

2016 年 9 月例会（9 月 23 日）

DNA を考える

奥田 丈二 氏 述

1. はじめに

DNA とは物質的にはデオキシリボ核酸です。DNA とよく口にはしますが、何をするものなのか、なんとなくぼんやりとしたイメージしか持っていないかと思います。いろいろなアспектを持っていますが、まず、体の部品の一つです。体の中にはたくさんのいろいろな臓器があり、無限の種類があるのですが、その一つでしかないのです。いわゆる、体の設計図です。人生のストーリーを描いているのが DNA だとお考えください。

実は、医療というのはそのストーリーを書き換えているだけなのです。例えば、ある人が将来、血圧が上がって、コレステロールが上り、糖尿病になり、そのまま脳梗塞か心筋梗塞で死ぬというストーリーが DNA には書かれているわけです。医療はそのストーリーを無理やり書き換えて、血圧を無理に下げているという具合です。高血圧というのは高血圧症であって、高血圧病ではありません。つまり、もともとその人が持っているストーリーなのです。医療とは、そのストーリーを無理やり書き換え続ける行為ではありません。

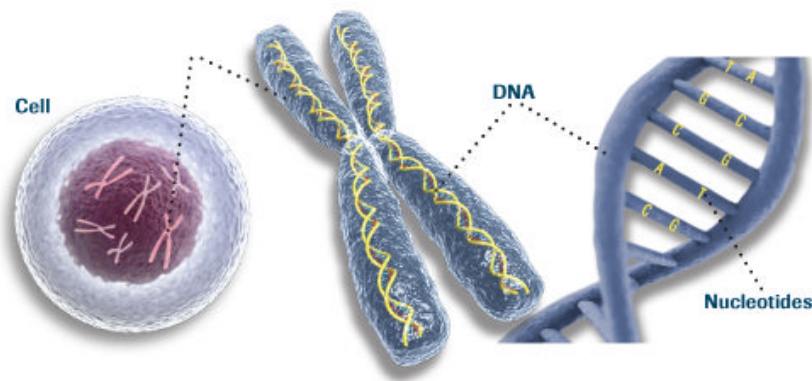
また、予防と言っても、ストーリーがより強く出ることもあれば、そういったストーリーのない人にとっては全く関係ありません。糖尿病にならない人は絶対にならないし、高血圧にならない人は絶対にならないのです。

また、DNA が神様ではないかと考える人もいます。まず始めに、DNA の構造を知っている方が楽しいかと思いますので、そちらの説明から始めます。

2. DNA とは

1) DNA の基本構造

細胞内の染色体の中のぎゅうぎゅうに固められ、丸められたものを引っ張って伸ばすと、二重らせん構造、TとA、GとC、TとG、AとT、CとGといったものが付いています。これがデータです。一つの細胞のDNAを繋げると約1m70で、人間の細胞数は約60兆ですから、人間の持つDNAを全部並べたら、1044億km、地球と太陽を350往復できるくらいの長さになります。一つの細胞にその人間の設計図、データが入っています。全く同じデータが入っているのです。だから、無限にあります。



DNAは大変、安定しているので、簡単には壊れません。かなり高熱でも壊れませんし、北極では何万年も残りますし、解けても全く変わりません。人間は自分のDNAを世界中にばらまきながら歩いているのです。

DNAは、Adenine、Guanine、Cytosine、Thymine という酵素、塩基が付いています。これは必ず二重らせん構造になっていて、AdenineとThymineが、CytosineとGuanineが付いています。必ずこのようについていて、だからこちら側のデータだけでいいのです。これの裏返しですから。これで、人間のデータがデジタル信号で書かれています。3つのデジタル信号が一つのアミノ酸に対応し3ビットでおきます。CATとは何か、UGAは何か、CGTは何か、など、1個ずつ読んでいきますので、ずれたら全部意味がなくなってしまいます。アミノ酸は一つついて、その次にアミノ酸が付く、アミノ酸、アミノ酸、たんぱく質はそうやってできています。たんぱく質はアミノ酸が重合してできたものです。ですから人間の構造の基本はたんぱく質です。ペプチド酸のいうのがありますが、たんぱく質の短いもので、長さの違いです。DNAはこういった

読み取り可能なハードディスクと言えます。

2) 二重らせん構造の発見



この二重らせん構造の発見は 1953 年の事でそれほど昔の事ではありません。当時、遺伝子というものがよくわかっていなかったのですが、中に何か入れると形態が変わることがあり、その辺りのものが何かやっているという事がなんとなくわかってきました。そのうち、核酸、つまりいわゆるプリン体やプリミジンが何かしているに違いないということになりました。この頃、エックス線解析が盛んで、小さい分子にエックス線を当て、その曲がる部分で構造を解析していました。ロンドン大学の研究者、ロザリンド・フランクリンが解析の結果、DNA がらせん状であることを発見しました。彼女はなぜ、らせんを作っているのかという所に疑問を持って研究を進めていましたが、上司のモーリス・ウィルキンは、彼女の意に反して、ケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所のジェームズ・ワトソン、フランシス・クリックにロザリンドの撮影した写真を見せてしまいました。ワトソンとクリックは自宅に模型を作って、Adenine、Thymine、Cytosine、Guanine がつながっているという話から二重らせん構造を考えだしました。そうして、ワトソン、クリック、ウィルキンの 3 人はノーベル賞を受賞しますが、ロザリンド・フランクリンは対立し、ダークレディとまで言われ、37 歳で病気によりこの世を去りました。



3) DNA の更なる解析

分子生物学的に生物とは何かというと、確実に見分けるには DNA を持っているか否かという点です。ウィルスは DNA も RNA も持っていますが、生き物ではなく、遺伝子の運び屋です。違う個体間の遺伝子をトランスファーさせる唯一のものがウィルスです。違う個体に移って、どこかで切り取った遺伝子を置いていきます。それが、人間の進化、生き物の進化に関連するといわれています。これが NATURE に掲載された記念すべき絵です。

No. 4356 April 25, 1953
NATURE
737

equipment, and to Dr. G. E. R. Doacon and the captain and officers of R.R.S. *Discovery II* for their part in making the observations.

¹Young, F. B., Gemmel, H., and Jevons, W., *Phil. Mag.*, **40**, 149 (1925).

²Longuet-Higgins, M. S., *Mon. Not. Roy. Astro. Soc., Geophys. Supp.*, **4**, 255 (1945).

³Von Arx, W. S., Woods Hole Papers in Phys. Oceanog. Meteor., **11** (5) (1950).

⁴Ekman, V. W., *Arkiv. Mat. Astron. Fysik. (Stockholm)*, **2** (11) (1905).

MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

A Structure for Deoxyribonucleic Acid

WE wish to suggest a structure for the salt of deoxyribonucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey¹. They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three inter-twined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons: (1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals distances appear to be too small.

Another three-chain structure has also been suggested by Fraser (in the press). In his model the phosphates are on the outside and the bases on the inside, linked together by hydrogen bonds. This structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment on it.

We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribonucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We

is a residue on each chain every 3.4 Å. in the z-direction. We have assumed an angle of 36° between adjacent residues in the same chain, so that the structure repeats after 10 residues on each chain, that is, after 34 Å. The distance of a phosphorus atom from the fibre axis is 10 Å. As the phosphates are on the outside, cations have easy access to them.

The structure is an open one, and its water content is rather high. At lower water contents we would expect the bases to tilt so that the structure could become more compact.

The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases. The planes of the bases are perpendicular to the fibre axis. They are joined together in pairs, a single base from one chain being hydrogen-bonded to a single base from the other chain, so that the two lie side by side with identical z-co-ordinates. One of the pair must be a purine and the other a pyrimidine for bonding to occur. The hydrogen bonds are made as follows: purine position 1 to pyrimidine position 1; purine position 6 to pyrimidine position 6.

If it is assumed that the bases only occur in the structure in the most plausible tautomeric forms (that is, with the keto rather than the enol configurations) it is found that only specific pairs of bases can bond together. These pairs are: adenine (purine) with thymine (pyrimidine), and guanine (purine) with cytosine (pyrimidine).

In other words, if an adenine forms one member of a pair, on either chain, then on these assumptions the other member must be thymine; similarly for guanine and cytosine. The sequence of bases on a single chain does not appear to be restricted in any way. However, if only specific pairs of bases can be formed, it follows that if the sequence of bases on one chain is given, then the sequence on the other chain is automatically determined.

It has been found experimentally^{2,3,4} that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ratio of guanine to cytosine, are always very close to unity for deoxyribonucleic acid.

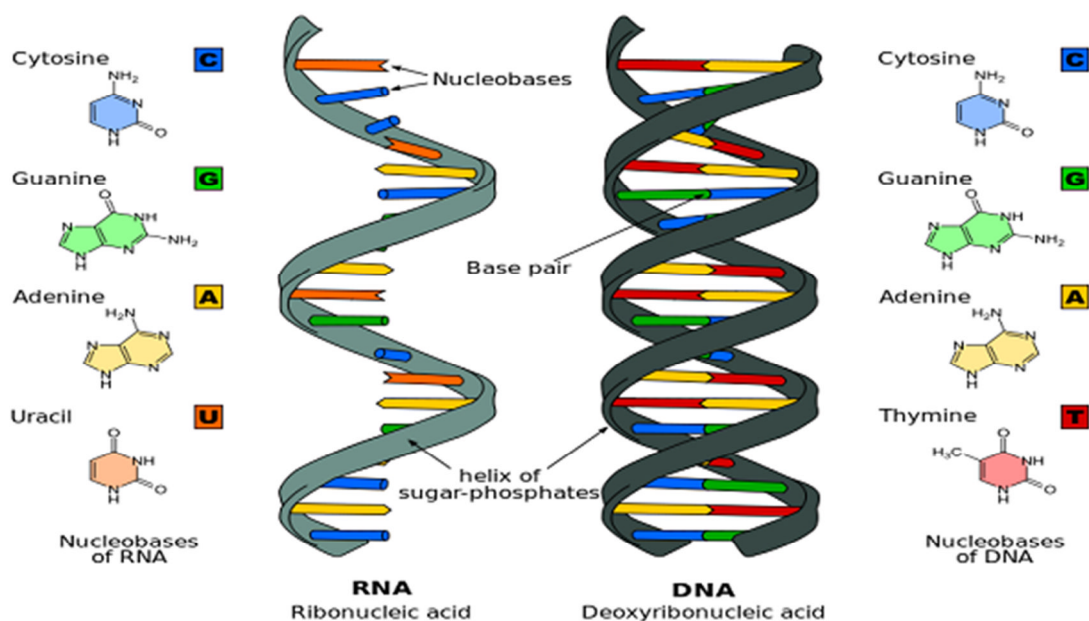
It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact.

The previously published X-ray data^{3,4} on deoxy-

その後、様々な生き物の持つ DNA の解析が始まりました。構造の解析から、なぜ癌が起きるか、糖尿病が起きるかということがわかるようになりました。DNA を読み込むことにより、人間が生物の頂点にいるというのがわかります。人間が最も複雑な DNA を持っています。バクテリアは簡単なので、すぐ作れますし、インターネットでも閲覧できます。

2001 年、とうとう、人類は人間の DNA の読み込みに成功し、人間の構造もデータ化しました。人間の DNA が読めるという事は、その人のストーリーが全部読めてしまうという事です。さらに DNA をいじることができるようになって、基本的なストーリーを変えることができるようになってしまいました。

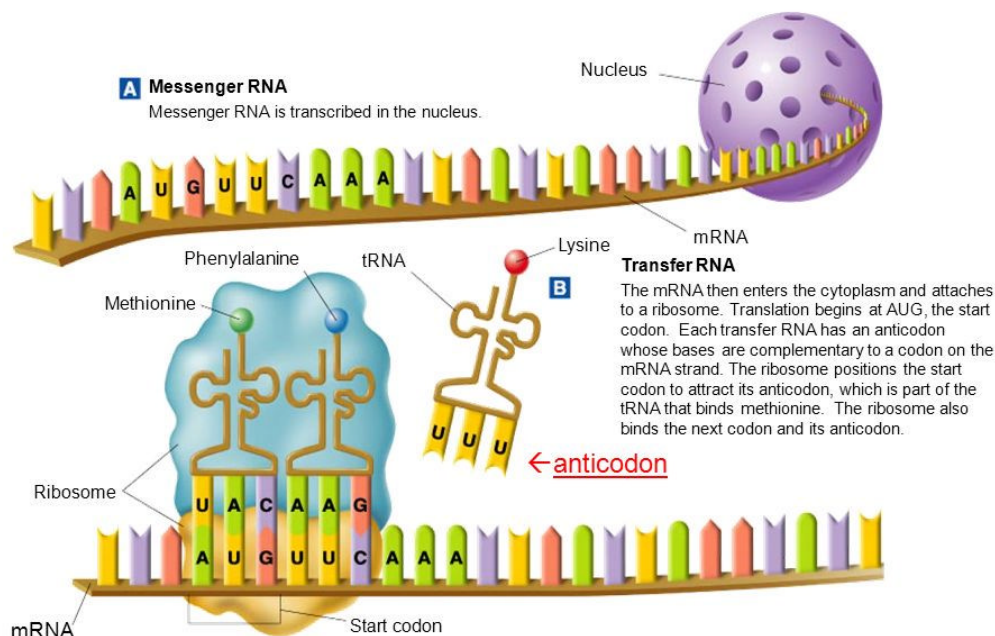
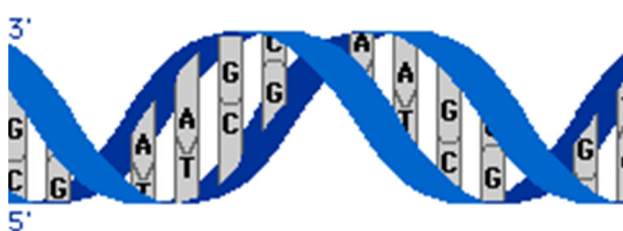
DNA は Adenine、Thymine、Cytosine、Guanine の構造です。DNA は二つ付いていますが、RNA ではチミンがウラシルに変わりますが、基本的には同じです。付いている物質がリボ核酸か、デオキシリボ核酸かの違いです。亀の子のついた化学物質がつながっているのですが、この部分が OH なのか、H のままなのかという違いもあります。よく似てはいるのですが、全然違う性質を持っています。骨格の部分では二重らせんを取るか、一重らせんをとるかという事です。



では DNA は何をしているのでしょうか？設計図ですから、読み込まないといけないのですが、全部は必要ありません。例えば、何かの細胞を作るときにはその情報だけを貰う、そのためのたんぱく質、つまり、酵素を作ります。酵素というのは化学反応のスイッチです。この酵素を作るために DNA で必要な部分だけがはがれて鋳型ができます。工場として働くための鋳型が必要ですが、これをメッセンジャー RNA と言います。また、別の物質が必要な時にはその部分がはがれて別の鋳型を作り、物質を作る。臨機応

変に設計図を開いて、鋳型を作り、鋳型の上にトランスファーRNA、例えば UUU、UAC、AAG、これを3つついてアミノ酸ができ、アミノ酸が付きます。それに相当する AAG のアミノ酸つまり、フェルニルアラニン、UAC はメスシオニン、これらがつながっていき、たんぱく質を作ります。この繋げる工場の事をリボゾームと言います。

DNA は情報、RNA は工場と考えます。3つ合わせたデジタルコードをコドンと言います。リボゾームの始めは必ず AUG で、ずっとつながって、いろいろな意味のないコドンのところで切れます。AUG に相当するメチオニンから始まりますので、従ってたんぱく質はメチオニンから始まるという事です。



3. DNA は神様でしょうか？

次に、著書、“Selfish Gene” で話題をよんだリチャード・ドーキンスについてお話ししましょう。遺伝する、つまり、何かがヘリテージするという事は、そのヘリテージさせるものが実は神ではないかという考えが以前からありました。ドーキンスは、あらゆる生命を持つ生物、DNA を持つ生物はバクテリアから人間まで共通したモチベーションは一体何か、自分の遺伝子を持つこと、さらに残していくこと、自分の遺伝子をばら撒くことがあらゆる生物のモチベーションであると考えました。生物は遺伝子が利用する乗り物に過ぎない。自分の DNA をヘリテージさせるために、目や鼻や脳、物の考え方など、全て、自分の DNA をより残すためにある乗り物であるという考えです。だから良い乗り物に乗っている DNA は残るというわけです。例えば親子愛でも自分の DNA が子供に残っている確率が高いので、親子愛というのはそういうところでできているという事です。

ドーキンスの考えはキリスト教の反発を買いました。彼は敬虔な英国国教会の家庭に育ちましたが、そのことで疑問を持ち始めたので、宗教に対しては厳しい態度でし、論争が好きでしたので、宗教界は混乱しました。

遺伝子が神であり、人間はその乗り物でしかないとすると、ある意味、体の精子を作る部分が神様だと。性欲をそういう風に考えました。食欲は人間を機械として続けさせるためにあり、性欲は自分の遺伝子をばら撒き、存続させるためにある、遺伝子の戦いである、という考えです。

精子と卵子が結合して約 2 週間で PGC、**primordial germ cells** という部分が生まれます。最初是一个の細胞で、それが増えて行って同じものが少しずつ変化していく。お前は、歯に成れ、口に成れ、目に成れ、肝臓に成れ、腸に成れ、心筋に成れ、と、どんどん変わっていきます。しかし PGC は残ります。この細胞がずっと変わらないで、残ります。次の世代に受け継ぐための情報を抱えている細胞です。これがヘリテージされる。つまりこれが神を言われる所以です。

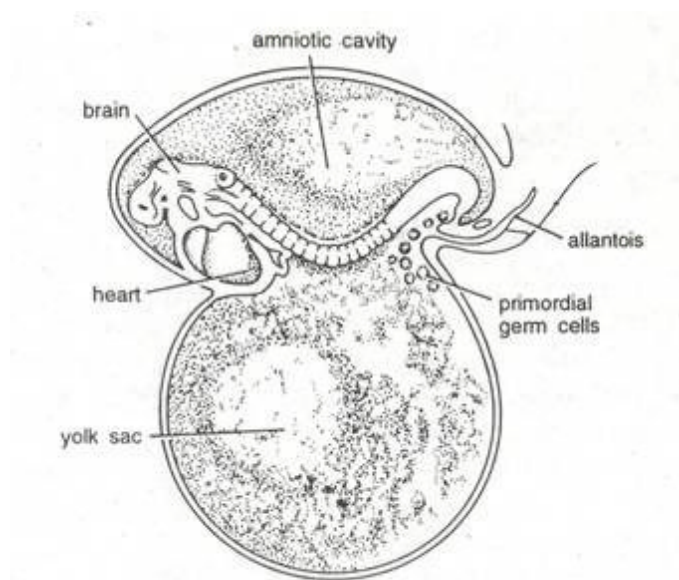


Fig. 1. Origin of primordial germ cells.

しかし、二重らせん構造が発見されて 60 年、人間はとうとう、この神の部分を感じることができるようになってしまいました。乗り物の反乱です。遺伝子工学の発達により、ストーリーを変えることができるようになったのです。

4. 遺伝子工学

1) 遺伝子工学の発達

遺伝子工学の分野はすごい勢いで進化しており、アメリカでは豊富な資金をつぎこんでいます。しかし実はこの分野では日本人の活躍が目覚ましいです。日本国内では資金に余裕があるとは言えませんが、このような状況で山中先生はよく頑張ったと思います。このようなレベルでは 100m 競争と同様、どれだけの差で勝てるかという事が問題なのですが、山中先生は、癌化して使えない細胞を作って、その辺りのソリューションをどの遺伝子を投入するかという部分で勝ち取ったのです。

遺伝子を読み込むことによって、解析できますが、例えば、糖尿病になりやすいことがわかると、そこの遺伝子に、先ほどお話した RNA が付くわけですが、そこに逆の鋳型をはめることによって、読めないようにします。このようにノックアウトという方法を使います。テロメアという長い部分を使って DNA 操作と行っています。

次に全部読む DNA 操作を行うと、その人が、どれくらいで糖尿病になるかとか、癌

になりやすいなどの個人情報に分かりますが、それが完璧にわかるようになりつつあります。遺伝子工学が発達して、遺伝子の乗り物が反乱するのは良いことである一方、とても恐ろしいことが起こります。神の領域は神様に任せておけばよかったものを人間がいじれるという事は利害関係を持った人間たちがいろいろなことができるようになって、ものすごく怖いことだと思います。個人情報の中に自分の DNA のゲノムのデータが入る日は来るかもしれません。技術が進むと、その扱い方がノウハウ、哲学、フィロソフィー、人間の社会が、どうあるべきかという事も、全て絡むようになります。技術が進んできていますが、その技術に人間が追いつくことができていません。

2) 遺伝子組み換え

今や人間は遺伝子を読むだけではなく、いじることもできる、つまり組み換えができるようになりました。ストーリーを書き換えることができるのです。以前は品種改良を行っていましたが、これは、いずれ絶滅するでしょう。品種改良というのはどこからか持ってきた苗と別の苗をハイブリットさせて、良いものができるか、美味しいものができるかと育ててみるというやり方です。昔、富山の薬売りは、もともと農民ですが、冬の間は薬を売っていました。そこで、お土産に苗を持って行き、ある地域のお米は、食味は良いが、冷害に弱く、収穫量が少ない、あるいは、東北の方にある米は収穫量が多いが、食味が良くない、そのようなところに苗を持って行って一緒に植えてみるというようなことをしていました。食味が良くて、収穫量も多いという米ができるというのは確率なのですが、長い年月のうちに、だんだん良い米ができるようになってきました。その品種改良がだんだん非能率的なので、大規模に遺伝子を変えるために放射線をかけたりして、遺伝子にエラーを起こさせて、偶然に良いものができるばよい、といったような実験も行われるようになりました。

しかし、今では遺伝子、ゲノム解析ができており、稲の遺伝子は非常に簡単なものですから、操作が簡単にできるのです。収穫量の多い遺伝子を食味の良い稲に入れればいい、他にも冷害に強い遺伝子を入れるとか、荒地地でも育つ遺伝子を入れるなど、人為的に考えて作ったのが遺伝子組み換え食品です。

確かに問題はありますが、遺伝子組み換え食品を食べますか？と聞かれたら、私は食べます。ただし、導入した遺伝子がどこから来たのかははっきりしていること、安全性が保障されていることが絶対条件です。確率は少ないですが、間違った良い方をされたら、毒性を持つかもしれません。

この遺伝子組み換えは、遺伝子の運び屋であるウィルスを使って、欲しい遺伝子の所にトランスポートという遺伝子を両側につけるとウィルスが運んで、いろんなところにはめ込むことで行います。簡単にできますので、逆に恐ろしいことだと思います。

この遺伝子の運び屋であるウィルスは DNA 以外には何もないので、自分で増殖することはできません。ヒトの細胞に自分の DNA を入れて、自分を作る DNA をはめ込んでしまう。そうすると、ヒトの細胞が自分のウィルスをどんどん作り出し、後で外に出します。ウィルスは生き物というより、DNA とか、RNA で持っているものもあります。RNA で情報を持っているわけです。それは逆転酵素と言って RNA の鋳型から逆に DNA を作ってそこから始まるというものです。

細胞の中には DNA とミトコンドリアが共生しています。大昔、フィージョンしたのです。ミトコンドリアはエネルギーを作るマシンです。ただ、構造には全く関係なくて、エネルギーを作るだけなので、葉緑体も、ミトコンドリアもゲノムとは言いません。

遺伝子組み換え食品について言えば、現在では食べないことは無理な状況です。産業の中に入って、地球のこれだけの人口を養うためにはすでに遺伝子組み換え食品が無いと生きていけません。仮に、遺伝子組み換えを全部やめたとしたら、日本人は生き残ることができるかもしれませんが、アフリカの人々は飢えてしまうと思われます。これでは、人道的な問題が起こります。ただ、導入する遺伝子の出所を検証する機関が必要だと思います。例えば、トウモロコシにフグ毒、テトロドトキシンの遺伝子を入れると、気が付かないうちにそのトウモロコシを食べた人は死んでしまうというようなことも起きる可能性があるという事です。つまり、技術が人間を超え始めている状態なので、もう、流れは止めることができませんが、どこかでブレーキをかける必要があります。

3) トランスジェネリック生物

トランスジェネリック生物、これも遺伝子組み換えです。最初は麦など、簡単なものでしたが、1980 年、哺乳類でそれができました。ラットの成長ホルモンを作る遺伝子をマウスの中に入れると、ものすごく大きいマウスができたのです。マウスというのはバカで凶暴なのですが、かわいいペットになるようなマウスを人為的に作りました。成長ホルモンの遺伝子がわかったので、それを、ウィルスをコネクターにして、精子、卵子の所、要するに一番最初のときに遺伝子を試験管ベビーに入れるとできるのです。怖いのはそれをゲノムレベルでおこなうと、子孫は全部このようになることです。

医療がもし、そのような方向進んだとして、癌家系で年を取りやすい家系、年を取りにくくて、癌にもなりにくい家系、その遺伝子がわかったら、自分の子供に卵子、精子で、試験管ベビーで体外受精させてその時にゲノムを変えてしまうと、その一族は未来永劫、有利な特性を持った一族になる訳です。

また、老化のメカニズムというものもわかってきました。テロメアが精子、卵子が結合した時点では一番長くて、それから分裂すればするほど、だんだん切られていきます。短くなってくると、細胞の改変サイクルが落ちます。テロメアが長い人、あるいはテロメアを作る酵素があると年を取りにくいというわけです。

4) リコンビナント技術

今、我々が恩恵を受けているのはリコンビナント技術です。特に有名なのはインシュリンです。インシュリンを見つけた時には豚のインシュリンを使っていました。これはたいへん微量なものなので、一人の注射 1 本のために何千匹の豚が必要です。その豚の膵臓を取ってきて作るという作業では莫大な費用が必要です。ところがそれを遺伝子技術を使うようになりました。インシュリンを作る遺伝子は大腸菌に植えると、大腸菌は無限に増えるので、大腸菌がインシュリンを作ってくれます。これがリコンビナント技術です。やはり、豚のインシュリンと人間のインシュリンは若干違うのですが、この技術では純粋な人間のインシュリンを使うことができます。

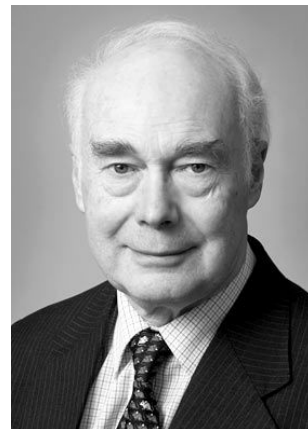
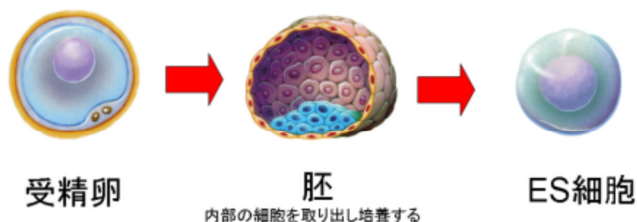
血友病に関しても、以前はヒトの血からもらってくると、ものすごい量の血液が必要でした。リコンビナント技術で、酵母菌に作らせています。エリスロポリエチンという血液を作るホルモンがあるのですが、これは心臓から出ます。これもリコンビナント技術によって作ることができるので、輸血の頻度が激減しました。その結果、輸血や血液製剤によるエイズの心配もなくなりました。

ヒトからヒトに感染しているエイズや、エボラも将来的には、遺伝子技術を使った治療が行われて行くでしょう。エボラに対しては最終兵器があったのですが、安全性が検証されていませんでした。**SIRD** というものです。サルでの実験はうまくいったのですが、何が起きるかまだ分からないところがあります。**RNA** を鋳型にはめ込むやり方です。人間にはなくて、エボラが生きていくには絶対必要な部分の **RNA** にロックをかけてしまうのです。ショットインターフェレンス **RNA** と言います。

リコンビナントというのは遺伝子組み換えという意味で、遺伝子組み換えから作った技術です。他の必要な物質を何かを利用して作らせる、あるいはワクチンも作ることができます。酵母菌に **B** 型肝炎の部品の部分だけウィルスは作られると困るので、ウィルスの部品の部分だけ作らせる、それがワクチンです。そこに免疫ができればワクチンになります。

5. ES 細胞と IPS 細胞

人間の受精卵、最初は殻の部分と ICM という部分ができます。これが人間の体になるところでまだ同じ細胞です。これからいろんなものにわかれていきます。そして、この殻の部分は消えてしまいます。この人間体になる部分はこの胚の ICM の部分で、ICM を形成している一つ一つの細胞を ES 細胞と言います。これは pluripotent cell と言って何にでもなれます。この何にでもなれる状態の事を ES 細胞と言います。その分かれていくメカニズムはある程度はわかっていますが、完全には解明できていません。おまえは肝臓に成れ、目に成れよ、肝臓に成れよ、皮膚に成れよ、と同じものが分担して分かれていきます。この、分担していくメカニズムがよくわかりません。以前は位置によって違うのではないと言われていましたが、細胞だけを取り出して培養して戻すとちゃんと元に戻ります。ですから、取ってきた位置には関係なく、どんな ES 細胞もどんな細胞に成れるという事です。この実験を行ったマルティン・エバンスです。



どの細胞になるかというのは DNA に書いてあるのですが、発現している細胞は遺伝子が違います。その発現している遺伝子があることで、外的な環境を変えることで遺伝子を加えていきます。そういう事によっていろいろなものに分割することがわかってきています。読み込む遺伝子は全部違いますので、必要な場所に応じて、不必要な部分をヒストンタンパクというタンパクに巻き込んでしまい、必要な部分だけを読み込むことができるようにし、発現している遺伝子によって遺伝子が加えられたり、動いていき、細胞を作っていきます。

ES 細胞はブラストシストという殻の部分と ICM という所ができます。この ICM の部分を取り出し培養して ES 細胞を作ります。その先に ICM の中から役割分担の中に PGC の中があり、これが神かもしれません。

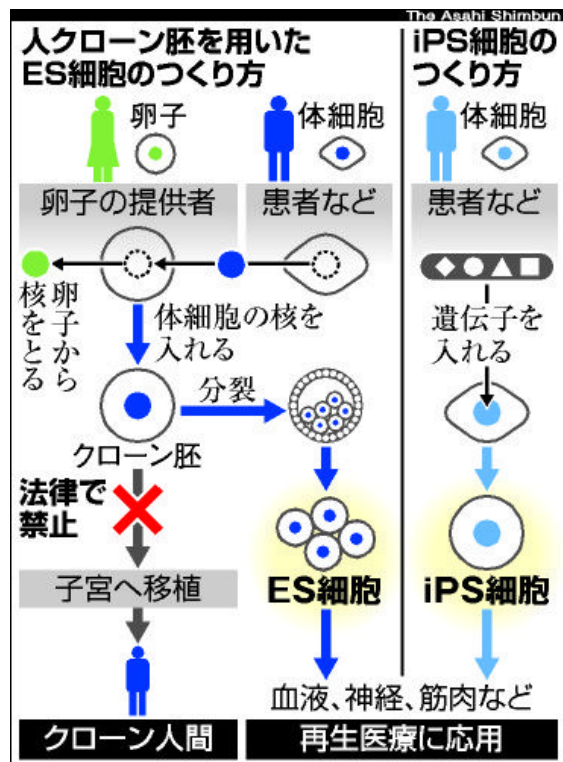
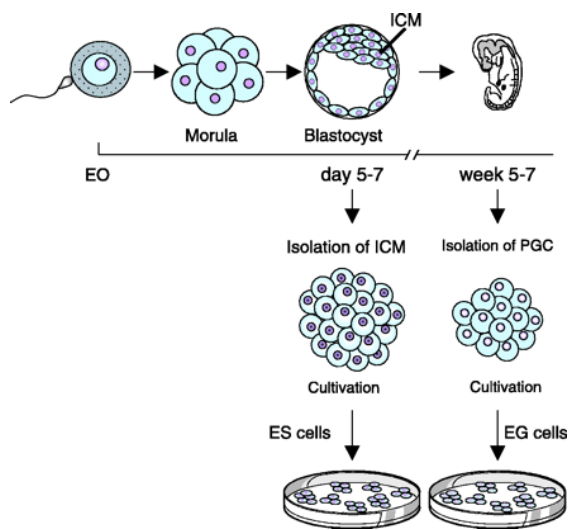
ではES細胞はどこから持ってくるのでしょうか？卵子提供者から卵子を一つ貰って、中身を取り出し、殻の状態にします。この時、受精卵を使う事はできません。自分の子供の細胞という事なので、親子間では拒絶します。その殻に患者などの体細胞の核をいれて、クローン胚を作り、それが分裂してES細胞ができます。これが再生医療に応用できるかもしれないという事です。クローン胚をもう一度子宮に戻すと、クローン人間を作ることも可能ですが、これは法律により禁止されています。

しかし、いずれ人間になる可能性のある卵子を使うという事は問題です。ある韓国の研究者がモラルの欠けた人間だったため、問題になり、産業にも影響を与えました。

その後、山中先生が、IPS細胞を作ることに成功しました。すでに分化した細胞ではES細胞レベルで発現している遺伝子が違う遺伝子が出ています。それは、何かが動いているということで、何かが初期化をする、ES細胞たるメカニズムが何か動いているのではないかという事で成熟した細胞にない遺伝子をウィルスを使って導入することで、ある種の遺伝子を入れることで完全に初期化できることを山中先生が見つけることに成功しました。この方法では卵子には全く関係なく、舌をこすることで得た細胞でもあれば簡単に作ることができます。

例えば肝臓ではいろいろな機能があるので再生は難しいのですが、単純な細胞、網膜細胞や心筋細胞は同じ細胞でできているので、再生は簡単です。心筋梗塞を起こすと筋肉は再生できないのですが、そこに新しく作って貼り付けたり、移植することができるのです。また、心筋を使って、心筋にどういう影響を与えるかという実験も簡単に行えます。マウスやラットを使う事は人道的な問題もある上、やはり人間とは違うわけで、果たして人間には適応できるかという問題もありましたが、人間の細胞を使うことができるというのはすごいことです。

しかし、マネジメントの問題や、ウィルスが残ってしまう等の問題が残されています。また、ウィルスを使わずに、どこかに巻き込まれている遺伝子を発現させるための条件を探る研究も進められています。



(岡田美奈子 記)

(*この資料は会員間の研究のために作成されたものです)