

【学協会シンポジウム】「生命とは何か？」

提題者： 澤井哲(東京大学・日本生物物理学会)
米虫正巳(関西学院大学)
山田有希子(宇都宮大学)
特定討論者： 大塚淳(京都大学)
司会： 松田毅(神戸大学)

「生命」はアリストテレス以来、哲学における主要テーマのひとつであり、「生命とは何か」を解き明かすことは、伝統的に哲学の課題であった。しかし、近代科学の勃興、特に 20 世紀における生物学の飛躍的な発展にともない、その課題は科学に譲り渡されたように思われる。シュレーディンガーは、一九四三年に行われた著名な講演「生命とは何か」で、「今日の物理学と化学とが、このような事象を説明する力を明らかに持っていないからといって、これらの科学がそれを説明できないのではないか、と考えてはならない」と述べていた。それから七〇年あまりを経て、科学は急速な発展を遂げ、特に生物学は生命のメカニズムを詳細に明らかにしつつある。

哲学においても、近年「生物学の哲学」に対する関心が高まっており、そこに「生命」をめぐる問題に対して哲学が固有の貢献を果たしていることを見ることも出来る。しかし「生物学の哲学」においては、生命について議論してきた哲学史の蓄積が必ずしも踏まえられているわけではない。基本的には現在の科学を前提とする「生物学の哲学」において捉えられているのはまったく異なった生命理解を、たとえばアリストテレスや、ドイツ古典哲学、ベルクソン、フランスのエピステモロギたちは持っていたであろう。こうした哲学的生命概念は科学によってすでに乗り越えられてしまったのだろうか、それともそこには科学が見落としている重要な論点が潜んでいるのだろうか。

またこれは、物理学、化学、生物学という科学の専門領域の間の関係をめぐる問題とも関わっている。シュレーディンガーの上記の発言が想定しているように生命現象の説明は、物理学と化学に還元できるのだろうか。これらの科学の現在の知見からいえば、これを伝統的な機械論と生氣論の対立問題として考えることはアナクロニズムになりかねないが、後者で問題となっていた、生命を物理学によって十分に記述できるのかという問題はいまだ解決されていないように思われるのである。

本シンポジウムでは、物理学から生命システムにアプローチしている澤井哲氏(東京大学)に、現在の生命研究の到達点をご報告いただくとともに、そうした科学的な生命理解からは最も遠いと思われているドイツ観念論の生命概念について山田有希子氏(宇都宮大学)、そして 20 世紀における科学の発展を踏まえながらも、生命に物理学には還元できない原理を認めるカンギレムなどフランス・エピステモロジーの研究者である米虫正巳氏(関西学院大学)に提題をいただき、それぞれのご専門から「生命とは何か」という問いに取り組んでいただく。さらに生物学の哲学において最先端の研究をなされている大塚淳氏(京都大学)には特定質問者として、哲学と科学とをつなぐ視点からご発言いただきたい。それぞれの論者がそれぞれの文脈で理解している生命概念をつきあわせることで、その差異を浮き彫りにするとともに、領域を超えた討議における化学反応を通じて、「生命とは何か」という問いに、今日哲学がどのような貢献をなすことが出来るのかを再検討する機会としたい。

「生命とは何か?」という問いに対して哲学が語ることのできる若干の事柄

米虫正巳(関西学院大学)

「生命とは何か?」という問いに対して、哲学は何らかの回答を与えることができるのだろうか。もしそうではないのだとしたら、その場合、哲学はこの問いに対してどのようなスタンスをもって接すればよいのだろうか。

このように言うのも、「生命とは何か?」を何よりも問うべきなのは、生命を直接に研究対象にしていると一般的に見なされる学問、つまり生物学だと考えられるかもしれないからである。本来生物学が答えるべき問いに対して哲学もまた答えようとするならば、それは屋上屋を架すことになってしまうのではないだろうか。

しかしそうではないという反論もある。というのも、生物学が生命を研究対象としているという見方自体が、実状にそぐわない面を持っているとも言えるからである。20世紀の生物学の進展に沿って、生化学や生物物理のように、化学や物理学の手法を用いて生命現象に迫ろうとする動向が有力になるにつれ、「生命」というもの自体が生物学の対象ではなくなっていったという歴史はひとまず認めねばならない。

例えばフランスの生物学者フランソワ・ジャコブは、その著書『生物の論理』で次のような言葉を残している。「分子的レベルでの物理・化学的諸過程の統一性を承認するということは、生氣論が一切の役割を失ったということである。というのも、熱力学の誕生以来、生命(vie)という概念の操作的な価値は薄まるしかなく、その抽象力は衰えるだけであったのだから。我々は今日、[生物学の]実験室の中で生命を探ることはもはやしない。我々は生命の輪郭を明確にしようとはもはやしない」(François Jacob, *La logique du vivant*, Gallimard, 1970, pp.320-321)。

このジャコブの言葉が証示するように、20世紀半ばの分子生物学の成立と以後の発展につれて、現代生物学では「生命」について語ることは忌避されてきた。ミクロなレベルでの生命現象は、物理学や化学が分析する無機的な系での諸現象と本質的に区別されるものではないことが明らかになった以上、そこに回収されることのない例外的で特別な存在として「生命」を想定することはできなくなったのである。

「生命」について語らなくなった現代生物学においては、当然「生命とは何か?」という問いも有効性を失うことになる。それでは、そこであらためて哲学の出番が来るのだろうか。生物学がもはや問わなくなった「生命とは何か?」という問いに、生物学に代わって哲学が答えることにこそ意義があるのだというふうには。

けれども、話はそのようにはいかない。生物学者にして生物学史家のミシェル・モランジュが指摘するように、実は上のジャコブの言葉は「中立的な仕方」で記されており(Michel Morange, *La vie expliquée ?*, Odile Jacob, 2003, p.16)、現状確認として端的に一つの事実を述べているにすぎない。つまりその言葉は、「形而上学的存在」としての「生命」など存在しないということを確認しているのであって(Jacob, *La logique du vivant*, p.327)、生物学にとっての何らかの規範、例えば「生物学は生命などを問題にするべきではない」といった規範についての言明ではないことに注意しなければならない。

1960年代から90年代にかけての生物学では確かに「生命とは何か?」という問いの不在が顕著となっていたのは事実である。しかしそれ以降、現在にかけては、むしろ「この問いは再び流行に

なった」のであり、それは「多くの生物学者たちの探求の核心にありさえする」(Morange, *La vie expliquée ?*, p.6)。つまり現在の生物学においては、これまでとは逆に、『生命とは何か?』という問いの回帰(*Ibid.*, p.7)が見られるようになってきているのである。

事態がそうであるからには、生物学に代わって哲学がこの問われざる問いに答えることに意義があると考えることもやはりできないだろう。それでは、「生命とは何か?」という問いに対して、哲学はどのように関わればよいのだろうか。

我々の考えでは、哲学がこの時に取るべきスタンスは二重のものとなる。それは一方で、生物学とはまったく無関係に生命について論じることは避けるとしても、それと同様に生物学の言説を単に反復することも避けなければならないというものであり、また他方で、「生命とは何か?」という問いに対して生物学のように直接的な回答を与えようとするのではなく、その問いを別の仕方でも問い直さなければならないというものである。

そこで本発表では、フランス哲学におけるエピステモロジー(科学認識論)を考察の素材として取り上げてみたい。その理由は、フランス・エピステモロジーは個々の諸科学とその歴史に即して、しかしそれらを単に反復するのではない仕方、独自の哲学的系譜を形成してきたという経緯があり、とりわけ生物学・生命科学のエピステモロジーは、数学や物理学のそれと並んで、そうした系譜の主要な流れを成しており、既に一定の研究の蓄積が残されているからである。

もちろんフランスにおける生物学・生命科学のエピステモロジーのすべてを取り上げることは不可能なので、ここでは対象を限定しなければならない。そこで本発表では、ジョルジュ・カンギレム(Georges Canguilhem, 1904-1995)とジルベール・シモンドン(Gilbert Simondon, 1924-1989)という二人の哲学者のエピステモロジーを取り上げることにしたい。

カンギレムはまさに20世紀半ばからフランスの生物学・生命科学のエピステモロジーを牽引した一人であり、その生命をめぐる考察は、少なくとも部分的に彼の同時代の分子生物学の進展に応答しようとしたものであるだけでなく、最近の生物学の着想とも共鳴し合うものであることは、生物学の側からも指摘されている(Cf. Michel Morange, « Georges Canguilhem et biologie du XX^e siècle », *Revue d'histoire des sciences*, 53-1, janvier-mars, 2000)。

またカンギレムの弟子であり、その個体化論(*L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information* [1958], Jérôme Millon, 2005, 2013, 2017)や技術論(*Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier, 1958, 1989, 2012)が近年フランスで(再)評価されつつあるシモンドンの哲学は、その研究対象が生物学・生命科学にのみ限定されるのではないにしても、それらを主要なものとして内包するものであり、現在でも検討に値する生命についての考察がそこには含まれていると思われる。

これら二人の哲学の中に見ることのできる生命論を検討することを通じて、またそうした生命論に対して生物学の側から生じた反応も考慮に入れつつ、「生命とは何か?」という問いに対して哲学が何を語り得るのかについて考えてみたい。

やわらかさと複雑さから考える生物普遍性

澤井哲(東京大学)

いきている系を自然科学からどう理解するか。物理学、分子生物学における素朴実在論においては、分子レベルの第一原理的理解に立脚し、そこからマクロレベルの構造、現象を演繹することが基本にある。そこにあるのは、パーツがわかれば、全体がわかるという前提であるが、これが厳密に成立するには、大抵の場合平衡系、線形性などの仮定がかかせない。それでも、切り出した描像が自然科学において、いまだ根強く信奉されるのは、それが実験、測定として切り出す操作や、数理解析ときわめて相性がよいことと関係している。自然系と、人工系におけるモデル化は、振動現象とバネ、電磁場の機械描像、カルノーサイクルと熱力学機関からもわかるように、相互に影響をうけてこれまで科学発展の根幹をになってきている。本論考では、生命を理解する上での科学の伝統、科学史についてではなく、現在の研究パラダイムとその展望を一自然科学者として、どう受け止めているか、科学研究の一現場からの私見を述べたい。

自然現象の理解は、現象を理解しうる範囲、操作しやすい形でできとることによっており、観測対象を選ぶということは、測定から特徴量を抽出できること、つまり系を理解できるということと、ほぼ等価である。また、現象を理解することには、時間にたいする操作、変化についての記述が必ず含まれている。何かの測定量が時間について発展する関数であったとして、その関数がどのような形をとっているか、その関数が不変量といかなる関係にあるか、発展方程式とその対称性、変換性といかなる関係にあるか、それらがわかることでほぼすべてが説明される。かなり大雑把ではあるが、これが自然科学における普遍性のイメージである。

たとえば、物理学者にとっては、振り子の運動も、量子の振る舞いも、線形振動という共通の枠組みで理解される。エネルギーは保存しつつ、運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの間をいききする平衡系の現象である。人工系の基本モデルは、バネにつなげた質点や、コイル、抵抗、コンデンサー、電池によって構成される線形の電気回路である。一方で、生物学者にとって振動は、歩行や呼吸などをささえる周期的な神経活動、心臓の拍動、概日リズムなど、ほとんどの場合、非線形振動であり、エネルギーを消費しながら維持される非平衡系の現象である。人工系のモデルとしてよく知られているのは、エンジンの调速機や、ダイオードによるフィードバックを含んだ非線形回路である。具体的な例としては、神経の活動電位があげられるが、これは筋収縮と電気の関係に関するガルバーニとボルタの論争と電池に始まり、ヘルムホルツ、リリー-iron nerve、ホジキンとハクスレーと、物理と生物の境目をただよう人々の好奇心から結実した好例である。現象のモデル化には、注目する現象に適したスケール、抽象が求められる。神経活動の場合、細胞膜はコンデンサー、イオンチャンネルを電位依存性の可変抵抗、細胞質を伝導性の抵抗体として記述することで、ミリ秒スケールの活動電位が記述されるのである。この非線形方程式を縮約することで得られるフィッツヒュー-ナウマン方程式は、非線形の興奮性、運動性を記述する基本方程式であり、生命動態の普遍性の古典としてあげてよいだろう。

以上が、非線形ダイナミクスやパターン形成などのマクロ非

平衡系に関わる普遍的世界像の概観であるが、一方で、分子生物学においては、レギュレーション、シグナルなどの用語が使われるように、古典的な制御理論からの影響が色濃い。今世紀初頭からのシステム生物学の流れは、まさにこの視点を、現代的な実験手法、数理解析手法で再訪する展開をみている。頑強性や、鋭敏性、適応性、倍変化検出、モジュラリティー、恒常性など、細胞の増殖、運動、生体の代謝ネットワークからおおまかな特徴づけがなされている。一方で、これら概念の多くは、人間の産業化以降の営みに根ざしており、生命らしさを擬人的、擬社会的なメタファーで記述しすぎている面が否めない。生命をひろくとらえる、これまでにない概念構築が予感され、このことが、構成的な手法に期待がかかることの背景にある。現代における、ボルタの電池は何か、カルノーサイクルは何か、リリーの iron nerve とは何だろうか。

真核細胞は、絶え間ない変形を伴いながら、増殖、分裂、運動、分化する。大きな変形は、這い回り運動や、自らと同程度の大きさの外物を取り込んだり、他の細胞と大きく密着し、状態変化や極性を変化させたりと、多種多様な細胞にみられる特徴である。アメーバや免疫細胞、浸潤するガン細胞の動きなど、そうした振る舞いは、枚挙にいとまがない。これら複雑でやわらかな系の形をいかに数的に記述し、一般的な理解につなげるかは極めて挑戦的な課題である。運動は全くの定常ではなく、膜の伸張、収縮が柔軟なテンポとタイミングでおこなわれ、かつ細胞全体の変形としての調和がある。膜の裏打ちにおけるアクチンの重合は、ときに細胞全体を伝播する波として時空間的に発展し、それが細胞端に達した際に細胞膜がおさされる過程がある。最近の研究から、細胞性粘菌アメーバの自発的な形状変化の一部が、アクチンとそれに付随する膜上のイノシトールリン脂質のリン酸化反応の伝播波の幾何学的特徴により決定されていることを、生細胞イメージング計測から明らかにし、これを定性的に説明する反応系とフェイズフィールドを結合した現象論的な粗視化モデルを提案した。これは、反応と拡散に、界面のダイナミクスが結合した偏微分方程式系であり、生命動態の普遍性の古典としてあげた興奮系ダイナミクスに、制御系の入出力関係の枠組みが加わり、これらが膜系という柔らかい反応場において記述されている。興味深いことに、この系と、その拡張版の振る舞いの詳細を調べてみると、可塑性な変形、分裂、遊走など、細胞にみられる多種多様な形状、動態、やわらかさと複雑さを表現することがみえてきた。細胞が、このように可塑性で多様な動態をうみだしてしまうことが、生きているものの生きているらしさを特徴づけており、また集団化、多細胞化し、階層をこえた組織化をしめすことの起源にある。近い将来に、これに対応する人工系が出現し、そこから操作、特徴量、概念が構築されるとしてもなんの不思議でない。生物と非生物の境目の研究の発展から、今後とも目が離せない。

ドイツ観念論およびヘーゲル哲学における「生命」概念

—「生命とは何か」という問いそれ自体を問いながら

山田 有希子(宇都宮大学)

ドイツ観念論および関連思想では、主に「自然哲学(Naturphilosophie)」において、「生命(Leben)」そして「有機体(Organismus)」をめぐる豊かな議論が展開されていた。しかし、今日に至るまで、それが注目を集めることは比較的少なく、また、現代の生物学あるいは生命科学の知見からすれば、そこには凡そ時代遅れ、または「思弁的」といった消極的意味しか認められないかもしれない。

「生命」をめぐる現代の状況を考えてみるなら、私たちの死生観に大きな影響を与える「生命」倫理問題をはじめ、人間の生命のみならず動・植物の生命が、そして地球(ガイア)の「生命」までもが問われうる環境倫理問題は言うまでもなく、それらとも連動しながら、生命の科学技術をめぐる国家戦略・外交に関わる諸問題(遺伝子組み換え作物、バイオ・エネルギー、生物多様性条約等)においても、やはり「生命」がキーワードとなる。つまり、生命は「現代における最大のイデオロギーの一つ」(野尻 2010)であり、西洋哲学史上も「近代性」に代わる「理性よりも大きな概念(スーパーコンセプト)」(中村 1993)と位置づけられる。こうした状況を前に、ドイツ観念論の「生命」概念はいかなる意味をもちうるであろうか。

まず、カントは、「有機体」を哲学的テーマとして独自の目的論から問題にする(『判断力批判』1790年)。ここで「有機体」とは、具体的には動・植物であり、私たちが普通「生き物」と理解するものである。カントによれば、それは、機械論的自然観における因果関係のみでは分析できず、一定の範囲内での自己修復・組織化機能をもつ存在(das sich selbst organisierende Wesen)であり、「生殖」など「自己増殖力」(eine sich fortpflanzende bildende Kraft)をもつ(KU.374)。ただし、ここで「有機体」は「生命の類似物(Analogon des Lebens)」(KU.293)と呼ばれ、厳密には「有機体」と「生命」が区別されていると考えられる点が、カント哲学全体(とくに目的論およびその実践哲学)との関連で注目に値しよう。

また、当初フィヒテの継承者を自称し、当人にもお墨付きを与えられていたシェリングが、離反の第一歩を踏み出すのが「自然哲学」においてである。そこでシェリングは、ハラー(1708—1777)、ブラウン(1735—1788)、ブルームンバッハ(1752—1840)ら、同時代の生物学・医学における概念装置(「刺激性(Irritabilität, Erregbarkeit)」—「感受性(Sensibilität)」—「再生(Reproduktion)」)の構造(三肢構造)を援用し、有機体のあり方を分析する(長島 1989, 1990 他)。シェリングの自然哲学は、いわゆる「ドイツ観念論」の枠内に留まらず、同時代の「ドイツ・ロマン主義医学」の発展にも「絶大な影響」を与えたとされ(小原 1996)、また、現代においても、近代科学への批判や反動から大きな期待をもって取り上げられる傾向をもつ。

ヘーゲルの「自然哲学」でも、シェリングの三肢構造が批判的に継承されながら「有機体」が論じられるが、もとより、ヘーゲルのテキストには、ほぼすべての時代を通じて「生(Leben)」「生命的(lebendig)」という言葉が頻繁

に登場し、フランクフルト期(1797—1801)の哲学は「生の哲学」と呼ばれる。ここで「生」は「結合と非結合の結合(Verbindung der Verbindung und Nichtverbindung)」として定式化され、ヘーゲル「弁証法」の基本構造「同一性と非同一性の同一性」の原型とみられている。一般に「弁証法」の説明として有名なのが「胚のメタファー」であり、『精神現象学』(1807年)でも、「弁証法」は「概念の自己運動」(3.37)として、その運動体系が「有機的全体」(3.37f.)等と叙述される。ただし、注目すべきは、「生命」概念が、「自然哲学」においてのみならず、また、ヘーゲル哲学全体への単なる比喩としてのみならず、一見「生命」概念とは無縁に思われる「論理学」において論じられる点であろう。論理学は、ヘーゲル哲学体系の基盤であり、生命概念が登場するのは、その最終章「理念章」である(6.474)。そこで、生命は「自然」よりも上位の「(人間)精神」との関係において重要な意味を担う。

本提題では、カント、シェリング、ヘーゲル哲学それぞれにおける「生命とは何か」の概念整理がまず求められるが、その際、いわゆるドイツ観念論の中で「生命(Leben)」概念を、もっとも直接的に、また、その哲学においてもっとも中心的に論じたと言えるヘーゲルを基軸に整理していきたい。というのも、今日、生命科学や生物学がますます「生命」の謎を解明しつつあるように期待される一方、私たち非専門家からすれば、改めて、「生命とは何か」を問うならば、途端にその謎が深まるもののように思われる。そして、それは、たんに「生命」概念の多義性や、その科学技術利用をめぐる倫理性・価値の多様性に起因する混乱というだけではない問題がそこにあるように思われるからである。すなわち、「生命とは何か」という本シンポジウムの「問い」の難しさ、あるいは、特殊性は、たとえば、人間の生命に限っていえば、私たちは「生命とは何か」を問いながら、かつ、常にすでに生きている、ということにあると予感される。「生命とは何か」と問うことは、私たちが「生命」との一体から、それを問いの対象として客体化し、自己から分離することを意味しよう。自然生命(動・植物)も、たしかに「生命」であり、生きている。ただし、それはヘーゲルにおいては「悪無限」的生命であり、たしかに非有機体や機械とは異なり、自己増殖的・能動的運動や変化を示しはするが、しかし、自らの生命について「問う」ことはないとされる。対して、人間は、「生命とは何か」を問いながら(分離・非結合)、かつ同時に、有機体的生命としても生きている(結合)。さらに、この分離と結合それ自体を認識(結合)するのが人間であり、ヘーゲルの精神(の自己認識)の立場(「結合と非結合の結合」と言える。有体にいえば、「生命とは何か」という問いは、そう問うこと自体がそのままその答え(人間の生命の本質)であるという構造をもつ問いであろう。ヘーゲルの生命は、動・植物(有機体)的生命と人間「精神」の違いと関係(両者の分かち難さ)を見据えながら、「生命とは何か」を明らかにしようとしたものと展望される。

本提題では、以上の展望から、ヘーゲル哲学を基軸に「ドイツ観念論における生命とは何か」を概念整理し、「生命とは何か」という本シンポジウムの問いそれ自体を問うことを目指したい。