

日本の理数科教育をサポートする

Rimse

Research Institute for Mathematics and Science Education

No.6

DECEMBER
2013

特 集

我が国の ESD の現状と課題 I

ー ESD ユネスコ世界会議 2014 の成功に向けてー



CONTENTS

巻頭言

生き物に学ぶ 表紙裏

東京大学 名誉教授
独立行政法人 日本学術振興会 理事 浅島 誠

特集 我が国の ESD の現状と課題 I

— ESD ユネスコ世界会議 2014 の成功に向けて—

I 我が国における国連 ESD の 10 年の成果と
今後の推進の課題 2

立教大学社会学部 教授
立教大学 ESD 研究所長 阿部 治

II 文部科学省における ESD の取り組み
—あなたの毎日が、未来になる— 5

文部科学省国際統括官付国際交渉分析官 岩本 渉

III 環境省における ESD の取り組み 8

環境省総合環境政策局環境教育推進室

連載 数学は人とともにある 第 5 回

そして、算数・数学の自由研究へ 11

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 5 回

太陽の恵み 14

高知工科大学 教授 八田 章光

連載 社会の中の科学技術 第 5 回

科学技術の二面性 — デュアルユース問題 17

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 5 回

数学教育でまちおこし! 20

橋本市岡潔 WAVE 会長 瀬岡 佳史

科学史の散歩道 第 6 回

大陸移動説を唱えた

探検服姿のアルフレッド・ウェゲナー 裏表紙

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次

巻頭言



東京大学 名誉教授
独立行政法人 日本学術振興会 理事

浅島 誠 / あさしま まこと

1944年新潟県に生まれる。1967年東京教育大学理学部(動物学専攻)卒業、1972年東京大学理学系大学院博士課程修了。理学博士。1972年ドイツ・ベルリン自由大学分子生物学研究所研究員、1974年横浜市立大学文理学部助教授、1985年同教授、1993年東京大学教養学部教授、1996年東京大学大学院総合文化研究科教授、2003年東京大学大学院総合文化研究科長・教養学部長、2005年日本学術会議副会長、2006年(独)産業技術総合研究所器官発生工学研究ラボ長(兼任)、2007年東京大学副学長・理事、2008年国際大学協会理事を経て現職。専門は動物発生生物学、分子発生生物学。

受賞・授賞歴：日本動物学会賞(1990)、木原記念財団学術賞(1994)、ジーボルト賞(ドイツ政府)(1994)、東レ科学技術賞(1999)、紫綬褒章(2001)、日本学士院賞・恩賜賞(2001)、文化功労者(2008)ほか。

生き物に学ぶ

現在、地球上には800万～1000万種の生物がいるといわれている。これら現存している生物の各種 (species) は各々の歴史 (history) を持っている。生き物を単に見るだけでなく、学問である生物学の対象として考えるとき、この多種多様な生物の species history (種の歴史) または natural history (あえて生命史) を知ること、それを観察し、学ぶことが重要である。これが、生物学の事始めである。

今から36億年前に誕生したといわれる最初の生命から10億年前に多細胞生物が誕生し、5.5億年前 (カンブリア紀) に生物の大爆発が起こって、多種多様な生物種が出現したといわれている。その中で、数億年の時の経過に伴って、数多くの生物種が誕生しては絶滅していった。例えば、それまで全盛を誇っていた恐竜は約6500万年前に絶滅したといわれている。恐竜は今では化石としてその姿を私たちに見せている。このような化石を通して進化を遡る研究も最近では行われている。人類は約700万年前に誕生したが、その後もいろいろと変遷を経て、現在の人間 (Homo sapiens) は約20万年前に現れたといわれている。生命誕生から現在までを1日に例えて24時間に置き換えると、人類は約30秒の歴史しかなく、23時59分30秒に出現したことになる。つまり、人類は他の生物から見ればまだほとんど歴史をもっていないことになる。まして現在の人間は、1秒にも満たない新種である。私たち人間が今後どのようになっていくかを考えるとき、他の多くの生物を学び、知ることがとても大切である。ヒトはヒトだけでは決して生きていけないし、他の生物に依存し共存しながらでなければ、ヒトそのものが生存し続けられないからである。生物の多種多様な存在の重要さと、各々の生物は長い歴史をもつことを理解し、ヒトは其中で生存していることを知ることが大切である。その第一歩は、生物そのものを観察し、知ることである。

偉大なドイツの文学者ゲーテ (1749～1832年) はまた、偉大な生物学者でもあった。ゲーテの描いたイヌの頭骨や植物のスケッチは、驚くべき緻密さと正確性をもっている。本物の生物をじっと眺めて描いたこれらのスケッチを通して、ゲーテの生命観が見える。また、鋭い観察を通して、人の本質を見抜く詩や小説も書けたのであろう。生物の多様性は地球上では

陸上ばかりでなく、沿岸部の海や深海までその範囲は広い。しかしながら、今、地球上では生物の多様性が大きく失われたり、変化したりしている。生物の多様性が失われることは、生物種のシステムの低下を意味し、システムの低下は生物の存在そのものを危うくする。ヒトも生物である以上、その危険にさらされる危惧は大きいといえる。

深海1000 m以上の水圧に耐えて生き続けるシロウリガイなどの多様な生物種、灼熱の砂漠でも生き続けるサソリやカエルたち、氷河の下で寒冷海水の中でも生存し、生殖し続ける生物たち、熱水の中で生き続ける生物など、およそヒトはともそのままでは生きられない環境でも、これらの生物はいとも簡単に生殖をし、子孫を残し続けている。私が実験によく使っているイモリやカエルは約3億年前に出現した。そして小さな氷河期も乗り越えて、現在、私たちの前に姿を見せてくれている。イモリたちと40年余り一緒にいると、彼らのもつ素晴らしい生命力に感動する。レンズや肢の切断による再生能力、冬眠中にがんを自分で治療する能力など、イモリからいろいろなことを学んでいる。どのようにして野生の生物と共存し、生物の多様性を広げながら種 (species) の保存をしていけるかが、今、私たち一人一人に問われている大きな課題でもある。

アメリカの動物学者アガシー (1807～1873年) の “Study Nature, not Books” はここにもあてはまる。それは書かれた本だけで研究を進めるのではなく、自然の中の本物の生物を見て、オリジナリティーのある研究をしなさいということでもある。最近の生命科学の研究は、“コア6” といわれるモデル生物に集中している。それらは、シロイヌナズナ、ショウジョウバエ、センチュウ、ゼブラフィッシュ、ツメガエル、ネズミであり、全世界でほとんどの研究者がこれらをモデル生物として使っている。生物には普遍性ととも特殊性があり、この“コア6” だけからでは生物の本当の面白さと重要さと奥深さ、そして美しさはわからないであろう。新しい生物を研究材料とすることは時間がかかるが、そこにはコア6では見られない素晴らしく、重要な宝があることを知ってほしい。



我が国のESDの現状と課題 I

ーESDユネスコ世界会議2014の成功に向けてー

I 我が国における国連ESDの10年の成果と今後の推進の課題



立教大学社会学部 教授
立教大学ESD研究所長

阿部 治 / あべ おさむ

1955年新潟県に生まれる。国立特殊教育総合研究所研究員、筑波大学専任講師、埼玉大学助教授を経て、2002年より現職。専門は環境教育／ESD。現在、日本環境教育学会会長、NPO法人「持続可能な開発のための教育の10年」推進会議（ESD-J）代表理事。日本を含むアジア太平洋地域の環境教育／ESDのアクションリサーチを行っているほか、政府、自治体、企業、NGOなど、あらゆる分野をつなぎ、持続可能な社会構築に向けた活動を展開している。

1 日本におけるESDの歩み

環境教育に関する国際的動向を踏まえて、筆者は、環境や開発、人権、平和といった課題を統合した教育として「持続可能な社会をめざした教育」の必要性を提起してきた。また筆者もメンバーとして参加した環境省中央環境審議会は、1997年のテサロニキ会議（環境と社会に関する国際会議）の成果を生かし、持続可能な社会のための総合的な環境教育の必要性を提起した答申『これからの環境教育・環境学習』（1999年）をとりまとめた。「主体をつなぐ、場をつなぐ、施策をつなぐ」をキーワードにし、持続可能な社会の創造を目指す環境教育を提案したこの答申は、用語こそ使っていなかったが、「持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development, 以下 ESD）の勧め」でもあった。

国内で進められてきた ESD の主要な組織的活動を時系列的に列挙すると、DESD（国連持続可能な開発のための教育の10年）の共同提案者である NGO のメンバーによって組織された「持続可能な開発のための教育の10年推進会議」（ESD-J）の設立（2003年）、DESD の提案に端を発した議員立法として提出された「環境保全活動・環境教育推進法」の制定（2003年、2011年改正）、DESD関係省庁連絡会議の設置（2005年）、DESD国内実施計画の策定（2006年）、教育基本法の改正（2006年）、

環境人材育成が柱の一つである 21 世紀環境立国戦略の閣議決定（2007年）、ESD の推進が盛り込まれた教育振興基本計画（2008年）や学習指導要領の改訂（幼稚園・小学校・中学校：2008年、高等学校：2009年）などがあげられる。2002年以降、提案主体であった政府や NGO は、本稿で述べるように多様な主体と連携しながら ESD（あるいは DESD）の推進に取り組んでいる。具体的には、学校教育での総合的な学習の時間や食農教育、環境自治体や持続可能な地域づくりなどがあげられる。これらは、単に環境の視点のみならず、福祉（社会的持続性の視点）や地場産業の振興（経済的持続性の視点）などをも包含した総合的な環境教育にほかならない。日本におけるこのような動きは、環境教育から ESD への質的發展と見ることができ、グローバル化の進展や地球環境問題の顕在化などの過程で必然的に生じたものと考えられる。

日本の法律の中に初めて環境教育が明記された環境基本法（1993年）では、環境教育は「環境の保全」に関する教育であったが、改正された環境教育推進法（2011年）では、「持続可能な社会の構築を目指して、……環境と社会、経済及び文化とのつながりその他環境保全についての理解を深めるための教育及び学習」と、ESD を意識した内容へと変化している。

さらに教育基本法の改正（2006年）で、教育の目標（第二条）の中に「生命を尊び、自然を大切にし、環境の保全に寄与する

態度を養うこと」「伝統と文化を尊重し、それらをはぐくんできた我が国と郷土を愛するとともに、他国を尊重し、国際社会の平和と発展に寄与する態度を養うこと」などが新たに加えられたことは、我が国の学校教育へESDを導入する際の大きな根拠となったことは間違いない。事実、基本法を受けて教育振興基本計画や改訂学習指導要領の中で、持続可能性や持続可能な社会の構築、ESD、DESDなどが言及され、ESDは我が国の教育が直面する重要な課題の一つであるとされた。

ユネスコによる国際実施計画の策定(2005年)を受けて、2006年には日本でも「持続可能な開発のための教育の10年関係省庁連絡会議」によって国内実施計画が策定された。この中で、ESDは「私たち一人ひとりが、世界の人々や将来世代、また環境との関係性の中で生きていることを認識し、行動を変革することが必要であり、そのための教育」であると定義されている。この実施計画に基づいて、有識者によるDESD円卓会議の設置や後述する環境省のESD促進事業、文科省によるユネスコスクールの推進、大学での持続可能な社会のための環境教育の推進などが着手された。実施計画は、DESD中間総括会議(ボン、2009年)の成果を踏まえ、円卓会議での議論を経て、2011年に改定がなされた。この改定では、ESDが未だ広範な取り組みになっていない現状を踏まえ、ESDの「見える化」、「つながる化」の推進や改訂学習指導要領に基づくESDの推進などが新たに盛り込まれた。

改定された実施計画はESDの現状や東日本大震災、さらには福島原発の事故を踏まえた真摯な内容となっているが、さらなる推進のためには次のことが必要である。

- ① ESD普及に向けた広報戦略の策定と実施
- ② ESD登録事業／コンテストなどによるESDの可視化
- ③ 地域でESDを進めるためのコーディネーション機能を設けること
- ④ 学校教育におけるESDの強化(教員養成、教員免許更新制度の活用、評価手法の開発など)

2 学校におけるESDの取り組みの現状

文科省内に設置されている日本ユネスコ国内委員会は、学校(幼稚園・保育園から小・中・高等学校、特別支援学校、高等専門学校や大学を含む)への普及を意図し、ESDを持続発展教育と読み換え、「持続可能な発展にかかわる諸問題に環境、

経済、社会の各方面から総合的に取り組む」として、おもにユネスコスクールを通じたESDの普及に2008年から取り組んでいる。ユネスコスクールは、ユネスコ憲章の理念を学校現場で実践するために1953年に組織化され、世界180か国で9566校、日本では647校が加盟している(2013年11月現在)。

一方、中央教育審議会(2008年12月)はグローバル化の進展、知識基盤社会、大学のユニバーサル化への対応として「学力」と呼ぶ学生の質保証を提起し、この中でESDについても言及している。初等・中等教育で提唱されてきた「生きる力」の大学版ともいえるが、知識・理解、汎用的技能、態度・志向性、総合的な学習経験と総合的思考力の4分野に13項目の具体的な能力をかかげている。特に、「多文化・異文化に関する知識の理解」、「人類の文化、社会と自然に関する知識の理解」、「コミュニケーション・スキル」、「市民としての社会的責任」、「獲得した知識・技能・態度等を総合的に活用し、自らが立てた新たな課題にそれらを適用し、その課題を解決する能力」など、ESDが目指す能力とも重なっており、ESDにも言及している。

前述したように、ESDを普及していくためには、学校や地域でESDをコーディネートできる人材の育成が必要であり、この役割は大学に期待されている。

3 地域づくりにおけるESD

DESDの開始以降、例えば環境省はESD促進事業(2006～2008年)によって全国14か所の地域をベースにしたESDの取り組みをモデル事業として評価し、その成果の普及をはかってきた。今日では、持続可能な地域づくりの一環としてのESDへの取り組みが浸透してきている。持続可能な地域づくりに果たす教育や人づくりの重要性はいうまでもないが、長年にわたって持続可能な地域づくりを推進してきた日本の環境首都コンテストや環境自治体会議に名を連ねる自治体では、DESD以前からESDにつながるさまざまな教育活動が展開されてきている。DESDを契機にESDへの取り組みを開始した自治体の代表例として岡山市があり、従来からの取り組みがESDとして評価できる自治体の代表例として水俣市がある。

岡山市の活動は、2002年のヨハネスブルグサミットに参加した市民が中心となり、自らの居住地である京山地区(人口約24,000人、11,000世帯)でおもに小・中・高校生を対象に始めた環境教育の視点からのESDが始まりである。水俣病に翻

弄され、疲弊した水俣市では、1991年に地域住民自らの手で地域を何とかしようと市内26地区すべてに地域住民組織「寄り会」を組織し、地元学による地域資源マップづくりに取り組んだ。1992年には「環境モデル都市づくり」宣言を行い、「もやい直し」による環境・健康・福祉のまちづくりに着手した。

4 これからのESD

A 国連生物多様性の10年との連携

日本が抱える課題の中で持続可能な開発 (Sustainable Development, 以下 SD) を理解する最適な事例の一つとして、生物多様性の保全をあげることができる。1992年に採択され、同年の地球サミット (リオデジャネイロ) で日本を含む168か国が署名した生物多様性条約は、特定の地域や特定の種の保全の取り組みから、生態系の多様性、種 (間) の多様性、種 (内) の遺伝子の多様性といった生物多様性の総体を保全する取り組みへと人々の意識を変化させた。この条約は野生生物の保全と利用、すなわち、SDの考えが柱となっている。日本の生物多様性の危機の特徴は、生活様式や産業構造の変化、人口減少など社会経済の変化によって、自然に対する人間の働きかけが縮小撤退することで里地里山などの生物多様性が低下することとされている。

このような背景の中、2010年に名古屋で生物多様性締約国会議 (COP10) が開催され、自然と人間が調和しながら生活している日本の里山に相当する地域 (二次的自然地域) の保全を目標にした SATOYAMA イニシアティブが決議された。「国連生物多様性の10年」(2011～2020年) が日本政府によって提案され、同年末の国連総会で実施が決議された。生物多様性条約事務局では、生物多様性の重要性を知らせるために広報・教育・普及啓発戦略 (CEPA) を重視しているが、これは理念も手法も ESD あるいは DESD と不可分の関係にある。また、日本は稲作漁労文化の長い歴史を通じて、人間と自然が共生する里山の生物多様性を創りあげてきた。これらの伝統的知恵や生活文化をベースにしながら、かつ、最新の科学的知見に基づいている ESD は、今日の生物多様性の保全に大きな貢献をする可能性がある。言い換えれば、生物多様性の保全に焦点化することによって、伝統的知恵が包含していた経験知や生活知を科学知の側面から学び直しができる可能性が

生まれたといえる。

B 自然学校の活用

自然学校は、1980年代後半に我が国に紹介されて以来、企業や行政をも巻き込みながら近年急速に社会に浸透してきた。自然学校全国調査 (阿部治・川嶋直『ESD 拠点としての自然学校』, 2012年) によれば、1980年代には皆無に等しかった自然学校が2002年の約2000校から2010年には約3700校へと増加している。当初はおもにIターンの若者が中山間地域で主として都市部の青少年や大人を対象として行う自然体験活動の場であった自然学校が、この20年間の社会の変化の中で、過疎に悩む中山間地域における持続可能な地域づくりの拠点や小さなビジネス、社会的企業として評価されるようになってきた。教育や学びをベースにした ESD 拠点としての自然学校の登場である。

過疎化が進行し、里山やそこでの暮らしの崩壊が現実味を帯びてきている現在、ESD 拠点としての自然学校の役割はますます高まっていくことは間違いない。自然学校の手法は、ESD の学びの手法である参加体験型や対話・協働、先人の知恵の再評価といった ESD に通じる学びを基本にすえている。

5 まとめ

日本が DESD を提唱した2002年から現在まで、本稿で紹介したような多くの ESD の取り組みが展開され、また、従来からの取り組みが ESD の視点から「見える化」されるようになってきた。その意味では、以前に比べれば相対的に ESD が広まってきたといえる。日本は、気候の変動や生物多様性の低下といった地球環境問題や市場経済の暴走による格差の拡大といった世界共通の課題と同時に、少子高齢化・過疎化、無縁社会の進行といった問題、さらに放射能汚染という我が国固有の課題によって、もはや持続不可能な危機的状況に陥っている。この状況を打破し、持続可能な未来を切り開くためには、制度化も含めて、ESD のいっそうの推進が必要である。

幸いにも、国連主催による DESD 最終会合 (2014年) は日本で開催される。この ESD ユネスコ世界会議の日本開催は、ESD を普及し、日本が持続可能な社会のトップランナーに生まれ変わるチャンスであり、ESD 提案国である日本への世界からの期待に応えるときである。



Ⅱ 文部科学省におけるESDの取り組み —あなたの毎日が、未来になる—



文部科学省国際統括官付国際交渉分析官

岩本 渉 / いわもと わたる

1954年神奈川県に生まれる。1977年文部省入省。学術国際局学術課長等を歴任。2001年9月から2009年8月までユネスコ本部に勤務し、中等・職業技術教育部長、社会科学政策・研究部長を務める。2012年4月より現職。ESDの分野では、ユネスコ在職時、「『国連持続可能な開発のための教育の10年』について」（『外交フォーラム』2003年12月号）を発表したほか、2004年10月ユネスコ国際会議 “Learning for Work, Citizenship and Sustainability” の事務局長を務めた。

文部科学省および同省に置かれる日本ユネスコ国内委員会は、ユネスコが主導機関である「国連持続可能な開発のための教育の10年」に関し、積極的な活動を行ってきている。本稿では、日本ユネスコ国内委員会の多様な提言や文部科学行政における持続可能な開発のための教育（以下「ESD」という）に関する推進施策、および来年日本政府とユネスコが共催する「持続可能な開発のための教育（ESD）に関するユネスコ世界会議」について紹介したい。

1 日本ユネスコ国内委員会

ユネスコ国内委員会は、ユネスコ憲章によってその設置が各加盟国に要請されているもので、日本ではユネスコ活動に関する法律に基づき、我が国におけるユネスコ活動に関する助言、企画、連絡および調査のための機関として日本ユネスコ国内委員会（以下「国内委員会」という）が文部科学省に置かれている。国内委員会は、「国連持続可能な開発のための教育の10年」が国連で決議されて以来、ESDに関し積極的に審議を続けてきている。

2003年の国連決議は2005年から2014年までの10年間で「国連持続可能な開発のための教育の10年」とするとともに、ユネスコに対して国際実施計画を定めるよう要請して

いるが、国内委員会ではすでに2004年に「『国連持続可能な開発のための教育の10年』に関してユネスコが策定する国際実施計画への提言」をまとめ、ユネスコ事務局長に提出した。この提言は、ESDとミレニアム開発目標との連携の必要性、開発途上国におけるESDに関する多様な教育プログラムを開発すべきこと、先進国がESDを自らの課題として取り組むこと、地域社会における絆の重視、ESDを基礎にした教育の質の向上、教員の資質向上、関係者・関係機関のパートナーシップの重要性を国際実施計画に盛り込むことを提言している。国際実施計画はユネスコにより2005年10月に策定されたが、おおむね国内委員会の提言を盛り込んだものになっている。

その後、国内委員会は、2007年に「『持続可能な開発のための教育の10年』の更なる推進に向けたユネスコへの提言」をまとめたが、これは同年開催された第34回ユネスコ総会における「国連持続可能な開発のための教育の10年の更なる推進」の決議につながった。また、2008年に「持続発展教育（ESD）の普及促進のためのユネスコ・スクール活用について」提言をまとめ、2009年には「10年」の中間年を目前に「持続発展教育（ESD）の一層の普及及び支援の推進について（建議）」をまとめ、外務、財務、文部科学、環境の各大臣に必要な措置をとることを求めた。

2 文部科学省の施策

文部科学省は、上記の国内委員会の建議、提言を基に ESD 推進のうえで中核的役割を果たしているところである。ユネスコ本部に対しては、2005 年に 2 億円の信託基金を拠出、その後も継続的に拠出している。また、同年内閣に設けられた ESD 関係省庁連絡会議には幹事省庁の一つとして参画している。

教育行政との関連では次のような施策を講じてきている。

A 学習指導要領と教育振興基本計画

2008 年 3 月に幼稚園教育要領および小学校・中学校学習指導要領が、2009 年 3 月に高等学校学習指導要領が改訂されたが、これら新しい学習指導要領等には持続可能な社会の構築の視点を盛り込んだところである。

さらに、2008 年 7 月に改正教育基本法に基づき第 1 期の教育振興基本計画が策定されたが、同計画では ESD を教育の重要な理念の一つとして位置づけ、5 年間に取り組むべき施策として ESD の推進を明記している。なお、本年 6 月に閣議決定された第 2 期教育振興基本計画においても、さらに明確に ESD の重要性を位置づけたところである。

B ユネスコスクールの推進

上記のように ESD の推進はすべての学校に対し求められるものであるが、文部科学省では、2008 年の国内委員会の提言「持続発展教育 (ESD) の普及促進のためのユネスコ・

スクール活用について」を受け、ESD の推進拠点としてユネスコスクールの整備を進めている。ユネスコスクールとは 1953 年に創設された、ユネスコの理念を実現するため質の高い教育を実践する学校のシステムであり、各学校が国内委員会を通じユネスコに申請して承認される。現在世界 180 か国に 9,700 のユネスコスクールがあるが、我が国では 2013 年 7 月現在 615 校が加入している (図 1)。

2012 年 8 月に国内委員会は、加入校の急速な増加を背景に、ユネスコスクールの質の確保を図る見地からユネスコスクールガイドラインを策定し、文部科学省から各都道府県教育委員会等に趣旨を周知したところである。

文部科学省では、ユネスコスクール全国大会の開催等を通じて学校間の交流を促進するとともに、優秀な学校を顕彰している。また、公益財団法人ユネスコ・アジア文化センターは、専用ホームページを設けて ESD やユネスコスクールの基本情報などを提供しユネスコスクールのネットワーク強化を図るとともに、国内 17 の大学が ASPUnivNet という支援大学間ネットワークを組織しユネスコスクールに助言・支援している。

C ESD に関する国際的活動

文部科学省は 2008 年 12 月に東京で ESD 国際フォーラムを開催したほか、海外における関連シンポジウム等にも積極的に参加している。また、ESD について海外の学校との交流を促進する見地から、国連大学、ユネスコアジア文化センター等と連携し、米国、中国、韓国の学校との間で教員の交流を行っ

ている。一方、2012 年度からは SEAMEO (東南アジア教育大臣機構) との共催により、域内の ESD 優良実践校を表彰し教員・生徒を日本に招聘している。

また、ユネスコの執行委員会、総会では、日本政府代表から常に ESD の重要性について強調し、教育分野における中核事業としてその推進を求めるとともに、2012 年 6 月に開催された Rio+20 (国連持続可能な開発会議) や本年 6 月に開催された TICAD V (第 5 回アフリカ開発会議) において、ユネスコ等と ESD に関するサイドイベントを共催してきたところである。

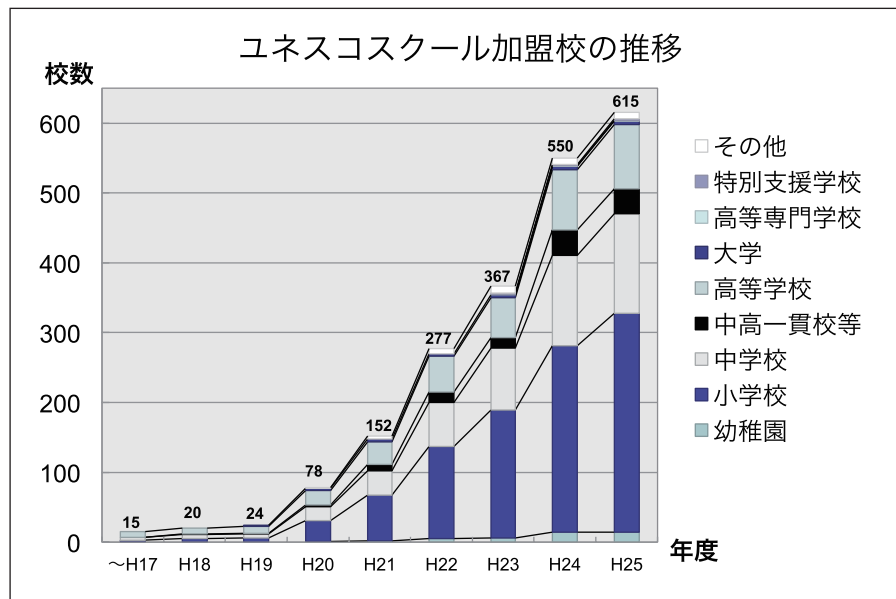


図 1 ユネスコスクール加盟校の推移 (2013 年 7 月現在)

D ESDに関する普及啓発

ESD はすべての人に関わるものであるから、学校教育のみならず社会教育を通じた普及や国民各層の意識啓発が重要である。文部科学省としては ESD のいっそうの普及を図るため、昨年、さかなクン、平野啓子、木佐彩子、白井貴子、服部隆久、日比野克彦の 6 氏から成る ESD オフィシャルサポーターを組織した。また、本年 6 月に ESD スローガン「あなたの毎日が、未来になる」を定めるとともに、来年開催の世界会議のロゴマーク（図 2）をユネスコと共同して策定し、各都道府県、大学等に通知したところである。



図 2 ESD に関するユネスコ世界会議ロゴマーク

さらに、本年度は内閣府の政府インターネットテレビにおける ESD 特集番組の制作に協力したところである。

(<http://nettv.gov-online.go.jp/prg/prg8095.html>)

E 国立教育政策研究所の調査研究

文部科学省所轄の研究機関である国立教育政策研究所も早くから ESD について研究している。2008 年度から 2011 年度に行われた調査研究の報告書「学校における持続可能な発展のための教育 (ESD) に関する研究」では、ESD の視点に立った学習指導で重視する能力・態度が明確にされ、学校教育における ESD 実践のうえで重要な指針となっている。また、同研究所は、ESD に関する国際シンポジウムも逐次開催している。

3 ESDに関するユネスコ世界会議

2014 年 11 月にユネスコと日本政府は ESD に関するユネスコ世界会議を開催する。これは国連持続可能な開発のための教育の 10 年の最終年に開催するもので、日本政府が開催を提案した会議である。この世界会議は、① 10 年間の成果の検証、② 万人のためのよりよい未来を築くための教育の新たな方向付け、③ 持続的な開発のための行動の促進、④ ポスト 2014 のための ESD アジェンダの作成を目標に開催するものである。

愛知県・名古屋市における閣僚級会合および全体のとりまとめ会合（2014 年 11 月 10 日～12 日）では国内外から数十名の閣僚を含む千人規模が参加し、「国連持続可能な開発のための教育の 10 年」の活動を振り返るとともに、2014 年以降の展望について議論する。これに先立ち、岡山市で開催されるステークホルダー会合として、① ユネスコスクール世界大会（11 月 6 日～8 日）、② ユース・コンファレンス（11 月 7 日）、③ 持続可能な開発のための教育に関する拠点の会議（11 月 4 日～7 日）が開催され、これらの成果は、愛知県・名古屋市での世界会議に活かされる。国連持続可能な開発のための教育の 10 年を提案した日本で最終年の会議が開催されることは意義深いのみならず、ESD が将来の学力形成に大きく関係するものであることから、2014 年以降の世界の教育の潮流を決めることになる重要な会議である。

文部科学省は関係省庁と連携しつつ、ユネスコと会議の内容の検討をするとともに、国内においては、愛知県・名古屋市、岡山市に置かれた同会議の支援実行委員会のメンバーとなり、地元の開催準備に協力している。

4 おわりに

ESD は、「万人のための教育」に関するダカール行動枠組みの目標に示された教育の質を裏打ちする概念であり、また、持続可能な社会の担い手の育成という意味で重要なだけでなく、それにより培われる能力は OECD の提唱するキー・コンピテンシーなどに通じるものである。こうしたことから、ESD を今後の我が国の教育政策に明確に位置づけ推進する必要がある。一方、今後国内では、点として整備の進んだ ESD の推進拠点としてのユネスコスクールと教育委員会、大学、企業、ユネスコ協会等がいかに連携して面としてのネットワークを形成し、国全体として ESD をどういっそう推進していくかが課題となる。これらについては、目下国内委員会において議論が進められているところである。

また、世界的にはミレニアム開発目標の最終年 2015 年以降の開発アジェンダにおける教育の扱いが議論されているところであり、万人のための教育とともに「国連持続可能な開発のための教育の 10 年」以降の ESD の推進をこの文脈の中にどう位置付けていくかも課題になっている。



Ⅲ 環境省におけるESDの取り組み

環境省総合環境政策局環境教育推進室

1 はじめに

持続可能な開発のための教育（以下、ESD という。）については、日本の提唱により、2005 年からの 10 年が「国連 ESD の 10 年」とされ、国内外で ESD のさまざまな取り組みが実施されてきている。最終年に当たる 2014 年には、日本において、「持続可能な開発のための教育（ESD）に関するユネスコ世界会議」が開催されることとなっており、この 10 年間の総括とともに、今後目指す方向が明らかになっていくものと思われる。この世界会議に向けて、また同時に、世界会議後の更なる充実に向けて、ESD の取り組みをよりいっそう促進していかなければならない。

環境教育・環境学習については、1999 年に中央環境審議会答申において、いわゆる「環境のための教育・学習」という枠から、「持続可能な社会の実現のための教育・学習」にまで広げて捉えるべきであり、その対象には、環境のみならず、社会、経済などをはじめとする極めて幅広い分野、内容を包含するものとされるなど、ESD を念頭に置いたものとしての発展を期待されてきたものと考えている。

ESD では、さまざまな分野の多岐にわたる課題について、国や時を超えて、横断的、総合的に扱われる。広い視野を持って自ら考え、客観的に判断し、他者とのコミュニケーションを通して解決策を見だし、課題解決のために行動できる人を育てていく教育であると考えている。このような視点を大切にしなが環境教育分野での施策を充実させていくことは、将来にわたって持続可能な社会をつくるために、大きな役割を果たし得るものと認識している。

2 最近の動き

2011 年 6 月に改正され、2012 年 10 月に完全施行された「環境教育等による環境保全の取組の促進に関する法律」で

は、環境教育は、持続可能な社会の構築を目指して、家庭、学校、職場、地域その他のあらゆる場において行われるものとされ、その重要性が明記された。また、これらの取り組みを効果的に進めるうえでは、国民、民間団体等、国または地方公共団体といったさまざまな主体が適切に役割分担しつつ協力して行う協働取組が重要であることも盛り込まれた。

さらに、同法の規定に基づき 2012 年 6 月に閣議決定された「環境保全活動、環境保全の意欲の増進及び環境教育並びに協働取組の推進に関する基本的な方針」（以下、基本方針という。）において、政府は、持続可能な社会づくりに向けて、さまざまな主体の自発的な活動を支援し、その基盤となる環境教育等の推進に取り組むとして、ESD の視点に立った環境教育を推進していくこととしている。基本方針では、環境保全を推進していくために求められる人間像について、例えば、知識の習得にとどまらず、自ら考え、公正に判断し、主体的に行動し、成果を導き出すことのできる人間、他者と議論し、合意形成することのできる人間等を挙げており、これらは、ESD において育まれる能力でもある。

新しい学習指導要領（2008 年および 2009 年に告示）においては、理科や社会科などの多くの教科の中で環境教育を行うべきことと同時に、持続可能な社会の構築、つまり ESD の観点が盛り込まれるなど、学校教育における ESD の視点を取り入れた環境教育への期待も高まっているものと認識している。

3 環境教育分野の取り組み

これらを踏まえ、環境省において行っている取り組みを以下に紹介したい。

A 教職員・環境活動リーダー養成研修事業

教職員と地域の環境活動を担う皆さんが、一緒に ESD の視点を取り入れた環境教育のノウハウを学ぶ研修を、文部科

学省と協力して実施している。この研修は、ESDの視点を取り入れた質の高い環境教育や環境保全活動を実践できる人材を、関係省庁が連携して育成し、持続可能な社会を担う人材育成の推進を図ることを目指しているものである。

2012年度は、2013年1月下旬から2月初旬にかけて、関東と関西で各2回、計4回の研修を行った。ESDの観点を含めた学校のカリキュラムデザインを学ぶこととし、ESDに造詣が深く学校教育に関する経験、知識の豊富な講師による講義の後、学校において複数の教科を有機的につないで学校全体としてESDを実践する観点から、「ESDカレンダー」（教科、領域を超えた横断的・統合的指導を進めるための年間計画）を作成するグループワークを行った。

教職員の参加者には、研修を受けるまでESDをよく知らない方も多かったが、研修を通じ、教育現場においてESDを取り込むことの魅力、可能性の大きさを感じていただけたものと思っている。また、実際に各学校でESDに取り組む際、地域のNPO、企業等から協力を得たり、互いのノウハウを生かし合ったりしながら授業を構成していくことが重要と考えられることから、地域で環境保全活動等に携わっているNPO、企業等からの参加者と教職員の参加者とが意見交換し、交流できることも、この研修の大きな利点であると考えている。

B 地域におけるESDの取組強化推進事業 「+ ESD プロジェクト」

「+ ESD プロジェクト」ウェブサイト (<http://www.p-esd.go.jp/>) は、ESDの活動等をしている方々に登録いただくことで、活動内容の発信や活動者どうしの連携を容易にする仕組みになっている。既に行われている多くの環境保全等の活動に、ESDの視点を取り入れるための一ひねりを加えることで、ESD活動になるものは多くあると考えられる。そこで、自らの活動がESDの視点を取り入れた活動かどうかをチェックし、ESD活動にブラッシュアップするためのヒントを得ることができるチェックシート（図1参照。上記「+ ESD プロジェクト」ウェブサイト内に掲載）を用い、活動の「ESD化」を各地でお願いしている。チェックシートでは、文部科学省国立教育政策研究所教育課程研究センターにおいて「ESDの学習指導過程を構想し展開するために必要な枠組み」として整理された、ESDの視点を取り入れた学習に

チェックシート

あなたの活動を、ESDの視点でとらえてみてください。

ポイントは、6つの概念（Ⅰ～Ⅵ）と7つの能力（①～⑦）です。

A. 持続可能な社会づくりに関わる以下の6つの概念のいずれかを扱っていますか？

- ☐ Ⅰ 多様性（例：社会は多様な多様な物事から成り立ち、多様な現象が起きていること）
- ☐ Ⅱ 相互性（例：社会は互いに働き掛け合うシステムであり、物質等が循環し、人と人が互いに関わり合っていること）
- ☐ Ⅲ 有限性（例：社会を成り立たせている資源やエネルギーには限りがあること）
- ☐ Ⅳ 公平性（例：持続可能な社会には、基本的な権利の保障などが、地域や世代を渡って公平・公正・平等であることが大切であること）
- ☐ Ⅴ 連携性（例：持続可能な社会は、多様な主体が状況などに応じて順応・調和し、互いに連携・協力することにより構築されること）
- ☐ Ⅵ 責任性（例：持続可能な社会は、多様な主体が将来像に対する責任あるビジョンをもち、それに向かって変容・変革することにより構築されること）

B. Aの課題を見いだし、解決するために必要な7つの能力のいずれかを身に付けることができますか？

- ☐ ① 批判的に考える力
（例：客観的な情報や公平な判断に基づき、物事を思慮深く思考・判断する力）
- ☐ ② 未来像を予測して計画を立てる力
（例：過去や現在に基づき、あるべき未来像を予測し、他者と共有しながら物事を計画する力）
- ☐ ③ 多面的、総合的に考える力
（例：人や物などのつながりや広がりを理解し、それらを多面的、総合的に考える力）
- ☐ ④ コミュニケーションを行う力
（例：自分の気持ちや考えを伝えるときに、他者の気持ちや考えを尊重し、コミュニケーションを行う力）
- ☐ ⑤ 他者と協力する態度
（例：他者の立場に立ちその考えや行動に共感し、他者と協力・協働して物事を進めようとする態度）
- ☐ ⑥ つながりを尊重する態度
（例：人や物など自分と自分とのつながりに関心を持ち、それを尊重しようとする態度）
- ☐ ⑦ 進んで参加する態度
（例：集団や社会における自分の言動に責任を持ち、物事に主体的に参加しようとする態度）

例：自然体験・自然観察（Ⅰ⑥）、地元の川の清掃活動（Ⅱ⑥）、環境を軸としたまちづくり（Ⅵ②）
環境に関する映画鑑賞と製作者との座談会（Ⅰ①）、地域の子ども・高齢者見守り活動（Ⅴ④）
地域の食材を義務的に学校給食に使用（×）、エコグッズの販売・促進のみ（×）

注：ESDにおける概念、能力は、上記に限定されるものではありません。

図1 ESDのチェックシートから抜粋

関する「6つの概念」と「7つの能力」を活用している。多様な主体のESD活動を、ある一定の視点から整理してみると、相互の連携・協力を図るうえでも大切なことと考えている。

これらに加え、「ESD全国学びあいフォーラム」を開催するなどして、ESD活動の実践者や地域の方々が実際に出会える場づくりをしている。2012年度は、2014年の世界会議を控えている、名古屋市および岡山市の2か所で開催した。さまざまな工夫が盛り込まれた各地のESD活動を紹介するなどし、初めての参加者にとっては具体的な活動を通してESDを理解できるきっかけとなり、実践者にとっても刺激の多いフォーラムとなったのではないかと考えている。

C 持続可能な地域づくりを担う人材育成事業

2013年度の新規事業として、ESDの視点を取り入れた環境教育プログラムの開発・普及・定着を通して、ESDをいっそう強力に推進する取り組みを全国で開始している。

まず、公募により、ESDの視点を取り入れた環境教育プログラムを募集し、有識者により20のプログラムを選定した。その後、選定したプログラムを、プログラムの応募者（作成者）とともに専門家の意見を取り入れながら20のモデル的な環境教育プログラムとして整えた。これらのプログラムは、現在、本事業の特設ページ（<http://www.geoc.jp/esd/program/>）で閲覧できる。

今後は、環境省の各地方環境事務所の管轄ごとに、全国各地において、上記20のモデル的な環境教育プログラムの中から選んだプログラムを基にした、地元ならではの環境教育プログラムの作成（地元の自然条件や文化的背景等を加味したプログラムの作成）、学校現場等での実証およびワークショップの開催を進めていく予定である。

ESDを本格的に実施している学校現場や地域はさほど多くないことから、興味を持っているもののこれまでESDを取り入れる機会がなかった学校関係者や、ESDを知らない地域の人々などに、ESDを取り入れてみる、またはESDに触れてみる機会を持ってほしいとの思いで本事業を実施している。地元ならではの環境教育プログラムが、地域で更なる改善を重ねながら広がっていくことを期待し、更なる展開を考えていきたい。

D 環境教育・環境学習データベース 「ECO 学習ライブラリー」

環境省のホームページに「ECO 学習ライブラリー」を設け、環境教育のための教材や資料を広範に提供している（図2）。学校、職場、地域、家庭など、さまざまな場での環境教育を支援するもので、ESDに関するクイズも掲載するなどして、ESDの観点からもコンテンツの充実を図っている。

E アジア地域を中心としたESDの推進のための支援

国連大学に拠出金を支出して、世界各地のESDに関する地域拠点（RCE: Regional Centres of Expertise on ESD）の認定およびネットワーク化に対する支援、アジア太平洋地域においてESDに取り組む高等教育機関のネットワーク（ProSPER.Net）の運営に対する支援を行っている。

また、日中韓三カ国環境大臣会合（TEMM）のプロジェクトの一つとして、各国の環境教育の専門家等を集めた環境教育に関するシンポジウム等を通して日中韓の環境教育ネットワークを推進する、日中韓環境教育ネットワーク（TEEN）



図2 ECO 学習ライブラリー（<https://www.eeel.go.jp/>）

がある。ここでも、2012年度には日中韓のESDの動向についてシンポジウムを行うなど、ESDの観点からの環境協力を行っている。現在、日中韓共同での「環境教育読本」も、作成が進んでいる。

4 おわりに

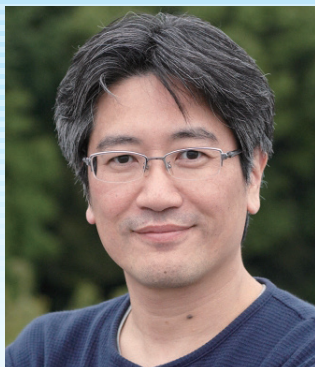
一連の取り組みは、2014年11月に名古屋市および岡山市で開催される「持続可能な開発のための教育（ESD）に関するユネスコ世界会議」において、ESD提唱国である日本がリーダーシップを示すことにもつながるものと考えている。

また、世界会議後も引き続きESDを推進、発展させていくことが重要であり、環境省においては、今後も、関係各省と連携・協力しつつ、ESDの視点を取り入れた環境教育の推進のためのさまざまな施策を展開していきたいと考えている。

現在進行中の各事業に関するお知らせは、「+ ESD プロジェクト」ウェブサイトや、ECO 学習ライブラリーに随時掲載しているので、是非ご覧いただき、皆様のご支援、ご協力をお願いしたい。



第5回

そして、算数・数学の
自由研究へ

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。今年から始まった「算数・数学の自由研究」作品コンクール(理数教育研究所主催)の中央審査委員長を務める。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。

なぜ「なぜ？」と言うのか

人は数学的にできている——これは以前にも述べた言葉です。私の考えを一番端的に表している言葉でしょう。

多くの人たちにとって、「算数・数学」は、学校で自分を苦しめてきた教科の1つでしかない。そして、自分は算数・数学は得意ではないと思っている。しかし、それは、あくまで学校という枠組みの中で経験した印象に基づいたことしかありません。

でも、その人がどう思おうと、人間は数学的にできているのです。その証拠に、理屈に合わないことを突きつけられた

ら、誰でも「なぜ？」とつぶやいてしまうのではないですか。

物事にはそれを成立させる理由が必ずある。仮に目の前でおかしいことが起こったとしても、自分には気づけないだけであって、きっと何らかの理由があるはずだ。そう思えばこそ、あなたは「なぜ？」と言ってしまうのです。

世の中にあるものを理由とともに理解する。それが数学の基本です。学問として展開される「数学」の中では、その態度を貫くために、きちんと計算してみたり、論理的な証明を試みたりします。学校ではそういう形式に従って理由を説明する方法を学びますが、それを習得できるかできないかにかかわらず、誰にでも整合性や理由を求める心がある。それを前回紹介した言葉で「数学的規範」と呼んでもよいでしょう。

数学的規範に従う態度は、算数や数学の授業の中で強化されていくものです。しかし、学校で算数・数学を勉強していなくても、数学的規範自体は誰の心の中にも存在すると私は考えます。それは、整合性のあるものとないものを区別するための暗黙の基準のようなものです。その基準に従って、おかしいものを目にしたあなたは「なぜ？」と言ってしまうわけです。

どこかで、どんなに小さい子供でも、おかしい状況を目にすると、怪訝な顔をするという話を聞いたことがあります。赤ちゃんの目の前で手品のようにボールを隠してしまうと、赤ちゃんは「おかしいな」と思う。もちろん、言葉で「なぜ？」とは言えないけれど、変わるはずのないボールの個数が減少したことを変だと思うのでしょう。

きっと人間には整合性のないことを敏感に感じ取る能力が生まれながらに備わっているのだと思います。私はそれを確信して、「誰の心にも数学的規範がある」とか「人は数学的にできている」とか言っているわけです。

私にはこの確信を生物学的もしくは心理学的に実証する術はありませんが、この連載を通じて、皆さんにそれを事実として受け止めてもらえるように、さまざまな視点から私が思うところの数学を紹介してきました。そして、いろいろな話題に触れるたびに、あなたは「なるほど!」とつぶやいたはずですよ。

人間は、理由のわからないものを目にしたときには「なぜ?」と、反対に、その理由を受け止めることができたときには「なるほど!」とつぶやくようにできているのです。

「なるほど!」の出所

もう一つ私が大切にしたいことは、「なるほど!」という言葉が自分の中から出てくるということです。もちろん、その言葉は自分の口から発せられるのですが、その引き金となる気づきを誰が用意してくれるのが重要です。

実は、数学が得意だと思っている人の中には、この「なるほど!」を勘違いしている人がけっこういます。誰かが用意してくれた解答や既にかかれている証明を読んで、それが理解できる自分を「数学が得意だ」と思い込んでいる人たちです。他人が用意したものを理解して「なるほど!」と言える力も大切ですが、それしかできない人たちは本当に数学が得意だと言ってよいのでしょうか。

見かけ上は、いろいろな問題がすぐに解けるし、いろいろな定理もすぐに証明できる。でも、既に知っていることを素早く解答用紙に再現しているだけ。果たして、まったく新しい問題に出会ったときに、彼らが自力で問題解決できるかどうかは疑問です。実際、計算中心の数学ではよい成績が取れるのに、発想力を必要とする離散数学的な問題にはまるで歯が立たないという大学生をたくさん見てきました。

数学の専門家になるうえでは、先人が生み出した巧みな解法や証明方法を知っておくことは大切です。しかし、自分自身の中から湧き出てくる「なるほど!」を楽しまないのはもったいないと私は思います。

そこで、その楽しみを体験してもらうために、2人の女性に登場してもらいましょう。岡田真里菜さんと高山加奈さんです。彼女たちには切っても切れない関係があるのですが、それは何でしょうか？

そう言われても、何のこともだかチンプンカンプンですね。そこで、彼女たちの名前をひらがなにして、パネルに書いて並べてみましょう(図1)。



図1 切っても切れない関係とは？

さて、あなたは何に気づいたでしょうか。きっとあなたは2人の名前がしっかりと絡み合っていることに気づいたはずです。そして、「なるほど!」とつぶやいている。何のこともわからない人は、赤いパネルと青いパネルに注目して、文字を読んでみてくださいね。わかりましたか？

ここであなたがつぶやいた「なるほど!」はあなた自身の気づきから生まれたものです。私から答えを聞くまでもなく、あなたは同じ色のパネルだけをジグザグに読んでも、彼女たちの名前になることを発見しました。もちろん、パネルが2色で色分けされていなかったら、そんなことには気づかなかったでしょうね。

実はこのネタは、ある皇族の女性の名前にまつわる都市伝説がもとになっています。その方たちの名前を文字にしてしまうのもよくないので、別の名前に変えてみました。

いずれにせよ、あなたは自発的に同じ色のパネルの並びに目を向けた。そうすることを学校で習ったわけではないけれど、そういうことができる。きっと人間には、同じものに注目する、反対に異なったものに注目するという能力が生まれながらに備わっているのだと思います。そういう能力を活用して、自ら「なるほど!」を生み出す。その「なるほど!」を積み上げて、問題を解決していくように数学ができれば、素敵だとは思いませんか。

「なるほど!」を「ひらめき」に変える

さて、前回の記事を読んでいただいた方なら、そこで解説した「魔法の付箋紙」と上で紹介した2人の女性の名前話は似ていると思ったのではないのでしょうか。まさにそのとおりです。

前回は、1から9までの番号が書かれたカードを2枚ずつ、ある条件に従って横一列に並べるというパズルを紹介しました。そのパズルに解があるかどうかを考えるために、うまく並べられたカードに左端から赤と青の付箋紙を交互に貼ってみると、番号が奇数のカードは2枚とも同じ色、偶数のカードだと赤と青になることがわかります。それを根拠に、うまくカードが並べられるための条件を調べていきました。

数学好きな人はよく「ひらめき」という言葉を口にします。確かに、問題の解き方がひらめいた瞬間は、とても感動的で

うれしいものです。でも、数学の問題解決がひらめきだけに依存するのだとすると、神がかった人でないとできないことになってしまいます。そういう天才たちが「数学」という学問の道を切り拓いてきたことは確かですが、神様に選ばれた人にしかできない数学は、この連載で私が主張しているところのものとは別物です。

そういう天才にだけ許された本当の「ひらめき」はさて置き、皆さんが体験できるソフトな「ひらめき」はある程度誘導できると私は言いたい。でも、ただ頭を抱えてうなっているだけでは何もひらめきません。「魔法の付箋紙」のような仕掛けを繰り出すことで、ひらめきを誘導するのです。

実は、数学の問題を解くのが好きな人は、知らず知らずのうちに、自分自身でそういう仕掛けをいくつも繰り出しているのです。単に数式を計算しているだけではなく、いろいろな絵を描いてみたり、それを色分けしてみたり、試しにパソコンでグラフを表示してみたり、平均値を計算してみたりと、いろいろなことを仕掛ける。そして、「なるほど!」を連発する。その結果として、ひらめくのです。

でも、いったん解法の糸口がひらめいてしまうと、その後には解答用紙に書かれることは、普通の数学でしかない。それまでに書きなぐられていたカラフルないたずら書きは他の人の目には触れない。本当はこの「なるほど!」を「ひらめき」に変える方法をみんなで共有できるといいのですけどね。

みんなで数学者になろう!

もちろん、試験問題のように、限られた時間で限られた紙面に解答を書かなければいけないという枠組みでは、上で述べたような悠長なことをしている余裕はありません。つまり、学校の授業や受験勉強に限定してしまうと、私が言っているような数学を体験してもらうことは難しい。となると、そういう枠組みの外で算数・数学を楽しむ仕組みがあるといいのではないかと思うわけですよ。

まさに、その期待に応えてくれるのが、今年から Rimse の主催で行われる「算数・数学の自由研究」という作品コンクールなのです。学校で習う算数・数学にこだわらず、自由に研究をして、それをレポートにまとめて発表してもらう。小学生から高校生まで、誰でも自由に応募できます。地域ご

とに優秀作品をノミネートしてもらい、それを私が委員長を務める中央審査委員会で最終選考し、「塩野直道賞」の受賞者を決定します。詳しくは、Rimse のホームページを参照してください。

では、その作品として提出してもらったレポートには何を書けばよいのでしょうか。算数・数学のレポートですから、最低限、自分が解いた問題と答えを書く必要があります。しかし、それだけでいいわけがないでしょう。何とんでも「自由研究」ですからね。

「自由」とは、福沢諭吉が言うところの「自らをもって由となす」ということです。好き勝手、わがまま放題であることとは違います。それはあなた自身の中から出てくる「なるほど!」を出発点にしろということです。それを「ひらめき」に変え、研究としてまとめるのが、「自由研究」です。

もちろん、大人は「自由研究」には応募できません。子供たちを指導する形で関わることになるでしょう。子供たちに答えを教え込むのではなく、「魔法の付箋紙」のように、「なるほど!」や「ひらめき」を誘導するのがあなたの役目です。そして、なぜその問題を考えようとしたのか、その答えを得るまでにどんな苦労や失敗をしたのか、どうやって解法の糸口をつかんだのかも書くように指導してください。

もちろん、研究成果は客観的な事実であるべきです。しかし、客観的な事実しか書かれていないレポートでは、自らをもって由となす「自由」ではありません。これまで解答用紙には現れなかった部分にも光を当てるのです。

実は、数学者もこれと同じことをしています。論文に書かれることは客観的な事実だけですが、研究会では、なぜその問題を考えたのか、何が解法の鍵になったのかを要領よく発表することが期待されています。淡々と証明を説明しているのは、余裕のない学生か人気のない先生だけです。

つまり、「自由研究」をするということは、子供たちも数学者になるということなのです。子供たちだけでなく、大人だって、今までと違う形で数学に関わることで、数学者になれる。この連載や『数学活用』に書かれているようなことも含めて数学なのだと思います。あなたも既に数学者としての一歩を踏み出しています。

もちろん、専門家として数学者になる道はとて難しいですよ。



第5回

太陽の恵み



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。博士（工学）。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。



すべては太陽の恵み

私たちが生きていくうえで欠かせないものは、空気と水と食糧（栄養）です。ほとんどの生物に共通の要素でしょう。これらに加えて人類は、文明社会を維持するためにさまざまなエネルギーを必要としています。

空気は呼吸をするために必要ですが、空気中の酸素は植物が光合成によって生成してくれます。動物が排出した二酸化炭素を植物が吸収してくれる反応は、理科で学んだ光合成で、二酸化炭素以外に必要なものは水と光、自然界では太陽光です。息ができるのは太陽と植物のおかげです。

水はどうでしょうか。地球の大部分は水、海で覆われていますが、海水はそのまま飲むには塩辛いので、川や湖の淡水

がほしいところです。清流の水や湧水がどこから来るのか考えてみると、山や大地に降った雨や雪がその源です。海水を蒸留して山や大地に運ぶ原動力も実は太陽のエネルギーです。おいしい水が飲めるのも太陽のおかげです。

食糧もちろん、そのほとんどが太陽エネルギーによる光合成で生産されています。理科で食物連鎖を学びますが、食物（栄養）を生産するのは植物の光合成のみで、それ以外は消費するだけです。

エネルギーを使えば海水を淡水化することができます。また、最近ではLEDなどの人工光で植物を栽培する工場も現れました。LEDや蛍光灯で光を出すために使われるのは電気エネルギーですが、その大部分は化石燃料を燃やして発電しています。化石燃料がどこから来るかといえ、社会科では諸外国からの輸入ということになりますが、理科で考えるならこれももとは太陽のエネルギーです。太古の昔に植物が光合成で蓄えてくれた太陽エネルギーの貯蓄を、今、私たちの世代が取り崩して使っているものと考えられます。

太陽光で育つ植物は二酸化炭素を吸収してくれますが、植物を人工光で育てるには、発電のために大量の二酸化炭素を排出しなければなりません。太陽光発電の電気を使えばよいというアイデアもありますが、太陽光から電気への変換はたかだか20%、電気から光への変換はLEDなどで10%程度なので、かけ算すると2%くらいに低下します。太陽光をそのまま活かすほうがずっとお得です。屋根の太陽電池で発電して、家の中で照明をつけるのも同じような効率です。

太陽光のパワー

太陽光のパワーはどれくらいでしょうか。エネルギーは「パワー×時間」です。太陽光は可視光（人間の目に見える紫から赤までの光）以外にも目には見えない紫外線と赤外線を含んでいますが、すべてを合わせて、地表に到達する太陽光のパワー密度は約1kW/m²です。1m×1mの正方形の板に、太陽光を垂直に照射したときの光のパワー密度です（図1左）。本連載第1回で1人力は約100Wであることを説明しました。1m²あたりの太陽光パワーは約10人力、逆に1人力は約30cm四方の太陽光パワーです。偶然かもしれませんが、ちょうど人間が直立したときに床を占める面積くらいです（図1右）。

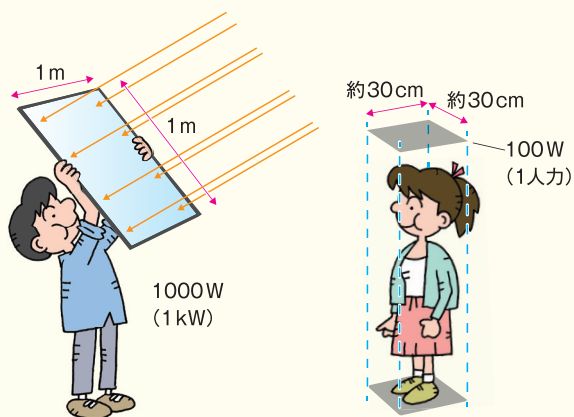


図1 太陽光のパワー密度

新エネルギー・再生可能エネルギーとして期待されている太陽光ですが、光をすべて吸収して熱に変える太陽熱利用と、光の一部で直接発電する太陽光発電（太陽電池、光電池）があります。

太陽熱は光を吸収しやすい黒色の材料を用いることで太陽光パワーの大部分を効率よく集めることができますが、熱としてのみ利用できます。日本では太陽熱温水器が普及していますが、機器が古くなると使い勝手が悪くなり、家にあるけれどもあまり使っていないという話も耳にします。

一方、太陽電池は一部の可視光のみが有効で、現在普及している製品では太陽光パワーの15～20%だけが電力に変換されます。電力にすれば他のさまざまなエネルギーに変換して使用することができますが、太陽電池のエネルギー変換効率は決して高いとはいえませんので、今後さらに研究開発が進み、効率がよくなることでしょう。また、太陽熱を集めて発電する方法も研究されています。

ソーラーパネルの設置角度

ところで太陽光発電を効率よく行うには、太陽電池を並べたソーラーパネルをどのように設置すればよいでしょうか。南向きに傾けるのがよさそうですが、角度はいくらにすればよいでしょうか。理科を活かして考えます。図2のように太陽が真南の方角に来たとき、太陽を見上げる仰角が南中高度です。南中高度はその場所の緯度と季節で変わります。春分と秋分は90°から緯度を引いた角度であり、地軸が傾いているために、夏至には春分と秋分より23.4°高く、冬至には逆に23.4°低くなります。

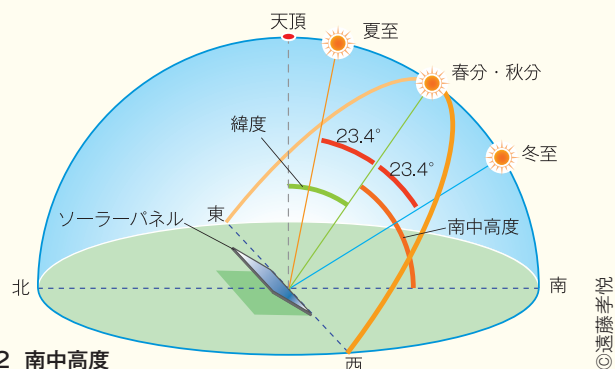


図2 南中高度

ソーラーパネルに入射する太陽光のパワーは入射方向への正射影の大きさに比例するので、垂直入射方向に対して角度 θ ずれると $\cos\theta$ 倍に低下します。図3は季節によって南中時の入射パワーがどれくらい変化するかを示しています。ソーラーパネルの傾きを緯度（春分・秋分の最適角度、例として35°）に合わせると、春分と秋分は太陽光が垂直に入射し100%です。夏至や冬至にはそれぞれ23.4°ずれますが、最大時に比べて90%以上であり、あえて角度を調整するメリットはそれほど大きくありません。ただし夏至の最適角度（緯度35°のとき11.6°）に合わせると、冬至には46.8°もずれて、入射する太陽光のパワーは70%以下に下がります。冬至の最適角度58.4°の場合も同様です。だからといって、家庭では屋根に直付けで設置するのが一般的なので、いまさら設置角度を変えたり調整したりすることは難しいでしょう。

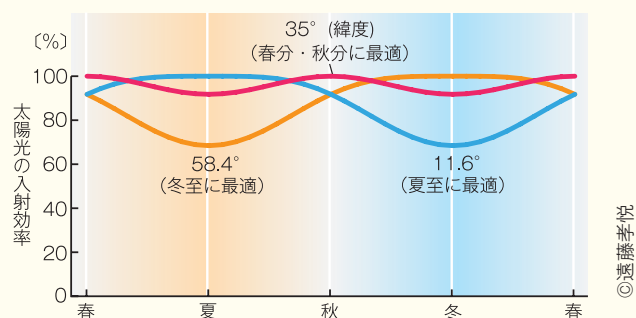


図3 季節による南中時の入射パワーの変化（垂直入射に対する比率）

再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度により、太陽光発電の電力は、私たちが電力会社から購入する価格の2倍程度の、非常に高い価格で買い取ってもらえるようになりました。今は事業として十分に採算がとれるため、全国各地にメガソーラーと称される大規模太陽光発電所が設置されています。ところがメガソーラーのソーラーパネルの角度は、緯度よりもかなり小さくしている場合があります。せっかくなら効率よく緯度に合わせればよいのに、と気になりますが、

理由が二つあるようです。

図4はソーラーパネルを水平(0°)に設置した場合と緯度(仮に35°)に傾けて設置した場合に、夏至と冬至に太陽光が入射するようすを示しています。広い敷地に多数のソーラーパネルを敷き詰めることを考えると、パネルとパネルの設置間隔を考えなければなりません。冬至に最も南中高度が低くなったとき、となりのパネルの影に入らないようにしなければならないのです。設置角を大きくすると、パネルの間隔を広くとる必要があります(図4(b))。逆に水平に設置すれば、隙間なく敷き詰めることも可能です(図4(a))。

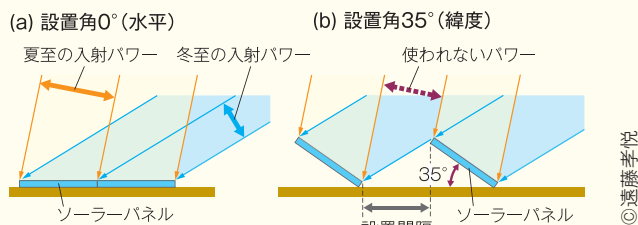


図4 ソーラーパネルを並べたときの間隔

図5は南中時に単位面積の土地全体に入射する太陽光パワーが、季節によってどのように変化するかを、太陽光のパワー密度を 1 kW/m^2 として示しています。実際に見かけるかなり低い設置角 10° と緯度に合わせた 35° とで、冬至に影に入らない最小限の間隔で設置した場合に、土地に入射したパワーのうちどれだけのパワーがパネルに入射するかを示しています。

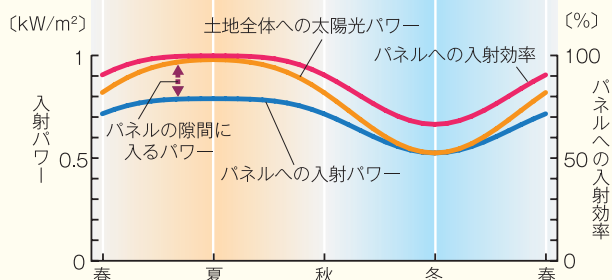
図4のように冬至に影が重ならない最小間隔で設置するという条件では、いずれの設置角度でも、冬至には土地全体に入射する太陽光パワーがすべてパネルに入射します。図5で夏になると南中高度が高くなり土地全体への入射する太陽光パワーが増加しますが、一部はパネルとパネルの隙間に入射するため、パネルへの入射パワーは必ずしも同じようには増加しません。これは設置角度が大きくなるほど顕著で、緯度(35°)で設置した場合は、パネルに入射するパワーは夏至でも冬至とほとんど変わりありません。逆に図4(a)のように水平に隙間なく敷き詰めると、季節によらずその土地で得られるすべての太陽光を利用することが可能です。

実は、その土地で得られる太陽光パワーをできるだけ有効に使うという意味では、設置角はより小さいほどよくなり、水平が最もよいのです。

図5にはそれぞれの場合のパネルへの入射効率も示しています。設置角 10° は夏至の最適角に近いので、冬場のパネル

への入射効率はかなり悪くなります。太陽電池そのものが高価なのでパネルを有効に活かすことが大切なのか、土地の面積が限られているのでその土地の太陽光を有効に活かすことが大切なのか、いずれに重きを置くか、さらにはパネルの温度上昇による効率の変化を考慮することで最適な設置角は変わってきます。実際はこれらのバランスを考え、もう一つ理由として、角度を緯度程度まで傾斜させると風に耐えるために架台の強度を高くすることが必要になり、設備コストが高くなるという点も考慮されています。

(a) 設置角 10°



(b) 設置角 35° (緯度)

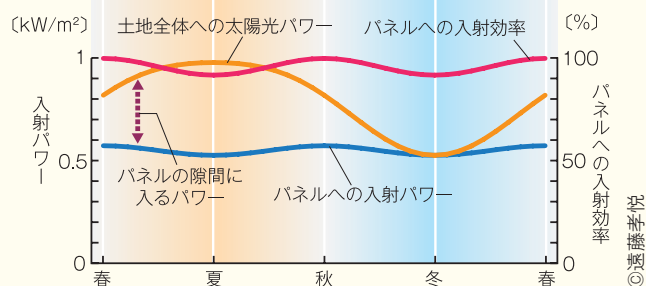


図5 一定面積の土地への太陽光パワーとパネルへの入射パワー

太陽の恵みをもっと活かそう

さて、太陽光発電システムは高価で誰もがすぐに始めるわけにはいきませんが、洗濯物や布団の天日干しはどうでしょうか。乾燥機に頼らず、天気の良い日は天日で洗濯物を乾かすこと、これはまぎれもなく再生可能エネルギーの有効利用です。昼間は電気の照明よりも、できるだけ窓からの自然採光を活かすこと、冬は日当たりのよい南の縁側で温かく過ごすというのも、再生可能エネルギーの効果的な活用です。必ずしもハイテクに投資することだけではありません。私たちが昔から知っている自然の恵みを活かす暮らし方をすることが、自然エネルギーの利用、再生可能エネルギーの有効活用でもあります。



第5回

科学技術の二面性
—デュアルユース問題—

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・科学哲学学科を卒業、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。最近の編著に『ポスト3・11の科学と政治』(ナカニシヤ出版、2013年)。

新型インフルエンザの脅威

2012年初夏、『ネイチャー』と『サイエンス』に掲載されたH5N1型鳥インフルエンザウイルスに関する二編の論文が注目を集めた。^{※1}

H5N1型鳥インフルエンザウイルスは、新型インフルエンザの脅威を世界が実感するきっかけとなったウイルスである。

1997年3月、香港のある農場で大量のニワトリが全身性出血で急死し始めた。被害は近隣の養鶏場にも広がり、ほぼすべての鶏が死亡した。被害の拡大を恐れた政府がニワト

リを殺処分し、被害はいったんおさまったかに見えた。鳥インフルエンザウイルスは人間には感染しないものと考えられた。実験結果もそのことを裏付けていた。しかし、悲劇はそれで止まらなかった。

5月半ば、3歳の男児が体調を急速に崩し、強い痛みを訴えながら息を引き取った。調査の結果、男児はH5N1型鳥インフルエンザウイルスに感染していたことが判明した。人間には感染しないものと思われていた鳥のウイルスが、わずかな変異によって人間に感染できるようになっていたのである。その事実は専門家を驚かせた。冬に入ると患者はさらなる広がりを見せ、新たに17人が感染し、5人が死亡する事態となった。高い致死率をもつインフルエンザウイルスの出現と感染の拡大は、1918年に発生したスペイン風邪の再来を専門家に危惧させた。スペイン風邪は、鳥インフルエンザウイルスが変異したものが病原体であり、世界で数千万人から1億人の人々を死に追いやったのであった。

1997年の香港では、感染者の拡大と前後して、養鶏場や市場で再び大量のニワトリが急死し始めた。香港政府は160万羽にもおよぶ全家禽の殺処分を命じ、鳥の輸入の制限や市場の消毒などを行った。その結果、被害の拡大はいったん収束した。

しかしその後、H5N1型鳥インフルエンザウイルスは世界中の家禽や野鳥の間に広がっていった。人への感染例も増えだした。2003年には、中国から東南アジアにかけて大規模に再発し、2005年には流行の世界的拡大への懸念が広がった。結果的には、感染の世界的流行は免れた。とはいえ、その後も各国で患者は出続けている。

H5N1型鳥インフルエンザウイルスがさまざまな変異を遂げていることも明らかになってきた。ここで万が一、人から人への感染を可能とするようなウイルスの変異が起こった場合、ウイルスは人を介して爆発的に拡大する可能性がある。

冒頭にあげた論文が発表されたのは、そのような状況のさなかであった。

感染の爆発的拡大の可能性

二編の論文は、H5N1型鳥インフルエンザが人から人へと感染するようになるメカニズムについて、インフルエンザ

研究でモデル動物とされるイタチ科の実験動物を使ってアプローチしたものである。

『ネイチャー』論文では、2009年に世界中で大流行したH1N1型インフルエンザウイルスとH5N1型鳥インフルエンザウイルスとで遺伝子組み換えを行うことによって、H5N1型鳥インフルエンザウイルス由来の、哺乳類間で飛沫感染するウイルスを作成できることが示された。これは人為的に行われたこととはいえ、ウイルスが進化することで、人から人へと感染しやすいH5N1型鳥インフルエンザウイルスが出現する可能性があることを示すものであった。また『サイエンス』論文は、やはり遺伝子組み換えを行ったH5N1型鳥インフルエンザウイルスが、哺乳類間で感染を繰り返すうちに、飛沫感染可能なウイルスへと変異することを示した。

飛沫感染では、感染者の咳によって周囲の人々にインフルエンザウイルスが感染するため、感染が家禽から拡大するのに比べて爆発的に広がっていく可能性がある。しかもH5N1型鳥インフルエンザは、感染者の約半数が死亡するという極めて高い致死性をもつ。そのようなインフルエンザウイルスが、変異を重ねることによって飛沫感染を行うようになり、世界的に流行するような事態となれば、極めて危機的な状況となる。

『ネイチャー』と『サイエンス』に掲載された二論文は、そのような可能性が現実になりうることを示すものである。研究結果のインパクトからいって、両論文が関係者から注目を集めたのは当然のことだった。

論文掲載をめぐる一騒動

しかし両論文は、別の側面からも注目を集めた。

通常、研究成果はできるだけ早く論文として発表されるように、関係者が全力を注ぐものである。重大な研究成果であればなおさらである。しかし今回については事情が異なった。両論文とも、論文が投稿されてから掲載されるまで8か月の時間がかかった。その間、両論文の発表をめぐる激しい議論が繰り広げられたのである。^{*2}

2011年末、米国のバイオセキュリティ国家科学諮問委員会は『サイエンス』に対して、同論文の掲載にあたって実験手法など研究の詳細を掲載しないようにという勧告を行った。

その直後、2012年1月には、『サイエンス』、『ネイチャー』両論文の著者らを含む39名のH5N1型鳥インフルエンザウイルス研究者たちが、十分な議論がなされるまでの暫定的措置として、H5N1型鳥インフルエンザウイルスの哺乳類間感染に関する研究を一時中断するという宣言を発表した。

バイオセキュリティ国家科学諮問委員会の判断は、テロリストらが彼らの研究を模倣することによって、飛沫感染可能なインフルエンザウイルスを人為的に作り出すことを恐れていたことであった。H5N1型鳥インフルエンザウイルスに関する研究が悪用されかねないという危機感が、発表の差し止めという判断を招いたのであった。

また、研究過程で人為的に作り出されたインフルエンザウイルスが、何らかの不注意により実験室から外部に漏れ出る可能性も議論を呼んだ。なにしろ、高い致死率をもち感染力も高いインフルエンザウイルスである。悪用だけではなく不注意もまた、社会に甚大なリスクをもたらし得るのである。

研究成果を全面的に公開すべきか否か、また、そもそもそのような研究を行うこと自体が望ましいのか否かという点が、大きな論争を引き起こしたのであった。

広く国際社会を巻き込んだ論争は、2012年3月、バイオセキュリティ国家科学諮問委員会が数か月前の決定を覆し、研究成果の完全公表を認める決定を下したことで終結した。

委員会が決定を行うにあたって、前年に投稿された原稿にいくつかの改訂を行った論文が検討された。報告によれば、研究が悪用されるリスクは依然として残っている。しかし、と報告は述べる。

- ・論文に記載されている情報を用いても、直ちに悪用が可能となるわけではない。
- ・どのような変異によって感染の爆発的拡大がもたらされるかがわかれば、インフルエンザの動向の監視など国際的な協力が可能となる。そのためには自由な情報交換が重要である。

以上の点を踏まえると、研究成果の悪用・誤用によって人々の健康や安全にもたらされるリスクよりも、研究成果を完全公表することによってもたらされる利益のほうが上回る。そのような判断が、バイオセキュリティ国家科学諮問委員会に数か月前の決定を覆させたのであった。

「デュアルユース」問題

人類の健康や安全に対して科学研究が大きな利益をもたらすと同時に、その同じ研究成果が悪用・誤用によって甚大な不利益をもたらすこと。H5N1 型鳥インフルエンザウイルスをとりまく一騒動は、そのことが象徴的に表れた事例であった。

人々の生活に恩恵をもたらすはずの科学技術は、いったん悪用されたり誤用されたりすると、大きな不利益をもたらす可能性がある。そのような問題は、科学技術の用途が二重性・二面性をもつという意味で「デュアルユース」問題と呼ばれる。^{*3} H5N1 型鳥インフルエンザウイルスをめぐる研究はデュアルユース問題の典型的な事例であり、そのために異例の対応が検討されることになったのであった。

実をいえば、論文掲載をめぐる論争を呼び起こしたバイオセキュリティ国家科学諮問委員会は、そのようなデュアルユース問題を扱うために設置された組織であった。米国では同時多発テロ事件の直後に発生した炭疽菌事件を受け、デュアルユース問題が議論的になった。炭疽菌もまた、伝染病の原因解明の過程で分離された細菌でありながら、第二次大戦以降、生物兵器としての研究が進められてきたのだった。2004年には、全米研究評議会に設置された委員会により、報告書『テロリズムの時代におけるバイオテクノロジー研究』がまとめられた。そこではバイオテロへの応用の可能性があるバイオテクノロジー研究を管理・監督する体制を整備することの必要性が主張された。そのうえで、デュアルユース問題に専門の見地から助言を行う組織の設置が提言された。それがバイオセキュリティ国家科学諮問委員会であった。

バイオ研究はいったん悪用・誤用されると、国家や社会はその根本から脅かしかねない。研究活動の進展や研究成果の公表が、潜在的にどのようなリスクをはらんでいるかを正確に認識し、科学研究がもたらす利益とリスクを比較し評価することが不可欠である。そのような認識が、バイオセキュリティ国家科学諮問委員会の設置をもたらしたのである。

もちろんデュアルユース問題は、バイオテクノロジーに限るものではない。例えば宇宙ロケット技術の開発で蓄積された技術や知見は、軍事目的でミサイル技術の開発に転用され

うる。デュアルユース問題は、現代の科学研究を考えるうえで避けて通れない問題となっているのである。

「悪用」という視点で見落とされるもの

科学研究の成果は、多くの人々に恩恵をもたらすと同時に、悪意ある人々の手にかかれば大きなリスクを社会にもたらす。バイオセキュリティ国家科学諮問委員会が H5N1 型鳥インフルエンザウイルス研究をめぐる利益とリスクの比較・評価で判断が揺らいだように、デュアルユース問題の解決は一筋縄ではいかない側面がある。とはいえ、そこでは、科学研究の望ましい利用の在り方と悪意をもった利用とが明確に区別できることが前提されているようにも思われる。なるほど、インフルエンザウイルスのバイオテロ目的での利用など、明確に悪意をもって研究成果が悪用される場面は少なくないだろう。

しかし、科学研究をめぐる、人々に恩恵をもたらす利用の仕方と、望ましくない結果をもたらす利用の仕方というものを、果たしてどこまで明確に区別することができるのだろうか。悪意をもたずに進められた科学研究の成果は、すべての人々にとって望ましい未来を約束してくれるのだろうか。

科学技術がめまぐるしいスピードで発展し、今まで不可能だったことが次々と可能になる現代、人々に恩恵をもたらすことが前提されている医療の分野でも、そのような明確な区分を疑問視する声が登場している。科学研究の悪用・誤用という視点ではとらえることのできない、現代の科学技術が抱える課題とはどのようなものか。次回はその点について考えたい。



補注

※1 鳥インフルエンザに関する記述は次の文献を参照した。マイク・デヴィス（柴田裕之・斉藤隆史訳）『感染爆発—鳥インフルエンザの脅威』紀伊國屋書店、2006年；外岡立人『新型インフルパンデミックを防ぐために』岩波ブックレット、2013年；杉本正信・橋爪壮『ワクチン新時代』岩波書店、2013年。

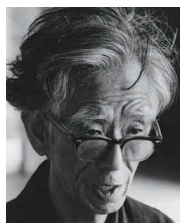
※2 特集記事は『サイエンス』の特設ウェブサイトでも公開されている。
<http://www.sciencemag.org/site/special/h5n1/>

※3 日本学術会議は「デュアルユース」に対して「用途の両義性」という日本語を使用している。（日本学術会議 科学・技術のデュアルユース問題に関する検討委員会『報告 科学・技術のデュアルユース問題に関する検討報告』2012年11月）

数学教育で まちおこし！

世界的数学者・岡潔博士（1901～1978年）が育ったまち、和歌山県橋本市では、博士の偉業を改めて顕彰しながら、子供たちが算数や数学に興味を持ち、さらに数学教育の充実した「数学のまち」となるように、市民団体が市や市教育委員会と一緒に取り組んでいます。

岡潔博士ゆかりの地



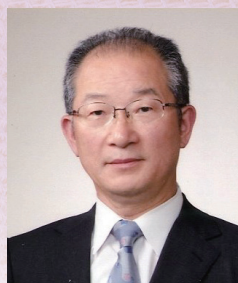
岡博士は世界の数学者の誰もが手に負えなかった多変数関数論の3つの難問を一人で解き明かし、二十世紀の大数学者として評価されて1960年に文化勲章を受章し、翌年に橋本市名誉市民となりました。博士は数学の研究にとどまらず、「情緒」の大切さを説き、ベストセラーとなった『春宵十話』をはじめ、日本社会の変容を憂いたメッセージを数多く残しました。

世界的数学者を輩出した本市だからこそ、数学教育の充実や博士の顕彰をすべきだという声が上がリ、2009年8月「橋本市岡潔数学WAVE」が設立されました。教育委員会に事務所をおき、数学教育の推進を中心に文化を育むまちづくりに寄与することを目的として、市民協働の視点を重視し広く会員を募集。名誉顧問に秋山仁博士を迎え、社会教育団体として活動しています。

「橋本市岡潔数学WAVE」の取り組み

1 算数数学教室等の開催

おもしろ算数数学教室や夏季講座を通して、子供たちが算数数学の楽しさ、不思議さを体感し、学習への積極的な態度や自信を身につけるようにさせたい、理数離れを軽減させたい、「考える力」を高めたいと考えています。



橋本市岡潔数学WAVE 会長

瀬岡 佳史 / せおか よしふみ

① 橋本市おもしろ算数数学教室（小学生対象）

毎月第3土曜日の午前中に中央公民館で開催。小学校低学年のための親子算数教室と高学年対象の算数数学教室をそれぞれ実施しています。

内容は「算数の歴史シリーズ」や「図形シリーズ」に加え、「一筆書き」、「魔方陣」、「ヘキサフレキサゴン」など。(a) 実際に紙を折ったり、切ったり、模型をつくったり、測定や実験、ものづくりなどの作業を行い、五感を総動員して考えること、(b) 身のまわりの不思議や謎を題材として、試行錯誤を繰り返しながら、それらの不思議を解き明かすこと、(c) 定理や公式を説明するのではなく、子供たちが自ら気づくよう配慮し、それらの発見に至るまでの思考のプロセスをたどることを大切に、数学が現在の生活に役に立っていることを体感させたいと考えています。

親子がともに数学の問題に挑戦する場としても好評で、講師は現役教員や学校関係者、教育委員会指導主事、塾講師など数学教育のプロ。いずれもボランティアの有志たちです。

② 数学WAVE夏季講座（小・中・高校生対象）

8月に算数数学の内容だけにとどまらず、科学分野も含めた講座を一週間連続で開催しています。

子供たちの理数に対する興味・関心を高め、考える力を身



につけさせるため、身のまわりにある数学・科学を通して、日常に潜む数学・科学の魅力と不思議を伝え、「数学ってこんなに身近で面白い!」、「科学ってこんなに面白い!」と感じさせたいと考えました。



小学生、中学生は一日に2講座、高校生は3講座実施しました。参加者からは「楽しい勉強ができてよかった」、「また参加したい」との声が出ています。すべての講座は公開とし、教員はもちろん一般の参観もありました。

おもしろ算数数学教室の講師のほか、滝川洋二（東海大学）、坪田耕三（青山学院大学）、松澤淳一、篠田正人（奈良女子大学）、矢島幸信、何森仁（神奈川大学）、大沢健夫、伊師英之（名古屋大学）の各先生を指導者に迎えて実施しました。

おもしろ算数数学教室の講師のほか、滝川洋二（東海大学）、坪田耕三（青山学院大学）、松澤淳一、篠田正人（奈良女子大学）、矢島幸信、何森仁（神奈川大学）、大沢健夫、伊師英之（名古屋大学）の各先生を指導者に迎えて実施しました。

③ 数学コンクール（小・中・高校生対象）

2011年度から「日本数学コンクール・日本ジュニア数学コンクール」（名古屋大学主催）を橋本市で和歌山会場として開催しています。本年度は8月10日に実施し、子供たちは10時半から16時まで問題に挑戦しました。優秀者には、名古屋大学と橋本市長からそれぞれ表彰を行っています。

2 研究会、講習会等の開催

算数数学教育に関わる講習会や、授業力向上を目的としたセミナーを開催しています。

2010年度の秋山仁名誉顧問による講演会では、生活の中にある数学の面白さ、不思議さを体感した参加者から感動の渦が起きました。本年度は講師に坪田耕三顧問を迎えて教員対象のセミナーを行いました。



3 岡潔博士の顕彰

① 講演会

岡博士に関する講演会を毎年1回開催しています。2009年度は設立記念講演会「天上の歌 岡潔の生涯」、2011年度は岡潔名誉市民50周年記念講演会・NHK番組上映会「岡潔博士の数学について」、2012年度は「紀見村時代の岡潔博士 人生と学問の回想」を開催しました。今年は設立5周年記念講演会を12月14日に実施します。

② 絵本「岡潔博士ってだぁーれ？」

2011年4月、子供たちが初めて博士と出会う機会として、絵本を発行しました（響文社、定価1260円税込）。読み聞かせなどを通して、親子で博士と触れ合ってほしいとの考えです。近隣の保育園、幼稚園、小・中学校等へ贈呈するとともに、2012年度から毎年、新入学児童へ市がプレゼントしています。



さらなる発展と期待

将来的には、文化を育むまち「橋本市数学ワンダーランド」を創り上げたい。そして、子供たちが岡潔博士の業績を知り、市民としての誇りや夢を持って生きてくれるよう力を尽くしたいと考えています。

「岡潔記念館」構想

市へ建設を要望中であり、岡潔記念館（例えば、博士の資料・業績の展示ゾーン、算数数学にかかわる展示や学習体験ゾーンを備えた施設）の建設を目指します。そして、岡潔博士の遺品、数学展示品等の収集も行っています。また、研究者等の協力をいただきながら、博士の業績等を多くの方に知っていただけるように、映像（TV番組など）・デジタルツールの作成を目指しています。



・・・編集後記・・・

「我が国のESDの現状と課題」第1弾をお届けします。次号では、第2弾として名古屋市や岡山市での取り組みなどを紹介する予定です。

また、(財)理数教育研究所では、2013年から塩野直道記念「算数・数学の自由研究」作品コンクールを開催し、全国の小学生・中学生・高校生の皆さんから9000を超える作品の応募をいただきました。ありがとうございます。審査結果は2014年1月末にホームページで発表し、おもな受賞作品を次号で紹介します。

(財)理数教育研究所 事務局

大陸移動説を唱えた探検服姿のアルフレッド・ウェゲナー

(遭難した1930年11月撮影。Illustrazione Italiana, 1931年5月31日号より)

私たちは今、「大陸が移動する」と聞いてもあまり驚かないでしょう。しかし、20世紀前半までは「想像外」の考えだったのです。ドイツのウェゲナー(1880～1930年)が南米大陸とアフリカ大陸との大西洋をはさんだ海岸線が類似していることから着想して「大陸移動説」を発表したとき、多くの科学者はこれまで自分たちが行ってきた研究成果を論拠に、また大陸を動かす原動力は何かが不明などとの科学的立場で反対しました。中には「地質学の素人が何をいうのか」など、非科学的態度で否定する学者もいました。確かに彼は気象学分野の研究者で、極地の気象などを調べる目的で数回にわたりグリーンランド探検に赴いています。写真は最後の探検のときの姿です。「素人」だったからこそ、学界の「常識」に束縛されなかったのでしょう。

今、彼の着想は地震発生のしくみなどの解明に大いに役立っています。

大阪教育大学 名誉教授 鈴木 善次 / すずき ぜんじ



© Ullstein bild/アフロ

Rimse (リムセ)

No.6

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丁目3番23号
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丁目3番10号
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

表紙写真：地球と葉と水

©R.CREATION/orion/amanaimages