

## 放射線教育フォーラムの活動と今後の計画

最近の所感と放射線・原子力に関する知識普及活動の経験からの提言を加えて

NPO 法人放射線教育フォーラム 事務局長 松浦辰男

### 1. 序言に代えて 所感 (12 月 3・4 日の「アイソトープ・放射線利用フォーラム」に出席して)

最近、社会の有識者、それも原子力についてのオピニオン・リーダーたるべき人が、原子力を不当に批判する例が目立ちます。この傾向が、最近の世論が反原子力に傾いているので、「その世論におもねる」ということでなければよいのですが。もっとも、以前から、知識人といわれる人は「原子力推進派」のレッテルを押されることを避ける傾向があったようです。しかし、良心的な推進派知識人であればあるほど、今日反原子力の風潮が広がってきた現在、もっとはっきりと、勇気を持って正論を主張していいほしいと思います。この点で、私は 12 月 3・4 日に勇気を持って発言できなかったことを後悔しています。以下、このフォーラムでの講演者の発言で気になったこと、それに関する意見を述べます。

12 月 3 日の開会セッションで、基調講演者 T 氏が、開口一番、「電力会社は社会一般と異なった価値観を持っている」といわれたのは問題であると思います。もちろん最近の東電事件のこともあり、そういわれることに理解できなくもないのですが。そもそも企業の本来の目的は利潤を上げることであり、この点では企業すべてが同じ価値観をもっているといってもよいのではないのでしょうか。この点で、昔の水俣事件など、公害事件を起こし、あるいは現在も環境汚染を起こしているいくつかの企業、さらに JCO 事故も、この価値観のもたらした結果といえるでしょう。しかし、利潤を追求するという価値観を否定しては企業は成り立ってゆかないでしょう。しかし多くの企業の中でも、電力会社は、電力を社会に安定に供給するため、これはこの企業の利潤を上げることでもあるのですが、義務感を持って真剣に努力されているように私には思われます。

東京電力はたしかにあのような「トラブル隠し」を行ったわけですが、トラブル隠しも、雪印事件にもあるように、一般には、企業に共通な一つの価値観のなせる業であるわけです。東電の場合を弁護しますと、あの事件は、これは日本の原子力行政に関する重大な欠点であるとは思っておりますが、放射線などに関する規制が厳しすぎることが根本原因にあります。もちろん、悪法といえども法なりで、法律を守らないことはよくありません。しかし、現行の規制の中には、当事者としてはそれを破ることにあまり抵抗を感じないような、あるいは無駄な経費の支出を要求しているような無意味なものもある場合があるように思われます。そのようなときは、適宜、法規を妥当なものに改正する必要があります。

「法規さえ厳重に作っておけば安全性は保たれる」という安易な考え方は改めるべきであります。

具体的にいいますと、私の考えでは、原子炉内部のシュラウドといわれるものに多少ひびが入ろうとどうしようと、それを製作当時の 100%無傷なものに保たなければならない、という法規（通達かもしれませんが）を作る事が間違っていると私は考えています。本当に原子炉の安全性に関係するところだけを、その程度に応じて規制を厳しくすべきです。この点で、原子力・放射線に関する現在の法規は厳しすぎる点があり、そのことが、作業者の意欲をそぎ、経済性を低下させている点が多いと思います。あとでものべますが、「放射線の安全性」について、一般大衆が法規が厳しいがゆえに放射線・放射能を事実以上に危険視しており、これが逆に法規を作る側にも影響し、結局は社会全体が無駄な労力と費用を使い、そして、この分野の技術の利用を妨げ、大きな損失を蒙っている場合が多いように思われます。

放射線の法規が厳しすぎると、一般大衆はそのことは実際にそのものが本質的に危険だからであると認識してしまいます。そして、それを妥当な方向に改善しようとしても抵抗が大きいので、当局が「手をつけられないほうが無難」となり、この不当な考え方が社会に定着してしまうことになります。さらに、その結果、マスコミはもちろんのこと（マスコミは大衆の人気取りがひとつの価値観でもあるようですから仕方がないとしても）、社会の指導者あるいはオピニオン・リーダーたるべき人の言説にさえも、この社会の間違った考え方に迎合することが必ず現れてくることです。冒頭の、評論家 T 氏の論説も、この間違った大衆の意見に迎合しているのではないかと、ここで批判させていただきます。

さらに、T 氏はその講演の最後のまとめの中で、これからの原子力（すべての科学技術といわれたかもしれませんが）は従来のように専門家だけの価値観ではなく、専門家の価値観と市民の価値観とのすり合わせによって進めなければならない、といわれたことも問題が大きいと思われます。すなわち、上記の、放射線に対する考え方のように、かなりの割合で一般大衆が間違った考え方（少量の放射線にも極端に恐怖心をもっていること）に捉われているのが現状でありますから、このような科学的に正確でない考え方に、少なくとも技術的には正しい専門家の考え方を妥協させる必要はないと考えます。はじめに、正確な考え方をできるだけ社会一般の人々に理解してもらって、その上で、専門家が社会多数の意見を参考にしながら進めるのでなければなりません。そうでなければ、もしも悪意のある扇動者がいて、その考え方に社会の多くの人が同調するような場合には、せっかくの優れた技術も社会に利用されないことになる可能性が大きいと思います。それは社会全体にとっても大きな損失であります。

12 月 4 日のセッションでも、専門家であるパネリストの一人（から「放射線は危険である。」という言葉から始まる発言があり、さらにその後、放射線影響におけるしきい値が存在するかしないかが話題になりかかったのですが、パネリストからは何らはっきりとした回答がなく、これに関して十分な討議がされなかったことを不満に思っています。ここで私は勇気を持って発言すべきであったと後悔しています。このところは、私はいつも言っているのですが、「大量の放射線は明らかに危険であるが、少量（われわれが常時浴びている程度の 2 桁位大きい程度　約 300 ミリシーベルト位まで）は心配はない」というべきであります。もしこれが事実でないとしたら、航空機による海外旅行も、宇宙開発もできなくなります。低レベルの放射線による確率的影響にしきい値があるかどうか大きな論議的となっておりますが、私は、確信を持って、いくつかの最近の疫学的研究成果（原爆被災者、英国の放射線医師、アメリカの造船労働者、日本のラドン温泉地域）から、がん発症に対して約 300 ミリシーベルトのしきい値が存在する、ということを申し上げたいと思います。もしこのことが一般にみとめられますと、放射線に対する一般人の危険感が大きく軽減されるでしょう。問題は、今後これをいかに多くの方々に知ってもらうか、そして、現在の放射線の法規の根源となっている ICRP の勧告をこの線まで緩和していただくことが必要です。しかし残念なことに、放射線影響の専門家でこの考え方を積極的に支持する人の割合が少ないことです。たぶん本心ではその考え方に同調していても、少なくとも公式の場所ではそのような考え方を自分の意見として発言しない傾向がある、ということでもあります。科学的真実は一つしかないはずでありますから、早くこの「ダブルスタンダード」（本当は心配はないのだが、放射線防護の立場から確率的に影響があるとする）の状態を脱却させたいものであります。

私のこの確信の根拠は別に（付録に）示しますが、願わくは、ひとりでも多くの専門家の方々がこの考え方に同調され、それを公の席で発言していただきたいのであります。（2003.12.6）

## 2. 放射線教育フォーラムの活動（設立の経緯と実績）

「放射線教育フォーラム」（以下「フォーラム」と略称）は、放射線・放射能、エネルギー問題に関す

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

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・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に対する価値判断に大きく影響し、その利用を妨げていることに鑑みて、特に小・中・高校の学校教育において放射線・放射能の正しい知識やエネルギー問題の教育、広くは理科教育全般を改善し充実させることに重点を置いて、次のようなさまざまな活動を行っています。

#### (1) 要望書の提出

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

#### (2) 専門委員会活動

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

#### (3) 勉強会・見学会・公開講演会の開催

会員を対象として勉強会を開催して、放射線教育を始め広く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 3 回（7 月、11 月、及び 3 月）東京で開催しています。（勉強会は会員以外でも参加できます。）以下（4）項の学校教員対象のセミナーを毎年開催する前（約 3 年前）までは、その他に見学会を兼ねた研究会を中学・高校の教員を対象にして年に 1 度程度開催していました。1999 年度は山梨県増富温泉でラドンの測定に関する研究会を、2000 年度は横須賀の立教大学原研の原子炉の見学会を、2001 年度及び 2002 年度はそれぞれ国立がんセンター、都立保健衛生大学で放射線の医学的利用に関する施設の見学と研修を行いました。その他、一般市民を対象とする公開講演会の開催も考えています。

#### (4) 学校教員を対象とした「エネルギー・環境・放射線セミナー」の開催

これは文部科学省と（財）放射線利用振興協会主催による「原子力体験セミナー」の一環として 2001 年度から始まった事業であります。これは、新しい学習指導要領で中学では 2002 年度から、高等学校では 2003 年度から始まった「総合的な学習の時間」にエネルギー環境問題、放射線・原子力問題を取

り上げていただくための参考になるように、主に文系の学校教員を対象に、全国 10 地区で年間参加者約 550 名～600 名を目標に、1～2 日のセミナーを企画し、教員受講者を広く募集し、エネルギー環境問題、放射線・原子力に関連する講演、放射線の実習、教育実践の経験についての意見交換などを行うものです。

講演のテーマと講師の選定は各地区のセミナー開催責任者にまかせて、できるだけ次の各項の内容を含めて、プログラムを組むこととしています。

(1)「教育のあり方について」現在の初等・中等教育の問題点と今後の教育のあり方、青少年の学力の国際的比較、科学技術と社会、科学的な考え方、産業界からの要望、など。

(2)「21 世紀におけるエネルギー・環境問題」化石エネルギー・原子力・自然エネルギーの利害得失、エネルギー問題の現状と見通し、地球環境問題の要点、21 世紀の生活はどうあるべきか、エネルギーと安全保障、諸外国での原子力事情、新エネルギーの話、など。

(3)「放射線・放射能（実習・実演を含む）」放射線・放射能に関する基礎知識、天然と人工の放射能、放射線・放射能と日常生活、放射線の人体への影響、医学的利用の現状、産業分野への応用、など。

(4)「総合的な学習の時間についての考え方と実践経験」教育専門家による基調講演と、パネル討論会形式による教員からの実施例の発表と意見交換。

(5) 2 日間のコースでは教員との交流会を行い、2 日目は見学会を含めることを企画する。

2001 年度は札幌、仙台、筑波、東京、千葉、静岡、名古屋、羽咋（北陸地区）、大阪、福岡で開催し、受講者は 474 名（参加人員達成率 63%）。2002 年度は札幌、青森、高崎、東京、浜松、犬山、金沢、大阪、広島、福岡で受講者は 485 名（達成率 81%）。2003 年度は小樽、仙台、日立、三島、津、富山、大阪、広島、鹿児島ですでに終了し受講者数は 426 名（達成率 96%）で、2004 年 3 月に東京（募集人員 100 名）で開催します。

セミナー出席者にはアンケートにより講義の難易度や、今後どのような内容のセミナーを希望するかなど教員のニーズを調査して次回の参考にしている。問題は教員側がやさしい講義と授業ですぐ役立つ情報を期待しているが、前者は工夫と努力によりある程度解決可能だが、後者は決して容易ではないことである。

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

ニュースレターは年に 3 回、放射線教育に関する最新の情報を会員に知らせるとともに会員相互の意見の交換に役立たせています。すでに 27 号まで発行されています。また会誌「放射線教育」は主に会員による放射線教育の研究あるいは実践経験を報文の形で発表するもので、1997 年度から年に 1 回、すでに第 6 巻まで刊行されています。また、2000 年 3 月には「放射線教育フォーラム 6 年の歩み（付録：JCO 事故の解説と評論）」（212 ページ）が「放射線教育」誌の特集号として刊行され、それ以降毎年、その年度の活動報告書の形式で刊行されました。その他、「放射線教育に役立つ文献リスト」をニュースレターの付録の形式ですでに 2 回発行しました。

#### (6) 国際シンポジウムの開催

フォーラムの活動を国際的規模に拡大し海外との交流を行なうために、「放射線教育に関する国際シンポジウム」を 1998 年 12 月に神奈川県葉山町「湘南国際村」で開催し成功を収めました。（登録参加者は 163 名、参加国数は 15 カ国 1 地域、発表数 66 件）「第 3 回放射線教育に関する国際シンポジウム」を 2004 年 8 月 22 日～26 日に長崎市（ブリックホール）で開催することとし、現在その準備を進めています。ここでは（1）学校における放射線教育、エネルギー環境教育、（2）社会人に対する放射線教育、リスク／ベネフィット教育、（3）放射線の生物影響、自然放射線について、（4）原爆に関する情報をい

かに学校教育で取り上げるか、(5)放射線利用の最近の現状(医学、産業ほか)、(6)その他(一般的な教育問題、大学での教育、国際比較、理科教育、倫理教育、教科書記述など)がシンポジウムのテーマとなっています。

#### (7) その他

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

### **3. 放射線教育フォーラムの委員会活動**

#### **3.1 実験教材検討委員会(1996年度より活動)**

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

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

#### **3.2 リスク問題検討委員会(1997年度に発足)**

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

#### **3.3 教育課程検討委員会(1998年度に発足)**

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

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

2年目の活動は、JCO事故を軸に進められた。委員を含めてかなりの高校教員が、授業でこの事故を取り上げ説明などを試みた。そして作業課題としては、このことについてのわかりやすい「Q & A」を作るという目標をたてた。JCO事故はあってはならない事故であるが、この事故がこれまで私たちが臆気感じていた放射線教育の重要性を明確に意識させた。

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

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

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

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

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

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

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

本委員会は、上記のような背景に基づき、活動の第一歩として、医学・薬学・看護学系大学・短大あるいは専門学校における放射線教育に関する実態並びに放射線に対する意識をアンケートにより調査を行い、同時にその前段階での初等・中等教育においてどのような基礎的知識が与えられるべきかを検討する。

## 3.5 低レベル放射線影響をいかに理解し、教えるかの検討

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

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

### 3.6 教科書記述調査委員会

フォーラムの設立の準備期間の時から、高等学校や中学で使用されている教科書における原子力・放射線関係の記述に様々な問題があることがわかった。すなわち、理科の教科書でも記述が不十分で、明らかに科学的な誤りが少なくなく、また理科以外の科目では科学的な不正確さのみならず、例えばチェルノブイリ原子力発電所の事故などを過大に取り上げ、原子力の安全性に問題があるとして、原子力の推進に懐疑的な論調が目立った。このことが、1996年1967年に文部省へ放射線教育に関する要望書を提出するきっかけとなった。以来、学校で使用されているすべての科目、すべての出版社の教科書について、また毎年新たに発行されたものについて、原子力・放射線関係の事項で不正確・不的確な記述の箇所を詳しく具体的に指摘し、その箇所はどのように記述するのがより正確であるかを示すこととしている。その結果、最近の教科書では理科の教科書では科学的な誤りは格段に少なくなり、文系の科目の教科書も一時よりは大幅改善のあとが見られるが、なお改善の余地があると考えている。将来は外国の教科書も調査する予定である。

### 3.7 マスコミ報道調査委員会

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

### 3.8 加速器利用調査・検討委員会

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

## 4. フォーラムの今後の計画

### (1) 他の組織との連携と行政への政策提言

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

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

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

## 5. おわりに 問題点の要約と提言

### 5.1 学校教育での問題点とその改善のために：

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

(2) このような現状を改善するには、児童・生徒の成長に応じて、できるだけ早い時期に、天然に放射線・放射能が存在することを体験させることが有効である。しかしこのシステムを学習指導要領に公式に採用してもらうことは容易ではない。現在はこれまでの知識詰め込みの反動から、学校教育での子供の負担を軽くするために、「教科内容の厳選・軽量化」（いわゆる「ゆとり教育」）が行われているからである。「総合的な学習の時間」を利用して、低学年で放射線教育を行うとしたとき、その指導者を養成する必要がある。文部科学省が制定する教育課程をわれわれの望む方向に改善・改革するためには、教育課程制定に影響力のある教育専門家にたよらねばならないが、これらの方々は、どちらかというと科学技術とは縁の遠い文系に属し、われわれ理系の研究者との間の情報交換・意思疎通が必ずしも円滑でないで、この関係を改善する必要がある。

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

(4) しかし、これはわれわれが最近3年間、学校教員（しかも「主に文系の」）を対象とするセミナーを開催して痛感したことであるが、学校教員は一般に、（報道関係者と同じく）原子力・放射線に関して一般市民よりも批判的な意見の持ち主が多いことである。（これは最近、日本原子力文化振興財団が行った調査（「放射線という言葉に関する意識調査」2002年3月）から歴然とわかっている。）われわれがセミナーにおいて、科学的に正しいことを説明しても、「それは原子力推進にかたよりすぎている、われわれはもっと中立的な立場で教育したい」という人が必ずいる。しかし、そのような批判があっても、セミナーに出席してくれさえすれば、そして、われわれの話を聞いてくれさえすれば、時間をかけて意思疎通をすることができる。問題はいくら話しかけてもセミナーに出てこない教師たちである。この上は、文部省科学省に教育専門家とよく相談していただいて、「総合的な学習の時間」のテーマとして、エネルギー関連の問題をできるだけ取り上げてもらえるよう（地方の教育委員会から）指導してもらおうとか、次期の学習指導要領において改訂し、エネルギー問題・原子力・放射線に関する知識は中学・高校で必



修課程として、強制的に学校教員にも勉強してもらい、少なくとも教科書に書かれていることを生徒に自信をもって教えることができるようになっていただくほかはない。

## 5.2 社会教育における問題点：

学校の教師や生徒が原子力に関する情報を得る主なソースは新聞やテレビなどのマスコミ報道である。したがってマスメディア関係者は重要な社会のオピニオン・リーダーであるのだが、これらの方々の多くは一般的にはこの分野の知識が不十分な文科系出身者である。前記の調査結果によれば、マスコミ関係者の原子力・放射線の問題に関する考え方は学校教師とよく似ている点があり、知識の点では学校教師より良く知っているにもかかわらずこの問題に否定的ないしは何かにつけて批判的であるということがある。マスコミ報道が社会全体の意見を大きく影響することを知っている（はずである）にもかかわらず、これらの方々が放射線に関して報道する場合、それどのように社会に利用されているかなどのプラス面についての報道割合が「まったくない」26%、「約 1 割未満」36%、「1 から 2 割くらい」24%であり、合計して「2 割未満」が 86%であり、マイナスの報道が非常に多いことが、これらの方々へのアンケート調査により明らかになっている。（日本原子力文化振興財団、「放射線という言葉に関する意識調査」2002 年 3 月、55 ページ）

すでに長年にわたって植え付けられた固定観念を変えることは殆ど不可能かもしれないが、社会の木鐸としての報道関係者が、原爆に関する先入感とか原子力に対する好悪の感情とは離れて、客観的に、「少量の放射線・放射能のリスクはどの程度のものか」という正しい基本的知識をもつていただくことがぜひ必要である、と私は思う。（そのための理解の助けとなる筆者の最近の研究「原爆生存者の疫学的データから導いた線量 反応関係のしきい値の存在について」をこの資料の付録として添付した。）

結論として、学校教育では、教員全体の義務感覚と更なる努力により知識レベルを高めること、また社会教育では、報道関係者の社会のリーダーとしての良識と努力により客観的な知識レベルの向上を期待せねばならない。それには原子力委員会・原子力安全委員会・文部科学省・経済産業省などの行政機関がまず基本的にしっかりとした考えを打ち立て、その考え方がスムーズに社会に受け入れられるよう、適切な指導をしていただかねばならない。そのためには、原子力の専門家を含む一般指導者層の良識と、いっそうの努力が必要である。われわれは、及ばずながら今後もあらゆる方面からの要望があれば、この方向の努力を継続する心算である。

## 6 . 文献（放射線教育フォーラム及び松浦辰男がフォーラム設立以来発表した仕事）

（2003 年 12 月 15 日現在）

（定期刊行物）

TN-1 ~ 27 「放射線教育フォーラムニュースレター」 No.1 (1994.12.) ~ No.27 (2003.11)

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

（不定期刊行物）

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

FR「年次活動報告書」及び臨時報告書（「放射線教育」特集号あるいは別冊として）

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

FR-2「新しい世紀の放射線教育 放射線教育フォーラム 2000 年度の活動と今後の展開」

- 2001 年 3 月 (102pp)
- FR-3 「学校における放射線教育 放射線教育フォーラム 2001 年度成果報告書」2002 年 3 月 (176pp)
- FR-4 「21 世紀の原子力・放射線問題 - 近年のトピックスの中から」(日本原子力学会バックエンド部会支援事業)2002 年 11 月 (66pp)
- FR-5 「いま重要性が増す放射線教育 放射線教育フォーラム 2002 年度成果報告書」2003 年 3 月(148pp)

(要望書)

- Y-1 1995 年 6 月 30 日 放射線教育フォーラム 「放射線教育の改善に関する要望書」文部大臣への要望書
- Y-2 1996 年 11 月 19 日 放射線教育フォーラム 「エネルギー・環境問題に関連したこれからの放射線・放射能教育の在り方」文部大臣への要望書
- Y-3 1996 年 12 月 18 日 放射線教育フォーラム 「学校および社会における放射線・放射能教育を効果的に行うための方策について」科学技術庁長官への要望書
- [これら要望書の内容は(1)上記の年次活動報告書 F R - 1 及び(2)下記の松浦・飯利共著「放射線・原子力教育と教科書」に収録]

(国際シンポジウム関係)

- SP 論文集 “ISRE98 Proceedings of International Symposium on Radiation Education”, JAERI-Conf 99 - 011 , September 1999 (414pp)
- SR-1 「放射線教育に関する国際シンポジウム (ISRE 98) 報告書」、放射線教育に関する国際シンポジウム組織委員会、1999 年 ( 3 2 pp)
- SR-2 放射線教育フォーラムニュースレター、No.12,1999 年 3 月号
- SR-3 . 原子力システムニュース、Vol.9, No.4, 35-42, (1999 年 3 月号)
- SR-4 Isotope News, 1999 年 4 月号、pp.28-29
- SR-5 放射線科学、Vol.42, No.3, 113-116 (1999 年 月号)
- SR-6 エネルギー環境ジャーナル、Vol.9, No.4, 2-3 (1999 年 3 月号)
- SR-7 医療放射線防護 NEWSLETTER, No.25, 57-60, 1999 年

(松浦辰男が関係した著書・論文など、フォーラム刊行物に収録分を除く)

- MP-1 1994 年 松浦辰男「原子力 P A の新しいアプローチと現行の高校教科書における原子力関係の記述について」原子力システムニュース、Vol.5, No.2, 24-34 (1994)
- MP-2 1995 年 松浦辰男「高等学校教科書(理科・社会科)の原子力の扱い」エネルギーレビュー、Vol. 15, No. 3, 17-20 (1995 年 3 月)
- MP-3 1996 年 松浦辰男・今村 昌・長谷川園彦・橋本哲夫・朝野武美・小高正敬(共訳)  
「放射線と放射能 宇宙・地球環境におけるその存在と働き」学会出版センター、1996 年 1 月、  
(原著は“Radiation and Radioactivity on the Earth and Beyond”, I.G.Draganic ら、CRC, 1993)
- MP-4 1997 年 松浦辰男 「放射線教育フォーラムの活動 理科教育の振興と国民の放射線恐怖症の軽減を目指して」 保健物理、32 巻、235 - 239 (1997)

- MP-5 1997 年 松浦辰男「学校で行われるべき放射線教育について」原子力実験セミナー  
セミナー通信、No.15, March 1997, 9-12
- MP-6 1998 年 松浦辰男「これからの原子力・放射線教育の在り方」原子力 eye, Vol.44,  
No.4, 84-87 (1998)
- MP-7 1998 年 松浦辰男・飯利雄一「放射線・原子力教育と教科書」研成社、1998 年 2 月
- MP-8 1998 年 松浦辰男「高校教科書における放射線教育」駒澤短期大学放射線科論集、  
第 23 号、21-36 (1998)
- MP-9 1999 年 10 月 21 日 松浦辰男「これからの放射線教育のありかた」保物セミナー  
in 若狭」要旨集 81 - 104
- MP-10 2000 年 松浦辰男「学校での放射線教育のあるべき姿 放射線教育フォーラムの現状  
と将来」放射線と産業、No.87, 28-32
- MP-11 2001 年 松浦辰男・飯利雄一・高木伸司・関本順子「過去 2, 3 年の高等学校の教科書  
における原子力・放射線関係の記述の傾向」日本原子力学会誌、43 巻、487-492 (2001)
- MP-12 2002 年 10 月 松浦辰男「エネルギー・放射線教育を行うための文系教員向けセミナー」  
Isotope News 2002 年 10 月、12 - 15

(松浦辰男が関係した口頭発表)

- MO-1 1994 年 9 月「現行の高校教科書における原子力・放射線関係の記述」松浦辰男・  
安 成弘・今村 昌、日本原子力学会 1994 年秋の大会、北海道大学、J1
- MO-2 1995 年 5 月「放射線に関する教科書における現状と問題点」松浦辰男、日本保  
健物理学会公開討論会「生徒に、放射線をどう教えるか」、水戸、
- MO-3 1995 年 7 月「高校の最近の理科教科書における放射能・原子力関係の記述について」  
松浦辰男、第 32 回理工学における同位元素研究発表会、12a-III-8, 要旨集 p.169 (1995)
- MO-4 1996 年 7 月「放射線教育の改善に関する要望書」の補足説明用の参考資料に  
ついて」松浦辰男・三木良太、第 33 回理工学における同位元素研究発表会、  
1a-III-8, 要旨集、p.23 (1996)
- MO-5 1996 年 8 月「高校の教育課程改正への提言 「放射線・放射能リテラシー」に向けて」  
松浦辰男、理科(化学)教員研修会、仙台 (6pp)
- MO-6 1996 年 12 月「放射線教育 初等・中等教育における現状と課題 高校における  
教科書の記述を中心として」松浦辰男、第 22 回アイソトープ・放射線総合会議、パネル、  
1996 年 12 月 17 - 19 日
- MO-7 1997 年 7 月「高校教科書(政治・経済・地理・保健体育など)における放射線  
関係の記述」第 34 回理工学における同位元素研究発表会、3p-II-4, 要旨集、p.148 (1997)
- MO-8 1997 年 12 月「これからの放射線・原子力教育の在り方」松浦辰男、1997 年  
12 月 3 日東大シンポジウム論文集、(19pp)
- MO-9 1998 年 6 月「低レベルの放射線影響を如何に理解し教えるかについての一考察」  
第 35 回理工学における同位元素研究発表会、29p-IV-6, 要旨集、p.148 (1998)
- MO-10 1998 年 9 月「教科書にみる放射線・原子力教育の問題点」松浦辰男・飯利 雄一、  
第 42 回放射化学討論会、1A20, 筑波 (1998)
- MO-11 1999 年 7 月「放射線教育に関する国際シンポジウムから 諸外国における放射線  
教育の現状の比較」第 36 回理工学における同位元素研究発表会、6p-IV-11, 要旨集

- p.124 (1999)
- MO-12 1999年9月「高校の最近の教科書における原子力関係の記述」松浦辰男、日本原子力学会秋の大会、(柏崎、新潟工科大学)、A14, 要旨集 p.14 (1999)
- MO-13 1999年11月「学校におけるこれからの原子力教育のあり方」松浦辰男、日本原子力文化振興財団委員会、1999年11月4日(15pp)
- MO-14 2000年3月「JCO 臨界事故の報道に見られた不適切な記述」松浦辰男・高木伸司・朝野武美、日本原子力学会 2000 年春の年会、A23, 愛媛大学、要旨集 p.367 (2000)
- MO-15 2000年7月「原爆記録・文学・手記などから知る放射線影響の知見」松浦辰男・朝野武美・高木伸司・長谷川図彦、第 37 回理工学における同位元素研究発表会、3p-III-4, 要旨集、p.154 (2000)
- MO-16 2000年8月「放射線教育の必要性と意義」松浦辰男、放射線リスク検討会平成 12 年度第 1 回全体会合、2000 年 8 月 23 日～25 日、箱根、(20pp)
- MO-17 2000年9月「「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画(案)平成 12 年 8 月」へのご意見を聞く会での発言」松浦辰男、2000 年 9 月 27 日、品川、(掲載誌:「新しい世紀の放射線教育 放射線教育フォーラム 2000 年度の活動と今後の展開」(2001 年 3 月) p.95-97
- MO-18 2001年6月「放射線教育の重要性和問題点」松浦辰男、(筑波、放射線交流会) 2001 年 6 月 20 日
- MO-19 2001年7月「劣化ウラン弾に関する新聞報道についてのコメント」高木伸司・松浦辰男・長谷川図彦・朝野武美・第 38 回理工学における同位元素研究発表会、2p-III-4, 要旨集、p.115 (2001)
- MO-20 2001年9月「中学校社会科地理の教科書における原子力関係の記述について」関本順子・高木伸司・松浦辰男、日本原子力学会 2001 年秋の大会、B39, 北海道大学、要旨集 p.39 (2001)
- MO-21 2002年1月「「地球環境保全をめざした地域づくり - エネルギー教育と合意形成」へのコメント」松浦辰男、青い森・地球エネルギーフォーラム 2002、(2002 年 1 月 17-18 日) 報告書、65-67, 76-77
- MO-22 2002年7月「総合的な学習の時間をエネルギー教育・放射線教育に活用するためのセミナーの開催」松浦辰男ほか、第 39 回理工学における同位元素研究発表会、3p-I-5, 要旨集、p.113 (2002)
- MO-23 2002年8月「原爆被ばく者の苦しみを集積から判明したある重要な学問的事実」松浦辰男、大阪
- MO-24 2002年9月「平成 15 年度より使用される高等学校教科書におけるエネルギー・環境・原子力関係の記述について」松浦辰男・関本順子・高木伸司、日本原子力学会 2002 年秋の大会、J19, いわき明星大学、要旨集 p.34 (2002)
- MO-25 2002年11月「学校・社会における放射線教育の重要性和その在り方」松浦辰男、日本アイソトープ協会 放射線取扱主任者部会、2002 年 11 月 8 日大阪; Isotope News, No.588, Apr. '03, p.60-62
- MO-26 2003年3月「LNT 仮説への反証 原爆生存者のがん発生の線量-反応関係にしきい値が存在すること」松浦辰男、日本原子力学会 2003 年春の年会、E29, 佐世保、要旨集 p.196 (2003)
- MO-27 2003年7月「原爆被害の客観的評価に基づく学校・社会教育について」第 40 回理工学における同位元素・放射線研究発表会、1p-II-14, 要旨集、p.24 (2003)
- MO-28 2003年9月「平成 16 年度より使用される高等学校教科書におけるエネルギー・環境・原子力関係の記述について」松浦辰男・関本順子・高木伸司、日本原子力学会 2003 年秋の大会、M6, 静岡大学、要旨集 p.6 (2003)

( 松浦辰男が国際会議で発表した論文等 )

- MI-1 1996年9月 “How to Improve the Education of Radiation and Radioactivity,”  
Tatsuo Matsuura, Proceedings of Symposium on Environmental Radioactive Impact in Asia  
(1996 SERNIA), 6-8 September 1996, Taipei, p3-12
- MI-2 1996年10月 “Toward Improvements of the Education Concerning Radiation,  
Radioactivity, and Nuclear Energy in High Schools in Japan”, Tatsuo Matsuura, Paper  
presented at 10<sup>th</sup> Pacific Basin Nuclear Conference (10-PBNC), 20-25 October 1996, Kobe
- MI-3 1997年10月 “How to Understand the Radiation Effects of Small Dose— Some Critical  
Comments on ICRP Recommendations”, T. Matsuura, paper read at the Second  
International Conference on Isotopes (2ICI), 12-16 Oct. 1997, Sidney, Australia
- MI-4 2000年5月 “Comment on the Treatment of Dose-Response Relationship for  
The Epidemiological Data of Atomic Bomb Survivors”, T. Matsuura, Paper presented at 10<sup>th</sup>  
International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-10), May  
14-19, 2000, Hiroshima
- MI-5 2000年5月 “The Importance of Making Right Knowledge about Radiation  
Popular—Activity of “RADIATION EDUCATION FORUM””, T. Matsuura, Paper presented  
at IRPA-10, May 2000, Hiroshima
- MI-6 2002年8月 “Necessity of Radiation Education Based on New Information—What We  
Can Learn from Hiroshima and Nagasaki”, Tatsuo Matsuura, Proceedings of the Second  
International Symposium on Radiation Education, Debrecen, Hungary, 21-24 August 2002,  
pp.116-124
- MI-7 2002年10月 “On the Existence of a Threshold in the Dose-Response Relationship  
from the Epidemiological Data of Atomic Bomb Survivors”, Tatsuo Matsuura and Tsutomu  
Sugahara, paper submitted to the First Asian and Oceanic Congress for Radiation  
Protection AOCRP-1), October 20-24, 2002, Seoul, Korea

# 原爆生存者の疫学的データから導いた 線量 - 反応関係のしきい値の存在について

松浦辰男\*1・菅原努\*2

\*1放射線教育フォーラム・\*2(財)体質研究会

(この論文は2002年10月20～24日に韓国・ソウルで開催の“The First Asian and Oceanic Congress for Radiation Protection (AOCRP-1)”で発表されたものの改訂版を邦訳したものである。)

## 要約

少量の放射線被ばくによるがん発生に対して、線量－反応関係にしきい値があるかどうかという問題は、放射線防護と原子力政策決定における最も重要で議論の多い問題の一つである。放射線影響研究所(RERF)によって、広島・長崎の原爆被ばく(以下被爆)生存者に対して寿命調査(LSS)が行われているが、そのグループによる疫学的研究が最も信頼のおけるものとされてきた。そのグループは、しきい値なしの直線関係(LNT)の仮定を否定する何の証拠もない、との見解をとっている。それに対して筆者達は、生存者の受けた放射線量を慢性的被ばくの影響を考慮に入れて再評価することが必要だと主張してきた。慢性的被ばくは、フォールアウト、誘導放射能、それに市内中央部へ早期に入域したことによって引き起こされた。

筆者達は又、強い慢性的被ばくによってしばしば致命的な傷害を受けたと報告されている“入市被爆者”の実例が重要であると主張してきた。直接被爆者のかなりの割合が入市被爆者と同様の行動をとっていることが十分に考えられるからである。最近になって、我々は、放射線による急性障害の症状の発現の割合が、全被ばく線量を推定する上で重要な指標になるということを見出した。

この論文で我々は、直接被爆した生存者の線量の分布が正規分布をとると仮定し、脱毛などの急性障害症状を起こした症例に対して、於保源作や他のいくつかのグループが調査した統計的データに基づいて、平均的全被ばく線量を推定することが出来た。

すなわち、脱毛の症状の出るしきい値を0.8 Svと仮定し、脱毛の発症の割合8.12%(8グループ117,914被験者中9,579例)の数値を用いて正規分布の平均値を求めると0.50 Svとなる。また、脱毛を含む下痢・嘔吐など各種の急性放射線症状の発症の割合のデータ47.5%(3グループで16,289人中7,742症例)をもちい、発症のしきい値を0.5 Svと仮定すると全体の平均値は0.49 Svとなる。これらの値の平均値0.495 Svから、放射線影響研究所のデータを使って計算した瞬間的放射線量の寄与0.123 Svをさしひくと、慢性的被ばくの寄与は0.372 Svであると計算することができる。

こういう訳で、がん発生に対する現在の線量－反応関係は、この量だけ右側に平行移動すべきであり、低放射線レベル領域におけるがん発生に対するしきい値は、約0.37 Svであると言える。

キーワード：原爆生存者、がん発生、線量－反応関係、慢性的被ばく、入市被ばく者、急性障害症状、がん発生のしきい値

## I. はじめに

放射線影響研究所(RERF)によって広島・長崎の原爆生存者に対して行われている疫学的研究は、放射線が人体に及ぼす影響を推定する上での主要なデータ源になっている<sup>(1,2)</sup>。

第1図の実線で示されているRERF登録生存者のがん死亡に対する寿命調査(LSS)のデータで線量－反応関係を見ればわかるように、同研究所の研究者らは、原爆による被ばく線量に基づくがんによる死亡の確率は、しきい値はなくて被ばく線量と比例関係にある、と述べている<sup>(2,3)</sup>。

しかし筆者らは、RERFのデータの扱い方は原理的に正しくないことに気がついた。どの点でそう

なのかというと、生存者はかなりの量の慢性的放射線を受けており、その被ばく線量の寄与を無視していることにより、線量が過小評価されている点にある。慢性的な被ばくは主に次のものからくる<sup>(4,5,6)</sup>。

(a) フォールアウト (“黒い雨”), (b) 誘導放射能, (c) 原爆投下後に高い放射能を持つ地域に立ち入ったこと。

慢性的被ばくの寄与が重要であるということは、「入市被爆者」の実情を見ることによって容易に理解することができる。即ち、彼らは原爆投下直後に市の中心部に入り、かなりの時間のあいだ破壊された土地で親類を探し回ったり、負傷者の救護にあたったりした。彼等は炸裂時の瞬間的な放射線は浴びなかったが、汚染された地域での強い残留放射能にさらされることによって、種々の急性放射線症状に苦しむことになった。中には死亡するに至った例がたいへん多い(付録参照)<sup>(6)</sup>。このような致命的な放射線量は、数シーベルトにも達していたにちがいない。「死の灰」という用語は、ここからきたと考えられている。直接原爆を受けた多くの生存者——特に市の中心部から離れて住んでいた人たち——は、原爆投下後、これらの入市被爆者と同じように行動した可能性が高いと推論しても間違いないであろう。

この論文で我々は、於保源作<sup>(7)</sup>によって報告されているような急性障害症状の発現に関するデータを使うことによって、生存者の平均的な全被ばく線量を推定し、これから慢性的被ばく線量を推定する方法を提唱する。

直接被爆した生存者の全被ばく線量分布に対しては、正規分布を仮定する。次に脱毛の発現に対する最小線量を 0.8 Sv と仮定し<sup>(9)</sup>、後に表として示すこの症例の発表された発現率 8.12% を用いることによって、全対象者に対する平均線量を 0.50 Sv と推定することができる。

同様に、種々の急性障害症状の報告された全発現率 47.5% を用い、これら急性障害症状のしきい値として 0.5 Sv を仮定することによって、対象者に対する平均的全被曝線量として約 0.49 Sv の値を得ることができる。そこで我々は、この二つの平均をとって 0.495 Sv を採ることとする。

次の段階として、直接被爆生存者に対する中性子と $\gamma$ 線の瞬間的被ばく線量は、放射線影響研究所から出版されたデータを用いて容易に求めることができる。その値は 0.123 Sv である。そこで、全線量 0.495 Sv からこの値をさし引くことで、直接被爆生存者に対する平均の慢性被ばく線量 0.372 Sv が求められる。その結果、がん発生に対する線量 - 反応関係曲線において、約 0.37 Sv の値を全ての横軸の値に加えなければならない。

即ち、低レベル放射線によるがん発生の出現のしきい値は 0.37 Sv ということになる。

## II. 慢性的被ばく線量と急性障害症状の発現

### A. 慢性的被ばく線量の諸因子

第 1 表に生存者の受けた放射線被ばくの種々の因子を示す。

表 1 生存者の受けた線量の分類

急性被ばく: A 1,  $\gamma$ 線      A 2, 中性子

慢性被ばく:

(外部被ばく) C 1, フォールアウト(黒い雨)

C 2, 地面の誘導放射能

(内部被ばく) C 3, 体内の誘導放射能

C 4, 放射能物質を吸引またはのみこんだこと。

C 1 すなわちフォールアウトに関しては、原爆炸裂の約 20 - 30 分後、市内の広い領域にわたって強い放射能を持つ黒色の雨が強く降ったことは、よく知られた事実である<sup>(10,11,12)</sup>。報告によると広島

では第2図<sup>(10,12)</sup>に示すように爆心地から北西の方向に向かってかなりの広い地域に及んだとされ、長径、短径それぞれ29 km, 15 kmの楕円形をしていた。長崎では東の方向であった。

日米共同調査の報告によると、長崎のある地区ではフォールアウトによる残留放射能による累積被ばく線量は2.7Gyにも達した<sup>(14)</sup>。

”黒い雨生存者”に対して詳しく調べた種々の急性障害症状の報告がある<sup>(16)</sup>。それは、対照母集団である16,045人の生存者に対して287症例を調べたものである。

原爆については数多くの公的、私的報告や手記、ドキュメンタリー作品<sup>(7)</sup>があり、いろいろな面から見た広島・長崎の被爆者の実態が述べられている。それらには、フォールアウトや誘導放射能に関する様々な情報が報告されており、原爆投下時に市内で直接被ばくしたか否かに関わらず多くの生存者の放射線症例が記されているものがある。

フォールアウトに関する一つの有名な話は、広島气象台に務めていた宇田道隆氏の息子の話である<sup>(10,11,12)</sup>。その小学生は原爆炸裂時に広島にはいなくて、彼は2ヶ月後に爆心地から4.2 km西にある自宅に帰ってきた。自宅に居住している間、放射線傷害の典型的な症状である脱毛を経験した。その理由を理化学研究所の専門家に調査を依頼したところ、原因は、この少年の寝室の雨戸にくっついていた”黒い雨”の残留物による強い放射能のせいであることが判ったのである。

C2に関しては、当時の空襲被災者の多くの実例が判っている。彼等は、家が空襲によって焼かれた後、元の場所に建てられた一時的に修復された家や粗末なバラックに長年住んでいた。長崎では生存者のおよそ32%がこのような状態で住んでいたと報告されている<sup>(13)</sup>。

その結果、彼等は、中性子照射が原因でできた土中の誘導放射能からくる高いバックグラウンド放射線により、余分な慢性的被ばくを受けたにちがいない。

ある報告によると、原爆炸裂後100時間以内に爆心地から1 km以内に立ち入った人が誘導放射能から受けた累積線量は、広島で1.3 Gy、長崎で0.5 Gyとされている<sup>(14)</sup>。

C3に関しては、既に1945年の秋に故杉山氏による報告がなされている事に注目すべきである。彼は、京大から派遣された調査団の団長であったが、次のように述べている。

「死因の最も重要なものは、中性子によって人体内に作られた放射性原子核からのβ線の効果である。もちろん炸裂時に体外から照射された中性子や他の放射性物質の影響も重要ではあるが。<sup>(15)</sup>」

これは、1999年に東海村のJCO事故で起こったことと同じである。このような訳であるが、著者はDS86や類似のシステムでこの重要な寄与を詳しく考慮に入れたかどうか疑問を抱いている。

## B. 原爆生存者の急性放射線障害症状の発現

慢性的被ばく線量を推定する我々の方法を説明する次章に入る前に、生存者の急性症状発現について書かれたいくつかの論文を紹介しよう。

オークリッジ国立研究所(ORNL)の山田とジョーンズは、広島で爆心地から1600m以上離れたところで被爆した”フォールアウト生存者”287例を調べた<sup>(16)</sup>。被験者の初期被ばく線量は”黒い雨”を受けたことによるもので0.01~0.2 Svであった。山田らは、種々の急性障害症状の出現割合を調べ、フォールアウトを経験しなかった16,045人の対照生存者と比べた。症状としては、軽症として発熱、おう吐、(出血ありあるいはなしの)下痢があり、重症としては口腔咽頭障害(のど、口、歯ぐきの炎症)、紫斑病(歯肉出血など)、非紫斑出血、そして脱毛があった。

彼等はフォールアウトにさらされたグループに対して最も高い出現率68.48%の脱毛を見出したが、これは対照群の5.51%と比べるべきものである。(筆者の見解によれば、対照群が示した値は、フォールアウト以外からの線量、例えば、遠隔地での被爆者の高汚染地域への立ち入りの影響であるように思われる。)次に多い症状は、フォールアウトにさらされたグループの下痢で、22.04%であった。この報告では脱毛の反応しきい値は種々の症状のうちで最も低いとしている。

RERFの鎌石<sup>(8)</sup>は、臨床医として多くの被爆生存者を診察してきたが、急性障害として脱毛を経験した者は、この急性障害を経験しなかった者に比べて、遅発性疾患におちいりやすい傾向にあることを見出した。見出された遅発性疾患は、白血病、染色体異常、そして白内障である。見出された頻度の増加は2倍ないし3倍である。これに対して2つの理由が想像される。即ち、放射線に対する感



度の違い、又は線量推定の誤差である。

錬石は前者の理由を支持するようであるが、著者らは後者を支持する。報告の中で錬石は脱毛に関するしきい値は 0.8 Sv としているが、十分それ以下でありうるとしている。ある報告<sup>(17)</sup>によると、1945 年末までに被爆者が急性障害症状を示した割合は 52%(6,704/13,168)となる。その値は直接被爆した生存者に対しては 58%(5,419/9,343)となり、入市生存者に対しては 39%(1,158/2,969)、そして救護作業に当たった入市生存者に対しては 29%(151/522)である。

### Ⅲ. 慢性的被ばく線量の推定方法

1957 年に広島 of 医師於保源作<sup>(18)</sup>は、生存者の中で下痢、発熱、脱毛などの急性障害が発現したことについて報告している。彼の報告は、直接被爆生存者については、炸裂時に爆心地から色々な距離の所にいた人々を扱っており、次の 4 種類の状況下でのそれぞれの症状に対するデータを提供している。即ち、(1)屋内で被爆し、その後市の中心部に立ち入ったグループ、(2)同じく屋内で被爆したが、立ち入りのなかったグループ、(3)屋外で被爆し、中心部に立ち入ったグループ、(4)屋外で被爆し、立ち入りのなかったグループ。ここで“立ち入り”というのは、原爆投下後 3 ヶ月以内に爆心地から直径 1km 以内に立ち入った生存者を意味する。於保の報告では、種々の急性症状の起こりやすさはだいたい下痢、発熱、皮膚粘膜出血、脱毛、の順であった。

報告によれば、全ての急性障害症状を示した割合として、直接被爆者 3,946 人の対象者中 1,233 例(31.5%)を報告しており、その中で脱毛に対しては、3,846 対象者中 321 例(8.1%)である。彼は同時に、入市被爆者で、域内に立ち入った者では 525 人中 230 人、立ち入らなかった者は 104 人中 0 人というデータも報告している。これらから明らかにわかることは、爆心地近くに立ち入ったことが急性障害を発現する上で明らかに大きな影響を及ぼしたことである。

いくつかの別の報告もある。ある公的な報告<sup>(17)</sup>によると、1945 年末までに急性障害症状を示した割合は広島では 52%(13,168 対象者中 6,704 例)であった。その値は直接被爆生存者では 58%(5,419/9,343)、入市生存者では 39%(1,158/2,969)、救護活動に当たった入市生存者では 29%(151/522)であった。日米共同調査で行われたものを含む長崎大学グループの報告<sup>(18,19)</sup>、RE RF<sup>(20)</sup>の報告などもある。これらのデータは第 2 表にまとめてある。

第 2 表 直接被爆生存者に対する急性障害症状発現のまとめ

#### A. 全ての急性症状

報告者	症例	対象者数	割合 (%)	場所	参考文献
於保	1,242	3,946	31.5	広島	(8)
広島市	5,419	9,343	58.0	広島	(14)
横田他	1,086	3,000	36.2	長崎	(18)
(合計)	7,742	16,289	(平均)47.5		

#### B. 脱毛

於保	321	3,946	8.1	広島	(8)
横田他	320	3,000	10.7	長崎	(18)
米国 - 日本	910	6,427	14.2	長崎	(18,19)
RE RF	3,957	58,500	6.6	広島	(20)
RE RF	1,349	28,132	4.9	長崎	(20)
東京大学	707	4,406	16.0	広島	(20)
米国 - 日本	1,104	6,882	16.0	広島	(20)
米国 - 日本	911	6,621	13.8	広島	(20)
(合計)	9,579	117,914	(平均) 8.12		

瞬時的被曝線量の寄与による平均被ばく線量の計算のために R E R F のデータを第 3 表に再現した。

第 3 表. R E R F の調査による寿命調査対象者と推定(瞬時的)放射線被ばく線量<sup>(2)</sup>

大腸線量 (Sv)	平均線量 (Sv)	寿命調査対象者			対象者×線量 (人・Sv)
		広島 (人)	長崎 (人)	合計 (人)	
0.005 - 0.05	0.0275	18,132	8,167	26,299	723.2
0.05 - 0.1	0.075	5,462	915	6,377	478.3
0.1 - 0.2	0.15	4,787	951	5,738	860.7
0.2 - 0.5	0.35	4,998	1,255	6,253	2,188.6
0.5 - 1.0	0.75	2,171	1,025	3,196	2,397
1.0 - 2.0	1.5	1,071	536	1,607	2,410.5
>2.0	2.2(仮定)	496	183	679	1,493.8
			(合計)	86,632	10,643.3
			(平均)		0.1228 Sv

我々の仮定は、直接被爆者であるか入市被爆者であるかに関わらず生存者の受けた全被曝線量は、第 4 図に示すように正規分布<sup>(21)</sup>に従って分布する、ということである。そうすると、何らかの急性障害症状をもたらす最低の放射線レベルを 0.5 Sv と仮定するならば、それが直接被爆生存者の 47.5% に見られた事を考えると、平均的全被ばく線量は 0.49 Sv であったと計算できる。正規分布の形を決めるパラメータとして、平均値のほかに広がりに関するものがあるが、われわれは、理論的に 0 Sv を越えてマイナスの方向に無限大に広がる部分の面積を全体の曲線下の面積の 1% 以下になるように形状を設定した。

同様に、脱毛に至るしきい値を 0.8 Sv と仮定し<sup>(9)</sup>、全部の平均割合 8.12% を使うならば、平均的全被ばく線量を 0.50 Sv と計算できる。

第 3 表に示されている R E R F の寿命調査の値<sup>(2)</sup>から計算された瞬時的被爆による平均線量 0.123 Sv を差引くならば、**直接被爆生存者に対する正味の平均慢性被ばく線量は、 $0.495 - 0.123 = 0.372$  Sv ということになる。**入市被爆者に関しては、於保の報告によると全 629 人の生存者中 230 人(37.0%) が前節で述べたような急性障害症状を示した。もう 1 つの資料では 34% である。彼等は直接被爆をしていないので、もし上述のように急性障害症状発現のしきい値を 0.5 Sv と仮定すると、入市被爆生存者の受けた平均的慢性被ばく線量を約 0.43 Sv と見積もることができる。

ここで、直接被爆者グループの受けた平均的慢性被ばく線量を 0.37 Sv と認めるならば、がん発生に対する線量-反応曲線は、図 1 の点線で示されているように、この数値だけ右側に平行移動すべきであり、**少なくとも 0.37 Sv のしきい値があることになる。**

#### IV. 結論

- (1) 地球規模における放射線と原子核に関する教育が、今世紀における全社会の持続的発展を保証するためには是非とも必要であることは言うまでもないことである。筆者の一人とそのグループは、大部分の人が抱えている“放射線恐怖症”なる感情を緩和するため、1994 年に“放射線教育フォーラム”を立ち上げた。しかし、直線しきい値なし (LNT) 仮説が今日の恐怖症を作り出している一つの主な原因である。その仮説は、放射線影響研究所 (R E R F) が被爆生存者について現在とっている見解に基づいて、国際放射線防護委員会 (I C R P) が放射線防護政策決定の上で基本的規範として採用し、専門家でないものにはこれが仮説でなく科学的真実と信じられているのである。
- (2) 疫学的データから低線量放射線領域でがん発生にしきい値があるかどうかを決定するため

には、いろいろな因子に由来する慢性的被ばく線量に十分注意して、全ての（直接被曝したものと及び”入市”の）被爆生存者に対する全被ばく線量を推定し直すことが必要である。したがって、生存者に対する平均的慢性被ばく線量を推定する必要があるが、そのために筆者らは、急性障害症状—例えば生存者の脱毛など—の発現の度合いが重要な指標を与えることを見出した。

- (3) 急性障害症状の発現に関して入手できるデータを使って、筆者らは平均的全被ばく線量を 0.495 Sv と推定することができた。さらに、R E R F の出している値を使って計算した 0.123 Sv の瞬間的線量をさし引くと、平均的慢性被ばく線量は約 0.37 Sv ということになる。したがって、固形がん発生に対する線量—反応関係のしきい値は大体この値すなわち約 0.37 Sv であろう。いずれにせよ、筆者らは、低レベル電離放射線のがん発生に対する直線しきい値なし仮説は、もはや全くそれを支持するデータを失ったと信じるものである。

#### 謝辞

この論文を作成するに当たり、この問題に興味をお持ち頂き、かつ意義深い議論を提供して下さいました財団法人放射線影響協会の金子正人氏と大阪大学宗平名誉教授近藤宗平氏に心より御礼を申し上げます。また文献調査段階で我々に有益な議論を提供して下さいました広島大学教授の早川式彦氏、放射線影響研究所顧問の砂屋敷忠博士、放射線教育フォーラムの辻萬亀雄氏にも感謝申し上げます。また英文原稿の言語面の校正を好意的にご担当下さり、有意義なコメントと励ましのお言葉を下さったアルゴンヌ国立研究所の井口道生博士、ドイツの Feinendegen 教授のお二方にも感謝申し上げます次第である。

#### 参考文献

1. UNSCEAR, "Sources and Effects of Ionizing Radiation," UNSCEAR 1994 Report, United Nations, New York, 1994.
2. (財)放射線影響研究所要覧, 1999 年 12 月
3. Y. Shimizu, H. Kato, W. J. Schull, "Studies of the mortality of a-bomb survivors. 9. Mortality, 1950-1985: Part 2. mortality based on the recently revised doses (DS86), Radiat. Res., **121**, 120-141, 1990; Y. Shimizu, H. Kato, W. J. Schull, K. Mabuchi, "Dose-Response Analysis among Atomic-Bomb Survivors Exposed to Low-Level Radiations", in "Low Dose Irradiation and Biological Defence Mechanisms", T. Sugahara et al eds., Elsevier Science Pub., Amsterdam, 1992, pp. 71-74.
4. T. Matsuura, "How to Understand the Radiation Effects of Small Dose—Some Critical Comments on ICRP Recommendations," Paper read at the Second International Conference on Isotopes (2ICI), 12-16 Oct., 1997, Sydney, Australia.
5. T. Matsuura, "Comment on the Treatment of Dose-Response Relationship for the Epidemiological Data of Atomic Bomb Survivors", Paper presented at IRPA-10, May 2000, Hiroshima.
6. 松浦辰男:「原爆と放射線影響研究・放射線教育」, 放射線教育フォーラム「放射線教育」VOL.4 NO.1, pp. 86-94, 2000 年
7. 於保源作:「原爆残留放射線障害の統計的観察」, 日本医事新報 1746 号, 1957 年 10 月 12 日号 P21-25
8. 宇吹 暁:「原爆手記掲載図書・雑誌総目録」1945-1995, 日外アソシエーツ, 1999 年 7 月
9. 鎌石和男・菅原 努:「原爆による脱毛と晩発障害—感受性差か線量誤差か—」, 環境と健康 1996 年 Vol.9 No.2 pp. 49-67
10. 宇田道隆, 菅原芳生, 北 勲:日本学術会議「原子爆弾災害調査報告書」,「気象関係の広島原子爆害調査報告」P98, 日本学術振興会, 1953 年
11. 豊田清史:「『黒い雨』と『重松日記』」, 風媒社, 1993 年
12. 柳田邦男:「空白の天気図」, 新潮文庫, 1981 年 pp. 348-381
13. 「米国戦略爆撃調査報告書」"The Report of United States Strategic Bombing Survey", 長崎市(訳) 1960 年, p.220
14. S. Okajima, S. Fujita, J. H. Harley, "Radiation Doses from Residual Radioactivity," in "US- Japan Joint

- Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima (邦訳あり)
15. T. Sugahara, "Hiroshima and Nagasaki: From Fear through Science to Risk Assessment, 100 Years of X-rays and Radioactivity (RON-BEC100) D. D. Sood et al, edited, Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India, 1996, pp.367-376.
  16. Hiroaki Yamada and T. D. Jones, "An examination of A-Bomb Survivors exposed to fallout rain and a comparison to a similar control population", ORNL-TM-4017 (Dec. 1972)
  17. 日本原水爆被害者団体協議会編：「ヒロシマ・ナガサキー死と生の証言 原爆被害者調査」新日本出版社、1994年6月、p.27
  18. 横田賢一、三根真理子、近藤久義、本田純久、田川真須子、朝長万左男：「長崎原爆における被爆距離別の急性症状に関する研究」長崎医学会雑誌、73巻 特集号、pp. 247-250
  19. Oughterson A.W., Leroy G.V., Liebow A. A., et al., "Medical Effects of Atomic Bombs; The Report of the Joint Commission for the Investigation of the Atomic Bomb in Japan", USAEC, 1951.
  20. Dale Preston, 馬淵清彦, 児玉和紀, 藤田正一郎：「原爆被害者における脱毛と爆心地からの距離の関係」長崎医学会雑誌、73号 特集号、pp.251-253
  21. V. V. Nalimov, "The Application of Mathematical Statistics to Chemical Analysis", (English Edition), Pergamon Press, 1963

#### 付録 記録文学等における「入市被爆者」の放射線障害に関する記述例

(例1)「原爆は直接うけなくとも、二、三日後いや数日後市街に入った救援隊の者もたくさん死んでいる。」「あの時、県内の1つの村から、20人くらいの救援隊を広島へ送ったんだが、今でも残っている人は、1村に一人くらい。」「消防隊で出ていった人たちで、死の灰の中を探しまわった人たちはみんな死んでしまった。」「帰郷後の保健婦たちは、中には被爆患者と同じように下痢をしたり、少しは頭髮が抜けたりするようになる者がいた。」「(井伏鱒二、「黒い雨」)

(例2)「9月になって、私みたいに後から来た人がどんどん死にはじめたんです。鼻血が出始めたとか、髪の毛がひと握りくらい抜けたり、それからあのときみたいに血が出たり、足のどこかがコブみたいに腫れ上がったり、斑点ができたりして。」「(丸木位里ほか、「鎮魂の道」)

(例3)「親許を離れて疎開していた(気象技師宇田道隆氏の次男の)小学校六年生が、十月になって疎開先から帰って来た。その次男が、広島に帰って間もなく髪の毛が抜ける脱毛症状を起こした。次男が傍に寝床を取っていた雨戸にこびりついてた泥から非常に強い放射能がでていることが発見された。」「初期の降雨量が多かった広島市西部の己斐、高須方面はとくに雨の泥が高い放射能を示し、爆発後三ヶ月にわたって下痢や脱毛を起こす住民が多かった。」「(柳田邦男、「空白の天気図」その他)

(例4)「後になって入市し、遺骨整理に精勤した兵士や士官の中で、以後一ヶ月間に次々と突然にたおれ、頭髮が抜け落ち、体に紫斑がで、高熱に冒され、最後は吐血して、その間僅か3、4日で死を迎えるものが多かった。」「自分も入市被爆者であるが、一緒に作業した人はすでに死亡した。」「8月6日午後9時に広島に入市、身体がだんだん弱り、頭髮がどんどん抜けた。」「8月7日入市、身体に斑点ができるなどの異常があった。」「落下時広島郊外にいたが、入市して帰宅後原因不明の下痢が一ヶ月続いた。」「(以上「きのこぐも——原爆の軌跡」)

(例5)「あとから来た他の地区の人達が、広島市内を救援や肉親探しに歩き回った。そのほとんどの人達が、広島で被曝した人と同じ状態になって、一命を失った犠牲者が続出した。」「(文沢隆一、(例6)「後になって広島に出かけた人たちが、間もなく原子爆弾病に侵され、しばしばたおれた。8月20日、市外居住者が広島市へ行き、半日がかりで墓場(焼け跡)を掘り返したが、帰宅後間もなく原子爆弾症に罹った。当時、爆心圏外3キロの地点にいた人が、無傷にも拘らず間もなく死んだ。」「(大田洋子、「屍の町」)

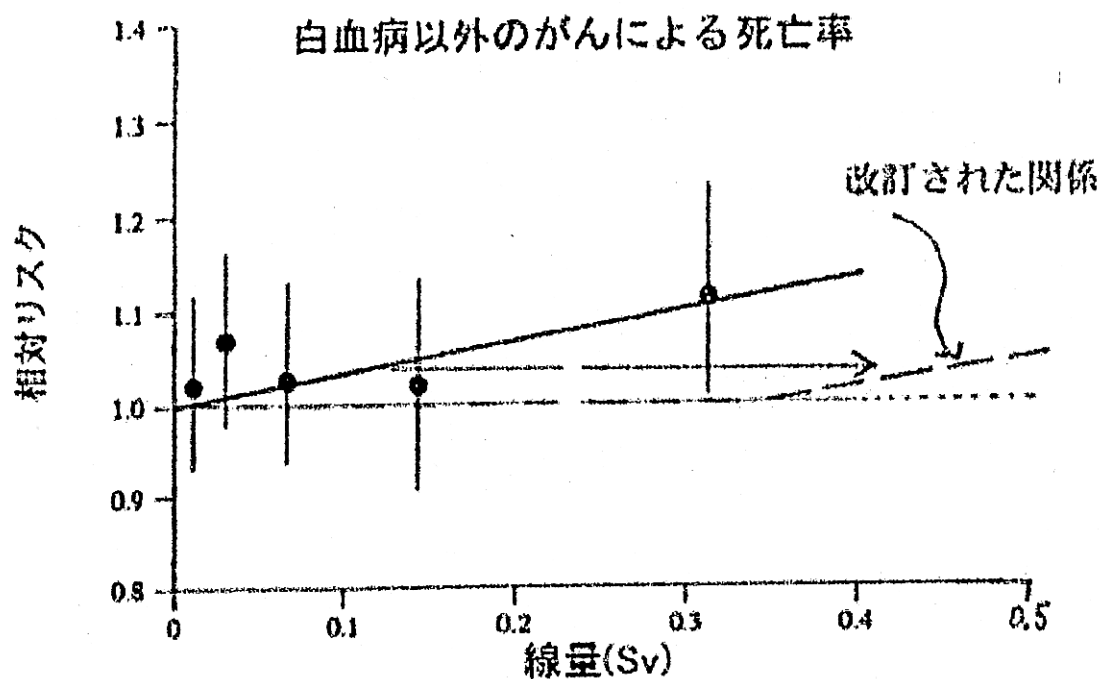


図1 RERF(放影研)による線量-反応曲線(実線)としきい値のある改訂された曲線(点線)

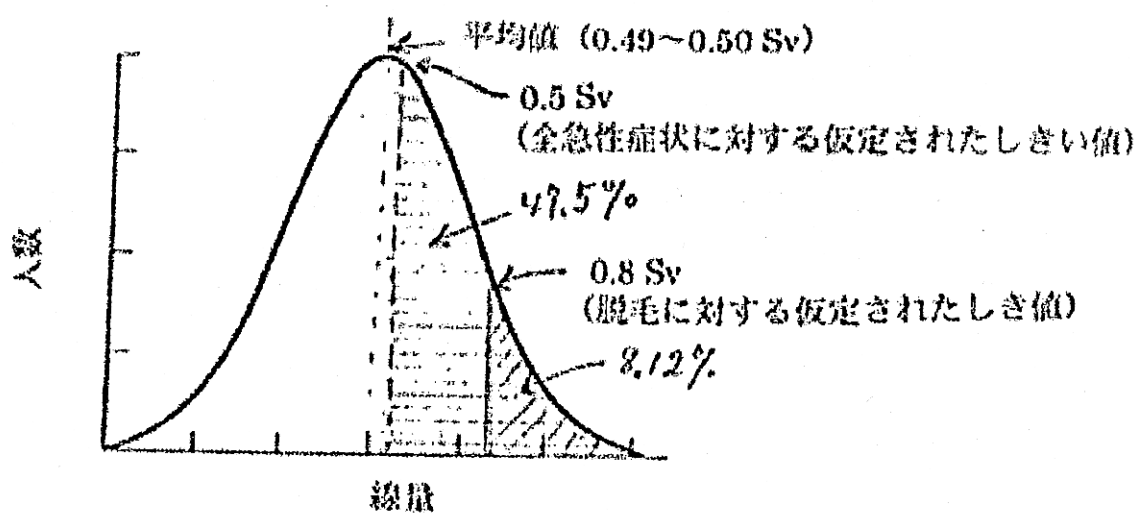


図2 正規分布を仮定した直接被ばく者の全被ばく線量の見積り

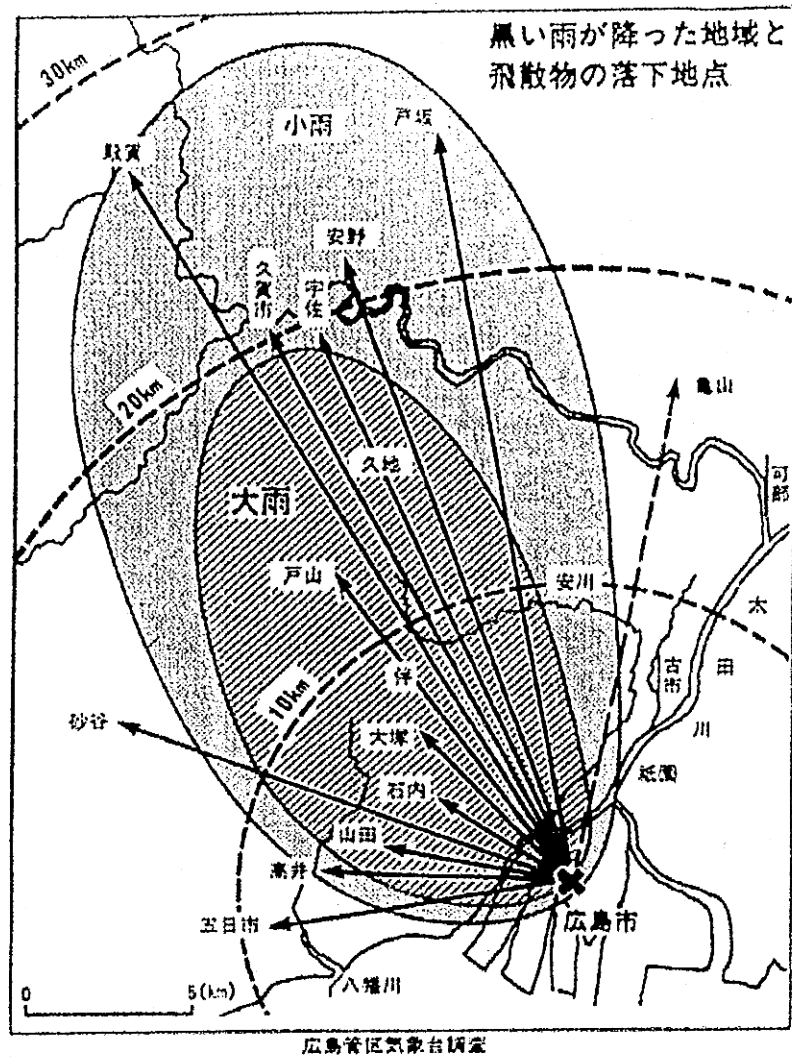


図3 “黒い雨”の降った地域

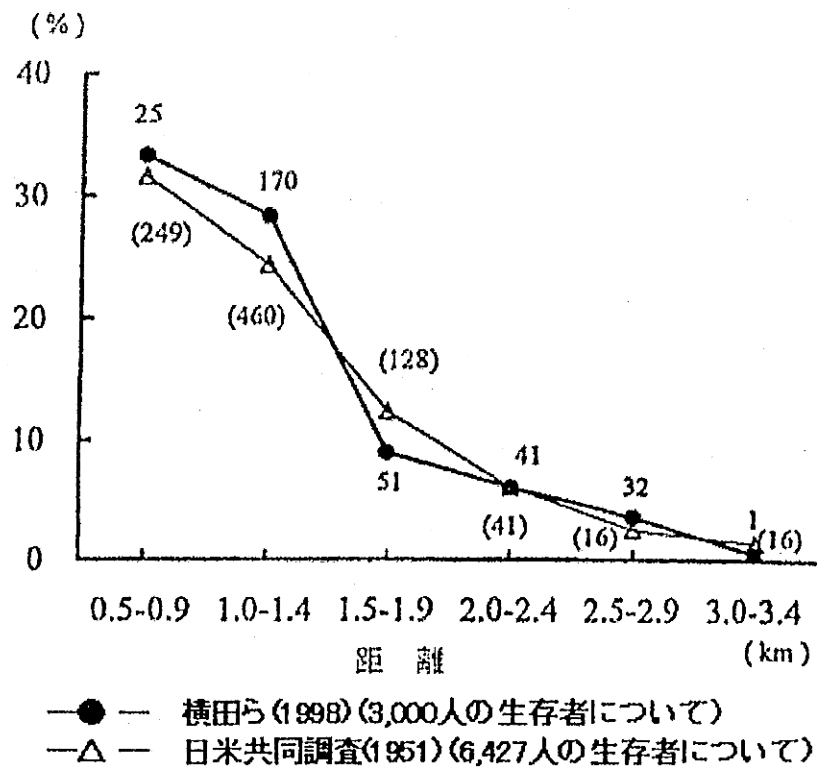


図4 脱毛の頻度と爆心地からの距離との関係