

# 放射線教育フォーラム

ニュースレター

No.8 1997.11

## “PCBに学んだ放射線の定義”

放射線教育フォーラム顧問

篠崎 善治



最近、清掃工場やゴミ焼却場によるダイオキシンの環境汚染の問題が新聞、テレビやラジオ等で連日の様に取り上げられ、住民を不安に陥れているが、何故か私には都立アイソトープ総合研究所在職中に起こった、PCBによる環境汚染問題が思い出されてならない。

当時は美濃部都政下で、早速、PCB調査研究プロジェクトチームが編成され、海水、汚泥から魚介、食肉類、母乳に到るまで、広範な分析・調査を開始した。その結果は全国各地の調査結果と共に、連日のように新聞、テレビに取り上げられ、都民を不安に陥れていた。これに反発を感じた私が、「この様な調査だけでは都民の不安を増すだけである。分解不可能とされるPCBの分解方法を見出す事こそ都民を安心させる道ではないか。」と企画調整局長（私の一高時代の同期生の柴田徳衛氏）を通じて知事に訴えたところ、「それならお前がやれ」という事になり、PCB分解技術開発研究、分析方法定型化の両プロジェクトのリーダーを命じられた。

先日、NHKテレビのダイオキシン特集で、当時、講師として招いた愛媛大学の立川教授のお顔を再び拝見し、いまなお頑張っているのに驚き、かつ敬意を表した次第である。

当時既に、PCBの熱分解によるダイオキシンの生成が知られており、焼却処理は困難とされていた。今日のダイオキシン問題にPCBを思い出したのはこの為である。私は、酸、アルカリ、酸化剤、還元剤のどれも歯が立たぬなら、原子力の放射線に頼るしかないと考え、米国留学帰りの沢井研究員にPCBの放射線分解の研究を担当してもらった。彼は留学中に読んだ Sherman の論文にヒントを得て、アルカリ性イソプロピルアルコール溶液に  $^{60}\text{Co}$  の  $\gamma$  線を照射した所、室温、常圧で連鎖反応を起こし、極めて効率良くPCBがほぼ完全に分解して食塩（又は塩化カリ）と原料のビフェニルになる事を見出し、多大の反響を呼んだ。さらに、分解反応のメカニズムから、イソプロピルアルコールからHのはずれたラジカルさえ出来れば、この連鎖反応が起こることが分かった。それなら、水銀灯の紫外線でも出来る筈なので、チームのメンバーである、都立工業技術センターで実験を行った所、果たして同様の成果が得られた。沢井君等はさらに、この系に適当な有機過酸化物を添加する事により、太陽光線でも、加熱による熱分解でも同様にPCBの効率的分解が起こる事を見出し、難物PCB分解実用化の道を開き、東京都法として特許を取得した。これらの分解方法は、いずれも室温か低温（熱分解の場合）閉鎖系かつ無酸素で行われるので、オキシダント生成の恐れは全く無い。東京都は地元対策上実用化の可能性が最も早いと考えられる紫外線分解を選んで、2年間に及ぶ開発基礎実験を経て、ヘドロ、PCB入り感圧紙からの抽出処理を含めた、全行程のパイロットプラントの実施設計、経済性評価を終え、厚生省、通産省に東京都法の検討を訴えたが、結局、国は既に焼却処理に決定しているとして取り上げられなかった。

あれから25年、PCBの焼却処理は将来共見通しが立たぬという。しかも、ユーザーの企業、自治体に対する厳重な保管責任だけは何時までも残されているのである。

ダイオキシンの場合、事態はもっと深刻である。厚生省は通達を出せば済むが、全国の焼却施設を適法に改善する為の経費は膨大なもので、しかも、国も、地方自治体も、金融機関も軒並み膨大な赤字を抱えている今日、結局国民の税金や手数料あるいは、住宅コストの形で国民に跳ね返ってくる事は間違いない。

それはともかくとして、あの難物PCBが  $\gamma$  線だけでなく、紫外線、太陽光線や熱によって効率良く分解しようとは、当初、私自身予想しなかった事である。この事は、放射線が原子力基本法で定義された「放射線」だけでなく、太陽光線、紫外線、熱輻射線、赤外線、電波、超音波、レーザー光線など（非電離放射線）も放射線である事をPCBに教えられた様に思われる。

この際、放射線→原子力→原爆、原子力発電事故→放射能→怖いという短絡的発想に繋がる、原子力基本法に於ける放射線の定義を見直すべきではなからうか。（元都立RI総合研究所）

## 話題

# ICRPの線量限度

放射線医学総合研究所

稲葉次郎

放射線は現代生活に欠くことのできないものといえる。他方で大量の放射線が人体に障害をひきおこすことも知られている。安全性を確保しながら放射線の利用を進めるにあたって国際放射線防護委員会 ICRP がきわめて大きな役割を果たしてきた。放射線防護の基礎となる線量限度に関して ICRP が行った勧告について私見も交えながら以下に紹介したい。

## 歴史の変遷

放射線障害の経験はレントゲンによるエックス線の発見とほとんど時を同じくして始まっている。その後次第に放射線障害の防護に対する関心が高まり、その動きは国際的となり、1928年には国際エックス線ラジウム防護委員会 (IXRP) が組織された。以来、1950年には ICRP に名称を変えたが、その活動特に放射線防護に関する勧告は世界中で権威あるものとして認められ、各国あるいは国際機関の放射線防護の規準として用いられている。

放射線防護の方法として被ばく線量の制限が考えられ、その制限値は以下のような歴史の変遷を持っている。すなわち、IXRP 発足の当時すでに耐容線量の概念が存在した。これは人が少しも障害を受けずに長期間にわたり耐えうる線量を意味していた。IXRP は 1934年にこの考えを採用し、耐容線量の値を1日あたり 0.2 R と定めた。この数値は 1950年まで 16年間変更されることなく国際的な基準値となった。

第2次世界大戦後に放射線防護にも大きな変化が見られた。原子力の出現や被ばくの多様化が最大の因子であり、同時に以前のマラーによるショウジョウ蠅での放射線誘発突然変異の研究も関係している。結果的に、1950年に閾値の存在を前提としていた耐容線量の概念は破棄され、閾値を持たないタイプの放射線効果のあり得ることを考えに入れた表現である最大許容線量が用いられるようになった。数値的には空中線量で1週 0.3 R であるが、閾値を持たない放射線効果への配慮と規制値低減の放射線利用にとっての障害とのバランスを取った値と言える。1958年には ICRP は Publication 1 を刊行、その中で  $D=5(N-18)$  の式による集積線量の規制と連続13週の期間における最大許容線量 3レムの規制を勧告した。年間5レム (50 mSv) の被ばく制限に若干の裕度を持たせたものと考えられる。基本的にこの年間5レムの数値は1990年の勧告まで長

い間基準値として用いられた。なお、Publication 1において上記の職業被ばくに対するものと同時に公衆の被ばくに関連した最大許容線量が勧告され、その数値は年間 0.5 レムであった。

## 1977年勧告における線量限度

実質的に年間 50 mSv での管理が行われてきた長年の職業被ばくでの経験によれば、その管理から免れる事後的な被ばくがない限り、確定的な影響のみならず確率的影響も職業上の被ばくが起因するものは何ら認められないとしたうえで、当時の最新の放射線生物学上の知識に基づき当時の職業被ばくでの線量限度である年間 50 mSv の確率的影響のリスクについて算定してみても、一般に安全といわれている職業上の死亡リスクと同程度であることを理由に、線量限度改訂の必要がないことを明らかにした。すなわち、線量限度を設けて管理すると実際の職業集団の平均線量は限度の10分の1以下になるとの経験則ならびに確率的影響のリスク係数  $1.65 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$  から、年間 50 mSv での管理によるリスクは安全と考えられている職業上の年間の事故死のリスク  $10^{-4}$  よりもわずかであるが小さく、このことから線量改訂の必要がないとされたわけである。

線量限度検討の方法として種々の批判があるかも知れないが、私にとってはきわめて分かりやすい説明であると思われた。ただし、実際はこれらの比較に、例えば職業安全の水準は世界全体で一定でもなければ一様でもないなど種々問題があるとされ、以下のように1990年勧告では上記とは異なった考えに基づいて線量限度が設定されている。

## 1990年勧告における線量限度

職業被ばく：1977年勧告と比べて特徴的なことはより包括的アプローチを採用したことにある。すなわち、確率的影響のリスクのみならず寿命短縮や非致死疾病の発生も含んだ放射線被ばくのデトリメントに対する容認性を基準にして考えることとした。容認性はどうしても主観的な性格を持ち、被ばく源あるいはリスク源との関係で解釈されるものであることには注意が必要である。

一般に被ばくあるいはリスクの耐容性は容認可、耐

容可、容認不可に分けることができ、線量限度は耐容可と容認不可の境界とすべきであると考え、職業被ばくということで就労期間である 50 年弱での全集積線量ならびに年線量に付随する総合的なデトリメントを考慮した。総合的なデトリメントに含まれる因子は放射線被ばくが寄与する死亡確率、非致死がんの寄与、遺伝的影響の寄与、およびそれらの総合デトリメント、ならびに放射線が寄与する死亡が生じたときの損失期間、平均余命の損失である。これらについて現在の最新の知見に基づくリスク係数、例えば成人作業者集団に対する損害致死がん  $4.0 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ 、非致死がん  $0.8 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ 、遺伝的影響  $0.8 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ 、計  $5.6 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ 、を用いて計算し、結果的に、毎年ほぼ均等に被ばくするとして全就労期間中に受ける総実効線量が約 1 Sv を越えないようにすれば、そのようなレベルに線量限度を定めれば放射線防護体系の適用によりこの値に近づくことは稀にしかないであろうことも含めて、それを線量限度とすることが出来ると考えている。ただし、この全就労期間中の集積線量でありいわば生涯線量の限度を管理に適用するには多くの問題があり、管理の観点からは管理期間を 1 年とすることが便利であるが、より柔軟性を持たせることに配慮して、いかなる 1 年間にも実効線量は 50 mSv を超えるべきではないという条件付きで 5 年間の平均値が年あたり 20 mSv (5 年間に 100mSv) という実効線量限度を勧告した。

公衆被ばく：基本的には職業被ばくの場合と同様リスクの容認性を考慮し、その上で自然放射線被ばくの場所による変動が実態として容認されていることも考慮して、年間実効線量 1 mSv を公衆被ばくの限度として勧告した。

## おわりに

ICRP の線量限度は放射線被ばくによるデトリメントが線量に依存するとの前提に立っている。線量といっても線質、線量率によってデトリメントが異なること、さらには被ばくする臓器組織によって感受性が異なることなどは知られており、実効線量の算定にあたってはそれらはすでに斟酌されている。デトリメントと線量の関係は、放射線防護への適用を考えて、閾値なしの直線的比例関係を仮定している。この仮定は低線量域でも正しいのかと言われれば答は簡単ではない。ただし、広島長崎での原爆被爆者を対象とした疫学調査がそれを支持していること、放射線防護の観点からリスクを過小評価しないように配慮する必要があること、加算性など管理の実務に便利なことなどの理由から、私にとっては放射線防護への適用の上から相対的に合理性が高いものと考えられる。

近年この直線的比例関係の仮定に対しそれを問題視する立場からの発言がなされている。その一つは放射線生物学の立場である。確かに重要な問題を仮定のままでおいておくことは正しいものではなく、関連する

研究、特に疫学研究と動物実験ならびに放射線生物影響の機構など基礎的研究のさらなる努力が必要である。

放射線あるいは原子力関係者からも声がある。ICRP の直線比例関係仮説が本来の意図からはずれて誤解され、結果的にいわゆる放射線恐怖症の形成に役立ってしまっているといわれている。ICRP は放射線利用を進める中で防護を考えている。ここでは線量限度に絞って考察を重ねてきたが、そもそも線量限度は放射線防護体系の一要素であることに留意する必要がある。すなわち、閾値なしの直線仮説では線量が小さければ小さいほどそのリスクは小さく、きわめて僅かな線量ではそのリスクはきわめて僅かで他のリスク因子に隠れてしまうこと、従って線量限度以下ではそれをさらに低減するのにその費用の最適化解析が必要なほどであること、そして他のリスク因子によるリスクの低減に努力する方が総リスク低減に役立つことなどを主張している。実効的には閾値があるといえよう。社会の理解が十分でないことが放射線や原子力など人間がせっかく育んできた科学技術の成果の利用を阻んでいるのであれば、それは正しい姿とは言えない。放射線と放射線防護の正しい理解のための一層の努力が必要である。

## 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

## 特集

# エネルギー問題を考える (Ⅲ)

## 世界のエネルギー事情

### 1. 世界のエネルギー需要

人間が生活するためにはエネルギーは必須です。エネルギーの消費は産業を興し、人類の発展、幸福をもたらしてきました。現在世界のエネルギー需要は図に示すように年間約80億トン（石油換算）です。

しかし発展し、幸福を享受してきたのは世界人口54億人の4分の1の先進国の人々です。先進国では1人当たり1年間の平均エネルギー消費量は石油換算で約4.8トンでこれに対して、世界人口の4分の3を占める開発途上国の人々のエネルギー消費量は、1人当たり1年間で平均約0.5トンで、先進国の約10分の1です。このような現状の下で開発途上国においても着実に経済を発展させる努力が図られており、2030年にはエネルギー消費量は現在の2倍の、1人当たり1年間に1トンになる見込みです。

一方世界人口の増加は著しく、先進国の人口が現状のままに推移するとしても、開発途上国の爆発的な人口増加によって、2030年には世界人口は現在の1.5倍の87億人になると見込まれています。

現在世界のエネルギー需要量は前述のように年間約80億トン（石油換算）ですが、この趨勢では2030年には世界のエネルギー需要は200億トン（石油換算）前後になる見直しになります。

また現在の年間平均約80億トン（石油換算）のエネルギーの消費の内訳をみると、最も多いのは石油で全体の約40%を占めています。ついで石炭が30%、天然ガス20%と続いており、化石燃料だけで全体のエネルギー消費量の約90%にもなります。

### 2. 化石燃料使用に伴う地球環境の破壊

地球環境破壊は地表の炭酸ガス濃度の増加による将来の地球温暖化問題と、現在先進国の間で問題になっている酸性雨による被害の2つに分けられます。

最初に地球の温暖化問題について述べます。

世界のエネルギーの消費は産業の発達とともに増加してきました。そして今後もエネルギーの消費が増加すると考えられます。このエネルギー消費を化石燃料に頼っていると、地球上の炭酸ガスの濃度が増加します。炭酸ガスは赤外線を吸収する性質が大きいので、地球が宇宙に放出していた赤外線（熱線）は地表の炭酸ガスに吸収されます。このため、地球全体の平均気温が上昇する温暖化現象が起こり、地球規模の環境破壊の問題が心配されるようになってきました。

いままでの地表の炭酸ガスの濃度の推移は1900年 -

295ppm, 1958年 - 315ppm, 1982年 - 340ppm と年々上昇して、現在では360ppm を越えています。1985年に国連環境計画および世界気象機構が共同で作ったモデルによれば、現在のような状態で炭酸ガスを出し続けていると、2100年には地表の炭酸ガス濃度は600ppm になると予測されます。しかし、炭酸ガス以外にも人間の活動によってフロン、亜酸化窒素、メタンなどの温室効果ガスは増加しているので、早ければ2030年には炭酸ガス濃度が600ppm に増えたと同じ状態になると予測されます。

さて、地球の炭酸ガス濃度の増加による地表の平均気温の上昇の予測は多くの人によって行われていますが、炭酸ガス濃度が600ppm になると平均温度の上昇は3±1.5℃になると考えてよいでしょう。3℃の平均温度の上昇が人間の生活に及ぼす影響は大きいものです。また、この温度上昇によって南極の氷山が溶融したり海水の体積膨張によって海面の水位が30cm から1m くらいに上昇するとみられます。これによって陸地の低い地域は水没し、多くの国土が失われる国もあるでしょう。さらに、世界の降雨分布も変化し、今まで多雨であった地域に雨が降らなくなったり、砂漠地域が多雨になったりすることが予想されます。このように温暖化は地球規模の環境破壊を起こす心配があります。

次に酸性雨による被害について述べます。

工場や自動車などから排出される硫黄酸化物や窒素酸化物は空気中を漂います。そのうちに雨になると、雨滴にこれらの酸化物が溶けこんで硫酸や硝酸となり、地表に降ってきます。この酸性の雨によって森林が枯れたり、湖の水が酸性となって湖から魚が消えたりしています。この酸性雨による被害は、すでにエネルギーを多量に消費している先進国において現れています。欧州各国を中心に森林の葉の落葉度の増大が著しくなっているのが観察されています。また湖から魚が消える被害では、スウェーデンで10万個の湖のうち20%の湖が影響を受けていると言われています。さらに土地がやせて、農作物の収穫が落ちる心配があります。

酸性雨による被害は地球規模のものではありませんが、広域的なものです。硫黄酸化物や窒素酸化物は100km ~ 2,000km の長距離に輸送されます。日本の工場では排煙脱硫装置（硫黄酸化物除去装置）や排煙脱硝装置（窒素酸化物除去装置）が著しく普及していて、日本の脱硫装置や脱硝装置は米国の5倍と言われています。また世界の排煙脱硫装置の80%以上が日本に設置されていると言われています。従って硫黄酸化物の年間排出量は

日本 70万トン、 米国 1,800万トン、  
欧州 1,500万トン、 中国 1,500万トン

です。日本は排煙脱硫装置の普及が著しいのでSO<sub>2</sub>の排出量が少なくなっています。しかし米国や欧州のような先進国でもエネルギーコストが上がるので、排煙脱硫装置や排煙脱硝装置はあまり普及していないのが現状です。まして開発途上国では安いエネルギーが欲しいので、このような装置の設置は期待できません。したがって、酸性雨問題は現在は先進国の問題ですが、開発途上国でエネルギー需要が増えると化石燃料の消費が増加するので、近い将来には地球全体の問題となると考えられます。

中国は一人当たりのエネルギー消費量は0.6トンと少ないのですが、人口は12億人と多く、またエネルギー源の大部分を石炭に頼っているため、SO<sub>2</sub>の年間排出量は多くなっています。中国の酸性雨問題は日本にとって他人事ではありません。冬、季節風が北西からくる時期に、山陰地方や北陸地方の雨や雪に酸性の高いものが認められています。

以上述べたように、エネルギーの需要の増大を化石燃料の消費でまかない、何等の対策も行わないと、地球温暖化現象とか酸性雨問題によって、地球環境が破壊されて人類の将来が心配されます。

### 3. 地球環境破壊を防ぐために

エネルギーの消費は産業活動の原動力ですので、先進各国では国の政策課題に関連します。そして先進各国のエネルギー資源事情によって、現在の省エネルギーの程度は先進各国間で大きな差異があります。また開発途上国では経済発展のためにエネルギーの需要は年々高くなっているため、今後のエネルギーの消費によって炭酸ガスの放出は増大する傾向にあります。各国が協力して炭酸ガスの放出を抑制するには難しい問題がありますが、放出抑制のためには現状の実績を基にするのが最善の方策と考えられています。

地球温暖化防止に対する国際的な取り組みは、1988年トロントの大気変動に関する国際会議で初の提案が行われて以来、継続的に論議されてきました。1997年12月に京都で開かれる気候変動枠組み条約・第3回締約国会議（地球温暖化防止京都会議）での各国の協調したまとまりが期待されます。

酸性雨問題では、排煙中の硫黄酸化物や窒素酸化物の除去を積極的に実施する必要があります。また亜硫酸ガス、窒素酸化物および炭酸ガスを出さないクリーンエネルギーの大幅な拡充を図ることも必要です。

### 4. 限られた化石燃料資源

今まで化石燃料の消費が増大すると将来地球環境の破壊が心配されると述べましたが、一方化石燃料の量は有限であることも認識しなければなりません。

化石燃料は地球が何億年もかかって太陽エネルギーを蓄積したものです。それを現代人がどんどん消費しているので、そのうちに枯渇します。確認埋蔵量の目安として可採年数を用いることがあります。可採年数とは、その年までに確認された埋蔵量をその年の生産量で割った値です。従って年生産量（年消費量）が年々増加すればこの年数は年々短くなります。

表に現在の化石燃料の可採年数と未発見の埋蔵量の推

定値を示します。採鉱技術の進歩等により新たに資源が発見されることもあり、推定未発見埋蔵量は今後変動することも考えられますが、エネルギー資源が有限であることに変わりはなく、今後数百年で枯渇するであろうと考えて対策を練る必要があります。

### 5. 将来のエネルギー対策

エネルギー需要の増大を化石燃料の消費で賄っていると、地球の環境破壊が起こるおそれがあり、また数百年程度以降の将来のことを考えれば、石油、石炭、天然ガスの化石燃料は枯渇するものと考えなければなりません。一方、水力発電はすでに開発の限界に達して、これ以上あまり水力に頼るわけにはいきません。このような事態においても、エネルギーの需要に対応するためには、エネルギーを有効に活用するための省エネルギーも必要ですが、炭酸ガスや酸性雨を発生させないクリーンなエネルギー源を開発することが重要です。

炭酸ガスや酸性雨を発生させないクリーンなエネルギー源として原子力エネルギーが既に実用化されていますが、新エネルギー源として有望なものは太陽光、地熱、風力などがあります。これらの新エネルギーについては次回以降に取り上げることにします。（村主 進）

率直なご意見、コメントをお送り下さい。（編集委員会）

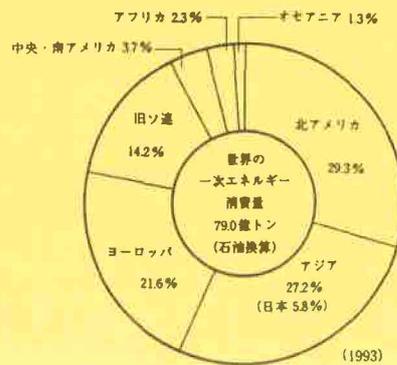


図 地域別エネルギー消費分布

表 燃料資源の埋蔵量

	可採年数	推定未発見埋蔵量
石油	45年	確認埋蔵量と同量程度か？
天然ガス	65年	確認埋蔵量の2倍程度か？
石炭	231年	低品位炭、褐炭の確認埋蔵量は高品位炭の数倍である
(高品位炭)		
ウラン	61年(中)	確認埋蔵量と同量程度か

(注)天然ウランに多量に含まれるウラン238は、原子炉中で中性子を吸収してプルトニウム239に変換する。このプルトニウムを有効に原子燃料に利用すれば、ウラン資源量は天然ウランの場合よりも約60倍に増える。その結果可採年数は3,000年以上にまで増加する。

中学・高校の先生のための  
放射線・放射能セミナー（第4回）  
医療と放射線（1）

慶應義塾大学医学部講師  
中村佳代子

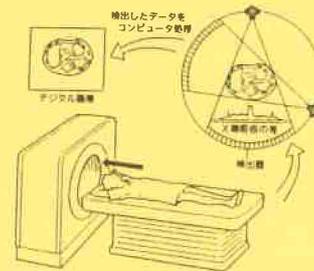
放射線が発見されて100年以上が経過し、多くの分野に利用されてきました。その利用は大別して、トレーサ利用と照射利用があります。トレーサ利用とは、アイソトープから出る放射線を手がかりとして物質の動きを追跡するものです。照射利用はアイソトープから出る放射線や加速器でつくった放射線を物に当てる利用です。このいずれもが充分に利用されているのが医療の現場です。そこで、医療（診断・治療）への放射線の応用を今回と次回の2回に分けて紹介します。

放射線（特にX線や $\gamma$ 線）が物を透過する能力は病気の診断に用いることができます。例えば、体にX線をあて、体を通り抜けたX線を写真撮影して（フィルムに感光して）体の中を調べる方法がX線撮影です。X線はX線管と呼ばれる真空管から照射されます。このX線は物質を透過して、その物質の質量に応じた吸収差を元にした画像をフィルムに写し出します。わずかなX線できれいな画像をとるために感度を数100倍にあげる蛍光増感紙がフィルムの両面に密着させてあります。

一般に良く知られているX線撮影は胸のX線撮影で、これは肺に入っている空気をうまく利用して濃淡画像を作るものです。また、骨のX線写真は腹部や胸部に比べて長時間X線を照射して、その濃淡を画像として捉えることができます。これらのX線撮影は一般に単純X線撮影と言われています。X線量のわずかな違いはフィルムの濃淡では捉えられないことがあります。そこで、X線を透過しにくいバリウムや各種の造影剤を服用したり、注射したりしてコントラストを付け、目的の臓器や器官を写し出す検査がX線造影検査です。バリウムはX線を透過しないので、服用すると胃の内壁に付着して、コントラストがついた胃の形や動きを検査することができます。大腸の運動や状態もこの方法で検査します。又、ヨード化合物などもX線を透過しにくいので、これを血管内に注入すると、血管そのものを写し出すことができます（血管造影検査）。このヨード化合物は主に腎臓からろ過されて、尿に溶けて排泄されますので、この性質を利用すると、濃縮された尿内の造影剤を観察することができます。この方法で、例えば、腎臓結石などを見つけます。他に、造影剤を利用した診断検査には気管支、関節、脊髄、胆嚢造影検査などがあります。

これらのX線撮影で作られたものは二次元の画像なので、重なりあった各臓器を一枚のフィルムでは識別することはできません。そこで、人体に色々な方向からX線をあてて、X線が吸収された割合をコンピュータで計算処理して、人体の横断画像をブラウン管に描き出す方法が開発されました。X線工学とX線物理学、数学コンピュータ技術とを総合化させたものです。臓器の重なりがなくなり、より小さい異常を捉えることができるようになりました。これをX線CT（コンピュータ断層）検査と呼び、X線診断学に大きな発展をもたらし、これを発案したハンスフィ

ールドにはノーベル賞が与えられました。一枚の画像をとるのに約1～数秒かかります。そこで、最近では連続回転型管球と寝台の移動の組み合わせでいっきに広範囲を走査できるCT（ヘリカルCT、スパイラルCT）が開発され、肝臓や肺などの大きな臓器も20～30秒で撮影できるようになりました。また、体の正面からスライスした像と体の側面からスライスした像とを組み合わせることで、三次元画像を得ることもできるようになりました。



X線を発生する管球と検出器を対向させ、全周に回転走査し、次に各組織や臓器のX線透過性（X線吸収係数）の差から得られたデータをコンピュータを使って体軸断層像として画像化します。

核医学検査（アイソトープ検査）は放射線を化学的トレーサとして利用し、病気を体内または、体外から診断する方法です。体内診断は、脳、心臓、骨、肺、腎臓など特定の臓器に集まることがわかっている薬品にわずかなアイソトープで印をつけて注射して、検査したい臓器に取り込まれたアイソトープから出る $\gamma$ 線を $\gamma$ カメラで受け<sup>(注)</sup>、その信号をコンピュータで処理する検査方法です。臓器内のアイソトープの分布や動きがブラウン管の上に写し出されます。この検査で大きな役割を担っている放射性医薬品では、放射能が短い時間で消えてしまうアイソトープしか使いません。日常の検査で使用されているものは約10種類あり、例えば、骨の病巣に集まるTc-99m-リン酸化合物、癌に集まるGa-67、心臓の筋肉の血流や生存状態を検査するTl-201、脳の血流分布を反映するI-123化合物などがあります。これらのアイソトープはいずれも $\gamma$ 線のみを発し、半減期は6時間～3日程度です。さらに、この検査ではX線写真のように平面像をとるのが一般的ですが、脳や心臓の断層像をとることもできます。ここではCTと同じ手順でコンピュータ処理するので、これをシングルエミッションCTと呼んでいます。

こうした体内診断に対して、患者さんから採った血液や尿などとアイソトープを含む検査用の薬品を試験管の中で反応させ、血液や尿などに含まれる微量な成分（ホルモンや癌に関連する物質）を調べて病気の診断する方法を体外診断と称しています。

今回はこれらの検査や診断が及ぼす放射線の被曝と放射線の照射作用を利用した病気の治療について紹介します。（放射線教育フォーラム幹事）

（注）

放射線はヨウ化ナトリウム結晶などの蛍光物質を光らせます。（シンチレーション）この光を光電子増倍管で増幅して感度良く測定します。核医学検査では測定値を画像にするので、 $\gamma$ カメラはシンチレーションカメラとも呼ばれています。

## 放射線教育に関する国際シンポジウムについて

前号でもお知らせしましたように、1998年12月11日(金)～14日(月)、神奈川県葉山町にある「湘南国際村」で「放射線教育に関する国際シンポジウム」

“International Symposium on Radiation Education” (“ISRE 98”)を、われわれ放射線教育フォーラムが中心となり、日本工学会、日本原子力学会、日本物理教育学会、日本放射線化学会、日本科学教育学会、日本保健物理学会、日本放射線影響学会などいくつかの学会・協会と共催の形で開催します。

開催のための組織として、組織委員会(委員長:有馬朗人(以下敬称略)副委員長:更田豊治郎・飯利雄一)、実行委員会(委員長:山口彦之、副委員長:大野新一・菊池文誠)、財務委員会(委員長:原礼之助(交渉中))をつくり、事務局は放射線教育フォーラム(実質的にはフォーラムと日本工学会と広領域教育研究会が共同して業務を分担する)(事務局長:松浦辰男)に置かれます。10月3日にはフォーラム会員以外のメンバーも加わった組織委員会・実行委員会の有志の会合が持たれ、先日会員の皆様に発送されたような「プレ・サーキュラー」(10月27日付け)が作られました。

なお、今回のサーキュラーは本年末か来年始めまでに発行したいと考えています。ここで参加(口頭またはポスター発表、実験のデモンストレーションなど)の申し込みや参加登録、参加費などをお知らせしますが、参加費については、できるだけ学校の先生方が参加しやすいようにしたいと考えています。

このシンポジウムで討議されるテーマは、プレサーキュラーでは①放射線関係の事柄を学校の理科の科目(課程)でどのように教えるべきか、②理科以外の科目で放射線関係の事柄をいかに教えるべきか、③放射線教育の実験技術(効果的な実習法・講義実演・コンピュータ利用など)、④放射線・放射能の本質と利用(基礎研究・応用)に関する最近の知識・トピックス、⑤低レベルの放射線影響に関する諸研究に基づく最新の知識、⑥科学技術と人間との関わり、リスクと便益のバランス、リスク認識、⑦社会人への放射線教育の7項目に分類されています。

このシンポジウムの直前の1998年12月8日～10日に、日本原子力産業会議主催の「第23回日本ラジオアイソトープ・放射線総合会議」が東京(「東京ビッグサイド」)で開催されます。しかしここでは一般からの研究発表のセッションはありません。この会議の最終日10日に、「放射線教育」および「放射線影響」に関するセッションを設けていただき、またこの日のセッションの出席に関しては、われわれのシンポジウム参加者は参加登録料は無料で参加できるようお願いしております。

現在、フォーラムの活動の中に「実験教材検討委員会」(これは昨年度は「学校教育における放射線源の安全性検討委員会」として活発に活動した)および「リスク問題検討委員会」(今年度から活動)があり、この3つの(できればさらに「社会人に対する放射線教育はいかにあるべきか」についても考えるワーキンググループを作って合計4つの)テーマについて、それぞれ「専門委員会」として来年の12月に向けて討議を積み重ねてその成果をまとめたいと思っています。国際シンポジウムで発表して、参加者からの批判を受け意見を聞いて、国際的にも通用するような報告書として発表したい、という希望を持っています。

会員の皆様におかれては、会議に参加してご自分の研究や教育の経験から得られたものを発表して頂くほか、ご関心の各位はこれからこれらの専門委員会活動に参加していただくことお願い申し上げます。シンポジウムの実行委員会の仕事として、プログラム・広報・渉外・会場などの庶務的な仕事があり、その責任者がようやく決まり、これからメンバーを決め作業が始まりますので、どうぞこのような裏方的な仕事につきましても、よろしくご支援下さいますよう、お願い申し上げます。(松浦辰男)

### '97年度 放射線教育フォーラム研究会

とき	1998年3月26日(木) 13:00～17:00
ところ	放射線医学総合研究所
開会宣言	大橋国雄(実行委員長、千葉大学教授)
あいさつ	青木芳朗(原子力安全委員)
講演1	放射線とは何か、放射線はどのように発生するか(30分)隈元芳一(放医研特別研究員)
講演2	放射線は生物にどのような影響を与えるか(30分)山田武(東邦大学医学部)
講演3	放射線は医学にどのように利用されているか(30分)中村佳代子(慶応大学医学部)

展示および質問の時間 放射線測定のもの、その他(化学、生物関連のもの)

施設見学 重粒子ガン治療施設、その他  
問い合わせ先

〒105 東京都港区西新橋1-17-2  
三和第一ビル5F  
TEL/FAX: 03-3591-5366

申込み FAXまたは郵便にて上記まで。  
(定員になり次第締切ります)

## 1997年度放射線教育フォーラム役員

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AIEA-7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) 長谷川圀彦 (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 (東京理科大学薬学部) 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 雄兒 (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)

## 《会務報告》

- 7月1日 国際シンポジウム計画に関する第3回会合 (TEPCO 銀座館会議室、12名)  
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、24名)  
7月11日 1997年度第4回総務幹事会 (会議室「スペースライン」、9名)  
8月18日 1997年度第5回総務幹事会 (原安協会議室、11名)  
10月3日 国際シンポジウム計画に関する第4回会合 (原子力産業会議会議室、16名)  
10月8日 1997年度第8回総務幹事会 (原安協会議室11名)  
11月14日 1997年度第9回総務幹事会 (TEPCO 銀座館会議室、10名)  
11月29日 1997年度第2回拡大幹事会兼勉強会 (学士会分館)  
このほか編集委員会、実験教材検討委員会が随時開催された。

## 《あしがき》

ニュースレター第8号をお届け致します。また、このたび新しく「放射線教育」誌も発刊の運びとなりました。今後はニュースレターは事務報告を中心とし、会員の実践報告や解説記事は「放射線教育」で取り上げます。しかし、企画として連載中のものであるので順次分離していく方針です。よろしくご支援下さい。

フォーラムの当面の大きな仕事は国際シンポジウムの開催です。現在総務幹事を中心に各方面と連絡をとりながら精力的に準備に取り組んでいます。

以前から編集委員会に高校の先生にも入って頂きたいという声が強かったのですが、このたび新しく編集委員として村石幸正氏 (東京大学教育学部付属中・高等学校) を迎えることが出来ました。幅広い視点からの活躍が期待されます。(菊池文誠)

### 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 (大工大原子炉研) 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) 村石幸正 (東大教育学部付属高)
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 東京都港区西新橋1-17-2 三和第一ビル5F TEL / FAX : 03-3591-5366
問合せ先 (代表総務幹事)	松浦辰男 TEL / FAX : 0467-31-6014