

生態学の哲学的基礎

大垣俊一

生態学者が論文を書き、あるいは他者の研究を評価するとき、こんなデータを取ってこう分析したらこのような結論に至った、という話の道筋としてどのようなパターンを採用すべきかということについては、ある種の暗黙の了解があるように思われる。研究者はそれを見よう見まねで身につけ、実際の研究を行っているが、時としてその常識が揺らぐことがある。たとえばそんなやり方ではだめだと言われたり、他者の研究にふれて、そんなやり方もあるのかと思ったりする時である。それどころか、ある分野の研究がまるごと無意味なものに思えたり、昔の論文を読んで、判断基準が時代と共に変わってきているのではないかと感じることもある。こうした疑問の背景には、つきつめれば論理学とか科学哲学の問題がある。たとえば、ある種の昆虫が特定の植物種に依存しているかどうか、というテーマがあるとして、その昆虫がその植物と共存する観察事例を積み上げてゆくことによって、両者の結びつきが確かめられる、という考え方がある。こうした方法は、当事者が意識するか否かは別として、背景に「事実が仮説と合致することをもって仮説を真とする」「相関は因果関係を反映する」という思想があり、こうした研究プロセスを「確証」corroboration、確証を中心に研究を構成する立場を「実証主義」positivism、ないし「正当化主義」justificationism と言うことがある。一方、同じテーマに対して、植物種の関与を否定するためのテストを行い（たとえばその植物種を除去しても昆虫の密度が変化しないことを示す、など）、度重なるテストにもかかわらず仮説を否定できなかったとき、その植物種の重要性が示されるという考え方もある。科学哲学者ポパーが提唱し、仮説の否定を根本とするこの方法を「反証」falsification、それに基づく研究手法を「仮説演繹主義」hypothetico-deductivism と呼ぶ。現在生態学において多用されている、帰無仮説利用の統計的有意差検定の手法は、実はこの反証主義に哲学的基礎を持つのである。

こうした分野の議論は、日本においてはあまり行われていないように見えるが、欧米では1980年代以降、とりわけ群集論の興隆に伴い活発に行われてきた。今回はその中から、方法論に重点を置いて生態学の哲学的基礎を論じている文献のreviewを行い、そこから浮かび上がる問題点について検討したい。

1. 文献要約

Chamberlin (1965) は地質学者による科学方法論で、主張内容は比較的単純、率直。1890年にScience誌に掲載された論文のリバイバルだが、1980年代の論文にもしばしば引用されている。著者は科学の発展形態を、1. 支配的理論 (ruling theory) の段階、2.

単一作業仮説 (working hypothesis) の段階、3. 多元的作業仮説 (multiple working hypotheses) の段階、の3つに整理する。支配的理論の時代には知識の範囲が狭く、個人がすべての分野をカバーすることができた。その理論が支配的なものとなり、検証されることなく様々な事実を解釈するのに用いられる。明記されていないが、上記の「個人」はアリストテレス、「支配的理論」はスコラ哲学を含意しているだろう。このような事態に反発し、理論化を抑制して事実収集に専念する傾向が、20年ほど前（つまり1870年ごろ）まで続いたが、今では作業仮説の方法が用いられるようになった。支配的理論の段階では、事実はその理論を補強するために集められたが、作業仮説の段階では事実は最終的な理論を導き、それを説明するために収集される。しかし作業仮説も単一であれば、主張者にそれに対するこだわりが生まれ、かつての支配理論のようなドグマに陥りやすい。そこで著者は、複数の作業仮説を並立させる方法を推奨する。これはある現象に対していくつかの仮説を立て、相互に比較検討して、そこから妥当な説明を引き出そうとするもので、複数要因がからむ現象に特に向いている。具体例として、アメリカの五大湖の成因が言及されている。五大湖盆については、もとの河谷、氷河の侵食、地盤沈下などの成因が考えられてきたが、事実はそれらの複合である。さらに著者は、多元的作業仮説を用いる場合の注意点と、その社会的適用についても議論している。

Platt (1964) は、物理学、生化学を主に論じた科学方法論で、生態学などマクロ生物学に重点があるわけではないが、その後の生態学方法論の議論の中で多く引用され、影響力を持った文献である。初めの部分で著者は、科学のある分野は近年急速な進歩を遂げたが、別の分野はそうではないと述べ、その違いの理由は何なのかと問いかける。急速に進歩した分野の例として、著者は分子生物学や高エネルギー物理学を挙げる。「別の分野」については名指しされていないが、のちの生態学者はその中に生態学が含まれていると受け取った。著者によれば特定の分野が進歩したのは、論文のタイトルにもなっている 'Strong inference' を用いて研究が行われているからである。Strong inference の手順は、1) 仮説の考案、2) その仮説を排除するための実験の計画、3) 実験による検証、4) 1-3をくりかえして、残された可能性を検証する、という4段階である。この方針のもとに、研究者は常に「どのような実験が自分の仮説を反証するか」「自分の実験はどのような仮説を反証したか」を考え、問題は何かを明確にし、すべての対立仮説を反証するためにきびしい実験を考案しなければならない。こうした主張はポパーの反証主義にその根拠があり、実際ポパーが引用されている。ただし同時に、「一つの方法しか持たない者は、問題志向でなく方法志向になる」「物理、化学で数学の使用が成功したからといって、他分野に持ち込んで成功するとは限らない」「おそらくほとんどの科学の問題は、量的ではなく質的なもの」など柔軟で慎重な姿勢も、同時に示されている。

Simberloff (1970) は、「帰無モデル null model」を生態学に適用した初めての論文として、現在に至るまで繰り返し引用されている有名な論文である。null model analysis とは、現状に対して何らかの要因（競争など）がないと考えたときの状態を想定し、それと実際との差を調べることによって、当該要因の存、不存を判定しようとする研究手法である。

この研究は具体的事例のものなので、方法論の背景は述べられていないが、帰無仮説や帰無モデルは、反証主義ないし仮説演繹法的研究の一形態とみなすことができる。つまり反証主義では、何らかの仮説の正しさを証明することはできず、ただ誤りであることを示すことができるにすぎないと考える。従って仮説に反する状況が一つに決まる場合（たとえば「2つの集団の平均値に差がある」に対して「等しい」）、それを帰無仮説とし、帰無仮説を否定することによって当該仮説の正当性を主張しようとする。Simberloff の論文は、McArthur & Wilson の、Island Biogeography の理論を土台にしている。McArthur & Wilson は、島における生物の属当り種数 (S/G) は、島の生物の供給源 (source area、近くの大陸など) に比べて小さいと考えた。このことは、限られた環境においては近縁種間に競争が起こって種相が単純化するという「競争排除則」を含意している。これに対し Simberloff は、主として鳥のデータをもとに、供給源からのランダムサンプリングによって仮定の鳥群集を構成し、実際の S/G 値と比較したところ、むしろ島のほうが高い値を示した。予想と反対のこの結果は、同属種が互いに生態条件や分散能力が似通っていることの反映であろうと、著者は考えている。

Peters (1976) は、進化、生態の諸理論に検討を加え、その多くが 'tautology' であると批判している。tautology は「同語反復」「恒真命題」などと訳され、肯定的にも否定的にも用いられる。それは、少数の前提、公理から、演繹によって様々な結論を導くプロセスで、ユークリッド幾何学はその典型である。ユークリッドの体系では、平行線公理など3つの公理から何段階もの定理の証明を経て、たとえば三平方の定理などの複雑な結論を導くが、これが初めの3公理に由来するということはもはや直観的にはわからなくなっている。しかし両者の論理的内容は同一であって、内容的に付け加わるものはない。これが演繹の威力であって、その意味では tautology は有用なものである。一方、tautology が最も単純な形をとると、たとえば「最適者とは、今生存している生物である」と「今生存している生物が、最適者である」のようなナンセンスな言葉の置き換えとなり、「循環論法」として否定的にとらえられる。「私は明日、そこに行くか行かないかのいずれかである」というようないわゆる「排中律」も、論理的に分析すると tautology になるらしい。Peters は tautology を完全に否定するのではないが、生態学等マクロ生物学において、多くの概念が tautology として否定的な影響を及ぼしていると主張する。著者は、科学理論は予測や反証が可能なものでなければならないとし、論理実証主義ないし反証主義の立場に立つ。しかし tautology は、前提さえ認めれば常に正しいのであるから、予測や反証とは無縁で、それゆえ科学理論とは言えない。たとえば進化理論は、突然変異のランダム性から予測不能で、また歴史的なプロセスであるため実験によるテストもできない。生態学においても、Clements の単極相説などは、実験による検証が不可能ないし困難で、しかも批判を受けて変形した結果、「ある地域の植生は、特定の終点到達するかもしれないし、そうでないかもしれない。その終点は地域によって類似していることも、異なっていることもある。」などという、得体の知れない文字通りの排中律になってしまった。こうして Peters は、競争排除、進化に伴う多様性の増大、環境の異質性と群集の多様性の関係など、進化、生態学

の様々な理論に対し、予測性、テスト可能性を備えていない tautology であり、科学理論とは言えないと批判している。

Levins & Lewontin (1980) は、弁証法と唯物論の立場から生態学の理論、とりわけ群集論を検討した論文である。著者らが支持する「弁証法的唯物論」は、「マルクス・レーニン主義」と言いかえることもできるが、別に政治的な主張が述べられているわけではない。タームの前半「弁証法 dialectics」は古い歴史のある概念で、その世界観は流動、変化、発展、矛盾、浸透というイメージ。ここから有名な、正、反、合の考え方、つまり正 (these) と反 (antithese) は衝突してどちらかが残るのではなく、止揚 (aufheben) を経て合 (synthese) に至るという考え方が生まれる。従ってこれに対立するのは、全体を部分に分解して固定し、分析するという「還元主義 reductionism」ということになる。後半の「唯物論 materialism」は観念論 (idealism) に対立し、著者らの論旨としては全体に固有の本質的要素 (idea, essence) を仮定しない、物質的生物観を指す。生態学に即して考えると、相互作用とか全体と部分という問題意識は、競争、群集というテーマに容易に結びつく。実際、群集論はこの論文の主要なテーマであって、著者らは、群集は個体群どうし、また個体群と群集全体との複雑な関係の上に成立しており、個体群に分解して評価するようなやり方は、還元主義への後退であるとする。無機的環境条件と種間関係についても、従来のように種間関係を無視して環境条件の影響を考えるのが不適切であるばかりでなく、環境条件と種間関係のどちらが重要かという選択でもない。つまり端的に言えば、環境条件は、種間関係に影響する要因として捉えるべきだということになる。分析方法についても、著者らは非還元主義的観点から、単要因分析のみならず、分散分析や多要因間の重みづけをめざす重回帰などの多変量解析にも否定的である。主要因分析なども、複雑に相互作用している系を、たかだか 2 本や 3 本の軸に投影して全体像がつかめるはずはなく、また軸の選び方によっても異なる全体像が描かれる。そして今後の生態学は複雑性を中心課題とすることが求められており、生態学の哲学は、唯物論的、弁証法的要素が強いほど効果的のものになるだろうと結んでいる。

May (1981) は、数理生物学の専門家である著者が、具体的事例に即して生態学における数学的モデルの有効性を説いた論文である。個体群レベルではそれぞれのモデルは様々な問題点を含みながらも、議論を通じて改善が試みられ、言説モデル (言葉で説明した理論) を補足し、内容豊富なものにするのに役立ってきた。ただし種間関係や群集レベルになるとパラメータが増え、複雑化して反証可能な定量的関係を示すことができず、せいぜい一般的傾向を示すに止まる傾向がある。一般的に言って数学的モデルは自然の中の本質的な要因を抽出し、理論の輪郭を明確にする。科学哲学についても述べられており、著者はダーウィンの思索過程を示したメモに触れながら、「ベーコン的手法」(事実を並べて理論を洞察) も、「ポパーの極端な論理実証主義」も、共に科学者が信奉するに足る方針ではないとし、ファイヤアーベントの 'anything goes' は極論であるにしても、ポパーよりもよく現状を説明していると述べている。

Haila (1982) は、種間競争をめぐる議論を紹介しながら、群集構造分析の方法論につ

いて述べている。群集論では、個々の生物現象における分析理論 (analytic principle、ロトカ・ボルテラ式や Gauze の競争排除則) を群集全体に外挿 extrapolate するのが普通のやり方で、Hatchinson の多次元ニッチェ論などがこれに当たる。しかしこれは外挿の前提 (群集が平衡状態に達して種密度が高い) が不確実で、その過程で現実性 ecological reality が失われる。つまり、理屈はそうかもしれないが実際にはそんなことにはなっていないだろうという直観であろう。種間関係研究の方法論についても検討されている。そこではポパー流の仮説演繹法 hypothetico-deductivism (HD) が普通に用いられており、それは次の6段階からなる。1) 憶測、2) 憶測に基づく仮説形成、3) 仮説からの演繹による予測、4) データ収集、5) 仮説とデータの照合、ここで仮説とデータが合致する場合、(3)に戻る。合わない場合、(1)に戻って新たな予測を立てる。…このHDは確かに有力な研究方法論だが、厳密に規定された生物現象の検証にのみ適し、群集レベルの理論の検証には向いていない。そこには別のアプローチがなければならず、それを Haila は、「統合的な理論を長期的に検証すること」であると述べている。また、複雑な生態現象に対しては異なる状況に応じて異なる手法が用いられるべきであるとし、ecological pluralism (生態学的多元主義) を主張した。なおここで一つ用語の問題を述べておくと、仮説演繹法は本来、仮説から生ずる予測を事実と付き合わせるという操作を指し、その後の過程、つまりその結果、事実と合わないから否定する (反証) とか、事実と合致したから肯定する (確証) ということまでは含んでいない。この論文を含め今回紹介する文献では、多くが hypothetico-deductive (HD)=反証主義、ととらえているが、誤解を招く用法だと私は考えている。

Quinn & Dunham (1983) もまた、ポパー主義的仮説演繹法に批判的である。著者らは Platt (1964) の 'Strong inference' が反証主義と仮説演繹法に立脚することを指摘した上で、その問題点として次の3つを挙げる。第一に、仮説は意味のある反証を許す形で呈示できないことがある。第二に、ある現象に対し複数要因が相互作用しつつ関与している場合、単要因ごとに切り出して検証してゆくと、結果的に誤った結論を導く。第三に、仮説演繹法では仮説を証明するため、それに対立する帰無仮説を構成してそれを否定するというやり方をとることがあるが、帰無仮説は理論的に構成不能である。つまり、ある要因がなかったらどうなるかということは、様々な仮定を含んでおり、疑問の余地なく決定することはできない。また、二集団の平均値が全く等しいなどということは現実にはありえないので、検定の精度を上げて行けば、そういうタイプの帰無仮説は必ず reject される。著者らはこれらの問題点を具体例に基づき検討し、反証主義に基づく Strong Inference や null model の手法はしばしば実行不能で、複雑な系に適用するのは不適切であると述べる。そもそも生態学等マクロ生物学は、反証主義や反証主義的手法によって押し進められてきたのではない。実際には、比較的単純な理論で生物現象が説明できるように見えたとき、その理論が採用され、のちに批判されて修正、あるいは放棄された後、再び単純な理論が提起されるという形で展開してきた。これはむしろクーンのパラダイム転換のパターンに近いとして、著者らは生態学の展開に対する、歴史主義的視点を呈示している。

Grene (1985) は、進化論の理論的問題を扱った本に掲載された論文で、生物学を念頭に科学哲学を論じている。今回紹介する中では唯一、哲学の専門家の手によるものである。著者の論点は、旧来の実証主義的ないしポパー流仮説演繹的科学哲学を批判し、かつ、極端にクーン的な価値観（科学の主観性、流行性、慣習性や、パラダイム間の通約不能性の強調）に陥ることもない、新しい科学哲学を目指すということにある。その旧来の科学哲学は、科学者は事実を客観的にとらえ、個別事例をもとに普遍法則を導き、いわば「非人間的な」過程によって着実に進歩して行く科学観を築いた。しかし科学は、生物としての科学者が社会的環境の中で行う生命活動の一環に他ならず、そのことは科学のプロセスや成果にも反映されざるを得ない。科学の出発点である現象の認識一つとっても、それは単に外界にあるものをすべてそのまま観察者の網膜に焼き付けて中枢に送るというプロセスではなく、人間の嗜好性によって選択されたものが、あいまいさや誤りを含みつつ主体の中に取り込まれる過程である。そうした視点から、著者は日常世界の中に生命として存在する科学者の志向性を重視し、自然現象に対する生き生きとした好奇心を失ったり、洗練されすぎて人工物を操る（数理モデルなどを想定か）ようになれば、科学は衰退すると警告する。そして科学は多用な人間が行う活動であるから、かつての科学哲学が想定した、正統的な統一的科学というものはなく、様々な原理が結び合わされたネットワークとして存在すると主張している。

Diamond (1986) は、直接的には群集生態学における実験的手法の概論だが、その中で方法論の哲学的根拠についても言及されている。まず著者は実験を、室内実験、野外実験、自然実験の3つに分ける。このうち自然実験 **natural experiment** はさらに **natural snapshot experiment (NSE)** と **natural trajectory experiment (NTE)** に分けられる。NSE は、たとえば A 種と B 種の地理的分布域内の様々な地点で調査して、A と B が混在しているところと、両種が単独で分布するところで何らかのパラメータを比較する、というもの。NTE は、火山の噴火、寒波や重油流出などの後の変化を継続して追跡するといったタイプの実験である。これらの実験タイプのメリット、デメリットが8つの軸（要因コントロールの容易さや結果の一般性など）に沿って比較されている。室内、野外、自然の3つのうち、前2者はポパー流の仮説演繹法 (HD) によって行われているが、自然実験のみ、明確な方法論がないように見える。そのため特に野外実験の研究者は自然実験に批判的だが、自然実験は室内、野外実験が扱えない領域をカバーすることができる。またその批判はしばしば自らの長所を強調して短所に目をつぶり、相手の短所を強調して長所に目をつぶる不公平なものであり、哲学の分野ですでに疑問の呈されているポパー主義（著者は **Popperphilia**—ポパー病、というタームを用いている）にしがみつくと、不当なものである。生態学は、Platt (1964) が科学の模範とした物理学や分子生物学などとは対極の位置にあり、模範はむしろより近い分野、たとえば天文学、地質学、疫学などに求められねばならない。Diamond は自然実験の評価規範として '**10-point strategy**' を挙げるが、その中には次のようなものが含まれている。「その現象は多くの場所に共通しているか」「その現象は、当該要因に対して同様にふるまうと予想される多くの個体群に共通しているか」「その

現象は、推定上の要因に対して異なった反応をすると予想される個体群について、予想されたように変化するか」「当該要因は、その強度に応じて強い効果を示しているか」「2つの変数間の関係は、他の要因群が幅広く変動する中で維持されているか」「その因果関係について、妥当な生物学的メカニズムが提示されているか」などである。こうした評価基準をも用いながら、研究者は仮説演繹法にこだわらず、多用な方法論によって群集研究を充実させてゆくことができると、Diamond は主張している。

Simberloff の null model の論文から十余年を経て、この間帰無モデルによる研究事例も、またそれに対する批判も生まれたが、Connor & Simberloff (1986) は、それらをふまえて再び null model について論じている。Simberloff らの手法については、Harvey et al.

(1983) が主として技術的側面から、また Roughgarden (1983) が理論的な面から批判している。前者は、実際行われてきた null model の研究は、仮定された 'source area' が広すぎる、種間の分散能力の差が考慮されていない、データの統合と分析の過程に統計学的誤りがある、などの問題があるという。後者は、source area からのランダム分散という帰無仮説は、個々の種の移動力など、具体的な情報がないため分散が存在せず、現実のデータである対立仮説とアンバランスで、検出力が計算できない。また確率的プロセスは可能性のひとつにすぎず、それを否定することが即、競争の存在を肯定するものではない(たとえば、競争によってでなく、一方の種だけを捕食する捕食者の存在による他方の増加など)。この論文で Connor & Simberloff は、ダーウィンフィンチの形質置換を例に、生態学における競争の問題をどう検証するかを論じている。競争による選択は歴史的過程であり、また、島の数に限りがあったり、除去実験が倫理的に許されない、などから操作実験ができない。従って何か他の方法を考えなければならないが、null model はこの点、非実験的データと理論の整合性を検証する唯一の方法である。確かに帰無仮説以外に唯一の対立仮説を想定できるケースは多くないが、帰無仮説の否定→残る可能性の列挙→そのうち一つを帰無仮説とする→再び検証、というプロセスによって問題の解決に迫ることができると主張している。

McIntosh (1987) は、生態学の歴史を振り返りつつ、生態学における多元主義 (pluralism) を印象づける review になっている。1900 年代初頭、Clements は遷移説によって統一的な群集像を描いたが、これに対しては Gleason の個別的群集観からの批判があった。1950-60 年代には McArthur の登場により、生態学はそれまでのどちらかといえば無秩序で記散的、博物学的段階から、数式を多用する理論的なものへ変わった。これにより問題の所在が明確になり、言葉だけの論証で到達できない結論が導かれるようになったと評価する見方がある一方で、数理モデルは現実性がなく有効性に疑問があるという否定的な見解もある。また、仮説演繹法が有力な研究手法として現れる一方、この方法が要求する厳密な条件が、生態学にはそぐわないという批判がなされている。他にも生産生態学や情報理論に基づくシステム生態学なども、一時的に成功を収めたように見え、盛んになっても、その後批判、反論が行われて下火になるという過程を辿った。このように、生態学の歴史においては、統一的手法、理論が現れるたびに、それを批判して多用な現象やアプローチを強

調する見解が現れ、今の生態学は方法論においても理論においても多元的 (plural) になっていると、著者は要約している。

Mentis (1988) は、一般に対立的に捉えられがちな、ポパー的仮説演繹主義 (HD) と帰納的手法を、相補的なものと位置づけている。HD は、仮説を構成するに足る十分な知識がある場合に立案され、事実による仮説の検証 (反証) へと進む有力な方法だが、限界もある。たとえば技術的、倫理的な問題があつて、厳密な反証実験ができないとか、要因間に相互作用があつて、個別要因ごとの反証が意味をなさない、などの場合である。ポパーは、仮説形成のプロセスは心理学の問題として考察から排除したが、仮説は事実の収集の過程で考案されるのであつて、その意味で帰納は欠くことのできないものである。この帰納的研究スタイルは HD のような厳密さを欠くが、HD の欠点を補い、それが扱えない分野に研究対象を拡大することができる。その具体的やり方としては、相関、重相関が有力である。相関の存在は即、因果関係を示すものではないが、対象要因を絞り、また重相関は、相互作用する複数要因を扱うことが可能で、予測にも役立つ。このように、HD と帰納は、互いに補い合って生態学の発展に寄与できると、著者は主張している。

Schrader-Frechette & McCoy (1992) は、統計検定における Type II error を、社会的視点から分析した論文だが、冒頭の部分で生態学の方法論を概観している。著者らによれば、生態学の研究の多くは現象的 (phenomenological) ないし確証的 (corroborative) に行われてきた。現象的研究は明白な仮説を立てずに事実や測定値を収集するもので、多くの国際的生物学研究プロジェクトにその例がある。一方確証的とは、既に解説してきたように仮説を立てるが帰無仮説は用いず、特定の仮説からの帰結が仮説に一致することを示したり、仮説を支持する状況証拠を集めることによってその信憑性を高めようとする。この確証的方法について、著者らは次の4つの問題点を指摘する。1) 仮説は実証 verify すること (正しいことを示す) ことはできず、確認 (confirm) することができるだけで、それは仮説が真であることを意味しない。2) 事実が仮説にあったから仮説が正しいというのは $P \rightarrow Q$ ならば $Q \rightarrow P$ の「後件肯定」の論理的誤りである。3) しばしば仮説によってデータを解釈することにつながり、advocacy (正しいと仮定した上での擁護) に等しいものとなる。4) 確証における仮説よりも帰無仮説のほうが正確であり、厳密性の上で反証主義に劣る。このように確証を批判する一方、著者らは帰無仮説を疑問の余地なく立てることはしばしば不可能であると指摘し、それが問題なく立てられる場合に限定して、Type II error をめぐる諸問題に論点を移行している。

Underwood (1990, 1997) は、Platt (1964) の Strong Inference 以来の、仮説演繹法を中心に据える主流的方法論の集大成とも言うべき論文である。著者は生態学の研究を記載的なものと、何らかの仮説を立てて行う実験的なものに分け、前者を Baconian (ベーコン主義) として批判、否定する。実験的研究において、研究者はまずモデル (仮説) を立て、その検証を試みるが、それには確証的 (corroborative) と反証的 (falsifiable) なやり方がある。前者の場合、当該モデル以外のすべての可能性を排除しなければならず、論理的に不可能で不適切な方法である。従つて仮説の検証は反証的に行わなければならない。

この場合、具体的には立証しようとする仮説に対する帰無仮説を立て、その否定を試みるというやり方を取ることになる。帰無仮説の検証は、正しい実験計画に基づく統計分析によって遂行される。著者は、この方針に基づく研究プログラムを **falsificationist experimental procedure** として図化して示しているが、それは Haila (1982) に準ずる、以下の6段階から成る。1) 観察、2) モデルの形成、3) 仮説の立案、4) 帰無仮説の立案、5) テストないし実験、6) 結果が帰無仮説を棄却する場合は仮説を保持するか、さらにモデルを洗練させ、帰無仮説を保持する場合は(1)に戻ってデータを増やすか新たな仮説を模索する。生態学の仮説はすべて反証可能な形で述べられるとは限らないという点について、著者はそれが深刻な問題であることを認めつつ、「反証的テストが実行できない状況は避けるべきである」と述べるが、それはそのようなテーマ自体を避けるということなのか、何とかして反証可能な形にするのか、具体的対処法については述べられていない。

2. 哲学は生態学の基礎か

本稿のタイトルと矛盾するようだが、上記諸論文をふまえた議論に入る前に、この問題を考えてみたい。一部の生態学者、特にポパー的仮説演繹法を支持する研究者には、**HD** を科学哲学の正統とみなし、それに仮託して自らの主張を権威づける傾向が見受けられる (Underwood, 1990)。その一方で、クーンやファイヤアーベントを引用し、科学哲学においてポパーはもう古く、生態学における **HD** の採用には根拠がないとする主張もある

(Diamond, 1986)。これらは一見正反対のようだが、どちらも生態学の哲学による基礎づけを肯定する点で共通している。これに対し **Roughgarden (1983)** は、哲学は生態学の実際の研究場面ではほとんど役に立たないとする。科学哲学そのものが若い学問で、主流的考えは変転して頼りにならず、また科学哲学を知らなくても研究が成り立つことは、たとえば無限小の理論に通じていなくても導関数の公式を使えるようなものである。生態学に哲学的基礎などない、というこの **Roughgarden** の主張は、おそらくその通りだろう。大部分の生態学者や科学研究者は哲学に無縁だし、また無縁だったが、それらの人々によって科学は発展してきた。実際、科学哲学の本を読むと、科学者の多くがこのような錯綜として非現実的な議論にかかわっていたら、科学の進歩などなかったらうとすら思われる。しかしそれなら全く役に立たないかというと、必ずしもそうではないと私は考える。まず、これはネガティブな意味での効用だが、誰かが自分のやり方は正しい、なぜならポパーがこう言っているから、クーンがこう書いているから、というように主張したとき、それに惑わされることがないよう、ある程度の素養は持っていて損はない。知らないことには反論しにくいからである。また、生態学も一つの学際的分野である以上、数学であれ経済学であれ、他のあらゆる分野から研究遂行上のヒントを得ることができる。特に科学哲学は、科学の方法論をめぐる自然科学者や哲学者が知恵を絞ってきた分野であるだけに、そこに何のヒントも転がっていないということは、たぶんない。

哲学的側面を取り入れた議論が有望な具体例として、生態学の現状や歴史についての解

積、群集論の諸概念の検討ということがある。前者について言えば、我々が今使っている操作実験や様々な研究手法は、どのような経過をたどって使われるようになり、なぜ妥当であると考えられるのか。その背後には何らかの哲学的傾向を持った研究者の主張があることがある。従ってそれを知り、またそれに対する反論もあることを知ることで、現状を正統視、絶対視するのではなく、自他の主張を含めて相対的に見ることができる。その結果、自分のやり方が時代の主流に合わないからといって悲観することもなく、また現状に沿って研究するにしても、それだけではないと考えるところから、オリジナルな着想が生まれる可能性もあるだろう。そのような視点から、前節で紹介した文献を概観しつつ、生態学の方法論の展開について論じてみる。

3. 方法の変遷

前節で紹介した文献の著者ら、とりわけ反証主義に立つ論者たちは、生態学の方法論が、およそ以下のように仕分けでき、また図の右方向に展開してきたと考えているようである。

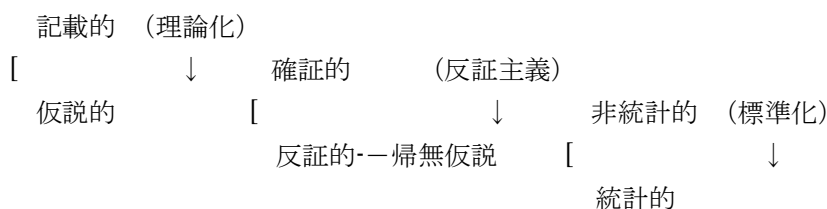


図 1.

まず、特定の仮説を意識せず、事実の観察と記述を積み重ねて行く記載的やり方と、仮説を立ててその真偽を確かめようとする仮説的手法が対置される。その仮説のテスト法には確証的と反証的の2つのタイプがあり、後者は反証主義を背景とする。仮説が想定する要因は通常複数だが、特定の要因とそれに背反する要因の2つのみを仮定している時、反証主義は背反要因を帰無仮説として後者の否定をめざすことになる。のちにこの帰無モデルは統計的手法の中に取り込まれ、統計的有意差検定が生態学で多用されるようになって今日に至っている。こうした見方をすべての著者が採用しているわけではないが、方法論展開の一つの側面ではあるだろう。また実際、今の生態学の「一流誌」に掲載される論文はほとんどが右端の方法による論文で構成されており、かつそうしたタイプの論文は数十年前には見られなかったことも事実である。とすれば、なぜそうなってきたのかを考えてみることに意味がある。まず、記載から仮説へ流れる第一段階を支配したのは、多くの研究者が抱く、理論重視の姿勢であっただろう。ただ事実を積み重ねるより、その事実の背景にある理論を抽出しようとする姿勢はむしろ常識であり、全体的な科学の発展は、理論によって担われてきたことは疑いない。そして仮説的研究が主流となる中で、反証主義が台頭したのは、ポパーの反証主義が生態学者にも受け入れられたからである。ポパーは

1934年に発表した著書の中で、「肯定的事実をいくら積み重ねても、その仮説を証明したことにはならない」「仮説は正しいことを示すことはできず、ただ誤りであることをのみ示しうる」とし、実証主義的規範に基づく確証的方法論を否定した。有名な言葉に「100羽のカラスが黒かったとしても、101羽目のカラスも黒いとは限らない」というのがある。反証主義が確証を批判する論点は、前節で紹介した Schrader-Frechette & McCoy (1992) に明快に示されている。反証主義、帰無仮説、統計の三者が歴史的にどのように結びついて行ったのかは必ずしも明らかではないが、1930年代、既に Fisher が null model について特にポパーを引用することなく解説していることから、帰無仮説は統計理論の発達の過程で自然に生じてきたと見るべきだろう。Simberloff (1970) の帰無モデルの研究も反証主義と統計手法の興隆という時代背景のもとに行われ、やがて有意差検定における帰無仮説と反証主義の結びつきが、明確に意識されるようになった (Connor & Simberloff, 1986; Underwood, 1990)。この過程で、生態学の仮説テストを、統計的有意差検定に統一する流れが生じたが、それを導いたのは研究者の標準化志向であっただろう。もともと、同じだとかちがうという判断は、研究者の主観によって左右されやすく、これを $P < 0.05$ の有意水準で統一するメリットは大きなものがある。加えて、物理学を先頭とする科学の数学化の流れと、それに乗り遅れまいとする生態学者の意識が何がしかの影響を及ぼしたことも想像に難くない。'Physics-envy is the curse of biology' (物理学羨望は生物学の呪いである)、という Cohen (1971) の格言が、本稿で引用した論文の中でもしばしば引用されている。ではこのような方法論の変遷は、生態学に何をもたらしたのか、最後に考察してみたい。

4. Standardization vs. Pluralism

いま何かをするのに A と A' という選択肢が合って、ある理由から A のほうがすぐれていると判断された時 A を取り、次に A' の中で B と B' を考えて、何かの理由により B を取る。こうして $A \rightarrow B \rightarrow C$ と進むことを dichotomy (二又分岐) といい、1節で紹介した中では Schrader-Frechette & McCoy (1992) や Underwood (1997) が採用する論法である。しかし Levins & Lewontin (1980) も強調するように、この dichotomy 的、還元主義的論法は、至極妥当に見えて、その過程でいつのまにか全体の系を破壊していることになりかねない。また対立項を否定する論法は、しばしば自らのメリットと相手のデメリットのみ強調する不公平なものになりがちである (Diamond, 1986)。問題点の一つを具体的に言えば、対象分野の限定であろう。記載的研究は、仮説的なものよりも幅広い分野をカバーしている。何が出てくるかわからないが、とりあえず調べてみよう、というのが記載であるが、それを否定して仮説的研究のみに絞ると、仮説を生み出す情報のバックグラウンドが貧困化する。この点は帰納的手法を評価する Mentis (1982) も述べるところである。また。確証的研究は反証的に扱えないテーマを扱うことができる。仮説は必ずしも反証を許す形で述べることはできないし、帰無仮説による検証ができない場合もある。有名なのは進化論だが、他にもいろいろな群集理論のように、包括的な理論は事実上検証不能であること

が多い (Quinn & Dunhum, 1983)。また推測統計の諸仮定は、理論上厳密な実験計画を要求し、大スケール、長スケールの研究や、過去のデータの総括になじまない (Mentis, 1988)。この間に進行した生態学の視野の縮小は、視覚的に表現すれば図 2 のようになるだろう。

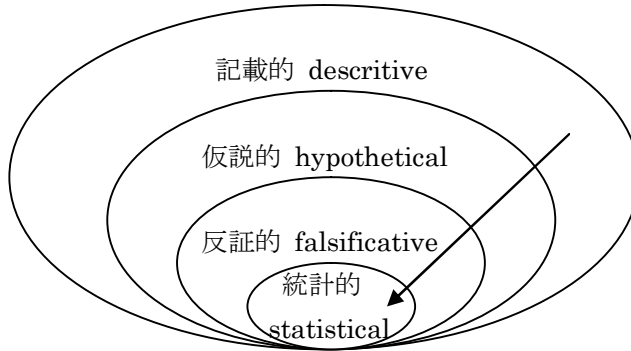


図 2

こうした変化を導いた要素の一つとして、ポパーの反証主義の影響は大きい。先の図 1 で右方向への変化を推し進めようとする研究者たちは、自分の立場よりも左側の研究例に対し、relaxed, diffuse (Platt, 1964), anarchic, descriptive, immature, unwarranted, informal (McIntosh, 1987) などと批判し、より標準化 standardize された研究手法を追求してきた。反証主義はこうした主張に組み込まれ、それらに正当化の論拠を与えたのである。しかし現在、科学哲学の分野では、クーンの歴史主義、ファイヤアーベントの反・反証主義の登場により、反証主義の旗色は必ずしもよくない。それらの主張を端的に言えば、「科学の歴史は、反証主義による進歩の考え方を支持しない」「反証主義の強制は、方法論を画一化して科学の衰退を招く」といったことになるだろう。その批判は生態学にも当てはまる。そして生態学の分野で、反・反証主義に沿った主張が、Haila (1982) や McIntosh (1987) の生態学的多元主義 ecological pluralism と言えるだろう。実際、Quinn & Dunhum (1983)、Diamond (1986) ら反証主義に批判的な生態学者は、クーンやファイヤアーベントを引用して議論することが多い。

しかし pluralism を支持する研究者も、記載研究や確証的研究に対する標準化論者の批判には答えねばならないだろう。場所や種に応じたいろいろなやり方が認められるべきだといっても、だからいいかげんな方法を無批判に使い、信頼度の低い結果が乱立してよいというわけではない。この点 Diamond の主張する、疫学等、生態学に近接する分野の評価基準の検討と、その具体化としての '10-point strategy' など一つの試みとして注目に値する。ただしこの場合注意しなければならないことは、たとえば Diamond の方針がいかにか説得的であろうと、それが新たなスタンダードになってしまっただけでは意味がないということである。そうなるとその方法が他を圧迫して広まり、多様な方法論の芽を摘むことになる。pluralism のかかえる矛盾と言えるかもしれない。そこでは研究者が場面に応じて、既に確

立された手法に匹敵する信頼度を維持しつつ、**biological** に重要な成果を挙げ続けることが求められる。独創性に富んだ研究者のみに開かれている、きびしい世界と言えよう。またそのように困難であるからこそ、**standardization** の流れが絶えないのだとも言える。実際、**standardization** に対抗する **pluralism** の論点が既に何十年も前から現れているにもかかわらず、現在の生態学において、ポパー主義と標準的手法への信頼は依然として根強いものがある。

ある程度以上の質量を持った恒星がその末期に自らの重みで縮んで行くように、科学の分野もまた、標準化、厳密化の名のもとに柔軟性を失って硬直して行くように見える。星が縮むのにはそれなりの理由がある。とすればわれわれは、恒星が十分に縮み切り、やがて超新星爆発を起こして新たな無数の星の芽を育むまで、待たねばならないのであろうか。

引用文献

- Chamberlin TC 1965. The method of multiple working hypotheses. *Science* 148, 754-759
- Cohen JE 1971. Mathematics as a metaphor. *Science* 172, 674-5
- Connor EF & Simberloff D 1986. Competition, scientific method, and null models in ecology. *Am. Sci.* 74, 155-162
- Diamond J 1986. Overview: laboratory experiments, field experiments, and natural experiments. *in* Community Ecology, 3-22. Diamond J & Case TJ eds. Harper & Row
- Grene M 1985 Perception, Interpretation, and the sciences: Toward a new philosophy of science. *in* Evolution at a crossroads: The New Biology and the New Philosophy of Science. 1-20. DJ Depew & BH Weber eds. MIT Press.
- Haila Y 1982. Hypothetico-deductivism and the competition controversy in ecology. *Ann. Zool. Fennici* 19, 255-263
- Harvey PH, Cobwell RK, Silvertown JW & May RM 1983. Null models in ecology. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 14, 189-211
- Levins R & Lewontin R 1980. Dialectics and reductionism in ecology. *Synthese* 43, 47-78
- May RM 1981. The role of theory in ecology. *Amer. Zool.* 21, 903-910
- McIntosh RP 1987. Pluralism in ecology. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18, 321-341
- Mentis MT 1988. Hypothetico-deductive and inductive approaches in ecology. *Funct. Ecol.* 2, 5-14.
- Quinn JF & Dunham AE 1983. On hypothesis testing in ecology and evolution. *Am. Nat.* 122, 602-617
- Peters RH 1976. Tautology in evolution and ecology. *Am. Nat.* 110, 1-12

- Platt JR 1964. Strong inference. *Science* 146, 347-353
- Roughgarden J 1983. Competition and theory in community ecology. *Am. Nat.* 122, 583-601
- Shrader-Frechette KS & McCoy ED 1992. Statistics, costs and rationality in ecological inference. *Trends. Ecol. Evol.* 7, 96-99
- Simberloff D 1970. Taxonomic diversity of island biotas. *Evolution* 24, 23-47
- Underwood AJ 1990. Experiments in ecology and management: Their logics, functions and interpretations. *Aust. J. Ecol.* 365-389
- Underwood AJ 1997 *Experiments in Ecology*. Cambridge University Press