

## 第6章

生命科学と社会(6)

生態学とは何か

生態学という考えの歴史

長谷川 真理子 生命共生体進化学専攻

### 1. 人類にとって緊急課題としての保全生態学

現在、地球環境の問題、特に破壊された自然をどう再生させるかの観点から、保全生態学が重要な分野になっています。これは、まったく新しい生物学と社会との関わりと言えます。これまでの生物学では、細胞、遺伝子など細かいレベルを厳密な科学的手法で還元的に解明してきましたが、生態系、生物多様性、地球環境の保全などは、厳密な科学的手法も使えませんし、明快な結論も出せません。しかし、緊急に人類がしなければならないことがあるという使命感のもとに、生態学の知見を最大限に活用することが重要です。それは、これまでの生物学の方法や物理系の学問とはかなり違う考え方と手法に基づいています。そこで、連続講義の最後にあたる今回は、この問題について紹介していきたいと思います。

そもそもエコロジー (Ecology, Oekologie) という言葉は、エルンスト・ヘッケル (1834~1919年) というダーウィンと同時代人のドイツの進化論者が作ったものです。ヘッケルはダーウィンの熱心な信奉者で、彼の豪華な館での初対面のとき、もともとあまり英語が上手ではなかったのですが、興奮して何をしゃべっているかよく理解できなかったと、ダーウィンは後に日記に書いています。

しかしヘッケルはダーウィンの進化論をいち早く全面的に受け入れて、ドイツの生物界を変えていきました。彼は、生物の暮らしを理

解する学問分野に、エコロジーという名前を命名します。もともと Oeko はギリシャ語で「家」を意味しており、生き物と環境との関係を探ることを目的としています。ヘッケルがそのように言ったわけではないのですが、後に生態学の定義は、生き物と環境の関係を数理的に説明するために、「生物の分布と個体数を決めている要因の研究」とされるようになりました。この定義によって、なぜその生物はそこに存在するのか、なぜその個体数なのか、その生物は誕生から死まで、何を食べ、どう暮らしているか、そして環境とどう関わっているかなど、エコロジーという学問が包含するすべての要素を説明できるようになりました。

すでに何度も繰り返して説明してきたように、長らく生物は不思議な存在でした。物理主義、生氣主義の論争の歴史の中で、物理主義がめざして成功した例の 1 つが、1970 年代の遺伝子コードの解明=生物界を統一する普遍的原理の発見でした。当時の研究者たちは、私も含めて本当に興奮しました。そういう意味で、物理学的手法の大成功だったと思います。そしてそれから先も、生物学は物理学になるべし、という誤った目標、または強迫観念は根強く存在し、生態学の方角にどう発展するかは、生物学者自身にも見えていなかったでしょう。

しかし、生態系のことを考えると、人間を視野に入れず突き進むわけにはいきません。したがって保全生態学は、必ず社会学、経済学などと一緒に研究しなければならず、純粋な生物学の分野にとどまっていることはできません。また不確実な未来に対して決断し、選択しなければなりません。またその際、何が一番科学的な選択なのかを常に考えなければならないという点では、細かい領域を探索する生物学とは異なる方法論をもたなければなりません。

## 2. カエルに見る、生物の素晴らしさ

ここで、ちょっと話題がそれるようですが、個人的な関心から、カエルの素晴らしさについて話したいと思います。イエアメガエル、ベ

ルツノガエル、ネコメアマガエル、ヤドクガエルなど、大きさも形態もさまざまです。【写真1】はアマガエルの一種ですが、ウツボカズラのような食虫植物のツルツルのふちに、粘液のついた脚で落ちないように密着しており、ハエなどが食虫植物のツボに落ちる前に横取りしてしまいます。ただし、ときどき脚をすべらせてツボに落ち、食べられてしまうこともあるようです。まさに、人生はリスクとリターンのかねあいの象徴とも言えます。

一般的にカエルは水中と陸上の双方で生息しているので、かなりバラエティに富んだ行動ができます。しかしこのことが原因で、熱帯が世界を覆っていた第三紀までは繁殖しましたが、寒冷化が進むとともに、またツボカビなどの原因によって、両生類の中でも全世界的に減少、絶滅傾向にあります。これから紹介する珍しいカエルの多くは絶滅しています。

たとえば、コノハツメガエルやミツヅノコノハガエルのように、周囲の枯れ葉などにカムフラージュするカエル、マダラヤドクガエル、モウドクフキヤガエルなどのように猛毒をもっていると警告色であらわしているカエル、さらに【写真2】のブラジルニセメダマガエルのように、逃げるときにお尻をめくると、偽の目玉模様が出てくるカエルもいます。また、先に紹介したグライディングするカエルの近縁で

【写真1】食虫植物とカエル

【写真2】ブラジルニセメダマガエル

すが、ニューギニアやボルネオの滝の後ろの岩に住んでいるカエルがいるそうです。滝の音が大きくて、鳴いても仲間に聞こえないので、手の裏側の派手な模様を使って一種の手機信号でコミュニケーションしているとされています。

さらに雌が背中で子育てをするカエルもいます。たとえば、コモリアマガエルは、背中の育児嚢で卵をオタマジャクシにして、それをアナナスの茎の水溜りに戻します。一方、ピパは雌の背中の皮膚が盛り上がって子宮のようになり、その中で卵からカエルが直接発生します。またタクシーサービスをするカエルもいて、イチゴヤドクガエルは雌が背中にオタマジャクシを乗せて水場まで運びますし、マドラミズカキヤドクガエルは雌が運びます。

カエルは、魚と同様に、卵子と精子を放出して受精させますから、受精卵の世話をするのは、環境条件によって、雄、雌どちらでもありえます。ダーウィンハナガエルの雄は、受精卵を1つずつ鳴嚢に飲み込んで絶食しながら発生するのを待ちます。そして、子ガエルを1匹ずつ吐き出します。また、エクアドルツノアマガエルは完全地上性で、背中に卵を乗せて運び、オタマジャクシを経ないで、そのままそこで子ガエルになります。

### 【写真3】ホシガエル

絶滅種が増加する一方、2003年には南インド、西ガーツ山脈で【写真3】のように新しい科のカエルが発見され、ホシガエルと命名されました。このように、カエル1つとっても、生物の世界はきわめて多様です。

## 3. 種の絶滅の危機がもたらした、生態学の新たな展開

生態学は長らく地道な研究を続けてきましたが、1980年代に環境破壊と種の絶滅の危機に瀕して、新たな展開の時期を迎えました。この

頃までに、世界の熱帯林の破壊、砂漠化、人口問題、食料エネルギー問題の深刻さが認識されるようになり、生態学や生物多様性の重要性が再認識されるようになりました。

現在では、生物や種の多様性の重要性は十分認識されていて、生態学の教科書でも、このテーマについては多くのページがさかれています。1950年代には、オダムの生態学という当時の定番的な教科書でも、多様性についての記述はほとんどありません。1980年代になって、実際に環境破壊や種の絶滅が現実問題化してから、多様性への認識が深まってきたわけですが、この問題は、対象自体が複雑であることに加えて、相互作用も多様なため、変数が多すぎて、物理学的な精密科学の手法では無理なことが改めて認識されるようになりました。まして、保全という将来の問題については、物理学的な手法は適用できません。

地球環境問題が重視されるようになったのは1980年代後半からですが、私は、温暖化問題をはじめ地球の気候変動に注意が向きすぎていると思います。気候変動は数値化できるので、明確なイメージを人々に与えやすく、またCO<sub>2</sub>の削減など目標が明確になり、アピールしやすいからでしょう。しかし、現代の地球環境の中で、温暖化だけ取り上げて解決策を探るのは、人間の身体で言えば、多臓器不全なのに肺炎だけ重視して治療しようとしているのに似ています。もっと全体をとらえていく必要があります。そういう意味で、生物多様性の減少や生息地の破壊がどんな危険をもたらすかの研究は、気候変動以上に難しくよく分かりません。しかし分からない、分からないと言いながら放置していると、生態系のフレーム・シフトのように、本当に取り返しのつかない事態になるので、何かをしなければならないのですが、それは精密科学の方法論では無理だというジレンマがあるのです。

実は生態学者やエネルギー問題の研究者たちが、地球の環境破壊の問題について指摘したのはかなり古く、1960年代のローマクラブの警告あたりからでした。しかし、1988年になるまで国際的に取り上げられることはありませんでした。それは、世界には、戦争と地域紛争、

テロ、核兵器、核実験、核廃棄物、環境破壊、生物多様性の減少、大規模テクノロジーの事故、突発性ウィルスによる新型伝染病など多数の危機があり、特に地球環境問題以外は眼前の大きな危機なので、即時の対応が求められますが、環境破壊や生物多様性の減少は、今すぐ対応しなくてもいいという思い込みがあり、また逆に、今すぐ効果があらわれないと考えて、対応を後回しにしてきたからです。こういう世界情勢の中で、生態学の研究者には力がないため、部分的な純粋研究の成果は蓄積されてきましたが、世界全体として何をすればよいのかという共通目標がもてなかったのです。

人類の進化史のような長い観点から見ると、この100年間の人口増加と環境破壊のスピードはおそろべきものがあります。現在67億人の地球の人口増加は、ありえない上昇カーブの軌跡を描いています。それが可能なのは、石炭、石油をエネルギー資源として使っているからで、それは同時に、地球の炭素蓄積を食い潰していることにつながっています。そこで、野生哺乳類の体重と食性から生息密度を割り出すと、狩猟採集時代の人間の生息密度は1.5/km<sup>2</sup>ですが、現在の人間の生息密度は44/km<sup>2</sup>となります。

#### 4. 3つの生物多様性の損失への対応

生物の多様性は、生物の種、種内、生態系の3つがありますが、それぞれの多様性が喪失しています。もっとも知られているのは種の多様性の喪失で、すでにいろいろな種が絶滅しています。しかし、地球上の種の絶滅状況、絶滅速度を定量的に把握するのはほぼ不可能です。そもそも発見されない前に絶滅する種もかなり存在するはずですが、それも分かっていません。

また、種内の遺伝的多様性の喪失もあります。すでに進化の項でも説明したように、種内に多様性があることは非常に大切なのですが、地域個体群が絶滅することによって、それが失われていきます。また外から侵入してきた種と交雑することによって、個別の遺伝子群が

減っていきます。さらに、作物の特定の品種だけ栽培することによって、それ以外の種が失われていきます。しかし、これも野生個体群で種内の変異性の幅を調べはじめたのも、ごく最近のことです。たとえば、自生サクラソウがある地域で絶滅しかかっていたため、他の地域のサクラソウを移植したことがあります。実際に遺伝子を調べてみると、鈴鹿山脈を境に違っていることが分かりました。したがって、地域に応じた保全を考えていかなければならないことも、ごく最近分かってきました。さらに生態系多様性の喪失が進むと、海、川、海、森林（広葉樹林、針葉樹林）などの多様性が失われ、どこでも同じような「都市」になってしまいます。

こうした多様性の喪失は、重大な事態をひきおこすだろうという予測は立てられますが、これまで正確に測定されたことはありません。ただ、明らかに再生不可能な生物資源が喪失していき、たとえばガンに効く薬草など未知の植物が絶滅していけば、潜在的な生物資源が失われていくことになります。それは人間にとっての効用で限定的かもしれませんが、地球エコシステム全体の安定性の脆弱化は人類全体に影響を与えるだろうと推測されます。しかし、その程度は分かりません。ちょうどトランプのカードでつくられた城のような状態で、1枚抜いても何とか城の形態を保っていますが、どこかの1枚を抜いたら崩壊するかもしれません。地球エコシステム全体のパラメーターを設定し、その相互作用を気候変動のプログラムのようコンピュータで計算する作業もかなり行なわれてはいますが、システムの安定性に個々の種がどう関わっているかなどについては、まだ全然分かっていません。

さらに、人間の心の正常な発達が阻害される可能性もあります。子どもがコンクリートジャングルで育ったら、心身にどんな影響を与えるかも分かっていません。人間が自然環境からまったく孤立して育つ習性をもつことは、まだ人類が経験していない分野だからです。多様性の損失がもたらす危険性については、最初に挙げた再生不可能な生物資源以外は、定量的に計測することはできません。しかし、生

生態学の中では、こういう問題をなんとか定量的にあらわそうとする数理モデルの研究が進み、その1つがエコロジカル・フットプリントの考え方です。これは簡単に言えば、人間を含むすべての生物が、自分たちが生きていくために地球のエネルギー資源をどの程度使用するかという指標です。地球表面に降り注ぐ太陽から水、風、地熱などの自然エネルギーを利用して、植物が光合成をし、動物がそれを食べるという循環が形成されていますが、ある生物はどれだけその地球のエネルギーを使っているかという計算に基づいています。この計算によれば、現在の人間のエネルギー使用は、地上エネルギー生産から見て地球1.2個分となります。1960年代まではまだ地球1個分未満でしたが、1979年を境に1個以上となっていきます。したがって、1979年以降に生まれた人は、地球が太古から蓄積してきた石油、石炭などの資源などの化石燃料を、いわば元本を食いつぶすかたちで利用していることになります。こういう問題は計量化しやすいので、温暖化防止のCO2削減目標などは数量化しやすいわけです。

そういうわけで、生態学はようやく地球レベルでの問題に研究成果を活かさなければならぬ時代になったのですが、その研究対象が複雑なため厳密な精密科学の手法はとりにくいのも事実です。また、保存の現場は、科学的な要因より、人間の文化の側面が強く関わってきます。人々が地球環境の大切さを認識し、その対策をとろうとする意欲と十分な社会環境が不可欠です。それは科学とは別次元の問題になります。ですから、生態学者が現地に行って保全を訴えればすむ話ではありません。その国や地域の人々がどうしたいかを考慮した対応が求められるわけで、科学的見地からの要望と実際の対応との間には、何段階も人間の意思決定が入ることになります。

## 5. 環境対策を阻んできた“今そこにある危機”

先に指摘したように、環境問題はずっと先の不確実な危険性だったので、眼前の確実な危険性の回避が優先されてきました。しかし、な



ぜ1988年以降、環境問題が国際舞台に上るようになったのでしょうか。この年が、特に環境問題として重要な転換点となる事件があったからではありません。また、特に大きな災害があったわけでもありません。私は、その大きな要因は、東西冷戦構造の終結だと思います。逆に言えば、それまでは眼前にあるのは、戦争や地域紛争、軍拡競争、核の恐怖などだったので、世界の首脳たちは、環境問題よりそれらの問題を重視してきたのです。

しかし実際には、戦争による環境破壊が世界各地で深刻になってきており、戦争をやめないかぎり、環境破壊は止まりません。また東西冷戦の遺物として、核兵器の放置、水中投棄、核施設による汚染など、米ソを中心とする核汚染の問題も深刻です。この当時は、種の多様性の保全より、冷戦に勝利するためなら核も辞さないという時代で、徹底的に環境を汚染したのです。これに終止符を打ったのがゴルバチョフでした。ここから、リオデジャネイロ・サミットなどを契機に、世界は環境問題への認識を深めるようになっていきます。

しかし各地域での現実的な対応となると、経済的に余裕のある民主的な政府でなければ、環境問題への対応はできません。まず国民が生死の淵をさまよっている国では、環境問題は話題にすらなりません。また国民の教育レベルが高くなければ、環境問題は市民運動になりません。さらに政治的に安定した政府でなければ、環境問題に取り組みません。そして民主的な政府でなければ、情報公開しません。軍事政権は、その性格上、決して環境問題には配慮しません。

このような条件を考えると、世界には、環境問題どころではない国がまだまだたくさんあります。しかも、そういう地域で種の絶滅が生じているので、絶望的な気分になってしまいます。たとえば、ミャンマーの軍事政権は決して環境問題に配慮しませんし、中国は共産党の一党独裁のもとで情報統制が厳しく、重慶の環境汚染なども情報が外に漏れないようにしています。北京オリンピックの際は、北京の空気がきれいであることをアピールするために、周辺の工場の操業を全面的にストップしましたが、オリンピックが終わると、元のように空

気の汚染が深刻になっています。アフリカや南米の国々は頻繁に政権が交代するので、10年、20年という長期的スパンで環境問題に取り組んだことはありません。ノーベル平和賞を受賞したケニアのマータイさんは、ずっと環境運動を続けてきましたが、何度も入獄されています。人々の教育レベルは高くないので、環境問題が市民運動にまで高まることはなく、マータイさんは長らく孤独な戦いを強いられてきました。

このような状況のもとで、はたして生態学者に何ができるでしょうか。私の場合は、まだ地球環境問題がそれほど重要視されていなかった1980年に、タンザニアの奥地でチンパンジーを歩いて見学する国立公園建設を計画し、それによって現地の人々の生活をほとんど変化させずに外貨収入を獲得し、同時にチンパンジーも保護しようというプロジェクトに参画し、2年間滞在しました。この地域はアフリカでも豊かな地域で、生死の淵をさまよっている人は少なかったのですが、国民の教育程度が低いので、環境問題への関心は低く、国立公園を設立して外貨を獲得することによってチンパンジーを保護するという計画にはまったく興味を示しませんでした。現地の人々が望んでいない計画を国際機関がおしつける手法には矛盾も感じますが、絶滅しかかっているチンパンジーは保護する必要があることもたしかで、世界的な環境保護とその地域の問題とのジレンマに直面することもしばしばです。

1980年代のタンザニア政府は、それほど非人道的な政府ではありませんでしたが、それでも共産党的な政策をとっていた時期は、勝手に人々を移住させて村を別の場所に作ったりしていましたので、長期的な観点から環境問題に取り組もうとする姿勢はありませんでした。ですから、一生態学者が何かをしようとして現地に行っても、とても政治的、経済的な問題にまで介入することはできません。その中で、生態学はどのような保全対策をとるべきかを考えていかなければならないのです。

## 6. 経済問題としての環境問題

また、環境問題の多くは経済問題に起因しているので、それを考慮に入れたモデルを構築しなければなりません。現在、資源の浪費と世界の不平等が非常に大きな格差をもたらしています。古いデータですが、世界の上位10%の「金持ち国」と下位10%の「貧乏国」では、【表1】のように大きな格差があります。

【表1】世界の格差

	金持ち国	貧乏国
年間人口増加率	0.1%	1.8%
乳幼児死亡率	0.9%	6.4%
平均年間G N P	US\$19,310	US\$1,120
人口密度	22人/km <sup>2</sup>	55人/km <sup>2</sup>
	上位20%の国が世界の富の84.7%を占有	下位20%の国は世界の富の1.3%を占有するのみ

最近、ポール・エリックが考案した指標としてよく用いられているのが、アイパット ( $I = P \times A \times T$ ) という考え方です。これは、ある集団が環境に対して与える影響（インパクト）に関わる変数を定量化しようと試みたものです。ここで、P (Population) は人口、A (Affluence) はぜいたくの度合いや物質的豊かさ、T (Technology) は生産および生活技術が環境に与える負荷を意味しています。A (Affluence) の指標は、毎日の平均摂取カロリーが必要摂取カロリーの何倍とか、現在持っている衣服が最低限度必要な衣服の何倍であるかなどを基準に算出します。ここで興味深いのは、最低限度必要な衣服は、パンツ2枚、シャツ3枚、ズボン2本、セーター1着、上着1枚、靴2足、靴下3足など細かく規定されていることです。T (Technology) は生活様式によって大きく異なり、火を使ってただ炊事をする場合と、電気炊飯器や電子レンジを使う場合とでは、環境に与える負荷が大き

く違います。

こうしてPとAとTを掛け合わせたものが、その集団の環境インパクトになります。Pが大きい場合、たとえば中国などは人口が多いのですが、AとTはまだまだ低いので、環境インパクトはそれほど大きくはありません。それに対して先進国は、Pはそれほど大きくありませんが、AとTが大きいので、環境インパクトは相当大きくなります。ここから、1人当たりの利用標準化地球表面積を算出すると、世界平均は2.33gha、アメリカ合衆国は9.7gha、イギリスは5.4gha、ドイツは4.7ghaです。一方、開発途上国の面積は少なく、先のもろもろの格差同様に、ここでも大きな格差があります。

このような指標から、ある国に子どもが1人生まれた場合、どの程度環境負荷が増加するのかも計算できます。先進国の子ども1人の環境負荷は、途上国の子ども1人の23倍になるそうです。ポール・エリックはそれゆえに、先進国は人口制限が必要だと主張しています。インパクトの考え方と手法が正しいかどうかは別として、なんらかの意思決定をする場合、どのような指標を用いれば、複雑な要素が絡む環境問題について科学的に状況が記述できるのか——生態学はまったく未知の領域に足を踏み入れたばかりなのです。しかし、緊急にやらなければなりません。

## 7. 気候変動と生物多様性の関わりについて

生物多様性と気候変動を結びつけた議論はあまりされていないのですが、最近、生物多様性の意味を測る指標として、生態系サービスという考え方が出てきました。この考え方を研究したグループの1人が、今度コスモス国際賞を受賞するグレッチェン・デイリーという女性研究者です。

海、川、森林などの生態系は、それぞれ異なる生態系サービスのセットを提供しています。したがって生態系が平板になると、生態系サービスのセットのあり方も単純化してきます。また異なる種は、異なる

生態系サービスをその生態系の中で提供していますから、類似した生態系機能をもつ種が何種も存在することによって、その冗長性が生態系サービスを安定させる役割を果たしているわけです。たとえば、スズメ、シジュウガラ、ヤマガラが同じ山里にいて、同じような餌を食べているというように、機能が重複した同じような種が多様に存在することが、結局は環境が変化しても安定性を高める意味があるのです。また種内の多様性は、種の存続可能性を強化することによって、生態系サービスの安定性に寄与していると考えられます。

したがって、どういう機能をもつ多様性に意味があるのかをサービスという概念で測ろうとしているわけです。この研究の代表が、国連のミレニアム生態系評価で、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）に比べて有名ではありませんが、2001～2005年にかけて、世界95カ国から1360人の専門家が参加して、地球環境全体のアセスメントを行ないました。そして、20世紀の100年間を基準に、膨大なデータをもとに、地球規模で生態系の不健全化がどのように進化したかについて実際に評価しようと試みました。

その主要メッセージは、「人間の活動による生物多様性の減少は、過去50年間でこれまでにない速度で進行した。過去50年間で自然環境が人間の支配する環境へと変化して、それによって利益を得た部分も多いが、コストが年々増加している。生物多様性の減少をもたらしている直接の要因は、①生息地の破壊、②気候変動、③侵入種の増加、④過剰利用、⑤汚染」であり、これらを数値化して明らかにしました。

ここからどのように行動するかですが、すでに指摘したように、現在の生態学は、今日の環境問題が直面している複雑さに対して、研究するだけの学問にとどまっていられない大変さを抱えています。さらに、シミュレーションをするにあたっての大量データの収集・解析の方法もまだまったく分かっていません。ゲノムレベルの大量データの解析が飛躍的に進み、そのレベルでの生き物が解明されたのは画期的でしたが、それと固体との結びつきは未知です。同様に、個別のローカルな生態系での変化については、この100年間でかなりのデータの

蓄積があります。たとえば霞ヶ浦や足尾銅山がどのように変化し、どのように保全途上にあるかなどのデータはかなり集められてきましたが、個別の大量データを解読し、地域全体の環境問題に結びつけたり、その国の政策に反映させることなどには、まだわれわれ生態学者の力が及んでいません。

ミレニアム生態系評価の結果や生物多様性条約などから、国は環境対策のために生態学者を総動員していますが、まだわれわれの研究精度は高まっていません。しかし事態は緊急を要しており、無為に待ってはられません。環境劣化が続き、ある日突然、環境が大きく変わるフレーム・シフトは十分ありうるし、おそらくその日は近いでしょう。フレーム・シフトを予測するためのデータとしては、湖1つくらいなら、植物プランクトンの構成などを調べればなんとか分かるでしょう。しかしもっと広い地域でのフレーム・シフトの予測はできていません。

その意味で生態学は、ミクロな生物学とはまったく非常に違う困難さを抱えた中で、人間も社会もすべて関わる大ざっぱな領域で究めていかなければなりません。従来型の理解では、生態学は“科学”ではないと言われるかもしれません。しかし、これから先はそう言っているだけではすみません。どのようにしてこの問題を科学的に予測していくかが、今後の生命科学の1つの大きな方向なのです。生命科学は、遺伝子、ゲノム、脳神経科学など今後どのように進むかまだ分かっていない領域もありますが、同様に、大量データと複雑系を扱う地球環境もまだ分かっていない領域なのです。

## 〈質疑応答〉

—— ミクロのレベルのテクノロジーは非常に進んでいるけれども、固体群以上のテクノロジーはないという指摘がありましたが、今後後者のようなテクノロジーが開発される見込みはあるのでしょうか。また、そうしたテクノロジーが産業界から無視された理由は何だったのでしょうか。

長谷川 これまでそうしたテクノロジーに産業界が群がっていないのは、簡単な理由で、それによってどう儲かるかが見えないからです。バイオテクノロジーでも同様に、ロケットなどに比べると市場が小さすぎてメリットがないという見方もあるくらいで、産業界が大きく動くためには、儲かるためのモデルが必要です。地球環境問題は重要で、次世代の核は、グリーン・エコノミーだという予測はあっても、どういう儲かり方ができるかの青写真が描けないのでしょう。産業界もまだそこまで考えていないんです。だから、たぶんマイクロセンシングなど、いろいろな技術をあわせるとできるかもしれません。生態学者も含め、誰もイニシアチブがとれないし、政府もそういう意欲はないと思います。生態学者もそういうイマジネーションがないところがよくないので、もう少し積極的に意見を言えばいいのでしょうか。

—— 地球規模のデータの収集と解析をする場合、大量データをどう扱うべきでしょうか。

長谷川 IPCCの強みは、CO<sub>2</sub>、水蒸気、メタンガスなどの各排出の状態から何とかシミュレーションできたことだったのですが、生物多様性を扱う生態系では、それができないんです。たとえば、森林の中にいる1つ1つの生き物の生態は正確には把握できないでしょう。また、たくさんの微生物が環境に影響を与えていることは分かっていますが、微生物生態学もまだあまり進んでいません。ですから、森や砂漠などにいる微生物

物をどの程度調べれば全体像が分かるのかも分からないわけです。そのため、頭数が数えられるシカなどの動物で代替しようとしたりしますが、それでは全貌は分かりません。細菌学でバクテリアを研究している研究者たちが、バクテリアのゲノムから生態系のバクテリアの量、種類、機能、役割などを類推して、そこから微生物までを含めた生態系モデルを作ろうと模索していますが、その方法論もまだ確立されていません。

もちろん、いろいろなところで多種多様なデータをとっています。たとえば湖では、プランクトン（動物、植物）の量によるエネルギー循環の相違、大きな魚の有無による相違などのデータをもとにシミュレーションを行なっています。ただし個別性が強く、北海道の湖と信州の湖とでは状況が異なります。

近年、人々は地球環境の変動が大きな問題を引き起こしているので、なんとか環境を守ろうということは心情的には理解しはじめているでしょう。高度成長期の公害問題を目の当たりにした世代や、あるいはそうでなくても人間の直感として、環境が破壊されつつあることは分かっていると思います。IPCCの報告書も、環境問題についての意識を産業界にまで広げ、方向転換しようという意識を喚起する意味では、良い契機にはなっていると言えます。しかし現実に生態系の保全を具体的に考えた場合、個々の場所でどうすべきかは、すべて個別の問題になります。そして、そこに経済、社会、文化、さらにそこに暮らす人々がどうしたいかということなどがすべて絡んできて、それを生態学が学問として対応するのはおそらく不可能でしょう。

—— 自然環境を保全するという目的はあっても、その具体的な方向すら分かっていない、ということですか。

長谷川 そうです。その中で、現在の保全生態学は、よく分からない



ことを理由に、順応型で試行錯誤する方策をとっています。ですから、ある目標を決めて、それに向かって突っ走ることはしません。3年計画をたて、半年くらいのスパンで査定し、その都度再検討し、複数の将来予測をたてます。また、当初の計画を変更することを前提に、いくつかのシナリオの中から、もっともふさわしいと思えるものを選んでいきます。ただし個別の地域で、国の事業として実施する場合、国の予算は年度ごとに使用目的が決まっていますから、その年度内に使途変更することができません。そういう不便さがありますが、現在の保全生態学はそのやり方が基本になっています。

—— 共通してすべきことも分からないのでしょうか。

長谷川 もちろん、たとえば、なるべく生き物の食物網の要はおさえて調査しなければならないとか、いくつかの基本があります。ただし、自然環境を保全するという場合、どういう保全をするかが問題なのです。原生林がいいのか、人間がある程度利用する里山がいいのか、それとももっと徹底的に人間が開発する形態がいいのか——破壊された自然をどこまで回復させるかは、科学で決められないのです。どういう自然環境が、その地域の人々にとって望ましいのかについて、科学で答えは出せないからです。なるべく物質循環もエネルギー循環もうまくいき、生物種が多様である環境がいいに決まっていますが、それが必ず復元できるとは限らないし、また復元できたとしても、それが地域の人々の生活に負担を与えてはよくないので、人間の営みと自然環境はどこかで妥協点を見出さざるをえません。人間がある程度経済的に生活でき、自然環境もほどほどにある環境とはどういうものか。それは科学では決められないのです。