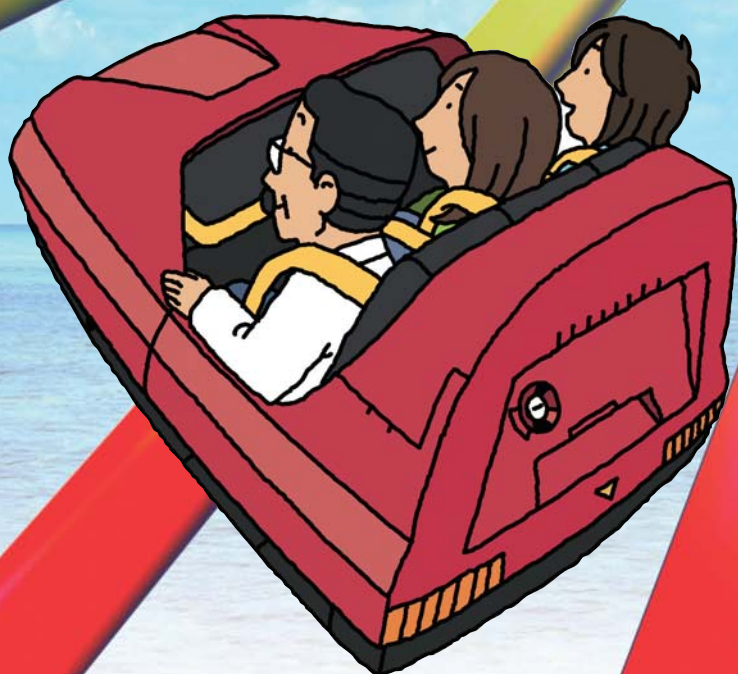
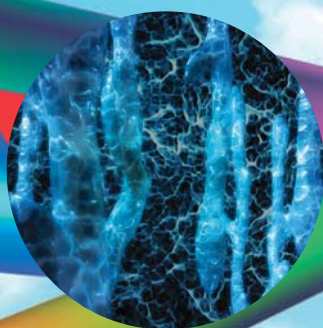


生命の設計図

DNAって なに?!



かずさDNA研究所

ようこそ、DNAの世界へ!!

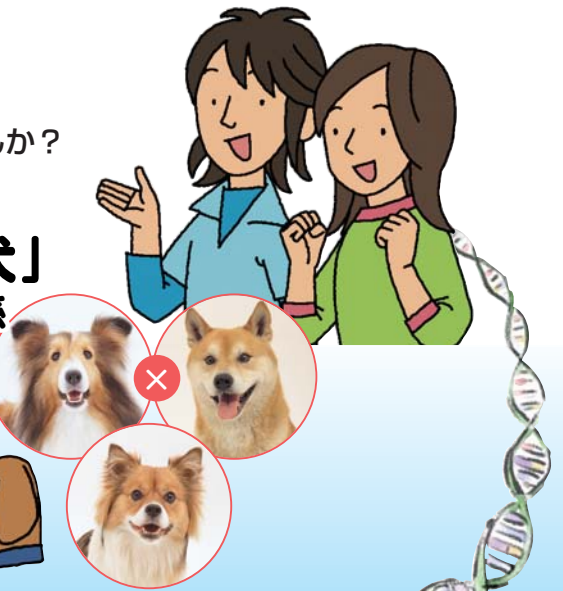
すべての生き物がもっているDNA。

いま、少しずつそのしくみが解き明かされてきています。

みなさんも、このDNAの世界をもっと知ろうと思いませんか？

コシヒカリ米に
他のお米が
混ざっているって、
どうしてわかるの？

「ミックス犬」
ってDNAと関係
あるの？



DNAを調べれば、
その人にあった薬を
処方してもらえるって、
ホント？

犯罪捜査の
「DNA鑑定」
って何？



DNAがわかれば、
太古の恐竜も
生き返らせることが
できるの？

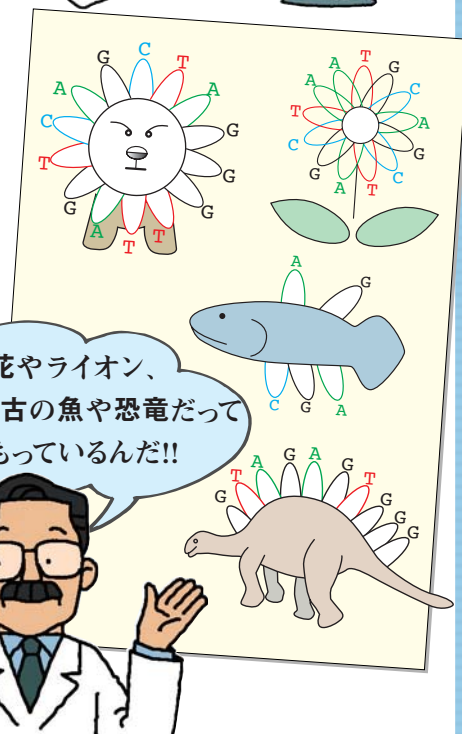
なるほど、みんなDNAに
関係することですね。
では、「DNAとは何か？」と
いうことから、勉強しましょう！



これらの質問に対する答えを知りたい人は、かずさDNA研究所のホームページ (<http://www.kazusa.or.jp>) にアクセスして下さい。

DNAってなんだろう？

どうして、わたしは親に似ているの？そんなこと、考えたことない？



生物はみんな細胞からできています

地球上には、私たち人間をはじめ、さまざまな生物がいます。これらの生物の中には1個の細胞からできている細菌（バクテリア）やカビの仲間などもありますが、動物や植物などのように、たくさんの細胞からできている生物もあります。たとえば、ひとりの人間の体には60兆個もの細胞があるのです。そして、皆さんもよく知っているように、それぞれの生物はみな自分と同じ生物を生み、それによって何千年も生き続けているのです。

DNAは遺伝情報をもつ「生命の設計図」

では、どのようにして同じ生物が生まれてくるのでしょうか。それは、細胞から細胞へ、そして親から子へ同じ性質が遺伝しているからなのです。細胞の中にあるDNAには、遺伝のもととなる情報、つまり「生命の設計図」があって、同じ性質を親から子へ、子から孫へと伝えていく役割をしています。親と子が、さらに同じ種類の生物がみんなよく似ているのはこのためです。

DNAの豆知識

かずさDNA研究所ではDNAについてのいろいろな研究をしています。下の3つの用語はDNAに関する説明を理解する上でとても大切です。

DNAは略語!!

【デオキシリボ核酸】

100年以上前に、細胞の中にある核の中に酸性の物質があることが発見されました。

その後研究が進み、化学的な構造や性質が調べられ、その物質は「デオキシリボ核酸」と名付けられました。DNAは「デオキシリボ核酸」を表す英語から生まれた略語です。

後に、DNAが遺伝で重要な役割を果たしていることがわかりました。

「遺伝情報」

親から子に伝わっていく情報であり、細胞分裂や有性生殖を通じて受け渡されていきます。その本体は「DNAの塩基の並び」です。

「ゲノム」

ある生物のもつ全てのDNAのこと。ゲノムDNAの塩基の並びがその生物の遺伝情報になるのです。

「遺伝子」

ゲノムDNA上の特定の場所にある「区画」であり、そこからいろいろな働きをするタンパク質が作られます。

DNAはどんなしくみで働いているの？

生物の体の中でDNAがどうやって働いているかを追跡だ！

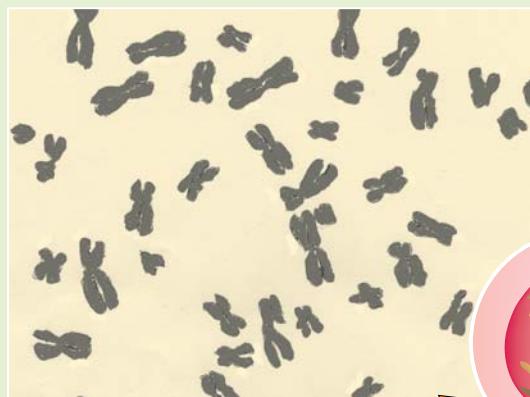


DNAは4種類の塩基がならんだ2本のテープ

あらゆる生物がDNAをもっています。電子顕微鏡や顕微鏡でしか見えないウイルスや細菌などにもあります。DNAは、4種類の塩基と呼ばれる単位、すなわち、A（アデニン）、G（グアニン）、C（シトシン）、T（チミン）が、互いに向き合ってならんだ2本のテープ（あるいは鎖）のようなものです。このA、G、C、Tのならびを塩基配列と呼びます。そして、塩基がさまざまな順番でならぶことによって生命の設計図が描かれているのです。

生命の設計図をコピーする

DNAの中では、互いに向き合った2本のテープ上のAとT、CとGが決まったペアをつくって結合しています。ですから1本のテープがあれば必ずもう一方のテープを作ることができるのです。生物はこの原理を使って、親と同じ設計図をコピーして子へ伝えていきます。人間のDNAでは、このA、G、C、Tのペア（塩基対）の数は約30億もあります。これは新聞の朝刊にすると約25年分もの文字量に相当します。



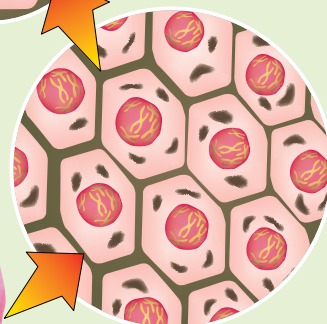
ヒトの染色体



細胞核



細胞



組織



私たち人間

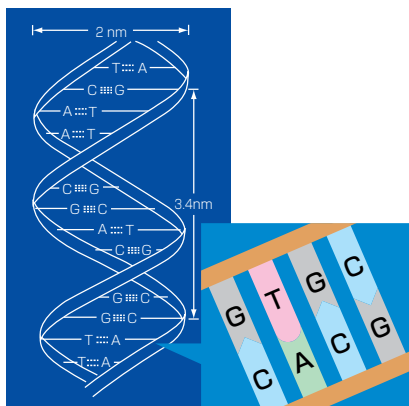


DNAの豆知識

塩基のならびと 主なゲノムDNAの塩基数

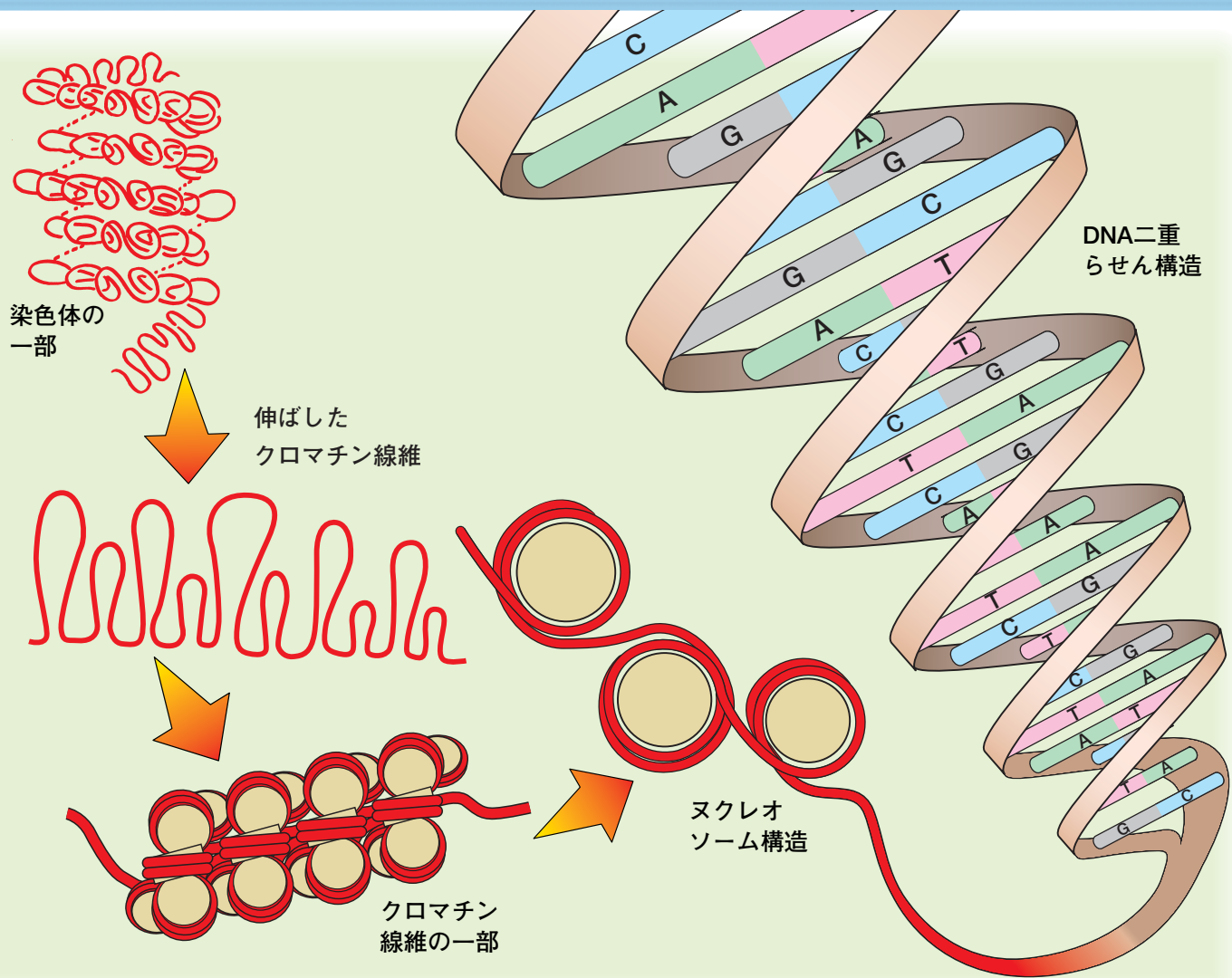
DNAは「塩基」と呼ばれる単位が繰り返しながらできている長いテープ状の化学分子です。

右の図はDNAの構造上の単位となる塩基のペアのし方を図式化したものです。



●ゲノムDNAの塩基数

種 別	塩 基 数	遺伝子数
インフルエンザ菌	183万	1,743
大腸菌	460万	約4,400
パン酵母	1,200万	約6,500
シロイヌナズナ	1億3,000万	約26,000
イネ	3億7,000万	約32,000
ヒト	30億9,300万	約23,000
イモリ	約2兆5,000億	？



DNAの役目と働き

生命活動はタンパク質の働きで成り立っていますが、そのタンパク質はDNAの上にある遺伝子から作られます。遺伝子の数は、細菌では約3,000個ほどですが、人間では約23,000個だと言われています。

遺伝子には：

- (1) 生物のいろいろな部分の形を決めたり、さまざまな活動を行っていくのに必要な酵素を作るもの、
- (2) どの遺伝子を、いつ(時期)、どの組織で(部位)、どれだけ(量)働かせるかをコントロールするもの、
- (3) 「生命の設計図」自体を複製する(ゲノムDNAのコピーを作る)もの、

などたくさん種類があります。生物は、いろいろな遺伝子を働かせ、個体として生きていくとともに、子孫を作ってその性質を代々受け継いで生きているのです。



遺伝子が光る

オワンクラゲという発光クラゲもっているGFPというタンパク質は、紫外線を当てると緑色に光ります。このGFPの遺伝子を根粒菌(マメ科植物の根に共生するバクテリア)に入れてミヤコグサの根に感染させると、根粒菌が緑色に光って見えます。

1944

DNAが遺伝子として働くことが証明された

1944年に、アメリカのアベリー博士が、肺炎双球菌という細菌を使って、ある性質が別の種類の菌にどのように伝わるのかということを調べるうちに、DNAが遺伝子として働くことを発見しました。ところが、当時は遺伝子の本体はタンパク質だと考える人が多かったため、この研究結果はすぐには認められませんでした。結局、遺伝子がDNA上にあるということが認められるには、1953年のDNAの二重らせん模型の発表まで待たなければなりませんでした。



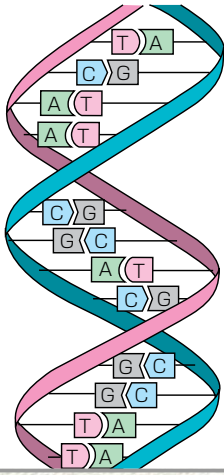
ちょっと詳しく

DNAの複製(コピー)と

古いらせんがほどけて新しいらせんができる

●もとのDNA

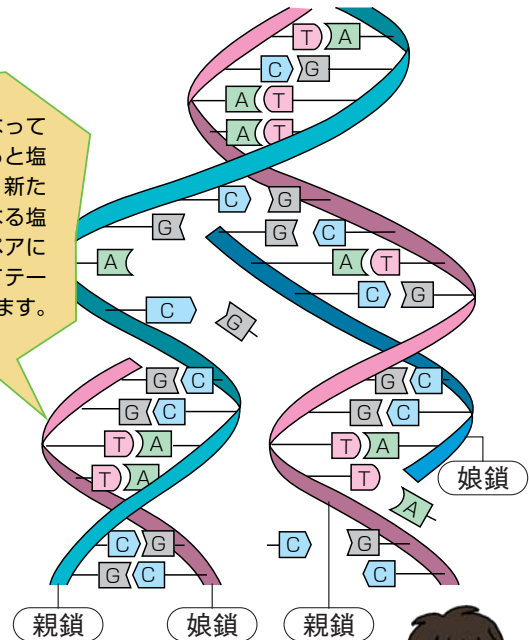
AとT、GとCがペアになった塩基対がはしごのようになっています。



ペアが一時的になくなって二重らせんがほどけると塩基がむき出しになり、新たにその塩基とペアになる塩基(AとT、GとCがペアになります)が結合してテープ(鎖)が伸びていきます。

ヒトの細胞の数は約60兆個ともいわれていますが、DNAはそのすべての細胞の中にあり、細胞分裂のたびに複製されます。複製は、「AとT、GとCが常に結合する」という性質を利用して行われます。DNAの二重らせんがほどけた部分で、ペアがはずれた塩基に新しくペアとなる塩基が結合し、2本の二重らせんDNAが合成されます。この新しくできたDNAの塩基の並びはどちらももとのDNAと同じになります。つまりDNAが複製(コピー)されるわけです。このDNAの性質によって、生物のもつもっとも大切な働きである「自己複製」がうまく説明できるのです。

●複製中のDNA



●複製されたDNA

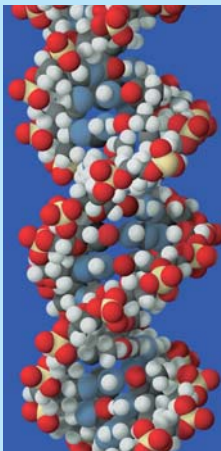


もとの二重らせんの一方の鎖(親鎖)と新しく合成された鎖(娘鎖)が新たな二重らせんを作り、もとのDNAと塩基の並びがまったく同じDNAが2つ作られます。このようにしてDNAの複製(コピー)が行われるのです。

1953

DNAの二重らせん構造が発見された

1953年、ワトソン博士(アメリカ)とクリック博士(イギリス)は、ウィルキンス博士(イギリス)がDNAの結晶からX線回折法(X線を当てて分子の結晶構造を調べる方法)を使って得たデータをもとに研究し、DNAが「二重らせん構造」になっていることを発見しました。3人は1962年にノーベル賞を受賞しました。



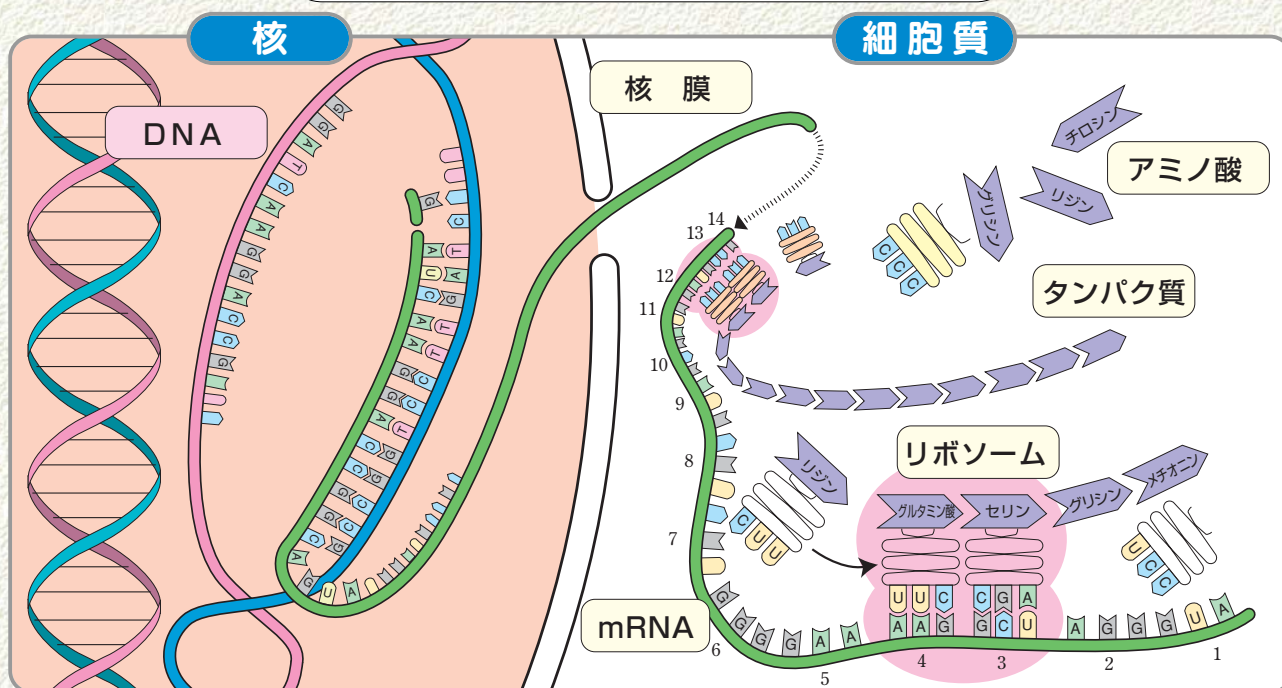
●DNA分子の二重らせん構造の模型

いDNA講座

タンパク質合成のしくみ



DNAはタンパク質の設計図



遺伝子はDNAですが、体の中で実際に働いているのは、ほとんどの場合遺伝子から作られるタンパク質です。遺伝子からタンパク質が作られる時には、DNAのA、G、C、Tの4種の塩基の並び（塩基配列）からタンパク質のアミノ酸の並び（アミノ酸配列）が決められます。ですから、遺伝子の塩基配列がわかれば、その遺伝子から作られるタンパク質のアミノ酸配列がわかるのです。

遺伝子からタンパク質が作られるまで

- ① 細胞の核の中で遺伝子（DNA）の2本の鎖がほどけ、その塩基配列がメッセンジャーRNA（mRNA）にコピーされます。mRNAでは、T（チミン）に代わって、少し構造の異なるU（ウラシル）が使われます。
- ② mRNAは、細胞核を包む膜（核膜）の穴を通して核の

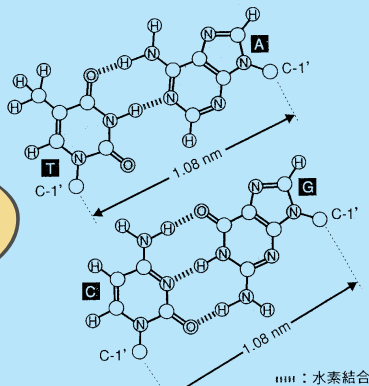
外に運ばれ、細胞質にあるリボソームというタンパク質の製造工場にたどり着きます。

- ③ リボソームでは、遺伝子からmRNAにコピーされたA、G、C、Uの塩基配列に従って、たとえば「AUG」なら「メチオニン」、「GAA」なら「グルタミン酸」…という具合に、20種類あるアミノ酸のうちのある決まった1つが3つの塩基の並び（コドンといいます）ごとに運ばれてきます。この3塩基の単位とアミノ酸との対応は遺伝暗号と呼ばれています。
- ④ このようにして塩基配列は次々とアミノ酸の配列へと変換され、遺伝子の設計図通りにタンパク質が作られていくのです。

DNAは化学分子です。



AとTでは2個の、CとGでは3個の水素結合でペアが作られているんだ



DNAは二重らせんの形をしたテープ状の分子です。らせんの内側ではAとT、GとCがペアとなり、模式図のように水素結合というつながり方で結合しています。水素結合は比較的に弱いつながりで、AとTの間に2個、GとCの間には3個あります。この水素結合がはずれるとDNAの二重らせんがほどけます。

DNAの塩基配列はどのように調べる

DNAの塩基配列を決める方法と、DNAのデータベースについての話です。

1

純粋なDNAを取り出す

調べたい生物の細胞をおだやかに壊してDNAを取り出します。

DNAは細胞核に入っています。
そのほか、ミトコンドリアや葉緑体にもDNAがあります。ですから、核のDNAを調べる場合には、これらのDNAを除く必要があります。



DNA抽出精製装置

ヒトの場合、1つの細胞の中のDNAを全部伸ばしてつなげると、2mもの長さになります。



2

調べやすい大きさにカット

生物の種類によってゲノムDNAの塩基数は違いますが、いずれにせよ非常に長い分子なので、一度に塩基の並びを解読することはできません。そこでまず超音波処理などにより、DNAを調べやすい大きさに細かく切断します。

長いDNA



超音波装置

切断されたDNA



3

特殊なDNA複製を行なう

それぞれのDNA断片を酵素を使って複製します。その際、ddA・ddG・ddC・ddTと呼ばれる特殊な塩基をそれぞれの塩基に混ぜると、ddAなどが入ったところで複製が止まってしまう。このことを利用して、末端にddAなどの特殊な塩基をもち、1塩基ずつ長さの異なったDNAのコピーの混合物を作ります。



5'-GTACCATTTC G
5'-GTACCATTTCG G
5'-GTACCATTTCGG C
5'-GTACCATTTCGGC A
5'-GTACCATTTCGGCA A
5'-GTACCATTTCGGCAA T

異なる蛍光色素 A:赤 G:緑 C:青 T:黄

DNA増幅装置



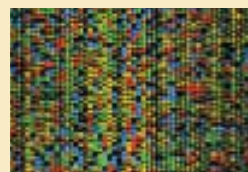
4

シーケンサー（塩基配列決定装置）による解析

末端にddAなどの特殊な塩基をもち、塩基の種類で異なる蛍光色素のついた長さの異なるDNAのコピーの混合物は、シーケンサーの中で電気泳動という方法で短いものから順にならべられます。そこで、短いものから順に蛍光を判別することで塩基のならびを読み取るのです。



シーケンサー（塩基配列を決定する装置）



蛍光色素の付けられたDNA（シーケンサー内で解析中のもの）

5

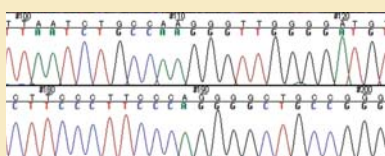
コンピューターによる塩基配列の決定

シーケンサーで一度にならびを決めることのできる塩基の数は500～800です。何百万あるいは何億もあるDNAの塩基配列を決める場合は、繰り返しによって得られた大量のデータをつなぎ合わせて、全体の配列を決めていきます。シーケンサーによる解析から得られるぼう大なデータは、コンピューターにより早く、正確に処理され、いつでも利用できるように整理されます。

また、インターネットで結ばれた世界中の公益データベースには様々な生物の情報が集められており、これらと比較する事で、解析データに含まれる多くの遺伝子情報を素早く探索できます。



大規模コンピュータサーバー



```
AGACGGGGGGCTAAGGACGAGGCCCTGGGC
TTCCACTCCAGAGAAATTCGGGACAGC
GTTTCTGAAGAACTTATCATGGTTGTCCAA
GGGTAATTAAGCAAGCACTTAGATGCCCTC
ATCCCCCGGGGAGCTCTGGGCCCCGGG
GAGAAATCGGGGAGCGGTGGAGCCCCGAG
AGCCACAGTGAACAGCAAGTCGAAACAGA
GAAATGAAAAAATACTCCCTCGGAGAGA
AACTATGCTCTCCGCTGTGTCCACAGCGTT
AGTCAGAAATGGAGCACCTCAGGCCAGATGT
ATCGCTTCAGAACACACTTCCAAAAACACA
TCTGGAAAGGTATGTGCACATTTCTGACAG
GTCTGGGCTCTCTCACTTTGTGACCTG
GGGCACACTGCCAGAGCTCAGCTTCCCTTC
CGGTATGAATGTGCTCGGTGAAACCTTTT
AAGCAAGAGAAGTGTCACTCCCACTTCGGC
CCTGCCCGCCAGAAATGGAAATCGGAACCT
TCTGGTTATGAAGCTCTCGGATCCCACTG
CCAGGGTGTGTCTTCTGAAGTAGATGAA
```

DNAの
豆知識

次世代シーケンサーによる大量DNA解析

塩基配列をより安く、早く、大量に調べるために「次世代シーケンサー」と呼ばれる装置が次々と開発されています。ヒトゲノムプロジェクトで10年以上かかったヒト全ゲノム配列の解析も今や1ヶ月もかかりません。



DNAの研究は、なぜ大切なの？！

「生命の設計図」であるDNAを研究することは、人類の未来のためにとても役にたつんだよ。

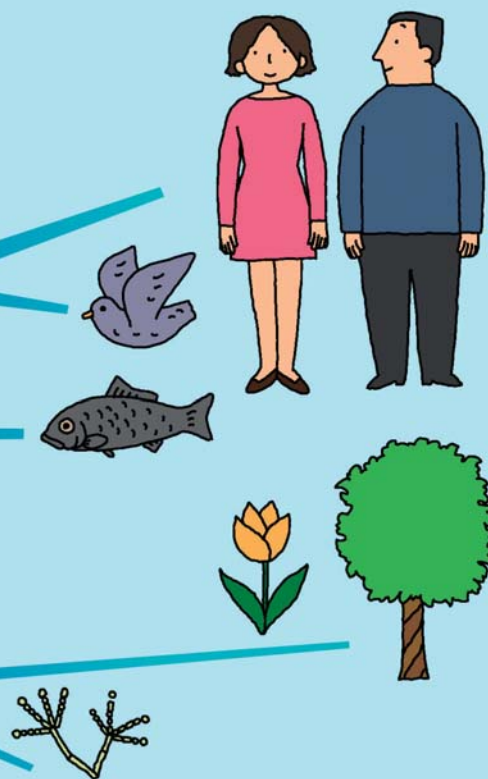


これまで述べてきたように、すべての生物はDNAを「生命の設計図」として使っています。しかし、親から子へコピーされて受け継がれていくたびに、この「生命の設計図」の中の塩基のならびは少しずつ変化し、それが生命の誕生以来の長い時間の流れの中で新しい生物を作るもとになってきたのだと考えられています。そのような変化を「進化」といいます。地球上のそれぞれの生物は、このようにして起こった「生命の設計図」の変化（つまり進化）によって、生きている環境にうまく適合して生活しているのです。だから、どの生物がどのような特徴をもち、それが「生命の設計図」のどのような変化によっているのかを調べるために、生物のゲノム（つまりDNA）の塩基のならびを調べ、他の生物のものと比較したりする研究が大切になるのです。



いろいろな生物のつながり

地球上には動物や植物ばかりでなく、肉眼では見ることのできないさまざまな微生物もいるんだよ。地球上の色々な場所に住んでいる生物には、まだ私達の知らない働きをもった遺伝子や、人類の役に立つ有用な遺伝子がたくさん眠っているかもしれないね。



「かずさDNA研究所」のホームページを見てみよう!!



これでDNAについて理解が進んだでしょう。DNAについてもっと知りたい人や、2ページの質問の答えを知りたい人は、かずさDNA研究所のホームページ (<http://www.kazusa.or.jp>) にアクセスして下さい。ホームページには、研究内容の紹介やDNAについてのトピックスの解説を載せた「ニュースレター」のことも掲載されていますので、参考にして下さい。



人類の未来を救うバイオテクノロジー



食料・エネルギー

地球人口は70億人を突破し、9億人近くが飢餓に苦しんでいます。現在エネルギーのほとんどを依存している石油はやがてなくなってしまおうでしょう。植物バイオテクノロジーは人類が太陽エネルギーを最大限に利用するための切り札となるでしょう。

環境問題

地球温暖化は、化石燃料の大量消費による二酸化炭素やメタンガスの蓄積が原因と言われています。この問題を解決する上で、植物や微生物を使ったバイオテクノロジーに期待が寄せられています。また汚染物質に対する浄化力のある微生物をDNAの塩基配列をもとに探し出す研究もされています。

医療

DNA研究は医療になくてはならないものになっています。ガン、高血圧、心臓病、糖尿病などをはじめとする多くの病気の原因究明が遺伝子レベルで進んでいます。また新型肺炎(SARS)や鳥インフルエンザなどの病気にも、病原体の遺伝子の塩基配列を調べることによって素早い対応がなされるようになりました。

産業

バイオテクノロジーの産業への応用範囲は急速に広がりつつあります。農業、食品工業、製薬、化学工業、電子工学など、いろいろな産業の分野で利用されています。その範囲は今後さらに広がって行くでしょう。



このように、いま国際的に進められているDNA研究とその成果は、生物のもっているさまざまな遺伝子の働きを知るために必ず役立つだろうね。そしてそれは、将来の私たちの生活や、さらには地球環境の問題解決のためにも大切なんだよ。

DNAの配列情報はバイオテクノロジーに必要な不可欠な基礎データなんですね。

A・G・C・Tが世界を救う可能性もあるんですね!





かずさDNA研究所

KAZUSA DNA RESEARCH INSTITUTE

〒292-0818 千葉県木更津市かずさ鎌足2-6-7

TEL.0438-52-3900 FAX.0438-52-3901

ホームページ <http://www.kazusa.or.jp>