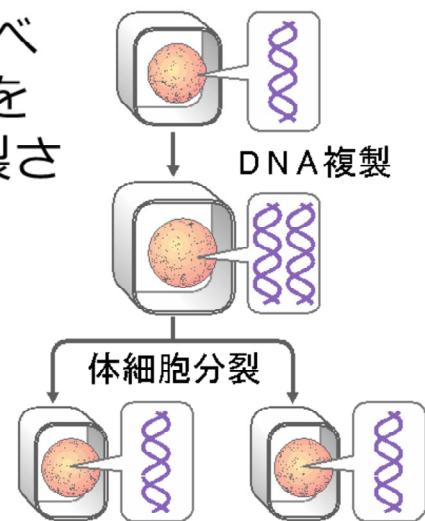


第2部 第2章 遺伝子とその働き

第1節 遺伝情報とDNA DNAの複製

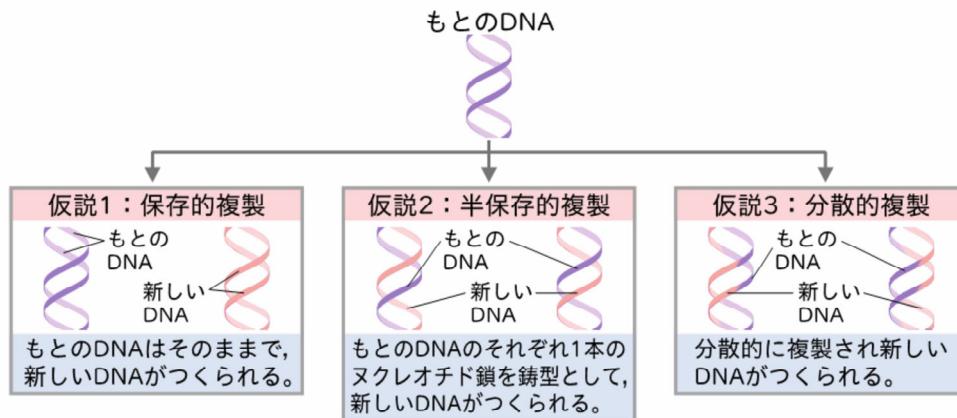
教科書p.69~71

分裂によって増えた細胞はすべて同じ遺伝情報を含む DNA をもつ。DNA はどのように複製されるのだろうか。



探究 2-2

DNA複製の様子

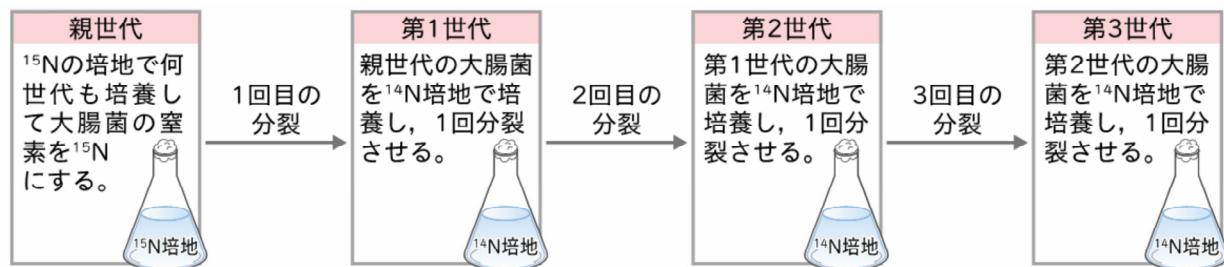


DNA複製のしくみを説明する3つの仮説

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

このスライドを提示する前に、半保存的複製以外の方法を考えさせるとよい。生徒が挙げた複製方法を分類し、同様の仮説が立てられていたことを説明する。

3つの仮説を検証するために、大腸菌が細胞分裂によって増殖する際、培地から窒素原子(N)を取り込んで DNA を合成する性質を利用して、次のような実験を行なった。



^{15}N . . . 通常の窒素原子 (^{14}N) よりも重い窒素原子

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

大腸菌は、約30分に1回分裂するため、短時間にDNA複製が起こる。大腸菌は培地に含まれる窒素のみを利用して、新たにDNAを合成するため、重さ（密度）の違いによって、鋳型になった鎖と新たに合成された鎖を標識できることを理解させる。

親世代～第3世代それぞれからDNAを抽出し、その重さを分析したところ、次の表のような、3種類の重さのDNAが得られた。DNA中のすべての窒素原子が¹⁵Nに置き換わったものを重いDNA鎖、全ての窒素原子が¹⁴Nに置き換わったものを軽いDNA鎖とする。

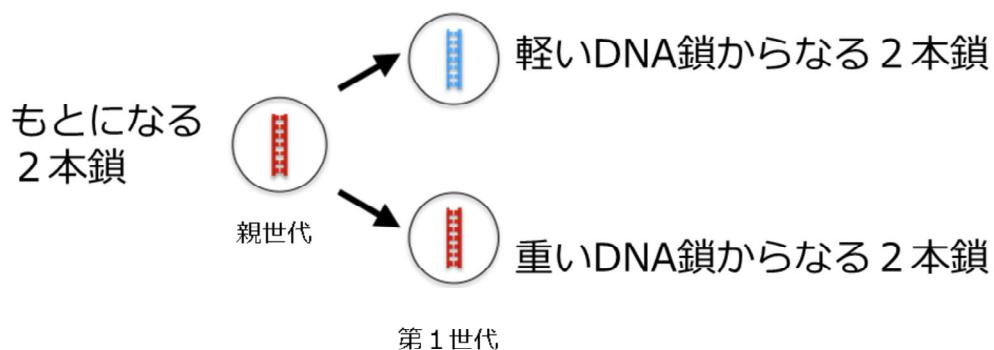
	親世代	第1世代	第2世代	第3世代
軽いDNA鎖	0	0	1	3
中間の重さのDNA鎖	0	1	1	1
重いDNA鎖	1	0	0	0

表中の数字は相対値

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

教科書の図では簡単な整数比に直しているが、世代を追うごとに総数が2倍ずつ増えるように書いてから、比を簡単にさせるとわかりやすい。

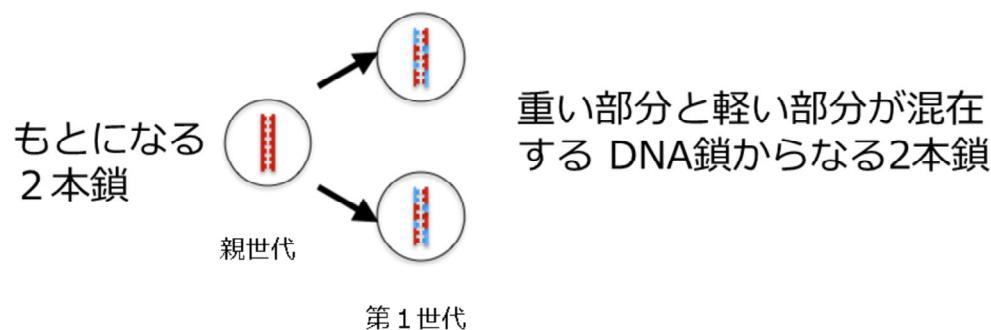
- ① 仮説 1 が正しいとすると、第 1 世代からは、どのような重さの DNA 鎖が得られると考えられるか。



↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

鑄型鎖（重い鎖）を赤で、新生鎖（軽い鎖）を青で示し、視覚的に区別せる。このスライドもプリントして配布し、実際に記入させるとよい。

- ① 仮説 3 が正しいとすると、第 1 世代からは、どのような重さの DNA 鎖が得られると考えられるか。



↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

分散的複製では、 ^{14}N と ^{15}N の鎖が混在し、色々な重さのDNAができるのを確認する。
このスライドもプリントして配布し、実際に記入させるとよい。

② 実験の結果から仮説 1 ~ 3 のうち、どれが正しいと考えられるか。

仮説2が正しいとすると・・・

もとになる
2本鎖

親世代

第1世代

第2世代

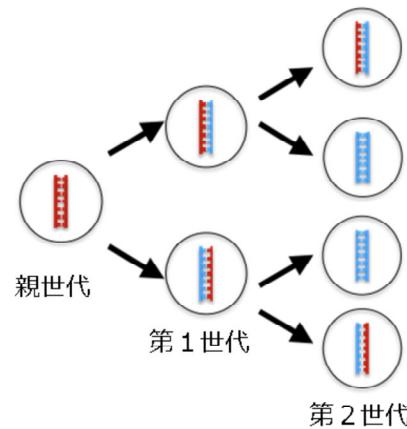
軽い鎖からなる2本鎖

重い鎖と軽い鎖からなる2本鎖
= 中間の重さのDNA鎖

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

世代を経ても、 ^{14}N と ^{15}N の鎖からなる2本鎖が2組残ることに気づかせる。このスライドもプリントして配布し、実際に記入させるとよい。

② 実験の結果から仮説 1 ~ 3 のうち、どれが正しいと考えられるか。



第1世代・・・中間の重さのDNA鎖のみ

第2世代・・・中間の重さのDNA鎖 : 軽いDNA鎖 = 1 : 1

→・仮説 2 の半保存的複製が正しい。

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

結果の表をもとに、重さの異なる鎖ごとに、 ^{14}N と ^{15}N がどのように含まれるかを生徒に考えさせる。このスライドの空欄が埋められたら、ここまで資料学習が理解できていると言える。

③ 第4世代の大腸菌からは、3種類の重さのDNA鎖がどのような比率で得られると考えられるか。

ヒント(1)

親世代(複製前)のDNA分子数を1分子とすると
DNA複製後の分子数は、

1回目	2分子	(第1世代)
2回目	4分子	(第2世代)
3回目	8分子	(第3世代)
4回目	16分子	(第4世代)

ヒント(2)

それぞれの世代のDNA分子の中には、中間の重さのDNA分子が
2分子残りつづける。

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

「1回複製すると、DNAの分子数は2倍になる。では、2回なら何倍？3回なら何倍？」とヒントを出して考えさせる。

数学で指数を学習していれば、2のn乗で増えていくことを考えさせてもよい。表の数値の意味を考ええる。

例 第1世代 軽い：中間：重い = 0:2:0
第2世代 軽い：中間：重い = 2:2:0
第3世代 軽い：中間：重い = 6:2:0

③ 第4世代の大腸菌からは、3種類の重さのDNA鎖がどのような比率で得られると考えられるか。

4回目の複製後に得られるDNAは **16** 分子

そのうち、中間の重さのDNAは **2** 分子

残りはすべて（**軽い**・重い）DNA分子

したがって、4回目の複製後に得られる第4世代の軽いDNA鎖は、

$$16 - 2 = 14$$

よって、第4世代から得られるDNA鎖は、

軽いDNA鎖：中間の重さのDNA鎖：重いDNA鎖

$$= 14 : 2 : 0 = 7 : 1 : 0 \text{ となる。}$$

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

解説

(1)半保存的に複製されるDNAは、世代を重ねても、重い1本鎖を鋳型にして合成される中間の重さの2本鎖が、2分子残る。

(2)4回目の複製後に得られる第4世代の軽いDNA鎖は、 $2^4 - 2 = 14$

(3)よって、第4世代から得られるDNA鎖は、
軽いDNA鎖：中間の重さのDNA鎖：重いDNA鎖

$$= 14 : 2 : 0$$

$$= 7 : 1 : 0 \text{ となる。}$$

◆半保存的複製

もとの DNA と同じ DNA がつくられることを、
【半保存的複製】という。

DNA 複製されるとき、まず、2本鎖 DNA の塩基どうしの結合が切れて1本鎖にほどける。ほどけた2組の1本鎖のそれぞれを【鋳型】として、ヌクレオチドが結合して新しい鎖がつくられ2組の2本鎖になる。

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

—
鋳型とは、鋳物を鋳造する際、金属を溶かして流し込む型のこと。同じ鋳型からは何度も同じ形の鋳物がつくられる。

◆半保存的複製

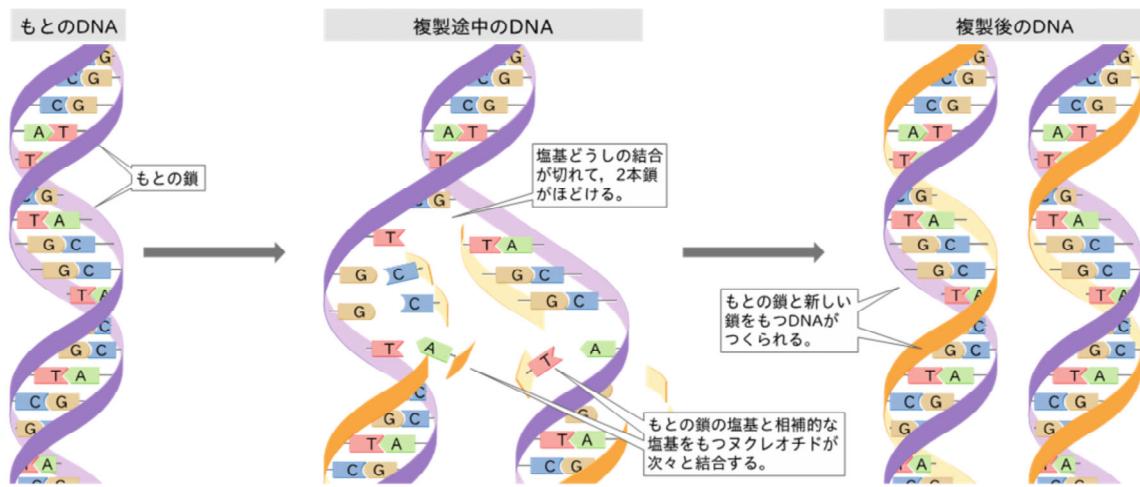
鋳型となる1本鎖の塩基がAならば新しい鎖の塩基は【 T 】，Gならば【 C 】というように，それぞれ相補的な塩基対が形成される。

このように、塩基の相補性にもとづき、DNA複製される。できた2組のDNAの塩基配列は、もとのDNAの塩基配列と【全く同じ】になる。

↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

塩基の相補性によって、DNA複製が正しく行われることを意識させる。DNAの二重らせん構造を提唱したワトソンとクリックの論文でも、塩基の相補性とDNA複製の関連が示唆されている。

DNA 複製は、一方はもとの鎖のままで、もう一方は新しく合成される。この複製の仕方を【半保存的複製】という。



↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

ここで教科書QRのDNA複製のアニメーションを見せるといい。

参考 半保存的複製の証明

DNA の複製が半保存的であることは、
【メセルソン】と【スター】の
実験によって証明された(1958 年)。窒素の同
位体である ^{15}N と ^{14}N は、同じ窒素(N)だが
質量が異なり、同じように DNA を構成できる。

実験

- ① 15N を含む培地で大腸菌を長期間培養した。
- ② ①の大腸菌を 14N を含む培地に移して1回分裂させた。
- ③ ②の大腸菌を同じ 14N を含む培地で2回目の分裂をさせた。
- ④ ①～③の大腸菌からそれぞれDNAを抽出し、質量を密度勾配遠心分離法で比較した。

結果

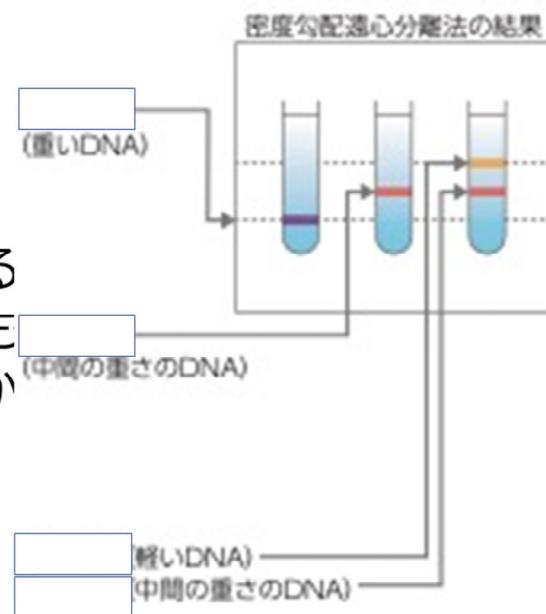
実験①～③で得た大腸菌から抽出したDNAの分析により、3種類のバンドが見られた。

図の①～③のDNAに含まれる窒素の同位体として正しいものは次のうち、どれだろうか

^{15}N と ^{15}N

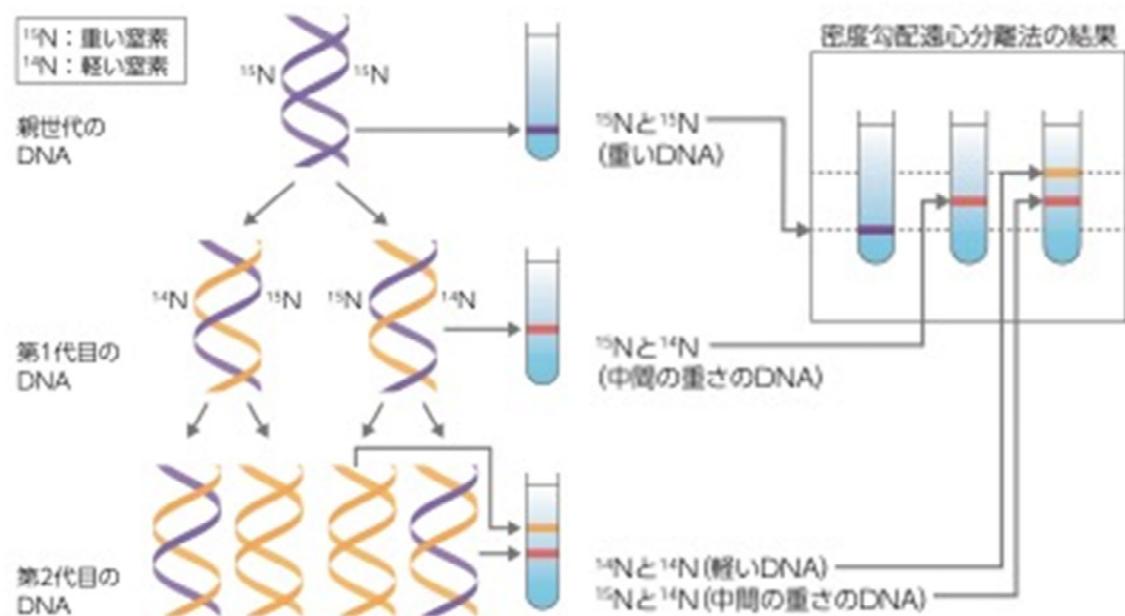
^{14}N と ^{14}N

^{15}N と ^{14}N



↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

密度勾配遠心分離法によって得られた結果とDNAを構成する窒素の同位体の関係を整理させる。



↓スライドのノート欄には、下記のように、授業の流れづくりに役立つメモや教授資料DVD-ROM・QRコードで提供しているデジタルコンテンツの紹介を掲載しています。

第1世代と第2世代のDNAが、窒素の同位体をどのように含んでいるかを考えさせる。

結論

1回分裂させた大腸菌の DNA は、 $15N$ の培地のみで増殖した大腸菌の DNA と $14N$ の培地のみで増殖した大腸菌の DNA の【中間】の質量であった。また、2回分裂させた大腸菌の DNA には、中間の質量のものと、 $14N$ の培地のみで増殖した大腸菌の DNA と同じ質量のものが、

【1】 : 【1】の割合で含まれていた。これは DNA が【半保存的】に複製されたことを表している。