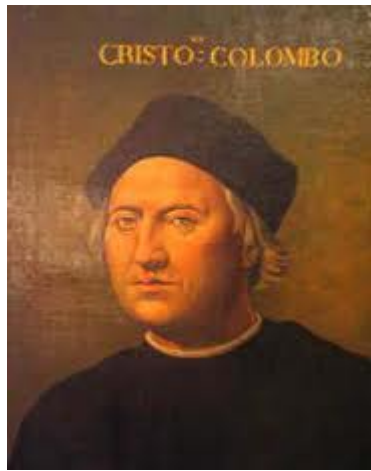


第9章 宇宙開発——新たなフロンティアを目指す火星探査機



大航海時代のコロンブス(1451-1506)。アメリカ大陸を発見

山登 「宇宙開発」について議論してみたいと思います。現地球が資源枯渇の厳しい制限環境下にあると述べてきました。その資源の制限下に生き残る方策を提案しているのですが、もう一つのやり方が、大航海時代のような無制限環境条件の再来を目指すことでしょう。その可能性の筆頭が宇宙開発だと思います。その意味で、ここで現宇宙開発状況に少し触れたいと思います。但し、再度無制限環境条件を整えても、すぐに自由競争による分業の効率化で、人口も増え、制限環境下に至るだろうことは容易に想像されますので、あまり有効な方針だとは見なせません。しかし宇宙は無限ですから、無限の可能性も蔵しているのかもしれませんが。さて、アポロ計画がアメリカの国家プロジェクトではなく、民営化になるようです。今後のアメリカ自身は、政府として火星に到達するような計画を考え出している。1961年に有人人工衛星としてはソ連のボストーク1号が最初でしたよね。

増保 乗っていたのは、ガガーリンっていう宇宙飛行士でした。

山登 あのころは二大国の競争の道具として宇宙開発がスタートしたわけですけど、今やアメリカの動向を見ると本格的に宇宙に乗り出そうというような時代になってきました。だけど、一時期は宇宙開発のために予算がかかり過ぎるので、国会で予算が削減されて停滞した時期もあったと思います。ところが、やはりその情熱というのか、基本的な希望が持続していて、次の時代は火星への到達、さらには移住なんていうことを考えていると思います。

だけど、こんなにお金を使って、本当にやる価値があるとアメリカの人たちは思っているのかしら。世界中の人たちはこんなことを許すのかしら。アフリカでは本当にその日の食べ物にも困るような人たちがいっぱいいます(図1)。それに対して、一回宇宙に飛ばせば、膨大なお金(23億ドル、日本のロケットでも1機打ち上げ100億円)を消費してしまう。こんなことを地球規模で許してしまっているのでしょうか。これはやはりちょっとは議論しておかなければいけないような問題だと思います。



図1. 左:火星探査機キュリオシティ(2012年)から火星に降り立ったマーズ・ローバー(NASA 作製)。右:ケニア、ダダブにおけるソマリア難民キャンプの青空教室(2011年)。片や火星から各種情報(生命の元になる元素の存在)を地球の私たちにもたらした一方、片や緊急支援を待つ1300万人がいるアフリカの飢餓の現状がある。(両方ともウィキペディアより。)

ところで、どうして欧米人(特にアメリカ人)は宇宙開発をしようという気になるのでしょうか。多分日本人の国民性はすごくおとなしいほうなのでしょう。現状のままで、先ほどおっしゃった「吾唯足るを知る」、そういう気質を日本人は持っているのかもしれませんが。江戸時代も300年間鎖国、外との交渉はほとんどなくて自分たちだけで生きてこられた。江戸末期から明治初期に来た外国人が「日本人は礼儀正しく、本当に日々を楽しんで喜んで暮らしている」といった描写をし、「その日本人に近代化を促していいのだろうか」

と、そんな感想ももらしていたようです。

日本人は地球だけで将来も満足するのかもしれませんが。だけど、アメリカ人やロシア人は、しつこく宇宙に出たがるようですね。あれは、本当に人種的な熱病というか、熱情なのだと思います。

増保 ただ、今の地球上の問題を考えてみると、世界の人口が、今は約 70 億人ですが、国連人口白書によれば、2100 年までに 100 億人を突破するだろうと予測されています。そのとき、果たして食糧事情がどうなっているか。その上、オゾンホールも問題です。南極だけじゃなくて、一昨年（2011 年）は北極でも巨大なオゾンホールができていますと報道されています。

また、炭酸ガスによって気温の上昇が起こる。そのために海水位が上がってしまう。その結果、陸地が狭くなる。こういったいろいろな問題が起こってきています。そう考えると、100 年後に何が起きているのか簡単には想像できませんけれど、地球だけで人間が生きていけるのかということとは大きな疑問ですね。

よく知られていることですがけれども、5 から 10 万年前にホモ・サピエンスがアフリカから外に出てきた。そこで初めて世界にホモ・サピエンスが広がり、人口が多くなってきたと言われています。そのときも、やはり東南アジアにあるトバ火山が 7 万 4000 年前に爆発して、その結果として乾燥化が起こった。乾燥化が起こったためにアフリカから陸続きになって、紅海を渡り、アフリカを出ることができた。このように気候の変動が、ホモ・サピエンスの社会の変化を大きく支配しています。あと 100 年後に果たしてこの地球上に今と同じように人間が繁栄しているかどうかは保証の限りではないと思います。そう考えると、ヒトが豊かな森から厳しい環境のサバンナに出たと同じように、この豊かな地球から宇宙に出ていくことがチャレンジされてもいいのではないかと考えるわけですね。

山登 その通りですね。その由来を問えば、それこそ最初のホモ・サピエンスの出アフリカがスタートですね。とにかく、生物の一種であるヒトにもそういう膨張圧があるのでしょう。

そのときには、環境が厳しくなって、アフリカでも住みにくくなったから、どこか新天地を求めようと、そういう冒険心があったのかもしれませんが。それが出アフリカです。そういうヒトの本性があるから、厳しい状況になりつつある今、宇宙にも飛び出してみようかと冒険をするのかもしれないですね。

増保 それと、この 2 万年間というのは農耕が非常に発達したわけですがけれども、その背景には湿潤で温暖な地球環境が続いたという条件が整っていたからです。これがまださらにずっと続くかということ、全く保証の限りではないわけです。気温が何度上がると海面が何メートル上がるという研究がありますね。日本なんかも随分狭くなって、耕すことができる農地はどんどん減ってしまうかもしれません。

山登 だけど、なぜか知らないけど、欧米人とか、コーカソイドの人々はそれ以前からプレッシャーを感じているというのか、熱情を持ってどこか未知の領域に冒険したいという気があるような雰囲気を感じますよ。

増保 それはね、異論があるかもしれませんが、一般的には狩猟民族だったコーカソイドと農耕民族の日本人という捉え方をされていて、その生活様式から生まれる活動のモチベーションの違いによるのではないのでしょうか。

山登 生物であるヒトの気質として、宇宙から降ってきた塩基由来の核酸生物であることを以前から無自覚に悟っていて、核酸のふるさとである宇宙を目指すのかとも夢想しています。宇宙に郷愁があるのですよ、きっと。でも、ちょっと違うかな。宇宙に帰りたいなんていう気があります？

増保 (笑) 感覚的にはまったくないね、私には。

山登 だけど、ヨーロッパ人って、あの航海時代、ヨーロッパ自体の農耕地も飽和してきた時期に、「外に出るのだ」とアメリカ新大陸を目指して冒険し、船で渡って見つけました。土地もふやした。そういう情熱ってどこから来るのでしょうかね、コーカソイドの人々は。

増保 それがサイエンスにも現れますね。サイエンスでも非常に斬新なことをやるし、日本人はどちらかというと小まめに固めていく。こんな経験をしたことがあります。通産省の宇宙開発機構の事業について外部委員会がありました。委員が20人から30人いましたが、通産省は宇宙開発をなんとか産業化したいと要請しました。ところが、正確に覚えていないのですが、1メートル四方ぐらいの物体を宇宙に上げるためには何十億円とか費用がかかるのだそうです。「これで産業化ができるものを先生方挙げてください」と言われた。アメリカにはバイオベンチャーがあって、宇宙でタンパク質の結晶をつくるベンチャーもありますから調べてほしいと検討させられましたが、そんなやり方をしなくても今では地上でも結晶化できますし、あまりメリットがないのです。結局あの委員会で、果たして実現できたものってなかったのではないかしら。日本全国から募集して宇宙でメダカをふ化したり、ネズミを宇宙に持って行って、骨粗鬆症になるかどうか調べたりとか。結局儲かるとか、何か今すぐ役に立つということで、ああいうサイエンスをやってはいけないと思いますね。

山登 日本人って儲かるからやる、技術を開発するからやるという雰囲気です。だけど、アメリカ人は、どうして金もかかるのに火星まで到達しようなんていう夢を描くのでしょうかね。国の威信かしら？または先ほどから出ている人種による情熱の違いかしら。

そうすると出アフリカを敢行した人たち、ルネサンスの後の航海時代にアメリカに渡った人たちと同じような感じで、今地球資源環境が厳しい時代にどこか外に新しいフロンティアを求めるといった気概、情熱を特に欧米人またはコーカソイドの人たちが持っているのかもしれない、またはヒト一般がそうなのかもしれないという気がします。

もう一つは、繰り返し言いますが、宇宙に由来した核酸生物である私たちはもう一度宇宙に帰りたいのですよ、きっと。このことは、まあ山登だけの戯言かもしれませんが。

増保 それは言葉の綾でしかないなあ(笑)。大切なのは、果たして本当に人類は宇宙で生きていけるかどうか。ある程度「ああ、生きていけるかもしれない」と納得できるような、ちょっとしたシナリオがあるといいのですが。

山登 それはひょっとして私たちが日本人だからではないですか。先ほどもおっしゃったように、アメリカ人は打算もなくその情熱だけで冒険できるのかもしれませんが。逆に日本人は現実的、保守的なのかも。ほんとに今、アメリカは火星に行けるようにしようという計画を進めるみたいですが、その後何十年か先に火星や月に人類が住めるかどうかは本当には分からないと思いますね。また住んだところで、地球上の人類にとって有益かどうかともわからないでしょう。私自身は、宇宙に住むのは難しいし、エネルギーも膨大に必

要で、行ったところで資源もそんなにあるわけじゃないと思います。

増保 エネルギーが必要と言っても太陽光でまかなえるかもしれないし、あるいは石炭みたいな燃料があつたりするんじゃないかしら。太陽光で植物を栽培し、その植物で動物を飼う。植物を栽培する資源も見つかるかもしれない。先ほどアメリカが火星を目指すという話がありましたが、火星は約 24 時間で自転しているから、昼の時間は地球とほぼ変わらないのでしょうか。公転は約 700 日。季節もあるのでしょうか。

山登 農業ならできるかもしれない。そうすれば一応は自給自足式に生きることができるとも思えないですね。

増保 そうですね、水はあるようですし。それから栄養素も地球から持っていけるかもしれない。窒素・リン酸・カリと習いましたね。

山登 きっと鉱物としてもあるかもしれません。そのような移住を目指して、アメリカではバイオスフィア（人為的に生物圏を構築する実験およびその施設）なんて実験をやっているじゃないですか。全く閉じた系で何人かが一年とか二年とか暮らす試みです。

増保 そんな実験ができるのだから、スペースコロニーは将来、造れるようになるかもしれないなあ。

山登 結局は月ぐらいのほうが近くていいのにね。どうせ何もないのだろうから。

増保 山登さんがおっしゃっているように、なぜ火星を目指すのか。すごい情熱ですよ、あれは。私にも理解できない。むしろアフリカに援助したっていいじゃないかと思いますよ。飢えている人がたくさんいるのに。さあ、では宇宙開発という議題で、何か将来像はありますか。

山登 うーん、読めないけれども、ともかく出てみるしかない。

増保 で、失敗して帰ってくるのかもしれませんがね。帰ってくることであればいいけど。でも、ちょっと初めの問題提起に戻ってまとめてみます。無制限環境条件の再来を求めて宇宙を目指すという目標に対しては、これまでの人類の歴史に学べば、どうせすぐに制限環境条件に舞い戻るといふ予想も立ち、あまり期待はできないかもしれません。しかし、宇宙は無限という意味では大きな可能性を秘めているのかも知れません。とにかく、その試みは、コーカソイドの人々の情熱として許容し、賞賛してもいい取り組みだと思います。但し、日本人の私たちからすれば、無駄金に見えるところがあり、地球上でもっと別の使い道があるようにも思います。民族の違いなのでしょうかね。

第10章 学問の融合——社会生物学による人間の再復興



エドワード・O・ウィルソン著の『社会生物学』の本の表紙（新思索社版）

<学問の統合とは>

増保 それでは「学問の統合」について論じましょう。ご存じのように学問と一言で言っても、人文科学では、社会学、政治学、法学、経済学、教育学、歴史学、心理学、哲学、文学といろいろありますし、文学だって純文学、大衆文学と分かれますね。自然科学では、数学、物理学、化学、生物学、医学、農学、薬学、建築学、機械工学、電気・電子工学、材料工学、航空工学などいろいろあります。それから、芸術も人文科学に属すのかもしれませんが、音楽、絵画、書道、陶芸、演劇、映画などがあります。ほんとに多岐にわたる学問が存在するわけです。これは文明・文化が進歩した結果そうなっているのですが、果たしてそこに何か統一した物の考え方、あるいは原理、そういったものが存在しないのだろうか。また、例えば法学と生物学を融合した形で、境界領域の学問が生まれるかもしれない、あるいは社会学と心理学、こういったものを一緒にすることによって新しい学問が切り拓かれてくるかもしれない。

もう一度こういった学問の、特に人文科学ですけれども、その根本にある部分を徹底的に掘り下げていく必要があると思います。この問題で最も重要な人物の一人が、ハーバード大学でアリの研究をしてきたエドワード・オー・ウィルソンでしょう。彼が書いた『社会生物学』（1975年刊行）という本があります。「生物学から人文科学をもう一度見直すことができる」と彼は主張したわけです。この本は多くの人たちの強い反発を招きました。あるとき、彼が講演していると、上からバケツ一杯の水をぶっかけられたそうです。“社会生物学”というものの考え方は、人文科学の人たちにとって目障りな存在であったのかもしれないし、それだけに重要な考え方であったのかもしれない。

最近、エドワード・オー・ウィルソンは、そのタイトルが『知の挑戦』、副題として「科学的知性と文化的知性の統合」という本を発表しました。これも基本的には人文科学と自然科学を結びつけよう、そういった知の挑戦を描いています。今後、ウィルソンが説くように、人文科学の世界を生物学、特に動物行動学や進化論という観点からもう一度考え直すことが求められているのでしょう。そこに新しい人文科学あるいは新しい生物学が生まれてくるでしょうし、人文科学の統合、もっと広く言えば人文科学と生物学の統合も見えてくるのではないのでしょうか。

そう言えば、ダーウィンの「進化論」も経済学と関係がありましたね。彼は『種の起源』（1859年）を著し、生物の進化論を打ち立てました。ご存じのとおり、彼はトマス・マルサスの『人口論』という経済学の本からヒントを得たとされています。食糧の増え方は徐々にですが、人口は等比級数的に増えていきます。ですから、ある時点で食糧が足りなくなるという問題が起こってしまう。このように経済学と進化論というのは、ダーウィンのころから重要な関係を見出していたわけです。

また心理学という学問を初めて築いたフロイトは、ダーウィンの本を読んでいたということになっています。このように人文科学は、もう一度生物学あるいは動物行動学、進化論といった視点から考え直すということが求められているのではないかと思うのですが、いかがでしょうか。

山登 そのご指摘に二つ補足したいのですが。最近のサイエンスってすごく細分化しています。私は生物学をやってきましたが、細胞生物、分子生物、生命情報科学などと細分

化されてしまって、同じ生物学の中なのになかなか理解できないことが多い。細分化により、確かに学問は深化するけれども、全体像が見えなくなってくる。本来、学問って何のためにあるのでしょうか。やはり私たち、またはヒトはどこから来て、どういう存在なのだというのが一番最初の問いだったような気がします。総合的に見る、包括的に世界を把握したい、そういう欲求に対して、最近の学問って自然科学も含めすごく細分化して、もうよくわからなくなっている。

もう一つ補足したい点は、人文科学と自然科学の融合のお話です。人文科学の中の経済学や政治学などは、歴史に沿ってそれぞれの社会の成り立ちを分析して出来上がってきた学問ですが、社会のシステムを分析・検討しただけで学問を創ってきてしまったのです。実は最近の自然科学の知識、特に生物学の知識から見直せば、社会で政治や経済を営んでいるのはヒトじゃないか、物質であり生物であるヒトじゃないか、だからヒトの理解がもっとよければ、人文科学で扱っている内容についてもっと深く理解できるんじゃないか、そういう必然性に気付いたから、ウィルソンがその社会生物学を提案したのではないのでしょうか。先に話した細分化のほうは、このごろの山登の個人的な不満ですが。

増保 生物学が細分化されたために、何のための生物学であるかが見えなくなってしまったという話で、ヒトのゲノム解析を思い出しました。2万から3万存在すると言われる遺伝子の配列が分かってきました。しかし、果たしてそれでヒトが理解できてきたかという、その遺伝子配列だけでは全く理解できない。それらがお互いにどんな関係で働いているのか、あるいは相互作用しているのかということをもう一度再構築しないと見えてこない。遺伝子から細胞、細胞から個体へと再構築するには、生物学に基づいてトータルな人間を理解する、ホモ・サピエンスを理解する、あるいは人文科学を総動員するという方法を採らないと見えないのかもしれない。

山登 私が言った必然性の問題点と逆の方向（自然科学の理解に人文科学が有用である点）を指摘しているのですね。人文科学の研究対象もヒトが行っているものだから、人文科学を理解する上でもヒトの行動だとかヒトの進化、ヒトの本性をわかってから、もう一度政治学、経済学なんかやったほうがわかりやすくなるはずだと申し上げたのですが、反対に、確かに自然科学のほうでヒトゲノムとかがわかってきた、けどヒトについて結局なかなかわかり切れない。そこに政治や経済社会の中で実際に行動しているヒトという観点をに入れていけば、自然科学の対象としてのヒトについても、ゲノムの知識にプラスすることでヒトを理解することができるということですね。つまり、自然科学（特に生物学）と人文科学と双方向に影響を与え、融合したら両方にメリットがあるということですね。

増保 そのとおりです。今までにそういうことが全くやられてこなかったというのが不思議なくらいです。

山登 これからは総合の学問というのが重要ですね。つまり学問の始まりの頃のギリシャ時代には、「ヒトは何か」というようなことを考えて哲学が生まれ、サイエンスが生まれてきたのでしょうか。その目的として、自分は何者か、ヒトは何かを知りたかったから学問が生まれてきたと言えるのでしょうか。けれども細分化されていったおかげで、個々の学問は深いけれども全体をつかみ切れなくなってきた。そこが現代の学問の問題です。そういう意味では、元に戻って、人文科学と自然科学を融合したような総合的な学問（今の哲学とは異なる）が今また求められているのでしょうかね。

増保 学問の始まりでも、哲学がその役割を果たしていましたので、両者を統合する概念として哲学を取り挙げてみましょう。例えば、デカルトは「我思う、ゆえに我あり」と言ったそうです。＜自分はなぜここにあるのかと自問すること自身が自分の存在の証明だ＞ということのようです。確かにそうですが、それ以上展開していくことができますか。自然科学と違って、進歩していくとか、積み上げていくということがない。そういう意味で言うと、人文科学もやはり自然科学として、生物学として、積み重ねていければ、人間はもっと高い概念に到達できるのではないのでしょうか。そこが哲学を含めた人文科学の限界のように思います。

もうひとつ例を挙げます。龍安寺のつくばい（茶室に入る前の手水鉢）には、真ん中の四角を囲んで4つの文字が刻んでありますね。四角を4回使って、こう読めます。「吾唯足知（吾唯足るを知る）」。禅僧としてだけでなく、人間としてすばらしい達観です。でも、それですべてが理解できたなんてとても思えない。それを超える何かがそこから生み出されるのかというと、そうでもない。そこから新しい知恵を蓄積していくためにはやはり自然科学である必要がある。そういうふうに考えると、生物学から哲学も文学も捉えなおす時期に来ているのではないのでしょうか。

山登 私などが知っている学問と言えば、学校で習う歴史の中で有名なギリシャ時代の哲学ですね。それこそその哲学って、ヒトとは何か、生物とは何か、アリストテレスなども森羅万象を理解したい、そういう考察が本当は学問の起こりでしょう。当然もっと前の有史以前から、宗教、農耕の発明、天文なども技術としてはあったのかもしれませんが。しかしギリシャ時代の哲学が学問としての起こりであるとして歴史で習いますが、そんなふうに全体を理解したい、私たちの存在を理解したいというところからスタートしたはずの学問が今のようにすごく細分化してきた変遷の過程なり原因は何でしょうね。

増保 むしろ、農耕や狩猟採集のための生活の要請に基づく技術が昔も重視されたのでしょう。エジプト辺りでは、農耕のために天文学も発展したでしょう。また、多人数を平和に治めるために法学なども確立したでしょう。技術の源である自然科学の前提として数学も当然必要だった。そしてそれらが、それぞれの技術的側面を支え、社会が発展してきたと捉えられるでしょう。だから人口も増え、社会組織体制も複雑になり、そして現代のような技術的発展を支えるためには、それぞれの分野が細分化せざるを得なかったのだと思います。

山登 そうですね。土地を測量して私有地を決めるために、ピタゴラスは三角定理を見いだしたのですね。中世ヨーロッパのころは、スコラ哲学のような文献の研究、中国なども似たようなものですね。つまり、そういう意味では、中世は自然科学と人文科学に関してそれほど大きな進展がなかったと歴史で習います。そして、ルネッサンス、やはり産業革命に伴う技術的要請も相まって細分化した技術に関する学問と、一方ではもう一度ギリシャ、ローマ時代の原点に立ち返って、ヒトや森羅万象を理解したいという問題意識が復活したのですね。そして、森羅万象の一つ、宇宙を研究してガリレオやニュートンが出て、現代自然科学の基礎が築かれました。するとその宇宙、地球、ヒトの成り立ちという根源的な問いに対する研究成果を基に、その周りでもいくつもの新しい技術発展が起こりました。それが現代の自然科学であり、また人文科学なのでしょう。だから、必要とされる個々の技術に対応して、学問も細分化されざるを得なかったのですね。こういう風にま

とめてみると、今また自然科学も人文科学も統合した総合的な学問を提唱するウィルソンや、この章での私たちの意識も、今また人間復興運動としての新ルネッサンスを渴望しているように言えるのかもしれませんが。ただ、自分にはそんな自覚はありませんが。もっとも、学問も元々は遊びから生まれたと考えられます。細分化が極端になり、今や新ルネッサンスとして、もっと自由で広く闊達な発想が求められているのかも知れません。

増保 話を現代の状況に戻しますが、例えば有名なピアニストがボストンのケンブリッジ・スクエアという繁華な交差点にピアノを持ち出して、さあ、これから演奏。ピアノの前にしばらく座っていて、弾きもしないで、終わりだったのだそうです。絵画にしても、訳のわからない抽象絵画があったりするでしょう。あれで果たして、一般の人たちがついていけるのか疑問です。あのようになってしまうと、一般の人たちが理解できないままで、下手したら自滅ですよ。もう一度ヒトの本性に立ち返って、何が美しいのか、何が心地よいと感じるのかということを知り直さないといけないのではないのでしょうか。絵画にしても、音楽にしても、もう一度原点に立ち返る。生物学と言わなくても、生物としてのヒト、それを理解してから、もう一度やり直せと言いたいですね。例えば、音楽でいうとモーツァルトが美味しいところをほとんどとってしまったそうです。モーツァルトといたら18世紀の人間。また、絵画では、ルノワールが描いた絵は万民に好かれる。この人も1900年前後の人物。こんな具合に、人々に感動をもたらす芸術の創造的活動の多くはもうとっくに済んでしまったのかもしれない。果たしてこれからどうするのだろうかと考えたとき、やはり原点に戻って、ホモ・サピエンスが何を感じ、何を求めているのか、今後どういう方向に進んでいったらいいのか、それが生物学からわかってくるのではないのでしょうか。

山登 そうですね。芸術も学問も、これからの再度の復興を目指したら生物学が必要だということですね。小説などは以前からその傾向が強いですね。人々に受ける題材は、大抵が人の生き方に関してであり、この対談の初めでも議論したように、まずは登場人物の数が大抵50人未満、そしてヒトの本性の特に協力欲に従える場合をフェアと捉え、フェアに生きられない状況を悲劇とし、アンフェアがまかり通った時にフェアに振る舞う状況を喜劇として描いています。小説家もヒト、だから本能的に人々の一番興味を示す題材が分かっているのでしょう。そして、最近では歌の歌詞でも小説でも、人々に受け入れられやすい言葉や響きや物語が分析されて分かっていますので、コンピューターで大量生産が可能なようです。生物学を基礎にすると、もっと焦点を絞りやすくなりますよ、きっと。誰もが生物学を学ぶべき時代になったのでしょうか。

増保 そういう教育ポリシーを採っているのでしょうか、マサチューセッツ工科大学(MIT)では、1993年から全学生に生物学を必修にしたということです。アメリカでは理工系学生全員に生物学を必修にするという大学がふえているようです。将来のことを考えると、日本の大学でももう少し生物学を勉強させて、人文系の、例えば法学部や経済学部の学生でも、生物学を知った結果、新しい政治、新しい経済、そういったものが生まれるといいのですが。

山登 「第8章 人々の不満と不安」の章で述べたような現代社会に生きている人たちの不満とか不安を解消ないし軽減するためにも、おまけに学問の起こりの頃の問題意識、つまり私たちヒトや森羅万象がどんなふうにして成り立っているのかという疑問に答えるためにも、今の生命科学の到達点を踏まえて進化論や生物行動学を皆さんが知っている

いうことは重要であり、それぞれの人たちが生きていくうえでも幸せの方向につながりますね。それこそ大学じゃなくて、本当は中学・高校で教えればいいのかしら。

増保 高校でさえも生物は必修になっていないのです。加えて、高校の生物学の教科書を見ると、眼がどのようなメカニズムで見えるのか、耳が聞こえるメカニズムはなど、そういうことが事細かく書いてあります。それらを知ることはいいい。でも軽重という観点から考えると、生物の進化あるいはヒトの行動学について、もっともっと詳しく教えるべきだと思いますね。

<理系学問の将来展望>

山登 確かに、将来は大学でもどの学生に対しても、少なくとも生物の基礎は教えて、人間としてヒトがどんなふう由来して、どんなふうになり立っているかというのを納得し、理解させたいのでそれぞれの学問をやる、そういう人文科学、自然科学になれば一番いいですね。

もう一つ、学問の統合とはちょっと離れた話題を、私の経験から話させて下さい。今後の学問の方向は、文系と理系が統合方向になるべきだと信じています。しかし、細分化の話に関連して、自分の経験から言って生物学の中でも細分化しているとお話ししました。だけどそれを大きな視点で見ると、実はかなり昔から研究された代謝とかに代表される物の流れの研究、次に1945年くらいから盛んになった筋肉運動など生体中のエネルギーの流れの研究、そして、つい最近ワトソンとクリックに始まったゲノムDNAの塩基配列情報解析など分子生物学における情報の流れの研究、といった三つの流れの研究があったのだとまとめられます。(図1参照。話は全く逸れますが、山登は、こうした見方をとると、生命体とは、物(代謝)、エネルギー、情報の流れ(安定した平衡状態にないことから、これらの流れを非平衡過程と呼ぶ。典型例が、水が上から下に流れる過程などのこと。私た

生命(非平衡系)科学の3つの分野

- 物の流れ → 生化学(代謝; Calvin, 1945くらい)
- エネルギーの流れ → 生物物理(筋肉など; ブラウン運動)
- 情報の流れ → 分子生物学(*セントラルドクマ, シグナル伝達, 脳神経系等)
 - *遺伝暗号の解読(生命情報科学)
 - DNA → RNA → アミノ酸配列とその制御
 - アミノ酸配列 → タンパク質(折りたたみ, 構造と機能)

図1. 生命科学研究における3つの流れの研究。生命は非平衡系である。生命は、物、エネルギー、情報の3つの流れの上に成り立っている。生化学は主にももの流れを研究してきた。生物物理学は主にエネルギーの流れを研究対象としてきたと捉えられる。そして1953年ワトソンとクリックによるDNA二重らせんの発見により、分子生物学がスタートし、主に生命における情報の流れを研究している。もちろん、お互いの乗り入れ、重複は多々ある。それぞれの学問分野で取り扱う代表的な対象を典型例として示した。

ちも常に食して、活動して、排泄して生きているし、そうしなくなった状態は実は死んで生命体ではなくなったことになる。)の中に生まれた実体と言えらるだろうと考えます。するとまるで、お釈迦様の言う“輪廻”がそのまま当てはまりそうで、お釈迦様ってあの当時に既に物事の本質を見抜いていらっしやった、偉いなあ、と感嘆しています。そして、この流れという捉え方からは、自然に「第1章 食欲」で述べた生命体の三つの基本欲求(1)

食べて、(2) 危険を回避して、(3) 増殖する、の存在が肯けます。

最近そうした見方を自然科学全体に適用したら、同じじゃないかと気付きました。つまり物理学でも、ニュートンやガリレオなどの物質の研究、熱機関のカルノーサイクルなど熱力学に代表されるエネルギーの研究がありました。1950 年前後にはシャノンやフォン・ノイマンの情報の研究があり、その結実した成果がここ 20 年間のインターネットなどの発展に花開いたのだと思います。

そう見てくると、物の流れ、エネルギーの流れ、情報の流れ、この三つの研究がどの自然科学分野でも今やかなり進展し成熟期になっている気がします。次の時代の自然科学の学問はどんな方向に行くのか興味がわきました。なかなか見通しが立ちません。もちろんそれぞれの研究分野は細かいところで今のまま細分化されて続くと思いますが、上の大きな三つの流れに相当するような四つ目の何か新しい研究分野はもう無いのかもしれないという危惧を持っています。

そして今、文系・理系の統合が重要だろうと話していて気付いたのですが、四つ目の新しい研究分野とは、いろいろな流れの研究の統合だという気がしてきました。少々前に「複雑系の科学」とよく言われていました。システム全体を理解する、物、エネルギー、情報、そしてそれら全部を合わせたシステムとして理解する、そういう研究がやっとこれから成熟期を迎えるようなレベルに発展していくのかなという見通しを持ってました。きっと当たっていますよ。

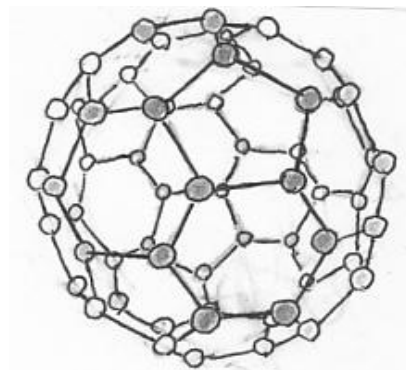
増保 そうかもしれません。例えば、生物の発生はその典型例でしょう。統合の学問としてシステム全体を研究すると、生物学の中ではそういう方向にきっと行きますね。すると物の世界でも複雑系の科学、生物の世界でも複雑系としてのシステムの研究、と考えると、やはり自然科学の中でもいろいろな分野の融合方向に進みそうですね。そして話を大元に戻すと、将来の方向としては、生物学をもう少しいろいろな学問分野に融合させて人間を理解することが大事だということです。それから人文系も生物学のほうからもう一度見直すという方向性でしょう。同時に、人文科学の視点から生物学を理解していくという方向も重要でしょうね。

<学問、自然科学の進歩と危険>

増保 自然科学の進歩と危険性という話題で話を進めていきます。私たちの世代の 40 年間をとってみると、生物学では極めて大きな進歩がありました。私が生化学の実験を始めたころには、実験材料は 10 ミリリットル、100 ミリリットルという量だったのですが、今はその 1000 分の 1 以下の、10 マイクロリットルとか、ときには 1 マイクロリットルの量で研究しています。研究の対象は生物個体レベルから

微視的に分析されていって、最終的には遺伝子の世界にまで話が進んでいく。最近になると、今度はそれをもう一度統合していき、発生工学のように個体レベルで分子、あるいは遺伝子の機能を理解し、そして疾患の理解、あるいは治療方法の確立を目指しています。

図 2. C60 フラーレン



我々の生物学の領域だけではなく、私の専門分野ではない化学でも炭素鎖をうまく結合させたり、多数の炭素原子をかご型に連結したフラレン（多数の炭素原子のみで構成される、中空な球状のクラスタの総称。図2）をつくる研究があったり、物理学では素粒子の一つのヒッグス粒子の存在が昨年（2012年）ついに明らかになっていたりしています。

さて、こういった自然科学が今後の100年間にどのくらい進歩して、我々の生きていく世界にどれほど影響を与えていくのか。あるいは研究者がやってはいけない研究があるのか、考えていきましょう。

まず100年後の方向として、宇宙開発が重要かもしれません。今、宇宙ステーションが地球の上空を飛んでいますけれど、そこにいる宇宙飛行士はたかだか10人前後で、滞在期間も数ヶ月ですから、そんな条件で人間の進化が起こってくるなんてことは考えられない。しかし、将来、何万人もの人々が宇宙に飛び出していき、そこで何世代も滞在していくとなると話が違ふ。500万年前に猿人が森からサバンナに飛び出していったのと類似しているかも知れません。サバンナは森に比べて生存に過酷な環境だったわけですが、それが逆に長い目で見るとヒト系統に大きな進歩を与えた。そう考えると、宇宙に飛び出していくことも、サバンナに飛び出すのと同じように、ホモ・サピエンスに大きな機会を与えるのかもしれない。

山登 それこそ産業革命以後、最近の100年なんて特にそうですけど、科学技術の進歩はものすごいスピードだったと思います。これからもどんどん進んでいきます。私の偏見で話させていただくと、これまでの基礎自然科学の発展は足踏み状態になりそうだと憂えています。それに対して、これまでにすばらしい学問の知識の蓄積があり、それを基にした技術は、ナノレベルやら宇宙やらといった対象に広がり、まだまだ続いて人類の発展に寄与すると思います。という意味では、自然科学の進歩は続くし、将来私たちの幸せに寄与するでしょう。

先ほど宇宙への飛び出しというのが、人類の祖先が500万年前かにサバンナに飛び出したような画期的なことにつながるかもしれないというお話がありました。そうかもしれません。また現地球上、制限された環境で厳しい状況になっていますが、宇宙に飛び出すと、大航海時代のように、人類にとってはすばらしい発展の可能性をもたらすかもしれないと期待しています。その意味でも、今後の科学技術の発展は大いに期待しています。ところが人道的にやって悪いような技術や科学が出てきてしまっている、そこまで科学技術が進歩してしまっている、これが今後の大きな問題だと思います。

今問題になっている福島原発、原子力発電、一応平和利用ですが、本当に人間が制御できる技術になっているのか。どうもそうじゃなさそうです。私たちの分野では、iPS細胞が生まれました。再生医療がもう間近です。おまけにクローン人間という騒ぎが一時期ありました。こんなことをやって本当にいいのでしょうか。科学技術としてはやりたいという人が出てくるだろうし、やってしまうだろうというふうに恐ろしく思っていますが、増保さんはどんなご意見かしら。

増保 そういう自然科学や技術の開発には反対ですが、反対であっても技術的に可能であつたら誰かがやってしまうだろうという危惧もありますね。

山登 するとやはり同じですね。もうできないことはない状況になってきていますから、誰かがやりたいと言ってやってしまったら大変なことですよ。どうでしょう、本当に

クローン人間ができてきたら。

増保 アメリカの生物学者がクローン人間について言及した本を読んだことがあります。「発生学的に手を加えられた人間が、手を加えられていない普通の人間に比べてすぐれていたからって何の問題があるのか。高額な教育費を払い、家庭教師を雇って子供を育てると何の違いがあるのか」と書いていましたよ。

スポーツの世界でもそうです。足に強力なバネを付けたサイボーグのような選手が金メダルを取ってしまうということが可能な時代が来るかもしれませんね。

山登 ルールで決めればいだろうという安直な議論があるかもしれません。排除するなり、容認するなり。でもルール自体かなり恣意的ですよ。その上、ではルールで決められしょうがないと言っても、そうしたら簡単に自分の仲間として受け入れられますか？例えば、何か足に鉄腕アトムのような足を履いて飛ぶような短距離走や、足だけでなく、心臓を改造して血流を速めれば、運動能力は上がりますよね。そういう人たちは受け入れられますか？

増保 基本的には受け入れられないと思います。というのは、ドーピングが問題になるでしょ。あれだってルールとしてドーピングを禁止しているからですよ。赤血球増殖因子のエリスロポエチンを選手に投与して赤血球をうんとふやしてしまえば、絶対走るときに有利です。今はそのエリスロポエチンですら、容認されていないのだから、きっと将来もクローン人間やサイボーグ改造人間は受け入れられないでしょう。但し、人間社会への受け入れは、微妙な問題かもしれません。

山登 何を聞きたくてこういう質問をしたかという、今の時点でクローン人間とか出てきたら違和感を覚えるし、嫌だなと感じます。でも、ひょっとして昔、白人が新大陸に行って出くわした原住民のインディアンが、当時はお互い同士を自分たちと同じ顔をしていないので、異人種、異生物というふうに関心を感じ、ライオンを殺すのと同じような感覚で殺したのかもしれないし、クローン人間も今この世に現れたら、同様な感覚で受け入れたいのかもしれないよ。

でも、今、当然世界中皆同じ人間の仲間だという感覚になりましたので、少しは違和感があるのかもしれませんが、白人とインディアン同士は今はお互い容認していますよね。すると将来、改造した人間、または発生工学でつくられたクローン人間は、今のところ違和感が大きいし、嫌だなと思うのですが、ルールが変わり、時間が経てば仲間として受け入れるようになるのかもしれないかもしれません。そうなったときでも違和感を感じるとは思いますか？

増保 違和感を持つというのはあると思う。でもそれを受け入れないといけないんじゃないかな。例えば、オーストラリアに入植した人たちがタスマニア人を絶滅に追い込んだ。あのような悲劇を考えると、どんな人に対しても門戸を開いておかないといけないというのが基本だと思う。山登さんがよくおっしゃっているように、核酸エイリアンの地球侵略が地球上の生命の始まりであり目的だとすれば、どんな形であれ、本来核酸生物は皆仲間なのではないのですか？クローン生物であっても。但し、クローン化したとき、「第2章 性欲」でもお話ししたように、多様性の喪失の問題、特に病原体に対する防御という意味の免疫系の多様性の喪失に繋がり、不都合な側面が多々出てくる可能性がありますので、その点十分な注意が必要なのではないでしょうか。

山登 そうですね。一本取られました。自分がよく話題にしていながら、気がつかず、増保さんにやられました。この対談の基本、生物やヒトの起源に立ち返って、そこからいろんな社会現象や問題を検討するという立場に立てば、明確に、少なくとも核酸生物である限り最後は仲間なのだと理解すべきなのでしょうね。ただ、現実には、生物としてのヒトは異人種であっても感覚的に仲間だとは思いますが。だけど今、本当に科学技術が発展してきて、再生医療で復元されたような人や、クローン人間や、さらにはサイボーグなんかも受け入れられるようになると思いますか？

増保 なると思う。そういう意味では、いま医薬品の研究がかなり壁に突き当たっていますが、今後の進歩はサイボーグと言ったらいいのか、医療工学かもしれない。眼の見えない人たちの眼が見えるようにするとか、耳の聞こえない人たちが聞こえるようにするなんていうのは、大きな福音ですよ。

山登 そういう方向でその程度のことなら大きな福音ですが、ちょっと応用すれば、ほんとにクローン人間になっちゃいますよ。そうすると本当にヒトとしての倫理が重要になってきます。倫理というか、この本の話でずっと言ってきたように、ヒトが本来どういうふう生まれ、どういう存在なのかという知識を世の中の皆さんに普及させなければならぬと思います。

増保 『人間はどこから来たのか、どこへ行くのか』（高間大介著 2010 刊行）、この本の中にロボットの話が出て来ます。ロボットが機械そのものの形だと、人間だれも気持ち悪いと思わないのだそうです。ところが人間の顔などを被せると、小さな子は怖がるのだそうです。でも大人は、これはしょせんロボットだと思うそうですよ。それをさらに精巧にして、人間が表情を動かすのと同じようにロボットの表情を変えていくと、実はこれはさらに恐ろしくなってくるのだそうです。そっくりになればなるほど、それがロボットだと分かって怖くなるのです。だからロボットの研究をしている人たちは、ヒトは何かについていることを知りたいと思ってやっているのだそうですよ。

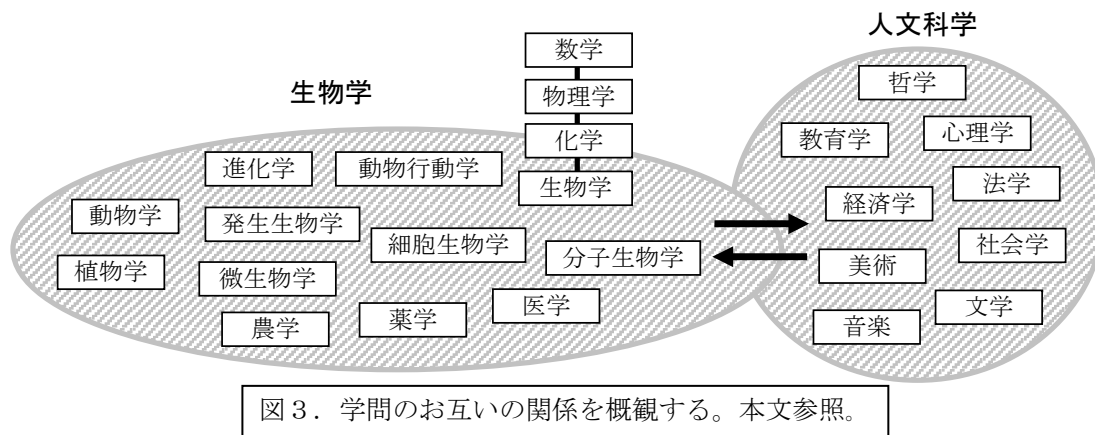
山登 本当にそうらしいですね。今、将来像の話をしているのですが、自然科学も進歩発展するべきだと言うのはいいかもしれないけれど、本当に将来どうなるか、見通しが立ちにくいですね。

増保 将来の見通しはやはり立ちませんね。これらはやってはいけない研究の一つに挙がるかもしれない。技術的にできれば、やってはいけないという歯止めをつけるのはかなり難しいですが。禁止すべき研究はクローン人間だけですかね。今後やってはいけない研究って。サイボーグの世界というのは、これからあと 100 年後ってどういうふうに変化するか本当にわからないですよ。これはかなりサイエンスとして、よく行政的にも考えていけないといけない問題だと思います。是非この対談の議論のように、生命やヒトの起源（成り立ちと本性）をしっかりと理解した上で、皆さんで検討していただきたいと希望します。

<学問の統合のまとめ>

増保 では、学問の将来像として、簡単にまとめてみましょう。人文科学と自然科学、特に自然科学の中でも生物学の融合ということは進んでいくと思います。サイエンスの多分最もベーシックなものが数学で、その下位に来るのが物理学、物理学の法則に基づいて

化学があつて、化学的な法則に基づいて生物学がある。その生物学のさらに下位という用語があるかもしれませんが、生物学の考え方に基づいて人文科学がまた理解されていくという方向は、もっと明らかに進められていくと思います（図3）。



実際、チャールズ・ダーウィンが進化論を立てたのも、トマス・ロバート・マルサスの『人口論』という経済学の本からヒントを得たとされていますし、進化経済学なんていう研究領域もあると聞きます。経済、これも生物の生存競争に関わりがあるでしょうし、法律もやはり生物学あるいはもっと上位の科学によってより深く理解されていくと考えられます。

今までどうしてそういうことがわからなかったかという、やはりこの数十年の間にやっと、生物学、特に進化論や動物行動学が極めて進歩してきたということにもよるのではないのでしょうか。

代表的な著作としては、エドワード・オー・ウィルソンの『社会生物学』とか『知の挑戦』とかという本があります。それ以外にも、人間の各種社会行動や芸術について、動物行動学的な考察をした著述が散見されます。その中で、一つ面白い例ですが、例えばこの部屋は白だけれども、この部屋の色を例えば赤い色にして討論させたときと、青い色にして討論させたときでは、討論の進み方や結論が違ってきってしまうと聞いたことがあります。部屋の色調によって、見ているだけでそれが我々の思考に影響を与えるようです。そういう意味で、音楽でいえばモーツァルトを聞くと、f分の1揺らぎ（自然現象にしばしば見られる、密度が周波数に反比例する揺らぎの雑音のことで、癒しの効果があるとされる）とか言われているようですが、多くの人たちは心安らぐし、それから絵でいえば、ルノアールを見れば本当に健全な女性の姿というのが感じられます。

将来は、ある融合された学問体系へと、これまでの社会学や経済学を発展させて、生命科学を取り入れた生命社会学、生物経済学といった体系になっていくように期待します。そして、今自然科学の中でも、細分化されてしまっていますが、同様に物理学や生物学などそれぞれの学問領域の中でも、今後は統合化が進み、例えば複雑系の科学のようにシステムの理解に挑戦していくようになるでしょう。

そして、少しだけ議論したように、自然科学の発展で、次第にやってはいけない研究や技術開発も現れだしているようです。そのような問題にも、生命やヒトの起源や成り立ちに立ち返った議論および検討をすることにより、地球上の人類にとって妥当な解決法や倫理を確立することができると思います。ここでも、法学や倫理学に、生物学の基礎が融合

しなければいけないはずですね。そのためにも、これまでの教育システムを改め、少なくとも確実に文系や理系などという隔たりを無くし、大学新入生全員に生物学を教えるとかといった大胆な改革が必要だと思います。

この章をまとめます。山登さんも私もこの40年間、生物学の研究を続けてきました。1) 過去100年間は自然科学が急速に進歩して、事象を詳細に分析してきた。2) 自然科学は細分化されて多くの学問に分かれていった。3) 人文科学も同様に、人間の言動や社会構造などを詳細に分析してきた。4) その結果として、人間の社会や文化活動は発展してきた。5) しかしながら、掘り下げられて得られた知見が融合されていく方向には進んでいかなかった。6) 特に、自然科学と人文科学の間を融合する科学はほとんど発達しなかった。7) 今後は、自然科学（特に生物学）から人文科学への展開、人文科学から自然科学への展開が、全科学の統合として必要になるだろう。そこから、人間が幸せになる道が開けてくるのではないかな。