

添付 最新のゲノム解析技術の解説メモ web検索で

参考 まず 素人の頭ごじゃごじゃの整理 インターネット検索で資料・参考図採取 2024.9.15.

◎ ゲノム解析とは、 DNA解析/ゲノム解析 それにミトコンドリアDNAに核DNA

「ゲノム(genome)」とは「gene(遺伝子)」と集合をあらわす「-ome」を組み合わせた言葉で、生物のもつ遺伝子(遺伝情報)の全体を指す言葉です。

その実体は生物の細胞内にあるDNA分子であり、遺伝子や**遺伝子の発現を制御する**情報などが含まれている。タンパク質は、遺伝子の情報をもとに**転写・翻訳**という過程を経て作られます。

「ゲノム解析」とは **生物のゲノムのもつ遺伝情報を総合的に解析することです。**

ゲノム解析は、ゲノムを構成するDNA分子の塩基配列(GATCのならび)を決めることから始まります。

しかし、塩基配列データからだけでは、どこにどのような遺伝子があるのかは簡単にはわかりません。

そこで、**転写・翻訳**によって作られるメッセンジャーRNAやタンパク質などの遺伝子産物の解析、生物種間で塩基配列がどれだけ似ているかなどの比較、さらに大腸菌や出芽酵母などの実験生物で解析された個々の遺伝子に関するデータなどを基に解析を進めます。

ゲノム解析では時に10億以上にもつながった塩基の配列をいろいろな観点から解析する必要がありますのでコンピュータの使用が不可欠。 コンピュータによってゲノムデータをはじめとする生物情報を解析する分野をバイオインフォマティクスと呼びます。

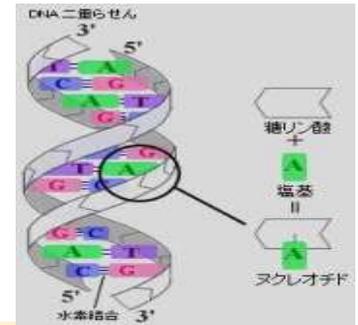
DNA (デオキシリボ核酸)と遺伝子

ゲノムを構成するDNA (Deoxyribonucleic acid) は、生物の遺伝情報を保持している鎖状の高分子です。

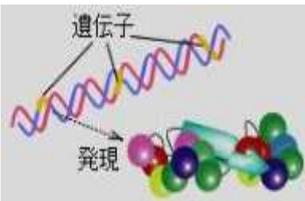
DNA分子はその構成単位であるヌクレオチドが鎖状に長くつながり、2本の鎖が撚り合わさったらせん構造(これを2重らせんと呼びます:右図)をしており、2本一組で一個の分子になっています。

遺伝子はこのDNA分子上のそれぞれの区画です。

DNA分子にはたくさんの遺伝子があります。



遺伝子とその発現



長大なDNA分子は多数の異なる情報を担う区画(すなわち遺伝子)に分かれています。遺伝子にはタンパク質を作るものと、リボソームRNA、転移RNA、その他として働くRNAを作るものがあります。(RNA: Ribonucleic acid)

遺伝子からタンパク質やRNAが作られることを遺伝子が発現すると言いますが、DNA分子上には、特定の遺伝子をいつどれだけ発現させるかという情報をもった領域も存在します。遺伝子が発現することにより、情報伝達やエネルギー生成等の生命活動に必要な様々な反応が行われる訳です。

タンパク質ができる仕組み -転写と翻訳-

生物を構成する単位である細胞における様々な生命活動の主役は、酵素であるタンパク質が担っています。しかし、タンパク質はDNA分子から直接作られる訳ではありません。

まず、DNA分子上のそれぞれの区画である遺伝子からメッセンジャーRNA(mRNA)が作られます。

この過程を転写と呼びますが、転写では遺伝子を構成するDNA分子の片側の鎖に相補的なmRNAが作られます。

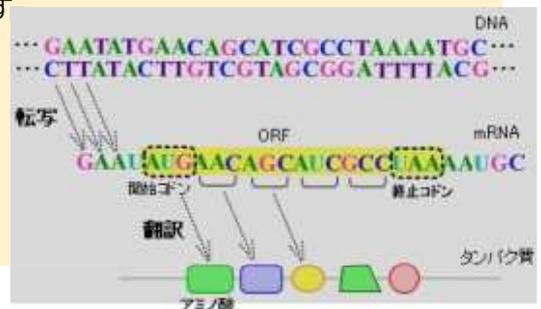
次に、転写されたmRNAの塩基のならびの3個が一組となってアミノ酸対応し、アミノ酸のならびが決められ、それによってアミノ酸が鎖状につながったタンパク質ができます

この過程を翻訳といいます。翻訳はリボソーム上で行われます。

3個ずつの塩基の組はコドンと呼ばれます。

コドンは、A、G、C、Uの4つの塩基が3つ組み合わせられてできるので、全部で $4 \times 4 \times 4 = 64$ 通りあります。

しかし、天然のタンパク質に含まれるアミノ酸は20種類ですから、多くの場合1つのアミノ酸に複数のコドンが対応しています。

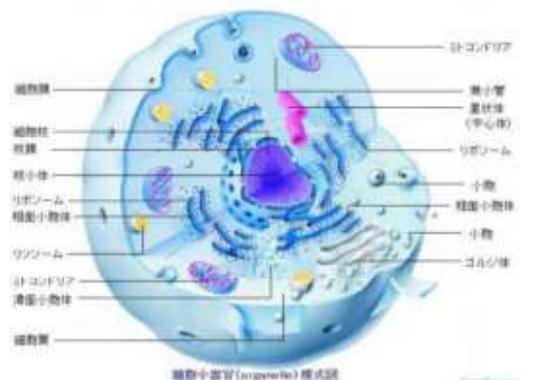


DNAとゲノムの違いは何ですか？

DNAが塩基などから成る「物質」であるのに対して、ゲノムはそのDNAの塩基配列のすべてを読み取った結果の「情報」です。

具体的には、A・T・G・Cの文字が並んだもの(情報)になります。

ゲノムはDNAの「すべて」を読み取った情報ですから、DNAのうちの遺伝子の部分の情報と、遺伝子以外の部分の情報の両方が含まれます。



DNAは核のどこにありますか？

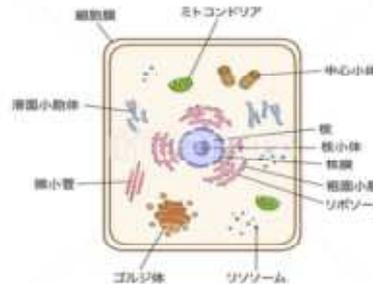
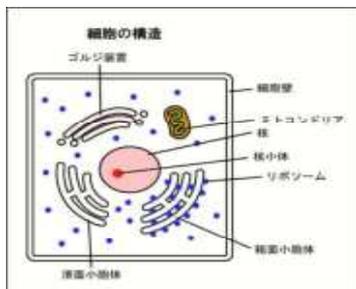
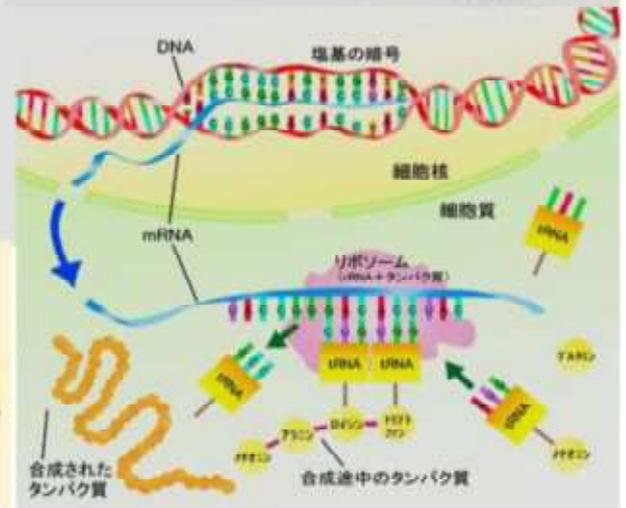
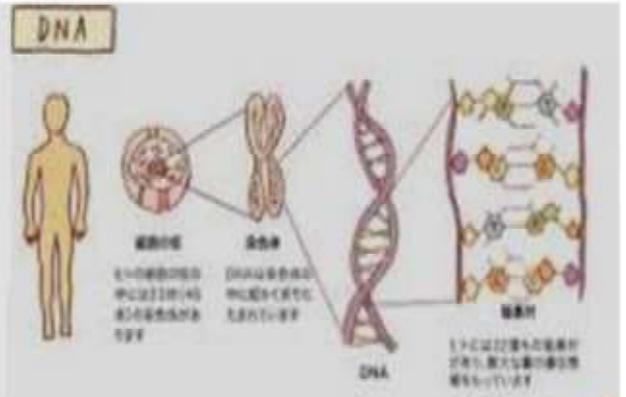
DNA中ではAとT、GとCが結合していて、その結合の対を塩基対と言います。DNAは、はしごをひねったような形をしていて、核の中の染色体の中に折りたたまれて入っています。

核酸とDNAの違いは何ですか？

DNA(デオキシリボ核酸)とRNA(リボ核酸)のことを核酸と呼びます。DNAは、主に細胞の核の中にあり、「親から子へ、細胞から細胞へ」性質を伝える遺伝子の本体として働いています。RNAは、DNAの情報に基づいてタンパク質を合成する働きを担っています。

ミトコンドリアDNAとの差異

ミトコンドリアには核と同じようにゲノムDNAがある。核のゲノムは両親からそれぞれ1セットが伝わり2セットで一組であるが、ミトコンドリアゲノムは、同じコピーが多数存在し、例えばヒトでは細胞あたり $10^3 \sim 10^4$ コピーも含まれ、その全てが母方からの母性遺伝である。

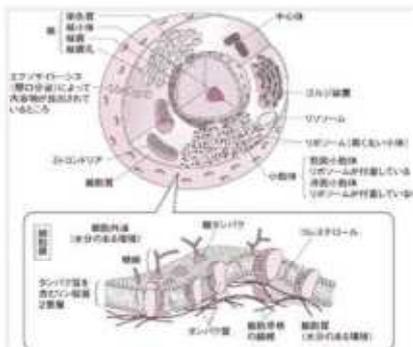


	塩基配列	鎖	5炭糖
DNA	ACGT	2本	デオキシリボース
RNA	ACGU	1本	リボース

核小体は丸い小体で、細胞質内の核酸、特にrRNAがここでつくられる。

染色質は、塩基性タンパク質のヒストンに二重らせん構造をとっているDNAが巻き付き、折りたたまれて凝縮されたものである。その周囲を鞘が覆っている。

核酸にはDNA(デオキシリボ核酸: deoxyribonucleic acid)とRNA(リボ核酸: ribonucleic acid)の2種類がある。

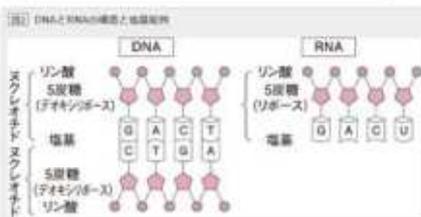


- 核は核膜で覆われており、核内には核小体とクロマチン(染色質)がある。
- 核酸にはDNAとRNAの2種類がある。
- DNAは核内に存在し、二本鎖のらせん構造(二重らせん)をなし、遺伝情報の伝達や保有を司っている。
- RNAは一本鎖である。役割に応じてmRNA、tRNA、rRNAに分けられる。
- タンパク質の合成にはDNA(遺伝子)とRNAが関与する。

核の機能
核は核膜という二重膜で覆われ、その内部の核質には、核小体(仁)とクロマチン(染色質)がある(図1)。

核小体は丸い小体で、細胞質内の核酸、特にrRNAがここでつくられる。染色質は、塩基性タンパク質のヒストンに二重らせん構造をとっているDNAが巻き付き、折りたたまれて凝縮されたものである。その周囲を鞘が覆っている。

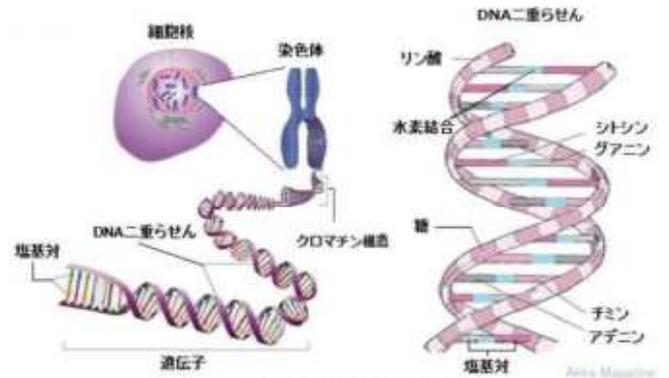
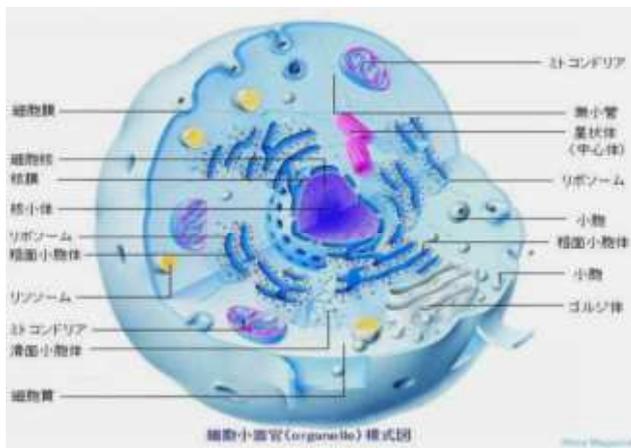
核酸にはDNA(デオキシリボ核酸: deoxyribonucleic acid)とRNA(リボ核酸: ribonucleic acid)の2種類がある。



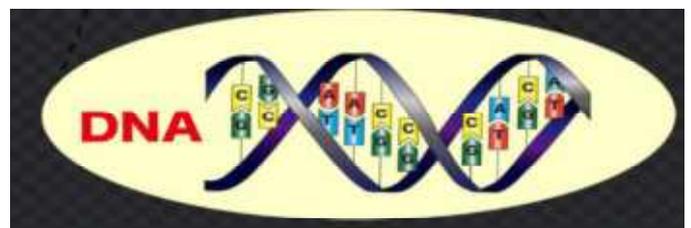
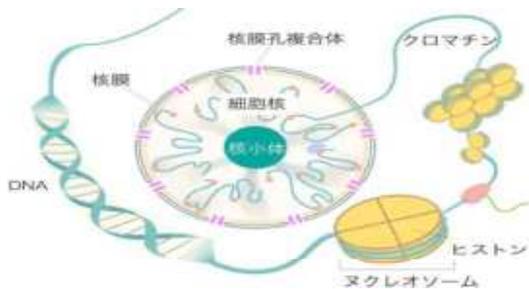
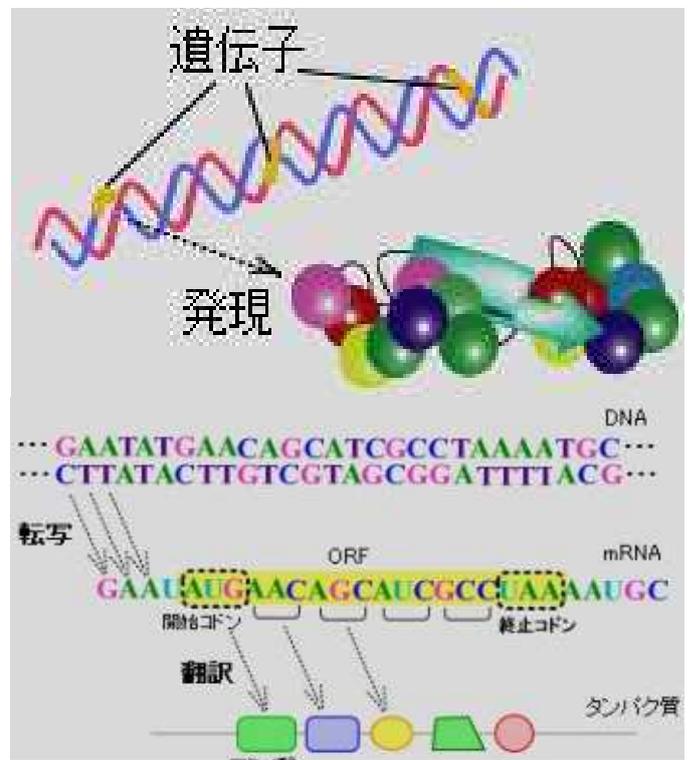
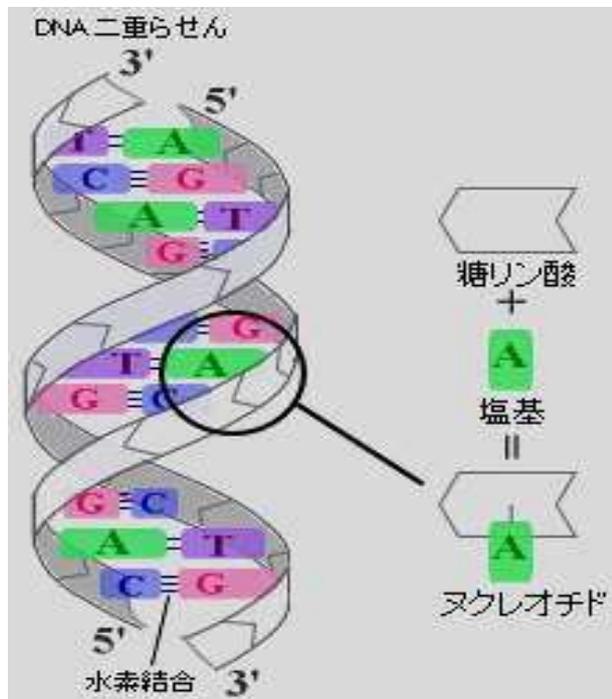
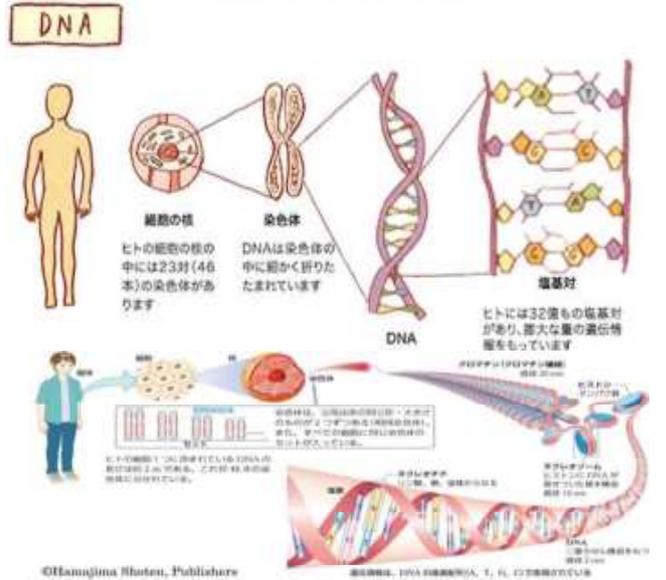
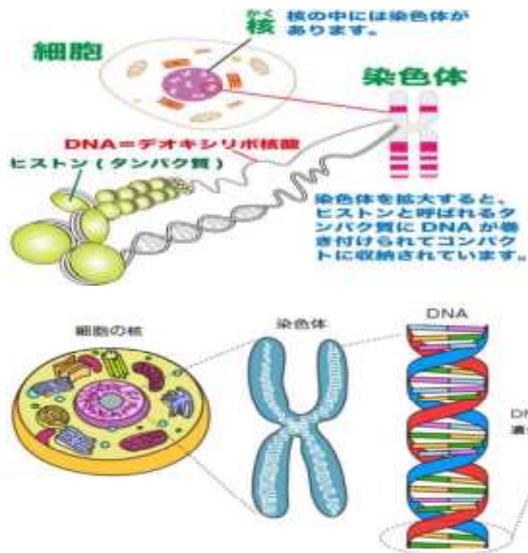
RNAは、DNAの二重らせん構造を鋳型として核内で合成される。

RNAも鎖状であるが一本鎖である。

RNAのヌクレオチドは塩基、リボース(5炭糖)とリン酸が組み合わさってできている(図2)。RNAの塩基は、DNAと同じく4つの塩基をもっているが、チミン(T)の代わりにウラシル(U)となっている。RNAは役割に応じてmRNA(伝令RNA, messenger RNA)、tRNA(転移RNA, transfer RNA)、rRNA(リボソーム内にあるRNA)に分けられる。

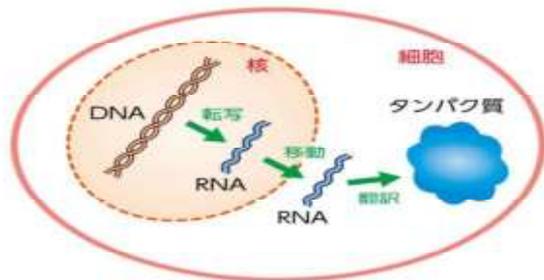


細胞核・染色体・遺伝子 模式図



DNA 遺伝子の発現

遺伝子発現とは、単に発現ともいい、遺伝子の情報が細胞における構造および機能に変換される過程をいう。具体的には、普通は遺伝情報に基づいてタンパク質が合成されることを指すが、RNAとして機能する遺伝子に関してはRNAの合成が発現ということになる。また発現される量のことを発現ということもある。

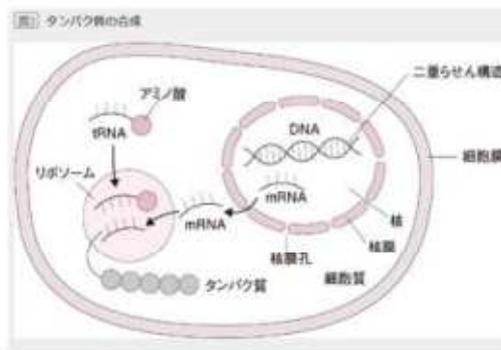


タンパク質の合成

核内でDNAの二重らせんの必要な部分がほどけてDNAがむき出しになる。そこにRNA合成酵素(RNAポリメラーゼ)が働いて、DNAのネガ像のRNA鎖が合成される。これがmRNAとなり、核外に出て細胞質内にあるリボソーム(タンパク質合成の場)へ送られる。

一方、tRNAはタンパク質の材料となるアミノ酸をリボソームまで運び、mRNAの塩基配列を認識することによって、順番にアミノ酸を結合し、タンパク質を合成していく(図3)。mRNAがDNAの遺伝情報の一部を写し取っているため、mRNAの合成を転写〔transcription〕とよぶ。

核内にあるDNAの二重らせんの必要な部分がほどける。これを鋳型としてDNAのネガ像のRNA鎖が合成され、これがmRNAとなって核から細胞質にあるリボソームに入る。このコピーをもとに、アミノ酸をリボソームまで運搬してきたtRNAの塩基とmRNAの塩基が結合してタンパク質を合成する。



DNAは、細胞の中の「核」という場所にあります。一方、タンパク質の組み立ては、細胞の中の核の外側で行われます。そこで、核の外側でタンパク質を作るまでの概略は下記の様になります。

- 1.1. DNAの中の目的の遺伝子の部分をコピーしてRNAというものを作る(転写と呼ぶ)
- 1.2. RNAが核から出る
- 1.3. 核の外側でRNAの情報を元にしてタンパク質を組み立てる(翻訳と呼ぶ)

上記の過程を使って、遺伝子発現が起こったとしても、その結果タンパク質がどれくらいの数できるかは、時と場合によって変わります。

ある遺伝子からRNAが大量に作られればタンパク質も大量に作られますが、RNAがほんの少ししか作られなければ、タンパク質もほんのわずかしかなら作られません。

つまり、RNAを作る量(1.)と、そこからタンパク質を作る量(3.)を調節することが、遺伝子発現の量の調節になります。

ミトコンドリアDNAとは

ミトコンドリアDNAとは、細胞内小器官のひとつである、ミトコンドリア内に存在するDNAのことです。主にミトコンドリアの持つタンパク質等に関する情報が含まれており、ミトコンドリア自体が増殖・分裂する際には複製され、その遺伝情報は保存・伝達されています。そもそもミトコンドリアは、動植物や菌類等ほとんど全ての生物の細胞に広く含まれている、細胞内構造物の一つです。

ミトコンドリアはエネルギー生産や呼吸代謝の役割を持つ特殊な器官で、細胞の種類によって異なりますが、一つの細胞に数十から数万という膨大な数が含まれています。独自の環状DNAを持っており、分裂するときに複製倍加します。

ミトコンドリアDNAを利用した研究

ミトコンドリアDNAは、核DNAに比べて塩基置換の起こる速度が速いこと、母性遺伝であること、ミトコンドリアDNAの数が多いといった特徴があることから、生物の進化を研究する上で非常に有効なツールとなっています。特に、母性遺伝であるという特性を活かし、人類の系統や移住の足跡をたどるために利用されてきました。

例えば、ヒトの場合、父親と母親の間にできた子どものミトコンドリアは、母親のミトコンドリアDNAを受け継ぎ、父親のミトコンドリアDNAは受け継がれません。

この特徴を利用し、実際にアフリカ、ヨーロッパ、アジアの女性のミトコンドリアを採集して、その祖先を辿る研究が行われました。この研究により、アフリカ人が最初に分岐するグループだということが判明し、さらに、このグループをたどると約17万年前に生きていたアフリカの女性に行き当たったのです。これをミトコンドリア・イブと呼びます。

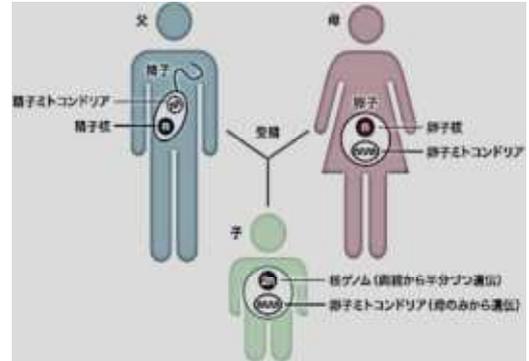
しかし、ミトコンドリアDNAは母性をたどることしかできないため、人類の系統や移住の足跡をたどるためには、学問的に不十分だとも言われています。そこで最近では、ミトコンドリアDNAを利用するだけでなく、父系の系統のみをたどることができるY染色体の分析と併せて検証する方法がとられています。

ミトコンドリアDNA解析と核DNA解析の違い

細胞内小器官の一つミトコンドリアは独自のゲノムDNAを持っている。これは、ミトコンドリアが10~20億年前に現在の真核生物の祖先である嫌気性真核生物に好気性細菌の α -プロテオバクテリアが共生して誕生したものであるという共生説の裏付けとなっている。共生した細菌がミトコンドリアとなる過程で、細菌ゲノムが持っていた多くの遺伝子は核ゲノムに移動したため、現在のミトコンドリアゲノムには遺伝子がわずかしか残っていない。

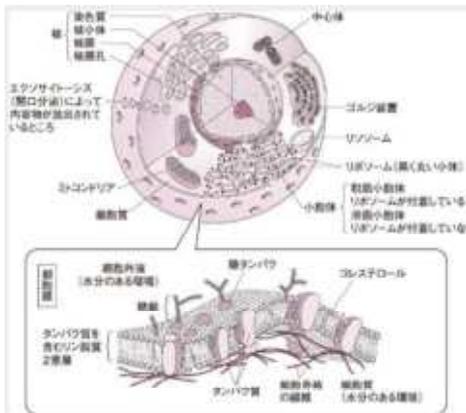
例えば、ヒトのミトコンドリアゲノムは16.5 kbpの環状DNAであり、そこに37個の遺伝子がコードされているだけである。しかし、この中には呼吸鎖の構成因子やミトコンドリア翻訳系の重要な遺伝子が含まれており、ミトコンドリアゲノムの変異がミトコンドリア病やミトコンドリア糖尿病の原因となることが知られている。

ミトコンドリアゲノムは一つの細胞に多数、例えばヒトでは体細胞あたり $10^3 \sim 10^4$ 存在し、核様体を作っている。これは、一つの細胞に一つしか存在しない核ゲノムとは異なっている。また、核ゲノムが父方・母方から半分ずつ受け継がれるのに対し、多くの動植物でミトコンドリアゲノムは片親遺伝、主に母性遺伝することが知られている(図1)。母方のミトコンドリアゲノムだけが子孫に受け継がれるのである。



ミトコンドリア DNA は 1 個の細胞内に数百個以上もあり、微量な資料からでも検出できる可能性は核 DNA よりミトコンドリア DNA の方が格段に高いため、核 DNA の検出ができなかった場合でも、ミトコンドリア DNA 型検査が可能な場合があるのです

kilo base. 遺伝子の大きさや染色体の位置を示すときに用いる単位。記号は kb。
1kbはデオキシリボ核酸 DNAの塩基対が 1000個連なったもので、通常 1遺伝子の大きさを表す。
核酸が二本鎖の場合kbp(kilo base pair)と表記する
まだしっかり理解できていませんが、インターネット検索からの抜き書き 参考らなれば
2024.9.15. Mutsu Nakanishi



- 核は核膜で覆われており、核内には核小体とクロマチン(染色質)がある。
- 核酸にはDNAとRNA の2種類がある。
- DNAは核内に存在し、二本鎖のらせん構造(二重らせん)をなし、遺伝情報の伝達や保有を司っている。
- RNAは一本鎖である。役割に応じてmRNA、tRNA、rRNAに分けられる。
- タンパク質の合成にはDNA(遺伝子)とRNAが関与する。

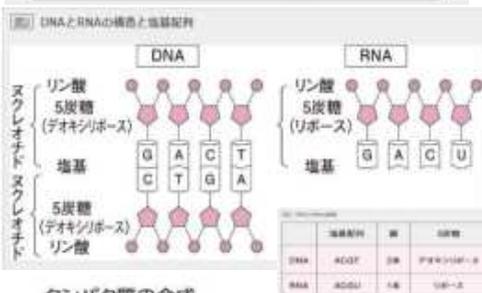
核の機能

核は核膜という二重膜で覆われ、その内部の核質には、核小体(仁)とクロマチン(染色質)がある(図1)。

核小体は丸い小体で、細胞質内の核酸、特にrRNAがここでつくられる。染色質は、塩基性タンパク質のヒストンに二重らせん構造をとっているDNAが巻き付き、折りたたまれて凝縮されたものである。その周囲を鞘が覆っている。

核酸にはDNA(デオキシリボ核酸:deoxyribonucleic acid)とRNA(リボ核酸:ribonucleic acid)の2種類がある。

RNAは、DNAの二重らせん構造を鋳型として核内で合成される。RNAも鎖状であるが一本鎖である。RNA のヌクレオチドは塩基、リボース(5炭糖)とリン酸が組み合わさってできている(図2)。RNA の塩基は、DNAと同じく4つの塩基をもっているが、チミン(T)の代わりにウラシル(U)となっている。RNA は役割に応じてmRNA(伝令RNA、messenger RNA)、tRNA(転移RNA、transfer RNA)、rRNA(リボソーム内にあるRNA)に分けられる。

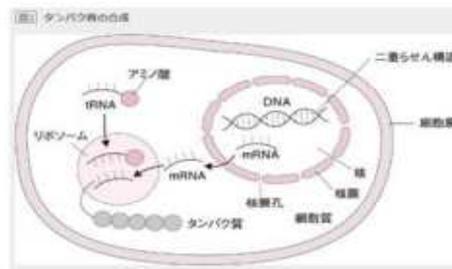


タンパク質の合成

核内でDNAの二重らせんの必要部分がほどけてDNAがむき出しになる。そこにRNA合成酵素(RNAポリメラーゼ)が働いて、DNAのネガ像のRNA鎖が合成される。これがmRNAとなり、核外に出て細胞質内にあるリボソーム(タンパク合成の場)へ送られる。

一方、tRNAはタンパク質の材料となるアミノ酸をリボソームまで運び、mRNAの塩基配列を認識することによって、順番にアミノ酸を結合し、タンパク質を合成していく(図3)。mRNAがDNAの遺伝情報の一部を写しもっているため、mRNAの合成を転写(transcription)とよぶ。

核内にあるDNAの二重らせんの必要部分がほどける。これを鋳型としてDNAのネガ像のRNA鎖が合成され、これがmRNAとなって核から細胞質内にあるリボソームに入る。このコピーをもとに、アミノ酸をリボソームまで運搬してきたtRNAの塩基とmRNAの塩基が結合してタンパク質を合成する。



NHK BS「フロンティア」科学、宇宙、歴史、アート…。新感覚ドキュメンタリー

書き写しメモ 日本人とは何者なのか 初回放送日:2023年12月6日 取扱いご配慮を

最先端の科学技術「古代DNA解析」による大発見!! 日本人の祖先観が覆る

◆ <https://www.nhk.jp/p/frontiers/ts/PM34JL2L14/episode/te/XRL92XPWX2/>

◆ <https://www.youtube.com/watch?v=yEGVlc-29z0>

“最先端を切りひらく者にしか見えない景色がある”。

科学、宇宙、歴史、アートなど…

最先端の驚きの新世界を、ディープにお伝えする

新感覚の知的探求ドキュメンタリー。

今、日本人のルーツに関する常識が覆ろうとしている。

カギを握るのは、「古代DNA解析(核DNA)」。

数万年前の骨から大量の情報を読み出す驚きの技術

浮かび上がってきたのは“最初の日本人”の意外な姿。

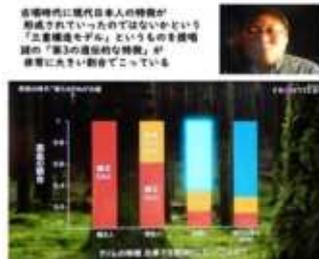
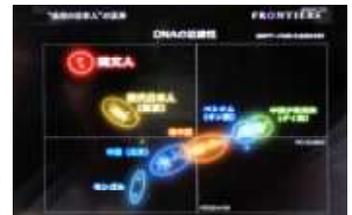
アフリカから最初に東アジアにやってきた人類との密接なつながり。

世界にも類を見ない縄文文化の誕生。

今の日本人のDNAを決定づける

“謎の集団”との混血の証拠。

最先端の科学技術によって、
私たち日本人の祖先観が覆る。

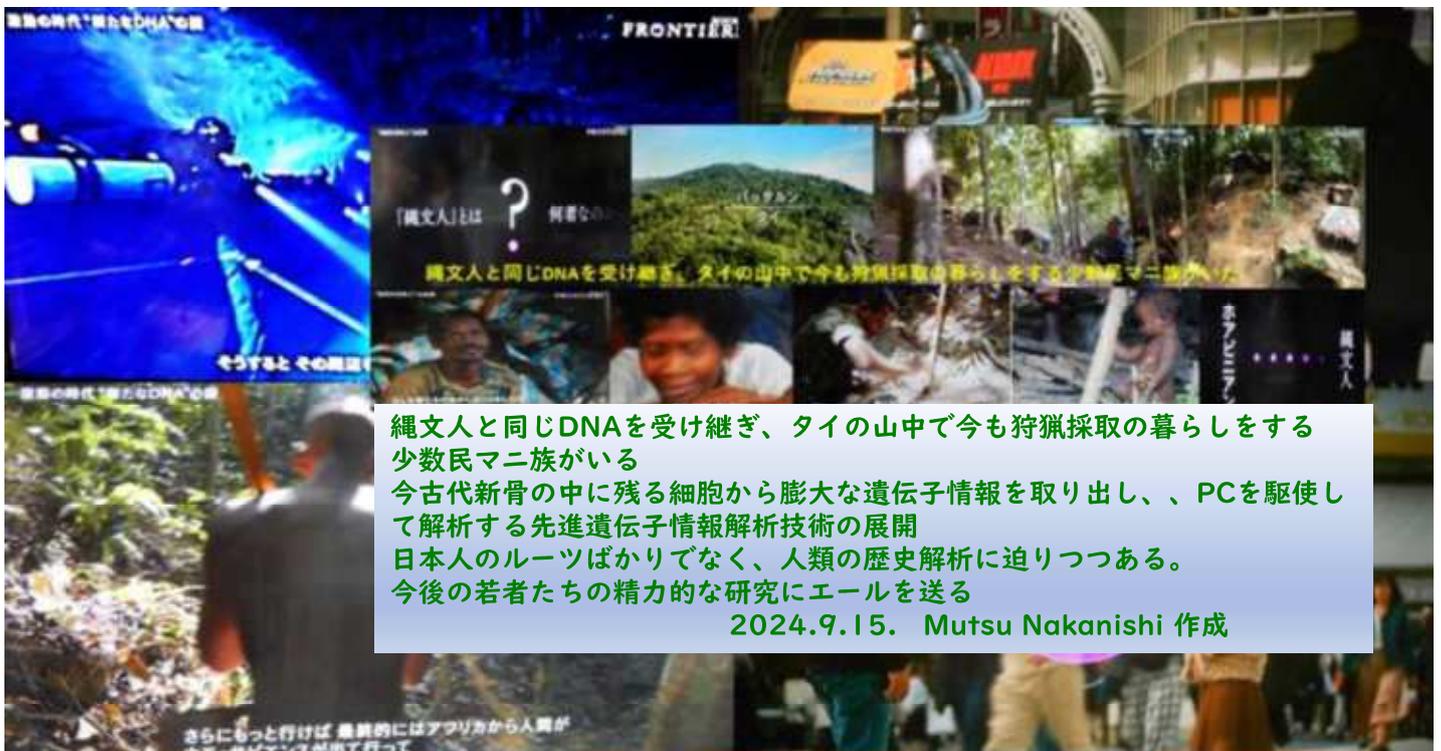


最新の古代人骨のDNA解析での新発見が相次いでいる!!

日本人の祖先とみられて来た縄文人に近いDNAを有する人たちがタイの山奥に現存する。

日本人のルーツの定説「縄文人と弥生の渡来人の混血」のみでは説明できぬできぬ

古墳時代の混血。今日本人の先祖観が大きく覆りつつある



縄文人と同じDNAを受け継ぎ、タイの山中で今も狩猟採取の暮らしをする
少数民族マニ族がいる
今古代新骨の中に残る細胞から膨大な遺伝子情報を取り出し、PCを駆使し
て解析する先進遺伝子情報解析技術の展開
日本人のルーツばかりでなく、人類の歴史解析に迫りつつある。
今後の若者たちの精力的な研究にエールを送る

2024.9.15. Mutsu Nakanishi 作成

