

# 放射線教育フォーラム ニュースレター

No.18 2000.11

## 『リスク』で評価しよう

放射線教育フォーラム顧問 村主 進



「安全」とは情緒的で感性に左右される表現である。安全、不安全の境目は各人によって情緒的に感性的に決められ、安全であるかないかの判断は人によって大いに異なる。1997年の世論調査で、原子力発電が安全であると感じている人が27%に対して、安全でないと感じている人が50%ということであるが、このことは安全の判断基準がお互いに異なるためである。

これに対して「リスク」という概念がある。「リスク」とは損害を受けるおそれという意味である。リスクは、過去の損害と同じ大きさの損害が将来も起こるとの前提のもとに、将来の損害を評価するのが一般的である。このため一般に数値で表すことができ、定量的に表現される。前提が異なれば多少異なる数値で表されることはあっても、用いた前提のもとではそ

の数値は万人に認められる。

したがってある行動が安全であるかどうかの判断よりも、どの程度のリスクであるかどうかで是非の判断することがよりよい方策であろう。

どのような行動もリスクもあれば利便(ベネフィット)もある。そしてある行動に対するベネフィットを勘案して、ある程度のリスクは許容されている。自動車事故による死亡のリスクはかなり大きい。自動車事故による日本人の平均寿命の損失(短縮)は約130日である。しかし世間では自動車を使うことのベネフィットを考えて、自動車の利用が認容されているのが現状である。労働災害事故による日本人の平均寿命の損失は約18日である。これも労働による所得で生活基盤が充実するというメリットがあるので、労働することは善と考えられている。このように行動をリスクで評価し、そしてベネフィットを勘案することは必要である。

放射線被ばくによる健康影響については、被ばく線量と被ばくのリスク係数を用いれば求めることができる。そして原子力利用によるリスクは、放射線被ばくによる健康影響と被ばくする確率が分かれば求めることができる。このようにすれば原子力利用によるリスクと日常生活におけるリスクとを比較検討することができる。また原子力利用におけるリスクとそのメリットを比較検討することによって、原子力利用についてのバランスの取れた判断をすることができる。

文部省の新しい学習指導要領では、主体的に判断し問題を解決する能力を養うために「総合的な学習の時間」を設け、情報の調べ方、まとめ方の仕方などを重視して、環境、健康などの総合的な課題を取り上げると聞いている。

新しい学習指導要領に沿ったカリキュラムとして、リスクの調査を課題とするのはどうであろうか。リスクの調査の基になるデータについては総務庁統計局編：日本統計年鑑、国際連合統計局編：原書房翻訳：世界統計年鑑、矢野恒太郎記念会編：日本国勢図会および世界国勢図会など手ごろに利用できる資料が多くある。環境、健康に関するリスクの調査およびリスクとベネフィットとの相互の関係を調査することによって、中学生、高校生に国内的および国際的な総合的視野を持たせることができるであろう。また中学生、高校生のみならず、一般の人にもリスクで物事を評価し、リスク・ベネフィットで判断することはバランス感覚のある人間形成に役立つものである。

## 放射線・放射能 ものしり手帳 連載(2)

### 「プロメチウムとCoryell 博士」

放射線医学総合研究所 坂内忠明

#### 1. プロメチウムの発見

プロメチウムは 61 番目の元素である。43 番目の元素と同じように一般には自然界に存在しない元素であるため、20 世紀の中頃まで空欄の元素であった。1913 年に Henry Gwyn Jeffereys Moseley が原子の蛍光 X 線の波長の逆数の平方根と原子番号が直線関係にあることを発見したことから、ネオジウム (Nd, 1885 年発見) とサマリウム (Sm, 1879 年発見) の間に 61 番目の元素があることを理論的に示していた。そのため、その存在は一応知られていた。

これをうけて 1926 年にアメリカのイリノイ大学の化学者、Joseph Allen Harris と B. Smith Hopkins はシカゴの会社から譲り受けたモナズ石の砂から 61 番目の元素を発見し、イリノイ州と大学名にちなんでイリニウム (illinium、略称 I1) と名付けた。同じころイタリアの化学者 Luigi Rolla と Lorenzo Fernandes も独自に 61 番目の元素を発見し、フレンツェ Firenze (フローレンス Florence) にちなんでフロレンシウム (florentium) と名付けていた。しかしいずれもスペクトルのみの確認で元素の単離はできていなかった。

サイクロトロンが使われるようになると、1937 年に空白であった 43 番の元素がこれにより見つかったこともあって 61 番目の元素についても期待されるようになった。同じ年、オハイオ州立大学の Marin Liewellym Pool と Laurence Larlcin Quill はネオジウムに重陽子を当てて、61 番目の元素イリニウム-144 の半減期を 12.5hr と測定している。(しかし、実際には原子量が 144 近くで半減期が 12.5hr のものはない。彼らが一体何を測定したのか不明。) さらに、1941 年、オハイオ州立大学の H. B. Law、M. L. Pool、J. D. Kurbatov、L. L. Quill はネオジウムとサマリウムの試料に陽子を当て、得られた放射性物質の中に 61 番目の元素(このときも相変わらずイリニウムと表記)が含まれているのではないかと報告した。そしてこのグループはサイクロニウム (Cyclonium) という名前を提案していた。しかし、61 番目の元素の存在に決定的な証拠を与えることはできなかった。

このような紆余曲折があった後、1948 年、Jacob A. Marinsky と Lawrence E. Glendenin がオークリッジの原子炉の核分裂生成物の中から 61 番目の元素の確認した論文が掲載された。本当の発見

は 1945 年であるが核兵器の開発などの事情から遅れたのであろう。研究室の責任者の Coryell 博士も、61 番目の元素を発見したときの論文には 2 人のあとに名前を連ねている。

61 番目の元素はギリシャ神話のプロメテウス (Prometheus) にちなんでプロメテウム (Prometheum) と名前を付けられた。名付けるとき、Coryell 博士の奥さんがアドバイスをしたという話が残っている。その後、1949 年、IUC の会議中に、プロメテウムは慣例に合うようにと、プロメチウム (Promethium) と名前が変更された。

61 番目の元素、プロメチウム (Pm) は何故、プロメテウスにちなんで名付けられたか。プロメテウスにちなんだのは、「プロメテウスが人類に火をもたらし、プロメチウムは新しい原子の火の中から発見されたから」というのは想像に難くないであろう。また、どんな本にも記載されているので良く知られていることである。しかし、もう一つ意味を持っていることはあまり良く知られていない。それは、プロメテウスがその後、人に火をもたらした罰として岩にくくりつけられハゲタカに毎日襲われるようになってしまったように、新しい原子の火によって人類は戦争(恐らく核戦争)というハゲタカによって罰せられているという滅亡への危険の警告を示唆しているということである。このような意味を持っていること、すなわち彼らの平和への想いは残念ながら日本にはあまり伝えられていない。Coryell 博士らの人生を考えるとその想いはかなり切実なものであると考えられるのに……。

#### 2. Coryell 博士の生涯

Coryell 博士の人生はどのようなものであったか。

Coryell 博士 (Charles Dubois Coryell) は、モーズリーの予言の 1 年前の 1912 年 2 月 21 日にロサンゼルスで生まれている。1932 年にカリフォルニア大学を卒業し、1935 年カリフォルニア大学で博士号を取得。翌 1936 年、1930 年に結婚した妻 Meta と離婚し、1937 年 12 月 2 日に 2 番目の妻、Grace Mary Seeley と結婚する。この女性が、プロメチウムの名付けの助言をした奥さんである。1938 年まで Linus Pauling の大学院生として Caltech (カリフォルニア技術研究所) にいた。かなり有能だったらしい。カリフォルニア大学では 1938 年に UCLA の化学科に講師となってから 1940 年に助教授、1944 年に準教授と出世していく。この時は普通に物理化学や無機化学を専門とする科学者であった。

マンハッタン計画に参加するため、1942 年から 1943 年まではシカゴ大学金属研究部の核分裂生

成物研究室長になり、1943年から1946年には核分裂生成物分野の長としてオークリッジのクリントン研究室に勤めている（この間の仕事は密に行われていたらしい。1933年ごろから Chemical Abstract に少しずつ名前が毎年出てくるようになっていたのであるが、1944年と45年には1報も論文が発表されていない）。Coryell は計画に参加していたものの原子力を軍事目的としてより平和利用として使って欲しいと願っていた。このオークリッジの研究者達がトルーマン大統領に「原爆を日本に投下する前に、日本の軍関係者に見せて戦意を喪失させるように」との嘆願書を出していたのであるが、その嘆願書の準備を彼は手伝っていたのである。

1946年からマサチューセッツ工科大学の教授になった。その後、Coryell は原子力エネルギーを文民統制の元に置く運動で重要な役割を果たしている。例えば、彼は1958年、国連に核実験の即刻禁止を要求する嘆願書を提出して Pauling の手助けをしている。

また、1954年、Pauling がノーベル化学賞をもらう時、Pauling は反核運動を行っていたため危険人物とみなされ、パスポートが出なかった。その時、Coryell はパスポートを出すべきだと国務省旅券局に手紙を送っている。

一時期は千人の人間が放射性同位元素を用いた検査で助かる前に、百万人の人間が核戦争で亡くなるのではないかと悩んだりもした。でも1970年に原子力エネルギー委員会(ACE)の表彰を受けたとき、彼は放射線療法で自分自身を含む癌患者の延命に対しACEに感謝している。(尚、彼の業績を記念して1970年より Charles D. Coryell 賞が設けられている。)

5年間に及ぶ癌との長い闘いの後、1971年1月7日に New England Deaconess 病院で Coryell 博士は永眠している。まだ58歳という若さであった。

### 3. プロメチウムのその後

プロメチウムは彼らの発見の後、どのような運命をたどったのであろうか。

悲しいことに、日本では1954年に第五福龍丸の事件（アメリカがマーシャル諸島ビキニ環礁で行った核実験に遭遇し乗組員が大量の放射能を浴びてしまった事件）の際の「死の灰」の中から、プロメチウムが見つかっている。Coryell 博士や Glendenin 博士らはどんな思いであったらうか。記録を見つけることはできなかったが相当複雑な思いだったろうということは想像に難くない。

プロメチウムは、クロマトグラフィーの検出器としての利用も考えられたが、一番の利用法は夜光塗料であった。1960年代、それまで用いられて

きたラジウム夜光塗料に代わるプロメチウム夜光塗料が開発され、夜光時計の文字盤に使われた。この塗料は従来のもものよりも明るく、安く、安全性が高いことにより、最近まで使われてきた（最近では放射性物質を使わない夜光塗料が開発され、そちらが使われるようになってきた）。

他に1970年から現在まで蛍光灯をつけるための最初の放電を起こすグローランプとして使われている。このランプが登場することにより、蛍光灯の点きが格段によくなった。プロメチウムは「火」程の有用性はないにしても、「火」と同じように夜を明るく照すのに役立っていると言えよう。

また、最近ではプロメチウムによるアイソトープ電池の利用も考えられている。工業的には製紙の厚さ計にも使われている。

飛程の短いβ線を出すプロメチウムはきちんと管理し、正しく使えば正に「火」のように有益なものとなるのである。おそらくそれが Coryell 博士らの願いだったのであろう。

\*発見者及び命名者でもある J. A. Marinsky と L. E. Glendenin の二人については別の機会に(?)。

### 参考文献

#### プロメチウムの発見

- ・ウィークス, M. E., レスター, H. M. 著、大沼正則 監訳 「元素発見の歴史」3、原園 としえ 訳  
プロメチウム p. 910-912 朝倉書店、1990年
- ・Marinsky, J. A. and Glendenin L. E., "A proposal of the name promethium for element 61",  
Chem. Eng. News, 26, 2346-8 (1947)

#### Coryell の生涯

- ・Glendenin, L. E., "Obituary - Charles Dubois Coryell",  
J. inorg. nucl. Chem., 34, 1 - 11 (1972)
- ・Trimble, R. F., "Coryell, Charls Dubios", pp. 551- 553.  
in "American National Biography 5",  
Eds. Garraty, J. A. and Carnes,  
M. C. Oxford University Press, New York,  
1999
- ・The Nwe York Times Jan. 9, 1971 p. 30

#### プロメチウムの利用

- ・「夜光はわが社の使命だ! 『N夜光(ルミノール)』はこうして生まれた」  
化学 52(7) 12 - 17 (1997)

## 放射線影響の分かる講座

### (1) 放射線影響の全般について

(財)放射線影響協会前常務理事 斎藤 修

放射線の人体影響について、専門家向けではなく一般の人向けに4回連載で話をさせていただきます。今回は放射線影響と遺伝子の変化についてです。

## 1. 放射線の人体影響

—マクロとミクロの観点からのまとめ

### 1. 身体的影響

放射線影響には被ばく者自身の体に症状の出る身体的影響と、その人の子孫に影響の出る遺伝的影響があります。まず身体的影響について述べます。

#### 1-1. 急性障害と晩発障害

X線が発見された当初、人々は放射線の障害についての知識がなく、ウランの放射能を発見したベクレルは微量のラジウムをポケットに入れていて皮膚に紅斑ができました。X線管の製作技術者の皮膚炎、治療のためX線を照射した患者の皮膚炎、さらに潰瘍などが起こりました。脱毛は皮膚の3,000mSv程度、また紅斑は5,000mSv程度の被ばくで起きます。より大きい線量を被ばくすると、当然影響もより大きくなります。例えば全身に1,000mSvの被ばくをすると吐き気がして嘔吐します。また全身に4,000mSvの被ばくでは半数の人が、8,000mSvではほとんどの人が死亡します。

これらの症状を線量との関係で整理して示すと次の図のとおりです。

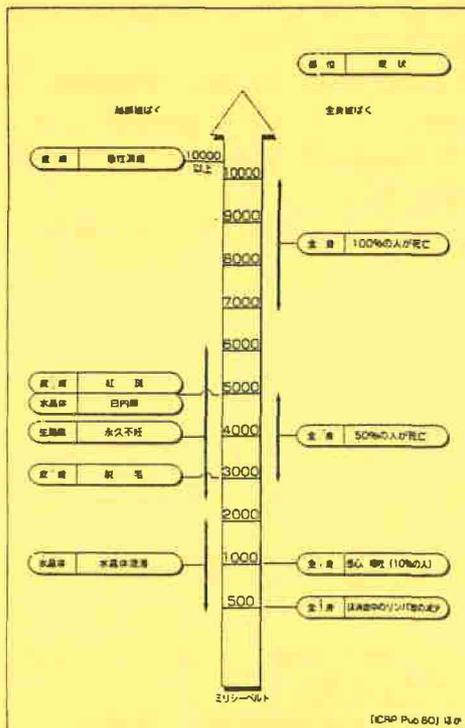


図1 大線量一時被ばくの症状

これまで説明した症状は、放射線被ばくから数週間以内に出るもので「急性障害」と言われます。放射線の影

響にはもう一つのタイプのものがあります。数ヶ月から数年後になって症状が出る「晩発障害」です。晩発障害はある時間の潜伏期を経て症状が出る障害で、白内障とがんがあります。例えば原爆被ばく者で眼に5,000mSvの被ばくを受けた人が、数ヶ月あるいは数年後に白内障になっています。がんの潜伏期は、数年ないし数十年です。

#### 1-2. 確定的影響と確率的影響

確定的影響は、ある線量以上の被ばくで影響の出るので、その境となる値をしきい値と言います。脱毛・白内障・不妊などがこれに当たり、しきい値以下では影響はありません。確定的影響では、線量が大きくなるとそれに応じて症状が重くなります。

一方確率的影響は、線量に応じて影響の出る確率が高くなるもので、放射線影響としてはがんと遺伝的影響がこれに当たります。確率的影響は、線量が少なくてもある比率で障害が発生するとされていますが、これはしきい値がないと確認されたからではありません。人が受ける放射線の線量は出来るだけ少なくしておく方が、より安全であるという放射線防護上の立場から、しきい値はないとして、つまりどんなに低い線量でもそれなりに影響があると仮定して、放射線防護の基準を決めているのです。

例えば原爆被ばく者のがんでも50mSv以下の被ばく者にはがんの過剰な発生は見られていません。また世界には、自然放射線が世界平均の2-3倍高い地域がありますが、これらの地域における疫学的調査でも特にがんなどの過剰な発生は認められておりません。このしきい値問題ははまだ未解決の問題です。

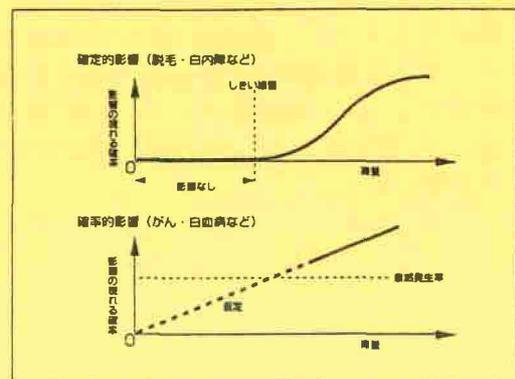


図2 確率的影響と確定的影響

#### 1-3. ホルミシス現象

少量の放射線は、生物の体にとって良い影響があるとの研究が話題になっています。米国ミズリー大学のラッキー教授は、1980年に低線量の放射線照射により、植物の成長・実験動物の寿命の延長などが認められると言うデータを集めて解析し、ホルミシス現象と名づけました。これを契機に多くの実験が行われています。例えば自然放射線の100倍ぐらいの放射線を毎日照射しながら育てたマウスは、放射線をあてなかったマウスと比較して、オスの場合100日間、15%寿命が伸びたという実験結果が報告されています。

「来年度から開催する教員を対象とするセミナーについて」

日時：2000年11月25日（土）13：00—17：00

場所：升本ビル2F 原産A会議室

1. 計画の概要 —松浦辰男（10分）
2. この計画でフォーラムに期待されていること——「総合学習時間」のエネルギー・環境教育への活用 —広井 禎（20分）
3. これまでの「原子力体験セミナー」における講座の実績と評価 —杉 暉夫（10分）  
討論（30分） 休憩・ビデオ鑑賞（30分）
4. 学校教育におけるエネルギー・環境問題・放射線教育の在り方と望ましい講義内容  
「自然を理解する基礎となる理科教育——人類の福祉・繁栄と地球環境」 —更田豊次郎（15分）  
「エネルギー・環境教育の今日的課題」 —飯利雄一（15分）  
「学校教育におけるカリキュラムのあり方について」 —原田忠則（15分）
5. 教育実践・教材などについて  
「教材作成に携わって」 —唐木 宏（15分）  
「原爆と原子力の平和利用——「総合的学習の時間」での題材として」 —松浦辰男（15分）  
「エネルギー・環境・放射線教育に関するテキスト・ビデオ等教材のリスト」 —事務局（15分）
6. 自由討論（30分）

懇親会

17：30—19：00

発表者の講演要旨

広井 禎：新教育課程に設置された「総合的な学習の時間」で放射線を取り上げれば、その多面的な展開の可能性、テーマの現代性、生活との関連の深さなど、まさにふさわしいテーマのように見える。しかし、いくつかの課題がある。この課題と、課題解決の道を検討する。

杉 暉夫：経緯：昭和47年から平成元年まで、科技厅主催で原研R I研修所と放医研で実施した。平成2年度から規模を拡大、原研東海研修センターの主催となった。平成9年度から、放振協に移管された。

内容：3乃至5日間の原研で実施するものと、1乃至2日間、地方で実施するものがある。講義のほか、前者では、東海研究所、東京研修センター、高崎研究所の設備を用いての実験と見学、後者では、機材を持ち込んで実験が行われる。実験機材：次の機材が持ち込まれる。

- 1)簡易GM管（参加者各自1台）2)ドライアイス霧箱（各自組立）3)簡易放電箱（同上）4)エアサンプラ（空気中の塵を集め線源とする）5)微弱線源（Am241、Ra226、Sr90、Cs137、Pm147）6)ガスマントル（Th232と娘核種を含む）7)各種

遮蔽材

これまでのセミナーの実績、参加者の意見・感想等は、「セミナー通信」No.1-22、「放射線と産業」No.76,87に報告されている。

更田豊治郎：「自然を理解する基礎となる理科」とは当たり前のことである。しかし、生徒たちはそのことをよく納得して授業を受けているだろうか。好むと好まざるとにかかわらず授業だから受けている、あるいは、進学のために必要だから受けている、などといった生徒が多いのではなからうか。あらゆる学科の教育に共通することであるが、それを学ぶことが、将来どれだけ自分のためになり、自分の楽しみを広げ、自分の世界を広げる可能性につながるものかを、よく教わっているだろうか。理屈で意義を知る以前に、学科に素朴に興味を持てることが望ましいのは言うまでもない。興味を持つことと意義を感じることにとはつながりがあり、生徒の向学心が伸びる程度は、学科の意義についての教師の認識と情熱にかかわっているところが大きい。

習得の程度は別として、それを学んだことが後に意味を持つような基礎・基本を教えることが

欠けてはならないと思う。放射線が自然の基本的な存在として理科で妥当に教えられていれば、特に放射線教育を強調する必要はない。「人類の福祉・繁栄と地球環境」の問題を例として、要点について考えてみたい。

**飯利雄一：** エネルギーと環境は、極めて密接な関係があり、環境問題の解決にはエネルギー問題の対応が必要である。その中で、石油の代替エネルギーや大気汚染、即ち CO<sub>2</sub> 対応のエネルギーとしての原子力の役割は大きい。原子力発電を「支持する」か「支持しない」かに拘わらず、原子力や放射線の正しい知識は、市民の科学的素養(科学的リテラシー)として必須である。これまでの環境やエネルギー(原子力)は、理科と社会科、家庭科、保健体育科など教科毎に、賛成論、反対論といった、それぞれの考え方で指導がなされ、生徒は何を理解すべきか戸惑うことが多かった。

エネルギーや環境の内容は多面性に富み、価値対立的なテーマも多く、単一の答えを求める教育では機能しない。従って、教科・科目の枠を外した多面的な課題として、自発的な判断を促す総合的な学習が望ましい。

エネルギー(原子力)や環境の学習は、その観点から考えると、知識や内容を効率よく教授し理解させるのではなく、子供たちに自由な課題で、互いに意見や主張をさせる討議やダイアログの活動を通じた主体的学習活動が大切である。同時に、これからの課題として、エネルギーや環境に対する公正な判断力や意思決定力等の能力、政策等の合意形成に対する資質の育成の教育も望まれる。

**原田忠則：** これまでの学校教育の中心的な課題は、現代社会に対応できる人材の育成であった。すなわち学問体系の知識を獲得し、その学習を通じて問題解決能力の育成をねらっている。そこでは答えが決まっている問題を大量に学ばなければならないが、結果として生徒の活動は、内容を理解し早く答えを見つけ出すことに終始する。

しかしエネルギー問題や環境問題は、自らの問題としてとらえ、未来に向けて答えを創造しなければならない現代的な課題である。これまでの発想とは異なる視点からの検討が必要となる。ここで必要となる学習内容は、体系化された知識を整理する過程で新たな問題の枠組み(自らの課題)を発見することである。まさに探求活動そのものである。探究の方法を修得させるカリキュラムを構築しなければならない。

教師の役割は、判断材料となる知識を獲得する

方法(調べ方)を指導し、調べた内容を判断するための視点(科学技術社会とは何か、)民主主義社会とは何か)を与えなければならない。このことについて筆者は、中学校の選択理科を利用し「原子力発電」をテーマに授業実践を行った。

**唐木 宏：** 私は、放振協の依頼で「原子力体験セミナー」や「教材等検討ワーキング・グループ」のお手伝いをしている。その基盤は長年の「物理教育体験」である。——この勉強会の趣旨に添うのでは?と思う諸例に触れる。

1. 市民の政治的判断・合意形成に役立つ
2. 1. の授業のために実験・実物提供
3. 2. を有効にする「授業実践」の紹介
4. セミナーは「教育現象」である。必然的に展開には双方向性が必要
5. 4. に応ずるために、黒板・実験準備の他に、もう1人の教師を加え、チーム・ティーチング流に展開
6. 受講生は、担当する教室での実践的教育力を短期間に習得しようと望む
7. 6. に有効なのは、10名以下のグループにチェアマンがついての実技を伴うワークショップ形式の展開。好評。
8. (他にワーキンググループでの考察において教材作成に触れる)

**松浦辰男：** 20世紀における最大の事件として特筆すべき原爆の投下は、日本人にとり不幸にも放射線・放射能との衝撃的な出会いであった。われわれは、多くの犠牲者を悼み、被爆者に深く同情するとともに、原子核エネルギーを人類のために平和目的にのみ有効利用するという理想を実現する上での種々の問題を真剣に反省すべき段階にあると思う。原爆はこれまでの学校教育ではいわゆる平和学習としての面から取り上げられてきたようであるが、「総合的な学習の時間」に取り上げて、放射線や原子力に関する基礎的知識を正しく学ぶとともに、このような悲劇に至った歴史と今後のエネルギー問題、国家・社会のあり方についてなど多方面から客観的に学ぶべき好個の題材である。原爆をこの様に学校教育で取り上げる場合、いくつかのアプローチがあると思うが、今回は純粋に科学的立場からの次の2つのテーマをご紹介します。(1)は原爆で放出された放射能とチェルノブイリ事故での放射能の放出量との比較、(2)は原爆被曝者のデータから、低レベル放射線影響における「しきい値なしの直線的仮説」の成否に関する貴重な情報が得られること、である。

日本での実験でも、低線量の X 線を照射したマウスと照射していないマウスに高線量の X 線を照射した場合、事前照射のあった群れの生存率が高くなる結果が得られました。低線量の放射線を照射する事により、放射線に対する抵抗性を獲得したのです。

この現象のメカニズムはまだ良く解明されているわけではありません。今後の一層の研究が待たれます。

#### 1-4. 胎児への影響

母親の胎内にいて被ばくした胎児への影響も身体的影響に入りますが、大人の場合とかなり様子が異なります。この問題については胎児の項で述べます。

### 2. 遺伝的影響

被ばく者の子孫に出る影響を遺伝的影響と言います。ショウジョウバエの実験で線量に比例して突然変異が認められましたが、人では広島・長崎の原爆で大量の放射線を被ばくした場合でも、放射線による影響は認められておりません。詳細は遺伝の項で説明します。

### 3. 放射線による遺伝子の変化（遺伝子突然変異）

今までは身体レベルでの放射線影響について論じてきましたが、次にミクロの分子レベルでの影響について考えてみましょう。放射線影響を理解するには分子レベルの考察が必要です。

#### 3-1. 遺伝子

遺伝子は親から伝えられた重要な情報を持ち、生物の体の形成・発育・維持をつかさどるものです。人は 6-10 万種類の遺伝子を持つとされています。遺伝子を形成しているのが、デオキシリボ核酸という化学物質です。普通には英語の頭文字をとって DNA と呼んでいます。

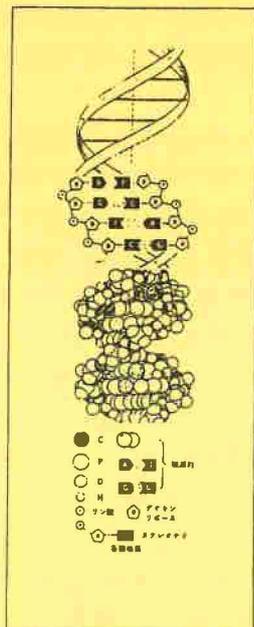


図3 DNA の構造

遺伝子の分子は二本の長い鎖がねじれあったもので、この二本の鎖を化学物質である塩基が繋いでいます。塩基にはアデニン (A)、グアニン (G)、シトシン (C)、チミン (T) の 4 種類があり、A は T と、また G は C と互いに結びついています。この 4 種類の塩基 A,T,G,C の並ぶ順序によって、アミノ酸が決まり、それによつてタ

ンパク質が決まります。生物は、細胞内で遺伝情報に基づいて各種のタンパク質を合成しているのです。具体的には塩基 3 個の組み合わせでアミノ酸が決まります。例えば ATT という配列はイソロイシンを示します。人の細胞は 20 種類のアミノ酸に対応する塩基の組み合わせを持っています。

タンパク質は、生物の体を形成する重要な要素ですが、同時に出来上がった体の働きを制御する役割も果たしています。例えば、生体内の反応を促進する酵素もタンパク質であり、ホルモンもほとんどがタンパク質で出来ています。

表1 遺伝暗号表

塩基	アミノ酸	塩基	アミノ酸	塩基	アミノ酸	塩基	アミノ酸
TTT	フェニルアラニン	TCT	セリン	TAT	チロシン	TGT	システイン
TTC	フェニルアラニン	TCG	セリン	TAC	チロシン	TGC	システイン
TTA	ロイシン	TCA	セリン	TAA	ナンセンス※※	TGS	ナンセンス※※
TTG	ロイシン	TGG	セリン	TAG	ナンセンス※※	TGG	トリプトファン
CTT	ロイシン	CCT	プロリン	CAT	ヒスチジン	CGT	744* コ
CTC	ロイシン	CCG	プロリン	CAC	ヒスチジン	CGC	744* コ
CTA	ロイシン	CCA	プロリン	CAA	グロタミン	CGA	744* コ
CTG	ロイシン	CCG	プロリン	CAG	グロタミン	CGG	744* コ
ATT	イソロイシン	ACT	トレオニン	AAT	アスパラギン	AGT	セリン
ATC	イソロイシン	ACC	トレオニン	AAC	アスパラギン	AGC	セリン
ATA	メチオニン※	ACA	トレオニン	AAA	リジン	AGA	744* コ
ATG	バリン	ACG	トレオニン	AAG	リジン	AGG	744* コ
GTT	バリン	GCT	アラニン	GAT	アスパラギン酸	GGT	グリシン
GTC	バリン	GCC	アラニン	GAC	アスパラギン酸	GGC	グリシン
GTA	バリン	GCA	アラニン	GAA	グロタミン酸	GGA	グリシン
GTG	バリン	GCG	アラニン	GAG	グロタミン酸	GGG	グリシン

※ : メチオニンはタンパク質合成の開始点となる。

※※ : ナンセンスはタンパク質合成の終了点となる。

#### 3-2. 放射線と遺伝子の損傷

放射線は電離作用を持つ事はよく知られています。中でも重要なのは細胞の働きをコントロールする遺伝子に対するものです。放射線が遺伝子に当たると、遺伝子を構成する鎖の結合を、電離作用により切りはなします。分離された遺伝子の大部分は、修復酵素の働きにより修復されますが、大量の放射線を受けて分離の数が多いと、完全には修復できません。また両方の鎖が同じ場所で切れる二重切断が二個以上で起きると、間違っで鎖がもとと異なる場所で繋がれるという、修復間違いが生じます。この結果として遺伝子が元のものと異なった構成になる、いわゆる突然変異が置きます。遺伝子に突然変異が起きると、元と異なるタンパク質が出来る場合があり、何らかの障害の原因になることもあります。がんはこの遺伝子突然変異が最初のきっかけとなって起きると考えられています。

#### (参考文献)

1. 国際放射線防護委員会の 1990 年勧告、日本アイソトープ協会、東京、1991
2. 原爆放射線の人体影響 1992、放射線被曝者医療国際協力推進協議会編、文光堂、東京、1992
3. 最新医学大辞典、医歯薬出版、東京、1987
4. 岩波生物学辞典、岩波書店、東京、1983
5. 遺伝子とガン、日経サイエンス、東京、1994
6. 遺伝学辞典、共立出版、1975

## 会員の声

### 原子力PAを考える会のめざすもの、 そしてフォーラムへの期待 関本順子

私達「原子力PAを考える会」は2年前から活動を開始した主婦のグループです。会員全員が、専業主婦として子育てを経験し、うち何人かは子供達を立派な社会人として、世に送り出しました。未来を担う子供達を育てることがどんなに大切なことを理解し、経歴や肩書きを捨て主婦として生きてきました。そして子供達が成長し時間的余裕が少しできた頃、また『学ぶ』喜びを求めて集まりました。会員の配偶者が原子力関係だったため、「夫が携わる原子力のことを何も知らないのはおかしい」ということで、放射線・原子力の勉強を始めました。

夫が原子力の専門家だというのに、初めは放射線と放射能の違いもわかりませんでした。でもこれが現実なのです。現在使われている中学校理科Iの教科書には、エネルギー源の一つとして原子力発電がでてきます。そこに放射線という『言葉』はでてきますが、放射線が何なのかの詳しい説明はありません。高校の物理を選択すれば放射線と放射能の違いからその種類まで詳しく勉強できますが、化学・生物・地学を選択すれば放射線について勉強できません。

私は子供のお友達のお母さんたちとおしゃべりをしていて、いろいろ驚くことがあります。ほとんどのお母さんが周りに放射線はないと思っています。放射線にあたりと病気になる、放射線にあたりと体の中にたまっていくと思っている人もいます。芽止めたジャガイモは放射能が残っているので食べないほうがいい、放射能が飛んでくると干していた蒲団にくっついてしまうのではないかと。何も知らないから不安ばかりが大きくなります。子供の社会の教科書には原爆投下後の広島悲惨な写真が載っています。そして起こったJCO事故。

私達PAの会員は勉強をしていくうちに、放射線の有益な部分と有害な部分を、少しですが知ることができました。放射線は一度に大量浴びると非常に危険ですが、知識を持って上手に使いえば大変役にたつものです。まるで料理に使う包丁のようだと思います。放射線を使った病気の診断と治療、医療用具の滅菌、プラスチックの強化、飛行機の非破壊検査など、私達の暮らしに放射線は

もう欠かすことができません。一方で多量に浴びてしまった時の悲惨な障害も知りました。このような知識をまわりの友人にも広めたいと思い、お茶を飲みながら話をしたりしています。

さらに多くの人達に話を聞いてもらいたいと思い、横浜市青葉区あざみ野で講演会を3回開催しました。専門家の先生を講師にお招きして、第1回自然放射線、第2回暮らしの中の放射線、第3回医療放射線をテーマに行いました。毎回30人以上の参加があり、初めて知る放射線の知識に、みなさん興味を持たれます。「機会があればまた勉強したい」という感想を書く人もたくさんいます。しかし参加したみなさんが初めて知る放射線の知識は、繰り返し学習しないと一過性のもので終わってしまいます。講演会を繰り返し開催する必要があると考えています。

地元の中学校での総合学習の一つとして、放射線の授業をする機会にも恵まれました。子供達はじめて知る放射線の世界に興味を示しました。放射線について正しい知識をもった子供達の将来が楽しみです。しかし現在の教育の現場に放射線教育を加えることは、教員に放射線の知識がほとんどないこともあり難しいようです。

しかしこれらの活動もあとに続けるのが難しいです。私一人の個人的活動に終わってしまい、多くの人々の力を借りないと発展させることができません。

資源が乏しいのに電気を大量に消費する日本は、まだ当分の間原子力発電に頼らざるを得ないでしょう。それなのに原子力という言葉は嫌われ、優れた人材が集まりません。日本人は他のどの国の人達より医療放射線をたくさん浴びているのに、そのことは問題にしません。一方、自然放射線に比べて極々微量の放射線しかでない原子力発電所が、大きな社会問題になっています。放射線の正しい知識を広めることがとても大切なのは明らかなのに、なぜ専門家の先生は市民との対話に無関心なのでしょう。

さまざまな疑問が浮かんできますが、世論を動かすには私一人の力では限界があります。市民レベルでの放射線教育の普及に賛同して下さるフォーラムの方々の協力をお願いしたいと思っています。そして市民レベルでの活動に携わる者同士の横のつながりを作っていきたいと考えます。孤立しては大きな活動には発展できません。

2000年度放射線教育フォーラム研究会  
(国立がんセンター見学会) 参加記  
千葉県立船橋高等学校 物理科教諭 船田 優

さる10月18日(水)に2000年度放射線教育フォーラム研究会(国立がんセンター見学会)が開かれました。以下はその参加記です。

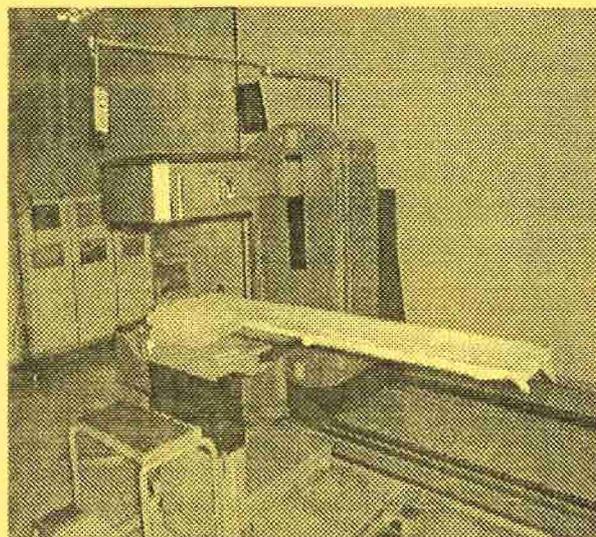
参加者は(敬称略で紹介します)放射線フォーラム会員の荒谷美智(環境科学技術研究所)、飯利雄一(日本原子力産業会議)、大野新一(理論放射線研究所)、大橋國雄(千葉大名誉教授)、河村正一(神奈川大総合理学研究所)、小林慎江(前京大原子炉)、白形弘文(日本エクス・クロン)、下道國(放医研)、杉暉夫(日本原研東海研修センター)、関本順子(塾経営)、高木伸司(神奈川大理学部)、唐木宏(前攻玉社高校)、畠山正恒(聖光学園中学高等学校)、更田豊治郎(日本海洋科学振興財団)、松浦辰男(立教大名誉教授)、松林秀彦(日立製作所原子力事業部)、宮澤弘二(東京家政大付属女子中・高校)、山寺秀雄(名大名誉教授)、山田奈緒美(セイコー・イージーアンドジー)、小川由美子(放射線教育フォーラム)、フォーラム会員以外から、神谷敏行(神奈川県綾瀬高校)、井上賢(駒場東邦高校)、右近修治(神奈川県城郷高校)、北川千秋(日本エクス・クロン)、車田浩道(三浦高校)、徳永恵理子(日本女子大付属高校)、平野弘之(神奈川県厚木高校)です。

集合は15時、国立がんセンター研究所の1階にあるセミナールームでした。地図を用意していただいたのですがファックスにしては小さく、わかりにくかったために迷った人が多かったようです。わたしも、病院の方へ向かってしまい、運悪く工事中でしたので、細い路地を通り抜けて研究所入り口に辿り着きました。14時30分に東銀座駅に到着していたのが幸いして遅れずにすみました。

放射線の施設ということで怖がる人もいるかもしれませんが、施設の放射線量測定結果を報告します。あらかじめ、放射線測定器を持っていきました。結果は0.050ミリシーベルト(セミナールーム、建物の廊下)でした。この値は東京の年間平均放射線量である0.043ミリシーベルトに比べ大差ありません。放射線の施設だからと言って、そこかしこに放射線が満ち満ちているわけではありません。

写真はR Iの写真撮影装置。この他に最新式のMR I

装置があります。これらのデータはスパコンで管理され、端末で瞬時に取り出すことができます。診断部の楠本先生に健康な骨と老化した骨を対比して見せていただきましたが我々のイメージとは逆に健康な骨が白く写り老化した骨が黒く写っていました。肺ガンの写真も見せていただいたが「こんなにはっきり写っている」という写真を我々が見ても「えっ何処」と疑問に思うくらいでした。素人や慣れない医者では判断できないという。経験の問題で、誤診とはいえないとか。



森山先生には血管撮影、カテーテルの話。形状記憶樹脂を用い、右回転、左回転、押す、引くだけで複雑に曲がっている血管の中へ管を差し込んでいくというもう名人芸としかいいようのない話をさせていただきました。「特許をとっていれば」という声が切実でした。とっていれば外国から高く買わずにすみました。

加賀美先生には治療の現状、手術しかない状態から放射線治療と併用するという治療の選択肢が増えた話、外国では物理スタッフがいて計画を立てられる話、昔はラジウム照射にまる一日かかったが、今はイリジウム照射になり、10分以内になった(90年代)話、シエルのいろいろを見せていただきました。千葉の放医研で重粒子を特定の深さで留めるようにしているのに比べ健康な部分に当たる放射線が多いようです。

研修会のおみやげとして、がんセンターのパンフレット「骨髄バンクにご登録下さい」「入院案内」「外来受診のご案内」「医療情報コーナー設置について」「情報サービスについて」をいただきました。皆に紹介するつもりです。横浜の人たちも一緒になって持ち帰っていました。サークルで紹介するそうです。

## 委員会だより

### 医療系教育機関における放射線教育の 実態調査専門委員会の活動状況 委員長 大橋國雄

本委員会は、現在、医療関係従事者のうち看護婦（士）を対象にその教育機関における放射線教育の実態並びに看護業務に就いた後の関連する研修等の受講状況について調査を行う作業を進めている。日本看護協会の看護職養成機関調査リスト（平成12年）によれば、全国の教育機関数は、看護大学83、看護短期大学58、看護婦・看護士学校479校に及ぶ（准看護婦養成機関は含まない）。当面、網羅的な調査は考えず、本年度は、先ず2乃至3県を対象に試験的に看護職養成機関において放射線関連教育がどのように行われているかアンケート調査を行う予定である。アンケート調査に関する基本的な考え方については委員の間で了解が得られ、現在それに基づいて具体的な設問や回答肢の作成作業を行っている。放医研で実施されている放射線看護課程の受講生を対象にしたアンケート調査を参考に就業前後の放射線教育の実態調査も行う予定である。

### 〈原稿募集の案内〉

放射線教育フォーラムでは会員皆様からの寄稿をお待ちしております。「会員の声」は、学校教育の場での体験談、新聞・雑誌の記事に対する感想、研修会等の参加記など、多少とも放射線・原子力・エネルギーに関するものなら何でも結構です。率直な考えを發表し合う場にしましょう。長さは問いませんが1,000字以内を一応の目安とします。E-mailでの寄稿は大野 (ohno-trl@01.246.ne.jp)か小高 (mkotaka@nr.titech.ac.jp)までお願いします。「放射線・放射能ものしり手帳」は放射線にかかわる難しい事柄を親しみやすく面白い読み物にしようとするもので、皆様からの自信ある作品を期待します。(図表を含めて2,000字以内)

また別に会員の論文発表の場であるジャーナル「放射線教育」への投稿もお待ちしています。詳しくは最近号を参照して下さい。

### 〈会務報告〉

- 6月28日 第3回総務幹事会 (TEPCO 銀座館、10名)
- 7月5日 第1回拡大幹事会勉強会 (大妻女子大、42名)
- 7月24日 第3回教育課程検討委員会 (科学技術館、6名)
- 7月25日 第4回総務幹事会 (原安協、11名)
- 8月5日 第2回実験教材委員会 (中村理化、6名)
- 8月11日 第4回教育課程検討委員会 (科学技術館、8名)
- 9月8日 第5回総務幹事会 (原産第3会議室、11名)
- 9月29日 第3回編集委員会 (東工大、6名)
- 9月29日 第5回教育課程検討委員会 (科学技術館)
- 10月7日 第3回実験教材委員会 (中村理化、7名)
- 10月18日 国立がんセンター見学会 (27名)
- 10月24日 第6回総務幹事会  
(升本ビル2階原産A会議室、8名)
- 10月27日 第6回教育課程検討委員会 (科学技術館、6名)
- 11月10日 第4回編集委員会 (東工大、8名)
- 11月14日 第1回リスク検討委員会  
(升本ビル2階原産A会議室)
- 11月25日 第2回拡大幹事会勉強会  
(升本ビル2階原産A会議室)

## 〈お祝いのお知らせ〉

本会副会長の更田豊次郎氏(元日本原子力研究所副理事長、日本海洋科学振興財団)は、秋の叙勲でこれまでの原子力研究の進展に貢献された顕著な功績により、「勲三等旭日中綬章」を受けられました(11月)。

## 〈フォーラムの事務所が移りました〉

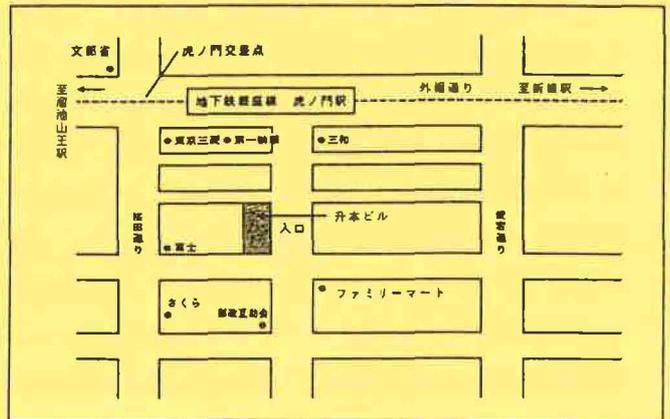
放射線教育フォーラムの事務所が9月25日より下記の所に移転しました。電話、Fax番号、E-mailに変更はありません。新事務所は地下鉄銀座線虎ノ門駅の1番または4番出口から徒歩1分の所にあります。

会員の皆様、どうぞいつでもお気軽にご来訪ください。

新住所：〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-7-6 升本ビル2階

Tel/Fax : 03-3591-5366

Email : mt01-ref@kt.rim.or.jp



## 〈あとがき〉

今回より新しく編集委員会に加えていただくことになりました。前回と今回、ニュースレターに「放射線・放射能ものしり手帳」の寄稿させていただいたのが、結果的に初仕事となりました。まだまだ未熟者ですが、皆様にとって有益なニュースレターができますよう精一杯頑張らせていただきますので、よろしくお願いします。(坂内忠明)

編集 放射線教育フォーラム編集委員会  
委員長 大野新一 (理論放射線研究所)  
菊池文誠 (東海大理学部)  
小高正敬 (東工大原子炉工研)  
村主 進 (原子力システム研究懇話会)  
中村佳代子 (慶応大医学部)  
坂内忠明 (放医研第4研究グループ)  
村石幸正 (東大教育学部附属高)  
渡利一夫 (放医研特別研究員)  
顧問 今村 昌 (理研名誉研究員)  
発行 放射線教育フォーラム(会長有馬朗人)  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-7-6 升本ビル2階  
Tel/Fax 03-3591-5366  
E-mail t01-ref@kt.rim.or.jp