

FD・SD シリーズ①

平成 20 年度 なごや科学リテラシーフォーラム活動報告書

2009. 3. 30

なごや科学リテラシーフォーラム



# 平成 20 年度 なごや科学リテラシーフォーラム成果報告書

## 目 次

「科学リテラシー講演会・実験指導者講習会を実施するにあたって」……………	1
名城大学総合数理教育センター長 川勝 博	

### I. 第 1 回科学リテラシー講演会・科学指導者講習会の記録

・実施要項……………	4
・講演：「なぜいま科学リテラシーがすべての人々にいるか」……………	6
国際基督教大学教授 北原 和夫	
・対談およびパネルディスカッション：「科学リテラシーについて」……………	32
国際基督教大学教授 北原 和夫	
元日本物理学会長 坂東 昌子	
・付録：実験指導者講習会の配布資料	
資料 1 「ペットボトル顕微鏡」の実験書……………	54
資料 2 「ランニング・キャット」の実験書……………	60
資料 3 「紙ブーメラン」の実験書……………	62
・アンケート結果概要……………	66

### II. 第 2 回科学リテラシー講演会・科学指導者講習会の記録

・実施要項……………	76
・講演：「人権教育としての科学リテラシー	
—なぜ全ての人に科学リテラシーがいるのか—」……………	78
名城大学総合数理教育センター長 川勝 博	
・付録：実験指導者講習会の配布資料	
資料 1 「クリップモーター」の実験書……………	101
資料 2 「紫外線センサー」の実験書……………	103
資料 3 「ヨウ素デンプン反応」の実験書……………	108
・アンケート結果概要……………	110

### III. 特別寄稿

- 「全ての人に科学リテラシィがいるか？」  
ー北原坂東対談でいい残したこと、あれから考えたことなどー……………119  
NPO 知的人材ネットワークあいんしゅたいん理事長 坂東 昌子
- 「科学の言葉としての数学ー科学リテラシーと数学リテラシーとの関係ー」……………125  
梶山女学園大学 教授 浪川 幸彦
- 「燃料電池」……………131  
日本物理学会キャリア支援センター 谷口 正明
  
- おわりに……………139  
名古屋大学高等教育研究センター特任講師 安田 淳一郎

## 科学リテラシー講演会・実験指導者講習会を実施するにあたって

なごや科学リテラシーフォーラム運営委員長  
名城大学総合数理教育センター長  
川勝博

すべての人々に必要な基礎教養（リテラシー）は、近代においては、読み書き（国語）そろばん（数学）、でした。これに 21 世紀は、科学（理科）が入る。そうユネスコは 1992 年に宣言しました。

近代以前では、むしろ、すべての民族で、科学こそが、リテラシーでした。たとえ書き言葉をもたず、高度の数概念をもたなかった民族でさえも、親から子へ伝えられる基礎教養は、むしろ科学でした。それは人間が自然のなかで生きるのに欠かせない、自然の言葉を読む力だからです。風の言葉、水言葉、雲の言葉、森の言葉、光の言葉……。これは近代の意味の科学ではありませんが、広い意味の科学でした。21 世紀は、これをすべての人々のためのリテラシーに戻す。そうユネスコは宣言した。

人間は地球上で生きている。さまざまな生き物や、自然の創造物とともに、共存してこそ、持続的に生きられる。それなのに、なぜどうして近代になって、科学がリテラシーから外れたのか。自然の言葉を聴かずに人間が生きられる。そんなことを、いつから人々が信じこむようになったのでしょうか。

こうして 21 世紀の持続可能な未来を、科学や教育をとおしてつくる。よって環境と教育問題の改革が、次の時代の政治経済課題、サミットの重要課題になってきました。

すでに 20 世紀の終わりごろから、すべての市民の、読解力、数学、科学、の 3 つのリテラシーについての国際学力調査は始まっています。たとえば <PISA> でも <TIMSS> でも、未来型の科学は、すべての人々が必ず身につけるべき、大切な学力として考えられています。

日本人々も、もちろん例外ではありません。よっていま日本でも、いままで難しいから教えないとされてきた、自然観に関わる、イオンや分子論や力や進化や遺伝などの学習が、学習指導要領でも、その改革が始まっています。

もちろん日本学術会議も動き始めました。日本のすべての人々が身につけるべき科学の基礎教養は、文部科学省だけでなく、学術の側も、きちんと議論して提起すべきだ。そう考える学術会議会員が増えてきました。

そこでその科学と社会委員会が、国立教育研究所と協力して、科学技術リテラシー委員会をつくり、すべての日本人々が身につけているべき、科学リテラシーの内容を審

議しました。そしてこれを「21 世紀を豊かに生きるための科学技術の智」にまとめ、平成 20 年（2007 年 3 月）公表しました。これは学術会議のホームページを通して手に入れることができます。

しかし作っただけでは不十分です。①これをすべての人々に読んでもらう活動や、②リテラシーについての意見を広く聞き、さらに改定する活動も大切です。そこでこの作成活動に様々な形で関わった委員の名古屋関係者の有志と地域の市民や NPO の方たちと、この活動をおこなうグループを 2008 年 9 月に結成しました。それが名古屋科学リテラシーフォーラムです。

フォーラムの運営委員および所属は以下のとおりである。

委員長・川勝 博（名城大学）、戸田山和久（名古屋大学）、佐藤成哉（愛知淑徳大学）、浪川幸彦（椙山女学園大学）、村上美智子（主婦）、安田淳一郎（名古屋大学）、谷口正明（日本物理学会キャリア支援センター）

幸いなことに、今後の活動を発足するにあたって、各委員の各所属大学や、名古屋市教育委員会生涯学習課活動からの、一定のご理解と支援、励ましをいただいたことを感謝しております。

そこで運営員会で、活動方針を審議し、当面の活動を以下のように決めました。

（1）科学リテラシーに関わる講演会を開催する。（楽しいものに努力する）（2）科学実験交流会をおこなう。（大学連合で学生実験ボランティアグループを組織する）（3）名古屋の大学コンソーシアムの FD・SD 活動や、名古屋市生涯学習センターと連携して、この分野の地域大学ネットワークをつくる。（4）当面は①、②またはこれを結合した活動を、出来るだけ生涯学習センターとともに相談して行う。（5）活動費用はフォーラム参加、各大学、または大学連合が、様々な方策で工面する。（6）結果の講演・講習マニュアルは記録の冊子に残す。

この方針の下に 2008 年度は 9 月と 12 月の 2 回、科学リテラシー講演会・実験講習会を、大学を会場に行いました。2009 年度は生涯学習センターとの連携が進みつつあるので、地域と連携し、名古屋市のあちこちの生涯学習センターなどで実施できるのではないかと考えています。市民と共に実験や科学リテラシーの内容を交流しながら、新しい時代を地道に作っていかれたらと思っています。

## I. 第1回科学リテラシー講演会・科学実験指導者講習会

## 第1回科学リテラシー講演会・科学実験指導者講習会 実施要項

- 日時：平成20年9月27日（土）13:00-17:30
- 場所：名城大学（天白キャンパス北館5階 N0505 N506号室）
- 対象：科学実験に興味を持つ学生、科学教育関係者の方
- 参加費：無料
- 主催：なごや科学リテラシーフォーラム、名城大学総合数理教育センター
- 共催：名古屋大学高等教育研究センター
- 協力：日本物理学会キャリア支援センター

○タイムテーブル：

第1部	科学リテラシー講演会 司会：川勝 博（名城大学総合数理教育センター長）
13:00	講演：「なぜいま科学リテラシーがすべての人々にいるか」 北原 和夫（国際基督教大学教授、「科学技術の智」プロジェクト企画推進会議委員長）
14:00	対談およびパネルディスカッション：「科学リテラシーについて」 北原 和夫（国際基督教大学教授、「科学技術の智」プロジェクト企画推進会議委員長）、坂東 昌子（元日本物理学会長、元日本物理学会キャリア支援センター長）
15:00	休憩
第2部	科学実験指導者講習会
15:30	科学実験指導者講習会 テーマ：ペットボトルの顕微鏡、ランニング・ロボキャット、紙ブーメラン
17:00	テーマ実験の原理についての解説 ペットボトルの顕微鏡（内田達弘、名城大学講師） ランニング・ロボキャット（星野高志、名城大学3年） 紙ブーメラン（斉藤哲郎、名古屋大学3年）
17:30	閉会

○参加者数（内訳）：52名（大学関係者[23名]、大学生[10名]、一般[19名]）

# 第1回 科学リテラシー講演会 科学実験指導者講習会

～なぜ、いま科学リテラシーがすべての人々にいるのか～

2008. 9. 27 (SAT)

13:00～17:30

名城大学 天白キャンパス

共通講義棟北 N505・N506

## ■ 対象者

大学教職員、学生、教師、生徒、市民の方々、どなたでも参加いただけます。(定員 60名)

## ■ プログラム

### 【第一部】科学リテラシー講演会(13:00～15:00)

#### ①13:00 講演

「なぜ、いま科学リテラシーがすべての人々にいるのか」

講師: 北原 和夫氏 日本学術会議「科学技術の智」プロジェクト企画推進会議  
委員長・元日本物理学会会長・国際基督教大学教授

#### ②14:00 対談およびディスカッション

北原 和夫氏 VS 坂東 昌子氏

講師: 坂東 昌子氏 元日本物理学会会長・愛知大学名誉教授

### 【第二部】科学実験指導者講習会(15:30～17:30)

I) ペットボトルの顕微鏡の製作

II) ランニング・ロボキャッツの製作

III) 紙ブーメランの製作

## ■ お申し込み先・お問合せ先

名城大学 総合数理教育センター

TEL : 052-838-2359(直通)

E-Mail: [ocsec@ccmails.meijo-u.ac.jp](mailto:ocsec@ccmails.meijo-u.ac.jp)

主催 : なごや科学リテラシーフォーラム  
名城大学総合数理教育センター

共催 : 名古屋大学高等教育研究センター

協力 : 日本物理学会キャリア支援センター

## 講演

### なぜいま科学リテラシーがすべての人々にいるか

講演者：

国際基督教大学教授 北原和夫



○川勝 時間になりましたので始めたいと思います。

実はこれはご存じのように、第1回の科学リテラシーの講演会の実験、および実験指導者講習会ということで、初めて始めたということです。

学術会議が「すべての人たちに、市民のための科学を」ということで研究をして答申を出したのですが、これは、あとでお話いただきますが、それを何とかみんなと共に語り合おうじゃないかということで、心有る者が集まって、息長く、持続的に何かしようということでスタートした、今日は第1回の会合でございます。

できるだけ楽しく、いろいろなこと、かつ意義のあるものにしようということで、今回は実験講習会とドッキングした格好で、楽しく、かつ意義のあるような活動にしたいと。これから末永く、よろしくお願ひしたいと思います。

今回は、たくさんの方に集まっていたいただいて、ありがとうございます。実に多様な、普通はこういう人たちが一堂に会することは、ほとんどないんじゃないかと思われるようなほど多様な方が、いっぱいお見えです。ぜひ、そういうところでお願ひしたいと思います。

それでは第1部は、北原先生にお願ひいたします。前の物理学会の会長さんでござい

ますが、科学リテラシーを作成した実行委員長でございます。先生にまず、何のために、すべての人に、子どもに、人々に、科学リテラシーがいるかというお話を、1時間ぐらい、していただきたいと思います。では、よろしくお願いします。

○北原 いま、紹介いただきました北原です。この2003年ぐらいから、「科学技術リテラシー」というプロジェクトを始めまして、ちょうど5年ぐらいかな。何とか、皆さんのお手元にある学術会議の対外報告というかたちでまとめたのですが、その背後には、実は、こういう「総合報告書」があり、さらにそれ以外に各部会の報告書があります。全部合わせるとおおよそ1,000ページぐらいになりました。そのお話をしようと思っています。

○川勝 こういう冊子があります。これです。

○北原 私がいったい、何者であるか、ちょっと自己紹介しながら、なぜ、こんなことに取り組んでしまったのかというお話をしたいと思います。

僕は、実は若いとき、博士課程のときに25歳で留学をしまして、そこで日本の知識人とヨーロッパの知識人は随分違うなということを感じました。

何が違うかという、僕が学生時代に読んだ『偶然と必然』というジャック・モノーの本があります。これは進化というのが、分子レベルではランダムなことなのだけれども、それが環境に適応するために、進化としてある方向に進んでいくということです。そして、ほかの可能性は全部、淘汰されてしまうということで、一見、合目的に物事が進んでいくということを熱く語っている本なのです。

日本で読んだときは、そういうものかと思って読んでいたのですけれども、留学するためにパリに着いた途端に新聞を開けてみたら、このことで科学者とか哲学者、メディアとか、いろいろな人が大激論をやっているのを見て、びっくりしました。なるほど、自然科学上の発見というのが人々の存在基盤を揺るがす大事件として、報じられているんですね。それが非常に大きなカルチャーショックでした。

たまたま、僕が弟子入りしたプリゴジンという先生が、実はそういうタイプの人間で、僕自身は熱力学の勉強に行っただけなんですけれども、彼は不可逆過程に非常に興味を持っていて、若いときから、時間とは何だ、不可逆性とは何だということを、ずっと死ぬまで問い続けていた人です。そういう人のところへ行っただけですね。

そのあと、そこでドクターを取ってからMITに進んでいったときに、そこでまた一つのカルチャーショックがあって、アメリカでは化学と物理の間には境界がないということが分かりました。そんなことがあって、そのあと、日本に戻ってきて、静岡大学にしばらくいまして、そのときも非常に文理融合的な雰囲気があって、ドイツ文学の先生と一緒にフッサールの本を読んだりとか、そういうことで随分勉強しました。

それからしばらくして、2003年に日本物理学会の会長になって、そこで物理学全体を考えなければいけない立場に置かれたこともありまして、いろいろな研究所や大学を回って、いろいろな研究所の人と話をしたりしました。

そのころ、ちょうど男女共同参画が話題になった時期で、そこにいらっしゃる坂東先生と一緒にパリに行って、Women in Physics という会議に出席しました。IUPAP という世界の物理学会の集まりがあるのですが、その主催で、物理学のなかで女性が非常に少ないということをどうしようかという会議が初めて世界的規模で開催されたのです。そのあと、日本でも、アファーマティブアクション (affirmative action) といって、ある数値目標を掲げるようなことが、表立って議論できるような状況がやってきたということです。

そのあと、2005 年に世界物理年。これはアインシュタインが相対性理論と、ブラウン運動と、光電効果の大論文を書いたのが 1905 年。その 100 年を記念した世界物理年。これは国連総会で決まったものですが、日本でも、そのときに物理学の啓蒙活動をやろうということで、日本委員会というものをつくりました。5 つの物理学の学会がまとまって、いろいろな活動をしました。

幾つかの学会が社会的な発信のためにまとまったというのは、たぶん、これも日本の歴史のなかで初めてだったのかもしれませんが。そういうことがあって、その一つの成果としてあったのが物理チャレンジ。これは高校生の物理学のコンテストです。これも 2005 年から始めまして、2006 年になって、そこで選んだ子どもたちを国際物理オリンピックに連れて行きました。これも日本では初めてのことで、このときは世界のオリンピックはすでに第 35 回だったかな。だから 35 年も日本は遅れて、やっと参加するようになったのですけれど、このときに初めて気付いたことは、日本の教育が、いかに国際標準からずれているかということを目の当たりに見ました。その話を、最後にしたいと思っています。

そのころ、理科離れの問題などがいろいろ大きく取り上げられた時期でありまして、そうすると、日本の理科の底上げは、どうしたらいいのかというようなことを考えざるを得なくなってきました。そんなことで、科学リテラシーの問題に取り組んできたわけです。

基本的に、われわれ科学者が、国民に対して何を求めるか。われわれが、いまやっている学問の体系を、何かかみ砕いて皆さんに伝えるということなのか。あるいは、そうではなくて、いろいろな課題が世界中にある、そういうものに対して一緒になって考え、そして行動していくための知恵としての科学の知識、そういうものなのではないかということを感じ始めたのです。そこで、みんなで共有できる科学技術の知識というのは、いったい何だろうかというふうに問題を考えるようになりました。

それまで、科学者と社会の関係というのは、どちらかという科学の成果を世のなかに広めていこうというような立場であった。それはそれで、ものすごく大事なことなのですが、それはあくまで、われわれが学問の体系を何かやって、それをかみ砕いたり易しくして皆さんに伝えるということです。それでいいのかと思ったわけです。

例えば、本当は、もっと問題は深刻で、みんなで何か考えなければいけない状況があ

って、そのときに科学はどうやったら役に立つのか。そうだとすると、みんなが共有している基本的な素養というものが本当はあるべきだし、必要ではないか。そんなふうな考えになってきたわけです。そうすると、ある意味で知識全体の抜本的な構造改革が必要ではないかというようなことを考えたわけです。

そういう時代が 2003 年から 2005 年、ちょうど 5 年ぐらい前ですけれども、この第 19 期の日本学術会議というのは非常に面白い時期で、川勝先生も一緒にやったのですが、このとき黒川さんという会長がいて、この人は非常に元気のいい人で、そういうことを非常に強く言った人でした。

ちょうどそのころ、理科離れ現象に対応するために、学術会議が、科学力増進特別委員会というのを 2003 年につくりました。そのとき、委員長の役になったので、これにかかわらざるを得なくなったのですが、会長の黒川さんが非常に積極的だったこともあって、2004 年の 4 月に「社会の対話に向けて」という声明を出しました。学術会議に連なる科学者は、社会と接触をし、そして、特に子どもたちに対して語りかけようという宣言を出したわけです。このような声明は恐らく学術会議始まって以来のことと思います。

それから、当時、話題になったことなのですが、1999 年から 2003 年ぐらいにかけて、これは日本が主導的にやった国際的な調査で、約 10 項目、本当は 11 項目あるのですが、成人の科学的知識の国際比較が行われました。これは、皆さん分かりますかね。先進国のなかで、日本が一番びりっけつだったということです。これが政府を慌てさせたわけです。もっとほかにも、いろいろな要因があって、いろいろな調査があるのですが、これは割合、話題になったものです。

2004 年 4 月 20 日に学術会議が出した声明というのは、4 つの項目からなっています。

科学者と社会が互いに共感と信頼をもって協同することなくして、いかなる科学研究も生命感のみなざる世界を持続させることができないことを認識する。

科学者が社会と対話をする事、特に人類の将来を担う子どもたちとの対話を通して子どもたちの科学への夢を育てることが重要であるとする。

日本学術会議は、子どもたちをはじめとするあらゆる人々と科学について語り合うように、すべての科学者に呼びかける。

日本学術会議は、自ら科学に対する社会の共感と信頼を醸成するために、あらゆる可能な行動をおこなう。

という宣言をいたしまして、そのあと 2004 年以降、学術会議主催の小学生向け、中学生向けの講演会、サイエンスカフェなどを、自らやるようになりました。いま、東京のほうでは、文部科学省の古い建物（旧庁舎）の下のところにラウンジがあるので、そこで月 1 回、学術会議と文部科学省が一緒になって、サイエンスカフェをやっています。

ということで、先ほどもちょっと言いましたように、日本の国民の理科離れの深刻性

ということと、それから、このROSEという調査がありまして、これは The Relevance of Science Education というノルウェーの人たちがやっている調査で、これも膨大な報告書があるのですが、そこで明らかになったのは、これは 15 歳の子どもたちに対する調査ですが、特に日本の子どもたちの一番の特徴は、科学技術を仕事とすることに、非常に躊躇をしている。つまり、自分が大人になったら科学技術にかかわる仕事に就きたいかということに、非常にネガティブであったということです。

それから、これも去年ですが、PISAの調査というのがある、これも高校1年生に対しての学力試験ですが、ここでも学力観が国際的に、ある程度、変化しつつあるわけで、いろいろな知識の量というよりは、むしろ論理的思考とか、どういうふうの問題に攻めていくか、そういうことが問われる試験をやっているわけです。

これも新聞でご覧になった方がいるかもしれませんが、酸性雨の問題で、ギリシャの大理石の神殿が溶けてしまっているという話があって、大理石を酸に入れたら溶け出すということが書かれてある。それで問題は、蒸留水に大理石を入れる実験をなぜするのかということです。

これは記述式なのですが、これで日本の子どもたちで非常に特徴的だったのは、答えを書く人が非常に少ない。これは対照実験という一つの方法で、ある酸が原因であるとすれば、酸でないものを使って比較することによって、これは酸によることだということを検証するわけですね。そういう対照実験という考え方が身に付いていないとか、そういう考え方がない。そういうことに気付かない、あるいは、それについて書かない。そういう無回答が非常に多かったというのが、日本の特徴だったわけです。

そのROSEのことをもう少し詳しく言うと、The Relevance of Science Education ということで、これは 15 歳の子どもたちへの意識調査で、あなたは科学者になりたいかという質問に対して、イエスと回答した生徒の割合が、日本が先進国では最下位であったということでもあります。それから、あなたは技術面で職を得たいかという問いに対してイエスと書いた生徒の割合も先進国では最低であったということです。

ところが面白いのは、君は物を修理したりするのが好きかという質問に対しては、割合、先進国のなかでは肯定的回答の割合が高い。だから、科学技術に関心がないわけではない。特に、ものづくりに関心がないわけではないのだけれども、それを職業とするということに関して、日本の子どもたちは、躊躇をしているということが分かってきました。

それとはちょっと違う話ですが、これは最近、読売新聞に出てきた、これも非常に話題になったことで、OECDの調査によると、日本は幼稚園から大学までにかかった教育費がどうなっているかということ、GDPに占める教育支出の割合がOECD平均で5%なのだけれど、日本は3.4%と、非常に悪いほうであるということでした。

ということで、ちょっと順序がごちゃごちゃになっていますけれど、こういう状況を立て直すために、やはり、われわれは、教育のゴールというのがやっぱり必要ではない

かということです。たまたまそういう議論をしていたら、もう既にアメリカでは 1989 年に『Science for All Americans』という本を出していました。A A A S というのがありますね。American Association for the Advancement of Science. 米国科学振興協会。これは『Science』『Nature』という有名な雑誌がありますが、その『Science』を出している団体です。そこがこういうプロジェクトを立ち上げて、1989 年にすべてのアメリカ人が知っていなければいけない科学とは何だということについて、一応のレポートを書いたのです。200 ページぐらいの薄い本で、科学の本質は何かというようなことを書いてあるのですけれど、せんじ詰めると科学の本質は、システム、変化、規模、モデル、恒常性、進化、そういうようなことでこの世界を見ていく力。そういうものが科学の力なのだという、かなり大胆なことを言っています。

それから、科学の本質というのは何かということでは、Science is a blend of logic and imagination. 論理性と創造力を持つことが、科学にとって一番大事なことなのだというようなことを、この本では言っています。

ついでに、このプロジェクトは「プロジェクト 2061」と呼ばれています 2061 年までに、全アメリカ人のサイエンスリテラシー、サイエンスのレベルを上げようという運動なのです。2061 年というのは、何だかご存じですか？

実は 2 つほど意味がありまして、スローガンでの意味は、次にハレー彗星(すいせい)が来る年なのだそうです。次にハレー彗星が来るまで、アメリカ国民の科学知識のレベルを一定程度まで上げておこうというのがスローガンなのです。実は 2061 というのもう一つ意味があって、いま、アメリカはホワイトがいて、ブラックがいるわけですよね。ヒスパニックとかブラックの人たちというマイノリティー、それからホワイトの人たちというマジョリティー。この人口構成が逆転するのが、そのころらしいのです。

だから、そのときまでに、アメリカ人としてのアイデンティティーを、何とかしておきたい。つまり、人口構成が変わってくると、内乱とは言わないけれど、社会的な構造が変わりますね。そういうときまでに、やっぱりアメリカ人としての、まとまりをつかっておきたいというのがあります。そういう人口構造の転換期のときまでにアメリカのアイデンティティーを保ちたいというのが一つ、その背後にはあるということです。

そういうことで、アメリカではこういう運動が、もう、既に起こっています。

それから、ついでに申しますと、その A A A S、American Association for the Advancement of Science. これは非常に面白い団体で、この A A A S の総会というのに行ったことがある人、います？これは年に 1 回、やっているのですね。『Science』という雑誌を取ると、総会に来ませんかという案内状が、一応、来るんですよ。僕は別の用事があって、たまたまアメリカに行くことがあったので、その総会に行ったのですけれど、これは面白い会で、科学のあらゆる分野の講演会が 1 週間ぐらいあるのです。そこでノーベル賞を取ったような人たちが話す。

会員というのは一般の市民もいるし、科学者もいるし、教育関係の人もいるし、いろいろな人がこのAAASの会員なんです。誰でも会員になれるのです。お金さえ払えば。年会費2万円ぐらいかな。私も一時『Science』の雑誌を講読していましたが、毎週来るので、とても読み切れなくて、すぐたまってしまうのですけれども、とにかく、会員に毎週配っている。そういう一般市民も全部含めた、あらゆる層の人が総会に来て、それに対して、トップのサイエンティストが非常に分かりやすい話をする。それで、みんな楽しむわけです。その聴衆のなかには、偉い先生もいれば、普通の人もあるし、高校生もいる。

総会には高校生のためのセッションもあって、子どものセッションもあって、親子でやってきて、子どもはそっちのほうで実験をやって遊んでいて、親は講演会を聴く。そんなことをやっていました。

AAASは、かなり歴史が古いのであり、ひょっとしたら100年ぐらいやっているのかもしれない。そういう由緒のある団体なのだけれど、一般市民と科学者とが一緒になって物事を考える、そういう会なのですね。だから面白い。こういうのが日本でできるといいなど、前から思っています。

実は3年ぐらい前から、11月の勤労感謝の日を挟む連休のとき、そこを使って、東京のほうでは、サイエンスアゴラというのをやっています。サイエンスアゴラは、実は日本のAAASを目指そうというのが一つの考え方なのですが、なかなか、そこまでは、まだいきません。というのは、サイエンスアゴラは年に1回集まるだけですので、恒常的に、そういう協会があるわけではないのですね。そういうのが日本でできるといいなど思っています。

そのScience for All Americansで何を言っているかということ、要するに、大事なことは、この4つぐらいの概念だというわけです。科学技術の素養というものをせんじ詰めると、システムという考え方。つまり、要素と全体が、どう組み合わせられているのか。モデル、原子など、特徴を説明するいろいろなレベルのモデルを考える。

それから、constancy and change。移り変わる現象のなかで、普遍なものに変化するものを見いだしていく。まさに物理で言うと不変量というか、保存則を見いだしていく。保存則があると同時に、その保存則を守りながら、物事がどう変化していくのか。それからスケール。素粒子から宇宙までいろいろなレベルのスケールがある。こういう4つぐらいの考え方で物事を見ていく力。それが科学なのだという提案をしているということです。

それで、あえて、われわれはScience for all Japanese というものをつくってみようではないかということになりました。それはなぜかということ、Science for all Americans というのは1989年ですので、それ以降は、科学技術が非常に変化していると思われまます。特に情報技術に関しては、この時代からは、もう随分、大きく変わりました。また、科学はもちろん、非常に普遍的なものなのですが、日本的な見方という

ものがあるのではないか、特に科学と技術の関係については、日本の特殊性というものが有り得るのではないかということで、こういうふうな議論をしたわけです。

特に日本の技術は、自然の仕組みをうまく使って、それを破壊しないで使いこなすという技術。あるいは、資源をあまり使わない。それから、芸術と技術と生活が融合していた。そういう伝統もありますので、そういうものを、うまく取り入れたものができるか。

省資源というのは、実は日本は資源がない国なので、それをいかに使いこなすかということがあります。要は、循環型の資源の使い方ということをやってきたわけですね。それから、芸術・技術・生活の融合。これは何をイメージしているかということ、特に江戸時代、例えば当時、フランス、ヨーロッパで珍重されていた、あい染めみたいなものですね。そういうものは、日本の芸術として非常に優れた技術だったわけですが、日本では、あい染めの風呂敷で銭湯に行っていたという、要するに生活のなかに技術と芸術が生かされている。そういう日本の在り方というのが一つ考えてみようと考えました。

それからあと、このプロジェクトでいろいろ議論したのは、日本の言葉の特殊性というものもあって、日本語は、本当にあいまいな言語なのだろうかということも議論しました。言語学者で井上和子さんという人がおられて、もう 90 歳近くのかたです。いまでも元気で、英語学、語学の大御所です。この先生がよくおっしゃるのは、日本語の論理をうまく使うと、日本語ほど精密に伝えられる言語はない。本当は、日本語は非常に精密な言語なのだということを、前からおっしゃっておられます。

例えば、A dog in the house of 何とか何と何とと言います。家のなかの犬ということ。日本だと、家のなかの犬だから、家があって、犬がいるんですね。ところが英語は何かということ、A dog と言って、訳の分からない、非常に抽象的な dog が出てきて、そのあと家が出てくる。だから非常に抽象的なものが出てきて、それから、だんだん周りの状況が出てくる。そういう記述の仕方なのですね。日本語では、名古屋市の、誰々さんの家のなかの犬というふうになっていくから、最初から状況を思い浮かべながらフォーカスしていく。それをうまく使うと、非常に scientific な記述が可能ではないか。彼女に言わせると、日本の理科の教科書は、そういうのをうまく使っていないくて、非常に下手くそな日本語であるということ、よくおっしゃっておられます。そういうことも、これから考えなければいけないことではないかと思っています。

ということで、僕らは、そういう日本人が身に付けるべき素養というものを、うまく明示して、これを学校教育だけではなくて、いろいろな、あらゆる成人がかかわる社会教育等にも指針になるものをつくっていかうのではないかとこのように思ったわけです。

2005 年度に過去の文献調査をずっとやりまして、それを、どんなふうな戦略でいかうという研究をしました。ここで、「科学技術の智」という名前にしたのですね。科学技術リテラシーということ、何となく座りが悪いというか、リテラシーというのは、もともとは識字なのですね。字が読めるかどうか。それとは、どうも違うのではないかと。

いろなところで科学リテラシーと私は言うておりますけれど、字が分かる、読める、読めないということ以上のものを、われわれは考えようと思ったのですね。

そこでわれわれが、あえて科学技術の智、この、変な「智」という言葉を使った理由は、最初に申しあげましたように、学問の体系を易しく伝えていくということではなくて、むしろ人が生きるために、あるいは人を生かすための知恵として考えていこうということです。それは紙に書かれた、あるいは、まとまった体系というものではなくて、むしろ頭、体、心を動かすとともに、人々が共に行動するための力としての知識、技能、考え方です。それは自分のためだけではなくて、一緒になって行動できるようにするために、みんなが共有しなければいけないものというふうに定義をしました。

そういう意味では、全人的な智と言ってもいいし、子どもが体で覚えるような知能。それから、何か分かったという感じ方、生かせる智、悟り。知識よりも、もっと自由な智、そういうものは何だろうかというふうに議論していったわけです。

ということで、2年ぐらいかけて7つの部会に分けて検討をしました。7つに分けたのは、割合、関係の深い分野を集めまして、それから各部会に約10名から15名が入ることになってやったわけですね。科学者だけでなく、教育学者とか芸術者、行政の人たちとか、博物館で働いているような人たちにも来てもらって、みんなでわいわい議論してきました。こんな組織でやりました。

それでまず、この7つとは、どういうことなのかというと、いろいろ世界的な問題に対応するために、一緒になって考えるべき分野というふうなことで7つになりました。それから、特に、人間科学、社会科学というものまでも、われわれは取り入れました。

まだ、こういう科学として、いわゆる社会科学というものはあるのですが、われわれが考えた人間科学、社会科学、人間の行動や社会の現象を、科学的にとらえる。そういうものとして、あまり出来上がった分野とは言えないのだけれども、このなかには人類学とか、哲学、倫理学、そういう人たちにも来ていただいて、人間、社会の現象を科学的にとらえたらどうなるかという議論をしてもらったわけです。

これが、これから新しい分野として伸びていけばいいかなと思っているわけです。こういう7つの分野になっています。

僕は、ゆくゆくは初等中等教育、あるいは大学も含めて、教育に関しては、こういう7教科というものでもいいのではないかと思っています。そういうことも考えて、今後、学校における教科の在り方も含めて、どういう組み合わせがいいのかということも、こういうところから議論が起きていけばいいかなと思っています。

それで、人間科学、社会科学を取り入れたというのは、人間社会の現象を科学の視点から、ホモサピエンスの現象として考えてみようとしたからです。それで、地球と人類の歴史を基礎として、社会、経済、政治、倫理などの起源は、いったい何だろうか。人間と社会の課題に直面したときに、それを科学的な思考の枠で、どうやって考えたらいいのかという、その枠組みを提案していけたらというふうに思ったわけです。

それで、われわれが考えた科学技術の智というのは、要するに、学問の体系をかみ砕くということよりも、むしろ、世界の課題に対して、人々が一緒になってチャレンジするために必要な基礎的知識、技能、そういうものを提案していこうとしました。それは要するに、一人ひとりが賢く、社会も活気にあふれるようになるために共有すべきものなのだろうと。それで、世界の課題とは何だ。チャレンジする課題とは何だ。そういうふうな議論を進めてきました。

では、われわれの目標は、いったい何かというところまで議論しまして、結局、持続的民主社会というものを目指すべきではないかというところに到達したわけです。つまり、われわれが目指す科学技術の智、科学技術リテラシーを提案しようとする、何のためにみんなが共有しなければいけないかという議論になる。その、何のためにという議論になると、必ず、どういう世界をわれわれは望むのかという議論をしなければいけない。

つまり、われわれが、これから教育などを考えるときには、バックキャストिंग。つまり、目標をおいて、そして逆に、その目標を目指して現状をどうすべきか、ということ。目標から逆行して現実を見るような見方で、つくっていかないといけないのではないか。

いまのいろいろな政治の動きなどを見てみると、いまは、とにかく「日本がたいへんだ、たいへんだ」と言って、何か次にやらなければいけないということで、現在の状況に即対応する形で物事を決めていくという感じですよ。そうではなくて、むしろ、将来のビジョンに照らして現在を見てみようという考え方なのです。そういうことをいろいろ議論しているうちに、やっぱり、われわれが一番、基礎とすべきものは、科学技術の智ではないかということを考えるようになります。

世界人権宣言というのが、ちょうど60年前に出ているのです。これをよく読むと非常にいいことが書いてあります。前文に「一人一人の尊厳が認められることが正義と平和の基礎であり、恐れと欠乏からの自由は、人類の最高の願望である」と書いてあるのです。つまり1948年に世界の人々が戦争の痛みを通して、何が、われわれの一番の希望なのかということを議論した。恐れと欠乏からの自由が人類の最高の願望であると、言っているわけですね。これは人類が共有した非常に大事な合意だと、僕は思っています。

やはり戦後、いろいろなことがあったとしても、世界の人々は、やっぱり、どこかでこれを希望してやってきたのですが、実は、これが満たされないどころではなくて、その実現のための基盤となる地球と人類の現状が、いま非常に危うくなっているという認識になっているわけです。その地球と人類の持続性に対する危機の意識というのが1997年に、京都議定書に出ていますし、科学に関する世界会議というのが1999年にありました。

1999年に科学的知識の使用に関する宣言というものが出ていて、ここでスローガン

としての「社会のための科学」という言葉が出てきたのですね。1999年という、ちょうど10年ぐらい前ですけど、僕らはその話を聞いたとき、変なことを言うなあという印象を持っていました。社会のための科学と言ったら、科学は何のためにあるのだということで、これに対して、僕もそんなにいい気もしなかつたし、これに対しては割合、反発した人のほうが多かったと思います。

いまから思うと、その宣言は、何を言いたかつたかというと、要するに、科学はもっと世界的な課題にコミットすべきなのだということなのですね。それで、実際そのあと、いろいろな動きが起こるようになってきて、学術会議でも、気候変動やエネルギー問題について、いろいろ声明を発するようになってきました。

要するに、こういう安全にかかわる人口的不均衡が増大し、飽食と飢餓ということも出てきて、そういうことに対して、みんなが協働して問題解決にあたるようにすることが大事であるということです。そういうことで、科学技術の素養は何であるべきだというふうを考えてきたわけです。

それで、われわれが目指す日本の将来像としては、世界人権宣言に盛り込まれたこと、それから地球環境や人口構成について、持続的で調和ある発展のために協働して行動を起こすための英知を共有していくこと、それから、若者が将来へ希望を抱きつつ文化を継承していく。そういう日本をつくっていかうではないかということを考え、その視点に立って、科学技術がどうあるべきかという議論をしてきました。

そこで非常に参考になったのは、2002年に Science, Traditional Knowledge and Sustainability というユネスコの報告書が出ていまして、これは、伝統的な知識のなかに持続可能性のための叡智の可能性を見いだそうという提案です。

ここでは、science, traditional knowledge と pseudoscience を、きちんと分けています。pseudoscience、いわゆるえせ科学というものが、非常にいま問題になっていますけれど、えせ科学と科学、それから traditional knowledge は違う。えせ科学というのは、科学のかたちを取りながら、科学と対立している。いま日本で、えせ科学の影響が、だいぶ危ないという状況になっています。

ところが、traditional knowledge というのは、むしろ長い時間をかけて民衆のなかに蓄えられていた知恵なのですね。ただし、それは体系化していないのです。系統だっていないけれども、蓄えられた知識。これは、ひよっとしたら使えるし、むしろ、実は科学の歴史をたどってみると、traditional knowledge に負うところがものすごく大きい。これを、むしろ切り捨てないで、いわゆる近代的なサイエンスでカバーできないものに対して、traditional knowledge をもう少し評価していくべきではないかというのが、このユネスコの報告書の主張です。それと traditional knowledge と、えせ科学は、やはり、きちんと峻別しなければいけないということも述べています。そういうこともあって、日本の文化的な知恵を取り込んだものをつくっていきたいと思ったわけです。

それから、文化としての科学技術。科学とは何かということを考えるときに、科学的

精神というのは、いったい、どこから来ているのかということです。これは「人間科学・社会科学」の視点から理解されていて、Science for all Americans でも述べられているように、想像力や論理性というものは、人間が進化の過程で身に付けてきたものなのだと思います。科学における想像力と論理性というものが、自らの存在の在り方に対して向けられるとき、これは倫理とかかわってくるのではないかということです。

というわけで、いろいろな専門部会での議論を踏まえて、全体としてまとめるという順番でやりました。

特に2~3 紹介しますと、特に数理科学部会の報告書というものが、そこにもあります。それから、皆さんにお配りした学術会議の対外報告にもありますように、われわれが考えた数学というのは、いわゆる数学者の考える数学とは少し違うということです。数学者の考える数学を含むような、それをもうちょっと広げたものを考えます。いわゆる数学というのは、もちろん、古くからの学問ではあるのだけれど、その起源から明らかかなように、例えば、geometry というのは、測地学なのですね。

昔、エジプトで洪水が起こって、田畑が流れてしまった。そうすると、誰が誰の土地か分からなくなるということで測量をやって、また土地の所有を決めていったということから geometry が出てきたわけですが、そういうことから考えると、課題を抽象化することによって本質が明らかにされるということです。例えば、これは特に、いま、この部会でも非常に活躍された新井紀子さんという人がいるのですが、高校のときは数学が大嫌いで、大学に入って法学部に行ったのですが、法学部に行って数学に触れて、そこで数学が面白いと思って、いま、数学者になっている人です。

その人が言っていることは、高校で習った数学は、とにかく微分、積分、代数計算をやるのが数学。何のためにやるのか、その本質ということは、誰も教えてくれなかった。それで私は数学が嫌いになってしまった。ところが大学に入って、数学の本質を語ってくれる先生に出会って、そこで数学が分かったそうです。

彼女の数学の理解というのは、僕もそう思うのですけれども、数学って何かというと、課題を一步、抽象化することによって、その問題の本質が見えてくる。例えば、おまんじゅうと、ようかんと、リンゴがあった。そこに、太郎君、次郎君、花子ちゃん、何とかちゃん、何とかちゃんと、5人がいたとする。それを、お菓子が3個で、人が5人。3と5というふうに抽象化することによって、これは必ず食いつぶされる者が出てくる。だけれど、太郎君、花子ちゃん、何とかちゃんと言っているときには、そこに子どもがいるだけなんですよね。3と5というふうになると不等式の関係で、その問題の性質が見えてくるのです。そういうものが、数学の大事どころなのだというわけです。

そういう意味で数学を教えるとなると、これは幼稚園でも、幼稚園以下でも、数学を教えることができます。つまり、リンゴは3つだよ、人が5人だよというような言い方でやっていけば、なるほどと思うわけです。そういうかたちの、問題解決の道筋をつくっていく。そういう数学の在り方。こういうところであれば、市民と数学者、みんな

なが共有できるのではないかと。

それから、これもものすごく大事なことで、数学というのは定義をして、議論の基盤をきちんと決めた上で、論理的にやっていくわけですね。そうすると、ここで非常に大事なことは、厳密な概念規定をやって、きちんとした論理操作をやるということによって、社会的な背景や文化的背景、国籍、貧富、そういう人間の差を乗り越えて、人々が、まともな議論ができる。そういうことが数学の本質だということです。

そういう意味で、数学的な素養を身に付けることが、人々の間で正確なコミュニケーションを可能にするのだ。そういう意味での数学というものがあるのではないかと。そうだとすると、そういうことは、誰でも、みんなが共有して、非常に意味があるのではないかと。

それからもう一つ、ここで僕がここで強調したいことは、数。学校で習う数は1+1、4+4 なのだけれど、現実の生活で出てくる数字は揺らぐ。つまり、このひもの長さが何センチといったときには、測る人と測る状況によって、誤差が必ずあるわけですね。厳密に何センチ、何.何センチというわけにいかない。つまり、数は揺らぐ。そういうことを知ることが大事ではないかというようなことで、この報告書は、まとめているわけです。

次に、生命科学部会では、どんなことを議論したかということ、生命の本質とは何かということ、生命は非常に多様であるのだけれども、実際に生物学というものは、この地球の表面の薄皮のところだけの現象に非常に限定されたものなのである。それから、酸素との関係も重要。もともと酸素は生命にとって毒だったのだけれども、これを生命は炭酸同化作用として、酸素をうまく手なずけた。

それから、人の異常性という認識も非常に重要であって、あらゆる生物のなかで、人間だけが体外に情報を蓄積できる仕組みを持っています。簡単に言えば、こういう文字とか本です。人間は、これで記憶している。だからそれが文化として継承されてきたわけです。

ところが、いま現在の日本人というか、普通の人間は、数ギガバイトの記憶装置を持って歩いているのです。パソコンに入れて。つまり、われわれも日々、今度は、数ギガバイトの情報を処理しなければいけないような状況になってきた。それは、いいのかどうかというのは大事ですよ。

われわれが非常に危惧しているのは、人間がいま、いろいろなものをつくって環境を変えているわけですが、かつては、分子レベルの進化のスピードと、環境の変化のスピードが、ある程度、同じような程度でやっていたから、無理しないで進化してきたわけです。だけれど、いま、環境のほうがどんどん変わって、いままでの自然的な進化ではなくて、人工的進化と言うような状況になって、これがたぶん、現代人にとっては非常に大きなストレスになっているのではないかと。この長い進化の歴史のなかで、いま、人間がいったい、どういう状況にいるかということ、きちんと知

ることが必要ではないかと思うのです。

それからあと、いわゆる生命倫理というと、人の生命倫理ですけども、もう少し深く考えてみると、ホモサピエンスというものが、地球の生物史に対して、どういう責任を取るべきかというようなことを考えることも重要ではないかというわけです。

物質科学については、物質の起源は、どうかというようなことですね。

時間もありますので、細かいことは、それぞれ、ここに書いてありますけれども、このように幾つかの部会があり、情報学、それから宇宙・地球・環境科学など。こんな議論をしていたら、最近、東大の羽田先生という人が、講演の中で面白いことを言っておられました。彼は、もともとはイスラム史の先生だったのですけれども、いま、世界史は700万年から書かなければいけないと思っているそうです。地球の歴史も含めた「持続可能性の世界史」が必要ではないか、というのです。

技術に関しても、いわゆる技術教育というのは中学でやるわけですけども、それはコンピューターを使ったり、技能などに限定されていますけれども、本当の技術というのは、利害関係があり、ステークホルダーがあって、どういうふうにして、リスクも含めて社会として選択していくか。そういうことが、本当は技術の本質なのだということですね。

ということで、それを基にして全体の報告書をまとめたわけです。いま、科学全体を見ると、非常に重要なテーマは、こういうものではなからうかということですね。Science for all Americansと同じように、われわれも、科学技術に共通の考え方というのを挙げました。それから、現代の大きな問題は、食料、エネルギー、水、地球環境の4つ。これらは、あらゆる科学と技術を駆使して、みんなで解決しなければいけない問題である。

いま、こういう報告書をまとめて、これを今度、どう定着化させるかということをお考えしております、2030年ぐらいまでに、何とかやりたいということでおります。

いま、どんなプロジェクトを考えているかということ、科学技術のプロジェクトということで、学会会議では能動的、総合的、協働的な智の創造ということをしていきたい、と考えています。いま、特に、学会会議では最近、文部科学省が学士力再構築ということで、学会会議に諮問をしております。僕は、最近聞いてびっくりしたのですけれども、日本の大学は幾つあると思いますか？知っています？200ぐらいだと思ふ人？300？400？500？実は700ぐらいあるのです。そのなかで、大学院を持っている大学が600近くある。僕はびっくりしました。それで、学士（物理学）、学士（化学）。その括弧のなかに入る学問の名前が何種類あるか。川勝さん、知っている？500あるんです。

日本で、大学設置基準が緩みに緩んで、何でも大学になってしまうという変な状況になって、それでいまは大混乱の時代です。もう1回、大学を立て直さなければいけないのではないかと。学士って何だ、大学卒って何だということが、もう、訳が分からなくなってしまっていて、文科省が手上げになってしまっていて、学会会議で、ちょっと考えてくれ

ないかという諮問があったのです。

これはちょうど、われわれ成人が持つべき科学技術の知識ということで考えていましたので、これの議論を基にして、学士力、学士って何なのかということを議論しようというふうに、いま、動きだしております。

つまり、大学に進む子どもが、いま、50%を超えていますので、日本の成人というのは、学士あるいは学卒に相当する人たちの素養と言ってもいいと思うので、そこをきちんとやりたい、やるべきではなかろうかと思っています。

ちょっと雑談ですが、それで面白いのは、中教審が出した「学士課程教育の構築に向けて」という答申があるんですね。その答申のなかに、いま、言ったようなむちゃくちゃな状況が書いてあって、何とかしなくてはということです。中教審でその対策を議論しているときに、最初に出てきた原案では、「学士力の再構築に向けて」というので文書が回ってきたのですけれど、議論しているうちに、再構築という以上は、かつて構築していたということになります。でも、それを調べてみたら構築していなかったのだということが分かったのです。最終的に中教審から出た報告書は、「学士課程教育の構築に向けて」という題なのですね。「再」が抜けてしまっている。つまり、再ではなくて、日本で初めての構築だということです。

だからいままで、日本で学士というのは何だということを、実は、議論したことがなかったという、恐ろしい状況が分かってきたということになるのですね。この文部科学省の中教審がまとめた報告書に、そういうことまで全部書いてあります。

それからあと、科学と社会のコミュニケーションをやろうということで、名古屋が一応の拠点であり、名古屋、函館、三鷹でやろうということです。いま、三鷹のほうでは、サイエンスカフェというのをやっています。それから来年、三鷹の辺で、国際科学フェスティバルをやろうというようなことを、いま、計画しています。それから、いま、小学校教員のための読み物をつくらうということも考えています。教育現場に生かしている書物、これら3つぐらいのプロジェクトを、これから進めようと思っております。

時間がきてしまったので、最後に2~3分、時間をもらいまして、別の話を、ちょっとさせていただきます。

実は、物理オリンピックが2008年、今年ハノイであったのですが、私は、そこに高校生を連れて行きました。すると、「米つき機」の問題が出たのですね。

これは世界中から来た高校生が度肝を抜かれたのですけれど、この写真を見せて、それからあと、問題が書いてあって。そこから水が流れてきて、水が流れてくると、ここにどんどん降りてきます。降りてくると、あるところで水がジャボンと流れ落ちます。そうすると、これがまた倒れてきて、これで米を打つという次第。これ、日本でこういうのを知っています？坂東さん、知っているんじゃない？京都。苔寺だったかな？

○坂東 苔寺ではなく、どこでも、お茶室の庭にはたいていありますよ。

○北原 鹿威し（ししおどし）なのですね。要するに、これは日本のお寺に、あちこち

にあって、これでぼとんぼとんと音がする、鹿威しなのですけれども、それが問題に出たのですね。

これでややこしいのは、水が入ってきたときに、この重心がどこにきて、バランスがどうずれるかという細かい計算を全部やらなければいけないということで、前のスライドにちょっと戻ります。

こういう、複雑な問題です。まず、開催国につくった模範解答を言うと、ちゃんと解かなくても、まず、近似で、だいたいのことをやってもよろしいと。それでも満点になるような問題なのです。ところが日本の子どもたちは、最初から台形の重心の計算なんていうことで、すごいことになってしまったわけです。それで、みんなパニックになってしまって、そのあとの問題をほとんどできなかったのです。

ところが中国、台湾、韓国の選手は、きちんと、全部やっているのですよね。しかし、彼らの答えは、全部、近似です。そういう近似でやっているけれど、だいたい、きちんとした答えを出しているのです。近似で当たりをつけてから厳密にやる。そういうことですね。

つまり、あの問題は、まず、近似でだいたいのメカニズムを明らかにして、それから解けばできるのですけれども、要するに、問題解決のための段取りとか、戦略、執念、そういうものを、なかなか日本の選手は出しきれなかったわけです。それから、下書きの紙も採点の対象になるのですけれども、それは、どういうふう考えたかを書いておけば、最後に間違えても点をくれるようになっているのですね。思考の過程を、きちんとノートに書かなければいけない。

ところが、日本の子どもたちの下書きは汚くて、自分の考えた数字が、ぼん、ぼんと書いてあるだけで、何をやっているのか、さっぱり分からない。つまり、科学の作法と言うのでしょうか、コミュニケーション、あるいは段取り、そういったところの資質が非常に弱いということを、今回、非常に明確に露呈してしまったのです。

去年、イラン大会では、割合スタンダードな物理学の問題が出たので、これは日本が強いですね。ある程度、答えは見えている。これは、知っていればできるような問題です。しかし、こういう答がよく見えないものが出てくると、たちまち総崩れになっていく。それからもう一つ、ハノイの朝のラッシュアワーで、どのくらい、空気中の排気ガスがたまるかなんていう、すごく変な問題も出たので、それでみんな苦しめられてしまいました。

そこで、本当の科学力とは何だということを、今回、非常に強く思い知らされたのですけれども、どのように攻めるか。戦略、段取り、執念。それから、どのように整理するか、どのように他者に自分の考えを伝えるか。表現力、伝達能力。こういうものが非常に大事ではないか。これは、オリンピックに行く子どもたちだけの課題ではなくて、市民のリテラシーなのではないかということを思ったのです。この話もしたいのですが、これはちょっと省略して。

この話について、朝日新聞の辻さんが非常に関心を持ってくれて、9月のなかごろ、こういう記事を書いてくれました。彼女の論説は、僕、非常に気に入っていて、ちょっと読んでみますと、「見通しが立たないとあきらめ、がむしゃらに取り組む執念が欠けている。どこかの首相の話ではない。」これは、ちょうど首相が辞めた直後に出た論説です。「この夏に開かれた、物理や化学、数学などの力を競う高校生の国際科学オリンピックで、北原和夫国際基督教大学教授は、日本代表の戦いぶりを見て、こんな感想を持った。複雑な課題にゼロから挑戦することに弱い傾向も見られたという。例えば物理では、ベトナムの農村で使われている、日本の鹿威しに似た米つき機の仕組みなど、筋道を立てて考えさせる問題が多かった。そうした問題には、全国から選び抜かれた日本選手たちは、軒並み苦戦したのだ。」1人できる子はいました。彼は、ちゃんとできていたのですけれど、ほかの子は、やられてしまいました。「見たことのない問題にもへこたれず、何とか解こうとする。そんな訓練が、日本の教育に必要なのではないか。たくましく問題に挑戦する競合国の選手たちを見て、北原さんは痛感したという。化学五輪は頂点を目指す戦いだが、日々の教育の現状の積み重ねだ。裾野がしっかりして広がっていなければ、ピークも高くなれないのではないか。理科教育の手薄さは、これまでも指摘されていた。それで、メダル取得数では日本は11位でした。」これは物理、数学、化学、生物、情報の総メダル数なのですけれども、「日本は4個。1個は物理です。それはそれとして、いまの教育の状況では、善戦したと言えるかもしれない。そういう手薄なところでも、彼らはとにかく頑張ってくれた。」

来年は、実は生物の国際オリンピックが筑波であります。それから、再来年は化学オリンピックが東京で開かれますけれども、この結論は、化学オリンピックを教育の底上げにつなげたい。つまり、これはエリートの子たちのためではなくて、まさに、こういう執念というか、戦略性、あるいは記録をちゃんと残す、コミュニケーションの力。そういうものは教育の底上げの問題なのだというので、彼女が新聞に書いてくれました。そういうことが非常に大事なことです。ですから、物理オリンピックと化学オリンピックの問題は、実は、科学リテラシーと非常にかかわっているということでもあります。

ということで、ちょっと長引いてしまいましたけれど、終わらせていただきます。

## なぜ今科学技術リテラシーが すべての人々に必要か？

「科学技術の智」プロジェクト委員長  
北原和夫  
国際基督教大学

1

## 「科学リテラシー」との出会い

- 1971-1974 大学院時代にブリュッセル自由大学に留学:「欧州の知識人」との出会い、「偶然と必然」を巡って新聞紙上で、科学者、哲学者、メディアらが激論、ブリュッセルとの出会い、「時間とは何か」を生涯問い続けた。
- 1974-1976 MIT ポスドク時代、化学と物理は境界がない!
- 1979-1984 静岡大学教養部時代、文理融合的雰囲気、独文の先生と一緒に自主ゼミ、フッサール『ヨーロッパ諸学の危機と超越論的現象学』
- 2002-2003 物理学学会会長、物理学全体を考えなければならない(研究所、大学歴訪、男女共同参画、Women in Physics Conferenceへの対応)
- 2005「世界物理年」日本委員会:日本物理学会、応用物理学会、生物物理学会、物理教育学会、天文学会などの連携を図る。「物理チャレンジ」開催→国際物理オリンピック(2006)日本の教育の国際標準からの乖離
- 国民が身に付けるべき科学リテラシーは、学問体系か? 課題認識のための智慧は何か?
- 基本的に構造改革が必要! 「智」の全体像(我々は地球の歴史の中で、また全体の中でどう位置づけられるのか)、課題へのコミット(行動的「智」)

2

## 第19期日本学術会議 2003-2005

- 理科離れ現象に対応するために、日本学術会議は「科学力増進特別委員会」を2003年に創設した。
- 日本学術会議は2004年4月「社会との対話に向けて」という声明を出し、社会との接触、特に将来を担う子どもたちへの働きかけを宣言した。  
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-19-s1012-1.pdf>
- 報告書「次世代の科学力を育てるために」  
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-19-t1031-9.pdf>

3

科学リテラシー

## 科学基礎知識、いくつ解ける?

- ①大陸は何万年もかけて移動している
  - ②現在の人類は原始的な動物種から進化した
  - ③地球の中心部は非常に高温である
  - ④我々が呼吸に使う酸素は植物から作られた
  - ⑤すべての放射能は人工的に作られたものだ
  - ⑥ごく初期の人類は恐竜と同時代に生きていた
  - ⑦電子の大きさは原子の大きさよりも小さい
  - ⑧レーザーは音波を集中することで得られる
  - ⑨男か女になるかを決定するのは父親の遺伝子だ
  - ⑩抗生物質はバクテリア同様ウイルスも殺す
- (○×の答えはこの記事の最後にあります)

4

## 声明「社会との対話に向けて」 日本学術会議、2004年4月20日

1. 科学者と社会が互いに共感と信頼をもって協同することなくして、いかなる科学研究も生命感の漲る世界を持続させることができないことを認識する。
2. 科学者が社会と対話をする事、特に人類の将来を担う子どもたちとの対話を通して子どもたちの科学への夢を育てることが重要であると考える。
3. 日本学術会議は、子どもたちをはじめとするあらゆる人々と科学について語り合うように、全ての科学者に呼び掛ける。
4. 日本学術会議は自ら、科学に対する社会の共感と信頼を醸成するために、あらゆる可能な行動を行う。→若者向けの講演会(2004年以降)、サイエンスカフェ(2006年以降)

5

## 何故このようなことを始めたのか?

- 日本の国民の理科離れの深刻さ
- 国際調査で日本の若者の特徴: 考えない、書けない、科学技術を仕事とすることに躊躇  
最近の国際比較 15歳:ROSE(2007)  
PISA(2007) 考える力、判断に到る論理的思考: 大理石に酸を与えると溶ける。蒸留水についても実験をする理由は何か?  
Japan 無回答が異常に多い。正答を求める。判断のための確認についての意識がない

6

## ROSE(2007)

- Relevance of Science Education 15歳の子ども達の意識調査
- あなたは科学者になりたいか？先進国で最低
- あなたは技術面で職を得たいか？先進国で最低、さらに女子が格段に低い
- 修理したりものを作ることは好きか？先進国で高い

<http://www.ils.uio.no/english/rose/network/countries/norway/eng/nor-sjoberg-issi-2007.pdf>

7



8

## 教育のゴールの必要性

- Science for allの考え方。
- 「全米国民のための科学」Science for all Americans 1989年 AAAS  
<http://www.project2061.org/publications/2061Connections/2008/2008-02a.htm>
- 分野横断的なテーマ:システム、変化のパターン、規模、モデル、変化と恒常性、進化
- 科学、数学、技術の本質: Science is the blend of logic and imagination.
- Science for all Japaneseは可能か？日本の紹介  
[http://www.aaas.org/news/releases/2008/0702japan\\_2061.shtml](http://www.aaas.org/news/releases/2008/0702japan_2061.shtml)

11

## Science for all Americans (AAAS, Project 2061, 1989刊行)

- 科学技術の素養を煎じ詰めると以下のキーワード(テーマ)となる。  
systems (要素と全体がどう組み合わせられているか?)  
models (現象を説明する様々なレベルのモデル)  
constancy and change (変遷する現象の中に、不変なものと変化するものを見いだす),  
scale (大きさ、宇宙レベルから微細な粒子まで、それぞれのレベルで適用される考え方がある)  
Science is the blend of logic and imagination.

10

## Science for all Japanese

- Science for all Americans (1989)以降科学技術が変貌した(特に、情報技術の革命)
- 科学と技術の関係についての日本の特殊性(自然を破壊しない、省資源、藝術・技術・生活の融合)
- 日本の言語の特殊性「日本語は本当に曖昧か？」

11

## プロジェクトの目的

- 全ての日本人が身につけて欲しい科学技術の基礎的素養(「科学技術の智」)を明示することによって、学校教育だけでなく、社会教育(博物館、科学館など)の指針となることを目指す。

科学技術振興調整費2005年度「科学技術リテラシー構築のための調査研究」

同2006-07年度「日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究」

12

## 2005年度調査研究内容

- 過去の科学技術リテラシーに関する文献調査(教育政策研)
- 社会の意見の分析(お茶の水女子大学)
- 科学技術リテラシー構築に向けた組織の在り方(国際基督教大学)

「科学技術の智」プロジェクトの提案

13

## 「科学技術の智」とは？

- 学問の体系を優しく伝えるのではない。
- 活きるため、活かすための「智慧」である。頭、体、心を動かして共に行動する(協同する)ための力としての知識、技能、考え方。「全人的智」、子供も体で覚える「智能」、分かったと感じ、活かせる「慧」(さとり)、「知識」よりも自由な智(リベラルアーツ、解放された智の営み)

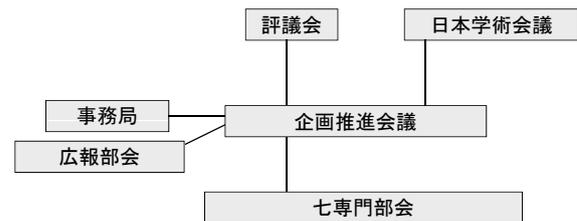
14

## 本プロジェクトの組織: 専門部会

- 7つの専門部会: 数理科学部会、生命科学部会、物質科学部会、情報学部会、宇宙・地球環境科学部会、人間科学・社会科学部会、技術部会
- 各部会10-15名程度
- 科学者、教育学者、技術者、メディア、行政者、科学技術理解増進を目指す個人、機関の関係者
- 学問の枠を超え、日本の現状と歴史を踏まえ、科学者と教育学者等が協同して行う作業

15

## 組織図



16

## なぜ七つの専門部会としたか？

- 我々が直面している課題に対応するために先ず連携すべき科学技術の領域は何か？
- まだ学問分野としては確立していないが、課題対応として重要な分野をまとめた。
- 七つの領域分けは、課題への入り口であり、全てが関わってくる。「七つの扉」

17

- 数理科学: 認識とコミュニケーションという人間の基本的な精神活動が関わる領域
- 生命科学: 生命とは何かという問いかけが関わる領域
- 物質科学: 世界が物質で構成されているということが関わる領域
- 情報学: 大変革をもたらした情報に関わる科学と技術の関わる領域
- 宇宙・地球・環境科学: 我々を取り囲む自然環境の関わる領域
- 人間科学・社会科学: 人間の行動、社会の現象を科学的にとらえる領域
- 技術: 社会の在り方と関わる技術の領域

18

## 人間科学・社会科学を取り入れたこと

- 人間や社会の現象を科学の視点からホモサピエンスの現象として考える。
- 地球と人類の歴史を基礎として、社会、経済、政治、倫理などの起源は何か？人間と社会の課題に直面したときに、科学的な思考の枠組みを提示したい。

19

## 「科学技術の智」の目指すもの

- 世界の課題に対して人々が協同してチャレンジするために必要な基礎的知識、技能、考え方
- 一人一人が賢く生き、社会も活気に溢れるようになるために共有すべき智
- 世界の課題とは？チャレンジすべき課題とは？

20

## 日本人のための科学技術の智の目標

- 「科学技術の智」は、従来の学問の枠組みを超えて、平均的な成人に科学技術の基礎的素養を呈示し、彼らが持続的民主的社会を構成し参加することができるようになることを目標とする。
- 「科学リテラシー」とは、科学、数学、技術の基礎的知識と技能のことである。

21

## 目指す社会の将来像

- 一人一人の存在の尊厳が認められることが正義と平和の基礎であり、恐れと欠乏からの自由は人類の最高の願望である」（「世界人権宣言」、1948年）に基礎をおく。
- ところがこの願望は満たされず、その基盤となる地球と人類が危うくなっている。

22



## 地球と人口構成の課題

- 地球の持続性の危機：「京都議定書」（1997）、「科学に関する世界会議」（1999年）：科学と科学的知識の使用に関する宣言（科学は世界的課題にコミットすべきである。）

日本学術会議

「気候変動に対する世界的対応に関する各国学術会議の共同声明」（2005年6月）、

「エネルギーの持続可能性と安全保障」（2006年6月）、

「成長と責務—持続可能性、エネルギー効率及び気候保全」（2007年5月）

23

- 安全に関わる人口的不均衡が増大してきた。飽食と飢餓

個人も社会も、身の回りの環境と社会の状況を精密に理解して、協同して問題解決にあたるようにすることが重要である。

社会の高齢化：将来を担う若者に明るい未来、知恵を継承すること。

24

- 目指す日本の将来像
  1. 一人一人がかけがえのない存在として認められる。
  2. 地球環境、人口構成について持続的で調和ある発展のために協同して行動を起こすための叡智を共有している。
  3. 若者が将来への希望をいだきつつ文化を継承してゆくことができる。
- 「Science, Traditional Knowledge and Sustainability」(2002): 伝統的な知識の中に持続可能性のための叡智の可能性を見いだそうとする。
- 日本文化の智慧: 自然との調和、省資源、省エネルギーの中に、豊かな精神性をもつ生活様式

25

- ヒトは自然の一部であり、自然を破壊しないで巧く使いこなす。
- 少ない資源を使って、象徴的な豊かな精神世界を構成する感性と技術をもつ。



26

## 文化としての科学技術

人類は進化の間に現象を見て、その背後にある見えざるメカニズムに思いを馳せ、論理的推論によって次の行動を決めて生き延びることによって、科学的精神を培ってきた。

想像力、論理性が新たな文化の創造となり、人間の精神を豊かにする。

科学 (Science)の想像力と論理性が自らの存在の在り方に向けられるとき、道徳性、倫理性(Conscience)をも培う。

現代における倫理性 (Conscience)は、人間の社会的倫理性に留まらず、薄い大気圏と地表を共有している生物種全体に対する「ヒト」の倫理性をも含む。

27

## 専門部会活動

- それぞれの専門部会で基礎的素養の洗い出しを行う。それぞれの専門部会は専門家だけでなく、教育学者、科学理解増進関係の人々が参加した。
- キーとなる概念とそれらをつなぐ論理を求めた。
- 伝統的な学問の枠組みにとらわれないようにした。
- 異なる専門部会の中で、部会報告書を相互に関連した。

28

## 専門部会報告

- 科学技術理解増進運動に関わる人々の間で共有すべき報告書
- これに基づいて、より広い立場、レベルで紹介すべき教材開発、定着化が望まれる。
- 業種、職種間でのコミュニケーション

29

## 数理科学部会報告

- 「数学」は古くからの学問であるとともに、諸科学の基礎言語として、さらにコミュニケーション、課題解決の具としての「市民の数学」
- 課題を抽象化することによって、本質が明らかにされる。解決への道筋が見えてくる。
- 厳密な概念規定と論理操作によって正確なコミュニケーションを可能とする。
- 「ゆらぐ」数があることの認識も重要。

30

## 生命科学部会報告書

### 生命の本質

- 1) 多様性、しかも地球表面と大気圏の極めて薄い領域にのみ存在する
- 2) 生命は酸素をてなすけることによって生き延びてきた
- 3) ヒトは異常な生物である: 対外に情報蓄積機構をもっている、学習によって子孫に智を継承する
- 4) ヒトという一生物種としての倫理的責任

31

## 物質科学専門部会報告

- 物質はエネルギーの授受によって変化する
- 物質の起源は100種ほどの元素である: 重元素は、星の進化の中で生成されてきた(重力崩壊と爆発を繰り返してきた)
- 物質に利用意図が反映するとき「材料」となる
- 物質は、物質同士だけでなく、「場」と相互作用する

32

## 情報学専門部会報告

- 1) 電子工学の進歩により、情報を生成し、蓄積し、伝達し、加工することが可能となり、その高速化、巨大化が急速に進んでいる
- 2) 基本原理はデジタル化、計算化
- 3) コンピュータに載せるためには、知識の構造化が必要

33

## 宇宙・地球・環境科学部会報告書

- 1) 自然界の構造、背後にあるメカニズムと歴史を知ること
- 2) 系統的な観測、基本法則が基礎をなしている
- 3) 博物学的知識は、一方で、今まで知っていた世界がそれだけではない、ということを見せてくれる

34

## 人間科学・社会科学部会報告書

- 社会の変化が急速になっている現在で、この時代を人類の将来へとつなげるために新たな智を形成しなければならない。
- ヒトはなぜ科学するのか？
- 言語が人間を人間らしくした
- 自然的進化に対して「人工的進化」の急速な進行

「持続性歴史学」の必要性: 700万年前からの歴史  
羽田氏(東大)

35



36

## 技術部会報告書

### 技術の本質

- 1) 技術は人間生活に役立つという
- 2) 技術リテラシーとは、技術に関する知識、技術を使うための方法論、技術を使いこなす能力

37



38

## 全体報告書

- Chap1 21世紀を豊かに生きるための科学技術の智に向けて
- Chap2 科学技術の本質
- Chap3 科学技術の智：七つの扉
- Chap4 科学技術の智の視点
- Chap5 科学技術の智の活用
- Chap6 将来へ：科学技術の智の継承と共有

39

## 科学技術の視点

- 人間についての科学的理解が深まった
- 情報処理の高速化、巨大化、広域化
- ナノテクノロジー
- 生命の仕組みと制御
- 宇宙モデルの確定
- 環境についての科学的理解

40

## 科学技術の共通の考え

- 総合的視点に立つ選択の必要性
- 多様性と一様性
- 可視化による新しい記述
- スケールとサイズ
- 多量データの高速処理
- 科学と技術の相互貢献

41

## 科学技術の智の活用

- 水
- 食料
- エネルギー
- 地球と人間圏

42

## 将来へ

- 科学技術の智プロジェクトの継続:ブラッシュアップ:国民的運動、各層、各レベルに対応する資料、教材、アトラス、ベンチマーク等の開発
- 定着化のための戦略:日本文化への定着化
- ネットワークの構築

目標：2030年

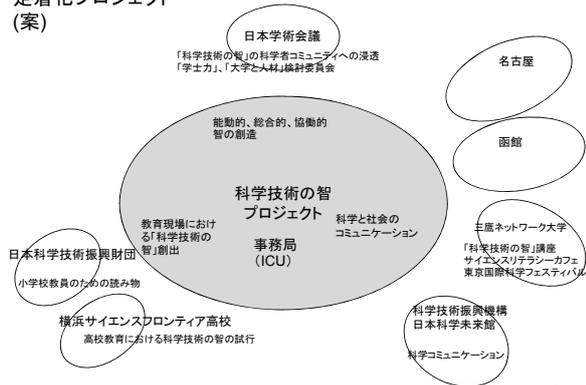
43

## 国の科学技術力とは？

- 「学力観」の総点検を！PISA「問題解決能力」を鮮明にしている。
- 「日本発信型学力観」はありうるか？共感、共生、省資源、象徴性。科学・技術・藝術・生活の融合した智慧
- 日本語によるコミュニケーション、論理構成の教育
- 科学コミュニケーションのガイドライン
- 高等教育修了とは何か？共通の智慧の確認

44

### 定着化プロジェクト (案)



45

<http://www.science-for-all.jp/>

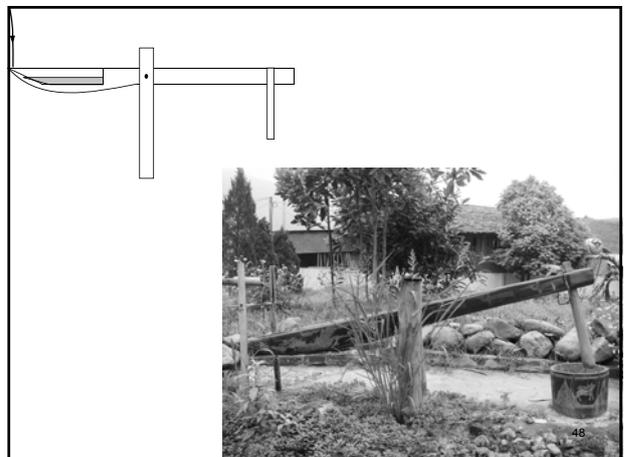
上記ウェブサイトでダウンロードできます。

46

## 物理オリンピック2008

- 理論:ベトナム古来の「米つき機」:日本の「獅子齧し」水がたまと、逆転してコメをうつ。複雑な問題、まず近似で大体のメカニズムを明らかにする必要がある。課題解決への段取り、執念。
- Writing paper: 思考の過程をノートにする。
- きちんと書いて、伝える、とすることができない。
- 科学の作法:コミュニケーション、段取り、といったところの資質が弱い！
- 2007年のイラン大会:標準的な「物理学」の問題:日本が強い！

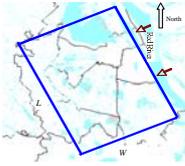
47



48

5. ハノイの輸のオートバイラッシュアワー時の一酸化炭素 (CO) 汚染の評価

ハノイ市街は、レッドリバーの南西岸に沿って一帯をとり、図のような、道の長さ  $L$  と  $W$  の長方形のエリアとみなせる。



朝のラッシュアワーの間に(午前7:00から8:00がそれである)、平均で5 km 午前7時から8時迄の間のラッシュアワーには、1 kmあたり12台のCOを放ちながら平均5km/hで走行するオートバイが8000台、道路の上にあると計算される。CO汚染物質の量は、ラッシュアワーの間に、時間あたり一定の割合  $M$  で放射されるとみなせる。同時に、きれいな北東風は、レッドリバーに垂直に(すなわち、長方形の  $L$  の辺に垂直に)速度  $u$  で吹き、同じ速度で市街を通過し、市街の大きさからCOで汚染された空気の一部を運び出す。

- また、ここでは、以下の近似モデルを使う：
- ハノイ市街のCOは、混合層の全体積にほぼ均しく広がる。そのため、時刻  $t$  におけるCO濃度  $C(t)$  は、 $L$ 、 $W$  および高さ  $H$  の直方体わたって一定とみなせる。
  - この直方体に入ってくる風の上面の空気はきれいで、どのような汚染物質も風と平行な側面から失われないと仮定する。
  - 午前7:00以前の天気中のCO濃度はごくわずかである。

51. 汚染物質であるCOの濃度  $C(t)$  の時間依存性を決める微分方程式を求め

## 本当の科学力とは？

- 科学への関心が第一：なぜだろうか？ 人類の根源的問いかけ
- どのように攻めるか：戦略、段取り、執念
- どのように整理するか？ どのように他者に伝えるか？：表現能力、伝達能力

これらは、オリンピックに行く子どもたちだけの課題ではなく、市民のリテラシー(智慧)でなければならぬ！

フィンランドの場合：

### 窓 論説委員室から もう一つの五輪

「思ひが立たない」とある意味、むむむ、何とかなる。そんな願望が日本の教育界に燃え上がるのは、いかにもこの国相の語出だ。この「思ひが立たない」とある意味、むむむ、何とかなる。そんな願望が日本の教育界に燃え上がるのは、いかにもこの国相の語出だ。

この「思ひが立たない」とある意味、むむむ、何とかなる。そんな願望が日本の教育界に燃え上がるのは、いかにもこの国相の語出だ。

この「思ひが立たない」とある意味、むむむ、何とかなる。そんな願望が日本の教育界に燃え上がるのは、いかにもこの国相の語出だ。

この「思ひが立たない」とある意味、むむむ、何とかなる。そんな願望が日本の教育界に燃え上がるのは、いかにもこの国相の語出だ。

## 対談およびパネルディスカッション

### 科学リテラシーについて

パネリスト：

国際基督教大学教授 北原和夫

元日本物理学会長 坂東昌子



○川勝 それではまず、坂東さんの方から北原さんへ質問や意見をお願いします。

○坂東 本当は、ご挨拶からはじめないといけないですよ。女性研究者の問題では、先生が一生懸命立ち上げてくださり、ここまできたのだと思います。ありがとうございました。そういう話はそれでたくさんあるのですが、今日は教育に絡んだお話しをしたいと思います。今日のお話には、議論したいことがいっぱいあるのですが、あまりにありすぎて、どこから話そうかというところです。まず、今日のお話を聞いて、まだ学術会議もちよっとレベルが低いなと思った点があるのです。まず、それから話をさせてもらいます。先ほど、結論のところ、科学の内容をいろいろな分野に分けられましたよね。そのとき、なぜ社会科学や人間科学だけ、バサッと1まとめで、その他の分野は、微にいり細にいり、ごちゃごちゃ分けてあるのですか？そこが、よく分からない。

○北原 坂東さんがおっしゃるのは、もっと、まとめたほうがいいのかと？

○坂東 いや、まとめると言うか、バランスが取れてないのです。そうまとめるなら、社会科学や人間科学も、バサッと一緒にするぐらいの分け方になるのではないですか？

そんな雑な分け方にするのなら、自然科学のほうも細かく分ける必要はないような気がします。

○北原 うん、実は、人間科学、社会科学を、あえて、まとめてしまったのですね。

○坂東 そこには、いまの文系の学問に対する暗々裏の批判があるのかな？

○北原 そう。

○坂東 あれは、科学になってないというか？

○北原 いや、そこまで嫌みったらしくやっているわけではなくて。

○坂東 嫌みったらしいですよ。

○北原 これ、実は、学術会議にその報告書の案を持って行ったら、初っぱなに、法学の先生、経済の先生、社会科学の先生、人文科学の先生から、たたかれたのです。

○坂東 そうでしょうねえ。

○北原 こんな雑なのは。

○坂東 私でも、そう思います。

○北原 それで、これはやっぱり、僕らが考えた、人間科学、社会科学……のほうが、いいことなのかもしれないけれど、人間と社会の現象を、理系の頭というか、サイエンスの側から見るとどうなるかという視点で、これをまとめているということで説明をして、一応、納得していただいたのですけれど。

○坂東 それで、納得されました？

○北原 してもらいました。だけど、これはだからある意味で、いわゆるナチュラルサイエンス、あるいは理科の立場から見たリテラシーなので、本当の意味での人文科学、社会科学の全体像には踏み込めなかったというのが正直なところですね。

○坂東 その辺は、何というのか、法学や経済学の先生が、それで引き下がったのも困ったものですね。なんていうか・・・視野が狭いというか。学術会議ともあろうところで、ちょっと不思議ですよ。その程度ですか？

○北原 実は裏話をすると、この運動の起こりは理系の人たちのほうから出て、だけれど、われわれ理系だけに限っていいのかなというのが1つあったので、あえて人間と社会を科学することを入れました。学術会議として3分野まとめたものをつくりましょうというのが先にあったのではなくて、やはり、理科の立場から取り組むというのが、1つはあるのです。ですから、これは全くの文理融合の壮大なところまで行くには、まだ時間がかかりますし。

例えば、先ほども言語の話が出ましたが、これは非常に、僕らから見て、言語という立場から見ると、日本語も科学的な記述には有効であるというようなことは言えるのですけれど、ただし、論理性とかコミュニケーションというだけで人文科学が切れるかということ、そうでもないのです。やはり情緒的なものというか、詩とか文学というところまで踏み込んでいくと、これは必ずしも論理性、コミュニケーションという視点だけで切れるものではないと思うのです。

だから、そこまで突き詰めて、そこまで手を広げることができなかったというのは事実だということです。ですから、僕らが考えたのは、科学技術を用いて、その知識を用いて、生き生きとした社会をつくる時には、どうすればいいかという立場からですので、そのなかで言語、あるいは文化、そういうものが、どう使えるか。そのなかで使えるものは、あるのか、ないのか。そういう視点でやったということになります。そういう意味では、本当の意味で文学などをやっている人たちにとっては、まだ、われわれのプロジェクトは、遠い世界のように見えている可能性がありますよね。

○坂東 というのは、今日、集まっておられる方のなかには、文系の先生もおられるかもしれませんが、うちの愛知大学は、文型の大学です。そこからも参加している人がいるのです。先ほど、その参加した学生が、文系の大学ですので、「場違いですか？」と聞きにきたから、「そんなことはない。科学リテラシーというのは、人間が考える基礎として、必要な資質で、文系とか理系とか、そういう問題ではないよ」ということを言っていたのですね。今日は、そういう意味で、何て言うのかな。最初の報告のなかでいわれたことですが、科学に境界はないのだと、そういうスタンスで議論をしていきたいと思っているのです。何か、ここの分野、あそこの分野という境界を越えて、21世紀、われわれが何をしなければいけないかという問題を一緒に考えようというところに立っているという、そういう視点で議論を進めたいと思います。その意味では、ちょっと、何となく学術会議の視野が狭いかなというのを、つい思ってしまったのです。多分、今日、来られた方は、いろいろな方がおられると思いますけれども、自分も境界のなかに入っているというか、境界のないところで、今日は議論しているんだなということ、しっかり頭に入れてほしいですね。

○北原 そうですね。

○坂東 ぜひ意見を、遠慮せずに出してほしいなと思いたったので。

○北原 それで、1つ、もう少し突っ込んでもよかったと思うのは、Science for all Americansでも出ているのですが、Science is a blend of logic and imaginationということ。ロジックの連鎖だけで、科学はできないと。やはり、どこかでイマジネーションが必要で、特に、素粒子や原子物理になってくると、これは日常、目にする世界ではなくて、実験データを通して得られた知見でもって、原子というイメージを、われわれは持たざるを得ない。原子そのものは見えないわけですから。そういうことを考えると、イマジネーションというのは、ものすごく大事ですね。ところが、そのイマジネーションっていうのは、必ずしも科学的な研究だけではなくて、本当のところは、やっぱり。

○坂東 やっぱり日常生活とか、私たちが生きている現場で様々な経験を、豊かにもっている人のほうが、ずっと科学に親しい関係があるのかもしれない。

○北原 そうですね。豊かな生活であると同時に、日常的に文学や、日常の経験以上のものを頭のなかで経験することが、ものすごく大事ですね。

- 坂東 それもありますけれどね、日常も大事です。
- 北原 日常も大事です。
- 坂東 そういう意味では、女性のほうが、ひょっとしたら豊かな経験をしているといえるかもしれません。今日、2人ほど先生が、科学リテラシーについていい事を言われている方を挙げられましたが、どちらも女性ですね？
- 北原 そう。
- 坂東 やっぱ、そういうのはみんな女性だなと思って。
- 北原 井上和子先生も女性だし。
- 坂東 ですしねえ。
- 北原 それからもう一人は、新井紀子さん。考えてみたら、そうですね。
- 坂東 やっぱ豊かな生活をしているというか、科学技術だけで、一生懸命、毎日、試験管を洗っているわけではない人が考える、経験している。そういう場合は、踏み込み方がやっぱり違うのかなというか。
- 北原 確かに、そうですね。
- 坂東 そういうところが大事かな。
- 北原 ありますね、うん。
- 坂東 ということで、ぜひ、フランクな議論をしていきたいと思います。よろしくお願いします。
- 川勝 何のために科学がいるのかということが、みなさん腑に落ちましたかでしょうか。それでは、フロアのみなさんにも質問をお願いしたいと思います。ご発言の前には、お名前とご所属をお願いします。
- 古結 同志社高等学校の古結です。先ほどの北原先生のお話ですけれども、3点ほど。
- 北原 はい。
- 古結 最初に、Traditional knowledge と、pseudoscience があると。それを峻別していくと言っていたのですが、その峻別する主体は誰なのかなというのを、ちょっと疑問に思いまして。僕はリテラシーというと、何か、その峻別ができる能力を身に付けることがリテラシーなのかなと思っていたのですが。
- 北原 そうです、はい。
- 古結 そもそも、7つ挙げていたサイエンスというのは、そもそも何なのかという定義を知りたいし、それを、みんなが納得することができることがリテラシーなのかなと思ったのですが。
- そう考えていくと、2つ目の疑問なのですが、科学というのは、ある程度、枠を決めた上で議論ができるものなのではないかなと。
- 北原 そうです。
- 古結 なので、まず、科学というものが、いろいろ活用されていますけれども、活用するには、ある程度、整理をしないと活用できないというところも、きちんと理解する

ことが必要だと。

そういう感じで、科学というものをとらえるときには、そういうふうな基本的なところを、きちんとはとらえないと、pseudoscience なのか science なのか、それすら分からない状況が生まれてくるのかなという気がします。

あと、3つ目なのですが、この報告にもありましたが、段階的な、いろいろなところで、この科学技術の智というものを定着させていきたいというふうな感じでまとめてありますけれども、それぞれの分野が、あまり段階的な記述がなされていなかったのですが。何か、さわりだけでも段階的に、どういうふうに定着させていこうと思っているのかが、いろいろな分野のところで議論されていましたが、分かりにくかったので、教えていただけるとうれしいなと思います。

○川勝 2番目にありますが、定着の戦略性みたいなもの。

○古結 戦略性なり、あるいはカリキュラムなり、そういうふうな話です。

○北原 まず最初に、科学って何だということなのですが、科学というのは、身の回りの現象を見て、その背後にある仕組みは何だろうかという疑問をもって、それで仮説を立てて、その仮説から、どういうことが結論として出るか。それを今度は検証して、それを繰り返していくことによって、その現状と仮説の関係が、非常にしっかりしたことになっていけば、これで理解したことになる。科学の営みというのは、そんなものだと、僕は思っているのです。

それで、pseudoscience (疑似科学) とは、いったい何かというと、疑似科学も、実は科学に似たようなかたちは取るのだけれども、例えば1回きりの実験で仮説を立てて、その仮説のチェックをすることなく、その仮説が絶対に正しいというようなかたちでやるようなことが多いわけですね。例えば、納豆でやせたとか。それも1回、何かやってみたと。それで、あとは偉い先生が、それは、こういうメカニズムであるとやっちゃうと、みんな、それを信じてしまう。そうなるって、危ないわけです。

では、その実験の選択は、いったい、どうなっているのか。再現性がどうか、その実験精度はどうか。さっきも言ったように、数というのは揺らぐものですから、それはどうかということ、きちんとはやった上で、だんだん確実になっていったものが科学的な知識なわけですね。だから、それを、ある1つの権威でもってやるとか、1回きりとか、そういうもので検証なしでやるのが pseudoscience というふうに考えればいいのではないかと思うのですが。そんな感じでしょうか。

○古結 そういうものは、このなかには、どう入っているのか。

○北原 なるほど。そういう科学の方法論。そういうものを身に付けることは、科学技術の智として重要だと思っています。そこに、ちゃんと書いてあるかどうか分からないけれど。ですから、科学技術の知識というのは、知識をいっぱい皆さんが持つということではなくて、どういうふうに攻めていくのか。そういう考え方とか、そういうものを持ってほしいという意味で、科学技術の智だと考えています。

○坂東 今日のお話をお聞きした範囲で判断すると、たぶん、この報告は、まだ宣言をした段階で、戦略はこれから立てるのだと思うのですね。だから最後のほうに、いろいろ、戦略的なことが出てきたのだと思います。ですので、これからの話の順序としては、最初のほうの、われわれが今まで、科学者とか科学というものが持っているイメージ、それが、ちょっと違ってくるぞという、そういう話のところにまず焦点を合わせて議論しましょう。まずは、そこをはっきりさせないといけないと思います。そのあとで、戦略に移るということはどうでしょうか？で、私もちょっと最近、いろいろなところ（たとえば、<http://scienceportal.jp/HotTopics/interview/interview27/> 参照）で書かせてもらったのですが、21世紀の科学のありかたを論じています。いままで科学者のイメージは、あの一、最近物理学会も紹介していたので、ガリレオというテレビ番組、湯川とかいう名前の科学者が出てくるのですが、そうですね。実験室でしこしこ実験したり、式をパーっと空間に書いたり、変わっているというイメージで紹介されます。どうも、科学者のイメージというと、何か知らないけれど、何かああいうのばかりが出てきて、普通に日常生活はどうなっているの？と思ってしまいます。そういうことではなくて、むしろ科学というのは、これから、どうあるべきか。そのときに一番大事になってくるのは、さっき言われた、日常生活の営みの中から出てきた集積された人々の知恵、それをしっかり受け止めて、どんなふうに、本当の科学をしていくか、それができる科学者になるべきです。特に、環境問題・医療問題等、わからないことがたくさんある領域では、その分野の経験の蓄積の中から蓄えた人々の知恵が大変重要です。そういうものをしっかり受け止められることが、科学者として「事実を正確に把握する」という中身になります。さっき、えせ科学と、・・・何科学でしたっけ？

○古結・北原 traditional.

○坂東 traditional 科学というのが、えせ科学と、そんなにすぐ区別できるぐらいだったら、それはすでに専門家ですよ。はっきり言って、「じゃあ、いまの環境問題で地球は温暖化すると言うのは本当ですか」と言われて、誰が検証できます？ 「何か、ここはおかしいなあ。何か、ちょっと違うな」とか、みんな思っているわけです。でも、それをやっぱり、きちんと本当に科学的に検証するには、誰が見ても、どこで見ても、ああ、確かに証拠もあるなあ、いっぱい証拠もためられてきたなということが明らかでないと、本当は科学の知識にはなっていないし、まして、法則にまで高められてもいないと思うのです。ですから、その前の状態の、いっぱいあるなかから、うその本物をより分けるというのは、すごく、たいへんな作業だと思うんですよ。けども、いままで、より分けるどころか、みんな全部、こういうものは、もう、迷信だとか、素人の言うことだとか言って排除していたのですね。でも、もうちょっとまともに受け取って、それを科学的事実にもまで高める、そういう沢山の経験からそこにある知恵を集めて、次の科学にしていけないといけないというか、そういう宣言なのではないかなと、私は思っているのですけれど。

○北原 そういうふうに、少し科学技術に対する考え方は、変わってくると思うのです。

○坂東 変わってこないといけないと思うのですね。

○北原 それはなぜかという、逆にね、温暖化の問題にしても、100パーセント正しいところまでいかないと、われわれが行動を起こしてはいけないというふうに言ってしまうのも、また問題なのですね。

○坂東 まあ、それも確かに問題です。だけどね、いきなりですね、もうテレビやラジオといったマスコミを通じて、何だか知らないけれど、「温暖化だ、温暖化だ」と一斉に宣伝して、冷静に考えると疑問を持つ人が出てきてもおかしくない状況です。でも、だからといって、「どうも、ちょっと、おかしいのと違うかな」と言ったら、「あんた、環境を良くする気がないのか?」と言って怒られるような雰囲気も、まずいと思うんですよ。

○北原 そうですね。にもかかわらず、社会は、ある方向に決めていかなくてははいけない。そういうときに、あるリスクというのがあって、あるリスクの範囲で、こっちに行こうか、あっちに行こうかと。

○坂東 それいうことは、われわれが生きている限り、いつも、起こることですよ。人間がしっかり答えを出していることがそんなにたくさんあるわけではありませんし、起こる問題は、複雑でどれが言いあつかう簡単にはわからないことも多いわけですよ。ですから、いつも、こっちへ行こうかあっちへ行こうかという判断をしているわけですよ。

○北原 そういう状況にあるんですよ。だから、そういうことを、もう少し、誰かの一言ではなくて、みんなで考えて、リスクならリスクで、これはリスクなのだというふうに、むしろ腹を決めて。そうでなかったら、また元に戻せばいい。そういうことで、常に多くの人々、普通の人たちが、そういうことに対してウォッチするというか、リスクを負う。

○坂東 そういうウォッチできるような体制、そしてわかった時はそれがみんなに伝わる体制、そういうものをつくっていくというか。

○北原 つくらないと危ないんですよ。はい。

○川勝 はい、どうぞ。

○山田 京大人間・環境学研究科の山田といいます。いまの科学リテラシーのお話では、知識ではなく方法だとか、そういうのを身に付けさせていくのがリテラシーだということなのですが、一番最初に挙げられた科学常識テストというのが、新聞であったと思います。あの問題を見る限り、あれは知識クイズのような気がして、あの問題と、例えば「人気アイドルグループSMAPのメンバーは何人でしょう?」という問題の質的な違いというのが、自分には、よく分からなくて。

そして、対照実験の問題に対して日本の学生は答えられないという話も、あれはいま、中学校の段階では、もう、受験問題として定着していますね? 「対照実験」と答えさ

せるような。何のために比較させるのか、どこでも出ます。だから、日本の教育が海外の国際水準から遅れているということなら、もう海外は、先にそういうことをやっているのではないか。

つまり、これこれの対照実験というものがあるんだよ。対照実験は、こういうことなんだよということを知識として与えているから、海外の学生たちは、それに答えることができるわけであって、日本の学生ができないのは、日本の学生が、そういう思考能力がないという考え方ではなくて、そういう知識を、単に与えられていないだけなのではないか。そうすると、やはり、その知識を与えていくということと、方法論的なものを与えていくのと、どれほど質的な差異があるのかということ、なかなか難しいと思います。正直、苦しいんですけど、その辺は、どう思われますか？

○北原 さっき出した 11 の質問というのは、かなり矮小化しているんですよ。ただ、あれが与えた政策に対する影響というのは大きかったですけれども、あれがすべてではなくて、ほかに見せた R O S E の科学的な態度に対する国際調査とか、PISA の調査というのが、むしろ一番重い結果だと僕は思っています。

まさに、日本でそういう対照実験とか、答えが出なかったら別のやり方でやってみるとか、そういう戦略性みたいなものが、知識というべきか、方法論として、子どもたち、あるいは社会一般に、そういうものがないのではないかというのは、僕は大きいと思っています。それから、国際調査で感じているわけです。それは、知識といえば知識だし、それは教えなければいけないことなんですよ。それは身に付けさせなければいけない。そういうことを身に付けさえすれば、逆に台形の重心の問題を覚えていなくたって、米つきの問題なんか、当たっていたかもしれない。要するに、細かい技術的なことよりも、どうやって攻めるかということ、やっぱり教えなければいけない。そう思うんですよ。それは、もっと言えば、答えのない、見えない問題があるのだということをお教えるべきではないか。つまり、答えがあって、当たったら○、外れたら×ではなくて、とにかく見えない答えに対して、どう攻めていけばいいかということへの教育が必要ではないかなと思うんですよ。どうですか？坂東さん。

○坂東 私も実は、そのことはすごく感じていて、最近、定年になってからですが、孫を教えようかという話になって孫とその友達がやってきて、「孫塾」をやっているのですけれど。そうするとですね、孫は中学校 2 年生ですが、とにかく答えだけ書いたらいいと思っているんですよ、子どもは。もう、既に中学校で、そうですね。「もうちょっと、ここに説明を書いて」と言ったら、「そんなものは書く時間がないからいいのだ」と言う。何かね、ものすごく忙しいんですよ。

○北原 忙しいですね。

○坂東 だから、答えに至る論理を自分でも確認しないまま、答えがあっていればいいのかというような方向になびくのですね。例えば、大学の授業でも、学生にでも答えだけを言うというのは割に書いてくれるのだけれど、その前に、ちょっと文章を書いて論

理をまとめるというか、何か、そういう作業を指示すると、なかなかできない。それで私はずっと、授業が終わったら、ショートコメントを書かせる授業をしてきましたが、やっている则だんだん文章がきちんとしてきますね。実は、試験には必要ないという意識は、小学校以来、ずっと、蓄積されているという感じは、すごくするんですよ。

○北原 考えの筋道を書く。自分が発見したものを書いていく。記録していく。これは、ものすごく大事なことで、海外の物理オリンピックでは、それが非常に要求されているんですよ。それからあと、実験データを取るときも。

○坂東 段取りをきちんと書いて、その日に何が起こったかを書いて送って大切らしいですよ。特に生物や化学の実験などは、プロトコルと言ってノートがあつて、何時どんな実験をしたか、詳しく書いているそうです。それが常識だとか。だから最近よくデータ捏造でもんだいになって、ノートを出せと言っても出ないのは常識外れだとか……。私は理論なのでそういうこと知りませんでしたけど……。

○北原 段取りを書かなければいけないし、record the value という問題を、われわれが日本語に訳さなければいけないときに「実験値を書け」と訳してしまったのです。そしたら子どもたちは、実験値を書いたわけですよ。だけれど、あとで分かったんだけど、それは＋何かまで書かなければいけない。レコード、記録っていう意味は、記録したものは、それはもう自分の手を離れて、ほかの人に渡つて、それがさらに発展していいものというのがレコードなのです。そういう発想は、向こうの中等教育では、レコードするということは、もうそれはパブリックな、公の仕事なのだ。そういうふうに教えられているのです。

○坂東 ああ、なるほど、そういう経験が全くないのは、子供たちだけではなく、我々もなのですよ。

○北原 それで帰つてきて、僕がそのことを言つたら、東大で捏造事件がありましたよね。東大のどこかの研究室で。工学部かな。その捏造した先生は、最終的に首になったのだけれども、なぜ首になったかという、その実験ノートが出せなかった。

○坂東 それは、出せなかったんでしょう。持つていても出せなかったかもしれない。

○北原 だから、実験ノートは出せないという理由で首になったんですよ。それは、非常に僕は大事なことだと思つていて、やっぱり記録として世のなかに出すんだつたら、その基になっている、きちんとした実験ノートがなければいけない。実験ノートというのは、きちんと実験した状況とか、全部、書いてある。それがあつて、初めて証拠になるわけで、それは論文としては出なくてもいいのだけれど、いざというときには見せることができる。

○坂東 そうですね。それは私、理論をやっているもので、思考過程なんかどうでもいい、最後の答えがきれいに出了なと言つて、これだけを書くというのが普通だったのですけれど、特に生物実験なんかをやっている人に聞いたら、プロトコルと言って、必ずノートを克明に、何月何日、何をやって、どうだったかというのを書いてあつて、それはも

う一生取っておくんだと言って、たいへんだなと思いましたがけれど、やっぱり、そういうものなのでしょうね。理論でも、誰かが言ってましたけど「最近の論文はジャズみたいいきなり始まってイントロがないと・・・。

○北原 そういうものなのです。それが日本では、大学の先生も、それをサボっているぐらいなので。

○坂東 それは、おかしい。だって、みんな、院生でも知っていますよ、プロトコルって。

○北原 院生でも、やっているわけでしょう？

○坂東 そうだっけきましたけど。

○北原 でも、おそらくね、中学高校で、そういうことを徹底しているかどうかということになると。

○坂東 ああ、それはほんとに疑わしいですね。

○北原 だけれど、僕から見ると国際スタンダードは、中学校でも、それは、やるべきだと。

○坂東 だから試験のときでもね、どう考えて、こういう答えが出たかというのを書くようにしていれば、そういう訓練の場になるんですけどね。

○北原 そうなんです。

○坂東 そやけど、いまはね、そんなこと、やっていませんよ、みんな。○か×だから。

○北原 だから応用問題で、ちゃんと、これこれ、こうであって、僕はこう考えて、それを大事にして、こうなったら、こうなると書く訓練さえしていれば、それはいいんですよ。

○坂東 日本の子どもがそういう資質がないというよりは、日本が子供たちを、そういう風に鍛えていないのが問題なのですよ。でも、日本の子どもをこういう風にしてしまったという自覚はある、というか最近反省しないといけないという空気はあるのだと思いますよ。

○本堂 東北大理学部の本堂と申します。さっきの温暖化のこのリテラシーが、すごく面白いと思っているんですけど。先ほどのお二人の発言に関連して…なぜ混乱するかという理由に、なぜ科学リテラシーを伝えなければいけないかということがあると、思うんですけども、例えば今週、月曜日の『毎日新聞』に、やっぱり温暖化の記事が出て、そこで、こうあるのです。温暖化は、IPCCですね、もう、これが確実だと言ったからと。それに反対している人を紹介しているのですが、事実、確実とは言っていないんです。IPCCはね。

○坂東 IPCC自身は、本当はかなり誤差を持ちつつ言っていますし、そんな風に断定的には言っていないですよ。やはり科学者がその中にはおられるのですから。尤も赤祖父先生などは、「あの団体は、学会でもなんでもない。」とおっしゃっていますが。

○本堂 言っていない。じゃあ、何で新聞が、それを載せるかというところが、たぶん、

リテラシーなので。

○坂東 ああ、それは思いますね。あのね、理系はよくイエス・ノー式の考え方だから、無味乾燥だ、とよくいいますが、あれはうそです。科学的な考え方をしていたら、「これはここまでわかっている」とか「この結論には抜け穴がある」とか「これは環境が変わるとかわるよ」とか、そういう条件付きの結論がいっぱいあります。ところで、文系の人の場合、特にマスコミ関係の人は、せっかちで、結論だけほしいので、「どちらかはっきりしてくれ」ということが多いのです。ですからそちらのほうがよほど、デジタル思考です。私は最近特にそう思うようになりました。

○本堂 なぜかという、それは新聞記者なんかの人になりますけれど、まず、新聞記者も、やっぱりリテラシーで、0・1 と思っているのですね。科学は 100%正しいか、間違っているか。

○北原 そうなんです。

○坂東 そこなんですよ。

○本堂 そこなんです。だから、そういうふうに書いてしまうわけです。

○北原 書いてしまう。

○本堂 それで書いてしまうと、市民は誤解するわけです。科学で 100%決まったので温暖化対策をやらなければいけないと。けれど、科学って、そんなこと、できるわけがない。科学者の立場からいくと、科学の実態を正しく伝えていないんですよ。ちゃんと。

それで、誤った前提が出来上がってしまうと、新聞なんかは次に、温暖化は嘘じゃないかという人を取り上げて記事を出すわけです。IPCCは確実だといったのに、異論を唱える人がいる、みたいなことを言う。そうすると、無用な混乱が社会に起こりますよね。そういうのを整理するためには、リテラシーを市民も新聞記者も持たないと、もう、議論がおかしくなってしまう。

○北原 そう、おかしくなる。

○坂東 市民、新聞記者だけではなくて、そういえば、官僚もそうなんですよね。

○本堂 ええ、そして時に、科学者もそうなんです。

○坂東 科学者自身もねえ……。それは科学者としては、やっぱりちょっと 2 流以下ではないですか？やっぱり科学者もそういう人が多いですかね？

○本堂 ええ、科学者もそうなんです。

○坂東 それは、最近の科学者が、科学者が単なる技術屋になっているからだ、という話もありますね。自分の専門部ごく狭い範囲の技術だけを身につけている……。ただ、科学者と呼ばれる人はさておいて一般の人々の科学リテラシーについていえば、科学的な基礎知識がないということとも関係しているかもしれません。すごく面白かった話があるのですが……。これは、私はよく学生に話すことの 1 つを紹介します。これは三宅泰雄先生が書いているのですけれど、戦後、各大学に「ラジオ受信可能な要素があった

ら、全部、提出せよ」と、こうきたのです。これが何のことか、誰も分からなかったのです。結局、それは何だったかと言うと、英語に直したら分かったっていうんです。Radio active element だったわけです。だって、考えてください。もちろん、知らないことが問題ではないのです。日本は、原爆の被害を受けて、大変な時期でした。そんなとき、こんな知識もないとは、イエス・ノーしか聞いていないからではないかと思いますよね。内容を理解しようとしていない・・・。知識がないと、内容も広い観点からフレキシブルに考えられないのかもね。

○一同 はははは (笑)。

○坂東 つまり、放射性元素だったわけです。それを官僚が知らないで、みんなにそういうのを流すんですよ。

○北原 ああ。

○坂東 だから、やっぱり科学的な知識もいるのです。知識と同時に考え方、1か0ではないということも、いるのだけれど、やっぱり、ある程度の素養というのは、どこにも必要です。

○北原 必要です。

○坂東 私は、科学的精神を大切にするというあまり、知識を軽視してはいけない、と思っています。知識があつてこそ、その次に行けるのです。私は文系で教えていると、すごくよく感じるのだけれど、例えばヘロンの噴水の実験というのがあって、いかにも一見、エネルギーが保存していないように見えるものがつくれるわけですね。それで、噴水がバーッと上のほうに出る。これは何故だろう、何も力で押していないのに水が噴き出すではないか、というわけです。そういう実験を、学生たちは、ここも向けに説明して教えるのですね。空気の圧力の話までは大変上手に説明します。ここのところを空気が押すからだとか、そういうところまでは分かるんですよ。でも、もうちょっと先に行って、これをどこまで下げたら、結局、噴水が上がってくるかとか、そういう定量的な話になってくると、やっぱり、ある程度、いままで人類が培ってきた法則とか知識、パスカルの法則だとか、やっぱり教えなければいけない段階というのがあるのですね。そこのところを、要するに Science for all と言うときに、どこまでを指すのかということ、やっぱり、すごくこれから大事なことになってくるだろうなと。単純に文系の学生だから、ここまでいいと思います、と言わないほうがいいのですね。理系の学生よりも、もっと面白い質問をすることもよくあつて、いろんな質問をしてくれますから、それ自身は非常に大事だと思うんですけども。だから知識と、やっぱり培っていかないといけないものと、それから出てくるリテラシーというか、どういうふうにして新しいものを考えていくかという、この両方を、やっていかないといけないですよ。

○川勝 はい。

○A いま、坂東先生がおっしゃった、どこまで教えるかということなんですけれども、できれば、技術なんかよりも役立つのだよということを人々に知ってもらわなければい

けないというところで、例えば、電子レンジにせよ電車でせよ、よく分からなくても、とにかくブラックボックスとして利用はできるわけですね。もう、あらゆるところに行く、ブラックボックスと称して、特に実質的な不都合がないわけですね。

○坂東 でも、不都合は、あるんですよ。例えば、冗談でよく言われるのは、電子レンジは、どうも水が温められるというので、それでは、猫の毛を乾かせると思って電子レンジに猫を入れたと。そういうようなときには、何で、電子レンジは、ものを温めるのかということ、ある程度、知ってないとまずいということ、ありますよねえ。

○A いや、でも、さすがにネコを温めるまでは（笑）。

○一同 はははは（笑）。

○坂東 いやいや、例えばですけど。ブラックボックスというのを、どこまで中身をつめていくかというのは大事です。それは、先ほど言われた温暖化の問題もそうです。IPCCが、まあ、正しいことを言っているのだろう、それは受け入れようと思って、そこから先を考えるってこともありますね。そうだとすると、IPCCが本当にどういふことを言っていたかぐらいは、ちゃんと伝えてもらわないと、あまりにひどいと思います。新聞記者がいいかげんに、正確に書かないようでも困るし、政府のほうも、温暖化で氷が溶けてくるからとか何とか言って、だから、みんな、低炭素社会を実現しないとイケないみたいな、そういう話に、すぐ行ってしまうという、その指導者の姿勢も、まったくのブラックボックスなんですよ。

○川勝 ちょっと違う方から、どうぞ。

○大隅 名古屋大学の大隅ですけど。いま、ブラックボックスという話が出たので、ちょっとコメントさせていただきます。先日指導教官と別の先生が愚痴を言っていて、「最近の学生は、いろんな機械をばらした経験に乏しい」と。昔の、僕らの先生にあたる世代の人というのは、たいがい、例えばラジオだって。

○坂東 自分でつくらざるを得なかったという面もありますね。ところが、今はお金さえあれば、実験のキットが買える時代になったのでしょね。

○大隅 もちろん、つくる。ばらすだけでなく、ちゃんと元に戻したりとかいうことを、やっていたんですけど、凶星と言うべきか、僕も、そういうのをやったことがないんですよ。それは何でかと言ったら、ブラックボックスだと思って使っているだけだったからなんです。

最近なんかむしろ、ブラックボックスにしかないようなものがあります。要するに、ばらせないように、もうそうやってつくってある機械があります。パソコンとか、そうですよね。壊せなくなってしまうんですよ。壊そうと思ったら、本当に、物理的にバーンと壊さないといけないみたいになっちゃっている。

何で教官がそういうふうに愚痴っていたかということ、そういうのにぜんぜん触れてない人がものすごく増えてきて、ただブラックボックスが、ある意味、自然現象の一つみたいにして動く機械が、身の回りにあるだけになっちゃっている。なかの構造、さっ

きちらっとそういう関係の話が出てきていたように思いますけれど、構造というか、いろいろなものが絡み合って、こういう結果が出てくる。そういうところまで考えられない人が非常に増えてきているのではないかと、そういう愚痴をおっしゃっていました。そう考えると、やっぱりブラックボックスだと思って利用するだけというのは、非常にまずいですよね。

○坂東 でもね、そんなことを言っても、いちいち全部、これの構造も分からずらいと利用できんというわけにもいかないし、難しいところです。そうではなくて、肝心のときには、構造まで気にする、っていうか、中を見ようと思ったら見ることができるという気構えが居るような気がします。

○A でもブラックボックスが、必ずしも悪だと、僕はそう思っているわけではなくて。

○大隅 いや。悪と言っているわけではないのですけれど、ある程度できるというか。まあ、これも、あいまいな話です。

○A 複合要因があるというようなことに対する知識というのは、貴重なものだと思うのですけれども、同時に、すごくハイテクニックというか、高度なものが、そこに集積されていて「自分ごときでは、ちょっと難しすぎて、分からないですよ」という、研究者というのは、自分のイマジネーションを超えたものが世のなかにあるんだなという、そういう畏怖の感情が起こったとしても、それはそれで、なかなか、教育的効果としてあるのかなと思います。

○大隅 未知の技術というふうに言えるのだったら、たぶん、まだ、ましなほうなのですけれどね。これは人から聞いた話なのですけれど、子どもの面倒を見ていて、方位磁石が何で常に同じ方向を向くかと聞いてみたら、真顔で「人工衛星が操っているから」と答えた。

○一同 はははは（笑）。

○大隅 そういうことを言ってしまう人が出てくると困りますよね。

○A そう思っただけの理由は何かというのが、あるでしょう？ もちろん、僕らが例えば、一見、専門的な教育を受けていて、あるいは教育に携わろうとしている人間が、それでは、まずいかも分からないのですけれど、普通の市井の人々は、そういう認識であるとまずいという理由は、どこにあるでしょう？

○坂東 誰かが操っていると思ったら、まずい理由があるかっていうことですか？

○A ええ。

○坂東 そんなのは、はっきりしていますよ。そんなの、誰かが操っていると思っていても、ちょっと他の方法でためしてみたら、すぐばれることですよ。例えば、その横に、もっと強い磁石を置いたら、そっちを向くではないですか。操っているのなら、いつも同じ方向をむかないといけませんよね。だから、そういう理解は間違っている。つまり、1つのことは理解できても、ほかのことは理解できないような、そんなものは、理由にならないと思うぐらいのことは、それは普通の人でも分かってもらわない

と困りますよね。

○三浦 市井の1人として。ミウラと申しますけれど、私もいま、科学技術の智の課題が自然認識の問題ではなくて、政治経済、価値観に踏み込むということがあるのですけれども、乱暴な政治とか、めちゃくちゃな経済というのが押し寄せてきたときに「こんな、のんきなことをやっておれるのか」というのがあったり、そんなふうに、「だまされてもいいぞ」みたいなことで、そんな生活を送ることを、子どもと一緒にやってもいいのかというふうに思うと、めちゃくちゃ、市井の人間でも困るわけで、むしろ、心のなかで、そうした地位が、どんなふうに。ここにトレードオフと書いてありますけれども、どんなふうに進んでいくのか。

例えば、さっきデータの偽装の話がありましたし、せつかく、そうした教育を受けた人たちが、その業界に入ったときに、それに加担したり、促進したり、価値観の問題でいけば、金ために偽のことに手を出す人たちもあるのではないかなと思うと、市井のわれわれが、めちゃくちゃ困るわけで。だから、そういうのを思うと、どんなふうにかこの話が進んでいくのかなというところも、ちょっとお聞きしたいと思いますね。

○坂東 たぶん、いま、出てきている問題は、科学って、だんだん高度化して行って、中身も分からなくなっている。普通、素人には分からないような結論が出たりする。そういうことが多くなってきた。そのなかで科学的に考えると、どういうことだろう。そのことがはっきりしないと、いつでも信じていいというわけでもない。いつでも、それは嘘だと思ってもいけない。

そここのところを、人間が共有する知識として、どこまでは、きちんと共有しないとけないかなあと。そこがはっきりしていないと、次の行動が見えないだろうなど。そういうことがあるんですかねえ。

○北原 そうですねえ。いまの世のなかを見ると、なかなか気が重いところがあるのだけれど、そうですね。例えば。

○坂東 例えば、今はやっぱり一番、経済情勢なんていうのも、先ほども言われたけれど、科学の対象としてどれぐらい解明できるか、物理で解明できるかどうか、それは、まだはっきりしないでしょうね。

○北原 そうですね。たぶん、経済のことを考えるとすれば、やっぱり歴史的に学ぶことも大事ですよ。ものが、どういう状況になったとか、世界はどうなっているか。そういう歴史に学ぶことも大事だし、おそらく、いまの経済政策というのは、非常に近い、現在をどう生き延びるかというようなところだけにあって、とにかく効率化をはかる、それから無駄を省くとか。

例えば、もうちょっと長いスパンで考えてみると、これは、僕は経済、ぜんぜん専門家ではないのだけれど、教育の面から考えてみると、実は日本の歴史で、戦後、学力試験をやったことがあるんですよ、やっぱり。全国一斉テストを。そのときに、日本の文部省は何をしたかという、学力の弱いところに金をかけたのです。

○坂東 それは、けっこうまともな考え方のような気がしますね。どこにお金をかけたらいいか、それもはっきりわかりませんが、上っ面を引き上げるのではなく、その基礎になる基盤をひきあげる、保母正しい考え方のような気がしますね。

○北原 それが 1970 年代の高度成長で、税金が入る。日本が、儲かるようになった。つまり、20 年、30 年かける。だから、いま、種をまけば。いま、税金が足りない、足りない。国家財政、破たんしているというふうに言っているんだけど、何十年後に儲かるようなシステムを、そういう考え方はできないのかということが、一つ言えると思うのです。

いま、ここで教育に金をかけなかったら、僕、20 年後は、日本は最極貧国になっていると思う。

○坂東 それだけは、私もはっきりそう思いますね。

○北原 要するに資源がない。人間もなくなったら、日本は、こう言っては悪いけれど、いまのバングラディシュとか、そういう国と同じになってしまう。

○坂東 フィンランドが、自分の国には資源がないから、教育に投資するのだ、人間しか資源がないのだから、ということで教育に十分なお金をかけたことで、成功していますね。

○北原 そうです。

○坂東 それで、高い技術力を維持しているわけですよ。日本もかつては、相当な技術力を維持していたはずですが、何でそれをなくしてきたのかというほうが問題ですよ。

○北原 だから、これは科学リテラシーの問題になるのだけれど、やっぱり歴史から学ぶというか。それから、やっぱり長いスケールで因果関係を考えると、そういう発想。だから、日本を本当に豊かにするのだったら、いま、どこに投資をしたらいいの。税金が欲しいのだったら、何十年後に税金が取れる仕組みをつくらなければいけないのです。そういう発想をしてほしいと思うんですよ。

フィンランドの例が出ましたけれど、フィンランドは 1970 年に、ソ連に対する賠償金を払いきったのです。それまでは、その賠償金のために国家財政は非常に苦しかったのですけれども、その賠償金を払いきったところで、じゃあ、何に今度は金をかけるかというところで、教育に金をかけたのが 1970 年代です。それでいま、ノキアだとか何とか、そういうイノベーションで税金が入るようになってきたから、30 年の計画を立てたんですよ。

フィンランドは、ですからいま、子どもの教育に関しては非常にお金をかけているし、教員も非常に大事にして、本当に国として生き生きとしている。あそこも、日本と非常に似ているところは、資源がないこと、それから高齢化社会。これが同じです。ただ、人口が少なく、自然は豊かというか、緑が多いところなのです。そこが違うところ。日本とは似ているのですね。

それで 1970 年代に、将来の少子化社会を予想して、若者に仕事をつけさせなければいけないということで、賠償金を払いきったところで教育に金をかけた。そういう国です。そういう長い目で、どうやって国として儲かるかということ、長いスパンで考えることが必要なのです。

○B いまの教育への投資の問題に関してですね、来年度の概算要求で、文科省がこんなことを言ったのです。GDPの5%以上を、教育に出してやる。そして、結果、財務省にはねられたと思うんですね。そのときのロジックは、確かにGDPあたり3.5%でしたか、4%でしたか。それは最下位なのですけれども、1人当たりの教育費を見ると、国際社会のほかの国と比べても遜色がないと言われて、財務省に蹴られたんだと思うんですね。そう言われたときどうするか。北原先生のご意見を。

○北原 それについては明確な答えがあって、一人ひとりの教育費はね、そうなのです。だけれども、そのなかに占める公費が少ないんです。

○B ああ、公費が少ない。

○坂東 あら、私費まで含めて、教育費を算出しているのですか？

○北原 そうなのです。

○坂東 むちゃくちゃですよ、そんなの。

○北原 それではねられて、こそこそ引き下がるところが、文科省のだからしないところで。

○坂東 えっ、文科省も知っていたんです？ それ。

○北原 知っていたわけですよ。それでもう、すごすご帰ってきた。データがあるんですよ。何とだらしがない。

○B じゃあ、それを宣伝していただきたいと思います。

○北原 はい。

○野崎 地元の椋山女学園というところで教えています。今日はありがとうございました。今日は、最後になって、演題の意味を理解しました。つまり、「なぜ科学がすべての人々に必要か」は、30年後の日本が、豊かに繁栄していくために必要だということ、私は理解しました。

○北原 うん、そうです。

○野崎 ただ、今日いただいた書類のなかには、人類の共通の課題に取り組むために科学の普及が必要であると書いてあって、かなり、建前と本音が違うと思います。

例に挙げられたアメリカの事例では、科学を広めようというのは、おそらく、国力を増すために、あるいは、儲けるためにということが目的です。しかしながら、そのような目的を達成するために、科学を広めるということは、科学が持つ本当の意味ではないのかなという気がします。

例えば、子どもに、「なぜ理科を学ぶ必要があるのか」と聞かれた場合、私は、やっぱり面白いからと言うしかないのですけれども、実は、面白いでは通用しないかもしれ

ない。

私は、野外の生物学が専門で、最近では生物多様性が騒がれています。ところが、どうして生物多様性が必要なのかということは、なかなか統一見解がないわけです。

○坂東 どう答えられるんです？ 多様性がなぜ大切かって。

○野崎 私は、本当に答えられないですよ、いろいろな生き物がいたほうが楽しいからとしか、言いようがないですね。

○坂東 それは、ちょっと科学的な説得の仕方ではないんじゃないかな。

○野崎 そう。自分が遊びに行って、いろいろ見られることは楽しいなとしか言えないんですね。ただし、それだけで人が納得できるという気はしません。なぜ必要かというのは、もっと考えないといけない。どうしても建前と本音が、どんどん対立していく気がするんですよ。

○坂東 確かに、日本は議論がありませんね。誰かに言われると、みんな口をそろえて同じことを言う。今日のお話でも、何でしたか、「偶然と必然」という本が出たときのお話がありました。日本だったら、本は権威があるので、殆どの人が、「ああ、そうか」で終わりなのだけれど、向こうは、自分の主張をもっているんで、その本とは意見が違うと、議論を始めると言われましたでしょう？

○北原 そうです。

○坂東 それなら、多様性もね、生物多様性というか、それが今度、名古屋でやる環境のスローガンですよ？そこで、みんな「何で多様でないと、いけないの？」と。そういう疑問が出てくるようでないと、本当の科学リテラシーではないという気がするんですよ。逆に言うと。

○北原 本当、そう。建前と本音と言われて、僕もいま、おっと思ったんですよ。何段階の本音があつて。僕は、科学するというのは人間の本性じゃないかと、実は思っていて、これは、やっぱり楽しいんだと思うんですよ。それを文系の人に楽しいなんていうと、また怒られるかもしれませんが。僕はね、いわゆる文系の人も、触ったら楽しいのではないかと思うのです。

○坂東 うん、いや、私は文系の学生を教えていて、「あつ、こんなに科学って面白いんだったら、やったらよかった」という人、結構いますよ。でも。

○北原 それはね、僕もね、そうだと思う。

○坂東 でも、物事って楽しいことだったら、なんでもやったらいいかということ、それも、いけないではないですか。人間が会館を覚えることは、すべて楽しいからやればいい、ということではなくて、謎を解く、好奇心を満たす、そういうことが、おおげさになれば、人類にとって発展の方向につながっているから、奨励されるのですよね。いくら楽しくても、それが人に迷惑かけたり、害悪を及ぼせば、悪いことだったら、奨励されないですよ。。。

○北原 いや、いけないけれど。

○坂東 そこを、どう考えるかですね。

○北原 たぶん700万年に人類が出てきて、苦勞して、いままで生き抜いてきたということがあるのですね。そのとき、どういう苦勞をしてきたかという、やっぱり、目の前にあるものを見て、次に何が起こるだろうかと。自分の安全を保つために、いろいろ考えてきた。それが、だんだん文化になってきたのだと思うので。

それはだから、分からないものが分かるということは、ある種の快感として、DNAにあるのではないかと僕は思うんですよ。その快感というのを、だんだん純化して、どんどんサイエンスになっているのかもしれない。だから快感というのは、やっぱり自分の生存を保障する、維持する、生き延びる快感。その本能的なもの、頭の後ろにサイエンスとしてリファインされたものが、人間には、ごちゃごちゃに、実はあるのではないかというのが一つあります。

だから、逆に言うと、それをおさえる。多様性で楽しいというのも、どこか、そういう原体験みたいなものがあって、そういうもので快感としてあるのかなという気はするのですが、その辺は、人類学の人に、ちゃんと実証してもらおうと面白いと思うけれど。

だからサイエンスを広めるということは、人間性の復興、復活みたいな意味に、僕は考えているのです。自分の感じとしてはね。人間が人間たるために、本当に大事なことなのではないか。それに加えて、現代、みんなと一緒に考えなければいけない問題もあるということで、最後に金儲けの話になって、30年後に日本が、本当の意味で豊かな国になるために、税金も含めてですけど、科学のことを考えなければいけないんじゃないかと。そういう面もあります。いろんな面がある。

それで、最近、面白いのは、去年、おととしかな、イギリス、National value of educationというコンファレンスがあったのですね。これは、まさに国家として生きていくために、生き延びていくために、科学教育がなぜ必要かという議論をしたのです。そこに経済学者がどっとやってきて、どうやったら国として儲かるか。いま、それで科学、教育をやらなければいけないのだという議論をしていました。

もう、ヨーロッパでは、むしろ科学教育は、国家として、経済的に、何十年も先に、いかに儲かっているか。そういう議論ですね。だから、そのぐらいの議論を、僕は日本でしてほしいという気はしますね。政策としてはね。

○坂東 先ほど、快感という言葉が使われたんですけど、その快感というのは、どこから出ているかということまで考えたら、それ自身も科学の対象だと思うんですよ。要するに何かというと、われわれは科学って、これは何故かなあと学んで、そして、ものは手を離したら落ちるな、だから、これは落としたりいけないものだったら手を離してはいけないとか。そういう簡単なことから、だんだん、その法則を知って、行動するとき、そういう法則に逆らって行動してはいけないとわかってくるのですね。こうしたなかかた、そもそもは倫理とか、価値観とかという形で定式化されてくるのだと思うんですよ。それは、人間の快感とも結び付いていたのだと思うんです。ですから、何

か倫理の場合も、そういう物質的な根拠というか、そういうものが基礎にある。倫理とか道徳とか言うものが、そういうものの法則とは、ぜんぜん別だというふうに考えてはいけないと思うのです。やっぱり、よりよく生きていくための道具として科学が使えるということは、実は、そういうことなのだ。ですから、自然の法則に逆らって行動したら、しっぺ返しを受けますよと、そういうことを私たちは身に染みて感じ、じゃあ、もうちょっと先のことを考えてやろうか。だんだん、先のことを考えてやるように、多分、そういう風になってきたのだと思うんですね。先ほど、その歴史の先生、何ていう先生でしたっけ？

○北原 羽田先生。

○坂東 羽田先生ですか。私はいつも思うのですけれど、たぶん、歴史の人と言ったら1000年ぐらい前に戻るのはいいほうで、人類が生まれたころとか、地球が生まれたころまで戻る人というのは少ないですね。でも、さっき言われたのは、もっと前に戻れと？

○北原 700万年から、やれと。

○坂東 でしょう？

○北原 そうそう。

○坂東 私はね、それはすごい人だと思います。そうして初めて、自分自身を客観化できるのだと思うんです。例えば、いま、CO<sub>2</sub>が多くなって、酸素がどうか言って、酸素が足りないみたいなこと言っているけれど、この世が酸素ばかりになったら、大変なことですよ。昔は、生物にとって、酸素は猛毒の廃棄物だったということを理解してないと視野が狭くなると思うのです。歴史的には、どうやってCO<sub>2</sub>ができ、酸素ができ、そしてそのなかで酸素呼吸する生物、人間というのが、そういうものと共存してきたかと、そういうことをきちんと学んで、客観的になって初めて、CO<sub>2</sub>が増えたって、どのぐらい増えたんや、えっ、0.03パーセントから、0.06パーセント。え、このぐらいで、どうなの、というふうに、ちょっと客観的になれると思うんですよ。ものすごい危機感だけはあおられて、おたおたするとか、そういうことでは、法則に則った行動はできない、やっぱり私たちは科学というものを身に付けることによって、正しい行動ができるというか。そういうところが大事なのかなと。

○川勝 そろそろ、終わりが近づきましたけれども、最後に一言、まだ発言されていない方で質問のある方はいますか。学生諸君とか、どうですか？

○坂東 そうそう。いろんな意見を聞いて、また考えていかないと。

○川勝 はい、どうぞ。

○鯉田 学生ではないのですけれど、生理学研究所で脳研究をやっている、(D:鯉田)と申します。脳研究なので、人間に関わるすべてがサイエンスだと、私は思っています。今日の議題が、Science for Allであることと、リテラシーであるということについて、もう少し戦略的な意見が聞けるかと思ったのですが、聞けなくて残念でした。

○坂東 もうちょっと、時間があたらね。

○鯉田 for All というのと、リテラシーであるということは、科学は勉強したくないとか、勉強しなくてもいいと思っている人にも、勉強させなければいけないわけですね。ということは、そういう人たちに、何でやらせるかということを読得させる理由だとか、動機づけがないと。

それで、僕はずっと科学をしていて思うのは、科学がどう役に立つかということ、分からない問題が出たときに対応できる能力とか、将来のことを、ほかの国の誰よりも先に、比較的正確に予測できる。そういうことが経験でトレーニングできる。

○坂東 そうですね。

○鯉田 残念ながら、それは日本では、いま大学院に行かないと、たぶんトレーニングできないのですけれども、それをもっと早くしたほうがいい。それと、役に立つということ、日本の、すべての人たちのものとしては、やっぱりだまされないこと。

○北原 うん、そう。

○鯉田 だまされないためには、結局、判断を自分でしなければいけない。

特に、日本は社会として、一つの共感で物事を判断するということがあるので、自分で判断するというのを、あまり、しないべきであるという価値観がある。それを、今後は壊さなければいけないことがある。大変だと思うのですが、これは将来、日本が生き残っていくために科学が必要だというロジックになると思います。そういうことを、ぜひ教えていただきたい。そして、それを、ほかの方々に広めてほしい。

○北原 まさにそれで、これから僕らは科学リテラシー、あるいは科学技術の知をみんなと共有しなければいけない。これは、われわれ伝える、定着化という言葉を使ったら、ある人から「定着化ではなくて、共有だ」というふうに言われたのだけれど、本当にそう思っていて、いかに、いままで科学に関しては Not for me というふうな感じでした人たちに対して、どのようにしていくか。

これは、なかなか難しい問題なのだけれども、一つのアプローチは、これを知っていると得だよと言うとか、だまされないよというところから入っていく。もちろん、面白いよというのも一つなのだけれども、いまおっしゃったように、こういう判断を自分たちはしなければいけないということを訴えていかなければいけないと思っています。

○坂東 私もその点に関しては、まったく同感なのだけれども、ただ、国家の利益ということに立って考えれば、市民が賢くなったら、得なのか、損なのかというのですけれどね。例えば原子力問題を考えてみると、実は、最初は損だと思っていたと思うのです。原子力発電に対してでも、もう、みんな、うるさくて、一種の核アレルギーもありますから、安全、安全とってうるさくいろいろなことを言う、ここは大丈夫か、後の廃棄物の処理はどうするのか、など、いっぱい言われて、もう、大変うるさいと思ったに違いない。ですから国家の利益から言うとマイナスだと。しかも、時には感情的な反対をする、分かっていないのに何を言っているの、という感じは非常にあって、どっちかということ避けていた。そうすると、市民のほうも、敏感になっているので、ちょっと

した小さな事故でも、客観的になれない弱さがある。無知は怖れにつながることもあるので、本当の怖いことを見抜けるようにならないと困る面もあります。原子力発電所で何か事故が起こっても、その事故を外へ出したら、きっとまた訳の分からない市民が、ぐちゃぐちゃ言うて、だからやめろやめろという一点張りの主張しかできないですよ。情報公開できるだけのレベルを持ち合わせていることが大切ですね。こういうようなかたちで、ある種の無知もあって、非常にヒステリーになったということもあったかもしれないけれども、そうでない正しい主張も沢山あったわけです。ですから、企業にしても、本当の知識を身につけてしっかりと見守ってもらわないと、自分たちも学べない、学べないと技術も向上しない、昔は市民が賢くなってもらったら困るなという感じだったけど、今はもっと賢くなってくれたらもっと向上できるという感じになってきたのではないかな、と思うのですけれども。このあいだ私、実は、いま、温暖化の問題とかいうので原子力発電が国際的にも見直されている。それは、いいかどうかは、ちょっと置いて、日本はどうしていくかという話を聞いたのです。そのときに、やっぱり市民からの声、あるいは内部から技術者が内部告発することを受け入れながらしか、本当の安全は確保できない。みんなからうるさく言われたから、日本はまだしも、他の国に比べて安全面の確保に関する技術が進んでいる。結局、市民が賢くなって本当の批判をいろいろとしてくれることが、安全を高めるためには、必要なのだ、こういう姿勢に変わってきているんですよ。これは、ものすごく大事なことで、市民が賢くなれば、いろいろ言ってくれる。それも、やっぱりちゃんと受け入れる。企業側も、小さな事故でも起こったら、必ずみんなに公開する。ただ、公開したときに、市民が「ほら見てみなさいよ、やめろ」などとすぐに短絡的にならない知性を持ち合わせていたら、これからどうしていったらいいかということと一緒に考えられるという、こういうやり方ができるようになって初めて、国民が賢くなる意味がでてくるのですよね。そうでないと、国の未来は、あり得ないというふうに、ちょっと変わってきているような気がするのです。そこは、ものすごく大事なところで、やっぱり人々は科学リテラシーといいますか、そういうものを持っていてこそ、国の、全体のレベルが上がって、企業も安全性を確保できるのだと、何か、そういうようなかたちで、結局は得するような方向に行くというのが大事なことなのではないかという気がします。

○川勝 どうもありがとうございました。

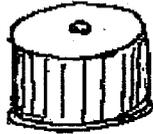
○坂東 どうもありがとうございます。

○川勝 本当はもっと続けたいのですが、お時間がきてしまいました。北原先生の講演と先生方の対談については、誰でも見られるようなかたちで公開していきたいと思いません。どうもありがとうございました。

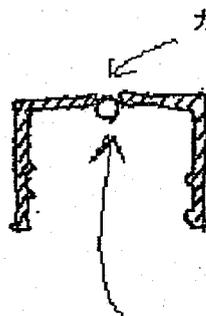
# ペットボトル顕微鏡 作成手順

## ①接眼レンズ作り

ペットボトルのキャップの内側にパッキンが付いている場合は、抜き取ります。ペットボトルのキャップの中央に、直径2mm程度の穴をキリであけます。



断面図

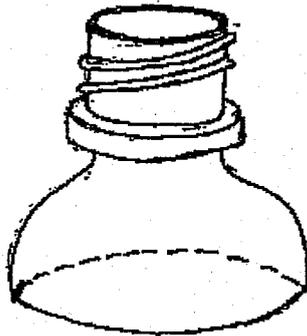


ガラス玉レンズ

ガラス玉をキャップの内側から穴に埋め込みます。

内側に少し出るくらい

## ②プレパラート台作り

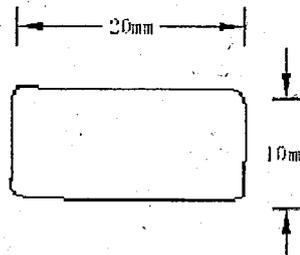


ペットボトルを図のように切り取ります。

キリで穴を開け、そこからハサミの先端を刺し、切り始めると切りやすい。

切り口に注意

## ③プレパラート作り

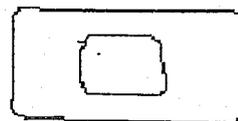
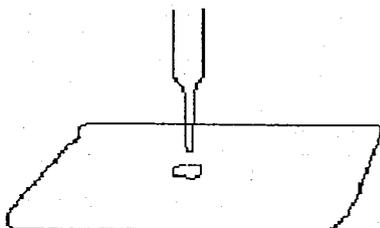


ペットボトルから左図の大きさにプレパラートを切り取る。(ペットボトルの飲み口にぎりぎり乗る大きさがよい。)

## ④試料作り (今回は、時間の都合で細胞の染色作業は省きます。)

酢酸カーミンをスポイトで1滴、プレパラートの中央に落とす。

タマネギの薄皮をはぎ取りプレパラートに乗せる。

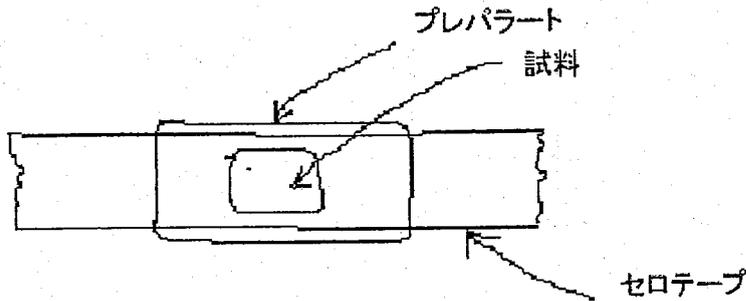


酢酸カーミンを服等につけないように注意してください。

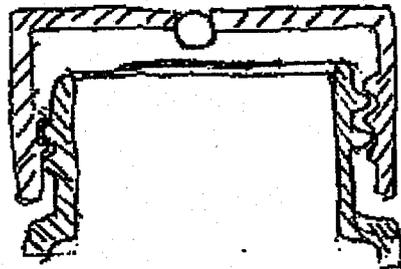
酢酸カーミンは細胞の核を染色します。  
染色には10分ほどかかります。

試料としてタマネギを使います。  
タマネギは出来るだけ薄く剥ぎ取ってください。

染色が完了したら、カバーガラスの代用として  
セロテープを貼り付け、プレパラート台に乗せ  
固定します。



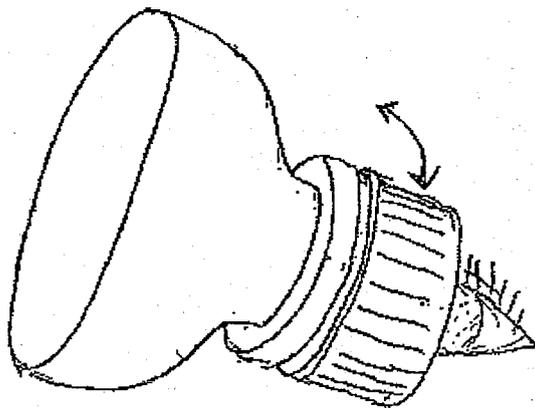
#### ④組み立て



レンズ(ガラス玉レンズ)と試料がぶつからないように試料台に接眼レンズ(キャップ)を  
ねじ込む。

深くまでねじ込むと、レンズが試料に  
当たり、資料がつぶれることがあります。

#### ⑤ピント合わせ



#### コツ

試料への光の当たり方で、見え具合が  
変わります。

接眼レンズを通して見た視野が明るすぎ  
たり、暗すぎたりするとよく見えません。  
向きを窓・壁・電灯などへ変えたり、手を  
かざして光の試料への当り方を変えて  
調整してください。

## ペットボトル顕微鏡の作り方 補足説明

用意するもの：ペットボトルとそのキャップ、ハサミ（ペットボトルを切る）、キリまたは千枚通し（ペットボトルのキャップに穴をあける）、セロテープ、ガラス玉ビーズ（直径2mm）、タマネギ（試料として使う）

用意するペットボトルについて

### 1. 大きさ

ペットボトルは容量500mlの容器が適当です。

### 2. キャップ

ペットボトルのキャップには種類によっては追加加工を必要とするものがあります。キャップの内側のパッキンの形状の違いによります。パッキンが飛び出していると、それが邪魔になりプレパラートとレンズを近づけることができないためです（焦点が合わない）。炭酸飲料のペットボトルは水色の平らなパッキンを使っているので加工しなくても使えます。サントリー烏龍茶のキャップのパッキンは飛び出していますが、パッキンはキャップにはめてあるだけなので取り外すことができます。金属キャップは使いやすいですが、レンズを固定するのにセロテープを使うなどの工夫が必要です。

### 3. ボディーの形

ペットボトルのボディーから、その一部を切り取ってプレパラートにします。複雑な形状のペットボトルは平らなプレパラートが作りにくいです。その点では、大きい容量のペットボトルが良いかもしれません。プレパラートは他のペットボトルや透明のプラスチックで代用できますから、使いやすいものを探すのも良いと思います。

レンズをはめる穴について

### 1. 穴のあけ方

穴を大きく開けすぎるとガラス玉が抜け落ちてしまいます。穴は少しずつ大きくして、レンズ玉がうまく固定できたところで止めてください。また、キリの代わりに直径2mmのドリルで開けるとミスが減ります。

### 2. 穴の位置

穴は、可能な限りキャップの中心にあけて下さい。中心からずれていると、焦点を合わせる最中に見ている試料の位置が変わってしまいます。

### 3. バリ

プラスチックのキャップでは、穴をあけるとき、どうしてもバリが生じます。バリは視野を汚すだけでなく、試料にぶつかって焦点が合いにくいという弊害もあります。必ずバリは取り除くようにしてください。

発展

レンズを自作する

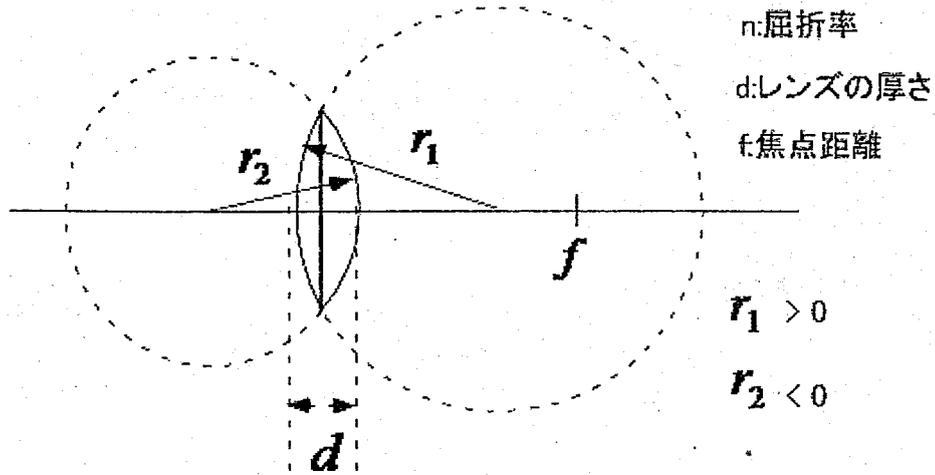
ガラス玉レンズの直径を変えると倍率が変わるので、レンズの自作ができるの良い。

1. ガラス管またはガラス棒をガスバーナーで熱し柔らかくし伸ばす（熱したアメを伸ばしたとき糸状になるのとよく似ています）。
2. 細く伸ばしたら、細い部分の一方の端で折ります。
3. 先端をバーナーで熱すると、先端が丸くなります。ガラスの細さおよび熱し方により球の大きさが変わります。練習が必要です。求める大きさになったら、バーナーから遠ざけます。
4. 自然に冷ました後、細い部分を一部残し折ります。残したひげの様な部分はキャップに固定するときに利用します。（セロテープで止める）

注意、ガラスを熱しすぎると変色したり、気泡が入ることがあります。何度か試して、最良の方法を見つけてください。

## レンズの焦点距離

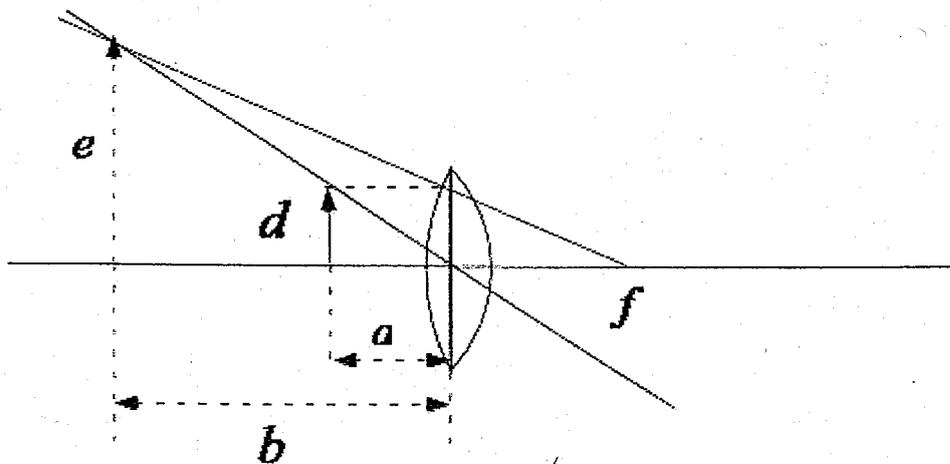
$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{d(n-1)^2}{nr_1r_2}$$



## レンズの公式 (凸レンズ)

焦点距離と物体と像の関係  
(虚像の場合)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$$



### 1. ガラス玉レンズの焦点距離の計算

半径  $r=1$  (mm) ガラスの屈折率  $n=1.5$ , レンズの厚さ  $d=2 \cdot r=2$  (mm) とします。

計算方法1 数値を代入して計算する。

$$f=1.5 \text{ (mm)}$$

計算方法2 式を簡略化してから、数値を代入する。

$$f = \frac{nr}{2(n-1)} \quad \dots \dots (1)$$

$n=1.5$  を代入する

$$f = \frac{1.5r}{2(1.5-1)} = 1.5r \quad \dots \dots (2)$$

ガラス玉レンズの焦点は玉の中心から半径の1.5倍の位置にあることがわかる。

$r=1$  を代入

$$f=1.5 \text{ (mm)}$$

直径2mmのガラス玉レンズの焦点距離は約1.5mmである。

### 2. レンズの公式 (凸レンズ) $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$ を図から求める

相似図形の三角比を使って、2つの関係式  $\frac{d}{e} = \frac{e}{b}, \frac{e}{b+f} = \frac{d}{f}$  を得る。

戦略を立てる:  $d$  と  $e$  が邪魔なので消去する方法を考える。

関係式を変形し  $d$  と  $e$  をまとめると

$$\frac{d}{e} = \frac{a}{b} \quad \dots \dots (3)$$

$$\frac{f}{b+f} = \frac{d}{e} \quad \dots \dots (4)$$

が得られる。 $d$  と  $e$  を消去して

$$\frac{a}{b} = \frac{f}{b+f} \text{ を得、さらに変形すると } \frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \text{ が得られる。}$$

### 3. 倍率の計算

倍率は図より  $\frac{e}{d}$  であるから、式(4)より倍率  $= \frac{b+f}{f}$  であることがわかる。

今仮に、虚像の位置  $b=200$  (mm)、 $f=1.5$  (mm) とすると倍率は約134倍となる。

レンズの公式  $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$  を良く見ると、 $a$  (試料の位置) は焦点距離  $f$  より小さくしなければなら

ないことがわかる。即ち焦点よりレンズ側に試料を置く必要がある。

実際に、虚像の位置  $b=200$  (mm) とすると、式(3)より試料の位置  $a=1.49$  (mm) となります。

なお、試料は焦点のすぐ近くに置けばよいこともわかります。

## 紙で作るからくり工作

大西 ハルカ\*, 川勝 博\*\*

紙で作るからくり工作は、子どもたちが楽しいだけでなく、そのしくみを見抜き、それを「ものづくり」を通して、科学的思考力を伸ばすことができる。さらに、日本の伝統文化を通して、紙とからくりを融合した楽しい科学教材である。

今回のか

らくり工作は、イギリスの元教師であった Rob Ives 氏の紙で作るからくり人形<sup>1)</sup>をもとに、2003年～2006年にわたって研究、実践を行なったものである。

Rob Ives : Paper Animation Kit

<http://www.flying-pig.co.jp/>



図2 「Running Cat」

この「Running Cat」は、駆動部分を紙コップ、ストロー、ソフトワイヤーという身近にあるすでに立体構造の素材を使うことで単純化し、制作時間を短縮させたものである。またこの素材は紙に比べて弾力性や強度がはるかにあるので上部の様々な運動・工夫をしっかりと支える。また上部の運動は、下部の回転運動を縦の運動に変換させた例である。また縦運動をさらに二つの動きに分解し、ネコが走っているようなかわいい、楽しい動きにした。

この「Running Cat」での改良からこの型のモデルなら到達目標として、小学校高学年以上であれば誰でも30～60分程度の時間で簡単に制作することが可能になった。よりシンプルに駆動部分の

構造を知ることができる。また方向目標として将来的には上部のネコの動きをヒントに新しい動きなどを創造できるものと考えられる。

## 2. 制作方法

## ● 準備物

紙コップ、ストロー (大×1, 小×1), 3～4mmのソフトワイヤー (ホームセンターや100円ショップにて購入可), 色画用紙, セロテープ, はと目, 両面テープ

## ● 制作方法

- ① ネコの顔, 胴体, しっぽを色画用紙に印刷して, 型紙 (付録図2に示すの型紙をそのままB5→B4に拡大) に合わせて切る。
- ② 図3のように紙コップの真ん中にまっすぐに穴を明け, ソフトワイヤーを通して図3のように折り曲げる。このときのワイヤーの曲げ方を大きくすると猫が走るように大きく動く。また, 穴ははと目で補強しておくと壊れにくい。

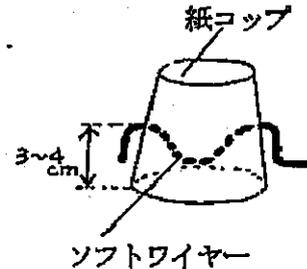


図3 ワイヤーの曲げ方。

- ③ 細いストローと太いストローを図4のように切る。細いストローは飲み口の方にボディと固定するための切り目を適当に複数入れ, 反対側は2cmくらい二等分になるように切り目を入れる。太いストローは飲み口の曲がる部分を切り落とし, そこから5cmほど残して四等分し, 平行に向かい合う二片を残して切り取る。ただし, この5cmはワイヤーの曲げ方によって個体差があるので, 物によっては5cm以下の場合もある。反対側はボディと固定するための切り目を適当に複数入れる。

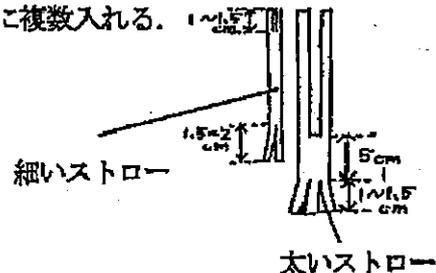


図4 ストローの切り方.

- ④ 紙コップの底に穴をあけ、底に細いストローの先(二等分してある方)を通して、二等分した先でワイヤーを図5のようにはきんで、セロテープで固定する。このとき、セロテープでワイヤーも固定してしまおうと動かなくなるのでストローだけをどめるようにする。

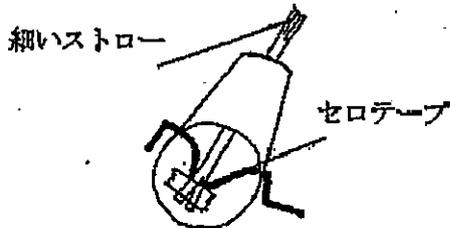


図5 ワイヤーとストローの止め方.

- ⑤ 図6のように、太いストローを細いストローに通して、紙コップに太いストローをセロテープでとめる。このとき、ソフトワイヤーの軸とストローの動きが直角になるようにとめる。

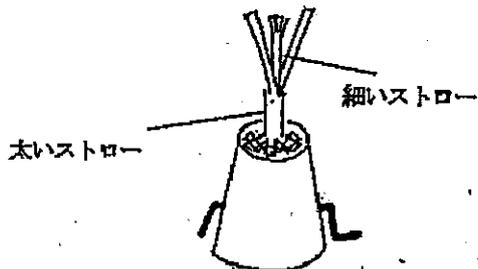


図6 ストローのとめ方.

- ⑥ ネコの顔を描き、図7のようにAとA'をあわせて、セロテープでとめると顔が立体的になる。

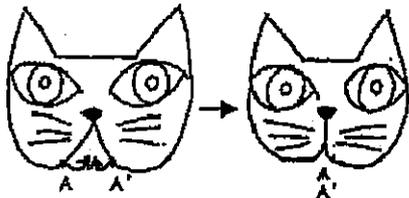


図7 猫の顔の作り方.

- ⑦ 顔、胴体、しっぽを図8のようにセロテープで貼り付ける。まず型紙の胴体を半分に折り、●印に穴をあける。太いストローを開いて、穴に細いストローを通し、×印の所に細いストローの切り目を開いて固定する。このとき、胴体の向きと太いストローの向きが揃うようにする。次にワイヤーのくぼみが下になるようにしてから、太いストローを胴体の腹の部分にセロテープで固定する。このとき、遊びの空間を残して固定すると動きがよくなる。背中と腹の部分にセロテープでつなげるように貼り付ける。ワイヤーのくぼみを下にした状態で猫が立つように足を折り曲げる。ワイヤーを回転させて猫を走らしてみる。

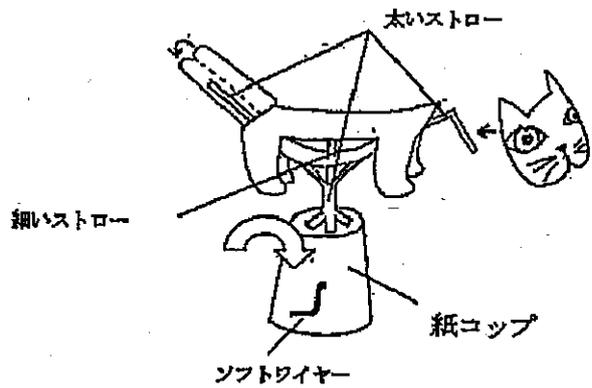


図8 ボディの止め方.

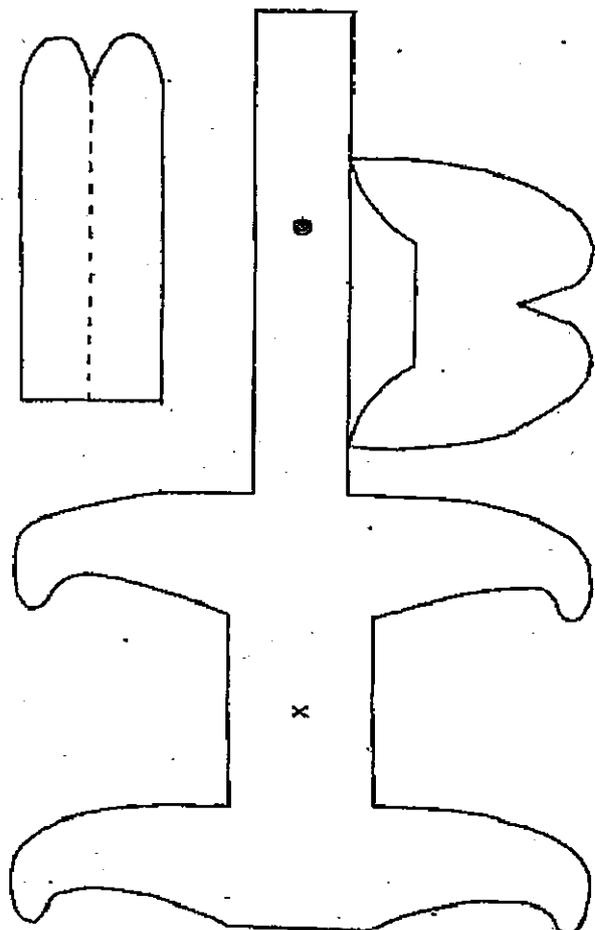
- ⑧ 猫の進行方向に頭を取り付ける。太いストローを折って、セロテープで顔を固定する。最後にしっぽを反対側の太いストローに挟んでおりまげる。太いストローとしっぽは一度セロテープで固定した後、両面テープで貼り付けるとよい。

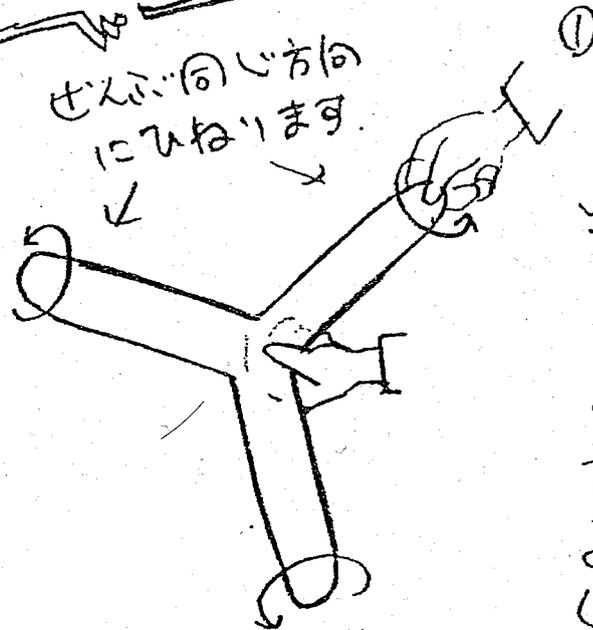
● 遊び方

紙コップの側面を持って、ワイヤーを回転させると猫が走っているように動く。

「Running Cat」の型紙.

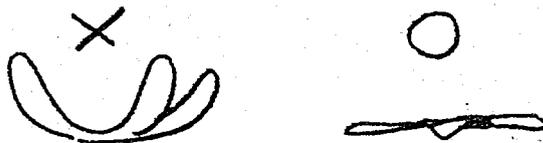
(2倍に拡大(このままB5→B4に拡大))  
×2





3枚の羽根を  
軽くひねってせ  
をつけてます。  
ひねりすぎると  
飛はなくなるし、  
ひねりが少なすぎ  
るとまっすぐ飛んで  
しまつてもどけません

② 横から見たときに全体がきついているようにたたく

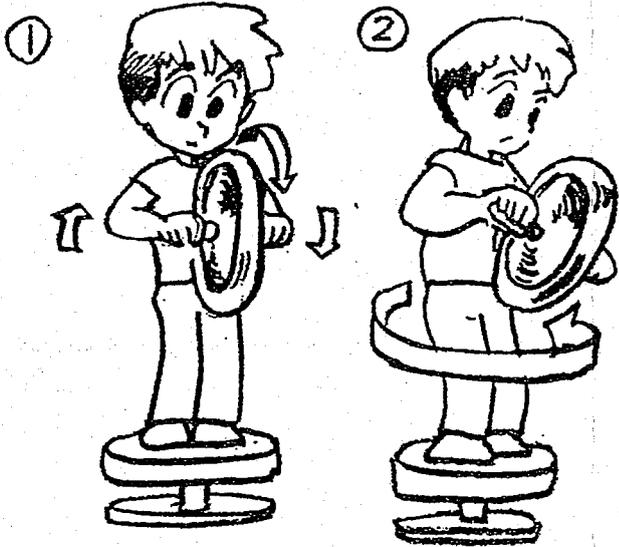


平面になるようにきをつけてみましょう。紙なので、  
とはしているうちに形がくずれてきます。とき  
どき手でしごいて形をもどしましょう。



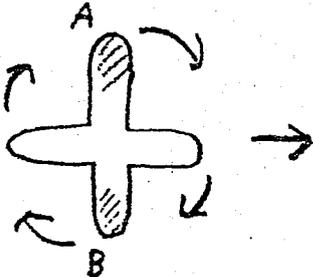
ブーメランがもどってくる秘密

名匠の科学の不思議  
 親と子のゆくり  
 科学のつぼ 1992年  
 朝日新聞

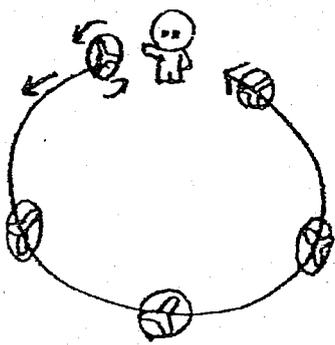


- ① 回転している自転車のタイヤなどの軸をもつタイヤの回転面を傾けようとすると....
- ② 全体が図のように回転してしまいます。

ブーメランもこれと同じです。



図のように回転しながら前進すると、ブーメランの羽根が風を切る速さは、Aの方がBより大きくなります。風がとらける揚力もAの方がBより大きくなります。これが「うしろ」、上の例で「タイヤを傾けようとする手のか」と同じ働きをするのです。



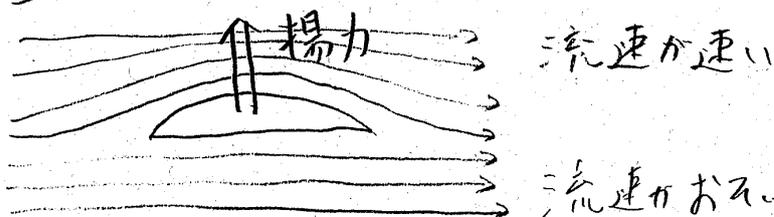
# グーメンのしくみ

名古屋大学 理学部 物理学科 進藤 哲郎

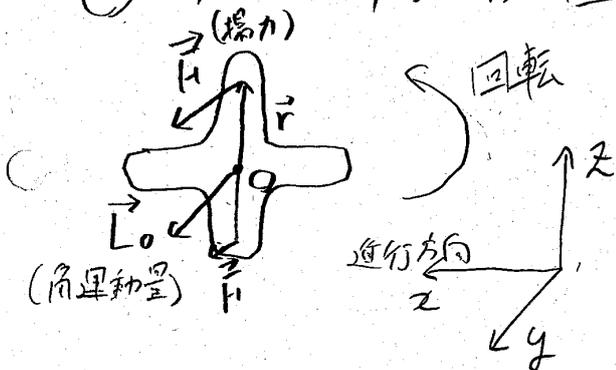
## ① 目的

- 普通の厚紙でもグーメンを作ることができること
- グーメンが戻ってくるしくみを知らること

## ② ベルヌーイの定理について



## ③ グーメンが回転するしくみ



上側 = 流速が速い (進行 + 回転)

下側 = 流速がおそい (進行 - 回転)

力のモーメント  $\vec{N} = \vec{r} \times \vec{F} \rightarrow z$  軸負方向  
 $(y)$  軸正方向  $(x)$  軸正方向

• グーメンを投げ始めたときの原点  $O$  からの角運動量ベクトル  $(L_0)$  は、 $y$  軸正方向だが、 $z$  軸負方向にかたむいていく。

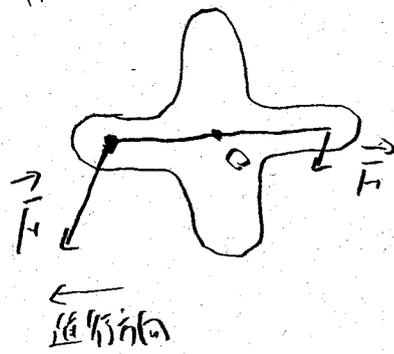
⇒ グーメンが  $y$  軸正方向に移動するとともに、グーメンの回転面が軌道の内側を向く。 → グーメンが回転し戻ってくる。

(しかしこのままでは、上向きのかまを得ず、墜落してしまう。)

④ グレーランが落ちないしくみ

前側

後側



グレーランの回転により、  
後側の揚力を失ふ

揚力が小さくなる

・ 力のモーメント  $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} \rightarrow z$  軸正方向

$\vec{r}$  (x軸正方向)  $\times$   $\vec{F}$  (y軸正方向)

⇒ 角運動量ベクトルが上向きになる?

⇒ グレーランが水平に回転するようにする。

⇒ 上向きの揚力を得て、墜落を防ぐ。

## 第1回 科学リテラシー講演会・実験指導者講習会 アンケート用紙

ご参加ありがとうございました。全体についての感想やコメントをぜひお寄せ下さい。  
次回以降の参考にさせていただきます。

※お差し支えがなければ、ご身分をお書き下さい→[ ]

[1-1] 第1部「科学リテラシー講演会」でどのような点がよかったですか？役に立った点など、ご自由にお書き下さい。

[1-2] 第1部「科学リテラシー講演会」の満足度はいかがでしたか？5（満足）から1（不満足）までの5段階でお答えください。

満足      どちらでもない      不満足  
5・・・4・・・3・・・2・・・1

[2] 実験指導者講習会の実験で工夫したこと、失敗したことなど、何でも自由に書いてください。また、それぞれの実験の満足度を、5（満足）から1（不満足）までの5段階でお答えください。

例1：紙ブーメランを投げるときに、縦にして投げ出したら、戻ってくるようになった。

例2：紙ブーメランの端を折り曲げ過ぎたら、うまく飛ばなくなった。

ランニング・ロボ・キャッツ	[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足
ペットボトルの顕微鏡	[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足
紙ブーメラン	[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足

[3] 上記以外に、ご感想、コメント、ご提案等がありましたら、ご自由にお書き下さい。

ご協力ありがとうございました。

## 第1回科学リテラシー講演会・実験指導者講習会アンケート結果概要



○回答者の基本属性：

高校教諭：9名、大学教職員：6名、一般市民：4名、学生：5名、無回答：10名  
※参加者52名中、回答者34名（回答率：65.4%）

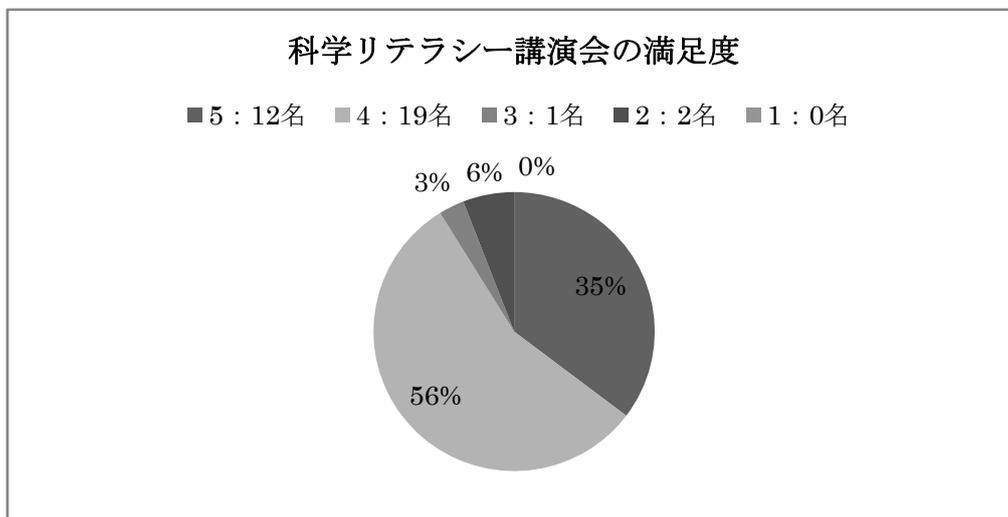
[1-1] 第1部「科学リテラシー講演会」でどのような点がよかったですか？役に立った点など、ご自由にお書き下さい。

- 「何故？」「そうか、わかった？」「～だからそうなんだよ！」これらが子供の年代やレベルに合わせて、体験できる場があれば…。ある意味、日常生活そのものが科学である。
- 科学リテラシーについて考えることができた。5月の名大祭での「クレープ」作りおき事件、9月の東京私立高校「携帯コンロ」爆発事件など、リテラシーの問題もあると思いました。
- 顕微鏡はオリジナルの仕組みがわかって良かった。
- 科学力を養うためには、どうすればよいのか考えさせられた。攻める、戦略的な科学（力）の教育を、構築することが必要だと思った。
- すべての人が、それぞれ人と人のかかわりの中で、それぞれが興味を持ったり、何とかしたい意欲が持てたり、それぞれの立場の違いで、必要とするリテラシーの違いもでてくる。けれど、人としての科学的考え方を身につけられる具体的戦略の検討と実践をぼちぼちと。
- 対談を通じて、いろいろな人の意見がうかがえたことがよかったです。

- 新たな教育の考え方を知れた。お二人とも、物理学会会長を務めていらっしゃる、「物理」のことだけでなく、全ての教育に対してお考えがあり、自分も専門教科以外に広く興味を持ち、生徒に伝えていく事が、総合して“教育”であると痛感した。
- 科学リテラシーの意味を考える機会になりました。
- 内容が少しむずかしかったような気がしました。若干、事前の勉強不足。
- 科学の基礎知識の大部分を学校に置き忘れ、日常生活の経験で生きていますが、科学的物の見方、考え方を大切にしていきたいと思います。
- 科学リテラシーの考え方が、もっと広がらないといけないと思いました。
- 後半の会場フロアとの議論がおもしろかった。科学教育の国際水準を具体的に知りたい。私の乏しい海外体験では、いわゆる市民が持つ科学知識が欧州で高いとは思えない。本当に海外（西欧）はすごいのか？
- 科学リテラシーに関する現状を知ることができたこと。
- リテラシープロジェクトの背景、現状をよく理解できたこと。
- 「科学リテラシーが、なぜ、すべての人々にいるのか」ということについて、いくつかの回答が得られたことがよかった。しかし、その具体的な内容については、まだまだ議論が必要であるように思えた。
  - 楽しいことを共有できるように。
  - 政治にだまされないように。
  - 将来的な利益を得るために。
  - 予知（見）できるように。
- まわりの方達が、とても優秀な方が多く、自分の不勉強さを痛感し、色々、考えさせられました。とてもいい勉強をさせて頂きました。
- 様々な分野の方と関わる機会が得られたこと。
- まず、簡単でも、実験ができたことが良かった。
- ディスカッションで本音がたくさん出たところが良かったです。
- 人と会え、話ができたと。
- 知識、技能や問題解決の為の力等、単純に学力だけではない、真の意味での科学力を考えていかなければならない時期に、日本もきているのだと考えさせられました。
- 対話が楽しかった。
- 「文化としての科学」を、地域の活動で展開していく時に、枠組み、共通の理念として活用できる可能性があると感じた。
- 科学を学ぶのに、そもそも科学とは何かという定義がはっきりしてなかったのも、一つの考え方がわかった。

[1-2] 第1部「科学リテラシー講演会」の満足度はいかがでしたか？ 5（満足）から1（不満足）までの5段階でお答えください。

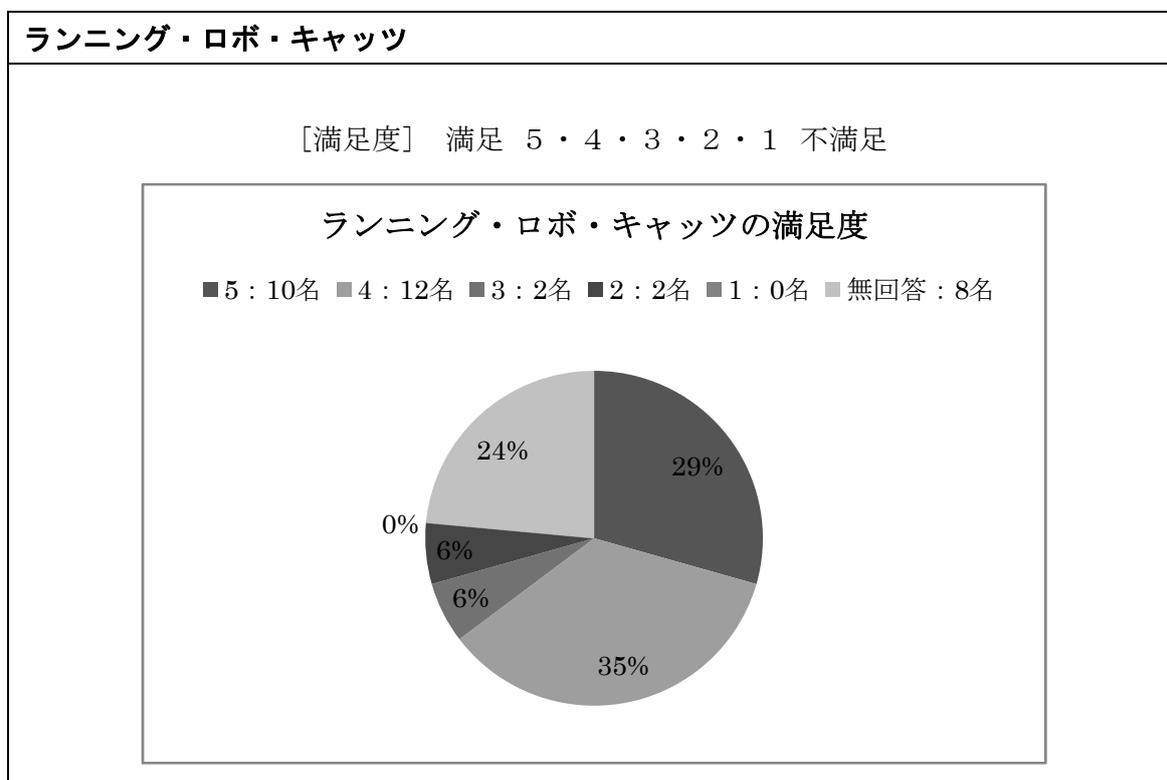
[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足



[2] 実験指導者講習会の実験で工夫したこと、失敗したことなど、何でも自由に書いてください。また、それぞれの実験の満足度を、5（満足）から1（不満足）までの5段階でお答えください。

**ランニング・ロボ・キャッツ**

[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足

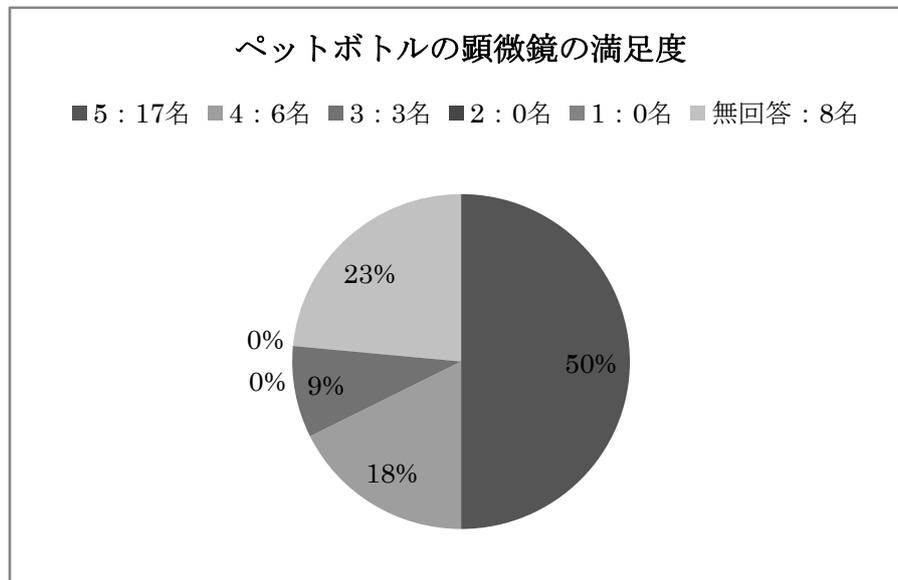


### 【工夫した点、失敗した点】

- ストローのはりつける向きを考えていなかったら「あばれ猫」になった。
- 太いストローと細いストローの長さに差をつけることで、「飛び跳ねる猫！」になった。
- ストローのたけを工夫すればよかった。
- クランクの形、ストローの長さ、様々な要因で走り方が変わる。当然の事だが感動した。マニュアルがあっても皆違う。
- 針金をもっと深く曲げれば、猫ちゃんが元気よく飛んで見えたのに、曲げ方が足りなかったと一寸残念。
- 簡単に作れると思っていたら、思いのほか奥が深かった。
- 器用ではないので、難しかったが、出来た時の達成感がよかった。
- 時間がかかったが面白い。セロテープなしで、穴をあけて、もっと強く固定しようと思ったが、うまくいかなかった。
- はり金を大きく曲げたら、ダイナミックな動きをするようになった。
- 実物（完成品）を見ながらでないと作れなかった。
- 時間が足りなかった。
- 美的センスをみがけなかったが、何とかできた。
- 太いストローと腹側の接着がうまくいかなかった。そのことで、かえって面白い動きが見えた。
- ストローのちょうどよい長さが分かりにくい。
- 太いストローとねこの留め方をかえると、動きも変わった。
- 指導者向けのドキュメントがほしい。メカニズムなど、何が原理で、どんな点が受講者にうけるかなど。
- 時間不足で完成しませんでした。他の方の完成品を見ながら、仕組みを学んで感心しました。
- おもしろいけれど、科学とはちょっと違うように思う。（技術系？）
- ストロー（太）の切りこみが少なかったため、上下の動きが小さくて、やや失敗。

## ペットボトルの顕微鏡

[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足



### [工夫した点、失敗した点]

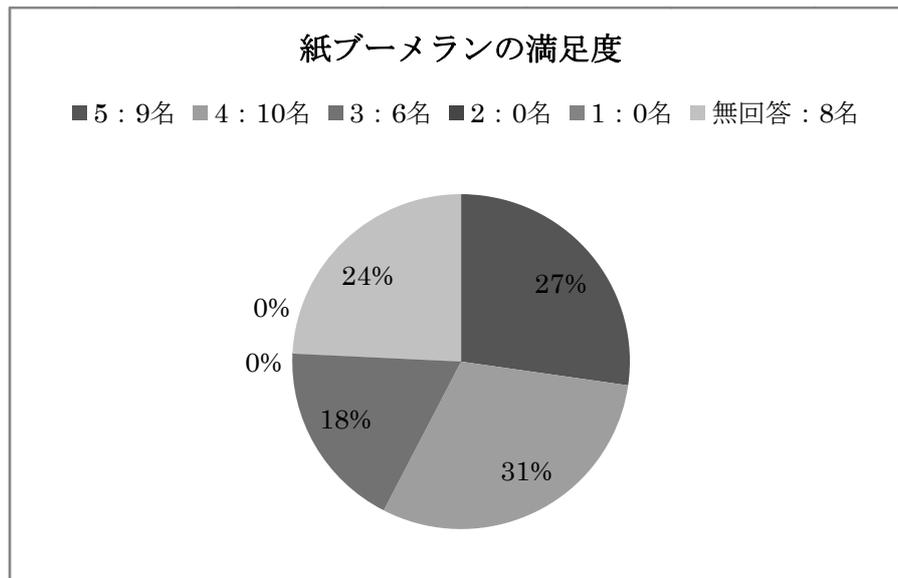
- 予想よりきれいに見えた。
- 初めて作りましたが、単純な割に高い倍率と短時間でできるので、お楽しみとして、生徒に作らせてもおもしろいと思います。
- ミジンコ、アオミドロを見たい。
- ただ、プラスチックを切るのに、ハサミを使うのは家のしつけとちがう。できれば、プラスチックを切るハサミがほしいな…。
- 指導者向けのドキュメントがほしい。メカニズムなど、何が原理で、どんな点が受講者にうけるかなど。
- ガラス玉の入れ方が難しく、入れ込みすぎはよくないと思った。
- 2mmのドリルで穴をあけたので、容易にレンズをはめこめた。しっかり観察できた。
- プレパレートに凹凸があり、凹側に試料はったらピントが合わなかったが、裏面の凸側にはり直したらピントがあった。
- 作るのは2度目であった。前は失敗していたので、今回はスムーズにできた。
- 簡単で短時間でできて、感激。他のものも見てみたいと思います。
- 半信半疑で作り始めたが、完成度の高さに驚いた。
- シンプルながらきれいに細胞が見えますね。いろいろ調べてみたくなりました。
- レンズの穴を大きくしすぎて作りなおした。
- 細胞なのか、シワなのか分からなかった。
- 見学のみですが、レンズの位置がひとつのポイントかなと思いました。

- 作っていません。紙コップで作ったことがあります。ペットボトルよりも加工がしやすく、小学生には向いていると思います。



### 紙ブーメラン

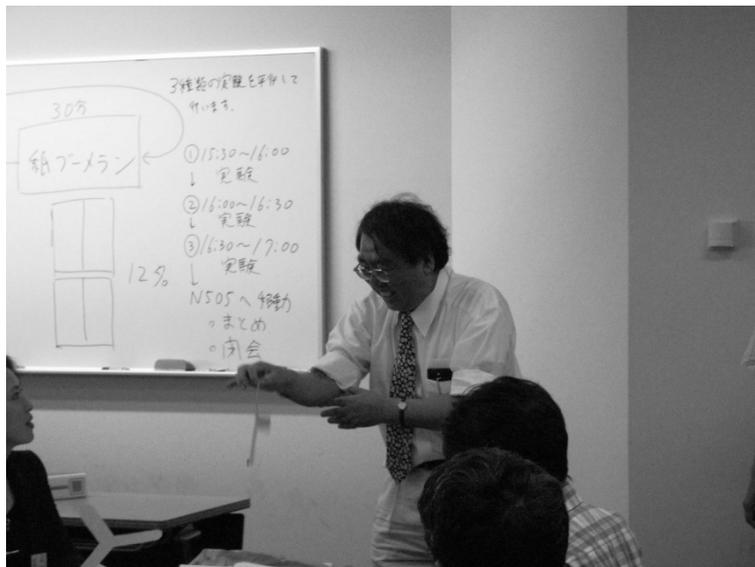
[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足



[工夫した点、失敗した点]

- 思ったより簡単にできたが、理論は大変難しいと思った。
- 中日新聞に近いものが紹介され、体験済み。

- 揚力を得るコツが難しい。
- 小さいころを思い出し、とても楽しくできた。
- 長さを変えるとどうなるか、さらに実験したいと思った。
- 実際に作ってみて、戻ってくる原理が理解できました。
- 手首のスナップをきかせたら、ブーメランがうまく戻ってくるようになった。
- 投げるコツをつかむのが、むずかしかった。
- ひねりと飛び方の工夫と検討を、もっとゆっくりしたいですね。
- うまくブーメランが戻ってこなかった。どうも折り曲げ過ぎだったようだ。
- なかなか上手く戻ってこなかった。
- 練習すれば、うまく投げられそう。
- 2つ作成したが、投げ方が同じでも回転方向が違った。折り方に違いがあるかと考えたが、今日は解決までに至らなかった。
- 折り方、面を考えるのは大変であった。
- ジャイロで説明すると、この原理はむずかしい。
- 翼の曲げ方を工夫できるのがいいですね。簡単に作れるので。ただ、結局、うまく飛ばしている方に、ノウハウを聞く方に走ってしまいました…。
- 抵抗で減速するので、セロテープを貼って慣性モーメントを増やしてみた。
- 時間的に作るだけになったこと。
- 時間切れで切った所まででした。家で練習してみます。
- 単純だけどおもしろい。子供たちの科学の遊びにぴったり。自分で簡単に調整できてよい。



[3] 上記以外に、ご感想、コメント、ご提案等がありましたら、ご自由にお書き下さい。

- 小学校教員の養成課程における科学教育（理科、算数）の課題を議論したい。
- 第一部は、一般人には少し難しかったが、色々、勉強になりました。
- これからも、さまざまな実験を紹介してほしい。第2回以降も開催されることを期待しています。
- タマネギ以外のものがあれば…。(ペットボトルの顕微鏡)
- より広い分野の人たちと、気軽に交流できる企画もあるといいと思います。本日はご苦労さまでした。ありがとうございます。
- ベルヌーイの定理、以前から納得できないと思っていたこと。単純な問題ではないということで、自分だけではないと感じました。
- 簡単な材料で楽しい実験が3つも体験でき、良かったです。実験時のサロンの探求活動をもっと活発にできると良かったです。
- 何故、市民のために科学教育が必要なのか？広い観点から議論の機会を持って頂けたら、と思います。文科系の人たちを含めて…。
- 手軽に楽しく実験しながら、かつ、その背景にある法則の存在を気づかせるのは、なかなか大変なことですね。事例を多く学びたいところです。
- いろいろな地域や研究者が参加されたそうですが、科学リテラシーへの期待を感じました。最後の議論がよかった。
- 討論の時間が短かったように思う。
- 材料購入先、価格がわかるとよい。3つの実験以外を、次回に学びたい。
- ありがとうございます。
- 実験から疑問を持って、理論的思想に発展させていく教授方法は、楽しい授業を進める上で大変重要だと思いますが、それができる分野と難しい分野があります。また、自分の考えを確かめる上で実験を行い、真偽を確かめる実験など、色々あると思いますが、一般の高校教師には、それらの情報が少なすぎると思います。誰か、大きなうねりを作り出してほしいと思っています。
- 失敗しなかったことが心残り。
- 「科学では、価値判断を絶対化できない。」ということの基本にしないと、文系や一般の人には通じないと思います。リテラシーをどう身につけるかが、講演会ではわかりませんでした。リテラシー講演会と実験指導者講習会を一緒に行う目的はなんでしょうか？

## II. 第2回科学リテラシー講演会・科学実験指導者講習会

## 第2回科学リテラシー講演会・科学実験指導者講習会 実施要項

- 日時：平成20年12月14日（土）13:00-17:30
- 場所：名城大学名駅サテライト多目的室
- 対象：科学リテラシー、科学実験に興味を持つ学生、科学教育関係者、一般市民の方々
- 参加費：無料
- 主催：なごや科学リテラシーフォーラム、名城大学総合数理教育センター、名古屋大学高等教育研究センター
- 後援：FD・SD コンソーシアム名古屋
- 協力：日本物理学会キャリア支援センター

○タイムテーブル：

第1部	科学リテラシー講演会 司会：安田 淳一郎（名古屋大学高等教育研究センター）
13:00	講演：「人権教育としての科学リテラシー～なぜ全ての人に科学リテラシーがいるのか～」 川勝 博（名城大学総合数理教育センター長）
14:00	休憩
第2部	科学実験指導者講習会
14:15	科学実験指導者講習会 テーマ：クリップモーター、紫外線センサー、燃料電池、ヨウ素デンプン反応
17:00	テーマ実験の原理についての解説 クリップモーター（吉村知泰、名城大学2年） 紫外線センサー（堀川絢加、名古屋大学2年） 燃料電池（谷口正明、日本物理学会キャリア支援センター） ヨウ素デンプン反応（笹瀬綾香、椙山女学園大学2年）
17:30	閉会

○参加者数（内訳）：44名（大学関係者[14名]、大学生[11名]、一般[19名]）

# 第2回科学リテラシー講演会 科学実験指導者講習会

2008年12月14日(日)

13:00～17:30

名城大学 名駅サテライト 多目的室

## ■ 対象者

大学教職員、学生、教師、生徒、市民の方々、どなたでも参加いただけます。(定員 60 名)  
※参加無料

## ■ プログラム

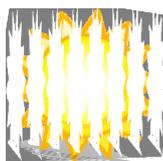
### 【第一部】科学リテラシー講演会(13:00～14:00)

「人権教育としての科学リテラシー」  
～なぜ、すべての人に科学リテラシーがいるのか～  
講師:名城大学総合数理教育センター  
センター長・教授 川勝 博氏



### 【第二部】科学実験指導者講習会(14:15～17:30)

- I) 燃料電池の製作
- II) 紫外線センサーの製作
- III) クリップモーターの製作



## ■ 開催会場

名城大学名駅サテライト 名古屋駅前 SIA ビル13階(多目的室)

TEL : 052-551-1666 E-mail : [msat@ccmails.meijo-u.ac.jp](mailto:msat@ccmails.meijo-u.ac.jp)



## ■ お申し込み先・お問合せ先

名城大学 総合数理教育センター

TEL : 052-838-2359(直通)

E-Mail: [ocsec@ccmails.meijo-u.ac.jp](mailto:ocsec@ccmails.meijo-u.ac.jp)

主催:なごや科学リテラシーフォーラム

名城大学総合数理教育センター

名古屋大学高等教育研究センター

後援:FD・SD コンソーシアム名古屋

協力:日本物理学会キャリア支援センター

## 講演

### 人権教育としての科学リテラシー

#### ～なぜ全ての人に科学リテラシーがいるのか～

講演者：

名城大学総合数理教育センター長 川勝博



○川勝 こんにちは。川勝でございます。今日はちょっと題が大きいのですが、科学を勉強することと、人権とのかかわりの話をしようと思っています。

#### <地球共生時代の人権>

まず、科学リテラシーとは何かということなのですが、普通は「読み・書き・そろばん」というのがございますよね。お母さんなんかは、小学校で、「まずは国語と算数だよ。あとはまあどうでもいい」とは言わないにしても、たいていそうやって教える方が多いのではないかと思うんですね。そういう意味では、国語とか算数、数学というのは、基本中の基本だと、ほとんど人が考えておられると思います。

これは間違いないことであって、これを「リテラシー」といいます。人間が生きていくうえで、それがなくて人間社会で生きていくのに、やっぱり齟齬(そご)を生ずると。人が人としてほこりを持って生きていくのに困ると、ほとんど全員がそう思っていると思います。普通、そういうのを「読み・書き・そろばん」というのですけれども、それ

を「リテラシー」といいます。昔はこれを「識字教育」といいました。全世界で、非識字者を撲滅しようということで、ユネスコが取り組んでいました。

ところが 1992 年、そこに「科学」を入れたのです。つまり、もともと識字教育というのは人権教育でもあります。それがなければ、人間として生きていくのに困るということでしたが、そのなかに、Science を入れた。つまり、「読み・書き・そろばん・科学」になったのです。それを“Science and Technology Literacy for All”という決議を、1992 年ユネスコが音頭をとっておこなったのです。

これは、ちょうどその同じ年に、ブラジルのリオデジャネイロで、環境サミットがおこなわれています。世界の百何十カ国の首相や大統領たち、一応、その総責任者といわれている人たちが集まって、これからの社会、政治、経済の基本的あり方を考えるサミットが開かれた。そこで環境の開発と保全についての長年の議論を克服して、持続可能な開発と言う 21 世紀の政治経済活動の基本方針を合意を取り付けます。

そしてこれを教育をとおして実現するため、国際教育調査がおこなわれる事になります。TIMSS（ティムス）とか PISA（ピサ）という調査です。そういう国際調査で各国に教育改革をうながしました。

その結果、日本はどうだったか。当然のこととして、日本がすごくひどい成績だった。つまり、若者（中学校で）世界でいままでトップだと思われたのが、リテラシーに関して言えば、成人（一般市民）のリテラシーに関して言うと、OECD 諸国のなかの 27 単位中に、ビリから 2 番目であった。そういう、とてつもない衝撃的な報告が 20 世紀の終わりにあったのです。

そういうことを通じて、これでいいのか、という議論が、それ以来ずっと続いています。調査を見ても分かります。必ず国際調査は 3 つやるんですね。読解力調査と、数学リテラシーの調査と、それに、科学リテラシーの調査です。つまり人権を保障するための学力の基本を構成するものがこの 3 つなんです。

国語と算数（数学）が人権としてのリテラシーになったのは近代になってからです。これらは、言わば人間の内輪の言葉です。これは人間の内輪の世界での人権に関わりません。しかしそれ以前は、科学こそがリテラシーでした、文字に無い民族、数の高い概念のない民族は世界に歴史上たくさんありますが、科学についてのリテラシーの無い民族はありませんでした。2000 年の昔から、親から子へ伝えられる教育の基本は、自然の中で生きる人間の、自然のことばを読むすべ、科学リテラシーでした。

アイヌの人たちも、アボリジニの人たちも、ネイティブアメリカンの人たちも、自然のことば、風の言葉、水の言葉、木のことばを読むことができました。

それは近代の科学ではありませんが、科学です。自然科学は物言わぬ自然のことばを読み書きできる学問です。彼らは、わたしたちが失った、たくさんの自然と人間が共存する知恵を、持っていました。

21 世紀は、他の地球上の生き物、自然とともに、人間が生きるすべを取り戻したと

き、人間同士の争いや、差別、人権無視の行動を批判し、格差をも克服できるでしょう。その国・地域にふさわしい産業や職場が生まれ、世界もそれをフェア・トレードで保証するでしょう。科学リテラシーは、21世紀の新しい人間と自然との関係、人間と人間との関係を築く、いわば人間のいきる原点に帰った基本リテラシー、参加型の人権教育です。

### <小学校の科学教育>

そこで、じゃあ、どのようなことを科学リテラシーとして、まず教えようとしているのか。それを知るためには、どういうテストがされたかを見るのが一番いいですね。

配布したプリントのなかに、「小学校の理科の態度と理科問題への解答状況」「中学生の理科問題への解答状況の変容」というのがありますね。それを見てください。

例えば、小学生の理科の問題です。「下の図は、こん虫が木の花から草の花へ花ふんを運ぶようすです」と書いてありますね。「いちばん起こりそうなことはどれですか。つぎの1から4までの中から、1つえらびなさい。

1. 木から生まれる子孫が、草になる。
2. 草から生まれる子孫が、木になる。
3. 草から生まれる子孫が、木と草のりょう方になる。
4. 子孫ができないので、何も起こらない。

こういう問題が出るのです。解答の結果、日本はビリです。全世界でビリです。1、2、3、4の解答分布を見てください。4つにほとんど均等の解答ですから、確率的に言うと、ばらばらですから、何も教えられていない、何も分かっていないということです。これの答えは4番です。これは日本の子どもができません。

そんな難しいことを教えてどうするんだというのが、日本の態度でした。しかしながら、難しかろうが何であろうが、これは大切なリテラシーなんだよというのが、出題者側の考えです。なぜかという、これは種とは何かを分かっているか聞いているのです。

種とは何か。例えば象さんの鼻は長いよとか、キリンの首は長いよとか、いろいろな生き物があるねと。それは、長かろうと短かかろうと、それはいいですけども、大切なことは何なのか。多様な生き物がいるという多様性は、その境界はどこにあるのか。つまり種の境界ですね。

もっといろいろな定義がありますけれども、一番初歩的な定義が、交配して、子どもができない。その初歩的な定義がわかっているか。それを出题しているというのが、この一番の問題ですね。

それを日本の子は、ぜんぜん答えられなかった。なぜならば、教えられていないからです。なぜ教えていないかという、難しいかもしれないからといって、教えていない。

問題は、いま、このいまから30年ぐらい前から始まった、新しい科学リテラシーに対する考え方の根本的転換は、自然観の根幹に関わることは、たとえ幼いときからでも、

きちんと教えましょうというのが、基本的考え方です。

自然観の根本に関わること。したがって、「人は何か」ということの根本にかかわることは、どう教えるかは、工夫するにしても、小さいころからさまざまなかたちで教えられながら、義務教育卒業で、みんなが分かっているようにする。そうしないと、遺伝子操作がどうだとか、DNAがどうだということで、社会的な諸問題を論じようとするときに、判断力の基礎がなくなってしまう。

クローン牛は子供ができるのか。なぜ死にやすいのか。そういうことを科学的に理解できる基礎があります。そういう意味で、そういうことを理解できる基礎があるかを診る出題がなされていますね。

小学校でこれも出来が悪かったですね。「自分から光を出すのはつぎのどれですか。つぎの1から4まで中から、1つえらびなさい。

1. かがみ。
2. ロウソクのほのお。
3. ダイヤモンドの指輪。
4. 虫めがね

日本の出来は、下から3番目ぐらいです。韓国は参加していないですけど、タイの次に成績が悪いです。参加した国のなかでは下から2番目ということです。

このなかで、鏡とか、ダイヤも、虫眼鏡も自分から光を出している子が、日本では凄くたくさんいます。

正解は、ロウソクのほのおだけです。光のことを考えるときに、発光体による光源と、反射による光源との区別をして、ものの像を学びます。しかし日本では、その一番の基本がまったくわかっていないですね。

これは「ものが見えるとはどういうことか」ということの根本を中心に授業がされていないということです。屈折とか反射の法則は、全員答えるんです。でも、「ものが見えるとはどういうことか」という、一番の自然観の根本が、まるっきり分かっていないんです。この、例えば木の花の問題や、光の問題で明らかになるのは、そういうことです。

### <中学校の科学教育>

では中学校に移ってみましょう。中学校の場合はどうか。右側を見ましょう。「昔、農夫がくさった魚をそばにうめると、トウモロコシがよく育つことを発見しました。植物が成長するのに、くさった魚の何が役立つのですか。

1. エネルギー。
2. 無機物（ミネラル）。
3. タンパク質。
4. 酸素。
5. 水。

さあ、どれでしょう。これも日本の子は、下から数えたほうが早いんですね。なぜくさった魚を入れると、トウモロコシがよく育つのかと言われたときに、よく分からないのです。これもちゃんと教えられていませんね、やっぱり。だけれども、これはリテラシーとして全員知っているべきだと国際的には考えられているわけです。

答えはミネラルです。くさった魚のタンパク質ではなくて、ミネラルですね。ミネラルが重要なんです。

これは、動物とは何か、植物とは何かの根本ともつながるのです。植物は光合成をして、栄養を自分でつくることができます。したがって、山の木は、太陽と水があれば、葉っぱによって光合成して、炭水化物をつくることができます。では山は、ほかについても、みんな森林になるかと。そうはいかないです。いくら水があって、太陽があっても、はげ山で、ぜんぜん木が生えていない島は、いっぱいあります。それはいったいどこに原因がありますか。

鳥が糞を落としたり、サケが遡上しはじめると、途端に山が豊かになる。そんなことがありますね。それは、何が何を運んだかという、サケや鳥の糞が、たくさんのミネラルを運んだからです。タンパクや炭水化物さえあれば生きていけるわけではないのです。

さまざまなタンパク質を構成する酵素や、さまざまな光合成をすることができる葉緑体にしても、いろいろなものを合成することができるタンパクのもとには、必ずミネラルが分子構造に入っています。それがなければ、いくら光合成をしても、生物体というのは、生まれてこないんですね。

だから、ごく微量でもいいんです。あんな、サケがちょっと上るぐらいで、なぜ森が回復するのか。数量的に計算すると微々たるものではないか。あれは嘘ではないかという人は、リテラシーがないんですね。これはもう中学生ぐらいになったら、知っていないと困る。それがこの問題なのですね。だから分子やイオンは当然、教えられるべきだと考えられています。日本の文部科学省がいかにも、教えてはならないといっても。そしてもっとレベルの高い科学論の哲学も基礎知識になっています。

「花子さんは、赤熱している木炭から出る気体を集めました。そして、その気体を少量の無色の石灰水の中に通しました。花子さんは、レポートの中で『この気体を容器の中に注ぎ込んだら、石灰水はゆっくりと乳白色に変化した』と書きました」、習った、習ったと、皆さんこう思われるんじゃないかと思います。ああ、石灰水が白濁するというやつだなと。しかしこの問題は答えられますか。「この記述は、次のどれにあたりますか。

1. 観察。
2. 結論。
3. 一般化。
- 4 推論。
5. 仮説、

途端に分からなくなりませんか。これは観察事実も含めて、科学するとはどういうことかを厳密に考えていないと、答えられないです。ただ単に白濁するということだけの知識の勉強です、日本は。

でも、それが、あとでほかの TIMSS の問題でも、関連して必ず出てきますから、これわからないと科学リテラシーとして欠落があります。科学的なデータは、証拠に基づい

で考える。その結論が本当に言えるかどうかを判断するための勉強。それが自然観とともに大切な、リテラシーの重要なもうひとつの要素なのです。この問題は、いままでの日本の教育から見ると、かなり異質でしょう。

### <科学的判断力>

もう 1 つ要素の例です。PISA2003 年の科学リテラシーの調査問題例とあります。これは 2003 年で、科学リテラシーの調査問題で出された問題です。

これをちょっとお読みになると分かるとおおり、いわば種痘ですね、天然痘についての問題です。ボイルストンさんというお医者さんが、自分の息子の皮膚に傷をつけて、天然痘のかさぶたから採取した膿をすりつけたところ、自分の子どもを含めて、285 人中、6 人を除いて全員が生き延びたと、そういう報告が書いてあります。これを読んで、次の問いに答えなさい。

この文章を読むと、みんな、ああ、すごいなど。結果論として、みんな天然痘は、そうやって種痘でやるということ、現在では予備知識として、知っていますから、ああ、そうなんだと感心してしまうわけですね。自分の息子まで使ったのかと。

ところが、それで、きちんとデータを科学的に見ることができているかどうか。でも本当にボイルストンの言っていることが正しいとこのデータだけで判断できますか。この証拠に基づいて、確かに生き延びたのは、かさぶたの膿をなすりつけたから起こったと判断できますか。本当にそうですかということを知っているのです。

もしそう判断しているなら、それ以外に必要なデータが隠されているから、それを指摘しなさい、と言うのです

ボイルストンの処置をしなかった場合との生存率が同じかどうか。つまりここで、ひょっとしたら、この病院に、菌がこなかったかもしれないでしょう。そうでないということ、どうやって明らかにする対照実験がありますか。さらにそれから、彼の患者が、その処置とは別に天然痘にかかっていなかったかどうかをどうやって知りますかとか。

そういうようなことが比較されていて、初めてこのデータは意味があるわけです。ところが、そのことを何も言わないで、これだけ見せて、ああ、そうだ、そうだと手を叩いたら、だまされる人間になっちゃいますね。科学的に考えるということは、どういうことなのか。それが、分かっているかどうかを聞く。それが PISA2003 年の、このリテラシーの問題です。

つまり、こういう教育は日本の理科教育では、ほとんどやっていないです。基本的には、むしろ全くやっていないです。つまり、本当か嘘かを、証拠に基づいて、適切に判断する力を全ての市民に養成する教育はしていません。つまり、科学リテラシーの教育の新鮮さは、1 つは自然観の教育。もうひとつは科学的判断力の養成ですね。

### <ユネスコでの議論>

文部科学省が、どのような学習指導要領で、これを教えてはならないと言っても、もうどんどん TIMSS や PISA で問題が出ます。そこで文部省は、いやおうなしに方針を転換しました。教科書になくても教えてもよい。そう変わりました。変わらざるを得ないです。すでに日本の教育は、日本だけで閉じていない。全世界が共通して、大きな1つの科学教育をやろうというふうに変わってきている。

その背景には世界の大多数の国の意思（ユネスコの総意）があるんですね。それは子どもの権利条約とか学習権宣言に基づきながらされている。子どもたちを 21 世紀の未来の歴史の主体になる権利を、この科学リテラシーで保障しよう。つまり、未来の歴史を参加によってつくっていく子供たちを世界中で育てたい。

21 世紀の歴史を、戦争と差別や、あるいは格差のあるような社会ではなくて、みんなが多少、我慢しても、ともに幸せに、生きていけるような、新しい民族共存の社会、新しい産業、職場を、多くの国で、つくっていききたい。これはユネスコの願いです。

僕も、ユネスコに何度も何度も行きました。そこは、いわば国連の、最も良心的な人たちが集まっていますね。その国連の良心で、30 年前から営々として積み重ねて、リードして出てきた結論が、これなんですね。

それは発展途上国よりある、経済発展を阻害する、と、いまは危機に瀕している超大国が、20 年以上前、ユネスコを脱退した事件がありました。ユネスコの困難な時期でした。しかし最近では、その身勝手さが、恥ずかしいので、批判によって戻ってきました。リテラシーについては、いろいろな解釈があります。しかし私はユネスコの正統的な見解にしたがって話をしています。意図的に違った解釈をする人はたくさんいますが、それは悲しいことです。

昨年、イギリスへ行って、バイビーさんとお話してきました。彼は 2006 年のピサ科学リテラシー問題作成委員長です。なかなかいいおじいさんで、子どもがダンスを踊っているのを一緒に見ていましたけれども、そのバイビーさんというおじいさんは、決して専門家の学力を全ての市民に要求しないでくださいと言っていました。

教養主義的市民教養。それは、建前は美しくても、本当にすべての人に教えきることになりません。いま重要なことは、すべての人がそのリテラシーを、本当に全員が持つことです。うたい文句はいくら美しくても、落ちこぼれがいっぱい出るようなやり方だったら、それは成功したとは言えない。全員が確実に身につけるための内容を基本的にやりましょう。それをかなり強く言っていました。

### <成長の限界>

しかし、ではなぜ、全ての人に、科学リテラシーとして2つ。自然観と科学的判断力が重要か。

1972 年、スウェーデンのストックホルムで国連人間環境会議というものが開かれま

した。そこで、いまは歴史の転換点、文明の岐路に立っていると宣言しました。いま、100年に一度の大変革だといいますが、ここでは100年に一度どころではない。2000年来の、文明の発生以来の転換期だと考えています。

つまり文明の発生というのは、農耕と牧畜をはじめ、食糧を自分で生産することができるようになった段階のことを言いますね。そのことによって、私たちは、狩猟採集による食料の不安定さから解放される。余剰農産物ができて、そして安定した生活を営むことができるようになった。そのことによって文化・文明がおきてきたわけですね。

そのとき、これを象徴する事件がおこった。神殺しです。世界最初の神話はメソポタミアの粘土板に書かれたギルガメシュの神話です。人間も食物連鎖のなかにいた。そのことを知っていた人類は、生態系の頂点に立つ森の高等動物を神と崇めた。それを殺してはいけない。殺せば森の異変がわからなくなります。森の神の数は森の生態系をコントロールしていますから。人間も食べる、食べられるのシステムの中にいることを人類は知っていた。だから森に異変を感じれば、いけにえ、をささげて部族を守りました。

しかし文明の発生とともに食糧（命）が生産できるようになる。最早神のたたりなど悪阻るるに足りない。そして神殺しをし、いけにえを廃止します。神殺しの人間は英雄になります。ヒューマニズム（人間中心主義）の。

人間は文明の発生以降、食物連鎖を断ち切った。と思った。もはや他の生き物に命をささげなくてもすむと思った。でも本当か。疫病はあり、戦争は絶えないのはなぜか。

誰も、生物の先生も、明確に人間は食物連鎖を断ち切っていると言っていない。にもかかわらず、ほとんど99%の人は、食物連鎖を断ち切ったと思って生活をしています。

ところが、人間は、食物連鎖なんて、断ち切ってはいません。そのことをはっきりと言った人がいる。レイチェル・カーソンさんという人でした。

彼女は『沈黙の春』という本を書きました。このとき彼女は、重力の法則から、決して逃れることができないように、人間は、なぜ食物連鎖の法則、生物学の基本法則を、人間だけが離れている生物であると、いつ誰が信じ込むに至ったのでしょうか。そう言った。そのとき、みんな、黙ってしまいましたね。めからうろこです。

つまり、人間は、決して食物連鎖の法則からは、逃れていないわけです。人間は生物である。生きものであると。当たり前のことを当たり前。つまり王さまは裸だといった童話の事件と同じようなことを、レイチェル・カーソンが言った。世界の人は、それで衝撃を受けました。

10年後、1972年に、国連の人間環境会議が開かれます。そのときに、そこで初めて、人間の社会環境、福祉、人権は、人間の内輪のなかだけの世界では解決があり得ない。またローマクラブは同じ年、成長の限界と言う有名な答申を出します。有限の地球に無限の生産力の発展はない。これは科学技術の発展に期待をかけ、無限の生産力の発展を前提にした、当時の両超大国の、市場主義、また社会主義国家構想の将来を、暗示するものでした。

このとき、他の生きものと私たちの幸せの問題。被差別、女性、子どもたち、発展途上国、全部含めて、人間同士のなかの不幸せや、そういう差別だとか、さまざまな貧困だとか、そういう諸問題と、他の生きものの絶滅の問題とは、不可欠の問題であるということが見えてきたのです。

つまり、日本のなかでは、環境問題は、自然の環境問題とだけに限定している一面的な弱さ、社会環境問題を除外して考える弱さがあるのです。ところがヨーロッパは違います。

例えばスウェーデンの緑の福祉省という省庁があります。ここには人間の福祉や年金を扱う省に、グリーン、がついているのです。なぜグリーンをつけたかという、人間と自然とつなげた福祉を考えなければ、人間の福祉はあり得ないから、こうしたのです。それが基本的にヨーロッパの大勢の考え方です。

### <持続可能な新しい社会>

そういう意味では、人間環境会議というのは、人間の、人々の貧困とか、格差とか、そういう問題をいかになくしたらいいか。民族と民族が殺し合いをせずに、共に生きていくためにはどうしたらいいのかという問題と、環境問題をどのように克服したらいいのかということ、を、統一的に考えるという考え方なんですね。それが人間環境会議なんです。

そういう考え方に、20年間、大論争がかわされました。そんなことをやると、経済が低下するとか大騒ぎをして20年間議論をした。そしてついに手打ち式があったのが、1992年のリオデジャネイロサミットです。ここで初めて、一応、表向きは全世界が承認するかたちとして、「持続可能な開発」というスローガンに集約したのです。そこで一応論争は、打ち切りにしたのです。つまり、「持続可能な開発」には2つの意味があります。一応これは政治経済課題なのです。「持続可能な開発」というのは、自然環境問題だけのスローガンではないんです。政治経済の目標なんです。だから大統領が、首相を呼んだんです。そういう認識がまだ日本では弱いのです。

どういう課題かという、と、「持続可能な開発」というのはどういうことかという、このままいったら持続可能にならないよと。だから、持続可能でない開発はやめなさいというのが1つ。それからもう1つは、このままいったら、持続可能ではないわけだから、新しい持続可能な技術を開発しない限り、やっぱり世界は沈没するよ、ということでもある。

だから、次の未来をつくるためには、未来の子どもたちが、知恵と工夫によって、新しい技術を開発しない限り、私たちの孫子の幸せは、ないんですよ。

じっとしていたら破滅する。同時に、いまをそのまま延長しては、破滅するわけです。だから新しい技術をつくらないといけない。社会経済政治の構造を変えないといけないよ、というのが、「持続可能な開発」なんですね。

だから、それは一応、手打ち式になったわけですから、公式的にはそうになりました。ですから、それにしたがって全世界が進んでいるということが言えます。

そのために、例えば、一生懸命やった国もいくつかあります。1つの国としては、コスタリカ。コスタリカというのは、ご存じかもしれない。ゲリラで、機関銃で内戦をやっていましたね。アメリカのハンバーガーコネクションといいまして、ハンバーガーの牛肉をいっぱい供給していました。そして内戦をおこなって、政情不安で、たくさんの人が死んでいました。いまは、それをやめてしまった。大統領が代わって、戦争放棄を宣言しました。そうして、何を始めたかという、エコツアーの国に変わってしまいました。世界最大のエコツアーの国がコスタリカですね。全世界の人が、エコツアーを知る、機関銃を鉛筆に持ち替えた。一生懸命、理科を勉強したのです。そして、一生懸命大学へ行くし、進学率が急上昇しました。一生懸命勉強して、賢くなって、そしてホテルをつくり、学校をつくり、そして農場、牧場をみんなの学校にしたり、もう一度、熱帯雨林を取り戻して、全世界の人が見に来るように変わりましたね。

つまり、世界のなかで、熱帯雨林を守るというのは、その国の責務であるということが、50年前は、それでは経済的にペイしなかったんです。いまは、ペイするんです。そのことをきちんと訴えれば、全世界の人々が支持してくれる。フィリピンの熱帯雨林をつぶさずに、再生することは、ほかの国の洪水を防ぐことにもなるという認識は、50年前にはなかったのです。そういう意味では、発展国が、ただ単に、工業国を真似するというやり方ではなくて、自分の国の豊かさをもう一度再認識して、どの部分で工業化し、どの部分はいまのものを残して、ほかの国とのあいだの共存をはかるのかという考え方に大きく転換しはじめた。その結果、何がはじまったかという、いわば開発独裁という、為政者がどんどんつぶれていくことにもなったんですね。あるいはフィンランドが、女性の学力が世界トップの国で、人気ナンバーワンの職業が先生なのですけれども、そのフィンランドが新しい教育をバカ正直に必死になってやっている。できる、できないで、クラス分けをすることなく、新しい教育を一生懸命やっている。そうしているのがフィンランドなのですけれども、コスタリカもそうですけれども、そういう状況で、大きく転換をしはじめています。

そういう意味で、歴史的な大きな大転換期をどのように乗り越えていくか。自分の国はどうするか。同じ地勢や歴史の国はないですからモデルはない。自分たちで進路を編み出さなければならない。

といったときに、新しい科学技術の開発が急務なのですね。それは、ただ単なる工業化ではないんです。自然環境の保全と、工業とのバランスの取れた経済をつくること。これを普通、何と言うかという、FECと言うのですが、Food と Energy と Care なんです。食糧は基本的には自給すること。それからエネルギーも、基本的には自給すること。それからケアですね。教育と社会保障は、自分の国でやること。これを原則として、各自、国が頑張って、自助努力としていく。そして FEC 以外は、いくつかの商品を、自分

の代表的な商品として、ほかの国で買ってもらい、自国はほかの国を尊重して商品を買う。

つまり、何でもかんでも全部、発展途上国に売りつけて、発展途上国は資源だけもらえばいいというのは、50年前、100年前の植民地時代の発想です。日本であっても、もやや東南アジアに、全部フルセットで、すべてのものを輸出することは不可能です。韓国から買わなければいけないものは買わなければいけない。中国から何を買うか。

ヨーロッパではEU通貨統合のとき、そのこと検討して、例えばイギリスの場合ですと、通貨はユーロにしませんでしたが、銀行はドイツ資本に譲った。フランスは何とかをドイツに譲ると。昔は喧嘩をしていましたけれども。という具合に共存共栄をはかると。同じように、アフリカでも、ほかのところでも少しずつ、そういう動きをしていかないと、1つの超大国があって、あとは従属するというかたちになるんですね。

#### <45億年の地球が想定しない力をもった人間>

そういうものに向かって転換していくような、時代の大きな流れのなかで、じゃあ、科学は、いま人間の社会で、どういう段階にきているのか。

人間は45億年の歴史のなかで、自然自身の理法として、あり得なかった力を獲得した。例えば、私たちは小学校や中学校で、どういう勉強をしているか。分子は変わったり変化をするけれども、原子は変わらない。そうやって教えるでしょう。ねえ。原子は100何種類で、分子は変化する。分子は離合集散あるが、原子自身はそのなかで変わることはない。これは自然の理法なのですが、この100年以内のあいだに、「原子は人間の手で変わる」という理法をわれわれは手に入れたということになります。

もう1つですね。まったくいままで想定していないものがありました。それは、有機化合物は、植物しかつくることができなかったのです。ちょっと前までは。そういうことを学校で教えられたと思います。ところがいまは、有機化合物を石油からつくることができるようになった。そして、人類の歴史のなかで、海のなかにもうまったくなかった有機化合物が充満しているぐらい氾濫しはじめています。非常にわずかな微量の有機化合物であるために、それを利用して、神経やホルモンや神経網に使って生物は進化していましたが、一気に、訳の分からないものが地上に氾濫しはじめた。人間が人工的に作りはじめた。そういう状況というのは、地球の歴史は想定していない。つまり、有機化合物をつくるようなことができるようになった。

さらに、生きものをつくる。今度の下村さんなんか、クラゲの蛍光タンパクを使って、中に埋め込むことによって、ガンを知るとか、プラスの側面が想定されていますが、一歩間違えれば大変です。

光るホウレンソウを見たことがありますけれども、動物と植物の境界を越えて、ホテルイカの発光素を持った、光るホウレンソウをつくった人がいます。私は気持ち悪くて食べられませんけれども、そういうことは、果たして許されるのかどうなのか。

あるいは、ブタの耳を持ったネズミの写真を見たことが、たぶん皆さんあるのではないかと思います。左側の耳だけブタで、片一方で、カタン、カタン、カタンと歩く、世界一不幸なネズミ。なぜ私はこんな耳を持ったんだろうか。そんなことがいいのかという問題があると思うんですね。

つまり、生きものをつくるなんていうことは、昔はできなかつたんですよ。いまは比較的、できます。人間でも、できないとは言えないですね。クローン人間も含め。

あるいは臓器移植の問題。臓器移植の問題についても、あれは免疫抗体反応を止めないとできないわけですから。自分以外のものを排除するのが、生物が生物を守る一番の基本的機能です。その自己免疫機能をストップしてエイズ状態をつくらないと、いわば臓器移植は不可能ですから、そういう意味では、そういうようなことが当たり前の状態になっていいんだろうとか、そういうさまざまな、本来の自然の根本的な理法と離れたものを持ちはじめているのが「大きな力」です。それを疑問におもっていても、それは専門家が判断することだろうけど、と思っははいけません。

#### <専門家の市民的統制>

そうしたときに、ちょうどそれと同じような経験を、われわれは持っているんですね。それは何かというと、軍隊です。軍隊というのは、高度な専門家ですね。したがって、素人の私や、内閣総理大臣が、あれこれしても、素人は、あんなこと分かるわけじゃないですかと。兵器のことをあなたは何が分かるんですかと。軍事の戦線配置の問題は、あなたに何が分かるんですかと言われたら、みんなギャフンとなりますよ。

つまり、軍隊は高度な専門家です。でも、じゃあそうだとすることで、専門家に任せると、だいたい暴走したんですね、結局は。したがって、長い歴史の暴走の教訓から、最高決定権は、軍事の専門家に渡さない。最高決定権は、素人がくだけず。戦争を始めるか、始めないのか。あるいは、最高の軍備をどうすべきかということは、まったくの素人が判断する。それがシビリアン・コントロールです。基本的には。

つまり、普通の人の感覚が、最後は判断をくださないと危ない。つまり、専門家は、自分を減らす判断ができませんから、自分の軍備を縮小しようとする提案は、まずしませんね。拡大する提案はしますけれど。したがって、こういう、ひとつ間違えれば大変なことになるような大きな力を持ちはじめたときに、専門家だけに任せるわけにはいかないじゃないかというふうになりまして、市民がコントロールしなければならないという考え方ができました。

1972年のときに、すでにNGO、NPOというのが活動をはじめた。政府と対等に議論し始める。最初は、何でなんの資格もない普通の人間が、政府と対等に議論しているんだと。ところがいまは世界の常識ですね。あんなやつが、なんで大きな顔して動き回ると言えば、バカにされて笑われます。それはもう、新しい感覚がないからです。いまの時代が分かっていないからです。

なんでそういう人たちがいるかという、NGO というのは、政府の決定にとらわれな  
いからです。NPO というのは、企業の利益にとらわれていないということです。そして、  
政府の決定や、企業の利益にとらわれずに、世界市民として、国を超えた1人の人間と  
して、次の世代の人たちの権利や、国や企業の利益をこえた、人権や、さまざまなもの  
を守るために活動しはじめているのが、NGO、NPO なのです。

役人は、国の決定にしたがわなければいけない。上部の決定にしたがう。日本の国益  
は、どうでしょうかと言ったら、上司が「こうせよ」と言ったら、自分の意見を問わ  
ずに、ぱっとそれにしたがわざるを得ない。そういうふうにしたら、きっと間違えてい  
くことが多くなった。

そこで、そうではなくて、テーマを決めて、主体的に独自に判断できる NGO、NPO の  
判断を聞きながら、さまざまな検討をするというのが、本国の上司の判断だけでなく、  
どの国でも、現地で取り始めた、これがいまの大勢ですね。不思議です。

いま腐敗問題もいっぱい起きていますが、たいていは、ほとんど内部告発ですね。内  
部告発によって、中の従業員としてだって、いま首切りをしたり、リストラをしたりす  
るものだから、だんだん企業に対する忠誠心がなくなっている。

「じゃあ言っちゃえ」と言っちゃいますが、内部告発は、ほかの国の動向を見れば分か  
るように、Whistleblower といって、警告を発する人なんですけれども、もっと別のこ  
とを言うと、つまり、「自首してきた人」なんですね。自分も企業の一員であって、自  
分もやっているんですよ。いやいやでも。やらされても。でも、やっぱりよくなかった  
ということ自首してきた人だから、自首してきた人として、命令した人とは違って、  
ふさわしく待遇しなさいというのが、考えですね。いまの日本で起こっている腐敗問題  
の 99.9%は、全部内部告発だと思えますね。それがなければ、昔は黙っていて分から  
なかったと思えますね。そういう時代に、だんだんなっている。

専門家は、科学技術で、いま大変大きな力をもっている。この「大きな力」を持って  
いる。それを専門家だけに任せておけない。一般の市民のチェック関係が必要です。

### <コントロール組織の崩壊と建設>

ではなぜ、すべての人にこのコントロール能力が必要か。それは勿論、人間の力が、  
回復不能な、めちゃくちゃ大きな力を持ちはじめている。専門家だけに、依存して任せ  
て置けない。危ない。そういう時代になっている、これが1つです。

それからもう1つは、そのコントロールする公的組織が崩壊しつつあるからです。し  
かるべき公的機関に、其のチェックをまかせられないのか。そのためにお役人を税金で  
まかなっているはずだ。

しかしそうはいかなくなっている。公的機関が機能不全に陥りかけているのです。つ  
まり、「コントロールする組織」とはどういうことかという、かつては戦後の多くの  
人たちは、2つの理想をもって未来の社会を望んで活動していました。ある人たちは社

会主義の社会です。ある人たちは、マーケット・エコノミーを基本にしながら、いわば資本主義社会を基にした福祉国家を目標にしながら、次の将来のことを考えていたんですね。ある時代までは。

ところが、その2つの仕組み、そのものも、両方とも機能不全に陥りはじめる。もうすでに1970年代に、すでにその指摘がある。つまり、「機能不全」というのは、何が必要かと言いますと、80年代ごろに腐敗が続発しました、そして、ソビエトの場合ですと、情報公開と構造改革をゴルバチョフが言いはじめましたけれども、無理でして、結局、崩壊していきました。

もう片一方のマーケットは、公開だと言いながら、実際には公開ではなかったのです。数学的な粉飾をこらして、ごまかしていたわけで、結局それは、現在、崩壊してしまいましたから、構造的には同じですね。結局、腐敗が進行していた。

ちょうど80年代の終わりごろにも、スウェーデンも腐敗がいっぱい起きました。イタリアも、もう政財界を含む腐敗の連続で、何人も何人も警察に捕まったのです。そしてたぶん、その当時の新聞をもう一度めくれば出てくると思います。

この痛い教訓のなかから、なぜ、じゃあ腐敗が生じたかと言うと、中央にお金を巻き上げて、中央が地方に分配するという基本的システムですね。それがマーケットのシステムであろうと、それから社会主義的なシステムであろうと、そういうシステムを採っている限り腐敗はおこる。

その前提は「無限の生産力の発展」という考え方です。生産力は、科学技術と工夫によって、無限に上がっていく。生産力で豊かになり得るんだ。という考え方がありました。したがって、お金はどんどん中央に集中させ効率よく計画してつかう。富は蓄積されるから、したがって、それをやれば何とかなるだろう。それが福祉社会にしても、社会主義にしても、共通の前提だったのです。

その共通の前提は、あり得ないと宣言したのが、同じ1972年に同時に、ローマクラブというところが出した『成長の限界』という有名な本です。これはMITの学者がほとんど参加しています。そのことによって、有限の地球で無限の生産力の拡大はあり得ないということを断定します。

したがって、高度成長は基本的にあり得ない。とすれば、日本はこれからは低成長の時代だとかいうような表面的な見方で言われましたけれども、それを根本的に深く考えれば、大量生産、大量消費の社会は、もう終焉をとげるよ、とっているわけです。

ある程度、更新は必要ですから、一定の成長はあります。数%とか1%ぐらいの。けれども、基本的には、どの国も含めて、安定した経済体質に、切り替えていかなければいけないのです。

それを、自分の国だけ成長しようとするれば、例えば2つの超大国は、権力、軍事力を含めて、それをかたちだけ維持する。したがって、実際には成長はあり得ないにもかかわらず、あり得ることができるパワーを持ちますと、報告は「成長した」という報告を

して、実態には嘘が蔓延する。それが腐敗の源泉でした。結局、実際に達成率は 20%なのに、80%の報告がされる。あるいは、アメリカで言いますと、成長が、実際には本当の計算をすれば 20%なのに、80%の見かけを提出するとか、レバレッジをかけて、嘘か本当か、私は専門家でないので知りませんが、ただ、事実上、それに近い報告がおこなわれた。それが両方とも、いわば陥落したということになります。

### <独立自尊の民>

とすると、そうでないちゃんとしたコントロールシステムは何なのか。かつての啓蒙主義的な考え方だとどうなるか。「読み・書き・そろばん・科学」を言った人がいます。それは福沢諭吉という人ですね。

福沢諭吉は、明治の最初に、「読み・書き・そろばん・科学」だと言ったのです。江戸時代に、すでに日本は「読み・書き・そろばん」はリテラシーだと、もうすでにわかっていました。したがって、明治になって最初に、あらたに近代国会に必要なものは、科学だと言ったんですね。

それは何のためにかというと、それは独立自尊の民といいまして、一人ひとりが自然の理法や社会の理法を踏まえて行動する人間がたくさんいるならば、その社会は近代の国家となり得るということを、『学問のすすめ』とか『文明論之概略』という有名なベストセラーの本のなかに、それを書いたわけです。

ところが、それが日本の一人ひとりの自立した民ではなくて、国家としての自立のほうにだんだん変わってきますと、彼自身も富国強兵のほうへ変わっていつてしまうわけです。そういう意味で、ちょっと残念ではあるのですけれども、そういう格好になっているのが福沢諭吉です。でもそのときには、科学が必要だった。科学は殖産興業をつくる手段という意味があったのです。

あるいはブレアという人が言いました。これも啓蒙主義的で、「別の道」という、資本主義でも社会主義でもない、第三の道をいきたい、労働党政府のブレアは、「第三の道」という言い方をしました。これも実は中途半端でした。そのためにブレアは退陣しましたね。中途半端だった理由はどこにあるかと言いますと、例えば教育で言いますと、彼は教育予算を2倍に増やしました。その代わりに、競争原理を大幅に導入しました。したがって、テストでめちゃくちゃ追いまくって、先生をかなり厳しく競争させた。

教育予算は少なくとも増やしました。日本は予算を減らして先生を競争させて、最悪ですから、もうほとんど機能しませんけれども、少なくとも半分はやった。それが第三の道と言われましたけれども、これはやっぱり中途半端です。第三の道というのは、いわばサッチャー改革の若干の修正でしかなかったですね。教育は人ですから、先生をもののように扱ってはいけません。

レイチェル・カーソンが言った「新しい道」は、たぶんそういう道ではなかったはず。福沢諭吉的な啓蒙主義的な道でもなければ、それからブレアが言ったような第三

の道でもない。では、どういう道なのかというのは、まだ未知で、私には分かりません。

けれども、少なくとも見えたのは、大きな政府か、小さな政府かという問題ではないし、マーケット・エコノミーか社会主義かという問題ではない。もう少し、人々の次元に下ろすと、人々が賢くなると、手の届く小さなサイズ、フィンランドでもデンマークにしても、500万人ぐらいの規模の政府ですが、そこは、かなりうまくいく例がいくつもあります。

ところが、3,000万人、5,000万人ぐらいの大きな国だと、なかなか難しいです。うまくいこうとすると、それを小さな連邦政府に分けなければなりません。そういう意味では、分権であるのか、どうなのか、私は分かりませんが、たとえ分権しても、顔が見える世界、透明性のある社会で、市民が賢くコントロール出来なければなりません。

例えばフィンランドでいいますと、ノキアという携帯電話がありますね。あれは、もう10年かかって、一生懸命作りあげて、経済的にペイするようになりました。

それからデンマークも風力発電の国になりましたね。そのためにコストを10分の1に下げました。その代わり、高校では一生懸命、風力発電の勉強を10年間以上やり続けました。そしてみんなで羽根の工夫などをする。その教訓から、ついに新しい風力発電産業を国家産業に仕上げる。それでもって生きていくことができる国になりました。

消費税も含めて、税金が60%以上ですけれども、貯金は全部、自分のこづかいです。教育費も福祉も病院もタダですから、誰も貯金の心配はしなくてもいいわけですね。老後の心配がなければ、税金が高くて文句は言わないですね。そういう国に、お互いにしていくといいかなと思います。

そうしたら、そのときのお金の保証は、やっぱりどこかで次の時代をつくる科学技術が片一方でないといけない。全部である必要はない。日本は何でもって食べていく国になるか。そういう国家的判断がある。知恵と工夫がある。世界の多くの国がみんなそういうことを始めているわけですから、日本もそれに進む必要がある。

なぜいま科学技術リテラシーがいるのか。短絡的に卑属に言えば、次の時代で、日本の産業の基本は何になるのかということを決めなければならない。それを決めることができる賢い市民が必要だ。其の産業や科学技術は市民がしっかり持続可能なようにコントロールしなければならない。

それが「読み・書き・そろばん・科学」ということだと思います。そういう意味で、ぜひ、そういう子どもたちを将来つくっていきたい。おそらく20年、30年後には、教育の世界や、日本の社会は、おそらく一変しているでしょう。いまとは、想像できないような社会になっている可能性があります。いまはその変わり目です。

福沢諭吉が時代の変り目、明治の戊辰戦争のときのこと。上野山の戦いが起こったときのこと。教室の若者が、刀を持って飛び出そうとする。その学生に対して、「それもいいだろう。しかし、30年後の日本に必要なものは英語である」と言ったという。

英語というのは、英学という意味です。お前たちは次の時代を用意しろ。いま戦って死ぬのは簡単だ。でも次の時代は誰がつくるんだ。そういったとき、みんなは黙った。そして以後一生懸命、勉強を始めた。彼らは 30 年後、日本にさまざまなものを残しました。

ここに来ている、たくさんの学生諸君は、次の時代に活躍する諸君です。ぜひ新しい時代の変わり目に、何をなすべきか。頑張ってください。終わります。

(拍手)



○安田 川勝先生、お話をありがとうございました。それではここで質疑応答の時間を 5 分程度とらせていただきたいと思います。ご質問のある方は、お名前とご所属を最初に言っていただきまして、そのあとの質問をお願いします。では質問のある方、挙手をお願いします。

○古結 同志社高等学校の教員の古結と申します。貴重な講演、ありがとうございます。ちょっと疑問に思ったところなのですが、リテラシーとシステムの関係として、どのようなイメージなのかなど。私は専門家だと思わなくても、専門家が育つということの関係が、どのような感じなのか、教えていただきたいのですが。

#### <バックキャスト方式>

○川勝 新しい産業の振興の問題とリテラシーの問題との関係は、実はちょっと時間がなかったので言いませんでしたけれども、簡単に言いますと、系統的な学習と結び付けない科学リテラシーの教育をしてはならないということです。それが現代における科学

リテラシーの基本的特徴です。

したがって、専門家教育か市民の教育か。あれか、これかではないのです。高校上級で本格的専門家教育が始まりますが、それ以前に専門家の卵は共通教育として市民の科学リテラシー教育を受けていなければなりませんし、専門家教育が始まっても、専門家にとっての科学リテラシー教育があります。

では、それらが、今までの教育と何が違うかという、ひと昔前は、基礎をしっかり勉強してから応用を学ぶこと。現実の社会の諸問題を扱うようにする。そういう考え方でしたが、いまは、いつも、できるだけ双方向的にしましょう。たとえば現実の諸問題を、まず取り上げる。そこから基礎をさかのぼって基礎概念や、自然観を学ぶ。そしてその自然観に基づいて、もう一度、現実を見直す。そういう双方向的な学習をできる限りしましょう。

いままでは、学門の基礎ばかり見ていた。そうすると、いつまでたっても普通の人は、基礎の基礎たる意味がわからない。現実の問題を考える機会も、そのときの基礎の意味がわからない。したがって、これを結びつけることが重要だということになりました。

そうすると当然、時間がないじゃないかということになりますね。小さい国は、時間がなくても、自学自習も含めて、周りのシステムから可能なのです。フィンランドにしてもデンマークにしても。ところがイギリスとかドイツとかフランスとか、大きな国の場合は、そう簡単ではないですね。システムが大きいですから。やっぱり一定の時間があるのではないかと、私は思います。イギリスは義務教育の年限を2年延ばしましたね。日本より2年多い11年です。

ただ、一定の時間があっても、時間だけではないんですね。その代わり、学習のシステムそのものを変えなければいけないです。つまり、系統的な課題も学びながら、現実の問題を結びつけてやれる授業がおこなわれるために、難しく言いますと、ヨーロッパの多くの国は<バックキャスト方式>という小中高一貫教育方式を、採用し始めました。

これはどういう方式かという、小学校から始まって高校の義務教育卒業段階で、専門家予備軍の生徒も含めて、どういうことが分かってほしいかということ、まず先に定めるのです。一番最後の到達目標を明確に決めてしまう。そして、小学校の先生や中学校の先生や高校初年時の先生は、全員、この最後の段階を到達目標を勉強している。

いまの日本の先生は、3年生なら3年生の目標しか勉強していません。5年生は5年生しか。それでは駄目なのです。高い目標の自然観や科学的思考力を全ての生徒に育てられないです。義務教育卒業の段階で、どういう子どもに育てたいか。まずそれをどのレベルの先生も共通して共有する。

それを勉強したのちに、じゃあいま、目の前の生徒、年齢、地域の生徒に何を教えるか。それを学校や、地域で相談しながら、具体的カリキュラムをつくる。というふうにして、だんだん積上げていくんですね。つまり、結論からさかのぼる積上げ方式。これ

をバックキャスト方式といいます。ほとんどのヨーロッパの国が、現在、このバックキャスト方式に転換しました。

そのためには、どのレベルの先生でも、授業の目標を二つ持って授業をしなければなりません。

たとえば小学校の例でいしましょう。小川や池の生きもので、いろいろな生きものがある。それを教えなさいと、昔の学習指導要領に書いてありました。いろいろな生きものが、いろいろいる。だから池へ行っていろいろ遊べばいいじゃないか。というようになっちゃうわけです。それはそれでいいのです。その意味と価値を軽視してはいけません。しかしそれを積み重ねるだけでは、では義務教育を卒業する段階で、自然観が身につくかといったら、それだけでは身につかない。

たとえば、昔の小学校の心ある先生はどうしたか。こういう生きものは、「いったいどこにいるの?」ということの掛図に示しながら、池に行く。子供は大喜び。しかし、そこにいないわけですよ。カエルがいたと思ったところにカエルはいない。メダカがここにいるかといったら、いないわけですよ。どうしてかといったら、それは人がくれば逃げるからでしょう。でも、何故逃げるの。

動物が生きるということは、必ずエサを求め、エサになる事から逃れて動くということなのです。「食べる・食べられる」の関係であるのです。動物というのは。したがって、食べるために危険をおかして必ず出てくるのです。でも危険があれば逃げ込む穴がありますね。巣がありますね。そのあいだを往復しながら生きているのが動物なんです。

それがよく分かっている子は、巣を見つけて棒でつつく。「ザリガニここにいるよ」ブクブクと泡を出して見つかる。ああ、すごいね、この子はよく分かっているね、動物はエサを探しにでてくるが、自分もエサになる可能性があるからそれを防ぐ場所や方法をもっている。巣を持っていたり、体をふさわしい形に進化させたり。

義務教育の到達段階での動物についての自然観、リテラシーは何でしょう。「動物の本質は何なのか」と。いろんな形があつたり、鼻が長かつたり、足が長かつたり、いろいろな機能を持つたり、形をしている動物がいるけれども、その動物は、基本的には、何を食べ、何を食べられるか。どういう場所に生息しているかによって、形が決まっているわけです。そういう見方を見につければ、面白くなるんですよ、図鑑を見ている。なぜ鼻が長い。なぜ首が長い。その理由について自分なりの仮説がたてられるようになる。

こう授業で最後の目標をにらんで、たてる目標をいう視点「方向目標」といいます。最終学年で、動物である限り、食物連鎖に必ずいるわけですから、そういうことは分かっているなければいけないでしょう。それは、小学校3年生であろうと、1年生であろうと、2年生であろうと、先生は頭に置いているわけです。

しかしそれを全員がきちんと理解できるその授業の到達目標にしてはいけません。こうすると、全員を早期教育に狩り立て、生徒は嫌いになりますし、最期の目標の基礎経

験さえ得られません。

全員が分かるのは、「ああ、いなかった。逃げちゃったな」という体験学習を目標だけでいいです。到達目標は。しかし、ここで、どういう基礎経験をさせたか。そこが方向目標を持った先生の授業かどうか。そこが違います。粒子論の見方でも、それを小学校のどの学年でも、性急に到達目標にしては、生徒はたまりません。得体の知れないイメージのおしゃべりで收拾がつかなくなります。面白い考えだね、ですませられる方向目標として、一貫して、低学年から、意識して教材構成すべきでしょう。たとえ低学年でも、分からなくてもいいけれども、それを分かることを目指すための布石と体験は、積み重ねておくという授業をしないと、レベルは自然観レベルまで、決して高くなりません。

したがって、目標を2つ持ってください。

ただ、先生は、その視点でつくりなければいけない。そうしたときに、最後の卒業の段階で、「ああ、そうだったのか。先生はあのとき、ああいう体験をさせてくれたのは、こういうこととつながったのか」ということが、あとで分かることがある。そういうふうに授業をつくっていきましょう。それが現実の問題から入りながら基礎にさかのぼりうる授業です。

方向目標と到達目標を明確に設けて、そしてある重要なことに関して、いくつか各学年で、徹底的な、こんな授業をやれば、ほかの授業は短時間でレベルが上がります。そういう視点で、ひとこと言っただけで、動き出す子どもたちは必ず育ってきますから。このこたちの中から、未来の専門家が育つでしょう。一般市民の中で、果すべき役割を知っている専門家が。

だから、本当に大切なことは時間をかけ視点を獲得させる。同時に自主的にどんどん調べさせる。行動させる。どれだけ子どもたちの主体的活動を引き出すか。そういう授業改革をしない限り、いま言った科学リテラシーの教育が、市民のレベルの高い基礎教育でありながら未来の専門家教育にならなくなる。

だから本物の授業をするためには、どういう授業がいるかといったら、大学の先生と、小学校の先生と、高校の先生と、中学校の先生が、地域ごとに研究会を持って、自分たちでそういう教材をつくっていかなくてはいいですね。バックキャスト方式では。とくに高校の先生はアンカーですから特に大切です。

僕もヨーロッパへ、何度も何度も行きました。そして学生と行くと、学生が言うのは、「先生、教科書見たい。教科書見たい」ということです。僕が、「教科書はない」と言っても、「嘘だ」と言うのです。小学校みたいに、日本みたいにあると思っているんです。「もう、学生がうるさいから見せてやってください」と言うと、「分かりました」と、ドサッとこんなプリントを出してくる。

5分の4ぐらいは、地域のリーグ、地域の先生たちと大学の先生たちが、お互いにつくりあった研究会のプリントですね。あとの5分の1ぐらいが、学校の先生同士がつく

ったものですね。まさにその教材、これが教科書です。

日本の先生の常識は、テストは教えたことの4分の3はできないといけないなど。それが相場だと思っているんですね。75点です。半分だったら、難しすぎる。先生、ひどいと言って怒られそうな感じです。ところが、ヨーロッパの標準は半分ですね。半分は教えたことを出しますけれども、半分は未知なことを出しても当たり前です。日本は、ずっと履修率が高いですね。その常識を変えていかないと、考える力はつきません。習ってないことを考える力のために勉強しているわけですから。力試し問題は、白紙でだす日本の優等生は優等生とはいえません。

○安田 ありがとうございます。短い質問をあと1個だけお聞きしたいと思います。

○山田 科学リテラシーという考え方が登場して、単に知識が多ければ多いほどいいという学力観が変わりつつある、ということですね。授業中にセンセイの言うことを黙って聞いて、教科書に書いてあることをひたすら呑み込んでいくという、そういうお勉強のあり方が、科学リテラシーという考え方によって変わっていくのであれば、それは素晴らしいことだと思うのですが、はたして本当にそうなるのでしょうか？

と言いますのも、単に学生の吸収すべきものが、これまでの教科書的な知識群から、科学リテラシーの名の下に権威づけられた別の知識群に置き換えられるだけに終わるのではないかと疑っているからです。結局、与えられた知識群に順応できるマジメな優等生だけがそれを獲得するという構図がそのまま残って、すべての市民に科学リテラシーを保障することはできないのではないかと感じてしまいます。

そんな事態にならないよう、子どもたちが本当に楽しいと思って科学を勉強できるようになるためにはどうすればいいのか、先生の考えをお聞かせください。

### <事例研究>

○川勝 確かに、いま学術会議で、科学リテラシーについて、6分野で、こういうものがあるというのを書いた。ですけれども、これを本当に勉強して、子どもたちが好きになるかどうかについては、まだちょっと疑問かなと。これからさらに、もう少し煮詰めていかなくはいけないなと思っています。

確かに、いま先生が言われたように、日本の子どもたちは世界的に比べると、理科が嫌いです。数学に関しても、ほかの国に比べると嫌いです。日本の子は、テストは、できるけれど、嫌いですね。そして科学者技術者になりたいとも思っていない。それをやっぱり何とかしなければならぬ。

じゃあ、どういう中身のリテラシーをつくるか。そのために不可欠なのが、いまの科学技術の諸問題の事例を取り上げて、授業のなかで議論するという営みです。それができるようになっているかどうか。学校がね。それができないと、たぶん難しいなという気がします。これは教育のシステムとしての自由の問題です。

例えば、そこにイギリスの例が書いてあります。これはイギリスのナショナルカリキ

ユラムセンターというものがございます。学習指導要領に相当するものをつくっているところですよ。イングランドの国立のセンターの方からいただいたものを訳したものです。そこにいろいろ書いてありますね。

小学校で、トピックというのがあって、例えば携帯電話について学習するわけです。携帯電話をさまざまなかたちで科学するんです。全員がほとんど、小学校は禁止ですけども、中学校以上は持っていますよね。あるいはお父さん、お母さんが持っていますよね。それを実際に科学しながら、電磁波の謎を勉強したりしていきます。あるいは原子力発電所に見学に行きます。そして、その善し悪し含めて、市議会でおこなわれた抗議の採択書と、それに対する議員の反対意見とかというのを、全部、先生と共に勉強しながら、是非を議論しながら、どこが問題なのか、しかしながら果たしてそれでいいのかというような議論をしていきます。

こういうものを何と言うかということ、「事例研究」と言います。日本は、事例研究が、ほとんどできませんね。怖いですから。

例えば、私は高松にいましたけれども、高松で豊島（てしま）というところがあるのです。グリーンピースが来て反対運動なんかやっていたけれども、豊島のことは、中学校で、まったく取り上げていなかったんです。取り上げるのは、スウェーデンの酸性雨の問題でした。「香川県にいて、豊島の問題を取り上げなくていいんですか」と私が言ったときに、「本当は取り上げたいと思いますけれど、県庁が関係しているので、ちょっとやっぱり抵抗があるので、取り上げたいけれども、やっぱり躊躇します」というのが、良心的な先生の姿でした。「それは残念ですね」と。しばらくたってから、その豊島の中心の人が議員が議会に当選して、かなり議論をしながら、少しずつ研究としてやれるようになりましたけれども、僕が行った最初のころは、まったく取り上げていなかったですね。

だから、そういう先生に対する教育の自由や、そういうものを取り上げることは、結局は、国そのものをよくすることなんだという、大きな教育の視点を持たない、本当の意味での教育ができない、本質的に面白い授業、科学の意味、学ぶ意味がわかる授業は、できてこないと思います。

中部電力の、浜岡原発が、老朽化したので、1、2号機を廃止するという報道が出ていました。その代わり新しいものを作ると言っています。そのことの是非は、本当は、すぐこの地方の教室で取り上げなければいけないですね。ヨーロッパでは当然のことのように取上げられるでしょう。施設の見学もふえるでしょう。これを現実的な課題としてどう考えるかは市民として真剣に考えるべき問題です。東海沖地震の警戒地域に立地する原子力発電所。この事例研究をどうして、子どもたちは、本当のエネルギー問題は、何なのかということ、現実的に科学的に理解するでしょう。

現在、温暖化問題、世界で最もよく知っているのは、日本の子どもたちです。しかし温暖化問題を急先鋒で主張している人は、原発推進論者ですね。原発は、クリーンだと

思っている。しかし本当にクリーンなのかどうか、私には疑問ですが、しかしながら同時に、現実的に考えたときに、いま廃止してもいいかどうか。そうするとどうなるか。放射能が垂れ流しになるじゃないかという意見ものありますが本当か。それを現実のものとして考えなければならない、また考えられる教育的機会がきたともいえるのです。

しかしながらそういうことを現実的に考えることがほとんど出来ない。ただ反対だ、賛成だと根拠もなく、安全を信ずるか、信念で反対するか。ともに地に足のついた態度ではないですね。それが悲しい日本の現実です。

しかし、たいへん難しい諸問題を抱えていると思いますけれども、それを、みんなで作って変えられるように、悩みながらも、賢く努力しなければいけないという気はいたしますが、どうでしょうか。

○安田 ありがとうございます。

## クリップモーター

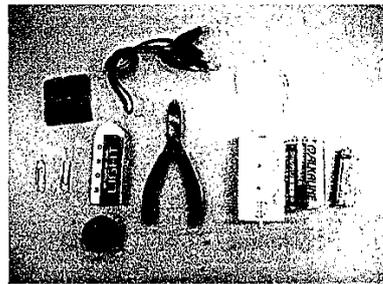
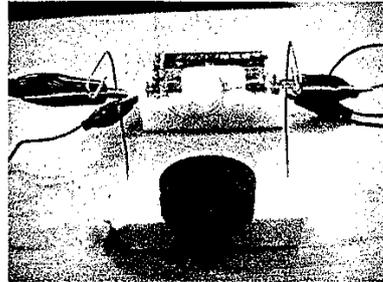
### <目的>

クリップモーターを作ることにより、

- 実験に失敗したときに、自分で原因を考え解決する力を身につける。
- モーターの原理を理解する。

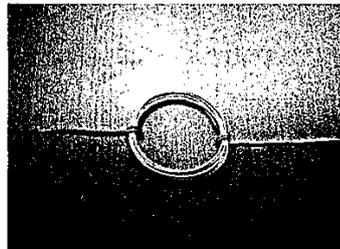
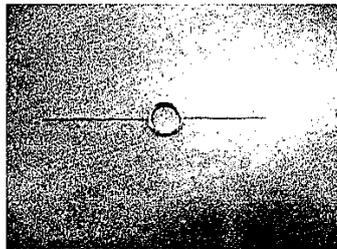
### <材料 (一人分) >

- ゼムクリップ × 2
- エナメル線 (直径 0.4mm) × 1
- 磁石 (ドーナツ型 or 円板型) × 2
- 消しゴム (6cm 以上) × 1
- 粗い布ヤスリ (#100 くらい) × 1
- 単 1 乾電池 × 1
- 単 3 乾電池 × 1
- 単 1 電池ボックス × 1
- リード線 × 2
- ニッパー × 1

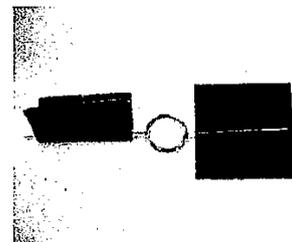


### <作り方>

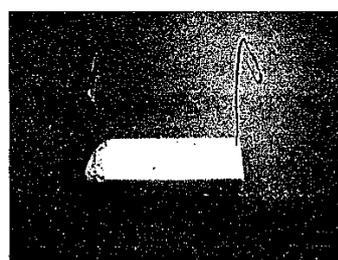
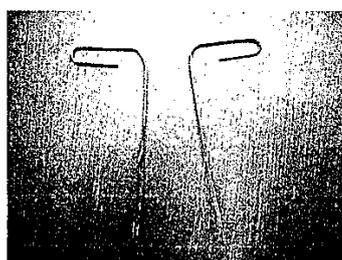
1. コイルをつくるために、用意した単 3 乾電池にエナメル線を 6 回巻きつけます。このとき、両端を 6cm くらい残してください。
2. 巻いたエナメル線の両端を 2 回巻きつけて「腕」を作ります。このとき、「腕」が一直線になるようにしてください。特に、コイルの中心線を通るようにすると、コイルが回転しやすくなります。



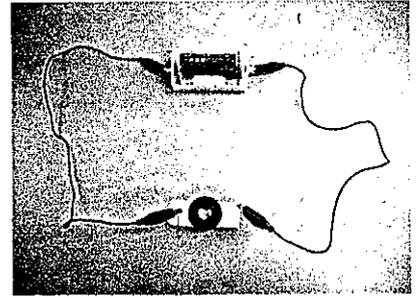
3. コイルの「腕」を布ヤスリで削り表面のエナメル被覆を剥がします。このとき、一方はエナメル被覆を全て剥がし、他方は下半分だけを剥がしてください。特に、「腕」の根元まできれいに剥がしたほうが回転しやすくなります。また、布ヤスリを使うときは机を傷つける恐れがあるので、下に紙などを敷いてエナメル被覆を剥がしてください。



4. 左下の写真のような形に 2 つのゼムクリップを伸ばしてください。

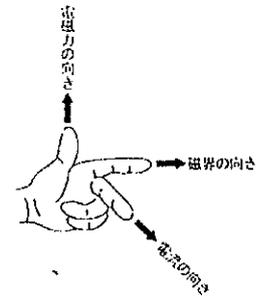


- 5.伸ばしたゼムクリップを消しゴムに突き刺して固定してください。このとき、ゼムクリップ同士の間隔は5～6cmくらいとします。
- 6.消しゴムに固定したゼムクリップの間に2個の磁石をくっつけて置きます。
- 7.単1乾電池を電池ボックスに入れます。そして、右の写真のようにそれぞれの極にリード線を取り付け、もう一方をゼムクリップに取り付けます。
- 8.最後に、ゼムクリップにコイルを引っ掛けます。そして、クルクルと回転すれば完成です。



#### <クリップモーターが回転する仕組み>

クリップモーターを説明する上で必要となる「フレミングの左手の法則」について復習しておきましょう。右の図のように、電磁力と磁界と電流のそれぞれの向きは左手の親指と人差し指と中指を互いに垂直に立てたときの向きに対応します。この法則をフレミングの左手の法則といいます。このとき、電磁力とは、電流が磁界から受ける力のことです。



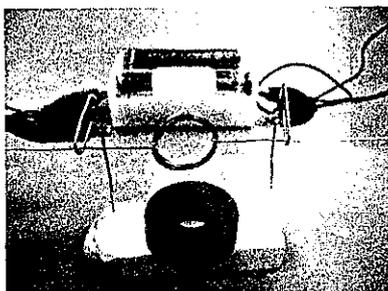
親指、人差し指、中指をそれぞれ直交するように開く

では、このフレミングの左手の法則を使って、クリップモーターが回転する仕組みを考えてみましょう。このとき、下の3つの写真では電流がコイルを左から右へ流れており、磁石は上がN極にして置いてあります。

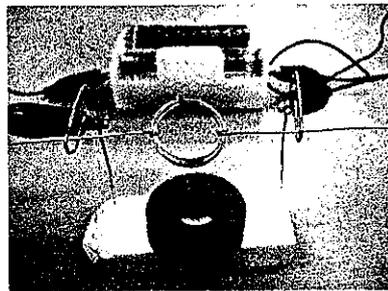
- (1) フレミングの左手の法則により、(a)の写真のコイルは電磁力が手前に掛かり回転します。
- (2) (a)の写真のコイルが1/4回転して(b)の写真まで回転すると回転方向と反対に電磁力が働くので、コイルの回転が止まってしまいます。しかし、<作り方>の3.でエナメル被覆を下半分しか剥がしていないので電流が流れません。従って、電磁力が働かないので、慣性の法則によって回転が止まりません。
- (3) コイルが(b)の写真から半回転して(c)の写真のところまで回転するとエナメル被覆が剥がされているので電流が流れます。ゆえに、フレミングの左手の法則により電磁力が手前に掛かり、コイルが再び回転します。

以下、(1)、(2)、(3)を繰り返すのでコイルは回転し続けます。

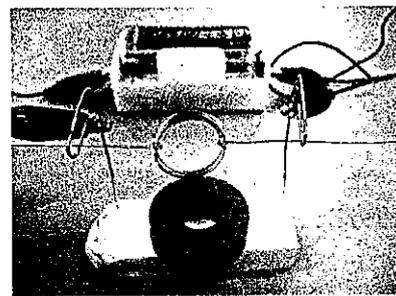
(a)



(b)



(c)



これが、クリップモーターが回転する仕組みです。

参考文献 「理解しやすい物理Ⅰ・Ⅱ」 文英堂 近角聡信・三浦登 共著

「川勝先生の物理授業(下巻)」 海鳴社 川勝博著

TEPCO 電気・電力辞典 フレミング左手の法則(イラスト)

URL <http://www.tepco.co.jp/corp-com/elect-dict/index-j.html>

参考商品 ダイソー ザ・学習 子ども実験シリーズ⑨ モーターをつくろう!

# ☆☆紫外線センサーを自作する☆☆

名古屋大学物理学科 3年 斎藤哲郎

2年 浅田瑞枝

2年 堀川絢加

健康に悪い影響を及ぼす紫外線。自分の周囲では紫外線がどれくらい強いのか？“UVカット”の名のつく商品はどれくらい紫外線をカットしてくれるのか？手軽に測れるセンサーを自分で作って、気になっていることを調べちゃいましょう。

## ● 紫外線とは

波長が可視光より短く、X線よりも長い光のことです。紫外線は体内のビタミンD(カルシウムの吸収を助ける栄養素)を作るなど良い面も持っています。しかし、日焼けや、皮膚がんなどの病気になるリスクを高める、といった悪い面も持っています。

海外では小学校で紫外線について学ぶ国もあります。幼い時期に受けた紫外線によって成長してから影響が表れてくることがあるからです。例えば、オーストラリアでは1980年代から「Sun smart」という運動をおこなっています。“Slip (長袖)、Slop (サンスクリーン剤を塗る)、Slap (帽子を被る)”を合言葉に、小学生から高校生まで紫外線の有害性を科学的に学ぶカリキュラムが組まれています。

紫外線は、人体へ及ぼす影響の違いによってUV-A,UV-B,UV-Cの3つに分類されます。

### UV-A (波長：400~320nm)

地上に降り注ぐ太陽光の約5.5%を占める。そのうち30%程は皮膚の奥深く(真皮)まで到達し、シミやシワ、皮膚の弾力低下などを引き起こす原因となる。

### UV-B (波長：320~290nm)

地上に降り注ぐ太陽光の約0.5%を占める。皮膚の表皮層に作用して、日焼けを起こす原因となる。

### UV-C (波長：290~200nm)

オゾン層で吸収されるため地上には到達しない。強い殺菌作用を持ち、人体への影響はとて大きい。



[http://www.albion.co.jp/products/uv\\_info.html](http://www.albion.co.jp/products/uv_info.html) より

## ● 紫外線センサー

光センサーは光を受けることで電圧を生じます。これは、太陽電池が光を受けて電圧を生じるのと同じ仕組みです。電圧の大きさは光の強度によるので、この電圧を測ることによってどれほどの光を受けているのかを測定します。更に、光センサーに、特定の領域の波長の光だけを透過させるフィルタを貼ることによって、波長の領域を選ぶことができます。今回は、波長が 260~400nm の紫外線を透過するようにして紫外線センサーとして使います。

## ● 紫外線センサーの制作

取り付けは全て、基盤の印刷の通りにハンダ付けしてゆきます。

0. 以下の部品が全て揃っているか確認してください。

部品の一部は時間短縮のため、あらかじめ基盤にハンダ付けしてあります。

名称 (表記)	表示等	個数
ICL7136CPL (7136)	コンバータ	1
SP521 (LCD)	ディスプレイ	1
IC ソケット		(取り付け済み)
コンデンサ (C3)	4 7	(取り付け済み)
コンデンサ (C1,C2)	4 7 3 L	2
コンデンサ (0.1 $\mu$ F)	1 0 4 F	1
コンデンサ (C4)	1 0 4 小型青胴体	1
コンデンサ (0.47 $\mu$ F)	4 7 4	1
ポテンションメータ (VR1)	1 0 3	1
180k $\Omega$ 抵抗 (R1)	茶灰黒橙茶	1
200k $\Omega$ 抵抗 (R2)	赤黒黒橙茶	1
240k $\Omega$ 抵抗 (R3)	赤黄黒橙茶	1
1M $\Omega$ 抵抗 (RD)	茶黒黒黄茶	(取り付け済み)
バッテリースナップ (V $\pm$ )		1
基板	専用ボード	1 (一部部品付)
抵抗(紫色)	赤紫黒赤茶	1 (付録参照)



←コンデンサ

左から 474、473L、104F、104 と小さく書かれている。  
 473L は 2 つあり、104F と間違えやすいので注意。  
 474 は大きめ、104 は小さめ。

←抵抗

よく見るとそれぞれ 5 本の線が書いてある。  
 色は抵抗の大きさなどを示す。

←ポテンションメータ

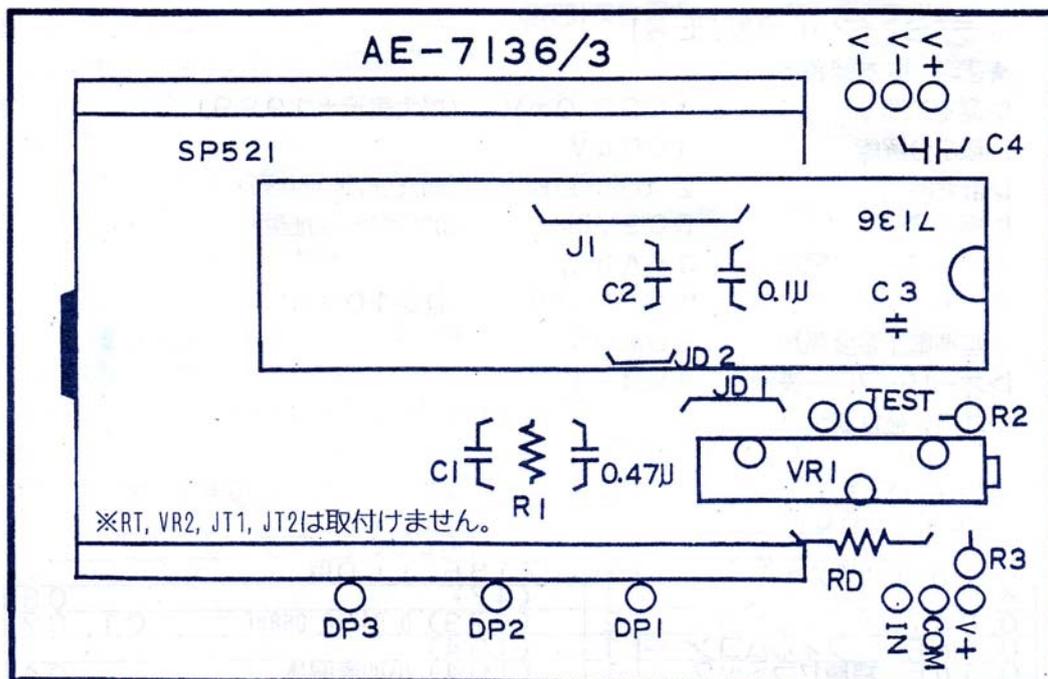
箱形 3 本足。  
 左側の突起を回すと調整ができる。

←バッテリースナップ

9V 電池と基盤をつなぐ。  
 スナップ線の赤と黒はそれぞれ + 用、- 用と違う役割をする。

←コンバータ (左)、ディスプレイ (右)

7136、LCD と名前が付いている。  
 コンバータは頭脳的作用をする。  
 足を折らないように。



## ！ハンダごては熱くなるので、やけどに注意！

ハンダごては、400℃近くまで温度が上昇します。周囲の状況・置き場所などには十分注意しましょう

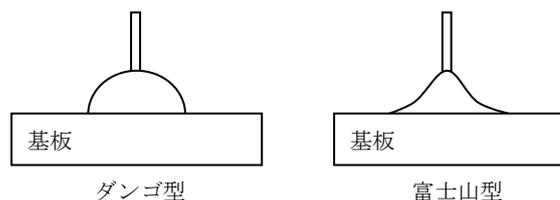
1. コンデンサ C1、C2、C4、 $0.1\mu\text{F}$ 、 $0.47\mu\text{F}$  を取り付けます。大きめのコンデンサ (C1、C2、 $0.1\mu\text{F}$ 、 $0.47\mu\text{F}$ ) は全て寝かせるように足を曲げ、他の部品とぶつからないように取り付けます。後でソケットに IC やディスプレイを取り付けるので、ソケットの内側に取り付ける部品は特に低めになるようにしてください。
2. 抵抗 R1~R3 を取り付けます。狭いので、片足のみを折り曲げ立てるように取り付けます。
3. ポテンションメータを取り付けます。基板の印刷の丸印に合わせて3本足を挿入してください。
4. バッテリースナップを取り付けます。スナップの赤線を基板の「V+」に、黒線を「V-」に取り付けます。(中の導線はちぎれやすいので、ハンダ付けしてからあまりいじらないようにする)
5. 十分にミスがないことを確認します。(部品が違う、隣と接合してしまっているなどありませんか?)  
ミスがないようなら 7136、LCD を向きに注意してソケットに挿入してください。  
7136 の向きは、IC、シルク印刷及び IC ソケットの切り欠きマークに合わせます。  
LCD の向きは LCD のデッパリを同じく基板の印刷のデッパリに合わせます。

(補足) ハンダ付けについて

ハンダ(スズと鉛の合金)を熱したコテで溶かし、基盤と部品を接合すること。基盤を見てわかるように、隣の部品との間隔が狭いので、隣とくっついてしまわないように注意してください。

ハンダ付けのポイントは、先に部品と基盤をコテで温めておいてからハンダを溶かすこと。そうすることでハンダと部品の間に空気が入りにくくなります。ハンダが固まった後の形はダンゴ型より富士山型が理想的です。つまり、使うハンダの量は多いより少なめのほうが上手くいきます。

また加熱しすぎると基盤や部品が壊れてしまうので、コテ先と基盤の接触は2-3秒以内が望ましいです。



6. 電池を取り付けてチューニングします。表示が数字にならないときは回路に問題がある可能性があります。すぐに電池を外してもう一度確認しなおして下さい。  
数字が表示されたら、ポテンションメータの横に付いているネジを回して、表示を調整します。  
他の紫外線センサーと比べてほしい正しい値になるようにします。これで完成！

## ● 紫外線センサーを使って実験する

作成した紫外線センサーを使って、身の回りの紫外線を測ってみましょう。

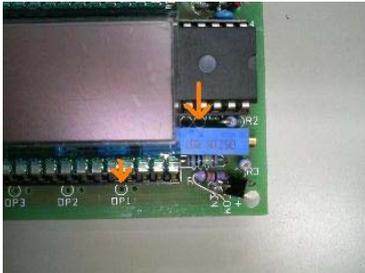
- ・プラスチック
- ・ガラス
- ・ラップ
- ・アルミホイル
- ・サングラス
- ・日焼け止めクリーム

などは、どれほど紫外線を弱めるのでしょうか？紫外線源とセンサーの間に色々な物を差しこんで調べてみましょう。天気が良ければ、太陽光で試してみるのもいいと思います。

日焼け止めクリームは OHP シートに塗って、測定してみましょう。SPF や PA の値の違いによってどれほどの差が表れるのでしょうか。

### [付録]

今回作成した紫外線センサーの感度を切り替えることができます。黒いセンサーに直接付いている抵抗(赤紫黒橙茶)に、もう一つの抵抗(赤紫黒赤茶)を切り替えられるようにハンダ付けし直します。



また、ディスプレイに小数点を表示したい場合は、AE7136 の DP2 又は DP1 と TEST を接続します。(左図)

紫外線センサーについての詳細は、セットに同封されている取扱説明書を読んでみてください。また、以下のサイトも参考にしてみてください。

<http://www.nisoc.or.jp/~hidebu/DIY/UV-Sensor/>

↑ 同じ紫外線センサーを用いて、実験・紫外線の観測を行っています。

# ヨウ素デンプン反応探究隊

椋山女学園大学教育学部2年  
池田・加藤・笹瀬・長谷川・藤澤

## I) 始めに

じゃがいものヨウ素デンプン反応の実験…小学校6年生で取り扱う内容  
思い出してみてください!!

じゃがいものにヨウ素液を垂らすと、青紫色になりませんでしたか?



そそって本当!?

先日、私達が実験したところ、じゃがいもは反応しませんでした。

なぜ? …教科書では「新じゃが」を使用と書かれていますが、  
私達が用いたのは「古いじゃがいも」でした。

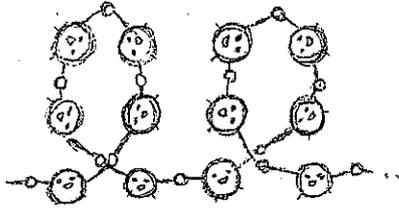
→ 古いじゃがいも ⇒ 時間の経過 = エネルギー消費

☆ヨウ素デンプン反応と温度には関係があるのか調べよう!!と思いました。

## II) 実験の手順

- ① ガラスビーカー (100ml) に可溶性でんぷんスプーン半分程入れる。
- ② ビーカーに電気ポットからお湯を注ぎ、50mlの目盛に合わせガラス棒で混ぜる。
- ③ 溶けて透明になったでんぷん溶液にヨウ素液(イソジン)を適量添加する。
- ④ 褐色に反応したビーカーを氷水が入ったバケツに浸す。
- ⑤ でんぷん溶液の色の変化を観察する。

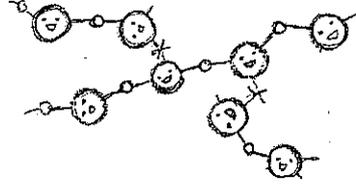
### Ⅲ) 仕組み



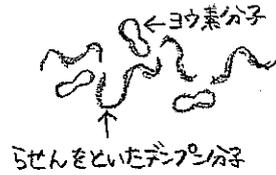
- ・アミロース
- ・冷たいとき



- ・反応色：青紫色
- ・新じゃが



- ・アミロペクチン
- ・暑いとき



- ・反応色：赤紫色
- ・古いじゃがいも



グルコース

### Ⅳ) 疑問点と予想

- ・じゃがいもが常温保存で構造を変える理由  
→ 収穫後、自身で生きていかなければならない為、エネルギーを消費する
- ・グルコースとヨウ素の個数によって、発色に違いが出るのはどうしてか  
→ 目に見える色というのは、光で吸収できないものだけが反射したものであることから、グルコースの数に変化が出ることによって何らかの変化が起こっている

## 第2回 科学リテラシー講演会・実験指導者講習会 アンケート用紙

ご参加ありがとうございました。全体についての感想やコメントをぜひお寄せ下さい。  
次回以降の参考にさせていただきます。

※お差し支えがなければ、ご身分をお書き下さい→[ ]

[1] 第1部「科学リテラシー講演会」でどのような点がよかったですか？役に立った点など、ご自由にお書き下さい。また、講演の満足度を、5（満足）から1（不満足）までの5段階でお答えください。

[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足

[2] 実験指導者講習会の実験で工夫したこと、失敗したことなど、何でも自由に書いてください。また、それぞれの実験の満足度を、5（満足）から1（不満足）までの5段階でお答えください。

例1：エナメル線の巻き数を少なくしたら、モーターが滑らかに回転するようになった。

例2：UVカットクリームを厚く塗ったら、紫外線が透過しにくくなった。

クリップモーター	[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足
紫外線センサー	[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足
デンブンのヨウ素反応	[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足
燃料電池	[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足

3、上記以外に、ご感想、コメント、ご提案等がありましたら、ご自由にお書き下さい。

ご協力ありがとうございました。

## 第2回 科学リテラシー講演会・科学実験指導者講習会 アンケート集計結果



○回答者の基本属性：

大学教職員：7名、一般市民：4名、学生：7名、無回答：5名

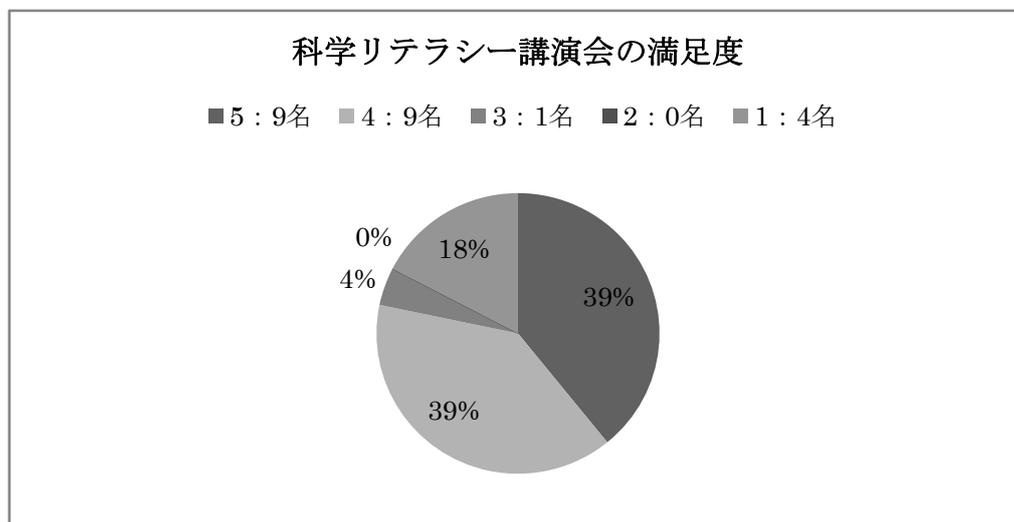
※参加者44名中、回答者23名（回答率52.2%）

[1-1] 第1部「科学リテラシー講演会」でどのような点がよかったですか？役に立った点など、ご自由にお書き下さい。

- 「人権」が「科学リテラシー」とどう結びつくか見当がつかなかったのですが、少し分かったような気がします。世界の流れが今どうなっているか、あまり認識していなかったので、目が開かれた思いがしました。
- 非常に本質的な部分から科学リテラシー教育の必要性が論じられていて、極めて納得する内容であった。次は、我々が、どうそのような教育を展開していくかということを考えていくことだと思った。
- 日々発展する科学の負の部分を抑えていくために、市民の科学リテラシーが必要であるという理解が良いのでしょうか。全体の組み立て方が散漫なので、おっしゃりたい事が強い印象を持ちません。惜しいと感じました。
- 小学校で目標を2つ持ち、その為に今何をするか！というところのお話がとてもためになりました。
- 私が印象に残ったのは、TIMSS2003の結果で、屈折などは分かるのに、そもそも物が見えるということはどういうことなのか、という自然界の根本が分かっていないことに関する問題提起です。
- 科学を通じて他大学の人と交流ができてよかったです。

[1-2] 第1部「科学リテラシー講演会」の満足度はいかがでしたか？ 5（満足）から1（不満足）までの5段階でお答えください。

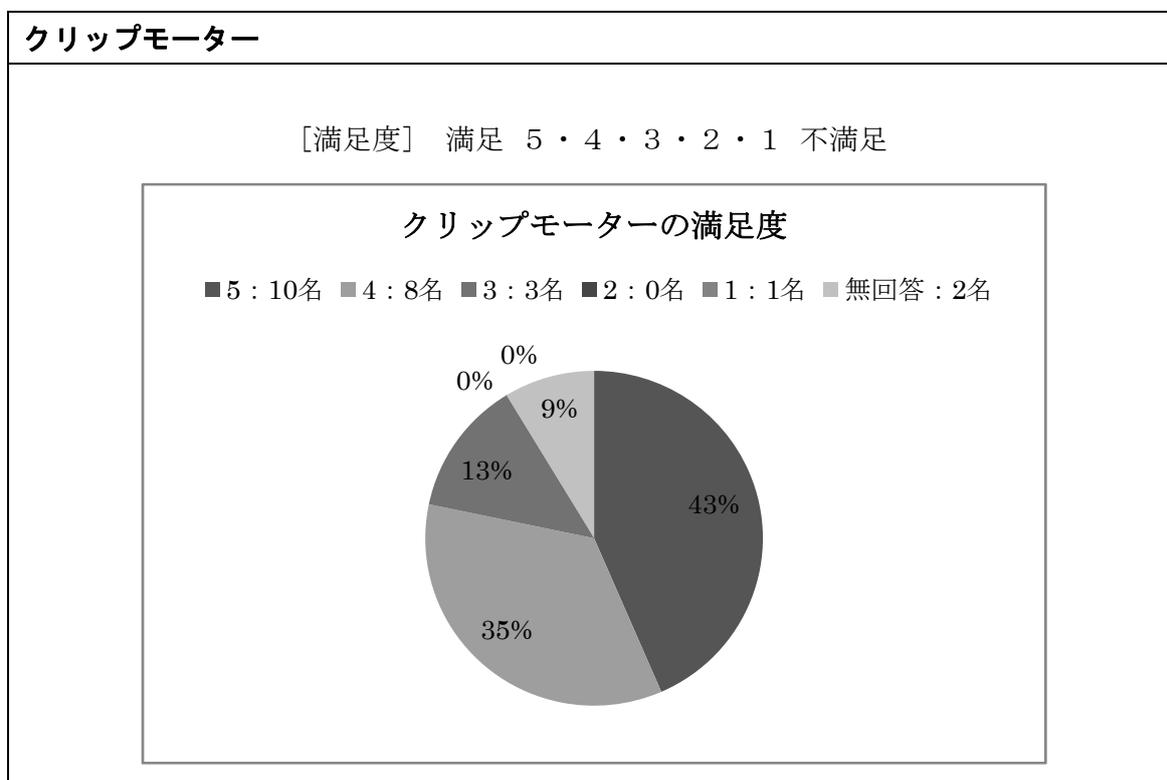
[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足



[2] 実験指導者講習会の実験で工夫したこと、失敗したことなど、何でも自由に書いてください。また、それぞれの実験の満足度を、5（満足）から1（不満足）までの5段階でお答えください。

### クリップモーター

[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足



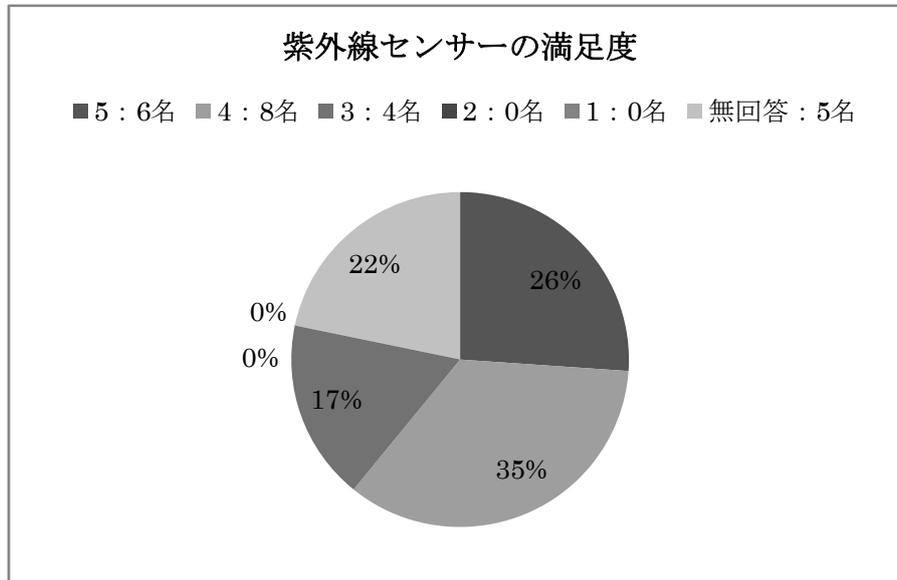
### [工夫した点、失敗した点]

- なつかしかった。成功したし、そこから発展させた問題についても考えることができた。
- 高校生でも上手に対応していて、私たち（大学生）より立派でした。
- 磁力のおもしろさを久し振りに楽しみました。
- 磁石を増やし、エナメル線の巻の形を調整したら、うまく回るようになった。
- エナメル被覆をはがすのが難しかった。回転した時はうれしかった。
- モーターの仕組みが、簡単に自分で確かめられる方法で良かったです。
- エナメルが上手く削れていなくて、なかなか回りませんでした。
- 簡単な材料でモーターが作ることができたので、おもしろかった。
- 少し簡単すぎるのでは。実験の自由度がほしい。(巻き数他)
- 端のとめ具合が大事。ゆるいと回っている間にずれて止まってしまう。



## 紫外線センサー

[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足

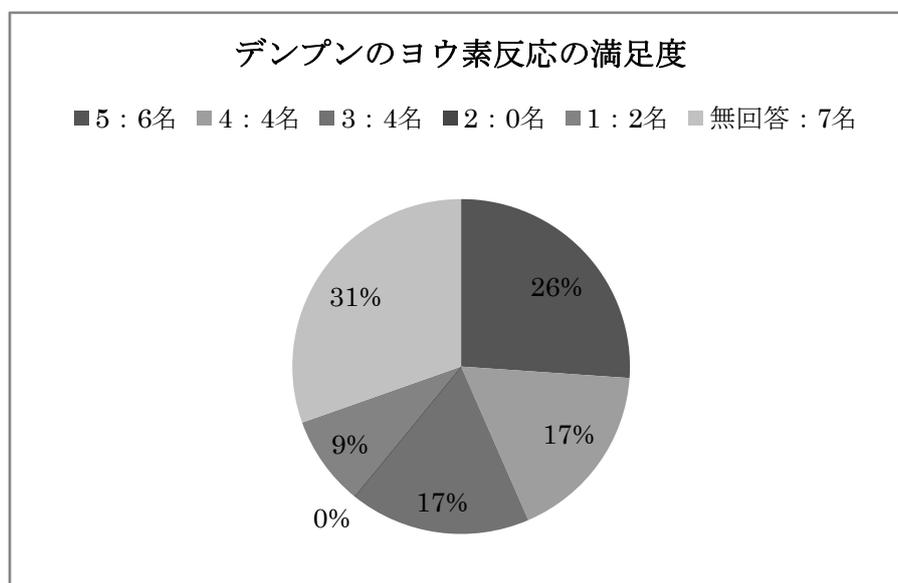


### 【工夫した点、失敗した点】

- センサーを他にも使いたい。
- 実際使っている日焼け止めの効果が、数値で確かめられてうれしかったです。
- 数値で紫外線を計測し、実際に身の廻りに活用出来て楽しみを勉強出来ました。
- はんだごてを握ったのは何十年ぶりかでした。実験が充分できなかったのが残念。
- 実際につくることができなかったので、それは残念でしたが、実験をしたときに種類によって効果が違うことが分かった（日焼け止め）。
- 最後まで完成しなかったのが残念だった。でも、興味もてる内容でした。
- はんだづけがうまくいかず、製作のみで終了してしまったのが残念。
- 途中で終わってしまった…。
- 途中で終わってしまって残念でした。
- 完成に至りませんでした。

## デンプンのヨウ素反応

[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足

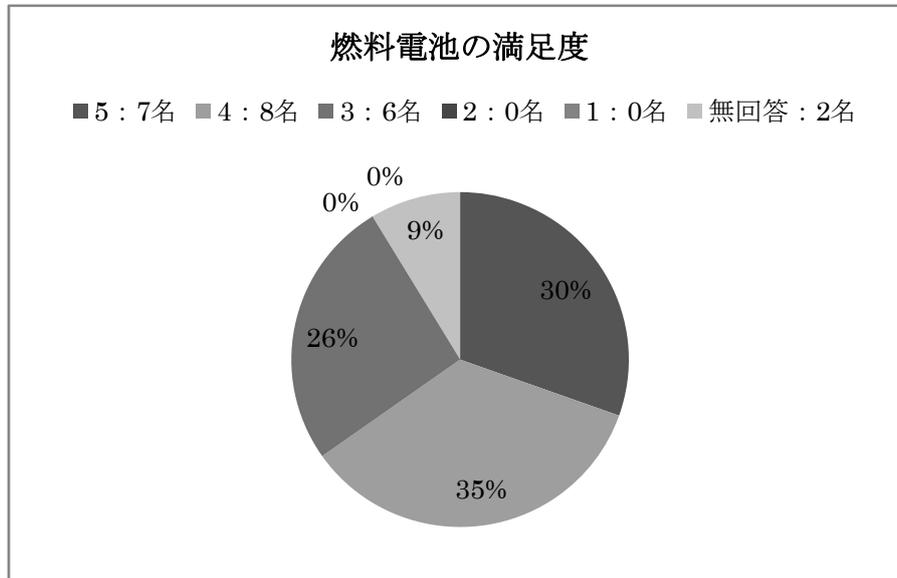


### [工夫した点、失敗した点]

- 身近にあるもので手軽に実験できるのが良かった。温度によって色が変わる事に驚いた。
- 温度により、デンプンのヨウ素反応が変化するのが意外でした。
- まだまだ分からなかったことがあったのですが、青紫だけではないということが分かっていただけたと思うので、それはよかった。
- どうして構造が変わるのか、じゃがいも自身で熱したり冷やしたりするとどうなるのか、試したり調べてみたいと思った。
- 古いじゃがいも→時間の経過=エネルギー消費は間違っています。2重螺旋も間違っています。(単螺旋です。) しっかり調べて子供に伝えていただきたい。
- 勉強不足を痛感した。
- 見に行けませんでした。残念。

## 燃料電池

[満足度] 満足 5・4・3・2・1 不満足



### [工夫した点、失敗した点]

- 最後のプレゼンテーションがすごく分かりやすかった。
- 説明がためになりました。
- 充電がなかなか出来なかった。水と塩を増やしてみたのが成功した理由かもしれません。
- 初めての体験だったので、とても参考になりました。
- 観察しただけであったが、シンプルでありながら、要点が理解できた。
- どちらが+か-か、すぐ分からなくなってしまいました。電気がついたときは嬉しかったです。
- 担当でしたが、うまくいかないこともあり残念…。豆電球のほうが簡単でうまくいくのでは…？
- なかなか光らないのと、光る時間が電池からの充電では短いので、残念だった。
- 簡単に電池をつくることができた。仕組みもよく分かった。
- 難しかった。
- 手軽に作れておもしろいと思いました。原理がまだよく理解できてませんが。



[3] 上記以外に、ご感想、コメント、ご提案等がありましたら、ご自由にお書き下さい。

- 他大学の学生と交流できたことが良かったです。また、交流会で先生方と交流でき、とても勉強になりました。
- 第1回の際は1人さみしくでしたが、今回は多くの方とお話のできたのでよかった。第3回も是非出席したいと思います。
- また参加したいです。
- 伏線的な目標設定（のぼりおり）は、いろいろな場合で必要だと感じました。

### III. 特別寄稿

## 全ての人に科学リテラシイがいるか？ ー北原坂東対談でいい残したこと、あれから考えたことなどー

NPO 知的人材ネットワークあいんしゅたいん理事長

坂東 昌子

### 1 北原講演へのコメント

2008年9月27日の講演会では、北原講演の後、フロアから討論に参加された方も含めて大いに議論に花が咲きました。時間が足りなくて、当初私が問題提起をしたいと思っていたことの半分も当日お話できなかったのも、まず最初に、それを補足しておこうと思います。

①最初に、北原先生にお礼を述べるのを忘れていました。というのは、物理学会で男女共同参画推進委員会の設置を提案されたのが、北原会長だったのです。きっかけは国際的な世論の高まりで、アメリカ物理学会の Judy Frantz の組織した国際物理連合主催の「Women in Physics」(パリ会議)への参加呼びかけです。北原先生は、このための準備委員会を立ち上げ、日本の現状を知る為の学会員のアンケート調査などに取り組む道を作ってくくださったのです。ところで、パリの会議に出席して活躍された石丸さんは、活発で優秀なポスドクした。男女共同参画の仲間は、彼女の優秀さをよく知っていて定職に就けないか心配していました。学振が切れたときにも、男女共同参画推進委員会副委員長だった菅本さんがお茶大での研究の場を提供されました。北原先生は、ICUの非常勤講師の口を用意されました。石丸さんは、学生の評判もよく、素晴らしい講義をされ、お聞きすると、この9月から正式の教員に採用されたそうです、自らの境遇に甘んじず、周囲の方とご一緒に、環境を変革するために力を尽くされた方が、定職に就けるとてもうれしいです。そしてそれを支えてこられた北原先生にも感謝したいです。男女共同参画もポスドク問題も、このように、積極的な若者と一緒に、それを支えるシニアな研究者といっしょにネットワークを広げていることが心強いです。

②北原先生が、大学院生のときに、ブリゴジンのところにいっておられたことは、そのお仕事からも知っておりました。素粒子論と宇宙論がドッキングした分野への展開が急速に発展した頃でした。宇宙の進化、特に初期のビッグバン以前の探求には、非平衡・

非可逆プロセスの原理的な考察が必要になります。プリゴジンが「From Being to Becoming」という本が出たのはこの頃で、みんなで勉強したことをよく覚えています。大変魅力的な考えでしたが、素粒子の中では「あれは本当の革命家かいかさま氏か」といいあっていました。可逆系から非可逆への転換を説明するプリゴジンの考え方は模型の肝心なところが解明されないままでした。原著を探っていてもどれも肝心のところの証明がないのでっかりしたものです。まあ、その評価は別にして、先生が海外に行かれて、科学に境界がない、特に物理と化学と境界がないことを実感されたことには、納得です。また、その頃話題になっていた「偶然と必然」の本について、新聞紙上で賛否両論がなされていてカルチャーショックを受けたというのも大変興味深いです。これらは日本のインテリ・・・あえて現在の、といたいと思います。寺田寅彦とか石原純とか福沢諭吉の「窮理学のすすめ」の影響と言いますか、と言うか、当時のインテリは視野が広いですからね・・・の重要な欠陥を反映していると思います。科学には境界がない、とはよく言われますが、今の科学者は境界を越えて科学の目を広げることに對して、あまりにも消極的です。逆に巾を広げるのは専門分野での仕事ができなくなって「気楽な」境界領域に行く場合が多いと偏見をもたれていますね。まあ、大学での専門科目と一般教育科目の関係みたいなどころがあります。大学教育からシニアな科学活動まで、常にぶつかる問題ですね。そして難しい問題です。科学を万人のものに、というのは専門の科学者にとっても人事ではないのです。自分の視野をどう広げるかですね。イギリスではMAGE(Mediative, Autonomous, Generalists, Elite)と言う組織があるそうです。

③ただ、物理は例外的に、多少この2面を調和させることが身につけている分野です。でもそれは何故かと言うと、川勝先生の言葉を借りれば「コペンハーゲン精神」であろうと思います。科学教育にたくさんの若手が今興味を持っていることは、大変素晴らしいことで、コペンハーゲンの精神をさらに若い他の分野の方々にも広げていけるいいチャンスがこのたび作って下さったなと思っています。一人で全ての分野に気を配り、視野を広げることは凡人には不可能に近いです。でも、議論の場があり、そこで知的な好奇心を満たす素晴らしい会話ができること、そしてそのネットワークを広げることによって、知らず知らず、いろいろな現象のつながり見えてきて、深いところにつながっているネットワークができます。それが結局、色々な機会に新しい認識へとつながっていくのです。そのためには、集まる人々の好奇心が基礎になります。この好奇心を支えるもともとの動機は、日常生活や社会の動き、そういったあらゆる見たり聞いたりすることのなかに潜んでいる自然からの問いかけです。私の言う自然の中には人間も含めておきましょう。私は、この意味では、女性の方が、日常生活の中でいろいろな経験を沢山し

ています。子育て、家事、PTA など教育につながる活動などなど・・・、今では弾性もこういう取り組みに参加する人が増えてはいますが、それでも、女性の方がネットワークも豊富で、たくさんの経験をしてきました。その分コミュニケーション能力やネットワーク構築力は、男性に比べて断然強いと思います。こんな話を聞きました。神戸の震災のあと、集合住宅に住み始めた方々の中で、ネットワークを広げて近所づきあいを始めるのは断然女性が多いそうです。男性はあまり近所の人と話しをしない。その点、生活を支えている女性の方が、すぐに近所の人と交流を始めるそうです。男女の違いが出てくるそうですね。万人の科学とは、こうしたネットワークを通じて培っている新しい心理への近づき方という目標を表しているのだと思います。私は、現在、教養部が解散になり、法学部に属しておりますが、ここでは学問の議論をしているのさえ、あまり見かけたことはありません。各々がご自分の専門をもっておられ、そのほかの領域には、同じ法学部でも、なかなか入り込めないようです。こんなことで、本当に後論が成り立ち、切磋琢磨して新しいことを見つけることができるのでしょうか。私のように自然科学の分野にいたものからみると、これは異様に見えます。視野が広がるだけが、いい仕事ができるとは思いませんが。

④Science for all Americans という 2061 年（人種の比が逆転すると推定される年）へ向けてのプロジェクト、といわれているそうですが、このプロジェクトを推進しているのは、AAAS という組織だそうですね。どんな組織か、興味深いです。ですので、この話ももっと聞きたかったですね。これから科学の普及をどういう形ですすめていくのか、それが今と割れていますね。でも、なぜ人種の比が逆転する年が、目標なのでしょう？そこが分りにくいです。ただ、「全ての人に科学を」という目標を設定して活動している組織、学会でもない、さりとて科学を進める側も一緒に入っている組織って、どういう活動をしていくべきかの参考になります。日本でも SVS（声援す映像学会）は、家族会員というのがあって、子どもと親が加わることができます。でも、そこでどういう活動をするのか、まだ見えていません。これからの課題です。

⑤北原講演では、学術会議の答申として、「総合的な問題として、水・食料・エネルギーの問題が愁眉だ」というところでとどまっているような気がします。でも、ここでとどまっているとすると、こうした幅広い社会的問題を論じる場としては、レベルが低いのではないかという気がします。地球の物質の循環とか、インプットとアウトプットという考え方が基礎にあれば、インプットだけを何とかしようとしても無理で、アウトプット、廃棄物の問題に取り組むことの大切さが抜けています。それをかなり初期の段階

で指摘したのは、ガルブレイズという経済学者だそうです、こういう先見性がほしいですね。私は「20世紀の忘れ物」というタイトルで、このことを論じたことがありますが、ガルブレイズが結構早い段階で、このことに言及したのは、なかなかの見識だったと思います。学会が、今ごろでもまだこういう意識では、ちょっと時代遅れですね。それに、学会が「科学について語り合う」という言い方をしていることは、本当のところ、まだまだ、これから考え始めたところだという気がします。科学者のアカデミック志向から、人々の知恵をどうして科学の内的発展と結びつけることができるか、それを考えていないと、単に「科学者が教えてやる」と言う姿勢が抜け切れないのではないのでしょうか。それに、まだまだ問題はあります。文系理系という分け方や知識と智は車の両輪だとか、想像力と論理性、東大型の効率主義、などいろいろ議論したかったのですが、時間がなくて残念でした。

## 2 教員免許状更新講習会を経験して

実は、昨年12月21日に愛知大学が主催した教員免許更新講習会を、坂東昌子・佐藤文隆・谷口正明の3人で担当しました。先生方は熱心で、レベルも高く、感想の字もきれいで感激でした。「免許講習会でこんな話しか聞けるとは思わなかった」と言った感想をいただけてうれしかったです。特に、このシラバスを決める段階で、面白い現象が起きました。打ち合わせのときに、自然科学というと難しいと思われるので、できるだけ「物理」を表に出さないで、環境がらみ、自然の風景がらみで・・・とすることを配慮した内容だったのですが、丁度、11月に日本人が素粒子分野でノーベル賞をもらうことになり、「素粒子・宇宙・対称性」といった、今までタブーだったキーワードを、たくさん使って欲しいという要請があり、急遽、坂東は「素粒子の話」、佐藤は「素粒子と宇宙」の話を盛り込み、しかも1コマは「ノーベル賞こぼれ話」をするというように、変更しました。いまや対称性という本がすごい売れ行きらしく、私の本「物理と対称性」も、「売り切れた」と言うような状況でした。私が書いた中でも、この本はけっこう素人向きにエッセンスを書いたつもりでしたが、売り切れるほどの本ではありません。こうしたキーワードの人気の高まったのはうれしいですが、そこらあたりに解説でどれほど分ってもらえるか、その心は何だったか、きちんと伝えられているかどうか、気になることが多いです。

この講義では、自発的対象性の破れの実験を、受講生に原子磁石になってもらい、回りの相互作用で、磁石の向きが揃っていくことを体験してもらいましたが、これは好評でした。その時、今まで愛知大学でやっていた実験に加えて、1次元に原子磁石が並んでいるときは、揃わないことも体験してもらいました。私はこれを「周りとのコミュニ

ケーションが薄いからだ」と言う風に説明しましたが、それでよかったのかどうか、一寸気になっています。ほぼこの説明で的が外れているとは思いませんが、空間の次元数と関係している点をもう少し数理的に理解することも必要なのかもしれませんが。「あの実験は面白かった」と言ってもらえて大満足でした。

ぎっしり詰まったスケジュールで、午前9時半から11時、11時10分から12時40分、午後は1時20分から2時50分、4時限目が午後3時から4時半、北は北海道から四国まで、およそ100名の受講者で（定員オーバーで抽選）、ぎっしり詰まった日程に講師もお昼ご飯を一寸つまんだと思ったら時間となり、質問に答えているとぜんぜん余裕がありませんでした。これで思ったことは、教員のネットワークのコミュニケーションの場は、インターネット上に開設して自由に意見がいえるとなるとし手生けたら面白いかもしれない、と思ったことです。いい経験になりました。皆さん熱心で、素晴らしい感想を頂きました。それでも、自然科学以外のご専門の先生に明快に分ってもらえるような授業をするのは難しいです。感想の分析をきちんとして、いつか、またどこかでご紹介したいと思います。



特別寄稿

## 科学の言葉としての数学 —科学リテラシーと数学リテラシーとの関係—

梶山女学園大学教育学部教授  
浪川 幸彦

### 1. 宇宙という書物は幾何学の言葉で書かれている

この有名なガリレオの言葉ほど数学と自然科学の関係を見事に言い表しているものはないだろう。

この言葉が、ガリレオによって近代科学の曙光期に発せられたことは意義深い。自然科学は、自らを記述する基本言語として数学を採用することで、ギリシャ以来の自然哲学的なものから脱却し、近代科学としての歩みを始めた。その最初の金字塔がニュートンの「プリンキピア」、正式名称「自然哲学の数学的原理」である。

以後数学は自然科学、特に精密科学と称される物理学や化学と密接な関係を持って発展し、さらに経済学等の社会科学での発展とも相まって、今や「数理科学」として極めて広い分野に関わるものとなっている。

一方で数学に関わる自然科学はどちらかと言えば「普遍性」を追求する分野であり、自然科学ではこれとは別に「博物学」として多様性を追求していく流れがある。

「科学リテラシー」を考えると、「数学リテラシー」を併せて考えなければならぬが、だからといって後者は前者に含まれるわけではない。

本稿では、この両者の関係を整理しつつ、そのリテラシー教育との関わりも考えてみたい。

### 2. ニューメラシー

「数学リテラシー」の用語は主としてアメリカで用いられており、イギリス圏では「ニューメラシー」(numeracy)の用語の方が一般的なようである。

しかも用語としてはこの方が古く、教育との関わりでは1959年の中等教育に関する審議会報告で意味としてはむしろ「自然科学リテラシー」に近い意味で出てくる(OED)。曰く「ある科学者のことを教養がない(illiterate)というとき、それは人文的教育を受けた人々と十分な意思疎通を図れるほどに書物が読めないことを意味している。それに対し、歴史学者や言語学者が“innumerate”だというのは、科学者や数学者達の話していることが全くちんぷんかんぷんであることを意味している。」つまり“numerate”

とは（数学を用いる）自然科学方面のことが「分かる」ことなのである。これは当時盛んだった「二つの文化」論の反映でもある（同じ年に C. P. Snow の有名な講演「二つの文化と科学革命」がなされた）。

もちろん「科学リテラシー」の意味するところはもっと広いが、ここでのニューメラシーは「(科学の中で用いられている) 数学言語を理解し用いることができる」という意味であり、ここに科学リテラシーと数学リテラシーとの接点の主要部分があることを確認しておきたい。

この点を強調するのは、科学リテラシーについて論じるときに、科学の「素養」「価値」に重点が置かれ、ともすればそこで数学が（自然言語とともに）基本言語となっていることが無視されているように感じられるからである。実際 PISA の「科学リテラシー」の定義の中にも「数学」の語は現れない。

### 3. 数学が言語である

自然科学系の人々にとって「数学が言語である」というのは極めて自明のことである。多くの場合、研究の主要結果は数式の形で表現される。

しかし「数学は言語である」というと、一部の人達は激しい違和感を感じるようである。この命題にどんな反応を示すかによってその人のどのような知的背景が分かるかは興味ある研究課題であるが、それはさておき、これは確かに数学が「言語」ではあるものの、極めて特殊な言語であることに起因するものだろう。そしてこの「数学言語」の特色を理解することが、「数学リテラシー」の大切な一部であるが、同時にそれは「科学リテラシー」にも関わりがある。

「数学言語」の特色の第一は、そこで用いられるのが自然言語に加えて、数およびその抽象化としての文字記号であるという点である。「数」は「言葉」と並んで人間が最も早くに獲得する抽象的概念であるが、数学では自然言語における「数」よりもはるかに豊かな意味内容を持って用いられる。なお誤解はないと思うが、ここで言う「数」は連続量を含む。正確には「数量」と言うべきだろう。

なおこれに加えて数学では「グラフ」という、数量を「長さ」あるいは「角度」という特定の量に置き換えて視覚化する方法が用いられる（これがあるので、筆者は“numeracy”の用語を余り好まない）。

特色の第二は、これが記述言語であるという点である。自然言語は音声から始まっているが、数学は人間が社会を作り文化を産み出した中で最初から記述言語として成立した。しかも数学記号・数式は世界中で通用する。英語よりはるかに汎用性を持つグローバル言語なのである。

特色の第三は、論理性に立脚して情緒性を排するという点である。用語はすべて厳密に定義されて曖昧さがないようにする。途中の論証も数式を含む演繹的論法が用いられ、前提と推論の正しいことを認める限り、反論の余地はない。自然言語と比較するとき、この性格が極めて偏った異質のものと感じられ、文芸作品こそが「言語」と考える人々には違和感を覚えさせるのだろう。もっともこれは自然言語でも論説文では必要とされる性格のものであり、日常生活あるいは社会生活ではむしろ大切なことである。

特色の第四は、数学言語は「普遍性」を持っているという点である。あるいは数学言語を用いた「作品」としての数学理論が普遍性を持つという方がより正確であろうか。自然言語を用いた文芸作品はこれに対して「一回性」のものである。微分方程式論などの優れた数理モデルは、そのモデルの枠組みを採用することで、ただちにその理論の豊かな結果を、モデルを適用した対象についての研究にもたらしてくれる。

#### 4. なぜ科学は数学を自らの言語としたか？

こうした数学言語の特色を考えると、なぜ自然科学が自らを記述するのに数学言語を採用したかが分かる。これを理解することは科学リテラシーの一部であると言えよう。

まず特色の第一について言えば、自然科学の方法において、様々の性質を「数で表現する」すなわち「数量化する」ことが、理論を正確に述べたり、更なる探究を行ったりする上で決定的に重要である。これは人間が自然を理解し、自然に対応していく上で、位置や時間などを正確に把握するために数量化が必要であったことに起因するが、しかし逆に言えば、自然がそのような数量化されたモデルに従うように創られているということでもある。コンピュータの発達とともに、従来は「定性的」以外の何者でもなかったような性質が「定量的」に捉えられる。最近の「人間の顔」を認識あるいは識別する機能などその好例であろう。

特色の第二に関して言えば、数式を読みかつ理解し、あるいは必要な場合にそれを用いて表現することが、自然科学の重要な方法論であり、したがってその能力を持つことは科学リテラシーの大切な要素の一つである。

またグラフからその内容を読み取ったり、あるいはその解釈の適否を判断したりすることもここに加えてよいであろう。実験あるいは観察の検証は自然科学での大切な方法であるが、データ（不確実性を持つ数量）の取り扱い能力（統計リテラシー）とともにグラフの読解力がこの方法論を支える根底にある。

特色の第三について言えば、これはもう学問そのものの記述では当然のことである。自然言語＝文芸作品と考える方が人間の常識に反していると言えよう。

特色の第四は、科学を学ぶ者が数学を単なる言葉だとしたり、公式の結果だけ適用す

ればいい、とすることが決定的な誤解であることを示している。科学理論の「モデル」は最も重要な核の部分であるが、その採否あるいは適否の判断は数学を「理論」として知らなければできない。逆に重要なモデルを構築するために新たな数学がそこで創出される場合も少なくない。近代科学創始期の力学と微分積分学とはそのような最も幸福で豊かな相互作用の代表例である。この意味での数学の重要性を理解することも科学リテラシーの一つと言えよう。

#### 5. 科学教育・科学リテラシー普及活動での数学リテラシー教育

上では自然科学にとって数学がいかに重要であるかを述べ、それを理解することが科学リテラシーの一部であると主張したのであるが、ではそれが科学教育あるいは科学リテラシーの普及活動ではどのような点に現れるのだろうか？

それを考える前に、今の「理科離れ」の根底には数学言語能力の低下、すなわち最初に述べた意味での“innumeracy”があることを指摘したい。

幾つかの調査によれば、小学校時代には圧倒的に「好き」とされるとされる「理科」を嫌いになるのは、中学から高等学校にかけて、「理論」が入ってくるころである。これはもちろん実験などによる体験的な納得理解を経ることなく公式が「天から降ってくる」現在の学校教育のあり方に根本的原因があるのだが、一方でその「公式」あるいはその説明に現れる「数学言語」の理解が困難になっているという面もある。

現行学習指導要領では、その故に（特に中学で）「数学言語」を排除する、すなわち定量的な表現を許さず、定性的な記述にとどめるという決定的な過ちを犯した。「数学言語」を用いて自然科学を表現することは、歴史的にも一つの時代を画する大事件だったのだから、学習においても大きな山場であることは当然である。しかし難しいからといってそれを回避してしまうのは科学教育の自殺行為に等しい。むしろ注意深くそれを乗り越えていく手立てを考えなければならないのである。

これを考慮するとき、理科教育あるいは普及活動においても、単に面白い現象を示したり、珍しいものを見せたりするところに留まらず、その背後にある法則性を見出したり、実験によってその理由を考えたりする活動が大切である。その場合には測定したり、グラフを書くといった定量的な表現が不可欠になる。実験結果をプロットしてきれいな直線が得られた感動はその理論を忘れがたいものにするだろう。既に知られている結果であっても、それを経験した本人にとっては「発見」なのだ。そうした活動の中で、数量的表現のよさ、大切さが理解されてゆく。

それは同時に一次関数という数学概念の重要性を知ることにもつながる。数学リテラシーの向上にも寄与するのである。

最後に本題と直接は関係しないが、関連するコメントを二つ加える。

まず、理科教育の人々から、数学の方で教えていないから理科で使えない、という不満をよく聞く。例えば微分方程式などがその例である。だがこれは歴史的な過程を考えればすぐ分かるように順序が逆である。微分概念さえあれば運動方程式は運動と力の関係として記述できる。その方程式を解くことは確かに数学の理論であるが、理科ではそれこそ「現地調達」で結果だけ使えばよい。具体的な解がその微分方程式を満たすことの検証はより容易である。

また「測定」に関して思うことがある。今の測定器具は「なぜ測ることができるか？」という部分がブラックボックスになってしまっているものが多い。秤や時計などに典型的であるが、そこに実は大切な科学の原理や数学の理論が用いられている。筆者の世代では、こうした器具を分解して遊ぶことが科学リテラシーの育成に大切な役割を果たしていた。このために、「教材」としてレトロな測定器具を用意する、あるいは自作することも大事なのではなかろうか。



## 燃料電池

日本物理学会キャリア支援センター

谷口 正明

### 1. はじめに

電気は、私達の現代的な生活に欠かすことはできないエネルギーである。電気は、エントロピーが最も小さいエネルギーの形態であるため、他のエネルギーへの変換が容易であり効率が高く利用しやすい。最近では、オール電化住宅をはじめとして家庭で用いるエネルギーのほとんどを電気エネルギーに依存するケースも増加している。

現在、日本の電力のほとんどは火力発電、原子力発電が主となっており、日本の電力の約 90%をこれらで担っている。(図 1)

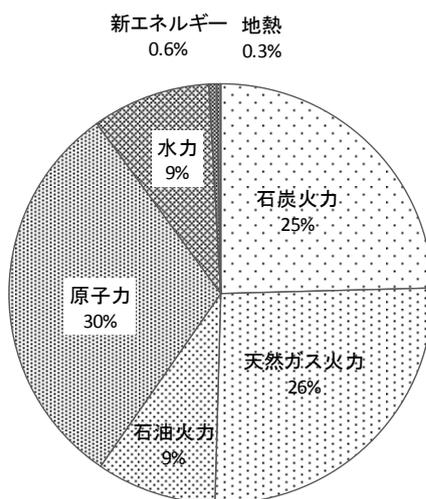


図 1. 日本の発電の割合 (2006 年、経済産業省調べ)

火力発電は化石燃料（石油、石炭、天然ガス）の持つ化学エネルギーを燃焼により熱エネルギーに変換した後に発電を行う方法である。このうち主なものは、燃焼熱により水蒸気を起こし、その蒸気圧でタービンを回すことによる発電である。このように、水蒸気のでタービンを回す発電方法は汽水発電と呼ばれている。

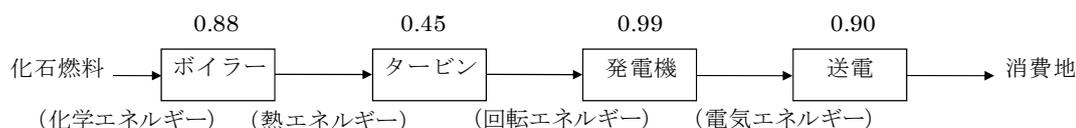


図 2. 火力発電の仕組み

原子力発電も核分裂による熱エネルギーにより水蒸気を起こすため、基本的には汽水発電である。したがって、日本の電力の約 90%は現在汽水発電によって賄われている。

## 2. 汽水発電の問題点

上記のように現在の日本では汽水発電が主流である。しかし、これはいくつかの問題点を内包している。そのうち最大の問題点は、発電の効率が低いことである。

エネルギー変換効率とは、全エネルギーのうち有効に利用できるエネルギーの割合である。変換前のエネルギーを  $E_1$ 、変換後に有効利用できるエネルギーを  $E_2$  とすると、エネルギー変換効率  $\zeta$  は、

$$\zeta = E_2/E_1$$

とあらわされる。例えば、エネルギー変換効率が 0.8 (= 80%) の場合は、変換前のエネルギーを 100 とした時に、有効に利用できるエネルギーが 80 であり、有効に利用できなかったエネルギーが 20 である。有効に利用できなかったエネルギーは、主に熱や光のであり、周囲の環境に排出される。

図 2 では、エネルギーの変換ステップに対して数値が表示されている。これは各エネルギー変換機器の効率を表している。これによると汽水発電全体のエネルギー変換効率は、 $0.88 \times 0.45 \times 0.99 \times 0.90 \div 0.35$  となり、約 35% である。したがって、汽水発電は化石燃料あるいはウランの持つエネルギーの約 3 分の 1 程度しか有効に活用できていない。

汽水発電のエネルギー変換効率が低い主な原因は、以下の通りである。

- (1) 熱エネルギーを経由している。  
熱エネルギーは、エントロピーが最も大きなエネルギー形態である。このため、熱エネルギーから（エントロピーが小さい）他のエネルギーに変換する際にどうしても無駄が多くなってしまう。
- (2) 変換ステップが多い。  
エネルギーの変換ステップが多いことも、汽水発電のエネルギー変換効率が低くなる原因の一つである。エネルギー変換効率は、エネルギー保存のため原理的に 1 を超えることはない。したがって、各エネルギー変換ステップが多ければ多いほど、1 以下の数値を掛け算になるため全体のエネルギー変換効率は小さくなってしまう。
- (3) 供給地から遠く送電ロスが 10%前後生じている。  
燃料の供給の観点から火力発電所や原子力発電所が海岸に位置し、消費地から遠いために送電ロスが生じていることも挙げられる。

### 3. 燃料電池

現在、上記のような汽水発電の問題点を解決する新しい発電方法が検討され、実用化されつつある。その一つが燃料電池である。燃料電池の特徴は、以下の通りである。

- (1) 熱エネルギーを経由せず、化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換する。
- (2) 変換ステップが少ない。
- (3) 中型、小型であるため、供給地から近くに設置できる。
- (4) 燃料は、メタン（天然ガスの主成分）やメタノールを用いることができる。

燃料電池の原理は、水の電気分解の逆過程である。水の電気分解は、水に電気エネルギーを加えることにより、水素原子と酸素原子の間の結合を切り、気体の水素分子と酸素分子を取り出す方法である。燃料電池は、逆に水素と酸素を燃料とし、化学変化を用いて水素と酸素を結合させて直接電気エネルギーを得る方法である。このため、エネルギー効率は理論的には熱機関の場合と比べて大きい。また、実用レベルでも 45% から 60% 程度である。

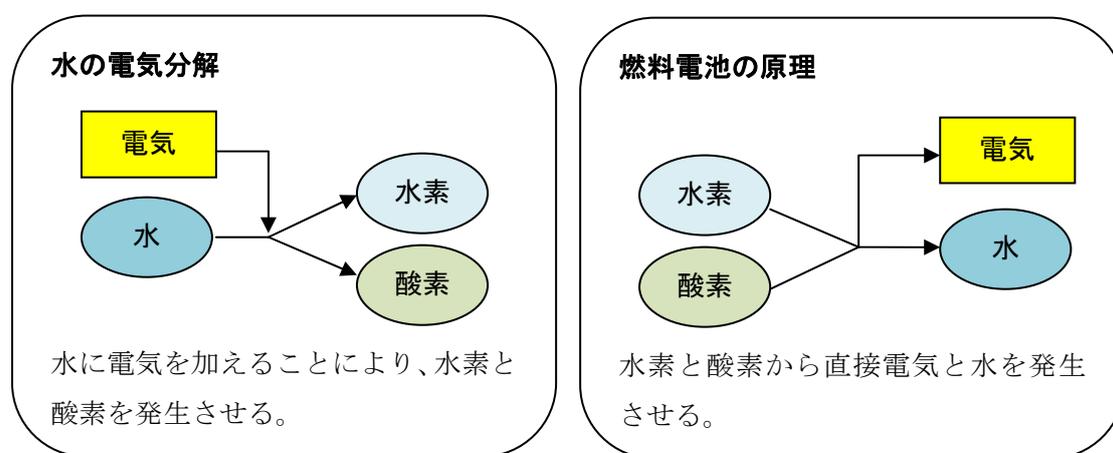


図 3. 燃料電池の原理

燃料電池にはいくつかの種類があり、いずれも製品化へ向けて開発競争が続いている。ここでは、アルカリ型の燃料電池の仕組みを紹介する。アルカリ型の燃料電池は、電解質にアルカリ塩の水溶液を用いる。燃料は、水素と（空気中の）酸素であり、正極と負極を導線で結べば、以下のような化学変化が生じる<sup>1</sup>。

<sup>1</sup> 実際の燃料電池では、正極と負極の反応を促進するために電極に白金などの触媒が用いられている。



ここで、負極から電子が出て正極では電子が入っている。したがって、正極から負極に向けて電流が流れている。水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  は、正極で得られたものが負極で消費されるため、循環的な役割をしている。結局、全体としては、水素と酸素を燃料とし、電気エネルギーと水（廃棄物）を生成することができる。



これらアルカリ型燃料電池の仕組みを図示したものが、図4である。

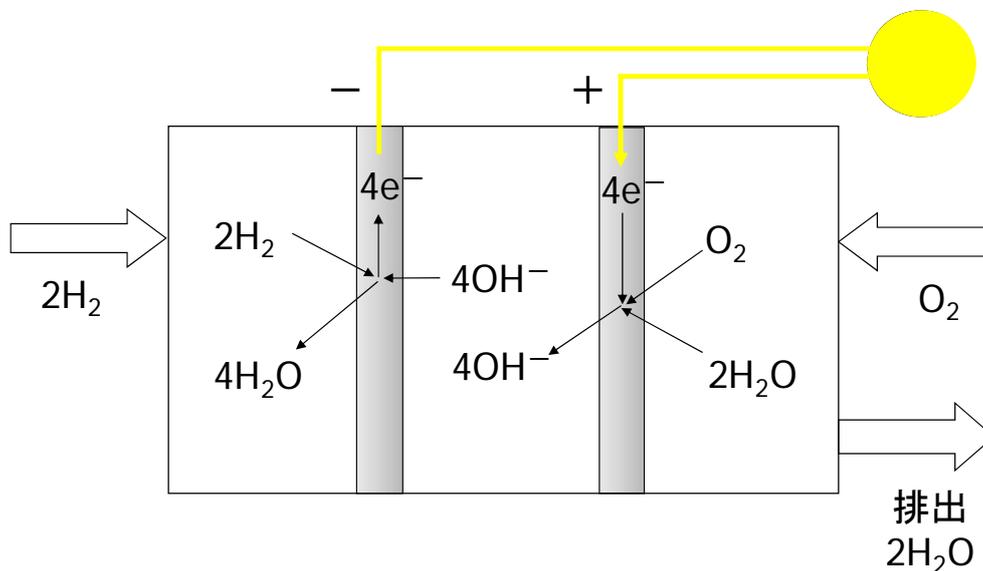


図4. 燃料電池の仕組み

#### 4. 鉛筆の芯を用いた燃料電池

上で紹介した燃料電池の仕組みを理解するために、鉛筆の芯を両極に用いた燃料電池を作ってみる。用意するものは以下の通りである。

- フィルムケース（ペットボトルを適当に加工しても良い。）
- 鉛筆の芯（1本を半分に折る）
- みの虫クリップつき導線（2本）
- 発光ダイオード（または豆電球）
- 電解質（食塩、重曹、入浴剤 など）
- 9V 電池
- きり

作り方は以下の通りである。

- (1) 鉛筆の芯を真ん中から折り、2本にする。これを電極にする。  
事前に交流変圧器などを用いて、鉛筆の芯を焼いておくと良い。
- (2) フィルムケースのふたに2つ穴を開ける。  
穴は鉛筆の芯を通すのに大きすぎず小さすぎないサイズにすること。図5のように、穴の間隔は両方の電極が当たらず、かつ遠すぎない間隔(5mm程度)とすること。
- (3) 図6のように(1)で作った鉛筆の芯をそれぞれの穴に通す。
- (4) フィルムケースに水を注ぎ、電解質(食塩 or 重曹 or 入浴剤)を適量溶かす。
- (5) これに(3)で作ったキャップでふたをする。

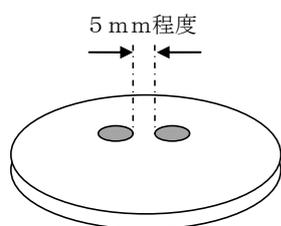


図5 フィルムキャップに2つの穴

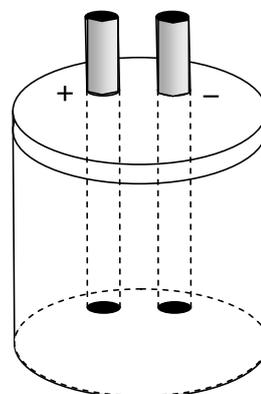


図6. 燃料電池完成図

今回の燃料電池は、水素を直接用意して使うのではなく、水溶液を電気分解して水素を作っておく。この過程を“充電”と呼ぶことにする。そして、十分な時間をかけて充電した後、正極の周りについて水素の気泡を燃料として使い発電を行う。これは実験装置の簡略化のために行うのであり、エネルギー的には全く得をせず、むしろ損をすることであることを強調しておきたい。このように水素を作り出すことは、大きなエネルギーが必要である。このことを強調することは重要であろうし、また教育的である。

作り方の(1)では「事前に交流変圧器などを用いて、鉛筆の芯を焼いておくと良い」と書いた。事前に鉛筆の芯を焼いておくと、炭素分が燃焼し鉛筆の芯の表面が多孔質化し表面積が大きくなる。このため、燃料である水素の気泡が溜まりやすくなる。この工夫を行うと、発電の持続時間をより長くすることができる。

## 充電過程

- (1) 燃料電池の両極にそれぞれ導線をつけ、その先に 9 V の電池をつなぐ。  
陽極側に “+” とマジックで書いておくこと。
- (2) 陽極から塩素<sup>2</sup>（酸素）が陰極から水素が発生する。このまま 1 分間以上放置する。
- (3) 9V 電池を取り外す。これで “充電” 完了である。

## 発電過程

- (1) 燃料電池の正極を発光ダイオードの “+” 側、負極を “-” 側につなぐ。
- (2) 燃料電池の内部で以下のような反応が起きる。



この結果導線に電流が流れ、発光ダイオードが光る。

なお、上では発電を確認するのに発光ダイオードを使ったが、豆電球やメロディーフォンを使っても良い。

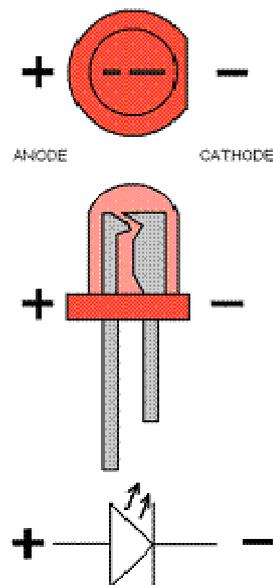


図 7. 発光ダイオード  
Wikipedia より転載

## 5. 水素の調達

燃料電池で大事なことは、水素を調達する方法である。地球上では、水素は単体としてほとんど存在しない。水として存在するか、または炭素と結合して有機物として存在する。燃料電池の燃料である水素を調達するためには次の方法が考えられる。

- (1) 水の電気分解を行う。

これは、エネルギー的には全く得をしない。ただし、電気は基本的に貯めておくことができないため、一時的に水を電気分解して水素を蓄えておくことには多少の

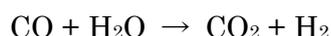
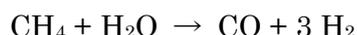
<sup>2</sup> 電解質に食塩水を用いた場合には、電気分解の時に陽極には塩素が出る。これは、塩素のイオン化傾向が水酸化イオンよりも小さいためである。この結果、溶液中の水酸化物イオンの濃度が高くなり、アルカリ型燃料電池となる。

意味がある。例えば、深夜の余剰電力<sup>3</sup>を用いて水を電気分解して、水素として蓄えておくことが挙げられる。

また、太陽光発電や風力発電を行って作りだした電気で水の電気分解を行い、水素を作り出す方法も検討されている。自然エネルギーを利用した発電は、天候などによる影響が大きいいため、作られた電気を一時的にためる方法が必須であるからである。

## (2) 炭化水素（メタン CH<sub>4</sub> など）の改質を行う方法

水蒸気メタン改質（steam methane reforming、SMR）とも呼ばれる天然ガスの水蒸気改質は、商用向けに大量の水素を製造する最大の方法である。また、その方法は最も安価な方法である[4]。（最も安価であるとは、最もエネルギーを使わないこととほぼ同義である。この方法で作られた水素は、1kg 当たり約 330 円程度である。）高温(700～1100℃)において金属触媒が存在すると、水蒸気はメタンと反応し、一酸化炭素と水素を得ることができる。



## (3) 燃料改質ユニットを燃料電池に付随させておく方法

これは、燃料改質ユニットによりメタン CH<sub>4</sub> あるいはメタノール CH<sub>3</sub>OH から炭素などを取り除き、水素を取り出して燃料電池の燃料として使う方法である。メタンは都市ガスの主成分であるため、燃料改質ユニットがうまく動けば、単にガスパイプから都市ガスを供給するだけで燃料電池を駆動させることができる。また、メタノールは、常温で液体であるため、自動車に燃料電池をつける場合に有力な燃料となりうる。

この方法の欠点は、触媒として使われている白金 Pt の被毒である。白金は一酸化炭素に敏感で、容易に結合して触媒としての役割を果たさなくなる。燃料改質ユニットは、CO を 100% 取り除くことができるわけではないため、触媒の被毒は問題である。加えて、白金が非常に高価であるためこの方法の普及を妨げている。

ここで紹介したのは、主に化石燃料（天然ガス）を燃料源とした発電方法であった。天然ガスはメタン菌をはじめとする細菌によっても作りだされるので、化石燃料に限らず、生物起源のバイオガス等を用いることもできる。

---

<sup>3</sup> 原子力発電は原則として出力調整を行わないため、深夜には必ず余剰電力が生じてしまう。現在は、余剰電力を利用してポンプでダムに水を貯め日中には水力発電を行う方法、揚水発電が行われている。

## 6. まとめと議論

この記事では、最初に現在主流である汽水発電の問題点であるエネルギー効率の低さとその原因をまとめた。次に、汽水発電の欠点を補う発電方法の一例として、燃料電池発電を挙げた。これは、燃料の持つ化学エネルギーから熱エネルギーを経由せずに直接電気エネルギーを取り出す方法である。また、発電に至るステップが汽水発電に比べてシンプルであり、エネルギー効率が高い発電方法である。

次に、鉛筆の芯を電極として用いた燃料電池の作り方を示した。これは、水素を直接供給するタイプの燃料電池ではなく、いわば“充電”式の燃料電池であった。すなわち、事前に“充電”して燃料である水素を作り、その後、電極に残留した水素の気泡を燃料として発電を行う燃料電池である。性能の良い燃料電池を作るためには、電極（鉛筆の芯）をあらかじめ焼いておき、表面を多孔質にしておくことが大事であった。

燃料電池の最大の問題点は、燃料である水素をどのように手に入れるかということである。そして、いくつかの方法を紹介した。いまだ触媒の被毒の問題は残っているが、燃料改質ユニットを燃料電池に付随させておく方法は既存のインフラをそのまま使うことができるため、大きなメリットがある。

最後に、これからは発電方式の多様化、分散化が大事であるということを強調しておきたい。化石燃料、原子力燃料を用いた既存の汽水発電は、これからも当分の間発電の主役を担ってゆくと思われる。これまでの発電方式は海のそばに大規模な発電施設を作り、街全体の電力を供給してきた。ただ、このような中央集権的な発電は一見効率的に見えるが、消費地まで遠いため送電ロスも大きいなど非効率な面もある。

燃料電池は、これまでの火力発電や原子力発電のように数百万キロワットの電力を作り出す大規模な発電装置として用いることは難しい。しかし、中小規模の発電装置ならば実用化の段階に入っている。燃料電池発電のメリットは、その高効率性ととも、環境負荷が小さいことである。（廃棄物は水と多少の熱だけである。）このため、住宅地に燃料電池を用いた中小規模の発電施設を造ることも可能であろう。このように発電施設を消費地に近いところに作ると、送電ロスを減らすことができるし、また燃料電池から出た廃熱を給湯として2次利用することも可能である。これと並行して、地熱発電、風力発電、太陽光発電などの自然エネルギーを用いた発電方法がこれまでよりも促進され、多様な中小規模の発電施設を分散的に利用する方法が良いように思う。

## 参考文献

- [1] 中学生理科の自由研究 2、左巻健男監修、成美堂出版、2004 年
- [2] 鉛筆電池を作ってみよう、<http://g3400.nep.chubu.ac.jp/onsenkids/craft/enpitu/enpitu.html>
- [3] 鉛筆蓄電池、<http://www005.upp.so-net.ne.jp/barkhorn/home5.HTM>
- [4] George W. Crabtree, Mildred S. Dresselhaus, and Michelle V. Buchanan, The Hydrogen Economy, Physics Today, December, 2004

## おわりに

今年度の「なごや科学リテラシーフォーラム」の活動では、「科学リテラシーとは何か」「なぜ全ての人に科学リテラシーが必要であるのか」というテーマを設定し、2度の講演会を開催しました。これらの問いに対して、講演者の方々および参加者の方々から多様なお答えが寄せられ、非常に意義深い会になったと実感しております。

さらに、「どうすれば科学リテラシーを一般市民に普及できるのか」という科学リテラシーに関するもう1つの問いに対して、私たちからの一つの提案として、「科学実験指導者講習会」（以下、「実験講習会」）を開催しました。「実験指導者」という言葉が大仰に聞こえますが、ようするに、この講習会の目的は、一般市民の方々に科学実験を伝えられる「コアメンバー」を養成することにあります。科学に対して積極的な関心を持つ「コアメンバー」がきっかけとなり、一般市民の方々の中で科学を教え合うことで科学が普及していくことを私たちは期待しているのです。

実験講習会の特徴は、「身近な道具を使った科学実験を取り扱うこと」「科学実験の指導を学生が担当すること」「実施した科学実験の原理を最後に解説すること」という3つの点にあります。

「身近な道具を使った科学実験を取り扱うこと」の例として、今年度の講習会では、ペットボトルで顕微鏡を作成したり、クリップでモーターを作成したりしました。このように身近な道具を使って実験をすることのねらいは、一般市民の方々が「科学は自分の生活に関係がある」と、科学を身近なものとして感じてくれることにあります。また「科学実験の指導を学生が担当すること」のねらいは、学生がまごつきながらも実験を指導している様子を見ることで、一般市民の方々が「自分でも科学実験の指導ができる」と感じてくれることにあります。このように科学を一般市民の方々の目線に合わせるねらいを設定した一方で、「実施した科学実験の原理を最後に解説する」という市民の方々の目線を上に向けるねらいも設定しました。すなわち、科学実験の背景にある科学の原理を知ってもらうことで、「科学の考え方」を少しでも理解してもらおうというねらいも組み込んだ訳です。実験原理の解説に際しては、専門的な科学知識に踏み込む場面もありましたが、アンケートの結果を見る限りでは、市民の方々の多様なニーズに応えられたと自負しています。

実験講習会のアンケートでは、それぞれの実験に対する「満足度」「実験で工夫したこと・失敗したこと」を聞く項目を設けました。これらの項目の中でも、「実験で失敗したこと」に関する知見は、受講者のつまづきを事前に予測するためにも、科学実験指導者にとっては有用な情報となります。今回の実験講習会で集められた情報を元にして、

科学実験指導者向けのデータベースを作成することも現在私たちは視野にいれています。

名古屋大学高等教育研究センター 特任講師  
安田淳一郎

なごや科学リテラシーフォーラムは FD・SD コンソーシアム名古屋の後援をうけて活動しています。

平成 20 年度 なごや科学リテラシーフォーラム活動報告書

---

2009 年 3 月 30 日発行

制作                    なごや科学リテラシーフォーラム  
発行                    名古屋大学 高等教育研究センター  
〒464-8601 名古屋市千種区不老町  
E-mail [info@cshe.nagoya-u.ac.jp](mailto:info@cshe.nagoya-u.ac.jp)

印刷・製本            名古屋大学消費生活協同組合 印刷・情報サービス部  
〒464-8601 名古屋市千種区不老町  
E-mail [insatsu@coop.nagoya-u.ac.jp](mailto:insatsu@coop.nagoya-u.ac.jp)

---