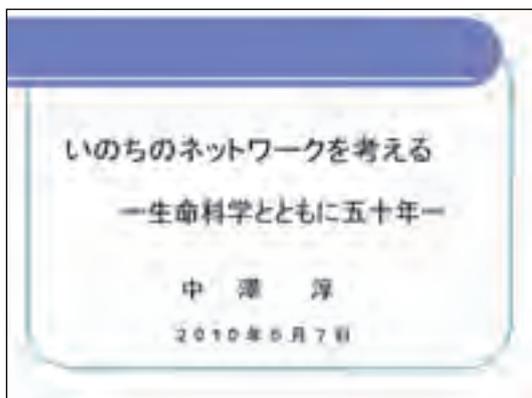


いのちのネットワークを考える —生命科学とともに50年—

中 澤 淳

東亜大学 医療学部医療栄養学科 教授



皆さん、こんにちは。ただ今は、櫛田学長先生からご丁寧なご紹介をいただきまして感謝申し上げます。今日のこの講演会を準備して下さった方々、いろいろとご苦労さまでございました。ありがとうございます。

ところで今回、講演の前に古い記録を調べていますとちょうど10年前、私が本学に赴任した年の8月に、オープンキャンパスで特別講演をしております。相手は受験生ですが、そのときのタイトルが「情けは人のためならず—地球生命体の中の人類—」というものでした。

「情けは人のためならず」というのは解釈が難しいようで、このごろは人に情けをかけるとその人をスポイルして駄目にするという解釈をする人が増えていますが、本当はそうではなくて、人のためになることをしているとそれが回り回って自分にとっていいことになるということなのです。

私はこのとき第3の解釈として、人類は生物進化の結果生まれてきたのですから、地球と生物についての関係を考えてとき、人類が人類以外のものに対しても情けをかけることが必要で、それがやがては人類のためにもなるという話をしたので

考えてみると今日お話ししたいことも実はそのことなので、私はあまり進歩していないのかも知れません。ところが学問はこの10年間で猛烈に進歩しました。この4月1日号のイギリスの科学雑誌『ネイチャー』に特集がありまして、タイトルが“The Human Genome at Ten (ヒトゲノム研究10歳)”というものでした。ヒトの全ゲノム塩基配列の概要版を決めたということ、当時のアメリカのクリントン大統領とイギリスのブレア首相がテレビ記者会見をして発表したのが2000年の3月だったのです。それで10歳になるヒトゲノム研究と『ネイチャー』は言っているわけです。

実際はその4年後に、30億あるヒトゲノム塩基配列の完全版が出まして、ヒトのゲノムに存在する遺伝子についていろいろなことがわかってきました。その後、さらにヒト以外の生物、たとえばネズミ、イヌ、さらにはヒトと近縁のチンパンジー、それからあとにも言いますがネアンデルタール人まで出てきて、いろいろな生物の全ゲノム構造、ゲノムの塩基配列が発表されるという時代になっております。

とりわけ3年前の2007年には、ヒトゲノム解析の立役者の1人であるクレイグ・ヴェンター個人の全ゲノム塩基配列が決定され発表されました。その次の年には、DNA二重らせん構造を提唱したジェームズ・ワトソンが遺伝子DNAを提供して、この人個人の塩基配列を全部決めてしまいました。

実は私どもは、今からかれこれ20年ほど前になりますが、山口大学医学部でヒトのアデニル酸キナーゼという酵素を取り上げて研究をしていました。この酵素の遺伝子に突然変異があると溶血性貧血が起こります。このようなケースは世界に3例しかなかったのですけれども、その1例である

日本人患者さんからDNAをいただいて分析し、先に決定したこの酵素遺伝子の全塩基配列から、患者さんの酵素遺伝子で突然変異により変化したところを突き止めました。これにはゆうに3年ぐらいかかりました。

今はもうあっという間に遺伝子塩基配列が決まります。今回の『ネイチャー』では、個人の全ゲノム塩基配列、これをパーソナルゲノムといますが、世界中ですでに26人の塩基配列が決められているとのことです。費用の方も、ジェームズ・ワトソンのときには彼の全塩基配列を決めるのに3億円かかったのが、今なら500万円のできる。そのぐらいDNA解析の技術が進んできております。

今年の3月に、やっぱり『ネイチャー』に出ていた記事で、今、最先端を行っているのは中国ですが、深圳というところが香港のそばにあります。ここにBGIというゲノム研究所があります。今年の1月に128台の次世代シーケンサー、塩基配列決定装置を買ったということです。これでやりますと、1年で1万人のパーソナルゲノムが決定できる。そういう時代になっています。

ついでに言いますと、深圳のその研究所はイネのゲノムも決めたり、カイコのゲノム、パンダのゲノムなどと次々に決めている、世界の第一線の研究所です。世界的にも同様な研究が進展していて、ヒトをはじめとする生物のゲノム解析はここ数年の間に猛烈な速さで進んでいくと思います。

けれども、ゲノムの塩基配列が決まったら研究が終わりではないのです。むしろそれは始まりでして、医学・生物学、生命科学はそこから始まる。遺伝子からどういうふうにしてRNAができてタンパク質となるのか、どう調節されているのか、そういうことを決めていかなければならないので、ゲノム解析の成果は、これからの膨大な課題を研究者に対して提供したということになります。

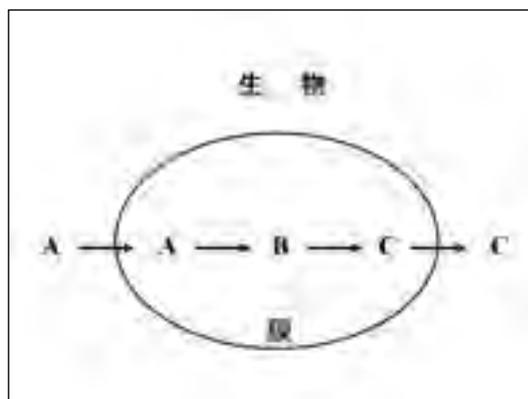
この10年間を見ますと、生命科学にとって非常に大きな発見がありました。たとえば、RNA干渉というのがあります。これは専門の人以外はあまりご存じないかも知れませんが、これまでは遺伝子の発現を調節するのはタンパク質だと思ってきたのが、RNAも調節にあずかることが分かってきました。こうなると複雑な組み合わせが無数に出てくるわけです。ある種の癌なんかでは

RNAが関与するという事実が出てきています。

それから、皆さんご存じだと思いますがiPS細胞、京大の山中伸弥先生が発見した人工多能性幹細胞ですね。再生医学としての意義もさることながら、この発見が生物の受精卵が増殖分化していく仕組みについてメスを入れたということも大きいことだと思います。このようにいろいろな学問が発展し、総合化されていくのだと思います。

私はこの10年間、生物進化のことについて興味をもちまして、いろいろ考えてきました。自分で実験をすることはないので、この問題を私なりに考えきたので、今日はそのお話をしたいと思っております。

まず、生物というものを私がどうとらえているか、生命とは何か、こういう課題について私自身の研究成果からいくつかのヒントがえられましたのでご紹介します。さらに、人類が抱える諸問題については、人間の進化をあとづけ、その中で人間の脳の機能について考えることが大切だと思いますので、そのことをお話ししましょう。



このスライドは私がいつも学生諸君に見せる、生物とは何かを示すものです。生物は一言では定義できません。私は四つの言葉を使います。まず第1は、生体は膜をもって外界から隔てられ、その中に高度に組織化された構造をもつこと。第2には、物質を代謝してそれからエネルギーを獲得することによりこの形を維持すること。第3は、同じものをコピーすることができること。つまり複製ですね。第4番目は、このような状態がみごとにハーモニーをもって、統合され、制御されていること。こういうことをいつも言うんです。

実は生物とは何かという定義を皆さまの前で自

信を持って明確に言えるようになったのはこの10年ぐらいのことです。先ほどご紹介いただきましたが、私は1955年に京都大学の医学部に入学しました。これはワトソンとクリックのDNA二重らせん構造の発見、これが1953年ですから、その時期だったのです。ところが悲しいかな、学生時代の6年間に二重らせん構造とかDNAのことは何も先生から聞いたことがありませんでした。当時京大の医化学教室には物質代謝の研究、そのもとをなす酵素の研究で日本一の研究室をお作りになった早石修先生がおられましたので、その門をたたき酵素の研究を始めました。

そのうちに細胞の中だけを見ていたのでは問題は解決しないのではないかと、やっぱり細胞膜が問題だろう、とこう思いまして、早石先生にお願いして、アメリカのジョンズ・ホプキンス大学にソウル・ローズマン先生という糖質の膜透過で非常に素晴らしい研究をした方がおられたので、そこへ行って膜に関連する酵素の研究をしました。

そのあと1971年に日本へ帰ってきて、千葉大学医学部にご厄介になりました。そのときに教室主任の橘正道教授に、私は講師だったのですが、やはり膜に関係する研究をさせて下さいとお願いしまして、あとで出てきますがコリシンE1というものを取り上げたのです。

コリシンE1は大腸菌がつくる殺菌性のタンパク質で、膜に作用します。大腸菌というのは都合がよろしいので、ブドウ糖とアンモニアとを入れておいてやれば、ミネラルはもちろん要りますが、放っておくだけで大量に増えますからお金がかからない。20万円で実験室をセットアップしました。

このテーマを選んだもう一つのわけは、私が京大にいたときからよく先輩に言われたことに、人が興味をもたないことをやりなさい、人がやっていることをしてはいけない、ということがありました。それもあって、これなら大丈夫と思ってコリシンE1の研究をしておりましてところ、1973年以降、組み換えDNAの技術が進んでまいりました。組み換えた遺伝子DNAを増やすためにはベクターというものがりますが、そのベクターにコリシンE1プラスミドという、私がやっているものが取り上げられたのです。私はよく流行を

追いたくないと言っていたのですが、流行が私を追い掛けてきまして、大変なことになった、というようなことでもございました。

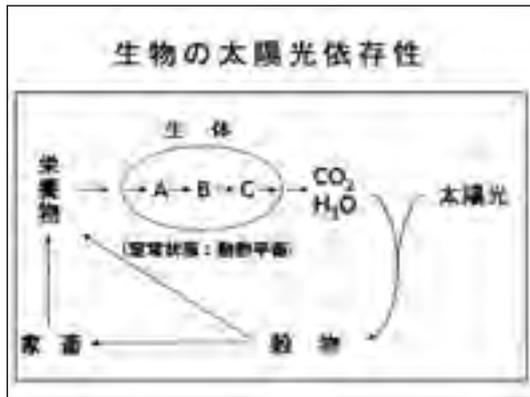
このコリシンE1の研究は、1977年に山口大学の医学部へ移ってからもずっと続けて、あと5年ぐらいやり、私の知りたいことがだいたい分かってきました。そのときに気がついたのは、コリシンE1は、これは大腸菌でつくられるのですが、これをつくるということはその細菌にとっての利他的行動であるということです。利己的じゃなくて、他を利する行動であるということに気づきまして、それで、この問題に非常に興味をもつようになったのでございます。



そこで生命現象をどうとらえるかという話になるわけですが、この絵はよく学生諸君に見せるのですが、生命とは何か、ろうそくの火だというのです。これは17世紀のオランダの画家による絵です。生き物の移りゆく姿を象徴的に描いているのですが、ろうそくの炎というものは絶えず燃料であるろうを燃やし、その炎はいつも一定である。こういうのを化学の立場では定常状態というのですが、これが生き物の姿であるというわけです。

落語家の6代目三遊亭圓生、もう亡くなってだいぶ経ちますが、この人の話に「死神」というのがあります。人の寿命を火のついたろうそくに例えます。ろうそくには長いのが短いがあるのですが、それを管理しているのが死神だという話です。ろうそくに寿命を例えるというのはこのようによく行われることかなと思います。

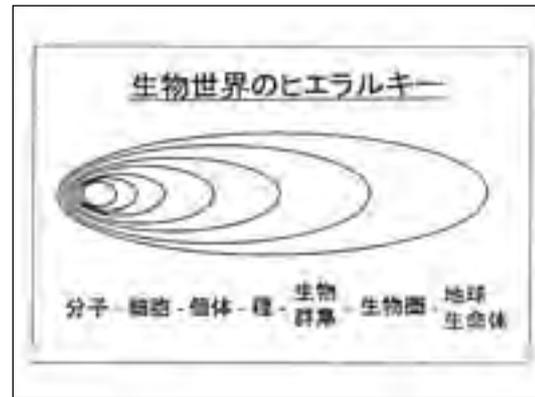
ところで、問題は次のスライドに示す事実です。ここに生体細胞の姿を描いてありますが、体内では物質代謝が行われ、物質が変化しつつある。ろうそくの炎と同じように生体は定常状態を保って



います。定常状態が維持されるのは栄養をとるからです。栄養物、これはろうそくのろうですね。その栄養物はどこからくるかというと、たとえば家畜の肉を食う、それからお米などの穀物を食べる。その大もとは、要するに、太陽の光のエネルギーを使って物質の化学結合が形成され、この化学結合のエネルギーを生体は利用している。生体の定常状態が維持されるのは実は太陽の光によるものである。「生物の太陽光依存性」と書いてありますが、これはそういうことなのです。

これをよくよく見ますと、物質はどんどん流れていて、中身は絶えず変化している。これを動的平衡といいます。この言葉は、実はルドルフ・シェーンハイマーという人が、今から70年ほど前に同位元素を使ってアミノ酸代謝の研究を行った結果提唱したもので、ダイナミック・イクイリブリアム (Dynamic equilibrium) といいます。最近青山学院大学の福岡伸一先生がこれを盛んに取り上げられまして、よく知られるようになりつつあるようですが、こういう状態が生体の姿であるというのが私ども生化学者の認識です。つまり、生物はどれ一つとして自分では生きていけない。必ず外界に頼る。それも太陽の光に頼っていると、こういうわけです。

このようなことを考えて生物というものを見た場合に、生命世界にはいろいろなヒエラルキー、階層性があると考えざるをえないというのが次のスライドです。分子から始まって、それが合わさった細胞、その細胞が集まった個体、その個体が集まった種、その種がいろいろ組み合わせられて生物群集ができています。そのどれをとらえても、そこに“いのち”があると切り切ることはいけないということを問題にしたいのです。



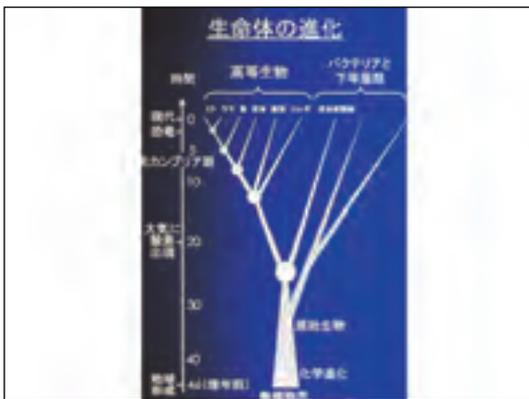
最近もこういう話がありました。今年3月の『ネイチャー』に出ていたのですが、中国のゲノム研究所などからの報告です。人間のおなかの中にある腸内細菌、そのゲノムを全部調べました。これをメタゲノム解析といいます。昔のやり方ならば一つ一つの細菌を純粋にとりだして、それぞれの細菌のDNA解析をするのですが、ここでは全細菌群をひっくるめてDNA分析をして、コンピュータ解析で個々の細菌のデータを決めるという手法です。人体は60兆の細胞がありますが、100兆を超える細菌細胞を主に腸内に棲まわっています。今回腸内細菌からヒト全遺伝子の150倍以上の遺伝子が検出されたとのこと。ですから腸内細菌のお陰で我々は生きていけるといってもよいのです。そういうことがだんだんと分かってきた。

そうなりますと、どこに“いのち”が存在するのかというと、個体レベルにあるとも言い切れない。もっともっと大きなものを考えないといけない。生物群集というのは、たとえば、食物連鎖の問題を考えたらいいですね。プランクトンをエビが食べ、エビを魚が食べ、魚をクジラが食べるというような生き物の流れがあり、それにかかわる生物の集合が全体として生命系を支えているとも言えますね。

それをもっともっと広く見ていくと、地球全体を考えないといけないのかも知れない。地球は約6,400キロメートルの半径をもってありますが、その表層部の空に10キロ、海底に10キロと考えると、だいたい幅20キロぐらいのところに地球の生き物は全部いるわけです。それ全体を生物圏といいます。そういうものを考える必要があるかも知れない。

もっと言えば、あとでもお話しますが、地球は

46億年の歴史をもっていますが、大変な天変地異といえますか、大変動の中でしぶとく生物が生きてきて現在があるということを考えますと、生物だけではなく地球そのものを含むすべてのものを考えないといけないのかも知れません。地球生命体という言葉はそういうところから来ています。実はこの話を今日はしたいのです。そこに行くまでにどうしてこういうことを考えることになったのかをもう少し説明しておきましょう。



これは生物進化の概略を示す図です。46億年前に地球ができて、そのあと海ができた。最初は何もなく火の玉だったのですけどやがて海ができた。その海底にマグマが出てくるところがあり非常に高温になり、そこで有機物質ができてきた。その状況を化学進化といいます。アミノ酸や脂肪酸、核酸塩基などができてきました。そういうものが合わさって、脂質の膜でできた袋の中に詰まった状態になるとそこで細胞が出来上がり原始生物、バクテリアの誕生となります。

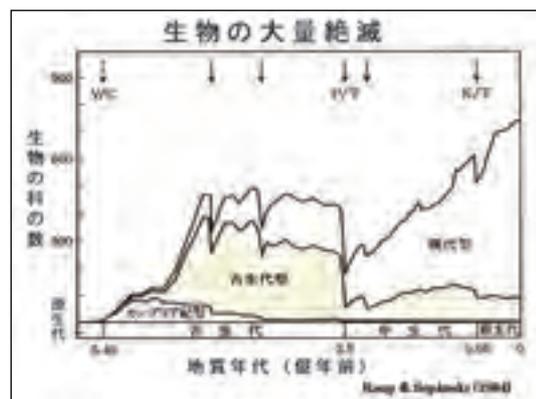
38億年前に生物がいたという証拠は、3年ほど前に東京工大の上野陽一郎先生という方が発見されました。これは何かというと、オーストラリアの岩石の中にメタンがあった。そのメタンの年代を調べてみると38億年前のものであったということです。メタンは生物しかつくりえないわけです。現在でもメタン発酵菌というのがありますが、この生物は大昔からいたに違いありません。生物の姿は見えないのですが、その生き物の作り出した産物が出てきた。ですから、このころにはすでに生物がいたのです。

そのあと、シアノバクテリア、藍藻ですね、これが出てきて酸素を吐き出すことになります。それ

により海水の中の還元性物質がみんな酸化されていきます。酸化された物は何かというと、鉄ですね。現在の鉄鉱石なんかはそのときに鉄が酸化を受けて沈殿した物です。海の中に酸化する物がなくなってしまうと、大気中に酸素が出てくる。現在のような、酸素がいっぱいある大気ができたわけですね。

その後いろいろな生き物が出てきますが、最初は単細胞生物でも真核細胞といって、細胞の構造が複雑になって細胞核をもつようになったものが出てきました。次いで沢山の細胞がつながった多細胞生物というのができた。それでカンブリア期、これは5億5000年前ですが、そのころに爆発的に多数の生物種が誕生するわけです。だいたい1億8,000万年前ぐらいのころに恐竜とか哺乳類が出てきて、それで、あとで言いますが、6,500万年前に恐竜が絶滅するわけです。それから哺乳類の天下になり、そして現在に至るという経過です。

よく言うのですが、地球46億年の歴史を1年に例えますと、人類が誕生したのは、これを仮に20万年前と考えますと、大晦日の除夜の鐘が鳴っているときに当たりますね。だから、いかに長い間、この地球が生命を育ててきたか、生物をつくってきたか、人類の時代となったのは極めて最近のことであるということが分かります。

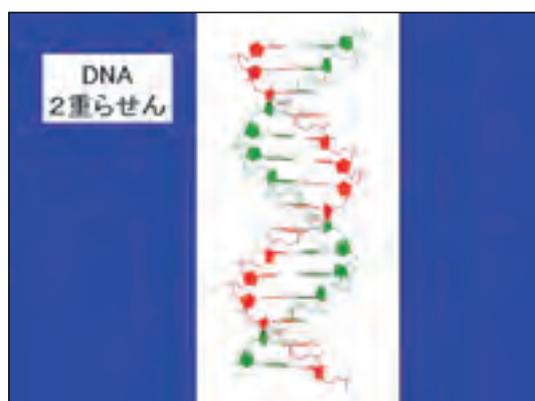


生物進化には紆余曲折がありました。大陸が変動するは、地球全体が凍りついてしまうは、大変な状況があり、その中を生物はくぐり抜けて生き延びてきました。ここには5億5,000万年ほど前からの生物の数、種の数を示しております。見ただけでも5回ほど大量絶滅の時期があることが分かります。2億5,000万年前の絶滅は大変でして、この時期はスーパー・アノキシアといって、地球

上にほとんど酸素がないという状況になりました。そのときにできた堆積物が現在の黒い石で、庭石に使ったりしているものです。なぜそういうことが起こったかという、天変地異。火山の大爆発です。地球の気候が変わり、生き物が生きていられなくなる。そのため生物種がどっと減る。

さらにまたずっと下りますと、6,500万年前の巨大隕石が落ちてきたときの絶滅です。メキシコのユカタン半島に、直径が10キロあるいは15キロといわれていますが、こんな大きな隕石が落ちてきて、100メートルぐらいの高さの津波が起こり、また空中は酸性雨だらけになって、陸上にも海中にも生物が生きていけない状況になりました。それで恐竜が絶滅するわけです。その間にしぶとく生き残った哺乳類が森の中から出てきて、現在の形になったといわれています。

こういうふうに見ていきますと、要するに、生物というのはしぶとく38億年前から連続といのちをつないできているのですが、これが絶えず受動的なんですね。地球の変動に支配されている。唯一生物が地球に仕返しをしたことは何かというと、酸素です。地球上には最初酸素が全然なかったのです。それを生物がつくった。だから、私はこれは酸素汚染だといっています。この酸素のお陰で、多種多様な生物が誕生してきたのです。



生物の進化を見ていると、生物がみんな同じ化学的論理でもって生きているということも領けるといいます。このことについての最大の発見は遺伝暗号の解読ですね。ちょうど私が大学院のときでしたが、1960年代、大腸菌もゾウも人間もみんな同じ暗号を使って、つまり同じルールに従って生きているということが分かったのです。そしてすべての生物の基本をなすものはDNAで、地

球上の生物はすべてがこのDNAを使って生きている。DNAの二重らせん構造は、3.4オングストロームの階段がありまして、非常に美しい形をしている。この真ん中の階段のところで核酸塩基アデニンとチミン、グアニンとシトシンが互いにペアをつくっている。構造上のこのルールさえ守っておれば、まったく同じコピーができる。これがワトソン、クリックのDNA二重らせんモデルの大きな功績です。

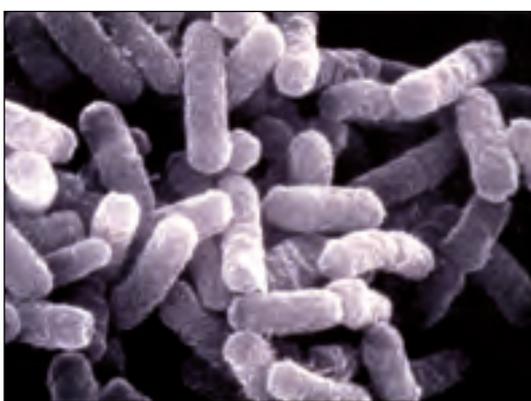
私はこの話を聞いたとき非常に不思議だと思いました。なぜかという、現在、地球上にはだいたい174万種の名前のついた生き物がいるといわれています。名前がついていないものを数えると、1,000万とか3,000万とかいう人があるぐらいです。何でそんなに違うものがこういうきれいな整った構造のDNAから出てきたのか。DNAの論理に従ってコピーをつくっていたならば、同じものしかできないわけですね。にもかかわらず、そんなに非常に多くのものができてきたのはどうしてかという問題です。



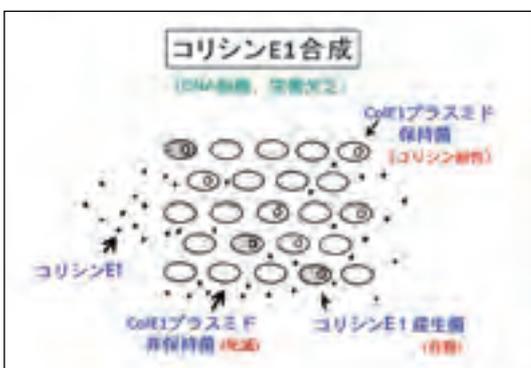
それはここでは詳しくお話ができませんが、DNAそのものに少しずつ違う構造をとるといって化学的性質があるからなのです。このスライドは「遺伝子の旅」と書いてありますが、生物進化のことをちょっとシンボリックに表現したものです。実はこれは1984年に山口大学医学部の創立40周年記念のときに、私がこういうタイトルで講演をしたのですが、そのときにつくったスライドです。まだNEC PC8000という時代で、これは三木徹先生といって、今は長岡技術科学大学にいますが、この人がつくってくれました。こういうイメージなのですね。

沢山のドットの集まりを一つの生物種と考えて

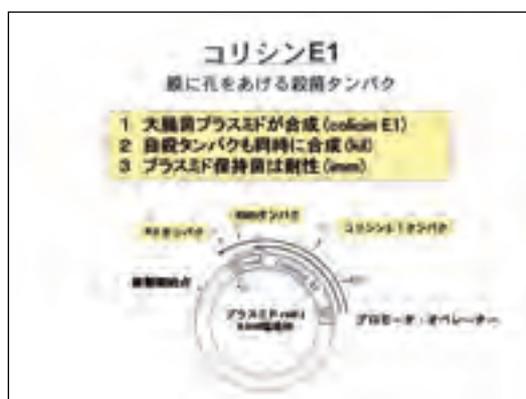
もらったらいいと思います。ドットは生物のゲノムDNAと見ていただいても結構です。生物種にはこういう散らばりがある。一つとして同じDNAをもっている個体はないわけです。人間でも一卵性双生児以外はみんな違う。そういうことで、その散らばりには核酸塩基の変化、いわゆる突然変異があるし、またDNAの長さの違いもあります。長いのがあったり短いのがあったり、個体によって長さも違う。こういうふうな不確定な集団が生物の種であるということをそのとき「遺伝子の旅」で私は話したのです。



ただ、そのあといろいろみていきますと、生物種を考えると、もうちょっと別の要素もとり入れないといけない。これが今からお話ししようとしているコリシンE1の話です。この写真は大腸菌です。0.5から2マイクロメートルぐらいの小さいものです。この中に、大腸菌の染色体DNAがあるのですが、それ以外にも小さい環状のプラスミドDNAというのがあります。プラスミドは細菌に薬剤耐性の性質を与えたり、その他のいろいろな役目をしています。私が取り上げたコリシンE1というのは、実はそのプラスミドから合成されてくるタンパク質です。



そのコリシンE1というタンパク質ですが、これをつくるには、今言いましたプラスミドが必要です。しかし、プラスミドをもつというのは、これをつくる能力があるというだけで、通常の状態ではできてきません。DNAに傷がつくとか栄養が欠乏するとか、ある意味で危急存亡のときが来ると、大腸菌はプラスミドからコリシンE1をつくり始めるのです。つくとその大腸菌は死にます。自殺行為です。このとき出てきたコリシンE1は、プラスミドをもたないものをみんなやっつけてしまいます。プラスミドをもたない細菌を殺してしまう。このような現象がどういう遺伝子の、どんな働きをもって起こるのかということを研究したわけです。



その結果を要約したのがこのスライドです。私どもは1982年に、コリシンE1遺伝子のDNA塩基配列を初めて決めて発表しまして、そのあと、これからどういうふうにしてRNAができてタンパクがつくられるかということを研究していったのです。

ここに示すのが、環状のプラスミドColE1で、組み換えDNA技術、遺伝子操作のベクターになったものです。6,800塩基対。だいたい大腸菌染色体DNAの7分の1ぐらいの大きさです。これからコリシンE1ができるのですが、これには三つの遺伝子がかかわっている。コリシンE1タンパク質はここに書いてありますが、膜に孔を開けてその菌を殺してしまいます。

プラスミド上の三つの遺伝子からメッセージャーRNAが図のようにできてくるのですが、コリシンE1のメッセージャーRNAが大量につくられると、この下流にもう一つ遺伝子がありまして、これはKilタンパクをつくります。Kilタンパクは自殺タンパクで、膜を内側から破壊する。だから、

コリシンE1をつくると、このKilタンパクもできて死んでしまうのですね。

それから、もう一つ、コリシンE1に対して耐性をもつということを調べました。コリシンE1メッセンジャーRNAが合成されていないときには、反対方向にメッセンジャーRNAを合成する耐性を示す遺伝子Immは、RNA合成がかけあいませんから発現して、Immタンパクを作ります。そのため、コリシンE1耐性を示すことになります。コリシンE1が大量に合成されるときには、Kilタンパクが同時にできて、Immタンパクができない。だから死ぬ。このように必要なときに殺すタンパクをつくるという機能が、この三つの遺伝子とその発現の仕方です。



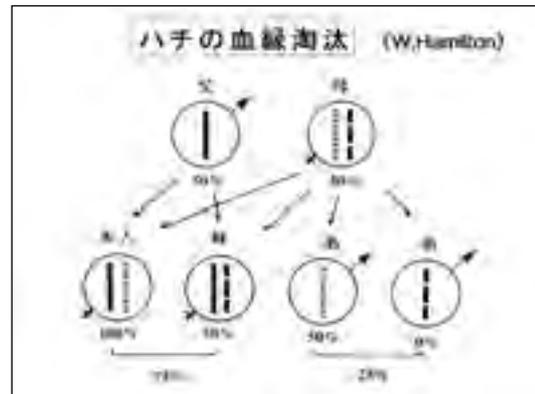
そこで利他的行動という話になります。図に示すような細菌の集団があると考えてください。この環状のものがColE1プラスミドです。これをもっているものは何か危機的状況のときにはコリシンE1をつくり始めます。このタンパクをいっぱい作ります。ですけども、そのあとはもう死んでしまうのです。同時にプラスミドをもたない周りの細菌もみんな殺されてしまいます。ですから、残るのはプラスミドをもって、コリシンE1をつくらなかった細菌だけです。そうすると残ったものがそのあとどんどん分裂増殖していきますから、全体のポピュレーションはプラスミドをもつ集団になるということとなります。ですからコリシンを産生した細胞は自殺して、その仲間であるプラスミド保持菌を助ける。これは利他的な行動ですね。

別の見方をすると、実はこのプラスミドDNAそれ自身は非常に利己的なんです。つまりプラスミドをもつ細菌細胞には利他的な行動をさせてお

いて、実はコリシンE1プラスミドDNA自身は自分を長生きさせるという利己的なふるまいをしていて、こういう関係なんです。そういうことに気がつきました。



これと似たようなことが、実は他にもあります。これはミツバチの集団ですが、だいたい数千匹ほどの個体から成っている。これらはみんなメスなんです。働きバチ。雄は1匹しか必要ありません。働きバチは女王バチを養います。それから卵の世話をし、幼虫を育てます。つまり働きバチは非常に利他的です。こういうのを社会性昆虫といいます。これがどうしてそういうことをするかということを説明したのがオックスフォード大学のハミルトン教授です。



ハチの子供の作り方というのは特異でありまして、雄は未受精卵からできます。半数体の染色体をもっています。受精でできたものは、これは雌になるんですね。こういうメカニズムで考えますと、染色体遺伝子の共有率では、雌同士の方が兄弟や親との間よりもはるかに高いのです。ですから自分たちがもっている遺伝子のセットを次の世代に伝えようと思えば、できるだけ仲間のうちでも姉妹を助けた方がいい。要するに、世代を超

えて自分たちの遺伝子をキープするには姉妹を大切にされた方がよいという、そういう考え方です。そういうことでハミルトン先生は「血縁淘汰」という言葉を使いました。



これらの所見をどう取り入れて考えていくか。先ほどのスライドをもう一度見ます。個体のDNAにはいろいろあるということを申しました。長い、短い、内容が違うものと。そうしますと、生物の種の中で、DNAはどんどん分散し発散して行って、まとまりがつかないようになるおそれがあります。ところが、今の血縁淘汰の考え方からしますと、生物種のDNAはまとまろうとするわけです。収斂する。こういう力があるということに気がつきます。つまりこれは、それぞれの個体は集団のためにあり、集団は個に依存する。こういう関係が、生物種の姿ではないかというのが私の結論です。

生物進化の話から、次は人間の問題を考えてみたいと思います。これは「人類の出現と移動」というタイトルにしておりますけれども、だいたい1,500万年ほど前に地球が寒冷化したというところで、舞台はアフリカですね。アフリカの森の中



から草原にサルが出てくる。それが人間のもとになったのです。類人猿から猿人が誕生したのは、だいたい700万年前だということになりました。8年前にサハラ砂漠から頭骨が出てきて、これがチンパンジーなどの類人猿と猿人を分ける分岐点になりました。二足歩行をする。それから犬歯が退化する。これが人類の特徴です。

そのあと、240万年ほど前に、猿人から原人が出てくるわけです。240万年前というのはどうして分かるかという、実はこれも6年前に発見された事実によります。人間は噛む力があまり強くありませんね。咀嚼筋の一つに側頭筋というのがあります。筋肉にはミオシンとアクチンというタンパクがあり筋収縮にあずかりますが、サルと比べると人間では側頭筋のミオシンが突然変異で変化して弱くなっている。噛む力が弱くなってしまったのですね。ゴリラなんかですと頭の上まで側頭筋が来ていてしっかりと噛めます。人間は下の方にしかない。噛む力が弱くなったので、たぶん、火を使って軟らかくして食べるようになったのではないかと思います。面白いのは、その突然変異が何年前に起こったかということが分かるのですね。その時期が、240万年前という数字が出ています。そのころに原人が出現したらしい。ミオシンの突然変異がもとになって、頭蓋骨を絞めつける力が弱くなったために、脳の容積が増えていったのではないかというのです。

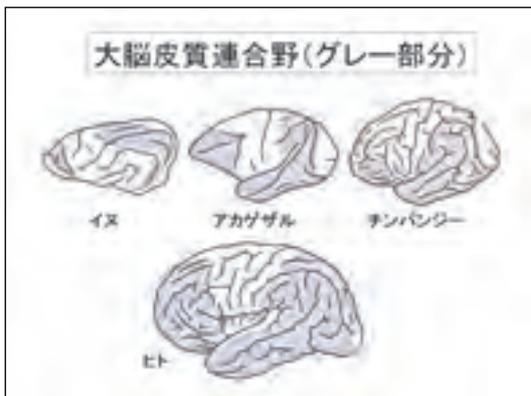
大脳が大きくなる大脳化現象は、人間を理解する上で大変重要なポイントです。先程のスライドに戻りますと、そういうふうになった原人が、アフリカを出て中東を経て、アジア、ヨーロッパへ行きます。そこで北京原人とかジャワ原人になった。ヨーロッパへ行ったのはネアンデルタール人です。ネアンデルタールに関しては、今朝の新聞に大変面白い記事がありました。中東あたりで新人、我々のご先祖さんと交わった可能性があるということです。最近では本当にいろいろなことが分かってきています。シベリアにもネアンデルタール人が住んでいたという、これも最近の『ネイチャー』に出ていました。

それから、マックス・プランク研究所のスバンテ・ペーボ博士が調べているのですが、洞窟の中から出てきたネアンデルタール人の骨のDNA解

析をして塩基配列を決定しました。これまでにネアンデルタールのゲノムDNAの6割ぐらいの塩基配列が決まっている。これが決まると他にいろいろ出てくる原人や新人との比較が可能になり、いろいろなことがさらに分かるようになるわけです。

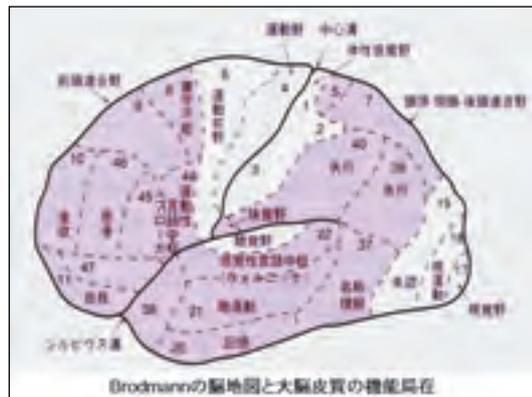
いずれにしても、原人がアフリカを出て来て、そのあと20万年から10万年前ほど前に我々の本当のご先祖さまである新人がアフリカから出てきました。これが全世界に広がっていった。ちょうど1万5,000年ぐらい前は、地球がまだ寒かった時代で、海水は凍っているのです。水面がだいたい100メートルぐらい現在より下にあった。だから、ベーリング海峡などは歩いて渡れたんですね。ここをずっと渡って、だいたい1万年前ぐらいには南米の先まで達している。

だから、人類はサルと何が違うか、他の生物と何が違うかと問われたときに、地球上のどこにでも住んでいるというのが人類だと私はよく言います。ニホンザルで雪の中で温泉に入っているのが出てきますが、あれより北には住んでないのです。人間はどんな寒いところにでも住んでいますし、どんな暑いところにも、どんな高いところにも住んでいます。それというのは、やはり大脳皮質現象のお陰ではないかと思えます。



ということで、何が違うのか。これは大脳皮質連合野。この白いところは運動とか感覚とか、生命維持に基本的に必要なところ。生物が生きていくのにエッセンシャルなことを支配する大脳皮質です。グレーのところはそれぞれの部分をつなぎ合わせる連合野です。人間の一番面積が広いですね。チンパンジーよりも広い。このところが非常に重要な役目をしているというわけであ

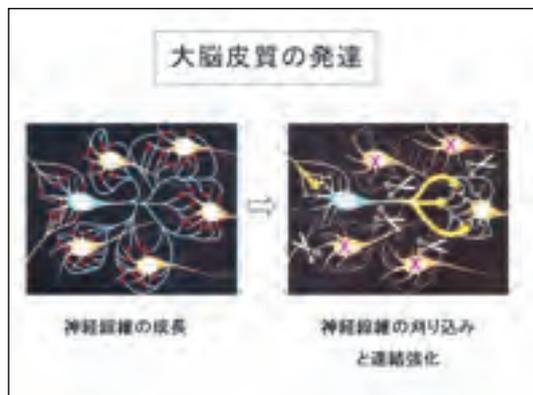
ります。



このスライドはさらに拡大して、それぞれの機能も書いてあります。白抜きのところは運動とか知覚ですね。それから、聴覚、視覚、こういうところ。それ以外の、特に前頭連合野、これが重要です。ここに思考とか意欲とか自我とか書いてありますが、こういうところ、ここが発達したということが人間の非常に大きなポイントです。これが発達したために、物事を対象として見るができるわけです。自分をも対象化して見るができる。

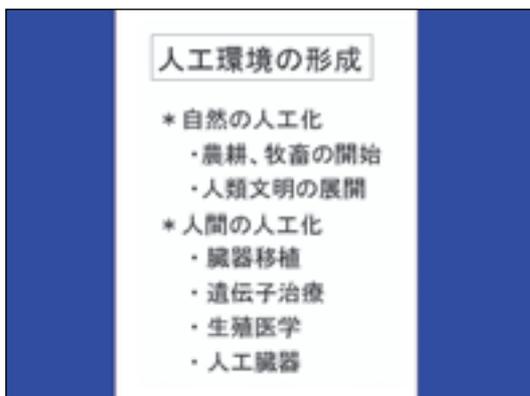
私は臨死体験の記述を読んだことがあります。決まって出てくるのが、自分がベッドに寝ていたら周りに人がいる。それを自分が天井から見ているという、そういう話があります。死にかけて生き返った人の体験談です。つまりこれこそが人間のもつ対象化の能力を表したものではないかと思えます。そういう、物事を対象化し自分から離れて見る、こういうことが人間の非常に大きな特徴だと思います。

どうしてそういうことができるかという、神経線維の連結が大脳皮質では非常に発達しているから。だいたい大脳には140億ぐらいの細胞



があって、生まれて来たときからその数は増えていくことはありません。あと、どんどんと捨てていきます。捨てて、新しい連結をつくる。1日に10万個ぐらいの細胞が死んでしまうと言うのですが、その代わりに新しい連結をつくっていく、つまり刈り込みと連結強化がある。これでもって前頭連合野をはじめとするいろいろな連合野が、生まれたときから毎年つくり替えられていくわけですね。

これが人間の最大の特徴である脳の姿です。自分の脳を自分でつくる。個性というのは、要するに脳の個性なのです。一卵性双生児の研究がありまして、一卵性双生児はIQが非常によく似ているとよく言われるんですけども、実際は、その遺伝的な支配というのは34%から48%ぐらいだという研究があります。あとはみんなそれぞれ自分でつくる。一卵性双生児のように遺伝子のセットが全部同じでも自分で個別の脳をつくる。ですからそういうことを考えますと、私は人間というのは遺伝子の直接の支配から解放された最初の生物ではないかと思えます。

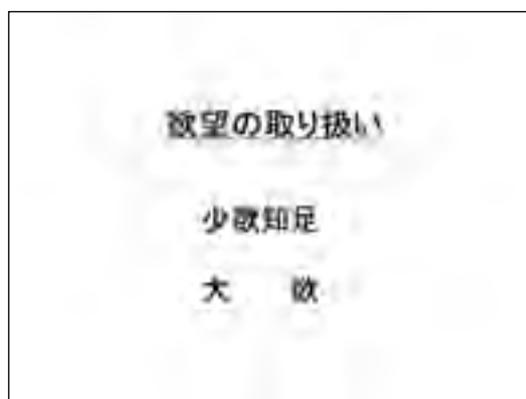


これが人類の特徴ではありますが、それが今日いろいろな問題を引き起こしています。私は人間の能力について「人工環境の形成」という言葉を使っています。人類は農耕、牧畜をだいたい1万年前からやり始めました。これなどはまさに自然の人工化ですね。産業革命以降人類文明は急速に発展いたしまして、現在のこういう文明社会をつくった。これはまさに自然を大規模に人工化したことにほかなりません。

人間は人間そのものも自然の一つとして人工化する。これも人類の特徴ではないかと思えます。臓器移植とか遺伝子治療、生殖医学、人工臓器など、こういうものはまさに人間が人間を人工化し

ているということができると思えます。これを考えていくと、もしかしたら医療そのものも人間の人工化かも知れないのです。その辺の位置付けをよく考えないといけないというので、このスライドをいつもみんなに見せています。

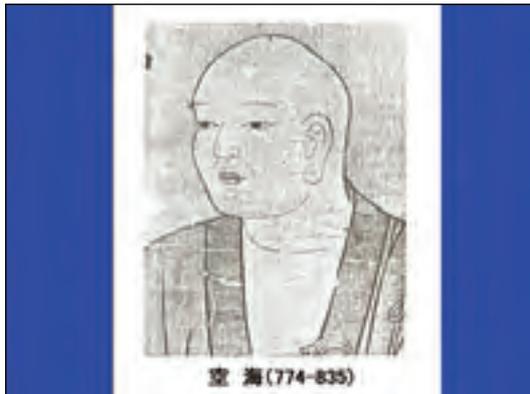
人類文明の展開はすべて欲望からスタートしています。早く目的地へ行きたい。昔は夜行の寝台列車に乗って行っていたのが、「こだま」になって音速になりました。それでも足りないからというので、「ひかり」で光速になる。それでも飽き足りずに、今度は「のぞみ」という、人間の心の問題にしてしまうわけですね。これなんか象徴的だと思います。



人間の欲望は本当にきりがありません。技術革新といいますけど、技術は欲望があっただけでできた。技術ができると、さらに次の欲望をかき立てます。そういうことで現在の社会ができていますが、そのような社会をもう少し対象化して考えてみる必要があるんじゃないかと思えます。「小欲知足」という言葉がありますが、欲することを少なくして足りるを知るということですね。これはかなり禁欲的な方向です。

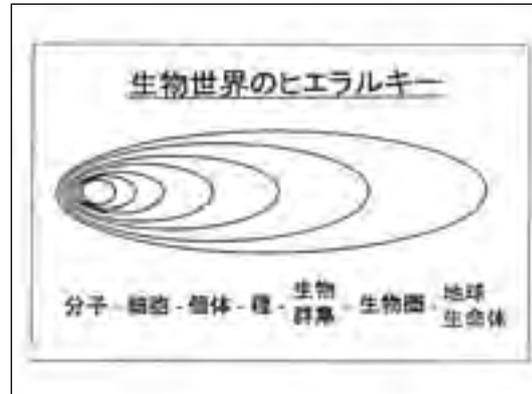
もう一つ、仏教で出てくる「大欲」というのがあります。これは個人の欲望でなくて、もっと大きな欲望で、利他性というのはこれに入りますね。ボランティア活動など人のためになることをする、これが「大欲」といわれるものです。この「大欲」の中には、世代間倫理も含まれます。今ここに住んでいる人に対してのことを考えるばかりでなく、次の世代の人たちに対してどうするか。これもかなり自分を突き放して、人類というものを対象化するという、人間が本来もっている能力を使わなけ

れば出てこないことです。こういった問題をやはりこれからは追求しなければいけないと思います。



ということで、この人が出てきます。空海です。1,200年ほど前の人で、讃岐の国の出です。31歳のとき唐、中国に渡り、あちらから真言密教を日本に持ち帰った。そして、京都の東寺とか高野山のお寺を建てたのですが、大事なことは、この空海が“いのちのネットワーク”ということを考えていたということです。

日本人は昔から石ころにも神さんが宿る、仏さんがいるというようなことをいいますが、要するに多神教なのですね。八百万（やおよろず）の神の国です。それはなぜかという、日本は四季に変化があり緑豊かな自然に囲まれているからだと思います。豊葦原の瑞穂の国です。それに比べて、キリスト教、ユダヤ教、イスラム教などの宗教は砂漠地帯の宗教です。こういうところは一神教になる。我が国は多神教です。生き物だけじゃなくて、生きていないものにも“いのち”があるという考え方です。そしてそれが“いのちのネットワーク”をつくっている。草木国土悉皆成仏です。空海はそういった総体を形づくるのが大日如来だといいます。大日如来はお釈迦さんよりもっと上の大きな存在ですが、太陽でもなく、要するに、宇宙世界の総体を示す概念的なものだととらえることができます。私は実は香川県の出身で、空海が子供の時分に修行していた山が私の家から見えます。空海はただ宗教家として偉いというのではなくて、こういう生物世界、地球生命体というものを理解し、地球の姿を予見していたのじゃないかと思っています。



それで、もう一度先に見せたのと同じスライドになりますが、現在のこの地球上の生き物、生きとし生けるもの、あるいは生きていないものも含めて、地球全体が地球生命体であるということを示しています。これは現在の状況ですが、それだけではありませんで、生命の進化ということを考えますと、地球46億年の歴史がすべてここに表現されています。ですから、横と縦、空間軸と時間軸ですね。この関係をすべてあるがままに認めざるをえない。それは絶対的なもので、地球の歴史をやり直すことはできないのです。だから我々はただ受け入れるしかない。もしかしたらこれが大日如来の概念かも知れないと思うのです。こういうことを今日、皆さん方に聞いておいていただきたいのでお話をいたしました。

なかなか1時間でこの話をするのは難しゅうございまして、ついこの間も山口大学医学部学生にこの話を3時間かけてしました。分かりにくいことが多かったとは思いますが、今日はこのぐらいにさせていただきます。ご清聴、ありがとうございました。