

# 学校で何を教えるべきか

## —天文学研究者の責任—

長谷川 哲 夫

〈東京大学理学部天文学教育研究センター 〒181 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

昨年秋から5回連載で、さまざまな立場の方々による天文学教育に関する問題提起が行われました(1992年10月号～1993年2月号)。私自身、学習指導要領が変わる直前から現在に至るまで文部省教科書審議会の臨時委員としての新指導要領準拠の教科書を「検定」する作業に加わり、指導要領のあり方、教科書の役割、さらには理科という科目の存在意義などについてずいぶん考える機会をいただきました。ここではこれらの問題点について見直し、いくつかの具体的な提案をしたいと思います。

### 「地学教育の衰退」の背後にあるもの

連載第2回の縣秀彦さんの記事などでも指摘されているように、現在地学の授業を受けている高校生は10人に一人というさびしい状況になっています。新しい指導要領が実施されるとその比率はさらに下がることが心配されます。それに追い打ちをかけるように、これまで高等学校の必修科目だった「理科I」が廃止され、大部分の高校生が、人間が宇宙を認識してきた歴史を学ぶことなく卒業することになります。さらに、中学校でも太陽系外の宇宙に関する内容が削除されるため、高等学校を含めて、恒星(星座や星の色は学ぶ)、銀河、そして宇宙の時間的・空間的広がりというテーマを授業で学ぶチャンスは非常に限られようとしています(具体的には縣さんの記事を参照)。

だれの目にも明らかな、この地学の無惨な衰退の背後にあるものは何でしょうか。連載第1回で鈴木文二さんは、「科学的根拠の薄いSF趣味や文学的ロマンを増幅させる、言わば『異次元にある天文学のバイパス』」に引き付けられる生徒と、彼

Tetsuo Hasegawa: What should be taught in schools?  
—Astronomers must answer.

らの知的欲求を本当の天文学でしっかり満足させられない教育体制の非力さを挙げ、連載第2回で縣さんは、一般に受験科目にする人の少ない地学を役に立たない科目と見なす『大学受験至上主義』の蔓延を挙げておられます。この傾向にさらにオフィシャルな拍車をかけるのが、文部省の新しい学習指導要領<sup>1)</sup>、そしてその策定の指針となった1987年12月の教育課程審議会(課程審)答申「幼稚園、小学校、中学校及び高等学校の教育課程の改善について」です。指導要領の具体的な問題点は縣さんが指摘しておられます。ここでは課程審の答申にさかのぼって問題点のありかを探ってみましょう。

答申では、理科について以下のような「改善の基本方針」が示されました。

小学校、中学校及び高等学校を通じて、科学技術の進歩、またそれに伴う情報化などの社会の変化や学習の実態などを考慮し、自然に親しむことや観察、実験などを一層重視して、問題解決能力を培い、自然に対する科学的な見方や考え方や及び関心や態度を育成する指導が充実するよう、内容の改善を図る。

その際、小学校においては、観察、実験などの自然の事物・現象についての直接経験を重視し、それらの活動を通して問題解決の意欲や能力を育てるとともに生活科との関連に配慮して中学年及び高学年の内容の再構成を行う。

中学校においては、観察、実験などを一層重視し、それらの活動を通して自然を探求する能力や態度を育てるとともに、日常生活とのかかわりなどに配慮して内容の構成を改善する。

高等学校においては、自然の事物・現象に対する主体的な探求活動を通して科学の方法を修得させ、科学的な思考力や判断力を育てることを重視するとともに、生徒の能力・適性や進路等に応じて、適切な選択履修が可能となるよう多様な科目を設ける。

なお、児童生徒の発達段階に応じ、コンピュータ等にかかわる指導が適切に行われるよう配慮する。

などに関する内容を加える。

この答申の「基本的方針」の部分は、それだけではなかなか否定できないように書かれており、また部分的には正しい認識も示しています。科学技術の進歩のタイムスケールが人生に比べてかなり短い現代社会において、理科の授業では、10年後には古びてしまうかも知れない現在の個々の「知識」よりは、経験に基づいて法則性を導く「方法」を学ぶべきであるという主張は正しいと私も思います。しかしこの理念と一体となって、「その学習が（特に小学校、中学校において）直接的経験に基づいていなくてはならない」という経験主義とも言うべき思想が示され、これが直接経験できることが限られてしまう天文学的な内容を大きく削除する根拠になっているのです。

自然科学的のものをみる上で、「自然を見る目(sensitivity)」と「見たものを概念化する論理的想像力(imagination)」の二つが欠かせない能力だと私は思います。課程審答申とそれに基づく新しい指導要領は、この中で特に後者、つまり想像力を働かせながら観測(実験)事実を論理的に組み立てていく力の育成について、あまりにもお粗末だと私には思われます。平均的な小学校高学年ないし中学校の生徒にとって、興味の持てる問題に対してなら高レベルの推論能力を発揮すること、そのような論理的思考の潜在能力を持っていることは、例えばゲームに対する熱中を見てもわかります。自分が知りたい問題(目標)をはっきりさせ、観測事実を整理し、論理を組み立てて結論に至るという思考回路を獲得することを、特に小学校から中学校で学ぶものの中に本格的な形で組み込む(もちろん無理のないように、学年的にも年次的にも段階的な方法で)という思想が欲しい。前掲の課程審答申、そしてその具体化である指導要領は、帰納的学習の重要性を強調しながら、体験重視を表面的にしかとらえていないために、本当の帰納的学習を豊かに展開する機会を捨ててい

この基本方針に続く「改善の具体的事項」では、特に小学校、中学校について天文関係の内容が名指しで「精選」や「削除または軽減」の対象として挙げられました。

#### [小学校]

(ア)のエ：「地球と宇宙」の内容は、地表、大気圏及び天体に見られる諸現象の観察などに基づいて、それらの規則性をとらえることや、時間的・空間的な現象の見方や考え方を育てることに重点を置いて構成する。

その際、従前の内容のうち、例えば、太陽と季節(第6学年)など取扱いが抽象的になりがちな内容について精選を行う。

#### [中学校]

(ア)のイ：第2分野については、その取扱いが高度になりがちな内容、例えば、恒星の明るさや色などについて削除又は軽減を図る。また、高等学校との関連を考慮し、例えば、遺伝と進化

るように思えます。

第二の問題点は、日常生活とのつながりを重視するあまり、より時間スケールが長く、あるいは今日、明日の生活に直接関係しないかも知れない「人類文化の継承」という観点が大きく後退したことだと思います。例えば、長い間かかって人類が獲得した宇宙観、すなわち「ここはどこで、今はいつで、私は誰であるか」という認識を共有するというのが、小中学校で学ぶ内容として位置付けられていません。しかし、これはぜひ継承していきたい人類共有の文化です。21世紀を人間らしく生きるために、この広い宇宙と長い時間の流れの中での自分の位置を知るとはとても大切なことのように私には思われます。

### 情けない教科書検定作業

初めに、私が教科書の「検定」に加わってきたことを書きましたが、その作業はこのうえなくフラストレーションのたまる仕事でした。その主な原因は、すでに提示された学習指導要領をあくまで拠り所としなくてはならない点にあります。教科書を書かれている方々のご苦労は想像にあまりあります。その努力に敬意を払いつつも、実際にその教科書が教室で使われる時、子供達がどう感じ、内容をどう理解するかを考えると、どうしても直していただきたい所がたくさん出てしまいます。しかし、現在のシステムでは、内容に明らかな誤りがあるか学習指導要領に沿っていないことだけが、「検定意見」（ここを修正すれば検定合格としますという具体的指摘）をつける根拠になります。検定意見以外の形で「ここはこうすればもっとわかりやすい教科書になりますよ」という提案を出すことはできません。教科書原稿を前に、それが必ずしも天文学をよく理解しているわけではない平均的な先生方の授業で使われることを想像して「わたしたちが子供達に伝えたい天文学の内容は、こんなものじゃないんだ」と情けない思ったこともしばしばでした。

この背景には、現在の教育における受験勉強偏重の価値体系、その枠から自由になれない出版社と一部の教科書執筆者の方々、そして学習指導要領と教科書検定という現在のシステムの抱える欠陥があるように思われます。

問題の第一は、学習指導要領が示している「学習によって獲得させたいこと」が抽象的で、事実上何も示していないという点です。一つの例を挙げてみましょう。中学校学習指導要領のなかで示されている理科全体の目標と、その中で天文に関連の深い部分についての個別的な目標です。「科学的」やら「見方や考え方」などの単語が並んでいるだけで、内容があまりにも乏しいことに驚いてしまいます。

#### 第2章 第4節 理科

##### 第1 目標

自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。

##### 第2 各分野の目標及び内容

###### [第2分野]

##### 1 目標

(3) 地学的な事物・現象についての観察や実験を行い、観察・実験技能を習得させるとともに、地球と太陽系、天気、大地の変化などについて理解させ、これらの事象に対する科学的な見方や考え方を養う。

第二の問題は、学習指導要領が「目標」に続いて示す「内容」と「内容の取扱い」が、扱う対象について主に書かれていて、それらを扱った授業を通じてどのような概念や考え方を身につけるのかが書かれていない傾向が強いことです。先ほどの例に続いて中学理科の指導要領を見てみましょう。天文学に関係の深い「地球と太陽系」の部分

は次のように書かれています。

## 2 内容

### (2) 地球と太陽系

身近な天体の観察を通して、地球の運動について考察させるとともに、天体としての月、太陽及び地球の特徴について理解させ、太陽系についての認識を深める。

#### ア 身近な天体

(ア) 月、太陽の観察を行い、その観察記録及び地球に関する資料などに基づいて、月、太陽及び地球の特徴を見いだすこと。

(イ) 天体の日周運動の観察を行い、その観察記録を地球の自転と関連付けてとらえること。

(ウ) 四季の星座の移り変わり、季節による昼夜の長さ、太陽高度の変化などの観察を行い、その観察記録を地球の公転や地軸の傾きと関連付けてとらえること。

#### イ 惑星と太陽系

(ア) 星の観察を行い、その観察記録及び資料などに基づいて、惑星と恒星の違いを知るとともに、惑星の大きさや表面の様子にはそれぞれ特徴があることを見いだすこと。

(イ) 惑星の動きを観察し、その観察記録及び資料などに基づいて、太陽系の構造と惑星の公転を関連付けてとらえること。

## 3 内容の取り扱い

(3) 内容の(2)については、次のとおり取り扱うものとする。

ア アの(ア)の「月、太陽及び地球の特徴」については、形、大きさ、表面の様子などを取り上げ、太陽については、放出された多量の光による地表への影響についても触れること。

イ アの(イ)及び(ウ)については、観測された事実を基に多様な考察を行わせるようにすること。

ウ アの(ウ)については、太陽高度の変化に伴う気温の変化にも触れること。

エ イの(ア)の「惑星」については、主な惑星を2～3取り上げ、地球と対比させて扱うこと。「恒星」については、自ら光を放ち相互の位置を変えずに星座をつくっている天体であることを扱う程度とすること。

オ イの(イ)の「太陽系の構造」については、内惑星と外惑星の見え方の違いにも触れること。

意外にもすらすら読めてしまうこの指導要領について「まあ、こんなものではないか」という感想を持たれた方もいらっしゃるでしょう。実際この部分は、新指導要領の天文学教育の中では、小学校から高校までを通して白眉というべき部分で、例外的によく書かれています。

少し論旨からそれますが、私はこの4月から中学校で始まるこの「地球と太陽系」の授業に少なからぬ期待をよせています。先に述べた「観測から論理的推論を経て結論に至るプロセス」を学ぶ大変よい教材であること、そしてこの教材の理解が、広い宇宙の認識のもとで自己を相対的に位置付ける「自己の相対化」の第一歩であるからです。教育心理学の分野で「視点の移動」と呼ばれるこの学習は、その後に学ぶ自然科学の理解（例えば物理で扱う相対運動や加速度と力の関係など）に欠かせない重要なステップなのです。一昨年審査した教科書原稿本のなかに、この重要性をよく理解してしっかり展開した本があったのには意を強くしましたが、そうでない本が少なからずあったことも事実なのです。どうか先生方にはこの単元で子供達を感動させる授業をされるようお願いします。

話を戻して、学習指導要領ではまず「内容」で教える項目が指定され、次に「内容の取り扱い」でその項目を通して生徒がどのような概念、あるいは考え方を学習するかを書いています。上掲の「身近な天体」の部分は、確かに学習の獲得目標がある程度読み取れます。しかし後半の「惑星と太陽系」については、そこで一体何を考え、学んだ

らよいのかがどこにも示されていません。むしろ「取り扱い」の中には、取り上げる惑星の数や恒星などの学習内容に対する制限事項が書かれているのです。

このような学習指導要領の舌足らずな面を補う目的で、文部省から「指導書」や「指導要領解説」が出されています。そこにはもう少し具体的な獲得目標が示されています。しかしここでも「～は取り上げない」式の制限的な記述と混在しているために、その教材を通して一体生徒は何を学び取るのかという最も重要なポイントがきわめて解りにくくなっています。この結果かなりの部分についてその判断が、事実上、教科書を編集あるいは執筆される方々に委ねられることになります。

そこで第三の問題が発生します。すなわち学校や各地の教育委員会などで行われる受験勉強偏重の価値判断に基づく教科書の選択と、「売れる教科書がよい教科書」という教科書会社の企業としての論理です。そしてこの問題の根底には、「自然に対する見方、考え方」よりは断片的な知識を問う問題がまだまだ多い大学や高等学校の入試問題が横たわっています。

知識を問う試験問題に正しく答えるには、それを覚えることです。実際、現在理科の中で地学は生物とやらんで「暗記もの」ととらえられているようです。したがって、試験で問われる知識（言葉や数字など）が教科書に出ていなかったら大変です。そういうことのないよう、いろいろな「知識」が詰め込まれた盛りだくさんの教科書が選ばれるでしょう。教科書会社はそういうニーズに答えるべく、限られたページ数の中にたくさんの「知識」を盛り込みます。試験に出されそうな単語はゴシック体で強調します。他社の教科書に載っていて自社の教科書に載っていない項目があれば、翌年の改訂版にはかならずそれを追加します。

こうしてできあがる教科書は、本文がゴシック体の単語だらけになります。限られたページ数に盛りだくさんの内容を詰め込む結果、「自然に対す

る見方、考え方」のロジックをかみくだいて展開することはスペースが許しません。

もしかしたら事態はもっと深刻なのかも知れません。教科書を読むと、その本文がすでに論理的に書かれていないものがあるのです。限られた行数の中でも「～だから、～になる」、「～なので、～であることがわかる」と論理的に展開する工夫をしている本もある一方で、「～を～という」式の記述に終始する辞書のような本も少なくありません。編集者や著者にすでに論理的に展開するという意識がないのでしょうか。このような原稿本が、学習指導要領に照らして検定合格となり、各地の学校で歓迎されるという事実が、教科書を今のよ

## 「いかに教えるべきか」と「何を教えるべきか」

堀尾輝久著「教育入門」という本があります<sup>2)</sup>。この本は、そもそも教育とはどういう営みか、という問いにこたえる骨太な教育学の成果をふまえて現在の日本の学校教育の問題点を論じているのですが、天文学教育の問題を考えるにあたっては大いなる示唆を与えてくれます。

堀尾氏は、「発達を促すための学習の指導としての教育は、文化的価値（真理・真実）の伝達を媒介として行なわれます。（中略）同時に、この過程で真理・真実をわがものとして身につけることによって、人間は真に自由な存在になるのです。教育は、現在までの学問文化の最高の達成を含む文化の伝達を通して行われるべきであり、そのことによって、現在の人間と社会をこえる営みです。」（97-98 ページ、下線筆者）と、教育の基本的在り方を規定した後で、文化の伝達ということについて以下のように述べています。

「そのさい、文化の伝達はそれ自体、人類文化の持続発展にとって不可欠のことですが、同時にそのことの子ども・青年にとっての発達の・教育的価値を重視したいのです。（中略）同時に、文化

遺産の伝達とその内在化の過程は、子どもにとっては常に驚きや感動を伴う新しい発見の過程であり、この発見の感動とともに子どもの前に開かれる新しい世界を大切にする教育でなければならないのです。」(98-99 ページ、下線筆者)

このような考えに立つとき、現在の天文教育あるいは広く理科教育において、「何を教えるべきか」と「いかに教えるべきか」という二つの問題を、混同せずにはっきりと認識しなくてはいけないことに気づきます。

限られた子供時代の時間、それを教室で授業漬けにしないために、伝承すべき文化は精選されなければならないでしょう。わたしたちは、教えたいと漫然と思うだけでそのことを教えてはいけないのです。その時に、何を教えるべきで何を省略すべきなのか、その価値判断が示されなければなりません。判断は、その文化の本質を理解する人々によって、最新の文化の進展を踏まえて行われる必要があります。その後で、選ばれた教えるべき文化を、いかに人間の成長・発達を促す形で提示するかという問題に移ります。この問題は、最近の認知科学などとも関連の深い「わかるということ」の研究、そして具体的なカリキュラムや授業の構成、子供達の手にわたる教材(教科書など)の作成にいたるものです。

堀尾氏が「真理的価値」と「方法的価値」と呼ぶこの二つのテーマは、互いに深く関連しながらも、混同されてはならないものです。「天文学は体験に基づく形で教えにくいから敬遠する」というのは、次元の低い、しかし課程審答申から教室の中にいたるまで広く見られる混同の例です。

## 私たちは何を教えたいのか

さまざまな問題を抱えた現在の天文学教育を改革するには、「何を教えるべきか」、「いかに教えるべきか」の研究を行うと同時に、文部省の学習指導要領を内容・形式ともに改善してゆく必要があります。さらにそれに対応する形で現場の先生方

の研修を行い、教員養成大学のカリキュラムやスタッフ構成も変えてゆくという仕事もあります。理想からかなり遠い現状ですから、このサイクルを段階的に何度か繰り返す必要があります。この一連の改革を一応完成させるには100年かかるかも知れませんが、今はその長期的な改革の方向づけを探るときであり、そのためにも「天文学で何を教えるべきなのか」という問いに天文学者が取り組み、社会、特に学校の先生、教育大学の先生と学生、教育学の研究者、そして文部省に見える提案の形で回答することが重要なのではないのでしょうか。

天文学の改革を考え始めると、実は問題は地学にとどまらず理科全体に広がることは目に見えています。物理学との関連が深いことは言うまでもありませんが、最近は高等学校の生物や化学の教科書も、最初の数ページでビッグバンや恒星内部での元素合成、原始太陽系での地球の誕生などを紹介しているのです。天文教育の改革が、理科という科目全体をより魅力的に、本来の意味でより教育的になる助けになれば素晴らしいことです。

ここで少し個人的な意見を一つ述べさせてもらえば、私は小中学校の理科に、「宇宙の時間的・空間的広がりとその中で人類の位置」を学ぶ内容を入れるべきだと考えています。論理的想像力をはたらかせて宇宙の時間的・空間的広がりを感じられるようになれば、経験主義の呪縛も解かれて直接体験できないマクロ/ミクロな内容も論理的に考えられるようになるのではないかと。そして何より、「理科の中で宇宙のことに一番興味がある」とアンケートに答える小学校の子供達を、理科の教室でがっかりさせることなく、逆にどんどん理科が面白く、好きになり、自分から進んで学ぶようになる、そのような理科の展開ができるのではないかと思うからです。

そんなこと大多数の小中学生には難しく理解できないと、すぐ反論されそうです。確かに今すぐは無理かもしれません。しかし「いかに教える

べきか」の研究を踏まえた方法でたつぷりと時間を割いて学習すれば、十分理解できる内容だ、それだけの価値のある内容だと思うのです。それになにしろ多くの子供が興味を持っている内容なのですから。

## 具体的提案

最後にわたしたち天文学研究者がすべきことについて、いくつか具体的な提案を行って本稿のまとめとしたいと思います。このうちいくつかについてはすでに実行されている方もいらっしゃると思います。その場合は失礼をお許してください。

1. 日本天文学会は、「天文学で何を教えるべきか」について考える中心となるワーキンググループを作り、1～2年で現時点での結論をまとめ、広く公表する。
2. それを踏まえて、天文学研究者連絡会議は天文学教育の改革の方向をまとめ、理科教育の改革についても学会会議などの場で積極的に提言を行う。
3. 同時に、日本天文学会は「いかに教えるべきか」を考えるべき理科教育の研究者と連携して、実行可能なカリキュラムの具体化の努力を始める。
4. 文部省に対して発言する機会のある方は、次期の学習指導要領改訂などの際に天文学研究者の意見が反映されるよう、発言や働きかけを行う。
5. 入学試験問題を作られる方は、記憶偏重の出題を避け、自然に対する見方や論理的なものの考え方を見る問題を出題する。
6. 教科書を監修あるいは執筆される方は、自然のどのような特徴に着目しどのようなすじみちで考えるのが生徒に伝わるように努力し、教科書用語集のように決してしない。

1) 指導要領をこれから入手して読まれるのであれば、同

じく文部省が出している以下の「指導書 理科編」の方が、指導要領の本文だけでなくその解説や背景となった課程審答申とその解釈もあって、文部省の意図がよりよくわかります。

小学校指導書 理科編 1989年6月15日発行 教育出版(株) 定価80円、中学校指導書 理科編 1989年7月15日発行 学校図書(株) 定価90円、高等学校学習指導要領解説 理科編・理数編 1989年12月25日発行 実教出版(株)定価280円(価格はすべて税込)。

2) 堀尾輝久 1989「教育入門」岩波新書 赤54



月面寸描  
浅くのびた谷を見せるゲーリッके  
近藤 公(新潟県)