



じつきょう 理科資料

NO. 56

サイエンス・プラザ

理科離れを克服し日本の未来を理科から

国際基督教大学高等学校教諭

NPO法人理科カリキュラムを考える会理事長 滝川 洋二

NPO法人ガリレオ工房理事長

文部科学省の調査で明らかになった理数離れ

2004年1月に文科省から高校3年生に対して02年に行った学力テストの結果の一部が公表された。文科省の設定通過率を実際の正答率が下回ったのが数学約8割、化学と物理は6割、生物と地学は、7割だった。また「教科の勉強は大切だ」と思う生徒は、英語の5割以上に比べ数学や理科は1～2割にとどまり、「理数は苦手」鮮明」（朝日新聞04年1月24日）などとマスコミに取り上げられた。

こういった調査が行われるようになったこと自体、学力問題が社会的に問題になったからであろう。

どのように社会的に問題にされるようになったか、今どんな方向に動いているかを、私の意見も含めて紹介したい。

削られ続けた理科

89年の学習指導要領改訂は理科教育関係者にとっては大きなショックだった。69年改訂で1048時間あった義務教育の理科の時間が77年改訂では908時間に、89年改訂で必修部分は735時間と減

ったからである。しかも、文部省（当時）の方々から、次の改訂では理科はさらに削られる方向だと言われ、動きを作るしかないと感じた。でも、どう動けばいいか見通しはなかった。

ガリレオ工房の例会で、中学の先生から中学3年理科教科書の「電流と磁界」が、それまでの30頁から89年版ではたったの9.5頁に（本の大きさはA5からB5に大きくなった）なったことの紹介があった。同じ内容を、69年版では14時間かけて教えたところを、77年版では11時間、89年版ではわずか5時間（東京書籍指導書）で教えることになったのである。こうした実体を調べるところからと思い、日本物理教育学会の理事だったので、学会誌で中学の特集、次に小学校の特集を組んだ。すると、授業時間が減ったために中学理科教科書で取り上げる生徒実験が大幅に減った、小学校の教科書で取り上げる気体の種類が14種類から4種類に激減したことなど、たくさんの事実がわかった。この特集が93年春に出て、10月に日本物理教育学会は物理教育学会会長声明「科学教育の危機の克服を訴える」を出し、94年4月には日本物理学会、応用物理学会、

◆ も く じ ◆

サイエンス・プラザ

理科離れを克服し日本の未来を理科から …… 1

トピックス

単為発生マウスの誕生 …… 6

磁石で鉄球浮上 …… 10

高校生へ私が選んだ1冊の本

アミノ酸の科学 …… 12

日本物理教育学会の3学会会長声明「理科教育の再生を訴える」が出された。それから1年以内に数学、化学、生物、理科教育他多くの理数系学会が同じような声明を出した。これが契機となり、マスコミに「理科離れ」が定着した。

この声明が大学の先生方に危機感をもたらしたことが、次の学力問題の引き金になったと感じる。

社会を動かし始めた青少年のための科学の祭典

91年にガリレオ工房メンバーの後藤道夫先生が物理教育学会主催「中高校生のための科学の祭典」を開き、92年から科学技術館主催で「青少年のための科学の祭典」がスタートした。初年度は全国3会場で開かれたのだが、次第に開催地が増え、現在は毎年80前後の開催地で、参加者も東京・科学技術館での全国大会04年(実行委員長滝川)では7万3千人と世界でも最大級の科学イベントに成長した。

青少年のための科学の祭典は、全国の実験名人が顔を合わせてお互いを知る機会になり、切磋琢磨の時代を作った。このイベントを契機に、NHK教育テレビ「やってみよう何でも実験」が始まり、全国の名人の実験が次々に紹介され、新実験が瞬く間に日本中に知られるようになり、実験の楽しさも伝わり始めた。テレビ番組「教えて！ガリレオ」、「平成教育委員会」なども後藤先生や米村傳次郎さんなどガリレオ工房メンバーが企画に加わっていた。その後、NHK、民放のほとんどの科学番組や情報番組などにガリレオ工房は協力してきた。

ガリレオ工房メンバーの挑戦

ガリレオ工房は、94年夏から毎年夏休み中学生科学実験教室(主催:国立オリンピック記念青少年センター)の運営(5日間合宿)に協力、96年から千人規模の劇場で行うエネルギーを考えるサイエンス・ライブショー(財省エネセンター主催、読売新聞後援)、同年から全国9カ所で行う実験教室NECガリレオクラブ(主催:NEC)などをスタートし、PTAや地方自治体主催の実験教室などもたくさん引き受け始めた。この時期から、全国的に企業や自治体の実験教室が広がり、いくつもの新聞が「科学の夏」などと特集を組むようになった。

この時期の私の思いは、科学教育の危機は日本全体の危機でもあり、学校教育の中に閉じこもっているはこの危機は克服できない、社会全体に科学の楽

しさと大切さを伝えて科学教育の危機を伝えていくというものだった。

科学技術基本法

95年秋に科学技術基本法が国会を超党派で通ったのは、94年以降マスコミが理科離れを取り上げたのが一つの背景だった。これにより毎年約5兆円が科学技術に投じられ始めた。大学や研究機関はこの恩恵にあずかったが、小・中・高校の教育にはほとんど影響はなかった。それでも科学技術振興事業団(現科学技術振興機構)では、理解増進事業が広がり、学校外での科学への支援が始まった。PTAや地方自治体などの要請に、登録された実験名人がでかけるサイエンスレンジャー制度、CS利用の科学番組サイエンスチャンネルなどがスタートした。また、01年7月に日本科学未来館が発足した。これらのどれも、立ち上げからガリレオ工房メンバーがかなり協力している。

専門家教育では日本はすでに世界から脱落

99年9月から00年8月までICU高校の研修制度を利用してイギリスのリーズ大学とケンブリッジ大学に留学した。英物理学会が2億円をかけて、高校物理の新しいカリキュラムを作成しているのを実際に見てきたいとの思いからこの時期を選んだ。このとき作っていたカリキュラムはアドバンシング物理の名称で00年秋から実施に移され、高校の物理教育としては世界で最も現代的で探究に重きを置いたものになった。私はその先進的試行を行っていたリーズグラマースクールを99年秋に毎週訪問し、たくさんの授業を見せてもらった。量子力学や相対性理論を正面から扱い、一方でITと探究を重視したカリキュラムである。教科書、CD-ROMが作成されて、教科書は日本語翻訳が04年6月出版された(J.オグボーン、M.ホワイトハウス/編 笠耐、西川恭治、覧具博義/監訳『アドバンシング物理 新しい物理入門』シュプリンガー・フェアラーク東京)。

現在の日本の教育では、この教科書を高校で使うことはできない。イギリスの義務教育では、日本の高校物理教育の内容をほとんど終えていて、大学レベルの内容がたくさん入っているからである。イギリスの義務教育最終段階での力学の内容は「力と加速度」(力、質量、加速度の間の量的関係など)、「力と一様でない運動」(落体にはたらいっている力がい

かにその速度を変化させるか、落体が終端速度に達するのはなぜか)など、日本の多くの高校では04年から履修が始まった「物理I」の内容に匹敵するか、それを超える内容も含まれている。ところが、今まで物理Iに相当する物理IBは高校生の1/4しか学んでいなかった。イギリスでは全員が学んでいることを国民の1/4しか学ばず、しかもそれが高校2年から始まるのである。一方イギリスは、日本の高1までが義務教育で全員が学び、その上の内容を物理選択者は追求するのだから、義務教育の内容で大きく引き離され、さらに専門家教育でも圧倒的に差ができていのである。ちなみに、日本の高校生が学ぶ新物理IIは、義務教育の内容が減り高校に移されたために高校の内容が多くなり、熱学と原子の学習のどちらかを選択しするようになるなど、これだけ見ても科学の専門家教育のレベルでは、すでに世界の教育から日本の教育は脱落しているとも言える。

日本の義務教育の理科は先進国中最低レベル

教育全体の中での位置づけは、日本は読み書きそろばんが基礎で、理科はそのあとである。02年からの学習指導要領の中では小学校での理科の時間数は、音楽や図工より少なく、中学では総時間数の中で理科の割合は、日本は現在9.8%だが、イギリス14%、チェコ21%、ハンガリー13%、フランス12%、韓国11%となっている(化学と教育52巻3号2004)。

イギリスでは、数学・国語・理科が主要教科で、義務教育での理科の時間数は特殊な分野に進路を決めている5%が1032時間、80%が1212時間、15%が1392時間である。日本の640時間と比較して約2倍あり、圧倒的な差である。数学・国語・理科は、小学校の高学年、中学校で、ナショナルテストが行われ、義務教育修了試験では他教科も含めその結果が学校ごとに新聞に公表され、親はその成績で学校を選ぶので、どの学校も理科には力を入れている。さらにイギリスは理科の時間の1/4を探究に当て、マニュアル通りの生徒実験以外に生徒に工夫させる実験を小学校から行い、義務教育修了試験の中にはコースワークという生徒がテーマを決め、実験を企画し、実施して考察を含めてレポートすることが20~25%の割合で入っている。この成績が、高校入試や大学入試に直結するので、どの学校でも、コ

ースワークで力を発揮できるように探究を重視した教育を行っている。

知識的な内容面でも、探究でも日本の理科はイギリスに比べるとはるかに少ないのである。

カリキュラムを作る運動を日本で

00年8月に帰国した私は、カリキュラムを作る運動が日本には不可欠だと感じた。力のある先生達の実験開発は世界でトップレベルだが、国民のレベルは教育の大元であるカリキュラムがしっかりしていないと海外との競争でも太刀打ちできない。

しかし多くの先生からは、学習指導要領がある日本でカリキュラムを先生が作っても、何の役にも立たない、すぐ明日の授業に役立つ運動でないと先生は動かないなどの批判的な意見をもらったのだが、今はいいカリキュラムを作ることしかないと、理科カリキュラムを考える会(www.sci-curriculum.jp/)を00年12月に立ち上げた。当初から、この運動は一つのカリキュラムを作ることを目的とせず、日本各地で多彩なカリキュラムを作ることを、地方分権を目標に置いた。現実には文科省が次の学習指導要領を作り始めるであろう06年までにいくつかのカリキュラム案を作ろうと動いてきた。02年には、ガリレオ工房、理科カリキュラムを考える会ともにNPO法人として認可され、より大きな動きを追求し始めた。

ところが文科省の動きは我々の予想より早く、今後1年内に大きな方向が決まる可能性が出てきた。

文部科学省の「確かな学力」への転換

私が日本に帰国した00年夏には、その1年前には想像できないほど学力問題がマスコミにぎわせていた。国際教育到達度評価学会(略称IEA)が1999年に世界の38の国・地域でおこなった第3回国際数学・理科教育調査TIMSS-Rでの理科の結果は3位だったものの、理科が好きな生徒の割合は国際平均79%に対し日本は55%であった。その後、OECD生徒の学習到達度調査(PISA)でも「生徒が国語や数学、理科について『宿題や自分の勉強をする時間』が、参加国の中で最低であり、家庭で勉強する時間が短い」など同様の問題が出ている。

理科カリキュラムを考える会は、日本の中で学力問題を取り上げてきた中心メンバーに次々に講演を依頼した。学力の階層による格差が広がっているこ

とを指摘する苅谷剛彦氏（東大）、『算数のできない大学生』などの著書で問題提起されている西村和男氏（京大）、高等教育フォーラムなどをベースに、生物を学ばないで医学部に進学する傾向などを問題にした松田良一氏（東大）、『論座』2001年9月号誌上で「理科と数学の時間は減らしすぎ」と訴えている有馬朗人氏（元文部大臣）、教育特区や義務教育費国庫負担制度の見直しなど、学力の階層分化に直結する改革を批判する藤田英典氏（ICU）、などなどである。

学力問題は、新学習指導要領が実施され始める02年にはそのピークに達した感があり、文科省は遠山文部科学大臣、小野文部次官時代に、それまでの「ゆとり教育」のスローガンを「確かな学力」へと変えた。文部科学省の動きは予想外に早く、03年10月には学習指導要領が上限ではなく下限とする中教審答申を出した。新学習指導要領を実施し始めた直後にこのような根幹にかかわる見直しが行われた例はない。

その後、最初に紹介したような高校の学力テストなどが行われ、理数離れがより鮮明になっている。

94年の物理系3学会の会長声明を出した時期に比べると想像もつかないほどの文科省の変化である。こういった変化は、自然に起きたのではなく、社会に働きかけるたくさんの方の動きがあったからである。

でもこの動きは、まだ始まりに過ぎない。今さらに大きな動きが始まっている。それはどうなるか実はわからない厳しい側面がある。

検定外教科書

理科カリキュラムを考える会が動き始めて、さらに新しい運動を提起するグループが現れた。左巻健男氏（現在同志社女子大）が02年1月に呼びかけ、インターネットで集まったメンバーが03年春に検定外中学理科教科書を出版、14万部というこのジャンルでは予想できないほどのベストセラーになった。04年夏には検定外小学校理科教科書も出版した。理科カリキュラムを考える会とは別の独自の動きだが、メンバーの重なりも多く協力して動いている。

中央教育審議会の早い動き

04年5月に中教審は教科別専門部会（国語、算数・数学、理科、外国語）、教育課程企画特別部会

を新たに設置した。また8月には「社会・地理歴史・公民専門部会」、「総合的な学習の時間専門部会」、「豊かな心をはぐくむ教育の在り方に関する専門部会」、「健やかな体をはぐくむ教育の在り方に関する専門部会」の4つの専門部会を設置し、04年度中を目途に基本的な方向性に関するとりまとめをする。すでに大きな動きが始まっているのである。今回の中教審は、従来の中教審を母体としつつ、教育課程審議会などの七つの審議会の機能を整理・統合して01年に設置されたものである。教育課程審議会はこの中教審の中に入っているため、前回までは3年ほどかかっていた学習指導要領作成がもっと早く進行する可能性があり、すでに物理系3学会は04年7月に「すべての児童・生徒に理科の基礎を身につけさせるための緊急提言」を出した。国への意見や提案は、中教審の早い動きを視野に入れて準備をする必要がある。

理科カリメンバーによるカリキュラム案

NPO法人理科カリキュラムを考える会は、06年春までにカリキュラムを公表する予定で動いていたが、それでは全く間に合わない可能性が出てきたので、急遽04年8月に合宿を行い、複数のカリキュラム骨子を検討した。04年12月25～26日に全国大会を行い、そこで複数のカリキュラムを公表できるように準備を進めるためである。次に私も入って精力的にカリキュラムを作成しているR-PROJECTグループの提案の方向を紹介する。

理科の時間を世界標準に一探究重視のためにも

学習指導要領の大きな問題の一つは、理科の時間を大幅に削減したことである。そのために、世界の流れから日本は大きく取り残されている。そこで、理科の時間数を増やす提言を考えている。

1. 小学校低学年に理科の時間の復活を

89年学習指導要領で新しく作られた生活科は、当時文部省が「理科と社会をあわせたものではない」と公言していたように、生物教材は入っているのだが物理化学関連教材がなく、生物教材も自然の仕組みを理解することに考慮がなく、収穫パーティなどに重点が置かれている。観察や遊びを通じて、人間の思いでは動かない自然の規則性や法則性を理解していく理科こそがこの年代の子どもの成長には不可欠である。

2. 小学校3, 4年では週3時間, 5, 6年では週4時間, 中学1, 2, 3年では週4時間の理科を

現在は小学校3～6年が週2, 2.6, 2.7, 2.7時間, 中学1～3年が3, 3, 2.3時間である。世界の先進国との比較から, 先進国が理科に当てている時間程度は不可欠であり, 当面その時間は総合的な学習の時間や中学の選択教科の時間から理科に回すべきだと考えている。現状から増加する時間のかかりを探究に当て, 総合的な学習の時間や選択教科の趣旨を理科の中で生かすことを考えている。

3. 高校1年に全員必修の理科を置き最低限4時間共通必修に

現状は, 理科総合A, 理科総合B, 理科基礎から少なくとも一つ選択するなど, 理科は4単位で卒業できるシステムである。高校の1年までを準義務教育と見なし, そこまでに国民の基礎的な素養となる教育を行うことを提案している。

我々が準備しているカリキュラム案の特徴

1. 実践を土台にしながらも世界標準の内容を

現在の学習指導要領は, 例えば温度と熱の学習だけでも, 大変な状況である。中学学習指導要領の全文を「温度」で検索すると1件もかからない。中学では温度を学習しないからである。温度と熱を学ぶのは小学校4年が最初で最後で, 「金属, 水及び空気は, 温めたり冷やしたりすると, そのかさが変わる。金属は熱せられた部分から順に温まるが, 水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まること。」を学ぶだけである。中学では熱は加熱, 発熱などで出てくるのだが, 世界中で教えられている(以前は日本でも教えていた)基礎的な温度と熱の違い, 熱量, 熱の移動の形態(伝導, 対流, 放射, 気化熱など), 比熱, 仕事と熱の同等性, 熱の単位が仕事で測られる, などが扱われていない。

温度と熱の学習は, 日常生活で暖房, 冷房, 気象, コンピュータの発熱や熱の発散, 冷蔵庫の断熱, 家の断熱などにかかわり, その一つ一つのことが地球環境問題にも直結する。今までに, 実は日本の中でもたくさん実践があり, その実践を土台にしながら,

一方ではこれからの時代の市民の教養として不可欠な内容を, 世界標準をにらんでカリキュラムに入れたいと考えている。

2. 探究の重視

実験には, 教師が演示する実験, マニュアルにそって生徒が行う実験以外に, 学んだことをベースにそれを発展させる工夫を行う実験などがある。自分が問題を発見し, 解決の方法を考え, 実際に実験を組み立て, 実施してその結果を批判的に検討することや, 子どもが自分で新しい工夫に挑戦することは, 科学的な知識を理解するとともに, 探究能力を身につけるために大切である。そのためにも, 理科はかなり時間が必要である。今までに日本の先生が子どもに工夫をさせてきた経験をもとに, 探究を一つの柱にしたカリキュラムを作ろうと考えている。

3. 子どもの認識を配慮した学習の順序を

教えるべき内容の配列には, 子どもがわかりやすい順序が不可欠である。例えば, 温度が上がると空気は膨張するが, それによって周りより密度が小さくなって上昇することを子どもが理解できるように, その学習の前に「空気には重さがある」こと, その学習後に「空気には体積がある」ことを学び, それを土台に「膨張して体積が増えても重さが変わらない」ことを理解することが密度の理解になる。こういったことを丁寧に順序よく教えるとほとんどの子どもは, 密度が小さくなると上昇するということを理解する。ところが, 現象だけを見ると, 子どもは暖かくなると上を押す力が生じるなどの誤った概念を持ったままになる。現状の学習指導要領では, 重さ, 体積, 密度を小学校の理科の中で教えていない。本質的で重要な内容を子どもが理解できるように配置することが科学的な認識を形成するためには大切である。

現在, 文科省自身が方向性をしっかりもてないこの時期に, 多くの人と共同して今までの実践をもとにした新しいカリキュラムを提案し, 日本の未来のために, 新しい流れを作りたいと思っている。