

「放射線教育」特集号

# 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)

放射線教育フォーラム

2000年3月



## 序 文

われわれは近代科学技術の成果の一つである放射線・放射能の利用の恩恵を方々で受け、それに取り囲まれているにもかかわらず、わが国が原子爆弾の被災を受けたためであろうか、放射線・放射能に対する一般市民のアレルギーは強い。放射線教育フォーラムは、放射線・放射能に対する誤解を解き、市民に正しい知識を与え、そして放射線や原子力に関する問題に正しい判断ができるようになってもらいたいとの熱意から、6年前に発足した。一般市民への正しい知識の付与はまず学校教育から、ということで、中学・高校の理科・社会科の授業で正しい放射線・放射能教育をしてもらうためにはどうすればよいかと、発足以来研究会の開催や国に要望書を提出するなどの努力を続けている。この間に、少し背伸びをして国際シンポジウムの開催まで手を伸ばしてしまったが、各方面からのご支援をえて内容的に十分に得るものがあり、また多くの方々からも感謝されたことは誠に幸せであった。

折りも折り、昨年9月には核燃料加工施設で臨界事故という、思いもよらない事故が発生して、社会が俄然放射線の事柄に、またこの分野の教育に関心を向けるようになった。今や、われわれの目指している一般市民に正しい放射線・放射能の知識を普及させることは、社会の強い要請であり急務である。そこで、この変化する時代・情勢の中で、フォーラムも発足6年を迎えたので、これまでの足跡を省みて、初心に戻り、今後どのように進むべきかを策定する一助として、JCO事故に関する解説や評論も取り入れて「放射線教育フォーラム6年の歩み」を、われわれの定期刊行物である「放射線教育」誌の特集号として刊行することとした。

本刊行物は、放射線教育フォーラム関係者にとって重要な資料であることはもちろん、現在における放射線・放射能・原子力・エネルギー教育の在り方を考察するのに有益な情報を提供するものであることを信じて疑わないものである。何分にも急遽計画し、またいつもながらの人手不足の中で年度内の刊行を目指したので、細部の編集に不行き届きの点、また形式に見苦しい点があることをご寛容頂いた上で、関係各位、さらには読者諸氏におかれては、本刊行物を有効に活用されることを願うものである。

2000年3月9日

放射線教育フォーラム総務幹事一同  
(代表総務幹事 松浦辰男)

## 放射線教育フォーラム6年の歩み

(付録：JCO事故に関する解説と評論)

序文

目次

第1章	放射線教育フォーラムについて	1
1.	はじめに——その設立理念と活動について	3
2.	6年間の活動の記録	9
3.	会則と役員名簿	15
第2章	放射線教育の現状と改善の必要性	19
1.	現状とその問題点(教科書記述の現状を含む)	21
2.	ニュースレター、ジャーナルからの関連評論	30
	「放射線教育と学校理科」(下条隆嗣)	30
	「学校教育のシステムと教育課程の方向」(飯利雄一)	33
	「放射線教育の現状と課題」(広井 禎)	35
	「新高等学校学習指導要領での放射線教育」(村石幸正)	37
第3章	各専門委員会の活動報告	39
1.	実験教材検討委員会報告(菊池文誠)	41
2.	リスク検討委員会中間報告(河村正一)	46
3.	教育課程検討委員会(広井 禎)	52
4.	医療系教育機関における放射線教育の実情調査専門委員会報告(大橋国雄)	62
第4章	要望書・意見書とその効果・反響について	65
1.	文部大臣への要望書「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」	67
2.	科学技術庁長官への要望書「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なうための方策について」	92
3.	参議院決算委員会会議録からの抜粋	96
4.	文部省教育課程委員会への意見書とその反響	101
第5章	国際シンポジウムの報告	105
1.	放射線教育に関する国際シンポジウム報告書より	107
2.	プロシーディングスについて、フォローアップ計画、シンポジウムの評価ほか	133
第6章	放射線教育のための資料(ニュースレター、ジャーナルからほか)	139
1.	エネルギー問題を考える(I~IV)	141
	「エネルギー問題を考えるに当たって」(今村 昌)	141
	「日本のエネルギー事情」(村主 進)	142
	「世界のエネルギー事情」(村主 進)	143
	「太陽エネルギーは石油や原子力に代わりうるか」(今村 昌)	145
	「新エネルギーと省エネルギー」(村主 進)	148
	「エネルギー消費と人間の寿命」(村主 進)	151
2.	中学・高校の先生のための放射線・放射能セミナー(第1回~第9回)	153
	「放射線とは何か?」(大野新一)	153
	「放射線についてのQ&A」(菊池文誠)	154
	「日常生活と放射線」(加藤和明)	155
	「医療と放射線(1)」(中村佳代子)	156
	「医療と放射線(2)」(中村佳代子)	157
	「医療と放射線(3)」(中村佳代子)	158

	「放射線による食品の保存および衛生化」(伊藤 均) .....	159
	「放射線による害虫駆除」(伊藤 均) .....	161
	「放射線を用いた排煙処理技術」(田中隆一) .....	163
3.	放射線防護と低レベル放射線影響 .....	165
	「低線量影響研究の現状と問題点」(松平寛通) .....	165
	「放射線の規制とは」(近藤民夫) .....	167
	「放射線ホルミシス」(山田 武・大山ハルミ) .....	169
	「ICRPの線量限度」(稲葉次郎) .....	171
	「放射線発がん閾値線量の問題」(田ノ岡 宏) .....	173
	「低レベル放射線影響に関する最近の話題」(岩崎民子) .....	175
	「低レベル放射線影響に関するトピックス2題」(山口彦之) .....	177
第7章	まとめ(これからの放射線教育の在り方と提案) .....	179
付章	JCO事故に関する解説と評論 .....	183
	「初心忘れた原子力」(伏見康治) .....	185
	「JCO臨界事故について」(更田豊治郎) .....	186
	「放射線被ばくと健康影響」(村主 進) .....	196
	「放射能を受けるとどんなことが起こるか——臨界事故の教訓」(菅原 努) .....	199
	「独り歩きしたJCO事故の健康影響」(久保寺昭子) .....	204
	「JCO事故に関して質問に答えたQ&A一例」(加藤和明) .....	206
	「JCO事故を巡っての生徒と教師の会話」(三門正吾) .....	207
	「臨界事故と放射線教育フォーラムの役割」(朝野武美) .....	210
	「JCO臨界事故報道に見られた不適切な記述」(松浦辰男・高木伸司・朝野武美) .....	211
編集後記	(奥付) .....	212
	(広告欄) .....	215



## 第1章 放射線教育フォーラムについて



## 第1章 放射線教育フォーラムについて

### 1. はじめに——その設立理念と活動について

「放射線教育フォーラム」が1994年の春に設立されてから6年の歳月が経過した。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主として学校教育により生徒・学生、さらに一般社会に提供し、放射線に対する現在のわが国の社会の誤解、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ならびに学校教員有志のボランティア組織である。この間に個人会員数は172名、賛助会員は54団体に達している。フォーラムは公開シンポジウムや学校教員を対象とする研究会や会員相互簿の勉強会を開催するとともに、学校教育や社会教育の在り方の改善のために文部省や科学技術庁へ要望書を提出するなど、各種の活動を行ってきた。また1998年12月には「放射線教育に関する国際シンポジウム」をフォーラムが主体となって多くの学会や団体との共催・協賛の下に盛会裡に開催した。運営は会員が文字通り手弁当で活動する方式で行なってきたが、ここで得られた多くの情報を一人でも多くの方に知って頂くことにより、今後も志を同じくする方々のご協力とご支援を頂き、さらに社会に貢献したいというのがわれわれの願いである。

「放射線はどんなにわずかでも人体に害がある」とする、必ずしも正確といえない考え方が科学的に真実であるとみなされていることに由来する、一般人の放射線に対する無用の恐怖心に基づく社会的弊害は非常に大きい。この考え方が一般人のみならず知識人にさえ常識として定着している現在、この強い先入観を払拭することは至難の業であるが、フォーラムはあえてこの困難な仕事に考えられるあらゆる方策をとって辛抱強く取り組んでいる。

ボランティア活動とはいえ、活動が活発化した組織が大きくなれば、それを円滑に運営するための体制と資金が必要である。フォーラムをその「会則」（本章第3節）に沿って運営してきた中心的組織は総務幹事会（NPO法人化の後には理事会となる）と呼ばれる役員会であるが、役員には総務幹事のほかに顧問および幹事があり、これらの構成員は第3節の役員名簿に示す通りである。

運営に必要な資金はこれまで主に個人会費および賛助会費に依存してきたが、資金を獲得する手段としての会員数を増加させる手続きや、会合の連絡や外部機関との連絡など、諸業務を円滑に実行する事務的機能を確保するための財政的基盤の確立が望まれる。入会しやすくするために会費を安くしてきたこともあって、多岐にわたる活動を活発に行なうための支出に比べて収入が不足している。この財政の現状を打開する方策として、設立以来低く押さえられてきた会費を値上げすること、およびNPO法人化によるこのグループへの社会的認知を計画している。

この時にあたり、フォーラムの6年間の足跡を振り返り、放射線教育の問題点を整理し、将来の展望を打ち出すとともに、フォーラムの活動方針・内容・運営方法の見直しを行い、今後とも設立当初の精神に沿った活動を着実に継続していきたい。本出版物は、フォーラムの6年間の成果を要約して、多くの方々にこの活動の重要性を認識していただくとともに、今後フォーラムが安定してさらに社会的貢献を続けるためのしっかりとした方向づけをしようとするためのものである。

### 「設立趣意書」および「設立趣旨書」について

1994年4月の設立当初にうたわれた放射線教育フォーラムの設立趣意書は次の通りである。（ニュースレター（以下NLと略称）第1号、1994年12月発行、に記載）

わが国のエネルギー供給における原子力の役割は非常に大きく、現在総発電量の約30パーセントをしめている。また放射線やラジオアイソトープは、理化学の研究を始め医療や工業、農業などの広い分野で利用され、国民生活の進歩・向上に多大の貢献をしている。しかし近年、若い人の「理工系離れ」が大きな問題となって来ており、特に原子力や放射線の分野でその傾向が著しく、将来において研究者・技術者の確保が困難になることが深く憂慮されている。これは、学校教育（初等教育、中高校の教育）において、放射線や原子力について正しい教育が行われていないことが、大きな原因の一つであるようである。この事態を改善するために、われわれ大学や研究所において研究や教育に携わる者も、何らかの努力をせねばならないとの感を深くする。

「放射線教育フォーラム」は、放射線・原子力の研究・教育関係者が中心となって、学校教育現場の教員と協力して、原子力開発の推進あるいは反対という行政的あるいはイデオロギックな視点から離れて、ボランティアの立場で次のような諸活動を行う。

(1) まず学校教育における放射線・原子力に関する教育の実状・問題点を調査する。また、関連する組織と協力して、関係官庁への教育の改善に関する要望書を提出することも考慮する。

(2) 会員自身が随時会合を開いて、たとえば「放射線の生物影響」とか「放射性廃棄物と環境」のような問題について議論し、最新の知識・情報を教育関係者が利用し易い形に集約する。

(3) 日本の各地で中学・高校などの学校教員を対象とした講演会・研究会を開催し正しい知識に基づいた効果的な放射線教育・適切な理科教育が進められるよう、教育現場の関係者に協力する。

(4) マスコミ関係者に最新の情報を提供して、放射線や原子力を中心とした科学技術の正しい知識の一般への普及に資する。

この精神は当然ながら今後も変わらないが、このたび（2000年3月以降申請の予定）「特定非営利活動法人」（NPO法人）化を進めるにあたり、最近の活動の広がりなどを勘案して、提出書類中の「設立趣旨書」としてつぎのように修正された形のものできている。

### 特定非営利活動法人「放射線教育フォーラム」設立趣旨書

（2000年3月7日現在）

#### 1. 趣旨

人類（生物）は地球上で、自然放射線の影響を受けながら進化してきた。約100年前にはX線が発見され、またラジウムなどの放射能も利用されるようになった。今日では、放射線・放射能は、医療をはじめ理工学の研究や工業、農業など広い分野で利用され、国民の福祉や生活の質の向上に多大の貢献をしている。また、核分裂による原子力発電は、わが国の総発電量の35パーセントに達し、今日のエネルギー供給に大きな役割を果たしている。

ところが、わが国が世界で唯一の原子爆弾の被災を経験したこと、また原子力関係の各種の事故やトラブルなどが大きく報道されていることなどが背景となり、市民は放射線や原子力に関しては強い不安感を持っている。しかし、今日の科学技術の発展によって便益を享受している国民は、放射線を含めて、自分の身のまわりの自然や科学技術の事物・現象に対する基礎的な科学知識を持ち、それに伴う必然的な種々のリスクについても、常識として知っておく必要がある。1999年9月に核燃料加工施設で起こった全く予期しない臨界事故は、法規に違反した従事者への必要な訓練を怠った当事者の責任が重大であることはもちろんであるが、周辺において余儀なくされた種々の社会的悪

影響を最小限度に止めるためにも、一般市民が放射線・原子力に関する基礎知識をもつ必要性を痛感させた。

そのような基礎的な科学知識・理解は学校教育によるところが大きいが、それにもかかわらず、教育課程改訂の度毎に中学・高校での理科の授業時間の減少などが要因となり、学生の『理工系離れ』も生じてきている。科学技術立国を標榜するわが国としては、将来の人材確保のためにも現在の理科教育の一層の改善・振興が必要である。

学校の理科教育の中で扱われている放射線や原子力についても、その教育の重要性が軽視されており、適切な学習が行なわれているとは言い難い。例えば、われわれの自然環境の至るところに放射線・放射能が存在することや、原子力発電の原理や安全確保のしくみなどの基本的な知識が十分に教えられていない。また必修科目となっている人文社会系の教科書を見ると放射線や原子力に関する記述においてその危険性が強調され、やや公正を欠くと思われることもあるとともに、放射線・原子力の利用に対する生徒の意識や価値観がマスメディアの論調などに大きく影響されている。

放射線教育フォーラムは、これらの事態を改善するべく、放射線・原子力の研究者や教育関係者および学校教育現場の教員が一体となって、ボランティアな立場で、原子力の推進あるいは反対という視点から離れて、広く市民全体に放射線・原子力についての正しい科学的知識と公正な倫理的資質を普及させようとするものである。特に学校におけるこの分野の教育の改善に重点を置いて1994年から活動を始め、国際的にもこの活動を拡げつつある。このたびの特定非営利活動法人化にあたり、研究者や教育関係者のみでなく理科教育・放射線教育に関心のある市民に対しても門戸を広げたい。

## 2. 従来経過

1994年に設立された放射線教育フォーラムは、以下のような活動を行ってきた。

- (1) まず学校教育における放射線・原子力に関する教育の実情・問題点を、例えば現行の高校の教科書の記述等について調査し、関連する他の組織と協力して関係官庁へ現状改善についての要望書を提出した。
- (2) 会員自身が随時委員会等の形式で会合を開いて、「放射線の生物影響」、「放射線教育用教材の検討」、「放射線教育カリキュラムをどのようにすべきか」「リスク教育」のような問題について討議し、最新の知識・情報を教育関係者が利用しやすい形に集約する努力を続けてきた。
- (3) 中学・高校などの学校教員を対象とした講演会・研究会を開催し、正しい知識に基づいた効果的な放射線教育・理科教育が適切にかつ効果的に進められるよう、教育関係者に協力してきた。
- (4) 講演会、研究会、委員会などで討議してきた内容を、ニュースレター（年2～3回）あるいは雑誌「放射線教育」（年1回）の形で刊行し、会員及び関心のある方々に情報発信を行ってきた。
- (5) 1998年12月には、「放射線教育に関する国際シンポジウム」を開催して、海外の研究者・教育者とも交流して情報交換を行い、海外の進んだ教育方式を学ぶとともに、われわれの集約した情報や経験を国際的にも役立てた。

このたび特定非営利活動法人化により社会的信用を高めて財政的基盤を確立し、上記の活動をさらに強力に推し進めて、日本国内の学校教育のみならず、一般市民への放射線・放射能・原子力・環境エネルギー問題についての公正な正しい知識の普及をはかることを通じて、わが国が教育情報の発信の点で世界を先駆ける立場に立って人類の福祉に貢献したい。

## 放射線教育フォーラムの設立の経緯、目標と運営について

上記の設立趣意書あるいは設立趣旨書で明白と思われるが、フォーラム設立の背景と目的、種々の活動、その方針について、これまでにフォーラムが発行したニュースレターや「放射線教育」誌の巻頭言で会長（当時）はじめ多くの役員から述べられた文言を使って、以下に若干の解説をする。（敬称略。なお引用の仕方はこの出版物の刊行責任者である松浦辰男の責任である。）

○「若者のみならず市民全体の理科離れ、技術離れがよく議論される。・・高等学校での理科教育をどうしたらよいか、さまざまな工夫がある。理科教育の重要な課題の一つとして放射線や放射能がある。原子力と関連するのみならず、身体検査で多量のX線が用いられていて、きわめて市民生活に密着している。にもかかわらず毛嫌いな人が多いようである。・・もっと生徒や学生、そして市民が、放射線や放射能について、関心を持つようになる機会を作らなければならない。・・」（有馬朗人、NL第1号、1994.12.）

○「第二次世界大戦を契機として核エネルギーいわゆる原子力の解放、エレクトロニクスの急速な発達、宇宙飛行技術の出現、またDNAの発見による分子生物学の発展等々、20世紀後半の科学・技術の急速な進歩は、今や我々の日常生活の隅々まで浸透して来ている。従って現代に生きるものは誰もこうした科学・技術についてある程度の正確な知識をもつことが要求される。しかし高度に専門化した今日の科学・技術が我々の日常生活に深くかかわっているとき、学校教育で如何にしてその本質を正しく教えるかということは重要だが非常に困難な課題である。地球の荒廃が急に顕著になってきて、人類生存の危機が実感されてきた昨今、これが主に人間が築いた文明によってもたらされたものであることを省みて、現代文明の基礎になっている科学・技術について正しい認識を持つとともに、倫理観念を養成してエゴイズムを克服してゆかなければならぬ時代である。それには教育が重要な役割をもつ。

教育はいつの時代でも、次世代をになう人々が、如何なる環境を形成してゆくかを目標にして行われてきた。人類の歴史上で、今我々が現代文明のもたらした危機の岐路に立っていることを省みれば、学校における理科教育の果たす役割は重要である。しかし、限られた授業時間でいかに行なうかは非常に困難である。今日の世相は至る所で個人・党派・民族・国家・宗教のエゴイズムに根ざしている。今や人類は一人一人が自覚し、自らの人生と世界観について、人類の将来を如何にするかを反省しなければならないときである。放射線教育即ち理科教育も、この線上において進めるべきものである。」（清水栄、NL第3号、1997.7.）

○「放射線教育フォーラムの第一の目標は、日本の学校における放射線や放射能に関する教育の改善である。これは、学校教育において、放射線・放射能に関する教育が不十分であることがわかったからである。放射線、放射能は、宇宙創世以来の自然現象であり、人類はこれの中で進化してきた。今世紀になると、放射線、放射能は人工的にもつくられるようになり、われわれはこれらを利用して高度の文化的生活を享受している。この過程で発見された原子力エネルギーは、現在重要なエネルギー源になっている。しかし、不幸なことに原子力は最初に戦争の具として使われたため、放射線、放射能は危険なものであるという第一印象を与えることになったのは、極めて残念なことであった。放射線、放射能が時と場合によっては危険なものであることは事実である。フォーラムの基本的な目的は、専門外の人達に、放射線や放射能が自然現象の一つであり、地球上の生物がこの中で生活し、進化して来たことを理解してもらうことである。

世間一般の方々の中には、「良い放射能」（天然）と「悪い放射能」（人工）とがあると考えておられる方が少なくない。人工放射性物質から天然のものと違う放射線が出るわけではない。また、総量においては、人工放射性物質は、天然のものにくらべれば、桁違いに小さい。

ただそれが局在するために「悪い印象」を与えているのであろう。放射性物質はすべて原子力によってつくられたもので「悪いもの」と思っている人も少なくない。「悪い」というイメージは「原子力」（正確には「核エネルギー」と言わなければならない）という原爆を連想させるような言葉から生まれたのであろう。フォーラムの中心課題は原子力の教育ではない。しかし、放射線や放射能について語るとき、原子力について触れないわけにはいかない。

フォーラムは、日本の現在のエネルギー事情と、これからの見通しと対策について、誰もが納得できる、定量的な解説をすることにも力を注がねばならない。世間では、原子力に代わる「新エネルギー」に期待する声が高い。地熱、風力、太陽光の利用、廃棄物焼却による発電などいろいろな試みが行われてはいるが、量的に考えて、いまのところ原子力に代わりうるものは見出せない。行き着く先が原子力ということになれば、放射線や放射能についてもっとよく知りたい、または知らなければならないと言う意欲が生まれるはずである。教育は「知りたい」という意欲がなければ実を結ばない。知識を「押し売り」するよりも、興味をもたせ、知りたいという意欲を起こさせることが効果的な教育である。放射線や放射能が自然界の厳然たる事実であるということをも前提にして、若い人たちに人類の生存のために欠かせないエネルギーの問題を考え、将来の方向を選択してもらうための科学的な素材を率直に提供するのがフォーラムの中心的課題である。」（今村昌，NL第5号，1996.7.，「放射線教育」誌第1巻，1997.11.）  
○「公害問題や地球環境問題が科学技術の進歩にともなう生活・産業活動発展の結果であることから、科学技術の進歩に対する不信感や反省が表明されている。中学・高校生などの理科離れ傾向が指摘されている。公害は科学技術利用の方法と程度を誤った結果起こるものである。科学の応用で技術が進歩し、技術の利用目的・方法を誤れば予想外の被害が起こるが、科学そのものに善悪があるわけではない。同じ技術が良い目的にも悪い目的にも利用できるし、良い目的の利用が結果として悪い効果を生むこともあり得る。自然科学の進歩が人類の繁栄に貢献したことは確かであり、人類の危機を救うにも科学技術の正しい利用が必要なので、初等教育での理科教育の重要性は一層強調されるべきである。と同時に、人間と自然科学・技術のからみの基本として倫理教育がさらに重視されるべきである。技術の所産の利用には、科学技術のみならず倫理も含めた英知による制御が必要である。

放射線・放射能は、ものの存在、その構成要素の原子分子の存在と同様に、自然の欠くことのできない普遍的存在であるとともに、医療はじめ広い分野の先端技術の多くに関係している重要な基本的要素である。放射線・放射能を理解するには分子・原子・原子核などのミクロの世界の初歩的知識が必要なので、放射線教育は自ずとマクロとミクロの世界をつなぐ教育にもなる。他方、自然放射線・自然放射能の存在にもかかわらず、心配するにはあたらぬ極めて僅かな放射線・放射能に触れることを極端に忌避する放射線恐怖症ともいうべき人が少なくないことが先端技術の有効利用の妨げとなっている。これは国際放射線防護委員会(ICRP)が、放射線防護の最適化として、不必要な被ばく線量は合理的に達成できる限り低く保つべきだというALARA(As Low As Reasonably Achievable)を基本的な考え方としていることが誤解されていることに主な原因があると思われる。ICRPは極僅かな放射線被ばくでも危険だといっているわけではないが、ALARAの前提議論から誤解が生まれたと思われるので、適切な社会教育が必要である。

原子力発電や食品照射などについての社会的論争に無用に煩わされることなく、放射線・放射能という不可欠の自然の要素を自然科学の初歩として適切に教えることは、やりがいのある、今日的で好個の具体的課題と思われる。」（更田豊治郎，NL第15号，1999.7.）

最後に付け加えさせていただくならば、放射線・放射能・原子力（核エネルギーの利用）という、純然たる自然科学的現象あるいは対象と、これを近代技術として利用する場合に必然的にともなうリスクをどの程度まで容認できるか、という価値観（これが個人の考え方と属する

集団の立場により大きく異なるところが問題である)とを総合していかに教育するか、ということが「放射線教育」あるいは「原子力教育」の難しいところである。後者の価値判断が大きく分かれていることと、放射線・放射能が原子核という「難解な」近代物理学の対象に関連しているがために、日本では初等・中等教育の段階でまともに取り上げることが敬遠されてきたきらいがある。にもかかわらず、事柄の重要性の故に、理科でなく人文社会的な科目で社会的に問題となった悪い反面の情報のみがマスコミで報道され、それと全く同じ論調で必ずしも正確でない形で教科書においても記述されていて、これが正しい知識、考え方であると多くの教員も考えてきた傾向があった。(教科書の記述の実情については、第2章で述べる。)

一方、エネルギー・環境問題から広い視野で考えると、わが国では原子力の平和利用は、好むと好まざるに関わらず、近代科学技術の成果の一つとしてそのメリットを生かして行かねばならない条件があるといわねばならない。それには、国民全体に、放射線・原子力の基礎に関する科学的に正しい知識を持たせることにより、いわゆる「核アレルギー」を軽減させる必要がある。別のいい方をすれば、わが国の識字率が高いことと全く同様に、科学技術立国を標榜するわが国としては「理科リテラシー」および「放射線リテラシー」を高めねばならない。これは社会的ニーズであり、日本政府としてもこれから力をいれようとしている。

フォーラムとしては、原子力について積極的に推進しようとする人々や、原子力推進に反対の人々を含めて、いずれの立場の人々にとっても、少なくとも放射線・放射能に関する科学的事実を知識として理解していただき、その上で、個人的あるいは組織としての立場で原子力に対する好悪の意思表示をされるのは自由であるとの立場を取っている。そこで、フォーラムのスタートにおいては、「行政にもイデオロギーにも無関係に、また原子力推進・反対の視点とは離れて」という文言が設立趣意書に入っていたのであるが、6年を経て、その前半を削除して「原子力推進・反対の視点とは離れて」という文言だけを残すこととした。これは、フォーラムの活動を積極的に進めて、すなわち教育の質を向上させて国民の理科リテラシー・放射線リテラシーを高めれば、国策として政府が進めている原子力推進政策の結果として放射線の影響を過大に恐れて身体的に不安を感じたり「風評被害」で経済的に迷惑を受ける人を少なくすることに役立ち、それは国民全体の公益に寄与することになり、そのことは、行政にとっても当然望ましいことであり、無関係であり得ないからである。

真理探究の面からの自然現象の理解は科学の進歩として人類の進化に伴う当然の成り行きであり、その所産は人類共通の財産でもある。しかし、問題は人間が自己の、あるいは自分の属する社会の利益のためにこれを悪用したり、節度を越えて利潤追求のために利用することにある。フォーラムとしては、原子力を含めて科学技術の進歩そのものは肯定的にとらえるべきものと考えているが、その社会への利用の現状を全般的に礼賛するものではない。すでにフォーラム幹部役員数人の文言として紹介したように、教育において重要なことは科学的事実を理解させ技術として利用する能力を身につけさせるのみでなく、同時に人間としての倫理的資質をも向上させることであると認識しており、このことをフォーラムは折りに触れて提言している(第4章参照)。フォーラムは、放射線や将来のエネルギー問題の正しい知識の普及を中心に、真に日本の、また人類全体の将来を慮る多くの方々と共に、広く科学技術の人間や社会との関わりを今後どのように教育をすべきかについて討論を重ねて、よりよい学校および社会教育の在り方を考え、効果的な教育システムの構築に努めたい。

(文責：松浦辰男)

## 2. 6年間の活動の記録

(1994年度)

日時	会合の内容	場所・人数
1994年3月18日	設立のための準備世話人会	原産会議室 19名
1994年4月12日	第1回総務幹事会	リンクス・リセウム 5名
1994年5月11日	第2回総務幹事会	ホテルメトロポリタン 4名
1994年5月25日	1994年度第1回幹事会兼勉強会	原産会議室 14名
勉強会のテーマと講師：		
*「低線量影響研究の現状と問題点」 松平寛通 (新技術事業団)		
1994年6月29日	第3回総務幹事会	東工大 5名
1994年7月26日	第4回総務幹事会(拡大)	科学技術館 7名
1994年9月8日	第5回総務幹事会	放医研 6名
1994年9月30日	第1回研究会準備会	都立アイソトープ研 13名
1994年10月4日	第6回総務幹事会	東工大 5名
1994年10月21日	1994年度第2回幹事会兼勉強会	蔵前工業会館 21名
勉強会のテーマと講師：		
*「原子炉の安全性(特に多重防護の考え方について)」村主 進(原子力システム研究懇話会)		
*「理科教育と放射線教育」有馬朗人(理研)		
1994年11月30日	第7回総務幹事会	東工大 5名
1994年12月26日	1994年度研究会(施設見学・実習・講演)	都立アイソトープ研 40名
(実習) *「矢野—米村式簡易GM管の製作と実習」米村伝治郎(都立小金井北高校)		
*「液体窒素による高感度拡散霧箱の製作と実習」森 雄児(都立西高校)		
(講演) *「天然放射線のルーツを探る」後藤道夫		
*「宇宙、太陽、地球、生物と放射線」篠崎善治		
1995年1月13日	第8回総務幹事会	ホテルサンルート新宿 6名
1995年2月7日	要望書に関する打ち合せ会	学士会別館 7名
1995年2月21日	第9回総務幹事会	東工大 6名
1995年3月18日	1994年度総会・シンポジウム	科学技術館 約40名
シンポジウムのテーマ： 中学・高校における放射線教育をどうするか		
*「問題点の整理」松浦辰男(立教大原研)		
*「教師のエネルギー・環境保全教育観」宮澤弘二(東京家政大附属女子中学・高校)		
*「高校の教育現場から」佐伯邦子(秋田経法大附属高校)		
*「放射線の最近の工業利用について」大野新一(東海大)		
*「バイオへの利用」山口彦之(駒沢短大)		
*「少量の放射線の人体への影響をいかに正しく教えるかについての私見」三木良太(近畿大)		

(1995年度)

1995年4月6日	第1回総務幹事会	東工大 5名
1995年5月9日	第2回総務幹事会	東工大 6名
1995年5月13日	要望書提出に関する第2回打合せ会	科学技術館 8名
1995年6月13日	要望書提出に関する第3回打合せ会	東工大 6名
1995年6月13日	第3回総務幹事会	東工大 8名
1995年6月30日	文部省へ「放射線教育の改善に関する要望書」提出	
	文部省初等中等教育局視学官室	安 副会長ら 4名
1995年7月12日	第4回総務幹事会	国立教育会館 4名
1995年7月12日	1995年度第1回幹事会・勉強会	国立教育会館 13名
勉強会のテーマと講師		

- \* 「学校教育のシステムと教育課程の方向」 飯利雄一（広領域教育研究会顧問）
- 1995年9月12日 第5回総務幹事会 新橋明宏ビル会議室 5名
- 1995年10月11日 第6回総務幹事会 新橋明宏ビル会議室 5名
- 1995年11月27日 第7回総務幹事会 学士会館 6名
- 1995年11月27日 1995年度第2回幹事会兼勉強会 学士会館 26名
- 勉強会のテーマと講師
- \* 「イギリスの学校教育におけるエネルギーと環境の扱い」 恩藤知典（常葉学園大）
- 1995年12月12日 第8回総務幹事会 新橋明宏ビル会議室 5名
- 1995年12月26日 1995年度第2回研究会（施設見学を含む） 都立アイソトープ研 31名
- \* 「”ひと”の生きた染色体を最新の電子顕微鏡でみる」 金城康人（都立アイソトープ研）
- \* 「”バイオテック”が開く新しい園芸と農業」 南 晴人（都立アイソトープ研）
- \* 「感染防止に貢献する放射線滅菌」 関口正之（都立アイソトープ研）
- \* 「目で見ると不思議な放射線」（霧箱実験、ビデオ紹介） 森 雄児（都立西高校）
- \* 「耳で聞く不思議な放射線」（カウンターによる実習） 吉田芳和（放射線計測協会）
- \* 「生物と放射線」 山口彦之（駒沢大学教授）
- \* 「人間を”ひと”の原点で考える」 山田卓三（兵庫教育大学教授）
- 1996年1月16日 第9回総務幹事会 新宿ホテル 7名
- 1996年2月20日 第10回総務幹事会 新橋敬王堂ビル原安協会議室 6名
- 1996年2月20日 選挙管理委員会 新橋敬王堂ビル原安協会議室 5名
- 1996年3月12日 第11回総務幹事会 新橋原安協会議室 8名
- 1996年3月16日 研究会（原子炉見学と講義・実習） 立教大学原研 17名
- （講義）\* 「原子炉の原理と放射線・放射能」 原沢 進（立教大学原研所長）
- （講義と実習）\* 「放射化分析」 戸村健児（立教大学原研前所長）
- 1996年3月17日 1995年度総会・シンポジウム 科学技術館 46名
- シンポジウムテーマ： 学校における放射線教育を考える
- セッションI 「新エネルギーに関する話題」
- \* 「太陽エネルギーの利用の現状と見通し」 藤嶋 昭（東大工学部教授）
- セッションII 「微量放射線野影響に関する話題」
- \* 「放射線は微量でも危険か？」 近藤宗平（阪大名誉教授）
- セッションIII 「放射線のリスクに関する話題」
- \* 「放射線のリスクをいかに教えるか」 加藤和明（茨城県立医療大教授）
- セッションIV 「放射線の教育はどうあるべきか」
- \* 「教育現場からの声（1）」 森 雄児（都立西高校教諭）
- \* 「教育現場からの声（2）」 米村伝治郎（都立小金井北高校教諭）
- \* 「コメント（1）」 谷本清四郎（原子科学技術教育研究会）
- \* 「コメント（2）」 飯利雄一（広領域教育研究会顧問）

（1996年度）

- 1996年4月9日 第1回総務幹事会 新橋原安協会議室 10名
- 1996年5月10日 第2回総務幹事会 新橋原安協会議室 11名
- 1996年5月10日 第1回教材用線源安全性検討委員会 新橋原安協会議室 15名
- 1996年6月14日 第3回総務幹事会 敬王堂ビル原安協 10名
- 1996年6月14日 第2回教材用線源安全性検討委員会 原安協会議室 11名
- 1996年7月1日 1996年度第1回拡大幹事会兼勉強会 国立教育会館 26名
- 勉強会テーマ： （1）微量の放射線効果の最新情報
- \* 「微量の放射線のガンに関する新しい考え方」 今村 昌
- （2）放射線教育の実際
- \* 「自然放射線を小学生に測らせる」 播磨良子（CRC総研）

\* 「ビジュアルで簡単な放射線実験の教材化」 樋の口 仁 (鹿児島松陽高校)

\* 「鳥取大学工学部における天然放射能を用いた学生実験例」 鎌田正裕 (東京学芸大)

- 1996年7月12日 第4回総務幹事会 原安協 7名  
1996年7月12日 第3回教材用線源安全性検討委員会 理科大薬学部会議室 12名  
1996年9月13日 第5回総務幹事会 中村理科 8名  
1996年9月13日 第4回教材用線源安全性検討委員会 中村理科 12名  
1996年10月11日 第6回総務幹事会 原安協 15名  
1996年10月11日 第5回教材用線源安全性検討委員会 原安協 15名  
1996年11月8日 第7回総務幹事会 東工大 9名  
1996年11月19日 文部大臣に要望書「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」提出 (記者説明会も) 文部省初中局長室 三木・篠崎副会長ら4名  
1996年11月22日 第2回拡大幹事会兼勉強会 学士会館 18名  
勉強会のテーマ: 微量の放射線影響の考え方

\* 「放射線パラダイムについて考える」 菅原努 (京都大学名誉教授・(財)体質研究会)

- 1996年12月13日 第8回総務幹事会 理科大理窓会館 8名  
1996年12月13日 第6回教材用線源安全性検討委員会 理科大理窓会館 8名  
1996年12月18日 科学技術庁長官へ要望書「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なうための方策について」提出 科学技術庁長官室 有馬会長ら6名  
(新聞記者説明会を開催)

- 1997年1月10日 第9回総務幹事会 TEPCO 銀座館 11名  
1997年1月10日 第7回教材用線源安全性検討委員会 TEPCO 銀座館 12名  
1997年2月14日 第10回総務幹事会 原安協 8名  
1997年2月14日 第8回教材用線源安全性検討委員会 原安協 12名  
1997年3月3日 国際シンポジウム計画に関する第1回会合 日本アイトップ協会会議室 12名  
1997年3月7日 第10回総務幹事会 原安協 7名  
1997年3月15日 研究会 立教原研 16名  
1997年3月16日 1996年度総会・シンポジウム 科学技術館 32名

シンポジウムテーマ: 学校における放射線教育はどうあるべきか

#### 1. 低レベル放射線の健康影響と法的規制

\* 「放射線のホルミシス効果」 山田 武 (東邦大医学部教授)

\* 「放射線と放射能を認識してもらうためのヒント」 更田豊治郎 (高度情報科学技術研究機構)

\* 「放射線の規制とは」 近藤民夫 (日本メジフィジックス)

#### 2. 放射線教育の経験から

\* 「これからの放射線教育—キュリー研究所を訪ねて」 佐伯邦子 (秋田経法大附属高校)

\* 「九州地区における放射線教育の現況」 高島良正 (九州環境管理協会)

\* 「金沢市で開催した「市民のための放射能・放射線の話と演示」の報告

#### 3. 放射線教育に関する話題

\* 「放射線教育についての授業、はじめの1時間—アンケート結果の報告」

大野新一 (東海大学)・後藤千春 (原研国際原総センター)

\* 「アンケート調査から見た中等教育での放射線教育」 村石幸正 (東大教育学部附属中・高校)

\* 「マスコミ報道についての考察」 村主 進 (原子力システム懇話会)

\* 「入試問題と放射線教育—今年の入試問題から」 長谷川圀彦 (静岡大学理学部)

1997年3月22日 1996年度第3回研究会 都立日比谷高校 42名

(以上の他、この年度編集委員会を4回開催した。)

#### (1997年度)

1997年4月11日 第1回総務幹事会 TEPCO 銀座館 13名

1997年5月9日	第2回総務幹事会	原安協 11名
1997年5月16日	第1回編集委員会	東工大 4名
1997年5月17日	実験教材検討委員会	中村理科 11名
1997年5月22日	国際シンポジウム計画に関する小委員会	広領域教育研究会 6名
1997年6月3日	国際シンポジウム計画に関する第2回会合	日本アイト・プロ協会会議室 19名
1997年6月13日	第3回総務幹事会	TEPCO 銀座館 12名
1997年7月2日	1997年度第1回拡大幹事会兼勉強会	国立教育会館 24名

勉強会のテーマと講師：

- \* 「ICRPの線量限度について」 稲葉次郎（放医研）
- \* 「楽しい授業・感動過程・放射線」 唐木 宏（攻玉社高校）
- \* 「高校における放射線教育の実態－大学生のアンケート結果」 村石幸正（東大教育学部附属中高校）

1997年7月1日	国際シンポジウム計画に関する第3回会合	TEPCO 銀座館 12名
1997年7月11日	第4回総務幹事会	会議室「スペースライン」9名
1997年8月18日	第5回総務幹事会	原安協 11名
1997年10月3日	国際シンポジウム計画に関する第4回会合	原産会議室 16名
1997年10月8日	第7回総務幹事会	原安協 11名
1997年11月14日	第8回総務幹事会	TEPCO 銀座館 10名
1997年11月29日	第2回拡大幹事会兼勉強会	学士会分館 27名

勉強会のテーマと講師：

- \* 「最近の放射線影響に関する1,2のトピックスーラドンによる免疫学的研究を中心に」  
田ノ岡宏（国立がんセンター研究所・電中研）
- \* 「放射線教育の課題－学校理科を中心として」 下條隆嗣（東京学芸大学教育学部）

1997年12月12日	第9回総務幹事会	湘南国際村センター 10名
1998年1月17日	第10回総務幹事会	TEPCO 銀座館 10名
1998年1月31日	第5回実験教材検討委員会	中村理科 実験室 7名
1998年2月19日	第3回編集委員会	東工大 6名
1998年2月20日	第11回総務幹事会及び国際シンポジウム実行幹事会	原安協 10名
1998年3月10日	幹事選挙管理委員会	フォーラム事務所 4名
1998年3月13日	第12回総務幹事会及び国際シンポジウム実行幹事会	原安協 10名
1998年3月15日	1997年度総会・シンポジウム	科学技術館 42名

シンポジウムテーマ：「低レベル放射線影響・リスク問題と学校教育」

- \* 「低レベル放射線影響研究に関する最近の話題」 岩崎民子（放射線影響協会）
- \* 「リスク問題と学校教育 趣旨説明」 三木良太（近畿大）
- \* 「リスクの概念」 才津芳昭（茨城県立医療大人間科学センター）、加藤和明（茨城県立医療大学）
- \* 「キュリー夫妻ラジウム発見100周年記念事業について」 飯沼 武（埼玉工業大学）
- \* 「原子力情報の現状」 伊勢武治（高度情報科学技術研究機構）
- \* 「小学生に放射線を測らせる（第2報）」 播磨良子（CRC総研）
- \* 「教育現場からの話題－自然放射線の測定」 宮澤弘二（東京家政大学附属女子中高校）
- \* 「関西地区で開催の「みんなのくらしと放射線展」と放射線意識調査結果」

朝野武美・古田雅一（大阪府大先端科学研）

1998年3月26日	1997年度研究会	放医研 72名
------------	-----------	---------

講演のテーマと講師：

- \* 「放射線とは何か、放射線はどのように発生するか」 隈元芳一（放医研特別研究員）
- \* 「放射線は生物にどのような影響を与えるか」 山田 武（東邦大医学部）
- \* 「放射線は医学にどのように利用されているか」 中村佳代子（慶応大医学部）

(以上のほか、編集委員会、実験教材検討委員会、国際シンポジウムの準備に関する打合せを随時開催した。)

(1998年度)

1998年4月10日	第1回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	TEPCO 銀座館	10名
1998年5月8日	第2回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	東工大	12名
1998年6月12日	第3回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	大妻女子大千代田校 会議室	12名
1998年6月30日	国際シポジウム募金委員会	原産会議室	10名
1998年6月30日	国際シポジウム組織委員会	TEPCO 銀座館	10名
1998年7月1日	第1回拡大幹事会兼勉強会および国際シポジウム拡大実行委員会	国立教育会館	37名
勉強会テーマ： 中・高校における放射線教育・低レベル放射線の生物影響			
* 「高等学校における放射線教育」 竹中 功 (石川県教育センター)			
* 「中学校における放射線教育の試み」 平田俊治 (岡山県吉永中学校)			
* 「低レベル放射線の人体への影響に関する最近の話題」 服部禎男 (電力中央研究所)			
1998年7月10日	第4回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	東工大	9名
1998年8月7日	第5回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	TEPCO 銀座館	6名
1998年8月29日	第1回放射線教育に関する教育課程検討委員会	フォーラム事務所	6名
1998年9月11日	第6回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	千代田テク	11名
1998年9月18日	第2回教育課程検討委員会	フォーラム事務所	6名
1998年10月9日	第7回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	千代田テク	11名
1998年10月9日	第3回教育課程検討委員会	フォーラム事務所	6名
1998年10月14日	国際シポジウム組織委員会及び募金委員会合同会議	原産会議室	13名
1998年10月30日	第4回教育課程検討委員会	フォーラム事務所	6名
1998年11月6日	第8回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	バインガル・グループ 会議室	12名
1998年11月21日	第2回拡大幹事会兼勉強会及び国際シポジウム拡大実行委員会	千代田テクノル	21名

勉強会のテーマと講師：

- \* 「原子力と報道——送り手と受け手」 長岡 昌 (元NHK)
- \* 「放射線教育カリキュラムの現状と問題点」 広井 禎 (筑波大付属高校)
- \* 「同コメント」 唐木 宏 (攻玉社高校)

1998年12月11~14日	「放射線教育に関する国際シンポジウム」	神奈川県湘南国際村 「生産性国際交流センター」	(登録参加者 165名) (プログラム・成果などは第5章)
1999年1月14日	第9回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	TEPCO 銀座館	11名
1999年2月12日	第10回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	科学新聞社	12名
1999年3月12日	第11回総務幹事会及び国際シポジウム実行幹事会	会議室「スペースライン」	12名
1999年3月14日	1998年度総会・シンポジウム	科学技術館	総会 26名、シポ 48名

シンポジウムテーマ： 教育カリキュラムとリスク

- \* 「初等・中等教育における資源・エネルギー・環境教育のあり方」 佐島群巳 (日本女子大学)
- \* 「ある物作り屋の見た理科教育」 白形弘文 (日本エクス・クロン (株))
- \* 「リスク概念を取り入れた教育カリキュラムの必要性について」 山名康裕 (日本工業新聞社)
- \* 「技術的安全と社会的安心」 清水彰直 (若狭湾エネルギー研究センター)
- \* 「ゼロリスクとは何だろうか——社会のリスクと安全について考えてみよう」 工藤和彦 (九大工)
- \* 「リスクに関する文献の調査結果」 佐藤 勝・加藤和明 (茨城県立医療大学)

(以上のほか、編集委員会、実験教材検討委員会などを随時開催した。)

(1999年度)

1999年4月16日	第1回総務幹事会	科学新聞社	12名
------------	----------	-------	-----

1999年5月21日	第2回総務幹事会	原産会議室 12名
1999年6月9日	第2回編集委員会	東工大 6名
1999年6月22日	NPO申請打合せ	フォーラム事務所 4名
1999年6月25日	第3回総務幹事会	原安協 11名
1999年7月6日	NPO申請打合せ	フォーラム事務所 3名
1999年7月7日	第1回勉強会および拡大幹事会	国立教育会館 29名

勉強会テーマ：放射線とリスク

\*「社会生活とリスク」宮永一郎（原子力安全研究協会）

\*「健康とリスク」小林定喜（放医研特別研究員）

1999年7月30日	第4回総務幹事会	原産会議室 15名
1999年8月25日	第3回編集委員会	慶大 7名
1999年8月26日	NPO申請打合せ	フォーラム事務所 3名
1999年8月31日	第1回リスク問題検討委員会	TEPCO 銀座館 7名
1999年9月7日	第5回総務幹事会	科学新聞社 12名
1999年9月17日	第1回教育課程検討委員会	フォーラム事務所 7名
1999年9月25日	1999年度第1回研究会	山梨県増富温泉 22名
1999年10月8日	第6回総務幹事会	原安協会議室 12名
1999年10月8日	第2回教育課程検討委員会	フォーラム事務所 8名
1999年11月9日	第7回総務幹事会	TEPCO 銀座館 12名
1999年11月9日	第2回リスク問題検討委員会	TEPCO 銀座館 6名
1999年11月10日	第4回編集委員会	東工大 6名
1999年11月27日	第2回拡大幹事会兼勉強会	千代田テクノル 55名

勉強会テーマ：臨界事故を中心として

\*「原子力の原点を考えよう」伏見康治（フォーラム会長）

\*「緊急被曝医療体制」青木芳朗（原子力安全委員）

\*「JCO臨界事故」朝岡卓見（東海大）

\*「放射線教育の問題点について」有馬朗人（前文部大臣・科学技術庁長官）

1999年12月10日	第8回総務幹事会	TEPCO 銀座館 12名
2000年1月22日	第9回総務幹事会	科学新聞社 11名
2000年2月18日	第10回総務幹事会	原産会議室 13名
2000年2月26日	第2回研究会	立教原研 17名
2000年3月11日	1999年度総会・NPO設立総会・シンポジウム	科学技術館

シンポジウムテーマ：

\*「低レベル放射線の健康影響と放射線防護」金子正人（東京電力）

\*「放射線の工業的利用における経済的効果」田中隆一（原研高崎研）

\*「これまでの放射線・原子力教育の反省」広瀬正美（兵庫教育大名誉教授）

2000年3月16日	第11回総務幹事会	
------------	-----------	--

### 3. 放射線教育フォーラム会則

(1994年4月1日制定)

(1998年3月15日改定)

(1999年7月7日幹事会及び7月30日総務幹事会にて一部修正、秋の総会で承認を得る予定)

1. 目的  
本フォーラムは、学校及び社会教育を充実させることにより、主として青少年に対する放射線・放射能・原子力に関する正しい知識の普及と、この分野における将来の人材の確保・養成に寄与することを目的とする。
2. 事業  
本フォーラムは次の事業を行う。
  - i. 放射線・放射能と原子力に関する教育に関する調査・研究・情報交換・提言ならびに資料の作成と配布。
  - ii. 主として学校教員を対象とした研究会・講演会・研修会などの開催および講師の推薦と派遣。
  - iii. 放射線教育に関する国際協力の活動。
  - iv. その他本会の目的を達成するために必要な事業。
3. 会員  
本フォーラムは正会員、特別会員および賛助会員により構成する。
  - i. 正会員は、放射線・放射能・原子力に関する学問・技術・教育に関与している者、高校・中学等の教員、報道などの関係者、および一般市民で、放射線・放射能・原子力の教育に関心を持つものは誰でも参加できるものとする。年会費は2,000円とする。
  - ii. 特別会員は、本会に特に功労があった会員で総会において承認を受けた者とし、会費は無料とする。
  - iii. 賛助会員は、本会の目的に賛同し、その事業を援助する企業または団体とする。年会費は10,000円とする。
4. 役員  
本フォーラムに幹事若干名および監査2名を置く。幹事のうちより、会長1名、副会長3名、総務幹事若干名を置く。また、顧問数名を置く。
  - i. 幹事は幹事会を組織し、本会の業務を執行する。
  - ii. 会長は本会を組織し、本会の業務を統括する。
  - iii. 副会長は会長を補佐する。
  - iv. 総務幹事は主として本会の事務的事項を処理する。
  - v. 顧問は会長の諮問に応じる。
  - vi. 監事は会計関係の監査を行う。
5. 入会、退会  
入会は、所定の入会申込書を提出し、総務幹事会の承認を受けるものとする。退会は、退会届を提出し、総務幹事会の承認を受けるものとする。
6. 寄附  
本会の活動に賛同し、その事業を援助するための寄附金を受けることが出来る。
7. 付則
  - i. 役員の選出と任期
    - 1). 会長は、総務幹事会において候補者が推せんされ、幹事会の承認を得て就任するものとする。
    - 2). 副会長は、総務幹事会において候補者が推せんされ、幹事会の承認を得て就任するものとする。
    - 3). 幹事は、正会員及び特別会員のうちより選挙（無記名投票）により選出する。ただし、会長は若干名の幹事を会員から指名することが出来る。
    - 4). 総務幹事は幹事の互選により選出する。ただし、会長は若干名の総務幹事を会員から指名することが出来る。総務幹事の中から代表総務幹事を定める。
    - 5). 顧問は、会員のうちから会長が委嘱する。顧問の中に常任顧問を置く。
    - 6). 監事は、総務幹事会で会員より選出し幹事会の承認を得るものとする。
    - 7). 役員の任期は2年とし再任を妨げない。
  - ii. 会議
    - 1). 総会は年1回開催し、予算、事業計画、規約改正、その他重要事項を審議し承認する。会長は臨時総会を招集することが出来る。必要があれば臨時総会は郵便による意見聴取により行うことができるものとする。総会は全会員（正会員・特別会員・賛助会員）の過半数をもって成立するものとし、議決は出席者の過半数をもってする。
    - 2). 幹事会は年1回以上開催する。
    - 3). 総務幹事会は原則として月1回開催する。
  - iii. 選挙  
選挙は選挙管理委員会を設置し、別に定める選挙管理規定に従い実施する。
  - iv. 委員会  
本会に編集委員会及び専門委員会を置く。
  - v. 会計  
本会の事業年度は毎年4月1日より始まり、翌年3月31日とする。
  - vi. 会則変更  
本会則を変更するには総会において出席者の3分の2以上の賛成を必要とする。

#### 事務局

本フォーラムの事務局は、〒105-0003 東京都港区西新橋 1-17-2、三和第一ビル5階（電話およびFAX,03-3591-3566）とする。

1994年度・1995年度放射線教育フォーラム役員（五十音順）

（＊印は総務幹事を兼任、☆印は代表総務幹事）

会長	有馬朗人（理研理事長・前東大総長）	
副会長	安 成弘（東大名誉教授）	*今村 昌（理研名誉研究員）
	松平寛通（新技術事業団理事長）	
顧問	熊取敏之（放射線影響協会理事長）	斉藤信房（東大名誉教授）
	清水 栄（京大名誉教授）	伏見康治（阪大・名大名誉教授）
総務幹事	小高正敬（東工大原子炉研）	篠崎善治（元都立アイソトープ総合研）
	☆松浦辰男（立教大原研）	渡利一夫（放医研）
幹事	青木芳朗（東大医学部）	朝野武美（阪府大附属研）
	石黒亮二（北大名誉教授）	石原健彦（元原研）
	大野新一（東海大開発技術研）	岡田重文（東大名誉教授）
	加藤和明（高エネ研）	菊池文誠（東海大理学部）
	木村逸郎（京大工学部）	久保寺昭子（東京理科大薬学部）
	後藤道夫（明治大理工学部）	坂本 浩（金沢大理学部）
	清水 誠（東大農学部）	村主 進（放射線計測協会）
	高島良正（九大名誉教授）	中西友子（東大農学部）
	野崎 正（北里大衛生学部）	橋本哲夫（新潟大理学部）
	長谷川圀彦（静岡大理学部）	三木良太（近畿大理工総合研）
	村上昌俊（アトックス）	森川尚威（前東大教授）
監査	大橋国雄（千葉大薬学部）	山口彦之（東大名誉教授）

1996年度

会長	有馬朗人（理研理事長）	
副会長	*後藤道夫（明治大理工学部）	
	*三木良太（近畿大理工総合研）	*篠崎善治（元都立アイソトープ総合研）
顧問	安 成弘（東大名誉教授）	今村 昌（常任）（理研名誉研究員）
	熊取敏之（放射線影響協会理事長）	斉藤信房（東大名誉教授）
	清水 栄（京大名誉教授）	伏見康治（阪大・名大名誉教授）
	松平寛通（新技術事業団理事長）	
総務幹事	飯利雄一（広領域教育研究会）	菊池文誠（東海大理学部）
	小高正敬（東工大原子炉研）	村主 進（放射線計測協会）
	☆松浦辰男（立教大原研）	村上昌俊（アトックス）
	山口彦之（東大名誉教授）	渡利一夫（放医研）
幹事	青木芳朗（東大医学部）	朝野武美（阪府大附属研）
	石黒亮二（北大名誉教授）	今井靖子（放医研）
	大野新一（東海大開発技術研）	岡田重文（東大名誉教授）
	加藤和明（茨城県立医療大）	河村正一（神奈川大理学部）
	木村逸郎（京大工学部）	久保寺昭子（東京理科大薬学部）
	下田善夫（都立日比谷高校）	高島良正（九大名誉教授）
	中西友子（東大農学部）	長谷川圀彦（静岡大理学部）
	堀内公子（大妻女子大社会情報学部）	宮沢弘二（家政大附属女子中高校）
	森 雄兒（都立西高校）	米村伝治郎（科学技術館）
監査	大野新一	堀内公子

## 1997年度

会長	有馬朗人（理研理事長）	
副会長	後藤道夫（明治大理工学部） * 三木良太（近畿大理工総合研）	* 更田豊治郎（高度情報科学技術研究機構）
特別顧問	伏見康治（阪大・名大名誉教授）	
常任顧問	今村 昌（理研名誉研究員）	篠崎善治（元都立アイソトープ総合研）
顧問	安 成弘（東大名誉教授） 斉藤信房（東大名誉教授） 松平寛通（新技術事業団理事長）	熊取敏之（放射線影響協会理事長） 清水 栄（京大名誉教授） 村上昌俊（アトックス）
総務幹事	飯利雄一（広領域教育研究会） 加藤和明（茨城県立医療大学） 小高正敬（東工大原子炉研） 長谷川圀彦（静岡大名誉教授） ☆松浦辰男（立教大名誉教授） 渡利一夫（放医研）	大野新一（東海大開発技術研） 菊池文誠（東海大理学部） 村主 進（放射線計測協会） 堀内公子（大妻女子大社会情報学部） 山口彦之（東大名誉教授）
幹事	朝野武美（阪府大附属研） 今井靖子（放医研） 河村正一（神奈川大理学部） 久保寺昭子（東京理科大薬学部） 高島良正（九大名誉教授・九環協） 中村佳代子（慶応大医学部） 森 雄兒（都立西高校）	石黒亮二（北大名誉教授） 岡田重文（東大名誉教授） 木村逸郎（京大工学部） 下田善夫（都立日比谷高校） 中西友子（東大農学部） 宮沢弘二（家政大附属女子中高校） 米村伝治郎（都立大学） 河村正一
監査	朝野武美	

## 1998年度

会長	有馬朗人（元東大総長・前理研理事長）	
副会長	* 飯利雄一（原子力産業会議参与） * 山口彦之（東大名誉教授）	* 更田豊治郎（環境科学技術研究所会長）
特別顧問	伏見康治（阪大・名大名誉教授）	
常任顧問	今村 昌（理研名誉研究員） 三木良太（近畿大名誉教授）	篠崎善治（元都立アイソトープ総合研）
顧問	安 成弘（東大名誉教授） 斉藤信房（東大名誉教授） 松平寛通（新技術事業団理事長）	熊取敏之（放射線影響協会理事長） 清水 栄（京大名誉教授） 村上昌俊（社会開発技術研）
総務幹事	大野新一（東海大開発技術研） 菊池文誠（東海大理学部） 村主 進（原子力システム懇話会） 長谷川圀彦（静岡大名誉教授） ☆松浦辰男（立教大名誉教授） 渡利一夫（放医研）	加藤和明（茨城県立医療大学） 小高正敬（東工大原子炉研） 高木伸司（神奈川大学理学部） 堀内公子（大妻女子大社会情報学部） 峯岸安津子（神奈川大学総合理学研）
幹事	朝野武美（阪府大附属研） 伊藤泰男（東大原子力総合センター） 大橋国雄（千葉大学薬学部） 久保寺昭子（東京理科大薬学部） 下田善夫（都立日比谷高校） 高島良正（九大名誉教授） 中村佳代子（慶応大医学部）	石黒亮二（北大名誉教授） 今井靖子（放医研） 河村正一（神奈川大総合理学研） 佐伯邦子（秋田経法大附属高校） 杉 暉夫（原研・東海研修センター） 唐木 宏（攻玉社高校） 西尾信一（埼玉県立上尾高校）

	播磨良子 (CRC総研)	宮沢弘二 (東京家政大附属女子中高校)
	村石幸正 (東大教育学部附属中高校)	森 雄兒 (都立西高校)
	吉川秀夫 (前むつ科学技術館)	
監査	伊藤泰男	播磨良子

1999年度

会長	伏見康治 (阪大・名大名誉教授・元日本学術会議議長)	
副会長	* 飯利雄一 (原子力産業会議参与)	* 更田豊治郎 (環境科学技術研究所会長)
	* 山口彦之 (東大名誉教授)	
常任顧問	今村 昌 (理研名誉研究員)	篠崎善治 (元都立アイソトープ総合研)
	後藤道夫 (前明治大学理工学部)	三木良太 (近畿大名誉教授)
顧問	安 成弘 (東大名誉教授)	熊取敏之 (放射線影響協会理事長)
	斉藤信房 (東大名誉教授)	清水 栄 (京大名誉教授)
	松平寛通 (新技術事業団理事長)	村上昌俊 (社会開発技術研)
総務幹事	大野新一 (東海大開発技術研)	大橋国雄 (千葉大薬学部)
	加藤和明 (茨城県立医療大学)	河村正一 (元神奈川大)
	菊池文誠 (東海大理学部)	久保寺昭子 (東京理科大学薬学部)
	小高正敬 (東工大原子炉工研)	村主 進 (原子力システム懇話会)
	高木伸司 (神奈川大学理学部)	長谷川圀彦 (静岡大名誉教授)
	堀内公子 (大妻女子大社会情報学部)	☆松浦辰男 (立教大名誉教授)
	峯岸安津子 (神奈川大学総合理学研)	渡利一夫 (放医研)
幹事	朝野武美 (阪府大附属研)	石黒亮二 (北大名誉教授)
	伊藤泰男 (東大原子力総合センター)	今井靖子 (放医研)
	佐伯邦子 (秋田経法大附属高校)	下田善夫 (都立日比谷高校)
	杉 暉夫 (原研・東海研修センター)	高島良正 (九大名誉教授・九環協)
	唐木 宏 (攻玉社高校)	中村佳代子 (慶応大医学部)
	西尾信一 (埼玉県立上尾高校)	播磨良子 (CRC総研)
	宮沢弘二 (東京家政大附属女子中高校)	村石幸正 (東大教育学部附属中高校)
	森 雄兒 (都立西高校)	
監査	伊藤泰男	播磨良子

## 第2章 放射線教育の現状と改善の必要性

社会への放射線・放射能の正しい知識の普及には、専門家の知識を分かりやすい言葉で一般市民に語る必要がある。社会へのアプローチとして、学校教育を通して行うのが、能率的であり、将来の人材確保の意味でも望ましいので、放射線教育フォーラムでは、その設立以来、中学・高校の理科・社会科の先生方に放射線・放射能の本質などをよく理解していただけるよう、努力をしてきた。

本章では、放射線教育に関する一般的な考え方と学校教育における現状とその問題点、これからの在り方を述べることとした。前半ではこの数年間、松浦がいろいろな機会に調べ、講演などしてきた資料に基づいた資料などをご紹介します。後半では、これまでフォーラム内の勉強会で「理科教育」「放射線教育」について経験の深い方々にお話をお聞きした機会があり、その内容がフォーラムのニュースレターに記録されているので、その数編を纏めてご紹介することとした。問題点はどのようなところにあるか、次の章の「教育課程委員会」報告書ともにあわせてご覧いただければ幸である。

## 第2章 放射線教育はいかにあるべきか

### 1. はじめに——国民の放射線リテラシー・原子力リテラシーの必要性

現在ほど、広い意味での放射線教育が、学校及び社会の両方において正しく効果的に行われることが求められている時はないと思う。それは、エネルギーの安定供給、環境保全、それと経済成長（雇用・福祉）という、互いに関連しているが相反する要素をもつ（いわゆる「トレード・オフ」の関係にある）3重要問題の解決のために、今後国民のコンセンサスを取りながら真剣に取り組んで行かねばならない時代において、市民の放射線・放射能に関する正しい科学的知識が必要であるからである。現実には、世間では放射線・放射能・原子力の「安全性」に関する、とくに放射線の人体影響に関する強い不安感に基づく誤った考え方があたかも真理であるかのように罷り通っているので、それがエネルギー環境問題の解決の主役を果たすべき「原子力」に対する価値判断に大きく影響し、問題解決に困難を来している。現状のままに放置するならば、少なからざる人々が、本来何等心配するに足りない僅かな量の放射線被ばくを無用に恐れ苦しみ、また資金が無駄に使われ、二酸化炭素の削減という国の政策遂行に支障を来し、社会の将来に明るい展望が開けないおそれが多分にある。

正直に言って、原子力発電所や放射性廃棄物処理施設などの立地問題は、国民に放射線・原子力に関する正しい知識が普及していればさほど困難なく解決されるはずである。また、放射線防護の法的規制が厳し過ぎることにより、低レベルの放射性廃棄物の処理に必要な以上の手間と費用がかかって国費を無駄にしており、また放射線の遮蔽を過剰にしすぎる結果原子力発電所などの建設コストが高くなり、国際的競争力で日本は負けてしまっている。食品の放射線照射も、市民のコンセンサスを得てもっとその有用性を利用すべきである。医療における放射線被ばくについては、「ベネフィットがあるから」という理由で法規制の対象外となっているが、その結果は、わが国の医療制度もあいまって、表1<sup>(1)</sup>に示すように、医療による国民の被ばく線量が年間2.25 mSv という、英国や米国にくらべて数倍も高い状態にある。これは原子力発電やコンシューマプロダクツに起因する被ばく線量がわが国では非常に少ないことに比べて、たいへんアンバランスな状態である。同時に、国際線に勤務しているパイロットなどの年間の被ばく線量が2～3 mSv であることも周知の事実である。大量の放射線が危険であることは確かであるが、放射線はそれが天然のものであろうと人工のものであるとを問わず、この程度すなわち数 mSv～数十 mSv の被ばく線量では遺伝的影響やガン発生などの晩発的影響は心配する必要はない<sup>(2)</sup> ということをし、原子力や放射線の関係者、航空関係者は申すに及ばず、医師・放射線技師・看護婦らが確信を持って患者や一般の方々に説明できることが望ましい。

従来放射線教育は、放射線の有用性よりも「放射線は少量でも人体に有害である」ということを多くの専門家が先頭に立って一般に普及してきた傾向があった。これからはこのようなことを改善する必要がある。

社会教育の基礎となるものは学校教育であるので、学校における放射線・原子力教育をもっと適切に行うことが望ましい。しかし、わが国では「理科離れ」という言葉があるように理科教育自体が危機的状況にある。理科の授業時間の減少もこの傾向を助長するとともに基礎学力の不足を招いた。その中でもイデオロギー的にも論議が多い放射線・原子力に関する教育は、教える側ができれば避けて通りたい、という心理が働いてきたためであろうか、学校教育の教育課程を規制する「学習指導要領」でまともに取り上げることが従来はどちらかという避けられ、疎かにされてきた<sup>(3,4)</sup>。結果として、一部の科目でのみ「放射線と原子力の利用とその安全性にも（簡単に）ふれること」という指示となり、実質的には一部の篤志の教員が自発的にカリキュラムを工夫して教育をしてきただけで、多くの一般の教員は生徒から質問された場合などに、マスメディアにおいて流布している考え方をそのまま教室で伝達するに留まっているのが現状である。本章では学校教育における放射線教育の重要性、現状とその改善策について、詳しく述べることにする。

表1 日本、米国、英国の環境放射線被ばく線量

線源	線量 (mSv/年)		
	日本	米国	英国
自然放射線			
宇宙線	0.29		0.25
ガンマ線 (地面)	0.38	1.0	0.35
体内核種	0.41		0.3
ラドン			1.2
トロン	0.4	2.0	0.1
人工放射線			
医療放射線	2.25	0.53	0.3
コンシューマ・プロダクツ等	0.00005	0.05-0.13	0.01
フォールアウト	0.0012		0.01
職業被ばく	0.001	0.009	0.005
原子力施設関連	0.0000086	0.0005	0.001
合 計	3.75	3.6	2.5

## 2. 国民の放射線・放射能に対する不安感と実情とその要因

本論に入る前に、一般の人々にとって、「放射線・放射能は非常に怖いものである。」という考え方が社会通念として定着しており、これが原子力・放射線利用に関する価値判断の基礎になっている<sup>6)</sup>ことについて、最近の意識調査の結果を次に示す。

2.1 総理府による「原子力に関する世論調査」(平成2年9月)では全国の20才以上の人3,751人からの有効回答が得られ、

「エネルギー問題に関する関心」については「関心がある」が73.1%、「原子力発電に対する関心」は「関心がある」が71.5%であった。しかし、「原子力発電について安全と思う」は43.8%で、「安全でないと思う」(46.8%)より少ない。そして「原子力発電について不安・心配である」が90.2%にも達していて、その原因は次のようであった。(複数回答、上位から3つ)

- ①放射線(能)が人体や子孫に影響を与えるから……………42.8%
- ②事故や故障などで放射線(能)が漏れるから……………39.1%
- ③放射性廃棄物の管理や処理処分などから……………38.6%

また、「原子力・原子力発電について知りたいこと」(複数回答、上位から3つ)は、

- ①放射線(能)の人体や環境への影響……………47.7%
- ②放射線廃棄物の処理処分方策……………42.5%
- ③原子力発電所の安全対策……………42.5%

であった。このように、原子力・原子力発電に関する国民の関心は高い。そして、約44%が原子力発電は安全と思っているが、不安・心配が90%にも達しており、その不安の原因の最も大きなものは「放射線・放射能の人体・環境への影響」である。しかし放射線の人体・環境への影響については、かなりの割合のものが「知りたい」という積極的な希望を持っている。

2.2 総理府「エネルギーに関する世論調査」(平成11年2月)では、2,125人の有効回答から、

- (1)「エネルギー問題への関心」については、71.4%が関心あり、
- (2)「地球温暖化」については、関心ありが87.6%(前回(平成9年6月.)は79.4%)
- (3)「原子力発電の認識」については、(複数回答、上位から3つ)

①日本の電力の3分の1以上が原子力発電により賄われている……………44.0%

②原子力発電は、発電の過程で二酸化炭素が排出されない……………26.2%

③核燃料の再処理によって、ウラン資源の有効利用が図れる……………22.4%

などであるが、

- (5)「原子力発電への安心感」については

「安心である」が25.4%、「不安である」が68.2%、というように不安の割合が高く、2.1の調査と比較すると、原子力発電についての不安・心配が前は90%もあったものが68%に減っており、また原子力発電の推進については現状維持を含めて約70%ある。そして知りたい知識はやはり放射線影響に関することがトップにある。

### 2.3 リスク認知に関する最近の調査<sup>(6)</sup>(1999年)

最近、原子力に関する種々の問題について一般の人々の考え方が専門家とどのように違っているかのデータが報告されたが、一般人は

- 『人工の放射能が大然の存在する放射線・放射能よりも有害である』とする人が75%、
- 『放射能がわずかでも漏れると人の健康を害する、また同時に環境に悪影響を及ぼす』と思っている人が約90%もいる、ということである。

これらは全く誤った考え方であり、このようなことを真理だと思っている人の割合がこんなに多いということを知り、今さらながらこの分野の教育が不充分であったと思う。

### 2.4 国民の放射線・放射能恐怖症をもたらしている種々の要因

このような、国民の大多数が『放射線・放射能恐怖症』になっているといえる状況ができてしまった原因は種々考えられる。

- (1)大きな要因は、日本が唯一の原爆被災国として、

- ①「原爆による大きな被害、悲惨なできごとは放射線・放射能によるものである」
- ②「従って原爆、すなわち人工の放射線・放射能はこの世にあってはならない悪である」
- ③「放射線・放射能は微量でも人体に白血病や、がんや遺伝的な悪影響があり、僅かでも非常に危険なものである」

という教育が過去半世紀にわたり、主としてマスメディアを通じて行われてきたことによる。その結果これらは社会通念となり、社会の指導者や原子力・放射線以外の分野を専門とする多くの自然科学者を含むオピニオン・リーダーも、この考え方を原子力問題を考える上での基本原理としているのである。

(2)第二に、原子力・放射線問題を報道するマスメディアの態度と、その影響が大きいことがある。この問題はたいへん重要であるが、ここでは立ち入らない。

(3)第三に、「国際放射線防護委員会」(ICRP)が放射線防護の観点から、微量の放射線の人体への影響については、しきい値がなく、大量の放射線の効果と同じ割合でリスクがあるという仮定(しきい値なし直線的モデル、いわゆるLNTモデル)を採用し、放射線は必要のあるとき以外はできるだけ浴びないようにしたほうがよいという勧告を行っていることがある。正確にはこのモデルは安全サイドに偏った「仮説」であるにもかかわらず、専門家以外の一般人には、この仮定があたかも真実であるかのように受け止められ、それが独り歩きしている。ICRPによる勧告が基礎になって、法規では天然のバックグラウンド放射線程度の、医療でも日常的にばくしているくらいの少量の放射線・放射能の取扱をも(経費的にも手続き的にも)面倒なものにし、そして低レベルの放射性廃棄物処理などに莫大な経済的支出をし、結果的に放射線の有効利用を著しく妨げている。そして一般人やマスメディアは、「放射線・放射能は少量でも非常に

危険なものである」という誤った固定観念をますます確固たるものになっている。

### 3. 学校における理科教育・放射線教育の重要性、現状と問題点

最近わが国の学校（小・中・高）での理科教育が危機に瀕しているとして、関心が高まっている。ところが、ある数学者によれば、理科に限らず、国語や算数・数学の授業時間数が日本が世界の主要国の中で最も少なく、これらの基礎教育が危機的状況にあるとのことである<sup>(7)</sup>。いずれにせよ、国民全体の「サイエンス・リテラシー」、特に「ラジエーション・リテラシー」の必要性が痛感される。それは、(1) 科学技術立国を国是とするわが国の将来の人材の確保と、(2) 近代社会に生きる市民として、原子力・放射線など先端科学技術に関連する社会的問題について意見を表明する必要があるとき公正な判断力が要求されるが、その際の素養として原子力・放射線などの基礎的科学知識が必要であるからであり、さらに、(3) 社会的公平さを保つことに役立つ。例えば、何か放射線に関する社会的事件が起こったとき、特定の集団の人々が不正確な知識や情報の故に不当な心理的苦痛や「風評被害」のような経済的損失を受けないようにするためである。

このことの達成には、社会と学校との両方で進めて行かなければならない。社会教育では放送や新聞などのマスメディアの力に大きく頼らねばならないが、社会教育の基礎は学校教育であり、学校で正しい教育がされれば、それはひとりでの家庭を通じて社会に広がって行くので、学校教育の在り方は極めて重要である。

#### 3.1 最近の理科教育・放射線教育の問題点

これまでの日本の学校教育は、文部省の主導により、国民全体の識字率（リテラシー）を世界のトップレベルにすることに貢献したが、教育内容は画一的であることが目指されてきた。その結果は、生徒の知識習得度の偏差がほかの国にくらべて非常に少ないことに特徴がある。また数学や理科については、1970年代～1980年代のはじめごろまでは、中学の生徒の学力を国際的に比較したとき日本は1～2位の位置にあった。ところが90年代になってからはこれが3位に低下していることがわかり<sup>(8)</sup>、また、科学技術に関する市民の理解度をOECD諸国間で比較すると、日本は14ヶ国中下から2番目というように非常に低いことが判明して<sup>(9)</sup>、これも教育関係者の間で大きな問題となっている。

原子力関係の知識の習得度についてヨーロッパ7ヶ国と日本とを比較した結果でも、日本の生徒は一応の科学的知識があるにもかかわらず、原子力の関しての知識が極端に低いという結果となっている<sup>(10)</sup>。学校での放射線・原子力についての教育が不十分であるのがこの理由であることは明白である。

すでに理科教育全般について、その授業時間が1965年代には小・中・高校平均して週12時間あったものがこの30年間に徐々に減って最近では週7時間に減少している。ところが、科学技術の進歩とともにどの分野でも内容が高度なものになって行き、それぞれの分野の専門家は自分の領域の重要性を主張して教育内容が増えていく傾向があるので、到底限られた時間で全部が収まらず、以前は物理や化学のような基礎的科目は必修科目として全員が履修していたのが、現在の「学習指導要領」では理科の諸科目（物理・化学・地学・生物）はすべて平等に扱われて、これらに「総合理科」を加えた5分野のうち2分野から2科目を選択履修するという制度になっている。さらに入試制度のこともあり、科学技術の基礎となるべき物理のような科目を履修しなくても理科を履修したことになって大学に進学できることは大きな問題である。さらに困ったことに、入試制度の影響もあり、難しいと考えられている物理は敬遠されてこれを選択する生徒が減っているのが現状である。ところが、原子力や放射線に関する事項は、現在は理科の中でも殆ど物理だけでしか教えなくてもよいことになっているので、理工科系に進む学生でも物理を選択した生徒だけしかこの分野の知識を学べないのである。

#### 3.2 「学習指導要領」について

日本の学校教育は、文部省の「学習指導要領」によって、学校で教えるべき内容が強く規制さ

れている。学習指導要領は、「教える内容については下限を、また入試問題については上限を」細かく規定しているものである。高校の学習指導要領に記載外の項目は教えるはならないというのではないが大学入試問題に出すことは望ましくないとされているので、ここに教えるべき内容として記載されていない事項については、当然ながら生徒の習得度が低い。「科学技術立国」を国是とするわが国でありながら、理科の授業時間数がこの数十年間減少の一途をたどるなど、理科教育全般が軽視されてきたといわざるを得ない中でも、とりわけ原子力・放射線関係の教育は、現行の学習指導要領において片隅においやられ、正当な位置づけが与えられていない。原子力教育・放射線教育・理科教育を含めて、日本の教育全体を改善するには学習指導要領の改正が必要である。

われわれ『放射線教育フォーラム』は、放射線・原子力問題の正しい理解のために、現行（平成元年3月制定）の学習指導要領の改正を文部省に要望した。要望の内容は第4章に記載した。その結果、新しい学習指導要領（平成11年3月制定、平成15年4月実施）では、後節のように改正が行なわれることになった。これは、教育方針の進歩として評価すべきものと考えている。

### 3.3 教科書における原子力・放射線関係の記述について

#### 3.3.1 従来の教科書

筆者は数年前から、理科を含むあらゆる科目の教科書について、原子力・放射線関係の事柄がどのように記述されているかについて調査した<sup>(9)</sup>。調査した教科書は旧制度の「理科Ⅰ」、「物理」、「化学」と1994年度から使用されている新しい理科の教科書である「物理ⅠA」、「物理ⅠB」、「化学ⅠA」、「化学ⅠB」、「生物ⅠA」、「生物ⅠB」、「地学ⅠA」、「地学ⅠB」、「総合理科」、「物理Ⅱ」、「化学Ⅱ」、「地学Ⅱ」、さらに理科以外のものとして「現代社会」、「政治経済」、「地理A」、「地理B」、「世界史」、「保健体育」、以上理科179冊、理科以外67冊、合計276冊である。これらの教科書における原子力の扱いの実情を要約すると、次のようになる。

- (1) 一般に原子力・放射線関係の取り扱いが不十分である。
- (2) 理科の教科書においてさえ記述に科学的に不正確な箇所がある、また、放射線の利用、とくに医学的利用に関する記述が貧弱である。
- (3) 社会系の教科書では、原子力に関しては「資源・エネルギー問題」、「環境と人間生活」、「自然に敵対する科学技術」、「現代世界の課題と国際協力」、「地球的課題の出現」といったような大見出しの章節で多くの教科書に記述されている。そして、エネルギー供給における原子力の役割をみとめてはいるが、一般的に原発の事故を過大に取り上げて、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いし否定的なニュアンスの論調が少なくない。そしてこれらの社会系の教科書では、原子力がほかのエネルギー資源と比較して、必ずしも公平に取り扱われていないものが見受けられる。原子力の平和利用の一つである放射線利用については、全くふれられていない。

というような問題点があることがわかった。

#### 3.3.2 最近の教科書

最近になって、平成9年以後に発行された理科（「物理ⅠA」「物理ⅠB」「物理Ⅱ」など）28冊、理科以外の公民（「現代社会」「政治・経済」）、地理（「地理A」「地理B」）、世界史（「世界史A」「世界史B」）、「保健体育」などの教科書約70冊を調査した<sup>(11)</sup>。その結果、

- (1) 一般に以前より改善されている。
- (2) 理科、とくに物理の教科書ではかなり満足すべきものになってきている。とくに「物理ⅠA」では、原子核エネルギーのこと、放射線の単位、放射線が天然に存在すること、放射線の人体への影響、放射線の利用のことが、かなり詳しく記述され、その内容の適切さも以前に比べると格段に進歩がある。
- (3) 理科以外の科目でも少しずつ妥当な記述の割合がふえており、原子力についての記述の論調は、批判的なものでも極端なものは影をひそめて以前よりは論調が多少穏やかになっている傾向がある。しかし、発行年月が新しくなっても、記述が以前と全く変わっていないものも少なくない。そして、原子力に限ってその安全性に問題があるとする

論調は依然強い。調査した約 40 冊の教科書のうち半数がチェルノブイリ事故について、そのうち約半数は写真（あるいは放射能汚染が起こった地図）入りで、比較的軽くふれているものから、誇張を交えて数十行にわたり書かれているものまで、いろいろである。

社会系の教科書でこれは困る、少なくともこれでは問題であるという記述の例は、例えば、

○「原子力発電の問題点」として、原子力発電は、…化学反応に比べれば桁違いに大きなエネルギーが放出されます。しかし、そのさい同時に危険な放射能も生み出されるため、…安全性の確保が大きな問題となります。……チェルノブイリ原子力発電所の爆発事故のようなことがおこれば、かなり広範囲にわたって深刻な放射能汚染が生じることはいうまでもありません。さらに、まったく事故がない正常な運転時においても、危険な放射性廃棄物がどんどん蓄積されてしまうという問題があります。放射性廃棄物は、処理技術が未確立のまま増えつづけているため、将来、その半永久的管理・貯蔵を、子孫におしつける結果になることも考えられます。寿命のつきた原子炉は、著しく放射能汚染されており、それをどう処分するかも大きな問題となっています。…その他、原子力発電所で働く人たちの放射線被曝量が大きいこと、核燃料輸送中の事故や核ジャックの危険性があること、原子力関連施設に対する軍事攻撃を受けた場合、通常兵器によるものでも核戦争なみの放射能被害が生じること、コスト面において石炭・石油に対して必ずしも有利ではなくなっていることなど、原子力発電はいくつかの難題をかかえています。」（Y出版、「現代社会」、1998.3月発行）

○「原発事故は、小さなミスが大惨事につながりかねない。そしてひとたび事故が起こると、広範囲かつ長期間にわたって深刻な被害をもたらすことがあるなど、その危険性はきわめて大きい」（T社、「政治・経済」「現代社会」、平成10年1月発行）

○「原子力発電は、……大量のエネルギーを安定的に比較的安く供給できる利点があり、火力発電が温室効果や大気汚染源になるため、原子力発電に積極的な国もある。資源の少ない日本では、原子力発電所の建設に力を入れており、……発電量ではアメリカ・フランスについて世界第3位である。……ところが原子力発電は、人体に危険な放射能を大量に発生させるウランの核エネルギーを使用しているため、安全性の管理が問題となる。事実、1986年には、ソ連のチェルノブイリ原子力発電所で大事故が発生し、多数の死傷者を出し、放射能を世界中に飛散させた。また、1979年のアメリカのスリーマイル島事故でも、周辺地域に放射能被害をもたらした。日本の発電所でも、放射能廃液もれなどの事故が発生している。……とくにチェルノブイリ原発事故をきっかけに、原子力発電所に反対する世論や運動が、日本や欧米諸国で急速に広まっている。スウェーデンでは原子力発電所の廃棄を決める法案が議会で可決され、アメリカのカリフォルニア州では、住民投票で原子力発電所の一部が解体されることになった。……日本の原子力発電所では、安全運転のための努力がなされているが、放射性廃棄物の処理の問題、温排水による熱汚染の問題など、解決しなければならない課題も多い。……」（S出版、「精解現代社会」、平成10年1月発行）

「原子力発電にはさまざまな問題が残されており、燃料となるウラン鉱も有限で、その分布は偏っている。」（D社、「現代社会」、平成10年2月発行）

などである。これらの記述についてのコメントや、不正確・不的確な個所をどのように訂正すべきかについての著者の意見はここでは割愛する。

### 3.3.3 適切な教科書の記述の例

いっぽう適切な記述も少しずつ増えつつある。とくに最近発行されたものにその例が多い。例えば、

（理科では）

○「放射能と人間」の項目で1ページにわたり、放射線の種々の利用がもちろん医学への利用を含めて紹介されており、また「放射線の人体への影響」で、「大量の放射線を浴びると、脱毛などの急性の放射線障害を起こし、ひどい場合は死に至る。また、急性障害が起こらない量の放射線でも、後になっての癌や遺伝障害が、浴びた量に応じてわずかに増えると考えられている。ただ、人間の遺伝障害と微量な放射線の影響はまだ確認されていない。」そして「放射線を浴びる

量」という題で自然放射線と人工放射線の両方についてシーベルトの単位で8桁にわたって定量的に対比された適切な表があり、「微量な放射線は自然にも存在し、私たちの体の中にもわずかだが放射性物質がある」との説明がある。(「K館」,「物理1A」,平成9年3月発行)

○「原子力発電の安全性」という小項目で「原子力発電には、放射線もれ事故の防止や放射性廃棄物の処理という課題がある。最近の原子炉には、特別に操作しなくても核分裂の急激な増加を自ら抑制する機能がある。しかしそれだけでなく、炉の緊急停止装置、非常用炉心冷却装置、炉をおおう格納施設などの安全装置を設けている。また、核燃料と外気の間は大きくわけると五層の防壁でさえぎられており、非常時の放射線漏れ事故に備えている。このように、綿密な安全対策がとられているが、原子力に関する技術は人類にとって未経験な面があり、十分な研究と慎重な運用が求められている。」(J出版,「高校物理1A」,平成10年1月発行)

(社会系では)

○「原子力発電をめぐる問題 石油代替エネルギーのなかでも、原子力発電は、供給の安定性、技術の開発度などの点で、他の研究途上のものに比べすぐれている。しかし、原子力発電は、放射性物質を扱うことから、ほかのエネルギー源にはない危険性をあわせもっており、まずその安全性を確保することがなによりも優先されなければならない。また、放射性廃棄物をどのように処理処分していくかも、きわめて重要な課題である。そのために、開発に関しては数多くの法律や規制があり、発電用原子炉には、放射能が周囲にもれる事故が起きないように、種々の安全装置が設けられている。1986年のチェルノブイリ原子力発電所の事故は、原子炉の安全管理の不備が大きな災害をもたらすことを世界に示した。(添付された図には日本の原子力発電の将来(通産省資料)があり、2000年までの電力供給目標が各エネルギー源ごとに表になっており、「21世紀には原子力発電が中心になっている」と説明がある)」(T書籍,「改訂現代社会」,平成3年2月発行)

○「原子力発電とその課題 ……電力需要が増大するにつれ、建設コストが高く、適地の少なくなった水力発電の開発は限界に近づき、一方、火力発電もエネルギー源が有限な資源であり、輸入に頼るために供給と価格が不安定で、大気汚染も問題となっている。そのため近年、原子力発電への依存が高まってきている。現在、日本の原子力発電量は、アメリカ、フランスに次いで世界第3位で、日本の総発電量の3割近くを占めるまでになっている。原子力発電は、原料のウランの核分裂から得られる熱で水蒸気をつくり、その圧力でタービンを回して発電するもので、石油・石炭などを原料にする火力発電に比べて、ごく少量の原料で大きなエネルギーを生み出す。しかし、課題も山積みしている。ひとつには、チェルノブイリ原子力発電所事故に代表される発電の過程における放射能漏れなどの問題、二つ目には、発電で生じる低レベル放射性廃棄物の安全な管理・保管の問題がある。さらに、使用済み核燃料のなかでも再利用できるプルトニウムと燃え残りのウランを取り出す再処理の際に発生する高レベル廃棄物の問題もある。電力の需要が増大している今日、原子力発電による電力の供給が不可欠な一方で、このような課題の解決に向けて努力していく必要がある。(脚注に、①チェルノブイリ原子力発電所事故、②放射性廃棄物、③プルトニウムについての適切な説明あり。)」(D社,「現代社会」,平成10年2月発行)

○「「石油危機」以後、世界的に原子力発電が重視され、すでに世界の総発電量の約20%弱を占め、日本でも30%近くに達している(1993年)。核燃料サイクルの確立によって資源の再利用が可能なこと、核燃料の長期確保によって紛争による供給不安を回避できること、二酸化炭素を放出しないことを理由に、フランス、日本、韓国では強力に推進している。他方、重大な原子炉事故など安全性への不安、使用済み核燃料や核廃棄物処理技術が十分に確立されていないこと、経済性に疑問があること、などの理由からアメリカやドイツでは、原子力発電を抑制する傾向を強めている。」(T書籍,「地理B」,平成10年2月発行)

などである。

### 3.3.4 教科書に対する要望と、記述の不正確、不的確な箇所を如何に改善するか

本来ならば、理科の教科書では純粋に科学的な事柄が正確に客観的に記述され、また理科以外

の教科書では、偏らない公正な価値観をもって、そして学校教育の教科書である以上国家の政策を適宜取り入れつつ、青少年の正義感や社会への貢献への意欲を呼び起こすように記述がされておらねばならない。しかし、科学技術が進歩し、それと環境や人間生活とが複雑にかつ密接に関連している現代の社会では、公正な価値観あるいは正しい判断力にはかなり正確な科学的知識を必要とする。従って、教科書執筆者が正しい科学的知識を持っていない場合は、どうしても不正確・不適切な記述が生まれる。

教科書の現状を改善するためには、われわれ専門家が、教科書の著者・出版者・文部省の教科書検定官に正しい知識や最近の情報を与え、誤った、あるいは不的確な記述については、現状を放置せず、注意して記述を改善してもらう努力をすることが必要である。また、大局的に妥当な考え方や適切な記述のものについては、細かくみれば多少の不正確さに気がついて、積極的に評価を著者らに伝えることが望ましいと思う。

#### 4. 放射線・放射能について一般人が持ちやすい誤った考え方

以下は、あるオランダの物理教育の専門家の著書<sup>(12)</sup>にでていて、一般人が持ちやすい誤った考え方として27項目が挙げられているうちの上位20項目である。

- [1] 放射能と放射線の混同
- [2] 放射能の強さ(Activity)と吸収線量(Radiation dose)との区別が理解できない
- [3] 放射能(放射性物質)は常に危険なものである
- [4] 食品を放射線照射すると放射性になる
- [5] 原子力発電所は原爆と同様に爆発する
- [6] 欠陥のある原子炉は放射線を撒き散らす
- [7] 放射線は体内に蓄積する
- [8] 放射線の基準値は安全レベルを示し、それ以下は安全で、それ以上は危険
- [9] 人が被ばくすると放射性汚染が起きる
- [10] 放射性物質はどんな場合でも一般の物質より危険である
- [11] 放射性線源とX線線源との区別が理解できない
- [12] 原子力発電所の事故のあとは原爆を落とされた広島のようになる
- [13] 放射線は物の表面にくっつく
- [14] 人工の放射線は天然の放射線より著しく危険である
- [15] 原子力発電所の事故は常に放射線・放射能に関する事故である
- [16] 放射性物質があった所から持ち去っても放射線はまだしばらく残る
- [17] 放射性廃棄物は原子力は原子力発電所からしか出ない
- [18] 放射線は雲のように空中にただよっている
- [19] 放射線を浴びると不能になる
- [20] 放射能は半減期の時間経過後はもはや危険はなくなる

#### 5. 放射線実習の有効性

学校での放射線実習が放射線・原子力の理解に、また放射線・放射能に対する恐怖感を改善するのに如何に有効であるかの実例として、フォーラムの会員である鹿児島県のある高校の教諭により発表されたデータがある<sup>(13)</sup>。それによると、高校の理科の授業で約3時間、天然の放射線・放射能の存在を(「はかるくん」「検電気」「霧箱」「洗剤の消泡現象」などの)実験により体験させることにより、生徒の放射線・放射能に対する意識が著しく変化したのである。76人の生徒中、これまで放射線・放射能は非常に危険である、あるいは非常に不安に思うという割合が実験前はそれぞれ50%と37%もあったものが、いずれも0%となり、一方これらを身近に感じるとい割合が実験前は約10%であったものが約77%にまで上昇したのである。また、この学校の近くにある原子力発電所に対する意識が顕著に改善されたとのことである。

〔文献〕

- 1) 田中和夫：生活環境放射線（国民線量の算定），原安協だより，第 125 号，3-6（平成 5 年 2 月 25 日）
- 2) 近藤宗平：「人は放射線になぜ弱いかな——少しの放射線は心配無用」，第 3 版，講談社ブルーバックス，B-1238，1998 年 12 月
- 3) 松浦辰男・飯利雄一：「放射線・原子力教育と教科書」，研成社 1998 年 2 月
- 4) 広瀬正美：原子力エネルギー教育の現状と課題——主として初等・中等教育を中心として——，  
日本原子力学会誌，Vol. 40，No. 12，932（1998）
- 5) 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)
- 6) 田中 豊：日本原子力学会 1999 年秋の大会，学生企画セッション講演
- 7) 上野健爾：減び行く日本の基礎教育，学士会会報，No. 820,34-39（1998 年 7 月）
- 8) 国立教育研究所：第 3 回国際数学・理科教育調査の国際比較の概要，1996
- 9) J. D. MILLER：Public understanding of science and technology in OECD countries, a comparative analysis, paper presented to the 1996 OECD Symposium on Public Understanding of Science and Technology, Tokyo, Japan, Nov. 5, 1996
- 10) 日本原子力文化振興財団：日本とヨーロッパ「エネルギーと環境」に関する生徒の意識調査報告書」，平成 5 年 4 月
- 11) 松浦辰男：日本原子力学会 1999 年秋の大会，柏崎
- 12) H. M. C. EIJKELHOF：Radiation and Risk in Physical Education, CDB Press, Utrecht, 1990
- 13) 樋之口 仁：原子力教育におけるビジュアルで簡単な放射線実験の教材化，日本原子力学会 1996 年春の年会，大阪；樋之口 仁：私信

## 放射線教育と学校理科

下條隆嗣

東京学芸大学教育学部

知識の伝達から資質の重視への転換という理科教育における国際的動向と、独創性の高い専門家養成と市民の科学リテラシーの増進との両者を推進してゆくべきであると言う主張がある。これらを踏まえ、日本の理科教育の課題を考え、こうした枠組の中で放射線教育の在り方について考えてみる。

日本では科学的内容の教育に対して「理科」という教科名や「理科教育」という用語が定着している。近年、科学と技術の相互発展が顕著になりつつあり、科学と技術は、複雑な相互関係を持ち、また日常生活は技術に大きく関連している。初等・中等段階の学校「理科」を含め、また市民教育や高等教育をも視野に入れたより広範で技術的内容をも包含する科学に関する教育は、「科学教育」と呼ばれることが多い。

以下、理科教育や科学教育における課題を概括し、その流れの中で放射線教育を学校教育のいかなる枠組みの中で考えたらいいかという点について、理科教育研究の立場から述べる。

## 1 市民の科学リテラシーの育成と専門家養成

まず、放射線教育は、現代の理科教育が抱える課題、特に市民の科学的教養の点から考えると、エネルギー確保や環境保全等の大きな枠組みの中で捉えないと支持が得られにくい。

ローマクラブによる研究によると、地球上で数世代後には、人口は現在の約2倍になり、資源や食料の枯渇、環境の悪化などが予測されている(近藤 1984)。これらは、今後、日本人を含む世界の人々が直面し、対応してゆかなければならない厳しい課題である。環境保全、サバイバル的課題(食料、鉱物資源、エネルギーの確保)、科学技術の日常化・高度化などの課題へ対応するために、新しい産業や科学技術を生み出す個性豊かで創造性の高い人材のみならず、高い科学的教養をもち、科学の重要性を理解する市民の存在が求められる。

科学技術によって支えられている社会においては、一般市民も科学についての教養、いわゆる「科学リテラシー」をもつことが望ましい。それは、市民にとって、健康で明るい生活の基礎であり、新しい生活スタイルの創造や生命保全等のためにも重要であるばかりでなく、これ

らの課題への科学技術的活動を理解し支えるものである。一見科学技術に無関係なさまざまな職業で科学技術の知識や技能、科学的態度が必要になってきている(拙稿 1996)。

こうした状況へ対応するための科学的な能力や意欲は、専門家養成の面からも一般市民の科学リテラシーの育成の面からも、その育成が求められているといえる。しかし、これまでの中高等教育では、むしろ専門家養成の色彩が強かったといえる。近年のOECDによる調査によると、科学リテラシーは欧米では高く(最高は英国)、日本は先進国中最低であり、学校「理科」が理科嫌いをつくっている側面もあることが明らかにされている(Miller 1996)。一方、科学技術立国を標榜している我が国において、過去より小・中・高等学校併せて理科の時間が400時間程度も削減されている。国際数学・理科教育調査における日本の中学生の理科の成績が、かつては1位であったものが近年3位になった(国立教育研究所 1997)。同調査における理科の成績の順位は、今後ますます低下してゆくことが予想される。このように日本の理科教育・科学教育は多くの課題を抱えており、科学技術立国の基盤がゆらぐことが危惧されている(産経新聞社会部編 1998)。

こうしたことから、放射線教育も、市民の科学的教養と専門家養成の二面から推進してゆくべきであろう。特に前者の教育においては、専門的知識の詰め込みは妥当性を欠き、日常生活との関連が重視されるべきである。一方、後者の教育に対しては、科学技術社会を支え、高い経済的競争力を維持し、世界へ貢献できる人材の育成を目標にして、個性に応じて深く学べる教育課程を工夫する必要があると考えられる。

## 2. 科学の応用について学ぶ新しい教科

日本の教育課程には、科学の応用としての、あるいは技術に支えられた科学という意味での「科学技術科」という教科は、これまで存在しなかった(拙稿 1997)。現状では、技術的な内容を持つ教科として、中学校に「技術・家庭」が設けられているが、この技術に係わる部分の内容は、木材加工、電気、金属加工、機械、栽培、情報基礎から構成されていて、このような趣旨からは離れている。中学校の技術科と「理科」における目標や内容の隔たりは大きい。放射線教育を「理科」ばかりではなく、高等学校の「科学技術」科のような新しい教科の中で展開してゆくことも考えられる。ただし、現在、各分野からの学校教育への期待は大きく、それ

らをそのまま受け入れると教科・科目数が増大し学校の機能は破壊されてしまう恐れがある。現状ではいかに教科・科目を削減するかが問われているので、「科学技術科」のような科目の新設は容易ではない。また、各教科には独自の目標や特性がある。理科では、観察・実験を通して科学的自然観を養うことを目標とし、一方技術科では、生活に必要なものをつくるという実践的な態度の育成を目標としていて、両者の目標は異なっている。このように、「科学技術科」の開発に当たっては、学習内容は教科として成立するか、教材開発、シラバス、教師養成、教育職員免許の改定など、検討すべき課題が多いことも事実である。

### 3. 理科教育思潮の変化

近年、理科教育の思潮が知識重視から資質重視へと変化してきており（拙稿 1998）、そうした新しい思潮の中で放射線教育が考えられるであろう。情報化、国際化、産業構造や環境保全など変化の激しい状況の中で、学校教育を含める場の中での基本的な課題として、実践的な力、問題解決の力、判断力と感性、全人的な力が求められている。こうした能力の育成は、理科教育と深く関わっている。時代や状況への適応能力は、広い資質に関係していると考えられる。そうした能力の育成のためには理科においても、主に既にできあがった知識を伝える知識注入型の教育から、より基本的な資質育成教育への転換をはからなければならない。

従来、中等理科では、高等教育の基礎としての知識の伝達が主になってきた傾向がある。科学技術の進展に伴って、その領域も拡大し、深さも増している。これらの知識や技術を学校で学習させようとする、学習内容が増大してゆく。学校現場では、これまで学習内容の量の多さに悩んできた。科学教育の分野では、量的増大の背後にある基本的なものを常に拾い出すようにしたり、新しい教育課程を研究して、学習内容の量的拡大に対応しなければならない。もし、これを怠ると学習内容はたちまちに陳腐化するばかりでなく、創造性、思考力の育成などの本来の教育目的を達成できなくなる。放射線教育も、基本的な知識は重要だが、知識のみを伝えようとする、生徒の理科離れを促進することになり理科としては失敗する可能性が高い。

一方、旧来より、理科教育では、科学的な思考や態度、科学的技能、意欲の増進などを目標の一部にしてきた。科学的な思考や態度の中身は、合理的・論理的思考、事実に基づく冷静な

判断力、データに基づく客観的見方、批判的思考力、課題を見だし、辛抱強く解決する力などである。科学的技能としては、探究能力を育てるプロセス・スキルズがある。それらは、観察、分類、数の使用、測定、空間・時間関係の利用、推論、伝達、予測、仮説設定、操作的定義、条件統一、データの解釈、モデル作成、実験など、探究の過程に必要とされるものである。これらは、数十年前に米国で研究されたが現代的視点からは不十分で、理科においても「情報の活用」などの新しいスキルが必要となろう。

しかし、探究のスキルの定着だけでも不十分である。スキルに埋没して事象に対する解釈的な能力を育てることを忘れてはならない。解釈的能力を高めるには、科学の性質や、発見がなされた社会的文脈まで取り入れた科学史も必要であるとの意見もある。すなわち、知識の伝達から探究のスキルへ、さらに科学的発見の社会的文脈を通して、科学の性質の理解へと理科教育の思潮が変遷しつつある。

こうした転換は、国際的なものである。例えば、米国では科学教育課程の改革が進められつつあり、その理念は「米国科学教育標準(National Science Education Standards)」に結実した(National Research Council 1996)。その内容は、従来の物理科学、生命科学、地球科学的内容に加えて、科学と技術の関係、科学の性質と科学史、科学の個人的・社会的側面が包含され、拡充されている。この科学の個人的・社会的側面の内容は、個人の健康、人口、資源・環境、天災、危険と便益、社会における科学技術など、いわゆる STS (Science-Technology-Society) 的な内容である。さらに、これらの内容を小・中・高等学校を通して一貫して学習するようにしている。特に、米国ジョージア州では、教授と学習の要素として、思考習慣(問題解決、コミュニケーション、推理判断、関連づけ)、重要なアイデア(物理環境、生物界、人間の努力としての科学と技術)、理解と行為への伝達手段(システム、不変と変化、モデル、計測とスケール)を考え、学力をそれらから構成される立方体として捉えている。

このように、世界各国では、科学教育の目標が広げられ、資質をのぼす方向で新しい理科教育が模索されつつある。また英国では、近年、国定の教育課程を策定実施したが、「理科」を「英語」や「算数・数学」と共に中心教科として据えている(木村誠 1997)。これらの動きに共通することは、全ての青少年に対する科学教育の

重要性の認識と、初等・中等教育を通じた内容の一貫性と広さである。

理科教育の国際的な動向をみると、戦前の米国では、哲学者 J. デューイの哲学に基づいて、社会の中でよりよく生きてゆくための学習という立場から、生活との関連を重視した理科が展開されていた。これは、人間の精神的能力を高めるといって形式陶冶といえる。戦後、科学技術爆発の時代を迎え、これでは実力がつかないという批判が生まれ、米国では科学教育課程改革運動が始まった。これは、日本では「現代化運動」と呼ばれ、現代科学の本質を構造化して教える、また教えることができるという信念に基づいたもので、実質陶冶といえるのである。米国では多額の予算に支えられ開発研究が行われ、日本を含む諸外国に影響を与えた。しかし、開発されたプロジェクトは、一般に難解すぎたようで不成功に終わったとされている。近年の新しい改革の動向、すなわち資質重視への転換、科学リテラシーの育成は科学技術時代であることを踏まえた新しいデューイ主義、あるいはデューイ哲学の新しい見方や発展とも考えられる。これは、生活理科に堕しない理科教育であり、形式陶冶と実質陶冶の止揚とも考えられる。

#### 4. 系統性と総合性—総合的理科の実現性

市民にとっての放射線教育は、技術的内容を包含する総合的な内容の教育がふさわしいと考えられ、そのための研究が待たれている。市民のための科学と専門家養成のための科学とにおいて、いつも見え隠れする課題は、「系統性と総合性の葛藤」である。市民の科学リテラシー育成に対しては総合的な科学教育が必要であろう。しかし、これには科学は積み重ねが大切だから、基礎ができた上で実施すべきであるとか、かなり上の学年でないと無理であるとの考え方がある。また、学校の時間数が削減（週 5 日制）するのなら基礎をしっかりと学習させるべきであるという意見もある。この考えの欠陥は、専門家養成主義に陥りやすいことであり、子供は学習に興味を喪失する傾向があることである。一方、総合化では資質を重視し物事を総合的に把握して判断し、学びの動機を子供自身に感じさせることを重視している。こうした総合化の背景には、環境問題を始めとして狭い学問領域からはアプローチできない問題が多く発生している事実がある。しかし科学教育課程の開発面では、総合化のための知識構造分析、学習法などの方法論もほとんど未知である。また広範にわたる内容を誰が総合化できるのかという疑問もある。

もともと、総合的理科については戦前にも旧制中学において「一般理科」として置かれたり(1931年)、国民学校の下で理科の内容が「物象」と「生物」に 2 分された時期もあった(1941年)。さらに、戦後は、1970年(昭和 45年)告示の学習指導要領で「基礎理科」が選択科目の一つとして設置され、1978年(昭和 53年)告示の学習指導要領では「理科 I」が必修となり、さらに1989年(平成元年)告示の学習指導要領では「総合理科」が選択科目の置かれるなどの歴史がある。しかし、科学リテラシー育成を強く意識し、しかも科学技術的内容を含む総合的理科は未開発である。専門家養成のための教育は、伝統的な諸科学の基礎を重視し系統性の極めて強いものでよいが、市民のための理科教育はそれとは別のアプローチがあるはずで、むしろ定性的だが本質的な理解が重要である。市民が科学の基本的アイディアや生活との結びつきの理解と共に、科学とは何か、つくられるのかという科学の性質を理解し、科学に係わる社会的課題を認識し生活の中で判断する力を持つことが必要である。

#### 5. 新しい問題解決能力

これまでの学校教育では、主として「良く構造化されている問題解決」が扱われてきたといえる。しかし社会の複雑化に対応して、これからの学校では「良く構造化されていない問題解決」も扱われる必要があると考えられる。それは、解決のために用いる概念や技能、それらの適用の仕方が不明確であり解答も一つとは限らないような問題解決である(Jonassan 1997)。それは、環境問題、エネルギー、資源などの現実的で総合的な内容に関連している。これには、「良く構造化されている問題解決」に必要な領域的な概念や技能に加えて、知識を構造化する能力、議論を構成したり、アナロジーをつくり、推論するという拡充的能力、積極的に課題と取り組み解決を試みようとする動機・態度、および自分自身の既有知識などを知ることなど、いわばメタ認知が必要である(下條・他 1998)。放射線教育を通して、こうした新しい問題解決能力の増進が、特に科学リテラシー育成に関連して必要とされる。

上で述べてきた理科教育・科学教育が抱える問題について理解し、理科教育思潮の変遷をも考慮して、専門家養成と同時に市民的教養の教育を行うことが国民的課題であり、放射線教育をそうした枠組みのなかで考えるべきであると考える。

## 話題

## 学校教育のシステムと教育課程の方向

放射線教育フォーラム幹事  
飯利雄

近年、科学教育関係者だけでなく多くの人達から「理科教育の危機」や「理工系離れ」が深刻であるとの訴えやこのままでは科学技術の人材が枯渇するといった声が聞かれる。また、平成5年度版科学技術白書では、若者の科学技術離れの状況、科学技術系人材の不足、国民の科学技術の関心の低さなどの指摘がなされている。

この「理科離れ」や「理工系の人材不足」の原因として、社会環境の変化、国民の意識変化、科学・技術のブラックボックス化の影響などが挙げられるが、経済成長に伴う豊かな生活、科学技術への過信や無関心が科学・技術教育の軽視になり、その影響も考えられる。

しかし、忘れてならないことは、教育的な要因としての戦後ほぼ10年毎の教育課程改訂による、理科授業時間数の削減、偏差値的受験制度や理科教師の指導力低下などの学校教育のシステムにかかわる問題は極めて大きいと考えられる。

平成6年3月に発表の、学校教育と学校週五日制に関する意識調査(文部省)で「中学校で特に力を入れてほしい教育」では、依然として科学(理科)教育に対する要望は少なくその根は深い。

## 1 理科教育の変遷とその背景

わが国の科学・技術の目ざましい発展は、これまで世界各国から学校教育の成果として評価され、初等・中等学校の理科教育に学ぶべき点が多いと見られてきた。

理科教育は昭和40年代頃まで「科学・技術立国」の国是により重視されてきたが、それ以降になると高校進学率の上昇のため興味・関心や能力等の多様な生徒が入学し、理科に興味を持てず、その内容の理解できない生徒が増え、理科は難解であると強く言われるようになった。この頃から「理科嫌い」や「理科離れ」が多くなってきた。50年代には、探究過程を重視した理科教育が進められるが、探究学習が画一的であり、子ども達の興味や意欲を失わせ「理科嫌い」や「理科離れ」を促進した。また、この頃から地域開発や工業化に伴う公害も起き科学技術に対する不信感などが「科学・技術離れ」を促進したと思われる。

## 2 理科教育のシステムと履修状況

わが国の初等・中等教育は、ほぼ10年毎に教育課程の改訂が実施されてきたが、その結果小・中学校の理科学習の時間数(必修)は、昭和40年代を100とすると、その後の改訂で次第に削減され、現在では小学校66.8%、中学校75.0%に削減された。

高校については、進学率の増大と興味や能力・適性などの多様化により、改訂の度選択科目の拡大の結果、昭和45年以降から理科の履修者は減少の一途をたどってきた。特に物理の履修者(率)は、45年に93.

8%であったのが65年には34.3%に激減した。

このような、小・中学校の理科時間の削減、高校の多様化路線による選択科目の拡大等の理科教育システムの改変は、「理科離れ」や理科履修者の減少に一層の拍車をかけたと考えられる。

## 3 理工系離れと理科学力の問題点

理工系学生の製造業離れや大学進学者の理工系離れは大きな問題である。大学への総志願者数に占める理工系志願者の比率は、昭和61年の25.6%を最高に年々減少し平成5年には19.5%になった。つまり、大学志願者の4人に1人以上いた理工系志願者が5人に1人以下になったのである。また、高校生の理科(物理)履修者の減少は、科学的な知識や理解を欠いた状態での大学進学など、理工系学生の相対的な学力低下は明らかである。

大学の理工系学部長(57人)に対しての調査では、「理工系に優秀な学生が集まらない」との回答が77%に上り、「偏差値による入試」、「実験等の文化系に比べて忙しく敬遠される」、「文化系の方が企業で処遇がいい」などが原因として挙げられている。また、大学入試センターの試験科目は、社会、理科を含めて5教科7科目であったのが昭和62年から5教科5科目に変わった。ところが、それを境に文化系学生の理科学力の低下が著しく下がった。また、平成2年度から各大学で受験科目を指定する「アラカルト方式」になり3教科以下の大学も増えてきた。この方式によって理科の受験科目が1科目になれば、その分、集中した学習ができ理科学力の低下の歯止めになると予想されていたが、結果は逆になった。この事実は物理、化学、生物、地学の学習には互いに関連があり、複数科目の学習により科学的な理解が深まることを示している。

また、理科の履修状況と学力との関係を示す一例として、日本原子力文化振興財団の日欧7カ国の高校生を対象にした「エネルギーと環境に関する意識調査」で、原子力に関する知識レベルの低さが浮き彫りにされたことである。即ち「原発でのエネルギーを出すメカニズム」について「ウランが分裂して熱を出す」の正答率が欧州6カ国の60~89.8%に比べて日本は38.3%と極端に低いことである。この事実は原子力等の内容を学習する物理履修者(率)が約35%であり、その影響が極めて大きいと推測できる。

## 4 理科教育改善の方向

## (1) リテラシーとしての理科教育

科学教育は国家の根幹を支える教育であり、いずれの国も理科教育が重視されていることは誰も認めることである。世界のどの国でもいつの時代の教育改革においても科学教育は大きな柱の一つとして据えられてきた。その点、最近におけるわが国では果たして理科教育の重要性が認識されているかいささか疑問に思う。

昔から学校教育の中で基礎的教科として「よみ」「かき」=国語、「そろばん」=数学を身に付ければ事足りるとするイメージがあった。そのため国語、数学、英語は最も重要な教科として位置付けられ、その他の教科は従属的・付随的な教科と考えられ軽視されてきた。

国語、数学、英語の必要性は認めるが、21世紀に向けて生きるための国民の基本的な能力として「生活をしていく上でのリテラシー」を身に付けることは必須なことである。そのための教育として理科教育は最も適した教科として位置付けられる必要がある。

## (2) 論理的な思考力の育成

最近、理科授業の中で驚きや感激を持たない者が多くなったと言われている。

科学技術白書での先端科学技術研究者調査の中に「若者の科学技術離れの傾向をもたらした原因」が挙げられているが、その中で物理、化学などの科目が試験テクニック重視となって「おもしろみを感じられなくなった」(40.1%)及び、科学する「楽しさが青少年に伝わっていない」(36.0%)もある。このように今の若者にとっては、科学技術の知的な部分に触れることが、かつて程には「おもしろい」や「楽しい」こととは感じられなくなったという認識が広まりつつあると指摘されている。

この要因については、例えば高校や大学等の上級学校への受験競争の過熱化により理科教育がとすると多くの知識を伝達教授し、探究を通して科学的に追求する授業が必ずしも十分でないことが挙げられる。そ

の結果、学ぶ意味や意義が分からず、興味・関心を持って学習に意欲的に取り組めない理科になっていることである。

また、塾での勉強に追われ、マンガやテレビゲームなどの既成の娯楽素材が潤沢に与えられるようになったことから、「なぜだろう」と考えるゆとりが失われ、若者の「思考形態が論理的思考から感覚的思考に変化した」(31.8%)ことが結果として示されている。

理科教育は、自然の事象の直接経験を中核にして探究活動により学習するものであり、論理的な思考能力の育成に大変有効である。この具体的な方策としては、学習者が主体的に自然についての学習課題を持ち、自ら解決していく課題研究的な学習指導に重点を置くことが必要である。

今後わが国が科学・技術立国として一層の発展を目指し国際社会で貢献を果たすためには、これまでの模倣・翻訳的な教育の体質から脱却し、独創力や創造性の豊かな科学・技術教育への質的転換をしなければならない。その努力は理科教育に課せられた大きな課題である。(1995年7月12日開催の幹事会のあとの勉強会での講演要旨)

(広領域教育研究会顧問・前信州大学教授)

## “サイエンスキャンプ95”の引率をして

放射線教育フォーラム幹事  
宮澤 弘 二

8月9日～8月11日の2泊3日のサイエンスキャンプに男女10名の高校生を連れて世界のシンクタンクといわれる理化学研究所にキャンピングした。また、参加する生徒の選考委員であったわけであるが、作文審査だけなので果たしてどんな生徒が集まってくるのか一抹の不安があった。しかし、集まった生徒達の元気で明るく輝いた瞳を見た途端にその不安は消し飛んでしまった。

理研(理化学研究所の略称)では、5つのコースを設定していただき、生徒2人ずつを希望にしたがって配分し、研究員とマンツウマンで体験学習することになった。これは生で研究員とともに最先端の科学に触れることができる素晴らしい企画であった。この企画で一番のお骨折りをいただいたことは高校生レベルでいかに研究内容を理解させるかであった。理研の研究室長の西村さん越間さんを始めとして研究員の方々のご苦勞によって見事にこの難問は下見をした段階で解決されていて、心から感謝したい。

2日目の夜にはバーベキューを雷雨のなかで開催していただき、研究員や関係職員の暖かいもてなしに生徒達は、研究員の人間味と、普段の顔の研究者の素朴な人柄に心打たれるものがあったに違いない。

最終日には放射線教育フォーラムの会長でもある理事長の有馬先生から修了証を一枚一枚手渡していただき、さらに今後の科学する態度と心の在り方について、厳しいご指摘があり、

理性を忘れた科学の進歩は有り得ないし、科学者は社会に対して責任をもって人類の貢献に果たしていかなければならないことをわかりやすくお話いただいた。私にとってはこのサイエンスキャンプは生徒とまったく同じで生涯決して忘れることのできないインパクトがあった。ここに参加した生徒の感想文を紹介して参加した生徒の気持ちを伝えたい。

光塩女子高等学校 3年 白石 智美

『研究所と名のつく所を歩き回れただけでも嬉しかったです。学校とは比べものにならない精密な実験器具を用いて自分自身で実験できたことは勿論のこと、研究所の雰囲気、研究員の方々の真剣さや、優しさに触れることができ本当に良かったです。すべてが新しいものであり、驚きと発見の3日間でした。そのうえ2人ずつ5コースに分かれての勉強ということでの友達がどんな内容を勉強しているのか、いろいろ聞いたり、自分達の実験内容を教えたりと、1つの分野に留まることなく興味を持ってた事は良かったと思います。バーベキューなどの時に他の先生方とお話できたことも良かったです。とても楽しい3日間をどうもありがとうございました。あつという間に過ぎてしまいましたが楽しい思い出が沢山できました。素晴らしい先生方に恵まれ、勉強だけでなく、いろいろなことを教えていただいた気がします。その一つ一つは言葉にはできないけれど、感謝の気持ちで一杯です。

この様な機会を与えられた私たちは本当に運が良かったのだと思います。このキャンプで得たことを大切に、これからは自分の勉強を頑張るつもりです。理研の公開日には是非呼んで頂ければと思っています。本当にありがとうございました。』

(東京家政大学付属女子高等学校教諭)

## 話題：放射線教育の現状と課題

筑波大学付属高校 広井 禎

### はじめに

放射線は、光や音と違うところがある。光ならば目で見える、音ならば耳で聞くことができる。ところが、放射線がそこにあっても耳や目で感じるができない。この点では、放射線は電気に似ているかもしれない。電気現象の結果は誰もが知っているが、電気や電流そのものは、見るができないので、理解困難に陥る生徒たちもかなりいる。それでも電気では、電流計や電圧計が広く使われていて、電気の理解を助けている。中学生や高校生からは、実感に乏しいとか、「納得！」という境地になかなか達しないということはあるけれども、期待通りの実験値が得られるということ言えば、他の分野の実験よりはるかに精度が高く、理解への土台となる。

放射線は、目や耳などで感じるができないというのが、なんとなく疎ましいということの背景にあるかも知れない。そして何よりも、放射線を始めに意識させられたのは、原爆や水爆であったことが大きい。ところが最近、中学生や高校生が扱えるような放射線の測定器が高校の先生方の研究で開発され、また、放射線の研究者の方々により扱いやすい線源も紹介されはじめた。電気でいえば、電池（扱いやすい電源）や電流計（生徒が扱える測定器）などが、やっと手に入りはじめた段階とでも言えるだろうか。

このような段階に近づくと、学校での放射線の扱いは、従来のタイプ（教科書で知識を学ぶという傾向が強い）の他に、もっと多彩な展開ができるのではないかという期待がでてくる。「放射線教育のカリキュラム」を考えようという機運が出てきた。そこで、まず、学校の教育の中で放射線が、現在どのように扱われているのか、から検討してみたい。

### 学校で放射線はほとんど扱われていない

高校でみると、地理・現代社会・政治経済・総合理科・物理ⅠA・物理ⅠB・物理Ⅱ・保健体育などの科目で放射線を扱うことができる。

このように、多くの科目で扱うことになっているのであれば、高校教育の中で、放射線は多面的に扱われていると思われるかもしれない。しかし実情は、放射線が扱われていないに等しい。どうしてこのようなことになるのか、紹介してみよう。

上記の科目の中で、地理・現代社会・政治経済そして保健体育では放射線の一面だけになりやすい。その科目に関連のあることに限定される傾向にある。他にも重視して扱いたい事項はたくさんあるのだから、仮に放射線が取り上げられても、全体像が示されないまま（全体像を示す時間的余裕がなく）ある部分だけ切り取られて扱われがちである。その結果、断片だけが、たとえばチェルノブイリなどの事故だけ印象に残ってしまうことも起こる。

比較的まとまりをもって扱えるのが物理である。放射線の性質、核エネルギー解放の仕組み、放射線の取扱いで留意せねばならないことなど、担当教員の工夫によって一通り扱える。

ところが、この物理に問題点が2つある。ひとつは、高校で物理・化学・生物・地学の選択化が進み、この中で、物理選択者が少ないことである。学習指導要領の表現で一番放射線を大きく扱える可能性をもつ物理ⅠBの選択者数は45万人程である。これから、高校卒業生の30%程しか物理ⅠBを学んでいないことがわかる。

では、この30%の人は、ひと通り放射線を学んでいるかということ、そうではない。2つ目の問題点は、ほとんどの学校での物理ⅠBの授業では、放射線の扱いは原子核の扱いのときで、それは、学年の最後になる。最後の単元は、駆け足になるか、場合によっては扱わないまま学年末を迎える。このような現状である。このため、高校では放射線がほとんど扱われていないに近い状態になっている。

### 解決への糸口

このように、学校での放射線の扱いの現状は望ましくない。学校で全体像を知らされないまま、新聞・放送などを通して事件と関わりのある時だけ大きく扱われる放射線を目にし耳にする。それも新聞でいえば、見出しの大きい活字だけがひとり歩きし、科学欄に詳しい解説があっても、それは読まれないことが多い。このため、病気で放射線治療が必要になり、医者からの説明があるとき、放射線と聞いただけで危ないと思ひ込み、了解を得るのに時間がかかると聞く。自然界に放射線が存在することすら知らないのであるから、説得も大変だろうと思う。

抜本的な解決策を考えることも必要と思うが、ここではまず、高校理科の教員の立場から、いまでも工夫によってはできるのではないかとと思われる方法の紹介などからはじめたい。

ひとつは、物理ⅠBの中での扱いの工夫である。放射線が最後の単元になるから駆け足または扱われ

ないことになる。そこで、最初の単元にするという工夫である。もう一つは、物理よりもはるかに選択者の多い化学で扱うことである。この二つの工夫について、簡単に紹介する。

### 物理の始めに放射線を扱う

4月、物理の授業が力学ではなく、光ではなく、原子核や放射線から入る方法である。私は、この方法を20年程前に行ってみた。それは、放射線の扱いを駆け足にしないためではなかった。原子核や放射線の単元は、事実の紹介が多く、数式の扱いも少ない。しかも、話題が豊富である。これならば、従来の内容の一部を除けば、力学が未習でも扱える。

その一方で、ほとんどの教科書が力学から入っているが、扱う内容が難しい。しかも、困ったことに努力を重ねて教科書程度のことを理解しても、成就感が少ない。問題集の問題が解けて嬉しいということはあっても、毎日起こっていることに直接結びついて理解できたという喜びは無いに等しい。力学に無縁な現象は無いといってもいいくらいなのに、それは質点力学だけで解決できるほど単純ではない。運動部で激しいダッシュの練習などに耐えることができるのは、それが上手くなるのにぜひ必要だと分かっているからである。何に役に立つかわからないのに、激しい練習を繰り返されたのでは、部員にとっては単なるしごきにしか見えず、辞めたくなるのも当然だろう。力学は、何に役に立つかを示していないのではないか。「基本中の基本」とか「後で役に立つ」とか「知らないと困るぞ」などと言うだけで引っぱり張ろうとしているのではないかという反省が私にはあった。

生徒たちは、電子が私たちの生活に大活躍しているのをなんとなく知っている。原子、原子核の性質が明らかになって、さまざまな新素材が開発されていることを知っている。ところで、電子を活用できるのは、電子の質量などを知っているからである。電子の質量はどのようにしてわかるのか。天秤で測るのでないことは生徒たちにもすぐわかる。ではどのような方法か、この答えはすぐには出てこない。私はここで「運動方程式」といって、力学の予告をしてはどうかと考えた。展望台からの写真を示し、そこで「さあ、登ってみよう」という方式である。1年ほどの準備をして、原子核（放射線）→力学という順序で物理の授業を行った。充分可能であるという結果を得た。

このような試行を行ったときには、学校には、ガマイガーカウンターと霧箱くらいしか実験装置はな

かった。しかし、現在では、生徒実験ができる装置で開発されている。原子核（放射線）を学年始め、あるいは2学期のどこかにおくことは充分可能である。これからも、多くの実践が行われることを期待したい。

### 化学で扱う

現在、化学ⅠAの選択者は50万人、化学ⅠBの選択者は100万人で、物理よりもはるかに多くの高校生が化学を選択している。化学で放射線を扱うことができれば、多くの国民が放射線を学んでいることになる。

このことに関して、森永晴彦氏が早くから貴重な提言をされている。1992年8月号の『アイソトープニュース』に載った「放射能（線）教育は物理よりもむしろ化学で」である（1998年に同氏により出版された『原子炉を眠らせ太陽を呼び覚ませ』112-117頁にも）。高校化学での実践報告を期待したい。

### 「総合的な学習の時間」のテーマに

最近、高校理科の枠から離れたところで放射線を扱える可能性が高くなってきた。新教育課程（小学校は2001年から、中学は2002年から、高校は2003年から）には、小中高ともに「総合的な学習の時間」がある。このテーマの有力候補として放射線が考えられる。仮に、この総合の時間で放射線を取り上げるとしたらどのようにしたらよいかの案がすでに紹介されている。

### 放射線の扱いを電気の域に近づけよう

現在、電気はいろいろなところで扱われている。はじめに書いたように、電気も放射線と同じように直接手に取ることができないという性質をもっているが、電気に関するカリキュラムは安定の域に達しているかのように見える。放射線についてもこのようにすることはできないだろうか。説得力をもつカリキュラムづくりに力を注いで行かなければならないと考える。

謝辞 この稿をまとめるにあたり、本フォーラムの教育課程検討委員（飯利雄一、村石幸正、松浦辰男、三門正吾、渡部智博、渡利一夫）の皆様のご教示に感謝いたします。

新高等学校学習指導要領での放射線教育

東京大学教育学部附属中・高等学校  
村石 幸正

2003年度から実施される、高等学校 新学習指導要領では、現行の総合理科にかわって、「理科基礎」「理科総合 A」「理科総合 B」が加わることになりました。この3科目の中から少なくとも1科目は選択しなくてはならない科目です。

現行学習指導要領：

<http://www.monbu.go.jp/aramashi/1998jpn/gakkou/512.html>

新学習指導要領：

<http://www.monbu.go.jp/news/00000317/km.html>

すなわち、

理科基礎 2単位

理科総合 A 2単位

理科総合 B 2単位

のうちから1科目以上必ず選択しなくてはならず、なおかつ、

物理 I 3単位                      物理 II 3単位

化学 I 3単位                      化学 II 3単位

生物 I 3単位                      生物 II 3単位

地学 I 3単位                      地学 II 3単位

を含めた、理科全体として4単位以上の履修が必要とされることになりました。したがって、理科を必要としない、あるいは、理科嫌いの生徒は、旧来の学問体系を反映した「物理・化学・生物・地学」を履修せずに、「理科基礎・理科総合 A・理科総合 B」のうちから2科目4単位を履修しただけで卒業する者も出てくることとなります。このうちの「理科総合 A」は、エネルギー・資源と物質をテーマとした総合的な学習をすることになっていますが、この科目の指導要領の中で、

2 内 容

(2) 資源・エネルギーと人間生活

人間生活にかかわりの深い化石燃料、原子力、水力、太陽光などの利用の際見られる現象は、エネルギーという共通概念でとらえられることを理解させる。

ア 資源の開発と利用

(ア) エネルギー資源の利用

蓄積型の化石燃料と原子力及び非蓄積型の水力、太陽エネルギーなどの特性や有限性及びその利用などについて理解させる。

という部分があり、「内容と取り扱い」の中で、

内容の(2)のアの(ア)については、多様なエネルギー資源が発電や熱源に利用されていること及び蓄積型のエネルギー資源の成因、分布、埋蔵量の有限性及びこれらがエネルギーとして利用できる過程についての概

略を扱い、環境への配慮が必要であることにも触れること。その際、羅列的な扱いはしないこと。原子力に関連して、天然放射性同位体の存在やα線、β線、γ線の性質にも触れること。

という表現が記載されました。教科書は、学習指導要領に基づいて作成されるため、「理科総合 A」の教科書には必ず、放射線のことが述べられることとなります。

「理科嫌い」の実態は「物理嫌い」だとも言われるくらいに嫌われ、履修率も20%~25%程度である物理にではなく、どちらかという理科嫌いの生徒が多くいるであろう学校では「理科総合 A」「理科総合 B」の4単位で高等学校での理科の学習を終えるであろうと考えられているうちの科目「理科総合 A」の中に、放射線に関する記述が載るといことは、現状からは前進したと考えてよいと思います。すなわち、必修の上記3科目のうち、「理科基礎」は、「科学史」や「科学史上の重要な実験」を主題として学習をすることになっており、多くの教員にとって、すぐに授業を実施するにはなじみにくい内容です。したがって、多くの高校では「理科基礎」は開講される可能性は低いと見られており、事実上、ほとんどの高校生は「理科総合 A」「理科総合 B」のどちらかを選択すると見られています。つまり、およそ半分の高校生が放射線の学習をする可能性が出てきたわけです。また、「物理・化学・生物・地学」の各科目のうち、物理の履修率の低下が最も激しいため、現実問題として、物理教師があまりに少なくなっているという実態もあり、「理科総合 A」「理科総合 B」のどちらかを開講するという学校では、「理科総合 A」を開講して物理教師が担当するというパターンが最も多いのではないかと、物理教師にとっては喜ぶべきか悲しむべきかわからない状況でもあります(いくつかの教科書会社の、調査に基づく予想です)。つまり、「理科総合 A」は物理と化学の内容を多く含むため、この科目を担当する教師は物理の教師か化学の教師であろうと考えられています。ところで、物理はなれのため、全国的に物理の教師があまりに少く、物理だけを教えている教師が少ないという現状を考えると、実際にこの科目を担当するのはどちらかという物理の教師が多いのではないかと考えられているわけです。もしそうであるならば、放射線教育の立場からみると、非常に好ましい事態であるといえます。

ところで、学習指導要領の意図するところをより細かく説明する学習指導要領解説がまだ出されていないため、「放射性同位体やα線β線γ線の性質などにふれること」という表現がどの程度の内容を意図しているのかわからないのですが、この表現の前後の内容から想像すると、自然放射線があること、放射線の基本的な性質程度ではないかと思われます。一般教養として(国民的教養として?)の放射線教育の内容とはどのようなものなのかという議論が今回の学習指導要領の改訂を機に高まることを期待したいと思います。

(第2章、3.3節補足)

最近の教科書における放射線・原子力関係の記述について、理科以外の科目で、保健体育、地理について、以下に典型的なものの実例を示す。

○T書籍「高校保健体育」(平成10年2月10日発行)

「原子力発電と放射性廃棄物」という約1ページにわたる枠入りの記事があり、以前(平成6年2月10日発行)のものに比べて、記述のスペースが増えた。そして以前は図が1つだけ(「旧ソ連国内のがん増加検討地域」として)だったのが3つとなり、前と同じ地図が「チェルノブイリ事故被災3カ国」となり、ほかに「チェルノブイリ原子力発電所の事故」として事故炉の写真、「ベラルーシでの子どもの甲状腺がん発生数」のグラフが増えた。そして、本文の記述は次の通り。筆者(松浦)コメントはここでは省略する(文献3参照)。原子力や放射線影響の専門家の批判をまちたい。

「原子力発電は、日本の全電力の27.5%(1995年)を供給していますが、今後問題となるのは放射性廃棄物です。原子力発電に利用された核燃料(主としてウラン)は再処理され一部は再利用されますが、このときに同時に高レベルの放射性廃棄物が発生します。近年この放射性廃棄物の安全性が問題となっていますが、未来の子孫への影響といった観点からも安全性についてはじゅうぶんな配慮が必要とされます。」(このパラグラフは以前と同じ)

「また、原子力発電所で万一事故が起こった場合にはどうなるでしょうか。1986年4月26日に発生した旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所の爆発の場合には、広島原発の約1,100発分に相当する大量の「死の灰」がまきちらされました。早期障害(これについて脚注で説明あり)で数十人が死にましたが、将来的には現場から近い地域の住民ほど晩発障害(これも脚注に説明あり)としてがんの死亡率が増加することが予測されています。事実、1995年にジュネーブで開かれた国際会議で、ベラルーシでの甲状腺がん発生率は事故前の36倍、特に放射能汚染の高かったゴメリ市では100倍になったことが報告されました。チェルノブイリでは甲状腺がんが4.5年後から増え始めたのに対し、広島・長崎の原爆では白血病が2年後から、甲状腺などのがんは10年後から増えはじめました。この違いは広島・長崎が外部被曝(死の灰)であったのに対し、チェルノブイリは内部被曝(汚染物の飲食)と外部被曝の両方であったためと考えられています。」(このパラグラフの前半は以前と同じ。後半(ボールド部分)が追加されている。)

○K出版、「地理B」(平成11年1月20日発行)

ここでは「放射能汚染」の見出しで2ページにわたり記述あり、以前のもの(平成6年1月20日発行)より改善されている。(2つの写真があり、一つは「原子爆弾によって廃虚となった広島」でもう一つは「事故が起きたチェルノブイリ原子力発電所(ウクライナ)」である。)

改善された箇所として、記述が詳しくなり、例えば「原子力発電と環境問題」の小見出しで、以前は「・・・原子力発電の利用には、地球環境とのかかわりにおいて、さまざまな課題がある。」と比較的簡単に書かれていたのが、もっと具体的に、「・・・使用済み核燃料の・・・再処理と処分はおおきな課題となっている。さらに、燃料リサイクルのための新型炉の開発も試みられている」こと、また、「原子力発電には二酸化炭素を排出しないなどの面もある」ことにも言及されていることなどがある。また、脚注で、放射性廃棄物に関して青森県六ヶ所村の施設が建設されていること、「新型炉」では(事故を起こした)増殖炉「もんじゅ」として紹介がされている。

## 第3章 各専門委員会の活動報告

放射線教育フォーラムは、その活動分野が多岐にわたるため、いくつかの専門委員会を設けて活動を行ってきた。この章では今までに設立され、活動中である実験教材検討・リスク問題検討・教育課程検討・医療系教育機関における放射線教育の実態調査の4専門委員会について、その設立の趣旨と活動の理念、活動内容と成果、今後の予定などについてまとめたものである。記述については各専門委員会主査に一任したため、記述の方法はバリエーティに富んでいるが、各専門委員会主査の考え方を尊重し、今回は敢えて統一しないこととした。

# 1. 実験教材検討委員会報告

## はじめに

この報告は、1997年度から1999年度に至る標記委員会の活動についてのものである。本委員会は、教育現場で安全に使用できる教育用線源の開発を目的にして篠崎善治委員長のもとで1996年度に設立された「学校教育における放射線源の安全性検討委員会」を引き継いだものである。記録によると、その第1回委員会は、1996年5月10日、新橋・敬王堂ビル会議室で、以下の15名の委員が集まって熱心な討議がされた。

青木芳朗（原子力安全委員）、飯利雄一（広領域教育研究会）、内田雅也（中村理科工業（株））、菊池文誠（東海大）、久保寺昭子（東京理科大）、隈元芳一（放医研）、後藤道夫（明治大学）、近藤民夫（日本メジフィジックス株）、篠崎善治（元都立アイソトープ総合研）、谷本清四郎（武蔵工大附高）、村山義彦（根本特殊化学（株））、森雄兒（昭和高校）、吉田芳和（放計協）、米村伝次郎（都立大）、伏見康治（元日本学術会議会長、オブザーバー）。その後、メンバーとして、瀬川嘉之（科学技術館）、三木良太（元近畿大原研）の2氏が加わった。

この委員会では、学校教育における放射線実験が重要であるとの視点に立って、教師や生徒が安心して実験できるように、学校教育における教材用放射線源の安全性と開発、放射線実験時における被ばく線量の評価、法規上の規制緩和を阻む諸問題の解決の道筋を探ることが検討された。そして委員諸氏の熱意によってほぼ毎月1回会合が持たれ1年間精力的に活動したが、1997年度からは、新たに「実験教材検討委員会」として本委員会が発足することになった。

## 設立の趣旨

本委員会の設立の趣旨は、高校などでの放射線実験の普及・拡大を図るため、放射線実験用教材を線源のみを検討対象とするのではなく、測定器の開発、線源の開発コンピュータソフトや周辺機器の開発などの課題に取り組むことを目的とした。したがって「線源検討委員会」の構成メンバーから数名入れ替え、高校教員を新たに追加し、増強を図った。会合の開催は、2ヶ月に1回のペース行うとした。会場については、賛助会員である中村理化学工業（株）の実験室を使用した。

放射線教育フォーラムの設立趣旨から、学校教育における教育現場での放射線実験教育を推進・普及する、という観点に立って下記のような企画計画で引き続き活動を行っている。

この活動は、放射線実験を通して学校教育のみならず、社会教育についても、放射線および原子力問題に対する学校および社会におけるこの分野の公正な判断力と資質の養成を図るものである。

### I 委員会構成メンバー

「線源検討委員会」の構成メンバーを母体とし、約半数の方々に残っていただいた。また、教育現場の教師を新たに若干人参加してもらい10名程度の人数とする。なお、今後の進展状況によって随時必要な方を追加する。

### II 年間の委員会の活動計画

定例の委員会は、年間5～6回とし、開催日は、原則として第4土曜日とする。その他、研究成果は、放射線教育フォーラムのシンポジウムや勉強会等で発表することとし、関係機関誌に投稿する。

### III 取り組むべき検討課題

- ①低価格の測定器の開発安全で低価格の線源の開発
- 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
- ⑤その他、放射線実験の普及に関する事項

## 1997年度の活動について

### I 構成メンバー

菊池文誠（委員長、東海大）、堀内公子（大妻女子大）、村山義彦（根本特殊化学（株））、吉田芳和（放計協）、隈元芳一（放医研）、谷本清四郎（武蔵工大附高）、内田雅也（中村理科工業（株））、三門正吾（鎌ヶ谷西高）、森雄兒（昭和高）、村石幸正（東大附中高）、三木良太（近畿大）、北村俊樹、（以上 12名）

### II 開催日

5月17日、7月19日、9月20日、11月15日、1月31日

### III 検討事項

#### 1 高校における放射線教育の実態調査

前年度の委員会によって作成されたアンケートをいくつかの大学・短大の学生に対し、主に1年生を対象に実施した結果については、「理工学における同位元素研究発表会」で報告した。報告の内容については、次の通りである。

#### 研究の背景

本調査は放射線教育フォーラムの活動の一環として実施された。フォーラムの目的は、放射線についての正しい知識の普及であり、国民の基礎知識の基本である高校における放射線教育の実態像を把握するのが目的である。

#### 調査対象

東海大学理学部物理学科	63名	千葉県立衛生短大	94名
大妻女子大	325名	東京大学	121名
(文系 237名、理系 88名)		(文系 84名、理系 37名)	
合計	603名		

#### 調査内容

- ① 「放射線」「放射能」という言葉をそれぞれ知っているか否か。  
「放射線」「放射能」の両方を知っている。 82%  
「放射能」だけを知っている。 3.7%  
「放射線」だけを知っている。 5.1%  
両方知らない。 9.4%
- ② 「放射線」「放射能」に関する知識はどこから得たか（複数回答可）。  
「テレビ・ラジオ」から 79.7%  
「学校に授業」で 36.0%  
(文系・理系別にみると)  
文系：「学校の授業」 24.9% 「テレビ・ラジオ」 77.3%  
理系：「学校の授業」 43.6% 「テレビ・ラジオ」 56.9%
- ③ 高校で「放射線」「放射能」に関する学習経験がある場合、どの教科・科目で学習したか。  
物理 19.5% 社会科 14.3%  
化学 12.9%
- ④ 「放射線」「放射能」の内容のうち、どこの内容を学習したか。  
「放射能」 33.2% 「核分裂」 27.0%  
「中性子」 30.8% 「 $\gamma$ 線」 26.5%  
「陽子」 30.2% 「放射性物質」 26.3%  
「 $\alpha$ 線」 29.1% 「核エネルギー」 25.1%  
「 $\beta$ 線」 27.0%
- ⑤ 「放射線」の学習の際、どのような観察・実験を経験したか。  
この項目に回答した者(376名)のうち、何らかの観察・実験を経験した者3.5%(13名)

- 結論 「放射線」「放射能」に関する知識は、(1) 多くの場合、マスコミから得ている。(2) 学校教育では物理、社会科の順になっている。しかし、物理履修者は少ない。科学の基礎知識なしに学校では社会科の授業で原子力発電や、保健体育の授業で放射線の人体への影響を学んでいるのが現状である。また、マスコミの報道は断片的で正確さを欠けたものが多い。これが現在の国民の平均的な知識水準となっている。21世紀に向けてエネルギー問題・環境問題に対して正しい知識に基づいた判断が必要とされる。
- 2 天然放射性物質を線源として利用する場合の安全性の検討  
アフリカ産ラジウム含有砂（人工ラドン温泉で使用されているもの）、アメリカ産のユークセン石について放射線計測協会の協力によって安全に使用する方策について検討を行った。
  - 3 ラジウム含有砂を用いた実験について  
水にこの砂を入れ、生成されるラドンを分離し、計測することの検討を行った。科学的手法を含むもので、その一部は「放射線教育」Vol.1 No.1 に報告された。
  - 4 KCl を線源として利用することの可能性について  
一般試薬であるKCl には  $^{40}\text{K}$  が含まれているため、簡単な実験用線源として安全に利用できる。
  - 5 原子力発電所から提供されたアラムメーターの活用について  
現在20台のシリコン半導体検出器を用いたアラムメーターがある。しかし、検出方式が積分方式で積算線量として計測するためこのままでは教育現場で利用が困難である。そこでセンサー部分を生かして、パルスとして計測する方法について引き続き検討する。
  - 6 ドライアイスを使用しない霧箱の開発  
ベルチェ素子を使用することなどが検討されたが結論を出すには至らなかった。

#### IV 今後の方針

今年度の活動の概要は以上の通りであり、いくつかの継続すべき検討事項が残された。さらに1998年度フォーラムが中心となって国際シンポジウムが開かれる。その場では演示実験が重要な部分を占める。その準備および実施についての業務を行う組織としても、本委員会は存続させる必要があると判断する。

### 1998年度の活動について

#### I メンバーの変更

新任 西 健雄

退任 吉田芳和、村山義彦、三木良太、後藤道夫

#### II 開催日

5月30日、7月18日、9月19日、11月7日、1月30日

#### III 活動の概要

本年度の活動は、12月の国際シンポジウムの準備に集中した。特に演じ実験を含む発表およびワークショップ関係を担当した。

#### IV 国際シンポジウムの報告

「放射線教育のための演示実験」というタイトルのワークショップでは、実際に授業で行っている演示実験の報告と参加者全員による  $^{42}\text{Ar} \sim ^{42}\text{K}$  ジェネレータを用いた実験を行った。

日頃から物理の授業で放射線に意欲的に取り組んでいる神奈川の橘学園高校の久保田信夫氏がビデオ教材や生徒の実験を交えながら放射線・原子核の授業展開の具体例を報告した。自作のガイガーカウンタを用いたコンピュータ計測や放射線計測協会から借用した「は

かるくん」や実験キットが活用ようされ、高校出よく問題になる教材不足をうまく解決している。いわゆる進学校でないという事情も比較的自由に組み組める雰囲気があった。千葉県立鎌ヶ谷西高校の三門正吾氏は、生徒実験のために開発した手作りの空気カウンターを紹介した。分解時間の遅い空気GM 計数管でも低線量の計測なら充分正確に測定できることが示された。4000 V の高圧もちょっとした工夫で比較的簡単に得られる。全員でのグループ実験にはいる前に放射線計測協会の西健雄氏から今回使用する「はかるくん」の紹介がなされ、また、筆者によって  $^{42}\text{Ar} \sim ^{42}\text{K}$  ジェネレータの概略の説明がなされた。前日から電圧をかけておき、電極に捕集された $^{42}\text{K}$ イオンを水に溶出し、「はかるくん」を用いて測定する。外国からの参加者も交えて和気藹々の雰囲気であった。なお、このジェネレータは日本アイソトープ協会に保管を委託しているもので、フォーラム会員に貸し出しが可能である。最後に、ハンガリーから参加されたエストル・トス女史が簡単な実験として、風船を膨らまし、髪の毛で帯電させ、空気中の塵を集めそこに含まれる放射能を測定する方法を披露された。

このワークショップには、35名前後の参加者があったが放射線教育には実験が最も効果的であるということが改めて再認識された。

## 1999年度の活動について

### I 開催日

5月15日、7月17日、9月18日、11月20日、1月29日

### II 活動の概要

本委員会のこれまでの活動の集大成として、主に高校を対象とした放射線実験テキストの作成に取り組むこととした。基本方針の策定、執筆分担者の決定、作業日程貞の検討を経て原稿の作成を開始した。この作業は次年度にも継続される。

### III 放射線実験テキスト編集計画

#### 基本方針：

- ①高校の先生を主な読者と想定し、事業や課題研究に役立つものとする。
- ②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。
- ③ 本委員会が編集委員会となり、委員が分担執筆する。委員以外に執筆を依頼することもある。
- ④原稿は複数の他委員が査読する。
- ⑤ 急がず時間をかけて良いものを作る。

#### 内容：

- ①放射線教育の必要性（菊池、村石）
- ②放射線基礎〔原子、原子核、放射能、単位、生体に及ぼす影響、法令など〕（菊池、堀内、隈元）
- ③放射線の測定および測定器（隈元）
- ④ガイガーカウンタⅠ（三門）
- ⑤ガイガーカウンタⅡ（北村）
- ⑥霧箱の製作Ⅰ（菊池）
- ⑦霧箱の製作Ⅱ（森）
- ⑧はかるくんを用いた実験（西、村石）
- ⑨アルゴン-カリウムジェネレータ（菊池、谷本）
- ⑩パソコンを用いた計測（北村、久保田）
- ⑪化学実験（堀内、谷本）
- ⑫市販の実験装置（内田）
  - ⑬放射線源の入手法（菊池）
  - ⑭サイコロを用いた原子核崩壊のシミュレーション（菊池）

- ⑮参考文献リスト〔単行本、物理教育学会誌、化学と教育、物理教育通信、理化学協会報告など〕（三門、森、村石、堀内）
- ⑯インターネットで得られる情報（北村）
- ⑰その他 生物実験、コラム（うめくさ）、付録（資料、データなど）。

作業手順：

- ①7～9月の間に原稿を順次作成する。査読用の原稿はA4判、40字×40行程度でコピーを3部作成する。これを2名の委員が査読し、不適切な個所を指摘する。②査読者の意見は編集委員会で審議する。その後執筆者による修正作業を行う。③完成原稿を12月中に作成し、同時にテキストファイル形式のフロッピーを作成する。④数名の編集幹事により、全体の調製および細部の修正を行う。

菊池文誠

## 2. リスク検討委員会の中間報告

河村 正一

### 1. はじめに

#### (a) 従来からの経緯

リスク検討委員会は、故三木良太先生のご提案で1997年度に開設され茨城県立大学加藤和明教授を委員長として放射線教育国際シンポジウム(1998, 12, 11)で「リスク要因としての放射線」について講演(JAERI-Conf99-011pp.378-381)を行うなど意欲的に活躍されていたが、お忙しくなり河村正一に交代した。

放射線や原子力に関するリスク問題の取り扱いは、簡単ではなく幾多の困難を予想されるため、飯利雄一、加藤和明、村主 進、更田豊治郎、唐木 宏、松浦辰男の諸先生のご参加をお願いした。

#### (b) 放射線リスクの正しい認識の必要性

科学技術の開発や利用が少人数の専門家の間だけのときは、一般公衆と関係をもたなくても深刻な問題は起こらない。しかし、進歩発展して関連する人達が広がると影響を与え、広く理解を必要とすると言われ、その限界は10%という。

放射線、放射能、原子力などは、診断、治療などの医学利用、工業、農業、ライフサイエンス、電力などのエネルギーの分野で、その有用性のために我々の生活に深く浸透して人々に利益を与え、社会の理解を必要とする限界の10%を超えている。民主主義社会で生活している以上一般公衆の理解と協力を仰ぐ必要がある。

我々は生まれ落ちると同時に地震、津波、噴火、台風などの自然災害のおそれがあり、日常生活では食品、添加物、化学物質、医薬品、交通機関の利用、労働活動などを通じて種々の利益を得る反面、リスクも生じる。さらに安全なはずのリクリエーションや自宅での生活でも、確率は低いリスクは存在する。生きていている限り、リスクとは縁が切れないといえる。

#### (c) リスクという言葉

リスクは、社会、経済、理学、工学、農学、医学など広い分野にわたって使用され、その定義も分野によって微妙な相違がある。レンによる分類があるが、そのうち心理学的アプローチや社会学的、文化的に定義、構成されるものとして放射線のリスクを考えると、より理解できると思われる。放射線が実際以上に怖がられるのは心理学的要因、社会学的要因に起因しているからである。

国際放射線防護委員会(ICRP) Publ.60に記された「リスク」は、「望ましくない結果の大きさの数学的期待値」、すなわち「その事象の確率」と「結果」の積を意味する。この表現は、職業人には適切である。リスクという漠然とした言葉は出来るだけ避けて、より直接的な表現である「確率」、「結果」又は「数学的期待値」を使用する方がよいともいっている。リスクとは複数の属性をもつ量であり、量というよりも「概

念」であるとしている。このような難しい表現が、放射線の安全性に対する一般公衆の認知を惑わせる原因の一つになっているかも知れない。

## 2. 勉強会の開催

(1) 平成11年7月7日、国立教育会館で開催し宮永一郎先生（原安協）の「社会生活とリスク」、小林定喜先生（放医研）の「健康とリスク」のお話を承った。

(2) ルイス著「科学技術のリスク」の翻訳者、原子力安全委員でもあった宮永先生からは、事故が一回でも起こると、それがどんな事故でも安全ではないと一般公衆は考え、マスコミは報道する。

事故当事者は二度と事故は起こしませんと言いながら、再び事故が起こる。この繰り返しで信頼の失墜を生む。一旦事故が発生すると、放射線の利益や恩恵は少しも話題にならないで、事故の危険性だけが強調される。将来、我が国では、科学技術に依存する割合はますます多くなる。民主主義社会では、公衆が意志決定者である。その公衆が我々に利益をもたらす科学技術を正當に評価できないと取り返しのつかない損失と混乱を人類にもたらすおそれがある。

これを避けるため、我々人間は絶対安全と絶対危険の間のグレイゾーンに生活しており、常にリスクの中に生きていることを理解することが極めて重要であると述べられた。

(3) 日本リスク研究学会賞を授与された小林先生からは、リスクに係わる種々の概念、健康リスク評価の典型として、平均余命、疾病による死因、死亡率の状況（性、年齢別、都道府県別）、疾病のない平均余命など「生活の質」を反映するような平均余命の指標についての解説があった。

さらに、リスク評価、管理の具体的事例として、性・年齢・職種によって保険料の異なる生命保険、「リスク細分型」の自動車保険について言及し、リスク認知とリスクコミュニケーションの事例として千葉県の高校生看護学校生などのエイズなど感染症を含めての健康リスク源についての理解度とリスク認知などについて述べられた。

## 3. リスク検討委員会の審議経過

### (1) リスクに関する自由討論

第1回リスク検討委員会は平成11年8月31日開催し、リスクに対する共通の認識をもつため幅広い自由な意見交換を行った。そのときの主な意見を下記に示す。

(a) リスクについて、ウェブスターの英語辞典では「危険、損失、障害、不利益、又は破滅に身を曝すこと」と記している。リスクはより自発的な内容を持ち、ハザードは偶然の産物という内容をもつという。

(b) リスクは、例えば会社経営、財産管理、株式投資などの経済的な分野から健康状態、病気などの医学的な分野など、非常に幅広い分野で使用されている。

(c) リスクは定量的に示すことができ、各種事象間のリスクは比較できる。しか

し数値は算出できても、曖昧さを伴うので、算出手法、算出の前提、設定した仮定などの明確化が重要である。リスクは確率の問題である。個人に対するリスク、集団に対するリスクが考えられる。

(d) 日常的な事象に伴って起こるリスクは過少評価され、希にしか起こらないリスクは過大評価される傾向がある。残念ながら我が国では、国民の放射線や原子力に関する知識は決して十分ではなく、次々に起こる原子力の諸問題に対して適切に判断できる状態ではないといえる。

(e) 我々の毎日の生活の中にもリスクがある。家庭内における落下、転倒などによる死傷事故がそうである。常に我々はリスクの中で生きているといえる。生きている以上、大小の違いはあるがリスクは必ずあるといえる。

(f) リスクの存在にも関わらず人が行動を起こす場合があるのは、それなりに利益があるからである。リスクに走る行動の判定には、リスク-ベネフィットの手法が重要な手がかかりとなる、など多数であった。

## (2) 放射線、原子力リスクのテキスト

上記のような種々の意見が出され、テキストとして出版しようということとなり、テキストの名称、盛り込むべき内容などについて話し合い、概ね下記のようなことになった。

(a) 中学生、高校生は若いので弾力的な思考の可能性がある。知的好奇心も高く、吸収も早いはずである。この時期に正確な知識と科学的判断が適切にできる基礎的能力を習得できるテキストとする。

(b) 中学校、高等学校の先生方や一般社会人の方々が、日常生活の場で通常見られる事象とは異なり分かり難いとされている放射線について、そのリスクをそのまま科学的に忠実に解説し、未解決の部分は経過や理由を明記して無用の社会の誤解を招かないような記述とするよう努力する。

(c) 学校教育では、学ぶべき科目が極めて多く生徒の負担は必ずしも軽くはない。一方、生徒は、自ら進んで努力して物事を習得したり理解するという気風は次第に薄れつつあるようである。このような傾向が「理科離れ」として表面化しているとも思われる。リスク教育のテキストは生徒が興味を引くような記述にしなければ、効率的な教育効果は期待できない。著者としては、正確さを確保しつつも難解な専門的な記述はできるだけ避けて分かりやすく、しかも興味を引くような内容が必要とするという難しい判断が要求される。

(d) 新しい学習指導要領では、「総合的な学習の時間」が創設され、小・中・高校では必修となる（飯利雄—ニュースレターNo. 15（1999.11））という。

教科には、自然界の事物や現象を学ぶ「理科」や社会生活に関する基礎的な知識・理解・態度・技能等を学習する「社会科」があるが、この何れの分野にも属さないで独立している「総合的な学習の時間」を狙った副読本的なものとする。

(f) 放射線のリスクの理解に重点をおく記述となるが、理解をさらに容易にし完全にするため放射線以外の例えば化学物質などの事象のリスクも記述する。これらのリスクの理解を通じて、我々が生活するとき必ずリスクを伴うという現実の理解を容易にする。

(g) 本の表題は、例えば「世の中のリスク」、「避けられないリスク」、「何処にも存在するリスク」、「人はリスクとともに生きている」などが挙げられる。

(h) 我々に入る情報はTV、新聞などのマスメディアを経由している。マスメディアも競争の社会にあるので、聴取率、視聴率アップのため熾烈な競争を行っており、所謂「メディアリテラシー」を実施している。場合によっては適切を欠く表現も見られる。通常一般の人々は忙しさに紛れ、判断する時間を十分もつことができないため、そのまま誤って認識することがある。このような誤解を避け、放射線に対する適正な判断ができるような基礎的判断力がつく内容であることを最終目標とする。

表1：種々のリスクによる寿命短縮（日数）

行為又はリスク	寿命短縮（日数）	行為又はリスク	寿命短縮（日数）
貧困	3,500	大気汚染	80
喫煙（男性）	2,300	業務災害	74
心臓病	2,100	エイズ	70
独身	2,000	喫煙者との結婚	50
社会経済的地位が低い場合	1,500	溺死	40
約14kgの体重超過	900	転倒	39
義務教育中退	800	火事、火傷	27
最適でない医療	550	コーヒー：毎日2カップ半	26
ベトナム戦争兵役	400	放射線作業員18才65才	25
米国南東部で暮らすこと	350	ハリケーン、トルネード	1
鉱業建設（事故のみ対象）	320	航空機墜落事故	1
アルコール（飲酒）	230	ダム決壊	1
自動車事故	180	原発近辺居住	0.4
肺炎、インフルエンザ	130	原子力発電	0.04

バーナード・コーエン著、近藤駿介監訳、私はなぜ原子力を選択するか、p.136、  
 (株)ERC出版(1994)

### (3) 放射線、原子力リスクのテキストの内容

(a) 第2回リスク検討委員会は平成11年11月9日に開催した。前回の打合せ会で、中、高校の先生及び一般社会人を対象とするリスクに関するテキストの発行を決定したが、今回は下記の素案（叩き台）を提出して検討した。テキストの名称は、「放

放射線とリスク」等で、収載項目は、下記の通りである。

- (イ) リスクの定義
- (ロ) 自然災害に関するリスク
- (ハ) 放射線利用に伴うリスク
- (ニ) 化学物質に関するリスク
- (ホ) 食品に関するリスク
- (ヘ) 労働災害に関するリスク
- (ト) 交通災害に関するリスク
- (チ) リクリエーションに関するリスク

(b) 上記素案（叩き台）に対して次の意見が出された。

- (イ) リスクの定義は簡単ではないが、正確簡潔に記述する必要がある。
- (ロ) 日常生活に伴うリスクなどを加えてはどうかとの意見があった。そうすれば相対的に理解しやすくなる。
- (ハ) 我々は何かの行動を起こせば必ずリスクを伴うということが、容易に認識できる記述が必要である。

(二) 世間では、原発について総論賛成、各論反対である。エネルギー問題解決のためには、原発の建設、運転は必要である。しかし自宅近くの建設は反対という風潮に対して説得できる説明が必要である。

(ホ) テキストの表題は「二十一世紀をよりよく生きるための知恵」としてはどうかという意見があった。

(c) 今回出た種々の意見を踏まえ、書こうとしているテキストの内容及び項目を平成11年12月末迄に提出を願い、世話人が整理して次回委員会で検討することになった。

#### (4) 暫定的素案の決定

第3回リスク検討委員会は平成12年1月21日に開催された。第2回委員会では各委員がイメージするテキストの概要と収載項目を平成11年末までに整理して第3回委員会で検討する予定であったが、素案が得られなかったため、暫定的な素案を作成した。

(a) リスクは、ベネフィットと対であり、リスクはベネフィットによって許容されることを記すべきである。

(b) 我が国は四面海に囲まれ大陸から離れ、エネルギー資源は殆ど外国に依存している。エネルギー不足が起こると国の経済的活動に支障を来し、物不足、恐慌、失業、国民の健康状態の低下などのリスクが起こる。

(c) ①我が国で通常認知される放射線のリスクは、ICRPが定義するリスクの他に、②社会学的要因又は心理学的要因によるリスクが加わり、①に属するリスクに比較して、②に属するリスクは極めて大きいために、実際よりも怖ろしさが増幅されて現れる。このような一般公衆の認識度合いの多くは、「恐ろしさ」と「未知性」の2要因で説明できるという<sup>9)</sup>。

(d) 放射線の線量限度の決定は、動物実験などから求めるには極めて困難である。したがって、放射線生物学的見地から決められたのではなく、放射線防護の立場から

安全率を見積もり決めたものである。この元来の意味から遊離して一人歩きしている。

(e) マスコミが取り扱ったニュースは、メディア・リテラシーが加わっている。読者又は視聴者は加わったバイアスを見抜く実力を養成できなければならない。

(f) テキストの表題として「二十一世紀をよりよく生き抜くための知恵」は、どうかという意見があった。

(5) テキスト収載項目(案)として下記を挙げ、これにつき検討することになった。

- (a) リスクとは何か
- (b) 我々を取り巻く種々のリスク
- (c) がんと放射線との関連性
- (d) 遺伝的影響と放射線との関連性
- (e) 天然に存在する放射線による被ばく
- (f) 社会的要因、心理学的要因によるリスク認知の増大
- (g) 放射線利用によるベネフィットとリスク

(6). おわりに

リスクという言葉は巾広く使用され、分野によって異なる使われ方をしている。委員会では、放射線リスクに関するテキストをつくることを決め、その内容を如何にすべきかにつき検討している中間報告を行った。情報過剰の現代において、安定な生活を営むために物事を合理的に判断する基礎実力となる「最小限度必要な正しい科学的知識」(サイエンス・リテラシー)を小・中・高生に与え得る内容を目標として、さらに検討を行う予定である<sup>7)</sup>。

(7) 委員会開催日

第1回委員会	平成11年8月31日	第2回委員会	平成11年11月9日
第3回委員会	平成12年1月21日		

(8) 参考資料

- 1). 加藤和明、リスク要因としての放射線、JAERI-Conf99-011pp.378-381 (1999)
- 2). 加藤和明、才津芳昭、日本リスク研究学会誌、9(1)87-94:リスクの概念(概念規定の現状とその本質に関する考察)
- 3). 村主 進、原子力発電のはなし、日刊工業新聞社(1997)
- 4). 村主 進、メディア・リテラシーの勤め、原子力システム、8(4)44-49(1998)
- 5). H. W. ルイス著、宮永一郎訳、科学技術のリスク、昭和堂(1997)
- 6). バーナード・L・コーエン著、近藤駿介監訳、私はなぜ原子力を選択するか、ERC出版(1994)
- 7). 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(2)235-239(1997)
- 8). 飯利雄一、「総合的な学習」と放射線教育、放射線教育フォーラムニュースレターNo.15, 1999, 11
- 9). 村田貴司、「科学技術リテラシー」の涵養に向けて、日本原子力学会誌、41(12)1222,(1999)

### 3. 放射線教育フォーラム「教育課程検討委員会」

廣井 禎 (筑波大学附属高等学校副校長)

本委員会の活動は、1998年8月に発足し現在2年目を迎えている。現在の委員は次の9名である。

飯利雄一 (原子力産業会議), 西尾信一 (埼玉県立上尾東高校), 広井 禎 (委員長/筑波大学附属高校), 松浦辰男 (立教大名譽教授), 三門正吾 (千葉県立鎌ヶ谷西高校), 宮沢弘二 (東京家政大附女子中・高校), 村石幸正 (東京大学附属高校), 渡利一夫 (放射線医学総合研究所特別研究員), 渡部智博 (幹事/立教高校) (五十音順)

1年目は国際シンポジウムを中心に

1998年度の活動目標は、12月に日本で開催される「放射線教育に関する国際シンポジウム」までに、日本における放射線教育の実状を整理し、その課題を明らかにすることであった。1998年8月29日(土)の第1回会合以来、9月18日(金)、10月9日(金)、10月30日(金)、11月13日(金)と5回の委員会をもち、その間に各委員が調査・検討したことを持ち寄り、集中的に検討した。この検討の結果、12月13日(国際シンポジウム第3日)には、次のような主旨の報告をした。これらについての詳細は〔資料A〕を参照してほしい。

① 高校物理で最後の単元としない(実験装置の工夫で独立単元として扱うなど)

② 高校理科で選択者の多い化学で扱う模索(過去の事例の検討)

③ 新設される「総合的な学習の時間」で扱う試み

①~③の実験的な授業は成果を生み出しつつあるが、放射線教育の課題はこれだけに止まるものではない。そのことが、委員会討議のなかでいろいろな形が出てくる。エネルギー問題や原子力という現代の課題に向かうためには、放射線の正しい知識と理解だけでは不十分である安全性の検討が不可欠な問題に公正な判断ができる思考力を育てていく必要がある。これについて国際シンポジウムで報告しており〔資料B〕を参照してほしい。

2年目はJCO事故を軸に

1年目は国際シンポジウム(99年12月 湘南国際村)ワークショップの準備をし、発表をし、討論から刺激を受け、大きな成果を得た。そして2年目の活動は、夏休み明けの9月17日(金)を第1回に、10月8日(金)、11月19日(金)、12月17日(金)、1月14日(金)、2月18日(金)の6回の委員会を開いている。

第1回(9/17)では、昨年度に得た成果を展開する場として「理科総合A」(2003年からはじまる高校の新教育課程にある科目)とした。「理科総合A」という具体的な場を設定し、その場での展開を模索しながら放射線教育を検討することであった。ところが、第2回(10/8)の委員会では、1週間程前に起こった「JCO事故」が話の中心となり、急遽テーマを、これに絞ることにした。委員を含めてかなりの高校教員が、授業でこの事故を取り上げ説明などを試みている。

そのときの反応や、生徒たちからの質問、また、私達がわからなくて知りたいと思ったこと、などを取り上げることにしたのである。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」をつくるという目標をたてた。JCO事故はあってはならない事故と考えるがこの事故が放射線教育で私たちが瀧気に感じていたことを、はっきりと意識化させたことがある。

まず、私たち(委員は高校理科教員が多い)の関心と、生徒たちの関心とに、ずれがあるかも知れないということである。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」などが多い。

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。このことは、事故後に宮沢委員が中学生、高校生、大学生に行った同一質問への回答にも表れている(〔資料C〕参照。5番でgやkが多い)。

第1にはっきりしたことは、このずれを小さくする努力をしなければならないということである。

こうなると「安全性について」の展開が必要になるのであるが、これにはどうしても前提となる事項がある(放射線とは、線量を測る、放射線と人体など)。その前提となる事項は既学ではない。

第2にはっきりしたことは、未習のことを含みつつ、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ある。これについては、渡部委員から、議論などの仕方の鳥瞰図を「自動車/交通事故」でつくるという提案がなされている(〔資料D〕参照)。

現在、西尾委員他が、生徒たちから100を越す質問を集めている。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る。

(2000.2.26に記す)

## 【資料A】

## 放射線教育カリキュラムの課題と現状

広井 禎<sup>1</sup>，村石幸正<sup>2</sup>，三門正吾<sup>3</sup>，渡部智博<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学附属高等学校，112-0012 東京都文京区大塚 1-9-1

<sup>2</sup> 東京大学教育学部附属中・高等学校，164-8654 東京都中野区南台 1-15-1

<sup>3</sup> 千葉県立鎌ヶ谷西高等学校，273-0121 千葉県鎌ヶ谷市初富 284-7

<sup>4</sup> 立教高等学校，352-8523 埼玉県新座市北野 1-2-25

**要旨** 放射線教育は幅広い分野にわたる内容を含んでいるため，カリキュラム研究にしては，総合的な検討を要する．本研究では，“物理分野”，“物理実験”，“化学分野”，そして“総合的な学習の時間”の4つの視点から検討を進めた．前者の2テーマは実際の授業で実践した．後者の2テーマは，それぞれ現状の調査と試案の作成を行った．今後も研究を継続する予定である．

### 1. はじめに

放射線に関する用語<sup>1)</sup>は，今や新聞やニュースなどでも知られている一般的な科学用語と言える．一方，それらを支える放射線教育は，理科や地歴・公民科をはじめとする幅広い分野にわたる内容を含んでいる．ところが，新学習指導要領<sup>2)</sup>では，各教科の教育内容が厳選されるため，放射線教育のカリキュラムを総合的に検討しなければならない時代にある．筆者らは，多岐にわたる課題の中から，いくつかの観点にしばって研究を進めた．一般に，高等学校教育では，放射線に関する事項は物理分野で教えることになっている．そして，ニュートン力学やマクスウェル電磁気学といった古典物理を学んだ後に，量子論，相対論，原子，分子，そして放射能などを学ぶカリキュラムになっている．広井<sup>3)</sup>は，物理分野の視点から放射線教育のカリキュラムを検討した．具体的には，放射線を学んだ後に，ニュートン力学などを学習させるカリキュラムを開発し，それを実践した．最初に放射線に関することを学習することにより，これから学ぼうとする物理学の全体像を一つ一つ示すことができた．学習目標を明確にさせることができる利点のあることがわかった．

本論文では，さらに，物理実験の視点から“物理における放射線のグループ実験”化学分野の視点から“高校化学での放射線教育の扱い”，そして新学習指導要領の視点から“放射線教育を考慮した「総合的な学習の時間」案”について検討したので報告する．尚，“総合的な学習の時間”とは，教科ではなく領域を指し，創意工夫を生かした教育活動の展開を図ることが原則である<sup>4)</sup>とされている．

### 2. 物理における放射線のグループ実験

自然科学における実験の重要さはいまでもないが，できれば演示実験という生徒にとって間接の体験よりも，グループ実験という直接体験の方が実験の印象が強い．特に，40人学級の日本では後ろの席の生徒には演示実験の全貌がわからず，生徒に与えるインパクトは小さい．しかし，生徒による放射線のグループ実験を実践しようとするとき，以下のような壁がある．

- (1) 放射線測定器が高価なため，グループ実験をしようすると，かなりの費用が必要である．
- (2) グループ実験は教授者には準備，実験，後かたづけのうえでかなりの負担になる．
- (3) 予算が捻出でき，教授者の意欲が十分で，実践する条件が整っても，手本とすべき実験内容や授業カリキュラムの実践の積み上げがないので，手探りで試行錯誤することになる．

上記(1)に関しては，空気GMカウンターという教育用の放射線測定器を開発して対処した．空気GMカウンターについてはポスターセッションでの発表「空気GMカウンターの製作と活用」<sup>5)</sup>を参考にして欲しい．ラッキーなことに旧式のコンピューターが更新され，10台の旧式コンピューターが使えるようになった．コンピューターは放射線の数を数えて表示するだけだから，旧式のもので十分である．(2)に関連して，霧箱で放射線の飛跡を見る実験は今回はあきらめた．(3)については，実際の授業内容を紹介することで，一つの試行錯誤例を示した

い。物理実験機器の工夫もさることながら、どういうカリキュラムを組むかということが大切だということを痛感した。授業を行った鎌ヶ谷西高校は、就職・専門学校・短大・4年生大学進学すべての希望者がいる、進学校ではない普通の学校である。

- 1 時間目：放射線の基礎知識（講義と演示実験）・原子と原子核 ・放射線と放射能 ・放射線と放射能・放射線の種類・放射線の測定・電離作用と透過力
- 2 時間目：「放射線を目で見よう」（ビデオと補足の講義）・原子力研究所製作のビデオを視聴し、内容を補足する。
- 3 時間目：身近な放射線（生徒実験）・バックグラウンド放射能強度測定 ・プロメチウムとマンツルの遮蔽実験・食塩と塩化カリウムの違い（カリウム 40 からの放射線測定）・空気中の塵の放射能強度測定
- 4 時間目：原子核の崩壊（講義）・原子核の崩壊・放射性系列・半減期
- 5 時間目：原子核崩壊の模擬実験（コンピューター使用の生徒実験）・崩壊確率を与え、モンテカルロ法で模擬実験をする。
- 6 時間目：トリウムの半減期の測定（生徒実験）・トリウムを含むマンツルから放射性的な気体トリウムを抽出し、それを空気GM管に直接注入して半減期を測定する。
- 7 時間目：「放射線と人体」（講義）・電離作用と生体への影響 ・確定的影響と確率的影響・自然放射線による被爆と医療被爆
- 8 時間目：原子力発電の是非（ビデオとその補足）・原研製作ビデオ「あなたもディベートしてみませんか」の視聴

生徒に対してアンケート調査はしていないので、授業に対する客観的な評価はできないが、放射線は目に見えないもので危険なものであるが、身の回りにありふれているものでもあり、物理の法則にしたがっていて、決して神秘的なものではないということがわかってもらえたのではないかと思う。

### 3. 高校化学での放射線教育の扱い

高等学校の化学分野での放射線教育の扱いを検討するため、(1) 学習指導要領と、それに伴う教科書の記述の歴史的変遷、(2) イギリスの教科書の一例を調査した。これらをふまえ、高校化学での放射線教育について記す。

#### (1) 学習指導要領と教科書の記述

今日までの約50年間の日本の学習指導要領（理科）<sup>6)</sup>は、表1のように変遷してきた。放射線教育に関わる内容の内、各科目で扱われる主な項目は、表2に示す。このような変遷に伴い、教科書の記述も変わってきた。

高校の教科書の中で、放射線に関する記述の特徴を記す。1948年（昭和23年）発行の教科書（柴田、津田、島村；大日本図書）では、放射線の種類、自然放射性元素、人工放射性元素、キュリー夫人、放射性壊変、原子爆弾、将来のエネルギー産業など幅広い話題と展望が記されている。1955年（昭和30年）になると、自然放射性元素や人工放射性元素の用語がなくなり、放射性元素として説明されている。原子爆弾やエネルギー産業の記述がなくなり、かわりに化学作用や生理作用、そしてガン治療などの説明がある。また、放射性元素の発見と化学理論への影響なども議論されている。1962年（昭和37年）の教科書（大日本図書）では、特に、原子核分裂、連鎖反応、爆発のエネルギー、発電などの記述が詳しくなった。また、アインシュタインによる質量とエネルギーの関係、太陽の原子核反応、水素爆弾などの記述がある。1964年（昭和39年）の「化学B」の教科書（大日本図書）では、ウラン・ラジウム系放射性元素のおもな壊変系列の図などがなくなり、放射性元素の用語とキュリー夫人の略歴などの簡単な記述で終わっている。1972年（昭和47年）の「基礎理科2」の教科書（坪井、木下、鈴木；大日本図書）では、放射線と放射能、霧箱の実験、サイクロトロンによる原子の変換、ラジオアイソトープ、トレーサー、炭素14の年代測定、核分裂、連鎖反応、原子炉、地球上でのカリウム40の熱量、太陽の原子核反応などが紹介されている。1976年（昭和51年）の「化学II」の教科書（柴田、島村、吉岡ほか；大日本図書）では、人工放射性元素と天然の放射性元素の簡単な紹介のみである。1982年（昭和57年）の「化学II」の教科書（大日本図書）では、キュリー夫人の説明が加えられている。1984年（昭和59年）の「理科I」の教科書（三輪、市川、中村ほか；三省堂）では、放射線量と突然変異の関係、放射能、放射性元素、核分裂反応、核融

合反応，エネルギー源としての原子力などの記述がある．1985年（昭和60年）の「理科I」の教科書（市川，中村，渡辺，藤伊ほか；三省堂）では，エネルギー資源の観点から，放射線の種類，放射能，放射性同位体，核分裂反応，核融合反応，そして核エネルギーや原子力，核廃棄物処理の検討の話題などが取り上げられている．

#### （2）イギリスの教科書の一例

海外の教科書の特徴<sup>7)</sup>を述べる場合は，その国によって教科書の位置づけが異なっていることをふまえた上で議論を進める必要があるが，本報では，イギリスで使用されている「KEY SCIENCE」<sup>8,9)</sup>の一例を紹介するにとどめる．本書は，「GCSE」向けに書かれた書籍であり，「物理編」，「生物編」，「化学編」の三分冊に分かれている．「化学編」の中で，放射線については，放射能，放射線の種類，半減期，放射性同位体の利用，放射能の危険性，原爆の仕組み，広島に投下された原爆，原子炉，原子力発電所，水爆，放射性廃棄物（低レベル，高レベル），天然放射線，スリーマイル島・チェルノブイリ事故などが詳述されている．

#### （3）展望

50年ほどの高校化学の教科書の変遷をたどると，放射線に関する記述は，少しずつ削減されていることがわかる．イギリスの教科書と一律に比較することはできないが，大きく異なっていることは明らかである．森永<sup>10)</sup>は，国民の基礎的な知識として，放射線教育を「化学」で取り上げることがを提案している．具体的には，「放射能は一つの核の性質として詳しく扱う」，「トレーサーの概念を導入」，「放射線の性質に触れること」としている．事実，放射性同位体は，高校の化学分野に関係の深い医学，農学，薬学，生物学等で重要な役割を果たしている．今後，日本の高等学校の化学分野で放射線教育を導入することが可能であるかどうかについては，さらに，教育的な観点から研究を進める必要があると考えている．

### 4. 放射線教育を考慮した「総合的な学習の時間」案

放射線は自然界を構成する重要な要素の一つであるということばかりでなく，非破壊検査に代表される工学的な用途，診断や治療に代表される医学的な用途，そしてトレーサーとして生物学の領域での用途などさまざまな実用分野で，無くてはならないものであるにもかかわらず，原子力発電所の事故や原爆に代表される大量の放射線被ばくによる影響の恐ろしさばかりがマスコミに取り上げられ，放射線の正しい姿が捉えられていない．このような事態の中で，冷静に客観的に学習すること<sup>11)</sup>ができるのが，学校教育の大きな利点の一つである．また，（エネルギー問題に絡む）原子力発電に付随する放射線・放射性物質に関して，あるいは，必要性・重要性が増すであろう医療放射線に関して，考え・判断することが求められていくであろうこれからの社会の中では，一般的な知識・教養として，中等教育としての組織化された放射線教育が重要になっていくと思われる．しかしながら，理科のカリキュラムの中で放射線教育をしていくことが困難な状況が生まれようとしている．そこで，新しく実施される「総合的な学習」の枠内で，放射線教育を考慮したカリキュラムを私案としてお示ししたい．

#### I. ガイダンス（1h）

#### II. 日本のエネルギー事情（原子力発電の現状）（2h）

調査： エネルギーの種類・輸入先と割合

調査： エネルギー問題の過去・現在・未来

#### III. 原子力発電の原理と問題点（1h）

① 原子炉の種類と特徴と特徴

② 日本の原子力政策（の特徴）と将来像，および問題点

#### IV. 放射線の種類と性質（2h）

講義： 放射線の種類と性質 実験：①霧箱の観察実験 ②「はかるくん」・GM管などによる計測実験

#### V. 放射線の利用（2h）

講義： 医療による放射線量 調査： 工学的使用例の調査

#### VI. 放射線の影響とそのリスク（1～2h）

調査： 放射線の影響の分類と具体事例 調査： 放射線被ばく量とリスク

VII. リスクの考え方(リスクの算定の仕方)と様々なリスクの値 (1～2h)

実習： 各自の思いつくリスク例の提示とそのリスクの値の見積もり

VIII. 諸外国の(原子力発電の現状と)エネルギー政策 (3～5h)

調査： 諸外国のエネルギー政策の調査

スイス・ドイツ・スウェーデン・アメリカ・フランス など

発表： 諸外国のエネルギー政策の調査 (プレゼンテーション)

グループ発表： 各グループ1～2カ国

報告： 日本と諸外国のエネルギー政策について (レポート作成)

5. まとめ

日本と海外とでは、放射線に対する認識<sup>1 2、1 3)</sup> が大きく異なっている。特に、二見<sup>1 3)</sup> は海外の教育事情を詳しくレポートし、教育の重要性を指摘している。今後も、放射線教育のカリキュラムの重要性は、学校教育の現場からだけでなく、国内外の各方面からも、正しく客観的な議論が望まれることと思われる。21世紀にふさわしい放射線教育のカリキュラムの再構築が必要な時代となってきた。

6. 参考文献

- 1) 服部学, 桜井淳, "朝日現代用語 知恵蔵", 朝日新聞社, 881-898 (1999); 中村政雄, "現代用語の基礎知識", 自由国民社, 1061-1070 (1999); 小出裕章, "イミダス", 集英社, 860-871 (1999).
- 2) <http://www.monbu.go.jp/news/00000313/index.html>
- 3) 広井禎, 理科の教育, 47(557), 826-828 (1998).
- 4) 村川雅弘, 教育展望, 44(5), 38-47 (1998).
- 5) 三門正吾, International Symposium on Radiation Education(ISRE 98), 72(1998).
- 6) [http://ibuki.ha.shotoku.ac.jp/~ishihara/shidou/shidou\\_index.html](http://ibuki.ha.shotoku.ac.jp/~ishihara/shidou/shidou_index.html)
- 7) 大室大應, 理科の教育, 48(558), 9-12 (1999).
- 8) Jim Breithaupt, "KEY SCIENCE Physics", Stanley Thornes Ltd. (1995); Eileen Ramsden, "KEY SCIENCE Chemistry", Stanley Thornes Ltd. (1996); David Applint, "KEY SCIENCE Biology", Stanley Thornes Ltd. (1995).
- 9) 山内辰治, 渡部智博, エネルギーレビュー, 18(6), 50-51 (1998).
- 10) 森永晴彦, "原子炉を眠らせ, 太陽を呼び覚ませ", 草思社, 112-117 (1997).
- 11) 村石幸正, 物理教育, 43(2), 154-159 (1998).
- 12) (財) 日本経済教育センター, "調べてみよう・考えてみよう エネルギーと私たち(CD-ROM)", NHK エデュケーショナル (1999).
- 13) 二見喜章, "意義あり!", ERC 出版 (1998); "ドキュメント原発建設", 世界日報社, 201-231(1992).

表1 学習指導要領の理科の科目

年	科 目
1952 (昭和 27)	物理, 化学, 生物, 地学
1955 (昭和 30)	物理, 化学, 生物, 地学
1960 (昭和 35)	物理 A, 物理 B, 化学 A, 化学 B, 生物, 地学
1970 (昭和 45)	基礎科目, 物理 I, 物理 II, 化学 I, 化学 II, 生物 I, 生物 II, 地学 I, 地学 II
1978 (昭和 53)	理科 I, 理科 II, 物理, 化学, 生物, 地学
1989 (平成元)	総合理科, 物理 IA, 物理 IB, 物理 II, 化学 IA, 化学 IB, 化学 II, 生物 IA, 生物 IB, 生物 II, 地学 IA, 地学 IB, 地学 II
1999 (平成 11) <sup>2)</sup>	理科基礎, 理科総合 A, 理科総合 B, 物理 I, 物理 II, 化学 I, 化学 II, 生物 I, 生物 II, 地学 I, 地学 II

表2 学習指導要領（理科）の項目と説明

年	科目	学習指導要領（抜粋）
1955（昭和30）	物理（5単位）	原子核の崩壊； $\alpha$ 線・ $\beta$ 線・ $\gamma$ 線，原子核の崩壊，原子エネルギー（原子については，簡単に扱う。）
	物理（3単位）	原子核の崩壊；原子核の崩壊，原子エネルギー（原子については，簡単に扱う。）
	化学（5単位）	放射能，原子核反応（放射能については，現象を理解する程度とする。）
	化学（3単位）	放射能（放射能については，現象の理解の程度とする。）
1960（昭和35）	物理A	原子，原子核；原子模型（原子は1個の原子核とそのまわりを回る何個かの電子とからなることを扱う。） 原子核の電荷と質量，原子核の変換，放射能
	物理B	原子，原子核；原子模型（原子は1個の原子核とそのまわりを回る何個かの電子とからなることを扱う。） 原子核の電荷と質量，原子核の変換，放射能
1970（昭和45）	物理I	放射能（「放射能」については，放射線の種類，強さ作用などを扱い，応用についても簡単に触れること。）
	物理II	原子と原子核；原子の構造，原子核の構成，原子核の変換，核エネルギー
	地学II	地球内部における放射性元素
1978（昭和53）	理科I	太陽エネルギー，原子力の活用（「太陽エネルギー・原子力の活用」については，エネルギー資源としての利用を扱い，放射能にも触れること。）
	物理	放射能，核エネルギー（「核エネルギー」については原子力の利用とその安全性の問題にも触れること。）
	地学	太陽；太陽の形状，太陽の活動（「太陽の形状」については，太陽を恒星の一つとして扱うが，そのエネルギー源である核融合反応については，その概略を扱う程度にとどめること。）
1989（平成元）	総合理科	人間と自然；資源・エネルギーとその利用（自然を総合的にとらえ，人間生活とのかかわりを中心に扱うこと。 例えば，水資源，化石燃料，太陽エネルギーなどを取り上げ，資源・エネルギーの有限性や再利用にも触れること。 また，放射能及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること。）
	物理IA	エネルギーと生活；太陽エネルギーと原子力（原子力については，放射能及び原子力の利用とその安全性の問題にも簡単に触れること。）
	物理IB	放射能（放射能及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること。）
	物理II	原子の構造；原子核の変換
	地学IA	資源と人間生活；エネルギー資源（太陽放射の熱エネルギー，化石燃料及び核燃料のエネルギーを中心に扱うこと。）
	地学IB	太陽と恒星；太陽の形状と活動（地球に及ぼす影響にも触れ，核融合反応については概略にとどめること。）

## 【資料B】

### 「放射線教育と科学リテラシー」

飯利 雄一（日本原子力産業会議・元信州大学教授）

今まで発表された先生方が、理科教育・物理化学等の学習の中で、どうやったらエネルギーや原子力教育、また放射線教育が効果的に行えるかということで、大変な努力をなさっている様子をお聞き、つくづく感心しました。

私自身は、今まで日本の教育に携わりそのエネルギー教育の在り方について考えてきましたが、どうも日本の教育に欠けている部分があるのではないかと、21世紀に向かってこれまでとは違った視点で教育の目標や方法を考えていかなければ、本当の意味で、対応するエネルギーや原子力・放射線教育ができないのではないかとこの気持ちを持っております。そういった意味から、これまでの先生方とは違った視点で述べたいと思います。

タイトルは「放射線教育と科学的リテラシー」であり、サイエンスティフィックリテラシーがエネルギーや放射線教育の上で極めて必要なことであり、そのような立場を踏まえて述べていきたいと思っております。最初に従来のが国の科学(理科)教育がどのようになされてきたかを概観してみたいと思っております。

これまでの我が国における理科教育の目的を考えるときの視点をあげて見ますと、一つは『科学・技術が人間の社会生活や産業の発展に貢献すること』ということが挙げられます。これは明治の近代化が始まった百二・三十年前以降から現在まで、ずっと続いてきたことであり、次は、科学・技術が進展してきますと、人間生活にとって科学・技術のマイナス面も出てまいります。科学技術の成果として、例えば、原子力の研究が原子爆弾の開発促進や製造になり、工業の進展による高度社会。経済がエネルギーの大量消費に繋がりが、その影響が環境汚染や破壊を起こすなどの、『科学・技術の発展が人間性や生活の向上に相反すること』といった問題が出てまいります。それらに考えて対応することも目的の中に取り込めたいことが挙げられました。

もう一つは、40年程前に欧州で国際物理教育会議がありました。その時、物理学などの科学教育は美術や音楽のような、感性を大事にする情操教育と同じであるという主張がありました。このことは『科学を優れた人類文化としての普遍的な価値として認めること』になります。この視点についても科学(理科)教育の目的として考えられてきたことでもあります。

このように、これまでの理科教育は、三つの視点で目的や目標が設定されてきたと言えます。

それでこのような三つの視点で行われる教育になると、例えば、物理学の学問的な体系や概念とか科学の知識・内容といった、これまで出来上がっているものを、文化遺産として伝達していくという学習方法がとられてしまいます。そのようなことでは、科学的な知識や内容の習得と理解をさせ、よく覚えさせてきちんと定着させる教育になります。

ところで、理科教育ということを考えてみますと、昔からありました科学の学問的な知識や体系を伝達するだけではなく、いろいろな科学の課題に対して論理的な思考をさせたり、問題解決させる中で人間形成を図っていくしていくところに理科教育の役割があるということが挙げられます。

そうすると、違った視点や観点で理科教育の目的を考えていかなければならないということになります。その目的に対する観点は何かというと、その時代や将来の社会の変化に対応して豊かな生活ができるための資質の育成といったことが挙げられます。

ここで我が国の21世紀に向かって取り組まなければならない今日的課題を考えてみますと、その一つとして、科学技術の進展に伴って高度経済成長社会における多様で複雑な問題など、多くの解決しなければならない課題が挙げられます。そのような社会や時代の中で生きていく国民への教育の対応が考えられなければならないと思っております。

我が国の大きな問題の一つとして原子力問題の解決が挙げられます。世界で唯一の原子力爆弾の被爆国として、原子力発電や放射線に対する拒否反応が強く、原子力発電所の設置や立地等での大変強い対立的な反対運動等があります。このことの影響を受けて、学校教育でも多くの教師が同様に原子力政策に対して反対するといった傾向が見られます。

例えば、エネルギー問題と原子力問題を教える場合に、「原子力発電」の一つをとって見ても、原子力に反対派か賛成派かのどちらかでないと教えることができないような気持ちを持っている先生方が多いのです。

ところが、本来はそんなことで教育してはならないのです。

以前に私はエネルギー・環境教育の調査のためにスウェーデン等欧州諸国に行きましたが、そのときに感じたのは欧州諸国の多くの国民は一人一人がエネルギーや原子力、放射線の問題に対する価値観や判断力について、きちんとした意識や意見を持って対処しているのを見ました。そして、学校での教育の中で、市民一人一人が責任を持って問題や政策について判断し自ら決定することのできる資質の育成が行われているようです。

日本の学校教育では、原子力や放射線の問題のように価値観や政治・政策的な判断が求められるような学習内容を教える時、教師は反対派側の考え方に立つか賛成派側の考え方に立つか、どちらかの側の考え方をしないと教えたことにならないと言った気持ちがあるようです。このような考え方による教え方がどうも間違っていると思っているというのが私の率直な感じであります。どのような教育が良いか悪いかは、後でご議論いただきたいと思います。

ところで、1996年の11月に、東京でOECDの教育に関するシンポジウムがありました。そのシンポジウムでアメリカのミュラー氏の発表された『OECD 諸国の科学技術への一般的理解：比較分析』での、世界14カ国の調査結果を見ますと、現代の社会に生活する市民に求められている“科学の基礎的な方法を知り、科学技術を含む政策議論を理解することができる資質”、すなわち「市民の科学的リテラシー」の水準(レベル)が、日本はポルトガルに続いて下から数えて2番目と極めて低いのです。それでいて1996年に行われたIEA(国際教育到達度評価学会)の理科学力(知識・理解)の調査結果を見ると、我が国は世界諸国に比べて理科・数学ともにトップレベルの位置にいます。

このことは、我が国では従来の科学(理科)教育では、科学や数学の知識内容やその理解という面では効果を上げていますが、科学技術の政策の判断や決定に対処するための能力や資質が欠けており、そのレベルが極めて低いといった深刻な問題が挙げられるのです。

これから21世紀に向けて、エネルギー、環境、原子力、放射線等の科学技術に関する複雑な問題が、これから一層多く出てくるのが予想されますが、それらに対応できるための市民の資質や能力として、我が国の科学(理科)教育として科学の体系や内容の理解だけでなく、科学的リテラシーの資質形成を重視した教育へ、一層の転換を図る必要があると思います。そういった観点から、表題に掲げました「放射線教育と科学的リテラシー」について申し上げているということでございます。

現在、文部省の方で教育課程の改訂が行われ、新しい学習指導要領が作成されています。その中に、小・中・高等学校の全てに、教科間の連携を図りその枠を越えて学ばせる学習として、「総合的な学習」が必修として創設されました。この「総合的な学習」は、実のところイギリスのナショナルカリキュラムの中に、エネルギーや環境について学ばせる「クロスカリキュラム」というのがございますが、それを参考にして持ち込まれた学習方法として、教科・科目の枠を越えた多面的な学習、例えば、理科や社会科、また家庭科・保健体育等をクロスして学習していくという方法が取られるものです。

これは、私達の調査団が欧州にエネルギーと環境教育が行きまして、イギリスから資料を載ってきて報告したのが最初でございます。その教育ではどういった学習が行われるかといいますと、討議やディベートによる学習、リサーチ学習といった研究的な学習といったものによって、エネルギーや原子力・放射線問題、環境問題等の価値観の対立している問題について学習させることができる。

また、この学習ではこれまで日本では欠けていた、例えば、原子力問題等で円卓会議というものをやりましたが、参加した人達が全然歩み寄ることがない、反対側は反対の主張だけをする、賛成側は賛成の意見だけを言うといった状況である。日本の国民はそういった資質でしか育てられていないという問題がありますが、「原子力発電の設置」問題を議論し合意形成をする資質の育成といった教育が可能になります。

これから世界の中で日本が生きていくためには、いろいろな事態や場面に即応して互いに歩みよることができ、他人の言っていることをよく聞いて考えコンセンサスが得られる国民を育てていかないとならないということが私の科学教育に対する考え方でございます。そのことが、私の申し上げたい科学(理科)教育での科学的リテラシーの育成ということでもあります。

放射線教育としての立場で申し上げますと、「放射能」とか「放射線」だとか「原子力」等の正しい知識・理解とともに、それらに対する拒否反応の解消や安全性、リスク等の問題も含んで、公正な判断できる思考力などの資質の育成を目指して科学教育を考え、見直していく必要があるということが私の提案であります。

## 【資料C】 JCO事故の中高大学生へのアンケート

宮澤弘二（東京家政大附属女子中高）

中学生，高校生，大学生に，「核燃料加工工場JCO事故についてのアンケート（宮沢）」を課した。  
問いは，中1でも分かる程度の内容とし，全てに同じ質問を行った。

[アンケート結果]（中，高1，高2）の順，単位は人数。

1. JCOの事故は，どんな事故か知っていますか。  
a知っている（30，33，41） b知らない（5，2，4）
2. この事故の内容について，一番，良く知ったのは，いずれの報道からですか。  
aテレビ（28，31，38） b新聞（2，9，2） c雑誌（0，2，0） dその他（3，，0）
3. 事故の原因について，知っていますか。  
a知っている（15，26，34） b知らない（19，9，6）
4. 今回の事故についての関心の割合について  
aすごく気になる（6，10，5） b普通（20，20，32）  
cあまり気にならない（6，3，2） d気にならない（3，2，0）
5. 次の項目について，特に知りたいと思う項目について3つまで選択してください。  
a臨界（12，6，10） b放射線（20，10，21） c中性子線（2，2，3）  
d被爆量（12，7，12） e原子（1，4，1） f原子核（6，4，3）  
g被爆の症状（19，21，19） h事故の原因（9，9，8）  
j亡くなった人の死因（5，12，9） k汚染状況（12，19，20） lその他（1，，）
6. 上記の項目で知りたいという学習はどこで実施したらよいか。  
a学校（19，12，3） b報道関係の情報から自分でする（11，18，20）  
c国や行政が提供する（8，17，11） cその他（，，3）
7. 再び事故を起こさないためにはどうしたらよいか。  
a原子力発電の中止（0，2，2） b核燃料のコストダウンの競争の廃止（8，9，2）  
c放射線教育の国民的レベルの普及 d国が原子力施設などの徹底管理と原因調査  
e義務教育レベルで放射線教育の徹底（1，3，5）  
f事故は必ず起こるという前提で施設，設備の管理と社内教育の徹底をはかる（20，20，21）  
gその他（，2，1）
8. 今回の事故の責任はどこが取るのが妥当でしょうか。  
aJCO（20，29，27） b科学技術庁（13，13，17）  
c事故を起こした作業員（13，8，5） dその他（2，3，2）
9. 現在の学校教育での放射線教育と，今回の事故について  
a今回の事故は，国民的レベルで放射線教育が学校教育でもっと取り入れていたら未然に防止できた（6，26，7） bそのようには考えられない（26，9，34）
10. 原子力や，放射線についてどの様な印象をもっていますか。  
a難しく，危険なこと（28，26，34）  
b今後ますます利用するためにもっと学習したい（1，4，2）  
cこれらのものは早く廃止してほしい（8，4，11） dその他（2，2，4）

## 【資料D】原子力議論の下地をつくる

渡部智博（立教高）

### 【レディネスに注目したQ&A】

科学的に判断する能力を育成させることは、大切な教育目標である。例えば、放射線に関する事柄を単なる知識に終わらせないためには、科学的に議論をシェアすることが必要となる。しかし、議論を成立させるためには、ある程度身近な題材をとりあげて、議論の進め方を習得させておくことが肝要である。

できるだけ基礎的な知識を必要としない自動車を一つの事例として、原子力発電に関する議論と対比させる試案を作成した。原子力発電に関する回答には、種々の答え方があると考えている。

### ※JCO事故の理解を助けるレディネスに注目した質問

1. 反応を速くする方法は何か。
2. 使いやすいエネルギーとは何か。
3. 良いエネルギーとはどういうエネルギーか。
4. 安全とは何か。
5. 危険とは何か。
6. 事故とは何か。
7. どうして事故が起きるのか。
8. どういうときに事故が起きるのか。
9. 事故を起こさないようにするためにはどうしたら良いか。
10. 新しいエネルギーを開発するためにはどうしたら良いか。
11. 事故が起こったときにはどう対処したらよいか。

### ※交通事故を例に考えさせるレディネスの質問

自動車		原子力発電	
自動車は役に立っていますか。	はい いいえ	原子力発電は役に立っていますか。	はい いいえ
役立つ理由は何ですか。	人やものを運ぶ	役立つ理由は何ですか。	エネルギー源
私たちの生活上、自動車があると困ることは何ですか。	交通事故 交通渋滞	私たちの生活上、原子力発電があると困ることは何ですか。	安全性に不安がある
交通事故をなくすために、どのようなルールがありますか。	交通標識 制限速度 その他のルール	安全性の不安を解消するために、どのようなルールがありますか。	・・・
安全に配慮するため、どのような工夫がなされていますか。	自動車の整備 ブレーキ エアバッグ シートベルト	安全に配慮するため、どのような工夫がなされていますか。	・・・
1年間の交通事故は何件くらいありますか。	死亡者は約1万人	事故は、どのくらい発生していますか。	・・・
古くなった自動車はどのように廃棄されていますか。	スクラップ 再利用	廃棄物はどのように処理されていますか。	・・・

## 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報告 (1999年度)

本委員会は、当初下記のような計画で調査を実施するとして作業を開始した。

### 1. 調査対象（診療部門）

- (イ) 看護婦養成機関
- (ロ) 診療放射線技師及び臨床検査技師
- (ハ) 医師及び歯科医師

### 2. 調査方法

- (イ) 調査対象機関の選定及びその名簿作成
- (ロ) カリキュラムの収集
- (ハ) 国家試験問題の収集（過去5年間を予定）
- (ニ) アンケート調査の実施（カリキュラムの中に「放射線の安全利用・管理に関する教育」が含まれているか）

本年度は、先ず看護婦養成機関を対象に調査対象機関の名簿作成、看護婦国家試験出題基準（並びに薬剤師国家試験出題基準）を入手して試験項目に放射線関連の問題が出題されているかどうか調査するとともに、放医研看護婦研修コース（医療機関ですでに実務就いている看護婦が対象）のアンケートの中から看護婦に課せられている放射線関連業務並びに回答者がそれまでに受講した研修等についてまとめた。

### 看護婦養成機関リストの作成

カリキュラム等の調査を目的として、私立大学・短大等の看護婦養成機関のリストを作成した。公立機関については現在調査中である。

### 看護婦国家試験出題基準

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1. 人体の構造と機能      | 2. 疾病の成り立ちと回復の促進 |
| 3. 社会保障制度と生活者の健康 | 4. 基礎看護          |
| 5. 在宅看護          | 6. 成人看護          |
| 7. 老年看護          | 8. 小児看護          |
| 9. 母性看護          | 10. 精神看護         |

これら一つ一つの基準の中には、目標1, 2, あるいは3などが有り、それらはまた、通常複数の大項目、大項目は中項目、中項目はそれぞれ小項目よりなる。

この中で放射線に関する項目としては、4. 基礎看護の中の目標2. 基本的

看護技術についての理解を問う、3. 診療に伴う技術、A. 診察・検査、c. 検査時の看護の小項目に、尿、便、喀痰、血液採取及び検査などの9項目の中にX線検査、CT検査、内視鏡検査、核医学検査がある。しかし、放射線に関する基礎的知識に関する設問は見当たらない。

#### 薬剤師国家試験出題基準

出題は、1. 基礎薬学 2. 医療薬学 3. 衛生薬学 4. 薬事関係法規及び薬事関係制度、の4分野にわたって行われる。各出題分野は、分野別に「大項目」、「中項目」、「小項目」及び「小項目の内容の例示」に区分される。

放射線に関する項目としては、1. 基礎薬学、大項目「物質の構造と性質」の中にラジオイムノアッセイ、CTスキャン、ファイバーコープ、X線造影が、2. 医療薬学、大項目「医薬品の有効性と安全性」の中に放射性診断薬がそれぞれ小項目の内容の例示としてあげられている。放射線に関連する基礎的設問は見当たらない。

#### 放医研の第12回放射線看護婦課程研修生アンケートより（28名）

研修応募者の所属は、大学病院（国立、公立、私立）、国公立病院（国立・公立）、赤十字病院、私立病院、その他の病院等であり、教育機関（看護学校など）からの応募者はなかった。職種は護婦婦（診療検査課、放射線科、手術室科、外来科、画像診断センター科、外来処置室科、耳鼻口外咽喉科、循環器内科、脳外科、消化器内科、救急科、RI兼務他科混合等）及び看護師（放射線科）である。従事している放射線関連業務はさまざまであり、アンケートから実際にさまざまな業務に従事している様子がうかがわれる。現代の医療から放射線関連業務を除くことはできないといわれている。

しかし、これまでに放射線に関する講習を受けたことがありますか。それはどのような講習でしたかという問いに対しては、

- (1) ある(所属機関内での講習)：7名
- (2) ある(看護協会の研修、日本アイソトープ協会)：2名
- (3) ない：19名

ということである。毎回のアンケート調査の結果も同様な傾向を示しており、70%近くの受講者がないと答えている。

今後も続けて調査を進めてゆく予定である。

主査 大橋國雄  
協力者 放医研特別研究員 渡利一夫  
協力者 群馬県立医療短大 石原十三夫  
広島県立保健福祉短大 砂屋敷 忠



第4章 要望書・意見書とその効果  
あるいは反響について

放射線教育フォーラムは、その目的達成のためには、行政に対しその主張を述べ、可能な限り行政施策への反映を求めることが必要であると考えたものである。本章では、文部大臣および科学技術庁長官へ提出した、学校および社会教育における放射線教育の現状改善を求める要望書や意見書の内容と、その反響（参議院決算委員会会議録、その他）について記した。

1.

文部大臣  
小杉 隆 殿



### 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」

平成8年11月19日提出

放射線教育フォーラム事務局

〒105 東京都港区新橋1-18-2 明宏ビル6階

電話 03-3503-5844

FAX 03-3503-5843

## 要 旨

来世紀には世界の人口問題と、エネルギー問題と、付随する環境問題が深刻化することが明白であります。特に一次エネルギーを海外に依存している日本では、エネルギー危機への対応を講じておかねばなりません。日本のような先進国は、自国のみのためでなく、地球上の人類全体のために、その技術力と英知を働かせて対策を考える義務があるといえます。方策としては、省エネルギー、原子力発電、および新エネルギー源の開発があります。このうち省エネルギーは、技術的には、現在使用中の種々のエネルギー発生装置の効率を改善することにより幾分かは効果が挙がる余地があるようではありますが、生活レベルを向上させたい人間の基本的欲求から、地球規模で考えるとその効果はあまり期待できません。新エネルギーである太陽光、風力、地熱、潮力なども、大量のエネルギー需要を満たすには不十分であります。地球温暖化という環境問題から考えても、当面は原子力に頼らざるを得ません。

しかし、原子力には必ず放射線・放射能が関連しています。専門的な見地からは放射線・放射能は自然現象の一つであり、医療をはじめ人間生活の各所で大きな貢献をしています。また原子炉は、原爆とは異なり、十分制御可能なものであります。ところが日本国民は過去の経緯から、原子力や放射線・放射能という言葉に抜き難い恐怖感と不安を抱いています。新聞などの報道機関は、原子力の貢献を認める一方で、その危険性を強調し過ぎており、エネルギーや環境問題という基本的・客観的な立場からの冷静な報道がされていないことが間々あります。その結果、原子力平和利用の社会的受容に困難を来していることは最近の事例で明白です。

社会教育の基本となるものは学校教育であります。ここでも一般社会の風潮と同じく放射線・放射能の危険性が強調されています。それと同時に、問題はむしろ原子力のような価値判断が分かれる問題については、正当に取り上げることが避けられ、放射線・放射能の取扱いが軽視されている点にあります。現行の高校の教科書における放射線・原子力関係の記述を調査した結果は、最近のものは以前よりも改善が見られますが、一般的に言って記述は甚だ不十分かつ不適切であります。理科でも科目によっては殆ど触れられず、物理でも不正確な記述が散見されます。また入試にもその出題は稀であります。社会などでは、各種のエネルギー資源の公平な比較がされずに、原子力に批判的な論調が目立ちます。このような状況では、将来この分野に必要な研究者・技術者の人材の不足は必至であり、関係者は強い危機感を持っています。科学立国を国是としながら理科教育全体が危機的状況にあることと相まって、この分野の学校教育の現状は看過できるものではないと考えます。

この事態を改善するために、私どもは昨年6月30日に、「放射線教育の改善に関する要望書」を提出して、現行の高等学学習指導要領の改訂案を提案いたしました。本要望書は、前の要望書の趣旨を敷衍・説明したものであります。学習指導要領の改訂や教科書の検定に携わっておられる文部省の担当官各位や、教育行政に関わっておられる方々、教科書の編集・執筆者の方々、さらには実際に教育に携わっておられる教員各位、およびこの分野の新しい情報にご関心のあるマスメディアを含む一般の方々にも参考にしていただくべく、「放射線・放射能教育」のみならず、それと深い関係のある「エネルギー・環境教育」および「原子力教育」という多岐にわたる分野につき、多少専門的な事項を含め、要点を明確にして説明してあります。関係の各位におかれては、本文書に記されたような正しい科学的情報、および私どもが妥当と信じる価値観に基づく考え方を、今後の学校教育の基本とされることを願うものであります。

# 「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」

## 目 次

### 各章（付記を含む）の要旨

（１）本要望書提出の背景について-----	1
（２）放射線と放射能の本質と利用に関する教育の改善の必要性について-----	2
（３）放射線・放射能の人体への影響をいかに教えるかについて-----	3
3.1 人体への放射線の影響，特に放射線障害について-----	3
3.2 放射線影響に及ぼす諸因子について-----	4
3.3 低線量被ばくによる影響について-----	4
3.4 生体がもつ放射線その他の有害因子に対する対応について-----	5
3.5 放射線影響に関する基本的考え方について-----	5
3.6 学校で行われるべき放射線教育について-----	6
（４）エネルギー・環境問題に関する教育の改善の必要性について-----	7
〔付記〕	
（Ａ）学校における放射線教育と原子力教育の関連性について-----	9
ア 原子力教育の特殊性について-----	9
イ 発電用原子炉の安全対策について-----	11
ウ 放射性廃棄物について-----	11
エ 国際貢献としての原子力・放射線について-----	12
（Ｂ）技術開発や近代の社会生活に伴うリスクに関する教育について-----	13
（Ｃ）その他特に考慮すべき教育行政上の問題点について-----	13
〔文献〕-----	14
〔一部文献よりの抜粋〕-----	15
〔添付書類〕「放射線教育の改善に関する要望書」 （平成7年6月30日付け，放射線教育フォーラム）	

## 各章（付記を含む）の要旨

### 1. 本要望書提出に至った背景

本要望書と、前回に提出した要望書「放射線教育の改善に関する要望書」を提出するに至った背景についての概略の説明がされている。現行の学習指導要領では、理科の5区分から2科目を選択することになっているので、自然科学の基礎である物理を履修しなくてもよいことになり、これでは将来の人材養成の上で大きな問題である。また、放射線・放射能に関する学習指導要領における位置づけが低いため、わが国の生徒はこの分野の知識が他の国に比べて劣ることが判明している。放射線・放射能に関して、すべての生徒が履修するようにすべきである。

### 2. 放射線と放射能の本質とその利用に関する教育について

放射線・放射能は宇宙が生成した時から存在し、現在もわれわれの身の回りに満ち満ちている。放射線は、純学問的に見ると物質と同様な重要な構成成分とみなすことができる。放射線と放射能は、その発見以来、純粋自然科学の発展に、またわれわれの生活を豊かにするための応用の面で人類に大きな貢献をしてきた。放射線と放射能の利用なしには、現在の医療技術の目ざましい進歩は実現しなかった。このような事実を学校教育において、もっとはっきり教える必要がある。

### 3. 放射線と放射能の人体への影響をいかに教えるか

#### ①放射線の人体への影響、とくに放射線障害について（本文3.1）

放射線は効用と害の両方を持っている。人体への害について教える場合、最近の科学的情報に基づく正確な知識を与える必要がある。すべて「科学的なものの考え方」というものは、定性的でなく、定量的でなければならない。放射線の人体への影響についても、その効果は放射線の量によって大きく異なり、放射線の量が多いほど影響も大きい。放射線障害には、被ばくしてから間もなく現れる急性障害と、かなり後になってから現れる晩発性障害または遺伝的障害とがある。障害はある値（これを「しきい値」という）以上の放射線を受けた時以外は現れない、とはっきりと判っている場合と、それがあのかないのか、まだ断定できない場合とがある。急性障害と晩発性障害のうちでも白血病については、しきい値が存在することが判っていて、これらを「確定的影響」という。一方、白血病以外のがんの発生や遺伝的影響については、しきい値の存在を実験的に確かめるのが困難であるので、国際放射線防護委員会（ICRP）は、放射線防護の観点から、しきい値はないと仮定し、受けた放射線の量に比例して障害が発生する可能性がある、とみなすことを勧告している。後者を「確率的影響」という。

#### ②放射線影響に及ぼす諸因子について（本文3.2, 3.4）

放射線の人体への影響は、放射線の量や放射線の種類によって異なるほか、被ばくする人の年齢、放射線が当たった体の部位（臓器、組織）によって異なる。また、人体は、放射線やそのほかの原因で受けた細胞の損傷をかなりの程度まで修復するという驚異的とも言える機能を本来もっていて、条件により被ばくの効果を低減させるという事実が確認されている。

#### ③僅かな量の放射線の被ばくの影響について（本文3.3, 3.5）

ICRPは、放射線防護の立場から、がんや遺伝的影響については「放射線はたとえ微量でも有害である」と仮定して、「できるだけ放射線をうけないように」と勧告をしている。このことが、一般の人々には、放射線はどんなに僅かでも害がありその影響は子孫末代に及ぶ、という不必要な危惧を与えている。ICRPのこの考え方には、放射線を防護するために十分に安全を期すという法規的体制作りなどに有益であったが、一方、現在のように一般の人々が過剰に放射線・放射能を怖がる状況を来している事実は、平和利用のための原子力の開発を妨げることとともに、すでに被ばくしてしまっている人々に大きな心理的ストレスを与えているという弊害がある。

#### ④学校で行われるべき放射線教育について（本文3.6）

放射線・放射能の生物・人体への影響に関する教科書の記述においても、その危険を必要以上に強調しすぎる傾向がある。僅かな量の放射線のリスクに関する正しい知識を、われわれが日常生活で遭遇するさまざまなリスクとの対比において、先入観なしに常識として持つよう

に教育することが必要である。さらに実習・実験を通じて、(放射線防護の基本的3原則で)放射線から身を守ることができることや、すべての放射性物質(放射能)が固有の半減期に従ってひとりでの減衰してゆくことを、実際の体験を通じて理解させることも、教育の手法として極めて効果的である。

#### 4. エネルギー・環境問題に関する教育の改善の必要性について

来世紀において全人類の直面する重要問題は人口問題、エネルギー問題、および環境問題である。増大する人口をまかなうにも、環境保全を保つにもエネルギーの消費を伴うので、これら3つのうちエネルギー問題が最重要課題である。その解決には、省エネルギー、原子力発電、および新エネルギーの開発の3つの方策がある。省エネルギーは、エネルギーを供給する側からすると、発電設備などの効率の改善を計ればまだ多少は効果があがる余地があるようであるが、エネルギーの消費者側からすれば、大幅の省エネルギーは生活水準の低下を意味し、エネルギーの大量消費に慣れた先進国のこれまでの生活様式や産業構造を一朝一夕に改善できるとは期待できない。また”環境にやさしい”新エネルギーである太陽光、風力、地熱、潮力などは、残念ながら大量のエネルギー需要を満たすには到底不十分である。二酸化炭素による地球の温暖化という環境問題から考えても、当面は原子力に頼らざるを得ない。このような事実について、報道機関も、学校教育においても、もっと客観的に、冷静に一般に知らせ、教育する必要がある。

#### [付記]

##### A. 学校教育における放射線教育と原子力教育の関連性

###### A. 原子力教育の特殊性について

放射線・放射能と原子力とは密接な関係がある。しかし、原子力すなわち放射線・放射能と結びつけられ混同されて、放射線の利用までが悪いイメージを持たれてしまう傾向がある。放射線・放射能と原子力とがどのような関連があるのか、どう違うのかをきちんと理解させるのが基本であらねばならない。ところが、わが国の学校教育では、原子力・放射線の問題はままこ扱いにされて、基本的知識に関する教育が十分行き届かず、生徒を含めて一般社会人の原子力に関する基礎的知識が不十分である。そして教育関係者や原子力を専門としない科学者を含めて、大部分の一般の人々が原子力に対し漠然とした不安を持っている。それは「原子力の安全性」について必ずしも信頼されていないことにある。その内容を分析すると、①原子力発電所の安全性、すなわちチェルノブリのような事故への不安、②放射性廃棄物を生じることと、その処理方法のめどが立っていないと伝えられることへの不安、③放射線・放射能への不安、④情報不公開に関する不安、などに分類される。

①については、本文イ。「発電用原子炉の安全対策について」、②については、ウ。「放射性廃棄物について」で詳しく述べられている。

###### B. 技術開発や社会生活の近代化に伴うリスクに関する教育について

原子力開発に関して持たれている不安に関連して、技術開発や社会生活の近代化にともなうリスクと、技術開発がもたらす利便(ベネフィット)をバランスにかけて総合的に判断する能力を、これからの人々がもつことが望ましい。わが国でも、これから教育に採り入れることを検討すべきである。きちんとしたリスクの概念の理解があり、そして基本的な科学的知識を持っておれば、あらゆる場合に的確かつ公正な判断をすることができる。

###### C. その他特に考慮すべき教育行政上の問題点について

最後に、一般的な教育行政上の3つの問題提起がされている。1つはわが国の教育方針の策定にあたり、いわゆる「縦割り行政」を改めてもっと国益を考慮し、さらに、教育行政においても世界の指導的立場を取るくらいになってもらいたいこと、2つ目は、高校で教えるべき内容について、エネルギー・環境問題や放射線・放射能のような重要な事項は必修として全生徒に学ばせるべきであるが、一般的には規制を緩和する方向であるべきこと、3つ目は、教育行政においても、できるだけ一般国民の意見を取り上げる体制を作っていたいただきたいことである。

## 要望書

### (1) 本要望書提出の背景について

貴省におかれては「教育課程審議会」が発足し、現行の「学習指導要領」の改訂の作業が開始されたと聞いています。ここでの問題点は、学校での授業を週5日とする制度のもとで、理科教育の改善を計ることにより、

①科学技術立国を国是とする日本の将来を担うべき人材をいかに育成するか、

②「市民の教養としての基本的な科学的知識や科学的なものの考え方」をいかに育成し、公平な判断力を持たせるための、いわゆる「サイエンスリテラシー」を達成させるか、ということがあります。

現行の高校の学習指導要領では、理科は〔総合理科〕〔「物理1A」または「物理IB」〕〔「化学1A」または「化学IB」〕〔「生物1A」または「生物IB」〕〔「地学1A」または「地学IB」〕の5区分から「2区分にわたって2科目」を選択履修することになっています。5区分のうち、どうしても入学試験において「難しい」と考えられる物理は生徒に敬遠されています（履修率は30%以下）。物理は自然科学を学ぶ上での基礎であります。その物理を履修しなくても理科を学習したとすることができる現行の理科の選択履修の制度は、上記の①の将来の人材養成の立場から大きな問題であります。

さらに、理科で学ぶべき内容のうち、「放射線・放射能」は学問的に重要な事象であるとともに、応用的にも、資源の乏しいわが国が将来の全人類のエネルギー問題解決のために推進すべき原子力の平和利用の基礎となる重要な知識であります。ところが現状では「放射線・放射能」は、総合理科や物理1Aまたは物理IBで取り扱われているだけで、またその内容は物理1Aや物理IBの教科書では末尾の部分に記述されているため、入学試験における出題も稀であり、この部分が実際に教育現場で十分に扱われるかどうか疑問であります。物理以外の、例えば化学などの科目においては学習指導要領で放射線・放射能は教えるべき内容に含まれていず、これはこの要望書(2)項で述べますように、化学における放射性元素の役割などを考えたとき、これは極めて不当な取り扱いと考えざるを得ません。また一般に、放射線・放射能に関する教科書における記述は不十分で、科学的にも不正確なものが間々みられ、最新の情報に基づいた正確で公正な教育が必ずしも行われていません<sup>1)</sup>。その結果は、青少年のエネルギーと環境の基礎的知識をわが国と欧州の6ヵ国と比べた最近の調査で、わが国の生徒は原子力関係の問題に限り正答率が最も低かったという事実<sup>2)</sup>に現れています。これはわが国の学校教育においてこれらの重要な問題の取扱が軽視されている結果であることは明白であり、上記の②の立場からも、この現状は放置しておくことのできない由々しき問題であると考えます。

この現状の改善のために、われわれは昨年提出した「放射線教育の改善に関する要望書」<sup>1)</sup>において、①すべての生徒に放射線および放射能に関する最新の科学的事実に基づいた基礎的知識を学ばせること、②現行の学習指導要領に従うとすれば、「総合理科」「物理1A」「物理IB」の「教えるべき内容」において「放射線」・「放射能」が資源エネルギー問題、環境問題などとともに十分に扱われるよう加えるべきこと、③化学でも同位体・放射能を「教えるべき内容」として加えるべきこと、などを骨子とした理科の学習指導要領の改善案を提出したのであります。

また、「地理・歴史」、「公民」の各科目についての学校教育における現状は、わが国が国是とする原子力に関する政策が殆ど反映されていません。これらの教科書では原子力の欠点なこと

さらに強調され、理科の教科書以上に公正さに欠ける記述がみられる例が多いことが専門家によって指摘されています<sup>4) 5)</sup>。原子力開発の積極的な推進の是非については今後もさらに国民全体の意見を聴取しつつ合意形成に努めるべきであります。合意形成にあたっては一般市民が放射線・原子力に対する正しい科学的知識にもとづく公正な判断力を有しているということがその前提条件となるものであります。学校教育は一般への教育の基礎となるものであり、教育に責任を持つ貴省におかれては、理科以外の科目における教育の現状の改善にも格別のご配慮を期待するものであります。

## (2) 放射線と放射能の本質とその利用に関する教育の改善の必要性について

放射線・放射能が、自然現象のほんの一部の問題であるとして学校教育で軽視されてきた傾向があったと思われますので、まずはじめに放射線・放射能の本質と重要性について述べます。

われわれの宇宙が生成した約150億年の昔は「放射線の時代」であって、その後「物質の時代」に移ったのでありますが、現在も宇宙には各種の放射線や放射性物質が満ち満ちている、といって過言でないのであります。放射線は、純学問的観点から考察すると、本質的に物質と同じく重要な構成成分なのであります。また、地球が生成した直後は安定な元素とともに放射性同位体が大量に存在し、そのうち半減期の非常に長いもの（ウラン・トリウムなど）が未だに地球に残っており、地球内部に残っているものは地熱の原因となり、地殻中にあるものは宇宙線とともにわれわれの身の周りの天然のバックグラウンド放射線となっていることは周知の事実であります。この少量の自然放射線の量は地球上の緯度、高度、さらにその地域の放射性物質の含有量によってかなり異なっています。通常地域では、われわれは年間に、宇宙線、地殻、食物、空気中のラドンなどから、それぞれ0.38 mSv、0.46 mSv、0.23 mSv、1.3 mSv、合計 2.4 mSvの放射線量を受けています<sup>6)</sup>。(mSvはミリシーベルトで、あとで述べる「実効線量」の単位です。)なお、地球の生成から約25億年後に、この地球上（アフリカのあるウラン鉱山地区で）にひとりでの原子炉の連鎖反応が起こり、大量のエネルギーが放出されたことは、「オクロ現象」として専門家の間ではよく知られた事実であります。

しかし人間が放射線・放射能の存在に気が付いたのは19世紀末でありました。その後人工的にも種々の放射線・放射能を作ることができるようになりました。それ以来、放射線・放射能は、純学問的、あるいは応用的立場から人類に大きな貢献をしてきました。まず、学問的に、20世紀の初頭に、あらゆる物質が構成されている基本的粒子である原子の構造の解明に放射線・放射能が大きな役割を演じました。また、放射線の一種であるX線は分子構造の解析に、また可視・紫外・赤外の諸領域の広義の放射線は、今日では分析化学の広い範囲で利用され、研究者にとって極めて身近なものになっています。

原子力開発においても、放射線・放射能の知識は不可欠であります。原子力エネルギーを供給する燃料として用いられるウラン鉱石から核燃料への加工に至る工程や、核燃料の再処理、放射性廃棄物処理の諸過程においては、放射線・放射能に関する化学や化学工学は大きな役割を果たしています。また、発電用原子炉において要求される特殊な材料の供給のみならず、将来の核融合炉の実現に不可欠なトリチウムの生産やその取扱い技術、特殊な炉材料の開発などのためにも放射線・放射能に関係した科学的知識は必須であります。

近代の純学問的研究面でも、放射線・放射能は極めて重要な役割を果たしています。トレーサとして種々の化合物に付加された放射性同位体は、基礎的な化学反応や光合成の機構の解明に、

また医薬品を含む種々の化合物の生体内の代謝の研究などに極めて大きな貢献をしています。特にこの世紀後半の分子遺伝学の急速な発展は、放射性同位体の利用に負うところが大きく、今やバイオテクノロジーや核医学の分野では、放射性同位体を使用しない研究は考えられないほどにまでなっています。このほかにも、各種の年代決定法や多方面の分野への放射化分析の利用をはじめ、放射線や放射性同位体は種々の領域の純粋科学の研究に広く利用されています。

放射線の応用も広い範囲に広がり、例えば環境問題に関しても、酸性雨の原因となっている石炭火力発電所からの排ガス中のイオウ酸化物や窒素酸化物の放射線による除去法や、放射線による排水処理法が試みられ、科学的手段では処理が困難な有害物質であるPCBやフロンガスを放射線で分解する研究も行われています。化学工業では、触媒などの不純物を含まない高分子材料の合成、架橋、グラフトによる高分子の改質や新しい素材の合成に、広く利用されています。そのほか、農業における育種や害虫の駆除、食品の殺菌や保存、医療器具の滅菌など、放射線の実用的目的に盛んに利用されています。

いうまでもなく、放射線・放射性同位体のもっとも大きな人類への貢献は医療への応用であります。X線やラジウムなどの放射性元素の発見の後直ちにこれらの医学への利用が始まりました。それと同時に放射線が大量に存在すると生物に障害を与えることが見いだされ、放射線の生物影響に関する基礎医学的研究は各種の疫学的研究とともに今や重要な学問的分野を占めています。いずにせよ、広範に使われるX線をはじめとする放射線や放射性同位体の診断への利用と、コバルト-60やライナックなどの放射線によるガン治療の両面における、現在の医療技術の目覚ましい進歩は、放射線・放射性同位体の利用なしには実現しなかったことは万人の認めるところであります。

以上述べましたように、放射線・放射能の純学問的ならびに応用的利用の両面における貢献は極めて大きいにもかかわらず、わが国の初等・中等教育の教科書におけるこれらに関する記述は一部を除いて極めて貧弱であり、以上の諸点について、関連した物理・化学・生物・地学の各科目に対する学習指導要領における取扱いの改善に一層のご配慮を望むものであります。

### (3) 放射線・放射能の人体への影響をいかに教えるかについて<sup>7), 8)</sup>

#### 3.1 人体への放射線の影響、特に放射線障害について

「両刃の剣」と言われる放射線や放射能を学校教育で取り上げるに当たり、その利用とともに人体への影響について最近の情報に基づいた正しい知識を与える必要があります。

放射線の人体への影響について、大量の放射線(数100 mSv以上)を人体が受けた場合に障害を生じることは明白な事実であります。その放射線障害は、質的には、皮膚や目などへの急性障害、白血病をはじめとする発がんなどの晩発性障害という形で現れます。

放射線の量とその影響の関係は、受けた放射線の量に大きく依存します。人や動物を対象とした非常に多くの経験や実験データから、急性障害の場合、これ以下の線量ならば放射線を受けても全く障害が発生しないという量(これをしきい値といいます)があることがわかっています。(このようにしきい値がはっきりとわかっているような効果を確定的影響といいます。)

一方、発がんなどの晩発性障害に関しては(この種の効果を確率的影響といいます)、これ以下の放射線の量ならばこの種の障害が発生しないというしきい値を定量的に見出すことが非常に困難です。それは、これらの症状は①放射線を受けたのち早くても数年か多くは何十年または次の

世代になってから現れる、②放射線を全く受けなくとも、種々の原因で自然にある割合の確率で起こっている、③特に少量の放射線を受けた場合ではわれわれが日常受けている自然放射線の量が場所により変動していて、自然放射線以上の僅かの量の放射線を受けたことによる正味の効果との区別がつけることが難しい、というような理由によるものです。

それで、ICRPは、放射線防護の立場から、発ガンや遺伝的影響についてはしきい値は存在せず、高線量域での線量と障害との関係を直線的比例関係であると仮定し、この「直線的線量効果関係モデル」を低線量域まで外挿して、これから計算した障害の起こる確率（リスク）がほかの一般的職業で受けるリスクと同じ程度以下になるように、放射線に関する職業に従事している人および一般人にそれぞれ基準を設けて、できるだけ放射線の被ばくを避けるようにと勧告しています<sup>9)</sup>。

放射線の人体への影響は放射線の種類にも依存します。たとえば、 $\alpha$ 線は $\gamma$ 線やX線と同じ線量（吸収エネルギー、「グレイ」(Gy)で表します)を受けたときでも影響は20倍も大きくなります。「シーベルト」(Sv)という単位は、この効果を考慮に入れた「等価線量」という単位です。さらに、当然ながら放射線を体の一部が受けたとき、全身で受けたときとは影響は後者のほうが大きくなります。体の組織によって放射線の感受性が異なりますが、各組織の影響を合計して評価するための量として「実効線量」といい、同じくシーベルトで表します。

### 3.2 放射線影響に及ぼす諸因子について

放射線の人体への影響は、上に述べたように線量や放射線の種類のほか、年齢や、体のいろいろな臓器や組織によって障害を受けやすい場合と受けにくい場合とがあります。生体への放射線の影響は、一般に細胞分裂の盛んな組織ほど感受性が大きいということが古くから知られています。（これを「ベルゴニー・トリポンドーの法則」といいます）したがって、成人にくらべて子供や胎児は、放射線に対して感受性が高いのです。成人でも骨とか脳とかその他の臓器の大部分は放射線に対して比較的強いのですが、骨髄のような造血組織とか生殖腺はほかの臓器よりも感受性が高いのです。広島や長崎の原爆の被爆者の長年にわたるデータから、母親が妊娠8～15週のうちに0.1 Gy（この量はわれわれが天然のバックグラウンド放射線から1年間に受ける線量の約50倍です）以上の被ばくをすると、不幸にも小頭症や知能指数の低い子供が生まれてくることがあることが報告されています。しかし、原爆被爆者から生まれた子供について長年にわたって調べた結果、がんが増加することは認められていません。

また、ヒトなどの哺乳動物に対する放射線の効果は、たとえ総量において同一の線量の照射でも、何回かに分割して照射したり、低い線量率で照射した場合、効果が低減することが明らかにされています。それは生体系が放射線による損傷の修復機能を本来持っているためです。（前者を「エルカインド型回復」、後者を「線量率効果」といいます。）また生体には、あらかじめ少量の放射線を照射しておく、体内に放射線に対する免疫性が現れて、その後の比較的量の多い放射線被ばくの効果を低減させるという事実があることが最近確認されています<sup>9)</sup>。（このことを「適応反応」といいます。）

### 3.3 低線量被ばくによる影響について

数十mSv以下のいわゆる低線量（研究者によっては1回照射では200 mSv以下、連続照射では1時間あたり6 mSv以下と定義しています）の放射線については、実際には急性障害はむろん

のこと、発がんのような有害な影響が出たと確定できる実験データは現在のところ見当たりません。

しかし、ICRPは、放射線防護の立場に立って、ガン発生や遺伝的影響という「確率的影響」に関して、「しきい値がなく、放射線はたとえ微量でも有害であると仮定する」とする考え方を採っています。しかし、この「高線量での線量・効果関係が直線的に低線量および低線量率でも成り立つ」という仮説に基づいて「リスク」を見積もっても、自然の放射線レベルの数倍程度の被ばくに対しては、有意な影響はないと見なしてよいとわれわれは考えています。それは、生体に対するこの程度の低レベルの被ばくにおける実験的ならびに疫学的研究が近年盛んに行われており、それらの結果に基づいての考察でもあります。

### 3.4 生体がもつ放射線そのほか有害因子に対する対応について

放射線の生物に対する作用は放射線の線量に比例して何かの影響があるはずである、との考え方が、放射線影響の「確率的影響」に関する考え方に残っているように思われます。ところが、すでに「エルカインド型回復」と「線量率効果」で見られるように、生体に対する放射線の作用では、生命体はその生命を維持するために、放射線による何らかの初期的な効果を修復する機能、すなわち外からの有害因子に対して抵抗力を持っていることは明らかです。

生物が放射線で影響を受けるのは、放射線によって直接または間接に細胞内の遺伝子のDNAの分子構造の一部に何らかの損傷が生じることが第一の原因とされています。生物にはこのようなキズを自分で治す（修復）機能がもともと備わっており、さらに細胞の集団である組織のレベルでも、様々な機構で損傷細胞の除去や修復、組織の機能の回復や再生が行われていることがすでに明らかにされ、またさらに詳しく研究が進められています。DNAが、自然界で広い意味の放射線である紫外線や汚染化学物質によっても損傷を受けているにもかかわらず、生物が簡単に死んだり発病しないのは、生物が本来このような治癒機構を持っているからです。われわれの体の中では、通常呼吸している空気中の酸素によっても自然放射線による数百倍もDNAにキズがつけられているといわれています。しかし必ずしも発病に至らないのは、生物が本来持っている治癒効果を含めた驚異的とさえ思える自己防衛の働きのためです。

このように人体が放射線や化学物質による有害因子に対して優れた防御機能を持っている事実についての記述が、現行の教科書では全くないといってよく、この点について是非とも改善が必要であると考えます。

### 3.5 放射線影響に関する基本的考え方について

”放射線・放射能はどんなに僅かでも害があると考え”仮説は、ICRPの勧告に由来しています。この勧告は、「科学的データだけでなく社会的判断を含めて」行われています”。ところが、その結果、この勧告は、次のような良い結果と悪い結果となって現れています。

その功績は、

①1つは、ヒトの低線量被曝の影響に関するデータが極めて乏しかった時期にこの仮説の採用は放射線の有害性を啓蒙し、特にわが国の放射線・放射能を取り扱う施設での放射線管理の体制を万全にした点で有用でありました。

②2つ目には、国際政治的に、「放射能をまき散らすのは危険である」という国際的世論を形成させて、冷戦時代に一時盛んであった核実験を、部分的にしり停止させるのに役立ちました。

悪い効果というと、

① ICRP自身もが危惧していたように「しきい値がなく、微量の放射線もその量に比例して有害であるとする」というのは仮説、仮定である、という前提がいつの間にか忘れられ、現在はその量の如何を問わず、「放射線すなわち危険」という非科学的事実がひとり歩きしています。すなわちこれが科学的な事実であるかのように世間に定着した結果、放射線を専門としない多くの科学者をも含む多くの一般の人々が放射線を極度に恐る状況を形成してしまい、放射線・放射能という言葉を知っただけで、がんや白血病、あるいは知能低下や遺伝的影響を連想し心配する人を、かなりの知識人をも含めて世界的に大勢生むことになりました。その結果、原子力発電の建設が住民の反対のためにその立地に困難を来すなど、将来のエネルギー問題の緩和に役立つはずである原子力・放射線の平和利用が妨げられる状況となっています。このことは、わが国の原子力発電所の建設予定地で最近行われた住民投票の結果から見ても明らかです。

②第2に、特にここで指摘したいのは、このような過剰の放射能・放射線への恐怖感が、例えば原爆の被爆者とかチェルノブイリの周辺の住民のようにすでに放射線に被ばくしてしまった多くの人々に、非常に大きな心理的ストレスを与え、その結果、多くの誤解や悲劇を起こしていることです。例えば被ばくしたことによる人工的妊娠中絶が、広島・長崎での被ばく者やチェルノブイリの事故後の東ヨーロッパの人々に非常に多く起こったと伝えられることや、チェルノブイリ周辺では、汚染除去作業従事者や高レベル汚染地域の住民に放射線の影響でなくストレスによる心理的要因からの健康異常が非常に多いことが明らかになっていることなどです<sup>10)</sup>。

ここに到った原因は、われわれ科学者がマスメディアに対して正しい情報を伝える努力を怠った、という反省があります。しかし、将来のエネルギー問題や原子力をめぐる人々の意見の対立の緩和のため、また科学的に正確な情報に乏しく感覚的にものを考えやすい一般の多くの人々が現在悩み、困っている、あるいはこれからもこのような被害を受ける可能性が大きい現状にかんがみて、人道的立場からも、国際的に権威のあるICRPが、放射線防護に関する勧告をより科学的事実に沿った形に改訂することにつき、一層の努力をされることを私たちは希望しています。

### 3.6 学校で行われるべき放射線教育について

これまでの学校教育では、教科書の見出しにまで「放射線による障害と利用」のように障害や危険性の方が先になっているものがあるように、放射線・放射能の生物・人体への影響に関して、その危険性を強調しすぎるきらいがあったと思われます。”放射線・放射能はどんなに僅かでも人体に有害である”という仮説が一般社会で定着してしまったので、教科書の執筆者・監修者がこれを科学的真実であるとしてこのような記述をしているのです。このような状態では、若い人々や一般人が放射線・放射能は、量的なことは全く考えずたいへん危険なものだという考え方になるのは当然です。昔は「危険」であった電気を、今は一般人誰でもが安心して利用しているように、これからの近代人は、医療などで今後もその恩恵を受けるのですから、放射線・放射能の本質についての基礎を理解し、これと上手に付き合っていく必要があると思います。また、少量の放射線のリスクに関する正しい知識を、日常の生活を送る際に遭遇する種々の原因によって存在するリスクとの対比において、常識として持つことが望まれます。そうすることにより、人工と天然を問わず放射線・放射能に対する過度の恐怖心や不安感を懐くことがなくなり、そして「安全」とはなにかについて正しい社会的判断ができるようになるであります。これが、「放射線リテラシー」の達成につながります。

そのためには、学校教育においてすべての生徒に、まず放射線や放射能に関する最低限度必要な基本的知識として、

(1) 環境に少量の放射線と放射能が常に存在することを比較的初期に体験的に認識させ、  
(2) さらに、たとえば近くに放射線を放出する放射性物質が存在してもそれから安全に身を守る  
ことができる3つの基本的方法、すなわち、

①放射線は光線のようなものなので線源から距離を取って遠ざかる、

②線源と身体との間に遮蔽体を置く、

③さらに線源から近い距離にいる時間を短くする、  
を実習により身につけさせ、

(3) また、すべての放射性物質が固有の半減期にしたがってひとりてに消滅していく、ということ  
を理解させることはぜひ必要です。

(4) それに加えて、以上は体外からの「外部照射」に対することですが、放射性物質が食物や吸  
気により体内に入ったときの「内部照射」についての基礎知識も知っておくことは望ましいと思  
います。このとき、一般には、「生物学的半減期」といって、放射性同位体が本来もっている「  
物理学的半減期」よりも短い時間に体内から排泄されて出て行きます。(1)で述べたように、わ  
れわれの環境にはウランやカリウム-40 や炭素-14が存在し、これらは少量ながら日常の食物や  
呼吸する空気から体内に摂取されていますから、われわれは常にこれらの放射性同位体による少  
量の体内照射を受けており、その量は(2)章で述べました「自然放射線による被ばく」(全量  
2.4 mSv)の約1/10の年間0.23 mSvです<sup>6)</sup>。しかし放射性同位体の種類によっては、ある種の重  
金属元素のように、特定の臓器に吸着しやすく、一度体内に入ると除去されにくいことが確かに  
あります。例えばチェルノブイリの事故のあと、被災者住民の体内に入った放射性ヨウ素が甲状  
腺に蓄積したために、その体内照射(ここでは全身でなく甲状腺への局所的照射)により、ベラ  
ルーシ、ウクライナ、ロシアの3共和国で数百人の小児甲状腺がんが発生しています<sup>10, 11)</sup>。こ  
のとき、体内に取り込まれた放射性ヨウ素の生物学的半減期を短くして内部照射量を減らすため、  
事故直後の処置としてヨウ素剤の配布、投与が行われました。

(5)さらに、これはあとで述べる「原子力教育」の範疇に入るのですが、関連がありますのでこ  
こで述べます。原子核エネルギーに関する基礎的な知識、すなわちウランの連鎖反応による核エ  
ネルギー放出の原理、原子炉と原爆の違い、などの知識も今日の常識として教えることも当然な  
がら必要であります。なお、各地にある原子力施設ではその施設を公開しており、さらにそれら  
の多くは放射線や放射能に関する教育に適した展示施設を持っているので、その実地の見聞を学  
校教育に役立たせることは大いに望ましいことでもあります。

#### (4) エネルギー・環境問題に関する教育の改善の必要性について

以上に、放射線、放射能に関する教育の改善の必要性に関する背景について述べましたが、以下、  
放射線・放射能と極めて関係の深い「エネルギー・環境問題」と「原子力」に関する教育につい  
ても説明を付け加えます。

来世紀において全人類の直面する重要問題は、人口問題、エネルギー問題、および環境問題の  
3つであることは周知の通りです。ここで知っておかねばならないことは、これらの問題は相互  
に、相反するふうに関連していることです。例えば、人口問題(これには人々の生活レベルの向

上意欲を原動力とする経済発展と、先進国と開発途上国との経済的格差の問題をも広義には含むのですが）を例にとると、たとえ全世界の人口が現在のままで維持されたとしても、人々の生活レベルの絶え間ない向上意欲はエネルギー問題および環境問題を悪化させる方向に進み、また先進国と開発途上国の経済的格差は容易には縮小しないであろうということがあります。いわんや人口のさらなる増加が不可避である現状では、事は相当に深刻であります。また、エネルギーの消費はその程度の差はあれ必然的に環境を悪化させること、また環境を良くしようとするれば、その程度に応じて、将来必ず逼迫するであろう何らかのエネルギーの消費を伴うということをも充分に認識する必要があります。

したがって、再生不可能なエネルギー資源の有限性を考慮するならば、この3つのうちの**最重要課題はエネルギー問題である**ということが出来ます。とくに我が国のように自然資源が乏しいが教育程度が高い国では、まず省エネルギーの（技術的および社会制度的）システムを確立し、エネルギー需給を、新たに開発された新エネルギーを含む多種のエネルギーをいわゆる「ベスト・ミックス」方式で安定供給をすることが望ましいのであります。

実用段階でエネルギー資源の選択にあたっては、以下の5つの基準について客観的に比較検討し、国情に応じて賢明な選択をする必要があります。その5つとは、(1) 容量、(2) コスト、(3) 安全性、(4) 信頼性、および(5) 環境への影響度です。現在わが国では、石油・液化天然ガス・石炭・原子力・水力などのエネルギー資源が利用されています。エネルギーが利用される場合は種々の方式があり、中でも一番便利で使いやすいのは電気エネルギーで、1992年にはわが国の全エネルギー消費量の39%が電力で占められています。1995年度のわが国の全電力生産をエネルギー資源別に比較してみると、石油（18%）、液化天然ガス（22%）、石炭（13%）、水力（10%）、原子力（34%）、その他（3%）となっています。このように最も多いのは石油・石炭・液化天然ガスなどの化石エネルギー資源ですが、その80%以上を輸入に頼っています。これらの化石エネルギー資源は、埋蔵量が限られている上、利用の際に二酸化炭素や硫酸化物などの発生を伴い、地球の温暖化や酸性雨の原因ともなり、環境への地球規模の影響が憂慮されています。原子力発電は、二酸化炭素など地球環境に悪い影響を与える物質を全く発生しないなどの長所をもっていますが、原子炉の運転中に放射線を発生し放射性物質を作り出します。放射線のほうは大きな遮蔽体で比較的容易に防げますが、事故が起こって蓄積した放射能がもれたりしないように高い安全性が要求され、使用済の核燃料や放射性廃棄物の取扱いにも厳重な管理が必要となります。

原子力はこのようなマイナスの面があるので、スリーマイルアイランド(1980年)やチェルノブイリ(1996年)の原子炉事故の後、原子力発電に対する否定的な気風が世界的にひろがりました。しかしその後原子力発電が地球環境に最も影響が少ない発電方式であることが次第に認識され、その長所が見直されつつあります。（例えばスウェーデンの議会は1980年に2010年までに原発を段階的に閉鎖することを決議し、1988年には1995年～1996年に2基の閉鎖を盛り込んだエネルギー行動計画を採択しました。しかし1991年にはこの2基の閉鎖計画を放棄し、議会は新エネルギー政策を定めました。それは、「原子力発電に代わり、環境上安全でかつ経済的に実行可能な方法が見出された場合に限り、原子力発電をやめる。」というものです。スウェーデンのエネルギー政策はまだ論議中ということですが、1994年のこの国での原子力発電が全発電量に占める割合は51%であったように、この国では原子力は現在でも比較的高い寄与をしています。）

このようにエネルギー問題は、いろいろな選択肢の中からそれぞれの国に最も適した方式を選

扱ふことが必要です。また単に一国の問題としてでなく、地球規模で考えなければなりません。基本原則としては、すべての人々がエネルギーを節約すること、そして化石エネルギー資源のように再生不可能なエネルギー資源を将来のために温存しなければなりません。これは将来地球の温暖化を防ぐという環境問題からも強い要求となっています。しかし、開発途上国の人々の生活水準の向上への強い意欲を理解して、この使いやすいエネルギーをこれらの人達にできるだけ譲ってあげる配慮も必要です。したがってわれわれ先進国では、原子力をはじめとする新エネルギーを利用しつつ大量のエネルギー資源を浪費しない穏やかな経済成長を持続させるという方向に進まざるを得ないと考えねばなりません。さらに現在は実用化されていないが、将来有望と考えられるもの、たとえば「核融合」などは、われわれ先進国が研究開発を行なっていく必要があります。

わが国は科学技術が発達し経済的・社会的に安定した先進国の一つとして、エネルギー・環境問題の解決のために十分に国際社会に貢献できる力を持っていますので、その基礎となる知識について、学校教育において十分に教育が行われることが望ましいことは申すまでもありません。それには、(1)項でも述べましたように、研究開発などのために必要な人材が確保され、また、このための社会的受容がスムーズに行われることが必要であります。そのためには、学校教育において、「現代に生きる人間として」まず理科の科目で現代における重要な「自然の事物や現象について理解を深め」て基礎的な科学的知識と科学的なものの考え方、いわゆる「科学リテラシー」を持たせることがまず必要です。その基礎に立って、公民の科目において「国家・社会の進展に主体的に寄与」しようとする態度を育てるという目的達成のために、しかし限られた授業時間を有効に生かさねばなりませんので、これらの科目間の連携を計ることによって効果的に教育効果があがるように、教育方針の実施について格別のご配慮をお願いするものであります<sup>12)</sup>。

〔付記〕

#### (A) 学校における放射線教育と原子力教育の関連性について

##### ア 原子力教育の特殊性について

以上述べてきましたことから、放射線、放射能、エネルギー、について正しい知識を与える際に、必然的に原子力にも触れざるをえないことがご理解いただけると思います。原子力の平和利用には、エネルギーの利用と放射線の利用とがありますが、前者すなわち原子力発電があまりにも前面に押し出され、原子力というと直ちに原子力発電、原発を思い浮かべる傾向が非常に強く、原子力と放射線・放射能を混同してしまう傾向が広く認められます。さらに原発というとチェルノブイリの事故を連想し、また原発と原爆との区別もあまり理解できずに両者が結びつけられて、<sup>1)</sup> 和利用のための放射線利用までもが非常に悪いイメージをもたれることが多いようです。原子力、すなわち放射線・放射能ではなく、放射線・放射能と原子力がどのような関係にあるのか、どこが違うのかを科学的にきちんと理解させることが基本であるべきです。原子力の話となると、その安全性という、専門家と一般の方々との間に認識の相違の大きい問題がでてきて、これまでの学校教育では、そのような大きく意見の分かれる問題に触れることを避けたい、といった傾向があり、その影響が学習指導要領にも反映してきたのではないかと、思えます。その結果、肝心の基礎的な知識に関する教育が不十分となり、わが国の生徒が原子力に関する知識の習得度が他の国に比べて低い、という結果に現れてきたことは誠に残念です。

教育関係者や原子力を専門としていない自然科学の研究者をも含めて、かなりの大勢の一般の人々が、原子力の開発に対して漠然とした不安あるいは具体的な心配をもっていることは事実です。もし前述のように、将来のエネルギー問題解決のために原子力エネルギーにかなりの程度頼らざるを得ないということになれば、当然、一般の方々が原子力に対して現在懐いている不安感を軽減し、信頼を持たせることが必要です。それには比較的先入観念の少ない青少年時代すなわち学校教育において、放射線や原子力の基礎に関する正しい科学的知識とともに、原子力開発に対する価値判断的な問題についても、偏らない公正な考え方を、押しつける形でなく自分で考えさせて理解させることが有効です。またぜひ、マスメディアの方々のご理解とご協力が必要です。

原子力の基礎としての科学的知識といえば、核分裂とその連鎖反応、原子炉の仕組み、原子炉と原爆の区別というようなことがあります。原子力発電は核分裂から生じる核分裂生成物の個々の原子の運動エネルギーが熱エネルギーに換わったものの一部を電気エネルギーに変換するものです。熱エネルギーから電気エネルギーへ変換するときは、一般に熱力学の法則により、エネルギーを100%変換することはできず、かなりの割合は熱エネルギーとして残り、その分は環境に放出されます。これは、原子力発電でも、火力発電でも同じです。それにもかかわらず、原子力発電の場合だけが「温排水が出る」ということで大きく問題にされているのは、科学的に言って不合理です。これはわれわれ科学者にもそのような間違った情報が一般に行き渡るのを黙認してきた責任があります。

原子力に関する価値判断を大きく左右するものに、「原子力の安全性」について必ずしも信頼されていないことがあるようです。すなわちその安全性について不信感や心配があるわけですが、その内容を分析してみますと、①原子力発電所の安全性に関すること、すなわちチェルノブイリのような事故が日本でも起こるのではないかと、②放射性廃棄物を生じることと、その処理の安全性、すなわち原子力発電所の運転で生じる放射性廃棄物の処理技術がまだ研究中だというのが、このような状態で廃棄物がたまって行って将来大丈夫だろうか、また基本的立場に立って将来に危険性を残すことになるがそれは正しいことかどうか、③放射線・放射能は少量でも危険であるといわれているので、このようなものを作り出す原子力発電所はひとつでもない方がいいのではないかと、④また何か一般人にはわからないこと、本当のことが隠されているのではないかと、などに分類できるように思われます。このうち、③に関連した少量の放射線・放射能の安全性については(3)で説明しました。

④に関連した情報公開のことは、原子力は外国では核兵器の関連で開発が行われてきたケースが多いので、そのようなこともあって、「公開」を原則とするわが国でもすべての原子力情報が公開されない場合があったように思われます。しかし「もんじゅ」の事件を契機として、わが国では今後できるだけ原子力の情報を一般に公開し、積極的に国民のコンセンサスを得る努力をして政策を決定し実行しようとしているようですから、これからは問題はないのではないかとわれわれは考えています。ただしかし、あとでも述べますが、すべての技術には多かれ少なかれ故障やトラブルはつきもので、それを乗り越えて行くところに進歩があります。また、自動車とか航空機のように殆ど完成した技術でも、「ヒューマン・エラー」による事故はかなり頻繁に起こっています。原子力の場合、この「ヒューマン・エラー」を防ぐことまで含めて、最近では格段に安全性は高まっているようにわれわれは考えているのですが、原子炉の場合、公表される故障とか比較的小さい不具合の点検のための炉の停止などに関して、マスメディアが一般に報道する場合、常識的に節度を持って行っていただきたい、と思うことがしばしばあります。

さて以下、①と②について専門家の見解——実際はわが国では特に優秀な専門家・技術者が原子力の安全性向上のために真剣に取り組んでおり、客観的に見て国民一般の不安を軽減できる十分な根拠があると思えるのですが——これが必ずしも教育関係者やマスメディアに対して正しく伝わっていないと思われるので、ここで、多くの専門家の考え方をご紹介することといたします。

#### イ 発電用原子炉の安全対策について

原子炉はその中に多量の放射能（放射性物質）を内蔵しています。しかしこの多量の放射能も原子炉内に閉じ込めてさえおけば、周辺の住民は放射線の被ばくを受けることはないわけです。多量の放射能を原子炉内に閉じ込めるために、原子力発電所などの原子炉施設は、平常運転時では多重の障壁によって環境に放射能を放出しないようにしています。そして万一の事故時においても「深層（多重）防護」の考え方で環境に放射能を放出しないように設計されています。深層防護の考え方とは、①まず事故が発生しないように、一般産業よりも厳重な安全設計をする（例えば原子炉はある程度以上の強さの地震が起こるとすぐ止まるようになっている）、②それでも事故が発生したときは、事故が拡大しないように設計をする（たとえば原子炉の中心部の温度をすぐに冷やす）、③さらに事故が拡大しても、環境へ放射能が放出するような事故へ発展しないように設計をする（放射能を閉じ込める）、④そして万一環境へ放射能を放出するおそれがあるような事故に発展しても、その量をできるだけ少なくするように設計をする、ということです。すなわち①事故が発生しないように厳重な安全設計をする、そして①が破られても②で守る、②が破られても③で守る、③が破られても④で守る、といった何重もの防護対策を行っています。これらの①、②、③、④のいずれか一つさえ守られれば、放射能が環境に放出されて住民の健康に影響を及ぼす様な事態にはならないわけです。

原子力発電は世界で40年以上、わが国でも30年以上の歴史をもっています。しかしながら、この間に1979年に米国のスリーマイル島2号炉の事故、1986年に旧ソ連のチェルノブイリ4号炉の事故が起こりました。スリーマイル島2号炉の事故では、上記の深層防護の①、②、③が破られたのですが、④の機能の一部が守られたので、環境への放射能の放出は僅かであり、周辺住民の健康への影響は無視できる程度でありました。

旧ソ連では、原子炉の設計を西欧諸国とは独自に行っており、深層防護の考え方が不十分で、原子炉の設計に欠陥がありました。例えばチェルノブイリ炉には原子炉格納容器が設置されていないので、④の安全対策が取られていません。このため、運転員の重大な過失と重なって深層防護の①、②、③、④の全てが破られ、その結果環境に大量の放射能を放出し、旧ソ連国民の健康に重大な影響を与えました。このような大量の放射能の放出を伴うような事故はあってはならないものです。このため、西欧諸国は旧ソ連設計の原子炉の安全性を大幅に改善するため、財政的な援助を含め国際的協力の下で精力的に種々の事業を行っており、安全性の改善ができない原子炉は閉鎖することを求めています。

わが国では深層防護の考え方が厳重に守られています。したがって、新聞などマスメディアは日本でも多くの事故が起こっていると報道していますが、「事故」には種々の国際的グレードが設けられており、いまだかつてわが国ではグレードの高い事故が起こって住民の健康に影響を及ぼすような放射能の放出があったことはなく、将来もないであろうと専門家は考えています。（日本の原子力発電所の故障の起こる割合が世界中で最も低いことはよく知られています。）

## ウ 放射性廃棄物について

原子力開発に反対する人々の主張の中に、原子力発電によって将来に危険をもたらすかも知れない放射性廃棄物を後世に残すことになるので、これは人間の基本的モラルに反するのではないか、という考え方があります<sup>9)</sup>。しかしそれならば、現代人はすべての廃棄物を全く後世に迷惑をかけないで処理していると言えるでしょうか。化石燃料の使用による二酸化炭素の増加しかり、以下にのべる大量の一般廃棄物しかり、です。原子力技術者は、放射性廃棄物をどうすればあとの世代の人達の迷惑が少なくてすむかを熱心に研究しています。また、これらの全てを廃棄物として扱うことをしないで、その一部でも何とかして有用に利用できないかをも研究しており、事実、核分裂生成物を分離して取り出したセシウム-137やストロンチウム-90などは、勿論全部ではありませんが、放射性同位体として医療や工業的利用の目的に利用されています。

放射性廃棄物は、ある特殊な産業廃棄物とみなしてよいものです。現在、一般の産業廃棄物がどんどん増加して莫大な量となって処理に困っており、またその管理の方法が必ずしも適切でないために、廃棄物に含まれている有害物質が環境を汚染することがあるので大きな問題になっていることは周知の通りです。放射性廃棄物が一般の産業廃棄物と違う点は、含まれている有害物質が放射性物質であるということです。しかし、放射性廃棄物のほうは、総体積としては比較的少なく、放射能の測定はしやすく、とくに時間の経過につれてその放射能が弱まってゆくので、その扱いを専門としている従事者にとっては、むしろ一般の廃棄物よりも扱いやすいとさえ考えられています。また、特にわが国では一般に廃棄物を含めて放射性物質の取扱については厳しい基準が作られており、一般の方々にこれから被害が及ばないように万全の管理がされ、処理・処分が実行されあるいは合理的な方法が研究され技術開発が進められていますので、専門家は、この技術的問題については原子炉の安全管理と同様、大きな問題を抱えているとは考えていない、と行って差し支えありません。

放射性廃棄物の形態としては気体・液体・固体に大別され、また、放射能の強さによって低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物に分類されます。その管理については、多重防護による処分法が基本とされ、低レベル廃棄物については、その安全性を確認して処分が進められています。高レベルのものについては、長期的あるいは半永久的に人間の生活環境から隔離する処分方法の安全性の実証研究が世界的に進められています。わが国では、高レベル廃棄物をガラス固化体とする技術が熱心に研究されています。高レベル廃棄物とともに熔融したガラス状のものをステンレス製のキャニスターと呼ばれる容器に流し込んで固化し、冷却のため放射線を遮蔽した施設で30～50年間貯蔵した後、これを数センチの厚さの炭素鋼製のオーバーパックと呼ばれる容器に入れ、地下数100メートルの安定した地層中に作られたトンネル内で、水を通しにくい粘土からなる緩衝材の中心に埋めるという方法です。このように、人工の障壁と地層という天然の障壁で放射性物質の動きを封じ込めることにより、2030年から2040年代に開始するとのスケジュールで最終処分されることになっています。さらに超長寿命の放射性廃棄物の消滅処理法の実現を目指した研究も進められています。その中には、現在は廃棄の対象となっているプルトニウム以外の超ウラン元素をも、既存の発電炉あるいは高速炉で燃料として燃焼させる計画もあります。

## エ 国際貢献としての原子力について

わが国では、当初から国策として、原子力研究は「民主・自主・公開」という三原則に則り、平和利用に徹して、原子力エネルギーの発電への利用をはじめとする技術開発が推進されてきま

した。この平和利用に徹した政策が国内はもとより、諸外国にも理解されることが望ましいことはいままでもありません。現在の日本の原子力・エネルギー・放射線・環境保全関係の技術は十分にレベルが高くなっていますので、東南アジア諸国をはじめ諸外国にその技術移転をはかることにより国際貢献をすることは大いに望ましいことです。またわが国は放射線影響に関する保健物理学や放射線医学の研究レベルも高いので、チェルノブイリの事故のあと、健康影響評価に関連した日本の多くの研究者が旧ソ連の研究者と種々の国際共同研究を行い、大きな成果を挙げています<sup>10) 11)</sup>。また現在、冷戦時代からの後遺効果として解体核兵器から出される核物質をいかに処理処分するか、開発途上国でまだ核兵器の開発に関心を持っている国家にどのように対処するかなどが国際的に大きな問題となっており、国連の機関である国際原子力機関がその問題の処理にあたっています。わが国の国際貢献の一つの在り方として、原子力や放射線に関連した種々の先端的科学技術を開発・利用しそれを英知をもって管理する仕方において、日本が先進国の一つとして国際的に指導的立場で貢献することが十分にできることを学校で教育していただいて、将来この分野で活躍する人材が一人でも多く育ててもらいたいものです。

#### (B) 技術開発や近代の社会生活に伴うリスクに関する教育について<sup>7) 8)</sup>

上記の2つの小節で、わが国においては原子力開発に対してあまり不安を持つ必要はないであろうことを説明しました。しかし、一般的に言って、あらゆる技術に完璧というものはあり得ず、その程度の差はあっても故障とかトラブルは不可避であると考えるのが自然です。原子力についていうならば、かりにもし世界のどこかで、何らかの原子炉の故障や事故が発生したとしても、またそれが多少の放射性物質の放出を伴うものであったとしても、その量が天然に存在する放射性物質の量に比べてどのくらいの量であるかということを定量的に知り、そしてその程度の量の放射性物質が人体に対してどの程度の影響があるかを理解していれば、われわれはそれに伴って発生するかも知れないリスクについて理解でき、的確な判断をすることができるはずです。さらに加えて放射線・放射能がもし身近に降りかかってきてもそれを防ぐための基本的知識があれば、いかなる場合にも自分一人の判断で行動できるので心理的に安心できることになります。そのほか、科学技術の発展にともなって、何らかの便益（ベネフィット）を受けられることができると前向きに考えるべきですが、同時に、(4)節でのべたように、それに伴うエネルギー消費があれば必然的に環境汚染が伴い、健康に悪い影響があるというリスクについて考える必要があります。一部の外国では、学校教育において、このような「リスクベネフィット教育」がされていると聞いていますので、わが国においても、今後はそれについても検討する価値があるように思います。

#### (C) その他特に考慮すべき教育行政上の問題点について

終わりに、この機会にわが国での教育行政のあり方について二三、提言をつけ加えることといたします。第1は、近年、わが国の行政上の問題として、いわゆる「縦割り行政」の改善の必要が各方面で採り上げられています。理科教育の振興、改善を含めて、本要望書を提出せざるを得なくなった原因の一つもここに由来しています。すなわち、教育、科学技術、資源エネルギー、環境など、国家の将来に大きく関わる問題が、我が国では別々の主管官庁によって、相互の連絡が比較的少ない状態で政策が立案され、行政が行われています。教育、とりわけ青少年の教育は、将来の日本を背負って立つべき人材を養う基礎となる重要な問題であります。その基本的な教育

方針の策定にあたっては、国益を十分に考慮し、文部行政当局が他の省庁および産業界とも十分の連絡を取って、よりよい方向を見出すべきであると考えます。国際化がますます進む今日において、わが国はすでに経済的には世界中の多くの国の人から羨望されるような先進国の一員となりましたが、今後は、学校および社会における教育の面で、世界で模範となるような指導的立場に立っていただきたいと願います。

第2は、教育に関する規制緩和についてであります。政府による各種の規制はできるだけ緩和すべしとの一般社会の傾向は、教育の問題においても無視すべきではないでありましょう。すなわち、一般的に言って、小・中学校の義務教育課程においてはともかく、高等学校の教育においてはその教育内容に関して、学習指導要領においてあまり細かい規定を設けることをせず、もっと自由度を持たせて教育に携わる当事者の自主的な熱意にまかせるほうが教育効果が上がり、教育の活性化につながるはずであるとの意見があります。しかし、教えるべき内容については、完全に自由化してしまうのではなく、基本的に重要な項目と、関連する派生的項目に分け、前者については全生徒に必修として学ばせることが望ましいと考えます。本要望書に記載した重要な項目は前者に含めるべきであります。なお、とかく批判の多い教科書検定制度については、高等学校については可能な限り弾力的に運用が行われるように、少なくとも現在行われているような厳しい規制は緩和すべきであると考えます。

なお、原子力に関する政策の策定に関しては、原子力委員会が「国民の意見を聞く会」を随時開催してその意見を取り入れようと努力しています。教育の問題についても最近種々の問題がマスメディアで大きくとりあげられ、大勢の国民が関心を持っています。文部省当局におかれても、教育一般の問題について広く一般国民の積極的な意見を聴取され、それを何らかの形で教育行政に反映されることにつき、なお一層の努力をされることを希望いたします。

#### 〔文献〕

- 1) 「放射線教育の改善に関する要望書」, 放射線教育フォーラム, 平成7年6月30日;  
Isotope News, 1995年9月号, 20-23
- 2) 「初等・中等教育における「エネルギー」の扱いと高等学校学習指導要領に関する要望書」,  
日本原子力学会, 平成8年5月
- 3) 「日本とヨーロッパ「エネルギーと環境」に関する生徒の意識調査報告書」, 日本原子力文化振興財団, 平成5年4月
- 4) 「現行の高校の理科I教科書における原子力・放射能関係の記述について」, 松浦辰男,  
IAERU-9311a (1994年); 「現行の高校の「物理」および「化学」の教科書における原子力・放射能関係の記述について」, 松浦辰男, IAERU-9401a (1994年); 「現行の高校の「現代社会」の教科書における原子力・放射能関係の記述について」, 松浦辰男, IAERU-9402c (1995年); 「高校の新しい理科教科書(「物理IA」「物理IB」など)における原子力・放射能関係の記述について」, IAERU-9501b (1995年)
- 5) 「高等学校教科書中の原子力に関する不適切な記述例」, 日本原子力学会, 平成8年5月
- 6) 「原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCARE)1993年報告書
- 7) 「放射線 その線量、影響、リスク」, 国連環境計画(UNEP)編, 吉澤康雄・草間朋子訳, 同文書院, 昭和63年
- 8) 「新・放射線の人体への影響」, 日本保健物理学会・日本アイソトープ協会編, 平成5年

- 9) 「国際放射線防護委員会の1990年勧告 ( I C R P Pub. 60 ) 」, 日本アイソトープ協会, 平成3年11月発行
- 10) 科学新聞, 平成8年10月18日号
- 11) 日本原子力学会誌, 1996年3月号; Isotope News, 1996年8月号
- 12) 「エネルギーと環境」に関する教育研究一クロス・カリキュラムを指向して, 日本原子力文化振興財団, 平成6年3月

〔一部文献よりの抜粋〕

(文献9より)

第1章 1.2 (6) p.1 ~2

委員会によって勧告された限度値以下の年線量のレベルでは、障害の直接的な証拠がほとんどないため、低線量により生ずる障害の確率を予測するには、多くの科学的判断を要する。観察されたデータの大部分は、もっと高線量かつ通常は高線量率でえられたものである。・・・被ばくの結果とその意味合いの推定には、広い学問分野にわたる科学的判断のみならず、社会的、経済的判断も必然的に含まれる。

第1章 1.4 (14) p.3~4

委員会はまた、人類が直面している多くの危険の中の一つである電離放射線だけにこのように集中することは、無用の不安を引き起こす種になるかもしれないことを認識している。それゆえ委員会は、電離放射線は恐怖でなく、注意をもって取り扱う必要があり、放射線のリスクは他のリスクと釣り合いを保つべきである、という委員会の見解を強調したい。

第1章 1.4 (15) p.4

放射線防護の主たる目的は、放射線被ばくを生ずる有益な行為を不当に制限することなく、人に対する適切な防護基準を作成することである。この目的は科学的概念に基づくのみでは達成することはできない。・・・色々な種類のリスクの相対的重要性およびリスクと利便とのバランスについて、価値判断をしなければならない。

第4章 4.1 (100) p.31

放射線防護の第一の目的は、放射線被ばくの原因となる有益な行為を不当に制限することなく、人を防護するための適切な標準を与えることであるから、放射線防護の基本的な枠組みには、必然的に科学的判断だけでなく社会的な判断も含めなければならない。そのうえ、少ない放射線量でもなんらかの健康に悪影響をおこすことがあると仮定しなければならない。

文部大臣  
与謝野 馨 殿

「放射線教育フォーラム」  
会長 有馬 朗



放射線教育の改善に関する要望書

平成7年6月30日提出

## 要望事項

理科教育の改善に関して近来、貴省において真剣に取り組まれていることを高く評価いたします。この一環として、高校・中学における教育において、資源、エネルギー、および環境問題に関連して、放射線、放射能、および原子力についての的確な基礎知識を生徒が習得できるように、現行の学習指導要領を速やかに改定されるよう要望いたします。

高等学校の学習指導要領の改定にあたっては、別添資料に示すような修正案をご検討下さるようお願いいたします。

## 要望する理由

国際的に行われた最近の調査によれば、日本の青少年は諸外国（欧州7か国）に比べて平均的には教育水準が高いにもかかわらず、放射線・放射能および原子力関係の知識に関しては著しく劣ることが明らかになっております。

人間は、宇宙線や自然界に普遍的に存在する放射性物質からの放射線に絶えず曝されています。またX線など各種の人工の放射線や放射性同位体は、医学の診断や治療をはじめ、物理学、工学、化学、生物学などの各種の分野の研究や産業にも広く利用されております。このように放射線・放射能は人間生活に大きな関わりをもつにもかかわらず、学校教育では放射線の基礎的知識や応用に関する教育が、科目にもよりますが、必ずしも十分かつ正確に行われていないように思われます。このことは、最近の高校の教科書の記述からも明らかであります。

エネルギー供給の面からは、原子力の電力生産への寄与が、わが国では現在30%を超え、電力の安定供給に大きく貢献しております。同時に、安全を極めて重視する考え方のもとに原子炉工学者・技術者の真摯な努力により、原子力発電の技術の安全性は高くなっており、更なる向上に向けて熱心に努力がされています。

地球上の資源の有限性を考慮し、また今後の世界のエネルギー事情・地球環境事情を考えるならば、新しいエネルギー源の利用が可能にならない限り、今後も当分は重要なエネルギー源として原子力に頼らざるを得ないと考えられます。とくに資源が乏しい日本においては、原子力は一つの有力な選択肢であります。すべての近代の技術には便益と同時に若干の危険性が必ず付随することを認識しなければなりません。原子力に関しては、学校教育において、他のエネルギー源に比し殊更にその潜在する危険性が強調されることが多いように思われます。

現状のままでは、生徒が放射線に関する正しい基礎的知識やその有用性、また関係者の努力で原子力の安全性が保たれていることなどに関する正しい知識を習得する機会が少ないため、放射線・原子力に対して不安を持ち続け、この分野の学問技術の発展を阻害するのみならず、将来のエネルギー問題に関して必ずしも合理的な選択が行われぬおそれがあります。価値観の多様性が容認される現代ではありますが、公正な判断力の養成のために、科学的にできるだけ正確な事実に基づいた学校教育が行われるよう、ご配慮をお願いいたします。

(別添資料)「高等学校学習指導要領」の改正案(現行指導要領を大幅に変更せず修正することによる改正案の一例、改正案の実施にあたり指導を希望する事項を含む)の詳細

関連する科目： 「理科」および「公民」

A. 「理科」において指導要領の本文の改正を要望したい事項：

(1) 本文の「理科」の「目標」について

「目標」が「自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。」となっているのを、「・・・、科学的な自然観を育成するとともに、今日の文明社会の形成に貢献している科学技術の重要性について理解させる。」などとする。

(2) 理科の諸科目のうち必修科目を設けることについて

理科は5つの区分(〔「総合理科」〕〔「物理ⅠA」「物理ⅠB」〕〔「化学ⅠA」「化学ⅠB」〕〔「生物ⅠA」「生物ⅠB」〕〔「地学ⅠA」「地学ⅠB」〕)から2区分にわたって2科目を履修すればよいことになっている。したがって、これらのいずれの2科目を履修しても、資源エネルギー問題・環境問題・原子力の平和利用(放射線・放射能に関する最新の情報を含む)などに関する正しい知識が習得できるようになっていなければならないが、現在は、「物理ⅠA」、「物理ⅠB」などでは比較的詳しく取り扱われているが、他の科目の現行での「教えるべき内容」では非常に不足している。これを解決するための方法として、以前の学習指導要領において「理科Ⅰ」が必修となっていたのと同じように、「総合理科」を必修とし、それ以外の区分から1科目を選ぶ。そして「総合理科」の内容中に「資源とエネルギー」「環境と生命」「情報」など、現代の社会において生活するための基本となる科学的知識を含ませる。そうすることによって、公民科の「現代社会」などの科目に関連させ、いわゆる「クロス・カリキュラム」の形で(このような方法の参考資料として「エネルギーと環境」に関する教育研究」日本原子力文化振興財団、平成6年3月がある)生徒に社会の諸問題について、正しい科学的知識に基づいた適切な判断力を養うことができる。

(3) 「総合理科」の「目標」について

現行では「総合理科」の「目標」が、「自然の事物・現象に関する観察・実験や自然環境についての調査などを通じて、自然にたいする総合的な見方や考え方を養うとともに自然の事物・現象についての理解を図り、人間と自然のかかわりについて認識させる。」となっているのを、「・・・についての理解を図り、人間と自然のかかわりについて、また科学技術が人類福祉増進へ果たすべき役割について認識させる。」などとする。

(4) 科目「総合理科」の内容について

4.1 「内容」は(1)自然の探究、(2)自然界とその変化、(3)自然と人間、(4)課題研究の4つにわかれている。この中のいずれかに、「地球上の諸資源、種々の形態のエネルギーとその有限性」「地球・宇宙の環境と生物の営み」「情報」について、「社会科」との関連において、将来理科系を指向しない学生にも社会人としての自然科学に関する最少限度必要な

科学的知識を与えるようにする。

もしそうすることによって、教えるべき内容があまりにも多くなり過ぎるといっているのであれば、一部の基本的知識を中学の理科において教えるか、あるいは一部の科学的知識を「社会」の科目で教えるようにする。

#### (5) 科目「総合理科」の内容とその取扱いの細部について

まず、内容の(2)「自然界とその変化」「ウ エネルギーとその転換」に関する「内容の取扱い」では、「エネルギーの種類、変換および保存について、身近な事象と関連させ、エネルギーの基本を理解させること。例えば発電、電池、光合成、呼吸などを平易に扱うこと。」とあるところに放射線、X線、紫外線も光と同じくエネルギーの一つの種類であること、および原子核エネルギーについても触れるようにする。

また、内容の(3)「人間と自然」では、ア「資源・エネルギーとその利用」に関する内容の取扱いで、「放射能及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること。」とあるのは、例えば「放射線・放射能及び原子核エネルギーの種々の分野への利用について示すとともに、その安全性については他の科学技術の進歩に伴う危険性との対比において扱うこと。」と、「放射線」に言及する。

#### (6) 「総合理科」以外の理科の各科目の現行の内容と内容の取扱いについては

##### 6.1 「物理ⅠA」においては

(3) の「エネルギーと生活」のエ「太陽エネルギーと原子力」で、「原子力については、放射能および原子力の利用とその安全性の問題にも簡単に触れること」となっているのを、「総合理科」同様に、例えば「原子力については、放射線・放射能及び核エネルギーの種々の分野への利用について示すとともに、その安全性については他の科学技術の進歩に伴う危険性との対比において扱うこと。」などとする。

##### 6.2 「物理ⅠB」および「物理Ⅱ」においては

「物理ⅠB」の(4)-イ「電子と原子」の(ウ)「放射能」の見出しについては、「放射線と放射能」とし、物理の教科書としては放射線の方を主に教える。「放射能及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること」については、「総合理科」および「物理ⅠA」における要望と同様である。

「物理Ⅱ」の(3)「原子と原子核」ア「波動性と粒子性」の後に「放射線と物質」という項目を設けて、放射線の定義・意味(放射線と放射能の区別、またX線や紫外線も放射線の1種であるといったことなど)をはっきりと教える。

##### 6.3 「化学ⅠA」においては

(1) 「自然界の物質とその変化」のア「自然界における物質の成分元素」の取扱いにおいて、自然界の成分元素の中にはウラン・トリウムなどの放射性元素がすべての元素とともに存在していることを、数値を示して教えるべきであることを記述する。またもっと化学の教科書でも放射能・放射線について、また資源・エネルギーに関する基礎知識が与えられるようにする。

##### 6.4 「化学ⅠB」および「化学Ⅱ」においては

「化学ⅠB」の(1)-イ「原子の構成」の(イ)元素の周期表、の次に(ウ)同位体という項

目を入れる。そしてその取扱いにおいて、元素の周期表では超ウラン元素を、同位体では放射性同位体というものがあること、これにはカリウム40のように天然に存在しているものがあること、同位体は化学的挙動が同じなのでトレーサとして使えることを教える。

「化学II」では「反応速度と平衡」「高分子化合物」しか取り上げられていないが、前者の(1) -ア「反応の速さ」で光・放射線による反応速度の影響を、またここで「連鎖反応」について教える。できれば、核反応の基礎を教えて、「核反応と化学反応との違い」、(プルトニウムを含む)「超ウラン元素」に関する知識についても教える。

#### 6.5 「生物I A」においては

5つの大項目のうち、(1)「人間の生活と生物」(細目は「A日常生活と生物」「イ自然のなかの人間」)については、生徒全員が履修しなければならないようになっているので、ここで、自然環境の中に放射線・放射能が太古の昔から存在していることや、放射線の人体影響について教える。

#### 6.6 「生物I B」および「生物II」においては

「生物I B」の「変異」のところで、放射線の単位とともに、一般に放射線障害が定量的にどのくらいの線量で起こるか、他の原因によるものと比べてどうか、ということ教える。

### B. 「公民」の第1「現代社会」において「指導要領本文」または「指導要領解説(公民編)」の改正あるいは教科書検定における助言を要望する事項

(1) 指導要領本文における「目標」の中で「・・・現代社会の基本的な問題に対する判断力の基礎を養うとともに自ら人間としての在り方生き方について考える力を養い、・・・」となっており、「解説」に記述されている第4の要点である正しい「判断力の基礎を養う」ための基本となるのは、正しい情報が提供されていることなので、この点は教科書の検定にさいして不正確な記述をできるだけ少なくするよう配慮していただく。例えば、種々のエネルギー資源についての記述において、どのような方法でも長所と短所があることをできるだけ客観的に記述するよう適切に助言をしていただく。

(2) 原子力の平和利用に関しては、大きく分けて原子力(正確には原子核)エネルギー利用と放射線および放射能の利用との2つがあることを教える。なお、環境問題に関して、地球上には天然に太古の昔から、また人間の体の中にさえも常時少量の放射能・放射線が存在していること、放射線による人体への影響については最新の情報に基づいて教えるよう、解説で指示していただく。

(3) 学習指導要領の(4)「国際社会と人類の課題」ウ「人類の課題」の中で「・・・核兵器と軍縮問題など国際平和を推進する上での課題について理解させ、・・・」では、その解説において、現在の国際的情勢に対応して、すでに核保有国において蓄積された核兵器をどのように平和的に処分し、また核不保有国では今後も核兵器を作らないようにするために、どのような国際的な努力がされつつあるか、また、わが国の原子力平和利用に徹した国策として、この努力にどのように協力しようとしているか、について教える。

2.



科学技術庁長官  
近岡理一郎 殿

「放射線教育フォーラム」  
会長 有馬朗人

要望書

「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」

平成8年12月18日提出

放射線教育フォーラム事務局  
〒105 東京都港区新橋1-18-2 明宏ビル6階  
電話 03-3503-5844  
FAX 03-3503-5843

## 要望書

### 1. はじめに

放射線教育フォーラムは、放射線・放射能、原子力、あるいは教育などの専門家の有志よりなるボランティア組織でありまして、放射線や原子力などの正しい知識を普及させるために、1994年4月に発足したものであります。フォーラムの活動の目的は、学校教育において放射線や放射能の基礎知識やエネルギー・環境問題の重要性と原子力の平和利用の意義を正しく教育していただくことに重点を置き、それを通じて社会全体のサイエンス・リテラシーおよびラジエーション・リテラシーを達成することにより、将来の人材を確保するとともに、科学技術、特に原子力に関する問題に対する一般国民の公正なる判断力を養成し、原子力を始めとする科学技術全般の健全なる発展を計ることです。

近年、若い人々の「理工学離れ」が大きな問題となっており、特に原子力や放射線の分野でその傾向が著しく、将来において研究者・技術者の確保が困難になることが深く憂慮されております。また、将来の世界のエネルギー事情やいずれは近い将来に枯渇するおそれのある石油や石炭の消費に伴う環境の悪化を考えると、わが国のような資源は乏しいが教育程度が高く情報の豊富な先進国では、人類全体のためにもまた自国のエネルギー供給のベスト・ミックスという立場からも、原子力エネルギー利用の健全な発達が望まれます。このため、貴庁におかれても種々の取組みをされておられることは私どももよく理解し、評価するものであります。

原子力には、必ず放射線・放射能が関連しており、わが国の一般の方々には、かなりの知識人を含めて、放射線・放射能という言葉に抜きがたい恐怖感と不安感をもっています。しかも、新聞などのマスメディアは、エネルギーや環境問題の重要性を十分に認める一方で、放射線や放射能の危険性を強調する傾向があります。その結果、原子力の社会的受容に大きな困難を来しており、本年夏に新潟県巻町で行われた住民投票の結果はその一つの現れであります。

社会教育の基礎となるものは学校教育であります。ここでも、一般社会の風潮の影響を受けて、放射線・放射能に関する正しい教育が必ずしも行われていません。私どもが高校における教科書の記述を現行の殆どすべての教科書について調査した結果でも、一般的に言ってその記述は甚だ不十分であり、また不適切な箇所が少なくないことがわかりました。このことは、日本とヨーロッパ6か国における15才から18才までの生徒を対象にして最近行われた「エネルギーと環境」に関する意識調査において日本の生徒はエネルギーや環境問題の危機意識はあるが、原子力についての知識・理解は非常に低かったという事実にも表れています。

この事態を改善するために、私どもは昨年文部省に「放射線教育に関する要望書」を提出して、現行の高等学校学習指導要領の改訂案を提案いたしました。そしてさらにその趣旨を敷衍・説明するために、本年11月19日に要望書「エネルギー・環境問題に関連する放射線・放射能教育の在り方」（別添）を提出いたしました。本要望書は、貴科学技術庁のご協力によりこの文部省への要望を効果的かつ合理的に実施できるよう、貴庁の所管に関連する次の3つの項目について、是非ともご考慮をお願いいたしたく、特に要望するものであります。それらは、

- (1) 学校教育で使用される低レベル放射線源の取扱いに関する規制の緩和、
- (2) 教育研究機関での放射線源の取扱いに関する規制の弾力的運用ならびに I C R P 勧告の法規への採り入れに関する事、および
- (3) 科学技術に関する社会人教育の充実、についてであります。

## 2. 要望の内容

### (1) 学校教育で使用される低レベル放射線源の取扱いに関する規制の緩和について

放射線・放射能の基本的学習の目的には、天然の放射性物質のみならず、人工の放射性同位体の使用が極めて有効であります。（その例は半減期の比較的短い放射性同位体を教育目的に使用して、放射能がすべて固有の半減期により減衰することを理解させることなどです。）ところが、わが国の放射性同位元素に関する法規による規制が厳しすぎる点があり、教育目的のような極めて少量の放射線源の入手が困難で、またその管理に不必要な手続きを必要とするなど、教育を妨げております。例えば、ある教育研究機関が使用許可施設の「放射線取扱施設」を所有している場合、法的には放射性同位元素とみなす必要がないごく少量（告示第15号第1条1号および3号に定める量以下）の放射性物質の使用においても、その使用許可の変更を必要とするなど、法規で放射性同位元素とみなすべき量とおなじ規制を受けるよう、行政指導が行われています。このことは、学生実験や教室での展示実験を実施する際の大きな支障となっています。学校教育において放射線・放射能の基礎的知識を与えるために最も良い方法は学習による体験であります。このような制約があるために実習や授業において実地に放射能・放射線の教育を行うことが敬遠される傾向が多く見られます。この点についての規制緩和を強く要望いたします。

この種の、管理区域の設定を必要としない程度の量の放射性物質の教育目的の利用に際しては、その入手を容易にさせていただきたく、このことは、学校教育のみならず、社会教育において放射能に関する実験を行うなどの場合にも、法規の運用に格別のご配慮をお願いいたします。

### (2) 教育研究機関での放射線源の取扱いに関する規制の弾力的運用ならびにICRP勧告の法規への採り入れについて

貴科学技術庁が、原子力の平和利用の推進にあたり、放射線・放射能の安全性を第一に考慮されて、完全と思える法体系を整備されてそれを忠実に運用されてこられ、その結果、わが国の放射線管理は万全となった実績は大いに評価に値するものと考えております。しかしこの法規による規制を大学等の教育研究機関における使用の場合に適用する場合には、法令の特例を設けるか、あるいは弾力的な運用をしていただいて、放射線防護のための過重な設備と煩雑な規制および行政指導が研究を阻害することのないように要望いたします。それは、大学等の教育研究機関においては、通常その放射性物質の使用量は比較的少量であり、放射性物質を取り扱う1日の取扱い時間もまた継続的年数も短いからであります。

また、これらの研究機関における放射性同位元素の使用施設の設計基準は、通常必要以上に過重であることが多く、建設においてかなりの支出を必要とする上、使用手続きの煩雑さなどの理由により、往々にして施設建設後、折角の有用な施設の使用の頻度が低下し、教育や研究に放射性物質の使用が回避される場合が多いのであります。このようなことから、近年多くの大学などにおいて、学部学生や大学院学生が放射線・放射能に関する知識を学ぶ機会が少なくなり、その結果、全国で放射線や放射能を取り扱う研究室や講座が減少し、将来の研究者や技術者の養成に大きな翳りがみられる一因にもなっているものと思われま。

具体的には、放射線取扱施設の管理区域に係る外部放射線による線量当量、空気中の放射性同位元素の濃度等および事業所等の境界の外の線量当量限度については現行の規定よりも厳しい数値となる変更を行わないことを要望いたします。これは、変更された基準を満たすための施設の変

更に多くの経費を要し、教育機関とくに私立の教育機関にとって多大の負担なるからであります。現実には多くの教育研究機関では、過去に法令改正に伴う施設の変更・改善のための経費負担に堪えきれず、放射化学の研究室の規模を縮小せざるを得なかったケースが少なくないであります。また、法令が改正になると、既存の貯蔵施設のままで現在使用している放射性同位元素の量や種類を減らす必要がある場合があり、それには煩瑣な手続きと許可変更申請書類作成のための経費を必要とするとともに、専門的な教育や研究に使用できる放射性同位元素の量や種類を減少させることにより、教育・研究活動の著しい低下を来すことになるからであります。

なお、現在放射線審議会においては職業人に対する実効線量限度を1990年のICRPの勧告<sup>1)</sup>を採用して法規の基準を厳しくしようとしていると聞いています。法規の制定にあたっては、これまではICRPの勧告を殆どそのまま採用してきたように思われますが、これについては、以下に述べる3点を配慮して慎重に行っていただきたいと要望いたします。その第1の理由は、低レベルの放射線影響について最近新しい科学的データが多く発表されており、従って基準を変更するに当たってはこれを十分に考慮していただきたいことであります。第2に、わが国では放射線防護に関する従事者や管理者の意識は徹底しており、原子力施設や大学等の教育研究機関での放射線管理が充分に行われ、原子力施設でも平均的な個人の放射線被ばく量が低下している実績があるので、法規による規制を現在よりも厳しい方向に改正する必要がないと思われることでもあります。第3に、法令の改訂がたとえ職業人に関するものであっても、現時点でそれを厳しい方向に変更することになれば、現在一般の人々が放射線に対して抱いている科学的事実以上に危険であるとの考えをさらに助長することになり、社会的にみれば、決して望ましいことではないからであります。

### (3) 科学技術に関する社会人教育の充実について

科学技術は日進月歩ですが、学校教育あるいは高等教育においてその基本的知識を習得されていることが望ましいことはいまでもありません。しかし、科学技術のうちでも原子力や放射線の問題や近代技術の便益とそれに伴うリスクの問題に関しては、学校教員やジャーナリストなどの指導的立場の方々を含めて、現在社会の中堅層を占めておられる人々が、必ずしも正しい科学的知識を持っておられないことが多いように思われます。このことが、たとえば「原子力に関する円卓会議」に際して、正しい科学的知識によらない、われわれ専門家の目からすれば明らかに不合理な意見が表面に出て、それを批判することさえ憚られる、という事態がしばしばあるように見受けられます。これでは到底、「原子力に関する国民の合意形成」において公正な結論が得られない恐れがあります。

文部省においては、最近「サイエンス・ボランティア」の制度を発足させて、若い人々への理科教育を促進する努力がされておられるようであります。貴科学技術庁におかれても、文部省ともよくご連絡を取って、社会人を対象として、たとえば「エネルギー・ボランティア」あるいは「科学技術と人間の調和を考えるボランティア」の制度のようなものを設けて、とくに社会の指導者層とベテラン科学者との交流の機会をつくる活動を助成するなどして、社会人に対する科学技術教育における充実を計ることにつきご検討されるよう、要望いたします。

〔文献〕1. 「放射線防護基準の意味するもの」田島英三，原安協ブライマーNo.1，原子力安全協会，平成6年4月）

第百四十五回国 参議院 決算委員会 會議録 第三号

平成十一年四月七日(水曜日)

午前十時開会

委員の異動

四月六日

辞任

伊藤 基隆君

川橋 幸子君

平野 貞夫君

四月七日

辞任

田 英夫君

補欠選任

内藤 正光君

朝日 俊弘君

星野 朋市君

補欠選任

福島 瑞穂君

出席者は左のとおり。

委員長 理事

久世 公堯君

鹿熊 安正君

鎌田 要人君

中原 爽君

佐藤 泰介君

岩本 莊太君

委員

岩城 光英君

加納 時男君

佐々木知子君

佐藤 昭郎君

清水嘉与子君

平田 耕一君

水島 裕君

朝日 俊弘君

小川 勝也君

内藤 正光君

益田 洋介君

山本 保君

国務大臣

外務大臣

大蔵大臣

文部大臣

科学技術大臣

厚生大臣

農林水産大臣

通商産業大臣

運輸大臣

郵政大臣

労働大臣

建設大臣

国務大臣

国土庁長官

内閣官房長官

国務大臣

(総務) 大臣

国務大臣

(防衛) 大臣

国務大臣

(経済企画) 大臣

国務大臣

(環境) 大臣

国務大臣

会計検査院長

政府委員

内閣審議官

兼中央省庁等改革推進本部事務局長

内閣官房内閣安全保障・危機管理室長

警察庁交通局長

総務庁行政監察局長

防衛庁参事官

防衛庁防衛局長

防衛庁人事教育局長

防衛庁経理局長

防衛庁装備局長

防衛施設庁長官

防衛施設庁施設部長

外務省北米局長

外務省経済協力局長

外務省条約局長

大蔵大臣官房審議官

大蔵省主計局次長

文部省初等中等教育局長

文部省高等教育局長

文部省学術国際局長

文部省体育局長

厚生省保健医療局長

厚生省生活衛生局長

厚生省老人保健福祉局長

厚生省児童家庭局長

厚生省保険局長

厚生省年金局長

社会保険庁次長

農林水産大臣官房長

農林水産省経済局長

農林水産省構造改善局長

農林水産省農産園芸局長

林野庁長官

水産庁長官

通商産業省環境立地局長

資源エネルギー庁長官

外務省北米局長

外務省経済協力局長

外務省条約局長

大蔵大臣官房審議官

大蔵省主計局次長

文部省初等中等教育局長

文部省高等教育局長

文部省学術国際局長

文部省体育局長

厚生省保健医療局長

竹内 行夫君

大島 賢三君

東郷 和彦君

福田 進君

坂 篤郎君

辻村 哲夫君

佐々木正峰君

工藤 智規君

遠藤 昭雄君

伊藤 雅治君

小野 昭雄君

近藤純五郎君

横田 吉男君

羽田信吾君

矢野 朝水君

宮島 彰君

高木 賢君

竹中 美晴君

渡辺 好明君

樋口 久俊君

山本 徹君

中須 勇雄君

太田信一郎君

稲川 泰弘君

残る第二発電所及び第三発電所も九九年六月に運転を開始する見通しであることから、今年度も残余の貸し付け実行を継続することとしております。

政府といたしましては、早期の事業の完成により所期の援助効果が発現するように、引き続き努力していきたいと考えております。

○加納時男君 いよいよでき上がるということはいいんですけれども、これは振り返ってみますと、交換公文を締結したのは八六年、それから第二次がたしか九〇年だったかなと思います。八六年に交換公文を締結したときは、九一年までにでき上がるということだったんですね。九一年までに現実に、これは発電機が三カ所あって九機、それから水車も九台ですけれども、約束どおり全部もう入っちゃっているわけです。ところが、全然工事が進まないというので非常に時間がかかって、でき上がったのが今のお話ですとことしの三月だと。

というので、考えると八年おくられているわけですね。非常にこれは残念なことがいろいろあったんじゃないか。反省点として先方の予算手当てがおくれたとか、今いろいろおっしゃったんですけれども、こういうのは全部F Sできちんとやるべきではないか。フィージビリティスタディーをやった、先方の予算のつけ方はどんな仕組みになっているのか、可能性があるのかどうか、用地取得がおくれたということも理由にあるようだけれども、住民の権利関係はどうなのか。それから、水が出るか出ないかというのはこれは地質調査でわかるわけですから、F Sをきちんとやるべきじゃないかと思っております。事実やっただと思えます。

それにしても、非常に反省するところもあったかと思うんですけれども、反省するところはなかったんでしょうか。

○政府委員(大島賢三君) お答え申し上げます。本件のフィージビリティスタディー、事業化調査はインド側が実施したものでございまして、

ただいま先生御指摘ございましたように、当初は大体五年ぐらいで三基の発電所を完成するというものが十年近くかかってしまった。結果的にはきちんと完成をしたわけですけれども、相当なおくられが途中生じた、こういうことでございまして。

そのおくれにつきましては、ただいま大臣の方から御説明ございましたように、先方の土地収用が予想以上に手間取った。それから、先方が手当てすべき内貨の手当てが不十分であった等々の事情もございました。さらに、非常に気の毒なことでございますが、大規模な干ばつとか大洪水が途中であって計画に狂いを生じさせてしまったとか、いろいろございまして。ございましてけれども、結果として見ますと、フィージビリティ調査に予定しておらなかったような、見込んでおらなかったような事態が現実には工事を開始して見ますと起きるわけでございます。

この種の事業につきましては当然フィージビリティスタディーが存在するわけでございましてけれども、それを精査してあらゆる点からきちんとチェックをした上で資金供与にかかるというべきところで、それを今回の場合にもあの時点で入手可能なあらゆる情報を手にとったわけでございましてけれども、結果的には先ほど来出ておりますような事態が生じたということでございます。この点はフィージビリティを十分裏から裏まできちっとやって、全く問題がなかったかといえれば若干不十分な点がありあつたというふうに私どもは感じております。

途上国の仕事でこの種のことは間々あるわけでございますけれども、こういうことも経験にいたしまして、できるだけこういうことがないように努めてまいらねばならないと思っております。

○加納時男君 私も途上国の援助の現場も見てまいりましたけれども、非常に皆さん御苦労していらっしゃるのによくわかります。

今お答えがあつたので結構なんですけれども、ぜひともF Sをきちんとやることと、それからスタート

した後も、今回も中間管理ミッション、九〇年以降ですか八回ほど出しているんじゃないかと思いが、中間管理をきちんとやって、工程管理をやっていく。全体の流れが悪ければ、もう予算がついていないからやっちゃいますよという役所仕事じゃなくて、現実に変化があつたならば変化に即応して予算を機動的に修正していくとか、工程をチェックしていくとか、計画したものを実施段階でチェックして、チェックした結果をアクションに移していくという、品質管理の話ですけれども、P D C Aのサイクルを回すことをぜひともこのODAでもやっていただきたい。

F Sと工程管理、これをお願いして、この件は終わりたいと思っております。ありがとうございます。

第三の課題の地球温暖化でございますが、三月二十七日の産経新聞の社説を私は拝見しました。そこにはこんなことが書いてありました。原子力発電が必要なのは自明である。だが、このたび中央環境審議会が環境庁長官に出した答申の基本方針の中では反対意見を考慮したのか、「原子力基本法等に基づき、放射性廃棄物の処理処分対策等を充実させつつ」、まだあるんですけれども、「安全性の確保を前提として」、まだあるんですね、「国民的議論を行い」、終わつたかと思つたら、さらに「国民的理解を得つつ」、これだけうんと回りとくく言つて、最後は「進める」と、こうあるわけですね。

これは一体進めるのかという進めないみたいな書き方で、進めたくないけれども、進めるといふことが決まったから、やむを得ずうんとやりたくない表現を入れたというふうな感じで、産経新聞の社説では「実に回りとくく表現でまとめた」というふう書いてあります。

さらに、社説では、原子力にかわる新エネルギーが供給安定性には欠けている、それである以上は、原子力発電否定論は現実離れの議論と言わざるを得ない、こんなことを言われております。環境庁長官に伺いたいんですが、なぜこんな回

りくどい言い方で答申がまとまったんでしょうか。大体事務方といいますが、あるいは私も中環審の委員をやつてまいりましたけれども、委員の方の中には原子力というのはどうしても嫌いだという方が多いのかよくわからないんですけれども、好きとか嫌いとかじゃなくて、これは考えていただきたいと思うんです。

「実に回りとくく」という産経新聞の社説の指摘に対して環境庁長官はどんな御印象を持たれたでしょうか。できましたら長官に御印象をいただき、細かいことは結構ですから、けしからぬとか、産経新聞が悪いとかいいとか、そういうことでも結構です。

○国務大臣(眞鍋賢二君) 私も、環境庁長官就任直後の記者会見で、日本のエネルギー増強に対する対策として何を求めなきゃならないかといったときに、代替とはもう言えない状態になっておるのが原子力エネルギーであるわけでありまして、日本のエネルギーの三分の一を原子力エネルギーで確保している現状を見ますと、この必要性というのはいまさらいかりだ、こう思つておられるわけでありまして、これを安全性を高めながら増強していくかなきゃならない、この気持ちは始終変わっておりません。

〔委員長退席、理事鎌田要人君着席〕  
日本のエネルギーが、光エネルギー、太陽エネルギーが取ってかわるような時代が来ればまだしもでございますけれども、現状から考えますと、クリーンなエネルギーということになりますと、そのエネルギーは原子力にゆだねていかなきゃならない。何といつてもこの原子力に対する日本国民のアレルギーということがあるわけでありまして、そのアレルギーを払拭するための技術革新をなしていかなきゃならない。  
日本は原子力エネルギーについては世界でフランスに次ぐ確保国でありますけれども、しかし日本で大きな失敗があつた、事故があつたというふうなことはないわけでありまして、なお技術に磨きをかけて、原子力エネルギーは安全性の高い

ものであるという位置づけをしていかなきゃならない。それができていないために、今そのようない、しつつか云々とかいう文言が出てきたのじゃないかと思うわけでありませう。しかしながら、その必要性というのは中央環境審議会においても十分認めておるところでありまして、その認めた文言に対する裏づけをしっかりとやっていかなきゃならないと思っております。

○加納時男君 ありがとうございます。今、長官のお話の中で、原子力アレルギーの私拭が大事だと、全く同感でございます。さて、原子力アレルギーということで考えますと、この五月ぐらいからスタートするのが原子力研究開発の長期計画、正確に言うと原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画、原子力長計でございます。環境庁は御関心があるかと思うのでございますが、これは基本的には科学技術庁長官、通産大臣と御出席いただいておりますが、この改定作業が始まるわけです。

原子力アレルギーという今の環境庁長官のお言葉で考えたのは、原子力アレルギーは私はいいとだと思っております。日本は確かに世界唯一の被爆国であるし、原子力という核兵器を考え、ともかく怖いものだ、これは私は決して否定できないと思っております。逆に、このアレルギーがあるからこそ、日本は世界で最も原子力の平和利用に熱心な国であり、核兵器を否定している国であります。それからまた、原子力の安全運転、安全利用に徹している国だと思っております。それが証拠に、原子力発電所の発電炉、原子炉と言っておりますけれども、これが計画外にとまる率というのが一番わかりやすい指標ですが、先進国に比べて日本は低く、とまる率が低い。つまり、断トツの技術水

準を誇っている。これもアレルギーがあるからこそ安全に平和にしないといけないということだと思っております。とてもいいお話をありがとうございます。

そこで、原子力長期計画でございますけれども、せっかくスタートするので、これは科学技術庁、通産省だけでなく、ほかの省庁にも積極的に参加していただくという考えはどうだろうかというのを伺いたいと思っております。

例えば、実際に現地の首長さん、知事さん、市長さん、いろんな方に伺ってみますと、研究施設が欲しい、あるいは教育機関を充実してほしい、インフラをふやしてほしい、いろんな要求もござい

ます。そこで、国上長官、建設大臣兼任でございますが、例えばこの原子力長計の策定に当たって御参加いただいて、国土計画の一環とあるいは交通インフラの整備、いろんな観点があると思っておりますけれども、こういう観点も含めて原子力長期計画を日本の国策として進めるわけでありまして、御参加いただけないかと思っております。お考えはいかがでございますか。

○国務大臣(関谷勝嗣君) 昨年三月末に策定されました第五次の全国総合開発計画、今からは二十一世紀の国土のグランドデザインというふうな副題もつけておるわけでございますが、その中にありまして、安全性の確保を最重要としつつ、国民の理解と協力を求めながら原子力発電の建設を着実に推進するということを示しておるところでございます。地域経済の自律的發展に向けた地域の自主的な取り組みをその角度から支援していきたいというふうな存じております。

また、建設省の立場から申し述べさせていただきますとすれば、この原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画は個別具体的な原子力施設の立地地域を盛り込んでおられません。盛り込んではいないわけでございますが、建設省といたしましては、関連の交通インフラの整備ということ、これは前向きにしっかりとしたものを出していくて、必要に応じて協力していくということは一生

懸命やっていたいと思っております。

○加納時男君 ありがとうございます。科学技術庁長官並びに文部大臣にもいろいろ伺いたいですけれども、実は次の教育と関係します。教育のセクションで十分お話ししたくないと思っておりますが、その前にこの長期計画で科学的思考の重要性とかあるいはエネルギー教育、いろんなものが原子力アレルギーを克服していくためにも大事かと思っておりますが、文部大臣として一言だけいただけたらありがたいと思っております。

○国務大臣(有馬朗人君) エネルギーの問題というのは、二十一世紀の日本にとって極めて重要なことだと思っております。私は、新エネルギーというものをぜひとも開発すべきであると思っております。ですから、太陽にせよ風力にせよ十分開発していかなきゃならないと思っておりますが、ただいゆる新エネルギーだけで日本の二十一世紀のエネルギーが保てるのは絶対思えないわけですよ。

一方で、御指摘のように核エネルギーがあつて、原子力に対するいろいろな御批判は強い。しかし、国民の理解を十分得ながら原子力を健全に育てていくということは日本の二十一世紀にとって極めて重大なことと思っております。したがって、もっと広いエネルギーの教育ということと同時に、放射線とか放射能とかそういうものがいかに今医学に使われ、日常生活にいかに使われているかというふうなことも説明をしながら、同時に原子力というものの重要性について今後教育していくべきだと、今もしておりますけれども、さらに十分な教育をしていくべきだと考えております。

○加納時男君 ありがとうございます。外務大臣、ここまで結構だと思っております。では最後に、残った時間でエネルギー・環境教育に触れたいと思っております。

今、有馬文部大臣から非常に鋭い問題意識のある御発言をいただいたわけでございます。私はここに「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」という要望書を

持ってまいりました。これは平成八年に出されたもので、提出先は当時の小杉文部大臣、提出者は実は放射線教育フォーラム会長有馬朗人先生でございます。つまり、出された方が出した先の大部大臣になられたというので、ぜひこれについて伺いたいと思っておりますけれども、この中で非常に大事な問題提起がされていっていると思っております。

今、大臣がおっしゃったように、エネルギー危機への対応、温暖化対策として省エネ、新エネだけでなく原子力の役割は不可欠であるとか、それから放射線、放射能は自然現象であつて、医療分野等十分に制御可能である、それから放射線には科学的である、害というのは定量的に教えることが科学的である、これは非常に鋭い御指摘だと思っております。それから、教育も報道もより客観的かつ冷静にやるべきだということがございます。

(理事鎌田要人君退席、委員長着席) それにつけ加えて、放射線とか放射能については、教科書で見ると、理科の中ではごく小さな扱いであり、社会の中では原子力の欠点のみ、あるいは不正確かつ情緒的な記述があると。これは私が言っているのではなくて、有馬先生がかつておっしゃったことでございます。こういうのが出ております。

また、平成八年五月に日本原子力学会が出された「初等・中等教育における「エネルギー」の扱いと高等学校学習指導要領に関する要望書」というのがありまして、ほぼ同じ趣旨のこと、社会科学、理科等についているんなことが書いてござい

ますが、こういった要望書を受けた形で、あるいはかつてお出しになったお立場も踏まえまして、文部大臣、一体どのようにお考えでしょうか。ぜひ伺いたいと思っております。

○国務大臣(有馬朗人君) 自己矛盾してしまうとまずいのでございますけれども、この点は十分注意しております。

まず、社会生活を営む上で国民の一人一人が原子力を含めたエネルギー問題、先ほども申し上げ

ましたけれども、新エネルギーも含めて、二十世紀を越えてきたけれども、二十一世紀を特に資源の不足している日本人はどうやって暮らしていくんだらうというふうなことも含めまして、エネルギー問題について正しい認識を持つことが非常に重要だと思っております。

そのことにつきましては、客観的に公平に学校教育できちんと教えていく必要があると思っております。特に子供たち、児童生徒の発達段階に応じて放射線や放射能、原子力も含めてエネルギー問題について正しい理解を深めていくことが大切であると思っております。

したがって、先ほど御指摘のございました、私がかつて会長をいたしておりましたころの要望書と矛盾しないように、指導要領の改訂においてそれを十分参考にしながら改訂していこうと思っております。

具体的に申しますと、今回、実を言いますと、今までの学習指導要領におきましてもかなりいろいろ教えてはいたのですが、やや不十分なところがあると私も考えております。したがって、今回の改訂では、これらの指導の重要性を踏まえまして、中学校では、技術・家庭科や社会科において資源・エネルギー問題の学習や、技術の進展がエネルギーや資源の有効利用に貢献していることとの指導を充実させました。それから高等学校では、理科につきましても選別をしますと少しばらばらの知識になってしまおうとおそれがございますので、まず理科総合などを必ず履修した上で化学や物理、生物、地学を学習するような仕組みにいたしました。それぞれの科目の特質に応じて、エネルギーの考え方や環境問題、原子力を含むエネルギー資源の特性や利用、放射線の性質などについての指導の充実を図るところでございます。

放射線教育フォーラムの要望書でも指摘しておりますように、放射線、放射能、原子力、エネルギー、環境などの問題につきまして正確な理解のもとに正しい判断をすることは、これからの社

会において一人一人に求められていることでございます。この基礎を培う学校教育においてそのような教育が適切に、しかも公正に行われるよう指導の充実を努めてまいりたいと思っております。

○加納時男 ありがとうございます。学習指導要領が新しく改訂されました。今お話を伺いますと、その中で理科総合を必修にする、私は大変な進歩だと思います。そういった中で、放射線とかそういったこともぜひ扱っていただきまして、一歩ずつで結構でございますから、前を向いて、有馬先生の議員になられる前の理想を実現していただければありがたいと思っております。

残った時間が九分でございますので、一つ教科書の実例を皆様に御報告して、これは細かい記述がいろいろのこうということよりも、現状はこうだということをご理解していただきたいと思います。

たくさん持ってきたんですけども、一つの例で、これは数研出版というところを出した高校の「現代社会」です。平成九年検定、印刷、十年発行であります。今使われているものであります。「新しい資源・エネルギーの開発」という項がありまして、「太陽エネルギーや地熱・風力・波力の利用などの開発が急がれる」、自然エネルギー賛美があります。その次に原子力が出てきます。

ごく短い時間でポイントだけ読みます。「原子力発電は、人体に危険な放射線を大量に発生させるウランの核エネルギーを使用しているため、安全性の管理が問題となる。」「飛ばしまして、一九七九年のアメリカのスリーマイル島事故でも、周辺地域に放射線被害をもたらした。」「それからちょっと飛ばしまして、「原子力発電所に反対する世論や運動が、日本や欧米諸国で急速に高まっている。」「その次は、「アメリカのカリフォルニア州では、住民投票で原子力発電所の一部が解体されることになった。日本の原子力発電所では、安全運転のための努力がなされてはいるが、放射性廃棄物の処理の問題、温排水による熱汚染の問題

など、解決しなければならぬ課題も多い。」「幾つもあるんですけども、一つこれを挙げてみます。

私は読んでいて、非常にこれについて思い込みがあるのかなという感じがします。太陽等についてはいいところだけが書いてある。そして、原子力についてはネガティブなところだけが書いてある。ネガティブが全部正確かというところ、ややバランスを失っているんじゃないか。

例えば、ここで取り上げられている一、二の例だけを申し上げますと、スリーマイルアイランドの事故、これは確かに私は設備の事故としては大変な事故だし、今、日本、欧米で使われている原子炉で起こり得る最大の事故の一つだと思っております。炉心が溶けてしまったわけでありまして、あるいは冷却水をためてしまおうということにお粗末なことがあって起こったのですが、炉心は溶けたけれども現実には格納容器がしっかりあって放射能を中に閉じ込めた、外にはほとんどわずかしかなかった。その結果、ペンシルベニア州保健

省、私も現地へ行っていますけれども、そこで徹底的に疫学調査もやった結果、何ら異常はない、つまり健康被害は全くない、有意な差は全くなかったわけでありまして。そういうことが明らかになっていたので、ここに書いてある「放射線被害をもたらした」というのは、ちょっと表現がいかがかと思えます、細かいことはまた別としまして。

カリフォルニア州で、住民投票で原子力発電所が解体された、これだけぼつんと書いてあるわけですが、では、アメリカで何回住民投票があったのかということが大事であります。七六年から九二年まで、ここで指摘しているのは恐らく、カリフォルニア州の小さな町があるんですけども、ランチョセコという町なんですけれども、その住民投票だと思えます。確かにそこはぎりぎりの差だったのですけれども、とめるという方が多くてとめました。

では、そればかりかというところ、アメリカでは合

計二十一回やっています。原子力発電所の建設に賛成するか反対するか、それから、シャットダウンというのですけれども、運転しているものを閉鎖するかどうか、二十一回ありまして、結論はどうだったのか。とめるという側から見ますと一勝二十敗、つまりとまったのが一つ。整然と安定運転しているのが二十。つまり、一勝二十敗であります。その一つだけとって勝った勝ったと言っているのは、何か第一試合に勝ったからことしは巨人が優勝するのじゃないかといったセリグの話と同じで、一つだけ勝っても二つ負けたら負け越したもので、一勝二十敗は負け越した見ると普通の常識じゃないかと思えます。一つだけとって、ほら見ろ、住民投票で原子力がとまった、それだけを言うと、一部分は正しい。部分の事実は全体の真実ではないと思うので、さっき有馬文部大臣がおっしゃったように定量的な発想、放射線もそうなんですけれども、が必要じゃないか。

さらには、「温排水による熱汚染」といいますと、何か熱湯が沸騰しているようにおどろおどろした話なんですけれども、二十度の手前ぐらいで入ったものが二十度をちょっと超えたとこで出てくる。これは出入り口の話で、それも七度しか差がないわけです。それは、沖合まで出して、先まで出して海で拡散したりなんかしますから、実際は漁業に対する影響というのは全くないと言われております。むしろ、漁業が栄えたというところもあるぐらいであります。それを熱汚染なんというのには極めて情緒的な表現でありまして、もう少し定量的に書いてもらった方がいいのかなとも思うんです。きょうは、こういった個別のことについて揚げ足をとるようなことは私はしたくないと思えます。

こういうような実態だということもあって、先ほどの有馬先生が元会長をやっていたら、放射線教育フォーラムからも要望書が出たり、あるいは原子力学会という学会でございますが、そ

ここらも要望書が出て、文部省が今回指導要領を変えたということだと思えます。

いずれにしても、教科書問題というのは、私は原子力推進だけを書けと言っているのでは決してありません。大臣がおっしゃったように、科学的な思考、賛成でも反対でも結論はいいんです。けれども、事実が客観的に、冷静に、自然エネルギーのいいところもあります。私も大好きです。化石燃料の役に立つところもあります。原子力の強みもあります。けれども、それぞれ全部課題を持っていきます。その課題をはっきり書いて、その課題をどうやって克服していくのか、克服していくのかといったことも教えて、最後は生徒が結論を得るといふ冷静な科学的なものが必要なので、何か情念だけでこれが正解だということでは無理やり教えてしまうと、原子力にただ反対することとしかならない人がそのまま新聞記者になったりするとな世の中になっちゃうのじゃないかと思えますので、ちょっと心配しているところでございます。

何か大臣から一言所感をいただけたらと思えます。○国務大臣(有馬朗人君) 私も先生と心配をともにする者でございます。それで、現行の検定制度のもとですと、具体的に教科書にどういふふう書いていくかというふうなことは一義的には教科書発行者あるいは著者、そういう人たちの判断にゆだねられております。しかしながら、子供たちに原子力に関する正しい理解を持たせることは極めて重要であると私も考えているわけでございます。

それで、今御指摘のとおり、原子力発電の記述に関して、これまでも長所と短所の両面を公平に客観的に書いてくれというふうなことは常々述べておりますし、それは文部省として努めてきているところでございますが、御指摘のように、やや不公平と思われるような面もないわけではござ

いませんので、発行者への周知を図りながら、教科書の記述がさらに客観的な、公正なものになるよう努力をさせていただきたいと思っております。

それで、先ほどから繰り返して申し上げておりますけれども、太陽エネルギー、風力等々は大変重要だけれども、本当にそれで足りるのだろうか。関東全体を太陽バッテリーで覆わなければ日本の電力はもたない、本当に関東全体を覆っていいんだらうか、こういうふうな問題をやはり教育できちと教えていくべきだと思います。

それから、アメリカがいろいろなことを考えておりますけれども、何とんでもあんなくらしい石油のあるところはございませんで、まだ当分石油でもっていただくらう、こういうときに原子力に對し多少ゆっくりとした考えになることは無理もない、こういうこともちゃんと教えていかなきゃならないと思っております。

それから、イタリアは多分原子力をやらない。しかしながら、隣のフランスから電力を買っているわけです。その電力のものであるフランスは原子力です。その電力のフランスから隣の国の原子力はい、そこから買ってくれば自分のところは原子力をやらないからきれいなんだ、こういうふうな考え方はおかしいと私は思っているわけで、こういうことについてもきちと教育で教えていくべきだと思っております。

○加納時男君 ありがとうございます。大変力強いお答えで、教科書の問題は、確かに著者、それからそれを編集し発行する編集者、さらには検定、いろんなプロセスを経っておりますけれども、国会議員としてもこれからも関心を持ってこの問題を見詰めてまいりたいと思っております。以上で質問を終わらせていただきます。午後一時まで休憩いたします。

午後一時二分開会  
○委員長(久世公義君) ただいまから決算委員会を再開いたします。

休憩前に引き続き、平成八年度決算外二件及び平成九年度決算外二件を一括して議題とし、全般の質疑を行います。

○小川勝也君 民主党・新緑風会の小川勝也でございます。決算委員会です。質問ができると張り切っておつたんですが、こんな声なもので、聞き取れないことがあります。決してカラオケでつぶしたわけではございません。

委員部の方で順番を決めていただきましたので、そのとおりにやらさせていただきます。本日は別な順番でよろうかと思つたんですが、決まらちゃったので、まず防衛庁長官からお伺いをいたします。

防衛庁の調達の問題、昨年度大きな話題となりました。実は大きな問題で御苦労されておるらう、こう思うわけでございますが、何はともあれ三月三十日に検討会が開かれその策がまとめられた、こういう報道がございました。内容は詳しく新聞には出ておりませんが、概略を御説明いただけますかと思っております。

○国務大臣(野呂田芳成君) 今委員から御指摘いただいたとおり、部外の有識者から成る防衛調達制度調査検討会をつくりまして、二十一世紀に向けた透明で公正な新たな防衛調達制度の確立のために、昨年九月二十四日から九回にわたって会合を開催し、欧米の制度の調査も行い、去る三月三十日に、その成果を踏まえて防衛調達制度の改革実現のための具体策を取りまとめ、防衛庁長官に御報告いただいたところであります。

この報告書は、昨年の十一月十九日に取りまとめられた防衛調達制度改革の基本的方向に基づき、これを具体的に実現していくための方策をきめ細かく盛り込んだものでございます。その主な内容について申し上げますと、一つは競争原理の強化策の問題、一つは企業側提出資料の信頼性確保のための施策の問題、一つは過払い事案処理に関する統一的かつ明確な基準の策定の問題、それから一つは部外有識者による監視制度の導入の問題、それから企業が提案した削減策に対する技術料を支払う減価提案制度の創設の問題等でありま

す。これらの施策を私どもは平成十一年度から確実に実施してまいりたい、こう思っているところであります。職員一人一人がみずから担い手となるという意識改革の必要性、あるいは実施状況をフォローアップする体制の確立が必要であることなどがこの報告書でも提言されているところであります。

防衛庁としては、去る二日に防衛調達制度調査検討会から報告された内容を盛り込んだ調達改革の具体的措置を取りまとめたところであり、本年度からそれを確実に実施し、二十一世紀に向けた新しい防衛システムを構築することによりまして国民の信頼を早急に回復してまいりたいと考えておるところであります。

## 4. 文部省教育課程審議会への意見書とその反響

「今後の教育課程の在り方について」文部省教育課程審議会へ意見書を1997年1月31日に提出した。その内容は以下の通りである。

「今後の教育課程の在り方について」文部省教育課程審議会への意見書

「放射線教育フォーラム」

1997.1.31.

### 1. 今後の幼稚園、小学校、中学校、高等学校、盲学校、聾学校、養護学校における教育の全体的在り方

一般的に言って、各教科で教えるべき教育の内容については、あまり細かい規定を設けず、教師の自発的努力を助長することができることが望ましい一方において、これだけではぜひ、義務教育あるいは高校までに教えてもらいたいという事項が当然あると考えます。この見地から、学習指導要領をもっと簡略化するなど、抜本的な改革を望みます。

これからの学校教育において特に重点的に育成が望まれる点は、個々の断片的な知識でなく、①倫理感覚（ならびに情操感覚）を身につけさせること、②社会生活に最小限度必要な読み書きそろばん力（リテラシー）、③さらに、今日の高度の文明社会（それもエネルギー・環境・経済成長のトリレンマの中にある）において、将来一般市民になったとき公正な価値判断ができるために必要な、最小限度必要な科学的知識であろうと考えます。

### 2. 各教科等における教育内容の厳選・改善

理科においては、現在は、物理・化学・生物・地学の4教科から2科目を生徒に自由に選択させる制度になっているが、これでは、自然科学の基礎である物理（や化学）を全く履修しなくても済み、エネルギー問題の解決のための必須知識である放射線や放射能のことが学ぶ機会がなくて社会人になることができるので、これでは、上記の③の条件を満たすことができません。例えば放射線や放射能がわれわれの回りにあるようなことは、できれば義務教育において常識として身につけさせるべきであります。（これに関して、私ども放射線教育フォーラムは昨年文部大臣および科学技術庁長官に要望書を提出いたしましたので、その写しをここに添付いたします。）

### 3. その他改善を要する事項

エネルギー問題に関していうならば、原子力に対する価値判断が、理科とそれ以外の公民や、地理、保健体育などの科目における取扱いが必ずしも統一されていないようですので、いわゆる「クロス・カリキュラム」方式を検討するなどの工夫を望みます。（現行の高校の理科その他の教科書において、原子力や放射線が必ずしも適切にと取り扱われていないという実情がわかりましたので、上記の要望書にも引用されている報告書\*を別添いたします。）

（\*松浦辰男、「現行の高校の理科教科書における原子力・放射能関係の記述について」IAERU-9311a ほか3点）

このフォーラムの意見書が、同年 4 月 22 日付けの「内外教育」に、別紙のように、取り上げられていることがわかった。このことは、放射線教育フォーラムの意見が公式な評価を得たことを示し、喜ばしいことである。同時に、このような機会があれば今後もどしどし正しいと思う意見を伝えることが大切であることを示す。

# 指導要領の弾力化など提言

## ●今後の教育課程の在り方への意見

文部省は十四日、「今後の教育課程の在り方」

について一般から公募した意見概要をまとめ、教育課程審議会(会長・三浦朱門日本芸術文化振興会会長)の総会に提出した。それによると、昨年十二月から今年一月末にかけて郵便、ファクス、電子メールを通じて、団体百九十一、個人二百九十六人、計四百八十七件の応募があった。教育課程の在り方について、調和のとれた教育課程の編成、基礎・基本の徹底、「心の教育」充実の重要性、学習指導要領の弾力化など多岐にわたる意見があったほか、総合的な学習の時間に関しては柔軟な取り扱いを望む意見が多かった。以下、団体や個人の主な意見を紹介する。

### 調和のとれた教育課程を要望

△意見の応募状況▽ 意見を寄せた百九十一団体の教科等別内訳をみると、「家庭、技術・家庭」の三十三団体が最も多い。次いで、「理科」と「体育、保健体育」各十六団体、「算数・数学」十四団体、「特殊教育」十三団体、「職業教育」十一団体、「社会、地理歴史、公民」十団体などの順。「その他」が四十四団体で、高校の生徒会か

らの意見もあった。

個人の応募者二百九十六人のうち、六四%以上が男性。職業別では教員などの教育関係者が七二%を占めている。専門分野別にみると、団体と同様に「家庭、技術・家庭」二一%が最多で、これに「理科」一四%、「図画工作、美術、芸術」八%などが続く。地域別にみると、過半数の五三%が「関東・甲信越」で、次いで「北海道・東北」一二%、「近畿」九%など。

### △今後の学校教育の全体的在り方▽

基礎・基本の徹底を求める意見では「基礎学力を培う国語と算数・数学を学校教育の根底に置く」(都数研)、「教育内容は知的分野に集中させ、詰め込み教育を排して基礎・基本を中心とするゆとりあるものとする」(日本数学会)、「知識中心の教育内容を厳選。遊びや基礎的運動、芸術活動を通して心身の健康と豊かな情操をはぐくむことを重視する教育制度の構築を図る」(日本武道学会)等があり、団体によって基礎・基本の内容が異なる。個人からは「知・徳・体のバランスのとれた能力の育成、物事を計画的、主体的に解決できる実践力の育成、思考力、判断力、創造力を支える基



礎・基本の徹底などが必要」(教育関係団体の男性)、「基礎・基本といわれる力だけでなく、情操面や体力・運動能力面も重視」(男性教員)などの意見がある。

心の教育や生き方・在り方の教育面では「高校の教育課程に人間としての在り方生き方教育を明確に位置付け、その中核を担うべき科目、例えば『倫理』の三年間必須を義務付ける」(日本道徳教育学会)、「『心の教育』の充実を図る観点から、幼稚園、小・中・高校と特殊教育諸学校などとの交流教育を学習指導要領に明確に位置付ける」(全国特殊学校長会、全国特殊学級設置学校長会)との具体的な提言があった。

個人からは「学校はチャレンジする心や他を認める心の育成と、そのための生徒自身を鍛える場であり、困難な目標にも挑戦する場を提供すべきだ」(高校教員)、「生命の尊厳を知る、他人を慈しむ、自然を愛するといった人として大切な生き方を教えることなど『心の教育』を主体とした人間教育を行うことが必要だ」(私立小学校長)などの意見が寄せられた。

教育課程の在り方としては「理性、感性、身体性の三者のバランスのとれた教育課程の編成が求められる」(日本体育学会)、「言語・科学的教科と芸術教科とのバランスをとった教育課程の編成が重要」(日本学校音楽教育研究会)、「日本の教育が海外でも見直される原因の一つは主要教科と音楽、美術、体育等のバランスの良さである」(小学校教員)など、調和のとれた教育課程編成の重

要性を指摘する意見が多い。

さらに「内容知重視から、人間知、方法知、判断知の習得に転換を図り、指導内容の統合化、単純化、関連化を図る『総合单元的なカリキュラム』編成が求められる」（香川県山本町立神田小学校）、「学校と企業との連携がとりやすい弾力的な教育課程を要望」（財団法人社会経済生産性本部）、「学習指導要領の規定は最小限にとどめ、柔軟に運用できるようにする」（日本カリキュラム学会）、「指導要領の内容は最低基準を示すものとして、一律に履修する内容と選択的に履修する内容とを明示するほか、小・中・高校の各段階と教科間の関連を明確にしてほしい」（社団法人教科書協会）、「指導要領の法的拘束力をなくして、弾力化、大綱化し、学校の選択幅の拡大を」（教員）など、指導要領の弾力化、大綱化を求める意見が多い。

### 教科間などの重複見直す

△教科内容の厳選・改善▽ 基本的な考え方として「倫理感覚、社会生活に最低限必要な読み・書き・そろばん力、高度文明社会に必要な科学的知識を重点として学習指導要領を簡略化する」（放射線教育フォーラム）、「厳選は教科エゴを超えて断行、教育課程のより一層の弾力的運用を図れるようにすべきである。学校外活動の単位認定、クラブ活動の部活動への移行などの改善が望まれる」（都数研）、「義務教育では総合的、横断的な科目内容の構成、高校では専門性、系統性に着

目した内容の構成が必要である」（学校長）、「集団教育でないといけないこと、コンピュータ等利用のような個別学習・教育で効果の上がることを検討、小・中・高校の教育内容を整理する必要がある」（会社員）など、多様な提言がある。

さらに「教科間の教育内容の重複と教科内容の重複とを洗い直す必要がある」（全日本書写書道教育研究会）、「教科間で重複している内容は精選すべきだ」（教員）など、重複内容の精選を求める意見も目につく。

より具体的な提言には「各教科とも週当たり二時間を最低基礎時数として配当し、それを基に各教科の内容等を考慮して必要時数を決定」（日本教育政策提言機構「夢塾」）、「小学校で自然体験の時間数を年間百時間とり、それを基点に厳選を考える」（日本初等理科教育研究会）、「国民として必要な知識・能力とは現在の五〜六割程度の内容でよい」（珠算塾教師）などがみられる。

各教科別の厳選化などの意見をみると、国語で「学年配当漢字を二学年単位くらいに弾力化する」（全国小学校国語教育研究会）、「『毛筆書写』は選択的な扱いにする」（全国大学国語教育学会）、「社会で『歴史学習は小・中・高の重複を避けて、各学校段階の重点を明確にする』（全国小学校社会科研究協議会）、「公民科について、小・中・高校間の指導内容の重複を避け、一貫性を確保する」（全国高校公民科「倫理」「現代社会」研究会）との提言がある。

算数・数学では「記述訓練の徹底、高校と大学

間の交流の場の確立」（日本数学会）など教育内容の充実や授業時数の増加を求める意見が多く、「『生きる力』の具体的な内容を明らかにし、その視点から見直し、すべての子供に最低限必要な内容に厳選」（日本道徳教育学会）は少数意見。

理科は「小・中・高各段階の連続性を重視し、各段階の教科内の重複を避け、分野、科目間の重複も可能な限り整理統合を実現させる」（日本化学会）、「技術・家庭で『衣食住について中学校と高校で重複する内容を厳選、公民、生物、保健など他教科と重複する分野、単元はできるだけ統合する』（東京都高校家庭科教育研究会）などの厳選化の意見がかなりみられる。

外国語教育の面で「小学校高学年から英語学習を始めたい」（全国高校体育連盟）と「小学校の英語教育導入は慎重に」（日本教育政策提言機構「夢塾」）と、対立する意見がある。

### 柔軟な枠組み作りが必要

△総合的な学習▽ 提言には「総合学習単元の開発推進とともに、時間数を年間十〜三十五時間程度とする」（全国小学校理科教育研究協議会）、「指導要領では一律に規定せず、各学校・教師の裁量にゆだね、学年を通じ、または一定の期間・問題に限って実施できる自由を保障する」（日本社会科教育学会）、「学習者に応じてカリキュラムを構成できるように柔軟な枠組み作りが必要」（日本カリキュラム学会）など、柔軟な扱いを望む意見が多い。（川上幸子）内外教育編集部

## 第5章 国際シンポジウムの報告

放射線教育の国際化、国レベルを超えた情報の伝達、科学リテラシーの普及活動は、我が国の国際協力活動のためにも、また国内の活動の質を向上させ活発化するためにも有効であるので、欠くべからざることである。国際化の一手段としての国際シンポジウムの開催は、上記目的のために必要と考える。放射線教育フォーラムはこの趣旨に鑑み、その専門分野ですでに国際交流の経験豊富な会員が周到な準備のもとに1998年12月に湘南国際村で「放射線教育に関する国際シンポジウム」(International Symposium on Radiation Education, ISRE 98)を開催し多くの収穫があった。本章はその記録である。

# 1. 放射線教育に関する国際シンポジウム

International Symposium on Radiation Education

( I S R E 9 8 )

## 報 告 書 より

「放射線教育に関する国際シンポジウム」

組 織 委 員 会

## 「放射線教育に関する国際シンポジウム」

(International Symposium on Radiation Education, ISRE 98)

### プログラム

(1998年11月16日現在)

日時：1998年12月11日(金)～14日(月)

場所：神奈川県葉山町、湘南国際村「生産性国際交流センター」

- 主催** 放射線教育フォーラム(会長 伏見康治 元日本学術会議会長)  
**共催** 日本工学会、日本原子力学会、日本物理教育学会、日本科学教育学会、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、応用物理学会、高分子学会  
**協賛** 「キュリー夫妻ラジウム発見100周年記念事業会」、日本アイソトープ協会、日本原子力文化振興財団、日本原子力研究所、核燃料サイクル開発機構、日本原子力産業会議  
**後援** 文部省、科学技術庁、都道府県教育長協議会、IAEA、OECD

#### 第1日(12月11日(金))

16:00 登録受付

18:00 夕食・レセプション(この時間に「有馬朗人先生を囲む会」を開催の予定)

#### 第2日(12月12日(土))

9:00 挨拶”開催にあたって”(10分)組織委員長 伏見康治

9:10 挨拶”理科教育のあり方”(20分)文部大臣 有馬朗人

9:30 講演”ラジウムの発見と初期の原子核研究に及ぼした大きなインパクト”(40分)

J.P. Adloff (フランス・ストラスブール大名誉教授)

座長 工藤博司(東北大)

10:10 講演”放射能に関するキュリーの仮説と放射性元素の起源”(40分) Paul K. Kuroda

(アメリカ・アーカンソー大名誉特任教授)

座長 中原弘道(都立大)

11:00 講演”自然放射線と放射能”(40分) 阪上正信(金沢大名誉教授)

座長 坂本 浩(金沢大)

11:40 講演”医学における放射線・放射能の最近の利用”(40分) 佐々木康人(放医研所長)

座長 河村正一(神奈川大)

13:20 講演”原子力科学技術の社会への貢献”(40分) 松浦祥次郎(原研理事長)

座長 大野新一(東海大)

14:00～15:30 トピカルセッション-1「低レベルの放射線の影響をいかに理解し教えるか」

座長：田ノ岡宏(国立がんセンター)

講演”電離放射線の生物影響に関する最近の知見：低線量データを中心に”(40分)

山田 武(東邦大教授)

コメント”低レベル被曝の死亡率への影響—長崎原爆被爆者のデータから”(20分)

三根真理子(長崎大)、のち自由討論(30分)

15:40～17:10 **パネル討論「海外諸国における放射線教育の現状と課題(1)」\***

座長：仁科浩二郎(愛知淑徳大)、J.P. Adloff(フランス)

発言者：G. Marx(ハンガリー)、工藤和彦(九州大)、A. Djaloeis(インドネシア)

ほかコメンテータとして各国の代表6名、のち討論

19:00～21:00 **ポスターセッション\*\***

第3日 (12月13日 (日))

9:00~10:00 **パネル討論 「海外諸国における放射線教育の現状と課題 (2)」\***

座長: George Marx (ハンガリー), 笠 耐 (上智大)

発言者: Sana Ullah (バングラデシュ)、Wieslaw Goraczko (ポーランド)ほかコメンテータとして各国の代表3名、のち討論

10:00 講演“地球温暖化と原子力”(40分) Peter Hodgson (イギリス・オクスフォード大教授)

座長: 更田豊治郎 (環境科学技術研)

10:50~12:20 トピカルセッション-2「一般社会への放射線・核問題教育」

座長: 更田豊治郎 (環境科学技術研)

10:50 講演“核問題の社会教育について”(30分) George Marx (ハンガリー・エートヴェス大教授)

講演“ドイツにおける放射線問題についての一般人の理解”(30分) Herwig G. Paretzke (ドイツ・ノイエルベルグ放射線防護研究所長)

コメント”核科学リテラシー” E. Toth (15分) (ハンガリー・ラウデル校)

12:05 討論 (15分)

13:30~15:30 **ワークショップ**

A「放射線教育カリキュラム」

座長: 広井 禎 (筑波大附属高校)

講演”放射線教育と科学リテラシー” 飯利雄一 (前信州大教授)

講演”初等中等教育と大学教育との関連” 仁科浩二郎 (愛知淑徳大教授)

B「放射線教育のための実験および演示」

座長: 菊池文誠 (東海大理学部助教授)

C「リスク教育および社会教育」

座長: 加藤和明 (茨城県立医療大教授)

講演”「リスク要因としての放射線をどのように教えたらよいか?」加藤和明

講演”「各種リスク要因の比較」武田篤彦・菅原 努 (体質研究会)

講演”「放射線のリスクに関する初等中等教育」多田順一郎 (高輝度光科学研究センター)

講演”「放射線被曝の受容レベルについての調査」呉 勁・加藤和明 (茨城県立医療大)

16:00~16:45 各ワークショップの要約 (各座長)

17:30~19:30 懇親会 (会場は「佐島マリーナ」横須賀市佐島の予定)

第4日 (12月14日 (月))

見学会 (電力中央研究所、立教大学原子力研究所)

## \*パネル討論「海外諸国における現状と課題」

1. Present Status of Radiation Education in Bangladesh  
Sana Ullah (バングラデシュ)
2. Radiation Education in India: Current Status  
V. G. Dedgaonkar (インド)
3. Public information and Education on Radiation Safety and Protection in Indonesia  
Azhar Djaloeis (インドネシア)
4. Radio-conversations between Scientists and the Public as a Mean for Understanding Public Perception of Radiation Risk  
Matteo Merzagor (イタリー)
5. 日本の初等中等教育における放射線・原子力教育の現状と問題点  
工藤和彦 (九州大)
6. Present Status of Radiation Education in Korea  
Bum-Jin Chung (韓国)
7. Radiation Education in Pakistan"  
Mohammad Ayub Mlr (パキスタン)
8. Status Radiation Education and Training in the Philippines  
Corazon C. Bernido (フィリピン)
9. Radiation Education in Poland--The Present Status and Perspectives  
Wieslaw Goraczco (ポーランド)
10. Status and Problem of Radiation Education in Taiwan  
Chin Wan Hung (台湾)
11. Status and Problem of Radiation Education in Thailand  
Manoon Aramrattana (タイ)
12. Future Perspective of Medical Radioisotope Production and Related Educational Problems in Developing Countries  
Turan Unak (トルコ)
13. その他

## \*\* ポスターセッション

1. Radiation Education in Bangladesh: Status, Needs, and Opportunities  
Delawar Bakht (バングラデシュ)
2. Light Source Simulation for Half-life Experiment  
Warapon Wanitsuksombut (タイ)
3. 小学校における放射線教育  
播磨良子 (CRC総研), 松田照夫・大竹茂宏 (練馬区立光が丘第四小)  
池田正道 (日本アイソトープ協会)
4. これからの高校における放射線教育はどうあればいいか (No.1) アンケートからみた現状報告  
佐伯邦子 (秋田経法大附属高)
5. 物理IBでの「原子と放射線」のカリキュラム  
久保田信夫 (立花学園高)
6. 高等学校における放射線指導実践上の課題  
鶴岡森昭 (北海道札幌開成高)
7. エネルギーと環境に関する知識経営能力育成のためのプログラム開発--兵庫県立御影高校「環境科学」における実践例--  
川野和也 (神戸大大学院総合人間科学研究科), 安岡久志 (兵庫県立御影高),

野上智行（神戸大発達科学部）

8. ラジオグラフィを用いた放射線教育用教材の開発  
鎌田正裕・片桐佐知子・藤根成勲・米田憲司（東京学芸大教育学部）
  9. 天然放射能を用いた学生実験 I  
鎌田正裕・中村麻利子・江坂亨男（東京学芸大教育学部）
  10. 天然放射能を用いた学生実験 II  
中村麻利子・鎌田正裕・江坂亨男（鳥取大工学部）
  11. 岐阜県東濃地域の環境放射線測定を通しての放射線教育  
丸山晴男（土岐市プラズマ研究委員会）
  12. 大気吸入式正負イオン密度測定器について  
薩谷泰資（イオン情報研究所）、戸谷佳武（神戸電波株式会社）
  13. CR-39 パッシブモニターによる学校と学生の自宅のラドン濃度の測定を通して学生に自然放射線や原子核の自然崩壊の存在を実感させる  
松沢孝男・山本茂樹・添田孝幸・長本良夫・河原永明・森 信二（茨城工業高専）
  14. 液体窒素を使った霧箱の実験と線源について  
森雄兒（都立昭和高）
  15. 空気GMカウンターの製作とその活用  
三門正吾（千葉県立鎌ヶ谷西高）
  16. 高校現場における放射線教育の実験事例と実情の報告  
宮沢弘二（東京家政大附属女子中・高）
  17. 自然放射能分布画像とその教育的な利用  
森千鶴夫・鷲見哲雄（愛知工大）、鈴木智博（東京エレクトロン）
  18. 研究用原子炉の放射線教育への利用  
戸村健兒・林 脩平・松浦辰男（立教大原子力研究所）、伊藤泰男（東京大原子力総合センター）、中西友子（東京大大学院農学生命科学科）、山本裕右（駒沢大放射線科）
  19. 科学館における放射線の展示  
坂内忠明（環境科学技術研）
  20. 関西地区で行われてきた「みんなのくらしと放射線展」と放射線に対する意識調査  
古田雅一・朝野武美・細川 康・林 寿郎・掛布智久（大阪府大先端科学研）
  21. Ionizing Radiation - One of the Most Important Link of the Energetic Chain in Biological Cell  
Wieslaw Goraczco（ポーランド）
  22. 原爆被爆者の死亡率  
三根真理子・本田純久・近藤久義・横田賢一・朝長万左男・奥村 寛  
（長崎大医学部原爆後障害医療研究施設）
  23. 公開講座「原爆放射線の影響」  
奥村 寛・三根真理子（長崎大医学部）
  24. チェルノブイリ事故報告から学ぶ放射線影響  
朝野武美（大阪府大先端科学研）
  25. The Australian Nuclear Association's Award Scheme of the Advancement of Nuclear Science Technology, Awareness in Secondary Schools in Australia  
Roger Alsop（オーストラリア）
  26. 地域の女性と科学をつなぐ女性科学者。  
荒谷美智・笹川澄子（環境科学技術研）
  27. Leo Szilard Centenary  
George Marx（ハンガリー）
- その他

## I. 国際シンポジウムの意義・目的などについて

### 1. 国際シンポジウムの意義・目的

1898年のキュリー夫妻による放射性元素ラジウムの発見は、3年前の1895年のレントゲンによるX線の発見、2年前の1896年のベクレルによるウランにおける放射能の発見とともに、その後の自然科学の進歩に大きく貢献した画期的なできごとであった。放射線・放射能は、今日では医学の診断や治療に欠くべからざる役割を果たしており、理工学、農学、生物学の研究や産業においても広く活用されている。また1939年に発見された核分裂反応を用いた原子力発電は、資源に限りのある石油などの化石資源に代わり、しかも大気中の二酸化炭素の濃度を増加させずに今や相当な量のエネルギーを供給するという大きな役割を果たしている。

しかし、原子力は、平和利用の前に不幸にも前の戦争で2発の原子爆弾として市民の殺戮に使われたこととともに、1980年代に海外で起こった原子力発電所事故の被害が大きく報道されていることもあって、専門家以外の人々は、かなりの知識人においてさえ、放射線・放射能に関して感情的な嫌悪感と科学的事実以上の不安感を懐いており、このことが原子力・放射線の平和利用を大きく妨げている。

今日の文明社会においては、科学技術の果たしている役割について、一般人にも正しい理解が必要である。特に、わが国のような資源の乏しい先進国においては、国民が科学技術の中でも特にエネルギー・環境・放射線・放射能・原子力問題に関して正しい科学的知識を持ち、それに基づく妥当な判断力を養っておく必要がある。もちろんこれらの知識の普及が国際的規模でなされていることが望ましい。さもないと、放射線を利用した医療や学問技術の分野の人材確保が困難となり、放射線・原子力の平和利用の健全な発展を妨げるばかりでなく、将来において地球規模でエネルギー事情が逼迫するような事態になったときその解決に困難を来すことになる。

放射線・放射能は、この地球が生まれたときから存在しており、われわれ人類はとくに意識することなくその少量に常時接触し、温泉などではその恩恵を受けてきたのである。しかし、「放射線教育」というと、これまでの数十年間にわたり、放射線・放射能の本質・利用についての教育とともに、その人体への影響について、「放射線は少量でも危険である可能性があるからできるだけ被ばくをしないように」という潜在的なリスクに関する注意の喚起と、厳しく作られた法規を遵守するための指導という面が強かった。その結果、「放射線は微量でも発がんや遺伝的影響があるので非常に危険なものである」という考え方が社会通念として定着してしまった。しかし最近では、放射線、特に低線量の放射線が場合によっては生体に対し有益な場合もあるなどの新しい事実が分かってきており、天然に存在する程度と同等の少量の放射線影響に関しては、以前の考え方から「どのくらいの線量までは事実上安全であり、心配しなくてもよいと考えてよいか」に問題が移りつつあるといっている。

最近、環境問題が大きく取り上げられている。環境問題の解決にもエネルギー消費を伴う。また、一部の合成化学物質や、工業的製品や人間活動の結果排出される廃棄物の中に、少量でも人間や生物に有害な影響を及ぼす物質があることがみいだされており、場合によっては

放射線よりもはるかに重大な問題をはらんでいる可能性がある。地球上の資源は有限であり、人間の生存はこの有限の資源を消費してリスクの原因を生み出している。またあらゆる近代技術にはその便益とともに大なり小なりリスクが付随している。民主的國家においては、全市民は基本的科学的知識をもとに、提供されるあらゆる情報や置かれた条件を考慮して個人の判断を何らかの形で表明し、その結果として社会の意思決定が行われることになる。そのような個人の能力を養成するための教育は、学校および社会の生涯学習の形で、科学的に正しい事実について、価値観的に公正な立場で行われねばならない。

本シンポジウムは、本年がキュリー夫妻によるラジウム発見 100 周年にあたることを記念するひとつのイベントとして、放射線・放射能に関する最新の知識を学び、そしてそれを普及させるために、特に初等中等教育においてどのように行うべきか、また種々の情報が氾濫している現代社会において正しい情報を広く伝えるにはどのような方策を取るべきかを、世界的に著名な専門家の英知を集めて討議をし、国際的にも指針となるような方法を見出そうとするものである。

## 2. 開催に到る経緯および日本開催の意義

今日、わが国の物質的豊かさはほぼ達成されて、平均寿命も世界の最高レベルに達している。このことは、わが国民が科学技術の重要性を認識し、工業生産活動などにおいてその成果を能率的に応用してきた結果である。また放射線や放射能は種々の先端的な学問研究や産業や医療の場において広く利用され、日常生活にも大きな恩恵を与えている。わが国は原子爆弾被爆国であるので、一般国民が放射線・放射能に関して特別の感情を持ちながらも、原子力の平和利用を推進する国策を大方においては支持するという合理的な考え方を一面において持っていることは、国際社会から評価されることとなっている。

ところが、国民の知識水準に大きく貢献し影響をもつ学校教育において、わが国での最近の問題の一つはいわゆる「理科離れ」である。また、その中でも「原子力・放射線離れ」といってよい現状がある。すなわち、放射線や放射能や原子力についての学校教育が、わが国の小・中・高校や大学の教養課程において、また医療関係の専門教育においてさえ、どちらかといえば敬遠あるいは軽視されていて、欧米に比べて非常に遅れている。現状では、わが国の初等中等教育では、それらの知識は高校の理科の選択科目となっている物理のカリキュラムにおいてのみ取り扱われていて、大多数の生徒が、例えば少量の自然放射線・放射能がわれわれの身のまわりにも存在するといったような極めて基礎的な事項さえも教えられていない。また学校で使用されている教科書の中でも、原子力・放射線に関して科学的に不正確あるいは価値観的に不公正な記述が少なからず見出されることは誠に遺憾である。

これからの社会は科学技術と日常生活との関連がますます深くなり、科学技術の健全な発展は、一般市民の理解なしにはありえなくなっている。社会的に重要な問題の理解には、すべての市民の教養として基本的な科学的知識が必要である。それが「科学リテラシー」と呼ばれるものである。

前節でものべたように、わが国では科学的事実以上の放射線・放射能に対する不安感・恐怖感を持っている人が非常に多い。また、科学技術の恩恵を受けていながら、そのマイナス

の面を強調しすぎた議論をする人も少なくない。21世紀の地球全体のエネルギー問題・環境問題の行方を考察してみると、放射線・放射能・原子力エネルギーの正しい理解の必要性はわが国だけの問題ではなく、世界中のすべての人々が教養として身につけるべきことである。この国際シンポジウムは、このような現状を改善せんがために、学校における放射線・放射能に対する教育はどのようにあるべきか、また社会教育はどうすべきかを、海外の専門家を交えて討論し、時宜にかなった教育方法を見出し、将来の人材確保と市民の「科学リテラシー」および「放射線リテラシー」を高めることを目指そうとするものである。そしてこの機会に放射線・環境・エネルギー問題を含みリスク・ベネフィット教育の標準的な方法を世界の第一線の研究者・教育者とともに検討し確立して、世界に普及させたい。このようにこの国際シンポジウムは、今後の国際化・情報化社会において、単に経済的に諸外国を援助すというだけでなく、人間の英知を育てこれを国境を越えて結集させることにおいて指導的立場に立つべきわが国がとるべき方針にかなうものである。

### 3. 開催までの経過と運営について

この国際シンポジウムは、1994年4月に放射線教育フォーラムが設立された当初から、一つの目標として設定されてきたものである。フォーラム内で正式に提案されたのは1996年秋であった。それ以来、この計画の実現性について各方面の方々の意見を聴取し、また財政的・事務的支援の可能性を打診した。そしてこの計画を成功させるためのポイントは、

- (1) どうすれば学校教員に多数参加してもらえるか、
- (2) そしてどのようにして開催のための資金を集めるか、であると指摘され、
- (3) また事務局をどこにするかも問題であった。

(1) については、フォーラム会員の学校教員の方々の意見を聞き、

- ①できるだけ参加しやすい時期を選ぶ、
  - ②参加費をできるだけ安くする、
  - ③内容を魅力のあるものにする、
  - ④文部省や教育委員会からの後援をいただく、
  - ⑤広報活動に工夫する、
  - ⑥国際会議の機会の少ない学校教員のために同時通訳をつける、
- などの配慮・努力をすることになった。(

(2) については、

- ①企業からの寄付金に対する免税措置をする、
  - ②公的な機関からの援助を頂く努力をする、
- ということになった。

(3) については、『任意団体』である放射線教育フォーラムに替わって公的資金の受け皿になるための公益法人に事務局をお願いすることが適当であろうということで、結局財務関係の事務局を(社)日本工学会をお願いすることになった。しかし、財務以外は一切の業務は放射線教育フォーラムが中心になって実行することとした。

会場の選定については、1996年のうちに湘南国際村が候補にあがり、現地(当初は「湘南

国際村センター」を考慮)の視察、仮予約をおこなった。その後、財政的理由から同じ国際村の「生産性国際交流センター」を使用することに変更した。

共催団体としては、早くから(社)日本原子力学会がこの計画に賛同し、協力下さることになったので、学会内の「原子力教育・研究特別専門委員会」の幹部の方々や放射線影響関係の諸学会とも連絡をとり、組織委員会など諸委員会の結成に着手した。組織委員長はフォーラム会長の有馬朗人先生になった。

組織委員会の結成のための準備の会合は、1997年には3月3日、6月3日、7月1日、10月3日の4回開催し、それぞれ、12名、19名、12名、16名の出席者があった。この4回の会合で計画の概要と、組織委員会、諮問委員会、財務委員会(募金委員会)のメンバー予定者を決定した。「プレ・サーキュラー」は1997年10月28日付けで完成し配布を開始した。また、寄付金の免税措置や、関係官庁・諸公益法人からの共催・協賛・後援の支援をいただくための説明と手続を開始し、文部省・科学技術庁から後援いただけることになった。「ファースト・サーキュラー」は1998年4月に発行した。寄付金免税の申請書は5月に国際観光振興会に提出、6月に認可され、その後に募金趣意書を配布して募金活動を開始した。募金活動についてはこの報告書のV章でも述べる。セカンド・サーキュラーは8月に完成した。1998年6月30日には20名の出席のもとに組織委員会および募金委員会を開催し、また10月14日には13名の出席のもとに組織委員会・募金委員会合同の会議が開催した。なお8月に有馬朗人先生の文部大臣就任のため、放射線教育フォーラム会長とシンポジウム組織委員長兼募金委員長を伏見康治先生にお願いした。

## II. シンポジウムの概要について

### 1. シンポジウムの名称

和文名：放射線教育に関する国際シンポジウム

英文名：International Symposium on Radiation Education (略称：I S R E 9 8)

### 2. テーマ

- (1) 学校における放射線教育カリキュラム、(2) 実験における放射線教育の方法、
- (2) 放射線・放射能の基本的知識、(4) 低線量放射線の健康への影響、
- (5) リスク認識、(6) 放射線に関する社会教育

### 3. 開催に関連した組織

主 催 放射線教育フォーラム

共 催 (社)日本工学会、(社)日本原子力学会、日本物理教育学会、日本科学教育学会、  
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、  
(社)応用物理学会、(社)高分子学会

協 賛 キュリー夫妻ラジウム発見100周年記念事業委員会、(社)日本アイソトープ  
協会、(財)日本原子力文化振興財団、日本原子力研究所、核燃料サイクル  
開発機構、(社)日本原子力産業会議

後 援 文部省、科学技術庁、都道府県教育長協議会、IAEA、OECD

協力 国際観光振興会

事務局 放射線教育フォーラムおよび(社)日本工学会(財務関係)

#### 4. 開催期間

1998年12月11日(金)～12月14日(月)(4日間)

#### 5. 日程

11日(金):参加登録,レセプション(有馬文部大臣を囲む会)

12日(土):開会,来賓挨拶,招待講演,トピカルセッション-I「低レベルの放射線の影響をいかに理解し教えるか」,パネル討論会「海外諸国における現状と課題-I」,ポスターセッション,展示会,国際諮問委員会

13日(日):パネル討論会「海外諸国における現状と課題-II」,招待および依頼講演,トピカルセッション-II「一般社会への放射線・核問題教育」,ワークショップ(A)「放射線教育カリキュラム」,ワークショップ(B)「放射線教育のための実験および演示」,ワークショップ(C)「リスク教育および社会教育」,展示会,懇親会

14日(月):見学会(電力中央研究所および立教大学原子力研究所)

#### 6. 開催地

神奈川県葉山町,湘南国際村「生産性国際交流センター」

(懇親会は横須賀市佐島の「佐島マリーナ」で開催した)

### III. シンポジウムの参加者数,参加国,発表数などについて

#### 1. 参加者数など

シンポジウム参加登録者 163人

国内 143人(うち37人は小・中・高校の学校教員)

国外 20人(ほかに国外から論文だけの参加者2人)

同伴者 15人(内訳は 国内 12人,海外 3人)

(注:海外からの参加者に関して,上記のほかイギリス,ドイツ,オーストリア,ハンガリー,インド,フィリピン,マレーシア,ベトナム,中国,アメリカから参加予定者あるいは希望者があったが,先方の健康上の都合,渡航費支弁の困難さの理由で参加できなかった。今回の登録参加者および同伴者(海外)の名簿をVIII章に添付した。)

#### 2. 参加国

参加国数: 15カ国1地域(ほかに論文だけの参加2カ国)

国名: バングラデシュ, 中華人民共和国, フランス, ハンガリー, インド, インドネシア, イタリア, 日本, 大韓民国, パキスタン, フィリピン, ポーランド, 台湾, タイ, トルコ, アメリカ合衆国

(論文だけの参加はオーストラリアおよび連合王国)

#### 3. 発表数・使用言語

発表数合計 66件(招待・依頼講演およびポスター発表)

使用言語 英語および日本語

## IV. シンポジウムの成果について

### 1. 招待講演・主要セッションの概要

#### 1.1 招待講演

第1日目(12月12日、土)は、組織委員長伏見康治先生の開会挨拶で始まった。その内容は、放射線教育フォーラムの「綱領」とすべきもので、(1)今日の文明社会が科学技術の進歩に大きく支えられているにも関わらず世間では科学技術の悪い面を強調する論調が増えていること、(2)核兵器の廃絶に向けて努力をしなければならないが、基本的には原子力の平和利用を進めるべきこと、(3)放射線と放射能の安全性に関して一般社会人と科学者との間に考え方に隔りがあること、(4)今や科学者が象牙の塔から踏み出して、一般大衆が無知の故に苦痛や損害に悩んでいるときは彼らに真実を知らしめるべく努力すべきであること、(5)「放射能」という言葉を耳にすることさえ嫌うような人達が多いが、放射能などリスクに関連のある科学的現象を理解し教育するのに、寺田寅彦の言葉「……ものを正当に怖がることはなかなか難しい」がたいへん適切であること、(6)子供たちに「読み・書き・算数」を学ばせることに加えて、倫理観と正しい科学的知識に基づいた英知を教えよう、と参加者全員に格調高く語りかけられた。(伏見組織委員長の開会挨拶全文を第IX章に収録した。)

つぎに来賓による講演として有馬朗人文部大臣は、理科教育について、(1)日本の子供の理数系の素質・成績を国際的に比較してみると約30年前と同様トップクラスにあり決して悪くない、(2)しかし高校くらいになるとどういうわけか理科嫌いが増える、(3)また日本の子供の成績は全体のレベルが揃い過ぎている、そして応用的な問題に関しては成績が極端に悪い、(4)日本の成人の科学知識の習得度は十数カ国のうち、最下位から2番目というように悪い、というようなデータを示されて、日本の学校および社会における「科学リテラシー」の問題点を指摘され、理科教育に携わる者に示唆を与えた。

つぎに招待講演に移り、「ラジウムの発見と初期の原子核研究に及ぼした大きなインパクト」がフランス・ストラスブール大学名誉教授のJ. P. Adloff氏により、「放射能に関するキュリーの仮説と放射性元素の起源」がアメリカ・アーカンソー大学名誉特任教授のP. K. Kuroda氏により、「天然放射線・放射能と教育」が金沢大学名誉教授阪上正信氏により講演された。これらの講師はいずれも国際的にも著名な一流の研究者であり、内容は学問的にもまた教育的にも興味深いものであった。

ひきつづいての招待講演は、「医学における放射線・放射能の最近の利用」が放医研所長佐々木康人氏により、昼食を挟んで「原子力科学技術の社会への貢献」が原研理事長松浦祥次郎氏により、いずれもそれぞれの分野での最高の講師が最新の情報を丁寧わかりやすくお話下さり、聞きごたえのあるものであった。これらの招待講演の内容は、教育現場の方々にとっては初めて聞くものが多かったようで、教員の参加者に大きな感銘を与えた。

2日目に予定されていたイギリス・オクスフォード大学のP. E. Hodgson教授による招

待講演「地球温暖化と原子力」は、同教授が健康上の理由で来日されなかったため、座長（更田豊治郎氏）が届けられていた論文の要点をOHPを使って説明された。その内容は、地球環境の保全のために原子力の一層の利用推進が必要であるとする、専門家には定説となっていることを簡明に、かつ要点を数値を挙げて印象的に表現しており、エネルギー問題を考える基礎となるものであった。この極めて合理的でクリアカットな表現の仕方は、原子力の推進を主張する意見には強力な援護となるであろう。このあと興味のある有益な討論があった。

### 1. 2 トピカルセッションー1「低レベルの放射線の影響をいかに理解し教えるか」

このセッションでは、国立ガンセンター田ノ岡宏氏の司会で、まず「放射線の生物影響に関する最近の知見：低線量データを中心に」と題して東邦大医学部教授山田武氏が基調講演を行い、『電離放射線による発がんの線量-効果関係については、直線しきい値なしのモデル（LNTモデル）がICRPの基本的考え方でこれが低線量域に外挿され仮定されているが、最近では低線量の前照射によるマウスの放射線抵抗性の誘導や、高バックグラウンド地区住民の発がんの低下など、放射線ホルミシスを示す興味のあるデータが得られはじめていて、動物実験では低線量率では実際上しきい値線量率が観察されており、0.1 Gy/年以下は実質上安全ではないかという提案がなされている』と話された。次に「低レベル被曝の死亡率への影響—長崎原爆被爆者のデータから」という題で長崎大医学部助教授三根真理子氏が『長崎原爆被爆生存者については、高い線量被曝ではがん死亡のリスク増加は認められるが、低い線量被曝ではリスクは高くなく、放射線の有害な影響は心配しなくてよいと考えられるデータが得られている』との意見が述べられた。その後討論に移り、ICRPの考え方は最近の生物学的根拠からみれば少し厳しすぎるのではないかというコメントが出された。シンポジウムではこれを支持する意見と、安全側にみつもっているICRP側の見解が述べられた。『放射線の健康リスクについては今後さらに考え方が変わっていくものと見られるので、過去の考え方にこだわらないで未来を踏まえた教育面の対応が必要であろう』と司会者が結論として述べた。

### 1. 3 パネル討論「諸国における放射線教育の現状と課題」

これは、1日目の午後と2日目の午前に分けて、Adloff氏、George Marx氏（ハンガリー・エートヴェス大教授）、仁科浩二郎氏（愛知淑徳大教授）、笠耐氏（上智大助教授）の4氏の司会により行われた。ここでMarx氏（ハンガリー）・工藤和彦氏（九州大工）・A. Jaloeis氏（インドネシア）・Muhammad Ayub Mir氏（パキスタン）・V.G. Dedgaonkar氏（インド）・Corazon C. Bernido氏（フィリピン）・Sana Ullah氏（バングラデシュ）・Wieslaw Goraczko氏（ポーランド）・黄金旺氏（台湾）・Bum-Jin Chung氏（韓国）・Manoon Aramrattana氏（タイ）・Turan Unak氏（トルコ）・Matteo Merzagora氏（イタリー）の合計13名が、それぞれの国における放射線教育の現状と問題点について報告した。各国の事情により多少の差はあるが、一般大衆のみならず社会の指導者までもが持ちやすい「原子力と核兵器の混同」と「放射線の人体影響の過剰な不安」、「ジャーナリストやテレビ解説者が事実以上にセンセーショナルに伝えること」は各国共通の問題であることが認

識された。

教育では環境放射線・放射能の存在を、そして少量の放射能が人間の体内にさえもあることを教えることが有効であることが言及された。実験で生徒が自ら体験することが大切であることは全員の一致した意見であった。教育にあたりできるだけ難解の言葉を避けるべきであること、しかし桁数の多い数値が障害になっているとの意見は全員が同感した。多くの国のうちで、学校・社会教育を通じてハンガリーでの教育が進んでいることがわかった一方で、わが国が先進国でありながら、原爆の体験をした唯一の国である影響ではあるが、学校における放射線教育に関しては後進国であることが残念ながら参加者全員の認めるところとなってしまった。

#### 1. 4 トピカルセッションー2「一般社会への放射線・核問題教育」

更田豊治郎氏の司会のもとに講演と討論が行われた。講演は、「核問題の社会教育について」(G. Marx 氏、ハンガリー)と「核科学リテラシー」(E. Toth 女史、ハンガリー)の2件であった。Marx 氏の講演は、長期にわたる地球環境の変遷について概観し、放射エネルギーを含む種々のリスクの比較を行い、マスコミを含む非専門家は重要でないことを過度に強調し、重要なことを見逃す傾向があることを指摘するなど、幅広い内容であった。Toth 氏は、ハンガリーの高校では 1984 年から必修過程として核・放射線を教え、また実習により各家庭のラドン濃度の測定を行わせており、生徒にとり一種の社会活動となるばかりでなく、この国の核・放射線リテラシーを高めることに役立っている、と報告され、わが国との大きい差を感じた。また、チェルノブイリ事故後、ヨーロッパの諸国では放射能による影響を恐れて何万人(少なくともギリシャで確実に数千人)もの妊娠中絶が行われたと伝えられているが、ハンガリーでは皆無であったことは、Toth 氏のような物理教師の努力によるものであると思われ、参加者に大きな関心と感銘を与えた。

#### 1. 5 ワークショップ

##### ワークショップA. 「放射線教育カリキュラム」

ここでは、主査である筑波大付属高校の広井禎氏の「放射線教育カリキュラムの現状と課題」の基調講演で、『今のままでは、高校卒業生の2/3が物理を選択していないために、放射線・放射能の本質を学ぶことなく卒業してしまうことになる。社会科の教科書の記述に原子力発電に一面的なものが見られるのは、このような背景があるためであろう。』という大きな問題提起をされた。引き続いて、「高校物理で実験を中心にした展開」(千葉県立鎌ヶ谷西高校・三門正吾氏)、「高校化学で放射線を扱う案」(立教高校・渡部智博氏)、「総合的学習の時間で扱う案」(東大付属中高・村石幸正氏)、「放射線教育と科学リテラシー」(原産・飯利雄一氏)、「初等中等教育と大学教育との関連」(愛知淑徳大・仁科浩二郎氏)の5題が発表された。仁科氏は、最近の学生に行った意識調査を披露され、初等中等教育の段階で学校あるいは社会(マスコミ)から植え付けられた原子力・放射線に対するマイナスのイメージは、大学の一般教養あるいは専門課程でもそれを改善することが非常に困難である事実を学生へのアンケートの結果として報告された。

##### ワークショップB 「放射線教育のための実験および演示」

ここでは、主査である東海大学の菊池文誠氏の司会で、「空気GMカウンターの製作とその活用」(千葉県立鎌ヶ谷西高校・三門正吾氏)、「物理1Bでのカリキュラムにおける放射線実習」(立花学園高・久保田信夫氏)、「液体窒素を使った霧箱の実験と線源について」(都立昭和高・森雄児氏)の3つの興味のある実験が紹介された。つぎに、参加者により $^{42}\text{Ar}$ - $^{42}\text{K}$  ジェネレータの実習が行われ、学校での放射線教育に人工のラジオアイソトープを使用して教育効果を上げる可能性が示された。理科教育・放射線教育において実験が極めて重要であることはすでに述べた通りである。今後さらにあまり高度な技術を必要とせず、また安価な材料で教育効果のあがる方式が開発されることを期待したい。

#### ワークショップC「リスク教育および社会教育」

まず、主査の加藤和明氏(茨城県立医療技術大教授)が、「リスク要因としての放射線をどのように教えたらよいか」という放射線教育の基本的命題について、われわれ人類と文明は放射線との付き合いなしには存在していけないという認識の下に、リスクの本質についてわかりやすく基調講演をされた。次に「各種リスク要因の比較」が武田篤彦氏(体質研究会、菅原努氏と共同)により、航空機事故などの多種のリスクに関する最新の豊富な客観的データに基づいて、リスクの認知と受容について解説された。次に「放射線リスクに関する初等中等教育」と題して多田順一郎氏(高輝度光科学研究センター)が、日本における初等中等教育では、放射線が高校の理科で教えられる前に、社会科で放射線の著しい害が生じた実例だけを教えられていることの弊害について述べられ、教育課程を改善して子供の成長に応じてバランスのとれた放射線教育を行う必要性を力説された。次に「放射線被曝の受容レベルについての調査」が中国の呉 勁氏(中国、西安医科大学、加藤和明氏と共同)により、日中両国の医学系および理学系の2つのグループについて行われた、放射線被曝の受容レベルに関する調査についてユニークな分析結果が紹介された。

#### 1. 6 ポスターセッション・展示会

1日目の夕食後のポスターセッションでは、27件の発表があった。その内容は、放射線教育カリキュラム・生徒の意識調査・(線源を用いず環境放射能による)放射線実習技術・(小学生に放射線を計らせて成功した例を含む)教育実習経験・(主として教育用の)放射線測定器や実習機材の開発・一般人の啓蒙のための放射線展示会や講演会などの実績・放射線影響の教育に関すること・地域教育実践の報告など、極めて多岐にわたるもので、参加者は夜遅くまで熱心に有益な討論や情報交換を行った。なお、12、13の両日にわたり、放射線教育に関する機器展示会が開催され、5団体が出展した。ここで「はかるくん」が展示されていたが、これを教育用に貸し出すシステムは開発途上国の参加者の注目するところであった。

#### 1. 7 国際諮問委員会

12月12日夕、国際諮問委員会が井口道生委員長(アメリカ)および各国を代表する委員に事務局を加えた19名の出席の下に開催された。はじめにこのシンポジウムの意義・内容・開催方法などについて活発な意見交換がおこなわれた。ついで、国際常任委員会(もしくは国際評議員会)について討議し、今回出席者のなかったイギリス、ドイツ、ロシア

などの国も含めて設置して、今後の国際シンポジウムの計画立案、ならびに各国の放射線教育活動の連携などに対処するという方向で意見がまとまった。

## 2. 成果の要約と今後の方向について

この国際シンポジウムは、おそらく世界でもはじめてということもあり、また、伏見康治放射線教育フォーラム会長、有馬文部大臣はじめ文字通り一流の方々が出演の講師となって下さったこともあって、予想以上の盛況となった。より本質的な成功の原因は、最近の原子力を取り巻く環境が非常に複雑で、社会の指導者や学校の先生がいわゆる「原子力の安全性」つまり低レベルの放射線の安全性をどのように学生や一般の方々に説明すればよいか困っておられ、そこでこのシンポジウムに関心が集まったということであろう。参加者の中には医療関係の教育者・研究者がかなりおられたが、これはこの分野においても放射線教育の現状に改善すべき問題があることを示している。このシンポジウムの大きな収穫は、これまで殆ど交流のなかった多くの分野の方々が一堂に会して率直に意見交換ができたこと、そしてそれを通じて、組織委員長の開会のご挨拶で希望されたように、現状を何とか改善させたいという参加者全員の熱意が一つの方向としてまとまって、各人それぞれが少しずつ前進させようとの暗黙の意志統一ができたように思われることである。

今後は、この国際シンポジウムを契機として、日本国内の志を同じくする研究者・教育者が連携をとりあい、効果的な現状改善策を考案し、関連の組織・関心のある個人が、あらゆる機会に着実に、時には勇気と自信を持って発言し、実行することとなることが期待される。それとともに、国際諮問委員会で方向が定まったように、近い将来にこの種の国際シンポジウムが、そのスケールや方式などはいろいろありうと思われるが、日本をはじめとする世界の各所で頻りに開催されるよう、これも関連の機関・組織のご支援を期待したい。国内・国外のこの二つの方向において、放射線教育フォーラムは、この国際シンポジウム組織委員会の意図した目的に向かって、絶え間無く努力を続けるであろう。

## 3. 成果の公表について

今回発表された論文はプロシーディングスとして刊行した。(第2節)また、その概要はすでにいくつかの雑誌などで報告されている。すでに刊行されているものを下記に記す。

- (1)放射線教育フォーラムニュースレター, No.12, 1999年3月号
- (2)原子力システムニュース, Vol. 9, No. 4, 35-42, 1999年3月号
- (3)Isotope News, 1999年4月号, 28-29
- (4)放射線科学, Vol. 42, No. 3, 113-116 (1999)
- (5)エネルギー環境ジャーナル, Vol. 9, No. 4, 2-3, 1999年3月号

## V. 予算および決算について

### 1. 予算について

『放射線教育に関する国際シンポジウム』に対して、当初予算として 25,400 千円を計上した。この内訳は、参加登録料（参加者を 200 人と見込む）による自己負担金 1,750 千円、協賛団体からの補助金 8,500 千円、寄付金 15,150 千円であった。組織委員会・募金委員会はこれを努力目標として、「募金趣意書」にはこの金額を記入し協賛団体からの協力をお願いするとともに、企業からの募金に努力した。しかし実行予算は、当初予算を下方に修正して対処した。なお、この国際シンポジウムに関する経理については、(社)日本工学会の監督の下においた銀行口座『放射線教育国際シンポジウム』を開設して、協賛団体からの補助金・寄付金、参加登録料などの受け入れ、会計帳簿類の管理を行った。

### 2. 募金について

この国際シンポジウムの準備段階から、計画の中心となった組織委員会の幹部メンバーが(社)日本原子力学会や日本原子力研究所などの協賛団体、および企業のうち電力関係の大口のスポンサーにご相談に伺った。その結果、これらの団体がこの計画の趣旨に積極的に賛同下さり、力強い財政的ご支援をいただけるとのご内示を下さり、募金活動の初期に資金をご納入下さったことはたいへん有難かった。

企業からの寄付金を集めやすくするために寄付金に対する免税の手続きを行ったが、それに関しては、大蔵省担当官のご指導により国際観光振興会をご紹介いただいた。申請書を提出したのは 1998 年 5 月となったが、同振興会から、この国際シンポジウムが『極めて有意義な計画である』とお認めいただき、直ちに免税措置のご認可をいただいた。

企業への寄附の依頼に関しては、この国際シンポジウムの目的が通常の比較的狭い専門分野の研究に関する国際交流を目指すものと多少趣を異にし『放射線教育』を通じて広くわが国の科学教育の振興を目指すものである性格に鑑み、募金の依頼をする企業の範囲として、単に放射線・原子力関係のみならず、広く産業界からの寄附を仰ぐこととした。これに関して、財務事務局をお引き受け下さった日本工学会の事務局長須田 了氏（実行委員・募金委員）のご協力により、経済団体連合会をはじめ十数種の各種産業界団体にまずお願いし、その後個別に企業を訪問して寄附のご依頼を行った。経済団体連合会からは、それを必要とする場合には『添書』を発行していただくなど、ご便宜を計っていただいた。

しかし、予想されたことであったが、社会は未曾有の経済的不況下にあり、企業から寄附金を集めることは容易ではなかった。この厳しい時期に、この計画に温かいご支援を下さった共催・協賛・後援諸団体、産業界団体、企業、個人篤志者に心からお礼を申し上げる。シンポジウム終了後にご寄附を下さったところもいくつかあり、感謝にたえない。VII 章に協賛金・寄附金としてご支援下さった法人・個人のリストを添付させていただいた。

### 3. 収入支出の決算について

本シンポジウムの会計に関する、組織委員会内に設けられた会計監査組織すなわち 3 名の監査委員による監査報告書、ならびに決算書収支を次ページ以降に添付する。

放射線教育に関する国際シンポジウム  
収支決算書

作成日 : 1999年4月 9日  
(単位:円)

収支区分	自己負担金等	補助金/助成金等	寄附金等	合計	備考
(収入)					
1. 自己負担金等				4,712,937	下記支出該当額
内訳					1. 0
(参加登録料)148名	1,320,000				2. 4,500,000
(自己負担金)	800,000				3. 0
(懇親会費)	207,900				4. 212,937
(宿泊・食事代)	2,334,155				利用者165名
(見学会費)	40,500				
(雑収入)	10,382				
2. 補助金・助成金等		6,498,400		6,498,400	日本原子力研究所他計12団体
(協賛団体補助金)					下記支出該当額
					1. 927,240
					2. 4,071,160
					3. 0
					4. 1,500,000
3. 寄附金等				8,223,329	
内訳					
(国際観光振興会交付金)			6,010,000		21団体、個人14名
					下記支出該当額は支出明細参照
(その他)			2,213,329		東京電力(株)、日本原子力発電(株)、 三菱重工業(株)他12団体、個人17名
					下記支出該当額
					1. 0
					2. 1,172,545
					3. 0
					4. 1,040,784
収入合計	4,712,937	6,498,400	8,223,329	19,434,666	
(支出)					
1. 会議準備費				2,927,240	支出明細は別紙
2. 会議運営費				13,243,705	同上
3. 募金経費				240,400	同上
4. 事後処理費				3,023,321	同上
支出合計				19,434,666	

「放射線教育に関する国際シンポジウム」支出明細

作成年月日：1999年4月9日

(単位：円)

費目	積算根拠	合計	内振興会
1. 会議準備費			
(1) 人件費	事務アルバイト (交通費共) 1997年6月～1998年11月	1,023,234	
	人件費小計	1,023,234	
(2) 旅費	1) 幹事国内旅費 2) 国内旅費 97年度準備委員会交通費(延べ66名) 3) 国内旅費 専門委員会交通費4回(延べ24名) 4) 国内旅費 実行幹事会交通費(延べ151名) 5) 国内旅費 組織委員会 3回(延べ17名) 6) 国内旅費 実行委員会 2回(延べ46名)	155,000 142,000 48,000 157,000 60,000 46,000	
	旅費小計	608,000	
(3) 庁費	1) 印刷費 ファースト・サーキュラー(英文, 和文), セカンド・サーキュラー 2) 消耗品費 封筒, コピー料金, 事務用品, 募金用配布資料 3) 通信費 郵便切手代 国際電話・FAX・宅急便 4) 会議費 ①97年度 ②98年度組織・募金・実行委員会・実行幹事会 9回 ③ワークショップ会合 4回 ④打合せ代 11回 5) 雑費 ①交通費 ②銀行振込手数料他	117,528 275,914 424,779 53,636 101,249 174,880 23,000 75,793 40,770 8,457	
	庁費小計	1,296,006	
	会議準備費合計	2,927,240	2,000,000
2. 会議運営費			
(1) 人件費	会場アルバイト等	250,180	
	人件費小計	250,180	
(2) 旅費	1) 国内旅費 研修参加の学校教員旅費等参加者援助額(37名) 2) 外国旅費 海外からの招待者の旅費・滞在費 先進国5名(アメリカ、フランス、ハンガリー) 開発途上国14名(韓国、台湾、フィリピン、インドネシア他)	599,470 1,710,000 2,248,900	
	旅費小計	4,558,370	
(3) 庁費	1) 借料 教室使用料等 2) 印刷費 アブストラクト・プログラム 3) 消耗品費 バッグ・記念品代 4) 通訳料等 同時通訳費用 5) 謝礼 招待講演・座長謝礼 6) 会議費 レセプション費・バンケット費(100名分) コーヒーブレイク代 国際委員会会議費 7) 宿泊費・食事代(165名分) 8) 見学会費 9) 雑費 バス代 その他	631,050 294,000 405,833 1,977,959 441,400 1,028,900 110,250 78,750 2,915,930 68,200 378,000 104,883	
	庁費小計	8,435,155	
	会議運営費合計	13,243,705	3,500,000

3. 募金経費	JNTO交付金管理費	240,400	
	募金経費合計	240,400	240,400
4. 事後処理費			
(1) 人件費	事務アルバイト(交通費共)1998年12月～1999年3月	656,605	
	人件費小計	656,605	
(2) 旅費	国内旅費	25,000	
	旅費小計	25,000	
(3) 庁費	1)印刷費 プロシーディングズ(400部) 和文報告書(800部)	1,500,000 88,620	
	2)消耗品費 複写費等	64,757	
	3)通信運搬費 郵便切手代 国際電話・FAX・宅急便等	60,410 63,073	
	4)雑費 交通費	28,920	
	銀行振込手数料他	35,936	
	5)その他 業務管理費(社)日本工学会	500,000	
	庁費小計	2,341,716	
	事後処理費合計	3,023,321	269,600
	総計	19,434,666	6,010,000

### 監査報告書

放射線教育に関する国際シンポジウム  
組織委員会  
委員長 伏見康治 殿

1999年4月 日

「放射線教育に関する国際シンポジウム」監査担当組織委員

池田正道 印

同

久保寿昭子 印

同

村尾良夫 印

私どもは、放射線教育に関する国際シンポジウムに関する、1997年5月22日から1999年4月9日までの収支決算書について監査を行いました。

その結果、収支決算書の記載が、上記期間の収支の状況を適正に表示していることを認めますので、ここにご報告いたします。

## VI. 組織委員会その他

### 1. 組織委員会名簿

(所属等は会議開催時のもの、\*会計監査担当)

委員長	伏見康治	元日本学術会議会長・大阪大学・名古屋大学名誉教授
副委員長	飯利雄一	(社)日本原子力産業会議参与・元信州大学教授
副委員長	更田豊治郎	(財)環境科学技術研究所会長・元日本原子力研究所副理事長
委員	*池田正道	(社)日本アイソトープ協会学術部
	石樽顕吉	東京大学大学院工学系研究科教授
	石黒亮二	北海道大学名誉教授・北海道電力(株)顧問
	江田 稔	文部省初等中等教育局視学官
	加藤和明	茨城県立医療大学教授・高エネルギー物理学研究所名誉教授
	菊地 透	自治医科大学RIセンター管理主任
	工藤和彦	九州大学工学部教授
	*久保寺昭子	東京理科大学薬学部教授
	黒杭清治	芝浦工業大学講師・成徳学園講師
	後藤道夫	明治大学理工学部講師
	嶋田利郎	前都立深沢高校校長
	下野 洋	国立教育研究所科学教育研究センター長
	鈴木篤之	東京大学大学院工学系研究科教授
	高島良正	(財)九州環境管理協会理事長・九州大学名誉教授
	武田篤彦	(財)体質研究所特別研究員
	田ノ岡 宏	国立がんセンター客員研究員
	立川圓造	(財)日本分析センター理事
	辻本 忠	(財)若狭湾エネルギー研究センター主任研究員
	中沢正治	東京大学大学院工学系研究科教授
	中原弘道	東京都立大学理学研究科教授
	西原英晃	京都大学名誉教授・(財)原子力安全技術センター参与
	仁科浩二郎	愛知淑徳大学現代社会学部教授・名古屋大学名誉教授
	簗野嘉彦	東京工業大学理工学部研究科教授・理学部長
	*村尾良夫	日本原子力研究所国際原子力総合センター長
	村田貴司	(財)電力中央研究所原子力調査室調査役
	山口彦之	駒沢大学教授・東京大学名誉教授
	吉川秀夫	文部大臣政策担当秘書・元日本原子力研究所監事

### 2. 諮問委員会名簿

(所属等は会議開催時のもの)

委員長	伏見康治	元日本学術会議会長・大阪大学・名古屋大学名誉教授
委員	青木芳朗	原子力安全委員会委員・前東京大学教授
	安 成弘	(財)医用原子力技術振興財団常務理事・東京大学名誉教授
	今村 昌	理化学研究所名誉研究員
	岡田重文	放射線審議会会長・東京大学名誉教授
	金子熊夫	東海大学教授・元外務省原子力課長

熊取敏之	(財)放射線影響協会副会長・元放射線医学総合研究所所長
近藤宗平	大阪大学名誉教授
斎藤信房	前(財)日本分析センター会長・東京大学名誉教授
阪上正信	金沢大学名誉教授
篠崎善治	元東京都立アイソトープ総合研究所参事
柴田俊一	近畿大学原子力研究所所長・京都大学名誉教授
清水 栄	(社)日本アイソトープ協会副会長・京都大学名誉教授
菅原 努	(財)体質研究会理事長・京都大学名誉教授
村主 進	原子力システム研究懇話会
住田健二	原子力安全委員・大阪大学名誉教授
田畑米穂	前原子力委員会委員・東京大学名誉教授
内藤奎爾	前原子力安全委員会委員・名古屋大学名誉教授
永井輝夫	(社)日本アイソトープ協会理事・群馬大学名誉教授
原禮之助	(株)セイコー電子工業顧問
松平寛通	(財)放射線影響協会理事長・前放射線医学総合研究所所長
三木良太	近畿大学名誉教授
森 一久	(社)日本原子力産業会議副会長

### 3. 募金委員会名簿

(所属等は会議開催時のもの)

委員長	伏見康治	元日本学術会議会長・大阪大学・名古屋大学名誉教授
副委員長	更田豊治郎	(財)環境科学技術研究所会長・元日本原子力研究所副理事長
委員	飯利雄一	(社)日本原子力産業会議参与・元信州大学教授
	池田正道	(社)日本アイソトープ協会学術部
	石川博道	(社)日本原子力学会事務局長
	石黒亮二	北海道大学名誉教授・北海道電力(株)顧問
	大野新一	東海大学総合科学技術研究所教授
	久保寺昭子	東京理科大学薬学部教授
	坂本 俊	(社)日本原子力産業会議事務局長
	須田 了	(社)日本工学会事務局長
	高島良正	(財)九州環境管理協会理事長・九州大学名誉教授
	立川圓造	(財)日本分析センター理事
	長岡俊雄	電気事業連合会広報部長
	中沢正治	東京大学大学院工学系研究科教授
	中原弘道	東京都立大学理学研究科教授
	西原英晃	京都大学名誉教授・(財)原子力安全技術センター参与
	仁科浩二郎	愛知淑徳大学現代社会学部教授・名古屋大学名誉教授
	長谷川圀彦	静岡大学名誉教授
	松浦辰男	立教大学名誉教授
	山口彦之	駒沢大学教授・東京大学名誉教授

#### 4. 実行委員会名簿

委員長	山口彦之	駒沢大学教授・東京大学名誉教授
副委員長	大野新一	東海大学開発技術研究所教授
[プログラム]小委員長	大野新一	東海大学開発技術研究所教授
	朝野武美	大阪府立大学付属先端科学研究所講師
	唐木 宏	攻玉社高校教諭
	富永 洋	(財)放射線計測協会
	野崎 正	早稲田大学材料技術研究所講師
	播磨良子	CRC総合研究所技術顧問
	広井 禎	筑波大学付属高校教頭
	広谷嘉章	(社)日本原子力産業会議開発部次長
	村石幸正	東京大附属中高校教諭
[7°シ-テイカ]小委員長	小高正敬	東京工業大原子炉工学研究所
	今井靖子	放射線医学総合研究所主任研究官
	河村正一	元神奈川大学理学部教授
	竹田満州雄	東邦大学理学部教授
	橋本哲夫	新潟大学理学部教授
	松鶴秀夫	日本原子力研究所調査役
	峰岸安津子	神奈川大学総合理学研究所客員研究員
[広 報]	小委員長	放射線医学総合研究所特別研究員
	渡利一夫	東京大学原子力総合センター助教授
	伊藤泰男	千葉大学薬学部教授
	大橋国雄	東北大学大学院理学研究科教授
	工藤博司	秋田経済法科大学付属高校教諭
	佐伯邦子	(財)原子力安全研究協会
	佐藤 将	都立日比谷高校教諭
	下田善夫	近畿大学原子力研究所教授
	鶴田隆雄	日本工業新聞社経済部編集委員
	山名康裕	(財)原子力文化振興財団理事・事務局次長
	山本康典	東海大学理学部助教授
[実験・展示]	小委員長	東京学芸大学教育学部助教授
	菊地文誠	日本原研国際原子力総合技術センター講師
	鎌田正裕	(財)日本科学技術振興財団
	杉 暉夫	セイコー・イージーアンドジー(株)前取締役
	瀬川嘉之	都立昭和高校教諭
	高畑忠三	神奈川大学理学部教授
	森 雄兒	金沢大学理学部助教授
[会 場]	小委員長	東大大学院農学生命科学科助教授
	高木伸司	大妻女子大学社会情報学部教授
	中西 孝	東京家政大学付属女子中高校教諭
	中西友子	静岡大学名誉教授
	堀内公子	上智大学理工学部助教授
	宮沢弘二	(社)日本工学会事務局長
[渉 外]	小委員長	
	長谷川圀彦	
	笠 耐	
[財 務]	須田 了	

## 5. 国際諮問委員会名簿

### 委員長

Dr. Mitio Inokuti (Argonne, U. S. A.)      [アメリカ, アルゴンヌ 国立研究所主任研究員]

### 委員

Prof. Jean-Pierre Adloff (Strasbourg, France)      [フランス, ル・パストゥール大学名誉教授]

Dr. Ahmad Sibri Bin Haji Hashim (Malaysia)      [マレーシア, 原子力研究所]

Dr. Roger Alsop (Sydney, Australia)      [オーストラリア, オーストラリア核科学学会役員]

Dr. Corazon C. Bernido (Quezon City, Philippine)      [フィリピン, 核科学研究所部長]

Prof. V. G. Dedgaonkar (Poona Univ., India)      [インド, プーナ大学教授]

Dr. Azhar Djalloeis (Butan, Indonesia)      [インドネシア, 原子力庁次官]

Dr. L. E. Feinendegen (U.S.A.)      [アメリカ, ブルックヘヴン国立研究所]

Dr. Toyojiro Fuketa (Japan)      [日本, (財)環境科学技術研究所会長]

Dr. Wieslaw Goracko (Poznan, Poland)      [ポーランド, ポズナン大学]

Dr. Hasibullah (Pakistan)      [パキスタン, 原子力委員会国際兼訓練部長]

Prof. Peter E. Hodgson (Oxford Univ., U. K.)      [イギリス, オクスフォード大学教授]

Prof. Chin Wang Huang (Taipei, Taiwan)      [台湾, 中原大学教授]

Prof. B. Kearfott (U.S.A.)      [アメリカ, ミシガン大学教授]

Dr. Kriengsak Badrakom (Thailand)      [タイ, 原子力平和利用局事務局長]

Dr. Lee Byong-Whi (Taejon, Korea)      [韓国, 太平洋原子力学会会長]

Dr. Sueo Machi (IAEA, Austria)      [オーストリア, 国際原子力機関事務局次長]

Prof. George Marx (Eotvos Univ., Hungary)      [ハンガリー, エートヴェス大学教授]

Dr. Matteo Merzagora (Milano, Italy)      [イタリア, ミラノ大学]

Prof. Kojiro Nishina (Japan)      [日本, 愛知淑徳大学教授]

Dr. Herwig G. Paretzke (Neuherburg, Germany)      [ドイツ, 放射線防護研究所所長]

Dr. Phat Tran Hun (Vietnam)      [ベトナム, 原子力研究所]

Dr. Sun Zuxun (Beijing, China)      [中国, 北京原子力研究所長]

Dr. Md. Sana Ullah (Bangladesh)      [バングラデシュ, 原子力研究所長]

Prof. Turan Unak (Turkey)      [トルコ, エーゲ大学教授]

## 6. 事務局

事務局長      松浦辰男 (立教大学名誉教授)

事務局所在地      〒105-0003 東京都港区西新橋 1-17-2 三和第一ビル 5F  
放射線教育フォーラム

TEL/FAX:      03-3591-5366

E-Mail:      mt01-ref@kt.rim.or.jp

## 海外からの参加者

- 1 Prof. Jean-Pierre Adloff (フランス、ストラスブール大学名誉教授)
  - 2 Dr. Manoon Aramrattana (タイ、原子力平和利用省、事務局次長)
  - 3 Engr. Mr. Delawar Bakht (バングラデシュ、Titas & Gas Co. 支配人)
  - 4 Dr. Corazon C. Bernido (フィリピン、核科学研究所部長)
  - 5 Dr. Bum-Jing Chung (韓国、科学技術省原子力開発部)
  - 6 Dr. V. G. Dedgaonkar (インド、プーナ大学教授)
  - 7 Dr. Azhar Djaloelis (インドネシア、原子力庁次官)
  - 8 Dr. Wieslaw Goraczko (ポーランド、ポズナン大学)
  - 9 Mr. Eric Hulber (ハンガリー、77 Electronica, Ltd.)
  - 10 Prof. Chin Wan Huang (台湾、中原大学化学系教授)
  - 11 Dr. Mitio Inokuti (アメリカ、アルゴンヌ国立研究所主任研究員)
  - 12 Prof. Paul K. Kuroda (アメリカ、アーカンソー大学名誉特任教授)
  - 13 Prof. George Marx (ハンガリー、エートベス大学教授)
  - 14 Dr. Matteo Merzagora (イタリア、ミラノ大学)
  - 15 Dr. Muhammad Ayub Mir (パキスタン、原子力委員会人材養成部)
  - 16 Dr. Esther Toth (ハンガリー、ラウデル高校)
  - 17 Dr. Md. Sana Ullah (バングラデシュ、原子力研究所長)
  - 18 Prof. Turan Unak (トルコ、エーゲ大学教授)
  - 19 Ms. Warapon Wanitsuksombut (タイ、原子力平和利用省、放射線物理部)
  - 20 Dr. Jun Wu (中国、西安医科大学)
  - 21 Adloff 教授夫人
  - 22 Kuroda 教授夫人
  - 23 Mr. Tomas Schoesse (ドイツ、東工大院生)
- (以下は論文のみの参加者)
- 1 Dr. Roger Alsop (オーストラリア、核科学学会役員)
  - 2 Prof. Peter E. Hodgson (イギリス、オクスフォード大学教授)

## IX 伏見康治組織委員長開会挨拶

At “*International Symposium on Radiation Education*”, held on Dec. 11–14, 1998, in Hayama, Japan

皆さんお早うございます。組織委員会委員長として、一言皆様を歓迎するご挨拶を申し上げます。

言うまでもないことですが、今日の文明社会は、科学技術の進歩に大きく支えられています。科学技術の今後のさらなる発展を否定することはできません。しかし、それが歓迎すべきかどうかについては意見の分かれるところであり、科学技術の悪い面を強調する論調が最近増えています。

科学技術の更なる発展を促進すべきかあるいは停止すべきか、それは問題です。この問題はすべて人間の力にかかっています。それは教育の力です。

科学者の義務は科学における真理を追求し、斬新な着想を生み出すことです。しかし同時に社会的な問題にはしっかりとした倫理観をもって行動し、一般社会の人を教育しなければなりません。

放射線と放射能の安全性に関しては、一般社会人と科学者との間に考え方に隔たりがあるように思われます。

さて、いまや科学者がアカデミックな象牙の塔から足を踏み出して、一般大衆とともに考え、これらの人々と話し、もし彼らが事実を知らないが故に苦痛や損害に悩んでいるのを見れば、彼らに真実を知らしめて悩みから開放してやるべく努力すべき時であるように思われます。これも科学的知識の社会への貢献であります。

また、原子爆弾への利用のように、科学的知識を悪用する人々がいたとき、われわれは沈黙してはなりません。原子爆弾は科学を悪用する実例であり、このようなことは決して二度と起こしてはなりません。

もちろん、一方において原子力を今日と将来の人類のために平和的に利用することは、これは進めてよいことでもあります。

このシンポジウムの参加者は、科学、とりわけ放射能に関する教育に関心のある方々であります。社会には、「放射能」という言葉を耳にすることさえ嫌うような人々がいるわけですが、このような人達をどのように教育すればよいかについて皆さんに議論していただきたいと希望します。

人々の放射能に対する態度というものについては、私は 1878 年から 1935 年まで生存した有名な日本の物理学者故寺田寅彦先生の興味のある言葉を引用したいと思います。それは、「ものを怖がり過ぎたり、怖がらな過ぎたりすることは易しいが、正当に怖がることはなかなか難しい」ということです。私は幸いにも大学生であった時代に寺田先生の講義を聞くことができるという幸運に恵まれましたが、寺田先生のこの言葉は、放射線・放射

能に関して、またリスクに関連のある科学的現象を理解し教育するのにたいへん重要な意味を持っています。

現在、放射線と放射能に関する正確な知識は将来この分野の専門家になろうとする学生だけに教えられているようです。しかし私は、社会のすべての人々がこの分野の正しい基本的知識を持っているべきであると思います。

今日、日本のような先進国では、物質的文明が行き着くところまで達して、昔は夢であったことが日常いたるところで可能な現実となりました。これを可能にしているのは、すべての人々が日常生活において電気や電子的製品をどのように使用するかという正しい知識をもっているからです。これは教育の偉大なる結果です。

このように、われわれはある意味では教育が行き届いていますが、あらゆる面で正しく教育がされているかどうかについては問題があります。われわれは子供たちに、3つのR、すなわち「読み・書き・算数」を学ばせることに加えて、正義感を育成するよう、教育せねばなりません。また、いろいろな知識を身につけ、種々の現象をいかに理解するかを学ぶことによって、科学的なものの見方を身につけるよう、教育が行なわれねばなりません。

教育の役割は、ますます重要となりまた複雑なものとなっています。それは、人々の生活が進歩し、行動範囲が広がり、込み入ったものになっているからです。世界人口の増加とともに、われわれの環境が悪化しています。来世紀の半ばには、世界人口は100億人に達し、自然環境の破壊がますます進むことになるでしょう。

人類の生存のためには、さらなる土地の開発は必要かもしれません。しかし、「エントロピー増大の法則」は真理であるとしても、われわれは何としてでも自然環境をこれ以上悪化させないようにせねばなりません。そしてわれわれの後の世代のために、この美しい地球の荒廃がこれ以上進まないように、最大の努力を試みねばなりません。

人々の生活をより良いものにし、われわれの生活の質の真の向上にむけて、子供たちや人々に、正しい科学的知識に基づいた英知を教えることを訴えようではありませんか。この地球全体に英知の花を開かそうではありませんか。

英知というものがなかったら、われわれの知識も、想像力も、着想も、善意も、希望も、夢も、すべて何の役にも立たなくなります。

すべての人々のもっている潜在的な力を最大限に発揮させるためには、われわれの個々の努力のベクトルを目的とする同じ方向に集めることが必要です。ここでも、教育の力に頼らねばなりません。

幸いなことに、ここに文部大臣として政府・議会で活躍されておられる有馬先生がおられます。われわれの力を集めて有馬先生を応援し、日本の教育システム改善のためにご協力申し上げようではありませんか。

われわれは新しい教育システムを確立するためにここに集まりました。この活動は人間の英知と勇気を必要とします。私はこのシンポジウムの輝かしい成功を期待しています。どうも有り難うございました。

## 2. プロシーディングス、シンポジウムの評価、フォローアップ計画など

### (1) プロシーディングスについて

I S R E ' 9 8 のプロシーディングスは、1999 年 9 月に、日本原子力研究所のご支援により (JAERI-Conf 99-011 として) 刊行された。次ページにその表紙を示す。

### (2) 国際シンポジウムの印象・記録・評価

別紙にシンポジウム参加者の感想、シンポジウムの印象について記す。シンポジウムの裏方のなれないところがあって、細かいところでは不手際があったが、総じて成功裡に終わったとの評価が得られたことは喜ばしいことではなかったかと思う。

このシンポジウムの報告が以下の種々の学会誌などに掲載されている。

- ①放射線教育フォーラム：ニュースレター，No.12, 1999 年 3 月号
- ②松浦辰男：原子力システムニュース，vol. 9, No. 4, 35-42, 1999 年 3 月号
- ③中西 孝：Isotope News, 1999 年 4 月号, 28-29
- ④渡利一夫：放射線科学, Vol. 42, No. 3, 113-116 (1999)
- ⑤宮沢弘二：エネルギー環境ジャーナル, Vol. 9, No. 4, 2-3, 1999 年 3 月号
- ⑥松浦辰男：医療放射線防護 NEWSLETTER, No. 25, 57-60, 1999
- ⑦松浦辰男：京大原子炉平成 10 年度「原子力・放射線に係る社会の合意形成」専門研究会報告書, KURRI-KR-37 (1999)
- ⑧松浦辰男：放射線化学, No. 68, 40-43 (1999)

### (3) フォローアップ計画

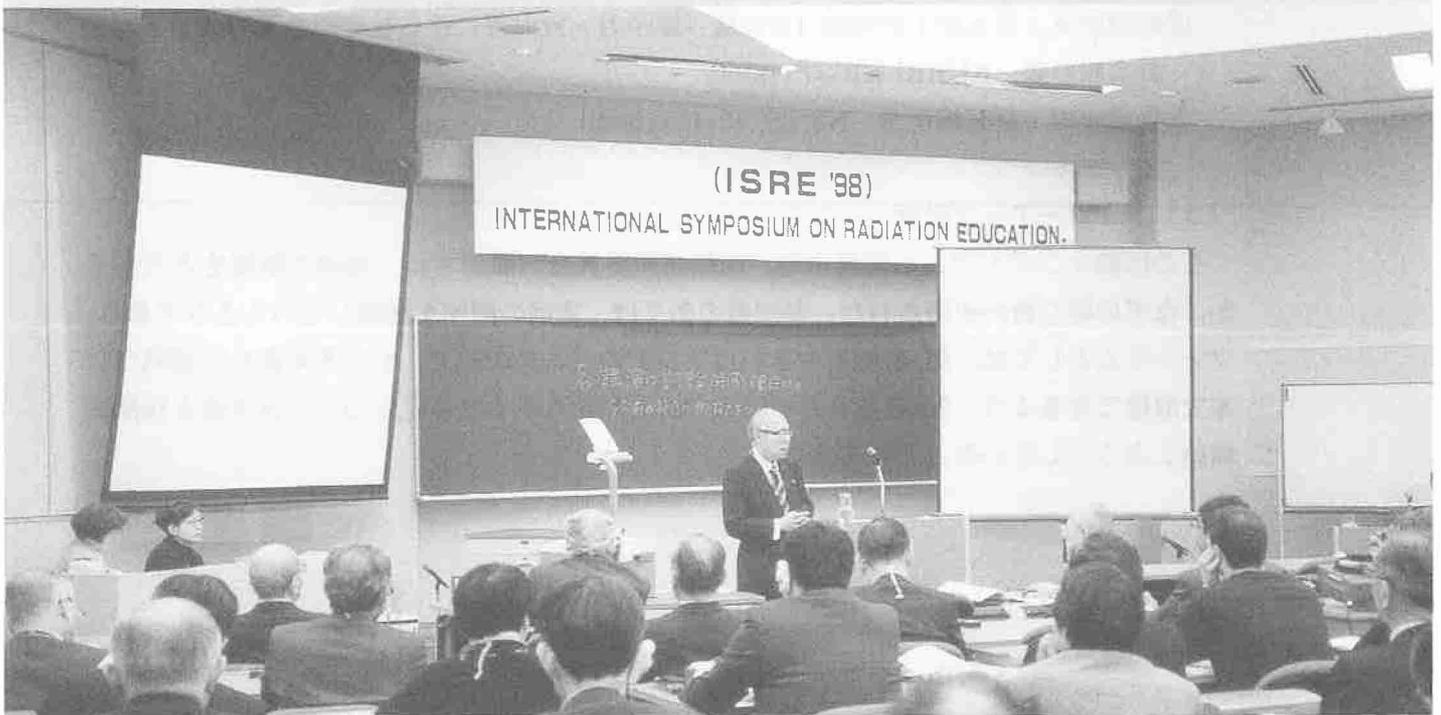
この国際シンポジウムの開催中に、国際諮問委員会が開催され、次回開催をどうするか、などの話し合いが持たれた。参加者の多くは、次回開催を期待しているようであり、フォーラムとしては、第 2 回をできればアジアのどこかの国で、もし不可能ならば再び日本で開催できるよう、2000 年 3 月の時点ではこれからその具体化について各方面と接触を開始しようとしているところである。

JAERI-Conf 99-011

**ISRE98**  
**PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SYMPOSIUM**  
**ON**  
**RADIATION EDUCATION**

International productivity Center  
Shonan International Village, Hayama, Kanagawa, Japan  
December 11-14, 1998

September 1999



日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

## 参加者の感想・印象など

### 大成功の分析

宮澤 弘二（東京家政大学附属女子中高）

国内で行われた国際シンポジウムで、小学校の先生から塾の先生、大学の先生、研究所、メーカーなどいろいろな方面の人達が参加して開催されたのは、珍しいことではないでしょうか。しかもあらゆる階層の人達から発表があり、実りのある内容豊富なものであり、大成功であった。これは次の諸要因によるのではないのでしょうか。

1. フォーラムの数年に及ぶ努力の積み重ねがあり、ボランティア活動によって運営・実施された。
2. 放射線教育が、国際世界の理数科教育の中である意味で危機的な状況にあり、21世紀に向けて国際的な取り組みをしていく必要に迫られている。
3. シンポジウムが各階層に開かれたものであり、民主的で誰もが参加できる雰囲気醸成されていた。
4. 常にあらゆる分野の人々に理解できるような形で発表が行われ、身近なものとして受け止めることが出来た。
5. 外国から参加した発表者の実情から推察すると、今後の科学教育の中で放射線教育は必須のものであり、中等教育から実践する意向がうかがわれた。

このような成功をバネにして、放射線教育の重要性をあらゆる機会に普及させる必要がある。放射線教育が自然科学教育の骨格となることを認識し、持続させていくことがフォーラムの発展につながると確信する。

### シンポジウム印象記

笹川 澄子（環境科学技術研）

私は青森県六ヶ所村に設立された研究所に設立間もない時から勤務している。現在、六ヶ所村にはわが国初の商業ベースの核燃料製造施設、再処理施設、埋設・貯蔵施設があり、あるいは建設中である。私の日常生活はこの環境と密接に関係している。しかし、教育については、つい最近まで自身が受けた学校教育以外ほとんど無関心だったし、関心の持ちようもなかった。まして「放射線教育」など言わずして明らかである。そのような私の背景とも関係し、3件ほど印象を記述したい。

第一に、教育の一般的方法論との関わり、自身が受けてきた特に義務教育を振り返ってみると、ラセン階段を上るように極めてやさしい事柄から出発し、徐々に間口を広げ奥行きを深めながら繰り返し学んできたことに気づく。放射線教育も、少なくとも小学校1年生から中学校3年生まで繰り返し行う必要がある。そのための工夫が要求されるだろう。知識はこの繰り返しによって身につく、そしてその成果が発揮されるのである。ついでに、学校教育は生涯教育の一部だと私は考える。

次に、各国との比較。日本の放射線教育が一番遅れている、というよりも何もなされていないと感じた。わが国で憂えられている教育現場の崩壊は、児童生徒が悪いのではない。教師についても、例えば、大学を卒業したての若者に児童生徒への知識の教授は期待できても、それ以上を望むのは酷である。教師も犠牲者だろう。システムに欠陥があるといわざるを得ない。解決策には、大学卒業と数年の社会経験を教員採用試験の受験資格にすることなどが考えられよう。社会経験は、経済至上主義の社会を支える根本の一つにエネルギーがあること、それがどのように供給されているかを自然に教える。その結果、放射線教育とは何かがよく理解されることになる。そのような大人から教育を受けた子どもが大人になったとき、成果は発揮されるだろう。

そして最後に、シンポジウムの運営。「清貧」という言葉があるが、久しぶりにそれに近いもの、毒されていないものに触れたという感じがあった。世話にあたる先生方がボランティアで、随所にその姿が見えたことがその理由かも知れない。会場や日程などを考慮すると、参加費は随分安価だと思われた。隔離された居心地のよい場所で、余計なことにとらわれず、真剣に考える時間が与えられた。第一線を退かれたとはいえ、功なり名をとげた超一流の先生方の意図されるところが若輩にも理解できた。できれば、現場の教師がもっと参加しやすい時期を検討して欲しい。このようなスタイルのシンポジウムを定期的に開催して欲しい。定期的に定期的よりも新鮮で意欲的な議論が期待できる。その時、私は一人のボランティアとして微力を尽くしたい。

### 参加しての感想

森島 浩一（広島市立宇品中、鳴門教育大大学院）

私は現職の理科教師であるが、現在は大学院で研修している。そして、原子力や放射能・放射線をどのように扱うと良いか興味を持ち、現在の中学生から大学生がどのような意識・知識・イメージかを調べている。

この数年、原子力に対する感情的な反発が強くなったように感じる。そして、原子力を危険性と有効性の両面から考え、その上で今後どうするかといった議論をする雰囲気なくなったようにも思っている。将来のエネルギー問題を考える上で、原子力は決して無視できないエネルギー資源であり、それは中高生も大学生もある程度認識している。しかし彼らの原子力や放射能・放射線に対する知識は乏しく、感覚的に危険とか怖いというイメージが強い。これでは将来、エネルギー問題を国民全体で考えて決めるには不十分だと感じた。

では、他にも同じような意識を持って研究している人がいないものか、具体的な実践例がないものか、さらには諸外国の事情はどのようなものかと疑問が広がった中で見つけたのが、このシンポジウムである。語学に自信のない私には少々不安があったが、私の欲しいと思っていた情報が全て詰まっており、参加することにした。参加して実に多くの収穫があった。それは次のようにまとめられる。

1) 同じ意識を持っている人たちと交流ができた。2) 放射線教育に関する情報が集積されていた、3) 国際的な視点での討議がされた、4) 高度なレベルでの検討がされた、5) 多くの実践報告がされ、さらに交流が深まった。

放射線教育に対して、日本だけでなく世界各国の、実にいろいろな立場の人たちが一同に会し、情報交換と交流が持てたことは、誠に素晴らしいことである。また、私と同じようなことを思っている人たちとたくさん出会う、さらに研究を進める意欲もわいてきた。講演やポスターセッションで発表された方だけでなく、隣にいた人たちとも意見交換ができる雰囲気もあり、有意義なシンポジウムであった。

国際シンポジウムというものは初めてであったが、同じ目的と意識があれば、初めて会った方とでも、また言葉の壁があっても通じるものがあるのだとも実感できた。

最後になるが、事務局の方々の忙しさは大変なものであったと予想される。このような有意義なシンポジウムが実施されたことを思うと、事務局の方々に感謝せずにはいられない。

### 国際的な研究と教育の現状にふれて 中野 克義(土岐市教育委員会)・丸山 晴男(八幡町立西和良中)

私たちは土岐市プラズマ研究会のメンバーである。文部省核融合科学研究所と共同研究をしており、1980年名古屋大学プラズマ研究所時代からもう20年近くになる。今回のシンポジウムは「…教育に関する…」といったテーマであったので、「土岐市プラズマ研究会」の代表として参加させていただいた。

私たちは「放射線」に関することがつかめないまま今日まで来てしまった。放射線のことはなかなか専門的で分からず、教育の現場では共同研究の活動が生かせないでいた。発表参加の機会をいただき、環境教育の一環として「放射線教育」のささやかな実践や学習をして、共同研究に関することを見つめ直したり、まとめたりすることができた。学校の現場でも、それなりに「放射線教育」が実施できること、その重要性に触れることができた。国際的に有名な研究者の方々が多勢集まり、内容的には少し難しいところがあったが、大変勉強になった。

また、国際シンポジウムなので、海外の状況や実態、方向性などの最先端の部分に触れることができ大変良い機会となった。これからの教育や実生活で生かしていきたい。以下に、感想をまとめて述べたい。

1. 小・中校などの義務教育の場でも「環境教育」の一環として「放射線教育」が重要であり、実施できること。
2. 各学校現場での実践発表に触れ、具体的な実践事例がつかめたこと。
3. 土岐市ではポスターセッションで発表したけど、たくさんの参加者に見ていただいたこと。
4. 「放射線教育」を学校現場にも取り入れていける糸口が見つかったこと。
5. 国際シンポジウムの形態や英語を中心とした発表の重要性とその方法に触れることができたこと。
6. 諸外国での教育、研究の実態に直接触れ、交流ができたこと。
7. 日本の各研究機関と教育現場の距離が縮まり、実践内容などが交流できたこと。
8. 「はかるくん」など身近な測定方法や関係資料、情報が入手できたこと。
9. 「放射線」が身近なものとして正しく理解され、地球・人類にとって様々な分野に有益なものとして利用されており、今後も利用していく方向を研究実践していくこと。
10. パネル討論、ワークショップ、ポスターセッションなど教育現場にも活用できる発表形態に触れ、実際に参加できたこと。
11. すばらしい環境、湘南国際村の施設を利用できたこと。
12. 放射能とか被曝といった言葉は、まだまだ多くの大人にとっては危険きわまりない、理解を求めることが難しいものである。しかし、学校教育において小中学生に正しく理解させる学習内容を整理すること。

現在様々な分野で利用されている放射線について理解を図ること、線量の多少によっては人体に危険であることは確かであるが、低線量では問題がなく、様々な文明の発達に寄与してきたこと、自然界には放射線が存在すること等を理解させていく必要があると感じた。

貴重な発表参加の機会と人的交流の場、新しい刺激を与えて下さった関係の皆様へ深く感謝する。

### 得難い経験

古川 路明(四日市大環境情報学部)

今回のシンポジウムに参加する前はためらいがあった。原子力開発に批判的な意見を述べている私には不似合いな場と考えていたからである。しかし、結果としては貴重な経験をする機会が与えられたことを大変喜んでるのが現状である。国内国外からの多くの参加者による熱心な議論を聞き、有馬朗人文相、伏見康治先生の示唆

に富む講義をうかがった。黒田和夫教授を初めとする旧知の先生方にもお会いすることもできた。松浦先生を中心とする世話人の方々の献身的な努力には厚い感謝の意を表したい。

会議の議論の中で、一つ気にかかったことを書いておきたい。「放射線はどこにでもあるから、それほど気にしなくてよい。」という意見がしばしば述べられているし、会場でも何度か耳にしたようである。しかし、放射能の問題を考えるとときには、量の問題を抜いては議論が進められないと思う。

「人の体内にも放射能がある。」とよくいわれるが、体内にある放射能は一万ベクレル以下であり、全人類についても百兆ベクレル( $1 \times 10^{14}$  ベクレル) に及ばない。一方で、運転中の出力百万ワットの発電炉の中に存在する放射能はそ 500 万倍( $5 \times 10^{20}$  ベクレル) に達し、 $\alpha$ 線を放出するために毒性が高いと考えられるプルトニウム( $^{239}\text{Pu} + ^{240}\text{Pu}$ )の量はその 30 倍( $3 \times 10^{16}$  ベクレル) に相当する。

パネル討論の中で、海中のカリウムの放射能の量が話題になった。それが発電炉内の放射能の約 40 倍( $2 \times 10^{22}$  ベクレル) になるのは確かであるが、海水の体積が 14 億立方メートル( $1.4 \times 10^{18} \text{m}^3$ ) と非常に大きいことを考えれば、発電炉内の放射能が少ないという議論にはつながらないと思う。

「発電炉運転が現代生活を支えるのに不可欠である。」とする議論は、私の意見とは異なるが、一応は理にかなっているであろう。しかし、その場合でも「原発内の放射能は非常に危険な量に達するが、それは管理できるし、管理していく方針である。」といわねばならないのではないだろう。

## シンポジウムの印象

荒谷 美智 (環境科学技術研)

まず感じたことは、昭和 40 年代に放射化学討論会でご活躍の先生方が大勢参加され、大変なつかしいという印象であった。受付の前に並んだその時からタイムトンネルをくぐって昔に戻ったような気がした。当時は湯川博士の本邦初のノーベル賞受賞や原子力平和利用のゴーサインで、核物理も原子力も時代の脚光を浴びていたにもかかわらず、放射化学については、学会はつくらず討論会という緩やかな結合でやるという方針にさわやかさが感じられた。

時は流れ、今や状況は変わった。あの頃、若々しく活動しておられた先生方のお顔またお顔。そして、今ここで、教育者や市民とともに、放射線教育国際会議という形で新たに集えるのかと感銘を受けた。放射化学関連の学会をつくらねばならないという機運も一方で盛り上がっている。これら二つの流れはおそらく源流では繋がっている。心強いことである。

会議が進行するにつれて、日本の状態はかなり悪い、最悪なのではないか、と思われてきた。日本人のいわゆる核アレルギーが病膏肓に入る状態が、国際比較で容赦なくあらわに見えた。もう一つは科学リテラシーのあり方について。科学や技術そのものにとどまっていたは不十分で、政策に対し適切な態度がとれて、代案が出せる。つまり政策立案能力形成に資するものでなければならない、ということである。いずれも大変な課題である。それにしても、多くの新聞で詩壇、歌壇、柳壇、俳壇に多くの誌面を費やしているのに論壇の紙面は微々たるもの。スノウの「二つの文化と科学革命」どころではない。それ以前の問題で、これでは識字率は高くても、科学リテラシーからは程遠い現状である。教育者だけでなく、報道人にも呼びかける必要を強く感じた。

## 参加して思うこと

中尾 祐次 (長野県伊那北高)

参加された外国の方々の、それぞれの国での放射線教育の実情をお聞きしているうちに、日本の高校での実情に思いが強くなってきて仕方がなかった。それは、高校では教科書の中身を、どのようにして理解させるか、という大命題があって、そのことへの研究、努力が大変なものであること。当然、生徒諸君の実情に応じて、何を何処まで、ということも考えてはいるのだが、教科書の最後の放射線のことを扱っている人は非常に少ないような気がする。自分の学校で関係する中では原子爆弾→原子力発電→放射線=危険=悪といった図式が出来ているかの様である。従って、科学技術庁、放射線計測協会の“はかるくん”の無料貸出制度も、日本原子力文化振興財団の放射線実験セミナーも、見向きもしない人が多い。少し関心のある人は、国連科学委員会の勧告、“出来る限り放射線に……”を持ち出して放射線は扱うべきではない、と忠告してくれる。それに対して、私費で購入した $\gamma$ 線のサーベイメータを使い、自然界での放射線を計測して見せている。これが一番理解してくれる率が多い。また、自分が住んでいる場所が、日本最長の断層線、中央構造線の近くなので、その断層線上で地下から出てくる  $\text{Rn}-\alpha$ 線の計測をしている。その資料を持ち出して、事実がこうだということを示すと、更に理解が進んでくれる様である。その上で、放射線がいろいろの分野で利用され、役立っていることを示すことにしている。また、最近、日本アイソトープ協会で製作されたキュリー夫妻のラジウム発見 100 周年記念の OHP、ビデオ教材も利用させて載っている。そして、ちょっと調子に乗って、放射線ホルミシスにまで触れることにしている次第である。歩む道は大変であることを痛感している。

## シンポジウムのお世話をして

堀内 公子 (大妻女子大社会情報学部)

峯岸 安津子 (神奈川大総合理学研)

参加されました皆様の熱意によって、世界最初の「放射線教育に関する国際シンポジウム」が無事成功裡に終了し、実行委員として開催をお手伝いできたことを大変嬉しく思います。会議運営の点で、言い訳になりますが、運営に当たった委員全員がお忙しい方で、打合せと準備不足で、参加者の皆様にご迷惑をお掛け致しました。

会議で掘り起こされ、明らかにされたことはいずれも重い課題ばかりであり、改めて放射線教育の必要性が急務であることが再認識されました。これを機会に、参加されました皆様を介してその周辺にこの認識が少しでも広がって行くことを願っています。

### 国際諮問委員会

小高 正敬 (東工大原子炉工研)

12月12夕、国際諮問委員会が井口道生委員長 (アメリカ) および各国を代表する委員、それに事務局を加えた19名が出席して開かれた。

はじめに本シンポジウムの意義・内容・開催方法などについて活発な意見交換が行われた。ついで、国際常任委員会 (もしくは国際評議員会) について討議し、今回出席者の無かったイギリス、ドイツ、ロシアなどの国も含めて設置して、今後の国際シンポジウムの計画立案、ならびに各国の放射線教育活動の連携などに対処するという方向で意見がまとめられた。

## 第6章 放射線教育のための資料

(放射線教育フォーラム

ニュースレター・「放射線教育」

誌からその他)

## 1. ニュースレター記事の「エネルギー問題を考える」の採録について

放射線教育フォーラムは、放射線教育に関連した記事をニュースレターに適時掲載してきた。フォーラム6年間の活動を理解していただくには、これらの記事をもてもらうのが最善の方法と考える。特集「エネルギー問題を考える」は、エネルギーの安定供給が人類の繁栄のためは不可欠のものであり、またエネルギー源として原子力発電が重要な役割を占めている現状にかんがみ、放射線教育に関連するものとして、1997年3月発行のVol. 6より1998年11月発行のVol. 11まで6回の連載をした。これは会員にエネルギー問題を考えてもらいたいとの考えから、今村 昌および村主 進が分担して執筆したものである。問題を考えるためには、断片的に各編を理解するよりも全体を通じて理解する必要があり、常々一冊に纏めたいと考えていたが、今回の機に纏めたものである。

## 2. 放射線・放射能セミナー

放射線・放射能は、すぐに一般市民の方々が理解できることを超える何かがあるようであり、このため、これらについて一般市民に格段の努力をもってわかりやすく説明をすることは、いわゆる放射線・放射能の専門家として第一ともいえる義務であろう。放射線教育フォーラムでは、明日の市民を育てる中学・高校の先生を対象としてニュースレターに放射線・放射能の本質とその利用などについての解説を連載してきた。第6. 2節は、これらをまとめて転載し、総合的理解がより容易になるようにしたものである。

## 3. 放射線防護と低レベル放射線影響

放射線・放射能が一般市民になじまない理由の一つに、放射線による影響（とくに生体への影響）についての市民の不安がある。放射線教育フォーラムでは、本課題についても重要と考え、勉強会のテーマとなっている。放射線防護の観点からのものが多いが、その講演の要約などがニュースレターの解説記事として度々掲載されてきた。この課題も市民の関心の高いものであるので、放射線教育フォーラムの活動の紹介の一部として重要と考え、ここにニュースレターや「放射線教育」誌から転載したものを、それに今回特に寄稿していただいた興味のある話題についてまとめた。

## 特集

# エネルギー問題を考える (I)

[ニューズレター No. 6, 1997. 3]

人類が繁栄をつづけるためには、エネルギーの安定な供給が不可欠です。現在、エネルギー源としては原子力が重要な役割を占めており、この原子力発電は放射線・放射能教育と無縁ではありえません。そこでニューズレターでは、これから数回にわたって、エネルギー・環境問題を考えることにします。予定では、つぎの項目などについてできるだけ正確なデータを基にした議論を展開します。会員諸氏からの意見も随時掲載して、「紙上討論」ができればと思いますので、投稿をお待ちします。

- (1) 日本のエネルギー事情
- (2) 世界のエネルギー事情
- (3) 省エネルギーと新エネルギー
- (4) エネルギー消費と地球環境
- (5) エネルギー消費と人間の寿命

## エネルギー問題を考えるに当たって

今村 昌

生物は、地球上に出現して以来、自然の放射線・放射性物質と共存して進化してきました。放射線、放射能が科学的に明らかになると、人間はこれらを人工的に作り、健康や生活の向上と密接に関連する分野で役立たせてきました。この過程で、さらに核分裂の現象が発見され、ここで人類は原子力という新しいエネルギー源を手に入れました。

不幸なことに、人類はこの新しいエネルギー源を平和的な目的に使う前に、原子爆弾という恐るべき武器に利用してしまったため、原子力の平和的利用についても、つねに原爆のイメージがつきまといまいます。とくに原爆の被害を受けた日本では、原子力の平和的利用に対する拒否反応の大きいのは当然でしょう。

しかし、現在日本では50基の発電用原子炉が運転され、100万KW発電所41基分の電力を供給しており、需要電力の30%がこれでまかなわれています。これは、自前のエネルギー源をほとんどもっていないため、100%に近い量の石油を輸入している日本の脆弱なエネルギー基盤を考えれば、ほかに代わりうるエネルギー源をみつけることができない限り、止むを得ない選択と言わざるを得ません。原子力発電によって石油への依存度は次第に低くなり、1995年度の一次エネルギーの石油依存度は過去最低になっていますが、それでもまだ55.8%という高率です。(資源エネルギー庁速報)

日本人の原子力発電に対する拒否的な心情は理解できるとしても、これから年々増大する一方のエネルギー需要にどう対処すればよいのでしょうか。事実、1995年度のエネルギー消費量は前年度に比べて3.2% (うち家庭部門は6.5%) 増加しています(同上速報)。また、地球上では1950年25億、1970年37億、1996年58億と、人口は爆発的に増加しています。とくにアジア諸国をはじめとする

開発途上国のエネルギー(石油・石炭)消費量が急速に増加することは火を見るより明らかです。たとえば、1993年と1980年の一次エネルギー消費量を比較すると、日本の約1.4倍の増加に対して、中国では約2倍になっています。埋蔵量に当然限界のある石油や石炭に頼ることをこれからも続けてよいのでしょうか。日本では、120日分の石油備蓄があるといても、需要の増加による価格の高騰や中東の紛争などで、いつまた石油危機が起こらないとも限りません。一時減少した日本の石油の中東依存度は、1995年度には1973年の石油危機のときの水準と同じ78%に再び増加しています。年配の人達が「生きているうちは何とかなさ」と無責任なことを言っている場合ではないような気がします。

無責任なことをいわないまでも、エネルギーの消費を減らし、新エネルギー源を開発すれば石油の消費は減り、原子力も要らなくなるという楽観的なことを言う人もいます。しかし、エネルギー消費量が現在の約1/2に過ぎなかった20~30年も前のような生活に簡単に戻ることができるとは考えられません。また、新エネルギーとして挙げられる太陽光、地熱、風力、ごみ焼却熱などは、現在開発は進んでいますが、その量はエネルギー全消費量の1%にも達していません。これらの新エネルギーは果たして石油や原子力に代わりうるのでしょうか。

現実的で定量的な議論をしないで、また、近代の科学技術につきもののbenefitとriskのバランスを考えないで、何が何でも原子力を拒否するのは非論理的です。冷静な議論の結果、原子力が選択肢の一つということになれば、これと安全に共存していくためにはどうすればよいかを考えるのが論理的な道筋です。

エネルギーの消費の急増はまた、地球環境にも大きな影響を及ぼします。二酸化炭素の増加、酸性雨、森林の減少、それに伴う野生生物種の絶滅など、これが人類に対してどんな影響を与えるかも考えなければなりません。恐竜絶滅に到ったような、想像を絶する長い年月が、現在極めて短い時間スケールで進行しているように思うのは、あまりにも悲観的なことでしょうか。

「放射線教育フォーラム」は原子力推進を目的としてはいません。原子力は悪だ、放射線はどんなに少量でも危険だなどという先入観による教育を是正し、原子力や放射線の本質を正しく理解してもらうことが目的です。原子力発電には、政策、安全性など、たしかにまだ問題は残っているかもしれませんが、しかし公開される情報と正しい放射線の知識を基にして初めて、これからの日本のエネルギー源として何を選択したらよいかを決めることができるのではないのでしょうか。

(付記) 以上の文中で、いくつかの問いかけをしました。これらに対しても率直なご意見、コメントをお送りください。(編集委員会)

# エネルギー問題を考える(II)

## 日本のエネルギー事情

[ニュースレター No. 7, 1997. 7]

エネルギーを利用して産業を興し、これによって国内総生産を伸ばすことによって国民は豊かな生活を行うことができます。日本も経済成長とともにエネルギー消費は伸びてきました。しかしながら、日本はこのエネルギー消費量を補うエネルギー供給源を考えると非常に脆弱な構造であるといえます。

日本の一次エネルギー消費量(供給量)は、第1図に示すように1992年では石油に換算して、年間5.41億klに達します。このうち原子力の占める割合は10%であって、水力は3.8%であります。石油は58.2%、石炭が16.1%、天然ガスが10.6%と、化石燃料の1時エネルギー供給量に占める割合は約85%であります。

しかしながら、わが国は化石燃料の資源は殆ど無いといってもよいくらいで、化石燃料は殆ど輸入に依存しています。従って、第2図に示すように、1994年度のはわが国のエネルギーの輸入依存度は83%となります。しかも全エネルギー供給量の約57%を占める石油はほぼ100%輸入に依存しており、しかもその約7割を政情が不安定な中東地域に依存しております。このため、日本のエネルギー構造は非常に脆弱であるといえます。すなわち、わが国は過去に1973年、1979年と2回のエネルギー危機を経験してきました。

2度のエネルギー危機の経験を生かして、現在では約4ヶ月分の石油を備蓄しており、1991年の湾岸戦争の時には石油危機に見舞われませんでした。何時また石油危機が起こらないとは限りません。

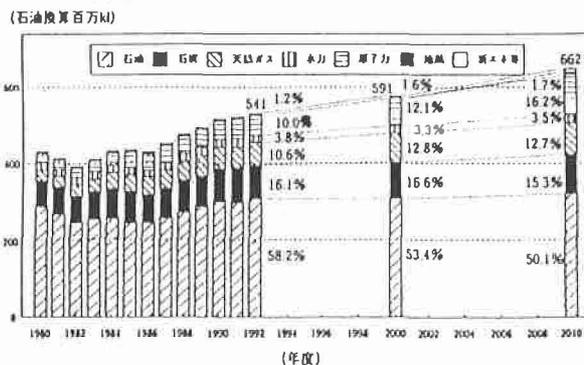
第2図に示すように1994年度では国産のエネルギーの一次供給エネルギーに占める割合は水力で3%、石炭で1%、その他(地熱エネルギー、ごみ焼却エネルギー、薪炭、太陽エネルギー等)は2%であって、合計6%に過ぎません。このような日本のエネルギー事情のために、国産のエネルギー資源の増大を図る必要があります。しかしながら、水力エネルギー源は開発しつくされて、新規のエネルギー源としては余り期待できません。石炭もわが国では殆ど掘り尽くされています。この特集の「省エネルギーと新エネルギー」の項で説明する予定ですが、太陽エネルギーの利用の普及については非常な努力が図られています。しかし、将来の太陽光によるエネルギー供給量は一次エネルギーの総需要量に比べると微々たるものでしかありません。

原子力エネルギーはその特性上準国産エネルギーとされていますが、その理由はウラン燃料は少量で沢山のエネルギーが得られるからです。100万kw発電所を1年間運転するのに必要な燃料は、石油ならば140万トン必要であるのに、原子力発電では濃縮ウランが僅かに30トンと約5万分の1の量で済むからです。従って備蓄のためのスペースも余り必要としないので何年分ものウラン燃料のストックがあります。

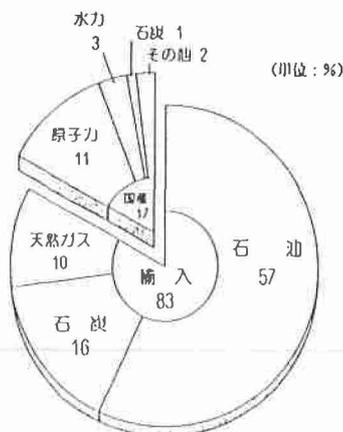
しかしながら、原子力エネルギーを国産のエネルギー源としても、国産のエネルギーは一次エネルギーの需要量の17%にしかありません。このため、いざという時には様々な原因でエネルギー源の確保が円滑に進まなくなる可能性があるため、特定のエネルギー源に依存することは好ましくありません。したがってわが国は、国産のエネルギー資源の増大を図りながら、各種のエネルギー源の適切な組み合わせをする、すなわちベストミックスの考え方に立って、供給の安定や経済性を高めていく必要があります。第1図は、総合エネルギー調査会需給部会の中間報告にある、ベストミックスの考え方に沿った2010年における一次エネルギーの供給の望ましい比率を示しています。これによると一次エネルギー消費量は年間6.62億klとなり、そのうち原子力のシェアは16.2%となる見通しをたてています。また水力は3.5%、地熱、新エネルギー等は2.3%となる見通しで、国産エネルギーは合計22%と漸増させることを考えています。(村主 進)

率直なご意見、コメントをお送りください。(編集委員会)

第1図 わが国の一次エネルギー供給実績と見通し  
(平成6年総合エネルギー調査会需給部会中間報告)



第2図 日本の一次エネルギー源の構成('94年度)



## 特集

# エネルギー問題を考える (Ⅲ)

## 世界のエネルギー事情

[ニュースレター No. 8, 1997. 11]

### 1. 世界のエネルギー需要

人間が生活するためにはエネルギーは必須です。エネルギーの消費は産業を興し、人類の発展、幸福をもたらしてきました。現在世界のエネルギー需要は図に示すように年間約80億トン(石油換算)です。

しかし発展し、幸福を享受してきたのは世界人口54億人の4分の1の先進国の人々です。先進国では1人当たり1年間の平均エネルギー消費量は石油換算で約4.8トンでこれに対して、世界人口の4分の3を占める開発途上国の人々のエネルギー消費量は、1人当たり1年間で平均約0.5トンで、先進国の約10分の1です。このような現状の下で開発途上国においても着実に経済を発展させる努力が図られており、2030年にはエネルギー消費量は現在の2倍の、1人当たり1年間に1トンになる見込みです。

一方世界人口の増加は著しく、先進国の人口が現状のままに推移するとしても、開発途上国の爆発的な人口増加によって、2030年には世界人口は現在の1.5倍の87億人になると見込まれています。

現在世界のエネルギー需要量は前述のように年間約80億トン(石油換算)ですが、この趨勢では2030年には世界のエネルギー需要は200億トン(石油換算)前後になる見通しになります。

また現在の年間平均約80億トン(石油換算)のエネルギーの消費の内訳をみると、最も多いのは石油で全体の約40%を占めています。ついで石炭が30%、天然ガス20%と続いており、化石燃料だけで全体のエネルギー消費量の約90%にもなります。

### 2. 化石燃料使用に伴う地球環境の破壊

地球環境破壊は地表の炭酸ガス濃度の増加による将来の地球温暖化問題と、現在先進国の間で問題になっている酸性雨による被害の2つに分けられます。

最初に地球の温暖化問題について述べます。

世界のエネルギーの消費は産業の発達とともに増加してきました。そして今後もエネルギーの消費が増加すると考えられます。このエネルギー消費を化石燃料に頼っていると、地球上の炭酸ガスの濃度が増加します。炭酸ガスは赤外線を吸収する性質が大きいので、地球が宇宙に放出していた赤外線(熱線)は地表の炭酸ガスに吸収されます。このため、地球全体の平均気温が上昇する温暖化現象が起こり、地球規模の環境破壊の問題が心配されるようになってきました。

いままでの地表の炭酸ガスの濃度の推移は1900年 -

295ppm, 1958年 - 315ppm, 1982年 - 340ppmと年々上昇して、現在では360ppmを越えています。1985年に国連環境計画および世界気象機構が共同で作ったモデルによれば、現在のような状態で炭酸ガスを出し続けていると、2100年には地表の炭酸ガス濃度は600ppmになると予測されます。しかし、炭酸ガス以外にも人間の活動によってフロン、亜酸化窒素、メタンなどの温室効果ガスは増加しているので、早ければ2030年には炭酸ガス濃度が600ppmに増えたと同じ状態になると予測されます。

さて、地球の炭酸ガス濃度の増加による地表の平均気温の上昇の予測は多くの人によって行われていますが、炭酸ガス濃度が600ppmになると平均気温の上昇は $3 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ になると考えてよいでしょう。 $3^{\circ}\text{C}$ の平均気温の上昇が人間の生活に及ぼす影響は大きいものです。また、この温度上昇によって南極の氷山が溶融したり海水の体積膨張によって海面の水位が30cmから1mくらいに上昇するとみられます。これによって陸地の低い地域は水没し、多くの国土が失われる国もあるでしょう。さらに、世界の降雨分布も変化し、今まで多雨であった地域に雨が降らなくなったり、砂漠地域が多雨になったりすることが予想されます。このように温暖化は地球規模の環境破壊を起こす心配があります。

次に酸性雨による被害について述べます。

工場や自動車などから排出される硫黄酸化物や窒素酸化物は空気中を漂います。そのうちに雨になると、雨滴にこれらの酸化物が溶けこんで硫酸や硝酸となり、地表に降ってきます。この酸性の雨によって森林が枯れたり、湖の水が酸性となって湖から魚が消えたりしています。この酸性雨による被害は、すでにエネルギーを多量に消費している先進国において現れています。欧州各国を中心に森林の葉の落葉度の増大が著しくなっているのが観察されています。また湖から魚が消える被害では、スウェーデンで10万個の湖のうち20%の湖が影響を受けていると言われています。さらに上地がやせて、農作物の収穫が落ちる心配があります。

酸性雨による被害は地球規模のものではありませんが、広域的なものです。硫黄酸化物や窒素酸化物は100km~2,000kmの長距離に輸送されます。日本の工場では排煙脱硫装置(硫黄酸化物除去装置)や排煙脱硝装置(窒素酸化物除去装置)が著しく普及していて、日本の脱硫装置や脱硝装置は米国の5倍と言われています。また世界の排煙脱硫装置の80%以上が日本に設置されていると言われています。従って硫黄酸化物の年間排出量は

日本 70万トン、 米国 1,800万トン、  
欧州 1,500万トン、 中国 1,500万トン

です。日本は排煙脱硫装置の普及が著しいのでSO<sub>2</sub>の排出量が少なくなっています。しかし米国や欧州のような先進国でもエネルギーコストが上がるので、排煙脱硫装置や排煙脱硝装置はあまり普及していないのが現状です。まして開発途上国では安いエネルギーが欲しいので、このような装置の設置は期待できません。したがって、酸性雨問題は現在は先進国の問題ですが、開発途上国でエネルギー需要が増えると化石燃料の消費が増加するので、近い将来には地球全体の問題となると考えられます。

中国は一人当たりのエネルギー消費量は0.6トンと少ないのですが、人口は12億人と多く、またエネルギー源の大部分を石炭に頼っているので、SO<sub>2</sub>の年間排出量は多くなっています。中国の酸性雨問題は日本にとって他人事ではありません。冬、季節風が北西からくる時期に、山陰地方や北陸地方の雨や雪に酸性の高いものが認められています。

以上述べたように、エネルギーの需要の増大を化石燃料の消費でまかない、何等の対策も行わないと、地球温暖化現象とか酸性雨問題によって、地球環境が破壊されて人類の将来が心配されます。

### 3. 地球環境破壊を防ぐために

エネルギーの消費は産業活動の原動力ですので、先進各国では国の政策課題に関連します。そして先進各国のエネルギー資源事情によって、現在の省エネルギーの程度は先進各国間で大きな差異があります。また開発途上国では経済発展のためにエネルギーの需要は年々高くなっているため、今後のエネルギーの消費によって炭酸ガスの放出は増大する傾向にあります。各国が協力して炭酸ガスの放出を抑制するには難しい問題がありますが、放出抑制のためには現状の実績を基にするのが最善の方策と考えられています。

地球温暖化防止に対する国際的な取り組みは、1988年トロントの大気変動に関する国際会議で初の提案が行われて以来、継続的に論議されてきました。1997年12月に京都で開かれる気候変動枠組み条約・第3回締約国会議（地球温暖化防止京都会議）での各国の協調したまとまりが期待されます。

酸性雨問題では、排煙中の硫黄酸化物や窒素酸化物の除去を積極的に実施する必要があります。また亜硫酸ガス、窒素酸化物および炭酸ガスを出さないクリーンエネルギーの大幅な拡充を図ることも必要です。

### 4. 限られた化石燃料資源

今まで化石燃料の消費が増大すると将来地球環境の破壊が心配されると述べましたが、一方化石燃料の量は有限であることも認識しなければなりません。

化石燃料は地球が何億年もかかって太陽エネルギーを蓄積したものです。それを現代人がどんどん消費しているので、そのうちに枯渇します。確認埋蔵量の目安として可採年数を用いることがあります。可採年数とは、その年までに確認された埋蔵量をその年の生産量で割った値です。従って年生産量（年消費量）が年々増加すればこの年数は年々短くなります。

表に現在の化石燃料の可採年数と未発見の埋蔵量の推

定値を示します。採鉱技術の進歩等により新たに資源が発見されることもあり、推定未発見埋蔵量は今後変動することも考えられますが、エネルギー資源が有限であることには変わりはなく、今後数百年で枯渇するであろうと考えて対策を練る必要があります。

### 5. 将来のエネルギー対策

エネルギー需要の増大を化石燃料の消費で賄っていると、地球の環境破壊が起こるおそれがあり、また数百年程度以降の将来のことを考えれば、石油、石炭、天然ガスの化石燃料は枯渇するものと考えなければなりません。一方、水力発電はすでに開発の限界に達して、これ以上あまり水力に頼るわけにはいきません。このような事態においても、エネルギーの需要に対応するためには、エネルギーを有効に活用するための省エネルギーも必要ですが、炭酸ガスや酸性雨を発生させないクリーンなエネルギー源を開発することが重要です。

炭酸ガスや酸性雨を発生させないクリーンなエネルギー源として原子力エネルギーが既に実用化されていますが、新エネルギー源として有望なものは太陽光、地熱、風力などがあります。これらの新エネルギーについては次回以降に取り上げることにします。（村主 進）

率直なご意見、コメントをお送り下さい。（編集委員会）

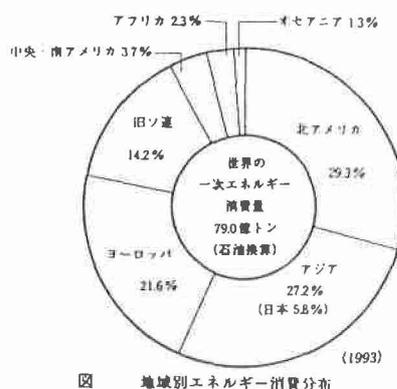


図 地域別エネルギー消費分布

表 燃料資源の埋蔵量

	可採年数	推定未発見埋蔵量
石油	45年	確認埋蔵量と同量程度か？
天然ガス	65年	確認埋蔵量の2倍程度か？
石炭 (高品位炭)	231年	低品位炭、褐炭の確認埋蔵量は高品位炭の数倍である
ウラン	61年(中)	確認埋蔵量と同量程度か

(注)天然ウランに多量に含まれるウラン238は、原子炉中で中性子を吸収してプルトニウム239に変換する。このプルトニウムを有効に原子燃料に利用すれば、ウラン資源量は天然ウランの場合よりも約60倍に増える。その結果可採年数は3,000年以上にまで増加する。

## 特集

# エネルギー問題を考える (IV)

## 太陽エネルギーは石油や原子力に代わりうるか

[ニュースレター No. 9, 1998. 3]

### 日本の発電用エネルギー源の構成—現状と将来

1994年の日本の電力の総供給量は9,559億kWhで、発電に使われた一次エネルギーは

原子力 28.2%、石油 26.8%、ガス 19.7%、石炭 16.9%、水力 7.0%、その他 1.5%

という構成になっています。

生活水準が上がると共に電力の消費量は年ごとに増加の一途をたどっています。一方、地球の温暖化を防ぐために、先進国は石油、石炭の燃焼によって発生する二酸化炭素を含む6種の排出量を1990年の水準以下に減少させる努力をしなければならなくなっています。

このためにも、エネルギー源としてどのようなものを選択するかが最も重要な問題になります。たとえば、総合エネルギー調査会は、2010年には一次エネルギーの構成は

原子力 42%、石炭と石油 25%、天然ガス 21%、水力 11%、新エネルギー 1%

になると予測しています。これに対して、1996年12月2日の朝日新聞の社説「私たちの提案」では、「原子力発電の比率を現状の3割程度にとどめ、そのうえで太陽光や風力など再生可能な新エネルギーの実用化や、廃熱などの未利用資源の活用を強力に支援し、比率を15%まで高める」ことを前提にして、つぎのような構成を提案しています。

原子力 30%、天然ガス 25%、石炭と石油 20%、水力 10%、新エネルギー 15%

ここでいう「新エネルギー」の定量的、具体的な内容については何も明らかにされていません。しかし最も期待されているのは、朝日新聞だけではなく、一般にも「太陽エネルギー」です。地球上に届く太陽エネルギーはどのくらいで、どの程度実際に利用できるのでしょうか。

### 地球へ降りそそぐ太陽エネルギー

地球から1億5000万kmのかなたにある、巨大な核融合炉である太陽から放射されるエネルギーの実測値は、地球をとりまわっている大気圏の外側では、放射方向に垂直な平面1 cm<sup>2</sup> 当たり

$$1.940 \text{ cal/cm}^2 \text{ min} = 0.135 \text{ W/cm}^2$$

で、この値は太陽常数と呼ばれています。

太陽常数に地球の断面積  $(6.378 \times 10^8)^2 \pi \text{ cm}^2$  を掛け

ると

$$1.32 \times 10^{21} \text{ kcal/year}$$

となります。しかし、実際に地球上に到達するエネルギーは、地球をとりまく大気と、その中に含まれている雲、水蒸気、二酸化炭素、オゾン、塵埃などによる吸収や散乱を考慮に入ると、この約半分

$$6.6 \times 10^{20} \text{ kcal/year}$$

になると推定されます。

このエネルギーは、陸地と海面を含む地球表面への総量ですが、この約0.1%、すなわち、

$$6.6 \times 10^{17} \text{ kcal/year}$$

が植物の光合成に用いられて化学エネルギーに変換され、残りの99.9%は、地球の反射、および暖められた地表からの放熱によって再び宇宙空間へ返されます。放熱の一部は、大気中の水蒸気や二酸化炭素に吸収されて暖められ、地球の過冷却を防ぎます。こうして、地球は過熱されることや過冷却されることもなく、常に一定の温度に保たれているのです。

しかし、大気圏の二酸化炭素濃度が異常に増加すると、また、メタン、亜酸化窒素、フロンなどが存在すると、地球の温暖化が起こります。これらの無色の気体は太陽からの可視光線を吸収しませんが、暖められた地球から放射される波長の長い赤外線（熱線）を吸収して温度が上昇し、この結果、地球は過熱された大気の毛布に包まれるようになるからです。

また、成層圏のオゾン層がフロンなどで破壊されると、生物に対して有害な紫外線がオゾンによって吸収されないうで地球上に到達するようになることも明らかにされています。

地球を取り巻いている大気圏のこの絶妙な働きによって、地球上の生物は進化し、人間は高度の文明を享受してきました。しかし、年々増加するエネルギーの消費によって、今後地球環境は悪化する一方であることが心配されます。

### 地球上で消費されるエネルギーと太陽エネルギーの比較

1993年の一次エネルギー消費量を地域別にみるとつぎのようになります。これからの人工の増加、発展途上国の急速な発展を考慮すれば、エネルギーの消費量は急激に増加することが予想されます。

## エネルギー問題を考える (V)

新エネルギーと省エネルギー  
[ニュースレター No. 10, 1998. 7]

## 1 地球温暖化の防止について

本特集Ⅲに述べたように日本も含めた世界のエネルギー需要の増大に伴い、石炭、石油等の化石燃料の消費が増えています。化石燃料の消費の増大は、地表の炭酸ガス濃度の増加をもたらす地球温暖化の心配が現実のものになりつつあります。

このため、1992年にリオデジャネイロで国連環境開発会議が開かれ、「気候変動に関する枠組み条約（地球温暖化防止条約）」が採択されました。その後各国が協議を重ねてきましたが、昨年（1997年）12月に京都で「気候変動に関する枠組み条約第3回締約国会議（地球温暖化防止京都会議）」が開かれ、初めて各国の温室効果ガス排出削減の数量目標の合意に至りました。

合意された数値目標は、温室効果ガスの排出を、先進国全体では2008年～2012年までに1990年レベルの5%を削減する。個別でいうと日本は6%、米国は7%、ヨーロッパ連合は8%の削減をすることです。炭酸ガスは地球温暖化の一番大きな原因のガスですが、その他の温室効果ガスも規制することとし、対象となるガスは、炭酸ガス、メタン、亜酸化窒素、代替フロンであるHFC、PFCおよびSF<sub>6</sub>の6種類のガスとなりました。

この削減枠は非常に厳しいものです。わが国では既に1990年10月に、「地球環境保全に関する関係閣僚会議」において「地球温暖化防止計画」を策定し、先進各国が共通の努力を行うことを前提に、一人当たりの炭酸ガス排出量を2000年以降、概ね1990年レベルで安定化を図ることに決定しましたが、実際は安定化を達成することができず、1997年度末では炭酸ガス排出量は1990年レベルよりも10%近くも増えています。日本はこの10%の削減に加えて、更に6%の温室効果ガスの削減を追加しなければなりません。

日本が「地球温暖化防止京都会議」で6%の削減枠に同意したのは、前述の10%は、原子力発電所の増設、新エネルギーの開発および省エネルギーの推進といった、国、産業界、国民各層の努力と協力によって削減が達成できると考え、更なる6%の削減は第1表に示すような考え方に基づくものです。

第1表 地球温暖化ガス6%削減の内訳

▲2.5%	CO <sub>2</sub> 、メタン、亜酸化窒素の排出抑制
▲3.7%	土地利用の変化と森林活動による吸収
+2.0%	代替フロン等(HFC、PFC、SF <sub>6</sub> )の排出抑制
▲1.8%	共同実施、排出権取引などの活用

表の第1欄の2.5%のうち、0.5%はメタンと亜酸化窒素の放出削減で達成できるであろうから、残りの2%の炭酸ガスの削減は今後の技術開発とか、国民の各層の更なる努力とか、現在予期できないものが出来るようになればという前提で決めたようです。すなわち、この2%は今後の努力目標です。具体的な方策は未定です。

なお、3.7%は植林などによる炭酸ガスの吸収によるもの、1.8%は温暖化ガス削減プロジェクトを他国と共同で実施して削減量をその国と分け合ったり、炭酸ガス排出枠を他国より買い取ったりすることによる削減分です。また代替フロン等については、その排出抑制を見込んで、これによる温室効果ガスの排出増加は2.0%と見込んでいます。

新エネルギーの開発、省エネルギーの推進は、地球温暖化防止、即ち地球環境破壊防止のために大いに推進しなければなりません。しかも、炭酸ガスの放出の削減を図りながら、必要なエネルギーは確保して、産業活動によって国民の所得も確保するために非常に慎重に推進しなければなりません。

## 2 新エネルギーについて

新エネルギーとしては、自然エネルギーとしての太陽エネルギー、風力エネルギー、地熱、海洋エネルギーなどがあります。また、今まで未利用であったゴミ焼却場の熱を利用した発電、および新しい発電方式であってエネルギー転換効率の非常に高い燃料電池なども新エネルギーとして考えられています。

太陽エネルギーについては本特集Ⅳにおいて述べられていますので説明を省きますが、風力エネルギーについても①エネルギー密度が低い、②気象条件に左右され、適地が限られている、といった太陽エネルギーと同様な問題点があります。

地熱発電は火山国日本には有望なエネルギー源ですが、地熱資源の探査や掘削に多くの費用がかかり、現在の電力の需要に較べると非常に少ない供給量にしかありません。

海洋エネルギーの利用については、波力発電装置を備えた航路標識ブイはわが国だけで1000基以上設置されていますが、電力量としては少ないものです。海洋の深部と表面との温度差を利用して発電しようとする海洋温度差発電は未だ基礎研究の段階です。

太陽光発電などの採算に合わないエネルギー利用については、国が補助金を出したりしてその利用推進をはかり、また国、自治体、電力会社などでも研究開発を行っています。

現在の新エネルギーの開発目標は第2表の通りです。これによって新エネルギー等（非化石エネルギー）の導

入は1995年度は673万kℓ（原油換算）であったものが、2010年にはこの2.8倍の1910万kℓが導入されることとなります。しかし、このような開発目標も国民の理解と協力がなければ達成が難しいでしょう。

第2表 主な新エネルギーの開発目標

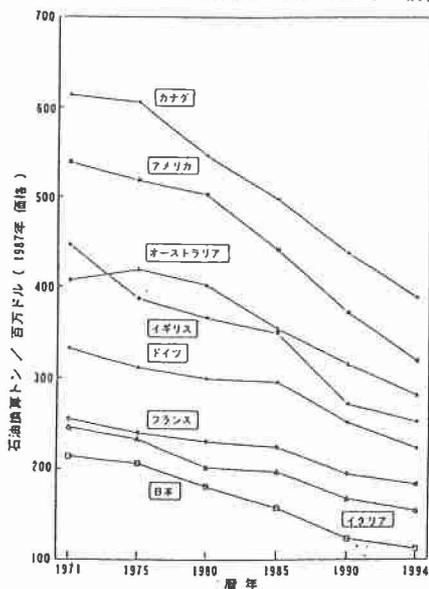
	1995年度	2010年度	2010/1995伸び率
太陽光発電	3.9万kW	160万kW	約118倍
風力発電	0.9万kW	15万kW	約17倍
地熱発電	49万kW	280万kW	約8倍
燃料電池	約3万kW	220万kW	約73倍
廃棄物発電	81万kW	400万kW	約5倍
太陽熱利用	原油換算109万kℓ	原油換算550万kℓ	約5倍
廃棄物熱利用	原油換算4.1万kℓ	原油換算14万kℓ	約3倍

### 3 省エネルギーについて

日本は国産エネルギーが少ないので、今までも省エネルギーに努めてきました。特に1973年の石油ショック以来の省エネルギーには目覚ましいものがあります。

省エネルギーの程度を各国と比較すると、GDP当たりの一次エネルギー消費は第1図のようになり、日本は最も省エネルギーが進んでいます。ドイツはGDP当たり日本の2倍、アメリカは日本の3倍のエネルギーを消費しています。

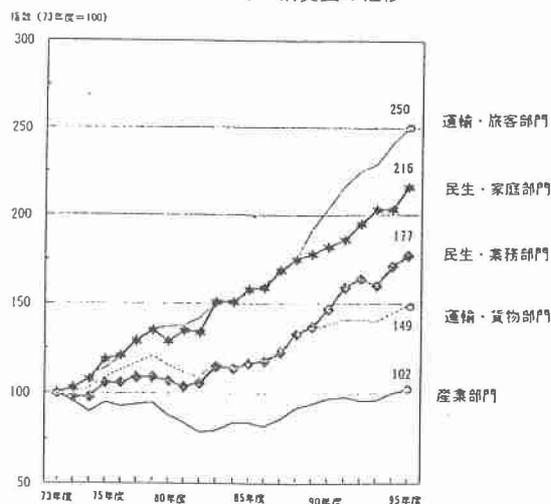
第1図 各国のGDP当たり一次エネルギー消費



出所) IEA「Energy Balances of OECD Countries」、WB「World Tables」に基づき作成

エネルギー消費は産業部門、民生部門、運輸部門に分かれます。第2図は1973年以来的部門別エネルギー消費の推移を示しています。民生部門は更に家庭部門と業務部門に分かれます。業務部門とは事務所、小売店、飲食店、宿泊施設などで消費する部分です。運輸部門は旅客部門と貨物部門に分かれます。旅客部門は家庭の自動とタクシー、旅客輸送の鉄道、船舶などです。

第2図 部門別エネルギー消費量の推移



日本国内総生産(GDP)の発展は著しいものですが、産業部門におけるエネルギー消費の伸びは1995年度で1973年度の102%に過ぎません。一方、運輸・旅客部門のエネルギー消費は自家用車の増加が主因となって250%と非常に伸びています。次に民生・家庭部門のエネルギー消費が216%と大きく伸びていますが、これは家庭で使われる家電機器の台数が増加したり、一台あたりの容量が大きくなったことと、世帯数の増加が原因です。民生・業務部門は177%、運輸・貨物部門は149%と伸びています。また各部門別のエネルギー消費量の内訳は第3表のとおりになります。

第3表 1995年における部門別の最終エネルギー消費量

	エネルギー消費量 (原油換算百万kℓ)	エネルギー消費量 百分率(%)
産業部門	192	50
民生部門	102	26
家庭部門	55	14
業務部門	47	12
運輸部門	94	24
旅客部門	59	15
貨物部門	35	9
合計	388	100

1995年のエネルギーの消費量はすでに1990年のエネルギー消費量の1.11倍になっていましたが、炭酸ガスの排出量を2010年に1990年と同じレベルにする目標をたてました。この目標の根拠は次のようなものです。

経済成長を1996年～2000年は約3%、2001年～2010年は約2%とし、人口増加率を年平均約0.1%と仮定しますと、現在の見通しでは、2010年の最終エネルギー消費量

は原油換算で4億5600万kℓ(1990年の1.31倍)になります。これでは炭酸ガスの排出量は1990年レベルの30%増しになると考えられます。そこで原子力発電所の容量を石油代替エネルギーの供給目標(1994年閣議決定)のとおりに、現状の4,508万kWより7,050万kWに増設(原子力発電所約20基の増設に相当)することにして、省エネルギーを可能な限り行う。すなわち、エネルギー消費量を4億kℓに下げる。これによって原油換算で5600万kℓの省エネルギーができ、やっと2010年の炭酸ガスの排出量が1990年レベルになることとなります。

さて、原油換算で5600万kℓの省エネルギーを行うことは容易ではありません。

産業部門では経済団体連合会が昨年3月意欲的な「環境自主行動計画」を発表しています。これは大幅な炭酸ガス削減計画であります。これがそのとおり実行されたら、相当な省エネルギーになると考えられます。国も省エネ法を強化して大企業だけではなく、中堅企業にも省エネルギーの指導をしたり、かなりの省エネルギーができる高性能工業炉の導入などを図って、産業部門全体で2100万kℓの省エネルギーを見込んでいます。

民生部門では、省エネ法の省エネルギー基準を大幅に上げて家電製品のエネルギー効率を最高水準まで上げるように規制します。また住宅、ビルの省エネルギー性能の改善を図るなどしております。また国民の協力と努力により、冷暖房温度の引き上げ・引き下げ、家電製品の不必要な使用時間の短縮、無駄な電気の消灯などの省エネルギーも期待しています。これによって民生部門全体

で1700万kℓの省エネルギーを見込んでいます。

運輸部門では、自動車の燃費改善を図るために、省エネ法の省エネルギー基準を大幅に上げます。電気自動車の購入には補助金を出したり取得税を安くしたりして普及促進を図ることとなります。また国民に駐停車時のアイドリングの自粛、電車やバスなどの大量輸送機関の利用に協力してもらって省エネルギーを図ることも考えられています。これらによって運輸部門全体で1700万kℓの省エネルギーを見込んでいます。

#### 4 むすび

現在の省エネルギー計画は大幅なものです。が、「地球温暖化防止京都会議」の目標に到達するためには、さらに2%の炭酸ガスの削減の努力目標を達成しなければなりません。これはまだ具体的な見込みのあるものではなく、今後の技術開発とか国民の更なる協力を期待するものです。また第1表の森林による炭酸ガスの吸収、温室効果ガス削減の共同実施や排出権取引が予定通り実施できなかったならば、更に炭酸ガス排出の削減が必要になるでしょう。このため、温室効果ガス排出削減の革新的な技術開発に向けた努力も一層強化する必要があります。そして新エネルギーの開発にしても省エネルギーの推進にしても、原子力発電所の増設にしても、今まで述べた計画は、国、産業界の努力および国民の理解と協力なしには成就するものではないのです。(村主・進)

### 用語解説(2)

#### 4. ナトリウム24

自然に存在するナトリウムは100%が安定なナトリウム23である。これに中性子が当たり取り込まれる(捕獲される)とナトリウム24になり、これは不安定なので短時間(半減期:14.96時間)でβ線とγ線を出して崩壊しマグネシウム24になる。

#### 5. 半減期

放射性原子が崩壊して半分になる時間。その時間の2倍で4分の1、4倍で8分の1と減っていく。

#### 6. α(アルファ)線

ヘリウムの原子核(2個の陽子と2個の中性子からなる)の粒子線で、ラジウム、ラドン、トリウム、プルトニウム、ウランなどの特定の放射性原子の自然崩壊によって発生します。質量が大きく、正の電荷を帯びているために、水中(生体)では短い距離(1mm未満)しか進まず、紙一枚でも止まります。それだけ短い距離に大きなエネルギーを与えるので受けた細胞は大きな障害を起こすと考えられます。アルファ線による健康影響が現れるのはアルファ線を出す物が体内に摂取された時(体内被曝)に限ります。例としては、夜光時計文字盤塗工のラジウム汚染、室内ラドンガスの吸入、昔の造影剤としてのトラトラス注射例などがあります。

#### 7. β(ベータ)線

電子を成分とする粒子で、トリチウム(三重水素)、炭素14、燐32、ストロンチウム90などの特定の放射性原子の自然崩壊によって発生します。生体(水中)での透過距離はそのエネルギーによって異なり、トリチウムでは1mm未満、燐32では約1cmです。ベータ線による健康影響の見られるのは主に体内に取り込まれた場合ですが、ストロンチウムなどでは皮膚についても障害を起こすおそれがあります。なお医療などで使われる電子線装置による電子線も本質的には同じです。

## 特集

# エネルギー問題を考える (VI)

## エネルギー消費と人間の寿命

[ニューズレター No. 11, 1998. 11]

### 1. はしがき

この「エネルギー問題を考える」の特集において、

- (1) エネルギー消費の増加が化石燃料の消費の増加をもたらし、地表の炭酸ガスの濃度の増加による将来の地球温暖化の恐れや、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>の放出による酸性雨被害が起こっています。
- (2) 化石燃料の埋蔵量は有限であって、そのうち化石燃料は枯渇します。
- (3) 炭酸ガスやSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>を出さない新エネルギーの開発や、エネルギーを無駄に使わない省エネルギーの推進が必要です。
- (4) しかし新エネルギーや省エネルギーのみでは現在のエネルギーの需要を賄うことはできません。
- (5) 開発途上国も産業の振興によって貧困を脱却するためにエネルギーの消費量が増えてきています。
- (6) 開発途上国の爆発的な人口増加によって世界人口は増加します。これに伴い、世界のエネルギー消費も増大します。

などの問題を考えてきました。

この問題を解決するために、エネルギー消費を減らし、新エネルギーを開発すればよいと考える人がいるかもしれませんが、しかし、エネルギー消費が現在の約1/2に過ぎなかった、20~30年も前のような生活に簡単に戻ることができるとは考えられません。

そのうえ、エネルギー消費によって人間の寿命も延びているのですが、エネルギー消費を減らすことによ

ってこの寿命も元のように短くなる恐れもあります。今回はこの人間の寿命とエネルギー消費の関係について考えてみましょう。

### 2. エネルギー消費におけるBenefitとRisk

人間は産業活動を行うことによって所得を得て裕福な暮らしをすることができます。産業活動を行うためにはエネルギーが必要です。しかしエネルギー消費が高く産業活動が活発になると、産業活動に伴う事故、例えば交通事故や労働災害事故によって死亡する頻度が高くなります。一方エネルギーの消費が非常に低く産業活動が活発でないと、所得は低くなり、貧困のために死亡する頻度は高くなります。

即ち、エネルギー消費によってBenefitとRiskがありますが、これが相殺してエネルギーの消費が非常に低いと寿命が短くなっていくのが現状です。

### 3. 各国のエネルギー消費と平均寿命

各国の一人あたりのエネルギー消費と人間の寿命の関係の統計をプロットすると、図のようになりかなり良い相関が得られます。もちろん各国の政治・経済体制、風土、食習慣、医療制度、省エネルギーの程度などの差異によってある程度の幅はありますが、各国の一人あたりの年間のエネルギー消費量が石炭換算で1トンを下回ると、明らかに消費量の低下とともに平均寿命が下がっていることがわかります。

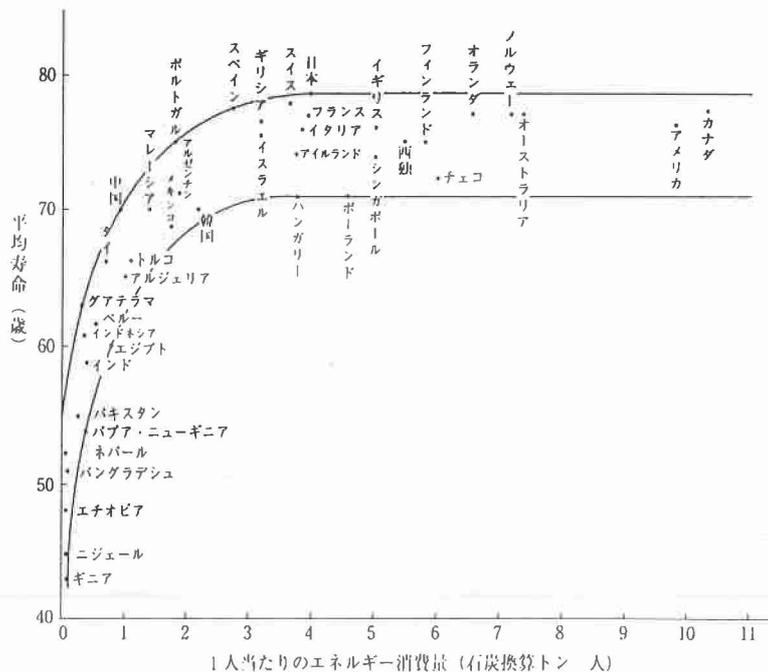


図 平均寿命と1人当たりのエネルギー消費量 (出典：世界統計年鑑)

一人あたりのエネルギー消費量が低いということは、一人あたりの国内総生産が低いことを意味しており、そのため国民の一人あたりの所得が低く貧しいということになります。国民が貧しくなると、食料は不足し、余儀なく不衛生な生活を強いられ、医療も満足に受けられず、日常生活では外界の気象条件の厳しさをもろに受けることとなります。これらの原因によって平均寿命が低下することになります。

エネルギー消費量が高い先進国で平均寿命が高いのは医療が発達しているからであると考えられる人がいるでしょうが、医療が発達するのは患者が高額の医療費の負担ができるからであって、産業が発達し国民所得の高い国だからできることです。またエネルギー消費が高く国内総生産が高い国では、上下水道、電気、道路、鉄道などのインフラストラクチャーが整備され、健康な生活を送ることができますが、これも、平均寿命が高くなる原因になります。

図に示すエネルギー消費と平均寿命の間の関係は、年間のエネルギー消費量が一人当たり石炭換算で4トン以上の先進国ではほぼ一定で75歳前後となっています。しかしながら、年間のエネルギー消費量が一人当たり1トン以下の国ではエネルギー消費量の低下とともに平均寿命が低下しています。エネルギー消費の高い先進諸国の平均寿命は約75歳前後であり、一方パキスタン、ネパール、バングラデシュ、エチオピア等のエネルギー消費の極端に低い貧困な国の平均寿命は50歳前後で、この差は25歳となります。即ち貧困による寿命の短縮は、表に示すように(365日×25≒)9,000日となります。

表 日常生活におけるリスク及び災害による寿命の短縮

(1) 貧困 (世界)	9000日
(2) 事故、災害、病気の流行など	
①不慮の事故 (日本)	330日
自動車事故	130日
労働災害事故	18日
火災事故	17日
鉄道事故	5日
自然災害	2日
②チェルノブイリ発電所事故	
汚染区域の住民 1,560万人に対しては	9日
嚴重管理区域の住民 273,000人に対しては	60日
③兵庫県南部地震 (神戸大地震)	
(神戸市及び周辺5都市の住民 300万人)	31日
④昭和63年のインフルエンザの流行 (日本)	120日
(3) 原子力発電所周辺に居住 (日本)	0.2日

出典：村主進著、原子力発電のはなし (日刊工業新聞社)

#### 4. 日常生活における不慮の災害などが寿命に及ぼす影響

次に日常生活や産業活動における自動車事故や自然災害のような不慮の災害による寿命への影響について考えてみましょう。わが国において不慮の災害によって生命を失う人の数は、日本統計年鑑によれば、過去40年間で平均して、年間約35,000人です。不慮の災害の内訳の主なものを述べると数十年間で平均して自動車事故によって年間約14,000人、労働災害によって年間約1,900人、火災によって年間約1,800人、鉄道事故によって年間約500人、自然災害によって年間約200人が生命を失っています。ある母集団の人数、母集団の平均寿命およびこの母集団の不慮の災害による生命の損失がわかれば、この母集団の災害による寿命の損失がほぼ求められます。(詳しくは村主進著、原子力発電のはなし (日刊工業新聞社) を参照下さい。)

上記の年間の死亡率を基にして評価すれば、寿命の短縮は不慮の災害で330日、自動車事故で130日、労働災害で18日、火災事故で17日、鉄道事故で5日、自然災害で2日の短縮となります。

平成7年1月17日の兵庫県南部地震 (神戸大震災) は、淡路島北淡町、神戸市、西宮市、芦屋市、伊丹市、宝塚市、尼崎市が大きな被害を受け、このときの地震によって約6,300人の人が死亡しました。この地震の被害を寿命の短縮に換算すると、上記市町の住民約300万人の寿命の短縮は31日となります。

チェルノブイリ発電所事故、昭和63年のインフルエンザの流行および日本の原子力発電所で万一事故が起こった場合を考慮した原子力発電所の周辺に居住する人の寿命の損失についても表に載せていますが、評価の手法については前記の村主の著書を参照してください。

表を見ると、エネルギー消費の低いことに起因する貧困が寿命の短縮に大きく影響を及ぼしていることがわかります。なお原子力発電所周辺に居住している人の寿命の短縮が殆ど0に近いくらいに非常に低いのは、日本の原発では放射能を放出するような事故の確立が非常に低いからです。(村主 進)

本誌No.6から始まった「エネルギー問題を考える」の特集も今回をもって終わります。本特集を読まれた読者にはいろいろ考えさせられることがあったことと思います。本特集の内容についてのコメント、ご意見がありましたら編集委員会にお寄せください。またこれに続く特集のご希望があればお知らせください。(編集委員会)



中学・高校の先生のための  
放射線・放射能セミナー（第1回）

## 方寸身とは何か？

フォーラム幹事 大野新一

### 1 放射線の教え方のむつかしさ

「放射線とは何か？」にまともに答えることは意外と難しいことだと思います。専門家の多くは、この質問に対して少し角度を変えた説明から始めるようです。例えば、「X線は放射線である。」として、100年前の真空放電の実験の話、もしくは胸部レントゲン撮影の話をして。続いてある種の原子核からエネルギーのような何か放射してくる話とその何かにはアルファ線、ベータ線、ガンマ線の3つがあること、そして大地の中にも放射線をだす物質があり、宇宙からも放射線（＝宇宙線）が降ってくること、さらに加速器というものがあって、なにを隠そう、これは人工的に放射線を発生させる装置であると説明します。ここでの説明の意図は2種類に分けられます。その1は、放射線発見の歴史をたどりつつ放射線の例をひとつひとつ列挙するものです。その2は、放射線がいたるところに存在することを強調するものです。しかし放射線についての説明は、できるだけ放射線の本質が理解されるようにするのが望ましいと思います。

では放射線の本質とは何でしょうか？それは物体や生物体の姿・形をまったく崩さずに、しかも物体や生物体を突き抜けたり、その内部で目には見えない化学変化を引き起こすようなものです。そのからくりがなるほど納得できるのでなければ、放射線について理解したとは言えないでしょう。そのためにはどのような説明がいいのか、放射線教育フォーラムでぜひ考えて欲しいものです。

### 2 物質中を走り抜ける微細な粒子

物質をつくっている原子は、すべて電子と原子核からできていますが、両者は電気的な力で結ばれています。原子核自体は中性子と陽子の集合ですが、それらはそれなりの強い力（＝核力）で結ばれています。そして陽子や中性子もさらに微細な粒子（クォーク）からできています。つまり微細な粒子が互いに引力で結び付いて集団を形成している状態が物質であると言えるでしょう。ところで微細な粒子が、集団をつくらずに、物質中を単独で走る状態が考えられます。それが放射線であるといつてよいと思います。単独で走ることが可能なためには、それ相応のスピードが必要です。たとえば微細粒子の例として電子を考えるならば、その電子がゆっくりしていたらすぐに物質中の他の多くの電子から電気的な反発力で跳ね飛ばされるでしょうし、やはり物質中にある原子核の引力に引き戻される

でしょう。しかしスピードさえあれば、電子は何百何千の原子を何の事件もおこさずに突き抜け、物体の内部にどんと侵入できます。このことは原子の構造を考えるとわかり易いでしょう。微細な原子核のまわりを微細な電子が大体 $10^8$ cm/秒の速さでまわっているのが原子ですが、原子のもつ空間の大部分は実は何もない空っぽの空間です。そこをすばやく（言うならば $10^8$ cm/秒以上のスピードで）放射線であるところの電子が走り抜けるわけです。（縄跳びの中をくぐり抜けるようなものです。）

### 3 放射線が物質中の電子と衝突すると？

とは言え、放射線はめくらめっぽうで走るわけですから、ときどきは物質中の電子や（ときには原子核）と衝突します。すると衝突を受けた電子ははじき飛ばされ、その個所の化学状態が変化します。ここから放射線照射効果が開始するわけです。こうしたことが度重なると放射線のスピードはしだいに失われてきます。そもそもスピードがあったということはとりもなおさず運動エネルギーがあったということです。初めに大きな運動エネルギーをもっていた電子（＝放射線）も、衝突で物質中の電子をはじき飛ばすたびに、運動エネルギーが少しずつ減ってきて、ついには物質中にもともと存在していた膨大な数の電子と同じ状態の電子となってしまいます。ここで放射線は消失します。

### 4 加速器から始める放射線の話

放射線を説明するのに、加速器の話から始めるのは教育的効果があるかも知れません。熱したフィラメントからでてくる電子を電氣的に加速する、あるいは放電中の水素気体の中から陽子だけを電氣的にひっぱりだして加速する、ヘリウムガスを放電させてヘリウム（の原子核）を加速する、などの話から始めるわけです。加速することは運動エネルギーを与えることと同じです。その加速された陽子が別の原子核にぶつかってその原子核を壊すことがあると、原子核をつくっていた中性子や中間子などの放射線がでてきます。こうした核反応は星や星雲の中でも現に起きていて、宇宙放射線の一部になります。核反応が済んで暫く時間が経過してから核をつくっていた粒子の一部が放出されることがあり、このとき例えばヘリウムの原子核と同じものが放出されるときはアルファ線と呼ばれ、電子がでるときはベータ線とよばれます。最後に原子内の電子状態がより安定な状態に落ち着くときにX線がでるように、原子核内の陽子のエネルギー状態が変化するときガンマ線がでることなど、歴史とは逆の順序で説明するやりかたはどうでしょうか？

（東海大学開発技術研究所教授、前日本原子力研究所主任研究員、環境資源利用研究部長）

中学・高校の先生のための  
放射線・放射能セミナー（第2回）

## 放射線についての Q & A

放射線教育フォーラム幹事 菊池 文誠

編集担当者から「高校の先生方のために放射線について何か書くように」ということなので、これまで高校の先生方や学生から受けた質問についてまとめてみました。おそらくこれらは多くの方が疑問とされ、あるいは誤解されているところと思われます。

Q.  
原子核内にはプラスの電荷を持った陽子と電気的に中性の中性子がありますが、陽子同士の間でのクーロン力による反発力で原子核が壊れないのはなぜですか。

A.  
たしかにクーロン力は働いています。しかし原子核内の陽子と中性子の間には核力というクーロン力よりもはるかに強い力が働いています。したがってクーロン力は無視できるのです。この核力のおよぶ範囲はきわめて短く、核内だけで中間子を媒介して作用することが、湯川秀樹博士によって説明されたことは良く知られているとおります。

Q.  
原子核内には陽子と中性子があり、電子は含まれていないのになぜベータ線（電子）が放出されるのですか。

A.  
原子核内の陽子と中性子の数のバランスが悪いものは不安定で、これが放射性の原子核です。例えば中性子が過剰ですと、その中性子は陽子と電子とニュートリノに変わります。この電子が外へでるのがベータ線です。原子核が崩壊するときにはいろいろな制約があり、①核子の数、②電荷、③エネルギー、④運動量（角運動量）などが保存されます。その結果、ベータ崩壊では原子番号が1つ増え、質量数は変わらないのです。逆に中性子の数が不足の時は陽子が中性子とニュートリノに変わり、陽電子を放出します。したがってこの場合は原子番号が1つ減ることになります。また、アルファ線やガンマ線のエネルギーは単一ですが、ベータ線のエネルギーは単一でなく、そのスペクトルは連続です。これは崩壊の際にエネルギーが電子（ベータ粒子）とニュートリノに分配され、その分け分がまちまちなのでベータ粒子のエネルギーは種々の値を取ります。ニュートリノはパウリによって提案され、フェルミがこれを用いてベータ崩壊の理論をまとめました。ニュートリノの存在が実験的に確かめられたのはもっと後で、1959年ライネスによって液体シンチレー

ションカウンターを使って原子炉の中の放射性物質からのニュートリノの検出がなされました。この偉大な業績から25年以上も経った昨年のノーベル賞が彼に与えられたことは記憶に新しいと思います。また、最近の超新星の爆発によるニュートリノを日本の研究グループが検出したことも大きな成果として注目をあびました。

Q.  
「ベータ線」と「電子線」は同じものですか。

A.  
どちらも本体が電子であることは同じです。したがっていろいろな性質も同じです。しかし、ベータ線が原子核の崩壊に伴って核内から電子が放出されるのに対し、電子線は加速器で発生させる高エネルギーの電子のことをいいます。そしてこの場合、電子は核内から発生するのではなく、原子核の周りの電子が放電や熱電子放出などの方法により放出されたものが加速されたのです。つまり同じ電子でも発生する場所が原子核の内部か外部かで区別しているのです。

Q.  
「X線」と「ガンマ線」はどう違うのですか。

A.  
どちらも波長の短い電磁波です。電磁波の仲間には波長の長い順に電波（さらに細かく分類して長波、中波、短波、ミリ波、マイクロ波など）、赤外線、可視光線、紫外線、X線、ガンマ線などの名称があります。これらは波長の違いによって分類されるのですが、X線とガンマ線は例外で、波長で区別するのではなく発生する場所で区別します。X線は、高速の電子がターゲット原子に飛び込み、その軌道電子とクーロン散乱で減速された際に運動エネルギーの減少分が電磁波になる「連続X線」と、入射した電子が軌道原子（例えばK殻）に衝突して跳ねとばし、上のL殻から電子が空になった殻に落ちるさいに、それらの軌道間の固有のエネルギー差に相当する電磁波を発生させる「特性X線」の二種類があります。これらはいずれも原子核の外部つまり原子レベルの現象です。これに対し、ガンマ線は原子核がアルファ崩壊またはベータ崩壊した直後に原子核が励起状態にあるとき、その余分のエネルギーを電磁波として放出します。このガンマ線は核種によって固有の値なので、このエネルギーを測定することによりその放射性物質の核種が特定出来ます。つまり原子核内部の現象です。このようにX線とガンマ線は波長やエネルギーで区別するのではなく、発生する場所が異なります。加速器を用いればガンマ線よりもはるかにエネルギーの高いX線を発生させることが出来ます。高校の物理の教科書でもあたかもX線よりガンマ線の方が波長が短いという記述が見られますが、これは正しくないのを改めていただきたいものです。

（東海大学理学部助教授）

中学・高校の先生のための  
放射線・放射能セミナー (第3回)

## 日常生活と放射線

茨城県立医療大学教授

加藤 和明

私たちは現在、歴史上最も豊かな生活を送っています。このような豊かな生活の基になっている文明には、放射線が大きな貢献をしています。物質文明、精神文明の別をとわずです。たとえば、今日の医療が放射線の積極的使用なしには成り立たないこと、発展した文明の成果を享受する際に何がしかの放射線が副次的に生成されること、放射線が文明を更に発展させる手段として不可欠なことを考えると、今日の私たちの生活は、放射線との関わりなしには成り立ちません。しかし、放射線と文明のかかわり合いのほかに、実は我々が生活を営んでいる自然界そのものに、太古より“天然の”放射線が“潤沢に”存在し、人類を含めたすべての生物種は、こうした環境の下で進化を遂げてきたことを忘れてはならないでしょう。

表1は、現在の日本人が1人当たり1年間に受けている放射線の平均被曝量を実効線量当量の値で推定したものです。この表から、医療被曝(2.25mSv)が、自然放射線による被曝(1.48mSv)の約1.5倍、全体(3.75mSv)の60%と圧倒的に多く、この両方で99%以上を占めていることがわかります。放射線を扱う職業についている人たちの被曝量は0.1%以下であり、国民に関心の高い原子力施設から公衆が受ける被曝量は、1,000分の1%にも達していません。なお、UNSCEAR(国連科学委員会)は自然放射線による個人被曝年線量の世界平均値を、2.4mSvと評価しています。評価値が違うのは、自然放射線の強さが緯度や高度等によって異なっているからです。

表1. 日本人1人当たり年間実効線量当量のまとめ(mSv/y)

線源	1人当たり線量(mSv/y)
自然放射線	1.48
核実験フォールアウト	0.012
職業被ばく	0.001
医療被ばく	2.25
雑線源	< 0.00005
航空機	0.0046
原子力施設	0.0000085
合計	3.75

(財)原子力安全研究協会：「生活環境放射線-国民線量の算定-」 平成4年8月. p. 142-143. (1992)

放射線が人間の身体に当たると健康上の望ましくない影響があるということで、ICRP(国際放射線防護委員会)は“人を放射線の害から守る”ための方策・仕組みを勧告しています。世界の主要各国はこの勧告を基礎にして放射線防護の法律を定めているのが実状です。このICRPのシステムでは、対象とする放射線を、その被曝が制御できるものに限定していますので、自然放射線は除外されています。また、個人や集団にリスクを上回る便益をもたらすことが明白であるとの理由で、医療被曝については限度値を勧告していません。その上で、ICRPはこう言っています。「放射線はどんなに少量でもその量に見合ったなにがしかの“悪しき影響(その実体は「自らの身体に癌がつくられる確立が増えること」と「子孫の身体に遺伝的障害を引き起こされる確立が増えること」)があると思われる。従って放射線への被曝は少なければ少ない程よろしい。」

ICRPのシステムはいろいろのデータを安全側に使っていますので、上述の“悪しき影響”の見積もりも過大になっている可能性があります。実際、一般人に対する放射線被曝のリスク係数(単位量の被曝によってもたされるリスク、ここでは簡単に「癌になる確立の増大」としておく)は0.05/Svとされており、これから自然放射線が日本人にもたらす年リスクを計算してみますと0.000074(100万分の74)という値が得られます。人口を1.2億とすると、1年間に日本人が自然放射線への被曝の結果癌になって命を失う人の数は8880、約9千人となって、交通事故による死者の数にほぼ匹敵します。また平成7年厚生省発表の人口動態調査報告によると現在日本では年間約26万人の人が癌で死亡していますので、その約3.5%に相当することになります。また、世界にはスリランカ、ブラジル、インド、中国などに自然放射線のレベルが日本のそれより10倍、所によっては100倍も高い地域がありますが、これらの地域に住む人たちの寿命が疫学的にみて短くなっているという兆候はないということがUNSCEARによる調査の結論になっていますので、これらの事実からすると、ICRPのリスク係数の見積もりは過大になっている印象は拭い難いのです。

最近、少量の放射線は實際上“悪しき影響”をもたらさないどころか、ひょっとすると“好ましい影響”をもたらしているかも知れない、ということの一部の放射線生物学者が唱え始めています[放射線のホルメシス効果]。少量というのはICRPが職業人に対して定めた年当たりの限度の2倍(100mSv)程度までと想定されています。

しかしながら、放射線にホルメシス効果があろうと無かろうと、私たちが自然放射線に常時身をさらし、一般人に対しICRPが定めている限度を遥かに越える被曝を受け続けているという事実を考えれば、人工の放射線に対してのみ被曝を極度に怖れるというのは、合理的思考をなしうる生物である霊長類の採るべきところでないことは明白です。放射線の人体に及ぼす影響は、それが自然のものであるか人工のものであるかに依らないからです。

中学・高校の先生のための  
放射線・放射能セミナー (第4回)  
医療と放射線 (1)

慶應義塾大学医学部講師  
中村佳代子

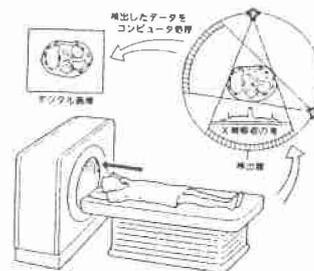
放射線が発見されて 100 年以上が経過し、多くの分野に利用されてきました。その利用は大別して、トレーサ利用と照射利用があります。トレーサ利用とは、アイソトープから出る放射線を手がかりとして物質の動きを追跡するものです。照射利用はアイソトープから出る放射線や加速器でつくった放射線を物に当てる利用です。このいずれもが充分に利用されているのが医療の現場です。そこで、医療(診断・治療)への放射線の応用を今回と次回の2回に分けて紹介します。

放射線(特に X 線や $\gamma$ 線)が物を透過する能力は病気の診断に用いることができます。例えば、体に X 線をあて、体を通り抜けた X 線を写真撮影して(フィルムに感光して)体の中を調べる方法が X 線撮影です。X 線は X 線管と呼ばれる真空管から照射されます。この X 線は物質を透過して、その物質の質量に応じた吸収差を元にした画像をフィルムに写し出します。わずかな X 線できれいな画像をとるために感度を数 100 倍にあげる蛍光増感紙がフィルムの両面に密着させてあります。

一般に良く知られている X 線撮影は胸の X 線撮影で、これは肺に入っている空気をうまく利用して濃淡画像を作るものです。また、骨の X 線写真は腹部や胸部に比べて長時間 X 線を照射して、その濃淡を画像として捉えることができます。これらの X 線撮影は一般に単純 X 線撮影と言われています。X 線量のわずかな違いはフィルムの濃淡では捉えられないことがあります。そこで、X 線を透過しにくいバリウムや各種の造影剤を服用したり、注射したりしてコントラストを付け、目的の臓器や器官を写し出す検査が X 線造影検査です。バリウムは X 線を透過しないので、服用すると胃の内壁に付着して、コントラストがついた胃の形や動きを検査することができます。大腸の運動や状態もこの方法で検査します。又、ヨード化合物なども X 線を透過しにくいので、これを血管内に注入すると、血管そのものを写し出すことができます(血管造影検査)。このヨード化合物は主に腎臓からろ過されて、尿に溶けて排泄されますので、この性質を利用すると、濃縮された尿内の造影剤を観察することができます。この方法で、例えば、腎臓結石などを見つけます。他に、造影剤を利用した診断検査には気管支、関節、脊髄、胆嚢造影検査などがあります。

これらの X 線撮影で作られたものは二次元の画像なので、重なりあった各臓器を一枚のフィルムでは識別することはできません。そこで、人体に色々な方向から X 線をあてて、X 線が吸収された割合をコンピュータで計算処理して、人体の横断画像をブラウン管に描き出す方法が開発されました。X 線工学と X 線物理学、数学コンピュータ技術とを総合化させたものです。臓器の重なりがなくなり、より小さい異常を捉えることができるようになりました。これを X 線 CT (コンピュータ断層) 検査と呼び、X 線診断学に大きな発展をもたらし、これを発案したハンスフ

ールドにはノーベル賞が与えられました。一枚の画像をとるのに約 1~数秒かかります。そこで、最近では連続回転型管球と寝台の移動の組み合わせでいっきに広範囲を走査できる CT (ヘリカル CT、スパイラル CT) が開発され、肝臓や肺などの大きな臓器も 20~30 秒で撮影できるようになりました。また、体の正面からスライスした像と体の側面からスライスした像とを組み合わせることで、三次元画像を得ることもできるようになりました。



X 線を発生する管球と検出器を対向させ、全周に回転走査し、次に各組織や臓器の X 線透過性(X 線吸収係数)の差から得られたデータをコンピュータを使って体軸断層像として画像化します。

核医学検査(アイソトープ検査)は放射線を化学的トレーサとして利用し、病気を体内または、体外から診断する方法です。体内診断は、脳、心臓、骨、肺、腎臓など特定の臓器に集まることがわかっている薬品にわずかのアイソトープで印をつけて注射して、検査したい臓器に取り込まれたアイソトープから出る $\gamma$ 線を $\gamma$ カメラで受け(注)、その信号をコンピュータで処理する検査方法です。臓器内のアイソトープの分布や動きがブラウン管の上に写し出されます。この検査で大きな役割を担っている放射性医薬品では、放射能が短い時間で消えてしまうアイソトープしか使いません。日常の検査で使用されているものは約 10 種類あり、例えば、骨の病巣に集まる Tc-99m-リン酸化合物、癌に集まる Ga-67、心臓の筋肉の血流や生存状態を検査する Tl-201、脳の血流分布を反映する I-123 化合物などがあります。これらのアイソトープはいずれも $\gamma$ 線のみを発し、半減期は 6 時間~3 日程度です。さらに、この検査では X 線写真のように平面像をとるのが一般的ですが、脳や心臓の断層像をとることもできます。ここでは CT と同じ手順でコンピュータ処理するので、これをシングルエミッション CT と呼んでいます。

こうした体内診断に対して、患者さんから採った血液や尿などとアイソトープを含む検査用の薬品を試験管の中で反応させ、血液や尿などに含まれる微量な成分(ホルモンや癌に関連する物質)を調べて病気の診断する方法を体外診断と称しています。

今回はこれらの検査や診断が及ぼす放射線の被曝と放射線の照射作用を利用した病気の治療について紹介します。(放射線教育フォーラム幹事)

(注)

放射線はヨウ化ナトリウム結晶などの蛍光物質を光らせます。(シンチレーション) この光を光電子増倍管で増幅して感度良く測定します。核医学検査では測定値を画像にするので、 $\gamma$ カメラはシンチレーションカメラとも呼ばれています。

中学・高校の先生のための  
放射線・放射能セミナー (第5回)  
**医療と放射線 (2)**

慶應義塾大学医学部講師

中村佳代子

前回紹介しました放射線を利用した医療診断はいずれも患者さんが被曝する検査ですが、この医療被曝には特別の制限がありません。医療被曝とは、被曝するリスクと得られる情報とを天秤にかけて利益のあるときに行なわれる行為だからです。天秤は個人によって異なり、医療被曝による副作用が報告されたことはこれまでありません。とは言え、検査を受ける事でどの程度の被曝があるかは知っておきたい関心事です。

それでも、被曝による白血病の誘発を心配する場合は、表1の第三欄に示すように各検査の赤色骨髄への被曝量を見ると安心できます。白血病などは赤色骨髄に放射線が照射された場合のみ生じますので、医療検査にて白血病が生じたという報告がこれまで全くない理由がわかると思われます。また、遺伝的影響は子供を産む可能性のある世代の生殖腺に放射線を受けた場合のみ問題になります(表1の第四、五欄参照; 1回急性照射の場合の一時的不妊に関するしきい線量は男性で 150mGy、女性で 650~1500mGy)。更に、妊娠と気づかずに放射線診断を受けたとしても、胎児への被曝線量(表1第六欄)と胎児影響へのしきい線量(流産、奇形、発育遅延: 100mGy; 精神発達遅延: 120mGy)を比較すれば、X線診断ではこの確定的影響が生じないことがわかります。

表1: X線診断による被曝量

検査の種類	入射面の線量 (mGy/撮影)	赤色骨髄線量 (mGy)	成人男性 生殖腺線量(mGy)	成人女性 生殖腺線量(mGy)	胎児被曝線量 (mGy)
腹部X線撮影	10	0.9	0.16	2.12	2.63
骨盤X線撮影	10		0.57	1.48	1.94
股関節X線撮影	10		3.68	0.78	1.28
胸部X線撮影	0.4~1.5	0.05	*	*	
X線CT検査	25~50	4			
X線造影検査	25~100mGy/分	8~16	0.004 (0.58)#	0.45 (7.87)#	0.48 (8.22)#

\*: 検出線量以下、() #: 注腸検査

放射線被曝にはX線撮影などで生じる外部被曝と核医学検査などで生じる内部被曝とがあります。この二つの放射線被曝を考えると、放射線の種類と量との双方が重要です。例えば、放射線のなかでもα線は飛距離が短く、紙一枚で止めることができますが、β線になるとアルミニウムで止め、γ線は鉛でなければ止めることができません。従って、外部被曝の場合はγ線が身体を通り抜けるので一番危険ということになりますが、内部被曝では身体のなかで止まってしまふα線が最も危険です。外部被曝では、放射線が当たった部分しか被曝しませんから、被曝は検査の時のみです。胸部X線写真を1枚撮影した場合は0.3mSv程度被曝します。又、集団検診などで受ける胃の検査では0.6mSv、更に、精検の注腸検査では2~3mSvの被曝を受けます。人が自然放射線を1年間に浴びる量は約2.4mSvですから、検査から受ける被曝は小さい事がわかります。放射線の影響には、ある程度以上被曝しないと発現しない確定的影響と、少しでも被曝すると発現の可能性のある確率的影响とがあります。後者の影響はさらに、遺伝的影響と癌の誘発とに分類されますが、これらの影響については閾値がありません。そこで、長崎の原爆被曝者などの疫学的調査から類推するに、200mSv以下では癌の増加が認められていません。一方、確定的影響には閾値が存在し、ICRPは100mGy以下を勧告しています。表1の第二欄が示すように、どの検査も被曝量が非常に低く、癌を誘発する確率の値よりはるかに小さい値です。

内部被曝を考える核医学検査の場合は、危険度の低いγ線を放出する短半減期のアイソトープを用いており、しか

も大部分が短時間に体外へ排泄されますので、被曝はアイソトープが多く集積する臓器とその周囲に限られます。被曝量は投与するアイソトープの量に依存しますが、最大の量を投与したとしても(表2)、核医学検査では確率的影响も確定的影響も生じないことがわかります。

表2: 核医学検査による被曝量(最大の量を投与した場合)

検査の種類	放射性医薬品	線量が最大となる臓器と線量(mGy)
骨シンチ	Tc-99m-リン酸塩	骨表面: 37.8
心筋シンチ	Tl-201	精巣: 56
腫瘍	Ga-67-クエン酸	骨表面: 177
甲状腺	I-123	甲状腺: 90

いずれの放射線診断による被曝の量も、宇宙線からの被曝量よりも低い事や、放射線診断を受けて癌になったり、不妊になる確率は他の要因よりもかなり低い事がわかって頂ければ、診断や検査の重要性をより理解して頂けると思います。

1 放射線を1kgのものに照射して1Jの熱を発生した場合、この吸収線量を1Gy(グレイ)と表わします。放射線が与える影響は各放射線によって異なるので、吸収線量に各ファクターをかけた線量当量で各々の影響を比較します。線量当量はSv(シーベルト)の単位で表わします。

中学・高校の先生のための

放射線・放射能セミナー (第6回)

**医療と放射線 (3)**

慶應義塾大学医学部講師

中村佳代子

医療への放射線利用で、最大の貢献は照射作用を利用する癌の放射線治療です。癌の治療には主に外科療法、化学療法、放射線療法などがありますが、放射線療法は主として早期の癌や手術の難しい場所にある癌に適用する治療方法です。

放射線療法には主に3種類の方法があります。一つは外照射と称し、装置で発生する放射線を患部に照射する方法です。放射線としては、テレコバルト (Co-60) や線型加速器 (リニアック) から発生させるγ線、X線、電子線や、サイクロトロンから発生する速中性子線や陽子線、更に、最近では、シンクロトロンから発生する重粒子線などを用いています。速中性子線はX線よりも癌細胞を殺す力が強いと言われています。γ線や速中性子線は体の表面近くで最も強く作用しますが、深く進むにつれてその力は減弱してしまいます。つまり、体の中の深い部分にある癌を治療する場合は、そこに達するまでに正常組織が障害を受けることになります。一方、陽子線は、ある深さで作用が急に強くなりますが、その前後では作用が弱いので、このピークの部分を癌のところにあわせれば、患部に集中的に照射することができ、正常組織への障害を少なくすることができます。重粒子線は、電子線のように癌細胞を殺す力が強く、しかも、陽子線のように患部に集中的に照射できる特徴を持っていますので、癌の新しい放射線治療法として、現在検討が進められています。

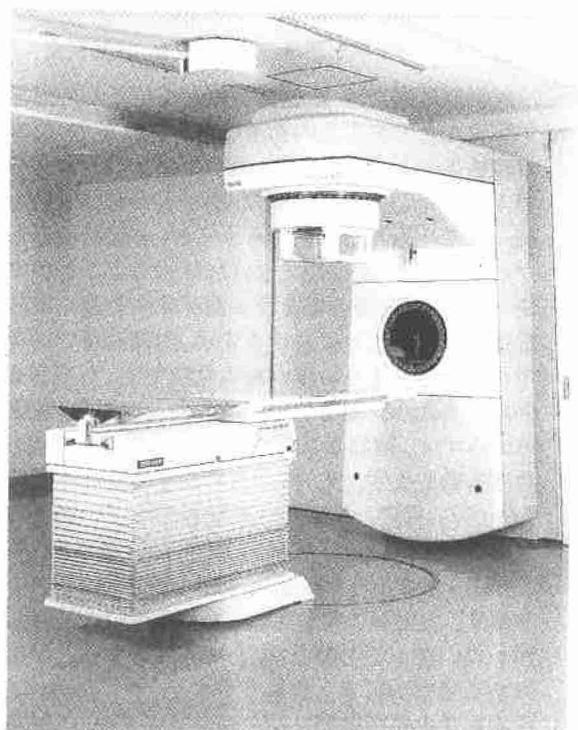
第二の放射線治療の方法は放射線を発する担体 (密封小線源) を患部に埋め込む方法です。線源には粒やワイヤー状になった Ir-192 (0.3~0.6MeV のγ線を放出; 半減期: 74 日) や Au-198 (0.4MeV のγ線を発生; 半減期: 2.7 日) を用いますので、この方法は小線源治療とも呼ばれています。放射線を発する粒やワイヤーを外から埋め込むことのできる場所に患部がある、例えば、舌癌、食道癌、子宮癌などをこの方法で治療します。密封線源を数時間~数日間、患部に置いておくことで、患部に集中的に放射線を当てることができ、他の臓器への影響が小さいという利点があります。

第三の方法は核医学検査の原理と同じですが、ラジオアイソトープはβ線を発する核種を使用します。この治療方法は内用療法と呼んでいます。例えば、甲状腺がヨードを多く取り込む性質があるので、これを利用してβ線を発するヨード、I-131 を用いて甲状腺癌や甲状腺疾患を治療します。最近では、β線を発する Sr-89 を使用して、癌が骨に転移したために生じる疼痛を緩和する内用療法が注目されています。ストロンチウムはカルシウムに似て代謝の盛んな骨に集積します。それで、Sr-89 は癌の転移している骨に集積して、そこ

から発するβ線で痛みを少なくするのです。このβ線は体の外には出ませんので、Sr-89 を投与された患者さんは病院から出て、一般の人と同じように社会生活を送ることができます。内用療法は、患部以外の臓器にラジオアイソトープが集積することもありますので、これをできるだけ速やかに体外に排泄するようにしています。内用療法を受けている患者さんは体内に多くの放射能を保持していますので、I-131 のようにβ線のほかにγ線を発したり、空気中に発散しやすいものである場合は、一時的に患者さんを隔離したり、患者さんと他の人、特に、幼児との接触を制限することもあります。

以上、いずれの放射線療法でも、治療のためには患部に 10~50Gy 程度の放射線の被曝を必要とします。放射線診断よりは、はるかに高い被曝線量ですが、急性障害を起こしたり、子孫に影響を与えるような量ではありません。しかし、照射する放射線はできるだけ患部に集中させ、正常の臓器に放射線が当たらないように工夫しています。

我が国の放射線の歴史は原爆という悲しい事実から始まりましたが、その折のデータが放射線による診断や治療において全世界で役に立っています。放射線の性質を正しく理解する事で、放射線の医療への応用が一層進む事を願ってやみません。



放射線照射装置：下のベッドに患者さんが寝て、上の丸い部分 (リニアック) から放射線を照射します。

## 中・高校の先生のための放射線・放射能セミナー (第7回)

## 放射線による食品の保存および衛生化

日本原子力研究所高崎研究所  
伊藤 均

## 1. 放射線処理の目的

食糧生産に用いる農薬や食糧保存に用いる殺虫剤・殺菌剤の人体に対する悪影響が問題になるにつれ、自然食品が求められるようになってきている。しかし、生産現場で直接入手しない限り、自然食品を入手することは困難である。しかも、食品は生産時から害虫や微生物による腐敗・品質劣化が進行し、病原菌や寄生虫による汚染もしばしば発生している。このため、食品を長期に保存したり衛生化するために薬剤処理も含め様々な方法が開発されてきている。しかし、人体に危険性がないとされる低温貯蔵では病原菌の殺菌効果は期待できないし、凍結保存が適用できない食品も多くある。加熱処理は殺菌・殺虫に有効であるが、加熱条件によっては栄養成分が著しく分解され、しかも生鮮食品には適用できない。放射線は透過力が優れているため食品の内部まで処理でき、しかも食品の生鮮状態が保たれた状態で殺菌・殺虫、発芽防止が可能であり、自然食品として最も理想的な処理法である。しかし、少なからぬ人は食品を放射線処理すると食品中に放射線が残ったり、食べると危険だという恐怖感を持っている。また、人によっては食品に放射能をふりかけていると誤解している。

食品保存および衛生化に用いられる放射線は、X線と電子線に限られており、可視光線と同様に物理的現象であり、食品中に放射線や放射能が残留することはあり得ないことである。これは、加熱調理温度は人間を殺傷する効果があるが、加熱調理した食品中の熱はすぐに消失してしまい、人間に危害を及ぼさないことと同じである。

## 2. 照射食品の安全性

食品に放射線を照射すると何か得体のわからない反応が起こり、人体に悪影響を及ぼすと指摘する人もいる。食品や生物に対する放射線の作用はフリーラジカルによる化学反応であり、酸化分解反応が圧倒的に多い。フリーラジカルは生物の新陳代謝や脂肪の酸化分解、紫外線、加熱などでも発生し、水存在下では1000分の1秒以下で消滅する。また、生物や食品など水分が多い系では放射線により活性酸素と呼ばれるフリーラジカルが発生しやすい。この活性酸素は生体内の新陳代謝で絶えず発生しており（もちろん、酸素反応で消滅して普段は生体に害作用を及ぼしていないが）、人間の体内でも病気を引き起こす悪役と体外からの細菌などの異物を排除する

防衛者としての役割も知られている。しかし、食品内で放射線により発生する活性酸素による酸化分解生成物は微量であり、栄養成分の分解は加熱に比べ著しく少ない。これまでの多くの研究により、放射線による食品の分解生成物は加熱調理の場合と類似しており、有害物質は生成しないことが明らかにされている。動物を使った多くの安全性試験の結果でも安全性が証明されている。例えば、米国では鶏肉に必要な量の10倍以上の放射線を照射してラットやマウス、犬を使った大規模な安全性試験が行われたが、動物に対する有害性は全く認められていない。インドなどで行われた人体に対し有害とされた研究は、インド政府の再調査により研究者個人の誤認によるものであり科学的裏付けがないこと、中国での人体実験でも安全性に問題のないことが明らかにされている。また、無菌の実験動物用飼料は放射線で完全殺菌されてきており、加熱殺菌に比べ生育が良好で死亡率も著しく少ないため、世界各国で実用化されている。実験動物用飼料の放射線による殺菌はわが国でも実用化されて30年になり、30~100世代にわたって照射した飼料を摂取してきているにもかかわらず、何らの悪影響も認められていない。放射線により生じる食品や微生物の染色体異常が人体に悪影響を及ぼすと心配する人がいるが、染色体(DNA)異常は紫外線や凍結、加熱などでも容易に起こるし、例えば染色体異常が著しく起こった食品を食べても腸内で分解されて正常な低分子だけが選別されて吸収されるため、人体に悪影響が現れる可能性はあり得ないことである。わが国では放射線で発芽防止された馬鈴薯が26年間にわたり流通しているにもかかわらず、人体への悪影響はなんら報告されていない。

## 3. 放射線処理の応用分野

食品への放射線処理は野菜の発芽防止、生鮮果実や穀類の殺虫、寄生虫の防除、果実の熟度遅延、サルモネラ菌や病原大腸菌の殺菌、腐敗抑制、缶詰と同じ完全殺菌など多くの応用分野がある。

馬鈴薯やタマネギ、ニンニクの発芽防止は少量の放射線で効果がある。馬鈴薯は春になって発芽活動が始まると栄養成分が急速に消費され、ソラニンという有害物質が生成されてくる。放射線による発芽防止は栄養成分の損失を防ぎ、年間にわたる安定供給を可能にする。なお最近、照射馬鈴薯反対運動が原因で、わが国で発芽防止剤を馬鈴薯やタマネギの収穫前に散布する農家が増えているが、食品への散布が禁止されているのに収穫前だから安全ということではなく残留毒性が心配になるし、効果も不安定である。

生鮮果実の放射線処理は輸入果実の殺虫に有効である。現在、検疫処理では臭化メチルや青酸ガス、

蒸熱処理、低温処理が行われているが、人体への有毒性や果実の品質に対する悪影響が指摘されている。放射線処理は果実の品質に対する悪影響が少なく、薬剤のように残留する心配がないため、米国等の多くの国では実用化しつつある。穀類の殺虫についても放射線処理法が有効である。

食中毒の原因となるサルモネラ菌や病原大腸菌0157、腸炎ビブリオ菌、ブドウ球菌等も比較的少ない量の放射線で殺菌可能である。フランスやオランダなどでは鶏肉、卵白中のサルモネラ菌の放射線殺菌が実用化されており、米国では牛肉等赤身肉の放射線殺菌が実用化されようとしている。

放射線で完全に殺菌された肉製品は宇宙食や病人食として米国やイギリス、オランダ等で利用されている。ことに、免疫不全の病人食の場合、照射食品は良好な治療成績を上げている。

#### 4. 世界における実用化の動向

1980年に世界保健機関が照射食品の安全宣言を行った前後からフランス、オランダ、ベルギー、ソ連で食品照射の実用化が始まった。一方、イギリスやドイツのように照射食品の安全性研究で多くの優れた研究成果を上げた国では緑の党などの反対運動により実用化が遅れている。一方、旧ソ連圏でも食品照射の研究が熱心に行われたが、ソ連の崩壊により実用化の動きは後退し、最近になってハンガリー、チェコ、ポーランド等で実用化の動きが活発になっている。ヨーロッパで実用化が進んでいるのは表1に示すように、香辛料や乾燥野菜、乾燥果実の殺菌であり、全体で年間3万トン以上照射され、ドイツやイタリアを含め広く流通している。また、フランスでは鶏肉が年間1万トン照射されており、オランダやベルギーでは冷凍魚介類が大量に照射されている。米国では政府が食品照射の推進に熱心であるが、食品業

界は標示などの問題を気にして実用化は遅れがちである。しかし、米国では香辛料が年間4万トン近く照射されており、牛肉や鶏肉、生鮮果実の実用照射も始まっている。米国では消費者の反発が少ないため条件を整えば急速に実用化が進むと考えられる。アジアでは中国での実用化が活発であり、ニンニクが年間4万トン照射されており、香辛料も1万トン照射されている。韓国や台湾、タイ、インドネシア、インドでも香辛料等が実用化され始めており、国際間貿易でも流通している可能性がある。南アフリカやイスラエルでも実用照射が行われており、日本は世界の中でも実用化が遅れている国に属している。

世界各国で検疫処理や農産物の貯蔵で広く使われている臭化メチルは毒性が強いはかりでなく、オゾン層の強力な破壊物質であるため、2001年で使用量を半減、2005年で全面的に禁止することになっている。検疫処理の代替処理法として放射線処理法が国際的に有望視されているが、わが国では切り花の放射線処理が検討されているだけである。わが国は臭化メチル使用量が米国に次いで世界第2位であり、検疫での使用量は第1位である。またわが国は食糧の50%以上を輸入に依存しており、薬剤の代わりに検疫処理および食糧備蓄に放射線処理法の導入を検討する必要がある。米国はすでに青果物の放射線処理を検討しており、国内流通ばかりでなく日本などに輸出することを希望している。

食品照射用施設はコバルト-60からのガンマ線の利用が主流であるが、最近では加速器から発生する電子線やX線利用も広がっている。電子加速器はテレビのブラウン管と同じ原理を用いており、先進国では主要な照射施設となっていくであろう。

(参考文献)

世界保健機関：照射食品の安全性と栄養適性、コープ出版、1996年。

表1. 食品照射を実用化している主な国と食品類

〈国名〉	〈食品類〉	〈処理量(トン/年)〉
アルゼンチン	香辛料、乾燥野菜	650
ベルギー	香辛料、冷凍魚介類	19,000
カナダ	香辛料、等	4,500
チリ	香辛料、等	450
チェコ	香辛料、等	1,200
中国	ニンニク、香辛料、等	50,000以上
フランス	香辛料、乾燥果実、鶏肉、等	20,000以上
ハンガリー	香辛料、等	1,000
インドネシア	香辛料、等	500
イスラエル	香辛料、等	1,200
日本	馬鈴薯	15,000
韓国	香辛料、朝鮮ニンジン粉末	3,000
オランダ	香辛料、冷凍魚介類、鶏肉	20,000以上
ポーランド	香辛料、等	400
南アフリカ	香辛料、ニンニク、等	12,600以上
タイ	発酵ソーセージ、香辛料	100
イギリス	病人食、香辛料	若干量
米国	香辛料、果実、鶏肉、等	40,000

#### 放射線を測って見ませんか

私たちの身のまわりには、大地や宇宙からくる放射線があります。放射線を測るために、放射線計測協会では「はかるくん」という放射線測定器を無料で貸し出しています。

「はかるくん」の特徴

1. 重量 500g
2. ワンタッチで、だれでも簡単に測れます。
3. スイッチを入れて1分間待てば、その場所の放射線の強さがわかります。

申込みの方法： ハガキに住所、姓名（ふりがなつき）、電話番号、年齢、職業（できれば記入下さい）、貸出希望台数を書いてお申込み下さい。

貸出期間は個人の場合約2ヶ月です。

申込み先：(財)放射線計測協会 事業部

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

Tel 0292-82-0421 Fax 0292-83-2157

中・高校の先生のための放射線・放射線  
 セミナー(第8回)  
 放射線による害虫駆除  
 日本原子力研究所高崎研究所  
 伊藤 均

1. 放射線による害虫駆除の原理

害虫による農作物や家畜に対する被害は著しく、アジアやアフリカなどの発展途上国では農作物の約 25%が害虫により損失している。害虫駆除には農薬が多用されているが、残留農薬の人体への毒性、薬剤耐性を獲得した害虫の出現、生態系への悪影響などの問題がある。農薬を使用しないで害虫を駆除する方法として放射線による不妊化放飼法がある。放射線による不妊化放飼法は他の生物に被害を与えない点が優れている。

害虫は放射線をあびる量(吸収線量)によって不妊化させたり死亡させたりすることができる。放射線で不妊化した害虫の雄を野生の雌と交尾させると受精卵の孵化能力が失われる。この場合、放射線で不妊化された雄の精子は生きているが、精子に染色体異常が起こり、交尾後の雌の受精卵の発生がとまるとか異常になって死につながる障害が起こる。この障害を優性致死突然変異と呼んでいる。すなわち、精子の優性致死突然変異は、受精卵が孵化する前に死に導き、ことに胚盤葉(個体を形成する初期組織)形成までの過程で死ぬものが多いことが知られている。なお、不妊化に必要な放射線処理量より少ない放射線をあびた場合には虫は繁殖能力があり、時に突然変異体が若干発生することがある。しかし、多くの突然変異は劣勢変異であり野生種の競争に勝てず子孫を残しにくい。

実際に野生の害虫を根絶させるためには、雄を大量に飼育して 70~100Gy (グレイ:吸収線量の単位)の放射線で不妊化処理し、自然生息集団の雄より多く散布する必要がある。この散布により次世代の生息数は著しく低減する。これを数年にわたり繰り返すことにより害虫を根絶することが可能である。しかし、飼育時に雄だけを選別するのは不可能であり、実際の散布時には放射線処理された雌も多量に散布される。従って、初期の段階では薬剤で野生の害虫数を低減させてから不妊虫を散布する必要がある。なお、不妊化された雄は野生の雄と競争させる必要があるため、性的競争力、寿命、飛行力、正常な交尾行動ができるように必要最低量

の放射線処理が望ましく、過剰な放射線処理はさけなければならない。

図1はウリミバエの不妊化放飼法の原理を示したものである。

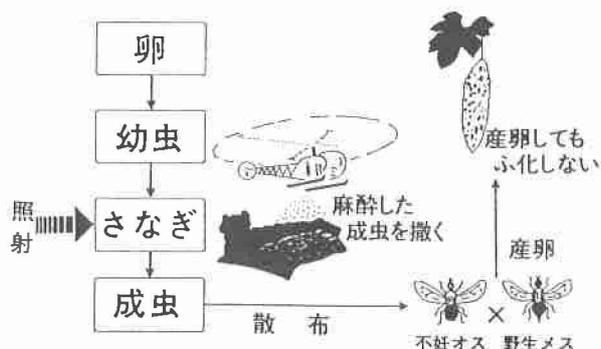


図1. ウリミバエの放射線による不妊化放飼法の原理。

また、害虫の種類によっては放射線で 70~100Gy 処理された蛹から発生した雄と野生の雌の交尾により生まれ、卵が孵化する能力を有するものがある。しかし、卵の孵化により成長した第1世代の雄は野生の雌との交尾後の受精卵の孵化能力をさらに効率よく失わせる能力があるものがあり、野外での応用が試みられている。また、放射線による不妊化法と遺伝子操作の組み合わせ処理による害虫の根絶技術も開発されている。

不妊化処理に用いられる放射線は透過力が強いコバルト-60 から発生するガンマ線(X線と作用は同一)が用いられ、図2に示すように照射容器内の試料に均一な吸収線量分布が得られるように設計された照射装置が必要である。

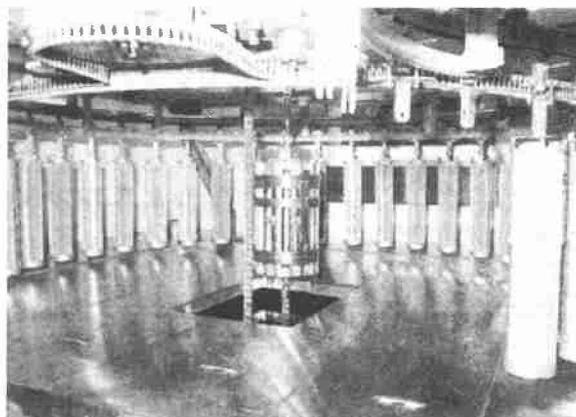


図2.不妊化放飼法に用いるコバルト-60ガンマ線照射装置(沖縄県ウリミバエ根絶事業)。

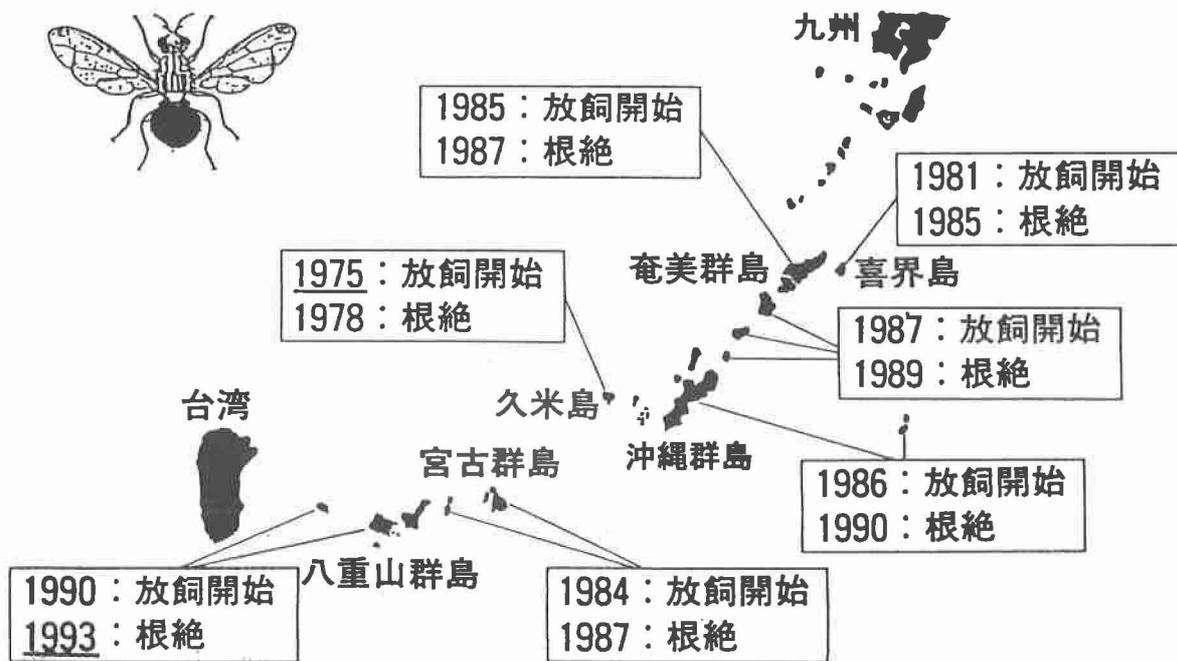


図3. 南西諸島におけるウリミバエ根絶の経緯。

## 2. 害虫不妊化の応用分野

不妊化による害虫の根絶事業は島や狭い半島で隔離された地域に生息している害虫や、特定地域に生息し他地域に移動しにくい種類の害虫について有効である。

世界で初めて放射線不妊化法で害虫の根絶に成功したのは米国におけるラセンウジバエである。ラセンウジバエはかつて米国の南部に生息していた。この害虫は家畜、特に牛の傷口に卵を産み、そこから孵化した幼虫が牛の体内に侵入し、ついには大動物を殺してしまう。1957年にフロリダで行われた根絶事業は約2年を要し、不妊化線量は75Gyで行った。このラセンウジバエの根絶成功を受けて、米国やメキシコでは熱帯果実等の害虫であるミバエ類についても不妊化による根絶が試みられているが、生息数の大幅な低減は可能であったが大陸のため完全な根絶には成功していない。しかし、ミバエ類の生息数低減により青果物が増産されるようになった。また、アフリカのツェツェバエの根絶事業が国連機関によって試みられている。さらに、マラリアなどの伝染病菌を運ぶ蚊などの不妊化放飼法による根絶も今後の課題であろう。

## 3. わが国でのウリミバエの根絶

ウリミバエは熱帯から亜熱帯地域に広く分布する害虫であり、ウリ類や熱帯果実に大きな被害を与えている。ウリミバエの分布地域は農作

物への直接の被害だけでなく、産物を未発地域に出荷できないという深刻な問題がある。ウリミバエは従来は日本に生息していなかった害虫であるが、大正8年に八重山群島に侵入し、その後に沖縄群島や奄美大島、喜界島へ拡散していった。沖縄県における不妊化放飼法によるウリミバエ根絶事業は昭和47年から始まり、先ず久米島で成功した。不妊化に必要な線量は70Gyであり、不妊化条件の基礎的研究は大学で行われた。この後、本格的なウリミバエの蛹の大量飼育施設および照射施設が建設され、宮古群島、沖縄群島、八重山群島へとウリミバエ根絶事業が展開された(図3)。そして、平成元年に日本のウリミバエは完全に根絶された。沖縄県全体からのウリミバエ根絶には約20年の年月を要し、約170億円の予算が使用された。そして、ウリミバエ根絶の成功により沖縄県などの野菜や熱帯果実類の内地への出荷が可能になった。このウリミバエ根絶事業により沖縄県にもたらされた経済効果は年間300億円に及んでおり、県民の生活向上に役立っている。なお、沖縄県ではその後も台湾から風に乗って飛翔してくるウリミバエの侵入繁殖防止のため、八重山群島で小規模な不妊虫散布事業を継続している。一方、沖縄県とは別個に鹿児島県や小笠原諸島でもミバエ根絶事業が行われ、根絶に成功している。

中学・高校の先生のための放射線・放射能

セミナー (第9回)

放射線を用いた排煙処理技術

日本原子力研究所高崎研究所

田中 隆一

### 1. 環境保全技術の必要性

われわれ人間の産業活動の過程で排出される有害物質による大気や水など環境の汚染は今や一地域にとどまらず、地球全体の問題になってきている。火力発電所などの排煙中に含まれる硫黄酸化物や窒素酸化物が原因で生じる酸性雨による自然破壊や人々の健康への影響が深刻となってきている。また、工場排水中に含まれる有害物質による河川水や地下水などの汚染が進んでいる。更に、冷戦時代の長期にわたる軍事関連施設における有害物質のたれ流しによる土壌・地下水の汚染問題が冷戦終結後明らかになり、その浄化対策が緊急の課題となっている国もある。一方、例えば有機肥料として利用可能な下水汚泥やセルロース資源であるオイルパーム廃棄物などは有効に利用されないままその多くは焼却処理されており、大気汚染の原因にもなっている。これらの貴重な資源を有効利用する技術を開発することによって大気汚染を防止することが出来る。

### 2. 放射線を用いた環境保全技術

これらの環境汚染問題の解決を目指して、いろいろな技術の開発が進められている中で、放射線を用いた方法も有力な方法の一つとして期待され、研究開発や実用性評価が行われている。

電子ビームによる排煙処理技術については、我が国において長期にわたり精力的に研究開発が進められた結果、実用規模プラントによる火力発電所排煙処理の実証試験を実施するところまで実用化研究は進展している。また、放射線による廃水処理技術開発においては、これまでの基礎研究によって各種廃水の処理に対して放射線法が優れた特長を有していることが明らかになってきており、これらの特長を踏まえてオーストリアでは地下水浄化のための実用規模のプラントの建設計画が検討されている。更に、現在その多くを焼却処理している下水汚泥やオイルパーム廃棄物を有効利用することを目的に、放射線を用いた下水汚泥の堆肥化技術及びオイルパーム廃棄物の動物飼料化技術の開発が進められてきた。現在、下水汚泥の処理についてはインドで、またオイルパーム廃棄物の動物飼料化についてはマレーシアで大型装置を用いた試験が行われている。

今や放射線を用いた環境保全技術の実用化研究は先進工業国のみでなく開発途上国においても積極的に進められている。これらの研究においては、それぞれの国で深刻な問題となっている課題の解決を目指している。

### 3. 電子ビームによる排煙処理技術の原理と特長

排煙は、その殆どが窒素、酸素、炭酸ガス、水から構成されており、その中に排煙の種類によって異なるが数百から数千 ppm の硫黄酸化物、窒素酸化物が含まれている。この排煙が電子ビーム

照射されると、電子ビームのエネルギーの大部分は排煙の主成分分子に吸収され、分子はイオン化される。これらのイオンは中和反応で元の中性分子になるが、その中和反応の過程で反応性に富んだラジカルを生成する。このラジカルによって硫黄酸化物は酸化され硫酸ミストへ、また、窒素酸化物は酸化され硝酸ミストへ転換される。生成した硫酸ミスト、硝酸ミストは電子ビーム照射の手前で添加したアンモニアと反応し、粉末状の硫酸、硝酸に転換する。この粉末状生成物を捕集することによって脱硫脱硝が達成される。上記のような反応に基づいて確立された電子ビーム排煙処理の基本プロセスを図1に示す。本プロセスは、単純なプロセス構成の乾式同時脱硫脱硝法である従来の排煙処理法にない特長を有している。更に、捕集した粉末状生成物は窒素肥料として農地で有効利用することができるという大きな特長ももっている。即ち、この排煙処理法は廃棄物を出さない資源リサイクルを可能にした技術である。

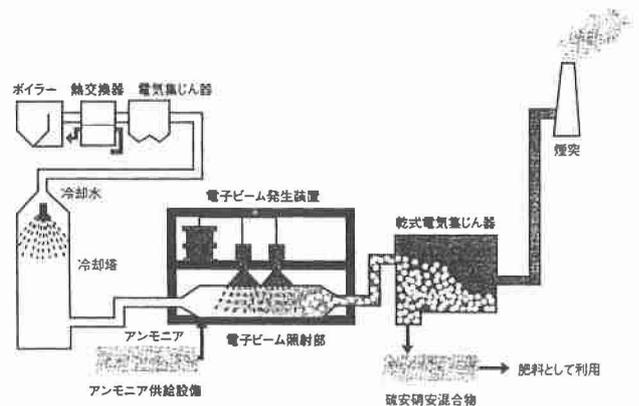


図1 電子ビーム排煙処理法の基本プロセス

### 4. 研究開発のこれまでの経緯

電子ビーム排煙処理技術は、1972年に原研と(株)荏原製作所(荏原)が共同で研究開発を始めて以来27年という長期にわたる研究開発の成果がようやく実りつつある。実用化するために解決しなければならない課題の解決を目指した長年にわたる基礎的研究及び工学的研究が進展し、基本プロセスを確立した。1990年から1993年には石炭焼排煙処理のパイロット試験が原研、荏原、中部電力(株)(中電)の3者共同で実施されるに至った。このパイロット試験によって電子ビーム排煙処理の基本プロセスの実用性が示されたことから、本技術開発は実用化へ向けて更に進展した。

### 5. 実用化へ向けての研究開発の現状

上記パイロット試験の成功を踏まえて、現在我が国、中国、ポーランドにおいて火力発電所排煙処理の実用規模プラントによる実証試験が進行中である。更に、ブルガリアにおいては自国で大量に産出する高硫黄含有石炭を燃焼させたときに生じる高濃度の硫黄酸化物を含む排煙を電子ビームで処理するためのパイロット試験計画が進められている。我が国で開発された電子ビーム排煙処理技術は今や世界各地で実用化に向けての最後のステップを踏みつつある。

### (1)我が国における実用規模プラントによる実証試験

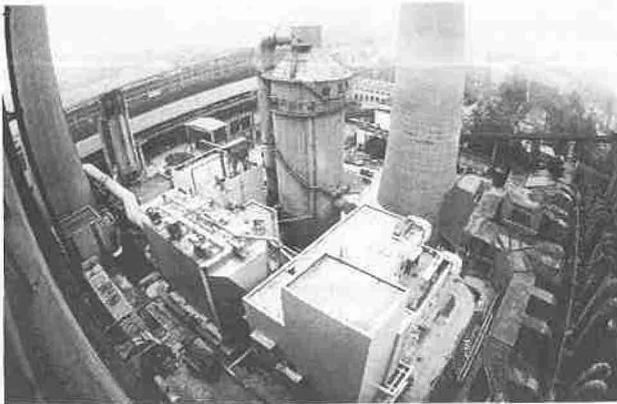


図2 中国で稼働中の実用規模プラント

原研、中電、荏原が共同実施したパイロット試験の成果を踏まえて、中電は西名古屋火力発電所の1号機（出力22万kW、重油燃焼ボイラー）からの排煙62万Nm<sup>3</sup>/時を電子ビームで処理するプラントを現在建設中である。このプラントは1999年中に完成し、来年早々には運転を開始する予定である。

### (2)中国における実用規模プラント

中国においては原研、中電、荏原が共同実施したパイロット試験成果に基づいた実用規模プラントが既に稼働している。（図2）中国四川省の成都発電所において世界最初の実用規模プラントが荏原、中国国家計画委員会、電力工業部及び四川省電力局の共同プロジェクトとして一昨年9月に完成し、昨年2月より本格的な連続運転が行われている。20万kW石炭ボイラーからの排煙の半分量（30万Nm<sup>3</sup>/時）を処理することができる。65℃に冷却した排煙をアンモニア共存下で電子加速器（800kV、400mA）2台からの電子ビームで3-4kGy照射することにより1,800ppm硫黄酸化物の80%除去を達成するとともに、既に700ton以上の副産品が得られている。得られた副産品は堆肥会社へ提供され、肥料としての性能評価に供されている。今後数年間安定運転を行い、プラントの信頼性及び副産品の堆肥効果を実証するとともに、30-60万kW石炭火力発電所排煙処理プラント建設に必要なデータ及び経験を得る計画である。中国は、この技術については排煙処理法としてのみでなくその過程で生じる副産品が窒素肥料として利用できる点に強い関心を示している。

### (3)ポーランドにおける実用規模プラント建設計画

原研、国際原子力機関、ポーランド核化学技術研究所の協力の下でワルシャワ市郊外の発電所構内で実施したパイロット試験の成果に基づいて、ポーランドにおいても中国と同規模のプラントの建設計画が進められている。バルト海に近く、またドイツ国境にも近いシチェチン市の火力発電所の5.6万kWの石炭燃焼ボイラー2基からの排煙の半分量（27万Nm<sup>3</sup>/時）を処理する計画である。冷却塔で冷却された排煙は二つの流路に分けられ、それぞれの流路において電子加速器（800kV、375mA）2基によりアン

モニア共存下で電子ビーム照射される。400ppmの硫黄酸化物と窒素酸化物をそれぞれ90%、70%除去する計画である。既に電子加速器、副産品を捕集するための電気集じん機等の購入は終え、現在建家の建設が進められている。

### (4)ブルガリアにおける高硫黄含有石炭燃焼排煙処理パイロット試験計画

ブルガリア国内には硫黄を多く含む質の悪い石炭（リグナイト）が大量に埋蔵されている。この石炭を燃焼させると、硫黄酸化物の濃度が極めて高い（5,000ppm以上）排煙を生じる。そのため、大気を汚染することなくこの石炭を燃料として利用するためには高濃度の硫黄酸化物を効率よく除去することが出来る排煙処理技術が必要となる。原研で行われた硫黄酸化物濃度が極めて高い模擬排煙の電子ビーム照射試験によって、電子ビーム法の有効性が示された。この結果を踏まえて、ブルガリアにおいて国際原子力機関及び原研の協力下でのパイロット試験計画がスタートしている。パイロットプラントは来年早々に完成し、運転開始が予定されている。

### 6. 実用化に向けた今後の展開と課題

電子ビーム排煙処理技術は石炭や重油の燃焼排煙の処理法として既に実用化に極めて近い段階にあると言える。現在進められている30万Nm<sup>3</sup>/時から60万Nm<sup>3</sup>/時の排煙を処理する実用規模プラントによる実証試験を経て、我が国における最新規模の石炭火力発電用ボイラー（80万kW規模）からの排煙240万Nm<sup>3</sup>/時を処理する実用プラントの建設が可能となる。また、将来重要なエネルギー源と考えられている高硫黄含有石炭の燃焼に伴って生じる高濃度硫黄酸化物を含む排煙を電子ビームで処理する技術については、ブルガリアでのパイロット試験を経て実用規模のプラントの建設へと進展することが期待される。更に本技術は都市ごみ燃焼排煙の脱硫・脱硝・脱塩化水素処理や自動車道路トンネル換気ガスの脱硝処理法としても有効であることがパイロット試験によって実証されている。

一方、大気汚染物質であるベンゼン、トルエン、トリクロルエチレン等の揮発性有機化合物は有害であって近い将来我が国においてもその排出が厳しく規制されるため、排気ガス中からこれら有害物質をコンパクトな装置を用いて効率よく除去する技術の開発が求められている。原研においては、低エネルギー電子（175keV）を発生させることができるコンパクトな電子加速器によってトリクロルエチレン等の有機塩素化合物を極めて効率良く水溶性物質に転換できることを見出している。次の段階として、実ガスの照射試験によって電子ビームによる処理法の実用性を明らかにする必要がある。

電子ビームという放射線を用いた排煙処理技術には、排煙や換気ガスを水で洗浄するという煩雑なプロセスを用いずに、種々の汚染物質を発生源で容易に効率良く除去できるという実用的に優れた特長がある。実用化を目指した研究開発が更に進展し、この環境保全分野で放射線が活躍する日が遠くないように思われる。

話題

低線量影響研究の現状と問題点

新技術事業団 松平 寛通

1. 低線量とは？

放射線生物学者の間では、1回被曝の場合0.2Gyまたは0.2Sv以下の線量をいい、連続被曝の場合毎時6mGyまたは6mSv以下の線量率を低線量とっている。

これ以下の線量、線量率では人を含め多くの生物でははっきりとした効果または影響を見つけるのは困難で、いわゆる有るかもしれないし無いかもしれないリスク（例えばがんが対照集団と比べて何倍にふえるか、相対リスク）という概念を導入し、物事を説明しなければならぬ。放射線防護学者あるいは放射線安全の実務にたずさわる人々の間ではもっと低い線量、線量率での影響の有無が問題になるが、実際のデータでそれを提示することは不可能に近い。

2. 普通の生活でどの位の被曝があるか？

大ざっぱに言って、自然バックグラウンド1，ラドン1，医療被曝1-2，計年3mSv強である。

Svという単位はあらゆる種類の放射線のあらゆる形の被曝をx線やガンマ線の全身被曝の影響に換算した線量単位だと思えばよい。ただ、Svという単位が等価線量、いうならば部分被曝と実効線量いうならば全身被曝の両方に用いられるので混乱がないでもない。それに急性の効果にはGy単位を用いる方が正しい。

3. 0.2Gyあるいは0.2Svという線量は？

これだけの線量を1回に全身に受けると、精子（男）や白血球の数が一過性に減少しうる、つまり何らかの急性影響が観察されうる。この20倍程度の線量を受けると半数の人が骨髄障害で死亡する。

広島・長崎の原爆被曝生存者の平均被曝線量は、放射線影響研究所の寿命調査集団（原爆被曝生存者と対照者計8万人からなり、一生にわたり何で死亡したかが調べられている）で1cGy以上つまり被曝があったと見なされる人々約4万人について言えば、約0.25Svである。40年以上に及ぶ追跡調査の結果、この集団に見られた白血病の約50%、白血病を除く癌の約10%がこの量（平均0.25Sv）の原爆放射線によって付加された（寄与リスクという言葉を使う）と推定されている。ただし、0.2Sv以下の線量に被曝した集団だけについて見ると統計学的には何も起こっていない。参考の為に、0.5Sv以下の人々の平均被曝線量は0.1Sv、0.5Sv以上の人々の平均被曝線量は1.0Svである。なお、原爆被曝生存者の子供と孫には、遺伝的影響は検出されていない。妊娠8-15週で被曝した胎児では、ほぼ0.2Sv以上でその後重度精神遅滞（知恵遅れ）が見られている（大脳の組織形成の異常）。いわゆる奇形は見られていない。

ちなみに、普通の生活で誰でも年3mSv、一生では約200mSv(0.2Sv)の被曝を受けているが、大多数の人々

が天寿を全うしている。

結論的に0.2Svの放射線を全身にいちどきに受けると何かが起こるかもしれないが、一生あるいは長時間にわたって受けたのでは、実際には何も起こらない。

4. 放射線防護と放射線生物の立場では物事の考えが少し異なる

放射線は、自然科学や産業などの多くの分野に利用されているが、両刃の剣であるので、なるべく安全に使用する必要がある。放射線防護の立場からいえば：

1) 自然バックグラウンド程度の線量でも人間の体の細胞のどれかが1年に1度は放射線のトラックを受ける。それに伴うイオン化事象はそう重大なものではない。ただ、イオン化エネルギーのバラツキがある為、確率は非常に少ないがイオン化事象によっては、細胞、特に体の組織のもとになる幹細胞（たとえば、骨髄にある赤血球や白血球のもとになる細胞で、組織の細胞で100-10000分の1位の割合で存在する）のDNAに修復困難な傷を与えるのに十分なエネルギーを持つ場合がありうる。2) 1cGyの線量は細胞の核に約10コのトラックをつくとされる。3) 最近の研究によると細胞は此の程度の線量を認識し遺伝情報の伝達の変化として反応することが確かめられた。それが生物にとって障害軽減の方向（いわゆるホルメシス）にだけ作用するのか障害拡大の方向にも作用するのかどうかは未だ解らない。4) がんは体の多分幹細胞が1コ変化した為に起こるということを否定できない。

5) がんになるためには、細胞の遺伝子（がん遺伝子とがん抑制遺伝子）が複数コ変化する必要がある。低線量・低線量率被曝の場合、1回の被曝で複数コの遺伝子が一ぺんに変化することは考えにくい。しかし、1コの遺伝子が変化すればそれが契機となって、長い時間間に放射線以外の内因外因が作用して複数コの遺伝子の変化が起こりうることも否定できない。つまり、1ヒットでがんが誘発される可能性は否定できない。6) 放射線防護では老若男女、子供や胎児を含め放射線感受性の異なる大勢の人を対象としなければならない。7) 放射線防護では、また、X線、ガンマ線だけでなく中性子やアルファ線などのあらゆる種類の放射線によるあらゆる形式の被曝（体内・体外被曝、急性・慢性被曝など）を対象としなければならない。8) 多くの疫学データは、発がんに関し、しきい値のない直線的あるいは直線-2次曲線的な線量反応を示している。しきい値の証明はどちらかというとうむかしい。9) いわゆるmanremあるいはmanSvという数値は、放射線・放射能を導入する時の集団の被曝のimpactを考える目安としてはよい。ただし、1000万人x0.1mSv、100万人x1mSv、10万人x10mSvでは現実には影響は見られないだろうし、1万人x100mSvでも広島・長崎の経験から疫学統計上有意な影響を見つけだすのは困難である。ただ、大勢の人々がextraに1mSvの被曝をするということは、チェルノブイリ事故（1988年の国連科学委員会UNSCEARの見積もりでは北極圏で60万人Sv）を考えれば別の意味から大変なことである。

結論的に、国際放射線防護委員会ICRPでは、発ガンや遺伝的影響にはいわゆる閾値は無いとして、多く

の疫学データに基づきリスク推定値、さらにはデトリメント（総合した健康上の損害）の推定値を一つの柱として、防護の施策（正当化，最適化，線量限度）を立てている。

#### 5. 放射線生物・疫学データに見られる線量と効果との関係—発ガンについて

放射線は、一応すべての組織について、自然に発生するがんの頻度を少し増加させる。増加の程度は大きいものではなく、よほど厳密な調査をしないとみつけられない。ただ、放射線の影響を受けやすい組織とそうでない組織とがあるのは事実である。一般に若年ほど発ガンに関して放射線の影響を受けやすい。放射線誘発の白血病とそれ以外のがん（肺，乳，胃がんなどのいわゆる固形がん）は、発ガンの機構が異なるらしい。

1) 被曝後がんが増えたとわかるまでの期間を最小潜伏期といい、白血病では2—3年、それ以外のがんではほぼ10年である。がんはその後、白血病では20—25—40年後まで、その他のがんでは一生にわたって増え続ける。つまり、最大潜伏期は白血病で20—25—40年、それ以外のがんでは一生といえる。ただ、広島・長崎で被曝時20才以下であった人々の88%が1987年末の時点で生存しており、もっと長く追跡調査をしないと本当のことは解らない。この意味で多くの疫学調査は完全とはいえない。最小と最大潜伏期の間の期間をプラトーと呼んでいる。

2) 低線量あるいは低線量率被曝あるいは分割照射の疫学データの調査結果はいろいろである。

2)-1 低線量でも影響が見られるという例：主として胎児や子供である。

イギリスやアメリカで妊娠時母親がX線検査を受ける、つまり胎内被曝を妊婦と、生まれてきた子供の小児がんによる死亡率が1cGyで40%増えるという後ろ向きではあるが大規模な調査結果がある（広島・長崎での前向き調査では確かめられなかった）。イスラエルで頭部白癬の治療の為、頸部にX線を照射された子供では、線量が平均6cGyと低いにもかかわらず、甲状腺

癌が4—5倍に増えている（ただし、死亡者はないという）。

2)-2 かなりの線量まで影響が見られないという例：主として大人である。

広島・長崎の原爆被曝生存者でも皮膚癌（発生率）は1Sv以下では増加していない。

スウェーデンの調査では、診断量の沃素131を平均50マイクロキュリー（約0.5Gy）投与された35000人に甲状腺癌の増加は見られていない。

アメリカ（6300人，平均0.84Gy）とカナダ（25000人，50%以上が0.4—2Gy）の調査では、肺結核の気胸治療に際し何十回もX線透視を受けた人達の中に肺癌による死亡は増えていない（同じ様な条件でX線透視を受けた女性では乳癌死亡が増えている）。

2)-3 高バックグラウンド地域（中国，対照地域の約3倍）の住民，放射線作業員の集団（ウラン採鉱夫を除く）ではっきりとがんが増えたというデータはまず無い。ロシアのチェリビアンスクの再処理工場の従業員で、年250mSv，計1Sv以上被曝した人々では白血病やその他のがんが増えている。屋内ラドンによる肺癌に関しては15位の報告があるがプラスともマイナスとも言えない。

6. 放射線が線量に依存して発ガンのリスクを持つといっても、年数mSv程度の放射線のリスクは他の原因によるリスクと比べれば、そう大きいものではない。生活の中にあるリスク因子（タバコ，食事，ウイルス感染，等）の方がよほど大きな寄与をしている。生きていくだけで細胞のDNAは反応性の高い活性酸素に絶えず攻撃されており、ウイルス感染の後には組織の破壊と再構築が長時間続く等々、数えあげれば発ガンのバックグラウンドとなる要因は非常に多い。心理的なストレスが脳内のサイトカインの変化を通し、いろいろな悪さをするのが分子生物学的に確かめられるとよい。

（5月15日開催の第1回幹事会および勉強会での講演要旨）

### 用語解説（3）

#### 8. X線、 $\gamma$ （ガンマ）線

何れも同じ波長の極めて短い電磁波で発生の仕方で名称が異なります。高速の電子が金属にぶつかって停止するとき、そのエネルギーが電磁波に変わって発生するものをX線と呼びます。放射性原子が自然崩壊する時に発生する電磁波をガンマ線と言います。X線は一般に異なる波長のものを含んでいますが、ガンマ線はその放射性原子に特有な波長を持っています。これらは物質透過性に優れていることは説明した通りです。生体には体外からでも、体内からでも大きな範囲、しばしば全身、に影響を現します。

#### 9. 中性子

中性子は原子核の構成成分ですが、ウランやプルトニウムなどの核分裂の時に放出されまです。中性子自身は電荷を帯びていませんので、直接生体に障害を与えることはありません。しかし、生体は大量の水素を水の成分として含んでおり、エネルギーの高い中性子が水素の原子核すなわち陽子に当たるとその陽子を突き飛ばし、陽子線として生体に働き障害を与えます。その作用はアルファ線とベータ線の間程度のもので、エネルギーの低い中性子はよく生体の原子にとらえられ核反応をおこすことがあります。この反応を起こし易いホウ素を生体に取り込ませ、熱中性子を当てて核反応をおこさせてガン細胞を選択的に照射することをねらった治療を中性子捕獲療法と言います。

## 放射線の規制とは

日本メジフィジックス株式会社

東京本部 近藤民夫

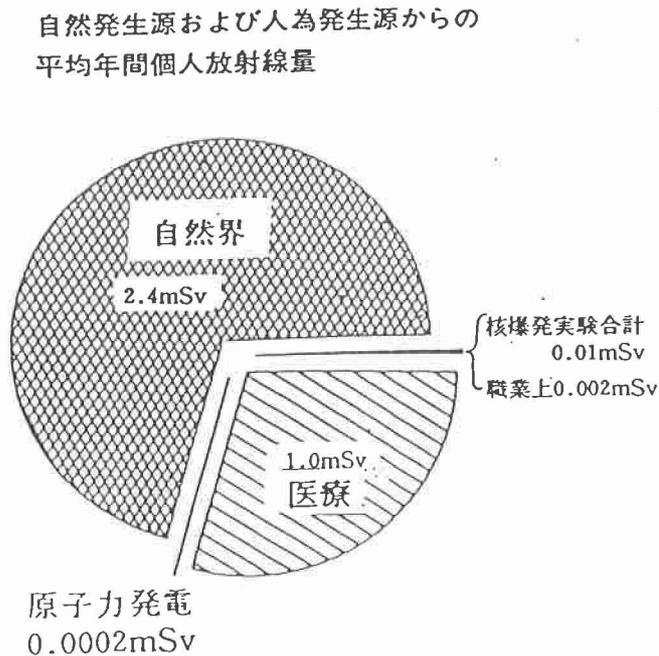
原子力基本法では、ウラン、プルトニウム及びトリウムを「原子炉等規制法」これら以外の放射性同位元素及び放射線発生装置を「放射線障害防止法」と略称する法令で規制するよう定めている。

放射線障害防止法は、放射性同位元素等の取り扱いを規制することによりこれらによる放射線障害を防止し、公共の安全を確保することを目的としている。この法律を基本として労働者と国家公務員の安全確保の為に電離放射線障害防止法規則と人事院規則が、また医療放射線の防護のために、医療法施行規則等がそれぞれ制定されている。放射線障害防止法は、国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告を尊重し、線量限度、放射性同位元素等の定義、18才未満の者に対する取り扱いの禁止等の条項を定めている。現行法令は、1977年勧告に拠っているが現在、1990年勧告の取り入れを科学技術庁は検討している。

ICRP勧告の新、旧の線量限度を下表にまとめた。

項目	1977年勧告	1990年勧告
① 職業被曝 ・実効線量	50 mSv/年	5年平均で20 mSv/年 ただし、50 mSv/年を超えてはならない
・組織線量	水晶体 150 mSv/年 その他の組織・器官 500 mSv/年	水晶体 150 mSv/年 皮膚 500 mSv/年 手足 500 mSv/年
・女性（妊娠中）	職業被曝の線量限度値の $\frac{3}{10}$	妊娠期間中の腹部表面 2 mSv
② 公衆被曝 ・実効線量	1 mSv/年（生涯にわたる実効線量の年平均が1 mSvを超えることがない限り、5 mSv/年という補助的限度を数年にわたって用いてもよい）	1 mSv/年（特別な状況ではこれを超えることが許されるが5年間の平均が1 mSv/年を超えないようにしなければならない）
・組織線量	水晶体 50 mSv/年 皮膚 50 mSv/年	水晶体 15 mSv/年 皮膚 50 mSv/年
③ 緊急被曝	_____	実効線量 500 mSv 皮膚 5000 mSv

このような線量限度が適用されないのは、自然放射線による被ばく及び診療のために患者が受ける被ばくである。下の円グラフを参照されたい。



法令で規制する放射性同位元素は、密封された完成品または部品の集まりは、3.7メガベクレル以下なら規制の対象とはならない。

また、非密封の放射性同位元素については、3.7キロベクレルから3.7メガベクレルまで4区分して規制の対象にしない数量を定めている。

一方、濃度については、すべて74ベクレル毎グラム以下であれば温泉のように大量に存在しても数量は規制されない。

温泉には喜んで入っても、放射線は、微量でも危険であると信じる人は多い。ある小説では、原子力発電所の燃料棒貯蔵プールに落ち込んだ犯人がプールの水を飲み込んだため「放射線病」で即死するという話もある。しかし、燃料棒は使用済みであっても密封線源である。それで被ばくすることはあっても、それを冷却する水を飲んでたちまち死ぬことは絶対でない。放射線を恐れさせるよりも注意深く判断させることこそが大切である。

高橋 邦雄

## 放射線ホルミシス

東邦大学  
放射線医学総合研究所

山田 武  
大山ハルミ

はじめに

放射線の生物に対する障害作用については、前世紀末よりほぼ100年の研究の歴史がある。しかしながら、いわゆる確率的影響が問題となるcGyオーダーの低線量域の影響については、なかなか実験データが得られていない。放射線防護上は、まさにこの領域の生体影響が一番重要なのである。そこで、高線量域での線量効果関係をそのまま低線量域に直接外挿し、低線量域での作用の大きさを推定している。当然、どんな低線量域でも障害作用であると考え、ただ大きさのみが線量に応じて小さくなるものとしている。

ところが、最近、低線量域での影響の研究が進むにつれ、低線量域では、高線量域での影響から予測できない、特異的な作用がしばしば報告されるようになった。すなわち、低線量の照射が、引き続いて行われた大線量照射の障害作用を軽減させたり、あるいは、ある生物活性を刺激するような効果が観察された。これらは、放射線ホルミシスと総称され、近年注目を集めるようになってきている。日本においても、日本放射線影響学会内に1980年代より「ホルミシス研究グループ」が組織され、毎年影響学会の大会の機会にワークショップが開催されている。本稿では、放射線ホルミシス研究の最近のトピックスを2つほど紹介する。

### 1. 低線量照射による放射線抵抗性の誘導

生体に種々の影響をもたらす、いわゆる“ストレス”作用原は、放射線、紫外線も含めて多種多様である。これら物理、化学的ストレス因子が亜致死作用量で、哺乳類細胞に作用した場合、特有な生化学的応答を引き起こすことが知られている。すなわち、高用量の同種ならびに他のストレスの対する抵抗性の誘導をはじめ、DNA合成の上昇、細胞内シグナル伝達に関係するタンパク質の合成の促進、細胞の成長や増殖あるいはアポトーシスに関連する遺伝子の発現の誘起などが生じる。これらの反応は、ストレス作用因子がきわめて多種多様であるにも拘らず、共通して特定の種類のものに限られている。この事実は、このストレス反応が、生物が進化の過程で獲得した普遍的な防御機構の一つであることを示唆しているものと解釈されている。

つまり、低線量放射線照射後に起こる放射線抵抗性の誘導は、決して特異的なものではなく、ストレス反応一般に見られる普遍的な現象であり、生物の防御機構の一つの発現であると理解することができる。毒物学の分野では、同様な現象は、“Arnst-Schutzの法則”として古くから知られており、最近、放射線ホルミシス現象の代表的なものとして、注目されるようになったこの“放射線の適応応答”は、ストレス因子一般に見られる現象が、放射線についても見られる、とい

うことの再確認にすぎないともいえるわけである。

低線量照射による放射線抵抗性の誘導現象は、細胞レベルでも動物個体レベルでも明確に観察される。まず、細胞レベルのこの適応応答は、1980年代からアメリカのWolfらによって、トリチウムβ線で処理された細胞では、つづく高線量放射線による染色体異常や、姉妹染色分体交換頻度を有意に低下させることを観察した報告から広く認められている。

動物個体レベルでの適応応答は、低線量照射より、引き続き致死線量照射に対する抵抗性の誘導現象として活発に研究されている。マウスの場合conditioning doseと称される低線量照射の線量は通常5-50cGyが用いられる。この線量に応じて適切な間隔をおいてchallenging doseと呼ばれる致死線量を照射すると、低線量照射を受けた実験動物群は、受けなかった対照群に比較して明瞭に生存率が高いことが観察される。すなわち、低線量の照射により致死線量放射線に対する抵抗性が誘導されるのである。

この実験で大変興味あることは、照射の線量に依存して、抵抗性の誘導される時期が全く異なることである。照射線量が5-50cGyの時には、その2ヶ月後に行われた致死線量照射に対してのみ抵抗性が誘導される。これに対し、30-50cGyというより高線量の照射の場合には、その2週間後の致死線量照射に対してのみ有効である。すなわち、照射の線量が比較的低い場合と、高いときとは、明らかに放射線抵抗性誘導の機構が異なると推定される。

私たちは、この、より高線量域照射(50cGy)の場合、骨髄における造血幹細胞の増殖が照射により刺激促進され、2週間後の骨髄死誘発線量に対する抵抗性が誘導されることを証明した。しかしながら、低線量照射の場合の抵抗性誘導機構は全く不明である。大阪府立大学先端研の米沢先生たちは、この場合、照射として全身照射が必須で、頭部のみ照射でも胸部のみ照射でも有効でないというデータを示している。すなわち、単に造血系への照射効果だけではなく、中枢神経系あるいは何らかの全身機能の関与が、この抵抗性誘導には必要らしい。なにしろ、2ヶ月後にやっと抵抗性が誘導されるのであるから、単に免疫系のみ関与とは考えられず、より複雑で、いくつもの系を介する結果であるに違いない。

このような実験事実は、これまでの放射線生物学の範囲では、なかなか発見できなかった。低線量の特異的効果を求めて行われた実験の一つの成果である。

### 2. 低線量放射線の抗ストレス作用

低線量放射線の実験のさなかに偶然見つかった面白い現象がここに紹介する中枢神経系への作用である。雄マウスを同一ケージに長期間飼育しているときに、

しばしば問題となるのは、マウス同士の喧嘩である。多くは尻尾の付け根の尻部分を噛み付かれ出血する。ひどい場合には死に至る。低線量照射したマウスでは、この傷が少ないことに偶然気付いた。私たちのグループの宮地さんは、そこで、大変独創的な実験を計画し、低線量放射線の特異的抗ストレス作用を発見した。

雄マウスを一匹飼いで長くおくと(resident)、いわゆるストレス状態となり、攻撃性が增大する。ここに、別なマウスを侵入させると(intruder)、侵入マウスに対して激しい攻撃をおこす。これを、resident-intruder testといい、社会的隔離によるストレスのモデル動物実験系として用いられている。宮地さんはこの系を用いてマウスのストレス誘発攻撃性に対する低線量照射の影響を定量的に測定した。すなわち、侵入マウスを入れてから直ちにマウスの反応をビデオカメラに一定時間記録し、噛み付く回数と最初の攻撃までの経過時間を測定して攻撃性を定量化して解析したのである。その結果、このマウスの攻撃性が、5-15cGyという低線量放射線によって7-10日後明瞭に抑制されることがわかった。この攻撃性の抑制は、隔離ストレスによって誘導された攻撃性にのみ発揮される。一匹飼いでなくグループ飼いの雄マウスでは、この効果が見られないからである。つまり、低線量放射線はストレスによってマウスに見られる効果を軽減する作用があるということになる。

さらに、興味あることは、この放射線効果が、25-35cGyに線量を上げたときには、見られないことである。すなわち、より低線量域の5-15cGyの線量域にのみ特異的にみられるのである。一般に放射線の生物作用の線量-効果関係は、単純な比例関係とみなされており、線量が低いほど、その効果は小さくなることされている。ところが、この場合、高線量域の方が効果がないのである。逆にいえば高線量域の作用からは全く推定できない効果が、より低線量域で見られるのである。

放射線ホルミシス論者の一人Saganは、高線量の作用からは予測できない低線量域独特放射線作用を、放射線ホルミシスの定義の一つに上げているが、この定義に従うとすれば、上記の低線量の作用は放射線ホルミシスの一つといえる。

哺乳類の性行動の中枢は攻撃行動の中枢と同じ部位にあるとされている。そこで、上記実験のintruderに発情雌マウスを用いることによって、性行動に対する低線量放射線照射の効果を解析できる。結果は、予想した通り、攻撃行動に対する上記の効果と全く同じであった。すなわち、低線量域にのみ性行動の抑制がみられ、より高線量域では、この効果は見られなかった。

さて、このような動物の行動に対する低線量放射線の効果はこれまで全く報告されておらず、新しい発見である。放射線生物学の面からも、動物行動学の面からも大変面白い発見であるが、当然次に問題になるのは、その機構である。放射線がどこに効いているのだろうか？

これまでは、全身照射であったが、放射線生物学の解析の常道として部分照射によって関与する器官組織を調べた。予想の通り、頭部照射のみで全く同様な効果があることがわかり、中枢神経系の関与が明確となった。そこで、中枢神経系への効果をより明確にす

るために、マウス頭部に電極を埋め込み、脳波を直接調べることにした。睡眠波を示している睡眠中のマウスに、4cGyという低線量X線を照射すると、直後に覚醒を意味する波形に変化することがわかった。マウスはなんと4cGyという低線量放射線を“感ずる”ことができるのである！

この4cGy照射を繰り返し行くと、しだいに覚醒波を示すマウスの数が減少してくることもわかった。すなわち、マウスは4cGyを感ずることができるだけでなく、一般の刺激に対してと同様、反復されると次第に感じなくなるのである。言い換えれば、適応反応をも示すのである。

さらに、同じ実験を、嗅球を除去したマウスに行くと上記の脳波の変化は全くなくなることがわかった。嗅球がないと、マウスはX線を感じないのである。このことから、中枢神経系のなかでも、嗅球系がX線の“感知”に働いていると考えた。嗅球に働く神経伝達物質である一酸化窒素(NO)の阻害剤を注射すると、反復照射に対する適応が消失することがわかった。これも嗅覚系の関与を示す一つの証拠である。

部分照射の実験をさらに細かくして、頭部を嗅球を含む前部と、含まない後部を別々に照射する実験を行うと、攻撃行動も性行動も嗅球を含む前頭部に照射したときのみに、抑制がみられることがわかった。いよいよ嗅覚系の関与は確かである。

これまで放射線抵抗性であるとして、ほとんど省みられなかった神経系が、以上のような新しい視点にたつと、きわめて放射線感受性であることが明らかになってきた。これらの実験は、単に放射線ホルミシスの分野に止まらず、神経生理学と放射線生物学を結ぶ全く新しい分野を開拓するものであると、私たちは確信している。(3月16日1996年度フォーラムシンポジウム特別講演)

## 放射線を測ってみませんか

私たちの身のまわりには、大地や宇宙からくる放射線があります。放射線を測るために、放射線計測協会では「はかるくん」という放射線測定器を無料で貸し出しています。

「はかるくん」の特徴

1. 重量500g
2. ワンタッチで、だれでも簡単に測れます。
3. スイッチを入れて1分間待てば、その場所の放射線の強さがわかります。

申し込み方法

ハガキに住所、姓名(ふりがなつき)、電話番号、年齢、職業(できれば記入下さい)、貸出希望台数を書いてお申し込み下さい。貸出期間は、個人の場合約2ヶ月です。

申し込み先

(財)放射線計測協会 事業部

〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

tel 0292-82-0421 fax 0292-83-2157

## 話題

## ICRPの線量限度

放射線医学総合研究所

稲葉次郎

放射線は現代生活に欠くことのできないものといえる。他方で大量の放射線が人体に障害をひきおこすことも知られている。安全性を確保しながら放射線の利用を進めるにあたって国際放射線防護委員会 ICRP がきわめて大きな役割を果たしてきた。放射線防護の基礎となる線量限度に関して ICRP が行った勧告について私見も交えながら以下に紹介したい。

## 歴史的変遷

放射線障害の経験はレントゲンによるエックス線の発見とほとんど時を同じくして始まっている。その後次第に放射線障害の防護に対する関心が高まり、その動きは国際的となり、1928年には国際エックス線ラジウム防護委員会 (IXRP) が組織された。以来、1950年には ICRP に名称を変えたが、その活動特に放射線防護に関する勧告は世界中で権威あるものとして認められ、各国あるいは国際機関の放射線防護の規準として用いられている。

放射線防護の方法として被ばく線量の制限が考えられ、その制限値は以下のような歴史的変遷を持っている。すなわち、IXRP 発足の当時すでに耐容線量の概念が存在した。これは人が少しも障害を受けずに長期間にわたり耐えうる線量を意味していた。IXRP は 1934年にこの考えを採用し、耐容線量の値を1日あたり 0.2 R と定めた。この数値は 1950年まで 16年間変更されることなく国際的な基準値となった。

第2次世界大戦後に放射線防護にも大きな変化が見られた。原子力の出現や被ばくの多様化が最大の因子であり、同時に以前のマラーによるショウジョウ蠅での放射線誘発突然変異の研究も関係している。結果的に、1950年に閾値の存在を前提としていた耐容線量の概念は破棄され、閾値を持たないタイプの放射線効果のあり得ることを考えに入れた表現である最大許容線量が用いられるようになった。数値的には空中線量で1週 0.3 R であるが、閾値を持たない放射線効果への配慮と規制値低減の放射線利用にとっての障害とのバランスを取った値と言える。1958年にはICRPは Publication 1 を刊行、その中で  $D=5(N-18)$  の式による集積線量の規制と連続13週の期間における最大許容線量 3レムの規制を勧告した。年間5レム (50 mSv) の被ばく制限に若干の裕度を持たせたものと考えられる。基本的にこの年間5レムの数値は1990年の勧告まで長

い間基準値として用いられた。なお、Publication 1において上記の職業被ばくに対するものと同時に公衆の被ばくに関連した最大許容線量が勧告され、その数値は年間 0.5 レムであった。

## 1977年勧告における線量限度

実質的に年間 50 mSv での管理が行われてきた長年の職業被ばくでの経験によれば、その管理から免れる事後的な被ばくがない限り、確定的な影響のみならず確率的影響も職業上の被ばくが起因するものは何ら認められないとしたうえで、当時の最新の放射線生物学上の知識に基づき当時の職業被ばくでの線量限度である年間 50 mSv の確率的影響のリスクについて算定してみても、一般に安全といわれている職業上の死亡リスクと同程度であることを理由に、線量限度改訂の必要がないことを明らかにした。すなわち、線量限度を設けて管理すると実際の職業集団の平均線量は限度の10分の1以下になるとの経験則ならびに確率的影響のリスク係数  $1.65 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$  から、年間 50 mSv の管理によるリスクは安全と考えられている職業上の年間の事故死のリスク  $10^{-4}$  よりもわずかであるが小さく、このことから線量改訂の必要がないとされたわけである。

線量限度検討の方法として種々の批判があるかも知れないが、私にとってはきわめて分かりやすい説明であると思われた。ただし、実際はこれらの比較に、例えば職業安全の水準は世界全体で一定でもなければ一様でもないなど種々問題があるとされ、以下のように1990年勧告では上記とは異なった考えに基づいて線量限度が設定されている。

## 1990年勧告における線量限度

職業被ばく：1977年勧告と比べて特徴的なことはより包括的アプローチを採用したことにある。すなわち、確率的影響のリスクのみならず寿命短縮や非致死疾病の発生も含んだ放射線被ばくのデトリメントに対する容認性を基準にして考えることとした。容認性はどうしても主観的な性格を持ち、被ばく源あるいはリスク源との関係で解釈されるものであることには注意が必要である。

一般に被ばくあるいはリスクの耐容性は容認可、耐

試算してみると自然レベル放射線による塩基損傷の1年分が1日の呼吸酸素による分に匹敵する。カリフォルニア大学のエイムスは、単位体重あたり酸素消費量の多い動物ほど、酸化DNA損傷が多いことを示して大きな反響をよんだ。このときDNA修復効率が100%と仮定、除去された損傷はすべて尿中に排泄されるものとして、尿中濃度から推定がおこなわれた。このことをある女子大学で講義してそれに対するレポートをみたところ、酸素を多く消費するスポーツはがんのリスクを上げることになるのかという疑問を書いた学生がいてまいったことがある。この問題は高酸素濃度における修復効率をもとにして答えられるべきであろう。

低レベル放射線の問題として最も新しい展開をみせているのは、遺伝子発現の誘導の分野である。さまざまな生体に必須な遺伝子が低レベルの放射線によって活性化されて転写が促進され、さらにたん白がつけられる。また修復遺伝子も活性化されて常備の状態から強化された状態へと移っていく。そして修復が完了するまで細胞の分裂を止めて監視体勢に入る。このニュースレターのNo. 7で紹介された放射線ホルミシスを説明する分子機構もここにみられる。

以上の話は、放射線の標的となって損傷を受けた細胞の中の話である。放射線をうけた細胞をあつめてすりつぶし、おこった変化を分析してみたもので、細胞群全体を平均化してみたときの話である。細胞群の中のひとつひとつについては、あるものは死滅し、生き残ったもののあるものはわずかな数ながら突然変異をおこす。その中でもがんの原因となる突然変異はごくわずかである。与えられた細胞群の中に、目標とする遺伝子に突然変異をもっとも多くおこさせるコツは、90%死滅させるような放射線量を用いることで、このとき10%生存した細胞1万個の中に1ヶくらいの頻度で突然変異細胞が出てくる。試験管内で細胞をがん化させるときもほぼ同じ方法で、異常増殖をおこした細胞のコロニーをとり出してがん化したことを確かめる。ここにひとつの大きな陥し穴がある。生体の組織の中では、細胞は試験管内のように単に寄せ集めたものではない。各々が生体の合目的性に従って通信し合っている(この合目的性最大の謎である)。組織の中で、傷のついた細胞は、死ねばあとはまわりの健康な細胞が埋め合わせをしてくれる。この場合、単に死ぬのではなくて、自己の将来の悪影響を予知しているらしい。この積極的な死をアポトーシス(細胞自爆、社会のために自己を犠牲にするのでカミカゼと呼ぶ人もいる)と呼び、消極的な死ネクロシスと区別する。アポトーシスを制御する遺伝子群は急速に明らかにされてきて、がんにも抑制にも関わっている。しかも生体組織1ミリ角あたり約100万個含まれる細胞のひとつひとつについて、どの細胞がアポトーシスをおこしているか染めわけることができるようになった。今までは組織全体をすりつぶして平均化して見ていた反応を細胞ひとつひ

とつについてみるができるようになってきた。奇型の発生のたねは、このアポトーシスによって排除されており、それが放射線による奇型発生がある線量までゼロレベルに閾値型に押えられている原因である。このことはわが国の野村ら、さらに法村、近藤らの協力チームによってみごとにつきとめられた。

がんについても、このような排除抑制機構と、さきへのべた低線量域における修復効率上昇や遺伝子発現の誘導の機構が関与していることがあきらかにされつつある。はじめにのべたように、発がんの閾値線量は連続して放射線を受ける場合によく現れる。故に、このことはひとつについては原爆や事故の場合よりも低線量や自然放射線の高い地域住民の場合に大きな意味を持ってくる。放射線防護の目安として用いられている直線型の発がん線量効果関係は、あくまでモデルであって事実ではない。このことが誤解されて社会的に混乱を招いているようにみえる。また専門家の中でも、生体内の細胞の秩序の問題を無視してがんの問題が議論されていることがよくある。

低線量放射線影響の問題は最近各国で見直され、フランスでは国あげてのプロジェクトですすでに昨年報告が出され、アメリカでは新しいプロジェクトが始められることがすでに公表された。この勢いはやがてわが国にも押しよせてくることになるであろう。

#### あとがき

いろんな方と話してみても、物理専門の方のほうが、生物専門の方よりも話がとおりやすいことがある。いわく、「単体問題から多体問題に入ると相互作用が働き複雑にする」。このことは生体組織の中での細胞の動きの複雑さに通じる。また「観測したと思った場所に標的対象はいない(不確定原理)」。これは、放射線でヒットしたと思った細胞は自爆して姿を消し、まわりから押しよせた細胞が勢いあまってがんになる、という発がんモデルに通じる。個々の系の問題が解けて複雑な系の問題に入るとき、とくに放射線生物の問題でもそうであるかに総合的な視野が必要になるように思う。

個人的な経験を申し上げますと、40年も前に岡田重文先生のあとに従ってロチェスター大学院生として放射線生物学を学んだが、このコースの学生は医学部に籍をおき、生理学や生化学で医学部の学生と同じようにしぼられる一方、物理学教室のクラスへ出むいて初等量子力学の単位をとることを要求される。生物は得意な学生でもここでいためつけられることが多かった。さらに遺伝学教室で遺伝学の単位をとることも要求される。こうしてプロとしての放射線生物研究者をきたえあげる。わが国ではこのような学部の間の乗り入れシステムが確立しないまゝ今日にいたっているようにみえる。放射線教育フォーラムの主旨からみて、まずわれわれ自身の思考を閉鎖系から解放する必要があるように思う。

話題

低レベル放射線影響に関する最近の話題

—疫学調査の立場から—

(財)放射線影響協会・

放射線疫学調査センター 岩崎民子

[緒言]

人体に対する低線量被ばくにより誘発される悪性疾患は主に晩発性身体影響であり、それは統計学的にのみ検出できるがんの増加であり、線量に伴って増加すると考えられている。この種の影響に対しては確率的という言葉が用いられている。現在、電離放射線に被ばくしたヒト集団におけるがんリスクに関する数量的な情報は大部分は中高線量率で、中・高線量被ばくした集団の情報から得られている。しかし、一般に放射線に対する環境や職業被ばくでは低線量率による低線量被ばくであることを理解する必要がある。

[低線量とは]

国連科学委員会 (UNSCEAR) 1986年報告では、低線量とは低LET放射線の0.2Gy未満をいい、2Gyを越える線量は高線量として考え、この間の線量を中線量としている。また、低線量率とは0.05mGy/分未満、高線量率は0.05Gy/分を越えるものとし、この間を中線量率とした。

[放射線発がんの研究方法]

ヒトが低線量の電離放射線に被ばくしたときに懸念される最も重要な長期影響は恐らくがんの誘発である。細胞系や動物実験からその誘発のメカニズムについてはある程度知ることができるが、ヒトに誘発されるがんの種類、線量と被ばくとの時間的關係、性・年齢等多くの因子について知るには疫学調査によらなければならない。

疫学とは、病気或いは健康異常の発生を規定する因子を明らかにし、これらの疾病や異常を予防する学問のことであったが、今日の疫学は、更に発展して、医学及びその関連領域において集団の構成員の中に存在する又は発生する事象を正確に観察し数量化することにより、事象間の関連を検討して因果関係を推論することを目的とするようになってきた。例えば、水俣病やイタイイタイ病等のいわゆる公害病やキノホルムによるスモンの病因解明、或いは脳卒中を中心とする循環器疾患やがんの疫学的研究も精力的に行われている。

電離放射線の被ばくにより誘発される悪性腫瘍は他の様々な原因による悪性腫瘍とは区別することが出来ない。放射線発がんを研究する最も有力な方法は被ばくしたヒト集団の疫学調査であり、疫学的解析手法を

用いてがんの発現に影響する多くの因子の関数として表すことができ、その結果としてがん誘発リスク推定値を得ることができる。このようにして疫学的手法によってのみヒトの放射線誘発がんに対する幅広い理解とその量的リスク解析に貢献してきたが、一方で疫学は幾つかの限界を持っていることを忘れてはならない。線量が高いときには疫学データは明確な反応を示し、多くのがんのリスク推定値を得、また他の因子に関する依存性が調べることができる。しかし、線量が低く、検出される影響が被ばく集団の自然発生がんと比較して小さいときは、リスクの数量化は非常に困難を伴う。

疫学研究において注意しなければならないことは、因果關係の有無だけでなく、關係の強さを示すこと、即ち定性的結果だけでなく、定量的な結果を示すことが必要である。観察された事象間の因果關係を客觀的に証明することは不可能であることから、疫学研究においては因果關係の判断をするには次のような項目について検討する必要がある。それは強固さ(量反應關係があること)、特異性(ある原因がある結果と対応する)、時間的關係(原因が結果の前にある)、一致性(他の研究でも同じ結果が得られる)、整合性(諸分野の既存の知識と矛盾しない)である。

放射線影響は、通常過剰リスクという単純な方法で記述される。すなわち、相対リスクと絶対リスク推定値である。簡単に言えば、ある集団で観察された事象の数を(O)、被ばくの無い集団で期待される事象の数を(E)とすると、相対リスクは $RR=O/E$ 、過剰リスクは $(O-E)$ で表される。過剰相対リスクとは得られた相対リスクの値から1を引いた値 $(RR-1)$ で表される。また、異なった被ばくレベルからなる集団から導かれるリスク推定値を比較するためには、単位線量当たりのリスクとして算出することが有用で、リスク係数 $ERR=(O-E)/ED$ で表される。ここでDは被ばく集団の平均線量である。

[種々な放射線被ばく集団の疫学調査]

ヒトでの発がんは種々な理由で被ばくした高線量被ばく者の研究で観察されているのみである。その研究方法は記述疫学が主たるもので、研究対象の最も重要なものは原爆被爆者の調査であるが、この他核実験時の研究者やフォールアウトに被ばくした人達、がんや他の病気で放射線治療を受けた患者、原子力施設や鉱

山労働者、放射線研究者、バックグラウンド放射線の高い家に住んでいる人々、被ばく事故に巻き込まれた人々等々の被ばく集団がある。残念なことに、殆どの疫学調査対象集団を構成している個人々の被ばく線量データが無いことで、環境線量データや治療記録データ等から推定せざるを得ない。

放射線発がんの研究では被ばくを受けた個人と被ばくを受けなかった個人とが比較される。それらの人々について調査時点より前に遡って死亡の率を比較する後ろ向き調査と、被ばくした人についてその後時間を追って死亡の率を調べる前向き調査がある。原爆被爆者やチェルノブイリ事故の被ばく者の調査は前向き追跡調査であり、職業被ばくを受けた人の集団の調査は後ろ向き/前向き追跡調査である。

#### [原爆被爆者の疫学データ]

これらの中で、最も重要で価値の高いものは、原爆被爆者の寿命調査データである。寿命調査のコホート(コホートとはもとの意味はローマ軍団のことで、300-600人ぐらいの兵員小集団を指すが、疫学ではある共通の性格を持つ集団の意味として使われる)は、93,000人の被爆者と、広島・長崎に1950年に住んでいたが、原爆投下時には両市に住んでいなかった27,000人からなる。このコホート調査は主に被ばくとがん死亡率との関係を明らかにするために用いられている。最近では、死亡率に加え、がん発生率のデータも加えられている。がん発生データは死亡より早期にとらえることができ、また治療率の高いがんをも把握できる利点があるが、死亡率に基づくリスク推定値に取って代わるものではなく、補完的データとされている。この寿命調査コホートの中から約20,000人が選ばれ、成人健康調査が行われており、がん以外の心臓血管疾患や甲状腺機能亢進症等各種疾患についても調査されていて、重要な知見が得られつつある。これらの結果は国際放射線防護基準の設定する際の重要な基礎データを提供している。

#### [放射線業務従事者の疫学調査]

しかしながら、原爆被爆者のデータは高線量率・高線量一回被ばくであり、原子力の平和利用において放射線治療を除いては日常我々が被ばくする線量は極めて低い線量である。そこで最近重要視されてきたのが、原子力関連施設等で働く作業員の健康調査である。これらの人々については低線量長期被ばく集団と考えられ、被ばく管理の面から線量記録もあり、低線量リスクを調べるには最適の集団であるといえる。かくして1980年代には、米国、英国やカナダでこれらの調査が進められてきた。しかし、被ばく線量が原爆データに比べかなり低いため、その影響を検出するには統計的パワーが一国のデータだけでは不十分であるというこ

とから、これら三国で得られたデータを纏めて解析する方法がとられた。この三国合同解析結果は1995年に発表されている。それによると、慢性リンパ性白血病を除く白血病に対するリスク推定値は、成人として被ばくした原爆被爆者のデータからの推定値及び国連科学委員会の推定値より小さい。しかし、90%信頼区間が大きく、リスクが低い可能性または高線量から得た推定値の2倍であるという可能性も排除できないという。平均累積被ばく線量は36.6mSvと低いことから、リスク推定値に関しては今後の調査・解析にまたなければならぬ。

最近では、これをもっと国際的に共同して行うべく、国際がん研究機関を中心として、14カ国からなる国際共同研究が進められており、我が国もこれに参加している。我が国では、平成2年から原子力発電所に働いている業務従事者を対象に疫学調査が進められている。対象者は線量記録があり、追跡調査の可能な男性114,900人からなる集団で、主としてがん死亡と被ばく線量との関係が調査されているが、放射線との関連がありそうなデータは得られていない。しかし、追跡期間が4.6年と短く、被ばく線量も平均で13.9mSvと低く、年齢層も若いことから今後の長期にわたる追跡調査が必要である。

#### [低線量影響の問題点]

このほかチェルノブイリ原子力発電所事故により被ばくした住民や事故処理作業に従事した人々、或いはマヤク核施設で1950年代に放射性物質の外部放出事故により被ばくした住民や従事者、また医療X線技師についての疫学調査がなされているが、上記放射線業務従事者を除いては個人被ばく線量が明確でなく、調査結果の解析において難点がある。

低線量域の被ばくと発がん及びがん死亡との関係については、いろいろ議論のあるところである。とくに、提唱されているモデルの妥当性、しきい値の有無など統計学的手法の立場から、或いはデータの解釈の違いから種々論議のあるところであり、発表論文に対しコメントがなされており、それらに対しまた著者等が反論を加えるなど、まだまだ決着がつかない。

#### [結語]

現時点においては、リスク推定値は引き続き高線量率調査データから得られているが、低線量長期被ばくの情報が職業被ばく群の疫学的調査より入手できるようになりつつある。しかしながら、このような被ばく調査データはかなりの統計学的な不確かさが介在すること、またがんを誘発する他の交絡因子の影響を受けることから、その解釈には慎重を期す必要があるとはいえ、今後ますますこのような低線量研究がその価値を高めていくであろう。

## 低レベル放射線影響に関するトピックス (2題) 東京大学名誉教授 山口彦之

### (1) 放射線被曝の心理的後障害について

1986年4月のチェルノブイル原発4号炉の事故後、旧ソ連の各地から約60万人がその周辺地域に送られて、環境中の放射能物質の除去作業などに従事した。これらの人々は作業中に数か月にわたって比較的低い放射線量を浴びつづけた。

エストニアからは、チェルノブイル事故後に20歳から39歳までの男性人口の約2%の人たちが駆り出されて跡片付け作業を支援した。1992年から、これらの人々の健康調査がエストニアで始まった。種々の情報をたどって4,833人が確認された。1986年にチェルノブイルに送り出された人数は、エストニアからの全作業員の63%にのぼったことが判明した。既婚者は72%で、彼らの子どもの総数は5,392人であり、そのうちチェルノブイル事故後に出生したのは1,164人であった。

約85%の人たちは軍事訓練の一部として送られ、その半数以上が3か月以上のあいだチェルノブイル付近で過ごした。35%の人たちは事故場所のごく近くで働き、11.5%の人たちが破壊された原子炉の屋根の上で作業して放射能の強い残骸を片付けた。半数の人たちが行った主な仕事は放射能汚染表土の除去と埋め込みであった。これらの人たちの平均被曝線量は11センチグレイ(cGy)と推定され、その倍以上の放射線量を浴びた人たちは1.4%だけであった。

472人について詳細に調べたが、すべてのがんについても白血病についても、自然発症と比べ増加したとは認められなかった。また、ある種のがんがとくに多く現れるということもなかった。つまり、エストニアから作業員のあいだでは、チェルノブイルで浴びた放射線被曝によってがんの発病が増加したという証拠はみいだせなかった。また放射線に直接原因する病気もとくに認められなかった。

一方、平均6年半にわたる追跡調査によれば、144人が死亡し、そのうちの28人は自殺であった。19.4%という高い自殺割合にもかかわらず、全体の死亡率は一般集団の場合よりもわずかに少なかった。つまり自殺以外の原因による死亡率は20%も低下していたわけである。虚弱な人間は、エストニアからチェルノブイルに駆り出されなかったとおもわれる。また跡片付け作業員の大部分

は在郷軍人であったので、おそらく全体として一般市民よりも健康だったのであろう。

高率の自殺者があったことは、チェルノブイル事故の主要な健康影響には心理学的、情緒的窮迫があるという見解と一致する。跡片付け作業員たちはストレスの多い状況下で働いた。突然の強制義務、放射能の汚染している環境下の作業、安全性に対する慎重な配慮の欠如、被曝線量に関する不安、被曝による将来の健康影響に関する情報不足、これらがストレスとなったことだろう。作業員のあいだには、なんらかの後遺症があるのではないかという不安が広まった。

チェルノブイル事故に関する1989年の世界保健機構(WHO)の調査や1990年の赤十字の調査でも、被曝線量と関係なく、心理的ストレスや不安がチェルノブイル周辺の人々に種々の症状と健康障害をひきおこしていることが報告された。1993年にギンスバーグ博士は、国際原子力機関(IAEA)医師団による1,356人の調査にもとづいて、成人に被曝による健康障害でなく、放射線に関係しない健康障害として未治療の高血圧が多いと報告している。とくに、汚染地区で心理的問題が生じた。親は子どもが病気になることを心配し、説明不能の病気はすべて放射能のせいにした。放射線が「見える」とか、放射能汚染地に生育する樹木や植物の色が変化していると錯覚に陥ったりする人も現れた。チェルノブイル付近で強制疎開させられた約15万人は、高血圧、興奮、ストレス、放射線恐怖症を伴った。放射線恐怖症の原因としては、十分な基礎知識の不足、医師・研究者・メディアによる低レベル放射線の害作用の過大評価、被曝者のがん発症のリスクに関する無知などがあげられた。チェルノブイル地域の住民の3分の2、医師の86%は、どんな微量でも放射線被曝は人間の健康を害すると信じているという。

原爆の被爆者のあいだでも、がんの発症などの後障害の増加が報道されると恐怖感が増したという調査がある。近年、不安や恐怖が関与して自律神経の異常が出現する仕組みが解明されつつある。

「放射線はどんな微量でも毒だ」という概念は、科学的には証明されていない。この仮説と合わない科学的データが多い。この仮説によって、一般の人々は不必要に恐怖心をおおられ、放射線恐怖症が増え、公衆の健康を害する結果になっている。早急に微量な放射線被曝の影響について研究することが重要な課題である。

## (2) フランス医学アカデミーがEU指令の国内法制化に反対

フランス医学アカデミーは、放射線被曝の許容線量引き下げを定めた欧州連合(EU)指令の仏国内法適用に反対するとの見解を1999年6月29日に発表した。

日本をはじめ多くの国の放射線規制に対して大きな影響力をもつ国際放射線防護委員会(ICRP)は、90年に一般公衆の年間被曝限度を現行の5ミリシーベルト(mSv)から1 mSvに、職業被曝限度を50 mSvから20 mSvに引き下げを勧告した。EU指令は、このICRP勧告に従ったもので、96年にEU指令として採用され、2000年5月までにEU加盟各国の関連法にもりこまれることになった。しかし、ICRP勧告が出されたあと、かなりの年月が経過し、この間に集積されたデータとの矛盾が目立つようになり、国際的にも各国での国内法へのとりこみについて論議が絶えなかった。

フランスでも、医学アカデミーをはじめとして、複数の科学者団体からICRP勧告の限度値の法制化の先送りがかばれてきた。医学アカデミーの見解発表では、「被曝限度値の引き下げを正当化するような疫学および生物学的な論拠は一つもない」と明快である。EU指令の年間被曝限度の1 mSvは、世界中の一般公衆が日常浴びていて何の害も受けない自然放射線量の量と比べてもはるかに下回っていると指摘している。

さらに、フランス医学アカデミーはEU指令の国内法制化に反対する論拠として、つぎのようなことをあげている。フランスの一般公衆は、自然界から平均して年間1.5~6 mSvの線量を被曝しているが、場所によってはこの線量は10~20 mSvに達する。地質成分や標高によって自然放射能による線量の高い場所がある。フランスを含む世界のどこの国でも、白血病などのがん、先天性奇形の発生と自然放射線量のあいだには因果関係を裏付ける証拠は見出されていない。

フランス人の医学治療による放射線の被曝線量は平均して年間1 mSvであるのに対して、核燃料サイクルも考慮に入れた原子力利用による被曝線量は年間わずか0.01 mSvである。

科学アカデミーと健康医学協会が95年と98年にそれぞれ実施した調査によると、100 mSv以下のどんなレベルの被曝も健康に影響しないことが

明らかとなっている。被曝許容量値を引き下げることとは一般大衆を安心させることにならず、かえって不安感や恐怖心を煽ることになる。個人にとっては小さいリスクでも集団では大きなリスクになるという集団線量概念は、最新の調査では否定する証拠がえられている。

台風を考えると、一定の風速までは何事も起こらないが、ある一定値を超すと致命的な被害が起こる。この値をしきい値とよび、自然界ではしきい値をもつ場合が多い。ICRPは、放射線による発がんなどはしきい値がなく、浴びた放射線量が増えるほど、がんの発生する確率が高くなるとしてきた。だから、「被曝量は経済的・社会的要因を考えて、達成できる限り低く抑える」とICRPは考えてきた。日本をはじめ各国の規制はこの考え方を採用している。

最近の分子生物学の進歩によって、がんや遺伝的影響は放射線が遺伝子に損傷を与えるから起こること、放射線によって損傷を受けた遺伝子は修復されること、修復不能な損傷を受けると、その細胞は「自殺」して体から排出されるアポトーシスという現象があることが解明された。これらの処理能力をこえたときには、がんや遺伝障害が生ずるのであろうと考えられるようになった。実際に低い線量と高い線量とでは生物の反応が異なる結果も示されている。遺伝子の修復メカニズムを考慮すれば、短時間に強い放射線を受ける場合と、弱い放射線を長時間受ける場合とでは、影響がまったくちがうはずなのにICRPは受けた線量が等しいならリスクは同じと判断している。

まだ「放射線はどんな微量でも毒だ」という概念は科学的には証明されていなし、この仮説と合わない科学的データも最近少なからず現れてきた。この仮説によって、一般の人は不必要に恐怖心を煽られ、放射線恐怖症が増え、公衆の健康を害する結果にもなっている。早急に微量な放射線被曝の健康影響について研究することは緊急の課題となっている。米国のエネルギー省は、1998年から分子生物レベルにおける放射線影響の研究を開始した。またカナダのオタワ大学には低線量放射線の健康影響に関する国際センターが発足した。得られた科学的研究成果を規制などの制度面にどう取り入れるか、今後の知恵が試される。

## 第7章 まとめ

(これからの放射線教育の  
在り方と提案)



## 第7章 まとめ（これからの放射線教育の在り方と提案）

### 1. 学校教育についての提案

#### 1.1 望ましい学校教育システムの確立のための基本的考え方

- (1) 理系では、将来の研究者・技術者の養成のために、原則的には価値観とは完全に離れて、しっかりと科学の基礎的知識を精選して教えねばならない。（数学は科学を語る言語である。）
- (2) 基本的に重要な事実・概念は子供の発達に応じた適切な時期にタイムリーに教えることが有効である。また具体的教育方法としては、教科書と、ディベートと、実践（実験）を合わせて行なうことが望ましい。
- (3) 環境・エネルギー・原子力・放射線を含めた広い、かつ公正な「リスク・ベネフィット」教育を学校で行うことが求められている。
- (4) 社会系科目では、正しい科学的知識と、社会的ニーズ・経済効果と、さらに価値観・倫理観を調和・融合した「総合的教育課程」の創出を期待したい。ここでの基本は、科学技術の進歩が人類の幸福と敵対するものであってはならないこと、すなわち科学技術の人類の平和共存・福祉への積極的利用であり、同時に社会の現実を直視し、社会に必要なことを逃避せず、問題解決のために積極的に創意工夫をしようとする資質を教員にも生徒にも求めたい。

#### 1.2 教員の養成・適切なテキストの作成・実験の有効性

- (1) 小・中・高校の理科の教員、および科学技術の重要性を理解する理科以外の教員をできるだけ多く養成することが必要である。（そのためには、大学や研究所と高校との連絡を密接にし、必要があればわれわれ専門家が学校教員の資質向上のために指導し、あるいは放射線・原子力関係の良いテキストや指導マニュアルの作成に協力することが望ましい。また、研究炉などの原子力施設や原子力展示館などを積極的に学校教育に利用することが推奨される。
- (2) また、現在の教員養成の制度を見直し、優れた理科教員を育成するために、大学の教育学部のカリキュラムを考慮し直すとか、一部の海外の国で行われているように、理科教員をもう一度大学院で研修させる制度を作るなども有効であろう。
- (3) 現行の学習指導要領にとらわれずに、分かり易い原子力・放射線関係の著書を進んで出版することが望まれる。フォーラム会員による近著数冊をご紹介します\*。
- (4) 自然放射線・放射能の存在を子供の時から認識させることは教育的に極めて有効であるので、これを教育課程として定着させたい。（その方法としては、例えばすべての小・中学校に放射線測定器を配布し、子供達に授業の中で自然放射線を実測させる。この事例はすでにある）。そして、放射線を「電波」のような目に見えない実在物として認識させることである。さらに中学・高校になれば、この量を定量的に理解させ、実習・実験を通じて放射線の線源から「距離を取る」、「遮蔽を置く」、そして「被ばく時間を短くする」、という放射線防護の基本的3原則で放射線から身を守ることができること、放射性物は固有の半減期に従って減衰してゆくことを実験を通じて理解させることが望ましい。

### 2. 社会教育に関する提案

社会教育に関しては、一般市民の放射線・放射能に対する過剰の恐怖心や不安感を除くために、電力会社などのPR活動ばかりにまかせず、われわれ専門家も協力して一段の努力をすることが必要である。そのためには、

- (1) われわれ放射線・放射能の専門家が積極的に新聞・インターネットなどのマスコミ、マスメディアを通じて分かりやすい言葉で情報発信をする。また官庁などから公開された

情報に対しては、積極的に意見を述べることを望ましい。

- (2)そして、われわれ専門家は学校の理科のみならず文系の科目の教師の方々のほか、社会のオピニオンリーダーや政治家とも接触して正しい知識を持ってもらい、何かの社会的事件がおこったときにこれらの人々から偏らない意見を述べて貰うことが望ましい。
- (3)われわれ専門家が、世間の風潮に気兼ねをしたり、ICRPの考え方にいつまでも優等生になっていないで、科学的事実や科学者としての自分の考えを、マスコミ関係者らに率直に語る必要がある。
- (4)マスコミの報道で科学的に誤った記事などを見たときは、われわれ専門家がそれを見過ごすことをせず、時には勇気を持って誤った記事を訂正する情報を与えてやらねばならない。
- (5)特に原子力・放射線と社会に関する教育について一つの要点は、一般の方々は原子発電所はベネフィットの点で受け入れやすいが、現状では放射性廃棄物処理施設のほうはリスクを過大に見なされていて社会受容が困難なようであることである。この現状を改善するには、放射線影響や放射性廃棄物処理・処分に関する専門家の考え方をもっと一般の人々に啓蒙する必要があることを示唆している。

### 3. 政府・行政機関に対する注文

日本政府は、国際機関が勧告したことを金科玉条にしないで、科学的事実に基づいて、国益を考慮し、場合によっては独自に判断した見解に従って政策を立案し法令を制定すべきである。いつまでも情報後進国になっていないで、科学的事実と確固たる価値観に基づいて日本がリーダーシップを取って貰いたいと希望する。ICRP勧告は絶対的なものではないので、わが国の法令への採り入れにあたっては、我が国の進んだ科学研究成果を取入れ、かつICRP自身が言っているように社会的な配慮を十分に行われることを期待する。

なおまた、これもすでに要望書において希望したことであるが、教育は国家百年の計に係る重要な問題であるから、教育方針の策定にあたっては、天然資源の乏しい我が国の国益を重視し、できるだけ各界の意見を聞き、とくに政府各省庁間の連絡を密にしていきたい。そして、日本国民の優れた頭脳を結集させ、科学技術の成果を国民ならびに世界の人々の福祉増進に役立たせることにつき、わが国が英知をもって国際的に指導的立場で貢献できるようにすることを切に希望する。

### 4. 放射線教育フォーラムの今後の在り方について

放射線教育フォーラムは、国内的には、上記の学校教育や社会教育についての提案や政府・行政機関への注文についてのリーダーシップを取る団体としてあり続けたいと願っている。また、国際的にこの活動を拡大させて行く母体でありたい。このためには、人員・予算などの規模が小さいが故の問題点を解決することが当然ながら必要である。全会員はもちろん、内外のご協力を得て、適切な規模で活動できるように努力したい。また適材適所の考え方で会員の持てる能力を自発的、積極的に発揮していただく形の参加により活動内容の質を高め、社会的認知と信用度の向上を果たしたい。

\* 1) 松浦辰男：「放射性元素物語」，研成社，東京，1992

2) I. G. DRAGANIC et al: "Radiation and Radioactivity on the Earth and Beyond", 2nd ed. CRC, 1993; 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，東京（1996）

3) 村主 進・犬飼英吉・長沢光男：「21世紀、日本のエネルギーは大丈夫か」，ダイヤモンド社，1999年3月

4) 渡利一夫・稲葉次郎編：「放射能と人体——くらしの中の放射線」，研成社，東京，1999年6月

## 付章 JCO事故に関する解説と評論

1997年12月10日現在

1999年9月に東海村のJCO核燃料加工施設で起きた臨界事故はあってはならないことであったが、起きてしまった以上は、これを教訓として、2度と起きないための万全の態勢を作らねばならない。本章では、フォーラム会長の伏見康治先生による関係者への戒めのお言葉に引き続き、この事故が何故、どのように起こったかの比較的詳しい解説のほか、健康影響についての住民の不安に対する複数の専門家の説明、この事故に関して原子力の利用に関する疑問が出されたのに対して大学で学生の質問に答えた実例、このことをテーマにして高校で理科の授業に取り上げたときの問答の一例、その社会的な背景や今後の施策、事故についての報道の記述に対する指摘など、多方面の角度からの資料を収録した。

これらのうち、菅原努先生による健康影響についての解説は、事件後ただちにインターネットで誰でも知ることのできる資料として公表されたものである。またこれに添付されていた「用語解説」の一部は本書の147、150、166 ページに分割して掲載した。

なお、本出版物とほぼ同時に刊行された放射線教育フォーラムニュースレター No.16 でも臨界事故の解説記事が掲載されている。

# どうした 技術大国

—1—

信じられないような事故・トラブルが続発している。茨城県東海村の「臨界事故」、新幹線トンネルでの相次ぐコンクリート落下……。技術大国・日本はどこへ行ったのか。一見、別々の出来事のようにみえて、実は社会の奥深くで技術立国の基盤をむしばむ異変が、広範に進んでいるのではないかと、どこに問題があり、今何をなすべきかを、各界の識者（語り）も語り。

三代目の危うさ  
「三代目のように思える。一九四五年の敗戦で日本は原子力の研究を禁じられたが、研究再開はわれわれ釘付けになり、推移を苦しんで見守っていた。一九五三年末、国連総会でアイゼンハワー米大統領が平和利用推進演説を行い、解禁となった。五六年の原子力委員会設置などにより、ようやく日本の原子力開発は船出できた。」

「売の家と唐様で書く三代目」という川柳がある。この時の「二代目」の研究が苦悶の初代が築き上げたものを、苦勞知らずの孫が瀆辱する（？）意味だ。扱った技術に対する畏れと緊張感、二度の飯沼の研究が

遂行した米国だった。初期も、肌でわかっていには、核物質を素手で扱って臨界事故を起こし、何人かが犠牲になった。日本の第一世代は、その米国から直に学んで、臨界の恐ろしい学んで、臨界の恐ろしい好きという情熱を持ち、被爆国において原子力を扱うことこの困難さを、安全の誓いによって乗り越えてみせるといふ真摯さがあつた。原子力が、手綱を緩めること恐ろしい結果を招く暴れ馬であることを、先づ先に体得していただのは、原爆開発の「マンハッタン計画」を正体を、頭では理解したつ

の東海再処理施設火災・爆発事故も、原因はありふれた温度計の設計ミス、低レベル放射性廃液の処理工程での管理ミスといわば、瑣末なものだった。安全は能動的なもの。原子力にしろ、コンクリート落下を頻発させている新幹線にしろ、草創期から時がたち、それにかかわる膨大な人々のどこかに気の

日本の原子力開発 稼働、全発電量の35%を担うに至っている。開発前夜の54年には第五福竜丸が米の水爆実験で被災する不幸もあり、唯一の被爆国・日本の原子力開発において安全確保は、絶対の命題とされた。現在では51基の原発が

## 「初心」忘れた原子力

馬であることを、先づ先に体得していただのは、原爆開発の「マンハッタン計画」を正体を、頭では理解したつ

ゆるみやさまざまな取り組みが出てくると、事故がつけ入ってくる。重要な立場の人の初心回復だけではなく、すべての人々が「やるべきことをきちん」として、ひたひたの日本ではあだり前だった気風を取り戻さなければならぬ。原子力も新幹線も成熟期にはなかり、今や最先端ではなくなっているだけに、安全委は行政の上で立ち、気になる施設や問題の

伏見 康治  
元日本学術会議会長



阪大・名大名誉教授。原子力開発草創期を知る物理学者。日本学術会議会長、議員など歴任。90歳。

安全委は行政の上で立ち、気になる施設や問題の

英訳はあすのデイリー・ミツウリに掲載します

## JCO臨界事故について

更田 豊治郎

(財)環境科学技術研究所

### 1. はじめに

東海村にある(株)JCOのウラン加工工場内の転換試験棟で平成11年9月30日(木)に起こった臨界事故は、全く思いもよらなかった事故である。臨界事故らしいと知らされても、すぐには信じられなかった。なぜなら、核分裂の臨界というのが原子力の最も特徴的な事であって、臨界事故こそは起こしてならないことであるから、核燃料物質を多量に取り扱う所では、当然、間違っても臨界にはならないようになってはいるはずと信じていたからである。臨界事故について予備知識が無かったのではなくて、「思いもよらなかった」のは、違法行為もあり、法律以前に純粹に科学技術上守らなければならない事さえも無視した作業が、核燃料物質を扱う専門の会社で行われるとは「思いもよらなかった」のである。如何に思いもよらなかったかを家内に説明するのも容易ではなかった。「現に(事故が)起こったじゃないの。貴方は大丈夫だと言い過ぎじゃないの。」といった具合である。

JCO臨界事故について、原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会(以下、事故調査委と略す)の最終報告書<sup>1)</sup>が平成11年12月24日に政府に提出されている。この報告書は、事故に関する事実や原因の把握とともに、事実の背後にある構造的・倫理的な問題も含めて検討を行い、事故再発防止対策、防災対策等について提言等を行っている包括的なものである。原子力関係者はこの報告書の内容を十分にそしゃくして、その提言等を正に拳拳服膺(ケンケンフクヨウ)したい。しかし、報告書では当然、今回のような事故が起こるか起こらないかにかかわらず、原子力であるか否かにかかわらず、大きな事業を行う上で基本的に留意されなければならない事にも言及しているから、そういった事まで反省しなければならないほど原子力界全体の水準が低いのかと、誤解されかねないのではないかと一抹の不安を感じる。

今回のような事故が起これば、この時とばかりに、原子力体系の危険性を誇張し、原子力界の倫理水準が特に低いかのように印象づけ、日本の原子力政策が大筋でも間違っているかのように世論を誘導しようとするような評論が時流に乗りすぎる傾向がある。このような傾向が、日本のため世界のために「角を矯(く)めて牛を殺す」ことにならないか心配である。

人類の生活水準の維持あるいは向上のためのエネルギー生産を地球環境を保全しながら行うためには、化石燃料資源依存を極力減らし、太陽光・風力・波力・燃料電池などの新エネルギー等を幅広く開発し、その時その時の最適のエネルギーミックスを追求して行かねばならないが、その中で現実的に少なくとも数十年以上の将来までは、原子力即ち核エネルギーの平和利用が主役となるべきだと筆者は思っている。従って、原子力推進の立場からの我田引水に陥らないように注意しながら、初等中等教育等で先生方が生徒に解説される時の参考になることを念頭に、JCO臨界事故について実体の平明な記述に努め、感想を述べたい。はじめから、原子力界として改善すべき事や、事故および事故対応等について責任の所在等を含めて包括的議論をここで行うつもりはないことを断っておきたい。

### 2. 臨界事故とは

核燃料物質は、それ自体の性状(組成、ウラン235の濃縮度等)、その集合の形態、及び周囲の条件(広い空間に孤立しているか、コンクリートや水に囲まれているか等)により、一定量以上集合すると自然に核分裂連鎖反応が持続するようになる。そのぎりぎりの条件(それ以下では連鎖反応は持続しない)を臨界条件と言い、その時の量を臨界量と言う。ごく僅かながら中性子は自然界の何処にでも飛んでいるし、天然ウラン中ではごく僅かながら自発核分裂が起こるなどで中性子が発生している。それらの中性子がウラン235に吸収されると或る割合で核分裂が起こる。つまり、核燃料物質のある程度量の中では、ごくごく僅かな割合で常に核分裂が起こっ

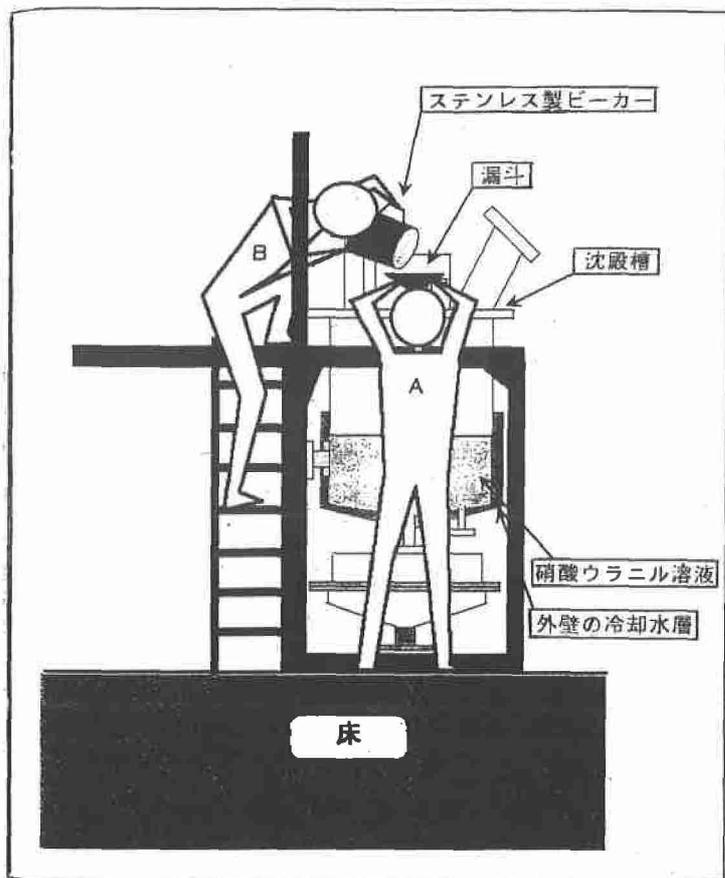
ている。核燃料物質が多量に集合すると、その中でウラン235の1個が核分裂を起こして平均2.5個の中性子が生まれ、その内の1個が別のウラン235の核分裂を起こし、そこで生まれた中性子がまた別の核分裂を起こすという具合に連鎖反応が起こる。核燃料物質が丁度臨界量するときには、この連鎖反応が継続し、全体として単位時間当たりの核分裂数は一定になる。臨界量より多くなると単位時間当たりの核分裂数は増えつづけ、臨界量を大きく超えると爆発的に核分裂が増加する。(爆発的に核分裂が増加と言っても、必ずしも爆弾のような破壊力が容易に起こるわけではない。) 同じ体積では球状に集合すると表面積が最小になり、中で生まれた中性子が外へ逃げ出す割合も最小になるので、球状の集合体が最小量で臨界になる。同じ形状の集合体では、例えば、その周囲に水の層があると、集合体から出てくる中性子の内の何割かが集合体の中へ跳ね戻されるので、水層がないときよりも少ない量で臨界になる。臨界に極めて近い状態の集合体に人が近づいただけで臨界になる可能性もある。

そこで、核燃料物質は、地震等で不測に集合したり、未臨界量の集合が浸水するとそれだけで臨界になったりする等といったことが起こらないように、臨界量よりも充分少量に分割して保管するのが当然の常識となっている。まして、核燃料物質を溶解したり加工する作業では、どう間違っても臨界にならない量を1回の取扱量(batch)として扱うことが厳重に守られなければならない。(質量制限と言う) さらに、核燃料物質加工装置は、間違えて1バッチ以上の量を入れるようなことがあってタンクが満杯になっても、臨界にならないような容積にするとか、また、同じ性状の核燃料物質では球状に集合すると最も少ない量で臨界になるので、タンクの形状は細長い円筒状にするか扁平にするなどの設計上の配慮(形状制限と言う)がされ、間違っても臨界にならないフェール・セーフな装置になっていなければならない。核燃料物質が予期しない原因で制御不能のまま臨界超過になることを臨界事故と言う。

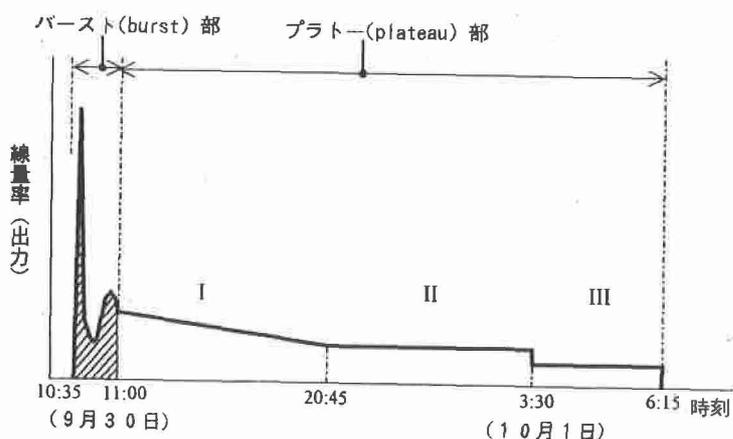
1個のウラン235が核分裂すると約200MeV(MeV=百万電子ボルト) $=8.90 \times 10^{-18}$  kW·hのエネルギーを発生する。(補足： $^{235}\text{U}$ 原子核(ここでは原子でもよい)1個が熱中性子によって核分裂したときに発生するエネルギーの平均値はほぼ、核分裂片の運動エネルギー168、中性子の運動エネルギー5、即発 $\gamma$ 線のエネルギー7、核分裂片の崩壊による放出エネルギー27の計207 MeVである。) このエネルギー値は原子或いは分子1個づつ一組の化学反応で発生するエネルギー(例えば $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 4.22\text{eV}$ )に比べれば桁違いに大きな値ではあるが、ウラン1個が指先で核分裂しても何も感じないほどのものである。それが例えば、アボガドロ数の百万分の一ほど多数のウラン235原子が核分裂すると $(8.90 \times 10^{-18}) \times (6.02 \times 10^{17}) = 5.4$  kW·hものエネルギーが発生する。核燃料物質の集合が臨界条件を超えると核分裂の発生が急増し、液体の場合には強い放射線によって水が分解して気泡が発生し、温度も上がる。気泡の発生によっても、温度の上昇によっても、一般に核分裂の発生率が抑制されるので、臨界条件を超えた程度が小さい場合には短時間で臨界状態でなくなり反応が収束する。しかし、気泡が無くなり温度もさがったために再び臨界になるといったことが起こり、その振動が繰り返すことも起こりうる。最初の反応が激しくて液体が飛び散って失われると、反応が収束して終い再臨界は起こらないという場合もある。

### 3. JCO臨界事故の概要

JCO東海事業所の同じ敷地内には第1加工施設棟(六フッ化ウラン(濃縮度5%以下)から酸化ウラン粉末を製造等。最大処理能力220 t U/年)、第2加工施設棟(工程内容は、第1加工施設棟に同じ。最大処理能力295 t U/年)、転換試験棟(六フッ化ウラン(濃縮度20%未満)又はイエローケーキ(多くは $\text{U}_3\text{O}_8$  40~80%の黄色の粉末)から、二酸化ウラン粉末又は硝酸ウランル溶液を製造。最大処理能力3 t U/年)などがあり、事故を起こした転換試験棟は、JCO全体から見れば、小規模だが濃縮度の高いウランについて、短期の断続的作業を行う施設である。短期断続的の仕事は作業手順を変えやすいところがあり、かつ高濃縮度ということから、経営者・管理者として特に安全管理・臨界管理に注意が必要な施設である。



第1図 2人の作業状況  
事故調査委の報告書<sup>1)</sup>の図に僅かに加筆したもの。



事故現場近くの別建屋のガンマ線エアモニタの指示値を基に、線量率(核分裂のエネルギー出力に略比例する)の時間変化をパターン化したものである。縦軸は対数目盛りで、図は正確な値を表示してはいない。横軸の時間目盛りは任意で、各時刻間で横軸の長さには比例関係はなく、バースト部が最も引き伸ばされている。

第2図 線量率のパターン  
事故調査委の報告書<sup>1)</sup>の図に僅かに加筆したもの。

JCOでは、高速増殖実験炉「常陽」(高速増殖原型炉「もんじゅ」の前の世代の炉で1977年の初臨界以来今日まで好成績の運転を続けている。)用燃料の原料として核燃料サイクル開発機構(サイクル機構)に納入する硝酸ウラニル溶液を転換試験棟で製造していた。その過程で、国の許認可を得た設備及び方法による作業とは全く異なる手順で、濃縮度18.8%の8酸化3ウラン粉末のウラン量で2.4kg(前述の1バッチ)ずつを10リットル入りのステンレス製バケツで硝酸及び純水で溶解し硝酸ウラニル溶液を精製する作業を行っていた。その上さらに、複数のバッチの硝酸ウラニル溶液を全体として均一にするための作業で、臨界防止のための手順(例えば、全量が40lだとすれば、それを10個の容器に4lずつ入れ、それぞれから0.4lを分取して別容器に入れて4lとすることを繰り返して新たに4l入り10個とすれば混合均一化ができるーークロスブレンディングという)を省いて、使う予定にはないはずの元々濃縮度12%未満の酸化ウラン粉体製造装置の一部をなす攪拌機を備えた沈殿槽に各バッチの溶液を漏斗を通して5リットルピーカーで移し替え、6バッチ分もの硝酸ウラニル溶液を入れ終え、7バッチ分目の溶液を注入している途中で臨界に至ったために事故が起こったものとされている。その時の作業状況を第1図に示す。この作業自体も許認可に違反しているが、図から見る作業動作は、臨界

にさえならなければ、特に危険というほどのものではない。基本的認識が不十分だと危険感の希薄なところに大きな危険が潜んでいることがある例である。図の作業員A（患者Aとも呼ぶ）が臨界になった溶液に最も近く位置し最も高い線量を被ばくした。3人目の作業員Cは沈殿槽の直ぐ側の壁の反対側に位置していた。ABC、3名の全身平均被ばく線量は、それぞれ、16~20 GyEq（グレイクイバレント）以上、6.0~10 GyEq、1~4.5 GyEq程度であると推定されている。

（GyEqは、高線量被ばく時における、放射線の種類に応じて急性影響に特有な生物学的な効果を考慮して影響の程度を表す単位）

JCO事故では、最初の臨界超過による瞬間的な反応の増大の後、断続的に臨界が緩やかに約20時間にわたって継続し、沈殿槽の外周の冷却水を抜く作業によって臨界状態が終息した（この水抜き作業について、後述の第1表を参照）。沈殿槽近傍の放射線の線量率（沈殿槽内で発生した核分裂のエネルギー出力に略比例する）のパターンを第2図に示す。図のバースト部を含む初期の核分裂中性子線の実測データは、JCOから約2 km離れたところにある日本原子力研究所（原研）那珂研究所内の中性子モニタ（中性子レムカウンタ；中性子モデレータで囲まれた<sup>3</sup>He比例計数管）のデータがあるのみで、初日の17時頃から現場近傍の中性子線モニタ値が報告されるようになった。原研那珂研究所の中性子モニタの測定値と、JCOのガンマ線エリアモニタの測定値とは傾向として一致した時間変化を示している。

事故後、沈殿槽内に残っていた硝酸ウラニル溶液の分析（核分裂生成物濃度、ウラン同位体組成、不純物濃度などを分析）と、近くの装置の部品のステンレス鋼試料の中性子による放射化生成核種の分析等から、事故の最初の約20時間内の沈殿槽内の総核分裂数は $2.5 \times 10^{18}$ 個であったと評価されている。この評価値の信頼度はかなり高いと考えられる。これから $235\text{g} \div (6.02 \times 10^{23}(\text{アボガドロ数})) \times 2.5 \times 10^{18} = 0.98 \text{ ミリグラム}$ 、即ち約1ミリグラムのウラン235が核分裂したことになる。これによって発生した全エネルギーは $(2.5 \times 10^{18}) \times (8.9 \times 10^{18}) = 22\text{kW}\cdot\text{h}$ 、沈殿槽から外へ放射された中性子の全数は多めに見積もって $1.5 \times 2.5 \times 10^{18} = 3.8 \times 10^{18}$ 個以下となる。ここで「多めに見積もって——以下」と言えるのは、1個の核分裂から出る平均2.5個の中性子の内1個は別の核分裂を起こすのに使われ、残る中性子の何割かは沈殿槽内のウラン238等にも吸収されるからである。（上記等について格段に正確な計算がコンピュータ・コードで行われる。）このようなことから、特に健康上心配されがちな中性子被ばく線量の上限值等の大まかな概算は比較的容易にできる。臨界状態が終息した10月1日6時15分までの実効線量当量は、事故発生点から80mの地点（敷地境界にほぼ相当）で92 mSv、350mの地点で1.2 mSv、1kmの地点で $6.5 \times 10^{-3} \text{ mSv}$ と評価されている。このような事故が起こった上では、現場の3名の作業員が重体となるほど被ばくしたのは避けられない不幸であったが、この3名以外の被ばくでは、水抜き作業のため計画被ばくをした人達の中に最高被ばく値120 mSv（暫定値）があるが、大多数が緊急作業に従事する放射線業務従事者について定められている実効線量当量限度100 mSv以下であった。それ以外の防災業務関係者の被ばくは、平常時の放射線業務従事者に係わる実効線量当量限度50 mSvを十分下回った。周辺住民等の被ばくは、少数の例外的に被ばく線量の多い人でも明らかに50 mSvを十分下回っており、大多数が検出限界値を超えていない。

実効線量当量100 mSvという値は、大まかに言って、世界で自然放射線の実効線量当量が高い、例えばブラジルのガラバリ市街地（年間10 mSv）と、例えば東京都（年間0.90 mSv）とにそれぞれ11年間住むと、自然から受ける放射線量に100 mSvぐらいの差がでることに相当するような値である。なお、ガラバリ市街地のみならず、自然放射線の水準が世界平均よりも格段に高い世界中の地域（日本では鳥取県三朝温泉付近、山梨県増富温泉付近等）の何代にもわたる住民の健康が他の地域よりも劣っているなどというデータはない。

環境モニタリングでは、周辺地域に点在する固定観測局における空間放射線量率の監視が強化され、移動測定車等による測定に加えて、大気塵埃、土壌、葉菜、水道水、井戸水、雨水、畜産物、さらに念のため海水、海産物の採取・分析が行われた。臨界による核分裂生成物中のガス状物質が事故施設から放出され、広範囲の複数地点で空間放射線量率（ガンマ線）が上昇したが、最大でも数 $\mu \text{ Gy/h}$ であり、かつ短時間であった。環境試料の一部から、臨界により生成した

と考えられる短半減期のヨウ素及び希ガスの崩壊生成物 (Sr-91 [9.5 h], Cs-138 [32.2 m], Ba-140 [12.75 d], La-140 [1.678 d]; [ ]内は半減期で m=分、h=時間、d=日) 並びに臨界により発生した中性子により放射化されたと考えられる Na-24 [14.96 h]及び Mn-56 [2.579 h]が検出されたが、それぞれの数はごく少なくなかつ短時間に減衰してしまう核種であった。粒子状の核分裂生成物は、施設の換気系に設置されていたHEPA (高性能微粒子) フィルタによって除去され、環境への放出はほとんどなかったと考えられている。以上及び92地点に設置されていた熱蛍光線量計(TLD)によるガンマ線の積算線量の結果も含めて、環境モニタリングの結果は、住民の健康及び環境に影響を及ぼすものではないと判断された。

事故の経緯を第1表に示す。我が国の原子力防災体制は、原子力発電所、再処理施設等からの放射性物質の大量放出に備えた対応を想定して整備されており、加工施設における臨界事故は想定されておらず、JCOの施設を対象とした防災計画も策定されていなかったことが、初動段階での現地における事故状況の迅速かつ正確な把握並びに的確な防護対策の検討及び決定を行う上で、大きな制約となったと指摘されており、その辺の対応の遅れが表からも感じ取れる。事故対応においてもJCOが当事者能力を欠いていた現れとして、事故発生後約10時間の初日20時40分頃まで現場施設の構造等に関する的確な情報が入手できず、緊急技術助言組織も事故の実態に即した対応を決めるのに苦慮したようである。各原子力発電所等では、防災対策の応援協力体制として当該事業所、市町村、県、原子力安全委員会緊急技術助言組織、及び国の関係を明示した図を含む詳細なマニュアルが作成されている。(ついでながら、詳細なマニュアルは急場で役に立たない可能性がある。防災関係者は、各自の職務・役割に応じて、原典の詳細なマニュアルに即した各自用のマニュアルを持っておく心掛けが肝要であり、防災訓練も必要である。) また各原子力発電所等は、その地域の地形と気象情報から事故で放出された放射性物質がどの様に拡散して行くかを時々刻々予測するSPEEDI (緊急時環境線量情報予測システム) ネットワークにつながっており、また緊急技術助言組織に当該プラントに関する情報などを提供表示して助言活動を支援する計算機利用システムの緊急技術助言対応システムといったものも開発されている。JCO事故は防災の面でも盲点で起こったものと言える。重篤な被ばくをしたJCO社員3名の内の患者A氏が12月21日に逝去されたのは痛恨の極みであるが、この3名の治療は、関係者のこれまでの努力の賜物として1998年7月に設立された放医研の緊急被ばく医療ネットワーク会議が効果的に機能して、多分野の専門家の協力が得られ、世界で最新最高の医療が施されていると聞いているのが、せめてものことである。

#### 4. 事故についての雑感

患者A氏の逝去に際し、ある新聞の社説に「当然行われていなければならない安全上の配慮に欠けた仕事環境で必要な教育も受けないまま作業をしたために、あらかじめの自覚もなく、突然わけも分からず命を落としてしまう理不尽さは、原子力の安全性とか原子力政策の妥当性とか以前の問題で、この責任は、草の根を分けても追求されねばならない。」というような部分があった。この筆者の気持ちはよく分かると共に、一命の重さを深く考えるあまりに、通り魔、いじめ、交通事故巻き添え、等で命を落とす理不尽さと、その背後にある問題の深さ等を比べて考えてしまう。

JCOには違法な作業手順を容認するようなずさんさがあった。それにしても、たとえ装置や作業手順が万全でなくても、1バッチ以上を作業場に持ち込まない管理さえ守られていたら事故は起きようがなかった。それがくずれても、作業員が臨界事故について妥当な教育を会社から受けていたら、1バッチの何倍もの量の硝酸ウラニル溶液を1つのタンクに入れるようなことをするわけがないので事故は起きなかったはずである。守るべき事の軽重をわきまえることの重要さを示している。事故についての責任としては、違法のみならず幾重にも手落ちのあった会社の経営・管理上の当事者責任が最も重いのは明らかである。程度問題であるが、規制を厳しくすればするほど安全が守れるというものではない。規制の遵守を確実にするには抜き打ち検査を十分にやるしかないかもしれないが、これも程度問題である。然るべき権限を委譲して、事業者の自主

性を高めると共に、結果責任を十分重くするような考え方が好ましいと思われる。

今回の事故で、350 m圏内住民の避難と、10 km (10 km が大き過ぎたか否かの議論はあるにしろ) 圏内住民の屋内退避を決めたことは、事故の実態が十分把握できない状況では、当然の妥当な判断であったと思われる。住民は大きな迷惑を受けたが、結果として、住民の健康への被害はほとんど全く無かったし、周辺環境への被害は全く無かったと言える。原子力安全委員会は、慎重な上にも慎重でなければならない立場上、例えば仮に「少数の例外的な人でもさほどの心配はいらぬが、それ以外の全住民は全く心配がいらぬ。」というようなことを早々と表明しにくかったと推察されるが、政府のしかるべき立場から早期に、住民が無用な心配をしないように働きかける強力な広報活動が欲しかった。そのような広報を、安全軽視と曲解する向きもあるからと消極的になるようなところがあるとすれば、考え直したいものである。時と場合によって、マスコミの一部に自主的に政府の広報を助けるようなところをもっとあってもよいのではないかと思われる。日本の危機管理体制の不備が言われているが、それ以前に、緊急事態にあつては、好むと好まざるにかかわらず、先ずは政府の対応に協力する気風と、そうあるべきものとの認識が肝要であろう。

それにしても、今回の事故で住民の間にパニックに近いというほどのことも起こらなかったのは、東海村当局の対応と、これまで何度か事故はあったが、40 年以上にわたって東海村住民と多くの原子力施設との間に良好な関係が築かれてきた実績によるところがあったと思われる。また事故対応においても、当然ながら原研、サイクル機構、その他の原子力関係機関が貢献した。

事故の実態と被害に関する結論の表現に就いての参考までに、事故調査委の報告<sup>1)</sup>に参考資料として掲載されている「IAEA (国際原子力機関) 専門家チームの報告書 (1999 年 11 月 15 日) の結論」の部分 (①から⑧までである内の⑥まで) を以下にそのまま引用する：

- ①事故は、第一にヒューマンエラー及び安全原則と基準の重大な違反によって発生した。
- ②事故は、有意な放射性物質の飛散につながる事故ではなかったため、汚染事故ではなく、本質的に照射事故である。
- ③臨界が始まった後の 20 余時間の間、放射線が転換試験棟で生成し、離れた距離においても、それが計測されたが、建屋から放出されたのは、微量の希ガスと気体状のヨウ素のみであった。臨界が終了し、遮へい実施後は、敷地の外側の放射線レベルは通常に戻った。
- ④事故直後、周辺で微量の放射性核種が検出されたが、検知された核種の半減期は短く、この事故による残留汚染はない。このような微量の放射性物質は、地域住民や彼らの子孫の健康や環境条件に対する放射線による影響を及ぼすことはない。
- ⑤この地域の農産物には全く影響はなく、完全に安全である。本チームが測定した居住地の放射線レベルは、通常のバックグラウンドレベルであった。
- ⑥事故によって、この地域の産業及び農業が間接的に損害をうけていると報告されているが、これは、被ばくが限られており、放射線の残留物がないにもかかわらず、多くの人々が、本事故を汚染を伴う事故であると考えているからである。

この結論は、事故調査委の「緊急提言・中間報告」(1999 年 11 月 5 日)<sup>2)</sup>及び同委の最終報告<sup>3)</sup>の内容と矛盾しないが、立場の違いはあるにせよ、IAEA チームの表現の方が、要点が簡明で判りやすいと思われる。

普通に放射線は五官に感じない。今回のような事故の記事で、「見えない恐怖」といった大見出しがあっても間違いとは言えない。しかし、多くの毒物も量次第で、普通は見えないし、長く五官に感じないことも多い。他方、放射線は簡易装置で高感度の検出・計測ができる特徴がある。一般に、法に定められている放射線被ばくの線量当量限度は十分安全裕度のある低めの値に定められていると思われる。国際放射線防護委員会 (ICRP) が ALARA (As Low As Reasonably Achievable: 合理的に達成できる限り低く) を提唱している事から、「放射線を少しでも被ばくするのは危険だ」との誤解が生まれ、迷信となっているところがある。ALARA は放射線防護の立場から「経済的、社会的要因を考慮に入れて合理的に達成できるかぎり低く保つ」ことを要求しているものであるが、ICRP はその「1990 年勧告」<sup>4)</sup>の第 1 章、緒言の 1.4、委員会勧告の適用範囲で、次のように述べている。「委員会はまた、人類が直面している多くの危険の中の一

つである電離放射線だけにこのように（委員会の勧告が一筆者加筆）集中することは、無用の不安を引き起こす種になるかもしれないことを認識している。それゆえ委員会は、電離放射線は恐怖ではなく注意をもって取り扱う必要がある、そして、放射線のリスクは他のリスクと釣り合いを保つべきである、という委員会の見解を強調したい。電離放射線に対する被ばくを管理するために利用できる方法は、もし適切に用いられるならば、われわれすべてがさらされている一連のリスクのうちで放射線の占める部分はわずかにすぎないことを保証するに十分なものである。」

今回の事故では、健康上問題になるような環境影響は全くなく、農作物にわずかな影響もなかったにもかかわらず、茨城県等が安全の広報に努めても、農作物及びその加工食品等の販売低下や観光予約取消等の風評被害がかなり大きかった背後には、上述の迷信が災いしており、根拠のない些細なことが種で残酷なことになる「いじめ」の不条理にも通じるとも思われ残念至極である。小淵首相が水戸で地元食品を頬張って見せてもパフォーマンスと揶揄するような紙面にする新聞があるぐらいである。マスコミ全般が風評被害を大きくしたと言っても過言ではない。危険の実態や被害の実情のようなことについてこそマスコミの公正な報道が望まれる。

ある事柄についての規制が合理性を欠いて非現実的に厳しすぎると、社会的偏見を生むきっかけとなったり、関連分野の志気が上がらないため結果的にその分野の安全水準が低下したり、遵法精神を低下させる弊害を生んだりする等の可能性があって、規制を厳しくすればするほど良いというようなものではない。反面、公共と個人の尊重の均衡の混乱もあり、社会の安寧を守るために当然必要な規制が経済、医療、宗教等の分野で厳正に執行されなかったことが社会不安を生む原因となる経験も我々は持っている。大局的かつ長期的に社会全体のより多くの人の安全を守ることが一筋縄ではいかない困難なことであるとの認識を持つべきである。

## 5. おわりに

JCO事故は日本の原子力開発の歴史上最悪の事故であり、原子力界はJCO事故からの教訓をもとに最大限の改善を行って、国民の信頼回復に努めなければならない。従って原子力関係者はただただ反省しているべきだと思われるかもしれないが、事実と反する内容を含み、歪曲した議論で原子力平和利用反対に世論を誘導しようとする勢力が無視できない状況では、原子力平和利用の長所と必要性を、安全性も含めて繰り返し強調しなければならない。しかし、安全性を強調すれば、主張するはずもない絶対安全の嘘を言ってきたかのように、反対専門家は安全神話などという抽象的な言葉巧みに技術上の安全性の説明を歪曲しようとする悪循環があって難しい状況がある。JCO事故によって、日本の原子力政策の大筋さえも間違っているかのような短絡的議論に世論が誘導されては国家百年の計にとって危険である。

新聞への主婦の投書に「猿には火は扱えない。人間は火を使いこなして文明を発展させてきたが、人間には核エネルギーを使いこなせないのではないか」といった主旨のものがあつた。一般受けしやすい物の言い方である。しかし、江戸時代より消防は格段に進歩しても、人間は火事という災難を十分克服したとは言えない。前述のように、普通の火の元の原子分子反応と核分裂とでは、発生するエネルギーの密度が大桁違いであるから原子力の潜在的危険性が大きいことは自然なことである。しかし、自然の不思議で自然の恵みとも言うべき核分裂固有の性質（例えば遅発中性子の存在）が、原子炉の安定な運転を容易にしており、実績から言っても、原子炉は普通のボイラーより制御性が優るとも劣るところはないと思われる。核兵器廃絶の実現性がよく見えない状況が、人間に核が管理できるかとの深刻な疑問を呈しているが、筆者は、核エネルギーの平和利用を健全に推進できないようでは、核兵器の廃絶も達成できないと思っている。

今日、人類の最重要課題は地球環境保全であると思われるが、そのための政策の国際的合意も容易でないばかりでなく、多くの問題で国内の民主的合意形成にも困難があるが、大多数の判断の妥当性や公正さの程度には、公衆の教養水準と公衆が日常接している情報の正確さが基本的にかかわっている。このことは、JCO事故をきっかけとして日本の原子力政策について考えるような場合にも当てはまる。問題に当たって公衆が厳しい是々非々の態度が取れるようになってほ

しいと願う。多くの問題解決のために、益々科学技術の活用が必要になると思われるにもかかわらず、諸々の事故等の影響もあって、科学技術の進歩に疑いを持つ向きもあり、初等中等教育からの理科離れなどということが心配である。以上のことから、特に、初等中等教育において倫理と理科の教育に重点をおく格段の改善努力を教育関係者と国にお願いしたい。

#### 参考文献

- 1) 原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会：「ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告」、平成11年12月24日、(332頁)。
- 2) 原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会：「緊急提言・中間報告」、平成11年11月5日、(32頁)。
- 3) ICRP Publication 60: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Adopted by the Commission on November 1990, Annals of the ICRP, 21, Nos. 1-3 (1991) の邦訳版：国際放射線防護委員会の1990年勧告、(財)日本アイソトープ協会発行、(245頁)。
- 4) 更田豊治郎：「マスコミと是々非々」、放射線と産業、No. 76 (1997), pp. 2-3。

## 第1表 JCO臨界事故の経緯(事故調査委の報告書<sup>1)</sup>の表から一部削除または加筆

平成11年(1999年)

9月30日(木)

- 10時35分頃：JCOウラン加工工場内の転換試験棟で臨界事故発生。  
(同工場の転換試験棟内のエリアモニタ警報が吹鳴した。同敷地内の第1加工施設棟及び第2加工施設棟のエリアモニタも同時に発報した。JCOは、このことを事故の特定が遅れた理由に挙げている。因みにエリアモニタは100  $\mu\text{Sv/h}$ 以上で発報する設定になっていた。)
- 11時15分：事故の第1報をJCOが科学技術庁に発信(これに「臨界事故の可能性あり」と記載されていた)。(科学技術庁は11時19分に接受)
- 11時52分：被ばくしたJCO従業員3人を乗せた救急車が国立水戸病院へ出発。  
(JCOから消防機関への連絡では、原子力事故であることを伝えなかったため、消防士がそのような認識をもたずに救助活動を行うことになったなど、適切さを欠いた面があった。)
- 11時55分：JCOより第1回目の周辺線量測定結果が科学技術庁に報告(最大 $\gamma$ 線0.68 mSv/h)。
- 12時頃：科学技術庁の現地の運転管理専門官がJCO東海事業所で状況把握を開始。
- 12時29分：JCOより周辺線量報告(最大 $\gamma$ 線 $\gamma$ 線0.84 mSv/h)。
- 12時30分：東海村が住民は屋外に出ないようにとする村内広報を開始。
- 12時30分頃：科学技術庁から首相官邸へ第1報連絡。  
同：科学技術庁から日本原子力研究所(原研)及び核燃料サイクル開発機構(サイクル機構)へ臨界、放射線物理の専門家を現地へ集合待機要請。
- 12時35分：サイクル機構がJCO事故支援対策本部を設置。
- 12時40分頃：事故現場周辺200m以内立入り禁止。  
同：上記第1報を総理秘書官が小淵総理に報告。  
同：科学技術庁より官房長官秘書官に連絡。
- 12時50分：サイクル機構、科学技術庁の要請でモニタリング支援活動開始。
- 12時55分頃：科学技術庁より内閣情報集約センター及び内閣安全保障・危機管理室に連絡。
- 13時頃：被ばくしたJCO従業員3名を国立水戸病院から放射線医学総合研究所(千葉)へ搬送するとの連絡。  
同：科学技術庁職員を現地に派遣。
- 13時01分：JCOより周辺線量報告(最大 $\gamma$ 線0.78 mSv/h)。
- 13時08分：原研那珂研究所対策本部設置。
- 13時10分：原研東海研究所対策本部設置。
- 13時23分：原研、科学技術庁の指示で緊急時モニタリング開始。
- 13時30分：原研が東海村へ支援要員派遣(3名)。
- 13時42分：JCOから科学技術庁に送信された第5報に「約16kg Uを沈殿槽に移入しているとき青い光が出た」と記載。
- 13時55分：科学技術庁より茨城県に「自宅屋内退避」が適当と助言。
- 14時：科学技術庁より原子力安全委員会に対し、事故について正式報告。
- 14時30分：科学技術庁災害対策本部を設置。  
同：原研が茨城県へ支援要員派遣(3名)。
- 15時：東海村村長が350m圏内住民の避難要請を決定。  
同：有馬大臣を本部長とし、関係省庁を構成員とする政府の事故対策本部の設置を決定し、それを科学技術庁から茨城県原子力対策課に連絡。
- 15時25分：被ばくしたJCO作業員3名放射線医学総合研究所(放医研)に到着。
- 15時30分：原子力安全委員会緊急技術助言組織召集を決定。
- 15時30分頃：科学技術庁現地事故対策本部を科学技術庁東海運転管理専門官事務所内に設置。
- 16時頃：放医研に移送された患者の吐瀉物から<sup>24</sup>Naを検出。  
同：現地事故対策本部で、原研の臨界及び遮蔽関係専門家により臨界状態を終息させるための技

術的検討開始。

16時50分：政府の事故対策本部第1回会合開催。

17時：現地事故対策本部を原研東海研究所に移設。

17時頃：事故施設の敷地境界の中性子線測定結果（4 mSv/h）が報告され、臨界状態の継続を確認。

18時：原子力安全委員会の緊急技術助言組織会合開始。

18時20分頃：現地事故対策本部が沈殿槽に冷却ジャケットが付いており冷却水がまわっていることを知った。

20時40分頃：この頃まで施設の構造等に関して、JCOからの情報の提供が不足していた。

21時：小淵内閣総理大臣を本部長とし、関係閣僚を構成員とする政府対策本部の第1回会合を開催。

21時40分頃：原子力安全委員（住田委員、金川委員）が現地事故対策本部に到着し、直ちに、臨界状態への対応検討を開始。

22時頃：緊急技術助言組織に「沈殿槽のハンドホールからウラン溶液を注入しているときに起きた」との情報。

22時20分：科学技術庁事務次官から茨城県知事に、10 km 圏内を念のため屋内退避とする旨助言。

22時30分：県知事、10 km 圏内の住民に屋内退避を勧告。

10月1日（金）

1時40分：第1回現地事故対策本部会議を開催。

2時30分頃：JCOが現場の写真撮影、その後沈殿槽外周のジャケット中の冷却水を抜き取る作業開始。

3時30分頃：この頃から中性子線量率が低下し始めたのは、ジャケット出口の配管の切断によるが、十分には水が流出せず未臨界状態に至らなかったため、6時頃にアルゴンガスを送り込んで水が十分流出したことにより、

6時15分頃：施設境界の中性子線量率が検出限界以下に低下し、臨界状態停止と判断。全ての固定観測局のガンマ線空間放射線量率が平常のレベルに戻った。

8時50分：臨界停止を確実にするためホウ酸水を注入して、臨界の終息を最終的に確認。

9時20分：原子力安全委員長が、臨界状態については一応の収束を見たかと判断し、プレス発表。

14時25分：緊急技術助言組織：10 km 圏内屋内退避解除（350 m 圏内を除く）は妥当と判断。（時刻不詳）：科学技術庁から国際原子力事象評価尺度（INES）による今回の事故の暫定評価値を4とすることが公表され、国際原子力機関（IAEA）に通報された。

16時頃：敷地周辺境界のガンマ線レベルが局所的に最大 4.1 μSv/h であり、350 m 圏内の住民の避難措置を解除するには高い値であることから施設周囲を遮蔽する作業を開始。

16時30分頃：県知事、10 km 圏内屋内退避解除を発表。

10月2日（土）

14時頃：現地事故対策本部により、350 m 圏内の詳細モニタリング開始。

15時45分：JCO被ばく従業員3名のうち、最も高い線量を被ばくした患者（A）を放医研から東大医学部付属病院に転院。

18時30分：東海村長が、350 m 圏内避難解除を発表。

10月8日（金）：原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会（事故調査委）初会合。

11月4日（木）：2番目に高い線量を被ばくした患者（B）を東大医科学研究所附属病院に転院。

科学技術庁事故調査対策本部は個人線量の評価の基礎資料として周辺環境の線量評価を公表。

11月5日（金）：事故調査委、「緊急提言・中間報告」を政府に提出。

12月11日（土）：11月4日の周辺環境線量評価の精度をさらに向上し見直した評価を改めて公表。

12月20日（月）：3名の内最も低い線量を被ばくした患者（C）が放医研から退院。

12月21日（火）：23時21分、患者（A）、東大医学部付属病院にて多臓器不全で逝去。

12月24日（金）：事故調査委、「ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告」を政府に提出。

# 放射線被ばくと健康影響

原子力システム研究懇話会

村主 進

平成 11 年 9 月 30 日、茨城県東海村にあるジェー・シー・オー(JCO)東海事業所のウラン加工施設において臨界事故が発生した。事故の原因は作業員が容器に規定の量以上のウラン溶液を注ぎ込んだために臨界超過になり事故の至ったものである。その背景には、①作業員の臨界に関する認識の不足、②企業における現場の日常管理、規律、統制のルーズさ、教育訓練のまずさ、などがある。これらは今後の事故防止対策に生かされることになる。一方事故のよって放射線被ばくが生じ、これによる住民の不安は現在も続いているように思われる。住民の不安は感性的な面もあると思うが、放射線被ばくによる健康影響に関する知識の不足のために、不安が助長されていることも否めない。また周辺住民だけではなく、一般の人も知識の不足のために放射線に対して強い不安を感じているものとする。そこで放射線の健康影響に関する知識について次のように整理してみた。

## 1. 早期影響と晩発的影響

放射線に被ばくしたときの健康に関する影響としては、早期影響と晩発的影響とに分けられる。早期影響とは、大量の被ばくをしたときに現れる影響であって、被ばく後数日以内ないしは数週間後に身体に現れる影響である。この影響は被ばくした人の殆どに現れるので確定的影響とも云われる。症状としては、例えば脱毛とか悪心、嘔吐などの症状がある。

晩発的影響とは、少量の被ばくをしたときでも現れることのある影響であって、数年ないしは数十年後に現れるものである。この影響は被ばくした人にすべて現れるものではない。被ばくした何万人かの集団の中で何人かの人に影響が現れるのみで、その他の人には何の影響も及ぼさない。従って確率的影響とも云われている。症状としては、例えばガンとか白血病である。

早期影響について、被ばく線量と症状の関係の例を示すと次のようになる。

全身に 7~10 シーベルトの被ばく：100%の人が死亡

全身に 3~5 シーベルトの被ばく：50%の人が死亡

全身に 1 シーベルトの被ばく：10%の人に悪心、嘔吐

全身に 0.5 シーベルトの被ばく：末梢血中のリンパ球の減少。しかしそのうちに治る

これを見ると早期影響では、一桁の被ばく線量の違いで、症状は死亡する状態からリンパ球の一時的減少といった軽い症状のものまでの広範囲にわたり、健康影響の違いは非常に大きいものであることが分かる。なおシーベルトとは放射線被ばく線量の単位である。自然放射線による全身の被ばく線量は 1 年間に 1000 分の 1.1 シーベルト(1.1 ミリシーベルト)であるから、1 シーベルトとは自然放射線による 1 年間の被ばく線量の 1000 倍と思えば理解しやすいであろう。

晩発的影響については 3 節、4 節に詳しく述べることにする。その前に 2 節においてガンの自然発生率とその変動について考える。

## 2. ガンの自然発生率とその変動

ガンは放射線の被ばくによって発生すると前に述べたが、放射線に被ばくしなくても、普通の生活をしていてもある確率でガンになる。ガンの自然発生率は人口 10 万人あたり年間約 200 人である。しかしこれは日本人全体の平均値であって、地域ごとのばらつきは大きい。表の右の二重枠の中に、1994 年における都道府県別の 10 万人あたりのガンによる死亡者数を示す。ガンによる死亡者数は厚生省の人口動態統計、都道府県の人口は総務庁統計局国勢調査報告をもとにして筆者

が求めたものである。ガンによる死亡者数は地域により数十%のばらつきがあつて、例えば島根県は 10 万人あたり 251 人、秋田県 250 人、沖縄県 141 人となっている。ガンの自然発生率のばらつきも死亡率のばらつきと殆ど比例すると見てよく、数十%のばらつきがあることになる。

表の左の二重枠の中に、厚生省の「成人病のしおり」にあるガン死亡者の原因別割合を示す。食物はガンの原因の 35%、タバコは 30%、感染症 10%となっている。つづいて職業 4%、アルコール 3%、地理的要因 3%、公害汚染 2%、医薬品、医原性 1%などとなっている。すなわち地域別のガン死亡者の変動は、高齢者の多少にもよるが、食事習慣やタバコを吸うか吸わないなどの生活習慣に依存するところが大きい。

次に自然放射線の多寡とガンの発生の関係について述べる。自然放射線の量は地域によって変動はあるが、大抵の地域では、体内の放射能や大地および宇宙からの自然放射線により、全身で年間約 1.1 ミリシーベルトの被ばくを受けている。その他に空気中のラドン等の吸入によって肺が年間約 1.3 ミリシーベルトの被ばくを受けているので、合計で約 2.4 ミリシーベルトの被ばくを受けていることになる。

しかし世界の中には自然放射線の高い地域もある。ブラジルのガラパリ地方は自然放射線の高い地域であるが、ここの住民は年間に全身で約 10 ミリシーベルトの被ばくを受けている。しかしこの地域の住民は他の地区の人々に比べてガンなどの異様は認められていない。このことは年間 10 ミリシーベルト程度の生涯の被ばくでは、その影響があるかないか分からないが、影響があるにしても、食事情や生活習慣などによるガンの発生の変動の範囲内に隠れてしまう程度のものである。

### 3. 広島、長崎の原爆被ばく者の追跡調査

広島、長崎の原爆被ばく者の追跡調査の結果は、200 ミリシーベルト以上の放射線を受けた場合には線量が増えるに比例してガンになる人が増えていることが観察されている。そして 1000 ミリシーベルトの被ばくではガンの増加発生率は自然発生率の 60%であった。ガンの自然発生率は 10 万人あたり年間約 200 人であるから、1000 ミリシーベルトの被ばくで 10 万人あたり毎年 120 人のガンの増加発生があることが予想されるわけである。

一方 200 ミリシーベルト以下の被ばくでは、原爆被ばくによるガンの増加発生率はガンの自然発生率の変動の中に隠れて分からない。

200 ミリシーベルト以下の被ばく者のガンの増加発生率は定量的には分からないが、一般に低線量になるほどガンの増加発生率は線量の減少に比例して低下する以上に低下するものと考えられている。一方国際放射線防護委員会は放射線防護の立場から、定量的な知見が得られない場合には保守的な仮定を用いるとの考え方のもとに、①ガンの増加発生率は線量に比例して減少する、②しきい値はない、との仮定に立っている。

国際放射線防護委員会の考え方にもとづけば、ガンの増加発生率を多めに見積もるおそれがあるが、しきい値なしの仮定を用いれば、

- ・ 100 ミリシーベルトの被ばくで自然発生率の 6%のガンの増加発生
- ・ 10 ミリシーベルトの被ばくで自然発生率の 0.6%のガンの増加発生

となる。

なお子、孫、子孫に対する遺伝的影響は、広島、長崎の原爆被ばく者の追跡調査で観察されていない。放射線による遺伝的影響はガン発生の影響よりも低い。

### 4. 晩発的影響のまとめ

2 節、3 節で述べたことを纏めて表に示す。表の中央の枠の中に、ガンの増加発生を大目に見積もっているおそれはあるが、100 ミリシーベルト、10 ミリシーベルトの被ばくに対するガンの増加発生率は自然発生率の 6%、0.6%と記している。この放射線影響と、自然に発生するガン死亡者

の地域的変動(右枠)、発ガンの原因(左枠)、高線量地区の住民にガン異常の認められないこと(下枠)とを比較検討してみたい。10 ミリシーベルト、100 ミリシーベルトの被ばくは心配するようなものではないことが理解できよう。またこの程度の被ばくを心配するよりは、日常生活でガンの予防に心がけることのほうが大切である。ガン予防振興財団のがん予防の 12 か条によれば、タバコを少なくすること、食物では塩気の強いものは控えること、脂肪をとり過ぎないこと、カビの生えたものやこげた部分は避けること、黄緑野菜や繊維質を多くとるようにすること、バランスのとれた食事をするなど、その他体を清潔にし、適度の運動をすることなどがよいとされている。

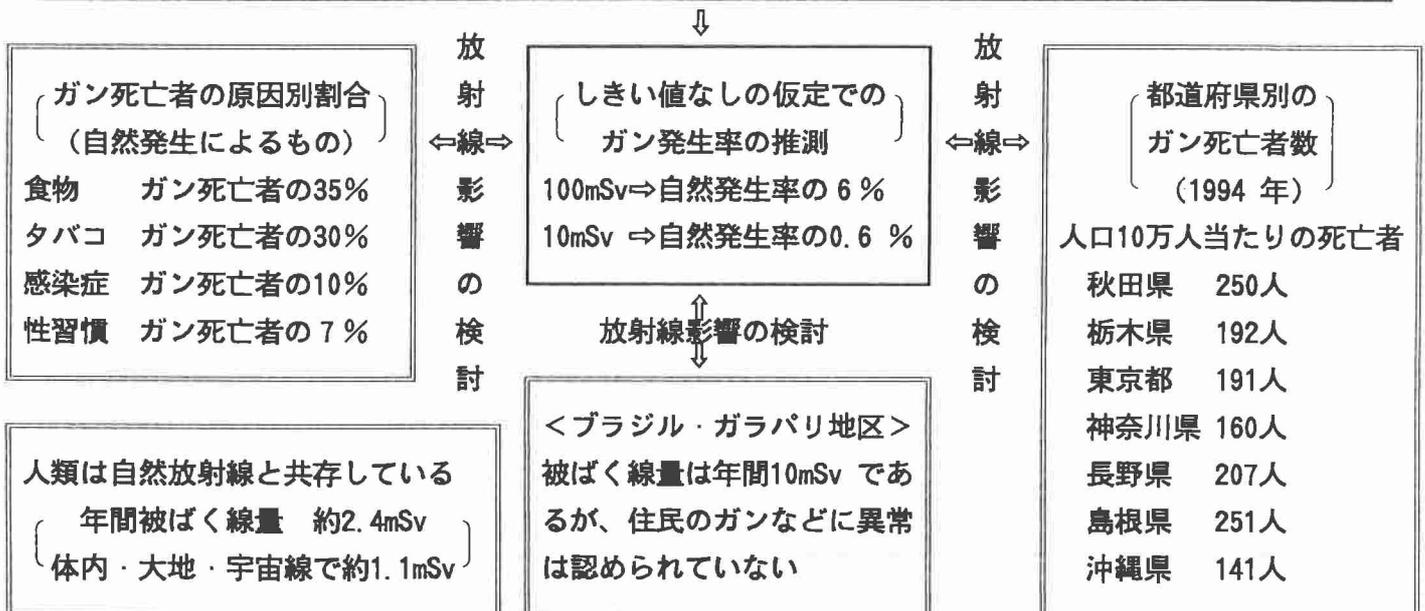
JCO 事故によって、事故発生時に作業していた 3 人の従業員は致死量以上の被ばくをした人もいて、1 人は 12 月 21 日に死亡している。大量の放射線被ばくは危険である。

一方上述以外の JCO 従業員の被ばくは最高で 48 ミリシーベルト、周辺の住民の被ばく線量は最高で 21 ミリシーベルトと評価されている。表を十分比較検討すれば、この程度の被ばくに対しては日常生活の健康に影響を及ぼすものでないことは認識されるであろう。

またマスコミで 1 ミリシーベルトは一般人の年間線量限度と報道しているの、これを毒物の許容限度と同様なものであると混同している向きもあるので、ここで説明したい。国際放射線防護委員会は、放射線防護のためには、放射線の健康影響にはしきい値がないものとの仮定に立ち且つ被ばくは合理的に達成できる限りに低く抑えとの考え方に立っている。そして現在の技術では一般人に対しては年間 1 ミリシーベルトは達成可能であるまでに技術開発が進んだので、一般人の年間線量限度として 1 ミリシーベルトと決めたものである。線量限度を超えた被ばくをすれば、日常生活の健康に影響を及ぼすようなものであるとして決めたものではないことを認識する必要がある。

★広島、長崎の被ばく者の追跡調査★

200mSv 以上の被ばくを受けた場合には、ガンになる人は線量とともに増加することが明らかである  
1000mSv の被爆者のガンの増加発生率は自然発生率の60%



## 放射線を受けるとどんなことが起こるか？

### 東海村ウラン工場臨界事故の教訓

菅原 努

(平成11年10月1-3日記)

まえがき

- 1) 外部被曝と体内被曝
- 2) 人の体にどんな事が起こるか

追記

- 3) 本当に何もなにか

まえがき

このホームページでは謎解き放射線生物学という形で、放射線の人体への影響のわかりやすい解説を始めていますが、9月30日に東海村のウラン処理工場とんだ事故が起こりてんやわんやの騒ぎになりました。私にはその実体は新聞やテレビの報道しか分からず、それには私達の本当に知りたいことが出てこないの、的確な説明は出来ません。しかし、新聞社の方から一般論として被曝者と言われている人達には一体どんなことが起こると考えられますか、という質問がきました。それに答えても、どうやらこの人達にはチェルノブイルの記憶が頭にあるようで、私の説明がすっきりとは頭に入らないようです。ことに外部被曝と体内被曝の区別がつかないようです。

もう一つ、実は私の方にも一つの疑問があるのです。それは10月1日の夜のテレビを見ると、10km以内の室内待機を解除された人達が沢山放射能の測定に詰めかけられたという報道についてです。この事故はウランが臨界に達して核分裂を起こしたということですが、幸い爆発はしなかったようです。それによって現場の周辺では揮発性のヨード131などの放射能のもれがあったかもしれませんが、とても10km以内の人達に放射能汚染があるとは考えられません。

この様なときに必要なことは、人々が事態について正しい理解をするような情報を流すべきで、かえっていたずらに心配をするような報道をしたことが問題ではないでしょうか。そう言えば測定値としては中性子線の値だけが報道されているのに、言葉では放射性物質が云々ということが何度か言われました。このような混乱した情報を流したことは、いわゆるリスクコミュニケーションの誤りではないでしょうか。この際事故の原因、対策については専門家にまかせるとして、むしろ住民の健康について何がどうゆう理由で起こり、何が問題かを正しく理解して住民は何をすべきかを考えてもらうように報道するべきではなかったのではないのでしょうか。こんなことは言っても分からんだろうから、議論の結果だけを知らせようと言った姿勢があったのではないのでしょうか。

よく考えてみて下さい。皆さんは家の中に居たのです。放射能で汚れているとすれば、それは家の外回りであるはずで、その量は既に測定されているはずで、それを住民の皆さんにお知らせすれば、長い行列を作らなくても安心出来た筈です。いやそれでも心配だと言われるのは、今度は皆さんの勉強不足です。自分で良く考えることをしないで、不安だけをぶつけるのは先進国日本としては恥ずかしいことではないのでしょうか。

放射線をめぐるといろんな事が現実には我々のまわりで起こり、これからも被曝された方々の経過が日々報道されるでしょう。これを教材に放射線の事を勉強すれば、それは本当に身についたものになるでしょう。謎解き放射線生物学の話の順序が乱れますが、今度の事故を中心に考えてみたいと思います。

## 1) 外部被曝と体内被曝

まず、外部被曝と体内被曝の区別です。今度の事故ではどうやらウランウムが臨界に達したということで、そこで核分裂が起こったと考えられます。即ち原子炉の中で起こっているのと同じことが一時的に起こったわけです。原子炉のように遮蔽がしてないとすると、そこからガンマ線と中性子線とが外へ遠くまで出て行きます。これが人の体に外部から浴びせられるので、それを外部被曝と言います。

もう一つ核分裂が起こるとヨード、ストロンチウム、セシウムなどのいろんな核分裂生成物が出てきます。爆発でもすればこれらが一挙にまき散らされるわけですが、今度の場合は精々外部へは少し漏れる程度ではないかと思えます。これが体の中に入ると内部被曝になるわけですが、これは極く僅かではないでしょうか。よく話題になるヨードは体の中では甲状腺に集まるので、その中からの被曝が問題になります。

体内被曝の場合はその放射性元素がどれくらい体内に留まっているか、またそれがどのくらいの時間で消滅するか、が問題です。しかし、今回は特に問題が生じない限りこれはないものとして略しておきます。何か起こればその時に説明を加える事にします。今度の事故で10 km 以内の人に屋内待機をお願いしたのは、私は臨界状態が続くと爆発のおそれがあるかもしれないという、万一を慮ってなされたものと思っていたのですが、従って臨界状態が無事に終わればそれで安心して無事待機は終了ということではないでしょうか。それで後の測定騒ぎに驚いた次第です。勿論若干の人はなお心配で測定を希望するにしても。

外部被曝では今度の場合ガンマ線と中性子線とがあります。中性子線の作用の仕方と強さとはそのエネルギーによって異なりますので、複雑になりますが、これをガンマ線等価に換算し両方を一緒にしてシーベルト Sv 単位で表します。それが何 mSv とか何 Sv とかいられているものです。この時中性子線はエネルギーによって一部の元素を放射化することがあります。血液中のナトリウムなどが主なもので、極めて短寿命のものです。線量への寄与は少ないと考えられます。今度の場合、科学技術庁の発表の中に、患者さんの吐瀉物、携帯電話からナトリウム24が検出されたとありますが、それは多分この放射化によるのでしょう。しかし、一般には臨界が終わって放射線が出なくばればそれでお仕舞いのはずです。

この外部被曝の場合の放射線は、臨界に達した容器から四方八方に飛び出す訳ですから、それは線源である容器からの距離の自乗に反比例して減ります。1 mの所で死ぬ位の大線量あったとしても、100 m離れれば1万分に1に、1 km 離れれば100万分の1に減ります。10 Gyのものが、0.1 mGy さらに1  $\mu$ Gy と僅かなものになります。これは一般住民には心配が要らないということですが、臨界に達していた間、村内でも0.2 mSv の値が示されたと言うことは、容器の所では線量が極めて高かったということでもあります。そこで水をぬいたり、礮素をいれることが大変難しかったと思われます。

## 2) 人の体にどんな事が起こるか

今回の事故では被曝者は49人と発表されていますが、その線量は公表されていません。これはこれから述べますように、線量が分かると大体どんなことが起こるか、生死を含めて今後のことが予想されるので、プライバシーを考えて公表されないのだと思えます。

私達は1960年代にネズミに放射線を当ててどんな変化が起こるか、最後にどのようにして死ぬかを盛んに研究したものです。日米が中心になり、欧州の科学者も交えて国際セミナーを開いたのは1968年のことでした。それ以後チェルノブイリ事故までは、幸い致死量の放射線を受けるようなことはなく、研究の関心ももっと低い線量での発がんのほうに向かっていました。最近兵庫南部大地震があって、緊急事態に対する関心が高まり、放射線についても急性傷害の治療や緊急時体制の準備などが進みつつあったところですが、皆さんは準備が不足ではないかと非難されますが、研究や準備を進めようとする、では事故は起こるのですかと変な目でみられてきたのですよ。

いや、話がそれました。ここで本論に戻りましょう。Sv のオーダーの放射線を受けた時の何よりの特徴は、すぐには殆ど症状が出ないということです。そして何日か経ってから急に症状が悪化します。その基本はつぎのようなことです。人の体は細胞で出来ていますが、その中で大切な血液、腸、皮膚などの細胞は一生分裂して新しく置き換わっています。放射線はこの細胞の分裂を止め、または最近の知識では分裂の元になる細胞を自殺に迫りやり、細胞の置き換わりを止めてしまうのです。放射線の症状はこの細胞の置き換わりの早いものから出てきます。それは腸、血液を作る骨髄の細胞、皮膚の順です。人では実験が出来ないので正確なことは分かりませんが、腸の粘膜細胞の枯渇で死ぬ腸死は7、8日にピークがあり、造血傷害による骨髄死は20-40日にピークがあると考えられています。実験動物ではこれらがもっと早くしかしこの順で起こります。

この例外は脳の細胞で脳細胞は生後分裂しないことで有名です。従って放射線が脳を壊して死ぬというのは本当に大線量で脳細胞の中の分子がバラバラに壊れて初めて起こり、それは1、2日という早期におこります。しかし、線量の少ない時にも吐き気や嘔吐、頭痛という神経症状だけは早期に現れます。それからしばらく小康状態を保ちその後上に述べた腸死が起こります。もし線量がもう少し少ないと胃腸症状は何とか切り抜けることが出来ますが、つぎに骨髄死の時期がやってきます。これを骨髄移植や造血因子の投与で切り抜けられたら幸いです。2ヶ月を切り抜けることが出来れば何とか急性死は免れたこととなります。腸死の危険、骨髄死の危険は線量によりますから、線量が分かればどんな危険があるかの予想がつくので、線量の推定が急がれるわけです。

線量が少なくても250 mSv 以下では何の症状もなく、血球の減少もありません。今度の場合、一般住民の方は全部これに相当します。被曝者と言われている人達で放射線総合医学研究所へ入院された3名は別ですが、その他の方は致死線量に達していないと考えられているのではないのでしょうか。

追記：

ここまでは10月1日夜に一気に書き、2日の新聞の住民測定の記事を読み書き足しました。今3日の新聞を見て若干の補足をしておきたいと思います。どうしてこの事故が起こったかについては、「独自のマニュアル 会社ぐるみの違法作業 前日から二重の工程違反」などの見出しで分かるように、どうやら1960年頃の事故かと疑うようなことが実際にあったのだということが分かりました。しかし、これはここでの私の問題ではないので、これ以上深入りはしません。

3日の新聞には幾つか識者の言葉が載っています。“野口邦和・日大歯学部講師（放射線防護学）は「今回の事故では、放射線を出すやりなど、放射性物質は飛び散っておらず影響はないと考えられる」と話すが、これだけでは一般の人には分かりにくい。”同講師はこの点を詳しく説明しておられると記事にはありますが、“住民にしてみれば、家や家具などに放射能が付着しているというイメージがあり、村教委の「屋外の遊具にさわらないように」という指示にちながっている。”と正に私が指摘した誤解が問題を生んでいるようです。また、“館野淳・中央大教授（化学）も「放射線量だけでなく、ちりの量も公表しないと、安全かどうかだれも判断出来ない」と情報提供の不十分さを指摘している。”と私と同じ点を指摘しています。

3日の新聞で一番の問題は入院した3人の被曝量が公表されたことです。私は初めにこれはプライバシーの問題であると書きました。これが分からないと治療の方針が立ちません。しかし、これによって本論の2)のところに書いたように、その予後も可成り予測が出来ます。これがプライバシーである所以です。多分外部からはその公表をせまられて、担当の方々はこのことを考えて苦慮されたことと思います。読者のみなさんはこのことを頭においてこれからの記事を追跡して下さい。そうすれば、後になって私の言っていることの意味がお分かりになるでしょう。

### 3) 本当に何もなければ

これで市民の方は安心と思うのですが、現実はどうやらそれでは済まないようです。放射線は

どんなに少しでも危険と言われているのではないか、どおしてそれが大丈夫かという質問が残りそうです。新聞記事によると工場の内部は大分汚染されているようですので、それは除いて一般住民の問題を考えてみることにします。

まず、今までの情報から住民には外部被曝だけを考慮すればよいと思います。その中に中性子が入っているので体内での放射化を一応考慮しなければなりません、実際にはその影響は無視できると思います。すると住民の受けた線量は1 mSv かそれより遙かに少ない量でしょう。その時にどんなことが考えられるかということです。

国際放射線防護委員会 ICRP は「放射線はどんなに微量でも危険である」と言っているのではない、だからこれも危険ではないかという疑問があるでしょう。実は ICRP はこれは人々を放射線から護るための防護の基準を決める為の考え方で、出来るだけ無駄に放射線を受けないようにと考えてこのように表現しているのである、と言っています。実際に放射線を受けてがんが増えたとする証拠は100 mSv 以下では見られないということが1997年アメリカの諸学会会長会議の結論です。また、アメリカの放射線防護委員会 NCRP やヨーロッパを中心とする OECD の放射線グループが昨年それぞれ低線量放射線のリスクを検討した報告書(案)を出しています。その中で OECD は防護の基準には今の考え方をとるが、実際に被曝が生じた時のリスクをより具体的なデータに基づいて行うように勧告しています。

100 mSv 以下の線量のところで何が起こるかは学者の間では議論の分かれる大問題ですが、それは人について証拠の見られない僅かの放射線の影響を理論的にどう考えるかというメカニズム論争なのです。私も年を忘れてこの論争には参加して大いに気炎を上げています。この議論の詳しいことを出来るだけ噛み砕いて分かりやすく私の講座で論じたいと思っておりますので、暫く待って下さい。

実際には現在の線量限度年間50 mSv で管理されている放射線作業従事者について国内外で大規模な調査が行われていますが、がんは増えるどころか却って減っています。また私たちは10年にわたって中国の広東省にある自然高放射線地域の住民対照を含めて10万人の健康について中国の研究者と共同して調査をしていますが、がんの増加は見られません。これを更に確認するために昨年からはインドの、又今年からはブラジル、イランなどの同様の所を研究の対象に加えるべく調査を始めています。

**結論をずばり言いましょう。住民のみなさんは何も心配は要りません。**

## **JCO 臨界事故での放射線量をめぐって**

菅原 努

(平成11年11月8日)

新聞報道によると、東海村の核燃料加工会社「JCO」東海事業所で起きた臨界事故で放出された放射線量について科学技術庁の事故調査対策本部で推測がなされた由 11月4日発表があった(毎日新聞4日夕刊、5日朝刊)。

「今回の事故では工場の敷地境界で臨界から約1時間後の時点で1時間あたり0.84ミリシーベルトのガンマ線が、6時間半後の時点で同4ミリシーベルトの中性子線が測定されているが、臨界が起きた瞬間に大量に放出された放射線量は把握できていなかった。対策本部は臨界を起こした沈殿槽内からウラン溶液を採取し、分析することで臨界時に周辺に放出された放射線量を計算した。」その結果、350メートル圏の住民が避難を始めたころの午後4時まででは、距離によって110-1.4ミリシーベルトだった、としている。

私はここで、この線量の計算については問題があるにしてもそれは除外して、実際にこれだけの線量があったとした時に、それを受けた住民の方々の健康について何を問題にするべきかを考

えてみたい。それはこの点についていろいろと混乱があるように思えるからである。

1. 国際放射線防護委員会（ICRP）は一般公衆の被ばく限度を年間 1 ミリシーベルトと定めている。放射線作業に従事する専門家でさえ年間 50 ミリシーベルトが限度とされている。そこで「避難圏外でも許容量超す」という見出しになっている。ICRP は今では許容量という言葉は使わず、線量限度と言っている。これを超えていることは管理上大きな問題である。しかし、線量限度というのはあくまで管理上の基準で、所謂許容量ではない。ましてやこれを実際に特定の人々がある被ばくをした時にリスクを推定する基準にしてはならない、と 1998 年の OECD の特別委員会の報告でも明言している。

2. 4 日夕刊の報道に対するコメントとしてある放射線防護学の専門家が、「急性障害が発生する線量ではないが、がんの発生率が高くなる恐れがあり、周辺住民の継続的な調査が必要だ。」と発言したとある。科学的にはこれは全くの、間違いである。何故なら、今のしきい値なしの直線仮説をとったとして、計算上のリスクはあっても、それをこの少人数の集団で検出することは統計上不可能だからである。調べれば何でも分かると思うのは科学者の思い上がりで、また一般の方にもそのように科学を過信しないでもらいたい。

3. ところが、翌 5 日の朝刊によると、「原子力安全委員会も、専門家による健康管理検討委員会を置き、長期の健康調査をする方針を決めた。」とあり、驚いた。検討委員会を置くことはこの事態であるので、必要であろう。しかし、今長期の方針を決めるのは問題である。先の専門家同様科学の限界を忘れていのではないだろうか。

4. では何もしなくてもよいか。そんなことはない。先ずすべきことは、各人の線量の推定を出来るだけ正確に行うことである。われわれは常に自然の放射線を受けている。それも各人で同じではない。それに対して今度はプラス $\alpha$ の放射線を受けたわけである。このような状況を正確に計り記録することである。このレベルではそれが健康に直接に影響するとは考えられないが、心理的なこと、管理に失敗して迷惑をかけたこと、風評被害をかけた可能性があること、等々を配慮した対応は必要であろう。しかし、記録の保存は必要であるが、長期の健康調査はかえって不安を与えるだけであろう。

5. 何も変化しないと考えられるか。そんなことはない。今の知識でも幾つかの変化は観察される可能性はある。生物学的線量推定法が進歩しているので、幾つか線量に応じた変化が見出されるであろう。しかし、それはあくまで線量の指標であって、健康の指標ではない。また最近低線量の放射線に対して適応応答という反応があることが明らかになってきた。ただしこれはむしろ放射線に抵抗性になるというもので、健康障害とは反対で心配するべきものではない。しかし、研究者としては興味のある点である。

6. 今度の事故で管理や規制のあり方について早急に改めようという動きがあることは好ましいことではあるが、影響研究についてもその体制、研究費などを早急に見直してほしいものである。大線量を受けた時の治療については勿論であるが、低線量の影響について積極的な研究体制作りが必要なことを訴えたい。十分な基礎データもなく、ただ長期調査をすれば何か分かるという姿勢は根本的に改める必要がある。低線量の影響の機構はどのようなものか、放射線による発がんの特徴は何か、それを修飾する因子は何か、人では実際に何が起こるのか、なお今度の事故でデータ不足が痛感された中性子線の生物作用等々多くの課題を研究しておかねばこのような事態に正しく対処できない。

7. 私達は約 10 年間世界の高自然放射線地域の疫学調査を民間の研究支援のもとに行ってきた。それは丁度今度の事故の線量に、また放射線作業員の線量に相当するレベルのところで生活している人達である。その状況はこのホームページでも示しているが、このような研究は国の経費でセンターを作って永続的に行うべきものである。そこでの経験がこの発言の基礎にあることを強調しておきたい。

## 独り歩きしたJCO事故の健康影響

久保寺 昭子

くぼ寺 昭子先生のご紹介

昭和31年 東邦大学薬学部薬学科卒業  
同年 東邦大学薬学部薬学助手  
35年 東京理科大学薬学部薬学科助手  
42年 東京理科大学薬学部薬学科専任講師  
48年 薬学博士 (東京大学)  
放射線障害防護薬剤に関する研究  
50年 東京理科大学薬学部薬学科助教授  
59年 東京理科大学薬学部薬学科教授  
放射線薬品学担当  
大学院薬学研究科薬学専攻担当

著書：「放射線薬品学実習」(講談社)  
「薬学における放射化学実習」(南江堂)  
「放射化学・放射薬品学」(南江堂)  
「からだのしくみと放射線」(ユキ出版)  
等



### JCO事故と風評被害

昨年東海村で起きた(株)ジェー・シー・オー(JCO)の臨界事故では、放射線を大量に浴びた大内さんがお亡くなりになりました。ご家族の皆様には謹んでお悔やみを申し上げます。

しかし、今回放射線を大量に浴びたJCOの3名の方を除きますと、それ以外の方は健康への影響を心配される必要はありません。今回の事故は、チェルノブイリ発電所の事故のように、放射線を出す性質(放射能)を持ったものが大量に飛び散った訳ではないので、東海村や農作物などが放射性物質で汚染されるようなこともありませんでした。ですから実際に出てくる影響はないのですが、心因性の恐怖感のようなものは残りました。

先般、東海村の方にお聞きすると、車でドライブインに入ったところ、「どこから着たの」と聞かれ

て、「茨城県の東海村」と答えたら、「出ていってくれ」と言われたり、お土産物を手に取ろうとしたら、「触らないで下さい」と言われたりしたそうです。むしろ、周りの方々の誤解で差別が生じないようにしなければならぬと思います。放射線や放射能についてもっと正しく知って貰うことが必要だと改めて考えさせられました。

### 薬学部では必須、放射線教育

私は、東京理科大学薬学部にありますが、薬学部では放射線教育は必修科目です。なぜかといいますと、今日、放射線を出す性質を持った薬品、放射性医薬品は医療の現場でたくさん用いられています。放射性医薬品は、普通では測定できない微量の物質でも調べることができますし、病院での診断や治療に大変役立っています。これらは、薬ですから薬剤師が取扱

や管理に責任を持たなければなりません。従って、薬学教育の中には放射性医薬品とからめて、放射線、放射能の教育は必修科目になっています。

放射線・放射能に関する知識が必要とされる職業の方は他にもいます。例えば、お医者さん、看護婦さん、X線技師や原子力関係の一部の方もそうでしょう。これらの方は、今回のような事故が起きた場合、一般の方々の心因的な不安も取り除いてあげる、心のケアをしてあげる役割を果たすことができたのではないのでしょうか。

### 放射線の健康への影響

今回、マスクミの中には、一般の方が1年間浴びても問題のない法規制上の放射線の量として1ミリシーベルトをとりあげ、東海村で放射線を浴びた人はこの何倍とといった報道をした所もあります。

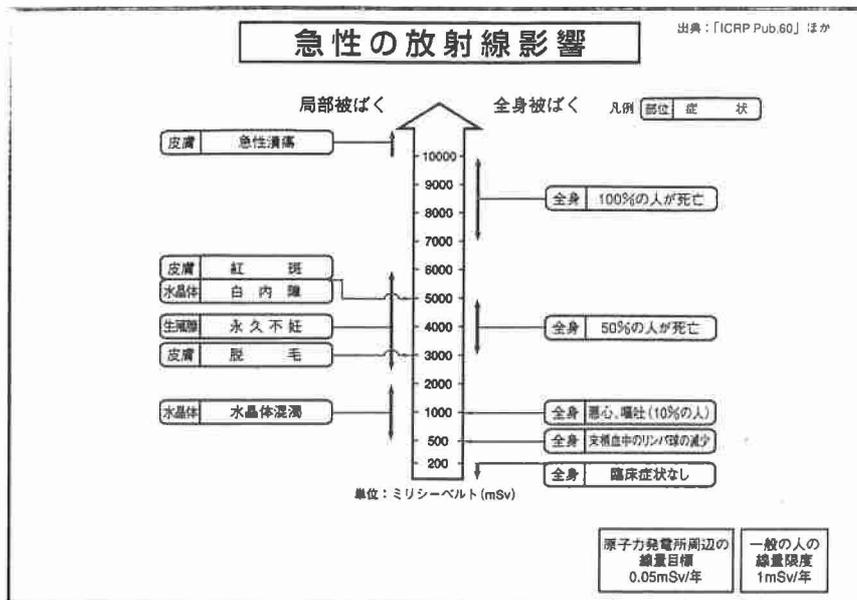
確かに法令の規制値に1ミリシーベルトはあるのですが、これは直ちに健康に影響を与えるような値ではありません。現に自然界には放射線の多いところもあって、例えばブラジルのガラパリというところに住む人は1年間に10ミリシーベルトもの放射線を浴びているのですが健康上問題は全くありません。

広島、長崎の被ばく者の方々のデータがまとまってきて、「200ミリシーベルト以下であれば放射線を一度に浴びても臨床的に検出できる変化は身体には起きない」ということが判ってきました。そういう状況を踏まえた上で、更に1ミリシーベルトで規制をしている法律の厳しさと、実際にここまでは身体的影響は心配ないという値は別物です。

生物には外部からの刺激などについては、あるレベルまでであれば打ち消すことができる仕組みを持っています。その量以下であれば生体がきちんと処理できるし、あるいはそれを利用しているかもしれません。例えば、どんな薬でも、大量に飲めば毒になりますが、少量を上手に利用しているのです。

最近は「物を見て事を見ず」になりすぎています。表面づらだけ見てしまい、実際はどうなのかということを考えようとしないう方が増えているような気がします。

私は放射線業務従事者ですので50ミリシーベルトが年間の上限値で、その範囲で仕事をしています。



健康に寄与するための仕事で放射線を扱っているのですが、放射線の身体への影響に対する誤解から、私が一般の人より多く放射線を浴びていることを理由に、仮に私の子供たちが差別を受けるようなことになったら大変悲しい事です。「放射線=危ない」ではなく、「放射線、こういうことなら心配いりませんが、こういうことでは危険です」というような事を、もっと多くの人に正しく知って頂きたいと思います。

### チェルノブイリの体験から

チェルノブイリの事故の後、キエフなどに疎開した方達にお話を聞きに行きました。そうしたら皆、「具合が悪い」「心臓がどきどきする」とか言われるのです。それで、「病院に行かれましたか」と尋ねると、「調べてもらったのですが、どこも悪くないと言われました」というのです。実は、放射線を当てて心臓をどきどきさせようとした

ら、その前に色々な症状が出てきます。「病院で検査してどこも悪くないといわれたのなら、問題はないと思います。どこも悪くなくても、怖い怖いと思うストレスで身体の具合は悪くなるので、それが原因かも知れません」と説明をして、疎開した皆さんから「明日から仕事ができそうだ」というお言葉を頂戴したのは大変嬉しかった思い出です。

今回の事故で、放射線による身体への影響を心配されている方も多くいらっしゃると思いますが、事故にあわれた3名の方以外は、本当に心配する必要はありません。むしろ、不必要に怖がることによるストレスの影響の方が大きいことをもう一度お伝えしたいと思います。

(文責：原子力PA推進センター)

## JCO事故に関して質問に答えたQ&A一例（加藤和明氏による）

Q1. 天然資源の不足と、地球の温暖化のことを考慮しての「原子力」だが、今回の事故によりその危険性が問われているにもかかわらず日本はなぜ原子力に頼るのか？

A1. 日本は資源（エネルギー資源も含まれます）に恵まれない国です。日本国民が今日のレベル（または以上の）の生活を維持して行くには、外国から様々の資源を輸入し、それに技術で味付けして価値を附加し、製品を外国の人達に買って貰い、生きて行くしかありません。

また、それ以前に、そもそも、私達が生の営みを続けるのにエネルギーが必要です。身体を維持するためのエネルギー源である食料と、生活に必要なエネルギーである電気がなければ実際上我々は生きていけないのです。大量のエネルギーを、安価に（そうでなければ国際的競争力を失う）そして安定的に（エネルギー資源を仮にどこか特定の国なり地域に限定するとそこで戦争が起こったりすればお手上げになることは昭和47年のオイル危機で思い知らされたことです）手に入れることが、日本という国を維持して行くのに絶対的に必要なのです。日本の電力は今およそ40%を原子力に頼っています。水力（という自然エネルギー）は価格的に引き合うところは活用し尽くしていると言って良いでしょう。つまり理屈だけで言えばまだ水力発電所は作れるかも知れませんが、経済性の点でこれ以上無理なのです。火力は化石燃料を輸入しなければなりません。原子力は単位量の電気（正確には電力）をつくるのに輸入しなければならない資源（具体的にはウラン鉱石）が化石燃料に比べて遙かに少なくて済みます。ウラン1グラムの燃焼で電力1MWD作れます。化石燃料に多くを依存するのは国の安全対策上問題となることは先に述べました。原子力には放射線や放射能の生成が付随的にそして不可避的に起こるのでいやだという人が居ますが（放射線嫌悪症または放射線過敏症）、日本国民が受けている放射線量の約65%は医療被曝であり約35%が自然界にある放射線によるもので、原発や大学・研究機関の放射線施設に由来する放射線被曝は1%に遙かに及ばないのです。今度の東海村臨界事故でこの数字がどう変わるか興味があるなら計算に挑戦してみませんか？私も興味を覚えますので手伝います。

因みに、石炭や石油といった化石燃料を使う場合でもなにがしかの放射能は出ますし、二酸化炭素による温暖化という問題を引きずることに考慮を払う必要があります。およそ便益を享受しようとすればなにがしかのリスクを伴うものですし、ある一つの要因についてリスク・フリーを目指すというのは出来ることでもなく理に適うことでもないのです。このことを詳しく解説することはリスク論の講義をすることになります。

Q2. 原子力発電の方法にはいろいろあるのに、日本が高速増殖炉に固執するのはなぜか？

A2. 上述のように日本はエネルギー資源ゼロの国ですから、ウランを燃やすと燃やした燃料以上の「燃料のもと」が得られる原子炉、すなわち「高速増殖炉」は魅力があるのです。日本が世界の一流国でなかったときは一流国の人達が発展させてきた科学技術の成果を有り難く戴いて（技術転移）居れば良かった（外国からずるいと批判はあった）が、先頭集団の一員となってしまった今日では自ら汗をかき血を流して文明発展を担わなければならないのです。困難な「高速増殖炉」の技術を世界に先駆けて完成させるということにはそういう意味合いもあるのです。世界に尊敬される国にするということは国の安全を確保する上で大変重要なことなのです。

Q3. 旧ソ連のチェルノブイリ原発のような事故と今回の事故との相違点は何か。

A3. 簡単に言うと、チェルノブイリの事故は「大量の放射性物質の地球規模での環境放出」であり、今回の東海村臨界事故は「影響が数キロに及んだ放射線の環境放出」です。厳密に言えば、後者に置いても放射性の気体や揮発性の放射性物質がある量敷地の外へ漏れ出しましたが、環境へのインパクトとしては相対的にウエイトが小さいのです。（1999. 10. 15.）

## JCO臨界事故を巡っての生徒と教師の会話

s : 「臨界事故」と大きく報道されたけど、事故を起こしたJCOという会社は何をする会社だったんですか。

t : 原子力発電に使うウラン燃料を加工する会社です。

s : 放射線による被ばくについては、後で伺いますが、まず、「臨界」って何ですか？

t : 新聞記事によると、「臨界とは、核分裂物質が壊れて中性子を放出、その中性子によって次の核分裂を引き起こす…という連鎖反応が起こることをいう」とあるね。

s : 核分裂物質とは？

t : ウランとプルトニウムがある。どちらも核分裂するときに、大きなエネルギーを放出する。このエネルギーを爆弾としてでなく利用しようというのが、原子力発電だ。もっとも、プルトニウムはいろいろと問題があるようだが、今回の場合はウランだね。ウランにはウラン238と235の2種類があって、核分裂するのはウラン235の方だ。しかもこれが天然には0.7%しか含まれていない。

s : では、連鎖反応とは？

t : ウラン235は中性子を吸収すると、ほぼ真っ二つに分裂し、同時に2～3個の中性子を放出するんだ。ウラン235に吸収されないで漏れ出す中性子もあるけど、核分裂するたびに中性子が増えていく可能性もあるよね。これを連鎖反応というんだ。

s : でもそれなら、ねずみ算式に増えて行くから、爆発的に核分裂が起こってしまいませんか。

t : そう、そういう状態を超臨界というね。

s : すると、「臨界」というのは、分裂に使われる中性子が増えも減りもしない一定の状態をいうわけですね。

t : その通り。逆に核分裂を繰り返すたびに中性子の数が減っていく状態を未臨界という。

s : 原子力発電では、いつも臨界状態を保っているのですか？

t : そういことです。

s : 今まであった原発の事故と今回の事故はどこがどう違うのですか？

t : 臨界状態は原子炉以外では起こらない、あるいは起こってはいけないと想定されていたんだ。それが、現実になってしまった。事故のエネルギー的な規模は小さかったけれど、ふつうの原発の事故と異なり、中性子による被ばくが現実になったんだよ。

s : 原子炉というのは、核分裂が起こっているところですよ。では、JCOの事故は、原子炉の中の状態が実現してしまったというのですね。

t : うん。しかも、むき出しの状態だね。

s : 今回の事故で放出されたエネルギーはどのくらいだったのですか。

t : 今回の事故で核分裂したウランは約 1mg と評価されている。ウラン 235 の原子の数にして、約  $2.5 \times 10^{18}$  個。エネルギーにして、およそ 22kW 時。今回の事故は約 1 日 (20 時間位) 続いたから、平均すると、1000W 位のヘヤードライヤーをつけっぱなしにしていた程度だね。

s : えー、たったそれだけだったんですか？

t : そう、でもたかが 1mg、されど 1mg なんだ。大量に中性子被ばくをした 3 人のうち、とうとう一人は亡くなった。大げさに言うと、町中に中性子爆弾を落とされたようなものだからね。

s : ずーっと強い中性子が放射されていたのですか。

t : 科学技術庁のニューズレター第 2 報によると、最初にバーストと呼ばれる突発的な核反応が起こって、強い中性子線が放出されたようだね。その瞬間、2 キロ離れた原研の那珂研究所で中性子線が通常の数十倍に達したという。その後は、緩やかにだらだらと臨界状態が約 20 時間続いた。強い中性子が放出されたのは、最初の瞬間だけど、中性子は弱いながらもその後ずーと出続けていたのだ。

s : ところで、臨界を終息させるために、沈殿槽の外周の冷却水を抜き取ったということですが、これはなぜですか。

t : 水は、中性子を減速させたり、反射させる働きをするんだ。外に逃げる中性子が減らなければ、それだけ核分裂反応が起こりやすい。水を抜けば、中性子が外に逃げるので、臨界が終息する。実際、水を抜いた瞬間にストンと臨界が終息したのだよ。

s : でも、そのために、作業した人はずいぶん被ばくしたのでしょうか。

t : そう。あらかじめ被ばくするのがわかっているのに作業するという、新たな倫理的な問題も生じたことになるね。

s : 中性子線による被ばくと、それ以外の放射線による被ばくに違いはあるのですか？

t : 基本的には違いはない。被ばくの絶対量 (それを表す単位はシーベルト) が問題なんだ。ただし、中性子の被ばくには他と異なる症状があるようだが、私には詳しいことはわからない。

s : 中性子以外の放射線というとどんなものがあるのですか。

t : 代表的なものは  $\alpha$  線、 $\beta$  線、 $\gamma$  線。 $\alpha$  線はヘリウム 4 の原子核、 $\beta$  線は高速の電子、 $\gamma$  線は波長のきわめて短い電磁波だ。 $\alpha$  線と  $\beta$  線による被爆が問題になるのは、それらの放射線を出す物質を体内に取り込んだときで、体内被ばくと言う。 $\gamma$  線と中性子線は体外被ばくが問題になる。

s : 半径 350m 以内の人々を避難させましたが…。

t : 漏れだした放射能による被ばくも考えられるけど、一番の要因は中性子被ばくを逃れるためだと思う。

s : 遠く離れれば安全なのですか。

t : 放射線は四方八方に出ているから、距離の 2 乗に反比例して弱まるのだ

よ。10m 離れれば 1m の距離より、被ばく量は 1/100 になるからね。

被ばくを避けるもう一つの方法は、遮へいすることだ。例えば、 $\gamma$ 線は厚いコンクリートや重い鉛で遮へいする。

s : 中性子はどのように遮へいするのですか。

t : 中性子は水のような軽い物質に衝突させて、減速させるのだ。スピードの遅い中性子は原子核に吸収されやすくなるから。だけど、生物の体で遮へいするわけには行かないよね。それは被ばくそのものだからね。

s : 工場から 10km 以内の住民に、外に出ないように勧告したのはなぜですか？

t : 核分裂反応によって生じた放射性物質が屋外に漏れだしたと考えられたからだと思う。飛来する放射能を防ぐために、家の中に入って、外気を入れないように勧告したのでしょう。でも、この勧告は問題があったね。

s : なぜですか、放射性物質はたくさん屋外に漏れだしたのではないですか。

t : ウラン 235 の核分裂は約 1mg、天然ウラン換算で約 143mg だから、人工放射能の量はわずかなものだ。原子炉の中には膨大な人工放射能が貯まっているけど、今回はそれは存在しないからね。しかも、漏れだしたのは、揮発性の沃素やキセノンでしょう。勧告したときには、沈殿槽で臨界状態が続いていることがほぼ判明していたから、中性子による被ばくの方が問題だったのだよ。

s : 茨城産の野菜は事故の後しばらく売れなかったというけど、そこまで神経質にはならなくても、やはり、工場の近くの野菜はちょっと食べる気がしませんね。

t : 心理的にはわかるね。でも、漏れだした放射能は、沃素やキセノンなどの気体状のもので、また、絶対量は大きくないから、漏れた放射能による野菜への影響は問題にならない量だと思うよ。むしろ、臨界状態で発生する中性子による放射化の方が問題だ。臨界状態は約 20 時間続いたからね。放射化というのは、中性子を吸収した原子が放射性の原子に変わるものがあるってことなんだ。しかし幸いなことに、中性子の照射量はすぐ近くをのぞけば、放射化が問題になるほどのものではなかったようだ。野菜に関しては、少なくともサンプリング調査では問題はなかったということだ。

s : 先生の話の伺うと、今回の事故は放射能漏れだし事故とは性格が全く違うということですね。

t : そう。オーバーに言ってみれば、中性子爆弾に対して市民や、行政がどう対処すべきかを考えなければならない、そういう教訓を与えた事故なんだ。

s : 被ばくした 69 人のうち、事故現場の 3 人以外の人達は今後どうなりますか。

t : 難しい問題だね。まず、どれだけ被ばくしたかが問題だ。急性の放射線障害は起きていないようだから、たぶん、250mSv 以下の被ばくだよね。将来、癌になるかどうかは、個人差もあって何とも言えないんじゃないだろうか。これについては、専門家の考えを聞きたいところだね。

三門正吾 (千葉県立鎌ヶ谷西高校)

## 臨界事故と放射線教育フォーラムの役割

大阪府立大学先端科学研究所

朝野 武美

【はじめに】わが国では、50年前（1955年）に原子力基本法が成立し、原子力の平和利用のもとで、核・放射線・原子力に関する科学・技術の分野において目ざましい進歩を遂げてきた。アジア諸国をはじめとする国際社会で、この分野の科学・産業技術は指導的役割を果たしている。この重要な時期に、民間ウラン加工施設JCOの原子核燃料の転換試験棟（主要加工施設ではない）で、臨界事故を防ぐ臨界管理や形状管理を無視した違法な手順で作業を進めたために、国際評価尺度の7段階中、レベル4の国内初の臨界事故を起こし、原子力産業に大きな汚点を残した。事故原因の第一に、保安教育、すなわち、従業員の放射線教育を含めた安全教育の不徹底が挙げられる。臨界事故後の周りの動向は、今後の放射線教育フォーラムの目的の一つである学校及び社会教育活動と大いに関係があり、一言述べたい。

【臨界事故後の動向】平成元年の原子力白書に「原子炉等規制法の定めるところにより安全確保に万全を期している」と書かれている。今回の臨界事故によって、法律の不備が明らかとなり、原子力等規制法の改正（定期検査制度の新設、保安規定の遵守状況の検査制度の創設、”保安教育”義務の明確化（試験研究用原子炉に関する規則には、従来より保安教育の実施について定められていた）と新たに原子力災害対策特別措置法（政府と自治体の一元化・事業者防災組織の設置・事業所防災業務計画の策定義務）の制定がなされた（11/13、数字は月日を表す）。原子力安全委員会の事務局が科学技術庁から総理府に移管されるとともに、事務局のスタッフを現在の5倍の百人規模にする政府方針が出された（12/11）。原子力行政の規制機関（科技庁+通産省）と推進機関（通産省）が同居しているとの指摘に応え、かつ効果的な安全監視体制を築くためである。

大阪府下では、大阪府労働局による熊取町の核燃料加工施設の安全衛生管理体制、社員教育などに関する立ち入り検査が行われた（10/12）。核燃料加工施設や研究用原子炉施設を持つ熊取町は大阪府へ防災対策（専門家の配備、情報収集や住民の健康診断を行う施設の建設、放射線防護設備・医療や薬剤の充実）を要望した（10/23）。また大阪府も科技庁へ原子力関係施設の安全対策を要望した（10/26）。大阪府防災監が中心となり、原子力事業者を含む学識者等で構成する大阪府原子力災害対策研究会を設立した（1/31）。ここで、原子力災害対策法に基づく原子力緊急事態応急対策拠点施設（オフサイトセンター）の設置、緊急医療体制等について検討される。

【意見】大阪には核燃料関連施設である原子燃料工業熊取製造所（熊取町）のほか、教育用の京都大学原子炉実験所や近畿大学原子力研究所がある。私は、日頃、放射線や原子力利用が健全に発展する事を望み、放射性同位元素や放射線の研究を行ったり、上記関連企業と一緒に研究を行ったり、専門家や社会人のための放射線教育や知識の普及に携わったりしている。

臨界事故がきっかけとなり、原子力利用における安全対策問題がさらに高まってきた。ここで、安全規制の整備・強化と同時に、保安教育を通して、管理者や技術者の意識改革を行い、働く人々の道徳心・責任感の育成が重要である。これは人々の社会生活の全ての事柄についての問題でもある。今回のように作業ルール違反を起こし、安全装置設計（形状・寸法の制限、濃度管理）を冒すようなことがあっては、災害を防ぐことはできない。

原子力災害対策特別措置法に基づくオフサイトセンターの設置が検討されている。センターが放射線の常時監視や防災訓練の場に利用されるだけでなく、オフサイトセンターに市民が訪れ、放射線計測機器に触れ、 $\alpha$ 線、中性子線などの環境放射線や放射線の作用などについて学習できる場としても利用されることを望む。そこに放射線教育フォーラムが寄与できるようになれば、放射線の正しい知識普及が一段と進むであろう。

放射線教育フォーラムの願いが通じて、学校の場合において、文部省で新教育課程の改定が行われ、平成12年度から順次、小学校、中学校、高等学校の学習指導要領が変わってゆくこととなった。今後、多くの青少年が放射線や原子力について学ぶことになるようである。若い人達において、ラジエーションリテラシーが高められ、エネルギー・環境問題の中の原子力利用における価値観や判断力の育成につながることを期待したい。

## JCO 臨界事故の報道に見られた不適切な記述

IRRELEVANT DESCRIPTIONS IN THE NEWSPAPERS AND WEEKLY  
MAGAZINES FOR THE JCO CRITICALITY ACCIDENT

放射線教育フォーラム・神奈川大理・大阪府大先端研

○松浦辰男・高木伸司・朝野武美

MATSUURA TATSUO, TAKAGI SHINJI, ASANO TAKEYOSHI

臨界事故についての新聞やテレビをはじめとするマスメディアの報道や論説は概して冷静であったが、一部において科学的に不正確なものがあった。不適切な記述の実例と、改善例を示す。

キーワード：JCO 臨界事故，原子力報道，新聞・週刊誌，放射能・放射線の健康影響

今回の JCO 臨界事故に関する新聞やテレビでの報道や解説，週刊誌・月刊誌などによる論説は概して冷静であり，公正で客観的な報道が多かったと思う。例えば，朝日新聞 10 月 4 日，解説「死の灰放出と違う型—放射能残留は心配なし」，同 10 月 9 日，主張・解説「—からわかる放射線，Q & A」，毎日新聞 10 月 8 日，解説「放射能ほとんど飛散せず—健康への影響なし」，産経新聞 11 月 2 日より 回，「識者連続インタビュー」「臨界事故検証—原子力の理解のために」など。しかし一部の週刊誌において，また新聞の社説において，放射線・放射能の安全性に関して読者に誤解を与え，一般人を無用の不安に駆り立てるおそれのある記述があった。これは，放射線・放射能の安全性に関して過剰に危険視する考え方が社会通念となっていることの反映であると思われる。このような誤った記述に関しては，われわれ専門家がこれを放置せず，著しく科学的事実と反しているものについては訂正を申し入れるなど，マスメディアが原子力報道に関する科学的正確さにおいて一段と改善してもらえるよう努力をする必要がある。本報告は，問題のある記述例を紹介し，訂正例について示す。以下はその一部である。

- （毎日，10 月 1 日，社説）「放射能漏れ—住民の安全確保に全力を」，「……放射能は見えないし，においもない。だが，体や衣服についたり，吸い込んだりすると人体をじわじわとむしばむ。……」→『放射線は見えないし，においもない。その故，大量の放射線をうける可能性のある従事者は注意する必要がある。しかし，少量の自然放射線や天然の放射能は環境や体内にも存在するので，ただ放射能・放射能が，たとい人工のものであっても，存在するというだけで危険である，と考えるべきでない。』
- （日経，10 月 2 日，きょうのことば）「……放射線は生物の細胞に衝突すると遺伝子などを傷つけ，細胞を殺したり，がんなどの原因となる。放射性物質が体内に取り込まれた場合は特に危険。」→『…大量の放射線はがんなどの原因となりうる。核燃料や使用済み放射性廃棄物などのアルファ線を放出する放射性物質を大量に体内に取り込んだ場合などは注意を要する。』
- （日経，10 月 10 日，解説記事）「人体に影響を与える放射線の強さを示す数値が『線量当量』と呼ばれるもので，単位はシーベルト。一般の人は年間 1 ミリシーベルトまでなら浴びても健康に影響がないと考えられている。」→『…放射線の量を示す数値が…。線量当量には管理目標値が一般人，職業人別に設定されており，平常時は一般人は 1 ミリシーベルト以下になるように放射線・原子炉施設などは設計され管理されている。』
- （女性セブン，10 月 19 日号）「死の灰は降る？」あなたの恐怖に全て答える—緊急特集」の見出しで「放射性物質がしみこんだ土地で育った野菜を家畜が。その肉を人間が食べることで体内に放射能が蓄積されていく。今回の事故によって，妊娠中の母親や幼児は“発病の恐怖”と一生つき合っていかなばならなくなった。」「妊娠 2~3 か月の」胎児は奇形児の可能性も」→この記事は表題からして訂正が必要である。今回の事故は中性子の放出が主であって，いわゆる死の灰（核分裂生成物）の漏洩による拡散はごくわずかである。核燃料取扱施設と原子炉の事故では外界に放出されるものが異なる。仮にいわゆる死の灰が放出された事故であっても，放射性物質が降った耕地で野菜が生育するとき，土壤中あるいは表面に降下した放射性物質を吸収し野菜中に濃縮する可能性はあるが，大量でない限りこの野菜を食することによるヒトへの影響はあり得ない。今回の事故の場合，環境中に放出された放射性物質はごく少量の半減期の短い核種であるので，今度の事故にともなうこのルートからの健康影響はないと考えるのが正しいということ，新聞や雑誌の記者に認識してもらおうよう専門家が指導し教育することが必要である。

## 編集後記

放射線教育フォーラムが正式に設立されたのは、ちょうど6年前であるが、その企画はその約半年前、今村 昌・篠崎善治の両顧問、渡利一夫・小高正敬の両総務幹事、それに小生の5名により行われた。当初は、全くこじんまりとした、正にボランティア組織そのものであった。1994年12月に発行されたニュースレター第1号には、将来の夢として国際シンポジウムの開催や公式な組織への成長ということが記載されている。今や、前者はすでに実現され、後者もその第1歩を踏み出そうとしている。これまでも、決して平坦な道ではなかったが、これからも、会員の皆様や外部から暖かくご支援を下さっている多くの方々や組織の関係者のご協力で、フォーラムを発展させて行きたいと願っている。小生自身は決して華々しいことを追うつもりはなく、いつも皆様に対する感謝の気持ちを持ち、しかし粛々として、主張すべきことは主張し、実行すべきことは実行し、あるべき道を切り開いて行きたいと心に誓っている。今後とも皆様のご理解とご協力をお願いする次第である。なお、今回の刊行物の編集は、編集委員会の委嘱によりフォーラム事務局がその作業にあたった。すなわち松浦が編集責任者となり、高木伸司・長谷川罔彦両総務幹事の協力により製作した。

(松浦辰男)

発行者 放射線教育フォーラム (会長 伏見康治)  
〒105-0003 東京都港区西新橋 1-17-2  
三和第一ビル 5F  
TEL/FAX : 03-3591-5366  
E-Mail : mt01-ref@kt.rim.or.jp

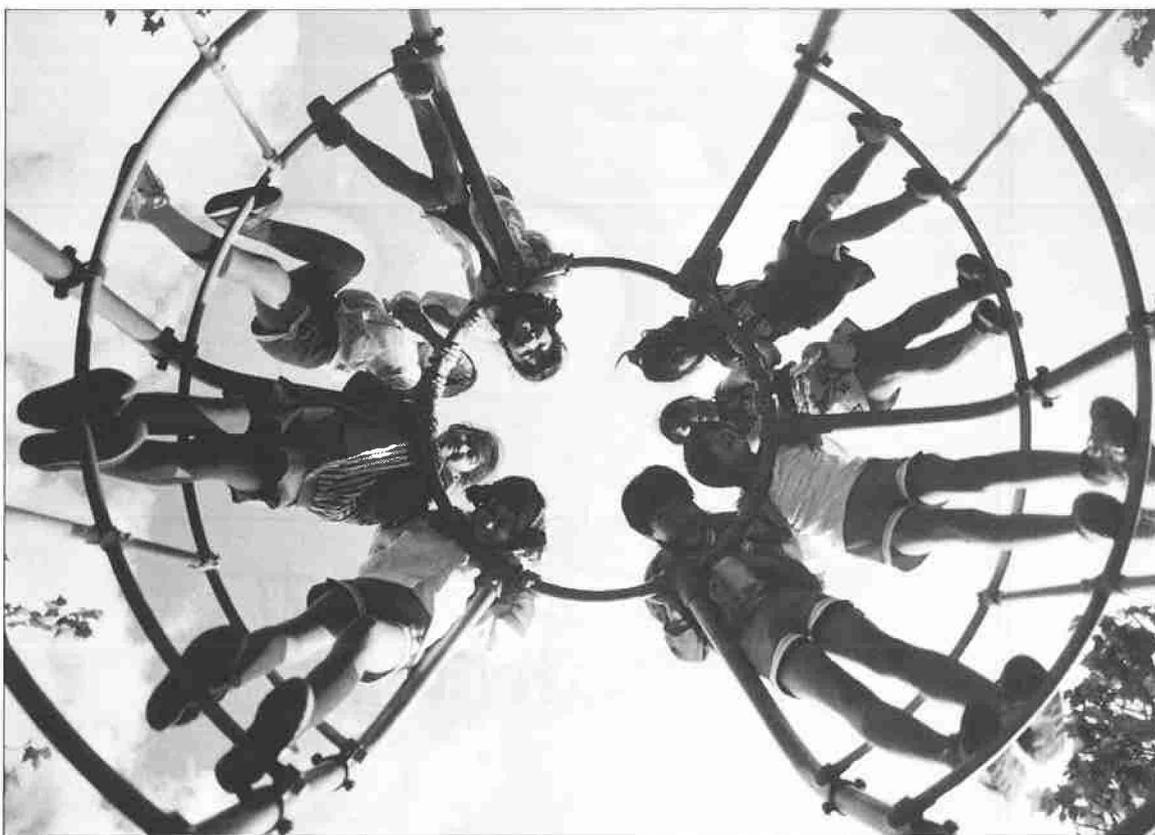






Japan Association for Promotion  
of Science Education and Equipment

# 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、文部省主管の公益法人です。会員数は全国約2,000社、文部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>

電気の1/3が  
原子力で  
つくられてるって  
本当ですか？

東京都練馬区K.T (26歳主婦)



Back



Next



Home



Search



Bookmark

<http://www.fepc.or.jp>

Natural  
Energy

Nuclear  
Energy

Radiation

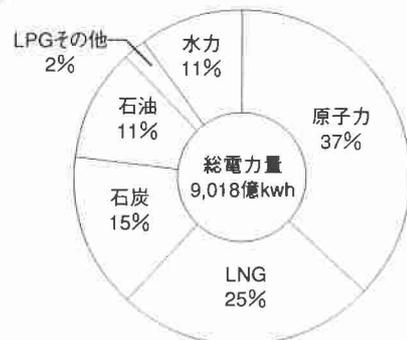
Environment

Mail

# Yes

はい。現在、  
電気の37%は原子力で  
まかなわれています。

●電源種別別発電電力量構成比  
[10電力・卸電気事業者・卸供給事業者その他]



全国9つの電力会社でつくる

**電気事業連合会**

電事連のホームページにぜひアクセスを  
<http://www.fepc.or.jp>



Print



Security



Relord



Stop

info by FEPC

Electric Power

日本はエネルギー資源の約80%を輸入に頼っています。



2度にわたるオイルショックを経て、エネルギー資源のほとんどを海外に頼っている日本では、石油だけに頼らない資源確保が大きな課題となりました。原子力発電の燃料であるウランは石油等に比べ、ごく少ない量で大量の発電を行うことができます。また、石油や石炭、ウランなどの資源には限りがありますが、ウラン燃料の場合はリサイクルできるので長期にわたって安定したエネルギー資源として利用することができます。

水力、火力、原子力をバランス良く組み合わせています。



電気は貯めておけないエネルギー。使われる量を予測しながら24時間作り続けなければなりません。そのため、エネルギー資源の乏しい日本ではいろんな電源の特性を生かしてバランス良く組み合わせています。安定して発電できる原子力をベースに、電力需要が増えたときには、火力発電で対応。さらに電力需要のピークのときには、需要の変動への対応力にすぐれている揚水式水力発電というように、これらの組み合わせ(その時々合ったベストな組み合わせ)により常に安定した電力供給を行っています。



( Energy に  
もっともっとアクセス )

北海道電力...<http://www.hepco.co.jp>  
東北電力...<http://www.tohoku-epco.co.jp>  
東京電力...<http://www.tepco.co.jp>  
中部電力...<http://www.chuden.co.jp>  
北陸電力...<http://www.rikuden.co.jp>  
関西電力...<http://www.kepco.co.jp>  
中国電力...<http://www.energia.co.jp>  
四国電力...<http://www.yonden.co.jp>  
九州電力...<http://www.kyuden.co.jp>

Click!



# 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」教育問題懇談会を設置し、調査研究や提言を行っています。
- ②「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。
- ③ 10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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。
- ⑥ 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、または手紙をお願いします。



財団法人 日本原子力文化振興財団

〒105-0004 東京都港区新橋1-1-13 企画部 ☎03-3504-1381 ㊚03-3580-8188

# インターネットで識る原子力事故情報

(財) 高度情報科学技術研究機構  
伊勢 武治

原子力事故が起きれば、マスコミ、評論家をはじめ、関連官庁、原子力施設立地サイトの人まで関連情報探しに躍起となる。散在する情報から読み切り型の解説にまとめてある「原子力百科事典ATOMICA」(<http://atomica.rist.or.jp/index.html>)を知っているととにかくと得をする。インターネット発信なので、このご時勢都合がよい。データに図表がついているのも親切だ。この「ATOMICA」中から原子力全般にわたる事故解説データについて紹介する。

1. 海外の原子力発電所における主な事故(2-7-4-17)  
ウインズケール燃料溶融(英)、SL1出力逸走(米)、ブラウンスフェリー-1火災(米)、TMI-2冷却材喪失(米)、サンローラン燃料冷却流路閉塞(フランス)、チェルノブイル原子炉破損(旧ソ連)など原子力発電が始まって以来の主な事故12件を解説。
2. 海外の高速炉におけるナトリウム漏洩事故(3-1-3-8)  
旧ソ連のBR-5, BN-350, BR-600, 英国のDFR, フランスのPhenix, SPXの事故16件を解説。
3. 海外の高速炉における事故(ナトリウム漏洩を除く)(3-1-3-10)  
米国のEBR-1, EBR-2, Fermi, FFTF, 英国のDFR, PFR, 旧ソ連のBR-5, BN-350, BR-600, フランスのPhenixなどで起きた事故14件を解説。
4. 海外の研究炉における主な事故(3-4-10-1)  
1942年以来550基以上の研究炉が建設され、現在でも約300基が稼働中である。事故44件について、事故発生原因を、反応度事故、冷却材流量喪失事故、冷却材喪失事故、および機器・部品の故障あるいは誤作動の4つに分類した表にし、主な事故7つについて解説。
5. 核燃料物質等の輸送中の事故(12-2-3-6)  
米英については表にまとめている。陸上輸送ではトラックの衝突あるいは横転でのイロケキ漏出事故をいくつか紹介、海上輸送ではモンルイ号が六フッ化ウラン海上輸送中衝突沈没した事故(容器は引き揚げられ、漏出は無かった)を紹介。
6. 海外の核燃料施設における臨界事故(12-2-3-2)  
欧米・ロシアで起きた事故20件における核分裂数、臨界時状況、警報の有無、事故者被ばく状況などを表にまとめ解説。
7. 世界の再処理施設における火災・爆発事故(12-2-3-3)  
事故8件について解説。
8. その他放射線被ばく事故  
Cs-137が盗難・解体され被ばくした事故(死亡4人、ブラジル)、安全扉が開いていて被ばくした事故(死亡2人、中国)、放射線治療ミスで起きた被ばく事故(死亡3人、コスタリカ)、R1とは知らず下宿に持ち帰って被ばくした事故(手指切断、日本)を含む、照射施設、医療施設、滅菌等で起きた放射線被ばく事故15件を大項目9の個別データで解説。

## あとがき

ウッソウと思うかもしれないが、上記したように、原子力事故が過去に多く起きている。これらを教訓とすべし、と毎度の結論となる。事故は、先進国、開発途上国にかかわらず起きている。また、職務中(あるいは職場で)ばかりでなく、盗難、拾得物からも起きている。戸締まりを含む安全管理に手抜きは禁物とまた悟る。

# 放射線利用の事業の振興と 原子力技術交流の推進のために

## ◎普及事業

- ・技術誌「放射線と産業」、専門書等の刊行
- ・シンポジウムの開催、研究委員会による調査研究活動
- ・「原子力体験セミナー」の開催

## ◎照射事業等

- ・シリコンの中性子ドーピング
- ・放射化分析による微量不純物の同定・定量
- ・原子力・宇宙用材料、部品等の耐放射線性試験
- ・高分子材料の改質と水晶・真珠などの彩色
- ・線量評価

## ◎放射線利用技術・原子力基盤技術の移転

- ・専門家の派遣、技術者の研修
- ・「技術移転セミナー」の開催
- ・データベースの整備・提供

## ◎国際研修、技術者の交流等

- ・「原子力安全セミナー」の開催
- ・アジア・太平洋原子力技術協力の推進

## ◎各種国際協力事業

**RADA**  
RADIATION APPLICATION DEVELOPMENT ASSOCIATION

## (財) 放射線利用振興協会

<http://www.rada.or.jp>

本部・東海事業所：〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4 TEL 029(282)9533  
高崎事業所：〒370-1207 群馬県高崎市綿貫町1 2 3 3 TEL 027(346)1639  
国際原子力技術協力センター：〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4 TEL 029(282)6709

ジャンプ先を選択して下さい

Millennium 2000

# 百万遍ネット

このサーバは(財)体質研究会とイメリタスクラブにより共同運営されています

Topics  
今月のトピックス

Emeritus Club

Health Research  
Foundation

Index

- ・生活と健康：くらしのなかの長寿学
- ・要素非還元主義に基づく健康効果指標の研究
- ・ハイパーサーミア：癌の温熱療法
- ・放射線照射利用促進委員会
- ・太陽紫外線との共存をめざして
- ・日本メカイクロス協会
- ・出版物のご案内

English

〒606-8225 京都市左京区田中門前町103-5 パストゥールビル 5 F

Phone:075-702-1141 Fax:075-702-2141

E-mail: [emeritus@mail.taishitsu.or.jp](mailto:emeritus@mail.taishitsu.or.jp)

021381 (since 1999.1.1)

## ◇生活と健康：『くらしのなかの長寿学』

- ☐ 日常生活のリスク(2000.1.13 更新)
- ☐ 世界の高自然放射線地域とその住民(1999.11.24 更新)
- ☐ 放射線は生命にどう働くか：連続講座「謎解き放射線生物学」(2000.2.1 更新)
- ☐ 食餌とがんの予防(2000.1.11 更新)
- ☐ “放射線”もの知りメモ(1999.12.30 更新)
- ☐ 老化の科学入門(2000.2.1 更新)

## ◇今月のトピックス：『2000年2月トランス・サイエンス再訪』

### 過去のトピックス

2000年1月	・2000年を迎えて、 昨年反省と今後への展望
1999年12月	・私の主張：放射線防護体制の確立を
号外(11/8)	・JCO臨界事故での放射線量をめぐって
1999年11月	・私の主張：未来学再訪
1999年10月	・放射線を受けるとどんなことが起こるか？ 東海村ウラン工場臨界事故の教訓
1999年9月	・小児白血病をめぐる永い話も漸く結末か
1999年8月	・私の主張：ものづくりの知に学ぶ
1999年7月	・私の主張：日本を若返らそう 糖尿病の新しい薬？
1999年6月	・「紫外線と皮膚」 ベータカロチンとがん



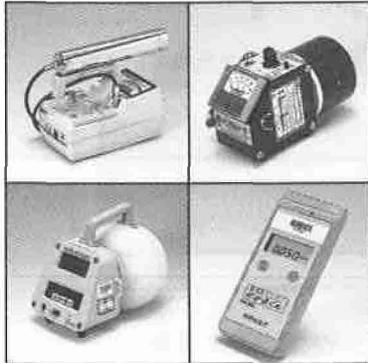
# 放射線測定信頼性向上に

— 作業環境の安全確保に —

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



## 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

「そんなに掘り続けて

大丈夫」



エネルギー資源にはすべて限りがあります。今後は原子力など高度な技術エネルギーをさらに利用し、限りある地球資源を子孫に残してゆくことが私たちの使命だと思います。

三菱PWR原子力発電プラント



本社 原子力事業本部 〒100-8315 東京都千代田区丸の内2-5-1 電話(03)3212-3111  
支社 関西/中部/九州/北海道/中国/東北/北陸/四国



X-RAY AND GAMMA RAY DETECTOR  
HIGH RESOLUTION CZT  
CADMIUM ZINC TELLURIDE

XR-100T-CZT

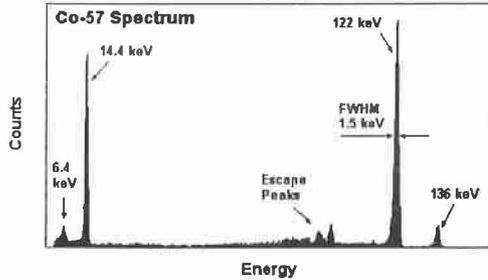
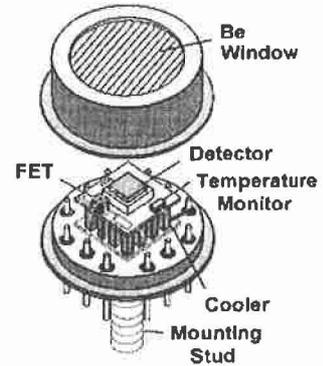
## C Z T 高分解能 X 線検出器

### (特長)

ペルチェ冷却 CZT 検出器  
温度モニタ機能内蔵  
Be (ベリリウム) 入射窓  
低ノイズ冷却型 FET

### (アプリケーション)

医療用 X 線検出器  
ポータブル型測定器  
教育用実験機器  
簡易型 X 線モニタリング



カタログ請求・製品についてのお問い合わせ等  
ございましたら、下記までお申し付け下さい。

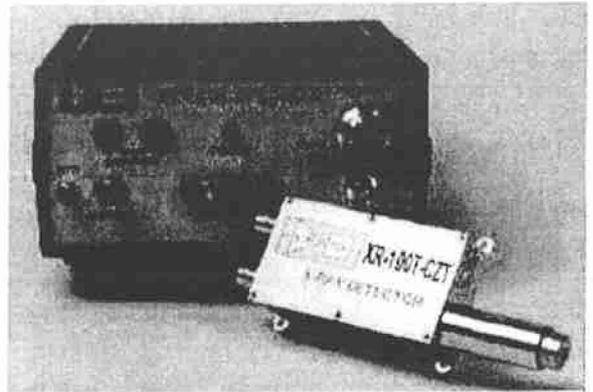
### セイコー・イーシーアンドジー株式会社

千葉県松戸市高塚新田 562 〒270-2222

TEL: 047-392-7888

FAX: 047-391-0985

Email : Info.seg@sii.co.jp



# Aktiv Lab

# isotrak™

## 放射能についての実験用デモンストレーションセット

Aktiv Labは放射能の基本特性を学習するのに必要な教材をまとめたセットです。放射線源には、短寿命の放射性核種Ba-137m (半減期約2.6分) のジュネレータを使用しており、詳しい実験の手引き書が付属しているので学校教育、訓練コース等でお使いいただくことができます。

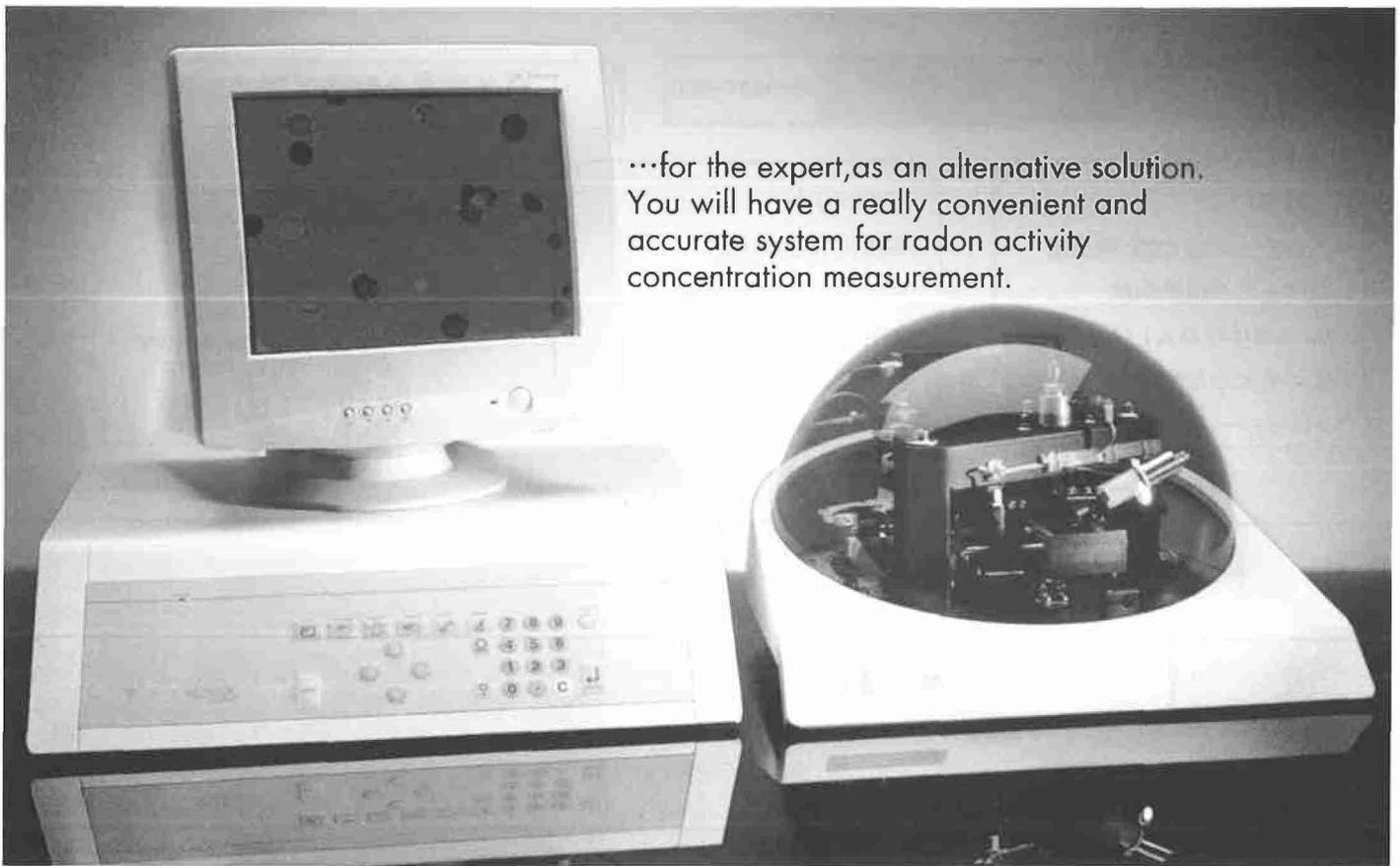
※Aktiv Labを使って次の実験を行うことができます。

- 放射性壊変の統計的性質の考察
- GM計数管のプラトー特性の測定
- Ba-137mの半減期測定
- γ線の鉛による吸収
- 放射線量の逆二乗則
- 放射線源の放射能の算出

# TECHNOL

## 株式会社 千代田テクノル

〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル  
TEL03 (3816) 2531 FAX03 (5803) 1939



...for the expert, as an alternative solution.  
You will have a really convenient and accurate system for radon activity concentration measurement.

## ラドン濃度測定装置

# Radosys

## AZ-5500

RADOSYSはラドン測定に必要な、ディテクタ、エッチング機器、顕微鏡、自動計測システム等全てを備えたシステムです。RADOSYSは、オートフォーカス機能を備えた顕微鏡と画像処理による自動計測ソフトにより、従来人間が行っていた飛跡計測を完全自動化しました。ディテクタは10×10×1mmのCR-39を使用し、RADOSYS専用のID番号が刻印されており飛跡測定時に自動的に読み込むため個々の識別が容易です。RADOSYSは、簡単操作で初めての方でもすぐに精度よく迅速にラドン測定ができます。

### 特徴

- オートフォーカス機能を備えた顕微鏡と画像処理ソフトにより、全自動で飛跡計測ができます。
- 計測時間が非常に短く、1つのディテクタを平均45秒で計測します。
- 自動的にディテクタのID番号を読み取るため、個々の判別が容易です。
- 計測中はリアルタイムで顕微鏡画像が見られるため計測状況の確認が容易です。



## 安西メディカル株式会社

- 本社 / 〒141-0033 東京都品川区西品川3-6-25  
TEL.03-3779-1611(代) FAX.03-3779-6606
- 本社営業部 / TEL.03-3779-1611(代) FAX.03-3779-6606
- 大阪営業所 / TEL.06-6304-4651(代) FAX.06-6304-4468
- 名古屋営業所 / TEL.052-586-6818(代) FAX.052-586-6877

- 本社技術部 / 〒141-0033 東京都品川区西品川3-9-15  
TEL.03-3779-2571(代) FAX.03-3779-2573
- サービスセンター / 〒141-0032 東京都品川区大崎2-6-9  
TEL.03-3779-2611(代) FAX.03-3779-2620
- 横浜工場 / 〒223-0057 神奈川県横浜市港北区新羽町1753  
TEL.045-546-3268(代) FAX.045-546-4586



**BILINGUAL GROUP**  
 Congress organization · Interpretation · Translation  
 国際会議 · 通訳 · 翻訳

株式会社 バイリンガル・グループ  
**Bilingual Group Ltd.**  
 TEL: +81-3-3263-1261 FAX: +81-3-3263-1264  
 e-mail: bgcondiv@ce.mbn.or.jp (会議部)  
 bgtrans@cd.mbn.or.jp (翻訳部)  
 http://plaza10.mbn.or.jp/~bilingual/bg.html

湘南国際村での国際シンポジウム（1998年12月）では、  
 同時通訳をご利用頂きました。

代表 郷農彬子

**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**  
**文部省、科学技術庁等の情報**  
 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、西澤潤一氏自伝連載中



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60万語の辞書を装備！！**  
 米国商務省・日英科学文献機械翻訳センターで採用！ 科学技術庁 科学技術振興調整費による成果！

パソコン用  
 ソフト

**JICST日英機械翻訳システム**

Windows版 \_\_\_\_\_ 定価(本体120,000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 FAX 03-3434-3745  
 http://www.sci-news.co.jp

## 放射線防護教育とともに。

東京映画社は昭和50年より約30年間、放射線防護教育のための視聴覚教材を制作しています。その長い年月の中で当社は常に"人と安全"を見つめ、

「真の理解を促す教材」というテーマに取り組み、放射線業務に従事する現場の方々と真剣に意見を交換し、放射線防護教育のノウハウを蓄積して参りました。当社が制作した放射線防護教育の視聴覚教材の数は250作品にもものぼります。

当社は今後とも、これまで培った放射線防護教育に対する真摯な姿勢を礎に、皆様の教材整備のお役に立ちたいと考えています。

Tokyo Movie Co.,Ltd.  
**EIGASHA** 1965

ビデオ  
テキスト  
コンピュータ  
ソフト  
CD-ROM

株式会社 東京映画社

〒107-0052 東京都港区赤坂五丁目5番8号

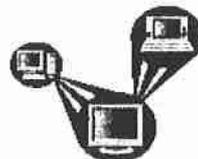
TEL:03-3582-2726 FAX:03-3584-3625

URL <http://www.eigasha.com>

E-mail [mail@eigasha.com](mailto:mail@eigasha.com)



## 研究用のポイント



当社は研究用ガス・安定同位元素・ラボ製品・真空機器・真空部品を販売しております。

又、主仕入先との提携によるオンライン受発注システムと高効率物流システムでクイックデリバリー体制を整え、多数のアイテムをご用意して、商品をスピーディーにお客様のもとにお届けしております。

もちろんお電話・FAX・メール等の受付も行なっております。

尚、当社のホームページから商品の数々をご覧頂くことができますが、カタログ等も沢山をご用意しておりますので、御連絡頂けましたら、送付致します。

お見積だけでも大歓迎です。お問い合わせお待ちしております。



TEL 043-258-3741

FAX 043-258-3760

MAIL [tatuoka8@nifty.com](mailto:tatuoka8@nifty.com)

URL <http://village.infoweb.ne.jp/~tatsuoka/>





