

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.2

NOVEMBER
2012

特集

(財)理数教育研究所
設立記念講演 in 大阪

特別寄稿

新しい時代に
求められる理科教育

文部科学省初等中等教育局教育課程課 教科調査官

村山 哲哉



巻頭言

大阪と町人学者の系譜 表紙裏
大阪大学 理事・副学長 江口 太郎

特集

設立記念講演 in 大阪 2
記念講演 夢かけて 走れ 3
建築家・東京大学名誉教授 安藤 忠雄
パネルディスカッション 数学で育む「生きる力」 5
コーディネーター 愛知県小牧市立小牧中学校校長 玉置 崇
パネリスト 東京大学名誉教授 岡本 和夫
帝京大学教授 清水 静海
横浜国立大学大学院教授 根上 生也

特別寄稿

新しい時代に求められる理科教育 13
文部科学省初等中等教育局教育課程課 教科調査官 村山 哲哉

連載 数字は人とともにある 第1回

『数学活用』という教科書 15
横浜国立大学大学院教授 根上 生也

連載 理科を活かして考えよう 第1回

エネルギーと人間 18
高知工科大学教授 八田 章光

連載 社会の中の科学技術 第1回

温暖化をめぐる話し合いから考える 21
大阪大学全学教育推進機構准教授 中村 征樹

広場 地域教育で活躍する人々 第1回

市民とともに算数・数学を楽しむ 24
NPO「ちば算数・数学を楽しむ会」理事長 小林 敢治郎

科学史の散歩道 第2回

ロバート・フックの顕微鏡 裏表紙
大阪教育大学名誉教授 鈴木 善次

巻頭言

kantougen



大阪大学 理事・副学長

江口 太郎 / えぐち たろう

1947年大分県に生まれる。1976年大阪大学大学院理学研究科博士課程単位取得退学。専門は物理化学。理学博士。

大阪大学教養部助手、イリノイ大学博士研究員、大阪大学教養部助教授、大阪大学理学部助教授、大阪大学大学院理学研究科教授を経て、大阪大学総合学術博物館教授、2005年に大阪大学総合学術博物館館長に就任。2011年より現職。

大阪大学総合学術博物館の設立・発展に貢献し、市民や子供たちを対象としたさまざまな展覧会やイベントの企画・運営に尽力した。博物科学にも関心が高く、共著に『巨大絶滅動物マチカネワニ化石ー恐竜時代を生き延びた日本のワニたち』（大阪大学出版会）がある。趣味は読書、展覧会巡り。

大阪と町人学者の系譜

私の出身地は大分県中津市である。自宅から徒歩15分くらいのところに福沢諭吉が幼・少年期を過ごした旧邸があった。また、日豊線中津駅の駅前広場には彼の遺した言葉「独立自尊」の大きな記念碑が建てられており、毎日とってよくいくらい眺めていた。その福沢諭吉の生誕地が大阪であることを知ったのは私が1966年に大阪大学理学部に入学した頃である。彼は大阪堂島の中津藩蔵屋敷で誕生した。その場所は、昔の大阪大学医学部附属病院の一角で、現在は記念碑が建っている。私は入学直後に『福翁自伝』を読み、その近くにあった「適塾」における郷里の大先輩の凄まじいばかりの勉学ぶりや行動力を知り、胸踊らせたものである。

さて、大阪大学の原点ともいわれる適塾(1838～1862年)は、緒方洪庵が天保9年に開設した蘭学塾で、わずか25年の間に1000名近く(入門姓名録には636名)の塾生を日本全国に送り出した。ときは江戸時代の幕藩体制から明治新政府発足へ向かうまさに大動乱の時代だ。その中で塾生だった福沢諭吉、橋本左内、長与専斎、大村益次郎、佐野常民などは中心的な役割を演じた。特に福沢諭吉は、江戸在勤の中津藩士に請われて江戸屋敷内に蘭学塾を開設し、洪庵の教育法を継承し、これが後の慶応義塾に繋がっていくことになる。その頃は「西欧に追いつけ追い越せ」あるいは「富国強兵」などわかりやすい明確な目標があったとはいえ、日本全国状況は旧弊たる伝統的慣行がまだまだ根強かったに違いない。

この時代を切り拓いた原動力は、適塾の教育法あるいは人材養成システム、さらには緒方洪庵に連なるそれまでの大阪の町人学者の自由奔放な精神文化によるところが大きいのではあるまいか。18世紀から19世紀にかけての大阪には学問文化の花が開き、その中心に大阪大学のもう一つの精神的源流と見なされている「懷徳堂」がある。

懷徳堂(1724～1869年)は、大坂の5人の商人が出資してつくった朱子学の学問所である。「書生の交わりは、貴賤貧富を論ぜず、同輩と為すべき事」という有名な定書(1758年)にあるように、学問は万人に等しく開かれていることを主張した。そこで行われていた学問は俗に「鶴めえ学問」といわれたらしい。鶴とは、頭は猿、胴は狸、尾はヘビ、手足は虎に似

た伝説上の怪物で、たぶん懷徳堂の学問を揶揄するために名付けられたと思われる。しかし、別の見方からいえば「正体が定かでないほど多彩な学問」との褒め言葉にもなる。もともとは朱子学的道徳を重視する一方、迷信や鬼神を否定する合理的思考があり、今でいう自然科学に対する関心にも大きなものがあった。特に懷徳堂の中心人物の一人中井履軒(1732～1817年)は、自然を知の対象として捉え、その当時大坂にいた学者の麻田剛立あさだごうりゅうが行った人体解剖を記録した『越俎えつそ弄筆ひつ』や顕微鏡観察の著作まで著している。

当時の大坂は、国際的な学問・芸術都市だった。懷徳堂およびその周辺で、三宅石庵、五井蘭洲、「学校の衰へは世の衰ふる基」との警句を遺した中井竹山、その弟の中井履軒、山片蟠桃、富永仲基、上田秋成などの思想家、文学者が活躍した。博物学のコレクターとしても有名な木村兼葭堂けんかどう(1736～1802年)、さらに、蘭学、天文学、化学などの分野にも多くの町人学者を排出した。前述の麻田剛立(1734～1799年)、暦の作成に重要な役割を演じた間重富はざましげとみ(1756～1816年)、エレクトルの実験をした橋本宗吉(1763～1836年)、蘭方医中なか天游てんゆう(1783～1835年)、そしてその弟子、適塾の緒方洪庵(1810～1863年)へと自由闊達な学問文化が引き継がれていったのである。

このような当時の大坂あるいは大坂書生の特色について、我が郷土の先輩福沢諭吉は、次のように述べている。

「……一歩進めて当時の書生の心の底を叩いてみれば、おのずから楽しみがある。これを一言すれば、西洋の日進の書を読むことは日本国中の人にできないことだ、自分たちの仲間に限ってこんなことができる、……苦中有楽、苦即楽という境遇であった……」

まさに、若者の気概あふれる言葉である。現在の日本は、いや世界は、極めて不透明、不安定な状況になっている。幕末から明治維新の頃に匹敵する大変革期であると言ってよいだろう。だからこそ、22世紀に向かって大阪が再び国際的な文化・芸術都市として蘇り、このような学問漬けの生活を楽しむ若者が育っていくことを念願するばかりである。❖

設立記念講演 in 大阪



去る7月26日に東京にて開催しました設立記念講演 in 東京に引き続き、大阪においても10月7日に設立記念講演会を開催しました。

会の前半は、大阪に拠点を置き、世界で活躍する安藤忠雄氏に「夢かけて 走れ」と題して、お話しいただきました。人間力に満ちた安藤氏の力強いメッセージは、教育に携わる者の心構えに通じるものと確信します(p.3～4で報告)。

後半は、数学で育む「生きる力」をテーマに、パネルディスカッションをお願いしました。新しい学習指導要領で重視されている「算数的活動」・「数学的活動」のもつ意味やデジタル教科書など、今まさに教育現場で注目されていることが話題になりました(p.5～12で報告)。

設立記念講演 in 大阪には、広く東は関東から西は九州まで569名の参加をいただきました。講演会場では、安藤忠雄氏らの桃・柿育英会の募金活動を行い、11,781円の募金を賜りました。安藤忠雄氏をはじめ講演者の著書販売の収益61,200円とともに、桃・柿育英会に寄付させていただきました。感謝申し上げます。

(事務局)

(財)理数教育研究所 設立記念講演 in 大阪 21世紀の「知の世界」を切り拓く これからの理数科教育

●2012年10月7日 13:30～17:00

●大阪国際会議場(グランキューブ大阪)

●講演内容

記念講演

夢かけて 走れ

建築家・東京大学名誉教授 安藤 忠雄

パネルディスカッション

数学で育む「生きる力」

コーディネーター

愛知県小牧市立小牧中学校校長 玉置 崇

パネリスト

東京大学名誉教授 岡本 和夫

帝京大学教授 清水 静海

横浜国立大学大学院教授 根上 生也

設立記念講演 in 大阪

記念講演

夢かけて 走れ

建築家・東京大学名誉教授

安藤 忠雄 / あんどう ただお



安藤忠雄氏は、独学で自らの道を切り拓き、建築家として大成されました。著書には、中学生のときに熱心な大工さんと数学の先生に出会ったことが決定的であったと書かれています。独力で自らを組み立てた安藤氏を設立記念講演にお招きし、現在の日本の子供たちをどのように見ておられ、日本の教育をどのようにすべきとお考えか、存分に語っていただきました。(以下の括弧内は発言の要旨。文責は事務局)

講演は、簡単な自己紹介の後、日本の現況から始まりました。はりがあって力強い、独特の声に、会場全体が聞き入ります。



「今の日本は、先の見えない不安な状態である。資源もエネルギーも食糧もない。かつては人間力だけはあったが、それもなくなっている。」

「日本は1868年の明治維新、1945年の敗戦からの復興と二度の奇跡を起こした。1950年代に日本にきた外国人は、〈必ずこの国は復活する〉と知っている。〈何よりも人間力がある。大人がお互いに助け合いながら、前を向いて働いている。子供は目が輝いている。〉——今、子供は目が死んでいる。大人は働かない(休んでばかりだ)。戦争から帰ってきた人々が死にものぐるいで働いて立ち上げてきた国なのだが、豊かになった時点で、〈何もしなくても、このまま未来永劫に豊かになっていくのだろう〉と思ったところに、大きな間違いがある。1985年あたりがピークで、それ以後の日本は、ピークを過ぎたことをひた隠しにして今までやってきた。」

「私たちは、ものごとを組み立てて考える社会をつくって

こなかった。教育においても、ものごとを原点から考えて組み上げるような教育をしてこなかった。子供を過保護に愛玩物のように育て、塾にやって、ひたすら記憶させ、一流大学に行かせることに熱中した。その結果、一流大学に合格した子供は、試験勉強がうまいだけで、自分でものごとを考える力がなく、意識朦朧として歩いている。

こんなヤツは大阪湾、東京湾に放りこんでしまえ！」

会場から共感の笑いが起こり、講演は佳境に入ります。

「ものごとを組み立てる力がなくなった国は必ず滅びる。日本は、なくならないために、どうすればいいのか。それには、教育しかないと思う。教育によって、新しい国をつくらなければならない。先生方の責任は大きい。社会・政府は教育の大切さをもう一回考えなければならない。そして、ものごとをはっきり考えて、はっきり未来を見、本当のことをしっかりいう子供たちを育てなければならない。」

「1853年に黒船がきたとき、吉田松陰が〈あの船に乗って世界を見て考えなければ日本の国は終わってしまう〉と考えた(乗船を拒否され、実現しなかったが)。明治元年の15年前には、〈開国しなければならない〉と考えた人たちが日本にたくさんいた。日本は民度が高かった。今、日本の子供たちは、心が鎖国している。心を開国しなければならない。」

教育の面から考えると、

常識は広く、そして自分の専門は狭く深く

身につけさせなければならない。」

「私の建築の仕事の原点は、一つが数学。もう一つは、東大寺や唐招提寺を十代の終わり頃見て、〈この壮大なスケールをあの時代につくった人間がいる。日本はすごい国だ!〉と思ったこと。これからの学生たちも、このような原点を見つけなければならない。」

「サミュエル・ウルマンは青春について

人は、理想を失うとき初めて老いる

といている。私たちは、理想をもち、理想を失わない子供たちを育てなければならない。どんなときでもものごとを突破していく創造力のある子供を育てなければならない。」

「問題を自ら立て、〈一歩踏み込む〉子供を育てなければならない。〈問題が難しいからできない〉というが、そんなことばかりいつてどうするのか。答えが書いてないから面白いのだ。人生には答えがない、どこへ行くかわからない。自分の思っているようにはいかない。だから面白い。」

「瀬戸内海の島々の自然は戦後、土砂の採取、開発、大気汚染などにより、大きく破壊された。しかし、私たちは創造力をうまく育てていくように、島も育てていくことができる。瀬戸内海の直島は、島全体に苗木を植え、十年ほどで緑を取り戻した。いま直島に行くと、自然の中で感性を磨くことができる。

〈生きていてよかったな!〉

と感じる。これが〈生きる力〉だ。」

このように安藤氏は、自分の体験をたくさん織りまぜ、会場を笑いにつつまながら、わかりやすく語られ、安藤氏の熱い思いが一話ごとに聴衆の心に積み重なっていきました。紙幅の都合上、以下は特に印象に残った発言のみを記します。

「もうちょっと未完の子供をつくったほうがいい。完成品ばかりつくるから、こましゃくれて、何にも面白くない子供になる。」

「ものの見方のある子供をつくらねばならない。多くの子供は、ものの見方、考え方、組み立て方を知らない。ものを組み立てる場を与えてれば、組み立てる子供ができ、新

しい世界をつくっていく。」

「責任感ある個人、個人の考え方をしっかりもった子供を育てなければならない。個人力が大事。」

「運動は体の栄養。精神の栄養は好奇心である。この好奇心をもつ子供を育てなければならない。」

「戦略のある子供をつくらなければならない。うまく行かないことがあっても、もう一歩前へ出て行くんだという創造力のある子供をつくらなければならない。」

「日本人は、戦後お金でもものの価値をはかってきた。そろそろ創造力でもものの価値を考えたほうがいい。」

「行けるかどうかわからないことをやる人間を育てなければならない。行けることばかり考えるから、進歩がない。」

「次の時代の子供たちのために、先生方の力は大きい。父兄がしっかりとそれを認識して、その先生方をサポートしなければならないのに、文句ばかりいつている。そういう父兄は、大阪湾に放りこんだほうがいい。」

「教育に対する期待の大きさをしっかりと考えていただきたい」という言葉で講演が締めくくられると、自由と勇気を吹き込まれた会場から大きな拍手がわき上がりました。



なお、講演の前後に著書『安藤忠雄 仕事をつくる』（日本経済新聞出版社）のサイン会があり、購入された方々の代金の一部と会場でいただきました募金（合計72,981円）を、桃・柿育英会 東日本大震災遺児育英基金に寄付させていただきました。（事務局）

プロフィール

安藤忠雄 大阪生まれ。日本を代表する建築家。独学で建築を学ぶ。「住吉の長屋」で日本建築学会賞受賞(1979年)。以後、日本や海外で活躍し、建築界のノーベル賞とされるプリツカー賞(1995年)など受賞多数。1997年東京大学教授、現在名誉教授。2010年には文化勲章受賞。桃・柿育英会を設立し、阪神・淡路大震災復興支援や東日本大震災の遺児・孤児支援に取り組む。

設立記念講演 in 大阪

パネル ディスカッション

数学で育む「生きる力」

コーディネーター

愛知県小牧市立小牧中学校校長

玉置 崇 / たまおき たかし

パネリスト

東京大学名誉教授

岡本 和夫 / おかもと かずお

帝京大学教授

清水 静海 / しみず しづみ

横浜国立大学大学院教授

根上 生也 / ねがみ せいや



新しい学習指導要領では、算数・数学の面白さ、学ぶ楽しさを児童・生徒に実感させ、学んだことをもとに身のまわりの事象を探究する、「算数的活動」、「数学的活動」が重視されています。これらの活動を通して「生きる力」をどう育ていけばよいか、パネルディスカッションをしていただきました。(以下の発言は要旨。文責は事務局)

■ 「算数的活動」、「数学的活動」とは



コーディネーター 玉置崇氏

玉置:「算数的活動」、「数学的活動」をいっそう充実せよと言われております。学習指導要領の目標を見ますと、算数では、これは平成10年から入っていますが、冒頭に「算数的活動を通して」とあり、中ほどにも「算数的活動の楽しさや数理的な処理のよさに気づき」というような文言が入っています。

中学校はもともと「数学的活動」という言葉が入っていましたが、これが今回の改訂から冒頭に移りました。「数学的活動を通して、数量や図形などに関する基礎的な概念や原理・法則について理解を深める」ということから始まっています。そして、同じように、「楽しさやよさを実感させましょう」という目標も

あります。高等学校においても冒頭に「数学的活動を通して」という文言が入っています。

そうすると、いわゆる「算数的活動」、「数学的活動」がない授業は、もう算数でも数学でもないというような言い方もできるわけです。ところが、現場では「算数的活動」、「数学的活動」というのは何かということが、実際にわかっているようでわからないという実態があります。

まず文部省の調査官でもあった清水先生からこのことについて口火を切っていただきたいと思います。



パネリスト 清水静海氏

清水:「算数的活動」とか「数学的活動」は平成10年の改訂のときに登場した言葉です。今回もそれを継承しているのですけ

パネルディスカッション 数学で育む「生きる力」

れども、「数学的」というのはどういうことかということ、その「活動」というのはそもそも何なのか、なぜ「活動」なのか。この二つがポイントになるだろうと思います。

まず「活動」については、自分のこととして主体的に関わるということを前提に置いた言葉です。ですから、先生方が子供を活動させるというのは、「活動」の本来の意味からするとおかしいことであって、「活動を誘い導く」というふうにならなくてはいいだろうと思います。そのへんのところがポイントです。「算数的活動」や「数学的活動」も体験活動の延長線に位置づけることもできるだろうと思います。これは、やはり生きるための自分への自信やたくましさを引っ張り出そうという強い期待が背景にあると思います。

次に、「数学的」ということを教育の視点からどうとらえるかということですが、数学として過去から継承されている遺産としての知識、これはやはりきちっとその対象になりますし、また、いろいろな処理をするための技能なども当然入ります。さらには、それらが生み出されたもとにある着想とかその方法とかも当然視野に入れるべきだろうと思いますし、また、それを辛抱強く成し遂げたそのもとになる情意的な側面としての興味・関心、知的好奇心、態度といったものも守備範囲に入れるべきだろうと思います。

なぜかと言いますと、それは教育的に価値があるからです。このあたりのことは評価の観点にも反映されていますので、皆さんもご理解いただいていると思います。特に後半の二つについては指導も評価も難しいということで、まだ挑戦の段階だろうと思いますが、やはりしっかりと対応していく必要があると思います。

今回の新しい基準の中で「数学的活動」がどう位置づけられているかと言いますと、教科の目標の中では、やはり方法として、つまり「活動を通して実現せよ」ということだと思います。それから、目標で実現が期待されている内容は、先ほどの「算数的活動」、「数学的活動」の定義に合致しておりますので、すでに教科の目標には、方法としての活動と目標としての活動が位置づいているわけです。それで、今回は内容としての位置づけを明確にしたということになります。例えば、中学校の場合には、ご存じのように、数学を生み出す文脈と、数学を利用する文脈と、それらを支える説明の文脈が位置づけられているわけです。これは高等学校にも受け継がれています。



パネリスト 岡本和夫氏

岡本：「数学的活動」というのは今のとおりだと思うのですが、私は基本的に、学校の現場の授業というのは、おそらく「数学的活動」なしに成り立ったことは一回もないのではないかと考えています。中学校数学の教科書には、特に今度の教科書はそうなのですが、いわゆる「数学的活動」のネタをふんだんに仕込んであるのです。

小学校では算数の先生というのはいないわけですから、良い先生の授業なんかを見せてもらおうと先生自身が算数を楽しんでいるのがよく見えていいと思います。しかし、中学校になると数学の先生ですから数学を教えるというのが仕事になっていますので、これはなかなか厳しいわけです。「数学的活動」というのは現場で「どういうふうに授業をするの？」ということを考えることが大事だと思います。ですから、本当は「数学的活動」で鍛えられていくのは、先生のほうではないかと思っています。

例を挙げると、中学校に確率というのがあって、「さいころを振って1の目が出る確率は6分の1です。^{たいう}大数の法則でそうなります」といって習うのですけれども、あれは高等学校になると、「さいころを振って1の目が出る確率は6分の1だ」というところから出発するのです。

本当に6分の1になるのかというのは、要するに統計的にそうになっているという大数の法則ですが、どこかで納得しておかないといけないわけです。そのためには、実際はやはりさいころを1000回か2000回振ってみないといけないと思うのです。1人で1000回振るのはたいへんですが、100人いれば1人10回振ればいいし、10回もいらないのです。さいころを10個手に握って1回振ればそれで終わりです。1回10個ずつ振ればいいだけというようなことを確認しておくのは「数学的活動」だと思うのですが、これを中学校でやっておくことは大事だと思います。

高等学校になるとすぐ数学が抽象化するので、高等学校に「数学活用」という科目ができました(本号の連載記事参照)。活用というのは、上のさいころの例のようにある目的を持って活動するということもそうなのですが、将来に備えて活動するということもありますし、将来に備えて活動の練習をするということもあるので、いろいろな視点があり得るということを上申しておきたいと思います。



パネリスト 根上生也氏

根上: 僕はさいころを 100 回振って実験するのは反対です。それをやったからといって、さいころの目が出る確率が 6 分の 1 だということは、なるほど僕は思わないのです。大数の法則が成り立っているということは理解できます。実際、最初のうちは統計を取っても 6 分の 1 ではないが、いっぱいやっていくうちに 6 分の 1 になるという事実は納得できますが、それは、さいころを見て目が 6 個あるから 6 分の 1 だろうというほうが僕は絶対に説得力はあると思うのです。

そういうふうに説得される自分、数学的な自分というのを僕は大事にしたいのです。数学的な判断をふだんからしているということに気づくことで、そこを出発点にした算数、数学教育をつくらうというのが、僕が提唱する「計算しない数学」の根本的な考え方なのです。僕の感じで言うと、自分の中にある数学というものと、学問としてできあがってしまった数学というのはちょっと違うわけです。

「数学」というのは実はどこにも定義が書いてない。「算数的活動」の定義は書いてあるけれども、広く数学と言ってしまえば、皆さんが、「数学」という言葉を共通の意味で使っていなかったりするので。それによっていろいろ議論のぶつかり合いがあったりして、そこが面白かったりもするのですけれどもね。

そういう意味で、「数学的活動」という言葉を用意したおかげ

で、数学ではないけれども数学みたいなものがあるということ意識させてくれる効果があって、僕はとてもいいなと思っています。学問ではないけれども数学と呼んでもいいではないかみたいなものとして、「数学的活動」という言葉が用意されたと思うと、僕の中ではとてもしっくりくるのです。

その意味で言うと、高等学校の「数学活用」という科目は学習指導要領をつくる段になって苦し紛れにつくった名前なので、この名前が良くないという批判はごもっともなのです。「数学基礎」というのが前身にありましたので、「基礎の次は活用かな」というぐらいのあまり深い意味はないのです。

岡本先生がつくられた「数学活用」の教科書と僕がつくったのとではまるでコンセプトが違うのです。僕のつくった教科書の第 1 時間目は「世界は数学でできている」という題名から始まります。そして、「とある高校生の 1 日…」と書いてあって、女の子がベッドの中から目覚まし時計で起きて、朝ご飯を食べてバスに乗って学校に行き、「数学活用」の教科書を開きました、までのことが日記みたいに書いてあるのです。単にそれだけなのです。「これが数学の教科書なのかと目を疑った」と言っただけです。この教科書が始まるわけです。「何となく懐かしい感じがする」と言う人もいました。

算数とか数学を小学校、中学校で習ってはきたのだけれども、数学が嫌いな人はいますよね。あれは、数学が好きだから嫌いなのです。本当に興味がないことには、嫌いとも好きとも思わないのです。算数、数学をやっていくうちに何か素敵なもの、そこに共鳴する自分がいて、「算数、数学って何か素敵だ」という思いがあるのだけれども、どうも学校の、特に高校の数学がそこを満足させてくれない。それから比べると、この教科書はその懐かしい昔の素敵だと思っていた気持ちを何となくくすぐるぞという教科書なのです。それで、何か日記が書いてあって、左右を見ると、その女の子が学校に行くまでに会った数学的な事柄が脚注に書いてあるのです。その脚注に書かれていることが教科書の中で展開されているのです。

この教科書では、初めからこれこれを証明しろというふうな問題になっているのではなくて、だんだん数学の問題として数学的にどこをとらえるべきかが明らかになるように仕組んでいて、最終的に数学にするというふうに納めたのです。ですから、普通の数学の教科書だと、最後のところだけが書いてあって、解説を理解できたかどうか、そのまねができたかどうか

パネルディスカッション 数学で育む「生きる力」

というふうに試されるのですが、そうではなくて、数学に至るまでの部分、そういう意味で言うと、そこが「数学的活動」になっているのかなとちょっと思います。

玉置：根上先生は岡本先生と活用の考え方が違うということを言われましたが、岡本先生、どこが違うのですか。それで、清水先生、どちらが正しいかという判定をしていただきたいと思うのです。(笑)

岡本：どちらも違ってないと思うのです。たぶん本質的な違いは、二人とも数学者ですから、やっている数学が違うのです。要するに、ターゲットにしている数学が違うのです。私は根上さんがやっている数学も好きですから、根上さんが研究している数学については確かにさいころを1000回振る必要はないと思いますが、私のような数学をやっていると、やはり根上さんも「うん、あいつがやるんだったら、やはり1000回ぐらい振らないと納得しないのだろうな」ということを認める程度の違いだろうと思います。

根上：そうです。「数学活用」に対する姿勢が違うわけではないですね。

玉置：アプローチのしかた、納得のしかたがそれぞれ個人で違うということですか。

根上：個人でというよりも、実現した教科書が違うということです。どういう生徒をターゲットにして「数学活用」を実現するかで変わってくるわけです。その違いだと思います。

玉置：なるほど。清水先生、お二人の話を聞いてどう思われますか。

清水：「数学活用」は高等学校の科目の名前ですね。でも、活用というのは、本来、活かして用いるということです。活かして用いるということは、目的を意識しないと活用はあり得ないわけです。ですから、先ほど岡本先生から、数学に対する関心、あるいは目指す方向の違いで位置づけが変わってくるというお話がありましたけれども、活用の本来の意味は多分そういうことになるのだろうと思うのです。

私は、前回の学習指導要領の改訂で「数学基礎」ができたときに、文部省の関係者には「科目として残すのではなくて、他の科目の中に埋め込むべきだ」という議論をしました。しかし、うまくいかなかったのです。今回の「数学活用」は、もっとそうすべきだと私は個人的には思っています。そうすることで、中学校数学とのつながりがいっそう鮮明になるのではないかと

思っております。ぜひ機会がありましたら、この次の改訂はまた7、8年後にあると思いますが、そのときにはお二人の先生のお力で「数学活用」を他の科目の中にねじ込んでいただきたいと、義務教育を担当させていただいた私としては切にお願いをしたいと思っています。

根上：自分がつくった教科書の内容を、岡本先生もそうですけども、既存の科目の中に入れていったとしたら、大半がはみ出ます。これも岡本先生とぶつかるところなのですけども、僕は基本的に数学を応用するのは嫌いなのです。数学自身の面白さがあるのだと思います。

もちろん目的を持って数学を使う人はいるわけです。一定の人口が理系の職業に就いています。でも、そうではない人たちにとって、数学を本当の意味で使うということ自身はあまり意味をなさないわけです。自分の人生の励みになるとか、そういう意味で使う数学をずっとやっていくということなのであって、数学を何か別のものに应用すると思った時点で、一般の多くの人たちの目的でなくなってしまうと僕は思うのです。活用とは書いてあるけれども、応用ばかりが書いてあるのではないのです。

岡本：やはりいろいろな考え方があると思うのですけれども、ただ、ひと言だけ言わせていただくと、応用数学と数学の応用という言葉がありますが、高等学校で応用数学をやろうというのはちょっと違うのではないかなと私も思っているわけです。

私は、「数学活用」という言葉はわかりやすいのではないかなと実はひそかに思っています。ここで議論になっているのは、それぞれのバックグラウンドが、同じ数学なのだけれども、ちょっとずつ違うからなのです。

言いたかったことは、いろいろなやり方があると思うのですが、先生たちが教室でどういう授業をするかというのはすごく工夫がいるということです。例えば、生徒に一度投げかけてみるというのはどうですか。考えさせてみたらどうでしょうか。知らないことは知らないのが当たり前のですから、知らないことは先生が教えてあげればいいわけで、「どこがわからないの？」と自分で考えさせてみるという、投げかけてみるということが大事なのではないかなというところでは、皆さん共通しているのではないかなと思います。

■ 学習者用デジタル教科書と授業

玉置：会場の書籍販売ブースでは、現代化の頃の中学校数学の教科書が並んでいます。たくさんの声があって復刻をされたそうです。過去の教科書が復刻されるという動きもある中で、国のほうは、2020年に向けた推進方策として、教育の情報化をどんどん進めていこうとしています(図1)。

文部科学省

2020年度に向けた推進方策 「教育の情報化ビジョン」p.11

子どもたち一人一人の能力や特性に応じた学び、子どもたち同士が教え合い学び合う協働的な学びを創造していくためには、子どもたち一人一人の学習ニーズに柔軟に対応でき、学習履歴の把握・共有等を可能とするような学習者用デジタル教科書の開発が求められる。

図1 教育の情報化ビジョン

これは実は私が出席している会議で出したものですが、2020年には子供たち全員に端末を渡して、教科書をデジタルにして供給をしていったらどうかというものです。もちろん、紙の教科書を全てなくするという論議ではないのですが、そんな方向が今あるわけです。現在、全国で20校、子供たちが全員端末を持って授業をしています、正直なところ、あまり「これだ!」というような例は出てきていないというのが私の把握をしているところです。

教科書がデジタルになったときに、そもそもどんな教科書をつくるかということも面白いところです。教科書編集に携わっている岡本先生からお話をいただけますでしょうか。

岡本：平成24年度用の中学校数学の教科書をつくっていたときに、「紙の教科書で一生懸命つくるのはこれが最後になるのではないかな」なんて思いながらつくっていたのです。

玉置：もうそういう紙の教科書をつくるのが最後だとの論議があったのですか。

岡本：ええ。もうこれで最後ではないかなと思いつつてはみたのですが、冷静に考えてみたら、教科書というのは、教科書を教えるのではなくて教科書で教えるわけで、一つの手段です。ですから、先ほどこっと生徒に投げかけてみたらという話をしましたけれども、生徒は教科書がデジタルで

あろうと紙であろうと、どういう環境で学ぶかということは、まずそれは自由にすればよいだろうと思うわけです。

私は教科書の編集を長くやっていて、二十何年前に文部省にルーズリーフの教科書を認めてくれと言ったのです。要するにルーズリーフの教科書というのは自分でページを入れ替えられるでしょう。そういう教科書を提案して、当時ですから一笑に付されて、「いや、面白いことを言いますね。ハハハ」と言って議論もしてくれなかったのです。デジタル教科書というのはちょっとそういうところもあるわけです。自分で組み立てられて、それは利点なのです。

しかし、これは教科によると思うのですが、特に数学に関して言うと絶対にそうなのですけども、数学で教える内容で今日の授業でやらなくてはいけない内容というのははっきりしているわけです。仮に高等学校だったら、「今日は三角関数の加法公式を勉強しましょう」というのが今日の授業の目的だったとすると、やることははっきりしているわけで、それをどういう手段でやるかというだけなのです。

紙ではなくてデジタルの教科書にすると、私が直感的に思ったのは、デジタル化すると何が必要になってくるかと言いますと、教える側というか、教室でそのコーディネートをしている先生の力量がものすごく問われるということです。ですから、むしろ昔ながらの紙で読んでいるほうが実は生徒も同じものを読んでいるから楽なのですが、デジタルになると人ごとに違うものを見ているかもしれないし、組み立ても違っているかもしれないので、要するにその現場を支える先生の力というのは、特に数学の場合ですけども、ますます重要性を増してくると思っています。

ですから、一つの手段としてはデジタル化はあり得ると思いますし、だんだんそうなってくるとと思いますが、そのときに教室の現場での先生の力というのは、ますます高いものが必要になっていくのではないかというのが結論です。

玉置：ありがとうございます。岡本先生からの「もう紙の教科書をつくるのは最後かもしれないというつもりでつくった」というひと言は、ずしんと重いと思います。根上先生はたぶんまた非常に独創的なことを考えておられるのではないかなと楽しみなのですけども、どうですか。

根上：あまり前振りが高いハードルにしないでください。(笑)

僕は何でもかんでもデジタル推進派なのですけども、今

まであることをどうやってデジタル化するかというふうに考えてしまうのでは駄目です。iPad みたいなものは、過去にあったメディアの形態ではないですよ。新しい形態だからはやるのです。本そのままだったら駄目だけれども、拡大して見るとか別の仕組みだからはやるのであって、今やっている学校教育を全部デジタル化しようなんて思ったらたぶん違うのです。

デジタル化することで違う教育ができるのだったらデジタル化すべきなのです。教科書も、一応、紙の教科書は大切だと言われてはいますが、学校の先生がやりたい授業が教科書のとおりに実現できるでしょうか。先生たちが本当にすごく良い研究授業とかをされているのですが、そういうものを紙メディアだと教科書として実現できていないのです。僕らの教科書をつくる立場からすると、「最低限、教科書を教えてください」と言いますが、それでも、すごく良い教育をされている先生たちのやり方を教科書に実現できなくて、いつも歯がゆい思いをしているわけです。

だとすると、実は紙メディアではできなかったけれども、電子的にするということは印刷物として固定的になっていないということで、インタラクティブになるとか内容が変わるとかいろいろなメリットがあって、今の教科書ではできないことを実現するという意味なのです。デジタル化することで良い先生の授業の内容を教科書化できるのではないかという気がするのです。

玉置：もう少しそこを具体的にお願いします。

根上：例えば、教科書だと答えが見えないようにするとかという工夫をせざるを得なかったりするのです。「みんなで考えてみよう」なんて言って投げかけていても、ペロッとめくって授業が終わったりするわけです。しょうがないから「教科書を見ないで」と言ったりします。

紙媒体の教科書と同じものを電子化するデジタル教科書だったら、僕はナンセンスだと思います。

玉置：なるほど。ありがとうございます。間違ったデジタル化をするなということですね。では、清水先生、お願いいたします。

清水：私は新しいものに少し控えめなお付き合いをしておりますので懐疑的ですが、実は平成元年の改訂の頃に、「コンピュータを上手に使う」という時期があったのです。

あの頃はプログラムも今ほど進んでいなかったので、チュートリアルをどんどん開発したのです。結果としては、微に入り細に入りチュートリアルをつくと、それを使える子供はどんどん少なくなっていました。これは当たり前のことなのです。結果としては、コンピュータのいろいろな機能をよく承知して、それを上手に組み合わせて使うという方向で今日まで来ていると思います。このコンピュータがデジタル教科書にたぶん入れ替わるのだと思うのです。ですから、同じ轍を踏まないように柔軟に対応する必要があると思います。

皆さんご存じの『解析概論』をまとめられた高木貞治先生が、数学の実用性について次のように述べられました。「用は物にあるのではなく、人にある」と。数学が役に立つか立たないかという議論をしているときに、何か数学が役に立たないような世論になっているのだけれども、実はそうではなくて、皆さんが数学を役に立てられないところに問題があるのだという含蓄のある言葉だと思います。

そういう立場でデジタル化を考えてみますと、やはり根上先生がお話のように、今までのものをただ置き換えるのではなくて、やはりその働きを熟知したうえで、それをどう活かしていくかという発想でお付き合いをしていく。となると、やはりプリントも当然必要になってくるだろうと思います。

岡本：僕が大学にいた最後のほうの年で、大学のデジタル教科書に関係していました。要するにどこが難しいかと言いますと、先ほど根上さんがどんどん発展していく可能性があると言われていましたが、だから先生の力が要ると言ったのです。

例えば、「進化する教科書」とかといって大学の教科書をつくるのですけれども、Web でつくるから教科書が進化していくわけです。どんどんリンクを張っていて、何か難しいことが書いてあってわからない単語が出てきてそこをクリックすると、大学だからアッという間にそれを実際に研究している研究室のホームページに飛んだりするわけです。そうすると、いわゆる直線的な授業からどんどん外れていくわけです。

玉置：でも、それが義務教育で起こったらたいへんですよ。

岡本：ですから、それを誰が制御するのかということ、現場の先生しかいないのではないかということです。

玉置：現場の忙しさを思うと、「算数的活動」、「数学的活動」さえもなかなか難しいところがあります。さらに、教科書のデジタル化により自由度が広がると、教師の力量がいっそう必要に

なるとのことでした。清水先生、この教師の力量を今後、時代が進むにつれて上げていくには、どんな視点を持たないといけないと思われませんか。

清水：忙しくなるから駄目とかというのは数学とは関係のない、先生方の問題です。ある意味での本物の数学との付き合いによって子供たちの知性を高めるということになれば、やはり忙しくても挑戦をしていただいて、その忙しさを逆にメディアで少なくしていくというような発想でいく必要があると思います。外側で大騒ぎをしているから私たちもやらなくてはならないという受け身の対応はやはり危ないと思います。

玉置：根上先生、力量のある先生の授業をデジタル教科書に載せることができるのではないかなというような発言をされたと思うのですが、もう少しお話をお願いします。

根上：力量のある先生が使いやすいような教科書になるのではないかなという意味だったのです。今、力量の問題で教師がたいへんになるのではないかなと言われていたのですけれども、例えばプリントを配ってやらせて丸をつけて、それで褒めてあげてということを小学校や中学校の先生が仮にしていたとすると、電子化したら先生はいらないのです。ですから、そうなる自分でいいのかということを先生ご自身がちゃんとまじめに考えなければいけない時代なのではないかなという気はするのです。

僕が思っている理想のデジタル化は、先生自身が生きようにマルチメディアだったりインタラクティブだったりするしかけをつくれという意味なのです。「この程度の教育を実現するならiPadでできるよ」と言われる公教育を実行していたら、ちょっと危ない気がします。

玉置：なるほど。私は、別の会でソフトバンクの孫正義氏が「学びを止めているのは教師だ」とiPadを持って言われて、「これを渡せば子供たちはどんどん学んでいくのだ」という発言を聞きました。根上先生の発言はそれにも通じる場所ですね。

岡本先生、力量を上げなくてはいけないよということで、本当に数学をきちっとわかっていないと良い授業はできないと思うのですが、どう力量を上げていったらいいですか。今後、数学教師にとってどんな視点が必要なのでしょう。

岡本：究極的に言えばもう答えははっきりしていて、要するにわからないことがあったときに、一人では絶対勉強しきれな

いわけです。ですから、当たり前のことなのですが、先生がどれぐらい人脈を持っているのかというのが効いてくるわけです。つまり、誰に聞けば答えがわかるのかということさえわかっていれば、生徒が難しいことを聞いたら「おまえ、いいことを言うね。これはうちの学校だったら物理のこの先生がよく知っているから聞いてみろ」とか、あるいは「こういうホームページで、どこの大学でやっているから、もうちょっと先に行く勉強できるよ」とパツと言えるというのは、単なる知識ではなくて、究極的には人を知っていないといけません。どこかの知らない誰それさんではなくて、隣にいる誰それさんという感じでね。

ですから、力量というのはまさにそこに尽きると思うのです。本と教科書だけを持って職員室と教室をうろうろしているだけではなくて、要するに、どれぐらいいろいろな人と付き合っているかが絶対に問われてくると思います。

玉置：なるほど。付き合いの広さが教師の力量と言われれば、教師は喜んでやっていくのではないかなと思います。

■ 数学で育む「生きる力」

玉置：時間がそろそろ迫ってきましたので、最後に「数学で育む「生きる力」」ということで、これはもう論議をしないで、ズバリと三人の先生から言い切りで言っていたきたいと思います。では、根上先生からよろしく願いいたします。

根上：先ほど玉置先生が言われたのと若干反対になりますけれども、知識とか情報が行き来するということにばかり目を向けるのではなくて、自分自身がちゃんと数学的な判断ができる存在なのだという自信を子供の頃から持っていつて大人になるというライフスタイルを日本人が共有すべきだと思います。そこができなかったら、どんなに時間をかけても、結局、情報提供、スキルアップ程度の教師になるのです。

清水：「生きる力」というと、知・徳・体で文部科学省がいろいろ言っていますが、特に算数、数学については、これらのうち知の部分で担うべきことが多いのではないかと思います(図2)。

図2のブルーのところを知の部分です。この「確かな学力」というのは今はやりですが、その中身は知識、技能だけではないのです。日本を背負っていけるだけの足腰のしっかり

「生きる力」について

生きる力 (zest for living)

基礎・基本を確実に身に付け、いかに社会が変化しようとも、自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力。

自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心などの豊かな人間性。

たくましく生きるための健康や体力など

(平成 8 年 7 月 中教審答申)

知

確かな学力

徳

体

図2 生きる力

したたくましい人間を育てるために必要だと言われています。

ここで、今回、特に非連続なテキストを読むという観点から、数式なども広い意味の言語であるということ、言語観が上げられました。その意味では、算数、数学の持つ言語としての役割はたいへん重要だと思います。これをどんなふうに子供たちに理解してもらい、そのための能力を育てていくか、これは結構重要だと思います。

最後に、これは、『緑表紙』※に収録されたある問題の教育的な価値について塩野直道先生が述べられたことです。「この考え方は、問題に与えられた条件を一時預かって単純化し、そこで矛盾が出てきたときには、その矛盾を取り除くことによって問題は解決することをこの問題で体験させたい。」

どんな問題だと思いますか。

鶴亀算です。そんな意味を塩野先生は込めて、鶴亀算を『緑表紙』に載せたのです。教科書にはたくさん問題がありますが、その問題を通して子供たちにどういう力を育むのかということをもう一度点検をしつつ、まさに生きる力、生き抜く力を算数、数学を通してどう育てていくかという問題が今突き付けられています。

岡本：学校教育というのは何のためにあるのかということを考えています。ご存じのとおりヨーロッパでは、ほとんどの教育というのは家庭教育だったわけです。公教育が学校教育になっていくわけですが、それはそんなに古いわけではないのです。寺子屋とかを考えてみれば、ある意味では日本のほうがずっと公教育の歴史は古いかもしれません。

何のために公教育をするのかと考えてみると、数学について言えば、一人で勉強すればいくらでもできます。優秀な子がいれば家庭教師で、数学者を育てることもできる。しかし、何のために学校でやるのかというと、そこにはもう人と人との付き

合いしかないわけで、私はそう思っているわけです。学校の意味というのは人と人との付き合いで、先ほど言った人脈というのをつくっていくというのが力量の非常に大事なことだということを言いたかったのです。

玉置：ありがとうございます。三人のパネリストのお話を聞いて印象に残ったのは、根上先生は、もともと生きているということは常に数学的な判断をしているのだよということをお子たちも自覚し、教師自身もそれを自覚してほしいというメッセージだったと思います。清水先生は、過去の財産を振り返ると、すでに過去から「生きる力」というのは意識をされていて、それを大事にしながら子供たちに向かっていきましょと。そして、岡本先生は、学校教育は何のためにあるのか。人と人とのつながりの中から学んでいく。そこから、次へ向かっていくエネルギーが実は湧いてくるのだよというようなことをキーワードとして出していたいたのではないかと思います。

三人の先生方から本当に示唆に富むお話をいただきました。パネリストの皆さん、ありがとうございます。(拍手)

※『緑表紙』 戦前の教科書『尋常小学算術』のことで、表紙が緑色だったことから『緑表紙』と呼ばれている。編集責任者であった塩野直道氏の「数理思想」の考えが反映された画期的な内容で、当時、海外の先進諸国からも高い評価を得た。『緑表紙』の「色々な問題」には、児童の生活に結びつけた問題、総合的な算数の問題が取り上げられていて、それらは斬新で潤いがあり、現在でも使えるものである。

プロフィール

玉置崇 小学校教諭、中学校教諭を経て、現在、小牧市立小牧中学校校長。その間、愛知県教育委員会海部教育事務所に就任。校務の情報化を提唱し、文部科学省発行『教育の情報化に関する手引』の執筆者の一人。専門は数学。

岡本和夫 東京大学大学院数理科学研究科教授、東京大学大学総合教育研究センター長を経て、現在、独立行政法人大学評価・学位授与機構理事。その間、日本数学会理事長、日本学術会議会員を歴任。

清水静海 前文部省初等中等教育局小学校教育課調査官。現在、帝京大学教育学部教授・初等教育学科長。日本数学教育学会会長。算数科の授業づくりや算数的活動に関する著書多数。

根上生也 東京工業大学助手を経て、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院教授。「計算しない数学」を提唱する数学者。独特な数学の世界を展開する啓蒙的な論説や著作多数。「頭がしびれるテレビ」「和算に恋した少女」などを監修。

新しい時代に 求められる理科教育



文部科学省初等中等教育局教育課程課 教科調査官
国立教育政策研究所教育課程研究センター 研究開発部教育課程調査官・
学力調査官

村山 哲哉 / むらやま てつや

1963年東京都に生まれる。1990年より都内公立小学校教諭、副校長、東京都教職員研修センター担当係長、東久留米市教育委員会指導主事、墨田区教育委員会統括指導主事を経て、2009年4月より現職。第4期中央教育審議会教育課程部会理科専門部会委員（小・中学校理科）、学習指導要領改善協力者会議委員（小学校理科）などを務め、今期の小学校学習指導要領理科の改訂において中心的な役割を果たす。主な著書に、『たのしい科学のふしぎ なぜ？どうして？ 1年生、2年生、3年生』（高橋書店）、『わかる！ 小学校理科授業入門講座』（文溪堂）、『授業で使える 全単元・全時間の学習カード 3～6年』（東洋館出版社）、『教育技術 MOOK これで安心！ 理科の授業 理科教育等設備基準の解説と実践例』（小学館）、『小学校理科 事例でわかる子どもの科学的な思考・表現』（図書文化）など多数。

■ これからの理科教育の方向性

平成23年3月11日に発生した「東日本大震災」により、東北地方を中心として関東までの広い範囲に、深刻な人的および物的な被害がもたらされました。また、原子力発電所の事故発生により、環境中への放射性物質の放出が確認され、国民生活に不安を与えています。

これらにより、自然現象や科学技術が人々の日常生活に甚大な影響を与え得ることが、改めて顕在化しました。世界の人々がこの現実を目の当たりにし、自然現象の脅威や科学技術のもつ「光」のみならず「影」の側面も再認識することになりました。我が国は、まさに今、科学技術と社会の在り方について議論を深め、現代社会における自然現象への対応や科学技術の役割を見つめ直し、新たな行動へつなげていくべきときにあります。

平成20年に学習指導要領が改訂され、23年4月より小学校で全面実施となりました。今回の改訂の柱の一つに「理数教育の充実」が掲げられました。この方針の下、観察・実験の充実などに必要な時間を十分確保するため、理科の授業時数を増やすこと、小・中・高等学校を通じた内容の

一貫性を重視することが示されました。また、国際的な通用性、内容の系統性の確保や小・中・高等学校の学習の円滑な接続等の観点から必要な指導内容を充実すること、科学的な思考力・表現力等の育成の観点から観察・実験の結果を分析し解釈する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動を充実することが推進され、科学を学ぶことの意義や有用性の実感および科学への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視し改善することなどが求められています。

また、科学技術振興機構と国立教育政策研究所が実施した、小学校で理科を教える教員を対象とした「平成20年度小学校理科教育実態調査」においては、「学級担任として理科を教える教員の約5割は、理科の指導に苦手意識を感じており、その中でも教職経験が10年未満の教員では、6割を超えている」という結果が出ています。このような教員の苦手意識を取り除き、教員の理科の指導力を向上させることが、今後の大きな課題となっています。

さらに、学習指導要領全面実施の2年目を迎えた本年4月に、全国学力・学習状況調査の対象教科として「理科」が追加され、調査が実施されました。この背景として、一

つは、「知識基盤社会」において、次代を担う科学技術人材の育成がますます重要な課題となっており、新学習指導要領においては、国際的な通用性、内容の系統性の観点から理数教育の授業時数および教育内容の充実が図られたところであること、二つは、「理科」については新学習指導要領において、科学的な見方や考え方の育成、科学的な思考力、表現力の育成、科学を学ぶ意義や有用性を実感させ科学への関心を高めることなどの観点から充実が図られており、その方向に沿った学習指導の充実が求められていること、三つは、子供の「理科離れ現象」が指摘されていることを踏まえ、学力や関心・意欲・態度など学習状況を把握・分析し、実態の把握や課題の改善に向けた取組につなげていくことが必要であること、四つは、政府の新成長戦略において「国際的な学習到達度調査において日本がトップレベルの順位となることを目指す」とされ、具体的な目標も示されていることから、その実現のため、TIMSSの「理科」、PISAの「科学的リテラシー」と関係が深い「理科」を対象教科とすることは有意義であることなどが挙げられます。

今後は、各学校において、本調査結果の分析が進み、子供の学力、学習指導と評価などの改善点が整理され、理科教育の充実に向けた取組が具体化されることが期待されています。

こうした社会状況や教育の動向を鑑み、理科の生命線である「問題解決」を見つめ直し、体験と言語の融合を図った問題解決の充実を図ることは、新しい時代を切り拓く理科教育の可能性を考察するうえで大きな意味をもつものと考えられます。

■「問題解決」の可能性と必要性

理科の学習で重要なことは、子供が主体的に問題解決の活動を行い、その学習の成果を生活との関わりの中でとらえ直し、実感を伴った理解ができるようにすることです。学習したことを生活との関わりの中でとらえ直すことで、理科の学習の有用性を感じることができ、学習に対する意欲も増進します。ここでいう主体的な問題解決の活動とは、子供自らが自然の事物・現象に興味・関心をもち、問題を見だし、問題解決の一連の過程を経験することです。

理科は、子供が学習前にもっている見方や考え方を起点

として学習がスタートする教科です。まさに自然の事物・現象についての子供の視座や解釈を軸に展開していきます。子供がこれまでもっていた見方や考え方では説明できない、つまり、認知的な葛藤を誘発する事物・現象を提示したり、自由に関わらせたりすることによって、まずは子供が抱く気付きや疑問を出させ、問題点を把握し、問題を設定していきます。「問題の把握と設定」ができたならば、次は子供一人一人に予想や仮説をもたせることになります。

この「予想や仮説」の設定は、子供がもつ考えを顕在化することを意味します。言語化が難しい場合もありますが、子供の考えには、何らかの根拠があります。その根拠は、既有経験や既習事項を基盤としたものが多いのです。こうした根拠をもとに、予想や仮説の精緻化を図ることも大切です。

子供は、予想や仮説をもとに、観察・実験の計画を立て、目的を明確にして実行します。子供は、この観察・実験という身体活動をたいへんに好みます。理科が好きな理由として、一番に「実験があるから」と回答します。観察・実験を的確に実施することは実証性につながります。観察・実験の結果を出すのに、複数回実行することによって、データの信憑性^{しんぴやうせい}を高めることが大切です。

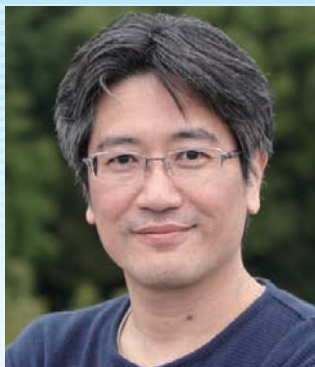
理科においては、子供たちは、「結果から何と言えるのか」、「事実から何が読み取れるのか」などといった思考・表現、すなわち、「結果から考察して、結論を導出する」ことに課題があります。子供が出した観察・実験の結果やそこでもった考えを共有化し、最初にもった予想や仮説と照合させながら考察したり、観察・実験の結果における共通性や傾向性に着目させながら結論をまとめたりすることが大切です。

このように、子供がもっている考えを顕在化し、他者との共有化を図りながら、科学的にしていく、つまり、実証性、再現性、客観性を帯びたものにしていくことが、問題解決であり、こうしたプロセスおよびプロダクトが今の子供たちに必要な力の育成につながるでしょう。また、国内外の社会の進展を考慮すると、問題解決能力、論理的思考力、批判的思考力（クリティカルシンキング）、コミュニケーション能力などの育成・習得がますます求められるでしょう。



第1回

『数学活用』という教科書



撮影：宮島正信

横浜国立大学大学院教授

根上 生也 / ねがみ せいや

1957年東京都に生まれる。東京工業大学理工学研究科博士課程情報科学専攻(1983年中退)。理学博士。東京工業大学助手を経て、現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院教授。「計算しない数学」を提唱する数学者。独特な数学の世界を展開する啓蒙的な論説や著作多数。「頭がしびれるテレビ」「和算に恋した少女」などを監修。

『数学活用』, 現る!

さて、皆さんは「数学活用」をご存じでしょうか。おそらく多くの方はご存じないでしょう。それは今回の新学習指導要領から高校数学に登場した新科目です。マスコミでは、「数学活用は、需要がなく、教科書は2社しか出版しない」と報道されていたのですが、聞き覚えはありませんか。

ご承知のように、小学校では2011年から、中学校は2012年から、いわゆる「ゆとり教育」を改める新学習指導要領が実施されています。高等学校は基本的には2013年からの実施となりますが、数学と理科だけは例外的に1年前倒しの今年度から実施されることになりました。ここでは私の専門である「数学」について述べたいと思います。

ちなみに、私は日本における位相幾何学的グラフ理論のパイオニアとして知られる数学者です。その数学者がなんでまた数学教育について語ることになったのか。その謎はおいおい明らかになっていくでしょう。

今回の学習指導要領全体を貫くテーマはいわゆる「生きる力」です。もちろん、算数・数学もこのテーマに即した改訂が行われました。具体的には、小・中・高全体にわたって統計が強化されたことと、算数的活動・数学的活動が重視されたことがそれに対応しています。

小学校の算数と中学校の数学については、これまでも算数的活動・数学的活動を重視した教科書づくりが行われてきましたが、今回は高校数学でもそれが行われることになりました。といっても、難しい公式を学び、その適用問題を練習するという従来の高校数学の中では、それを実現するのは難しいでしょう。そこで登場したのが表題にある「数学活用」という新科目なのです。

ゆとり教育の高校数学には「数学基礎」という科目がありました。ある意味では「数学活用」と同じ精神でつくられた科目でした。数学基礎は、数学Ⅰとの選択必修だったため、将来、数学を必要としないと思われる高校生たちにはうれしい科目だったようです。

一方、「数学活用」は、コアとよばれる数学Ⅰ、Ⅱ、Ⅲとオプションの数学A、Bからなる通常の流れとは独立に配置された科目です。なので、受験には関係しそうないないので、多くの高校では履修しないだろうと言われているわけです。つまり、マスコミが「需要がない」といっているのは、受験指導を意識した高校の先生たちのニーズのことではない。果たして、それは国民のニーズと一致するのでしょうか。

私はそうは思いません。人は本来、数学が好きな生き物なのです。学校で習った数学は不得意だったと思っている人だって、本当の数学は素敵な学問だ。そして、自分もそれができるようになりたい。そう思っているのに、学校で習う数学はその期待に応えてくれない。ならば、そういう人々の期待に応えられるような数学をみんなに見せてあげたい。

そういう思いを胸に、私は自ら編集委員長となって「数学活用」の教科書を作成しました。それが来年4月から姿を現すことになる啓林館の『数学活用』です。図1の写真は現在、見本本として出回っているバージョンです。

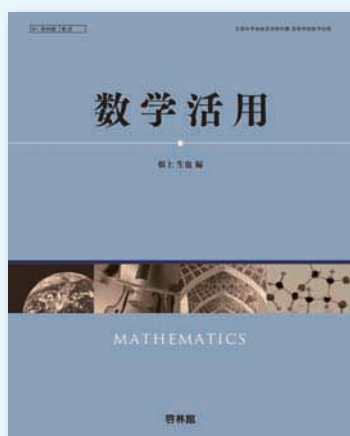


図1『数学活用』（啓林館）

「人とともにある」を知る

学習指導要領では、「数学活用」で次の内容を指導するようにと定められています。

(1) 数学と人間の活動

ア 数や図形と人間の活動

イ 遊びの中の数学

(2) 社会生活における数理的な考察

ア 社会生活と数学

イ 数学的な表現の工夫

ウ データの分析

この個々の内容については、この連載の中でいずれ解説することになるでしょう。なので、今回は全体を貫く精神について述べたいと思います。

その精神を私の言葉で述べると、

**数学は人とともにあり、
世の中で役に立っていることを知る**

ということになります。

学校で数学に苦しめられている生徒たちは「こんな数学を学んで何の役に立つんだ！」と訴えていますね。もちろん、数学が世の中で役に立っていることは疑いようのない事実です。例えば、パソコンにしる、スマートフォンにしる、IT機器の機能を実現するためには数学は不可欠です。しかし、

そういう役に立つ数学をいくら数学嫌いの生徒に伝えようとしたところで、彼らは聞く耳を持たないでしょう。

なぜなら、彼らにとって大切なことは、世の中で役に立つかどうかではなく、自分の役に立つかどうかだからです。なので、単に「世の中で役に立っていること」を知るだけでは不十分。「数学が人とともにあること」を知ることが必要なのです。

しかし、一口に「人」と言っても、そこには3つの意味があります。その意味の違いは

●人類の歴史

●人間社会

●あなたという人

と言い分けてみるとわかるでしょう。

「人類の歴史」といえば、過去から現在に至るまで、人々が数学とどのように関わってきたのかを問うことになります。大昔は、今日のように学問として切り出して数学をしていたのではなく、食料の管理や位置の測定など、人類の生存と密接に関係した形で数学が行われていました。そして、時代が進み、社会が安定してくると、単に生存の維持だけでなく、人類の更なる発展に貢献する数学が注目されるようになりました。その結果として、人々はさまざまなテクノロジーを獲得し、宇宙に旅立つまでに至っています。

確かに、こういう人類史は、数学が人とともにあることの^{あか}証しを示していますが、個人にとっては、あくまで本の中の世界での出来事でしかありませんね。

一方、「人間社会」といったらどうでしょうか。例えば、買い物をするときには計算が必要だと誰でも思うでしょう。日々の買い物だけなら四則演算だけで十分ですが、ローンを組んだり、確定申告で税金を計算したりするときには、関数の考え方を知らないと、他人任せにならざるを得ません。また、都会を歩いていて高層ビルなどを目にすると、そこに高度な計算が潜んでいるのだろうと思えるでしょう。しかし、スカイツリーのような造形物を見ると、その形に魅せられて、計算というよりも、むしろ幾何学を思い起こすでしょう。

そう思うと、自分のまわりにはたくさんの数学が隠れていることが理解できると思います。つまり、数学は人とともにある。しかし、もっと大切なことは、あなたという人の中に数学が存在しているということです。

人は数学的にできている

私は、人間は生まれながらにして数学ができる存在なのだと思います。それを科学的事実だと言い切るだけの根拠は持っていませんが、そういう信念が数学者としての私を支えてきました。

すでに出来上がった大きな学問体系の中で研究をしようとすると、それなりの知識やスキルを学ぶ必要があるでしょう。しかし、私は前述したようにある分野のパイオニアです。つまり、自分で何でも自由に創り出す権利を得ていたわけです。もちろん、数学の全般的な知識は大学で勉強したし、研究者としてのライフスタイルを恩師から学びました。でも、自分の研究分野に関しては、他の人に教えてもらうわけにもいかず、すべて自分で考えました。(それがどんな研究なのかはここでは述べませんが、私の頭の中には図2のような図形がたくさん詰まっています。)

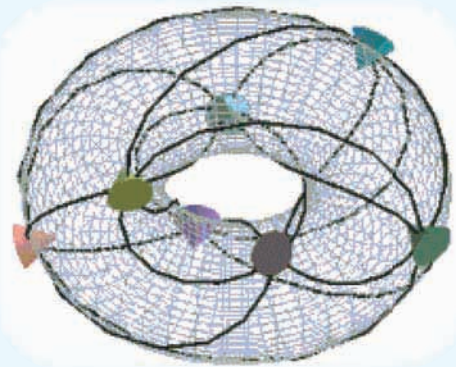


図2 ドーナツの表面に打たれた7つの釘が互いに線で結ばれている

こんな話をしてしまうと、私はとても特殊な人間だという印象を与えてしまうでしょう。しかし、私は、ある意味では、とても素直な生き方をしているのです。

例えば、1個と1個を併せると2個になるという事実を、あなたは誰から教えてもらったのでしょうか。この事実を式で $1 + 1 = 2$ と書くことは小学校で習ったけれど、その事実自体は、先生や親に教えてもらったことではありません。あくまで、あなた自身の力で理解していたことです。

他にもたくさんの事実をあなたは理解しています。そして、理屈に合うものと合わないものを選別する力を持っています。単に好き嫌いだけで物事を判断していたわけではないはずです。

つまり、幼稚園に行くよりも前から、とっくに数学的な判断を下せるようになっていたのです。

もちろん、文化や歴史、社会的規範など、大人から教えてもらわないとわからないこともたくさんあります。でも、そういうこととは関係なしに、理解し判断できることもたくさんある。そして、その大半は、本人が意識しているかいかに関わらず、数学的な原理に基づいた理解や判断だと言っても過言ではないでしょう。つまり、人は数学的にできているのです。

生まれながらに数学的な原理を知っているとまでは言いませんが、私たちは、小さな数学的な事実に対する理解や判断を積み重ねて、大きな理解を生むことができるような頭の仕組みを持って生まれてきたのだと思います。そういう生まれながらに備わっている能力を使って行えることは、やっていて楽しい。このスタンスを崩さずに向き合える内容なら、きっと算数や数学の勉強だって楽しくなるはずだ。

少なくとも私はそうやって小学校から大学に至るまでの数学と関わって生きてきました。中学校、高校と受験数学に関わらざるを得ない時期もありましたが、素朴に数学と向き合うことをやめなかったのが、数学者になれたのだと思います。つまり、皆さんが子供の頃にしていたのと同じように、自分の理解や判断を積み上げて、ものを考える態度を貫いたのです。

こういう発想の持ち主がつくった『数学活用』とはいったいどんな教科書なのでしょう。この連載を通じてその内容を垣間見ることになりますが、それは従来の教科書とはまるで違うものです。なんと、最初のページは高校生の女の子がベッドの上で目覚めるシーンから始まります。その現物を目にした人は絶対にほしくなりますよ。



第1回

エネルギーと人間



高知工科大学教授

八田 章光 / はった あきみつ

1963年愛知県に生まれる。京都大学工学部電子工学科卒業、同大学院修士課程電子工学専攻修了、博士後期課程単位取得退学。大阪大学工学部電気工学科助手、高知工科大学電子・光システム工学科助教授を経て、現在は同システム工学群教授、ナノテクノロジー研究所長、国際交流センター長。2012年より高知県教育委員会教育委員を務める。工学博士。専門は放電プラズマ工学、薄膜電子材料、エネルギー環境教育。



馬力とワット数

energy は「エネルギー」と訳しますが、単に発音をカタカナ表記しただけです。残念なことに、ずばり energy を言い表す日本語がありません。あえて言えば「元気」でしょうか。中国語では energy を「能」と訳すそうですが、日本語に対応する言葉がないということは、そもそも日本人は energy に相当する概念をもたなかったということでしょう。だとすると、私たち日本人にとって energy の概念を理解するのが難しいのは当然です。理科教育でエネルギーの概念を形成するには一工夫も二工夫も必要ということになります。

power は、パワハラなどという言い回しからわかるように人を従えるような威力や権力という意味や、電力やそのエネ

ルギー源という意味で hydroelectric power (水力発電)、wind power (風力)、atomic power (原子力) など、多くの意味で用いられます。理科(物理)用語としては仕事率という、やや抽象的な物理量を意味しますが、実は理科の仕事率の意味・概念にぴったりあてはまる、馴染みのある日本語が二つあります。一つは「馬力」、もう一つは「ワット数」です。

「馬力がある」といえば力が強い(理科・物理用語としての力が大きい意味)と思われる場合がありますが、正しくは power が大きいととらえなければいけません。蒸気機関を発明したジェームス・ワットが、人や馬に代わる動力源として性能を PR するため、馬何頭分を置き換え可能という宣伝をしました。かつては船や自動車のエンジンも、また鉄腕アトムのパワーも 10 万馬力というように表され、power の単位「馬力」を使って「馬力がある」という表現が普及したのでしょう。



図1 馬の頭数でパワーを表す「馬力」

「ワット数」は電気の話で、馬力とは異なるイメージでとらえられるかもしれませんが、馬力と全く同じパワーの概念で、しかもその語源もパワーの単位です。1 馬力はワット数では約 $750\text{W} = 0.75\text{kW}$ (単位系の違いによりイギリスの英馬力は約 745.7W 、フランスの仏馬力は約 735.5W) です。

エネルギーとパワー

さて、ここで理科での考え方を整理しましょう。power は仕事率、すなわち毎秒どれだけ仕事をするかという値で、

$$\text{仕事率} = \frac{\text{仕事}}{\text{時間}}$$

によって求めます。仕事をすることはエネルギーを使うことと同じで、ある形態のエネルギーを他の形態のエネルギーに変化させることです。仕事とエネルギーは等価なので、仕事率はエネルギーの消費率と同じです。したがって energy と

powerには、

$$\text{power (W)} = \frac{\text{energy (J)}}{\text{time (s)}}$$

という関係があります。これを逆に、

$$\text{energy (J)} = \text{power (W)} \times \text{time (s)}$$

とすると、ワット数に時間の秒数をかけたものがエネルギーの基本単位J（ジュール）になることがわかります。すなわち、「エネルギー＝ワット数×時間」なのです。

エネルギー（仕事）とはどれだけのワット数を何秒間出し続けることができるか、あるいは何秒間使い続けたかという積分量（積算値）を意味しています。エネルギーを直接とらえることはなかなか難しいのですが、パワー、すなわちワット数をとらえて、それに時間をかけたものがエネルギーと考えるとうわりやすいと思います。

電気の消費エネルギー（電力量と呼びます）を考える場合、使用した秒数をかけたのでは数字が大きすぎて計算が煩雑になるので、ワット数に時間数をかけます。単位はJにはならないので、Wh（ワットアワー）やkWh（キロワットアワー）とします。ワットとワットアワーが混同され、しばしば間違っ用いられますが、ワットはパワー（電力）でまさにワット数のこと、ワットアワーはワット数に使用時間数をかけて積算したエネルギー（電力量）のことです。

人のワット数

1馬力は約750Wですが、人間のパワーはどれくらいでしょうか。これを測定するため、筆者らは自転車型人力発電機を開発してきました。電球の点灯数を自動的に調節して最適な負荷を与え、人力発電の出力（ワット数）を最大限に引き出す工夫やAC100Vを安定に出力する工夫をしています（図2）。

人力発電の出力パワーは性別や年齢、体力、そのときの体調で異なります。人間は10～20秒間程度は瞬発力があり、大人なら数百W、スポーツ選手など運動能力の優れた人であれば最初の10秒間は500W以上の出力も可能ですが、長い時間持続することはできません（図3）。大学生に一定出力の長時間発電に挑戦してもらったところ、50Wであれば1時間以上持続してまだ余力が残っていたのに対し、70Wを維持しようとするとう20分ほどでギブアップしました。



図2 自転車型人力発電機で電球を点灯

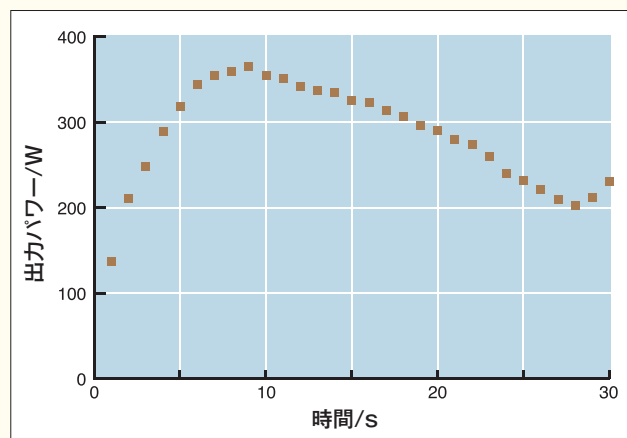


図3 自転車型人力発電機の出力結果（男子高校生の例）

瞬発力とは異なり、持久力は微妙なところに個人の限界値が存在するようです。持久走では適切なペース配分が重要なのです。

カロリーとワット数

動物が活動するパワーの源、エネルギー源は食べ物です。人力発電のエネルギー源も食べ物です。人間が摂取する適正なカロリー数は年齢や体力、生活習慣などによって異なりますが、例えば成人では1日2,000kcal程度です。

理科を活かして考えましょう。熱（熱量）もエネルギーの一つの形態で、熱量のカロリーとエネルギー（仕事）のジュールの間には $1\text{cal} \div 4.2\text{J}$ の関係（熱の仕事当量）があります。カロリーをジュールに換算し、1日を秒数に直し、カロリー消費率をジュールのエネルギー消費率として計算すると、

1日 2,000kcal の人のエネルギー消費率は

$$\frac{2000 \times 10^3 \times 4.2\text{J}}{24 \times 60 \times 60 \text{ s}} \div 97.2 \text{ J/s}$$

となり、ほぼ100 Wということがわかります。

では生物の勉強を思い出しましょう。人間を含む哺乳類と鳥類は恒温動物です。恒温動物は体温を一定に調節して身体の機能をいつも安定に維持します。人間の場合には体温の維持と身体の機能の維持に、平均的には約 60W を消費しています(基礎代謝)。食べ物エネルギーの消費率が 100W ですから、残りの 40W を仕事に使うことができます。就寝中、例えば1日8時間程度は基礎代謝の 60W のみを消費し、残りを活動中の 16 時間の間に使うことができるとすれば、昼間は基礎代謝 60W に加えて 60W 程度の出力が可能となります。

1人力は100W

さて、馬力に代わって1人力(ジンリキ) = 100W (0.1kW) という単位を考えてみましょう。100W は食べ物エネルギーの平均消費率で仕事をする出力パワーではありませんが、出力パワーは短時間の数百 W から持続的な 50 ~ 60W と、定義するには条件設定が必要です。数字の切りがよいことから、食べ物エネルギー消費に着目して1人力を 100W と定義します。実際、小学生に発電体験をしてみると、学年や個人の差がありますが、100W 程度の出力を実感できることから、教育的にも都合の良い数字です。1人力 100W というモノサシで、パワー(仕事率)は計算して求める抽象的な物理量ではなく、我々がリアルに体感できる物理量になります。実際の出力パワーは1人力 100W の一定ではありませんが、しばらく持続できるという程度の、仕事率の目安です。短時間であれば数人力や 10 人力、逆に長時間持続できるのは 0.5 人力程度が人間のパワーです。

食べ物のエネルギーを 100W 摂取し平均 40W 程度の仕事を出力できる人間ですが、この比率は火力発電のエネルギー変換効率(熱から電力、30 ~ 50%)と同程度です。しかも火力発電所と同じように、人間は二酸化炭素を排出してしまいます。ただし火力発電所がほとんど石油、石炭、天然ガスという化石燃料を資源としているのに対し、人間は植物や動物を食糧としているので、資源はバイオマスです。エ

ネルギー変換効率は火力発電程度ですが、排出した二酸化炭素はまた植物に吸収されるので、カーボンニュートラルとなるエコロジータシステムと言えます。

さて人間が仮に 100W の発電を 8 時間行ったとしましょう。電気のエネルギー(電力量)に換算すると

$$100\text{W} \times 8\text{h} = 800\text{Wh} = 0.8\text{kWh}$$

です。日本の電気料金は 1kWh あたり 15 ~ 20 円程度ですが、仮に 20 円/kWh として 16 円、太陽光発電なみに 42 円/kWh の買い取り価格を設定しても約 34 円です。人間が動力源として働くとき、1日の労働の対価はこの程度で、生活は成り立ちません。現代社会では、人間は単純な肉体労働、動力ではなく、頭脳を活かした仕事をしなければいけません。

運動のパワー

理科(物理)の位置エネルギーについて考えてみましょう。重力による位置エネルギーは、質量[kg] × 重力加速度(約 9.8[m/s²]) × 高さ[m] で求めます。体重 60kg の人が階段を上る場合、階段 1 段のステップが約 18cm 程度とすると、1 段あたりの位置エネルギーは 60 × 9.8 × 0.18 ÷ 106[J] です。したがって 1 人力 ÷ 100W = 100J/s は、階段をほぼ毎秒 1 段ずつのペースで上ることに相当します。

階段を毎秒 1 段ずつ上るといのはかなりゆっくり上る感じですが、ふつうは毎秒 2 ~ 3 段のペースで上るので、200 ~ 300W、2 ~ 3 人力ですが、このようなパワーを持続することはできません。毎秒 2 段を 1 分間持続すれば 0.18m × 2 × 60 = 21.6m でマンションの 8 階くらいに達しますが、そろそろ限界でしょう。毎秒 1 段の 1 人力ペースでも数十分持続することはかなり厳しく、高さ数百 m まででしょう。長時間持続しようとするなら 0.5 人力 50W 程度、階段なら 2 秒に 1 段くらい、高さにすると毎分 5m くらいの上り方になります。高さ 500m の山に登るには、位置エネルギーだけを考えても約 100 分はみておく必要があるということになります。

今回は人間のエネルギーとパワーについて考えてみました。1 人力 100W というモノサシを単位に使うと、日本で消費するエネルギーについてリアルなイメージができそうですので、次回に改めて紹介したいと思います。❖

第1回

温暖化をめぐる 話し合いから考える



大阪大学全学教育推進機構准教授

中村 征樹 / なかむら まさき

1974年神奈川県に生まれる。1997年東京大学教養学部教養学科科学史・科学哲学分科を卒業、2005年東京大学大学院工学研究科先端学際工学専攻博士課程終了。博士(学術)。東京大学先端科学技術研究センター助手、文部科学省科学技術政策研究所研究官を経て、2007年より現職。専門は科学技術社会論・科学技術史。サイエンスコミュニケーションにも関心が高く、これまでサイエンスカフェも数多く企画している。

地球温暖化に関する市民会議

3年前の夏のことである。地球温暖化問題について世界中の市民が徹底的に話し合う「世界市民会議」というイベントが、世界各国で同時開催された。全世界の38か国44の地域で、約4000人の市民が地球温暖化問題をめぐって話し合い、意見を表明し、政府関係者への提言をまとめるという一大イベントである。中心になったのはデンマークの政府機関であるデンマーク技術委員会。デンマークの首都コペンハーゲンでは、その年の12月に気候変動枠組条約第15回締約国会議(COP15)が予定されていた。COP15では、世界中から大臣や行政官ら

が集まり、2013年以降(ポスト京都議定書)の温室効果ガス排出規制の国際的な枠組みが議論されることになっていた。COP15に参加する政府関係者に、地球温暖化問題に対する市民の声を届けたい。そんな想いのもと、それまで数多くの市民会議をデンマーク国内で開催してきたデンマーク技術委員会が企画したのが、上述の市民会議であった。

日本では、京都議定書の議決された京都が開催場所に選ばれた。会議には全国から105名の市民が参加した。参加者は事前に送付された情報提供資料を読み、当日上映された資料映像をもとに、朝9時すぎから夕方5時半まで実に8時間以上にわたって活発な議論を繰り広げた。日本で会議の開催を取り仕切ったのが、筆者の所属する大阪大学と上智大学であり、その関係で筆者も、当日、その議論の様子を横から見守ることになった。

会議に参加するために全国から集まった、年代も職業も温暖化問題への立場も違う105人の人たち。彼らが自らの想いを率直に語り、他者の意見に耳を傾けながら、地球温暖化問題について徹底的に考え話し合っていく姿は圧巻であった。会議の最中、グループでの議論に横から耳を傾け、また、模造紙に残された議論の軌跡を眺めながら、新鮮な指摘や議論のプロセスの面白さに胸を躍らせ、関係者としてその場を共有できることの幸せを実感していた。

当日の会議は、4つのテーマセッションと提言セッションから構成されていた。テーマセッションでは、5～6名のグループに分かれて、長期目標として気温上昇をどの程度に抑えるべきかなどの問題が話し合われた。各セッション終了時にはテーマに関する投票が行われた。会議のクライマックスは、COP15に参加する交渉団への提言をとりまとめるセッションだった。提言セッションでは、グループごとに提言を作成し、投



図1 世界市民会議のようす(2009年、京都市)

票によって会議全体としての提言が決定されることになっていた。どのような提言が出てくるのか、それまでの充実した議論を横目に眺めていただけに筆者の期待は高まった。

抽象的な提言

期待は、議論が進んでいくにしたがってショックへと変わっていった。投票の末、次の3つの提言が選ばれた。

「**地球が力ぜをひいてます！** 熱があと2℃上がると重症になります。私たちは治し方を学び、世界の人々に広めます。皆で知恵を出し合って、経済的に、技術的に協力し合って治しましょう。」

「**気候変動に国境なし** 先進国は舵取役としての責任を。途上国（高排出国）には理解と協調を。地球人として、地球のあるべき姿を未来に残そう。」

「**一人一人ができること** 先進国と途上国が互いに尊重し合える新しい枠組の中で、世界中の人々が情報共有できる場づくりを実現し、一人一人が自ら取り組める目標づくりを行うこと。」

正直な話、8時間の議論の結果がこれなのか、と少しばかり愕然とした。もちろんこれらの提言の内容が間違っているわけではない。むしろ最大公約数として、ほとんどの人々が受け入れられるような内容であろう。しかし、COP15に参加する交渉団は、これから温室効果ガス排出規制に関する国際的枠組みを具体的に議論するにあたって、これらの提言からいったい何を引き出せるというのだろうか。あるいは、交渉団でなくとも、これらの提言をもとにどのようなアクションを起こせばいいのだろうか。

他の国に目を向けると、かなり具体的な提言が目立った。

「**すべての製品にカーボン・フットプリント（二酸化炭素排出量）を** カーボン・フットプリントは製品のライフサイクルを通じて計算され、その際、製品の耐久性と修理可能性が考慮される。これを製品開発プロセスや消費者の選択、市場供給の際の指針とすべきである。また、製品の課税の基礎としても使えるはずである。」（フィンランド）

「**教育基金を** 気候変動に関する世界共通の能動学習型教育プログラムを実施するため、各国の所得と排出量に応じた拠出金による国際的な基金を設立すべきである。その際、市民や営利企業、非営利団体を関与させること。」（アメリカ合衆国ジョージア州）

このほかにも国際気候法廷の設立（バングラデシュ）や二酸化炭素排出税の課税（ベトナム）など、温暖化問題の解決に向けた具体的なアクションに踏み込んだ提言が少なからず見られた。日本の抽象的な提言と極めて対照的であった。

ただし念のため断っておくと、別に筆者はそれらの提言がそのまま政策として使えるということを主張したいのではない。具体的な提言とはいえ、基本的にはラフなアイディアにとどまっているし、現実の政策に移す際には配慮すべき点が多々あることは事実である。反対意見（それもそれなりに説得力のある）が出てくるであろうことも容易に予想できる。提言を作成したグループ内でさえ、全員が合意していたとは限らない。提言をそのまま実行しようとするれば、さまざまな問題が生じることも予想できる。悪く言えば、しょせん、素人の「思いつき」の域を出ないと言えるかもしれない。

にもかかわらず、いや、だからこそ、これらの提言は問題を浮き彫りにし、取り組むべき課題を明確にすることに貢献することになったように思われる。私たちの社会は、そのような具体的な提言をつくれるような社会になるべく、変わっていく必要があるのではないか。それが民主主義社会としての成熟ではないのか。そんなことを深く考えさせられた一日だった。

問題はどこに？

それでは、なぜ日本の提言は具体性を欠くものとなったのだろうか。その理由について考えてみたい。

はじめに考えられるのが、意見の対立や利害の衝突を避け、グループのメンバー誰もが容易に合意できるような提言をつくらうというメンタリティが働いたことである。温暖化問題への何らかの取り組みが必要だという点についてはほとんどの人々が合意するだろう。しかし、例えば温室効果ガスの排出削減をめぐつては、環境を重視し大幅な削減を求める意見と、経済や企業活動への影響を懸念し大胆な削減目標の設定には批判的な意見に

分かれている。また、発展途上国にどの程度の規制を課すべきかという点も意見の分かれるところである。しかも、これらの意見の違いの背後には生活や仕事の問題が深く関わっている場合もあるだけに、事態は複雑である。しかし、温暖化問題を解決していくためには、そのような対立・衝突に真正面から向かい合い、ときに緊張関係を内部に抱えながらも何らかのアクションをとっていく必要がある。それは温暖化問題に限らず、現代社会の多くの問題でも同様である。しかし、先に見た日本の提言はそのような対立・衝突を避け、メンバーの誰もが抵抗なく納得できるような方向で議論がまとめられたように見えてしまう。

また、そのこととも関連するのだが、日本の提言には、温暖化問題の解決のために当事者として具体的に関わっていくという意識が希薄のように感じられる。もちろん個々人の意識として何らかのアクションが必要だという意識や危機感があることは確かだろう。しかし、そのような「想い」を具体的にどのような行動につなげていくのかという部分が極めて弱いように見受けられるのである。日本の市民会議の実行委員長であった小林^{ただし}氏（大阪大学教授）はその理由として、日本ではこれまで政策的課題について市民の意見を聞く場が極めて限定されており、市民の側にも政策提言を行う経験が蓄積されてこなかったからではないかと指摘している。そのような経験の欠如が、問題に向き合っていく際の態度とも深く関連していることは想像に難くない。

さて、市民会議で見てきたこれらの問題は「大人」の問題である。しかし、私たちの社会が具体的な提言を行えるような成熟した社会に変わっていくためには、教育の担う役割も大きい。

先日、小・中学校の先生方の前で以上の話をした。そのとき、教育現場で子供たちが抱える問題と共通しているという声が多く寄せられた。意見の違いをめぐって徹底的に話し合うことを避ける子供たち。身のまわりの問題に当事者として積極的に関わろうとするのではなく、どこか「ひとごと」感がぬぐえない子供たち。市民会議で見てきた問題は、想像する以上に学校教育の現場とも通底する問題なのではないか。そのような想いを強くした。

理科教育に問いかけるもの

ここまで読み進めてこられた読者は、市民会議で浮き彫りになった問題が仮に学校現場でも重要な問題だとしても、理科教

育とは関係ない問題なのではないか、そんな疑問を抱いているかもしれない。確かにこれまで見てきた問題は、通常、理科教育の範疇にくられる問題ではないかもしれない。しかし筆者は、ここには理科教育の在り方を考えるうえで重要な論点が含まれていると考えている。

地球温暖化というのは、言うまでもなく理科教育が対象とする問題である。温暖化問題について考えるための基礎的な知識を、子供たちは理科教育を通じて身につける。今回の市民会議で言えば、市民会議に参加する人々に事前に提供された情報提供資料や、テーマセッションのはじめに上映された資料映像は、理科教育が提供しようとする地球温暖化に関する基礎知識と、かなりの程度、重なるものだろう。そのような基礎知識が温暖化問題について考え、行動するために欠かせないことは言うまでもない。

しかし、今回の市民会議の経験から見えてくるのは、地球温暖化について考え、話し合い、行動できるようになるためには、それだけでは不十分だということではないだろうか。そしてその部分が、日本の教育では大きく欠けているように思われる。地球温暖化について自分たちの問題として考え、行動できるようになるためには、基礎的な知識だけでは十分でない。意見・考えの違いをめぐって徹底的に話し合おうとする態度や、自分と違った意見・考えをもつ他者を理解しようとする姿勢、対立・衝突を乗り越えて「落としどころ」を何とか見つけだしていく能力、そして必要とあらば政策提言を行うことができるような能力もまた重要である。さらにそのような一連の行動の中で、基礎的な知識についての理解もまた深まっていくのではないか。

もちろんそれらをすべて理科教育の枠組みの中だけで行うのは困難だろうし、理科教育の中で完結すべき問題でもない。他の教科とも連携しつつ、理科教育の枠組みを超えて問題を考え、取り組んでいくような体制をつくっていくことが重要となってくるのではないかと筆者は考えている。

本連載では、さまざまなトピックをとりあげながら、社会の中の科学技術をめぐる問題とどう向き合っていけばいいのかについて考えていきたい。❖



市民とともに 算数・数学を楽しむ



NPO「ちば算数・数学を楽しむ会」理事長
植草学園大学教授

小林 敢治郎 / こばやし かんじろう

概要—算数・数学好きの子供の育成

理数離れが世間で話題になっている頃、今から10年ほど前、市民の皆さんに何とか算数・数学に親しみをもていただこうと有志によって生まれたのがこのNPO「ちば算数・数学を楽しむ会」であった。最初は、おもに公民館を舞台に地域の小学校や中学校の子供を対象に、算数・数学に関わる楽しい教材を用意し、学習を楽しんでもらったものである。同時に、保護者向けにも、その時々算数・数学の内容を簡単に紹介したり、算数・数学好きの子供を育成するには家庭でどんな教育ができるか講話等を通して紹介したりしてきたのであった。算数・数学教育に携わった元教員および現職の教員で組織し、学校とは異なる舞台で生涯教育の一環として、算数・数学教育の良さを味わってもらおうとしたのである。

現在は、千葉市科学館を本拠地として、月2回程度講座を企画し、開催している。また、市内の図書館や公民館、学習センターから依頼された行事にも講師を派遣し、幅広く活動している。2011年度からは、NPOとして千葉ロッテマリーンズのドリル教材の作成にも協力し、地域社会の貢献にも一役買っている。

沿革—市民のための「楽しむ会」に広がって

まず、NPO「ちば算数・数学を楽しむ会」が科学館に活動の本拠地を見いだすに至るまで、そもそも本会がどのようにして今日に至ったかを述べよう。それは2002年に遡る。当時の理数離れの風潮を嘆く中であって、現状を打開し、算数・数学の楽しさを知ってもらおうと、有志による「新しい時代の算数・数学を語る会」が生まれる。2002年の9月のことであった。それが準備会となって、ちばSan - Suuの会(仮称)の第1回

役員会が2002年10月23日に開かれ、会則等を定めていたのである。名称は「ちば算数・数学を楽しむ会」とされ、会長、事務局長等を選任し、組織として三つの委員会(事業委員会、交流委員会、広報委員会)を設置した。

目的としては

1. 市民が算数・数学に親しむ活動を通して、算数・数学への興味・関心を高める。
2. 算数・数学教育の推進を通して、子供たちが算数・数学に親しみ、楽しさや面白さを体験できるようにする。

事業内容として

- ①算数・数学に親しむ授業
- ②算数・数学教育の推進に関する支援事業
- ③関係団体との交流
- ④その他、本会の目的達成のための活動

を掲げた。

2003年7月4日、当時の飯森幸弘教育長、志村修学校教育部長に来賓として列席いただき、第1回「ちば算数・数学を楽しむ会」が開催され、会員数105名をもって活動が開始されたのであった。

事業委員会として、初年度は保護者・地域の方を対象とした講演会(幕張西公民館)、子供たちを対象とした体験活動(宮崎公民館)、教職員を対象とした講演会(千葉市教育会館、千葉大学名誉教授杉岡先生)を行った。また、交流委員会は懇親会の運営等、広報委員会は会の実施報告等を行った。以後、2004年度、2005年度、…と、学びの事業はおもに公民館を会場に実施され、交流委員会の事業は算数・数学に関わる施設見学を中心に実施されていったのである。見学は佐原の伊能忠敬記念館が最初であった。

組織的に大きく変わったのは2006年度であった。教育長の

お勧めもあり、NPOとして「ちば算数・数学を楽しむ会」が発足する。2006年6月1日にはNPO法人設立記念総会が開催され、内容だけでなく骨格としても会は堅固なものとなった。そして待ち望んでいた科学館へ移行し、今日に至っている。以後、月に1回から2回、市民を対象に講座を開設し、毎回子供とともに大人も交えて楽しい算数・数学の会が催されることとなった。講師は教員OBと現職の教員であり、若手の指導員も増え、熱心に生涯教育に取り組んでいる。

多種多様な現在の活動

科学館では毎年、次年度に向けた事業計画を立て、月2回の講座内容も並行して検討している。算数・数学の本質をそこなわず、かつ子供に楽しんでもらう内容を吟味している。

内容としては、数と計算、図形、量と測定に関わるものが多いが、これらを総合的に扱ったものもある。具体的には、次のようなものがある。

- ・数と計算に関わるものとして、インド式算数、2進法の活用（ミラクル2進法）、かけ算九九の活用、算数パズル、江戸の算数（和算）など
- ・図形に関わるものとして、びっくり展開図、家紋づくり、模様づくり、切り紙アート、算数工作、メビウスの円、ハッピー占（形の構成）、シャボン玉を使った立体図形の構成など
- ・量に関わるものとして、大きさあてクイズ（量感）など
- ・その他として、トランプで占い、ハノイの塔など

教材は自作したものが多いが、現存するクイズやゲーム的なものを改造し、算数・数学らしさを加味して楽しく学べるものにつくり上げたものもある。

代表講師による導入指導は、それぞれ工夫を凝らし、個性があって楽しい。こうした活動を通して、子供たちは、ゲーム・創作等の算数・数学の活動に関心を持ち、意欲的に取り組んで



図1 色紙を使って、美しい形づくりをしている子供たち

いる。子供だけでなく、母親も父親も中には「おばあちゃん」も加わって楽しむ姿が見られる。

科学館のほかにも、生涯学習センターや公民館、図書館等から依頼された仕事も増え、当初の目的にかなう活躍をしている昨今である。

『マリーンズ算数ドリル』は、球団から千葉市のすべての小学校に、長い休みの前に無償で配布されるA3判2枚ほどのドリルで、夏号、冬号、春号がある。内容は野球に絡めた問題で構成される。例えば、選手の背番号を使って偶数、奇数を判断する問題、ペースを一周したときの速さを求める問題、得点の平均を求める問題など、基礎・基本の問題とともに今日課題となっている活用の問題も加味して作成するようにしている。

今後に向けて

新しい教育では、生涯教育のいっそうの充実が叫ばれている。その一端を担って、算数・数学の楽しさを市民に知らせ味わってもらおう本会の果たす役割は大きい。それには現状に満足せず更なる改善を加え、市民とともに学び、より開かれた会として邁進していかななくてはならない。市民へのサービスが我々の教育者としての力量を、そして個々の人間性を高めてくれるものと考えます。



..... 編集後記

京都大学の山中伸弥教授が2012年度のノーベル生理学・医学賞を受賞されました。山中先生の受賞は、最初の業績が発表されてから6年あまりというノーベル賞では異例の速さとのことで、iPS細胞の革新性と重要性がうかがわれます。日本の科学技術の力が評価されたことは、これからの理数科教育への大きな励みになると思います。

本号から連載コーナーをスタートしました。お読みいただいた感想等をお寄せいただければと思います。

(財)理数教育研究所 事務局

ロバート・フックの顕微鏡

(イギリス王ジョージ三世蒐集の科学器具カタログに掲載されているもの)

前回、望遠鏡の登場によって人間の視覚能力が拡大し、宇宙観が大きく変化したことを紹介しましたが、それとは逆に極微の世界を覗くことを可能にした顕微鏡ではどうでしょうか。今、私たちはすべての生物が「細胞」から成り立っているという知識に基づいている様々な生物を「観て」いると思います。中には「同じ仲間だ」などと。「細胞」(英語で cell)という言葉は、イギリスの物理学者ロバート・フック(1635～1703年)がコルクの弾力性や軽さの原因を突き止めようとその切片を写真にあるような自作の顕微鏡で観察し、そこに見出したたくさんの小部屋を指すのに用いたものです(1665年)。この顕微鏡、よく見かけるものと違いますが、その仕組み、おわかりになりますか。

大阪教育大学名誉教授 鈴木 善次



© Science & Society Picture Library/アフロ

Rimse (リムス)

No.2

編集・発行 (財)理数教育研究所

大阪オフィス

〒543-0052 大阪市天王寺区大道4-3-23

TEL.06-6775-6538 / FAX.06-6775-6515

東京オフィス

〒113-0023 東京都文京区向丘2-3-10

TEL.03-3814-5204 / FAX.03-3814-2156

E-mail : info@rimse.or.jp

http : //www.rimse.or.jp

※本冊子は、上記ホームページでもご覧いただけます。

印刷所：岩岡印刷株式会社

デザイン：株式会社 アートグローブ

本文イラスト：株式会社 アートグローブ