に用いた全細胞数

n = 測定により得られたそれぞれの周期の細胞数

[実験 1]

任意の個数の細胞をシャーレ(細胞培養用のプラスチック皿)に入れ、適した環境で培養を開始した。培養時間の経過にともなう細胞数の変化を測定したところ、表 2 の結果を得た。

[実験 2]

実験 1 の培養開始から 50 時間経過した細胞集団から 8000 個の細胞を取り出し、細胞内の DNA を蛍光物質で標識した。蛍光強度を読み取ることで個々の細胞が有する DNA の相対量を測定し、図 1 の結果を得た。

[実験 3]

実験 1 の培養開始から 50 時間経過した細胞集団から 8000 個の細胞を取り出し、DNA 合成阻害薬を含む培地を加えた。24 時間後、実験 2 と同じ手法で個々の細胞が有する DNA の相対量を測定した。

[実験 4]

S 期(DNA 合成期)の細胞に水素の同位体を含むチミジン(^3H チミジン)を与えると、 ^3H チミジンは複製中の DNA に取り込まれるため、DNA を標識することができる。実験 1 の培養開始から 50 時間経過した細胞に、 ^3H チミジンを含む培地を短時間与えた。その後、細胞外の ^3H チミジンを完全に取り除き、 ^3H チミジンを含まない培地を加えた。直ちに一部の細胞を計測したところ、計測した全細胞の 25% の細胞が ^3H チミジンで標識されていた。なお、標識された細胞に分裂を示すものはなかった。

[実験 5]

実験 4 において ^3H チミジンで処理した細胞の培養を継続したところ、 ^3H チミジン処理から 3.5 時間後に最初の細胞分裂がみられた。

表2 実験1の結果

経過時間(時間)	細胞数($\times 10^6$)
10	14.9
20	25.1
30	39.8
40	60.0
50	100.3
60	159.8

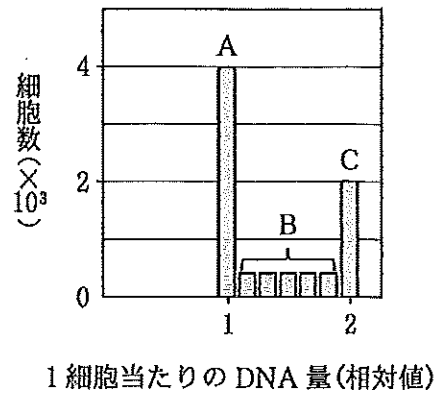


図1 実験2の結果

- (1) 実験1の結果から、この細胞の1回の細胞周期に要する時間を求めよ。
- (2) 実験3の結果は、実験2の結果(図1)と異なっていた。どのように異なっていたか、最も適切なものを次の(a)~(f)の中から1つ選び、記号を記せ。
- (a) Aの割合が増加し、Cの割合は減少した。
 - (b) Aの割合が減少し、Cの割合は増加した。
 - (c) AとCの割合が増加し、Bの割合が減少した。
 - (d) AとCの割合が減少し、Bの割合が増加した。
 - (e) AとBの割合が増加し、Cの割合が減少した。
 - (f) AとBの割合が減少し、Cの割合が増加した。
- (3) 実験1, 2, 4, 5から、この細胞の(i)~(iv)の周期に要する時間を求めよ。なお、 ^3H チミジン処理に要した時間は考慮しないこととする。
- (i) G_1 期(DNA合成準備期)
 - (ii) S期(DNA合成期)
 - (iii) G_2 期(分裂準備期)
 - (iv) M期(分裂期)

問 5. ヒトの場合、下線部⑤のような細胞集団をがんおよびよぶ。がんの治療方法の1つに放射線照射がある。以下の問いに答えよ。

(1) 図2はがん化した細胞の細胞周期における放射線感受性の変化の一例を示している。図2に関する記述として適切なものを次の(a)~(d)の中からすべて選び、記号を記せ。

- (a) 放射線照射に応じて、細胞周期が変化する。
- (b) S期前半から後半に向けて、放射線照射に対する細胞生存率は高くなる。
- (c) 放射線照射は、分裂中の細胞に対して最も効果的である。
- (d) 放射線に対する感受性は、G₂期の細胞が最も高い。

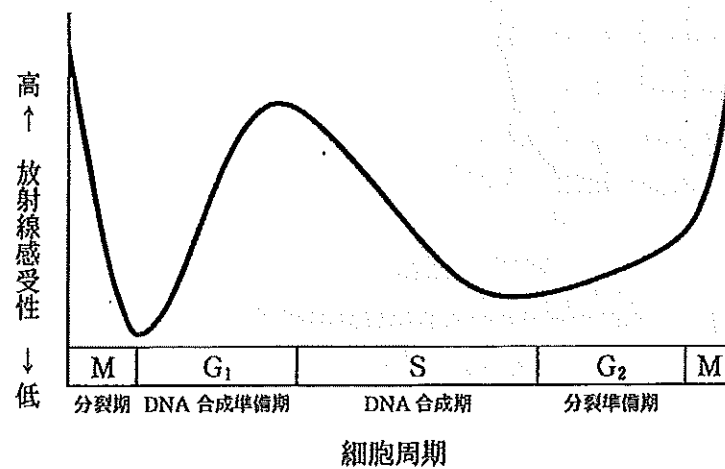


図2 がん化した細胞の細胞周期における放射線感受性の変化

(2) 図3はがん化した細胞集団と正常な細胞集団に対する放射線照射の影響の一例を示している。放射線治療は、がん化した細胞と正常細胞における放射線感受性とDNA損傷からの回復力の差を利用して行われる。がん治療に用いる放射線の照射線量として、適切なものを次の(a)~(d)の中から1つ選び、記号を記せ。

- (a) 45 Gy (b) 55 Gy (c) 65 Gy (d) 75 Gy

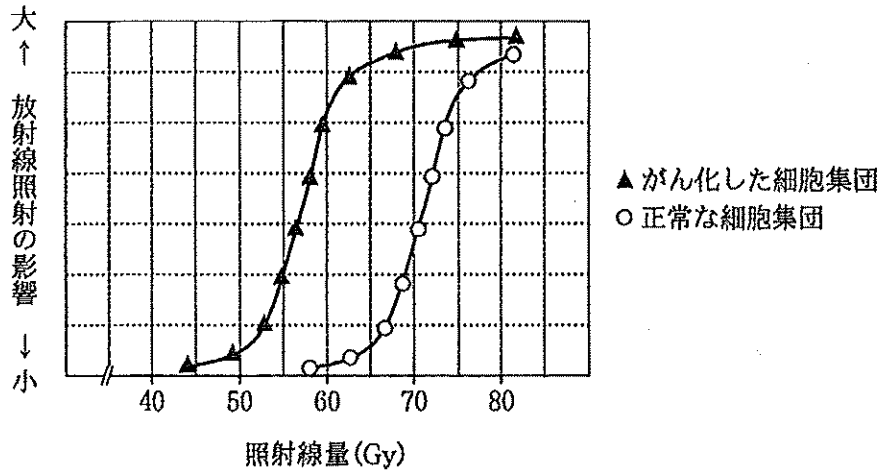


図3 各細胞集団に対する放射線照射の影響

Gy：照射線量の単位

5 次の文章 I, II を読み, 問 1 ~ 7 に答えよ。(配点比率: $\frac{1}{5}$)

I. DNA が複製される際には, DNA の特定の部分が複製起点となり, そこで相補的に結合している塩基間の水素結合が切れる(図 1)。そこに **ア** という酵素が結合すると, 二重らせん構造がほどかれる。その後, 1 本になったヌクレオチド鎖の塩基に, 鋳型鎖と相補的な塩基配列をもつ短い RNA 鎖が結合し, **イ** のはたらきによってヌクレオチド鎖が伸長していく。DNA が複製される際には, 一方のヌクレオチド鎖では連続的に新生鎖が合成される。これを **ウ** 鎖という。もう一方のヌクレオチド鎖では, 5' → 3' 方向に小さな DNA の断片を作り, それらを **エ** という酵素がつなぎ合わせて新生鎖が合成される。このように DNA の断片がつけられながら不連続に複製される新生鎖を **オ** 鎖という。複製された DNA は, 鋳型鎖と新生鎖の組み合わせでできており, もとの DNA と同じ塩基配列をもつ。このような複製方式を **カ** といひ, 次のような実験によって証明された。

[実験]

窒素(N)の同位体である ^{15}N と ^{14}N は, 同じ窒素だが質量が異なり, 同じように DNA を構成できる。質量が大きい ^{15}N のみを含む培地で大腸菌を長期間培養したところ, 大腸菌内の窒素がすべて ^{15}N に置き換わり, ^{15}N からなる重い DNA ができた。その後, 質量が小さい ^{14}N のみを含む培地に移して大腸菌を分裂させた。大腸菌から DNA を抽出し, 遠心分離によって ^{15}N のみを含む DNA ($^{15}\text{N}/^{15}\text{N}$), ^{15}N と ^{14}N を両方含む DNA ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), ^{14}N のみを含む DNA ($^{14}\text{N}/^{14}\text{N}$) に分離した。

問 1. **ア** ~ **カ** に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に関して, このような RNA 鎖の名称を記せ。

問 3. 下線部②に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) このような小さな DNA の断片の名称を記せ。
- (2) 図 1 の領域 A ~ D において、(1)の DNA 断片が合成される領域の組み合わせとして適切なものはどれか、次の(a)~(f)の中から1つ選び、記号を記せ。
- (a) AとB (b) CとD (c) AとD (d) BとC
 (e) AとC (f) BとD

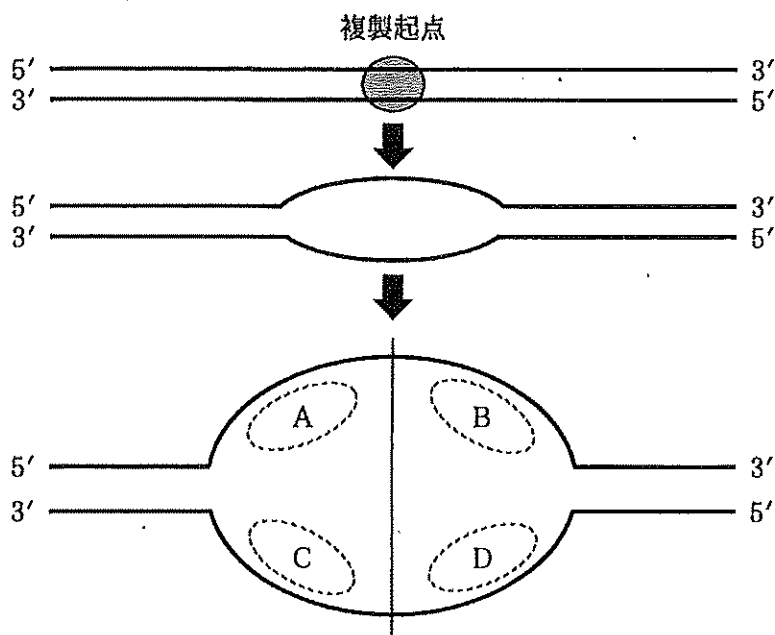


図 1 DNA 複製の模式図

問 4. [実験]に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) ^{14}N を含む培地に移して 1 回分裂させた後の大腸菌の DNA について適切なものはどれか、次の(a)~(e)の中から1つ選び、記号を記せ。
- (a) $(^{14}\text{N}/^{14}\text{N})$ のみがみられた。
 (b) $(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$ のみがみられた。
 (c) $(^{15}\text{N}/^{15}\text{N})$ と $(^{14}\text{N}/^{14}\text{N})$ が 1 : 1 の比率でみられた。
 (d) $(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$ と $(^{14}\text{N}/^{14}\text{N})$ が 1 : 1 の比率でみられた。
 (e) $(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$ と $(^{14}\text{N}/^{14}\text{N})$ が 1 : 3 の比率でみられた。
- (2) ^{14}N を含む培地に移して 4 回分裂させた後の大腸菌の DNA における $(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})$ と $(^{14}\text{N}/^{14}\text{N})$ の比率を最も簡単な整数比で記せ。なお、出現しない場合については比率を 0 とする。

II. ヒトを含む真核生物の場合、DNAは核内で染色体を形成しており、通常、1個の体細胞には大きさと形が同じ染色体が2本ずつある。この対になる染色体を相同染色体という。この相同染色体のどちらか一方を集めた1組に含まれるすべての遺伝情報をゲノムという。DNAを構成するヌクレオチドはアデニン(A)、チミン(T)、シトシン(C)、グアニン(G)の4種類の塩基のいずれかを含む。

問 5. 下線部③に関して、ヒトのゲノムは32億塩基対から、大腸菌のゲノムは460万塩基対からなる。隣り合う塩基対間の距離が0.34 nmの場合、ヒトのゲノムの長さ、ヒトの1体細胞当たりに含まれるゲノムの長さは何 m になるか、また、大腸菌のゲノムの長さ、大腸菌の1細胞当たりに含まれるゲノムの長さは何 mm になるか、小数第3位を四捨五入して、小数第2位まで記せ。

問 6. 下線部④に関して、ある生物のゲノムに含まれる全塩基のうち、グアニン(G)の数の割合が21%の場合、このゲノム中のアデニン(A)、チミン(T)、シトシン(C)の数の割合はそれぞれ何%になるか、記せ。

問 7. 真核生物のDNAは線状であるのに対し、原核生物のDNAは環状である。この構造の違いに関連して、真核生物のDNA末端の複製において、原核生物のDNA複製ではみられない現象がある。その現象とはどのようなものであるか、20字以内で記せ。

下書き用 (20字)

5					10					15					20				