

科学教育の現状と日本天文学会の役割

—天文学の真正資源をどのように教育利用すべきか?—

縣 秀 彦

〈国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: h.agata@nao.ac.jp

本稿では大学・研究機関・生涯学習施設などの研究現場に存在する知的財産、研究資源、最新情報および専門家（これらをまとめて「真正資源」と呼ぶことにします）を用いて、いかに児童・生徒の学習活動を支援するかを検討します。いま、学校では児童・生徒の学習に対する内発的動機づけを高めることと、自らが主体的に学習し問題を解決する能力（自己学習力）を育成することが課題とされています。今回の特集「多角的アプローチが進む天文教育・普及」では、大学・研究機関と学校と生涯学習施設が連携した先進的な教育・普及の事例を紹介しました。すでに生涯学習の現状や提案は2月号の黒田武彦氏の記事で詳しく述べられていますので、本稿では学校教育の現状を紹介し、特集のまとめとして教育・普及における日本天文学会の役割について考えます。

1. 子どもたちは理科が嫌い？

「学力」とは何か？ とても定義が難しいところです。知識、スキル、思考力、関心・意欲等の限定した意味ではありますが、さまざまな学力調査や国際比較が行われています。代表的な調査としては、国際教育到達度評価学会 (IEA) の国際数学・理科教育調査があります。この調査によると、日本の小・中学生は、過去30年間変わることなく、知識・理解面では他国と比較して、常にトップクラスなのに対して、中学・高校段階における「理科が好きか嫌いか」という問いかけに対しては、参加国中、韓国と並んで最も理科嫌いの割合が多い(図1)という特徴があります。理科は生活に重要と思う者、および科学的な職業に将来就きたいと思う者も、いずれも参加国中で最も少ないのです。

「理科嫌い」が指摘され始めた1980年代より、状況を改善するための方策として、文部科学省を中心にさまざまな手が打たれたはずですが、

1983, 1995, 1999年の調査結果を比較してみると結果としては何も改善されていないことがわかります。日本の理科教育は、理科好きの子どもたち

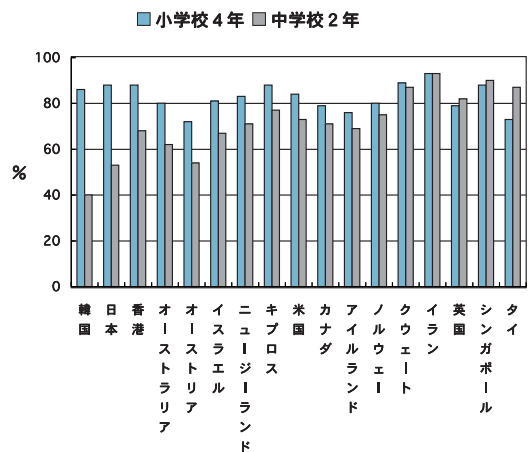


図1 「理科は楽しいか」についての国際比較 (1995年) (調査参加数 日本 小4: 4,306名, 中2: 5,141名)

「理科の勉強は楽しいか」について「強くそう思う」「そう思う」「そう思わない」「全くそう思わない」の4肢選択で尋ね、「強くそう思う」と「そう思う」に回答した児童・生徒の割合 (%) を示した。

を育てるという面において、極めて危機的な状況にあると認識すべきでしょう。

2. 未成熟な科学文化こそ問題

理科嫌いの原因は、複合的で多岐にわたっています。例えば、中学・高校では授業時間が限定されている中、ともすると入試を目的とした詰め込み式の授業になりがちで、実験・観察などを通じて自然科学を探究することの楽しさを伝えていないことがしばしば指摘されています²⁾。OECD が 2000 年に行った調査によると、先進国間で成人の科学的知識を比較した場合、日本は、15 カ国中かなり下位となっています（図 2）³⁾。

つまり、ある時点で子どもたちの科学に関する「学力」は封印され、学校で習った知識・スキルは大人になってから生活の中で使われることがないのです。これは、中等教育段階での数学・理科カリキュラムが基本的には理系大学生育成を指したものとなっているためでしょう。

日本の科学は、西欧から移入された「科学技術」に始まって、国際競争を意識した「追いつき、追い越せ」の中で醸成されてきたという「宇宙の果てまで」（小平桂一著）の指摘⁴⁾のように、日本における学術文化の未成熟さが、科学を楽しみかつ主体的に生活に取り入れるような科学文化の育成を阻害してきた影響も大きいのではないのでしょうか。そう考えると、学校教育のみならず、生涯学習や科学ジャーナリズムの役割も重要です。日本におけるプラネタリウム館や公開天文台の設置数や、天文雑誌の発行部数等々より、自然科学の中でも天文・宇宙は一般の人々にとって、特に興味・関心を抱きやすい対象であることは疑う余地がありません。科学の教育・普及における天文学の貢献が期待されています。日本天文学会員の皆さまにも、高等教育（つまり弟子を育てる）のみに目を向けるのではなく、広く学校教育や生涯学習または科学ジャーナリズムを支援し科学文化を育てあげることによって一定の時間・力を割いていただ

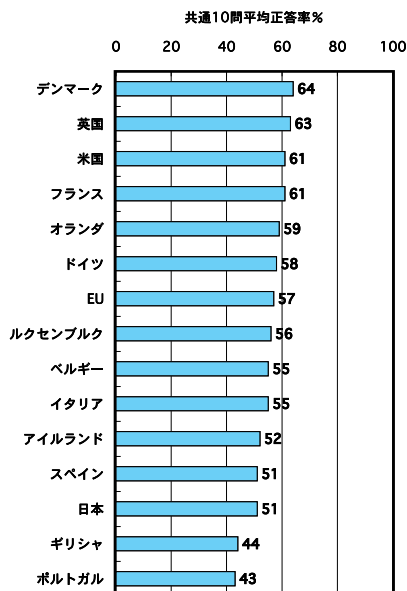


図 2 科学技術基礎的概念の理解度

<http://www.nistep.go.jp/achiev/abs/jpn/rep072j/idx072aj.html> より引用

質問は以下の 10 問で、それぞれ○、×、分らないの 3 択で回答する。図は 10 問全体での平均正答率の国際比較を示す。

- (1) 大陸は何万年もかけて移動し続けている
- (2) 現在の人類は原始的動物種から進化した
- (3) 地球の中心部は非常に高温である
- (4) 我々が呼吸に使う酸素は植物が作ったものである
- (5) すべての放射能は人工的に作られたものである
- (6) ごく初期の人類は恐竜と同時代に生きていた
- (7) 男か女になるかを決めるのは父親の遺伝子である
- (8) 抗生物質はバクテリア同様ウイルスも殺す
- (9) 電子の大きさは原子の大きさよりも小さい
- (10) レーザーは音波を集中することで得られる

くようお願いする次第です。

3. 突破口は専門家が参加する「学びの共同体」

本稿では、それぞれの学問領域で最先端の研究を行っている人を「専門家」と呼ぶことにします（必ずしも大学や研究機関の研究者に限定しません）。専門家による教育支援について、教育学的にはどのような議論があるのでしょうか？ 1920 年代、ソ連の心理学者 L. S. Vygotsky は、子ども

の自発的概念（日常生活において形成されている生活的な概念）と科学的概念を区別し、「子どもの精神発達はコミュニケーションの言語（外言）が個人の思考の言語（内言）へと内化する過程として展開する」と考えました。さらに、子どもが独力で達成できるレベルと教師や仲間の援助によって達成できるレベルとの間を「発達の最接近領域」と名づけ、子どもの学びが発達の最接近領域において社会的に構成されることを示しました⁵⁾。Vygotsky の考えに従えば、支援を伴う教室での学習過程は、教育心理学で有名な J. Piaget の認知発達理論があてはまらないこととなります。

Vygotsky の考えを拡張するなら、学校カリキュラムにおいて、認識の順次性は考慮しながらも、「まだ、十分な発達段階に達していない」という安易な解釈で、学習内容を規制すべきではありません。教師と学校外の専門家をも含む支援者集団による「足場かけ」があれば、現在の学習指導要領の内容よりも高次の概念を習得可能なのです。

筆者は、学校での授業を魅力的な中身にするために、生徒自身の知りたいテーマに沿って探究する時間（探究学習）を一定範囲内で確保することが望ましいと考えています。学校での一般的な授業が、生徒の学力に結びついていかない現状（しばしばこの現象は「学校知」と呼ばれます）を、米国の J. Lave と E. Wenger は次のように分析しています。

「例えば、多くの高校には物理にかなりの時間をかけて取り組んでいる生徒たちがいる。この場合、どういう実践共同体が再生産の過程にあるのだろうか。可能性としては、生徒は単にその高校自体の再生産に参加しているに過ぎない。しかし、物理学の実践もまた何かの形で再生産過程にあると考えてみると、高校の物理の生徒が参加し自らの参加を意味づけているやり方と、専門の物理学者がやっているやり方とはとてつもなく大きな違いがある。実際に再生産している実践共同体

は、物理学者の共同体ではなく、学校化された人びとの共同体なのである。子どもたちは在学中、物理学者の共同体との貧弱な関係に引き入れられる。」⁶⁾

つまり、学校での物理授業において生徒は、学校自体の再生産に参加しているに過ぎないという手厳しい批判です。このような本質的な問題を少しでも解決するためには、専門家という真正資源の利用が不可欠です。まずは専門家と学校教師との間でゆるやかな学びの共同体を形成し、さらに生徒が参加することが望ましいでしょう。

先行的な実践研究としては、「湧源サイエンスネットワーク（YSN）明正プロジェクト」の取り組みがあります⁷⁾。都立明正高校の物理と化学を選択した高校2～3年生数十名と担当教諭、湧源クラブのボランティア16名（大学生、大学院生、大学教官、企業人など）が電子会議システムを利用して、授業内容に限定することなく専門家が疑問に答える実践を継続して行いました。その結果、Lave と Wenger が指摘する「学校の特異性」を変革するためには、学校外部の専門家と対話するだけの資源が学校の内側にも必要なことと、プロジェクトベースの教育実践研究を教師と専門家との協同で達成しようとするとき、専門家は教師の相互反映性や両者の変容を肯定的にとらえることが共同体にとって不可欠であると指摘しています。

このような専門家に加わった学びの共同体に関する研究は始まったばかりですが、今後の理科教育改革において、極めて重要であると思われます。

4. 真正資源を用いた学習支援のあり方とは？

専門家の支援が児童・生徒の継続的な関心・意欲と自己学習力の育成において有効であることは天文教育の分野でも、すでに銀河学校⁸⁾や君が天文学者になる4日間⁹⁾、日本天文学会ジュニア

セッション¹⁰⁾などの報告から読みとることができ
ます。これらはもともと天文好き・科学好きの
中・高校生が対象であり、教育効果が極めて高い
としても少数対象にしか行えないことがネックで
した。ところが、2月号の宮田氏の記事のように、
学校と連携することで百人規模のごく普通の高校
生たちに科学の面白さを体験させることが可能に
なります。この実践では、多くの参加生徒にとっ
ては、探究の過程を体験することで、科学に対し
ての関心・意欲が高まったと言えそうです。文部
科学省のサイエンス・パートナーシップ・プログ
ラム (SPP) やスーパー・サイエンス・ハイスク
ール (SSH) は、ごく一部の学校にしか機会を
与えない点で極めて不十分な政策であり、改善を
求めたいと思いますが、現状としては地域連携に
おいて大いに活用すべき制度と言えそうです。こ
れ以外にも子どもゆめ基金や科学教育に関する科
研費など、さまざまな競争的資金がありますの
で、天文教育・普及でも大いに活用すべきです。

ところで、法人化後の生き残りをかける地方大
学や、国からの補助金の減少と市町村合併のあ
おりで存続の危機にある生涯学習施設（公開天文
台やプラネタリウム館など）が、地域の学校や市民
と連携していくことはどのような効果を生むので
しょう？ 本特集では、教育効果の測定や評価が
必ずしも十分ではありませんが、2月号の富田氏
らの「わかてん」や綾仁氏らの「岡山天文教育研
究会」の記事を読むと、一般に天文普及先進県と
呼ばれている地域では、大学、生涯学習、学校間
の連携が担当者の苦勞を伴いながらも比較的うま
く進んでいることが分かります。真正資源が一定
以上の密度で存在することが不可欠なのかもしれ
ません。また、地域連携を核として地方発の教
育・普及事業が全国や海外にまで広がっていま
す。こうして見ると「地域連携」はまさに時代の
キーワードであり、コアとなる大学と生涯学習施
設は科学文化における地域の人・もの・金のハブ
であり、真正資源を用いた教育・普及活動の拠点

なのです。

一方、全国的な共同体を形成し一般人や高校生
対象に真正性の高い実践をしている事例が、尾久
土氏ら紹介のライブ！ユニバースであり、鈴木氏
紹介の高校生天体観測ネットワークです。この二
つの活動は目的も対象も全く異なりますが、成果
を上げている共通の理由として、人脈の豊かさと
インターネット利用、共同体参加者のモチベー
ションの高さが挙げられます。前者はネットワー
ク技術者と天文研究者・愛好家の密接かつ継続的
な関係を作り出し、後者では全国に散らばる教師
（理科教師とは限らない）集団をうまく束ね、毎年
新しい実践にチャレンジしています。ただし、両
者ともコアとなる指導者グループの力量に活動全
体が強く依存していたり、活動を維持するための
莫大な作業を共同体参加者が分担しなければなら
ず、活動の存続や世代交代に不安な面を残してい
ます。今後は日本天文学会との密接な連携が、活
動継続への鍵ではないでしょうか？

学校、大学・研究機関、生涯学習施設などの職
員が対等な立場で参加している教育実践共同体の
例としては、古荘氏ら紹介の PAOFITS ワーキン
ググループと松本氏ら紹介の JAHOU がありま
す。国立天文台や理化学研究所のような研究機関
職員が事務局担当をつとめ、研究費や職員のごく
一部、さらには活動の場所を提供することで
共同体が成り立っています。JAHOU の活動から
は、専門家からの支援が教師自身の教育研究への
動機づけになる点や、専門家が参加する学びの共
同体において、研究コミュニティへの教師の参加
と学校コミュニティへの専門家の参加が同時に成
立することが分かりました。また、真正資源を用
いて専門家が生徒の学びを支援する場合、専門家
と教師が協力して探究学習用教材を共同開発す
ることや、研究過程の縮図的な体験を学校内外で
実践することが効果的であることが示されていま
す¹¹⁾。

5. 日本天文学会の役割

日本天文学会は、アマチュア天文家の顕彰や内地留学制度、年会時のジュニアセッション、公開講演会、および天文教育フォーラム開催など、他の学術団体と比べた場合、市民や青少年、教育関係者により近い存在であり普及活動に熱心な学会であると言えます。しかし、現状で十分なのでしょうか？ 他の学会や学術団体の動向も参考に、以下のような提案をしたいと思います。

(1) 天文教育論文の発表の場を

天文学会では、1994年秋季年会より発表分野に「天文教育」(1997年春より「天文教育その他」)が設置されました。近年は発表件数が増えただけでなく、その内容も、単なる調査結果の公表や、天文教育施設の設計、教育ソフトの紹介などではなく、教育研究として論文になっているもの(または論文にすることが期待されるもの)が増えています(図3)。しかし、天文学会内では、論文を発表する場がないという「ねじれ」を生じているため、天文教育に積極的に参画しようという学

会員を抑制しています。国際科学会議(ICSU)の「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」で採用された「社会における科学と社会のための科学」¹²⁾や、近年の教育フォーラムなどへの若手研究者の関心の高さなどを考慮すると、天文学と天文コミュニケーション(または天文教育)のダブル・メジャー(二つの学位を有する人)を育成することが学会としては肝要かと思います。例えば、日本化学会では「化学と教育」誌を月刊で発行し教育論文を掲載しています。天文教育研究の論文投稿の場をぜひ、日本天文学会でもご検討ください。

(2) 講師派遣制度の充実

学会教育委員会が運営する講師派遣制度は、専門家と生涯学習・学校教育を結び貴重な制度です。しかし、この制度が広く学会員に理解され、学会内外に認知されているとは言えません。月報で登録者を募ったり、学会Webのトップページで紹介してもらうなど、主体的に取り組んでいただけないでしょうか？

(3) ナショナルセンターの役割強化

文部科学省配下、生涯学習、学校教育における日本のナショナルセンターは、国立科学博物館と国立教育政策研究所のほずです。ここに天文教育・普及の機能・人的配置などが十分でないことは教育・普及において致命的です。ぜひ、理事長名で、二つの機関に適切な機能と人の配置を申し入れてください。

(4) 学習指導要領改訂への意見表明

現学習指導要領下では、小・中学校での天

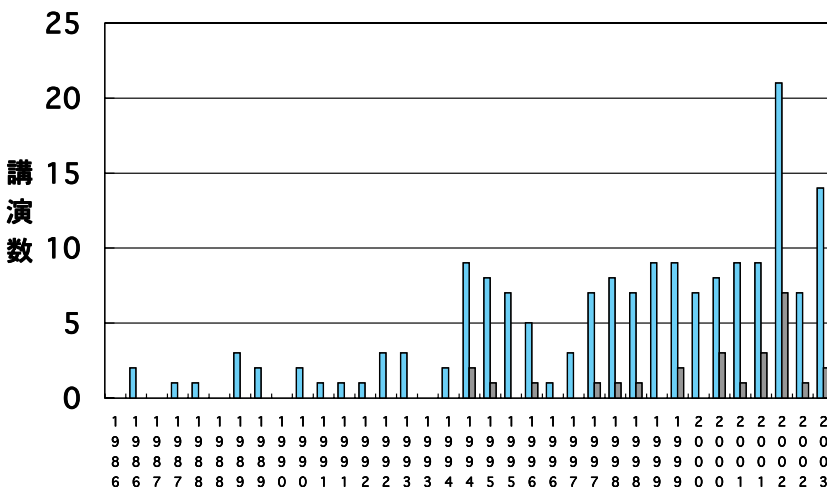


図3 日本天文学会年会での「天文教育」講演数と論文数

天文教育・普及に関する講演数(青)と、そのうち論文化された講演数(黒)。この講演数には、天文学史に関するものや論文引用調査は含まれていない。また、論文は天文学会以外のさまざまな学会誌に分散しているため、この集計で漏れているものもあると思われる。

文・宇宙の学びは何を児童・生徒に伝えたいのかが不明確です。天文学会では、1997年に声明文を発表し¹³⁾、今回の改訂に関して一定の影響力を示しました(具体的には、中学までの内容が太陽系にほぼ限られている点が適切でないと表明し、改訂時にその趣旨が反映されました)。現在、他の学会などでも次期学習指導要領のあり方をめぐって議論が進んでいると聞きます。ぜひ、日本天文学会として意見を取りまとめて公表していただくようお願いする次第です。

(5) 教育・普及への人・もの・金の配分を

「天文学界は、各大学・研究所・プロジェクトなどにおいて、予算の1%をアウトリーチ(広報・普及)活動に充てることを目標とする」と学会声明を出せたら、極めて画期的なことだと思います。科学の社会への還元、社会への貢献という意味で、他国と比較しても、この程度の努力目標は当然ではないかと思われます。学会理事会・評議員会を中心にぜひご検討をお願いします。

6. 結 論

本特集では、21世紀型の科学および科学教育において、生涯学習・学校教育を問わず、専門家のかわりが極めて重要であることを示しました。ここで述べたいいくつかの事例のほかにも、教育関係者と専門家が共同で生徒や市民を支援する学びの共同体作りが、地域、全国、国際のそれぞれの規模で進んでいます。このような共同体では専門的な研究に関する共同体への教師・学芸員の参加と、学校教育または生涯学習に関する共同体への専門家の参加が同時に成立し、教育・普及を実践する新しい共同体が形成されています。天文教育の枠を超えて広く教育全般でも、多様な学びの共同体が形成され、さまざまな真正資源が有効活用されていくことでしょう。日本天文学会も天文学

の普及をさらに進めるため、より積極的に教育・普及に関与していくことが期待されます。

参 考 文 献

- 1) <http://www.iea.nl/index.html>
- 2) 大野栄三, 左巻健男, 2000, 科学 70, 817
- 3) <http://www.nistep.go.jp/achiev/abs/jpn/rep072j/idx072aj.html>
- 4) 小平桂一, 1999, 宇宙の果てまで(文藝春秋), p. 229
- 5) Vygotsky L. S.; 柴田義松(訳), 2001, 新訳版・思想と言語(新読書社), p. 298
- 6) Lave J., Wenger E.; 佐伯 胖(訳), 1993, 状況に埋め込まれた学習—正統的周辺参加(産業図書), p. 82
- 7) 美馬のゆり, 他, 1998, 日本教育工学会大会論文集, p. 683
- 8) 西浦慎悟, 2003, 天文月報 96(1), 7
- 9) 室井恭子, 他, 2003, 天文月報 96(1), 14
- 10) 吉川 真, 他, 2003, 天文月報 96(1), 21
- 11) 縣 秀彦, 他, 2002, 日本教育工学会論文誌 26(3), 181
- 12) http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/11/10/991004a.htm
- 13) 小杉健郎, 山縣朋彦, 1997, 天文月報 90(3), 136

The Present Status of Science Education, and the Role of Astronomical Society of Japan—What is the most effective way of using astronomical authentic resources in education—

Hidehiko AGATA

National Astronomical Observatory, 2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

Abstract: To evaluate the education feature in Japan, the paper describes the current status of science education in the schools of Japan and this paper discusses the role of the Astronomical Society of Japan in formal education and in popularization.