1 問題

《複製・生殖 1》

次の文 1，2 を読み，**問 1** ～**問 7** に答えよ。 (25 点)

〔文 1〕^{14}N のみを含む培地で一定期間培養した，窒素分として ^{14}N のみを含む大腸菌から DNA を抽出し，遠心分離機にかけたところ，図 1 に示したように，(a)の位置にバンドが形成された。次に，^{14}N より質量の大きな同位体である ^{15}N のみを含む培地で大腸菌を一定期間培養し，窒素分として ^{15}N のみを含む大腸菌を得た。これを第 0 世代とする。この第 0 世代の大腸菌を，^{15}N を含まず ^{14}N のみを含む培地で培養し，1 回分裂したものと 2 回分裂したものを得て，それぞれ前者を第 1 世代，後者を第 2 世代とした。

第 0 世代～第 2 世代の大腸菌の DNA を抽出し，遠心分離機にかけたところ，図 1 に示したように，第 0 世代では(c)の位置に，第 1 世代では(b)の位置に，第 2 世代では(a)の位置と(b)の位置に，それぞれバンドが形成された。

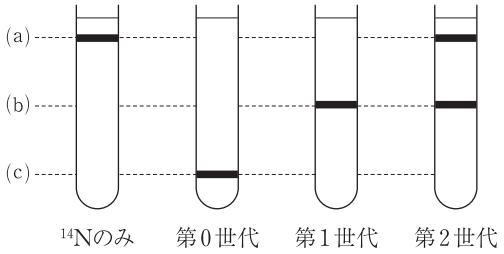


図 1

問 1 DNA の構成単位であるヌクレオチドは 3 つの構成成分からなるが，窒素はそのうちどの成分に取り込まれるか。成分の名称を答えよ。 (1 点)

問 2 図 1 の(b)の位置にバンドを形成した DNA について，含まれる窒素原子はどのようになっているか。次の①～③のうちから 1 つ選び，番号で答えよ。 (1 点)

① ^{14}N のみを含む。 ② ^{15}N のみを含む。 ③ ^{14}N と ^{15}N を両方含む。

問 3 第 2 世代において，(a)の位置にバンドを形成した DNA 分子と(b)の位置にバンドを形成した DNA 分子の数の比を，例に倣って最も簡単な整数比で答えよ。 (3 点)

例 (a)：(b)＝2：1

問 4 第 2 世代の大腸菌を，^{14}N のみを含む培地で培養し続け，第 3 世代，第 4 世代の大腸菌を得た。これらの大腸菌から DNA を抽出し，遠心分離機にかけたとき，(a)～(c)の位置にそれぞれバンドを形成する DNA 分子の数の比はどのようになるか。**問 3** の例に倣ってそれぞれ最も簡単な整数比で答えよ。 (8 点)

第 0 世代→第 1 世代→…と DNA が複製されていく様子を図示してみよう。

〔文 2〕DNA は，加熱するとヌクレオチド鎖間の水素結合が解かれ，1 本鎖の状態になるが，ゆっくり冷却すると，1 本鎖状態のヌクレオチド鎖どうしが再び二重らせん構造を形成することが知られている。

いま，遺伝的に同一である大腸菌の集団を２つに分け，一方を窒素分として ^{14}N のみを含む培地で，もう一方を窒素分として ^{15}N のみを含む培地で長期間培養し，それぞれの大腸菌から DNA を抽出した。前者を ^{14}N-大腸菌 DNA，後者を ^{15}N-大腸菌 DNA とする。この２種類の DNA を用いて次の**実験 1**，**2** を行った。

実験 1　^{14}N-大腸菌 DNA と ^{15}N-大腸菌 DNA を混合して加熱し，ゆっくり冷却した。その後，１本鎖状態にあるヌクレオチド鎖だけを分解する酵素を加え，溶液内から１本鎖状態のヌクレオチド鎖を取り除いた後，遠心分離機にかけると，３本のバンドが現れた。

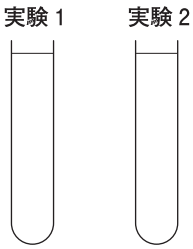
実験 2　ヒトの肝臓から抽出した DNA（^{15}N を含まない）と，^{15}N-大腸菌 DNA を混合して加熱し，ゆっくり冷却した。その後，１本鎖状態にあるヌクレオチド鎖だけを分解する酵素を加え，溶液内から１本鎖状態のヌクレオチド鎖を取り除いた後，遠心分離機にかけると，２本のバンドが現れた。実験１と実験２で異なる条件

問 5　下線部について，大腸菌は，主に無性生殖の様式のひとつである分裂によって増殖する。このような無性生殖について，有性生殖に比べて有利な点，ならびに不利な点を，それぞれ簡潔に説明せよ。（4 点）

問 6　**実験 1** と**実験 2** で現れるバンドの位置を推定し，図１に倣って図に示せ。（4 点）

再び二重らせん構造をつくる「相補的な鎖」の組合せはどのようになっているか？

問 7　**実験 1** では３本現れたバンドが，**実験 2** では２本しか現れなかった。なぜ**実験 2** ではバンドが２本しか現れなかったのか，その理由を推定し，説明せよ。（4 点）



解　答

問 1　塩基

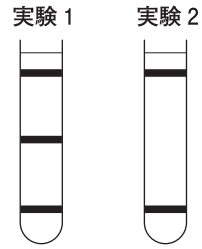
問 2　③

問 3　(a)：(b)＝1：1

問 4　第３世代…(a)：(b)：(c)＝3：1：0　　第４世代…(a)：(b)：(c)＝7：1：0

問 5　有利な点…個体単独で生殖できるため，効率よく増殖できる。
不利な点…子は親と遺伝的に同一であるため多様性に乏しく，環境が急激に変化したときに対応できず，全滅してしまう可能性が高い。

問 6　右図



問 7　大腸菌の DNA とヒトの DNA では塩基配列が大きく異なるため，１本鎖状態になった ^{15}N のみを含む大腸菌由来のヌクレオチド鎖と，^{14}N のみを含むヒト由来のヌクレオチド鎖の間で二重らせん構造が形成されることはなく，大腸菌由来のヌクレオチド鎖どうし，ヒト由来のヌクレオチド鎖どうしでのみ二重らせん構造が形成されるため。

解　説

のつけどころ

問 1 ～ 4，**6**，**7** は，メセルソンとスタールの実験を題材とした考察問題である。『**導入**』で学んだ半保存的複製の仕組み，および「DNA の 2 本鎖が互いに相補性をもつ」という知識を生かそう。**問 5** は，無性生殖と有性生殖の違いを正しく押さえられているかを問う問題である。『**導入**』で学習した，それぞれの有利な点と不利な点をもとに解答をまとめよう。

問 1　DNA を構成するヌクレオチドは，**塩基**，**糖**（**デオキシリボース**），**リン酸**から構成される。このうち，窒素（N）を含むのは塩基である。

問 2　図 1 において，遠心管の上部（(a)の位置）にバンドを形成したのは，^{14}N のみを含む「軽い」DNA である。また，第 0 世代では 2 本のヌクレオチド鎖がともに ^{15}N のみを含むことから，遠心管の下部（(c)の位置）にバンドを形成したのは，^{15}N のみを含む「重い」DNA であることがわかる。

そのため，(a)と(c)の中間にある(b)の位置にバンドを形成したのは，^{15}N と ^{14}N を両方含む「中間の重さ」の DNA であると考えられる。第 1 世代で(b)の位置のみにバンドが形成されたのは，DNA の複製において，^{15}N のみを含むヌクレオチド鎖をもとに，^{14}N のみを含む新しいヌクレオチド鎖が複製されたためである。

発想の鍵

^{15}N は ^{14}N より重いため，^{15}N のみを含む「重い」DNA は遠心管の底の方にバンドを形成する。

問 3・4　第 2 世代以降では，^{14}N のみを含むヌクレオチド鎖をもとに複製が行われると ^{14}N のみを含む「軽い」DNA（(a)の位置）が，^{15}N のみを含むヌクレオチド鎖をもとに複製が行われると ^{15}N と ^{14}N を両方含む「中間の重さ」の DNA（(b)の位置）ができる。

したがって，第 2 ～ 4 世代の DNA は，次図のようになる。

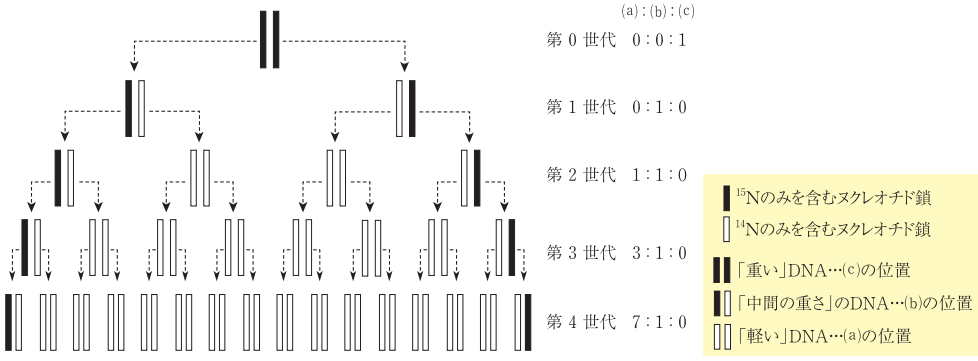
発想の鍵

なお，第 0 世代の DNA 分子の数を 1 とすると，「中間の重さ」の DNA は第 2 世代以降，つねに 2 生じるため，第 n 世代での DNA 分子の数の比は次のように表される。

「重い」:「中間の重さ」:「軽い」

$=0:2:(2^n-2)$

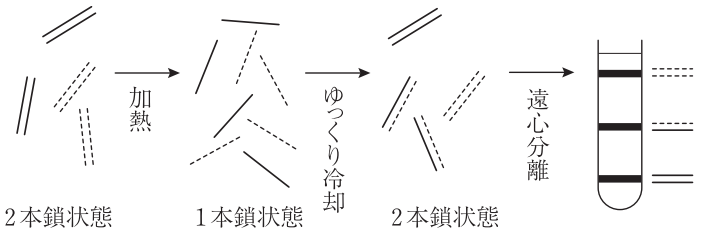
$=0:1:(2^{n-1}-1)$



問 5　無性生殖は１個体での生殖が可能で，相手を探す必要がないので，増殖する効率がよい。しかし，無性生殖で生じる子は親と遺伝的に同一であるため多様性に乏しく，現在の環境には適応していても，急に環境が変化したとき，新しい環境に対応できず全滅してしまう恐れがある。

覚えておきたい
無性生殖は，子の遺伝的な多様性という点には欠けるが，環境が適しているときに効率的に数を増やすことができるため，有性生殖に対してつねに不利というわけではない。

問 6 ・ 7　**実験 1** の概要を図示すると，次のようになる。



---- …^{14}Nのみを含むヌクレオチド鎖
── …^{15}Nのみを含むヌクレオチド鎖

いったん１本鎖状態になった後，再び二重らせん構造を取り得る組合せは，^{14}N のみを含むヌクレオチド鎖どうし，^{15}N のみを含むヌクレオチド鎖どうし，^{14}N のみを含むヌクレオチド鎖と ^{15}N のみを含むヌクレオチド鎖，の３通りである。**実験 1** でバンドが３本現れたということは，上記の３通りの組合せで二重らせん構造を形成したことを意味する。

一方，**実験 2** ではバンドが２本しか現れなかった。**実験 1** と**実験 2** で異なる点に着目すると，**実験 1** で用いた DNA は，遺伝的に同一な大腸菌の集団に由来するが，**実験 2** で用いた DNA は，^{15}N のみを含む DNA は大腸菌由来のもので，^{14}N のみを含む DNA はヒト（の肝臓）由来のものである。二重らせん構造をとる２本のヌクレオチド鎖の塩基間に形成される水素結合は，A と T, G と C の間でしか形成されないため，相補的な塩基配列をもっているヌクレオチド鎖どうしでなければ二重らせん構造をとることはできない。大腸菌とヒトは系統的に遠く離れているため，**実験 2** で用いられた大腸菌由来の DNA とヒト由来の DNA の塩基配列は大きく異なると考えられる。そのため，１本鎖状態において，大腸菌由来のヌクレオチド鎖はヒト由来のヌクレオチド鎖と二重らせん構造をとることはなく，「中間の重さ」のバンドが現れなかったため，バンドは２本になったと考えられる。

発想の鍵
生物種が違うということは，DNA の塩基配列も異なるということである。