

1999年度第10回物学研究会レポート

中村桂子氏（JT生命誌研究館副館長）講演

「生命誌とは —自然、ヒト、人工のバランスをデザインする」

2000年1月25日



BUTSURIKAKU
物学研究会
SOCIETY OF RESEARCH & DESIGN

第10回物学研究会はJT生命誌研究館副館長の中村桂子先生をお迎えし、生命誌という視点から、21世紀の自然、ヒト、人工のバランスをいかにデザインすべきかという壮大なテーマについてお話いただきました。20世紀の科学、思想、社会、産業は効率主義を基調とする分業化、専門化、断片化が進みました。そんな中であって「生命誌」は自然、ヒト、人工の関係を再統合し、全体として捉えていこうという新しい学問です。このアプローチが21世紀のデザインの舵取りに大きな示唆を与えてくれるのに違いありません。

以下はそのサマリーです。

中村桂子氏講演

(JT生命誌研究館副館長)

「生命誌とは —自然、ヒト、人工の
バランスをデザインする」



中村桂子氏

生命誌に至る思考の積み重ね

今、私が取り組んでいるのは「生命誌」、英語では「バイオ・ヒストリー」という分野です。そして今「生命誌研究館」にありますが、ここはリサーチ・ホールという開かれた研究の場です。私は現在の仕事に携わる以前20年間ほど、生命科学研究所という遺伝子について科学研究を行う場にいました。これはとても面白い仕事でしたが、なぜか私の中では何かがすっきりしていませんでした。その原因は、「生き物」は丸ごと全部であるはずなのに、生命科学というアプローチでは部分ごとに細分化し分析していきます。行きつくところ、このままのやり方で本当に生き物の全体性を理解できるのかという壁にぶつかりました。たとえば、DNA研究はあらゆる生き物が基本的にはみな同じだということを明らかにし、それで生き物がよく見えるようになり、偉大な発見も多くなされました。ところが、実験室を一步外に出ると、同じ人間もさまざまですし、生き物だってイヌもいればカラスもいるという風にとっても多様です。けれども、生命科学のアプローチでは「多様性」は理解しづらい。また、遺伝子組換えやクローン技術は目覚ましい発展を遂げていますが、生活者という立場からは、全体を見ずにこの技術を使うのはまずいと感じます。こうした悩みが10年ほど続きまして、私は「生命誌」と

いう新しい学問に行きつきました。、そしてリサーチホールという開かれた場から、私なりの考え方で生命の研究を進めることになったのです。

生命科学	生命誌
遺伝子	ゲノム
還元	全体
分析	統合
論理（必然）	偶然
客観	主観
構造・機能	歴史・関係
実験室	自然

「生命科学と生命誌」

西欧型科学技術を超えて

人間は自然の一部です。一方で、人間は、特に産業革命以降に発達した科学技術を応用して都市や機械といった巨大な人工の世界を作りました。もし私たちが大昔のように森の中で暮らしていたら、人間より強い生き物に襲われて生き延びていくことは不可能だったでしょう。ところが、人間は知恵を活かして都市や建築をつくり、人間社会のルールを構築しながら快適に生活するようになった。つまり人間は人工の世界を構築し、そこで生きていくことを選択したわけです。私は長くDNAや遺伝子を調べていますが、究極的には「自然」について知りたいのです。ところが自然はあまりに大きすぎて、そう簡単に理解できるものではありません。そこで私たち人間はDNAを研究する際にも、たとえばニュートンの法則といった科学的法則や定理などの人工の世界や概念を設計して思考します。そうすることによって、とても理解しやすくなるし、安心できるのです。ところが近代科学や人間社会にどっぷり浸ってしまうと、自然と人工のバランスを見失なう恐れがあります。私たちは人間独自の能力をもって人工の世界を構築してきましたが、それすらも「自然の中」にあるのだという認識を失ってならないというのが、生物学者としての私の基本的な考え方です。

自然、ヒト、人工の関係

それでは自然、ヒト、人工の関係とは何か。簡単なテーマではありません。

まず西欧の典型的な捉え方として、ルネッサンス後期のネーデルランドの画家ブリューゲルが描いた『地上の楽園』を見てみましょう。この絵には深い森を背景にライオンやラクダなどいろんな動物が描かれています。象徴的なのは、人間が鞭を振っていることです。多分、森と

いう自然界にはさまざまな生き物がいて、それらを支配するのは人間なのだという考え方があるように思います。ここでは人間が自然を支配するために人工という手段を用いる、つまり「自然 人工 人間」というヨーロッパ的な思考の図式が見て取れます。

同じようなテーマの絵をペルー人が描くとどうなるのか。この絵も森を背景に蛇や鳥などの多くの生き物が描かれています。ところがここにいる人間は鞭の代わりに何かを読んでいるようです。この絵の解説によりますと「森には神様が住んでいるのだから、人間や動物はここに住むことはかまわないが勝手なことはしないように、という文章を読んで聞かせている」とあります。ここにヨーロッパ以外の地域、南米の自然と人間の関係についての考え方があります。

では日本はどうか？ 私は同じようなテーマの絵がどう描かれているのかを知りたくてサンプルを探しているのですが、未だに適当な絵を見つけることができません。けれども、江戸時代の伊藤若冲の絵、宮内庁が所有している『池辺群虫図』などには自然と動物、自然と人間といった限られた視点で描かれた絵を見出すことができます。あるいは、一般的に日本人が好む絵の題材は田園風景や庭園と小動物などで、鬱蒼とした森のような恐ろしげな自然を描いた絵は選ばないそうです。私の推測では、日本は自分たちが上手に作ったり手入れしてきたある種箱庭的な自然を自然として受け入れ、安らぎを感じてきたのだらうと思います。

このように考えていきますと、ヨーロッパ的な「人間 — 人工 — 自然」という考え方よりも、人工と自然の両方に人間がいて両者の折り合いをつけていこうという日本的な「人工 — 人間 — 自然」というアプローチの方が、21世紀においてはむしろ良い方法なのではないかと思うのです。これを前提にして、現代生物学が生き物や自然をどう見ているのかを話しながら、最終的には生命誌とは何なのかをご理解いただければと考えます。

現代生物学の2つのアプローチ

現代生物学の原点はルネッサンスの画家ラファエロが描いた有名な『アテネの学堂』に象徴されるように思います。この絵の中央にはプラトンとアリストテレスがいます。アリストテレスはアレキサンダー大王をパトロンとした哲学者で、大王の遠征に同行して当時の物資をとにかく収集しまくりました。そして莫大な物資や生物を徹底的に観察、分類しながら物事の本質を見抜こうとしました。一方のプラトンはアイデアを重視し、物事の共通性に注目しながらそれを突き詰めていくことが重要であると主張しました。別の表現をすれば、アリストテレスは「変化するもの = 多様性」を、プラトンは「変化しないもの = 共通性」に着目したと言えます。つまり『アテネの学堂』は、知の世界においては、アリストテレスとプラトンが主張した2つのアプローチがあることを示しています。

ところが残念なことに、人間は実際に作業を行うとどちらか一方に偏ってしまいます。つまり「多様性」か「共通性」か、に分かれてしまう。「多様性」派は世界中に出かけて行ってどんどん調べる、マクロ的に真理を探る博物学になりました。一方の「共通性」派の学問はどんどん内に入っていき、ミクロを探る解剖学となります。そしてミクロの学問の行きついた先

は、19世紀中ごろの「細胞」の発見です。細胞とは生命の単位です。生物には一個の細胞でできているバクテリアもあれば、60兆個の細胞から成る人間までさまざまです。さらにこの細胞の中を調べると細胞の真中に一番大切な「核」があって、その中には「DNA」という物質が必ず入っており、これが「遺伝子」という働きをしていることもわかりました。

「DNA」はご存知のように二重螺旋のモデルで表わされます。実は私はこの形が大好きで生命科学を選んだといってもよいくらいですし、自宅にも螺旋階段を作ってしまいました。実に美しい形だと思いますが、もっと重要なことはこの二重螺旋が同じものを2つ作ることができることを意味しているという点です。親がいれば子が作れる、細胞が1個あれば同じ細胞をもう一つ作ることができるという意味です。コンピュータがどんなに発展したとしても、自分と同じ個体を2つ作ることはないでしょう。最近では人工生命＝アーティフィシャル・ライフが注目されていますが、DNAひとつとってもリアルライフに近づけることは困難な作業です。21世紀を目前にして、ミクロの学問はここまで来たわけです。

一方マクロの学問では、地球上を隈なく出かけていきいろいろな生き物を発見、収集してきました。少し前まではおよそ150万種類くらいの生き物があるだろうといわれてきました。ところが不思議なことに、地球上にどのくらいの種類の生き物があるのかをきちんと調査した例はありませんでした。この問いに初めて挑戦したのが、アメリカの自然史博物館の研究者アーウィンという人物です。1985年彼はアマゾンで40メートルの大木の下にビニールシートを置き煙でいぶして落ちてくる虫たちをかき集め、徹底分析するという調査を行いました。すると驚いたことに、捕まった虫たちの中ですでに分かっていたものはたったの3パーセント。残り97パーセントは初めて発見された生物だったのです。彼はその後も調査を続けてその結果から、地球上にはおよそ3000万種くらいが存在していると結論づけました。これがきっかけとなって、その後熱帯雨林調査は急速に進展しました。

さて、地球上で最も多様性の高い地域は東南アジアだそうです。京都大学も調査隊がマレーシアに入って生態系を調べているようですが、彼らによりますと熱帯地域にも一定のリズムがあって、5年に1度わーっと花が咲くそうです。コーヒーやカカオの実の輸出量の変動でそれは証明されています。このように21世紀を目前にして、地球上にいる生き物の多様性の全貌がようやくつかめてきました。

地球をひとつの星として見るというのは20世紀後半の人間の感覚なのかもしれません。それと同時に、人間はどうしてもヒトを中心に物事を考えがちですが、種の多様性ということにおいては私たち哺乳類の仲間は少数派であって、昆虫などの節足動物と植物がほとんどであるという新しい視点が求められています。このようにミクロ（共通性）、マクロ（多様性）両者の学問は行きつくところまで来た感があります。

もちろん生命科学ではすべきことはたくさん残っています。DNAの解読だけでも、あらゆる生き物を分析するためには気の遠くなるような時間が必要でしょう。また3000万種類の全てが発見されたわけでもありません。

とはいえ、この状況の中で、私は共通性と多様性の両方を同時に考えていく学問の可能性があるのではないかと思います。確かにDNAという物質はヒトもアリもイヌも持っています。けれどもヒトはヒトであり、アリはアリであり、イヌの仔はイヌになる。DNAは同

じだけれど、何かが違うから「違い」が生じているのです。何が違うのか？ すぐに思いつくのはDNAの量の違いです。複雑な生き物ほどDNAをたくさん持っているのではないかという仮説です。DNAは「A」「T」「G」「C」という4種類のヌクレオチドという物質が鎖状に並んでおり、たくさん並んでいる方が複雑なことができます。いろんな生き物のDNAを分析すると、単細胞の大腸菌や酵母は量が少ないし、人間は量が多いことがわかりました。これはすぐに納得できます。ところが不思議なことに人間よりもイモリやマメのほうがDNAの量が多いのです。

一方、地球上に生物が登場してきた順は古いものからバクテリア、菌類、植物、虫、軟体動物、魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類ですが、そのままDNAの複雑さと比例していません。新しい生き物ほど複雑なのです。バクテリアが地球上に現れたのはおよそ40億年前といわれています。この40億年という気の遠くなるような年月の中で、バクテリアを起源とする生き物たちは、キノコはキノコとして、大腸菌は大腸菌として進化してきたのです。そして私たちヒトは、両生類や鳥類という段階を通して、ある時点から独自にヒトという道を歩いてきたのです。ですからトカゲもヒトもある部分同じDNAを持っています。一つの生き物が持っているDNAの全部が「ゲノム」です。ヒトのものはヒトゲノム、キノコのものはキノコゲノムと呼びます。このゲノムにはその生き物の歴史が書かれています。さらに生き物同士の互いの関係についてもわかります。ゲノムは地球上の生物たちの40億年にも及び歴史物語を語っているのです。この壮大な連続の中にヒトは人工の世界を構築しているのですから、この歴史物語を尊重した世界を作るべきではないでしょうか。

生命誌の視点

・オサムシの研究

生命誌をどのように解いていくのかというひとつの例をお話したいと思います。

私の研究テーマに「オサムシ」という虫があります。この虫は日本ではそれほどでもありませんが、ヨーロッパのコレクターたちには「歩く宝石」といわれるくらい垂涎の的となっています。あの手塚治虫さんもこの「オサムシ」にちなんで「治虫」と決めたそうです。オサムシのDNAも「A」「T」「G」「C」という4種類のヌクレオチドが順に並んでいます。いろいろな種類のオサムシのゲノムを分析して行って、近い順に並べていくという作業をします。基本となるオサムシ群を決め、「A」「T」「G」「C」の並びがそれと1カ所だけ違う群とか、3カ所違う群などが分類できます。その作業を徹底していくと、このオサムシとそのオサムシは兄弟の関係だとか、これとあれは従兄弟同士だといった家系図ができて、最終的には全ての虫の関係がわかります。この家系を地図上に置いてみると日本のオサムシの場合は、それぞれの家系が特定の地帯にまとまって生活していることがわかりました。

次に、この分布図を地質学者に見ていただいたところ、そのオサムシの家系の分布は日本列島の成立のプロセスと一致していると言うのです。およそ1500万年前、日本列島はアジア大陸から離れ太平洋上に移動した。およそ750万年前にそれが分割され、大きく4つに分かれた

のだそうです。DNAの調査ではオサムシも最も古い家系は1500万年前、新しいものは750万年前に発生したとわかった。つまり日本列島の形成とオサムシの進化が一致したわけです。

生命誌というアプローチで、生物、地質や環境などの関係性の歴史が結びつき、自然を全体として理解できたのです。こうした学問は残念ながら今まではありませんでした。この研究成果を発表したところ大きな反響を呼びまして、世界中からオサムシが送られきてきました。地球上のオサムシ調査を終えるのに結局5年かかりましたが、地球の大陸移動説とオサムシの動きがぴたりと一致しました。そしてさらに興味深いことが確認できました。昆虫類の発生はおよそ1億年前です。4000万年前に現在のインド大陸がアジアにぶつかってヒマラヤ山脈ができました。このときにヒマラヤという全く新しい環境ができたと同時に、それ以前には存在していなかった新しい種が多く生まれたということです。長年、生物の進化は徐々に変化してきた結果であると考えられてきました。ところがこの研究の結果、新しい環境が登場するとゲノムの中にあつた変化の可能性が一気にワッと現れることがわかったのです。

・カワスズメの研究

しかも、その変化はゲノムが本来持っているものの範囲でしかできないのです。

現在、地球上には3000万とも5000万種類ともいわれる生物がいると予測されています。生物たちは多様な形や色をしています。その姿形は実に多様で「何でもあり！！」といった感じさえ抱かせます。ところがその姿形のバリエーションはゲノムが決めているのです。

アフリカ大陸に「カワスズメ」という熱帯魚が生息しています。ある種のカワスズメはタンガニーカ湖とマラウイ湖という隣り合った湖に住んでおり、形もよく似ています。タンガニーカ湖は200万年、マラウイ湖は60万年前にできたそうです。2つの湖で暮すカワスズメのDNAを調べると、マラウイ湖のカワスズメはタンガニーカ湖から一つが移動したのだと判明しました。タンガニーカ湖のカワスズメがマラウイ湖に移った60万年前、マラウイ湖にはまだ何もいなかったのでしょうか。だからカワスズメはマラウイ湖という環境に合わせて自由に多様化することができるのです。つまりタンガニーカ湖にいた元のカワスズメのDNAはもともと変化するポテンシャルを持っていた。しかしそれはタンガニーカ湖とよく似た形になるのです。

生物は変化できるポテンシャルの範囲が決まっていて、それが表に出てくるかいないかは環境の許容量に関係しています。「カンブリア紀の大爆発」をご存知と思いますが、今からおおよそ6億前、いろんな奇妙な形をした生物が多量に出てきましたが、大きな環境変化で生物が持つポテンシャルを思いきり出した結果だったのでしょうか。

・卵から大人への過程

生命誌の解き方にはもうひとつあります。生物が卵から大人に成長する過程を徹底的に見ていくのです。個体のゲノムが自分自身を読み解いてどう変化していくのかに着目しています。ヒト、魚、サンショウウオなどの卵がそれぞれヒト、魚、サンショウウオになるのは当たり前ですが、考えてみると興味深いことです。成長のある段階においては、それはヒトなのか、魚かサンショウウオなのかを区別できない時期があります。さらに観察を続けると、成長の段階に応じて「節」を作りながら成長していきます。爬虫類や鳥類、哺乳類には「背骨」がありま

すし、昆虫も頭、胸、腹と各体節から成り立っています。成長過程を見ていくと、ショウジョウバエやマウスのように全く違った姿形をしている生物でも、体の各部位や節の成長の基本形は同じであることが理解できます。ここに共通と多様を見ていくことができます。

その中で「目」は面白い。「目」は光を受けとめて神経に届けるという役割を果たしていますが、その構造と方法は生物によって実に多様です。たとえば、プラナリア（虫）、ゴカイ、エビ、タコ、帆立貝、鳥、哺乳類の目を進化の順に並べます。するとタコくらいの段階の生物になって初めてたんぱく質を使ったレンズを作るようになります。レンズを持った目でも、タコ、鳥、哺乳類では材料が全く違ってきます。目の発達にもゲノムが働いているのでしょうから、ゲノムの働き自体かなり柔軟性がある、別の言い方をすればいい加減だと言えます。

生命誌の視点を21世紀に活かすと

生命誌という切り口で、40億年におよぶ生物の歴史の、ほんの一部をお話していきました。そろそろ「ヒト、人工、自然のバランスを考える」という本題について考えていきたいと思えます。

進歩	進化
効率 均一 量	過程 多様 質
閉鎖系 部分 合理	開放系 全体 矛盾
構造 機能	歴史 関係
還元	総合
機械	生命

「進歩と進化」

私たちは快適に生きるために自然と人間との間に人工を構築し、「人間 — 人工 — 自然」という図式の世界を作ってきました。人工という一種の機械論的世界観においては、全てに整合性が求められ、構造と機能が明確であり、効率を重視することが「進歩」であります。これは人間社会という閉鎖系世界の合理性の中では十分に価値がありました。ところがその結果、地球環境への悪影響とか資源枯渇といった問題を引き起こしてしまいました。そこで私は先ほども申し上げたように、自然と人工の間に人間が入って行って折り合いをつけるという「自然 — 人間 — 人工」という世界観を提案したいのです。

生き物には40億年の歴史がありますから、環境変化の適応力は大変なものです。そして生き物は効率的に変わってやろうなどとは考えません。変化のプロセスを楽しみながら多様に質

そのものを変えてきます。一個一個は矛盾だらけであるにもかかわらず、開放系なのでなんとか調和して存在しているのです。生物の歴史が語っていることは、「何かを思考するとき、構造と機能をみるだけではダメ、その歴史や関係性という軸をいれなければならないだろう」ということです。「進化」とはこうしたさまざまな要素が複合的に絡みあった結果です。

「デザイン」も含めて人工の世界ではやはり効率や機能が重視され、それが「進歩」を支えてきたことは確かです。現代社会では工業に限らず医療や農業、はては教育の世界までもが「進歩」を志向しています。けれども21世紀を目前にして、この辺で「進化」的発想に方向転換してみてもいいかでしょう。特に教育は効率よく均一に量産しようと子供たちを学校の枠に閉じ込めた結果、子供が一斉に反逆を試みているように思うのです。人工の世界に生き物の「進化」の部分を入れていくには、科学の知と、日常の中で生き物に接して得られる感覚（私はこれを「生き物感覚」と呼ぶ）が常に必要です。これが「総合の知」であり、それが求められているのです。

以下質疑応答

—先ほどアフリカの湖に生息するカワスズメの例をあげて「環境自体に変化できるポテンシャルがある場合、生き物は変化する」とおっしゃいました。人間の場合も同じですか？

中村 生き物には分子時計が備わっていて、遺伝子の中で個体が変わる平均時間がどのくらいなのかという確率がわかっています。平均的にみればどの個体も徐々に変化はたまっているわけですが、ところが同じ環境に居る場合はその変化が表面に見えてきずらい。ところがあることがきっかけで環境が激変すると、その変化は一気に表に現れてきます。私たちはそれを「隙間＝ニッチェ」と言います。要は隙間あればそちらにわーっと行くわけです。産業界でもニッチェ商品とか、ニッチェ産業とかいう言い方がありますよね。あれと同じです。

—今の質問に関連して。異変がどんどん溜まった場合、環境の変化があればそれを一気に表現できます。でも溜まりつづけるしかない場合はどうなるのでしょうか？

中村 多くの場合は死にます。先ほども申し上げたように、異変は都合よくは起きません。確率で起こるので、遺伝子の場合はいよいよ劣化して消えてしまいます。ですから異変は良い方向に起こることはほとんどなくて、大半は中立、またかなりが壊す方向へ働きます。現在の遺伝子は生物40億年の死屍累々の結果として残った一部が生存しているということです。「進歩」の世界では「……べき」が前提ですが、「進化」の世界はそうではないのです。生き物は40億年もの間に、トライ・アンド・エラーを繰り返し、運良くフィットできたフィッティストだけが現在残っています。

—以前お話を伺ったとき、中村先生は「生き物のDNAとは、そもそも生命維持以外に余分

で無駄なものを持っている」とおっしゃいましたが、その無駄な部分が進化の上では重要な役割を果たしているということでしょうか？

中村 たとえばヒトのDNAの98パーセントは直接生命維持に関係するタンパク質合成には関与していないと言われています。進化の研究者であられた故大野乾先生は「生き物は一創造、百盗作」という名言を残されました。ゲノムを調査していくと、本当に先生の言葉通りです。生命が誕生した40億年昔、最初の生き物は最低限の遺伝子をもって誕生した。現存している生命でもっとも小さいのはマイコプラズマですが500個の遺伝子を持っています。進化の最後に現れたヒトは5万から10万しか持っていません。中間では大腸菌が5000くらい。一見すれば、大腸菌とヒトでは比べもになりませんが、DNAではたったの10倍の開きしかないのです。別の見方をすると、生命は40億年の歴史の中で、たった500個で始めた遺伝子がこれだけ多様な世界を生み出してきたわけです。けれども、3000万とも5000万ともいわれる多様な生き物の元の材料はたった500個の遺伝子なのです。多様性を生む材料がゲノムだけですから、生き物はその限られた材料を工夫しながらここまで来た。つまり「一創造、百盗作」の長い歴史が現在なのです。

—— 生命誌という視点から、「形」とはいったい何でしょう。

中村 その質問の答えとして、皆様には是非、生命誌研究館におこしいただきたいと思います。実は今「骨と形」というテーマでその問題を扱っています。最初に申し上げたように、リサーチホールですから、来館者が一人でも多く来てくれることが大切です。なぜなら研究というのは研究者だけが面白いものではなく、専門家でもそうでない人も面白がって議論することが本来の姿です。たとえば音楽家がすばらしい曲を作っても、楽譜を渡されたって理解できない。演奏することによって初めてみんなが楽しめるわけです。研究も同じで、すばらしい論文をまとめることも大切ですが、素人が理解できるように噛み砕いて説明して意見を交わしていくことも重要です。そういう点では、生命誌研究館はどんな方もそれなりに興味をもって、面白がっていただくように構成されております。模型や本物の標本なども多数展示しておりますので、「形」を扱っておられるデザイナーの方には興味深いものばかりだと思います。一度是非おこしてください。

—— ありがとうございました。

中村 桂子（なかむら・けいこ）

1936年、東京生まれ。東京大学理学部、同大学院生物化学科修了。現在JT生命誌研究館副館長を務める。『生命科学から生命誌へ』、『生命のストラテジー』、『自己創出する生命』他の著書、『二重らせん』、『DNAとの対話』他の訳書など多数。また、研究者として、NHK教育番組の講師や多くの講演活動を通じて、生命誌という学問アプローチ、最先端の遺伝子研究など生命科学について分かりやすく語っている。

1999年度第10回物学会報告

中村桂子氏（JT生命誌研究館副館長）講演
「生命誌とは 自然、ヒト、人工のバランスをデザインする」

写真・図版提供

；物学会事務局

；中村 桂子 氏

；中村 桂子 氏

編集=物学会事務局

•

[物学会報告]に記載の全てのブランド名および
商品名、会社名は、各社・各所有者の登録商標または商標です。
[物学会報告]に収録されている全てのコンテンツの
無断転載を禁じます。

(C)Copyright 1999 Society of Research & Design. All rights reserved.