

論考●特集・科学教育と科学研究の未来

科学教育の推進に向けて

稲葉カヨ (京都大学大学院生命科学研究所教授)
Kayo INABA



1950年岐阜県生まれ。京都大学大学院理学研究科生物学専攻(動物学)修了後、理学部動物学教室助手、助教授、理学研究科助教授を経て、1999年より現職。この間に米国ロックフェラー大学に留学、客員助教授、客員准教授を経て2000年より客員教授。一貫して免疫学の始動と制御に関わる樹状細胞機能に焦点を当てた研究に従事。2008-2010年日本免疫学会第16代理事長。2003-2005年生命科学研究所長、2007年より京都大学女性研究者支援センター・センター長、2008-2011年京都大学理事補(総務担当)、2013年京都大学副学長(男女共同参画担当)。

の裾野拡大を考えてきた立場を思い浮かべ、今一度、自分なりに科学教育を調べ直してみようと、執筆を承諾した。そのため、課題についての論考ではなく、個人の視点で見た世間の動きと科学教育についての理解であることを最初に承知していただきたい。

理科離れとその原因

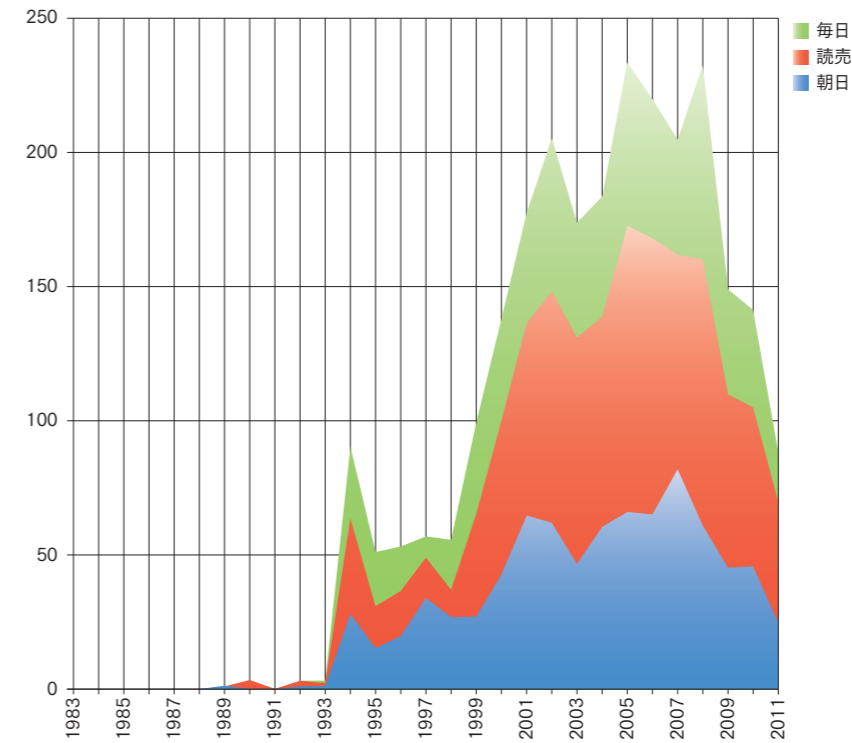
科学教育は初等・中等教育課程の生徒に対して主に物理、化学、生物、地学等のいわゆる理科と呼ばれる自然科学系の領域の知見を習得させるものと考えられる。ところが、日本では「理科離れ」が進んでいるとされており、「科学技術創造立国」を目指しているわが国では大きな懸念が示されてきた。この言葉が何に由来するものであるのかを調べていたら、本学大学院理学研究科化学専攻の有賀哲也教授のホームページに興味深い記事を見つけた。それによると、朝日、読売、毎日新聞の紙面データベースで「理科離れ」を含む記事の出現頻度を調べてみたこと(図1)。「理科離れ」が最初に出てきたのは1989年の朝日新聞の東工大・山本明夫教授のNatureへの投稿記事についてのものであり、このことばは新語ではないとされている。1991年から毎年応用物理学会では「物理基礎教育に関するシンポジウム」が開始されており、1992年に中学・高校の教員による「青少年のための科学の祭典」が始まったが、大きく取り上げられることはなく、1994年に物理学会、応用物理学会、物理教育学会の3学会が「理科教育の再生を訴える」を発表し、翌年中央審議会

に対して「次期教育課程に関する要望」を提出した頃からマスコミが頻繁にこのことばを使用するようになっている。ところが、それ以前のバブル経済期(1986-1991年)に理工系分野への大学志願者が減少したことで「理工系離れ」ということばが使われている時期もあった。

「理科離れ」とは、経済産業省増田貴司氏(経営センサー2007.7.8)によれば、「理科や数学に対する子どもの興味・関心・学力の低下、国民全体の科学技術知識の低下、若者の進路選択時の理工系離れと理工系学生の学力低下、これらの結果、将来の科学技術人材が育たないこと、などの問題の総称である」とされている。

戦後の「ものづくり日本」の高度成長期を支えたのは理工系人材の育成であり、この間に理農工系学部の学生定員が大きく増加している。この時代の人たちは、日本の誇りが米国に次ぐ第2の経済大国であることや、科学技術に支えられた輸出産業にあったと思われる。ところが、金融市場と消費経済が拡大するバブル期での就職においては、理系出身者でさえ文系就職が進み、技術系の製造業では人材確保が困難となった。

理科離れの原因について増田氏は大きく2つの理由を挙げている。その1つは社会全体が科学への関心が低く、若者の間で理系のイメージがよくないこと、即ち理系=オタク(変人)扱いされること。第2に企業での理系研究者・技術者は文系出身者に比べて待遇が悪く出世できず、その結果、理系出身者は文系出身者より生涯賃金が低いことが通説となっているとしている。しかし、経済産業研究所が実施したプロジェクト研



「データで見る理科離れ」(京都大学理学研究科化学専攻有賀哲也教授)より許可を得て転載
<http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/hyouden/arg/untitled/files/rika-2.html>

図1 新聞記事における「理科離れ」の出現頻度

究において、男性も女性も理系出身の方が年収が高くなっていることが示されている(<http://www.rieti.go.jp/publications/dp/11j020.pdf>)。その中で、「このような傾向は、新しい価値を生み出す創造性が競争力の源泉となるこれからの社会においては、さらに強まることが予想される。その意味において、理系的能力の養成を、教育課程の中で重点化して進めていく必要がある」と結んでいる。

とはいえ、代議士、官僚、一流企業の役員などには文系出身者が多いことは事実である。若者は「数学や理科を知らなくても生活に困らない」「科学技術は理解できなくても便利に使えばよい」と思うようになり、理系志願者の減少につながったのであろう。一方で、科学技術の発展によってもたらされた利便さや経済繁栄を評価するものの、科学技術の悪用や誤用、自然破壊などマイナスイメージが存在することも事実である。

科学技術への関心の低下はOECDなどの先進国に共通の現象である。

特に大学生の間でいわゆるSTEM(科学[Science]、工学[Technology]、工学技術[Engineering]、数学[Mathematics])と呼ばれる領域に対する関心が低下していることが指摘されている(Science 341:1455, 2013)。

初等中等教育における学習到達度に関する調査

1960年創設の国際教育到達度評価学会(International Association for Evaluation of Education Achievement (IEA) (<http://www.iea.nl/sites-m2.html>))は1960年の数学、読解、地理、科学、非言語伝達力に関するパイロット調査を1960年に12カ国を対象に行った。その後、1999年から4年ごとにTIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study)を95歳(小学4年生)以上と135歳(中学2年生)以上の生徒を対象に実施している。得点は、TIMSS1995の得点と調整した上で、得点平均を500点、標準偏差100点とする分布モデルの推定値として算出してある。一方、経済協力開発機構(OECD:

Organization for Economic Co-operation and Development)も2000年以降3年ごとにPISA(Program for International Student Assessment)と称される15歳児(高校1年生)の学習到達度調査を読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーについて行っており、直近のものは2012年である。

日本国内でも文部科学省が2007年度より独自に全国学力・学習状況調査を国語と算数・数学において小学6年生と中学3年生を対象に開始している。同様に米国でもNAEP(National Assessment of Education Progress)が1971年から科学を含む12科目についての調査を、年ごとに異なる教科について9、13、17歳の生徒を対象に行っており、2012年には読解力と算数・数学についての結果が公表されている(<http://nces.ed.gov/nationsreportcard/>)。この調査では、性差に加えて人種の違いについても調査されている。

他方、OECDは高等教育における学習成果の評価(AHELO: Assessment of Higher Education Learning Outcomes)を試行し、日本でもこの取り組みに参加している(2011・2012年、自由参加結果は現在未公表)。

調査結果から見えてきたもの

小中高校生の学力・学習状況調査が定期的実施されることにより、日本の状況の国際的位置づけが可能になり、その中で学力の低下が科学技術立国を目指す日本の立場での大きな懸念材料となった。しかし、TIMSS(図2)とPISA(図3)での得点や順位は回復してきているようにも見える。

それと関連しているかのように、国際平均に比べれば低い、小中学生が理科や数学を面白いと感じるようになってきていることは事実である。しかし、依然として中学生では小学生に比べてこれらの教科に対して楽しい、好きと思う比率は低い(表1)。

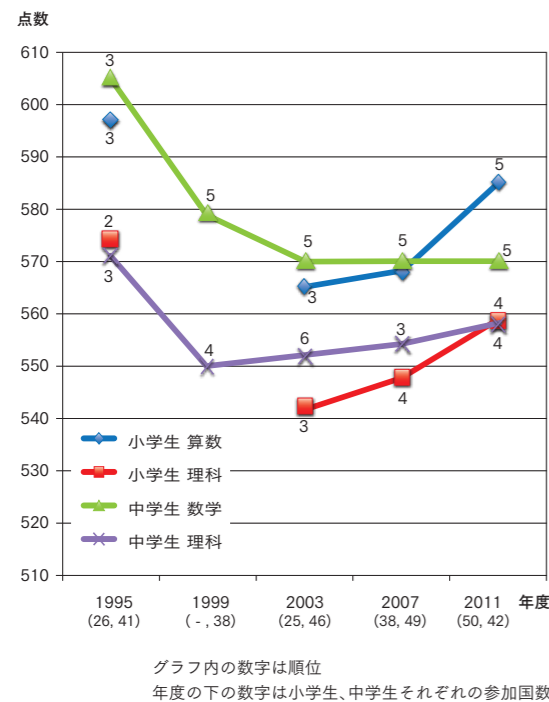


図2 国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)における得点と順位の推移

表1 TIMSS2011 児童生徒質問用紙の結果(概要)

教科に対する意義(%)

●勉強は楽しい

	小学校		中学校	
	算数	理科	数学	理科
平成15(2003)年	65	81	39	59
平成19(2007)年	70	87	40	59
平成23(2011)年	73	90	48	63
国際平均(2011年)	84	88	71	80

●勉強が好きだ

	小学校		中学校	
	算数	理科	数学	理科
平成15(2003)年	70	81	47	62
平成19(2007)年	65	82	36	52
平成23(2011)年	66	83	39	53
国際平均(2011年)	81	86	66	76

●私の先生の授業はわかりやすい(新規項目)

	小学校		中学校	
	算数	理科	数学	理科
平成23(2011)年	85	81	69	65
国際平均(2011年)	90	90	78	79

ベネッセ教育総合研究所が行った「小学生の計算力に関する実態調査2013」でも、学年が進むにつれて学習に対する積極性が低下していくこ

とが明らかにされている(図4)。子どもが学習に対して前向きになるには、親の姿勢、とりわけ子どもの立場、目線で「うまく褒める」ことが

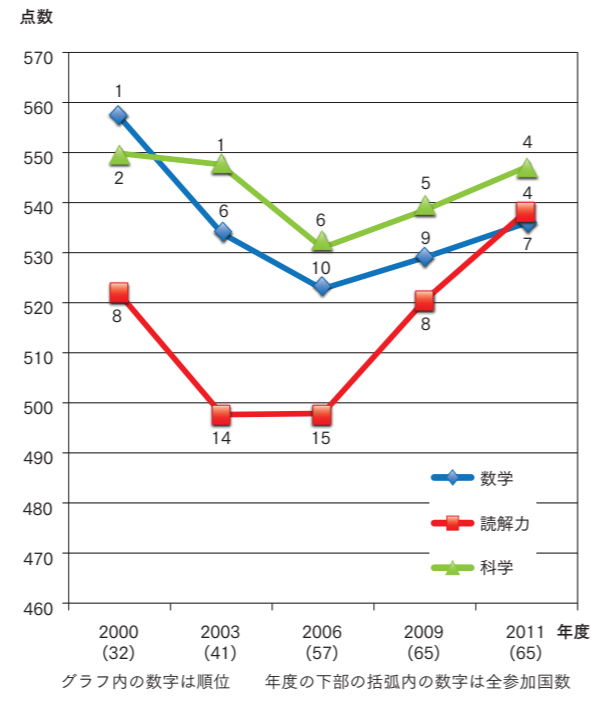


図3 OECDが実施しているPISA(高校1年生)における日本の得点と順位の推移

表2 児童生徒から見た保護者の学習に対する関心

●将来、自分が望む仕事につくために、数学、理科で良い成績をとる必要がある

	中学校	
	数学	理科
平成15(2003)年	47	39
平成19(2007)年	57	45
平成23(2011)年	62	47
国際平均(2011年)	83	70

●数学、理科を使うことが含まれる職業につきたい(新規項目)

	中学校	
	数学	理科
平成23(2011)年	18	20
国際平均(2011年)	52	56

大切であることが指摘されている。TIMSSの結果でも、日本では学校で習っていることについてほとんど毎日尋ねる親は国際平均に比べて非常に少ないことも問題である(表2)。

さらに、理科について小学6年生の60%あるいはそれ以上が「とても好き、まあ好き」と答えているにもかかわらず、「ふだんの生活に役立っていると思う」あるいは「大人に

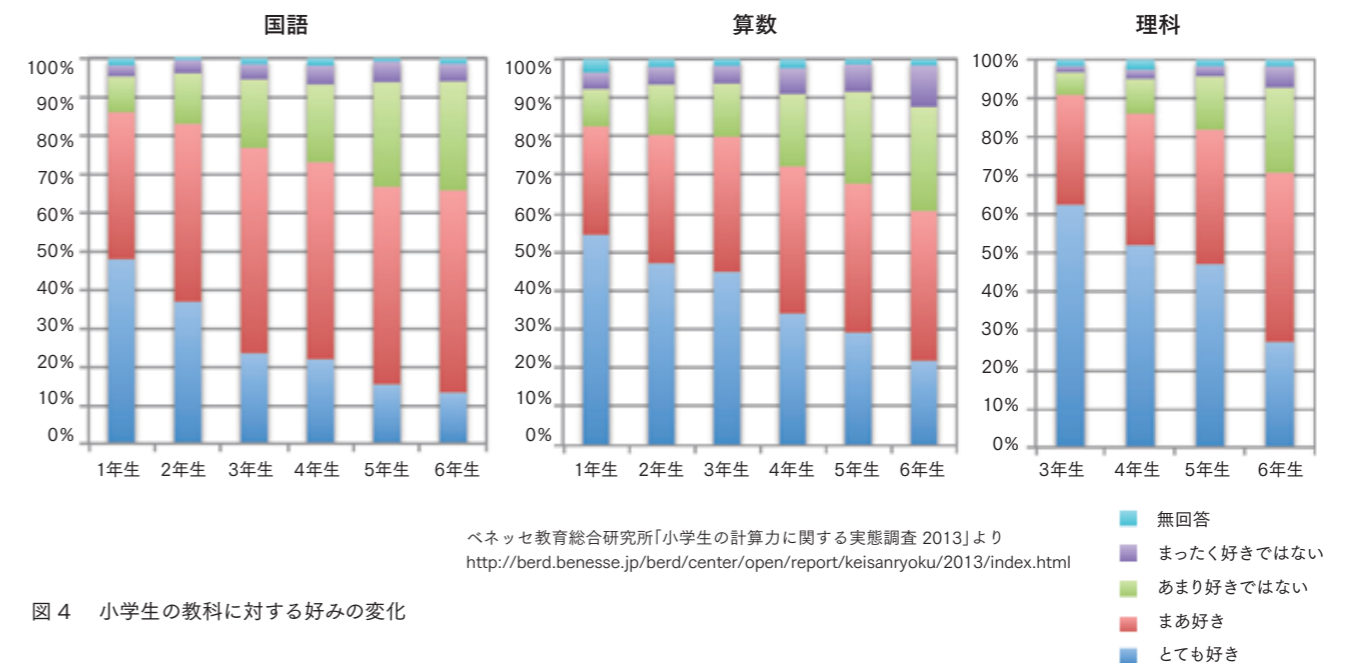


図4 小学生の教科に対する好みの変化

表2 児童生徒から見た保護者の学習に対する関心

●私の親は、学校で習っていることについて私にたずねる(新規項目)(%)

	小学校			
	毎日あるいはほとんど毎日	週に1回か2回	月に1回か2回	1回もないあるいはほとんどない
平成23(2011)年	21	37	22	20
国際平均(2011年)	65	22	6	8

	中学校			
	毎日あるいはほとんど毎日	週に1回か2回	月に1回か2回	1回もないあるいはほとんどない
平成23(2011)年	12	34	29	26
国際平均(2011年)	50	29	12	10

TIMSS2011より

なった時に役立つと思う」と答えたものが少ないことも気がかりである(図5)。

他方、小学校では理科を教えるのは文系の教員によることも多く、実際に教員自身が苦手意識を持っていることも報告されている。

高等教育における学力低下

大学の現場では教員から学生の学力低下を嘆く声が高まっており、種々の調査によってもその実態が明らか

になりつつある。その原因は「ゆとり教育」と少子化による「大学全入」による弊害ともいわれている。漢字が読めず、計算ができないとの理由で、補習授業を始めている大学も増えている。

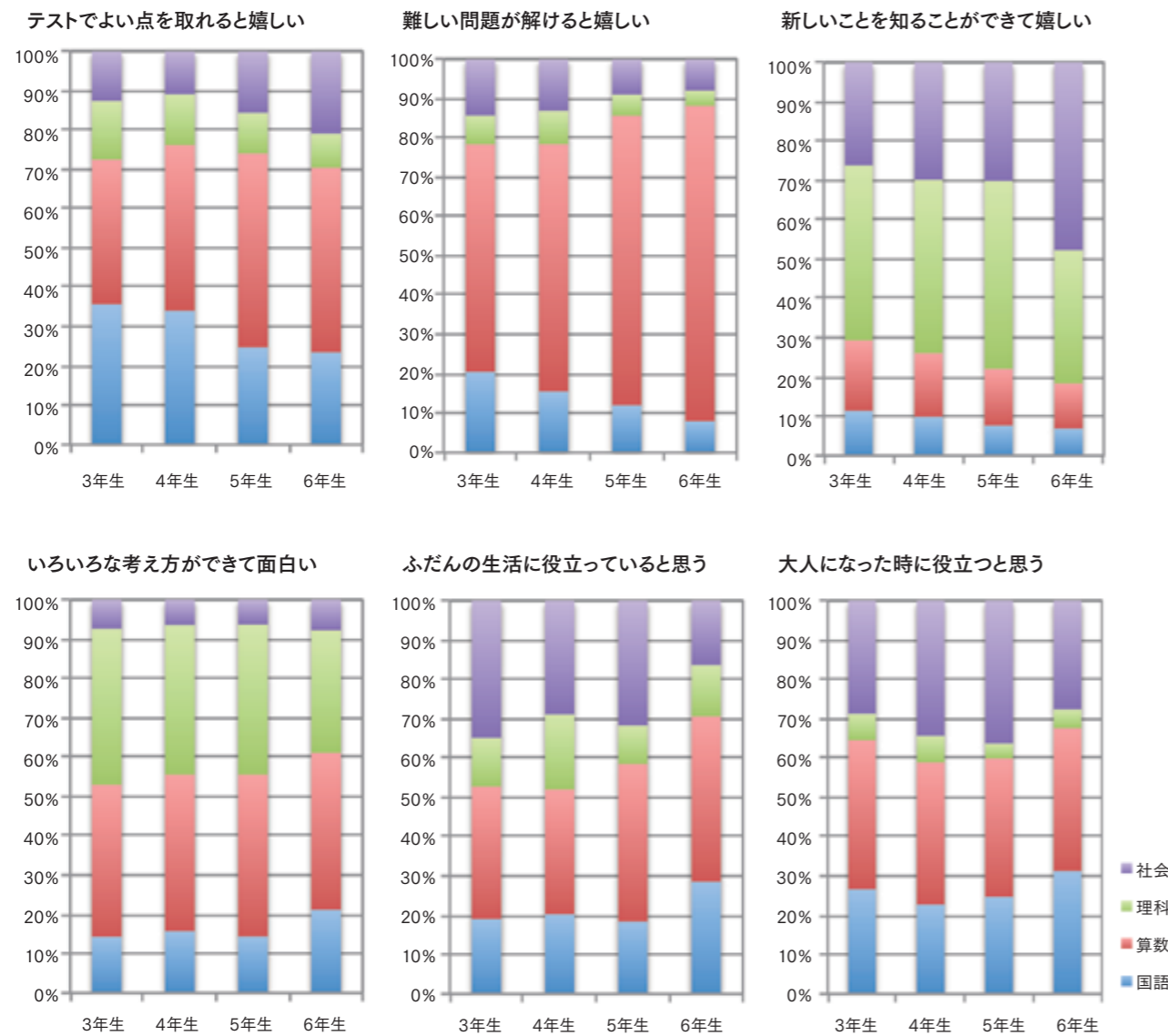
日本数学会は数学教育への提言(http://mathsoc.jp/comm/kyoiku/chousa2011/)をまとめるにあたり、2011年に48大学、5946人の大学生を対象に調査を行っており、2012年2月に提言が、同6月にその結果(訂正版)が公表されている(http://mathsoc.jp/

comm/kyoiku/chousa2011/report6_25.pdf)。その中で、国立難関校に在学する学生でさえ知識を利用した課題の正答率がきわめて低いことが指摘されている。

理科離れに対する対応

1993年に出版された科学技術白書が、若者の科学技術離れとそれが日本の将来に対して深刻な影響を与える可能性を指摘したが、日本学術会議でも同様の懸念を表明している。また1995年には、理科教育関連6学会(日本化学会、日本科学教育学会、日本生物教育学会、日本地学教育学会、日本物理教育学会、日本理科教育学会)が今後の理科教育について協議するものとして「教科『理科』関連協議会」を設立した。しかし、それ以前から教員組織として1969年に全国小学校理科研究協議会が、1974年に全国中学校理科教育研究会が設立されている。

また、多くのNPO法人や大学、企業が地域の小中学生を対象に理科教室や理科実験などに積極的に取り組んでおり、日本学術会議も2006年に全国21カ所でサイエンスカフェを開催した。これをきっかけに科学技



ベネッセ教育総合研究所「小学生の計算力に関する実態調査 2013」より

図5 教科に対する小学生の興味の視点の変化

術振興機構 (JST: Japan Science and Technology Agency) も科学と社会をつなぎ最新の科学技術に対する興味を喚起するため、毎年大学の研究者と共に各地でサイエンス・カフェを開催している。

米国でも「理科離れ」については強い懸念がもたれており、2010年にオバマ大統領がSTEM教育の充実を目指すイニシアティブ「Change of Education」(http://changetheequation.org) を設立して次世代の理系人材の育成を積極的に推進している。また、米カリフォルニア大学パークレー校では、ウェブメディア「Frontiers for Young Minds」(http://kids.frontiersin.org) を開設し、子どもによる子どもの

ための科学ジャーナルを作っており、New York Academy of Science も科学教育のためのメンター事業を行っている (http://www.nyas.org/WhatWeDo/ScienceEd.aspx)。

文部科学省の取り組み

1995年にわが国の科学技術政策の基本的枠組みを定めた「科学技術基本法」が公布された。その上で、1996年から5年間の第1期科学技術基本計画を策定して、科学技術の振興に関する施策の総合的かつ計画的な推進を進めることになった。5年毎の見直しを経て、現在は2011年に策定された第4期計画の推進中である。第3

期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」にかかる調査研究結果報告も公表されている (http://www.niergojp/scika_kaihatsu_2/)。その中に、教育の効果の測定という観点についての記載があり、「アメリカ、イギリス、日本などにおいて全国規模の子どもたちの学力調査が実施されている。なお、学力の保証という観点では、ヨーロッパの国々では、イギリスの中等教育修了一般試験 (GCSE 試験)、フランスの中学校卒業時の修了資格 (DNB) や高校の修了証書兼大学入学資格であるバカロレア、ドイツのギムナジウムの修了資格があるとともに、また大学入学資格であるアビトゥアなど、いわゆる

出口管理ともいえる資格試験等があることにも留意する必要がある」とされている。日本でもセンター入試はあるものの、出口管理がないことが、2006年問題と絡んで高等教育における学力低下につながっていることは否定できない。

文部科学省では、科学技術・理科教育および国民の科学技術に対する理解増進活動を推進するために、2002年からスーパーサイエンスハイスクール (SSH) 制度を設け、理科・数学に重点をおいたカリキュラム開発や大学・研究機関などと効果的な連携方策についての研究を行うこととされている。現在では、すべての県に少なくとも1度はこの制度に採択された高校が存在する。また、同年から大学、公的研究機関、民間企業などと教育現場との連携を推進する「サイエンス・パートナーシップ・プログラム」(http://www.jst.go.jp/cpsc/spp/) も開始している。さらに、2002年度から研究機関などにおいて開発されたソフトウェアや先進的な科学技術・理科教育用デジタル教材の開発とインターネットを通じた提供を行うため、「理科ネットワーク」をはじめ、次世代人材の育成につながるいくつかの支援プログラムを実施している (http://www.jst.go.jp/shoukai2_b.html)。

中学生・高校生が参加して国際的な数学、物理、化学、情報、生物学、地理、地学オリンピックが毎年開催されており、文部科学省がJSTを通じて支援している。また、さらなる人材発掘のため2012年度から高等学校ごとに参加する「科学の甲子園」が創設され、2013年度には中学生を対象とした「科学の甲子園ジュニア大会」も創設されている。

脱ゆとり教育

知識重視型の詰め込み教育方針を改め、学習時間と内容を減らした「ゆとり教育」は、1996年の中央教育審議会答申に基づいた1998年の学習

指導要領に始まるとされる。PISA やTIMSSの調査結果からすでに「理科離れ」がマスコミに頻繁に取り扱われていた時期に「ゆとり教育」が始められたことになる。

「ゆとり教育」は初等中等教育から高等教育につながる教育全体で学力の低下をもたらしたとして、「理科離れ」だけではなく「学問・学習離れ」であるとの批判もある。これを受けて、2005年第1次安倍内閣で見直しが始まり、2008年に新しい学習指導要領が公示され、小学校では2011年度、中学校では2012年度、高等学校では2013年度より完全実施されている。これは「脱ゆとり教育」と称され、1980年以来減り続けてきた授業時間数が増加したが、とりわけ算数 (数学) と理科の授業時間の増加が目立つものである。

科学教育と女子/女性

科学技術基本計画と男女共同参画基本計画において理系の女性研究者の育成と増加、さらに理系進学を目指す女子学生の増加が喫緊の課題として謳われている。1990年以降21世紀に突入する頃から女子の大学進学者数の上昇とともに、理系への進学も増えてきた。男子の大学入学者数が増えつつあるが、今なお女子学生数は増加している。しかし、理系分野における女子比率は頭打ちであり、特に工学と理学系は他に比べて低い。このような状況を踏まえてJSTでは「女子中高生の理系進路選択支援プログラム」を実施し、裾野拡大を目指している。

なぜ、理系に進学する女子が増えてこないのか。これまで、ステレオタイプとして、女性は理系には向かないという考えが流布しており、親も子どもがこのような考えに囚われていることが多いことも事実である。理数系の成績が良い女子も、人との関わりを好み文系に進むのではないかととも言われており、米国大学女性協

会の報告書でも同様の指摘がなされている (http://www.aauw.org/resource/why-so-few-women-in-science-technology-engineering-and-mathematics-executive-summary/)。しかし、昨年度の大学卒業生の就職内定率は女子が上回り、その理由として理系女子、いわゆる「リケ女」が増えているのが一因だと見られている。専門性が高く、しっかりとした将来像を描くことができる理系の女性を「かっこいい」と捉える価値の転換が起こっているとの見方もあり、講談社の理系女子応援サービス「Rikejo (リケジョ)」(http://www.rikejo.jp/) が人気を集めている。

しかし、気がかりな点もある。PISA2012におけるCountry Note 日本版で、読解力では女子の方が高いものの、男女差はOECDのものよりも小さく、2009年から拡大していないとある。ところが、数学と科学の点数では男子の方が高く、OECDの平均における差よりも大きく、さらに今回の調査では以前とは異なり男女間で有意差があるとされたことである。

おわりに

子どもは小学生の頃はみな数学や理科を面白いと感じているが、いつの間にか興味や熱意を失っていく。しかし、自分ができると思えばそれなりの努力ができ、それによる結果も付いてくる。しかし、苦手意識が生まれると、それはますます大きくなり、チャレンジできなくなってしまう。チャレンジした結果の後悔より、チャレンジしなくて逃げたときの後悔の方が大きいことを小さいころから教えることが大切である。何ごとにも積極的にになれるような教育を、学校だけでなく家庭でも行うことが、「理科が嫌い」をなくし、科学技術の発展を担える人材育成につながるのではないかと。