

# 放射線教育フォーラム

ニュースレター

No.7 1997.7

## “物理と化学の思い出”

放射線教育フォーラム顧問

熊 取 敏 之



放射線教育フォーラムの巻頭言を書くように依頼され、不適任と思いつつ敢えて筆を取った次第である。取りあえず私自身が旧制中学以後に経験した物理や化学教育の思い出等から述べてみよう。

私は、1934年4月、旧制和歌山中学に入学した。当時、理科教育としては物理・化学に動植物があったように思う。その頃は、文部省の統制は厳しかったと思われるが、理科教育はカリキュラムに忠実であったのではなかろうか。中学の理科教育で思い出すのは、「高橋博士理化学奨学賞」をいただいたことである。中学の大先輩の高橋克己博士は、「ビタミンAに関する研究」によって、1924年32才で帝国学士院賞を受けられた。その賞金500円を全額母校に寄贈されたが、これを基金として高橋賞が設けられたと聞いている。私の記憶では、物理・化学の学年平均90点以上の生徒にメダルを授与された。私もその光栄に浴したことがある。こういう話をすると「進学校の戦前版」と思われそうだが、校風とすると自由を大

切にしていたと思っている。

高等学校は、旧制静岡高校理乙に1939年4月に入学した。2年か3年の時、化学の講義で始めて放射性同位元素について教えられたと思う。物理では放射線関係は「新興物理学」というような名前で講義を受けた。相対性原理やX線などの名前も勿論出てきたが、不心得者の私は、落第点を回避するのに専心していた体たらくであった。将来、原子力に関係するようになるなどとは夢にも思わなかった報いでこの年になって勉強をしなければならぬのであろう。

旧制東京帝大医学部を1945年9月に卒業して第3内科に入った。当時の学術研究会議の医学班で、故都築正男先生が組織して、原爆被害者の診察・調査を行うと共に、米国調査団と協力することになり、私はその一員として参加することになった。結局1945年10月、11月は広島市の臨時陸軍病院に滞在した。爆心地近辺には白骨が散在し、外傷や血球減少なども多く見られた。

原爆に関するデータは講和条約の成立までは発表は米国の好む所ではなかったし、また、我国の経済状態も十分に回復していなかったこと等が相俟って、原爆のデータは、1954年3月1日の米国核実験（ビキニ被災）後に本格的に調査されるようになったといえる。ビキニ事件は広島・長崎と異なり、放射性降下物によるγ線、β線による体外・体内被曝と皮膚被曝があった。爆発による威力はTNT17メガトンで、日本人23名、マーシャル人239名、米国人28名が被曝し、当時としてはユニークな被曝であった。日本政府も放射能の系統的研究の重要性を認め、研究所の新設、放射性基礎医学講座の開設、研究費の増額等の施策も行われた。

私も老骨に鞭打って放射線影響の研究調査に役立てばと思っている。原爆、ビキニ、チェルノブイリその他を経験してみると、時代の移り変わりも感じると同時に放射線影響に関する社会の考え方の変化も常に心に留めていなければならないと思う。（放射線影響協会理事長、元放医研所長）



# 放射線ホルミシス

東邦大学  
放射線医学総合研究所

山田 武  
大山ハルミ

はじめに

放射線の生物に対する障害作用については、前世紀末よりほぼ100年の研究の歴史がある。しかしながら、いわゆる確率的影響が問題となるcGyオーダーの低線量域の影響については、なかなか実験データが得られていない。放射線防護上は、まさにこの領域の生体影響が一番重要なのである。そこで、高線量域での線量効果関係をそのまま低線量域に直接外挿し、低線量域での作用の大きさを推定している。当然、どんな低線量域でも障害作用であると考え、ただ大きさのみが線量に応じて小さくなるものとしている。

ところが、最近、低線量域での影響の研究が進むにつれ、低線量域では、高線量域での影響から予測できない、特異的な作用がしばしば報告されるようになった。すなわち、低線量の照射が、引き続いて行われた高線量照射の障害作用を軽減させたり、あるいは、ある生物活性を刺激するような効果が観察された。これらは、放射線ホルミシスと総称され、近年注目を集めるようになってきている。日本においても、日本放射線影響学会内に1980年代より「ホルミシス研究グループ」が組織され、毎年影響学会の大会の機会にワークショップが開催されている。本稿では、放射線ホルミシス研究の最近のトピックスを2つほど紹介する。

## 1. 低線量照射による放射線抵抗性の誘導

生体に種々の影響をもたらす、いわゆる“ストレス”作用原は、放射線、紫外線も含めて多種多様である。これら物理、化学的ストレス因子が亜致死作用量で、哺乳類細胞に作用した場合、特有な生化学的反応を引き起こすことが知られている。すなわち、高用量の同種ならびに他のストレスの対する抵抗性の誘導をはじめ、DNA合成の上昇、細胞内シグナル伝達に関係するタンパク質の合成の促進、細胞の成長や増殖あるいはアポトーシスに関連する遺伝子の発現の誘起などが生じる。これらの反応は、ストレス作用因子がきわめて多種多様であるにも拘らず、共通して特定の種類のものに限られている。この事実は、このストレス反応が、生物が進化の過程で獲得した普遍的な防御機構の一つであることを示唆しているものと解釈されている。

つまり、低線量放射線照射後に起こる放射線抵抗性の誘導は、決して特異的なものではなく、ストレス反応一般に見られる普遍的な現象であり、生物の防御機構の一つの発現であると理解することができる。毒物学の分野では、同様な現象は、“Arnst-Schutzの法則”として古くから知られており、最近、放射線ホルミシス現象の代表的なものとして、注目されるようになったこの“放射線の適応応答”は、ストレス因子一般に見られる現象が、放射線についても見られる、とい

うことの再確認にすぎないともいえるわけである。

低線量照射による放射線抵抗性の誘導現象は、細胞レベルでも動物個体レベルでも明確に観察される。まず、細胞レベルのこの適応応答は、1980年代からアメリカのWolfらによって、トリチウムβ線で処理された細胞では、つづく高線量放射線による染色体異常や、姉妹染色分体交換頻度を有意に低下させることを観察した報告から広く認められている。

動物個体レベルでの適応応答は、低線量照射より、引き続き致死線量照射に対する抵抗性の誘導現象として活発に研究されている。マウスの場合conditioning doseと称される低線量照射の線量は通常5-50cGyが用いられる。この線量に応じて適切な間隔をおいてchallenging doseと呼ばれる致死線量を照射すると、低線量照射を受けた実験動物群は、受けなかった対照群に比較して明瞭に生存率が高いことが観察される。すなわち、低線量の照射により致死線量放射線に対する抵抗性が誘導されるのである。

この実験で大変興味あることは、前照射の線量に依存して、抵抗性の誘導される時期が全く異なることである。前照射線量が5-50cGyの時には、その2ヶ月後に行われた致死線量照射に対してのみ抵抗性が誘導される。これに対し、30-50cGyというより高線量の照射の場合には、その2週間後の致死線量照射に対してのみ有効である。すなわち、前照射の線量が比較的低い場合と、高いときとでは、明らかに放射線抵抗性誘導の機構が異なると推定される。

私たちは、この、より高線量域照射(50cGy)の場合、骨髄における造血幹細胞の増殖が前照射により刺激促進され、2週間後の骨髄死誘発線量に対する抵抗性が誘導されることを証明した。しかしながら、低線量照射の場合の抵抗性誘導機構は全く不明である。大阪府立大学先端研の米沢先生たちは、この場合、前照射として全身照射が必須で、頭部のみの照射でも胸部のみの照射でも有効でないというデータを示している。すなわち、単に造血系への照射効果だけではなく、中枢神経系あるいは何らかの全身機能の関与が、この抵抗性誘導には必要らしい。なにしろ、2ヶ月後にやっと抵抗性が誘導されるのであるから、単に免疫系のみの関与とは考えられず、より複雑で、いくつもの系を介する結果であるに違いない。

このような実験事実は、これまでの放射線生物学の範囲では、なかなか発見できなかった。低線量の特異的效果を求めて行われた実験の一つの成果である。

## 2. 低線量放射線の抗ストレス作用

低線量放射線の実験のさなかに偶然見つかった面白い現象がここに紹介する中枢神経系への作用である。雄マウスを同一ケージに長期間飼育しているときに、



しばしば問題となるのは、マウス同士の喧嘩である。多くは尻尾の付け根の尻部分を噛み付かれ出血する。ひどい場合には死に至る。低線量照射したマウスでは、この傷が少ないことに偶然気付いた。私たちのグループの宮地さんは、そこで、大変独創的な実験を計画し、低線量放射線の特異的抗ストレス作用を発見した。

雄マウスを一匹飼育状態で長くおくと(resident)、いわゆるストレス状態となり、攻撃性が増大する。ここに、別なマウスを侵入させると(intruder)、侵入マウスに対して激しい攻撃をおこす。これを、resident-intruder testといい、社会的隔離によるストレスのモデル動物実験系として用いられている。宮地さんはこの系を用いてマウスのストレス誘発攻撃性に対する低線量照射の影響を定量的に測定した。すなわち、侵入マウスを入れてから直ちにマウスの反応をビデオカメラに一定時間記録し、噛み付く回数と最初の攻撃までの経過時間を測定して攻撃性を定量化して解析したのである。その結果、このマウスの攻撃性が、5-15cGyという低線量放射線によって7-10日後明瞭に抑制されることがわかった。この攻撃性の抑制は、隔離ストレスによって誘導された攻撃性にのみ発揮される。一匹飼いでなくグループ飼いの雄マウスでは、この効果が見られないからである。つまり、低線量放射線はストレスによってマウスに見られる効果を軽減する作用があるということになる。

さらに、興味あることは、この放射線効果が、25-35cGyに線量を上げたときには、見られないことである。すなわち、より低線量域の5-15cGyの線量域にのみ特異的にみられるのである。一般に放射線の生物作用の線量-効果関係は、単純な比例関係とみなされており、線量が低いほど、その効果は小さくするとされている。ところが、この場合、高線量域の方が効果がないのである。逆にいえば高線量域の作用からは全く推定できない効果が、より低線量域で見られるのである。

放射線ホルミシス論者の一人Saganは、高線量の作用からは予測できない低線量域独特放射線作用を、放射線ホルミシスの定義の一つに上げているが、この定義に従うとすれば、上記の低線量の作用は放射線ホルミシスの一つといえる。

哺乳類の性行動の中樞は攻撃行動の中樞と同じ部位にあるとされている。そこで、上記実験のintruderに発情雌マウスを用いることによって、性行動に対する低線量放射線照射の効果を解析できる。結果は、予想した通り、攻撃行動に対する上記の効果と全く同じであった。すなわち、低線量域にのみ性行動の抑制がみられ、より高線量域では、この効果は見られなかった。

さて、このような動物の行動に対する低線量放射線の効果はこれまで全く報告されておらず、新しい発見である。放射線生物学の面からも、動物行動学の面からも大変面白い発見であるが、当然次に問題になるのは、その機構である。放射線がどこに効いているのだろうか？

これまでは、全身照射であったから、放射線生物学の解析の常道として部分照射によって関与する器官組織を調べた。予想の通り、頭部照射のみで全く同様な効果があることがわかり、中枢神経系の関与が明確となった。そこで、中枢神経系への効果をより明確にす

るために、マウス頭部に電極を埋め込み、脳波を直接調べることにした。睡眠波を示している睡眠中のマウスに、4cGyという低線量X線を照射すると、直後に覚醒を意味する波形に変化することがわかった。マウスはなんと4cGyという低線量放射線を“感ずる”ことができるのである！

この4cGy照射を繰り返し行くと、しだいに覚醒波を示すマウスの数が減少してくることもわかった。すなわち、マウスは4cGyを感ずることができるだけでなく、一般の刺激に対してと同様、反復されると次第に感じなくなるのである。言い換えれば、適応反応をも示すのである。

さらに、同じ実験を、嗅球を除去したマウスに行くと上記の脳波の変化は全くなくなることがわかった。嗅球がないと、マウスはX線を感じないのである。このことから、中枢神経系のなかでも、嗅球系がX線の“感知”に働いていると考えた。嗅球に働く神経伝達物質である一酸化窒素(NO)の阻害剤を注射すると、反復照射に対する適応が消失することがわかった。これも嗅覚系の関与を示す一つの証拠である。

部分照射の実験をさらに細かくして、頭部を嗅球を含む前部と、含まない後部を別々に照射する実験を行うと、攻撃行動も性行動も嗅球を含む前頭部に照射したときのみ、抑制がみられることがわかった。いよいよ嗅覚系の関与は確かである。

これまで放射線抵抗性であるとして、ほとんど省みられなかった神経系が、以上のような新しい視点にたつと、きわめて放射線感受性であることが明らかになってきた。これらの実験は、単に放射線ホルミシスの分野に止まらず、神経生理学と放射線生物学を結ぶ全く新しい分野を開拓するものであると、私たちは確信している。(3月16日1996年度フォーラムシンポジウム特別講演)

## 放射線を測ってみませんか

私たちの身のまわりには、大地や宇宙からくる放射線があります。放射線を測るために、放射線計測協会では「はかるくん」という放射線測定器を無料で貸し出しています。

「はかるくん」の特徴

1. 重量500g
2. ワンタッチで、だれでも簡単に測れます。
3. スイッチを入れて1分間待てば、その場所の放射線の強さがわかります。

申し込み方法

ハガキに住所、姓名(ふりがなつき)、電話番号、年齢、職業(できれば記入下さい)、貸出希望台数を書いてお申し込み下さい。

貸出期間は、個人の場合約2ヶ月です。

申し込み先

(財)放射線計測協会 事業部

〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

tel 0292-82-0421 fax 0292-83-2157



# エネルギー問題を考える(II)

## 日本のエネルギー事情

エネルギーを利用して産業を興し、これによって国内総生産を伸ばすことによって国民は豊かな生活をする事ができます。日本も経済成長とともにエネルギー消費は伸びてきました。しかしながら、日本はこのエネルギー消費量を補うエネルギー供給源を考えると非常に脆弱な構造であるといえます。

日本の一次エネルギー消費量(供給量)は、第1図に示すように1992年では石油に換算して、年間5.41億klに達します。このうち原子力の占める割合は10%であって、水力は3.8%であります。石油は58.2%、石炭が16.1%、天然ガスが10.6%と、化石燃料の1時エネルギー供給量に占める割合は約85%であります。

しかしながら、わが国は化石燃料の資源は殆ど無いといってもよいくらいで、化石燃料は殆ど輸入に依存しています。従って、第2図に示すように、1994年度のわが国のエネルギーの輸入依存度は83%となります。しかも全エネルギー供給量の約57%を占める石油はほぼ100%輸入に依存しており、しかもその約7割を政情が不安定な中東地域に依存しております。このため、日本のエネルギー構造は非常に脆弱であるといえます。すなわち、わが国は過去に1973年、1979年と2回のエネルギー危機を経験してきました。

2度のエネルギー危機の経験を生かして、現在では約4ヶ月分の石油を備蓄しており、1991年の湾岸戦争の時には石油危機に見舞われませんでした。が、何時また石油危機が起こらないとは限りません。

第2図に示すように1994年度では国産のエネルギーの一次供給エネルギーに占める割合は水力で3%、石炭で1%、その他(地熱エネルギー、ごみ焼却エネルギー、薪炭、太陽エネルギー等)は2%であって、合計6%に過ぎません。このような日本のエネルギー事情のために、国産のエネルギー資源の増大を図る必要があります。しかしながら、水力エネルギー源は開発しつくされて、新規のエネルギー源としては余り期待できません。石炭もわが国では殆ど掘り尽くされています。この特集の「省エネルギーと新エネルギー」の項で説明する予定ですが、太陽エネルギーの利用の普及については非常な努力が図られています。しかし、将来の太陽光によるエネルギー供給量は一次エネルギーの総需要量に比べると微々たるものでしかありません。

原子力エネルギーはその特性上準国産エネルギーとされていますが、その理由はウラン燃料は少量で沢山のエネルギーが得られるからです。100万kw発電所を1年間運転するのに必要な燃料は、石油ならば140万トン必要であるのに、原子力発電では濃縮ウランが僅かに30トンと約5万分の1の量で済むからです。従って備蓄のためのスペースも余り必要としないので何年分ものウラン燃料のストックがあります。

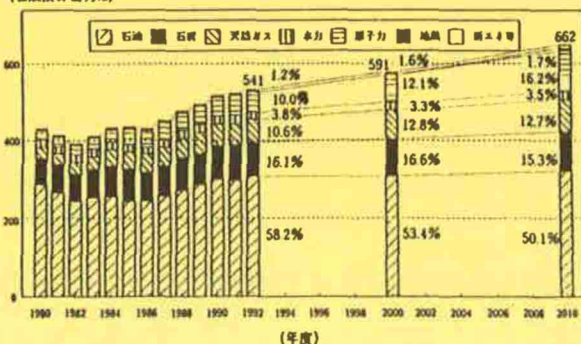
しかしながら、原子力エネルギーを国産のエネルギー源としても、国産のエネルギーは一次エネルギーの需要量の17%にしかありません。このため、いざという時には様々な原因でエネルギー源の確保が円滑に進まなくなる可能性があるため、特定のエネルギー源に依存することは好ましくありません。したがってわが国は、国産のエネルギー資源の増大を図りながら、各種のエネルギー源の適切な組み合わせをする、すなわちベストミックスの考え方に立って、供給の安定や経済性を高めていく必要があります。第1図は、総合エネルギー調査会供給部会の中間報告にある、ベストミックスの考え方に沿った2010年における一次エネルギーの供給の望ましい比率を示しています。これによると一次エネルギー消費量は年間6.62億klとなり、そのうち原子力のシェアは16.2%となる見通しをたてています。また水力は3.5%、地熱、新エネルギー等は2.3%となる見通しで、国産エネルギーは合計22%と漸増させることを考えています。(村主 進)

率直なご意見、コメントをお送りください。(編集委員会)

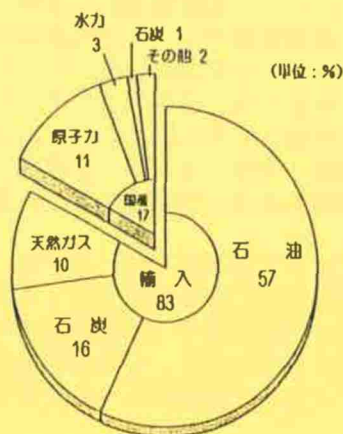
第1図 わが国の一次エネルギー供給実績と見通し

(平成6年総合エネルギー調査会供給部会中間報告)

(石油換算百万kl)



第2図 日本の一次エネルギー源の構成('94年度)





## 東京地区第3回研究会開催される

フォーラム常任顧問 篠崎善治

昨年12月26日開催する予定であったが、高校のスキーの教室と重なり、参加申し込みが極めて少なかったため、思い切って延期し、東京都理科教育研究会会長の嶋田先生、会場の世話をお願いした日比谷高校の下田先生（フォーラム幹事）と相談した結果、高校の先生が最も出席し易い日として、3月22日（第4土曜日）に延期した。そして、会長の助言で、1月19日、九段高校における理科教育研究会に必要な部数のプログラムを持参し、私から直接、参加した先生方に案内する事が出来た。

さらに下田先生の助言で、2月17日経団ビルで開催された第6回理科教育フォーラムにもプログラムを持参して、下田先生と共に参加を呼び掛けた。

また、「もんじゅ」のNa事故がらみで、化学の先生方の要望をいれ、当初予定した自然放射線測定実験を取り止め、特にお願いして元東海大学教授古川和男先生に表記標題で講演して貰う事とした。しかしながら、この間に起こった動燃東海の爆発事故が災いして、FAX申し込み締切日の3月15日における申し込み者数は拾数名に過ぎなかった。

そこで、これらの事故を踏まえた緊急連絡FAXを作成し、過去に於ける研究会出席者全員（既申し込み者を除く）に連絡した。

なお、Ar-Kジェネレーター実験については、アイソトープ協会からの借用が不可能となったが、広領域研究会の厚意とアイソトープ協会の協力（運搬並びに保管）により、当日は4台が確保出来、さらに放射線計測協会の協力により提供された25台の“はかる君”を用いて、実習者があらかじめバックグラウンドを確認し、さらに、演示実験中、安全に接近し得る線源との距離を各人に確認にして貰う事が出来た。また、線源委員の吉田氏（放射線計測協会）が持参した電子ポケット線量計（PDM101）5台により、実験中の指導者3名と受講者2名の被曝線量測定がなされ、自然放射線の年間被曝線量の百分の1以下である事が確認された。（受講者については測定器の誤差範囲内であった。）

これだけの台数と測定態勢をもって行ったAr-Kジェネレーター実験は、わが国では初めてであり、今後に明るい見通しが得られたものと確信する。

今回の研究会の特記すべき成果は3つある。1つは今回初めて嶋田会長のご理解を得て、東京都理科教育研究会と共催出来たこと、2つ目は高校生7名（化学・生物班）の自主参加を得たことである。これらが、当日雨天にも拘らず42名（内教師・生徒29名）の出席を得た大きな要因であり、また、フォーラムが予定した受付アルバイト女史の突然の欠席という不測の事態を、下田先生、佐藤先生（日比谷高校）初め高校生達の協力を得て、無事切り抜ける事が出来たのもそのお陰である。そして3つ目は、下田先生のご努力に

より、今回初めて、懇親会の経費を参加者の参加費で賄い得た事である。

雨天の中、嶋田会長も出席挨拶され、また、日本理科教育研究協会からは、文部省の教科課程審議会に対する要望書作成委員会委員長の富岡先生が終始熱心に参加討議された。

研究会終了後、下田先生のお世話により、星陵会館（日比谷高校同窓会館）に於て、講師の古川、松井、谷本、菊池諸先生、東海大大野教授（フォーラム総務幹事）を囲んで、総勢17名が閉館（21時）まで、時の経つのも忘れて、熱心な議論が出来たのも何よりの収穫であった。改めて下田先生の献身のご努力に対し、深甚の敬意と感謝の意を表したい。

（元都立RI総合研）

## 放射線教育研究会に参加して

都立日比谷高校 下田 善夫

東京地区第3回放射線教育研究会は、3月22日、都立日比谷高校にて開かれました。現在、一般の高校では第4土曜日は休日ですが、参加者は約30名（その内、日比谷高校の生徒が8名）、多くの方々が自然の現象としての放射線や放射能に関して、またその諸分野への応用に強い関心を寄せておられることを感じました。講演者の方々と演題は下記のごとくで、放射線や原子力の分野の最前線で活躍しておられる方々と、聴衆の方々には熱心に語りかけて下さいました。

### 講演者と演題

- 千坂 治雄先生（都立アイソトープ研究所長）  
「都立アイソトープ研究所の施設と研究成果の紹介」
- 篠崎 善治先生（放射線教育フォーラム副会長）  
「原発だけが放射線ではない。放射線教育の衰退の原因を探る」
- 古川 和男先生（前東海大学開発技術研究所教授）  
「もんじゅのナトリウム漏れ事故について」
- 森 雄児先生（都立西高校教諭）  
「ニッケル電着法による安全なく液体窒素を用いた霧箱用 $\beta$ 線源の試作」
- 菊地 文誠先生（東海大学理学部物理学科教授）  
「素晴らしい放射線源としてのAr-Kジェネレーターの意義」
- 松井 英男先生（杏林大学医学部教授）  
「赤血球中のNaポンプの機能とAr-Kジェネレーターの利用」
- 谷本 清四郎先生（武蔵工大付属高校講師）  
「Ar-Kジェネレーターによる放射線実験」

私はこの研究会に参加し、大いに啓発され、強い知的興奮をおぼえました。本来なら、講演の一つ一つについて詳細なご報告をすべきですが、紙面の都合もありますので、一人の受講者として感じた印象を少々述



べさせていただきます。少なからず誤解や思い込みがあるかと思いますが、そのような場合はご注意を頂ければ幸いです。

自然の現象そのものである放射線や放射能の発見は、20世紀の人類の一大発見の一つであります。はじめは個人的な興味と関心に基づいた自然そのものの研究であったと思います。ラジウムの発見をしたキュリー夫人の栄光と悲慘の人生が、感動的で世界中の人々に語り継がれているのは、その研究が国家や大きな組織や巨額の研究費に守られている安穏な環境のなかではなく、まさに個人の才能と努力によるものだったからでしょう。勿論、現在でも放射線や放射能に関する研究は、あくまでも個人的な動機に基づいているはずで、そうでなければ、一生を懸けて労苦の多い仕事を続けることはできないでしょう。

ところが、最近のマスコミの関心は「原発」とそのトラブルにのみ集中し、物質の構造とエネルギーに関する研究そのものまで悪者に仕立て上げかねません。現代版「魔女狩り」の始まりかと、悪い予感すらします。これでは研究や開発の前線で仕事をしている人々の意気を沮喪させ、「原発」だけではなく、その基底にある化学技術全般の発展を阻害し、停滞・衰退をも招きかねないと思います。

しかし、一般の人々や子供たちが、放射線や放射能に対して不安や恐れを抱くのは、それなりの理由があり、これにどう応えるかは極めて難しいと思います。専門家や理科教育にたずさわるものの真の力量と人間性が、ここで問われているのだと思います。

思えば、あるがままの自然は美しく、また、その自然が時にどんな荒々しいものであっても自然そのものに腹を立てる人はいません。草花や野鳥や昆虫に親しみそれを研究している人は、専門家でなくても大勢おり、同好会も全国に無数にあります。あるがままの自然という意味では、放射線とて同じです。

私は大学を卒業して間もなく（昭和40年頃）、はじめて赴任した高校で物理の先生が教材用の霧箱を自作するのを見ていたことがあります。その手製の霧箱で、夜光時計の文字盤に塗られている塗料（放射性核種を含む）から発するアルファ線の軌跡を見た時の興奮を今でも覚えています。自然というものを観察するとき、既製の器具よりも、手作りの器具を使うことがいかに大切かを、その先生は、まだ若い新米の教師の私に無言で教えてくれたと思います。手でつくると、その過程で書物には書いていない自然の微妙さ、奥深さというものを多く学ことができます。放射線というものも、自分の手で直接触れたり、制御できるようなら、草花や野鳥や昆虫に親しむのと同様にとはいかないまでも、もっと身近なものとして受け入れることができるのではないのでしょうか。

現代科学は発展し深化したが、同時に巨大化し、国際的な体制化が進み、全体を見渡せる真の意味での技術者（職人）を蔑視し排除するような気風が蔓延してきたのではない。キュリー夫人の時代の草創期にはあったダイナミズムが衰えつつあるのではない。このことは、篠崎先生が講演のなかで、「放射線の強さを示す単位が、実感しやすい『キュリー』から、理論的ではあるが難解な『ベクレル』に換えられ、少

なくとも教育の現場では生徒達にこの単位は使わせたくない・・・」と述べられたときに感じました。また、古川先生が「もんじゅのナトリウム漏れ事故について」という講演のなかで、「今の日本の科学技術の勢いは、そのピークを過ぎて、衰退期に向かっている・・・」と述べられたときにも感じました。さまざまな法的な規制もあり、夜光時計の文字盤のような適当な放射線源が私たちの身の回りから消えつつあり、一方、放射線や放射能に関する知見は、専門家達が膨大な予算を使った国家的プロジェクトとしての加速器や原子炉をつかった実験によってもたらされるのみで、私たちはそれを有難く拝聴するしかない、という現実があります。



生徒達と一緒に／Ar-Kジェネレーターを使って実験しているところ（1997-3-22,都立日比谷高校にて）

放射線教育の衰退を食い止め、放射線をアマチュアの手し、あるいは個人の手に取り戻したいものです。当フォーラムは、既に実行に移しているはずですが、放射線取扱についての過剰で不当な規制を撤廃すべく、運動を強く進めたり、先日研究会で紹介された「アルゴン-カリウムジェネレーター」のような安全な放射線源を開発し、いつでも、誰でも安心して使えるようにして欲しいと思います。

どんな自然物もどんな人工物も、対応を誤れば全て危険です。これらと上手に付きあう方法を学ぶのが科学の教育の目的の一つでもあります。

なお、当フォーラムは先日文部省に要望書を出しましたが、現代の第4権力といわれ、なにより怖いマスコミに対して何らかの対応をすることはできないものかと考えています。

今回の研究会には、都立日比谷高校の生徒8名が参加させて頂きました。生徒たちには難しいことがあったかもしれませんが、第一線で活躍しておられる先生方の息づかいに接したり、霧箱の実験やAr-Kジェネレーターの実験に参加できたことは、生涯忘れ難い思い出になったと思います。（フォーラム幹事）



## 参加した生徒たちの感想

### 人と放射線利用の仕方

都立日比谷高校 2年 友繁 弓子

#### 放射線。

この言葉を聞いて始めに私が思ったのは、「原発（原子力発電）」の事故のことだった。「チェルノブイリ」、「もんじゅ」、「動燃」・・・。

私の頭の中では、「放射線＝危険」という公式が出来上がっていて、実際、この講座で“放射線の実験”をすると聞いたときも、帰りたくなるほどだった。

しかし、私はこの講座を受けて放射線というものを少しは理解できた気がする。何しろ私は、放射線には $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線などの種類があることを、この講座を受けるまで知らなかったし、放射線の利用法も初めて聞くものばかりだった。品種改良や殺菌、滅菌などなど。

なかでもとりわけ私の注意を引いたのは、放射線でフロンのような環境汚染物質を分解するという方法である。まだ研究中ということだったが、もしそれができれば、環境汚染を食い止めることができるかもしれない。今の私には応援することしかできないけれど、頑張つて欲しいと思う。

と、放射線に対する理解は深まったが、依然として例の公式は私の頭から消えなかった。理由は「原発」である。「原発」は少しの原料でたくさんのエネルギーを生み出し、しかも二酸化硫黄や窒素酸化物などを含んだ煙による大気汚染がない。一見、非常にメリットの多い発電法だと思うが、一度チェルノブイリのような大事故を起こしてしまうと、大量の放射性物質をまき散らして環境を汚染してしまう。講師の古川和男先生は、「もんじゅ」の場合、事故を防げる技術が日本にはあったのに、それを生かすことができる技術者が現場にいなかったことが事故の一因になったとおっしゃっていた。

私はまだまだ放射線について勉強中だけど、それでも「原発」をもっと安全性に富んだものにして欲しいと思う。

放射線に関する技術は環境を守り、人間を豊かにする力を持つが、一歩使い方を間違えると、地獄の業火にもなりうる。それは使う人間次第。私は今回の講義を受けて新しい知識を得た分、この文の冒頭に感じたものとは別の新しい恐れく放射線の振舞いが、人間が放射線を利用する仕方次第で変わることに対するプレッシャーのような気持ちを感じた。

### 新しく学んだこと

都立日比谷高校 2年 福島 敦

僕たちバケダン（化学部の愛称）は、去る3/22に行われた東京地区第3回放射線教育研究会に参加しました。最近話題によく出てくる「放射線」、「放射能」、「原子力」という言葉についてより深く知る事が出来

た気がします。ここに新しく知った事とその事についての感想を書いておきます。

I. 日本の原子力技術の先駆けとなった方々の話を聞かせていただきましたが、多くの話に共通していたことは、学校教育に於ける放射線教育上の問題点という事だと思います（高校の教職員が集まって話をしているのだから当然だが）。このことは、これからの日本を生きる僕達（現・高校生）にとってはかなり重要な意味を持つてくる事だと思います。

電力の30%以上を原子力に頼って、医療の世界でもX線などの放射線を多く使っている今、原子力や放射線についての的確な知識は必要不可欠なものといえるでしょう。

義務教育期の中学校で電流や電圧の関係を勉強するのと同様に原子力や放射線について勉強することは当然のことだと思いました。

II. デモンストレーションされた実験ものはどれも面白かったです。「液体窒素を用いた霧箱」で、紺色のバックにスーと白い線が現れて消える様子は、夜空に流れ星が一瞬光って消えていく様子と似ているような気がしました。とても幻想的で見とれてしまいました。A $\alpha$ -Kジェネレーターを用いた実験では、ガイガー計測器（はかるくん）というものを使って放射線の量を実数値にしたものをみて放射線の力と距離の関係を調べました。はかるくんをパソコンに接続して放射線の強さの推移を示すグラフも面白そうでした。

感心した事は、A $\alpha$ -Kジェネレーターの大きさが普通の水筒くらいと言う事です。あれくらいの小さい装置で放射性物質を得ることが出来るのなら、学校の授業で十分に使えると思いました。

III. 篠崎善治先生の資料の「原発問題大事なことを忘れていないか。」の最後の部分（3頁）にはとても共鳴し、考えさせられました。今すぐに、原子力を使う発電の全てを中止するのが絶対に不可能な今、最も必要なのはと言う事なのかを教えてください。気がします。

海外で起きた事故が国内で起きた場合、どういう風に行動するのが最も良いのかは事前学習（その海外の事故）で知っているはずなのに、日本はいざ事故が起きたときに何時も対応が遅れ、失敗だらけ（失敗だけ）の様な気がします。せめて、チェルノブイリのような悲惨な事故だけは国内で起こして欲しくないな、と思っている矢先に最近の動燃の失態・・・。

IV. 古川和男先生のお話では端的に最近の原子力発電について話して下さったのでとても良く分かりました。しかし、資料の“トリウム溶融塩炉開発—来世紀世界・地球環境の救済に”には少し引かかるところがありました。

それは、トリウム（Th）溶融塩炉をどれくらいの期間使うのかという事に関係しています。最近、核融合という新しいエネルギーの産出法がしきりに研究されています。そして僕が感じる限り、この核融合という新しいエネルギーの産出法は従来の核分裂をつかつ



た原子力発電より断然優れていると思います。だから来世紀世界・地球環境の救済になるべきなのは核融合だと思ふのです。そして、その核融合技術が確立するまでの間にリリースピッチャーとしてトリウム溶融塩炉を使うという意味ならば納得です。

V. 今回、放射線教育研究会に参加できてよかったと思うのは、こうしてキーボードに向かってパチパチと文字を入力している時の様な気がします。せっかく頂いたパンフレットや資料なのだから、読まないで損だし、感想を書くにはパンフレットを見なくては難しいので、それらを読み進むうちに現代の日本の置かれている状況等（原子力関係）がだんだんと分かってきます。そして、その状況に対してどういう風にこれから当たっていくのか高校生なりの頭で考えながら感想を書いているのは結構良い勉強になると思います。

VI. 日本は小さな島国で地下資源が少ないのだから有効な手段で発電し、有効な手段でその電力を運ばなくてはなりません。その有効な手段を発見して、日本のエネルギーを支えていく技術を発見していくのは他ならぬ21世紀を生きていく僕達自身なのです。その事をきちんと生徒に意識させるのが、教職員の今しなくてはならないことの一つだと思いました。

## 最近の教育課程審議会の情報

放射線教育フォーラムの提案が取り上げられる

フォーラム総務幹事 飯利 雄一

文部省が昨年12月から今年の1月末にかけて「今後の教育課程の在り方」についての意見を公募していたが、団体191、個人296人の計487件が提案され、教育課程審議会の総会に提出された。

その内容は、「今後の学校教育の全体的在り方」、「教育内容の厳選・改善」、「総合的な学習」などであるが、その内の主な意見（約1割）が時事通信社の内外教育に紹介されている。その中の一つに、放射線教育フォーラムの提案した「教育内容の厳選・改善」の中の基本的な考え方として『倫理感覚、社会生活に最低限度必要な、読み・書き・そろばん力、高度文明社会に必要な科学的知識を重点として学習指導要領を簡略化する』が特に紹介されている。また、エネルギー問題の解決のための必須知識である放射線や放射能を常識として身につけさせるべきことも取り上げられている。

このことは、放射線教育フォーラムの考え方や方向が、妥当なものとして評価されてきた証左であると言える。これからも、新しい教育の在り方や方策を目指して一層の努力が望まれるであろう。

（広領域教育研究会・前信州大教授）

## 新賛助会員への謝辞

放射線教育フォーラムの賛助会員として新しく入会されました下記の法人・団体に対して、心から感謝の意を表します。

賛助会員のますますのご発展をお祈りするとともに、今後とも本フォーラムに格段のご高配を賜りますようお願い申し上げます。

（株）原子力発電訓練センター

広領域教育研究会

（財）高度情報科学技術研究機構

（株）ピー・ダブリュー・アール運転訓練センター

（財）放射線利用振興協会

（株）増野製作所

（五十音順）

## 1997年度の活動計画

1. 会員全員の協力により、会員（個人会員及び賛助会員）の増加をはかる。そして財政基盤の確立に努める。（必要な資料は事務局までご請求いただきたい。）
2. 事業（活動）計画
  - （1）総会・シンポジウム 年1回（3月）
  - （2）研究会（主として高校教員を対象）年2回
  - （3）会員の勉強会  
（7月と11月の幹事会の折りに） 年2回
  - （4）出版
    - ①ニュースレター 年3回
    - ②「放射線教育」（仮称）誌の発表（新規）年2回
    - ③「放射線教育に役立つ文献リスト」1回以上
    - ④要望書・意見書の作成・提出
3. 運営
  - （1）総務幹事会  
総務幹事が現在12名であるのを13名（今年は常任顧問2名に随時加わっていただいて15名）にして毎月1回（年間で11回）開催する。
  - （2）幹事会  
7月と11月の2回開催する。
  - （3）各種委員会
    - ①「出版物編集委員会」（継続）年3～4回
    - ②「実験教材検討委員会」（新規）年3～4回
    - ③「リスク問題検討委員会」（新規）年3～4回
    - ④「国際シンポジウム開催検討委員会」（新規）  
4月～7月の間に毎月1回
    - ⑤「要望書の作成のための委員会」（必要に応じて）
4. 将来構想（一部は今年度から着手）
  - （1）地方支部の設立
  - （2）国際的規模への展開
  - （3）他のグループとの連携
  - （4）一般社会・マスコミへの啓蒙運動
  - （5）活動実績を重ねて将来は公的組織（公益財団）を目指す。



## ジャーナル「放射線教育」の発刊について

編集委員会では、広報活動の一層の充実を図るため、ニュースレターとは別に新たにジャーナルの発刊の準備を進めています。内容は会員の研究報告、シンポジウムの詳報、資料紹介、その他企画記事などを考えています。とりあえず年2回の刊行を予定しています。これに伴いニュースレターはフォーラムの活動の事務的連絡を中心として編集されることになります。当初は明確な分離が難しいこともありますが会員各位のご指導、ご協力を得て作業を進めたいと思います。

## 「実験教材検討委員会」の発足について

昨年度、教育現場で安全に使用できる教育用線源の開発を目的にした線源検討委員会は精力的に活動し、いくつかの成果を残して解散しました。しかし、高校などでの放射線実験の普及を図るため、新たに「実験教材検討委員会」をスタートさせました。去る5月17日第1回の会合を開き、今後の活動予定につき協議しました。その結果、測定器の開発、線源の開発コンピュータソフト及び周辺機器の開発などの課題に取り組むことになりました。委員会の構成メンバーは次の通りです。

菊池文誠（委員長・東海大、理）、内田雅也（中村理理工業）、北村俊樹（都立上野高校）、隈元芳一（放医研）、下田善夫（都立日比谷高校）、谷本清四郎（武蔵工大附属高校）、三木良太（近畿大名誉教授）、村石幸正（東大教育学部附属中・高校）、村山義彦（根本特殊化学）、森雄兒（都立昭和高校）、吉田芳和（放射線計測協会）

## 放射線教育に関する国際シンポジウムについて

5月9日の総務幹事会、5月22日の小委員会、6月3日に開催されたフォーラム会員以外の方々を加えた打ち合わせ会、6月13日のフォーラム総務幹事会により、開催期日は1998年12月11日（金）～14日（月）に、開催場所は湘南国際村（神奈川県葉山町）に決定しました。この時期は、1998年12月8～10日には第23回放射線・アイソトープ総合会議が東京で開催される予定ですので、これに連続させるように決められました。また、現在のところ、シンポジウムで取り上げる主なテーマとして、

- (1) 学校における放射線教育
  - 1.1 義務教育課程における放射線教育
  - 1.2 高校理科の諸科目における放射線・放射能の取扱
  - 1.3 理科以外の科目における放射線・放射能の取扱とクロス・カリキュラム
- (2) 大学教養課程・医科系大学短大における放射線教育
- (3) 効果的な放射線教育の実習・実演（コンピュータなどを利用した放射線教育を含む）

- (4) 放射線の利用およびリスクに関する最近の情報、これを学校・社会でいかに教えるか
- (5) 放射線を含む社会生活における「リスク・ベネフィット」教育などを考えています。

## 第1回「拡大幹事会および勉強会」の開催

日時：1997年7月2日（水）午後4時～8時  
場所：虎ノ門国立教育会館602号室  
（「放射線教育」セッションに引き続き）

1. 勉強会
  - (1) 稲葉次郎氏（放医研）  
「ICRPの線量限度について」
  - (2) 唐木 宏氏（攻玉社高校）  
「楽しい授業・感動課程・放射線」
  - (3) 村石幸正（東大教育学部附属中・高校）  
「高校における放射線教育の実態」
2. 拡大幹事会
  - (1) 「教材線源検討委員会」の活動
  - (2) 「ニュースター・〈放射線教育〉誌刊行・インターネット」
  - (3) 「リスク問題検討委員会」について
  - (4) 「国際シンポジウム計画」について
  - (5) その他

## 《会務報告》

- 3月3日 国際シンポジウム計画を検討する第1回会合  
（日本アイソトープ協会会議室、12名）
- 3月7日 1996年度第10回総務幹事会（原安協、7名）
- 3月15日 立教原研での研究会（16名）
- 3月16日 1996年度総会・シンポジウム（科学技術館、32名）
- 3月22日 東京地区第3回研究会（都立日比谷高校、42名）
- 4月11日 1997年度第1回総務幹事会  
（TEPCO 銀座館、13名）
- 5月9日 1997年度第2回総務幹事会（原安協、11名）
- 5月16日 1997年度第1回編集委員会（東工大、4名）
- 5月17日 実験教材検討委員会（中村理化、11名）
- 5月22日 国際シンポジウム計画に関する小委員会  
（広領域教育研究会、6名）
- 6月3日 国際シンポジウム計画に関する第2回会合  
（日本アイソトープ協会会議室、19名）
- 6月13日 1997年度第3回総務幹事会（12名）  
（TEPCO 銀座館）
- 7月2日 1997年度第1回拡大幹事会兼勉強会  
（国立教育会館）
- 〈フォーラムの活動に関連した、他の団体の主催する最近の研究会・学会などへのフォーラム会員の参加（一部）〉
- 2月8日 「第7回理科教育フォーラム」ー産業と共に考える理科教育'97ー「次世代に何を学ばせるか」日本理科教育協会主催（経団連会館ホール）  
参加者：篠崎副会長（当時）
- 3月24日 日本原子力学会1997年会（東大工学部）  
参加者：松浦代表総務幹事、三木副会長（文部省と科学技術庁へ提出した要望書について報告）、森川会員（ICRP1990年勧告の取扱に関する討論の座長）



3月29日「第5回化学教育フォーラム どう変える！これからの理科教育」日本化学会化学教育振興専門委員会主催（立教大学）

参加者：有馬会長（講師の一人）松浦代表総務幹事  
5月7日リンクス・リセウム最終シンポジウム「21世紀の学術研究と科学技術」（青山学院大学）

参加者：伏見特別顧問（主宰者）、篠崎常任顧問、更田副会長、松浦代表総務幹事

5月24日教科「理科」関連学会協議会第2回シンポジウム「科学教育のあるべき姿を探る一次々期教育課程をも見据えて」（三輪田学園中・高校）

参加者：山名康裕会員（講師の一人）、飯利総務幹事、松浦代表総務幹事

（フォーラムに寄贈を受けた資料）

5月 「博覧精思」

（坂上正信金沢大学名誉教授による1987年以降の環境放射能の研究や随想をまとめた約400ページの美しい装丁の本）

### 1997年度放射線教育フォーラム役員 （五十音順、敬称略）

会長 有馬朗人（理化学研究所理事長・前東大総長）

副会長 後藤道夫（明治大理工）  
※更田豊治郎（高度情報科学技術研究機構理事長）

※三木良太（近畿大名誉教授）  
特別顧問 伏見康治（阪大・名大名誉教授・元日本学術会議議長）

常任顧問 今村 昌（理化学研究所名誉研究員）  
篠崎善治（元都立RI総合研）

顧問 安 成弘（東大名誉教授・医用原子力技術振興財団）

熊取敏之（放射線影響協会理事長・元放医研所長）

斎藤信房（東大名誉教授・前日本分析センター会長）

清水 栄（京大名誉教授・日本アイソトープ協会副会長）

松平寛通（新技術事業団理事長・元放医研所長）

村上昌俊（元原研）

総務幹事 飯利雄一（広領域教育研究会・前信州大教授）

大野新一（東海大開発技術研・放射線利用振興協会）

加藤和明（茨城県立医療大学・高エネ研名誉教授）

菊池文誠（東海大理学部）

小高正敬（東工大原子炉研）

村主 進（原子力システム研究懇話会・元原研）

長谷川園彦（静岡大名誉教授）

堀内公子（大妻女子大社会情報学科）

☆松浦辰男（立教大名誉教授・立教大原研）

### 幹事

山口彦之（東大名誉教授・駒沢短大）

渡利一夫（放医研特別研究員）

朝野武美（大阪府大先端科学研）

石黒亮二（北大名誉教授・北海道電力）

今井靖子（放医研人材研究基盤部）

岡田重文（東大名誉教授・放射線審議会会長）

河村正一（神奈川大理学部）

木村逸郎（京大大学院工学研究科）

久保寺昭子（東京理科大薬学部）

下田善夫（都立日比谷高校）

高島良正（九大名誉教授・九州環境管理協会理事長）

中西友子（東大農学部）

中村佳代子（慶応大医学部）

宮沢弘二（家政大附属女子中・高校）

森 雄児（都立昭和高校）

米村伝治郎（都立大学・科学技術館）

### 監査

朝野武美、河村正一

（※は総務幹事を兼任 ☆は代表総務幹事）

### 《あとかき》

動燃の事故が発生してから数カ月が経過しました。報告する、した、しないが何度となく繰り返されました。科学事実の報道や伝え方とは難しいものです。放射線科という臨床の現場で仕事をしていると、それを痛切に感じます。原爆で癌が生じ、それを治すのも放射線治療、診断にもラジオアイソトープを使うという3次元にも絡み合った放射線の事を、どのように患者さんやその家族にわかっていただくか、その疑問に答える病院パンフレットを最近作り終えたばかりです。この経験を放射線教育にも役立てることができればと、前回より放射線教育フォーラムの編集委員として参加させて頂くことになりました。

科学は人々の幸福のために発展してきたもので、事故を尤めたり、責任者をバッシングすることで否定されてはなりません。放射線という人類最高の科学を易しく、そして優しく伝えていくために、思いやりのあるニュースレターをこれからもお届けしたいと考えています。（中村佳代子）

編集者 放射線教育フォーラム編集委員会

委員長 渡利一夫（放医研特別研究員）

委員 菊池文誠（東海大理学部）

小高正敬（東工大原子炉研）

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）

顧問 今村 昌（理研名誉研究員）

発行者 放射線教育フォーラム

（会長 有馬朗人）

〒105 東京都港区新橋1-18-2 明宏ビル6階

TEL : 03-3503-5844

FAX : 03-3503-5843

問合せ先 （代表総務幹事 松浦辰男）

TEL/FAX : 0467-31-6014