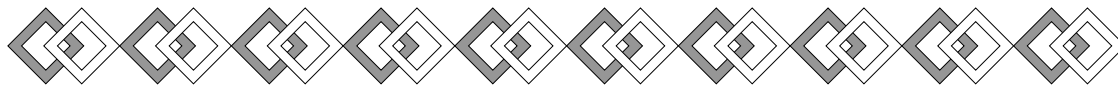




Photo K. Fukuda

## Index

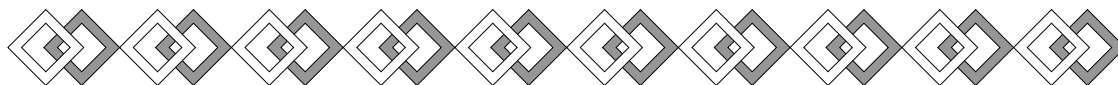
中性子線量計の校正方法の標準化について .....	吉澤 道夫 1
環境放射線モニタリングの今昔(福井県の原子力発電所周辺のモニタリングを中心として)	
第5回：空間放射線モニタリング.....	吉岡 満夫 6
〔加藤和明の放射線一口講義〕	
ポアソン過程の逆問題(1).....	加藤 和明 11
EUにおける個人線量モニタリング	
~ EURADOSの活動の紹介 ~ .....	Maria Ranogajec-Komor 12
平成17年度 放射線取扱主任者試験施行要領 .....	15
日本アイソトープ協会 放射線取扱主任者部会	
第8回 放射線計測分科会 イブニングセミナーのご案内 .....	16
日本保健物理学会シンポジウム	
「たゆみないファントムの開発及び利用」開催のご案内 .....	16
博士紹介 .....	17
〔サービス部門からのお願い〕	
ガラスバッジの交換は使用終了日の翌日に！ .....	19



# 中性子線量計の校正方法の 標準化について



吉澤 道夫\*



## 1. はじめに

放射線管理測定においては、測定値の信頼性を保証することが重要である。これを達成するために必要なのが、線量計の校正である。校正の基本原則は、使用する線源と線量計が同じであれば、照射室の大きさなどが異なっても、許容される不確かさの範囲で同じ結果が得られなければならないことである。これを達成するためには、校正方法の標準化が必要である。

校正方法に関するJIS規格として、X線に対してはJIS Z 4511 [1] がある。しかし、現在のところ、我が国には中性子線量計の校正方法に関する標準化された規格はない。一方、中性子個人線量計及びサーベイメータのJIS規格が制定又は原案策定されている。このため、中性子校正方法のJIS制定が求められている。中性子線量計の校正方法に関しては、国際規格ISO 8529 Reference neutron radiations, part 1~part 3 [2] (以下、まとめてISO 8529と表記する。) がすでに制定されている。しかし、ISO 8529は、主に一次標準研究所

でこれまで研究されてきた精密な校正方法をベースに、複雑な方法から単純なものまで複数の校正手法が並列的に示されている。また、ユーザレベルで行う簡便な校正には言及していない。

このような状況を踏まえ、日本保健物理学会では、ISO 8529をベースにJISを策定するために必要な技術的検討を行うことを主な目的として、「中性子校正技術の標準化検討専門研究会」を平成15年6月に設置し、約2年にわたり検討を進めてきた。本専門研究会メンバーは、産業技術総合研究所の工藤勝久氏を主査として、産総研、原研、サイクル機構、東大、日本原電、放計協、アロカ、富士電機、千代田テクノリなどからの専門家で構成された。その成果については、日本保健物理学会シンポジウム「中性子線量計の校正について考える - 校正技術の標準化と国際規格 - 」(平成18年2月28日、文京シビックホール)で報告された。また、専門研究会の報告書が保物学会ホームページで公開される予定である。ここでは、ISO 8529で示された中性子線量計の校正方法の概要を専門研究会での検討結果を交えながら紹介する。

\* Michio YOSHIKAWA 日本原子力研究所 保健物理部 線量管理課 課長代理

## 2. 中性子線量計の校正方法の概要

### 2.1 中性子線源

ISO 8529-1で規定されている校正用標準RI中性子線源を表1に示す。ISO 8529-1では、これらの標準スペクトルも規定している。また、エネルギー特性試験に用いる単色中性子等（加速器及び原子炉を用いた中性子線源）も規定されている。

### 2.2 中性子フルエンス率と線量当量率の算出

RI中性子線源の場合、国家標準で校正される量（トレーサビリティのある量）は中性子放出率 $B$ であるので、線源中心から距離 $l$ にある校正点の基準線量当量率 $H$ は、校正点のフルエンス に線量換算係数 $h$ を乗じて計算で求める。計算には次式を用いる。

$$H = \frac{B}{4 \cdot l^2} \times F_s(\theta) \times h \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 $F_s(\theta)$ は、非等方性補正係数である。これが必要なのは、中性子放出率はあらゆる方向に放出される中性子の総量であ

るが、市販の円筒形カプセルに入った線源からの中性子放出には緩やかな角度依存があることがわかっているため、校正点のフルエンス率を求めるためにはある特定方向に放出される中性子数が必要であるためである。ISO 8529-1では $F_s(\theta)$ を測定で求めることになっているが、実際の校正施設においては、線源ハンドリング用の線源ホルダーや線源固定用の周辺構造物がある場合が多く、測定は難しい。これについて検討した結果、モンテカルロ計算による評価が有効であることがわかった。

### 2.3 散乱線の補正方法

主たる散乱線の発生源は、室内散乱（壁、床等） 空気（散乱による減弱と入射の両方）並びに線源及び測定器の支持構造物である。これらから発生する散乱線の補正方法として、ISO 8529-2では、シャドーコーン法、一般化フィット法、半経験法、及び 縮約フィッティング法の4つが示されている。これは、一次線を遮へいして散乱線を直接的に測定する手法である。一方、 $\sim$  は、距離による指示値の変化を測定し、散乱線による見かけのレスポンス（各

表1 校正に用いる標準RI中性子線源（ISO 8529-1）

線 源	半減期 (年)	フルエンス 平均エネルギー (MeV)	線量当量 平均エネルギー (MeV)	比線源強度*1 (s <sup>-1</sup> ・kg <sup>-1</sup> )	線量当量率比 (光子/中性子)*1
D <sub>2</sub> O減速 <sup>252</sup> Cf*2	2.65	0.55	2.1	2.1 × 10 <sup>15</sup> (s <sup>-1</sup> ・kg <sup>-1</sup> )	0.18
<sup>252</sup> Cf	2.65	2.13	2.3	2.4 × 10 <sup>15</sup> (s <sup>-1</sup> ・kg <sup>-1</sup> )	0.05*3
<sup>241</sup> Am-B ( ,n)	432	2.72	2.8	1.6 × 10 <sup>-5</sup> (s <sup>-1</sup> ・Bq <sup>-1</sup> )	<0.20*4
<sup>241</sup> Am-Be ( ,n)	432	4.16	4.4	6.6 × 10 <sup>-5</sup> (s <sup>-1</sup> ・Bq <sup>-1</sup> )	<0.05*4

\*1 典型値  
 \*2 直径300mmの重水球を厚さ1mmのカドミウム(Cd)で覆ったもの。  
 \*3 約2.5mm厚の鉄製カプセルに封入されている線源に対する値。  
 \*4 約1mm厚の鉛遮へいで覆われた線源に対する値。

表2 ISO 8529-2で示されている散乱線の補正方法の比較

方法	原理	特徴	留意点
シャドーコーン法	一次線を遮へいして散乱線を評価	散乱線の寄与を直接測定	校正距離が必要(シャドーコーン全長の2倍以上)。シャドーコーンは検出器のサイズに応じて複数必要。
一般化フィット法	距離によるレスポンス(指示値/フルエンス)の変化を関数フィッティングして散乱線を評価	散乱線の量は距離の関数とする。幾何学補正を含めた全ての補正をフィッティングにより評価。	距離を変えた多数の測定が必要(特に近接させる場合)。球形検出器の場合は、線源に近接させることが可能。
半経験法		散乱線の量は距離によらず一定とする。幾何学補正等の散乱線以外の要素は別途評価。	距離を変えた測定が必要。校正室が立方体に近く、壁床等からの室内散乱が支配的である場合に限定される。
縮約フィット法		散乱線の量は距離によらず一定とする。その他は検出器の実効中心と幾何学中心とのずれのパラメータで表す。	使用可能な距離範囲が狭い。散乱線の正確な評価ができない。

距離において指示値を基準フルエンスで除した値)の逆二乗則からのずれを距離の関数(あるいは定数項)として表すやり方である。それぞれの手法の特徴と留意点を表2にまとめる。は国内ではほとんど用いられていない。

との主な違いは、フィッティング関数の違いである。すなわち、では散乱線によるレスポンスのずれを2次式にフィットさせるとともに、幾何学補正(線源と検出器が点でなく体積を有していることによる効果の補正)も関数フィッティングで扱う。では、広い照射室では室内散乱線の量が距離によらず一定となることが経験的にわかっていることから、散乱線によるレスポンスの逆自乗則からのずれを1次式で扱う。また、幾何学補正は別途経験式から評価する。さらに、使用可能な距離もとで異なる。は線源に数cmまで近接させることが可能(ただし球形測定器の場合)であるが、は前提条件があるため使える距離の範囲がより狭い。なお、一般化フィット法を幾何学補正が必要のない距離

(50cm以上)で用いる場合を多項式フィット法という。実際に球形サーベイメータに多項式フィット法及び半経験式法を適用した例を図1及び図2にそれぞれ示す。

専門研究会では、からの手法及び多項式フィット法を核燃料サイクル機構の寸法の異なる複数の校正室及び日本原子力研究所の校正施設で実際に適用した結果を検討した。その結果得られた結論をまとめる。

シャドーコーン法は、散乱線を直接測定で評価でき、基本的手法として他の手法の妥当性確認などに有効である。ただし、シャドーする立体角に注意が必要であり、複数のシャドーコーンを使い分ける必要がある。

一般化フィット法は、線源に近い距離におけるデータのばらつきにきわめて敏感であり、良好なデータをとるためにはかなりの努力が必要である。また、適用対象が球形測定器に限定されるため、高線量率照射が必要などの理由で線源に近づける必要がある場合を除いては、幾何学補正が必要のない距離

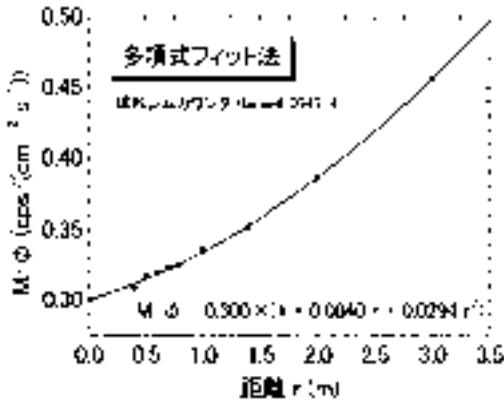


図1 多項式フィット法の例  
y切片がレスポンスである。

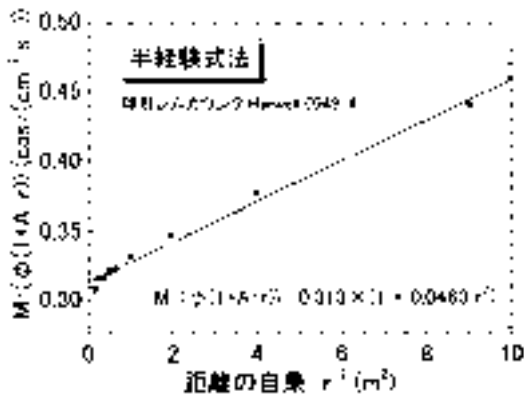


図2 半経験式法の例  
y切片がレスポンスである。Aは空気の散乱・減衰を補正するファクター。

(50cm以上)で多項式フィット法を用いる方がよい。

多項式フィット法は、照射室の大きさによらず、またレムカウンタの形状(球形又は円筒型)によらず適用可能であり、簡便で汎用性が高い。また、シャドーコーン法との一致もよい。半経験式法は、その適用範囲を確認しさえすれば適用可能である。ただし、測定行為は多項式フィット法と同じであるため、最初から多項式フィット法を使った方が有利である。

## 2.4 中性子個人線量計の校正

ISO 8529は、個人線量計の校正について詳しいことを述べていない。ISO 水スラブファントム(30cm×30cm×15cm、アクリル壁の厚み：前面 0.25mm、他 10mm)を使用すること、複数同時に照射する場合は、センサーが中心から半径15cmを出ない範囲に配置すること、線源中心からファントム表面までの距離75cmでの校正を推奨すること、が書かれている。75cmという距離は、ファントムが一樣に照射されること(遠い方がよい)と散乱線の影響(近い方がよい)のトレードオフから得られた値である。

## 3. 中性子線量計の校正方法の階層化

ISO 8529で規定されている中性子線量計の校正方法には、標準研究所等で適用かつ実証されてきた複雑な手順であり、比較的大きな寸法の照射室での適用を前提にしているため、ある程度条件が整った校正施設でなければ適用が困難である、JIS Z4511で展開されているような、校正事業者だけでなく線量計ユーザ自身が実施する校正方法まで適用範囲として含まれていない、といった問題があげられる。このため、専門研究会では、中性子線量計の校正実務の観点に立ったより実用的な校正方法とそれらの体系(階層化)を検討した。その結果、校正を以下の2つに分類することを提言した。

### 基準校正(ISO 8529に準拠した校正)

指定された中性子線源(表1参照)を用い、指定されたファントムや換算係数を使用し、散乱線等の補正を指定された手順で行う方法。

实用校正(の方法で校正された中性子測定器を基準測定器として使用する校正)

により校正された中性子測定器を「実用基準測定器」(“基準”実用測定器の方が日本語として正しいと思われるがJIS Z4511の用語にしたがった。)として位置付け、線源から同一の配置で実用基準測定器と被校正器を置き(又は置き換え)実用基準測定器の指示値と被校正器の指示値との直接比較によって被校正器を校正する方法。

基準校正の場合は、使用する中性子線源の中性子放出率が計量標準にトレーサブルである必要があるが、実用校正については、線源の中性子放出率の値は必須条件ではない。また、校正を実施する照射室の寸法等に関する制限はない。ただし、線源と被校正器の幾何学条件が常に同一であること(照射が再現良く行えること)が不可欠であり、かつ、基準となる測定器と被測定器は同じ型式である必要がある。

これらのほかに、例えばチェック線源等を使用して校正と校正の間に、測定器の動作が正常であることを保証し確認するためにユーザが実施する動作チェック(JIS Z4511の2005年版では、これが「確認校正」として位置付けられている。)があるが、実際は“校正”というよりは“確認”としての意味合いが強い。

上記の体系は新しいものではない。なぜなら、測定器メーカーや原子力発電所等では、すでにのやり方で校正を行っているからである。今回の提言は、これらをISO 8529との関連で体系化し名称を付したものである。

#### 4. おわりに

以上、ISO 8529で示された中性子線量計の校正方法の概要を専門研究会での検討結果を交えて紹介した。中性子線量計の校

正方法のJIS原案策定作業は、ISO 8529をベースに専門研究会の検討結果を反映させながら行われた。しかし、大きな課題が残されている。それは、実用校正の標準化である。原子力発電所や線量計メーカーで行われている実用校正をきちんと位置付け、その信頼性を担保するためにはやはり標準化が必要である。残念ながら2年間の専門研究会の活動ではこれを達成できなかったが、やはり保健物理学会等で標準化を検討する必要があると考えている。

#### プロフィール

1961年札幌生まれ、1985年北海道大学大学院工学研究科博士前期課程修了、同年日本原子力研究所入所し、研究炉・加速器の放射線管理に従事。1987年線量計測課へ異動し校正業務・校正場の整備を行う。1992～1994年まで科学技術庁原子力安全局放射線安全課へ出向し、放射線審議会の事務局としてICRP1990年勧告取り入れの検討を担当。1994年原研へ戻り、中性子校正場の整備等に従事。1999年線量計測技術開発室へ異動し、加速器を用いた単色中性子校正場の開発を行った。この間、外部被ばく線量の測定・評価マニュアルの作成等に携わった。2004年線量管理課へ異動し、現在、個人モニタリング並びに校正設備等の維持管理全般を担当している。最近は職場でプザーやベルになるたびにドキドキする毎日である。

#### 参考文献

- [1] JIS Z 4511-2005: 「照射線量測定器、空気カメラ測定器、空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の校正方法」(2005)
- [2] ISO: ISO 8529, Reference neutron radiations,
  - Part 1, Characteristics and methods of production (2001)
  - Part 2, Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field (2000)
  - Part 3, Calibration of area and personal dosimeters and determining of their response as a function of neutron energy and angle of incidence (1998).

# 環境放射線モニタリングの今昔

(福井県の原子力発電所周辺のモニタリングを中心として)

## 第5回：空間放射線モニタリング



吉岡 満夫\*

1 .はじめに(第5回の序に代えて)

我国では、何故かある面の放射線に対してはおおらかな反面、一部の人工放射線や放射能(放射性物質)に対しては非常に厳しくナーバスなものがある。前者の例には医療被ばくの多さ等があり、後者では、蓄積があると誤解されているためか消費者団体や市民団体の食品の放射線照射に対する拒絶反応や原子力施設由来の放射能に対する拒否反応がある。この不均衡がそのまま現れた訳ではないが、「空間放射線と放射能をどこまで測るか(識別または検出限界)」には大きな差があり、前者は従来型の積算線量計で $10^{-2}$  mSv/年のオーダー、後者は預託線量で表せば $10^{-5} \sim 10^{-6}$  mSv程度と大きなアンバランスがある。

前2回は軽水炉稼働開始以来の放射能モニタリング結果を中心に記述したが、今回は、空間放射線モニタリングについて、できるだけ多くの実例を図で示し、多くの人々があまり知らないと思われることを中心に紹介したい。

### 2 .放射線検出器で観測される空間放射線

環境放射線検出器で観測される放射線の種類を図5-1に示す。実線/点線の違いや線の太さ・方向等この図の見方は図中に示されている。このうち最も多くを占め常時存在する放射線は、大地からの放射線や宇宙線等の自然放射線である。可搬型スペクトロメータでは空間放射線の構成成分を測定することができるので、それを図5-2に示す。大地のU系列、Th系列、 $^{40}\text{K}$ からの寄与は自然放射線であり、これらの構成比にはあまり大きな地域差は見られず概ね1:2:2であるが、自然放射線の総量では大きな地点差・地域差があり、県内ではその

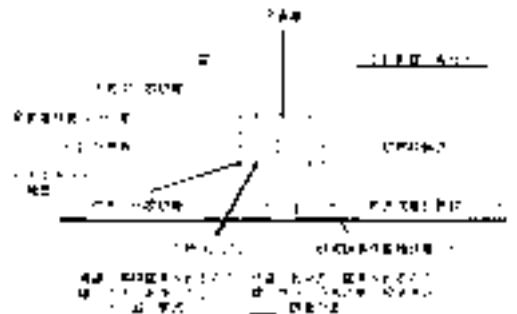


図5-1 環境放射線検出器で何が観測されるか

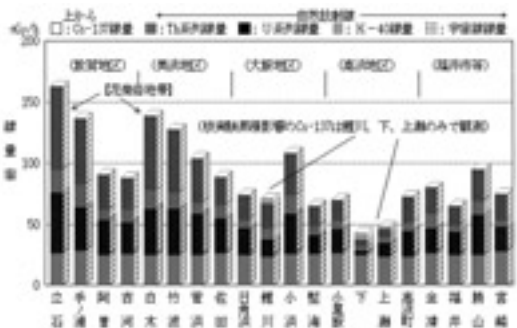


図5-2 空間放射線の構成成分  
(可搬型 NaIスペクトロメータ測定結果：1982～89)

差は約8倍に達する。花崗岩地帯は線量が高く、火山性地質の地域は低い。批判的・反動的な人達は敦賀半島先端部の比較的線量の高い地域を欠陥炉・老朽化原子炉のせいだと誤解しているが、実際は花崗岩という地質による差であり、今なおこのことに対する科学的で適正な理解が深まらないのは残念なことである。一部蓄積条件がよく線量が低い地点では核実験累積影響の $^{137}\text{Cs}$ からの放射線が観測されている。移動測定車による走行サーベイで

\* Mitsuo YOSHIOKA 福井県原子力環境監視センター 所長(「原子力施設等放射能調査機関連絡協議会(放調協)」会長)

は地点毎の地質差・周辺条件の差が現れ、トンネル内では高く、橋梁上では低くなる。海上では大地からの放射線が届かないため線量率は更に低い。

宇宙線は約30nGy/hと地表では一定であるが、極地等の高緯度地域や高山、高々度を飛ぶ航空機内では高く、高いビルでは宇宙線の硬軟両成分のうち軟成分が遮蔽されるため階が下がる毎に少しずつ低下し、厚い土被りのあるトンネル内では更に低い測定結果が得られている。宇宙線に対する感度や放射線検出器自身の<sup>40</sup>Kや線量(自己線量)を知るため、トンネル内や鉱山跡(鉛箱内)、海中・海底での測定を行っている。NaI可搬型スペクトロメータによる線量構成成分の測定結果は先の誤解に対する説明根拠としても使用できるが、ほかに3Mev以上の計数率から宇宙線線量を求めることができ、また、タービン等の遮蔽の少ないIBWRにおける<sup>16</sup>N等からの直接線の測定にも利用でき、線量モニタリング地点の環境条件変化を検証する必要がある場合等では大いに活用すべきである。

### 3 積算線量

35年前の軽水炉稼動開始時には、当時の線量限度500mrem以下の確認には十分であったものの、1回の読み取りの振れ幅が約20mRもあった旧方式のガラス線量計や10mR以上しか測定できないフィルムバッジしかなかったが、ほぼ同じ時期に熱ルミネッセンス線量計(TLD)が開発されたため、1970年~71年半ば迄にTLDを導入した。積算線量計の役割は広範な地点の線量掌握である。図5-3にTLDによる積算線量測定結果の変遷例を示す。旧方式ガラス線量計と比べ精度が一挙に数分の1に改善され、目から鱗が落ちる思いをしたものである。しかし、初期の内部光源校正による結果は線源照

射校正と比べ安定せず、今になって見れば確度の高い測定がなされたとは言いがたい。当時は、環境での使用実績がなく、ロット間差・フェーディング特性や前節で述べた自己線量・宇宙線感度等の様々な特性を掌握する必要があった。静岡・島根・福井等では数倍(1~5mR)の自己線量の違いが報告されている。変動幅(3%)は10~12%である。この変動幅を小さくしようとして、下方向に鉛遮蔽を取り付けた測定・フェーディング差(四季で約5%)に寄与する比較的低温でのグローピークを消去するための測定前のプレアニール等様々な試みがなされている。しかし、根本的な解決には至らず、線量目標値(0.05mSv)以下の確実な確認には疑念が残るものであった。このため、レーザー読み取り方式の新しいガラス線量計(RPLD)が開発され、これを含む多様な測定器の使用を求める声に答えて環境モニタリング指針が改訂されたことから、現段階では立地県の約半数で新方式RPLDへの変更に踏み切っており、他に電荷蓄積型線量計(DIS)も試みられている。但し、TLDと同等以上の性能はあると見られるものの、抜本的な改善のためには、積分方式では限界があり、微分的アプローチも必要であろう。このため電子線量計が開発され、一部の事業者で採用され始めている。積算線量測定結果を見る際の要点は、平常値範囲(変動幅)と比較する現在の評価法では、図5-3に表れているように周辺環境条件や測定条件の同一性に特に注意を要する。なお、現在までのところ、積算線量測定結果で明確に発電所寄与が観測された例はない。有意な増加か否かのレベルはBGレベルによって異なるが、+0.02~0.06mSv/年であり、第1節で述べたように放射性核種による内部被ばくの確認レベルとは大きなアンバランスがある。

### 4 線量率連続モニタ

微小型モニタの代表は何と言っても線量率連続モニタ(MSまたはMP)であり、原研を嚆矢とした連続モニタは、まず敦賀・美浜(GM)・福島(NaI)等の事業者が取り入れ、自治体では電源三法制定・放射線監視交付金制度が創設された74年下期以降、福島・茨城・島根・福井等の順で展開された。福井県の整備は76年で主要集落・人口稠密地に配置した。ハード機器構成を図5-4に示す。NaI(Tl)検出器自体はエネルギー依存性が大きく、それ単独



図5-3 TLDによる積算線量測定結果の変遷例



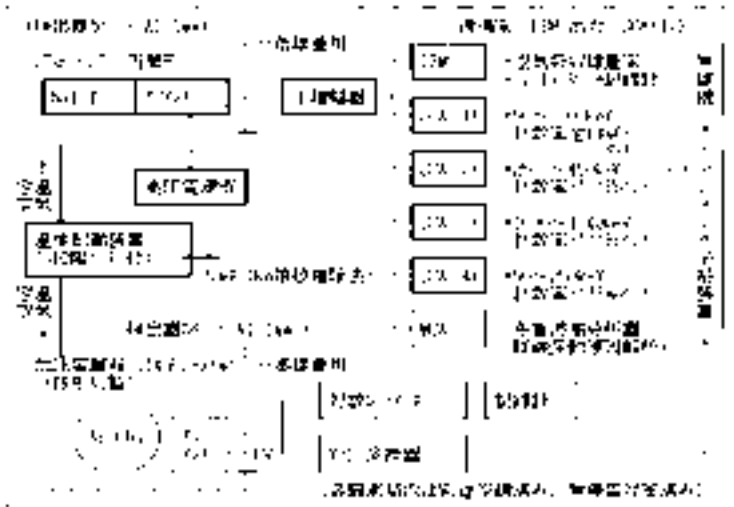


図5 - 4 線量率連続モニタ (NaI (TI) + 電離箱) の機器構成

では的確な線量率を与えないが、自治体初整備の頃には原研が開発したNaI-DBMエネルギー補償回路が適正な線量率を与えたため、その後主流となった。自治体間ではハードと位置付けに差があり、先行県の「短期変動の異常値検知だけを目的とし、温度計的で入射放射線の吸収を考慮していない6mm塩ピカパー付きシステム」への反省を踏まえ、福井県では検出器周辺の温度制御装置・Al 1mmカバー付きの安定性約1%のシステムとした。工業製品規格では10%が常識の中で、安定性・精度・確度1%を求めメーカーと激しいやりとりをしたことが思い出される。TLDとほぼ同様にエネルギー依存性・角度依存性等の特性把握を自ら実施し、鉛直方向校正法・点検手順等を定めた。<sup>133</sup>Xe捕捉や年評価等の実績を挙げ、後年の事業者モニタの改善に繋げている。事業者展開後の監視網は、現在、県の18観測局に3事業者5サイトの敷地内外の局を加え、全体で80局で構成されている。<sup>133</sup>Xe捕捉の裏付けは、当時敦賀発電所で試験的に導入されていたBWR排気塔のGe検出器による。振り返ってみれば、75年頃までの軽水炉では燃料も含め直輸入に等しかったことから特にBWRで燃料ピホールが多発(敦賀で毎年約10%)し、希ガス放出量が $10^{13} \sim 10^{15}$ Bq/年と多く、事業者敷地外モニタで時には数mRが観測されたこともあり、福島、茨城でも同様の観測がなされたが、公表対象でなかったことから数値が公ではなく、事例蓄積に加えられないのが返す返すも残

念である。このことが契機となりBWRでは希ガスホールドアップ装置(敦賀で72年)が導入され、その後の低減化努力もあって、第1回で示したように希ガス放出量は最終的には初期の $10^{-7}$ まで減少している。TMI事故の後は、JCO事故後と同様、臨時交付金によって高線量域用の電離箱が併設された。初期の各県では異常線量率の検知だけを対象としたが、福井では自然変動との識別及び長期評価も対象とした。施設寄と検出リストや寄与識別手法の詳細は第6節で後述するが、図5 - 4中のSCAはそのためのツールであり、DBM回路による変換前後

のパルス数比を通過率と呼び、入射放射線のエネルギーの指標とできることから、自然変動と人工寄与の定性的識別に用いている。

### 5 .空間放射線の主な変動の実態

自然放射線の変動を示す最も典型的なものとして、降雨影響を含む線量率時系列図を図5 - 5に示す。線量率連続モニタの測定結果に最も頻度高く顕著な変化が現れるのは降雨影響であり、大気中ラドン娘核種<sup>214</sup>Pb、<sup>214</sup>Bi が雨水とともに降下して地表面に溜まることにより線量率上昇が起きる。雨が止んだ後は約30分の半減期で元の線量率に戻る。通過率はわずかな上昇を示す。降雨による影響には季節差があり、冬季は単位降水量当たりの線量率増加量が多い。福井では年間100日、1000時間

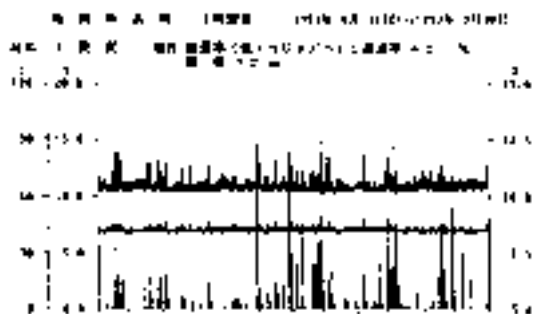


図5 - 5 線量率連続モニタにおける降雨に伴う変化 (6ヶ月間時系列図)

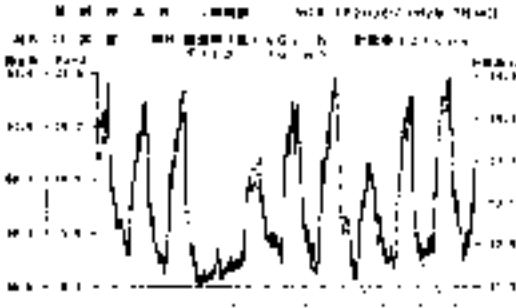


図5 - 6 線量率連続モニタにおける  
空気中ラドン娘核種濃度変動に伴う変化



図5 - 7 線量率連続モニタに現れた  
チェルノブイル事故の影響

( 感雨も含めれば2000時間 )の降雨・降雪がある中で、月間平均値 +3 を超える降水による線量率上昇が年間で約200時間観測され、29年間の線量率増加分の最大は + 130nGy/h( 国内実績でも最大 )、年間の増加分の総和は約10  $\mu$  Gyである。

降雨による影響ほどではないが、これに次いで頻発するのが図5 - 6に示した空気中ラドン娘核種濃度の変動に伴う変化である。福井県では空気中浮遊じん放射能の連続モニタも併設しており、それによる放射能濃度も図に併記したが、線量率・<sup>214</sup>Pbバンドの計数率と合わせ3者が完全に重なり合っていて、線量率変動の原因が空気中ラドン娘核種濃度の変化に起因することが明確に示されている。多くの人が殆ど見たことのない図である。寄与は最大でも + 6 ~ 8 nGy/hと小さいが、比較的平坦な地点で降雨から数十時間経過後の風速が弱い静穏な気象状態となった時に、毎日夜 ~ 明け方にかけて周期的に現れる。

図5 - 7は前回次稿に譲るとしたチェルノブイル影響到来時の線量率連続モニタにおける測定結果

であり、影響の線量率増加分の最大値は約0.25  $\mu$  R/hである。通過率は通常とは異なる寄与があることを示している。この期間中の月間平均線量率からの事故影響による増加分の総和は0.2mRである。表層陸土の測定によるこの事故の影響による<sup>131</sup>I、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs等の地表蓄積核種からの年間線量は計算上0.7mR( 0.005mSv )であった。なお、検出器が観測局屋上にあることから、地表面に沈着したもののからの全線量を表さない可能性がある。このことから、かつての指針や当時の指導者層は「線量評価は積算線量計でのみ行う」としたため、連続モニタの露場設置が増え始めた。しかし、プルームからの寄与とその迅速集計には有効であり、92年の指針改訂以降は、連続モニタも線量評価に用いることができるようになってきている。

## 6 .原子力施設寄与と他の変動との識別

図5 - 8に原子力発電施設からの希ガス(<sup>133</sup>Xe)プルームの観測例を示す。降雪とプルームの場合の通過率が異なっており定性的識別が可能である。発電炉ではこのような観測結果の報告例がないので貴重な図である。施設影響の現れ方としては流れ去

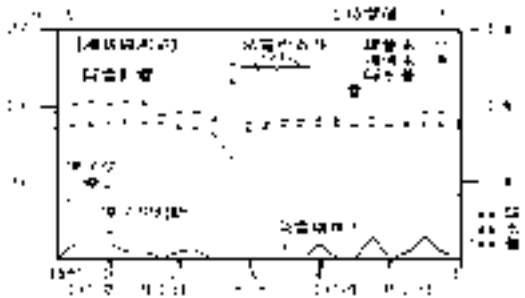


図5 - 8 希ガスプルーム影響による線量率上昇例

表5 - 1 線量率連続モニタにおける発電所影響の  
全検出事例

発電所	影響の種類	発生時期	最大線量率増加率	検出回数
福島第一	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
大飯	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
美浜	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
高浜	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
志賀	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
柏崎刈羽	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
小浜	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
川口	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第二	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第三	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第四	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第五	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第六	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第七	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第八	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第九	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十一	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十二	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十三	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十四	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十五	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十六	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十七	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十八	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第十九	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回
東海第二十	希ガス	2011年3月	約0.25 $\mu$ R/h	約200回

表5-2 線量率連続モニタ指示値の変動要因とその特性(1996年度末時点)

るプルームのほかに、無風に近い気象状態の時に放出された希ガスが数時間も居座るサブマージョン的出現がある。表5-1に発電所影響の全検出事例を示す。29年の観測史の中では観測事象は5事象、延べ4局で12時間(通過率では有意23時間)、最大線量率は29nGy/h、1事象当たりの施設寄与の積分値の最大は79nGyであり、平常時ではそう大きな寄与は観測されていない。いずれも1事象当たり $3 \times 10^{10}$  Bq以上の放出がなければプルーム影響は出現していない。BWRでは落雷等による停止後、即日等比較的短時間で再起動する場合の1次系真空ポンプ排気、PWRでは燃料ピンホールの発生と監視強化運転後の定期検査開始に伴う一次系開放に伴うパージが影響の主因である。敦賀発電所の放出からの計算に基づく外部被ばくの年線量評価結果は、『評価指針』等による現在の評価法が採用された1975年以降では、4～7 $\times 10^{13}$  Bq/年の希ガス放出量があった75、76年度でのみ0.2mrem/年、その後(いずれも放出量 $7 \times 10^{12}$  Bq/年以下)は、現在に至るまで0.001mSv/年以下と評価されている。実測値では先の表5-1の78年度の年間合計0.13 $\mu$ Gy/年がほぼ唯一の例である。この原子力施設からのプルーム寄与が最大の調査対象であるが、線量率連続モニタにはほかに様々な変動が現れ、それとの識別が必要となる。「線量率連続モニタ指示値の変動要因とその特性」を表5-2に示す。この表以外にも、ノイズ等6種の技術的要因や観測局移設・周辺変化等の社会的要因による変動・変化があり、人工寄与の識別に先立ち、実績の蓄積と表5-2のような類型化が必要である。

先に述べたように、これらの識別、特に発電所寄与の識別にはまず定性的に通過率が利用できるが、降雨や空気中Rn娘核種寄与等の自然放射線変動と混在した場合には、定量的識別が必要となり、複数SCAが利用できる。施設寄与が観測されない場合、観測総線量率と $^{214}\text{Pb}$ (または $^{214}\text{Bi}$ )線エネルギーバンドのSCAの計数率は完全に比例することから、前者から後者を用い推定した自然放射線線

量率を減算して得た残渣線量率で人工寄与を定量識別している。これにより降雨等の寄与が混在しても、それをほぼ完全に消去できる。ある県では下部鉛遮蔽やMCAが用いられている。

## 7. むすび

福井県では主に非常時の住民自身による確認と安心のため、「見守り隊」と称する放射線測定表示装置を避難・退避施設となる小中学校等の公共施設に多数配布している。高さ1m足らずの小さな装置であり誰もが近づけることから、診断用RIを投与された患者の影響が大きく現れたことがあり、極端な例では学童の避難騒ぎにまでなったことがある。ここには、施設影響との見分け方は離れば下がるという放射線に対する知識や理解、不安感、更にはある意味で野放しでアンバランスがあるとも言える医療放射線というそれぞれ大きな問題が内包されている。一方、施設周辺では市民団体の会員がそれぞれ簡易な検出器で測定しているケースがある。しかし、本稿で述べてきたように放射線測定では難しいことも多く、知識や技術、精度や確からしさの点で問題がないとは言えず、ノイズ等を取り違え、誤った情報が駆け巡ることのないよう望みたい。現在はインターネットでそれが不必要な位に情報公開している。その意味では自治体の測定に信頼を寄せて頂ければ願っている。今回は、雷影響出現例やダストモニタによる測定等示せなかったものも多かったが、残り2回で扱う「トピックス」や「今後求められるもの」の中で述べていきたい。

## ポアソン過程の逆問題( 1 )

( 高速 ) 中性子の線量測定・評価は、先頃まで主流であった写真フィルムを使うものにして、最近主流の固体飛跡検出器にして、センサー部位に存在する水素( の原子核 ) が中性子の衝突を受けて弾き飛ばされてできる“ 反跳陽子 ”( 中性子から効率よく運動エネルギーを受け渡された荷電粒子 ) やセンサー部位に意図的に含ませた核反応物質が中性子と反応して作り出す( ウランなど核分裂性物質が使われたときの核分裂生成物など ) 高速( 運動エネルギーも高い ) の荷電粒子が物質中に残す“ 生成の痕跡 ”( の単位面積あるいは単位体積当りの ) 数を数えることによって行われる。

線量計に入射した中性子が計測対象である信号“ 痕跡 ”に変換される効率率は、感度の高さゆえに実用に供されているもの場合でも大略 $10^{-4}$ 程度であり、信号の生成は、いわゆる「ポアソン分布」を確率分布関数とする確率論的過程( stochastic process ) に従う。

ポアソン過程では、生成信号数の期待値を $m$ とすると、実際に計測される信号数として $N$ が得られる確率 $P(m,N)$ が次のように与えられる。

$$P(m,N) = \exp(-m) \cdot m^N / N! \quad (1)$$

$m$ は非負の実数、 $N$ は非負の整数( 自然数 ) であることに注意して欲しい。

さて、このような中性子検出器を線量測定用に使用するには、測定器を標準の中性子線場に一定期間曝したときに得られ信号( 飛跡 ) 数の期待値と( その標準場について知られている線量率と測定時間の積で与えられる ) 標準線量値との比率を換算係数として求め、測定によって得られる信号

( 飛跡 ) 数の期待値にこの換算係数を乗ずることになる。

この方法の問題点の一つは、信号( 飛跡 ) の計数値からその期待値をどのように評価するかということである。

期待値というのは、数学的には、無限回の測定を繰返したときの平均値であるが、それは実際上実行不可能であるので、不可知である。次善の策は有限回の測定から平均値と( 測定値のばらつき の度合いを示す測度として用いられる ) 標準偏差を算出し、それらから( 推測の品質をも含めて ) 期待値の大きさを推定することであるが、実務の現場においてはこれすら為し難いことが多く、1回の情報汲み出し( 計数 ) で計数の期待値を評価するのが普通である。すると問題は、( 1 ) 式を「逆問題」として解くこと、すなわち、“ $N$ を得たときに $m$ の最確期待値を求めること”に帰結する。

( 1 ) 式を $m$ で微分し、それを0と置くことにより $m$ の期待値 $\langle m \rangle$ を求める最尤法( さいゆうほう ) が広く用いられていて、 $N$ が0なら $\langle m \rangle$ も0、 $N$ が1なら $\langle m \rangle$ も1としているが、実は正しい方法とはいえない。ポアソン分布( 1 ) においては、 $m$ も $N$ も負の値は取り得ず、 $m$ がいかなる値を持ってしようとも $N=0$ ( や1 ) という結果を引き起こす力を潜在的に持っているからである。

$m$ について先見的( a priori ) 知見を何ら持ち合わせないとき、 $N$ を得たときの $m$ の最確期待値 $\langle m \rangle$ とその標準偏差 はそれぞれ次のように与えられる。

$$\langle m \rangle = N + 1 \quad (2)$$

$$= \sqrt{N + 1} \quad (3)$$



# EUにおける個人線量モニタリング

～ EURADOSの活動の紹介～

Maria Ranogajec-Komor\*



ヨーロッパにおけるEURADOSの役割：  
EURADOSとはThe European Radiation Dosimetry Groupヨーロッパ放射線測定グループのことです。

EURADOSは次の目的のため研究プロジェクトとネットワーク活動を行っています。

線量測定の科学的理解の促進

ルーチン線量測定における方法や装置の技術的向上の推進

ヨーロッパ内で行われている測定手順の適合性を完成させるためのパートナーやステイクホルダーの援助

EURADOSには現在約50人の会員と200人の準会員がいます。

個人モニタリング (IM; Individual Monitoring) のデータ編集はEURADOSワーキンググループ2によってオランダのドクターVan Dijkを筆頭に行われました。ギリシャからのKamenopoulouさんとスペインからのMaria Lopezさんがサブグループを率い、10の組織、研究所、個人が関わったプロジェクトに大いに貢献してくれました。ほとんどのデータは2000年からのものです。

外部被ばく線量モニタリング：

様々な規格/認定/承認体系はそれぞれの国により異なり、認定手順も異なりますが、ヨーロッパの認定団体は、ほぼ相互的な合

意の範囲内で運営しています。多くの現行規格 (ISO, IEC, IAEAなど) や国際勧告のような関連資料、テクニカルレポート (ICRP, ICRU, IAEA, EUR) などは様々な国で利用されています。それゆえ規格には調和が要求されます。

ワーキンググループ2によるとISO/IEC17025は研究所の研究の質において、最も有効な技術について示しています。個人モニタリングサービスの構造は図1のように要約されます。ユーザーは認定を有する個人モニタリングサービスのための線量計を受け取り、送ります。測定研究所 (PSDLまたはSSDL) もまた認定される必要があります。

サービス機関と測定施設は両方とも放射線防護における法律や規格、関連書類に沿って処理します。

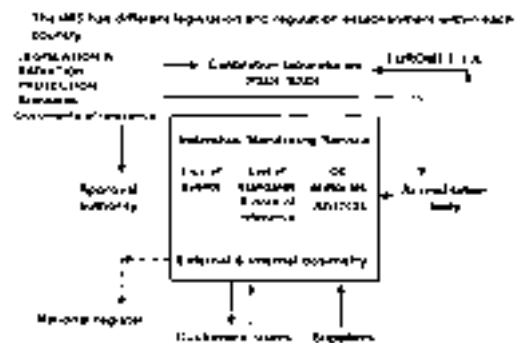


図1 Diagram of the IM service framework

\* Maria Ranogajec-Komor クロアチア放射線防護学会長  
Ph.D., Senior Scientist  
Department of Chemistry, Radiation Chemistry and Dosimetry Laboratory  
THE RUDJER BOSKOVIC INSTITUTE, ZAGREB, CROATIA

それらの文書は国により異なりますが、ほとんどの場合それらは国際規定や勧告によって合意されているものです。また、個人線量測定の結果はほとんどの場合、国へ報告されます。

クロアチアの場合、もしユーザーが線量管理を受けたいならば、放射線防護に関する政府機関に登録する必要があります。機関は認可された3箇所のサービス機関のひとつに指示します。このIMサービス機関は顧客に新しい線量計を送ります。モニタリング期間が終わると新しい線量計が再び送られ、使用済みの線量計はサービス機関に返却されます。線量評価後、サービス機関は線量報告書を政府機関のデータベース、そしてユーザーに発送します。線量超過、線量計紛失などが発生した場合には保健省に報告されます。

線量測定サービスの認可はどのように得るのでしょうか？ほとんどの国において、どんなサービスであっても認可を得る必要があります。もしあなたの会社がIMを例えばポーランドで実行したいなら、ポーランドの法律に従って申請をしなければなりません。クロアチアに限っては法律により、TLDとフィルムがパッシブ線量計として認可されています。つまりRPL線量計は法律を変えない限り、個人線量測定のルーチンで使用することはできないのです。

ワーキンググループ2はヨーロッパ内でのIMサービスのカタログを作成しました。ヨーロッパの個人線量モニタリングサービスの合計数は約200と見積もられますが、そのうちの104のサービス機関が携わり、それぞれがアンケートに答えました。

表1をご覧ください。この調査では104のサービス機関の内ランダムに選ばれたいくつかのヨーロッパ測定サービス機関のデータを見ることができます。ベルギーでは3サービス機関が6000人の労働者を管理し、ブルガリアでは5サービス機関が12450人

表1 Data on IM dosimetric services who responded to the EURADOS questionnaire

Country	Number of workers	Number of dosimeters	Dosimetry system	...
B	3	6000	TLD	
BE	5	12450	TLD	
CF	4	20000	TLD	
D	8	40000	TLD	
FR	1	1000	TLD	
H	2	20000	TLD	
IT	2	5000	TLD	
P	13	44300	TLD	
PL	3	30000	TLD	
UK	2	1000	TLD	
...	...	...	...	...
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>273030</b>	<b>TLD</b>	<b>...</b>

を管理しました。イタリアは一番サービス機関が多く、一方フランスでは管理した従事者の数が最多になります。最後の列では全てのサービス機関での要約した結果が見られます。フォトン測定ではフィルムとTLDが主に利用されていますが、サービス機関に関してはガラス線量計のRPL法のような他の計測システムを採用しました。TLDを利用したそのようなサービスの数にも関わらずフィルムを利用したサービスと比較すると、フィルム線量計を使用して管理した従事者は前者の273030に比べて443000という著しく高いものになりました。その理由としてTLD測定はほとんどの場合小さなサービスで使用されますが、フィルムは今日でも大規模な国営のサービスで使用されているからです。これは例えばハンガリーやフランスで見られる事態です。

サービス機関ごとに線量計が異なるだけでなく、同じ種類の線量計もまた異なります(図2)。カタログでは次の情報を提供しています

- ・線量計とサービスについて
  - ・線量計算とバックグラウンドの差し引き手法について
  - ・校正方法について
  - ・エネルギー特性と方向特性について
  - ・性能について
- また、ベータとニュートロンの概要にも



図2 A catalogue of IM dosimetric services within Europe

記載しています。

#### アクティブ型個人線量計

アクティブパーソナルデバイス (APD) のIMに対する初めの評価は次の全容把握を目的に実行されました

- ・法的なステータス
- ・技術的な特性
- ・長所と短所

この理由は、そのエネルギー特性と機械的特性が非難されており、性能の相互比較試験で違いを示しているにも関わらず、APDの使用は特に原子力施設において増加しているからです。

APDの特性のカatalogueは次の情報を含みます：

- ・検出器のタイプ
- ・物理的な特性
- ・放射線特性、環境特性、機械的な特性
- ・線量記録手順、タイプテストと認可(可能であれば)

フォトンとベータ分野におけるAPDはその性能に大きな違いがあること、一方ニュートロン/フォトンが混合した分野ではAPDのエネルギー反応が改善される必要があるということが分かりました。

#### 内部被ばく線量モニタリング

ワーキンググループ2の中でスペインのMaria Lopezが率いるサブグループの研究目標は：内部被ばくに関して職場モニタリング(職場でのラドン被ばくと、ラドン崩壊生成物・自然放射性物質による被ばく)

から得られる結果が、個人モニタリングの完全で一貫したシステムとどのように組み合わせることができるかを調査することです。

- ・直接的/間接的な測定手順
- ・線量測定ツール
- ・線量評価方法
- ・内部線量測定研究所の法的側面

内部IMにおける規格に関する現状は外部放射線よりも複雑なものです。

IMシステムのQA/QCそして信頼性：

個人モニタリングの最後のテーマとして私が述べたいのは、IMシステムの外部放射線測定における品質保証、品質管理、そして信頼性です。分析では外部線量評価の質を減じるような個人モニタリングにおける一連の問題点があります。それらは例えば紛失、置き違い、線量計の破損、データ処理を含む装置処理の失敗などがあります…

ヨーロッパの26カ国から88のサービス機関がこの研究に参加しました。品質管理の実施や不確かさの潜在的原因に関する全容はヨーロッパの個人サービスで分析される予定であり、回答の評価は現在進行中です。この研究におけるいくつかの質問はたとえばこんな具合です：あなたのシステムの不確かさを評価したことがありますか？もしあるなら、どの規格や手順に沿って行いましたか？顧客にその不確かさを報告しましたか？ナチュラルバックグラウンドコレクション(矯正)を行いましたか？もし行ったならどの手順に沿って？スレッシュホールド(検出限界)未満の線量をどのように報告していますか？

最後になりましたが、私たちは、クロアチアと日本間の協力合意により、RPLとTLDシステムを使用したパフォーマンステストとインターコンパリソンの研究を行い、今後の線量測定の発展に貢献できることを願っています。

## 平成17年度 放射線取扱主任者試験施行要領

全課目択一式問題、マークシート方式です。

### 1 試験の日程

#### 第1種試験

平成17年8月24日(水)、25日(木)

#### 第2種(一般)試験

平成17年8月26日(金)

### 2 試験地及び試験場所

試験地	試験場所
札幌	北海道東海大学 北海道札幌市南区南沢5条1丁目1番1号
仙台	東北学院大学 宮城県仙台市青葉区土樋1丁目3番1号
東京	成蹊大学 東京都武蔵野市吉祥寺北町3丁目3番1号
名古屋	名城大学 愛知県名古屋市天白区八事山150番地
大阪	近畿大学 大阪府東大阪市小若江3丁目4番1号
福岡	九州大学 福岡県福岡市東区箱崎6丁目10番1号

### 3 受験の申込期間 平成17年5月10日(火)

～平成17年6月23(木)

(郵送の場合、平成17年6月23日消印のあるものまで有効。ただし、料金別納及び後納郵便の場合、平成17年6月23日までに到着したものに限り有効。)

### 4 受験料 第1種 : 14,800円

第2種(一般): 9,900円

(受験料は非課税です)

### 5 受験資格 特に有りません。

### 6 合格発表 10月20日頃の官報で公告される予定です。

### 7 申込用紙の頒布

受験申込用紙は、無料で次の方法により入手できます。

頒布機関の窓口で入手する場合：

別紙頒布機関及び(財)原子力安全技術センター窓口で直接入手できます。

郵送による入手を希望する場合：

「受験申込用紙 部請求」と朱書きした封筒に、切手を貼った返信用封筒を同封して、(財)原子力安全技術センターに請求して下さい。請求部数は、はっきりわかるように記して下さい。なお、返信用封筒は角2サイズ(240mm×332mm)(A4が折らずに入る大きさ)とし、郵送切手代は請求部数に応じて次のとおりです。

請求部数	1部	2部	3～4部	5～8部	9～10部
切手代金	140円	200円	240円	390円	580円

11部以上請求される場合には、宅急便(着払い)でお送りしますので、FAX又は電子メールにて必要部数・送付先・連絡先をお知らせ下さい。

### 指定試験機関

財団法人 原子力安全技術センター

指定事業部 放射線安全部 主任者試験課

〒112-8604 東京都文京区白山5丁目1番3-101号

東京富士会館ビル4階

TEL 03-3814-7480 FAX 03-3814-4617

ホームページ <http://www.nustec.or.jp/>

電子メール [shiken@nustec.or.jp](mailto:shiken@nustec.or.jp)

### 受験申込用紙頒布機関

札幌 政府刊行物サービス・センター

札幌市北区北8条西2-1-1(札幌第1合同庁舎内)

TEL(011)709-2401

(財)原子力安全技術センター 防災技術センター

青森県上北郡六ヶ所村大字尾駱字野附1-67

TEL(0175)71-1185

東北放射線科学センター

仙台市青葉区一番町1-1-30 やまと生命ビル4階

TEL(022)266-8288

仙台 政府刊行物サービス・センター

仙台市青葉区本町3-2-23(仙台第2合同庁舎内)

TEL(022)261-8320

(財)原子力安全技術センター 研修センター

茨城県那珂郡東海村大字村松字白根147-6

TEL(029)282-7911

(社)日本アイソトープ協会 総務課

文京区本駒込2-28-45

TEL(03)5395-8021

(社)日本原子力産業会議 計画推進本部

港区芝大門1-2-13 第一子家ビル

TEL(03)5777-0752

霞が関 政府刊行物サービス・センター

千代田区霞が関1-2-1(農林水産省別館前)

TEL(03)3504-3885

大手町 政府刊行物サービス・センター

千代田区大手町1-3-6

TEL(03)3211-7786

さいたま 政府刊行物サービス・センター

さいたま市中央区新都心1-1(さいたま新都心合同庁舎内)

TEL(048)600-1400

北陸原子力懇談会

金沢市尾山町9-13 商工会議所会館3階

TEL(076)222-6523

金沢 政府刊行物サービス・センター

金沢市広坂2-2-60(金沢広坂合同庁舎内)

TEL(076)223-7303

中部原子力懇談会 事業部

名古屋市中区栄2-10-19 名古屋商工会議所内

TEL(052)223-6616

名古屋 政府刊行物サービス・センター

名古屋市中区三の丸2-5-1(名古屋合同庁舎第2号館内)

TEL(052)951-9205

(財)電子科学研究所

大阪市中央区北久宝寺町2-3-6 非破壊検査ビル5階

TEL(06)6262-2410

大阪 政府刊行物サービス・センター

大阪市中央区大手前1-5-63(大阪合同庁舎第3号館内)

TEL(06)6942-1681

広島 政府刊行物サービス・センター

広島市中区上八丁堀6-30(広島合同庁舎第2号館内)

TEL(082)222-6012

九州エネルギー問題懇話会

福岡市中央区天神1-10-24 福岡三和ビル3階

TEL(092)714-2318

福岡 政府刊行物サービス・センター

福岡市博多区博多駅東2-11-1(福岡合同庁舎内)

TEL(092)411-6201

沖縄 政府刊行物サービス・センター

那覇市おもろまち2-1-1(那覇第2地方合同庁舎1号館)

TEL(098)866-7506



日本アイソトープ協会 放射線取扱主任者部会 - 第8回 放射線計測分科会 -

## 放射線計測分科会 イブニングセミナー

### 特別講演「最新の内部被ばく線量測定について」

GSO方式のPET核種用空気中濃度測定器から薄型Ge方式の肺モニタまで

### 放射線の「最新」計測機器およびその応用の紹介

1. 日 時：平成17年7月7日（木）17：45～20：00
2. 場 所：日本青年館3階 国際ホール（東京都新宿区霞岳町15番地）
3. 内 容：司会 野村貴美（東京大学大学院工学系研究科）
  - 17：45～ 開会挨拶
  - 特別講演：「最新の内部被ばく線量測定について」
    - 鈴木 敏和（放射線医学総合研究所）
    - 「(新型)個人線量計測システム」
    - 小幡 敏朗（アロカ株式会社）
    - 「最新のポータブルゲルマニウム半導体検出器」
    - 佐久間昭一（セイコーEG&G株式会社）
    - 「ガラス平板型線量分布計測システム（R-PLate Reader）の開発
    - 石戸谷達世（㈱千代田テクノル・旭テクノグラス株式会社）
    - 「中性子用個人電子式線量計DMC2000GNについて」
    - 小林 育夫（長瀬ランダウア株式会社）
    - 「環境線量計測技術」
    - 伊藤 勝人（富士電機システムズ株式会社）
  - 質疑・まとめ

#### [その他のご案内]

参加費は無料です。同位元素・放射線研究発表会の期間中に、放射線主任者部会・放射線計測分科会では標記のセミナーを開催いたします。主任者部会に登録していない方や同位元素・放射線研究発表会に参加の方も自由にご参加ください。参加希望者は6月末までに、下記e-mail宛に「氏名、所属、イブニングセミナー参加希望」として送付願います。当日のお弁当用意の都合がありますので必ずお願いいたします。

計測分科会主査 野村 貴美（東京大学大学院工学系研究科）

幹事 山田 孝一（アロカ株式会社）

佐藤 正（株式会社千代田テクノル）

連絡先：東京都文京区弥生2-11-16 Tel 03-5841-7499 Fax 03-5841-6017

参加申し込みはe-mailにて佐藤宛または山田宛お願いいたします。

e-mail：sato-tad@c-technol.co.jp, yama1442@am.aloka.co.jp

## 日本保健物理学会シンポジウム 「たゆみないファントムの開発及び利用」 開催のご案内

日時：平成17年7月13日（水）13：30～17：00

場所：放射線医学総合研究所 重粒子治療推進棟2F 大会議室

参加費：会員2,000円、非会員3,000円、学生会員1,000円

連絡先：木名瀬 栄（日本原子力研究所 保健物理部 放射線リスク研究室）

E-mail：skinase@popsvr.tokai.jaeri.go.jp

電話：029-282-5208 Fax：029-282-6063

博士紹介

平成17年3月に弊社といたしましては、初めての博士が誕生いたしましたのでご紹介をさせていただきます。大登邦充は薬事・技術部のシステムグループ グループ長という多忙な現業をこなしながら、近畿大学大学院総合理工学研究科物質系工学を専攻、鶴田隆雄教授に師事し「放射線業務従事者の被ばくメカニズムの解析」に関する研究を行い、本年3月にはれて工学博士となりました。以下に博士学位論文の概要をご紹介します。

## 放射線業務従事者の被ばくメカニズムの解析に関する研究 血液内治療者の被ばくの実態と防護対策について

大登 邦充

近年、X線透視下でカテーテルを操作して行う血管内治療は、虚血性心疾患などの治療法として広く行われるようになってきている。血管内治療者は、患者が横たわっている手術台の近傍で治療を行うため、患者からの散乱線およびX線管からの漏洩線を他のX線撮影検査に比べると多く受ける傾向にあり、血管内治療者の被ばくは社会的な問題となっている。

本論文は、先ず、血管内治療者の被ばくの実態調査を行い、次に被ばくの主な原因となる散乱線の測定を行い、治療室内の散乱線分布を計算式で求める方法を提示し、さらに、放射線防護用具を使用した時の散乱線の変動について検討を行い、まとめとして、血管内治療者に対する適切な放射線防護の方法について論じたものである。

### 第1章 放射線業務従事者の被ばくの実態

血管内治療に従事した放射線科医、心臓内科医、研修医、小児科医、看護師を対象として2003年4月から2004年8月までの毎月の実効線量および水晶体の等価線量の平均値を職種毎に求めた。その結果、実効線量・等価線量ともに、被ばくは研修医が最も多く、毎月の平均値の変動は実効線量の数値に比べて等価線量の数値のほうが大きいことがわかった。このことから、防護衣で覆われていない頭頸部は、血管内治療の内容に大きく依存して

いることが分かった。

研修医の年実効線量と年等価線量の平均値は3.6mSv、12.2mSvであり、最も被ばくが多かった研修医の年実効線量と年等価線量は12.1mSv、36.5mSvであった。

また、看護師の年実効線量と年等価線量の平均値は0.2mSv、1.8mSvであり、最も被ばくが多かった看護師の年実効線量と年等価線量は0.7mSv、4.1mSvであった。個人線量測定機関である千代田テクニカルが集計・報告している平成14年度の個人線量の実態調査によれば、一般の医師の年実効線量と水晶体の年等価線量の平均値は

0.26mSv、0.53mSvであり、一般の看護師の年実効線量と水晶体の年等価線量の平均値は0.13mSv、0.37mSvであった。このことから、血管内治療者の被ばくが多いことを確認することができた。

### 第2章 X線撮影装置周辺の散乱線量率分布

血管内治療用のX線撮影装置周辺の散乱線量を、電子線量計を使用して測定し、散乱線量率分布の形状について検討を行った。実験結果より、散乱線量率分布の形状は、照射条件が変化してもほぼ同一であることが明らかになった。

また、照射線量の変動量と散乱線量率分布の変動量の間には相関性があることが分かった。

そしてこれらの結果は、X線装置の形状が変わった場合でも類似した傾向を示すことが確認された。

これらのことから、散乱線量率分布を算出するための計算モデルを導き出し、異なる機種や異なる使用条件であっても簡易な計算によって散乱線量率を求める手法を開発した。計算値は実測値と±40%の範囲内で一致しており、散乱線量率分布を簡易な方法で求めることが可能であることを示した。

### 第3章 放射線防護用具が散乱線に与える影響

多くの施設で設置されている天井懸垂型の含鉛アクリル防護板を設置し、アクリル防護板周辺の散乱線量の変動を蛍光ガラス線量計で詳細に測定した。その結果、アクリル防護板が設置されている空間の散乱線は低減しており、血管内治療者の被ばくを低減するための方法としてアクリル防護板の設置が有効であることが確認された。しかしながら、手術台の近傍ではアクリル防護板下端から床面側の空間で散乱線が増加することが本測定により判明した。

散乱線が増加するという測定結果は、従来のアクリル防護板のしゃへい効果を鉛当量で判断する方法では説明できなかった。そこで、材質を鉛から実効密度が近似している材質に換算することを提案し、実験結果を明確に説明した。これらのことから、従来の鉛当量のみで判断する方法では、アクリル防護板との相互作用で発生した散乱線の影響を過小に評価する危険性があることを示した。

### 第4章 血管内治療者の被ばくの原因と防護対策

血管内治療で主に使用される2つのX線入射方向について、アクリル防護板を使用した時

の散乱線を詳細に測定し、血管内治療者の被ばく防護に対する検討を行った。

測定結果から、アクリル防護板の使用は血管内治療者の被ばく低減に効果があることが示されたが、実験結果から従来の知見とは異なる以下のことが判明した。

- 1) 血管内治療者の立ち位置では、アクリル板を使用することにより血管内治療者の腹部・大腿部周辺の散乱線量率が増加する可能性があること。
- 2) 頭頸部の散乱線量率は、アクリル防護板に近い位置に立つ血管内治療者よりもアクリル防護板から離れた位置に立つ助手の方が高いこと。
- 3) X線の入射中心から離れている位置でも、アクリル防護板でカバーされていない空間の散乱線量率は高いこと。

これらのことを受けて本章では、血管内治療を行う施設の管理者は血管内治療者に対して、アクリル防護板を使用していても散乱線の影響が大きい空間があることを説明し、アクリル防護板の設置位置の最適化を図るなどの適切な防護策を指導する必要があることを示した。また、施設の血管内治療実施件数に応じた管理目標値を定めることの必要性についても指摘した。そして、これらの方策を講じることで、血管内治療者およびスタッフが安心して施術を行うことができる環境を整えることが必要であることを論じた。

以上のように、本論文では、血管内治療者の被ばくの実態をあきらかにし、血管内治療者を取り巻く散乱線の線量率場を詳細に測定することにより、X線入射方向と散乱線分布の関係を明確にし、検査室内の散乱線分布を簡易な手法で求めることを可能にした。そして、防護用具の効果と問題点を明らかにし、血管内治療者に対して適切な被ばく防護の立案を可能にした。

#### お詫びと訂正

FBNews No340 (4月号)におきまして一部誤りがございましたので下記のとおり訂正し、お詫び申し上げます。

9ページ左下から6行目 (誤) 2.5mmの遮へいとして鉛当量の防護衣は、

(正) 0.25mmの鉛当量防護衣の遮へい能力は、

サービス部門からのお願い

## ガラスバッジの交換は使用終了日の翌日に!

今回は、交換のタイミングについてご説明いたします。

ガラスバッジに貼られているラベルには使用期間、個人のお名前、お客様コード、装着する部位などをプリントしております。

終了日を確認するためには、下図を参考にしてください。

ガラスバッジの交換日と測定依頼時のタイミングの目安は以下の通りです。

(例)6月に使用したガラスバッジは6月30日までご使用いただき、7月1日の管理区域に立ち入る前に交換してください。測定依頼については交換をした6月分のガラスバッジを測定依頼票とともに速やかに測定センターに測定の依頼票をしてください。

図、使用期間の表示 開始日、終了日



## 編集後記

昨年は季節はずれの台風4号(2004.4.11上陸)を皮切りに、上陸した台風の数が記録的に多い年でした。今にして思えば、異常気象の前触れだったのかも知れません。今年はどうなるのでしょうか。今年是非とも平穩に過ごしたいものです。

4月25日、JR西日本福知山線において、あってはならない大惨事が発生してしまいました。亡くなられた107人の方々のご冥福をお祈りいたします。ご遺族の方々のご無念を思うと胸が痛みます。

何人もの命を預かる鉄道の運転士や飛行機の操縦士は、その責任の重大性を真に認識し、日ごろから職務に精進していただきたいものと思います。また、組織の責任者は、彼らが十分に責任を全うできるような環境整備や安全対策に、一層の努力を傾注されますようお願いしたいと思います。

今月号は、日本原子力研究所保健物理部の吉澤道夫氏に「中性子線量計の校正方法の標準化について」と題してご執筆いただきました。

これまで、中性子線量計の校正に関するJIS規格が無く、

多くの方が何かと不便を感じておりました。今般、ISO 8529をベースに専門研究会の検討結果を反映させながら、中性子線量計の校正方法に関するJIS原案策定作業が行なわれたとのことであります。来年には出版される予定とのことです。

しかし、実用校正の標準化には至っておらず、今後の大きな課題となると云っておられます。

また、クロアチア放射線防護学会長であるMaria Ranogajec-Komor博士に「EUにおける個人線量モニタリング:EURADOSの活動の紹介」と題して執筆いただきました。

ヨーロッパの国々における個人線量モニタリングの現状について、分かりやすく解説して頂きました。

ヨーロッパにおいては、個人線量測定結果のほとんどが国へ報告されるなど、多くの興味ある内容が紹介されています。

これから梅雨前線が活発になる憂鬱な時期を向かえます。その後の夏に期待して、乗り切りたいものです。

(福田光道)

## FBNews No.342

発行日 / 平成17年6月1日

発行人 / 細田敏和

編集委員 / 佐々木行忠 小迫智昭 中村尚司 久保寺昭子

加藤和明 寿藤紀道 藤崎三郎 福田光道 江崙巖 福田美智子

発行所 / 株式会社千代田テクノル 線量計測事業部

所在地 / 〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル4階

電話 / 03-3816-5210 FAX / 03-5803-4890

http://www.c-technol.co.jp

印刷 / 株式会社テクノルサポートシステム

- 禁無断転載 - 定価400円(本体381円)