「放射線教育」別冊

学校における放射線教育

放射線教育フォーラム２００１年度成果報告書

NPO 法人放射線教育フォーラム

２００２年３月

序　文

輝かしい２１世紀の幕明けであった筈の２００１年は、期待に反して、国内・国際政治、経済、治安、教育、いづれをとっても種々の混乱がみられている。最近特に顕著になったことは、政・財・官のトップの信頼の低下であるが、それは多分に指導者層の力量の不足と倫理感覚の低下に由来しているようである。今の日本にとって明るいニュースが、昨年に引き続き日本の科学者の業績がノーベル賞の対象となったことと、野球などのスポーツで器用さと努力の結晶である人材が国際的な賞賛の的となっていることだけであるとすれば、それはあまりにも寂しい。何とかして、若い人たちに日本の将来のために、大きくはグローバルな立場で、社会に役立ち人々に感謝されるような種々の仕事があるということを教えて、将来に明るい夢を持たせてやりたいものである。しかしそのような仕事の多くは、決して華々しいものではなく、地味な努力を必要とするものであるが。

上記のノーベル賞受賞者やスポーツ選手に象徴されるように、これまでの日本の常套手段であった、個人の能力の発揮を抑えて集団組織のマニュアル的方法で物事を進める方式はもはや限界に来ているのではないだろうか。今後仕事を成功させるには、内容の独創的なことが第一であるが、評価する側からの信頼を得る必要がある。そして技術者も外交官的な能力すなわち一般教養、魅力ある人柄、それに高いプレゼンテーション力をも身に付け、内容と同時に仕事への熱意などをも適切にアピールできることが望ましいように思う。

社会の総合的発展の基本となるエネルギー・環境問題において、問題となるのは原子力の扱いである。現在は、原子力を推進する側も、原子力は取り扱いによっては危険なこともあるので安全第一を心がけている、というような表現を使い、原子力は危険なものというのが社会通念となっている。しかしどの程度危険と考えるかについては、専門家と非専門家の間には大きな意見分布があり、現状の改善が望まれる。ここにわれわれ放射線教育フォーラムの存在意義があると考えている。われわれは原子力・放射線に関して正確な情報不足のために困っておられる方があれば、できるだけ相談に乗ってあげたいと考えている。実は原子力の価値判断を左右する放射線・放射能が少量存在するときの危険性は、多くの方々が固定観念としておられるほどには高いと考えなくてもよい事実が多いのである。

本刊行物は、昨年度刊行した「新しい世紀の放射線教育」、一昨年度の「放射線教育フォーラム６年の歩み」と同様に、２００１年度のわれわれの活動記録をまとめたものである。今年度からは、われわれ放射線教育フォーラムは、「総合的な学習の時間」を活用して学校でエネルギー・環境問題に関する教育を有効に進めるために、小・中・高校の教員を対象に文部科学省主催のセミナー（正確には「原子力体験セミナー文系コース」）を財団法人放射線利用振興協会に協力して、全国１０ヶ所で開催する機会を与えられたので、われわれは全力を挙げてこの事業を遂行した。幸いに概して好評のうちに終了したので、本刊行物にもこのセミナーで使用されたテキスト数編を収録した。

本刊行物が、従来の同種の刊行物及びフォーラムの定期刊行物同様、関係者各位にとり何らかのお役に立つことを願うものである。

２００２年３月

ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム　理事会

（文責）事務局長　松浦辰男

学校における放射線教育

放射線教育フォーラム２００１年度成果報告書

目　　次

序文

第１章　２００１年度の活動及び２００２年度の計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
　１．２００１年度の活動記録（セミナーを除く）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
　２．２００２年度の計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7
　３．２００１年度「エネルギー・環境問題セミナー」の報告・・・・・・・・・・・・・・・・8
　４．２００２年度セミナー実施計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・24

第２章　各専門委員会報告または関連資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・25
　１．実験教材検討委員会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・27
　２．教育課程検討委員会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・29
　３．リスク問題検討委員会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43
　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・・・・・・・・・・・・51
　５．低レベル放射線影響に関する委員会関連資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・59
　６．教科書記述調査委員会関連資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・71
　７．マスコミ報道に関する委員会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・87
　８．加速器利用調査委員会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・93

第３章　勉強会での講演の要約・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・101
　１．「エネルギー・環境問題を国際的な視野で考える」（金子熊夫）・・・・・・・・・・・103
　２．「原子力選択の条件を探る」（傍島　眞）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・106
　３．「リスクとの付き合い方」（田中靖政）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・111

第４章　セミナーでのテキスト・配布資料から・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・115
　１．「エネルギー・環境問題」（有馬朗人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・117
　２．「２１世紀の暮らしと教育」（山寺秀雄）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・129
　３．「からだのしくみと放射線」（久保寺昭子）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・143
　４．「高等学校における総合的な学習の時間について」（揚村洋一郎）・・・・・・・・・・156
　５．「総合的な学習の時間の実施例」（佐々木和枝）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・160
　６．「中高生対象のエネルギー・環境教育」（渡部智博）・・・・・・・・・・・・・・・・・164
　７．「教科書の記述に見るｴﾈﾙｷﾞｰ・環境・原子力に関する教育の問題点」（松浦辰男）・・167
　８．「『はかるくん』を使った自然放射線測定とＱ＆Ａ」（播磨良子）・・・・・・・・・・・170

謝辞

第１章　放射線教育フォーラムの２００１年度の活動及び２００２年度の計画

第１章　２００１年度の活動及び２００２年度の計画

１．２００１年度の活動記録（セミナーを除く）

放射線教育フォーラムの設立の目的・理念

人類を含む地球上のすべての生物は，太古の昔から存在する自然放射線の影響を受けて進化してきた。約 100 年前にはＸ線が発見され，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。また原子力発電は 1998 年度ではわが国の総発電量の 37 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，わが国が原子爆弾の被災を経験した世界で唯一の国であること，また原子力に関連する事故やトラブル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われわれは，放射線を含めて，自分の身のまわりの自然現象や科学技術の所産による事物に関する基礎的な科学知識を持ち，技術に伴なう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臨界事故に際して近傍の住民が抱いた不安感や，事故発生地の周辺地域で生じた風評被害のような不条理な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る。

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，放射線や原子力については，これまで学校での教育が軽視されており，適切な学習が行なわれてきたとは言い難い。われわれの身の回り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を学校の理科の時間に十分に教える必要がある。いっぽう一般社会や地理などの人文社会系の科目では，例えば教科書でのエネルギー問題を取り扱いを見ると，量的・経済的到達性において決して充分ではない自然エネルギーを賛美しその実現性に過大の期待を持たせているのに比べて，原子力についてはその危険性が強調されているなど，記述において公正を欠き生徒に誤った概念を与えてしまう可能性が大きい。

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，ボランタリーな立場で，広く市民全体に放射線・原子力について，またエネルギー・環境問題についての正しい科学的知識と公正な考え方を普及させようと努力している。

ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム２００１年度の活動について

以下は、2002 年 3 月 3 日現在、ホームページで広報を行っている現在の活動の概略である。

ＮＰＯ法人「放射線教育フォーラム」は放射線，放射能，原子力，あるいは教育の専門家の有志により 1994 年４月に発足し，2000 年 11 月にＮＰＯ法人の認証を受けたボランタリー組織で，放射線・エネルギー問題，原子力等の正しい知識を普及させる活動を行っています（会長は有馬朗人元文部大臣，その他の役員は別紙の通り）。フォーラムは，社会一般の人々が科学技術の最近の進歩の恩恵を受けているにも拘らず若い人達に「理科離れ」が見られること，また特に放射線や放射能に対して現在知識人を含む多くの方々が科学的事実以上に過剰の不安感をもっており，そのことが原子力や放射線の平和利用を大きく妨げていることに鑑みて，特に小・中・高校の学校教育において理科教育を改善し，中でも放射線・放射能の正しい知識やエネルギー・環境問題の教育を充実していただくことに重点を置いて，以下に述べるような活動をしています。フォーラムの会員は 2002 年 3 月 1 日現在で個人会員 195 名，団体会員は 56 団体です。

（ 放射線教育フォーラムの活動 ）

(1) **要望書の提出**　学校教育における放射線教育の環境を改善するために，学習指導要領や教科書の記述の実情を調査し，すでに文部省に２度，科学技術庁へ１度要望書を提出しました＊。

(2) **専門委員会活動**　学校で放射線教育を効果的に行うために，「放射線教育のための実験教材」，「放射線教育カリキュラム」，「種々のリスクに関する教育」，「医療系教育機関における放射線教育の実態調査」，「低レベル放射線影響をいかに理解し教えるか」，「教科書記述調査」「マスコミ報道調査」「加速器利用調査」の８つのテーマを専門委員会で検討して，年度末に報告書としてまとめる作業が行われています。

(3) **勉強会・公開シンポジウム・見学会の開催**　会員（会員以外でも参加可能）を対象として勉強会やシンポジウムを開催して，放射線の利用や放射線影響の最近の研究結果や，学校と社会における放射線教育を始めとして広く今後の教育の在り方など，種々の話題について専門家から，また教育の実践体験を経験者に話してもらい，最新の知識と情報を習得しています。この勉強会は毎年度３回（7 月，11 月と翌年 3 月）に東京で開催しています。最近は 11 月 10 日に開催され，３５名が参加しました。次回は３月３日です。また研究会を兼ねた施設見学会を年に１～２度開催しています。今年度は 10 月 27 日（土）に東京都立保健科学大学で行い，午前中は講演「医療における放射線の利用」を聞き，午後は同学科の放射線機器を見学しました。参加者は 36 名でした。

(4) **学校教員のためのセミナーの開催**　2001 年度から、文部科学省主催の、主に文科系学校教員に対する「エネルギー・環境・放射線セミナー」を放射線利用振興協会に協力して全国 10 箇所（札幌・仙台・つくば・千葉・静岡・金沢・名古屋・大阪・福岡・東京（２月９日と３月３日の２回））で実施しました。2002 年度も全国 10 個所で開催の予定です。

(5) **ニュースレターと「放射線教育」誌の発行**　ニュースレターは年に 3 回，フォーラムの会務の報告とともに会員相互の意見の交換に活用しています。すでに２２号まで発行されました。会誌「放射線教育」は 1997 年度から年に１回，すでに第３巻まで刊行されました。また，2000 年３月には「放射線教育フォーラム６年の歩み（付録：ＪＣＯ事故の解説と評論）」が「放射線教育」誌の特集号として刊行され、また 2001 年 3 月末には「新しい世紀の放射線教育――放射線教育フォーラム 2000 年度の活動と今後の展開」が別冊として刊行されました。

(6) **文献等の収集**　「放射線教育に役立つ文献リスト」をすでに 2 回発行しました。また「放射線教育に役立つビデオなどのリスト」もできています。

(7) **国際シンポジウムの開催**　当フォーラムの活動を国際的規模に拡大するために，「放射線教育に関する国際シンポジウム」を 1998 年 12 月に神奈川県葉山町「湘南国際村」で開催し成功を収めました。次回のシンポジウムを 2004 年 8 月に（長崎で）開催すべく計画中です。

＊要望書「エネルギー・環境問題に関連したこれからの放射線・放射能教育の在り方」を 1996 年 11 月 19 日に文部大臣に，要望書「学校及び社会における放射線・放射能教育を効果的に行うための方策について」を 12 月 18 日に科学技術庁長官に提出しました。

（インターネットでは、他に、フォーラムの定款、フォーラムの役員、会員募集のこと、問い合わせ先、入会申し込み書フォーム、最新の情報などがわかるようになっている。）

NPO 法人 放射線教育フォーラム 2001 年度役員

以下は 2002 年３月現在の役員名簿である。(五十音順)

会長　有馬朗人（参議院議員・前文部大臣・元東大総長）

副会長　飯利雄一（(社)日本原子力産業会議常任相談役・前信州大教授）
更田豊治郎（(財)日本海洋科学振興財団理事長）
山寺秀雄（名古屋大学名誉教授）

理事	大野新一（理論放射線研所長)	大橋國雄（千葉大名誉教授)
	加藤和明（茨城県立医療大教授)	河村正一（前神奈川大教授)
	菊地文誠（東海大理学部)	久保寺昭子（前東京理科大教授)
	小高正敬（若狭湾エネルギー研究センター協力研究員)	
	高木伸司（神奈川大理学部教授)	中村眞基（元都立医療技術短期大学)
	長谷川圀彦（静岡大名誉教授)	播磨良子（ＣＲＣソリューションズ)
	廣井　禎（前筑波大附属高校副校長)	堀内公子（大妻女子大社会情報学部教授)
	松浦辰男（立教大名誉教授)	峯岸安津子（神奈川大総合理学研)
監事	荒谷美智（(財）環境科学技術研)	竹田満洲雄（東邦大理学部教授)
幹事	朝野武美（大阪府大先端科学研)	荒谷美智（(財）環境科学技術研)
	伊藤泰男（東大原子力総合センター)	石黒亮二（北大名誉教授)
	今井靖子（放医研)	岩崎民子（前(財)放射線影響協会)
	金子正人（(財）放射線影響協会)	木村捷二郎（大阪薬科大)
	工藤和彦（九州大大学院工学研究科)	黒杭清治（日本理科教育協会)
	佐久間洋一（核融合科学研)	杉　暉夫（元原研 東海研修センター)
	高島良正（九大名誉教授・(財）九環協)	竹田満洲雄（東邦大理学部)
	鶴田隆雄（近畿大原研)	唐木　宏（元攻玉社高校)
	中西友子（東大大学院農学生命科学科)	中村佳代子（慶応義塾大医学部)
	坂内忠明（放医研)	三門正吾（千葉県立鎌ケ谷西高校)
	宮澤弘二（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等教育学校)
	渡部智博（立教新座中高)	渡利一夫（元放医研)
顧問	安 成弘（東大名誉教授)	今村 昌（理研名誉研究員)
	熊取敏之（元放医研所長)	後藤道夫（前明治大理工学部)
	斎藤信房（東大名誉教授)	阪上正信（金沢大名誉教授)
	篠崎善治（元都立アイソトープ総合研)	清水 栄（京大名誉教授)
	村主 進（原子力システム研究懇話会)	伏見康治（阪大名大名誉教授)
	松平寛通（元放医研所長)	村上昌俊（社会開発研究所)
	山口彦之　(東大名誉教授)	

事務局長　松浦辰男（立教大名誉教授）

（役員の任期は２年であるが、留任を妨げないことが規定され、役員の交替は毎年６月に開催されるフォーラムの総会において承認していただくこととしている。なお、役員選出の規定が定款において明瞭に定まっていないので、2002 年度は暫定的に 2001 年度の役員の大半の方々に留任をお願いし、2002 年度中に役員選出の規定を明確なものにして次回からその規定によって選出したいと考えている。）

２００１年度理事会等会合の記録

2001 年 4 月 13 日　第 1 回理事連絡会・第 1 回セミナー運営委員会（升本ビル 2F，15 名）

5 月 8 日　リスク検討委員会（升本ビル 2F，7 名）

5 月 12 日　第 1 回実験教材委員会(中村理科，7 名)

5 月 18 日　第 1 回編集委員会（升本ビル 2F，7 名）

5 月 19 日　セミナー委員会

5 月 22 日　第 1 回理事会・第 2 回セミナー運営委員会（升本ビル 2F，14 名，監事 2 名，オブザーバー2 名）

6 月 19 日　第 2 回理事連絡会・第 3 回セミナー運営委員会（升本ビル 2F，9 名）

6 月 23 日　2001 年度総会・勉強会（升本ビル 2F，24 名，委任状 102 名）

テーマ「文系教員のセミナーへ向けての話題」

「原子力と国際政治」 金子熊夫（東海大学）

「リスクとのつきあい方」 田中靖政（学習院大学）

「Climate Change（P. Hodgson の論文）の紹介） 更田豊治郎（放射線教育フォーラム）

「原爆と放射線影響研究・放射線教育」松浦辰男（放射線教育フォーラム）

7 月 14 日 第 2 回実験教材委員会(中村理科，7 名)

7 月 17 日 リスク検討委員会（升本ビル 2F，7 名）

7 月 24 日 第 3 回理事連絡会・セミナー運営委員会（升本ビル 2F 会議室，12 名）

8 月 28 日 セミナー実行委員会(升本ビル，6 名)

9 月 3 日 リスク検討委員会（升本ビル 2F，5 名）

9 月 7 日 第 2 回編集委員会（升本ビル 2F，6 名）

9 月 11 日 第 4 回理事連絡会・セミナー運営委員会 (升本ビル 2F 会議室，8 名)

10 月 5 日 第回実験教材検討委員会(中村理科，7 名)

10 月 15 日 第 1 回教育課程委員会（升本ビル 2F，5 名）

10 月 19 日 第 1 回加速器委員会（升本ビル 2F，10 名）

10 月 19 日 第 5 回理事連絡会・セミナー運営委員会 (升本ビル 2 階 A 会議室，13 名）

10 月 27 日 施設見学会（都立保健科学大学，36 名）

10 月 30 日 第 3 回編集委員会(升本ビル，3 名)

11 月 2 日 第 2 回教育課程委員会（升本ビル 2F，5 名）

11 月 6 日 リスク検討委員会（升本ビル 2F，5 名）

11 月 10 日 拡大幹事会・勉強会（升本ビル 2F，35 名）

「トピックス―有馬先生の講演から 」 山寺秀雄（名古屋大学名誉教授）

「原子力選択の条件を探る」 傍島眞（日本原研社会技術研究ｼｽﾃﾑ）

パネル討論「これからの学校教育の課題」

「情報教育と環境教育」 細矢治夫（お茶の水女子大学理学部教授）

「指導要領で縛らず面白い理科や数学を」 伊豆山健夫（開成学園校長）

「教育で育てたい資質・能力は何か」 廣井 禎（元筑波大附属高校副校長）

11 月 16 日 第 6 回理事連絡会・セミナー運営委員会（升本ビル 2F，14 名）

11 月 30 日 第 4 回編集委員会（升本ビル 2F，5 名）

12 月 1 日 第 2 回加速器委員会（升本ビル 2F，10 名）

12 月 7 日 教育課程委員会（升本ビル 2F，6 名）

12 月 18 日 第 7 回理事連絡会・セミナー運営委員会（升本ビル 2F，15 名）

2002 年 1 月 25 日 第 2 回理事会・セミナー委員会（升本ビル 2F，17 名）

2 月 2 日 第 3 回加速器委員会（升本ビル 2F，9 名）

2 月 15 日 第 5 回編集委員会（升本ビル 2F，7 名）

2 月 26 日 第 8 回理事連絡会（升本ビル 2F，１１名）

3 月 3 日 勉強会（東京地区セミナーと合同で開催、科学技術館サイエンスホール，３７名）

「学校教育の改革とエネルギー・環境教育」 飯利雄一（元文部省視学官）

「２１世紀の暮らしと教育」 山寺秀雄（名古屋大学名誉教授）

「低レベルの放射線影響に関する最近の考え方」 金子正人（放射線影響協会）

パネル討論会「総合学習の時間の実施例・トピックス」 渡部智博（立教新座中高校）

佐々木和枝（お茶の水女子大学附属中学校）

堀内公子（大妻女子大教授）

3 月 22 日 第 9 回理事連絡会・セミナー委員会（升本ビル 2F，１４名）

２．２００２年度（及びそれ以後）の計画

２００２年度の具体的活動としては、年 11 回を予定している理事会（あるいは理事連絡会）において活動の基本方針と実行計画が練られ、各理事のそれぞれの役割分担のとおり、年 3 回のニュースレターの発行（通常８～１２ページ）、年に一度の「放射線教育」誌の発行、年にそれぞれ数度の会合を持つことにより８つの専門委員会による調査研究、政策提言あるいは２００４年 8 月に長崎で開催することを計画している「第３回放射線教育に関する国際シンポジウム」の開催に向けて組織委員会・募金委員会等を立ち上げて準備に当たる。本年度から開始された学校教員に対するエネルギー・環境問題、放射線・原子力に関する問題を初等・中等教育の「綜合的な学習の時間」において効果的に取り上げていてだくためのセミナーについては、次節以降において本年度の成果と２００２年度の計画を述べる。

以後の計画・展望　なお、今後の活動として従来の活動を発展させるほか，新たに追加あるいは強化するに値するとおもわれるものに次のようなものがある。

（1）教育制度や行政に関する政策提言としては，教員養成のための教育機関において，放射線を含む理科教育をもっと重視するように要望する。

（２）小学校，中学校，高等学校において，「総合的な学習の時間」などを利用して，児童・生徒の発育に応じて放射線・原子力・エネルギー問題などを適切に学校で教育してもらえるような教材を提供する。（セミナーでのテキストの整備や専門委員会活動として）

（３）小・中学校での放射線教育を、例えば「はかるくん」などを利用して進めることが放射線への一般的な恐怖感を低減させるのにたいへん有効であることが判明したので、（２）に関連して特にその具体的方策を検討し、実行する。

（４）教科書調査の報告書を，教科書の著者や出版社，文部省の教科書検定官に知らしめて，教科書記述の更なる改善に寄与する。

（５）マスコミ関係者や社会のオピニオンリーダーの方々（政治家を含む）との懇談会を持ち，マスコミ報道専門委員会その他の委員会活動の成果などを伝えて，社会での放射線教育の重要性を認識させる、その普及活動に協力を要請する。

（６）「放射性廃棄物」，「原爆に関する教育」の２つの専門委員会を設置したい。

（７）将来において「放射線教育士」の認定制度をつくることを政府に勧告して，放射線の正しい知識を持っている一般人を養成することを提言したい。

（８）社会教育，あるいは社会福祉の仕事に関連して，比較的少量の放射線被ばくにより精神的に苦痛を感じている人々を救済するために必要な放射線教育について関係機関に提言を行う。（原子力立地地域の住民や原爆生存者で放射線ひばくについて強い不安感をもっている人々との対話など）

（９）組織の財政的基盤を確立して活動を活性化するための方策として，上記の諸活動を行政・企業からの要望があればそことの適切な連携（受託事業等）により実施することをはかる。受託事業の種類としては，（ア）情報発信（委員会活動により集約した新しい情報を印刷物あるいはインターネットで発信する）、（イ）教育（すでに開始しているような学校教員対象のセミナーの開催，放射線関係の研究者や技術者・看護婦の方々の教育のための講師の派遣，マスコミや社会の指導者へのセミナー開催，原子力立地地域での講演などによる啓蒙活動など），（ウ）コンサルテイング（地方自治体からの委託による立地地域住民との対話）などが考えられる。

３．２００１年度「エネルギー・環境問題セミナー」の報告

１．はじめに

NPO法人放射線教育フォーラムは平成 13年度の新規事業として「エネルギー・環境・放射線セミナー」を実施した。このセミナーは、財団法人放射線利用振興協会が文部科学省から受託して実施する「原子力体験セミナー」の一環として開催したものであって、全国 10ヶ所で主として中学校・高等学校の文系教職員等教育関係者を対象として環境・エネルギー・放射線に関わる諸問題について講演と実験を行った。この事業は「エネルギー環境問題、放射線及び原子力問題に対する一般市民の判断力資質の養成とこの分野における将来の人材の確保及び育成のために、学校及び社会におけるこの分野の教育の充実と正しい知識の普及をはかり、もって公益の増進に寄与する」という本法人の目的にかなったものである。特に平成 14年度から新学習指導要領に従って「総合的な学習」が小・中・高等学校の授業に導入されるという時期に本セミナーを実施したことは時宜を得たものであった。

２．　セミナー開設の経緯

原子力・放射線に関する正しい知識の普及をはかることを目的として、全国の中学校及び高等学校の教員等を対象とする「原子力実験セミナー」が、科学技術庁からの受託事業として、平成 2年度から8年度まで日本原子力研究所によって実施された。平成 9年度にはその事業の一部を、平成 10年度からはすべての業務を（財）放射線利用振興協会が科学技術庁（現、文部科学庁）から受託実施し、平成 11年度からは「原子力体験セミナー」と名称を改めた。

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

３．セミナーの概要

（１）コース内容

主として文系の教職員を対象とし、環境・資源・エネルギー等なじみやすい視点での講演及び実験を行う。

（２）開催場所及び人数

１）開催場所

①　北海道地区　②　東北地区　③　茨城地区　④　千葉地区　⑤　静岡地区
⑥　愛知・岐阜・三重地区　⑦　北陸地区　⑧　大阪地区　⑨　九州地区
⑩　東京地区

２）目標とした人数

上記①～⑨は６０名程度／回とし、⑩は２００から２３０名程度／回とした。

４．平成１３年度「エネルギー・環境・放射線セミナー」の実施状況について

１）　開催場所及びカリキュラムについて

開催場所については、開催場所①～⑨の各地区で開催の準備が出来次第、地区の責任者が中心となって開催場所の選定及びセミナーの講演講師の選定を行った。東京地区については、実施期間の最後に、開催することとし、３月３日（東京地区（第２回））をもって平成１３年度「エネルギー・環境・放射線セミナー」は全て終了した。

日程の構成については、１日コースが５地区（東北、千葉、東京（１）、東京（２）、愛知・岐阜・三重、大阪）２日コースが５地区（北海道、茨城、静岡、北陸、九州）であった。

カリキュラムの構成については、講演のみが３地区（千葉、東京（１）、東京（２）愛知・岐阜・三重）、講演と実験は、６地区（北海道、東北、茨城、北陸、大阪、九州）、講演と見学は１地区（静岡）であった。

２）　受講者の構成

・受講者数：　主として中学校・高等学校の文系教員及び体育・養護・理系教員、その他の教育関係者をセミナーの参加資格とした。定員８４０名、応募者数５０５名、受講者数４７４名（５６％）であった。

・担当教科：　文系（国語、英語、社会等）　１１０名（２３％）
理系（理科、物理、化学等）　２２６名（４８％）
その他（体育、養護、家庭等）１３８名（２９％）

・学校別：　小学校　４４名（９％）、中学校　１１８名（２５％）、高等学校　２５６名（５４％）、大学、専門学校等　５６名（１２％）であった。

５．各地区のセミナーの概要と実施状況

大阪地区　　世話人代表　朝野　武美（大阪府立大学助教授）

エネルギー・環境・放射線を総合的に考える教育をめざして

平成１３年８月３日（金）大阪府教育会館（たかつガーデン）

セミナーの概要

講演　10:05-15:00(12:00-13:00)

「地球規模の環境・エネルギーと放射線」　鶴田　隆雄（近畿大学教授）

「日本の初等中等教育・エネルギー教育」　有馬　朗人（元文部大臣）

「Ｘ線ＣＴを使った出土遺物の調査」　肥塚　隆保（文化財研究所）

「放射線の医学利用」　山本　和高（(財）若狭湾エネルギー研究センター）

見学会　15:00-16:00

放射線展の見学（近鉄百貨店の会場）

放射線とは何か？、放射線利用に関するパネルや実物の展示、各種実演コーナー及び夏休みのひととき子供と大人が放射線について学習している様子を見る。

上原　利夫（大阪ニュークリアサイエンス協会）

本田　嘉秀（元近畿大学名誉教授）

体験学習「放射線を測って見よう」(16:00-18:00)

1）放射線検出器「はかるくん」を用いた、天然試料からの放射線の測定

2）霧箱の作成と自然放射線の飛跡

小田 啓二（神戸商船大学、かんさいアトムサイエンス倶楽部）

北岡　祥伯（元京都大学原子炉実験所）

柴田　誠一（京都大学原子炉実験所）

意見交換会　18:30-19:55

実施状況

(1)　平成１３年度原子力体験セミナー（文系」コース）を、大阪地区放射線教育フォーラム会員１２名の協力を得て開催した。大阪府教育委員会と大阪市教育委員会の後援を得ることができた。応募者３４名で受講者は３４名、その内中学校教員が１２名、高等学校教員が１５名、その他専門学校、養護学校、教育関係者であった。参加者の専門は文系が２７％、理系が６２％であった。

(2)　本セミナーでは、「総合的な学習の時間」が小・中学校及び高等学校で平成 14 年から順次に実施されることを受けて、総合学習での課題の一例として考えられる「エネルギー・環境・放射線」を主題として取り上げた。放射線教育フオーラムの会長で、文部大臣として「総合学習の時間」を立案された、有馬朗人先生に講演をお願いすると共に、日頃、エネルギー・放射線教育に携わる方々が表記主題の基礎知識を分かり易く解説し、放射線利用の最先端の話題を紹介した。また、「体験学習」の時間を設け、自然放射能の測定や放射線教育に役立つ霧箱の作成を行った。放射線は 1 個の原子の核崩壊や 1 個の原子の核反応によって発生する「信号」であり、放射線計測をすることにより、自然科学の基礎的な事柄が分かる。さらに、会場近くで開催中の「放射線展」の見学会を実施した。最後に、意見交換会の場を設け、参加者にセミナーに関する感想や総合学習等に関する様々な意見を求めた。

（3）　講演３の演題は「Ｘ線ＣＴを使った出土遺物の調査」であった。

１９６０年代、奈良県を中心とする遺跡発掘において、木簡の発見が相次ぎ、保存科学の重要性が指摘され、その一つとして、放射線重合による保存法が開発された。また、ほとんどの場合、土壌中では、化学的には還元状態であるので、金属類も酸化分解されることなく、そのままの形状で多く発見されている。近年、このような埋蔵物の考古学的情報を知る目的で、Ｘ線ＣＴ法による金属構造物の非破壊的観察技術が開発された。それらを用いた３次元的画像化による埋蔵物の材質、古代の製造技術、さらに産地や流通などの分析解析実例が紹介された。

講演４の演題は「放射線の医学利用」であった。

現在の医療において、Ｘ線及びラジオアイソトープ（以下 ＲＩ）診断法はなくてはならない医療技術である。この内、Ｘ線はレントゲン撮影技術として百年にも及ぶ利用の歴史がありさらに近年では、Ｘ線ＣＴ法により患者の体内構造及び状態が断層的に、また３次元的映像として観察され、ガンや腫瘍の発見に用いられていると述べられた。また、ＲＩ標識医薬品を投与することによって、全ガン診察、また、ＲＩ-ＣＴによる肺ガンの検診、さらに、^{18} Ｆ－ＦＤＧを用いた検診治療の現状が紹介された。

体験学習では、1）放射線検出器「はかるくん」を用いた、天然試料からの放射線の測定、　2）霧箱の作成と自然放射線の飛跡の観察」を体験した。最初の体験学習では、参加者全員に行き渡るように　４０台の「はかるくん」を用意して、ランタンの芯、塩化カリウム、昆布、カリ肥料など７点の自然放射線を出す試料の放射能を測定した。「はかるくん」は固体検出器でできたガンマ線計測器であり、参加者は感動しながら放射線測定を行った。「はかるくん」より検出感度が良いベータ線用の「ベータちやん」を数台使用して、機種による放射能の検出感度の違いも体験した。また、講師による実演として、掃除機で空気中の塵を５分間集め、集塵袋に付着したウラン２３８の娘核種の放射能計測をGMサーベイメータによって行った。

次の体験学習では、別に用意したダストサンプラー（集塵機）を１～２時間作動させて、空気中の塵をフィルターに集め、フィルターの細片からの上記と同様のベータ線による放射線量の時間変化をＧＭサーベイメータで調べた。比較のために、ランタンの芯による試

料からの放射線量の経時変化も測定し、正方眼紙に測定値をプロットし、フィルターの細片試料の放射能は数１０分間で半減することを学んだ。また、参加者全員がアクリル材料等を使用して「霧箱」を作成し、霧箱を粉末状のドライアイスで冷却し、フィルターやランタンの芯などの試料から放出しているアルファ線の飛跡を観察した。自作の霧箱で初めて放射線の飛跡を見ることができ、参加者は一同は歓声を揚げた。後の意見交換会やアンケート結果で、霧箱による体験学習に対する感想の声が多かった。

放射線展の見学会については、参加者全員が近くの近鉄百貨店会場へ移動し、大阪府立大学先端科学研究所等主催による同展を見学した（同会場では、当日、同展主催者による有馬朗人先生を囲んでのミニセミナーも開催された）。放射線の基礎知識や利用に関する展示物、各種実演コーナー及び夏休みのひと時に子供や大人が放射線に関する勉強をしている様子を見学した。

放射線展については、教員等のセミナー参加者にも大いに参考になったと、アンケート結果に記されている。

意見交換会の状況は次のようであった。意見交換会会場は、雰囲気を変えるために、別に移し、夕食を取りながら、交換会を進めた。沢山の意見や考えが出てきた。しかし、自由に意見を求めた結果、エネルギー・環境についての議論が少なく、原子力に意見が偏った。討論の時間が１時間３０分で短かった。

愛知・岐阜・三重地区　　世話人代表　山寺　秀雄（名古屋大学名誉教授）

２１世紀の環境・暮らしと教育
平成１３年８月４日（土）　名古屋ガーデンパレス
セミナーの概要
講演　9:50-15:35(12:00-13:10 昼食)
「日本の初等中等教育・エネルギー教育」　有馬　朗人（元文部大臣）
「新学習指導要領、特に『総合的な学習』について」
広井　禎　（前筑波大学付属高校副校長）
「２１世紀の暮らし―地球環境、エネルギー、豊かさ、教育」
山寺　秀雄（名古屋大学名誉教授）
「暮らしの中の放射線と医学における放射線の利用」
河村　正一（元放射線医学総合研究所化学研究部長）
まとめおよび総合質疑応答　(15:50-16:25)　（司会）飯利　雄一（元文部視学官）

実施状況
（１）　平成 13 年度原子力体験セミナー、文系、愛知・岐阜・三重地区コースの第１回目として、名古屋市で、愛知県教育委員会、岐阜県教育委員会、名古屋市教育委員会、愛知県小中学校長会、愛知県公立高等学校長会、名古屋市小中学校長会の協力と三重県教育委員会の後援を得て開催した。受講者は６０名（応募者６３名、取消１名、欠席２名）であった。
（２）　開会の挨拶、来賓（愛知県教育委員会高等学校教育課、川村則夫主幹）挨拶の後、講演 1 では、有馬朗人講師が「日本の初等中等教育・エネルギー教育」と題して、先進国の人々がエネルギーを消費し過ぎていること、世界のエネルギー資源、特に化石燃料の資源に限りがあること、化石燃料使用の際には発生する硫黄酸化物・窒素酸化物による

大気汚染や二酸化炭素による温暖化などの環境問題があることを指摘した。

風力発電・太陽光発電などの新エネルギーは値段が高くその供給量に多くを期待できないこと、新エネルギーの開発促進のためには基礎研究および開発を進めるとともにグリーン料金などによる国民の協力が必要であること、少なくとも５０年は原子力に依存せざるを得ないが廃棄物の処理が問題であることを述べ、結局省エネルギーにつとめることが最も望ましいという結論を示した。

講演２では、広井禎講師が「新学習指導要領、特に『総合的な学習』について」と題して「総合的な学習の時間」がなぜつくられたか、これをどのように実践して行くかについて話した。「総合的な時間」がつくられた背景として、生徒の意欲を育てる必要があること、教科内容の精選は必要であるがそのために現代性の高い内容、生活と密着した内容が削除される傾向があるので、それらを精選された教科内容とつなげるための工夫が必要であることを指摘した。「総合的な学習」の実践には決定版がないが、いずれにしてもプロセスを大切にし、その過程が充実した時間になれば素晴らしい「総合的な学習」であろうと述べた。

講演３では、山寺秀雄講師が「２１世紀の暮らし―地球環境、エネルギー、豊かさ、教育」と題して、まず２０世紀の暮らしを振り返り、２１世紀には地球温暖化問題などの地球環境問題が最重要課題となり、科学技術のほか、政治・経済・生活様式など総合的な対策が必要であることを指摘した。各種エネルギー源の特徴を述べた後に二酸化炭素排出量削減の方策として、エネルギー節約、エネルギーの効率的利用、エネルギー源の転換を挙げた。環境問題を考えると、２１世紀にはものの豊かさではなく心の豊かさを求めるべきであり、２１世紀の教育は、自然を尊び自然から学ぶ教育、豊かな心を培う教育でなければならず、総合化が進み科学技術の発展が目覚ましい２１世紀の変化に適応す考ためには文理のバランスのとれた基礎的な教養が必要であると論じた。

講演４では、河村正一講師が「暮らしの中の放射線と医学における放射線利用」と題して、放射能発見の歴史及び放射能に関する基礎的知識に始まり、自然放射能とその場所や環境による違いを具体的な測定値で示し、人が浴びる天然の放射線、健康診断などの医学的検査で浴びる放射線の量、放射線を浴びた時に被爆線量に応じてあらわれる健康への影響について述べ、放射線を取り扱う産業に従事する人の健康に対する危険度は、法令に定められた被爆の限度を超えなければ、他の比較的安全な諸産業とかわりはないことを示した。さらに医学における診断及び治療への放射線の利用の例を示した。

最後に、飯利雄一氏が司会者となって、まず初等・中等教育システムと学校教育の問題点、今日的課題と学校教育の方向、２１世紀における学校教育の今日的課題について述べた後、総合質疑応答を行った。

北陸地区　　世話人代表　坂本　浩（金沢大学名誉教授）

エネルギー・環境・放射線セミナー

平成１３年８月６日（月）、７日（火）　国立能登青年の家

セミナーの概要

８月６日（月）

講演　13:40-18:50

「総合的な学習の時間」のあるべき姿　石原　多賀子（金沢市教育委員会教育長）

「日本のエネルギー・環境問題を国際的な視野で考える」　金子　熊夫（東海大学教授）

「優しい放射線、放射能の話――役に立つ放射線・放射能――」　中西　孝（金沢大学教授）

「放射線・放射能のリスク――人体及び社会に与える影響――　」　森　厚文（金沢大学教授）

「エネルギー・環境・放射線について理解を深めてみよう」（司会）
——参加者による素朴な疑問・批判——　坂本　浩（金沢大学名誉教授）
交流会　19:00-21:00
８月７日（火）
報告　9:30-10:30
「エネルギー・環境問題——総合学習における実践例１
谷口 豊（石川県立金沢二水高校教諭）
「エネルギー・環境問題——総合学習における実践例２
戸田 一郎（富山第一高校教諭）
実験　10:40-12:30
天野 良平（金沢大学医学部教授）
中西　孝（金沢大学理学部教授）
山本 政儀（金沢大学理学部教授）
柴　和弘（金沢大学RI センター助教授）　他

1　放射線を目で見てみよう（簡易型霧箱の製作と放射線の観察）
2　身の回りの放射線の測定（簡易型放射線測定器「はかるくん」を使用して室内、野外などの身の回りの放射線を測定）
3　放射線の性質を調べてみよう（各種放射線測定器を用いて、放射線の遮へい材による効果を調べる）
4　放射線測定器をつっくてみよう（身の回りのものでGM計数管をつくる）

実施状況

（1）　平成１３年度原子力体験セミナー文系コースの第１回目として、石川県で２日間コースを文部科学省、放射線利用振興協会の主催、放射線教育フォーラムの共健により開催した。応募者は１７名、受講者は１７名であった。

（2）　初日、2 階の研修室にて、開講式、オリエンテーションの後、講義１「総合的な学習のあるべき姿——初等・中等教育の文系教員に求められているもの——」では，「自ら学び、　自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てる」等の総合的な学習の重要性について具体例を基に対話形式で講義を行った。

講義２の「日本のエネルギー・環境問題を国際的な視野で考える」では，「エネルギー資源小国」日本にとって、２１世紀において国内外の環境保全を図りつつ、国の長期的なエネルギー安全保障をいかに確保していくかが重大な課題であり、国際的な視野に立って合理的にものを考える意義について講義を行った。

講義３の「やさしい放射線，放射能の話——役にたつ放射線・放射能——」では，放射線、放射能とは何か及びその特徴についてのやさしい解説とともに放射線・放射能がいろいろな分野でいかに有効に利用されているかについて概説した。

講義４の「放射線・放射能のリスク——人体及び社会に与える影響——」では、放射線による人体への影響についてのリスク評価、放射線障害発生のメカニズムとともに社会への影響についての総合的なリスク評価の重要性について解説した。

「エネルギー・環境・放射線について理解を深めてみよう」では、それぞれの講演についての質疑応答を行い、引き続き交流会にて個別の情報交換を行った。

（3）　２日日の講義５の「エネルギー・環境問題——総合学習における実践例 1——」では、石川県の高校教員が環境教育の実践事例について報告を行った化学部の生徒による「金沢市内の河川水の水質調査についての研究成果」について、地元テレビで放映（高校生が水質調査を行っている様子）されたビデオ及びパックテストを用いた水質汚染のデモ

ンストレーションをもとに環境教育の重要性について解説を行った。

講義６の「エネルギー・環境問題――総合学習における実践例 2――」では、富山県の高校教員が原子力教育の実践事例について報告を行った。授業内容の紹介（ビデオ視聴、霧箱による飛跡の観察、デンタルフィルムを使った「ベクレルの実験」、はかるくん実験キット」の利用など）とともに改良を重ねた自作の「霧箱」の演示を行った。

「放射線の測定実験」では、受講者による簡易型霧箱の製作と放射線の観察、簡易型放射線測定器「はかるくん」を用いた室内、室外の身の回りの放射線の測定、講師による各種サーベイメータを用いた放射線（α線，β線，γ線）の遮蔽効果の演示を行った。ＧＭ管の製作は時間がなくなったので、その作り方と原理について簡単に説明を行った。

受講者に修了証を授与したのち、閉講の挨拶でもって本セミナーを終了した。

茨城地区　　世話人代表　加藤　和明（茨城県立医療大学(IPU)教授）

放射線とそのエネルギーや環境との関わり
平成 13 年 8 月 21 日（火）～ 8 月 22 日（水）　エポカルつくば（つくば国際会議場）
セミナーの概要
８月２１日（火）
講演　13:15-17:30
「学校教育におけるエネルギー・環境教育の考え方」江田 稔（文部科学省初中局主任視学官）
「資源エネルギーと地球環境問題」　高島　良正（九州環境管理協会理事長）
「私たちの生活と放射線とのかかわり」　久保寺　昭子（東京理科大学名誉教授）
「身のまわりの放射線と放射能」　俵　裕子（高エネルギー加速器研究機構）
交流会　18:00-20:00　三角　智久（産業技術総合研究所主任研究員）
８月２２日（水）
実験・実習　9:00-10:45
「放射線を五感でとらえてみよう」①　自然にある放射線を目で見ます。
②　環境試料の出す放射線を実際に測ってみます。
③　放射線の性質を調べてみます。
俵　裕子（KEK 助手）、佐藤　斉（IPU 助手）、佐藤　勝(IPU 助手)
質疑と意見交換　加藤　和明（茨城県立医療大学教授）

実施状況：

台風１１号の来襲という予期せぬ出来事に遭遇したが、ほぼ予定通りにセミナーを終えることが出来た。応募者は２６名、受講者は２６名であった。

先ず現地世話人代表の加藤が、主催者を代表して挨拶した後、「放射線とエネルギーと環境」と題する Power Point 資料を使って、開催の趣旨を説明した。　引き続いて、江田、高島、久保寺、俵の四講師によるそれぞれの講演が行われた。質疑も活発に行われ、講演は予定の１７時３０分を過ぎたところで終了した。　参会者全員に会場のある会館内のレストランで夕食を共にとって戴き、初対面のぎこちなさをいささか緩和した後で、三角世話人司会の下、本セミナーのテーマに関連した指導実践例の紹介などが行われた。講演会場での質疑とはまた違った味わいの質疑や意見の表明が行われたので、この種の交流会は、セミナーの趣旨を達成する上で大変有効であると実感した。

翌２日目は、先ず、近藤・俵両世話人主導の下、実際に放射線測定器を扱っての実習・実験が行われた。（財）放射線利用振興協会と（財）放射線計側協会のご援助・ご協力で、当初の予定に入っていなかった「霧箱製作と自作霧箱によるα線飛跡の観察」、「はかるくんによる放

射線測定」も課題に組み込まれ、参加者に大変好評であった。文系の先生方でも実験に興味を持って参加戴ける方が少なくないことを知り得たのは収穫であった。

暫時休憩の後、加藤がモデレータとなって総合的な質疑と意見交換を行った。討議に先立ち、加藤がそれまでの学習の纏めとして、「放射線とどのように付合って行くか？」という小講演を行った。

進行・司会は世話人が順次交代で務め、最後に、近藤世話人が締めくくりの挨拶を行って、予定の時刻にセミナーを終了することが出来た。

福岡地区　　世話人代表　工藤　和彦（九州大学教授）

エネルギー・環境・放射線を総合的に考える教育をめざして
平成13年8月23日（木）～8月24日（金）（財）九州環境管理協会研修室、
ホテル海のなかみち

セミナーの概要
８月２３日（木）
講演　9:45-16:00
「学校教育の課題と方向」　飯利　雄一（元文部省視学官）
「２１世紀におけるエネルギー・環境の諸問題」
高島　良正（（財）九州環境管理協会理事長）
「生活と放射線―放射線と仲良くつきあうために―」（環境放射線に関する解説と測定）
松岡　信明（（財）九州環境管理協会）
トピックスと質疑応答　（ホテル海の中道研修室）（司会　）　飯利　雄一（元文部省視学官）
交流会（ホテル海のなかみちアクアホール）
18:30-20:30
８月２４日（金）
講演　9:00-12:00（12:00-13:00 昼食）
「新学習指導要領特に「総合的な学習」について」
村石　辛正　（東京大学教育学部附属中等教育学校）
「エネルギー環境問題を国際的な視野で考える」
金子　熊夫　（東海大学平和戦略国際研究所教授）
「知っておきたい「放射線（能）・核エネルギーとその応用」」
工藤　和彦　（九州大学大学院教授）
見学　13:00-16:00
九州環境管理協会の活動

実施状況
(1)　平成１３年度原子力体験セミナー（福岡コース）として、福岡市内で２日間のコースを文部省、放射線利用振興協会の主催、福岡県教育委員会、福岡市教育委員会、日本原子力学会九州支部、九州大学大学院工学研究院エネルギー量子工学部門、（財）九州環境管理協会および（財）九州山口経済連合会・九州エネルギー問題懇話会の後援により開催した。応募者は３０名、受講者は２９名であった。
(2)　初日、（財）九州環境管理協会の研修室において、開講挨拶のあと講義「学校教育のあり方と今後の展望」があり、総合的な学習の時間が本格的に取り入れられる時期を直前にして、教師は各自の創意工夫を生かした学習計画を立てるとともに、その中に環境・エネルギー問題をいかに取り入れていくかなどについて講義された.

次の講義「環境・エネルギー問題への取り組み方」においては、地球規模での環境問題の解説と、これがエネルギー消費と密接に結びついている事などについて分かりやすい説明がされた。

(3)　午後から「やさしい放射線」として放射線、放射性物質について解説のあと、受講者が放射線検出器（GM管）を使った自然放射線の測定、肥料、岩石標本等の放射線測定，簡易霧箱を用いたα線測定などの実験を行った。

(4)　夕刻からホテル海のなかみち研修室に移動し、受講者間での意見交換が行われた。この間に「ゴミ問題を考える」という講義で、都市部のゴミの量や処理問題などについての話があった。

(5)　夕食を兼ねた交流会において、受講者全員からそれぞれエネルギー・環境問題にする教育への取り組みなどについて紹介および意見交換があった。

(6) 2日目、「総合的な学習の時間への取り組み」について、中学校の教室で実施している総合的な学習の組み立て方とその例、生徒が自発的に活動できるようなテーマ設定と教師の指導が重要である事などが話された。「国際的なエネルギー・環境問題」の講義においては、国際関係からエネルギーセキュリテイ、日本のおかれている立場などについて大局的な視点からの解説があった。「やさしい放射線・原子力」の講義では放射線の工学、農学、医学、考古学などのいろいろな分野への応用、原子力発電に関する初歩的な解説が話された。

(6)　修了証が受講者に渡されてセミナーが終了した。受講者のうち希望者（約２０名）が（財）九州環境管理協会を見学した。協会の活動状況の紹介および環境測定評価を行っている分析機器・分析室を見学した。ダイオキシンなどの環境ホルモン測定、水質検査、大気分析、ガスクロマトグラフィーなど普段は目にできない多くの興味ある装置が紹介された。

千葉地区　　世話人代表　河村　正一（神奈川大学総合理学研究所特別研究員）

２１世紀の環境・暮らしと教育
平成13年12月4日（火）　ぱ・る・るプラザ千葉　7階「かえで」
セミナーの概要
講演　9:35-15:50（12:45-13:40昼食）
「くらしの中にはどのような放射能があるでしょうか」
渡利　一夫（元放射線医学総合研究所養成訓練部長）
「アイソトープで何が分かり、何ができるでしょうか」　大橋　國雄（千葉大学名誉教授）
「学校教育におけるエネルギー環境教育の考え方」
江田　　稔（文部科学省初等中等教育局主任視学官）
「いま何故『総合的な学習の時間』なのだろうか」　広井　　禎（前筑波大学附属高校副校長）
「医療にどのように放射線は利用されているでしょうか」
佐々木　康人（独立行政法人　放射線医学総合研究所理事長）
「総括討議および意見交換」　（座長）　松浦　辰男（立教大学名誉教授）

実施状況

（1）　平成１３年原子力体験セミナー文系コースの第１回目として、千葉県で文部科学省、（財）放射線利用振興協会の主催、NPO法人放射線教育フォーラムの共催により開催した。応募者は２６名、受講者は２５名であった。

（2）　渡利講師は、「くらしの中にはどのような放射能があるでしょうか」と題して放射線、

放射能の定義について説明し、大気や大地の放射線・放射能、東京～大阪間新幹線内の放射線強度の変動について述べた。注目を引いたのは人体中の天然放射能であった。広島・長崎への原爆投下、チェルノブイリ原発事故、一連の核実験にともなう土壌、農畜産物のセシウム１３７などによる汚染であった。質疑応答があった。

（３） 大橋國雄講師は「アイソトープで何が分かり、何ができるでしょか」と題して、物質の構成とエネルギー、アイソトープ、放射能、トレーサー法、土壌中の微量元素の植物への取り込みについて説明があった。

受講者の興味を引いたのはシロサケの回遊の追跡、年代決定への応用、放射線の工業利用であり、核分裂と核融合によるエネギー利用、地球環境、太陽エネルギー、バン・アレン帯の構造と地球環境、炭酸ガス濃度の推移、温室効果など広範囲の分野にわたる解説であった。質疑応答があった。

（４） 江田　稔講師は「学校教育におけるエネルギー・環境教育の考え方」と題して、資源の乏しい我が国におけるエネルギー・環境教育の特殊性、「総合的な学習の時間」の有効利用の必要性について述べた。

次にエネルギー・環境教育で扱う内容についての解説、人口、食料問題、森林、公園、湿地帯等の保全，生物保全、ゴミ問題が取り扱われた。エネルギー・環境教育では知識・理解の他に、判断力や意志決定力、問題解決力の養成が重要であるという示唆に富んだ結論に対して受講者は注目した。質疑応答があった。

（５） 広井　禎講師は、「いま何故『総合的な学習の時間』なのだろうか？」と題して、教育の重要な課題として現在大学で起こっている問題点を指摘し、「どうしてこうなったのか？」という問いの形で受講者と一緒に問題提起した。

次に自ら学ぶ方法の重要性と『総合的な学習の時間』との関係を述べ、その成果に至るまでの問題点を指摘し、身近な種々の事例を引用して解説し、受講者に深い感銘を与えた。質疑応答があった。

（６） 佐々木康人講師は「医療にどのように放射線は利用されるでしょうか」と題して、Ｘ線の発見、世界における核物理学の進歩これに対する我が国の対応の歴史、アイソトープが医学に利用されている脳の画像診断の実例、診断の中心となっている画像処理技術の進歩と最新の現状について、数多くのカラー・ビデオなどを駆使しての分かりやすい説明があった。これらの記憶に残る画像から、アイソトープが現実に医学に利用されている現状を確認でき、深い感銘を受諸者に与えた。質疑応答があった。

（７） 松浦辰男講師は、持ち時間の前半に「教科書の記述にみるエネルギー・環境・原子力に関する教育の問題点」と題して、中学・高校におけるエネルギー・放射線・原子力に関する教育の問題点、教科書の取り上げ方の現状、教科書の不適切な記述の実例、総合的な学習、エネルギー問題や原子力の教育を行う上での基本的知識についての解説があった。次に松浦辰男講師の適切な司会の下「総括討議とまとめ」にうつり、活発な意見交換があった。そして有用なセミナーを受けたという印象を、深く受講者に印象づけた。

また、全体として本セミナーは好評であった。

北海道地区　　代表世話人　石黒　亮二（北海道大学名誉教授）

エネルギー・環境問題セミナー

平成１３年１２月８日（土）～１２月９日（日）北海道大学学術交流会館

セミナーの概要

１２月８日（土）

講演　13:30-21:00(17:30-18:30 夕食)

「日本の初等中等教育・エネルギー教育」　有馬　朗人（元文部大臣）
「２１世紀の日本社会とエネルギー問題」　関　孝敏（北海道大学教授）
「原子力と放射線の安全性について」　住吉　孝（北海道大学助教授）
「教科書に見るエネルギー・環境・原子力に関する記述と総合的学習における教育について」
松浦　辰男（立教大学名誉教授）

１２月９日（日）
講演　(9:00-12:25)
「２１世紀の学校教育の課題」　飯利　雄一（元文部省視学官）
「実験――地球４６億年の旅を通じて資源・エネルギー・環境を考える――
佐藤　正知（北海道大学教授）

実施状況

平成１３年度原子力体験セミナー文系コースとして、北海道で文部科学省、放射線利用振興共協会の主催、放射線教育フォーラムの共催により２日間コースを開催した。応募者は５１名、受講者は４９名であった。

初日、開講の挨拶の後、講義１「日本の初等中等教育・エネルギー教育」では、日本の初等中等教育についてのデータと諸外国のデータをもとに、教育問題について分かりやすい解鋭がなきれ、新たな時代に向けての教育の方向性について説明があった。最後まで参加者の注目を集めた。

講義２の「２１世紀の日本社会とエネルギー問題」では、２１世紀おける日本の社会とエネルギーの問題について社会学的観点から興味深い講演がなされた。理系の教師が多い中で、セミナー内容のバランスの上で貴重な講演であった。

講義３の「原子力と放射線の安全牲について」では、放射能と放射線について、そのはじまりから原子力利用に至る歴史をたどり分かりやすい解説がなされ、安全性の確保についての考え方が述べられた。

講義４の「教科書に見るエネルギー・環境・原子力に関する記述と総合的学習における教育について（含む討論）」では、教科書に見るエネルギー・環境・原子力に関する記述と総合的学習における教育について、講演者の研究の経験と経緯についてお話しされた。その後、参加者間や参加者と講師の間でエネルギー・環境・原子力に関する討議がなされた。

２日日の講義５の「２１世紀の学校教育の課題」では、データを提示し問題点を浮き彫りにしながら率直で、分かりやすいお話があった。内容は先生方の抱える課題に密接にかかわるもので有益であった。

講義６の「実験――地球４６億年の旅を通じて資源・エネルギー・環境を考える――」では、エネルギー資源と地球環境形成の上で鍵となった点に触れる実験を行い、地球４６億年の歴史をたどり、エネルギー・環境問題との関わりについて話があった。ウラン鉱床生成の話の中で、受講者による簡易型霧箱の製作、放射線の観察を体験していただいた。文系の先生方にとっては実験の観察や製作は新鮮であったようで、熱心に取り組んでいただくことができた。

受講者に終了証を授与した後、閉会の挨拶をもって本セミナーを終了した。

静岡地区　世話人代表　長谷川圀彦（静岡大学名誉教授）

エネルギー・環境と新しい学校教育
平成１３年１２月１１日（火）～１２日（水）静岡県職員会館（もくせい会館）
セミナーの概要
１２月１１日（火）

講演　13:40-16:50
「学校教育におけるエネルギー・環境教育の考え方」
江田　稔（文部科学省初等中等局主任視学官）
「２１世紀の学校教育の課題」　飯利　雄一（元文部省視学官）
「２１世紀におけるエネルギー・環境の諸問題」
高島　良正（(財) 九州環境管理協会理事長）
トピックス・質疑応答　17:00-18:50
話題提供　松浦　辰男　（立教大学名誉教授）
奥野　健二　（静岡大学教授）
広井　禎　（前筑波大附属高校副校長）
（司会）　長谷川　圀彦（静岡大学名誉教授）
教育研究会　19:10-20:30

１２月１２日（水）
見学会　8:30-16:00
中部電力浜岡原子力発電所見学

実施状況

（１）　平成１３年度原子力体験セミナー（静岡地区コース）として、静岡市内で２日間のコースを文部科学省、財団法人放射線利用振興協会の主催、静岡県教育委員会、静岡市教育委員会の後援により開催した。応募者は６０名、受講者は、５４名であった。

（２）　１日目、静岡県職員会館の第１会議室において、開催の挨拶のあと講演１「学校教育におけるエネルギー・環境教育の考え方」があり、来年度から始まる新学習指導要領において総合的な学習の時間の中に、環境教育を取り上げていく必要性、エネルギー・環境教育で取り扱う内容、及び資質・能力と態度について講義され、質疑が交わされた。　次の講演２「２１世紀の学校教育の課題」があり、初等・中等教育システムの問題点、教育課程改善の基本的視点と方向、今日的課題と学校教育の方向及び総合的な学習のカリキュラムについて、講演された。総合的な学習の時間へエネルギー・環境問題をいかにして取り入れるかは、各自の教師の知恵と努力によってなされることが強調され、質疑応答がなされた。さらに次の講演３「２１世紀におけるエネルギー・環境の諸問題」では、人類におけるエネルギー文明論と環境との関連性について話され、現代の資源・エネルギー・環境と人口・食糧問題、迫りくる地球環境問題、特に、地球温暖化問題と毒物の環境散逸についてわかりやすい説明があり、総合的な学習の時間の中にエネルギー・環境問題のよい教材を提供することができ、質疑応答がなされた。好評であった。

（３）　講演３の後、トピックス・質疑応答がなされた。トピックスの１は、「教科書の記述に見るエネルギー・環境・原子力に関する教育の問題点」があり、教科書の不適切の実例、総合的な学習の時間でエネルギー問題や原子力に関する教育を行う上での基本的知識の説明があった。トピックス２「環境に優しい原子力エネルギーを目指して」においては、「核融合エネルギーとは」、「環境適合性とは」について平易な説明がなされた。最後のトピックス３「現場で教育を考える」があり、現場教師の教育上の姿勢について、学習指導要領での対応ならびに総合的な学習の時間をもつ上でのプロセスの重要性が話されたのち、質疑応答を行った。

（４）　もくせい会館のレストランで、教育研究会（夕食と意見交換会）で、エネルギー・環境問題についての教育への取り組みについて紹介があり、各自意見の交換を行った。

（５）　２日目、中部電力浜岡原子力発電所の見学に参加したのは、１９名であった。原子力発電所において、はじめに挨拶・概要説明があり、現在建設中の５号機現場を見学した後、

原子力発電所内　Bコース（４号機中央制御室及び原子炉建屋内）を見学した。午後からは、原子力館内の原子炉模型、原子炉燃料模型等の見学があり、質問等もなされた。最後に新エネルギー館（主に風力発電）を見学した。

（６）　JR 静岡駅に向かうバスの中での閉会の挨拶で、セミナーは終了した。なお、修了証は、すでに１日目の講義の後で受講者に渡された。

東北地区セミナー　　世話人代表　工藤　博司（東北大学大学院理学研究科教授）

エネルギー・環境・放射線セミナー
平成 13 年 12 月 22 日（土）仙台国際センター
セミナーの概要
講演　10:00-15:00（12:00-13:00 昼食）
「エネルギーと環境」　高島　良正　（（財）九州環境管理協会理事長）
「くらしの中の放射線」　中西　孝（金沢大学理学部教授）
「中性子と私たち」　荒谷　美智（環境科学技術研究所特別研究員）
「日本の初等・中等教育におけるエネルギー教育」　有馬　朗人　（元文部大臣）

実習　「放射線を見る」15:15-16:10
関根　勉（東北大学大学院理学研究科助教授）
泉　雄一　（日本環境調査研究所技術開発室長）

自由討論　16:10-17:20
玉木　洋一（宮城教育大学教授）
松浦　辰男（立教大学名誉教授）
長谷川 圀彦（静岡大学名誉教授）
広井　禎　（元筑波大学附属高校副校長）
（司会）　工藤　博司（東北大学大学院理学研究科教授）

実施状況

（１）　平成１３年度原子力体験セミナー第８回目として、文部科学省及び放射線利用振興協会の主催、放射線教育フォーラムの共催、宮城県教育委員会及び仙台市教育委員会の後援として開催した。応募者は５９名、受講者は５５名であった。

（２）　仙台国際センター３階会場（白橿）にて開講の挨拶の後、午前中に講演１「エネルギーと環境」と講演２「くらしの中の放射線」が行われた。講演１では、産業や人間活動とエネルギー消費が地球環境に及ぼす影響が分かりやすく解説され、リスクとベネフィットについての質疑等があった。講演２では、我々の生活の場における自然放射線についての解説があった。ＧＭ計数管でいくつかの身近な試料の放射線測定の演示もあり、好評であった。

（３）　昼食後、講演３「中性子とわたしたち」と講演４「日本の初等・中等教育におけるエネルギー教育」を聴講した。講演３では、ＪＣＯ事故の教訓をまじえ、中性子とは何かについて、その発見の歴史と性質について分かりやすい解説が加えられた。中性子とは、原子番号０番の元素であるとの提示もあった。講演４では、総合的学習の発案者である有馬先生からじかにその趣旨を聞く良い機会となった。教育レベルの国際比較、理科離れの問題など、現場の教職員にとって切実な話題について多岐にわたり聴講することができ、大変好評であった。

（４）　次の実習では、指導者の説明を受けた後、受講者全員が個々に霧箱を製作し、空気中

から集めたダストからの放射線の飛跡を観察した。ビデオ画像の投影と解説もあり、理解を深めた。

（５） 最後の自由討論では、初めに４人の話題提供者から一人５分程度のテーマ提供を受けた。受講者からは放射線のリスク、原子力発電所所在地に住む者としての安全性への心配や情報不足などについて意見が出され、活発な意見交換が行われた。

（６）受講者に修了証を授与した後、閉講の挨拶でもって予定通り本セミナーを終了した。

東京地区（第１回）　　世話人代表　高木　伸司（神奈川大学理学部教授）

総合学習の立案に役立つ情報の提供

平成１４年２月９日（土）　建築会館ホール

セミナーの概要

講演　10:10-14:30 (12:10-13:30 昼食)

「日本の初等中等教育・エネルギー教育」　有馬　朗人（元文部大臣）

「自然科学と社会」　更田　豊治郎（（財）海洋科学技術振興財団理事長）

「私たちの生活と放射線とのかかわり」　久保寺　昭子（前東京理科大学教授）

パネル討論　14:30-16:10

「エネルギー・環境問題に関する学校教育の在り方」

広井　禎（元筑波大学附属高校副校長）

揚村　洋一郎（東京都教育庁主任指導主事）

細矢　治夫（お茶の水女子大学情報学科教授）

自由討論　16:20-16:50

（座長）　松浦　辰男（立教大学名誉教授）

実施状況

（１） 平成１３年度原子力体験セミナー事業文系コース東京地区第１回セミナーとして上記開催場所において、１日コースを文部科学省、財団法人放射線利用振興協会の主催、ＮＰＯ法人放射線教育フォーラムの共催、東京都教育委員会の後援により開催した。応募者は７６名、受講者は６９名であり、その他主催・共催団体側で若干名が出席した。開会の挨拶が高木伸司セミナー実行委員長よりされた。

（２） 基調講演１、有馬朗人氏「日本の初等・中等教育、エネルギー教育」時間の関係で初等・中等教育についてのみ、学力に関する国際比較のデータなどを示して説得力を持って述べられた。初等・中等教育における学力について低下が見られ始めているので、対策をとる必要があること、これからはエリート教育に力をそそぐべきであること、また生徒に志を持たせる教育をすべきであると主張された。大学では、少子化と進学率の増大が学力低下の原因となっているので、大学数・学生定員を減らすことが、また初・中教育では、ゆとり教育を利用しての学力上昇への適切な努力が必要であるとの見解が述べられた。

（３） 基調講演２、更田豊治郎氏「自然科学と社会」２０世紀は科学技術の進歩と産業の急激な発達があったが、一方環境問題、原子力の利用における意見の対立等をもたらした。生物学の進歩における倫理観の問題など、あらゆる人文・自然科学の学問はその進歩とともに難しくなっている。自然科学は信頼できる学問であり、社会現象の判断においても自然科学的な判断が用いられるべきである。

（４） 基調講演３、久保寺昭子氏「私たちの生活と放射線とのかかわり」自然界にも体中にも至るところに放射線は存在し、私達はその中で生活しており、日常生活にはなんら

問題はない。放射線はウリミバエの根絶などに役立っている。

（5） パネル討論「エネルギー・環境問題に関する学校教育の在り方」

広井禎氏：教材としてのエネルギー・環境問題は現場の先生から見ると問題が多い。これらの点について例を挙げて述べた。

揚村洋一郎：高等学校における総合的学習は生徒の創意工夫を生かした教育をするもので　　ある。実施体制・方法について解説した。

細矢治夫氏：文科省が指導した総合的学習について、教育現場から寄せられた指摘について述べた。具体的な指導の仕方の説明もあった。

そのあとパネリストの討論、質疑応答があった。

（6） 自由討論　あらかじめ提出された質問等はなかった。

（7） 松浦辰男座長による　資料「教科書の記述に見るエネルギー・環境･原子力に関する教育の問題点」についての解説、質疑応答。

（8）堀内公子氏の挨拶で閉会した。

東京地区（第２回）　　世話人代表　高木　伸司（神奈川大学理学部教授）

総合学習の立案に役立つ情報の提供

平成１４年３月３日（日）　科学技術館　地下サイエンスホール

セミナーの概要

講演　10:10-14:30 (12:10-13:30 昼食)

「学校教育の改革とエネルギー・環境教育」　　飯利　雄一（元文部省視学官）

「２１世紀の暮らしと教育」　　山寺　秀雄（名古屋大学名誉教授）

「低レベルの放射線影響に関する最近の考え方」　　金子　正人（（財）放射線影響協会）

パネル討論会　14:30-16:10

「総合学習の時間の実施例・トピックス」

（司会）　広井　禎（元筑波大学附属高校副校長）

渡部　智宏（立教新座中学・高等学校教諭）

佐々木　和枝（お茶の水女子大学附属中学校副校長）

堀内　公子（大妻女子大学社会情報学部教授）

セミナーのまとめ・自由討論　16:20-17:00

（座長）　松浦　辰男（立教大学名誉教授）

実施状況

（1）　平成１３年度原子力体験セミナー事業文系コース東京地区第２回セミナーとして、上記開催場所において、１日コースを文部科学省、財団法人放射線利用振興協会の主催、ＮＰＯ法人放射線教育フォーラムの共催、東京都教育委員会の後援により開催した。応募者は６３名、受講者は５６名であり、その他オブザーバーとしてフォーラム会員３７名、ならびに主催・共催団体側で若干名が陪席した。

（2） 開会の挨拶が広井 禎セミナー実行委員よりなされた。

（3） 基調講演　1、飯利雄一氏「学校教育の改革とエネルギー・環境教育」の講演初等中等教育のシステムと学校教育の問題点については、社会の変化に伴う学校教育指導方針の変遷、 学校教育の変化と問題点、学校教育のシステムとその影響について、また産業界からの学校教育に対する要望について述べられた。教育課程改善の基本的視点と方向については、生徒一人一人の能力を引き出すことの重要性が述べられた。今日的課題と

学校教育の方向については、情報化社会、価値観の多様化など条件下での教育目標の確立と学習指導の方法について、総合的な学習カリキュラムのあり方について述べられた。

（4） 基調講演 2、山寺 秀雄氏「２１世紀の暮らしと教育」 人類の歴史と地球環境の変化、地球温暖化など２０世紀に始まる地球環境問題とその対策活動について論じ、２１世紀のエネルギーと豊かさのあり方について論じた。ヒトは現時点では必要エネルギーの何倍ものエネルギーを消費している。今やエネルギー多消費で地球温暖化問題が２１世紀の主要１０問題のトップを占めるに至った。化石燃料の代替化は困難であり、エネルギー消費を効率的にする必要があると同時に２１世紀はものの豊かさからこころの豊かさへの時代 としたい。これに伴う問題の解決への努力とともに２１世紀の教育では自然を学び、こころを豊かにする教育であることを要し、このため論理性の尊重と理科的教育の必要性を思う。

（5） 基調講演 3、金子 正人氏「低レベルの放射線影響に関する最近の考え方」 基本的に放射線が安全か危険かは量次第であることがまず述べられ、放射線のヒトに対する影響についての今までの知見を紹介し、放射線を「正当にこわがる」必要があることが述べられた。人類と放射線のつきあいは昔からであり、低線量では放射線適応応答などがわかってきた。 国際放射線防護委員会の放射線防護の考え方、放射線に対する人体の防衛機能について紹介し、低レベルの放射線では有意ながんの増加はないこと、遺伝病の増加もないことを示した。また胎児の放射線障害も 定量以下の放射線では生じないこともデータで明らかにした。これからの放射線防護体系は、量などの諸条件を考慮した正当な放射線防護がなされる方向に向かいつつあることが強調された。

（6） パネル討論「総合学習の時間の実施例・トピックス」

佐々木 和枝氏：総合的学習の時間でのねらい、扱う学習活動などについて、取り組みの現状について、エネルギーと環境をテーマとした学習課題について示した。次に実施例として、「電気と私たちの生活」、「放 射線と私たちの生活」について述べた。

渡部 智博氏：立教新座中・高におけるエネルギー・環境教育の実施事例を紹介する。中学生の事例として、校外学習として新江東清掃工場の見学とこれに関連する課題レポートの 提出、高校生の事例としてSAW（Science Across the World）による活動、自然放射線の測定について紹介した。

堀内 公子氏：総合学習の一つの課題として適切であると思われる「温泉の放射線」について、このテーマを導入するための基礎的参考事項が紹介された。ラジウム・ラドンの発見、日本の放射能泉の特徴・種類・効用などについてデータを示して述べられた。

３氏のプレゼンテーションのあとで、討論・質疑応答がなされた。

（7）自由討論

NPO法人放射線教育フォーラムの松浦辰男事務局長より配布資料に基づき同法人の歴史・理念・活動について説明され、また、配布資料「教科書の記述に見るエネルギー・環境・原子力に関する教育の問題点」により、学校と社会における放射線教育の重要性と教科書の記述の現状、総合的学習でエネルギー環境問題を取り上げる際の基本的知識が説明された。またあらかじめ求めた質問状について解答がされ、一部はメモとして質問者に返却された。

（8）高木 伸司の挨拶で閉会した。

４．２００２年度セミナー実施計画

これからの人類のエネルギー資源，地球環境問題を中心とした講演会，総合学習の時間に関するパネル討論会と実施例の報告，身近な放射線実験などを組み合せて，平成１３年度「原子力体験セミナー」（文部科学省ならびに財団法人放射線利用振興協会主催）の一環として「文系を中心としたエネルギー・環境セミナー」を全国１０地区（１１回）を実施した。受講の募集人数７５０人に対して実際の受講者数は約５００人に達し目標達成率は約６６％であったが，受講者からの意見としては，貴重な情報が得られ，有識者の新鮮な考え方に接し，有益であったと概して好評であった。

共催者である本フォーラムとしては，この種の事業への取組みは初めての経験であった。平成１３年度のセミナー実施に際しては，準備期間がないまま，講師の都合，会場の都合によって日程やセミナー内容を決め，開催手続き，募集案内，受講者の確保など慌しく多くの力を注いだ。その結果，セミナーの内容を高めることに必ずしも満足できる時間をとることができなかったと反省している。

次年度は，以上の経験をふまえて今年度のセミナー参加者から寄せられた意見・感想，ならびに中学・高校の現場の意見を充分に考慮し，セミナー内容の一層の充実をはかるように務める。これは本法人の目的「エネルギー環境問題，放射線及び原子力問題に対する一般市民の判断力資質の要請とこの分野の教育の充実と正しい知識の普及をはかり，もって公益の増進に寄与する」ことに合致するものである。

平成１４年度は，フォーラム内の実施体制を整え，平成１３年度の形を維持するような次の予定で実施する。

（１）　受講者募集の規模と開催場所

平成１３年度の実績を考慮して，無理のない計画（開催地区は１０地区，募集目標６００人）をたてる。

開催場所：北海道地区（札幌），東北地区（青森），北関東地区（群馬），南関東地区（東京・長野・新潟），静岡・山梨地区（浜松），愛知・岐阜・三重地区（犬山），富山・石川・福井地区，関西地区（大阪），中国・四国地区（広島），九州（含沖縄）地区（福岡）を予定する。

募集人員は東京を除いて各地区５０人を標準とし，東京地区は１５０人とし，合計で６００人とする。開催地区については，毎年更新していくものと了解されている。われわれとしてはできる限り全国にまたがって，また同じ地区でもできるだけ開催場所を変えて実施していきたいと考えている。

（２）　留意点

セミナーの内容を「総合学習の時間」に有益であるように考慮する。このためにも各地区のセミナー企画に際しては，地区世話人だけでなく学校教職員を含めたところで検討する。できれば世話人に学校教師・教育センター関係者に参加してもらうようにする。また今年度のセミナー参加者からの意見を尊重する。

また東京地区を除いて，原則として２日間のコースを企画する。このなかで今年度好評であった実験セッションを取り入れることとし，そのための必要予算を計上する。東京地区は，１日のセミナー（目標１００～１２０人）を企画するが，他に施設見学会を主としたセミナー（目標３０～５０人）の企画を検討する。

第２章　　各専門委員会の報告または関連資料

第２章　各専門委員会報告または関連資料

１．実験教材検討委員会報告

本年度も前年度同様１１名のメンバーで活動を続けた。活動内容は実験テキストの執筆編集作業、実験内容の検討、「はかるくん」の活用について、放射線教育に役立つインターネットホームページの調査、モナザイトの利用法についてなどである。

この中でモナザイトの特性および実験への利用について詳しく述べる。

放射線教育において、目に見えない放射線を理解するのには自分で測定してみることがもっとも有効な手段である。ところが学校で放射線の実験を行うことは現実には、測定器が高価であるのに加え、放射線源の入手が困難であることが大きな妨げになっている。

その結果、高校では放射線の実験はほとんど実施されていないばかりか、理科系の教員でさえ放射線を測った経験がないというのがほとんどである。そして過半数の高校生がバックグラウンド（自然放射線）の存在すら知らないのが現状である。

2000 年 6 月、全国各地で大量に発見され、大きな社会問題となったモナザイトは、現在文部科学省の管理下にあるが、具体的な処理方法も不明で、事実上放置状態にある。

我々放射線教育フォーラムの実験教材検討委員会では、このモナザイトについての研究グループを発足させ、モナザイトの特性とこれの有効活用の道として学校その他における実験用線源として利用する方法を検討した。なお、ここで使用したモナザイトは人工のラドン温泉用として使用されているものを別のルートから入手したものである。

モナザイトとは花崗岩に微量含まれるモナズ石と呼ばれる鉱物の粉末で、化学的成分としてはランタン、セリウム、ネオジウムなどの希土類元素が主成分のリン酸塩で、化学式は（Ce,La,Nd）SO_4 である。微量成分として酸化トリウムを含んでいる。つまり放射線源としてはトリウム 232 である。この核種は半減期 141 億年でアルファ崩壊ベータ崩壊を繰り返し最終的に鉛 208 で安定になる。連続崩壊の途中で常温で気体のラドン 220 を生じるのが大きな特徴である。これはラドン 220 以下の崩壊はすべて空気中で起きることを意味し、環境放射能の大きな要因となっている。

現行法ではトリウムは核原料物質に指定され、放射線障害防止法の規制対象外である。しかし原子力基本法に基づく政令と核原料、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律施行令の規制を受け、その所持および移動には厳しい制限がある。規制の対象となるその濃度は１ｇにつき３７０ベクレルを越えるものとなっている。モナザイトに含まれるトリウムは４～１０％であるからおよそ１０kg以下であるので、数量としては９００ｇを越えるものである。また、トリウム 232 の１モルは 232g であり、半減期は 141 億年であるからトリウム 232 の１グラムはおよそ 4000 ベクレルであるがモナザイトに含まれている量の最大限の１０パーセントとしても放射能は 400 ベクレルであるが平均的に見れば、濃度として法的規制値を越えることはないと考えられる。

また、天然の放射性物質であり、法的規制の対象とならない少量でも充分各種の実験が可能である。モナザイトを用いてそのまま小容器に入れて線源としてベータ線およびガンマ線の計測をしたり、ラドンガスを霧箱に注入してアルファ線の飛跡が観測出来る。大学等で波高分析器や液体シンチレーションカウンターが使用可能であれば,さらに高度なことができる。トリウムが連続崩壊する途中で生じるラドンの段階で空中に放出される性質を利用してこれを切り離して取り出せることは他の線源にない大きな特徴である。

このようにモナザイトは安全に取り扱える実験用線源として価値のきわめて高いものである。一般の線源のように計測実験はもとより、ラドンおよびその連続崩壊核種を簡単に抽出することが可能なので放射性物質の生成、崩壊、半減期、放射平衡などの概念を取り扱うことができる。これはは放射線教育にとって大きな意義があるといえる。

現在事実上放置状態にある大量のモナザイトはこれを少量づつに小分けして学校教育や社会教育に活用して、広く放射線に対する正しい知識と理解を求めることは放射線教育上の大きな課題である。また、現在そのチャンスでもあることを提言するとともに関係各位のご理解とご支援をお願いしたい。線源の入手に困難を感じている教育現場にとってはぜひ普及させたい教材である。

2．教育課程委員会報告

1．発足から昨年度までの活動の概要

本委員会は、1998年8月に発足し、本年は4年目を迎えている。これまでの活動の概要は次のとおりである。

・第1年目(1998年度)日本の放射線教育の実状を調査し、その課題をあきらかにしようとした(文献1)。この成果は「第1回放射線教育に関する国際シンポジウム」で講演した。
・第2年目(1999年度)秋にJCO事故があり、これに対する生徒などの質問を中心に放射線の教育をどうすすめるかの検討した(文献1)。
・第3年目(2000年度)中学・高校のさまざまな教科・科目での放射線の扱いを検討して、その展開事例を示した(文献2)。

2．本年度の委員

2001年度の委員は、昨年度と同じで、次の8名である。

飯利雄一(元文部省視学官)	西尾信一(埼玉県立上尾東高)
広井禎(委員長・前筑波大附高)	松浦辰男(立教大学名誉教授)
三門正吾(千葉県立鎌ケ谷西高)	宮沢弘二(東京家政大附中・高)
村石幸正(東大附属中等学校)	渡部智博(幹事・立教新座中・高)

3．本年度の活動

2001年度は6回の会合を開き、「総合的な学習の時間」を中心に検討をすすめた。各会合での主な検討事項は次のとおりである。

・７月２４日(火)　本年度の進め方(1)
・１０月１２日(金)　本年度の進め方(2)
・１１月２日(金)　エネルギー・環境教育セミナーに見る放射線教育の切り口(広井)
・１２月７日(金)　「物理ＩＡ」での放射線の扱い(村石)他
・２月７日(金)　「総合的な学習の時間」の実践例(宮沢)他
・３月20日(水)　本年度のまとめと来年度への課題

なお、7/24と3/20は、日本科学技術振興財団との共同研究「Webシステム活用による放射線教育の支援」のデータと報告書の検討もおこなった。

この会合で検討された報告のうち「総合的な学習の時間」に関する3つの報告を展開事例として本報告書に収録する。また、われわれが協力したWebによる放射線教育の支援に関する「測定実践報告書」の抜粋をも添付資料とする。

(参考文献)

(1)「放射線教育フォーラム6年の歩み」p52-61(2000.3)
(2)「新しい世紀の放射線教育」p7-29(2001.3)

展開事例①

エネルギー・環境教育を総合学習に活かす実例について

東京家政大学附属女子中学高等学校　　宮　澤　弘　二

1.総合学習の現状と活動の概略

環境教育と総合学習は、学習指導要領の改定に伴い、いずれの学校でも扱う情勢にある。しかし、高等学校の段階では、実施に踏み切れず、未だ試行錯誤の状況にあるように見受けられる。小学校や、中学校のすすんだ学校では、総合学習について、各教科で、相互の横断的な取り組みや、学校行事などの中に取り込んで地域社会への参加型の施設見学を含めた「調べ学習」を実施し、派遣講師による出前講演などを通して実施しているものもある。その結果、高校段階で上記のような方法で取り組んだ場合、「総合学習ずれ」した生徒がおり、新鮮さにかけ、なおざりになる傾向がある、とも伝え聞いている。ここでは、そのような危惧のある現状の問題点と、実施可能な実例を取り上げて紹介させていただく。

2.現状の問題点の項目の羅列

①各学校では、どんな時間帯に総合学習の時間を置くのか。
②環境教育として、どんな内容なものがどのような方法で実践的に実施できるのか。
③実施の立案・計画・担当者は、学校の中でどこが、そして誰がするのか。学校、全体がシステムとして取り組めるアビリティーがあるのか。
④「評価はしなくてもよい」ことになっているが、生徒が自主的にすすんで、果たして取り組めるのか。
⑤週休２日制とどのように絡ませていくのか。（土曜日を総合学習にあてる私学の場合）
⑥従来の課外活動、課題学習（補習授業、講習会）を総合学習の名目で代行できるのか。
⑦総合学習の実施形態は、学年別なのか、学校全体が同一時間帯に取り込んでしまうのか。
⑧学校の特徴を環境教育や、総合学習の中にどのように活かせるのか。
⑨よく言われる「テーマー別」の総合学習とは何か。
⑩派遣講師の授業や、民間講師の出前出張授業の活用ができるのか。

3.本校での自然科学実験講座での取り組みの方向

昨年度は、観察測定を中心にして環境教育を植物の生態系を視線に据えて実施した。自然放射線を測定することは、自然を測定することの１つであり、環境教育の範疇に入れることができる。測定器は、「はかるくん」を使用している。自然科学実験講座は、総合学習を視線に据えて進めている。本年度は、放射線教育の２回目のシリーズとして「放射線に対する遮蔽物と距離の違いによる測定実験」を授業実践として実施をした。環境教育は、環境倫理が根本にあり、それをいかに若い人たちに醸成していったらよいのか第一歩として、心の豊かさを育むための教育である。「自然のすばらしさを、しっかりと見据えて、それらを丹念に調べていくことである。そして、自然と、いかに共生できるかをまじめに考えていくことである。」これを環境教育の理念の１つとして、自然科学実験講座では、目標にしている。

4.授業の展開例

①.目的

前回の樹木、土壌、建物の内部の自然放射線の測定から、今回は測定器として前回と同様に「はかるくん」を用いて、放射線源からの距離と遮蔽する物質の種類によってどんな違いがあるのかを観察、測定を目的とする。

①自然放射線は、放射線を遮る遮蔽物の種類によって、どのように線量が、変化するかを測定する。

②遮蔽物の置かれた線源からの距離と、線量の変化について測定する。

③自然界で、場の理論などで成立する距離と線源との関係が、逆二乗の法則が成立することを理解できるようにする。

④人体に及ぼす自然放射線の影響を理解し、距離をとることや、遮蔽物をおくことによって、放射線のリスクからのがれることを学習する。

2.実験方法

（1）　準備するもの

①自然放射線の線源・(a)アメリシウム 241、半減期 432.2 年、線量 0.5μCi 以下(中村理科で教材用として販売価格 16000 円)　(b)燐灰ウラン鉱(中村理科で教材用として販売放射能好物標本セットで 6 種類、販売価格 24000 円)　(c)閃ウラン鉱(中村理科で教材用として販売上記に同じ)

②.遮蔽物・　(ａ)銅板(厚さ 2mm、縦 250mm、横 800mm)　(ｂ)アルミ版(厚さ２mm、縦 250mm、横 800mm)　(ｃ)鉄板(厚さ 2mm、縦 250mm、横 800mm)③.ものさし又は巻尺

③.放射線測定機器として「はかるくん」(放射線計測協会℡029－282－0421 へ申し込むと無料貸与)

(2)実験の進め方

①上記の放射線源を中心におき、「はかるくん」を距離 10,20,30,40,50ｃｍと、放した時の 5 回、測定値し、平均値を求めて表に記入する。

②.「はかるくん」を放射線源から、５０ｃｍ離しておき、その間に上記の遮蔽物を距離 10,20,30,40,50ｃｍずつ離しておいたときの 5 回の平均値を記入する。

③.上記の実験結果をグラフにして、距離(cm)と放射線の強さ(単位μSv)の関係について考察しなさい。

展開事例②

放射線を題材にした「総合的な学習の時間」の構想案

東京大学教育学部附属中等教育学校
村石　幸正

放射線は，自然界を構成する要素の一つであり，身の回りにあたりまえのようにたくさんある。また，日常生活や現代の科学技術でも放射線を利用しているものがたくさんあり，私たちは放射線の性質をうまく利用しているといえる。

このあたりのことをきちんと調べてみると，放射線に関する学習活動は，何も，物理・化学の教員，あるいはもう少し広げて，理科の教員が担当する内容ばかりではないことに気づかれるのではないだろうか。

このように考えたとき，放射線を題材にした授業というと，

- 産業界での放射線の利用を考えれば，中学校の技術科や，高校での家庭科の教員
- 医療分野での放射線の利用を考えれば，保健体育科や家庭科の教員
- 放射線による年代測定を考えれば，社会科・地歴科の教員
- 原子力発電の問題を考えれば，社会科・公民科の教員

が担当する授業というものを考えがちであると思う。しかしここでは，教科の授業を考えるわけではないので，そのような考え方をしないでみたい。

とはいえ，自分の専門教科の内容以外の授業を担当するということは，教員にとって非常に大きな負担がかかることは明らかであり，それはとりも直さず，生徒にとっても，つまらない授業になってしまう恐れが大きい。担当教員が自分の専門ではない内容の授業を担当することに慣れるまでの間は無理をせずに，1 年間の授業ではなく，3〜8 回のモジュール的な授業を考えておくことをすすめたい。

次の「総合的な学習：原子力発電から入る指導計画 私案」は，放射線を題材にして，公民科（社会科）の教員と総合的な学習の授業の構想をねるということを目的に作ってみたものである。残念ながら，この授業案はまだ実施されたことはない。

総合的な学習

原子力発電から入る指導計画　私案

日本のエネルギー事情（発電の現状）

調査：エネルギーの種類・輸入先と割合

原子力発電の原理と問題点

調査：① 原子炉の原理・種類と特徴（特長と問題点）

：② 日本の原子力政策の特徴

：③ 日本の原子力政策の将来像とその問題点

放射線の種類と性質

資料：放射線の種類と性質

実験：霧箱の観察実験

実験：「はかるくん」・ＧＭ計測器などによる計測実験

放射線の利用

資料：医療による放射線量

調査：工学的使用例の調査

放射線の影響とそのリスク

資料：放射線の影響の分類と具体事例

資料：放射線被ばく量とリスク

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

調査・実習：思いつくリスク例の提示とそのリスクの値の見積もり

諸外国の(原子力発電の現状と)エネルギー政策

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）

この案では，授業は調査，資料，実験，発表・報告の 4 つのパターンに分類される。

調査：書籍・インターネット，教員など，さまざまな手段を用いて課題に関することを調査する

資料：教員が配布した資料に基づく伝統的な授業形態のパターン

実験：「やってみよう」的な実験・実習授業

発表・報告：プレゼンテーションの授業形態

このように，2 つ（以上の複数）の教科（の教員）が組めば，これまでの教科の授業から少し違ったものが作れるのではないかと思う（授業を担当するということではない）。

放射線という題材にはさまざまな切り口があり，それだけ「総合的な学習の時間」には向いている題材の一つなのではないかと思う。

展開事例③

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する高校現場からの一考察

東京家政大学附属女子中学高等学校
宮　澤　弘　二

地層処分の研究開発機関である核燃料サイクル開発機構は、これらに関連する研究開発の情報提供してきた。しかし、地層処分に関しては国民一般にはなじみがなく中学高校現場ではほとんど扱うことのないのが現状である。ここで現場の現状をお知らせし、今後どのような教材としての活用があるかを示唆できればと考える。高レベル放射性廃棄物の問題は日本の発電状況から考えると避けて通ることのできない道程であることを認識し、世間一般への喚起を促す一助となればと考えた。

1.地層処分と放射線教育の重要性

①原子力・放射線教育に関心の高い教員は日本ではまだ少ない。しかし、最近になってネットワークとしての「エネルギー環境教育情報センター」や、「放射線教育フォーラム」などの活動により関心は高まりつつある。このような人たちへの丁寧な情報提供や、会議などの催しが望まれる。

②新学習指導要領で今回の改定で「物理Ⅱ」、「理科総合 A」などで原子力や、放射線の項目が取り扱われることとなった。生徒に放射線に関連する内容を科学的に理解させる機会である。ここで高レベル放射性廃棄物の問題と関連させて、放射線を「見る」「聞く」「調べる」といった身近なものとすることで関心を高めることが重要である。

③地学の授業において「日本の地層は安定な地域はほとんどなく、　地震国である。」とか「100 メートル深くなるにつれて地温と圧力が上昇し、深い地層は厳しい環境にある。」と言った内容を教えている中で「地層処分は、1 万年は安全である。」ということを簡単には指導できない現状である。

④総合学習も高校で取り入れる時間にきている。この中ですでに放射線教育を組み込んで実践事例が提案されているものがある。地層処分に関する項目を取り入れて授業展開することも可能であり、これらの実践例を発表する機会を持つ事が大切である。

2.科学教育の本来の趣旨を伝える重要性

①地層処分への絞込みのプロセスで、国民一般が参画できなかったことから科学教育の課題として扱うことは難しい現状にある。

②「地層処分で結論ありき」と窺える現状で、本来科学教育で果たすはずの決定までのプロセスの選択肢として、設定される理論展開や実践的なデータが開示されていない。したがって国民一般からの合意形成された見解とはなっていない野ではないか。

③地層処分を行うこととしているが、当初 30 年から 50 年間程度は、地上で管理することになっている。この間に選択肢の幅がある。地層処分の是非、対策、処理について科学的な調査、観測などの積み上げによって合意形成し、次世代に遺恨を残さないことである。

3.地層処分に関する必要な情報の提供

①諸外国の情報の収集と開示

地層処分に関する情報源は、諸官庁なのか、企業なのか、マスコミなのか、はっきりしないのが現況である。しかし、教育現場にあっては今回のような決定の方法は、今後、改めていく方向で配慮されたい。最近の言葉にあるようにハブリックコメントとしての意見もとりあげていく時代にきている。そのために諸外国での調査、研究されているネガテイブな面を含めて情報の開示が必要である。

②リスクに関する情報

物事には「万全はない。」ことを理解するのが科学教育である。万一のリスクをきちんと教えるための情報が必要である。科学教育はリスクとメリットを正確に理解し、多面的な情報から最も合理的な判断を選択する力を養うことである。

③情報の「幅」と安全性

情報には「幅」がある。政治的な判断や、経済的な根拠や、地域社会の利害が複雑に絡むためである。しかし、科学的なデータに基づいた納得のできる解説や根拠があれば合意形成が可能である。科学的なデータとは、1 種類のデータを言うのではなく、現在、過去、未来に及ぶものである。地域の差やあらゆる危機的な局面を想定してのデータも必要である。これらの情報から安全性の理論が成立する。

4.地層処分への新たな提案

①総合学習の時間を活用して小中高校レベルで放射線教育をしっかりと根付かせることである。そのために「はかるくん」や「観察用霧箱」などを用いて、「見る」「聞く」「調べる」などの身近な教育を現場で展開することである。

②近年起こった放射線の事故を正確に調べ、リスクと安全性に関する教育を早い時期から取り入れて「調べ」教育を大切にすることである。

③これらの教育に関する情報は、民間団体や地域社会が進んで提供し、またそのような組織を現場で活用していくことである。

今回、このような提案をさせていただいたが、私自身としても、不十分な学習であり、間違った見解を述べている部分があると考えます。したがって専門家などとは限らず、ご意見や、ご質問がありましたら下記メールにお願いいたします。

メール　miyazawa－k@tokyo-kasei.ed.jp

（添付書類）

放射線Webによる放射線教育の支援活動

http://hoshasen.jsf.or.jp/

「測定実践報告書」（抜粋）

平成14年3月

財団法人 日本科学技術振興財団

目　　次

1．実施体制 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

1．1　体制図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

1．2　人員構成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

1．3　参加校一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

2．放射線Ｗｅｂの紹介 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

3．測定事例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13

3．1　物理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13

3．1．1　半減期の測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
香川県立丸亀高等学校　村尾美明先生

3．1．2　自然放射線の測定実践についての報告書 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
神奈川県立ひばりが丘高等学校　平野弘之先生　斉藤香代先生

3．1．3　半減期モデル実験、放射線を用いた観察・実験 ・・・・・・・・・・・・・ 23
滋賀県立水口高等学校　泉谷明先生

3．1．4　実践状況について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 31
富山県立滑川高等学校　木下正博先生

3．1．5　実践状況について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35
昭和薬科大学附属高等学校　石峰伝勇先生

3．1．6　自然放射線の測定について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41
島根県立邇摩高等学校　福満尚先生

3．1．7　実践状況について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55
盛岡大学附属高等学校　松村好繁先生

3．2　化学 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 59

3．2．1　放射線の測定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 59
立教新座中学校・高等学校　渡部智博先生

3．2．2　測定実践の報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 81
名古屋市立富田高等学校　村瀬篤先生

3．2．3　平成１３年度自然放射線測定実践状況報告書 ・・・・・・・・・・・・・・・ 85
神奈川県立平塚工業高等学校　田中伸明先生

3．3　その他 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89

3．3．1　＜現代社会・政治経済＞実践記録 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89
松山東雲中学・高等学校　國原幸一朗先生

3．3．2　＜自然科学講究＞自然放射線の測定実践 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 97
自然学園高等学校　浅野則雄先生

3．3．3　＜自然科学部＞自然放射線を測定してみよう・指導案 ・・・・・・・・・・ 103
四天王寺高等学校・中学校　檀上慎二先生

3．3．4　＜理科クラブ＞「はかるくん」による放射線測定 ・・・・・・・・・・・・・ 109
鹿児島学芸高等学校　渡瀬影治先生

3．3．5　＜科学部＞自然放射線の測定　実践状況について ・・・・・・・・・・・・ 113
鳥取県立鳥取東高等学校　勝原雅人先生

3．3．6　＜深草の環境を守る会＞京都府伏見区大岩街道沿いの放射線測定について ・・ 115
京都教育大学教育学部附属高等学校　川村康文先生　西山佳奈先生

3．3．7　＜中国語研究会＞放射線測定実践報告書 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 119
徳島文理中学校　柴山寿徳先生

3．3．8　＜中学生＞中学校における実践例について ・・・・・・・・・・・・・・・・ 121
山口県防府市立華西中学校　松村浩先生

3．3．9　＜中学生＞自然放射線測定の実践状況について ・・・・・・・・・・・・・・ 125
筑波大学附属駒場中・高等学校　梶山正明先生

3．3．10　＜中学生＞実施状況報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 127
埼玉県さいたま市立岸中学校　海野千秋先生

3．3．11　＜中学生＞放射線の研究 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 129
埼玉県久喜市立久喜中学校　鎌田充子先生　樋口三枝子先生

4．先生方の考察 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 167

４．１　東京家政大学附属女子中学高等学校　宮澤弘二先生　・・・・・・・・・・・・・・・・・167
・放射線測定の授業実践例の紹介
・環境学習を総合学習に活かす事例
・高レベル放射線廃棄物の地処分に関する高校現場からの一考察

４．２　立教新座中学校・高等学校　渡部智博　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・175
・中高生対象のエネルギー・環境教育

４．３　札幌開成高等学校　山田大隆先生　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・181
・放射線測定による環境学習の展開
・資源・エネルギー問題としてのSAAP教材

４．４　富山第一高等学校　戸田一郎先生　・・・・・・・・・・・・・・・・・・207
・霧箱実験で視覚に訴える富山第一高校の原子力教育

５．放射線測定の実験例　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・211

・放射線測定の実践例
・アルファ線の「足あと」を見てみよう
・5分で作れる霧箱放射線を目で見る
・空気ＧＭカウンターの製作と 高校での放射線教育
・簡易型霧箱キッドの製作放射線の観察方法

６．生徒の感想　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・237
・高校生の部
・中学生の部

７．放射線Ｗｅｂに寄せられた質問と回答　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・249

８．＜自然放射線測定実践＞に関するアンケート回答結果　・・・・・・・・・・・・・・・255

まとめ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・277

１．２　人員構成

（１）プロジェクトリーダー

林　　達郎　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　　理事

（２）ディレクター

棚橋　正臣　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　　課長

（３）教育実践検討委員会

放射線教育フォーラム

松浦　辰男　　事務局長　立教大学名誉教授

広井　　禎　　元筑波大学附属高等学校　副校長

学識経験者

飯利　雄一　　(社)日本原子力産業会議　常任相談役

堀　一郎　　東京都私立中高等学校協会　東京私学教育研究所　所長

朱牟田　善治　(財)電力中央研究所　工学博士

高等学校教諭

宮澤　弘二　　東京家政大学附属女子中学校・高等学校　　教諭

村石　幸正　　東京大学教育学部附属中等教育学校　　教諭

渡部　智博　　立教新座中学校・高等学校　　教諭

西尾　信一　　埼玉県立上尾東高等学校　　教諭

東京都理化教育研究会

古澤　佑一　　元委員長　現事務局長

中学校教諭

中村　健二　　埼玉県川越市立川越第一中学校　　教諭

（４）測定実践

全国４７都道府県　１００校　　中・高等学校　教諭

棚橋　正臣　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　　課長

橋山　一臣　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　　主任

（５）Ｗｅｂシステム構築

橋山　一臣　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　　主任

平野　　顕　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　副主任

軽部　哲男　　(株)パスコ　公共ＧＩＳ事業本部　　課長

久胡　隆司　　(株)パスコ　公共ＧＩＳ事業本部

（６）事務局

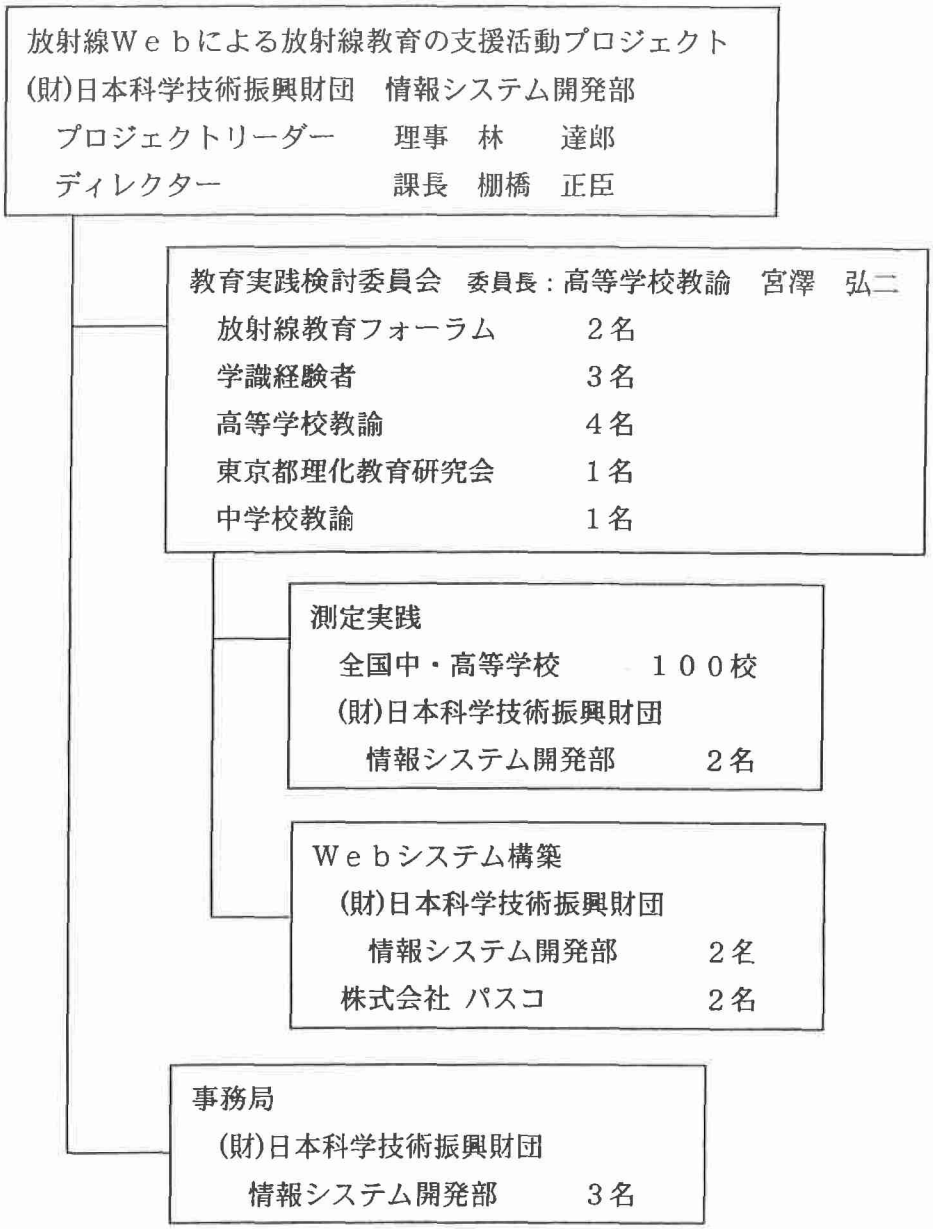
棚橋　正臣　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　　課長

橋山　一臣　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　　主任

平野　　顕　　(財)日本科学技術振興財団　情報システム開発部　副主任

１．実施体制

１．１　体制図



＜連絡先＞

(財) 日本科学技術振興財団　情報システム開発部　　棚橋正臣、橋山一臣
〒102-0091　東京都千代田区北の丸公園２－１　科学技術館
TEL: 03-3212-8472　　FAX: 03-3212-8596　　E-mail：　hashi@jsf.or.jp
ホームページ：　http://hoshasen.jsf.or.jp

アンケートの考察

1. 今回のアンケートの対象者は、圧倒的に高校生が多く、中学生は、ごく一部の限られた生徒たちであった。放射線に関する学習経験については、39％と少なく、ある程度の理解ができているものが半数以下あった。

2. 自然放射線について知っていたものが、測定する以前から55.6％と半数を超していた。これは、予想した数字以上であり、事前学習によって理解したものが多いのではないかと推定する。

3. 放射線の種類は、今回の測定実験によって理解したものが多く、実際に測定することの大切さを伺うことができる。

4. 放射線に対する考え方もこの測定実践を通して半数以上のものが、変わったと答えており、放射線の測定実験は、確実に放射線に対する考え方を変えていると考えられる。特に、安全に留意し、使用法に注意すると答えたものが多く、放射線教育の目標を達成していると考えられる。

5. その他の意見では、いろいろな見解がある。しかし、おおむね次のような意見にまとめられるのではないかと考察した。

①. 自然放射線の実態を理解することができた。という意見が多く、今回の測定の目標がかなえられたと、推察する。
②. 自然放射線は、身近にあるものであり、日常的に存在する。安全性という観点から危険があるとは考えられない。という回答が多かった。
③. . 放射線の種類を学習することができた。さらに発展的な学習をすることを望む意見が提出されている。
④. 自然放射線が場所によって強さが異なることが理解できた。その結果その異なることの根拠について質問が意欲が出てきていた。この回答は、Web サイトを開いて、質問の欄を参照することにより、答は、得られることになっている。
⑤. 放射線が日常生活の中で医療だけでなく、いろいろな分野で利用されていることが理解された。これは、先生方の放射線教育の指導によって理解できた結果と判断する。
⑥. 放射線は、やはり怖いものであり、安全に注意深く扱っていくことが大切と述べている意見があり、放射線教育の根幹となる意見である。
⑦. 手軽に放射線が計れて、面白く野外での活動もあり、科学の好奇心をくすぐるものであり、ほかにも、ほかの種類の放射線が計りたいとの意欲的な意見があり、今後の発展学習につなげることができると考えられる。

まとめ

昨年に引き続き、自然放射線の測定を全国規模で実施し、さらに発展的に中学にも本年度は、測定をお願いした。自然放射線を測定することは、環境測定のひとつであって、環境教育の大きな柱にもなる。学識経験者などから指摘されているようにわが国における放射線教育は、欧米諸国と比較すると、遅れているのが現状である。しかし、この遅れを取り戻し、さらに放射線アレルギーといわれる一般庶民の考え方を改め、放射線に対する正しい理解を深めることをねらいとした。また、情報教育の一助としてインターネットの活用をはかり、学校相互の情報公開をすることにより自然放射線に対する理解を深めることができつつあると考える。本年度の特色は、下記に記述するように昨年度より更なる発展があったと考察できる。

①測定実践の参加校が、中学まで拡大したこと

「はかるくん」を用いて自然放射線をはかることは、小学生でも実施されている。放射線を身近なものとして認識するためには、学年が低学年ほど効果的である。本年度は、中学にもお願いして、測定実践をした。放射線の内容の学習は、中学の教科書などには、取り上げられていないが、放射線を測定することにより放射線の実態を体験することができた。これは上級学校で再び学習するときに基礎学力の礎になっていると考えられる。さらにインターネットの活用により情報教育の一助になる。

②掲示板などに理科部の実践活動や学校の紹介などがあり、ネットワークが他分野に拡大したこと

放射線測定の実践活動だけでなく、各学校の理科部などの実践報告や、学校の測定風景などを取り入れて学校紹介をするページがあり、実践活動に幅が出てきた。今後の web サイトの活用方法として新しい手法が提出されたと、考えられる。

③環境教育や総合学習などに活用できる指導案や、授業展開に使用可能な実践事例が報告されたこと

従来から放射線教育を指導してきた学校などのカリキュラムや実践事例が報告された。優れた内容であり、今回の放射線測定とはことなる分野で実際に現場で実践してきたものがあり、貴重な報告が数多くみられた。これらの報告を全国規模でいかに活用するかが今後の課題となる。

④今後の活動方向の示唆が伺われること

前年度に引き続き、今回は、測定する個所を統一して各学校にお願いしたが、測定の方法が長期の時間であったり、百葉箱などを用いて定点観測和するなど新しい測定法が提示された。また、雨や雪などを避けるためにプラスチックのペットボトルを活用するなど工夫が見られた。今後の測定方法を改善していく方向付けが示唆された。

④学校相互の情報交換をするためにＬＩＮＫが設定されたこと

情報教育の最も重要なことは、互いの情報交換をすることにより、新しい情報から新たなる発見や工夫を創造することである。また、自己の存在場所を認識し、自己確認と自己啓発をすることと考える。そのための一助になることを期待します。

東京家政大学附属女子中学高等学校　　宮澤　弘二

3．リスク問題検討委員会

放射線のリスクをとりまく種々の事項

リスク検討委員会　河村　正一

1．はじめに

喫煙やアルコール依存症に対してアメリカ人は敏感であるといわれている。リスクに対する感じ方は，民族，文化，経験などによって異なるといえる。その道の専門家と一般の人々でもリスクの重みに対する感じ方は異なってくる。

このようにリスクに対する感じ方，科学的評価，社会的評価の違いが，リスクの判定結果に違いとなってあらわれ，評価に大きい差をもたらす。この感じ方の差が大切である。適切な指針の設定が必要な所以である。

専門分野が極端に細分化されている現在，自分の狭い専門分野は判断できる。しかし専門以外の分野は，素人と同じ程度であまり分からない。いろいろの事件がひっきりなしに複雑に起こる。報道姿勢の影響も著しい。

結果として，多くの人々は誤った印象をもち，適切な判定が困難となる。世の中，忙しく一つのことに対応できる時間には限界がある。

問題の本質が分からないまま，やむなく時間切れとなり生半可な処理のまま，次の問題に移る。このような不完全な処理が重なったままの知見を「物差し」として物事を判断すると公正ではない結論となる。

放射線や放射能は私たちの目には見えない，臭いもないなどのため，世間では実際以上に怖がられている。

私たちは放射線や放射能の分野で長期間研究や開発を行ってきたが，その間に得られた知識や経験を次の時代に伝え，これら放射線等のありのままの姿をできるだけ多くの人たちにご理解いただけるよう努力している。

2．総合的学習に「放射線のリスク」をとりあげる理由

最近，ポジトロン CT（陽電子放射コンピュータ断層撮像装置），機能的 MRI（機能的磁気共鳴撮像装置），光トポグラフィなどによって脳を解析して学習と脳機能の関係を明らかにしようとする努力がされている。

小泉英明氏は，「学習」と「教育」は，「脳」を育むことと密接な関係があると生物学的な視点から考察している。「脳」は，環境からの刺激によって新たな神経を接続し，環境に適応できるようになるという。

「学習」では，環境に適応した情報処理回路とデータベースを構築するように，脳が刺激に反応して新たな神経回路網をつくるという。

「教育」では，このような脳の情報処理機構の基本的な骨格が構築されるとき，脳への入力刺激を準備し制御することによって，新しい神経回路を生成し刺激する過程であるという。

神経細胞，グリア細胞，脳血管などの脳組織や，大脳，小脳，脳幹などの基本的構造は，遺伝子情報に基づき作られる。しかし，遺伝子で決定される要因以外に基づく発達，すなわち環境からの刺激によって初めて構築される部分

も多い。

脳は基本的機能をもつように遺伝的につくられ，適切な環境によって健全に発達する。「教育」とは「脳」の適正な発達と機能を確保するために正しい学習を行い最適な適応を可能にする過程である。

この「教育」が効果的に進行するのは，小，中，高校など若い年代である。雛鳥が羽化し最初に見つけた「動きもの」を母親と認識し，その後について行動するインプリンティング（刷り込み）の動作からも理解できる。

若いときの適切な指導によって，放射線，放射能の利点，欠点は容易に身につけることができる。

総合的な学習の時間では，それぞれの教科を横断するような総合的な学習を，生徒の興味や関心に基づき行うように提案されている。

このとき生徒の自主性に任せすぎると，生徒は単なる知識を中心に本やインターネットから集めるだけで，あまり自分で考えなくなるおそれがある。

基本となる問題点は，予め授業で教え，生徒の興味が湧いてきたところを見計らって，生徒に課題を選ばせることも大切と思われる。この基本となる問題点を中心とした理解し易い本を，NPO 法人放射線フォーラムから発行するために関係者が現在検討中である。

3．リスク認知とリスクコミュニケーション

木下冨雄氏によれば，リスクの定義は研究者によって異なるという。しかし中心概念は，危険や障害など望ましくない事象を発生させる「客観的」な確率または「不確実性」である。

これに対して「リスク認知」とは，それら望ましくない事象を発生させる「主観的」な確率または「不確実性」の認知である。客観的なリスクと主観的リスクの間には，食い違いを生じる。

日本の大学生を対象とした研究によると，主観的リスクと客観的リスクの差が少ないのは食品添加物，自転車，エスカレータなどであり，主観的リスクが客観的リスクを上回るのは原子力を筆頭に鎮痛剤の服用，大気汚染などである。逆に主観的リスクが客観的リスクを下廻るのはコーヒー，スキー，電車などといわれている。

人文・社会の科学者はこの分類に異議を唱える人がいる。その理由は，リスクは実体概念ではなく，社会的に構成された概念である。従って個人的・社会的価値からは本質的に自由になれない。

客観的リスクとは言うものの，それは専門家集団で共有されている価値に基づいたものに過ぎない。客観的リスクなるものは本来あり得ないという。この議論は何を対象として望ましくない事象と考えることによって結論が異なる。

喫煙による余命損失を例にとると，喫煙による余命損失は確率的な生物現象で，望ましくない事象の典型だから，そこには価値や主観性は入らないとすれば客観的リスクは存在する。

しかし,喫煙による余命損失は,生物現象であると同時に社会現象であり,時には余命損失を上回る大きな生活の質を得ることもある。したがって,余命損失が不利益かどうかは人によって異なるという立場にたてば,普遍的な客観的リスクは存在しない。

3.1災害に対する「リスク・イメージ」

スロビックは,８１の事象に対するリスク・イメージを,米国の一般人を対象として測定した。その結果,恐ろしさ因子,未知性因子,災害規模因子の３つが抽出された。

このうち前二者の因子が作る直交空間上に８１の事象をプロットしたところ,恐ろしい既知の事象を拳銃,ダイナマイト,核兵器など,恐ろしくない未知の事象を抗がん剤,飲料水のフッ素添加,電子レンジなど,恐ろしくない既知の事象を自転車,自家用船舶,送電線などと区別できた。

リスクの認知と客観的リスクとの間には,大きなずれや歪を生じることが多い。その理由は,リスクという確率的で不確実性を含んだ概念は,人々が認識し難いところにある。

スロビック（1986）によれば,できごとの記憶しやすさや想像しやすさによって認知は影響を受け,単にリスクの存在を指摘するだけでは反って恐怖を感じるという。また,最初に形成された認知はなかなか変りにくく,同じリスクでも表現法が変ると認知は変化する。

客観的リスクと主観的リスクの差,すなわち認知バイアスには,①ある範囲内では認知された異常性をなるべく正常な状態で見ようとする正常性バイアス,②異常事態なのに,楽観的で明るい側面から見ようとする楽観主義バイアス,③極めて稀にしか起こらなくても,起これば大きな被害をもたらす災害を過大視するカタストロフィー・バイアス,④経験が豊富なことから反って生じやすいベテラン・バイアス,⑤未経験のために起きるバージン・バイアスなどがある。

災害の特性に基づく認知バイアスでは,①災害へのかかわりが自発的か否か。自発的なかかわりで生じた災害のリスクは過小視される,②災害を個人でコントロールできない災害のリスクは過大視される。

③災害が誰にでも平等にかかるか,特定の人やグループのみか。不公平なリスクは過大視される,④災害の範囲の広いリスクは過大視される,

⑤一度に多くの被害者が出る災害のリスクは過大視される,⑥死につながる災害はそうでない災害より過大視される。

⑦稀にしか起こらない災害のリスクは,しばしば起こる災害より過大視される,⑧次の世代への影響の可能性がある災害のリスクは,そうでない災害より過大視される。

⑨進行過程が見えない災害のリスクは見える災害より過大視される,⑩あまり知られない災害のリスクはよく知られた災害より過大視される。

⑪人為的災害のリスクは自然発生的なリスクより過大視される，⑫新しい災害のリスクは古くからある災害より過大視される。

ただし，これらの認知バイアスは，互いに独立ではないので注意する必要がある。先に述べたスロビックの３因子は，この認知バイアスを構造化したものである。

３.２リスクに対する「専門家バイアス」

専門家は事象のメカニズムをよく知っているので，その専門分野に限って，リスク認知は技術的に正確であり，情緒的な見方をしがちな市民のそれと食い違うことも多い。

一般的に，市民は被害の重大さでリスクを判断しがちであるのに，専門家は，事態の生起確率で判断する。ある研究によると，市民がリスクを過大視する方向で専門家と食い違うのは原子力，警察業務であり，反対に，市民がリスクを過小視する方向で食い違うのは，X線や食品保存物質である。

ところが，専門家は市民のリスクのとらえ方は冷淡である。その理由は，技術は小さいトラブルを何回も経験して，それを改良し克服する中で発展するので，少々のリスクは必要悪だという技術観をもっているからである。

また，専門家は視野が専門分野の技術的側面に偏りがちで，その技術を用いる人間や組織のエラーを反って見落としやすい。かれらは，技術も社会との関わりあいの中ではじめて意味をもつことを忘れがちである。

そしてこれらの価値観は，閉鎖系である専門家集団の中で増幅されて，市民の素朴な不安感を無視することになる。これが市民には，専門家の独善性，閉鎖性として受け取られるのである。

最近，このような専門家バイアスが原因で発生する事故やトラブルが増え，その反省から技術者の倫理とか，組織規範の見直しとかリスクコミュニケーションの必要性が主張されるようになった。

３.３リスクに対する立場の違いと文化的要因

同じ事象に対して，評価する個人の立場によってリスク認知は異なる。例えば原子力関連の事象に対して，同じ原子力関係者が評価するときでも技術者，企業関係者，行政関係者は，リスク／ベネフィットの認知に関して積極的に支持するのに，学者，研究者，評論家，ジャーナリストは，消極的な支持に留まることが多い。同様の結果は，化学物質のリスクに関して認められている。

リスクの認知バイアスは，国や文化の違いを超えて，かなり普遍的な情報処理過程だといわれている。先に述べたスロビックの二次元構造はアメリカだけではなく，ハンガリー，ノルウエー，日本でも同様に確認できた。

しかし一方では，それぞれの次元に組み込まれる事態の構成や，二次元の相対的重要度において分化差が認められる。

例えばアメリカでは恐ろしいリスクは，未知性を感じることが多いのに，

日本では恐ろしさの低いリスクに未知性を感じるという。因子の基本構造は同じなのに，因子に含まれる構成要素が異なる。

また原子力発電，レントゲン撮影，喫煙，麻薬に対して，日本，中国，アメリカのリスク認知を比較したが，麻薬のリスク認知には分化差がなかったが，原子力発電に関しては，日本が他の２国に比べて著しく高いリスク認知を示すことが分かった。喫煙に関しては，逆に日本は他の２国よりリスク認知は低かった。

３.４反復事故とリスクの心理的許容値

大きい事故が発生したとき，殊に大きい事故が反復して発生すると客観的リスクの値は高くなり，リスク認知も危険性の大きい方にぶれる。スリーマイルやチェルノブイリの原子炉事故の後で，原子力発電所のリスク認知が厳しくなったのはそのためである。

逆に長期にわたって無事故実績をもつ新幹線のリスク認知は，きわめて低いのはそれが最大の原因である。

世の中のあらゆる事象にはリスクがつきものであるから，技術者は製品の開発にあたって，コストとのバランスを考えながらリスクの目標値を設定する。

また，放射線や化学物質は，法令によって一定の許容値が決められている。しかし大事なのは心理的許容値である。

ある調査によると，日本人の場合，ゼロリスクでない科学技術は受け入れないという者が４３％もある。年間 100 人以下の死亡者しかださない技術以外は認めないという者も３０％に達する。

もし，これが市民の本心であるとすると，年間１万人の死亡者を出す自動車などは許せない技術ということになる。ゼロリスクを主張する者はアメリカでも４９％と高いが，中国では２１％とかなり低く，文化によって差があることが分かる。

この数値の背後には，許容リスクという概念になじみがないこともあるが，人為的な災害死は認めるべきではないという建前からきているのかもしれない。

４.「コンパラティブ・リスク」の概要

小林定喜氏によれば，環境中には種々のリスク源が混在している。ある環境中に存在する種々のリスク源を，人間の健康，生態系，生活の質（QOL）への影響度を指標として包括的に定量・比較し，その重篤度を順位づけたものをコンパラティブ・リスク（comparative risk）という。

リスク低減化を行う際，関連するすべてのリスクに優先度をつけ，優先度の高い順に対策を実施するといった政策決定のための合理的根拠として用いられることが多い。

また，小林氏によれば，「コンパラティブ・リスク」解析はリスク源を総合的に定量・比較し，順位づけを行う解析法であるという。問題となる種々のリ

スクの中で最も問題となるリスクを明らかにし，リスク低減対策に必要な資材の分配を政府や地方自治体が決定するときに主に用いられている。特に「残存リスク」と呼ばれる現行の法的規制下でまだリスクが残っている場合のリスク評価・管理に有用な手法であるという。

例えば，ある飲料水中に有害物質が多少含まれていて，水の健康へのリスクが大気中の汚染物質による健康リスクよりも小さいとコンパラティブ・リスク解析で分かったとする。

その結果，飲料水の有害物質によるリスクの低減を行うよりも，大気汚染によるリスクの低減を行う方がよいという政策の根拠となる。

4.1 環境リスクの重篤度の分類

米国環境保護庁（US EPA）科学諮問委員会の報告書「リスクの低減化：環境保護の優先順位と戦略」はその一例である。

従来，米国の環境政策は，大気浄化条例や水道水浄化条例といった媒体ごとの規制をしてきたが，環境問題の殆どが多様な媒体によって生じることに鑑み 1987 年には初のコンパラティブ・リスクプロジェクトが計画され，この具体的実行案としてコンパラティブ・リスク解析を強く環境政策決定に推奨したのがこの報告書である。

この報告書では人間のみならず自然生態系への影響を重視し，環境の負荷の大きさと広さ，媒体の多様性や回復機関といったことを指標として，下記のように環境リスクの重篤度を３段階に順位づけしている。

1.高度の重篤度（自生生物の変化と破壊。種の絶滅と生物学的多様性の喪失。オゾン層の破壊。地球気候変動。）
2.中度の重篤度（農薬。水中の有毒物。大気中の有毒物。）
3.低度の重篤度（石油の漏れ。地下水汚染。放射能。酸性雨。熱汚染。）

この「コンパラティブ・リスク解析による環境保護政策の決定」は環境政策の一貫性と環境対策のための資源配分と効果の問題を提起した点で高く評価されたが，現実には生態学的なリスクも有毒物質も十分対策がされていない段階で優先順位をつけ，「あれかこれか，どちらか」式の対応をしていると批判された。特に環境保護団体からの反発は強かった。

環境保護団体等が反発した最大の原因は，公衆にとって身近で最も関心があるリスクほど「低いリスク」に順位づけられ，対策を先送りする結論が導きだされたためと思われる。

4.2 主観的コンパラティブ・リスク

そこで現在，科学的根拠を基に順位づけられたリスク（客観的コンパラティブ・リスク）と個々の人々が感じるリスクの大きさに基づく順位（主観的コ

ンパラティブ・リスク）が大きくかけ離れている場合には，政策決定は主観的コンパラティブ・リスクも考慮する必要があるとされている。

主観的コンパラティブ・リスクについては１９７０年代以降各国で，種々のリスク項目について被験者が感じるリスクの大きい順に順位をつける「リスク順位づけ法」で意識調査が行われてきた。

その結果，対象とする集団の国民性，性別，年齢や職種によって順位が変動することが分かっている。これは年間死亡率，次世代への影響，カタストロフィック性といったリスク特性の何れを重視したかにもよる。

また調査したときの社会情勢によっても結果は大きく異なる。例えばチェルノブイリ事故以前より以後の方がはるかに高い。

小林氏の調査によると，看護学校の健康リスク源の認知リスク順位は，HIV/AIDS を主題とするテレビドラマ放送のあった 1998 年が最高位（最も危険）に認知されたが，2000 年には低位になったという。

このように時々刻々変化する主観的コンパラティブ・リスクに対応して政策決定するのは合理性に欠けるので，適切なリスクコミュニケーションを行い，客観的コンパラティブ・リスクと主観的コンパラティブ・リスクとの間のずれを少なくする努力が必要であるとさえている。

５.まとめ

リスクに関連する事項は種々存在し，自然科学的関連の他に，人々の五感による判定を必要とする社会・心理学的関連や判断が大きい部分を占め，この取り扱いによって結論が大きく左右される。現在の我が国においては，特に適切な対応が重要であると考えられる。

参考文献

１）小泉英明「脳を育む一学習と教育の科学」　科学 70(10)，878～884(2000)
２）木下冨雄「リスク認知とリスクコミュニケーション」　リスク学事典，日本リスク研究学会編 p.260～265，TBS ブリタニカ　(2000)
３）小林定喜「コンパラティブ・リスク」　リスク学事典，日本リスク研究学会編　p.252～253，TBS ブリタニカ　(2000)
４）平石次郎他訳「リスクアセスメント・ハンドブック」　丸善㈱　(1999)
５）宮永一郎訳「科学技術のリスク」　昭和堂　(1997)
６）近藤駿介訳「私はなぜ原子力を選択するか」　ERC 出版　(1994)

女性のリスクの認知

	客観的	主観的リスク順位		
リスク項目	リスク	米国	日本	日本
	順位	1981	1983	1992-1993
喫煙	1	4	8	8
飲酒	2	6	47	21
自動車	3	2	2	7
拳銃	4	3	1	2
電力	5	18	24	25
オートバイ	6	5	3	10
水泳	7	19	26	30
外科手術	8	10	11	14
X線	9	22	18	5
鉄道	10	24	25	22
自家用飛行機	11	7	5	11
大規模建設	12	12	16	13
自転車	13	16	20	24
狩猟	14	13	14	18
家庭用器具	15	29	30	27
消防活動	16	11	10	17
警察活動	17	8	7	12
避妊薬	18	20	19	19
商用飛行機	19	17	13	15
原子力	20	1	4	1
登山	21	15	21	23
動力芝刈器	22	27	28	26
フットボール	23	23	29	28
スキー	24	21	27	29
予防接種	25	30	22	16
食品着色料	26	26	9	6
食品保存料	27	25	6	3
殺虫剤	28	9	15	9
抗生物質	29	28	12	4
スプレー缶	30	14	23	20

小林定喜氏による

リスクは一番上が最も高く，下段に向かって低くなる

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

(2001 年度)

砂屋敷　忠，石原十三夫，渡利一夫，中村眞基，大橋國雄

１．はじめに

医師等医療職の中で，看護師は患者に最も近い距離にあり，医師や診療放射線技師と共に医療のなかで重要な位置を占める放射線診療のほとんどすべてに係わり重要な役割を担っている。放射線診療が円滑に行われるためには，看護師が，自分自身や患者に対する放射線防護並びに放射線に関する患者への適切な説明に必要な知識をもっていることが不可欠である。しかし，すでに 1999 年度報告（放射線教育フォーラムの歩み，2000 年３月）にも記載した通り看護師国家試験出題基準の中には放射線の知識に関する項目は見あたらず現状を危惧する声もある。また、養成課程における教育の実態は必ずしも明らかではない。

本委員会は，昨年度，広島，群馬，千葉３県の看護師養成機関（大学，短期大学，専門学校等）を対象に行った放射線関連教育に関するアンケート調査に続いて，今年度は，平成１３年１１月から１２月にかけて上の３県を除く全国規模で前回と同じ内容の調査を行った。調査対象機関数は日本看護協会の看護職養成機関調査リスト（平成１３年）に基づき，看護大学８２，看護短期大学４８、看護学校４４３校（准看護養成機関は含まない），合計５７３機関であった。回答の回収状況は，大学 35.4%，短期大学 37.5%，看護学校では 34.5%，全体では 200 機関から回答が寄せられ，回答率は 34.9 %であった。各設問の選択肢に対する回答のほか，放射線関連教育を実施している教科名についての回答や看護や保健・医療における放射線に関連する教育について意見も寄せられている。これらに関して現在なお結果の取りまとめを急いでおり、結果がまとまり次第後日改めて報告を予定している。

今年度の期末報告では，これまでに完了した各設問に対する集計を中心にそこから読みとれる二三の主な傾向について報告する。

2. アンケートの実施と結果

2－1 アンケート依頼文（依頼の趣旨）

看護学科長
看護学専攻長　　殿
看護学科主任

拝啓

晩秋の候、皆様には益々ご清祥のこととお慶び申し上げます。

さて、今日の医療において放射線に関連した業務は、年々増加しつつあります。それにともない医療者の放射線に対する意識も変化してゆくものと思われます。医療職の中でも患者と最も近い距離にある看護婦・士の放射線教育に関しては、放射線看護についてばかりでなく放射線の基礎や被ばくの問題についても関心が高まって参りました。例えば、放射線医学総合研究所では、平成６年度から一回の募集人員約３０名の放射線看護課程の研修会を毎年 4~5 回、放射線基礎や被曝も含めすでに２２回も実施し、ほとんどすべての年代にわたる参加者から研修会の内容に好評を得ているようであります。

本放射線教育フォーラムは、学校及び社会における放射線教育の充実と正しい知識の普及を図り、公益の増進に寄与することを目的にこれまで活動して参りました。この活動の一環として「医療系教育機関における放射線教育の実態調査委員会」を設置し、この度看護婦・士養成機関の教育の中で放射線に関する教育がどのように行われているかアンケート調査を企画しました。どうぞ趣旨にご賛同の上ご協力下さいますようお願い申し上げます。

敬具

平成１３年１１月７日

NPO 法人放射線教育フォーラム会長
有馬　朗人

追　伸

ご回答は、平成１３年１２月１７日（月）までに返信用封筒にて御返送下さいますようお願い致します。

アンケートの結果は、当フォーラムの 2001 年度の報告書には掲載しますが、その他例えば、毎年７月頃に開催される「理工学における同位元素研究発表会」で発表し、フォーラムの機関誌「放射線教育」あるいはその他の機関誌等で公表したいと考えております。もちろん個別の内容につては守秘し、集計結果のみを公表することとします。お答えいただきました機関に対しましては、公表しました結果をお送りする所存です。なお、アンケートの内容等についてのお問い合わせがございましたら下記担当者宛お願い致します。

委員会委員長　　大橋　國雄
FAX　043-253-1366
E-mail　k.oohasi@f4.dion.ne.jp

2－2．アンケートの結果

回答依頼機関数は看護大学８２，看護短期大学４８、看護学校４４３校（准看護養成機関は含まない），合計５７３機関であった。回答の回収状況は，大学 35.4%，短期大学 37.5%，看護学校では 34.5%，全体では 200 機関から回答が寄せられ，回答率は 34.9%であった。

回答用紙を兼ねた質問文と回答のあった 200 機関からの結果を以下に示す。質問のあとの数値は、その質問に対する回答数である。各質問に対する回答はそのまますべて１回答として数えた。問１のイ及びロの両方に回答した機関、複数回答や回答のない質問もあったので、数字としては回収数と必ずしも一致しない。数字による時間数の回答は、それに最も近い選択肢に数えた。

質問兼回答用紙（全３ページ、回答後そのままご返送下さい）

貴大学・短大・専門学校・看護学校・学院（以下「大学」という）の学生が卒業するまでに受ける必修、選択の科目で、放射線に関連する教育内容についておたずねします。選択科目はすべてを合計してお答え下さい。

各質問の回答選択肢の中から該当するものの記号（イ、ロ、ハ…或いは a, b, c…）を○印で囲み、必要があればコメントも御記入下さい。

Ⅰ　あなたの大学の状況についておたずねします。

問１　現行カリキュラムに放射線に関する科目はありますか。

イ　放射線を標榜した科目がある。　*56*

ロ　関連科目の中で取り扱っている。　*120*

ハ　放射線を主題とした科目はない。　*30*

問１－イ　「科目がある」を選択した場合、科目数と時間などについて（時間数については最も近いものを選んで下さい）。

a　１科目　*52*　b　2科目　*2*　c　3科目以上　*0*

a　数時間 *13*　b １０時間　*36*　c　３０時間　*2*　d　３０時間以上　*1*

科目名：

問１－ロ　「関連科目で取り扱っている」を選択した場合、関連科目数と実質時間数などについて（時間数については最も近いものを選んで下さい）。

a　１科目　*62*　b　2－5科目　*45*　c　6科目以上　*2*

a　数時間　*67*　b　１０時間　*41*　c　３０時間　*2*　d　３０時間以上　*2*

科目名：

問２　あなたの大学で放射線に関連した授業はどなたが担当していますか。

イ　看護専任教員が担当　*65*

ロ　放射線担当専任教員（下の該当する職種に印をつけて下さい）

a　放射線科医師　90

b　診療放射線技師　12

c　放射線取扱主任者　3

d　理系教員　1

ハ　必要に応じて医師や理系の非常勤講師　50　他に専任の医師　1

問３　カリキュラムの大綱化で授業時間数が変更になりましたが、放射線に関する教育は、大綱化で変わったと思いますか。大綱化前から貴機関があったとしてお答え下さい。

イ　変わらない　106

ロ　変わった（少なくなった）　76

ハ　変わった（多くなった）　6

問４　学生が卒業後、看護業務に就いたとき業務を行う上で基本となる放射線教育が行われていると思いますか。

イ　十分行われている　50

ロ　不十分である　95

ハ　分からない　51

問４－ロを選択した場合、放射線の基礎教育について

a　担当できる教員はいるが時間がない　16

b　担当する教員がいない　31

c　授業時間がない　44

問４－ロを選択した場合、放射線看護・医学教育について

a　担当できる教員はいるが時間がない　20

b　担当する教員がいない　30

c　授業時間がない　35

Ⅱ　現状での問題点や望ましいカリキュラムについて

問５　看護教育における放射線関連教育について（そうだとおもうものすべてを選択して下さい。）

問５－１　現在の看護に必要である　171

理由：　イ　基本教育として　156

ロ　チーム医療に必要　67

ハ　患者指導に必要　73

ニ　国家試験対策　24

問５－２　必ずしも必要としない　15

理由：　イ　実地での見聞で対応する　4
ロ　卒後教育でよい　9
ハ　専門家に任せるので必要性を感じない　2
ニ　設備・教員が不足している　2
ホ　カリキュラム編成上不可能である　8

問6　問5に関連して、必要・不必要を問わず、放射線関係教育担当者としてはどのような職種の人が望ましいでしょうか。

イ　各教科で必要に応じて看護職の教員が行う　90
ロ　必要な科目を専門家が教育する（下の該当する職種に印をつけて下さい。）6
a　放射線科医師　93
b　診療放射線技師　39
c　放射線取扱主任者　12
d　理系教員　6
ハ　実習指導者に任せる　3

問7　教育資材についてお尋ねします。

イ　時代に即応した教科書がある　15
ロ　ほぼ満足する教科書がある　78
ハ　手づくりで対応するしかない　35
ニ　時代に即応した教材がない　46

問8　カリキュラム内容で必要とするものについてお尋ねします。

イ　放射線利用の正しい知識　170
ロ　医療現場での必要事項　136
ハ　国家試験の対策　28
ニ　実験・実習　8

問8－イを選択した場合、その内容（基礎）についてお答え下さい。

a　放射線を理解するための物理・化学・生物の基礎　70
b　放射線の人体影響、従事者・患者の安全確保　167
c　放射線診断及び治療との関係（検査の原理や画像診断の理解）　122
d　患者の疑問に答えられる知識　87
e　関連職種間の連携に必要な知識　59
f　国家試験に出題される範囲　28
g　その他（具体的に書いて下さい）

問８－ロを選択した場合、その内容（臨床）についてお答え下さい。

a	放射線科業務のマネージメントの基礎	29
b	放射線汎用検査（CT・MRI 検査を含む）のケア	99
c	放射線特殊検査（IVR やその他造影検査など）のケア	73
d	放射線治療患者のケア	122
e	放射性同位元素投与患者のケア	71
f	ICU, CCU, NICU, 手術場、病室、在宅医療でのケア	50
g	保健活動での放射線関連業務	20
h	放射線事故など被曝医療での看護業務	59
i	その他（具体的にお答え下さい）	

Ⅲ　看護や保健・医療における放射線に関連する教育についてご意見がありましたらお書き下さい。また、アンケートに関することでも結構です。

その他ご意見をいただければ幸いです。

ありがとうございました。

貴大学名

所在地

ご記入者及びご連絡先

３．調査結果の検討

最初の質問，「現行カリキュラムに放射線に関する科目はありますか。」の問に対しては、ほとんどの機関が“標榜した科目がある”ないしは“関連科目の中で扱っている”と回答しており、“放射線を主題とした科目はない”と回答した機関でも何らかの科目の中で放射線を扱っている様子を示す回答があり、回答のあったほとんどの機関で、放射線教育は行われているという結果が示された。問４の「…放射線教育が行われているかどうか」に関する質問に対しては、不十分との回答が十分との回答の２倍近くあったが、これは問１の中の教育時間の長さとは必ずしも一致せず、数時間でも十分という回答がある反面、30 時間でも不十分と回答した機関もあり、機関によって必要性や感じ方に違いが見られるようである。問５の「放射線関連教育について」では、ほとんどの機関が〈現在の看護に必要性〉を認めており、それも〈基本養育として〉と回答しているのが目立つ。問８の「カリキュラムの内容で必要とするもの」については、〈放射線利用の正しい知識〉、〈医療現場での必要事項〉に回答が集中した。問８のイでは、ｂとｃの〈人体影響〉と〈診断及び治療との関係〉、同ロではｄの〈放射線治療患者のケア〉に対する回答が多く、頷ける結果と考えられる。

最後に、業務の忙しい中を熱心にご回答下さいました各機関の責任者並びに担当者の方々に深く感謝の意を表します。

以下に、大学、短期大学、看護学校等教育機関別の集計結果を示す。質問・回答番号、記号はそのままとし質問の表示は“質問兼回答用紙”の質問・回答文を短縮形とした

放射線看護教育に関するアンケート結果（回収率	29/82=35.4%	18/48=37.5%	153/443=34.5%	
Ⅰ　現状について	大学	短期大学	看護学校	合　計
問1　カリキュラムに放射線に関するものがあるか。				
イ　科目がある	5	5	46	56
ロ　関連科目	14	12	94	120
ハ　科目がない	10	2	18	30
イ「科目がある」場合の科目数と時間数				
a　1科目	4	5	43	52
b　2科目	1	0	1	2
c　3科目	0	0	0	0
a　数時間	0	0	13	13
b　10時間	2	5	29	36
c　30時間	1	0	1	2
d　30時間以上	1	0	0	1
ロ「関連科目」の場合の関連科目数、時間数				
a　1科目	4	5	53	62
b　2から5科目	9	6	30	45
c　6科目以上	0	0	2	2
a　数時間	10	7	50	67
b　10時間	3	3	35	41
c　30時間	0	0	2	2
d　30時間以上	0	0	2	2
問2　授業担当者について				
イ　看護専任教員	12	7	46	65
ロ　専門専任教員				
a　放射線科医師	7	5	78	90
b　診療放射線技師	2	0	10	12
c　放射線取扱主任者	2	0	1	3
d　理系教員	0	1	0	1
e　専任医師	0	1	0	1
ハ　医師や理系の非常勤講師	9	6	35	50
問3　大綱化の影響について				
イ　変わらない	17	12	77	106
ロ　少なくなった	6	4	66	76
ハ　多くなった	2	1	3	6
問4　十分な教育が行われているか				
イ　行われている	7	4	39	50
ロ　不十分である	16	6	73	95
ハ　分からない	6	7	38	51
ロ　不十分な理由1（基礎教育）について				
a　時間がない	3	1	12	16
b　教員がいない	4	5	22	31
c　授業時間がない	10	3	31	44
ロ　不十分な理由2（看護教育）について				
a　時間がない	4	2	14	20
b　教員がいない	4	5	21	30
c　授業時間がない	7	3	25	35

Ⅱ　看護教育に望ましいカリキュラムについて	大学	短期大学	看護学校	
看護教育における放射線関連教育				
問5－1　看護に必要である	27	15	129	171
イ　基本教育として	24	13	119	156
ロ　チーム医療に必要	7	6	54	67
ハ　患者指導に必要	12	3	58	73
ニ　国家試験対策に必要	3	2	19	24
問5－2　必ずしも必要としない理由	2	2	11	15
イ　臨地で対応できる	0	1	3	4
ロ　卒後教育で	2	2	5	9
ハ　専門家に任せる	1	0	1	2
ニ　設備・教員が不足	0	0	2	2
ホ　カリキュラム編成上不可能	0	2	6	8
問6　放射線関係教育担当者として望ましい教員				
イ　看護職	12	5	73	90
ロ　専門家				
a　放射線科医師	14	10	69	93
b　診療放射線技師	8	13	18	39
c　放射線取扱主任者	6	2	4	12
d　理系教員	2	1	3	6
e　臨地実習指導者	1	0	2	3
f　その他	0	0	6	6
問7　教材について				
イ　時代の即応した教科書がある	3	1	11	15
ロ　ほぼ満足する教科書がある	8	9	61	78
ハ　手作りで対応するしかない	9	2	24	35
ニ　時代に即応した教科書がない	6	4	36	46
問8　教育内容で必要とするもの				
イ　放射線利用の正しい知識	25	15	130	170
ロ　医療現場での必要事項	21	13	102	136
ハ　国家試験対策	3	4	21	28
ニ　実験・実習	1	1	6	8
イ　基礎知識				
a　放射線の物理、化学、生物の基礎	17	5	48	70
b　人体影響、従事者・患者の安全確保	26	14	127	167
c　放射線診断・治療との関係	15	10	97	122
d　患者の疑問に答えられる知識	14	4	69	87
e　関連職種間の連携に必要な知識	11	4	44	59
f　国家試験に出題される範囲	5	1	22	28
g　その他	0	0	0	
ロ　臨床知識				
a　放射線科業務のマネージメントの基礎知識	8	3	18	29
b　放射線汎用検査（CT・MRI検査を含む）のケア	17	8	74	99
c　放射線特殊検査（IVRやその他造影検査など）	13	2	58	73
d　放射線治療患者のケア	20	11	91	122
e　放射性同位体投与患者のケア	15	7	49	71
f　ICU、CCU、NICU、手術場、病院、在宅医療での	9	3	38	50
g　保健活動での放射線関連知識	7	4	9	20
h　放射線事故など被ばく医療での看護業務	11	6	42	59

5．低レベル放射線影響に関する委員会関連資料

低レベルの放射線影響に関する最近の考え方

(財)放射線影響協会　金子正人

はじめに——放射線が安全か危険かは量で決まる

平成 11 年 9 月 30 日に JCO のウラン加工工場で発生した臨界事故で 2 人の方が亡くなりましたが、この人たちは私たちが日常生活で 1 年間に受けている自然放射線量（約 1 ミリシーベルト）の 1 万倍程も、しかも一瞬に受けたからです。

自然放射線量の 5 千倍以上の量は致死量で、2 千倍程度までは死亡する危険はありません。JCO 事故で亡くなった 2 人から少し離れていて助かった方の被ばく量は、この程度であったといわれています。

放射線が安全か危険かは量で決まるのです。では、原子力を利用している国々で、年間 1 ミリシーベルトの被ばくも一般住民には及ぼさないように、放射線管理を厳しくしているのはなぜでしょうか？

これは、1958 年に第 1 回原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）が、「核兵器実験などによる世界中の環境放射能の微増ですら、このまま続けば大多数の人の中に障害をもつ人を生みだす可能性がある」との声明を出し、国際放射線防護委員会（ICRP）が、「放射線のリスクは線量に直線的に比例し、安全な線量域はない」という仮説を放射線防護の基本に据えて、放射線防護に関する勧告をしてきたからです。各国政府はどこもこの勧告に従って放射線管理の法規制を強化してきました。この「直線しきい値なし」仮説は、作業者および一般公衆の放射線被ばく低減に大変貢献した反面、放射線に対して必要以上の恐怖感を抱かせるものでした。チェルノブイリ事故による放射能汚染地域住民について伝えられている健康障害は、放射線の直接的な影響というよりも精神的、心理的な要因が大きいと思われます。

このような状況の中で、最近は、この後述べるように、「放射線は少しなら心配無用」という考えの人が増え、この考えを支持する証拠がたくさんでてきています。

人類と放射線とのおつきあいは大昔から

私たちは、自然界から常に放射線を受けています。国連科学委員会の 2000 年報告によれば、全世界の自然放射線源による 1 年間の被ばく線量（実効線量）の変動範囲は、1～10 ミリシーベルト（中央値は、2.4 ミリシーベルト）となっています[1]。中央値 2.4 ミリシーベルトの内訳を図 1 に示します。

実効線量（全身均等被ばくに換算した線量）
＝｛(各組織の**等価線量**) x（各組織の**荷重係数**)｝の合計
等価線量（シーベルト,Sv）＝**吸収線量**（グレイ,Gy）x **放射線荷重係数**
1 シーベルト＝1,000 ミリシーベルト

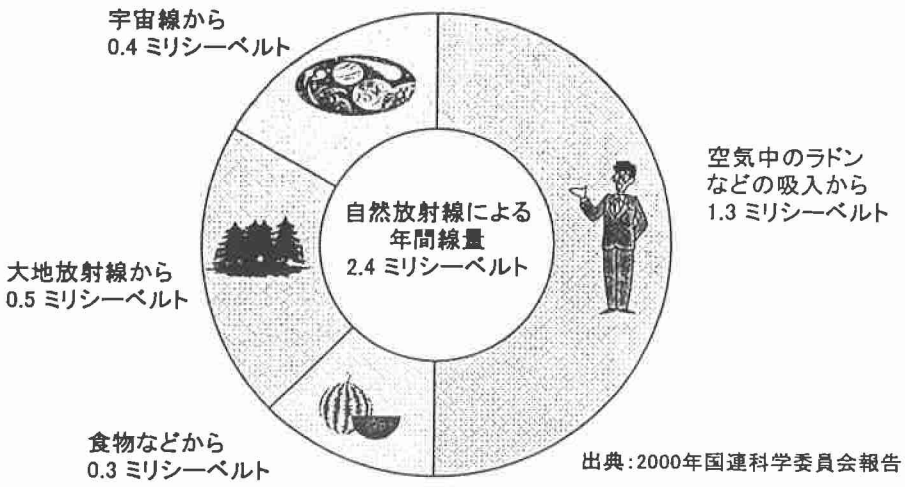


図１自然放射線の内訳

生命は誕生した 30 数億年前から、人類も誕生した 500 万年前から自然放射線を受け続けていますが、宇宙線、大地、食物（体内）から受ける線量は、放射能の減衰を考慮すると、現在が一番低くなっているのです[2]。図２に示すように、遺伝子 DNA にとっては、太陽からの紫外線と植物の光合成で発生した酸素が二大毒で、生命の進化の過程でそれらに対する巧妙な防衛機構を持つようになったといわれています。これらの防衛機構はガンマ線などの（電離）放射線に対しても有効と考えられるだけでなく、低線量放射線は生命にとって必須でむしろ有益ではないかと思わせるホルミシス（放射線適応応答など）の現象も報告されています[3, 4]。

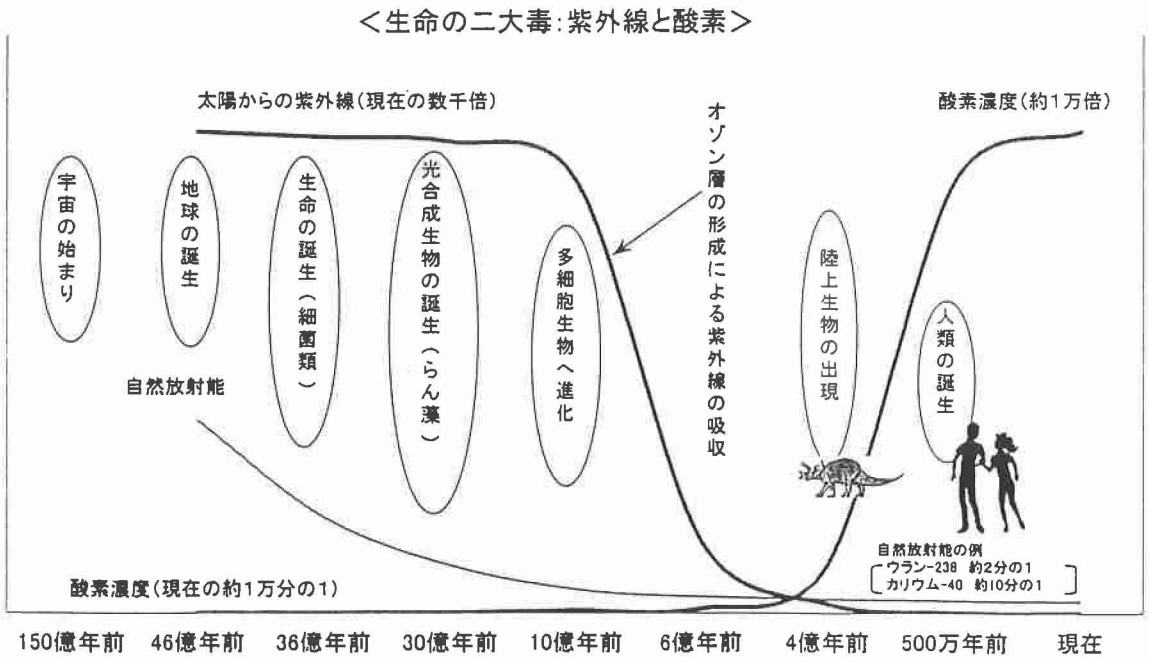


図２　放射線とのおつきあいは大昔から

■ホルミシス効果とは？■

有害なものが少量の場合には生体にプラスの刺激を与え、生理学的に有益な効果を生じることを意味する。抗生物質、種々の薬剤、ビタミンなど数多く知られている。放射線のホルミシス効果としては、免疫機能の向上、発がんの抑制、発育・成長の促進などが報告されている（10～100ミリシーベルト付近の線量で多くみられている）。

ホルミシスという言葉は、ホルモンと同じ起源をもち、ギリシャ語の"hormo"（興奮する）に由来している。

＜ 放射線適応応答の例 ＞

あらかじめマウスに500ミリシーベルト以下の低線量の放射線（X線）を当てておくと、放射線に対する抵抗性を獲得し、8,000 ミリシーベルトというような致死的な大線量に対して生存率が著しく上がるという米澤教授らの実験結果があります[5]。線量によって抵抗性を発揮する時期が異なり、表1に示すように、50～100 ミリシーベルトなら 2 ヶ月後、300～500 ミリシーベルトなら2週間後となっています。

表1　事前照射による放射線抵抗性の獲得

線量域（ミリシーベルト）	放射線抵抗性発現の有無 2週間後	2か月後	必要な照射部位
50 ～ 100	無	有	全身（頭＋胴体）
300 ～ 500	有	無	胴体

放射線防護での考え方

国際放射線防護委員会（ICRP）は、「現在入手しうるホルミシスに関するデータは、放射線防護において考慮に加えるには十分でない」として、放射線防護の観点から放射線影響を図3に示すように、「しきい値」のある**確定的影響**と「しきい値」のない**確率的影響**に大別し、放射線防護の目的を、確定的な影響を**防止**し、確率的な影響を容認できると思われるレベルにまで**制限**することとしています。

また、放射線防護の目標を達成させるため、以下の放射線防護体系を勧告しています。

1）どんな行為も、それが引き起こす放射線損害を相殺するのに十分な便益を生むこと（**行為の正当化**）

2）すべての被ばくを、経済的および社会的要因を考慮に加えたうえ、合理的に達成できる限り低く保つべき（**防護の最適化**、ALARA の原則）

3）個人の被ばくは、線量限度に従うべき（**個人線量限度**および個人リスク限度）

1990 年勧告[6]では、被ばく線量（実効線量)の限度として、

・作 業 者：50 ミリシーベルト／年、100 ミリシーベルト／5 年

・一般公衆： 1 ミリシーベルト／年（最大でも 5 ミリシーベルト／年）

を勧告しています。この 1990 年勧告の線量限度は、わが国の法令に、平成 13 年 4 月 1 日から取り入れています。

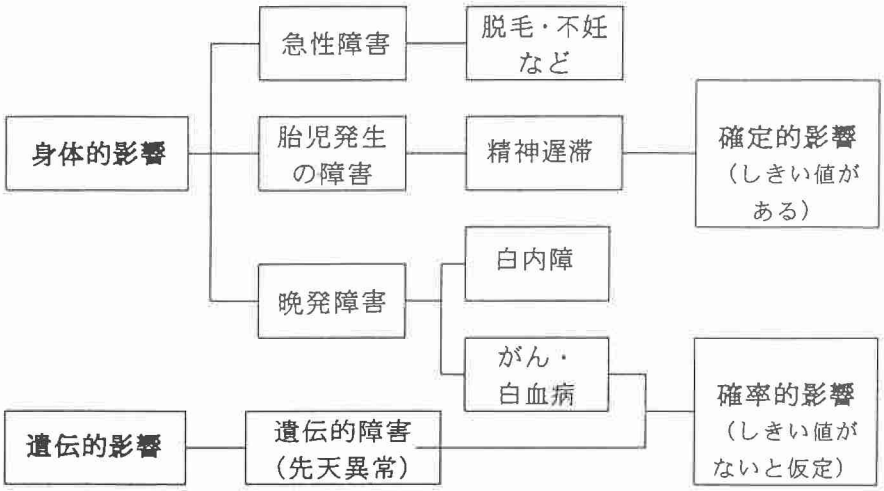


図 3　放射線影響の分類

放射線に対する人体の防御機能

生体は、環境から与えられる様々な刺激との相互作用の中で生きており、日光紫外線、酸素、自然放射線、有害化学物質、バクテリアなどに対して巧妙な防御機構を備えています[7]。放射線に対しても、活性酸素を消去する化学的防御系や免疫学的防御系が大きな役割を果たしていると思われますが、ここでは、放射線で損傷を受けた細胞 DNA の修復と修復に失敗した不良細胞の除去に関する最近の研究成果を紹介することにします。

（1）DNA の傷の修復

私たちの体内では、新陳代謝の過程や放射線などによって、活性酸素やフリーラジカルがつくられています。これらによって、細胞や細胞で一番重要な染色体内の DNA も損傷を受けます。しかし、私たちにはこの損傷を修復してくれる機能が備わっています。

一度に大量の放射線を受けると、この修復力を超えるため、骨髄や内臓などの機能が低下し、最悪の場合、死にいたることもあります。しかし、放射線の量が少ないときは、DNA にできた傷はほとんど修復されます。

活性酸素によって DNA の構成要素である塩基が損傷を受け、DNA の 1 本鎖切断は表 2 に示すように自然に多発しています。また、DNA の 2 本鎖切断は、長い間、放射線でしかできない傷であるとして、これが放射線が特別にこわい原因であると信じられていました。しかし、最近、組換え修復のときに働く Rad51 遺伝子(図 4 c の説明参照)を欠損したマウスの卵は、受精後数日で全部死亡することが発見されました。この原因は、分裂細胞には DNA の 2 本鎖切断が自然に多発し、Rad51 遺伝子欠損の細胞では組換え修復不全となり、細胞が全部死んでしまうからです。すなわち、放射線でできる DNA の傷は、全て自然にも発生しているのです。したがって、放射線は独特の DNA 損傷をおこすものとし

て、特別にこわがらねばならない科学的根拠はなくなりました。

表２　DNA の損傷の種類と量

傷の種類	自然の傷（／細胞／日）	放射線の傷（／細胞／１ミリシーベルト）
塩基損傷	20,000	0.3
１本鎖切断	50,000	1
２本鎖切断	10	0.03

DNA2 本鎖切断は、自然に毎日細胞１個あたりに約 10 個発生していると推定されます。放射線を自然放射線の平均の強さの 365 倍受けるとすると、毎日１ミリシーベルトになり、この程度の被ばくによる２本鎖切断は表２から毎日 0.03 個で、自然の傷の 0.3％です。この程度なら、自然の傷の治癒機能の範囲内で私たちの身体はびくともしないでしょう[8]。

（引用資料の原著は、近藤宗平：「人は放射線になぜ弱いか」講談社ブルーバックス（1998）参照）

＜DNA2 本鎖切断の修復の仕組み＞

放射線による致命的な傷は DNA の２本鎖の切断で、これは、「非相同末端結合修復」と「組換え修復」で修復されます。前者は短時間で修復作業が完了しますが、２本鎖切断の一部しか修復しません。残りは組換え修復の作業ですが、この修復作業には時間がかかります。したがって、放射線による傷が少しずつできるときは、最初の傷が組換え修復で修復が完了してから次の傷ができれば、この傷も修復が完了するでしょう。しかし、瞬時の照射では、修復できない傷がたくさん残存します。図４に組換え修復の模型を示します。

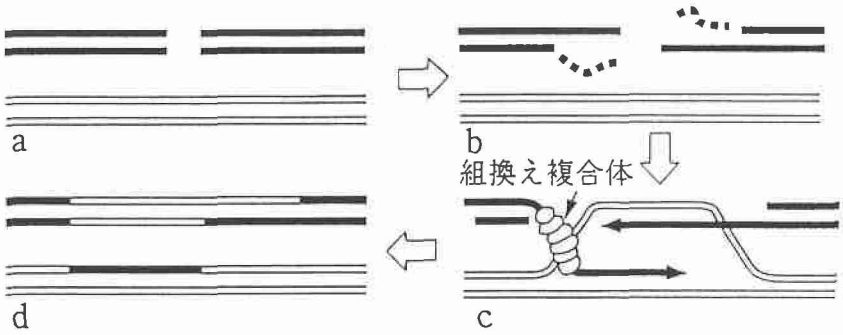


図４ 組換え修復の模型

a. DNA の２本鎖切断と並列に相同 DNA 鎖が近接。 b. ２本鎖切断端が部分的に壊れて１本鎖が露出。 c. 露出した１本鎖が無傷の相同 DNA 鎖の相同部分に侵入して、相同鎖との組換えが起こる。図示した組換え複合体は数種のタンパク質分子の集まり。主役は Rad51 遺伝子の生産する Rad51 タンパク質。 d. 組換え修復の完了図：２本鎖切断部分（２本黒バーの欠損部分）に相同 DNA（２本鎖白バー）から欠損部分と同じ配列の DNA 塩基を含む部分が移植され、移植された部分は再合成で穴埋めが起こる。

（2）アポトーシスによる不良細胞の除去

まれにDNAの傷が修復されないで残存しても、がん抑制遺伝子であるp53遺伝子がつくるp53タンパクが細胞内の自爆装置のスイッチを押して、この傷をもった不良細胞は自爆（アポトーシス）して人体組織から排除されます。したがって、図5に示すように、異常なDNAを持った異常な細胞は極めて出来にくくなっているのです。

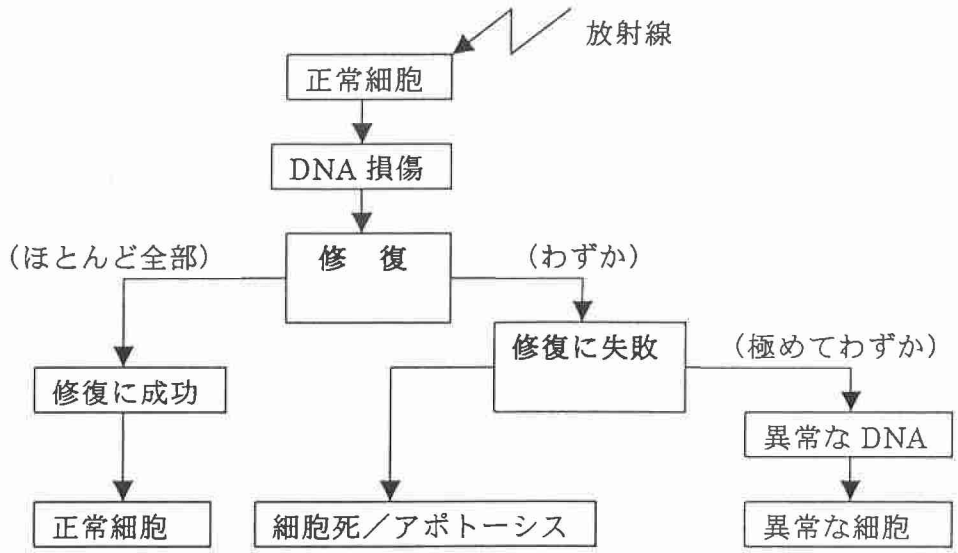


図5　放射線による細胞への影響

アポトーシスとは？

細胞が自身で、他の細胞に害を及ぼすことなく自爆（自滅）する生理的現象（プログラムされた細胞死、利他死）で、表3に示すように、病理的な要因によって起こるネクローシス（壊死）とは本質的に異なる細胞死。1972年にスコットランドの病理学者によって初めて提唱される。

表3　細胞死の分類

	アポトーシス	ネクローシス（壊死）
細胞死の原因	生理的、病的	病的（毒物、火傷など）のみ
発現状態	散発的	集団で
形態変化	急速に縮小	徐々に膨大化
機構	積極的な細胞除去機構	受動的な細胞崩壊過程

低レベルの放射線では有意ながんの増加は見られない

がんは日本人の死亡原因のトップですが、がんの主な原因はタバコや食事などで、放射線の寄与は小さいと考えられています。がんは遺伝子の異常が原因で起こるとされ、がんの半数以上は p53 という**がん抑制遺伝子**に異常があります。

この p53 遺伝子は、細胞が損傷を受けた DNA を修復すべきか、修復不可能としてアポトーシスをおこさせるべきかといった判断を下すときに中心となって働きます。がん抑制遺伝子の欠損や変異は、がんに至る道のりのほんの一段階にすぎません。正常な細胞を致命的ながん細胞に変化させるには複数の遺伝子変異が必要です。多くのがん細胞では、細胞分裂を促進させる**がん遺伝子**が異常に活性化されています。無制限に細胞分裂し、血管を新生し、別の組織に転移する正真正銘の「がん」になるためには、何回もの遺伝子の変異の蓄積が必要で、長い時間がかかるのです。一般に、がん化の過程は、３段階（初発、促進、進展）に大別して考えられています。がん細胞の増殖をおさえる**免疫**システムの働きも重要で、正常細胞とがん細胞をある程度区別して破壊する NK（ナチュラルキラー）細胞とよばれるリンパ球が存在することもわかっています。

がんは動物によっても、また、同じ動物でも系統によって発生頻度が異なるため、がんのリスク、すなわち、放射線を受けたことによりがんの発生率や死亡率がどの位増加するかという推定はヒトのデータに拠らざるをえません。しかし、低い線量（200 ミリシーベルト以下）では有意な増加がないため、主に原爆被災者など相当高い線量を受けた人たちのデータを用いて、低い線量での放射線による発がんのリスク評価をしているのです。

また、同じ量の放射線でも、急激に受けた場合と少しずつ時間をかけ緩やかに受けた場合とでは、あらわれる影響の度合いが異なり、ゆっくり受けたほうが影響が小さいことが動物実験などの結果から分かっています。これは、少しずつ時間をかけてあてた場合は、いったん細胞の遺伝子が傷ついても、細胞が本来もっている修復機能によって元通りに回復させる余裕があるためであろうと考えられています。このため、ICRP は、低線量・低線量率でのがん死亡リスクを、高線量・高線量率での場合の２分の１として、1,000 ミリシーベルトあたり 5×10^{-2} と評価しています。

しかしながら、以下の調査例が示すように、**100 ミリシーベルト以下の線量**では、確かに放射線によると思われるような**有意ながんの上昇はみられていない**のです。

1）**“非発がん線量”**の調査結果：国立がんセンター研究所の田ノ岡 宏博士は、発がんの有意な上昇が認められない線量の上限をご自身の動物実験及び文献調査から求めていますが、ベータ線、X 線、ガンマ線では、急照射の場合、100 ミリシーベルト以上であり、低線量率、分割照射あるいは身体の部分だけの照射の場合には、これよりはるかに高い線量となっています[9]。

2）**自然放射線レベルの高い地域の住民**：インドやブラジル、イランなどには１年間に 10 ミリシーベトをこえる地域もありますが、これらの自然放射線が住民の健康に悪い影響を与えているという証拠はありません[10]。

＜中国の高自然放射線地域での調査＞

中国広東省陽江県には、自然放射線が普通の地域より約3倍高い地域があります。この高い自然放射線地域の人たちと普通の地域の人たちの健康状態を比較するため、合計約11万人に対する健康調査が10数年にわたって続けられています。まだ中間報告ですが、高い自然放射線地域のがん死亡率は、普通地域より低い結果になっています。（菅原　努：「環境と健康」　Vol. 13, No.6, 285-294(2000)）

3）**日本の原子力発電施設等で働く放射線業務従事者の調査**：2000年12月に公表された結果では、全悪性新生物の死亡率は、日本人男性一般と比べて増加は認められず、低線量域の放射線が悪性新生物による死亡率に影響を及ぼしているとの明確な証拠は見られないとしています[11]。

＊原子力発電施設等放射線業務従事者に係る疫学的調査（平成2年～）

――文部科学省からの委託で（財）放射線影響協会が実施――

175,939人（5,527人死亡）の解析結果（標準化死亡比、傾向性の検定）

4）**英国放射線科医の疫学調査**：英国の放射線科医について、100年間に及ぶ死亡調査の結果を一般のお医者さんと比較した標準化死亡比（SMR）で図6に示します。年間1,000ミリシーベルト程度被ばくしていたと推定される1920年までに登録された放射線科医のがん死亡率は有意に高く（1以上に）なっていますが、1921年以降に登録された放射線科医のがん死亡率が上昇しているという証拠はありません。年間50ミリシーベルトという線量限度のもとで管理されている1954年以降に登録された放射線科医については、死亡率が有意に低くなっています。

がん以外の病気による死亡率については、1920年までに登録された放射線科医を含めて、増加は見られません[12]。

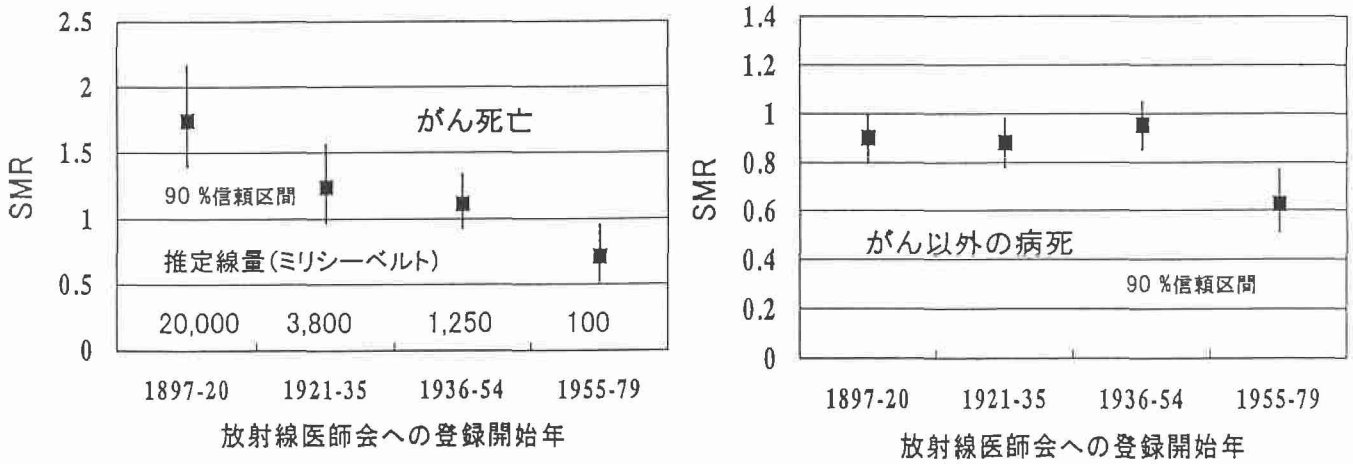


図6　英国放射線科医の疫学調査結果

遺伝病の増加はヒトでは確認されていない

1946 年に、米国の遺伝学者 H.J.マラーは、生理学医学の分野でノーベル賞を受賞しました。彼は、1927 年にショウジョウバエを使ってオスのハエにＸ線を照射すると、その子孫のハエの生存率を低下させる突然変異の頻度がＸ線の量に直線比例するという直線法則を発見していました。1945 年に原爆が広島と長崎に投下され、人に対する放射線の遺伝的影響が現実の問題となり、19 年前の発見がノーベル受賞に選ばれたといわれています。

そして、1958 年国連科学委員会が採択した「放射線はどんな微量でも危険」という仮説の唯一の証拠が、マラーの発見した上述の直線法則でした。この法則は各種の生物実験で確認され、マウスではオスで確認されました。しかし、メスのマウスではガンマ線を少しずつ長い日数をかけて照射すると、突然変異頻度は照射しないレベルまで低下するという例外も発見されました。

原爆被ばく二世の遺伝的影響の調査が、1940 年代末から ABCC(現在の(財)放射線影響研究所)において、40 年の長期にわたって、故 J.V.ニール教授の指導のもと、人類遺伝学史上最大規模でなされました。調査結果は、表４に示すように、被ばく二世と対照二世の間で異常頻度に差は認められません。両親の原爆被ばく量は平均約 500 ミリシーベルト(表４の脚注参照)です。従って、500 ミリシーベルトまでの放射線の遺伝的影響は心配しなくてよいという確実な証拠が、表４のようにまとめられています[8]。

表４　原爆放射線の遺伝的影響

(カッコ内の数字は、分子が異常を示した個数、分母が調べた総数)

遺伝病の種類	対照二世	被ばく二世*
死産・奇形・出生直後死亡	4.99 % (2,257 / 45,234)	5.00 % (503 / 10,069)
17 歳以下の死亡	7.35 % (2,451 / 33,361)	7.08 % (989 / 13,969)
安定型染色体異常	0.31 % (25 / 7,976)	0.22 % (18 / 8,322)
染色体異数	0.30 % (24 / 7,976)	0.23 % (19 / 8,322)
血液タンパク質関連遺伝子の突然変異	6.4×10^{-6} ($3 / 4.7 \times 10^{5}$)	4.5×10^{-6} ($3 / 6.7 \times 10^{5}$)
白血病	0.05 % (21 / 41,069)	0.05 % (16 / 31,159)

*両親の被ばく線量の合計の平均値は、調査した遺伝病の種類に応じて、360 ミリシーベルト～600 ミリシーベルトと変動（平均は、約 500 ミリシーベルト）

胎児の障害発生にはしきい線量がある

妊娠しているお母さんが放射線を受けると、その胎児に障害が現れるのではないかと心配されます。広島・長崎の原爆による放射線によってお母さんの子宮内で被ばくして生れたお子さんに、目に見えるような奇形は見られませんでしたが、精神発達遅れの発生が観察されました。しかしながら、100 ミリシーベルト以下の線量ではそのようなおそれがないことがハッキリしてきたため、国際放射線防護委員会（ICRP）の 1990 年勧告では、女性の作業者一般に対して男性と異なる特別な線量限度は必要ないとしています[6]。

マウスに X 線を当てる実験研究によって、奇形マウスの誕生をおさえているのは、がん抑制遺伝子 p53 によるアポトーシスであることを明らかにしています[13]。すなわち、妊娠中期のマウスにガンマ線を 2,000 ミリシーベルト一気(2 分間)に与えると、奇形が多発しますが、同じ量を少しずつ 27 時間かけて照射すると、奇形の頻度は放射線を受けないレベルに下がるのです(表 5)。ただし、これは p53 という遺伝子を持っている普通のマウスでの話です。 p53 遺伝子を破壊した p53 欠損マウス、p53(－／－)では、2,000 ミリシーベルトを 27 時間かけて照射しても、奇形頻度は照射しないレベルより有意に高いままで、リスクはゼロにならないのです。この実験結果は次のことを意味します。

放射線による奇形の原因は細胞内の DNA の傷です。この傷に対して、少しずつ被ばくさせたときは、DNA 修復がきわめて効率よく働くため、傷は激減します。さらに、アポトーシス(放射線による傷が残っている細胞が、p53 遺伝子の生産するタンパク質の働きで、自殺する現象)が協調して働きます。この結果、放射線による奇形の原因である DNA 損傷は完全に排除され、放射線リスクはゼロになる、という意味です。

表 5　妊娠中期のマウスに、ガンマ線 2,000 ミリシーベルト照射による胎児の奇形頻度と p53 遺伝子の関係

p53遺伝子の有無	被ばく量（ミリシーベルト）	奇形の頻度(%)	
		2分間の被ばく	27時間の被ばく
+/+	0	9	9
−/−	0	18	18
+/+	2000	77.7	10
−/−	2000	データなし	30 注)

注）非照射群と有意の差がある．（Kato et al. Int J Radiat Biol. 77, 13-19, 2001）

＜胎内被ばくと小児白血病＞

母親が妊娠中に X 線診断を受けた結果、白血病などの小児がんが増えたという論文が 1950 年代に英国で発表されて以来、今日まで調査が行われてきましたが、医療被ばくと小児がんは関係があるというものと、関係はないというものがあります。一方、広島や長崎で胎児期に被ばくを受けた人たちの調査では、小児がんは増えていません。

おわりに——これからの放射線防護

低レベルの放射線影響について、「直線しきい値なし」と仮定することの妥当性について、現在、国際的に活発な議論が展開されています。

世界最大の放射線防護に関する学会である米国保健物理学会は、1996年に「低線量では健康影響のリスクは小さくて観察できないか、あるいは存在しないという理由から、定量的なリスク評価は、年50ミリシーベルト、あるいは生涯100ミリシーベルト以上の線量に限定すべきである」という声明を出しています[14]。また、国連科学委員会のポーランド代表であるZ. Jaworowski博士は、「実際的なしきい値」(practical threshold)を提唱しており、その線量以下の放射線被ばくでは、検出可能な放射線発がんあるいは遺伝的影響が起こりそうもないレベルを、放射線従事者、医療被ばく者および高自然放射線地域住民の疫学的調査のデータなどから提案できるであろうと述べております[15]。

ICRPは、2004年を目途に1990年勧告の改訂を検討しており、R. Clarke委員長は、1999年に「最も被ばくする個人の健康への害のリスクがtrivial(無視できるほどのもの)ならば、被ばくする人の数にかかわらずトータルのリスクはtrivialである」という原則を提案しました[16]。

これからの放射線防護は、科学的でなければならず、放射線以外の“有害”物質との整合がはかれ、かつ人々に理解されやすいものでなければなりません。16世紀のパラケルスス(1493 – 1541)の以下の金言は、現在でも毒性学の定説となっていますが、電離放射線だけは例外であるという証拠はないので、紫外線や有害化学物質などと整合のとれた取扱いができるはずです。

「全てのものは毒である。毒でないものは存在しない。
毒になるか薬になるかは **正しい量**であるかどうかで分かれる。」

和田 攻東京大学名誉教授によれば、“猛毒で発癌性の”という枕言葉がつくダイオキシンでさえ、低用量では抗プロモータ作用ないし抗癌作用となり、人によっては抗癌予防薬として用いることができるという人もいるほどだそうです[17]。

現行の線量限度以下の放射線被ばくは、ICRPが採用している「直線しきい値なし」モデルによるリスク評価によっても、リスクは十分に小さいため、更なる「被ばく低減」よりも、大線量の放射線を受ける被ばく事故の防止に最大限の努力を傾注すべきでしょう。**「放射線を正当に怖がる」**教育が必要で、そのためには、放射線についても「どんなに微量でも毒」というのではなく、「大量では有害だが、少量では無害か、場合によっては有益」という常識的な考え方を尊重すべきではないかと思います。

職場や環境における放射線のレベルでは、定量的なリスク評価やリスク用語を使用しないことが大切で[18]、低レベルの放射線のリスクを強調する放射線防護は、「健康障害」の原因になりかねないでしょう[19]。

参考文献

1) United Nations: Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly (2000)
2) Karam, A.: The Evolution of the Earth's Background Radiation Field over the Past Four Billion Years, *SSI News*, 7 (1), 12 –15 (1999)
3) Luckey, T.D.: Physiological Benefits from Low Levels of Ionizing Radiation, *Health Physics*, 41 (6), 771 –789 (1982)
4) 大山ハルミ、山田　武：低線量放射線の健康影響---放射線ホルミシス、*Radioisotopes*, 46, 360-370 (1997)
5) Yonezawa, M., Misonoh, J., Hosokawa, Y.: Two types of X-ray-induced radioresistance in mice: Presence of 4 dose ranges with distant biological effects, *Mutation Research*, 358, 237-243 (1996)
6) 日本アイソトープ協会翻訳・発行：国際放射線防護委員会の 1990 年勧告（1991）
7) 松原純子：低線量の放射線影響の実態、*日本原子力学会誌*、Vol.43, No.8, 744-753 (2001)
8) 近藤宗平：放射線リスクにしきい値がある科学的証拠、*日本原子力学会誌*、Vol.40, No.7, 535-541 (1998)
9) Tanooka, H.: Threshold dose-response in radiation carcinogenesis: An approach from chronic β-irradiation experiments and a review of non-tumor doses, *International Journal of Radiation Biology*.77, 841-551 (2001)
10) Nair, K.M., Gangadharan, P., et al.: High natural radiation and cancer in Karunagappally, Kerala, India, *Biological Effects of Low Dose Radiation*, 177-183, Proceedings of the International Meeting on Biological Effects of Low Dose Radiation held in Cork, Ireland, on 25-26 July 1999, Elsevier Science B.V., Amsterdam (2000)
11) 科学技術庁委託調査報告書：原子力発電施設等放射線業務従事者に係る疫学的調査（第 II 期 平成７年度～平成１１年度）、（財）放射線影響協会 (2000)
12) Berrington, A., Darby, S.C., Weiss, H.A. and Doll, R.: 100 years of observation on British radiologists: mortality from cancer and other causes 1897-1997, *British Journal of Radiology*, 74, 507-519 (2001)
13) Norimura, T., Nomoto , S., Katsuki, M., Gondo,Y. and Kondo, S.: p53-dependent apoptosis suppresses radiation-induced teratogenesis. *Nature Medicine* , 2, 577-580 (1996)
14) Mossman, K.L., et al.: Radiation Risk in Perspective (Health Physics Society Position Statement), *The Health Physics Society's Newsletter*, XXIV (3), 3 (1996)
15) Jaworowski, Z.: Radiation Risk and Ethics, *Physics Today*, 52 (9), 24-29 (1999)（邦訳）田島俊之訳：放射線の危険性と倫理、*パリティ*、15, No. 9, 22-30 (2000)
16) Clarke, R.: Control of low -level radiation exposure: time for change ?, *J. Radiol. Prot.*, 19 (2), 107–115 (1999)
17) 和田　攻：ダイオキシンはヒトの猛毒で最強の発癌物質か、*学士会会報*、No. 830, 9-19 (2001)
18) A White Paper Issued by The Health Physics Society Scientific & Public Issues Committee: Controllable Dose, *The Health Physics Society's Newsletter*, XXVIII (7), 29-30 (2000)
19) Walinder, G.: Has radiation protection become a Health Hazard, The Swedish Nuclear Training & Safety Center, S-61129 Nykoping, Sweden; Medical Physics Publishing, Madison, WI 53705, USA (2000)

6．教科書記述調査委員会関連資料

中学校社会科地理・公民・理科の教科書における原子力関係の記述について

（放射線教育フォーラム）　関本順子　高木伸司　松浦辰男

はじめに

現在中学校で使われている教科書の学習指導要領[1]では、社会科地理的分野の「資源や産業から見た日本の地域的特徴」という項目で、

> 世界的視野から見て、日本はエネルギー資源や鉱物資源に恵まれていない国であること、土地が高度に利用されていること、産業のさかんな国であることといった特色を理解させるとともに、国内では地域の環境条件を生かした多様な産業地域がみられること、環境やエネルギーに関する課題などを抱えていることを大観させる。

とある。社会科公民的分野の「世界平和と人類の福祉の増大」という項目にも、

> 人類の福祉の増大を図り、よりよい社会を築いていくために解決すべき課題として、地球環境、資源・エネルギー問題などについて考えさせる。

とある。理科分野では、「科学技術と人間」の項目で

> エネルギー資源の利用と環境保全との関連や科学技術の利用と人間生活とのかかわりについて認識を深めるとともに、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養う。
> ア　　エネルギー資源
> （ァ）人間が利用しているエネルギーには水力、火力、原子力など様々なものがあることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識する。

とある。これら指導要領の指針が実際の教科書でどのように実現されているかについて検討した。

1 章では社会科地理の教科書について、福島県や福井県、六ヶ所村、広島、チェルノブイリといった地域の特徴の一つとして原子力･放射線がどのように記述されているかを調べてみた。2章は公民の教科書について、資源・エネルギーの問題として原子力がどのように書かれているか、環境問題として放射能や使用済み核燃料がどのようにかかれているかを実例を挙げて述べてみた。理科については3章で、水力・火力・原子力・新エネルギー、環境問題がどのように記述されているかを調べて見た。

第1章　地理

現在（平成１４年３月）使われている地理の教科書（平成１２年発行）は、教育出版・帝国書院・大阪書籍・清水書院・東京書籍・日本書籍・日本文教出版の７社から出版されている。同じ７社の、平成１４年４月から使用される新しい教科書も調査した。このうち教育出版・大阪書籍・清水書院・東京書籍・日本書籍の５社については、平成９年・５年・２年発行の教科書についても調べた。

１－１　記述内容の整理

書かれてある内容を項目ごとに分析してわかりやすくするために、表１を作成した。表１の左側の内容（「発電量の推移のグラフ」「原子力発電所の分布図」…）の記述があった場合、その教科書の欄に○をつけている。この表では書かれている内容には言及しない。「同」とあるのは「左側の教科書と全く同じ内容」という意味である。以下にこの表からわかることを箇条書

[1] 文部省　　中学校学習指導要領(平成１０年 12 月)

	教育出版平成					帝国書院平成		大阪書籍平成					清水書院平成					東京書籍平成					日本書籍平成					日本文教出版	
	14	12	9	5	2	14	12	14	12	9	5	2	14	12	9	5	2	14	12	9	5	2	14	12	9	5	2	14	12
発電量の推移のグラフ	○	○	○	○	○				○	同	○	○	○	○	○		○		○	○	○		○	○	同	○	○	○	○
原子力発電所の分布図	○	○	○	○	○	○			○	同							○		○	同	○		○	○	同	○	○		○
原子力発電所の写真		○	同	○	○	○	○		○	同				○	同		○		○	同	○			○	同	○	○		
原子力発電の仕組み(簡単な説明、図)		○	同	○								○					○		○	同	○			○	同	○			○
原子力発電所の特徴	○	○	同	○	○	○	○		○	同	○	○		○	同		○		○	同	○	○	○	○	同	○	○	○	○
原子力発電所で働く人々の写真と記述																								○	同	同			
六ヶ所村核燃料サイクル施設の写真									○	同				○	○				○	同				○	同				○
六ヶ所村核燃料サイクル施設の地図									○	同				○	同									○	同	同			
六ヶ所村核燃料サイクル施設の記述		○	同	○					○	同	○			○	同	同	○		○	同			○	○	同	同	○		○
放射性廃棄物の写真																								○	同	同			
チェルノブイリの写真	○	○	同						○	同	○	同									○							○	○
チェルノブイリの地図											○	同																	
チェルノブイリの簡単な記述	○			○					○	同	○	同					○					○		○	同	同		○	○
チェルノブイリの詳しい記述		○	同				○																				○		
スリーマイル島の事故				○													○					○							○
世界またはヨーロッパの原子力発電所の分布					○																		○	○					
世界の原子力発電所事故の発生地							○																						
主な国の発電量の割合	○				○	○		○										○				○							
広島の写真	○			○			○		○	同	○	○				○			○	同	○	○	○	○	同		○		○
広島の地図		○	同	○					○	同									○	同	○	○		○	同				○
広島の記述	○	○	同	○			○		○	同	○	○		○	同	同			○	同	○	○		○	同		○		○
長崎の簡単な記述	○								○	同	○								○	同	○	○	○	○	同		○		○
第五福竜丸									○	同	○																		
JCO事故	○							○															○						
新エネルギーの記述						○							○																
新エネルギーの簡単な記述	○							○	○	同		○							○	同	○	○	○					○	○
新エネルギーの写真	○					○		○	○	同			○										○					○	○

表1．中学地理の教科書における記述の有り無し

きにする。

① 平成 12 年までは原子力関係の記述は一番多かったが、平成 14 年では格段に減ってしまった。「エネルギー・資源」の項目で原子力が取り上げられている。教育出版と日本書籍が日本の原子力についてはやや詳しく書いている。清水書院・大阪書籍のように日本の原子力についての記述はないものもある。
② 六ヶ所村核燃料サイクル施設の記述は平成 12 年までは増えてきていたが、平成 14 年の教科書では日本書籍のみである。
③ チェルノブイリ事故の記述は年々少なくなってきている。平成 14 年は教育出版と日本文教出版に簡単に書かれているのみ。
④ 広島の記述も確実に減っている。平成 14 年は広島の原爆ドームの写真が載っているだけである。東京書籍は平成１２年まで広島のことを割と詳しく載せていたが、平成 14 年は全く書いていない。
⑤ 平成 14 年の新しい教科書では自然エネルギー（代替エネルギー）の話が目立つ。清水書院は詳しい。
⑥ JCO 事故に関する写真（建物、または検診を受ける庶民の写真、事故を知らせる新聞）が教育出版・大阪書籍・日本書籍に載っている。
⑦ 放射線・放射能・放射性廃棄物という言葉が、その定義も書かれていないのに、使われている。平成 12 年までの教科書には頻繁にこれらの言葉が使われていたが、平成 14 年の教科書ではこれらの言葉は格段に減った。

１－２　記述の具体例

次に記述の具体例を示す。平成 14 年の教科書から、教育出版ｐ182～183 を以下に書き写す。

「教育出版ｐ182～183　　グラフ「主な国の発電のエネルギー源別割合」
「日本の発電量構成の変化」
「日本の原子力発電所」
写真「爆発したチェルノブイリ発電所」
「大分県九重町、地熱発電所」
「茨城県東海村、事故の起きた施設」

日本の電力供給　*日本では自然の特色を生かし、利根川・黒部川・大井川などでは水力発電がさかんであった。特に中部地方には多くのダムがあり、首都圏や関西などへの水力発電の供給地域となっている。しかし、エネルギー政策の変化によって、安い原油が利用できるようになると、発熱の効果が高い大規模な火力発電所の建設が進められた。そのため、1960 年ごろを境にして、日本の電力は、水力中心から火力中心に変わった。燃料は石油にたよっていたが、現在ではそれに加えて、石炭や天然ガスなどの輸入資源にたよって発電が行われている。*

日本では 1960 年代から、石油に代わるエネルギー源として、ウランを利用した原子力発電が進められてきた。原子力発電所は、1966 年に茨城県に建設され、その後、福島県や福井県などに建設されていった。二度にわたる石油ショックを経て、省エネルギー政策が進められ、原子力エネルギーが注目されるようになった。そのため、原子力による発電量は大幅に拡大した。

また、近年では、地球の環境保全への関心が高まり、太陽光や風力など自然エネルギーの技術開発も進められ、各地でその設置の動きがみられる。

集中する原子力発電所　*福島県の沿岸は、福井県の若狭湾と並んで原子力発電所が集中している地域で、つくられた電力のほとんどは首都圏に送られている。*

原子力発電所は、人家が少なく、地盤がしっかりしていて、蒸気を冷やすための海水が得やすい海岸部に集中している。原子力発電所の建設を受け入れる市町村の多くは、過疎地域である。それによって働く場所が増えたり、国からの補助で道路などが整備されるという期待がある。しかし、これらは発電所の建設にかかわる一時的なものであり、地域の産業を活発にすることにはなかなかいたらなかった。

むしろ、発電所から出る温度の高い排水が漁業に影響をあたえるおそれや、危険な放射性廃棄物の処理方法も完全ではなく、不安を感じる住民もいる。また、1986 年に旧ソ連のチェルノブイリで起きた発電所の爆発事故や、1999 年に茨城県東海村の施設で起きた事故などにより、原子力の安全性について心配する人々も多い。チェルノブイリでは、発電所の周辺だけでなく、広くヨーロッパ各地にまで放射能の汚染をもたらした。土壌や水を通して農作物が汚染され、それを食べる人間や家畜の健康に害をあたえて、今でも多くの人々を苦しめている。」

下線部は、火力発電所でも温排水がでていることを考慮すると、正しくない

次に原子力発電所・六ヶ所村核燃料サイクル施設・チェルノブイリ事故・広島の各テーマについての記述例を、４社について下記に書き写す。記述の変化をみるため平成１２年の記述も書き写す。

＊原子力発電所

大阪書籍　　平成 9，12 年「*原子力施設　　東北地方、特に福島県では、原子力発電所が海岸部にたくさんつくられ、首都圏に送電されています。いっぽう、むつ小川地区では、核燃料サイクル基地の建設がすすめられています。核燃料サイクル基地とは、原子力発電所から出る廃棄物の貯蔵と、天然ウランの濃縮、さらに使用した核燃料からプルトニウムという新しい燃料を取り出す再処理工場の三つをいいます。いずれの施設も危険な放射性物質を扱うという、むずかしい問題があります。また、原子炉運転中の事故も、人命や環境をおびやかす危険があるので、十分な安全対策が必要となっています。*」

平成 14 年「*新しいエネルギーの開発　　……いっぽう原子力発電は、商業的に採算がとれる段階にまできましたが、ほかのエネルギー資源と同じように、原料のウランの埋蔵量が限られている上に、発電所や関連施設の安全性と放射性廃棄物の保管などに問題が残されています。*」

関連施設とはどういうものか、どのような問題が残されているのか、簡略化されすぎて疑問が残る。

＊　六ヶ所村核燃料サイクル施設

日本文教出版　平成 12 年「*東北地方の原子力基地……原子力発電に使われるウラニウムは、発電所で使われたあと、再処理施設で、再利用できる物と廃棄物とに分けられる。青森県六ヶ所村で、核燃料に関係するこうした施設の建設が進んでいるが、はたらく場ができることへの期待や、安全性への不安など、意見が分かれている。*」

平成 14 年　　六ヶ所村核燃料サイクル施設の記述はない。

＊　チェルノブイリ事故

教育出版　平成9，12年「チェルノブイリ事故　　1986年4月26日、チェルノブイリ原子力発電所の4号炉が爆発した。……チェルノブイリ原子力発電所の事故は、発電所の周辺だけではなく、広くヨーロッパの各地に高い濃度の放射能汚染をもたらした。そして、地下水・土壌・大気などの汚染を通して農作物が汚染され、それを食べる人間や家畜の健康に害をあたえて、今でも多くの人々を苦しめている。この事故は、原子力発電所がひとたび事故を起こすと、すべての生物の生存をおびやかすような地球破壊が進行することを教えている。」

平成14年「また、1986年にウクライナのチェルノブイリで起きた発電所の爆発事故や、1999年に茨城県東海村の施設で起きた事故などにより、原子力の安全性について心配する人々も多い。チェルノブイリでは、発電所の周辺だけでなく、広くヨーロッパ各地にまで放射能の汚染をもたらした。土壌や水を通して農作物が汚染されをそれを食べる人間や家畜の健康に害をあたえて、今でも多くの人々を苦しめている。」

事故から１５年以上がたち、発電所周辺を除いた地域では放射性物質による汚染も心配ない値にまで下がっている。

＊　広島

帝国書院　平成12年「第2次世界大戦の終わりも近い1945年8月6日、世界最初の原子爆弾がアメリカ軍によって投下されました。原子爆弾は市街地のほぼ中心に落とされ、そこから２ｋｍ以内の建物は一瞬にして破壊され焼けてしまい、３～４ｋｍ以内の建物もほとんどこわされてしまいました。そのときの高熱や爆風、放射線などのために約14万人が死亡し、のちに原爆症などのため亡くなった人を加えると20万余りの人命が失われました。いまなお、多くの人々が原爆症で苦しんでいます。」

平成14年　広島の記述も写真もなし。

１－３　訂正すべきと思われる個所

以下に地理の教科書で、訂正したほうが良い、または書き加えたほうが良いとおもわれる個所を示す。放射線と放射能を混同しているものがいかに多いかがわかる。

＊　教育出版（平成１２、９、５）「外国では、大規模な放射能漏れの事故も起こっているので、原子炉の安全性については十分に注意していかなければならない。」「このような施設は放射能漏れの危険があるとして建設に反対する人々もいる。」

＊　教育出版（平成１４年）「放射能は、あらゆる生物にとって、その生存をおびやかすような影響をあたえる。」自然放射線を考えるとこの表現は正しくない。恐怖をあおる書き方である。

＊日本書籍（平成１２）「１９８６年、旧ソ連のウクライナで起きたチェルノブイリ原発事故のため、５７万人をこえる人々が放射能をあびたという。」

＊日本書籍（平成１４）157ページ　「原子力発電は，少ないウランで大量のエネルギーがえられたり、CO^2が発生しないなどの利点がある。フランスなどは7割以上を原子力に依存している。しかし、事故が発生した場合、原子力の宿命である放射線が、人体や環境にあたえる影響の大きさを考えると，使用ずみ燃料の処分問題をふくめて、その限界性が指摘されている。」

「原子力の宿命である放射線」という表現は適切でない。

＊　大阪書籍(平成１２)「*1954 年、太平洋上のビキニ島で核実験がおこなわれたとき、近くでまぐろ漁を行っていた日本の第五福竜丸が放射線を浴び、…・*」
「放射線」ではなく「死の灰」＝「放射性物質」である。

＊　日本文教出版（平成１２）「*原子力発電は、放射能もれの心配のほか、…・・*」
放射性物質がもれるのか、放射線がでるのか、はっきりしない。原子力発電所では、放射性物質や放射線が外部にもれることがないように管理されている。

第２章　公民

平成１４年４月から使用される公民の教科書は、教育出版・帝国書院・大阪書籍・清水書院・東京書籍・日本書籍・日本文教出版・扶桑社の８社から出版されている。扶桑社を除く７社については、現在(平成１４年３月)使われている教科書も調べた。

1.大阪書籍
（ｐ．166)『資源・エネルギー』の項目で,『我が国の主なエネルギー資源の輸入依存度』『地域別エネルギー消費量の推移』の２つのグラフと「事故を起こした原子力関連の施設(茨城県)」『風力発電の開発』の２つの写真とともに,本文では
「現代生活に必要なエネルギー資源は,石油,石炭,天然ガスですが,日本をはじめ世界の先進国は,こうしたエネルギー資源を大量に消費する生活様式を身につけてきました。その結果,国内に資源をもたないわが国では、現在エネルギーの 80%以上を海外からの輸入にたよるようになっています。
しかし,これから遅れて経済成長を始めた国々が資源の消費量を増加させ,先進国の資源消費も増えつづけるならば,いずれ世界全体の資源がなくなる可能性があります。また,化石燃料の大量消費は,二酸化炭素などの排出量を増やし,地球温暖化をもたらす危険があります。
また,今日では,わが国の発電量のうち,20％以上を原子力発電が占めています。原子力発電は,温暖化の原因となる二酸化炭素は出ませんが,安全性に対する疑問や放射性廃棄物の処理の問題などが残されています。そのため,風力発電やごみ発電など、新しいエネルギー源の開発、水素を燃料とする自動車の開発などが進められています。」
(コメント)原子力発電のシェアは 20%でなく 30%以上である。それ以外はほぼ妥当な記述である。[評価はA]
(注:平成 8 年検定済みの前回の同著者の教科書では,エネルギー問題・原子力はほとんど扱われておらず,僅かに環境問題の記述の最後に「(チェルノブイリの写真とともに)…オゾン層の破壊,原発事故による汚染など,地球規模の環境問題も起こっています。…」とあるだけであった。

2.教育出版
(p182)「限りある資源を有効に―資源・エネルギー問題―これからの時代のエネルギー」の見出しで,*「石炭や石油・天然ガスなどの化石燃料を燃やすと二酸化炭素を排出し,地球温暖化の原因となる。そこで,二酸化炭素をほとんど出さない原子力発電が化石燃料に代わるエネルギーとして,開発されてきた。現在わが国では,総発電量にしめる割合が 3 割をこえている。*
しかし,原子力発電は安全性について問題がある。いったん事故が起これば,被害は取り返しのつかない深刻なものとなる。(注 1:1999 年に,茨城県東海村のウラン加工施設で事故が起こ

り、放射線による被爆が問題となった。)事故が起こらなくても,使用済み燃料(放射性廃棄物)の問題もある。廃止を含め慎重な態度をとるべきだとする意見も多い。そこで,安全で環境破壊をともなわない新しい資源・エネルギーの開発と利用を考えなければならない。

今,注目されているのが自然エネルギーの利用である。太陽光・太陽熱・風力・波力・中小水力,バイオマス(生物資源)などがそれである。また,水素エネルギーや燃料電池も期待されている。…」(チェルノブイリの写真もあり。この右のページは「新しいエネルギーを求めて」の題目でソーラーパネル,地熱発電所,燃料電池による発電装置,風力発電所,波力発電実験装置,の5種の自然エネルギーの利用の写真がある。)

(コメント)①次のページにリサイクルと物資の使用量の削減の必要性に比較的詳しくふれてあるのはよい。②原子力発電の欠点に強調がみられる。③水素エネルギーは一次エネルギーではない。④被爆の文字があやまり。**[評価はAマイナス]**

(平成 8 年検定の現行のものは『資源・エネルギーの有効利用』という見出しで上記のものより常識的な記述であった。)

3.清水書院

(p166-167)第3編『国際社会を生きる』第2章「人類の課題」の「人口爆発とかぎりある資源」で[人口爆発と食糧問題][資源の枯渇]の項で,

「…石油,石炭,天然ガス,ウランは40-150年ほどしかないといわれている。巨大なエネルギーを生み出す原子力は,先進工業国を中心に各国で利用されている。しかし,1986 年のソ連(現ウクライナ)のチェルノブイリ発電所での事故が象徴するように,一度事故がおこれば極めて危険な被害が生じることをわすれてはならない。

環境にあまり影響をあたえない太陽光や風力などの自然エネルギーを中心に代替エネルギーの開発がすすめられているが,まだその経済的な効率において石油や石炭をおぎなえるものとはなっていない。

そのため,かぎりある資源をいかにむだなく,リサイクルなどにつとめて有効に使うかが,こんにちの大きな課題となっている。」

[持続可能な開発]いっぽう,発展途上国では,食糧や資源・エネルギーが不足して貧しい生活を強いられている。これらの諸国は,資源を浪費し,現在の環境問題をもたらした責任は先進工業国にあり,発展途上国には貧困からぬけ出すために開発をすすめる権利があると主張している。1992 年の地球サミットでは,環境を保全してこそ将来の開発も可能になるという「持続可能な開発」が強調され,全世界がこの考え方に立って,環境の保全と開発をすすめることをよびかけている。」

(ここと次のページには,「原油の地域別埋蔵量と可採年数」「1 年間の 1 人あたりのエネルギー使用量」「原油の輸出入の多い国上位 5 カ国」「日本のエネルギー供給割合と輸入依存度」「自然エネルギーの研究・開発・利用」の図・表・写真などがある。**[評価はA]**

(注:この出版社の別の中学公民の教科書(平成 13 年発行、p.84～85)には「戦争の惨禍―戦争は人間になにをもたらしたか。なぜ,戦争はよくないのか」の項目で・戦争の被害と、とくに原爆の被害のことをそれぞれ1ページにわたり記述されている。)

4.帝国書院

(p172-173) 3.「省資源と新エネルギーの開発」で「新しいエネルギーの開発」の見出しの中に、*「現在のエネルギーの中心である石油,石炭などの化石燃料の使用は,酸性雨や地球温暖化の原因の一つとなっています。また,化石燃料は,限りのある資源です。原子力発電は二酸化炭素を直接には排出しませんが,放射能への不安から,根強い反対運動があります。そのため,*

それらにかわる新しいエネルギーの開発が急がれています…」[評価はA]
(注:古い教科書では、(p.167) 同じく「新しいエネルギーの開発」の見出しで、
「…なかでも電力の安定供給のためには,原子力の利用は重要であり、すでに日本の発電量の 4 分の 1 をまかなっています。しかし,原子力発電は事故がおきれば深刻な被害をおよぼす可能性があり,また廃棄物の処理をどうするかなどの問題点も残されています。」

5.東京書籍
(P.126 - 129)「2. 資源・エネルギー問題」で2つの項目
『資源・エネルギー問題の現状』この項では・世界のエネルギー消費量がますます増えていくのではないかと予想されること,そして,*「エネルギー資源別に見ると,現在世界で最も多く使われているエネルギーは石油で,次に石炭,天然ガス,原子力,水力の別になっています。しかし, エネルギー資源は無限ではなく,しかも,現在,すでに地球温暖化との関連で,南太平洋のキリバス共和国などのサンゴ礁の国々が水没の危機に直面しており,CO2(二酸化炭素)排出削減が,先進工業諸国の大きな課題になっています。」*(このページに「キリバス共和国の海岸」の写真あり)
「21 世紀のエネルギー問題」この項では,「世界のエネルギー事情」の図,「おもな国のエネルギー別発電量」のグラフ,「原子力発電所の核燃料を製造する工場施設での被ばく事故を伝える新聞記事」の縮小写真とともに,以下の記述あり。
「21 世紀のエネルギー問題については,二つの考え方があります。一つは,エネルギー需要ののびを前提として,今後もエネルギーの確保に努めるという考え方です。日本政府は,この立場から石油に代わる代替エネルギーの中心を,火力などに比べてエネルギー効率がきわめて高い原子力に置いてきました。そして資源を有効利用しようと,原子力発電の使用済み核燃料を再利用して使うことを国の原子力の基本政策とし、ウランを燃やすとできるプルトニウムを燃料とする、高速増殖炉の開発を行ってきました。しかし、事故が発生したため、現在、高速増殖炉の運転を停止しています。
その代わりに,ふつうの原子炉で,ウランとプルトニウムをまぜて燃やすプルサーマル計画を進めていましたが,地域住民から安全性についての不安の声もあがり,現在は延期されています。また,再処理の際に出る高レベル放射性廃棄物の最終処分場も,まだ決まっていません。」
次の 2 ページ以下には「省エネルギー」の記述ののち囲み記事として「屋根に太陽光発電の装置のある中学校のこと」,「環境を守る先端技術」としていくつかの自然エネルギー利用の装置などの説明がある。
巻末の用語解説は,最近問題となっている多くの用語を取り上げて解説がされているのは大変結構なのであるが,いくつかの不正確な点が散見されるので訂正が必要である。そのうちの一つは「プルサーマル計画」についてのもので,「原子力発電の燃料となるウランは,ウランの中の 3%ほどで,97%は核分裂をおこしにくい(燃えにくい)ウランである。原子力発電は,燃えやすいウランの濃度を高めて(5%ほど),燃料にする。…」というところなどである。**[総合的評価はAプラス]**
(以前の平成 8 年検定済みのものでは)原子力に関しては(p.184-185)
「エネルギーを安定的に供給するという理由で,日本をふくむほとんどの先進工業国は原子力による発電を進めてきた。1986 年,当時のソ連(現在のウクライナ)で起きたチェルノブイリ原発事故が示したように,事故の被害は,環境ばかりでなく人間にとっても深刻で取り返しのつかない事態につながる。
原子力や地球温暖化の原因の一つといわれる石炭,石油などの化石燃料にかわり,太陽の熱や光,風力などの地球にやさしいエネルギー源の開発を進めていく必要がある。」

6.日本書籍
(p.147)第4章2節,「地球時代の課題」のうち「資源・エネルギーの未来」の中で「限りある資源」の次の『新しいエネルギーの開発』で
「日本では,全エネルギーの供給源の 5 割以上を石油がしめている。政府は石油に代わるエネルギーとして,原子力の開発に力をそそぎ,13%(発電量では約4割)をしめるまでになっている。
原子力発電は地球温暖化の防止に貢献しているという意見もあるが、死者も出た1999年の茨城県東海村の臨界事故(注:きめられていた量以上のウランを1ヶ所に集めたために、分裂反応がおこり,発生した日本で始めての事故)やたびたび重なる放射能漏れ事故、核廃棄物処理の問題など,問題も数多くかかえている。
今日では,太陽発電や風力発電、地熱の利用など,環境を汚染しない代替エネルギーを開発する努力も続けられている。
また,こうした努力とならんで,省エネルギー化の知恵を出し,リサイクルやリユースなど,資源を再利用する努力をすることが,すべての人に求められている。」[評価はA]
(現在使用の平成8年検定済みでは)
(p.99-100)で「世界平和と日本」「ノーモアヒロシマ・ナガサキ」の項で「広島・長崎での原爆投下による死傷者数の表と原子雲(キノコ雲)の写真」とともに,*「広島・長崎に投下された原子爆弾は、当日だけで20万に近い人々の生命をうばった。今日でも,多くの人々が放射能による原爆症で苦しんでいる。(注:原子爆弾被爆者に対する援護に関する法律(被爆者援護法)は1994年12月に成立した。)」*
・・このあとに1954年の「第五福竜丸事件」や「広島の語り部」についても写真入りで記述がある。また,このあとの「多様化する平和問題」「本の貢献」の項でも適切な記述がある。
引き続いて(p.100-101)で「ゲルニカから広島への見出しで第2次大戦の記述があり,丸木位里らの「原爆の図の一部」の写真とともに,
「…日本の各都市も空襲で多くの被災者を出した。…そしてついに,8月6日広島に,8月9日長崎に,アメリカ軍が原子爆弾を投下した。広島の原子爆弾は,核兵器使用の始まりだった。
核兵器の放射能は,生物の遺伝子に作用して傷害を残す。それから 55 年をへた今も,多くの人々が原爆の後遺症になやんでいる。核廃絶の願いは世界中に広まっているが,核兵器の脅威は今も続いている。」
(p. 159)『経済成長とエネルギー革命』の項で
「…1955 年ごろからはじまった経済の高度成長のなかでは,石炭から石油への転換が国の政策として実行された。…それと同時に原子力利用の政策が進められ・各地に原子力発電所が建設され,1990年代後半には日本で使われるエネルギーの20%以上が原子力発電によるようになった。
しかし,石油の使用は大気汚染の原因となるし、原子力発電にも安全性の問題がある。公害や事故の防止には最大の注意が必要である。今日ではソーラーシステムや水素発電など,環境を汚染しない代替エネルギーの開発も研究されている。…」(口絵の中の一つに「チェルノブイリ原子力発電所の爆発事故現場」この事故は,住民・環境・生物系などにはかりしれない被害をもたらした。との説明がある。)
(p,216)の『国際協力の発展』「科学技術の高度化」では*「…自然科学の発達によって明るい希望が語られ,人類の未来は豊かな夢に満ちているかのようにみえる。*
*しかし,原子力利用には安全性について問題があるし,臓器の移植や遺伝子治療にも人道上の疑問が投げかけられている。さらに,現在では,新しい科学技術の恩恵は先進国の一部の人たちにかぎられていることにも問題がある。」*とある。

7. 日本文教出版

「かけがえのない地球」と題した口絵 7 件のうち,最初に「茨城県東海村でおきた核燃料加工施設の事故による県道の封鎖」の写真がある。また,本文中にも、「チェルノブイリ原子力発電所の事故による放射性物質の拡散(1986 年,推計)の地図」,「原子力発電所の事故(福井県敦賀市、1995 年)高速増殖炉という新しい原子炉の試験運転中,冷却材のナトリウムがもれ,火災が発生した」との説明のついた写真あり。

しかし「エネルギー消費と地球温暖化」という表題での本文(p. 181)では,原子力に関連しては,*「世界の資源消費がふえるにつれ、資源問題は安定供給を中心に考えられてきた。しかし、近年は、エネルギーの大量消費の見なおしが、中心的な問題になってきた。地球温暖化をもたらす温室効果ガスの発生削減、石油などの化石燃料の消費抑制、クリーンエネルギーとよばれる代替エネルギーの開発の問題である。*

石油からのエネルギーの転換は,各国の事情に合わせて進められているが,課題も多い。原子力は,安全性への疑問や放射性廃棄物処理の問題から、利用を見なおす国も出ている。太陽光、風力,地熱などが実用化されているが,石油のような大出力を得られるものではない。工業化を進めようという発展途上国にとっては,今後もおもに化石燃料に依存せざるを得ない事情がある。

二酸化炭素排出削減のための国際会議があいついで開かれ,行動計画が決定されている。代替エネルギーの開発がおくれるなら,わたしたちは,現在の生活水準を保てないだろうか。」

(p. 184)「エネルギー・環境問題を考える」の 1.「原子力発電をめぐる各国の動向」では、「主要国のエネルギー源別発電電力量の構成(1996 年)」の表とともに,

「化石燃料以外のエネルギーには,水力,原子力,太陽光,風力などがありますが,大量のエネルギーを安定的に供給できるのは原子力です。しかし,安全性への信頼度や放射性廃棄物の問題があります。

日本では 1991 年福井県美浜町の原子力発電所で原子炉が自動停止する事故が発生して以来、95 年の「もんじゅ」の冷却用ナトリウムもれ事故(福井県敦賀市)、1999 年の核燃料工場の放射能漏れ事故(茨城県東海村)と、あいつぐ事故に、国民的に不安が高まっています。原発建設反対の声も、各地で聞かれます。

フランスでは,アメリカにつぐ原子力発電国で,今後も原子力依存はさけられないと表明しています。EUの中では,電力供給国としての役割をはたし,国際社会においては,地球温暖化対策を推進し,廃棄物を適切にとりあつかうという立場を強調しています。

ドイツでは,1997 年,原子力発電が,過去最高の発電量,世界最高の発電所設備利用率(87.4%,日本は 81.3%)を記録しました。しかし,翌年発足した新政権は,脱原発政策を提示し,電力業界をはじめとする産業界との協議をおこなっています。

スウェーデンでは,1980 年,国民投票の結果,2010 年までにすべての原発を廃止する国民決議がなされました。近年,経済的な面から廃止を見なおす論議がおこっていますが,国会では,1997 年 6 月と 1998 年 7 月に,原子炉を閉鎖する法律が、1998 年 12 月には、原子力発電所収用法が,あいついで成立しました。」[評価はA]

原子力に関する各国の考え方などを詳しくとりあげているのはよいが、日本の現状に対する記述は少し「反対」にかたよっているように思える。

8. 扶桑社「新しい公民教科書」(平成 13 年 3 月 30 日検定済)

原子力についてほとんど触れられていない。口絵⑩「環境問題とエネルギー」で,

「経済発展はエネルギーの大量消費をともなう。先進国は,どの国も大量のエネルギーを消費

*し続けているが,これからの時代は環境問題を考慮せずに経済発展を行うことはできない。ただし、ここでも先進国と途上国,大国と小国など,各国の利害を調整するのは容易ではない。一国だけで問題を解決する時代は終わった。」*との一般的説明とともに5つの写真があり,それらは,1.京都で開かれた温暖化防止会議、2.茨城県東海村の放射能もれ事故で放射能検査を受ける住民、3.酸性雨、4.森林伐採で二酸化炭素量が増大(マレーシア),5.(背景)釧路湿原、である。

本文では,(p. 203)*「CO_2を排出しない原子力発電は・すでにエネルギー供給の３５％を占めている。」*という文言のみであるが、これは電力供給の３５％の誤りである。
[評価　原子力に関しては欠点をことさらに取り上げていない点で可もなく不可でもなし,というところであるが、少しものたりない。**評価はAマイナス**]

第3章　　理科

現在（平成１４年３月）使われている中学理科１分野（下）の教科書（平成９年または８年発行）は、東京書籍・啓林館・教育出版・大日本図書・日本書籍の５社から出版されている。同じ５社の、平成１４年４月から使用される新しい教科書も調査した。また平成５年または４年発行の教科書についても調べた。

３－１　記述内容の整理

書かれてある内容を項目ごとに分析してわかりやすくするために、表２を作成した。表２の左側の内容（「放射線という言葉」、「水力発電の写真」…）の記述があった場合、その教科書の欄に○をつけている。この表では書かれている内容には言及しない。「同」とあるのは「左側の教科書と全く同じ内容」という意味である。以下にこの表からわかることを箇条書きにする。

① 平成１４年度からは水力・火力・原子力発電のしくみの説明と図が、どの教科書にも見られる。
② 平成１４年の教科書には水力・火力・原子力発電の短所は書かれているが、新エネルギー（再生可能エネルギー）の短所はあまり書かれていない。
③ 自然放射線の記述は平成１４年の教科書にはない。それ以前の３冊には書かれていた。
④ 平成１４年の教科書には、放射線の有益な面＝放射線の利用の記述も、ほとんどない。
⑤ 平成１４年の教科書は省資源・省エネルギーの必要性を書いているものが多い。よい傾向だと思う。
⑥ 酸性雨・地球温暖化の記述は教科書によってまちまちである。

３－２　記述の具体例

次に記述の具体例を示す。平成14年の教科書から、教育出版ｐ６８～７４を以下に書き写す。

「教育出版　平成14年　「太陽エネルギーの移り変わり」の絵
「地球に届く太陽エネルギーのゆくえ」の絵
「水力・火力・原子力発電所」の写真
「日本で年間に発電される電気エネルギー」のグラフ
「水力発電」の略図
「火力発電」の略図
「原子力発電」の略図

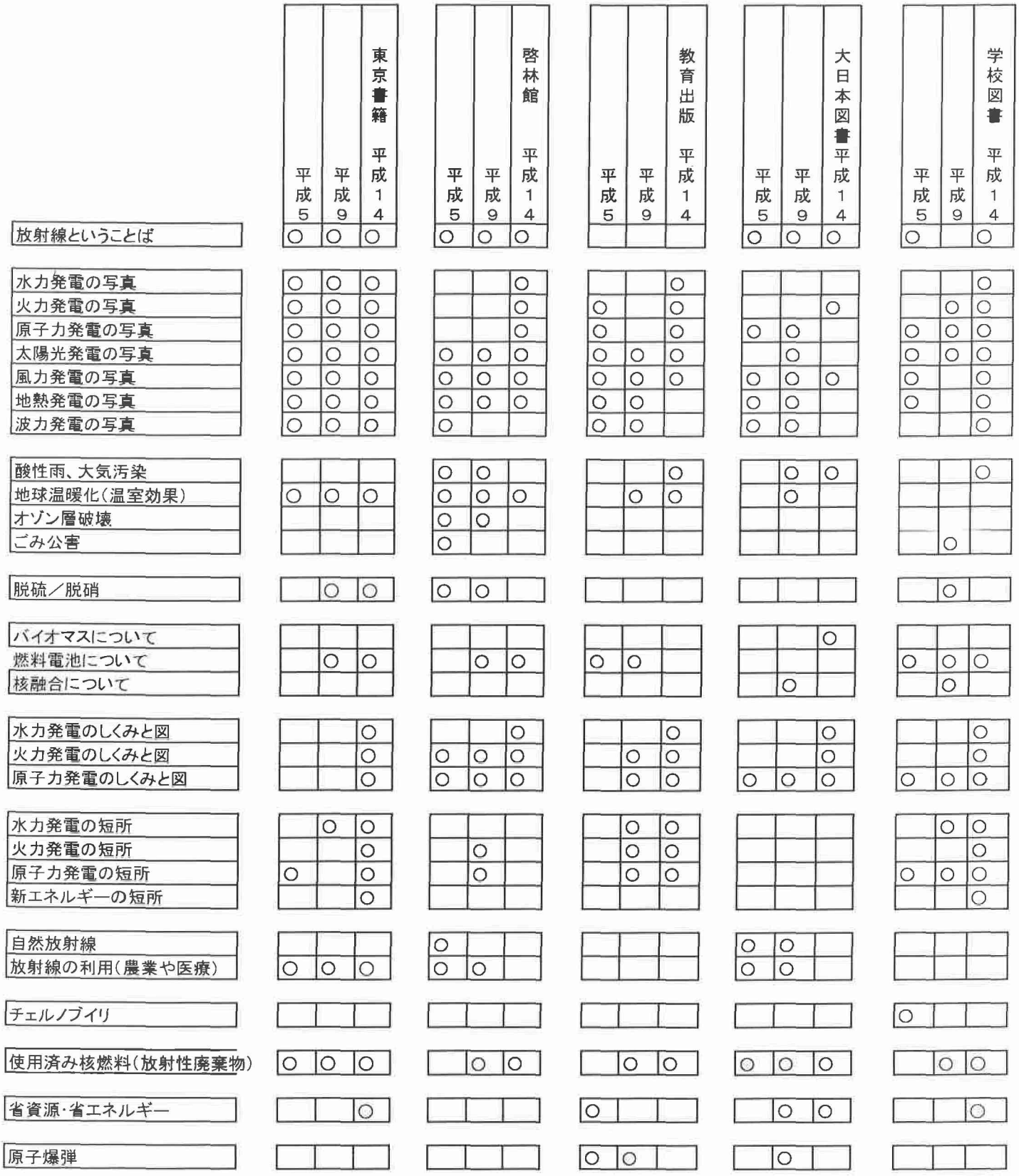


表２．中学理科の教科書における記述の有り無し

「太陽光発電のパネル・風力発電」の写真と説明

「エネルギーを効率よく利用する技術――コジェネレーションとハイブリッドカー」の説明

以上の写真や図などの他に、本文は以下のようである。

3章　エネルギーの利用　これまでいろいろなエネルギーについて学んできた。この知識をもとに、地球上で、どのようなエネルギーが移り変わっているか見てみよう。また、日常生活でどのようなエネルギーを利用しているかを知り、これからのエネルギーの利用について考えてみよう。

3－1　地球上のエネルギー　高温で輝く太陽は、そのエネルギーを主に光エネルギーの形で周囲に放出しており、その一部が地球に届いている。

地表に届いた光エネルギーは、吸収されて熱エネルギーになったり、植物の光合成により化学エネルギーとしてたくわえられたり、水を大気中で循環させたりして、さまざまな形に移り変わる。

石油・石炭などの化石燃料のもつエネルギーも、もとをたどれば太陽の光エネルギーである。化石燃料は、大昔の生物の死がいが地層にうまり、長い年月の間に変化したものであり、大昔の植物が光合成によりたくわえたエネルギーがもとになっている。化石燃料を使うことは、間接的に太陽のエネルギーを使うことである。このように、私達が利用しているエネルギーのほとんどは、太陽に由来するものである。

3－2　電気エネルギーはどのようにつくられるか　わたしたちは地球上にあるエネルギーを利用しやすい形に変えて使っている。いろいろなエネルギーの中でも、電気エネルギーは、さらに別のエネルギーへの変換が容易であり、運搬の必要もない。このため、日常生活では、電気エネルギーが主に利用されており、その使用量は年々増え続けている。

電気エネルギーはどのように作られているのだろうか。これから、発電の仕組みや問題点について考えて見よう。

水力発電　水力発電は、ダムにたくわえられた水を流し、その力で発電機のタービンを回して発電する方法である。

水力発電では、発電によって有害な廃棄物が生じることはない。しかし、ダムを作るのに適した地形に限りがあることや、ダムを作ることによる自然破壊などの問題がある。

火力発電　火力発電は、石油や天然ガスなどの燃焼によって高温・高圧の水蒸気を発生させ、その力で発電機のタービンを回して発電する方法である。

火力発電は、燃焼によって、地球温暖化の主な原因とされる二酸化炭素が発生するという問題がある。

また、燃料に含まれる硫黄が燃えてできる二酸化硫黄や、空気中の窒素が反応してできる二酸化窒素は、大気を汚染する。さらに、資源に限りがあることも問題である。

原子力発電　原子力発電は、ウランなどの核分裂とよばれる反応で発生する熱により、高温・高圧の水蒸気を発生させ、その力で発電機のタービンを回して発電する方法である。

核分裂では、石油などの燃焼と比べてけたちがいの大きなエネルギーが発生するので、少ない燃料で発電することができる。

しかし、大きなエネルギーの発生を制御しなくてはならないため、火力発電にない難しさがある。

また、燃料のウランや核分裂で生じる廃棄物は、有害であるため、燃料の運搬、保管、加工、利用、廃棄のすべてにわたって、慎重な取り扱いが必要である。

日本では発電される電気エネルギーの大きな割合を占めるものの、解決しなければならない問題が多い。

3－3　これからのエネルギー利用　現在、利用されている化石燃料などのエネルギー資源

は、その量に限りがあり、近い将来に確実に不足することがわかっている。また、エネルギー資源の大量消費は、地球環境の急速な悪化をもたらすので、改めていく必要がある。

そのため、新しいエネルギー源の開発や、貴重な資源を無駄なく有効に利用する技術が求められており、その一部はすでに実用化されている。

科学は、物質や生物、地球環境などに関しては、これまでになく理解を深めてきている。これらの知識を活用することにより、人類はさらに進歩するだろう。

これから,エネルギーを有効に利用し、同時に地球環境を保全していく社会を実現するためには、わたしたちはどのような選択をすればよいだろうか。この選択のためにもまた、科学の知識は必要である。これからも、これまで学んだことをもとに、広く科学に関心をもっていこう。」

下線の部分については

・原子力発電の技術は確立されており、難しさがあるとはいえない。火力発電所も、一基で原子力発電所と同じ１００万ｋW級の発電所もあり、火力発電所でも大きなエネルギーを制御している。

・なぜウランや核分裂で生じる廃棄物は有害であるのか、説明を入れたほうがよい。

・「大きな割合」という漠然な表現より、数値を示したほうがよい。

全体としてはわかりやすく、よく書かれている。太陽光や風力などの新エネルギーの記述が本文にはなく、別枠の欄に書かれてある。また放射線・放射能という言葉は使われていないが、核分裂という難しい言葉が使われている。

さらに平成 14 年とそれ以前の教科書の記述を並べることによって、記述の変化も調べてみる。アンダーラインを引いた部分については、考察を述べている。

＊東京書籍　（平成５、９年）　*「原子力発電は放射線を出す物質を燃料として使っている。この放射線は，医療技術や農作物の改良などにも利用され生活に役立っている反面、からだに大量にあたると危険である。そこで，その利用にあたっては放射線を常に監視して安全を確保しなくてはならない。また、万一事故が起きた場合の放射線を出す物質による汚染{下線部１}や、使用済み核燃料の安全な処理など、今後研究し解決しなければならない大きな問題がある。　＊1　少量でも、長期間にわたって当たると危険な場合がある{下線部 2}。＊２　原子力発電の燃料は、使用したあとも放射線を出すので危険である。」*

（平成１４年）　*「原子力発電では、燃料として放射線を出す物質が用いられる。放射線は、医療技術や農作物の改良などに利用され、生活に役立っている反面、人体や作物などに大量に当ると危険なので、常に厳しく監視して、安全を確保する必要がある。また、万一事故が起きた場合の放射能汚染{下線部 3}や、使用済み核燃料の安全な処理など、今後さらに研究して解決しなければならない問題が残されている。」*

下線部１は平成 14 年には下線部３のように変更されているが、放射線と放射能の違いの明記はない。下線部２は、自然放射線を考慮すると間違っている。

＊東京書籍　（平成１４年）　*「現在のところ、新しい、クリーンなエネルギー資源の開発と利用は、これまでの主要な発電方法にすぐにかわるという状況にはない。したがって、現在の発電による二酸化炭素や放射線の発生という短所の多くは、依*

然として解消されないままということになる。」

この書き方だと、火力発電所から二酸化炭素が大量に出ているのと同様、原子力発電所からも放射線が大量に出ているように読み取れる。

＊啓林館　（平成 14 年）　*「水力発電ではダムにためた水を落下させて発電機を回転させ、火力発電では石油や石炭を燃やした時に出る熱で水を高温・高圧の水蒸気に変えて、発電機を回転させる。原子力発電では、ウランなどの原子の核が分裂するとき（＊１）に出るエネルギー（核エネルギー）をまず熱エネルギーとしてとり出して、これを利用して発電機を回転させる。　原子力発電では、人体に有害な放射線や放射線を出す物質が外部にもれないように厳重に管理する必要がある。また、放射性の廃棄物の管理も万全にしなければならない。」*

日本の原子力発電はかなり厳重に管理されていることを明記することも、必要であると思う。このような記述では原子力の危険な面が強調され、生徒たちの原子力嫌いを助長してしまうのではないか。

＊大日本図書　平成５年と９年はわかりやすい記述になっている。

（平成 5、９年）　*「Ｂ＝原子力発電　　火力発電では、石油や天然ガスを燃やして高温の水蒸気をつくり、水蒸気が吹き出す勢いで発電機を回転させて発電している。一方、原子力発電ではウラン原子のだすエネルギーで高温の水蒸気をつくって発電機を回転させ、発電する。ウラン原子は膨大なエネルギーを出すので、それを除除にとり出すくふうをして、電気エネルギーに変換している。*

Ｃ＝原子力の利用　　原子のエネルギーをとり出す装置では放射線が発生する。この放射線は自然にもごくわずか存在している。放射線は一定量以上になると有害であるが、十分に安全な設備の中では農業や医療にも利用することができる。このように、放射線には有益な面と有害な面がある。原子力発電の安全な運転と、そこから出る廃棄物の安全な処理についての研究が望まれている。」

しかし平成１４年の教科書では記述が大きく変わった。

（平成 14 年）　*「Ｃ＝原子力の利用と環境　　原子炉では、核分裂してできた有害な放射性物質が核燃料の中にたまる。それが外にもれると、人体や農作物に被害が出るおそれがある。放射性物質には、千年以上も強い放射線を出すものもあるため、使用済みの核燃料は、安全に管理しなければならない。」*

下線部は、事故を想定した書き方。原子力発電にかぎらず、化学工場なども、薬品が外にもれると危険である。平成５、９ 年のわかりやすくよい書き方が、平成 14 年では原子力発電に恐怖を感じさせる、理科の教科書とは思えない記述になっている。

３－３　これからのエネルギー資源、これからの取り組みが、各教科書でどのように書かれているか？（平成１４年の教科書について）

＊東京書籍　　*「今後もエネルギーの需要が増え続けることは容易に予想されるので、新しいエネルギー資源の開発に継続的に取り組むとともに、限りあるエネルギー資源を有効に利用するため、より一層の省資源と省エネルギーをすすめていく必要がある。」*

＊教育出版　　*「現在、利用されている化石燃料などのエネルギー資源は、その量に限りがあり、近い将来に確実に不足することはわかっている。また、エネルギーの大量消費は、地球環境の急速な悪化をもたらすので、改めていく必要がある。」*

東京書籍はすっきりとした書き方でまとめている。どの教科書も、新エネルギーの開発・省資源・省エネルギーを、言葉は違っても書いてある。

まとめ

現代の私達の生活は電力の大量消費に支えられており、そのために有限な地下資源が消費され続けている。地球環境を守り、さらに豊かな未来のためには、一人一人が真剣にエネルギーのことを考え、節電などすぐできることを実行しなければならない。また医療放射線や非破壊検査など、現代の私達の暮らしは放射線の利用なくしてはなりたたない。しかし放射線や原子力について学ぶ機会のない日本の子供達にとっては、この地理や公民、理科の教科書が初めての放射線・原子力との出合いになるのであり、教科書での具体的記述は原子力・放射線についての子供達のパーセプションにおいて極めて大切である。

子供たちは放射能・放射線が何なのかも習っていないのに、中学の教科書にこのような言葉が当たり前のように出てくる。原子力に対して原爆と同じようなイメージを持つ人が多いわが国では、中学の教科書におけるこのような記述の仕方では、原子力発電にマイナスのイメージを持ってしまうのではないか。高校の物理を選択したら放射線・放射能についてかなり詳しく学習するが、高校での物理は必修ではない。

それに加え中学校の教科書では、広島・チェルノブイリ原発事故での放射線の影響の怖さ、原子力発電所の事故の恐怖、放射性廃棄物の危険性を強調するばかりで、放射線の正しい知識を与えることをしていない。

小・中学校においては、放射線・原子力についてその良い点・悪い点を科学的公平さをもって示し、子供達に考える力を与えるべきである。総合学習として自然放射線や放射線の種類・性質などを学習したり、放射線の利用まで学習することが望ましい。

さらに地球温暖化、酸性雨といった地球規模の環境破壊が進んでいる現在、そのもとである二酸化酸素や二酸化イオウを排出する火力発電のことを学習する必要がある。また私達の豊かな生活を支えているのが電気であること、その電気を生み出している、水力・火力・原子力発電や新エネルギーのことも学習しなければならない。日本は特に資源に乏しい国であること、資源をほとんど輸入に頼っていることも大切な学習内容である。このように重要な内容であるのに、教科書の最後の章になっているのは、残念である。学年が終わる３学期までに学習が終わればいいのだが、時間がなくて省略されることもありえる。教師の方々も含め、われわれも資源・エネルギーの重要性を認識する時期に来ているからである。

地理・公民の社会科系教科書と、理科の教科書と、原子力発電所の記述の個所で、放射線・放射能・放射性物質・放射性廃棄物といった言葉が共通して出てくる。これは社会科と理科の教師間の連絡が必要になっていることを示す。

謝 辞

本報告書を作成するに当たり、現行の教科書ならびに平成１３年度文部科学省検定済みの教科書に関する資料の提供を受けた、電気事業連合会広報部及び（株）科学新聞社に感謝する。

第２章　７．　マスコミ報道調査委員会

加藤和明

委員会設置の趣旨は、「マスコミで報道される放射線関連のニュースや解説に学術的見地から看過できない誤りがあったとき、これを指摘し正しい知識を社会に提供すること」であり、それがNPO法人としての放射線教育フォーラムが社会に負っている責任の一つであるという理事会の判断に基づいている。委員長を引き受ける際、委員を公募することを申し出、了承された。これまでのところ、協力を申し出て下さったのは次の方々である。

更田豊治郎、金子正人、笹川澄子、多田順一郎、堀内公子、松浦辰男　（敬称略、順不同）

電子メール等の IT を活用して当面活動して行きたいと考えている。事務局と相談して新年度早々会合を持ち、活動方針の検討を行うこととする。

ちなみに、今日(2002 年 3 月 19 日)までに、理事会等に報告された、会員による関連の研究資料として、以下のようなものがある。

＊更田豊治郎:「ＮＨＫ高校講座・英語Ⅱ　(講師:石田雅近・清泉女子大学教授)のテキスト Lesson 4 Chernobyl について」[資料 1]

『地球を汚染する原発事故の恐怖』と副題のつけられたこの教材は、1996(平成 8)年度に再放送を合めて 16 回放送され、2001(平成 13)年度に再度全く同じ内容で同じように延 16 回放送された。 原子力発電に係る安全論というのは、学術的にも、政治的にも、高度にして機微にわたるテーマである。新聞記事の事例研究といった範疇を越え、講師の価値観が非常に明確に現れている教材である。講義を私は実際にラジオで聞いたのであるが,例として印刷教材には Study Point として「*チェルノブイリの事故は私たちに原子力発電所が本当に安全かどうかを疑わせました*」と書かれ、「*チェルノブイリの原発事故発生後、数週間で死亡した労働者はどのくらいですか*」などと質問が用意されていた。講師がどのような価値観を持っているにしても、公平で客観的であるべきＮＨＫの講座でこのような内容の教材が使われていることに疑問をえた。

＊加藤和明：マスコミ記事の正しい読み方(またはマスコミの提供する記事を批判的に読む)、事例研究―その 1―『スチュワーデスの年間被曝量は「原発労働者の 3 倍」』、週刊現代 1999 年 7 月 24 日付号、[41](27)　48-50.放射線防護研究会(1999 年 8 月 27 日資料)発表論文[資料 2]

＊加藤和明:マスコミ記事の正しい読み方(またはマスコミの提供する記事を批判的に読む)、事例研究―その 2―『原発周辺で赤ちゃんが死んでいる』、Weekly プレイボーイ 2001 年 8 月 21 日・28 日付合併号、[36](31)　225-231.未発表

入手できた公表データを独自に解析してこれこれの結論を得た、というルポライター明石昇二郎氏の報告である。しかし、日本全国の原発 10 キロ圏内と 10-20 キロ圏内における出産数がそれぞれ年間 1 万 8 千人ほどで、全国の出産数が年間約 120 万人ほどだといわれると、それだけで記事の信憑性を疑ってしまうのである。原発周辺で生まれる赤ちゃんの総数が日本全体の 30%(＝$2\times18\,k/1.2\times10^6$)だとは信じられるだろうか。

＊多田順一郎：労災認定の記事(毎日新聞静岡版 2002 年 2 月 13 日朝刊(?))未発表

１．この報道は、原子力施設に関する零細な下請けの社長が、事実上自ら作業する労働者であるにもかかわらず、事業主であるという理由で労災の適用を受けられないという、労災認定上の矛盾を取り上げることが主題である。

２．然るに、ここで取り上げた事例は、事業者が被曝管理で遵法していたにも拘らず、これを救済するために労災を適用した、という判決そのものに論理的矛盾がある事例を比較対照にせざるを得ないような事例を引き合いに出して、上記の主題を議論しようとしている。

３．第 1 項の主題を論ずるのであれば、労災の適用に関して議論の余地のない事例は、建設業や製造業にいくらでもある筈であって、ことさら科学的にも法令解釈上も問題のある放射線発がん

の事例を持ち出して、読者の radiophobia を刺激するのは、適正な報道の姿勢ではない。
４．さらに、放射線と発がんに関する説明の引用も一方的で、公正な報道姿勢とは言えない。
今後このような報告を、委員は勿論、会員一般から広く提供して戴き、フォーラムから社会への情報発信に努めるとともに、これを定期的に compile してフォーラムの資産とし、広く会員の皆様に活用戴けるよう努めて行きたいと考えている。

放射線防護研究会資料
マスコミ記事の提供する記事を批判的に読む　　事例研究―その 1
『スチュワーデスの年間被曝量は「原発労働者の 3 倍」』
週刊現代{1999 年 7 月 24 日付号}【41】(27)48－50

加藤和明　　1999 年 8 月 15 日

放射線の安全性もしくは危険性にかかるマスコミ・メディアの記事には、科学的信憑性、公正さを欠く情報処理のスタンス、など気になる記述が少なからず含まれていることが多い。このような例は少なくないが、事例研究の一環として、平成 11 年 7 月 11 日付発行の週刊誌「週刊現代」に掲載された記事、『衝撃データ入手、スチュワーデスの年間被被曝量は「原発労働者の 3 倍」』を例に解説・コメントしてみたい。
1.タイトルについて
記事の書き手、雑誌の売り手にとっては、記事のタイトルは人々の注意を引き、「おや、なんだ？」と思わせなければならない。沢山の人に読んでみたいと思わせ、買ってもらいたいからである。「衝撃データ入手！」とあれば、「なにやら世間に隠されているデータがあり、そうなっているのは当事者にとって世間に知られると都合の思い事実があるからに違いないからだ」と思わせる。事実がそうでないのにそうであると思わせるとすれば“犯罪的”である。仮にこの記事がタイトルに書いている叙述または命題「スチュワーデスの年間被曝量は原発労働者の 3 倍」が間違いとは言えないとしても、それが困ったことであるとは、前提条件を熟知している専門家は必ずしも思わないことであるのに、一般読者の不十分な知識、思い込みにつけ込んで、短絡的にそうであるかの如く思いこませようという意図が感じられる。今日日本国民が実際に受ける放射線被曝の量は、
①医療行為により伴って受ける被曝
②自然界にある放射線への被曝
③教育・研究用放射線源や原子力発電
等の、いってみれば文明を発展させたり文明の成果を享受する上での被曝の順になっているが、この順位を正しく答えられる一般人は非常に少ない。③の被曝量は国民線量の１％より遥かに小さな値となっているのである。そもそもものを比較するには、比較することが意味を持たねばならないのに、そのことに係る前提の説明が全くなく、書き手に都合のよい、一般読者の思い込みを意識的に誘発しようという詭弁に他ならない。「キミ、ボクのこと嫌い？」「いいえ」「じゃあ、好きなんだね!」という類の、筆者が詭弁学の教科書を書くとすれば真っ先に教えるであろう、初等的な詭弁の手口である。
２．“キャリアが長くなるとステユーワーデスの赤血球数が低下する”
この最初のパラグラフは、見出しに引き続き、意外性で読者の眼を引き、後に続く文章が価値の高い情報であると見せかけるため、あるいは記者が実際そう思い込んでいるのかも知れないが、“赤血球数が低下するのは健康障害であり、非常に困ったことである”と思い込ませようとする記述である。赤血球数の測定に誤差は付きまとうものだし、仮に標準とされている値から少しばかりずれたからといって非常に心配しなければならないというものでもない。スチュワーデスで

なくてもキャリアの長い職業人の中には健康診断で赤血球数の減少が見られる例はあるだろうし、赤血球数が減少したからといってその原因が放射線被曝と決めつけられないことは、記者自身が少し後で「直接的因果関係は不明」と断っている。自らに責任が及ばないよう注意しながら読者に思考を誘導しているのであって、この手の記事の書き手が常套的に使用しているレトリックである。私はそうだといったのではない、読者が勝手にそう思い込んだのだ、というのである。記事の信憑性すなわち情報の確度は極めて低いというべきである。

3．“パイロットと専業主婦との間に生まれた子供は圧倒的に女の子が多く、逆にスチュワーデスと普通のサラリーマンとの子供は殆どが男の子…周りでは不思議な現象だと噂になっています“

この記述も確度が著しく低いと言わねばならない。後で、あたかも宇宙線のせいであるかも知れないと思い込ませようとの意図が込められているように思われる。

4．“3ミリシーベルトを超える放射線”

シーベルトは単位にすぎない。何という量が3Sv になるというのか？困ったことに、線量にもいろいろあるのである。

5．「シーベルトとは…の単位」

これはいい。しかし、これに続けて「専門用語で線量当量と呼ばれている」とあるのは間違いである。量と単位は別物である。

6．“日常、日本国内でもっとも放射線に被曝することが多い原子力発電所の労働者”

この記述が正しくないことは上述の通り。“原発労働者でさえ年間平均被曝量は 1mSv に過ぎない“と書いてあるが、法定年限度は 50mSv。航空機乗務員の被曝量が原発労働者の年間平均被曝量を上回るのはいけないとするなら、宇宙線への被曝が航空機乗務員とは比べものにならない宇宙航空士の場合はどう考えよというのであろうか？また、ラドン温泉の存在はどのように考えたらよいのであろうか？今日世界の主要国が国策として定めている放射線防護のシステムはICRP(国際放射線防護委員会)の創出・勧告してきたものに基礎を置いているが、そこでは自然放射線への被曝や事故による被曝は管理の対象から除外されてきたのである。議論すべきは放射線というものの安全管理論、放射線防護システム設計論なのである。

7．“…自分の周りで放射線の影響とも思われる体調の変化が起こり始めて、ようやく事態の深刻さを悟りました。”

具体的内容の記述がなく極めて emotional である。

8．“…遺伝子の突然変異の確率はそのまま発がん率にも当てはまるから、大変危険な状態だといえる(市川貞夫埼玉大学教授)。“

これはまるっきり事実に当てはまらない。〔渡辺正巳長崎大学教授によると〕突然変異の確率はDNA にできた傷の量に比例しないし、発がんの確率は突然変異の数に比例しないそうで、このことは今や放射線生物学の常識的知見である。

9．“…つまり、ICRP 基準の 1/10 が実質の限度…(小出裕章京大炉助手)”

異なる logic の無理な繋ぎ合わせである。労災認定に係る「相当因果関係」の立証基準と線量限度の混同は天下の朝日新聞もやっている。

10．“90 年に改定された…から、ス手ユワーデスの 3mSv という被曝量は、限度を超えているのだ。ICRP も、妊婦の限度は 2mSv 以下だと勧告している。“

個々の数値は、本質的には実際に使われているもの(但し、限度値に以下は付かない)であるが、それらを使う論理が滅茶苦茶である.「ICRP の 1990 年度勧告が法令に取り入れられたら労災認定基準も(自動的に？) 2/5 に切り下げられる」というのは独断である。そうなる可能性ないわけではなかろうが、決まっていることではない。

１１．“スチュワーデスは、全く野放しに放射線を浴び続けているわけだ。”
一般人も(すなわち我々の誰もが)、全く野放しに自然放射線を浴び続けている。
１２．JAL 広報部のコメント
ICRP は航空機乗務員を対象に線量の限度勧告値は出していない筈である。
１３．ANA のコメント
日本国籍の航空機の機内は、公海などの上でも日本の法令が適用される筈である。
14.“絶対に安全と言い切れない部分もある”という原子力資料情報室・藤野氏のコメント
絶対安全なものなどあり得ない。「便益があるのでそれを使用する」のが安全論の前提である。原発反対論者の定番の論法、ロジック(というか詭弁)である。
１５．“スピードと快適さを誇る飛行機だが、つねに放射線という「危険」と隣り合わせなのだ。”
筆者は放射線防護の専門家と心得るが、そんな風に感じたことは一度もない。むしろ、墜落という危険、そのリスクにいつも苛まれている。飛行機を利用するときはいつも覚悟して乗っている。
１６．スチュワーデスという用語
この用語は現在、性差別の理由で禁止語とされている。フライトアテンダントなどというらしい。筆者はこのような風潮を苦々しく思っている一人であるが、目頃口うるさく言っているマスコミの当事者が自ら実践しないというのは如何なものか？

（９２ページから続く）

である。世間に流れている情報に客観的に明らかに誤りがあるとき，それをハッキリと指摘した批判を政府当局が公表することは，言論の自由・報道の自由を束縛するものではなく，むしろアカウンタビリティ・透明性・公開等の一環としてまめまめしく実行されるべきことである。

学会誌や学会発表を一般の人々の多くが見聞するわけではないので，学会は社会の不特定多数に語りかけるのにマスコミのような手段を持ってはいないが，情報時代・IT 時代でますます誤情報が増えることに対抗して，誤情報を継続的に監視し，修正情報を発信する作業グループを学会活動として持ちたいものである。

（2001年 4 月20日 記）

NHK高校講座・英語Ⅱ（講師　石田雅近　清泉女子大学教授のテキスト）
LESSON 4　Chernobylについて

放射線教育フォーラム　更田豊治郎

（以下は1997年1月頃に記した原稿で印刷にならなかったものです。）

原子力発電への無理解が広まってしまっている現状を深刻に憂えるので、明確に間違いと言える表現は少ないとしても、全体として一般人に対して原子力発電を実態よりも悪く印象付ける、こういう軽率なテキストに憤りを感じます。この著者は必ずしも原発反対の立場ではなく、このテキストの表現が我々に大きな抵抗を感じさせるなどとは思ってもいないでしょうから、かえってやり切れない気がします。しかし、これに単に抗議をしても、相手に通じるか疑問で、対応に工夫が必要と思われます。

以下は我々の間では言うまでも無いことかと思いますが、ご参考までに個々の表現に対する私の率直な感想を述べます。

"--- will affect all of us for many years in the future."のaffectは意味が広く曖昧なところがあるので、「チェルノブイリ事故が 10 年を過ぎた今なお多くの誤解も含めて世界に大きな影響を残している」ことから言えば、この英文が事実を正しく伝えていないとまでは言い切れませんが、「健康に悪いような影響がall of us for many yearあるはずはなく、もはやチェルノブイリ近傍の地域以外の全世界には健康上の影響はまったくありえない」にもかかわらず、そのような影響があると誤解されやすいので、この英文は公正ではないと思われます。

"Some have died; others are suffering from cancer and other diseases."は、何十万人という集団について言えば、どのような集団についても死ぬ人もいれば癌や他の病気に苦しむ人もいて不思議は無いにもかかわらず、この文脈では、その集団の大多数の人々が死んだり癌や他の病気に罹ったりしているように思わせるとすれば正しくありません。「何十万人のうち何%の人が癌になり、通常の癌患者発生率に比してx倍なのでチェルノブイリ事故の影響と考えられている。」と言うような表現でなければ公正でなく、世間一般に放射線の影響への非科学的な恐怖感が広がっている状況に加えて、この英文は事故の被害を事実以上に大きく印象付けるものと思われます。

"The radioactivity from Chernobyl spread over almost all European countries. Much of the radioactivity fell on farms, animals and people. Food and animals became polluted."は、量について具体的に何も言っていないので間違いとまでは言えないが、恐らく実態よりも悪い印象を与えるもので、こういう文章も始末に悪いものと思われます。

"Another lesson we have learned is this: nuclear accidents cannot happen without also affecting the lives of people in other countries."は、「核施設で事故があると、その被害が直接及ばなくても、パブリック・アクセプタンスへの影響など間接的被害は世界中に及ぶ。」などとよく言われていることと同じ意味だと、こじつけられなくもありませんが、テキストのTODAY'S POINTで「原子力[関連]の事故が起これば、必ずほかの国の人びとの生命にも影響を与えます。」と訳している意味では、重大な誤りです。

"All things on the earth are connected just as every part of our body is connected by our blood."も大げさで正しくはありませんが、「それぐらいの心構えで安全に努力せよ」という精神訓話として、「人命は地球よりも重し」式の表現などと共に一般に好まれるところがあり、安易に言われて misleading となる例だと思われます。許すべからざる事故であっても、その被害を事実よりも余りに過大に宣伝することは物事の公正な判断を誤らせる危険を含んでいます。

英語の教材にも社会性の高い話題を選ぶことに反対するものではありませんが、特に議論や評価が分かれているような話題を扱うには公正で慎重な配慮が必要です。英語の教科書の内容から語学以外に色々貴重な教訓を学んだ経験からも軽視できないことと思うものです。

談話室

誤情報過剰の対策

(財)日本海洋科学振興財団　更田豊治郎

遅ればせながら，2000年12月の中村政雄氏の学会誌巻頭言「姿の見えない日本原子力学会」についてコメントさせて頂きたい。学会がもっと社会に語りかけるべきだとの結論も含めて，同氏のご指摘のほとんどに賛同しながらも，私は関連問題での学会の在り方よりも，マスコミの誤報および事実関係についての偏向報道と，それに対する当局および当事者機関の対応の方に問題があると思っている

原子力発電を発展させるべきか，後退させるべきかなどについて，各人の総合的判断が多様に分かれるのは自然なことであるが，それぞれの判断の基礎となる科学技術知識と関係機関・企業の成果・事故・事件を含む活動実態の事実関係知識などにある程度の共通性がなければ，問題の民主的合意形成のための議論が不毛になる。学校教育やマスコミの現状に対する心配の主要観点はここにある。マスコミの論説や解説に偏向をなくすのは無理というものであるが，速報性よりも報道における事実関係の正確性に格段の努力を払ってほしいものである。

原子力については多くの誤解が世間一般に広がってしまっているのが残念ながら現実である。それには原子力反対専門家(原子力反対に職業的に取り組んでいる人)の活動と，それをマスコミの大半が応援する側に偏っていることが貢献している。亡くなった人を批判するのは控えるにしても，上記巻頭言でいみじくも名指しされている高木仁三郎氏を市民に味方する原子力専門家君子かのように有名にするにはマスコミの一部が加担したと思われるが，同氏の見解の中の事実誤認や曲解を一つ一つ批判することを怠った本来の原子力専門家集団側にも責任がないとは言えない。マスコミにおける誤報や誤解に対する抗議を情熱的に実行している人達もいるが，職業的反対運動家の言動や，それを支持するマスコミに対して個人のボランタリー活動で対抗するのは限界がある。

どのような事業にも，程度の差はあれ，危険性が完全にゼロというものはないから，何事についても危険性を指摘することは，その危険による被害とそれが起こる確率の量的評価の精度を無視すれば間違いとは言い切れないので，反対専門家は安易に一般受けする意見を表明できて，マスコミもそういったものを無責任に優先報道する傾向がある。そういう報道に反論するには，量的評価を示し，その根拠等を解説する必要もあって，怪しい情報を出す側よりも手間が掛かる上に，抗議する投稿をしても無視される場合が多いようである。

具体例で論旨を示したい。週刊誌「サンデー毎日」の3月4日号に『緊急連載，シミュレーション，ノンフィクション「原発震災」』と題し，その大見出しが「東海大地震で日本人の20人に1人が被曝死する」という記事が掲載された。これによると京都大学原子炉実験所の助手だった故・瀬尾 健氏が作成した「原発事故災害予想プログラム」を使って，小出裕章・京大原子炉実験所助手の協力で，静岡県浜岡原子力発電所の近くでマグニチュード8級の大地震が発生し，炉心の約半分が溶融し蒸気爆発が発生して，約半分の炉心が格納容器も突き破って環境中に放出されるという最大級の原発事故が重なるとして計算すると，上記の大見出しのような被害が出る可能性があるというのである。原発大事故の発生確率と大事故時の被害を解析評価することは私の専門外であるが，自分の知識の集約からの個人的結論として，このサンデー毎日の記事は発生確率が極めて小さい事故の被害を極めて過大に推測し意図的に国民の不安を煽動するものと判断する。

しかし，我々がこの記事のルポライターや週刊誌編集者に抗議しても無視されるか，前期のプログラムで計算した結果を発表したものだと逃げられるであろう。この記事については，原子力安全委員会がまず抗議したうえで，前期プログラムと入力および計算結果の解釈等の妥当性の分析と，別の信頼度の高いプログラム類を使った解析評価をしかるべき研究機関に委託し，その結果を国民にわかりやすく説明するなどの対応をとられることを希望したい。類似の対応が電力会社等の関係機関においてもとられることが望ましいが，同様のことを学会会員等個々のボランタリーな活動に期待するのは作業の負担からも無理がある。学会としても組織的な対応を検討されることが望まれる。

別の例として，2001年4月1日発行の「別冊世界 50問これが核心だ！」世界，第687号，pp.78～81の「地球温暖化を緩和するためにも原発がよいのだというのが日本政府の言い分ですが，本当でしょうか？」で，原子力資料情報室共同代表西尾 漠氏が，根拠を間違えた多くの指摘の中でも，「原発を増やせば火発が減るということは，残念ながら，ありえません。」とどう考えても明確な誤りを主張している。上記の日本政府の言い分は国際社会の中で孤立しているとも同氏は言っているが，日本政府の合理的な正しい言い分に素直に乗れない各国の当面の政治事情があることを無視して，自国政府を批判するのは彼等に共通する傾向である。当局はこのような明確な誤りの記述に対しては明確な批判を公表すべき

(90ページに続く)

第２章　８．

専門委員会「加速器利用調査･検討委員会」の活動報告

1．専門委員会の設置

本専門委員会は，第 2 回放射線教育フォーラム理事会 (2001 年 5 月 22 日開催)において下記の提案趣旨説明により承認された。

提案者：更田豊治郎，峯岸安津子，大野新一

[趣旨]　近年，加速器技術の進歩は著しく，すでに国内だけでも１千台をこえる加速器が稼動しており，医療，農業，工業，環境の各分野において欠くことのできない放射線源となっている。また星内部における元素合成をしらべる RI ビームファクトリー(理研)，放射能消滅(原研)，物質の根源を研究する(KEK)ための高エネルギー加速器の建設計画がすすめられる一方で，すでに高エネルギーイオン加速器によるがん治療（放医研)，化学分析や物質構造研究で有効な高強度 X 線源施設(SPring-8)が稼動中であり，さらに将来に向けてレーザーを使った超小型の放射線発生装置が考えられている。

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

委員会設置期間：2001―2002 年度
最終目標：100 ページ程度の報告書にまとめる。読者は中・高校教師，および高校生
委員会の進め方：初年度は委員による調査結果の報告，次年度は最終報告書に取り上げるべき項目の選択と説明法の工夫に関する検討を主とし，いずれも 3 回程度開催。会員の自由参加による公開の勉強会形式を予定

委員構成(順不同)：更田豊治郎，荒谷美智，峯岸安津子，大橋國雄，
大野新一，小高正敬，田中隆一，加藤和明，白形弘文，中村眞基，広井　禎，
ほか賛同者

２．第１回委員会開催記録

日時：2001 年 10 月 19 日(金)　午前 11:00―14:00
場所：升本ビル 2 階会議室
出席者：更田豊治郎，荒谷美智，峯岸安津子，大野新一，大橋國雄，田中隆一，加藤和明，白形弘文，中村眞基，広井　禎（以上 10 人）

申し合わせ事項：作成するテキストの読者は高校生を主とする。図を上手に使

う。根本的な原理を大切にする。

今年度の開催日を 12 月 1 日(土)，2 月 2 日(土)　いずれも 13:00 よりとする。またテキストは 2 本立てとしてテキスト本文は 100 ページ程度，他は参考資料的なものとして執筆者名をいれる。加速器が分かると放射線が分かるような筋が通るようにする。また加速器は物質の構造を極めるものであり，大強度・高エネルギーの加速器の必要性を説明する。

幹事提出のメモ：加速器利用調査にさいして
・加速器が α，β，γ 線などのいわゆる放射線と同じ性質をもつ高速荷電粒子，高エネルギー電磁波，中性子などを発生させる装置であり，いわゆる放射線よりも桁違いに広いエネルギー範囲と大きい強度をもつことができること，そのため放射線利用＝加速器利用が現実であること，その加速器を利用してどのような研究が進められているかを紹介する。
　つぎに加速器の原理，とくに荷電粒子(電子と核，イオン)の加速（静電加速と繰り返しのある高周波加速），電磁波の発生，中性子の発生のしくみ，さらに目的に応じて必要なエネルギーと強度の範囲，ならびに実際に得られている値を解説する

・高校理科の教科書で説明されている事項に基づいて，その続きを詳しくやさしく説明する。言葉だけを列挙することはさける。できるだけ基本的なことを取上げてその原理を他のどの解説本にもない新しい方法で説明することを目指す。（＝次年度の作業）
　荷電粒子の運動状態が変化するときに発生する電磁波（たとえば X 線の発生，放射光の発生，原子核からの γ 線の発生，電波の発生，赤外線の発生など）を統一的に解説する

・加速器利用は，小さい空間に高エネルギーを集中させて物質創生を探る研究（KEK；ニュートリノも含める），星の中の核融合や超新星爆発による元素・超重元素の合成の研究（RIKEN 他，世界の主要大型加速器），X 線を利用した分子構造の研究（SPring 8），中性子回折，がん治療（HIMAC）などのほか，電子ビームによる医療器具の滅菌，高分子材料の改質，半導体へのイオン注入などの実用分野，加速器からの微細ビームによる局所化学分析や表面分析，医療における診断用 RI の製造など多岐にわたっているが，できる限り整理してまとめるようにしたい。
・まとめ方：
　たとえば加速の原理と物質に対する作用をまとめた後で，それぞれについての応用例として説明する方法（原子核に対する粒子導入とエネルギー注入の作用，化学結合に関係する電子に対する作用，電磁波や中性子線の波としての干渉作用，結晶に対する異原子導入，マイクロプローブとしての利用）

・加速器からの放射線利用：核反応では，原子核が隣り合う核子(陽子と中性子)間に働く強い引力と陽子間のクーロン反発力で保たれていること，また化学反応と生物作用では，分子が電子軌道で保たれていることから話を始める。

３．第２回委員会開催記録

日時：2001 年 12 月 1 日(土)13:00－17:00
場所：升本ビル 2 階会議室
出席者：更田豊治郎，荒谷美智，峯岸安津子，大野新一，小高正敬，田中隆一，加藤和明，白形弘文，中村眞基，広井　禎（以上 10 人）

各委員からの話題提供（20 分程度の報告）に続いて 15 分程度の討論：

（１）更田委員長
話題提供メモとして，
・加速器と言うものが初等中等教育レベルでよく分かるような参考書作りを目指したい。その上で加速器がどのように利用されているかなどの解説も含める。
・加速器についての参考書を作るのであれば，いかに分かりやすい記述にするかが重要なポイント。また興味をもって読んでもらえるための工夫も大事。その上で，理解の進む人のために，それなりの手がかりとなるように，正確である程度詳しい知識も載せる。
・矢が弓で加速されるのは分かりやすいが，電子や陽子などの超微粒子をどうやって加速するのだろうか。最初の加速器の発端は何だったのだろうか。何のために加速器が必要なのだろうか。どの辺から語り始めるのがよいだろうか。
・取りつきやすさを損なうことがなければ，加速器の説明を進める前に，物質―分子―原子―原子核の話(寸法などを含め簡潔で分かりやすい話)をいれたい。

（２）白形委員
放射光の発生と利用のなかで載せるべき内容としては，
放射光とは，２．放射光利用研究の歴史，３．放射光の特徴と放射光発生施設の構成，４．放射光利用研究とその成果など　参考資料として SPring-8 のパンフレットの紹介

（３）田中委員
産業で役立つ加速器からの放射線―作成方針など―で原稿を提出。そのなかの項目：はじめに，放射線利用の大きな流れ，加速器放射線の利用原理，放射線利用にはどんな利点があるか？工業･農業分野における加速器放射線利用，放射線利用のための加速器とその利用技術の進歩，放射線利用の安全性，加速器放射線利用の将来(21 世紀の展望)

（4）大野委員

加速器がつくる放射線と題して，
原子や分子から荷電粒子をとり出す方法，荷電粒子を電場で加速する，高速荷電粒子が放射線と同じ性質をもつとき，加速器とは何か

（5）中村委員

高速重荷電粒子（イオン）と物質の相互作用と題して，
加速器で加速された高速イオン粒子が物質に打ち込まれたとき，その物質にさまざまな変化を引き起こすが，それは高速イオン粒子が物質を構成している原子にエネルギーを付与することから始まる。このエネルギーを付与するやり方は電気を持った微粒子同士の間で働くクーロン力を通してであり，その様子を具体的に詳しく考えていくことを提案

（6）荒谷委員

1)目的の教科書に是非掲載して欲しい事項として，加速といわゆる加速器の全体的一覧図，歴史的記述，または簡潔な年表

2)加速器利用による研究対象の変遷として，核レベルから小さい階層に向けて(核レベル核反応研究，核構造研究，素粒子レベル)，核レベルから大きい階層に向けて（原子レベル，分子レベル，生物レベル，ヒトレベル，地球レベル，宇宙レベル）

なお RI ビーム加速器は，核反応や核破砕を使って，任意の核種の集合状態から，例えば中性子過剰核種のみを弁別してビームとすれば，それは不安定核種ビームであり，不安定核種ビームの表現がより適切ではないか。

（7）加藤委員

資料提出 Development of Accelerators in Japan，by K. Katoh in A History of Accelerator Radiation Protection, H. Wade Patterson, R. H. Thomas, Ed.

（8）広井委員

参考資料として高校教科書物理 II(教研出版)　第 3 篇　原子 を提出，それにもとづいて高校における学習の範囲と記述に関するコメントを報告

4．第 3 回委員会開催記録

日時：2002 年 2 月 2 日(土)13:00－17:00
場所：升本ビル 2 階会議室
出席者：荒谷美智，峯岸安津子，大野新一，大橋國雄，小高正敬，田中隆一，加藤和明，白形弘文，中村眞基，広井　禎（以上 10 人）

各委員からの話題提供（20 分程度の報告）に続いて 15 分程度の討論：

（1）田中委員
産業で役立つ加速器からの放射線(StepII)　前回資料の修正版の説明

（2）大橋委員
I.　加速器の医療への利用照射利用として，（・がん治療への利用　・核種の製造に利用）II.　マルチとレーサー法への利用
が考えられること，そのうちから短寿命放射性核種の利用，とくにサイクロトロン製造短寿命放射性核種―核種の製造および放射性薬剤の合成を紹介，またマルチとレーサー法のうちからマルチトレーサー法の特徴を例示

（3）峯岸委員
医療用放射線の分類，がんと放射線治療について話題提供
まとめ方として基礎，医療現場における加速器利用，研究最前線における加速器などに分けて説明すること

（4）中村委員
前回の続き，高速荷電粒子と原子の相互作用，電子へのエネルギー付与の詳細説明，高速荷電粒子のエネルギー損失

（5）大野委員
高速の荷電粒子によって化学反応が起こる，物質の根源を探る研究と加速器の役割について

（6）白形委員
「コペンハーゲン」を観劇して，難解だと思い込まれている科学的な話題が一般人に受け容れられる条件

申し合わせ事項：
次年度も年 3 回の開催を予定する。第 1 もしくは第 3 土曜日を考える。目標は 100 ページ程度の高校生向けの加速器に関する副読本とする。あわせて教師用の参考資料編を準備する。来年度の早い時期に目次案，ページ数，書式を検討する。高校生と高校教師（たとえばカリキュラム委員会に出席されている 5 人の委員）に査読してもらう。「序文」は広井委員に原案を作成してもらう。

テキスト「序文」(案：広井委員作成)

・電子が発見されてなかったら，テレビもなくケータイもないだろう。
・X 線が発見されてなかったら，骨折や結核の治療は今のように効果をあげら

れないだろう。
・電子の発見も，X 線の発見も，いまから百年前のことに過ぎない。
・どんな方法で発見されたのだろう。
・電気を持った粒子を加速する実験がきっかけであった。
・この加速する装置，ここでは加速器と呼んでおこう。
・加速器の性能がよくなり，電子以外の素粒子も次々と発見され，究極の物質の解明が進んできた。
・その加速器はどんな原理で動くのだろう。
・加速器は，製品の検査や，病気の診断・治療に広く用いられるようになった。
・「加速器」をキイワードに，これまでの百年の科学と技術の進んできた道を辿ってみたい。
・この道の先端に皆さんがいる。そこから先には，はっきりした道はまだない。皆さんの歩いたところが踏み固められて，道になる。
・皆さんが道なきところを歩きだすときに，小さいけれど方位磁針になって欲しいと願い，私たちはこの本を書いた。
・皆さん，この「方位磁針」をもって歩きだしませんか。

[付録]　以下は，第 3 回委員会に提出された大野委員からの資料である。考え方があまりにも一方的で特殊であるとの理由から，委員会としての正式な資料には適さないとされたものであるが，委員会における検討の雰囲気を伝えるものとしてここに付録としてのせる。

物質の根源を探る研究と加速器の役割

「万物はどのようにつくられているか」，「この宇宙はどのようになっているか」などの問題は古くから人類の知的関心事でした。しかし単に知的関心事にとどまらず，人類がより豊かに生きることができるために必要なことでした。自然現象をよく理解して行動する，また自然に働きかけてそこから生きるのに役立つものをつくる。これをより良く生きるための「技術」と呼ぶことができますが，そのために物質の根源を知ることが必要です。またそのための手法として加速器が使われます。このことをもっと詳しく考えてみましょう。

なぜ物質の根源を知る必要があるのでしょうか―それはより良く生きるため

雷，地震，洪水，山火事に恐れおののくことの多かったわれわれの先祖も，いつしか例えば鉄鉱石の上での焚き火跡から流れ出た真っ赤に熔けた液体から鉄という有用な材料ができることを知ります。しかし鉄の道具もやがて錆びてぼろぼろになります。同じ金属でも黄金は錆びることがありません。また一見何もないような土に毎日水をかけているとやがて芽をだし大木が育ち実をつけます。それを動物が食べて活動源にします。植物も動物も最後は煙(空気)と土に帰しますが，そのとき火と熱を出します。人間は，より良く生きるために道具を使いますが，そのために自然界から採取してくるさまざまな物質を目的に

合わせて変化させます。人類の自然に対する知識と経験はいわゆる四大文明（エジプト，黄河，メソポタミア，インダス）の時代に飛躍的に増大しましたが，それを記憶して子孫や離れた遠くの人に伝えようとするとき，多種多様な物質変化の奥にひそむ原理・原則を理解するのが賢いというものでしょう。また複雑な自然現象を冷静に観察し，これを神や妖怪のせいにしないで科学の精神で見つめる人達があらわれました。それは「万物は水からできている」と考えたターレスであり，また複雑な目に見える物質変化が実は目には見えないが単純な原理に支配されていることに気づいたギリシャの原子論者たちです。すなわち「不変のもの」があって「不変のもの」の組み合わせが変わることで物質世界を理解しようとしたのです。この「不変のもの」は微細で堅くて永久に壊れることのないものでアトム(原子)と呼ばれました。時代は下って 18 世紀の産業革命を経験した人類はさらに自然に対する知識と経験を深めます。化学反応の前後では物質の様相は変わるが質量が変わらない，一定量の気体の体積は圧力や温度によって変わるが気体をつくる粒子(分子)の数は変わらない，2 種類の物質から化学反応によって第 3 の物質ができるときはいつでも反応に使われる 2 種類の物質の量の比率が同じである，などから原子論がふたたび脚光を浴びました。不変な原子を考えるとなぜ便利なのでしょうか。いまではおよそ百種類の原子が知られていますが，この百種類から 2 つなり４つなりをとりだして組み合せると分子ができるとしましょう。任意の種類と任意の個数をとってならべて物質ができるとするとたちまち何万でも何百万もの種類の分子ができることがわかります。あとはこの分子のつくり方，そして分子から別の分子への変化のし方と規則が分かれば物質世界のことが理解しやすくなります。「一を知れば十を知る」という諺どうり，物質変化の法則を知れば全部を覚えなくて済むし，変化を予想するのに有効であり，新しい技術を探すときにも便利です。しかし原子など目に見えないものを科学の基礎とすること自体に反対する人もいたのです。これがちょうど今から百年前の状況でした。

永久不変と考えられていた原子の中を放射線が走る

百年前には，電気や真空に関する技術をとりこんだ研究室からつぎつぎと放射線が発見されました。放射線は非常な高速で走る微細な粒子です。実はあとで分かったことですが，原子はどの原子も，小さな原子核のまわりが電子で取り巻かれていて，それが極めて安定であることから，永久に不変であると考えられました。ところが著しく高速の微細粒子（＝放射線）はこの原子の中を自由に通り抜けることができます。原子の大きさ 1Å（オングストローム）は 1 兆倍するとおよそ 100m の大きさです。すると原子核の大きさ数 fm(フェムトメートル)は数 mm です。いわば東京ドーム（原子）の真中に豆粒(原子核)がある状態です。中性子の集団が一定の方向に一定の速度で走っているビームのなかに原子があるときほとんどの中性子は素通りしますがごくまれなものだけが原子核(豆粒)の中に入って核反応を起こします。高速で走るα線などの荷電粒子が豆粒（原子核）に接近することがあると，原子核も電荷をもっているので，クーロン力によってα線は走る方向が曲げられます。これを散乱されるといいます。このとき原子核の電荷が＋1，＋2，＋3，＋4，・・，＋92 というような場合，これに応じて散乱されやすくなります。東京ドームの中心に豆粒があるとき，この豆粒との接近距離が 1m，2m，3m，4m，・・，92m のときに同じような散乱が起きるだろうということです。またα線の速度をどんどん大きくすると，原子

核の近くを通り抜ける時間が短く，クーロン力の作用する時間が短くなるので曲げられ方が少なくなります。

放射線によって原子の内部構造がわかる—ラザフォードのアルファ粒子散乱実験

1911 年，ラザフォードがこのような解析を行いました。ラジウムからでるエネルギー数 MeV のα線を同じ方向に走らせてビームとし，それを原子番号 Z の原子を含む試料にあて，ある特定の角度に散乱してくるα線の割合をしらべました。そして原子番号 Z の原子の原子核は Z 個の単位の正電荷をもつことを示したのです。それまで目に見えない小さな原子は，多数個あつめて全体としての質量とか全体としての圧力・エネルギーといった性質から原子の存在が推察されてきました。ここに至って，原子核と電子から構成されるという具体的な実体のあるものとして原子が認識されるようになりました。それは皮肉にも，分けることのできない不変のアトムが原子核と電子に分けられることが判ったときでした。では原子核の大きさはどのようにして知られるのでしょうか。その 1 つの方法は高速の中性子をぶつけたときの中性子散乱の割合からもとめられました。1 m^2 あたり断面積 s の原子核が N 個だけ存在するとき，高速中性子が散乱を受ける確率は s N/m^2 です。多数の中性子を使ってこの確率が求められるとsがわかり，すると原子核の半径 R は $s=\pi R^2$ から求められます。原子の質量数 A との関係は $A \propto (4/3)\pi R^3$ から求められます。原子核の半径 $R=1.1\times10^{-15}A^{1/3}$ m が知られています。

物質の根源を極めるにはさらに高エネルギーの粒子ビームが必要—加速器の役割

原子から原子核へ，そして原子核を構成する核子の構造へと研究が進みますが，ここで用いられる研究手段の原理はラザフォードがαビームを用いて原子構造を提案したのと同じものです。しかし天然のα線のエネルギーは数 MeV ですが，電荷の値が大きい重い原子核を調べようとしても原子核に接近することはできません。そのためにはもっと大きいエネルギーのα粒子が必要になります。それには荷電粒子にエネルギーをあたえて高速にするための加速器が使われます。原子核の中で陽子や中性子がどんな風に分布しているかなども，いろいろなエネルギーの加速粒子ビームが散乱される様子をしらべることから研究されます。また原子核をつくる陽子や中性子そのものがどんな構造をもつかも，例えば数 GeV のエネルギーをもつ電子ビームの散乱のされ方から研究されました(1950 代)。その結果，陽子や中性子はそれぞれ 3 個のクオークからできていることが分かりました。アップクオークの電荷は＋2/3，ダウンクオークの電荷は－1/3 です。陽子はアップクオーク 2 個とダウンクオーク 1 個からできており，また中性子はアップクオーク 1 個とダウンクオーク 2 個からできているというものです。こうした物質をつくる基本粒子の種類と性質，基本粒子どうしを結び付けている力とその性質などの研究が世界中で多くの加速器を使って続けられています。これらの研究は，「万物がどのようにつくられているか」，そしてその万物ができたときのこと，すなわち「宇宙はどのようにしてできたか」の問題につながるのです。

参考資料：ワインバーグ著，本間訳：「電子・原子・原子核の発見」日経新聞(1990)

以上

第３章　　勉強会での講演の要約

第３章　勉強会での講演の要約

１．　エネルギー・環境問題を国際的な視野で考える
―日本人は「油断」してはいけない!―

東海大学教授　金子熊夫

はじめに

２１世紀における人類の最重要課題の一つは、人口増加、ライフスタイルの多様化、産業活動の高度化等に伴ない、一方で確実に増大するエネルギー需要、その反面で一層深刻化する地球環境問題にいかに有効に対処するかである。エネルギー問題と環境問題は本質的に表裏一体の関係にあり、一方を解決するために他方を犠牲にするのではなく、常に両者間に適正なバランスを保ちつつ対処することが何よりも肝要である。また、その際、単に国内レベルだけでなく、国際的なレベルで、すなわち日本がこの地球上でどのような客観的状況に置かれているかという視点に立って考えることが特に重要である。

危険な石油の中東依存度：“第３次石油危機”は来るか?

日本のエネルギー問題の現状を概観すると、１９７０年代に２度の石油危機に見舞われながら、国民の懸命な省エネルギー努力と原子力、天然ガス等の代替エネルギー推進政策で危機を乗り切り、爾来状況は概ね安定的に推移してきた。その結果、わが国の１次エネルギーにおける石油のシェアは現在５０％台にまで低下した（ただし、実際の消費量は過去３０年でほぼ倍増している)。

現在は、７０年代の石油危機の教訓を生かして、石油の国家・民間備蓄制度(現在は合計で約１６０日分)が出来上がっており、国際エネルギー機関（ＩＥＡ）を通ずる国際緊急融通制度も整備されているから、石油供給が一時的に途絶しても直ちに困ることはないが、もし中東紛争が長期化するような事態となれば安心はできない。さらに、中東以外で　も、例えばインド・パキスタン紛争を抱えるインド洋、海賊襲撃が頻発するマラッカ海峡、６ヶ国もの間の領有権問題が絡む南シナ海など、中東と日本を結ぶタンカールート(シーレイン)には不安定要素が多数存在していることを忘れるべきではない。インドネシア、マレーシアや中東地域から主に輸入される天然ガスについても、状況は大差はない。

また近年、石油・天然ガス市場は一時的な混乱はあっても総じて比較的安定化しており、金だけ出せばいくらでも購入できる状況が続いているので、石油や天然ガスを普通の市場商品と同一視する傾向がみられるが、これらのエネルギー資源が基本的に「戦略商品」であることは否定できない。将来の国際政治・経済情勢の変化によって、容易に戦略商品化する危険性を看過すべきではない。

逆風の中の原子力：原子力をどう位置付けるか？

石油・天然ガス・石炭等の化石燃料と並ぶ主要エネルギーである原子力について概観してみよう。

１９７０年代の２度の石油ショックを契機に、日本は「脱石油」を合言葉に、石油代替エネルギー源の切り札として、原子力発電を強力に進めてきた。その結果、現在国内では５１基の原子炉が稼動しており、そこから生ずる電力は総発電量の３５%に達している。絶対量では米国、フランスについで世界第３位の原子力大国である。

しかし、近年では、高速増殖炉「もんじゅ」事故(1995 年)や東海村ＪＣＯ臨界事故(1999 年)など度重なる事故のせいで、原子力は一般的に危険だ、不安だという気持ちが国内に広がっており、国民の原子力に対する信頼感が失われつつある。元来、日本には広島、長崎の原爆の記憶があり、核＝原子力＝悪・危険という思い込み(アレルギー症)がつよいのはやむをえない。原子力発電に携わる人々には、このことを片時も忘れず、事故の教訓を生かして、一層安全な原子力発電のために今後さらに努力してもらわねばならない。

最近電力市場の自由化により、原子力の経済性が厳しく問われるようになっているが、この点についても、ただ安価かどうかでエネルギー・電力政策を判断するのは早計で、危険なことだと思う。電力は社会の最も基幹的な産業であり、公共性が高いものであるから、長期にわたる安定性という要素が何よりも重視されるべきであって、原子力の持つ安定性という長所は過小評価さ

れるべきではない。

要するに、こうした原子力発電の持ついろいろな長所と短所を冷静かつ理性的に比較考量し、長期的な観点から判断することが重要である。そのためには、私達は日頃からエネルギーや電力問題について、基礎的なことを含めてしっかり学習しておかなければならない。この観点で、とくに次代の日本を担う青少年に対する適切かつ十分なエネルギー教育が急務であることを強調しておきたい。

地球温暖化問題と原子力の役割

地球環境問題、とくに地球温暖化問題については、日本においても１９９７年１２月の京都会議（ＣＯＰ３）を契機に一般市民の関心が高まってきており、各方面で真剣な取り組みがみられる。

ただ、国際的なレベルでみた場合、地球温暖化問題で非常に難しい問題点の一つは、先進国と開発途上国の関係である。いくら日本や欧米の先進国が一生懸命にCO_2削減の努力をしても、巨大な人口を抱える開発途上国(例えば、人口１３億の中国、9 億のインドなど)も協力しなければ十分な効果が挙がらないわけで、すべての国が温暖化防止に協力するようにしていくことが重要である。ただ、歴史的に見て、先進工業国の側に一層大きな責任があることは明らかなので、１９９７年の京都会議(ＣＯＰ３)では、まず先進国に対して一定レベル（日本６％、米国７％、ＥＵ諸国８％。いずれも１９９０年比)のCO_2削減義務を負わせる国際文書(京都議定書)が採択されたのである。

ところが、世界最大のCO_2排出国である米国では、開発途上国に削減義務を負わせていない京都議定書は無意味であるという意見が強く、ついにブッシュ大統領は昨年春(２００１年３月)、同議定書からの離脱を正式に発表した。米国の産業を犠牲にするようなCO_2の削減はできないという理由である。

京都議定書に関してもう一つの重要な問題点は、温暖化問題と原子力発電の関係である。ボン会議(ＣＯＰ６)では、かねてより「緑の党」の発言力がつよく脱原発政策を決定しているドイツその他の EU 諸国が終始議論を強力にリードしたため、同議定書に定める「クリーン開発メカニズム」(ＣＤＭ)と「共同実施」(Ｊ Ｉ)から原子力を外す方針が合意された。日本の政府代表も抵抗したが、森林吸収（シンク）の面で大幅な譲歩を得た代償として、この合意に賛成を余儀なくされた。

しかし、一部のＥＵ諸国(ドイツ、スウェーデン、ベルギー等)を別として、日本やフランス、カナダ、さらに最近は米国も、温暖化対策の一環として、原子力発電重視政策をとっている。CO_2を排出しない原子力発電が温暖化防止に役立つのは明白であるから、できるだけ多くの国が原子力発電を行なうことは、その意味で望ましいことと言える。今後京都議定書の発効後も、こうした原子力の果たすべき役割については正当な配慮がなされるべきであろう。

そこで、先ず、経済的にも余裕があり、科学技術水準の高い国が原子力をできるだけ推進すべきだろう。もちろん、技術先進国は、原子力だけでなく、太陽光、風力などの自然エネルギーの開発利用にも大いに力を傾けるべきである。そうすることによって、世界の石油その他の化石燃料への需要を少しでも減らすことができれば、その分だけ貧しい国々が石油などを安定した価格で購入しつづけることを可能にするだろう。これも日本等の先進国が果たすべき重要な国際的責務であると思う。

逆に、もし先進国がこのような義務を果たさず、自ら化石燃料を大量に使いつづければ、地球温暖化を防止し得ないのみならず、石油などの価格の高騰を招き、その結果世界的な資源争奪競争、ひいては世界紛争を招来する危険すらある。

アジアのエネルギー安全保障との関係

さて、将来の世界のエネルギー・環境問題を考えるとき、アジアが極めて重要な要因となることは衆目の一致するところである。中国とインドを頭に巨大な人口を抱えるアジアは、今後世界で最も経済活動が活発化する地域であり、同時に、最も多くのエネルギーを必要とする地域でも

ある。

エネルギー資源を巡る紛争の火種はアジア各地に横たわっている。こうした状況を避けるためにも、また、地球環境保護のためにも、アジア各国は、石油、石炭などの化石燃料への依存度をなるべく減らすように努力すべきであり、日本などの先進国はその分野でもできる限りの協力を行なうべきである。すでにＡＰＥＣ等の枠組みの中で、太陽光、風力、バイオマスなどの自然エネルギー開発のための国際協力が日本主導で始まっているが、このような動きは一層加速される必要がある。

他方、石油代替エネルギー開発のもう一つの選択肢として、アジア諸国の間でも原子力発電への関心が高まっている。安全性や放射性廃棄物処分問題などで世界的に行き詰まり傾向にある原子力が、アジアで増加傾向にあるのは注目すべき現象ではある。

もちろん、科学技術水準が比較的低いアジアの開発途上国において、いま直ぐ原子力発電所を建設するようなことは不適当であり、当面は他の無難なエネルギー（とくに自然エネルギー）の開発利用を奨励すべきである。しかし、かつて４０年前にわが国がそうしたように、まず時間をかけて徐々に人材養成をし、必要なインフラを十分整備した上で原子力発電を導入したいと真面目に考えている国々については，日本も原子力先進国として、できるだけの技術協力をするという姿勢で臨むべきであろう。

なお、原子力発電はアジアにおけるエネルギー安全保障だけでなく、地球環境保護の点からも重視される。中国、インド、インドネシアのような人口大国が・原子力発電を行なわ
い、それだけ石油、天然ガスの消費量を減らせば、世界のエネルギー需給バランスを緩和なするだけでなく、地球環境、とりわけ地球温暖化や酸性雨の防止にも役に立つ。その意味で、前述のように、温暖化防止のための議定書において、開発途上国にかかわりのある「クリーン開発メカニズム」（ＣＤＭ）の対象から原子力を除外することに決まったのは、問題ありとしなければならない。

日本人はどう対処すべきか？

このように見てくると、日本人は、エネルギー問題について、ただ自分達の身の回りの都合だけを考えて「好きだ、嫌いだ」、「必要だ、不必要だ」と言うのではなく、世界中の国の人々の必要や幸せをもよく考えて、今後のエネルギー政策のあり方に関し正しい選択をすべきだろう。とくに原子力については、日本国内でいろいろ厄介な問題があるため、不安感や不信感が市民の間に広まってきており、若者たちの中にも「原子力離れ」が顕著になってきているようだが、果たして国内の状況だけで、すべてを判断してよいものだろうか。いたずらに感情的な拒否反応を示すのではなく、技術的な改良、改善により原子力の潜在的能力を最大限活用する道を探るのが、真に成熟した国民の取るべき態度ではないだろうか。

いずれにしても、電力の６５％ほどは、原子力以外のエネルギーでカバーしなければならないが、温暖化対策上化石燃料の使用をこれ以上増やせず、水力発電もあまり伸びないとすれば、当然、太陽光、風力、バイオマス等の新エネルギーや水素エネルギー（燃料電池）などに期待する以外になく、日本は今後そうした新エネルギーの研究開発に最大限の努力を続けなければならない。それにはまだまだ莫大な時間と金がかかり、近い将来にはあまり多くを期待できないが、いずれ２１世紀の後半には新エネルギーが主役になる時代が来るかもしれない。そして、それまでの繋ぎとして原子力が、かなりの長期間（おそらく最低でもあと７０～１００年間）にわたって、大きな役割を果たし続けなければならないだろう。それは個人的な好き嫌いを超越した、客観的な事実であって、何人も否定できないはずである。

私たち日本人は、このことを冷静に理解し、「痛み」を皆で分かち合って、国の長期的なエネルギー安全保障を確固たるものにする努力を続けていかねばならない。そうすることによって初めて、日本は、２１世紀において、自らの繁栄を確保するとともに、自らに課せられた国際的責任をよりよく果たすことができるであろう。

第３章　２．

原子力選択の条件を探る

日本原子力研究所　　傍島　眞

１．国民の意識調査における傾向

大多教の国民は消極的だが原子力を容認している。しかし、国民の原子力への不安感は最近は過半数に増大し、原子力は現状維持か廃止がよいとの意見が暫増している。有識者、中でも社会科学者は、住民が施設への負担感、大事故への不安感をもっているとしている。

２．原子力批判を招いた原因

この原因は、**技術面**では、潜在的にはチェルノブイリ事故や核への恐怖・不安、直接的には動燃やＪＣＯ等の事故と不祥事、それに繰り返される事故が示す規制の盲点と体系への不信がある。いっぽう**施策面**では、原子力政策の成立経緯の不透明さ、安全問題の疑問への不十分な対応、政策決定過程への技術者偏重（社会学者・心理学者の不参加）、エネルギー教育の不在、広報活動が行き渡っていないこと、立地振興策や地域コミュニケーションなどの不十分さがある。

３．反原発団体の主張

彼等はどのような主張をしているかというと、「核燃料輸送は秘密主義で危険である」、「データ改ざんは常に行われてきた」、「プルトニウムは核兵器と密接に関連している」、「プルトニウムは管理社会をもたらす」、「安全審査は不適正である」、「発電所労働者に白血病で死ぬ人がいる」、「原子力立地に核のゴミがたまる」、「発電所は有り余っている」、「省エネと太陽エネルギーなどでまかなえるので原子力は不要ではないか」、などである。*これに対して、原子力推進者は彼等に納得の行く説明をしていない。*

４．立地住民の意見

立地地域の住民の立場からの批判的意見としては、「原子力以外にもエネルギー源はある」、「原子力施設の安全性に不安がある」、「地域への交付金でできたのは箱もの（体育館など）ばかりで産業や町の振興につながっていない」、「防災無線などが充実してない」、「エネルギーなどの教育が行われてない」、「地域の問題だから住民投票で決めるべきだ」、「発電地域への消費地域の理解がほしい」、などがある。

しかし同時に、一方の住民に、「国に協力する必要がある、したい」、「安全性への不安は全く感じたことはない」、「財政的に大いに潤っている」、「お蔭で交通などが便利になった」、などの肯定的意見もある。

５．立地の住民投票の特徴と問題点

これらの住民の考え方の立場は、近年の原子力施設に対する住民投票の特徴と問題点に密接に関係する。すなわち、**特徴**は住民投票は住民の意思が直接的・即決的に反映され、また住民投票はリスクと利益の説明の機会になりうる、などの一方で、**問題点**として、合

意点を探る努力の機会を失う、複雑困難な問題に無理解のままの判断になりがち、利害をめぐる仲違いなどのしこりの固定化になりやすい、代表民主主義の否定になりかねない、国策としての意義より地元利害が優先される、などである。とくに、*代表民主主義の否定になりかねないことは、国の制度の根幹に及ぶことでもある。*

6．二酸化炭素排出削減と原子力の是非

ここで発電のもう１つのオプションである火力発電との関連を考察する。近年問題とされている二酸化炭素排出については、つぎのような**特徴**がある。すなわち、

— 排出割合の 1/3 を占めるのが発電などのエネルギー転換過程であり、

— 排出量、排出削減コスト（t－CO_2当り）で原子力は最少、風力・太陽光はその１～２ケタ大、希薄でコスト高であること、

— 産出エネルギー/設備投入エネルギーでは原子力が最大である、などがあげられる。

これらの原子力発電の効果に対して、**懐疑的主張**として、

— 火力発電の半分を原発で置き換えても温暖化防止効果は小さい、

— 原発を増やしてもバックアップ火力が必要で減らせない、

— 原発の熱効率の悪さが廃熱による環境破壊になる、などが存在する。

これらの意見の相違の基には、経済成長を持続させるか、バックエンド（核燃料サイクル）などを認めるか、新エネルギーを見込むか、海外の原子力情勢をどう見るかなどがある。要するに、何に重点を置くかで議論は分かれ、原子力の是非は多数の賛同の方向により左右されることになるであろう。（付表１）

7．原子力に対する信用の崩壊とその原因

原子力に対する信用の崩壊の原因として、動燃、ＪＣＯ等一連の事故・不祥事はそのきっかけである。そこには、不信を招くデータ隠し、改ざん、再発防止の不機能、原子力技術者全体への不信がある。また、原子力政策の不透明さが露呈したことが根本にある。すなわち、政策決定経緯と公開に対する疑問、事故調査の非客観性、行政の無謬への疑問、安全行政の不徹底への疑問、などである。

これらのことから原子力全体への批判と不信が高まり、仮構築状態にあった信用体系が崩れ、今後の政策への信認が得られていないことが諸施策の行詰まりの根源である。

8．信用の特性

ここで信用というものについて考える。信用とは、人の心理に形成される個別の意識であって、対象の行動に依存する。信用は失うに容易で築くに難い。喪失行為は強く意識され、その反面、増加行為は一回では弱く、積重ねが必要である。信用の意識差がある場合、リスクの管理をめぐる意見の食い違いの要因となる。すなわち、人々の間に説明への信憑性と解釈に幅が生じる。問題を長く発生させずに、信用が無意識下に置かれた状態が「安心」となる。そうなった対象には異議を唱えて監視していく必要性を感じなくなり、社会的に信認される。　　（例；都会の動物園の猛獣、医療Ｘ線、都市ガスライン、新幹線）

9．原子力への信用構築を促進する方策

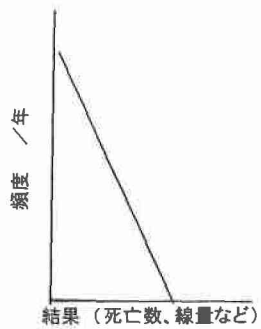
以下に述べる４項目の実践による信用構築が原子力受容の大前提になる。
（１）不祥事の清算　＜事故原因と不適切対応の原因究明と再発防止措置の積極広報＞
（２）地道な安全操業の積み重ね　＜すべての原子力施設での実績とトラブル時の即時公表＞（態勢整備、訓練の実施）
（３）情報請求への即応　＜自発的公開と更なる請求への備え＞（発する側に選択権なし）
（４）積極的回復策　＜行政は政策審議に国民意見の反映を明確化し、学会等は政策への見解の明示及び地域教育研修の率先＞

１０．コミュニケーションのあり方

（１）情報伝達と情報公開については
　— 必要・不要情報の判断を受け手に委ねる原則
　— 公開法に制限される情報以外はすべて公開
　— インターネットなどによる積極公開とＱ＆Ａの整備
（２）原子力教育と体験学習の推進については
　— 放射線(能)に対する過剰恐怖を除去する
　— 技術的安全の実績に基づく社会的(心理的)安心
　— エネルギーの必要性に対する理解を広める
（３）リスクと利益の還択については
　— あらゆる技術受容に付随するリスクと利益の観念の理解
　— リスクの選択肢を提示し選択を求める
　— 利害を調整する仕組み及び意思決定方式の合意と実行
（４）共生感の創出については
　— 住民の意思による振興策の実施
　— 地元雇用、地元調達
　— 発電施設と共に暮らすことの日常化
　— 発電所従業員の地域貢献、行事参加
　— 農漁業への温水利用などの普及

１１．リスクについて

●リスク=頻度×結果　　Ｒ＝Ｐ×Ｃ



●一般人の意識にあるリスク感　　Ｒｐ＝Ｐ×Ｃ×Ｆ　（Ｃ，ｋ，ｄ　・・）
すなわち、　・恐ろしい結果を招く度合い：Ｃ，

・技術や施設の安全に関する情報の理解度：ｋ、
・実施者と情報の信用の度合い：ｄ

その他、不可避性、次世代影響、不確実さなどを含む心理因子Ｆでリスク感は増幅され、個人ごとに決まる。

また、リスクは技術進歩により、リスク感は情勢により変動する。そして技術リスクの説明のみでは一般人に通用しない、ということは留意すべきことである。

さらに、リスク選択には自発性の大小がある。

・自発性大の例　―スポーツ、遊園地の乗り物、株投資、喫煙
・自発性中の例　―通勤電車、医者の薬、車運転
・自発性小の例　―近所の工場、経済不況、天災

受容する場合は利益との比較、回避はコストとの比較(ただし費用対効果比では非理論的)

●一般人のリスク受容性

$$A = Bp - Rp / V$$

ここにＢｐ：利益感(社会的、個人的)
Ｖ：リスク選択の自発性

すなわち、単なる利益とリスクの比較でなく、自らの願いに合う利益感Ｂｐが、自らの選択で低減するリスク感Ｒｐ／Ｖを上回る個人には受容可能となる。

必要なことは、利益は十分に伝達し、願いに合うような形で提供する。またリスクの選択に関与してもらう(納得による自発的選択)ことが望ましい。

１２．原子力リスクの自発的選択に必要なこと

（１）体系立った情報発信をする、すなわち
a)あり得るリスクの提示をする
b)原子力恐怖心の解消を計る、例えば放射線利用の実例を示し、低線量被曝影響の解明により、実際の危険度を周知させる、
c)エネルギー安定供給の重要性への理解を求める、例えばエネルギー不足が経済減退につながること、そして化石燃料依存がオイル危機や地球温暖化をもたらすことを知らせる、

（２）技術者の信用の回復を図る、すなわち
―過去の事故の客観的処置をする、
―規制・防災の適正な整備・運用を計る、
―事業者の法的モラル確立をする。

（３）ベネフィットの実感を持たせる、すなわち
―安全で安価な電気供給をする、
―住民の願いに叶う地域振興策を行う、

などである。

１３．原子力の社会的受容に向けて

以上は国民に対するものであるが、一方技術研究者は何をなすべきかというと、

・原子力の受容阻害要因の分析と回復策
・公衆の意識の科学的調査による把握

・機械と人間心理の偏向接点の規制法規体系への取り込み
・技術リスクの正確な評価と提示
・情報公開における理解される技術広報の方式
・学会等による教育活動の方法論と実行
・技術政策立案と意思決定方式の開発と実践
・社会とのコミュニケーションの研究
などの種々の努力が必要である。

以上

（付表１）

2005年西欧諸国における石炭火力と原子力のベースロード発電のコスト比較

①内部コストの比較　　（ＵＳ$／ｋｗｈ）

	石炭火力発電		原子力発電	
割引率５％	最大	最小	最大	最小
投資	1.3	1.0	2.2	1.8
運転費	1.0	0,7	0.8	0.7
燃料費	2.3	1.5	1.1	0.7
合計	4.6	3.2	4.1	3.2
割引率10％	最大	最小	最大	最小
投資	2.6	1.7	4.5	3.5
運転費	1.0	0,7	0.8	0.7
燃料費	2.4	1.5	1.1	0.7
合計	6.0	3.9	6.4	4.9

②外部コストと合計コストの比較

石炭火力発電			原子力発電		
	最大	最小		最大	最小
外部コスト			外部コスト		
温暖化	2.2	1.2	事故	0.012	0.00024
その他	1.9	0.7	その他	0.012	0.00600
小計	4.1	1.9	小計	0.024	0.00624
内部コスト			内部コスト		
（割引率　10％）	6.0	3.9	（割引率　10％）	6.40	4.90
合計	10.1	5.8	合計	6.42	4.91

石炭と原子力では発電の直接コスト（内部コスト）に大きな差はなく、先行投資に払う利率が高ければ、原子力が多少不利である。しかし環境への損害コスト（外部コスト）を加えれば、石炭は圧倒的に高コストである。

第３章　３．

リスクとの付き合い方

――リスク・パーセプションとコミュニケーションの三つの主要課題についての政策のあり方を中心に――

学習院大学法学部教授　　田中靖政

1.「リスク・パーセプション」と「リスク・コミュニケーシヨン」

原子力リスクを中心に、国民などのリスク・パーセプション(リスク知覚)および国民へのリスク・コミュニケーションについて論じ、リスクとの付き合い方について考察した。

まずリスク評価で用いられる確率論的リスク評価と、国民のリスク・パーセプションは等しくないことを述べる。

確率論的リスク評価ではＷＡＳＨ－1400によると、３×１０$^{-9}$　のリスクの原子炉について、リスク・パーセプションでは表１に示すようにリスク評価とは大きく異なる。

表１　原子力に対する知覚された安全とこわさ　　科学技術庁世論調査(1990)

≪知覚された安全≫		
非常に《安全》	1.4%	41.2%
まあ《安全》	39.8%	
あまり《安全〉でない	43.3%	53.3%
全く《安全》でない	10.0%	
≪知覚されたこわさ≫		
非常に《こわい》	66.9%	97.7%
やや《こわい》	18.9%	
何となく《こわい》	11.9%	
《こわくない》	2.1%	2.1%

国民は知覚されたリスク・ベネフィットにより判断する。また国民と専門家の間にはパーセプション・ギャップが存在する。従ってリスクはそれを科学的に明らかにするリスク・コミュニケーションなどにより公開され、透明性を計り、その後に国民にリスクを受け入れてもらうべきものである。

2.「リスク」と「ベネフィット」の政策決定過程の課題

表２に示すように日本のエネルギーの輸入依存度が極めて高い現状でのエネルギーセキュリティーの視点での原子力発電（ハードエネルギー）は、優先度の高い国家目標として評価されるべきであり、一方風力などのソフトエネルギーとの両立についても、ジャーナリズムを含めた国民的議論が必要である。

表２　主要国の一次エネルギー構成と輸入依存度(%)

	石油	石炭	天然ガス	原子力	水力	輸入依存度
アメリカ	４０	２５	２４	7	9	２２
イギリス	３５	１８	３５	１１	0	－１８
ドイツ	４１	２５	２１	１２	1	６０
フランス	３８	6	１４	４０	2	４８
日本	５１	１８	１３	１７	2	７９

出典：Energy Balance of OECD Countries , 1997-98

表３ 東海村で起きた「臨界事故」前後の日本の世論
（朝日新聞社調査 1999 年 10 月 8～9 日）

問　日本の原子力発電は、今後、どうしたらよいと思いますか。		
増やすべきだ 現状程度にとどめる	8% 50%	計 58%
減らす方がよい やめるべきだ	24% 13%	計 37%
その他・答えない	5%	
問　それでは、今回の事故の前は、どのように考えていましたか。		
増やすべきだ 現状程度にとどめる	10% 50%	計 60%
減らす方がよい やめるべきだ	20% 11%	計 31%
その他・答えない	9%	

また表３からわかるように、世論は東海村ＪＣＯ事故前後でほとんど変わらず、原子力事故に対する国民のこわさと同時に、しかし原子力発電の必要性は支持されている。

従って原子力の研究開発ならびに利用に関する長期計画には、政策決定者による国民に対する十分なアカウンタビリティー（説明責任）と、情報公開を前提としたインフォームド・コンセント（Informed Consent）を拠り所とする必要がある。

３．社会事象としての「原子力リスク」の課題

ここでＪＣＯ事故の教訓による措置ならびに米国のＦＥＭＡ(Federal Emergency Management Agency 連邦緊急事態管理庁)を中心とする危機管理モデルより学ぶべきことについて述べる。

国を中心とする措置は表４に示すようであり、法改正等の措置では平常時と緊急時で異なった措置をとることとし、また緊急時のアクションプログラムも設定した。

表４　ＪＣＯ事故に伴う措置

①法改正等
□原子力安全委員会『原子力施設等の防災対策について』(2000 年 5 月一部改正) □『原子力災害特別措置法』(1999 年 12 月 17 日改正) □『自衛隊法』(改正「原子力災害派遣」追加) □原子力安全委員会『緊急被ばく医療のあり方について』(2001 年 3 月)
②緊急時のアクション・プログラム
□危機管理のための「Ｃ３Ｉ」(Command, Control, Communication and Information) ――指揮・統制・コミュニケーション・情報)システムの設置。これと関連して、国、県、市町村、事業者、関連研究施設等とのコミュニケーション・リンクの設定。

緊急事態の国の対応の例としてよく引用される米国政府の常設機関であるＦＥＭＡは、首都ワシントンに本部、主要１０都市に支部を置き、常勤職員 2，700 名、予備員 5，000 名以上、年間予算８．５億ドル（1，100 億円　3 月 15 日現在のレート）である。ＦＥＭＡは大統領の「災害宣言」により緊急事態に対応し、大統領の委任により緊急事態の発生に対応して、関連省庁等（運輸省、国防省、農務省、厚生省、エネルギー省、環境保護省、財務省、国務省、商務省、連邦コミュニケーション委員会、原子力規制委員会、米国赤十字など）の機能を調整する役割を担う。

原子力リスクについての日本の対応措置、ならびにＦＥＭＡの組織、緊急事態対応機能な

どにより、検討を要する政策課題としては、以下に示す３項目が挙げられるであろうか。

①「国、地方自治体、ならびに産業の統合的危機管理体制の強化により、国民の安全が十分に守られなければならない。」（ＦＥＭＡ/組織）

②「国民は日頃から事前に各種リスクについて十分に知らされ、対処の方法を教えられていなければならない。」（ＦＥＭＡ/緊急対応準備）

③「国、地方自治体、事業者等は、社会的弱者（病人・老人・子供など）に対し日頃からリスクに備え、制度的措置を用意する必要がある。子供が災害に対応できるためには親への助言が必要となる。」（ＦＥＭＡ/一般市民への緊急対応準備支援）こと。

第４章　　セミナーでのテキスト・配付資料から

第４章　セミナーでのテキスト・配付資料から

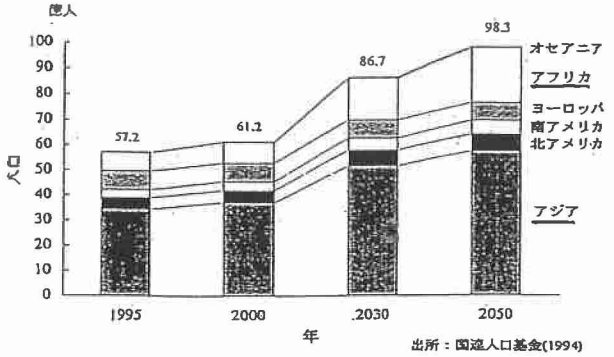
１．エネルギー・環境問題

有馬朗人

１．はじめに――人口増とそれに伴う深刻な問題

みなさまと一緒に「一体エネルギーをどうしたらよいか」を考えたい。結論は「省エネルギーをするよりしかたがない」、「自家用自動車はやめよう」という提案をいたします。それにいたるまでの考えをいくつか申し上げます。

まず最初に人口問題を考えてみます。いろいろな予測があります。第１図は 1994 年の予測です。予測どおり 2000 年の現在 60 億に達したわけです。これから 30 年ぐらい先には 86 億、そして今世紀の半ばには 100 億になるだろうといっています。私はその通りになるだろうか？、と思います。なぜかというと人口増の前に、もっと悲惨なことが起こるでしょう。まず第 1 に食料不足がおこります。もうすでにアフリカあたりでは食料不足が起きています。第２に水不足の問題があります。中国の黄河の地域などは深刻です。食料不足のため今でもアフリカあたりは一生懸命緑地化をしています。中国も黄河の水や揚子江の水を使って緑地化をして、いろんな穀物が取れるようになりました。ところが、砂漠の水をくみ上げるので水中の塩分やヒ素が表面に残って、表面が塩害やヒ素害を起こしています。だから水があればいいというわけではありません。こういうような点で、農学の研究などがますます必要になるわけですが、それにしてもこの水不足を一体どうするか、そして第３に、今日主にお話いたしますエネルギー資源不足を一体どう考えるか、さらにまた人口がふえれば自然破壊が進むし、地球温暖化の大問題が起こります。これについてみなさまと一緒に考えたいと思います。



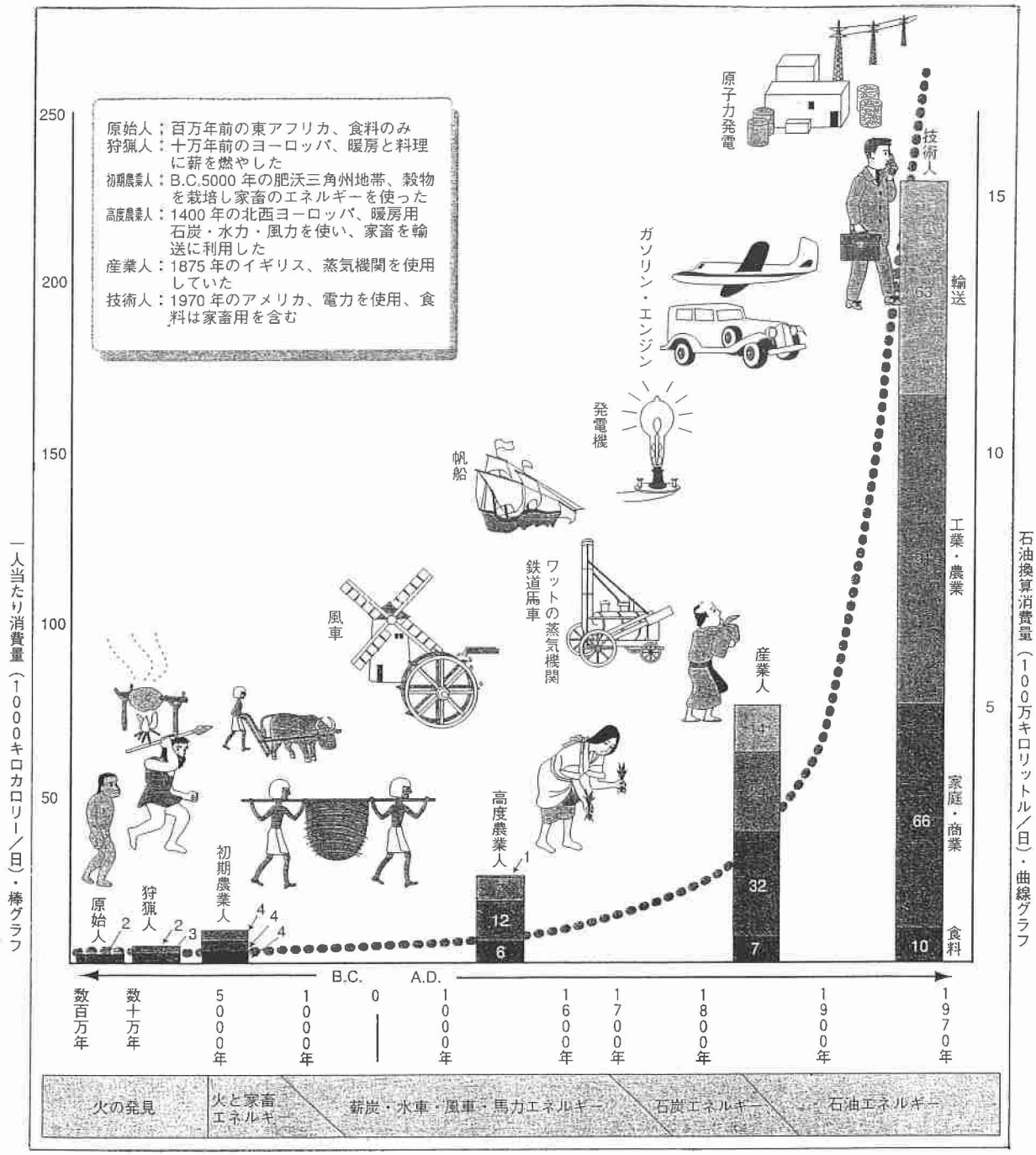
第１図　世界の人口の推移

２．世界のエネルギー

それでは一体世界のエネルギーはどういった状況であるか，復習をしてみます。（第２図）現在の人類はエネルギーの使いすぎです。いったい１人の人間は最低限どのくらいエネルギーが必要かといいますと一日 2000 キロカロリーとればよい。1000 キロカロリーを１単位として、原始時代の人類は２単位食べていれば十分でありました。狩猟人になるとエネルギーがいるので３単位になった。農業をはじめるころになってさらにエネルギーがいるようになって 12 単位ぐらいまで使うようになった。ここで動物を使ったりするので随分消費エネルギーがふえた。ある意味では農業ほど自然破壊したものはありません。ただ農業というのは緑を大切にするから、戻す力があります。高度農業人になりますと非常に多くの単位のエネルギーを使うようになります。

問題は 19 世紀に入って第１次産業革命あたりからで、ご存知のように大量にエネルギーを使うようになりました。現在は最低限必要な量の 100 倍を使っています。そこで数値的にどんなところに問題があるかをみましょう。まず最初に世界のエネルギーの需要と供給の問題、資源の問題を考えてみます。第 3 図に示すように現在の使い方で、現在知られている採掘可能なエネルギー資源の量を割りますと、石油は 40 年、石炭は 227 年、天然ガスは 61 年です。原子力も 64 年しますとウラン 235 はなくなりますから、ほっておいても原子力をやめることになるだろうという説があります。30 年ぐらい前から、エネルギーの問題が話題になりました。その時も 30 年か 40 年たったらエネルギーなくなるぞといわれました。しかし、たとえばイギリスの北方油田はもうすぐなくなるといわれていましたが、今だにどんどんでてくる。ないと思っていたところからまた出てくるということでまだまだ残っているでしょう。ですから私はこれを二倍に勘定します。今は１バレル 10 ドルぐらいで石油を掘っていますが、20 ドルまでだせばさらに増える。技術もすすむ。天然ガスなど見つかってないものがある。あるいは海底にメタンハイドレードというメタンの溶液化したものが残っています。

こういうことを考えますと、私は化石燃料は後 100 年はもつと思います。ですから 40 年ぐらいしかもたないということをあまり信じすぎる必要はないけれども、ただ有限であることは事実です。いったいどんなふうに世界のエネルギーが使われているかということを見てみましょう。第４図をご覧いただきますと、現在は一番エネルギーを使っている国は、日本も含め OECD の諸国です。半分以上を使っています。それに対して、

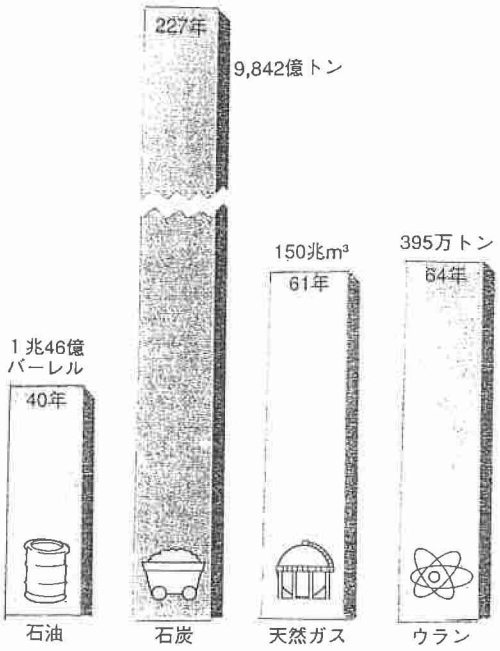


第２図　人類とエネルギー消費の歴史

出典：総合研究開発機構「エネルギーを考える」

アフリカとか、中国をふくむアジア諸国、これに日本は入っていませんが、まだ 20％の使用量です。当然どういうことが考えられるかというと、アフリカとか、中国、インドなどの開発途上の国々がもっとエネルギーを使うようになるでしょう。そして 2020 年の頃には先進諸国が44％ぐらい、そして中国、インドなどが30％、アフリカが 15％というふうに、半分以上をそういう国々が使うでしょう。開発途上国が先進諸国と同じところにいこうと思えば当然こういうことになります。ですからまずいえることは、先進諸国がエネルギーを使わない努力をしなければなりませんが、アメリカがエネルギーをふんだんに使っていることが問題です。

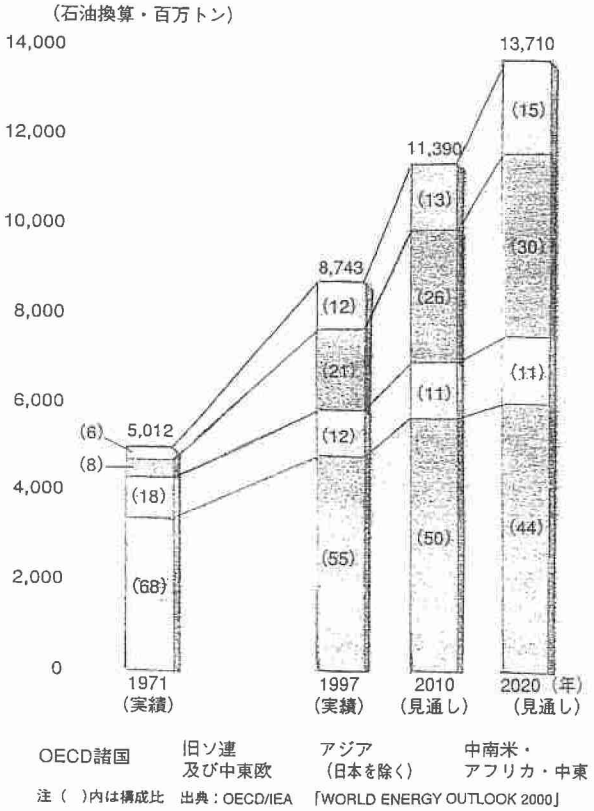
次にエネルギーの消費の移りかわりの見通しです。第５図が現在の状況ですが、石炭・石油・ガス、そしてここに原子力がある、そしてその上に水力があり、そして地熱、太陽熱、太陽電池などがあります。世界的な予測をしますと、2020 年に、地熱とか太陽熱、太陽エネルギーとか風力、いくら増やしても、この予測では 3％の上昇でしかありません。そこで、我々は石炭・石油、そして原子力をやめられるかを考えます。本当にこれを風力だとか太陽電池で替えられるかというと、私は替えられないと思います。しかしながら替えざるをえない面がある。現在どんな国が、どのくらい使っているか申しましたが、もう少し丁寧に主要国の一次



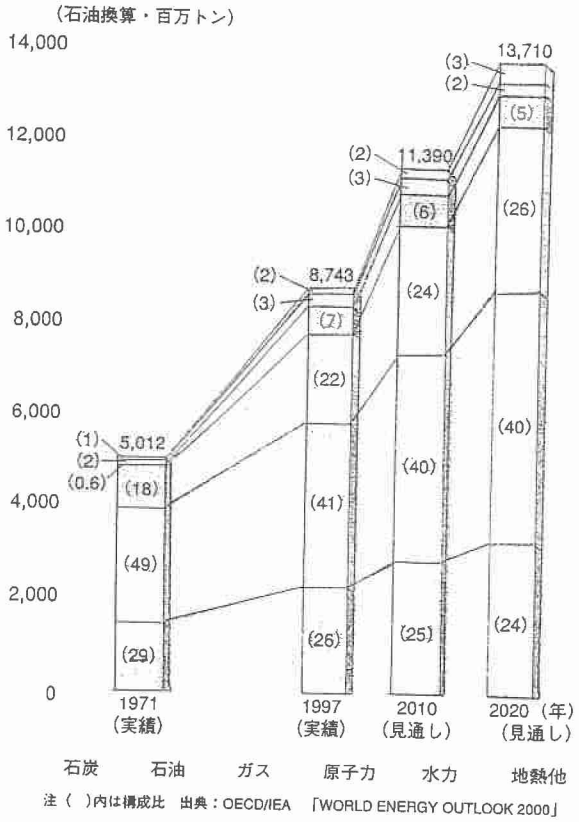
出典：石油、石炭、天然ガス：BP統計2001、ウラン：OECD/NEA、IAEA URANIUM 1999

第３図　世界のエネルギー資源確認可採埋蔵量

エネルギーの構成を見てみますと、第６図に示すようにアメリカは石炭・石油が沢山あり、それと天然ガスでほとんどまかなえるのです。だからオイルショックの時、アメリカは自分のところの石炭・石油をもっと

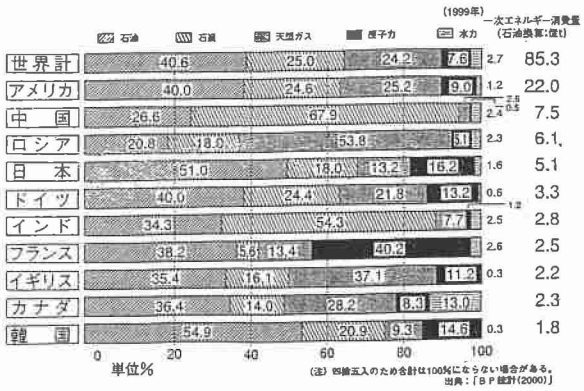


第４図世界のエネルギー消費の推移と見通し－地域別



第５図世界のエネルギー消費の推移と見通し－資源別

供給すればオイルショックにならなかった筈です。あの時アメリカが騒いだ理由は、アラビアなどから石油をもっと輸入したかったからです。アメリカにはまだいっぱい資源があり、また農業生産が世界一です。石油も多く、石炭もあり、ウランまであります。それにしても、9％は原子力です。 ところが日本は残念ながらそういう資源が全くないので全部輸入になります。原子力のウランも輸入しなければならない。日本は原子力をかなり重要視しています。その割合は電力でみると 32～33％ですが、1 次エネルギーということでは15～16％です。フランスも資源がない国で、一次エネ



第６図　主要国の一次エネルギー構成

ルギーでみますと 40.2％を原子力に頼っています。しかしこんなに原子力で発電している中には、イタリーなどに輸出してその電力の一部をまかなっています。自分の国だけならば、フランスはそれほど電力を生産しなくてよいはずです。日本のエネルギーを少し詳しく見てみましょう。日本では一次エネルギーは現在石油を一番多く使っています。そしてその次に石炭、それから天然ガスがあります。そして原子力は１６％程度、電力でみると３６％です。これを少しでも増やすかどうかが今大きな議論になっているところです。そして再生可能なエネルギーは 5％ぐらいであるといわれています。そしてスウェーデンは再生可能なエネルギーが非常に多いとして模範のように思われていますが、その最大なものは水力です。日本では、地熱も考えていかなければいけませんが水力が約４％，それに対して新エネルギーの寄与がやっと１％です。これが現状です。これを努力してなんとか 3 倍にしようよといって今、国が大変努力しています。私はこれを 5 倍、できれば 10 倍にしようと言っています。仮に 10 倍にできたところで 10%。これが現実です。今より 10 倍も新エネルギーを使うようにすれば世界中万歳とお思いの方が多いと思いますが、これはユートピアです。このことをよくご承知いただきたい。

それでは石油や石炭をどんどん燃やせばいいか、第 1 の問題は、化石燃料は有限です。それでも石油は埋蔵量を少し大きく見つもって 100 年ぐらいはもつでしょう。また石炭はあと 300 年残るでしょう。化石燃料を使ってしまうことは、我々の子孫に対して、負の遺産となります。地球が 50 億年かけてためてきた資源を使いきることは私は反対です。この資源で合成繊維が作れたり、さまざまな材料が作れる、その資源を全部使ってしまうことは負の遺産です。

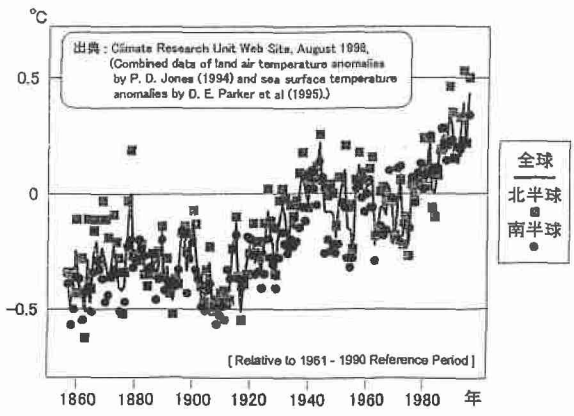
さらに大きな問題は化石燃料を燃やしますと何が起こるかというと、ご存知のように工場や自動車から排気ガスがでます、そうするとイオウ酸化物とか、窒素酸化物、二酸化炭素が空気中にどんどん排出されます。このイオウ酸化物や窒素酸化物は空気の中の水と化合して、硫酸や硝酸になる。それが酸性雨となって地上に注いでくる。中国では非常に大きな問題です。日本でも日本海側の林などは、今のまま中国が大量に石炭を燃やせば、そのうち木が枯れてくることになるかもしれません。もうすでにそういう兆候があります。そしてまた東京でいうと環七公害、環七喘息といって、我々が喘息になる。それは窒素化合物の影響です。日本の電力会社と産業界は大変努力して、石油や石炭を燃やす前にイオウ化合物を取り除くようになりました。脱硫装置、脱硫技術は、日本が一番進んでいます。鉱山にいって硫黄を掘ってくる必要はなく，石油などから取り除いた硫黄で十分であるくらいです。

3．地球温暖化――温室効果

その次にあらたに登場してきた大問題は、二酸化炭素による温暖化です。温暖化によって地球がさまざまな問題を起こしています。それでは原子力を使えばいいかというと、私は技術的には軽水炉は安全だと思います。多少のトラブルはいろんな分野でおこっていることです。問題は、最終的な放射性廃棄物を処分する場所がないことです。世界では、フィンランドが初めて、政府と地域住民が一緒になって最終処理場を決定しました。しかし一般には使用済み核燃料をどこに保管するか、廃棄物をどこに処分するかということが大問題です。これがこれから原子力に関して考えていかなければならないことです。

二酸化炭素がなぜ困るのかというと、これは地球温暖化があるからです。昼間太陽から降ってくる光には紫外線とか青い光とか黄色い光とか、熱線もありますけれども、いろんな成分を持った光がくる。温室のガラスとかビニールを、波長の短い紫外線とか青い光は通り抜ける。するとそのエネルギーはみんな全部地上に吸われて、いったんは全部地上を暖めることに使われる。夜になると地上からそのエネルギーが熱線や赤外線として放出される。もしガラスやビニールでおおわれていると、熱線や赤外線は通りぬけられずにかなりの割合で押し返されてしまう。二酸化炭素は、ガラスやビニールの働きをします。こういうことで、二酸化炭素が増えていくと、二酸化炭素のところで赤外線が反射して戻ってくる割合が増えていきます。すなわち一度暖まった地球が夜、宇宙へ赤外線を放出して冷えようとする時に冷えられないわけです。これが温暖化の原理です。

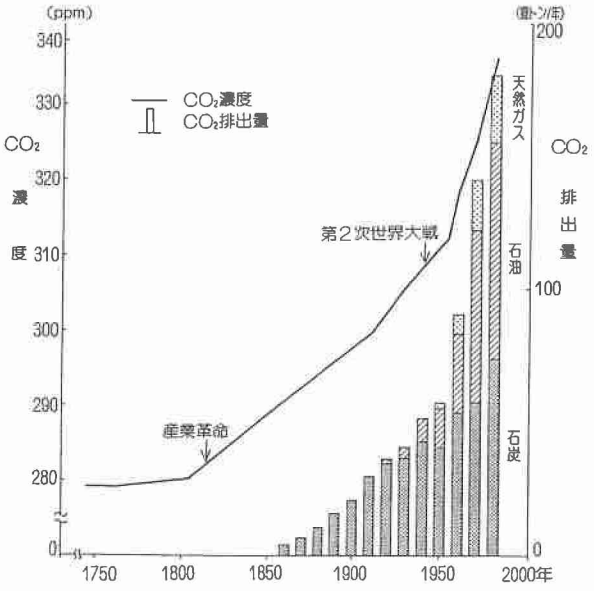
地球上で本当に温暖化が起こっているのだろうか、というのはだれでも気になります。温暖化のデータを第７図に示します。これはハワイのマウナケアとか、南半球、北半球のさまざまな場所で測っているデータ



第７図　全球平均地上気温の変化（1856～1997）

を並べたものです。温度を測るということを人間が知ったのは、19 世紀も半ば以後です。そういうことでよくわかっているデータというのはせいぜい 100 年以前からでありますが、この 100 年の間に明らかに北半球でも南半球でも 1 度近く気温が上がりました。これが大問題なのです。この図に示したように、この 100 年間の平均値を 0 にした時に、1860 年とか 1880 年はマイナス 0.5 度であったのが、今はプラス 0.5 度になっています。

それでは二酸化炭素は本当にどんなふうに増えているだろうかといいますと、いろいろな要因で 1900 年頃からずっと大気中の二酸化炭素が増え続けています。過去の大気中の二酸化炭素濃度は南極の氷に解けている空気を分析することにより、100 年や 200 年、500 年ぐらい前まで簡単にさかのぼれます。これから産業

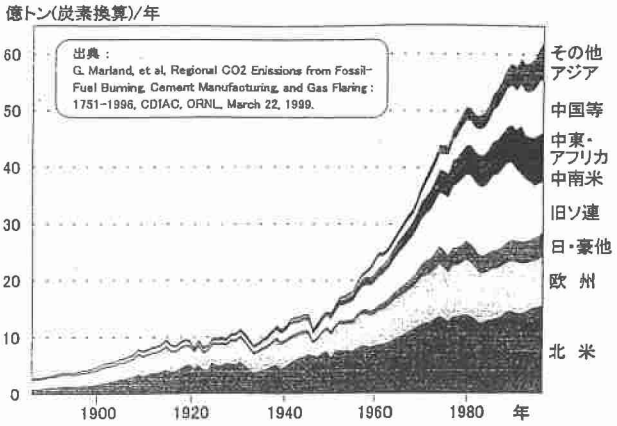


出所：「Nature」「環境白書」「気象庁資料」

第 8 図 化石燃料からのＣＯ2 排出量と大気中のＣＯ2 濃度の変化

革命以降の空気中の二酸化炭素の量は第 8 図のようにずっと増えていることがわかります。

そしてその中で、なんといっても北米と欧州、日本、旧ソビエト、これらの国が圧倒的に空気中に二酸化炭素を増やしている元凶です。特にアメリカからの量は多いです（第 9 図）。次にどの燃料から二酸化炭素をだすかというと、いちばん出しやすいものは、石炭の火力です。それから石油、次に天然ガスもかなり二酸化炭素をだします。では二酸化炭素発生が少ないものは何か、水力・原子力・地熱・太陽です。水力でも二酸化炭素をださないわけではないのです（第 10 図）。要するにこれは水力発電の装置を作るために材料の製造をしたり人間がいろいろ働いたりする、そういうこと

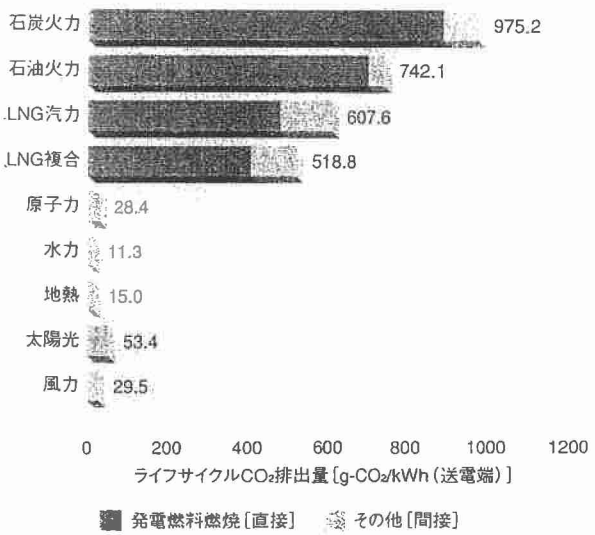


第 9 図 世界の地域別ＣＯ2 の排出量の推移（1884～1996）

で、直接水力発電から二酸化炭素でてくるわけではないけれども、発電装置を建設するために、二次的に二酸化炭素がでてくる。でも石炭や石油に比べたらゼロに近いといっていいくらい、原子力・水力・地熱･太陽光・風力等も二酸化炭素発生は少ないです。

4．新エネルギー・再生可能エネルギーの開発戦略

私もなんとかして新エネルギーを開発しようではないかと主張しています。ここで新エネルギーと再生可能なエネルギーを本当は分けて考えたほうがいいのです。どうしてかというと再生可能なエネルギーの中には水力が入っているから、なんとなく再生可能なエネルギーの量は多くみえる。今ある水力、特にスウェー



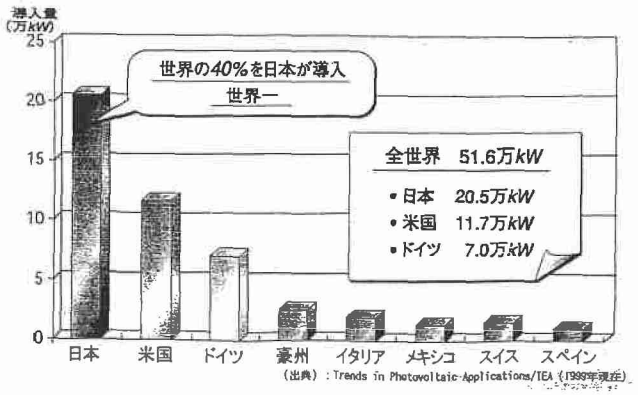
(注) 原料の採掘から建設・輸送・精製・運用（実際の発電）・保守などのために消費されるすべてのエネルギーを対象としてCO₂排出量を算定。
(例) 石炭 [採掘] [選炭] → [輸送] → [発電] → [灰捨]
原子力はガス拡散、ワンススルーを前提として算定（遠心分離、サイクルの場合は9.3g-CO₂/kWh）

第 10 図 各種電源のライフサイクルＣＯ2 排出量（メタンを含む）

デンなどは相当の水力発電をしています。ですから再生可能なエネルギーでみますとスウェーデンは優等生です。日本も結構再生可能なエネルギーはもっています。ですが新エネルギーという部分でいうと、新エネルギー法で決まっているのは太陽光発電・風力発電・太陽熱利用です。太陽光の発電になりますと、設備がまだ結構高い。100 万円をこえます。けれども太陽熱のほうは 20 万、30 万でできます（出力１キロワット当り）ので、熱利用は同様に積極的にしましょう。温度差エネルギーというのは、これは海などで、深いところのと表面のところの水の温度の違いを利用して発電しようというものです。

廃棄物を燃やして発電する、廃棄物を利用して熱を利用する、廃棄物を使って、たとえばごみを処理して炭を作り、その炭を燃料とする。また電気自動車は好ましい方式です。自動車の燃料に水素ガスを使うとかメタノールを使うなども進めるべきです。メタノールは燃やせば二酸化炭素がでますが、大ざっぱに言えばメタノールを作るのはすぐれてバイオ的なメカニズムで、もともと空気中にあった二酸化炭素を吸って液化してメタノールを作るわけです。メタノールを燃やすと二酸化炭素がでますけれども、プラス・マイナス・ゼロです。10 の二酸化炭素を吸って 10 のメタノールを作り、そのメタノールを燃やして 10 の二酸化炭素を空気中に戻すわけですから、二酸化炭素が増えない。そういう点でメタノールは非常に良いので、メタノール自動車、特に燃料電池などをこれから開発していくことにになっています。

みなさんは日本は新エネルギーを少しも使わない、およそ努力が足りないとお思いの方が多いと思います。事実はどうでしょうか。イエス・アンド・ノーです。まず最初にソーラーエネルギー、太陽電池の部分をみますと、ちょっと古いデーターですがほとんど変わりません（第 11 図）。日本が一番で、アメリカより多い。ドイツは日本の半分以下です。イタリア・スイスは非常に少ない。日本が努力していないといわれるのは風



第 11 図 太陽光発電導入量の国際比

力です。ドイツは大変努力していると、よくお聞きになるでしょう。ただこの数字は、発電能力はここまでいくけれども、風が吹かなかったらゼロになる。太陽エネルギー利用でも、空がくもっていれば、エネルギーはゼロであるということを考えますと、これは最大これだけの電力を瞬間的にだせるという、瞬間風速のようなもので、実際はこんなにありません。電力でいいますと、せいぜい１２％です。これを設備利用率といいます。風力でも２５％です。それにしても第 12 図に示すように、我々はもっと風力を活用すべきです。これがよく、日本は新エネルギーの開発に不熱心だといわれている理由です。しかし太陽電池のほうは，産業界や電力会社が半分支持するとか、経済産業省も、一

	設備容量(万kW)	
	太陽光発電 (98 年度末)	風力発電 (98 年度末)
日本	１３．３.	３．２
アメリカ	１０．０.	２０５．５
ドイツ	５．４.	２５７．９
イタリア	１．８.	１５．５
スイス	１．２.	―――
オランダ	０．６.	４２．５
英国	０．１.	４７．４
中国	―――	２９．４
世界合計	３９．２	９８４．１

第 12 図 新エネルギーの設備容量

般の家庭あるいは会社等の太陽電池の装置にはお金をだしてくれます。特に公共のものにたいしては 100％近く経済産業省が金を出してくれると思います。

日本はなぜ風力だめかというと、第一に風の強いところが少ないということです。さらに風力に逆風が吹いてきました。どうしてかというと日本で風力の使えるところは大体国立公園などで、したがって国立公園の環境を破壊することになる。一番大きな問題はオオタカだとかいろんな鳥を巻きこんでしまうので、風車の外側に大きな網を張って鳥が入りこまないようにするなどの工夫をしなければいけない。最近の調査では日本でも結構風道があるようですが，自然環境と風力がどう共生していくか、これが問題です。太陽の方はそういう問題がないので是非進めていきたいのですが、かなり高価になります。それから１０年ないし 20 年使用したあとの廃棄処分は決してやさしくありません。

さて、こういう再生可能なエネルギーは、世界的で

（再生可能エネルギー：太陽、風力、廃棄物、水力　地熱等）

	1996年	2010年	
日　本	4．7%	7．5%	水力の割合 大
米　国	5．3%	5．0%	
カナダ	16．7%	18．1%	
E　U（注）	4．8%	5．1%	
イギリス	0．7%	0．7%	
フランス	6．5%	3．9%	
ドイツ	1．7%	2．1%	
イタリア	4．6%	5．2%	
デンマーク	7．0%	15．8%	
スウェーデン	23．4%	26．5%	水力の割合 大
オーストリア	19．1%	25．6%	

第 13 図 総発電量に占める再生可能エネルギーの割合

どういうふうに伸びていくと考えられるか、というのが第 13 図であります。すこし古いのですが、1996 年には日本は約５％が再生可能なエネルギーです。再生可能なエネルギーには太陽、風力、廃棄物、地熱等のほかに、水力が含まれる。そこでスウェーデンをご覧下さい。スウェーデンはすでに再生可能なエネルギーは 23％も使っている。これは大部分が水力です。スウェーデンの北の方には非常に大きなダムがある。そこの水を使っています。こういうわけで、本当の意味での新エネルギーの寄与は非常に小さい。なんとかそれを増やしていかなければならないけれども、容易ではない。2010 年には日本は 7.5％をこういう再生可能なエネルギーにしようとしていますけれども、現在との差の 3％の解消が、2010 年になった時の日本の新エネルギーの目標値です。

5．新エネルギー・再生可能エネルギーの利用上の問題点

どんなものが新エネルギーであるかということを、もう一度みてみることにいたします。新エネルギーは太陽光、太陽熱、風力、廃棄物、温度差エネルギー、そしてバイオマス、こういうもので発電をします。これらが現在のところはまだ非常に少ないのですが、もっと積極的にのばしていかなければならないので、2010 年の目標係数というものを決めます（第 14 図）。そうしますと太陽光発電については現在の発電量を 1 とすると、23 倍になります。風力も現在の 38 倍までもっていこう。廃棄物発電を 5 倍、バイオマス発電を 6 倍にもっていこう。これだけやれば電力はもう困るくらいできるだろうと思う人もおられるかもしれませんが、それはユートピアです。それ以外に熱として使う、温水を太陽でわかそうというもので、これを 4 倍。それから氷などをなんとか科学技術を進めて使おうとしてこれを 14 倍にするとか、いろいろ考えます。しかし量的に多い「黒液・廃材」の利用は 1．1 倍しか伸びませんので、発電・熱利用を含めてこの新エネルギーによるその目標は約 3 倍になります。これはしかし、総エネルギーの中の 3％にすぎない。現在は 1.2％です。ですからこれだけ努力をしてもせいぜい今の 3 倍しかいかないという現実を我々は厳しく見ていかねばならない。

新エネルギーは今申しましたようになかなか思うように伸びていかない。それは当然でありまして、太陽の光は非常にさんさんと地球上に注いでいるけれども、地球上でも人間の住むようなところに 1 ㎡あたりくる太陽のエネルギーはごくごくわずかなのです。さっき申しましたように、現在新エネルギーを全部集め 1.2％しかありません。それの約 3 倍は水力からでてきています。したがいまして、水力とか地熱までいれますと、現在の再生可能なエネルギーとして日本が発電し、あるいはエネルギーを使っているのは全体の 5％程度です。この中でもうすでに使っている水力を除きますと、せいぜい１％です。

なんとかして新エネルギーの量を約 3 倍にふやしていこうとした時に、水力等々もともと再生可能なエネルギーとして使っていたものを足しても、7％程度にしかなりません。世界的にはどうでしょうか。第 15 図は水力も含めた再生可能なエネルギーの導入計画とその見通しですが、前述のように、現在日本では水力を入れて 5％レベルであるものを７％までのばそうとしています。アメリカは７％で変わりません。アメリカはあまり新エネルギーに熱心ではありません。EU が 5.3％を 2 倍にしましょう。EU はドイツやスウェーデンがあんなに熱心にやっているけれども、それほどではありません。なぜそんなに伸びが悪いかというと一番の理由はまだ高価格だからです。ですからここに技術革新が必要です。しかし、太陽発電は技術が進んで随分安くなりました。それでも現在普通の電力にくらべて 3 倍くらい高い。風力は安くなりましたがまだ 1.4 倍から 2 倍程度です。もし燃料電池がもっと大量に成功すれば、普通の電力の値段になります。再生可能エネルギーの価格が高い問題を解決するにはどうしたらよいかというと、みんながもっと使うことです。同じく電力なのだけれど、そのもとになる新エネルギーをもっと使うべきです。

学校の屋根は全部太陽電池で覆えと私は言っています。公共事業の対象として学校は一番いいのです。夜

	１９９９年度実績		２０１０年度見通し/目標				2010/1999
			現行対策維持ケース		目標ケース		
	原油換算（万kl）	設備容量（万kW）	原油換算（万kl）	設備容量（万kW）	原油換算（万kl）	設備容量（万kW）	
（発電分野）							
太陽光発電	5.3	20.9	62	254	118	482	約23倍
風力発電	3.5	8.3	32	78	134	300	約38倍
廃棄物発電	115	90	208	175	552	417	約 5倍
バイオマス発電	5.4	8.0	13	16	34	33	約 6倍
（熱利用分野）							
太陽熱利用	98	—	72	—	439	—	約 4倍
未利用エネルギー（雪氷冷熱を含む）	4.1	—	9.3	—	58	—	約14倍
廃棄物熱利用	4.4	—	4.4	—	14		約 3倍
バイオマス熱利用	—	—	—	—	67	—	—
黒液・廃材等（※1）	457	—	479	—	494	—	約1.1倍
新エネルギー供給計（一次ｴﾈﾙｷﾞｰ総供給/構成比）	693（1.2%）	—	878（1.4%）	—	1,910（3％程度）	—	約 3倍
一次エネルギー総供給	約5.9億kl		約6.2億kl		約6.0億kl程度		

（※1）バイオマスの一つとして整理されるものであり、発電として利用される分を一部含む。

第１４図 供給サイドの新エネルギーの実績と目標

は電力がいりません。だから今度エコスクールというのを作って、そこは全部太陽電池とか風力でやるようにしたはずです。でも値段が高い。他よりも１から２億円余計にいる。太陽発電にどんな問題があるかということを見てみましょう。もし房総半島を全部太陽電池で覆ったとして、日本の電力のどのくらいを太陽でまかなえるかというと、十分の一です。ですから関東平野を全部覆って初めて日本の電力を太陽でまかなえることになります。太陽は残念ながらそれくらい電力が薄いのです。だからサハラ砂漠とかゴビ砂漠を太陽電池で覆ってしまえばいいではないかと私はよく言います。

この方法の問題点は何でしょうか。発電したけれどもどうやって日本に持ってくるか、三峡ダムの問題は水力発電がせっかくできてもそれを北京にもっていけないことです。高圧電線をはらなければならないので、それでは大変効率が悪い。それで電線を超伝導にしようという考えもあります。そこへいくと天然ガスだとパイプラインを引けばよい。だから科学技術を進めて、ゴビ砂漠なり宇宙で発電したものを蓄えて運ぶために、私は水素を固体の形にしてもってくればよいだろうと言っています。今は大量に電力を無駄に作っています。お盆のころになるとピークの電力はすさまじく、どの発電所もそのピークにあわせて発電しています。水力発電などは需要に応じて簡単に止めることができますが、原子力発電は起動･停止を少なくするのが経済的なので、走らせたら発電したままなのです。電気を蓄電池みたいなものでためればいいのですが、蓄電池の能率が悪い。発電した電力をためておく方法を確立するということが非常に重要です。

再生可能なエネルギーをともかく最大限利用してい

［参考：　再生可能エネルギーの導入実績・見通し/目標の占める割合］

	一次エネルギー総供給に占める再生可能エネルギーの割合	
	1998年度実績	2010年度見通し/目標
日　本	4．9%(※1)	7%程度
米　国	7．0%	6．9%
Ｅ　Ｕ	5．3%	11．6%

（※1）１９９９年度実績値。

（備考）２０１０年度見通し/目標については、米国の数値はエネルギー省統計局による見通し的な試算値である一方、ＥＵの数値は欧州委員会で策定した政治的目標的な値であり、位置付けが異なることに留意が必要。

第 15 図 再生可能エネルギーの導入実績･見通し

かねばならない、しかしそれでは足りないということを認識せねばなりません。いかにも足りるようなユートピアを描くことは大変な罪なことです。足りない現実をどうするか。そのためには新エネルギー発電装置の需要を促進していく、そのためには我々自身が寄与しなくてはいけない。新エネルギー派の人は「国がもっと金をだせ」と言います。しかし我々が高い値段で電力を買うくらいの覚悟をしなくてはいけません。それがこの頃の「グリーン料金」です。関西電力は 100 円です。東京電力も 500 円。この位の寄与をしなくてはいけません。

それからＲＰＳという手段があるのですが（第１６図）、それは国が、各電力会社・小売業社に対して「3%は必ず新エネを使いなさい」という要求をする。そして新エネルギーで発電しているところにはご褒美としてクレジット（グリーン証書）を発行する。このグリーン証書をだすと、そのグリーン証書で取引できる。仮に 100 万ｋＷをユーザーに売る、そういう電力小売業者があったとすると、少なくともその中の３万ｋＷは新エネルギーでやらなければいけないことになあります。一つの可能性は、新エネルギーか再生可能なエネルギーを使って発電する会社から 3%（３万ｋＷ）にするまで買ってきて供給する（残りの９７万ｋＷは通常電力会社から買う）のが一つですが、２万ｋＷしか買えなかった時は１万ｋＷ足りないので通常エネルギー会社から買うと同時に、、足りなかった １万ｋＷは再生可能エネルギー会社が持っているグリーン証書を買う。そしてそのお金が再生可能エネルギー会社に渡ることによって再生可能なエネルギーを使う発電の会社が助かる。これをＲＰＳといっていて、まだ現実の格好にはなっていないのですが、将来日本でもそういうことが行われる可能性がでてきました。今それを法律にしようという議論が行われています。

さきほどフランスは原子力でたくさん発電しているという話をしました。各国の原子力発電の割合を第１７図に示します。フランスは 75%です。理想的だとみなさんお思いのスウェーデンでも 1999 年に 46.８%を原子力に頼っています。日本はどのくらいかというと 36%、ドイツが 31%。そのドイツは最近原子力をやめるとかやめないとかいっていますし、風力をたくさんやっているような理想国家のように思われていますが現実はどうでしょうか。フランスは圧倒的に原子力で発電します。その原子力で発電したものをイタリアやドイツは買う（第１８図）。イタリアは「うちは原子力使っていません。原子力反対」といいますが自国で発電しないだけです。

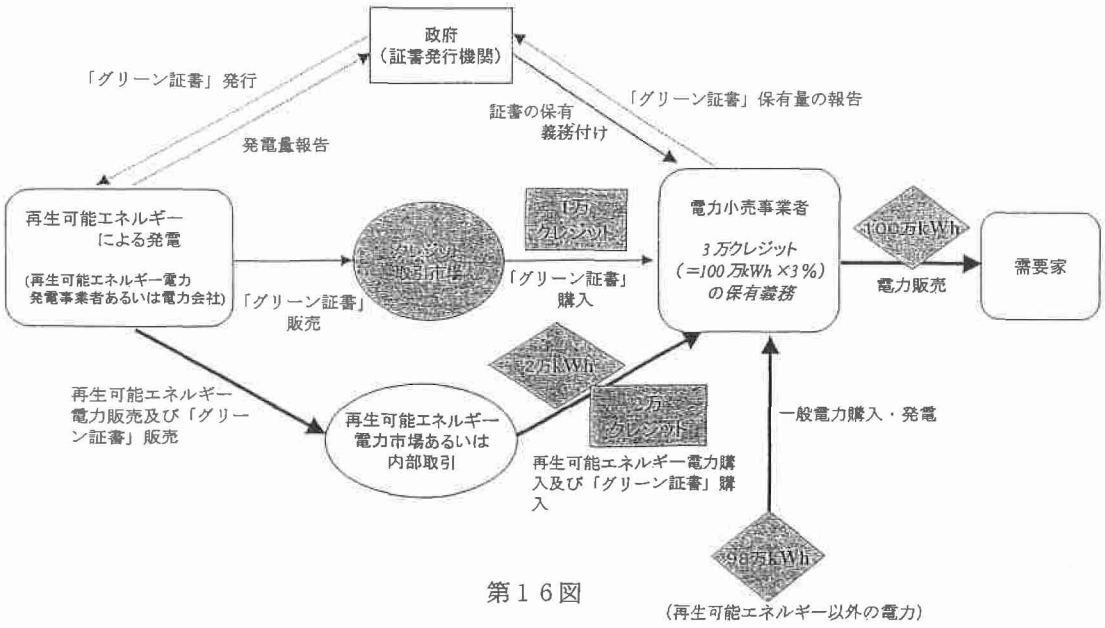
例題を申しましょう。日本で原子力やめるとしてみましょう。3 割の電力をなんとか、どこかから供給してもらわなければなりません。隣の韓国なり中国は原子力でわっと発電する。それを買ってくる。そのことによってみなさんは自分の国は原子力やらないから万歳とお思いですか。欺瞞だとわたしは思います。自分の国ではやらないというのには理由がある。同じ理由を韓国に対しても中国に対してもいわなくてはならない。

<新エネルギー部会（平成１３年４月２５日）配布資料の抜粋>

クオータ制＋グリーン証書ケース（米国テキサス州、イギリス、イタリアで検討中）（例）

（年間販売電力量100万kWhの電力小売事業者に対し、再生可能エネルギー3%相当の証書（3万クレジット）の保有義務が課せられた場合）

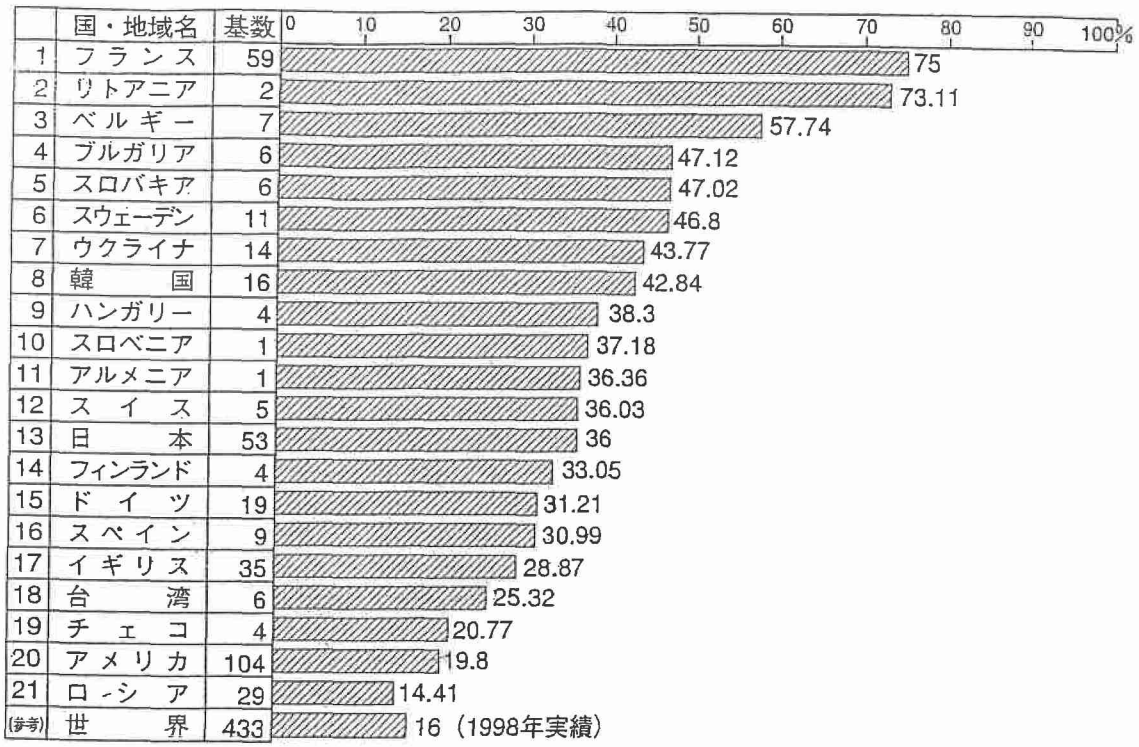
本事例：2万クレジット分は2万kWhの再生可能エネルギー電力と併せて購入することで調達し、1万クレジットは証書市場で証書のみを調達する場合。



第１６図

各国の総発電電力量に占める原子力発電の割合

（1999年実績）

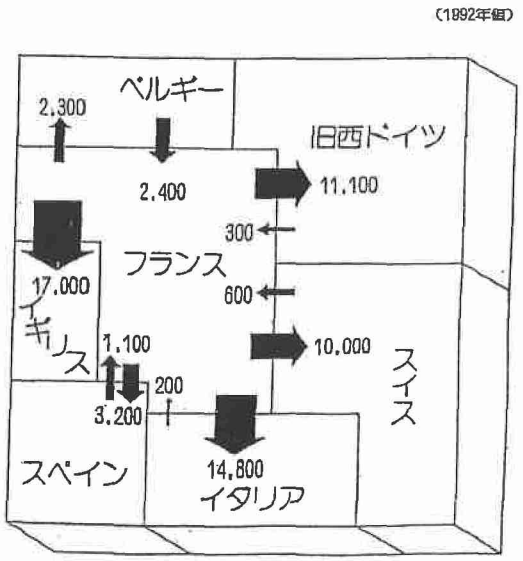


	国・地域名	基数	
1	フランス	59	75
2	リトアニア	2	73.11
3	ベルギー	7	57.74
4	ブルガリア	6	47.12
5	スロバキア	6	47.02
6	スウェーデン	11	46.8
7	ウクライナ	14	43.77
8	韓国	16	42.84
9	ハンガリー	4	38.3
10	スロベニア	1	37.18
11	アルメニア	1	36.36
12	スイス	5	36.03
13	日本	53	36
14	フィンランド	4	33.05
15	ドイツ	19	31.21
16	スペイン	9	30.99
17	イギリス	35	28.87
18	台湾	6	25.32
19	チェコ	4	20.77
20	アメリカ	104	19.8
21	ロシア	29	14.41
(参考)	世界	433	16（1998年実績）

出典：IAEA「プレスリリース2000/3/6」他

第１７図

もしやめるなら、すべての国は平等に原子力やめるべきだと思います。だからフランスだけにまかさずに、



第 18 図 フランスを中心とした電力の輸出入

イギリスも、スイスも、ドイツも、イタリアも、電力をフランスから買わない覚悟をしなければ欺瞞であると私は思います。こういう現実を忘れてはいけません。

今たまたま原子力のことについて申し上げましたけれども、将来のことをもう少し見通しますと、私はやはり基礎研究・研究開発をどんどん進めていく、特に燃料電池などを進めていく。そして燃料電池とかバイオマスとか風力とか、そういう分散型といわれる小さな発電所をあちらこちらに作ることが大切だと思います。家庭自身が発電所になるかもしれない。問題は、一体産業を支えていく大電力は誰が供給するのかということです。もちろん、自動車などは燃料電池でいいし、うまくやれば燃料電池でかなりの中小の産業はやれるようになると思います。

私は今度，沖縄に大学院大学を作ることを手伝うことになり考えているのですが、そこでは太陽を中心にバイオマスの研究をしたいと思っています。沖縄でのことではないが、もう一つは核融合の研究を進めていかなくてはならないとも思っています。ただし残念ながら商業的に使える電力を核融合でだすには恐らく 50 年以上を必要とするでしょう。前途は厳しいが、核融合は我々の孫のためにやらなければならないことです。

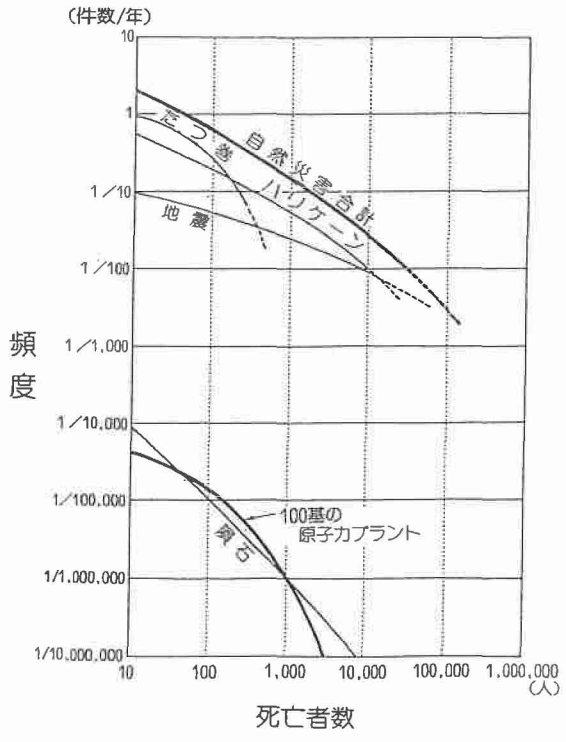
そして我々人類にとって重要なことは、新設をしなくてもあと 50 年は原子力に頼らざるをえないという現実を見据えていかねばならないことです。その中で一番の問題は，使用済み核燃料とくに核廃棄物をどこにどう処分するかという問題です。最近シベリアに引き取りましょうとロシアが言いはじめているとのことで、それも一つの考えであるけれども、いずれにしても人類としてこの廃棄物の処理をどう考えていくかということを考えていかなくてはなりません。

6．まとめと結論－省エネルギーの勧めと、病気以外に人間の寿命を短縮するもの

結論的には、私は何を言いたかったというと、省エネをするよりしかたがないということです。実は、最近産業界のエネルギーの増え方は非常に少なくなり、大きく増えているのは民需です。一番の理由はみなさんが自動車を持つからです。今日即刻自家用自動車をおやめになりませんか。まあしかし、自動車産業を適度に維持するために、自動車はお買いになって結構です。ただし土曜日か日曜日にだけお使い下さい。

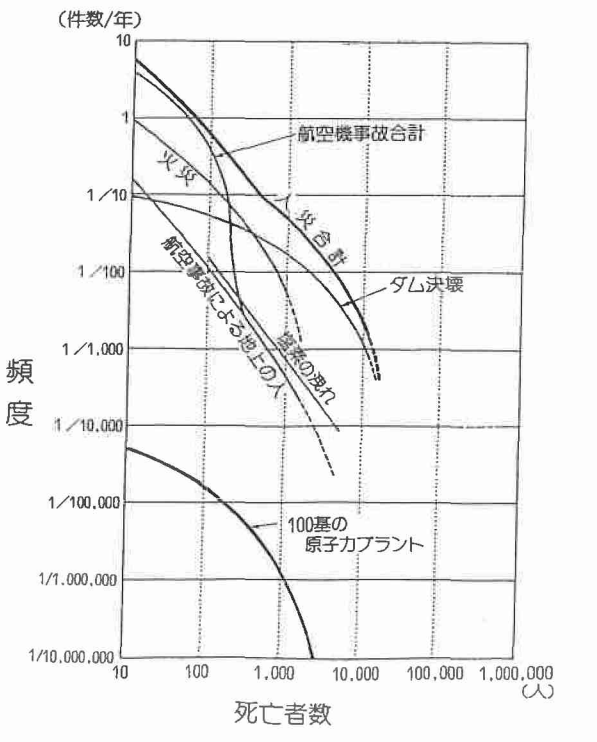
よくでる問題にリスクの問題があります。みなさん、人間には寿命がありますけれども、寿命以外でどんなものが一番人間の寿命短くしているかご存知ですか。まず自然災害で一番死亡の頻度の高いのは竜巻とか地震とかハリケーンです。それにくらべて第１９図には100 基の原子力がどのくらいの可能性があるかということが示されていますが、死亡の人間の数は非常に少なく、隕石と同じ位です。人災による死亡の頻度の一番高いのは何か、というと航空機事故によって死ぬのが一番頻度が高いのです。航空機事故では地上で死ぬ人も結構いる。もっとも小事故を考慮に入れると自動車事故による死亡率は大変高いのです。飛行機の次に火災。原子力の人災による死亡はそんなに多くない（第２０図）。

次に人間の寿命を短くする要因を考えてみましょう。第 21 図に示していますように、仮に 80 年生きられるとした時に１０年分くらいを短くする一番の原因は貧困です。ですからアフリカとかそういうところは平均的に寿命が１０年くらい短い。男性のうち独身の人は、８年くらい寿命が短い。女性は、独身でも寿命の短縮はその半分くらいです。貧困、独身の男性、喫煙、35％以上体重が過剰であること、独身の女性、消防員、炭坑、警官、がん、義務教育中退、建設作業員、ラドン、アルコールのような順です。さっき言った自動車事故は半年ぐらいです。そしてこのあたりに，ピーナッツバター、ミルク。こういうものをやると大体人生一日ぐらい短くなるようです。そして原子炉事故によってどのくらい死ぬか、すなわちどのくらい寿命が短くなるかというと約 1.5 日くらいです。これは反対派の評価で、政府側の評価ははるかに小さいです。これらのデ



出所：WASH-1400(ラスムッセン報告)

第 19 図 自然災害による死亡の頻度



出所：WASH-1400(ラスムッセン報告)

第 20 図 人災による死亡の頻度

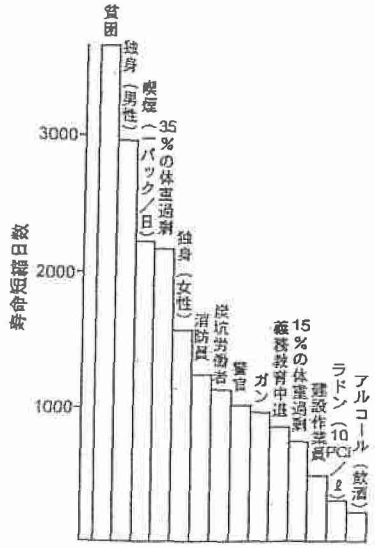


図4. 29A　寿命短縮の日数

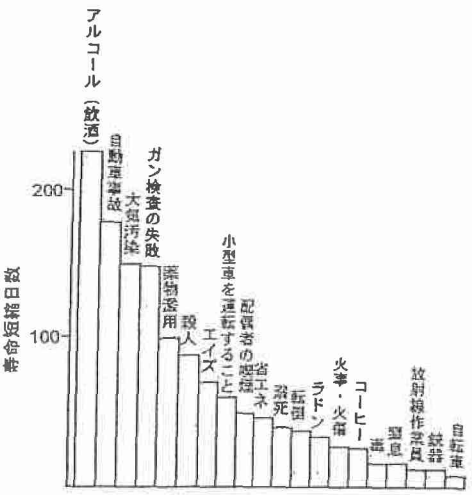


図4. 29B　寿命短縮の日数（その２）

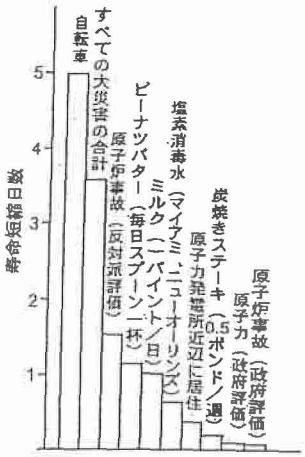


図4. 29C　寿命短縮の日数（その３）

第２１図 寿命短縮の日数

ータはある生命保険会社の評価です。

いろいろな点から申し上げました。結論として言いたかったことは、エネルギーをなるべく使わないようにしようではないか、それから現実を見据えて、べつに原子力を宣伝しようということではありませんけれども、どうしたら良いかを考えようではないか、こういうことを今日問題として提起いたしたかった次第であります。

21世紀の暮らしと教育

山寺秀雄
（名古屋大学名誉教授・大同工業大学名誉教授）

今年のはじめに朝日新聞は「明日はあるか」と題して、いろいろな分野の識者に意見を求めました。その中の一人、養老孟司北里大教授（東大名誉教授）は「人類はゴミで滅びうる。モノ増やさぬ社会考えて」といっておられます（2002. 1. 8）。また平成12年版「環境白書」は「地球環境の劣化は人類社会の存続を危うくしている」といっています。21世紀に人類が滅びないようにするには、どんな暮らしをすればよいか、教育はどうあるべきかについてお話したいと思います。皆さまが総合的な学習の計画を立てられるに当たってご参考になれば幸いです。

1．温故知新

昔から温故知新（古きを訪ねて新しきを知る）と申します。21世紀のことを考える前に、まず昔を振り返ってみたいと思います。

人は昔のことを記憶しています。しかし人には寿命があります。私の場合、昭和5，6年の頃までしか覚えていません。もっと古いことは、伝承により、あるいは文字や絵で書き残されたものによって知ります。日本では千数百年、文字の国中国では3000年以上前のことまで記録があります。それより古いことは、樹木の年輪、南極の氷、埋蔵物、化石、地層などがもつ過去の記憶を科学的に調査研究することによって推定いたします。

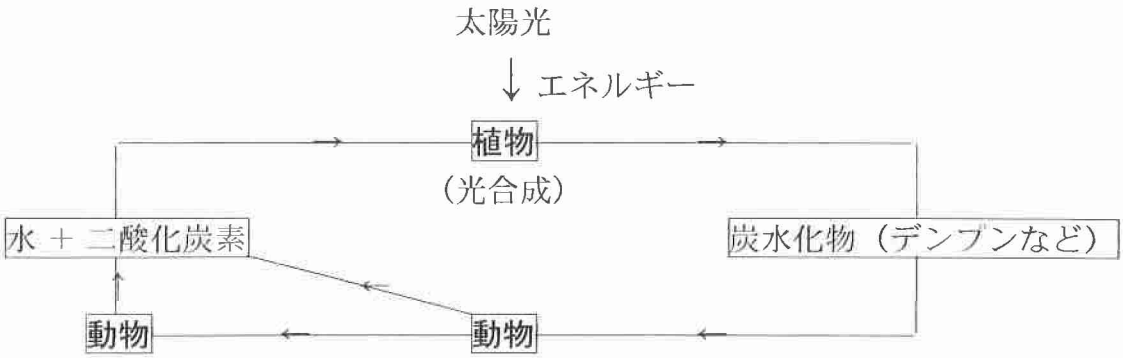
恐竜の絶滅　科学的研究の一例として、6500万年前に起こった異変のことをお話します。これは海底を掘り進んでとってきた資料を調べた結果わかったことです。6500万年前の数cmの地層は、その上下と違って粘土質です。化学成分などの研究の結果、この異常な地層は、巨大隕石が地球に衝突して舞い上がった塵が堆積したものと推定されました。この事件を境にして、それまで地球の地上の王者であった恐竜が絶滅しました。その時生き残った哺乳動物が私たち人間の遠い祖先です。何故生き残ったのでしょうか。隕石衝突の際舞い上がった塵のために地上に太陽の光が十分に届かず、植物の成育が悪くなり、食物がなくなったので恐竜は滅びました。しかし小さい哺乳動物は木の皮や草の根を食べて生き延びたと思われます。

私たち現在の人間はかつての恐竜のように地上の王者として振る舞い、生存に必要なエネルギーの何十倍ものエネルギーを消費しています。天変地異が起こったときに滅びる心配はないでしょうか。もし生き残る者があるとすればそれは私たち文明人ではなく、未開の人たちであろうと思います。

人類の歴史　原始時代には、人類は狩猟や採集をして暮らし、第1図のような自然界の循環の一部に組み込まれていました。農耕や牧畜は環境破壊の始まりでした。次に都市文明が興りました。都市の人々の生活のエネルギー源はまわりの森でしたから、森の木が伐り尽くされると都市は滅び、文明は衰退しました。その後、交通・運搬の手段が

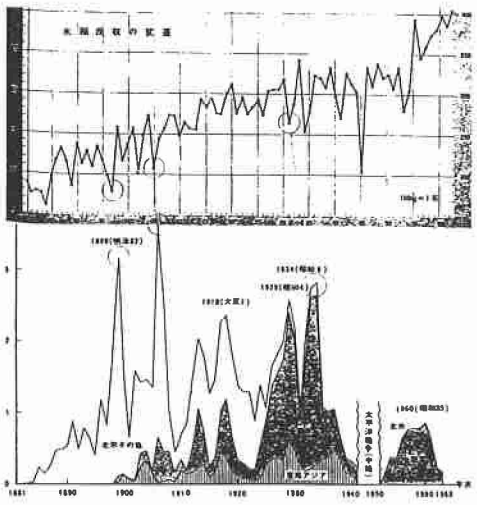
発達して文明は広域化し、産業革命後は、化石燃料を使う工業がおこりました。化石燃料の消費が増えるに従って、大気中の二酸化炭素濃度が増加しました。そうして地球温暖化が起こりました。

第１図　自然界における循環



グスコーブドリの伝記　次には近い過去を考えましょう。宮沢賢治は大正から昭和にかけて活躍した人で、私の記憶のほんのわずか前のことを賢治の作品から知ることができます。賢治の「グスコーブドリの伝記」という童話は、主人公ブドリの両親が食糧を子どもに残して森へ消えて行くところから始まります。百科事典で調べますと、童話発表の年（1932 年）の前年はその前の年より 20％近くも減収となる大凶作でした。このような凶作は５年か１０年に一度は起こっています。日本書紀に、仁徳天皇が凶作よる百姓の窮乏をやわらげるために税を免じられた書かれて以来、古代から江戸時代までに約３７０件の凶作・飢饉の記録があるということです（菊池勇夫「飢饉」集英社新書による）。最近は食糧を輸入して補っていますが、昔は国内産の食糧に頼っていましたから、凶作は生死に関わる大問題でした。第２図の上の図は反当たり収穫量、下の図はアメリカなどへの移民の数です。このように凶作と移民には関連があります。凶作の度に何万という人が海外へ出てゆきました。またその何倍かの人たちが北海道へ移住しました。戦争が終わった年、昭和 20 年も凶作で、私たちはアメリカからの食糧援助で救われました。

第２図　水稲の反収と移民



今、日本人の食生活はぜいたくになり、食べ残しが捨てられています。こんなことをしていてよいのでしょうか。

グスコーブドリの伝記に戻ります。途中は省略します。ブドリは火山局の技師になり、最後の仕事として火山の人工炭酸ガス爆発を計画します。その爆発の時にブドリは殉職しますが、放出された炭酸ガス、すなわち二酸化炭素、の作用によって気候は温暖にな

りました。「このお話のはじまりのやうになる筈の、たくさんのブドリのお父さんやお母さんは、・・・、その冬を暖かいたべものと、明るい薪で楽しく暮らすことができたのでした」で話は終わります。

さて、現在はこれとは逆に、増える二酸化炭素による地球温暖化が心配です。

2．地球温暖化（気候変動）

第1表は世界50カ国の200人の科学者があげた「21世紀問題」です。トップ10の中に地球環境問題が7項目も含まれています。中でも気候変動は2位以下を引き離し、半数以上の科学者によってあげられています。

第1表　世界50カ国200人の科学者があげた『21世紀問題』トップ10（国連環境計画）

1	**気候変動**（温暖化など）	51％	6	**生物多様性の減少**	23％
2	**淡水資源の不足**	29％	7	人口の増加と移動	22％
3	**森林破壊と砂漠化**	28％	8	社会的価値観の変化	21％
4	**淡水の水質汚染**	28％	9	**廃棄物の処分**	20％
5	統治能力の不足	27％	10	**大気汚染**	20％

産業革命以後、環境破壊が進み、地域的環境汚染から全地球的環境破壊に進みつつあります。局地的な公害の場合には、科学技術がこれを解決しましたが、全地球的な問題は科学技術だけでは解決不可能です。政治・経済・生活様式を含む総合的な対策が必要です。ここでは21世紀問題のトップに挙げられた気候変動に話を絞ります。

地球温暖化は本当に起こっているか　今年は暖冬でしたが、寒い年もあります。短い期間の観測では本当に温暖化しているかどうかは分かりませんが、過去100年の気温を調べると、日本でも世界平均でも、明らかな上昇傾向が見られます（世界平均では、約0.6℃／100年）。その原因については、石炭・石油などの化石燃料の消費による大気中の二酸化炭素濃度の増加が主因であるというのが最も有力な意見です。二酸化炭素の影響は小さく、自然の変化だという説もありますが、異なる意見があるからといって、対策を先送りすれば手遅れになるおそれがあります。

大気中の二酸化炭素濃度が増えると何故温暖化が起こるのか　太陽の光をプリズムで分けると、虹の7色に分かれます。さらに目には見えませんが、紫の外には紫外線が、赤の外には赤外線があります。炭火や電熱器の発熱体は赤い光を出しています。これらの光では、太陽光のスペクトルのうち右の方が欠けているのです。炭火が消えたり、電熱器の電源を切ると赤色は消えますが、温かさは残ります。可視光線の部分はなくなるけれども赤外線を出しているのです。このことからもわかるように、太陽のような高温の物体は赤外線から紫外線まですべての光を出しますが、温度が低いと、赤外線だけを出します。私たちの身体も赤外線を出しています。

太陽光	赤外線　赤橙黄緑青藍紫　紫外線
炭火、ヒーター	赤外線　赤橙
電源を切った直後のヒーター	赤外線

地球は太陽からの光を受けて暖まり、赤外線を出して冷えます。曇の日には、昼間は太陽からの光の一部が遮られるので気温が上がりにくく、夜は雲のために放射冷却（赤外線放出による冷却）が雲によってさまたげられ、冷えにくいのです。さて二酸化炭素は可視光線に対しては透明ですが、赤外線の一部を通しません。したがって太陽からの光を遮ることは少なく、地球から出る赤外線を遮る割合が多いのです。そのため大気中の二酸化炭素濃度が増えると地球が温まります。メタンやフロンも同じような効果をもちますが、その濃度は二酸化炭素に比べてずっと低いので、ここでは二酸化炭素だけを取り上げます。

どれくらい温暖化するか　IPCC（気候変動に爛する政府間パネル）の推計では、2100年には地表温度が1.4（十分な対策を講じた場合）～5.8℃（対策を講じなかった場合）上がり、海面が9～88cm上昇するということです。

地球が温暖化すると何が起こるか　気温が上がると、地表および海面からの水蒸気の蒸発が増えます。蒸発した場所に雨となって降ればよいのですが、大気の流れがあるので、乾燥して砂漠化するところと、雨が多くて洪水を起こすところができます。気温が上がった時、動物はその生存に適した気温の場所に移動しますが、植物は移動できないので枯れます。農業の場合、栽培品種が気候に合わなくなって収穫が減ります。品種を変えると、十分な収穫を得るまでには経験の蓄積が必要です。その結果、地球全体の食糧生産量が減るおそれがあります。その時、輸入に頼る日本の食糧はどうなるでしょうか。

気温が上がると、海の水が膨張します。また氷河の氷も溶けます。その結果海面が上がります。臨海工業地帯では水没や台風の高潮による被害の恐れが増します。

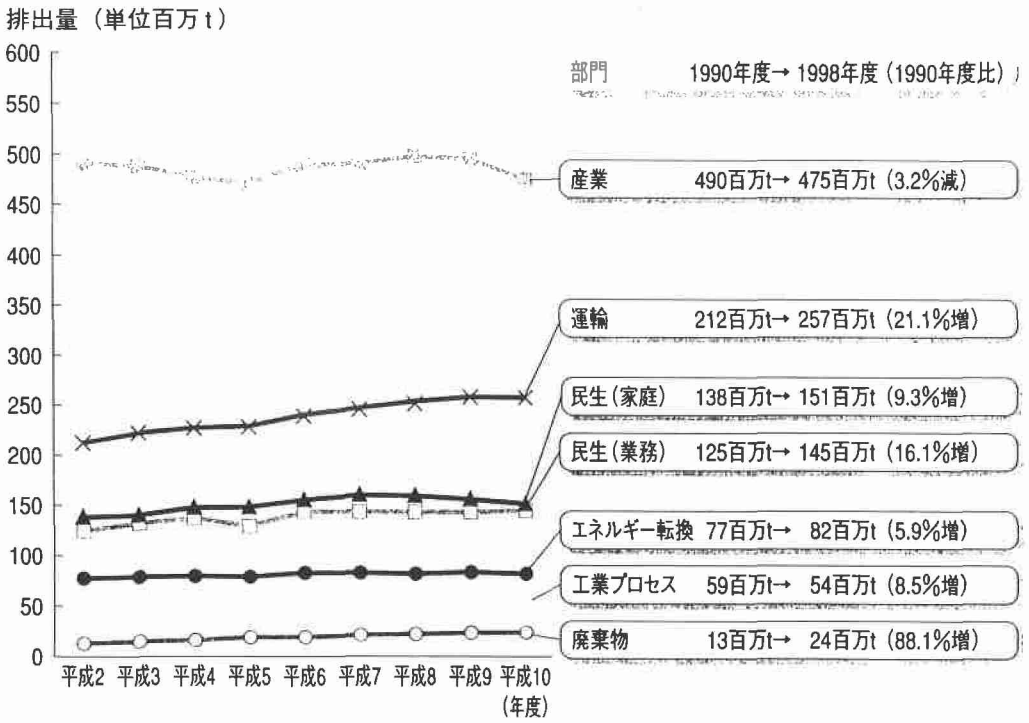
地球温暖化防止の国際的取組み　温暖化防止のための本格的な取り組みは、1992年の世界サミットから始まりました。ここで気候変動枠組条約が締結され、先進国は2000年までに二酸化炭素排出量を1990年の水準まで下げることを申し合わせました。1997年の京都会議では、2008～2012年までの5年間についての削減目標が京都議定書として決められました。1990年の排出量より、日本6%、アメリカ7%、EU8%減らすことになっています。この京都議定書の運用規則を定めるための会議が2000年から2002年にかけて、ハーグ、ボン、マラケシュ（モロッコ）で開催されました。日本とアメリカが温暖化防止に熱心でないために合意が遅れていましたが、日本が妥協したので、今年なかばにアメリカを除いて、議定書が批准され発効する見込みです。最近になってアメリカは独自の削減計画を発表しましたが、この計画では経済成長があれば削減にならないとＥＵや環境団体は不満です。

EUは地球温暖化防止に積極的に取り組み、特に熱心な北欧諸国とオランダは1990年代初期に炭素税あるいは環境税といわれる税を課税して、化石燃料の使用を抑制しました。2000年前後には他のヨーロッパ諸国もこれに追随しました。また京都会議で、EUは2010年までの二酸化炭素排出量の削減目標として最初は15%を主張しました。

地球温暖化防止に向けての日本の取り組み　二酸化炭素排出量削減に積極的なEUとは対照的に、日本は努力不足で実績が伴っていません。99年実績は90年比+6.8%で2000年に0%にするという約束が守られなかったことは確実です。中味をみますと、

第３図のように、産業部門は1998年に3.2%減(1990年比）と比較的よくやっています。しかし民生部門と運輸部門、すなわち家庭、オフィス・商店および自動車では10-20%も増えています。政府は今年２月13日にやっと京都議定書批准に向けた国内法整備などの基本方針を決定しました。しかし対応が遅く、厳しさも足りないので目標達成は難しいのではないかとおそれます。

第３図　わが国の部門別二酸化炭素排出状況（1998年度）



資料：環境省

日本はアメリカに追随していてよいのか　日本はＥＵとアメリカの中間の態度をとってきましたが、こんなことでよいのでしょうか。第２表に示すように、日本が置かれている状態はアメリカとは全く違います。アメリカは、地球温暖化が起こった時に困ることの最も少ない国です。一方日本は、温暖化で最も困る国のひとつです。特に食糧自給率がたいへん低いという点で、日本は先進国の中で特異な国です。先進国は一般に食糧がほぼ自給できるか、あるいはアメリカ、カナダ、フランスのような食糧輸出国です。日本と同じように食糧の大半を輸入しているのは、先進国の中ではオランダだけです。そのオランダは、北欧諸国とともに地球温暖化防止に最も熱心な国です。世界に依存して生きてゆく国日本は、アメリカではなく、オランダを見習うべきではないでしょうか。

第２表　日本とアメリカの比較

	日本	アメリカ
国土	狭い	広い
穀物自給率	約30%	約140%
資源	乏しい	豊富
工業	臨海部に集中	内陸部にも分布

3．21 世紀のエネルギー

次に 21 世紀のエネルギーについて考えたいと思います。日本のエネルギー供給構造は第３表のようになっています。括弧内の数字は原子力を増やさない場合です。化石燃料の割合が高く、かつ輸入依存度が高いことが特徴です。二酸化炭素排出量を減らすためにも輸入依存度を下げるためにも、化石燃料の比率を下げる必要があります。最も望ましい方策は自然エネルギーの開発を進めることです。しかしその中の主力である水力は、明治以来、開発しやすいところはすでに開発されていますから、残っているところ少なく、しかも環境問題などをかかえています。太陽光・風力などの新エネルギーは現在１%以下ですから、10 倍に増やしても 10%にしかなりません。そこで二酸化炭素排出量を減らすには原子力に頼るか、エネルギー消費を減らすかしかありません。水素は無公害の理想的な燃料だという人があります。確かに水素が燃えるときにできるのは水だけです。しかし水素をつくるには化石燃料がいりますからその時二酸化炭素が生成します。太陽光発電の電気を使って電気分解でつくれば、二酸化炭素がでませんが、（日本では）その電気をそのまま使うほうがはるかに効率がよいことは明らかです。

第３表　日本のエネルギー供給構造

	1999	2010 目標
石油	52%	45%
石炭	17%	19%（22%）
天然ガス	13%	14%
原子力	13%	15%（12%）
水力	4%	3%
新エネルギー	1%	3%

各エネルギー資源の特徴　このことについてはテキストに書きましたので省略いたします。ご質問があればお答えします。

二酸化炭素排出量抑制の方法　大別して三つの方法があります。第一はエネルギー消費の節約です。その具体的な方法は皆さまご存じのことと思います。第二は、エネルギーをできるだけ効率よく使うことです。火力発電のエネルギー効率は最新鋭の発電所では 50%以上まで高められています。自動車燃費の改善では世界の先頭を走っています。工場での生産過程の改善（省エネ）も比較的よく行われています。日本の製造業は優等生といってもよいのですが、一つ盲点があります。それは製品の大型化・多機能化に伴って製品がエネルギー多消費型になっていることです。工場内だけでなく出荷後の省エネについても配慮してほしいと思います。ごみ焼却の際の廃熱の利用も進みつつあります。廃棄物の再生利用（リサイクル）については、ゴミ処理の観点からは進んでいますが、エネルギーの効率的利用という点からはたいへん不満足です。いわゆる"リサイクル"の過程がたいへん非効率で、エネルギー浪費になっています。特に「容器包装リサイクル」では、"リサイクル"の責任が容器包装の製造業者、使用業者、消費者、収集責任者（自治体）、処理業者に分散しているために、効率的な資源・エネルギー回収が阻害され、エネルギーを浪費しています。第三はエネルギー源の転換です。二酸化炭素をほとんど排出しないエネルギー源としては、自然エネルギーと原子力が考えられます。自然エネルギーのうち、風力・太陽エネルギーなどの新エネルギーには、今のところ大きな量を期待することはできません。地熱発電は九州の九重などでは行われていますが、どこでもできるものではありません。次に生物資源というと新しく聞こえますが、昔は燃料の主力は薪、すなわち生物資源でした。昔に戻って間伐材・廃材などなどを利用す

るとよいと思います。しかし量的には限られています。こういうわけで、現状でかなりの量を期待できるのは原子力だけです。原子力発電所を地域住民が受け入れ、世論が容認するなら、かなりの量の転換が可能です。一方、賛否両論のある原子力を避けて、自然エネルギーの利用を促進しようとするならば、高率の環境税を課税して化石燃料からのエネルギーの価格を高くし、自然エネルギーの価格競争力を高める必要があります。（自然エネルギーに対して補助金を出すという考え方もありますが、一般に補助金は不公平・非効率の原因になりがちです。私は消費税を減税あるいは廃止して、代わりに高率の環境税を課税するのがもっともよい方法であると思います。消費税と違って、太陽の恵みを利用する農産物に対してはたいへん軽いということが環境税の特徴です。）

4．21 世紀の豊かさ

ニューギニア人は欧米人より頭がいい　カリフォルニア大学教授で進化生物学者のジャレド・ダイアモンドさんが、ニューギニアで現地の人と共同研究をした経験からこんなことをいっています（倉骨彰訳「銃・病原菌・鉄」プロローグより）。ニューギニア人の方が頭がいい理由の第一は自然淘汰で、ニューギニアでは頭の悪い人は生き残りにくかっただろうということです。第二の理由は、欧米の子どもたちは受動的に時間を過ごしているために知的発育が妨げられているというのです。ニューギニアの子どもの方が、欧米の子どもよりも知的に豊かな暮らしをしているのです。日本の子どもの知的環境も欧米の子どもと同じようにたいへん貧しいのではないでしょうか。

20 世紀の豊かさ　私たちは 20 世紀に「もの」の豊かさを求めてきましたが、「もの」の豊かさと引き換えに「こころ」の豊かさを失ったのではないでしょうか。生活は便利になりましたが、自然環境と社会環境は悪くなりました。特に子どもの心身の発達のために望ましい環境が失われつつあります。私が子どもの頃には、国民の半数が農家でした。子どもは自然の中での遊びと農作業の手伝いを通じて、自然から多くのものを学びました。そうして自然を畏れ敬い、自然を愛し、自然の営みに好奇心を持つようになりました。豊かな情操も自然によって育まれました。また食糧が豊かでなかったことから、自然に規則正しい食生活、家族の連帯が生まれました。今はどうでしょうか。自然の中での遊びが減って、体力・運動能力の発達が阻害され、社会生活への適応力も育たなくなったのではないでしょうか。食物の豊かさは、一家団欒の食事というよい習慣を乱し、偏食や間食を助長して、子どもの心身の健全な発育を阻害しているのではないでしょうか。子どもの個室・テレビ・ゲーム機・携帯電話など豊かさの果実が家庭内の対話を阻害し、子どもの社会性の発達を阻害しているのではないでしょうか。

21 世紀の豊かさ　21 世紀には「もの」の豊かさよりも「こころ」の豊かさを求めたいと思います。技術革新による生産性向上の分け前をベースアップではなく、労働時間短縮として受け取りたいと思います。そうして増えた自由時間で、自然に親しみ、読書や趣味やスポーツを楽しみ、家族と団欒し、友人と交流して、温かく楽しく心豊かな社会をつくろうではありませんか。

自由時間と労働時間　「こころ」の豊かさの源泉は自由時間と教養です。労働時間を減らせば自由時間が増え、豊かになります。いろいろな人の労働時間を比べてみます。

第４表　労働時間の比較

狩猟採集民族	３－５時間／日	
原始的農耕民	３時間前後／日	（以上、山内昶「経済人類学への招待」による）
アメリカ人	５．４時間／日	（以下，ＩLO1999 年調査年間労働時間に基づく
日本人	５．３時間／日	年間労働時間／365）
ヨーロッパ人	4.1-4.4 時間／日	

アメリカ人と日本人は、いわゆる未開の人たちよりも長時間働いており、自由時間で豊かさを測ると、日本人とアメリカ人は未開の人たちより貧しいということになります。山内昶さんは「現代文明は、（中略）なくてもよい無駄なモノを大量に造りだすために、大量の時間をムダに浪費しているといってよい」といっておられます。

「もの」から「こころ」への切り替えに伴う心配　人びとが物を浪費しなくなったら、購買力不足で、物が余り、生産が抑制されます。人員過剰となって失業の心配があると思われるでしょう。確かにその可能性はあります。ただし失業の代わりに労働時間短縮を選びたいと思います。生産は生活に必要なものをつくるためにあるので、需要が減れば生産を減らすのは当然です。日本経済はバブル景気で必要以上に膨張しました。適正規模まで量的に縮小するべきであると思います。そうすれば二酸化炭素排出量は減り、地球温暖化が防止されます。このこと自体はよいことです。

マイナス成長の下で、労働時間短縮によって失業は回避したとしても収入は減るでしょう。名目賃金が下がっても、技術革新によってよい商品が安く買えれば、生活水準は下がりません。今 1000 円程度で売っている電卓の性能は、30 年前の 20 万円以上の電子計算機に匹敵します。真空管が半導体に替わって故障が少なくなったという長所さえあります。長距離電話代も安くなりました。このように性能のよいものが安く得られれば、給料が下がっても心配はありません。

「こころ」も「もの」もを望むなら技術革新を　それでも収入を維持し、あるいは増やしたいなら、質的成長を図って量的マイナス成長を補えばよいのです。今の世の中を見ると、不景気の中で、トヨタとホンダはたいへん景気がいいのです。他の会社とどこが違うのでしょうか。高い技術力をもっているのです。国内で売れなくなっても（実際にはホンダは国内でも売り上げを伸ばしていますが）アメリカで売れます。アメリカではビッグスリーが車の売れ行き不振に悩んでいる中で、トヨタやホンダの車が売れているのです。技術革新と生産性向上があれば、賃金が下がることはありません。（トヨタとホンダでは満額の定期昇給のほかに、好業績を反映してボーナスが増額されました。）

日本全体で見るなら、いらなくなった会社を助けるために、政府が借金をして仕事をつくる代わりに、いらなくなった会社を潰して、例えばNTT ドコモのような新しい事業を興せばよかったのです。韓国はそのような経済政策をとったので、日本より深刻な不況から一足先に回復しつつあります。韓国経済について Time (March 18, 2002, p.36) は "The high-tech sector now amounts to 15% of GDP, up from less than 8% in 1997." と報じています。日本政府がＩＴを叫びはじめたころ、韓国はインターネットでは日本よりも先進国でした。（その後、日本が追い付きつつあると思いますが。）

余談になりますが、こんな統計があります。日本の労働者の収入が世界一だというの

です（英月刊誌マネジメント・トゥデイ調査、2001. 7. 26 中日新聞夕刊による）。最近の円安でアメリカとは逆転したとしても世界第二位です。日本経済が世界一の競争力を誇っていたときには、賃金が世界一であってもおかしくないのですが、今は 26 位（国際経営開発研究所調査）とかいわれています。力がないのに高給を取っていては仕事がなくなるのは当たり前です。先端的な産業ではアメリカなどに負け、在来の産業では中国などに負けます。しかし競争力のあるトヨタやホンダは外国に輸出するだけでなく、外国に進出して生産し、成功しています。

科学技術の進歩は環境の保全にも貢献する　科学技術の進歩が生活を豊かにすることは今お話した通りですが、環境の保全にも役立ちます。今の電卓は 30 年前の電子計算機に比べて、値段と同様大きさも重さも 100 分の 1 以下です。製造の際に使うエネルギーも出るゴミの量も減っているはずです。

5．21 世紀の教育

これまで論じてきたことから、21 世紀にどのような教育が必要かは明らかです。それらは次のようにまとめることができます。

(1)　21 世紀は人間と自然の共生の世紀です。自然を尊び、自然から学ぶ姿勢が必要です。

(2)　豊かな「こころ」を培う教育が望まれます。幅広い教養に裏付けられた豊かな「こころ」は豊かな暮らしの基礎です。社会生活には相互理解が必要です。そのためには、皆が文系にも理系にも偏らない共通の基礎的教養をもつことが必要です。

(3)　環境を護りつつ、物質的にも豊かな暮らしを維持するための教育が必要です。私たちの豊かな暮らしは科学技術によって支えられています。科学技術の理解のための理科的素養が必要です。

日本の国際競争力　国際経営開発研究所の世界競争力年鑑 2000 年版分野別競争力ランキングによると、日本は科学技術では 2 位ですが他の分野は 20 位台で、総合 17 位（47 カ国中）です。2001 年版では総合 26 位に下がっているということですから、科学技術も下がっているかもしれません。別の報告、国連開発計画の 2001 年人間開発報告書によると、情報関連を中心にした技術達成指数では日本は、フィンランド、アメリカ、スウェーデンについで、4 位ということです（5 位は韓国）。因に、1 位のフィンランドは世界最強の携帯電話ノキアをもっています。

先見性をもって政治・行政・事業を行うために必要な教養　将来を見通した政策を立案するためには、指導者が論理的思考能力をもち、科学技術を理解できることが必要です。すなわち理科的教養が必要です。1990 年代の日本の指導者や政策立案者がこの点において欠けていたことが、失われた 10 年をもたらしたのではないでしょうか。（科学技術の発展を理解せず、10 年前のレーガン大統領のまねというよりは、70 年前のルーズベルト大統領のまねをしていたように思われます。）

科学技術の発展のために必要な教育　大発見・大発明が科学技術を画期的に発展させることはいうまでもありませんが、小さい発見や改良の積み重ねによっても科学技術は進歩します。日本人はもともと農耕民族であって、一匹狼になりにくい国民性です。そ

の上、戦後教育ではエリートを排斥してきましたから、科学技術のエリートが育ちにくい環境にあります。一方、大学出のほどほどに優秀な技術者と現場の経験豊かな技能者が協力して開発するというタイプの技術開発は、私たち日本人が得意とするところです。理科離れ・理科嫌いのため国民の平均的な科学技術力が低下すると、日本の技術は衰退するおそれがあります。

最近科学技術のエリートを養成しようとする動きがあります。その趣旨はたいへん結構ではありますが、例えば数学や物理に優れているものを特別扱いするというような方法については、私は疑問を持っています。

1月11日に東大で大学教育のあり方に関する公開討論会が行われました。その場でノーベル賞受賞者の利根川進先生は「教養教育が不十分」であるといっておられます。また東大の現役教授である黒田玲子先生は「学生を促成栽培するな、1・2年生は基礎的な学問を」といっておられます。私はこれらのご意見に全く賛成です。科学技術における創造的な発明発見のためには豊かな想像力が必要であると思います。科学技術の知識だけでは思考が理詰めになります。着実な進歩はありますが、飛躍がありません。本当に創造的な発明・発見には文科系の教養によって培われる豊かな想像力も必要です。

総合化の時代にふさわしい教育　21世紀は総合化の時代です。例えば地球温暖化問題に対処しようとすると、気象学者をはじめとする各分野の自然科学者、電気・機械・化学などの工学技術者のほか、法律をつくりや行政を行うために法学・経済学など文科系の専門家、さらには教育者の協力も必要です。アフガニスタンなどでの地雷除去は国際的に重要な問題ですが、これも理工系と文科系の人たちの協力なしには進みません。異なる分野の人びとが協力するためには、それらの人たちが共通の基礎的教養をもっていることが必要です。

日産自動車を再建したカルロス・ゴーン氏は、日本人の長所・短所について次のようにいっています。「ものづくりの現場が強い」「個々の部門内のチームワークがよい」という点を高く評価し、一方「部門間の相互作用(cross function)がうまくいかない」といっています。クロスファンクションがうまくいかない原因は何でしょうか、その一つは共通の基礎的教養がないことではないでしょうか。

理科系の人たちにとって文科系の基礎的教養が、文科系の人たちにとって理科系の基礎的教養が必要なことを、もう少しお話しましょう。

理科系の技術者が素晴らしい技術を開発したとします。それが如何に優れているかを経営者や営業・経理担当者に理解してもらうことが必要です。そうでなければ、企業化されずに葬られてしまいます。経営者や経理担当者はその技術の企業化にどれくらいの経費がかかるか、製品がいくらで売れるかに関心があるでしょう。また営業担当者は安く使いやすくてお客様が喜んで使ってくれるかどうかに関心があるでしょう。技術者はこれらの点にも配慮して開発を進め、またこれらの点を技術的利点とともにわかりやすく説明する必要があります。このために文科系の基礎教養が必要です。

逆の立場から見ると文科系の人には、技術者の説明が理解できるような、理科系の基礎教養が必要です。営業担当者は、お客様の技術的な苦情や希望を技術者に正確に取り次ぐことができなければなりません。苦情や希望は開発の貴重な種です。それを活かせ

るかどうかは企業の業績に直結します。経営者は技術が理解できなければ、適切な経営はできません。経営者を政治家に置き換えれば、技術のわからない政治家に国をまかせては、国の発展はありません。国債という金だけで景気回復を図って成功しなかった10年がこれを物語っています。銀行は将来の発展が確実と思われる企業に対して融資すべきものです。金持ちが将来性のある貧乏人に融資して、その貧乏人が成功すると資金効率はたいへん高くなります。技術がわからなくて将来性が評価できないので、金持ちあるいは物持ちに融資してきました。それでは儲けが少ないうえに、人や技術を評価しないから失敗のリスクはかえって高いのです。（土地の評価が下がって失敗しました。）

現在のように不況で首切りがあったとき、広い基礎的教養があれば転業・転職ができますが、自分の仕事以外の教養がなければ転職は容易ではありません。

国際化時代の教育　21世紀は国際化の時代です。事実上の国際共通語である英語は重要です。自然科学者は英語の論文を読み、自分の論文は英語で発表します。文科系の人も、英語を読むだけでなく、英語で発信してほしいと思います。ただし言葉よりも中身がもっと重要です。安藤忠雄東大教授は工業高校を出て独学で勉強された方ですが、外国の大学で日本語で講演されても人が聞いてくれます。このようになりたいものです。

日本語は最も大切　ここで強調したいのは、国語すなわち日本語が英語以上に大切だということです。私たちは母語である日本語で考えます。日本語の力が貧弱では発想も貧弱になります。私たちの英語力は平均すると米英人の子ども程度ではないでしょうか。シンガポール人やインド人にも劣ります。そのような貧弱な英語あるいはカタカナ英語を使っていると幼稚な考えしか生まれません。

明治の人は外来の学問を日本に取り入れるに当たって、それを十分に咀嚼して自分の言葉で体系を再現しました。例を挙げます。英語のスピード(speed)は学術用語ではベロシティ(velocity)です。スピードが増加する割合はアクセレレーション(accceleration)です。日本語では速さ、速度、加速度といいます。学術用語がラテン語、漢語という外来語系の言葉である点は共通ですが、英語では三つの言葉の間に脈絡がないのに対して、日本語では見ればすぐに意味が理解できます。こうして日本人は本場のイギリス人よりも楽に力学を学べるようになりました。もしカタカナ英語を使っていたら自然科学はカタカナ英語を覚える暗記物になり、日本人は英米の真似をするだけでおわったでしょう。ノーベル物理学賞を受賞された湯川先生、朝永先生のような方は出なかったでしょう。

逆の例は今盛んに使われている「リサイクル」という言葉です。「循環型社会形成推進基本法」では、望ましいものから順に、(1)廃棄物の排出抑制、(2)製品・部品としての再使用、(3)原材料としての再生利用、(4)熱回収、(5)適正処理、と区分しています。しかし「リサイクル」という言葉を使うと何でもリサイクルになってしまいます。子どもが成長して着られなくなった衣類を、小さい子どもに譲ってそのまま着てもらうのも、手芸の材料にするのも、雑巾にするのも、資源ゴミとして収集してもらうのもすべてリサイクルの一言で片づけられてしまいます。資源ゴミとして回収されたものの中には、さらに分別するコストを省くために、燃やしてその熱を利用することもあると聞いています。二酸化炭素排出量抑制に関してお話したように、容器包装の"リサイクル"はエ

ネルギーの無駄遣いになっています。その責任の一端は「リサイクル」というカタカナ英語にあるかもしれません。カタカナ英語を使うと、（語彙が少ないために）思考が幼稚になり、粗雑になるのです。

ノーベル化学賞受賞者野依良治先生と宇宙飛行士毛利衛さん　話を終わる前に、ご両人の言葉をご紹介したいと思います。野依先生は「自分の価値観に忠実に（わがままに）生きてきた」といっておられます。また「人生は意図を越えて進み、社会的な要請もはいってきます。全く自由にはなりませんが、・・・」と必ずしも思う通りにはならないことを認めておられます。野依さんの場合、運も味方しました。名古屋大学は29歳の野依さんを研究室の主宰者として迎え、思うようにやっていただきました。このような幸運はめったにありません。何年かに一人というところではないでしょうか。また質問に答えて、野依さんは、研究テーマはただ面白ければよいというものではなく、十分な理科的教養に基づいて科学的な価値をもつものを見つけることが大事だといっておられます。中等教育から、物理か、化学か、生物か、の選択ではいけないのです。

パネルディスカッションのパネリストとして同席しておられた宇宙飛行士の毛利衛さんは、次のようにいっておられます。「人生何を選んだらいいかわからないことだらけなのですね。今与えられた環境の中で最大限の努力をすれば、ある方向が自然と見えてきます」と。私のような凡人には野依さんの言葉より、毛利さんの言葉の方が身近に感じられます。自分のやりたいことが自由にやれて、しかもそれが成功するという機会は、野依さんのように非凡な能力と強運に恵まれた人にだけ訪れるものではないでしょうか。上に立つ者には、優れた才能をもつ若者にできる限りの自由度を与えて、その才能の発展を助けるという雅量がほしいと思います。

「生徒は広く勉強し、その余暇にやりたいことをやる。教師は生徒の個性と能力に応じて、それにふさい環境をつくってやる」のが、個性を伸ばす教育ではないでしょうか。

おわりに

21世紀には地球温暖化などの地球環境問題が深刻になることが予想されます。このまま量的経済成長を続ければ、取り返しのつかない環境破壊に至る心配があります。私たちはエネルギー消費を節減するとともに、再生可能エネルギーの開発につとめ、化石燃料の消費を減らさなければなりません。

21世紀には私たちの生活様式も変わらなければなりません。「もの」の豊かさを追うことをやめ「こころ」の豊かさを求めましょう。教育は、自然を尊び、自然から学び、「こころ」を豊かにするものでなければなりません。また専門分野間・国家間の垣根（バリア）がなくなり、相互協力が必要とされる時代にも対応しなければなりません。こういうわけで、基礎的な（文理の）教養はすべての人に必須です。また、技術革新の速度の著しい、このような時代にこそ、基礎的な教養が大切です。基礎がしっかりしていれば、自らの努力によって変化に追い付いて行くことができます。

（平成１４年３月３日、東京都千代田区科学技術館における「エネルギー・環境問題セミナー」の講演内容に３月１８日一部加筆）

付記

講演の中でテキストを参照していただきたいといって、説明を省略した部分のテキストの記述を次に再録します。

各エネルギーの特徴

化石燃料（石炭、石油、天然ガス）
　火力発電のほか、自動車などの動力源、化学製品の原料としても利用
　二酸化炭素を排出　単位エネルギー当たり排出量は、石炭＞石油＞天然ガス
　使い勝手がよい　大部分を輸入に依存

水力
　使い勝手のよい自然エネルギー　最も古くから利用
　適地はすでに開発済み　新しい大規模開発は環境破壊のおそれが大きい
　環境への影響が少ない中小水力発電所は開発の余地がある

風力
　ヨーロッパでは古くて新しい自然エネルギー
　自然条件に依存　立地に制限　供給に安定性を欠く
　適地では火力に匹敵する経済性

太陽光
　広く薄い　昼間のみ　曇りの日は発電量低下　発電効率が低い
　どこでも利用可能　屋上など消費場所の近くで発電可
　今後の技術開発（効率の向上）に期待

地熱
　特定の場所では有効

温度差、潮汐、海流、波力
　一般には実用的でない
　離島、海上など、他エネルギーの利用困難なところで有効

生物資源
　森の木は古来のエネルギー源
　間伐材、廃材、ごみ、し尿、その他の有機廃棄物
　生物は自然の中で成長するから再生可能
　そのまま燃料として、またはメタン発酵ガスとして利用
　外国ではエネルギー源として植物を栽培することも考えられているが
　日本では考えにくい（日本には空いた広い土地がない）

水素
　燃料電池の燃料として、また直接燃やすこともできる
　燃焼の際生成するのは水だけ
　天然には水素単体としては存在しない
　化石燃料から、あるいは電力を使って水からつくる

日射量が多く電力需要が少ない砂漠地帯などでは、太陽光利用の水素製造可能
エネルギーが不足している日本ではクリーンなエネルギーとはいえない

燃料電池

水素などの燃料がもつ化学エネルギーを電気エネルギーに変換する仕組
火力発電に比べて、装置が小型で、発電効率が高い（40～60％）
消費場所の近くに設置できるので、熱電併給（コジェネレーション）に好都合
自動車にも搭載可能（燃料電池車）
燃料電池自体はクリーンな発電システムだが、
燃料改質装置（天然ガス、ガソリン、メタノールなどから水素への転換装置）は
二酸化炭素などを排出する

原子力

ウラン-235 の原子核分裂のエネルギーを取り出す　二酸化炭素を出さない
少量のウランから大量のエネルギー　燃料備蓄に好都合
原子力発電は全発電量の約３分の１
放射線漏れに対しては二重三重の安全策と監視装置
放射性廃棄物を残すので、万全の保管体制が必要

核融合

太陽で起こっているのと似た原子核反応のエネルギーを取り出す
実験としては成功しているが、実用までには解決すべき問題が多い

からだのしくみと放射線

久保寺昭子

世の中に，絶対に安全といえるようなものは存在するのでしょうか。そのようなものはありません。

水，食事，空気，薬などなど，私たちが生きていくのに必要なものですら，そのものの対処や量を誤れば害をもたらします。ましてや，放射線でしか起こせない病気はないのです。放射線と人体とのかかわりを知るためには，放射線のことをよく知る必要がありますが，それにもまして，私たちのからだのしくみを理解することが肝要です。

この講演では，「生きている」，「健康である．1 ということはどういうことなのか，「病気」とは，からだがいったいどうなると病気になるのかなどを説明したうえで，放射線の人体への影響をどのように考えればよいのかを述べてみます。

人間は細胞組織の集合体である

からだは原子という原材料でできているのですが，それぞれの原子を薬品として一定量混ぜ合わせても，人体はできあがりません。生きている私たちのからだは，原料の原子から，自分自身のからだの構成成分を直接つくりあげていく能力はまったくありません。むしろ，人間にとって必須のタンパク質，ビタミンなどは，植物や他の動物がつくったものをもらって（食事として摂取して）利用し，生きているのです。

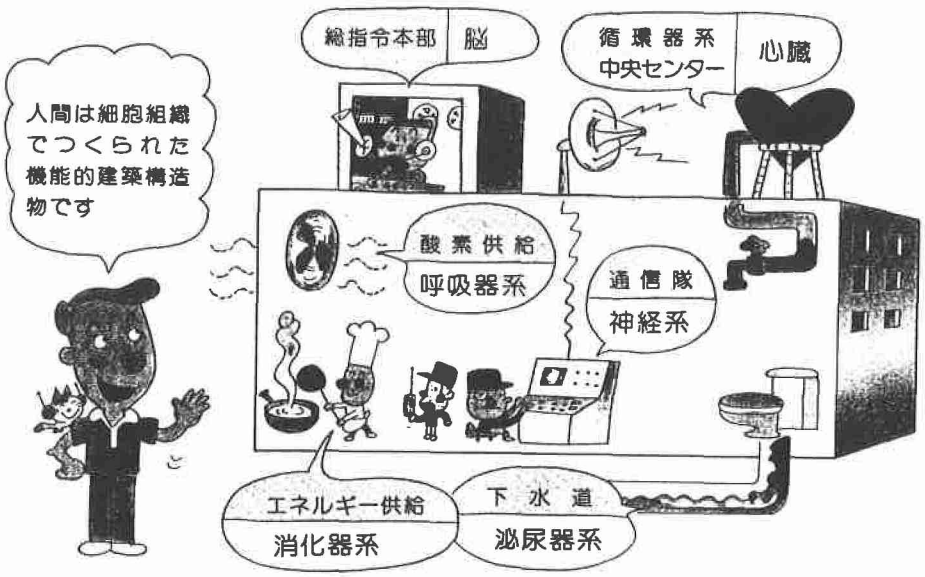
「生きている」ということを条件として考えれば，私たちのからだは細胞と細胞間質とでできています。原料が原子で，いわゆる生命体としての基本的な単位は，細胞と細胞間質というわけです。人間（成人）のからだは，100 兆個あまりのさまざまな細胞の集合体といわれています。すなわち，私たちのからだは，100 兆個という膨大な細胞の集まりであるということになります。これらの細胞には，約 100 万種類ものいろいろな種類があるといわれ，それぞれが定められた役割を几帳面に果たしています。

人体は優れた建築構造物

人体を建築構造物にたとえると，おおむね以下のように考えることができます。

皮膚は優れた外装で，筋肉はさしずめ構造壁でありましょうか。骨は桂や梁（はり）の役目もつとめて，からだという家屋ができ上がります。神経系は，時速 320 kmの速さでパルス（情報）を伝達する通信隊，エネルギーの供給や維持は消化器系が担当します。通気口，酸素供給などは呼吸器系が担い，循環系は輸送隊である主いえます。循環系の中央センターは，体重の 200 分の 1（約 3009）ほどの心臓で，1 心拍動で 60 ミリリットルほどの血液を血管へ送り出します。この量は 1 日に換算すると 6.2 トンとなり，一生涯に休みなく心臓が送り出す血液の総量は約 10 万トンにも及びます。主たる下水道，環境整備センターは腎臓を主要部にした泌尿器系の役目であり，ここでは 1 日約 150 リットル（石油かん 8 本ほど）の血液の清浄化作業を行って，からだの内部環境の保全につとめています。内分泌系（甲状腺や膵臓など）はホルモンという調整員を派遣して，からだの中を調整しています。

それぞれの細胞の中には，たくさんの複雑な化学反応が集約されていて，それらは極めて規則正しく維持管理運営されています。その制御をつかさどっているのが細胞の中心にある細胞の核（ＤＮＡ）なのです。細胞たちは，宿主である人間から一つひとつ指令を受けるまでもなく，毎日，同じことをくり返しながら、それぞれの細胞自身に与えられた機能役割をきちんと果たしています。また，それぞれの細胞には，それぞれの寿命があるのです。そして，何といってもからだの総指令本部は脳です。



細胞にはそれぞれに寿命がある

組織は細胞の集合体であり，組織が集まって肝臓や腎臓といった器官が形成されています。さまざまな役割をそれぞれに果たしている細胞も「生きもの」ですから，当然寿命があります。いっぱんに，私たちのからだは，2 年もたつと脳神経細胞と心臓の筋肉細胞を除くほとんどの細胞が新しくなっているといわれます。動きまわる細胞の一つである白血球は約 2 週間，赤血球は約 3 か月の寿命であることが知られています。また，肝臓の細胞の寿命は約 55 日，平均 1 日半の寿命しかない腸の細胞のようなものもあります。

細胞たちのほとんどは，自分とまったく同一の細胞をつくり出せる完璧な設計図を持っていて，独自の寿命て世代を交替していきます。もしも，細胞たちがこの分裂・増殖能を永遠に持ち続けることができるとしたら，人の命の灯火（ともしび）も永遠に消えることはないことになりますが，残念ながらそうはいかないのです。人の細胞の補充・補修能には限りがありますし，また心臓の筋肉細胞や脳神経細胞のように，人間の生涯を通じて，減っていくだけで，まったく細胞の補充をしないものもあります。それゆえに，人は老いるのです。老人の病気の回復が遅いのもそのためなのです。

このように，人間のからだは細胞が新陳代謝をしながら，しかも細胞の種類と数が維持されるようにできているのです。何かの原因でからだの細胞の一部がこわされると，欠落した細胞数を補い，修復していくことのできるしくみをもっているのが私たちのからだなのです。

細胞の寿命―修復のきかない二っの細胞群―

上述のとおり，私たちのからだで重要なはたらきをしている細胞群のうち，脳神経細胞と心臓の筋肉細胞は複製（再生）をしません。脳神経細胞と心臓の筋肉細胞は，生まれたときの数が最大で，それ以上にふえることがありません。もちろん，個々の細胞はからだの成長にともなって大きくなり，機能も増大しますが，数は減っていく一方です。これらの細胞は酸素が不足したり，栄養分がたりないなどの理由で死んでしまうと，ほかの細胞のように修復することができないため，減った細胞を補うことはできません。

からだの中で，とくに大事な脳神経と心臓の筋肉を構成している細胞は，増殖しないわけですから，これらの細胞は死なないために絶えずフレッシュな酸素とエネルギーを必要としています。たとえば，数分の間，心臓が止まり，血液を全身に送り出すことを休んでしまうと，赤血球は新しい酸素を脳に運ぶことができなくなり，それだけのことで脳神経細胞は死んでしまいます。からだの中の細胞たちに酸素を届け，廃棄物の炭酸ガスを持ち返ってくれる「酸素の宅配便屋さん」は赤血球です。脳内出血などによって半身が不自由になったりするのは，部分的に脳内への血液の輸送にトラブルが起きて，一部の脳神経細胞が死んでしまうからなのです。運動機能はバイパス（予備）の神経を使って新たに訓練をすることもできますから，ある程度は回復することもありますが，脳神経細胞が直接行っている思考であるとか言語であるとかの人間らしさとしての能力などは，現在「今」の状態がベストということになるのです。今，機能し得る脳神経細胞全部をフル回転させて（実際にはそんな人はいませんが），人間としての英知を最高に引き出して活動している人がいたとしたら，今がベストであってこれ以上の能力開発は，期待できないということになりましょうか……。

今の機能を低下させないためには，絶えず脳神経細胞に酸素と栄養分を送りこみ，上手に使って，この細胞たちがはたらき続けられるようにしておく必要があります。

肝臓は文句を言わない臓器

からだの中で，たった一つ，異変や苦しみを人間に伝えない臓器があります。沈黙の臓器といわれている肝臓がそれです。肝臓は放射線には比較的強い臓器ですが，からだにとづて，お酒や薬など，もともとがらだに存在していない物を異物，すなわち毒物として認識し，これら毒物の解毒を一手に引き受けています。この論法からすれば，薬もそれ自体はもちろん毒物ということになります。薬を飲むのは，毒をもって毒を制することにほかなりません。しかし，この毒物（薬）の解毒作用を受けもっている肝臓にとっては，たいへんな負担になることはいうまでもありません。化学

工場である肝臓は，自分自身の細胞が薬などで一部破壊＊されても，それを補修することができます。この能力の限界内で，肝臓の細胞はいっもさまざまな難問を解決し，からだの中の環境が維持されているのです。次のような興味深いはなしがあります。肝臓学会のデータによると，日本酒を毎日 4 合以上 15 年間以上飲み続けると，すべての人が肝硬変になるということです。肝硬変になると，自分の手で触れてもよくわかるほど，肝臓がかたくなります。

＊肝臓の検査で，ＧＯＴ，ＧＰＴ，γ（ガンマ）－ＧＰＴなどの値を調べる項目があります。これらは，細胞中にある酵素です。細胞がこわされると，これらの酵素もいっしょに血液中に流出してきます。ですから，肝臓の細胞がたくさん破壊されると，γ-ＧＰＴの値も大きくなります。

話が少し脱線いたしますが，おちょうし 1 本の日本酒（ビールなら大びん 1 本）に含まれるアルコールを肝臓が処理する時間は，およそ 3 時間といわれています。3 本飲めば，9 時間の処理時間が必要です。私たちがお酒を飲んで気もちよく眠っているあいだじゅう，肝臓はせっせとアルコールを分解するためにはたらき続けていることになり，休憩時間を与えてもらえない肝臓の細胞たちは，さぞかし疲労が大きいことでしょう。たまには肝臓の細胞にも気くばりをして，休憩時間を与えることが必要です。

人間の臓器の中で，文句を言わない唯一の臓器，それが肝臓です。それゆえに，肝臓の機能障害の発見は，どうしても遅れがちになります。ところが，肝臓障害を治す薬は理論的にはないのです。先ほども述べたように，薬は生体にとって異物・毒物なのです。生体が必要とするものやその原料となる素材ならば，からだにとって必要な栄養素でありエネルギー源であるわけです。しかし，薬はもともと生体にあるべきものとは違う物質ですから，これを飲めば，からだは異物であり毒物である薬を代謝解毒するために，肝臓をはたらかせなければならないことになり，肝臓の細胞たちに，休息や栄養を与えて，修復機能の増大（回復）を期待することはむずかしいことになります。

肝臓はこの毒物をできるだけ早く処理して，ふん便あるいは尿といっしょに体外へ出そうとします。肝臓がしっかりはたらいていないと，異物を排泄できないことになります。ですから，異物処理工場である肝臓がこわれれば，もう薬という異物を飲むことはできません。この原理で，原則的に肝臓の病気に効く薬はないということになります。こうなると，安静にして栄養のあるものを食べて寝ているしかないのです。“食事にまさる良薬なし”ということです。

健康とは?病気とは?

人間は外なることにはさまざな関心をもっていますし，それなりに知識も豊富です。ところが，自分自身のからだのしくみや，健康ということについて，あまりにも知らないことの多いのに気がつくときがあります。そして，からだに異変を感じて，はじめて自分が生きている細胞集団の主であることを思い知る人が多いのです。日頃は，あまり存在意義が感じられない小指でも，ひとたびけがをすると，何やら日常の動作に支障を来たして，不自由を感じると同時に，そこに小指のあったことを改めて認識するといった具合です。

病気に至ってはなおのことで，日頃，健康や体力（行動体力）を自負している人ほど，　この傾向が強いようです。

それではいったい，「健康」とはどのようなことなのでしょうか。それより，「病気とは何か」と考えたほうが，答えを出しやすいと思います。事典などをみますと，「病気とは健康からの脱落だ」と書いてあるものがあります。

私たちの「死」は，事故による大量出血などの突然死を除けば，必ず「病気」という段階を経ておとずれます。通常，私たちのからだには，病気からからだを守るさまざまな防衛機構があり，つね日頃は，この防衛機構にしっかりと守られて健康が維持されています。防衛機構の担い手は，もちろん個々の細胞です。したがって，防衛機構がしっかりガードしているときは，人間は簡単に病気になることはありません。

たとえば，呼吸により肺に送り込まれる空気も，決してきれいなものばかりではありません。空気の通る道筋には，鼻腔（びくう），喉頭（こうとう），咽頭（いんとう），気管などがあり，これらは肺とともに呼吸器（系）といわれて，消化器（口から肛門まで）と同様，生体が外界と接している部分の一つで，いつ生体にとって有害な異物が飛び込んでくるかわからないところです。そのため，咽頭（のどの入口）には，まず

扁桃という防衛組織があって，空気中の細菌などを見張っています。まずここで，おおかたの細菌や異物などは捕まえられるでしょう。小さい頃，よく扁桃腺をはらせたおぼえのある方もいらっしゃると思います。見張り役がしっかりはたらいている証拠です。万一，細菌や異物がこの関門を通過してしまった場合は，気管の内側に絶えず分泌されている粘液に絡み取られ，気管の内側にある繊毛（せんもう）とよばれるあたかもビロウドのハケのような細胞たちによって徐々に押し上げられて口の中へタンとして送り出してしまいます。それでもしぶとく肺に到達しようとする細菌や異物は，肺の入口にがんばっているリンパや肺にある防衛細胞に食べられてしまうなど，生体の防衛機構は，幾重にも準備されていて，そのしくみにはおどろくばかリです。

しかし，ここに，生体内防衛機構を低下させるような極度の肉体的疲労や精神的ストレスがあったり，あるいは血液中の白血球（血液中に侵入した細菌などをやっつけるはたらきをします）が減少していたリすると，また，睡眠中などもからだの防衛機構は手薄になリます。このような状態は，からだが病気の原因を受け入れやすく，いいかえれば，からだが病気を受け入れる準備状態にあるといえます。このようなとき，防衛が千薄なところに病原菌がやってくれば，たやすくからだの中に入っていくことができるでしょう。そのよい例がうたた寝をするとかぜをひくということです。

なぜ，かぜは万病のもとなのか

私たちのからだの細胞は，1 個の細胞がその細胞の生涯に 1 個，自分とまったく同じ細胞をつくることができます。この細胞再生あるいは細胞新生，細胞のリニューアルといったほうがぴったりなのかもしれませんが，これは四六時中いつでもできるわけではなく，御主人であるからだが休養して，細胞たちにも休憩できるような時間帯がおとずれると，そのときに，はじめてリニューアルが行われます。正常な細胞は，はたらきながらの細胞のリニューアルはできません。

私たちがお風呂に入って体温が上昇すると，循環もよくなり，何となくくつろぎたくなったり，眠くなったりします。このようなときは，のどの細胞たちも，さあ休憩時間になったとばかりに，はたらき（防衛機能）をやめ，身づくろいをはじめます。湯上がりに，うとうとと気もちよくうたた寝をしている状態は，細菌や異物に対して，入口の防備が甘いということになります。こんなとき，のどもとにウイルスがとりついて，細胞から血液へと入り込んで全身を回りはじめると，ウイルス性感冒となります。そうでなくても，のどの細胞に異物がはりついて炎症を起こせば，「のどかぜ」ということになります。

うたた寝をしなくても，空気が乾燥したり気温が低いときには，口腔（こうくう）の細胞たちの表面の温度がうばわれ，そのとき細胞表面の水分もいっしょにとられてしまうため，細胞がはたらけなくなり，やはり，かぜの症状を起こす原因となります。

このように，病気は，原因はさまざまでも，生体側の受け入れ方によっては，同じような症状が起こってくるのです。

① 準備状態，すなわち，不摂生などによる疲労の蓄積，睡眠不足，栄養バランス欠如などがあるとき，そして，

② 誘因，すなわち，生体の防衛機構が手薄になる睡眠中であるとか，高温や乾燥など，環境が生体にとって好ましくない状態にあるとき，そして，

③ そこにストレスや細菌感染等の原因があるときに発病するのだと考えられます。

病気の原因となるものが，

からだの中(血液の中)に入り込む入口として,のどは一番入りやすいところなのです。ですからかぜをひくと,いろいろな病気の原因がここからからだに侵入してくることになり「かぜは万病のもと」ということになるのです。

健康の考え方

人が死ぬということは,原因が薬であれ,細菌であれ,放射線であれ,結果は同じです。原因と病気の発現との間には複雑な過程がありますが,いずれの場合も,個々の細胞の内部状態の変化が,その根源であることに変わりありません。それぞれの細胞には絶対不変ではありませんが,一種の規律があります。細胞は個人主義者であるくせに,細胞どうしが共同して,より高度な生命形態をつくり上げているわけで,これらの足並みは,どの段階でも厳重な管理の下におかれています。しかし,たくさんの細胞がこわれたり,変化したりして,これらのしくみに大きな狂いが生じてくると,からだに異変をきたすことになるのです。

細胞の中で,はじめに生じる小さな分子レベルの変化がそのまま増幅されて生化学的な変化(この段階は血液検査などでわかります)に誘導されることがあります。「防衛体力」という名で表現される力,すなわち防衛能力や修復能力が正常活発であれば,この生化学的変化は,次の段階に進展悪化する前にくい止められてしまいます。

抗生物質を長く飲み続けると若干の肝臓の細胞がこわれていきますが,服用をやめれば細胞は修復されていきます。しかし,それにも限度があります。人間の回復力は,あたかも大雪でしなった竹のようなものだと考えてよいと思います。あまりたくさんの雪が一度に積もれば竹は折れてしまいますし,折れるほどではない雪でも,量が多く長い期間姿勢を立て直すチャンスのないまま不自然な状態におかれれば,やはり,竹は正常にもどりにくくなってしまいます。ですから,お酒を飲む方は,たまには休肝日をつくり,肝臓に態勢の立て直しをする時間としての休養を与えてやらなければならないわけです。このように,正常な細胞であっても,物理的,生理的,化学的に受け入れられる可能な量や限界があることを認識しなければなりません。

病気には,数えきれないほどに種類があります。その成因もさまざまで,単に原因がそこに存在しているだけで病気になるのではなく,病気に至るには,いま述べたようないくつかの条件があるのです。

複雑なはたらきをする人間のからだも,もとはといえば細胞と細胞間質からできていて,もちろん防衛隊もこれらの細胞組織です。

健康であることの一つには,自分自身のこれらの細胞の世代交替がスムーズに行われていくような環境と時間を細胞たちに与えているかどうかにあります。健康からの脱落を体験して,その後の検査の値の変動が絶えず気がかりな方々も,まずは自分の細胞たちが元気に活躍しやすいように,自らの生活のリズムを整えることが肝要です。それには,適切な栄養の摂取と,適度な睡眠と運動,そして意欲をもってものごとに接することが健康の根源となります。

このように考えてくると,「健康」とは,病気がまったくない桃源郷に住むような「状態」ではなく,人間のからだが,与えられた環境のなかで,いかに無駄なく反応適応し,さまざまな出会いを処理していく機能を発揮できるかという「能力」であるといえるようです。

私たちが生活している環境は,たえず変わっていくものです。したがって,「健康とは」と問われたら,それは,私たちのからだが,つねにおそいかかってくる数限りない細菌・ウイルス・化学的毒物・物理的刺激,そのほか,からだにとって細胞たちがまだ十分に学習していない難題などなどに対処する連続作業が,どのくらい円滑にやれるかということになります。そして,からだの恒常性(ホメオスタシス;たとえば体温が一定に保たれるなど)が担保されることなのです。

私たちのからだが,時々刻々とおそいかかってくる限りない外敵や難題に適応するための連続作業を行っていることや,また,環境の変化にもよく適応している事実を,私たち人間は,ほとんど忘れているか,気がついていないのではないでしょうか。

くどいようですが,十分な休養と適切な栄養の摂取,ほどよい運動,そして人間にとって,もっとも大切なことは,人間が精神神経支配の動物であることを認識することです。小さなことに「くよくよ,いらいら」してストレスをためると胃潰瘍になったりする例はよく知られている通りで,心(精神)をかろやかに,明るく勇気と希望をもって意欲的に時を過ごしていくことが,長生きの秘けつといえそうです。

人間が,自分自身に贈ることのできる最高の贈り物,それは“健康'なのです。

人と放射線

大量の放射線を受けると,人間はどうして死ぬので

しょうか。

以前，ある国の核実験の後に降った雨の放射能が 1 リットルあたりで 10^{-2} マイクロキュリー（1 ミリリットル当たり 0.37 ベクレルくらい）という報道がされたことがありました。この雨よりもっと高い濃度の放射性物質（ラジウム温泉で 1 ミリリットル当たり 37 ベクレルくらい）が溶けている温泉に入浴したり，毎日その温泉のお湯を飲んだりしながら暮らしている人々もいます。放射能の高い地域に住んで，何代にもわたって温泉宿を営んでいる人々もおられます。これらの人々は現在，何ら健康上の支障もなく元気に暮らしていらっしゃいます。最新の医学の総力をつくしても，この方たちのからだに，現在，何ひとつとして放射線との因果関係のある影響は見い出されていません。ふつうの水でも，たくさん飲みすぎると病気になることがあります。同じことで，放射線も量とその受ける状態が異常でないかぎり，それほど神経質に毛嫌いするようなものではないと思います。

第 1 章で，人間のからだの中にもたくさんの放射性物質があることを述べました。そして，私たちの環境の中にもたくさんの放射線があり，人類は太古の昔から，まったく放射線のないときを体験したこともなく，また，まったく放射線のない自然環境をつくることはできないのです。

ここでは，どのくらいの量の放射線を受けると，からだにどんな影響があるのか，放射線の量やその対応のしかたによって現れる放射線の影響について述べます。

放射線と骨髄

私たちの生命維持のうえで重要なはたらきをしているものの一つに，造血臓器（骨髄にあります。）というものがあります。人間は 6000～7000 ミリシーベルトの放射線を 1 回に全身に受けると，造血臓器，すなわち骨髄の細胞がやられて，30 日以内に死ぬことになります。

私たちのからだの骨の中心部分を骨髄とよんでいますが，ここには，赤血球や白血球のもとになる細胞が保管されています。ひとたび，バイキンがからだの中，すなわち血液中に入ると，血液中の白血球たちがバイキンと戦いますが同時に骨髄に「血液中に白血球をたくさん送り出して，バイキンをやっつけろ。」という指令が出されます。この指令を受けて，骨髄の中では大急ぎで幹細胞という細胞を原材料にして白血球がどんどんつくられ，血液中に送り出されます。ですから，細菌感染の疑いや炎症があるときには，血液検査をすると「ああ，白血球が 2 万を超えていますね。盲腸でしょう。」などとお医者さまに言われるわけなのです。いっぱんに血液中に白血球が増えるということは，生体の防衛反応が進行しているということで，そのこと自体はべつに悪いことではないのです。白血球がバイキンと戦っているわけです。

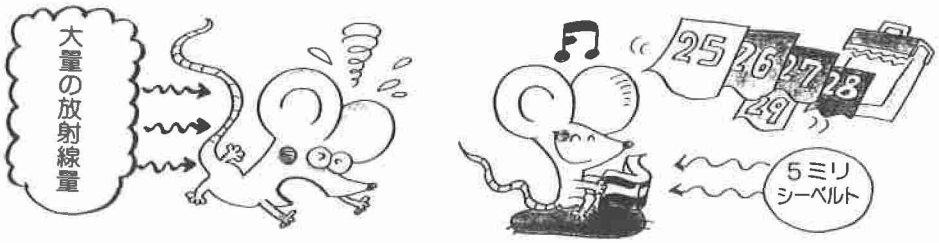
このように骨髄でつくられる白血球や赤血球は自分の役目を果たしながら，先に述べたように，比較的短い時間のうちに一生を終わり，新しい細胞に替わって，そのはたらきが継続維持されます。

6000～7000 ミリシーベルトの全身照射では，骨髄細胞が役割を果たさなくなるため，赤血球や白血球の供給ができなくなることになり，これが原因で，さまざまな影響が付随して生じ，死がおとずれるのです。

死の直接の原因

—大量の放射線と死—

では，数万ミリシーベルトから 10 万ミリシーベルトぐらいの放射線量を一度に受けると、人間はどう



なるのでしょうか。骨髄細胞の損傷にもとづく，さまざまな病状を呈するのは当然ですが，「死」の直接的な原因となるのは造血臓器の障害ではないのです。この程度の放射線量になると，消化管の中にある細胞が死んだりはたらけなくなったりして，腸の細胞の防衛機能が低下したり，失われたりします。このために，ここから，細菌や異物がからだの中に入り込んで病気を誘発したり，からだの中の栄養分が防護壁となる細胞が正常にはたらかないため，逆に外に抜けていったりする結果，感染症を起こしたり，栄養がかく乱されたりして死に至るのです。

広島・長崎に投下された原子爆弾による放射線被爆によって，不幸にも赤痢やチフスのような症状を起こして亡くなられた方々の大半は，腸の粘膜上皮細胞という細胞が死んでしまうことによって引き起こされた二次的症状によるものといわれています。小腸の上皮細胞は，からだの中にありながら外界と接しているところでもあります。この上皮細胞は，必要なものをからだの中に取り込み，不用なものがからだの中に入っていかないようにする防衛最前線のはたらきもする細胞たちで，そのはたらきは，たいへん重要かつ多忙であり，一日半ぐらいの寿命で新しい細胞と入れ替わっているといわれています。

さらに 100 万ミリシーベルトぐらいの放射線を 1 回に全身に当てると，人間は，やはり 1 週間くらいのうちに 100%死にます。100 万ミリシーベルトなどという膨大な放射線量は，私たちの環境には存在しませんが，このような場合，脳にある生命維持をつかさどっている中枢神経がやられて，人は死ぬことになります。もちろん造血機能や消化管への影響も大きいのですが，「死」への直接の引き金を引くのが自律神経のかく乱です。

自律神経というのは，私たち自身の意志とは無関係に生命活動の指令を出しているところです。普段，呼吸をしようと思って息をしているわけでもなく，肺を動かそうと思って動かしているわけでもないのに，肺が自動的にはたらいているのは，すべて自律神経がいろいろな命令の信号を出しているからです。また，植物にも動物の自律神経に似たはたらきをするところがあるので，人間のこれらの中枢機能を植物機能とよんだりしています。植物も，100 万ミリシーベルトくらいの放射線量を受けると，そこがかく乱され，枯れることが知られています。

このように，放射線を当てる強さによって，死の原因も異なってくるわけです。いいかえれば，からだを構成している細胞たちにも，放射線に弱いものや強いものがあるということで，いっぱんに，よくはたらき，細胞の再生頻度の大きい細胞が放射線の影響を受けやすいといわれています。

ところで，人間は 6000～7000 ミリシーベルトの放射線を一度に全身に受けると，30 日以内に 100%死ぬといいました。これは，ラットやマウスのような哺乳動物でも同様であることがわかっています。

しかし，放射線の量と致死効果についてこういう事実のあることもわかっています。1 回に照射すれば 100%死ぬ量を 10 回に分けて照射してみると，つまり，1 日に 600 ミリシーベルトずつ 10 日，すなわち 600×10=6000 ミリシーベルトでは，致死率は高いのですが，死なない動物も出てきます。動物に 5000 ミリシーベルトを 1 日に 1 回 2 日間照射すると，5000×2=10000 ミリシーベルトで動物は当然 100%死にますが，1 日に 1000 ミリシーベルトずつ照射して 100%の動物が死ぬには，約 15 日，すなわち 1000x15=15000 ミリシーベルトの照射が必要です。

それでは，100 ミリシーベルトずつ，1 年間 365 日毎日照射したらどうなるでしょうか。100×365=36500 ミリシーベルトという量です。まれに死ぬ動物があるくらいです。さらに 5 ミリシーベルトずつ，生まれてから死ぬまでの長期間放射線を受けても何ら影響がないことがわかっています。すなわち 5 ミリシーベルトの放射線をずっと死ぬまで照射し続けても，放射線を受けなかった人より寿命が短くなるなどということはないのです。むしろ寿命が長くなったという実験報告すらあります。

ちなみに，法律で規制している事業所境界（一般公衆）の 1 年間の線量の限度（年線量当量限度）は 1 ミリシーベルトになっています。放射線に対する法規制がいかに厳しいか，おわかりいただけると思います。私たちのからだの細胞は，平均して 1 秒間に 5000 万

個が死に，それらに代わる新しい 5000 万個の細胞が同様に誕生しているのですから，細胞内のさまざまな出来事の多く．は，この生まれ変わりの中で消去されていくと考えることもできます。これこそ，私たちのからだの細胞たちに，受け入れ可能な物理的，化学的，生理的条件があることを明確に物語っている例といえましょう。

放射線の感じ方

―放射線の受け方のちがいと効果―

放射線だけによって起こるという病気は，一つもありません。大量の放射線を一度に受ければ，先に述べたとおり，人間は死にます。放射線によってもたらされた影響を消去・修復できないほどの量であるからです。このようなことは，ほかにもいろいろあります。たとえば，40℃前後の水は入浴に適していて，私たちは疲れをいやすために好んで入浴します。しかし，この水が 100℃という熱をもった状態にあるとき，すなわち 100℃の熱湯を一度に全身に受ければ，たぶん，人間は生きてはいられないでしょう。たとえ命が助かったとしても，高温で変性破壊され，死んでしまった皮ふの細胞の修復は望めません。人体に必須の食塩も，一度に 2709 を摂取すれば人間は死んでしまいます。なにごとも「量」が問題なのです。人間は，7000 ミリシーベルトの放射線では死にますが，250 ミリシーベルトを 1 回受けたあと，からだのどこを検査しても異常を見つけることができないということもよく知られている事実です。

ガンとは

―少しの放射線を受けてもガンになるのか―

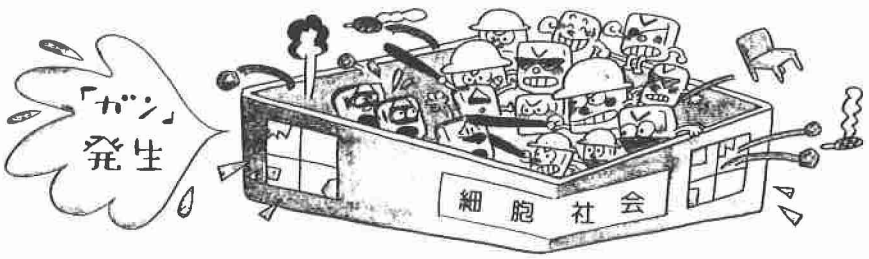
からだの細胞たちは，それぞれの属しているグループ（組織など）の規則と調節にしたがって行動しています。しかし，本来個々の細胞は，個人主義のままであったり，あるいは，ときとして乱暴をはたらいて規則を破ったりする無法者になったりする場合があります。「ガン」とは，細胞社会の中で非行化した細胞集団によって，集団暴力が人体に押しつけられる結果といえましょう。ガン細胞は反社会的な行動を起こしてはいるものの，もとはといえば私たちの自分自身の細胞なのです。

「ガン」を理解するためには，もう少し詳しく細胞について述べる必要があります。からだの中の細胞たちは，どこから栄養や酸素など必要なものをもらうのでしょうか。それは血液からもらうのです。私たちのからだの細胞は 1 秒間に平均 5000 万個もこわれて新しい細胞が生まれているわけですが，この新生細胞の原材料も肝臓が調製して血液の中に溶かして送り出してくる栄養源からまかなわれることになります。

100 万種類もある細胞たちは，みなそれぞれにはたらきが異なります。当然各種の細胞が必要とするものの量も種類も異なります。血液の中には，細胞が必要どするすべての原材料が流れています。細胞は，その中から必要なものだけを取り込む機構を細胞の膜にもっています。理解しやすいように，血液が水に溶ける形にしたものを運んでくると考えてみましょう。一方，細胞は自身の内部の状態を正常に保づために，膜に，第一の防護機能をもっています。細胞の膜は，脂（アブラ）の膜（脂溶性）でできています。細胞の膜が水を通す性質だと，血液が自由に出入りすることになり，何でもかんでも血液の中に，ものが入り込んできてしまいます。お風呂に入っても，お湯がからだの中にはいってこないのは，細胞の膜がアブラでできているからなのです。脂溶性の膜は，それぞれの細胞独自に必要なものを取り入れるための取り入れ口をタンパク質などでつくり，ここを通して，必要なものだけ必要量細胞の中に取り込むようなしかけになっています。

正常な細胞の仕事

細胞の中には，その細胞が生きていくのに必要最小限のすべての道具が整備されています。必要なものを作る工場もあれば，倉庫もあります。また，細胞がいっしょうけんめいはたらいて，もうはたらけなくなったときは，自分自身を溶かして，静脈血に流してしまいますが，そのときにはたらく 10 種類あまりの酵素を入れた袋までが用意されています。そして，



これらに指令を出すところは細胞の中心にある細胞の核なのです。

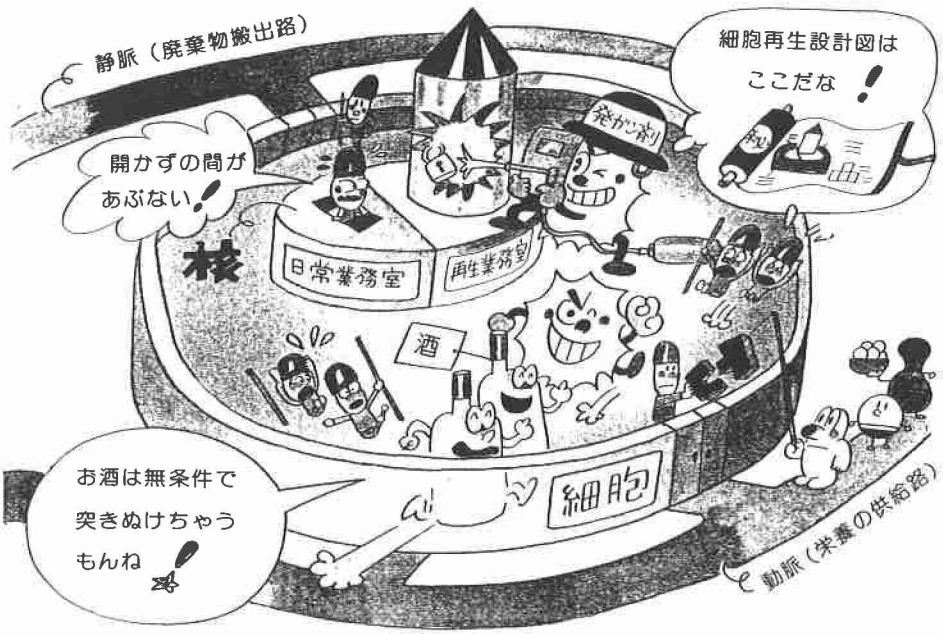
細胞の核は，その細胞の指令室にあたります。核のもつはたらきを考えるとき，核が二つの部屋に分かれていると考えると理解しやすくなります。一つの部屋は，その細胞本来の機能を指示し，指令書を発行しているところで，からだがはたらいているときに活動しています。もう一つの部屋は，ふだんは厳重に，しかも幾重にも「かぎ」がかけられています。いわば開かずの間であり，部屋の中には，この細胞と同一のものをつくり上げることのできる完璧な設計図が一枚大切にしまわれている……と思ってください。この開かずの間を開けるかぎは，いったいどこにあるのでしょっか。

1 個の細胞がいっしょうけんめいにはたらいてその役割を終わり，自分自身を溶かしてきれいに掃除していったあとに，1 個のかぎ(情報)が残ると考えましょう。更地になったそのまわつにある細胞の中の一つに，このかぎ(情報)が渡されますと，そのかぎを受けとった細胞は，まず自分の細胞内にリニューアル(再生)するのに必要なものを十分に蓄え，ものの出入りを止め，細胞の中の環境を整えたうえで，仕事の「のれん」を下ろして休業し，それからそのかぎで，1 段階ごとに一分のすきもなく正確に厳密に順々にかぎを開けていき，とびらを開いて，再生の設計図を取り出し，それにしたがって，自分とまったく同じ細胞を 1 個，更地になった場所に作りあげるのです。これが規則正しく，ずっと守られているからこそ，昨日のあなたが変わりなく今日のあなたでいられるのです。

ガン細胞が仲間をふやすとき

ガン細胞というのは，このとびらが，規律を無視してかぎもないのに開かれてしまった細胞のことをいいます。通常私たちのからだには，いくつものガン細胞があるといわれています。でも，「ガン」という病気にはかかっていません。それは，1 個のガン細胞ができても，まわりをしっかりとした正常細胞や細胞間質が取り囲み固めているうちは，増殖したくてもすき間がありませんし，また，ガン細胞は「異種細胞」として正常細胞に認識され，淘汰されてしまいます。そしてその後に正常押胞が再生され，何事もなくやっていくことができます。これが現在の健康なあなたのからだなのです。

ふつうは，細胞の再生は概してなめらかに運んでいて，これは，からだの制御機構)がうまくはたらいている証拠です。しかし，細胞たちへの配慮がたりなくて，細胞の再生がきちんと行われていない状態が続くと，劣化したぜい弱な細胞が増えてきます。こういう環境の中に暴れん坊暴走族の細胞が 1 個誕生すると，まわりの細胞には防御機構がありませんし，もろくなっていますから，それらの細胞を壊して自分の仲間をふやしていけることになります。そしてある程度のガン細胞の集団ができあがってしまうと，ダムの決壊と同じで，もう正常細胞がいくらやっつけようとしても手遅れになります。この状態が「発ガン」です。1 個や 2 個のガン細胞があることがガンという病気なのではなくて，「細胞の増殖を許してしまうような状態」ができていることがガンという病気を誘発することになるのです。



それでは，いったい何が規律を無視して細胞の再生能のとびらを開けるのでしょうか。第一に考えられることは，細胞の中に入っていって，脂溶性のとびらのかぎをこわしたり，溶かしてしまったりするものがあるということです。それは「発ガン剤」とよばれている化学物質たちで，全部脂溶性の化合物です。この化合物は，細胞が細胞内環境の保全のためにもっている，ものの取り込みに対する機能を無視して，脂(アブラ)に溶ける性質を

もっていますから，血液中から脂溶性の細胞膜を平気で通りぬけて細胞の中に侵入してワルサをするのです。そういう意味では，お酒も脂溶性ですから，自由に細胞の中に入っていたずらをすることが知られています。大量の飲酒習慣のある御婦人から生まれるお子さんに，臓器の異常のある場合がたいへん多いことは事実なのです。

放射線と発ガン

放射線は，からだの中を通りぬけていくときに，からだをつくっている細胞（原子）に電離や励起を起こします。しかし，再生能のとびらのかぎは・たくさんの数えきれないほどの原子からできていますから，これをすべてこわすのにはよほどたくさんの放射線を当てないとこわれません。また，そんなにたくさんの放射線を当てたら，再生能のとびらのかぎもこわれますが，細胞の他の部分もこわれてしまって，結局細胞自身が死んでしまいます。とびらのかぎだけを放射線で上手にこわして開くことは，たいへんむずかしいといえます。

ストレスと発ガン

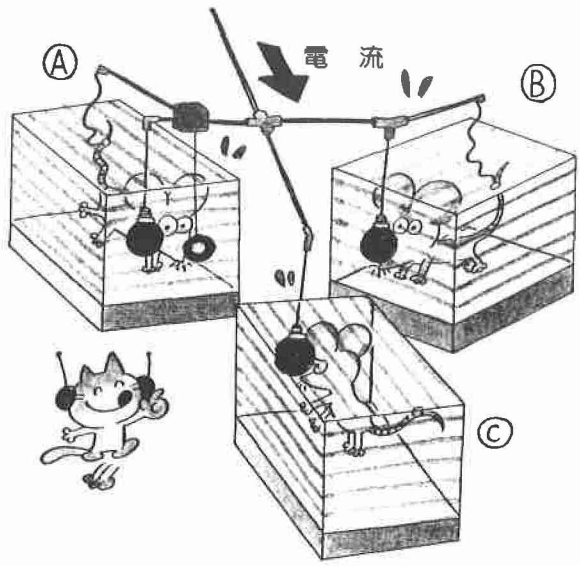
ガン細胞にその仲間をふやさせてしまうような状態は，不摂生や，暴飲暴食や徹夜など，いろいろなことで起こってきます。そして，ここ数年来，ストレスで発ガンすることが実証されました。「ネイチャー」という，世界でもっとも権威のある英国の学術雑誌に紹介された論文のあらましを，今様にマンガチックに紹介してみます。

三匹の案験用のネズミを用意して，一匹ずつ金網で作られた快適な飼育用のかごに入れます。ネズミには餌も水も十分に与えて，快適な生活ができる環境の部屋にお互いが見えるような位置に置きます。３匹のネズミをとりあえず，A，B，Cとします。

AとBのシッポには，コンセントからコードを引っぱって電極を取りつけます。スイッチをONにすれば当然電流が流れますので，ネズミはびっくりして，痛がってとびはねたり，食いついたり，大声を出して暴れます。電気のスイッチがONにされると，ネズミたちの頭上の赤ランプが同時に点灯します。さらにAだけに条件反射的記憶の学習をさせます。何を教えるかといいますと，Aのかごだけに上からひもが下がっていて，先端に大きなつり輪がついています。これは，自分のシッポにくる電気を切るスイッチで，１，２度電流を流して，Aの首をつまんで前足をスイッチの輪にかけさせて電流が切れることを教えると，すぐに覚えて，こんどは，赤ランプだけつけてもすぐに輪に前足をかけてスイッチを切るようになります。

Cはまったく何の処置も受けず，ただ快適な住まいで，自由に食べて，自由に寝られるうらやましい身分なのです。

そこで，この３匹のネズミのおなかに，他からもってきたガン細胞を同じ数ずつ注射器で注入します。これで実験の準備完了です。



本実験が始まった当初は，Bは電流のスイッチがONになると，とんだりはねたりわめいたりしていましたが，やがてもう動く元気も、声を出す元気もなくなって，やせおとろえてだめになってしまいます。おなかを開けてみると，軒を貸したガン細胞に母屋をのっとられ，ガン細胞が全身をわがもの顔に占拠しています。次にだめになるのが，なんとCなのです。電気刺激を受けないのに，赤ランプがつくと仲間がさわぐので，何か自分にも悪いことがあるのではないかと，いつもいつも緊張して暮らしていくうちに，食事ものどを通らず，眠るに眠れずで，細胞のリニューアル（再生）もうまくいかなくなってしまい，やはりガン細胞の増殖を許してしまうわけです。

Aは電気刺激を送っても，すぐにひもを引っぱって切ってしまい，あとは悠々自適，マイペースで暮らしていきます。調べてみると，なんと，A のガン細胞は，正常な細胞にやっつけられて，少なくなっていました。

人間は，精神神経支配の動物なのです。１個１個の細胞の運営は細胞内の核がつかさどっていますが，100兆個もの細胞の統括司令本部は，脳なのです。

脳は各臓器・器官に“緊張せよ”という司令と“緊張をゆるめよ”という司令の相反するはたらきを伝える２本で一組の神経によって手綱さばきをやっているわけです。

脳に愁い(ストレス)があると“緊張せよ”という神経の司令が続きます。寿命の短い消化器の細胞などは，３日も心配ごとをかかえられると，緊張のために再生することができず，細胞たちは，「痛い」という信号を発して現場の異変を知らせることになるのです。

“幽霊の正体見たり枯れお花”正しく知ろうともしないで，ただ「オバケ，こわいこわい」と思っている人々のほうがガンになりやすいのかもしれません。

いろいろな病気と放射線

―放射線のからだへの影響の考え方―

もう，よくおわかりかと思いますが，放射線のからだへの影響について考えてみますと，「これが放射線でしか起こらない病気です」といえるものは一つもないのです。たとえば・丁度に 250 ミリシーベルトぐらいの放射線の量を受けた人のからだの，どこを検査しても異常を見つけることはできない，ということも述べました。もちろん，これは私たち人類の英知をもって行う今日の臨床化学検査での結果です。また，1日に５ミリシーベルトぐらいの放射線を毎日一生涯照射し続けたときでも，寿命が短くなったという報告はないということも述べました。

要するに，放射線が病気を引き起こすかどうかを考えるときには，その量，放射線の種類，被ばくのしかた(一度にたくさん受けたか，少しずつ受けたか，からだのどこに受けたかなど)等々が正確に把握されていないと正確に判断することはできません。

からだに赤痢菌が入り込んでしまうと，「赤痢」という病気の症状が出てきます。また，Ｂ型肝炎ウイルス(ウイルスは生きものではあつません)とか，血清肝炎ウイルスとかいわれているウイルスをからだの中に取り込んでしまうと，Ｂ型肝炎という困った病気になります。これらの病気については，細菌やウイルスという原因と，それぞれの病気の発病との間には，明確な因果関係があります。放射線の場合は，このような因果関係とは少ししくみがちがうということも，もうわかっていただけたと思います。

再三くり返しますが，病気というものは，その原因となるものがそれぞれ異なっていても，生体のどの部分のどの機構にかかわり合いがあるかというちがいがあるだけで，結果である病気の症状に変わりはないのです。

たとえば，皮ふに大量の放射線を受ければ皮ふの潰瘍ができることがありますが，同じことが，細菌でも熱湯でも起こつ得るというわけです。ですから，「放射線によってしか起こらないというような特別な病気は一つもない」と言えるのです。

遺伝的な影響にしても同じことです。放射線は，私たちのからだをどんどん通りぬけていってしまいます。そういうときに，どこかの場所(原子)に何かちがった小さな変化を与えたとしても，それが個体の遺伝的影響として現れてくる確率は非常に小さく，ゼロに等しいのです。この確率は，何億とある遺伝子のうちの同じ遺伝子に変化のある人どうしが結婚して子供が生まれたとき，４人の子供のうち１人に変化が出るという確率論にもとづいている考え方なのです。

このようなことは，薬でも他のことがらでも同じです。そのために，薬には安全性のテストが義務づけられています。たとえば，「催奇型実験」というテストは，胎児をおなかに持つネズミに薬を与えて，生まれる子供の指の関節の数に影響がないかなど，胎児に影響が出てこないかどうかを調べるわけです。

100 万ミリシーベルトの放射線を一度に全身に受けると，生命維持機構を担っている自律神経がかく乱されて人は死ぬと述べました。お酒もこれと同じ状態で人を死に至らしめることがあります。急性アルコール中毒死という場合は，アルコールが人間の生命維持を担っている自律神経系を麻痺させてしまうことにより呼吸が止まり，死に至るのです。お酒の害は肝臓と決めつけてしまっている人が多いようです。たしかに肝臓は，毒物であるお酒を解毒してくれる唯一の化学工場ですから，一度に多量のお酒が体内に送りこまれたり，長期間にわたって絶え間なくお酒の侵襲にさらされていると，傷んでくるのは当然です。しかし，肝臓は「酔いの場」ではありません。飲んだお酒が，すぐに影響するからだの中の場所で，もっとも重要なところの一つは脳で。アルコールは脳の機能に対して「麻痺」か「抑制」しかしないのです。

人間の脳がトカゲの脳になるとき?

よくたとえられる例の引用で恐縮ですが，人間の脳は，一番上に人間の脳があり，その下に馬，さらにその下にトカゲの脳がある…と考えると理解しやすくなります。すなわち，】番上にある人間の脳といわれるところは，人間にしかない部分(大脳新皮質)で，知性

や良識など人間の精神創出をつかさどっているところです。私たちのストレスがたまるのもこの部分です。

お酒を飲むと，まず人間の脳→馬の脳→トカゲの脳の順に，脳機能が麻痺していきます。「今日はお酒を飲まない」という自覚や反省が，一杯のカンパイのビールで最初に麻痺してしまうのですから困ったものです。

酔いがすすみ，人間らしさをつかさどる脳機能がすっかり麻庫してしまいますと，人間も馬並みの行動思考となります。他人の足を踏んずけていながら，「すみません」はおろか，逆に蹴っ飛ばしたりすることにもなります。

このようになった人に，「苦言」を言ってもむだです。もう人ではなく馬になっているのも同然なのですから，「馬の耳に念仏」，「馬耳東風」となってしまいます。

さらにアルコールの血中濃度が高くなりますと，もはやトカゲの如き状態となり，こうなりますと，片腕を一本切り落されても痛くもかゆくもないというのですから恐ろしいことです。この時期には，体温の調節をしている中枢機能も低下しており，万一，寒い夜空の下の路上で眠りますと，翌朝は体温が地面と同じ温度になっていて，永遠に帰らぬ人にならないとも限りませんので，要注意です。

大量のお酒を一度に飲もうとしても，からだには嘔吐とか睡眠とかの防御機能があって，おいそれとはそんなことができないようになっていますが，もしも，他人が強引にあなたの口を開けておいて一升酒を一気に流し込んだとしたら，防御機能の作動する間もなく，脳全体の機能が麻痺してしまうことにもなりかねません。

トカゲの部分の脳には，人間の意志にかかわりなく，生命維持のために休みなくはたらいている機能があります。すべての細胞が気嫌よく生きていくのに必要な基本的共通要件ともいえるものには，つねに酸素が供給されること，体温が３６℃前後に保たれていることなどがあり，それらを一定にコントロールしている中枢がトカゲの部分の脳にあるのです。一気に侵入してきたアルコールで，ここが麻痺してしまい機能が停止すれば，100 万ミリシーベルトもの大線量の放射線を当てなくても，呼吸は停止してしまいます。

しかし，お酒は，ストレスの解消には手軽な良薬であることも事実です。それは，ストレスがたまる脳を一時的にせよ麻庫させることによって，愁いを忘れさせてくれるからです。ですが，それも限度もので，たくさん飲めば，それだけストレスが解消できるというものではありません。お酒は，使いようによっては侵略の武器にもなります。自分自身の手で，おのれをお酒に侵略されないように，お酒とは上手につきあいたいものです。

人間は百年は生きられる

生体が死ぬということは，その生体のいくつかの細胞や組織が，生きるために不可欠な仕事をとり行うことができなくなったことを反映した結果なのです。新しい細胞と取り替えることのできない神経細胞は，百年間は生き続けられるといわれています。したがって，からだの細胞たちの運営がうまくいけば，私たちは自分の頭で考え，自分の手足で行動して「人間は百年は生きられる」ということになりましょうか。

くり返しますが放射線だけでしか起こせないという病気など一つもありません。そして，原爆被災者や原子力発電所で働いている人々，そして放射線にかかわる仕事をしている子供さんに，放射線による遺伝的な影響のある子は一人も生まれていません。どんなものでも量をあやまったり，接し方をまちがえば，人間や人間社会に悪い影響を与えることになります。放射線の残した，たった 1 個の軌道電子の異変が，そのまま遺伝的影響につながると考えるには，あまりにも生体の防衛のしくみは緻密で、おどろくほど強力でもあるのです。

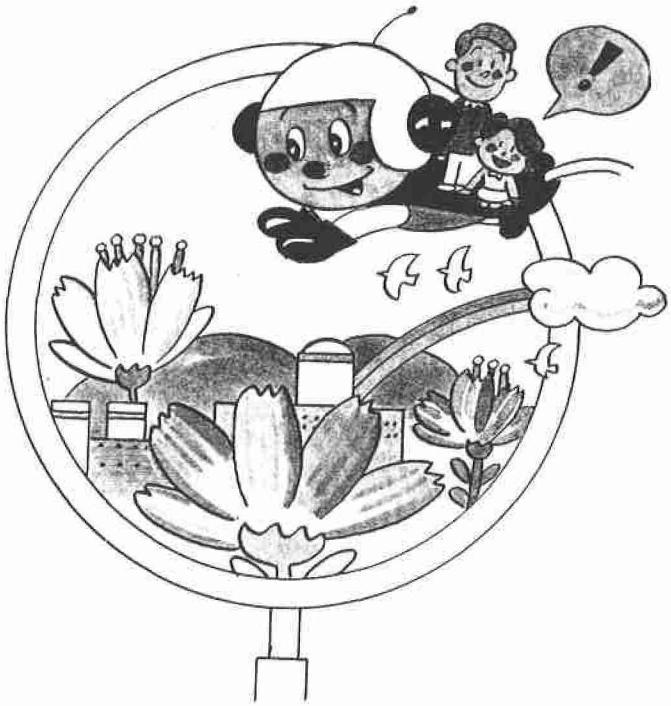
モノを見たらコトも見る

放射線は厳しすぎるほどの法規制の中できっちりと利用され，私たちの生活のさまざまなところで，役立っているのです。

「原子力」を「モノ」として見るのではなく，どういう「コト」なのかを知っていろいろな判断の基本

にして欲しいものです。放射線や原子力に対して，今，人々はあまりにも「モノを見てコトを見ず」になってしまってはいないでしょうか。いま，世の中には，取り扱いをあやまれば人のからだに悪い影響を及ぼすものはたくさんあります。法律で厳しく規制されている原子力や放射線については，それを取り扱う現場の専門家が一番「安全」には心くばりをしているのです。

なにごとにおいても，一つひとつの積み重ねの上に，深い相互の信頼が醸成されることを願ってやみません。



第４章　４．

高等学校における総合的な学習の時間について

東京都教育長指導部　主任指導主事　揚村洋一郎

はじめに

我が国は化石燃料に代表されるエネルギー資源が乏しいにもかかわらず、高度に発展した工業国として今日まで豊かな社会を築いてきた。今後も発展を継続させていく上で、エネルギーの安定確保を図るとともに、新しいエネルギーの開発・導入が求められている。また、地球温暖化や酸性雨、ゴミ問題など地球環境問題にも適切に対応するすることが求められ、エネルギー消費の在り方も問われている。

このような中でエネルギーや環境に対する社会の関心が一層高まるとともに、学校教育においても、エネルギーや環境に関する学習の重要性がますます高まっている。このことを反映し小・中学校、高等学校などにおいて、各教科・科目あるいは特別活動などで、身近な素材を教材とするなどしたエネルギーや環境に関する実践的な学習が従前にくらべ広く実施されるようになった。

総合的な学習の時間に関する基本的な考え方

1　創設の経緯

平成８年７月中央教育審議会第一次答申において「ゆとりの中で［生きる力］をはぐくむ」との方向性が示され、「一定のまとまった時間（総合的な学習の時間）を設けて横断的・総合的な指導を行うこと」が提言された。その後、平成１０年６月教育課程審議会答申において「今回の改善のねらいを効果的に実現するよう、各学校が創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開できるようにするとともに、横断的・総合的な学習や生徒の興味・関心等に基づく学習などを実施できるようにするため、新たに総合的な学習の時間を創設することが提言された。そして、平成１１年３月学校教育法施行規則の改正及び告示された高等学校学習指導要領により、総合的な学習の時間を各学校における教育課程上必置とすることが定められた。

2　趣旨（総則第１章第４款の１）

総合的な学習の時間においては、各学校は、地域や学校、生徒の実態等に応じて、横断的・総合的な学習や生徒の興味・関心等に基づく学習など創意工夫を生かした教育活動を行う。

3　ねらい

高等学校における総合的な学習の時間においては、次のようなねらいをもった指導が行われる。

（１）自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てる。

（２）学び方やものの考え方を身に付け、問題の解決や探究活動に主体的、創造的に取り組む態度を育て、自己の在り方生き方を考えることができるようにする。

（３）環境やエネルギーについての理解を深め環境を大切にする心を育成するとともに主体的に行動する実践的な能力を育てる。

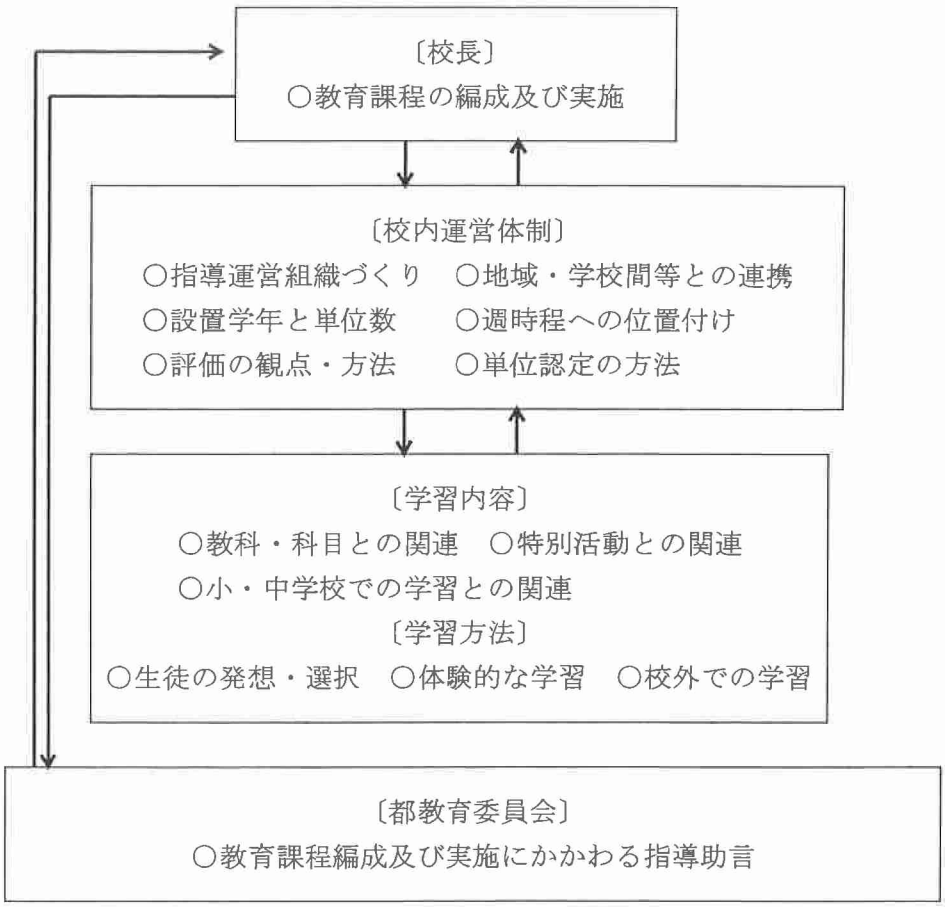
4　エネルギー・環境に関する学習活動

各学校においては、この時間のねらいを踏まえ、地域や学校の特色、生徒の特性等に応じ、例えば、次のような学習活動などを行う。

（1）エネルギー環境に関わる教科・科目において教科の枠にとらわれず横断的・総合的な課題についての学習活動

（2）エネルギー・環境学習を通して生徒が興味・関心、進路等に応じて設定した課題について、知識や技能の深化、総合化を図る学習活動

（3）エネルギー消費や環境保全など人間社会のよりよい環境の創造について自己の在り方生き方について考察する学習活動



高等学校における実施構造図

授業実施上で配慮する点

1　体験的な学習、問題解決的な学習の重視（高等学校学習指導要領解説総則編 P139）

単に一定の知識を教え込むのではなく、生徒が直接体験したり、問題解決に取り組んだりする学習を積極的に取り入れる。生徒の実態に即した内容になっているか。生徒の興

味・関心に合致した内容になっているか。学習のなかでその場で見取り適切な支援が行えるか等の点

に配慮する。

2　学習形態・指導体制

地域の教材や学習環境の積極的な活用などの工夫（高等学校学 習指導要領解説総則編 P139 ～ P140）グループ学習や個人研究など学習形態を工夫する。また、保護者をはじめ地域の専門家など外部の人々の協力を得るとともに地域の 公共図書館や博物館などの学習機関、様々な企業や工場、団体、自然環境、文化財、伝統的な行事や産業などを積極的に活用する。さらに、特定の教師が担当するのではなく、全教職員が一体となって指導するなど学校全体として取り組む。

3　評価（高等学校学習指導要領解説総則編 P143 ～ 144）

試験によって数値的に評価せず、活動や学習の過程、報告書や作品、発表や討論、生徒の自己評価や相互評価の活用などにより、学習に対する意欲や態度、思考力、判断力、表現力、活動の過程で進歩した点などを適切かつ総合的に評価する。

留意事項

1　「総合的な学習の時間」と、「教科・科目」（「学校設定教科・科目」を含む）、「特別活動」（「学校行事」、「進路指導」）、「課題研究」、「部活動」、「産業社会と人間」等との関連、類似点、相違点等については、『高等学校新学習指導要領に関する資料（平成１２年３月東京都教育庁指導部）』及び『東京都立高等学校教育課程編成基準・資料（平成１３年３月東京都教育委員会）』等を参照して、この時間の趣旨やねらいに沿って計画、実施することが望まれる。

2　実施の形態として特定の期間にまとめて行うことは可能であるが、学校の実情にあった年間計画の検討が必要で慎重な対応を要する。

3　エネルギーと環境をテーマとした「総合的な学習の時間」の実施体制としては、全教職員が「総合的な学習の時間」の趣旨やねらいを十分理解し、教科担任制にとらわれない全校体制の下に横断的な学習指導に取り組むようにする。

4　体験的な学習活動を実施するに当たっては、生徒の安全管理、保護者への周知徹底、外部機関との折衝を確実に行うこと等が求められる。

5　「総合的な学習の時間」の計画に当たっては、生徒の発達段階や小学校や中学校での学習活動や体験活動を踏まえ、より多様な活動内容となるよう工夫することが必要である。

6　地域での自然体験学習、伝統芸能や地場産業の体験、地域の公共施設の活用、保護者の協力による活動等、地域社会の人材、施設・設備を活用することにより、生徒の多様な学習の要望に応えることが必要である。

現状と課題及び今後の予定

1　現状と課題

（1）実施校数（平成１３年度）

全日制普通科１２校(8%)、全日制専門学科５校(10.4%)、定時制普通科１３校(21.6%)、

定時制専門学科８校(22.2%)

（２）実施校における成果

○学級間、学年間の壁が低くなり、教員同士の連携、異なるクラスとのホームルームとの連携が深まった。

○学期ごとに、生徒が自らを振り返ることができる。

○総合的な学習の時間を実施してから、授業への出席率が高くなった。

○同じようなテーマによる重複が避けられ学習内容が整理された。

○個に応じた指導形態が具現化された。

（３）課題

○評価方法について教員の理解が不十分である。

○教員主導型の授業形態に陥りやすく、教員間の連携も不足している。

○定時制における体験的活動実施や外部講師の獲得に困難がある。

○地域との関わりをつくることが難しい。

○３年間（４年間）を見通した計画が不足している。

○学習内容が盛りたくさんで生徒の意欲・発想・態度等生徒の発達段階に対応したものになっているか、適切な評価ができたか等検討が必要。

終わりに

総合的な学習の時間におけるエネルギーや環境に関する学習ではこれまでの各教科での学習とは異なり、各教科・科目が連携し総合的な視点に立った学習内容が必要である。この学習では、体系化された知識を習得させるのではなく、基礎的な内容を理解させるとともに体験的な学習を通して、エネルギーや環境に対する理解や関心を高めエネルギーや環境を大切にする心や実践的な態度を育てることが重要である。

第４章　５．

総合的な学習の時間の実施例

お茶の水女子大学附属中学校
佐々木　和枝

１　新しい教育課程

中学校では、平成１４年４月より、完全学校週５日制の新しい教育課程が実施される。それにもとづく学習指導要領も、戦後７回目の改訂版となる。

今回の改訂の大きな変更点は、各教科の内容が大幅（３割）に厳選されたことと、「総合的な学習の時間」が新しく導入されたことである。

学習指導要領＜総則＞の教育課程編成の一般方針では、「学校の教育活動を進めるに当たっては、各学校において、生徒に生きる力をはぐくむことを目指し、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する中で、自ら学び自ら考える力の育成を図るとともに、基礎的・基本的な内容の確実な定着を測り、個性を生かす教育の充実に努めなければならない。」としている。内容の厳選と「総合的な学習の時間」の新設は、この方針に基づいてなされたものである。

２　総合的な学習の時間

各教科の学習と異なり、「総合的な学習の時間」には学習内容が示されていない。中学校の「総合的な学習の時間」について示されているのは次のような点だけである。

(1)　ねらい

①　自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育てること。

②　学び方やものの考え方を身に付け、問題の解決や探究活動に主体的、創造的に取り組む態度を育て、自己の生き方を考えることができるようにすること。

(2) 扱う学習活動

(1)のねらいを踏まえて、例えば次のような課題について、学校の実態に応じた学習活動を扱う。

①　国際理解、情報、環境、福祉・健康などの横断的・総合的な課題

②　生徒の興味・関心に基づく課題

③　地域や学校の特色に応じた課題

(3)　授業時数

第１学年　　７０～１００時間
第２学年　　７０～１０５時間
第３学年　　７０～１３０時間　　の間で、各学校が適切に定める。

(4)　配慮する事項

①　体験的な学習や問題解決的な学習を積極的に取り入れる。

② 学習形態や指導体制を工夫する。
③ 地域の教材や学習環境を積極的に活用する。

何よりも、「総合的な学習の時間」は、内容が定められていない、つまり教科書がないことに特徴がある。教師が生徒と共に学習課題を決め、自ら学習材を作成しつつ進める学習活動なのである。「総合的な学習の時間」のねらいにある「自ら課題を見つけ、自ら学び・・」は、生徒へのねらいと同時に、教師自身へのねらいでもあるといえよう。

3 取り組みの現状

平成１２、１３年度は、新教育課程へ移行する準備期間であったため、新しい取り組みである「総合的な学習の時間」を積極的に取り入れ、試行した学校が多く見られた。現在は、そのような試行段階であり、実際にスタートしてからも実践を積み上げつつ試行錯誤していくことになると思われるが、これまでのところ、およそ取り組みの傾向をあげると次のようなことがいえる。

(1) 学習活動	(2) 学習形態	(3) 指導体制
①テーマ設定タイプ	①個人単位	①担任または学年団
②地域探究タイプ	②グループ単位	②複数の教科担当
③自由研究タイプ	③学級、学年単位	③全校体制
④行事活用タイプ	④異学年単位	④専門家の補助
⑤他	⑤学校全体	

4 「エネルギーと環境」をテーマとした学習課題

「総合的な学習の時間」の学習課題として、「エネルギーと環境」はふさわしいと考える。その理由は、次のようである。

① 学習内容が横断的、総合的である。
② 生活との関連を図って、生徒が主体的に学習を行うことで効果が上がる。
③ 関係教科の教師間で連携をとる必要がある。
④ 問題解決学習としてふさわしい。

実際、多くの学校で「総合的な学習の時間」の学習課題として「環境」が上げられている。ただし、「環境」の大きな要因である「エネルギー」を課題として扱う学校は少ない。その理由として、一つは、中学生には「環境」は関心が湧きやすいが、目に見えないエネルギーは関心が湧きにくいということがいえよう。また、エネルギー問題について、生徒はまだ、その深刻さに十分気づいていないということも理由として考えられる。そこで、生徒からの学習課題を取り上げるだけでなく、課題意識をもたせる工夫が必要となる。

これまで、いくつかの学校で実践された「エネルギーと環境」のテーマには、例えば次のようなものがある。

・ホタルの分布調査と河川の水質調査　　・水と私たちの生活
・四万十川の川辺で　　・地域の大気汚染測定

・緑の地球共生プロジェクト　　・私たちの生活とこれからのエネルギー
・ふるさと自然回復作戦　　・缶０大作戦　　など

5　実践から

大単元　電気と私たちの生活

①　総合学習のねらい

電気エネルギー問題を自分の生活と関連させて意識し、問題解決に向けてできることを考え、実行する。

②　生徒の意識

生徒の電気に対する意識は、「たくさん使っていると思う」が８割、「そう思わない」が１割、「どちらともいえない」が１割。さらに、「気をつけているがつい使ってしまう」が６割、「省エネに心がけている」が２割、「気にしないで使う」が２割。

理科の学習にある電磁誘導を利用した発電を聞いたところ、風力発電は８割、水力は５割と高かったが、火力、原子力、地熱は共に２割前後と低かった。電磁誘導による発電ではない太陽光発電も２割の回答があった。

③　学習の展開（対象学年　3年）

エネルギー問題を自分の問題として捉え、学習したことをもとに、未来に対して夢のある方向性を示せるような総合学習を計画した。

時間	学　習　の　展　開	留　意　点
1	プレアンケート 身の回りの家電製品の消費電力調べ	生活の中から課題を見いだす
2	世界のエネルギー消費と環境問題と南北問題	社会科とリンク
3～6	発電に関する疑問を調べて発表しよう！ （いろいろな発電方法、電気を貯める方法や送電方法、発電の環境に対する影響などについて調べる）	２人グループ 多様な方法で調べる
7	省エネの可能性 （必要な家電ベスト５、いらない家電ベスト５）	自分の生活に結びつける
8	原発に対する意見の違い （ＶＴＲ－ﾁｪﾙﾉﾌﾞｲﾘの事故について、意見交流）	異なる考えを知って考える
9	これからの発電 （ＶＴＲ・・新しい発電、 実験・・・風力発電、発光ﾀﾞｲｵｰﾄﾞによる発電）	理科や技術科とリンク、未来を担う意識をもたせる
10	新しい発電のアイデイアを考えよう！	夢の発電
11	エネルギー・環境を考慮した社会をポスターで発表！	地域社会を見直す

小単元　放射線と私たちの生活

①　総合学習のねらい

放射線について興味・関心を喚起し、放射線を実感するとともに、放射線の基礎・基本を学ぶ。

② 生徒の興味・関心

＜放射線のできかたや性質＞
・どのようにしてできるのか
・自然にできるのか
・なぜ放射線がでるのか
・どんな色か
・見えないのに量や成分がなぜわかるか
・一度できた放射線はその後どうなるか
・主な性質
・放射能との関わり

＜放射線の歴史＞
・どうやってみつけたのか

＜人体への影響＞
・なぜ危ないのか
・放射線が当たるとどうなるのか
・直せるのか
・放射線は体内にどれだけ入れるか

＜放射線の利用＞
・放射線の働き
・放射線は何をするのに必要か
・どういうものに使われているか
・なぜレントゲンにつかわれるのか
・放射線は有効利用できないか
・原子力発電を住民がいやがる理由

③ 学習の展開（対象学年 1，2年）

この授業は、本校が新しく開発した履修方法の「OWNプラン」の中で1、2年生を対象に、自由選択授業として行った。

時間	学習の展開	備考
1	プレアンケート ここにも放射線があるか？＜演示＞「はかるくん」 放射線とは 放射線と放射能のちがい、放射性物質 放射線の種類 放射線発見の歴史 放射線の性質（透過力の違いを中心に） 放射線の単位 身の回りの放射線（自然放射線と人工放射線）	「はかるくん」の音で、空気中の放射線を実感 ﾃｷｽﾄ教材を活用
2	実験 放射線の飛んだ跡をみよう（霧箱） 場所によって放射線の強さは違うのか？	実際に放射線の飛跡を目でとらえる
3 4	探究 いろいろな場所の放射線の強さ	疑問を追究 2人グループ
5	発表 「私の疑問――ここまでわかった」	各自の課題追究を交流
6	放射線の人体への影響 放射線の利用	ﾃｷｽﾄ教材と写真ﾊﾟﾈﾙ等を活用

ﾃｷｽﾄ及び実験教材提供　（財）日本原子力文化振興財団
（財）放射線計測協会

第４章　６．

中高生対象のエネルギー・環境教育

立教新座中高　渡部智博

本校のエネルギー，環境教育の実施事例を紹介する．

（１）中学生の事例　　—校外学習 —

中１の１２月に新江東清掃工場などの見学会を実施した（写真　1）．本校は，埼玉県にありながら，約７割の生徒が東京都から通学している．このため，新江東清掃工場は多くの生徒にとって見逃せない清掃工場と言える．国内屈指のハイテク処理を行っていること，発生した熱から得られた電力が東京都に売られていることなどは忘れてならない．この工場は，生徒が想像するゴミ処理場とは様相が違っていた．外からは煙やゴミが見えないだけでなく，臭いが全くなかった．工場内で弁当を広げることができ，生徒から驚きの声が聞こえた．ハイテク工場を見学するだけでは単なる見学会となっているため，見学後，学習をさらに深めるため，いくつかのテーマを冬休み中の課題とした．

写真１　熱心に説明を聞く本校の生徒

(i) 君の自宅（または君の住む地域）からでるゴミの行方を，具体的に調べてみよう．

(ii) 次の文は，"The four R's of domestic waste management"について説明したものである．各文章を日本語に訳してみよう．また，それぞれの事柄について，身の回りの例をあげてみよう．Reduce, Reuse, Recycle, and Recover.

(iii) 次のマークはどのような商品についているか，具体的に調べてみよう．

(iv) 江戸時代の日本では，ゴミをどのように処理していたかを調べてみよう．

(v) 貝塚は数千年以上前の人類のゴミ捨て場である．未来の人類が現在のゴミ捨て場を発見したとすると，どのような研究成果を発表すると考えられるか．未来の地球の状況を想像し，未来の科学者になったつもりで，その研究成果を論じてみよう．

(vi) 星新一のベストセラーに「ボッコちゃん」という著書がある．その中のショートストーリーの「おーい　でてこーい」という物語を読み，今回の見学会とあわせて，君の考えたことをまとめてみよ．なお，本書の初出は，日本最初の　　SF 同人誌の「宇宙塵」の 15 号（1958 年）である．

生徒のレポートは，(i) から順に，７，１２，７１，２，３，５％の割合で提出があった．(iii) に集中したが，各テーマ毎に力作がそろった．

（2）高校生の事例　　—SAW—

図 1 SAW のロゴ [1)]

1990 年にイギリスの BP と ASE（Association for Science Education）は，国際的な科学教育プログラムを開発した．当初は，ヨーロッパを中心とするプロジェクト SAE（Science Across Europe）であったが，徐々に世界に広がり，1994 年に日本理化学協会環境教育検討委員会（代表，東京学芸大学附属高校・丹伊田敏副校長）が中心となり，アジア太平洋地域版 SAAP（Science Across Asia Pacific）の日本国内への導入が検討された．本校は 1994 年度から実施した．今では，「世界共通の科学 SAW（Science Across the World）」[1)]と呼ばれる．テーマは，飲料水，食物，家庭のエネルギー，地球温暖化，再生可能エネルギー，熱帯雨林，家庭のゴミ，植物，病気，酸性雨，湿地，生活の中の化学，生物多様性，太陽エネルギー，道路安全，住居，飲食物がある．実践方法に厳格なルールはないが，世界共通のテキストと交換用紙がポイント．基本的な流れは，次の通りである．

(1)教材を生徒に説明し，交換用紙を生徒に配布．

(2)調査結果をまとめ，交換用紙に記入して相手校に送付．

(3)相手校の交換用紙を受領後，比較してまとめる．

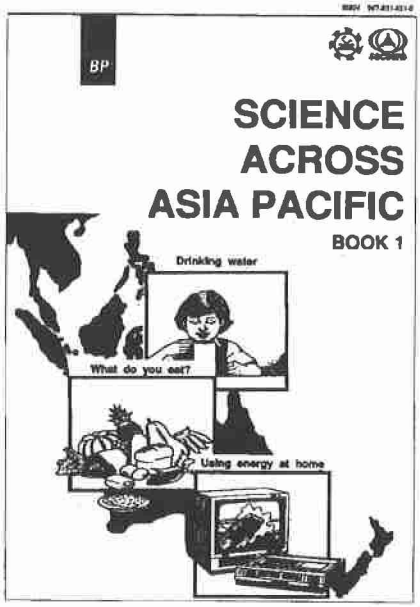


図 2 SAAP のテキスト（第 1 分冊）[2)]

1994 年の初年度は，SAAP に則る選択科目「化学 2」（高 3）を新設し，講義，実験，討議の流れで進めた．実験は本校の生徒の実状にあわせて開発．最終的には，生徒が約２００ページの印刷物にまとめた．今は日本語版 [2)]があるが，当時は英語版のテキストを使用した．

その後，高２の「化学 IB」，「化学 IA」に取り入れた．また，高３の「化学２」は「環境科学」と名称を変え，討議と調査活動中心の授業とした．2000 年度は「新時代の環境科学」とし，調査，討議，発表，そして実験を取り入れた．このときの実験は，生徒自身に実験計画を立てさせた．生徒が提案したテーマは，SAW の「Drinking water」だけでなく，「スポーツにおける食品学」，「夢の研究」，「地震」，「電気が与えるもの」，「太陽が照らし出す未来」，「紙を通してみる未来の森林資源」，「池袋と新座の学校環境調査」，「宇宙の環境」，「今日一日，我が家が環境に与える影響」であった．電気をはじめとするエネルギーの抱える課題は，単なる問題に終始することなく，原子力発電や放射性廃棄物について正しく理解しようとする姿勢が見られた．また，論文 [3)]を読み，色素増感太陽電池を自作する生徒もいた．

（3）高校生の事例　　—自然放射線 —

日本科学技術振興財団が中心となり，「自然環境・放射線　Web」というプロジェクトが進められている．ホームページ [4]には，さまざまな実践事例が紹介されている．本校の事例を紹介する．

化学 IB の教科書には原子や同位体の記述がある．高校２年生の選択・化学　IB の授業で，「はかるくん II」を用いて，学内の γ線の測定を試みた．集計結果は，図 3 の通りである．また，化学クラブの活動の一つとして，自然放射線の継続的な測定を始めた．結果は，図 4 の通りである．

図 3，図 4 のいずれも，場所による違いが明確であることがわかった．

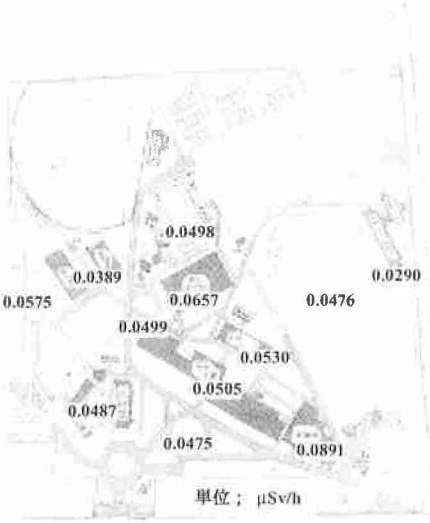


図 3　キャンパス内の自然放射線

（4）まとめ

学校行事，授業，そして学外との交流などを通して実践したエネルギーや環境の学習事例を紹介した．一方，エネルギーや環境の学習については，さまざまな方法が研究 [5]されており，SAW には，外国に学ぶだけでなく，さらに発展させた優れた教育実践事例 [6]がある．

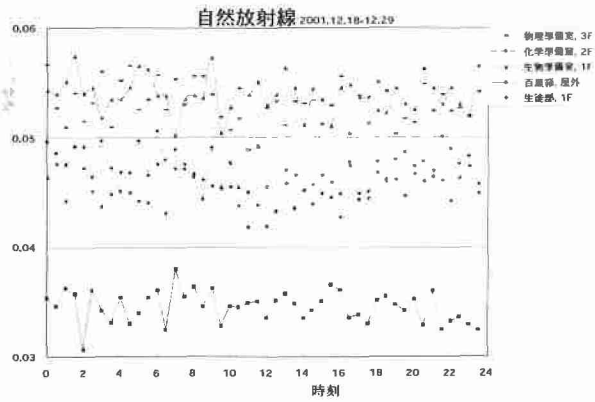


図 4　自然放射線の日変化

【謝辞】 授業の実践にあたり，多くの方々のご指導，ご協力を頂いた．心より感謝致します．日本理化学協会環境教育検討委員会（代表・柄山正樹氏），SAW 日本事務局（田中芳徳氏），放射線教育フォーラム教育課程検討委員会（主査・広井禎氏），放射線　Web による放射線教育支援活動委員会（日本科学技術振興財団），（財）放射線計測協会（石沢昌登氏）．

【参考資料】

1) SAW 中央事務局　http://www.scienceacross.org
SAW 日本事務局　http://www.curus.dti.ne.jp/~saw
2)「アジア太平洋地域の科学」，BOOK1&BOOK2, BP/RECSAM (1995): BOOK3, BP/RECSAM (1998): 生活の中の化学，BP AMOCO Japan (1999).
3) Greg P. Smestad and Michael Grötzel, *J. Chem. Educ.*, **75**(6), 752 (1998).
4) 自然環境・放射線　Web　http://hoshasen.jsf.or.jp/
5) *理科の教育*，-環境を中心とした総合的な学習　-, **49**(6), 通巻 **575** 号 (2000).
6) 川勝健二郎，「「環境」を化学の目で見る」（日本化学会），　294 (1999).

第４章　７．

教科書の記述に見るエネルギー・環境・原子力に関する教育の問題点

（立教大学名誉教授・ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム事務局長）　松浦辰男

１．はじめに

エネルギー・環境問題はこれからの人類の直面する重要問題であり，また原子力は好き嫌いはあるにせよ現在大きな役割を果たしている技術であるので，青少年に関心をもたせ正しい科学的知識と妥当な考え方をもつように，学校での教育が大切であることは論をまたない。われわれ「ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム」は主に放射線・原子力の専門家あるいは理科教育の関係者より成るボランタリー組織である[1,2,3]が，できるだけ学校の先生方のこの方向への関心とご努力をご支援したいと考えている。

中学・高校におけるエネルギー問題や原子力に関する教育は，（１）教育政策を策定する文部省や教育専門家が社会的に論議の的である原子力の問題を学校教育に取り上げることにこれまで消極的であって，それが反映されて従来の（現行の）学習指導要領であまり積極的に取り上げられてこなかったこと，（２）教科書の記述においても，理科の教科書でも記述が不充分で誤りがあったり，文系の教科書では原子力の果たしている役割をみとめつつも原子力の欠点が強調されるなど，不適切な点があった[4]。

著者らが最近の中学・高校の教科書を調査した結果では理系，文系の教科書ともにかなりの改善が見られる[5]。また，中学では 2002 年度から，高校では 2003 年度から施行の新しい学習指導要領において，原子力・放射線を含むエネルギー・環境問題に対して高く位置づけられ，また『総合的な学習の時間』が設けられてこの問題に関する科目横断的な取り組みをする機会が与えられたことは大きな改善であり，評価に値する。しかしこの目標を達成させるためには，今後学校教員が心がけていただくべきいくつかの問題があるように思える。

ここでは，教科書の記述の実例についてわれわれ専門家の目で見たときにどこが不適切であるかの解説をし，同時にいくつかの基本的知識を述べる。

最近の教科書における原子力・放射線関係の記述は，理科では大分改善されているが，

（1）一般的に言って取り扱いが不充分であって，以前のものでは理科の教科書でも科学的に不正確な記述があった。理科以外の社会系科目の教科書における原子力関係の記述では，原子力のエネルギー供給への大きな寄与を認めて，また一応は賛成・反対の両論併記の立場に立ってはいるが，事故などを過大に取り上げ原子炉の維持や放射性廃棄物の処理において安全性に問題があるとして，エネルギー源のなかでも原子力については欠点を強調し，一方自然エネルギーを賛美しその実用性に過大の期待を持たせるなど，客観性・公平性を欠く不適切な記述が少なくない。

（2）放射線や放射性同位体について，医学への利用や，放射性物質が身辺の到る所に存在することの記述が不十分である。また，天然の環境にウラン・トリウムなどの放射性元素やカリウム 40 のような放射性同位体が広く分布していて，これらが人体の内部にさえ少量は含まれているということが，その数値とともに記載されていることが望ましい。

２．教科書の不適切な記述の実例

われわれ専門家の目からして不正確あるいは不適切であると考えられる記述例は枚挙に暇

がないが，一例として高校の一般社会教科書で下記のような記述がそうである。（Y出版「現代社会」1998年3月発行）　「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、子孫に押し付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なくなってきていることなど，原子力発電はいくつかの難題をかかえています。」　アンダーラインの個所の記述などは，不正確，または不的確である。セミナーではこれについて少し解説をする。

3．総合的な学習の時間でエネルギー問題や原子力に関する教育を行う上での基本的知識

エネルギー問題や原子力の問題を考える上での基礎的知識のいくつかを述べる。

（1）「エネルギー」について——物理学でのエネルギーと，「エネルギー問題」のエネルギーとはその意味が異なること——

前者のエネルギーは，「(物理的な意味の）仕事をする能力」と定義されているものである。これにはさまざまな形態（力学的エネルギー，熱エネルギー，化学エネルギー，電気エネルギー，原子核エネルギー，光エネルギー，放射線エネルギーなど）があり，ここでは物理学の基本法則の一つである熱力学第1法則，いわゆる「エネルギー保存法則」あるいは「エネルギー不滅の法則」が成立し，「宇宙（あるいは閉じられた空間における）エネルギーの総量は，エネルギーの種類が一つの形から他の形に変わっても一定である，という基本的原理が存在する。この観点では，エネルギーがなくなるとか不足する，ということはあり得ないのである。ところが，種々の種類のエネルギーの中でも，石油や石炭・天然ガス（これらは化学エネルギーを有している），あるいは電気のように，人間にとり利用しやすいものと，広がってしまった熱のように利用しにくいものがある。そして前者は後者に一方的に変化しやすい一般的原則がある（熱力学第二法則「エントロピーの法則」）。

一方，エネルギー・環境問題のエネルギーは「エネルギー資源」と定義すべきもので，石炭・石油・天然ガス・ウランのような，化学エネルギーや核エネルギーに分類される比較的利用しやすいエネルギーを含んでいる地球エネルギー資源，あるいは利用しやすい電気エネルギーに変換するのには困難な，太陽や風力などの自然エネルギー資源を意味する。

（2）放射線・放射能の普遍性[6,7]

この地球上のどこにでも，人体中にさえも少量の放射線・放射能が存在し，その量は宇宙空間へ行けばなおさら増えるものである。放射線・放射能はいわば自然現象であり，「放射能」という言葉に価値観を付与すべきではない。原子炉の中でできる人工の放射能も天然にある放射能も性質は同じであって，確かに大量の放射線は危険であるが，天然に常時存在する程度の量の放射線は，大昔から地球上のすべての生物はその存在の下に生存してきたので

その危険度は無視できるのである。

（３）人体の環境への適応性

人間を含むすべての生物は，環境に適応する能力を持っている。すべて物質または現象の生物への影響は，その量に依存する。人間の体は，少しくらいの黴菌が入ってきてもそれを殺したり，少々のキズを修復する機能をもっている。大量存在すれば生体に有害に働くものでも，それが少量ならば生物の生存に刺激となり，かえって有益に働く場合もありうる。「定性的理解」から「定量的理解」に進むのが科学的なものの見方である。

（４）放射能恐怖症からの脱却の必要性

現代生活に生きる基本的考え方として，原子力問題の中心となる少量の放射線・放射能の影響を正しく理解することが必要である。国民の大多数の人々が放射線・放射能を科学的事実以上に危険視していることが，原子力や放射線の平和利用を阻害し，近代医学の恩恵を妨げ，多くの人々に無用の恐れを抱かせ，エネルギー問題の解決を遅らせている。「放射線・放射能は微量でも極めて有害である。」という考え方は，多分に核兵器の開発を抑止さえるための政治的主張を助けるために，主にマスコミにより喧伝されてきた科学的には不正確な考え方である。この誤った観念を信じているために，わずかの量の放射線の被ばくにより心理的ストレスから病気になったり，あるいは風評被害や被爆者差別が生じるといった社会的デメリットを生んでいる。またそのような考え方を極端に進めると，一般市民が安心して進んだ医療を受けることも，航空機を利用した海外旅行も，いわんや宇宙開発はできなくなる。

（５）「リスク」の理解

技術の利用には，すべて利益とともに常に大なり小なり危険性（リスク）が伴うということを理解しなければならない。科学技術の進歩を人類の福祉のために活用するのもしないのも，人間次第である。社会の指導者は，多くの情報の中から正しい情報とそうでない情報とを見分ける能力を日頃から養成し，正しい情報を人に伝えなければならない。

文献

（1） http://www.ref.or.jp

（2）「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」特集号，2000 年 3 月

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

（4）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

（5）松浦辰男・飯利雄一・髙木伸司・関本順子：「過去２，３年の高等学校における原子力・放射線関係の記述の傾向」日本原子力学会誌，第 23 巻第 5 号，487-492 (2001)

（6）「放射性元素物語」研成社，1992 年

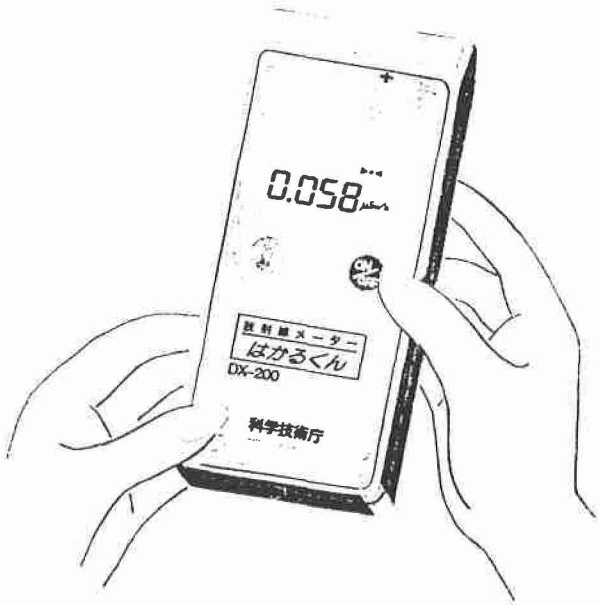
（7）I.G.Draganic, et al: "Radiation and Radioactivity on the Earth and Beyond", CRC Press, 1993； 松浦辰男・今村　昌・長谷川圀彦・橋本哲夫・朝野武美・小高正敬共訳，「放射線と放射能，宇宙・地球環境におけるその存在と働き」学会出版センター，1996 年

「はかるくん」を使った自然放射線測定
――小学校での実施例――

播磨良子

放射線はわれわれの身の回りに存在し、暮らしの中でいつも自然界の放射線を受けています。放射線は光のようなものですが，目に見えない、匂わない、触れない，聞こえないので、なかなか実感としては掴みにくいものです。しかし、その放射線を小学生でもフアミコン感覚で簡単に測れる「はかるくん」という測定器〔１図〕を一人一人に貸してくれるところがあります。実際にこの測定器を使って、小学校の中や周辺を測ったり、簡単な霧箱を使って放射線の通った跡を見たりする体験授業が、東京都練馬区の光が丘にある数校の小学校で数年前から行われています。

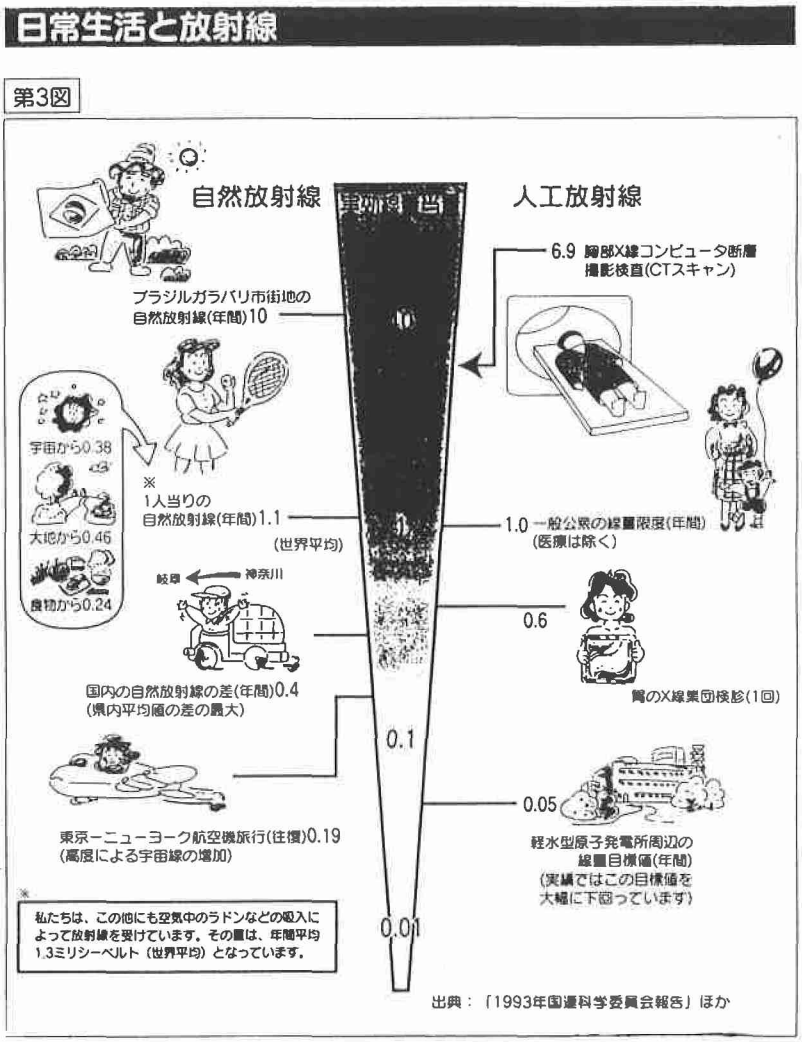
予告なしに放射線の体験授業をうける子供達の目は、最近ニュースでみる教育が受けられるようになったアフガニスタンの子供達の目のように食い入るように見つめてお話を聞いたり，測定したりしています。最後に書いてもらった感想や質問は大人よりも優れた観察力や理解力をうかがわせました。



財団法人 放射線計測協会 業務部

〒319−1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地の4
TEL 029(282)5546(代) (282)0421(業務部直通)
FAX 029(283)2157

1図



2図

自然放射線は地球ができたときから存在しており、放射線を出す放射性物質は土や岩石や砂などにも,わずか含まれているので、校庭やコンクリートで囲まれた教室でも放射線を測ることができます。石垣に使われている石の種類や、コンクリートの中の砂利の種類により、含まれる放射性物質の量が異なるため、測定値が高かったり,低かったりします。トイレに使われているタイルや流しには、放射性物質を多く含んだうわぐすりがぬられているため、測定値が高くなります。逆に放射性物質を殆ど含まない水は,放射線を遮る役目をします。プールはコンクリートでできておりますが、プールの底から出る放射線は水に遮られて水面では低くなります。大地から出ている放射線は、大地から離れると少なくなりますが、ジェット機が飛ぶ１万メートルの上空では宇宙線〔宇宙からくる放射線〕の強さが地上の数十倍になっています。

毎日食べている食べ物の中にも放射性物質が含まれています。イメージングプレイトで撮影した写真で日常食べている食べ物の中にも放射性物質が含まれているのを見ることができます。これは肥料の中に含まれている放射性カリウムによるもので、植物を食べている牛肉や豚肉からもでます。　呼吸している空気の中にも放射性物質のラドンやトロンがふくまれています。これは、大地の中にある天然の放射性物質から蒸発してきたもので、空気中に浮遊しています。

人間の体の中には放射性物質が呼気や食物を通して入ってきます。このように、われわれは絶えず暮らしの中で自然放射線を受けています。

霧箱の中にドライアイスで冷やしてできた過飽和のアルコール蒸気の中を、天然の鉱石から出る放射線が通った跡を、暗くした部屋で懐中電灯の光で見ることができます。

この授業を通して放射線が０である場所はない。　高い所や低い所があることを学びます。

先生方の多くは、大學時代に放射線について習われた事はなかったでしょう。しかし、これからの子供達は、自分でその存在を確かめ、危険のない状態で放射線と付き合う常識をもつことが大切です。そのためには専門家がいろいろお手伝をいたします。先生は教えるだけでなく、子供と一緒に新しい知識を勉強する機会があってもよいのではないでしょうか？そのとき、先生は今まで気が付かれなかった子供の姿を見られるのではないでしょうか？この授業は１時間半で行なわれています。

エネルギー問題、環境問題は最近地球規模の問題として、世界協調して考える時代になってきています。発展途上国の人口とエネルギー消費の急速な伸びは予測できない速さで進み、子供達が大人になるころは，今よりもっと深刻な問題になっていると考えられます。

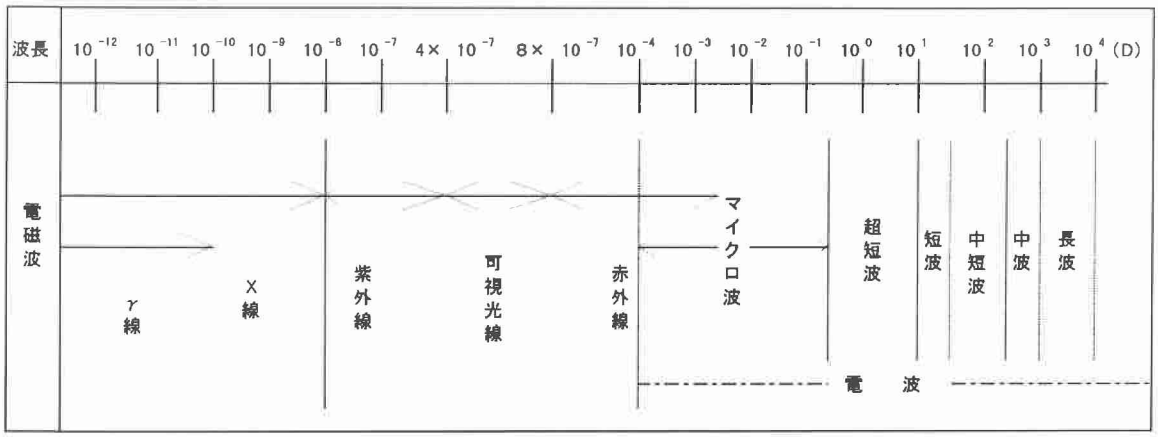
資源を持たない日本が、経済的に豊かな生活を維持し、環境に悪影響を及ぼす二酸化炭素や亜硫酸ガスを放出しない原子力発電は、エネルギーや環境問題を取り上げるとき,避けて通れない課題であります。　発電量の半分近くを担いながら、原子力発電は、放射線にたいする恐怖から、嫌われ者になっています。これは、広島、長崎の原子爆弾投下に伴う原爆症の記憶から、放射線に対する恐怖が先行し、放射線の知識なしに「放射線は危ない」という常識が定着しているためです。放射線は，原子力発電だけでなく，医療や、工業，農業，運輸等いろいろの分野の研究や、物の生産，維持管理に利用され、われわれの生活を豊かにしていますが、放射線は危ないという反対を恐れ、放射線の大きな貢献を一般の人々に知らさないまま今日に至っています。これから社会を背負っていく子供達は、見ざる聞かざるではなく、「放射線ってどんなものか？」ということを小学校の先入観のない時代に、正しい知識をもつことが大切なのではないでしょうか？

Q＆A（放射線測定に関する生徒の質問と回答例）

Q；日陰より日なたのほうが、放射線は多いと思うのですが、そうなんですか？

A；　下図にありますようにガンマ線は可視光線（太陽の光）と電磁波の仲間ですが、波長が異なり、紫外線より短い波長の電磁波が放射線と呼ばれているものです。したがって日陰と日なたの放射線の量の違いはありません。

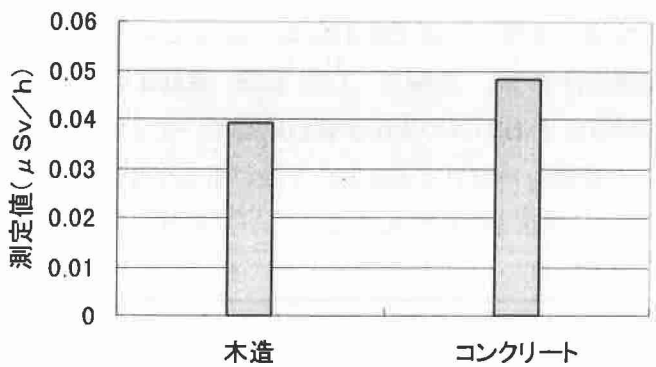
電磁波の種類



Q；私の部屋は、０．０５８μSv/hあるのですが、なぜなのですか？

A；　自分の部屋の放射線の量を何と比較しておられるかわかりませんが、部屋の周りの建材と量で差がでます。例えば、比較している部屋が、周りがコンクリートで囲まれていたとして、部屋の地面からの高さ、大きさ、窓の広さ、コンクリートの種類により、放射線の量は違います。一般に高い建物では、高い部屋の方が、地面から離れるので、大地からの放射線の量が減るので低くなります。大きな部屋と小さな部屋を比較すると、小さい部屋では壁からの距離が短いので、放射線の量は多くなります。窓がついていたり、隣室との境がコンクリートでないと周り全部がコンクリートで囲まれた部屋より低くなります。またコンクリートの中の砂利の種類にも関係します。花崗岩のような放射性物質を多く含む砂利が使われていると高くなります。

家屋種類別平均値

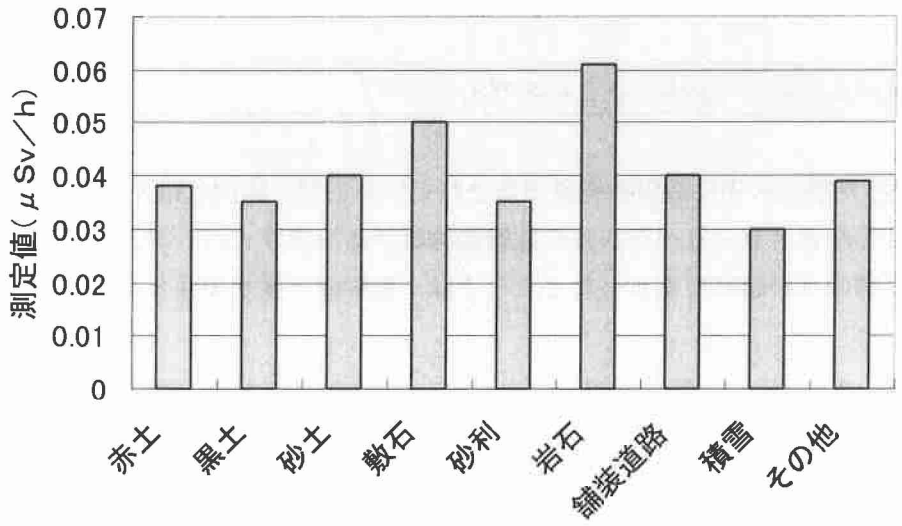


Q；放射線は気温や天候などで、数値が変わってくるんですか？
Q；雨でも、変わるんですか？
Q；気温や湿度、時間などによって、放射線の量が変わるのはなぜですか？

A；　気温や、天候、湿度などで、放射線の数値は変わりません。しかし、雨の降り始めには大地から出てきて空気中に浮遊していた放射性物質のラドンやトロンが埃と一緒に落ちてくるので、屋外では放射線の量は少し高くなります。時間の影響ですが、宇宙から来る放射線の量は時間と関係がありますが、大地、建物など周辺から来る放射線と同時に測るので、目にみえる違いはありません。

Q；なぜ、これほど岩が、普通より２～３倍（グランドなどより）の放射線がでているのか？
Q；何故、放射線は石から出るんですか？

A；　岩石にも色々種類があります。玄武岩と花崗岩を比較すると、花崗岩は３倍くらい高くなります。岩石から出る放射線の量の違いは、岩石ができたときに放射性物質をどれだけ多く含んでいたかによって違います。下図に示すようにグランドは土の上に砂がまかれているので低くなります。



Q；周りがコンクリートなので普通より高いのはわかるが、１階よりかなり低いのはなぜ？
Q；２階が測定値が低いのはなぜか？

Ａ；　周りの建材や構造が同じだとして上の階が低くなるのは、大地から離れるので大地からの放射線の量が少なくなるからです。これを確かめるのには、鉄製の非常階段に登ったり鉄橋の上で測ると、大地から離れるので放射線の量が減ることから確かめることができます。

Ｑ；３つとも地面の特徴は違うのに、なぜ一定の数値がでるのだろうか？なお携帯電話が受信した時、数値が限界値に達した。携帯の電波は有害なのか？

Ａ；　地面の特徴が何であるかわからないので、適切なお答えができませんが、上図のように土の種類によって放射線の量はあまり変わりません。

携帯電話の近くでメータが振りきれるのはノイズのせいです。テレビ、ラジオでもスイッチがはいっていると振りきれます。電波の人体に対する影響は研究されていますが今のところわかっていません。

Ｑ；トイレの測定値が高くなる傾向があるがどうしてか？
Ｑ；タイルだと測定値が大きくなる傾向があるのか？

Ａ；タイルのうわぐすりに放射性物質が含まれているので高くなります。

Ｑ；人の近くは、測定値が高いようである。正しいのだろうか？

Ａ；　食べ物の中、呼吸した空気の中に放射性物質が含まれているので、体内にはカリウム４０、炭素１４、ルビジウム８７など７０００ベクレルの放射性物質があります。ベータ線の測れる測定器では、測れます。大勢の人が詰めて集まったところでは、放射線の量が増えるのを確かめることができます。

Ｑ；測定値にばらつきがあるのはどうしてか？
Ｑ；測定値が安定していないのは、なぜか？

Ａ；　放射線は放射性物質から出ていますが、ばらつきがあるのは一度に同じ方向にでているのではなく、線香花火のように（ランダム）にでています。自然放射線を測るためには、同じ場所で１０００回測って平均をとると大体一定になると言われています。これを一人で測るか、大勢が同時に測って平均をとると一定の値に近づきます。

Q；ジュウタンがひいてあると測定値が低くなるのか？

A；　ジュウタンの厚さぐらいでは、放射線の量を減らすことはできません。

Q；隣の３－１とは、測定値が大きく違っているのはどうしてか？
Q；なぜ、同じ並びの３－１組だけの教室が値が低かったのか？

A；　隣の３－１と、比較している教室とまわりの建材が違いませんか？例えば窓のある壁が多いとか、仕切りがコンクリートでないとか、また実験室でコンクリートの台があったり、瀬戸物の流しがあったりすると高くなります。

Q；すぐそばの廊下なのに、なぜ値が違うのか？
Q；隣に行くだけで測定値がずいぶん違うのはなぜか？

A；　廊下で測定した周辺の建材を確かめてください。それと移動しながら測定していると正しい測定値とはいえません。その場所に立ち止まり、測定器を動かさないようにして、１分してから測定を繰り返してください。１回の測定では高いとか低いとかいえません。

謝　辞

われわれの活動をいつも暖かく支援して下さっている個人会員、団体会員、関係官庁、広告に協賛下さった諸団体、本年度新しく始まった事業である学校教員を対象とするセミナーの講師やお世話下さった多くの方々に心から感謝する。また、セミナーに参加されてその印象等をアンケート等でわれわれに率直に伝えて下さった多くの学校教員の方々にもお礼を申し上げる。先生方との率直な意見交換の機会を持ったことは、ともすれば議論のみに終わりがちな教育の在り方をわれわれが現実に実行して行く上で大変参考になった。

ただしかし、事務局は毎日懸命に努力をしているのであるが、種々の理由で事務局がセミナー受講者を含む多くの関係者の方々のご期待・ご要望に不充分にしかお答えできていない、あるいはできなかったかもしれない現状をお詫びしなければならない。

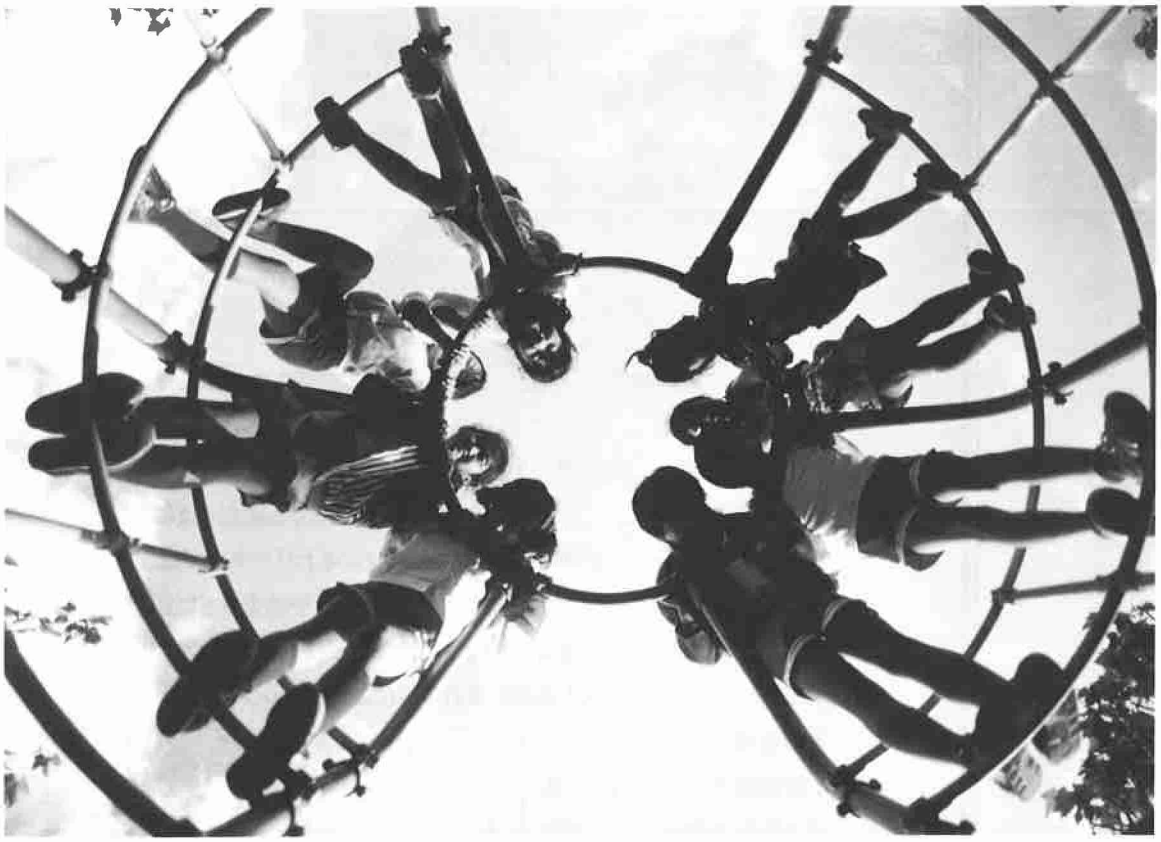
この資料は、放射線教育フォーラム事務局長松浦辰男が、高木伸司（フォーラム理事）、長谷川圀彦（フォーラム理事）、関本順子（フォーラム会員）、大野新一（フォーラム理事、編集委員長）、の４氏の協力により編集・作成した。ここに記して感謝する。　（松浦辰男）

発行　ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム
〒105－0001　東京都港区虎ノ門１－７－６
升本ビル２階
電話／ＦＡＸ：　０３－３５９１－５３６６
Ｅメール：　mt01-ref@kt.rim.or.jp
ホームページ：　http://www.or.jp
発行日　２００２年３月２８日

Japan Association for Promotion
of Science Education and Equipment

明日の地球を担うサイエンティストたち

みんなの好奇心を応援します。

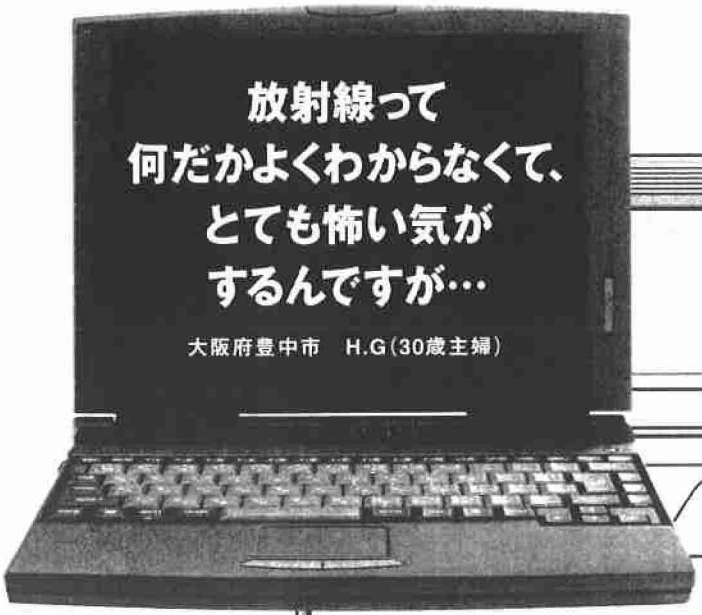


(社)日本理科教育振興協会は，学校教育用理科機器・算数数学機器およびそれらの関連教材の健全な発達と普及を図り，わが国の学校理科教育の振興に寄与する事を目的とする，文部科学省主管の公益法人です。会員数は全国約2,000社，文部科学省委託事業をはじめ各種展示会・講習会等，教育用理科機器の普及・啓発に関する幅広い活動を行っています。

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

社団法人 日本理科教育振興協会

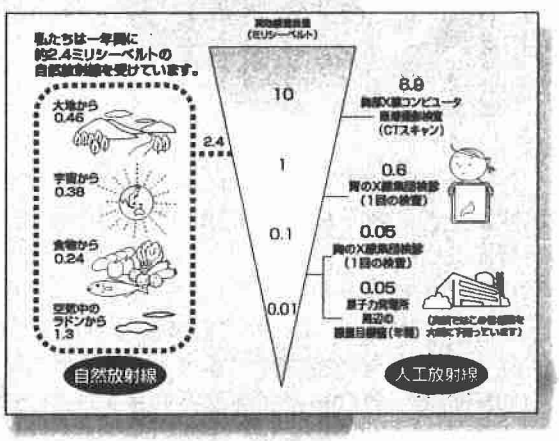
〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-26(山本ビル3F)
TEL. 03-3294-0715 FAX. 03-3294-0716
URL：http:/www.vinet.or.jp/japse



Back　Next　Home　Search　Bookmark

http://www.fepc.or.jp/access/

放射線は太陽の光や空気のように、自然の一部として太古から地球に存在しています。私たちの身体の中や土壌の中、日ごろ口にしている食べ物など、自然界にはさまざまな放射線や放射線を出す放射性物質があります。何げない日常の生活の中でも私たちは年間約2.4ミリシーベルトの自然放射線を受けているわけです。このように自然界に存在するものは「自然放射線」。医療や検査などに利用されるものは「人工放射線」。放射線としてはどちらも同じ性質をもっており、身体に与える影響は受ける量によります。レントゲンがX線を発見してからおよそ1世紀のあいだに、放射線はX線集団検診やガンの治療などの医学分野をはじめ、各種測定などの工業分野、また品種改良といった農業分野など、さまざまな分野で利用され、私たちの暮らしを支えています。



全国10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

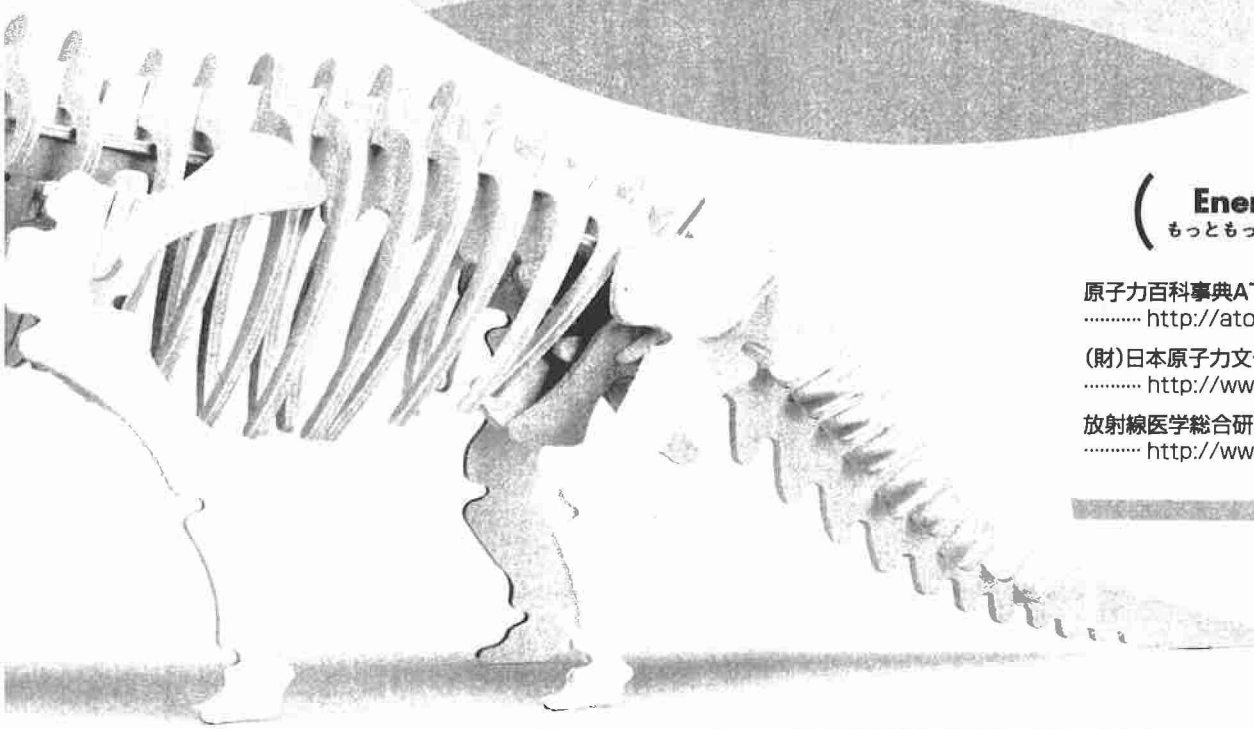
http://www.fepc.or.jp

Print Security Reload Stop

info by FEPC

Radiation

人類が誕生するずっと以前から、放射線は自然の一部として地球上に存在し、いろんな分野に利用されています。



Energyにもっともっとアクセス

原子力百科事典ATOMICA
..... http://atomica.rist.or.jp/

(財)日本原子力文化振興財団
..... http://www.jaero.or.jp/

放射線医学総合研究所
..... http://www.nirs.go.jp/

知っ得用語 放射線

放射線とは、ウランやラジウムのような放射性物質などから放出されるエネルギーのことです。さまざまな種類があり、物を通り抜ける力の強いX線もそのひとつです。

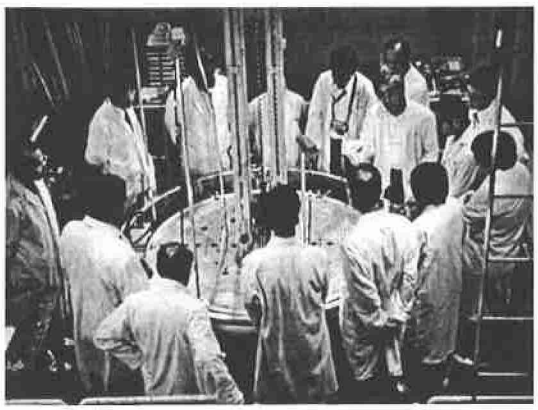
原子力・放射線をテーマに
資源・エネルギー・環境教育の教材を提供・・・
見て、聞いて、触れて、考える、教員のための研修

文部科学省受託事業

原子力体験セミナー

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

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



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

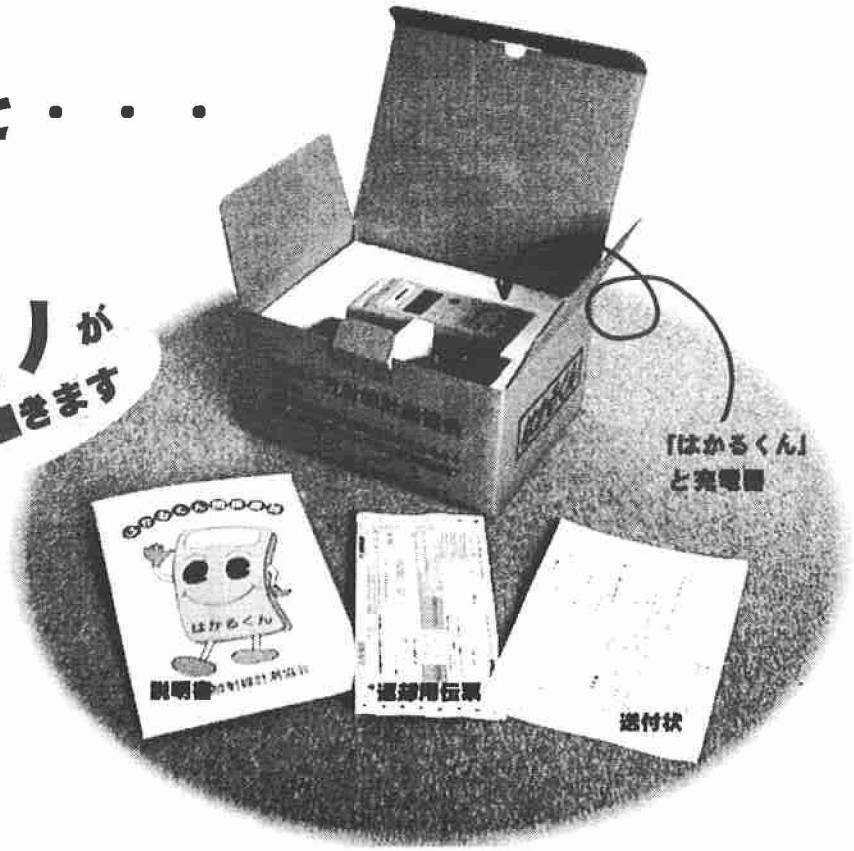
RADA

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

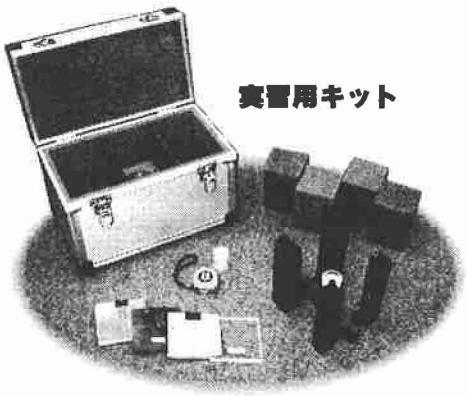
「はかるくん」

を、申し込むと・・・

こんなモノが
宅配便で届きます



※「はかるくん」は
身の回りの自然放射線（ガンマ線）を簡単に測定できる簡易放射線測定器です。



この実習用キットを使うと・・・
- ●距離の違いによる、減衰
- ●遮へい材の厚みの違いによる、減衰
- ●遮へい材の材質の違いによる、遮へい効果

等の実験ができます。

お申し込みは

または

で

◆以下の項目を必ず明記してください◆

①名前（ふりがな）	⑤職業
②性別・年令	⑥貸出希望台数
③〒 住所	⑦使用期間(最長 2ヶ月)
④電話、FAX 番号	

詳しくは

してね！

電話 029-282-0421

FAX 029-283-2157

財団法人 放射線計測協会・業務課

http://www.irm.or.jp/

原子力図書館 げんしろう

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

解説や論文、クイズ、最新動向など
原子力に関する情報がギッシリ!!

原子力百科事典 ATOMICA

収録数2,000件を超すデータベース形式の百科事典です。世界の原子力や放射線など最新情報を豊富な図版とともにていねいに解説します。

文献データベース NUCLEN

一般から専門家にも役立つ収録数50万件を超す文献データベースです。世界中の原子力やエネルギー関係の文献に日本語の要約をつけてわかりやすくしています。

君は、どこからチャレンジする? げんしろうクイズ

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

原子力の今を知りたい方をサポート

原子力の最新動向

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

（原子力委員会、原子力安全委員会は内閣府からのリンクで掲載しています。）

JST 科学技術振興事業団
受託出版課 ☎03-5210-4962

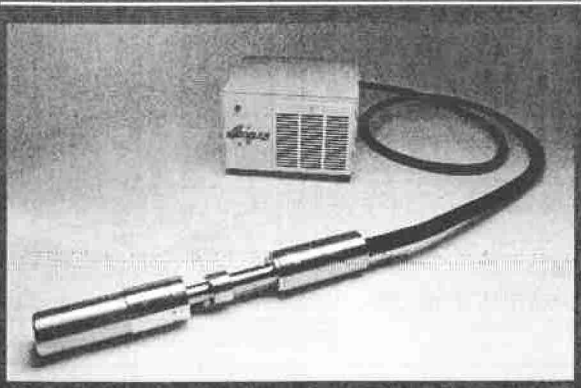
ORTEC®

PerkinElmer™ instruments.

ORTEC新時代！

X-COOLER™

半導体検出器冷却技術の革命！
ついに液体窒素デュワ相当のパフォーマンスを達成したHPGe用電気冷却機!!!



電気冷却なら：

- ●液体窒素不要!
- ●電源があればどこでもHPGeを使用可能!
- ●液体窒素切れ用の安全装置が不要!
- ●液体窒素保存用タンク・配管が不要!

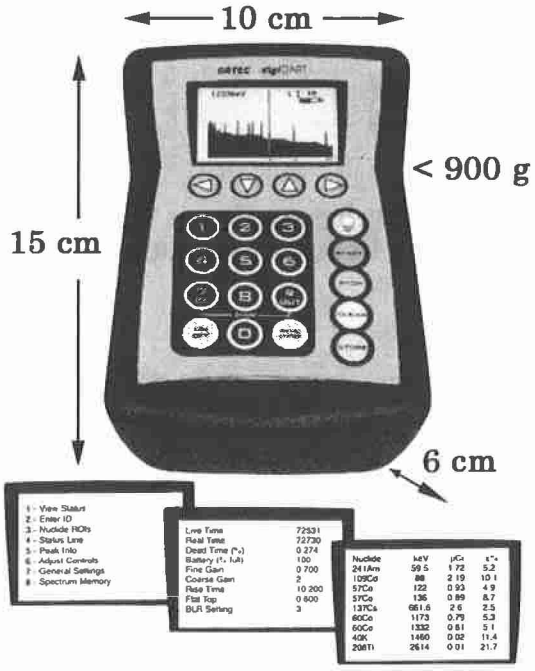
X-COOLERは従来の電気冷却と違います…

- ●液体窒素相当のランニングコストが可能です
- ●低価格です ⇒本体価格は30lデュワ水平型クライオスタットの約2倍（当社価格比）
- ●低電力です ⇒300W以下
- ●検出器の体勢を問わず使用できます
- ●最大効率90%のHPGe検出器に対応します
- ●PopTop検出器ですから交換やメンテナンスが簡単です
- ●軽量、コンパクトなデザインで場所を取りません
  コンプレッサ寸法：30X27X22cm
  総重量：約20kg（冷却ヘッド含む）
- ●低ノイズで≧500keVでは液体窒素並の分解能を保証します
  （＜500keVでは分解能の低下は10%以下）

digiDART™

頑丈! 軽量! DSP!!
デジタルポータブルHPGeスペクトロスコピ

- ◎高性能、高耐久性、16kチャネルMCA!
  （オプションで32kチャネル有り）
- ◎デジタル処理なので安定:長時間測定・温度変化に強い!
- ◎パソコン無しで操作できます!
- ◎内蔵バックライト付LCDディスプレイ!
- ◎データのリアルタイム表示!
- ◎9つのROIに核種同定と放射能計算!
- ◎ハイスループット（100,000パルス／秒）!
- ◎小型軽量（重量840g）なので片手で持てます!
- ◎23の16kスペクトルを内部メモリに保存可能!
- ◎バッテリー駆動時間≧9時間!
- ◎パソコンとUSB通信!
- ◎スペクトルデータへのID機能!



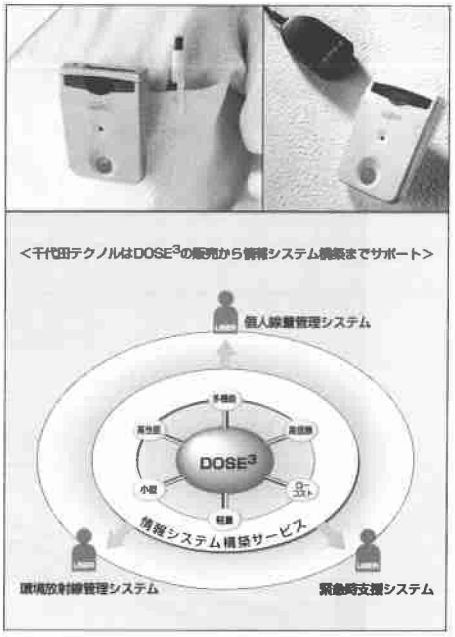
SII

セイコー・イージーアンドジー株式会社
本社／営業部　放射線営業課
〒270-2222 千葉県松戸市高塚新田563　☎047-392-7888 FAX047-391-0985
技術部　☎047-392-7818 FAX047-391-0985
大阪☎(06)6397-6023　名古屋☎(052)935-8515　水戸☎(029)227-4474
筑波☎(0298)24-2271　札　幌☎(011)552-2558
http://www.sii.co.jp/segg/　e-mail info.segg@sii.co.jp

多機能電子線量計 DOSE^3

ドーズキューブ

DESE^{3}は、放射線測定で求められる機能を情報時代の線量計としてコンパクトに凝縮しました。



DOSE^{3}の特徴

- 国際規格IECに適合。
- 国際特許のLED発光式検出素子診断機能。
- 広範囲なエネルギー帯域に対応。
- PHSなどの高周波障害に対する耐性を強化。
- データは不揮発性メモリーに記録。
  各月の線量を保存。放射線変化を時系列に記録するトレンド機能。
- 赤外線通信機能。本体のみでアラームの設定が可能。単三電池（3.6V）で4ヶ月動作し、市販の1.5V電池も使用できます。

TECHNOL
CHIYODA TECHNOL CORPORATION

株式会社千代田テクノル 営業部
〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル TEL.03-3816-1163 FAX.03-5803-1939
営業所：東京TEL.03-3816-2931 茨城TEL.029-266-3111 横浜TEL.045-821-6031 筑波TEL.0298-34-2231 大宮TEL.048-667-4412 千葉TEL.043-241-9261 大阪TEL.06-6369-1565
仙台TEL.022-224-1113 福島TEL.0240-22-5541 新潟TEL.0257-22-3334 札幌TEL.011-733-1501 青森TEL.0175-72-3730 名古屋TEL.052-331-3168 敦賀TEL.0770-23-3466
静岡TEL.054-272-5882 金沢TEL.076-231-6789 四国TEL.0894-24-4072 島根TEL.0852-22-0291 福岡TEL.092-262-2233 広島TEL.082-261-8401 鹿児島TEL.099-257-2541
青森駐在員事務所TEL.0177-36-6644 女川駐在員事務所TEL.0225-50-2377 盛岡駐在員事務所TEL.019-604-1071 高松駐在員事務所TEL.087-863-3478 大洗研究所029-266-3113

三菱重工

地球の熱さまし。
温暖化による“発熱”によく効きます。

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

STOP! 温暖化

三菱PWR原子力発電プラント

三菱重工業株式会社
本社　原子力事業本部・鉄構建設事業本部　〒100-8315　東京都千代田区丸の内2-5-1　☎(03)3212-3111
支社　関西／中部／九州／北海道／中国／東北／北陸／四国

国際会議
（準備・運営）
BILINGUAL GROUP
通訳、翻訳
24ケ国語対応

米国戦略爆撃調査報告書

原爆投下後五十年がたった年に、それまでワシントンの国立公文書館に眠っていた調査報告書（部分）を和訳しようという計画が実行に移された。私はその時に翻訳のお手伝いをさせていただくという、稀有（けう）な経験を与えられた一人である。

約二千ページの英文を和訳した上で、すべての英語による図表を日本語で打ち直して完成するのに、ほぼ一年を費やした。約十人の翻訳者・コンピューター作業者が取り組んだ結果は、二冊の分厚い本になっている。

終戦直後に、米国から数多くの軍関係者に加えて、百十人以上の専門家（技術者、建築家、火災の専門家、経済学者、医師、写真家、製図工ら）が長崎にやってきて、二カ月以上かけて徹底的に原爆の結果を検証した。

被爆者への聞き取り調査においては、日本人が怒りや憎悪を表現するのを当然と受けとめた上で、意外にも「仕方ない」と答えた人が相当数あったことに米国人は驚いたようだ。諦観（ていかん）に通ずるその一言は、英語で表現するのが難しいらしく、アルファベットで「シカタナイ」と書かれてあり、解説がつけてあった。

長崎新聞の記事によれば、原爆投下についての最近のアンケートでも「仕方なかった」と答えた人が半数近くに上ったという。日本人にとって、あきらめるのは一種の美徳になっているのだろうか。

一九六七年に東京で開かれた原子核構造国際会議の運営を担当した私は、米国のジェリー・ブラウン教授が閉会の辞で、「日本にきてみて、善良な国民性に感銘を受けました。このような人々の上に、われわれが原爆を投下したことを、本当にすまなく思います」と心をこめてわびられるのを聞いた。

米国戦略爆撃調査報告書巻頭の総論は次のように結んである。

「平和を求め、平和のための国際機構を築こうとするときに、広島・長崎の破壊の惨状以上に説得力のある材料はない。米国はこの不吉な兵器の開発者および使用者として、原爆が将来使用されるのを防ぐ国際的な保障制度とコントロールシステムを確立し実践する上で指導的役割を果たすという、逃れる事の出来ない責任を負っているのである」

米国自身の言葉として歴代大統領に引き継いでいただきたい一節である。

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

各省庁研究費公募及び配分、内容等も紹介

我が国唯一の基礎科学専門紙

研究助成団体の募集及び結果
文部科学省等の情報
教授人事、国際会議派遣、大学ニュース、研究成果など
海外科学ニュース
海外雑誌を航空便で取り寄せ翻訳速報
その他の主な内容
人物紹介、海外出張者、国内科学ニュースダイジェスト、学協会行事、科学雑誌・学協会誌目次総覧、外国雑誌、新刊案内、書評、新製品紹介、研究所紹介、科学読物、教授・助教授等公募、科学者が語る自伝

科学新聞
週刊（金曜日発行）
1カ月 1,835円
6カ月 9,700円(前納)
1カ年 18,350円(前納)
(送料・消費税込)

科学・技術・医学用語など69万語の辞書を装備！！
米国商務省・日英科学文献機械翻訳センターで採用！ 文部科学省・科学技術振興調整費による成果!
パソコン用ソフト 科学と技術の翻訳パートナー －日英－ Ver1.1
Windows版(バージョンアップ版) —— 定価(本体 95,000円＋税 買換価格20,000円＋税)
Macintosh版 —— 定価(本体120,000円＋税)
(CD-ROM1枚、ユーザーズ・マニュアル1冊)

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

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

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

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

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

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

⑤エネルギー、原子力などに関する、**ビデオや写真を貸し出し**ています。

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

財団法人 日本原子力文化振興財団

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