「放射線教育」 別冊

〈保存用〉

一段と重要性が増した放射線教育

放射線教育フォーラム2003年度成果報告書

〈保存用〉

NPO法人放射線教育フォーラム

2004年3月

序　文

放射線教育フォーラムが設立されて満１０年が経過した。この間、会員及び関係各位の暖かいご支援とご協力により着実に実績を積み重ね、その結果、今ではこの組織に対する社会の期待が徐々に大きくなっているようで喜ばしい。

われわれの活動を始めた動機は、現状を放置しておくと人々が僅かな量の放射線を恐れて、原子力に対する一般の受容が進まず、エネルギー問題の観点から日本の前途が危なくなるおそれがある、と予想したからである。それは、原子力の安全性とは、つまるところ放射線の安全性に他ならないからである。この１０年の間にも、残念ながら原子力の信用を損なうことがらがいくつか発生してしまったが、当事者は些細なことにも注意を怠らず、改善すべき点があれば改善に努力して、失われた信用の回復に努力していただきたいと希望する。だだし、世論が厳しいからといって、中心となって進めるべき専門家が世論におもねて規制を必要以上に厳しくしたり、正論を曲げることは好ましくないと考える。われわれは、この技術が社会に円満に受け入れられるよう、正しい科学的知識の社会的普及のために、これまでどおり学校及び社会における地味な努力をしてゆく心算である。

最近の流行の言葉に「安全と安心」（の乖離）がある。確かに、原子力に限らないが、技術的安全を社会心理的な安心に結び付けるためには、難解な情報をいかに一般社会に伝達するかという、かなり高度なノウハウがあるように思える。その中には、相手側に分かりやすく説明するという技術と努力のほかに、いかに相手に信頼されるか、という人間的な要素を含んでいるようである。われわれも、最近、学校教員を対象とするセミナーに多くの先生に参加していただくために小学校や中学校を訪問して勧誘したことがある。このとき気が付いたことは、現在の学校の先生方、特に校長や教頭といった指導者の方々は、多くの社会的な経験をつまれた人格者で、私たちの意見に素直に理解を示していただいた方が多かったことである。例えば「風評被害」といった理不尽なことをなくすために、このような社会のリーダーに働いていただくことはできないであろうか。関係行政当局も、現在の社会的ニーズにあったこのような人材の活用法を考えられては如何かと思う。

設立後満 10 年を迎えたわれわれの組織自身も、人間の個性を尊重し創意を生かして運営ができれば、と考えている。このような、人間性の育成を大切にすることは教育の基本であり、国際的に通用する考え方であろう。今年の８月にはわれわれの組織が中心となって長崎で「第３回放射線教育に関する国際会議」を開催することとしている。これに多数の方が参加され、ここで放射線教育の知識と技術だけを学ぶのではなく、知識と知性と理想を兼ね備えた人々との交流を通じて、参加者すべてが人間的にも啓発され、実り多い成果が得られることを望むものである。

２００４年３月

ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム　理事会

事務局長　松浦辰男（文責）

一段と重要性が増した放射線教育
放射線教育フォーラム２００３年度成果報告書

目　　次

序文

第１章　２００３年度までの活動及び２００４年度の計画

１．放射線教育フォーラムの活動について……3

２．放射線教育フォーラムの委員会活動……5

３．NPO 法人放射線教育フォーラム 2003 年度役員名簿……9

４．2003 年度の理事会等会合・勉強会等の記録……10

５．国際シンポジウムについて……12

６．フォーラムの今後の計画と問題点……17

７．文献（放射線教育フォーラムが設立以来刊行した資料）……20

第２章　２００３年度「エネルギー・環境問題セミナー」の報告と２００４年度実施計画

１．２００３年度の実施報告……25

２．２００４年度の実施計画……36

第３章　専門委員会の報告（またはその関連資料）

１．教育課程検討委員会報告……39

２．リスク問題検討委員会（リスク教育についてのテキスト（案））……42

３．低レベル放射線の生物影響に関する委員会（ISRE04 で「低レベル放射線影響」セッションに招く海外の専門家）……43

４．教科書記述調査委員会報告……47

５．マスコミ報道調査検討委員会報告……57

６．加速器利用調査・検討委員会報告（及び資料「産業における加速器の利用」）……59

第４章　勉強会･セミナーでの講演の資料または要約

１．「放射線に対する知識･意識と学校教育での「放射線リテラシー育成」」（黒杭清治）…83

２．「日本の学校教育と将来の課題」（有馬朗人）……88

３．「文学と物理学―漱石と現代物理学を中心として」（佐久間洋一）……101

４．「生活に役立つ放射線」（森千鶴夫）……105

５．「エネルギー・環境問題を通して考える力を養う」（新田義孝）……111

謝辞・奥付……128

第１章　放射線教育フォーラムの２００３年度の活動及び２００４年度の計画

第１章　２００３年度までの活動及び２００４年度の計画

１．放射線教育フォーラムの活動について（設立の経緯と実績）

「放射線教育フォーラム」（以下「フォーラム」と略称）は，放射線・放射能，エネルギー問題に関する正しい知識を学校教育を通じて生徒・学生に，さらに一般社会に普及し，放射線・放射能・原子力に対する現在の社会の誤解・偏見を是正しなければならないという責務を痛感した専門家有志により 1994 年春に設立され，2000 年 11 月に特定非営利活動法人の認証を受けたボランタリー組織であります。現在の会長は有馬朗人元文部大臣，会員数は 2003 年 12 月 1 日現在で個人会員 207 名，賛助会員は 58 団体です。会員は研究・教育の従事者（退職者も可），高校・中学などの教員，報道などの関係者，および一般市民で，放射線・原子力を中心とした学校教育，社会教育に関心をもつ方から成っています。

フォーラムは，社会一般の人々が科学技術の進歩の恩恵を受けているにも拘らず，若い人達に「理科離れ」が見られること，また特に放射線・放射能に対して知識人を含む多くの方々が科学的事実以上に過剰の不安感をもっており，そのことが原子力や放射線に対する価値判断に大きく影響し，その利用を妨げていることに鑑みて，特に小・中・高校の学校教育において放射線・放射能の正しい知識やエネルギー問題の教育，広くは理科教育全般を改善し充実させることに重点を置いて，次のようなさまざまな活動を行っています。

(1) 要望書の提出

フォーラムの設立後すぐに，学校における放射線・原子力教育の実情を 学習指導要領や教科書の記述について調査した結果，学校における教育課程を改善する必要を強く認識したので，早速にチームを作って検討して，当時の文部省と科学技術庁に要望書を提出しました。すなわち「放射線教育に関する要望書」を 1995 年 6 月に文部大臣に，引き続いて翌年 11 月に要望書「エネルギー・環境問題に関連したこれからの放射線・放射能教育の在り方」を文部大臣に，同年 12 月に要望書「学校及び社会における放射線・放射能教育を効果的に行うための方策について」を科学技術庁長官に提出しました。この要望書は国会でも取り上げられ，その後の学習指導要領の改訂時にこの趣旨が考慮され、指導要領の改善に幾らかの寄与ができたと考えています。

(2) 専門委員会活動

学校で放射線教育を効果的に行うために，「放射線教育のための実験教材」，「放射線教育カリキュラム」，「リスク問題に関する教育」，「医療系教育機関における放射線教育の実態調査」，「低レベル放射線の生体影響をいかに理解し教えるか」，「教科書記述調査」」「マスコミ報道調査」「加速器の利用」の８つのテーマを専門委員会で検討して，年度末に報告書として，あるいは学校教員が授業に利用できるような参考書あるいは指導書としてまとめる作業を行っています。（そのあらましを以下２．に述べます。）

(3) 勉強会・見学会・公開講演会の開催

会員を対象として勉強会を開催して，放射線教育を始め広く教育の在り方など種々の話題について専門家から，また教育の実践体験を経験者に話してもらい，最新の知識と情報を習得しています。この勉強会は毎年 3 回（7 月、11 月、及び 3 月）東京で開催しています。（勉強会は会員以外でも参加できます。）以下（4）項の学校教員対象のセミナーを毎年開催する前（約 3 年前）までは，その他に見学会を兼ねた研究会を中学・高校の教員を対象にして年に 1 度程度開催していました。1999 年度は山梨県増富温泉でラドンの測定に関する研究会を，2000 年度は横須賀の立教大学原研の原子炉の見学会を，20001 年度及び 2002 年度はそれぞれ国立がんセンター，都立保険衛生大学で放射線の医学的利用に関する施設の見学と研修を行いました。その他，一般市民を対象とする公開講演会の開催も考えています。

(4)主に文系教員を対象とした「エネルギー・環境・放射線セミナー」の開催

これは文部科学省と（財）放射線利用振興協会主催による「原子力体験セミナー」の一環として 2001 年度から始まった事業です。これは，新しい学習指導要領で中学では 2002 年度から，等学校では 2003 年度から始まった「総合的な学習の時間」にエネルギー環境問題、放射線・原子力問題を取り上げていただくための参考になるように，主に文系の学校教員を対象に，全国で 10 地区，定員約 500 名～600 名を目標に 1～２日のセミナーを企画し，受講者を募集，種々のトピックスについての講演，放射線の実習，教育実践の経験についての意見交換などを行うものです。（２００３年度の実績と２００４年度の計画に関しては第２章で述べます。）

(5)定期刊行物（「ニュースレター」ならびに「放射線教育」誌）及び不定期刊行物の発行

ニュースレターは年に 3 回，放射線教育に関する最新の情報を会員に知らせるとともに会員相互の意見の交換に役立たせるために，すでに 28 号まで発行されています。また会誌「放射線教育」は主に会員による放射線教育の研究あるいは実践経験を報文の形で発表するもので，1997 年度から年に１回，すでに第 6 巻まで刊行されています。また，不定期刊行物として，2000 年３月には「放射線教育フォーラム６年の歩み（付録：ＪＣＯ事故の解説と評論）」（212 ﾍﾟｰｼﾞ）が「放射線教育」誌の特集号として刊行され，それ以降毎年，2001 年度 3 月には「新しい世紀の放射線教育――放射線教育フォーラム 2000 年度の活動と今後の展開」（102 ページ）が，2002 年 3 月には「学校における放射線教育」（175 ページ）が，2003 年 3 月 4 には「いま重要性を増す放射線教育----放射線教育フォーラム 2002 年度成果報告書」（147 ページ）が，それぞれの年度の活動報告書の形式で刊行されました。2002 年 11 月には臨時に，「２１世紀の原子力・放射線問題――近年のトピックスの中から――」（66 ページ）が刊行されています。その他，「放射線教育に役立つ文献リスト」をニュースレターの付録の形式ですでに 2 回発行しました。

(6)国際シンポジウムの開催

フォーラムの活動を国際的規模に拡大し海外との交流を行なうために，「放射線教育に関する国際シンポジウム」を 1998 年 12 月に神奈川県葉山町「湘南国際村」で開催し成功

を収めました。（登録参加者は163名，参加国数は15カ国1地域，発表数66件） これの成功を受けて，「第3回放射線教育に関する国際シンポジウム」を2004年8月22日～26日に長崎市（ブリックホール）で開催することとし，現在その準備を進めています。（第2回は2002年8月にハンガリーで開催されました。）ここでは（1）学校における放射線教育，エネルギー環境教育，（2）社会人に対する放射線教育，リスク／ベネフィット教育，（3）放射線の生物影響，自然放射線について，（4）原爆に関する情報をいかに学校教育で取り上げるか，（5）放射線利用の最近の現状（医学、産業ほか），（6）その他（一般的な教育問題，大学での教育，国際比較，理科教育，倫理教育，教科書記述など）がシンポジウムのテーマとなっています。（後述）

（7）その他

講師の派遣，用語の解説業務の受託，放射線に関する各種の質問・相談を受け付けて，それに対する回答をインターネット等で公開するなどの仕事をしています。（これは現在はフォーラム直接でなく，（財）日本科学技術振興財団の「放射線Web活用プロジェクト」に協力して，その中（http://hoshasen.jsf.or.jp）で行われています。）

2．放射線教育フォーラムの委員会活動

2.1 実験教材検討委員会(1996年度より活動)

小・中・高校の教育現場で安全に，確実に，低価格で，かつ高度の技術を必要としないで放射線実験（実習及び演示）を行なう方法の検討と開発を行なっています。具体的な検討課題として，①低価格の測定器の開発，②安全で低価格の線源の開発，③パソコン計測の周辺機器およびソフトウェアーの開発，④教育の場で使える放射線実験に関する情報の収集と普及，の4つを選び，このうち放射線実験の普及に関する事項，線源・測定器・霧箱の製作・コンピュータ利用などの検討が一応終了しました。

2003年度と2004年度にかけてこれまでのまとめとして，「放射線実験テキスト」を完成させる予定です。テキストは，本委員会が編集委員会となり，高校の先生を主な読者と想定し，授業や課題研究に役立つものとしますが，実験だけでなく放射線に関する基礎的事項も幅広く盛り込むこととする方針です。

2.2 リスク問題検討委員会（1997年度に発足）

自然科学･技術の発展は現代の社会生活に種々の便益をもたらしていますが，同時に何らかのリスク（望ましくない結果）をも必然的にもたらしています。便益に比べてリスクが大きすぎるときは，その技術は社会に受容されないことになります。この委員会は，とかくそのリスクを過大に考えられている放射線や原子力エネルギーの利用を含む，近代生活にともなう種々のリスクとそのベネフィットについて，できるだけ定量的・科学的に考察し，それを高等学校の先生への指導書の形で学校および社会教育に提供することを目指し

ています。

2.3　教育課程検討委員会(1998年度に発足)

わが国の学校における現在の放射線教育・原子力教育は種々の事情で決して充分ではありません。現状の改善には，小・中・高校の学習指導要領の中で，理科及びそのほかの科目で放射線・放射能・原子力の基礎に関する知識の教育にもっと高い位置づけを与え，児童・生徒の発育段階に応じた適切な教育カリキュラムを整備・構築する必要があります。本委員会はその内容について，国際的視野も考慮に入れてあるべき姿を検討します。

本委員会の１年目の活動は，1998年12月に開催された「放射線教育に関する国際シンポジウム」に合わせて，わが国の高校における放射線教育の実状を整理しました。

２年目の活動は，ＪＣＯ事故を軸に進められました。委員を含めてかなり多くの高校教員が，授業でこの事故を取り上げ説明などを試みました。そして作業課題としては，このことについてのわかりやすい「Ｑ＆Ａ」を作るという目標をたてました。ＪＣＯ事故はあってはならない事故ですが，この事故がこれまで私たちが朧気に感じていた放射線教育の重要性を明確に意識させたことは事実であります。

ＪＣＯ事故の説明などで理科教員がまず扱ったことは，「放射線と放射能の違い」であったり，「放射線の測り方や線量の単位」であったり，「中性子線」などでした。しかし，生徒たちから出る質問は「放射線にあたった人はどうなるのか」，「病院に運ばれた人は大丈夫か」，「近くの農産物は食べてもよいのか」といった安全にかかわるものが圧倒的に多かったのです。このことは，事故後に中学生，高校生，大学生に行った同一質問への回答にも表れています。

第１にはっきりしたことは，生徒の疑問に適切に答える努力をしなければならないということです。こうなると「安全性について」の展開が必要になり，これにはどうしても前提となる事項があります（「放射線とは」，「線量を測る」，「放射線と人体」など)。

第２にはっきりしたことは，基礎的知識が未習であることを含みつつ，関心があることを学習させるにはどうしたらよいかを検討することです。

現在，生徒たちから100を越す質問を集めています。上記のことを念頭におきながら，これらの質問をどんな順序に配列し，どのように回答したら，放射線への関心を高め，放射線への理解を進めることができるかに絞って検討をしています。これから作成する資料は調査し検討した報告だけでなく，実際に学校で生徒あるいは教員が利用できる市販するに足るテキストを含むものとしたいと考えています。

2.4　医療系教育機関における放射線教育の実態調査専門委員会（1999年度に発足）

放射線・放射能（ラジオアソトープ）は医療の分野で欠かすことのできないものになっており，その使用頻度も高まり，重要性は益々増大しています。また，医師・看護士らが患者に対し，放射線の人体への影響について説明を求められる機会が多くなっています。

したがって，放射線に関する正しい知識を持った医療関係者の人材育成は急務であり，医学・薬学系大学における放射線教育のより一層の充実をのぞむ声が強いことはたしかです。また，最近の看護教育で放射線の項目が必修から外されるという改悪が行われた結果，学校によっては全然教育がされないところがあり，これも問題とされています。

本委員会は，上記のような背景に基づき，活動の第一歩として，医学・薬学・看護学系大学・短大あるいは専門学校における放射線教育に関する実態並びに放射線に対する意識をアンケートにより調査を行い，同時にその前段階での初等・中等教育においてどのような基礎的知識が与えられるべきかを検討することとしました。しかし、アンケートを実施して、現状の問題点がかなり把握され、その改善の必要がみとめられたのですが、フォーラムの会員に医学系のスタッフが少ないので、更なる具体的な活動には今一歩力不足であり、この委員会活動は 2003 年度から休止しています。

2.5 低レベル放射線影響をいかに理解し，教えるかの検討

これは放射線教育における最も重要な命題であります。今日では，放射線・原子力の利用は市民生活になくてはならないものとなっていますが，一般市民の間には放射線の人体影響について過度の不安感があり，放射線や原子力の恩恵を十分に享受できない原因となっています。市民の不安感は，原爆の被災体験や原子力関係の事故・トラブルの報道によるところが大きいといえますが，放射線防護の分野で，放射線による発がんや遺伝的影響のリスクが大線量から極低線量まで「しきい値」のない直線的な比例関係にあると仮定していることが，一般には「放射線はどんなに少なくても有害」と受けろ取られ，放射線に対する不安感を助長していることは確かです。

近年，放射線により傷ついた遺伝子ＤＮＡの修復，アポトーシスによる不良細胞の排除といった生体の防御機構や，「適応応答」などの知見が増すとともに放射線業務従事者や高自然放射線地域に住む人々の疫学的調査のデータなども蓄積されています。本委員会では，これらの情報を収集し，一般環境や職場で遭遇する低レベルの放射線の健康影響という観点から検討し，一般の方々が放射線を「正当に怖がる」ような教育に役立つ資料を作成することが目的です。

2.6 教科書記述調査委員会

フォーラムの設立の準備期間の時から，高等学校や中学で使用されている教科書における原子力・放射線関係の記述に様々な問題があることがわかりました。すなわち，理科の教科書でも記述が不十分で，明らかに科学的な誤りが少なくなく，また理科以外の科目では科学的な不正確さのみならず，例えばチェルノブイリ原子力発電所の事故などを過大に取り上げ，原子力の安全性に問題があるとして，原子力の推進に懐疑的な論調が目立っています。このことが，1996 年と 1967 年に文部省へ放射線教育の改善に関する要望書を提出するきっかけとなりました。以来，学校で使用されているすべての科目，すべての出版

社の教科書について，また毎年新たに発行されるものについて，原子力・放射線関係の事項で不正確・不的確な記述の箇所を詳しく具体的に指摘，その箇所はどのように記述するのがより正確であるかを示すこととしています。その結果，最近の教科書では理科の教科書では科学的な誤りはかなり少なくなり，文系の科目の教科書でも一時よりは大分良くはなっていますが，なお改善の余地があると考えています。将来は外国の教科書も調査する予定です。

2.7 マスコミ報道調査委員会

一般にマスコミ報道は社会に及ぼす影響が大きいので，言論の自由とはいえ少なくとも科学的に不正確であって一般人をまどわすおそれのある報道に関しては，専門家がそれを指摘し，正しい事実を知らしめて報道を正しくするよう指導してやらねばならなりません。放射線にかかわるマスコミの報道には，学術的に見てその内容，すなわち使用するデータの解釈，データ処理の方法，論理の展開，等に看過できないものが時として現れます。このような状況を監視し，検討の結果を適宜社会に向かって発信してゆくことは，本フォーラムに課せられている社会的責任の大きな柱であると考えています。これまでに，ＪＣＯ事故の際の新聞や週刊誌の報道で不正確な報道が多々ありましたので，これを指摘し，学会などで発表しました。また最近は劣化ウランの問題などでしばしば不適切な報道があるようです。劣化ウランについては一度は学会でも発表しましたが，現在その実例を蓄積しており，これに関する正しい情報をどのような方法で社会に発信すべきかを検討している段階であります。

2.8 加速器利用調査・検討委員会

放射線が実際に利用されている事例をみると，多くの場合で，加速器が重要な役割を果たしています。自然界に存在する放射線は種類もエネルギーも限られ，いたるところにあるとはいうものの，存在量というか強度は極めて低いからです。われわれが放射線を利用するときは，まずは放射線を作る時からはじまります。それが加速器です。加速器利用の現状を調査し，その中から，100 ページ程度の報告書にまとめて，学校の授業にたずさわる教師が知っておくべき放射線の利用例と加速器の原理をわかりやすく解説した出版物を作る作業が進んでいます。

３．ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム２００３年度役員名簿

２００４年３月現在（五十音順）

会長　有馬朗人（参議院議員・元文部大臣兼科学技術庁長官・元東京大学総長）

副会長　飯利雄一（(社)日本原子力産業会議常任相談役）
山寺秀雄（名古屋大学名誉教授）

理事
江田 稔（青森大学大学院）
大橋國雄（千葉大学名誉教授）
河村正一（前神奈川大学）
小高正敬（立教大学理学部）
田中隆一（ビーム・オペレーション(株)）
長谷川圀彦（静岡大学名誉教授）
廣井 禎（未来科学技術情報館）
松浦辰男（立教大学名誉教授）
大野新一（理論放射線研究所）
加藤和明（茨城県立医療大学）
菊池文誠（東海大学理学部）
高木伸司（神奈川大学理学部）
故中村眞基（元都立医療技術短期大学）
播磨良子（(株)ＣＲＣソリューションズ）
堀内公子（大妻女子大学社会情報学部）
峯岸安津子（神奈川大学理学部）

監事　荒谷美智（(財）環境科学技術研究所）　金子正人（(財）放射線影響協会）

幹事
朝野武美（前大阪府立大学先端科学研究所）
石黒亮二（北海道大学名誉教授）
岩崎民子（前(財)放射線影響協会）
佐伯邦子（秋田経済法科大学付属高等学校）
佐久間洋一（核融合科学研究所）
杉 暉夫（日本原子力研究所インフォメーションセンター）
砂屋敷 忠（広島国際大学保健医療学部）
竹田 満洲雄（東邦大学理学部）
唐木 宏（東京理科大学）
西尾信一（埼玉県立本庄高等学校）
古屋廣高（九州大学名誉教授）
宮澤弘二（東京家政大学附属女子中学高等学校）
村石幸正（東京大学教育学部附属中等教育学校）
渡部智博（立教新座中学高等学校）
伊藤泰男（東京大学原子力総合センター）
今井靖子（前放射線医学総合研究所）
木村捷二郎（大阪薬科大学）
佐伯正克（日本原子力研究所特別研究員）
白形弘文（日本エクスクロン（株））
高島良正（(財）九州環境管理協会）
鶴田隆雄（近畿大学原子力研究所）
中西 孝（金沢大学理学部）
坂内忠明（放射線医学総合研究所）
三門正吾（千葉県立鎌ヶ谷西高等学校）
渡利一夫（元放射線医学総合研究所）

顧問
安 成弘（東京大学名誉教授）
久保寺昭子（東京理科大学名誉教授）
後藤道夫（前明治大学理工学部）
篠崎善治（元都立アイソトープ総合研究所）
村主 進（原子力システム研究懇話会）
更田豊治郎（(財）日本海洋科学振興財団）
松平寛通（元放射線医学総合研究所所長）
今村昌（理化学研究所名誉研究員）
熊取敏之（元放射線医学総合研究所所長）
斎藤信房（東京大学名誉教授）
故清水 榮（京都大学名誉教授）
住田健二（大阪大学名誉教授）
伏見康治（大阪大学・名古屋大学名誉教授）
山口彦之（東京大学名誉教授）

事務局長　松浦辰男（立教大学名誉教授）

４．２００３年度の理事会等の会合の記録

２００３年

４月２５日（金）　第１回理事連絡会・第１回セミナー運営委員会（尚友会館８階、１０名）
４月２６日（土）　ＩＳＲＥ０４第１回組織委員会（霞山会館９階、２４名）
５月１７日（土）　セミナー第１回ワーキンググループ（航空会館、１７名）
５月２３日（金）　第１回編集委員会（尚友会館地下２階、６名）
６月３日（火）　第１回理事会・第１回国際シンポジウム幹事会・第２回セミナー運営委員会（尚友会館８階、１５名）
６月１３日（金）　第１回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（事務局、４名）
６月１５日（日）　第１回総会勉強会（日本科学未来館、３４名）
(勉強会プログラム)
「わが国の科学教育の危機と持続可能でかつ知識創造実践型社会のための科学教育の再構築」
熊野善介（静岡大学教育学部助教授）
「小中学校教員向け原子力セミナーの実情と教員の反応」
高木直行（核燃料サイクル開発機構大洗工学センター）
７月１日（火）　第２回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（尚友会館８階、６名）
７月１１日（金）　第１回マスコミ報道委員会（千代田テクノル、３名）
７月１５日（火）　第３回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（尚友会館８階、５名）
７月１８日（金）　第２回理事連絡会・第２回国際シンポジウム幹事会・第３回セミナー運営委員会（尚友会館８階、１２名）
７月１９日（土）　第１回加速器委員会（神楽坂エミール、８名）
７月１９日（土）　第１回実験教材検討委員会（中村理科工業、５名）
７月２９日（火）　第４回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（尚友会館８階、６名）
８月１５日（金）　第５回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（尚友会館８階、７名）
８月２９日（金）　第６回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（尚友会館８階、７名）
９月２日（火）　第３回理事連絡会・第３回国際シンポジウム幹事会・第４回セミナー運営委員会（尚友会館８階、１３名）
９月１２日（金）　第７回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（尚友会館８階、７名）
９月１３日（土）　第２回加速器委員会（神楽坂エミール、１０名）
９月２２日（月）　第１回教育課程検討委員会（科学技術館、６名）
９月２５日（木）　国際シンポジウム打合せ会（静岡市内、１２名）
９月２７日（土）　セミナー自主ワーキンググループ（霞山会館９階、１５名）
１０月１０日（金）　第４回理事連絡会・第４回国際シンポジウム幹事会・第５回セミナー運営委員会（科学新聞社、１５名）
１０月１４日（火）　第２回編集委員会（尚友会館地下２階、６名）
１０月２４日（金）　第８回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（商工会館７階、５名）
１０月３１日（金）　第２回教育課程検討委員会（科学技術館５階、５名）
１１月７日（金）　第９回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（事務局、７名）
１１月１４日（金）　第５回理事連絡会・第５回国際シンポジウム幹事会・第６回セミナー運営委員会（尚友会館８階、１０名）
１１月２２日（土）　第２回勉強会(科学技術館、３３名)
（勉強会プログラム）
「日本のエネルギー問題を学校教育でどう教えるか」
山地憲治（東京大学大学院工学系研究科教授）

「放射線生物学分野の国際教育・研究ネットワークの構築とその必要性」
渡邉正己（長崎大学大学院医歯薬学総合研究科教授）
「平成16年度から使用される高等学校新教科書におけるエネルギー・環境・原子力関係の記述について」　高木伸司（NPO法人放射線教育ﾌｫｰﾗﾑ）

１１月２８日（金）　第３回教育課程検討委員会（科学技術館５階、７名）
１１月２８日（金）　第１０回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（事務局、６名）
１２月２日（火）　第１回役員選出選挙管理委員会（事務局、５名）
１２月１２日（金）　第１１回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（事務局、４名）
１２月１９日（金）　第２回理事会・第６回国際シンポジウム幹事会・第７回セミナー運営委員会（尚友会館８階、１３名）
１２月２２日（火）　第１回募金委員会（日本原子力学会会議室、６名）
１２月２７日（土）　第１２回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（事務局、６名）

２００４年
１月９日（金）　第２回役員選出選挙管理委員会（事務局、３名）
１月１６日（金）　第１３回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（事務局、５名）
１月２３日（金）　第６回理事連絡会・第７回国際シンポジウム幹事会・第８回セミナー運営委員会（尚友会館８階、１４名）
１月３０日（金）　第１４回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（尚友会館８階、５名）
１月３０日（金）　第３回編集委員会(霞ヶ関東海倶楽部、７名)
２月４日（水）　第３回役員選出選挙管理委員会（事務局、４名）
２月６日（金）　第４回教育課程検討委員会（科学技術館５階、７名）
２月２０日（金）　第７回理事連絡会・第８回国際シンポジウム幹事会・第９回セミナー運営委員会（尚友会館８階、１４名）
２月２８日（土）　セミナー第２回ワーキンググループ（航空会館、１９名）
３月５日（金）　第５回教育課程検討委員会（科学技術館５階、６名）
３月５日（金）　第４回編集委員会(霞ヶ関東海倶楽部、７名)
３月６日（土）　顧問会・第３回勉強会（科学技術館、顧問会１６名、勉強会４９名）
(勉強会プログラム)
「低線量放射線全身（半身）照射による癌治療――基礎研究から臨床応用まで――」
坂本澄彦（東北放射線科学センター理事長、東北大学名誉教授）
「放射線」に対する意識と学校教育での「放射線リテラシー」育成
黒杭清治（前芝浦工業大学）
「エネルギー・環境・放射線教育のための望ましい教育システムについて」
清原洋一（国立教育政策研究所）
３月１９日（金）　第１５回国際シンポジウム組織委員会常任幹事会（事務局、４名）
３月２３日（火）　第４回役員選出選挙管理委員会（尚友会館８階、７名）
３月２６日（金）　第８回理事連絡会・第９回国際シンポジウム幹事会・第１０回セミナー運営委員会（尚友会館８階）

第３回放射線教育に関する国際シンポジウム開催計画概要

(2004年4月1日現在)

１．会議の名称

和文名　　：第３回放射線教育に関する国際シンポジウム
英文名　　：The Third International Symposium on Radiation Education
英文名略称：ＩＳＲＥ ０４

２．主催組織　第３回放射線教育に関する国際シンポジウム組織委員会

主　催　特定非営利活動法人 放射線教育フォーラム
共　催 (社)日本アイソトープ協会，(社)日本原子力学会，（社）日本物理学会，
（社）日本化学会，日本物理教育学会，日本科学教育学会，日本生物教育学会，
日本放射化学会、日本放射線化学会，日本保健物理学会，日本放射線影響学会，
日本医学物理学会，(社)日本医学放射線学会，日本遺伝学会，日本核医学会，
日本核医学技術学会，日本放射線技術学会，日本放射線安全管理学会，
（社） 応用物理学会，（社）高分子学会，(社) 日本工学会，
日本原子力研究所，核燃料サイクル開発機構，独立行政法人原子力安全基盤機構，
独立行政法人放射線医学総合研究所，（財）日本原子力文化振興財団
協　賛（社）日本原子力産業会議，（財）放射線利用振興協会，（財）放射線影響協会，
（財）環境科学技術研究所，（財）原子力安全研究協会，（財）電力中央研究所，
（財）体質研究会，（財）九州環境管理協会，（社）日本理科教育振興協会
後　援　文部科学省，経済産業省，厚生労働省，農林水産省，環境省，都道府県教育長協議会，
IAEA（手続き中），OECD （同左）
協　力　独立行政法人国際観光振興機構

３．会議開催予定

（１）開催期間：2004年８月22日（日） ～ ８ 月 26 日（木）(5日間)
（２）開催場所：長崎県長崎市　ブリックホール

４．シンポジウム開催の目的と経緯

この国際シンポジウムは、放射線・放射能・エネルギー・環境問題に対する学校および社会教育はどのようにあるべきか、しばしば相反する考え方が見られる諸問題を海外の専門家を交えて討論し、正確な科学的事実に基づく合理的な考え方と教育方法を見出し、将来のこの分野の人材確保と市民の科学技術の理解を通して人類社会の健全な発展のために世界に発信しようとするものである。本国際シンポジウムは1998年12月に神奈川県葉山町で開催された「放射線教育に関する国際シンポジウム(ISRE 98)」、および2002年８月にハンガリーで開催された「II Radiation Education Symposium」(第２回放射線教育シンポジウム)に続くものである。

５．開催の日程

８月２２日（日）：参加登録，レセプション
８月２３日（月）：開会式，全体シンポジウム，ポスターセッション，学術展示会
８月２４日（火）：全体シンポジウム，ワークショップ，ポスターセッション，
学術展示会，
８月２５日（水）：全体シンポジウム，パネル討論会，ワークショップ，学術展示会，
見学会，バンケット
８月２６日（木）：レジュメ，閉会式，(見学会)

6．参加予定者数

国外	５０人以上
国内	２００人以上（内１００名以上学校教員が参加することを期待）
計	２５０人以上

7．シンポジウムのテーマ

（1）学校における放射線教育、エネルギー環境教育
（2）社会人にたいする放射線教育、リスク・ベネフィット教育
（3）放射線の生物影響、自然放射線について
（4）原爆に関する情報をいかに学校教育で取り上げるか
（5）放射線利用の最近の現状（医学、産業ほか）
（6）その他（一般的な教育問題，国際比較，理科教育，倫理教育，教科書記述など）

8．海外からのおもな参加予定者

Prof. Dr. Z. Jaworowski（ポーランド、放射線防護中央研究所、教授）
Prof. Dr. Klauss Becker（ドイツ、ベルリン、放射線科学と健康協会副会長）
Prof. Dr. L. E. Feinendegen（ドイツ、デュッセルドルフ、ﾊｲﾝﾘｯﾋﾊｲﾈ大学名誉教授）
Prof. Dr. Peter Hodgson（イギリス、オクスフォード大学教授）
Prof. Dr. B. Brunkorst （アメリカ、カリフォルニア、サンバルナディーノ校教授）
Ms. Esther Toth（ハンガリー、ブダペスト、ＲＡＤ研究所）
Prof. Chin Wang Huang （台湾、中歴市、中原大学栄誉教授）
Dr. Mary N. Mohankumar（インド、カルパッカム、インディラ･ガンジー原子力センター）
Prof. Dr. A. L. Bhatia （インド、ジャイプール、ラジャスタン大学教授）
Dr. S. M. Javad Mortazavi（イラン、ラフサンジャン、ラフサンジャン大学）
D. Eng. Valentina Covalschi（ルーマニア、ブカレスト、N.-E.社 安全検査官）
Dr. Mitio Inokuti （アメリカ、アルゴンヌ国立研究所主任研究員）

9．参加登録料など

一般：３０，０００円、 学校教員：１０，０００円（予備登録の場合）
学校教員のこの会議への出席を容易とするために、平均として各都道府県から２名程度の教員の参加者に対して、旅費・宿泊費等の援助を行いたい。また発展途上国（約 16カ国）からの参加者には平均として1国から1名の参加費用の援助を行いたい。

１０．シンポジウム運営について

組織委員会 委員長 ：有馬 朗人（参議院議員、前文部大臣兼科学技術庁長官・元東京大学総長）
副委員長：江田 稔 （青森大学大学院教授・前文部科学省主任視学官）
同 ：齋藤 伸三（日本原子力学会会長）
同 ：長瀧 重信（日本アイソトープ協会常務理事・長崎大学名誉教授）
募金委員会 委員長 ：有馬 朗人（参議院議員、前文部大臣兼科学技術庁長官・元東京大学総長）
副委員長：宅間 正夫（日本原子力産業会議専務理事）
諮問委員会 委員長 ：住田 健二（大阪大学名誉教授）
実行委員会 委員長 ：渡邉 正己（長崎大学大学院医歯薬学総合研究科教授）
副委員長：堀内 公子（大妻女子大学社会情報学部教授）
事務局 ：NPO 法人放射線教育フォーラム
〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関 3-3-1 尚友会館 B1F
電話：03-3591-5366 ﾌｧｸｽ：03-3591-5367
事務局長：松浦 辰男（立教大学名誉教授）
メール： mt01-ref@kt.rim.or.jp

第３回放射線教育に関する国際シンポジウムについて

The Third International Symposium on Radiation Education
（ＩＳＲＥ ０４）

開催期間：2004年8月22日（日） ～ 8 月 26 日（木）（5日間）
開催場所：長崎県長崎市　ブリックホール

シンポジウム開催の目的と経緯

放射線・放射能・エネルギー・環境問題に対する学校および社会教育はどのようにあるべきか、しばしば相反する考え方が見られる諸問題を海外の専門家を交えて討論し、正確な科学的事実に基づく合理的な考え方と教育方法を見出し、世界に発信して、将来のこの分野の人材確保と市民生活の安定を通して人類社会の健全な発展を目指すものです。

本国際シンポジウムは1998年12月に神奈川県葉山町で開催された「放射線教育に関する国際シンポジウム(ISRE 98)」、および 2002 年 8 月にハンガリーで開催された「II Radiation Education Symposium」(第２回放射線教育シンポジウム)に続くものです。

シンポジウムのテーマ

1．学校における放射線教育，エネルギー・環境教育
2．社会人にたいする放射線教育，リスク・ベネフィット教育
3．放射線の生物影響，自然放射線について
4．原爆の関する情報をいかに学校教育で取り上げるか
5．放射線利用の最近の現状（医学・産業ほか）
6．その他　（一般的な教育問題，国際比較，理科教育，倫理教育，教科書記述など）

論文発表募集

1．学校における放射線教育・エネルギー環境教育（カリキュラム及び実験方法）では、広く全国の高校、中学，小学校の先生方からの発表を期待しています。放射線教育やエネルギー・環境教育が学校のどの段階でどのような内容のものが適当であるかを諸外国の例を参考にしながら参加者全員で考えて見たいと思います。理科の諸科目や一般社会などの文系の科目で、あるいは総合的な学習の時間を利用してどのように放射線や放射能のこと（本来の性質・利用・障害など)、エネルギーや環境問題を教えているかの経験、あるいは現行の指導要領や教科書に関する意見などの発表も歓迎です。

そのほかのテーマでも､広く口頭またはポスターによる発表申し込みを期待しています。現在の仮スケジュールは別添のようになっています。

また、これらの情報は、ホームページ http://www.ref.or.jp　で逐次公表しますので、これをご参照下さい。または放射線教育フォーラム事務局に遠慮なくお問い合わせ下さい。

日程

8月２２日（日）　参加登録・レセプション
8月２３日（月）　開会式、全体シンポジウム、パネル討論会、ポスターセッション、学術展示会
8月２４日（火）　全体シンポジウム、パネル討論会、ポスターセッション、学術展示会、
8月２５日（水）　全体シンポジウム、ワークショップ、ポスターセッション、学術展示会、見学会、バンケット
8月２６日（木）　総合報告、閉会式

使用言語　　日本語と英語　　主な会場の討論は同時通訳されます。

参加予定者数

国外　５０人以上　　国内　２００人以上　(学校教員１００名以上の参加を期待)

参加登録料など

一般：３０，０００円、　学校教員：１０，０００円，同伴者：５，０００円
（２００４年５月３１日までに参加を申し込んだ場合。６月１日以降はそれぞれ３６，０００円、１２，０００円、６０００円になります。）

参加の申し込みについて

別のパンフレットにある申込みにご記入おうえ、フォーラム事務局までＦＡＸでお申し込み下さい。

宿泊について

長崎市内の比較的低廉なホテル（シングルで 6,400 円（税別・サービス料込み）から会場に近い A クラス（ツインシングル利用で 15,000 円）のものまで種々のものをすでに相当数確保してあります。詳細は別のパンフレットをご参照下さい。この申し込みは参加登録とは別に、(株) 日本旅行が受け付けます。

発表の申込は

A4 の用紙に、題目、発表者（所属）を和文と英文の両方で書き、アブストラクトを和文１０００字（と英文８０ワード）程度または英文４００ワード（及び和文２００字）程度に書いたものを２００４年４月３０日までに事務局にメール又は FAX で送付していただきます。

旅費の援助について

学校教員及び教育関係者には、旅費の一部負担が可能な場合があります。旅費の援助を希望する場合はアブストラクトとともに所定の様式でフォーラム事務局に申し出ていただきます。

シンポジウム運営について

組織委員会　委員長　：有馬 朗人（参議院議員、前文部大臣兼科学技術庁長官・元東京大学総長)、のもと実行委員会で行います。文部科学省の後援をはじめ、多くの学会・団体からの支援を受けて開催します。

問い合せ先（国際シンポジウム組織委員会兼実行委員会事務局）

NPO 法人放射線教育フォーラム
〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関 3-3-1　尚友会館 B1F
電話：03-3591-5366　　ﾌｧｸｽ：03-3591-5367
E-mail：　mt01-ref@kt.rim.or.jp
ホームページ：　http://www.ref.or.jp

(200４年３月１８日現在)

国際シンポジウムの開催趣旨書

２００３年７月

２１世紀の社会は科学技術の一層の進歩によって市民生活が向上し、人間の平均寿命がさらに延びるという良い影響が生じるであろう反面、地球環境の悪化や経済格差の増大などの悪い影響が生じることが懸念される。科学・技術の健全な発展によって、悪い影響を押さえ良い影響を伸ばすためには、科学・技術の研究開発による成果を社会に普及する立場にある専門家や企業人に、常に倫理の感覚と社会的責任が強く要求される。それと同時に、科学・技術の恩恵を受ける一般市民も、基本的な科学・技術に関する常識とそれにもとづく判断力の向上が必要になってきている。しかし、最近の国際比較によると一般の成人日本人の科学的知識の習得度は先進諸国のうちでも低位にあることが判明している。日本人の科学的常識とそれに基づく判断力を向上させるためには、わが国の学校及び社会教育のシステムを改善し、理科教育を重視しその質を高めることが急務である。

約 100 年前に発見された放射線・放射能は、今日では医療における診断や治療の新しい技術として広く利用され、人類の平均寿命の増加に著しく貢献している。約 60 年前に発見された核分裂現象は、化石燃料に代わり得る新しいエネルギー源を人類にもたらした。また、放射線技術は工業・農業における生産活動や理工学・生命科学の研究には欠かせない手段としても広く利用されているが、このことは社会一般によく知られていない。

最近の世論調査によれば、“放射線・放射能”ということばを聞くと、国民の大多数は極めて危険なイメージをいだく。これは 58 年前に広島・長崎の多数の市民が遭遇した悲惨な体験の影響が大きいことを示している。たとえ戦時とはいえ、核分裂の発見という学問的な研究成果が、直ちに核兵器開発につながり原爆投下という形で多数の同胞の殺戮のために使われたことを、極めて残念に思う。その非人道性については憤りを禁じえず、この事実は人類歴史上最大の汚点として後世に語り継がなければならない。そして二度とこのような悲劇を地球上に起こすべきでない、という長崎および広島の市民の心情に心から賛同する。

しかし、原爆が憎いということで、それに関連したすべての事柄に目をそむけることはどうかと思う。科学的事実から学ぶべきことを学び取り、禍を転じて福となす努力をし、例えば積極的に被爆者の苦しみを軽減する手段の開発に力と知恵を注ぐことが望ましい。その意味で、広島や長崎で被爆者の治療を経験した多くの医師が、その後、その知識と経験を活用してソ連の原発事故などで放射線を被曝した人々の治療に貢献されたことは大いに評価される。放射線・放射能は、地球誕生のときから現在に至るまで存在し続け、すべての生物は一時もその影響から離れることはできない。このように、放射線・放射能は有益性と危険性を共に備えるものであるが、その危険な面のみをことさらに恐れるのではなく、冷静にその科学的事実を理解し、英知をもって危険性を排除し、その有益性を享受すべきである。こうした考え方は学校及び社会における放射線についての正しい教育によってのみ達成される。

このたび開催を計画している国際シンポジウムは、放射線と放射能についての正しい知識の普及のあり方を検討するため、我が国の小・中・高校教員及び放射線と放射能に関する専門分野で活躍する研究者が、海外からの研究者や教育者を交えた情報交換を行い、国際的に通用する放射線と放射能に関する標準的教育方法を見出すことを目的とする。こうした最初の試みとして 1998 年に第１回のシンポジウムを神奈川県の湘南で開催し高い評価を得た。

今回、わが国での２回目の開催地として広島と共に原爆被災という忌まわしい経験をもつ長崎を選んだのは、国際シンポジウムの参加者が、長崎市民の平和への願いを踏まえて、科学・技術を二度と人類の苦難に結びつけないという決意のもと、放射線を中心とする科学・技術とその社会への普及に関する教育の重要性を力強く発信しようとする意図に基づくものである。

第３回放射線教育に関する国際シンポジウム組織委員会

6．フォーラムの今後の計画と今後の問題点

6.1（計画その１）他の組織との連携と行政への政策提言

今後は，この種の活動を行っている学会その他の組織とできるだけ緊密な連携を持ち，現在実施している教員対象のセミナーのように，共催の形式で社会および学校における教育に関する行事を開催し発展させたいと考えています。また教育あるいは環境行政に関し，官庁への要望書を提出するなどしてわれわれの考え方を国の政策に，また輿論の形成に有効に反映させるように努めたいと考えています。

6.2 （計画その２）指導者層の原子力に関するリスク感覚の調査とその改善に関する研究（2004 年度から）

社会の指導者層への原子力問題に関する正しい理解を究極の目的として，国会議員・マスコミ指導者・裁判官等を対象に，まずアンケートにより，原子力・放射線に関する基礎知識・政策についての見解などについての意識調査を行います。次にこれらの方々へのレクチャーや懇談会などにより専門家との情報交換を行い，その後再度意識調査を行って，どのような方法が意識改革に役立つかを調査研究する予定です。（これに関する新聞報道をこの章の末尾に添付しました。）

6.3 （問題点その１）学校教育での問題点とその改善のために

(1) 現在は，正しい放射線や原子力の知識が義務教育で十分に教えられていないことは確かであります。また，中学・高校で必修となっている社会その他の科目で，エネルギー・環境問題を取り上げることでかなりの進歩の跡が見られるのでありますが，しかし放射線・放射能は有害性の高いものと漠然ととらえられ，原子力を「放射能で環境を汚染する可能性のある危険性をもったもの」という見方で教科書などが書かれているものが多いことも事実であります。その結果，生徒が正しい科学的知識をもつ前に（あるいはもたされずに）放射線･放射能･原子力に関する悪いイメージが注入されることになっています。そして高校になって，しかし選択科目の一つである物理の，しかも学年末のカリキュラムにおいてのみ教えることになっています。その結果，理科系に進む学生にとってもこの分野の正しい知識を持っている割合はあまり多くないという憂うべき現状です。

(2) このような現状を改善するには，児童・生徒の成長に応じて，できるだけ早い時期に，天然に放射線・放射能が存在することを体験させることが有効であることは確かであります。しかしこのシステムを学習指導要領に公式に採用してもらうことは容易ではありません。現在はこれまでの知識詰め込みの反動から，学校教育での子供の負担を軽くするために，「教科内容の厳選・軽量化」（いわゆる「ゆとり教育」）が行われているからです。

「総合的な学習の時間」を利用するなどして，低学年で放射線教育を行うとしたとき，まずその指導者を養成する必要があります。文部科学省が制定する教育課程をわれわれの望

む方向に改善・改革するためには，教育課程制定に影響力のある教育専門家にたよらねばならないわけですが、これらの方々は，どちらかというと科学技術とは縁の遠い文系に属しておられ，われわれ理系の研究者との間の情報交換・意思疎通が必ずしも円滑でありませんので，この関係を改善する必要があります。

（3）具体的には，現行の「総合的な学習の時間」を最大限利用して，エネルギー・環境・放射線・原子力関係の内容を，生徒及び教師が興味を感じて取り上げてもらえるよう，セミナーを充実させるとともに，われわれが内容を工夫したテキストや教材を提供する必要があると思います。そこで現在前記の各委員会がそのことを念頭において作業をしています。

（4）しかし，これはわれわれが最近 3 年間，学校教員（しかも「主に文系の」）を対象とするセミナーを開催して痛感したことですが，学校教員は一般に，（報道関係者と同じく）原子力・放射線に関して一般市民よりも批判的な意見の持ち主が多いことを感じます。（これは最近，日本原子力文化振興財団が行った調査（「放射線という言葉に関する意識調査」2002 年 3 月）からもはっきりとわかります。）われわれがセミナーで，科学的に正しいことを説明しても，「それは原子力推進にかたよりすぎている，われわれはもっと中立的な立場で教育したい。」という人が必ずおられます。しかし，そのような批判があっても，セミナーに出席してくれて，そしてわれわれの話を聞いてくれさえすれば，時間をかけて意思疎通をすることができます。問題はいくら話しかけてもセミナーに出てこない教師たちです。この上は，文部科学省が教育専門家とよく相談して，「総合的な学習の時間」のテーマとして，エネルギー関連の問題をできるだけ取り上げてもらえるよう（地方の教育委員会から）指導していただくとか，次期の学習指導要領の改訂で，エネルギー問題・原子力・放射線に関する知識は中学・高校で必修課程として，強制的に学校教員にも勉強していただき，少なくとも教科書に書かれていることを生徒に自信をもって教えることができるようになってもらうほかはないと強く感じています。

6.4 （問題点その２）社会教育における問題点

学校の教師や生徒が原子力に関する情報を得る主なソースは新聞やテレビなどのマスコミ報道です。したがってマスメディア関係者は重要な社会のオピニオン・リーダーであるのですが，これらの方々の多くは一般的にはこの分野の知識が不充分な文科系出身者です。前記の調査結果によれば，マスコミ関係者の原子力・放射線の問題に関する考え方は学校教師とよく似ている点があります。すなわち，知識の点では学校教師より良く知っておられるにもかかわらず，この問題に否定的ないしは何かにつけて批判的であるということがあります。前記の報告書によりますと，マスコミ報道が社会全体の意見を大きく影響することを知っているはずであるにもかかわらず，報道関係者が放射線に関して報道する場合，それどのように社会に利用されているかなどのプラス面についての報道割合が，まったくない」26％，「約 1 割未満」36％，「から２割くらい」 24％をあわせて「2 割未満」が 86％であり，マイナスの報道が多いことが，アンケート調査により明らかになっています。（日本

原子力文化振興財団,「放射線という言葉に関する意識調査」2002年3月，55ページ）

多くの報道関係者が，原爆に関する先入感とか原子力に対する好悪の感情とは離れて，客観的に、「少量の放射線・放射能のリスクはどの程度のものか」という正しい基本的知識をもつていただくことがぜひ必要である，と思われます。（そのための理解の助けとなる筆者の最近の研究「原爆生存者の疫学的データから導いた線量―反応関係のしきい値の存在について」は，現在あるところからのホームページ（http://www.iips.or.jp）で見ることができます。）

結論として，学校教育では，教員全体の義務感覚と更なる努力により知識レベルを高めること，また社会教育では，報道関係者の社会のリーダーとしての良識と努力により客観的な報道を心がけていただくことで，社会全体の知識レベルの向上を期待せねばならなりません。それには原子力委員会・原子力安全委員会・文部科学省などの行政機関がまず基本的にしっかりとした考えを打ち立て，その考え方がスムーズに社会に受け入れられるよう，適切な指導をしていただくことが望まれます。それを支援するために，原子力の専門家を含む一般指導者層の良識といっそうの努力が必要と考えます。私たち放射線教育フォーラムは，及ばずながら，今後もこの方向の努力を継続する心算であります。

7. 文献（放射線教育フォーラムが設立以来発表した資料）

（2004年3月22日現在）

（フォーラムの定期刊行物）

【ニュースレター】

N-1～27 「放射線教育フォーラムニュースレター」 No.1（1994.12.）～ No.28 (2004.3.)

【ジャーナル】

J-1～6 「放射線教育」 Vol.1.No.1（1997）（B5版65pp）、Vol.2,No.1(1998)（B5版93pp), Vol.3 No.1 (1999)（A4版76pp), Vol.4,No.1 (2000)（A4版97pp), Vol.5,No.1 (2001)（A4版96pp), Vol.6,No.1 (2002)（A4版68pp）

（フォーラムの不定期刊行物）

【文献リスト】

L-1～2「放射線教育に役立つと思われる論文リスト」1996年3月、1999年11月に2回発行

【年次報告書及び臨時報告書】

R-1「放射線教育フォーラム6年の歩み（付録：JCO事故の解説と評論）」 2000年3月 (212pp)

R-2「新しい世紀の放射線教育――放射線教育フォーラム2000年度の活動と今後の展開」 2001年3月 (102pp)

R-3「学校における放射線教育――放射線教育フォーラム2001年度成果報告書」2002年3月（176pp)

R-4「21世紀の原子力・放射線問題－近年のトピックスの中から」（日本原子力学会バックエンド部会支援事業）2002年11月 (66pp)

R-5 「いま重要性が増す放射線教育――放射線教育フォーラム2002年度成果報告書」2003年3月(148pp)

（関係官庁への要望書）

Y-1 1995年6月30日 放射線教育フォーラム 「放射線教育の改善に関する要望書」文部大臣への要望書

Y-2 1996年11月19日 放射線教育フォーラム 「エネルギー・環境問題に関連したこれからの放射線・放射能教育の在り方」文部大臣への要望書

Y-3 1996年12月18日 放射線教育フォーラム 「学校および社会における放射線・放射能教育を効果的に行うための方策について」科学技術庁長官への要望書

[これらの要望書の内容は(1)上記の年次報告書R－1及び(2)下記の著書B-2に収録]

（1998年の国際シンポジウム（ISRE98）論文集及び報告書）

SP 論文集 "ISRE98 Proceedings of International Symposium on Radiation Education", JAERI-Conf 99－011, September 1999 (414pp)

SR-1 「放射線教育に関する国際シンポジウム（ISRE 98）報告書」、放射線教育に関する国際シンポジウム組織委員会、1999年（32 pp）

SR-2 放射線教育フォーラムニュースレター、No.12, 1999年3月号

SR-3. 原子力システムニュース、Vol.9, No.4, 35-42,（1999年3月号）

SR-4　Isotope News, 1999年4月号、pp.28-29
SR-5　放射線科学、Vol.42, No.3, 113-116 (1999年　月号)
SR-6　エネルギー環境ジャーナル、Vol.9, No.4, 2-3 (1999年3月号)
SR-7　医療放射線防護 NEWSLETTER, No.25,　57-60,　1999年

（フォーラムメンバーによる著書）（一部）
B-1　松浦辰男・今村　昌・長谷川圀彦・橋本哲夫・朝野武美・小高正敬（共訳）「放射線と放射能――宇宙・地球環境におけるその存在と働き」学会出版センター、1996年1月、(原著は"Radiation and Radioactivity on the Earth and Beyond", I. G. Draganic ら、CRC, 1993)（280pp）
B-2　松浦辰男・飯利雄一（著)「放射線・原子力教育と教科書」研成社、1998年2月（156pp）
B-3　村主　進「原子力発電のはなし」日刊工業出版プロダクション、1997年7月（169pp）
B-4　渡利一夫・稲葉次郎（編）今井靖子・村松康行・西村義一・明石真言（著)「放射能と人体―くらしの中の放射線」研成社、1999年6月（122pp）
B-5　岩崎民子（著)「知っていますか? 放射線の利用」　丸善、2003年7月（220pp）

(フォーラムの活動に関する論文・報告書など、フォーラム刊行物に収録分を除く)
A-1　1997年　松浦辰男　「放射線教育フォーラムの活動――理科教育の振興と国民の放射線恐怖症の軽減を目指して」　保健物理、32巻、235－239（1997）
A-2　1997年　松浦辰男「 学校で行われるべき放射線教育について」原子力実験セミナーセミナー通信、No.15, March 1997, 9-12
A-3　1998年　松浦辰男「これからの原子力・放射線教育の在り方」　原子力 eye,Vol.44, No.4, 84-87 (1998)
A-4　2000年　松浦辰男「学校での放射線教育のあるべき姿――放射線教育フォーラムの現状と将来」放射線と産業、No.87, 28-32
A-5　2002年10月　松浦辰男「エネルギー・放射線教育を行うための文系教員向けセミナー」Isotope News 2002年10月、12－15

(教科書記述に関する論文・報告書など、フォーラム刊行物に収録分を除く)
T-1　1994年　松浦辰男「原子力ＰＡの新しいアプローチと現行の高校教科書における原子力関係の記述について」原子力システムニュース、Vol.5, No.2, 24-34 (1994)
T-2　1995年　松浦辰男「高等学校教科書（理科・社会科）の原子力の扱い」エネルギーレビュー、Vol. 15, No. 3, 17-20 (1995年3月)
T-3　1998年　松浦辰男「高校教科書における放射線教育」駒澤短期大学放射線科論集、第23号、21-36 (1998)
T-4　2001年　松浦辰男・飯利雄一・高木伸司・関本順子　「過去2，3年の高等学校の教科書における原子力・放射線関係の記述の傾向」日本原子力学会誌、43巻、487-492（2001）

電気新聞（2面）1/8

原子力の知識普及

まずオピニオンリーダーから

意識調査開始へ

原子力の知識普及はまず社会のオピニオンリーダーから―。そんな発想から生まれた新たな試みが、放射線教育フォーラム（会長＝有馬朗人・参議院議員）の主導で動き始めている。国会議員、裁判官、マスコミ関係者など社会への影響力が大きい各界・各層を対象に意識調査、理解活動を実施。原子力エネルギーや放射線の知識普及へ有効な方法論を探り出すのが狙いだ。

放射線教育フォーラムは、学校教育を通じた原子力利用に対する知識普及を目指して、1994年に設立されたNPO法人。これまでは主に、教育関係者を対象としたセミナーや勉強会に取り組んできた。

しかし、同フォーラムの事務局長を務める松浦辰男・立教大名誉教授は「教育関係者は事前に原子力へ批判的なマスメディアの影響を強く受けており、セミナーなどを開催しても手応えが得られないことがある」と現状の問題点を指摘する。

さらに、「現行の指導要領では、放射線や原子力エネルギーの知識が義務教育の段階で十分にカバーされていない」（同）ことから、今後は教育制度の設計に携わる国会議員などへの働きかけも必要になってくるという。

同フォーラムでは、こうした課題を解決するために、今年中にも社会のオピニオンリーダーを対象とした原子力への意識調査を開始する。調査は放射線や原子力エネルギーに対する基本的な知識を問うアンケート形式で行う。

その後、懇談会やセミナーなどを行った上で再度意識調査を実施。オピニオンリーダーへの知識普及にはどのような活動が有効か分析を進めていく方針だ。

第２章　２００３年度「エネルギー・環境問題セミナー」の報告と２００４年度実施計画

第2章　２００３年度「エネルギー・環境問題セミナー」の報告と２００４年度実施計画

１．２００３年度の実施報告

（１）はじめに

ＮＰＯ法人放射線教育フォーラムは平成１３年度から引き続いて行っている「エネルギー・環境・放射線セミナー」を本年度も実施した。このセミナーは、財団法人放射線利用振興協会が文部科学省から受託して実施する「原子力体験セミナー」の一環として開催したものである。全国１０地区で主として中学校・高等学校の文系職員等教育関係者を対象として環境・エネルギー・放射線に関わる諸問題について講演と実習・演示・パネル討論会ならびに施設見学会を行った。

この事業は「エネルギー環境問題、放射線及び原子力問題に対する一般市民の公正な判断力資質の養成とこの分野における将来の人材の確保及び育成のために、学校及び社会におけるこの分野の教育の充実と正しい知識の普及を図り、もって公益の増進に寄与する」という本法人の目的にかなったものである。既に中学校では平成１４年度から高等学校では平成１５年度から新学習指導要領に従い「総合的学習」として授業に導入されているさなかの時期であり、本セミナーを実施したことは意義のあるものと考える。

（２）セミナー開設の経緯

原子力・放射線に関する正しい知識の普及をはかることを目的として、全国の中学校及び高等学校の教員等を対象とする「原子力実験セミナー」が、科学技術庁からの委託事業として平成２年度から日本原子力研究所によって実施された。平成１０年度からその事業のすべての業務を財団法人放射線利用振興協会が科学技術庁（現、文部科学省）から受託実施し、平成１１年度から「原子力体験セミナー」と名称を改めた。

平成１３年度から主に文系の教職員を対象とする「原子力体験セミナー文系コース」が実施されるに当たって、ＮＰＯ法人放射線教育フォーラムがこの事業に協力し、「エネルギー・環境・放射線セミナー」を開設した。このセミナーは、教職員等のエネルギー・環境・放射線などに対する理解を深めることにより、平成１４年度から始まっている「総合的な学習」の時間などを通じて正しい知識が生徒に普及することを目的とした。

（３）セミナーの概要

⑴　コースの内容

主として文系の教職員を対象として総合的な学習の時間の授業に役立つような教育問題、エネルギー問題、資源・環境問題、放射線・原子力の基礎知識等なじみやすい視点での講演、放射線実習、パネル討論会、交流会ならびに施設見学を行った。

⑵　開催場所及び人数

１）　開催場所

①　北海道地区　②東北地区　③北関東地区　④南関東地区　⑤静岡・山梨地区
⑥愛知・岐阜・三重地区　⑦富山・石川・福井地区　⑧近畿地区　⑨中国・四国地区
⑩九州・沖縄地区

⑶　目標とした人数

上記各地区１回５０名程度、ただし④は１００名程度

（４）実施状況

平成１５年度「エネルギー・環境・放射線セミナー」は、全国１０地区で実施され、受講の募集人数５５０人に対して応募者数は４８９人で応募率は８９％であった。

九州・沖縄地区セミナー実施報告

世話人代表　高島 良正（(財)九州環境管理協会理事長・九州大学名誉教授）

セミナーの名称：エネルギー環境問題セミナー
開催日時：平成15年8月4日（月）13：00開始，8月5日（火）15：30終了
開催場所：いわさきホテル・ザビエル450

セミナーのプログラム

8月4日
講演1　「放射線の基礎と放射線利用」　長谷川 圀彦（静岡大学名誉教授）
講演2　「エネルギー・環境問題と学校教育」　有馬 朗人（東京大学名誉教授）
放射線実験「放射線の性質を見る実験など4項目」高島 良正ほか九州環境管理教会職員4名で担当
8月5日
講演3　「原子力エネルギー利用と環境放射能」　百島 則幸（熊本大学教授）
講義4　「放射線と人との係わり」　加藤和明（茨城県立医療大学教授）
講演5　「総合的学習や部活動の実践例」　樋之口 仁（鹿児島県立松陽高校教諭）
施設視察　　鹿児島県環境保健センター

実施状況

文部科学省，財団法人放射線利用振興協会の主催、鹿児島県教育委員会，鹿児島市教育委員会の後援により開催した。受講者は45名で、その中1名には講師としても担当して頂いた。分類すると高等学校教員15名，中学校教員20名，小学校教員7名，養護学校教員3名であった。

・講義1　「放射線の基礎と放射線利用」
長谷川 圀彦氏が放射線の種類や性質、さらにそれらの利用法についてわかり易い解説を行った。
・講演2　「エネルギー・環境問題と学校教育」
有馬 朗人氏が世界の人口増大に伴うエネルギー需要問題につき詳述され、とくに省エネルギーの重要性について力説された。
・放射線実験
放射線実験では5班に分かれ、環境放射線測定，放射線の透過力測定，霧箱による放射線の飛跡の観察，原子力発電や火力発電を示す机上実験などを順次観察，体験した。
・講演3　「原子力エネルギー利用と環境放射能」
百島 則幸氏によって、原子力発電の重要性と、その発電に起因する放射線量が、自然に存在する放射線量に比べて十分低いことが示された。
・講義4　「放射線と人との係わり」
加藤和明氏により、人には生活してゆく上で避けられない自然放射線や医療放射線被曝があるが、放射線のもたらすベネフィットとリスクを正しく理解する必要があることを述べられた。
・講義5　「総合的学習や部活動の実践例」
樋之口 仁氏が鹿児島県の高等学校で生徒と共に実施された例を述べられた。鹿児島市から川内原子力発電所に至る道筋の放射線量測定結果など興味あるものであった。
・施設の視察
鹿児島県環境保健センターを約2時間にわたって視察した。参加者は3班に分かれ、一般環境分析部門のほか川内原子力発電所周辺の放射線量や核種分析を行っている部門も見学できて有意義であった。

総括

このセミナーに出席した教員は高等学校15名，中学校20名，小学校7名，養護学校3名の計45名であった。理系と文系に分類すると理系16名，文系20名，小学校教員等で、どちらとも判別できないのが9名であった。出席者の所属先をみると福岡県13名，鹿児島県11名で他の県は数名ずつであった。講義はなるべく平易にとお願いしていたので、放射線・放射能についてかなり理解して頂いたと思われる。

近畿地区セミナー実施報告

平成１６年２月２０日
世話人代表　朝野武美
（前　大阪府立大学先端科学研究所）

セミナーの名称：エネルギー・環境・放射線セミナー
－総合的な学習の時間のための教材化を目指して－
開催日時：平成１５年８月６日（水）講演、パネル討論、放射線展見学９：００－１９：５０
７日（木）放射線施設の見学会　　８：３０－１６：３０
開催場所：大阪府教育会館（たかつガーデン）

セミナーのプログラム

第１日目
［講演１］　「原子力利用による放射性廃棄物等の課題を振り返る」山名　元（京都大学教授）
［講演２］　「放射線の健康影響」（広島、長崎、チェルノブイリ、東海村から学んだこと）
武部　啓（近畿大学教授）
［見　学］　「みんなのくらしと放射線展－２０周年スペシャル（レイイキッズと魔法の学校）」
主催　知識普及実行委員会（大阪府立大学先端研他９団体；会場：近鉄百貨店）
［パネル討論］「総合的な学習の時間のためのエネルギー・環境・放射線教育の教材化をめざして」
司　　会　　鶴田　隆雄　（近畿大学教授）
助言・話題提供者　堀内　美甫　（奈良県帝塚山高等学校教諭）
今北　真奈美（兵庫県川西市教育委員会指導主事）
寺戸　　真　（岸和田高等学校教諭）
柴山　元彦　（大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎教諭）
［実験例の解説］「放射線実験プログラム例と測定機器の紹介」小田　啓二（神戸商船大学教授）
古田　雅一（大阪府立大学）
（協力：関西アトミックサイエンス倶楽部）
［交流会］　「セミナーのテーマを題材に討論」
司　会　　小林　愼江　（大阪市立大学）
第２日目
［見学会］　京都大学原子炉実験所　　（熊取町）
原子燃料工業株式会社　熊取事業所（熊取町）

実施状況

文部科学省・財団法人放射線利用振興協会の主催、ＮＰＯ法人放射線教育フォーラムの共催、大阪府教育委員会・大阪市教育委員会の後援により開催した。近畿地区セミナー実行委員会（放射線教育フォーラム会員１２名）及びかんさいアトミックサイエンス倶楽部の協力を得た。大阪府高等学校校長協会等でも説明会に出て参加を呼びかけた。

受講者は３６名で、中学校教員が１０名、高等学校教員が１８名、小学校教員が８名であった。上記の他一般教育関係者の受講が数名あった。参加者の専門は文系が３７％、理系が６１％、その他２％であった。

今回は、エネルギーと環境の問題を考えるときに避けては通れない原子力と放射線について理解していただくために**［講演１］・［講演２］**を取り上げた。講演後も、参加者からの質問状が届いた。**[放射線展の見学]**につき付言すると、放射線展の一般参加者は６日間で３万人でした。**［パネル討論］**では、実際の物を生徒に学ばせることが大切であること、大学入試でエネルギー・環境・放射線に関する問題を出すことが必要であること等の意見が出た。
［実験例の解説］：総括に記述。**[交流会]**原子力の良い面・悪い面を勉強したいとの意見が出た。
［見学会］では、京大炉・原燃工の両施設で教員から多くの質問が出された。前者の炉心のチェレンコフ光、後者のウランペレット製造工程での熟練作業員の手さばきに関心の目が注がれた。

総　括

アンケート回答によると、講演１：放射性廃棄物についての話、講演２：放射線の健康影響の話は文系教員に良く理解できたようである。実験例の解説では、放射線についてのディベート形式の討論例など色々な勉強の仕方の紹介があり好評であった。実践報告については、詳細な授業報告を聞きたい（指導案、指導の目的、生徒の意見）とかワークシートが欲しい等の意見があった。今後のことに関して、放射線・放射能の基礎知識の勉強や新エネルギーの見学について要望があった。参加者からのこれ等の評価や要望を参考にして今後のセミナーの課題としたい。

静岡・山梨地区セミナー実施報告

世話人代表　長谷川圀彦（静岡大学名誉教授）

セミナーの名称：　エネルギー・環境と新しい学校教育セミナー
開催日時：　平成１５年８月８日（金）　　９：２０　開始、　１６：３０　終了
開催場所：　東レ総合研修センター

セミナーのプログラム

講演１「やさしい放射線の基礎と利用」　　河村　正一（放射線総合医学研究所名誉研究員）
講演２「環境問題と核融合エネルギー」　　奥野　健二（静岡大学教授）
実習（霧箱の作成と空気中の自然放射能の観察）と演示（火力、原子力発電の模型による発電）
吉岡潤江（静岡大学助教授）
矢永誠人（静岡大学助教授）
パネル討論会（エネルギー教育と総合的な学習の時間や理科の教育）
司会　熊野　善介（静岡大学助教授）
パネリスト１．米山　公雄（静岡県立浜松工業高校教諭）
２．佐藤　嘉晃（掛川市立中学校教諭）
３．織田　澄夫（静岡大学教育学部附属静岡中学校教諭）
４．倉島茂見（浅羽中学校組合浅羽中学校教諭）

実施状況

文部科学省、財団法人放射線利用振興協会の主催、静岡県教育委員会、三島市教育委員会の後援により開催した。受講応募者は８２名、台風１０号の影響があり６名欠席、受講参加者は、７６名であった。その内、小学校教員が１７名、中学校教員が１８名、高等学校教員が４０名、その他専門学校教員が７名であった。セミナー実行委員として、奥野健二、熊野善介、吉岡潤江の各氏及びオブザーバーとして、飯利雄一、高木伸司、田中隆一の各氏が出席した。

講義１「やさしい放射線の基礎と利用」河村正一氏が放射線や放射能は、自然界に存在していたこと、人間の五感には感じることができないので、他の科学的な事象とくらべて、発見が遅れたこと、アイソトープは自然界のほかに、人工的につくることができることなどと放射線によって受ける影響、各分野などへの利用について、話された。

講義２「環境問題と核融合エネルギー」奥野健二氏によって、将来のエネルギー需要と化石燃料、再生可能エネルギーおよび原子力などのエネルギー源について解説した。また、環境負荷低減の可能性がもつとも考えられる将来のエネルギー源である核融合炉について、その原理と特徴を解説された。

実習では、受講者全員が個々に霧箱を製作し、空気中から集めたダストからの放射線の飛跡を観察した。その後、この実習についての解説もあり、さらに自然放射線の平易な話があった。

パネル討論会は、司会者の熊野善介氏から、この主題についての意義について説明があった。米山公雄氏「エネルギー環境教育の取り組み」、佐藤嘉晃氏「エネルギー教育の実践例」、織田澄夫氏「理科（エネルギー教育）実践事例」、倉島茂見氏「エネルギー教育の可能性」について説明があった。質疑応答が行われた。

総括

このセミナーに応募した中学校・高等学校の文系教員は、全体の半数であった。アンケートの回答から、セミナー全体の構成は、問題なかったが、講義に対する理解は、文系教員にとって少々難解であった。理系教員にとっては、十分とはいえないまでもある程度の満足感がえられた、と考えている。なお、セミナー当日の実行と運営は、現地の小・中・高の教員それぞれ２名、計６名が携わり、会を盛り上げた。

富山・石川・福井地区セミナー実施報告

世話人代表　森　厚文（金沢大学教授）

セミナーの名称：　エネルギー・環境問題セミナー
開催日時：平成15年8月11日（月）　10:40開始，17:00終了
　　平成15年8月12日（火）　8:00開始，12:45終了
開催場所：平成15年8月11日（月）　高志会館
　　平成15年8月12日（火）　スーパーカミオカンデ

セミナーのプログラム

1日目（8月11日）
講演1「21世紀の暮らしと教育―地球環境とエネルギー問題―」
　　山寺　秀雄（名古屋大学名誉教授）
講演2「総合的学習としてのエネルギー環境教育」山下　宏文（京都教育大学教授）
実習　「霧箱の作成と空気中の自然放射線の観察」
　　柴　和弘（金沢大学助教授），庄司美樹（富山医科薬科大学助手）
　　中西　孝（金沢大学教授），森　厚文（金沢大学教授）
講義3「ニュートリノとスーパーカミオカンデ」　中畑　雅行（東京大学教授）
2日目（8月12日）
「スーパーカミオカンデの施設見学」

実施状況

文部科学省，財団法人放射線利用振興協会の主催，富山県・石川県・福井県教育委員会，富山市・金沢市・福井市教育委員会の後援により開催した。受講申込者は56名（うち3名欠席），受講参加者は53名であった。その内、小学校教員は14名、中学校教員は18名、高等学校教員は17名、その他4名であった。2日目の施設見学は48名であった。

講演1「21世紀の暮らしと教育―地球環境とエネルギー問題―」山寺秀雄氏が、地球環境について人類の歴史の流れの中でとらえ，特に地球温暖化の問題について，その実態と影響，温暖化防止の国際的取組みについて解説し，現在のエネルギー多消費の危険を訴えられた。

講演2「総合的学習としてのエネルギー環境教育」山下宏文氏が、環境教育として「エネルギー環境教育」の必要性について述べられ，それを定着・発展させるために，カリキュラムを開発する必要があり，イギリスとアメリカのカリキュラム例について紹介があった。

実習では、受講者一人一人に手作りキットを用いて霧箱作成をしてもらい，自然放射線を目でみることを実感してもらった。文系の人でも簡単に作成でき，一様の驚きを与えた。

講義3「ニュートリノとスーパーカミオカンデ」中畑雅行氏が、ニュートリノの基本的知識、2002年度ノーベル物理学賞の受賞テーマであるニュートリノ天文学，スーパーカミオカンデの最新の研究内容などについて素人にわかるように興味深く説明された。

「スーパーカミオカンデ」の施設見学では，スーパーカミオカンデ（直径３９m，高さ４１mの円筒形のタンクで壁面に約11000本の光センサーを設置し，中に純水が入っている。）の直上にあるデータ処理装置，多数の配管，校正用の放射線発生装置などの説明を受け、受講者より数多くの質問があった。

総括

講義は文系の教員にもわかるように工夫されており、質問も多く関心度の高さがうかがわれ、アンケートでも非常に好評であった。一昨年、昨年に比べて参加者がかなり増えてきているが、「スーパーカミオカンデ」の施設見学の希望が多かったための一時的なものかも知れないので、次回のセミナーを計画する際、プログラムの企画・広報などについて十分に検討して参加者が減らないようにする必要があると考えられた。

北関東地区セミナー実施報告

世話人代表　伊藤泰男（東京大学教授）

1．セミナーの名称：　原子力体験セミナー文系コース

平成１５年度北関東地区「放射線教育セミナー」

開催日時：　平成15年　8月19日（火）10:00～17:00　8月20日（水）　9:30～12:30

開催場所：　日立シビックセンター

セミナーのプログラム

１日目

講演１「エネルギー・原子力問題のとらえ方」　山地憲治（東大・新領域創生科学研究科教授）

講演2「自分の身体を見つめた目で自然を考える-- 放射線をキーワードにして」

舘野之男　（放射線医学総合研究所 名誉研究員）

実習１（はかるくんを用いた放射線量の測定）と演示（火力発電、原子力発電の模型）

報告・討論 教育の現場から　立花基昭（東海高等学校）、国井篤（多賀中学校）

２日目

講演３「原子力災害における公衆の放射線被曝の真実」

高田純（広島大学・原爆放射能医学研究所 助教授）

実習２　霧箱の作成と空気中の自然放射能の観察

実施状況

文部科学省、（財）放射線利用振興協会の主催、茨木県教育委員会、日立市教育委員会の後援により開催。受講応募者は24名。実行委員として伊藤泰男、国井篤、立花基昭、松沢孝男、杉暉夫、佐伯正克、田中隆一の各氏、オブザーバーとして飯利雄一、松浦辰男の各氏が出席した。

講義１「エネルギー・原子力問題のとらえ方」経済社会や環境保全に関わる複合問題であるエネルギー・原子力問題は空間的時間的に大きく俯瞰する必要があるとして、原子力技術が拓くエネルギーの未来の可能性とそれを実現する社会システムについて話され、化石エネルギー・自然エネルギー・原子力エネルギーを駆使した多面的なエネルギー社会像が描かれた。

講義２「自分の身体を見つめた目で自然を考える」講師自らの身体を長年にわたってヒューマンカウンタ測定したデータをもとに、自然の放射線、人体の放射線について話され、自然界にある放射線のような存在それ自体は人間の善悪の判断を越えたものであるという自然観を強調された。

講義3　「原子力災害における公衆の放射線被曝の真実」　スリーマイルアイランドやチェルノブイリ災害の調査結果を中心に、マスコミ報道にも現れてこない放射線被曝の実態が分かりやすく話された。

実習では、受講者全員“はかるくん”を手にして自然放射線と線源からの放射線を実体験し、その日は持ち帰って自宅付近の放射線を測定した。二日目は簡易型霧箱キットを各自製作し放射線の飛跡像を観察した。はかるくん、霧箱いずれの場合も、放射線の概念形成に役立つ程度に簡単な説明が行われた。

参加者には３人の講師の著書のいずれかを選んでもらい進呈した。

総括

セミナーに応募したのは小学校・中学校の文系教員であり、文系教員が大半であった。茨城県では原子力立地県であるため原子力に関するセミナーが幾つかの機関によって多く行われてきていることが影響して、参加が多くなかった。しかし、これまでのものと違って、客観的に原子力や放射線を取り扱っていることを理解してもらえたと評価している。

中国四国地区セミナー実施報告

世話人代表　砂屋敷忠（広島国際大学　非常勤）

セミナーの名称：「総合的な学習の時間への具体的提案」放射線・エネルギー・環境問題

開催日時：平成15年8月22日（金）9:30－17:00

開催場所：広島国際会議場（広島市中区中島町1－5）

セミナーのプログラム

講演1「エネルギー問題と将来の課題」　有馬　朗人（東大名誉教授）

講演2「車と環境の関わりを考える」　浅井　裕史（マツダ㈱技術研究所主幹研究員）

講演3「宇宙からの贈り物・広島隕石」　加藤　一孝（広島市こども文化科学館専門員）

実　験「放射線を体験する－霧箱による放射線の観察－」解説と実験指導　（世話人）

討　論「総合的な学習の時間」実践事例の報告　司会原田忠則（広島市立観音中学校教諭）

報告　橋下　昇（広島･廿日市市阿品台西小学校教諭）

浜岡　克宣（広島平和記念資料館啓発担当主幹）

実施状況

文部科学省、放射線利用振興協会の主催、広島県　広島市　島根県　香川県　徳島県　愛媛県の各教育委員会の後援により開催した。受講応募者は72名、中国･四国全県から応募があったが、5名の取り消しや欠席があり、参加者は67名であった。

講演1「総合的な学習の時間」「週5日制」の意義や活用について話されたのち、世界的なエネルギー・環境問題とわが国の現状・将来について講義された。学校教育とくに総合学習で取り上げる課題としての大切さを分かり易く話された。

講演2　現代社会における車と生活、環境問題としての車社会の問題点にふれ、環境問題と解決技術、自動車の新技術（例えば動力源の燃料電池）と交通システム、リサイクルなどを取り上げた。循環型社会への企業の取り組み、エコドライブについて述べられた。

講演3　広島市内で発見された隕石について、発見から鑑定までの経緯や隕石の種類や特長、どこから飛来したかなどについて、エピソードをまじえ、隕石の紹介と解説を行なった。宇宙線曝露期間を生成放射性核種の測定から解析された様子などにも付言された。

実験　身の回りの放射線について概説、放射線観察の一方法である霧箱の観察原理を説明した後、各自で簡易型霧箱を作成、放射線飛跡の観察を行なった。

実践事例の報告と討論　橋下昇先生が同校の総合学習を紹介、環境問題を取り上げた6年生の「けやきっ子タイム」について実践例を報告。浜岡克宣氏は、資料館における平和学習の実践事例、総合学習や中･高校生のピースクラブの活動状況などを紹介された。

総括

文系教員の関心をよび、理解を深めて戴くように配慮したが、総論的には良い印象を持っていただけた。今後について期待される様子がうかがえ、テーマの選択などに工夫を行ないたい。特に、現場教員の体験談や教育問題の講演が希望された。更に、放射線の話題を教育現場で取り扱えるよう、カリキュラムと関連付けた講演・実験が必要である。

平成15年度愛知・岐阜・三重地区セミナー実施報告

世話人代表　山寺秀雄（名古屋大学名誉教授）

セミナーの名称：　環境・エネルギー問題セミナー
開催日時：　平成１５年８月２６日（火）、２７日（水）
開催場所：　プラザ洞津（津市）
セミナーのプログラム
第１日
講演１　「総合学習としてのエネルギー環境問題」　山下宏文（京都教育大学教授）
パネル討論　「エネルギー・環境問題に関する学校教育」　（第１部）
基調講演　「今何故総合学習の時間なのか」
広井　禎（前筑波大学附属高等学校副校長、未来科学技術情報館館長）
話題提供と討論　司会　広井　禎
「中学校におけるエネルギー・環境教育」
佐々木和枝（お茶の水女子大学附属中学校副校長）
「中高一貫のエネルギー・環境教育の実践事例」
渡部智博（立教新座中学校高等学校教諭）
「“ボランティア活動”と“ものづくり”を通した環境教育」
飯尾美行（静岡県立浜松城北工業高等学校教諭）
パネル討論（第２部）　（小グループに分かれての意見交換）
第２日
講演２　「文学と物理学―漱石と現代物理学を中心として―」
佐久間洋一（核融合科学研究所助教授）
講演３　「２１世紀の環境とエネルギー」
中村政雄（ジャーナリスト、東京工業大学大学院非常勤講師）
講演４　「生活に役立つ放射線」
森　千鶴夫（愛知工業大学客員教授、名古屋大学名誉教授）
実験　「放射線を見よう、測ろう」
実験指導　緒方良至（名古屋大学医学部保健学科教官）
加藤幸弘（名古屋西クリニック病院）

実施状況

三重県教育委員会、津市教育委員会、四日市市教育委員会の後援を得て開催した。受講申し込みは５２名（内、取り消しおよび当日欠席、計１０名）、受講者は４２名（内訳は、小学校教員１４名、中学校教員１３名、高等学校教員１２名、教育委員会指導主事等３名）であった。またセミナー実行委員会から緒方、加藤、佐久間、下、杉本、森、山本、山寺が出席して運営にあたった。また放射線教育フォーラム本部の松浦辰男事務局長、大野新一理事が出席した。アンケート回答によれば、各講演、実験、パネル討論とも好評であり、パネル討論第２部は出席した受講者（１５名）に大変喜ばれた。

総括

各教育委員会、各校長会の支援にもかかわらず、中学・高校の文系教員の参加は８名に過ぎなかった。文系教員参加の障害になっているものを除く工夫が必要である。実験に関して、同種の実験をすでに経験している受講者があった。そのような場合には、あらかじめ調査して、いっそう高度の実験を特別に用意するなどの配慮が必要である。講演に関しても、受講者の中にはすでに「総合的な学習」に対するかなり進んだ研究をしている人もあり、そのような人は「総合学習」に関する講演に満足しなかった。今後は総合学習　の理念の問題から、教科間の連携など、より具体的な問題に重点を移して行くことが必要と思うものである。

北海道地区セミナー実施報告書

世話人代表　　石黒亮二（北海道大学名誉教授）

セミナーの名称：エネルギー・環境問題セミナー

開催日時：平成１５年１０月４日（土）８：５０開始、５日（日）１７：３０終了

開催場所：オーセントホテル小樽

セミナーのプログラム

講演１「総合的学習としてのエネルギー・環境教育」　山下宏文（京都教育大学教授）

講演２「原子力問題のとらえ方」　石川迪夫（原子力安全基盤機構顧問）

パネル討論「エネルギー教育・環境学習のありかた」　一口芳勝（札幌丘珠高校前校長）、山田大隆（札幌開成高校教諭）、鶴岡森昭（札幌清田高校教諭）、佐々木淑子（北海道教育研究所研修主事）、池田和人（北海道理科教育センター研究員）

実験「放射線の作用とその検出」　住吉　孝（北海道大学大学院助教授）

見学「北海道電力（株）泊原子力発電所」

実施状況

文部科学省、財団法人放射線利用振興協会の主催、北海道教育委員会、小樽市教育委員会の後援により開催した。受講応募者５２名、参加者５０名であった。放射線教育フォーラム本部より松浦辰男事務局長と大野新一理事が現地世話人４名と共に運営にあたった。

講演１「総合的学習としてのエネルギー・環境教育」で山下宏文氏は、問題を①教育理念としての総合学習、②エネルギー環境教育の必要性、③エネルギー環境教育のカリキュラム開発の３課題に分けて解かり易い説明をされた。

講演２「原子力問題のとらえ方」で、石川迪夫氏は北海道電力泊２号機の冷却水漏れ、東京電力のシュラウドひび割れ問題について述べ、マスコミの過大な報道が一般人への不安をさそっている点を指摘した。また、諸外国の実情にも言及された。

パネル討論「エネルギー教育・環境学習のあり方」は、一口芳勝氏の司会進行のもとで４名の理系（家庭科１名を含む）パネラーによって進められた。総合的学習の時間の実施における環境学習のあり方やエネルギー教育を含めた課題を取り扱った。

実験「放射線の作用とその検出」で、住吉孝氏は放射能と放射線の科学の発達過程を説明した後、KCL 試薬に含まれるカリウム－４０の崩壊に伴うγ線検出の実験で日常見掛ける物質にも放射性があることを示し、次に参加者全員に霧箱の作製を経験させ、α線の飛跡を観察させた。

見学「北海道電力（株）泊原子力発電所」タービン建屋、中央制御室、低レベル放射性廃棄物貯蔵庫、建設中の３号炉サイトなどを見学した。

総括

おおむね好評であったがパネル討論では内容をもっと絞り込むよう要望があった。また、文系科目担当教諭が参加者の半数に満たず、今後の募集方法に課題を残した。

平成15年度東北地区原子力体験セミナー（文系コース）実施報告書

世話人代表　大森　巍

1．事業名：環境・エネルギー・放射線セミナー
　　－エネルギー、環境問題をテーマに総合的な学習の課題と方向を探る－
2．後　援：宮城県教育委員会、仙台市教育委員会
3．日　時：平成15年11月30日（日）9：45～16：35
4．場　所：仙台国際センター
5．受講者：東北地区の小・中・高等学校の教員及び教育関係者　33名
6．講座内容：

講演1「21世紀の暮らしと教育　－　地球環境･エネルギー問題に適応し、明るい未来を目指して」
　　名古屋大学名誉教授　　山寺秀雄

講演2「高等学校における総合学習の時間にエネルギー、環境問題はどうすれば定着するか」
　　秋田経済法科大学附属高等学校　　佐伯邦子

講演3「放射線をつくって測り、知り使う－放射線医学利用の最新情報」
　　東北工業大学教授（東北大学名誉教授）　　織原彦之亟

実習　「放射線の性質を理解しよう」
　「はかるくん」による放射線の測定（Cs-137 線源を用いて、放射線量が距離および遮蔽板によって変化する様子を知る

7．実施状況

（1）本セミナー開催にあたっては、宮城県教育委員会、仙台市教育委員会の後援を得、さらに石巻市、女川町、牡鹿町の教育委員会及び理科研究会に協力を依頼したほか、仙台市内及び女川町の小中高校を訪問した。また個別に資料を送付した。募集案内の発送が遅れたために、締め切りを1週間延長したが、参加申込者は34名にとどまった。またセミナー前日1名が出席できない旨の連絡があり、参加者は33名であった。

（2）セミナーはプログラムにしたがって、ほぼ予定通り終了することができた。

講演1　山寺氏によって、日本の抱える環境エネルギー問題を世界的な視野から話され、これらの問題を解決するために教育の重要性を説かれた。

講演2　佐伯氏によって、エネルギー・環境問題を高等学校でどのように取り組んでいるか、現場での体験から話された。

講演3　織原氏により、素粒子物理学の基礎から、サイクロトロンによるRI製造、PETによる核医学診断と粒子線によるがん治療までの最新の情報を話された。

実習　身の回りの放射線についての簡単な解説の後に、^{137}Cs線源と「はかるくん」を用いて、線量率と線源からの距離の関係、各種遮蔽体の効果、遮蔽体の厚さの効果について実習した。

（3）アンケートを見ると、多くの参加者は満足されたようである。セミナーの感想としては、「勉強になった、役に立った、他の教員に聞かせたい、子どもたちに正しい知識を伝えたい」などが多く寄せられ、また「中学生向けの機会があればよい」、「ゲストティーチャーとして活用できる人材を紹介してほしい」などの意見もあった。しかし「開催日時を考えてほしい」、「資料を簡素化してほしい」などの意見もあった。開催地区に関しては、秋田地区で開催してほしいという要望も見られた。

南関東地区セミナー

世話人代表　　河村正一

１．「はじめに」

南関東地区「エネルギー環境問題セミナー」は、主として中学校・高等学校の文系教職員及び小学校教職員を対象として、東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、群馬県、長野県、新潟県の各教育委員会の後援を得て、日本科学未来館で、平成１６年３月１３日（土）及び１４日（日）の２日間にわたり開催された。応募人数は５４名であった。

自然科学の発展に伴う原子力等の教育は、エネルギー教育や環境教育に関連するものとして、体系的、総合的にとらえる必要がある。また、リスクを踏まえたままのありのままの姿を紹介することが重要である。今回のセミナーの演題を次に示す。

２．「セミナー実施経過」

「演題」（１）「日本の学校教育と将来の課題」の講師である有馬朗人先生は、人口の急激な増加に伴うエネルギー需要の増加や環境悪化、水や食料の不足、新しいエネルギー開発、地球温暖化などの情勢を踏まえて、日本の教育の現状と問題点、初等中等教育段階の学力問題、総合的な学習の時間、子どもたちの規範意識、ゆとり教育などについて述べられた。これに対して真摯で活発な質問が交わされ、この問題の関心の深さを伺うことができた。

「実験」（１）「パソコンで見る放射線」では、人間の五感では存在が分からない放射線をパソコンを通して目で見える形に変えて理解できるように工夫したもので、画面を通して放射線の概念が理解できた。

（２）「霧箱の作成と目で見る自然放射線」では、霧箱の中で放出する放射線の飛跡を観察することにより、直接見えない放射線の存在を自らの目で確認でき、放射線を身近なものとして認識できたのは良かった。また、「はかるくん」という名称の放射線測定器で、日用品の放射能を測定したのも放射線を身近なものとして認識できるよい教材であった。

「演題」（２）「エネルギー・環境問題を通して考える力を養う」の講師である新田義孝先生は、エネルギー・環境問題を総合的に考えるには、人口、エネルギーと環境の相互関係、地球温暖化、国連における温暖化防止の外交、途上国での自然破壊などの側面からの理解が必要であり、その上で何をすべきか考える能力を開発することが不可欠という概要の話をされた。

「演題」（３）「医学における放射線の利用」の講師である佐々木康人先生は、放射線の発見の歴史、X 線の医学・生物学者による透過写真を利用する X 線診断への応用、硫酸バリウムなどの造影剤を使用する診断の発展、放射性同位元素（RI）標識物質をトレーサとしての診断への利用、がん治療など、身近な放射線の医学利用について多くのスライドを使っての説明があった。身近で現実的な医療の話だけに、参加者の興味を引き活発な質問があった。

（パネル討論）「エネルギー・環境学習と総合的な学習の在り方」は、全体的な観点から、パネル討論の形で飯利雄一先生から話題提供があり、中学校の立場から中村日出夫先生から、高等学校の立場から揚村洋一郎先生から、江田　稔先生からコメントがあった。質疑応答などから、この問題は現在実施中の困難を伴う問題であると伺うことができ、幾つかの試行錯誤を経てより良い方向に向かう過程にあると伺った。

３．おわりに

エネルギー・環境問題は、資源・エネルギーが乏しい日本の将来を左右する重大な問題であり、この問題を対象に「総合的な学習の時間」で取り上げることについて、先生方と一緒に考えて、この問題の重要性を認識し、今後の問題点を整理できるきっかけをつくったことは意義深い。

２．２００４年度の実施計画

平成１５年度は前年度のセミナー参加者から寄せられた意見・感想・提案および現地の現場教員等の意見・ニーズ情報調査を行ってセミナー内容の一層の工夫と努力を行った。
平成１６年度は、平成１５年度に行ったような企画で次ぎに示す予定で実施する。

（1）開催場所・期日と受講者募集の規模

平成１５年度の実績を考慮してセミナー企画を早めに立てる。なお、本年度は第３回放射線教育に関する国際シンポジウム（ISRE04）が２００４年８月２２日から２６日に長崎市で開催されるのに伴って、九州・沖縄地区のセミナーは８月２２日に行われる。

開催場所と開催期日：北海道地区（札幌・８月４日（水））、東北地区（五所川原・１１月２０日（土））、北関東地区（高崎・８月６日（金））、南関東地区（東京または横浜・2005年2月または3月）、静岡・山梨地区（掛川・１０月１５日（金））、愛知・岐阜・三重地区地区（岐阜・１０月２１日（木））、北陸地区（敦賀・８月１２日（木））、近畿地区（大阪・８月１０日（火））、中国・四国地区（松山・７月３０日（金））、九州・沖縄地区（長崎・８月２２日（日））の１０地区を予定する。

募集目標人数は各地区５０人を標準（南関東地区は１００人）とし、合計５５０人とする。募集にあたっては、出来る限り早く各都道府県の教育委員会、市町村等の教育委員会および高等学校ならびに義務教育系校長会にこのセミナーの趣旨と開催日を説明して協力と支援の要請を行う。

（2）留意点

セミナーの内容に「総合的な学習の時間」の授業に役立つようなものを盛り込む。また、各地区のセミナーの特色を活かすこととし、全国画一的な内容とせずに、各地区の創意工夫なものとして充実をさせる。このためにも各地区のセミナー企画に際しては、地区の世話人だけでなく学校教職員等を含めてニーズ情報調査を行い検討するとともに、世話人からもシーズ情報内容の提供を行い、できる限りマッチングさせる。

文系教員の参加者が半数以下の現状であるので、この打開の対策を何らかの工夫が必要である。実験に関しては、各地区好評で再受講者はごく少人数ではあるが、このような人に対しては別の実験を用意する必要がある。交流会あるいは意見交換会については、各地区の工夫があり好評であるが、現代の風潮として集団的な催しを好まない人もあり、そのような人には世話人、講師およびオブザーバーなどから話しかける細かな気配りが必要である。講演に関しては、概括的な「総合的な学習」の内容の話にとどまらず、総合的学習の理念から教科間の連携などより具体性をもった問題として重点を移行していくことが必要であらう。

第３章　　各専門委員会の報告
（及び関連資料）

第３章 専門委員会の報告

１．　教育課程検討委員会報告

（１） 委員会名　　教育課程検討委員会

（２）設立趣旨（活動目的）

現在、放射線は、学校教育（初等中等教育）のいろいろな教科・科目で取り扱われている。しかし、その取り扱いは断片的になりやすく、また、かける時間は少なく、放射線の現代社会における重要性を反映していない。その一方で、放射線の展開などに工夫が加えられ、短期間で効果的な実験も発表されている。

これらの現状を組み入れ、これからの市民としての素養に不可欠な放射線についての事項を、どのように学校教育の中に組み込むかを検討する。

（３） 設置期間　　1998 年 8 月

（４） 委員名簿

委員長　黒杭　清治　元芝浦工業大学教授
委　員　飯利　雄一　（社）原子力産業会議　元信州大学教授
同　　西尾　信一　埼玉県立本庄高等学校教諭
同　　広井　　禎　未来科学技術情報館々長　元筑波大学附属高等学校教諭
同　　松浦　辰男　元立教大学教授
同　　三門　正吾　千葉県立柏高等学校
同　　宮澤　弘二　東京家政大学附属女子中・高等学校教諭
同　　村石　幸正　東京大学附属中等教育学校教諭
同　　渡部　智博　立教新座中・高等学校教諭

（５） 活動経過と成果

5-1. 前年度までの活動と成果

1998 年度　**小・中・高校生の放射線に関する知識・意識の実状**を調査し、放射線教育の問題点を明らかにする試みを行い、「第１回放射線教育に関する国際シンポウム」で「放射線教育カリキュラムの課題と現状」と題して講演［ISRE98,Proceeding of International Symposium on Radiation Education ,JAERI-Conf 99-011,(1999)pp.347～354］

1999 年度　９月に発生した JCO **臨界事故に対する生徒**（卒業生を含む）**の疑問**を集め、初年度の意識調査に加え、そこから放射線教育のあり方を検討した。

2000 年度　２年間の調査結果をもとにして、小・中・高等学校における各教科・科目で最低限これだけは教えておきたい放射線についての基礎知識（**放射線リテラシー**）とは何かを検討し、この検討をもとに放射線教育の授業展開例の作成を試みた［「新しい世紀の放射線教育」(2001.3)p. 7～29「教育課程検討委員会」報告］。

2001 年度　前年度の授業展開例をもとにして放射線教育を「**総合的な学習の時間**」の中にどのように取り組むかということについて検討した。

2002 年度　４年間の検討に併せ、実践活動の必要性を感じ(財)科学技術振興財団が主催するエネルギー・環境問題総合教育用地理情報データ Web システムの構築と活用―自然

環境・放射線 Web の構築―（インターネットと『はかるくん』を用いた自然放射線の測定を通じて放射線についての正しい知識を修得させるための教育活動）に本委員会として協力し、かなりの成果をあげた（「新しい世紀の放射線教育」2001 年 3 月、p28～29)。今後も研究活動と並行してこの協力を継続する。

5-2. 2003 年度の活動と成果

委員会：初年度から昨年度まで(1998～2002 年度)委員長を務めた広井　禎委員が未来科学技術情報館々長に就任し多忙になったため、本年度(2003 年度)より黒杭清治が委員長に迎え入れられて委員数が１名増員し、９名になった。４～８月は前年度までの実績調査、今後の方針立案等のため委員会が開催できず、９月より以下の通り５回開催した。

第１回　9月 22(月)　　第２回　10 月 31 日（金）　　第３回　11 月 23 日（金）

第４回　２月６日(金)　第５回　３月５日(金)

本委員会の現職委員から提出される授業（実験・実習を含む）等の資料は貴重な情報であり、これらの資料を中心にして委員会で検討し、次の３つの柱を立ててまとめた。

5-2-1. 放射線リテラシー育成資料作成のための基本資料収集

渡部委員が中心になって初年度より日本の放射線教育の実情を調査してきたが、前年度までに収集した基礎資料を 25 ページにまとめて委員会に提出した他、毎委員会に資料が追加された。これらの資料中には松浦辰男・飯利雄一共著「放射線・原子力教育と教科書」研成社(1998)も含まれており、本書参考資料中に本フォーラムが 1996 年 11 月 19 日に文部大臣に提出した要望書が含まれている。本フォーラム要望書の意志を縦に貫くために、要望書に記載されている放射線に関する事項を、放射線リテラシー育成資料の基礎にすることが委員会で決定した。渡部委員からは、その後放射線リテラシー育成資料のために必要と思われる事項も提出され、委員会での検討に入った。

この他渡部委員が勤務校生徒を対象に行った「電子媒体を活用した双方向授業」アンケート結果の報告もあり、「総合的な学習の時間」に組み込むときの参考資料に加える。

西尾委員より提出されたモジュール「放射線と放射能」例は、まさに部品として１時間の授業の中に自由に組み込むことができる。これを発展させて「放射線教育」として必要な事項をすべてモジュール形式で示す方法も考えられる。しかし、「ゆとり教育」により、教材が精選されている折りであり、学習指導要領の中の何処にどのような事項を入れるべきというような方法では受け入れられないであろう。「かくあるべきだ」という内容を先に示し、学校でその中から選択させるようにするのがよいであろうという方向で検討中である。

三門委員より、放射線利用振興協会主催（本フォーラム共催）原子力体験セミナー専門コースⅢで「原子力に関する新聞記事を読み、適切な判断が出来る市民を育成する」目的で作成した「思い違いの原子力」、及び、中・高校、学年別・教科別の原子力教育項目一覧表の配布、説明があった。これらの資料は教員の放射線リテラシー育成資料作成のために大いに役立つものと思われる。

同じく三門委員より、「中学生に身近な放射線の実験を体験させた授業記録と、生徒全員の感想文の紹介があった。放射線測定器、実験方法とも三門委員の独創的な創意工夫によるもので、安価で簡便実験であり、普及できれば放射線リテラシー育成に効果が大きい。また、感想文からは放射線が身近にあるものだという感動が素直に伝わってくる。各方面

に、中学から放射線教育を行うこが望ましいことを説くために活用したい資料である。

5-2-2. 放射線教育を「総合的な学習の時間」にどう取り込むことができるかの検討

村石委員より、東大教育学部附属中等教育学校における「総合的な学習の時間」での**データハンドリング**と命名した授業の紹介があった。これは「データから何が読み取るか」という作業により情報を編集する力を養成することを目的にしたもので、同じデータでも図表の表し方によって見えてくるものが違ってくるという実践例が示された。

この授業方法を、放射線に関するデータを読み取る内容に展開するための検討に入った。用いられるデータには様々なものがあるが、本年度は日本原子力文化振興財団が文部科学省の委託事業として行った「放射線という言葉の関する意識調査」を教材にして検討した。生のデータのみを生徒に与えて情報を読み取らせ、生徒間で討論させれば、生徒も教員も共に放射線リテラシーが向上するであろうが、そのためには、パソコン操作の習熟、放射線の基礎知識等の前段階なしにはできないため、実践は次年度に継続することになった。

5-2-3. 前年度からの継続活動

宮澤委員が中心になって 2002 年度に引き続き(財)科学技術振興財団が主催するプロジェクト（インターネットと**「はかるくん」を用いた自然放射線の測定を**通じて放射線についての正しい知識を修得させるための教育活動）に協力した。

6．2004 年度以降の計画

本年度立てた３本柱の完成を目指して活動を続ける。

6-2-1. 放射線リテラシー育成資料作成

中学生の放射線リテラシー、高校生の放射線リテラシー育成資料の作成を「理科」「総合的な学習の時間」に限らず、今後は「社会科」「公民」その他の科目に広げて行く。「総合的な学習の時間」の指導は理科教員に限らないため、例えば「エネルギー環境」をテーマにするとなると、その正しい知識・理解をもった教員がいなければならない。しかるに日本原子力文化振興財団が行った「放射線という言葉の関する意識調査」の結果を見ると、放射線について無知な教員、誤った知識をもった教員が多いので、**教員に対するリテラシー育成**も重要である。本年度（2003 年度）その実体調査のためのアンケート案を作成した。来年度（2004 年度）はアンケート項目を完成し実施に移したい。

6-2-2. 放射線教育を「総合的な学習の時間」にどう取り込むか

放射線教育を「総合的な学習の時間」に取り込む１つの方法として、放射線に関するデータ分析を村石委員のデータハンドリング授業方式によって実践したい。

6-2-3. 自然放射線の測定実験

引き続き宮澤委員が中心になって(財)科学技術振興財団のプロジェクトに協力するが、自然放射線測定に関しては「はかるくん」に限らず、前述の三門委員の独創的な創意工夫によって作成した放射線測定器を用いて安価で簡便実験ができ、特に風船を用いた集塵法はすばらしいアイディアであるから、これを宮澤委員の実績と合わせて本委員会としての実験法にまとめ、放射線リテラシー育成資料の１つに加えたい。　　（文責黒杭）

リスク教育についてのテキスト

村主 進 提案

1. はじめに
2. リスクとは
   ・リスクの意味：被害を受ける恐れ（将来を被害を予測するもの）
   ⇒過去の事故の実績よりリスクを推定する
   ⇒リスクの値にはある程度の曖昧さ（偏差）がある。
   ⇒事故の発生頻度の小さいものほど曖昧さは大きい。
   ・リスクの認識：
   ・科学技術が進んでいなかった昔は事故は日常的に起こっていた。科学技術のの進歩とともに巨大産業となり、その進展とともに事故の発生頻度は少なくなったが、事故の規模は大きくなり、公衆はリスクを認識するようになった。
   ・公衆は、リスクについては容易に認知するが、ベネフィットについてはあまり認知しない。
   ・安全、安心、危険は主観的なものであるが、リスクは定量的に評価でき、客観的なものである。
   ・日常的な事故（一般的に１件あたりの事故の規模は小さい）は過小評価され、まれな事故（一般的に１件あたりの事故の規模は大きい）は過大評価される 傾向がある。これはマスメディアの取上げ方にも起因する。
3. 科学技術とリスク
   ・科学技術の進歩とともに、人類の受ける利便は大きくなったが、一方リスクが認識されるようになった。
   ・科学技術の目標はリスクミニマム、ベネフィットマキシマムにすることである。
   ・事業（産業）に関するリスクはベネフィットとの関連で決めるべきであるが、リスクが妥当に評価 されていないと考えられる。
4. リスクの評価の方法
   ・過去の事故の頻度が高い場合：過去の事故の実績の外挿、もしくは外挿して後各種の補正を行う。
   ・過去の事故の頻度が低い場合：確率論的リスク評価の手法を用いる。
   （事故の頻度が低いから、曖昧さも大きい。）
5. 日常生活におけるリスク
   ・日常生活におけるリスク（自動車事故など、病気による死亡のリスク）はかなり大きいものである。
   ・不慮の事故・災害により命を失った人の推移
   ・いろいろなリスクの要因と死亡率
6. エネルギー産業におけるリスク
7. 放射線被ばくのリスク
8. 原子力発電のリスク
9. エネルギー需要とリスク
10. 各種のリスクの比較
11. リスク情報はメディア情報の曖昧さを正すことができる。

ISRE04で「低レベル放射線影響」セッションに招く海外の専門家

低レベル放射線の生体影響に関する検討委員会

低レベルの放射線影響は大変重要な問題でありますので、2004年8月の「第3回放射線教育に関する国際シンポジウム」（ISRE04）において、特別のセッションを設けて低レベル放射線による健康影響に関する最新情報を内外の専門家から分りやすく解説していただき、参加者との質疑、討論を通じて、理解を深めることといたしました。このため、海外からは3名、国内からは1名の専門家をお招きすることといたしました。これらの4名の方の略歴および講演の概要などを以下に紹介いたします。

1. Z.ヤオロスキー教授（Prof. Dr. Zbigniew Jaworowski）

Central Laboratory for Radiological Protection
V1 Konwalowa 7, 03 194 Warszawa, Poland
E-mail: jaworo@clor.waw.pl

ポーランド放射線防護中央研究所。「原子放射線の影響に関する国連科学委員会」(UNSCEAR)のポーランド代表委員。

ヤオロスキー教授は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）の議長であった１９８０年当時、放射線防護の前提である「直線しきい値なし」（LNT: linear no-threshold）仮説とは矛盾するが、１９世紀末以来、学術文献に掲載された数多くの「低線量放射線が有益な効果をもたらす」というデータを無視すべきではないと主張したが、他の委員の賛成は得られなかった。その後、7年間にわたってこの提案を繰り返したが徒労に終わった。しかし、1986年に起きた世界最大のチェルノブイリ事故が、委員たちの目を覚まさせてくれた。委員会において、放射線ホルミシスや低レベル放射線の有益効果について検討することになり、議論を重ねた結果、国連科学委員会の1994年報告書で、細胞および生物における「放射線に対する適応応答」が取り上げられることとなった。

今回の講演「２１世紀における放射線」では、ヤオロスキー教授は、チェルノブイリ原子力発電所の事故の教訓をふまえ、２１世紀の放射線リスクの問題を展望します。「LNTかホルミシスか」という論争は放射線に限ったことではなく、ほとんどすべての有害な物理的、化学的、生物学的なもの（agents）についての問題であり、電離放射線は、発見こそ19世紀末と遅いが、他の多くのものと同様、太古の昔から存在していたものです。放射線、放射能の発見以後、その有益性と多量被ばくでの有害性ゆえに、社会が熱狂的な「受け入れ」と「拒絶」の反応を繰り返してきた歴史を振り返ります。チェルノブイリ事故による影響の実態を検証し、客観的な判断に資するため、天然の放射能と原子力発電による人工の放射能（廃棄物）との量的な比較を行います。およそ５０万年前に発見した「火」に対しては、人類が心から順応できるまで

に何千年もの年月を要したが、放射線の場合、これまでの１世紀では不十分であったが、ものごとが速く進む現在では、心から順応するのに２１世紀で（１００年もあれば）十分であろうと予測しています。

放射線に対する人々の怖がりすぎと過剰な規制による多大なコストの軽減をはかる方策として、ヤオロスキー教授は、放射線防護は「実際的なしきい値」（practical threshold）という原則に基づくべきであると、米国物理学会の Physics Today 誌（1999年９月号）に掲載された論説 "Radiation Risk and Ethics"（放射線リスクと倫理)の中で提言しています。この論文は日本語訳も出ています。(「放射線の危険性と倫理」、パリティ、15巻９号、2000年９月)「実際的なしきい値」とは、それ以下の線量では、検出できるような放射線発がんや遺伝的影響は起こりそうもなく、規制の必要もないというものです。このような「実際的なしきい値」は、医療や原子力産業あるいは高自然放射線地域での被ばくの疫学的なデータに基づいて提案できるであろうし、そうすれば、年間１ミリシーベルトという現在の公衆の線量限度は、１０ミリシーベルトとかそれ以上の値に変更できるとしています。

２．K. ベッカー教授（Prof. Dr. Klaus Becker）

Boothstr. 27, D-12207 Berlin, Germany
E-mail: prof.dr.klaus.becker@t-online.de

1957年　ベルリン自由大学 修士課程終了（化学）
1961年　ミュンヘン工科大学 Ph.D.取得
1958-67年　独ユーリッヒ原子力研究所 放射線量計測課長
1967-75年　米国オークリッジ国立研究所 応用線量計測研究グループ
1975-97年　ドイツ原子力基準委員会 委員長
1978-97年　ISO（国際標準化機構）「原子力」技術委員会 事務局長
1997年から、「放射線・科学・健康協会」（RSH）副会長

ドイツ・スイス放射線防護学会初代会長。IAEA等の国際機関のコンサルタントを務める。放射線防護および原子力の標準化等に関する約400件の論文を発表。ラドンについては、測定器の開発から、人体への影響の調査・研究まで造詣が深い。

原子力および放射線利用の将来にとって、public acceptanceが何よりも大切ですが、わずかな放射線量がはたして健康に有害なのかどうかという議論が重要な問題となっています。この問題は、新たな科学的・疫学的な証拠、経済的・政治的な利害、マスメディアの影響、リスク認知の心理、等々が複雑に絡み合っています。とりわけ、自然界の放射線からの被ばくと人工的な放射線被ばくとの間で、受け入れ方や規制上の扱いに違いがあることが大きな混乱をもたらしているといえます。

ベッカー教授は、今回の講演「ヨーロッパにおける低線量影響討論の新展開」において、社会的にも経済的にもますます大きな負担を強いることになってきた（廃棄物

の処理・処分などにおいて、自然放射線の変動幅よりも、はるかに小さな線量にまで適用している）LNT 仮説からのパラダイムの変更に向けた最近の動向、特にヨーロッパで先頃行われた議論について詳しく触れられます。この国際的な動きは、原子力や他の放射線の平和利用に対する public acceptance はもとより、各国の規制にも変化をもたらし、納税者やエネルギーの消費者等にとって、不必要な負担の軽減につながります。また、放射線以外の種々の自然および人口的な健康リスクに対してバランスのとれた、建設的な取り組みが行えます。ベッカー教授は 2002 年 8 月に開催されたハンガリーでの第 2 回シンポジウムでは "Reflections on Public Acceptance oof Nuclear Energy and the Low Dose Issue"と題する論文を講演されました。

3．L. E.ファイネンデーゲン教授（Prof. Dr. Ludwig E. Feinendegen）

Nuclear Medicine, Heinrich Heine University Dusseldorf
Wannental 45, 88131 Lindau / B, Germany
E-mail: feinendegen@gmx.net

ハインリッヒ・ハイネ大学（デュセルドルフ）核医学部　名誉教授
独ユーリッヒ原子力研究所所長、米国エネルギー省顧問等を歴任。

ファイネンデーゲン教授は、今回の講演「低線量放射線の生物学的効果」において、電離放射線が生物の細胞・組織に与える作用とそれに対する生体側の応答について、最新の知見を分りやすく解説いたします。

電離放射線は、線量に比例した DNA 損傷を生じますが、低線量の放射線の場合には、生体は防衛的な応答（適応応答）をします。すなわち、放射線によって生成される活性酸素種（ラジカル）を無毒化することによって細胞を防衛したり、DNA の損傷を修復したり、また、DNA の損傷を正しく修復できなかった不良細胞が残った場合には、免疫反応によってこれを除去したり、アポトーシスといった現象により細胞が自ら消滅します。

低線量の場合、自然に起きている DNA の損傷の方が、放射線によって新たにできるものよりもはるかに多いため、低線量、低線量率の被ばくの場合には、自然発生の DNA 損傷を軽減する働きの方が勝ります。がんの発生は、DNA 損傷の度合いに比例すると、一般には了解されています。したがって、低線量の放射線が誘導する、自然発生の DNA 損傷を軽減させるような防衛的な働きによって、“自然の”がん発生を減少させるはずです。このことは、いくつかの疫学調査の結果を支持します。こうした理由から、「直線しきい値なし」仮説は、放射線誘発がんについては無効であり、再検討する必要があるということです。Feinendegen 教授も、ハンガリーのシンポジウムに出席され、"Biological Responses to Low Doses of Ionizing Radiation: Detriment versus Hormesis　Part 1. Dose Responses of Cells and Tissues"　という講演をされました。

4．近藤宗平教授

大阪大学名誉教授

1922年　福岡県生まれ

1945年　京都大学物理学科（実験原子核物理）卒業

理学博士（京都大学；1958年）

国立遺伝学研究所を経て

1963年　大阪大学医学部教授（放射線基礎医学講座）

1986年　同　名誉教授

1986年　近畿大学原子力研究所教授

1993年　同　顧問

物理学から遺伝学、基礎医学に転身し、国際的に活躍。高松宮妃癌研究基金学術賞、日本遺伝学会木原賞、講談社出版文化賞科学出版賞、国際光生物学会フィンセン・メダルを受賞。「分子放射線生物学」、「生命を考える」、「低レベル放射線の健康影響（英文著書、“Health Effects of Low-level Radiation”1993)」、「人は放射線になぜ弱いか　第３版、」ほか、編・著書は数多い。

近藤教授には、講演「低レベル放射線の健康影響」において、放射線はどの位からがんや遺伝に影響があるのか？といった問いに答えるべく、放射線の健康影響に関する最新の調査・研究の成果を厳密に調査していただき、「少しの放射線」に対してどのように考えていったらよいのか、わかりやすく解説していただく予定です。

教科書記述調査委員会報告

報告者：　松浦辰男（委員長）・高木伸司・関本順子

前年度に引き続き、（Ⅰ）高等学校において平成15年度から使用されている教科書、並びに（II）平成15年3月に検定済みで15年4月に公開され、平成16年度から使用される予定の教科書における原子力・放射線関係の記述について調査した結果を紹介する。以下において、イタリックで記載されている箇所は原文に記載されているままのものである。

Ⅰ．平成15年度から使用されている教科書

（1）「理科基礎」

（1）-①　東京書籍　理科基礎「自然のすがた」　平成14年3月20日検定済、平成15年2月20日発行、著作者：上田誠也・竹内敬人・松岡正剛ほか11名

B5版215ページの全体の構成は、序章　科学のはじまり、第1編　物質の成り立ち、第2編　生命をさぐる、第3編　エネルギーと電気、第4編　宇宙と地球の動き、終章　化学と社会、である。以下、エネルギー環境問題・原子力に関連する記述についてコメントする。

（p.119-120）第3編1章、「エネルギーとは何か」で

「*電気は水力、火力（天然ガス、石油、石炭）、原子力、そのほか（太陽光発電など）によってつくられる。・・・火力発電や原子力発電では燃料から得られた熱エネルギーを水蒸気などによって力学的エネルギーに買え、やはりタービンを動かして電気エネルギーを得る。・・・*」ここで原子力の注として、「*原子力発電では、核分裂という現象を用いて熱を得る（→p.194）。核分裂の前後では、原子核の質量が減少するが（質量欠損）質量もエネルギーの一種であるために熱が発生する。・・・*」という説明あり。これはよいのだが、

「*・・・石油や石炭などの化石燃料には限りがある。また、これらの燃焼によって生じる気体やちりは大気汚染の原因となっているほか、二酸化炭素が温室効果を引き起こすことも懸念されている。さらに、**原子力の利用が重大な危険をはらむものであることを示す事故は、日本においても発生した（1999年9月）。**・・・*」これは臨界事故のことを言っていることは明白であるが、この事故は開発中の高速炉の特殊な燃料の製造中に、明らかに当事者の重大なミスによって生じたものであるから、これがあたかも経常的な原子力の利用に本質的に関連しているような記述は好ましくない。原子力の危険性の可能性をいうのであれば、一方バランスをとって、温室効果の懸念の少ない原子力の有利性をも記述すべきである。

（p.194-197）終章　科学と社会　日本のエネルギー問題（ディベート）で、4ページにわたり原子力の是非を左のページがYes、右のページがNoで議論を戦わすところがある。ここでの記述で（p.195）原子力発電の説明で、「*・・・炉心部にはウラン燃料棒と制御棒があり、ウランの核分裂で発生した中性子を制御棒で大部分吸収して連鎖反応がゆっくり起こるようにしてある。この制御がうまくゆかないと、場合によっては大事故につながるため、何重もの安全対策がとられている。・・・*」発電所の制御は制御棒のみで行っているのではないこと、炉の事故（トラブル）は制御系のみでなく、冷却循環系その他種々の原因がありうることなど、教科書で正確に記述することは困難である。いずれにせよ、多重防護の考え方を説明するのはよいが、いつでも大事故の可能性が小さくない印象を与える記述は好ましくない。

（1）－②　大日本図書　「理科基礎」平成 14 年 3 月 20 日検定済、平成 15 年 2 月 5 日発行、著作者：小川正賢ほか 9 名

Ｂ５版 143 ページの全体の構成は、第１部　科学への道、第２部　自然の探求と科学の発展（第１章　物質の成り立ち、第２章　生命を探る、第３章　エネルギー、第４章　宇宙・地球を探る）、　第３部　科学と人間生活の未来、である。

この教科書では、エネルギーのところでも、物理的な種々のエネルギー形態やエネルギー保存の法則などに触れるだけで、エネルギー問題や資源としてのエネルギー・原子力には殆ど触れられていない。(p.132)「探求活動の事例」で「・・・*日本の場合、火力発電・水力発電・原子力発電がおもな発電方法であるが、・・・*」の記述があるが、水力発電は原子力発電の１／３くらいでしかないから、「火力発電・原子力発電・水力発電・・・」とするか、はじめの二つが主な発電方法である。」とすべきであろう。

（2）．理科総合Ａ

(2)-① 東京書籍「理科総合Ａ　システムとしてみる自然」著作者：長倉三郎・松井孝典・梶田叡一ほか 24 名　　平成 14 年３月検定済み　Ａ５版 179 ページ

構成は第１編　自然の見方・探求の仕方、第２編　物質の構成と変化、第３編　エネルギーの変換と保存、第４編　資源の開発と利用、第５編　物質の利用

この教科書に関するコメントは以下の通りである。

１．(p82)　「ｂ　原子力エネルギー」の項で、「***原子力エネルギー***とは、*原子核を変化させるときに放出されるエネルギーである。原子力発電では・・・このさいに放出される非常に大きな熱エネルギーを用いて発電している。*」とあるところは、もっと正確に記述すべき、少なくとも教師は正確な意味を知っておく必要がある。まず、原子力エネルギーの定義に関して、　「原子力エネルギーとは、正確には原子核エネルギーまたは核エネルギーとよぶべきもので、原子核反応で放出されるエネルギーのことである。エネルギーを放出する核反応には、放射性崩壊、核分裂、核融合がある。放射性崩壊はすべて自発的に起こるが、核分裂は自発的にも起こるが人為的に起こさせることができる。核融合を人為的に起こすことは極めて困難であるが、太陽などの恒星の中ではこの核反応が起こり、太陽からのこの原因の放出エネルギーが日夜地球上に降り注ぎ、生命の源となっている。これらの核反応のどの場合にも、反応後の質量の総和は反応前の質量よりも小さい。この質量の差に光速度の二乗をかけた量がエネルギーとして放出される。このエネルギーは化学反応によって放出されるエネルギーに比べると質量あたり 100 万倍ほど大きい。」と説明するのが正確である(教科書の記述ではこのままでは長すぎるであろうが)。

図1　化学エネルギー

図2　原子力エネルギー

次に原子力発電の説明では、「原子力発電では、ウランの原子核に中性子をあてて核分裂をおこさせ、この際に放出され熱となって取り出される大きなエネルギーを用いて発電している。」のであるが、核分裂の直後ただちに大きな熱エネルギーが出るのでは

なく、まず大きな運動エネルギーをもって生まれた核分裂生成物の原子が近傍のほかの原子との衝突を繰り返し、それらの原子にエネルギーを与え、最終的に多くの原子の熱運動となるのである。従って、この教科書の82ページの図２の「原子力エネルギー」の説明において、ここにその図を示したが、４個の粒子が４方向に飛び跳ねるほかに、「エネルギー」という矢印が（１方向に）放出される図になっているが、これは正しくない。

このことは、図１の「化学エネルギー」の説明にも当てはまり、$2H_2+O_2 \rightarrow 2H_2O$ の反応の説明で、生成した２個のH_2O 分子が同時に同じところから（エネルギーをもって）飛び出し、そのほかに図２と同じように「エネルギー」という矢印が（１方向に）放出される図になっているが、これは厳密には正しくない。ここでは、２個の水分子が、大きな励起エネルギー(この大きさは核反応の場合に比べるとはるかに小さい)をもって生まれ、このエネルギーが近傍のほかの分子に移って、これら多数の分子のエネルギー、すなわち熱エネルギーとなるのである。

核分裂に関する記述では、正確には、「このさいに、はじめは燃料体の中で生まれた核分裂生成物原子が大きな運動エネルギーをもっており、それが近くの多くの原子の運動エネルギーに移り、すなわち熱となり、それにより発電している。」ということになる。教科書の記述では、ここまで正確にしなくてもよいかもしれないが、指導する教師は、このことを知っていることが望ましい。

２．(p.99)「b 核分裂と原子力発電」の項で、

「*ウランの原子核は、中性子を吸収すると２つに分裂する。*」とあるのは、割合は少ないが３つに分裂することがあるので、この記述は完全に正確とはいえない。しかし、ここまでいうと難しくなると思うので、教科書の表現はこのままでよいであろうが、指導する教師は、前項と同様、知っていても悪くない。

３．(p.99)「図１８　ウランの核分裂の例」　中の「*スズ 131、モリブデン 103*」は、実際に存在しない核種であり、明白に誤りである。それぞれ、実在する核種、たとえばクリプトン92 とバリウム 141 にするべきである。

４．(p.99)「図１９　原子力発電」　「*制御棒によって核分裂の速度を制御している*」

これは BWR 型（沸騰水型）の原子炉の略図である。この他の主要な型に PWR 型（圧力水型）がある。説明は**原子力発電（沸騰水型）**としたほうがよいであろう。また、発電用原子炉を制御棒でコントロールするのは主に起動・停止時で、運転中は、再循環水の流量制御(BWR型)とか、循環水中に中性子を吸収する性質のあるホウ素(ホウ酸)を含めておきその濃度を調節する(PWR 型)方法で行っている。したがって**「制御棒などによって」**としてはどうか。

また、「*核分裂の速度を制御する*」は厳密には正しくない。制御されるのは原子炉の炉心部の単位体積中の中性子の濃度、あるいは単位時間中に起こる核分裂の頻度が一定になるようにである。核分裂の速度といわずに、**「核分裂を制御する」**だけではどうか。

５．(p.100，６行目)　「β線は高速で運動する電子（*質量 0*，電荷－１）」

電子の質量はゼロではない。　**この項は削除。**

６．(p.101、８行目)「ウラン鉱石を分解し、*ウランを精製する必要がある。精製されたウランに原子炉内で中性子を当てて核分裂を起こさせる。ウランの崩壊により様々な放射性物質が生じ、放射線を出している。*」この「精製」なる語に同位体濃縮の操作（天然に約 0.7％しか含まれていない U-235 を約３～４％に濃縮する）が含まれると解釈しなければならない。またこの文のままでは、「ウランは１００％核分裂に使える・・・」と誤解されるが、同位体の存在のこと、同位体（U－２３５）濃縮のことは、教師は知っていなければならない。また、ウラン

の崩壊でなく、「**ウランの核分裂により様々な放射性元素が生じ、・・・**」である。

7．(p.101,19行目)　「*放射性廃棄物の処理・・・・未だに解決されていない。*」と書かれているが、たしかに現在まだ高レベル廃棄物の処理は実施されてはいないが、技術的に未解決ではなくて、社会的な理由から日本では実施されていないのである。

8．(p.101,コラム)　臨界の説明の横にある研究用原子炉の写真の下に「*臨界のさいに見られる青い光　チェレンコフ効果*」と説明があるが、チェレンコフ効果は臨界とは必ずしも関係していない。水の中に強い放射性物質が存在すれば観察される現象である。また、この写真は原子炉の内部を照らしている明るい照明があるので、どれが「青い光」だかよくわからない。照明のない、チェレンコフだけの写真を使うべきである。

「*原子炉の外で人為的な事故やミスなどのよって臨界反応が起きると、放射能汚染が起こるのでたいへん危険である。*」 → 「・・・、**その場所で強い放射線が発生し、放射能汚染が起こることもあるので、**・・・」

(2)-②　東京書籍「新編理科総合A」　平成14年3月検定済み　B5版135ページ

構成は第1編　自然の探求、第2編　物質の構成と変化、第3編　エネルギー、第4編　資源の開発と利用、　第5編　物質の利用　以下はコメントである。

1．(p.73、 9行目)「*同位体の化学的性質は同じである。したがって化学的な方法では同位体を分離できない。そこで、同位体を分離するには質量の違いを利用している。*」正確には、

「同位体の化学的性質は殆ど同じである。したがって化学的な方法では同位体を分離することは非常に困難である。そこで、同位体を分離するには通常質量の違いを利用した物理的方法による。」

2．(p.73, 13行目)　「*中性子を吸収すると2つに分裂する*」・・・

前出のⅠ－(1)の2項と同じ。「・・・**通常2つに分裂する・・・**」と「通常」の語を入れてもよいが、難しいので教科書の文のままでよい。

3．(p.73, 図11)　*スズ－131、モリブデン－103*は誤り。　前出のⅠ－(1)3項と同じ。

4．(p.74, 下から6行目)　「・・・*農作物の品種改良、建物の非破壊検査など、・・・*」

→「・・・、**製品の非破壊検査など、**・・・」

5．(p.74,　下から4行目)　「大量の放射線を人体に浴びることは有害であるが、*その危険性を正しく理解し*、適正な安全対策と有効的な利用を行うことが大切である。」説明する先生がどう語るかによって、放射線は一方的に危ないと生徒が誤解する可能性がある。「その危険性」を「この場合の危険性」とするか、「大量の放射線利用時のリスクについて、正しく理解し・・・」としてはどうか。そもそも放射線の危険性はたやすく理解できる問題ではないので、「**大量の放射線を人体に浴びることは有害であるので**、適正な安全対策と・・・」でよい。

6．(p．75　図15)　これはBWR型であるので、図の説明に、原子力発電の一例とすること。また、「*制御棒によって核分裂の速度を制御している*」は、研究用原子炉ならともかく、発電用原子炉では全出力運転中はあまり制御棒を使わず、主に他の方法（再循環水流量制御（BWRの場合）など）によって制御しているので、「**制御棒などによって**核分裂（の連鎖反応を）を制御している」と「など」を挿入したほうがよい。「核分裂の速度」は適切ではない。

(2)-③　啓林館　「理科総合A－物質とエネルギーを探求しよう」平成14年3月20日検定済　平成14年12月10日発行　　著作者：太田次郎・山崎和夫他18名　　B5版135ページ

構成は、序部　自然の探求、第１部　物質と人間生活、第２部　エネルギー・資源と人間生活、第３部　科学技術の進歩と人間生活　　コメントは次の通り。

（p.81）「核エネルギー」の定義　はまずよい。

「エネルギーの移り変わりと保存」のところで、「*エネルギーの総量は保存されるが、利用可能なエネルギーの量は徐々に減少してゆく。*」との記述は適切である。

（p.88-89）図 48　交通師団の時代変化、図 49　１人あたりのエネルギー消費量と世界人口の変化、図 50　世界で１年間に使用するエネルギー資源の変化、図 51　日本で１年間に使用するエネルギー資源の割合、などの図は適切である。

（p.93）「核エネルギーの利用」の項での１ページにわたる説明はおおむね適切である。特に、図 57「ウラン 235 の核分裂と連鎖反応」の説明で「*分裂した核などの運動エネルギーは熱エネルギーになる。*」は大変結構である。ただ、本文の「*核分裂や核融合によって得られるエネルギーを核エネルギー、または原子力という。*」は、正確には核エネルギーには、核崩壊も含めなくてはならない。

（p.94-95）ここに放射能と原子力発電に関して記述されているが、おおむね適切である。正確には、図 59 の原子核の崩壊で、Ra226 がα線とγ線を両方放出しているのは正しいが、Rn222 と Po218 がそれぞれα線とβ線だけを出すとなっているのは、それぞれγ線とα線をも放出している。また(94 ページの下から６行目)すでに他の出版社のものでのべたが、原子力発電所の制御は通常運転中は制御棒以外で行っているので、厳密にはこの記述は正しくない。また、図 61 の原子力発電の図は、BWR のものであるので、それを明記すべきである。「*原子力発電では、火力発電のように化石燃料を燃焼さあせないので、地球温暖化の原因と考えられている二酸化炭素は殆ど発生しない。*」との記述も適切である。また、囲み記事での「放射線と人間」で放射線の種々の分野での利用、障害のことについても触れられていることは良い。ただし、「*急性障害が起こらない量の放射線でも、後になってのがんや遺伝子障害が、浴びた放射線の量に応じて、わずかに増えると考えられている。*」は現在の法律体系はこのような考え方が基本となっているので、この記述はやむを得ないが、この考え方に必ずしも合致しない最近の低レベルの放射線影響に関連する種々の知見が公に認められて、早くもっと真実に近い記述がされることを論説者は切に望むものである。

（p.97）「エネルギーと環境」の項で、「原子力は排ガスを生じないという長所をもっているが、・・・」は正確には「排ガスは少ない」とせねばならない。

（p.109）このページで、原子力発電に関して核燃料サイクルのこと、また高レベルおよび低レベルの廃棄物処理のことにも触れて解説してあるのは評価できる。

(p.110-111)放射線の利用、自然放射線の存在など、割合に詳しく、数値をいれて記述されているのは評価できる。ただ１箇所、「調査・研究」の第３問で、「*放射線はなぜ人体に危険なのだろうか。・・・*」は、「放射線は、**なぜ場合によっては危険であることがあるのか**」、という質問とし、大量は確かに危険であるが、天然に存在する程度の少量であれば危険度は高くないことを教えねばならない。

II. 平成１５年３月に検定済みで平成１６年度から使用される予定の教科書

（１）「物理ＩＩ」

(１)－①　啓林館発行のもの

（p．258-263）　「D　放射線の利用と人体への影響」の項で、
(p.261)「放射線の人体への影響」の見出しでの「・・・*発ガンと遺伝的影響は、今のところ、これ以下なら影響が全くないといえる安全量の存在が確認されていない。*・・・」に関するコメントは、現在、ある量以下なら影響がないとする線量(いわゆるしきい値)について、存在すると考えるのが正しいという報告がでつつあり、全くないといえるかどうかが疑問視されつつある。したがって、「・・・安全量の存在についてはなお研究の段階である。」などの表現にするべきである。
(p.262)「*放射線被曝によって発ガンし死亡するリスクは、国際放射線防護委員会によると、1 mSv あたり２万人に１人と見積もられている。*」については、自然放射線に関して世界全体の人口について計算すると実情に合わないので、この記述については再考の必要がある。
（p.263）「実験１」として、「霧箱の製作と放射線の観察」について、原理、準備、方法について、詳細な説明がある。

(１)－② 数研出版のもの
（p．234-241）「２．放射線とその性質」　　D　放射能と放射線の測定単位
①放射能の強さ　②吸収線量　③線量等量（等価線量）
E　放射線による障害
(p.240)「・*放射線の人体への影響は複雑で、被曝量と障害との関係、障害の内容、放射線の種類による違いなどについて、一律に、簡単に述べることはできない。しかし、大まかに言うと、放射線による生物の組織や器官への影響は、皮膚に近いところや細胞分裂のさかんなところほど大きい。骨髄・リンパ節などの造血器官、生殖腺などが影響を受けやすいのはこのためである。*」放射線の生物への影響の表現は容易ではない。本文は、少し加筆(または修正)してはどうか。「組織や器官への影響は、一般的に言って・・・」「細胞分裂のさかんなところほど、顕著である。」またこの文は、説明の仕方が重要である。それ次第で誤解されやすい。

(１)－③　実教出版のもの
第４章　原子と原子核　２節　原子核と素粒子　２　放射線（p．257-263）
A　放射線と放射能、B　原子核の崩壊、C　半減期、D　放射線の作用と測定、E　放射能・放射線量の単位、F　放射線・放射性同位体の利用、G　放射線の人体に対する影響
(p.263)「*放射線を受けた細胞は、損傷が軽微ならば修復できるが、多量の放射線をうけ、損傷がおおきくなると放射線障害を起こす。一般に、細胞分裂が盛んな、胎児や幼児、造血器官や消化器、生殖腺、皮膚などは影響を受けやすい。*」　本文は、前半が細胞、後半は個体もしくは臓器のことを言っているので、「・・・皮膚などの細胞は影響を受けやすい。」のように修正したほうがよい。
３　核分裂と核反応（p．264-267）　A　原子核反応、B　核分裂と原子炉
(p.267)「*核分裂では速い中性子が放出されるが、天然のウランの大部分を占める ^{238}Uは、この速い中性子を吸収してしまい、連鎖反応は続かない。しかし、^{235}Uを一定程度以上に濃縮したり、中性子の速さを遅くする減速材を用いると、連鎖反応を維持できるようになる。連鎖反応が持続的に起こる状態になったとき、臨界状態に達したという。連鎖反応を制御し、核分裂による熱を得る装置が原子炉である。*」（例題として、結合エネルギーから核分裂で放出されるエネルギーを求める計算が示されている。）核分裂直後の速中性子は、^{235}U に吸収されにくく、

また天然ウランの大部分を占める ^{238}U と衝突して飛び去り、このため連鎖反応は続かない。本文の後半は、「・・・減速剤を用いると ^{235}U に吸収されやすく、連鎖反応を維持できるようになる。・・・」と修正すると理解しやすい。

(1)－④　三省堂のもの

5編　原子・原子核・素粒子　2章　原子核と放射線　1　原子核（p. 256-262）

A　原子核の構成、B　放射能、C　放射性崩壊、D　崩壊系列

2　放射線の利用と原子力（p. 273-276）A　放射線の利用、B　放射線量と自然放射線

(p.274)「*短期的な被曝では、2～3 Sv が致死量といわれている。*」短期被ばくで２～３Sv が致死量とは低すぎる。何から引用したのであろうか。６～１０Sv と思うので、そのように修正すべきである。なお、「短期被ばく」はあいまいな表現なので「短期的被ばく」または「短期的」もしくは「瞬間的な被ばく」とする。

(p.274)「*「白血病、発癌など確率的な影響は、10mSv につき、100 万人あたり、100 人の癌死増になるといわれる。」*　これは一説である。これがすべてではない。

C　核分裂と核融合

(p.275)「*・・・天然ウランが自然に核分裂連鎖反応を起こすことはない。*」天然ウランでも核分裂反応を起こしうるが、天然ウランの最小量と特殊な減速剤（重水とかグラファイト）が大量に必要であり、この条件は自然にはまずない。従って「起こすことはない」と言っても良いかもしれない。

(p.276)「*高速増殖炉は、技術的な困難を今のところ克服できていない。*」高速炉は技術的に可能であり、困難は克服されている。ただし高速増殖炉は技術的に微妙である。しかしこの教科書の表現は誤りである。

(p.276)「*核融合反応は、・・・加速器で加速するほかには、高温の状態にすることが考えられる。*」核融合が起こるように高温のプラズマを作る事は地球上ではまず不可能に近い。太陽は巨大で、重力も強いのでこのことが可能である。考えられても実行不可能である。加速器で核融合プラズマを作ることはまず不可能であり、従ってこの文は削除する。

(1)－⑤　第一学習社のもの

第 IV 章　原子と原子核　3　放射線の種類とその性質、4　原子核の放射性崩壊、5　半減期、6　放射性同位体の利用、7　核分裂、8　原子力とその安全、（9　核融合）

(p.251)「*わが国の法律では、一般の人の被曝線量の限度は、自然放射線と人工放射線を合わせて、年間５ミリシーベルト（mSv）とされている*」。線量限度には自然放射線は含まれていない。「人工放射線について年間 5 mSv とされている。」とするべきである。

(1)－⑥　大日本図書

第 IV 章　原子核と素粒子　4節　原子核　E　自然界の放射線

①　自然放射線、②　放射線の生体への影響

(p.160)「*細胞には修復機能があり、自然放射線を浴びた程度ではまったく問題がないことが知られている。*」　この記述はよい。誤解を招かぬような教師の説明はいる。

③　放射能と放射線の単位、④　放射線の防御

「*・・必要以上の被爆はさけるべきである。法律では、一般人が自然放射線と医療行為以*

*外で浴びる放射線量は年間 1 mSv 以下に規制されている。医療の現場などでも、被爆を最小限におさえるため、①放射線を鉛などで遮る、②放射線源と距離を置く、③放射線を浴びる時間を短くする、④サーベイメーターやフイルムバッチなどによって、放射線の量を常に監視する、などの注意が払われている」。*放射線被ばくを少なくするための基本的な考え方はこの通りであるが、医療行為による患者の被ばくは現在のところ、法規に寄る規制の対象外であり、上記のことはで医療従事者についてであるので、「・・・医療の現場などでも、医師・看護士等従事者については、被ばくを・・・」のような文章を挿入するのが正しい。

⑤ 放射線の利用

（2）「政治･経済」の教科書について

(2)－① 東京書籍「政治・経済」、平成 15 年 3 月 20 日検定済み

第 1 章 現代の政治 第 5 節 現代の国際政治 第 5 項「地球環境問題と国際社会」

（p.83）「*枯渇が心配される石油や石炭といった化石燃料にかわるものとして開発されてきた、原子力もまた、環境破壊を引き起こす要因の一つに数えられる。特に、1986 年に旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所で起きた事故は、放射能漏れを引き起こし、多数の死者を出しただけでなく、広範囲にわたる放射能による環境汚染へとつながった。わが国でも、1999 年に東海村のウラン加工施設で起こった大規模な放射線漏れ事故は記憶に新しい。原子力発電などが生み出す放射性廃棄物も、環境汚染の原因となっている。また、核保有国による核実験が、珊瑚礁などの破壊をもたらしていることも、よく知られている」。*

との記述がある。ここでのコメントは、（上記の 2 行目）「・・・環境破壊を・・」の前に（取り扱い方によっては）を挿入すべきであり、（5 行目）「・・大規模な放射線漏れ事故・・」の（大規模な）は削除すべきであり（7 行目）「・・珊瑚焦などの破壊を・・」は（環境に大きい影響を・・）とすべきである。

第 3 章 現代社会の諸問題 第 1 節 日本社会の諸問題 第 10 項 資源・エネルギー問題は解決できるのか？「原子力発電の是非」で

（p.188）「*原子力は、大量のエネルギーを供給でき、温室効果の影響も少ないといわれている反面、人体に有害な放射能を大量に発生させるためその安全性が問題となる。」*

とあるが、（・・・放射能を大量に発生させる・・）の（大量に）は削除すべき、また「・・その安全性が・・」は安全性の前に（取扱い上の）を挿入すべきである。

（2）－② 第一学習社「新政治・経済」 平成 15 年 3 月 20 日 検定済み

第 3 編 現代社会の諸問題 第 2 章 国際社会の政治や経済の諸問題

第 1 節 地球環境問題（p.118･119）A「自然環境の保全を優先」、B「経済発展を優先」

二つの考え方が 1 ページずつ示されて、ディベートできるようになっている。

第 2 節 資源・エネルギー問題（p.120･121）A「原子力の推進」と、B「原子力を見直して新エネルギーを利用」という、二つの考え方が 1 ページずつ示されている。

第 3 節 核兵器の廃絶と軍縮 （p.122･123）ここでも、A「真の平和のために、核兵器を完全に廃絶するという考え方」、B「外国からの侵略を防ぐために、核兵器を保有するという考え方」という 2 つの考え方が説明されている。

(2) −③ 実教出版「高校政治・経済」 平成15年3月20日 検定済み

第1編 現代の政治 第3章 日本の政治機構 第5節 地方自治

(p.64)「・・こんにちでは、*地方自治体が、原子力発電所や産業廃棄物処理場の建設などのように、地域に大きな影響を及ぼす事業の可否をめぐって住民投票を実施し、重要な政策決定に住民の意思を反映させるとりくみが試みられている。*」

との記述があり、その前のページには「プルサーマル反対」という見出しの住民投票についての新聞報道がある。ここの記述については、(上記の第1行)「地方自治体が、・・・」は(地方自治体によっては、・・・)とすべきである。

第3章 現代経済と福祉の向上 第4節 環境保全と公害の防止 ②「エネルギー問題」

(p.140) 「・・・*などで原子力の安全性に疑問がもたれ、放射性廃棄物に対する不安やコストの面から、国民のあいだにクリーンな自然エネルギーの導入を求める声が高まっている*」。

については、「原子力の安全性(の確保)に疑問がもたれ、」であろうし、放射性廃棄物については、「・・・に対する不安などの面から・・・」とすべきである。

(2) −④ 三省堂「政治・経済」 2003年3月20日 検定済み

III編 現代社会の諸問題 第1章 現代日本の政治・経済

(p. 123)「考えてみよう・行動する市民による民主主義の実践」で

「住民投票など、直接民主主義的な方法は地域の政策選択の方法として、どこまで有効だろうか」について賛成論と反対論の記述があり、「反対論」では

「*・直接民主主義のもとでは住民の感情や情緒が反映され、冷静な判断をしにくい。*

・専門的な政策問題について住民は判断する能力をもたない。

・原子力発電所やごみ処理場など周辺住民にとって迷惑な施設について、住民投票を認めていたら、反対の意思ばかり表明され、ものごとを決めることはできない」

との意見がのべられている。

第2章 国際社会の政治・経済、1. 地球環境問題 の「地球温暖化への日本のとりくみ」で

(p. 154)「*地球温暖化防止大綱は、・・・ しかし、原子力発電所を20基建設するという目標を掲げた。原子力発電所の建設に対しては、放射能漏れなどの危険があること、また原子力発電で生じた廃棄物の処理や廃炉の解体などについて安全性が確立していないことなどを理由として、国民のあいだで根づよい反対がある。*」

最後の行では、「国民のあいだで根づよい反対がある。」は単に「反対意見」であろう。

今回は、調査したがここに報告しなかった上記以外の教科書(「政治経済」の上記以外の出版社のもの、「一般社会」「地理」、「世界史」、「日本史」、)についての結果の紹介は省略する。これらの社会系の教科書における記述は大分改善されているが、まだ原子力に関する欠点が誇張されて記述されている傾向がある。最近は、文系の教科書で地球温暖化の問題が大きく取り扱われるようになり、原子力に割かれている字数が以前より非常に少なくなっているようである。また、理系・文系ともにディベート方式の両論併記の記述も最近の傾向である。

次ページは昨年9月にこの問題で「日本原子力学会秋の大会」で発表したアブストラクトを示す。

(謝辞) この報告をまとめるにあたり、最近の教科書に関する種々の資料のご提供あるいは閲覧の便宜を与えて下さった電気事業連合会広報部及び科学新聞社に感謝する。

M6 平成１６年度より使用される高等学校新教科書における エネルギー・環境・原子力関係の記述について

Description about Energy, Environment, and Nuclear Power in the Textbooks to be Used in Senior High School from 2004

放射線教育フォーラム　○松浦辰男　関本順子　高木伸司

Tatsuo MATSUURA　Junko SEKIMOTO　Shinji TAKAGI

平成１５年春に公表された、平成１６年度から使用される文部科学省検定済みの理科（物理 II）及びその他の科目の教科書におけるエネルギー・環境・原子力・放射線関係の記述について調べたので報告する。

キーワード：　高等学校教科書　　原子力　　放射線　エネルギー環境問題

１．緒言　昨年と同様に、平成１６年度から高等学校で使用される文部科学省検定済みの理科（「物理II」）及びその他の科目（「一般社会」「政治経済」「地理」「世界史」「日本史」）の教科書におけるエネルギー・環境・原子力・放射線関係の記述について調べた。今回注目したのは、最も専門色の強い「物理 II」における記述にどの程度まで最近の新しい情報が取り入れられているかということと、文系の教科書における記述の妥当性である。

２．理科（「物理II」）の教科書

一般に各出版社の教科書でグレイとシーベルトの区別の比較的詳しい説明があるのはよい。

（Ｊ－出版）「放射線の人体に対する影響」で、「*放射線を受けた細胞は、損傷が軽微ならば修復できるが、多量の放射線を受け、損傷が大きくなると放射線障害を起こす。*」などはよい記述である。臨界状態の記述もよい。

（Ｓ－堂）「簡易霧箱を使った放射線の観察」「放射能の発見」のかこみ記事はよい。「*自然界には、少量の放射性核種が普遍的に存在する。・・・地球上の動植物は、常に放射線にさらされながら、普通に生活しているのである。*」「*核分裂によって生じる原子核の種類は・・・中性子過剰のため、いずれもβ崩壊を起こす放射性同位体である。*」の記述はよい。（Ｄ－社）「放射性同位体の利用」でほぼ２ページにわたって多方面の利用を放射線の性質に関連させて説明している記述はよい。ただし、「原子力とその安全」で「*わが国の法律では、一般の人の被曝線量の限度は、自然放射線と人口放射線を合わせて、年間５ミリシーベルト（ｍＳｖ）とされている。*」とあるのは正しくない。（Ｄ－図書）「自然界の放射能」の記述は全般的によい。「*自然界には主な原因が宇宙線と岩石に含まれる長寿命の放射性同位元素である自然放射線が存在すること*」「*細胞には修復機能があり、自然放射線を浴びた程度ではまったく問題がない。*」「*放射線の防護には①放射線を鉛などで遮る、②放射線源と距離を置く、③放射線を浴びる時間を短くする、④サーベイメーターなどによって放射線の量を常に監視する。などの注意がは払われている。*」は好ましい記述であると考える。

３．　理科以外の教科書「一般社会」「政治経済」「地理Ａ」{「地理Ｂ」「世界史Ａ」「日本史Ａ」

多くの教科書において地球温暖化の問題は大きく取り扱われている。しかし、その割には以前よりも（従来かなり問題があったが）原子力に割かれている字数が非常に少なくなっている感じがする。そしてその反面（太陽エネルギーに代わり）風力発電の取り上げ方が大きいようである。実際の定量的寄与をもっと考慮すべきである。

注目すべき傾向は、例えば Ｄ 社の（「政治経済」第２章、国際社会の政治や経済の諸問題）のように、１．地球環境問題、２資源・エネルギー問題、３．核兵器の廃絶と軍縮、の３つのテーマについて、それぞれ、（Ａ．自然環境の保全を優先する考え方、Ｂ．経済発展を優先する考え方）、（Ａ．原子力エネルギーを推進する考え方、Ｂ．原子力を見直し新エネルギーを利用する考え方）、（Ａ．真の平和のために核兵器を完全に廃絶するという考え方、Ｂ．外国からの侵略を防ぐために核兵器を保有するという考え方）、というようにいずれも相反する二つの考え方を１ページずつ同時に示して、ディベート方式の授業をし易いようにしている点である。このやり方は、複雑な社会の事柄を一方的にきめつけるよりも公平であり、生徒に考える力をつけるので好ましいように思える。

しばしば「持続可能な開発」という言葉が見られる。これは Sustainable development の訳語であろうが、これで正しいのであろうか。「持続可能な（経済的）発展」ではないかと思うのだが。

マスコミ報道調査委員会

「マスコミ報道調査委員会の活動について」

報告者：　事務局　多田孟渉

マスコミ報道調査委員会は、茨城県立医療大学の加藤和明教授を委員長として、平成15年7月に編成されました。放射線や放射能について、科学的に誤っていたり、誤りでないとしても誤解や偏見をもたらす可能性のある報道を調査し、社会への正しい情報の提供という広い意味の"教育"の観点から、現状を分析し改善の方策を検討することがこの委員会の目的です。新聞報道などを中心に、事例データの収集を進めては居りますが、委員会に参加された先生方がお忙しいこともあって、7月11日に第1回目の委員会を開催して以来、とりたてて活動をしては居りません。

平成15年度中（7月以降）にあった、放射線や放射能に関連する報道には、イラクの劣化ウラン弾関係のもの、県立柳川病院での放射線技師の線量限度を越える被曝に関するもの、国立弘前病院で多数の過剰照射が判明したことに関するもの、原子力発電所関係のもの（異物、漏水、過去の焼却？など）、原発労働者の骨髄腫の労災認定関係のもの、そして、The Lancetに掲載された放射線診断のattributable cancer riskに関する論文関連のものなど、さまざまな記事がありました。

委員会事務局として多少気の休まる思いをしたことは、かつての報道のように、科学的に荒唐無稽としか言いようのない記事は、流石に見られなくなったことです。しかし、イラクの劣化ウラン弾に関する記事のように、関係者の誤った思い込みに基づく"報告"をそのまま記事にした例や、The Lancetの論文に関連する記事のように、記事の内容としてはバランスが取れているものの、紙面の構成（活字の大きさ）が放射線の害ばかりを強調する形になっているものなど、意図せずに一方的な印象を与える記事となっている例は少なくなかったようです。

意図的であれ無意識であれ、特定の価値観で色づけされた記事、特に、特定の価値観に基づく議論であるにもかかわらず、普遍的なものであるかのように記述した記事は、深刻な誤解や偏見を生み出す懼れがあります。また、多面的な内容を一面のみから議論したり、一部のことだけを誇張して記述した記事も、特定の意見を醸成する可能性があります。言論や表現の自由という枠組みの中で、こうした現代の魔女狩りにどう対処すればよいか、委員会の前途は遼遠です。

以上

（次ページに2003年7月11日に開催されたこの第1回委員の概要を記す。）

マスコミ報道調査委員会第1回委員会の概要

日時：2003年7月11日　16：00　～　18：00
場所：(株) 千代田テクノル本社8階会議室
出席者：加藤和明（委員長)、杉　暉夫、多田順一郎
議事：

1. 先ず、この調査委員会の目的について、委員長から説明があった。一般の人々は、主に報道を通じて、放射線や放射能に関連する情報に接している。そのため、この問題に関する報道の“描き方”は、国民の意識形成に大きな影響を与えると考えられる。そのため、繰り返し“変な”イメージが報道されると、放射線や放射能に対する誤った理解や認識を定着させる懼れがある。放射線や放射能に対する過剰な警戒は、安全に対する社会資本の適正配分を損なう可能性もあり、結果的に社会の安全性を低下させる場合もある。この調査研究会では、放射線や放射能の関係する“変な”報道を収集、整理し、どうすればそうした報道を減らせるかを検討したい。活動の結果は、理事会の承認を得て、社会に向け発信する。
2. 委員長の説明を受けて、そもそも“変な”報道とは何かが議論となった。先ず、科学的な誤りを含むものが該当するのは自明である。次に、意図的であれ無意識であれ、特定の価値観で色づけされたものがある。特に、特定の価値観に基づく議論であるにも拘わらず、普遍的なものであるかのように記述したものは、大きな誤解や偏見を齎す懼れがある。同様のコンテクストであるが、多面的な内容を一面のみから議論したり、一部のことだけを誇張して記述したものも“変な”報道に当る。なお、特定の結論を誘導すべく作為したものは、本来、報道が取り上げるべきではないものであろう、ということで意見の一致を見た。
3. 委員長より、“変な”報道を収集する手段は、各委員が気付いたときに“拾い上げる”のでよく、担当するメディアを割り当てることはしない、との説明があった。各委員は、収集した“変な報道”に意見を付し、委員長にメールで報告する（事務局にもCCする)。事務局は、この情報を各委員の参考に配信する。
4. 纏まった調査結果を、どのようにして本調査研究の目的に反映させるか、という議論があった。委員長より、来年8月に長崎で開催が予定されている第3回國際放射線教育シンポジウムで報告する予定が示された。また、報道関係の人たちとの討論会などを企画する提案があり、検討することとなった。この件に関して、現場の記者と、デスクと、論説委員とでは、同じ問題に対してもそれぞれスタンスが異なる場合があることを考慮する必要がある、とのコメントがあった。　以上

（報告者）マスコミ報道調査委員会　事務局　　多田順一郎

(加速器利用調査・検討委員会)

2001 年度に設置され，3 年間にわたって活動してきた本委員会は 2004 年 3 月で予定通り終了する。更田豊治郎委員長のもと，10 人の委員が集まり，放射線と加速器，加速器の原理と歴史的な発展，産業への利用，医療への利用などを楽しく議論しながら，調査して互いに発表しあい，またどのように説明するのがいいかなどを検討してきた。それを高校生副読本として 100 ページほどの報告書にまとめた（参考資料「加速器―放射線はこのように利用されます」；約 100 ページ)。数人の高校の先生に依頼して感想・コメントをいただいた。その主なものを挙げると「内容が難し過ぎる」，「対象読者が普通程度の高校生なのか，物理を履修し終えた優秀な学生なのか，高校教師用なのか，わからない」，「各章ごとの統一・整合性がない」などの厳しい意見とともに，「これほど詳しい解説は近年の執筆ものにはめずらしい」というコメントもあった。この報告書は，いただいたコメントとともに，そのまま放射線教育フォーラムの資料として事務局に保管してもらい，別の機会にフォーラムの会員または委員会によって利用していただけることを期待する。ご協力くださった高校教員の方をはじめフォーラム事務局の方にお世話になったことを感謝する。

（1）活動方針

近年の加速器の進歩は著しく，国内だけでも 1 千台以上が稼動して，医療，農業，工業，環境の各分野において欠くことのできない放射線源となっている。大型加速器もすでに高エネルギーイオン加速器によるがん治療（放医研)，化学分析や物質構造研究で有効な高強度 X 線施設(SPring-8)が稼動中であり，また星における元素合成（理研 RI ビームファクトリー)，放射能消滅(原研)，根源物質の研究(KEK)の建設計画がすすめられている。

活発に進められている放射線利用分野の中で，とくに物理，化学，生物の授業にたずさわる教師が知っておくべきであろう放射線利用例と加速器(放射線発生)の原理を調査し，わかりやすく整理された形にまとめることを検討するために活動する。

（2）活動期間：　2001 年 7 月より 2004 年 3 月まで

（3）委員名簿

委員長：更田豊治郎（副会長・理事)，委員：荒谷美智（監事)，大橋國雄（理事)，加藤和明（理事)，小高正敬（理事)，田中隆一（会員，2003 年度より理事)，白形弘文（会員)，中村眞基（理事)，広井　禎（理事)，幹事：峯岸安津子（理事)，大野新一（理事)

（4）活動経過と成果

(2001 年度)　年度内に 3 回会合をもち（10 月 19 日(土)10 人出席；12 月 1 日(土)出席 10 名，2 月 2 日(土)出席 10 名)，本委員会の最終目標を「読者は中・高校教師，および高校生を対象とした副読本にまとめる」こととし，内容ならびに書き方についての基本

方針を定めるとともに各委員が予め決められた課題にしたがっての調査結果の報告をそれぞれ 30 分程度で行い，活発な討論を行った。高校教師（たとえばカリキュラム委員会に出席されている 5 人の委員）に査読してもらう。「序文」は広井委員に原案を作成してもらう。またテキストは 2 本立てとしてテキスト本文は 100 ページ程度，他は参考資料的なものとして執筆者名をいれる。加速器が分かると放射線が分かるような筋が通るようにする。また加速器は物質の構造を極めるものであり，大強度・高エネルギーの加速器の必要性を説明する。

(2002 年度)　第１回９月７日(土)出席８名，第２回１１月 30 日(土)出席７名，３月１日(土)出席 5 名の委員会を開催し，担当委員の調査報告をきき，それについて質問・検討を行なうという形で活発な議論をつづけ，さまざまな異なる考え方が提出され，必ずしも全部の一致を見るには至らず，そのために予定より進捗が遅れる結果となった。図表も含めて 2002 年度中に最終的に完成させることは無理があるということで，今年度の作業を第三者の意見を求めるために必要な原稿をともかく揃えるところまでとした。そこで委員会活動を 1 年間だけ延長することを決め，2003 年度も引き続き活動することにした。

(2003 年度)　最終目標である高校生用副読本の作成については，第１回７月１３日(土)出席８名，第２回９月 13 日(土)出席９名の２回の会合で各自の書きなおし原稿の読み合わせを行なった。

更田委員長から全般的に高校生には難しすぎるのではないかとのコメントがあった。

各章ごとに執筆担当者の特質が表面に出ており，全体としての統一に欠ける点が指摘された。しかしながらこのままの形で高校教員からのコメントを得て，各執筆者に修正してもらい，それをフォーラムにデータベースとして提出することにし，その後の取り扱いについては別の委員会設置に委ねることとした。

広井委員を通して高校理科系教員に読んでコメントをいただくこととした。依頼は２回に分けることとして９月末に前半の第１章から５章までコピー８部を用意することにした。後半は１０月末としたが実際には 12 月になった。これらのコメントをつけた形で報告書を完成させ，今年度で委員会をいったん終了することを確認した。

（5）報告書目次

（かっこ）内は予定とされた執筆担当委員名，数字は割当ページ数を示す。

表題「加速器―このように放射線は利用されます」

はじめに（広井 1）

放射線と加速器（大野 10）

物質の根源をしらべる研究と加速器（大野 10）

加速器の展開（荒谷 10）

産業における加速器の利用（田中 10）

加速器の医学利用（大橋まとめ 10）

診断・RI 製造（大橋）治療（峯岸）

加速器の農業への利用　（田中　5）　　産業における利用にまとめる

加速器質量分析法―同位体を放射線にして測定する―（小高 10）

ＲＩビームファクトリー（荒谷5）不安定原子核を作り，元素の起源をさぐる
大型放射光施設（SPring-8）（白形5）強力Ｘ線源，その利用例
医療用重イオン加速器（HIMAC）（峯岸5）
中性子科学センター（大型陽子加速器建設）計画（白形5）
付録：高速の荷電粒子のエネルギー付与（中村10）
おわりに　（更田　3，場合によってページ追加）

（6）委員会活動の終了にあたって

報告書は広井委員を通して数人の高校教師に依頼し，実際に読んでもらって詳しいコメントをいただいた。コメントと報告書をそのまま放射線教育フォーラムの資料として残すことにする。当委員会としては，これで活動を閉じるが，将来この資料に基づいた出版物を作成することを目的とする別の委員会が発足することを切に希望する。その委員会は，出版費用を含む必要事項を検討するとともに対象読者を選定の上，原稿の再構成，文章の統一，図表イラスト類の大幅の追加，出版社との交渉などを主たる活動の内容とする。参考までにいえば，一般人を対象とする新書本（例えば講談社版ブルーバックス）あるいは教師用指導参考書（例えば高校教科書出版社），あるいは高校生向けの副読本などが考えられる。

産業における加速器の利用

4．1 はじめに

放射線はX線を用いた人体の透視、断層撮影、がん治療などを通して今日における質の高い医療に貢献していることはよく知られています。しかし、クルマやテレビのような日常生活に密着した道具があたりまえに機能していることに放射線が貢献しているという事実は意外に知られていません。

放射線の利用は、原子核の存在が知られる以前の19世紀末のX線発見を機にその開発が始まり、日本では第2次世界大戦後に始まった原子力平和利用においてエネルギーの利用と並ぶ2つの柱の一つとして推進されてきました。現在では放射線の利用は医療や産業の分野で広く普及し、生活のなかに深く浸透していると言っても過言ではなく、高度な科学技術が支える現代社会において欠かすことのできない重要な役割を果たしています。

放射線が人類の歴史にどのようなインパクトを与えたのかについては、発見後100年という短い歴史からは結論づけることはまだできませんが、おそらくは次のことが言えるのではないでしょうか。

人類は放射線の存在を知り、人体を傷つけることなくその内部を診ることを初めて可能にすることなどを通して、放射線を人類文明の新しい道具にしました。また、通常の光を使うだけでは見えないミクロな物質像やそれとは逆のマクロな宇宙像を目の当たりにすることを可能にすることを通して、われわれが思考をめぐらし得る自然環境という外的世界のイメージを飛躍的に広げるとともに、その認識を深めました。

それと同時に、人類が文明を形成して以来、“ものつくり”の手段としてきた人力、機械力、熱、さらには光を用いることによる自然物の加工に加えて、放射線という新しい道具によって、対象物質の見ることができない内部まで直接的に作用を及ぼす加工手段を可能にしました。

一方、放射線利用がこの100年間に普及が進んできた背景には、放射性同位元素のような原子核を利用した放射線発生源の果たした役割以上に、人工的に様々な放射線を発生させる道具として発展してきた加速器の役割があります。今日では多種類、かつ大小さまざまな加速器が、学術研究だけでなく産業及び医療分野における放射線利用手段の主役として活躍しています。

ここでは、加速器という道具立てに焦点を合わせて、放射線の利用原理とその利点、放射線の産業や学術研究への利用方法、放射線利用の特徴、工業及び農業を対象とする産業分野における放射線利用の現状、放射線源としての特徴、加速器の放射線利用に係わる安全性、及び加速器による放射線利用の将来像について述べます。

４．２ 放射線の利用原理―透過と作用について―

放射線の利用は19世紀末にレントゲンがX線を発見したことに始まりました。その利用目的には発見直後から２つの考え方がありました。その一つは外からは見ることのできない身体の内部を透視することによって身体を傷つけることなく内部の病変を診断することです。もう一つは放射線を身体の内部や表面にあてることによって身体を構成する組織に直接的に作用を起こさせて病気を治療することです。つまり放射線利用は当初から診断と治療という２つの異なる手段に分かれて発展しました(図４．１参照)。

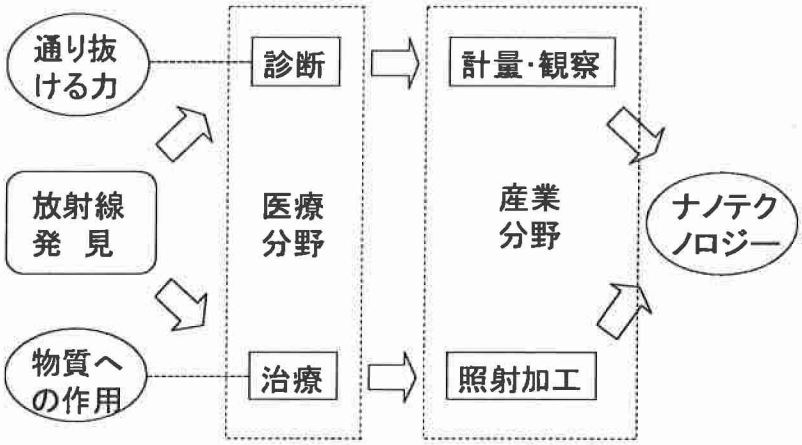


図４．１　放射線利用普及の流れ

この２つの利用手段は放射線のどの種類にも共通する２つの基本性質からそれぞれ生れたものです。その一つは物質を通り抜ける力です。もう一つは、通り抜けながらも物質に作用し、その通り道の周りに沿って物質の性質を変える力です。

この２つの性質は放射線だけではなく光や電波にも備わっています。しかし、光の場合は物質に作用して吸収されたり、反作用を受けて散乱されたりしやすいために、放射線や電波に比べて一般に透過力が弱く、素通りできる物質は限定されています。一方、放射線の場合は透過中に確かに作用は起こしにくいのですが、たった１回の作用で光や電波に比べてずっと大きなエネルギーを物質に与えることができます。このように物質に対して局所的に大きなエネルギーを与えることができるという放射線の特質が病気の治療や物質の加工に大きな効果を発揮しているのです。

図４．１に示すように、放射線の診断への利用は放射線が物質を通り抜ける力を主として利用しており、治療への利用は物質への作用によってその性質を変える力を主として利用しています。しかし、それだけでは利用原理を十分に理解することはできません。２つの利用手段についてその物理的な意味をもう少し考えてみましょう。

もし、放射線が物質との間で相互に作用し合うことがなく、放射線がひたすらまっすぐ通り抜けるだけであったとしたら、それはちょうど空気が可視光を素通りさせてしまうために私たちの目には空気が見えにくいのと同じで、われわれは放射線が透過した

物体それ自体を認知することもできないことになります。しかし、上空に雲があればその中の水滴によって通り抜けていく可視光が部分的に吸収されたり散乱されたりします、つまり、可視光を雲が部分的にさえぎります。これらの作用･反作用(相互作用)を通して、そこに雲が存在することを認知できます。それと同じように、身体内部を通り抜けていく放射線を部分的に吸収あるいは散乱するので、その相互作用の結果として身体の内部構造を見ることが可能となります。ですから放射線の検出器は言わば人間の目に相当します。X線画像で身体のなかの骨折部や病変部が診断できるのは、ちょうど、雲の大きさ、形、明るさなどの違いなどを通して天候を予測できるのと同じ原理です（図 4．2 参照）。

他方、放射線による治療において放射線が身体の深部まで直接に作用するのは、放射線が身体のなかで吸収・散乱されながらも、その深部まで物質を通り抜ける力をもつからです。このことはちょうど地球は厚い大気層に覆われてはいますが、地上においても作物の育成が可能であるのは、太陽光が大気層で吸収・散乱されながらも、地上まで大気を通り抜ける力をもつからであるのと同じです。

したがって、放射線は物質との間で相互に作用し合いながら深部まで透過したり、あるいは通り抜けたりするというのがより正しい理解です。そういうわけで診断と治療という２つの異なる利用手段では、それぞれ通り抜ける性質と物質に作用する性質の片方だけを利用しているのではなく、両方とも利用していることが理解できます。

図４．２　透過と作用―放射線と可視光の比較―

放射線の利用はまず医療分野で始まり、その後産業や学術の広い分野へと広がりましたが、診断と治療に象徴される２つの利用形態はそのまま引き継がれて今日に到っています。診断は放射線を検知することによってものを計量あるいは観察するための手段としての放射線利用へと発展しました。治療は放射線をものに照射することによってそれを加工する手段としての放射線利用へと発展しました(図４．１参照)。

近年、人類の空間的な関心は宇宙によって象徴されるマクロな世界とLSI 、DNA

等によって象徴されるミクロな世界へと拡張していますが、その両分野における科学技術の発展において多種類の放射線が欠くことのできない道具としての役割を担っています。ミクロな物質世界では、特にLSIなどを造る半導体の微細加工で見られますように、放射線は欠かせない手段ですが、一方では、微細な物質領域の加工のため、光では見にくい部分の計量や観察にも放射線が必要とされています。このように、計量・観察と加工の２つの利用形態を積極的に結合することによってさらに高度な新しい放射線利用としてナノテクノロジーが進展しつつあります。

４．３ 放射線の産業や学術研究への利用方法

原子力の平和利用には大別して二つの方法、すなわちエネルギー利用と放射線利用があります。これまで広く行われてきたエネルギー利用は原子核が分裂するとき発生する多量のエネルギーを熱に変えて利用する方法です。しかし、核分裂によって発生するエネルギーは、分裂した原子核の破片といくつかの中性子の全運動エネルギー、すなわち分裂によって生成した放射線のエネルギー量に等しく、その大部分は周囲の物質によって吸収されて最終的にその大部分は熱エネルギーに変換されます。したがって、原子力エネルギーの利用は、広義の意味においては、原子力発電も含めてすべて放射線利用であるとも言えます。原子力発電は放射線のエネルギーをいったん熱に変えてから電気エネルギーに変換しているわけです。一方、通常使われている狭義の意味での放射線利用は熱以外の放射線特有の性質や作用を利用する方法です。ここでは狭義の放射線利用に限定してその基本的方法を述べます。

放射線の利用が医療における診断と治療の二つの利用形態から始まりましたことは４．２で述べましたが、図４．１に示すように、その後は産業や学術における利用にも発展してきました。その基本的な利用方法は以下の２つにまとめることができます。

表４．１　放射線利用における２つの方法

(1)放射線を利用する計量あるいは観察
(2)放射線を利用する加工

方法(1)は、対象としている物体を通過した放射線あるいはその物体に放射線が当ることによって二次的に発生した放射線の検知、もしくはそれらの放射線の作用によって生成した物質の検知を通して、その物体についての何らかの計量あるいは観察を行う利用形態です。

方法(2)は、放射線が物体に作用してその性質を変える力を利用して対象とする物質を加工する利用形態です。放射線が物体に入射するとき、その物体を構成する原子や分子との物理的な衝突の結果として最初に起こす重要な作用は原子や分子の電離です。この電離作用をきっかけとして、様々な化学反応を引き起こしますが、その結果として現れる化学及び生物効果を生活に役立つ加工生産に応用するわけです。

方法(2)の場合は利用される放射線の発生はラジオアイソトープの使用を含めて人工的な手段に限られますが、方法(1)の場合、利用される放射線は例えば宇宙放射線のよ

うに自然発生によるものも含まれます。質量分析手段による考古学試料の年代測定、宇宙放射線計測による太陽の内部診断等がこれにあたります。

4．4 放射線利用の特徴

放射線利用には2つの基本的な方法があることはすでに述べましたが、それぞれはどのような特徴を持っているのでしょうか？

まず、産業や学術における計量･観察への応用について考えてみましょう。計量手段としては、ものさし、はかりなどから始まって、現在では電気、光、音、化学反応、放射線などの利用を含めて極めて多くの手段が応用されています。これらのうちで、放射線の利用については、他の手段と比較して大掛かりの装置や放射線を安全に扱うための厳しい管理が必要とされるという問題があります。しかし、放射線は厚い物体を通り抜けるという特徴を活かすと、分解しなくとも傷つけることなくその内部構造を離れた場所から計量あるいは観察できるという他の手段にはない利点があります。また、物体に接触することなくその場で計量できるという特長を活かすと、板状あるいはフィルム状の薄い製品でも、透過力の比較的小さい放射線を選択することによって、その厚さを生産ライン上で自動的に制御できる利点があります。

外からは見えない大型機器などの内部のキズを調べるための非破壊検査や危険物の持ち込みを調べるための空港手荷物検査などがその代表例です。物質を通り抜ける力、散乱、吸収などの性質を利用して物理的に自動計量できる厚さ計、密度計、レベル計などもその実例です。

また、放射線はその粒子あるいは光子の一つ一つを検知できるだけでなく、その検知信号をもとにして検知されるまでに粒子あるいは光子がたどった履歴についても推定できるという特長があります。これらの特長を活かすと、計量･観察の対象である被験物を単に傷つけずに済むというだけではなく、たとえ極めてわずかな量の被験物からでも、他の手段では真似のできないほど高い感度で精密な計量･観察が可能です。これらの目的には加速器以上に優れた手段を見つけにくいと言っても過言ではありません。加速器を用いて被験物中の放射性炭素等を計量することを目的とする文化財･考古学資料や地球環境試料の年代測定がその代表例です。これらの計量技術は誰でも簡単に使うことができない特殊な計量手段ですが、高度な知識に依存する文明社会を支える上で欠くことのできない役割を果たしています。

次に、加工生産への応用について考えてみましょう。自然物を加工する能力は人類が他の動物と一線を画している大きな要素であり、このことを強調してホモ・ファーベル(homo faber、工作人)という呼称もあるほどです。文明社会の営みの歴史的変遷は加工技術の進歩に強く依存しています。人類は18世紀まで基本的には人力や熱などの自然にあるものを利用する加工技術に頼ってきましたが、19世紀にかけて、蒸気機関や電気の動力源を発明することによって動力機械による加工がはじまるとともに、化学技術の発展によって化学的な加工法が登場するようになりました。これらは加工技術の飛躍的な発展をもたらしましたが、いずれも加工されるものとの物理的な接触を必要とする加工手段であることにおいては18世紀以前と変わりありませんでした。そういうわ

けで、被加工物と接触しない状態で遠隔的な操作で物体の深部まで直接に作用し得る加工方法が放射線の発見をきっかけとして20世紀になって初めて登場したのです。非接触的な加工には、レーザー光、紫外光、遠赤外光、マイクロ波、超音波などの電磁波も現在利用されていますが、この方式の端緒をつくったのは放射線による加工です。

機械的、熱的、化学的な加工法や放射線以外の電磁波を用いる加工法に比べたときの放射線法の特徴は、被加工物の深部まで直接に作用できること及び非熱的であるため、被加工物の物性や機能の制御が容易なことです。加工への放射線利用における共通的な利点をまとめると表４．２のようになります。利点(1)及び(2)は放射線加工のもつ原理的な特徴であり、他の加工手段とは異なる基本的な特徴です。利点(3)、（4）、及び(5)はそれらの原理的な特徴から誘導される典型的な応用技術の特徴です。

利点(1)については、医療用具の滅菌や食品の殺菌への放射線照射利用においてその利点がよく現れています。医療用具の滅菌については、従来はガス状の薬剤による化学作用を利用するガス滅菌が広く行われてきましたが、被照射体の深部まで均等に殺菌作用を及ぼしにくいだけでなく、有害な化学物質が内部に残留する危険性があります。一方、放射線法は非接触加工ですから、薬剤残留の問題が解消されるだけでなく、包装された製品あるいは輸送用の梱包のままコンベア上に載せた状態で連続的に処理できます。このことは理想的な衛生管理を可能にするだけでなく、ガス滅菌のように時間をかけて滅菌作用の完了を待つこともなく連続的に処理できるので、高速処理(利点(3))を容易にするだけでなく、製品を流通させるうえでも好都合です。特に電子加速器を用いた新しい処理法では、放射線のエネルギー出力が大きいため、非常に短い照射時間で連続処理が可能ですので、製品の流通がいっそう好都合となります。

利点(1)については、電線や自動車タイヤに使われる高分子材料の加工への電子線照射においてもその利点がよく発揮されます。テレビや自動車などの使われる電線の高分子被覆材は電気絶縁のため100℃以上の温度環境でも形が崩れないことが要求されるため、分子間を化学的に結合させる反応によって材料の耐熱性を高める必要がありますが、通常の化学的な架橋反応には高い温度が必要であり、被覆材が軟化して形が崩れてしまいます。しかし、放射線を用いた架橋では、温度はわずかしか上がらないため、素材の物性や形状を維持した状態で耐熱性の材料にすることができます。植物の品種改良への放射線照射利用においても、照射による加熱は無視できますので、植物細胞の機能を正常に維持したままDNA分子のみに変化を起こさせることによって遺伝子を変異させて優良な品種を創り出すことができます。

利点(4)も近年ますます重要性を増しています。放射線を使わない有機物質の化学的加工では、化学反応を開始したり促進したりするための化学薬剤を添加する必要がありますが、添加剤は有害物質である場合が多く、使用後の廃棄において環境負荷の原因となります。また、放射線を使わない化学的加工で必要とされる加熱によって被加工物から放出される溶剤、添加物質等を含む排ガス、廃液、及び悪臭も環境負荷の原因となります。前述の医療用具の滅菌や食品の殺菌においても、有害なガス状の化学物質は国際的にも使用制限が約束されており、それらに代わってクリーンな放射線照射利用が増えつつあります。

表４．２　加工処理技術として放射線法の一般的な利点

(1) 物体の深いところまで均等に加工	物体に触れないで加工
(2) 物体を加熱せずに加工	素材の形や特質を変えない加工
(3) 高速加工	省エネルギー
(4) 有害物質の使用、排出を抑制	環境調和型産業
(5) 容易な品質管理、確実な品質保証	高い品質の信頼性
(6) 計量・観察と結合する照射加工	ナノテクノロジー

利点(5)は放射線法が他のどの手段と比べてもその優位性をはっきりと強調できる特長です。熱や化学物質を使用する場合とは違って、放射線作用が与える効果は、照射する放射線や加工される物体の条件さえ与えられれば、吸収線量(対象物質の単位質量あたりのエネルギー吸収量に着目した放射線量)だけで正確に制御できます。したがって、医療用具の滅菌や食品照射に場合のように、線量値について法的な安全規制がある加工製品の品質については、製品中の菌数の計測によって直接に管理しなくとも、線量値の簡単な計量によってその場で正確かつ容易に管理し、短時間でその品質を保証し出荷することができます。

これまで述べた利点は加工製品が通常目に触れるような大きなサイズのものを対象としています。一方、先端的な半導体製品、マイクロマシン等の微細加工において加工操作のスケールは近年において超微細化しており、マイクロメートル(１ミリの百万分の1)領域からナノメートル(1ミリの十億分の 1)領域へと進みつつあります。マイクロメートル領域の加工では従来の機械的方法はすでに能力限界に達しており、加工の主役は機械加工による接触加工から、電磁波や放射線を用いた極めて細いビームによる非接触的な加工へと推移しております。さらにナノメートル領域になると、レーザー光の波長幅よりもさらに微細な寸法の加工能力が要求されるため、X線と同レベルの短波長の電磁波放射線あるいはイオンビームや電子のような粒子放射線に頼らなくてはなりません。

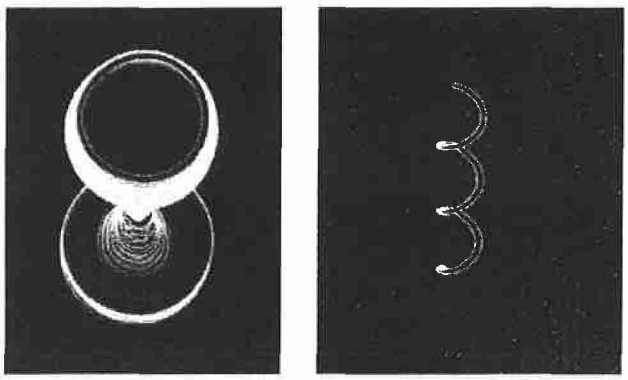


図４．３　イオンビームで加工したナノスケールの３次元構造体
(実物サイズの１万分の１以下のワイングラスとワイヤー)

特にイオンビームではナノスケールの細いビームが有用ですが、物質との衝突によって二次的に放出する低いエネルギーの電子による微細加工の能力が期待されています(図４．３参照)。

以上のことから、利点(6)は放射線が21世紀型の新しい加工技術を支える柱になるという意味で、今後は最も重要視するべき利点です。特に、４．２で述べたように、放射線については、ミクロな物質世界を加工･操作する利用だけでなく、計量･観察する利用にも最適です。そういうわけで、放射線のこの２つの利用法についてはこれまでは消極的にあるがまま使ってきたのですが、将来はそれらの利用法を積極的に融合することによってナノテクノロジーに相応しい超高度な微細加工技術が実現すると期待されています(図４．１参照)。

４．５ 工業分野における放射線利用

これまで放射線利用の全体的な特徴を述べてきましたが、ここでは、産業利用のうち工業分野における主な利用の具体例について述べます。

放射線照射が産業に本格的に利用され始めたのは1950年代ですが、そのきっかけとなったのは、ポリエチレンの放射線照射で橋かけ(架橋)反応が見出されたことです。これは、高分子材料としてのポリエチレンでは糸状の長い分子の間で結合が起こり、ちょうど糸がところどころで結ばれたような網目状のものとなる現象です。この技術は加熱を必要としないため、素材の形や性質を変えないで熱に強く強靭な有機材料を作ることを可能にしただけではなく、環境を汚すような化学物質を使わない製法を可能にしました。現在では、自動車のタイヤ、テレビ、パソコン等の電気製品まで含めた電線の耐熱化、家庭用品にも使われている発泡材料、クッション材料などの製造に工業用の電子加速器が使われています。特に放射線を利用したラジアルタイヤはゴムシートに電子線を

図４．４　電子線加工を取り入れて製造されている自動車のラジアルタイヤ

照射して強度や安定性を高めた製品ですが、その国内売上高は１兆円に達しており、便利な日常生活には欠かせない役割を担っています(図４．４参照)。

最近では、環境中の汚染物質あるいは有用物質を吸着する機能を持つ化合物をポリエチレンなどの高分子材料に放射線照射によって結合することによって、有害物質を除去したり、海水中に溶存している微量のウランなどの有用な金属を捕集したりする技術が注目されています。これは果樹や花木の繁殖法として知られている接ぎ木にたとえられており、グラフト重合(接ぎ木)反応と呼ばれていますが、放射線による化学反応を使うことによって、材料中に均質かつ高密度に高い機能をもつ化合物を結合させ得ることが他の方法ではできない特徴となっています。

放射線が生物に与える影響を逆手にとってうまく活用する利用方法が滅菌や殺菌です。注射器や手術用具にとって最も恐ろしいのが病原性の雑菌ですが、注射器具、手術用具、透析器等の医療用具の製造、出荷から使用まで完璧な衛生状態を保つのに大きく役立っているのが放射線滅菌です(図4．5参照)。放射線ならば熱を加えて壊れるという心配が要らないこと、ビニールで包装されたままの製品の状態でも医療用具が滅菌できること、化学物質による滅菌のように有害な残留薬剤が用具に付着しないことなどの利点があります。こうした利点によって、現在では使い捨ての製品を中心に医療用具の60%はガンマ線、電子線等の放射線で滅菌されています。滅菌されたことは製品が受けた放射線量値のみによって保証できるので、その計量管理が簡単・迅速、かつ確実であることも、放射線利用が増えつつあるもう一つの理由です。放射線源としてはコバルト60などのラジオアイソトープが用いられてきましたが、最近では、放射線管理が容易な電子加速器の利用が普及しつつあります。

医療分野では、輸血用の血液製剤にも低い線量の放射線照射が実施されています。これは血液中に含まれるリンパ球に起因する輸血後の副作用を防止するためのもので、放射線照射によるリンパ球の免疫力の低減を目的としたものです。

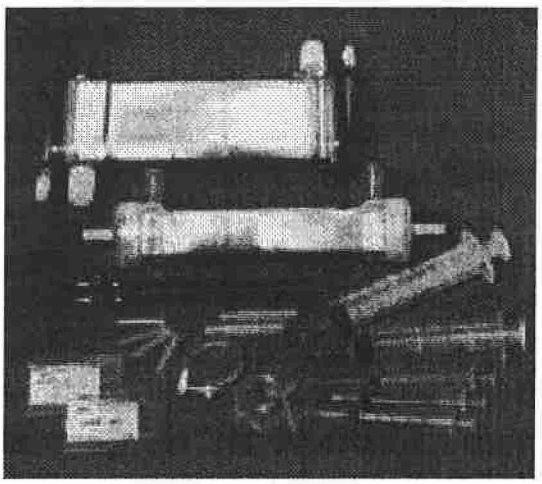


図4．5　放射線照射で滅菌される使い捨て医療用具

21世紀は環境問題の克服が大きな課題となっていますが、新しい環境保全技術の手段としても放射線は着目されています。生活や産業活動によって排出される廃ガス中に含まれる有害物質の分解・除去や汚染物質の無害化に放射線利用が有効であることが見出されています。石油や石炭の燃焼ガスに含まれる硫黄や窒素の酸化物が酸性雨などに

よる地球環境汚染の原因として火力発電等に伴って問題とされていますが、加速器からの電子線を照射して分解・除去する技術が実用化されつつあります。化学処理による従来の方法と比べて、短時間で処理できるため設備を小型化できること、有害な廃液を出さないこと、処理の結果として硫安や硝安のような肥料を副産物として製造できることなどの優れた利点があります。この技術はわが国独自の21世紀に相応しい物質循環型の処理技術として開発されましたが、石炭等の火力源を多用する中国における環境汚染対策の一つとしても注目されています(図4．6参照)。

この技術の延長として、最近ではゴミの焼却処理等によって排出されるダイオキシンの分解・除去にも放射線照射が有効であることが明らかになっています。今後は極微量の濃度でも有害な環境物質を効率的に除去できる省エネルギー処理技術として放射線への期待が高まると考えられます。

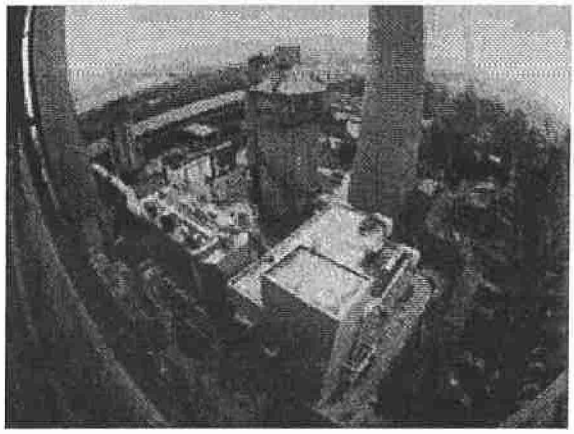


図４．６　電子加速器を用いた中国成都の排煙処理プラント

以上は放射線の作用を活かした照射加工への利用例ですが、工業分野でも計量あるいは観察のための放射線利用が行われています。その代表例が非破壊検査です。この場合検査対象が人体ではなく無機的な構造物ですが、造船、航空機、橋梁、土木、各種プラントの製造業では、溶接加工、鋳込みなどに欠陥がなく健全であることを確認する手段、及び構造物がどの程度の使用に耐えるかの寿命診断を行うための欠かせない手段として、X線装置やRIからのガンマ線試験装置が使用されています。

この利用の身近な実例はハイジャック防止を目的とした空港の手荷物検査です(図 4．7参照)。小型の加速器としてのX線装置を用いて重い元素で構成される金属製危険物をモニタに映し出すことが主目的ですが、最近では軽い元素で構成される爆薬も検知できる新しい型の検査装置も登場しています。また、一方向からだけのX線撮影では隠れて見えない場合にも対処するため、X線装置と検知器が身体を中心に回転するＣＴ方式の検査装置の開発されています。

最新の大規模な土木工事はミリ単位の精度が要求されますが、そこにも放射線が役立っています。トンネルの掘削に使われている「シールド機」では前部に取り付けられている巨大な回転刃により掘り進みながら、コンクリートを固めてトンネルをつくります。トンネルの両端から掘り進み、地中でシールド機が接合するためには、両機が互いに位

置を検知できている必要があります。そのナビゲーション役としても放射線が使われていますが、ミリ単位の精度でぴったりと方向を合わせて進むことができます。

非破壊検査利用の経済規模はこれまで述べた利用に比べれば小さいのですが、高度に発達した文明社会における安全を確保する技術手段として放射線が重要な役割を担っているという事実に注目するべきです。

図４．７　空港での手荷物検査に用いられているＸ線装置

以上の利用だけでなく放射線は実際にあらゆる産業分野で広く利用されています。最近の放射線利用に関わる経済規模の調査によると、国内における工業分野の放射線利用全体の経済規模は製品の売上高で表すと７兆３千億円(1997 年度)に達しています。この額は原子力発電所の電気売上を主要な部分とする原子力エネルギーの経済規模とほぼ同額です。因みにわが国における放射線利用全体の経済規模は８兆６千億円(1997 年度)です（図４．８参照）。

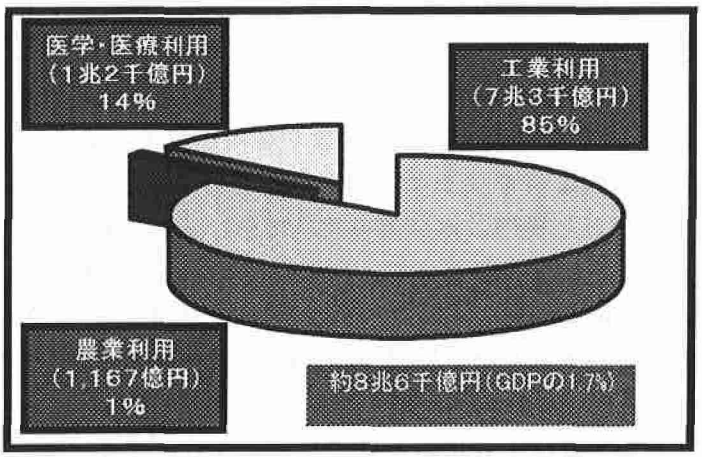


図４．８　わが国における放射線利用の経済規模（1997 年度）

工業利用の経済規模がこれほど大きい理由は、LSI などの半導体製品の製造過程に放射

線が利用されているためです。工業利用の経済規模の70%以上は半導体加工によって占められています。半導体集積回路の製造は複雑な多段階の工程によって構成されていますが、回路原図は細い電子線による描画をもとに作られ、半導体の機能を生み出す不純物の導入はイオン加速器あるいは中性子照射が利用されています。また、集積回路を掘り込む工程にあたるエッチングでも加速イオンビームの腐食効果が広く利用されています。このように製造の各工程で放射線は多数回利用されていますが、今後LSIの集積度をさらに高い次世代の半導体製品を実現するためには、最も重要な露光工程でもX線や電子線の高度な照射技術が必要とされています。

4．6 農業分野における放射線利用

放射線の産業利用はこれまで述べた通り工業分野の占める比率が大きいのですが、農業分野における利用が近年増加しつつあります。ここでは、放射線の農業利用の主な具体例について述べます。

現在のわが国では店頭や食卓には豊富な食品が並び、食料に対する切迫した危機感がまだありません。しかし、わが国の食料自給率は年々低下して主要先進国の中では最低の水準の４０％となり、エネルギー需給とともに国民の多くが将来に不安を抱いています。一方、世界の食料需給は人口増や気象変動によって厳しくなりつつあるだけでな

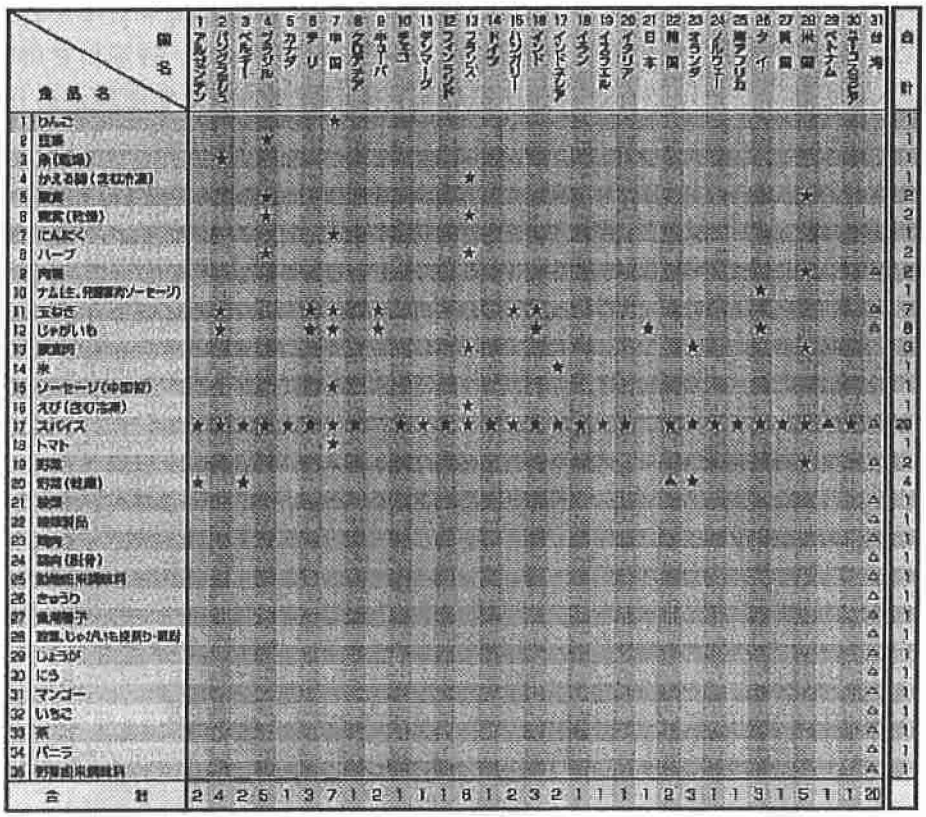


表４．３　照射食品の実用国及び実用照射食品(2001年2月現在　IAEA資料等より)

く、世界の食料の約４分の 1 が収穫後に病害虫や腐食によって失われており、衛生的な食料を安定に供給することは世界共通の願いであります。

国連食料農業機構(FAO)、世界保健機構(WHO)、及び国際原子力機関(IAEA)では食品衛生と食料損失防止の対策の一環として、放射線の利用を早くから推進してきました。その一つが食品照射です。放射線照射によって、線量に応じた殺菌や滅菌、検疫のための殺虫、発芽抑制による保存期間の延長等が可能であり、食品の損失防止、安全で衛生的な食品が流通することに役立てることができます。

食品照射の基本的な利点の第１は放射線の透過能力によって製品の深いところまで均等に殺菌できるので、食品を包装した後にコンベアで放射線場を通過するだけで簡単にかつ確実に殺菌できることです。第 2 は照射による食品の加熱がほとんどないため、栄養成分だけでなく味や香りなどへの影響が少なく、生鮮食品や冷凍食品の処理にも利用できることです。しかし、食品照射はこれまで人類が経験しなかった新しい加工技術ですので、導入にあたっては、放射能の誘導、有害物質の生成、栄養価への影響などの厳しい評価が必要です。先ほど述べた国際機関は共同してそれらを繰り返し評価し、こうした照射食品の健全性を確認してきました(表４．３参照)。

食品照射は現在すでに世界の 30 カ国以上で実施されており、最近ではＯ-157 などの病原性微生物による食中毒防止のため、米国やフランスでは食肉の殺菌にも利用されています。わが国では約 30 年前にじゃがいもへの食品照射が発芽抑制による保存期間の延長手段として実用化されましたが、照射したじゃがいもの健全性について一部の消費者から疑問視され、それ以後は食品照射の許可について国は慎重な対応をとっております。一方、国内で流通している香辛料はほとんど輸入品ですが、香辛料を用いた加工食品の製造･流通過程において有害な菌が増殖し腐敗の原因となる可能性があります。現在は主に高圧蒸気処理による殺菌が行われていますが、香味が失われるという品質上の問題があり、これを解決する方法として放射線照射による殺菌法が注目されており、すでにわが国を除く大部分の先進国で放射線照射が許可されています。また、輸入された生鮮果実等のくん蒸による検疫処理に使用されている臭化メチルガスはオゾン層破壊物質であるため、世界的に禁止の方向にあり、その代替法として米国では放射線照射が実施され始めております。このように世界各国では食品照射が次々と利用され(図４．９

図４．９　タイで店頭販売されている放射線処理されたソーセージ

参照)、その流通が増える方向にありますが、わが国で禁止されている照射食品の輸入を拒むためには、その有害性を証明する必要があり、食品衛生法それ自体が非関税障壁になるという懸念もされております。

いずれにしても、食品照射に対して国民が抱く不安感を解消し、衛生的な食生活を求める社会の要請に応えて食品照射の実用化を行うべきですが、一方では、食品照射の必要性、便益、安全性等についての情報提供や消費者の自由な選択を尊重するために流通や販売の透明性を確保することが望まれております。

農業分野におけるもう一つの重要な放射線利用は植物の放射線育種です。これは農産物を加工するのではなく品種の改良(植物育種)に放射線照射を利用する方法です。

植物育種はこれまで食料の増産や安定な供給のために主として貢献してきました。育種の方法には交配と遺伝的変異がありますが、交配は親品種の形質に制約されるため、新品種を生み出すには細胞レベルでの遺伝的変異を必要とします。放射線育種は作物に放射線を照射することによって突然変異を起こさせて、変異種のなかから農産物として有用なものを選別する方法であり、放射線の電離作用に起因するDNA分子鎖の切断の結果として生じる生物効果の応用です。放射線によってDNAに変化が一時的に起きても、通常は作物の力によって元通りになります。DNAの配列に変化があったものが変異体として利用されますが、DNAとしての化学的性質には変わりありませんので、食物としての安全性が損なわれるわけではありません。

すでに世界中で1800近い品種が育成されており、このうち国内の成功例は100以上あります。主な付加価値の高い成功例としては、茎が短く風に強く倒れにくいイネの突然変異種「レイメイ」、黒斑病に弱い「二十世紀」ナシを改良した耐病性品種「ゴールド二十世紀」などが知られています。

放射線育種にはこれまでガンマ線や加速器からのX線が主に利用されてきましたが、近年になって、加速器からのイオンビームによって従来のガンマ線などでは得難い有用な突然変異が誘発されることがわが国で見出され、世界的に注目されております(図 4．10参照）。これはγ線やX線照射では比較的均一に生体内に電離が起こりますが、

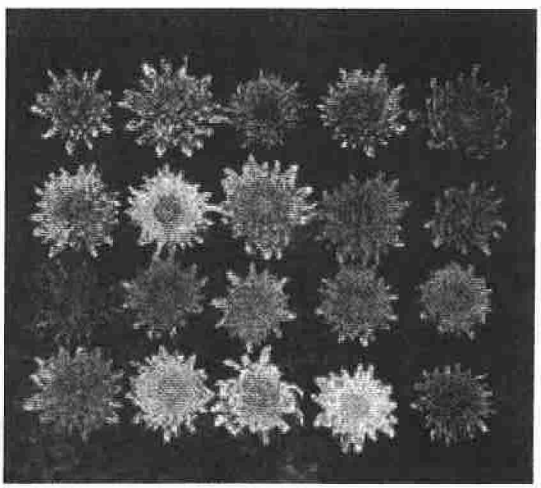


図４．１０　イオンビームで創り出されたキクの新品種

炭素イオンなどの高エネルギーイオンビーム照射では、電離が不均一に発生し、局所的に高密度の電離を起こすために、植物の遺伝をつかさどるDNA分子に与える効果がγ線やX線の場合とは異なるためと考えられています。

突然変異品種は遺伝子組替え品種と大きく異なっております。遺伝子組替えは別の生物から遺伝子を持ってきて、作物に人為的に組み入れる事によって、その植物にはそれまでにはない性質を加える方法です。一方、突然変異は、放射線などの作用が引き金となって作物自身による遺伝子の変化のよって新しい形質に変える方法です。作物がもともともっている遺伝子のなかでの変化であり、自然に起こり得ることなのです。

こうした試みを通して先進諸国よりも東南アジア、アフリカなどの発展途上国における食糧難に貢献することが期待されております。今後はこうした新しい研究成果をもとに食料の増産や安定供給を目指した農業利用に加えて、環境汚染物質を浄化する機能をもつような環境保全型の植物の育成が加速器からのさまざまな粒子ビーム照射によって可能にすることが期待されています。

もう一つの農業利用は、放射線照射で生殖能力を失った害虫を野に放って交尾させて子孫を減らすことを何世代も繰り返えすことによって、害虫を根絶させる方法です。沖縄では害虫ウリミバエの被害を恐れた政府は果物の移入制限を行いましたが、幼虫に適度な放射線量を照射することによって、沖縄の島々でのユリミバエの根絶に成功しました。この結果、沖縄県ではニガウリを初めとする多くの青果物の出荷ができるようになり、大きな経済的な効果を沖縄県にもたらしました。これには長い年月と費用を要しましたが、殺虫剤を散布することによる生態系や環境への悪影響を与えないで解決することができたわけです。

4．7　放射線源―加速器とラジオアイソトープ―

放射線の利用に使用されている放射線源は加速器とラジオアイソトープ(RI)に大別されます。X線源としての加速器利用は、レントゲン博士によってX線が発見されると直ぐに、病気の診断や治療を目的として始まりましたが、ラジウムなどのRIによる医療利用への試みも、ベクレルによる放射能の発見やキュリー夫妻による化学的抽出の成功から遅れることなく始まりました。ただし、加速された荷電粒子を金属板に衝突させて二次的に発生するX線ではなく、加速粒子そのものを放射線として利用する試みが始まったのは、19世紀の主役であった放電管よりも高い電圧を発生する技術や高周波の発生技術等を基盤として粒子加速器が発明された後の20世紀の中頃です。それまで医療や学術研究を目的とした放射線利用に使用されたのは主にRIでしたが、原子炉による多種類のRI製造の開始や加速器技術の向上によって、RIと加速器の両線源による放射線利用の研究開発は工業利用も含めて活発となりました。50年代には加速器を用いた放射線治療や工業照射利用の実用化が始まり、60年代に入るとRIと加速器による放射線利用は医療、産業に限らず学術分野に急速に普及しました。

放射線源としてのRIの一般的な特徴は、放射能が弱ければ放射線の遮蔽が容易でかつ操作が簡単なことであり、計量･観察を目的とした広範囲の学術分野への利用に適しています。しかし、工業利用の場合のように放射能が強い場合は、厚い放射線遮蔽体が

必要であり、放射線防護のために厳しい安全管理が要求されます。一方、加速器は電源、真空装置、制御装置等まで含めて、概して大型であり、運転に複雑な操作を必要としますが、放射線の発生・停止を含めて放射線強度の制御が自在であり、一般に放射線防護のための安全管理が比較的に容易です。ただし、放射線による身体や小構造物の透視画像の診断にはRIではなく小型で簡便なX線源が広く普及しています。

工業用あるいは学術用の強い放射線源では、ガンマ線、X線、中性子線などの透過力の高い放射線を防護するためにコンクリート、鉄、鉛等による厚い遮蔽体が必要です。厚い遮蔽体を必要とする放射線はRI線源の照射設備では通常ガンマ線ですが、照射用の電子加速器ではX線(制動放射線)です。電子加速器はX線に変換して利用する場合も含めて、高く、かつ、方向性の揃った放射線出力を得やすく、かつ放射線の遮蔽設備コストを比較的に小さくできるので、放射線加工の処理コストにおいて一般にRIの照射設備に比べて有利です。ただし、電子線はガンマ線やX線に比べて物質透過力が劣るので、厚い対象物の加工処理には不利です。また、放射線に対する安全確保のための法令による規制の厳しさという点でも加速器の方が放射線源の設置や運転における負担が小さいので、最近では医療分野だけでなく、工業分野でも電子加速器の普及がより広く進みつつあります。現在では、医療・産業分野における加速器の普及が全体的にはRIよりもはるかに進んでおり、国内で稼動中の工業用電子加速器は300台以上に達している(図4．11参照)。

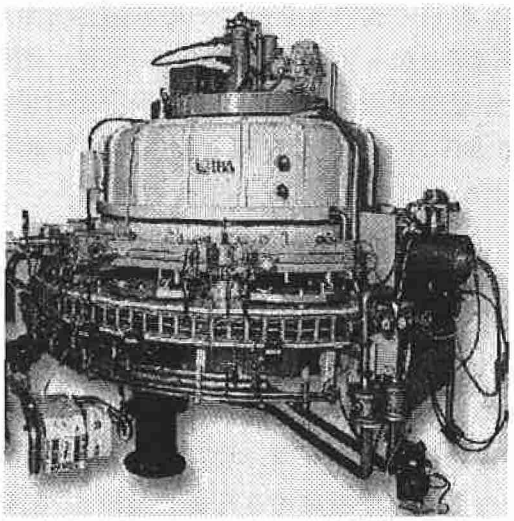


図4．11　工業照射用の高エネルギー電子加速器の一例

4．8　放射線利用の安全性

放射線の利用は原子力エネルギーの利用と同様に、その利便性と引き換えに安全上のリスクを負うことは避けられません。放射線利用における特徴的なリスクは2つあると考えられます。一つは放射線の利用の促進に伴う職業的な放射線業務従事者と公衆の放射線障害であり、もう一つは放射性物質が使用されている製品あるいは放射線で処理

された製品等に係わる安全性です。

前者については、自然放射線や医療被ばくを除く人工放射線による被ばくの線量限度が職業人と公衆に分けて法令で定められています。医療被ばくを除く理由は医療行為を受けた個人はそれによって直接に利益を受けることになるので、その利益と被ばくによるリスクはバランスすると判断されるからです。医者、看護婦、放射線技術者等の職業人の場合、実際の被ばく線量は法令による限度値より平均的には十分に低く抑えられています。放射線利用施設周辺の公衆が施設から漏洩した放射線等によって実際に受ける被ばく線量は、自然放射線による被ばく線量に比べても極めて少なく無視できる量です。働く人の立場だけでなく、RI、加速器等の使用や汚染されたものの廃棄についても、放射線傷害を防止する見地から法令で厳しく規制されています。

後者の例としては、夜光時計や煙感知器、及び食品照射が挙げられます。夜光時計や煙感知器に含まれている放射性物質は量が極めて少ないので法令による規制の対象外とされています。

食品照射においては、照射された食品の安全性を確保することが必要とされます。人工的に照射した食品を食べることは人類にとって新しい経験ですので、その安全性については、毒性、発ガン性、生殖器官への影響、遺伝的障害の危険性、栄養成分への影響などの試験が主として動物を対象に行われ、これまで膨大なデータが解析されてきました。その結果、悪影響を示唆する証拠は見出されていません。このことは世界保健機構(WHO)によっても認められています。また、照射によって食品中に放射性物質が生成するかどうかについては、非常に高いエネルギーの放射線は食品中の元素をRIに変える核反応が起きることが問題となります。これについては、照射に用いるガンマ線とX線のエネルギーの限界値が規定することによって悪影響の可能性が防止されています。現在、電子線照射では10 MeV以下、ガンマ線とX線では5 MeV以下のエネルギーが食品照射に対して認められています。

4．7　加速器を用いた放射線利用技術の将来

加速器は自然界を極めるための道具であるという見方が広く普及しているため、加速器の始まりは人工的な原子核変換の成功を導いた1932年のコックロフトとウォルトンによる発明をとみなすのが通例です。一方、加速器の定義としては「電場を用いて荷電粒子に運動エネルギーを与えて速度を高めるための装置」とするのが一般的です。しかし、この定義に従うならば、19世紀に開発された放電管は、その当時粒子を加速するという意図でつくられたものではありませんでしたが、今から考えればすでに加速器としての要件を満たしていたことになります。そういうわけで、人工的な原子核変換は加速器の歴史上大きなエポックではありますが、加速器の原点は電気と真空に関する技術の進歩がもたらした放電管にあると考えるべきです。

そういうわけで、レントゲンは陰極線という粒子ビームを加速する装置を用いて1995年にX線を発見することができたのです。加速器による放射線利用の立場から見ると、放射線を発生する装置として加速器を認識させたのはレントゲンです。X線の発見が診断や治療への応用を直ちに促したことを考えますと、加速器による放射線利用の

道はレントゲン博士によって切り開かれたと言っても過言ではありません。

わが国でも発見の翌年には、幾人かの研究者や技術者によってX線実験の追試に早くも成功しており、翌々年には島津製作所が教育用X線装置を試作しています。19世紀末にはX線の医学利用が国内でも本格化し、日露戦争では陸軍野戦病院にX線装置が設置され、戦傷治療に使用されたという実績があります。百年の昔ではありますが、こうした進取の気性とチャレンジ精神に富む先人達によってわが国における放射線の利用は「加速器」から始まったのです。

わが国の放射線との関わりでは、その後戦時下での甚大な放射線被曝を伴う原爆被災という痛ましい不幸を経験しました。しかし、放射線の利用は戦後において原子力の平和利用として復活し、電子加速器の技術及び原子炉によるRI製造の進歩を背景に、医療分野だけでなく、産業分野への利用が発展して今日に至っております。こうした努力によって、放射線は取扱いを誤れば健康に害を及ぼす危険な道具となり得ますが、賢明に活用すれば健康を維持し日常生活の質を高めることを通して、社会に活力を与える利器として国民生活に役立つことを示してきました。21世紀における加速器を中心とする放射線の利用はこのことを踏まえてさらに進展することが期待されます。

医療分野では患者に苦痛や副作用を与えない診断・治療法の開発が今日の大きな社会目標となっております。加速器を利用する放射線医療技術はまさにこの方向にぴったり合致しておりますが、今後は加速器技術が一層高度化することによってＱＯＬの高い国民医療の実現に放射線が大きく貢献すると期待されます。

一方、産業分野でわが国が直面する大きな課題は、環境問題を克服しながら新しい産業を創り出すことです。加速器を用いる放射線加工は表４．２に示すように、環境負荷が小さく、かつ、省エネルギーという優れた特長をもつだけでなく、高精度の計量を通して高い品質を保証できる信頼性のある技術です。しかし、現状では加速器が十分に使い易く、かつ、広い普及に十分耐えるコストを実現したと言える段階に到っておりません。小型化、簡易化、安全性の向上による加速器の技術革新を一層進めるとともに、放射線利用の利点を活かしたうえで、他の加工技術との融合も視野に入れて幅広く産業技術へ刺激を与えることによって競争力を高めることが求められています。

こうした技術開発等によって加速器で利用できる放射線の種類も増えていくと予想されます。これまでの主役はガンマ線、X線、電子線、イオンビームなどでしたが、今後は中性子線の利用が産業分野でも発展していくことが期待されています。

多くの可能性のなかで、医学利用も含めて放射線利用の特色が今後最も発揮されて大きく伸びる分野はヘルスケアとナノテクノロジーであると考えられます。 放射線利用はこの２つのキイワードによって２１世紀の科学技術をリードし続ける存在となり得ると期待されます。

加速器の歴史は19世紀に起源をもち、20世紀に著しい発展を見せましたが、その過程で人々の脳裏に焼き付けられた「加速器」がもつ支配的なイメージは物質世界の究極を解明する巨大な道具でありました。この生活空間から遠い加速器のイメージは21世紀には大きく変貌し、加速器が生活とは離れた特別の存在ではなく、おそらく人々の生活に役立つ身近な道具としても理解されるようになると思います。

加速器の利用普及におけるもう一つの問題は、放射線に対する国民の不安感です。

放射線利用の普及に関しては、必要性、安全性、及び普及の現状についての正しい情報が国民に広く知らされることが必要です。医療利用だけでなく産業利用においても製品を利用する消費者が正確な情報を入手し理解できるように、生産者や国が努力する必要があります。両者がそれを通して消費者と情報を共有するとともに、相互に理解を深めていくことによって、国民の不安を解消していく必要があります。加速器を用いた放射線利用が21世紀の産業技術の重要な柱の一つとしてふさわしい存在となるためには避けることのできない道です。

第４章　勉強会での講演の資料または要約

「放射線」に対する知識・意識と学校教育での「放射線リテラシー」育成

教育課程検討委員会委員長　黒杭　清治

始めに

教育課程検討委員会は、国民としての素養に不可欠な放射線についての事項を、どのように学校教育（初等中等教育）の中に組み込むかを検討する目的で1998年8月に設立された。

学校教育における放射線教育は理科で扱うだけではなく、「総合的な学習の時間」などでエネルギー環境問題等を扱う中に組み込むことが望ましい。また、指導は理科教員に限らず、社会科、家庭科をはじめ、全ての教員が当たらなければならない。そのためには教員の放射線を含めたエネルギー環境リテラシーの向上を図る必要があり、本委員会では設立以来目的達成のための基礎資料収集と検討を行ってきた。

本年度はその一環として、日本原子力文化振興財団（以下原文振と略記）が文部科学省（以下文科省と略記）の委託事業として2001年11月16日～12月3日に実施した**「放射線」と言う言葉に関する意識調査**を基礎資料の1つに選び、アンケート結果の分析を行った。本調査は、全国15～79才の男女4400人を層化多段無作為抽出し、一般市民、理工学専門家、医療関係者、報道関係者、学校の教員の5属性別にアンケートを行ったもので（回収数2843、回収率64.6%）、地域は原子力施設立地県と一般地域に分け、一般市民は年代別に集計し、具体的な数値とともに、原文振調査委員会としての分析、解釈を添えて2002年3月に公表された。

本委員会では原文振調査委員会の分析、解釈を除いた生データを「総合的な学習の時間」での討論用の教材として活用することを検討している。活用できれば生徒・教員ともに放射線リテラシーの向上が図れるであろう。また、今後本調査を前年度までに蓄積した基礎資料と共に学校教育での放射線リテラシー育成のための資料作成に生かして行きたいと思っているが、現在のところ委員会で検討中のため、以下は委員会報告ではなく、また、原文振調査委員会の分析、解釈の紹介でもなく、あくまでも筆者の個人的見解である。

「放射線と言う言葉に関する意識調査」の個人的分析と解釈

「総合的な学習の時間」で生徒自身にアンケート結果の生データを分析・解釈させるとすれば、教員も自ら分析・解釈できなければならないと思い、アンケート結果の数値のみをExcelに取り込んで詳細に分析してみたところ、原文振調査委員会の遠回しでソフトな表現の分析・解釈どころではない、日本の未来は憂うべき状態にあることが浮き彫りになった。病気にたとえれば、気付かずに末期癌になっていた患者に、よくもここまで放置していたものだと言うようなもので、知識も意欲も乏しい教員がこれほど増えるまでよく放置していたものだと思う。その根拠になる部分を、特に学校の教員に関する部分を中心にして私見を交えて紹介する。

本調査の中から**報道関係者と学校の教員**について**知識不足・誤った理解**をしている事項を拾い出し、比較して見ると、教員の56%がレントゲン検査に対して正しい知識をもっていない。食物からも放射線が出ていることを知らないのは報道関係者の方が多いが、その他のアイテムはすべて教員の方に無知が多い。 不勉強な報道関係者も結構多いが、教員の知識不足が鮮明で、16項目中13項目まで知識のない者が50%を越えている。 特にラジオアイソトープ検査への知識不足が報道関係者との開きを大きくしている。

報道関係者が抱く負のイメージは、市民や教員より少ない。このことから**市民や教員、特に未成年がマスコミに意識的に煽られ、誤った知識をまともに信じ込んでいる姿が浮かんでくる。**未成年は教員からの影響も強く受けているから影響は甚大である。放射線と聞いて直感的に「怖い・不安」と感じる一般市民を育ててしまった報道関係者と学校の教員の責任は重大である。

全調査項目から放射線に対する知識が無かったり、誤った理解をしている事項を集めた一覧表(%)

		一般市民	理工学専門家	医療関係者	報道関係者	学校の教員の降順
1	胸部X線撮影で受ける放射線量は年間自然放射線量より多い	70			55	56
2	放射線がふつうの食物の中からも出ていることはない	80			55	48
3	チェルノブイルの事故で亡くなった人は1万人を越えている	35			27	43
4	一年間に3回胸部レントゲン写真を撮ると危険性が高い	27	21	4	27	38
5	放射線が人間の身体からも出されていることはない	67			26	37
6	電子レンジに放射線が利用されている				27	36
7	放射線は近代科学が産みだしたものである	73			28	29
8	放射線は地球ができたときから自然界に存在することを知らない	56			10	11
9	携帯電話の表示画面に放射線が利用されている				8	10
10	放射線は宇宙からも降ってくることを知らない	56			0	8
11	放射線は近代的で豊かな生活を送るうえでは必	9	2	2	9	8
12	避雷針に放射線が利用されている				2	1
13	ボールペンの芯に放射線が利用されている				0	1

放射線に対するイメージ調査では、一般市民（未成年を含む）・学校の教員の3割近くが負のイメージを抱き、特に問題なのは未成年の半数が負のイメージをもっていることである。また、一般市民の放射線という言葉から連想するイメージは10代～70代すべての世代とも「危険」であり、未成年が最も高く(76%)、世代が高くなるに従って漸減傾向 にある。「身体に悪い」というイメージも未成年が最も高く(57%)、年代の上昇に伴って下降し、「役立つ」というイメージは逆に上昇している。この結果から原文振調査委員会は、『日本の生徒たちは、放射線は「危険」、「身体に悪い」との認識で卒業し社会に巣立って行く・・・』が『・・・実社会に出て人生を重ねるにしたがい「役立つ」のだと思うようになることを示している』と解説しているが、調査委員会の構成メンバーを見るととても本心で書いているとは思えない。このアンケートは一人の人物についての心の変化を年を追って調査したのではなく、各年代の時代背景を比較したに過ぎない。また、放射線から「科学的」というイメージを抱く者の数は、年齢の上昇に伴って下降しているし、高齢者でも「怖い」という連想は下がっていないので、年齢の高いもの程「放射線は役立つもの」という教育を受けはていたが、年齢が高くても放射線を怖がる気持には変わりがないと解釈すべきであろう。未成年が放射線は「危険」、「身体に悪い」との認識で社会に出ても、今の社会風潮から判断して、「将来、放射線は有用なものである」と思えるようになるなどというような楽観的な見方をしている場合ではない。

原文振調査委員会は理工学専門家の年代別意識調査の結果分析で、『「放射線の研究分野には明るい未来がある」に対し「そう思う」は 43%と半数に満たず、若い世代ほど明るい未来観をもっていない。原子力や、放射線に対して社会の逆風が弱気にさせているのであろうか。・・・

放射線研究が始まった頃の覇気が薄れつつあるのではないかと懸念される』と解説しているが、この文章は一般市民の、特に未成年に対してそのまま当てはまる。

	15～19才	20～29才	30～39才	40～49才	50～59才	60～69才	70～79才
危険	76	71	75	73	68	59	58
目に見えない	45	46	56	53	52	51	39
身体に悪い	57	56	50	48	45	43	43
怖い	48	51	43	45	43	43	48
科学的	48	46	46	45	44	38	39
役立つ	23	29	38	37	45	45	44

一般市民の放射線イメージの上位に「危険」「目に見えない」「身体に悪い」「怖い」と言う連想が並んでいるが、「危険」ではあっても「有用」なものであれば、火と同様「危険」を回避して使うのが人間の英知である。「目に見えない」、五感に感じなくても計測できるし、安全に使っているものはたくさんある。放射線は、電波、紫外線などと同様に扱われてよいはずであるが、一般市民の多くは「危険」＝「怖い」であり、「見えない」＝「気味が悪い」であり、上位４位まではすべて負のイメージなのである。なぜ日本の一般市民は火を怖がる野生動物並になってしまったのであろうか。

学力低下の原因は教員の指導力低下

ここで教員の資質について言及したい。優秀で研修も指導にも熱心は教員はたくさんいるが、資質の低いデモシカ先生も多い。いま、社会問題になっている児童・生徒の学力低下は、教員の教育力低下が原因ではないかと思えてならない。筆者は各所で文科省は学習指導要領や制度の手直しばかりでなく、教員養成を根本的に改め、また、現職教員の資質向上を図らないと取り返しの付かないことになると説いてきたが、本意識調査結果からも教員の意識の低さが数値で読みとれる。また、教員は「放射線」から「原子爆弾」を連想する者が他の属性と異なり異常なほど多く、その他の常識でも他の属性と比較すると特殊な集団であることが鮮明に表れているにもかかわらず、調査委員会の結果のまとめには**『・・・読者は、学校教師の認識が放射線に関連する現代社会の実状にだいぶ遅れた歩調をとっているように見受けられるかもしれないが、我々はそのようなことを指摘する事を意図しているのではない』**という不可思議な表現をしているのはなぜであろうか。

2002 年 11 月に文科省が実施した高校３年生の学力テストの結果が本年（2004 年）１月に公表され、理科・数学の基礎や基本が欠如し、理論的な思考が苦手な生徒の実体が浮かび上がったと報じられている。その原因として兵頭俊夫氏（東京大学教授・日本物理学会物理教育委員会委員）は『・・・高校教育の基礎となる小・中学校で理科の時間と学習内容が大幅に削減されたことや、削減を免れた学習内容のみでは組織的な内容構成ができないことである。・・・新・旧学習指導要領の底流には「子どもの知識は、子ども自身が多様な事象にはたらきかけ、その経験から意味を抽出する中で、彼らの中に構成される」とする考え方が流れている。この「構成主義」とよばれる考え方によれば、子どもは基礎・基本を教えられなくても学習が可能であり、教師は積極的に教えない方がよいとされることすらある。このような、生徒の発達段階や教育の現場を無視した理論に基づいて教育課程がつくられる現状は見直されるべきである。・・・』（2004 年 2 月 21 日付日経新聞　文中の下線は筆者が付加）と述べており、このような意見が「定説」になっているほど賛同者は多い。

しかし、文科省は学習指導要領改訂の基本的なねらいについて『週５日制に伴い総授業時間が減ったのだから教育内容も少なくなったが、基礎・基本を確実に身につけ、それを基に、自

ら学び、主体的に判断し、よりよく問題を解決する能力や、豊かな人間性、健康と体力などの「生きる力」を育成すること』と説明し、基礎・基本を確実に身につけさせることを重視しているのであるが、前述の兵頭氏は『この学力試験は旧学習指導要領で学んだ生徒の到達度を測ったものであり、・・・数年後に、新学習指導要領で学習した生徒の到達度を測ると、さらに悪い通過率を示すと予想される』と述べ、その根拠として上記の意見を挙げているのである。筆者は兵頭氏の意見に諸手を上げて賛成はできない。筆者が付加した下線部は兵頭氏の誤解ではなかろうか。

確かに学習指導要領の改訂のたびに、知識として与えておかなければならない基礎・基本まで抜けて行った事は否めず、筆者も同意見をもっていたことがあり、パソコンのソフトをバージョンダウンさせて動かそうとしているみたいなものと酷評したこともあるが、いまでは、児童・生徒が自ら考えるに当たって不足している基礎・基本的知識があれば、それを適宜補うのが教員の指導ではなかろうかと考えるようになった。教員が結論を教えるように知識を与えてしまうのはよくないが、適切な指導はすべきであり、積極的に教えない（指導しない）方がよいとは思わない。

基礎・基本の重要なことは、兵庫県朝来町立山口小学校における読み書き計算の徹底的反復練習で多大の効果を上げたことがNHKテレビなどで放映され、良く知られるようになった。これは「ゆとり教育」になっても教員の熱心な指導があれば基礎・基本が身に付くことを示している。

このような教員の指導姿勢、指導力重視の意見も見られるようになっている。澤田利夫氏（東京理科大学教授・日本数学教育学会会長）は数学の学力調査の結果について、得点分布が二極化しており、基礎教科の時間数増加が必要だとしているが、同時にアンケート調査の結果から、宿題をよく出す教員・発展的、応用的な課題を授業に取り入れている教員・理解が不十分な生徒に対し、授業の合間や放課後などにさらに指導している教員のいるクラスと、これらの指導を行っていない教員のクラスで得点の差が出ているという結果に触れ、『指導しない教員が生徒のやる気をなくし、成績低迷の原因を作っているのではなかろうか』と述べている（2004年2月28日付日経新聞）。このごく当然の事がわざわざ新聞記事として掲載されるようになったのは、たとえば、「総合的な学習の時間」を生徒任せにして指導を放棄している教員が多くなったからであろう。

おわりに

無知ほど恐ろしいものはない

「総合的な学習の時間」は担当教科を 越えた幅広い知識をもった教員でなければ的確な指導が出来ない。 エネルギー環境問題が「総合的な学習の時間」で取り扱われることが多いが、放射線に対しての上記のような誤った理解や無知な教員が大勢いることの社会的影響は甚大である。

原文振の本調査では、小・中・高等学校の教員 800 名にアンケートを送っているが、回収率が一般地域で 14.6%、原子力施設立地県で 19.3%、平均 16.5%（全体の平均は前記のように 64.6%）という低回収率であった。それでも回答した教員は多少なりとも放射線に対して関心がある方と思うが、その教員の放射線に対する知識が報道関係者よりも低いのであるから、回答しなかった 80%以上の教員の知識の程度を想像すると、放射線と聞いただけで怖がる青少年が 50%以上もいるという現状が理解できると同時に、とんでもない教育の荒廃が起こっていることを感じる。

教育会界のこの現状を各界の人々は認識すべきであり、世論を喚起して法的拘束力も含め様々な方法で現職教員の再教育を図ることは急務である。

国民教養としての放射線リテラシー（中学生まで）作成の叩き台

成徳学園中学で平成13年度に教えたエネルギー・環境問題中の放射線・放射線に関連する事項

（　）内の表現は使っていない。

黒杭　清治

☆　地球温暖化、酸性雨、オゾン層の破壊、熱帯林の減少、砂漠化等が地球規模で起きている。これらの環境悪化を少しでも減らすために自分にできることは何か（原文振作文応募）。

☆　相互に光、熱、力、位置などに変わることができるエネルギー（エネルギー保存の法則）と、資源エネルギーのエネルギーは言葉が同じでも、意味が違う。

☆　資源、環境への影響、発電コストなどを総合的に考えて、火力・水力・原子力・新エネルギーなどを組み合わせて使うことが大切である（ベストミックス）。

☆　放射能と放射線との区別。

☆　地球誕生のときから自然界には放射能をもつ物質があり、生物は微量の放射線を浴びながら進化してきた。

☆　放射線には物質の基本粒子の一種のものと、電磁波の性質をもつものがあり、人体に与える影響が異なる。

☆　ブラジル　カラパリ市街地の自然放射線は年間10ミリシーベルト、CTスキャンによる胸の検査は6.9ミリシーベルト、胃のX線集団検診は一回に0.6ミリシーベルト、レントゲン検査を年数回受けても健康への悪影響はない。　　**シーベルト：放射線が人体に与える影響の度合いを表す単位**

☆　電気を消せば光が止まるように放射能をもつ物質を閉じ込めれば（遮蔽）放射線は出ない。

☆　火力発電は石油を燃やして蒸気を発生させ、原子力発電は原子力のエネルギーで蒸気を発生させる。タービンを回して発電する点では火力も原子力も同じ。火力は温暖化の原因になる。

☆　原子炉のしくみ。原子力発電所では放射線を出さないように5重の壁で閉じ込めている。

☆　原子力発電による電力はわが国の発電する電力の3分の1以上（35.6%）になっている。

☆　原子爆弾と原子力発電の区別。原子炉は爆弾にはならない。

☆　マスコミの報ずるニュースを聞いていると原子力発電所では度々事故を起こしているような印象を受けるが、なぜそうなるのか。

●原子力発電は、**研究開発→メーカーによる建設→商業発電**の段階を踏んでいる。

●「もんじゅの事故は研究開発中の原子炉の冷却用ナトリウムが配管から洩れたのであって原子炉本体の事故ではない。放射能・放射線の漏れはない。

●JCO事故とは原子炉研究開発の機関への燃料納入会社で起きたこと（動燃へ納入する高速増殖炉用の燃料詰め替え中、手順無視と無知から起きた臨界事故）。

●電力会社は原子力の商業発電開始以来、放射能・放射線に関する事故を一度も起こしていないのに、マスコミは、たとえば「もんじゅが事故を起こしたから原子力発電は危険」のように研究開発中、商業発電の区別を曖昧にしている。科学的知識を背景に正しい判断が大切。

☆　放射線は工業、医療、農業、研究用に使われている。

日本の学校教育と将来の課題

有馬朗人

1 教育の目的

最初に「教育の目的」を考えてみたい（**図表1**）。教育の目的は、簡単にこうだというふうに言うことができない。戦前であれば当然国のためにということが最初に来るのだが、現在は民主主義の世の中であり、国民一人ひとりの幸福のために、人類一人ひとりの幸福のためにということが、まず最初に来るのであろう。その一人ひとりが一生を幸福だと思えるように、特に初中教育においては十分な基礎を教育しておく、そしてまた体力、そして人間として生きていく上での倫理観というものをしっかり教育をしておくことが必要であり、そのことが結局一人ひとりの幸福につながっていくのだと思う。それと同時に、生涯学習ということがここに登場してくる。

2番目の目的は、自分が生活している国や、自治体や自分の家を愛し、その文化や伝統を愛する気持ちの育成である。そして人類全体、国や周辺社会へ貢献しようとする気持ちを育てることである。

3番目の目的は、国全体、あるいは自治体、地域社会全体を向上させるということになる。その向上を一番簡単に達成するのは、平均水準を高めるということである。この平均水準の向上という点では、日本は大変すぐれた国である。江戸時代の寺子屋時代から、読み書きそろばんということにおいて、日本の国民は大変強かったが、明治以降の日本の教育政策によって、平均水準は随分高いと思う。その平均水準が高いということを最も端的に示すのは、世界の識字率、それを100%から引くと、非識字率になるが、この非識字率の数字を、我々は大いに誇りに思っていいと思う。日本人は1000人のうち2人しか字が読めない人はいない。今この調査をすれば、多分、1000人に1人ぐらいしか字が読めない人がいないのではないか（**図表2**）。お隣の中国では、1995年において依然として1000人中185人の人が字が読めない、あるいは,古代より先進国の1つに入っているエジプトでも、1995年において1000人中500人近く、2人に1人は字が読めない。アフリカの諸国は字が読める人がせいぜい30%という国がたくさんある。こういうことを見て分かるように、日本という国では、字が読める人々が大勢いる。このように平均水準の向上ということが、国として教育を考えるときに極めて重要なものである。

1−1　一人ひとりの幸福のために
- 倫理観
- 基礎基本の知力と体力
- 知力を軽視してはいけない

1−2　使命感の養成
- 世界への貢献
- その前にまず自分の周辺への貢献
- 公と自己の共生

1−3　集団の向上のために
- 国や県など地方自治体の住民の全体の質の向上のために

1−4　平均水準の向上と傑出した人物の育成

図表1　教育の目的

国名	年次	%	国名	年次	%
日本	1990	0.2	ブラジル	1995	17
韓国	1995	2	ペルー	1995	11
シンガポール	1995	8.9	イタリア	1995	1.9
タイ	1995	6.2	スペイン	1995	2.9
中国	1995	19	ハンガリー	1995	0.8
アメリカ	1979	0.5	エジプト	1995	49
カナダ	1986	3.4	南アフリカ	1995	18
メキシコ	1995	10	旧ソ連	1989	2
アルゼンチン	1995	3.8	ロシア	1995	0.5

図表2　各国の非識字率

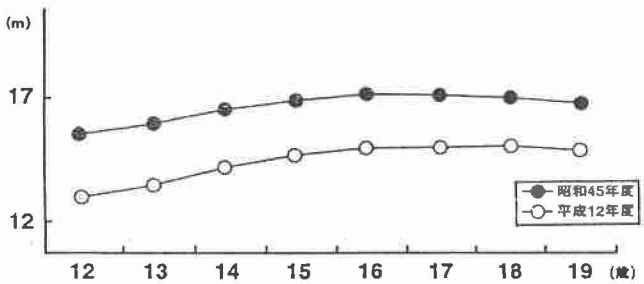
さて、戦後我々が意識的に強調しなかったことがある。それは指導者、エリートの教育ということである。私の主観を1つ言えば、平均水準が高いだけではだめだということである。やはり社会には指導者がいなければならない。このことを我々は戦後ずっと遠慮していたと思う。そのくせ、10月になると、「なぜ日本はノーベル賞をもらえないのですか」ということを、マスコミはいう。ノーベル賞をもらえるような科学者というのは、指導者であり、エリートだ。そういうものを育てないという風土がある中では、ノーベル賞は出てこない。日本にはエリートや指導者を養成するのはよくないというふうな雰囲気が今まであったと思う。21世紀の日本が生き延びていくためには、平均水準を上げ、かついろいろな分野ですぐれた指導者を養成していかなければならないと思う。そして平均水準も高く、しかも指導者、特に科学や技術の指導者を養成して、そして初めて世界に貢献することができると私は思っている。いずれにしても教育というのは非常に難しいものである。

2　日本の教育の現状と問題

このごろ、論議の的になっている問題として、日本の子どもたちの学力が低下したという議論がよく行われている。そしてその理由として、中央教育審議会や旧文部省、及び現文部科学省が進めてきた「ゆとり教育」という方針がいけないのだという意見がある。あとでこれは本当かということを議論してみたい。そういうふうに学力を中心にこのごろ議論が進む一方で、他方、「心の教育」というような、特に凶悪な犯罪を子どもたちが犯すという問題について、社会全体が心配している。また「知・徳・体」とよく言われるこの「体」、体力・運動力はどうかということもまた問題である(図表３)。最近の子供達の体力の低下を示すデータを図表４に示す。

図表３　教育の質の向上

学力・知力　知
体力　体　生きる力
倫理力　徳
精神力　忍耐力、努力
社会への貢献　心の教育
志を持つ



図表４　ハンドボール投げ（女子）

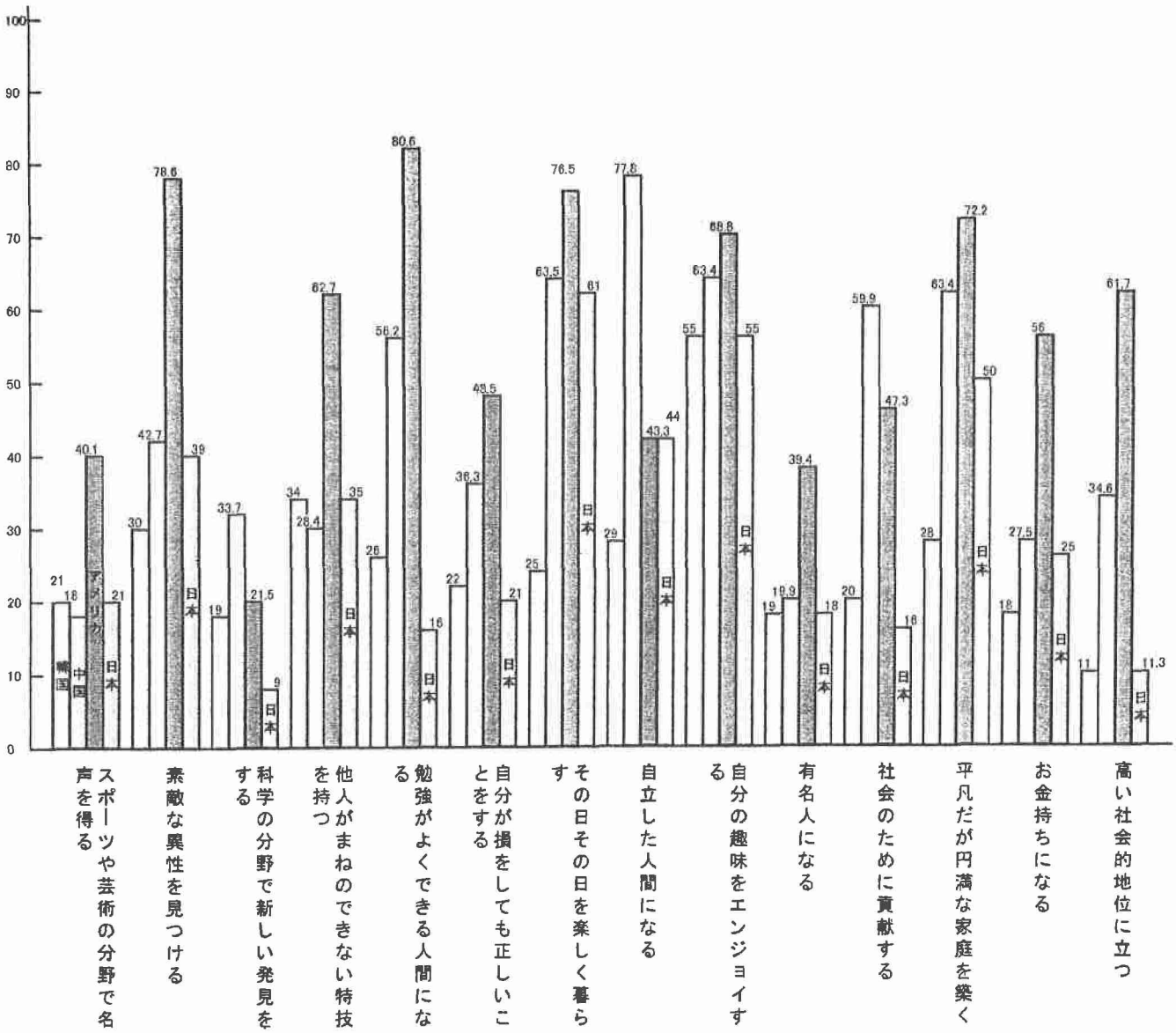
今からこの３つの「知・徳・体」を中心に分析を進める。中教審時代に私たちがまとめた「心の教育」も含め、学力も含め、全体について現在文部科学省では「生きる力」ということを提唱していて、さまざまな施策を試みている。「生きる力」というのは一体全体何かというと、まず「知・徳・体」の「知」に対応するところは、「自分で課題を見つけ、みずから学び、みずから考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する能力」である。要するに、基礎・基本を勉強した上で、自分で課題を見つけて、そして自分で問題を解いていく力を養う、これがないと応用がきかないことになるので、基礎・基本をよく教えた上で、こういうふうにしつけていく、こういう方向に教育を進めていくことが必要であろうと思う。

次に「徳」については、「みずからを律しつつ、他人と協調し、他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性」ということである。そして「体」の部分は、「たくましく生きるための健康と体力」であると。

しかし、私がはっと思ったことが最近ある。「徳」の部分をもう一度見ると、「みずからを律しつつ、他人と協調し,他人を思いやる心」、この他人と協調し、他人を思いやる心というところが非常に強調されている。しかし問題は、今から示すようなデータに基づいて、子どもたちにもっと目標を与えなければいけない、もっと「志」を高くする方向に持っていかなければならない。そして精神力ということを、これも戦後大変嫌われた言葉であり、あるいは嫌われている言葉であるが、精神力、努力をするとか、忍耐する力を子どものうちに訓練する、こういうことが必要な時代が来たと、私は思っている。

「生きる力」の中では、忍耐力とか努力ということは、それほど強調しなかったけれども、私はもう一度この問題を考えてみなければならないと思っている。特に私が「志」ということを非常に気にし始めたのは、高等学校、中学校、両方あるのだが、ここには中学校の子どもたち、「あなた方の人生目標はどういうものと考えているか」という調査をした結果(図表５)を示すが、それを見たときであった。私は科学の分野で新しい発見をするなどということに対して、子どもたちが大いに希望を持ってくれるかと思っていたのだが、韓国が 19%、中国が 34%、アメリカが 22%の子どもがこういう希望を持っているのに、日本はわずかに 9%ぐらい。これではノーベル賞は出ない。もっと子どものうちから、自然科学で何か発見しようというような気持を持ってくれなければいけない。

一番多く、60%もの日本の子どもたちがそうしたいと言ったのは、何と「その日その日を楽しく暮らす」だ。もちろんアメリカもこれが多いが、日本はこれだけが突出している。是非先生方には、子どもたちに何か、崇高とは言わないけれども、高い志、高い人生目標を持たせるよう努力をしてほしい。アフリカで大変多くの子どもたちが飢えて死んでいく、「その人たちを救う」でもいい、「人類から食糧不足をなくそう」という努力でもいい、「環境をより一層良くしよう」というのでもいい、「人類に役立とう」というのでもいい。そういうもっとすぐれた目標を子どもたちが立てるように、教育をしていただきたいと思う。



図表５　人生目標（中学生）　　「とてもそう思う」

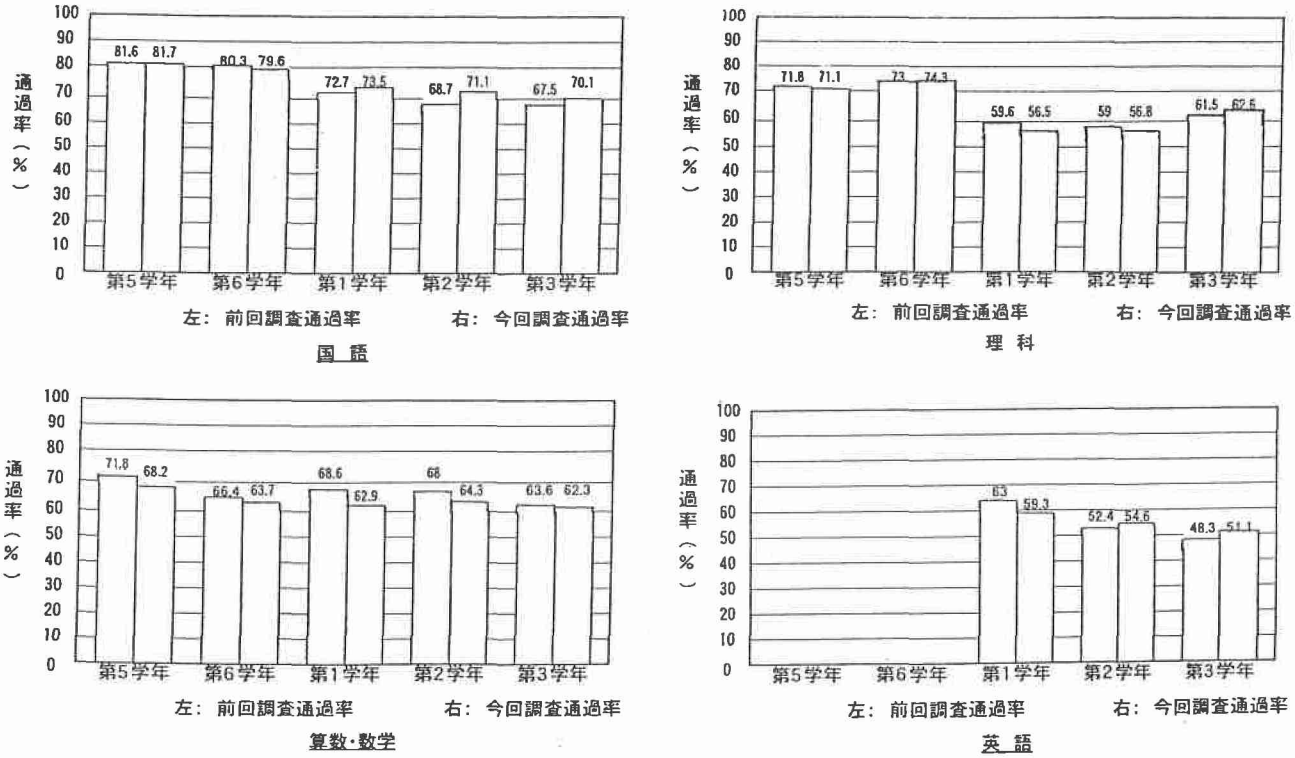
３　中高段階の学力問題

３－１　学力調査の必要性

小学校・中学校の子どもたちの学力は、本当に下がったのであろうか。学力調査によるデータによって考えてみる。

平成14年4月より導入された学校完全週5日制及び新学習指導要領のため、初中教育における学力低下を心配する声が聞かれる。そのことと連動して、今日すでに学力は低下しており、それは現行指導要領におけるゆとり教育のせいであるという議論が流行している。その中には、円周率をきちんと3.14として教える方針であるにもかかわらず、どこかの予備校の宣伝に基づく風聞で3と教えると思い込んでいるような誤解もある。しかし、初中教育の学力が本当に下がっているであろうか。これは心配なことであり、下がっていれば当然早急に手を打たなければならない。

過去に全国的な学力調査が無かったかと言うと、1956年から1966年までは、全国規模で小・中学生について行われていた。これを今日まで文部科学省は続けるべきであった。しかし不幸にして、生徒達の比較になるとか、序列化につながるとかという強い反対のためにつぶれてしまった。その後、1978年の学習指導要領改訂の時、1989年の改訂の時に、正確な学力を調査し比較している。これが全国的規模のものであり、それ以外には2002年までなかった。従ってこの数年の小・中学生の学力は、全国的規模では分からなかったのである。従って私は毎年とは言わないまでも、3年おき5年おきに文科省としてきちんと調査すべしと主張し続けてきた。幸いに2002年2月頃、現行の学習指導要領の下における学力を調べた上で、2003年度以降新指導要領の教育による学力を調べたことを大変喜んでいる。このような調査に対して現場の教職員が、かつ



図表６　　同一問題の通過率比較

つてのように遂には裁判に持ち込むような反対をしないで欲しい。その調査の結果は、生徒どうしとか、学級や学校の比較をするために用いるのではなく、日本の初中教育の効果の評価を客観的に見るためと思っていただきたい。要するにこのような調査なしには、現在の日本の小・中学生の学力についてはっきりとしたことは言えないのである。

３－２　小学生・中学生の学力調査

３－２－１　文部省及び文部科学省による調査

全国的規模での学力調査は、1966年以前のものを除き，上述のように1981年～1983年と1993年～1995年に1%の児童生徒を対象にしたものしかなかった。2002年４月から新しい学習指導要領による教育が始まり、これを機に、全国規模の学力調査が再び始まった。2002年２月に行われた学力調査の結果と、1994年～1995年のデータとの比較をしてみよう（図表６）。

このグラフに関係する調査結果等を、箇条書きに並べてみる。算数、数学に多少問題点があるように思われるが、大きな低下はない。この調査および今後の調査で明らかな学力低下がみられれば、ただちにカリキュラムに手直しを加ええられるべきである。

平成１３年度教育課程実施状況調査教科別報告書のポイント

○印：今回の調査結果の特色、◎印：指導上の改善点

【小学校・国語】

○　いずれの学年でも、設定通過率との比較では、上回る又は同程度と考えられるものが半数以上。

○　漢字力については、同一問題での比較で前回を有意に上回るものもあり、低下傾向は見られない状況。一方、記述式の同一問題では、９題中４題で前回を有意に下回る状況。

○　「文学的な文章を読むこと」について、教師は児童にとって興味を持ちやすいと考える一方で、児童は「嫌いだった」と答えるものが多いなど、教師と児童の意識の違い。

◎　相手や目的などに応じて自分の考えを明確にして構成しながら文章を書く力を育成することが必要。

◎　文学的な文章を扱う場合は、児童が必ずしも興味を持たない状況もあることを踏まえ、学習の導入に工夫を凝らして興味・関心を高めるなど、指導法の改善が必要。

◎　児童が読書に親しむため、短編・長編等の物語、記録・報告等の説明文など多様な文章形式に出会わせたり、読書発表会を行うなど、指導法の改善が必要。

【中学校・国語】

○ いずれの学年でも、設定通過率との比較では、上回る又は同程度と考えられるものが半数以上。同一問題での比較では、第３学年で前回を有意に上回るものが過半数。
○ 本文中の表現を根拠として自分の考え方を述べる問題などでは、設定通過率を下回ると考えられる状況。
○ 「文学的な文章を読むこと」について、教師が生徒にとって興味を持ちやすいと考える一方で、児童は嫌いだったと答えるものが多いなど、教師と生徒の意識の違い。
○ 学校図書館などを利用して読書をしているか等の問に肯定的に回答した生徒の方が平均得点が高い傾向。
◎ 根拠を明確にしながら自分の考えや意見を述べる力や、文章の構成や展開を正確にとらえる力などを育成するための指導の改善が必要。
◎ 文学的な文章を扱う場合は、生徒は必ずしも興味を持たない状況もあることを踏まえ、学習の導入に工夫を凝らして興味・関心を高めるなど、指導法の改善が必要。
◎ 学校図書館などを活用した生徒の読書活動を積極的に推進していくことが重要。

【小学校・算数】

○ いずれの学年でも、設定通過率との比較では、上回る又は同程度と考えられるものが半数以上。同一問題での比較では前回を有意に下回るものが過半数。
○ 計算の意味理解、三角形や円の面積などで設定通過率を下回る状況。
○ 「思考・判断」についての問題で設定通過率を下回ると考えられるものが多い状況。「いろいろな考え方を発表しあうのは楽しい」、「問題が解けたとき、別な解き方を考えようとする」という質問に対し、肯定的な回答をする児童の得点が高い傾向。
◎ 計算の意味を実際の場面と結びつけたり、面積の公式を児童自らが工夫してつくっていく学習などを充実させるとともに、計算の技能を定着させるための指導を一人一人の学習状況に応じて進めるための指導法の改善が必要。
◎ 数量や図形についての作業的・体験的な活動等を取り入れることなど、指導法の改善を図るとともに、児童が様々な考え方を試みたり話し合ったりする中で、日常生活で数を用いることの有用性など数理的な処理のよさを実感できるようにすることが必要。

【中学校・数学】

○ いずれの学年でも、設定通過率との比較では、上回る又は同程度と考えられるものが半数以上。同一問題での比較では、第１、２学年で前回を有意に下回るものが過半数。
○ 記述式の問題、長い文章の問題等で設定通過率を下回ると考えられる状況。
○ 「問題の解き方が分からないとき、あきらめずに考えようとしますか」等の質問に肯定的な解答が多く、生徒が数学の学習に比較的前向きな姿勢を持っている状況。
◎ 生徒の学習状況をよく見ながら、問題文の記述量や生徒に記述させる量を少しずつ増やしていく工夫を図るなど、指導法の改善が必要。
◎ かけ算、わり算を先に行うなどの計算の約束ごとを確実に理解し計算しているかどうかに配慮しつつ、計算指導を折りに触れて行うことが必要。その際、計算で用いられる操作の意味の指導についても留意することが必要。
◎ 結果を導く根拠や手順、既習の知識の生かし方などについて、自分の考えを説明したり振り返って考えたりする活動を充実させることが必要。
◎ 生徒の数学の学習への比較的前向きな姿勢を生かすため、図形を３次元から２次元へ置き換えるなど、問題解決の有効な考え方を意識付けるための指導法の改善が必要。

【小学校・理科】

○　いずれの学年でも、設定通過率との比較では、上回る又は同程度と考えられるものが半数以上。
○　「てこの釣り合い」や「血液の循環」などの一部の内容において設定通過率を下回るものもある状況。
◎　観察や実験を行う際には、単なる作業的な実験ではなく、児童が自ら予想や仮説をもった上で、計画的な実験を行うことを大切にするとともに、観察や実験が終了した後には、その結果の整理や考察を行い、児童の科学的な見方や考え方を養うなどの点に留意することが必要。
◎　観察や実験を行いにくい内容（「血液の循環」など）については、コンピュータや立体的な模型などを積極的に活用し、実感を伴った理解が図られるような指導を重視することが大切。

【中学校・理科】

○　設定通過率との比較では、第１、２学年で、上回る又は同程度と考えられるものが半数に満たない状況。同一問題での比較では、第２学年で前回を有意に下回るものが過半数。
○　観察、実験は行っているものの、必ずしも目的意識をもった主体的な学習活動になっていない状況。
◎　理科の学習と身近な現象や体験との関連を意識したり、観察、実験においても目的意識をもって主体的に学習することができるよう指導の工夫を行うとともに、観察や実験を行いにくい内容等はモデル実験やコンピュータの活用を図るなど、指導法の改善が必要。
◎　指導の過程で、発表したり、討論するといった活動を取り入れることが重要。

３－２－３　ＩＥＡの調査

次にしばしば引用される国際教育到達評価学会（ＩＥＡ）の調査について述べておこう。1995年に行われたもの(TIMSS)と1999年のもの(TIMSS-R)の結果である。それぞれ無作意に選ばれた学校及び生徒について調べてある。日本の学校数及び生徒数は小・中各約150校、約5000人である。中学２年生の算数と理科の成績を図表７に示す。どちらも日本が成績上位ということがわかる。しかし図表８に示したように算数好き理科好きが最低に近いことは、しばしば指摘されるとおりである。興味のあることは成績の上で５位以内に入る国々が殆どアジア諸国、シンガポール、台湾、日本、韓国であること、しかしこのうち台湾、日本、韓国の生徒が、日本と同じように算数好き理科好きが少ないことである。逆に算数好き理科好きが非常に多い国々は成績がきわめて悪い。この事実をどう考えるべきであろうか。日本、韓国、台湾の理数教育で、学力を保ちつつ理数好きにするにはどうしたらよいか、協力して検討すべきであると考えている。

最近ＯＥＣＤが読解力について行った30数ヶ国の国際調査の結果が発表された。日本は読解力は８位、数学力１位、科学は２位であった。ここでも韓国は読解力６位、数学２位、科学１位で、日本とほとんど同じ傾向を示している。しかし一方学校外での勉強時間は日本が調査参加国中で最低で、次にフィンランド、韓国の順で低かった。文科省がもっと宿題を出そうと言い出したことに賛意を表したい。ある県ではゆとり教

国/地域	平均得点
シンガポール	604
韓国	587
台湾	585
香港	582
日本	579
ベルギー	558
オランダ	540
スロバキア	534
ハンガリー	532
カナダ	531
スロベキア	530
ロシア	526
オーストラリア	525
チェコ	520
ブルガリア	511
ラトビア	505
アメリカ	502
イギリス	496
ニュージーランド	491
リトアニア	482
イタリア	479
キプロス	476
ルーマニア	472
タイ	467
イスラエル	466
イラン	422
南アフリカ	275

数学

国/地域	平均得点
台湾	569
シンガポール	568
ハンガリー	552
日本	550
韓国	549
オランダ	545
オーストラリア	540
チェコ	539
イギリス	538
スロバキア	535
ベルギー	535
スロベキア	533
カナダ	533
香港	530
ロシア	529
ブルガリア	518
アメリカ	515
ニュージーランド	510
ラトビア	503
イタリア	498
リトアニア	488
イスラエル	484
タイ	482
ルーマニア	472
キプロス	460
イラン	448
南アフリカ	243

理科

（注）得点は、全生徒の平均値が500点、標準偏差が100点となるよう算出。イングランドはイギリスとして示す。

図表７　得点の国際比較（14才、1999年）

「好き」の合計	
国/地域	割合(%)
マレーシア	95
インドネシア	92
フィリピン	91
南アフリカ	88
モロッコ	87
イラン	84
ヨルダン	82
マケドニア	81
シンガポール	79
タイ	79
ロシア	78
チュニジア	77
キプロス	77
トルコ	77
イギリス	77
香港	75
イスラエル	74
チリ	73
カナダ	73
ニュージーランド	73
リトアニア	71
スロバキア	70
アメリカ合衆国	69
ルーマニア	69
イタリア	68
ブルガリア	68
オーストラリア	68
ベルギー	66
フィンランド	64
ハンガリー	62
ラトビア	61
スロベキア	60
台湾	56
チェコ	55
韓国	54
日本	48

数 学

「好き」の合計	
国/地域	割合(%)
インドネシア	96
マレーシア	96
イラン	92
フィリピン	92
タイ	90
チュニジア	90
チリ	89
ヨルダン	87
トルコ	87
シンガポール	86
南アフリカ	86
イギリス	83
香港	76
キプロス	75
アメリカ合衆国	73
イタリア	72
カナダ	70
ニュージーランド	70
台湾	69
イスラエル	67
オーストラリア	66
日本	55
韓国	52

理 科

図表８　好き嫌いの国際比較（14才、1999年）

育だから宿題を出すなと指導したと聞いているが、中教審や文科省はそのようには全く言っていない。

ところでこういう国際比較で、日本の生徒が随分上位の成績をとっても、マスコミを初めあまりほめないのはなぜであろう。一方理数好きが少ない、家での勉強時間が少ないというマイナス面については大きくとりあげる。自虐的過ぎるのではないであろうか。

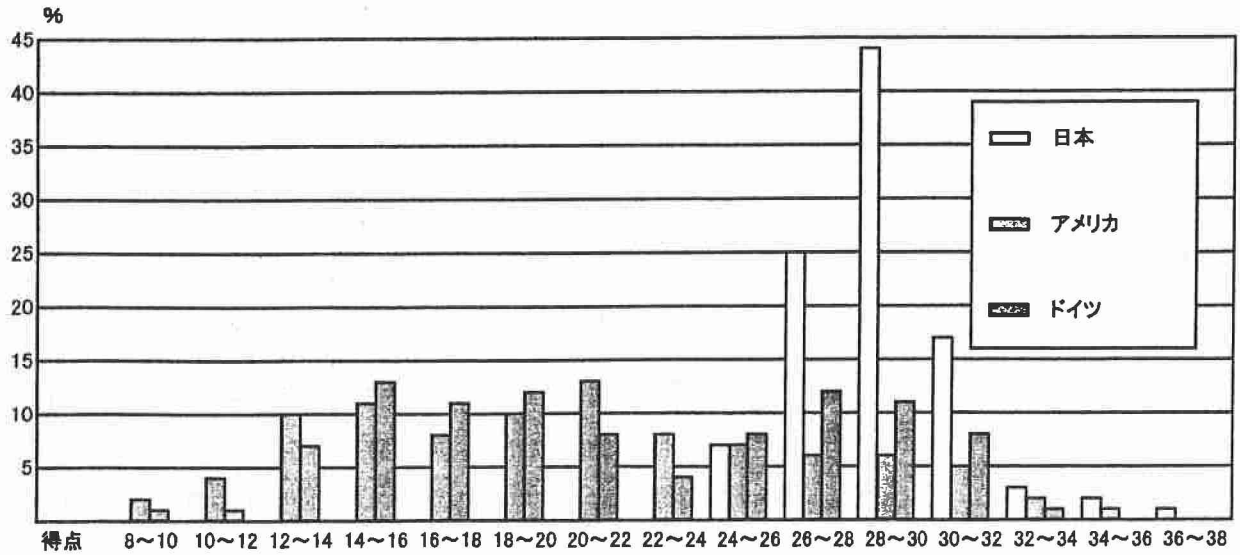
なお日本の中学の生徒の学力（数学・理科）が、ドイツやアメリカと比べてそろっているという特徴的事実を図表９に示す。

4　高等学校の教育について

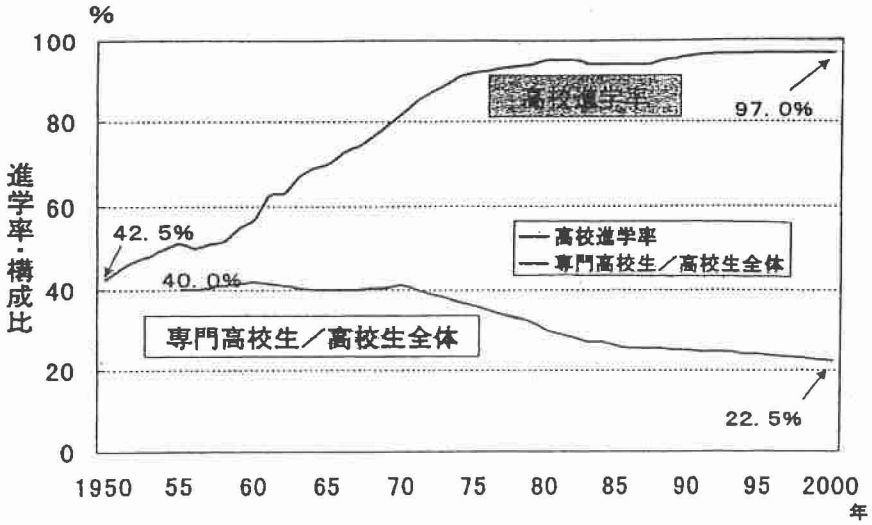
次に高等学校の教育について述べる。大学生の教育に最も直接的に影響を与えるものは、高校でどれだけ十分な学力をつけているかということである。

第１に着目しなければならないことは、高等学校への進学率が1960年代から1980年に、60%強から90%へ急上昇したことである。そして1990年代にはほぼ100%に達した。図表１０に示した通りである。

第２の点は、一般にあまり注目されないことである。それは専門(職業)高校生が全高校生に占める割合である。1970年までは40%を占めていた。すなわち職業高校は人気があった。しかしそれ以後人気は下降を続け、現在22%である。極論を言えばこれが日本の物造りの実力を下げているのである。私はこれを心配し、文部省(当時)初中局の依頼により、委員会でさまざまこの問題を検討し、「スペシャリストへの道」を提案した。1994年のことである。そこで専門高校と名称をかえ、施設、設備を整え、その卒業生が大学へ入りやすくな



図表９　TIMSS主要教科　国際数学・理科教育調査の成績分布



図表 10　高校進学率及び専門高校生構成比の推移

るよう、もっと推薦入学を受け入れ、学科試験に工業数学や簿記など専門高校で教える科目を加えよと提案した。しかし大学側は専門高校生の英語力、数学力等が不充分であるから受け入れにくいとの返事であった。また、それでは補習授業が出来ないかという希望に対して、大学で高校レベルの教育をせよとは何事かとの反論があった。さらに教員が忙しく補習などやる余裕がないとの意見があったので、文部省高等教育局は直ちに補習授業のための予算を5000万円計上したのである。この議論が行われたのは1995年で、まだ18歳人口が180万人あり、その減少の影響が大学の間で論じられていない頃であった。私は、早晩普通高校出身に対しても補習がいるようになると断言した。

第３点は、高校教育の多様化を進め、必修を減らし選択を多くしたことである。旧来は普通高校と職業(専門)高校に大別されていたが、そこに総合学科が導入され、どちらの方向へも進めるようになった。ほとんどすべての子どもたちが高校へ進学するようになったし、さらに不登校が増大したこともあり、高校生の学習意欲を高める目的で、必修を減らし選択を多くしたのである。これが医学部の学生でも生物を学んでこない者がいるというようなことが起こっている一因である。

第４点は、大学入試科目の減少の高校教育への悪影響である。1985年前後から入学試験地獄を避けるためにという美名のもとで、大学入試科目が少なくなり、一芸型が宣伝されるようになった。拳玉で入学したなどの話すらあった。私はこの傾向を憂い、例えば1989年の全国公立高校長会議やその後の国立大学協会の会議の際などで、易しくても良いから多科目で入試をやるべきだと主張を重ねて来た。不幸にしていまだに少数科目のままである。ただ少数の大学で科目を増やそうという努力が見られるようになったことは嬉しい。是非ともその方向に進んで欲しい。

なぜ多科目を主張するかと言えば、自分の進もうとする大学の入試に出ない科目なら勉強しなくなるのは人情だと思うからである。京都大学の西村教授たちの調査の一部を示そう。**図表１１**を見ていただきたい。

経済学部１年生の数学力；２次方程式の正解率
$X^2+2X-4=0$　を満たすX＝□である。

	正解率	
国立Ａ大学経済学部(2次数学受験)	96.1	
私立a(私立ﾄｯﾌﾟ校経済学部:２次数学受験)	96.3	数学あり
私立b(私立ﾄｯﾌﾟ校経済学部:２次数学受験)	79.4	
私立c(私立ﾄｯﾌﾟ校経済学部:数学受験なし)	27.5	
私立b(私立ﾄｯﾌﾟ校経済学部:数学受験なし)	32.7	数学なし
私立b(人文系学部:数学受験なし)	14.1	10%～30%
私立k(私立経済学部難易度下位　全体)	9.7	

図表１１経済学部１年生の数学力

入試の２次試験に数学のあるなしで、優秀な大学でも２次方程式の正解率に大きな差が生じるのである。このような問題を解決するためには、高校卒業資格をきちんと定め、その資格試験を高校卒業時に行うことが一法である。または大学がその教育方針において必要とする条件をはっきりとし、入試科目を増やすか、さもなければ調査書で高校段階での履修実績を確認すべきである。医学部の学生なのに生物をやっていないという不満は、高校だけの問題ではなくむしろ大学側の責任である。やっと幾つかの医大又は医学部が高校時代に生物を必須とすることを条件としたり、入試に生物を課すようになってきたことは慶賀すべきである。

もう一つ注意すべきことは、高校 3 年間でいかに忘れてしまうかということである。中学 3 年で 2 次方程式を学び、その直後の正解率は約 70％という統計がある。しかも経済学部へ行く学生でも高校で数学があったはずである。にもかかわらず多くの経済学部の学生の 10％程度しか正しく 2 次方程式が解けないのである。どうやって義務教育で教えた学力を保たせるかが大きな問題である。

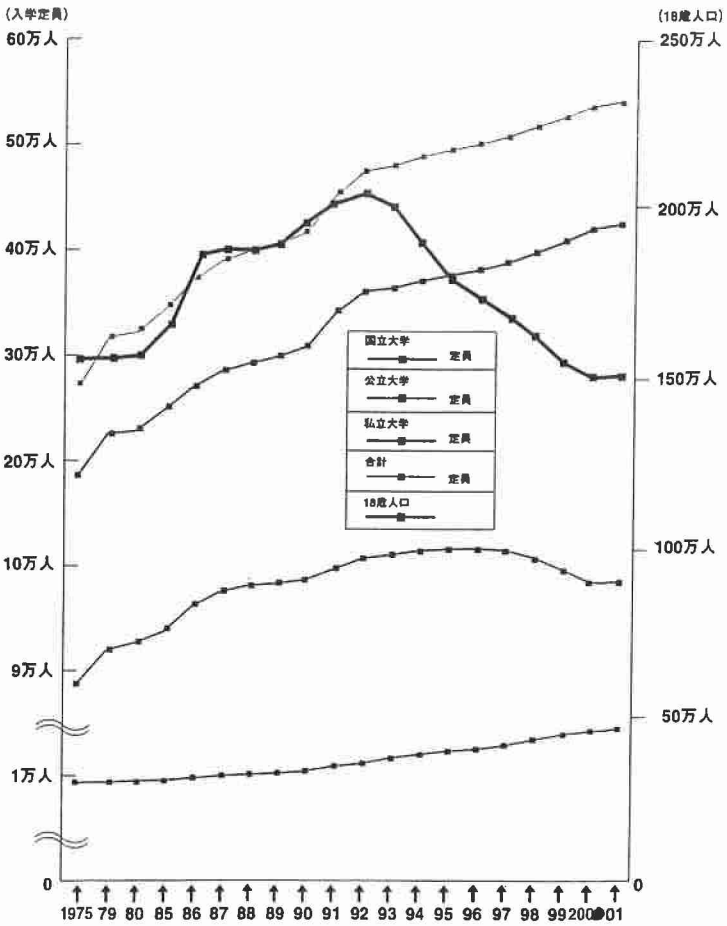
もう入試科目を一つ増やすと受験者が減って受験料の上がりが少なくなるから駄目だというようなことはなくなると思う。多くの大学で入試をやる必要が無くなるであろう。頼んで学生に来てもらわなければならなくなった。しかし競争の烈しい大学は依然として学生をどう選ぶか苦慮しなければならない。私は多科目で入試を行ったり、入試担当の組織(アドミッション・オフィス)を強化して、より優れた学生をとるべきだと思う。ハーヴァード大学やＭＩＴでは、入学させた学生の 95％以上を卒業させている。世間では入学は易しくして大勢採り、教育を厳しくしてどんどん落とせと言う人が多いが、これはアメリカではコミュニテイ・カレッジを初め、中流及び下流の大学の話である。一番卒業率の低いのは、このコミュニテイ・カレッジである。また、フランスやドイツのように入学金や授業料がただか、安い国の大学の話である。もし日本でこれをやるなら、少なくとも最初の 1 年か 2 年は、ほとんどただで学生を入れ、きちっと学力を見た上で上級へ進める人を選びなおし、その人々に入学金や授業料を課すべきであろう。またＡ大学で落第した学生をＢ大学では受け入れるというように、大学間でもっと積極的に移行が出来るようにしなければならない。

5　大学の進学率の急上昇と入学定員の増加

この数年、大学生の学力が下ったという説が広がっている。その中で私は先に引用した西村教授たちの調査結果を一番評価している。このようなきちんとした調査で確かに分数計算の出来ない大学生がいることは認めざるを得ない。ただ私は、もっとさかのぼってせめて 1985 年、一歩譲って 1990 年ぐらいからの調査が欲しいのである。それがなければ下ったかどうかは分からないのではないか。さらに西村教授たちがこの種の定量的研究をずっと続けて行かれることを望んでいる。

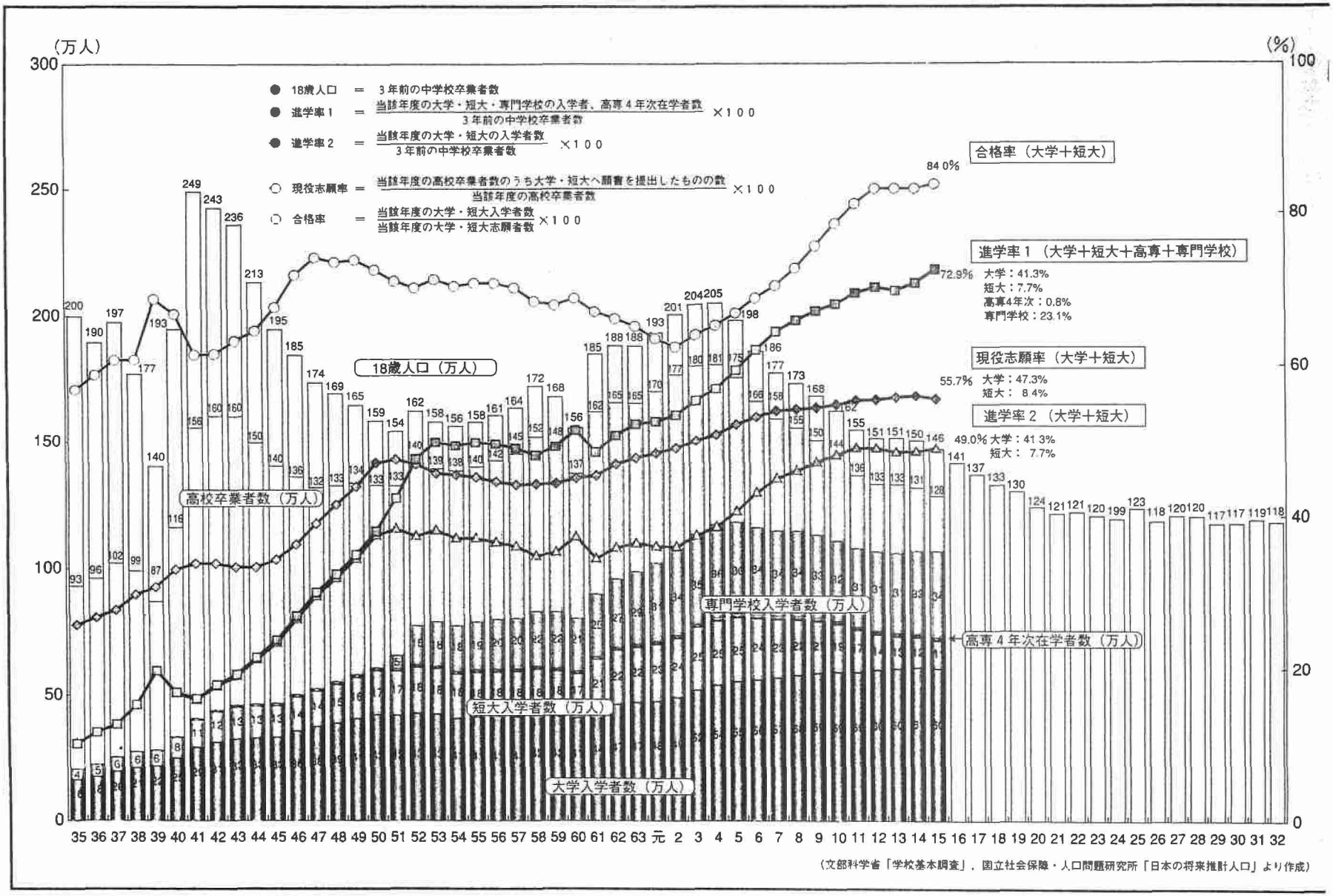
しかしこの学力の問題を直ちにゆとり教育のせいとか、現行の初中教育のせいと断言して良いであろうか。ここの飛躍に私はにわかにそうだと同意出来ないのである。ましてや始まったばかりの新学習指導要領をやめろと言われても困るのである。私も新指導要領の使い方には意見があり、総合的学習の時間の導入を推進した人間として考えることがある。この総合的学習や選択教科の時間をどう活用するかであるという主張は、論座 2001 年 9 月号に述べておいたから繰り返さない。ただ各教科の時間やその内容が減ったことだけを見て、学力が落ちると言うのは短絡である。この総合的学習や選択教科の時間によって学ぶことも学力である。これを加えて考えなければならないのである。

私も大学生の平均学力は下ったであろうと思う。それは近年の進学率の急増と、入学者数の絶対値の急増が原因だと考えるのである。18 歳人口と入学者定員の関係を調べると、驚くべき事実が明らかになるのである（**図表１２・図表１３**）。1985 年から 1992 年までは 18 歳人口がどんどん伸びている。この伸びによって大学入試地獄が厳しくなって来たので、文部省は臨時定員増を許したのである。問題はそれ以後の定員である。現在 18 歳人口は 150 万人であるから、仮に 18 歳人口に比例して入学者数を決めるとすると、1992 年の定員に比べて現在は 25％減らすべきである。現に臨時定員増は、ほぼ 18 歳人口に比例させるように導入されたのである。



図表１２　大学の学部入学定員の変遷

図表1-3　18歳人口と高校卒業者数・進学者数の推移



（文部科学省「学校基本調査」，国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」より作成）

入学者定員を18歳人口に比例させなければならないとは必ずしも思わない。また学力が果たしてどのくらい、進学率に左右されるかは明らかではない。しかし進学率を増やせば平均学力が減ることは当然予想されるではないか。入試科目を少数化したり、学生を採り過ぎたり、大学生の学力を低下させた最も大きな原因は、私も含めて大学人が作り出したものである。大学人が大学生の学力について云々するときはこの辺の自覚が必要である。

大学生の学力が低下したとしばしば言われるようになったのは、18歳人口が205万人より減り始め、それが目立つようになった1997年頃からである。その年18歳人口は168万人まで既に減少していたし、進学率は1992年の26.4%から34.9%まで上昇していた。

ここで一つの提案は大学生の学力を1992年頃のものに戻すために、2010年には思い切って入学者を減らすことである。こうすれば高等学校の学生ももっと緊張して勉強するようになることは明らかである。

6　一般市民の学力――うんと授業時間をとっても学力の知識が定着しない――

もう一歩進んで一般の市民はどうであろうか。国民の理科知識は大丈夫かという問題をOECDの調査に基づいて調べて見ると、これがまた大問題である。小学校、中学校、一部高等学校で教えるような問題を、いくつかの先進諸国の中で調べた。「地球の中心は熱い。正しいかどうか」、「すべての放射能は人間が作ったものである。正しいかどうか」、こういう非常に基本的な問題を20題だした（**図表１４**）。その結果は、日本は3番目くらいかと思ったら、下から2番目に出てきた。ようするに、学校で十分に教えたはずのものを覚えていない。1991年のこの調査を受けた人の中心は当時35歳であり、その人々は数学と理科の授業を戦後の義務教育において最も多く受けている。その人々が成人になった時、科学の知識がこんなに低いのである。　この事実はうんと時間をとり、うんと教えれば学力・知識が増えるわけではないことを示している。

7　規範意識

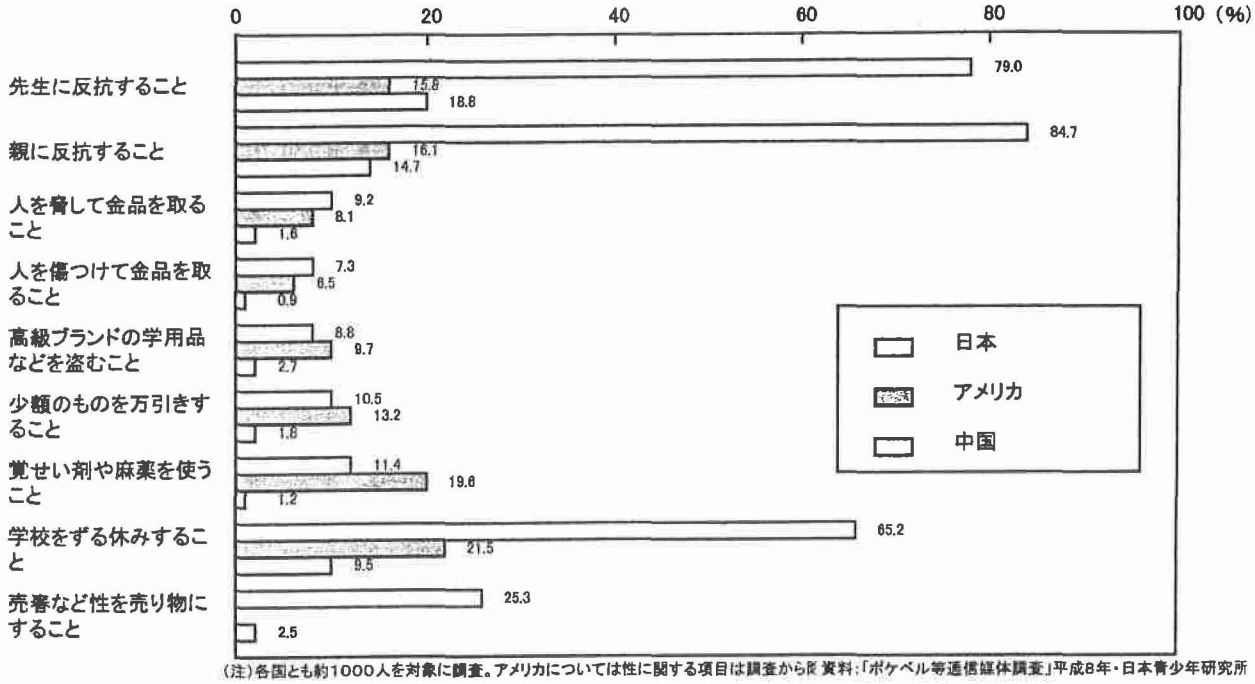
次に私が一番心配していることは、子どもたちの規範意識があまりにも薄くなっていることだ。規範意識を少し向上させていく必要がある。そのためには、保護者、地域社会の協力と努力がどうしても必要だと私は思う。これは、規範意識に関しての中学校及び高等学校の子どもたちのアンケート調査の結果である（**図表１５**）。ここには高等学校の子どもたちの規範意識を持ってきたが、「本人の自由でよい」と回答した者の割合はどれだけあるか。「先生に反抗すること」について

質問事項
1．地球の中心は熱い。
2．全ての放射能は人間が作った物である。
3．我々が吸う酸素は植物から発生する。
4．親の遺伝子は男の子あるいは女の子の赤ちゃんに分けて伝えられる。
5．レーザーは音波を集中させたもの。
6．電子は原子より小さい。
7．抗生物質は細菌のみならずウイルスにも効く。
8．宇宙の始まりの時、大きな爆発をした。
9．我々の住む大陸は何百年もかかって移動し、今後も移動し続ける。
10．人間は、動物から進化した。
11．喫煙は肺ガンの原因である。
12．初期の人間は恐竜と同じ時代に生きていた。
13．放射能で汚染された牛乳は沸かすと安全になる。
14．光と音はどちらが早いか。
15．地球は太陽の周りを回っているのか、太陽が地球の周りを回っているのか。
16．地球は太陽の周りをどのくらいの時間をかけて回っているのか。
17．ＤＮＡとは分かりやすい言葉で言うとどういうものか。
18．分子を分かりやすい言葉で言うとどういうものか。
19．インターネットとは分かりやすい言葉で言うとどういうものか。
20．放射線とは分かりやすい言葉で言うとどういうものか。

図表１４　科学に対する基本的な２０の質問

は、日本では79%が「自分たちの自由意思である」と言っている。アメリカが16%で、中国も19%程度に過ぎない。「親に反抗すること」はもっとひどい。85%の高等学校の生徒は、親に反抗するのは自分の自由意思だと思っている。私が非常に落胆したのは、一番最後の「売春する」ということは自分たちの自由意思だと思っている日本の子どもたち、高校生が25%もいるということだ。アメリカは調査しなかったのか0%で、中国も2.5%だ。学校をずる休みすることも日本の高校生は65%もの人が自由だと思っている。これが不登校が多い理由である。

なお、子どもたちが朝食を取るか取らないかいうことと成績の関係でおもしろい資料がある（**図表１６**）。



(注)各国とも約1000人を対象に調査。アメリカについては性に関する項目は調査から除く 資料:「ポケベル等通信媒体調査」平成8年・日本青少年研究所

「本人の自由でよい」と回答した者の割合

図表１５　日・米・中の高校生の規範意識

このグラフから、学校に行く前に朝食をとる子が明らかに成績がよい。また、学校に持っていくものを前日か、その日の朝に確かめる子の方が成績がよいことがデータからわかっている。また現代の子供たちはインターネットから多くの情報を得ていることも、忘れてはならない現実である。

8　教育への公財政支出の強化

最後に教育は国家100年の将来を基づくものであり、そのため公財政支出を増加すべきことを訴えたい。(**図表１７**) に初中教育・高等教育への公財政支出をＧＤＰに比較したＯＥＣＤの調査を示しておく。どちらも日本は世界の主な国々の中で最低に近い。もし本当に小泉首相の言う「米百俵」の精神を生かすのであれば、教育費への公財政支出をアメリカ並みに増大すべきである。特に高等教育費の増大が望まれるのである。そうすれば国・公立大学だけでなく、私学への助成も大幅に増大できるのではないであろうか。私は「大学貧乏物語」を語り続け、高等教育費、研究費の公的支出

児童生徒への質問　その1

学校に行く前に朝食をとりますか？

	必ずとる	たいていとる	とらないことが多い	全く、またはほとんどとら	無回答
国語	510.6	486.1	169.3	465.8	275.9
社会	513.2	478.8	458.6	455.7	382.2
数学	513.1	479.7	458	452	356.7
理科	513.9	478.4	457.4	450.6	370.8
英語	511.4	483.2	463.7	455.5	367.8

児童生徒への質問　その2

に持っていくものを、前日か、その日の朝に確かめますか

	必ず確かめる	たいてい確かめる	確かめないことが多い	全く、またはほとんど確かめな	無回答
国語	517.7	503.2	487.3	457.5	276.2
社会	519.3	500.1	486.5	456.3	385.5
数学	519.7	500.4	482.9	459.1	359.1
理科	521.9	500.7	482.2	450.1	364.2
英語	518.5	502.5	483.8	454.4	360.1

児童生徒への質問　その3

世の中のいろいろな出来事を知ったり、情報を得たりするため、ふだん行っていることは何ですか？

	テレビのニュースを見る	新聞を読む	インターネットを利用す	本や雑誌を読む	特に何もしない
国語	506.9	516.2	527.7	509.3	473.2
社会	506.7	522.1	528	505.2	468.3
数学	505.2	512.1	522.8	499.1	481.4
理科	506.6	518.2	523.9	502.3	472.4
英語	505.6	513.4	527.9	504.7	474.2

教師への質問

宿題を出していますか？

	多くの時間で出している	どちらかといえば出している方が	どちらかといえばだしていない方	全く、又はほとんど出していな	無回答
国語	507.8	501.9	498.1	498.9	495.1
社会	505	502.5	500.3	496.9	500
数学	513.2	503.3	496.2	491.9	487.9
理科	511.4	501.7	502.9	492.7	513.8
英語	507.5	502.8	491.1	494	506.7

＊数値は標準化した得点

図表１６　成績と朝食などの関係

の増加を訴え続けている。特に科学研究費補助金の急増など徐々に向上はしているがまだ日暮れて道遠しである。

9　結論

教育を受ける側の一般的な問題として、義務教育レベルでは、児童・生徒の　①勉強の意欲の低下、②志の低さ、③規範精神の低下、④体力・運動力の低下がある。

教育改革というのは決して制度いじりだけではできない。私は中高一環教育主張し、また学校完全５日制の旗を振った。しかしながらこういうことだけで改革が進むものではないと思う。要は今までのようにすべての人をあまりにも過度に平等に取り扱うのではなく、それぞれの子どもの個性にもう少し注目をして、教育を進めてほしい。ただし、基礎・基本はピシッと教えた上で、その上で個性を発展させるべくご努力を賜りたいと思う。

また日本ではたいへん遅れているが、子どもたち一人一人の習熟度というのを見ていただいて、習熟度別の教育を恐れないでいただきたい。それが個性を生かす方法であり、将来において独創性を伸ばすことのできる子どもを育てる方法であろうと私は思う。

大学生の学力低下の最大の要因は、初中教育の失敗ではなく、大学自体にあると思う。それは入試の安易化・多様化、特に少数科目化と、18 才人口の減少の傾向に反して大学生の入学定員がこの 15 年増加し続けてきたことにある。残念ながら多くの人々がｙとり教育の真意を理解せずもっぱら学力を低下させると非難する理由は、もしかしたら大学生を多くして入学し易くし過ぎたことによって、高等学校の生徒の緊張感が弱まり、 大学生に目的も持たずのんびりした人が増えたことをゆとり教育の結果とみるかめかも知れない。それをひきしめる意味でも大学生の定員を大幅に減らすべきである。減らせないのであれば、高校の水準の基礎教育を大学できちっとやるべきである。その時代に教養部を殆どの大学で廃止してしまったことは、大変残念なことであった。

もっと客観的資料に基づく定量的教育論が行われ、その上で必要な改革を行うべきである。

＜初等中等教育＞

国名	公財政支出	私費負担	合計
トルコ	1.82	0.51	2.33
ギリシャ	2.32	1.15	3.47
チェコ	2.74	0.39	3.13
日本	2.78	0.25	3.03
ドイツ	2.79	0.89	3.68
ハンガリー	2.85	0.25	3.1
オランダ	2.97	0.08	3.06
メキシコ	3	0.48	3.48
韓国	3.15	0.8	3.95
アイルランド	3.18	0.1	3.28
オーストラリア	3.12	0.59	3.8
スペイン	3.26	0.4	3.65
ベルギー	3.36	m	3.36
イギリス	3.4	m	m
アメリカ	3.4	0.35	3.74
イタリア	3.43	0.04	3.47
ポーランド	3.48	m	m
ベルギー	3.52	m	3.52
フィンランド	3.67	x	3.66
カナダ	3.72	0.34	4.06
オーストリア	3.99	0.22	4.21
スイス	3.99	0.47	4.46
フランス	4.14	0.22	4.35
ポルトガル	4.22	n	4.22
デンマーク	4.25	0.09	4.34
アイスランド	4.25	m	m
ノルウェー	4.38	0.04	4.42
スェーデン	4.51	0.01	4.52
ニュージーランド	4.61	m	m
スクセンブルグ	m	m	m
スロバキア	m	m	m
OECD平均	3.28	0.37	3.64

＜高等学校＞

国名	公財政支出	私費負担	合計
日本	0.43	0.6	1.02
韓国	0.44	2.07	2.51
イタリア	0.68	0.16	0.84
チェコ	0.76	0.12	0.88
メキシコ	0.78	0.11	0.89
ハンガリー	0.8	0.21	1.01
トルコ	0.81	0.03	0.84
ベルギー	0.83	m	0.83
イギリス	0.83	0.28	1.11
スペイン	0.84	0.27	1.11
ベルギー	0.91	m	0.91
ポルトガル	0.96	0.08	1.04
ドイツ	0.97	0.08	1.04
フランス	1.01	0.12	1.13
ギリシャ	1.04	0.17	1.21
ニュージーランド	1.06	m	m
アメリカ	1.07	1.22	2.29
アイルランド	1.08	0.3	1.38
オーストラリア	1.09	0.51	1.59
スイス	1.11	n	1.11
オランダ	1.15	0.03	1.18
ポーランド	1.16	m	m
ノルウェー	1.42	0.09	1.51
オーストリア	1.44	0.02	1.46
デンマーク	1.49	0.04	1.53
スェーデン	1.49	0.17	1.67
カナダ	1.53	0.32	1.85
フィンランド	1.68	x	1.67
アイスランド	1.74	0.04	1.78
スクセンブルグ	m	m	m
スロバキア	m	m	m
OECD平均	0.93	0.67	1.59

注＞1. 公財政支出教育費の比率の小さい順に並べ換えた。
2. 記号の意味は次の通り。

m：不明　a：制度上該当しない　n：係数が0　x：他　　出典：Education at a Glance,OECD,2001

図表１７　国内総生産に対する教育費の比率(1998 年)

文学と物理学－漱石と現代物理学を中心として－

佐久間　洋一

文科と理科は全く相反する分野のように見られていて、文化系人間と理科系人間などという人種差別まがいの論がなされることもある。しかし、理科系出身の文学者もあまたいて、特に医学系に多いようだ。国内では森林太郎（鴎外）、斎藤茂吉、北杜夫、加賀乙彦、なだいなだ、渡辺惇一、国外ではチェーホフ、カロッサ、モーム、クローニン、など幾人も簡単に挙げられる。医者にはならなかったが、医学生だった魯迅、また安部公房や手塚治虫もその範疇に入るだろう。渡辺惇一はこう述べている。「医学部に入ったころ、医学と文学はかけ離れたものだと思っていた。しかしその後、臨床に慣れ親しむにつれ、両者は相反するどころかかなり近いものだと思いはじめるようになった。医学も文学も本質的に「人間とは何か」という問いかけから発している。そのアプローチの仕方に医学は肉体的な面から、文学は精神的な面からの違いはあるが、目的とするところは人間であり、その点でまさに同じである。『医学と文学』」。

文豪森鴎外は陸軍軍医であったが、医者としての業績は多くなく、脚気の原因究明では首を傾げざるを得ないようなことをしている。それは、脚気の原因は病原菌にあるとして、白米原因説を徹底的に糾弾し、高木兼寛をはじめとする海軍軍医達と対立したことである。その結果戦死者よりも多い、日清戦争約 4 千人、日露戦争約 3 万人とも云われている、脚気による戦病死者を陸軍から出してしまった。しかし、その後も鴎外や陸軍の軍医達はなかなか自説の誤りを認めず、特に鴎外は一生それを認めなかったと伝えられている。

それでは、医学以外の理科の分野ではどうだろう。放射線教育フォーラムの有馬朗人会長は東大総長も務めた物理学者ではあるが、俳人としても高名である。吉本隆明は、最近では吉本ばななの父親とした方が通りがよいかも知れないものの、東京工業大学電気化学科の出身で、某社の研究所勤めをしていたこともある。一方、文学者で理科系の学問を良く理解していた夏目漱石のような人間もいる。漱石や鴎外が活躍した時代、19 世紀末から 20 世紀の初め、は現代物理学の創成期であった。漱石は、現在でも理解できる人が多くないその現代物理学を、かなり良く理解して作品にも取り入れているのである。漱石は作家として有名だが、色々な才能を持ち、英文学者、英語教師、俳人、画家、批評家、講演者、翻訳家でもあった。作家になったのは不惑の歳になってからのことであった。松山中学校の英語教師時代には、親友正岡子規の指導の下、2 ヶ月間に百首以上もの俳句を作ったこともあった。一方で、大学予備門予科生の成績は概して理数系の方が良かった。建築家になろうと思っていたこともあった。熊本、第五高等学校教師時代の弟子に、後に物理学者になり一生付き合うことになった寺田寅彦がいる。

「吾輩は猫である」は漱石が作家になるきっかけとなった小説である。それには寅彦がモデルとなった物理学者水島寒月が登場する。「吾輩は猫である」は 1 回で終わるつもりが、評判が良くて結局 11 回も続いた。そこで、第二章から全体を貫く話のために、寒月が登場する。寒月とはもともと俳句の季語で、冷たく輝く冬の月である。寅彦の句によく使われていて、例えば「寒月や撃析ひゞく監獄署」がある。第三章には、寅彦の入れ知恵の“首縊りの力学“の話が出てくる。19 世紀後半の英国では効率的な絞首法を物理学者が研究していて論文にもなり、それがこの話の下敷きになっている。吾輩も第八章で”ニュートンの運動の第一法則と第二法則“を解説して「ニュートンの運動律第一に曰くもし他の力を加うるにあらざれば、ひとたび動き出したる物体は均一の速度を以て直線に動くものとす。（中略）幸いにしてニュートンは第一法則を定むると同時に第二法則も製造してくれたので主人の頭は危うきうちに一命を取りとめた。運動の第二法則に曰く運動の変化は、加えら

れたる力に比例す、しかしてその力の働く直線の方向に於いて起こるものとす」と云っている。

「坊ちゃん」の主人公は語学や文学が大嫌いな数学教師である。「三四郎」には“光線の圧力測定”実験の話がある。三四郎が東京に着いて暫くして理科大学、後の東大理学部、に野々宮博士を訪ねたときにその装置の話が出てくる。しかし、詳しい解説はかなり後の方にある。精養軒の会の場面で博士は話す「理論上はマクスエル以来予想されていたのですが、それをレベデフという人が始めて実験で証明したのです。近頃はあの彗星の尾が、太陽の方に引き付けられるべき筈であるのに、でるたび何時でも反対の方角に靡くのは光の圧力で吹き飛ばされているんじゃなかろうか思いついた人もある位です」(中略)「否、どうも中っているらしい。光線の圧力は半径の二乗に比例するが、引力の方は半径の三乗に比例するんだから、ものが小さくなればなるほど引力の方が負けて、光線の圧力が強くなる。もし彗星の尾が非常に細かい小片から出来ているとすれば、どうしても太陽とは反対の方に吹き飛ばされる訳だ」という具合である。光線の圧力とはまさに量子力学の話である。アインシュタインが光量子仮説を発表したのが 1905 年、「三四郎」が東京朝日新聞に連載されたのはその三年後のことである。彗星の尾が靡く本当の理由は太陽風のためなのだが、漱石はマックスウエル、アインシュタインからレベデフまで知っていたのだ。この話のネタは寅彦が読んで漱石に話したアメリカ人の論文から得たもので、漱石は寅彦に話を訊いただけで正確に理解して小説に取り入れている。

漱石は明治維新の前年、1867 年(慶応 3 年)2 月 9 日(陰暦 1 月 5 日庚申)、江戸牛込馬場下横町に名主夏目家の五男三女の末っ子として庚申の日に生まれた。江戸時代には、「庚申の日に生まれた子は大泥棒になる」という迷信があり、厄除けのため金之助と名付けられた。生まれてすぐ貰われてしまうのは、跡継ぎとして必要ないこと、家運が傾いていたこと、父 50 歳母 42 歳という今でさえも高齢な夫婦の、いわゆる「恥かきっ子」だったからだ。貰われた先は古道具屋、夜店に連れて行かれて売り物の道具の間に寝かされていたのを姉が見つけ、不憫に思ってすぐに連れ戻された。しかし翌年夏目家出入りの塩原家に正式に養子に出され、長男として育てられる。9 歳のときに養父母の離婚に伴い生家に戻るが、本当の両親を祖父母と思い込まされて塩原姓のままでいた。20 歳になって金之助はようやく夏目姓になるが、それは兄たちが次々と結核で亡くなり、感染の可能性が小さい金之助が跡継ぎとして必要になったからだった。金之助が夏目姓に戻るに当たり、夏目家は塩原家に 9 歳までの養育料を支払い、金之助は金で買い戻された形になった。このような生い立ちが、後の漱石の人生や小説に色濃く影響を与えることになった。学問をして独り立ちすること、それも時代に合った英語を選んだこと、しばしば鬱状態になったことなどである。名前もなく、生まれてすぐに捨てられてあちこちと貰われていった吾輩は漱石自身なのだ。

漱石が生きた時代は物理学の激動期だった。ボルツマン(1844-1905)、レントゲン(1845-1923)、ヘルツ(1857-1894)、プランク(1854-1928)、マリー・キューリー(1867-1934)、アインシュタイン(1879-1955)、ボーア(1885-1962)、シュレーディンガー(1887-1961)ら、現代物理学の開拓者達と同じ時空を漱石は歩んでいたのだ。19 世紀終わり頃、古典物理学は完成し物理学者等は全ての物理現象が古典物理学で解釈できるだろうと思っていた。しかし、エックス線や光電効果など、古典物理学では説明できない現象が発見され、プランクの量子仮説が 1900 年に提唱され、アインシュタインの光量子仮説と特殊相対性理論が 1905 年に発表された。完成したと思われていた古典物理学がほころびを見せ始め、量子力学や相対性理論などの現代物理学が生まれてきた。その同じ時代の空気を吸っていただけではなく、漱石は現代物理学の鼓動をはっきりと捕らえていたのだ。日記によれば、1911 年の 6･7 月頃寅彦と共に、哲学者ベルクソンの時間空間に関する本を読んだ

り、アインシュタインの相対性理論を論じあったりしている。

幼少の頃より漢籍に親しみ、それに対して深い知識を持ち、理科系も得意だった漱石だが、時代の要請と自身の生い立ちから、英語や英文学を仕事とすることになった。日清戦争に勝って莫大な賠償金が清国から入ると、日本政府は数多くの留学生を海外に送り出した。そのひとりとして、1900年(明治33年)に漱石はロンドンに渡った。英文学を勉強したかったのだが、英語教育法を学んでくるようにと派遣された。ロンドンでは色々なことがあったが、結局ひとりで英文学を研究することになった。今のお金にして1千万円以上貰った留学費用も、家賃や食費まで倹約して書籍を買い集めるために使った。しかし、なかなか進まない研究に悩み、鬱状態になって「気が狂った」と留学生仲間の噂になった。親友からの便りを待ちわびている、死の床の子規にさえも手紙を書けなくなって行く。漱石発狂の噂は文部省にまで聞こえ、帰国命令が出されることになってしまう。

そのころ、後に味の素で有名になる池田菊苗が留学先のドイツからやってきた。菊苗は4ヶ月ほどロンドンに滞在し、初めの50日あまりを漱石と同じ下宿に過ごした。漱石は英文学研究者としての自分よりも、科学者としての菊苗の立場を羨んだ。「池田君は理学者だけれども、話してみると偉い哲学者であつたには驚いた。大分議論をやつて大分やられた事を記憶してゐる。倫敦で池田君に逢ったのは、自分には大変な利益であつた」という文章も残っている。そのような想いや物理学会の最新の動きを寅彦にも送っている。「学問をやるならコスモポリタンのものに限り候。英文学なんかは縁の下の力持ち、日本へ帰つても英吉利に居ても頭の上がる瀬は無之候。君なんかは大いに専門の物理学でしっかりやり給え。本日の新聞で Prof. Rucher の British Association でやった Atomic Theory に関する演説を読んだ。大いに面白い。僕も何か科学がやり度くなった。此手紙が着く時分には君も此の演説を読んだろう」と手紙に残っている。漱石が文学を科学的に研究することを思い立ったのは、菊苗と論じ合った経験からと云われている。

英国から戻ったとき、子規宛の「倫敦便り」の続きはついに書かれないまま、友は既に鬼籍に入っていた。帰国後、漱石は第一高等学校と東京帝国大学の講師として、週30時間英語を教え、その傍ら英文学の研究を続けた。その苦しい研究から一時逃れるために、子規の弟子高浜虚子の勧めもあって、気晴らしにホトトギスに書いた「吾輩は猫である」が大人気を博した。前述のように、1回のつもりが11回までも続き、あちこちから小説の依頼が来るようになった。そして、帝大教授への昇進の話を断り、東京朝日新聞に職を得て40歳にして小説家としての道を選んだ。入社に際して、漱石は東京朝日新聞社と年俸の契約を結んだ。その金額は帝大教授として約束されていたよりも遙かに多い額であった。新聞社に就職したと云っても、記事を書いた訳ではなく、新聞に連載小説を書くことが仕事であった。「虞美人草」に始まり、その後約十年間多くの名作を書き、1916年(大正五年)に胃潰瘍のため牛込区早稲田南町で亡くなった。享年49。このようにして、文豪として生を終えたが、漱石が全く自由に自分の歩む道を決められたとしたら、偉大な物理学者になっていたのかも知れない。

[主な参考文献]

「吾輩は猫である」夏目漱石著、新潮文庫(1982)
「三四郎」夏目漱石著、角川文庫(1990)
「漱石が見た物理学」小山慶太著、中公新書(1991)
「漱石研究年表」増補改訂版、荒正人著、集英社(1984)
「脚気の歴史」、板倉聖宣著、つばさ書房(1988)
「白い航跡」、吉村昭著、講談社(1991)

夏目漱石略歴

1862 年　2 月 17 日(旧暦文久 2 年 1 月 19 日)森林太郎石見国津和野に生まれる。
1867 年(0) 2 月 9 日(旧暦慶応 3 年 1 月 5 日)江戸牛込に生まれ、金之助と名付けられる。
10 月 14 日(旧暦慶応 3 年 9 月 17)正岡子規伊予国温泉郡藤原新町に生まれる。
1868 年(1) 塩原家の養子となる。
1870 年(3) 疱瘡にかかる。
1876 年(9) 養父母が離婚。塩原家在籍のまま夏目家に戻る。
1884 年(17)大学予備門予科入学。
8 月 24 日森林太郎ドイツ留学のためベルリンに向けて出発。
1887 年(20)長兄次兄結核で死去。
1888 年(21)夏目家に復籍。
9 月予科から本科(文科)に入学。
1889 年(22)5 月子規の「七艸集」を批評し、始めて漱石と署名する。
1890 年(23)1 月子規と知り合う。
7 月第一高等中学校第一部本科卒業。
9 月帝国大学文科大学英文科入学。
森林太郎「舞姫」発表。
1893 年(26)文科大学卒業、東京高等師範学校英語教授に就任。
1894 年(27)神経衰弱の症状が現れる。
日清戦争開戦。
1895 年(28)4 月愛媛県尋常中学校(後の松山中学)教諭に就任。
中根鏡子と見合いし婚約。
1896 年(29)4 月第五高等学校に赴任。
鏡子と結婚。
1899 年(32)長女筆子誕生。
1900 年(33)9 月 8 日イギリス留学のためロンドンに向けてに向けて横浜出発。
10 月 28 日ロンドン到着。
1901 年(34)ロンドン滞在。
1902 年(35)9 月 19 日正岡子規死去。
1903 年(36)ロンドン留学から帰国、東京帝国大学講師、「自転車日記」発表。
1904 年(37)「吾輩は猫である」や短編を発表、作家としてデビュー。
日露戦争開戦。
1906 年(39)「坊っちゃん」「草枕」発表。
1907 年(40)東京朝日新聞社に入社、「虞美人草」などを発表。
森林太郎陸軍軍医総監就任。
1906 年(41)「坑夫」「三四郎」などを発表。
1909 年(42)「それから」などを発表。
1910 年(43)胃潰瘍のために入院、「門」を発表。
1911 年(44)文学博士号を辞退。
1912 年(45)「彼岸過迄」「工人」を発表。
1913 年(46)神経衰弱再発、「工人」中断。
1914 年(47)「心　先生の遺書」を発表。
1915 年(48)「道草」を発表。
1916 年(49)「明暗」を発表。
12 月 9 日胃潰瘍により死去。
森林太郎陸軍退職
1922 年　7 月 9 日森林太郎(鴎外)死去

生活に役立つ放射線

名古屋大学名誉教授、愛知工業大学客員教授　　森 千鶴夫

1．はじめに

一般の方々が「放射線」という言葉を聞くと、「怖い」との印象をかなりの方々が持たれるようです。過去の諸外国を含むいくつかの原子力事故に、わが国の原爆被爆国であるという特殊性が加わって、「放射線」という言葉には人々は相当敏感です。

しかし、放射線の適切な利用は、他の方法では得られない素晴らしい成果をもたらします。私達の日常生活の中にも放射線の利用が大変役立っており、現在もそのための研究が盛んに行なわれています。放射線の利用は、先端科学技術の重要な要素の一つであり、わが国が今後も科学技術を世界に向けての柱の一つとするならば、放射線の利用とその研究は欠かせません。今回はこの分野の動向について、特に私達の生活に直接的に役立っている放射線の利用について御紹介したいと思います。

2．医療における放射線利用

2.1　診断

図１　レントゲンが 1895 年に撮影したＸ線写真

レントゲンが 1895 年にＸ線を発見し、世界で初めてＸ線写真を発表したのが図１です[(1)]。それ以来 Ｘ 線写真は診断の分野で極めて大きな役割を果たしてきました。今もその状況は変わりません。

図２は一見、全身骨格の Ｘ 線写真のように見えますが、そうではありません。これは体内から発生する放射線を測定したものです[(2)]。初期の小さながん組織を見つけることは、がんの治療にとって最も重要なことです。

テクネチウム－99mという放射性同位元素のリン酸化合物を注射あるいは経口摂取すると、がん組織に集まりそこから放射線を発生します。したがって、体外からこの放射線が発生している場所を測定しますと、他の方法では発見できない小さながん組織でも発見することが可能です。

図２の例では、右肺に２つの小さな黒点が見えますが、これは他の方法では発見できない小さながん組織です。この方法による早期発見は、がんの完全治癒をもたらします。

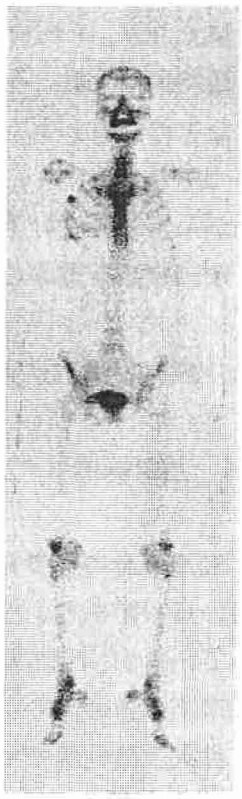


図２　右肺の小さながん組織の発見

2.2　治療

放射線治療はラジウムによるがんの治療のように非常に早くから行なわれてきましたが、前述のような早期発見技術の発展とあいまって、放射線照射によるがんの治療効果は顕著になりつつあります。

がんの治療は外科的な切除が良く知られていますが、舌がんや口蓋のがんなどのように、顔面近くのがんに対しても切除によることが多かった。しかしこの場合には、顔面の大きな変形のために、その後の社会復帰が実質的に困難であり、当事者にとっては大変な苦痛でした。放射性同位元素小線源をがん組織の中に一定期間、直接埋め込むことによって、肥大したがん組織のみを殺して、元の状態に戻すことができます。これは顔面の変形等をもたらすことがほとんど無いため、当事者にとっては大きな福音です。

前立腺がんは、血清 PSA(Prostate Specific Antigen)の測定により、診断が容易になってきています。平成 14 年秋に陛下が前立腺がん治療のために、前立腺を切除する治療が行なわれましたが、欧米ではヨード 125（I-125）放射性同位元素小線源をがん組織中に直接かつ永久的に挿入する治療法が広く行なわれています。わが国でも陛下の手術がきっかけとなって、この方法の導入が急に進み、この 8 月には、最初の治療が行なわれる予定です。放射能は数ヶ月で実質的に無くなり、それまでの間にがん組織は放射線を直接受けて消滅します。このための線源の挿入は数時間ですむこと、治療後も、治療前の生活とほとんど変わらない生活を送ることができることなどの福音があります。この方法に限らず、放射線照射治療は、多くのがんの治療に採用されつつあります。

がんとその良い治療法は、当事者でなければ分からない苦しみと福音であるが、私達はこのような治療法を選ぶことができることを知っていることが大切であると思われます。

3．放射線照射による有用材の創出

3.1　放射線照射グラフト重合反応

私達の身の回りには多種の好ましくない匂いがあり、生活を不快なものにしています、自動車の排ガス、トイレ臭、病院臭、都市下水道の匂い、などです。

従来、活性炭やゼオライトなどが使われていましたが、有害ガスに対する吸着能力が低いのが難点です。図３のように、高分子素材に電子線を照射して、化学反応を起こしやすいラジカル（基）を表面に生成させます。これにスチレン等の反応性モノマーを接触させるとグラフト重合側鎖が成長します。これに硫酸やクロルスルホン酸を反

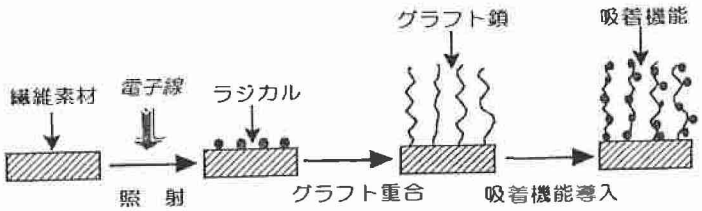


図３　放射線グラフト重合による吸着剤の合成工程

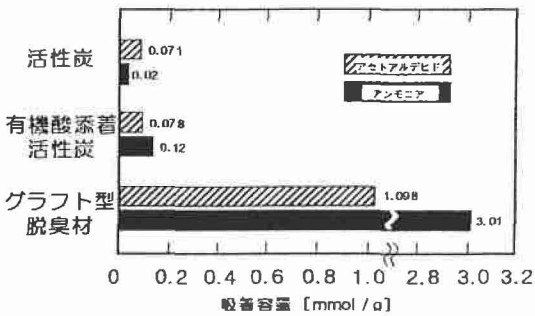


図４　各種吸着材の悪臭成分に対する吸着効果の比較

応させると、極めて性能の高いイオン交換樹脂ができます[3]。

図４に吸着効果の比較を示します[3]。グラフト重合型は圧倒的な吸着性能の良さを示しています。このような製品は、空気浄化フィルタ、トイレ・生ゴミ消臭剤、消臭衣料品、消臭抗菌シーツ・オムツカバー、などの快適生活用品、老人医療施設などでの福祉関連材料として大いに利用され始めています。

3.2　放射線照射橋かけ反応

高分子材料は、温度が高くなると柔らかくなったり、変形したりするのが欠点でした。しかし、放射線を照射することによって、線状の配列をした高分子の間に橋がかかるように結合し、網目状になります。自動車のエンジン内部や電子機器の内部の高温の場所にはこのような耐熱電線が多用されています。また、自動車内の天井や運転席の前面パネル等の発泡プラスチック材料は放射線照射がなされています。

あまり知られていないことですが、自動車のタイヤの製造過程で放射線を使うことはほとんど不可欠になっています。

図５に示すように[4]、タイヤは何枚も重ねて作ってゆきますが、あまり固まらないうちに次の層を早く重ねると後で変形が生じます。遅すぎると接着性が悪い。時間のかかる作業でしたが、放射線を照射すると短時間に適切な固さにすることができ、タイヤの性能向上と製造時間の短縮に極めて有用です。

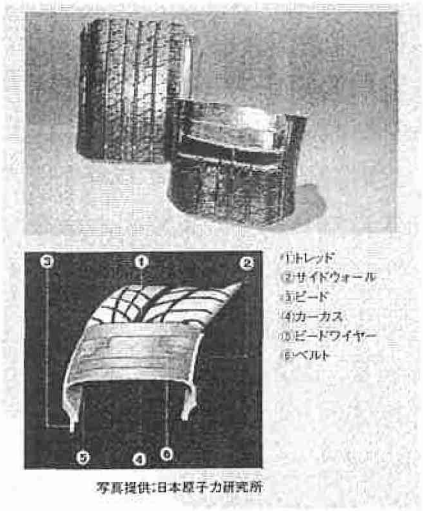


図５　ラジアルタイヤの断面

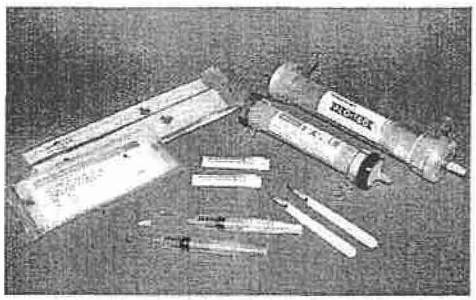


図６　医療品の放射線照射滅菌

４．放射線照射滅菌

注射器、手術用手袋などのように、患者の体内に挿入、ないし直接触れる医療物品のほとんどは放射線照射によって滅菌されています。放射線照射滅菌は、物品を包装した後で常温において滅菌でき、かつ後に何も残らないという、他の方法では得られない利点があります。

一般にはほとんど知られていないことですが、インスタント食品のうち、例えばご飯や煮物などの生もの、半生ものので賞味期限の比較的長いものを入れた容器はかなり放射線照射滅菌をしています。放射線に対する一般大衆の敏感な反応を考慮して、業者は公表していませんが、このよ

図７　放射線による鉄板の厚さの測定

うな滅菌は全く無害であり安心してよいものです。

5．放射線による測定、分析、X線CT

製鉄においては、高温で圧延される鉄板の厚さを迅速に、かつ正確に測定する方法として、放射線による測定法は不可欠です、図7。わが国の鉄板製品の品質の良さの一因にもなっています。

鉄板に限らず、紙やプラスチックス膜の厚さの測定にも放射線は多用されています。元素分析、化合物分析などにおける放射線の利用は極めて多岐にわたっています。砒素殺人事件における微量の極微量の砒素の分析は放射光によって始めて可能になったのです。

工業製品などの中身の検査にX線CTが有効です。人体頭部の出血などを検査するX線CTは有名ですが、工業製品の検査では、加速器によって発生させた、よりエネルギーの高いX線を使う必要がある場合があります。

図8は、税関において、コンテナ貨物の内部をトラックの荷台に搭載したまま検査する装置によって、上方から撮影したものです[5]。

この図は空のコンテナの場合ですが、コンテナ内の拳銃や覚せい剤などの社会悪物品や不正な輸出入申告物件などを摘発する手段として有用です。

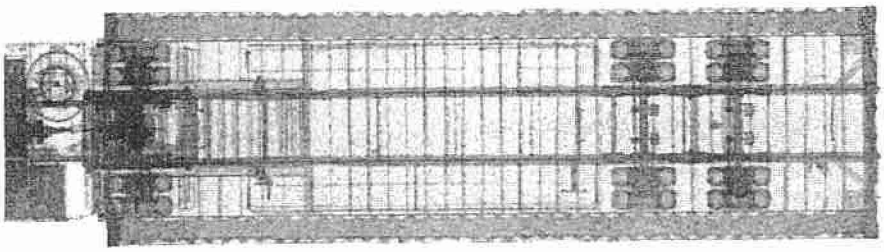


図8　長さ12mのコンテナ内部（空）の上方からのX線検査

6．農業分野への放射線の利用

サツマイモは春に発芽し、その芽の部分に有毒物質ができるため、春以降には生のサツマイモが手に入りませんでした。この発芽を放射線照射によって抑えた生のサツマイモが春以降にも手に入ります。発芽を抑えるには、化学物質を塗布する方法や低温保存の方法があるが、それぞれに長所、短所があります。

ウリミバエは、沖縄県以南に生息し、本土への侵入が最も警戒されている害虫の一つです。ウリ科、ナス科、マメ科などの果菜類のほか、約100種類の果実に寄生し、大きな被害をもたらします。日本では、沖縄県を含む南西諸

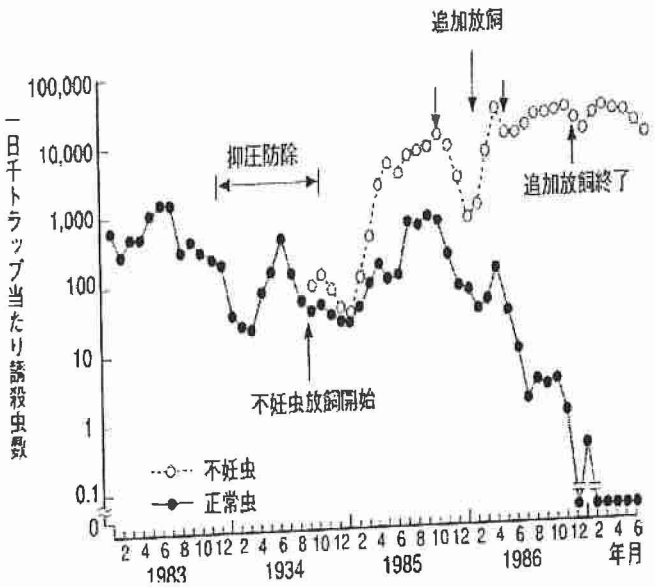


図9　宮古群島におけるウリミバエ根絶事業における捕獲調査結果による根絶の確認

島のウリミバエの根絶事業に取り組んでいます。

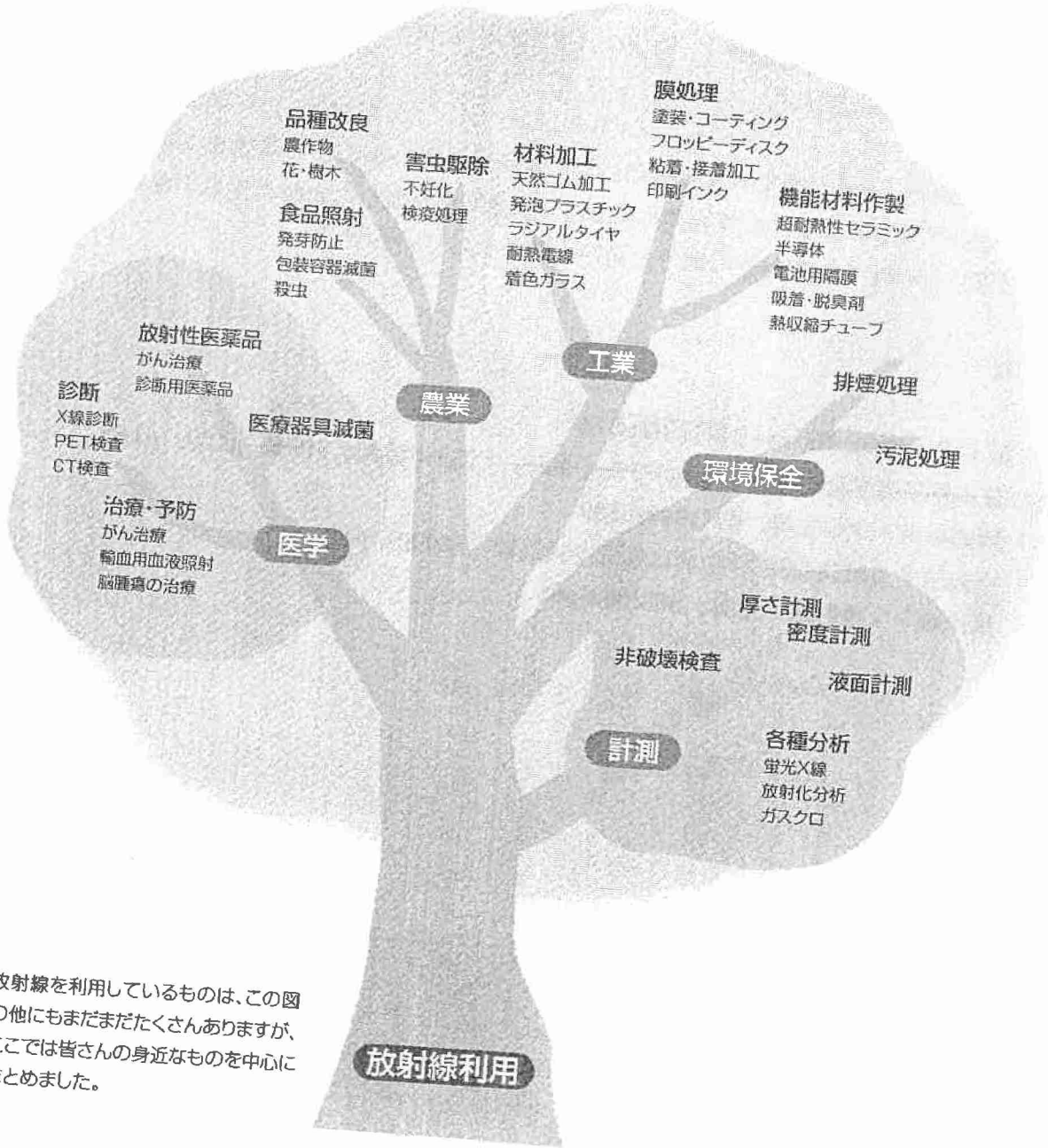
この方法は、施設内で放射線を照射して不妊化させたオスを野外に放飼すると、野外のメスと交尾するが、生まれた卵は孵化しないので次第に害虫の個体数が減少してゆき、最終的には特定の地域から根絶することが可能です。図９はこの方法によって、宮古群島におけるウリミバエの根絶の様子を示しています[2]。

以上、放射線がいろんな面で私達の生活に大いに役立っていることを概括的に述べてきましたが、放射線の利用はあまりにも多岐にわたるので、全てを述べることはとてもできません。次頁に木の枝葉に合わせて、放射線の利用を描いた図を示しています[4]。

参考文献

（１）W.C.R ntgen: Nature 53(1896)p274
（２）日本原了力学会編：「原子力がひらく世紀」（東京印書館、1998）p129、p120
（３）須郷高信：化学工業、62(1998)p836
（４）中部原子力懇談会編：「生活に役立つ放射線」（2000）p12
（５）萬代新一：放射線と産業、96(2002)p62

放射線の主な利用方法



放射線を利用しているものは、この図の他にもまだまだたくさんありますが、ここでは皆さんの身近なものを中心にまとめました。

エネルギー・環境問題を通して考える力を養う

四日市大学環境情報学部教授　新田義孝

はじめに

地球温暖化、酸性雨、オゾンホールの拡大、砂漠の拡大に加えて、最近では水資源問題がグローバルな環境問題に加えられています。これらは互いに密接な関係にあり、その根底にあるのが人口問題です。しかしながら、環境問題は断片的な知識で教えられ、省エネルギーのために電気を節約しましょうとか、ボランティアで植林をしましょうなどと短絡的に伝えられている様な気がします。また、環境に関する知識そのものもバイアスがかかっていたり、間違っていたりすることも多々あります。

次世代を背負う人たち、すなわち「未来からの留学生」たちに必要なのは、この地球を永続的に住める星として維持し、祖国を持続可能な国として保っていくために、自分が職業として、あるいは仕事として何をしたら良いかを考える力なのであると思います。

そこで、考える力を養うにはどうするか、筆者が四日市大学環境情報学部などで培って来た経験をもとに、種々提案させて頂きます。環境問題はエネルギー問題と結びついているので、タイトルとしては「エネルギー・環境問題」を設定しました。考える力を養成するということは、平たく言うと想像力を刺激して創造力を開拓するということではないでしょうか。

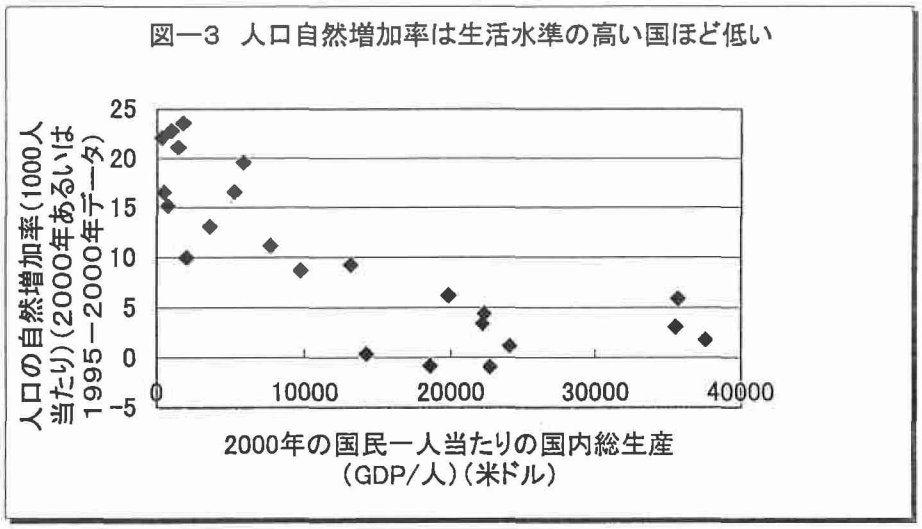
1．人口

10 年前に携帯電話を中学生までもが持つと予想した人は殆どいなかったでしょう。人間が空を飛ぶようになって100年しか経っていません。ウランが核分裂してそのエネルギーを使って発電できることに気がついてからも 60 年程度しか経っていないのです。

最も将来予測がしやすい数値の一つが人口です。図―1に示すように 20 世紀後半からの百年間は途上国の人口が増え続け、2050 年には 90 億人程度に達するだろうと予測されています。しかし、人口の将来予測値は予測した年によって移り変わってきました。例えば、2050年の世界人口が何億人になるか、図―2に示すように1980年代に 90 億人レベルと低めに予測していたのを除くと、おおよそ 100 億人という見方が多かったのです。しかし 90 年以降は下方修正の傾向にあり、2003 年国連が出した予測では 89 億人です。図の傾向から 2050 年の世界人口は 80 億人を下回る可能性があるように思います。

先進国でも過去、人口が増加しました。途上国でも現在は増加していますが、21 世紀中には飽和するでしょう。その仕組みを簡単に説明すると；貧しい社会では栄養状態が良くないので、とくに乳幼児の死亡率が高く、人々は沢山子供を産みます。10 人生んだら5人くらいは死なずに成長してくれて、将来年老いた両親を養ってくれるだろうと期待するのです。生活水準が高くなってくると、乳幼児の死亡率が低くなり、同時に人々は長生きするようになります。しかし、生まれてくる自分の子供が死なないという確信が持てないので未だ沢山の子供を産みます。その結果、死亡率は低下しても出生率が高い状態が続きます。この状態で人口が爆発的に増大します。やがて殆どの子供が死なないで大人になると確信できるようになると、出生率も低下してきます。生活水準がさらに上がって、少子化が進んでくると大人達は子供を育てることと同様に、

自分の生活が大事になってきますし、都会での生活では複数の子供を育てるゆとりを無くしてしまう場合もあります。そうなると、少子化が進みます。そこで、人口は停滞するか、減少し始めます。これが先進国での経験です。このことを統計的数字で垣間見るには、図―3のように、縦軸に人口増加率を、横軸に国民一人当たりの GDP の値をとってグラフに示してみると良くわかります。一つの国だけに注目して数十年の間に経済発展した結果、人口増加率が低下したという経緯をグラフにあらわすことも可能です。なお、ここでは生活水準を国民一人当たりの GDP で代表させたわけですが、中学校の就学率や一人当たりのエネルギー消費量などを取っても同じ傾向が見られます。



日本、インド、韓国、インドネシア、インド、フィリピン、タイ、中国、米国、カナダ、メキシコ、ブラジル、アルゼンチン、英国、ドイツ、フランス、イタリア、スペイン、ノルウェー、エジプト、アルジェリア、ケニア、豪州のデータを用いた。
（総務省統計局 「世界の統計 2003」より作成）

世界人口は途上国で未だ増えつづけています。世界人口が 80 億人になるとしたら、食糧は全員に行き渡るのでしょうか。1960 年代に世界人口の増大、とりわけインドなどアジアでの人口増加を支える穀物生産量が不足するという不安を解消するために、稲や麦、トウモロコシなどの穀物を品種改良することによって 1ha 当たりの収量を 2 倍にするという「緑の革命」が成功して、60 年代後半から途上国での食糧増産を可能にしました。しかし、大量の灌漑水と化学肥料を消費するので、農業が地下水や河川水を汚染するなどの問題が表面化するようになり、次なる技術革命に「遺伝子作物」が登場したと期待されたのですが、安全かどうかという基本的問題が決着を見ない状態で将来展望がみられないまま、灌漑水の使いすぎによる地下水位の低下、耕地の塩害化など食糧増産に新たな問題が立ちふさがりつつあります。
世界の穀物生産量はこの20 年間18ないし 19 億トンで推移してきました。食糧の価格が 2 倍、3 倍になるとしたら他の目的で使用していた土地を農業に転用することもありえますが、もしそうなったら貧しい人たちには食糧が買えなくなりますから、問題の解決にはなりません。日本人は一人毎日2800キロカロリー程度摂取しています。先進国の中では肉を摂取する量が少なく、2000 年の国民一人当たりの肉類供給量で見ると、日本が47kgなのに対して米国123kg、英国79kg、イタリア96kg、豪州121kgで、途

上国でも中国53kg、マレーシア56kgとわが国を越えています。肉1kgを生産するのに飼料として穀物が鶏肉で2kg、豚肉で4kg、牛肉で7kg程度が必要とされています。よって、肉類の消費が増えると穀物の消費量が増えます。穀物を100g摂取すると約250キロカロリーが得られます。そこで一人当たり一日2800キロカロリーを想定して、摂取カロリーの半分を穀物で摂り、残りの半分を鶏肉で摂るとするなら、一人一日に必要とする穀物の量は1．68kgとなり一年では613kgになります。仮に現在世界での穀物生産量19億トンを、将来バイオテクノロジー等の技術開発に伴って30億トンまで生産できたとすれば、49億人分の食糧に相当することになり、既に現在の世界人口62億人はこの数字を超えています。ここでは肉を鶏肉と想定しましたが、実際には図―4に示すように、豚肉が鶏肉（家禽肉）を上回っており、牛肉がそれに次いでいます。既述の様に1kgの肉を生産するのに必要な穀物の量は鶏肉が一番少ないので、図―4を飼料量で書き直すと鶏肉がかなり低くなります。すなわち現在の穀物生産量で49億人分の食糧を賄えそうだという計算は、先進国を中心に人々が牛肉離れ、豚肉離れをするという大前提に立っていて、これらの肉をみんなが食べるようになると想定したら30億人程度分しか賄えなくなるでしょう。現在の穀物消費量の約4割が飼料用であることを考えると、食糧問題の背後には穀物生産量を増加させなければならない問題と、貧しい人たちには食糧が買えない問題の二つが存在することがわかります。そして、前者には灌漑用水の確保がますます難しくなることが、これから顕在化していくのです。

食糧資源ばかりでなく、エネルギー資源も無限には無いのです。図―5に世界のエネルギー資源確認埋蔵量を示します。確認埋蔵量というのは、確実に採掘できる資源の量を言います。そしてこの図で示した可採年数とは確認埋蔵量を現在一年間に採掘している量で割った数字です。つまり、現在のように採掘すると後何年で確実に手に入る量がなくなるかを示している数値です。しかし、実際には埋蔵量が少なくなってくる、大きな埋蔵量を有する油田などを所有する国の政治が安定しなくなるなどが理由で、石油などが値上がりするという形で資源の不足問題が顕在化します。それを避けるためには、絶えず資源開発を行って大きな埋蔵量を確保する、大きな埋蔵量を有する国を民主主義国家に導いて政治を安定化させ、世界の燃料流通市場というネットワークにエネルギー資源を供給する仕組みを確保することが大切です。

石油、天然ガス、石炭を合わせて化石燃料と呼びます。数億年から数百万年という大昔の生物が土の中に埋まって炭素が濃縮されて出来たもので、人間がそれを燃やして使えば便利なことを発見したのが18世紀に西ヨーロッパで始まった産業革命でした。それまでは森林を伐採して薪炭にして燃料にしていましたが、伐採する森林がなくなってしまったこと、燃料がないと鉄が作れないという困った状況になったことから石炭を上手に使う技術が開発されました。その後、石炭は燃やすと黒い煙と硫黄酸化物を排出するので、嫌われるようになり、20世紀になってから石油の時代を迎え、それに天然ガスが加わりました。石炭の埋蔵量は今のまま使って行っても200年程度なくなることはありません。しかし石油と天然ガスは今の様に低コストで生産が可能かどうか、今後の油田発見と既存の油田で取り残した石油を汲み上げる掘削技術の開発、そして産出国の政治的な安定が鍵を握ります。石油と天然ガスの埋蔵量に限りがあるので21世紀中ごろには価格が高騰するという説、21世紀中は大丈夫だと言う説の双方があって、どちらが正しいという判断を下すのは難しいのが本当のところです。

食糧と石油がどの程度確保できるかという見通しは、技術的な観点で議論されるだけでなく、政治的な思惑も入り込んできます。中国が 2001 年に WTO に加盟するという話が現実味を帯びる前の 1990 年代には、21 世紀中葉に穀物と石油が不足するようになり、人類の持続可能な生存が脅かされるとの議論が優勢でした。しかし、WTO 問題が現実味を帯びだしたらラテンアメリカや豪州などでの穀物生産量が伸びる、石油の二次・三次回収により取り残しの石油が採れるなどの楽観論が支配するようになり、食糧も石油も 2100 年までは不足しないという見方が多勢を占めて今日に至っています。

食糧や石油などの大消費国が、太りすぎダイエットや健康維持のため、あるいは二酸化炭素排出量削減のために資源消費量を 30～40%削減したとしたら、量としては 80 億人の世界人口は維持できるようになるでしょう。そういう状態を作るのに人々が喜んで参加するような仕組みとは何なのでしょう。食糧産業で結果的に食糧消費量が少なくなるようなビジネス、エネルギー産業でエネルギー消費量が少なくなるビジネスが栄えるにはどうしたら良いのでしょう。そこが 21 世紀を考えるひとつのポイントです。後者については、日本政府はトップランナー方式という制度を既に作っており、家電製品や自動車などでエネルギー効率の高い製品が売れるようなインセンティブを与える(動機付け)政策を実施しており、数年後に結果がでると期待されています。また、地球温暖化防止に係わる諸施策もその一つです。要は、先進国が省資源・省エネルギー技術を開発普及して、それを途上国も共有していくようにするのが、経済と資源／環境問題を矛盾せずに両立させる姿なのです。

2. エネルギーと環境問題の関係

1800 年代になって現在の西ヨーロッパでは森林破壊が進んで、これ以上鉄の精錬に木材を使うわけに行かなくなりました。そこで石炭を利用しようとして反射炉という技術が発明されました。石炭から発生する黒煙が銑鉄を直撃しないで、石炭燃焼の熱が天井や側壁で反射されて銑鉄をきれいに精錬できるようにしたのです。鉄が大量に作られるようになると、工場や蒸気船、鉄道などが発達しました。これを産業革命と呼びますが、以来先進国を中心に文明が発達し、図―6に示すようにエネルギーの消費量が急激に増えつづけました。エネルギー源は石炭から石油、水力、天然ガス、原子力と多様性を帯びて今日に至っています。最近は風力発電や太陽光発電など自然エネルギーの利用も増えてきました。

エジソンが白熱電灯を発明したのが 1881 年、東京銀座に電気でアーク灯が灯されたのが 1882 年。世界発の水力発電がニューヨークで始まったのも 1882 年でした。最初は直流の電気が使われましたが 1884 年にニコラ・テスラが交流が便利であることを主張して、1886 年には米国で交流変圧器が実現してからは今と同じように交流が主流になりました。先進国では発電所が次々建設されて今日の電気文明社会を形成するようになったのです。

さて、産業革命から 20 世紀初頭までは石炭の時代でした。現在でも世界のエネルギー消費の四分の一が石炭に依存しています。石炭には灰分と硫黄などが含まれており、大気汚染や酸性雨の原因になります。わが国の石炭や石油火力発電所では、燃料を燃やしたときに発生する二酸化硫黄や煤塵、窒素酸化物を環境装置を付けて殆ど除去しています。天然ガスを用いた発電所(わが国では液化天然ガスを用いるの

で LNG 火力発電所）では二酸化硫黄と煤塵が発生しないので窒素酸化物だけを除去しています。酸性雨や大気汚染で森林が枯れたり大理石で造った歴史的な建造物が劣化して困った欧州諸国では石炭火力を廃止して天然ガスや原子力で発電するように方針を転換した結果、二酸化炭素の排出量も減らせるようになりました。そこで、これを地球温暖化対策として、地球温暖化問題に積極的に取り組み、国連活動を通じて日米にも一緒に取り組むように外交問題を展開してきました。米国では二酸化硫黄の排出量を削減するのに、排出権市場という仕組みを利用して成功しました。米国市民はもともと欧州から自由を求めて北米大陸に移民して来た人たちが先祖です。国が国民や企業を規制するのを好みません。市場原理を使って国民や企業が智恵を出し合ってビジネスで勝負する仕組みを大切にします。

3．地球温暖化問題

石油などの化石燃料を大量に消費すると、二酸化炭素が大気中に放出されます。太陽からのエネルギーの大半が可視光線として地球に降り注いでいます。地球を暖めたと同じ量の熱を赤外線として宇宙に放出することによって、地球は安定した温度を保っています。水蒸気、二酸化炭素、メタンなどは赤外線を吸収して分子内で原子が振動します。二酸化炭素は中心に炭素原子が一つあって、二つの酸素原子が両脇にくっついています。三つの原子が熱運動して振動します。その結果、大気が少しだけ温まります。これを温室効果と呼びます。もし温室効果がなかったら地球の平均気温はマイナス18℃になっていたと考えられています。それが温室効果によって15℃になっているので北極南極以外の地域では海水や湖沼、河川の水が凍らずに済んでいます。そして生物が快適に生活できる条件を作っているのです。水蒸気は気温が高ければ多く蒸発し、やがて雨や雪などとして地上に戻ってきます。しかし、二酸化炭素だけは滞在時間が長く、一度大気に放出されるとその半分が大気に残ります。その結果温室効果が顕著になります。メタンも同様です。その他に微量なガスも温室効果ガスとして排出量抑制の対象にしていますが、二酸化炭素とメタンが主要なガスです。故に、主に二酸化炭素の排出量を抑制して温暖化を食い止めようとしているのです。

一方、地球と太陽の位置関係で太陽から降り注ぐエネルギーの量が若干違ってきます。その位置関係は周期的に変化するので、地上の平均気温も周期的に変わります。氷河期の到来がある周期を持っているのがその証拠です。この他、宇宙線の強さが変化していて、その結果太陽から地球に入ってくるエネルギー量がここ100年間増えているという説もあり、空気中のベリリウムが増えたことなどを証拠として説明する人もいいます。このように地球温暖化の原因を二酸化炭素の排出量増大だけに求めるのは間違いだという考えを主張する人たちもいますが、温暖化が進んでいるという観測データが揃ってきましたので、このまま放置して100年以上後に温暖化が人類や地球の生態系にとって重大な問題を起こしたら大変だという立場から、化石燃料の消費量を減らそうというのが、国連の「気候変動枠組条約締約国会議」、俗にいう温暖化防止会議の精神です。

温暖化が起きると何が問題なのでしょうか。地上の平均気温が等しい地点を結ぶと等温線ができます。温暖化によりこの等温線が現在でも一年間に5000メートルほど高緯度方向に移動しています。この移動速度が速すぎて植物が追いついていけなくなるのが一番の心配です。森林が枯れて一年草しか育たなくなると大変です。温暖化

すると海水が膨張します。これが海水面上昇の6割程度を占める原因になると予測されています。残りはグリーンランドや氷河の氷の融解です。北極の氷が融けると海水面上昇に繋がると思うのは間違いです。海に浮いている氷が融けても水面は変化しません。また、南極の棚氷が移動して海にせり出して、最終的には海に落ちて融けてしまうのを心配する人がいます。向こう100年間にこの現象が海水面上昇に大きな影響を受けるとは考えにくく、むしろ南極に湿った空気が流れていくと雨や雪になって降り落ちて氷となって蓄積されると考える人もいます。少なくとも20世紀中の温暖化ではグリーンランドの氷が融けた量と、南極に降り積もって増えた氷の量とがおおよそバランスしていると言われています。しかし、海水面が向こう100年間に60センチメートルも上昇したら、大陸の大河川口に広がるデルタ地帯では地下水に塩分が侵入して、農業が大打撃を受けるかもしれません。また南の島々には海水面すれすれという標高の小さい国が幾つもありますから、60センチメートルはそうした諸国にとっては大問題になるでしょう。もう一つ、もしそうなったら大変に怖いと考えられていることがあります。北極の氷が融けてなくなったら大西洋の海流がストップしてしまうかも知れないという問題です。赤道付近で太陽からのエネルギーを吸収した暖かい海流が大西洋の表層を北上して、北米や北欧に温暖な気候をもたらしています。この海流が北極圏に到達すると冷やされて重たくなって大西洋に沈んで深いところを南下します。こうした大循環流がもし止まったら、北欧や北米が一気に寒冷化して氷河期が到来するかもしれません。広い地域に氷ができると、それが太陽光線を反射しますので、地球全体に影響を与えてしまいます。今から1.3万年ほど昔に、地球が氷河期から温暖化し始めたころ、このような現象が起きて、小氷期を迎えたことが考古学的に観測されています。

4. 地球温暖化は国際政治の問題になっている：何故EUが指導権をとろうとしたのか。
　　―日本の外交の弱みを温暖化防止外交に見る―

18世紀の産業革命以降、欧米のエネルギー源は主に石炭でした。1930年にはベルギーのミューズ渓谷にある工場から高濃度の二酸化硫黄が排出され60人が死亡した、1948年米国ペンシルバニア州ドノラ工場から同様にして1万4000人の住民の半数が急性呼吸器症状を訴え17名が死亡した、1952年12月のロンドン・スモッグ事件では4000人が死亡したなどは全て石炭燃焼が原因でありました。1970年代には西独の黒い森（シュバルツバルト）の樹木が枯れたり、欧州全域で大理石で出来た歴史的な構造物の表面が真っ黒になったりして、二酸化硫黄による大気汚染と酸性雨が大きな問題になりました。1958年から旧西欧諸国が連携してEECを設立し、67年には参加国が増えてECとなり、73年には拡大ECとなり、着実に合意形成を進めて91年にはマースリヒト条約を結び、これが発効した93年にEU（欧州連合）となりました。こうした動きの最中に1989年11月9日、ベルリンの壁が崩壊し、引き続いて旧ソ連が崩壊して東西冷戦構造が無くなりました。その結果、旧ソ連・ロシアが旧東欧諸国に安く提供していた天然ガスを西欧に輸出するようになりました。また、1975年より北海油田の生産が始まり天然ガスも生産されるようになりました。そして、欧州各国を天然ガスパイプライン網で結び石炭から天然ガスへの燃料転換を図ったのです。また、フランスを中心にして原子力発電所が多く立地されるようになりました。図―7はEUにおけるエネルギー消費量の推移をエネルギー資源別に示したものですが、このことが読み取れます。二酸化炭素排出量の多い石炭と石油の消費量を減らして、排出量の少ない天

然ガスと殆ど排出しない原子力の導入を図ったのですから、二酸化炭素排出量削減をキーワードに米国と日本に温暖化防止条約を突きつけるには有利な立場に立ちました。しかも国連の第3回温暖化防止会議（京都会議：COP3）において基準年を1990年にしたのは、EUにとって極めて有利な条件であったことが図から読み取れます。COP3が開催されたのが1997年でしたから、EUが有利にことを運ぼうとしていることは自明のことでした。日本や米国にとって二酸化炭素排出量の基準年を何故2000年にしなかったのか、せめて京都会議のあった1997年を基準年にしなかったのか、今となって悔やんでも仕方ありません。その間90年から2000年の間にわが国の二酸化炭素排出量は9%増えてしまいました。これに対してEUでの増加は1%程度だったのです。

5．途上国の自然環境が壊れている

石弘之東大教授の「私の地球遍歴」という本には、流石に元朝日新聞記者だけあって世界中の環境破壊をご自分で見て紹介されています。エチオピア北部で国道を走っていると、村に入ったとたんに一面アスファルトが剥ぎ取られて大きな穴になっていたというくだりがあります。薪不足でアスファルトを燃料にしているのがその解答です。途上国では森林破壊が進んで地域気象も乾燥してきたこと、砂丘を覆っていた植物を刈り取ってしまったので砂丘が動き出して村が沈んでしまった話など、森林や植生を破壊したためにますます住環境が破壊されている様子があちこちに出てきます。勿論地下水位が下がりすぎて水不足に陥った例も少なくありません。
旧東欧では共産党独裁時代に大気汚染や公害がひどく進んで、環境破壊が目を覆うばかりであるのが詳しく述べられています。黒海の汚染が進んでいること、アラル海の水位が下がって魚も棲めなくなり、住民たちが舞い上がる塩混じりの砂塵に生活を脅かされていること等々胸が痛みます。中国の砂漠の拡大、水不足、土壌劣化、大気汚染は今も深刻に進行中です。なぜ、途上国で自然環境が破壊されるのでしょうか。最大の原因は人口増加、その次に政府が自然の保全に無関心であることが挙げられるでしょう。産業革命当時の西欧でも森林破壊がひどい状態だったことを思うと、途上国だって森林など自然の保全・回復を今から始めても遅くはない筈です。

人間は自然に対して超えてはならない一線を越えてしまったような気がします。一つは森林など自然の持つ安定した環境維持作用を破壊してしまったこと。二つ目には、狂牛病に見られるように自然の摂理に逆らうことをしたことです。狂牛病が発生したのは、人間が牛に共食いをさせた結果なのです。草食動物である牛が、牛の肉骨粉を食べるということは自然の状態では有り得ないことです。ヒツジのドリーが若死したのは有名な話ですが、遺伝子工学を応用して不自然に動物を誕生させても、そこには自然の持つ安全装置が働いているのだと思います。

6．対策は総合的な視点で考えよう：トリレンマへの挑戦

ポール・ホーケン氏等が「自然資本の経済」という本で、1950 年代にボルネオ島に起きた事件を紹介しています。内陸のダヤク族の村でマラリヤが発生したので、WHO（国連保健機構）は DDT を散布して、蚊を駆除するのに成功したのです。しかし、村の民家の屋根が崩れ始めたのです。スズメバチが餌にしていた芋虫が大発生したのが原因でした。かやぶき屋根に代ってトタン板が使われるようになると、雨の音がうるさ

くて村人たちの安眠を妨害して大問題になりました。同時に DDT で死んだ昆虫がヤモリに食べられ、ヤモリが猫の餌になりました。その猫が大量に死んでしまったのです。ヤモリに蓄積された DDT が猫を殺したのです。WTO はネズミが大発生して発疹チフスと森林ペストが流行するのを案じて、1 万 4 千匹の猫を空から落下傘で投下したそうです。英国空軍始まって以来の猫投下作戦と揶揄されたそうです。この例は、一つのことを解決しようとすると、別のことが発生してしまうという教訓を与えています。困ったことを解決するには総合的に考えて全てが上手くいくように、少なくとも副次的に悪いことが起こらないような注意が必要です。

そこで、一つの対策が複数の良いことをもたらすようなプロジェクトを考え出すことが大切だということに気が付きます。これを「トリレンマという物の見方」と呼ぶことにします。図―8に示すのはトリレンマの構造です。世界人口の増加を支えるために経済発展が必要ですが、経済発展を支えるには食糧やエネルギーの供給量が増える必要があります。しかし、緑の革命で経験したように、食糧を増産すると化学肥料が地下水や河川水を汚染する、大量の灌漑用水を必要とするものの、地下水位が下がるという環境問題を引き起こす、あるいはエネルギーを大量消費すると酸性雨や地球温暖化をもたらすなど、地球環境問題が制約条件になってしまいます。他方、経済発展のために従来森林であった場所を開墾すると、当然環境破壊に繋がります。こうして、経済発展と資源の増産と地球環境とがバランスとれる状況を生み出すには既に相当難しくなっています。三つの輪の中心に人類の危機が位置することになります。

図―8のトリレンマの構造をヒントに、環境保全と経済発展とエネルギー問題の三つを同時に解決する方策はないかと考えてみましょう。一つのプロジェクトが三つの問題を同時に解決する方向に作用するような智恵はないものでしょうか。

筆者は日豪関係でこのような事例を思いつきました。これをコアラプロジェクトと呼んでいます。 豪州から輸入している石炭を用いて発電して得た副産物を有効利用して、豪州で進行中の深刻な土壌劣化問題を緩和し、林業や農業経営と日本のエネルギー産業との補完関係を構築するというアイディアです。

豪州で現在一番困っている環境問題は土壌劣化です。一つは比較的降水量の多い、主に東海岸沿岸地域で土壌の酸性化が問題になっており、pH4.8 以下の酸性土壌が33万平方キロメートル分布しています。これにより農業や林業の生産性が低下しているのです。もう一つは年間降雨量が 500 ミリメートル以下の半乾燥地や乾燥地に広がるアルカリ土壌です。こちらは豪州全土に広がっており、半乾燥地で修復すれば農林業に再利用できる土壌だけでも 50 万平方キロメートルを越えると云われています。

他方、豪州の輸出総額の10%を石炭が占めており、その半分が日本向けです。わが国ではおおよそ鉄鋼と電力で半分ずつを消費していて、石炭火力発電所で消費している石炭の 6 割が豪州炭です。よって、豪州が石炭を日本に輸出し続け、石炭火力発電所からの副産物を有効利用して土壌改良・修復ができるとしたら豪州の国益に適っていると筆者は考えます。

日本では二酸化炭素排出量を削減しなければならないという理由から、火力発電用に石炭をこれ以上増やすのを止めて、むしろ石炭から天然ガスに燃料転換するべきだという議論があります。でも、石油、天然ガス、石炭、ウランなど発電用燃料の多様性を維持した方がエネルギー安全保障上有利です。これをエネルギーのベストミックスと呼んでいます。幸いにして地球温暖化防止京都会議(COP3)で植林による二酸化炭

素吸収炭素固定量(光合成による炭素の固定量)を、二酸化炭素排出量から差し引くことが出来るというルールが成立していますから、日豪協力プロジェクトで、土壌改良・修復によって植林や再植林を行うと森林が吸収固定する炭素が炭素権として認められることになります。九州程度の面積(約4万平方キロメートル)を植林すれば、日本中の石炭火力発電所で排出している二酸化炭素の 4 割を吸収して炭素固定できます。これで石炭火力発電所が天然ガス火力発電所並の二酸化炭素排出量になりますから、事実上、燃料転換したことと同じになるのです。

東南アジアでは石炭が取れますが、その多くは褐炭という発熱量の少ない低品質の石炭です。これを燃焼するには流動層燃焼炉を使うといい事がわかっています。石灰石を石炭と一緒に炉に入れると脱硫できますから、二酸化硫黄による大気汚染が防止できます。これを炉内脱硫と呼びます。炉から排出される石炭灰には石膏と生石灰が含まれていますので、アルカリ性です。これは酸性土壌改良に向いています。熱帯雨林を伐採して耕してしまったために、土壌中の硫化鉄が硫酸鉄にバクテリアの力で変わってしまって強酸性土壌になってしまったとか、もともと泥炭地なのを耕しています。同様にして強酸性土壌になってしまった土壌に植林したり再植林したりするには、このアルカリ性の灰が有効利用できます。つまり低品質の国産の石炭を使って発電し、その副産物を用いて再植林できるというわけです。
まだアイディア段階で、強酸性土壌を使って小さなポット試験を終わった段階で中断しています。カンボジアなどで実際に使われるようにしたいと奮戦中です。

7. 筆者の疑問

内分泌撹乱化学物質(環境ホルモン)が人間を含む動物の胎児を奇形にする場合があると、大きな問題になっています。シーア・コルボーン女史が「奪われし未来」という本で指摘したのです。米国の五大湖などで食物連鎖の上位にいる鳥類に奇形が生じているとか、日本でも多摩川の魚に生殖器異常が認められたなど、事例が幾つも報告されています。ダイオキシンも環境ホルモンの一つなので、ごみ焼却温度を800℃以上にしてその発生を抑えることが義務付けられるようになりました。燃焼温度 300℃で最も生成しやすい物質なので、燃焼温度が低い小さな焼却炉の使用が禁止されました。

図―9に示すように、わが国では 1960 年代以降、環境ホルモン物質が大量に農薬として使われていました。よって、被害が出るとしたら社会問題になっている筈です。ベトナム戦争で米軍が大量に使った枯葉剤も環境ホルモン物質でしたし、大変な環境汚染と健康被害を出しているのは多くの文献に紹介されているとおりです。何故、わが国での農薬被害がベトナム戦争並に発生しなかったのでしょう。何故、人間も含めた動物の胎児に悪影響を与えたという事件にはならなかったのでしょう。環境に放出された化学物質は、脱硫装置を付けていない石炭火力発電所から排出される二酸化硫黄のように、直接生物を危険にさらす場合と、海や土壌に放出されて、それがプランクトンや植物に摂取され、食物連鎖に取り込まれ魚などに高濃度で蓄積されるようになる場合があります。後者では環境に放出されてからかなり長い時間をかけて魚など食物連鎖の上位に位置する動物に蓄積されます。よって、放出量が減ったからといって環境ホルモンの被害は回避されたとは言えないのが現状です。DDT は優れた殺虫剤とし

てわが国でも大量に使われたことがあります。1971 年には使用が禁止されましたが、魚やアザラシなどの体脂肪に高濃度に蓄積されて、未だに母乳にまで含まれています。

筆者の疑問は続きます。世界中にWWFだとかグリーンピースといった自然保護団体が沢山あります。これらは本当に良いことをしている団体なのでしょうか。わが国が調査捕鯨をしているのは新聞などでも報道されていますが、鯨は海の食物連鎖の上位に位置しています。鯨には多くの種類がいますし、鯨が食べている魚の量は人間が捕獲する量の 2 倍から 3 倍あるいはそれ以上ではないかと言われています。種類によっては捕獲してはならないほど数が多くないものもいますが、多すぎて魚を食べる量が無視できなくなっているものもあるそうです。よって、日本の調査捕鯨の結果は極めて科学的価値が高いと専門家たちは評価しています。しかしながら、捕鯨を一切禁じようという動きが米国を中心に活発で、国際舞台では日本は少数派に甘んじています。フランスなどは南氷洋に捕鯨禁止区域を広くとろうと呼びかけています。鯨が増えすぎると魚資源が減ってしまうという日本の警告に耳を貸しません。

アザラシの捕獲を禁止させたグリーンピースの運動が、悲惨な結果をもたらしていることを取り上げた本によれば、カナダがイヌイットに計画的な捕獲量を提示してそれを守っていれば、持続可能なアザラシ猟ができたのに、グリーンピースが政治的に介入して捕獲禁止を達成した結果、アザラシが増えすぎて北洋タラが激減したり、イヌイットの社会が崩壊したと指摘しています。イヌイットの父親はアザラシの猟の仕方を息子に伝授することで父権を維持してきました。アザラシ猟が出来なくなると親子関係が崩壊して社会が崩壊したというのです。

アフリカの象牙を貿易禁止にした結果、象の生態系を守るのに必要な資金が得られなくなって、かえって悪い結果になったという事例も報告されています。ここにも自然保護団体が支配しています。

8. 結論:授業で学生を眠らさないために:

どんなに内容のある授業を準備しても、面白くない授業には眠る学生が増えます。学生が悪いと決め込んでは教師の側に進歩がありません。「過去と他人は変えられない」のです。学生は教師の体験的な内容には興味を示します。教師が自分で実行しているプロジェクト、自分が実際そこに行って仕入れてきたデータなどをもとに話をすると、昼食後の眠い時間でも一生懸命聞いてくれます。昔の教授たちは往々にして黒板に向かって話をしていました。黒板にチョークで書きながら話すからです。しかし、現在の学生はそれを許してくれません。学生に語りかける授業が必要です。筆者は石炭などサンプルを持ち込んだり、データを表で与えて、それを元にグラフなどを作成させて、それをどう解釈するかを迫ったりして授業をしています。

もう一つ筆者の体験から言えることは、人間は体験から学ぶということです。俗に「賢者は歴史に学び、愚者は経験に学ぶ。」と云います。せめて経験から学ばせるために、簡単な計算で地球の限界を求める力、常識を培うことを試みています。

さらぶ、豪州クィーンズランド大学で 8 月に環境スクールを実施しています。ブリスベーン川の環境保全の事例や、モルトン湾に棲む獰猛なカニなどの動物を見せてくれる授業には人気があります。2003 年の夏は SARS の影響で海外研修が中止されたので、その代替としてゼミ生が西表島で 2 週間環境ボランティア活動をすることにしました。

浜辺のゴミ拾いをすると、ゴミが海流にのってベトナム、フィリピン、中国、台湾などからも漂着していることに気が付きます。つまり地域的な環境問題でも、実は国際的なのだという実感が持てるのです。学生にとっては大発見でした。

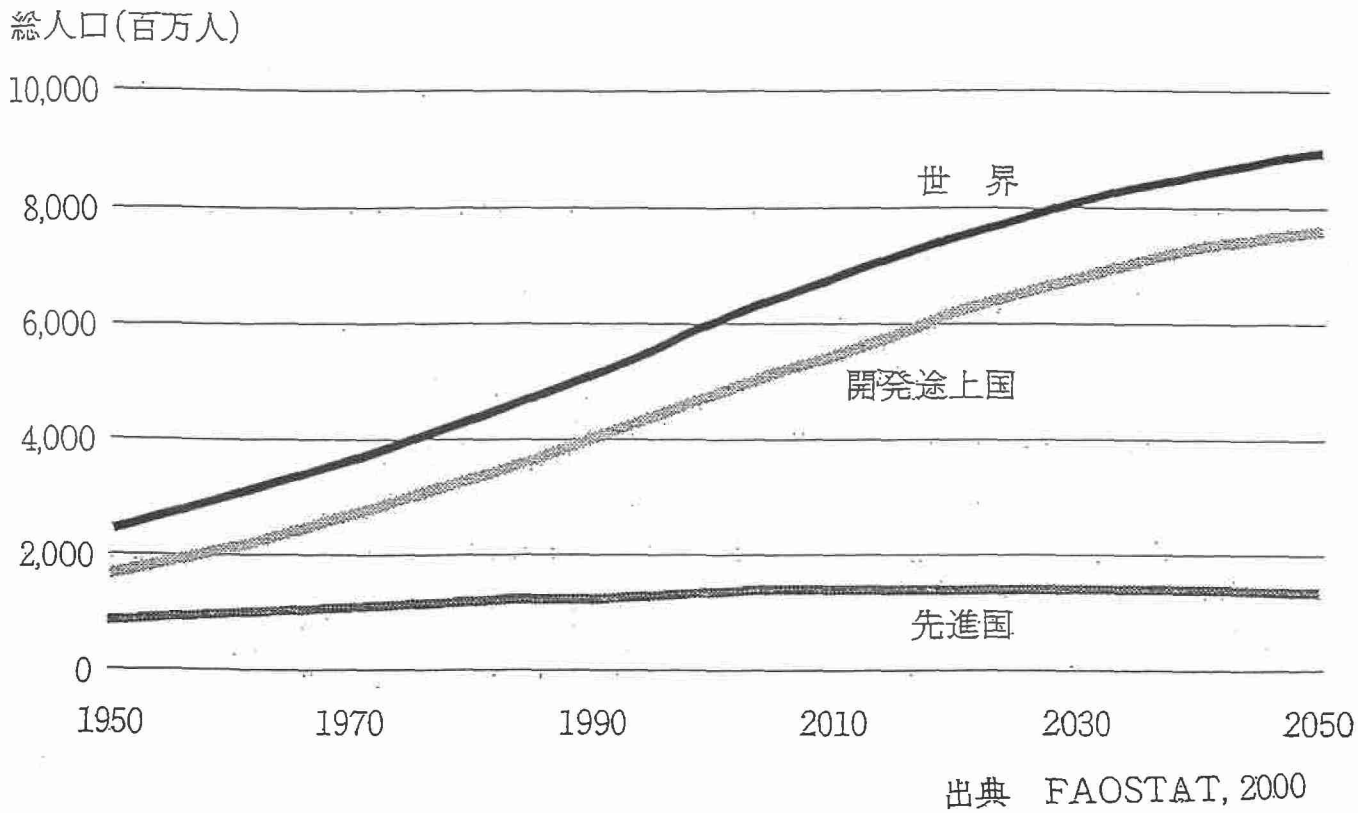
四日市大学環境情報学部での教育内容は、工学部の機械工学科などと比べるとそれほど専門に特化しているわけではありません。四日市大学環境情報学部から名古屋大学や信州大学などの大学院に進学した学生たちは口を揃えて、幅広く勉強できたことと、環境問題のツボを勉強したので、大学院に進んでから研究の重要な点、学会などでの討論での論点などを的確に把握できて良かったと大変満足してくれています。今年、京都大学の地球環境学堂に合格した学生は、とりわけ立論能力が高いので、将来を楽しみにしています。つまり、教育とは学生が将来への展望を描くお手伝いだと思います。

昔は記憶が人間の能力判定に大きな部分を占めていました。難しい数学の方程式を解く能力のそのひとつでした。最近は大抵の知識は学術論文やインターネットで調べることができますし、難しい方程式もパソコンソフトを使いこなせば、パソコンで解く事ができます。しかし、何をなすべきかという問題設定は人間の眼力に依存します。多くの現象を把握して、その根底にあるツボは何かを見極める力がその眼力であると筆者は思っています。

ビジネス雑誌プレジデントに「MVP 社員の歴史的変遷」という図－10が出ていました。筆者が育った時代背景で育ったモーレツ社員は「化石社員」に位置付けられています。自分の価値観で生きるのではなく、与えられた価値観で根性忍耐という図式でした。その後「文明開化」社員が現れました。米国に追いつけ追い越せの時代背景ですから、彼等も「何をするか」という課題設定は自ら行わずに済んだようです。そして現代の「新・MVP 社員」には課題設定能力が問われます。志が高く価値観がぶれない、そして不連続を起こすとは、自分の価値観で仕事をしろという意味だと筆者は解釈しています。また、「便利な人」であることの意味は、ニーズを自分で探して他人のお役に立てという意味だと思います。

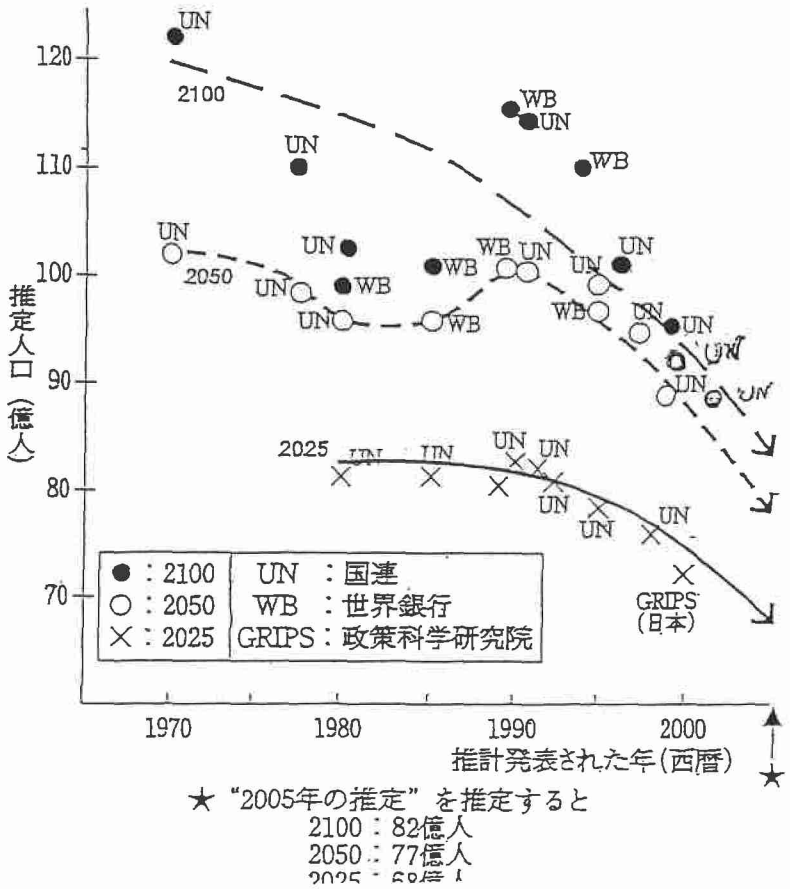
学生が環境問題に眼力を持つようになってもらうには、どのような素材をどのような形で提供したらよいかの事例を本稿で提案したつもりです。

図1　人口増加の見通し



出典　FAOSTAT, 2000

図2　過去の世界人口予測



★“2005年の推定”を推定すると
2100：82億人
2050：77億人
2025：68億人

図—3　人口自然増加率は生活水準の高い国ほど低い

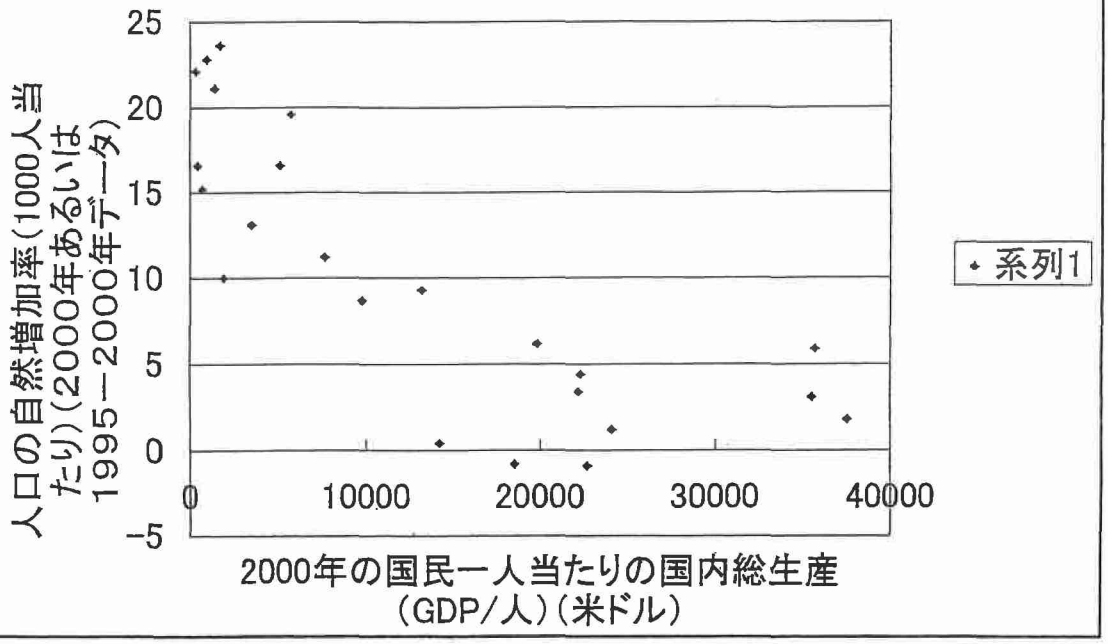
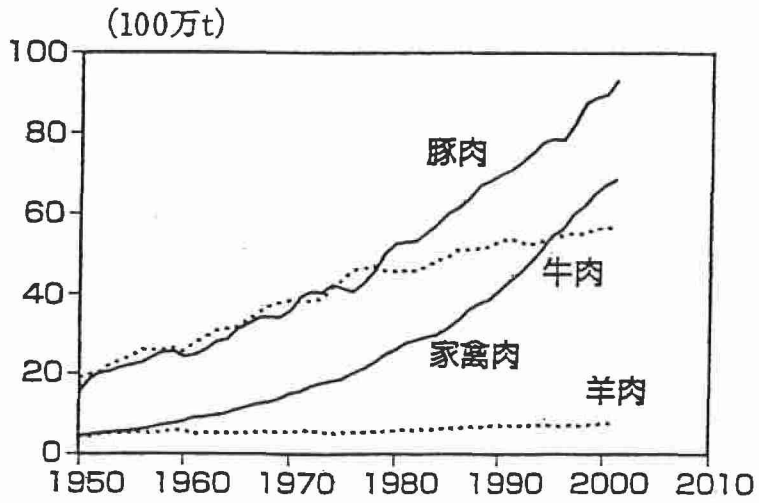


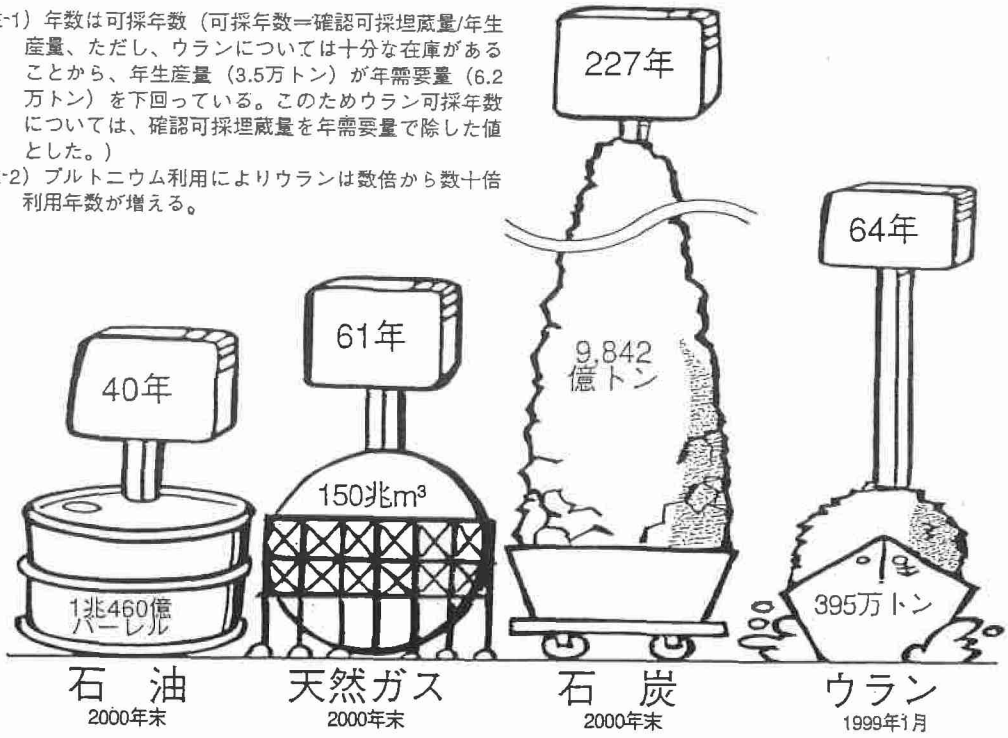
図4　種類別に見た世界の食肉生産量
(1950－2001)



出所：FAO.

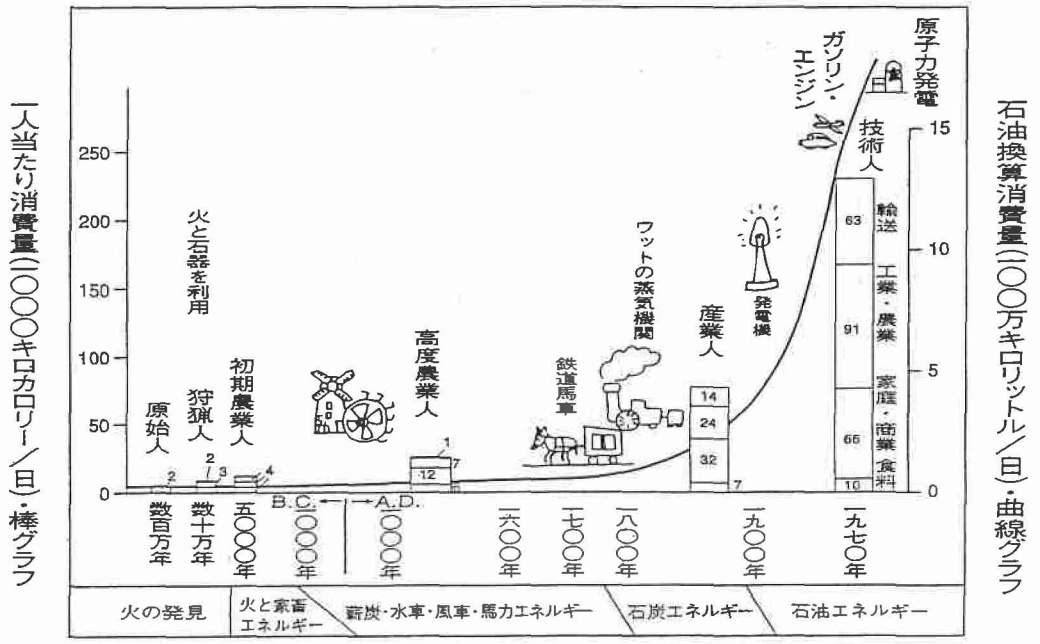
図5 世界のエネルギー資源確認埋蔵量

（注-1）年数は可採年数（可採年数＝確認可採埋蔵量/年生産量、ただし、ウランについては十分な在庫があることから、年生産量（3.5万トン）が年需要量（6.2万トン）を下回っている。このためウラン可採年数については、確認可採埋蔵量を年需要量で除した値とした。）
（注-2）プルトニウム利用によりウランは数倍から数十倍利用年数が増える。



出典：総合エネルギー統計（平成13年度版）

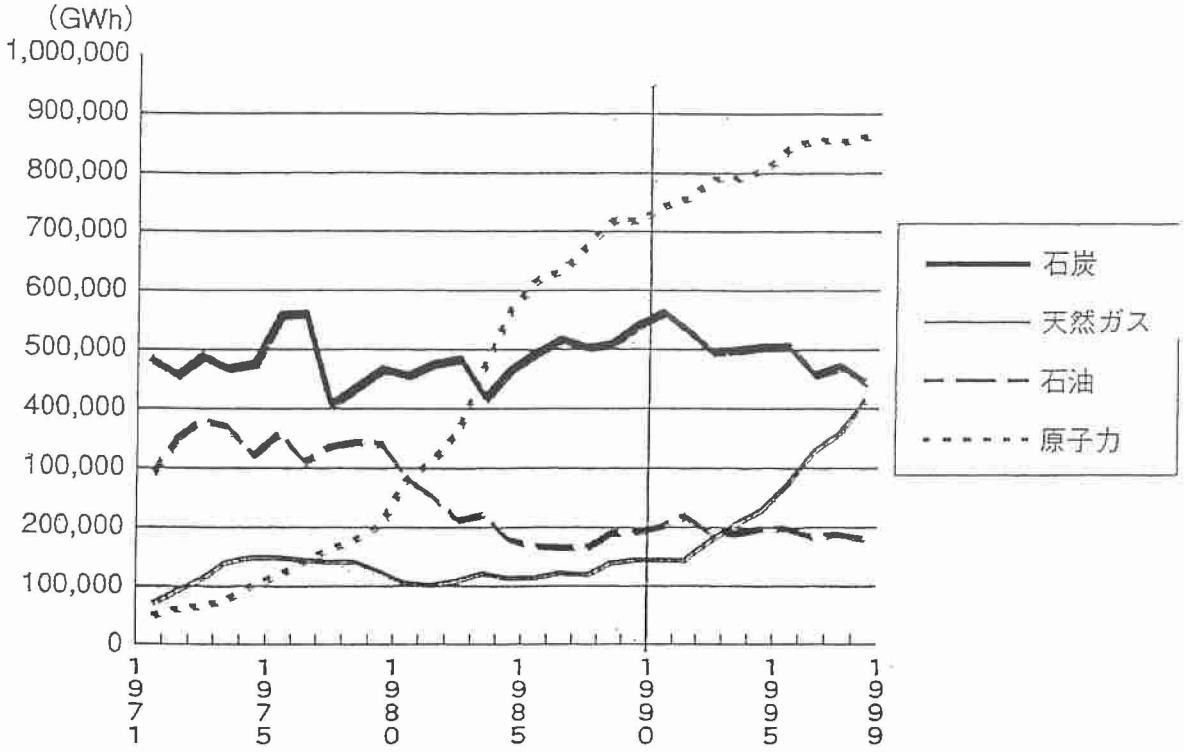
図6 人類とエネルギーのかかわり



原始人	百万年前の東アフリカ、食料のみ。
狩猟人	十万年前のヨーロッパ、暖房と料理に薪を燃やした。
初期農業人	B.C.5000年のメソポタミア、穀物を栽培し家畜のエネルギーを使った。
高度農業人	1400年の北西ヨーロッパ、暖房用石炭・水力・風力を使い、家畜を輸送に利用した。
産業人	1875年のイギリス、蒸気機関を使用していた。
技術人	1970年のアメリカ、電力を使用、食料は家畜用を含む。

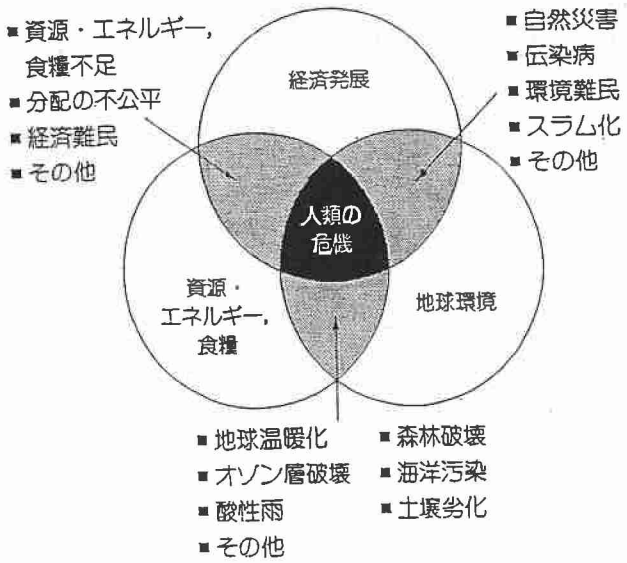
出典：総合研究開発機構「エネルギーを考える」

図7 EUにおける燃料消費量



(IEA資料により作成)

図8 トリレンマの構造



図—3　人口自然増加率は生活水準の高い国ほど低い

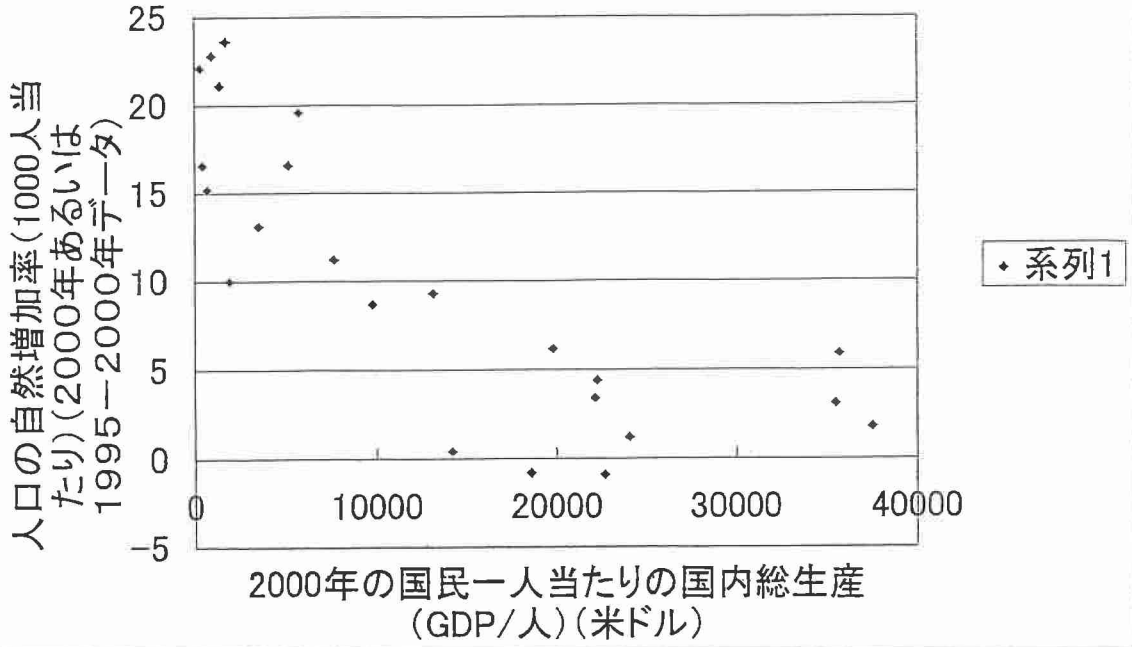
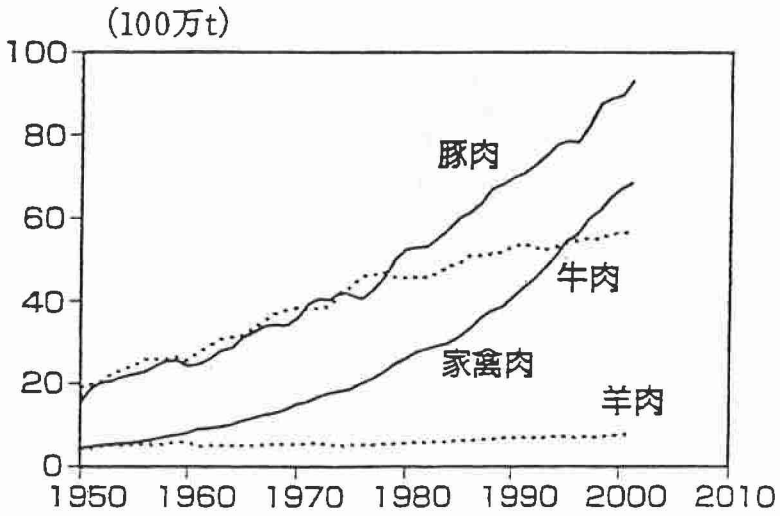
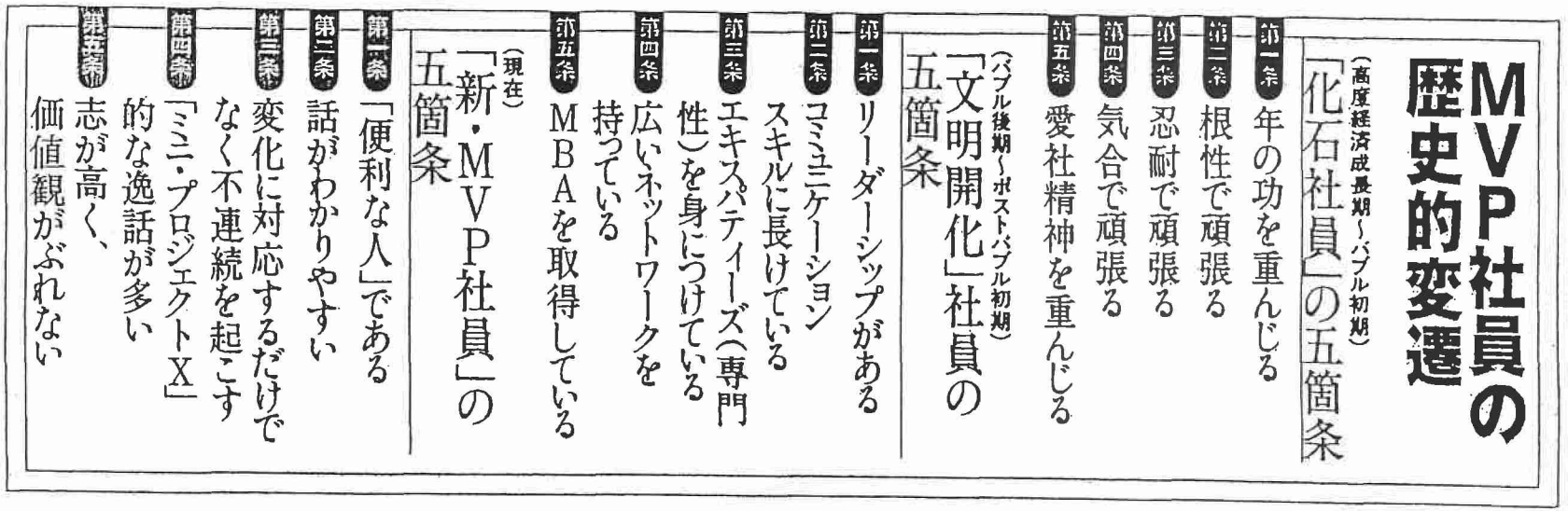


図4　種類別に見た世界の食肉生産量（1950−2001）



出所：FAO.

図10



出典 プレジデント 2001年12月31日号 P.34

謝　辞

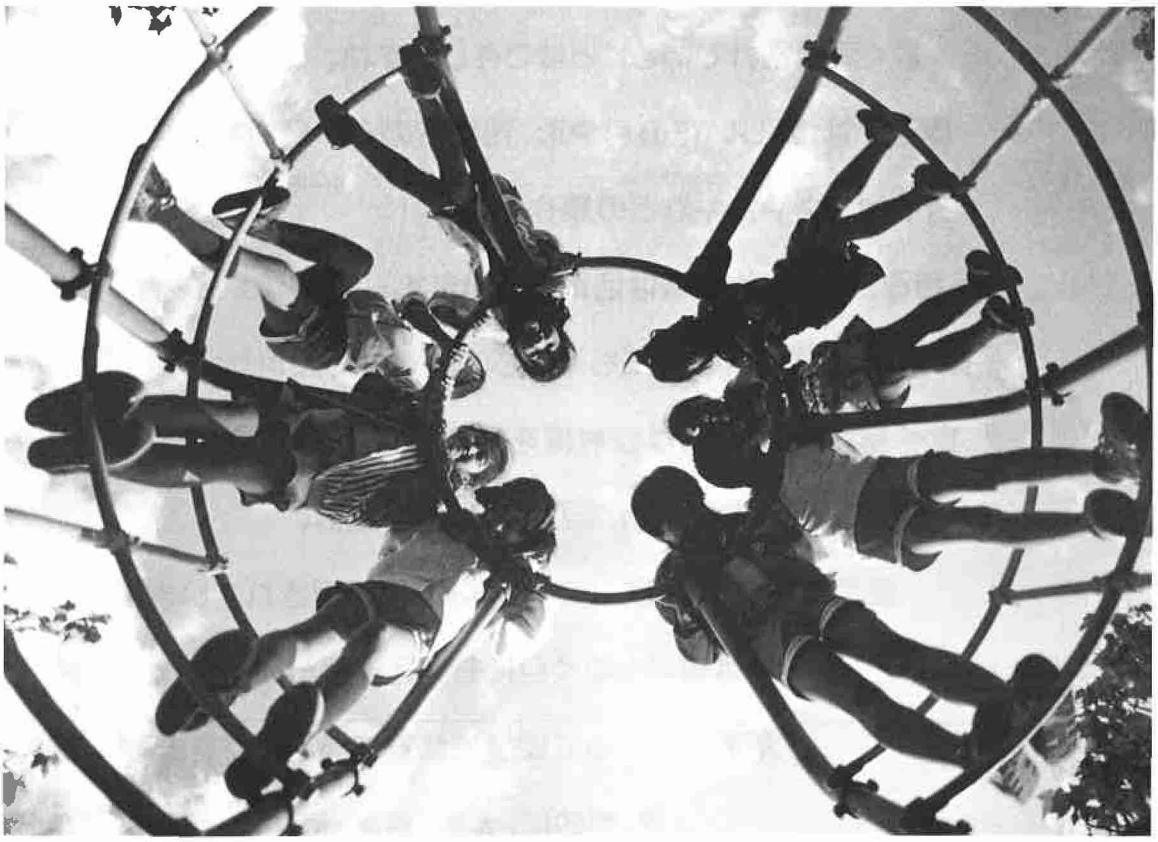
本資料は、例年のように、放射線教育フォーラムの年度末報告書として、専門委員会の報告書あるいは関連する資料、２００３年度に開催した教員を対象とした「エネルギー・環境・放射線 セミナー」の全国１０地区の事業報告書、及びフォーラムの勉強会やセミナーの講師の方々が作成されたテキストなどを、事務局長松浦辰男が中心となり、フォーラム理事高木伸司、理事長谷川圀彦、及び会員関本順子の各氏のご協力により編集作業を行って作成したものである。ここに各専門委員会委員長、セミナー開催責任者、勉強会及びセミナー講師、並びに編集協力者の各位のご努力に感謝する。また、巻末の広告欄に資料を提供され、本資料の出版費をご支援下さった諸団体に御礼を申し上げる。本資料が、フォーラム会員をはじめ放射線教育にご関心の各位にとり何かのお役に立つことを希望するものである。　　（松浦辰男）

発行　ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム 事務局
〒100－0013　東京都千代田区霞ヶ関３－３－１
尚友会館地下１階
電　話：　０３－３５９１－５３６６
ＦＡＸ：　０３－３５９１－５３６７
Ｅメール：　mt01-ref@kt.rim.or.jp
ホームページ：　http://www.ref.or.jp
発行日　２００４年３月３１日

Japan Association for Promotion
of Science Education and Equipment

明日の地球を担うサイエンティストたち

みんなの好奇心を応援します。



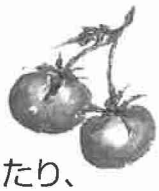
(社)日本理科教育振興協会は，学校教育用理科機器・算数数学機器およびそれらの関連教材の健全な発達と普及を図り，わが国の学校理科教育の振興に寄与する事を目的とする，文部科学省主管の公益法人です。会員数は全国約2,000社，文部科学省委託事業をはじめ各種展示会・講習会等，教育用理科機器の普及・啓発に関する幅広い活動を行っています。

協会証紙のついた製品の品質はメーカー保証に併せ，さらに協会の保証が約束されております。理化学機器のご購入にあたっては，信頼ある理振協会会員へご用命下さい

社団法人 日本理科教育振興協会

〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-26(山本ビル3F)
TEL. 03-3294-0715 FAX. 03-3294-0716
URL：http:/www.vinet.or.jp/japse

花をもっと美しく…
野菜をもっとおいしく…育てるために、
放射線が利用されています。



放射線が、レントゲン撮影をはじめ医療の分野で
広く活用されていることはご存じですね。
最近では、新しい花の色や形、花持ちのよい品種を開発したり、
トマトやイネやムギなどの農作物の
品種改良にも、放射線は活躍しています。

実は、放射線は自然界にも存在し、空気から、大地から、
食べ物から、私たちは放射線を受けて生活しているのです。
そして、原子力発電所周辺の放射線の量は、
自然放射線より低い値になるように管理されています。
放射線は匂いもなく目にも見えませんが、
測定できるので安全に管理することができるのです。
定期的に、大気・海水・河川水・土壌などを分析し、
きびしくチェックしています。

原子力発電への
ご質問や広告への
ご意見などを
お待ちしています。
お寄せ下さった方全員に
素敵な小冊子
「エネルギーからあなたへ」を
差し上げます。さらに
「図書カード」を
先着30名様にプレゼントします。

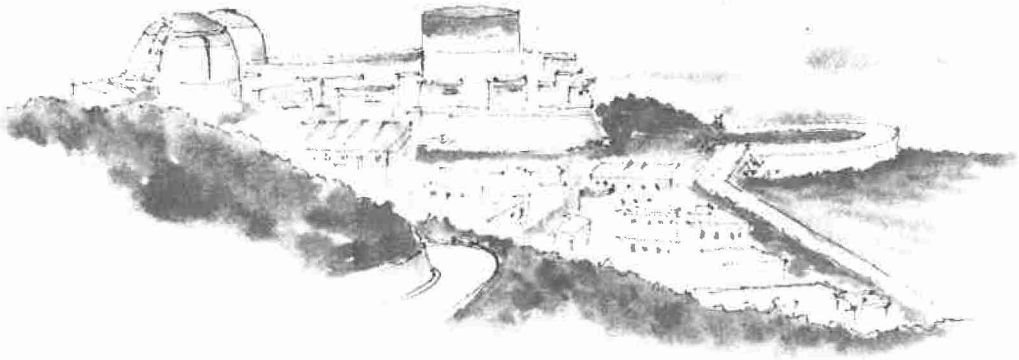
ハガキに住所、氏名、年齢を
お書きの上、下記宛先までお送り下さい。
(平成16年3月22日消印有効)
〒100-8118 東京都千代田区大手町1-9-4
電気事業連合会 広報部「婦人公論」係まで

"電気のつくり方"や…
日本の電気の約1/3をささえている"原子力発電"について…
もっと知りたい方へ「小冊子」を差し上げます。

ホームページにもぜひアクセスを…
http://www.fepc.or.jp/

全国10の電力会社でつくる
電気事業連合会

エネルギーから
あなたへ



放射線は自然界にも存在し…
原子力発電所周辺の放射線の量は、
それよりも低い値に管理されています。

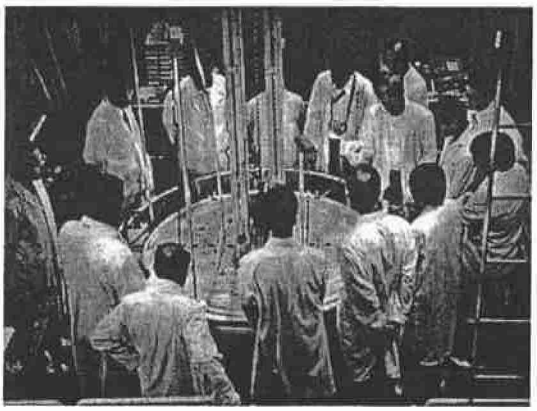
原子力・放射線をテーマに
資源・エネルギー・環境教育の教材を提供・・・
見て、聞いて、触れて、考える、教員のための研修

文部科学省受託事業

原子力体験セミナー

本セミナーは国の原子力総合研究機関である日本原子力研究所を主会場として全国の先生方を対象に実施するコースと、全国各地に講師陣が出張して1～2日間で実施する「地域コース」・「文系コース」から成り立っており、内容は、講義、実験・実習、施設見学等を柱に、理科系の専門的な科学的知識の取得を目的としたコースから、資源・エネルギー・環境・防災教育といった「総合的な学習の時間」等へもお役立ていただける内容のコースまで、担当教科や興味・関心に応じてご参加いただける講座と教材を幅広く提供しています。

ここでの体験や専門家との触れ合いから、21世紀を担う児童・生徒たちにとって魅力ある教育を探っていただければ幸いです。



●参加資格：主として小・中・高等学校の教職員及びこれらに準ずる教育関係者
●参加費用：セミナーの参加に要する旅費、宿泊費（対象者）並びに実習教材費、テキスト代等は主催者が負担します。
●セミナーの予定やカリキュラムの詳細については下記にお問い合わせ下さい

RADA
RADIATION APPLICATION DEVELOPMENT ASSOCIATION

財団法人 放射線利用振興協会
国際原子力技術協力センター　国内研修部
〒319-1106　茨城県那珂郡東海村白方白根2－4
Tel　029(282)6884　　Fax　029(282)6731
ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ：http://www.rada.or.jp　　E-mail：taiken@popx.tokai.jaeri.go.jp

原子力図書館 げんしろう

http://mext-atm.jst.go.jp

解説や論文、クイズ、最新動向など
原子力に関する情報がギッシリ!!

原子力百科事典 ATOMICA

収録数2,300件を超すデータベース形式の百科事典です。世界の原子力や放射線など最新情報を豊富な図版とともにていねいに解説します。

文献データベース NUCLEN

一般から専門家にも役立つ収録数58万件を超す文献データベースです。世界中の原子力やエネルギー関係の文献に日本語の要約をつけてわかりやすくしています。

君は、どこからチャレンジする? げんしろうクイズ

エネルギー、環境、原子力、放射線をテーマに小・中学校生でも楽しめるクイズです。子供達の学習に活用できるコーナーです。

原子力の今を知りたい方をサポート

原子力の最新動向

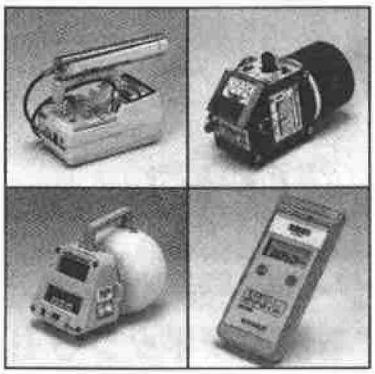
- ●原子力委員会
  我が国の原子力政策がわかる原子力委員会や専門部会の動きを知ることができます。
- ●原子力安全委員会 ●トピックス
- ●イベント情報

(原子力委員会、原子力安全委員会は内閣府からのリンクで掲載しています。)

独立行政法人
科学技術振興機構
受託出版課 ☎03-5210-4962

放射線測定の信頼性向上に

ー作業環境の安全確保にー



JCSS 認定事業者

作業環境測定機関

業務内容

★放射線測定器の点検校正
★放射線測定器の特性試験
★放射線測定器の基準照射
★放射線計測技術の調査及び試験研究
★作業環境測定
★放射線(能)測定
★「はかるくん」無料貸出
★原子力関係要員の研修

放計協

財団法人 放射線計測協会

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4（日本原子力研究所内）

http://www.irm.or.jp/ TEL.029-282-5546 FAX.029-283-2157

社団法人 日本電気協会
JAPAN ELECTRIC ASSOCIATION

日本電気協会は大正10年に設立された、日本で唯一の電気関係総合団体です
電気の生産から消費に関わる幅広い会員を有し、電気関係事業の健全なる発展に寄与しております

電気の今を学ぶために

あなたの知りたいこと
ー電気事業について44の質問と答ー
本体価格420円＋消費税21円 送料290円 A5判・150頁
一般社会人，学生などを対象に，電気の生産，供給をになう電気事業者（電力会社等）の今日のありのままの姿や当面する諸問題について知っていただくために，Q&A方式で図表を多く取り入れ，わかりやすく説明しています

東海林のり子の
電気事故リポート
ー突然の災害から身を守るためにー
本体価格28,572円＋消費税1,428円 VHS・18分
災害が起こった時，あなたは冷静に対処できますか？このビデオは，災害で起こる電気事故から日常生活まで，家庭で必要な電気安全知識をわかりやすく紹介しています。テレビでおなじみの東海林のり子さんがリポートします！

他にも多数の電気関係書籍・ビデオを発行しております

お問い合わせは 出版部 03ー4283ー2002
または下記ウェブサイトから！

電気の今を知るために

電気新聞

電気新聞は電力，電機，情報通信分野における日刊専門紙です
原子力関係も最新のニュースを提供しています

購読のお申し込みは 新聞部 フリーダイヤル 0120ー39ー1551
または下記ウェブサイトから！

購読料
1ヶ月 3,990円
（本体価格3,800円＋消費税190円）

www.denki.or.jp

ガラス線量計小型素子システム

Dose Ace

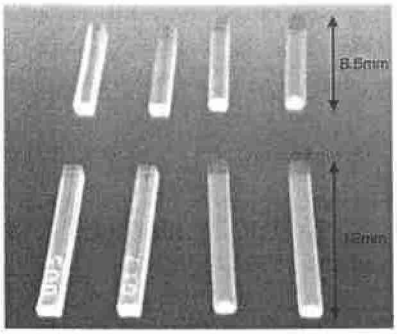
ドーズエース

新成形法による超小型素子が
線量測定を革新！

特徴

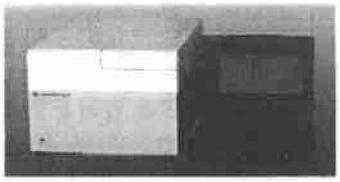
- 繰り返し読取り可能
- ガラスの均一性が素子間のばらつきを僅少に、安定した測定が可能
- 低線量域から高線量域まで、広範囲を高精度で測定可能
- 超小型素子により、治療・診断線量の直接測定が可能
- リーダの操作は非常に簡単で、一度に20個までの連続読取りが可能

線量計素子GD-300シリーズ



GD-301φ1.5×8.5mm
GD-302φ1.5×12mm（ID付）

専用リーダFGD-1000



主な用途

- 診断・治療線量評価
- 動物実験での線量評価
- 微細な線量分布測定
- その他　各種実験

www.c-technol.co.jp

TECHNOL
CHIYODA TECHNOL CORPORATION

最寄りの営業所へお気軽にお電話下さい。
営業所直通東京03-3816-2931／横浜045-821-6031　茨城029-266-3111　筑波0298-34-2231　大宮048-667-4412
千葉043-241-9261／仙台022-224-1113／福島0240-22-5541／新潟0257-22-3334／札幌011-733-1501
青森0175-72-3730／大阪06-6369-1565／名古屋052-331-3168／敦賀0770-23-3466／静岡0537-35-8566
金沢076-231-6789／福岡092-262-2233／島根0852-22-0291／四国0894-24-4072
広島082-261-8401　大洗研究所029-266-3113

株式会社千代田テクノル営　業　部
〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル
TEL03(3816)1163　FAX03(5803)1939

三菱重工

地球の熱さまし。
温暖化による“発熱”によく効きます。

いま、地球が“温暖化”という病気にかかりかけています。早めに治すには、省エネルギーや新エネルギーとともに、CO_2を排出しない原子力がよく効きます。美しい地球を健康のまま21世紀にのこすために、私たちは、これからも安全で信頼できる原子力発電プラントを提供してまいります。

STOP! 温暖化

三菱PWR原子力発電プラント

三菱重工業株式会社

本社　原子力事業本部・鉄構建設事業本部　〒108-8215　東京都港区港南 2-16-5　☎（03）6716-3111
支社　関西／中部／九州／北海道／中国／東北／北陸／四国

月刊エネルギー

フジサンケイグループ

立地地域の人たちや一般の人々に、
放射線をはじめ、原子力のリスクを正しく伝え、
積極的にリスクコミュニケーションをしませんか。
月刊エネルギーは、そのお手伝いをします。

※ エネルギー教育、リスクコミュニケーションに
関するいろいろな情報をお寄せください。

日本工業新聞社月刊エネルギー編集部
energy@business-i.jp
電話　03－3273－6122

＊好評発売中＊

放射線と地球環境
――生態系への影響を考える――
村松康行・土居雅広・吉田聡編／Ｂ５判／
カラー含む 240 頁／税込み定価 3990 円

紫外線等の天然放射線、原子力・医療機器利用による人工放射線が生態系・人体に及ぼす影響と防護法について最新の研究をもとに解説。さらに放射線により体内で発生する活性酸素の話題から、化学物質との複合影響についても考察する。

放射能と人体
――くらしの中の放射線――
渡利一夫・稲葉次郎編／Ａ５判／
124 頁／税込み定価 1680 円

医療をはじめ、くらしの中にある放射線・放射能についての基本知識から、これまでに明らかになった人体影響、事故事例、そして放射能漏れなどによる緊急時の体内の放射性物質の除去法、被曝被害を少なくするコツや簡易放射線測定法も解説。

放射性元素物語
松浦辰男著／Ｂ６判／156 頁／
税込み定価 1223 円

放射能漏れ事故が起こるたび話題になる放射線・放射能は多くの人に不安を与える。その元である放射性元素とその周辺のことについてあまり世間に知られていないこと、本当はどうか……等、専門家以外には言い控えてきたことも述べる。

〒103-0084 東京都中央区日本橋蠣殻町１－６－４ 研成社 電話：03-3669-1828／ＦＡＸ：03-3669-1850

国際会議
（準備・運営）

BILINGUAL GROUP

通訳、翻訳
25カ国語対応

「ビキニの写真」

女性の水着姿？　違うのです。私が中学に入学したころですから、四十五年以上も前に、第五福竜丸という漁船が南太平洋で、ビキニ環礁の水爆実験の灰を浴びて被曝（ひばく）しました。これによって、日本人の核に対する反感は最高潮に達した観がありました。以来およそ半世紀。各国のエゴによる核実験はいまだに終息せず、最近は核保有国数の増加も憂慮されて、心中穏やかでいられません。

しかし他国の人々は、核兵器をさほど深刻に憂えていない可能性があります。原爆の惨禍は、いまやニューヨークの9・11に並ぶだけの衝撃波を発信し得ないでいるのが実情でしょう。

以前、西ドイツに住んでいたころ、子供の遊び仲間のお宅へ、おやつに招かれたことがあります。美しいレースのカーテンが窓辺に波打つダイニングルームに通されたとき、私は息をのんで立ちすくみました。白い壁に掛けられていた額の中に赤々と燃えていたのは、何と水爆のきのこ雲だったのです。よく見ればなるほど、ビキニ環礁らしいその写真は、オレンジ色のあやしい輝きをたたえ、シンメトリックに広がる傘は雄大でさえあります。しかしいくらなんでも壁に飾るなんて！　手作りのケーキをごちそうになり、子供たちの無邪気な遊びを眺めながら、私の心はビキニの写真にこだわっていました。

二時間ほどがすぎて帰り支度を始めたころ、私は何げなく聞いてみました。「どうしてこれを飾っているのですか？」。若いお母さんはちょっと困った様子で、夫が原子力研究所勤めで、この写真を見つけたので、拡大してフレームに入れたのです、と説明してから、「でも、飾り物としてはあまり良くないですね」とすまなそうに付け足しました。私は長崎の出身であることを告げて、そそくさと帰宅しました。

二、三カ月して、また呼ばれたので行ってみると、ビキニの写真は木彫品に置き換えられており、私は胸をなで下ろしたのでした。ドイツ人夫妻は反省したのです。やれやれ。

株式会社　バイリンガル・グループ
〒102-0074　東京都千代田区九段南 4-7-22-2F
取締役社長 郷農 彬子　http://www.bilingualgroup.co.jp　TEL:(03)3263-1261(代)　FAX:(03)3263-1264(代)

各省庁研究費公募及び配分、内容等も紹介

我が国唯一の基礎科学専門紙

研究助成団体の募集及び結果

文部科学省等の情報

教授人事、国際会議派遣、大学ニュース、研究成果など

海外科学ニュース

海外雑誌を航空便で取り寄せ翻訳速報

その他の主な内容

人物紹介、海外出張者、国内科学ニュースダイジェスト、
学協会行事、科学雑誌・学協会誌目次総覧、外国雑誌、
新刊案内、書評、新製品紹介、研究所紹介、科学読物、
教授・助教授等公募、科学者が語る自伝

科学新聞
週刊（金曜日発行）

1カ月　1.835円
6カ月　9.700円（前納）
1カ年 18.350円（前納）
（送料・消費税込）

科学・技術・医学用語など69万語の辞書を装備！！
米国商務省・日英科学文献機械翻訳センターで採用！　文部科学省・科学技術振興調整費による成果！

パソコン用ソフト **科学と技術の翻訳パートナー** －日英－ Ver1.1

Windows版（バージョンアップ版）―― 定価（本体　95,000円＋税　買換価格20,000円＋税）
Macintosh版―― 定価（本体120,000円＋税）
（CD-ROM1枚、ユーザーズ・マニュアル1冊）

科学新聞社
東京都港区浜松町1－8－1（〒105-0013）
TEL 03-3434-3741(代) FAX 03-3434-3745
http://www.sci-news.co.jp

資源・エネルギー・原子力・環境について
知りたいこと、疑問に思うことはありませんか?

①「**エネルギーと環境**」**講座**では、学校の先生方に最新の情報を提供しています。

②10月26日の「原子力の日」を記念して、**中学生や高校生から作文・論文を募集**し、入選者を表彰式と施設見学会にご招待します。

③高校生を対象に**放射線実習セミナー**を開催し、放射線に関する基礎的知識を講義と実習を通じて習得できるように、お手伝いします。

④先生方の研究会や勉強会に**講師を派遣**したり、発電所などの**施設見学会の開催**をお手伝いします。

⑤エネルギー、原子力などに関する、**ビデオや写真を貸し出し**ています。

- 講師派遣などの経費は無料です。
- お問合せは、電話、ＦＡＸ、または手紙でお願いします。

財団法人日本原子力文化振興財団

〒103-0012　東京都中央区日本橋堀留町 2-8-4　　Tel：03-5651-1570　Fax：03-3639-6636