

# 習得と教育

——進化の概念と誤概念——

梅本 洋

## 序

人間が日常的に行う多様な行為のなかにあつて、教えるという行為、教育行為は独特の性質を有しているが、それは多分に教育行為が対人的行為であることに由来しているのではないかと思われる。

人間が従事する対人的行為には教育行為以外にも種々のものがあるが、教育行為は、多くの場合、相手すなわち生徒による知的認識の達成を目的としているという点できわだつており特異である。

教育行為において相手側（生徒側）によって達成されることが期待されている知的認識は、一般に対人的行為において相手側に要請されるさまざまな対応と比較すると、相手側（生徒側）にとつてハードルが非常に高い場合がしばしば見受けられる。ハードルが非常に高ければ生徒にとつて教育内容が習得しがたくなる事態が生ずるのは当然の結果であつて、これはいろいろな要因によつてもたら

される。これらの要因のうち、本稿が以下においてもつぱら注目するのは、発達のごく早いうちから生徒の内部で作用して生徒の思考を強力に方向づけてゆく認識メカニズムである。このメカニズムにアプローチするにあつて、本稿では具体的な事例として、生徒による生物学的進化の概念の習得（ないしは不習得）をとりあげることにする。

以下、まず第一節では、生徒さらには一般の成人において生物学的進化がおよそどのように理解されているのか（あるいは誤解されているのか）を概観し、第二節では教育の効果の問題をとりあげる。続く第三節では、生物学的進化の概念の的確な習得を阻害している要因として生徒内部の認識メカニズムに着目する。そして最後に第四節で、この生徒内部の認識メカニズムのよつてきたる背景を探ることにしたい。

## 一 進化の誤概念

制度化された学校教育ではさまざまな教科でいろいろな内容がとりあつかわれるが、そのなかには一般に習得するのがかなり困難なものも少なくない。生物の進化に関する諸事象も、多くの生徒・学生にとって、さらには一般の成人にとっても、正確に理解し習得することがきわめてむずかしいものの一つであるということが、いくつもの調査研究によって確認されている。これについてエヴァンスは「上級の生物学の学生および医学部生を含むさまざまな年齢と熟達度の生徒・学生に関する一群の研究を通じて、大半の者が自然淘汰を理解できていないということが一貫して見出されている」(EVANS, 2000, p.222)と述べて、自然淘汰の概念の習得が多くの生徒・学生にとって困難であることを指摘している。エヴァンスは続けて「種の起源に関して生物学的な見方をとる者でもせいぜいのところ、ラマルクの進化メカニズムすなわち獲得形質の遺伝をひきあいにだす程度である」(Ibid.)と述べているが、獲得形質が遺伝するものではないことはいうまでもあるまい。この「ラマルクの進化メカニズム」は実際広範に見出される進化の誤概念で、生徒や学生たちは「種の適応的变化を説明するために一種の〈ラマルクの〉理論づけをデフォルト的にもちだすことが多い」(EVANS, 2001, p.219)とエヴァンスは指摘している。また、大学入学後まだ生物

学や進化論の科目を受講したことのない大学生にダーウィンの進化論の基本原理の理解度を調べるための設問に答えてもらい、その際に学生たちによって提示された説明を分析したフェラーリとチーも「最もありふれた非ダーウィンの説明はラマルクの説明である」(FERRARI & CHI, p.1241)と述べたうえで、これらの学生たちが、生物の「変化は親もしくは全体としての種による意図的の行為から生ずる」(Ibid.)と考えていることに注目している。さらに、フェラーリとチーによれば「学生たちは「生物の」変化が、新しいあるいは現存の環境的諸条件に対する反応として自ずと生じてくるとも考えているのである」(Ibid.)。

エヴァンスが用いている「デフォルト的に云々」という右の表現が示唆しているように、進化の誤概念は決して生徒や学生毎に千差万別というのではなく、かなり内容が共通していて比較的少数のパターンに類別される。さまざまな文化圏の子ども、生徒・学生、成人を対象として行われてきた多くの調査研究の結果から進化に関する共通の特徴的な誤概念が確認されているのであって、その典型はエヴァンスがいうように「ある個体群に属する個体が新たな環境からの要求に対応しつつ生涯にわたって変化を遂げ、後続世代がその変化を継承してゆくとするダーウィン以前の誤った小進化の概念」(EVANS, 2008, p.282)である。

これら進化の誤概念に根ざした非科学的な考え方にはいくつかの特徴が見出されるが、そのなかで最も顕著なものは、人間も含めて

生物の個体さらには個体群や種そのものの「必要」や「目的」の観念をもちだし、それに固執する、あるいは支配されることであろう。

この点については、エヴァンズも、多くの生徒・学生たちに見られる生物の進化に関する考え方が「個々の有機体の必要や目的に対する決着として適応をもちだしてくる」(EVANS, 2001, p.220) ことに注意を促して、そうした考え方とダーウィン進化論との根本的な相違を指摘している。「必要」や「目的」の観念に依拠したこの非科学的な考え方は、生徒たちによって突然変異にすら適用される。スペインの中等学校生を対象とする調査研究を行ったバネットとアユソによれば、突然変異に関して生徒たちが表明した非科学的な見解の最たるものは「有機体は生き延びる必要があるのだから突然変異が起こるのだ」(BANET & AYUSO, p.379) と主張するものである。バネットとアユソは突然変異に関する生徒たちのこうした主張内容を分析していくつかのヴァリエーションを見出している。例を挙げると、「突然変異は環境の変化に対する対応として起こるのであり、これによって種は生き延びることができると主張する生徒もいる」(Ibid.) し、突然変異は絶滅の可能性を「回避するための試み」(Ibid.) であると考ええる生徒もいる。

突然変異に関するこのような非科学的で恣意的な見解は、中等学校の生徒だけではなく大学生の間にも広く確認されている。アメリカの大学生における進化概念の理解について調べたビショップとアンダーソンによれば、突然変異と自然淘汰は別々の事象であるのに

「多くの学生は、二つの別個の過程が存在していることを認識できていないのである」(BISHOP & ANDERSON, p.422)。その結果、個体群のなかで新たな形質が出現することと、その形質が時間を経て定着してゆくこととの区別もなされないもので、学生たちは「種の特質が少しずつ徐々に変化してゆく単一の過程があるものと考ええる」(Ibid.)。こうしてビショップとアンダーソンがいうように「これらの学生たちは(ランダムな過程と自然淘汰ではなくて)環境が形質を時間の経過とともに変化させると考えるのである」(Ibid.)。ビショップとアンダーソンは、学生たちによって表明された進化に関するこうした非科学的な考え方を分析し、その根底に三つの基本原理を確認している。第一は「有機体は生き延びるために新しい形質を必要とするがゆえにそれらの新しい形質を発達させる」(Ibid.) とする「必要」の原理である。ビショップとアンダーソンが「必要」の観念と結びついた原理をまず最初に挙げている点に注目したい。第二は「種はその成員が特定の器官ないし能力を使用するがゆえに、あるいは使用しないがゆえに変化する」(Ibid.) と主張するラマルクの用・不用の原理であるが、使用するかしないかは生存上の「必要」によるのであるから、この用・不用の原理は右の「必要」の原理と深く結びついている。第三は適応の原理であるが、ビショップとアンダーソンは「多くの学生たちは、進化上の変化を説明するために適応という言葉を(環境に対応して変化を遂げる個人という)その日常的文脈において用いている」(Ibid.) 点に注意を

促している。

これら三つの非科学的な原理によって強力に規定された、進化に関する学生たちの考え方に見られるきわだった特徴を二三とりあげてみよう。まずビショップとアンダーソンも「学生たちの素朴な説明は暗黙のうちにラマルク的である。すなわちそれらの説明によれば獲得形質は遺伝しうることになる」(Ibid.)と指摘していることがやはり注目される。進化の誤概念について論ぜられるときには、「ラマルク的」という表現が必ず用いられるといっても過言ではないであろう。さらにビショップとアンダーソンによれば「多数の学生たちにとっては、ある特定の形質が個体に対して有している機能についての説明は、それ自体でその形質がいかに進化したかを説明するのに充分なのであった。そのため、現時点でヤマアラシが生き延びてゆくのに針が必要であるという事実が、その針がいかに進化したのかに関する十分な説明として受けいれられてしまうのである」(Ibid.)。これは、因果関係に関する説明と単なる機能に関する説明とを峻別せずに後者を前者ととりちがえていることにほかならない。また、生物の進化を考察する際、個体群内における遺伝的形質の個体間変異はきわめて重要な要因であるが、この論点に関するビショップとアンダーソンの次の指摘も重要である。「素朴な概念を保持している学生たちは、変異を進化にとって重要なものとは見なかつた。これらの学生は、諸個体から構成される個体群に注目するのではなく、全体としての種を形作る一つの過程として進化を考

えたのであった」(BISHOP & ANDERSON, pp.422-423)。こうした考え方から脱却しない限り、進化を個体群中の遺伝子頻度の変化としてとらえる科学的な見方に到達することは到底望むべくもないことである。

最後に、社会人に見られる進化の誤概念に触れて本節を結ぶことにしたい。エヴァンズが紹介しているある調査では、アメリカ、カナダ、イギリス、オーストラリアにおける自然史博物館来館者が調査の対象とされている。わざわざこの種の博物館に展示物を見るために来館したのであるから、これらの調査対象者は一般の人々よりも生物学に強い興味関心を抱いており、進化に関するものも含めて生物学の知識が豊富なのではないかと思われる。しかし、調査の結果、これら英語圏四ヶ国を通じて、来館者のうち「自然淘汰をきちんと理解できている者は約三十%しかいないことが判明したのである。：博物館来館者たちは、幼児や学齢期の子ども、大学生たちに見出されたのと同じ種類の進化に関する誤概念を表明しているのである」(EVANS, 2008, p.280)とエヴァンズは述べている。学齢以前の子どもから成人にいたるまで大半の人々が、生物学的進化に関して同種の非科学的な考えにとらわれているのである。進化の誤概念である「これらの考えの普遍性は実に顕著である」(Ibid.)というエヴァンズの指摘は正鵠を射ているといわざるをえない。

## 二 教育の効果

前節でとりあげた進化の誤概念は、正規の学校教育に先だって生徒の内部に形成され、いったん形成されると教育の働きに対して頑強に抵抗することが多くの研究によって明らかにされている。これを概括してフェラーリとチーは「生物学の教育を何年か受けた後でさえも、ダーウインの進化論の基本的原理に関する誤概念は極度に堅固である」(FERRARI & CHI, p.1233)と述べ、そうした誤概念に基づいて生徒・学生が提示する生物学的進化に関する「誤った説明は「正しい説明へと」変化を遂げることに對して極度の抵抗を示し、彼らが根深い誤概念を心底から抱いていることを示している」(FERRARI & CHI, p.1234) 点に注目している。そこで、以下これについて多少細かく見てゆくことにしたい。

まず前節でとりあげたビショップとアンダーソンによる調査研究を再度参照すると、調査対象の大学生はこの調査研究の実施に先だって生物学の科目をどの程度すでに履修していたかで分類を施されている。一クウォーターの科目は三分の一年、一セメスターの科目は二分の一年に換算して、ビショップとアンダーソンは調査対象の大学生を、すでに履修した生物学の科目が〇〜一年のグループ、一年超〜二年のグループ、二年超のグループに三区分している。これらの学生たちに、新しい形質の起源とその定着など生物学的進化

論の基本的論点に関する設問に答えさせるプレテストを実施したところ、三つのグループ間で結果にさしたる違いは認められなかったのである。ビショップとアンダーソンは「以前に受けた生物学の授業の量は学生の概念にわずかしが影響していないか全く影響していないかであった」(BISHOP & ANDERSON, p.424)と述べ、統計学的に見て「学生の理解はどの論点に関しても以前の生物学の学習とは有意に関連していなかった」(Ibid.)と指摘している。

他方、ブランビイが行ったオーストラリアの医学部生を対象とする調査も興味深い。オーストラリアでは日本と同じく中等教育修了後ひき続き大学の医学部に入学するので、入学時には大半の医学部生は十八歳である。日本と同様にオーストラリアでも医学部生は特に理数系の学力が高く、ブランビイがいうように「これらの学生は、熾烈な入学競争のため、大学教育段階に到達した時点で最も成功を収めた理系の学生たちである」(BRUMBY, p.494)。こうした医学部生に生物学的進化の基本概念である自然淘汰に関する設問に取り組んでもらったのであるが、その結果は惨澹たるものであった。ブランビイによれば「自然淘汰によるダーウイン進化論は中等学校の生物カリキュラムの中核概念であるのに、学校で生物を勉強した学生十八名中十五名が、部分的な理解か乏しい理解しかできていない者に類別されたのである」(BRUMBY, p.499)。「これらの非常に優秀な理系の学生たちの大半が、進化的変化は必要の結果として起こるのだという考え方すなわちラマルク的な考え方を携えて〔中等〕学校

を卒業しているのである」(Ibid.) というプランビーの指摘からもわかるように、この調査においてほとんどの医学部生が表明したのも前節でとりあげたのと全く同種の誤概念である。

ここでまたビショップとアンダーソンによる調査研究にもどることにする。ビショップとアンダーソンは調査対象の大学生たちに対して、その生物学的進化の概念を誤概念から科学的概念に変化させることを意図した教育プログラムを実施している。この教育プログラムは、進化に関する概念変化を促進すべく作られた教材、実験室での作業、映像資料、学生たちが保有している進化の誤概念の欠点を示すとともに科学的な進化概念のポイントを明らかにするためのプリントなどを駆使したものである。その結果、ビショップとアンダーソンによれば、生物の進化に関する「各問題について進化的変化を説明するのに科学的概念を使用できる学生のパーセンテージは二十五%未満から五十%超に増加した」(BISHOP & ANDERSON, p.425)。これは微妙な数字であるように思われる。とはいえ、この数字を見て右の教育プログラムには確かにそれなりの効果があったといえるのではないかと思う人も多いだろう。しかし、ビショップとアンダーソンは決してこの教育プログラムの効果を楽観的に謳うわけにはいかなかった。悲観的にならざるをえないような事実が判明したからである。これについて触れる前に、デマスターズらがこのビショップとアンダーソンの教育プログラムを用いて再現実験を行っているので、先にそれを見ておこう。大学生を被験者にして行

われたこの教育プログラムの再現実験では、実はいい結果がでなかったのである。生物学的進化に関するどの問題についても科学的概念を用いることのできた学生の比率を示す「数字は一様に低く、元々の「ビショップとアンダーソンの」研究で報告されているものよりもはるかに小さくて、二十五%を超えない」(DEMASTERS et al. p.540) ことをデマスターズらは確認したのであった。

話を元にもどす。右の教育プログラムの効果についてビショップとアンダーソンが悲観的な見解を提示しているのは、この教育プログラムが結局のところ生物学的進化論に対する学生たちの基本的態度にさしたる影響を与えることができなかったためである。ビショップとアンダーソンは、教育プログラムの実施前および実施後に当該の学生たちに生物学的進化論の真理性を認めるかどうかについても質問しているのであるが、回答を寄せた学生の六十七%は、実施前と実施後でその回答に変化が生じなかったのである。特に、教育プログラム実施前には生物学的進化論の真理性を認めようとしなかったのに、実施後には一転して認めるようになったケースは皆無であった (Cf. BISHOP & ANDERSON, p.425)。これは、学生たちが教育プログラムを受けることで進化論の内容をある程度覚えはしたものの、その覚えた内容に内心では少しも納得してはいなかったということを示している。ビショップとアンダーソンが述べているように、進化論の教育プログラムによって「自然淘汰の過程に関する理解が改善した学生たちは、その理論の真理性についての確信を一般

に変えてはいなかったのである」(BISHOP & ANDERSON, p.426)。要するに、内容が身につかなかったということである。

もちろん、教材、教育内容、教育方法の改善を図ることは意味があるし重要である。生物学的進化論の基本概念の習得を促進するためにどのような教材、教育内容、教育方法を採用すべきかという点に意を用いた研究の代表格は、ジェンセンとフィンレイが行った研究であろう。ジェンセンとフィンレイの研究は、二種類の教材・教育内容と二種類の教育方法をとりあげ、それらを組み合わせて合計四つのパターンを構成し、大学生を被験者にして各パターンの教育効果を調べている。ジェンセンとフィンレイがとりあげた二種類の教材・教育内容とは、①一般的標準的な入門書教科書に即した教材・教育内容と②科学的進化論以前の博物学者たちの諸学説(実はそれらの諸学説は学生たちの誤概念と内容や発想が通底している)に対する批判的検討を重視した教材・教育内容である。また、二種類の教育方法とは、①伝統的な講義形式と②学生同士の討論や学生と教師の討議を重視する方式である。四つのパターンは、①×①、①×②、②×①、②×②である。被験者の大学生たちを四群に分け、それぞれの群に右の相異なるパターンを採用した六回構成の授業を受けさせたいうで、授業終了後二週間の時点で進化論に関する事後テストを実施した。被験者は授業開始に先だって同様の設問による事前テストを受けており、事前テストと事後テストの結果を四群間で比較して、どれが最も有効なパターンなのかを探るといのが

ジェンセンとフィンレイの研究の趣旨である (Cf. JENSEN & FINLEY, pp.882-885)。

この研究で用いられた事前テストと事後テストはいずれも記述式で、進化のメカニズムや進化に関する用語の意味内容などについて文章を記すことが被験者に求められる。被験者が書き記した文章を評価してデータを得るために、ジェンセンとフィンレイは、被験者が生物学的進化論の内容を習得したことを示す区分枠として「個体群中の変異」・「遺伝性」・「適者生存」・「遺伝子頻度の変化」・「誤概念批判」・「その他」の六カテゴリーを設けるとともに、被験者が進化についての誤概念に固執していることを示す区分枠として「目的論」・「ラマルク主義」・「自然神学」・「その他」の四カテゴリーを設けている。被験者がテストの設問の答を書き記した文章を調べて、しかるべき言明や文言が使われているか否かに注目して右の十個のカテゴリー区分に関してカウントを行う。たとえば「遺伝子の突然変異」という文言(あるいはそれと同等のしかるべき言明や文言)が使用されていれば「個体群中の変異」一回とカウントし、「生き延びた個体もあったが、多くは死に絶えた」という言明(あるいはそれと同等のしかるべき言明や文言)が使用されていれば「適者生存」一回とカウントする。同様に、誤概念への固執に関して、たとえば「〜するために進化しなければならなかった」といった言明(あるいはそれと同等のしかるべき言明や文言)が使用されていれば「目的論」一回とカウントするといった具合である (Cf. JENSEN

& FINLEY, pp. 885-888)。

各カテゴリーのカウンント数が事前テストと事後テストでどのよう  
に増減したかを、四つの群について調べれば、各群における教育の  
効果がわかるであろうし、どの教材・教育内容や教育方法が適切で  
あるのかもわかるだろう。このジェンセンとフィンレイによる研究  
では、教材や教育方法に配慮した教育が大きな効果をもたらしたこ  
とを明示するような結果が得られている。最も効果が大きかったの  
は②×⑤の群で、効果が最小だったのは①×④の群であった。そこ  
で、この二つの群について少し見てみると、生物学的進化論の習得  
を示す六カテゴリーのカウンント数は①×④の群全体で事前テストの  
一八七から事後テストの三六三へと一七六しか増加しなかったのに  
対して、②×⑤の群全体では一六〇から五九二へと実に四三一も増  
加している。また、誤概念への固執を示す四カテゴリーのカウン  
ト数は、同じく①×④の群全体で一七七から一三四へと四三の減少に  
とどまったのに対して、②×⑤の群全体では二六五から一二六へと  
一三九も減少している (Cf. JENSEN & FINLEY, p.893)。②×⑤の教  
材・教育内容と教育方法が特に大きな効果を発揮したことがうかが  
えるが、①×④の群と②×⑤の群の教育効果を対比するうえで、右  
の一七六対四三一、四三対一三九という数値には誇張が含まれてい  
る。そもそも①×④の群と②×⑤の群はそれぞれ全体の人数がかな  
り違う (②×⑤の群の方がはるかに多い) ので、群全体のカウン  
ト数の増減幅も②×⑤の群の方が当然大きくなるのである。そこで、

右の群全体の数値を各群一人当たりの数値に置き換えてみると (な  
ぜか、ジェンセンとフィンレイは一人当たりの数値を提示してい  
ない) 一七六対四三一は一八・〇〇対一三・四七、四三対一三九は一  
九五対四・三四と読み換えられ、相当印象が異なってくるのではな  
いだろうか。とはいえ、教育効果という点で②×⑤のパターンに軍  
配があがることはまちがいない。ジェンセンとフィンレイがこのパ  
ターンを推奨するのも、当然といえる。

しかし、ジェンセンとフィンレイによる研究から得られた右の結  
果に関しては、被験者が生物学的進化論の内容を習得したことを示  
す区分枠として設定された六つのカテゴリー間に見られるカウン  
ト数の顕著な不均衡が無視しがたい問題点となるであろう。これら六  
つのカテゴリーのうち、データ処理の便宜のために設けられた「誤  
概念批判」と「その他」を除く四つ (「個体群中の変異」「遺伝性」・  
「適者生存」・「遺伝子頻度の変化」) は、いずれも生物学的進化論の  
中核的内容と緊密に結びついている。したがって、生物学的進化論  
の内容をしつかりと習得したのであれば、当然、これら四つのカテ  
グリーのカウンント数はいずれもおおよそ同じように増加するはずで  
ある。少なくとも、四つのカテゴリー間で著しいアンバランスは生  
じないはずである。ところが、ジェンセンとフィンレイによる研究  
では、「遺伝子頻度の変化」のカテゴリーに関しては、②×⑤の群  
も含めて四群すべてでカウンント数がほとんど増加していないのであ  
る。(最も増加した①×⑤の群でも一人当たりに換算して〇・八三、

②×⑥の群は同じく〇・四一にすぎなかった。)この「遺伝子頻度の変化」のカテゴリーは「自然淘汰の結果(すなわち個体群中の形質の頻度の変化)」(JENSEN & FINLEY, p.886)に関するもので、「遺伝子頻度の変化や個体群中における形質の比率の変化に関連する考えがここに分類された」(Ibid.)とジェンセンとフィンレイは説明しているが、このカテゴリーのカウント数が増加しなかったことについては「個体群中における形質の比率変化に関連する応答は実感しうるほどの変化を呈さなかった」(JENSEN & FINLEY, p.890)と述べるにとどまり、その原因に関しては何ら論及していない。四つの被験者群に対してそれぞれ合計六回の授業を行った講師は「遺伝子頻度の変化」のカテゴリーに属する内容も熱心に教えたにちがいない。自然淘汰の結果にかかわるこのカテゴリーに関してどの被験者群にも教育効果が確認できなかったという事実は、ジェンセンとフィンレイの実験に何か重大な問題が潜んでいるのではないかという疑念さえ抱かせよう。特に、被験者の大学生がテスト問題の答として書き記した文章にでてくるしかるべき言明や文言をカウントすることによってデータを得るというジェンセンとフィンレイのやり方には、かなり安易なものが認められるのではないだろうか。単に用語を覚えるだけであれば、簡単になされうるが、所詮それは深い理解を伴う習得とは別物である。ジェンセンとフィンレイの実験に関しては、このあたりに問題点を検討する余地があるのではないかと思われる。

上述したように、ビショップとアンダーソンの調査対象では、調査対象の大学生に教育プログラムを受けさせた後、進化論の内容についての理解度の向上を調べただけではなく、進化論の真理性を認めるかどうかという点についても大学生から回答を求めたのであった。しかし、ジェンセンとフィンレイの実験では、進化論の真理性に関する被験者の意識についてはなぜか全く触れられていない。ジェンセンとフィンレイがこの実験を報告発表している論文の末尾に掲載されている参考文献一覧にはビショップとアンダーソンの当該論文も挙げられているので、進化論についてのテスト問題に正答できるようになっても進化論の真理性に関しては依然として得心していない者が少なからずいる(あるいは少なくともその可能性がある)ということ、ジェンセンとフィンレイが知っていたのはまじがいないと思われる。いずれにせよ、ジェンセンとフィンレイも、彼らが推奨する教育プログラムによって「学生たちが必要とされるものをすべて皆学習し、非ダーウィンの考えを完全に捨て去った」と主張したりしたら、誤りに陥ることになるだろう」(JENSEN & FINLEY, p.899)とは述べている。この方面における研究の全体からすれば、セトリッジが表明している「いかなる決定的経験が学生たちを進化に関する素朴な説明からダーウィンの説明に転換させるのか」ということは、依然としてまだ答のでいない問いなのである」(SETTLAGE, p.456)とする見解が、基本的な論調を代表しているように見受けられる。

最後に本節を終えるにあたって、自然史博物館の来館者に関する調査を行ったダイヤモンドとエヴァンズの所見をとりあげることにしよう。多くの来館者にインタヴューを行って聞きとり調査を実施した結果、ダイヤモンドとエヴァンズが得た所見によれば「一般人よりも教育程度が高く自然史に興味をもっていると思われる集団でさえ、ダーウィン進化論の諸原理を基本的に把握していることを示す者は三分の一にすぎない」(DIAMOND & EVANS, p.1504)。ダイヤモンドとエヴァンズがいうように「博物館の来館者は学校でダーウィン進化論の手ほどきを受けたのであるが、これらの原理が定着している様子は見られなく」(Ibid.)のである。そこで、次節では、生物学的進化論の科学的内容の習得を阻害している要因に焦点をあてることにしたい。

### 三 阻害要因

教育との関連で生物学的進化論をとりあげる際には、創造論に代表される宗教的イデオロギーの問題を無視するわけにはいかない。創造論などキリスト教系の宗教的イデオロギーの勢力は、生物学的進化論に強硬に反対するキャンペーンを組織的に展開しており、特にアメリカの教育界に対するそのあなどりがたい影響力については以前からよく知られている。ヨーロッパにおいても同様の動きが見られ、近年ではキリスト教系に加えイスラム教系の反進化論キャン

ペーンも目につくようになってくる (Cf. FORRIN, pp.13-21)。ドゥニーとバロンは「学校、博物館、大学における進化生物学の取り扱いは対して相当程度影響力を及ぼしてきた、よく組織化され充分な資金に裏付けられた反進化論の圧力団体」(DOWDIE & BARRON, p.139)の存在に言及しているが、宗教的イデオロギーに染まった反進化論の動向はまさに政治的な次元にまで及んでいるのである。

こうした事態が、生徒・学生による生物学的進化論の的確な習得を阻害する方向に作用することは論をまたない。しかし、本稿はもっぱら生徒・学生の内部にいわば自ずと構築されて進化の誤概念を形成する内発的要因に着目するので、この種の宗教的イデオロギーには触れないことにする。ちなみに、生物学的進化論の受容に対してフランスの中等学校生がしばしば示す抵抗に関してフォルタンは「この抵抗はどの場合でも創造論〔宗教的イデオロギー〕の表明というわけではなく、むしろ科学的認識に対する内在的障壁の表明である」(FORRIN, p.46)と述べているが、このフォルタンの指摘からも、生物学的進化論の習得に対しては生徒自身の内発的要因が宗教的イデオロギーに勝るとも劣らない阻害要因であることを読みとることができよう。

問題の核心は、教育の場で生物学的進化論を学ぶことになるはるか以前に生徒の内部に一定の思考様式がいち早く確立され、その思考様式が生物の進化に対する科学的アプローチを強力にブロックするという点に見出される。生徒の内部でこうした強力なブロック作

用を發揮する思考様式としてまず挙げられるのは、目的論的思考様式である。エヴァンズによれば「行動を目標に向けられたものとして捉える人間の傾向は、非常に強力であり幼児期には見出される」(EVANS, 2008, p.270)ものであるが、このように目標志向的に捉えられる行動は決して人間の行動のみにとどまるのではなく、広く生命体一般の行動にまで及んでいるのである。この目的論的思考様式は、早くも幼児期には機能していることが見出され、その後の成長発達の過程において一貫して保持され洗練され強化されてゆくのであって、生徒は決して白紙の状態で授業に臨むわけではない。生徒は強固な目的論的思考様式を携えて授業に臨むのであり、生物学的進化論の内容も生徒の内部で目的論的思考様式に即応する内容に変換される。こうして、第一節でも触れたように、生物の進化に関して生徒は種や個体の「必要」あるいは「目的」を持ちだしてくることになるのである。もとより生物の進化は純然たる自然現象であり、それ自体何ら目的を有するものではない。エヴァンズもいうように「進化は、特定の環境条件に呼応しているという意味において適応的なのであるが、それらの条件に適応するという目標に方向づけられてはいない」(Ibid.)のである。しかし、目的論的思考様式に依拠せず生物の進化にアプローチすることは、多くの生徒にとって決して容易なことではないし、大人にとっても容易なことではないのである。

発達のごく早い時期に確立される思考様式として次に本質主義を

とりあげよう。これは、生物のあらゆる種は決して変わることにない固有の属性すなわち本質を有しており、一つの種に属する個体はその種の不変の本質を保持しているがゆえに当該種の個体であるとする考え方である。この思考様式は年齢や文化の如何を問わず広範に見出されることが知られており、シュツルマンは「あらゆる年齢およびあらゆる文化の人間は、種の外観と行動は隠れた一種の因果的な力すなわち「本質」によって決定づけられると想定している」(SHUTLMAN, p.171)と概括的に述べている。

このような本質は一切の変化を排除するので、本質主義の思考様式は生物の進化とはおよそ両立しえない。エヴァンズがいうように「日常的な本質主義の推論は…進化論的思考に対する重大な障壁である。進化論的思考においては生物種は絶えず変化してゆくからである」(EVANS, 2008, p.269)。本質主義の思考様式は、年少児の場合には変態の理解すら阻害する。エヴァンズは、オタマジャクシがすっかり成長すると何になるかを与えられた選択肢のなかから選び出す場面でも、五〜七歳児が「カエルではなくて大きなオタマジャクシを典型的にとりあげる」(EVANS, 2008, p.281)という具体例を紹介している。子どもが生物の変態を知るようになったあとでも、本質主義が放棄されることは決してない。前述の目的論的思考様式と同様にこの本質主義の思考様式も、発達の初期から出現し、以後保持され続け、成人の間でも広範に確認されるのである。生物学の門外漢である成人のアメリカ人を調査したポリーングとエヴァンズに

よれば「成人たちの多数派は種を共通の「本質」を有する動物集団として概念化していた」(POUNG & EVANS, p.498)。

目的論的思考様式や本質主義的思考様式は、日常的に広く生命領域に適用され続けてゆくことによって、やがて生命事象一般を理解し説明し予測するための強力な認知の枠組みを形づくりにいたる。

枠組みとして組織化されているという点で、それは一種の理論的構築物である。シュツルマンがいうように「因果論的—説明的な考えの筋の通ったネットワーク—明示的であれ暗黙のものであれ、緊密であれ散漫であれ—」(SHUTIMAN, p.185) を理論と呼ぶとすれば、子どもは皆すでに就学以前には他から教わるまでもなく生命領域に関する理論を自ら形成し、その理論を通じてあらゆる生命現象を認識するのである。このいわば自然発生的に構築される生物理論は、一般に素朴生物学 (naive biology) あるいは通俗生物学 (folkbiology) と呼ばれている。その機能は多彩かつ強力である。これについて、コーリーらは次のように述べている。「通俗生物学は、成長、消化、死、病気といった現象—生き物の現象—に関する予測を与え、それらの現象についての説明を支える」(COLEY et al., p.66)。しかし、その予測や説明は根本的な発想において現代の科学とは本来次元を全く異にしている。コーリーらがいうように「通俗生物学は学校で教えられるものではない。実際、それは、生物の授業で我々が公式に教わるものと衝突することがしばしばである」(Ibid.)。こうした衝突が起こるとき、生徒の内部で優位を占めるのはやはり通俗生物

学の側である。それは生徒の内部に深く根ざしているとともに日常的に絶えず強化されてきた認知の枠組みなのであって、生物学的進化論がこの枠組みを打ち破り生徒のうちに定着するのは容易ならざることであるといわねばならない。

#### 四 背景要因

素朴生物学ないし通俗生物学は、子どもにも一般の大人にも広く見られるもので、その基本的な内容は文化の違いを超えて同様である。生命現象に関するその特徴的な認識形態としては、前節で触れたように目的論的思考様式ならびに本質主義的思考様式が挙げられる。これらの特徴的な認識形態に関しては、人間一般に認められる根強い根本的傾向との結びつきを指摘する論者が少なくない。いくつか例を挙げると、エヴァンズは「本質主義と究極因あるいは目的論的推論は人間の心の直観的傾向から生じてくる」(EVANS, 2001, p.253) という見解を提示し、生物学的進化論に敵対する宗教的イデオロギーの代表格である「創造論の考え方の魅力と進化論の考え方に対する抵抗感の決定的要因」(Ibid.) もそうした本質主義的思考様式のうちに見出されるのではないかと考えている。また、フェラーリとチーは「人間には…主体が目標を追求して障害を乗り越えるべく行動するという解釈的ストーリーを語る性向が具わっている」(FERRARI & CHIE, p.1248) と主張して、目的論的思考様式を人

間のこうした性向と結びつけている。さらに、目的論的思考様式が幼児期には確立されることについて、ケールメンは「子どもたちは、幼稚園期前後のある時期から見られ始めるようになることであるが、企図に基づく目的論的な見方を対象に対してますます一貫したやり方でとるようになる」(KEULEMEN, p.299)と述べているし、エヴァンズも「行動を目標に向けられたものとして捉える人間の傾向は非常に強力で幼児期には見出される」(EVANS, 2008, p.270)と指摘して、目的論的思考様式について同様の見解を提示している。

オーファーによる実験的研究は、目的論的思考様式と生命体に対する認知との結びつきを示すものとして非常に興味深い。そこで、以下本節ではもっぱら目的論的思考様式に焦点を当て、それとの関連でオーファーの行った実験をとりあげることにする。

オーファーは、どの被験者にも全くなじみがないような、およそ生き物らしからぬインクの染み状の二つの模様がさまざまなパターンで動き回る映像を被験者に見せて、被験者がその模様を生命体であるかのように知覚するのはそれがどのような運動パターンで動くときであるのかを調べた。その結果、オーファーによれば非常に明確な結論が得られたのである。オーファーの報告によると、被験者は、たとえば片方の模様が他方の模様を追跡するというように、目標志向的な運動パターンで動くときに、模様は生命体であるかのように顕著に感じたのであった (cf. OPPER, p.103-115)。全く同じ模様が全く同じ動きを呈しても、その動きが何の目標にも向けられて

いない場合には、子どもの被験者にも大人の被験者にもその模様は生き物のようには受けとめられないのである。オーファーは「目標志向的な運動についてのこの生物学的解釈は、早くも五歳の時点で下された」(OPPER, p.116)ことを確認している。これは、生命体を生命体として認知するうえで決定的な糸口となるものが動作の目標志向性にほかならないことを示している。オーファーは「子どもも大人も目標志向的な動作だけで生き物を識別することができる」(OPPER, p.119)とさえ述べている。

オーファーが主張するように、生物と無生物を識別する認知的基準が生物の目標志向性に置かれているとすれば、広く生命領域一般に対する認識が目的論的思考様式によって根本から制約されることになるのも当然といえるのではなからうか。一例として植物を生き物として認識するか否かの問題を取りあげてみよう。動物の動作が目標志向的であることは幼児にもたやすく認識できるので、動物が生き物であることは幼児にも自明である。しかし、植物の場合は事情が異なってくる。そこで、幼児に植物にも日光を求めて日の射す方向に伸びるといった目標志向性があることを示すとうなるであろうか。オーファーによれば「植物も動物も目的を目指して振舞うことを五歳児に教示すると、植物が生き物であることを五歳児に納得させることにもなるのであるが、植物と動物が他の属性(たとえば成長)を共有していることを五歳児に教示した場合には、植物が生き物であることを納得させることにはならないのである」

(OPFER, p.118)。

それでは、目標志向性が生命体を生命体として認識する基準となり、ひいてはそこから目的論的思考様式が生命領域一般に対する認識を制約する重要な要因となるにいたった背景には、いったい何が あるのであろうか。この問題に対してオーファーが提示している論点は、まさに適応に関する論点である。これについてオーファーは次のような見解を提示している。「おそらく、目標志向的動作をい やおうなく生物学的に解釈することは、より広範に自発的な動作を いやおうなく〔生物学的に〕解釈することよりも、一層適応的であると思われる。なぜなら、目標志向的動作は、対象を生き物と判定 するためのより慎重な指標だからである」(OPFER, p.117)。このオー ファーの見解を敷衍すると次のようなことになる。

現代都市の内部はさておき、かつては(そして場所によっては今日でも)人間の生活環境の外にはさまざまな生き物が生息しており、人間はそれら種々の生き物といういろいろな形でかかわってきた。ことに農耕以前の狩猟採集に依存していた時代には、人間にとってそれら種々の生き物は日常的な食糧調達のための資源であり、あるいは襲撃をしかけてくる恐ろしい外敵であった。人間にとって生物、特に動物は文字通り死活的に重要な意味を有していたのである。そのような状況のもとでさまざまな動物と有益な形でかかわるためには、まずは、周囲にある無数の千差万別の対象から瞬時に首尾よく動物を識別してとらだすことができなくてはならない。そのために

は、やはりオーファーがいうように、単に自発的な動作を識別の指標とするよりも動物固有の目標志向的動作を識別の指標とする方がはるかに的確であるに違いない。天文現象、気象現象、流水、落下物などなど、人間の身の回りには動物以外にも自発的な動作をしているように見える対象は少なくないからである。このような意味において、動物固有の目標志向的動作を生き物として認知するための抗いがたい指標とすることは、オーファーがいうように適応的なのである。

さらに、オーファーが言及しているのは、捕食者たる動物を的確に捕食者たる動物として認知するという問題である。捕食者たる動物が何を狙っているのかを知ることが、捕食される側にとってはまさに生死に直接かわる切実な課題であるが、数百万年にも及ぶ人類の歴史において、人類は他の動物を捕食するだけではなく、他の動物から捕食される存在でもあった。オーファーは「見知らぬ動物が何やら動作をしているがその動作の目標が自分自身であるということがわかったなら、きつとこいつは俺と遊びたがっているんだな」と思うより、こいつの命は俺を食うことにかかっているんだと思う方が安全であるといえるだろう」(Ibid.)と述べているが、安全をもたらししてくれるこうした判断がきちんとなされるためには、動物固有の目標志向的動作に即した認知のメカニズムがまず最初に働かなければならない。生き物に対して目標志向性に根差した認知のメカニズムを具えることは、捕食者へのしかるべき対応という点で

も非常に適応的であることは疑いをいれない。

生物にかかわる事象一般にアプローチする際に子どもであれ大人であれ人々がいわば自動的にもちだしてくる目的論的思考様式の根源的な基盤をなしているのは、まさにこうした目標志向性に根差した認知のメカニズムである。そして、捕食者に対する適応的な対応の仕方を考えてみれば明らかであるように、この認知のメカニズムは決して人間だけに限られたものではなく、人間以外の動物、特に系統発生的に人間から遠く隔たつてはいない動物にも等しく存立しているであろう。人間と人間以外の動物との間に確固とした連続性が認められるわけである。本来この連続性は適応の次元における連続性である。しかし、適応の次元はもとより科学的真理の認識の次元とは異質別個のものであるといわねばならない。生物学的進化をあつかう教育に媒介されることによって生徒が科学的な進化概念を習得したとき、生物に対する生徒内部の目的論的思考様式の強固な拘束も克服される。それは、人間以外の動物とも連続している認知のメカニズムの桎梏から脱するという意味で、まさに生徒の人間化にほかならない知的認識の達成であるといえるであろう。そこに、この教育の仕事の困難さも明白な形で表出されているのである。

文献(引用箇所等は、本文中の引用文等の直後に著者の姓と頁数を括弧内に記して示す。同一著者の複数の論文を使用した場合にのみ、当該論文の刊行年を著者の姓の次に記す。引用文中の…は引用に際して省略した部分であり、〔 〕の箇所は引用者による補足である。なお、以下においては、刊

行年は著者名の直後ではなく、当該論文掲載誌等のタイトル・巻数などの次に掲げる。)

- BANER, E. & AVUSO, G.E., Teaching of Biological Inheritance and Evolution of Living Beings in Secondary School, *International Journal of Science Education*, v.25, 2003, pp.373-407.
- BRUMBY, Margaret N., Misconceptions about the Concept of Natural Selection by Medical Biology Students, *Science Education*, v.68, 1984, pp.493-503.
- BISHOP, Beth A. & ANDERSON, Charles W., Student Conceptions of Selection and Its Role in Evolution, *Journal of Research in Science Teaching*, v.27, 1990, pp.415-427.
- COLEBY, John D., SOLOMON, Gregg E. & SHAFRO, Patrick, The Development of Folkbiology: A Cognitive Science Perspective on Children's Understanding of the Biological World, KAHN, Peter H. Jr. & KELLERT, Stephen R., eds, *Children and Nature: Psychological, Sociological, and Evolutionary Investigations*, The MIT Press, 2002, pp.65-91.
- DEMASTERS, Sherry S., SETTLAGE, John Jr. & GOOD, Ron, Students' Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution: Cases of Replication and Comparison, *Journal of Research in Science Teaching*, v.32, 1995, pp.535-550.
- DIAMOND, Judy & EVANS, E. Margaret, Museums Teach Evolution, *Evolution*, v.61, 2007, pp.1500-1506.
- DOWNIE, J. R. & BARRON, N. J., Evolution and Religion: Attitudes of Scottish First Year Biology and Medical Students to the Teaching of Evolutionary Biology, *Journal of Biological Education*, v.34, 2000, pp.139-146.
- EVANS, E. Margaret, The Emergence of Beliefs about the Origins of Species in School-Age Children, *Merrill-Palmer Quarterly*, v.46, 2000, pp.221-254.
- EVANS, E. Margaret, Cognitive and Contextual Factors in the Emergence of Diverse Belief Systems: Creation versus Evolution, *Cognitive Psychology*,

- v.42, 2001, pp.217-266.
- EVANS, E. Margaret, Conceptual Change and Evolutionary Biology: A Developmental Analysis, VOSNIADOU, Stella, ed., *International Handbook of Research on Conceptual Change*, Routledge, 2008, pp.263-294.
- FERRARI, Michel & CHI, Micheline T.H., The Nature of Naive Explanation of Natural Selection, *International Journal of Science Education*, v.20, 1998, pp.1231-1256.
- FORTIN, Corinne, *L'évolution à l'école: créationnisme contre darwinisme?* Armand Colin, 2009.
- KELEMEN, Deborah, Are Children "Intuitive Theists"? Reasoning about Purpose and Design in Nature, *Psychological Science*, v.15, 2004, pp.295-301.
- JENSEN, Murray S. & FINLEY, Fred N., Changes in Students' Understanding of Evolution Resulting from Different Curricular and Instruction Strategies, *Journal of Research in Science Teaching*, v.33, 1996, pp.879-900.
- OPPER, John E., Identifying Living and Sentient Kinds from Dynamic Information: The Case of Goal-Directed versus Aimless Autonomous Movement in Conceptual Change, *Cognition*, v.86, 2002, pp.97-122.
- POLING, Devereaux A. & EVANS, E. Margaret, Religious Belief, Scientific Expertise, and Folk Ecology, *Journal of Cognition and Culture*, v.4, 2004, pp.485-524.
- SETTLAGE, John Jr., Conceptions of Natural Selection: A Snapshot of the Sense-Making Process, *Journal of Research in Science Teaching*, v.31, 1994, pp.449-457.
- SHUTTMAN, Andrew, Qualitative Differences between Naive and Scientific Theories of Evolution, *Cognitive Psychology*, v.52, 2006, pp.170-194.