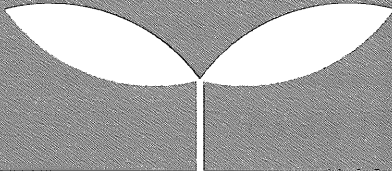


朝永先生と「科学の芽」の世界



金谷和至

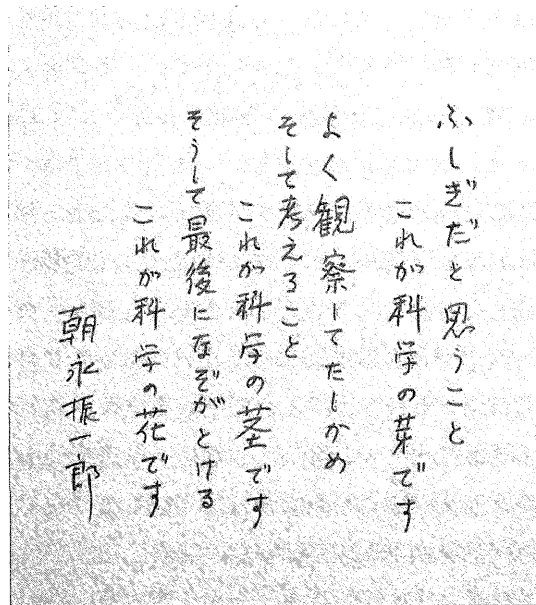


図1 朝永先生の色紙。京都市青少年科学センター所蔵

科学する心とその喜びをやさしい言葉で見事に言い尽くしたこの有名な色紙は、1974（昭和49）年11月6日に、国立京都国際会館で湯川秀樹・朝永振一郎・江崎玲於奈の三博士を招いて開かれた座談会「ノーベル物理学賞受賞三学者 故郷京都を語る」（主催：京都市，京都市教育委員会）で、三博士に、京都の子どもたちに向けた言葉をとの要請に応じて、朝永先生が書かれたものです。実物は、京都市青少年科学センターにあり、筑波大学ギャラリー朝永記念室にもコピーがあります。このときに朝永先生がされた講演¹⁾でも述べておられますが、朝永先生は、小学校の習字で先生から「お前はなんてこんなへんな字を書く」と言われて以来、字が苦手で、色紙のたぐいはだいたい断っておられたそうです。しかし、このときは断り切れなかったの

でしょう。おかげで私たちはこのすばらしい言葉を受け継ぐことができました。

この言葉は、科学の心を表すと同時に、科学する心を育むには、何が大切かもよく表していると思います。朝永先生は、子どもの頃から、科学の芽となる「ふしぎ」をいっぱい見つけ、それを自分の手を動かして実験し、納得がいくまで考えました。以下では、朝永少年がどのように科学する心を伸ばしていったのかを考える手がかりとして、朝永先生の少年時代のエピソードをいくつか紹介しましょう。

朝永振一郎先生は、1906（明治39）年3月31日、東京の小日向三軒町（現在の文京区小日向）で生まれました。お姉さんが1人いました。その後、弟と妹が家族に加わります。お父さんは哲学者で、お父さんの京都帝国大学（現在の京都大学）への着任とともに、一家は京都に移りました。しかしすぐに、お父さんの海外留学で東京に戻り、本郷の誠之小学校に入学しました。自筆の年譜²⁾によると「学校では泣き虫で有名」だったそうです。お父さんが帰国し、1年生の2学期の終わりに再び京都に戻ります。1913（大正2）年のことです。平安神宮の北にある錦林小学校に転入しました。京都ことばがわからず「学校へ行くのをいやがり両親を困らせる」。病気がちで、微熱が取れず何日も寝たきりになっていたことがしばしばあったそうです。

中学1年生の時は、入学早々1学期間休学しなければならず、特に英語は追いつくのに苦労したとのこと。「そのころ私は、中学校では予習ということをするんだということを全然知らなかった。（中略）こっちは小学校のつもりですから、予習なんてことをするとは夢にも思わなかった。それで予習していないからさっぱりわからない。」³⁾ それでも2学期の末には追いついた。見かけと反対に、芯は負けず嫌いでした。

寝たきりが続くと退屈です。寝床の上に座ってもいいとお医者さんの許しがやっとなると、早速ボール紙や御飯粒の糊を使っていろいろな工作を行っていたとのこと。当時住んでいた家の模型をつくり、背景の絵も描き、カメラを使って自ら撮影したジオラマ写真が残っています（図2）。また、お父さんに買ってもらった『理科十二か月』という本や『理科少年』という子ども向けの科学雑誌をネタにして、それに自分の工夫を加えて、さまざまな科学実験をやっていたそうです。

朝永少年がどのような実験や工夫を行ったかについては、「私と物理実験」と題された随筆にいくつか紹介されています⁴⁾。それによると、

- 小学校3年の頃、節穴がある引出を立てて、その前に紙のスクリーンを置いて、ピンホールカメラをつくった。あるとき、拾った虫眼鏡と組み合わせてみると、



図2 朝永少年自作の京都吉田の自宅の模型。
ボール紙でつくり，図3と同じ蛇腹式
カメラで自ら撮影された
(筑波大学ギャラリー朝永記念室蔵)

スクリーンの上に、「前より小さいが，驚くばかり鮮明な像がくっきり現れた」。

- 中学生の時，幻灯機をつくったが，大きなレンズがなかった。フラスコに水を入れて代用してみると，うまくいった。
- 次に，幻灯板を自分でつくろうと思った。幻灯板というのは，透明なガラスの上に画像を焼き付けた物で，それを通した光をスクリーンに大きく映す装置が幻灯機です。今なら，透明なフィルムの上にプリンターで画像を印刷すればいいのですが，当時は，何もなかった。試行錯誤の末，寒天に青写真の薬をしみこませ乾かして，お父さんが外国で撮ってきた写真ネガの映像を焼き付けてみると，予想以上に透明で色の濃い青写真がガラスの上にてきた。得意になって，友達を集めて試写会をした。
- おもちゃの顕微鏡の倍率を上げるために，ガラス管の切れはしをガスで溶かし，ガラス玉をつくり，対物レンズにしてみた。倍率が200～300倍くらいになって，古井戸の水の中にいたツリガネムシがよくみえた。
- アスピリン錠の空きビンに鉛を入れ，針金を差し込んで溶かして，ビンを筒としたピストンをつくった。ビンの底を抜いて，コルクの栓をはめ，ガラス管を2本差し込んだ。ガラス管の1部を細くくびって玉を入れると，弁になり，小さな押し上げポンプとなった。

「私と物理実験」には紹介されていませんが，朝永先生が中学3年生の頃，外国航

路の船乗りだった叔父さんがおみやげとしてドイツ製の蛇腹式カメラ^{じやばら}を朝永家にもってきて、朝永少年は、それを使って、いろいろなものを写していました。自宅模型のジオラマ写真もその1枚です。

図3の写真は、朝永少年が弟の陽二郎さんを写したものです。別に双子が写っているわけではなく、陽二郎さん1人を二重に写したトリック写真です。そのときの様子を陽二郎さんが書き残しておられるので、少し長いのですが引用します。

「ときに、兄はこの写真機にちょっとした工夫を加えて、変わった写真を撮ったことがある。いま、その原板が残っているのは二枚だけだが、そのうちの一枚はトリック写真を撮るといって、私を撮ったものである。一枚の写真に同じ背景の前にわたしが双子兄弟のように並んで写っている写真である。わたしの記憶によれば、カマボコ板を二枚、^{かぎ}鉤形に釘で打ちつけ、表面に墨を塗ったものである。それでレンズの半分を屏風^{びょうぶ}を立てるようにして覆^{おお}って撮った後、わたしを移動させて、こんどは、さきに覆われた方の半分の同じように覆ってシャッターをきるという簡単な仕組みであった。」⁵⁾

ここでみなさんに問題です。この話を聞いて、1枚の写真フィルムに左右半分ずつ写真を撮ったのだと単純に思われるかもしれませんが、朝永少年が使っていたような昔のカメラでは、レンズを半分覆っただけでは、実は、画面が半分になるということはありません。私は骨董品^{こつとう}の2眼レフをもっていますが、レンズを黒い紙などで半分覆ってファインダーから^{のぞ}覗くと、全体に暗くなっているけれど、ちゃんと画面全体をみることができます。ただし、これは昔のフィルム式のカメラでの話です。今のデジカメでは、レンズを半分隠すと画面も半分になります。実験をする時は、誰かに昔のカメラを借りて、やってみてください。

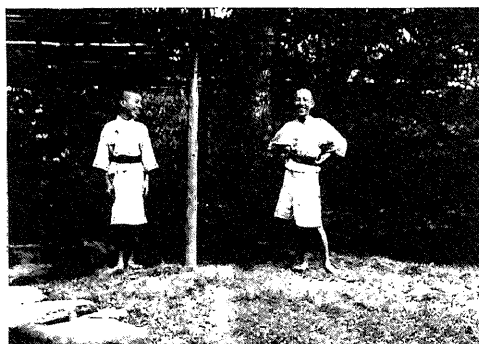


図3 朝永先生が撮ったトリック写真
(筑波大学ギャラリー朝永記念室蔵)

さて、問題ですが、

問題1：レンズを黒い紙などで半分覆うと、フィルム式のカメラでは、どうして画面が暗くなるだけで全体がみえるのでしょうか？ また、同じことをして、デジカメではどうして画面が半分になるのでしょうか？

問題2：朝永少年はどんな工夫をしてこの写真を撮ったのでしょうか？

しばしば寝たきりになる生活の反動からか、寝たきりから少しずつ開放された喜びからか、中学の終わり頃からよく、友人や弟さんを連れて、京都近郊の山に、植物採集や野歩きに出るようになったそうです。いろいろなエピソードがありますが、私が特におもしろいと思ったのは、同じ場所に行くのに、その度に道筋を変えていたという話です。人1人が通れるくらいの小道を抜けると、思いがけない風景が広がったり、ときにはヘビが鎌首をもたげて探検者たちを迎える。自然が好きで、山歩きは晩年まで続けました。

残りページ数が少なくなってきたので、今度は、朝永少年の先生たちのことを書きましょう。朝永少年を理科好きにしたのは、お父さんが買ってくれた本や、叔父さんたちの影響もあるでしょうが、学校の先生たちも、大きく関わっているようです。

小学校のときは、運動場や体育館に生徒を集めて、酸素を発生させて鉄の針金などを燃やしてみせたり、水素を詰めたゴム風船を飛ばしたりといった、物理や化学のデモンストレーション実験がよく行われていたそうです。また、体が弱くて学校を休ん



図4 高校生時代の写真。前述の蛇腹式カメラをセットして自分で撮影されたものと思われる。裏に「あしたはしけんじゃ ちっともわからへん (又) 落第や」の自筆の書き込みがある。(筑波大学ギャラリー朝永記念室蔵)

だときに、担任の先生が補習に来て、長さを半分にすると体積がどうなるかを、立方体にした芋を包丁で切って、小さなサイの目が8つできるのをみせて、ほら8分の1になるだろうと教えてくれたそうです。

日本で2番目のノーベル賞を受賞した朝永先生と、日本で最初のノーベル賞を受賞した湯川秀樹先生は、京都第一中学校・第三高等学校・京都帝国大学と、同じ学校に通いました。旧制の学校なので、今の中学・高校とは少し違います。湯川先生は、中学では朝永先生より1学年下でしたが、早期修了で1年早く高校に進み、高校から朝永先生と同級になりました。この一中・三高は、森外三郎校長による、自由を重んじ「生徒諸君を紳士として扱う」校風のもとで、当時としてもユニークな教育を行っていたようです⁶⁾。各先生が実験的な授業をしていました。朝永少年には特に数学の授業が印象に残ったようです。紙にいろいろな三角形を書いて、角の角度を測ってみる。それらを足し合わせると、どんな三角形でもだいたい180°くらいになる。あるいは、いろいろな丸い筒をもってきて、糸で周りの長さを測ってみる。それを筒の直径の長さで割ってみると、これもだいたい同じ比率になる（いくつになるか、みなさんは知っていますね？ 何桁までいえますか？）。1歩の長さを調べておいて、歩いて距離を見積もって、巻き尺で測った距離と比べてみる。電信柱の頂上までの角度を測って、高さを計算してみる、などなど。こうした手足も動かす勉強が、2人にノーベル賞をもたらしたのかもしれない。

最後に、これを読んでおられるお父さんお母さんや先生方に、朝永先生の「好奇心について」という講演を紹介します⁷⁾。1972（昭和47）年の講演ですが、36年前のものとは信じられないくらいに、現在のインターネット社会で子どもたちを育てていく上で本質を突いたポイントが含まれています。先生はおよそ次のようなことを言っておられます。

自然現象の中にある隠れた脈絡をなんとかして見つけ出そうという好奇心が科学の基礎にあります。これは人間の本能に根ざしていて、子どもは非常に小さいときからこの好奇心をもっています。

英語の辞書によると、好奇心には「精密あるいは精緻^{せいじ}を好む」という意味があり⁸⁾、これは「いい加減なことではなかなか満足しない」ということです。ここで、好奇心とよく似た言葉に「野次馬」があり、人々の中に混乱があるようだけれど、区別をはっきりさせておく必要があります。ほかの人がやるから自分もやるという軽薄さの中には、科学に大切な「徹底的に精密にかつ精緻に追求する」という気持ちがありません。

このもって生まれた好奇心を刺激し、鈍らせないためには、ドイツ語の好奇心 *wissensdurstig* に含まれる「知識に対する渇き」が大切です。しかし、今の学生は、情報過多の世の中で、情報を得るのに大変熱心だが、それでもうお腹が一杯になってしまって、本当に自分の知的な要求がどこにあるのか、わからなくなってしまう傾向があります。「ともすれば、つまらない知識の間食で満たされ、本当の食欲がなくなってしまうという傾向を、どうすれば取り除くことができるか、みなさんに考えていただきたいのです。」

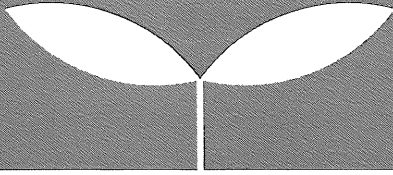
さて、最後の最後に、別の話。この稿の最初に書いた、習字が苦手の件ですが、いつも「乙の下」や「丙の上」の点で、そのうえ冒頭に引用したようなことまで先生にいわれ、朝永少年は小学校に行くのが嫌になり、登校拒否になりかかったそうです。それが、小学3年生の夏頃から急に、「甲」や「進歩」の判が押されるようになって、おかげで学校に行くのがそれほど嫌でなくなったとのこと。当時の習字が残っていますが、私には「丙」と「甲」でほとんど上達した様子はみえませんでした。また、体が弱かった朝永先生は、小学校の体操の時間も苦手だったそうです。運動会の日はいつも雨になりますようにと願っていました。それが、平安神宮の回りを1周するマラソンをやらされたときに、落伍しないでよく戻ってきたと先生にほめられます。そのことをよく覚えておられるそうです。習字も体操も、朝永先生が活躍された分野ではないですが、これらの経験が、その後の何事にもものびのびと自然体で全力を注ぎ込む朝永流の、その原点につながっているように思えてなりません。どんな形でどの芽からどんな花が咲くか。大らかな目で育ててください。

〈注〉

- 1) このときの講演「京都と私の少年時代」は、みすず書房『回想の朝永振一郎』（松井卷之助編 1980）や、岩波文庫『科学者の自由な楽園』（江沢洋編 2000）に収録されています。
- 2) みすず書房『回想の朝永振一郎』（松井卷之助編 1980）。
- 3) 朝永振一郎「京都と私の少年時代」、岩波文庫『科学者の自由な楽園』（江沢洋編 2000）に収録。
- 4) 朝永振一郎「私と物理実験」は、みすず書房『鏡の中の世界』（1965）や、岩波文庫『科学者の自由な楽園』（江沢洋編 2000）に収録されています。
- 5) 朝永陽二郎「少年のころの兄の思い出の断片」、みすず書房『回想の朝永振一郎』（松井卷之助編 1980）に収録。
- 6) 当時の中・三高に関しては、京都大学学術出版会『素粒子の世界を拓く——湯川秀樹・朝永振一郎の人と時代』（湯川・朝永生誕百年企画展委員会編集 佐藤文隆監修 2006）の第6章に解説があります。2人の少年時代に関しては、同書第1章もご覧下さい。
- 7) 朝永振一郎「好奇心について」、岩波文庫『科学者の自由な楽園』（江沢洋編 2000）に収録。
- 8) 私のもっている辞書では、残念ながらこの訳を見つけられませんでした。

[筑波大学大学院数理物質科学研究科教授]

科学の芽を見つけるには



大高 泉

1. 科学の芽が大切

少し前、天動説を唱える児童が4割強もいることが話題になりましたが、公転ばかりではなく自転の理解もたやすいものではありません。高校生になれば、地球の自転を証明する実験としてフーコー振り子の実験をあげる生徒も多くなるはずです。最近出版された『世界でもっとも美しい10の科学実験』の中にも、当然、フーコー振り子の実験が取り上げられています。フーコー振り子の実験は、地球の自転をエレガントな方法で証明した実験としてよく知られています。確かに、この実験が、振り子という身近で単純な道具を使って、地球の自転をとらえた「美しい」実験であることに異論はありませんし、その独創性には驚嘆するばかりです。

しかし1つの疑問が浮かんで来ないでしょうか。フーコーが、その実験をする以前に、「地球が自転しているのではないか」という疑念・着想を抱いていなかったとしたら、そもそもこの実験を構想することも実施することもなかったはず。ここで問題にしたいのは、なぜそのような「奇妙な」疑念を抱いたのか、です。というのも、「地球が自転している」という疑念・着想それ自体は、私たちの日常経験と矛盾しているように思われるからです。これほど大きな地球が西から東へ1日1回転しているのであれば、相当強い東風が吹くはずではないか、あるいは、一度枝から飛び立った小鳥はもうその枝には戻れないはずではないか。ところが、そういう東風は認められませんし、小鳥も元の枝に戻れるのです。地球の自転を認めると、こうした日常経験との矛盾に答えなければならないので、地球の自転を認めることは、決して容易なものではなかったのです。ましてや、関連知識が未発達であった当時としては、「地球が自転しているのではないか」という疑念・着想は、今日とは比較にならないほど奇妙で、よく言えば、独創的な考えだったのです。

フーコーはどうしてこのような疑念・着想に至ったのでしょうか。フーコーからコペルニクス、キケロへ、ついにはアリストアルコスにまでその起源を遡ることができる

とされています。では、アリストタルコスは、たいした装置もない時代に、日常経験と矛盾すると思われるこうした疑念・着想をどのようにして得たのでしょうか。何を「ふしぎだ」と思ったのでしょうか。

この疑念・着想こそ、「科学の芽」とよぶにふさわしいでしょう。「科学の芽」賞の由来の朝永先生の言葉どおり、「ふしぎだと思うこと、これが科学の芽」なのです。地球の自転の場合、「科学の芽」が出てから、2000年ほど経て「科学の花」が咲いたわけです。

さて、「科学の芽」をこのようにとらえて、これまでの受賞作品をみてみましょう。

2. 受賞作品の中の「科学の芽・茎・花」

「科学の芽」賞の審査をすでに4回経験しています。4度の審査を通じて、受賞作品の一般的特徴をあげてみます。

第1に、作品の題名、言い換えますと、研究のテーマについては、身近な生活の中で抱いた疑問から出発したものが多くあります。ややもすると、ふしぎだとは思いつつも、見過ごしてしまったり、そのままにしてしまうものに、しっかりと目を向けています。このような着目のすばらしさをあげることができます。例えば、第4回の蚕のお気に入り・好みを探った「かいこのまゆ作りにお気に入りの形や場所はある?」、氷を水に入れたときに聞こえる音のなぞに注目した「ピキピキのなぞ」、「アリは輪ゴムがきらい」、「動物の「まばたき（瞬き）」に関する研究」などがあります。もう1つは、学校での理科学習をさらに発展させたもので、内容も大変高度なものがあります。科学の専門家でさえ、専門が少し違えば理解できないほど充実した研究になっています。高校生の作品は、このような理科学習発展型の専門的にも高度な作品ばかりです。例えば、第4回の高校生部門で、地質比較の「堆積物中の二硫化鉄 (FeS_2) 生成の物理化学的検討～地質比較における生成条件・温度圧力条件の検討～」などをあげることができます。

各部門におけるテーマの物理、化学、生物、地学の割合にも特徴があります。第4回の小学生部門では、動物や植物など生物に関する研究が多く、中学生部門では、生物に関するテーマばかりではなく、赤外線に関する物理的テーマや水と石けんなど化学的なテーマが増えています。高校生部門は、生物と物理・化学・地学を合わせたテーマがみられます。

第2に、「ふしぎだな」と思ったことを解決するためにどのように探究を進めたか、というテーマへのアプローチについては、(1) 厳格な条件制御をした実験的研究、(2) 多数の標本を取り上げ、丹念に観察した観察的研究、(3) 長期にわたる継続的で根気

よいフィールドワークによる観察研究などがあり多様です。そしていずれのアプローチも緻密ちみつです。

第3に、研究の過程やその結果についての表現や論述力が大変優れています。国際調査によれば、記述式の問題や科学的論述力をみる問題に対する日本の生徒の正答率が大変低く懸念が広がっていますが、受賞作品はいずれも、観察や実験から得られたデータを適切に処理し深く考察しています。また、学年が上がるにつれてコンピュータやデジタルカメラを多用して表現力もさらに向上しています。受賞作品はそれぞれの学年のレベルをはるかに超えた考察力、表現力、論述力を示しています。

第4に、受賞者の男女比については、第1回目では、女子児童・生徒の受賞作品の割合が男子を上回り、第2回目ではまったく同等でした。第3回目では、男子も女子の数に近づきつつありましたが、第4回目には、大きく逆転しました。その結果、男子児童・生徒と女子児童・生徒の割合は、男子が女子の2倍近くになり、およそ2対1になっています。小学生の部と高校生の部では、男女同数となりましたが、中学生になると、男子が7に対して、女子はわずか1になってしまいました。これまで女子児童・生徒の積極的な参加がみられるのも本賞の特徴の1つでしたので、中学生の女子の健闘を祈りたいと思います。

3. 「科学の芽」を見つける

OECDの2006年の国際調査によれば、特に、「疑問を認識する」が8位、「現象を科学的に説明する」が7位となり、自ら課題を設定して説明する日本の生徒の力が弱くなっていることがわかりました。こうした現状であればなおのこと、「科学の芽」を見つけること、つまり「ふしぎだなど思うこと」が大事になります。では、どのようにしたら、科学の芽に気づいたり、見つけることができるでしょうか。「こうすれば、かならず科学の芽を見つけることができる」、という確実な方法やマニュアルは残念ながらないようです。それでも、心がけておくとよいことがあります。

第1は、自然の出来事や変化に対する感性を磨くことです。ふしぎだ、と思う感性、カーソンの言い方では、「センス・オブ・ワンダー」をたえずもち続け、研ぎ澄ませましょう。みること（視覚）ばかりではなく、耳を澄ませたり（聴覚）、手触りを大事にしたり（触覚）、注意してにおいをかいだり（嗅覚）、味わったり（味覚）、五感をできるだけ活用してください。きっと、見過ごしてしまいそうなものに気づき、聞き逃してしまいそうなものを聞き分け、微かな手触りやにおいや味の違いに敏感になるはずです。そこから科学の芽が出てくることでしょう。

高校生の受賞作品は、内容的にも研究方法的にも、専門的な科学の研究と比べても

^{そんしよく}遜色はないほどですが、「ふしぎだな」と思うこと、「科学の芽」の独自性、ユニークさが少々失われるような印象を受けています。ぜひ、小学生の頃の「ふしぎだな」という感性をもち続けてください。

第2は、「ふしぎだな」と思ったことを忘れないようにすることです。五感を磨いて「ふしぎだな」と思うこと、「科学の芽」に気づいたり、見つけることが多くなっても、それをすぐに調べることはできないことがあります。調べるには、どのように調べるかを考えたり、そのための実験や観察器具などの準備が必要なことがあります。そこで、「ふしぎだな」と思ったら、それをメモしてください。メモ帳をもち歩くとよいでしょう。そのとき大事なのは、「ふしぎだな」と思ったことの内容だけを書き留めるのではなく、どのようにしていたらそのようにふしぎに思ったのか、そのときの状況、「ふしぎだな」という思いは、どのようにして出てきたのか、あるいは自分の思いの移り変わりなど、後からその「ふしぎだな」という気持ちを再現できるように、可能な限り詳しく書いておきましょう。ボイスレコーダやビデオにその状況を記録しておけば一層リアルなのですが、児童・生徒の皆さんがそれらをいつももち歩くわけには行きません。

第3は、「ふしぎだな」と思うことには、いろいろなレベルがあることを知っておくことです。「ふしぎだな」と思ったことには、すぐ調べることができたり、実験や観察で確かめることができるものもあります。しかし、簡単には調べられないことや、自分でもそのふしぎさをうまく言い表せないものがあるかもしれません。あまりにも突拍子もないように思われる「ふしぎだな」があるかもしれません。その疑問をもち続け、いろいろな機会に考え直したり、調べてみましょう。そうした「科学の芽」がやがて大輪の「科学の花」を咲かせるかもしれません。「ふしぎだな」が、さらに別の新しい「ふしぎだな」を生み出すようになることも多くあります。連続して「科学の芽」賞を受賞している作品の多くでは、次々とこのような「ふしぎだな」が生まれていて、そこに新しい「科学の花」が咲いています。奇妙と思われる、ユニークな「科学の芽」も大切に育てていきましょう。多くの科学賞の中にあって、本学の「科学の芽」賞の独自の位置がそこにあります。

文 献

- 1) T.P. クリース (青木薫・訳), 『世界でもっとも美しい10の科学実験』日経BP社 (2007)
- 2) 国立教育政策研究所, 『TIMSS2003 理科教育の国際比較 国際数学・理科教育動向調査の2003年調査報告書』ぎょうせい (2005)
- 3) 国立教育政策研究所, 『生きるための知識と技能③』ぎょうせい (2007)
- 4) R.L. カーソン (上遠恵子・訳), 『センス・オブ・ワンダー』新潮社 (1996)

[筑波大学大学院人間総合科学研究科教授]