

放射線教育フォーラム ニュースレター

No.26 2003. 6

正当に怖がることはなかなか難しくなる!?

(財)金沢子ども科学財団 常務理事・事務局長 坂本 浩



ものを怖がらなさ過ぎたり、怖がり過ぎるのは易しいが、正当に怖がることはなかなか難しい。〇〇の〇〇〇に対するものでも、△△の△△△に対するものでも、矢張りそんな気がする。」の警句は、寺田寅彦先生が、昭和 10 年、浅間山の“小爆発 2 件”と題する随筆の中で書かれている。この〇の所に人々の放射能・放射線と当てはめて「放射線教育」の啓発を論じることはまことに当を得ている¹⁾²⁾。“正当に”は“科学的に”という意味であり、これは基本的には本フォーラムの立脚点である。

放射線教育の場をみると、大学・大学院の専門家養成は極めて限られるようになってきて、それも特別の附置研とか、多くの場合は専門研究機関や企業現場に任せられている。高校・大学での一般教育は、教科書・教具、特に教員の問題があってなかなか難しい。社会教育では、学校教育での欠落に加えて、多くは正当な理解をもた

ない新聞などを介しているために不当に怖がることが増幅されるだけである。この状況を打破するための本フォーラムの活動は、非常に意義深く、困難ではあるが辛抱強く工夫を重ねなければならない。

ところで、子ども達や若者の理科離れが叫ばれはじめて久しい。大学入試科目の減少、特に面倒な理数系科目の均衡ある履修の減少は顕著で、初等・中等教育での実験・実習の省略が甚だしい。学校での時間・設備の貧しさに教師の理科離れ加速が重畳している。加えて、昨年来実施の新学習指導要領は、時間・内容の削減、上級学年への先送り、特に理科教育に欠かせない系統性の破壊が徹底され、出来上がった教科書は観光パンフレット集のようで、実際の理解の助けには程遠くて面白くない。断片的暗記もの化を促している。今までの中学の内容が高校選択理科に移され、選択されないまま文系大学に進学するなどは、社会人の理科痴へ拍車をかける愚である。戦後最悪といわれる所以である³⁾。

理科のおもしろさは、五体五感を通して自然の仕組みを納得するところにある。これは、日常の自然の中での遊びや学校・家庭での日々の生活の中で体得し、知的理解の助けで育まれるものであろう。筆者は、小中高の子ども達のもつ自然への知的好奇心を育むべく設立された財団立ち上げ 3 年目を迎えたところで、“身の回りの放射線を知る”ことを含めてまだ試行錯誤の日々を送っている。そこで実感するのは、特に小学 3、4 年生の自ら手を出しての実験でみせる目の輝きであり、また少なからぬ熱心な教員の存在である。しかし、新カリキュラム対応の中での教員は、多忙を極めるようになって自己研修や教案の工夫、子どもと過ごす時間の余裕を失い、子どもも上級生になるほど理科から遠くなる。科学・技術を基盤として経済的に突出して成功したかに見えた日本は、21 世紀の遠くない日に世界の、特にアジアの中での最後進になるかも知れない。正当な放射線教育は、しっかりした理科教育基盤なしには成り立たない。杞憂であればよいが、怖がり過ぎだろうか？ (金沢大学名誉教授)

1) 松浦辰男、“放射性元素物語”(研成社、1992.3)。

2) 近藤宗平、“人は放射線になぜ弱いのか - 少しの放射線は心配無用 - ”第 3 版(講談社ブルーバックス、1998.12)。

3) どうして理科を学ぶの? 数学セミナー別冊ガリレオ・サイエンスシリーズ No.1 (日本評論社、2002.12)。

放射性同位体のトレーサー利用 (I: トレーサーの原理と歴史と応用)

理化学研究所 名誉研究員 安部文敏

1. はじめに

放射性同位体の便利で役に立つ使い方に、トレーサー利用がある。トレーサーとは、何かの動きを追跡し、その分布や存在量を明らかにするものである。放射性同位体がトレーサーとして優れているのは、それが放出する放射線を使って、容易に高感度で検出できることによる。放射線がガンマ線の場合には容器に入ったままの試料に測定器を近づけるだけで、試料中の放射性同位体の種類・量を知ることができるし、イメージング機器を用いれば人体内の分布まで分かってしまう。放射線は原子1個々々の壊変に対応しているから、感度はきわめて高い。それぞれの元素の同位体の化学的挙動は、ごく特別な場合を除き、互いにほとんど差がないから、原子・分子の化学的挙動を正確に追うことができる。化合物中のある元素の一部を放射性同位体に置き換えることは、その化合物に放射線で検出できる「しるし」をつけることになるので、標識するという。

2. 放射性トレーサーの歴史

初めて放射性同位体をトレーサーとして利用したのは Hevesy と Paneth で、難溶性のクロム酸鉛 PbCrO_4 の溶解度の測定が 1913 年に行われた。¹⁾ まだ人工放射性同位体などはなく、「同位体」という概念がようやく確立され始めたころのことで、天然に存在するウラン系列の中の ^{210}Pb (当時はラジウムから生成する放射性元素のひとつとして RaD と呼ばれていた) が使用された。この研究成果を報告する論文がドイツの化学誌 *Z. Anorg. Chem.* に送られたのが 1913 年の 4 月で、初めて “Isotope” という用語が使われた Soddy のレターが *Nature* 誌に送られたのが同年の 12 月になってからであった。

Hevesy らは、 ^{210}Pb で標識したクロム酸鉛 $^{210}\text{PbCrO}_4$ を合成し、蒸留水と振とうしたのち、ろ過した。ろ液の一定量を分け取り、シャーレの上で乾燥したのち、 ^{210}Pb の壊変で生成する ^{210}Bi のベータ線を測定した。 $^{210}\text{PbCrO}_4$ の重量を W_0 、放射能を A_0 、分け取ったろ液の体積を V 、放射能を A とすると、クロム酸鉛の溶解度は

分け取ったろ液に溶解している

クロム酸鉛の重量 $\div V$

$$= (W_0 \times A \div A_0) \div V$$

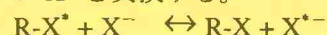
で求められ、結果は $1.2 \times 10^{-5} \text{ g/L}$ であった。当時の制約の多い実験条件下でも、このように極めて難溶な化合物の溶解度が求められたことは、Hevesy らの着眼のすばらしさと放射性トレーサーの感度の高さを示している。

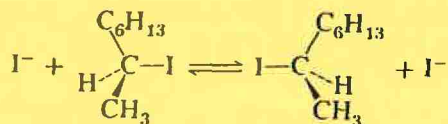
Hevesy はキュリー夫妻に比べれば、一般的な知名度は高いとは云えないが、放射性トレーサー法を創始して化学への応用の道を開いただけでなく、放射性同位体 ^{32}P をトレーサーとして骨がダイナミックな新陳代謝を行っていることを初めて示すなど、生化学の分野でも先駆的研究を行っている。また、現在医療で膨大な件数が実施されているラジオイムノアッセイの基礎となった同位体希釈法を創始し、さらには 72 番元素ハフニウムを発見するなど多大な業績を上げて放射化学・核医学の基礎を築いた大化学者で、1943 年にノーベル化学賞を受賞している。Hevesy の伝記は M. ジョルジュの著書に列伝のひとつとして紹介されているが、幸い訳書で読める。²⁾ この本には、Hevesy 先生が、愛用のレストランでステーキの食べ残しからハンバーグを作っているといううわさを聞き、ステーキの食べ残しに少量の放射性トレーサーを仕込んで帰った翌日、注文したハンバーグが来ると持参のガイガー・カウンターが鳴りはじめたという、大変面白いがいささかギョッとする逸話も紹介されている。法規制もなかったおおらかな時代の話で、現在は許されるはずもないが、簡便性、高感度などの放射性トレーサーの特長をよく示す歴史的エピソードではある。

1933 年のジョリオ・キュリー夫妻による ^{30}P の製造に始まる人工放射性同位体の時代になると、測定器も進歩し、原子炉や加速器で製造されたいろいろな放射性同位体が、化学・生化学などの基礎研究だけでなく、医療、工業等々の分野でトレーサーとして使われている。

3. 化学への応用

難溶塩の溶解度の測定に始まる化学への応用例は無数にあるが、同位体トレーサーを用いなければ研究できない例に同位体交換反応がある。化合物やイオンの成分原子が他の化合物・イオンの同じ元素の原子と交換しあうことがある。これが同位体交換反応で、同じ元素の原子同士との交換であるから、同位体トレーサーを使わなければ観測できない。ハロゲン化アルキル R-X のハロゲン原子 X は、アセトンなどの中ではハロゲン化物イオン X^- と交換する。





Hughes らは、ヨウ素 I が結合している炭素が不整炭素である 2-ヨードオクタン の I と $^{128}\text{I}^-$ イオンとの交換速度を測定した。また、同条件下で、光学活性体 d-2-ヨードオクタン のワルデン反転によるラセミ化の速度を測定し、両反応が並行して起こっていることを示した。

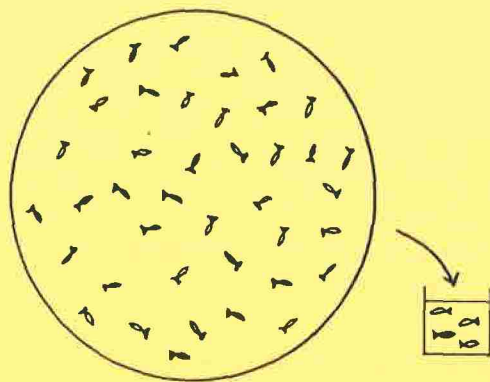
この結果は、よく知られている二分子求核置換反応 ($\text{S}_{\text{N}}2$ 反応) の機構の確立に重要な根拠をあたえた。同じように、金属錯体の反応機構の解明にも、同位体置換反応の研究が大きな役割を果たした。

4. 生化学への応用

生化学においても放射性トレーサーは有用な手段として広く利用されてきた。事情は現在のバイオサイエンス・バイオテクノロジーでも変わっていない。一番有名なものを紹介するとすれば、やはりカルヴィンらによる光合成の研究であろう。彼らは、植物に $^{14}\text{CO}_2$ を与えながら光合成させ、さまざまな経過時間ののちに葉をすりつぶして、種々の成分化合物を 2 次元ろ紙クロマトグラフィーで分離した。ろ紙に写真フィルムを重ね、 ^{14}C のベータ線で感光させるオートラジオグラフィーで、 ^{14}C の種々の化合物への分布を調べた。このような実験の積み重ねの上に、 CO_2 から糖までの複雑な光合成の機構が明らかにされたのである。

5. 同位体希釈法

放射性トレーサーを利用した優れた分析法に同位体希釈法がある。これも Hevesy が創始したものである。この分析法の原理の説明には「めだか」を使うとよい。大きな池にめだかが沢山



同位体希釈法の原理

いるとする。1 万匹か、ことによると 10 万匹いるかもしれない。全部を捕獲して数えるなどとてもできないので、緋めだかに協力してもらう。例えば、緋めだか 1000 匹を池に放してやる。何日かして、めだかと緋めだかが完全にまざりあったところで何匹かを捕獲して、めだかと緋めだかの数の比を調べる。仮にこの比が 30:1 なら、めだかは全部で $1000 \times 30 = 3$ 万匹いることになる。捕獲数は増やすほど精度が上がるが、300 匹位でもおよその見当は付く。

同位体希釈法では、放射性トレーサーが緋めだかの役割を果たす。上のたとえ話はめだかと緋めだかが同じ行動を取ることが前提になっているが、先に述べたように、同じ元素の同位体の化学的挙動はほとんど同じである。緋めだかはその緋色で「検出」されるわけだが、放射性トレーサーの場合は放射線が検出に使われる。

例えば、工場の電解槽中の金属水銀の現量管理に水銀の放射性同位体 ^{197}Hg (または ^{203}Hg) が用いられる。一定の放射能をもつ ^{197}Hg (金属水銀、重量としてはごくわずか) を電解槽に加え、よく攪拌したのち少量の水銀を採取して、放射能を測定する。電解槽中の水銀の総重量は次式で求められる。

$$\begin{aligned} & \text{電解槽中の水銀の総重量} \\ &= \text{採取した水銀の重量} \\ & \quad \times \text{加えた水銀の放射能} \\ & \quad \div \text{採取した水銀の放射能} \end{aligned}$$

これで、電解槽中の水銀全部を取り出して重量を測定するという面倒な作業をしなくて済むことになる。

Yalow と Berson により確立され、医療で大活躍をしているラジオイムノアッセイはこの同位体希釈分析法に抗原抗体反応を組み合わせた巧妙な分析法で、ホルモン、酵素、たんぱく質などを、ものによっては 10^{-13} g まで定量でき、世界で毎年数千万件の分析が行われているのである。

6. 工業的利用

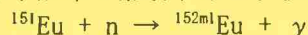
工業界でも、放射性トレーサーは工程の管理やトラブルシューティングに用いられている。上で同位体希釈法の例を示したので、スケールの大きい応用例を紹介しよう。ある国で、地中に埋設された全長 140 km の原油のパイプラインに漏れが発生した。疑われる箇所を次々と掘り起こして調べるには大変な費用と時間がかかる。そこで放射性トレーサーの登場となった。可能性の高い部分から原油を抜き、臭素の放射性同位体 ^{82}Br をふくむ水を代わりにいれて圧力を加えた。水を抜いたあとのパイプの中を、測

定器と記録計をのせた自走探査車を走らせ、走行距離と各位置での放射線の強さを記録する。漏れのあった箇所ではパイプの外に漏れ出した⁸²Brのガンマ線が検出されるから、走行距離から漏れの位置が分かる。このパイプラインでは、数箇所の漏れが簡単に見つかり修復されたそうである。この種の実験では、その国の法規の遵守はもちろん、環境への十二分の配慮が必要なのは云うまでもない。

7. アクチバブルトレーサー

放射性トレーサーの環境への影響が無視できないような場合には、アクチバブルトレーサーを用いる。これは放射性トレーサーの変種ともいえるもので、安定同位体をトレーサーとして使い、最後に原子炉などでこの安定同位体を放射性同位体にかえてその放射能を測定する方法である。有名な例は、鮭の回遊の研究である。ランタノイドのひとつユウロピウムはテレビのブラウン管で赤い色を出している元素であるが、鮭の耳石(平衡石とも呼ばれ、平衡感覚を司っているとされる)に集積する性質がある。そこで、鮭の幼魚にユウロピウム(非放射性)を含む餌を与えてから放流し、回遊を終えて遡上して

きた成魚を捕獲して耳石を採取する。この耳石試料を原子炉中で照射すると、核反応



(n: 中性子、 γ : ガンマ線)

が起きて、非放射性の¹⁵¹Euの一部が放射性の^{152m}Euに変わる。この^{152m}Euの放射能を測定し、同条件で照射した標準試料の放射能と比較すれば、ユウロピウムの量が分かる。この方法で、鮭が何年目に遡上してくるか、全部が放流した河川に戻ってくるかなどが調べられた。

- 1) G. Hevesy and F. Paneth: Die Löslichkeit des Bleisulfids und Bleichromats, *Z. Anorg. Chem.* **82**, 323-328(1913). この原論文の第1頁右上の頁数は223と誤植されているので注意!
- 2) M. ジョルジュ著、盛田常夫編訳: 異星人伝説、20世紀を創ったハンガリー人、2001年、日本評論社。

(次回は、わが国で開発されたマルチトレーサーによる多元素の同時追跡の研究成果を紹介する。)

NPO 法人放射線教育フォーラム 2003 年度通常総会プログラム

日時: 2003 年 6 月 15 日 (日) 13:00~15:00

場所: 日本科学未来館 会議室 2 (東京都江東区青海 2-41)

議題

- 第1号議案「NPO 法人放射線教育フォーラム 2002 年度事業報告書承認の件」
- 第2号議案「NPO 法人放射線教育フォーラム 2002 年度決算報告書承認の件」
- 第3号議案「NPO 法人放射線教育フォーラム 2003 年度事業計画書承認の件」
- 第4号議案「NPO 法人放射線教育フォーラム 2003 年度予算書承認の件」
- 第5号議案「NPO 法人放射線教育フォーラム役員等選出規定の承認の件ならびこれらに伴う NPO 法人放射線教育フォーラム定款一部改正の件」
 - 第5号の1 選出規定等の整備の件
 - 第5号の2 規定等に基づく役員選出に関する経過措置の件

報告事項

1. NPO 法人放射線教育フォーラムの現状について
2. 放射線教育国際シンポジウム (ISRE04, 2004 年 8 月, 長崎市) の開催準備の件
3. 専門委員会活動報告の件
4. 2003 年度エネルギー・環境セミナー実施準備状況の件
5. その他

NPO法人放射線教育フォーラム2003年度事業計画書（案）

2003.6.2.

1. 特定非営利活動に関する事業

(1) シンポジウム・勉強会の開催

①国内での勉強会・シンポジウム

勉強会を3回（6月、11月、3月）開催。2002年度から開始された学校教員むけのセミナーに関しては別項2.に記載した。

②国際シンポジウムの準備

2004年8月22日～26日に、長崎市ブリックホールにおいて、「第3回放射線教育に関する国際シンポジウム」を開催するので、その準備のため、組織委員会・諮問委員会・募金委員会・実行委員会を立ち上げ、サーキュラー・募金趣意書を作成し、参加者募集・募金活動及びプログラム編成等の活動に入る。

(2) 調査研究・情報発信

①専門委員会（ワークショップ）

「実験教材検討」「放射線教育カリキュラム」「リスクに関する教育」「医療系教育機関における放射線教育の実態調査」「低レベル放射線影響」「教科書における原子力・放射線の記述」「マスコミ報道調査」「加速器利用調査」の8テーマについて、それぞれ年間数回程度の会合を開いて、報告書（あるいはテキスト）を作成する。

②定期刊行物の刊行と配付

編集委員会が「ニュースレター」を3度、機関紙「放射線教育」を1度発行する。

③不定期刊行物の刊行と配付

年度末にワークショップの活動状況・成果、勉強会やエネルギー・環境問題セミナーにおける講演等を中心とした、本フォーラム2003年度活動成果報告書を作成する。ワークショップのテーマについては、その内容により教員または学生・生徒向けのテキストを作る。

④『原子力安全基盤調査研究』（経済産業省原子力安全・保安院）の公募研究への応募

社会の指導者層への原子力・放射線に関する正しい知識の普及を目的とする調査研究グループを結成してその活動を2003年度から開始する。

(3) 政策提言

放射線・原子力・エネルギー問題等に関する社会教育、学校教育、あるいは専門家の教育を改善するための政策提言を要望書の提出や、学会での発表などの形式で行う。

2. セミナー開催事業

文部科学省主催の、主に文系の教員を対象とする「エネルギー・環境・放射線セミナー」を、昨年度に引き続き（財）放射線利用振興協会に協力して、「原子力体験セミナー文系コース」として全国10地区（北海道、東北、北関東、南関東、静岡・山梨、愛知・岐阜・三重、北陸、近畿、中国・四国、九州・沖縄）で延べ550名の受講者を集めることを目標に開催する。

3. 収益事業

フォーラムの非営利事業を助けるために、定期及び不定期刊行物への広告欄への募集を行い、収益を得る。

4. 組織の運営

1年に約11回、理事会（または理事連絡会）を開催して組織の運営と事業の企画を行う。顧問会を1回開催する。

フォーラム活動の広報はできるだけインターネットのホームページを整備・充実させることにより行う。また財政基盤を固めるために団体又は賛助会員を増やす努力をさらに続ける。

以上

腕時計ではかるもの

放射線医学総合研究所 坂内 忠明

1. 腕時計の石

「時計の話」では腕時計の発端は 1899 年に起こった南阿戦争中、イギリス軍将校の一人が、懐中時計を皮バンドで手首に巻き付け、腕時計として使用することを思いついたことだというのがありますが、それ以前からあったらしい¹⁾。

腕時計は 20 世紀初頭から普及し始め、1905 年の「機械統計年報」には学生の中に腕時計が大流行したという記録が記載されている²⁾。

当時の懐中時計や腕時計は、値段が高く、富の象徴、社会のエリートの印であった。背広のチョッキのポケットから、懐中時計を見る姿は社会的ステイタスそのものだったのである³⁾。小川未明の「小さい針の音」という童話では、自分が出世するにつれて、持っている時計を次々と取り替えて、精度の高い時計を求めていく男の様子が描かれているが、それも当時では無理のない話であろう。値段が高い中でも、ピンからキリまであって、値段が安いものは、中が粗雑で精度も低く、逆に値段も高ければ、それだけ精度も高かった。

戦後の腕時計であれば、精度を示すものとして、石がいくつ使われているかで表現されていた。石の数は何石（何 JEWELS と表記）と文字盤の中央に書かれ、その数が多ければ高精度と言われていた。石といっても、ただの石ではなく、宝石のルビーやサファイアのこと、ルビーが多かったようである。

時計でルビーはどこに使われているかという歯車の軸を支える穴に使われている。ルビーは硬度も高く（モース硬度で 9）、摩耗にも強いので力のかかる車の軸を受るのに適しているからである。石が多いということは、それだけ歯車の数が多いということになる（ただ、機能的にはまったく必要とされない場所にまで石を使い 100 石としている例もないわけではないが……）。1970 年代のアナログ式の時計にはクォーツ時計であっても数個のルビーが使われていた。デジタル式の腕時計には全く使われていない。

日本では戦後の一時期精度よりも価格を優先していたため、ルビーではなく赤いガラスを使っていたことがあったが、朝鮮戦争で景気が良くなるとルビーが使われるようになったという。このルビーは当然人工宝石である⁴⁾。

この人工宝石の研究は古くから行われていたがなかなか成功しなかった。1877 年、初めてルビーが人工的に作られたというが、この結晶は小さく装身具には不適當だったので工業用として時計などに利用されたという。安価で大きい人工ルビーの製造には 1904 年のベルヌーイが合成に成功するまで待つ必要があり、これを皮切に人工宝石の研究は進むことになり、時計用を含む工業用のルビーの生産も盛んになっていった⁵⁾。

このルビーは時に「時」以外のものを測定することもある。

2. イリジウム事故

1971 年 9 月 17 日、千葉縣市原市の造船所で ¹⁹²Ir（約 200GBq、半減期は 73.83 日）を紛失した。それはステンレスでできたペン型のホルダーの先端についていて、非破壊検査に使っていたのであるが、紛失したことには次にこの装置を使う 20 日まで気がつかなかった。気が付いてから 3 日間会社の人達は必死になって探したが見つからず、23 日に紛失を届け出るにより、マスコミを通じて一般に知られることとなった。この放射性イリジウムは既に 18 日にある人に拾われていた。拾い主は自分の宿舎にそれを持ち帰り、25 日に報道を聞くまで、それがイリジウムであることに気が付かなかった。結局、その人や宿舎の人が被曝するという事故となってしまったのである⁶⁾。

しかし、当時は一般市民の被曝線量を推定する方法等は全くといって良い程なかった。あるとしても原爆の被曝線量推定に研究されていた瓦やレンガに含まれる石英粒の熱ルミネッセンスぐらいであった。

熱ルミネッセンスというのは、放射線を当てたものが、熱刺激で発光する現象である。この原理はこのように言うことができる。放射線を当てると結晶内部の原子が電離する。電子を失った原子はプラスに帯電し（正孔と呼ぶ）、電離した電子は結晶内部のどこかに捕らえられその原子はマイナスに帯電する（全体ではプラスとマイナスの数が同じなので帯電しているように見えない。しかし歪みを抱

えこんでいる状態である)。液体や気体なら、すぐに原子が動いて再結合することもできるが、固体ではそうもいかない。しかしやや高めの熱をかけると電子が動くことができ、正孔と再結合することができる。その時に不安定な状態（プラスとマイナスの電荷を維持した状態）から安定な状態に移るため、不要となったエネルギーが発生し、このエネルギーは光となって放出される。この光が熱ルミネッセンスである⁷⁾。

この光の量は、当てた放射線の量に比例する。そのため光の量を調べれば線量を推定することができる。ただし、線量を測定する為には、線量測定開始前に熱をかけていることが必要である。なぜならば自然界の放射線によっても電離は起きてしまうので、熱ルミネッセンスが起きたとしても、その光は自然界の放射線を長時間受けたことに寄るものなのか、それとも最近の人工的な放射線のためなのかがわからなくなってしまうからである。

被曝事故の治療や状況把握のため、六人の線量を調べなければならなくなったものの、身近に線量測定に使えるものがそんな簡単に見つかるわけがない。宿舍の窓ガラスや蛍光灯などを調べても線量を調べることはできなかった。しかし、腕時計の軸に使われている人工ルビーは線量を記録していた。予備的な試験で線量が測定できることを確認した後、3人から腕時計の提供を受け、軸芯のルビーの熱ルミネッセンスを測定した。その結果、時計の受けた線量を測定することができ、その値と線源に対する体の距離等を考えてその人達の線量を推定することもできた。それによると最大の人でも全身に浴びた線量は0.13Svであった⁸⁾。これは時計に使われていたルビーの数が20以上もあったことも幸いしている。

3. その後

この事故の後も、腕時計を用いる推定法は使われたことがある。

1982年にノルウェーで2.4PBq（ペタベクレル 1PBq = 10^{15} Bq）の⁶⁰Coの γ 線で作業者が被曝した事件が起きた。この時、作業者の被曝線量の推定のため、作業者が着用していた腕時計の石の熱ルミネッセンスを利用している。作業者は、フィルムバッジを装着していたが測定上限値である3Gyを超えていたため、フィルムバッジで線量を求めることはできなかつたのである。

腕時計の石11個のうち3個の石から線量を推定し、 14.6 ± 2.9 Gyという結果を得た。他の石は発光感度の変動が大きく信頼できる値ではなかったためである。しかし、不幸にもその作業者は13日後に死亡してしまった^{9, 10)}。

現在の時計は水晶時計が多く、この手法をとることはできない。時計に用いられる水晶は純度が高く結晶性優れているため、放射線に対する感度が悪すぎるのである¹¹⁾。そのかわり、様々な手法を用いて計測する方法が開発され用いられている。ESRを用いた砂糖による被曝線量の測定は、その一例である¹²⁾。

引用文献

- 1) 織田一朗、「『時』の国際バトル」、p.65、文芸春秋、2002
- 2) 時計史年表編纂室編、「時計史年表」、河合企画室、1973
- 3) 織田一朗、「クォーツが変えた『時』の世界」、46-47、日本工業新聞社、1988
- 4) 広瀬三夫、「宝石をつくる-人工宝石手帖-」、27-29、全国加除法令出版、1980
- 5) 広瀬三夫、「宝石をつくる-人工宝石手帖-」、18-20、全国加除法令出版、1980
- 6) Kurisu, A. et al., Outline of the ¹⁹²Ir Accident, J. Radiat. Res., 14, 273-274, 1973
- 7) 藤村亮一郎、山下忠興、「放射線による固体现象と線量測定」、8-89
- 8) Hashizume, T. et al., Dose Estimation of Non-occupational persons Accidentally Exposed to ¹⁹²Ir Gamma-Rays, J. Radiat. Res., 14, 320-327, 1973
- 9) Majborn B., Estimation of accidental gamma dose by means of thermoluminescence from watch jewels, Health Phys. 46, 917-919, 1984
- 10) Majborn B., Studies of the dosimetric properties of watch jewels., Radiat Prot Dosim 6, 129 - 132, 1984
- 11) 中島敏行、水晶腕時計による非職業人の被曝線量評価の可能性、保健物理、20、393-397, 1985
- 12) Nakajima, T., Sugar as an Emergency Populace Dosimeter for Radiation Accidents, Health Phys. 55, 951-955, 1988

参考文献

中島敏行、ルビーからダイヤへの道のり、放射線科学 35(12)、408-413、1992

教育は長期的展望で

東海大学工学部応用理学科
エネルギー工学専攻 教授
横地 明

この20年を振り返ると、TMI 事故(1979)から始まり、チェルノブイリ事故(1986)、とりわけ我が国においては、動燃東海再処理工場事故(1997)、JCO 事故(1999)そして昨年の東電の不祥事(2002)と、トラブルが連続して発生し、それらが約半世紀に渡って培ってきた我が国の原子力技術環境を根こそぎ崩してしまったかのような感がある。

それらの事象が発生するたびに、法改正や機構の改革、技術的な改善が図られ、そして情報開示などの議論が展開され、積極的なPA活動も進められてきた。

この20年の間には、産業界においては技術、管理部門の再編成や統廃合が進められ、一方においては技術者の育成を担う大学の原子力工学コースは次々とその姿を変えている。これらの改革が時代や技術革新を読んだ前向きなものであるならば、未来に対して明るい希望が見えてくるのであるが、先に述べたような対症療法の多くは、織物でいえば横糸であって柱となる縦糸ではなく、率直に言ってそれらの対応からは未来は見えてこない。

縦糸となるべき次世代の原子力技術者の育成や、確立された技術の次世代への引継、すなわち技術の継続性が必要不可欠であると原則論としては誰もが認識しながらも、現実的な対応である横糸的な方策に走らざるを得ない社会から一步も抜け出すことが出来ていない様に思えてならない。しかし、このような状態の持続が、近未来において技術者の不足や技術レベルの低下の発生を予測させるものであるならば、原子力時代の再生はあり得ないことになる。そのような方向に全体の流れが少しずつ進んでいるのではなかろうかと思えてならない。

次世代を担う若者が進んで環境科学やエネルギー技術の分野に夢を持って取り組ん

でくれるような、具体的な教育環境の整備や構築が今ほど必要な時はないように思う。

太い縦糸(柱)としての「21世紀のエネルギー」や「環境保全」「安全とリスク」というような、21世紀を担う人々が必須としなければならない課題に対して、産・官・学からなる複合的な教育環境の構築とその展開が必要不可欠である。

20年以上前のことであるが、保健物理分野の人達のグループで雑談をしているところに、長老のA氏が加わった。話の内容は、原子力施設内で医療を必要とするような災害が発生したとして、地域の病院等の医療態勢に問題はないだろうか、というような議論であった。その時、A氏は“そのような事はあってはならないが、我国の医療体制を見てみると、過疎化している地域の一般医療の体制を充実することの方が急務で、我が国は高齢化社会に向けて、社会全般の方向転換が今一番必要な時なんだよ。高齢化社会がやってくることが分かっているながら、それを迎える態勢はまったく出来ていない。医療の面に限っても、現在の医学教育、看護・福祉教育、とはまったく違った視点を持って高齢化医療体系を一日も早く教育現場から作って行かなければだめだ!”と力説され、“君達若い者が取り組む課題だよ! どうだ、やってみないか!”と・・・。

そしてさらに、“いや、君達が取り組んだとしても、君達自身が老人になったときに果たしてその恩恵に浴せるか、どうか・・・”と言われたことを思い出す。現在の医療体系や社会福祉の現状を見ると、“そのくらいの時間を要する問題なんだよ”と言われた言葉が心に突き刺さる。教育に必要な時間軸の長さとその重みを感じている。

横糸の充実もさることながら、国民全体が環境やエネルギー問題に関心をもち、安全やリスクに正しく判断ができるような複合的な教育をあらゆる角度から長期にわたって展開できるような国としての柱を立て、目標を持って相互に努力することが必要なのではないだろうか。

平成 15 年度原子力体験セミナー（文系コース） 開催予定表

地区	開催地/開催期日	開催予定場所	世話人代表/連絡先	備考
九州	鹿児島 8/4（月）・5（火）	いわずきホテル・ザビエル450 〒892-0842 鹿児島市千石町 12-22 T: 099-239-8888 F: 099-239-8899	高島良正（九州環境管理協会） T: 092-662-0410 F: 092-662-0411 E: y-tac@keea.or.jp	2 日目午後は鹿児島県環境 保健センター視察
近畿	大阪 8/6（水）・7（木）	大阪府教育会館（たかつガーデン） 〒543-0021 大阪市天王寺区東高津町 7-11 T: 06-6768-3911	朝野武美（大阪府立大学先端科学研究所） T: 072-236-2221（月・水・金）	2 日目は京大炉などの 見学会を計画
静岡・山梨	三島 8/8（金）	東レ総合研修センター 〒411-0032 三島市末広町 21-9 T: 055-980-0333 F: 055-980-0350	長谷川紈彦（静岡大学名誉教授） T&F: 054-247-7921（自宅） E: wbs04618@mail.wbs.ne.jp	
北陸	富山 8/11（月）・12（火）	高志会館 〒930-0018 富山市千歳町 1-3-1 T: 076-441-2255	森 厚文（金沢大学アイソトープ総合センター） T: 076-264-5689 F: 076-264-5742	2 日目は スーパーカミオカンデ の見学を計画
北関東	日立 8/19（火）・20日（水）	日立シビックセンター 〒317-0073 茨城県日立市幸町 1-21-1 T: 0294-24-7711 F: 0294-24-7970	伊藤泰男（東京大学原子力研究総合センター） T&F: 029-283-2374 E: itoyasuo@kaihoken.tokai.jaeri.go.jp	
中国・四国	広島 8/22（金）	広島国際会議場 〒730-0811 広島市中区中島町 1-5 T: 082-242-7777 F: 082-242-8010	砂屋敷 忠（放射線影響研究所顧問） T&F: 082-815-8988（自宅）	
愛知・岐阜・三重	津 8/26（火）・27（水）	プラザ洞湊（どうしん） 〒51-0042 津市新町 1-6-28 T: 059-227-3291 F: 059-226-3185	山寺秀雄（名古屋大学名誉教授） T&F: 052-935-2170（自宅）	
北海道	小樽 10/4（土）・5（日）	オーセンホテル小樽 〒047-0032 小樽市稲穂 2-15-1 T: 0134-27-8100 F: 0134-27-8118	石黒亮二（北海道大学名誉教授） T: 011-373-4339（自宅）	2 日目は泊原子力発電所の 見学を計画
東北	仙台 11/29日（土）	仙台国際センター 仙台市青葉区青葉山 T: 022-265-2211 F: 022-265-2485	大森 巍（前静岡大学教授） T&F: 022-245-5245（自宅） E: UCK76103@nifty.com	
南関東	東京 2004年 3/13（土）・14（日）	日本科学未来館 〒135-0064 江東区青海 2-4-1-3 T: 03-3570-9151 F: 03-3570-9150	河村正一（元放射線医学総合研究所） T&F: 043-432-0214（自宅）	

2003 年度第 1 回勉強会プログラム

日時： 6 月 15 日 15:00 ～ 17:30
場所： 日本科学未来館 会議室 2
(東京都江東区青海 2-41)

テーマ：教育問題

【講演 1】15:00 ～ 16:00

「わが国の科学教育の危機と持続可能でかつ知識創造実践型社会のための科学教育の再構築」
静岡大学教育学部助教授 熊野善介

【講演 2】16:00 ～ 17:00

「小中学校教員向け原子力セミナーの実情と教員の反応」
核燃料サイクル開発機構大洗工学センター
高木直行

【その他】17:00 ～ 17:30

講演 1 の概要

日本の理科教育が大きな転換期を迎えていることは、科学技術基本法や環境基本法の登場と生涯学習を基盤とした教育改革からも周知のことである。日本が今後とも豊かで見識の高い社会を維持発展させるには、科学教育が大変重要になってくるといえる。科学や技術と社会の相互関係をよく理解した、意思決定や課題解決に協同的に取り組める市民教育が基盤となってくる。エネルギー問題はその中でも最優先課題の一つと言えよう。

講演 2 の概要

放射線利用振興協会は文部科学省の委託事業として、日本全国の小中学校及び高等学校の教職員等を対象として実体験を通じて原子力・放射線分野のより豊富な知識を習得できる「原子力体験セミナー」を実施している。2001 年からは放射線・原子力分野だけでなく「資源、エネルギー、地球環境」の全般を扱う講義も追加された。著者はこのセミナーを通して多くの教職員と接する経験を得た。ここでは、その際の受講者の反応と、講師経験から体得した、効果的と思われる情報伝達法について紹介する。

《会務報告》

(2002 年度)

3 月 8 日 顧問会 (科学技術館, 8 名)
3 月 8 日 勉強会 (科学技術館 6F, 20 名)
3 月 19 日 規定委員会 (尚友会館 8 F, 6 名)
3 月 19 日 第 2 回理事会 (尚友会館 8 F, 15 名)
4 月 25 日 2003 年度第 1 回理事連絡会

(尚友会館 8 F, 10 名)

4 月 26 日 ISRE04 第 1 回組織委員会
(霞山会館 9 F, 24 名)

5 月 23 日 第 1 回編集委員会
(東海大学校友会会館, 6 名)

6 月 3 日 第 1 回理事会 (尚友会館 8 F, 15 名)

6 月 15 日 第 1 回総会・勉強会
(日本科学未来館会議室 2)

《ニュースレター原稿募集のご案内》

編集委員会では、会員の皆様からのご寄稿をお待ちしています。「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、研修会等への参加記等、多少とも放射線・原子力・エネルギーの関係するもので、1000 字以内です。「放射線・放射能ものしり手帳」は難しい話題をおもしろく親しみやすい読み物で解説するもので 2000 字以内。投稿はできるだけ、電子メールでお願いします。発行は、3 月、7 月、11 月の年 3 回です。27 号の締切は 10 月 3 日です。

《「放射線教育」原稿募集のご案内》

NPO 法人放射線教育フォーラム発行の論文集「放射線教育」では、広く放射線教育に有益と考えられる内容の原稿の投稿をお待ちしております。編集委員会で審査の上、採用の可否を決め、一部改定をお願いすることもあります。詳しくはお手元の最近の「放射線教育」の巻末のページをご覧ください。なお、著者には表紙付きの別刷り 30 部を無料で提供します。毎年 1 月 31 日をその年度の締切としています。

《編集後記》

光陰矢の如しと申しますが、まだ当分の先と思っていた国際放射線教育シンポジウムがあと一年と迫って参りました。前々回の湘南国際村で行われたシンポジウムは大盛況で大成功を納めましたが、今回も大きな成果が得られるように準備は着々と進められている模様です。

今後、ニュースレターでもその概要は一部報告されることになると思います。編集委員として、皆様にシンポジウムへの関心がもたれるような役割の一端でも担えればと思っています。

(坂内 忠明 記)

放射線教育フォーラム編集委員会

大橋國雄 (委員長)、坂内忠明 (副委員長)、今村 昌、
大野新一、菊池文誠、小高正敬、村主 進、堀内公子、村石幸正
事務局：〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関 3-3-1 尚友会館 B1F
Tel: 03-3591-5366 FAX: 03-3591-5367,
E-mail: mt01-ref@kt.rim.or.jp,
HP: <http://www.ref.or.jp>

NPO 法人 放射線教育フォーラム

ニュースレター No.26, 2003 年 6 月 15 日発行