

個 体 か ら 生 態 系 へ

——生命についての一考察——

加 村 隆 英

From Individuals to Ecosystem

——Consideration on Life——

Takahide KAMURA

生物とは何か。生きているとはどういうことか。これらの問いに端的に答えることはむずかしい。もちろん、ヒトは生物のひとつであるので、我々はある程度、直感的に生物というものを理解することはできる。しかし、それはヒトという自分自身の存在に対する認識を基準とした類推によるものであって、必ずしも正確ではないし、ヒトから類縁関係が遠くなればなるほど、その生物に対する認識は不明確なものになる。

生命という概念はさらに曖昧なものである。生物あるいは生きものについては、少なくとも具体的な事物として理解することができるが、生命とは実体ではなく、いわば現象であって、それを的確に認識することは容易ではない。しかし、いうまでもなく生命は生物体とは不可分のものであり、生命だけが遊離して存在することはありえない。したがって、具体的な実体としての生物を正確に認識できれば、おのずと生命についても理解できるはずである。

ここでは、生物の個体としての独立性の問題や生態系における物質循環について概観しながら、生物および生命についてのひとつの考え方を示したいと思う。

— 生 物 の 特 性 —

まず、生物はある種の物質のかたまりとして存在する。生物のからだはいろいろな種類の化学物質が寄り集まって形成された物理的な実体である。そして、その物質のかたまりには必ず、その内部と外部を隔てる境界がある。例えばヒトにおいては、それは日常的には体表面を覆う表皮として容易に認識されるであろう。この外部環境と明確に区別される物質のかたまり、す

なわち生物体の最小のユニットは細胞と呼ばれる。ヒトのからだは約 60 兆個の細胞から成り立っており、このような多細胞生物の場合には、多数の細胞によって構成された表皮が内部と外部を隔てる境界である。一方、個々の細胞は細胞膜という特殊な膜構造によって取り囲まれており、バクテリアや原生動物のような単細胞生物においては、この細胞膜そのものが内部と外部を隔てる境界として機能している。

さて、ある生物体が死体ではなく生きている以上は、それは単なる物質の集合体ではない。その個々の細胞の内部では絶え間なく、さまざまな化学反応が進行している。生命現象というのは、細分していけばすべて化学的な現象として理解されるものである。そして、その化学反応が進行するためにはエネルギーが必要である。生物体の内部から自然にエネルギーが生じることはないから、生物は生きていくために、何らかのかたちで外部環境からエネルギーを取り入れなければならない。それには、大きく分けてふたつの方法がある。まず、ひとつはものを食べるということである。これは通常、ヒトを含めて動物が行っていることがらであり、その食べ物は、他の生物のからだそのもの、あるいはそれに由来する物質である。生物体の重要な構成要素は一般に有機物と呼ばれる炭素を含んだ化合物であり、これは化学的に分解されることによって、エネルギーを放出する。つまり、ここではエネルギーは有機物の内部に化学的なかたちで存在しているので、動物は有機物を食物として摂取することによってエネルギー源を得ることができるのである。動物以外にバクテリアや菌類なども外界に存在する有機物に依存して生活している。

エネルギー獲得にはもうひとつ、太陽の光エネルギーを体内に取り込むという方法がある。これはいわゆる光合成という反応であり、現在の地球上ではそのほとんどが緑色植物によって行われている。この化学的な過程において、水と二酸化炭素が光エネルギーによって最も基本的な有機物であるブドウ糖に変えられる。すなわち、ここで光エネルギーはブドウ糖の中に化学的なエネルギーとして封じ込められたことになる。そして、植物自身はそのブドウ糖を必要に応じて分解してエネルギーを得るのである。

外部環境からエネルギーを取り入れて、生物はある一定の期間、個体として存続する。しかし、物質の集合体としての構造は遅かれ早かれ崩壊するときが来る。それが個体の死である。このように個体は永遠には存在しえないが、生物は自己複製を行うことができる。その結果、生命活動の場としての物質的な構造が再構成される。生殖や繁殖といわれるこの現象が、生物のもうひとつの重要な特性である。自分と同じものを作るためには、何らかの情報、すなわち遺伝情報が必要であり、その情報伝達に関与する物質が DNA（デオキシリボ核酸）である。自己複製の方法は生物の種類によってさまざまであるが、大きくふたつのタイプに分けられるであろう。すなわち、性の関与する有性生殖と性とは無関係に起こる無性生殖である。

我々の身近に存在する動物や植物の多くは、繁殖に際して雌と雄というふたつの性が必要で

ある。この有性生殖においては、卵および精子と呼ばれる特別な細胞、すなわち配偶子が作られて、両者が合体することによって新しい個体が生じる。この場合、両親の持っている遺伝情報の半分ずつが合わさって子に伝えられるので、同一の両親から生まれた子どもたちの間にさまざまな遺伝情報のバリエーションが生じる。一方、無性的になされる生殖方法としては、バクテリアや原生動物のような単細胞生物の分裂、刺胞動物に見られる出芽、菌類・コケ植物・シダ植物の孢子による発生、さらにある種の植物が種子からではなく、枝や葉の一部から新個体を生じる栄養生殖などがある。この場合は遺伝子の再構成は起こらず、子に当たる個体は親個体とまったく同一の遺伝子を受け継ぐことになる。いずれの場合においても、生殖活動によって新しい個体が生じれば、生物体を構成する物質的構造が更新され、そこに内在している情報が引き継がれることになる。

結局、生物を定義するとすれば以下になるであろう。すなわち、生物とは、物質が集合した物理的実体として存在し、外部環境からエネルギーを取り入れつつ、その内部でさまざまな化学反応を進行させ、さらに自己複製を行うものである。そして、当然、物質の集合体としての具体的な構造が存在しなければ、生命も存在することはないのである。つまり、生命とは生物体という物理的構造に付随して実現するひとつの現象であって、物質的な基盤を離れて生命が存在することはありえない。このことは生物を理解するうえでたいへん重要なことである。魂や霊のような物質と遊離した観念を持ち込むと生物の本質を見誤ることになる。

—細胞と生命—

通常、我々が生物を認識する際には個体を基準にして考える。ひとりのヒト、1匹のイヌ、1本のスギ、あるいは1匹のゾウリムシという具合に、生物体を他とは明瞭に区別される個体として認識し、ひとつひとつの個体に生命が宿っていると考えている。つまり、一般的には個体が生命の単位であると考えられているのである。このように考えることは、日常的には何の不都合もないし、むしろ、ひとつの個体すなわちひとつの生命と捉えるのが、最も分かりやすい理解のしかたであろう。

しかし、生命の単位は個体であり、したがって、個体の数だけ生命が存在すると考えることは、はたしてほんとうに妥当なのであろうか。まず、個体というものがそれ以上分割できないものなのかどうか検討してみよう。いうまでもなく、多細胞生物は複数の細胞によって構成されており、多数の細胞が寄り集まって組織を形成し、さらに組織が集合して器官および器官系を構成し、器官系が有機的に統合されたものが個体である。つまり、個体はそれぞれの段階において、いくつかのユニットに分割されるのであり、その最小のユニットが細胞なのである。そして、個々の細胞は通常、核を持ち、核の中には、その生物の形態や生理的活性などを規定する情報、すなわち遺伝子が等しく存在している。さらに、単細胞生物においては、個体は単

一の細胞によって形成されているし、多細胞生物も多くの場合、その個体発生の最初の段階は、例えば受精卵のように1個の細胞である。

では、生命の単位として捉えるべきなのは、個体ではなく、細胞なのか。たしかに、細胞は生物体の構造上の単位であるし、自律的な化学反応の起こる場としても最小の単位と見なすことができる。しかし、現実の自然界においては、多細胞生物の細胞は単独では存続しえない。個々の細胞およびそれから成る組織や器官は、個体のなかでそれぞれの役割を担っており、それらが互いに連携しあって、ひとつのまとまりとしての個体を形成しているのである。少なくとも多細胞生物においては、細胞は他の細胞との関連性のなかでのみ存在することができる。多細胞生物の細胞をばらばらに分割してしまったら、それは人工的な特殊な状況の下でなら、ある程度の期間、存続することができるであろうが、一般の自然界においてはそれらの細胞はひとつの生物として存在することは不可能なのである。したがって、細胞を生命の単位と見なすことは多くの場合、適当とはいえない。

— 群 体 —

通常、個体というものはそれ自身で完結したひとつの生物体として存在し、独立して生きていくことができる能力を持っている。しかし、必ずしもすべての生物において個体の独立性が完全であるわけではない。

我々が身近に知っている生物の場合、生殖活動の結果生じた新個体は母個体から分離して、独立した生活を始めるのが普通である。しかし、分裂または出芽によって生じた新個体が母個体から分離独立せずに、群体と呼ばれる複数の個体（個虫）が集合した状態で生活するものがある。刺胞動物門に属する管クラゲ類の一種のカツオノエボシは群体を形成する動物の例として有名である。この場合、個虫どうしは原形質によって連絡しており、さらに各個虫の形態や機能は同一ではなく、いくつかの異なるタイプの個虫が存在することが多い。カツオノエボシにおいては、各個虫は運動に関与するもの（泳鐘）、食物の捕獲や消化を行うもの（栄養体）、生殖活動を行うもの（生殖体）、外敵からの防衛に関わるもの（感触体）、他の個虫を覆って保護するもの（保護葉）などに分化している。つまり、このような群体においては、生活に必要なさまざまな行動を各個体が分業しており、しかも、各個体は原形質によって連絡しているので、栄養物などの移動や刺激の伝達などが異なる個体間を通して行われ、全個体は有機的に関連しているのである。

ここでは通常の生物における個体、つまり異なる機能を担ったさまざまな器官によって構成されている個体とはほぼ同様な状態が、群体という形で達成されていることになる。群体を形成する個虫は単独状態におかれても、ある程度は独立生活の能力を持っているので、一般の生物の器官とまったく同じものとして扱うことはできない。しかし、自然界における現実的な存在

様式としては、ヒトの個体とカツオノエボシの群体は同様の位置にあるものと見なすことができる。

— 社会性昆虫 —

群体においては、個体間に原形質という生物特有の媒体が存在することによって、全個体の有機的統合が成立している。しかし、各個体が他の個体とは物理的には完全に分離した、通常概念におけるいわゆる個体として存在しながら、複数の個体が共同生活することによって、全体として有機的統合状態を形成している動物がいる。

例えば、ミツバチは数万匹の個体が群れを作って生活しており、個体には三つのタイプがある。女王蜂は1群中にただ1匹存在し、もっぱら産卵だけを行う。雄蜂は数百から数千匹が存在するが、彼らの役割は新しく女王蜂が生まれたときに彼女と交尾することだけであり、交尾がすむと雄蜂は死んでしまう。他の個体はすべて働き蜂であり、巣の構築、幼虫の世話、採餌などの仕事はすべて働き蜂が行う。働き蜂は雌であるが、産卵能力はなく、生殖に関与するのは女王蜂と雄蜂だけであり、女王蜂は最盛期には1日に2000個以上の卵を生む。孵化した幼虫に餌を与えて育てるのは働き蜂の仕事であり、女王蜂は子育てには一切関与しない。このミツバチの集団においては、自己複製を行うはたらきと外界から物質を摂取して自らを維持するはたらきが個体間の分業によって行われているのである。通常の生物においては、それぞれの個体が生殖器官と栄養器官を合わせ持ち、1個体で完結しているのに対して、ミツバチでは集団全体がひとつの超個体として行動し、各個体は集団を離れて生存することはほとんどできない。つまり、ミツバチにおける個体と集団の関係は、ヒトにおける細胞と個体、あるいは器官と個体の関係に相当するといえる。

集団全体が統制のとれた超個体として存在するためには、各個体の行動を規定したり、個体間の連携を維持するためのしくみがなければならない。例えば、働き蜂は雌であるので、潜在的に産卵する能力を持っているが、女王蜂が分泌するフェロモンの作用によって働き蜂の卵巣成熟が抑制されている。また、1匹の働き蜂が蜜や花粉の豊富な花を見つけると、その花に目印のはたらきをするフェロモンを付けて巣に帰る。さらに、帰巣した蜂は太陽と巣と餌場のなす角度を覚えており、特殊なダンスを踊ってそれを他の個体に知らせるのである。このように化学物質や機械的な信号によって集団の統制が保たれているようすは、内分泌系や神経系によって個体の恒常性が維持されているのに似ている。

このように集団を構成する個体間に分化が生じて、集団全体が統合性を持った状態で生活する昆虫は一般に社会性昆虫と呼ばれ、スズメバチ類、アリ類、シロアリ類にも多く見られる。

アリ類の例を見ておこう。ハキリアリは中南米に分布する変わった習性を持つアリである。このアリは植物の葉を大顎で噛みきって巣に持ち帰り、貯蔵した葉の上で特殊な菌類を栽培し

て、その菌体を食物にしている。分業体制はミツバチよりも複雑である。まず、菌床となる葉を調達するアリがいる。彼らは行列をなして、さまざまな植物と巣の間を何度も往復し、切りとった葉を巣に運び込む。また、葉を運んでいるアリを外敵から防衛する役割のアリもいる。さらに、運ばれる葉の上に乗っている小型のアリがときおり見られるが、これはリーフライダーと呼ばれ、寄生バエの攻撃を見張っていると考えられている。そして、巣に運び込まれた葉を噛み砕いて、菌床を作り、菌をそこに植え付けて管理するアリがいるのである。彼らは古くなった菌床を捨てるための特定のごみ捨て場を持っている。そして、寿命が尽きて死んだ個体や弱って働けなくなった個体も、他の個体によって、このごみ捨て場に捨てられるのである。

オーストラリアのミツツボアリは植物の蜜を蓄えるが、その方法が変わっている。野外から蜜を採取してきたアリは巣の中にいる別のアリに口移しで蜜を飲ませる。この蜜を飲まされるアリは集団のなかで蜜の貯蔵庫としての役割を持っているのである。最終的にこのアリの腹部は蜜で満たされて、完全な球形に膨れ上がる。彼らは生きた蜜壺として、巣の天井からぶら下がっているだけの生活を続けることになる。

これらのアリ類においては、個体は完全に集団の部分品と化しており、そこには生物の個体としての主体性はまったく認められない。ここでの個体の死は、一般的な生物の個体内において細胞が死んで脱落していくのと同じ現象として扱うことができるのである。

— 個体の複製と独立性 —

群体や社会性昆虫の集団のありかたを見ると、個体の独立性というものが、たいへん曖昧なものであることが分かってくる。さらに別の観点から、個体の独立性について考えてみよう。それは生物の重要な特性のひとつである繁殖に関する問題である。個体としてのまともな永久に存在することはできないから、生物は繁殖、つまり自己複製を行う。繁殖とはある個体から別の個体が生じることである。では、そこで生じる新しい個体はどの段階で独立したものと見なしうるのであろうか。

生物の繁殖にはさまざまな方式がある。まず、最も単純な単細胞生物の分裂について見てみよう。この場合はひとつの個体はひとつの細胞から成り立っているから、細胞分裂が完了した瞬間が新個体の出現の時と考えればよいのであろう。次に、有性生殖を行う魚類の場合、例えばフナについてはどうか。雌と雄が同時に産卵と放精を行い、水中で受精がなされる。受精卵は細胞分裂を繰り返して成長していくわけであるから、新個体の出現は受精の瞬間であると見なしうる。ここまでは比較的簡単に理解できる。

では、体内で受精が行われて、妊娠を経て子どもが生まれる哺乳類の場合はどうであろうか。フナと同様に考えれば、体内で受精が完了した時点をもって新個体出現ということになる。しかし、現実の自然界における具体的な事象として、妊娠している雌個体を複数の個体と見なす

わけにはいかないであろう。つまり、雌の体内に存在する胚を自然界のなかで独立した個体と考えることはできないのである。それは胚が、自分自身の維持や成長に必要なことがら、つまり、エネルギー源としての物質の獲得や外敵からの保護などを含むすべてを母親に依存しているからである。では、哺乳類の場合は分娩時を新個体出現の時と考えるべきなのであろうか。これもあまり明快とはいえない。なぜならば、生まれてきた子どもは肉体的に母親から分離したとはいえ、なおしばらくの間は、親による保護を必要としており、哺乳類である以上、母乳を与えられるのである。特に有袋類においては、子どもはたいへん未成熟な段階で産み落とされて、その後は母親の腹部にある育児嚢の中で母乳を飲みながら成長する。

母親の体外に出てきた子どもは少なくとも呼吸は自分で行うし、場合によっては自らの力で餌を取ることもできる。しかし、母親の体から分泌される母乳に依存している以上、完全に個体として独立しているとはいえないのではないか。母体内で必要な物質のすべてを供給されている胎児と母乳を与えられている子どもとの間には、与えられる物質が全部か一部かという違いだけで、本質的な差異はないように思われる。

さて、こう考えてくると哺乳類の場合は、子どもの個体としての独立の時期をいつと判断すべきなのか、たいへんむずかしくなってくる。母乳を飲むのを止めた時点で独立したと見なすべきなのだろうか。いや、まだ問題は残っている。哺乳類の子どもが母親から与えられる食物は母乳だけに限らない。子どもがある程度成長すれば、母親は自分が食べているものと同じものを子どもに与えるようになる。哺乳類以外の動物についても見てみよう。例えば、鳥類も哺乳類と同様に親が子どもの世話をする。ただ、鳥類の場合は母乳を出すことはできないから、母親または父親が餌を取ってきて雛に与えるのである。取ってきたものをそのまま与えることも多いが、種によっては親がいったん飲み込んだものを吐き戻して与えることもある。この吐き戻し給餌においては、親の体内である程度消化されたものが与えられるので、子どもの負担は軽くなる。これは子どもへの栄養物の供給という点で、哺乳類の母乳に準ずるものと考えることができる。結局、どのような種類の動物であれ、親から餌を与えられている段階は、自分に必要なエネルギー源の確保を親に依存しているという意味で、個体として完全に独立しているとはいえず、それは単に胚の延長にすぎないのである。

＊

個体を生命の単位として考えることが妥当であるかという議論には結論が出たようである。群体を形成する動物や社会性昆虫の生活様式、さらに、繁殖における個体の独立性の問題を考え合わせると、生物を扱う際の個体という概念は、はなはだ便宜的なものにすぎないということが明らかになってくる。

— 生物と環境 —

現実の自然界における生物のありかたについて、生物と環境の関連性という観点から検討してみよう。生物は物質のかたまりであって、その内部と外界とを隔てる境界を持っている。つまり、それぞれの生物体は自律的な統合を持ったひとつの世界を形成しているといえる。しかし、それは決して閉じられた系ではない。生物が生きていくためにはエネルギーが必要であり、生物はそれを外部環境から得ている。純然たるエネルギー源以外にも、生物は生きていくために必要なさまざまな物質を外界から取り入れなければならない。同時に、体内における活動の結果、不要になった物質は体外へと排出される。このように生きている生物と外部環境との間には常に物質のやりとりがある。つまり、生物の存在をそれを取りまく環境と切り離して考えることはできないのである。

環境を構成する要因にはさまざまなものがある。温度、湿度、日射量、水分量、大気や水中の物質の濃度などの条件は当然、生物に対して影響を及ぼす。このような非生物的な要因に加えて、さらに生物にとっての環境条件として重要なものは、他の生物の存在である。ある生物にとって、他の生物は食べるべき餌である場合もあれば、逆に自分を食べにくる敵である場合もある。このような捕食者と被食者あるいは寄生者と寄主の間には直接的な関係が存在する。さらに、生活場所や餌資源などをめぐって複数の生物種が競合している場合には、それぞれの生物の間に直接的な作用がなくても、ある生物が他の生物に影響を及ぼすことになる。

生物は自分のまわりの非生物的な要因から影響を受けるだけでなく、他のさまざまな生物と相互関係を持ちながら生きているのである。この生物どうしの複雑な関連性によって成り立つ世界がすなわち生態系である。そこでは生物と生物が直接的にあるいは間接的に影響を及ぼし合い、生物体と非生物的環境の間で物質が循環している。

— 生態系の構成員 —

ここで、生態系の基本構造について簡単に見ておこう。現在の地球上の生態系を構成する生物は、大きく三つのカテゴリーに分けることができる。すなわち、生産者、消費者、分解者である。緑色植物に代表される生産者は、一般に太陽光をエネルギー源として、二酸化炭素と水から有機物である糖類を合成して、自らのからだを作り上げている。この光合成という化学反応によって、光エネルギーは化学的なエネルギーに変換される。

一方、動物は有機物を合成する能力を持っていないので、必要な有機物を得るためには自分以外の生物のからだの全部もしくは一部を食べなければならない。これが消費者である。食べる相手は生きている植物や動物に限らない。場合によっては、動植物の枯死体や動物の排泄物が食物となることもある。食物として取り入れられた有機物は、あるものは動物体そのものの構成に参加し、あるものは分解されてエネルギーに変換される。この有機物分解に際して、現

在の地球上ではほとんどの場合、酸素を利用する方式、すなわち酸素呼吸が行われている。

さて、生産者であれ、消費者であれ、その生命活動が終了するときが来る。動植物の遺体は有機物のかたまりである。生物が死ぬことは、有機物が環境に捨てられることを意味する。また、個々の生物は生きていく過程で、枝葉を落したり、糞を排泄したりして有機物を捨てている。これらの有機物が何の変化もせずに環境中に蓄積していったら、地球上はたちまち有機物で埋まってしまうが、現実にはそのようなことは起こらない。環境中に捨てられた有機物はただちに、分解者と呼ばれるバクテリアや菌類などによって無機物に還元される過程をたどるのである。そして、ここで生じた無機物は再び生産者によって有機物合成のための原料として用いられることになる。

このように、物質は生物をめぐる常循環している。言葉を替えれば、ある一定量の物質がある一定の期間、ある特定の有機的統合のもとに存続している状態が生物体としての存在であるといってもよい。つまり、生物体は固定したものではなく、それを構成する物質の有機的統合状態は動的平衡のうえに成り立っているのである。

— 有機物の合成と分解 —

地球上に生物が出現する前の段階として、生物体の材料となる物質、つまり有機物が無機的環境のなかで自発的に生じる過程があったと考えられている。無機物だけの世界のなかで、雷や地熱などをエネルギー源として化学反応が進行し、たんぱく質や核酸が合成されたのである。そして、ある時点で自己複製能力を持った有機物のかたまり、すなわち最初の生物が生じた。この段階の生物は自分のまわりに存在する有機物を体内に取り込んでエネルギー源としていたのであろう。この時はまだ地球上に遊離の酸素分子は存在しなかったもので、彼らは有機物を無機的に分解してエネルギーを得ていたはずである。その後、太陽の光エネルギーを固定する能力を持つ生物が出現し、二酸化炭素を体内に取り込んで、酸素を放出するようになった。さらに、他の生物体を食べて、その有機物を酸素呼吸によって分解してエネルギーを得る生物が出現した。

緑色植物に代表される生産者は、太陽の光エネルギーを生命活動に必要なエネルギーに転換する方法を開発した。この生産者が行う光合成においては二酸化炭素が消費され、酸素が排出される。もしも、生物界に緑色植物しか存在しなかったならば、やがて地球上の二酸化炭素は消費し尽くされて、植物自身の存続が危うくなったであろう。しかし、現実には植物が作りだした有機物を利用する生物、すなわち動物が出現した。彼ら消費者は植物体、つまり植物自身が合成した有機物を食べ、さらに有機物合成の際の副産物として生じた酸素を有効に利用することによって、有機物を効率的に分解して、エネルギーを獲得する方法を見いだした。そして、この酸素呼吸の過程で二酸化炭素が放出され、それはまた植物に利用されることになったので

ある。植物にとっては、自分が作りだした有機物を横取りする動物など存在しないほうがよいようにも思えるが、この食べるという立場の消費者がいるからこそ、物質は循環し、生産者自身も再生産されうるのである。生産するものだけで、消費するものがいなければ、ゆきづまってしまう。

もちろん、有機物が完全に無機物にまで分解されなければ、生産者には利用できない。消費者自身も物質分解を行っているがそれは完全ではなく、また、消費者が死ねばその遺体は有機物のかたまりとして残る。したがって、物質循環が完結するためには分解者が必要なのであり、彼らは生態系のなかでたいへん重要な位置を占めているのである。一方、基本的には作るものと壊すもの、つまり生産者と分解者だけで物質循環はなされるはずであるが、現実のバクテリアや菌類のような分解者だけで植物の作り出す有機物のすべてを処理することはできない。やはり植物が出現した以上、動物が現れなければ、物質循環は達成されなかったのである。いふならば、有機物分解という点では、消費者は大ざっぱであるが大量に処理をし、最終的な処理は分解者が行うということになる。

— 物質循環と生物の進化 —

生物をめぐる物質循環、特にエネルギーの流れを伴った物質循環の根幹を成している生化学反応は光合成と酸素呼吸である。生産者（植物）の出現とそれが作りだした有機物を無氣的ではなく酸素呼吸によって分解する消費者（動物）の出現は、炭素や窒素の循環の基本的なルートを確立し、これは生物進化の飛躍的展開に大きく寄与することになった。

生物は自己複製を繰り返しながら、徐々に形態や生活様式を変化させてきた。生物の進化の過程においては、すでに存在する生物あるいはそれによってもたらされた環境をうまく利用する生物が次々に出現してきたのである。従来とは異なる新しい生物の出現は、物質循環の新たなルートを開き、循環の網の目は複雑になり、循環の効率化をもたらした。物質循環が効率的になれば、生物体の再構成もまた速やかになされるようになり、これはひいては生物の進化を加速させることにもつながったであろう。さらにこれによって生態系の複雑化がもたらされたのである。

このことは、例えば熱帯雨林の様相を見ればよく分かる。熱帯雨林は現在の地球上で生物の種数も総量も最も多い地域である。ここでは高温多湿という環境条件のために生物の成長は速い。多種の樹木から成る大森林が形成され、それに依存する多くの動物が生活している。同時に生物の枯死体の分解も速い。これは、例えばシロアリ類のような植物の枯死体を食べる消費者が多く、腐食連鎖によって流れる物質が多いこと、さらに、高温のため分解者としての微生物のはたらきが活発であることによる。その結果、有機物は速やかに無機物に還元されて、生産者に利用されることになる。物質循環と生物体の再合成が速やかに進行するのである。こ

のことは生物の進化をも加速させ、多種多様な生物種が出現した。熱帯雨林における生物量の豊富さと生物相の多様性の高さは、そこにおける物質循環の速さと表裏一体をなしている。

— 物質とエネルギーの流転 —

どのような生物もそれ単独では存続することはできず、他の生物の存在を含めたまわりの環境と常に関連を持ちながら生きている。そこでは、生物体をめぐって物質が流転している。つまり、流転し続ける物質がある瞬間において生物体という有機的統合状態を形成しているのである。個体としてのまとまりが明確に認識できる場合でも、その個体を構成する物質は刻一刻入れ替わっている。生物の世界とは物質循環とそれに伴うエネルギーの流れによって維持されるひとつの大きなシステムであり、生命とは個体ごとに分割されて存在するものではなく、個体どうしが関連性を保つことによって維持されている世界全体を生命現象として捉えるべきなのであろう。

また、生物の世界は太陽と地球という系におけるエネルギーの流れのなかの小さな一部分として捉えることができる。太陽から放出されるエネルギーのほとんどすべては、宇宙空間に熱として逃げている。そのうちのほんの一部分だけが地球に到達しているにすぎない。もしも、地球上に生物が存在しなければ、地球に到達した太陽エネルギーは地球上の大気や水のある程度動かして、最終的に宇宙空間に逃げていくだけである。ところが、地球上に生物という奇妙なものが生じた結果、太陽エネルギーの一部は有機物にいったん固定されてから、その分解によって熱として放出されるという過程をたどることになったのである。

地球を外から眺めれば、その表面に張り付いた物質が動き回りながら、あちらこちらで太陽の光エネルギーが吸収され、最後に熱として放出される過程が見えるだけであろう。生命とはこの宇宙のなかのエネルギー流転のルートの上に、ある種のきまぐれで生じたひとつの現象にすぎない。

＊

地球上に最初の生物が出現してから今日まで、生物は自己複製を繰り返しながら進化を遂げて、その間とだえることなく生命現象は続いてきた。自己複製つまり繁殖の過程を厳密に捉えようとする個体の概念は曖昧になる。一方、現実の生物の存在様式を見ても、群体や社会性昆虫のように通常の個体の概念を超越した形で生きているものもある。さらに生態系における生物体をめぐる物質循環について考えると、生命を的確に捉えるには、地球上に存在するすべての生物とそれを取りまく無機的環境の総体を見る以外にないのである。

地球上には実にさまざまな生物が存在している。植物もいれば動物もいるし、さらにバクテ

個体から生態系へ

リアの仲間や菌類も生物である。赤道直下から極地まで、高山帯から深海底まで、地球上のありとあらゆる場所で、生物は多様な形態と生活様式をもちながら生活している。地球上のこれらの生物は、すべて単一の祖先種から進化してきたものであり、それは絶え間なく続いてきた自己複製の結果である。

生殖活動によって生命（いのち）が受け継がれるという表現がなされるが、実は生命が受け継がれるのではなくて、生物体が自己複製を連綿と繰り返すという現象そのものが生命なのではないか。そして、生物界の進化の過程のどの時代においても、その時に存在した生物たちによって生態系は構成され、その生態系そのものが進化を遂げてきた。地球上のすべての生物体をめぐって、物質は循環し、エネルギーは流れる。生物体は崩壊と再構成を繰り返し、生物たちとそれの織りなす生態系は変遷と進化を続ける。生命とは、この地球上に生じた時間的にも空間的にも連続性をもったひとつの世界そのものである。

ヒトもまた生物のひとつであり、地球生態系における物質循環のなかでしか存在することはできない。太古からこの宇宙に存在してきた物質のうちのごくわずかな一部分が、今の瞬間たまたま寄り集まることによって、この自分自身が形成されているにすぎないという認識を人間は持つべきであろう。そうすればもう少し謙虚になれるのではないか。

参 考 文 献

- デーヴィッド・アテンボロー（日高敏隆・今泉吉晴・羽田節子・樋口広芳訳）、1982. 地球の生きものたち. 早川書房.
日高敏隆、1988. 動物という文化. 講談社.
伊藤嘉昭、1987. 動物の社会. 東海大学出版会.
松本忠夫、1993. 生態と環境. 岩波書店.
瀬戸昌之、1992. 生態系. 有斐閣.
高橋英一、1989. 動物と植物はどこがちがうか. 研成社.
上野俊一他監修、1991-94. 動物たちの地球. 朝日新聞社.
山岸宏、1989. 現代の生態学 第3版. 講談社.

1994年4月8日 受理