

## 講演7. 進歩における進歩 高畑尚之（総合大学院大学副学長）

[高畑] この配布資料は、梅原先生が岩波書店「科学」に書かれた巻頭言です。20世紀の科学としては、量子論、相対性理論がはじめに、DNAの発見が半ばにあって、いま生命科学が21世紀の科学になろうとしている。この巻頭言は、その生命科学から人間が本当に学ばないといけないことがあるのにもかかわらずそれに気付かないなら、自滅せざるえないといっています。

私にとりまして、この言葉は非常に大きな意味を持つようになりまして、それ以降このテーマに対して何らかのことができないだろうかと考えてきました。結論的にはやはり新しい生き方を見い出さないといけないということでありまして、われわれは地球環境問題という大きな問題に直面していますけれども、それ以上に精神的な問題、生き方について大きな問題を抱えている状況にあるのではないかと思います。私自身ができることは私の専門の上にこの大問題を投影して、自分としてできるかということを開くことだと思っています。

私の専門は進化です。進化というのは変化にすぎなくて、そこには何も進歩という概念は入っていません。けれどもある基準を取りますと、40億年の生命の歴史には明らかに進歩といえるものがありまして、その極致がやはり人間に見られるわけです。そういうことを今日申し上げます。もう一つは、マックス・ウェーバーのいったことと関係しています。ウェーバーは資本主義の行く末には感性の衰退が起きると20世紀初頭に指摘しています。

コンラート・ローレンツという人が70年代に入って、『文明化した人間の犯した八つの大罪』という本を出版しました。その中で、やはり感性の衰退ということを指摘しています。ちなみに八つ目が核戦争の脅威ですけれども、それにはほんの1ページしか割いていなくて、核戦争による脅威は脅威ですけれども、今人間が抱えている問題としては八つの中で一番解決が可能だろうという希望で書いています。だけど、ウェーバーにせよローレンツにせよ、この2人が指摘していること、梅原さんもそうなのですけれども、精神の衰弱ということに関しては、これから人間が生きていくためにどんな哲学を持たないといけないのかという大問題が残っていると思います。

「仏教」という梅原さんの本があります。14歳の中学生、お孫さんに相当する世代に向かって、今述べた問題意識で授業をしたものをまとめたものです。この授業はカマーズフの兄弟の主題である、文明のないところには道徳はないということからはじまっています。その中から私の主題と関連することをいくつか抜き出します。

まず、ハンチントンの文明が衝突です。それから、福井謙一先生は常に、科学というものは

生きとし生けるものと共存するための科学でないといけないと言ってこられた。宮沢賢治は、宗教は疲れている。実際日本の宗教は明治維新以降、廃仏毀釈もございましたし、ずいぶん廃れてきたわけですが、そういう状況の中で宗教に置き換わった科学は冷たくて暗いということを書いております。賢治でないと言えないことばとして、世界全体が幸せにならないうちは個人の幸福はありえない。こんなことを言える人というのは本当にすごい人だと思います。梅原さんによれば宮沢賢治は日本最大の文学者である、夏目漱石以上だとおっしゃっています。

梅原先生ご自身の問題意識は、生命科学は非常に大事な知識をうみだしているのです、その上にたった新しい哲学を作らなければいけないということです。では、生命科学はいったい何を明らかにしているのかということが問題になります。多分、梅原先生は生命に共通の普遍的なものを見つけ出して、それにもとづいた哲学原理を作りたいと思っておられる。例えば、自利利他は仏教の一つの目標ですけれども、遺伝子自体がそういった自利利他の要素を持っている。あるいは、みんなDNAでできている、また祖先も一つのを共有している。だから、そういった生命の平等性を学ぶことが大切だという主張です。

私はそういうものがほかにもあるだろうと思って探してきたんですけれども、そういうことで本当に我々の生き方の指導原理みたいなものを見つけ出すことができるかと考えますと、どうも生物全体普遍的なものを探していても、それはだめではないかと。むしろ、人間は人間らしい歴史を辿ってきて、人間でしかない進歩を遂げてきた。それを知らないで新しい哲学は出せないのじゃないのかと思うようになりました。そのことを今日は申し上げます。

ダーウィンはご存知のように、1859年に、今からちょうど150年前ですけれども、種の起源を著しまして、二つのことを言っています。一つは進化のメカニズムとしての自然選択というものがあるということ、傍証ばかりですけれども、非常に説得力のある記述をしています。自然選択は難しいことではありません。生物の個体数は幾何級数的に増加する傾向がある。生物集団には遺伝する変異がある。有利な変異をもつ個体は、生存の機会と同類を増やす機会に恵まれる。したがって、自然に個体間に選択が起こるということでございます。

これは種の起源にあります唯一の図で、要するに系統樹なのです。ある種からいろいろな品種ができて、その品種のほとんどが死滅しますが、あるものは生き残って多様化していきます。こういったことを繰り返しこの図を使って述べております。大切な主張は、生物は仲間である、生命の統一性はこういった階層的なものであるということです。

これは「種の起源」にあるすばらしい言葉です。「自然選択によって、自然とのたたかいから、すなわち飢餓と死から、我々の考えうる最高のことがら、つまり人間の産出ということが、

直接結果されるのである」。ちなみに、「種の起源」で人間については一文でしか触れていません。この考えが新しく皆さんに受け入れられることができれば、今後人間の起源に対して新しい光が投げかけられるだろうという一文です。

最後の文章はこうであります。「生命はそのあまたの力とともに、最初のわずかのものあるいはただ一個のものに、吹き込まれたとするこの見方、そして、この惑星が確固たる重力法則に従って回転するあいだに、かくも単純な発端からきわめて美しく、きわめて驚嘆すべき無限の形態が生じ、今も生じつつあるというこの見方の中には、壮大なものがある。」「種の起源」は、生命の起源、単細胞から人間に至るまでのプロセスを、一貫して説明できるメカニズムは自然選択であり、生命というのは由来による統一性を持っている、そういうことを主張している。

由来によるつながりことを、歴史を遡って言うようになります。私たちは日本人で、3万年日本人をやっている。日本人はアジア人に属し、10万年前に出現、アジア人はホモ・サピエンス属し、20万年ぐらい前に出現、というふうにです。このように遡っていくと、40億年まえの原核生物まで戻るわけです。この長い期間における生命の歴史にはいろいろな事件が起きました。

それを分かりやすく書いたのが、地球の歴史を1年に縮小したカレンダーでありまして、1月1日の午前0時に地球が誕生します。46億年の地球史ですから、12で割ると3.7億年が大体1ヶ月に相当するわけです。地殻ができたり生命が誕生したりするのは2月です。こういうカレンダーを作ったのはもちろん化石の情報でございます。最近では、スノーボール（全球凍結）とか、いろいろな新しい地球の歴史のイベントが記述されるようになって、それが生命の多様化と直接結びついているのではないかというようなことが推論されるようになってきました。

これらは地球科学とかいろいろな分野が融合して明らかになりつつあるものです。また、生命はみなDNAという遺伝情報をもっていますので、DNAに残された記録を辿っていきますと過去に何がいつ起こったかということも、ある程度分かるようになってきました。話がそれますが、これは遺伝学研究所の創設者の一人であった木原均先生がおっしゃったことです。私は、大学院は九州大学に行ったのですが、そのときに会った言葉です。それ以来よく引用することになりました。「地球の歴史は地層に、生物の歴史は染色体にある。」生物の歴史を解き明かすのが木原先生の一生をかけた仕事であったわけです。一方、地層を見れば、いつごろに海ができて堆積が起こったかというようなことがわかります。

もう一つ私たちは20世紀の後半になって、非常に強力な生物の歴史解読ツールを手に入れることができました。それは分子時計と呼ばれているものです。生物の形態はずいぶん違いますけれども、分子ではバクテリアと私たち人間に共通して存在するものがいくつかあります。一

つの例は、リボソームに関するDNAです。これは蛋白合成に必須の部品ですので、そもそも生命が生まれたときから持っている分子です。そういうものの塩基配列や他の分子のアミノ酸配列を比較すると、その違いから異なる種がもつ類似の（オーソログな）分子の分岐年代がわかります。これは、横軸に生物の分岐に関する古生物学的な年代推定値をとって、縦軸に、この場合ヘモグロビンですけれども、蛋白質のアミノ酸配列の違いをプロットしてあります。両者がこういうふうにならざるを得ないということから、逆にアミノ酸配列の比較をして相違を見れば、二つの生物が分かれた年代が分かるわけです。

これは、地球上で一番大きなツリー、生命の樹と私たちは呼んでいます。この紫色の部分がバクテリアです。ここのグリーンが古細菌と呼ばれているものです。赤くなっている部分が真核生物と呼ばれるもので、その一部に動物と植物がありまして、その動物のほんの一部に脊椎動物がありまして、その一部に哺乳類があり、その一部に霊長類があり、その末端に人間がいます。ですから生命の樹のレベルでは、多様性はほとんどがバクテリア由来である、我々はバクテリアの世界の中で泳がされているような気になります。

これは、これまでの古生物学的な知見と分子時計を使った過去における生命史の10大イベントをプロットしたものです。大体、化石で推定したものと分子で推定したものは一致しているというのが一つの結論ですが、時々こういうふうに分子のほうが昔にさかのぼる場合がみられます。それは化石の不完全性から致し方ないことだと思われまふ。いずれにしても主な地球上の生物種の比較を、進化的に保守的なDNAで比較してやりますと、全生物の分岐時を説明することができるようになってまふ。

地球上の重大なイベントのいくつかをお話まふ。まず、生命が誕生したのは40億年か38億年か分かりませんが、この辺です。その後にならした最初の重大イベントは27億年前に核を持った生物ができたことです。

それからその後になら共生ということが何度か起こります。好気性の $\alpha$ プロテオバクテリアが真核生物になら共生まふして、そのゲノムが一緒になら多細胞生物ができるような条件が整ってくるとか、酸素呼吸ができるようになる、といったことになら起こる。植物、原生動物については、光合成細菌のシアノバクテリアが共生して、太陽エネルギーから光合成をすることができるようになった。そういった共生が行なわれてきたならば、ダーウィンが考えたバイファケーションによる生命の樹では説明できないことにならまふ。実際最近では、共通祖先から分岐したものがまた一緒にならって、より複雑な生命が作られたと考えられてまふ。そのことを一番強く提唱したのがリン・マーガリスです。マーガリスはバイファケーションのツリーではなくて、む

しる生命の本質的な変化というのは、分かれていったものがまた共生して、複雑なものを作っていったプロセスにあるのだと言っているわけです。

単細胞から多細胞に移った時点では、「個体の死」が不可避になりました。単細胞は基本的にクローンで死なない。不死身です。ですけれども、多細胞では細胞分化が起こり、生殖細胞と体を作る体細胞に分化する。体細胞はそのうちに必ず死ぬわけです。このために、多細胞の生命体では、仏教でいう生老病死が起こるようになりました。それが17億年前です。

ところで、真核生物の出現に関係した地球の大事件の一つが全球凍結です。27億年前つまり真核生物ができる直前には、地球が全部凍ったという。この凍結理由はシアノバクテリアの自作自演といわれています。地球は太陽からある意味で十分離れていて、温室効果がなければいまのような温暖な気候にはなりません。バクテリアの中にはメタン細菌というのがあって、これが38億年前に生まれました。地球は還元的な大気でした。それはメタン細菌が排出したメタンの充満した大気だった。そこへ酸素を放出したものですからメタンが全部分解されてしまって温室効果がなくなってしまう。そのために起こったのが27億年前の全球凍結だというのがカールヴィンクの主張であります。

それから脊椎動物がカンブリア紀に出現します。そのとき大気中のCO<sub>2</sub>が非常に減少したらしい。それは、どうも地層から大量の炭酸カルシウムが海に流れ込んだために、大気中のCO<sub>2</sub>が海中に吸収されて、それがさらに炭酸カルシウムとして沈殿したためといわれています。海中における炭酸カルシウムが急増した理由はよく分かりませんが、大気中のCO<sub>2</sub>が減少すれば温室効果がなくなりますので、全球凍結が起こりうる。一方、海中では蓄積した炭酸カルシウムを活用する生物が出てきた。それが我々の祖先の脊椎動物だといわれています。地球の歴史と私たちの祖先の歴史とは密接に関係しています。

生物の歴史を見ると一方的に多様性が増えてきたというばかりではありません。過去には6回のMass Extinctionsが起こっています。それは先ほどの全球凍結に対応するプレ・カンブリアの6億年前の頃に1回、それからオルドビス紀、デボン紀、ペルム紀、三畳紀、白亜紀。最後の原因は隕石の衝突ですが、これが6500万年前。他の大量絶滅では海産生物におおきな影響がありました。ひどいときには96%ぐらいの海産生物が絶滅している。

明らかに現在もMass Extinctionが起こっています。いま、一万種位が絶滅の危機にあると推定されています。アマゾンの焼畑、アマゾンは日本の13倍あるそうですけれども、それがどんどんなくなっているとか、インドネシアの泥炭の火事による生態系の破壊のことを聞くと、最大の絶滅がいま起きているのではないかと。現在起こっている絶滅は、過去に起こった6回の

大絶滅とは原因が違ってきます。それは人が起こしているということがはっきりしている。

カンブリア紀以降の脊椎動物の歴史をみてみます。みな、カルシウムを利用して出現したものです。時々ご覧になることがあると思いますが、こういう奇妙奇天烈な祖先が出てきました。この頃地球は進化の大実験場と化したといわれている。実際ありとあらゆる脊椎動物の門がうまれました。それ以降、新しい脊椎動物の門は出てきていません。ここで出たのがすべてです。その後小さな枝分かれはありますが、基本的な体制は全部ここで作られました。それから陸上に進出していきます。それから爬虫類がうまれました。爬虫類の子孫の中に恐竜がいます。その恐竜の子孫だ信じられている鳥が出てきます。海から陸に、陸から空に生命は進出し、地球は命で溢れるようになっていったわけです。

それで、結局進化は何をもたらしたか。シンプソンという人がこれに関した本を書いています。シンプソンは進歩的進化といいます。それは、単なる量的な増大とは異なる変化です。このような議論では、進歩の基準を与えなければ意味がありません。これまでいろいろな人がいろいろなことをいっているんですが、一つの基準はダーウィンのブルドッグと呼ばれた、トーマス・ヘンリー・ハクスリーの言った生命の樽というのが面白い。この樽というのはりんごの樽だと思っていただければいいのですが、空の樽にりんごをつめる。それはある種の命が満たされた状態です。りんごとりんごの間には隙間があるのでそこにまだ砂を入れることができる。それはまた別の新しいタイプの命が樽を満たしたということになります。まだその砂と砂の間には隙間がありますので、そこに水を入れるとまだ水は入るわけで、そういうふうにもまた新しいタイプの命が樽の中に入って来たという、それが生命の充満とか、生命の樽の比喩でございませぬけれども、明らかに地球という樽は新しい命で満たされていったということができる。

それからロトカ、この人は生態学者ですけれども、生命物質の総量の増大をいいます。それは当然で、そもそもバクテリアしかいなかった時代から、いろいろなニッチェが開拓されて、ニッチェの中にまた新しいニッチェを入れてきたわけですから、生命は一般的に言えば増加傾向を辿ってきた。もちろん、単純なものから複雑なものへ、下等から高等へ、あるいはラマルクの不完全なものから完全なものに変化してきた傾向もあります。それから生命は特殊化してきたという見かたもありますし、環境からの独立性が増大してきた、環境を支配することができるようになってきた、そういった面もあります。

こういった進歩の基準は、生命全般に当てはまるものです。では、人間という観点からみて進歩というものの適切な基準は何だろう。ひとつは、個々の生物の生存状況に対する知覚力の増大です。つまり、刺激に対する刺激応答する、その仕組みが非常に巧妙になってきている。

そういう点で、人間はきわめて破格的でありまして、人間の本質はやはり学習、それと先ほど出てきましたけれども、知識を継承するという社会的文化的な側面ではないか。

それから情報という点でいうと、人類の歴史は情報公開度が拡大する歴史であるといえる。これは池内さんが最近出された「科学者心得帳」という本です。私は非常にいい本だと思いますけれども、そのなかでヒトの歴史では、単に情報を蓄積するだけではなくそれを世界で共有するという意味での公開度ですが、それがどんどん拡大してきた。それから、きわめて人間的なのは、計画や目的を立て、さらにその結果何が起こるかということを見ることが出来ることです。

さて、「進化の意味」の結論です。シンプソンは知識は善である、とします。だけど計画や目的を立てて人間は行為をするので、そこには個人的な責任があるはずだ、倫理的動物である所以だといえます。人間は善にして、正しい方向を選択できるのではないかと期待するわけです。核兵器の根絶に関しては、責任というより責務でしょう。

今まで誠に雑駁ですが、生命の38億年の歴史を概観しました。ここでもう一度、人類になってからの特徴的なことをみてみます。これは人類の化石としては最も古く、600万年前のものです。チャドから出ました。600万年ほど前にチンパンジーの共通祖先と枝分かれして、2足歩行を行なうようになって、200万年前ぐらいになりますと、ホモ族と呼ばれる我々の直接の祖先が現れる。

ホモ・ハビリスですけれども、それは両手が使えるようになっていた。それと同時に脳容量が増大しまして、人類学者が言うルビコン値750ccを超えることになります。それとともに、はじめてアフリカを脱出します。そのあと、アフリカで我々の直接の祖先が生まれる。ホモ・サピエンスですが、それが第2次の脱アフリカをします。これは20万年から15万年前です。その後サピエンスは全世界に拡散していくわけですが、最後の氷河期が終わった1万年前には農業革命が起こります。最近に至って、産業革命がおこって技術革新が起こる。

もう少しホモ・ハビリスからの200万年の歴史を見てみますと、人類は1つの系統ではなくて、いろいろな種に分かれている。しかし、ほとんどはネアンデルタール人を含めて絶滅した。ただ一つの枝だけが残っている。それがホモ・サピエンス、サピエンスでありまして、この一種が全地球に広がりはじめたのが10万年前のことです。このサピエンスでは、知覚能力、反応能力が際立って発展してくる、進歩してくる。もちろんその主体は脳容量の増大でありまして、さきほど申し上げましたようにホモ・ハビリスの段階から増大して、現在ではチンパンジーの4倍ぐらいになる。その増大はこの200万年のあいだです。

この図は、体の部位からどの程度情報を取り入れて頭で処理しているのかという、その量に

応じてデフォルメしたものです。ご覧になって分かりますように、手が非常に大きい情報源になっていますし、唇、それから鼻、耳も大きい。これには目が描いていません。目を描くと体全体になる。目は最大の情報収集源です。

もう一つは社会性の発達ということです。我々はもしグループを作らなければ動物としては弱く、絶滅しても不思議ではない。だけど徒党を組んでやったこと自体が大変なイノベーションであった。分業が行なわれ、家族ができた。ヒトという一種の中で個別化、多様化が行なわれた。社会性はもちろん人間だけではありません。例えばこのシロアリの塚には、女王蟻、働き蟻、兵隊蟻がいる。カースト的な制度を作っている動物はほかにもいるわけですが、人間の社会性はこのレベルではもちろんないわけです。言語の発達もあり、きわめて高度な社会性が発達した。

最後にもう一つ、人間は進化の過程で目的指向性を獲得いたしました。例えば、陳腐な例ですがピラミッドを作る、万里の長城を作る、ストーンヘッジを作るようになった。その目的のために計画をたてるわけです。ひとつの目的に到達するためにはいろいろな道があるわけで、そのときに我々は選択という作業を行います。この選択という事ができるようになった。さきほどのシンプソンの言い方では、この選択の自由によって我々には責任ということが生じ、倫理的な動物になったことになります。

ヒトは生活史という点で見ても明らかに霊長類とは違ってしまっていて、これは身長成長速度です。横軸が年ですけども、ゼロ歳児から3歳児くらいまでに急激に身長が伸びる。それから長い期間、いわゆる幼年期がある。ここが教育の期間なわけですね。これは鴨下先生のご専門です。それから思春期になると、もう一回身長がぐっと伸びる時期があるわけです。これは他のサルには全くない、人間だけにある特徴だそうです。

梅原先生は宗教がなくなったので道徳もなくなったといえます。新しい精神原理を見つけなければいけない。その手がかりとして仏教を見直し、生命科学の成果に基づいて新しい共存のための哲学を作らなければならない、という主張です。けれども、冒頭に申し上げましたように、この試みは人間の生命科学に基づかないと成功しないと思います。生命一般の原理原則だけでこの哲学はできないだろうと思います。

このフォーラムの最初に廣田先生がおっしゃっていることですけれども、人類の置かれている状況を把握して対処するためのものの考え方、哲学を作る必要がある。それがモチベーションでずっとこのフォーラムをやってきたわけですけども、それがいったいどういうものなのかということこそそろそろ煮詰める時期かなと思います。

先導科学研究科が改組して新しい専攻ができましたけれども、2008年、今年の学生募集を見るとこういうことが書かれてある。「新しい生命観、人間観を切り拓き、これからの持続可能な社会の構築に貢献できるよう」人材を養成するといっている。そういう学生に来てくださいと言っている。これはやらないと、看板に偽りありということで、学生から訴えられるのではないか。本当に真剣にやる必要がある。ここまで書いてしまったのだからやらないといけない。どうやるか問題ですけど。

それで私の結論です。今後どうしたらいいか。宮沢賢治の言葉の裏返しにすぎないのですが、以下のように言いたい。知識の源となる科学は必要だ、だけど冷たくて暗い科学であってはいけないので、暖かくて明るい科学、人類社会全体のための科学、共存のための科学を追求すること。もう一つ、生命科学の成果と、遅れている社会科学を発展させて、その知見のもとに新しい精神原理を見つける作業をこれからやらなければならないと、そういうに思っています。(拍手)

## 高畑尚之氏の講演についての討議

[北 川] 梅原先生が自利利他というのは分かりますが、遺伝子が利他の機能をもっているというのはどういうことでしょうか。

[高 畑] それは、先ほどのシロアリの塚みたいで、自分はメスなのに子どもを生まないで、自分の姉妹である女王を助ける。こうした自己犠牲的行動をさせています。

[北 川] そういうふうにプログラムができてしまっている？

[高 畑] はい、そういう遺伝子があるというような言い方をします。確かにそういう面はあります。ただし、それが利他遺伝子だとは誰もいえないのですけれども。

生き残りを考えるときに、一個一個が生き残るといえるのはダーウィンのような考え方ですけども、自分と血縁関係にあるものをよりよく生かしてやるということも、間接的に自分のDNAに近いものを将来に残すということにつながっているものですから、そういう戦略をとっている生物もいるということです。

[湯 川] さきほど、生物の中で種の多様性が進化の中で入ってきますね。ところが人間だけは類人種の中で生き残ったというのは、特に人間だけが多様性を拒むような種であるというような特徴はあるのですか。

[高 畑] それは何もないと思います。今230種類ぐらい霊長類がいますけれども、分岐して

今日までに絶滅したものを見てみると、それよりたくさんいるわけですね。同じことがヒト属と呼ばれている中にもあって、その一員がホモ・サピエンスと呼ばれている種なわけで、そのほかにもネアンデルタールとかいう別な種がいたんだけどこれは3万年前に絶滅している。それから直立猿人であった種も1万年ぐらい前に絶滅している。で、残っているのは結果としてホモ・サピエンス1種。なぜそういうことになったのかというのは、問題です。人間は2足歩行したのですが、取り立てて有力な武器なんて何も持っていない。生き残りのために体型的、形態的、生理学的な面で、特に優れているものは何もない。そういう弱い存在だったと思えるのです。けれども、人間の強さはグループを作る。それがあったので絶滅を免れることができ、そういう点で非常に特色がある。

[湯 川] ネアンデルタールにはそういうことはなかったのですか。

[高 畑] ネアンデルタールも、夫婦間で契約的なこと、群を作ることはあつただろうといわれていますが、言語に関しては貧弱だった、ホモ・サピエンスに比べると。ですから、コミュニケーションの精度は乏しかったと考えられる。ホモ・サピエンスは、グループのなかの密着度というか、コミュニケーションの程度が格段に進歩している。

[湯 川] 特別に人間が他の近い種を殺戮するというか、エクステINCTする能力があつたとか、そういうことではないんですね、これは。

[高 畑] そうではないと思います。

[鴨 下] 遺伝子の中に利他的なものがあるというのは、同じ種の中でということですかね。

[高 畑] 同じ種の中で。

[鴨 下] それならば解るのですけれども。確か前回、日高先生がおいでになって話されたように思いますけれども、動物の世界では徹底的にその遺伝子というのは利己的に、遺伝子とはおっしゃらなかったかもしれない、行動原理は自分の遺伝子をできるだけ多く残すように行動するという、そのこととどう絡んでいるのでしょうか。

[高 畑] ダーウィンがもともとと言ったことは個体選択。ドーキンスは、遺伝子があたかも何かある一つの独立した実体で、自分自身を増やすということを究極の目的として持っているように比喻したわけです。日高先生は、ヒトは他を助けるということは包括適用度という概念の中に入っているという答をされました。包括適用度とは何かというと、さきほどの北川先生のご質問と同じで、究極の目的は自分の遺伝子を残すことなのですからけれども、それは自分だけが持っているのではなくて、自分の近縁のものが持っている可能性も高い。そうすると、いつも自分だけを残すという戦略もありますけれども、間接的に自分と似たものを持ってい

る姉妹を助けるということ自体が、実は自分の遺伝子のコピーを残すのと同じことになる。そうすると、グループに対してそういう行動をもったようなグループはそれをもっていないグループに対して適応度が高い。グループ全体としての適応度が高い。それを包括適応度といいますけれども、血縁関係にあるような一つの集団がお互いに利他的になると、条件付きですけれども、それぞれ個々でばらばらに自分のコピーだけを残そうとしているよりは有利になる。そういう意味で話しました。

[鴨 下] もう一点、そのスライドは最後に社会科学の発展と書いてあるのですが、精神原理というのはやはり哲学とか思想とかで、むしろそういうサイエンスのわけ方でいえば人文科学だと思うのですが、その辺は何か特に深い意味というか、論理的意味をお持ちなのですか。

[高 畑] すみません、何もないです。

[鴨 下] 人文科学的なものを含めたという概念として考えていいわけですか。

[高 畑] そうです。

[北 川] 非常に基本的な質問ですが、A T G Cの4種類でコードされていますが、コードシステムで安定なのはこれしかないわけではありませんね？ 6個でコードできないのかとか、奇数というのは全くありえないのでしょうか。

[高 畑] DNAの種類ですか。DNAというのはダブルヘリックスをとるのが一つの非常に大事な点ですね。それがとれないと自分のコピーを作れませんので。五つあると対称性みたいなものが破れちゃって相手がないやつができてしまうということになるので偶数かなという気がしますけれど。

[北 川] 2とか6というのは単純すぎたり複雑すぎて怪しいかな……。

[廣 田] 2はちょっと簡単すぎるでしょうね。

[高 畑] ええ。4種類あって、蛋白質を作るのに三つDNAがならんで、20種のたんぱく質を作っていますね。だけど組み合わせは64あるんです。だけどそれが二つしかないとするとなたちはコドンといっていますけれど、その単位を伸ばしてあげないと……。

[北 川] 三つでやっているからですよ。計算機みたいに長くすれば……。

[高 畑] そうです。

[湯 川] 歴史的に二つのときもあったのじゃないんですか。必要になってきて増えていったということはないのですか。

[高 畑] どうなのでしょうね。

[塩 谷] 今、RNAの中には非常にたくさんの種類の塩基配列ですか、たくさん残っている。

残っているという言い方は変だけれども……。

[高 畑] 修飾されている……。

[塩 谷] 昔もっとたくさん種類があって、RNAにはその名残がのこっていますが、DNAの方では絞られてきたというイメージを持っていますが。

[湯 川] 絞られてきた……。

[塩 谷] そういうふうに思っているのですけれど。

[高 畑] もともとRNAワールドという話があるので。生命ができたときはRNAで……。

[塩 谷] たくさんあったのじゃないかと……。

[小 林] 純粋に化学構造的にこの三つが……。

[塩 谷] いま、人工DNAがいろいろなところに作られています、同じように働くものって作れるんですね。人工的にも。ですから大昔にあったいろいろな化学の材料、アンモニアとかそういった類のものが、ある条件で今使われている核酸塩基というのができあがる。実際に。今人工で作られているのはそういう方法ではなかなか作れなくて、普通の有機化学合成で作るようなものなので、そういう意味で、できたときの環境が重要ではないかと思います。

[本 島] 最初の導入部の自利的、利他的ということについてですが、9割が自利的で残りの10%が利他的というのは禅の教えだったような気がします。まるで禅問答のようですね。その前におっしゃった宮沢賢治の「科学は冷たくて暗い」については科学者を殺すような言葉で、女子学生に「私は物理は嫌いよ」といわれているような、かなりダメージのある言葉です。しかし、宮沢賢治は「風の又三郎」の中に天文学者の木村榮博士のことを書いています。木村博士は、水沢の国立天文台の緯度観測所でZ項を見つけられ学士院の恩賜賞を最初にもらわれた方です。宮沢賢治は木村博士をかなり信奉していた様子で博士がテニスをしている所の描写などがあります。だからちょっとこの「科学は冷たくて暗い」というのは、にわかには信じられないところがあります。

禅問答はさておき、私にはなかなか理解できない難しいところがあります。遺伝子というのは万能なのかなというあたりの素朴な疑問というのは、私に限らず多くの方が持つておられるだろうと思います。例えば遺伝子から蛋白質が遺伝子の数よりはるかに多く作られていて、先ほどの成長の図の思春期のところで身長が伸びるというのも遺伝子の隠されている効果なのか、蛋白質を作る効果によってこういうことが出てくるのかとか、興味を持って聞いておりました。

一つ教えていただきたいのですが。バクテリアの遺伝子は丸いですね、直線ではなくて。全

部ではないかもしれませんが。このことはあまり教科書に書いていないと思います。丸いものがどこでまっすぐになったか、接続性がないようですね、トポロジカルにはあまりに違いすぎますから。そこはきちっと進化論で説明できているのでしょうか。

[高 畑] それは大問題です。サーキュラーだと終わりが無いわけですよね。どうやって複製しているかといいますと、最初輪のところが膨らんでそこから新しいフォークというものができてDNA合成が始まっていくわけです。反対側で終わりになるのです。終わりになると2つ輪ができますので、それが外れて合成は終わりということになるわけです。リニアですと終わりがあるので、まず止めないといけないです。それと端っこというのは非常に不安定で、実はエイジングの問題と関係しているといわれているのですが、ヒトはリニアになっているのが23対あるわけですけれども、その端をシーリングしておかないとどんどん削られてしまうことになる。シーリングというのはある種のリピート配列を持っていて、いつでも伸長できるようになっているのです。削られても復元できるようになっている。そういうことですので、輪なのか線状なのかというのは大問題で、どうやって丸いものから線状のものになったのかというのは進化的にも大変大きな問題としてまだ残っているのです。

[本 島] どういうきっかけでまっすぐになったのかということは大変興味深いテーマですね。

[高 畑] そっちのほうが効率がいいとか、そういう話ですらないという状態だと、私の知る限りでは。線状になることの意義ですね。

[鴨 下] これは医学の世界だけではないと思うのですが、最近エピジェネティクスという領域が非常に注目されていまして、人間の、例えば糖尿病とかメタボリックシンドロームとか、ああいうものは一応遺伝子の働きもあるんですけど、それ以上に胎内環境といいますか、DNAそのものに変化を与えないでも、非常に表現型に影響を与えると盛んに言われているのですが、それは先生のような純粋な遺伝学者としては、どんな感じでそのことをお考えですか。

[高 畑] それはその通りだと思います。遺伝子DNAがいつどこでどれだけ発現するかというのが問題なわけです。組織としては何も変わっていない、構造的には何も変わっていないのですけれども、タイミング、発現量の調節が変わりますともちろん全然違ったものできるわけです。いつどこでどれだけというのは、発生的な条件また生理的な条件を維持する上で非常に大事です。今言われているエピジェネティックな作用を起こす原因はメチル化だと……。

DNAのメチル化ですね。それによって発現量を調節したりしますが、そういうものがどう進化して来たかというのは本当に面白い問題だと思います。お答えになっていませんけれども、マクリントックという人がトランスポゾンという動く遺伝子、ぴょんぴょん飛び跳ねるジャン

ピングジーンを見つけてノーベル賞をもらったのですが、その機能は個体発生におけるエピジェネシスにあると主張したそうです。だけど、発生という重要な過程が、ぴょんぴょん飛び回るような遺伝子で制御されるはずがないといって世間は無視しました。彼女はそれを不満に思っ、ノーベル賞をもらったあとは1本も論文を書かなくなりました。自分の一番言いたいことが認められなかったという落胆でもありました。だけどマクリントック以来、今先生がおっしゃったような問題は、生物学者の間では非常に重要な問題として位置付けられています。

[本 島] 一つちがう質問をしたいんですが。地磁気の影響というのは生物の進化には、絶滅に関係する形が多いのでしょうか。具体的に何か関係があるという話になっているのでしょうか。なぜかといいますと、地磁気は確か26億年前ぐらいに発生しています。今日の先生のお話で最初の全球凍結が27億年前に1回目が起きているということですから、どちらが先かは正確なところはわかりませんが。しかし地磁気は地球のダイナモ効果でできました。実は我々の所のプラズマシミュレーションの研究者が最初にそれを証明しているのです。火星には地磁気がありませんから数億年の間にスパッタリングとかいろいろな現象で水が全部飛んでいってしまい、地球とは違う死の世界になっています。それに対して今の地球に水があるのは地磁気があるからです。ところが、今観測データを見ますと1000年以内に地磁気がゼロになるのです。地磁気はどんどん減っています。ものすごい傾斜で減っているのです。ゼロ点に達した後、また反転するわけですが、しかし、何百年かは多分ゼロの状態が継続します。さあどうするかというのは、意外と近未来の地球で大問題になるのですけれど。

[北 川] 宇宙線に晒されるのですね。地域的には。

[本 島] そうです。飛行機なんかに乗りにくくなるというのはてきめんに出てくることです。

[高 畑] 何か影響があるとおっしゃって……。

[本 島] 高エネルギー粒子が地球の非常に近いところまで飛んできてしまうのです。

[高 畑] シーリングは。

[本 島] 効きません。だから、海から生物が地上に上がったのは地磁気ができるようになったからです。25億年前ぐらい地磁気が発生するようになって生物が地上に上がったということは、多分正しい解釈なのだと思います。

[高 畑] 私は、一時地磁気反転の現象に興味を持って、それと関係した生物史における事件をいろいろ探したことがあるのですけれども、あまり明確にこれというのは。むしろ、ヴェーゲナーの言っている大陸移動というか、地磁気反転を利用して、こことここが昔はくっついてたとか、もちろん大陸移動が起こると大絶滅が起こるということで、すごく相関があ

るものですから、そちらのほうに興味を持ったのですが。そういう意味では、非常に重要なご指摘だと思います。

[北 川] 今のお話と関連して、生命というのは地球の上で進化してきたのだから、地球の進化と生命の進化というのは完全にリンクしているはずですよ。例えば、近いところで言うと、人類がアフリカからばかり出てくるとか、その辺は何か関係があるのですか。例えば、恐竜は昔いたけれど、アメリカ大陸はあまり生物がいませんよね。

[高 畑] 哺乳類はあまりいなかったのですけれど、でもけっこう……。

[北 川] その辺の関係というのは分かるのですか。なぜそうなっているのか。それとも完全に偶然か。

[高 畑] 偶然よりは、大陸移動と気候と、それからどこでそのある生物種が増えたか、そういうことと関係して、拡散の過程を伴わないともちろん途中で終焉しますので。そういうものが複雑に絡みあっているのだらうと思います。もともと霊長類の一番古い化石は北アメリカなのです。だけど、その後全く見つからなくて、先ほど申しました600万年前のものになりますと全部アフリカとなってしまいますし、多くの霊長類の古い化石も北米では見つからなくて、アジアとアフリカに限られる。

[北 川] シーズがアフリカしかなかったというわけではないのですね。

[高 畑] ではないと思いますね。霊長類は地球上を動きまわっていたと思います。けど、どのタイミングで大陸が離れてしまったのか、どういう気候だったのか、熱帯雨林がないとだめですので、どこにそういうものがあつたのか、そういうものが関係していると思います。

[廣 田] 今日は、長時間ありがとうございました。大変密度の濃い話とご議論をいただいて、本当にありがとうございました。冒頭に申しましたように、記録作成でまたしばらくご迷惑をおかけすると思いますが、どうぞご協力方よろしくお願いいたします。

高畑さんがちょっと言われましたけれども、こういうスタイルのフォーラムをいつまでやっているんだというのは、悩んでおまして、来年度はもう一回やりたいなと思っております。それは、過去にお願いしてご都合が悪いというようなことで、まだお話いただけていない方がおられますので、来年度は少なくとももう一回、第6回というのをまたこの時期に、10月から12月の間にこれと同じようなスタイルでやりたいと思っております。

このフォーラムは過去にご出席いただいた先生方に必ずお願いして、ご講演は直接お願いしなくても、お時間があつたらご参加くださいというご案内をしているのですが、皆さん大変お忙しい方で、ほとんどおいでいただけてないのです。過去において、佐藤先生と鴨下先生は非

常に熱心にご参加いただいて大変ありがたく思っているんですが、それであんまりおいでいただけていないんですけれど、先生方、来年もしよろしかったら是非ご参加いただきたいと思います。

それと、過去にいっぺんお話いただいて、高畑先生や、鴨下先生もそうですがもう数回お話いただいているんですが、言い足りなかったり、また話をしたい方はどうぞご遠慮なくお申し出いただければありがたいです。どうもなかなか日が取れなくて、本当は2日ぐらいにわたってやれるとよろしいのですが、とてもそんなことは夢物語で1日とるのがやっとなで、あまりたくさんの方にお話しいただくわけにいかないんですが、そういうことで来年度は少なくとももう一回、総研大のほうでうんと言ってくれば、やりたいと思っております。

それから、再来年のことを言えば鬼が笑うところではないと思いますけれど、高畑さんがいわれるように、何らかのまとめの方向に持っていきたいなと思っております。先生方にご自分の思ったとおりのことをお話いただいております、この報告書は非常に貴重なデータだと思っております、そういうのを十分生かしながらまとめる方向に持っていきたいなと思っております。

その前に少しこのフォーラムのかたちとは違うかたちの集まりを持ちたい。それをどうするかというのが大問題で、高畑さんとは時折どうしようかと話しています。いろいろな機会を作りたいと思っています。私は、理想はこのフォーラムにご参加いただいた先生方を中心に一つの輪ができてほしいなと思っております、連帯感というほど大げさではないんですが、そういうことを夢見ておまして、ここでやり取りをしたことで新しい面もぜひ習得していただいて、それをご自分の、もちろんすでにたくさん研鑽をつんでおられますが、付け加えていただいて、後継ぎをはやく結集して見出していきたいなと思っております。本当はこの場で考えたことによって後継ぎを創出していくということができれば一番よろしいわけですが、そういうものは無形的なものであってももちろんかまわないのではないかと思います。

本日はご参加いただいて貴重なお話をたくさんありがとうございました。このあとは懇談会になっておまして、宿泊棟の2階のほうでお話し合いをしていただければと思います。(拍手)