

放射線教育フォーラム ニュースレター

No.17 2000.7

「進歩の概念」を先送りした新指導要領

放射線教育フォーラム副会長
山口 彦之



今日、私たちも含めて先進国の住民の大半は、遠い先祖の大多数に比べると贅沢に暮らしている。安楽になればなるほど、人々は保守的になって新しいものに挑む意欲はなくなっていくのではないかと心配される。技術社会が動いていく方向をみても、仕事は減り、寿命は長くなり、余暇が増え、いずれも科学や技術に向かう意欲を奪ってしまうかもしれないのではと思われる。社会学者のオルテガ・イ・ガッセトは、人類を2種類——自分に課題を与えて困難や義務を積み上げる人たちと、自分に取り立てて何も求めず、自然体で生き完成に向かう努力などを自分に課さず、波間に浮んでいるだけの人たち——に分けている。わたくしたちの社会は多岐にわたる個人の集団であり、人間の性格を2つに分けるとするのは厳しい評価になるかもしれない。だが、この2つの混じり方によっては、全く別の未来がもたらされることが予想される。各国の政府は依存性と無気力の文化が成長しないように、技術革新を刺激し、それを活かす経済環境を創出しようとしたり、教育改革をおこなおうとしたりしている。

わが国でも、基礎教育が強調され、小・中学校で2002年度、高校で2003年度から新しい学習指導要領が導入される。今回の特徴は、週休2日制の導入と「ゆとり」のある教育のための学習内容の厳選にあり、各教科とも学習内容が平均3割ほど削減された。しかし、削減について教育理念が明確でなく、削減のされ方に矛盾があったり、小・中・高校間の連携が考えられていなかったり、改革とは逆の方向に動こうとしている。たとえば、「質量と重さ」という基礎基本が小・中学校から高校に移行され、義務教育からなくなる。同じように、イオンや電子の流れといったことは化学反応や電気、放射線の本質を理解する上で欠かせないが、目に見えないもの、あるいは抽象的な概念で理解するのに時間がかかるとして中学校から高校に移行してしまう。小・中学校から高校へ移行する項目の中には、高校での理科科目の選択によっては生涯学ばないものも出てくる可能性がある。たとえば、進化は中学から高校へ移るから、高校で理科総合Bか生物Iを選択しない限り学ばない。ダーウィンとウォレスによる自然選択による進化という原理の発見は、進歩の概念を提供し、20世紀の社会にテクノロジーの発達をもたらしたものである。進化という言葉だけを単にアニメ、ポケモンで覚え、進歩の概念は正しく理解できずにとどまるだろう。

最近、進歩を促す力であっても、末端の利用者や政策担当者の科学についての知識が衰えると、取り返しのつかない災厄につながる例を経験するようになった。テクノロジーによるシステムがどんどん精巧で強力になれば、その分、故障や微妙な不具合が起りやすくなるとともに、その故障の結果が影響する範囲も大きくなるからである。新学習要領は理科だけでなく、算数・数学でも多くの問題があると指摘されている。問題点は速やかに改善すべきである。

1999 年度第 2 回勉強会報告
「JCO 事故を中心として」の講演要旨

紹介者 (本会顧問) 篠崎善治、今村 昌

会員の要望に応えるため、講師の先生方には無理を承知の上で、私が直接電話でお願いしたところ、皆さんお忙しい、困難な状況の中で、快く承諾され、このような会が持たれたこと、感謝に堪えない。なお、(賛助会員) 東京映画社が好意的に研究会の様子を撮影・編集したビデオもあり、実費で入手できるので、希望者は事務局に問い合わせられたい。成り行き上、総合司会を頼まれたので簡単に紹介する。詳細については、フジサンケイグループ月刊雑誌「エネルギー」5月号に伏見、青木両先生、6月号に有馬先生の講演内容が掲載されているので、是非ご覧頂きたい。(篠崎)

1. 「原子力の原点を考えよう(会長 伏見康治氏講演)」

原子力研究の黎明期には、有名な原子核物理学者・菊地正士、嵯峨根遼吉両先生でもラジウム取り扱い中に誤って大量の汚染被曝事故を起こし、ご自身も若い頃、加速器を用いた2年間の中性子実験で、遮蔽不備のため、かなり大量の放射線を被曝し、心配したが、ちゃんと子供も生まれ、90歳を越えてまだ元気であること、菊地・嵯峨根両先生も70歳前後まで、ともに元気で活躍されたこと。我国の原子力がこれら先駆者たちの失敗や事故の反省の上に立った安全管理知識の積み重ねでこれまで無事に発展を遂げてきたこと。今回の事故は、多年の無事故運転がもたらした安全管理意識の欠落が原因と考えられること。昨年の国際放射線教育フォーラムに参加した黒田博士のアフリカ・オクロ天然原子炉の話、ウランがある量以上集まれば、大規模の原子炉でなくても、臨界核分裂反応が起こり得る貴重な教訓として示した。(篠崎)

2. 「緊急被曝医療体制(原子力安全委員 青木芳朗氏講演)」

先生が放医研時代から執念を燃やして確立した事故時の緊急被曝医療体制が辛うじて今回の事故に間に合ったこと。今回の事故は中性子線放出が主であり、臨界反応により、生成された核分裂生成物の放出量とその周辺住民ならびに環境に対する影響は無視し得る程度であったこと、沈殿槽に

高濃度のウラン溶液を許可量よりはるかに大量に注入する作業に従事した3人の作業員が最大の被害者であり、緊急被曝医療チームの治療対象者であったので、彼等の救急治療の経過と現状および問題点を示した他、事故時の放射線被曝の人体影響については、広島、長崎の原爆被曝者の40年を越える追跡調査結果から、遺伝的影響、発癌等を含めて、0.2グレイ以下の放射線被曝では、実質的被害はないと考えられるが、精神的ケアを含めた、定期的健康診断の実施は望ましく、今回の事故ではこの3人以外の放射線被曝者は幸いにして全員このグループに属することを示した。(篠崎)

3. 「JCO 事故について(東海大教授 朝岡卓見氏講演)」

JCOは六フッ化ウランを原料として、最終的に常陽の核燃料原料である硝酸ウラニル溶液を製造する工場、もともと1バッチとしては臨界反応の起こらぬ量(ウランとして2.4kg)しか処理できぬ装置で許可を取っていたにも拘らず、1バッチ16.6kg(許可の7倍量)を処理しようとしたため、臨界反応が起こり、瞬時に大量の中性子線を放出し、その後は急激に減少したが、沈殿槽冷却水の中性子反射作用により、核分裂反応は継続し、中性子線の放出は約20時間続いた。臨界反応を起こしたウラン量は約1mgと推定され、これは100万キロワットの原子力発電所で1日に起こるウランの核分裂量の400万分の1に過ぎない。それでもあのような悲惨な事故を起こしたわけで、2度とこのような事故を起こさぬため、原因の徹底的究明、安全管理体制の確立が急務であると結論した。(篠崎)

4. 「放射線教育の問題点について(前文部大臣・科技庁長官 有馬朗人氏講演)」

長年教育に関する審議会などの委員として理科教育の改善に努められた有馬氏は、現在の日本の科学、技術の足腰が、欧米に比べて弱くなってきていることを指摘された。氏の科学技術庁長官の任期切れの寸前に起こったJCOの事故はその典型的な例である。このようなことは、職業教育(専門教育)を徹底させ、「ものづくり」や安全対策に「規制緩和」などという手抜きをしないようにしてはじめて達成できることを力説された。(今村)

月刊「エネルギー」(日本工業新聞社) No.5 と No.6 に掲載されている講演内容については、希望者に実費でコピーをお分けできますので、事務局に申し込んで下さい

中学・高校の先生のための放射線・放射能
セミナー（第10回）
放射線による医療用具の滅菌

東京都立産業技術研究所
細瀬和成

1. はじめに

病院感染やエイズの社会的な問題の高まりとともに、ディスポーザブル医療用具の使用量は急激に増加し、その市場は7千億円規模に成長しているといわれている。

このディスポーザブル医療用具の発展を支えてきた技術としては、医療用具の材料に使われるプラスチック加工技術とともに、滅菌技術があげられる。特に、滅菌技術については、1970年代では酸化エチレンガス滅菌が、1980年代では放射線滅菌の研究が盛んに行われ、多くのディスポーザブル医療用具に採用されてきた。

そして、滅菌法の割合は、過去においては酸化エチレンガスが圧倒的なシェアを占めていたのが、1997年に放射線滅菌が50%を越え、酸化エチレンガス滅菌をはじめて上回った。

また品目別に見てみると、生産されている注射筒の97%が放射線滅菌されている（図1）。人工腎臓透析器にも93%と放射線滅菌が利用されている。このように、放射線滅菌がディスポーザブル医療用具の滅菌に多いに利用させるようになった理由は、放射線滅菌の利点に負うところが大きい。すなわち、

- ①滅菌の確実性が高い
 - ②冷滅菌法である（常温処理）
 - ③最終包装のまま滅菌が可能である
 - ④化学処理でないため、残留毒性がない。
 - ⑤連続処理が可能である。
 - ⑥工程管理が容易である
- などの利点がある。

2. 放射線滅菌の原理

放射線には、X線、 α 線、 β 線、 γ 線、中性子線、電子線、宇宙線などがある。

この放射線には、

- ①物質を透過する（透過作用）、
- ②原子・分子を電離する（電離作用）、
- ③蛍光体を発光させる（蛍光作用）、
- ④フィルムを感光させる（写真作用）

などの作用がある。このうち、①と②の作用が放射線滅菌の原理に利用されている。

放射線滅菌は、用いる放射線によって、 γ 線滅菌、電子線滅菌、X線滅菌と具体的に呼ばれている。

3. γ 線滅菌

放射線滅菌といえば、 γ 線滅菌のことが言われるように、世界的にも γ 線が多く利用されている。

現在、世界47カ国で190の γ 線施設が稼働している。

1) 定義

γ 線滅菌とは、「 ^{60}Co 又は ^{137}Cs などの放射性同位元素から放出される γ 線を照射することによって微生物を殺滅する方法」と定義される。

2) わが国の施設

わが国では、茨城県、群馬県、山梨県などに民間の γ 線滅菌施設（7施設）がある。その代表的な γ 線滅菌施設を図2に示す。

照射方式は、

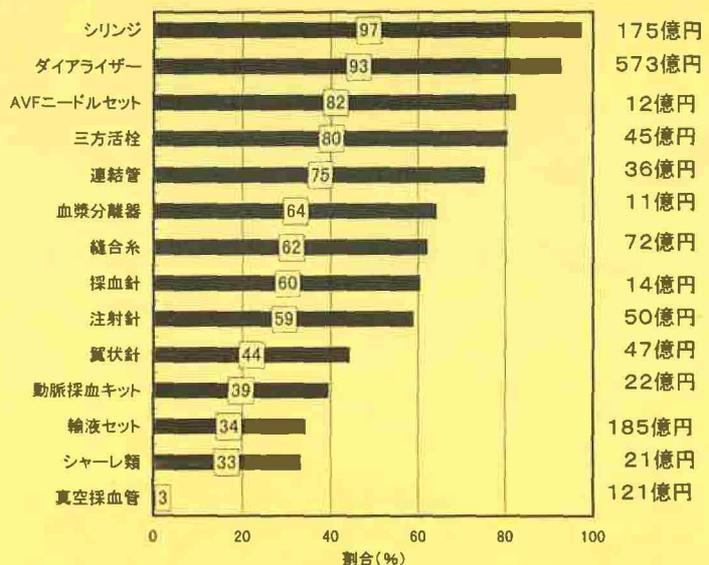
- ①コンベヤーなどで製品が照射室に運ばれる、
 - ②照射室では、コンベヤーの横にセットされた ^{60}Co からでる γ 線が製品に照射される、
 - ③照射後は、コンベヤーによって製品が搬出口に運び出される、
- という方式が採られている。なお、この滅菌には数時間がかかる。

照射室は厚さ1~2mのコンクリートで覆われ、放射線が外に漏洩しないように建設されている。この照射室に作業員が入る場合には、 ^{60}Co 線源は照射室の地下にある水深8mの線源貯蔵プールに格納される。

4. 電子線滅菌

電子、陽子、イオンなどの荷電粒子を加速して運動エネルギーを得る粒子加速器が発明されたのは、

図1 品目別生産量(97年推定)と γ 線滅菌の比率



1930年代であった。1956年には、電子線加速器を用いて腸線縫合糸の滅菌を米国の民間企業が試みている。その後、ハイテクノロジーの進歩にともなって、性能や安定性の優れた高エネルギー電子加速器が作られ、現在では世界111か国で26の電子線加速器が稼働している。

1) 定義

電子線滅菌とは、「電子加速器から放出される高速電子を照射することによって微生物を殺滅する方法」と定義される。

2) わが国の施設

わが国では、茨城県、群馬県、大阪府などに民間の高エネルギー電子加速施設（6施設）がある。

照射方式は、基本的には γ 線と同じであるが、異なる点としては、

- ① ^{60}Co 線源の代わりに、電子加速器が設置されている。
 - ②電氣的に放射線を発生するため、電源を切れば照射室に入室することができる。このため、線源貯蔵プールは必要ない。
 - ③線量率が高いため、滅菌時間は分（または秒）単位で完了する。
- などがあげられる。

3) わが国での電子線滅菌済み製品

電子線滅菌される製品は、手術用手袋、ナイロン製縫合糸、カニューラ型ディスプレイ留置針、

ディスプレイ用ちつ鏡、ガーゼ付絆創膏、不織布製ガウン、不織製ドレープ、不織製覆布、プラスチック製シャーレ、培養ピンなどが電子線滅菌されている。 γ 線と比べると電子線滅菌されている製品はまだ少ないが、将来的には、電子線滅菌される製品は増えて行くものと考えられている。

5. X線滅菌

現在、X線滅菌は実用化されていない。しかし、X線滅菌の研究が盛んに行われ、実用化の日は近いものと考えられる。

1) 定義

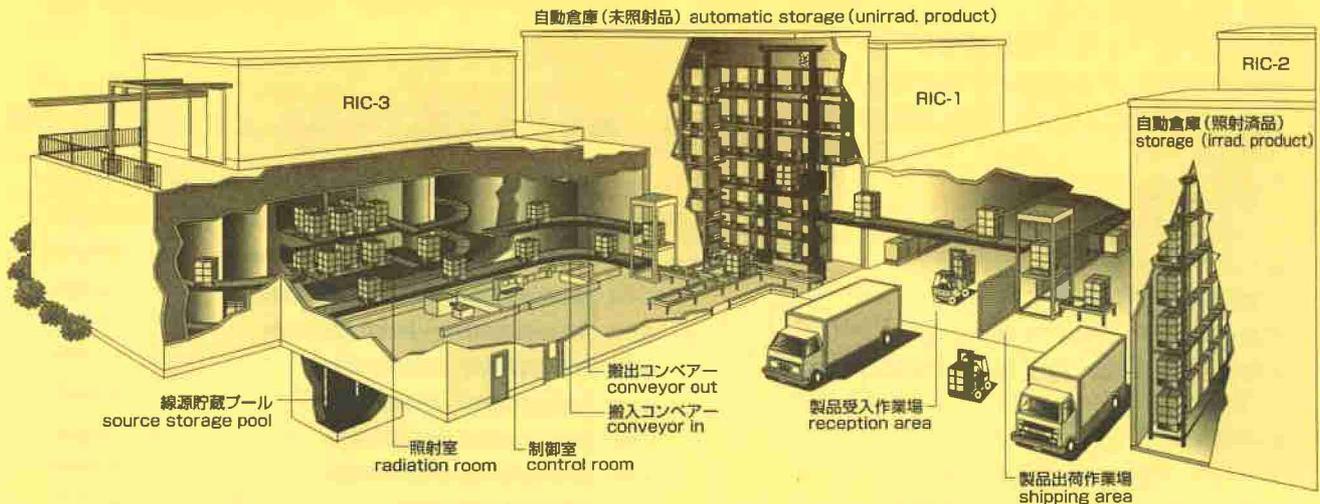
X線滅菌とは、「電子線を変換したX線を照射することによって微生物を殺滅する方法」と定義される。

2) わが国の施設

電子線施設のうち4施設で変換X線の照射が可能である。電子線加速器の照射窓下部にX線ターゲットを設置することによって、X線を発生させることができる。

以上、ディスプレイ医療用具の滅菌の立場から、放射線滅菌について述べてきたが、社会的に大きな問題となっている医療廃棄物の処理にも放射線滅菌の利用が考えられている。

図 2. γ 線滅菌施設(ラジエ工業(株)提供)



メルクリウスと金 一錬金術の話一

放射線医学総合研究所 坂内忠明

1. むかしむかし……

黄金は昔から何者にも侵されない神聖な金属としてあがめられてきました。その結果、時代が移り変わったとしても、金に対する価値はずっと変わることなく非常に高いままでした。

人の黄金に対する願望は、昔から現在に至るまであらゆるところで、色々な形で語られています。ギリシャ時代のみを例にとっても、畑を一畝、耕すと金貨が一枚出てくるので耕し続けて最後に過労で亡くなった農夫の話、ヘルメスを熱心に信仰したことから金の卵を産むガチョウを手に入れたものの、欲を出してガチョウを殺してしまう話（共にイソップ童話）、お礼として望みを一つ叶えてくれるということで手に触れたものを全て金に変えてくれと頼んだら食べ物飲み物全て金に変わってしまい困ってしまったミダス王の話……と、話は尽きません。

人の黄金に対する願望から生まれたものの一つとして錬金術を挙げることができます。

錬金術の歴史は古代から続きます。どこが起源かは本によっても違いますが、古代のローマには既に存在していました。その後イスラム文化を経由してルネッサンスを迎えた中世ヨーロッパに受け入れられました。当時の技術からすれば、水銀から金を得ることはできなかったはずですが、錬金術によって水銀と硫黄から金が得られると思われていたようです。（メルクリウスの名を持つ水銀は錬金術では特別な存在でした）。

錬金術は本当は、卑金属を貴金属に変えるように人間の魂を昇華させていくことを目的としていました。それにもかかわらず、卑金属を貴金属に変えることに注目が行くことも少なくなく、13世紀頃に王侯貴族が錬金術師を雇い入れて、死ぬまで飼育殺しにすることもあるようでした。確かに、金に水銀を加えて金の量が増えたようにみせることもあったようですが、でも結局、本当の意味での「金属変換」という錬金術は成功しませんでした。

2. 20世紀の錬金術

19世紀の終わりには元素を別の元素に変えるということは無理だと思い始めていました。そのため、錬金術はまやかしのようにならなくなりました。

現に、科学者スヴェドベリによって、錬金術に関してこのような酷評がされています。

「幾世紀もの長い間、最も卓抜な学者さえもがこの誤った思想に仕え、夥しい労力と時間と思索とが結実することのない課題のために浪費された。」

ところが、1903年元素が別の元素に変わることがわかり、その後、1919年に Ernest Rutherford が人工的に安定同位元素を生成し、制約はあるものの、ある元素から別の元素を得ることができるようになりました。更に、1934年イレーヌ＝キュリー夫妻が α 核種を用いて人工放射性核種を作り、同じ年、フェルミもまた加速器を用いて人工放射性核種を作ったことにより、かなり自由にある元素から別の元素を得ることが可能であることがわかってきました。

こうなると別の元素から金を作るのは不可能とは言えません。

金は原子番号が79、質量数が197の場合のみ安定で、それ以外の質量数では放射性核種となり、結果的に他の金属に変わってしまいます。逆に、質量数が197であれば崩壊して金に変わります。これを使って他の元素から金を作ることはできないでしょうか。

強い力で、陽子や中性子、原子核等の粒子を他の原子核に当てれば、元素変換が起きるのですが、その粒子が重いと装置を作る技術が大変です。ここでは、陽子や中性子が数個程度ぶつけてできるものに着目します。そうすると、原子番号をあまり大きくずらすことはできません。

周期表で金の隣の元素にある元素は何でしょうか。ひとつは原子番号が78の白金、もう一つは原子番号が80の水銀です。金のように貴金属とされる白金から金を作ってももったいないと感じるだけでしょうか、錬金術師が考えたように水銀から金を作ることに着目してみましょう。

水銀は、質量数が196、198、199、200、201、202、204の場合に安定となります。質量数が197の水銀は電子を一つ奪って、197の金に変わります。この場合、半減期は64.17時間、ガンマ線を出すことが現在の知識として得られています。と、いうことは安定な水銀から質量数197の水銀を作ればよいということになります。

質量数197の水銀を作る方法としては、質量数が196の水銀に中性子を当ててガンマ線を放出させる、質量数が198の水銀に重陽子を当てて三重陽子を放出させるなどいくつかの方法があります。

さて、「水銀から金を得る」というある意味「本当の錬金術」を一番最初にしたのは誰でしょう。

1937年に3つのグループが加速器を使い水銀に速中性子を当てて放射性核種を作る論文を出しています。Heyn は Nature に半減期は43分と、McMillan、Kamen、Ruben らのグループは Physical Review に放射性水銀の半減期は43分、Pool、Cork、Thornton

らのグループも同誌に放射性水銀の半減期は 45 分と論文を出しています。この結果、何ができるかということには興味が無かったようで、金ができたとも書いていません。それどころか、質量数が 197 であることもどこにも書いていません（なぜか、Seaborg はこれらを Hg-197 と分類している。ちなみにこの半減期に近いのは Hg-199m）。1936 年にも熱中性子を当てる実験などが行われていますが、これも金ができたとは思えません。

そのあと、1941 年にカリフォルニア大学バークレー校の Wu らは 43 分は間違いであり、25 時間 (Hg-197m の半減期。崩壊すると Hg-197 になる) と 64 時間であると報告しています。この実験では金に重陽子を当てて Hg-197 をつくり、正確な半減期を求めようとしています。しかし、この段階では、金から水銀を作り、その水銀から金を得ています。これでは、錬金術のように水銀から金を得たとは言えません。

1947 年にも Inghram らが、1959 年には Sehgal らが熱中性子を水銀に当て、Hg-196 から Hg-197 を作ったらしいのですがうまくいっていないようです。

結局、水銀から金を作ることに成功したとはっきりいえるのは 1962 年になってからです。ニューヨーク州のブルックヘブン国立研究所の Sehgal らは、原子炉を使って中性子を水銀に当てて、Hg-196 から Hg-197 を作りました（もちろん Hg-197 が崩壊すれば金ができます）。

一応、このとき、「水銀から金を作る」という意味では錬金術は成功したわけですが、誰もこのことには注目しませんでした（確かに当たり前のことで学問的にはたいした面白みが無いのかも知れません。でも、古代から続いてきた人々の願望が実現したのです。マスコミだってもう少し騒いでくれたっていいのにと思うのですが）。

加速器を使って水銀を変換させられたのは 1972 年になってからです。ピッツバーグ大学の Moyer はヴァンデグラフ加速器を用いて Hg-198 に重陽子を当てて、三重陽子を放出させることにより Hg-197 を作っています。

また、1977 年には Purdue 大学の Helppi らとミシガン州立大学の Faber らが共同でミシガン州立大学のサイクロトロンを用い、Hg-198 に He-3 を当てて 4 つの中性子を放出させることにより Pb-197 を作っています。Pb-197 は Tl-197、Hg-197 へと EC 崩壊をしていき、最後には金になります。つまり、放射性ではあるものの卑金属である「鉛」から「金」へと変化していくことが起きるのです。

ところで金を 1g 作るのに Hg-197 はどれくらい必要でしょうか。金 1g は原子の数で言うと 3.06×10^{21} 個になります。金の原子 1 個は Hg-197 の原子 1 個

からできるのですから当然 Hg-197 も 3.06×10^{21} 個必要になります。これは放射能に直すと約 9.2×10^{15} Bq になります。

原研で Hg-197 を原子炉で量産する方法を開発していましたが 0.25g の HgO を 65 時間照射しても 1.2Ci (4.4×10^{11} Bq、48 μ g) しかできません。これでは金ができると言っても実用的な錬金術とは言えず、金製造の商売とはなりません。このような金製造の投資を持ち掛けられたら詐欺だと思って間違いないでしょう（そういえば、錬金術と関連をもつギリシャ神話のヘルメス [ローマ神話ではメルクリウス] は商売の神であるとともに詐欺師の守護神でした）。

3. Hg-197

さて、錬金術の例え話として Hg-197 の話をしてきましたが、Hg-197 は実生活に何の役にも立たないのでしょうか？

1970 年代に、Hg-197 は Hg-203 と共に放射性医薬品として用いられていました。原研では Hg-197 を原子炉で量産する方法が開発されたのは、その需要に応えるためです。

水銀を用いた放射性医薬品として良く知られているのはクロルメロドリンです。

クロルメロドリンは水銀を持つ利尿剤ですが、放射性を持つ Hg-197 クロルメロドリンは脳疾患や腎疾患の検査に用いられました。

後頭蓋窩の腫瘍検査を行う場合、血中から速やかに消失し、筋肉等に放射能が残らないものである必要があります。そのためこの薬品は当時一般的であった Tc-99m よりもこの検査には適していたと書かれてあります。

また、腎疾患の検査では、形態や機能を調べるのに、I-131 などが用いられていましたが腎臓からあまりにも速やかに排出されてしまうため、Hg-203 クロルメロドリンが使われるようになりました。そして、半減期が短い Hg-197 を用いた Hg-197 クロルメロドリンが開発され、これを使うことにより線量も以前の 10 分の 1 になりました。

また、停滞時間の短い Hg-197 ザルリガンが開発され、被曝線量を減らしつつ、効果的な検査ができるようになりました。

1987 年以降、新たに開発された医薬品に全て取って代わられたため、もうこの薬が使われることはありませんが、当時は年に 1Ci (3.7×10^{10} Bq) も生産される程、かなり役に立っていたようです。

おわり

—放射線被曝と健康影響—

今回のJCOの事故を元に、人が放射線を浴びるとどのような影響がでるかを考えてみましょう。

今回の事故で放射線をあびた方々は次の3つの群にわけられます。

- ① 転換試験棟内での被曝者(3名)
- ② JCO敷地内、又は、外部での被曝した作業員
- ③ 350m以内に居住していた一般住民

いずれの方々についても、臨床症状、末梢血中のリンパ球実測値、血液中の ^{24}Na 量、ホールボーディカウンターによる ^{24}Na の測定、また、リンパ球の染色体検査などから、①については2.5~17Sv、②については1~64mSvの被曝量であり、③については、量が少ないために現在引き続いて調査中です。

①群の被曝:

①群のO氏とS氏の吐瀉物に β 線放射性物質と γ 線放射性物質が含まれており、 α 線放射性物質は含まれていませんでした。体内に ^{24}Na を検出したことから、O氏とS氏は中性子線と γ 線との混合を被曝した事¹、作業時の姿勢から、必ずしも全身に均一に被曝した訳でない事が推定されました。そこで、O氏もS氏も体外被曝と体内被曝との双方を受けている事になります。

O氏、S氏、Y氏はそれぞれ、17Sv、10Sv、2.5Sv被曝していると推定されました。人は自然から一年間で約2.4mSvの放射線をあびているとされています。この値からすると、この3人が浴びた放射線の量がいかに大きかったかがわかります。

3人とも急性影響がまず現れました。O氏には、造血器障害、消化管障害、中枢神経障害、皮膚障害などが、S氏、Y氏にも造血器障害が現れました。

これらの急性影響は放射線の感受性の高い組織、生殖腺や骨髄やリンパ組織や脾臓や胸腺などに現れてきます。例えば、数Gyの放射線を急に骨髄に照射すると、骨髄の分裂は30分以内に停止し、細胞は変性します。照射が終わってからも、完全に回復するまでに3~4週間かかります。これまでの急性影響に関しては、6Gy以上浴びた場合は、10~20%程度しか救命に成功していません。医学の進歩により、S氏の場合は、厳重な無菌管理の元で、骨髄移植やサイトカインの投与が行われ、救命が成功しています。

しかし、S氏もY氏も、ともに、晩発影響が現れる事に充分注意しなければなりません。晩発影響では、癌の発生、寿命の短縮、白内障の発生などが考えられます。この内、白内障の発生は確定的影響で、被曝量が250mSvを超えないと症状がでません。

②群の人々の被曝:

これまでの調査では、線量は下記の程度と考えられています;

敷地内 JCO 職員: 2.0~64 mSv

臨界終息作業に従事した職員: 9.1~44mSv

敷地境界附近にいた非 JCO 職員: 6.4~15mSv

東海村消防署員: 6.2~13mSv

敷地外 JCO 職員: 0.6~7.8mSv

それで、②群の方々には上記の白内障の発生は考えずとも良いと言えます。

体外被曝と体内被曝: 体外に線源があってそれからの放射線で照射される場合を体外被曝、体内に取り込まれた核種による被曝を体内被曝といいます。体外被曝では、その線源から離れる、または、遮蔽するかで、被曝を防ぐ事ができますが、体内被曝はその核種が体内に存在する限り被曝は続くこととなります。体内被曝は放射能で汚染された物質を飲んだり食べたり(経口)、吸ったり(吸引)、触ったり(経皮)すると起こります。今回の JCO の事故で汚染された環境物質を摂取するとこの体内被曝を受けることとなります。体内被曝では障害を起こす可能性のある核種と集まりやすい臓器があります。

甲状腺に分布: I

骨に分布: Sr, Ra, Pu

肝臓、脾臓に分布: Th, Po

全身に分布: H, Cs

等です。

急性影響と晩発影響: 多量の放射線を一時に浴びたときに数十日以内に現れる影響を急性影響といいます。症状は個人によって異なりますが、全身浴びた放射線の量によって:

250mSv 以下: 医学的検査で症状が認められない。

250mSv: 白血球が一時的に減少

500mSv: 白血球が一時的に減少してやがて回復

1Sv: 吐き気、嘔吐、全身倦怠、リンパ球の減少

1.5Sv: 50%以上が宿酔

2Sv: 5%の人が死亡

3Sv: 30日以内に 50%の人が死亡

6Sv: 2週間以内に 90%の人が死亡

7Sv: 100%の人が死亡

とこれまで、考えています

これに対して、晩発影響とは放射線を浴びた直後はなんともなく、長い年月が経ってから現れる影響の事を言います。一定の潜伏期を経てから症状がでますが、放射線を浴びた全ての人に現れるわけではありません。

¹ 中性子を浴びると血液の中に豊富にある ^{23}Na (安定同位元素)の原子核に中性子が取り込まれ、 ^{24}Na (半減期が15時間)になり、これは β 線と γ 線とを出して ^{24}Mg (安定同位元素)に変わります。

第2回研究会報告

立教大学原子力研究所の原子炉見学会に参加して

長野県伊那北高等学校 中尾 祐次

2000年2月26日(土)、横須賀市長坂にある、立教大学原子力研究所の原子炉、TRIGA-II型の運転、試料の放射化、 γ 線スペクトルの測定等に参加する機会を与えられましたので、その内容について報告いたします。

1. 当日のスケジュール

(1) 林 脩平先生の原子核分裂、原子炉の全般的な講義 核分裂の発見、原子炉の分類(用途別)、連鎖反応の四因子公式等について

(2) 林 脩平先生の原子炉運転の仕組、諸計器の説明、起動(制御室で)

(3) 100 kWでのチェレンコフ放射光の観測

(4) 戸村健児先生による金属片を炉心に入れて放射化

(5) 同先生による放射化分析の説明、エネルギースペクトル、半減期の観測

(6) 質疑応答

2. 立教大学原子力研究所の原子炉について

1955年9月6日、アメリカ聖公会総会にワシントン教区から「世界平和の一端に寄与するため、極東地域に平和利用の原子炉を寄贈しよう」との提案がなされ、委員会を設置。1958年10月13日、アメリカ聖公会総会で、立教大学への原子炉寄贈の募金が決議された。

1960年2月1日 建設工事を開始

1961年12月8日 燃料棒57本で臨界到達

1961年12月19日 燃料棒62本で最高熱出力100kWになる

◎名称:「TRIGA-II型」: Training(訓練)Research(研究) Isotope production(放射性同位元素製造)と原子炉の製造会社General Atomic社の頭文字を組み合わせた。

☆燃料棒: 20%濃縮ウランとジルコニウムとの合金を水素化したもの

U-235: 23kg (8wt% U, 91wt% Zr, 1wt% H)

直径3.7cm、長さ32cm (0.7mm厚のアルミニウム被覆) 総本数68本

☆炉心: 直径、高さ共に35.6cm アルミニウム製円板に燃料棒が挿入されている。

プール: 直径2m、深さ6.5mのAl製円筒タンク

☆制御棒: 3本(炭化ホウ素製)の制御棒(安全棒、粗調整棒、制御棒)がある。3本を同時に引き上げても、連鎖反応は急激に進む(所謂、暴走する)ことなく、非常に安定性の高い、運転しやすい原子炉である。

☆最高熱出力: 3本の制御棒を順次引き上げ、数分で最高熱出力100kWになる。出力が数kW以上になると、炉心にチェレンコフ放射光(青白い光)が見られる。

☆照射設備

1. 回転試料棚: 炉心を囲む反射体上部にあり、ほぼ同一の熱中性子束 5×10^{11} n/cm²/sで40カプセルが同時に照射出来る。

2. フリング照射孔: 炉心内にあり、上段は短時間照射用、下2段は長時間照射用のカプセルが挿入出来る。熱中性子束 1.5×10^{12} n/cm²/s

3. 気送官: 第4測定室より炉心にカプセルを送り込み、一定時間後に回収する。短時間の照射に有効。熱中性子束 1.5×10^{12} n/cm²/s

4. 中央実験孔: 炉心中央部にある、水を満たした垂直照射管。

5. 熱中性子柱: 炉心に接して黒鉛柱を積み重ね、速中性子や共鳴中性子を減速し熱中性子化する。

6. 水平実験孔: 炉心に向い、水平方向に4本ある中性子のビーム取り出し装置。即発性放射線の測定や中性子ラジオグラフィなどなどのビーム実験に使用する。

3. 具体的な研修について

(1) 講義について

核分裂、臨界、チェレンコフ放射光等の講義

(2) 原子炉運転の説明

運転マニュアルに従って、確実に、1つ1つ確認しつつ、出力アップをしていくことの大切さを痛感した。25年前に、茨城県東海村の日本原子力研究所でJRR-4の運転実習をした場面を思い起こした。

(3) チェレンコフ放射光の観測

炉心の真上において、燃料棒、制御棒が約4mの水底にあるのを確認してから、原子炉を起動して出力アップして行くと、炉心部の放射線の強い部分から青白い幻想的な光を発する状景を見学、カメラで撮影させていただいた。そして炉のFリング照射孔を使って金属片試料を照射カプセルに入れて紐で吊り下げ、放射化の実験もした。

(4) 放射化した試料の γ 線スペクトルの測定

すでにあちこちで予定時間をオーバーしてしまい、我々自身で試料の測定ができずに、測定室で半導体検出器で種々のスペクトルを見せてくださった。また塩素-38の1.6 MeVのピークについて、38分の半減期で減衰してゆくことを観察した。

4. まとめ

今回の見学会に参加させていただき、原子核分裂の連鎖反応時のチェレンコフ放射光を炉上から十分に観察できたことは貴重な体験であった。炉の運転や説明、実験の指導に多大なご負担をお掛けすることになるが、できれば、見学会は半日でなく、一日をかけて、午前は原子炉の運転だけとし、午後は放射化分析をグループ毎に実施できたら、より効果的ではないかと考えます。

また、折角の貴重な機会なので、もっと多くの高校関係者が参加できればよかったですと思います。参考までに、今回の参加者は、大学・研究所関係者9名、高校関係者8名、合計17名でした。

放射線教育フォーラム 2000 年度予算案

2000.3.11. 総会で承認, 5.23.総務幹事会で修正

I. 収入の部 (単位千円)

個人会費	600	@3,000 円×200 人
賛助会費	5,700	(10 口 1 社 300, 5 口 12 社 1,800, 3 口 20 社 1,800, 2 口 10 社 600, 1 口 40 社 1,200)
寄付金	500	
資料頒布	410	
助成金収入	1,800	(「実験教材検討」「1/2 問題検討」「教育課程検討」 「医療系教育機関における実態調査」「低レベル放射 線影響の理解」「教科書・マスメディア報道調査」の 6 件に関 するワークショップによる調査研究)
広告料収入	670	

収入合計 9,680

II. 支出の部 (単位千円)

A. 事業費

- シンポジウム、勉強会等の開催費
 - 公開シンポジウム (1 回) 220 (例年 3 月)
 - 研究会の開催 (2 回) 175 (9 月と 2 月)
 - 勉強会 (2 回) 170 (7 月と 11 月)
 - 公開講演会 (1 回) 220 (12 月)
 - 国際シンポジウム準備費 150
(委員会費、海外との通信連絡費)

2. 調査研究及び情報発信費

- ワークショップ開催 1,120
(ワークショップ 6 件開催 580、報告書 540)
- 編集委員会費 210 年間 6 回
- 定期刊行物印刷・配布費 855
(ニュース 3 回、「放射線教育」文献リスト各 1 回、郵送料)
- 不定期刊行物印刷・配布費 544 「放射線教育増刊」

3. 政策提言関係費 158 (委員会 2 回)

B. 管理費

- 総会開催費 155 (1 回, 案内状発送)
- 総務幹事会 (理事会) 費 438.5 年間 10 回開催
- 幹事会開催費 160 (年 2 回、旅費)
- 会員名簿印刷費 50
- 支部設立補助金及び準備金 150
(千葉 (補助金)、大阪 (準備金))
- 事務局経費 4,385.8
(事務所借上代 720, 事務用品費 514.2, 人
件費 2,360, 電話・FAX・イタ・ネット代 201.6, 郵
便・運搬代 300, 会議費 60, 雑費 120)
- 会計監査謝礼 100
- 予備費 588.7

支出合計 9,680

《会務報告》

1999 年

- 11 月 27 日 第 2 回拡大幹事会兼勉強会「JCO 臨界事
故を中心として」(千代田テクノ 55 名)
12 月 10 日 第 8 回総務幹事会 (TEPCO 銀座館 12 名)
12 月 17 日 第 5 回編集委員会 (東工大 7 名)

2000 年

- 1 月 22 日 第 9 回総務幹事会 (科学新聞社 11 名)
1 月 28 日 第 6 回編集委員会 (東工大 4 名)
2 月 18 日 第 10 回総務幹事会 (原産会議室 13 名)
2 月 26 日 第 2 回研究会 (立教大見学 17 名)
3 月 11 日 総会・シンポジウム (科学技術館 34 名)
3 月 16 日 第 11 回総務幹事会 (科学新聞社 6 名)
4 月 14 日 第 1 回総務幹事会 (原産会議室 8 名)
4 月 24 日 第 1 回編集委員会 (東工大 6 名)
5 月 12 日 第 1 回教育課程検討委員会 (事務局 7 名)
5 月 23 日 第 2 回総務幹事会 (科学新聞社 9 名)
5 月 27 日 実験教材委員会
6 月 9 日 第 2 回編集委員会 (東工大 6 名)
6 月 9 日 第 2 回教育課程検討委員会 (事務局 9 名)
6 月 28 日 第 3 回総務幹事会 (TEPCO 銀座館)
7 月 5 日 第 1 回拡大幹事会兼勉強会 (大妻女子大)

訂正とお詫び:

ニューズレター No.16 のなかで、編集のミスがありましたので、以下のように訂正させていただきます。ご迷惑をおかけしましたことをお詫びいたします。

(1) p.4 および p.5 (「放射線被曝と健康影響」およびその用語解説)。編集上の不手際がありましたので、この 2 ページを全面的に差換えさせていただきます。

(2) p.9、左欄上から 12 行目および下から 4 行目. Sy (シーベルト) → Sv (シーベルト)

(3) p.10、左上から 18 行目および右上から 11 行目. JPR-1, JPR-2 → JRR-1, JRR-2

1999年度放射線教育フォーラム
会計報告書

(自1999年4月1日～至2000年3月31日)

作成日:2000年5月18日

(1) 収入の部

(単位:円)

項目	収入額	予算額
1. 前年度繰越金	1,308,349	750,000
2. 賛助会費収入(50団体)	2,570,000	3,200,000
3. 個人会費納入	381,000	340,000
4. 寄附金	405,600	0
5. 広告料	700,000	1,000,000
6. 雑収入	32,331	0
7. 借入金	0	0
収入合計	5,397,280	5,290,000

(2) 支出の部

項目	支出額	予算額
1. 幹事会費	152,398	180,000
2. 総務幹事会費	249,520	404,000
3. 総会・シンポジウム開催費	226,793	215,000
4. 研究会開催費	165,948	200,000
5. 編集委員会費	576,545	524,000
6. インターネット関係経費	14,000	10,000
7. 文献リスト・名簿印刷費	49,875	60,000
8. 実験教材検討委員会費	5,000	50,000
9. リスク問題検討委員会費	17,681	50,000
10. カリキュラム検討委員会	47,173	50,000
11. 事務局経費合計	2,621,634	2,616,000
事務用品費	(259,561)	(330,000)
部屋代	(406,402)	(360,000)
アルバイト代	(1,444,368)	(1,352,000)
一般会議費	(2,000)	(20,000)
郵便切手代	(195,450)	(300,000)
雑費	(174,866)	(84,000)
資料代	(8,368)	(50,000)
電話・FAX代	(130,619)	(120,000)
12. 予備費	935,050	131,000
13. 医学系大学調査委員会	0	50,000
14. 役員選挙関係費	3,260	50,000
14. 国際シンポジウムフォローアップ費	687,649	700,000
支出合計	5,752,526	5,290,000

(3) 差引残高

-355,246

(2000年度への繰越金)

監査報告書

放射線教育フォーラム
会長 有馬朗人 殿

2000年 6月 9日

有馬 泰男 

播磨 良子 

私どもは、放射線教育フォーラムの1999年4月1日から2000年3月31日までの会計報告書
および関係帳簿・帳票類について監査を行いました。

その結果、会計報告書の記載が、上記期間の状況を適正に表示していることを認めますので、
ここにご報告します。

本会 2000 年度及び 2001 年度役員

2000 年 6 月 1 日現在 (五十音順)

会長 有馬朗人 (参議員議員・前文部大臣・元東大総長)

副会長 飯利雄一 ((社)日本原子力産業会議参与・前信州大教授) 更田豊治郎 (日本海洋科学振興財団) 山口彦之 (東大名譽教授)

総務幹事 (理事) 大野新一 (理論放射線研) 大橋國雄 (千葉大名譽教授) 加藤和明 (茨城県立医療大) 河村正一 (前神奈川大教授) 菊地文誠 (東海大理学部) 久保寺昭子 (東京理科大薬学部) 小高正敬 (東工大原子炉工研) 高木伸司 (神奈川大理学部) 中村佳代子 (慶応義塾大医学部) 中村眞基 (東海大学) 長谷川紈彦 (静岡大名譽教授) 広井 禎 (筑波大附属高校) 堀内公子 (大妻女子大社会情報学部) 松浦辰男 (立教大名譽教授) 峯岸安津子 (神奈川大総合理学研)

幹事 朝野武美 (大阪府大先端科学研) 荒谷美智 ((財) 環境科学技術研) 伊藤泰男 (東大原子力総合センター) 石黒亮二 (北大名譽教授) 今井靖子 (放医研) 岩崎民子 (放医研) 金子正人 (東京電力(株)) 木村捷二郎 (大阪薬科大) 工藤和彦 (九州大大学院工学研究科) 黒杭清治 (日本理科教育協会) 佐久間洋一 (核融合科学研) 杉 暉夫 (原研 東海研修センター) 高島良正 (九大名誉教授・(財) 九環協) 竹田満州雄 (東邦大理学部) 鶴田隆雄 (近畿大原研) 唐木 宏 (攻玉社高校) 中西友子 (東大大学院農学生命科学科) 播磨良子 (CRC総合研) 坂内忠明 (放医研) 三門正吾 (千葉県立鎌ヶ谷西高校) 宮澤弘二 (東京家政大附属女子中高校) 村石幸正 (東大教育学部附属中高校) 渡部智博 (立教新座中高) 渡利一夫 (放医研特別研究員)

顧問 安 成弘 (東大名譽教授) 今村 昌 (理研名誉研究員) 岡田重文 (東大名譽教授) 熊取敏之 (元放医研所長) 後藤道夫 (前明治大理工学部) 斎藤信房 (東大名譽教授) 阪上正信 (金沢大名譽教授) 篠崎善治 (元都立アイソトープ総合研) 清水 栄 (京大名譽教授) 村主 進 (原子カシステム研究懇話会) 伏見康治 (阪大名大名譽教授) 松平寛通 (元放医研所長) 村上昌俊 (社会開発研究所)

監査(監事) 荒谷美智 ((財) 環境科学技術研) 竹田満州雄 (東邦大理学部)

代表総務幹事 (事務局長) 松浦辰男 (立教大名譽教授)

(*括弧内の役職名はNPO法人化後の名称)

今年度からスタートする 2 つの委員会

1. 「教科書記述・マスコミ報道調査」専門委員会

最近の理科および社会系の教科書について、放射線関係の記述の正確さ、論旨の公正さを調査する。マスコミ報道については、新聞・雑誌・テレビ・ラジオの報道あるいは論評を話題にして、正しい意見としてまとめ、年度末に報告書を書く。

2. 「低レベル放射線影響」専門委員会

低レベルの放射線の人体影響について、どのように理解し一般人および学校において教育すべきかを検討し、分かりやすいテキストをつくる。意見が統一されない非常に難しい問題であるが、各自が「自分ならばこのように答える。」というものを持ち寄り、また最新の情報を学びつつ、すこしでも責任のある説明を試みる。

(上記の委員会にはどなたも参加できます。事務局までご連絡ください。)

祝 お知らせ

本会幹事の渡部智博氏(立教新座中高)が日本化学会第 78 春季年会(3 月)において、放射線教育を含む多岐にわたる化学教育の実践的な研究とその活動により[化学教育有功賞]を受けられました。

本会副会長の飯利雄一氏(原産参与・元信州大)は、春の叙勲でこれまでの理科教育の振興に貢献された顕著な功績により、「勲四等旭日小綬賞」を受けられました(4 月)。

本会幹事の中西友子氏(東大農)は、自然科学分野で優れた業績をあげた女性科学者に贈られる「猿橋賞」(第 20 回)を受けられました(5 月)。業績は「植物における水および微量元素の挙動」でした。

本会幹事の三門正吾氏(鎌ヶ谷西高校)は、第 48 回全日本教職員発明展で特許庁長官賞(「棒起電機」の発明)を、また平成 11 年度東レ理科教育賞佳作(「静電気と電流を結ぶ教具の開発」)を受けられました。

《総会・勉強会・シンポジウム》

1999年度総会・シンポジウム

日時：2000年3月11日（土）10時より

場所：「科学技術館」6階第3会議室

フォーラム総会（10：00～11：30）

○報告と今後の運営 NPOについては、手続をすすめることとし、新年度の予算案を承認した。幹事選挙の結果が報告された。

○新年度に発足する委員会「国際交流委員会」、「教科書記述・マスコミ報道調査専門委員会」、「低レベル放射線影響に関する教育専門委員会」

シンポジウム（13：30～17：30）

1. 専門委員会の成果報告
2. 「低レベル放射線の健康影響と放射線防護」
金子正人（東京電力）
「放射線の工業的利用における経済的効果」
田中隆一（原研高崎研）
「これまでの放射線・原子力教育の反省」
広瀬正美（兵庫教育大名誉教授）

懇親会

2000年度NPO法人化臨時総会・第1回勉強会

日時：2000年7月5日（水）午後4時～7時30分

場所：大妻女子大学千代田校舎A棟250講義室

講演会：午後4時～5時 山寺秀雄氏（名大名誉教授）

「21世紀エネルギーと豊かさ——教育にも関連して」

NPO法人化臨時総会：午後5時～午後6時

懇親会：午後6時15分～7時30分 学生ホール「アトリウム」

＜山寺秀雄氏講演要旨＞

21世紀のエネルギーと豊かさ

—教育にも関連して—

人類は地球という寛大な親に生まれて栄えてきた。しかし20世紀、特にその後半には、人類が育ちすぎ、すねをかじられる地球は悲鳴をあげている。21世紀には、すねかじりをやめて、太陽の恵みによって得る収入（エネルギー）だけで暮らすことを考えなければならない。経済の量的成長はやめて、量的縮小と質的向上を目指さなければならない。

これまで我々は技術革新による生産性向上の分け前を、生産量の増加と賃金の上昇を通じて、「もの」の豊かさとして受け取ってきた。しかし衣食住が満たされたこれからは、「もの」ではなく「こころ」の豊かさを求めたい。21世紀には生産性向上の分け前を労働時間の短縮

として受け取り、得られた自由時間で、読書や趣味やスポーツを楽しみ、家族とだんらんし、友人と交流して、温かく豊かな社会をつくりたい。賃金が上がらなくても、あるいは名目的に多少下がっても、物価が下がり、商品の耐用年数が延びれば、「もの」の豊かさが損なわれることはない。技術革新、特に省エネルギー・省資源の技術開発は、このような暮らしを可能にする。

我々が目指す理想のエネルギー供給体制は、太陽光や風力などの自然エネルギーを活用して、化石燃料の消費をやめ、原子力発電所もなくすることである。しかしその理想を達成するには時間がかかる。最近原子力発電所の廃棄を決めたドイツでも、実際に全廃するのは30年くらい後になるという。国内に化石燃料をほとんど産出しない日本では、原子力発電所のお世話になる期間はずっと長いかもしれない。今後何十年かお世話になることを考えると、我々は原子力関連施設を恐れずにも、よき隣人としてつき合わなければならない。そのためには放射線や放射能、さらに原子力発電の仕組みをよく理解することが必要であり、これらの教育はきわめて大切である。一方原子力関連産業も、よき隣人となるためにいっそうの努力をしなければならない。従業員に対する安全教育を徹底するとともに、より安全に、より効率よくエネルギーを供給できるように技術開発に努める必要がある。文にも理にも偏らない初等中等教育は、次世代を担う人々の「こころ」を豊かにするためにも必要であると同時に、放射線教育の基礎として重要である。

《あとがき》

放射線教育フォーラムも発足以来7年目を迎え、NPO法人となる準備も整い、新しい転換期となりました。昨年のJCO事故に引き続き、モナザイト騒ぎなど放射線をめぐる問題も多く、我々のやるべことも山積しています。編集委員一同フォーラムの活動の基盤を支えるニューズレターと放射線教育誌の発行を目指して努力を続けます。
(菊池文誠)

放射線教育フォーラム編集委員会

大野新一（委員長）、菊池文誠、小高正敬、村主 進、中村佳代子、村石幸正、渡利一夫、今村 昌（顧問）
事務局 〒105-0003 東京都港区西新橋 1-17-2、三和第一ビル 5F Tel/Fax: 03-3591-5366 e-mail: mt01-ref@kt.rim.or.jp