

東京大学見聞伝ゼミナール 駒場祭講演会 2012

# 生命とは何か

- 2 はじめに
- 4 講演者紹介
- 8 金子邦彦取材記事
- 14 小林憲正取材記事
- 20 檜垣立哉取材記事

## はじめに

### “What is Life?” の答えを求めて

生命とは何なのだろうか。

この問いに取り組むきっかけとなったのは、物理学者シュレーディンガーの著作『生命とは何か—物理的にみた生細胞』（1944）でした。

統計力学・量子力学といった物理の言葉を使うことで生命は理解できる、という彼の主張には、その斬新さからくる驚きがあり、「生命」というものの自体に対する私たちの興味を大いに引き立てました。

しかし、其中で示された「生命」の姿は現代の私たちにとって、答えと言うにはどこかすっきりしないものであったのもたしかです。

### 人間はどこまでこの問いに近づいたのか

当時から60年あまり。

たくさんの人がこの問いの答えを求め、さまざまなアプローチを重ねてきました。

生物学者や化学者が物質的な生命のかたちを探求する一方で、物理学者や数学者はひとつながりのシステムとして生命を記述しようとしました。哲学者はその存在の命題について考えるでしょうし、芸術家ならその神秘を様々な手法で表現したくなるのかもしれない。

物質から概念まで、様々な抽象度で、人間は「生命」について考えているように思います。「これらを横断的に俯瞰した時、そのなんらかの新しい生命の姿が見いだせるのではないか。そして、それはこの問いへの探求に新たな一歩を切り開くことができるのではないか。」様々な分野の専門家にお話を伺いたいと思い、この企画を始めました。

### これからの生命をめぐる対話

これからの生命をめぐる問いはどこへ向かうのか？

今回の講演会に先立ち、従来の生物学以外の領域で生命の探求を行っている3人の先生にお話を伺いました。

物理学者の金子邦彦先生は、カオス・複雑系理論を応用することで生命をひとつのシステムとして捉え、そのシステムに共通に成り立つ法則を探しています。

今回の取材では、「ゆらぎ」と「要素間のダイナミックな相互作用」が「生命」の本質なのではないか、という新たな生命科学の知見について語っていただきました。

アストロバイオロジーを研究する小林憲正先生は、生命の起源を探求する中で、これまでの地球に限定された生命の概念は宇宙へと拡張していくのが自然だと言います。

「地球および地球外での生命の起源・進化・分布・未来の研究」と定義され、日本ではまだ知らない人も多いであろうアストロバイオロジー。この新たな分野に挑む小林先生のお話は、私たちの生命観により広い視野と可能性を与えてくれます。

ベルクソン、ドゥルーズ、フーコーらのフランス現代哲学や、西田幾多郎、廣松渉らの日本哲学を専門とする檜垣立哉先生は、科学と哲学の関係に注目しながら、生命を鍵として新たな哲学の地平を切り拓くことを試みています。取材では、その中で主題化される概念である「偶然性」から導かれる、独自の「無責任論」について、「賭ける」という行為から生命哲学を説いています。

ぜひ各インタビュー記事にも目をお通しいただき、今回の講演によって新しい「生命とは何か」に対する答えのヒントを得られることを期待します。



登壇者紹介 金子邦彦

# 金子邦彦

【かねこ・くにひこ】

1956年生。東京大学大学院総合文化研究科教授。

専門は、生命基礎論（複雑系）、カオス、非平衡現象論。

主な著書に『生命とは何か 複雑系生命科学へ』（東京大学出版会 2003）、『カオスの紡ぐ夢のなかで』（小学館 1997）などがある。



金子邦彦先生は、物理学的なバックグラウンドから生命の研究に取り組む研究者の一人である。そこで用いられるのは、複雑系・カオス・非平衡現象論など、これまで物理学で発展してきた理論である。しかし、その研究は単に物理学の理論を生物に応用しようというだけの試みではない。同時に、「自然における普遍的性質をとらえる」という物理学がこれまで展開してきた精神を、生物学にも移植しようとしているところに金子先生の独自性がある。

これまでの分子生物学は細胞・タンパク質・DNAの構造を解き明かし、分子という言葉で生命を理解しようとしてきた。しかし、そういった生命に関する膨大な知識の積み重ねによって、私たちは生命のことを理解できたかと問われると、疑問を持つ人も少なくないだろう。金子先生は、そういった細分化・枚挙主義的な流れから一旦身を引くことで、システムとして生命を捉え直そうとしている。生命システムに共通に成り立つ普遍的な性質を明らかにしていくこと、それが生命とは何かに答える一歩になるのではないかと主張する。それはまさに、物理学の「自然の普遍的法則の探求」という精神を強く反映している。

複雑系（Complex system）とは何か——

厳密な定義は定まっているわけではないが、一般に複雑系とは、多数の要素からなり、部分と全体が相互に影響しあっているような系のことを指す。すなわち、システム内部の要素同士が相互作用を通して、ダイナミックに要素の役割が変化し全体の機能を決定する系である。それは様々な興味深い性質を持つことが知られている。こうした視点を持って生命を捉え、分子—細胞—個体—生態系という階層性と、その階層間での動的な相互作用に注目して生命の理解を試みるのが複雑系生命科学である。

具体的な例では、複雑系的視点を持って生命というシステムを数理的にモデル化し、実際に生命を「作って」理解しようというアプローチ（構成的生命科学）がなされている。理論的に構成された生命のモデルをコンピュータ・シミュレーションによって調べ、実際の生物を使った実験と比較することで、生命システムにとって本質的な性質を抽出しようという研究手法である。

以上のような研究を通して、幾つもの示唆的な生命システムの基本的性質がこれまでに提示されている。そのひとつは、生命システムにとって、個々の要素の内部状態の「ゆらぎ」と、要素間のダイナミックな「相互作用」が本質的であるという主張である。

生命システムを構成する要素の内部状態は、一般に大きな「ゆらぎ」をもっている。例えば、細胞を考えた時、細胞内のタンパク質の分布は細胞ごとにおおきくばらつき、また時間的にも常に変動している。また、生命システムにおいては、細胞同士にせよ、個体同士にせよ、常に要素同士は互いに影響し合いながら増殖を繰り返している。そこで、生命システムを「内部状態にゆらぎを持った要素が集合し、それらが互いに相互作用をしながら増殖していく」ような系であると仮定し、抽象化したモデルによってコンピュータ・シミュレーションを実行すると、生物の持つ基本的性質—複製・分化・適応・進化—が自然に生まれてくるといふ。「ゆらぎのある要素が増殖していくような系」ならば、タンパク質や DNA などの特別な物質に依らずとも、そのようなシステムが持つ自然な性質として、生命的な振る舞いが立ち現れるのではないか、というのが金子先生の仮説だ。

複雑系生命科学は新しい生命像を提示しつつある。「生命とは何か」を問う上で、その示唆を受けることは避けて通れないだろう。

## 登壇者紹介 檜垣立哉

# 檜垣立哉

【ひがき・たつや】

1964年生。大阪大学大学院人間科学研究科 教授

専門はフランス現代哲学、生命論、日本哲学。

著書に『賭博／偶然の哲学』（河出書房新社 2008年）、  
『ヴィータ・テクニカ 生命と技術の哲学』（青土社 2012年）、  
『子供の哲学 産まれるものとしての身体』（講談社選書メチエ 2012年）など多数。



檜垣立哉先生は現代フランス哲学を専門とする哲学者だ。バルクソン、フーコー、ドゥルーズといった哲学者たちを研究する過程で、生命の哲学を探索している。

2012年に上梓された檜垣先生の著作『ヴィータ・テクニカ 生命と技術の哲学』では「生態学的転回（ecological turn）」を提唱して、哲学へ新たな視点を導入する試みを進めている。

20世紀後半の哲学の潮流の中では、「言語論的転回（linguistic turn）」が頻りに喧伝された。言語論的転回とは、「言語が現実を構成する」と捉えることにより、言語を思考の道具とみなす近代西洋哲学を超えて、言語そのものに着目した哲学を行おうとする潮流だ。これに対し檜垣先生は、言語によって構築され尽くさない「剰余」としての生命、言語以前の物質=質料としての生命に着目することが、言語論的転回の行き詰まりを打破する契機となると考える。これが「生態学的転回」だ。これを出発点に、フランス現代思想の哲学者たちは勿論、西田幾多郎、廣松渉など日本の哲学者の思想、また現代の生命科学が提唱する知見をも駆使して、生態学的転回が切り拓く新たな地平の可能性を提示している。

今月刊行された檜垣先生の新著『子供の哲学 産まれるものとしての身体』も、この方向性の中で、生命から産まれるものとしての「私」と生命を産むものとしての「私」に注目した議論を展開している。今まさに次々と精力的に著書・論文を発表されている檜垣先生の研究活動は、今後も注視が必要だろう。

これまでの哲学の潮流を踏まえながら、「生命」を鍵とする学際的な視野で、これからの哲学の在り方を模索する檜垣先生に、「生命とは何か」を伺う。

※アンリ・ベルクソン

「生の哲学」を提唱し、19世紀末から20世紀初頭にかけて活躍したフランスの哲学者。生命哲学の原点とも言える人物。著作に『物質と記憶』『創造的進化』など。

※ミシェル・フーコー

20世紀後半のフランス現代思想を代表する哲学者。当時隆盛を極めた構造主義の旗手とみなされたが、現在ではポスト構造主義の思想家とされる。現在自明とされる種々の概念が近代社会に特殊なものであることを論じ、同時に社会に遍在する権力へ鋭い批判の眼差しを向けた。主著『狂気の歴史』『監獄の誕生』『性の歴史』。

※ジル・ドゥルーズ

フランス現代思想の代表的哲学者。フェリックス・ガタリとの共著『アンチ・オイディプス』『千のプラトーン』の中で「戦争機械」、「器官なき身体」、「糸里空間・平滑空間」といった概念を創造し、ニューアカデミズムと呼ばれる日本の思想潮流にも大きな影響を与えた。

※西田幾多郎

日本を代表する哲学者。禅をはじめとする仏教思想と西洋哲学を結合した独自の哲学体系を提唱し、「京都学派」を形成した。代表的著作『善の研究』。

※廣松渉

日本独自のマルクス学の発展に大きく寄与したマルクス主義哲学者。「認識の四肢的構造」や「事的 세계観」などの概念を提唱した。主著に『世界の共同主観的存在構造』『存在と意味』。東京大学教養学部教授を務めた。

取材 金子邦彦

**金子邦彦** 【かねこ・くにひこ】

## 複雑系生命研究の成果

「ゆらいでいる」ことは生きていることに積極的な意味を持つのではないか

——複雑系生命の研究を通して得られた成果について教えていただけますか

まず複製ということを考えると、生物では一個の細胞が増えて同じ細胞をもう一個作る。その時にはその細胞の中にある何万種類もの分子を大体同じに作らなきゃいけないわけですよ。でもそれって普通に考えたらそんな簡単なことじゃない。まず分子を作るのも決まった通りにいくわけではない。反応は分子同士の衝突で起こるので、たまたま分子がぶつかることに依存している。だから当然分子が作れたり作れなかったりということが起きて、その結果各成分の量は一定に留まれなくてゆらいでしまう。じゃあ複製の際、細胞が自分の持つ多くの成分とほぼ同じような成分を持つ細胞を作っていくときに満たすべき一般的な性質があるかどうか。そういうのをいろんなモデルや理論で考えている。例えば、各成分の中には多いのも少ないのもあるんだけど、各成分ごとに「これが一番多い」という順位と量をプロットすると、その結果はだいたい逆比例している。一方で大体同じ細胞が作れるようになったとしても、さっき言ったように、複製された細胞と元の細胞はなかなかぴったり同じにはならない。例えば同じ遺伝子を持ったバクテリアの、あるタンパクの量が細胞ごとにどのくらい違うかを見てみる。そうすると多くの場合に桁が変わるほどにかなり大きくゆらいでいる。細胞はかなりゆらぎとかノイズが大きいシステムだとすると、そこから研究の可能性が二つあります。「たくさんゆらいでいるけれど、じゃあそれを懸命に抑えている仕組みがあるに違いない」と言ってゆらぎの抑え方を調べる研究方向と、「結局ゆらいでしまうんだから、ゆらいでいることやノイ



ズがあることが生きていることに積極的な意味をもつのではないか」という方向。僕はどっちかという後者です。

生き物というのはいろんな環境にいても内部の環境を少し変えてそこに適応して生きていける。普通考えられているのは、細胞には「この環境になったらこのタンパクをもっと作りなさい」というのを知らせる仕組みが進化を通してできているということ。確かにそういう側面はあるし、実際に実験でわかってきている。一方で細胞は今まで出会ったことのないような変な環境に置かれたとしてもなんとか生きていくわけね。そうしたときに、「この環境だったらこのタンパクを作りなさい」みたいなことが全て細胞の中に埋め込まれているっていうのも、ホントかいな、というのがある。

——場合の数が無限通りあるようなものですよ。

そう。この適応の仕組みを理解したい。細胞の中はいろいろゆらいでノイズがあって、ノイズによって適当に動かされている。そのときに、細胞にとって「いい状態」というのは、細胞が成長して体積が大きくなって、たくさんタンパクを作ってたくさん薄まること。「いい状態」ではノイズが入ってもそんなに影響を受けない。一方「悪い状態」ではあんまりタンパクを作らないで成長もしない。少ししか作らないし、薄まりもしないので、細胞の中に入ったノイズは、小さくても細胞が自然に作るものより大きくなりうる。そうするとすぐ細胞内のバランスが崩れてしまい、崩れたバランスはなかなかもとに戻らない。するとノイズのもとでは細胞はだんだん「いい状態」に向かう。そういうことを考えると、特別な仕組みを作らなくても、成長していくような系で中がゆらいているような系だったら、そこそこ適応できてしまうのではないかと思う。まあそもそも作るのと薄まるのがバランスしてる状態がどうやってできるのかというのも問題なわけだけど、そこらへんはもうちょっと研究を進めているところ。さっきの複製の話でも、細胞全体の成長と各分子の増加がうまく整合性を持てるところで、どのくらいゆらぐかという一般的な性質が出てくる。そして適応については、タンパクを作るのと細胞成長との整合性によってうまく外界に適応できるということが出てくる。これらが階層性を持ってうまくバランスがとれているような系の性質なんじゃないか。

## ゆらぎが大きいものは進化しやすい

進化の話は実験との共同研究から始まったものです。高等生物を進化させるのには時間がかかりすぎるけど、バクテリアとかのレベルだったら世代交代が早いから、わりと最近では進化の実験ができるようになってきた。例えば光るタンパクを導入したバクテリアをもっと光るように進化させるとか。当然「進化」というときは遺伝子が変わっていく。でもさっき言ったように、

遺伝子が変わらなくてもタンパクの発現がゆらいでしまって形質が変わっていくということもあるわけですね。例えば「あるタンパクの量がよち多いほうが生きられる」というような環境において、「そのタンパクをもっと作りなさい」という風に進化させる。そうすると遺伝子が変わってそのタンパクをたくさん作るようになるわけ。ただ、進化の前にそもそも個体差でそのタンパクの量に差がある。でもそれはたまたまゆらいでいるだけであって、ゆらぎが多かった個体の子どもが作れるタンパクの量が多くなるってわけじゃない。だからそういうゆらぎはどうでもいいようにも見える。ところが実験してみると、その「ゆらぎが大きいもの」は進化しやすいという性質があった。ゆらぎでそのタンパクの量が多かったものがより良いというわけではないけれど、ゆらぎやすいという性質があるときの方がそうでないときと比べて進化しやすい。

——その「進化しやすい」というのはどのような意味でしょうか。

遺伝子が一個変わったときにその形質がどれだけ変わるかっていうのは一定ではないわけで、遺伝子の変化が同じでも形質の変化度合いに速い・遅いがある。その違いが進化しやすさ。同じ割合で遺伝子を変えて、例えば「このくらい光るのを作りなさい」ってしたときに、もともとゆらいでいるやつのほうが少ない世代でそこに到達できる。いくつかの実験やコンピュータのシミュレーションからもゆらいでいる方が形質が変化しやすいということが見えてきてる。

## 少数コントロール

——「少数コントロール」(※ 1) について教えていただけますか。原始的な本当に簡単なシステムから細胞の増殖に似た反応が見られてとても興味深かったのですが。

「生きている状態」はある種の普遍的な状態だという立場だと、その「生きている状態」が適当に化学反応を集めたらどうやってできるのかということに興味があるわけです。

実際に共同研究者の人とかは化学反応を集めて細胞を作れないかということをやっていて「適当に化学反応をしているいろんな成分が作られて増えていく」という状況はだんだんできつつある。ではその状況になれば細胞と言えるのか？

細胞は「遺伝情報」を持っている。では「情報」とは何なのか？モノの立場で言えば情報はDNAの上に乗っかっている。でも所詮DNAだってたくさんある分子の一つです。いろんな化学反応でお互いに増やし合っていくような分子のシステムを考えた時に、その中のある分子が「情報」を担っているんだと思えちゃうのは一体なぜなのか、ということを疑問に思った。そのようなシステムで、ある分子の性質を変えると、他の分子を変えたとき以上に、

その分子を含む細胞の性質がものすごく影響されるような分子がある。そうするとその分子が大事になる。そして「そいつは保持されてなければいけないだろう」ということになって、「そういう物があればそれが遺伝情報を担う分子だ」と思えてくるようになるだろう、と考えたわけです。

じゃあそういう状態は一体どうやって生まれてくるのか。

DNA とタンパクの関係を見ると、DNA がタンパクを増やすだけでも DNA が勝手に増えているのでもなく、DNA とタンパクが互いに増殖を助けている。そうすると、互いに助け合う関係なのに片方のみが偉そうに見えるのはなぜかということに行き着く。

結論はすごく身も蓋もないんだけど、お互いが増やし合う系で、片方は作るのに時間がかかるなどの理由で数が少ない。その系では数が少ない側は自分が変わることでの他に全てに影響を与えてしまう。ところがもう一方の分子はたくさんあるから、一個の分子の性質を変えたところで大した影響は無い。そういう形で少数のやつが情報を担うようになっていったんじゃないか。

#### ※ 少数コントロール

互いに触媒して複製していく分子からなる反応系（細胞）において、適当な条件のもとシミュレーションを行うと、反応速度が遅い成分が、細胞の増殖をコントロールするようになること。少数しかない成分が変化が系全体の振る舞いを決定する役割、すなわち「遺伝子」のような役割を担うようになる。

## 生命の理論を構築する困難

——先生は物理の理論を生物にどうやって落としこむか、生物の理論を物理のようにどうやって構築するか、考えていらっしゃると思うのですが、物理から生物に移るにあたって一番困難なことは何なのでしょう。

そうねえ。何なんでしょうね……（笑）

使えるのは統計力学的な「たくさんものが集まったらどうなるか」という考え方なんですけど、でも統計力学は平衡系であることになり縛られている。

統計力学の理論を拡張しようという試みはずっと行われているんだけど、完全にできたのは平衡のすごく近く。それ以外に関しては少しずつ進歩してるけどまだあまりよくわからない。

「非平衡」の理論を構築する試みもなされてるけど、非平衡と言うと平衡じゃないものは全て含まれてしまう。だから非平衡に何らかの制限をかけなくちゃいけない。制限の仕方という意味では、僕は「生きている」という制限の仕方が一番いいんじゃないかと思う。

## 生物は平均化できない——物理学が今まで直面していない問題

力学系の理論——いろんなものが時間的に変化するという理論——では、2つの成分が変化するんだったらそれらが2次元の中でどうやって動いていくかを見て理解する。3つの成分だったら3次元。だけど1万次元になるととたんに難しくなる。1万次元の力学系みたいなものから何か得られるのか、そこに対する理解がどれだけ得られるのか。力学系という考え方をどこまで拡張できるか、という問題がある。

1万次元になったら1万次元全部必要かって言ったら多分そうではない。あるいはもう1万個あったらそれを適当にならしちゃって考えればいいじゃないか。

例えば統計力学では、ここに10の23乗個分子があったって、それらを1つずつ見る必要なんてなくて、全部平均化してその量を見ればいい。

だけどやっかいなのは、細胞内の分子はそれぞれの量はそれほどたくさんではないけど種類が多いこと。1万個じゃなくて1万種類のタンパクがいる。そこが物理学が今まで直面していない問題。

でも1万種類は1万種類でたくさんあるんだから、全部見る必要はなくて、「1万種類から大まかにみた少数のもので考えればいいじゃないか」ということがある程度あっていいような気がする。1万種類全部のきちっとした決め方まで必要だったら、細胞なんかとても安定してられないわけですから。

——でもその1万個は平均化するにしても互いに相互作用しあってますよね。

そこなんですよ。

我々が今まで持っていたのは熱力学的考え方や統計力学という、平均化できる部分とできない部分がきれいに分かれているもの。そこで安定性とか不可逆性とかいう見方をしてシステムの理論を作ろうとしてきた。

だけど生物は多分それだけではいけない。そのいけないところに生物のおもしろさもあるんだけど、そこが今後の理論の難しさ。だからそれが全然できなかつたら、人類に生物はお手上げだということになるかもしれない。

——一番の困難というのは生物は平均化できないという点なのでしょうか。実際に平均化してみたところで、重要な相互作用を切っていたりするかもしれないというのが1万種類に対してあるんですよ。

細胞同士、個々の分子同士は互いに影響するけど、その影響の度合いが小さければ、シ

ステムの全体を理解した後で、影響はちょっとした摂動であると言える。たくさんお互いに影響しあっているときに、「とりあえずあるものを切り離して考えましょう。その後で影響の度合いはちょっとした摂動で後から加えます。それはちっちゃい量なので計算できます」ということ。それが物理学が一番成功した点。

もちろん物理学でもそこを乗り越える試みがたくさんされていて、影響しあう度合いが大きい場合にどうするかというのが、ある種統計力学という相転移とかそういうところでこの30、40年くらいで進んだ分野。

そういう意味で相互作用が強い分野でも、そっちの考えがある程度は使えるかもしれない。

相互作用が強くなるのは生物の宿命なんですよ。

だからそこで今までの物理学とか数学で進んできたものを踏まえつつ、新しい考え方をどれだけ発展させられるかという。なかなか難しいですけどね。

そこら辺が若者に期待するところ（笑）

（2012年9月20日 東京大学駒場キャンパスにて） ■

## 取材 小林憲正



# 小林憲正

【こばやし・けんせい】

1954年生。横浜国立大学大学院工学研究院教授。

専門は分析化学、アストロバイオロジー。

著書に『アストロバイオロジー——宇宙が語る〈生命の起源〉』（岩波書店 2008年）

『地球外生命 9の論点』（共著者：立花隆、佐藤勝彦ほか8名）（講談社 2012年）などがある。

アストロバイオロジーとは「地球および地球外での生命の起源・進化・分布・未来」を研究する学問領域のこと。

小林先生は宇宙に目を向けて生命の起源を解き明かそうとしている。先生の探求する「地球上で進化してきた」という限定を取り去った生命の在り方は、従来の生物学の「地球中心主義」からの脱却を迫るものである。

## 生命はどこからきたのか

### 生命の起源研究と地球外生命探査は裏表

——『アストロバイオロジー——宇宙が語る〈生命の起源〉』（2008年 岩波書店）の出版以降、生命の起源を巡る研究と宇宙探査においてどのような進展があったのでしょうか？私の興味は生命の起源を知ることです。それを知るための手段として宇宙の生命探査というを行なっている。生命の起源研究と地球外生命探査、これは本当に裏表ですから、人によってどちらが表（目的）でどちらが裏（手段）かというのは違うと思います。私の場合は、生命の起源が最初だったわけですね。

（生命の起源の探求において）何が問題かというと、生命の起源というのは一番根本的なことがほとんど何もわかっていないということ。生命の誕生には有機物が必要なのは間違いない。だからこの有機物がどこからきたのかという研究はいっぱいあるわけですね。でも、集まってきた有機物と生命との間には、依然としてすごく距離がある。それから逆に、古生物を研究している人は化石などを手がかりにして昔の生物に迫っていくというやり方

を採っている。そのやり方で辿っていくと、共通の祖先がいたらしいというのはわかっている。でもその共通の祖先は今ではもう残っていないから、その近傍の生物で今も残っているもの、そこまで迫れる。でも、その近傍の生物と最初の祖先との間には小さいようすごいギャップがあるのではないかと私は思っています。

ですから、二つのすごいギャップ（有機物の集合と生命との間／共通祖先とその近傍の生物との間という）に挟まれて結局生命の起源はよくわかっていない。その間を埋めようとしたときに何が一番問題になるかという、生命ができた当初の地球が残っていないということ。できたての生命も残っていないし、できたての生命が使っていた有機物も残っていない。だから、それ（昔の地球）をどこかで探してくることができれば一番いいんです。最近、少なくとも太陽系では惑星探査が可能になったので、そういうところで昔の地球を類推させるような環境を探す。そこが徐々に進みつつあるというふうな認識です。

## 生命と非生命の間

私にとって生命と非生命の一番の境目は何かというと、非生命（すなわち単なる有機物）はどうあがいても壊れる一方なんです。有機物は熱力学的に壊れる運命にあります。環境によってスピードは異なるかもしれないけど、最終的に二酸化炭素やメタンになってしまう。

生命は何が違うかというと、壊れるより早く自分を作ることができる。だから、始めの生命を考えた時にまずは「壊れにくくする」というのがひとつありますね。壊れにくいという段階からスタートすれば、より機能を上げるものを取り込んだものが進化していく。壊れにくくした上で自己複製ができてくれれば嬉しいのですが、自己複製ができないまでも、擬似自己複製でもなんでもいいから自分に似たものを減らさない工夫をすれば、完全に壊れていくという危険がなくなるわけです。まずは、見かけ上壊れない系ができればしめたものですね。そういう場を一旦作っておいたらすこし遊びができます。ちょっと他のものに置き換えてみたり、別な反応でこんな物質ができてみたから使ってみよう、などという「実験」ができます。

まあ、この見かけ上壊れない系というのは生物屋さんが見ると「こんなの絶対生命じゃない」と言うと思います。ちゃんと立派なものを使ってないわけですから。でもそこが多分、生命のスタートじゃないかと。

RNA ワールドという説（※1）がありますよね。どこかにRNAらしい分子があった、という説には私は別に反対しないのですが、RNA が最初にできると言われると「どうかなー」と思ってしまうのです。RNA はあまりに複雑な物質だし、本当に脆いものなんです。すぐに壊れてしまう。それを最初に持つてくるというのは少し無理があるんじゃないかなと。だからまず

「壊れにくい」という場を作った後で、RNA を取り込んで、そっちのほうが性能が良くなって進化したのではないか。

——つまり一度「壊れにくい場」ができてしまえば自ずと進化は起こってくるということでしょうか？

そう思います。まずは0から0.00000001でも進んでくれないとどうしようもない。

そこで当然触媒がいるのですが、結局タンパク質とか核酸を先に考えてしまうと、単にアミノ酸を適当につなげただけでは触媒にならない。すぐく（触媒になる）割合が低いんですね。そうするとなんでもいいから、触媒になるもの、この本で言ったら鉄イオンでも、触媒機能のあるものがやってきて回してくれと。

#### ※1 RNA ワールド仮説

生命の起源となったのは自己複製する RNA であるという仮説。

地球では、まず初めに遺伝情報を貯える核酸の役割と化学反応を触媒する「酵素」の役割の両方を担う RNA が誕生し、生命がその RNA を出発点に進化していく中でタンパク質（酵素の役割を担う）や DNA（遺伝情報を貯える）が生まれた、と考える。

生命の起源についての仮説として広く支持されているが、「自己複製する RNA はどのように形成されたのか」という問いに十分な答えを与えていないという批判もある。

## アストロバイオロジーによる生命観の拡張

### 地球外生命——高まる期待感？

——地球外生命の可能性がゼロという人の根拠は何なのでしょう？

生命の起源を考えると一番普通なやり方は「地球の生物はこのタンパク質とこの DNA を持っている、だから（生命として在るためには）これらを作らないといけない。でもこれをつくるのは大変だよー」という話になるわけですね。そういう風に考える人はピンポイントに「ここがゴールです」というのがあって、そのゴールに向かって化学反応をさせようとする。そうするととても難しい話になってしまう。

——生命を地球に存在する生物を基準に捉えてしまうと難しくなる？

ゴールはいっぱいあるんです。地球の場合は幾つもあるゴールの中でたまたま私たちの知っているところにランディングしたというだけで。だから地球外生命が地球上の生命と同じ点に着地するという確率は非常に低いだけけれど、ここでもここでもいいんだってなれば可能性はぐっと広がります。



自己複製をしようとする高性能な化学物質は核酸系以外のものは私たちは知らないけれど、我々のまったく知らない自己複製物質があってもおかしくはありません。地球の場合はそういうところ（核酸を使う）にたどり着いたようだけれど、かならずそこがゴールかはわからない。DNAだけを探すのでは視野が狭くて、ちょっと違うものを使っているという可能性を考えなければいけないんです。

—DNA以外で自己複製しようとする分子は探求されているのですか？

核酸の類似のものしか今のところいいものはないですね。DNAをちょっとずつ変えたもの、例えば塩基を他のものに変える。あるいは糖をリボースの代わりにアラビロースにしたっていいし、もっと小さな糖にしたっていいし、というようにいろいろ置き換えられる可能性がある。それから、そもそも糖がとにかく自然にできにくいというのがあるので、糖の部分をペプチドにしてペプチド核酸にする、というのもヨーロッパを中心に研究している人がいる。

いずれにしても、DNAのような二重らせんができて、二重らせんをくっつけているのは塩基ですよ、というのは共通している。全然違う複製物質というのがあってもいいと思うんですけど、いろんな人が一生懸命考えてるけど誰もまだ見つけられてない。ないわけがないと思うんですけどね。

—もしかしたら他の惑星で生命が見つかって、我々の知らないような複製物質を使っていることがわかるかもしれませんね。

そうなんですよね、それが楽しみなんです。

## 宇宙全体を見れば生命は当然いると思います

—宇宙の生命探査には、地球では想像もつかないような化学物質の発見という期待も込められているのでしょうか？

それもあります。いくら地球上で生命に多様性があるといっても結局種類しかないわけですから。これだけをもって「生命」を論じるというのはどうかと思いますけどね。ふたつ目の生命がひとつでも見つければ、見つけ方がわかったわけですから生命が一気に見つかるんじゃないかと期待しています。太陽系内にそんなにいくつもあるとは思わないですけど。

—もし太陽系内で生命が見つかったとすると宇宙全体にはたくさんの生命があるはずですよ。そうするとフェルミのパラドクス（※2）がより現実的になってくるのではないかと

思うのですが……

まあ宇宙全体を見れば生命は当然いるとおもいますよね。ただもうひとつの問題は、ごく単純な生命だったらポンポンできるんだらうと私も考えてるんだけど、そこから高等生命までの進化、文明を持つまでの進化がどれくらいの確率で起きるかはわからない。でも0ではないだらう。宇宙でもどこかにはあるだらう。でもその密度がどれくらいかは言えない。それに物理法則は宇宙で共通だから、光速より速く飛ぶつのはブラックホールとかそういうSFっぽいのを考えない限りできないだらう。さらに文明の活動の寿命というのもわからない。本当に知的なものがいるというのは、宇宙の歴史の中ではほんの数百・数千年のことかもしれない。その短い期間に他の知的生命体と遭遇するっていうのは難しいかもしれない。まあ知的生命がどうやって生まれてくるかはよくわからないですよ。

## ※2 フェルミのパラドックス

全宇宙で生命を持つ可能性のある惑星の数の予想から導かれる地球外文明の存在率の高さと、現に我々がそのような文明との接触したことはない、という事実との矛盾のこと。物理学者エリンコ・フェルミが最初に提唱した。

——アストロバイオロジーの進展によって生命の定義が拡張されていく印象を受けますが、先生はどうお考えですか？

定義はもともとないです。人によって非常に細かく定義する人もいるし、エントロピーがどうのこうのと一言で説明しちゃう人もいる。だから誰もが納得する生命の定義というものはないので、定義の代わりに特徴という言い方をして、生命の特徴を4つくらいほとんどの人はあげてますよね。

実はこの4つでほんとにいいの？というもあるし、あるいは4つを満たさなくても生命と呼んでいいものが見つかる可能性もありますよね。ソラリスの海みたいに境界のない生命というのも絶対ないかと言われるとゼロではない。暗黒星雲の10K、20Kという非常に低い温度の中で、ゆっくりゆっくり動く生物もいるかもしれない。それは我々が見てすぐには「生命」と認識できないものなんです。生命をどう定義するかでその発見されたものが「生命」に入るか入らないかも変わってきますし。

——生命と非生命は連続的であるという話にもつながる？

連続的なんだけど、ある瞬間を取るとその時に存在する非生命と生命との境目というのがある。ただその境界が、その生命システムの進化とか淘汰に伴って徐々に動いていくというイメージです。

—アストロバイオロジーの成した発見によって今までの生命観はどこまで崩れていくと思われませんか？

地球以外に生命がいるとわかるだけで、生物学が天動説から地動説に転換する。私たちは生命にはいろいろな可能性があるんだ、と思って研究しているのですが、中には「生命はこれ（地球生物）しかない!」と考えている人もいっぱいいるわけです。「我々が宇宙で唯一であるわけではない」ということが言える、というのが一番重要だと思います。

—アストロバイオロジーが生命の研究において果たしている役割、ひいてはこの社会において果たしうる役割はどんなものなのでしょうか？

生物学に対しては、まさにユニバーサルバイオロジーですよ。

物理学や化学っていうのはアンドロメダ星雲に行っても成り立つ学問なんだけど、地球の生物学というのは他の星に持って行って成り立つ保証はまるでないわけですよ。だから地球も地球外の環境も含めて「生命とは何か」ということを考えるときには、アストロバイオロジーの視点で生物学を広げていかないといけないと思います。そういう視点で考えてくれる人を生物学の中でもある程度増やしていきたいとは思いますがね。生物学における地動説から天動説へのシフトを推進しているような感じ。

人間はどうしても自分たちが中心だと思いたがるんですね。とはいっても、少なくとも地球は宇宙の中心じゃないということははっきりわかったんだけど、生命体として地球に色々生物がいて、人間は地球上のいろいろな生物の中でトップにいるんだ、と考える人もいる。これはある意味で正しいかもしれないけどひっくり返してみるとわからないわけですよ。それじゃあ宇宙でもほんとにトップなの?と考えると、トップじゃない可能性の方が高いわけですよ。一般の人に対して、まずは自分を客観的に見る材料になるということですよ。

(2012年9月25日 横浜国立大学にて) ■

取材 檜垣達哉



## 檜垣立哉

【ひがき・たつや】

### 哲学に領域は無い

「哲学」＝ 学問

今では大学の哲学科に進むと、どちらかというと文献研究のようなことをさせられる。でも、本当は哲学には領域なんてないわけです。アリストテレスなんて数学も生物学も天文学も全てやっているし、そもそも「哲学」というのは学問という程度の意味だから、もともと何も制約はないわけです。学問なんてものは全部哲学で、特に分かれてもいなかった。ライプニッツは微積分を作ったし、パスカルはヘクトパスカルという単位に名前を残している。そういう全然境界がない時代があったけど、19世紀からは色々学問が分かれてしまった。

### 文理の区別は現代特有のもの

個人の能力に限界があって、それぞれの領域で研究しなきゃならないことが昔と違って膨大だから、特定の領域でやらなきゃいけないし、学者になろうとするなら自分の専門領域に専念すると言われる。でもどの分野も基本的にはつながっているわけですよ。そもそも文系がなぜ理系の問題を考えるのかという問い自身がちょっとおかしいと考えるべきなんじゃないでしょうか。

# 哲学と科学の関係

## iPS 細胞から考える哲学

先日ノーベル賞の受賞が決まった山中伸弥教授の iPS 細胞も考えてみればすごく哲学的な問題になる。僕が不満なのは、「再生医療に道を開く」という極めて限定的な視点で、人の役に立つということばかり強調されていること。iPS 細胞がなにを意味しているのかは、実際にやっている人にも分からない。でも、「細胞を取り出して、あなたの大元まで戻せますよ」というのがもしテクノロジー的に可能だとしたら、様々な奇妙なことが実現出来てしまう。それは善い悪い以前に、そのこと自身一体なにを意味するのか、どれほど重大な意味を持つのかということがまず分からない。だからそういうことを考えていく立場の人も、必要なんじゃないか。

自分の専門領域で論文を書くことに専念している一方で、自分がやっていることの意味は何かを知りたいという理系の研究者は沢山いる。でもそれを口に出すと、「それは哲学者が考える問題だ」となってしまう。

iPS 細胞でも分かるように、文系よりも遥かに多額の税金を使って研究している以上、それをどうやって使うのか、科学と社会との関係や、科学が思考の在り方どう関係があるのかというの重要な問題として考えなくてはならない。

## 科学に対する哲学の役割

自然科学は今の人間の知の中で非常に根幹的な部分を作っている。これがものすごく明瞭で、意味がある分野だということは事実として無視できない。でも、自然科学の研究成果が、人間が生きているという事柄に対して、何の意味があるかという問いは、もっと広い枠組みで捉えられなければならない。そこには様々な知があって、本当は分離されていない。

でも専門化してしまうと、そういった高い視点から考える発想はなかなか取れない。本人の良心がどうあれ、その時の体制や経済的なものを無視できなくなって、あまり迂闊なことを言えない。特に、自然科学が立ち向かっている技術的問題は、人の生死に関わる。そうすると、科学者には迂闊に言えないような荒唐無稽な考えを表に出すこと、それも哲学者の役割

と言えるかもしれない。

## なぜ今、生命なのか

### 「生命とは何か」という問いの普遍性

やはり、生きているということは誰にとっても共通。死ぬということも共通。なぜ生きているのかとか、なぜ死ぬのかということは、古来からある哲学の問いなんです。

### 生命科学の発達が生命哲学を豊かにする

僕は、自然科学が生命とは何かということをどんどん解明してくれると、自分が生きているのは何故かということに対する思考はむしろ豊かになると思う。自分が自分の身体とか思考、例えば脳をコントロールできないということが分かってくるというのは、むしろ「自分がなんで生きているのか」「どうやって生きていけばいいのか」ということを考えるときにやっぱり非常に有益だと思う。

### 生命という概念の遍在性

我々が考えている生命というのはバクテリアとかウサギとかミミズとかのことだとされている。しかし一方で、社会や天体を生命的な比喩で語ることは少なくない。そうすると、全部がつながりの中での系みたいなのだっていう発想で捉えられる。もちろん生物学者は、今ある形でのDNAを中心に一義的に考えるんですよね。一義的だから発生の起源は一つだなんて言われているんだけど、本当かどうかは分からない。宇宙生命を探している人は恐らく、DNAを考えたときに、違う物質で違う暗号系で作られているものを考えていると思うけれど、それがどういう風に在るのか、例えば今の形でDNAやRNAが作られているものを生命だって考えるのが本当に正しいのか、もっと生命という概念を拡張してもいいんじゃないのかとも思う。でもそこは難しいですね。

一昔前だと、哲学の中でも有名なものに生氣論、vitalismというのがあって、唯物的に確定できないところで何か生命の本質があるんじゃないかという考え方があった。また、あらゆる植物はイデアとしての一つの原型があって、それが変形していったら今ある生物になっていったんだという進化論もあった。「何かがあって、それが分かれて色んなものになる」とい

う生物学的発想は意外と昔からいっぱいあったんです。まあ今からみればバイオテアの進化論や、vitalism が前提としているいわゆる生氣は、言ってみれば空想上の産物じゃないですか。だけど今の科学の水準からみても、そこには直観的に正しそうな部分があるわけだよね。それが複雑系がやっつてことで面白いところ。言ってみれば全く唯物論的に確認出来ちゃうわけですよ。ただ今の段階では、何かに到達しているわけでもなんでもない、途中の状態。そういう意味で、研究として一番楽しいのかなと思います。先に何かがあるか見えている研究でもないし、それをやってみたらどうにかなるという話でもないからね。

## 食べること、殺すこと

生命と人間ということを考えると、興味深いことのひとつは食べること。食えるという行為は、生き物を殺して食えるということ以外の何物でもないんですよ。これはすごく不思議な事で、要するに生物の中で食い合いをしているんだよね。だけど人間が人間を殺しちゃいけない、街で猫を殺しちゃいけないとされている。一方で魚釣ってそこら辺で焼いても、別に問題にされない。結構不思議な話じゃないですか。

今の生命倫理は専門化されてしまって、医師のインフォームドコンセントの技術のようになってつまらない。本当に生命倫理が考えなければならないのは、人間は人間を殺してはいけない一方で、人間は生きていくために他の生物を殺さなければならない、という根本的なことでしょ。

## 死ぬことの絶対性

もう一つは、人間の死について。今から五、六十年前の状況を考えると、出産では、母子のレベルで考えると1割か2割は平気で死んでいるわけでしょう。ところが1割や2割の人間が死んでいる段階だと、誰が悪いという話にはならないで、ある意味で仕方のないことだとされる。だから神様仏様にすがって、お祈りする。でも今は出産でほとんど死なない。ほとんど死なくなると、死んだら責任が問われるようになるんだよね。表面的に見ると大変なパラドックスですよ。

人間は絶対死ぬんですね。ところが死ぬ時に、なんで自分は死ぬんだということを言う場合がある。人間のメンタリティとしてそう思うのは明らかだけど、でも別の観点に立つと、死なな

い人間はいないんですよ。この原理は割と重要で、人間としてみんな平等なんですよ。別に90歳まで生きたから幸せで、28歳で死んだから不幸だというわけでもない。現代は死が不可視化されているから、自分や周囲の人間が死ぬことにショックを受けることは当然のこととして理解できるけれど、それとは別に、人が死ぬ時に本当はどこに責任があるのかということとは、社会全体で考える必要がある問題だと思います。

## 生命と「無責任」「賭け」

### 自然は無責任

僕が書きたい本の一つとして、無責任論というものがあります。責任についてはみんなが過剰なまでに考えている。でも、生まれて死ぬということは元々無責任なこと。君たちもたまたま頭が良かったから、たまたま試験が出来たから東大に入っているだけで、そんなものは単なる偶然が色々積み重なっているに過ぎない。もちろん人間には努力とか勤勉というものがあるけれど、頑張れば何でもできるようになるわけではなくて、ごく特殊な性質を持って生まれた人間がいる。本当に偶然です。それは古典的な言い方をすれば、運命に近い。その運命ということに基づき、人間は神様とか仏様とか輪廻転生とかいう言葉で、納得してきたわけです。でも、近代化して科学的な社会になってしまって、現代人には納得する機構がないんだよね。

自然の無責任に対して人間が出来ることの領分は、僕はすごく少ないんじゃないかと思う。それがいかにも向こう側まで出来るというように社会が思ってしまうと、それ自身がすごく危険なんじゃないか。

生命倫理に関して僕が不満なのは、すぐに規制をかけようとする。クローンは人道的じゃないかもしれませんとか、DNAをどうこうしたらどんな危険なことが起こるか分かりませんか、異常な恐怖言説みたいなもので蓋をしようという態度は、生命倫理ではすごく強いですよ。でも、本当に何が起こるかはわからない。遺伝子組み換え作物が危険だとされているけれど、その証拠は何もない。もちろん本当に危険なことが起こるかもしれないけれど、人間が死んだらどうするんだと言われても、こういうことが起こってしまったということでもいいんじゃないか。マクロな視点から見れば善いも悪いも無いし、実はミクロな個人の視点から見ても、善いか悪いかということとは分からない。科学は限界まで徹底的にやるべきだと思う。どんどんや



れば、どんどん分からないことが出てくるでしょう。

## 自然一賭け一人間

無責任論の根本的なポイントになるのは、「賭け」ということ。賭けるという行為は、自然の無責任と自分がここに存在していることとの接点として考えると、根本的で分かりやすい行為。賭ける時には自分の決断をしなきゃならない。決断を基に賭けるけれど、結果がどう出るかは絶対分からない。しかも負けても誰にも責任がない。生きていることのリアリティが最も現れるのが、「賭け」という行為なんです。

賭けでは、当たった時に驚く。外れて驚く人はいない。意志的に当てようとしているんだけど、当たったらびっくりする。外れると、こんなもんかと思う。これは人間の本性としてすごく重要な問題だと思う。予測が現実化しないことへの自己防御でもあるけれど、やっぱり根本的なところで、身を委ねる、自然がこちらへ来るか否かは抗し難いことだと考えるんです。前近代社会だったら、神様や仏様が決めるんだとみなすけれど、賭けでも同じことなんだよね。

## 確率論の倫理

結局のところ、確率論がこの世の本質のひとつなんでしょうね。だから、確率論を倫理へと落とし込むことが重要になると思います。哲学者や倫理学者は責任についてばかり論じて、無責任について論じないけれど、僕は哲学的無責任論の序説をやりたいと思っている。才能と人生の問題があるからどこまでやれるか分からないけど、残りの人生はそういうことをやりたい。

(2012年10月20日 大阪大学吹田キャンパスにて) ■

## 見聞伝その他の企画

カゴエ  
やみなべ

「鍋を囲まなくとも やみなべはできる」

12号館 1214 教室

23日、24日、25日 ~ 16:30

ベトナムコーヒー、各種マフィン、  
巨大クッション、あやしいものいろいろ。

駒場<sup>あ</sup>にいいい  
プ・リ・ク・ラ<sup>♪</sup>  
があ<sup>あ</sup>やってくるっ!  
!!!!

11月23日(金)~25日(日)

9:00 ~ 18:00 (最終日は 17:00 まで)

13号館 13号館ロビー教室

一回 400円



---

見たい、聞きたい、伝えたい！

**東京大学見聞伝セミナー**  
kenbunden.net



東京大学見聞伝 駒場祭講演会 2012  
「生命とは何か」 特別配布冊子

---

2012年11月25日 発行