「放射線教育」別冊

放射線教育で国の復興を

放射線教育フォーラム２０１１年度成果報告

ＮＰＯ放射線教育フォーラム

２０１２年3月

序　文

2011 年 3 月 11 日の東日本巨大地震と超大津波と引き続き起こった福島第一原子力発電所の事故によって、これまで日本が国是としてきた「原子力推進」の政策が大きくぐらついている。またその後の主に放射線の安全性に関する多くの「専門家」と自称する種々の意見と政治家のポピュリズム的な情報発信のために国民、特に被災地住民の将来の生活に対する不安感は当分の間は改善されそうにない。今こそ、国民の周知を集めて、現在社会の諸制度のうち改革すべきことがあれば断固改革し、将来に明るい見通しを持てるようにせねばならない。それにはどうすればよいだろうか。

日本が真に発展するためには、従来はややもすれば進学のための点数稼ぎ的傾向のあった学校教育の在り方を改善し、またマスメデイアに正しい報道を促し、国民全体に公的精神の大切さを認識させて社会改善への意欲を奮い起こす他はないと思う。

18 年前に自主的に設立したボランテイア組織である当フォーラムの活動目的は、わが國における理科教育の振興、なかでも継子扱いにされてきた放射線に関する正しい知識を学校教育で正当に取り上げてもらうことにあった。日本人の原爆体験は、平和への願望と結びついて、放射線・放射能に対して恐怖症ともいえる感覚を産んできた。しかし、事実は、被爆者は確かにがんの発症率は非被爆者よりも高いが、一般的な生存率においては、健康診断に対する國の助成も効を奏し、一般市民よりも長命であるとの確たる統計的証拠がある。(このことは 1998 年に我々が開催した「第 1 回放射線教育に関する国際シンポジウム」で長崎大学の研究者から発表されている。) それにもかかわらず一般の人々は「放射線は僅かでも非常に危険なものである」との誤った観念にとりつかれている。特にマスメデイアはこの考え方に賛成する意見のみを取り上げる傾向がある。

原子力・放射線を含めあらゆる技術にはメリットと同時にかならずデメリットがある。日本のエネルギー事情から見れば、その両方を正当に評価したうえで、化石エネルギー資源の枯渇が目に見えている世界のために、我が国が培ってきた原子力技術を発展途上国をはじめとする諸外国の求めに応じて日本が指導的立場で海外に普及させようとするのは、望ましいことである。しかし、国民の大多数が放射線・放射能を忌み嫌っているならば、果たしてそれはうまくゆくであろうか。基礎となるのは、原子炉管理に関する諸技術と並んで放射線に関する基礎的知識、中でも放射線影響と放射線防護に関する考え方である。これに関して、放射線防護の立場からは、安全性に余裕を持たせる考え方から、科学的事実を正しく踏まえず放射線規制を厳しくする傾向がある。本報告書ではその放射線影響の科学的事実についてできるだけ詳細に解説された資料を集録した。

本報告書の読者におかれては、収録した諸資料の内容について熟読吟味され、学校及び社会における放射線教育に、ひいては社会全体の発展に有効に活用されることを希望する。

2012 年 3 月　　NPO 法人放射線教育フォーラム　理事長　松浦辰男

放射線教育で国の復興を
放射線教育フォーラム２０１１年度活動報告書
目　次

序　文
目　次
第１章　　２０１１年度活動報告及び２０１２年度活動計画 ・・・・・・・・・・1
　１．２０１１年度の活動について ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
　２．２０１２年度の活動・運営について ・・・・・・・・・・・・・・・・・4
　３．２０１１年度の役員名簿 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
　４．２０１１年度の理事会・勉強会等の開催記録 ・・・・・・・・・・・・・6
　５．パネル討論企画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8
　６．「新技術振興渡辺研究会調査研究」関係の報告 ・・・・・・・・・・・・9
　７．「不正確情報対応事業」について(仕様書)・・・・・・・・・・・・・・・13
　８．その他（将来計画－次回の国際シンポジウム計画）・・・・・・・・・・14

第２章　専門委員会の報告及び関係資料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・15
　１．教育課程検討委員会報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17
　２．低レベル放射線影響委員会関係の資料
　２－１「低線量放射線被曝の身体的影響」（坂本澄彦）・・・・・・・・・・26

第３章　勉強会等における配布資料その他の資料・・・・・・・・・・・・・・・39
　１．「東日本大震災・大津波に直面して反省し痛感すること」　（有馬朗人）・41
　２．「理科教育に求められる五つの「力」」（熊野善介）・・・・・・・・・　43
　３．「原発事故が起こった今、放射線教育を学校・社会でいかに進めるか」
　　（高田　純）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・47
　４．「低線量率放射線医科学の教育が日本を復活させ世界を救う」（稲　恭宏）51
　５．「中学校理科教育の現状とこれから―放射線を含むエネルギー教育の在り方」
　　（高畠勇二）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・58
　６．「環境及び人体における除染について」（渡利一夫）・・・・・・・・・・64
　７．「高専のクラブ活動で行った手探りの放射線・原子力教育―簡易放射線測定器で捉えた 2011 年 3 月 11 日～3 月 16 日のひたちなか市のプルームの通過」（松沢孝男）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・69
　８．「福島の復興とそれを阻害する風評被害」（石井正則）・・・・・・・・・75
　９．「文部科学省の放射線副読本について」（田中隆一）・・・・・・・・・・80
　１０．「読者の疑問に答える　福島原子力事故の対応は　緊急事態を強く意識し優先順位と重要性の判断を」（加藤和明）・・・・・・・・・・・・・・86
　１１．「福島原発事故の報道に現れた放射線関係用語と数値を理解するための勘所」（加藤和明）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・88

あとがき／奥付

第1章　２０１１年度の活動報告と２０１２年度の計画

１．　２０１１年度の活動について

ＮＰＯ法人放射線教育フォーラムは、放射線、放射能、原子力の専門家及び学校教員の有志により構成され、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ある。当フォーラムは、社会一般の人々が科学技術の進歩で恩恵を受けているにもかかわらず、若い人達に「理科離れ」、「理科嫌い」が見られること、また、知識レベルの高い方々も含む多くの人々が放射線や放射能に対して過剰の不安感をもっており、そのことが原子力の平和利用を大きく妨げている現状を憂慮している。この現状を打開するため、当フォーラムは、小・中・高等学校の教育において、エネルギー環境問題・放射線・放射能・原子力に関する正しい理解がされるように、学習指導要領などの教育政策を改善し、意欲のある教員を育成することに重点を置いて、勉強会やセミナー、国際シンポジウムを企画・開催している。またいくつかの専門委員会を設けて問題を検討し、それをもとに文部科学省はじめ関係当局に政策提言を行なうなど、種々の活動をしている。フォーラムの会員数は、2011年12月現在で個人会員数190名、団体会員数44団体である。

1−1　事業活動実績

フォーラムの定款では、事業は（1）放射線教育に関する国内及び国際シンポジウム、勉強会の開催（2）放射線教育に関する調査研究並びに情報発信、（3）放射線教育に関する政策提言の３つに分類されている。以下に、これらの各項について2011年度の実績を要約する。

（1）勉強会等の開催

（ア）フォーラムの会員を主な対象とする公開の勉強会の開催

学校における放射線教育がいかにあるべきかを中心とする話題、放射線影響や放射線利用の最近の研究成果、現役教員による学校における放射線教育の実践報告などの幅広いテーマについて、勉強会を2011年度は6月、11月、2012年2月の3回開催している。

（イ）学校教員を対象とする「エネルギー・環境・放射線セミナー」の企画・運営

学校における放射線教育、エネルギー・環境教育の質を向上させるために、文部科学省からの委託で2001年度から2009年度までこの事業を受注した（財）放射線利用振興協会に協力して毎年全国各地(10地区)で地区の教育委員会の後援を得て実施し、受講者総数は毎年400名以上を目標とし、成果を上げた。しかし、この事業は、(財)放射線利用振興協会が2010年度に文部科学省の競争入札で落札できなかったので、その年度以降はこれまで通りの方式で実施できなくなった。フォーラム事務局では、2010年度以降にこの事業を受注した組織に種々の資料を提供して協力したいとの希望を述べてきたが実現していない。また文部科学省から直接受注できるかどうかを検討している。

（ウ）地方支部のセミナー

2008年度に設立した青森支部において2009年及び2010年度はセミナーを4度開催した。

（エ）一般社会人対象の放射線・原子力関係研修会(オピニオンリーダー等向け広報事業)

2011年3月11日に東日本大地震・大津波が起こり、更に福島第一原子力発電所で炉心冷却設備に不具合が発生し炉心冷却が不十分となり、原子炉建屋の水素爆発を起こし、一部の放射性物質を周辺地区へ放出させる事故を起こした。これに対処するため、地域住民等への説明会が日本原子力文化振興財団により企画され、協力を申し出たところ、具体的提案が3回あった（6月、南相馬市、7月、水戸市、10月、蕨市）が、実現したのは水戸での1回であった。(松浦が講師として参加)

（2）調査研究・情報発信

（ア）専門委員会活動

放射線教育に関する諸問題について検討しその成果を情報発信する。テーマは、①学校における放射線教育課程、②放射線教育のための実験教材、③教科書記述に関する調査、④リスクに関する教育、⑤低レベル放射線影響の理解と教育、⑥放射線や核・原子力問題に関する報道における問題点の調査、などである。これらのうち、2011年度は教育課程に関する委員会が活発に活動した。

（イ）定期刊行物等の発行

放射線教育に関連する最新情報、勉強会等の案内、意見交換などを掲載した「ニュースレター」を年3回、機関紙「放射線教育」を年1回、年度末活動報告書を年度末に発行している。これらの情報発信は、印刷物の刊行のほか会員の主な論文等についてはホームページで公開している。

（ウ）「北大プロジェクト」（平成20〜22年度文部科学省公募プロジェクト「原子力基礎基盤戦略研究イニシアチブ」の公募テーマ「原子力に対する信頼醸成のための社会学的アプローチ」に採択された研究課題「学校教育現場との対話

に基づく原子力・放射線プログラム」事業)

30 年ぶりに復活する中学校における放射線教育を支援するために、フォーラムは学校教員のための「放射線学習指導資料―中学校・呼応等学校における放射線に関する学習指導の手引き」の作成を上記プロジェクトの事業として 2008 年度から開始し、2010 年度に中学校・高等学校共通の資料（62 頁）として完成させた。また理科教員へのアンケート調査を、2008 年度は全国の中学校の約半数の 5000 校に、2009 年度に高校 3000 校に、2010 年度は中学校、高等学校ともにまだ実施していなかった残りの学校に対して行い、教員との対話を図った。また、この調査による学校の教員からの要望に基づき、2010 年度においては、中学校や高等学校の教員が教室で直ちに授業に使えるような解説付きの指導資料の作成に着手し、2011 年度までに作成した資料は、上記の「放射線学習指導資料」、アンケート調査の結果と共に現在フォーラムのホームページ(http://www.ref.or.jp)で公開している。

（エ）その他の調査研究（1）　（渡辺プロジェクト）

上記の「北大プロジェクト」の研究に類似のものが、2010 年 9 月から開始された。それは、新技術振興渡辺記念会による「円満な社会的合意形成を考慮した原子力・放射線の学校教育のあり方に関する調査研究」である。これは 2011 年 9 月まで継続されて実施され、その成果を「放射線教育」誌の別冊の印刷物（160 頁）として刊行し、フォーラム個人会員全員に配布した。

（オ）その他の調査研究(2)「不正確情報対応事業」

「平成 23 年度原子力安全規制情報広聴・広報事業」（［不正確情報対応事業］への協力)

この事業は、経済産業省資源エネルギー庁が企画し福島県及びその近隣県に対する風評被害の防止を目的としたものである。フォーラムは 2011 年 8 月に、この事業に対する専門家有識者としての協力を打診された。そこでフォーラムの役員を中心にこの事業に対する協力について諮ったところ 20 数名から内諾をえたのでその名簿を関係当局に提出するとともに、すでに示されていた多くの質問に対する回答原稿案の作成を依頼した。この Q&A 形式の資料は、質問内容によっては何度も何度も原稿が往復されて最終原稿がほぼできている。もし市民からこのような質問があった場合にこれが正しい回答であると種々の科学的・行政的な根拠を示して回答する形式で（この年度末で約 70 問について、これの全部についてフォーラム会員が関与したものではないが）できているが、インターネットで近日中に公開される予定とのことである。(なおこの事業は現在のところ、フォーラムの事務局は関与はしているが組織としての協力でなく、会員が個人ベースで資源エネルギー庁からの相談に答えた形式になっている。)

(3) 政策提言

当フォーラムが 17 年前に設立されて以来、学校における放射線教育の充実のために文部科学省などに要望書を提出するなどの努力を続けてきた結果、2008 年に公布された中学校理科の新学習指導要領で放射線がようやく取り上げられることになった。この改善の方向が単に形式だけに終わらず実質的に成果が挙がるように、教育現場の実情を調査して、学習内容と教育人材の質の向上のための環境を整えるべく、種々の提言を行いたい。具体的には、教科書の調査、放射線実習の充実のための方策、入学試験の改善、教員養成機関への提言、小学校で初歩的な放射線教育を行うための提案、中学校・高等学校で理科だけでなく社会科、技術・家庭科、総合的な学習の時間などの教科における、エネルギー教育やリスク教育のための学習指導要領の改訂に関する具体的教育内容などを提案したいと考えている。

また最近公表された、文部科学省から刊行された「放射線副読本」についても、提言を行う予定である。

1−2　運営

(1) 定期的会合　会員総会（年１回)、理事会（年３回以上)、将来計画検討委員会（年数回)、顧問会（年１回)、教育指導資料作成委員会（年２回以上）が行なわれている。

(2)　財政状況改善のために

放射線教育を学校及び社会において充実させるための種々の活動を行うにはすべて財政的裏付けが必要である。何とかして、まず公的な公募研究などの中で我々が主体となって申請できるものを検討する。次に、団体会員数を増やす努力をする必要があるが、最近の経済情勢は大変厳しく、いかにすればこの種の活動に支援が得られるか真剣に検討している。

２．２０１２年度の活動・運営について

社会における放射線教育の重要性が大きくなっているので、フォーラムと同様の趣旨で学校教育の改善や放射線やエネルギー問題の正しい知識の普及活動をしている他の団体と連携を進めて、これらの活動への公的な財政的支援を図る。

運営面では、フォーラムの財政改善のために事務局は種々の方策を検討し、実行する。「通常会員総会」を 6 月に開催。「理事会」を 4 回以上開催。「将来計画検討委員会」を適宜開催。「顧問会」を 1 回開催。

３．２０１１年度の役員名簿

ＮＰＯ法人放射線教育フォーラム 2010・2011 年度役員名簿（五十音順）

理事長：	松浦辰男	（立教大学名誉教授）
副理事長：	河村正一	（神奈川大学総合理学研究所名誉研究員、日本防護服研究会理事長）
	長谷川圀彦	（静岡大学名誉教授）
理事：	井上浩義	（慶応大学医学部教授）
	岩崎民子	（放射線医学総合研究所名誉研究員）
	大野新一	（理論放射線研究所長）
	工藤博司	（東北大学名誉教授）
	小高正敬	（元東京工業大学大学院原子核工学専攻助教授）
	酒井一夫	（放射線医学総合研究所放射線防護研究センター長）
	笹川澄子	（財）環境科学技術研究所調査役）
	田中隆一	（元日本原子力研究所高崎研究所所長）
	中西友子	（東京大学大学院農学生命科学科教授）
	橋本哲夫	（新潟大学名誉教授）
	堀内公子	（元大妻女子大社会情報学部教授）
	渡辺智博	（立教新座中学高校教諭）
監事：	朝野武美	（元大阪府立大学先端科学研究所）
	加藤和明	（高ｴﾈﾙｷﾞｰ加速器研究機構名誉教授）

名誉会長： 有馬朗人 （財)日本科学技術振興財団会長・元文部大臣・根津育英会武蔵学園理事長）

幹事： 荒谷美智(六ヶ所村文化協会）、大島 浩（佐野日本大学中学高校）、大野和子（京都医療科学大学教授)、緒方良至（名古屋大学医学部保健学科）、奥野健二（静岡大学理学部教授）、笠井篤（元日本原子力研究所）、岸川俊明（元熊本大学）、菊池文誠（元東海大学理学部）、熊野善介(静岡大学教育学部）、黒杭清治（元芝浦工業大学教授）、斎藤直（大阪大学アイソトープ総合センター教授）、佐伯正克（元日本原子力研究所特別研究員）、佐久間洋一（東京工業大学特任教授）、佐藤正知（北海道大学大学院工学研究科教授）、柴田誠一(京都大学原子炉実験所）、白形弘文（日本エクスクロン（株）技術顧問）、下道国（元藤田保健衛生大学衛生学部教授）、砂屋敷忠（放射線影響研究所臨床研究部顧問）、関根 勉（東北大学高等教育開発推進センター教授）、田村直幸（元日本原子力研究所ラジオアイソトープ・原子炉研修所長）、鶴田隆雄（近畿大学原子力研究所教授）、中西孝（元金沢大学大学院自然科学研究科教授）、西尾信一（埼玉県立本庄高校教諭）、播磨良子(伊藤忠テクノソリューションズ㈱）、坂内忠明（放射線医学総合研究所主任研究員）、広井禎（元筑波大学附属高校副校長）、古屋廣高（九州大学名誉教授）、細渕安弘（元東京都立保健科学大学）、三門正吾（千葉大学高大連携企画室特任准教授）、峯岸安津子（神奈川大学理学部国内研究員）、宮川俊晴(日本原燃㈱）、村石幸正（東大教育学部附属中等教育学校副校長）、渡利一夫（放射線医学総合研究所名誉研究員）

顧問： 飯利雄一（元信州大学教授）、石黒亮二（北海道大学名誉教授）、今村 昌（理化学研究所名誉研究員）、工藤和彦（九州大学高等教育開発推進センター教授）、黄 金旺（中原大学栄誉教授）、佐々木康人（国際医療福祉大学教授）、篠崎善治（元都立アイソトープ総合研究所参事研究員）、村主進（原子力システム研究懇話会フェロー）、住田健二（大阪大学名誉教授）、 高島良正（九州大学名誉教授）、野崎 正（元北里大学教授）、更田豊治郎（元日本原子力研究所副理事長）、松平寛通（元放射線医学総合研究所長）、森千鶴夫(名古屋大学名誉教授）、山口彦之（東京大学名誉教授）、山寺秀雄（名古屋大学名誉教授）、吉田康彦（大阪経済法科大学アジア太平洋研究センター客員教授）

4. 2011年度の理事会等役員会・勉強会等会合の開催記録

２０１１年

５月１１日（水）　２０１１年度第１回理事会　（尚友会館１号室、12名）

５月１１日（水）　第１回編集委員会　（霞が関ビルB1F、６名）

６月１８日（土）　第２回理事会　（科学学技術館　６階　第１会議室、１３名）

６月１８日（土）　２０１０年度会員総会・勉強会　（科学学技術館　６階　第１会議室、

（総会３６名、勉強会４２名）

（勉強会プログラム）

講演「平常時及び緊急時の放射線管理レベルについて」

原子力学会SNW　運営委員　　斎藤　修

講演「一般人向けの放射線教育テキストについて」

フォーラム理事　　岩崎　民子

コメント　「事故に関連した一般社会人からの質問について」

フォーラム理事　　工藤博司

報告「総合的な放射線教育の必要性について」

静岡県立科学技術高等学校　　谷口裕美枝

自由討論　「福島の原発事故を踏まえての今後のフォーラムの活動の在り方について」

田中隆一

６月２８日（火）第１回教育課程検討委員会　（第一白川ビルフォーラム事務所、７名）

８月５日（金）第１回国際シンポジウム打ち合わせ会（東北放射線科学センター、４名）

９月１４日（水）第３回理事会　（尚友会館３号室、11名）

９月１４日（水）第２回編集委員会　（霞が関ビルB1F、７名）

11月10日（木）第２回教育課程検討委員会　（第一白川ビルフォーラム事務所、５名）

11月19日（土）第１回将来計画検討委員会　（第一白川ビルフォーラム事務所、６名）

11月19日（土）第２回勉強会（（株）内田洋行新川オフィス　２階会議室、41名）

（勉強会プログラム）

講演「中高性は放射能・放射線の何がわからないか」

聖光学院中学・高等学校　　畠山　正恒

講演　「原発事故が起こった今、放射線教育を学校・社会でいかに進めるか」

札幌医科大学　教授　高田　純

講演　「中学校理科教育の現状とこれから―放射線を含むエネルギー教育の在り方―」

練馬区立開進第一中学校　校長　高畠　勇二

講演　「福島原子力発電事故をどのようにとらえ、学校でどのように指導したらよいか―パワーポイント教材の紹介―」　放射線教育フォーラム　　黒杭清治

講演　「（風評被害をなくすための）放射線問題質疑応答集の作成」

原子力学会シニアネットワーク連絡会　　石井正則

（2012 年）

1 月 11 日（水）第 2 回将来計画検討委員会　（第一白川ビルフォーラム事務所、5 名）

1 月 14 日（土）第 3 回編集委員会　（第一白川ビルフォーラム事務所、7 名）

2 月 20 日（月）第 4 回理事会　（第一白川ビルフォーラム事務所、9 名）

2 月 21 日（火）第 3 回教育課程検討委員会　（第一白川ビルフォーラム事務所、6 名）

3 月 3 日（土）［不正確情報対応事業］打合せ会　（第一白川ビルフォーラム事務所、5 名）

3 月 3 日（土）第 3 回勉強会（（株）内田洋行新川オフィス　2 階会議室、70 名）

（勉強会プログラム）

講演　「低線量率放射線医科学の教育が世界を救う」

稲恭宏博士記念低線量率放射線医科学研究開発機構　稲　恭宏

コメント　「内部被ばくは大変危険」は本当か――解説」

元放射線影響協会常務理事　斉藤　修

報告　「高専のクラブ活動で行った手探りの放射線・原子力教育」

元茨城工業高専学校　松沢孝男

講演　「文部科学省の放射線副読本について」

放射線教育フォーラム理事　田中隆一

3 月 17 日（土）［不正確情報対応事業］打合せ会　（フォーラム事務所、5 名）

パネル討論

原子力災害を踏まえた放射線教育及びコミュニケーション

第 49 回アイソトープ・放射線研究発表会

目的

東京電力福島第一発電所の事故がもたらした放射線災害及び風評被害を受けて、放射線に関わる教育及びコミュニケーションに対する国民的な関心が高まり、その社会的意義がこれまでになく重視されている。しかし、社会全般にわたって放射線に対する恐怖・嫌悪感が深刻化すると同時に、放射線に対するリスク認知が多様化したことによって、放射線の影響・防護に関わる認識が混乱し、その共有が難しくなっている。こうした状況のなかで放射線についての学校教育や国民理解はいかにあるべきかをパネル討論で取り上げて広い見地から議論する。

＊実施にあたっては、多数の参加を促すため当該パネル討論については一般人の参加を無料とする。

パネル討論

話題提供（各 25 分）及びパネリスト

1．事故に関連する放射線影響の国民理解について
　　酒井　一夫　　放射線医学総合研究所
2．事故に関連する放射線防護の国民理解について
　　加藤　和明　　NPO 法人放射線安全フォーラム
3．事故を踏まえた学校での放射線教育について
　　田中　隆一　　NPO 法人放射線教育フォーラム
4．事故を踏まえた学校での理科教育について
　　高畠　勇二　　練馬区立開進第一中学校
5．事故を踏まえた放射線に関わる社会的コミュニケーションについて
　　浅田　浄江　　ウィメンズ・エナジー・ネットワーク（WEN）

質疑応答（25 分）

座長：　松浦　辰男　　NPO 法人放射線教育フォーラム

新技術振興渡辺記念会調査研究報告書概要

１．本研究の目的及び内容

（１）調査研究課題名

円満な社会的合意形成を考慮した原子力・放射線の学校教育のあり方に関する調査研究

（２）調査研究の目的及び内容

〔目的〕社会に必要な技術でありながら、その社会受容の合意形成が難しいものの代表は原子力エネルギーの利用である。これは放射線・放射能を過剰に危険視する一般的感覚に大きく基づいている。本研究は、放射線に関する正しい科学的知識に基づく学校教育のあり方を社会的合意形成へ向けての教育として探求するための調査研究である。

学習指導要領の改訂によって、中学校の理科で放射線が 30 年ぶりに取り上げられることになったが、社会で関心の高い放射線の人体への影響及び防護については記述がなく、教師の扱いにまかされている。しかし、放射線教育の長年にわたる空白のために放射線を学校で学んでこなかった教師自身にとって、放射線について適切に教えることが難しい。本調査研究では、この問題の解決を目指す。

[内容]本研究で取り上げた実施内容は、次の４項目を中心とした実践的な調査研究である。

①放射線影響、（特に低レベルの人体影響）をいかに学校で教えるか、

②食品照射を含めて放射線の有効な利用をいかに教えるか、

③社会的要請の大きい高レベルの放射性廃棄物処分場の立地の基礎となる放射性廃棄物処理方法の説明と技術的・社会的な問題点、

④理科授業における科学技術の問題及び「原子力は是か非か」という、デイベート論議を含む教科書の記述についての検討。

２．成果

（1）学校における放射線教育の現状を調査するために、全国の中学校、高等学校の理科教員にアンケート調査を行った(3 年間に各 2 回ずつ)。その結果、中学校〔9,338 通発送、平均回収率 18.6％〕からの回答は、「授業時間数は 1～2 時間程度を予定している」、「放射線の有用性と危険性をバランスよく教えたい」などの意見が届いた。高校〔5,590 通発送、平均回収率 18％〕からの回答では、放射線教育への積極的な意欲を示す回答が多かった。

（2）教員向け指導資料「放射線学習指導資料―中学校、高等学校における放射線に関する学習指導の手引ー」（62 ページ、ホームページで公開中）を改定する作業を行った。

（3）「授業ですぐに利用可能なパワーポイント教材」を黒杭清治が中心となって作成した（中学校用 2 種、高等学校用 3 種、中学・高校共通用 4 種、小学校用 1 種合計 10 種、ホームページで公開中)。最近作成の「福島原子力発電所の事故をどのようにとらえ、学校でどのように指導したらよいか」は本報告書に収録。

（4）上記の教育教材を基本として、本フォーラムの会員で教員である協力者が、独自の発想で検討を加えた具体的な授業計画を教室で実践し、その報告をフォーラムの勉強会で発

表するとともに、本報告書に含めた。大島　浩・原田忠則・畠山正恒・中山千恵子らの現役教員による報告書はこれに該当する。

（5）現行の中学校教科書（理科・社会科）の中には、「デイベート」として、「原子力は是か非か」などのテーマで賛成・反対の立場からの意見の記載例があるが、授業実践でどのように活用するかは課題である。また「放射線・原子力の扱いが来年度からの教科書にどのように反映されているか」については、本フォーラムが専門委員会で検討している調査題目であるが、この調査に当たっては主に渡部智博氏が担当した。また、中高の理科の教科書について調査した結果を田中隆一が学会で発表した。（アブストラクトを本報告書に収録）。また、松浦辰男が行った教員向けのセミナーでの講演内容を収録した。

（6）2011 年 3 月の福島原子力発電所の事故によって大量の放射性物質が環境に放出される事態となり、放射性物質による汚染が大きな社会問題となっている。大量であれば危険な放射線でも少量の場合の危険性がどの程度かについて正しい知識を普及させる必要があるので、一般社会人向けのテキストを作成することした。本報告書には、松浦辰男と放射線医学総合研究所の酒井一夫氏による、低レベルの放射線による人体影響をいかに理解すべきかについての報告を収録した。衆知のように、放射線の被ばくを最小限にすることを基本として放射線防護の体系ができているが、低線量の放射線による人体影響では、人体は自然放射線を受け続けていてその影響は線量率に大きく依存するので、防護のための法規制値より少しでも高い被ばくをすれば危険であるというわけではない。このような事実の学校及び社会での知識普及活動の成否は今後の日本社会の在り方にも影響する。これに関連して、「第 5 回放射線教育に関する国際シンポジウム」を 2 年後に開催する計画があるので、それに向けて国際的にも通用するような学校及び社会教育の基礎となるべき「放射線の人体影響」を中心とする学校教育のための標準的資料を作成したいと考えている。

（7）小・中学生や一般市民を対象とするセミナー等において、放射線に関する講義を古田雅一、井上浩義らが行った。その報告をこの報告書に収録した。

３．担当者

（総括と実行責任者）：　松浦辰男　　（副実行責任者）：田中隆一、井上浩義

（協力者）；井上浩義、古田雅一、湯佐泰久、黒杭清治、大島　浩、原田忠則、渡部智博、畠山正恒、中山知恵子

（助言者）：①　放射線の人体影響：　金子正人、岩崎民子、酒井一夫、ほか

②　放射線利用：　田中隆一、古田雅一、緒方良至、ほか

③　放射性廃棄物処理：　湯佐泰久、ほか

④　教科書調査・改善計画：　渡部智博、松浦辰男、田中隆一、黒杭清治、ほか

４．調査研究実績

この 1 年の間に 7 回の打合せ会を行い、また、この調査研究の成果を勉強会及び学会等

で発表した。その発表実績を以下に示す。

４－１　過去１年間に開催した勉強会における本研究に関連した報告について

（2010 年度第２回勉強会、11 月 20 日（土））では、①「第２回中学校アンケート調査とその中間報告」（放射線教育フォーラム）黒杭清治、③「「ディベートによる放射線教育」（神戸大学付属明石中学校教諭）宮嶋昭伸

（2010 年度第３回）　2011 年２月 19 日（土）では、①「低レベル放射線の人体への影響」（元原子力安全委員会委員長代理）松原純子、②「理科総合 A におけるエネルギー形態の分類と放射線理解について」（静岡県立浜松大平台高等学校）原口博之、③「すぐに授業で使える放射線教育教材の紹介」（放射線教育フォーラム）黒杭清治

（2011 年度第１回勉強会）　2011 年６月 18 日（土）では、②「一般人向けの放射線教育テキスト作成に向けて」（放射線医学総合研究所名誉研究員）岩崎民子、③「事故に関連した一般社会人からの質問について」（東北大学名誉教授）工藤博司、④「総合的な放射線教育の必要性について」（静岡県立科学技術高等学校）谷口裕美恵、らの報告があった。

４－２　本研究に関する学会等における発表(アブストラクト６点の収録)

①松浦辰男、「義務教育課程で教えられるべき放射線の基礎知識について」、②井上浩義ほか、「小中高校生に対する放射線・原子力教育におけるデイベート学習の効果」、③大野新一、「電気や化学反応から始める新しい放射線教育の試み」、④松浦辰男ほか、「学習指導要領の改訂に関わる放射線教育についての中学校教員アンケート調査結果」、⑤田中隆一ほか、「学習指導要領の改訂に関わる放射線教育についての高校教員アンケート調査結果」、⑥田中隆一ほか、「新学習指導要領に基づいた放射線等に関わる理科教科書記述の考察」

４－３　打ち合わせ会の開催について

1.　2010 年 10 月 22 日（金）ほか合計７回開催。一部はフォーラム理事会と同時に開催。

５．今後への提言

自然環境に放射線が存在するという事実は、小学校で教えられるべきであり、中学校、高等学校ではそれぞれの段階に応じた水準の知識を教えるべきである。しかし、教員で放射線を正しく教えることができる割合が少ない現状では、放射線を教えることができる民間人に補助者として教員の資格を与えることを検討する価値があるのではないだろうか。

中学校で放射線を教えることになったこの機会に、教員の方々がエネルギー・環境問題をはじめ科学技術の社会への適用の基礎となる知識や正しい考え方を学び、子供たちが学習への意欲を持つような教育の実践を行っていただくことを期待する。そのためには、学校における教育資材の充実、教員研修の機会を増やす、教員養成機関での授業でエネルギー・放射線の教育の内容を充実させる、「総合的な学習の時間」のテーマとして放射線・エネルギーや放射線の人体影響や防護の問題を積極的に取り上げる、民間人で小・中学校で授業ができる能力のある方に適切な検定に基づいた臨時の教員資格を与えて「放射線・エネルギー教育の有資格者」の認定を与える制度を設けるなどは有効であろう。　(以上)

新技術振興渡辺記念会調査研究報告書
目　　次

1. はじめに―この研究がめざしたこと ……1

２．予備的調査資料

2-1　中学校教員へのアンケート調査とその結果 ……7

2-2　高等学校教員へのアンケート調査とその結果 ……15

３．研究成果

3-1　放射線の人体への影響－1　（酒井一夫）……23

3-2　放射線の人体への影響－2　（松浦辰男）……27

3-3　放射線利用学習と社会的合意形成　（田中隆一）……31

3-4　放射線教育の実践と課題　（大島　浩）……43

3-5　社会的合意形成への問題解決能力育成の中学校理科の教育実践（原田忠則）…49

3-6　学校における放射線教育の実践と課題　（松浦辰男）……59

3-7　放射性廃棄物処分を正しく理解するために（湯佐泰久）……69

3-8　福島原子力発電所の事故をどのようにとらえ、学校でどのように指導したらよいか（黒杭清治）……75

3-9 実践事例―「みんなのくらしと放射線展」による教員、一般市民、子どもに対する知識普及　（古田雅一）……89

3-10 生徒は放射線・放射能の何が分からないのか　（畠山正恒）……96

3-11 放射線利用を題材とした学習活動」　（中山知恵子）……102

3-12 教育実践に関する報告　（井上浩義）……107

４．参考資料

4-1　放射線学習の資料　（田中隆一）……123

4-2 放射線教育資料（授業案、ワークシート）（中学用：大島浩、高校用：渡部智博）-129

4-3 放射線作用を理解するための演習問題（５題）（大野新一）……144

4-4 放射線の人体影響についてのＱ＆Ａ　（岩崎民子）……149

4-5 原子力事故に関連した一般社会人からの質問について　工藤溥司）……151

4-6 学会発表要旨（6点）……154

①「義務教育課程で教えられるべき放射線の基礎知識について」……154

②「小中高校生に対する放射線・原子力教育におけるデイベート学習の効果」……155

③「電気や化学反応から始める新しい放射線教育の試み」……156

④「放射線教育についての中学校教員アンケート調査結果」……157

⑤「放射線教育についての高校教員アンケート調査結果」……158

⑥「新学習指導要領に基づいた放射線等に関わる理科教科書記述の考察」……159

おわりに……160

仕様書

１．件名

平成２３年度原子力安全規制情報広聴・広報事業（不正確情報対応）

２．事業目的

ツイッター、ブログなどインターネット上に掲載される原子力等に関する不正確な情報又は不適切な情報を常時モニタリングし、それに対して速やかに正確な情報を提供し、又は正確な情報へ導くことで、原子力発電所の事故等に対する風評被害を防止する。

３．事業内容

① ツイッター、ブログなどインターネット上の原子力や放射線等に関する情報を常時モニタリングし、風評被害を招くおそれのある正確ではない情報又は不適切な情報を調査・分析すること。モニタリングの対象とする情報媒体及びモニタリングの方法については、具体的な提案をすること。

② 上記①のモニタリングの結果、風評被害を招くおそれのある正確ではない情報又は不適切な情報及び当庁から指示する情報に対して、速やかに正確な情報を伝えるためにＱ＆Ａ集作成し、資源エネルギー庁ホームページやツイッター等に掲載し、当庁に報告する。

③ Ｑ＆Ａ集の作成に際して、必要に応じて、原子力関係の専門家や技術者等の専門的知見を有する者（有識者）からアドバイス等を受けること。また、原子力関係の専門家や有識者からアドバイス等を受ける場合には、それらの者について具体的な提案をすること。

④ 事業開始から１ヶ月程度で３０問以上、事業終了時までには１００問以上のＱ＆Ａ集を作成すること。

【提案事項】

① モニタリングの対象とする情報媒体（ツイッターは必須）
② モニタリングの具体的な方法と体制
③ Ｑ＆Ａ集を作成後、速やかに周知するための具体的な方法
④ 想定される専門家や有識者
⑤ これらを活用した新規提案

【留意事項】

・受託者は、不正確な情報又は不適切と思われる情報媒体や抽出するキーワードについては、資源エネルギー庁担当者と十分に調整すること。
・Ｑ＆Ａ集の作成にあたっては、十分な調査・分析を行い、その結果を反映すること。また、Ｑ＆Ａ集の最終的な問数については、実態に合わせて資源エネルギー庁担当官と調整すること。
・原則として、正確な情報提供は即座に行うとともに、その結果については、翌営業日以内に資源エネルギー庁担当者に報告すること。
・常時モニタリングするために十分な人員を確保すること。

４．事業期間

委託契約締結日から平成２４年３月３０日まで

５．納入物

・不正確な情報及び不適切と思われる情報並びにそれらに対する正確な情報等をとりまとめた報告書の電子媒体（ＣＤ－Ｒ）一式

８．その他（「第５回放射線教育に関する国際シンポジウム」について）

放射線教育フォーラムは、第１回「放射線教育に関する国際シンポジウム」(ISRE 98)を神奈川県湘南国際村を会場として 1998 年 12 月 11 日～12 月 14 日の４日間、行なった。第２回 (ISRE 02)「Ⅱ Radiation Education Symposium」は、ハンガリー デブレッセンで 2002 年８月 21 日～８月 23 日(３日間)、次いで、第３回「放射線教育に関する国際シンポジウム (ISRE 04)」は、長崎市長崎ブリックホールに於いて 2004 年８月 22 日～8 月 26 日 (５日間) われわれが主催者となって開催し、第４回「放射線教育に関する国際シンポジウム (ISRE 08)」は、台湾新竹市国立清華大学原子科学院を会場として、2008 年 12 月 18 日～12 月 19 日 (２日間) 開催された。

次回の第５回シンポジウムの開催計画概要を示すところまで至っていないが、現状においては、昨年３月に発生した巨大地震と大津波による未曾有の東日本大震災と、これにつづく福島第一原子力発電所の事故が、放射線教育の重要性を再認識させられている。この大震災に加えて歴史的円高デフレ不況と重なり、以前に 2011 年 12 月開催を予定した第５回国際シンポジウム計画は大きな影響を受けて延期となった。次回のシンポジウム開催の目的、開催予定場所、開催期日、シンポジウムのテーマなどについて、今まで話し合われたことをもとにここに記す。

シンポジウム開催の目的としては、放射線、エネルギーおよび環境問題について、海外の有識者との情報交換・討議を通して、学校教育ならびに生活に密着した放射線教育を、理解・信頼そして発展につながる教育を徹底して地道に進めることにより、原子力・放射線の国民的合意形成に役立ち、市民生活の安定の確保が得られるものと考える。これらの得られた成果については、被災地である東北の地から世界諸国に向けて情報発信しようとするものである。

開催日程については、現在のところ、２０１３年秋ごろ開催を予定している。開催場所については、福島原発事故に関わる放射線恐怖症そして風評被害を受けている被災地の方々に対して少しでも放射線についての不安感・恐怖感を取り除くための手立てに応えるために、開催候補地として東北地方（仙台市あるいは福島市）での開催を予定している。また、シンポジウムのテーマとして、１．学校における放射線教育（理科、社会科）２．一般市民に対する放射線教育・エネルギー教育 ３．低線量放射線の人体影響 ４．科学技術の応用に伴うリスクをどのように理解するか ５．放射線の医学的利用、産業などへの利用 ６．自然放射線の存在をどのようにして学ぶか ７．原子力施設の事故・災害の伝達方法などについてである。

今後、早急に準備委員会を立ち上げ、第５回放射線教育に関する国際シンポジウムの開催について具体的な計画を討議する初めとして、問題となる開催経費の確保と開催場所の設定をおこない、シンポジウム開催の実現に向けて進めて行きたい、と考えている。

第２章　専門委員会の報告または関係資料

平成24年(2011)3月

2011年度の教育課程検討委員会活動の記録

委員長　飯利　雄一

1. 設立趣旨（設立当時の趣旨）

放射線の内容は学校教育（初等中等教育）のいろいろな教科・科目で取り扱われ、一部では効果的な実験も発表されているが、大部分は取り扱いが断片的で、学習指導の時間は少ない。また、放射線の重要性や利便性に反して、一般には怖い、危ないなどの危険性の印象が定着している。

これらの現状を鑑み、誤った知識を是正し、市民としての素養に不可欠な放射線についての事項を、どのように学校教育の中に組み込むかを検討するため、1998年8月に本委員会が設立され現在に至っている。

2. 委員名簿(2011年度)

委員長	飯利	雄一	元信州大学教授
委　員	黒杭	清治	元芝浦工業大学教授
同	田中	隆一	元日本原子力研究所高崎研究所長
同	広井	禎	元筑波大学附属高等学校副校長
同	船田	優	千葉県立船橋法典高等学校教諭
同	三門	正吾	元千葉大学特任准教授
同	渡部	智博	立教新座中・高等学校教諭
相談役	松浦	辰男	本フォーラム事務局長　立教大学名誉教授

3. 活動経過と成果

(1)前年度までの活動と成果

1998年度　委員長広井禎(2002年度まで)：小中高校生の放射線に関する知識・意識調査。

1999年度　JCO臨界事故に対する生徒の疑問を集め、放射線教育のあり方を検討。

2000年度　上記調査をもとに小・中・高等学校における放射線リテラシーとは何かを検討。

2001年度　放射線教育を「総合的な学習の時間」の中にどのように取り組むかを検討。

2002年度　科学技術振興財団「エネルギー環境教育情報データwebシステムの構築に協力。

2003年度　委員長黒杭清治(2006年度まで)放射線リテラシー育成資料作成の資料収集。

2004年度　活動状況：1）大学生、教員対象「放射線に対する知識・意識アンケート」を行い、その結果をもとに100名の理科教員に再アンケートを行って報告書にまとめた。2）三門正吾委員自作放射線測定機器による実験を検討し「平成16年度南関東地区エネルギー・環境・放射線セミナー」で演示実験実施。以降2008年度まで毎年継続実施。

2005年度：①「児童・生徒の発達段階別・項目別放射能・放射線リテラシー育成のための計画案」及び、②「教員の放射能・放射線リテラシー向上のための資料集（序章、及び5章構成)」を作成する計画を立て、Ⅰ章　放射能・放射線用語の基礎知識　Ⅲ章　誤解しやすい原子力・放射能・放射線の知識「Q&A」を本活動報告書に掲載。

2006年度：1)前年度までの資料を学習指導要領改訂の参考資料として文部科学省に提出。2)前年度資料集のタイトルを『児童・生徒の放射能・放射線リテラシー育成のための指導資料集』と変更して4章構成とし、「はじめに」、及び「第1章」をて本報告書に掲載。

2007 年度：委員長江田稔（2009.6.25 まで）　指導資料集『第 1 章　原子力・放射線について小・中・高校生が卒業時までに身に付けてもらいたい知識』のア．授業展開例の作成　イ．図書やインターネットで公表されている紹介資料作成。

2008 年度：中学校理科新学習指導要領の内容検討と放射線学習計画　1）千葉県長南中学校小泉静恵教諭が放射線学習指導案（下記３テーマを３時間で実施する学習計画）を作成し、内容を検討して 2008 年度「関東・信越地区（２）エネルギー・環境・放射線セミナー」で報告した。①放射線の性質と利用　②自然放射線　③放射線の防護。2）北大プロジェクトの学習プログラムを開発することを決め、内容を検討した。

2009 年度：委員長飯利雄一　小泉静恵教諭の「中学理科新学習指導要領に沿った放射線教育の先行的実践報告「北陸・新潟地区エネルギー・環境・放射線セミナー」を改善し「平成 21 年度関東・信越地区(2)エネルギー・環境・放射線セミナー」で報告した。

2010 年度：北大プロジェクト学習プログラム開発を実行に移し、授業で直ぐ使える教材として以下のパワーポイント（PPT）と解説を作成し本フォーラムの HP に公開した。

第Ⅰ編．原子構造と放射線の基礎　第Ⅱ編．自然界の放射線　第Ⅲ編．放射線の性質と利用（医療は分離）**Ⅳ編．放射線医療　第Ⅴ編．放射線は本当に危険なのか　発展．ウリミバエの撲滅**

上記によって放射線教育として考えられるすべての範囲をカバーできはずであったが、教材完成直後の 3 月 11 日、東日本大震災に伴う福島第 1 原子力発電所事故（以下事故と略記）によって第Ⅴ編の大幅な改訂（他も 1 部改訂）が必要になった。

（２）2011 年度の目標と活動

（２）－１　**目標**：事故によって昨年度作成の PPT 教材は全面的な見直しが必要になったが、本年度は検討の結果、以下の理由で特に第Ⅴ編に絞って改訂することにした。

◆2012 年度は中学校理科で原子力発電をエネルギー資源の１つとして指導することになるが、学習指導要領では原子力発電の扱い方が明確でない※ため、事故の影響を受けて、中学校の教育現場では戸惑いを見せている。

※：学習指導要領解説には「原子力発電ではウランなどの核燃料からエネルギーを取り出している。核燃料は（核分裂により）放射線を出している」と記載されているのみである。（　）内は補足。

◆事故は、わが国では絶対に起こり得ないと言われていた歴史に残る過酷事故であり、事故から何を学び、学校教育にどのように位置付けて指導したらよいかということについて、今まで誰も考えたことがない出来事である。

◆事故以前に発行された原子力副読本等の内容は、事故によって明らかにされた原子力発電の安全性への疑問に応えていない。たとえば、事故以前は「五重の壁、非常用炉心冷却装置は安全・安心のための多重防護」と説明していたが、これらの防護は電源が確保できていないと役立たないことに触れていない。また、わが国の原子力発電所はすべて海岸に立地されているにもかかわらず津波対策にはまったく触れていないなど。

◆事故後に文部科学省が発行した小・中・高校生対象の副読本「知っておきたい放射線のこと」は「原子力」を削除したばかりでなく、事故には触れていない。事故原因は究明中であり、正式には公表されていない時期に緊急に作成したという理由ではあろうが、たとえば、放射線の防護に関する記載は簡単すぎ、これでは低線量放射線を長期に被ばくすることに不安を抱いている人の不安を除くことはできない。また、土壌汚染にも除染にも触れていない。

以上を勘案して検討し、下記の事項に従って得た結果を PPT 教材に構成した。

◇原子力発電についての科学的に正しい知識を与えるだけでなく、社会的・経済的見方・考え方ができるようにし、「総合的な学習の時間」の指導にも使えるよう、情報を広範囲に収集した。

◇事故の原因究明は進行中であり結論は出されていない。しかし、この教材は事故原因

を知識として与えたり、結論を出したりすることが目的ではなく、事故を通じて科学技術、文明、リスク、資源確保、安全保障、生き方など様々なことを考えさせ、討論させるための資料を提供することが目的である。

（2）-2　活動内容

（2）-2－1　PPT教材「事故を・・・どのように指導したらよいか」の構成

次の3部構成にし、それぞれ下記のように「何を学び取らせるのか」という指導目標を明確にして作成した。

第1部「原発事故による健康への影響」

○**放射性物質の飛散は同心円状ではなく**、煙がたなびくように風下に向かって帯状に延びる。避難は風の流れの直角方向が最適。線源が移動する場合「距離の自乗に反比例」は当てはまらない。

○**確定的影響と確率的影響**（用語は使わない）**の区別**を明確にきるようにする。

○放射線が健康に影響を与えるか否かは放射線の量によって決まる。健康に影響を与える放射線量については医学的（**臨床的**）**知見**（100ミリシーベルト以下では医学的に判断できない）**と法的規制値**（1ミリシーベルト/年に決めた）**との違い**を理解できるようにする。

○**健康な体力づくりの必要性**。健康であれば同じ被ばく量でも細胞の修復力が増す。

第1部PPT教材と解説の全文は2011年9月本フォーラム「放射線教育」別冊「新技術振興渡辺記念会報告書」p75～88に掲載済み

第2部「原発事故は防げるか」

○事故原因の詳細を知識として与える必要はない。

○事故から何を学び取るか（**事故の教訓**）：想定外のことの起こるのが事故。想定外の事故に対処できる（とっさの判断）能力の育成。時間は後に戻せない「後悔先に立たず」「備えあれば憂いなし」。自分たちにできることは・・・防災訓練、避難訓練を真剣に行うこと。訓練の必要性の理解（**日常の訓練が緊急時に役立つ**）。

第2部PPT教材と解説は1部抜粋を後記

第3部「未来のエネルギーを考える　―　脱原発でも電力は足りるのか　―」

ネルギー教育は体系的な理科教育の枠を超えた広範囲な思考力を必要とする。たとえば各国のエネルギー政策を比較するためには、資源・地政学などとの関連が必要になり、エネルギー資源の供給バランス（ベストミックス）は各国ともエネルギー政策（政治的）によって決めているのであって科学的ではない。したがって理科学習でベストミックスの最適化まで踏み込んで考察させるためには政治・経済・社会科の知識も含めた「総合的な学習の時間」としての扱いが必要になる。

○再生可能エネルギーの潜在力はどこまで引き出せるか。

○再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電、地熱発電）の長所、短所。

○発電量が不安定な太陽光発電、風力発電には補完の発電設備（火力または水力）が必要になる（二重投資）。

○**脱原発依存し、段階的に再生可能エネルギーに代替する**（菅総理―2011年当時―談）**ことは不可能**である（限界まで設備をつくっても原発に代替できない）ことを量概念から明らかにする。

○現状では原子力の代替を火力に頼るしかない。が、**コスト高、エネルギー安全保障が不安**（LNGの備蓄量はせいぜい2週間分）。**CO_2の大量発生。**

○わが国は貧資源国。**エネルギー資源は輸入に頼るしかない**ことを自覚させる。

○**中長期的エネルギー基本構想は今行うべきではない。青少年に未来を託すべき。**

第3部PPT教材と解説は1部抜粋を後記

（2）-２－2. 教材中の単位の取り扱いについて

ベクレルとシーベルトのみを下記のように掲載し、グレーには触れなかった。

ベクレル：放射性物質の量を表す単位　（単位記号[Bq]）。

1 s(秒)間に 1 つの原子核が崩壊して放射線を放つ放射性物質の量が 1 ﾍﾞｸﾚﾙ[Bq]。例えば、毎秒 100 個の原子核が崩壊して放射線を出している場合、100 Bq。

シーベルト：放射線は種類（α線、β線、γ線など）によって生体・臓器ごとに及ぼす影響が異なる。そこで放射線の種類に関係なく生体・臓器に与える影響を１つの尺度にまとめて表すように考えられたのがシーベルトという単位（単位記号：ｼｰﾍﾞﾙﾄ[Sv]）である（ただし、これは厳密・正確な解説ではない。厳密な定義をするためには放射線の吸収線量｛放射線から受けるエネルギー（単位はグレイ）の解説を必要とするため省略。｝。

千分の１ｼｰﾍﾞﾙﾄ＝１ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ[mSv]　千分の１ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ＝１ﾏｲｸﾛｼｰﾍﾞﾙﾄ[μSv]　被ばく時間（放射線を受けている時間）を、１時間あたり/ｈ、１年あたり/ｙ　などで表す。

生物は自然界から自然放射線を毎年 2.4 ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ/ｙ（世界平均）（日本の平均は 1.5 ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ/ｙ）受けている。国際放射線防護委員会（ICRP）は一般公衆が１年間に放射線を受けてもよいとする基準量を１ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ（ｍＳｖ）（自然放射線　医療によって受ける量を除く）以下にするよう勧告し、日本の法律でも１ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ/ｙに定めている。この値を基準と考えて、シーベルトの単位で示された放射線の量が多いか少ないかを相対的に比較すればよい。詳細数値は解説文中に記載。

食品のベクレルをシーベルトに換算する方法：放射線の種類によって生体・臓器が受ける影響が異なるから厳密な換算は簡単ではない。以下の計算式によって得られる値はﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ/ｙのおおよその概算値である。

（食品のベクレル）×（１日に食べる量 kg）×0.0073

例えば肉などの食品の暫定基準値は 500 ﾍﾞｸﾚﾙであるから、500 ﾍﾞｸﾚﾙの肉を毎日 100g 食べ続けると、（おそらくそのような人はいないと思うが）１年間に体内で受ける放射線の量は

500bq　×　0.1kg　×　0.0073　＝　0.365　ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ/ｙ

１年あたり約 0.4 ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄであるから、肉だけでは直ちに健康に与える影響はないと言えるが、放射性物質汚染地域の人はその他さまざまな地元食品を食べているのであるから、それぞれから受ける放射線の量を合計しなければならないので、１ﾐﾘｼｰﾍﾞﾙﾄ/ｙを超えることもあり得る。つまり、１つの食品のみの放射線量を単独に評価することはできない。

（2）-２－3. PPT 教材「原発事故をどのようにとらえ、学校でどのように指導したらよか」の解説（指導書）

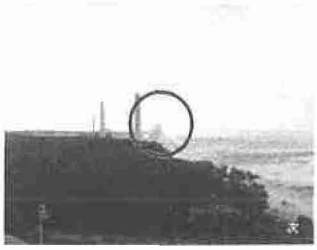
第１部「福島原事故による健康への影響」

本教材の解説は 2011 年９月本フォーラム「放射線教育」別冊「新技術振興渡辺記念会報告書」p75～88 に掲載済み（全文　カラー）

第２部　「原発事故は防げるか」（全 38 コマより１部抜粋）

地震と津波で全電源喪失し　冷却用海水汲み上げポンプも故障した

8



9

11

８．地震で送電線の鉄塔が倒れ福島第１原発は外部からの送電が止まったが、しばらくは非常用電源が働いて原子炉を冷却していた。そこに 14mを超える津波が襲った。東電では５m以上の津波を想定せず、福島第１原発の非常用電源は海抜 6.7mのところに設置してあった。

９．「自動停止」した原子炉を「冷やす」ことも放射性物質を「閉じ込める」こともできなくなったのは、非常用電源も海水くみ上げポンプもすべて浸水して故障し、冷却用循環装置が作動しなくなったためである。

11 核燃料の温度が上がり炉心がメルトダウン（炉心溶融）して容器の密封性が失われ、高温で発生した水素が原子炉建屋に漏れ出て水素爆発を起こし、核分裂生成物が飛散した。

水素爆発が原子炉建屋内で起こることは専門家でも予想していなかった。

IAEA 調査団の事故原因調査報告

国際原子力機関(IAEA)調査団が 2011. 6. 3 政府に提出した東京電力福島第１原子力発電所の事故原因に関する報告書概要は次のようにまとめられている。

◆「津波の想定が過小評価されていた」

◆　原子力発電の安全対策では最大級の自然災害を想定する必要がある。

1◆　福島第１原子力発電では、原子炉冷却用の非常電源が津波で壊れ、全電源喪失後の代替電源を確保できなかった。

◆　原子力発電の事故で最悪の事態とされる「炉心溶融（メルトダウン）」の防止策と、炉心溶融が起きた後の対応に、多くの問題点があった。　炉心溶融を防ぐため、原子炉から蒸気を放出して、圧力を下げる手順が定められていたが、手間取った。

◆　水素爆発で原子炉建屋が吹き飛ぶ事態は、まったく想定していなかった。

その他の事故原因と対策不備

16. IAEA 報告書の他、全電源喪失により PHS は使用不能になり、相互の連絡が遅れた。

使用済みの燃料を保管していたプールの冷却ができなくなったときも崩壊熱で大事故になることの想定もできなかった。

17. また、マニアルに示されていない事故は起こらないことに決めていたので、過酷事故を想定した訓練は行っていなかった。たとえば原子力安全委員会の原子力発電所「安全設計審査指針」には「長時間にわたって電源が喪失することは想定しなくてよい」と記載してあるので、弁の開閉をはじめ運転操作はすべて電動であり、暗闇中での訓練も、手動操作の訓練も行っていなかった。

電源車が必要になることもマニアルになく、訓練もしていまなかった。

18.要するに、**暴走する原子力発電を制御できなかったのは、暴れる象を静める術を知らない未熟なゾウ使いのようなもの。**

今後の原子力発電は全電源喪失を想定外にすることはできない。原子炉以外の諸設備の損壊（原子炉以外は震度６までを想定した設計になっている）にも対策を立て、どのような事故が起こっても放射性物質を閉じこめる安全対策を取ることができなければならない。しかし、だからと言って原子力発電を止めてしまうのでは進歩も発展もない。つまずきを乗り越えて現存する原子力発電システムの不備を是正すれば、過酷な条件下でもかなり安全に運転をすることができるようになるはず。

まとめと今後の対策

30. まとめ　事故はヒトが想定した通りに起こるものではない。1,000 年に１度起こるかどうかわからない大津波のリスクは０ではないが、今日明日には起こらないだろうと思う心理が働くもの。過酷事故を起こすリスクも０ではない。ところが、外部に向かって原子力発電は安全だから、安心して、信頼して、と宣告してしまったので、大きな地震が起きても原子炉はこわれない、津波を被ることはない、全電源が喪失することはない、放射性物質を飛散させるような事故は起こさない、ヨウ素剤を配布しておく必要はない、・・・と言い続けるしかなかった。

31. 原子力発電は安全だから、安心し信頼して、と言った手前、非常用電源が使えなくなったときに備えて電源車を配備することも、冷却用海水ポンプが故障したときに備えて空冷装置を設置しておくことも、放射線漏れの場所に使うロボットの配備も、安全ならそのような配備は無駄と言われるのを恐れて、必要がないとしか言えなくなっていた。

経済性を考えてどこかで線引きをしなければならなかったという理由もあったろう。日本では過酷事故は起こらないことに決めてしまった。

34. 全世界はいまフクシマ原発事故を今後どのように収束させ、エネルギー対策をどうするのかを注目している。どこに事故原因があったのかを正確に調査し、現存する原子力発電所の設備を是正しなければならない。

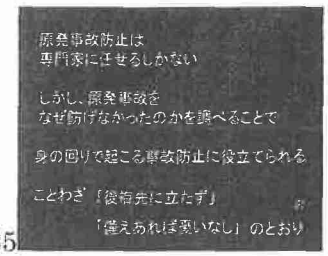
建設中であった原発は中止され、今後段階的に脱原発の方向で進めるという意見が強くなっているが、事故を恐れてわが国が原子力発電から撤退すれば、これまで蓄積してきた原子力発電プラント建設技術は萎んで国際競争力を失い、原発の海外輸出も困難になるので産業に与える影響は甚大という意見もある。

定期点検で停止した原発は菅総理（当時）の指示でストレステスト（耐性調査）※を行なって安全確認をしてからでないと再稼動できないことになった。

ストレステスト：設備やシステムに大きな負荷を加え安全性や健全性が保たれるかどうかを調べるリスク管理手法。機械や IT（情報技術）金融などの分野で使われる。原子力発電所の場合、通常の安全検査では想定される大地震などに耐えられるかを調べるのに対し、ストレステストは、揺れなどの負荷を上げていったとき、どの時点で機能が損なわれるかをコンピュータで測定するもの。

本来ストレステストは原子力発電の運転・停止とは関係なく、温度や圧力などの過酷な条件を入力したコンピュータで測定するものであって、EU は原子力発電を止めずに行っている。しかし、わが国では菅総理（当時）の指示によってストレステストと稼動停止が連動してしまい、混迷を深めている。非科学的な処置と言わざるを得ない。

わたしたちにできること



35

36

37

35. 原発事故防止は専門家に任せるしかない。しかし、なぜ事故を防げなかったのかを調べることで、自分たちの身の回りで起こる事故防止に役立てられる。

36. 宮城県石巻市の大川小学校は東日本大震災で津波に襲われ、児童 108 人中 74 人、教職員 11 人（校長を除く）中 1 人を残して 10 人が死亡・行方不明となる大惨事になった。大川小学校はそれまで津波に襲われたことがなく安全な場所と思っていたので、地震避難で校庭に集まったが、そこに河口から４ｋｍも離れている北上川を、波高 10ｍを越える津波が遡上して児童・教職員を一気に飲み込んだ。

大川小学校の大惨事の原因と、福島原発の過酷事故の原因に共通していることは何か。それは想定外の事故が起こったことである。

37. 国は原発事故が起きたときの避難区域を 30ｋｍ圏内に拡大した。それに伴って新たに避難区域内に入った学校では原発事故を想定した避難訓練を行なっている。今まで「わが国の原発は避難しなければならないような事故は起こらない」ことになっていたが、これからは「事故が起こったときどう行動したらよいか」という考えに変わっている。

日頃の訓練が緊急時に役立つ。「後悔先に立たず」「備えあれば憂いなし」「備えあれば憂いなし」。自分たちにできること　それは避難訓練や消火訓練を真剣に行なうこと。常に災害が発生したときのことを念頭に置き、次の点に心がけて真面目に、真剣に行おう。①訓練に取り入れてない状況も想定する。②状況を的確に判断し、率先して避難する（周囲の人を誘導する）③最後まであきらめない。

第３部「未来のエネルギーを考える　―　脱原発でも電力は足りるのか　―」

（全 33 コマより 1 部抜粋）

浜岡原発発電停止

4

5

4．福島原発事故以降、それまで原発に対して仕方なしに賛成していた人も脱原発を唱えるようになり、原発反対の意見に勢いが出てきた。静岡県浜岡原子力発電所は、菅総理（2011 当時）の要請に応えて防潮堤が完成するまで運転を停止せざるを得なくなった。その理由は静岡県を中心とする東海地震の発生確率が今後 30 年間で 87%に上ること、津波の被害を受けやすいことが挙げられている。

5．しかし、東海地震の発生する恐れがあると言われたのは今からおよそ 40 年前のことであり、その間に阪神淡路大地震も、中越沖大地震も、東日本大震災もすべて予告なしに襲ってきているのであるから、地震予知はあてにならない。また、信憑性は低いとしても地震の起こる確率の高い愛媛県（佐田岬）にも原子力発電所はあり、福島第一、第二原発は地震確率の低い地域であり、まったく予知なしに大地震を引き起こしたので、

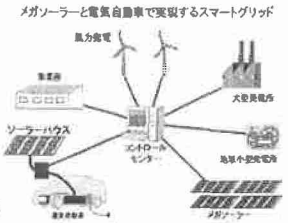
浜岡原発のみを例外にして停止させた理由付けにならないと、他の原子力発電所のある地元に不満が波及して、定期点検で停止している原子炉を再稼動させることが困難になった。このままでは日本の原子力発電 54 基すべてが停止する。

8．福島原発事故以降再生可能エネルギー開発に追風が吹き始めた。水力発電は最も効率のよい再生可能エネルギーで、安定な大電力が得られ、わが国では発電量の 8%を占めているが、環境破壊などの問題点があり大規模の開発は限界にきている。今後は各所に分散型の小規模水力発電所をつくることになるであろう。

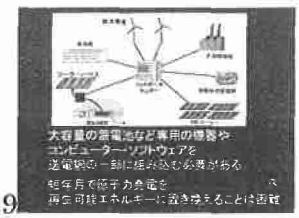
水力以外の再生可能エネルギー

9．太陽熱発電　10. 風力発電　11. 地熱発電　12. バイオマス発電（解説省略）

スマートグリッド



18



19

20

18．再生可能エネルギーの利用を総合してみると（除く水力発電）、太陽光、風などの発電量は不安定なので大規模に使用するためにはスマートグリドのシステムを構築しなければならない。スマートグリッドとは電力の流れを供給側と需要側の両方から制御して最適化する送電網のこと。

19．大容量の蓄電池などの機器やコンピューター・ソフトウェアを送電網の一部に組み込む必要がある。

火力発電の再検討　　**世界の原子力発電　中国　韓国**

21

22

23

21．現段階では再生可能エネルギーだけで脱原発依存が無理だとすると、火力で代替するしかない。火力発電の燃料として石油・石炭・LNG※が使われている。LNG は火力発電の中では熱効率がよく(58%)二酸化炭素の排出が相対的には少ないという利点があり、当面は火力発電の中心になるが、二酸化炭素を出すことには変わらない。

わが国としての火力発電の短所は　資源がない　輸入に頼るしかない　高コストなどが挙げられるので、火力に頼りすぎると地球温暖化を促進し、電気代が高くなるばかりでなく、供給国からの輸入が止まる状況（戦争・紛争など）が起こったときの安全保障上のリスクが大きくなる。現状では LNG **の大量備蓄は困難。**

22．福島第一原発事故は世界各国の原子力産業の未来にどのような影響を与えているか。

隣国中国では 13 基の原子炉が稼働中（総設備容量は 1080 万 kW）で、32 基の新規建設を決定し（内 28 基は建設中）、更に 38 基が計画中。2020 年までに現在の 7 倍の約 7000 万 kW と、日本を上回る規模になるが、中国政府は 2050 年までに 230 基（3 億 2400 万 kW）まで増やす計画で、やがて世界最大の原発大国になる。

23．韓国も同様、原子力発電容量は合計 **175** 万ｋｗを超え、総発電容量の **28.5%**を占め、今後も原子力発電の拡大が計画され、**2021** 年までに **12** 基の原子炉が増設される計画で、完成すれば合計 **152**ｋｗの発電容量が加わる。

24.「脱原発法」を正式決定したドイツでは、再生可能エネルギーの割合を総電力量の 17%から 2020 年までに 35%まで引き上げる方針を示したが、既に行き詰っている。

25. 一方フランスでは原子力発電を推進してる。現在ノルマンディー地方のフラマンビルで2016年の運転開始を目指して建設中の出力160万kw級原子力発電プラントは、アレバ社が開発した欧州加圧水型原子炉（EPR）で、今回の福島原発事故とは関係なく、最も深刻な事故を想定して設計されている。仮に大量の水蒸気が発生しても格納容器は大きくつくってあり（8万m^3　福島原発事故機の29倍）水蒸気爆発を起こしにくい。

26. ヨーロッパの国々は地続き。原発をやめて電力が不足した分はフランスが現在のままの原子力発電を推進している限り、フランスから購入することができる。また、パイプラインが網目状に張り巡らされていて多くの国は天然ガスをロシアから輸入している。

　少資源で島国の日本では隣国から送電線で電力を送られたり、パイプラインで燃料を輸入したりはできない。

27. 現在、世界の約30カ国に約430基の原発がある。福島原発事故を契機にして世界的に脱原発の機運が高まっているように思えるが、脱原発を決めているのはドイツ、イタリア、スイスの3国のみで、世界全体の1割に過ぎない。その他の原発保有国の中には新規建設を一時見合わせているところもあるが、エネルギーの安定供給力の重要性を認識し原発を継続、あるいは推進する政策をとっている。更に新興国を中心に75基の原発が建設中であり、約90基の新設計画がある。原発は今後も増えて行く。原発を推進するか廃止するかは国情によって異なる。

ベストミックス

28. 国内の原子炉54基すべてが停止すると原発由来の電力はなくなり、原発が担っていたベストミックスの基盤電力を火力で代替しなければならない。火力は二酸化炭素を大量に排出し地球温暖化の原因になり、輸入に頼るのでコスト高ということでエネルギー政策上原子力にシフトしてきたはずだったのに、温暖化のことはあま言われなくなり、原発事故処理費まで考えると原発は安くない、LNGの方が安価という意見まで聞かれるようになった。石油危機当時「備蓄しなければエネルギー不足・・・」という騒ぎは忘れ去られている。LNGの大量備蓄は困難ということも念頭に置く必要がある。

30

31

30. 今は脱原発・縮原発の意見が勢いを増しているが、これは車**の事故で重傷を負い、手術を終えて麻酔から覚め、火のつくような痛みを我慢しながら集中治療室に移されたばかりの患者のようなもの。**「これからも車を運転しますか」と問いかけても「もうこりごりだ！」としか答えられない。

　政府はエネルギー基本政策を検討しているが、性急に政策を打ち出すのではなく、国民の受けた傷が癒えて退院し、静養後、平常心に戻るまで待ってから、中長期的なエネルギー問題をどうするか、じっくり考えながら討論する場を設けるべきではないか。

　特に大切なことは次世代を担う青少年が、自分たちの問題として、生き方を変えることも含めてどうするかを考えることが大切。もし、ブータンのような生き方に変えることができるのなら、原子力に頼らない生活をすることも可能。未来をどう生きたらよいのか考えてみよう。

（3）2012年度の目標

昨年度（2010年度）作成したPPT教材を全面的に見直して検討し、改定する。

（文責　黒杭）

今月の特集

低線量放射線被曝の身体的影響

東北放射線科学センター理事長　東北大学名誉教授　坂本　澄彦氏

はじめに

ただ今ご紹介いただきました坂本です。

福島での事故以降、いわゆる「にわか専門家」がたくさん出てきてマスコミをにぎわせているのですが、私には放射線についてほとんど何も知らないままに物申している人が多いような気がします。

そこで、本日の講演内容は、現在、低線量被曝や急性被曝に関する客観的データに基づいた、世界で最も信頼のおける四つの文献を根拠にお話を進めてまいります。

一つはＩＣＲＰ報告、二つ目にＵＮＳＣＥＡＲ報告、三つ目には米国アカデミーによるＢＥＩＲ報告、最後に広島・長崎の原爆の記録です。以上、四つの文献は、膨大な量に及ぶものです。これを見れば、低線量被曝評価に関する世界の現状が分かります。本日は、これらの客観的データに最新のデータも入れながらお話したいと思っています。

放射線規制に関与する国際機関について

先ずＩＣＲＰ（国際放射線防護委員会）が、設立された経緯についてご説明します。

一八九五年にレントゲンがエックス線を発見し、その後キュリー夫妻がラジウムを発見しました。これによって、放射線の医学利用が急速に進みました。ところが、当時は現代のように線量を測る測定機器もありませんし、線量を決める単位もありませんでした。このような状況下において、医療現場ではいいかげんな見通しで放射線を用いていたことにより、放射線障害がたくさん出てきて問題になりました。そこで、放射線の医学利用を進めるにあたり放射線を安全に使うためにはどうすれば良いか、放射線障害の予防方法を検討するラジウム委員会がイギリスで発足したのです。

そして、一九二五年に第一回目の国際放射線医学会議がロンドンで開催され、ここで初めて放射線防護が国際的話題となり、国際的な放射線防護委員会が設立されることになったのです。つまり、国際放射線防護委員会は、そもそも医療放射線のために設立された委員会であり、一般公衆の低線量被曝のために作られた委員会ではないのです。その後、少しずつ活動範囲が広がっていって、現在のような一般の人たちの放射線防護に関する勧告を行うようになってきたのです。

次に、国連の科学委員会で※ＵＮＳＣＥＡＲ（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）の設立経緯についてお話します。第二次大戦後、世界中で行われた核実験によって、地球環境に数多くの影響を及ぼしたフォールアウト（放射性降下物）の問題が起きました。そこで、フォールアウトが人間と環境にどのような影響を与えるかについて、各国からデータを集め調査研究を行いました。設立目的に「原子放射線」とあります様に、ＵＮＳＣＥＡＲは原子爆弾の影響を調査するために設立されました。

次に、ＢＥＩＲ報告についてお話します。ＢＥＩＲとは、「Biological Effects of Ionizing Radiations（電離放射線の生物学的影響に関する委員会）」のことです。一九八〇年、アメリカの科学アカデミーが「全身照射電離放射線の被曝によるヒト集団への影響」をテーマに、数百ページに及ぶ報告書を出しました。その後、新しいデータを加えながら改訂発行しています。

そして、広島・長崎の原爆被爆者に関する膨大なデータがあり、これらを加えた四つをカバーすれば、放射線の影響に関する国際的な見解が導き出されます。本日は、この四つの報告をベースに、新たなデータも加えながらお話を進めてまいります。

※UNSCEAR＝United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

被曝による影響について

それでは、低線量被曝によってどのような影響があるのか考えてみましょう。資料①をご覧ください。一つ目は癌の発生です。癌と言ってもいろいろな癌がありますが、一番問

考えられる影響

1. **癌の発生**
   - 白血病、乳癌、肺癌、甲状腺癌　など
2. **癌以外の疾患の発生**
   - 白内障、再生不良性貧血など
3. **遺伝的影響**
   - 原爆被爆生存者の調査では認められていない
4. **胎児被曝の場合の奇形の発生**

資料①

題になるのは白血病です。そして乳癌、肺癌、甲状腺癌などが注目されています。二つ目には癌以外の疾患の発生があります。例えば、白内障や再生不良性貧血が該当します。

三つ目として遺伝的影響があります。この遺伝的影響は、昔から言われているのですが、広島・長崎の原爆生存者を対象に行われた調査では、遺伝的影響は現在まで殆ど認められていません。

戦後、アメリカは、広島市の比治山に「放射線影響研究所（旧ＡＢＣＣ　Atomic Bomb Casualty Commission）」という研究所を作りました。そこでは、原爆被爆者の血液をずっとストックしています。これによって、個人の記録を過去にさかのぼっていつでも調査ができるようになっているのです。私が東京大学にいた時に助手をしていた人が、その施設で遺伝的影響を研究する主任をしていたのです。研究の結果、今のところ遺伝的影響は全く認められないという結論が出ていると云っておりました。

そして四つ目には、胎児被曝の場合における奇形の発生が考えられます。外部から被曝する場合には、胎児はほとんど母体に守られますからあまり問題にはなりません。胎児被曝において問題となるのは奇形の発生なのですが、これは外部照射、つまり外から放射線を照射する場合における影響については、様々な研究がされているのですが、内部照射の場合には今のところはデータがなく分からないというのが現状です。これについては、後ほど改めてご紹介いたしますが、例えば、明らかに奇形が発生するような被曝線量については、実験的には分かっているのですが人間のデータとしては出てきていないのが現状です。

ただ今、胎児に対する被曝の影響についてお話しましたが、例えば、被曝の時期について受精卵の状態でまだ胎児として形をなしていない「胚」の時代、そして骨格が出来始めている胎児の時代、さらにその後の三つに分けてみます。資料②をご覧ください。ここでは、千ミリシーベルト被曝する場合を例にお話します。被曝時期が受精後ゼロ～九日の間

胎児に対する被曝の影響

表4-10　胎児期の放射線被ばくによる影響

影　響	被ばくの時期（受精後）	発生率（1シーベルト当たり）	しきい線量（グレイ）
胚死亡	0～9日	—	0.05～0.1
奇形（骨格等）	2～8週	—	0.1
精神発達遅滞	8～15週	4×10^{-1}	0.12～0.2

出典：ICRP Publ.60

ガンマ線の場合1Gy＝1Sv(1,000mSv)と考えてよい

資料②

における胚死亡の発生は、今のところ認められていません。そして、被曝時期が二週～八週においても同様に、骨格等の奇形は認められていないのです。ただし、被曝時期が八週から十五週において、精神発達遅滞が発生する確率は四掛ける十のマイナス一乗ですから、千ミリシーベルト被曝すると約四十％の確率で精神発達に異常を来すということが分かっています。この資料にある「しきい線量」については、単位がグレイで表示されていますが、ガンマ線の場合は、一グレイを一シーベルト（千ミリシーベルト）として考えていただいて構いません。精神発達遅滞で百二十ミリシーベルトから二百ミリシーベルト、このぐらいのところに閾値（しきい）があるのではないかと言われているのです。

ただし、胎児に関しては研究を進めるのが非常に難しいのです。ですから、なかなかきちんとしたデータが得られていない、というのが現状です。

被曝の影響にはさまざまありますが、その影響の程度は何によって左右されるのでしょうか。資料③をご覧ください。一つには、放射線の種類によって違ってきます。そして、被曝している時間が短時間なのか長時間なのか（線量率）。そして、被曝した時の年齢によっても左右されますし、被曝時の健康状態や、内部被曝か外部被曝かといった被曝の仕方によっても変わってきます。被曝条件によって、体にどんな影響が表れるのか、ご説明

影響の程度はどの様な条件で左右されるか

1. 放射線の種類（線質：LET）
2. 被曝のスピード（線量率）
3. 被曝時の年齢
4. 健康状態
5. 被曝の仕方
   （外部被曝か内部被曝か）

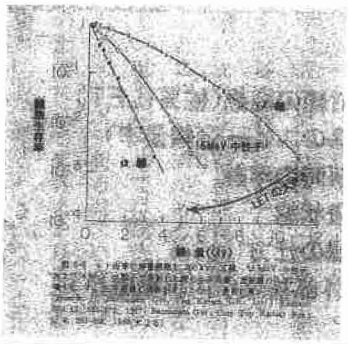
資料③

したいと思います。資料④（次ページ）をご覧ください。一番右にある線はＸ線を表しています。真ん中の線が中性子、そして一番左がα線です。α線の特性としては、非常に密度が高い放射線（放射線が物質を通過するとき単位長さ当りに与えるエネルギーが大きい事）であることが挙げられます。このグラフから言えることは、α線は少ない線量であっても細胞生存率への影響が大きいということです。このグラフは、横軸に線量、縦軸に細胞生存率をとっています。例えば、横軸の四グレイの線量のところをご覧ください。α線の場合は、およそ十のマイナス三乗の細胞生存率となりますが、中性子の場合はα線の約五十分の一と細胞死亡率は低くなります。Ｘ

線ではさらに低くなるのです。このように、放射線の種類によって生物に対する影響は随分異なってきます。私たちは、これをＬＥＴ(Linear Energy Transfer ／線エネルギー付与)が大きい小さいと言っています。つまり、どういう線質で被曝するかということによって影響は違ってくるのです。しかし、放射線はその透過力によって及ぼす影響が異なり、α線の場合は透過力が小さいので影響は皮膚表面に留まることになります。

次に、被曝する時間と線量によってその影響がどのように変化するかを見てみましょう。資料⑤をご覧ください。このグラフは一時間あたりの被曝線量ごとにみた細胞生存率を示しています。一番上にある線は〇・一グ

線質(LET)の違いによる生物効果の差

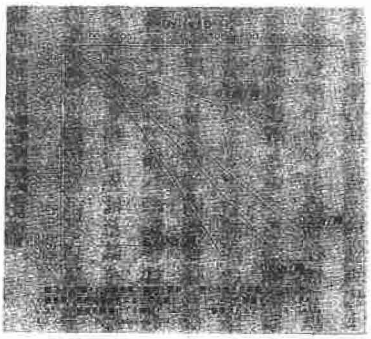


資料④

レイ、その下は三倍の〇・三グレイ、その下は五倍の〇・五グレイ、一番下が二十倍の二・〇グレイ被曝した時です。このように、線量率が上がっていくと、細胞生存率も低くなっていきます。これは、長期に被曝した場合にも言えることなのですが、放射線が照射されることによって細胞が損傷を受けつつも、その一方で、生体がその損傷から回復する現象を起こすのです。ですから、線量率が低い場合には回復の割合は大きくなります。線量率が高い場合は、あまり放射線の損傷から回復しないうちに、次から次へと弾を撃ち込まれるように被曝することから、被害が大きくなるのです。時間をかけてゆっくり被曝するような場合には、回復する度合いが非常に大き

線量率の違いによる生物効果の差

細胞は照射中(損傷)を受けながら、一方でその損傷から回復する能力を持っているが、線量率が高い場合は損傷が大きく、回復する力は弱められる。



資料⑤

いことから、仮に線量が大きい場合であっても影響は非常に少ないということになります。このように、線量率の違いによって生物への影響度も変わってくるのです。

内部被曝の経路とその影響

次に、内部被曝の経路についてお話します。資料⑥をご覧ください。先ほどは、内部被曝か外部被曝かによって体への影響は変わってくると申し上げましたが、内部被曝には経路が三つあります。

一つ目は経気道摂取といって、呼吸器を通して被曝するものです。この場合は、吸入物の粒子の大きさや形状、化学的性質によって影響が違ってきます。

内部被曝の経路(1)

1. 経気道摂取(呼吸による被曝)
   吸入する放射性物質の
   1) 粒子の大きさ
   2) 粒子の形状
   3) 粒子の化学的性質

   などによって及ぼす影響が異なる

資料⑥

現在、セシウムによる人体への影響が問題になっていますが、例えばセシウムが何かの物質にくっついているか、それとも非常に小さな粒子として体内へ入り込むかによって影響は違ってくるのです。加えて、粒子の形状が金平糖の様にギザギザになっているか、仁丹のように表面がツルツルと丸くなっているかによっても違ってきます。その理由は、体内に入り込んだ物質は、血液中を通って体内を巡りますが、形状によっては肺胞の末端(空気と血液が触れ合う場所)で引っかかってしまい、そこで悪さをするからです。どのような形状のものを吸入するかによって、影響も違ってきます。さらには、粒子そのものが持つ化学的性質についても大きく関係してきます。以上のように、単にセシウムを吸い込むとは言っても、どういう状態で、どういう大きさ・形状のものを吸い込んだのか等によって、人体に及ぼす影響は違って来ます。

二つ目の経路に経口摂取があります(資料⑦次ページ)。これは、消化管を通して被曝するというものです。つまり、飲料水や食べ物と一緒に放射性物質を飲み込むことによって被曝します。

三つ目は、経皮摂取と言って皮膚を通して被曝する経路が挙げられます。例えば、皮膚に傷などがあった時に、その部分から放射性物質が入り込みます。

内部被曝の経路(2)

2. 経口摂取(消化管を通して被曝)
食物、飲料水などと一緒に飲み込む

3. 経皮摂取(皮膚を通して被曝)
皮膚に傷などがあった場合にそこから
放射性物質が入り込む

資料⑦

次に、放射性核種を体内に取り込む際の侵入経路とその影響についてお話します。資料⑧をご覧ください。この資料は、呼吸器を通す吸入と消化器を通す嚥下(えんげ)によって、体への影響がどれくらい違うかを示しています。表の真ん中に「決定器官」と書かれていますが、例えばヨウ素であれば甲状腺に集まる、放射性鉄であれば造血組織に集まる等、その核種と臓器が容易に結合する「親和性」がある場合、その親和性のある臓器を決定器官あるいは決定臓器と呼んでいます。これについては後ほどご説明します。

この表の上段にありますが、ヨウ素一三一(I-131)を飲み込んだ時(嚥下)、吸入によって体内に取り込む量を一・〇とすると、決

核種の侵入経路と影響

核種を飲み込むか、吸い込むかで
身体の分布状態が異なる

核種	決定器官	吸入	嚥下
^{131}I	甲状腺	1.0	0.72
^{3}H	全　身	1.0	2.16

資料⑧

定臓器である甲状腺には〇・七二しか届きません。ところが、この表の下段、決定臓器が全身であるトリチウム(H-3)の場合、吸入量を一・〇とすると、嚥下した時には二・一六と二倍以上も上回るということになります。このように、どのような核種を飲み込むか吸い込むかによって影響が異なってくるのです。

資料⑨(次ページ)をご覧ください。放射性物質によっては、特定の臓器組織に集まりやすい性質を持つものがあります。これを「組織親和性」と言い、放射性物質が集まる臓器を「決定臓器」または「決定器官」と呼んでいます。

ヨウ素は甲状腺に、鉄は造血組織に、セシ

放射性物質と組織親和性

放射性物質によっては特定の臓器組織に
集まりやすい性質を持っているものがある
(決定臓器又は決定器官という)

例えば
1.ヨウ素(I)は甲状腺に
2.鉄(Fe)は造血組織に
3.セシウム(Cs)は60%は筋に
4.カルシウム(Ca)は骨に
5.ストロンチウム(Sr)は骨に集まる。
(しかし、集まった後体外に排出される速度はそれぞれ異なる)

資料⑨

ウムはその六十%が筋肉に集まり、カルシウムやストロンチウムは骨に集まります。例えば、甲状腺に集まるヨウ素ですが、日本の大人は放射性ヨウ素を吸い込んだとしてもほとんど問題ありません。なぜなら、日本人の食生活ではヨウ素を多く含んだワカメやコンブを食べており、甲状腺に集まっているヨウ素の量は飽和状態になっているので、仮に放射性ヨウ素を摂取したとしても甲状腺に入る余地があまりありません。一方、そのような食習慣が日本よりも少ない外国人の場合は、甲状腺にヨウ素が集まるのです。事故後に言われた「安定ヨウ素剤の投与」ですが、原子爆弾による被爆に限らず、放射線にかかわる事故が発生した場合、安定ヨウ素剤は大人より

も子どもに与えることが必要となります。鉄は造血組織に集まると申し上げましたが、鉄は割と早く無くなってしまいます。なぜなら、造血組織は専門的にはcell-renewal system(細胞再生系組織)と言い、常に新しい細胞ができて古い細胞が死んでいくという新陳代謝がいつも行われている臓器だからです。つまり、造血組織に集まったとしても次の細胞へと変化し入れ替わってしまいます。人間には、赤血球や白血球など、体内で作り出されるさまざまな造血の血球がありますが、変化して入れ替わるまでの時間(ターンオーバー)は個々に異なっても、いずれある時期に全部入れ替わってしまうのです。

よって、造血組織に放射性物質が入ったとしてもあまり問題はありません。しかし甲状腺は、一度でき上がってしまうと造血組織のような細胞の入れ替えが行われないことから問題になるのです。

またセシウムは、その六十%が筋肉へと集まります。筋肉は、一度でき上がると新しく細胞と入れ替わるということが全くない組織ですので、あまり新陳代謝は期待できませんが、筋肉は非常に放射線に対して抵抗力が強いという特徴があります。

以上のように、放射性物質が集まりやすい決定臓器ですが、それによって人体に影響を及ぼすかといえばケース・バイ・ケースであり、一概には何とも言えません。なぜなら、

決定臓器に集まった放射性物質がどのようなスピードで排泄されていくかについては、それぞれ異なるからです。

例えば、セシウムは六十％が筋肉に集まりますが、比較的早く体から抜け出します。一方、甲状腺の場合は一度体内に入るとなかなか抜け出しません。このように臓器によって差があるのです。

それでは次に、有効（実効）半減期についてご説明します。内部被曝による身体的影響を考える時に考慮すべきことは、放射性核種の個数が元の半分になるまでの時間を示す「半減期」です。この半減期には、放射性物質そのものが持っている「物理的半減期」と、摂取した放射性物質が排出されるまでの速度を考慮した「生物学的半減期」の二種類があります。仮に物理的半減期が長いものであっても、便などによってすぐに体の外へ排泄されるものである場合は、体への影響を大きく考慮する必要はありません。

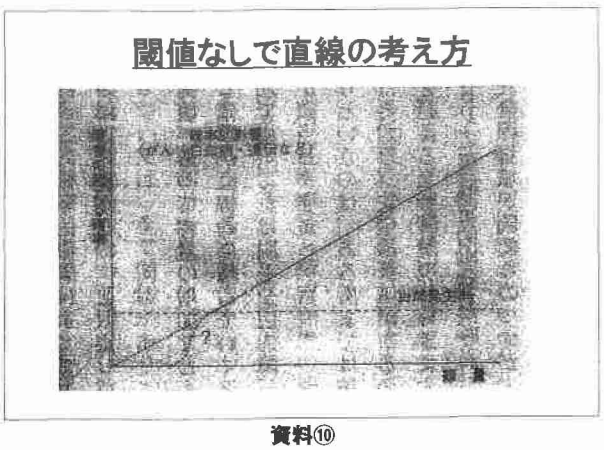
この「物理的半減期」と「生物学的半減期」の両方を加味されたものが「有効半減期」あるいは「実効半減期」と呼ばれるものです。有効半減期とは、そういった観点に立って、摂取した核種がどれくらいのスピードで体内において減衰していくかということを示すものです。低線量でも高線量でも、被曝についてはこの有効半減期が非常に問題となってき

ます。

現れる影響についての考え方

次は、被曝した際の影響の現れ方についてお話します。影響の現れ方については、現在、二つの考え方があります。一つは閾値がなくて線量の増加とともに直線的に発生頻度を増すという考え方、もう一つは閾値があり、ある線量を超えると直線的に発生頻度が増す、という考え方です。

資料⑩をご覧ください。このグラフは、閾値がなく線量の増加とともに障害の起こる確率が直線的に高まっていく場合を示しています。白血病及び其の他のがん、遺伝的障害などがこれに当てはまります。このような現象

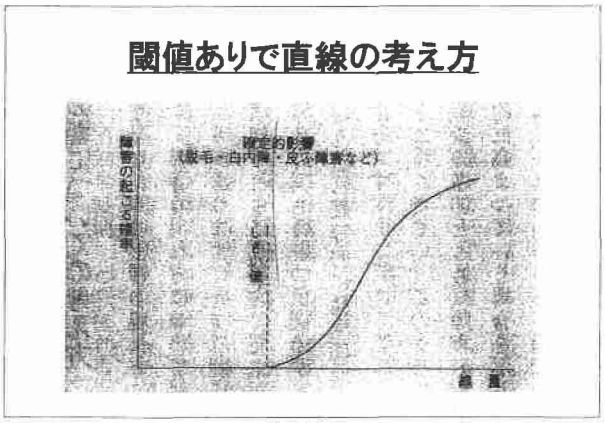


資料⑩

をＩＣＲＰでは確率的影響と呼んでいます。ＩＣＲＰは、この確率的影響によってもたらされるものには閾値がない、と仮定しているのです。

一方、閾値があって線量の増加とともに障害の起こる確率が直線的に増していくというのが資料⑪です。これは脱毛や白内障、皮膚障害などが該当します。

閾値ありというのは、ある所までは被曝しても安全だと云う、安全線量域があるのですが、それを超えると影響が現れてきます。これをＩＣＲＰでは確定的影響と呼んでいます。この安全線量域が閾値なのですが、閾値があるものについては、閾値以内の被曝であれば全く問題はないという考え方をするわけ



資料⑪

です。

次に、閾値なしで直線型についてですが、高線量被曝の場合には、被曝線量と発生頻度には直線関係が認められていますが、低線量被曝の部分の明確なデータがないのです（資料⑩（十八ページ）左下の「？」部分）。現在、ＩＣＲＰでは高線量領域で見られた直線性については、線量が低い状態であってもずっと続いている（直線関係）と仮定して低線量での被曝の影響を論じているわけですが、実際にはこの低線量での影響に関するデータは今のところ得られていないのです。

従って、癌や遺伝的障害などに関して低線量の領域でも、被曝線量と障害発生の間に直線関係が存在すると仮定しているのは、あくまでも防護の立場に立っているからなのです。実際には、この辺りの低線量のデータについて、ＩＣＲＰはいろいろな勧告を行っていますが、その勧告を受け入れるかどうかは各国に一任しており強制力がないのです。

又、別の研究では、放射線被曝による癌の発生などについては、全て閾値があり、ある線量を超えると直線的に発生が増加し、しかも低線量領域では被曝によって、むしろがんの発生が抑えられると云う研究もあります。この考え方を「放射線ホルミシス」と呼んでいます。「ホルミシス」という言葉は、比較的新しいけれども、その概念は極めて古く、

ギリシャ語で「興奮する」という語源からきています。

「放射線ホルミシス」の研究については、近年、非常に盛んになっており、多くの調査・研究結果が発表されています。この「放射線ホルミシス」の基本的な考え方としては、前に申した通り、微量な放射線の被曝は健康維持にはプラスの効果をもたらすというものです。もちろん放射線被曝は、ある線量域を超えればマイナスの効果が出てくることは明らかではありますが、ある線量範囲内ではかえって良いのだという考え方です。

例えば、塩分は摂り過ぎれば体に毒になりますが、少量であれば体に必要なものです。これと同じ考え方です。「放射線ホルミシス」については、世界的に注目され始めているのですが、今この様な事を言っても、今の日本では聞く耳を持たない人が多いでしょう。

資料⑫をご覧ください。「放射線ホルミシス」を、世の中の人に納得して貰うためにはもう少し客観的なデータを集める必要があるだろうと考えています。それには、大規模な疫学的調査を行う必要があると思います。

しかし、大規模な疫学的調査を行うことは非常に難しいのです。

例えば、ある地域を対象に調査を行うとした場合、その地域で人の出入りがあるような地域では疫学調査を行うことはできません。もう何代にもわたって、その地域から地域外

へ出ない人が十万人とか二十万人という規模でいなければ、代々にわたる疫学調査というのはできないわけです。それと同時に、比較対照群として、やはり十万人、二十万人という人口があってほとんど人が動いていないもう一つの地域を選ぶ必要があります。そういう場所を見つけるのも非常に大変なのです。現在、そういった疫学調査の適地として挙げられているのが、中国とインド、そしてブラジルなどです。

放射線発癌について

次に、各組織の放射線発癌に関する感受性についてお話します。資料⑬（次ページ）をご覧ください。この表には、放射線発癌の自

ホルミシス効果の評価

1. 低線量領域の被曝に関しては客観的データが無く、昔から議論になって居る所であり ホルミシス効果を否定するデータは無い。

2. ホルミシスの存在は、大規模な疫学的調査によって証明されると考えられるので、今後の研究の成果が待たれる。

資料⑫

各組織の放射線発癌に関する感受性

癌のタイプ又は部位	自然発癌頻度	放射線発癌に関する相対的感受性	備　考
主な放射線誘発癌			
女子乳癌	◎	○	貧困層で高い
甲状腺	△	◎	死亡率は低い
肺(気管支)	◎	□	喫煙の影響不確定
白血病	□	◎	特に骨髄性白血病
消化官	○	□　又は△	大腸に特に多い
従たる放射線誘発癌			
咽　頭	△	□	
肝、胆道	△	□	
腎、膀胱	□	△	
脳、神経系	△	△	
リンパ腫	□	□	
皮　膚	○	△	死亡率低く、高線量

◎ 非常に高い、○ 高い、□ 普通、△ 低い

資料⑬

自然発生頻度と相対的感受性について、癌の種類別に記載されています。例えば乳癌の場合は、自然発生と比較すれば放射線による乳癌の発生はそれほど増えていないことが分かっています。このテーマを調査した人によると、乳癌というのは貧困層において高く現れていると言っているのです。これは別に放射線に限るものではありません。放射線ではなく、自然発生の乳癌は貧困層に高いのだそうです。

一方、甲状腺の場合には放射線による発癌が自然発生よりも高いことが報告されています。特に、白血病は自然発生と比較して放射線発癌が増えていることが特異な点として挙げられます。それ以外に放射線発癌で特異的

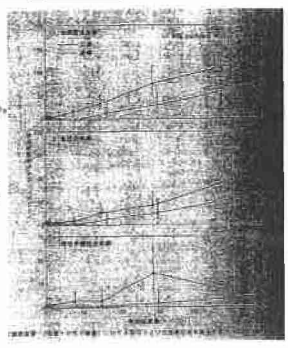
な現象は見られません。

次に高線量領域の線量と効果の関係についてお話します。資料⑭をご覧ください。これは広島・長崎のデータですが、このグラフは広島・長崎の原爆被爆者に発生した三種類の白血病での被曝線量と発生率の関係を示したものです。上の直線が広島で、下の直線が長崎です。一番上のグラフで興味深いことは、長崎のデータを見ると閾値が存在しているということが分かります。一方の広島の場合は、閾値がなくて直線関係にあります。それでは、なぜ広島と長崎には閾値の有無が存在するのでしょうか。これについては、以前からさまざまな議論になっています。理由の一つとして考えられることは、長崎に投下された原爆

高線量領域の線量と効果の関係

1. 白血病の場合

1)広島、長崎の原爆被爆者に発生した白血病の被曝線量と発生率の関係を示したものである。
2)被曝した放射線はγ線と中性子線である。
3)横軸の単位そのままmSvと考えてよく、約400mSv以下の線量域では自然発生の白血病と発生率に差があるデータは出ていない。
4)長崎の場合は、400mSv辺りに明確な閾値が存在する。



資料⑭

はプルトニウム爆弾であり、広島はウラニウム爆弾であったということです。ウラニウム爆弾は中性子の成分が非常に多く、そのため閾値が余りはっきりしないのだということです。一方、長崎に投下されたプルトニウム爆弾はγ線が多く、それによって閾値が存在すると言われていますが、理由はそれだけではないようです。白血病というのは細かく分けるとたくさんの種類に分けられるのですが、この資料では全ての病型の白血病を一つにまとめたものと、急性白血病を一つにまとめたもの、慢性骨髄性白血病を一つにまとめたものの三つについて示されています。白血病は長崎の場合は大体四百ミリシーベルトぐらいのところが閾値となっているようです。今よく言われているのは、原爆の場合には被曝した回数は一度だけであとは当たっていない、一方の福島の場合はじわりじわりと一年間にわたって受けるわけです。だから、一度被曝するのと、じわりじわり被曝するのとでは影響は違ってくるのではないかと言われています。この議論は後にします。そして、資料⑭の二段目にある急性白血病、そして三段目にある慢性骨髄性白血病を見てみても、やはり長崎の場合では閾値が出てきていることがお分かりいただけると思います。

最近では、広島の白血病のデータを再検証してみると、長崎ほど大きくはありませんが、どうも白血病の閾値の存在を示唆する分析もあると聞いています。

資料⑮をご覧ください。これは、被曝した時の年齢と被曝後の潜伏期（経過年数）別に見た放射線による白血病誘発効果について示したグラフです。奥に伸びている軸が被曝時の年齢、横軸が潜伏期（被爆後の年数）、縦軸は発生頻度（過剰危険率）です。例えば、被曝時の年齢が五歳だとすると、二～三年で白血病の発生が始まり、十年ぐらい経つとピークに達し、その後だんだん減っていきます。このグラフにある山の黒い部分は広島、山の内側にある白い部分は長崎の発生率を表しています。これを見ると、広島と比べて長崎の方が白血病発生率は低いということがお分かりいただけると思います。

この図の一番奥にある四つ目の山をご覧ください。仮に五十歳くらいで被曝したとすると、約十五年の潜伏期で白血病の発生が始まり、そして約二十年後にピークが来ています。このグラフは、このような読み方をするわけですが、このグラフで分かることは、一言で言えば若い人の白血病は比較的短い潜伏期で発生率も高いということなのです。

ちなみに、放射線被曝による癌の危険度を部位別に見てみると、一番顕著なのは白血病と多発性骨髄腫（血液の腫瘍）です。放射線の被曝によって、これらの部位の癌危険度が高くなることが分かっています。

ここで、放射線発癌について、現在分かっていることをまとめてみます。資料⑯をご覧ください。一つは、放射線発癌と自然発生癌

被曝時年齢および潜伏期別に見た白血病誘発効果の模型図

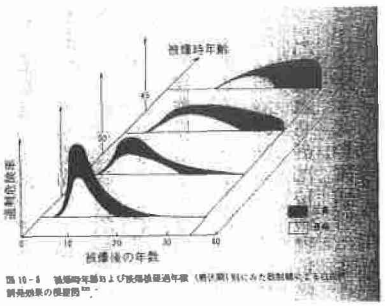


図 10－5　被曝時年齢および被曝後経過年数（潜伏期）別にみた白血病誘発効果の模型図[10]

資料⑮

放射線発癌について分かっている事（その1）

1. 放射線発癌と自然発生癌の区別は出来ない。
   その存在は自然発生頻度を上回る統計的な増加によって推論する。
2. 癌は体の全ての組織で放射線によって誘発されうる。
3. 放射線による癌誘発の感受性は組織や器官によってまちまちである。
4. 癌としては、白血病の他に、固形癌として主なものは女性乳房、甲状腺、肺及び消化器官などである。

資料⑯

の区別はできません。癌の発生が放射線に起因するものかどうかについては、自然発生頻度を上回る統計的な増加が見られた場合に、「おそらくこれは放射線発癌であろう」と推定しているに過ぎないのです。

そして、原則として癌は体の全ての組織で放射線によって誘発される可能性があるということ、さらには放射線による癌誘発の感受性というものは、組織や臓器、器官によってまちまちであるということです。白血病は非常に発生率が高いですが、他の癌はそれほどでもありません。白血病や、固形癌としての乳癌、甲状腺、肺あるいは消化器官などでの癌は認められていますが、その他の癌はほとんど出ておらず、有意差がないということが言えるのです。

続いて資料⑰（次ページ）をご覧ください。放射線発癌のリスクの主な原因は年齢であるということです。例えば、放射線誘発乳癌の場合は、十歳から二十歳までの間に被曝した女性の発生が多いということが分かっています。放射線発癌は、癌が発生するまでに潜伏期があります。白血病は、被曝後およそ二、三年から三十年以内に大部分が発生して終了します。また、一般的には乳癌のような固形腫瘍は潜伏期が長いことが分かっています。乳癌は、十年以内に発生することはまれで、およそ二十年以上経ってから発生することが

放射線発癌について分っている事(その2)

1. 放射線発癌のリスクの主な因子は年齢である。
例えば、放射線誘発乳癌は10才から20才までの年齢で被曝した女性の危険度が最も高い。

2. 放射線発癌は癌発生まで潜伏期を持っている。
白血病では被曝線量によって、被曝後2～3年で現れ、30年以内に大部分が発生する。
固形腫瘍は長い潜伏期を持ち、被曝後10年以内に発生する事は稀で、被曝後、30年或いはそれ以上にわたって出現し続ける。

資料⑰

多い、ということが今までの解析で分かっているのです。

資料⑱にありますが、人について現存する発癌の多くは、体内に沈着した放射性核種によって被曝した集団から得られたものであるということです。つまり、線量と発癌率の関係については、体内における放射能の時間的、空間的な分布が不均一であることによって影響を受けるのです。

そして、放射線発癌の生物学的機構については、著名な先生方も本などに著していますが、今のところそのメカニズムの詳細は明確には分かっていないというのが現状です。

さらに、低線量放射線による癌誘発の危険度を正確に推定することは、今のところまだ

出来ないというのが世界的な常識となっています。これは低線量放射線の場合に限りますが、その危険度が小さいために直接には観察できないのです。高い線量の領域においては直線関係が分かっているのですが、低線量の領域では線量と反応の関係性がまだ分かっていません。だから、それだけに推定が難しいということなのです。

次に、低線量および低線量率の被曝をした場合、被曝した放射線が高ＬＥＴ放射線か低ＬＥＴ放射線かで、癌誘発の確率推定は非常に難しいのです。高ＬＥＴ放射線でも、α線などは放射線が通過する組織中の道筋に沿って密度の高い電離を形成しますが、飛程（放射線が到達する距離）は非常に短く、飛程の

放射線発癌について分っている事(その3)

1. ヒトについての現存する放射線発癌の多くは、体内に沈着した放射性核種により被曝した集団にから得られたものであり、この場合の線量一発癌率の関係は、放射能の体内での時間的、空間的分布が不均一である事で影響される。

2. 放射線発癌の生物学的機構は、色々と議論の有るところで現在、十分には分かって居ない。

3. 低線量放射線による癌誘発の危険度を正確に推定する事はまだ出来ない。
これは危険度が小さい為に直接には観察できず、低線量領域への外挿に用いる最も適当な線量一反応関数が不確実であるからである。

資料⑱

長い中性子線の様な高ＬＥＴ放射線の場合とでは、危険度係数であるrisk factor（危険因子）が異なります。ですから、一概に何シーベルト受けた場合、どのような影響が表れるかについては、被曝した放射線が主にα線なのかβ線なのか、或いはγ線なのか等、どんな放射線を受けたのかによってその影響も変わってきますので、この辺りの推定が非常に難しいのです。

そして、ある部分に非常に高い線量域を作るα線などが主な線源となった場合には、その危険度を過小評価する可能性もあります。どんな核種が、どのような形で体の中に残っているかということが分からなければ、危険度の推定は非常に難しいということなのです。

先ほど、高ＬＥＴ放射線と申し上げましたが、高ＬＥＴ放射線の定義は、放射線が物質の中を通過する時に単位長さ当たりに与えるエネルギーの大きさで、大きなエネルギーを与える放射線を高ＬＥＴ放射線と呼んでいます。高ＬＥＴ放射線で照射された細胞は、一般的に回復力が非常に小さいことが分かっています。

ＢＥＩＲ報告に記載されているのですが、例えば千ミリシーベルト被曝した時、被曝群、対照群（比較対象となるグループ）ともに、千例あればこの影響の推定は十分可能だと仮定します。しかしながら、本当は千例ではとても推定できないのですが、もし千例で癌の

増加数の検定が十分に行い得ると仮定した場合、その十分の一の百ミリシーベルトに対しては、被曝群、対照群とも十万例が必要だということです。さらにその十分の一の一〇ミリシーベルトの被曝に対しては一千万例が必要だというわけです。ですから、この千ミリシーベルトの被曝の影響を推定する場合に一万例が必要であるとすれば、十ミリシーベルトの被曝による癌の増加数の検定には、一億人の集団を調査しなければ、その影響の推定は出来ないということになります。つまり、統計学的にきちんとした値を推定、確定するためには、これだけの症例が必要だということがＢＥＩＲ報告に出ているのです。ですから現在、あと十年、二十年経てば十ミリシーベルトの放射線による影響が分かると言われていますが、それも不可能で、今回のようなそれより低い一ミリシーベルトの低い線量での影響については、恐らく百年経っても分からないのではないか、というのが現在の世界の常識と云って良いと思います。

以上のように、さまざまな要因がありますので、放射線による被曝影響の推定を行うことは、いかに難しいかということがお分かりいただけたのではないでしょうか。

結論としては、冒頭に申し上げましたＩＣＲＰ、ＵＮＳＣＥＡＲ、そしてＢＥＩＲ報告、広島・長崎のデータを検証しても、一年間に十ミリシーベルトの線量率での放射線癌の発

症は、現在、証明されていません、これは、将来も立証されることは無いだろうと断言されていることでもあるのです。

放射線ホルミシスについて

最後に、先ほども少し触れた放射線ホルミシスの話をいたします。ホルミシスでは、むしろ低線量被曝の場合はプラスの効果があるというような考え方をしています。この分野では、アリゾナ大学で医学部の公衆衛生の教授をされており、戦後からこのテーマについて研究を行っているLuckey教授が、世界のパイオニア的な存在です。

Luckey教授は、研究成果について二冊の本を著しています。一冊目は、一九七六年までに行った放射線の効果に関するさまざまな文献を総説した「Hormesis with Ionizing Radiation」。そして十五年後には、低線量の電離放射線の動物への全身被曝の影響についてまとめた「Radiation Hormesis」を出しています。

現在、カンザス州ローレンスに住んでいるLuckey教授は、非常に日本びいきの方です。私は、研究上の交流でLuckey教授とお付き合いがあり、数年前にアメリカに行った機会に誘いを受けて、三日間ほどLuckey教授の自宅でお世話になりました。この写真（資料⑲）は、レストランで食事をしたときの写真で、Luckey教授、そしてカンザス大学准教授で建築家の娘さんと一緒に撮った写真です。

低線量被曝が日本で注目されたのは、国際放射線研究会議（ＩＣＲＲ）が東京で開催された一九七九年の頃です。この会議には、私も組織委員として参画しました。中国は、この会議に二つの演題を持って来たのですが、その一つは自然界のバックグラウンド放射線量が世界平均と比較して三倍も高い広東省広州市のある地方では、死亡率が低く肺癌の発生率が非常に低いという調査結果を出してきました。当時、私は「パイ中間子及び重イオンによる癌治療の国際共同研究」で日本側の研究責任者をやっていました。ＩＣＲＲが終

Luckey博士

資料⑲

わった後、私が高エネルギー重イオンによる癌治療の研究を行っていた米国カリフォルニア州バークレイに行ったのですが、その時、研究の合間を利用して、バークレイにあるドナー研究所に居た旧知のFabricant教授を訪ねました。彼は、スリーマイルアイランド原発事故の事故調査委員長も務めていたのです。ＩＣＲＲで発表された中国の演題に非常に興味を持ったFabricant教授は、その真偽を確かめる為に「Citizen Ambassador（市民大使）」という組織を作って、中国が持ってきたデータの信憑性を確かめる為に、国際的な調査団を組織して調査しようということなのです。私も彼に誘われたのですが、結果的には「どうも中国の発表内容は本当らしい」ということが分かりました。一九七九年のことでしたが、この頃から、国際的には、低線量放射線被曝の影響即ち、ホルミシスについて注目され始めたと思います。

次に、ホルミシスのお話をする前に、我々は、通常、自然界から一体どれくらいの量の放射線を浴びているかお示ししたいと思います。（資料⑳）。私たちは、この資料に示されている様に、宇宙から、大地から、或いは私たちの体の中からの放射線によって被曝しています。その量は、一年間で二・四ミリシーベルトです。

自然放射線の線量

1. 宇宙からの放射線：
   0.36mSv/年（標高によって異なる）
2. 大地からの放射線：
   0.41mSv/年（地方によって異なる）
3. 人体内からの放射線：
   1.63mSv/年
   1）空気中のラドンの壊変生成物の吸入によって受ける肺の実効線量がおよそ1.3mSv/年
   2）主として食物に由来するK－40その他の放射性物質による実効線量がおよそ0.33mSv/年

従って合計で2.4mSv/年となる。

資料⑳

放射線の影響に関するさまざまな検証結果について

中国の疫学データについてご紹介します。広東省にある二つの地域、これらの地域は十キロメートル以上離れていますが、この地域に六世代から十五世代にわたって住み続けている住民の癌死亡率の調査結果について報告されています。高い放射線を被曝したグループが七万四千人、高放射線被曝グループと比較対照とするため、通常の自然放射線を受けた対照群七万七千人を対象に調査が行われました。

資料㉑（次ページ）をご覧ください。一番下の項目にある「全ての癌」を見てみると、

1970～1980年の中国の癌死亡率
（100，000人当りの率）

部　位	高線量率域	対照群	P
咽　頭	10.03	10.83	NS
肝　臓	10.34	15.26	<0.05
白血病	2.44	4.26	NS
肺	2.26	4.61	<0.05
子宮頚部	1.50	0.89	NS
腸	1.13	2.31	NS
乳　腺	0.94	1.24	NS
全ての癌	42.86	55.37	<0.05

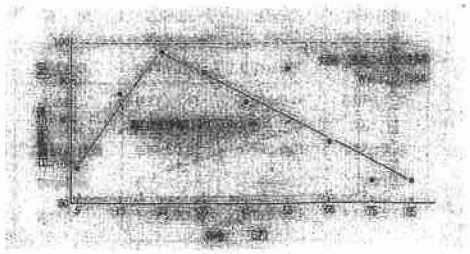
資料㉑

高線量域は死亡率が低く、少ない被曝の対照群は死亡率が高い。つまり統計的有意差があることが分かったのです。部位ごとに見ても、子宮頚部以外の部位において高線量領域の方が死亡率は低いということが中国の調査で分かってきたのです。

次に、年齢別にみた中国農民の白血病による死亡率をグラフにしたのが資料㉒です。このグラフは、普通に被曝した人が白血病によって死亡する率を百％にして、年齢別にプロットしたものです。例えば、この高自然放射線の高線量領域のところで住んでいる人は、二十五歳ぐらいのところでは対照群との差は見られませんが、その他の年齢では対照群よりも明らかに白血病死亡率が低いということ

中国農民の年齢別白血病死亡率

白血病死亡率は25歳の時に対照群に近づくが
その前後の年齢では対照群より低い。（30mSv/年）



資料㉒

が分かっています。この調査結果は一九八八年に発表されたものです。

次に、世界各地の年間積算空間線量について、資料㉓（次ページ）をご覧ください。ご覧のとおり、土地の成分によって違ってきます。フランスは、石灰岩や花崗岩、頁岩です。これらの国々の中でも、インドのケララ地方やブラジルのミナミ地方の空間線量がとても高いことが分かります。これについても現在、疫学調査の対象になっています。

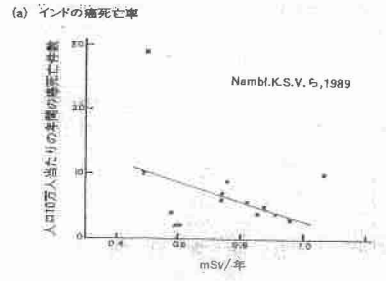
資料㉔（次ページ）は、先ほどご紹介した空間線量が高いインドのケララ地方における年間放射線量と、人口十万人あたりの一年間の癌死亡件数の関係について表した一九八九年発表の論文です。このグラフからも、被曝

世界各地の年間積算線量の例（mSv/年）
（世界の平均は大気から0.36mSv/年、地中から0.41mSv/年）

国　名	空間線量	備　考
フランス	0.45～0.9 1.8～3.5	石灰岩 花崗岩と頁岩
スウェーデン	0.7～1.0 0.6～1.2	Stockholm街路 火成岩
インド	1.31～28.14	ケララ地方
ブラジル	～12.0	ミナミ地方
アメリカ	0.45～1.3	23州で測定
オーストリア	0.47～0.56	

資料㉓

インドにおけるBackgroundの放射線と癌死亡率の関係



資料㉔

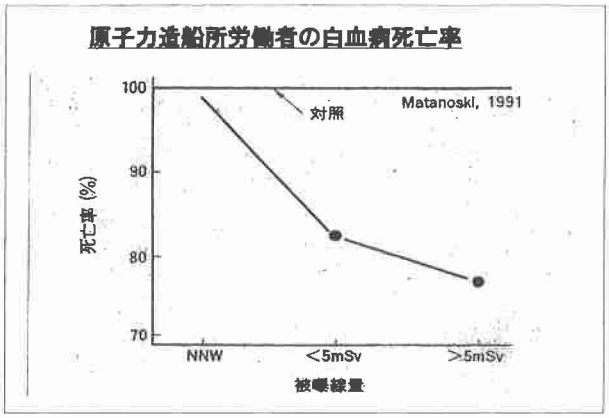
線量の多い方が癌死亡率は低いということが証明されています。

次に、資料㉕をご覧ください。これは、原子力造船所の作業員の癌による死亡率を調査したデータです。五ミリシーベルト以上被曝した人、被曝線量が五ミリシーベルト以下の人、そして動力が原子力ではない船を扱う造船所（非原子力）で働いている人を対象に調査しています。癌死亡率については、死因が胸膜腫瘍については非原子力の方が死亡率は低いのですが、それ以外の死因については明らかに原子力造船所に働いている人の方が死亡率は低いのです。これらの検証結果から、かえって被曝している人の方が死亡率は低いということが分かっているのです。

原子力造船所作業員の標準癌死亡率

死　因	標準死亡率（95%CI）		
	≧5mSv (28，542人)	≦5mSv (10，462人)	非原子力 (33，352人)
総死亡率	0.76±0.03	0.81±0.05	1.00±0.3
白血病	0.97±0.41	0.59±0.48	0.97±1.02
リンパ性と血液性腫瘍	0.84±0.23	0.59±0.31	1.12±0.24
胸膜腫瘍	5.55±2.52	6.90±4.42	2.79±1.63
肺がん	1.07±0.13	1.12±0.22	1.15±0.13

資料㉕



資料㉖

この結果について、少し具体的に見てみます。資料㉖をご覧ください。これは、原子力造船所労働者の白血病死亡率について示したグラフです。米国のジョンスホップキンス大学のMatanoski教授が発表したグラフです。彼女も、対照となる死亡率を百%にしてプロットしていきました。すると、原子力造船所で働く労働者のうち、五ミリシーベルトより多く浴びた人よりも、全く浴びなかった人の方が死亡率は高くなったのです。

おわりに

最後に現在、原発事故に伴う風評被害が出ておりますので、疑問となる点についてお答えして講演を終えたいと思います（資料㉗）。

まず、放射線被曝は遺伝するのでしょうか。答えは遺伝しません。

次に、百ミリシーベルト以下の被曝で癌になるリスクはあるのでしょうか。答えは、他の癌のリスクにまぎれて確認できていません。今のところは、あるということも無いということも全く言えない状態なのです。

次に、ＩＣＲＰで閾値なしの直線モデルを採用しているのは、微量な放射線量でも発癌の可能性があるということなのかどうか。これは間違った認識で、あくまでも防護する観点から採用しているだけであって、実際のデータに基づいたものではありません。

さらに、微量であっても放射線被曝すればＤＮＡ分子を破壊するのか。答えは、低い線

風評被害について

1. 放射線被曝は遺伝するか。
   （答）遺伝しません。

2. 100mSv以下の被曝でも癌のリスクはあるか。
   （答）他の癌のリスクにまぎれて確認できていない。

3. ICRPではLNT(閾値なしの直線モデル)を採用しているので微量な放射線被曝でも発癌の可能性がある。
   （答）LNT モデルは、データに基づいたものではなく防護の観点から採用しているだけである。

4. 微量の放射線被曝でもDNA分子を破壊するか。
   （答）破壊しません。DNAは修復機構を持っているし、DNA分子の一箇所が破壊されただけでは障害は起こりません。

資料㉗

量ではＤＮＡ分子を破壊することはできません。この件に関しては分子生物学のデータが多く存在しています。ＤＮＡは修復機構を持っており、ＤＮＡ分子の一カ所が破壊されたというだけで障害が起こることはありません。

私達は、健康診断の目的で、或いは疾病の診断・治療などで放射線を被曝する機会がありますが、医療目的で放射線を使用する場合、被曝線量に関しては、法律的にも、ＩＣＲＰ勧告でも何等、制限は設けておりません。此れは放射線検査或いは放射線治療によって患者の受ける利益が被曝による不利益を上回って居ると医師が判断すれば、制限なしに放射線を使って良いと云う事です。そうは云っても、医療被曝でも被曝線量は気になる所でしょう。診断レベルの被曝線量では癌の誘発は考えられませんので、診断の場合、特に気を使うのは、遺伝的障害の誘発に関わる生殖腺への被曝をいかに少なくするかと云う事でしょう。しかし、この被曝線量の評価は、撮影方法、撮影の対象となる組織・臓器、撮影方法等々によって異なってきますので、一般に何シーベルトとは云えません。一連のＸ線検査、ＣＴやＰＥＴ検査などによる被曝線量は、検査の種類によって被曝線量が異なる事は申しましたが、検査によって被曝する線量は、放射線治療で用いられる放射線量に比べたら、千分の一以下と云って良いでしょう。因みに放射線治療では、数十グレイ（Ｘ線な

どの場合、一グレイは一シーベルトと考えて良い）の照射をしますが、癌の組織だけを狙い撃ちにする照射機器や照射方法が一般的になって居りますので、がん組織が存在する場所にも依りますが、照射部位以外の組織が受ける放射線被曝量は非常に低くなっていまして、治療のために放射線照射をした結果、照射部位以外の所にがんが発生すると云う事は先ずありません。

今回の福島の原発事故に関しまして、色々な、珍説とも思われる極端な論評などが見受けられますが、もう少し冷静になって放射線被曝の問題を考えるべきではないかと思います。

時間となりました。本日はご清聴いただきましてありがとうございました。

（本稿は、平成二十三年十月、仙台市において先生が講演された内容を要約し、一部加筆したものです

文責　広報部）

講師略歴

坂本　澄彦（さかもと　きよひこ）

○現職　東北放射線科学センター理事長
東北大学名誉教授
日本癌学会名誉会員、日本医学放射線学会名誉会員、日本放射線腫瘍学会名誉会員
日本放射線影響学会名誉会員、日本医学放射線学会生物部会名誉会員
米国放射線腫瘍学会（ASTRO）名誉会員

○略歴
昭和8年2月7日　札幌市生まれ
昭和34年3月　東京医科歯科大学医学部卒業
昭和34年～35年　東京医科歯科大学医学部付属病院でインターン
昭和39年　東京医科歯科大学大学院博士課程終了（医学博士）
昭和39年　東京医科歯科大学医学部助手
昭和40年～43年　米国国立癌研究所研究員（M.M.Elkind 研究室）
昭和43年～44年　英国Gray研究所研究員（H.B.Hewitt研究室）
昭和44年　東北大学医学部助教授（放射線基礎医学講座）
昭和47年　東京大学医学部助教授（放射線基礎医学講座）
昭和51年～54年　カナダのTRIUMFにおける〝パイ中間子によるがん治療の基礎的研究に関する国際共同研究〟に日本側研究責任者として参加
昭和54年～56年　米国LBLにおける〝重イオンによる癌治療の基礎的研究〟に従事
昭和56年　東北大学医学部教授（放射線基礎医学講座）
昭和61年　放射線医学講座教授に配置換え
平成8年　東北大学停年退官
平成8年　東北大学名誉教授
平成8年　東北放射線科学センター理事
平成13年　東北放射線科学センター理事長
昭和58年12月16日　東宮御所において、皇太子殿下（今上天皇）に〝パイ中間子及び重イオンによる癌治療〟についてご進講
平成22年　日本放射線影響学会功労賞受賞

○著書　「癌の放射線生物学」、「医学のための放射線生物学」、「放射線生物学」など

第３章　勉強会等における配付資料

その他の資料

「理科の教育」０３
編集　日本理科教育学会
から許可を得て転載しました。

【巻頭言】

東日本大震災・大津波に直面して反省し痛感すること

―特に理科教育をめぐって―

有馬　朗人

東日本大震災・大津波の後，極めて多くの事を私なりに考え行動してきた。特に科学の上で我々の予知力の不完全さを再び痛感した。1995年１月の阪神・淡路大震災の際も同じことを痛感し，研究力を強化するにはどうしたらよいかの議論に度々参加してきた。そして予知の研究も重要だが，防災工学との協力を強化すべきであることを指摘してきた。そして防災工学への研究費の拡充と研究体勢を強化すべしと主張し続けた。しかし，大地震に対しては大きく注意を向けていたものの，津波については例えば釜石湾にギネスブックに載るくらいの大堤防があるのだからと油断していたことに，私は強い反省の念をもったのである。

小学校・中学校の理科で，地震，津波そして台風や洪水などの天災についてしっかり教育をすべきである。また天災より命を守るための防災教育を行う必要がある。釜石市の小学生1927人，中学生999人のうち津波襲来時に学校の管理下にあった児童・生徒については全員の無事が確認された。管理下になく不幸にも犠牲になったのはわずかに５名であった。これは総合的学習の時間を手始めにして行った群馬大学の片田敏孝教授の津波防災教育の効果であった。津波の科学から始めて防災に対し主体的な姿勢を身につけるべきことを徹底的に教えてきたのである。理科の時間に天災の科学を教え，社会の時間に過去の歴史でどんな天災がどのように発生し，どのような被害があったかを教え，その上で天災からどのように避難すればよいか常に訓練をしておく。このように天災についての科学的根拠に基づいて，意志を決定する力，判断力を育成することが重要である。

東北電力の女川原子力発電所，東電の福島第一，第二原子力発電所等，多くの原子力発電所が，大震災に見舞われたが，それぞれの原子炉は地震による大きな故障は無かった。しかし福島第一も第二も津波に見舞われた。そのため福島第一では原子炉や使用済み燃料プールが冷却不能に陥り，原子炉建屋に充満した水素の爆発が発生した。この結果大量の放射性物質が放出・拡散したのである。このため放射能・放射線がにわかに日常生活の大きな話題になり，その被害を恐れる声が高まった。風聞被害も多い。また，放射能の量の単位であるベクレルや，放射線の人体や生物に対する線量当量の単位であるシーベルトが，新聞やテレビに毎日登場するようになった。しかし一般国民にとっては放射

能・放射線の知識が十分でないため，大きな不安が生じた。

この不安は，初中教育特に中学の理科教育でこの30年間放射線を教えなかったことの結果である。中学校の学習指導要領における放射線の記載の有無を見ると，昭和33年改訂に有り，昭和44年告示にも有ったが，その後放射線教育に反対する声が高くなり，昭和52年告示（昭和56年度より実施）から記載が無くなり，平成元年告示，平成10年告示と放射線の記載が消え，教育しなくなった。やっと平成20年告示で復活し，平成23年度移行措置として実施，平成24年度より全面実施になったことを喜んでいる。放射能や放射線はエネルギーのみならず日常の病気の診断や治療でも重要な役割を果たしている。その利害について速やかに科学的な教育が行われることを望んでいる。

日本の一次エネルギー資源の自給率は４％で，先進国中最低である。このことをよく教育していただきたい。この不利を救うべく水力，太陽光，風力，バイオ，地熱，波力等々の再生可能エネルギーの開発が喫緊の課題である。エネルギーについての理科教育が必要である。また再生可能エネルギーの開発にどんなに時間が必要かを，例えばドイツの2000年以降10年間の努力を例にしてしっかりと教えていただきたい。ちなみに2010年の１年間において水力を除いた太陽光等の新エネルギーによるドイツの発電は約800億 Kw 時であった。（日本の2009年の総発電量は約１兆 Kw 時）そのような事実に基づいて原子力を利用すべきか，廃止すべきか。再生可能エネルギーをどのようにもっと伸ばすか，省エネルギーをどう進めるべきかを自らが判断できるよう教育を進めていただきたい。

さらに地球温暖化問題における人為的に放出される炭酸ガスとの関連についても，十分に科学的に教育する要があることを指摘しておきたい。温暖化の問題は人類にとって大きな危険性をもっていることをしっかり教育していただきたい。

最後に，日本の教職員の方々が日夜熱心に教育に当って下さっていることに感謝したい。日本の生徒・学生の理科力は国際的に優れている。これこそ皆様の努力の成果であることに心よりお礼申し上げたい。そして教育への日本の公的財産支出を何とかして増す努力を皆様と力を合わせて行っていくことを誓いつつ，筆を措く。

「理科の教育」０３
編集　日本理科教育学会
から許可を得て転載しました。

［今あらためて，理科教育に求められる「力」とは］

理科教育に求められる五つの「力」

－東日本大震災と巨大津波災害，原子力発電事故災害を受けて－

熊野　善介

1．はじめに

平成23年３月11日に発生した東北地方太平洋沖地震（マグニチュード9.0）とそれによって発生した巨大津波により，福島第一原子力発電所で事故が起こり，放射性物質が大気中や海中に放出された。この結果，原子力発電所の周辺地域では，一定の水準を超えて被曝する恐れのある人々を避難させ，東日本の一部の地域を中心に広い範囲で，水道水の摂取や特定の食品の摂取・出荷が制限された。そして，放射線の不理解による様々な風評被害が多く発生した。

あの日，静岡倶楽部が主催する静岡市内の児童生徒への理科自由研究の受賞者へのお祝いの会に審査委員として参加していた。静岡市でも揺れは大きく，NHKに限らずすべての放送局が被害状況に関する特別報道を行っていた。実家が仙台であり，仙台駅から車で８分程度に位置する実家の年老いた家族と一向に連絡が取れなかった。ライフラインは寸断し，特に海岸線は壊滅状態で，日を追うごとに，死亡者ならびに被災した人々の数が多くなっていった。その後，仙台市内の地震による被害は局所的に甚大な被害は多数あったが，身内の者を含め親戚のほとんどは，塩竈の一家族を除いて津波の影響はなかった。しかしながら，仙台市内が食料や石油がまったく手に入らないということで，東北自動車道が開通した日に休みをとって，必要な物資を静岡でかき集め，年老いた家族のもとへ数回届けることができた。帰るためのガソリンの確保に大変苦労した。８か月後の11月11日に石巻市の仮設校舎の港中学校にて理科授業を行ったことで，11月19日と20日にはいわき市のいわき明星大学にて，日本エネルギー環境教育学会主催の特別シンポジウムを被災地の先生方と開催したり，会場で被災した学校の先生方と交流ができた。本稿はこれら一連の経験をもとに考察を深めた。

東日本大震災が起こってからすでに約１年が経ようとしている。理科にかかわる者として，また日本理科教育学会員として，私たちは何ができたか振り返る必要がある。1000年に一度の大災害であり，大震災に伴った巨大な津波は，我々に大きな教訓を与えた。さらに，その後起こった原子力発電所の事故と，日本国内・国外に放出された放射性物質の量は甚大で，数十年に渡って日本と近隣の国々に外部被曝と内部被曝をもたらすだけでなく，低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物をどのように廃棄していくのかというあまりにも大きな課題を発生させた。われわれは理科という教科の中で，または理科の教師として，地域のコミュニティとどのような連携をしていく必要があるのであろうか。

2．非常時対応の理科教育と通常の理科教育

非常時対応の理科教育を考える必要がある。非常時に対応できる理科教育とは通常の理科教育の中に，非常時のモードを埋め込むことを意味する。元々理科は，実験や野外でのフィールドワークがあるため，安全教育やリスク管理が求められる教科である。これまでは，理科の学習指導要領に沿った安全教育やリスク管理が中心であったが，今後は，保健体育科，家庭科，技術科等と連携した安全教育やリスク教育が体系化され，実施される必要がある。

非常時において理科で学んだことが役に立つことはたくさんある。「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」について，安全教育やリスク教育を重視して授業を展開するとは，事物・現象についてできるだけ主体的な学びを展開することであり，興味・関心をもって，自らの意欲と疑問のもとに，実験や観察を行うことであり，その都度危険な状況を理解し，安全を確保することを学ぶことである。さらに，日常生活でのリスクや事故を学び，回避するための方略を理解しておく必要がある。そういう意味で，非常時には理科教師が避難所に指定されている学校で，活躍した事例は数多くある。安全教育とリスク教育の延長に，柔軟な工夫と応用を自在に行い，多くの人々の安全・安心につながるのである。今求められているのは，活躍した理科好きの生徒や理科教師の事例を集め，体系化することである。

3．防災・減災教育と理科教育

防災教育（hazard education, disaster education）はこれまで行われてきたものであり，今後も継続していかなければならないものである。災害を防ぐための教育であり，天災等に備えるための教育である。防災教育のために理科教育は何かできるのかということを考えると，様々な天災についての基礎的な理解を提供することができることである。また，実験や観察時のリスク教育を提供することができることである。

これまでの中学校学習指導要領解説理科編，新しい中学校学習指導要領解説理科編でも示されているように，地震活動や津波が繰り返し発生してきたこと，火山の活動や台風による災害，そして，大雨による洪水や間伐などがあげられる。要は自然の変化には，短い周期または長い周期の規則性を見出すことを学ぶことである。その一方で，日本列島は自然の災害が創ったものであり，そのお陰で自然の様々な恵みを享受できていることを理解することが大切である。日本理科教育学会としても，この自然の恵みを享受するための様々な知恵に基づいた科学・技術を展開していく必要がある。

これに対して，減災教育（mitigation）は防災教育ともかなり重なるところがあるが，視点や観点が災害による死傷者を減ずること，被災・被害を最小限に留めることを主眼とした教育であるということができる。そういう意味では，すでに日本各地でなされている防災教育の中に組み込まれている内容である。例えば，静岡県全体で展開してきた，家具や本棚の固定，耐震工事を施すことや防災計画，ハザードマップ等これまで減災に役立つことがなされてきた。しかしながら，自然のエネルギーは巨大で，特に地球規模の気候変動にともなう，極端な温度変化等によりもたらされる台風やハリケーン，サイクロンなどによるエネルギーも巨大化している。巨大地震の被害のパターンも異なっており，１次災害，２次災害，３次災害の有り様も変化してきている。したがって減災方略も進歩させていく必要がある。

現在，静岡市葵区の防災安全区民懇話会の議長として，区民の命を守るため，また，非常時において，多くの静岡市民，静岡市外から静岡市に訪れている人々の命を守るための様々な方略を話し合っているところである。そのために，静岡市から3.11以来延べ800人もの職員が仙台市若林区を中心に送り込まれ，東日本大震災後の行政の支援が行われてきた。まさに，防災計画と減災計画の二面から再構成する必要性に迫られている。

例えば，①災害時の減災：避難経路の再考と避難地等の再構築，情報網の徹底，エネルギー源の備蓄と耐震強度の改善等の巨大地震対策と巨大津波対策の徹底，②災害直後の減災：行政の職員を小学校等の避難所に派遣することと情報の収集（すべての小学校区への無線機の配布等）。トリアージの実施と死傷者を割り当てられた病院や臨時の保健所へ搬送，最低３日間の衣食住の確保。③支援物資の到着と情報に基づいてすべて被災した小学校等の避難所へ確実に補給。これらが着実に進むために，自治会や町内会の活発化とすべての人々の加入の推進が求められているが，静岡市は参加していない方が12.9%である。今求められていることは，地域を上げて，非常時に備えること。

そのための地域起こしが必要である。ここで実は，学校こそが基盤となることを示しておく。先生方の自覚が必要である。そして，小学生，中学生，高校生，大学生が，地域の中でそれぞれの役割があり，学校教育と地域社会がつながっていくシステムを再構築する必要がある。

4．放射線教育と理科教育

平成24年度より，中学校において新しい学習指導要領の本格的な開始となる。そして，中学校理科の第７単元の「科学技術と人間」の「ア　エネルギー」の「（イ）エネルギー資源」において，約30年ぶりに「放射線の性質と利用についても触れること」と内容の取り扱いで示された。新しい学習指導要領での放射線の取り扱いで，とても大切なことは，これからの知識基盤社会の中で，我が国が持続可能な社会を継続していくためには，ますます複雑化し，ブラックボックス化する科学技術について，原点に立ち戻り，「科学技術とは何か」すなわち，「科学の本質論」や「工学や技術の本質論」を学ぶ必要があることが明確に示されたことがあげられる。そして，より深く思考する力や意思決定をする力を育成することが求められている。すなわち，放射線においても，利用価値の大変高いものと，人間社会に被害が及ぼされることにもなるということの理解が必要であることを学ばなければならない。実のところ，あらゆる科学技術がそうであることを認識する必要がある。多くの書籍では，「ベネフィット」と「リスク」という言葉でも表現されている内容である。

放射線を理解するにあたって様々な領域の基礎的な理解が必要である。まずは理科的な理解である，「エネルギー」とは何かという理解が必要である。これは小学校では，様々な形態のエネルギーを体験的に学ぶことが求められる。例えば，霧箱で放射線の通った跡を視覚的にとらえたり，ガイガーカウントの音を聞いたりすることで，見えないエネルギー形態をとらえることができる。そして，中学校になると，さらに科学的なとらえ方ができるようになり，中学３年生で「エネルギー」とは「仕事をする能力」のことだと理解できるようになる。そして，人類は核分裂の際に出てくる膨大なエネルギーを利用するに至ったことを理解する。そして，エネルギー資源の乏しい我が国が環境の保全を推進しながら，持続可能な社会を維持するために，知恵を絞り，科学技術の発展を活用しながらこれからどのように展開すべきかを国を挙げて悩んでいるといえる。

3.11の東日本大震災と原子力発電所の事故の結果，外部被曝や内部被曝といったこれまでも高エネルギー関連の事故対策で真剣に対策がなされてきたが，原子力事故現場から広い範囲で対策をとらなければならなくなってしまった。科学的なデータに基づき，迅速に人々が力を合わせて，対応が迫られることになった。放射線医学や放射線防護学等という専門的な科学者を中心に関係の人々がこれまでの知見を総動員して，具体的なデータを集めこれからなすべき内容を確認し実行してきた。そして，これらの多くの人々により，出てきた考え方をまとめたのが，文部科学省から出された放射線副読本である。

放射線副読本の使い方は，これまで述べてきたように，小学生用・中学生用・高校生用とそれぞれの教師用の６種類がある。学習指導要領そのものとは異なり，どのように具体的な教育として扱うかは，校長先生を中心にそれぞれの学校に任されている。しかしながら，保護者の不安や子どもたちの不安を少しでも解決するために，まず，先生方が学び，理科や社会科，国語，家庭科，保健体育科等の様々な教科や総合的な学習の時間も使用しながら，学校全体で学習の機会をもつことが求められている。時々刻々と置かれている状況が変化するので，副読本は，今後改訂がなされることも会議で合意されている。

5．科学的リテラシーに立ち戻れ

非常時モデルにおいても通常モデルにおいても，科学的リテラシーの獲得が基盤となることがどれだけ共有されているのだろうか。

ＰＩＳＡ調査による科学的リテラシーの定義は，

「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し，意思決定するために，科学的知識を使用し，課題を明確にし，証拠に基づく結論を導き出す能力」とされている。また，ＰＩＳＡでは，科学的な疑問を意識すること，現象を科学的に説明すること，科学的な根拠を持つことーの３点を重視しているが，科学的リテラシーの獲得のため，学校教育や学校外教育の中に，いかに具体的に埋め込むかを確認する必要がある。

さらに，新学習指導要領でも一層重視された「態度」については，ＰＩＳＡの特徴として「責任感」が挙げられる。あなたは，科学者として，もしくは国民としてどういう責任があるのかという視点を常に問い続ける必要がある。あらゆる科学技術には，本来「リスク」と「ベネフィット」の両方が存在しており，判断をするためには，必ず責任が伴う。合意形成をする上では，結論ありきではなく，しっかりと科学的な疑問を認識し，科学的証拠に基づいて話し合う中で，よりよい持続可能な社会を創造していく人間の育成が求められている。また，今後，さらなる課題に対応していく人間を育てるには，すでにわかっていることだけでなく，「何がわかっていないのか」ということが重要な視点となる。

6．今あらためて，理科教育に求められる「力」とは

これまで，述べてきたことをまとめると，今あらためて，理科教育に求められる「力」とはどのようなものかをまとめると以下のようになる。

(1) 通常の理科教育の要素の中に，大震災等にかかわる非常時対応の理科教育を埋め込むことにより得られる力。

(2) 防災教育のみならず減災教育の視点で，理科教育の学習内容を見直し，災害を科学的根拠でより深く理解するだけでなく，どのようにしたら失う命を最小限にするかを理解し実行できる力。

(3) 理科は学校の中だけにとどまらず，常に地域社会に開かれ，連携協働を基にした学習になるよう工夫される必要があり，地域の科学館，博物館，公民館等地域ぐるみの科学教育の展開により得られる力。

(4) 科学技術によって享受される恵みのみならず，科学技術の進歩によりもたらされる負の部分に関する理解を深め，「科学の本質論」や「工学の本質論」を学び，より深く思考する力や判断する力，そして，意思決定をする力。

(5) 学校で学ぶ理科の有用性に関する理解をさらに深めるとともに，一人の国民として，県民として，市町村民として，どのような責任があるのかという視点をしっかり理解する力。特に，すでにわかっていることだけでなく，何がわかっていないのかに興味をもち，主体的に探究し，様々な科学的思考を生成する力。

参考・引用文献

藤岡達也「理科教育と自然災害に関する防災・減災教育について」『理科の教育』９月号，Vol.597，No.698，pp.6-9，東洋館出版社，2010.

五島政一「防災教育に関連する新学習指導要領の内容と理科を中心とした防災教育の在り方と推進」『理科の教育』９月号，Vol.59，No.698，pp.10-13，東洋館出版社，2010.

国立教育政策研究所『PISA　2006年調査　評価の枠組み　OECD 生徒の学習到達度調査』pp.1-177，ぎょうせい，2007.

熊野善介「社会の持続性をめざした「科学的リテラシー」論」『科学教育研究』Vol.32，No.4，pp.264-273，2008.

文部科学省『中学校学習指導要領解説　理科編』pp.1-149，2008.

National Research Council A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas, Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards., 2011.

Rutherford, F. J.・Ahlgren, A.Science for all American, the American Association for the Advancement of Science, Oxford University Press, pp.1-246, 1990. 日本語訳；http://www.project2061.org/ publications/2061Connections/2008/2008-02a.htm

Yager, R.E.Expanding the Use of the National Science Education Standards in Accomplishing Needed Reform, Editorial, School Science and Mathematics 106(1), pp.1-6, 2006.

くまの　よしすけ（静岡大学創造科学技術大学院・大学院教育学研究科教授・附属静岡中学校長）

福島は低線量事象

県民の線量は安全範囲だった

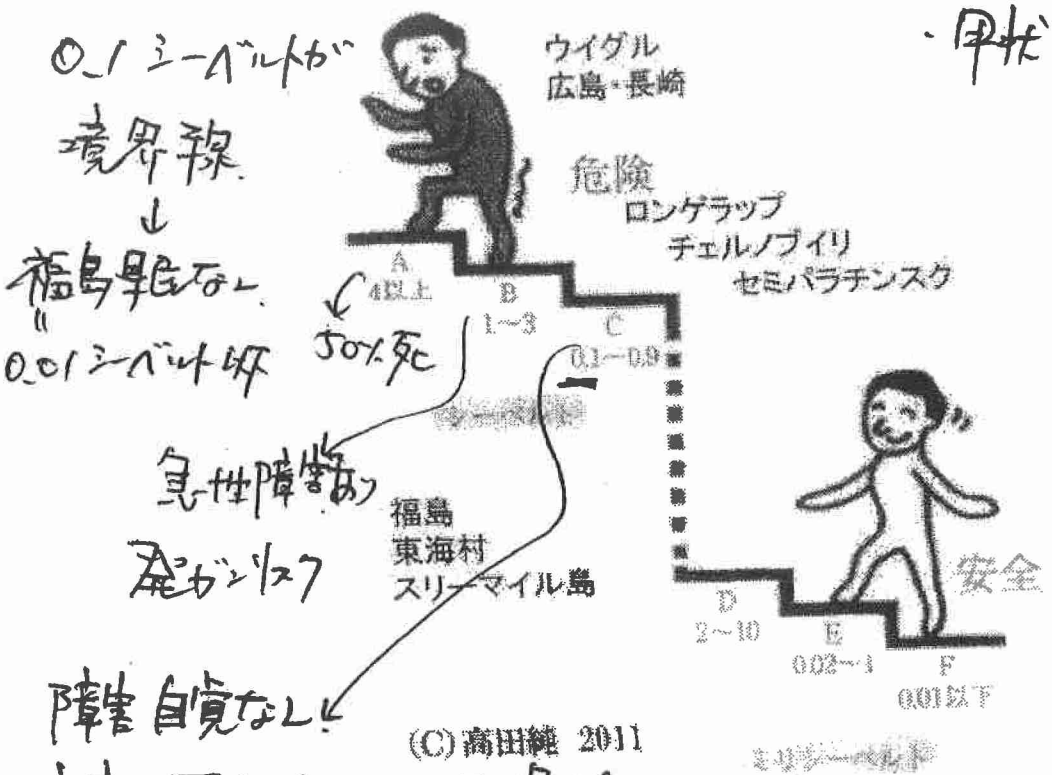
高田純　札幌医科大学教授
大学院医学研究科放射線防護学指導教授

平成23年の放射線衛生調査結果

・福島県民の甲状腺線量検査　４月　６６人
　最大　甲状腺内の放射性ヨウ素3600ベクレル
　線量レベルD以下
　６月段階で半減期８日の放射性ヨウ素は１千分の１に低下、現在リスクは消滅
・体内セシウム検査　６－９月　８３人
　福島県民　６６人　　線量レベル　E以下
　宮城県民　１７人　　線量レベル　F

・外部被曝線量　平成２３年年間線量
　福島県民　　レベルD以下・・・屋内退避効果
　福島以外　　レベルE

高田純著　「福島　嘘と真実」医療科学社



0.1ミーベルトが
境界線
↓
福島県なし
〃
0.01ミーベル以下

↙ 50%死

急性障害あり
発ガンリスク

障害自覚なし!
流産の可能性、発達遅延

甲状腺がん発生率
1/2000万人
(福島県200万人)

福島第1原発
0.1ミーベルト → 0.25ミーベルトに引き上げ
放射線防護情報センター発行

表　線量6段階区分と人体影響のリスク

線量レベル	リスク	線量（シーベルト）
A	致死	4以上
B	急性放射線障害 後障害	1～3
C	胎児影響 後障害	0.1～0.9
D	かなり安全 医療検診	0.002 ～ 0.01
E	安全	10万分の2 ～千分の1
F	全く安全	10万分の2以下

レベルCとレベルDとの間には線量間隙が存在する。人体影響の安全性の科学理解では難しい領域である。この範囲（0.01-0.1 シーベルト）をD+とする。
なおD＋は放射線作業従事者の年間限度（50ミリシーベルト）の範囲である。
医療対応は、グスコバ博士の報告を参考とした。

A:　専門病院での処置が必要
B:　一般病院での観察、必要に応じて専門病院での処置
C:　妊婦の場合は専門病院と相談
　　その他の人は医療対応不要
D-F:　医療対応不要

追加情報

レベルC

・国際宇宙ステーション1日1ミリシーベルト

・ 一時不妊　男性　150ミリシーベルト以上　女性650ミリシーベルト以上

・チェルノブイリ事故　30km圏内避難者たちの線量

最大700ミリシーベルト　レベルC　　白血病の増加は見つかっていない。

甲状腺線量　50グレイ　レベルA

甲状腺がんの子ども4800人　10万人あたり13人

・体内の天然放射能　カリウム40　　4000ベクレル

・三朝温泉　ラジウム温泉　　1リットル中の放射能　ラドン 9200ベクレル

拙著 「世界の放射線被曝地調査」 講談社ブルーバックス　2001.

「お母さんのための放射線防護知識」 医療科学社 2007.

≪低線量率放射線医科学概論≫

「低線量率放射線医科学の教育」が日本を復活させ世界を救う

一般財団法人　稲 恭宏博士 記念
低線量率放射線医科学研究開発機構 理事長
東京大学 医学博士（病因・病理学／免疫学）
稲　恭宏（Yasuhiro Ina, D.M.Sc.）

ICRP（国際放射線防護委員会）の 1920 年代の発想のままの自然界レベルの極低線量率放射線・極低レベル放射能ですら絶対悪であるとする『放射線・放射能に関する LNT モデル仮説(Linear No-Threshold Model Hypothesis)』(図 1 A 及び B）が、今回の福島原子力発電所事故（以下、福島事故）後の各種の風評被害、国民混乱、復興遅延、国家衰退等の諸悪の根源であることが日に日に明らかになり、世界で初めてその異常なまでの科学的矛盾が明らかとなった。

全地球上、全宇宙で放射線・放射能がゼロの場所はないし、人体自体も『数千ベクレルの放射能』を持っており、一生涯、全身内部被曝をし、全身から放射線を出し続けている。したがって、日本の「数千ベクレルの放射能も怖い」という非科学的な風評被害のままだと、大好きな人と握手もハグもできなくなり、亡くなった人の遺灰や遺骨を埋葬することすらできなくなってしまう。

ICRP の LNT モデル仮説に従うならば、世界中の各国政府は、世界各地にある高自然放射線地域や天然放射能泉周辺地域も直ちにバリケード封鎖しなくてはならない。

また、国際宇宙ステーション（ISS）内の宇宙飛行士たちは、毎日 24 時間、地上の約 300 倍の『線量率（Dose-Rate)』及び『線量（Dose)』の放射線を浴び続けているが、人体への悪影響は何もなく、無重力による筋骨格系の機能低下を除けば、健康状態や医学データは、宇宙へ飛び立つ前よりも全指標で改善されていることが、NASA（アメリカ航空宇宙局）などによって公表されている。なお、地上では、有能な植物学者らがどのような方法を用いても全く発芽しなかった樹齢 1,200 年の天然記念物などの数種類の桜の種を国際宇宙ステーションに持って行き、数か月の滞在の後に地上に戻したところ、遺伝子の突然変異等の生物学的異常は何もなく、すぐに発芽して順調に成長し、『宇宙サクラ』として各地の学校や公園などに植えられ続けているという。

外部被曝及び内部被曝時の放射線が人体や動植物に与える生体影響を評価する際に、放射線医学で最も大切なのは『線量率（Dose-Rate）＜瞬間の放射線の強さ＞』であり、照射・被曝する時間の概念が欠如した放射線の積算量（累積量）である『線量（Dose)』にはあまり意味がない。少しでも放射線医学の知識がある人なら、高線量率（High Dose-Rate）の放射線は危険だが、線量率（Dose-Rate）が下がって低線量率（Low Dose-Rate）になるほど放射線の危

険性は激減し、自然界レベルの毎時 100 マイクロシーベルト以下くらいの極低線量率（Extremely Low Dose-Rate）の放射線では、全く人体や動植物への悪影響はなく、むしろ有益な効果のみがあることくらいは誰でも知っている（図２A 及び B）。

この度の福島事故の後、俄かに恐怖心を煽っていた放射線医学の非専門家である原子力工学や放射線測定、放射線防護の研究者や原子炉技術者、一般人などの中には、内部被曝も外部被曝も「低線量」でも危険だと執拗に言っていた人たちもいたが、この根拠は、シャーレや実験装置の中などの免疫細胞や支持細胞、養育細胞、神経細胞、各種体内ホルモン・サイトカインなどの傷んだ細胞を除去したり助けたりする細胞や生体成分などが全く存在しない極めて人工的な環境下における、人工細胞膜や不死化させた細胞株（人工的にがん細胞化させて半永久的に死ななくした細胞）を人工培養した細胞などに高線量率の放射線を一瞬で照射した「低線量」＜高線量率の放射線であっても、一瞬で照射した場合、その照射線量（被曝線量）は「低線量」となる＞放射線の影響を見た実験結果や、十分な組織、臓器、全身レベルの医科学的指標が測られていない結果などであった。

前者のような実験は、細胞内シグナル伝達などの細胞生物学レベルの実験としてはいいかもしれないが、人体や各種生物への影響を検討する際には、あまり役に立たないことが多い。後者の場合は、その後に、全身医科学的な研究を行って、医学的にその現象が全身レベルで確かなものかどうかを確認しなくてはならない。

また、アイソトープ（放射性同位体）を用いた実験をしている研究者らが、殊更、内部被曝の恐怖を煽っていたが、これも放射線医学、特に低線量率放射線医科学的には、今回の福島事故とは放射線の線量率・放射能強度・放射性物質の量が桁違いであり、あまりにも稚拙で初歩的な間違いであった。

小児甲状腺がんがチェルノブイリで発生してしまったのは、炉心本体が爆発したため、一気に大量の放射性ヨウ素 131 が飛散してしまったことと、安定型ヨウ素を多く含む海藻類をほとんど摂取できていなかった内陸国旧ソ連の子供たちは、甲状腺ホルモンの産生に必要な甲状腺内安定型ヨウ素が慢性的に欠乏状態にあったため、甲状腺内に放射性ヨウ素 131 が短期間に大量に吸収されてしまったことの２点が医学的理由である。この２点とも今回の福島には当てはまらない。

海洋国家である日本の人々は、内陸国ロシア（旧ソ連）の人たちとは食生活がかなり異なり、母親の胎内にいる時から、母親からの血液などを介して、海産物（特にワカメやヒジキなどの海藻類）の安定型ヨウ素（ヨード）を十分に摂っており、甲状腺に放射性ヨウ素は吸収されにくくなっている。安定型ヨウ素の摂取が少ないと体内の甲状腺ホルモンが低下して体調が悪化するが、医療の発達した日本では、そうなると大抵の人は医療機関を受診するので、早期に

安定型ヨウ素剤の投薬を受け、甲状腺と甲状腺ホルモンの状態を元の正常な状態に戻している。日本の人々の場合、逆に、甲状腺機能亢進症（バセドウ病など）や甲状腺がんの治療で、放射性ヨウ素を甲状腺に取り込みたい時には、食事制限をして、甲状腺内の安定型ヨウ素を減らさなくてはならないほどである。したがって、今回の福島事故による放射線・放射能のレベルは自然界の範囲内であったことと相俟って、福島では小児甲状腺がんの兆候も認められていないのだと考えられる。

今回の福島事故の場合、体内に残るほどの放射性物質の飛散量は報告されていない。各報道がなされているが、福島県の方々の全身医学データ、血液データ、子供たちの甲状腺機能などには、医学的に精査した結果、放射線による害は何も起きていないと報告されており、生活不安や家族・友達などと離ればなれになったストレスや、食生活の乱れによる栄養バランスの崩れ、運動量や活動量の不足による体調不良などにより、乳幼児や小児の正常な発育・発達の抑制が心配されている。

人体は、現在、全身約 60 兆個の細胞から成り立っていると推定されているが、放射能事故とは関係のない通常の生活で、全身のほとんどの細胞において、細胞 1 個当り、毎日 7 万～100 万箇所の遺伝子の傷が生じ、毎日 5,000 個から 1 万個のがん細胞が生じては、5,000 勝 0 敗、1 万勝 0 敗の戦いを繰り広げている。

人体には優れた遺伝子修復機能があって、これらの遺伝子の傷をほとんどすべて修復しており、もしこれを掻い潜った細胞があっても、アポトーシス（細胞の自爆死）や強力な多重免疫システムなどによって、これらの細胞はがんになる前に退治されてしまう。放射線医学者の間では常識だが、100 ミリシーベルトの全線量を一瞬で全身に浴びたとしても、遺伝子の傷は、細胞 1 個当り僅か 200 箇所以下くらいしかできない。

すなわち、福島事故後の福島のように、1 時間に数マイクロシーベルトから数十マイクロシーベルト程度では、全く遺伝子の傷は考えなくて大丈夫だということである。遺伝子に傷もできないのだから、発がんに結び付く訳がない。超高線量率の放射線を一瞬で被曝させられた広島と長崎の原爆被爆（被曝）者でも、遺伝的な障害は、子、孫、曾孫の代まで一例も認められていない。福島事故後の福島のような極低線量率放射線、極低レベル放射能の環境で、遺伝子の突然変異や遺伝的障害など起こり得るはずがない。

福島の毎時マイクロシーベルトレベルの放射線、そのくらいのレベルの放射線しか出せない放射性物質しか含んでいない放射能レベルの土壌、海、川、湖、地下水などは、外部被曝、内部被曝とも、何の医学的問題も起こしようがない。

ある危機管理のトップの方は、毎年福島県内の同じ桃農園から桃が届くそうだが、福島事故以前の桃は少し酸味があって、この少しの酸味も苦手で、ほとんど桃が食べられなかったそうだが、福島事故後に実った同じ桃農園の桃は、

大変甘くて酸味が少なく、届いてすぐに一箱を全部一人で食べてしまったそうだ。他にも、福島事故後、米、秋刀魚などをはじめ多くの農水産物で豊作、大漁で、同様の現象が起きているとのことである。日本の農水産物は世界最高品質である。

福島の毎時マイクロシーベルトレベルの放射線の外部被曝と内部被曝（呼吸と食物の摂取）では、遺伝子の傷すらできないのだから、何年何十年経ってもがんになるはずがないし、何の健康障害も起きるはずがない。今回、福島県全域では、人体や動植物に何の放射線の影響もないか、かえって多少の予防医学・健康長寿効果があるかのどちらかである。

がんなどの病気の発見のために行う医療分野での事例だが、CT 検査は 1 回で 7～30 ミリシーベルトの人体広範囲の外部被曝を受けるし、PET 検査は 1 回で 2～3 ミリシーベルト（外部被曝と内部被曝を合せた自然放射線の世界平均である、年間 2.4 ミリシーベルトと同程度）の全身内部被曝を受けるが、人体には何の悪影響もない。

ICRP が半世紀以上前から根拠としてきた、科学的事実に基くものではなく、あくまで自然界レベルの放射線・放射能でもゼロに限りなく近付けるという非科学的な放射線防護の考え方は、1946 年のノーベル生理学医学賞の単独受賞者であるアメリカのハーマン・J.・マラー博士が 1920 年代に行った「ショウジョウバエのオスの遺伝子修復能を失った後の成熟精子細胞」に対する「高線量率（放射線の線量率が福島事故後の福島県の約 1,000 万倍～1 億倍）エックス線照射」の影響の研究や、実際には数千度の熱線と爆風で多くの犠牲者が出た 1945 年 8 月の広島と長崎への原爆投下によって生まれた「放射線はすべて怖い危険なだけのものである」という心情的固定概念から作られてしまったものであった。

細胞分裂もしない、したがって、発がんも絶対にすることがない（絶対がんになることがない）、ショウジョウバエのオスの遺伝子修復能を失った後の成熟精子細胞に、人工的に発生させた高線量率のエックス線を照射した際に初めて出現した突然変異のデータが元になって、放射線はゼロから少しでも出たら、すべての動植物において、発がんなどの害のみが放射線の被曝線量（累積被曝線量）に比例して増えるだけである、という現代の放射線医学からすれば完全に間違えている ICRP 基準が残存していただけなのである。

同じショウジョウバエでも、未熟な精子細胞にも体細胞にも遺伝子修復能があり、人間を含むその他の生物にも遺伝子を修復する機能が備わっていることは、その後の多くの放射線生物学研究の成果から明らかになっている。

地球には太古から常時、大地から宇宙から、全地球上で自然放射線が遍く存在し続けており、その「放射線の線量率（放射線の強さ）」には世界中で数千倍の幅がある。

福島事故後、「自然界には存在しない放射性物質が放出されました」などと科

学的事実でない恐怖心を煽る間違えた報道が繰り返し行われたが、ストロンチウム 90、ヨウ素 131、セシウム 134、セシウム 137、プルトニウム 239 などの福島原子力発電所から放出された放射性物質は、すべて微量ながら自然界に元々存在している物質である。また、「累積で 100 ミリシーベルトの被曝をすると、20 年以内にがんになる可能性が 0.1～0.5%程度増える可能性がある」という報道も、ICRP の非科学的な LNT モデル仮説に盲従して机上の空論で計算してみただけの話であって、医学的には、この 100 ミリシーベルトの全線量を 1 分以内に全身被曝してしまった場合でも、がんや白血病になる可能性はまず考えられない。放射能事故とは関係なく、日本では毎年、二人に一人ががんになり、三人に一人ががんで死んでいるのである。

同様に、「生涯累積で 4 シーベルトの被曝で半数の人が、生涯累積で 7 シーベルトの被曝で全員が、数週間以内に死亡」という報道も、放射線医学的には、この 4 シーベルトまたは 7 シーベルトの全線量をせめて 5 分以内に全身被曝してしまった場合の話であると考えられるが、かなり過大に評価されていると考えられる。

以前、茨城県東海村の JCO 事故で不幸にして亡くなってしまったお二人の作業員の方は、僅か 3 秒以内に 10 シーベルト（1,000 万マイクロシーベルト）という超高線量率の放射線を全身被曝してしまったと報告されている。今回の福島事故では、離れた場所からガンマ線の線量率を計測できるガンマカメラで測定された最大の線量率でも、この JCO 事故の 1,200 分の 1 である 1 時間（3,600 秒）当り 10 シーベルトであったと報告されており、短時間に数シーベルトのベータ線を足に浴びた三人の作業員の方も、当初はベータ線熱傷かと騒がれ、念のため放射線医学総合研究所に搬送されて精密検査が行われたが、三人とも皮膚症状も全くなく、通常の火傷すら負っていなかったことが、退院時の記者会見で説明された。

昨年末の福島原発本体建屋直前の海でさえ、海面で毎時 0.06 マイクロシーベルト、放射性物質が一番溜まっているという海底で毎時 2.5 マイクロシーベルト、空間線量率も自然放射線の世界平均である毎時 0.14 マイクロシーベルトの半分の値である毎時 0.07 マイクロシーベルトであり、福島沖を含む東北から関東までの漁業海域の海水の放射能レベルも福島事故前とほぼ同じレベルであり、生物濃縮等も十分考え合せた安全基準である法定規制値の約 1,000 分の 1 程度であったことが、文部科学省や東京海洋大学などの調査報告によって明らかにされている。

放射線・放射能・放射性物質とはこんなものなのである。放射線医学的にきちんと冷静に判断すればいいだけのことである。今回の福島事故後の報道は、あまりにも非科学的に騒ぎ過ぎ、恐怖心のみを煽り過ぎたのである。

私たち人間は、原発事故とは関係なく、食物中に含まれる放射性カリウム 40、放射性炭素 14 などの放射性物質を体内に一生摂取し続けながら生きている。人

体は、母体の中で発生間もない胎児から超高齢者まで、体の大きさに応じて、自然放射能を数百ベクレルから数千ベクレル（体の大きな成人では 1 万ベクレル近く）持っている。微生物から哺乳類まで、自然放射線を遮断したり、体内への放射性物質の取り込みをなくしてしまったり、放射性物質の体内の蓄えをなくしてしまったりすると、体の正常な機能が維持できなくなってしまい、人間でも同様の状態になってしまうと考えられている。

天然放射能泉などにおいて、各種放射性物質から放出されるアルファ線、ベータ線、ガンマ線の全身外部被曝及び全身循環内部被曝が体に良いというのも、低線量率放射線・低レベル放射能の恩恵に他ならない。

今問題になっている福島原発から放出された放射性物質を含んだ浄水場の上水製造時発生土、下水処理場の汚泥、各地の放射性瓦礫、放射性土壌などから出ている放射線は、人体や生物に何の悪影響もない極低レベルのものであるが、これらは再資源化して有効活用することができる。さらに、福島原発敷地内の放射性瓦礫や放射性廃棄物などは、その放射能レベルを調整することによって、貴重な資源として再利用でき、これらの科学技術を用いれば、莫大な国家収入が生まれ、全世界のすべての放射性廃棄物の処理問題が解決され、地球環境の再生もできてしまう。そして、人類史上唯一の戦時被爆（被曝）国である日本が、増税も国債の追加発行も必要なく、世界一豊かな平和的首席国として復興復活することができるのである。

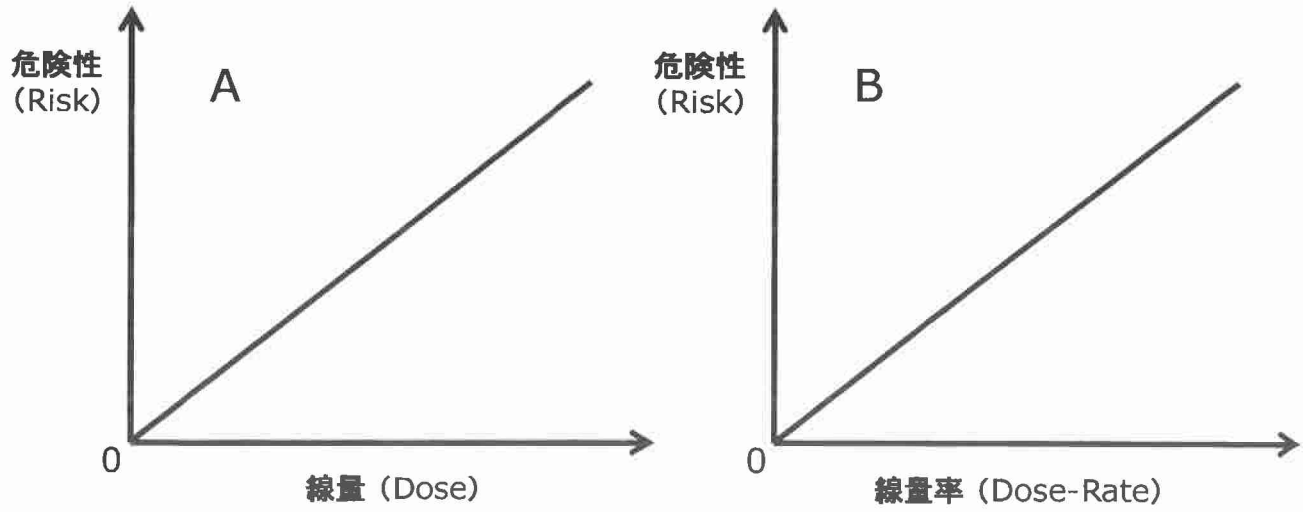


図1.“直線閾値なし(LNT)モデル仮説”における
放射線の被曝線量(A)・被曝線量率(B)と生体影響(危険性)の考え方

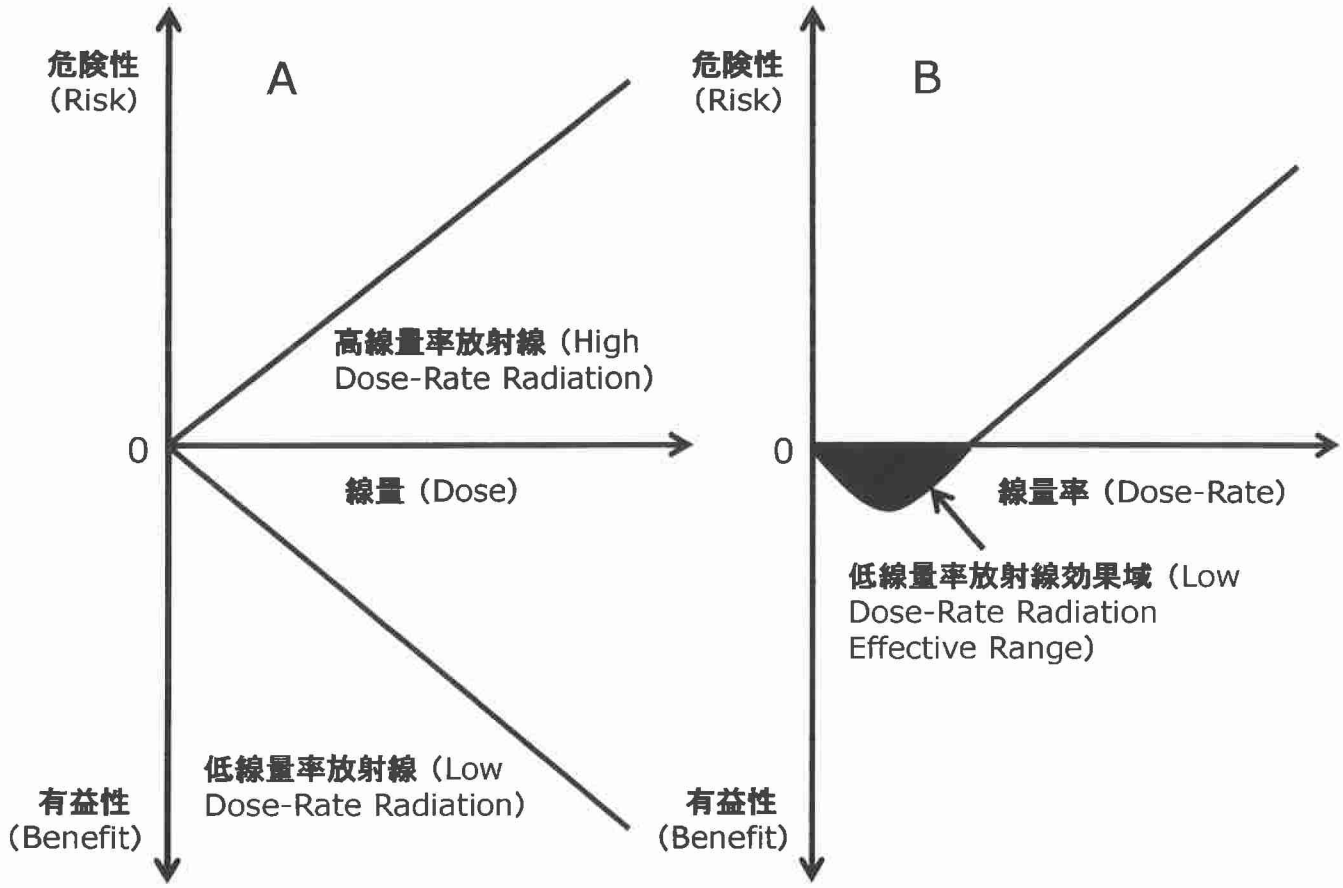


図2. 放射線医学における放射線の被曝線量(A)・被曝線量率(B)と
生体影響(有益性と危険性)の考え方

Y. Ina

NPO法人放射線教育フォーラム2011年度第2回勉強会

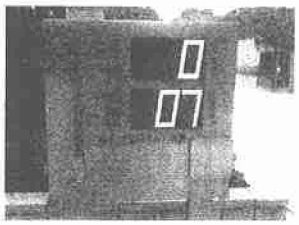
中学校理科教育の現状とこれから
～放射線を含むエネルギー教育の在り方～

2011.11.19

練馬区立開進第一中学校
高畠　勇二
練馬区立中村中学校
永尾　啓悟

あれっ？

- 都庁に設置されている線量計
- 本当は何を
  知りたいのか
- 私は、日本の
  未来予想図を
  子どもたちと
  一緒に考えたい



自己紹介

- 高畠勇二
- 昭和28年東京生まれ、東京育ち
- 東京電機大学応用理化学科卒業
- 昭和53年足立区で理科教員生活をスタート
- 全中理会長、全放連副理事
- 中教審理科専門委員
- 22年度「理科の達人先生」で
  欧州エネルギー事情を視察

要約

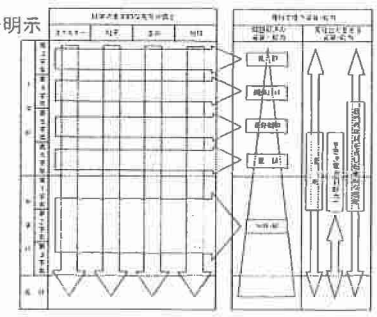
1. 学習指導要領について
2. 教員の状況
3. 放射線に対する社会の認識変化
4. 戸惑いの中で
5. 学校として行うべきこと
6. 研究授業について

1　学習指導要領 (資料-1)

年度 各学年理科年間授業時数	特徴
昭和22年 140,140,140	試案として作成 児童中心・経験主義（アメリカの教育思潮を反映）
昭和33年改訂 140,140,140	教育課程の基準としての性格の明確化 系統的な学習を重視、全国学力テスト中止
昭和45年改訂 140,140,140	教育内容の一層の向上(教育内容の現代化) 時代の進展に対応した教育内容の導入
昭和52年改訂 105,105,140	ゆとりある充実した学校生活～学習負担の適正化 各教科などの目標・内容を中核的事項に絞る
平成元年改訂 105,105,105～140	社会の変化に自ら対応できる心豊かな人間の育成 生活科の新設
平成10年改訂 105,105,80	自ら学び自ら考える力などの「生きる力」の育成 教育内容の厳選、「総合的な学習の時間」の新設
平成20年改訂 105,140,140	知識・技能の習得、思考力・判断力・表現力の育成 授業時数の増加、指導内容の充実

理科で培う資質・能力 (資料-2)

資質・能力を明示



放射線

- 平成10年

(7) 科学技術と人間　ア エネルギー資源

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こと。

- 平成20年

(7) 科学技術と人間　ア エネルギー (イ) エネルギー資源

人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得てい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こと。

内容の扱い：放射線の性質と利用にも触れること

なぜ放射線が…

- 科学技術としての将来性・有用性
- エネルギー資源としての重要性
- 国策として原子力発電を推進
  (自給率、安全保障などの観点から)
- 関連団体などからの要望

2　教員の状況

状況
- 自身が学習していない
- 指導した経験はない

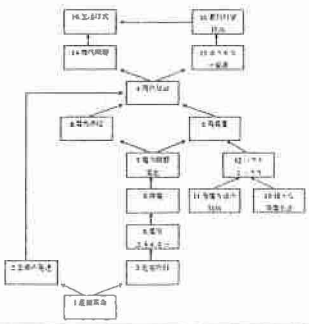
だから
- 教員自身が学ぶための研修が必要
- 指導するための教材や研修が必要

私自身が感じた関連団体との差

- 学習指導要領の受け止め方
  関連団体 … 放射線教育(集中的に時間を設定)
  教　　員 … エネルギー教育(中学3年12月に8時間程度)
- 実施される研修会の趣旨と教員の要求
  関連団体 … 有効性・安全性を強調
  教　　員 … 基礎的な知識・認識
  (例えば、イエローケーキから地層処分まで)

指導の試行が必要 (資料-3)

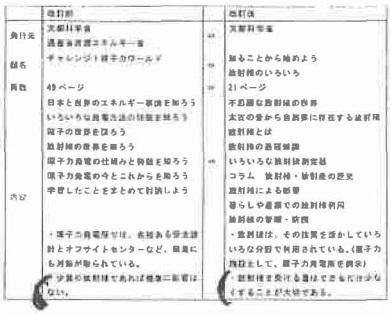
- 学習項目の検討
  年間140時間の
  うちの8時間
- 授業実践研究
  やってみなければ
  わからない



3　放射線に対する社会の認識変化

- 3.11東日本大震災
- 政府施策、科学技術に対する信頼が損なわれた
- 原発廃止の動き
- エネルギー基本計画⇒白紙
- エネルギー副読本⇒全面改訂

放射線教育副読本の比較 (資料-4)



これまでの原子力政策

- 国策としての日本の国の未来予想図の欠如
- 「知らしむべからず、依らしむべし」の体質
- 原爆被曝国であるという特殊性
- バイアスのかかったマスコミ報道
- 危険性を正当に表明できない状況

- 科学技術への過信
- 原子力関係者の慢心

4 戸惑いの中で

- 科学技術立国としての根幹が揺らいでいる
- 学習指導要領に立ち返る
- エネルギー概念の認識
- 判断力(意思決定力)の育成

今だからこそ、
放射線に関する学習を
しっかりと行う必要がある

その目的は

- 100年後を見据えて
  エネルギー基本計画を評価できる
  資質・能力を育てる
  科学技術のあり方について
  意思決定できる資質・能力を育てる

- その結果、
  例えば原発廃止という
  国民的な選択の想定もあり得る

5 学校として行うべきこと

- エネルギー環境教育の視点
- 持続可能な社会の実現の視点
- 社会科学・人文科学と自然科学の視点
- 国際社会における日本の自立の視点

- 教科を横断して考察し、判断し、決定できる人間を育てる

そのために

- エネルギー教育についての教員の研修
  (経済面、環境面、国際関係面、倫理面など)

- 授業実践を通した学習指導法の評価・改善
  (社会状況を踏まえて)

- 関係機関や組織にはたらきかけ、
  その力を集結させる

6　研究授業について

- H22.12月：放射線授業研究を実施
- H23.3.11：東日本大震災、福島原発事故発生
- H23.12月：放射線授業を再実施.評価

授業における視点が変化
安全を前提とした放射線の学習
⇒　安全を考慮した放射線の学習

- 前回実施した授業への疑問

事前の生徒に対する実態調査結果

- エネルギー自給率という認識はない
- 原子力発電に関する意識の高まりから、自然エネルギー、発電割合、自然放射線の存在などは認識が深まっている
- 放射線の有効利用については変化が見られない
- 生徒の学びたいという意識は高まった
- 今後の原発については、8割弱が現状より減らすべきと考えている

授業について

- 放射線の性質とその利用
- 平成23年12月13日(火)　13:35より15:25まで
  2時間続き
- 練馬区立中村中学校
  練馬区中村南1-32-21　03(3990)4436
- 永尾啓悟教諭

教育と関係諸団体とのパイプ役として
所属している研究会の役割の重要性を実感

ご清聴　ありがとうございました

［資料-1］　学習指導要領の変遷

年度 各学年理科年間授業時数	特　　徴
昭和 22 年 140,140,140	試案として作成 児童中心主義・経験主義（アメリカの教育思潮を反映）
昭和 33 年改訂 140,140,140	教育課程の基準としての性格の明確化 系統的な学習を重視、全国学力テスト中止
昭和 45 年改訂 140,140,140	教育内容の一層の向上(教育内容の現代化) 時代の進展に対応した教育内容の導入
昭和 52 年改訂 105,105,140	ゆとりある充実した学校生活の実現＝学習負担の適正化 各教科などの目標・内容を中核的事項に絞る
平成元年改訂 105,105,105～140	社会の変化に自ら対応できる心豊かな人間の育成 生活科の新設
平成 10 年改訂 105,105,80	自ら学び自ら考える力などの[生きる力]の育成 教育内容の厳選、「総合的な学習の時間」の新設
平成 20 年改訂 105,140,140	知識・技能の習得、思考力・判断力・表現力の育成 授業時数の増加、指導内容の充実

[資料-4]　放射線教育副読本の比較

	改訂前		改訂後
発行元	文部科学省 通産省資源エネルギー省	⇒	文部科学省
題名	チャレンジ！原子力ワールド	⇒	知ることから始めよう 　放射線のいろいろ
頁数	49 ページ	⇒	21 ページ
内容	日本と世界のエネルギー事情を知ろう いろいろな発電方法の特徴を知ろう 原子の世界を探ろう 放射線の世界を知ろう 原子力発電の仕組みと特徴を知ろう 原子力発電の今とこれからを知ろう 学習したことをまとめて討論しよう	⇒	不思議な放射線の世界 太古の昔から自然界に存在する放射線 放射線とは 放射線の基礎知識 いろいろな放射線測定器 コラム　放射線・放射能の歴史 放射線による影響 暮らしや産業での放射線利用 放射線の管理・防護
	・原子力発電所では、余裕ある安全設計とオフサイトセンターなど、幾重にも対策が取られている。 ・少量の放射線であれば健康に影響はない。		・放射線は、その性質を活かしていろいろな分野で利用されている。(原子力施設として、原子力発電所を例示) ・放射線を受ける量はできるだけ少なくすることが大切である。

環境及び人体における除染について

——放射性ヨウ素と放射性セシウムを中心に——

(独)放射線医学総合研究所名誉研究員　　渡利　一夫

はじめに

2011年3月11日、東北地方をマグニチュード9.0の大地震が襲った。続いて巨大津波、そして福島第1原子力発電所の爆発事故が発生した。これにより大量の放射性物質が大気中に放出され、環境の放射能汚染が広がった。

わが国は過去に大気圏核実験による環境汚染を経験した。当時は環境放射能について様々な分野で活発に研究が行われていた。その後、大学や研究所では環境放射能に関する研究は廃止あるいは縮小されて今日に至っている。本稿は以前の研究例を掘り起こすとともに、最近の知見を加えてまとめてみた。

ヨウ素およびセシウムの一般的性質[1)]

1）53番元素ヨウ素(I)は周期律表で塩素、臭素と同じハロゲン族元素の一つでこれらと類似の性質を示す。常温では暗紫色の結晶であるが揮発性で昇華しやすい。水溶液中ではふつう1価の陰イオン(I^-、IO^-_3、IO^-_4など)として存在するが環境中ではメチルヨウ素のような有機形のものもあり化学形は複雑である。

天然には海水、海藻に多く含まれ、質量数は127であるが、ウランやプルトニウムの核分裂の際に生成するいくつかの放射性ヨウ素のうち半減期が8日のI-131と1.7×10^7年のI-129が注目される。とくに核分裂収率が大きく原子炉事故の際に環境中に多量に出現するのはI-131である。I-131はβ^-壊変して安定なXe-131となる。そのエネルギーは、0.606MeV(89%),0.334MeV(7%),0.248MeV(2%)でγ線放射(おもに0.364MeV)を伴う。

2）55番元素セシウム(Cs)は周期律表でナトリウム、カリウム、ルビジウムと同じアルカリ金属元素に属している。したがってこれら元素、中でもカリウムと類似の挙動を示す。

イオン半径はナトリウムの1.6倍も大きく、水溶液中では1価陽イオンとして存在し、アルカリ金属元素の中で陽イオン交換樹脂への吸着は最も大きい。

核分裂によって生成する放射性セシウムで注目すべきはCs-134とCs-137である。とくにCs-137は核分裂の際に高い収率で生成し、半減期が30.1年と長い。0.512MeVのβ^-線を放出してBa-137mに、わずかな部分は1.17MeVのβ^-線を放出して安定なBa-137になる。Ba-137mは2.55分で核異性体転移により0.662MeVのγ線を放出して安定なBa-137になる。このγ線はCo-60やIr-192とともに医療や産業面で照射線源として使われる。

放射性核種による環境汚染の経過[2),3)]

わが国の環境汚染は1945年の広島、長崎の原爆にはじまり、1946年以降は超大国によ

る大気圏核実験によるフォールアウト（核分裂生成物を含む落下塵、雨）が降り注いだ。

1954年、アメリカの核実験にマグロ漁船の第五福竜丸が遭遇し、核分裂生成物および誘導放射性核種が付着したサンゴ礁が白い灰のようになって降り注いだという、いわゆる死の灰のビキニ事件で歴史的出来ごとである。

この頃、長寿命のCs-137による環境汚染が注目され、土壌、海水、河川水、農水産物あるいはヒトなどについて広範囲で調査研究が行われた。

1986年のチェルノブイリ原発事故では旧ソ連はもとよりヨーロッパまで大きな環境汚染を引き起こした。いまだに原発周辺では高い線量の地域があるが、とくにCs-137による森林汚染は除染が困難なため汚染の状態が続いている。

事故発生7日後には日本でも浮遊塵中に20種類以上の放射性核種が検出された。[4]
環境の汚染は小さかったがさきの大気圏核実験に由来する放射性セシウムが森林に蓄積しており、森林生態系の植物、この中でキノコに取り込まれやすいことも明らかにされた。

2011年3月の福島第1原子力発電所事故は福島県で住民避難指示がだされるなど、わが国は深刻な環境汚染に見舞われた。福島県以外にも汚染が拡大し、土壌や農水産物にも放射能が認められた。事故当初は放射性ヨウ素(I-131)が、その後は主として放射性セシウム(Cs-137)が環境を汚染したが今後も土壌、森林、海洋などの監視を続ける必要がある。

環境試料中の放射性核種の吸着現象を利用する分析[5),6)]

環境試料の放射性核種の濃度を知ることは人体への放射線影響を考える上で重要である。

ふつう放射化学分析は沈殿生成やイオン交換、溶媒抽出などの異なった方法を組み合わせて行われる。その第1歩として最も広く用いられているのは共沈法で放射性核種を捕集、濃縮する手段である。とくに海水のように塩濃度の高い場合には濃縮の最初の段階としては一般的な方法である。主な核分裂生成物の場合、Zr-95,Ru-106,Ce-144などの捕集には水酸化第2鉄、Sr-90は炭酸カルシウム、Cs-137はリンモリブデン酸アンモニウム(AMP)や銅、鉄、ニッケルなどのフェロシアン化物への特異な吸着現象が利用される。ちなみに鉄のフェロシアン化物はヘキサシアノ鉄（ll）酸鉄(lll)のことで、プルシアンブルー、紺青とも呼ばれ、青色顔料として利用されている。

放射能汚染の調査には試水から目的の放射性核種を効率よく捕集することが要求されるが、共沈による捕集方法は沈殿生成や分離操作が煩雑であること、そして長時間を要することなどから多量の試水処理には適さない。

迅速、簡便に捕集するためにはカラム法による捕集が有利であるが、これら吸着能がある難溶性化合物は一般に形状が微細あるいは泥濘状で取扱い難い。

近年、これらをある種の保持体、たとえばシリカゲル、活性炭、粒状イオン交換樹脂に付加した吸着体が数多く作られ放射性核種の捕集に効果のあることが明らかにされている。放射性セシウムの場合はＡＭＰや銅などのフェロシアン化金属を付加した吸着体が作られ効果があることが示されている。[7),8),9)] 最近ナイロン繊維にグラフト重合によってイオン交換繊維をつくり、これにフェロシアン化コバルトを担持した吸着体は組み紐状とすることも出来るので従来の方法に比べ効率よく水中のCs-137を捕集できることが報告されている。

今後水中の Cs-137 の除染への利用が期待される。[10),11)]

また無機イオン交換体の研究も進んでいる。[12)] 粘土、シリカゲル、ゼオライトのような天然の無機イオン交換体や二酸化マンガン、リン酸ジルコニウム、含水酸化チタンのような合成無機イオン交換体も放射性核種の吸着剤として用いられる。これら無機イオン交換体は有機の合成イオン交換体（イオン交換樹脂）に比し耐熱性、耐放射線に優れているが交換容量は一般に小さい。しかし最近開発されたＩＸＥという合成無機イオン交換体は強酸性スルホン酸型イオン交換樹脂に匹敵する交換容量を持つことが示されている。[13)]

一方、放射線測定器の進歩はめざましく機器分析で核種の特定、定量が可能になったが、極低濃度の放射性セシウムの定量には放射化学分離が必要である。たとえば Cs-137 の汚染が疑われる飲料水などは濃縮、分離して調べる必要があり、このための検討も進められている。

生体中の放射性核種排泄促進のメカニズム [14),15)]

放射線被ばく事故、とくに放射性核種を体内に摂取した場合には、被ばく者の除染処置を迅速、かつ的確に行う必要がある。摂取直後の最も単純な方法は多量の水を強制的に投与して排泄を促進させるもので、緊急措置としてすべての核種に対して用いる。

さらに胃や腸の洗浄、場合により外科的手術が行われるが薬剤による排泄促進も必要になる。実際の事故時には同時に複数の種類の核種を取り込む場合もあり、核種の種類、化学形、摂取経路や体内における挙動を知ることも重要になる。複数の除去剤を使用する場合には相互作用についても考慮しなくてはならない。除去のメカニズムを理解した上で方法を選択する必要がある。

排泄促進の方法には、希釈によるもの、錯体の生成によるもの、天然物質によるもの、吸着現象を利用するもの、代謝の撹乱によるものなどがある。

希釈による方法は対象とする放射性核種の安定同位体を投与して比放射能を小さくする、あるいは化学的に類似の元素の化合物を投与して、競合により排泄をはかる方法である。代表的な例は放射性ヨウ素にヨウ素剤(ヨウ化カリウム)を投与する例で、緊急時対策として指針に示されている。

放射性ストロンチウムには同じアルカリ土類元素のカルシウム化合物が消化管吸収を抑える働きがある。放射性セシウムの場合はラットでは塩化カリウムの効果が認められるがヒトには効果がない。

錯体の生成によるものは主としてプルトニウムや放射性コバルトなどキレート化合物を生成する元素に用いられるが副作用には注意を要する。

昆布、わかめのような褐藻類に含まれる粘質多糖であるアルギン酸は多くの元素と錯体を形成する。カルシウムよりストロンチウムに親和性が大きく、消化管内の放射性ストロンチウムの吸収を抑制し、骨への被ばくを軽減出来ることが古くから知られている。[14)]
ヒトでも実験が行われており、緊急時対策の指針に採用されている。しかし処置が遅れると効果は減少する。また、甲殻類、昆虫類の外殻、キノコや細菌細胞壁などに含まれるキチン、このキチンを脱カルシウム、脱タンパク、脱アセチル化したキトサンもラットの実

験で放射性ストロンチウムの除去に効果のあることが明らかにされている。

リンゴなど果物に含まれる多糖類の繊維であるペクチンが放射性セシウムを吸着して排泄促進に効果があるとの報告もあるが今後の課題であろう。

吸着現象を利用する方法は古くから研究され、イオン交換体や水酸化アルミニウムなどさまざまな吸着性のある難溶性の無機化合物が検討された。放射性セシウムの場合はこれらの中で鉄、銅、ニッケルなどのフェロシアン化物への吸着が最も有効である。1986 年のチェルノブイリ原発事故時や 1987 年ブラジル、ゴイアニアの Cs-137 線源破壊による体内摂取事故時には実際に投与された。

代謝の撹乱による方法はホルモン剤やある種の元素の摂取を過剰あるいは欠乏の状態にして代謝を乱して排泄を促進しようというものである。たとえば骨の主成分であるカルシウムやリンの摂取量を変えて骨代謝を乱すことで放射性ストロンチウムの排泄促進が動物実験で検討されている。放射性セシウムの場合は高ナトリウム摂取や利尿剤の利用による尿量増加による排泄促進も代謝の撹乱と考えることもできる。

I-131 および Cs-137 の人体中からの排泄促進の実際

1）放射性ヨウ素はどのような経路で摂取しても血中に取り込まれ最終的には甲状腺に沈着する。ヨウ素は甲状腺ホルモン（チロキシン）の構成成分のためである。

したがって甲状腺沈着を防ぐことが肝要であり、そのための薬剤としてヨウ素剤(安定ヨウ化カリウム)が用いられるが内部被ばく低減効果は投与時期に依存する。投与量は年齢、などにより異なるが、乳幼児の場合、ヨウ化カリウムとして 32.5mg の服用が基準である。ただし、40 歳以上では甲状腺がんのリスクはほとんど認められないことから 40 歳未満の者を対象としている。

放射性ヨウ素が体内摂取される 24 時間以内なら 90%以上の効果があるが、時間経過とともにその効果は減少し、24 時間以降では殆ど効果がない。ヨウ素剤による大きな副作用はないがヨウ素過敏症の人には投与できない。また、甲状腺や腎機能障害の場合は慎重に投与する。

福島原発事故をうけて原子力安全委員会の被ばく医療分科会は、ヨウ素剤の備蓄、配布や服用指示などを見直すことにしている。

2）放射性セシウムは経口摂取されると速やかに胃腸から血液に吸収される。血液中に侵入させない最も効果的な薬剤はプルシアンブルー(ＰＢ)である。ＰＢは腸管でセシウムを吸着し不溶性の物質(糞)として体外に排泄する。ＰＢの投与により生物学的半減期を大きく減少させることが出来る。推奨されている用法は１~3g を１日３回、３週間あるいはそれ以上を続ける。前述のゴイアニア事故の場合、ＰＢ１~10g を１日３回、数日間以上投与して生物学的半減期は約３分の１に短縮した。放射性セシウムは代謝の過程で再び胃腸でＰＢに吸着することが出来るので長期間の服用が可能である。ＰＢは大きな副作用はないが大量投与で便秘等の症状がでる場合がある

ＰＢは 2010 年 10 月医薬品(ラジオガルターゼ)として厚生労働省から認可されたが緊急時対策のための薬剤であり専門の医師の指示で投与する。[16)]

おわりに

1日でも早い原発事故の収束をのぞむものであるが、影響が長く続くことは間違いない。したがって環境科学、環境生態学などの調査研究は重要であり、継続が必要である。また人材の養成も急務といえよう。

本稿は、かなり以前に行われた環境汚染と体内放射能についての研究成果を中心に記したが、ごく一部を紹介したに過ぎない。最近の研究にも優れた、興味のあるものが数多く発表されている。いずれにせよ温故知新の気持ちで放射能と向き合っていかねばならない。

参考文献

1）放射線用語辞典、通商産業研究社(1996)

2）村松康行、土居雅弘、吉田聡編：放射線と地球環境、NIRS-M-169，研成社(2003)

3）渡利一夫、稲葉次郎編著：放射能と人体、くらし中の放射線、研成社(2011)

4）寺島東洋三、市川竜資：チェルノブイリの放射能と日本、東海大学出版会(1980)

5）渡利一夫：環境放射化学分析における最近の分離法、保持体を用いる迅速、簡便な捕集法、RADIOISOTOPES,32,567(1983)

6）河村正一、井上修、荒野泰，川井恵一：放射化学と放射線化学、通商産業研究社(2007)

7）渡利一夫：放射化学および保険物理におけるイオン交換樹脂の新しい利用、日本原子力学会誌、12,718(1970)

8）K.Tanihara:Composite Ion Exchanggers of redox type for cesium separation-desorption-regeneration cycle with cupric ferrocyanide impregnated macroporous anion exchange resins of strongly basic type, J .Radioanal.Nucl.Chem.Letters,201,509(1995),

9）K.Tanihara: Selective Separation of Cesium from Strongly Acidic Nitric Media Repeated Use of Cupric Ferrocyanide-Silica Gel Composite Ion Exchanger of Redoxytype : Reports of the Kyushu National Industrial Research Institute,No.61,23(1998)

10）齋藤恭一：吸着繊維を使う水中からのセシウムの除去、日本海水学会誌,65,280(2011

11）R.Ishihara,etal.: Removal of Cesium Using Cobalt ferrocyanide-imprgnated Polymer -Chain-Grafted Fibers, J.Nucl.Sci.Technol,48,1281(2011)

12）大井健太：無機イオン交換体、選択的分離機能の発現と応用、丸善(2010)

13）大野康晴：ＩＸＥ～新しい無機イオン交換体～、東亜合成グループ研究年報,25(2006)

14）青木芳朗、渡利一夫編著：人体内放射能の除去技術、挙動と除染のメカニズム、講談社サイエンテフィク(2011)

15）西村義一、渡利一夫：放射性核種の生体内挙動と除去法、放射線教育フォーラムニュースレター,No.51(2011),52(2012)

16）渡利一夫、佐藤宏：プルシアンブルー、放射性セシウムの特異な吸着剤、ISOTOPE NEWS,No.69,2(2011)

勉強会の講演から　　簡易放射線測定器で捉えた 2011 年 3 月 11 日～3 月 16 日の
ひたちなか市のプルーム通過と、それを発展させた簡易モニタリングシステム

松沢孝男　元茨城工業高専学校教員（物理）

1. はじめに

私は茨城県にある工業高等専門学校の一般科目の物理の教員を 23 年間勤め昨年 3 月定年退職しました。理科クラブの一つラジオ部の顧問をしていました。学校は日本原子力発電東海第 2 発電所の EPZ(Emergency Planning Zone、原子力発電所から 10km)内のため、原子力事故の際はコンクリート屋内避難所として地域住民約 1,300 名を受け入れることが茨城県とひたちなか市の地域防災計画原子力災害編で予め指定されています。日本原子力発電東海第 2 発電所と学校との距離 9km は、秒速 1～3m の北東のそよ風が吹けば、官庁からの連絡が届く前に核分裂生成物 FP の雲（プルーム）が 1~3 時間のうちに頭上を通り過ぎていく距離です。個々の生徒の好き嫌いに関係なく生徒がこれら原子力施設の真っただ中で安全に成長してゆくには、物理や化学の教科書に書かれている程度の一般的な放射線・放射能・原子力の授業だけでは不十分だろうと思います。

2. 転機は JCO 社の臨界事故への対応

1999 年 9 月 30 日、ひたちなか市に隣接する東海村の JCO 社で臨界事故が発生しました。放射線に関する情報は何も入ってきません。GM サーベーメーターで学校の校舎と校庭の空間線量率を測りました。空間線量率の測定値は平時と変わりません。この日近隣の学校の教員が誰ひとり自分の学校の放射線強度を測っていなかったことを知ったのは後のことです。「放射線教育」は、生徒に対してばかりか教職員についても実質的には全く行われていない状況が明らかになりました。放射線は計器を使わなければ測れません。装置を管理している人が常に放射線を測定できる状態を維持することが当地のような原子力立地県では理科教員の第 1 の使命だと思います。それに、放射線を愉しく測ることが重要です。

事故当日夕刻、仕事が一段落してから、学校の周りと、学校から東海村の JCO 社の付近まで国道 6 号線沿いの空間線量率の測定をしました（図 1）。測定器具は GM サーベーメーター、足は自家用車です。そのあと国道 6 号線に直交する県道 62 号線を走行しながら 100m 刻みに GM 管式サーベーメーターで空間線量率を測りました（図 2）。

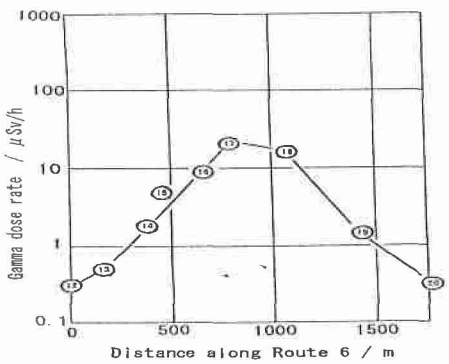


図 1 臨界継続中,JCO 社の東側を通る国道 6 号線沿いの空間線量率［μSv/h］

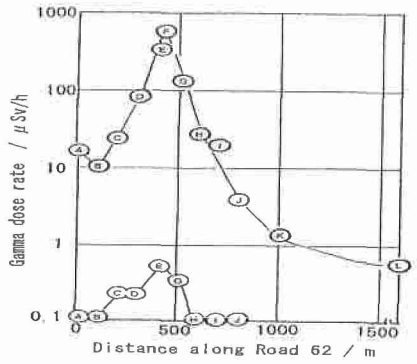


図 2 臨界継続中,JCO 社の南側を通る県道 62 号（常陸那珂港～瓜連）線沿いの空間線量率[μSv/h]

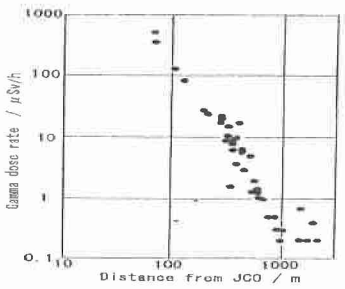


図 3　放射線強度の線源からの距離依存性

臨界継続中の、線源から公道上の観測点までの距離と放射線強度の関係を図 3 に示します。両対数グラフのため、勾配－2 の直線は $y=A/r^2$ に対応しています。このサーベーメーターではバックグラウンドが約 0.1 μSv/h のため、臨界反応による放射線の拡がりは高々半径 1000m の円内に過ぎないことを示しています。茨城県内の小中学校、高等学校、専門学校、大学等の理科教員がせめて自校の放射線強度を測り、平常時の何倍か相互に連絡し合えば、例え測定器により単位はばらばらであっても放射線の拡がりの範囲は明確になり、あのような馬鹿げた半径 10km の屋内退避区域の勧告はなかったと思います。計器の校正の有無などはその次です。日頃、授業の時間に放射線のことを講じている理科教員が自校の放射線強度を測らなかったことが風評被害を大きくする原因の一部を作っていたと思います。茨城県教委または文部省が「現場に行く必要はないが、各学校の放射線強度を測って安全を確認し報告するように」と指令すればできたことです。このことを関係者は誰も言いません。教員は教える我と測る我を上手に演じ分けて自己の不作為を反省していません。材料の破壊試験と同じで、危機（破壊）時こそ本質が現れます。授業の原子物理・放射化学等で扱う放射線と防災の「放射線教育」で扱う放射線はかならずしも一方で他方を代用することはできません。JCO 臨界事故以後私は研究から放射線教育に転身しました。放射線教育を教師にではなく生徒に期待して行いました。

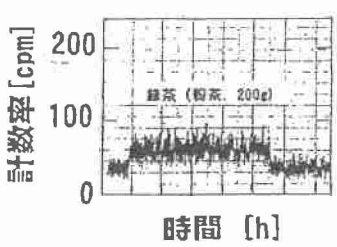
3. 学生の無線クラブが放射線・エネルギー・原子力を総合的に扱うまで

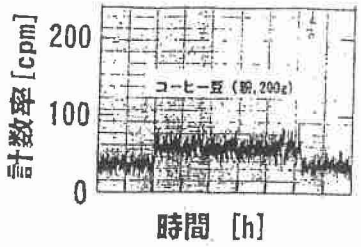
3.1 自然放射線の測定

生徒は身の周りの自然放射線の存在を意識していませんでしたので、簡易放射線測定器「はかるくん」を借りて、一緒に学内外の環境放射線を測りました。校庭より校舎内のほうがわずかに放射線強度が高く（高々2 倍に）なる程度でした。考察を書かせると放射線も雨や太陽光のように空から降り注いでくるものと思っていたようで、屋根のある屋内のほうが線量率が高いことが不思議のようでした。とりあえず、環境放射線（バクグラウンド）の存在とその程度（線量率の数値）と線量率の単位[μSv/h]には馴染んだようです。この、平常時の学内の放射線測定は、ラジオ部員に対してだけでなく、物理を担当していた総ての低学年の生徒に対して行いました。

JCO の臨界事故の後、私は青少年のための科学の祭典・茨城大会に自然放射線のコーナー（ブース）を継続して出展するようにしました。中学校・高等学校の理科の先生方とそれまで無縁で連絡の取りようがなかったことの反省です。ブースの前を小学生は素通りし、保護者や付添いの教員が立ち止まります。「身の周りの自然・人工放射線」といったタイトルで、食品・嗜好品中の放射線について GM 管（広口サーベーメーター）を用い、緑茶（乾燥した葉）、コーヒー（豆、およびインスタントコーヒー粉）、紙巻たばこ（国産品）中に放射性物質が存在することを実演して見せていました(図 4～図 6)。商品中の ^{40}K を見ているのだと思います。鉛ブロックで囲い他のバックグラウンドを遮蔽することがコツで、この鉛遮蔽した広口サーベーメーターのアナログ出力を自記記録計に出力することにより、

サンプルがないときと食品・嗜好品を入れた時の差を可視化しました。バックグラウンドの倍程度の値になります。





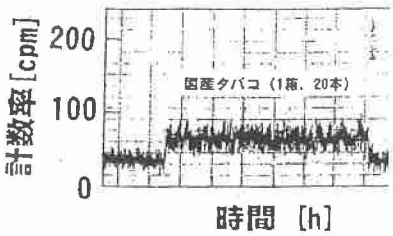
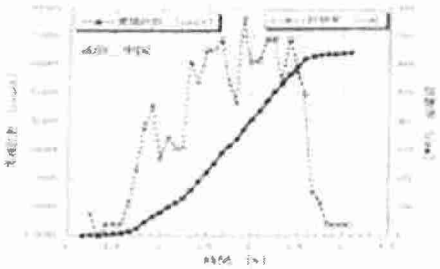


図 4　緑茶の放射能　　図 5　コーヒー豆の放射能　　図 6　国産紙巻タバコの放射能

3.2 国際線の飛行機の中の放射線の測定

校舎の内外、食品・嗜好品のバックグラウンドの放射線の測定だけでラジオ部の生徒をいつまでも放射線の魅力に惹きつけておくことはできません。1 回だけ（一期一会）の出前授業とは事情が異なります。参加の強制力のないクラブ活動を維持するには常に生徒の興味を惹きつけておく必要がありました。語学研修に海外に出かけた生徒が「はかるくん」を用いて国際線の飛行機内の放射線の測定をしてきました。北極航路の欧州向けのため、機内の放射線は非常に高くなります。ラジオ部内で飛行機内の放射線測定熱が盛り上がりました。簡易放射線測定器「はかるくん」コンクールというコンテストに、「飛行機に乗ると放射線を浴びるって本当ですか？」というタイトルで応募し入賞しました。単に線量率を測るだけでなくその和を求め線量とみなし航路ごとの線量を求め、更に、専門家の航空被ばく線量計算値と比較しました。米国 FAA の CARI-6 および放医研の JISCARD による航空線量の予想値と「はかるくん」による線量が 20~30 倍も違うことに驚きました。測定値のほうがはるかに低いのです。



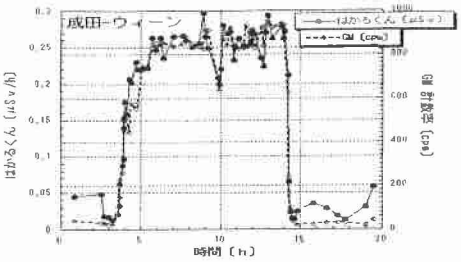


図 7　日本―中国上海の航空機線量率　　図 8　日本―ウイーンの航空機線量率

GM 管式簡易放射線測定器 RM-60,RM-80(Aware 社製)と「はかるくん」CsI(Tl))で測った日本―中国（上海―成田）（図 7)、成田―ウイーン（図 8）の測定結果を示します。すべて機長の許可を取り離陸前から着陸後まで全航程を測定したものです。離着陸時ともに一旦減少し再び上昇するところがはっきり表れています。図 7 は GM 管、図 8 は GM 管とシンチレーター式の「はかるくん」による測定です。図 8 から「はかるくん」は、非エネ

ルギー補償型の測定器で、実質 GM 管と同じ計数率計であることが、両データの正比例しすぎる（ぴったり重なっている）関係から推察できます。GM 管の単位は計数率、「はかるくん」は線量率です。簡易放射線測定器による線量と専門家の線量の予測値の大幅な乖離(20～30 倍)の原因は、簡易放射線測定器では主成分の中性子の測定がされていないことと、測定器の感度のエネルギー依存性が配慮されていないこと（非エネルギー補償型の測定器）で説明できます。簡易放射線測定器によるガンマ線の測定値から逆に全被ばく線量を推定する関数を求めました。また、ロジスティック曲線を用い CARI-6,JISCARD の航空機線量の算結果を航路ごとに僅か 3 個のパラメーターでフィティングできるようにしました。これらの改良結果を含め再応募し高校生の部の 1 位（はかるくん大賞）を受賞しました。

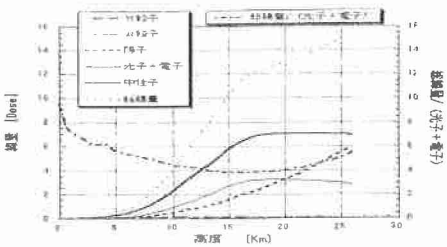


図 9　「はかるくん」の測定値データから全線量率を推定する関数

3.3 登山、高山と放射線

航空機線量の測定にラジオ部員は盛り上がりましたが、そう度々国際線の飛行機に乗れる訳ではありません。代わりに国内の高山での放射線の測定を試みました。ターゲットは国内最高峰の富士山です。旧富士山測候所の一般公開（8 月）に部員 2 名と参加し放射能測定登山の可能性と安全性を確認しました。ちょうど発足した NPO 富士山測候所を活用する会に加入し、夏季の旧富士山測候所での放射線測定をクラブ活動に取り入れました。富士山の登山時、簡易放射線測定器「はかるくん」と、手作りの GM 管測定器（USB-Geiger, ストロベリー・リナックス社製）(図 10)を携行し、登攀に伴い GM 管の計数率も「はかるくん」の線量率も上昇することを確認しました（図 11)。

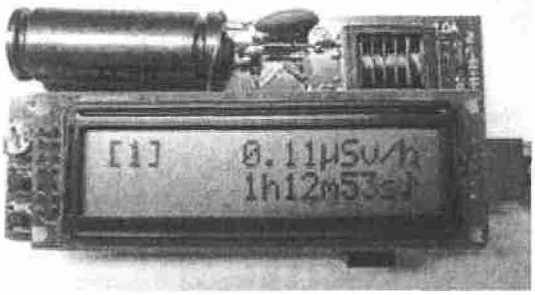


図 10 GM 管式簡易放射線測定器 USB Geiger

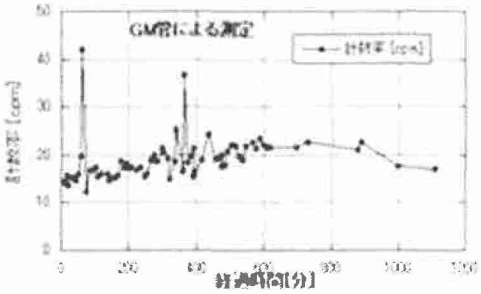


図 11　簡易放射線測定器 USB Geiger で測った富士山登山中の計数率の変化(GM)

当初、旧測候所には電話及びインターネット環境が無かったため放射線の測定データを直接無線電波で山頂から 200km（富士山頂からの限界距離）離れた茨城高専まで送信する装置も開発しました。野鳥に取り付けて生態観測に使う小型の無線機を改良しました。わずか 0.4mW の出力で角型 006P(9V)の乾電池で作動します。受信には 2 列平行（スタック）の 10 素子の八木アンテナで行いました。無線実験のほか、山頂で湯の沸点を測ったり、紫外線の強度を測定し海外の語学研修の際現地で測った紫外線強度と比較したり、沸点の低い富士山頂専用の電気ポットの開発も行いました。利用にあたっては、富士山頂におけ

る科学教育という課題で応募しました。旧測候所利用の基本料金（汲み取りトイレ使用料）は生徒も個人負担をしています（1万円/人）。

3.4 自然放射線としてのミューオンの測定

航空機内の放射線測定に関し、国際線の巡航高度では中性子の次に多い2次宇宙線のミューオンの測定も試みました。富士登山で使用した GM 管式の簡易放射線測定器 USB Geiger を2台重ね、2本の GM 管からの出力をロジック IC(74HC32)につなぎ、両 GM 管の信号が同時に出た時は宇宙線（ミューオン）であるとしました。一種の簡易同時計数回路の開発です。コストは100円もかかりません。山頂と下界で測定強度の天頂角依存性を調べました。ミューオンの場合天頂角 θ に対し $\cos^2\theta$ 依存性を示す様です。強度の天頂角依存性を図17に示します。明らかに、同時計数回路の出力は $\cos^2\theta$ 依存性がありました。

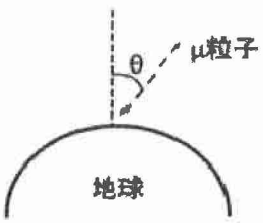


図12　天頂角 θ

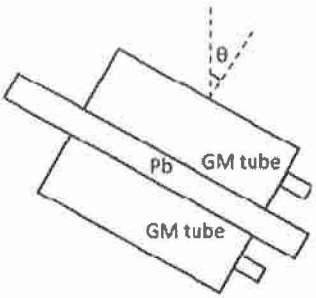


図13　簡易同時計数回路側面図

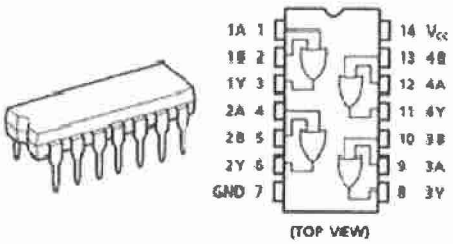


図14　ロジック IC　74HC32

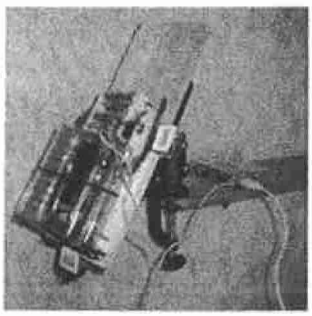


図15　簡易同時計数回路の設置状況

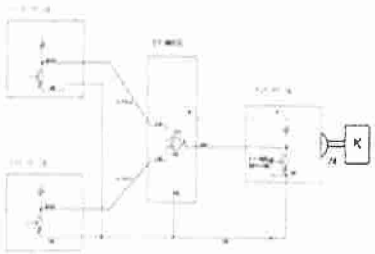


図16　簡易同時計数回路の配線図

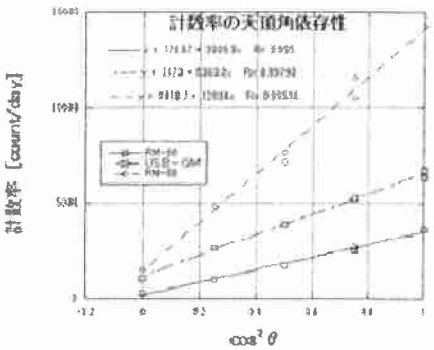


図17　計数率の天頂角依存性（乗鞍岳）

3.5 独自の放射線・原子力教育

このほか、国内および米国の原子力発電所の設備容量の近未来予測、^{235}U の1原子の核分裂エネルギーが 200MeV という記述だけ拠り所に、国内の原子力発電所で発生する使用済み核燃料の総量の近未来予想、必要な冷却水の見積もり、国内の 55 基の原子力発電所の原子炉諸元(設計パラメーター)の解析から、日本型の軽水炉(BWR,PWR)について任意の出力に対応するすべての原子炉諸元の推定プログラムの作成およびそれを用いた高専プログラムコンテストへの出場など行いました。再生エネルギーへの挑戦としては、身のまわりの色素を用いた色素増感型太陽電池の試作を行いました。そのほか、物理チャレンジへの出場(ベスト100人に選出、2次辞退)、キッコーマン米国進出50周年記念論文募集最優秀賞受賞、朝永振一郎記念「科学の芽」奨励賞受賞、電気学会高校生論文コンクール入賞等を果たしてきました。その間、文部科学省事業「高校生のための地域の原子力・エネル

ギー学習」支援事業、同じく文部科学省事業「原子力人材育成事業・原子力研究促進プログラム」の支援をいただきました。原子炉の高経年化の問題を意識し建設の古い福島第 1 原子力発電所(BWR)および九州電力玄海原子力発電所(PWR)の見学も実施しました。

3.6 インターネットを用いた個人的な放射線モニタリングシステム

昨年 3 月の東日本大震災とそれに伴う東京電力福島第 1 原子力発電所の事故に際し、地元の放射線モニタリングシステムが停止中、簡易放射線測定器 USB Geiger を用いて 3 月 13 日より環境放射線の測定を継続し、3 月 15 日~16 日、および 3 月 21 日～22 日のプルームのひたちなか市通過を捕捉しました(図 18)。つくばの KEK の測定結果とほぼ一致していることがわかりました(図 19)。簡易測定器でも環境放射線が測れることがわかり、いわき市の福島高専の布施雅彦先生、まえちゃんねっとの前嶋美紀さんと協調して同一の放射線測定器（USB Geiger）のみで、福島県一円と東日本一円に個人的なモニタリングシステムを構築し、リアルタイムでインターネット公開しました。更に放射線測定器に GPS を組み合わせた装置を作り列車・バス・自家用車で移動測定を続けています。URL は、http://bousai.maechan.net/nuclear/, http://bousai.maechan./net/nuclear/gps/です。

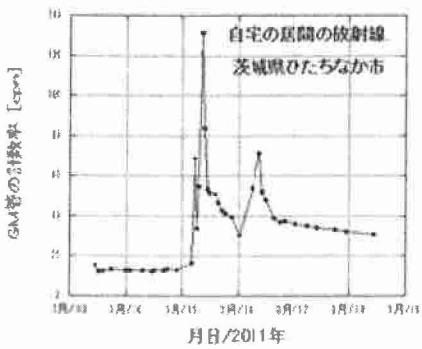


図 18 簡易放射線測定器で測った 3 月 15, 16 日のプルームのひたちなか市通過

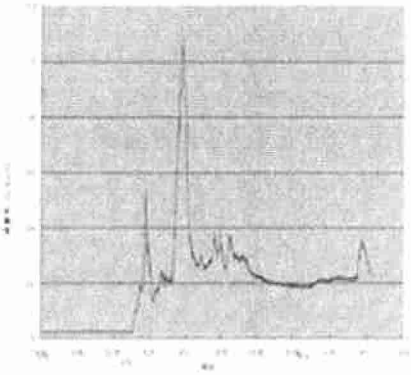


図 19 3 月 15 日、KEK の測定データ(NaI(Tl))つくば市

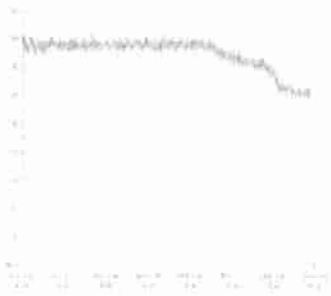


図 20 1 月 20 日前後の飯舘村の計数率 1/16～1/23

このモニタリングシステムはマッピングとトレンドがあり、表示がリアルタイムであり特に疑心暗鬼になっていた福島県民に信頼されアクセスも非常に多かったようです。この簡易個人モニタリングシステムを使うと、福島県の飯舘村の空間線量率が今年 1 月 20 日前後より急激に減少したことも直ぐわかります。気象庁の福島県の積雪のデータから放射線強度の急減少は積雪によるものであることが推定されます。文部科学省の航空機モニタリングのデータ（新潟県等）の異常も検知しました。問題意識を持って眺めれば、理科教育にも環境教育にも応用できると思います。この私設の放射線モニタリングポストを、福島県および東日本の気象庁の測候所および特別地域観測所近辺に優先配置することも今後の検討課題だと思います。以上、駆け足で原子力立地県の理科教員が放射線教育として何ができるか、何をしたか個人の経験を紹介しました。理科教員が興味を持って放射線を測り続ければ、愉しいこともあり、また緊急時の初動対応にもなると思います。地元の方の安心にもつながります。お世話になった方々のお名前や参考文献等すべて割愛しました。

連絡先：matsuzawa_2000@yahoo.co.jp

第2回勉強会報告資料

福島の復興と
それを阻害する風評被害

目次　プロローグ　福島の復興は生活基盤の復興から
1　放射性物質の放出量と健康影響
2　被ばく状況から回復の手順
3　復興のための除染
4　復興を阻害する流言飛語
5　まとめ

2011/11/19
放射線教育フォーラム会員
石井正則

1

プロローグ
福島の復興は生活基盤の復興から

- **福島の復興には生活基盤の回復**が欠かせない
- **復興への取り組み**
  - 生活空間と生産空間の除染
    ⇒**緊急被ばく状況・現存被ばく状況**から**平常状態**へ
- **流言飛語が引き起こす不安解消**が**急務**
  - 大量の放射性物質が放出され危険
  - 人口放射能は危険⇔自然放射能は安全？
  - 福島の農水産物は食べられない
  - 健康被害が心配
  - 学校も心配
  - 外で遊べない

2

1　放射性物質の放出と健康影響

- **総放出量はどの程度か？**
  - チェルノブイリ＞福島＞広島原爆
    - チェルノブイリ：原子炉の暴走・炎上・格納容器なし
    - 広島：爆発・爆風・熱・放射線・放射性物質
    - 福島：格納容器からベントと建屋の水素爆発
- **健康影響は？**
  - 健康影響は被ばく量による
    - 放出量（Bq）⇒汚染量（Bq/m²・Bq/kg）⇒被ばく量（Sv）
  - 健康影響
    - 100mSv以下では心配ない
      - 確定的影響・・・影響は現れない
      - 確率的影響・・・生活習慣の変動範囲内　受動喫煙などと同程度

3

健康影響への対応

- **福島事故ではどう対応したか？**
  - 避難は20mSvを超える地域
  - 食品規制はセシウムは実効線量5mSv
    ヨウ素は甲状腺等価線量50mSv
    ⇒　4月から実行線量1mSvに！

健康影響が現れるのは100mSv／年から！

- **健康影響と避難・食品規制のギャップはどこから？**

合理的に達成可能な限り低く抑える（ALARA）

- “社会的・経済的影響を考慮して”安全のため極力被ばくを低減

- **結果　⇒　比較上安全な最高水準！**

健康影響からみたら余裕をもった防護基準

⇒新食品基準は約100倍の余裕

⇒にもかかわらず風評被害

4

食品への対応・・・暫定規制値の設定

- 暫定規制値
  - 食品摂取による年間内部被ばく
    - 放射性セシウム（実効線量5mSv/年）、放射性ヨウ素（甲状腺等価線量500mSv/年）を上限に設定
    - 内部被ばくは換算係数で算出
- 世界の基準との関係
  - 日本はICRP・WHOを参考に設定
- 地域の汚染から住民の被ばくへ
  - 土壌の除染⇒農産物汚染・・・移行係数
  - 農産物汚染⇒内部被ばく・・・実効線量への換算係数
  - 食べる時の注意・・・洗浄・調理によっても除染される

5

2　被ばく状況から回復の手順

- 新たな放射性物質の放出は低減した
- 空間汚染と土壌汚染の回復がこれからの課題
  - 外部被・内部被ばく・飲食物汚染の要因
    - 外部被ばく：空間線量×その空間での生活（滞在）時間
- 事故収束後の状況と将来目標した除染
  - 避難勧告：20mSv・・・緊急時の対応
  - 事故収束後　現存被ばく状況：1~20mSv
  - 将来は　1mSv
- 現状は？
  - I－131（半減期8日）は現在はほとんど検出されず
  - Cs－134（半減期2年）＋Cs－137（半減期30年）
    - 構成割合Cs－134：60%・Cs－137：40%
    - 減衰：2年たてば約70%・4年たてば約55%に
- 緊急被ばく状況⇒現存被ばく状況⇒平常状態へ
  - 生活環境と産業基盤の回復・・・除染
  - 産業の復興・・・風評被害の克服も必要

6

3 復興のための除染

- 除染推進に向けた基本的考え方
  ICRPの考え方にのっとり
  - 推定年間時被ばく線量20mSvを超える地域
    - 推定被ばく線量20mSv以下を目指す（国が直接除染を推進）
  - 推定年間被ばく状況20mSvを下回る地域
    - 年間推定1mSv/年に近づくことを目指す
  - 子供の生活圏
    - 推定年間被ばく線量が1mSvに近づき、更に下回ることを目指す

    2013/8/26災害対策本部方針による

- 2年後までに被ばく50%低減
  - 物理減衰＋ウェザリング効果で40%減
    - 物理減衰・・・半減期
    - ウェザリング効果・・・風雨など自然現象（再配分）
  - 除染で10%減・子供の生活環境では20%減
- 今後どうなるか？
  - 新たな放出は少ない→増えないが減りもしない
  - 再配分・・・風で運ばれる・水で運ばれる→ウエザリング
    →ホットスポット

7

4 復興を阻害する流言飛語

主な事象 ： 農水産物が売れない・人口が県外流出

↓

要因 ： 放射能汚染への過剰な心配・食品規制に対する不信感

↓

結果 ： 経済復興の回復が遅れる

風評被害の事例

–健康への影響を心配
　疾病への影響を心配等
–飲食品汚染への不信
　基準値の設定・規制管理への不信等から購入差し控え
–放射能汚染に対する疑問
　汚染の程度への不信や不安等

8

どうすればよいか？

例えば;

- 県民の安全な生活環境の整備
- 健康影響への理解促進活動
  - 生産者のみならず消費者の理解が不可欠
- 理解促進のための主なポイント
  - 汚染状況の現状把握と情報提供
  - 除染の進行状況
    ⇒除染効果を目に見えるようにする
  - 食品の安全情報の提供
  - 健康影響の情報提供

など

9

5 まとめ

- **福島の復興は生活基盤の回復から**
- **放出された放射性物質**
  ⇒空間と土壌汚染、食料汚染⇒被ばく
- **安心できる生活空間と生産空間の復活のカギは除染**
  - **緊急被ばく状況⇒現存被ばく状況⇒平常状況に**
- **健康影響と防護の基準の理解が必要**
  - **健康への影響・・・100mSv以下では影響は生活習慣と同程度**
  - **防護・・・防護基準は健康影響に対し余裕をもっている**
- **復活を阻害する流言飛語の防止には**
  放射線・放射能の正しい理解

福島の復興には地域のみならず消費者の理解が欠かせない

10

文部科学省の
放射線副読本について

事故後の放射線教育の方向性

田中　隆一

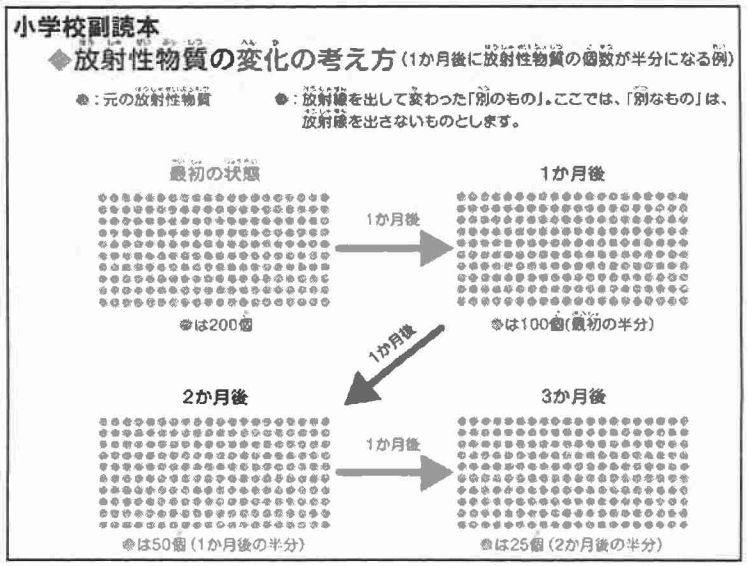
NPO法人放射線教育フォーラム

小中高のための放射線副読本
昨年10月に文部科学省が公表

- 種類：小中高別、生徒用と教師用解説（各A4版20～30頁）、HP公開、印刷本を小中高全生徒に配布（4月）
  福島県下の小中高生には昨年中に全員配布。
- 作成委員会：現職教員、外部有識者で構成（医学、安全管理、影響の関連3学会と放医研が監修）
- 編集方針：基礎知識に絞る（主眼は放射線影響・防護）
  原子力については、政府のエネルギー政策の方向性が決まった段階で検討。
- 原発事故：福島原発事故に本文では触れない。

「中学生のための副読本」目次

- 不思議な放射線世界・・・導入部
- 自然放射線
- 放射線とは・・・原子と原子核、原子から出る放射線
- 放射線の基礎知識・・・透過力、単位、半減期
- 放射線測定器
- 放射線放射能の歴史
- 放射線による影響（5頁）
- 暮らしや産業での放射線利用
- 放射線の管理と防護



副読本の内容の主な問題点

(1) “急場しのぎ”であるがゆえの問題点

系統性を欠いた断片知識の集まり。社会科的な編成。
放射線授業の経験のない教員は副読本による理科授業はたいへん。
受け売り知識の伝達はできても、生徒の質問に正しく答えられない

(2) 放射線防護に関わる教育指導方針の変更

「放射線をできるだけ受けないようにすることが大切である。」
前回副読本『チャレンジ！原子力ワールド』では、
「少量の放射線であれば健康に影響ない。」

(3) 重視したはずの放射線基礎の内容に誤りや偏り

“透過作用”、放射線の性質を計測の視点だけで記述、など

「放射線をできるだけ受けないようにすることが大切である」に続けて、放射線恐怖心の進行に歯止めをかける但し書きが必要。たとえば、

- 自然放射線があるので、被ばくはある量以下にできない
- 被ばく線量を減らそうとすると、別のリスクが増すことが多く、過剰な防護策は生活に支障を与えたり、精神的なストレスを生みだしたり、かえって健康被害をもたらすこともある。
- 放射線と共存してきた人間には、遺伝子の傷を修復する機能や生体を防御する様々な機能が備わっている。

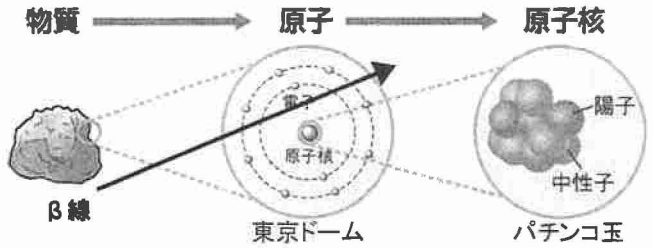
文部科学省が日本小児心身医学会と協力して昨年8月に公表したppt「放射能を正しく理解するために　教育現場の皆様へ」は精神的ストレスの問題を中心に、被ばく対策への配慮が行き届いていた。しかし、教師用副読本では配慮されなかった。

放射線の透過に関わる
副読本の主な不正確記述例

小学生用
「ものを通り抜ける働き」→ 性質
中学生用
「体を通り抜けるために、体に止まることなく、
・・・放射線を受けたことが原因で人やものが放射線を出すようになることはありません。」
高校生用
「透過作用」→する性質

原子核のサイズは原子の約1万分の1

放射線の透過は“突き抜け”ではない！

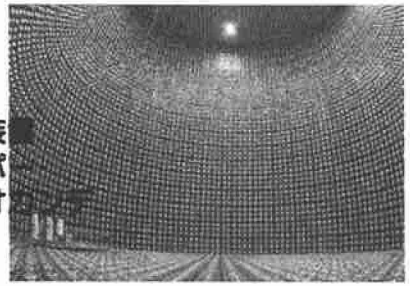


「原子は、とても小さく約1億分の1cmの大きさしかなく、原子核は、さらに小さく約1兆分の1cmの大きさしかありません」（中学生のための副読本7頁）

透過するだけで、殆ど作用を及ぼさない放射線

ニュートリノを知っていますか

毎秒100兆個も私たちの身体を透過している。
原発事故で飛散した放射性物質も放出している。



観測装置
スーパー
カミオカ

小柴昌俊博士
宇宙ニュートリノの検出で
ノーベル物理学賞受賞

「放射線の量」は莫大。しかし「線量」はゼロ！

原子力に関わる記述頁数の調査結果

平成24年度版中学校理科教科書

発行者	放射線	原子力ｴﾈﾙｷﾞｰ	ｴﾈﾙｷﾞｰ資源
東京書籍	0.6	0.4	8
大日本出版	2.0	1.0	12
学校図書	1.5	1.3	10
教育出版	1.0	0.5	8
啓林館	0.7	0.3	11

放射線は電界と磁界の作用を受ける

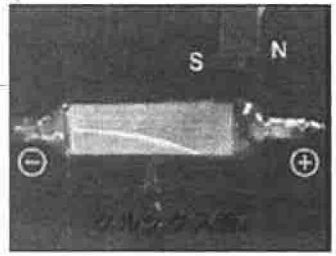
荷電

もう一つの放射線の基本性質

ビーム制御や加速が可能

この性質の利用例

ﾊﾟｿｺﾝ・ｹｲﾀｲ（集積回路）
X線検査
がん治療
電子顕微鏡
加速器など



中学校2年の新学習内容
「電流は電子の流れである」

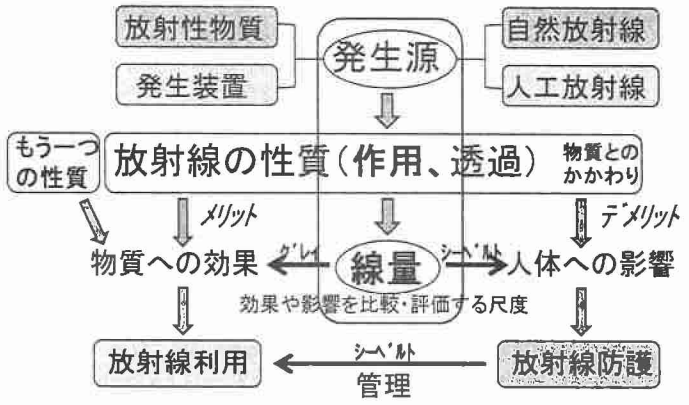
クルックス管実験 = 放射線実験

「放射線の性質」記述の傾向と対策

透過と作用を基本性質として明記するべき

- 透過を“はたらき（作用）”として扱う誤り（副読本、教科書）
  教科書執筆陣が「性質の基本」に無頓着
- 教科書によってばらばらに扱われている
  2社：透過と（電離）作用を明記。 2社：透過のみ
  中学校学習指導要領では“はたらき（作用）”を指導から外した
- 原子力教育における放射線の扱いを再考する必要
  放射線の基本性質の内容を重視するべきである
  性質の学習から利用、影響、防護の学習へと展開するべき

放射線学習のｷｲﾜｰﾄﾞ構成



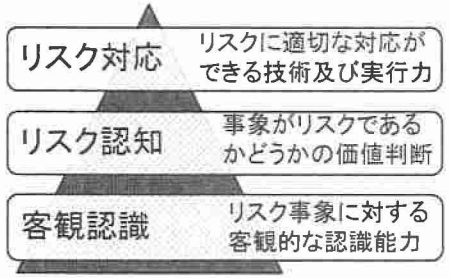
「嘘をついていないが、必要なことが書かれていない」

小出裕章氏などによる価値判断の誘導

- **事故の現実（＝危険性？）から子供たちの目を逸らそうとするたくらみ。安心させることが目的。**
- **子供たちの周りの事実（＝危険性？）が書かれていない。**
- **プラスの面（利用、研究）ばかり書いている。**
- **「低い線量も危険」とはっきり書くべき。**
- **原発推進団体がつくった。原子力推進の下心。**

客観的な認識能力の育成が教育の目的

リスクリテラシーの基本



価値判断の主体は生徒自身である

理科的な基礎知識がベース

価値判断の誘導例　*「･･･（副読本は）放射能に関する一般的な事柄を事故と切り離して述べている。こんな教材を無批判に与えることは、現実から子供たちの目を逸らして、放射能の問題を生活に直結するリアルな問題としてとらえることを妨げる。･･･」　（某教育ブログ）*

客観認識を妨げる要因

事故が生んだリスク認知の新要因

① データや事実関係への疑惑　→　重大事実を隠蔽？
② 専門家による意見の食い違い　→　科学への不信？
③ 情報・流通の媒体者の振る舞い　→　疑心暗鬼？

⬇

放射線リスクの過大視、良からぬ心象が独り歩き

先生方は授業で放射線影響・防護を扱うことを躊躇？
しかし、放射線の利用や科学技術ならば扱いやすい。

科学技術に関わるリスク認知

(1)客観的なリスク・・・専門家による評価・管理

がん発生リスク
リスク回避手段・コスト
他のリスクとの相関性
} 人びとの認識が混乱している

(2)主観的なリスク・・・一般人の認知

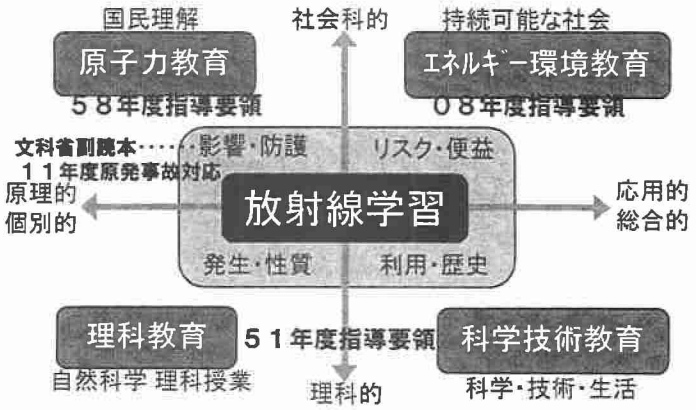
怖ろしさ因子 制御困難、非自発的、さらされ方が不平等など

未知性因子 感知困難、学ぶ機会がない、影響がすぐ表れない、不確実性、未解明など

放射線基礎、放射線利用の学習は主観的なリスクのバイアスを弱める役割がある。

放射線学習の指導理念の変遷

中学校理科の学習指導要領などに着目した俯瞰図



30年の空白と原発事故がもたらした

放射線教育情報の現状と方向性

- 放射線の発生、性質、線量、利用、影響、防護などが脈絡抜きで扱われ、論理的な構成や相互のつながりを欠いている。この状況が原発事故でさらに顕著になっている・・・社会科的な学習に終始
- 広報、研究機関、学会のHP等の教育情報を集めても、理科学習に相応しいｶﾘｷｭﾗﾑは構成できない。
- 最小限のｷｰﾜｰﾄﾞを使って、わかり易い理科の学習体系を教師が中心となって改めて構築するべきである。

原子力教育と理科教育において

「放射線」は正当に扱われてこなかった

1. 原子力教育

「放射線」は原子力教育の暗いエピソード(リスク要因)であった。その学習基盤は原子核・放射性同位体であるかのように扱われ、放射線それ自体の理解に関わる学習が軽視され、看過されてきた。

2. 理科教育

理科の学習内容は自然科学的な視点から扱われるのが通例。 しかし、原子力と関わる放射線だけが差別され、追加単元「科学技術と人間」で触れる程度。無視されるよりましだが、内容は社会科的に扱われている。

副読本を授業で扱う先生方への提案

1. 放射線を教えた経験の乏しい先生方へ

自己研鑽だけでは、あらゆる断片知識に曝されている生徒の質問には対応が難しいことを自覚する必要。

自己研鑽を補完する適切な研修機会が必要。

利用可能なppt教材を活用（当フォーラムHPで公開）

放射線利用事例から授業を始め、その中で基礎を扱う

2. 放射線授業の実績を積んだ先生方へ

社会科に依存しない理科授業のカリキュラムを構築する

総合的な学習で放射線影響・防護を扱う

マスメディアや風説に迎合しない毅然たる授業

科学技術と社会の広い見方からリスク、不確実性に着目

放射線影響・防護の学習内容について

副読本内容の改善に向けて

- 断片知識の寄せ集め状態で統合性に欠ける。
- 学習内容が「放射線の性質」から切り離されている。
- シーベルトの理解にICRPの防護体系の説明が必要？基本となるグレイの理解不足がむしろ問題。
- 科学的知見や防護理念の羅列としない工夫が必要。
- 理科教育のカリキュラムよりも「総合的な学習の時間」向きの内容。それらのベースとして、
- 緊急事態とその対処とは何かの基本を認識させるための教育が必要（国民保護法での扱いも含めて）。

放射線影響・防護学習のための「総合的な学習の時間」

目標：理科的な基礎知識とベースに、正解が用意されていない課題である科学技術と社会との複雑なかかわりを学ぶなかで、思考力、判断力、表現力を育む。

方法：生徒自ら課題を見つけ自主的に探究し議論し合う

キーワード：安全、安心、危険、健康、影響、防護、原爆、原子力災害、被ばく、リスク、統計、確率、不確実性、がん、DNA、遺伝子、ホルミシス、生活習慣、食品など

留意点：教科横断的取組み。判断材料の提供も含め生徒の判断が偏り過ぎないように統御する教員の能力向上。専門家による助言も必要。社会に迎合しない。

全体のまとめ

放射線副読本を踏まえて

1. 放射線に関わる断片知識がお茶の間に氾濫し、子供達は放射線学習の前にその洗礼を浴び続けている。
2. 氾濫する解説本やネット上の断片知識の寄せ集めでない、子供達が学ぶべき体系を適切に構成するべき。
3. 社会科に偏る現状の放射線学習を改めて、理科的、科学技術的な学習基盤を構築するべきである。
4. 放射線利用学習の意義は、便益性の理解よりも、放射線を“得体の知れた”存在として認識させることにある。
5. これらのためには、実施を目前に早くも忘れられかけている学習指導要領にまずは立ち返るべきである。

問題別にきく

読者の疑問に答える

福島原子力事故の対応は

緊急事態を強く認識し優先順位と重要性の判断を

高エネルギー物理学研究所
（現高エネルギー加速器研究機構）名誉教授
NPO法人 放射線安全フォーラム 理事長
加藤　和明

東日本大震災により福島第一原子力発電所で被災事故が起き、放射性物質が大気中へ放出されている中で、環境影響が懸念されています。今回の事故はまだ収束をみていませんが、放射線防護の観点から事故対応をどのように受け止めているか、お聞かせください。

自然災害から見えてきたこと

今回の福島第一原子力発電所事故は、自然が引き金を引いて起きた災害ですが、人災の要素が見え隠れしている印象を持っています。

この背景として、まず政治家、学者をはじめ国民各層にみられる学力低下が挙げられます。学力低下は知識のみならず、知識を知恵にするための考える力が戦後教育の中で養われてこなかったことです。

二つ目は国の制度が縦割りの設計になっていて、横のつながりがとりにくくなっていること、そして三つ目は過去の経験、つまり旧ソ連のチェルノブイリ事故、日本のJCO臨界事故に真に学ぶべきことがあったにもかかわらず学ばなかったこと、これらが今回の事故で露呈されたと思います。

この三点がネックになって、日本国民が持っている力（パワー）を、このような緊急時にあっても十分に発揮できないでいるのだと思います。

物事の当否・正誤は前提の置き方によって変化します。昨日は妥当な措置であっても、状況が変われば今日はそうでなくなることもあります。物事の性質は量によって変わります。量が質を変えれば、当然、物事を進める順番が変わります。つまり、「平和時」と「緊急時」では、やるべき事の優先順位が変わるということです。

野戦病院では、トリアージ（フランス語）の考え方が実践されています。医師も看護師も人数が限られるため、どのような措置をしても助からない人、ちょっと手当てすれば助かる人、後から措置しても間に合う人などに区別して、優先順位を付けた治療を行います。

このトリアージの考え方は、放射線防護の世界にも、政治の世界にも、そして如何なる分野の世界にも通用し、また必要なことです。今回の福島原子力事故は、特に「緊急事態」ですが、残念ながら事故対応における優先順位付け、重要性の判断に首をかしげる場面が見受けられます。最も大事なことは、最高責任者が平常時から非常時への転換を宣言することです。

しかし、今もって非常時宣言が発令されていませんので心を痛めています。

チェル事故の経験学ばず

二五年前にチェルノブイリ事故が起きたとき、同様な事故が日本で起きたら処理ができるのか、と議論したことがあります。戦前、日本には神風特攻隊が存在して、今では考えられないことですが、個人の命を犠牲にしてでも国体を堅持する風潮の時代でした。今回の事故で、「想定外」という言葉が飛び交ってますが、その言葉で逃げるのではなく、想定外の事象に知恵を絞って対応するのが責任ある立場のリーダーらの責務だと思います。

チェルノブイリ事故の教訓の一つ

放射線を浴びてもいたずらに怖がらない対応求む

は、情報の錯綜が混乱を招いたことです。島国の日本と異なり、欧州は陸続きでしたから、事故当初、放射能で汚れた牛乳は飲めない、放射能で汚れた食べ物は食べるななど、様々な国がまちまちな方針を示し、様々な判断をしたことで、大混乱になりました。

先に結論を言えば、当時の旧西ドイツ政府が率先して動きました。専門家を結集して情報の収集にあたり、その正確さなど質の吟味をして、その時点で最適とされる判断の下に必要な対応を決めたわけです。理由もなく食品の廃棄に走るのではなく、知恵を出し合い、最大限の努力を重ねてホン坊を危機から防ぎました。その結果、周辺国の混乱も収まっていきました。平和時と違って、極限状況の場合には、重要性を特定する判断が大事となります。ちょっとでも汚れたらきれいにしなければいけない、という平和時の教育一辺倒では、緊急事態を乗り越えることはできません。

一方、JCO事故の経験でいえば、関連の測定データ開示の遅れが指摘されました。中性子線量の測定データがすぐに明らかにされませんでした。結局のところ、測定データの質を高めたいとの意図が働いて、データのチェックに何段階か人手が入り、公表が遅れたということでした。

緊急時には、質が多少悪くても早く出すことに価値あることが多々ありますので、今回の事故においても、JCO事故の学習効果が十分には反映されていないように思います。

多くのリスクを一度に経験

今回、われわれ日本人は、大地震、大津波、原子力事故、そして停電、断水などライフラインの遮断という命を失うことにつながりかねない様々なリスクを一度に経験しました。生きていること自体がリスクを抱えていることだと身をもって知りました。

今回、原子炉建屋内で働いていた人たちの中には、地震発生後暫くして、原子炉の状況がさらに悪化するかもしれないから外に出るように上司に言われ、外からは大きな余震や大津波が襲ってくる懸念があるから建屋内に留まるように求められて戸惑った人も居たことでしょう。

〝危険を避ける〟というのは（人間を含め）全ての動物に共通する本能的な要求です。わが子の命を守るため「飲むな」と言われたのに飲ませたとしても、その親を責められるものではないと思います。

リスクという言葉の意味合いは、原子力安全の分野と放射線安全（防護）の分野で異なっています。原子力安全では、リスクを事故によって引き起こされる災害の大きさの期待値として捉えます。これに対して放射線安全でいうリスクは、放射線を浴びたとき身体に様々な作用が働いて「影響が起こる可能性」を指します。放射線を浴びたからといって、すぐにそのまま影響につながるものではありません。時間が経てば、その期間のリスクは消えてしまうことになります。

放射線は、どんなに少なくても、浴びたら身体に悪い影響を及ぼすので浴びないほうがよい、ということを強調する見解を見聞きすることが多々あります。このような言い方は、いたずらに放射線を怖がる、ひいては原子力を怖がることにつながるだけですので、適切な説明の仕方ではないと思います。

現時点で、放射性物質が環境に放出されているからといって、将来、住民に及ぶかもしれない健康への影響は心配するほどのものではないと私は考えます。しかし、肝心の炉の内部が安定化したといえないので、その推移次第では、環境がより悪化することもありえます。今後、政府の発表やマスコミ報道に注意しながら、変化の先行きを見守る必要があります。

分かるということは自分自身が身につけた経験に照らして納得することです。とはいえ、自分自身で判断できないこともあります。今回の福島原子力事故では、国民のほとんどがその状態にあると思います。安全は哲学の問題であり、安心というのは宗教につながる問題だと思います。あの人が言うから「信じよう」という信頼関係の課題です。

高度に発展した社会に住むわれわれは、分業と特化でもって互いに助け合ってそれを維持していくことが不可欠です。自分の得意とする持ち分を受け持って困難に対処していくことが肝要です。

福島原発事故の報道に現れた放射線関係用語と数値を理解するための勘所

加藤　和明*

聞き慣れぬ単位と数値のそのあとで上を向いてとラジオは歌う
(いわき市) 藁谷貴実人、朝日新聞「歌壇」2011年5月9日朝刊

1．はじめに

東日本大災害が起きた3月11日からの数週間、「放射線の量や単位の意味が分からず、従って示される数値の持つ意味合いも分からなくて困る」といった嘆きが、一般人からのみならず、マスコミ関係の著名人からも少なからず聞こえてきて、それがために世間の不安が収まるどころか増大していったといわれる。

例えば、マスメディアに登場する用語を易しく解説“名人”として知られるようになった池上 彰氏（元NHKニュースキャスター）は「原発事故報道：専門用語が不安を増幅する」と問題提起（朝日新聞3月25日朝刊）し、瀬川至朗氏（早稲田大学教授・元毎日新聞科学環境部長）は「わかりやすく説明できる科学広報・コミュニケーションの専門家が必要だが、こうした人材がいない」と嘆いた（4月20日朝日新聞朝刊)。

「放射線の量と単位がなかなか分からない」という声は、実は3．11以前から、世間が『放射線の専門家』と見做す方々の中からも出ていたのであって、例えば敬愛する岩崎民子学姉（放射線生物学）からは、会議などで席をご一緒したようなときに何度となく“何とかしてよ”と苦言を頂戴していたのであった。原子力安全の専門家と放射線防護の専門家が、特に縦割りとなっている日本の社会では、通常は“全くの別物”である。放射線影響と放射線安全管理は学問としても職業としても“別物”であり、世間が両者を“イッパヒトカラゲ”に「放射線の専門家」として括ってしまうことにも、用語の理解を困難にしている一因があるように思われる。

この種困難の理由としてこれまで声高に言われてきたのは、それらに“日頃馴染みがない”ということであった。1999年9月に起きたJCO臨界事故のあと、一般人に必要な知識を与えることにより、必要以上に放射線を怖がる人たち（radiophobia：放射線恐怖症／放射線嫌悪症）の数を減らそうと、国は、大量の財的・人的資源を投入して“啓発”に努めてきたことは周知の通りである。然し筆者の観るところその努力は、かけた経費に見合うだけの効果を上げていないように思われる。3．11の直後から、少なからぬ数のマスコミ取材を受ける羽目となったが、その結果このことを強く思い知らされた。

今回はこれに加えてもう一つ理由が加わった。それは、今回の原発災害の規模から、関連する物事に対して“平常事”に抱いた感覚の修正を迫ることが多かったことによるものである。物事の性質は、そのものの大きさによって変わるものであり、諸々の概念規定には適用限界というものがある。放

*Kazuaki KATOH　有限会社アイム／洗練課題研究所（RISS）

射線の量や単位を使った“物語”、難しく言えば“記述命題”、が妥当なものであるか否は、実は前提に依存するのである。今度の非常時では、平和な時には何の疑問も覚えず、殆ど特別に意識することなく、何時でも成り立っているのが当然と思いこんでいることの多い、様々の前提が崩れてしまい、そのことに思いが至らないまま、目や耳にする“物語”を受け取ることが多いものだから、それの正誤や当否に戸惑いを覚えることが増え、それが馴染みのない用語や数値の理解不足に結びつけることも多くなった、というのが筆者の観察するところである。このことは書き手や話し手、すなわち物語の作者にもそのまま当てはまることが多いので、世の中は大混乱となったのである。

実は、本誌編集委員会から筆者への本小文執筆の依頼は、“原発災害についての報道を理解する上で重要となる用語を抽出し解説を加えて欲しい”というものだった。然しながら、このような背景を受けて、新聞や雑誌では競うように、放射線関係の用語解説に力を入れており、出版社も以前のものの復刊を含め出版に務めていて書店の“一等地”には様々の関連書物が取りそろえられている。関係する学会や研究機関でもインターネットで情報提供を行っているので、ここでは“重複”を避け、マスコミの報道などに接した時に読者が覚えるかもしれない戸惑いを少しでも減少させることができればと願い、次節では“放射線の量や単位や数値の意味するところを理解するための急所”と思われることの抽出を試み、3節では、報道に現れた線量値を並べてそれらが持つ意味合いの紹介と感想を、最後(4節)にスペースの許す限り、上記の企てに役立つと思われる“実例”を拾い出して紹介することにする。

2．原発災害関連の放射線記事を読む際に理解しておくべきこと

スペースの関係で箇条書きにして列記する。

①“放射線”には無数といってよいほどの種類があり、種類が同じでもエネルギーなどの違いによって、その性質は大きく変わるものであること。

②“放射能”、“放射性核種”、“線量”、“管理基準”、なども同様に多種多様であること。

③量の大きさを表すには単位を添えなければならないこと。

④放射線の量と放射線の線量とは同じものではないこと。

⑤線量の単位には、シーベルトやグレイなどが使われるが、これらの単位は、ある特別の量にだけ“専属”的に使われるものではないこと。従って、線量の値を伝えたいときには、数値に単位名を添えるだけでは不十分で、それが受け取り手に自明であると確信が持てない時には、線量が何を意味するかも伝えなければならないのである。

⑥“リスク”とは「危険が顕在化する可能性」のことであり、その意味では“原子力安全”でいうリスクも放射線防護でいうリスクも変わるものではないが、想定している“危険”の内容は別のものである。前者は「原子炉(もしくは原子力施設)が事故を起こすこと」であり、後者は「放射線に被曝したとき健康に害が及ぶこと」である。

⑦リスクの表現(測度)に、原子力安全の分野では“災害の期待値(災害が起きる確率と災害の大きさの積)”を用いるが、放射線防護の分野では“疾病発症の確率”、特に、代表的致死性疾病である癌の発症を使用していること。後者でも他の多くの分野と同様“期待値”(平均余命)を使用することもないわけではないが希である。

⑧この度の東日本大震災は、地震動、津波、(水・食料・電気・情報・等の調達に必要な)ライフラインの破壊、等のそれぞれが大きなリスク要因となり、個人にとっては“最大にして究極の危険”である“生命の損失”が膨大に顕在化した。

⑨東日本大震災に被災した福島第1原発(1F)は、燃焼を止めた燃料の余熱によ

る温度上昇抑制に失敗し、施設・敷地の内外に放射線と放射性物質の放出を余儀なくされ、多くの人間が、その程度は人により大きく異なるものの、放射線の被曝量を増やすという結果を招いた。しかし線量は影響そのものではなく影響発現の可能性の大きさを表すものである。幸いにしてJCO事故やチェルノブイリ事故の時のように急性放射線症による死者はなかったので、"放射線についてはリスクの顕在化は皆無である"という点で、上記の各種リスク要因とは様相が大きく異なっている（放射線以外のリスク要因で実に多数の命が失われてしまった)。

⑩放射線の人体に対する影響の評価は、内部被曝においても、外部被曝同様、リスクの測度として線量を使うことにしているが、その場合に使う線量は、放射性物質の体内への取り込みにより、その後長期にわたって受けるであろう線量（預託線量と呼ぶ）であって、実際に被曝する線量の多くは将来のものとなることが際立った違いであること。

⑪平常時と非常時では、放射線安全管理に係る事項の重要性の大きさと順番が変化するものであること。

⑫各種リスク要因の間にはトレードオフの関係があり、非常時に放射線のリスク管理だけを独立に行うことは合理性を欠く結果を招く危険があること。

⑬いわゆる職業人については個人の被曝線量の測定評価が法的に義務付けられているが、被曝管理の業務を簡便化させるため、内部被曝に伴う被曝線量の管理は預託線量を当該年度に受けたものとして処理することとされていること。この習慣が身に染みついており、今回の非常時に弊害をもたらしている可能性がある。

3．報道に現れる様々の線量規制値

【250ミリシーベルト】

①"1F事故の災害収拾に限る"との制限付きで国が定めたとされる"緊急時の放射線被曝管理基準値"：福島の現地災害本部が要望し、旧労働省（現厚労省）が原子力安全委員会の意見を聞いて官邸が決定したようである。本来の所管機関は放射線審議会であるが、電子メールによる持ち回り会議により後追いで審議し"3月16日付"で決定されたことになっている。

②急性被曝（いっぺんに全量浴びてしまうこと）でこれ以下の値の等価線量を身体の一部なり全身なりに被曝したとしても、医師の視診では変化を見出すことができないと言われている。

【100ミリシーベルト】

①3月10日現在の日本における緊急時放射線被曝管理基準値：適用については、生涯に1度限り、志願を前提、男性のみ、などの条件が付けられていたと理解している。

②確率的影響に対する実際上の外部被曝実効線量の閾値と筆者を含む多くが考えている値：長滝 重信先生（長崎大学名誉教授）が11.5.18の衆議院文教委員会で証言されたところによると、原爆被災者についての疫学調査等の結果から、慢性被曝（長時間かけてゆっくり放射線を浴びること）では癌死の確率が0.5%、急性被曝では1.0%上昇すると見込まれるとのことである。現在（3.11以前）の日本では、3人に1人が癌で死ぬといわれているので、仮に癌死の確率が1%増えるとすると33%が34%になるということ。（p.1－p.5に保田 浩志先生による詳細な解説があります）

【50ミリシーベルト】

いわゆる職業人に対する職業被曝の実効線量年限度。5年間に100ミリシーベルトを超えない限りにおいて、1年間に浴びることが許されている実効線量の値。

【20ミリシーベルト】

3.11の1F事故により周辺住民等の一般人が受ける放射線被曝を緊急時被曝のカテゴリーで捉えることとして政府が緊急に定めた実効線量の年限度。幼児や児童にも適用するとされ、議論を呼んでいる。

【6.9ミリシーベルト】

医療機関で受けるCT検査で1回に受けるとされる実効線量。文芸春秋の2010年11月号で近藤誠医師が「患者は安易にCT検査を受けるな」と警告したことがきっかけとなり、世間の耳目を集め、数値が“独り歩き”している感がある。

【3.75ミリシーベルト】

㈶原子力安全協会が調査し1992年に発表した日本の国民線量評価値。国民線量とは、全国民が1年間に受ける総実効線量を人口で除したもの。内1.48ミリシーベルトが自然放射線、2.25ミリシーベルトが医療放射線によるものである。

【2.4ミリシーベルト】

地球上に住む人間、自然放射線（自然界にある放射線源に由来する放射線）によって1年間に受ける実効線量の世界平均値として、国連科学委員会（UNSCEAR）が評価したもの。

【1ミリシーベルト】

①周辺住民等の一般人に対する安全担保の一環として定められる環境保全の基準値として使われる、実効線量の年限度。国としての社会的申し合わせであり、安全／非安全の判断基準に用いるものではない。

②日本人が自然界にある放射線への外部被曝により1年間に受ける実効線量の概略値。地上ではこの程度であるが、高度約350㎞の上空を飛行するISS（国際宇宙ステーション）では半日か1日でこれだけ実効線量を受ける。

③1999年9月30日に東海村で起きたJCO臨界事故では、推定被曝実効線量がこの値を超えた者を原子力安全委員会は「被曝者」と呼び、今も国費によって（国の委託を受けた茨城県が）年1回健康診断を続けている。

【0.01ミリシーベルト】

放射性廃棄物を“放射性廃棄物でない廃棄物”に変えることをクリアランスと呼ぶことにしているが、その際の判定基準として使用される、“住民に対する実効線量の年限度”。

【3.8マイクロシーベルト】

“3.11の1F災害に際して幼稚園園庭や小・中学校校庭での児童の活動を認める判断基準として文部科学省が定めた1時間当たりの実効線量値。マイクロ”は“（1／1,000）ミリ”のことなので、“毎時3.8マイクロシーベルト”をこれまでのように書くと“毎時0.0038ミリシーベルトとなる。1年（365日）は8,760時間となるので、マイクロシーベルトで表した毎時線量の値から、ミリシーベルトで表した年線量の概算値を得るには、数値を10倍してマイクロをミリに変えるとよい。ところで、“毎時3.8マイクロシーベルト”を8,760倍すると33.3ミリシーベルト／年となって、年20ミリシーベルトの基準と合わないことになるが、文科省が示したロジックは「屋外にいる時間を1日8時間、屋内にいる時間を16時間とし、前者に毎時3.8マイクロシーベルト、後者に1.52マイクロシーベルトを当てはめて1日当たりの線量を出し、それを365倍すると1年間で約20ミリシーベルト（19.97mSv／y）となる」というものである。

4．誤解もしくは前提の見誤りに基づくと思われる誤用などの例

＊われわれが通常“核分裂”とか“核分裂反応”と呼んでいるものをわざわざ“核爆発”と呼んでいる専門家が居られること（武田邦彦・中部大学教授：原発事故残留汚染の危険性、朝日新聞出版、2011年4月30日）

＊毎日小学生新聞11.4.6では、“放射線”とは“電磁波と粒子線”と説明しているが、これで分かった気になれる小学生は皆無に近いのではあるまいか？こういうのは“説明”とはいえない。

＊毎日新聞11.3.21朝刊に「放射線の蓄積注視を」という大きな見出しの記事が載っている。放射線はその本性において“蓄積するもの”ではない。このような

誤った表現も、世人の理解を困難にするのである。

＊読売新聞11．3．22朝刊に「“ベクレル”は、放射性物質が放射線を出す度合いの単位」であり「１秒に１個なら１ベクレルという」と書いている。“放射能”という言葉の説明なら“放射性物質が放射線を出す度合い”は正しいが、「物理量としての放射能」は不安定原子核の崩壊率（単位時間に壊れる割合）として定義されている上、１崩壊につき必ず放射線（の構成要素である放射線粒子）が１個放出されると決まっているわけではない。

＊１Ｆの事故が報じられ始めた頃、「作業員が被曝」という見出しの記事が出回ったことがある。読んでみると「身体か衣服の一部に微量の放射性物質が付着していたのが見つかった」ということであった。確かに“放射性物質”は放射線を放出するモノであるから、物理的あるいは数学的には間違いではないが、地上に住む者は皆それより遥かに大きい値の線量を常時受けていることを考えるなら、見出しとしては「作業員が（微量の放射性物質に）汚染」の方が相応しい。その場で洗い落とせば済むだけのことで、「いくら除染に努めてもヒドイ汚染が残り、深刻な影響が発生する恐れがある」ような事態でない限り取り立てて報道するほどのものではない。想定内のことはニュースとしての価値はないに等しいのに、原子力・放射線に関しては例外となっているようである。

＊11．4．24の朝日新聞朝刊２面に書かれている“人体が受ける放射線量は「シーベルト」という単位で表す”と“年間100ミリシーベルトを越えなければ、身体に影響は出ないとされている”という文章は正しくない。線量にはいろいろの種類がつくられ使われていて、専門家向けの試験問題として書かれた答案なら両方とも０点である。年間100mSvを例えば連続して10年なり20年なり浴び続けたとしても何事も起こらないと主張しているのである。こういう記事が新聞社の権威によって誤ったまま社会に広がっていくものだから、読み手の方は“さっぱり分からなく”なるのである。

＊「シーベルト（Sv）とは“人が受けた放射線影響の度合いを表す単位”」というのが、11．3．23の日本経済新聞のQ&Aの記述である。週刊朝日2011．4．8の24頁に載っている解説でも全く同じ記述となっている。

＊朝日新聞11．3．24の３面では“シーベルトは放射線を浴びた時の人体への影響度を示す単位”と書いている。“シーベルト”という単位は、等価線量にも実効線量にも使用されているので、この説明を正しいものとするには、“等価線量の値を示す際に使われたときには”という但し書きを添えなければならない。通常“シーベルト”なる単位を付けて線量の値が示されるとき、線量は“実効線量”を意味しているものと暗黙のうちに理解される。そのようなときに“量と単位”の説明を上のようになされると、“リスク”は“影響（もしくは影響の表現体）である”と誤解することになってしまう。“リスク”というのは“影響発現の可能性（を表す測度）”であって、影響そのものではないことを理解することが大変に重要であるので、上に紹介したような記述では困るのである。

＊朝日新聞2011．4．15朝刊２面に載っている“シーベルト”の説明は、“放射線の量を示し、人体にどれくらい影響するかを考えた単位”となっていて、量と単位の関係が分かっていない上“線量dose”と“放射線の量”を混同している。放射線の量をいう時には普通単位面積を単位時間に何個の放射線が通過するか（粒子束密度）で表す。小柴先生が検出に苦労したニュートリノという放射線はわれわれの身体を毎秒１平方センチあたり370億個通り過ぎている。東北原子力懇談会がまとめて11．4．28に出版した用語集でも“シーベルト”を“放射線によ

り人間が受けた影響の大きさを表す単位”と同じように間違えた書き方をしている（p.29）。

＊読売新聞11．4．10は、“放射線を発生源から離れた場所で測った値をグレイと呼びます”と書いているが、“グレイ”はそもそも単位の１種であって“値”ではないし、測ろうとしている量が何であるのか全然説明されていないことになる。続けて“種類が違っても、数値が同じになるように補正した放射線量をシーベルトと言います”と書いているが、ここでも、“単位”である“シーベルト”を“線量”と間違えている。

＊JAEAがホームページ上で公開している「環境放射線モニタリング情報」を見せて戴いた（2011．5．19）ところ、“核燃料サイクル工学研究所からのお知らせ”として「…研究所敷地内外のモニタリングステーション、モニタリングポストの指示値が…３月15日㈫７時13分に…５μSv／hを超えました。…なお、４月１日より単位をnGy／hに変更しました。」との記述があった。“なお”以降の注意書きは、「１cm線量当量率の測定・評価値を空気カーマ率の測定・評価値に変更する」という意味かと考えるが、このことを正しく理解できる読み手はどれだけいるのであろうか？社会へのサービスとして公開しているのであれば、相手の立場を考えた表現に意を用いるべきである。また“単位を”は“線量の単位を”とするのが正しい。

＊11．3．25の朝刊の多くに「作業員３人被曝」などの見出しが躍った。産経新聞の記事による（読売新聞など別の新聞を取り上げても同じ。おそらく提供側から出された原稿をそのまま使って書くところが殆どだということ）と、予想しなかった高レベルの放射性水に足を漬けてしまったそうで、“20～30代の作業員３人が被曝し放射性物質（放射能）”が皮膚に付着した２人が病院に搬入された”、“被曝量は173～180ミリシーベルトで、今回の事故に限定した緊急時の作業員の年間限度の250ミリシーベルトに迫る量だった”と書かれている。揚げ足を取るようになって恐縮だが、“被曝”とは“身体に放射線を受けること”で、その意味においては、３．11以降報道された時点まで、首都圏まで含み少なくとも東日本にいた人間は全員“被曝”をしていたのであり、この３人、あるいは２人にだけ“被曝”の２文字を当てるのは奇妙である。次ぎに可笑しかったのは、局部被曝と全身被曝の区別が付かないでいるらしいことであり、それに伴って解説に現れた“急遽引き上げられたという作業者の緊急作業従事に伴う年間限度”なる記述である。大体緊急時の管理基準に１年などという時間的制約はなかった筈であるし、その扱いの変更は放射線審議会の所管である。そこで議論されたという話は全然聞こえてこなかった。このような重要な事項についての説明責任を果たさなかった責任はどこに在るのであろうか？それすら明確にされないところに、心ある国民は今回の災害対策の心もとなさを覚え、居ても立ってもいられなくなっているのである。

（2011年５月25日）

―― プロフィール ――

（NPO）放射線安全フォーラム・理事長；㈲アイム・代表取締役；洗練課題研究所（RISS＝Research Institute of Sophisticated Subjects）・代表；原子力システム研究懇話会（Nuclear System Association）・フェロー；㈱千代田テクノル・アドバイザー；日本放射線エンジニアリング㈱・研究嘱託；高エネルギー物理学研究所（現：高エネルギー加速器研究機構）・名誉教授、茨城県立医療大学・名誉教授

メールアドレス：kk-riss@leo.nifty.jp

あ と が き

本資料は、例年のように、ＮＰＯ法人放射線教育フォーラムの年度末報告書として、２０１１年度中に開催した会合や勉強会の記録、専門委員会の報告書または関連する資料を含む資料、及び勉強会の講師の方々の作成されたテキストそのほか、放射線教育に有益と考えられる資料を、フォーラム理事長松浦辰男が中心となって、フォーラム理事田中隆一、フォーラム幹事黒杭清治、ボランティア辻萬亀雄の各氏らのご協力により編集作業を行って作成したものである。ここに関連する専門委員長、勉強会講師、そのほかフォーラムの役員各位のご努力とご協力に感謝する。また、巻末の広告欄に資料を提供され、本資料の出版費をご支援下さった諸団体にお礼を申し上げる。本資料がフォーラム会員はじめ放射線教育にご関心の各位にとりお役に立つことを希望するものである。

（松浦辰男）

発行　ＮＰＯ放射線教育フォーラム　事務局
〒105-0003　東京都港区西新橋３－２３－６
第一白川ビル５階
電話：　０３－３４３３－０３０８
ＦＡＸ：０３－３４３３－４３０８
Ｅメール：mt01-ref@kt.rim.or.jp
ホームページ：http://www.ref.or.jp
発行日　　２０１２年3月３１日

電気事業連合会からのお知らせ

電力会社では、エネルギー･環境教育にお役立ていただけるような次世代層向けの教育支援活動を行っています。

- **エネルギー教育教材の作成･配布**
- **体験学習の場の提供**
- **調べ学習に役立つ情報の提供（ホームページ）ほか**

詳しくは電気事業連合会ならびに電力各社のホームページをご覧ください。

「電気についての楽しいワークショップ」（東京･科学技術館）

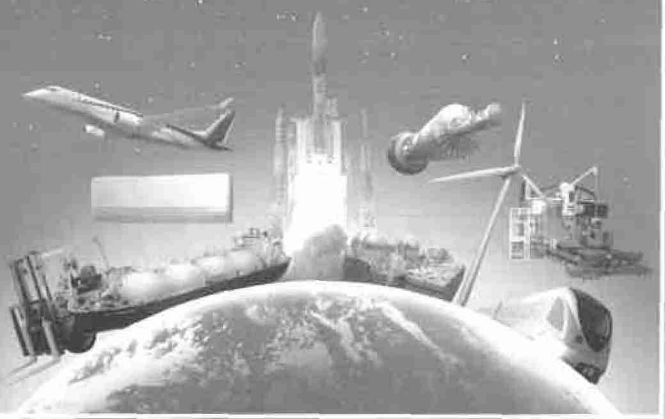
電気事業連合会ホームページ

http://www.fepc.or.jp/

この星に、たしかな未来を

OUR TECHNOLOGIES, YOUR TOMORROW

私たち三菱重工は、次の世代の暮らしと、そこにある幸福を想い、人々に感動を与えるような技術と、ものづくりへの情熱によって、たしかな未来を提供していくことを目指します。そのために私たちは、これまで培ってきた技術を磨くとともに、新たな発想で様々な技術を融合させるなど、さらなる価値提供を追求し、地球的な視野で人類の課題の解決と夢の実現に取り組みます。



三菱重工
この星に、たしかな未来を

三菱重工業株式会社
原子力事業本部　〒108-8215　東京都港区港南2-16-5　TEL. 03-6716-3111

www.mhi.co.jp