



長岡 鋭

何を測っているのか？

SPring-8に移籍してから1年半経った。移籍前はNaI(Tl)検出器やGe検出器を用いて環境線を測っていたが、SPring-8ではX線を相手に放射線管理をしている。ここの特徴は最高8GeVという高いエネルギーの放射線が存在すること。自然環境線はせいぜい3MeVだからかなり様子が違う。高エネルギーの電子が加速器の中を回り、その軌道の周囲へX線を放出する。このX線も数keV以下の低エネルギーから、光核反応を起こすような高エネルギーのものまで含まれている。従って中性子も発生し、放射化のことも心配せねばならない。一方、原子炉とは異なり核燃料は無いし、電源を落とせば「暴走」はしないので、原子炉施設よりは気分的に楽ではないかと思っている。

SPring-8は主に放射光を利用するための研究施設であり、ユーザーが利用するエリアでは放射線成分が比較的単純かつ低線量率なので、エネルギースペクトルや核種などよりも、X線の強度が基準レベル以下であるかが主要な関心事である。従って、計測器は感度・精度よりも簡便性が重視され、GM管、電離箱、レムカウンタなどが活躍している。個人線量計としては、クイクセル、インライト、DISを使用しており、長瀬ランダウアさんにはお世話になっている。

環境線による線量率は非常に低く、常にノイズ成分の除去と精度確保が課題であった。そのような中でいつも考えていたのは、「この検出器は何を測っているのか？」というまさに基本的な問題である。例えば、NaI(Tl)検出器による線線量率評価の原理は、入射線と検出器(シンチレータ)が相互作用を起こし、その結果電子が生

じ、そのエネルギーに比例した量のシンチレーション光が発生し、その光を集め電子に変換してパルスとして取り出し、そのパルス波高に応じた荷重関数を使って線量率に変換するというものである。ところが実際には、線による上記プロセスに加えて、線以外の放射線(主に宇宙線)の入射、検出器自体が含む微量の放射性物質、シンチレータが吸収した電子エネルギーと発光量とは厳密には比例しない特性、線入射方向による検出感度の変化...等々の細かな、しかし有意な妨害(ノイズ)が付きまとう。測定結果はこれらを総合したものであり、入射線のみによる線量率から外れる。そこでこれらの妨害成分1つ1つを評価しておく、目的としている線のみによる線量率を正確に評価することができる。またこのような詳細な情報があれば、事故やトラブルなど異常事態が発生したときの原因究明にとって大きなヒントとなる。更に、環境モニタリングのデータが適正な値を示しているかどうかを高い信頼性でチェックすることも可能となる。細かい話は省くが、このようなノイズ成分の評価手法を開発したところ、原子力施設を抱える地方自治体の環境線モニタリングにこの手法を適用すべく(財)日本分析センターが大変な努力をしてくださった。その結果、地方自治体における環境線線量率評価精度は世界一と言えるほど高いものになった。

一方、少し目的は異なるが、エネルギースペクトルを直接測定できないOSL素子などに複数のフィルターを適用(クイクセル等)することによって、入射線(X線)のエネルギーをある程度推定する技術が活用されている。これも、GM管のcpm表示に満足することなく、測定値の持つ意味を考え、上手く活用した例である。

放射線測定を生業とする者として、「この測定器は何を測っているのか」、「測定値に含まれている情報をどう引き出し、どう解釈するのか」ということを、常に考えていたいと思う今日この頃である。

ながおか とし [(財)高輝度光科学研究センター(JASRI)安全管理室長]

プロフィール 生まれ育ちともに名古屋市。1974年名古屋大学大学院(原子核工学・修士課程)修了後、日本原子力研究所(現・日本原子力研究開発機構)入所。生活環境中における線・宇宙線の測定・評価研究に従事。雪上、海上などの低線量率からチェルノブイルでの高線量率まで様々な環境下での測定を経験。1999年企画室調査役。以後研究活動から離脱。2002年に研究部門へ復帰するも研究管理担当。その後環境科学研究部長、基礎工学研究推進室長、国際部長を経て2009年にJASRIへ移籍。工学博士、文部科学省技術参与。趣味は音楽とスポーツ(硬式テニス、軟式スキー)。

放射線測定器の校正と管理の実際

〔シリーズ2〕 場所の線量当量率測定器の校正



財団法人放射線計測協会 総括計画管理室 技術主席 本多 哲太郎

場所の線量当量率測定器って何のこと?...たとえば、測定器のメーターが $\mu\text{Sv/h}$ (マイクロシーベルト毎時)という単位で目盛られており、作業場所などの空間の放射線量を計ることができるサーベイメータ等を言います。線量当量は、人体組織が同じ量の放射線エネルギーを吸収しても、放射線の種類やエネルギーによって組織に与える影響の度合いが異なるために導入された放射線防護上の量です。また、放射線測定器は検出器の種類によって測定できる放射線の種類が異なりますので、放射線の種類ごとにトレーサビリティが確保された基準放射線が目盛りの校正(基準校正)を行う必要があります。

ここでは、法令上測定が義務づけられている人体表面から1cm深さの線量測定を想定した空間(場所)の1cm線量当量率測定器の校正について紹介します。場所の1cm線量当量率測定器(以下、測定器という)の校正は、透過力の強いガンマ線、エックス線及び中性子について行われます。

測定器の校正方法は、日本工業規格(JIS)によって定められており、ガンマ線及びエックス線についてはJIS Z 4511が、中性子についてはJIS Z 4521が対応規格となっています。

1. 基準校正

ガンマ線の基準校正にはCs-137またはCo-60が、中性子の基準校正にはCf-252またはAm-241+Be等の放射線源が用いられます。また、エックス線の基準校正にはエックス線発生装置が用いられます。それぞれの測定器の校正は、校正定数を求めることで行われます。

$$\text{校正定数} = \frac{\text{場所の基準1cm線量当量率} (\mu\text{Sv/h})}{\text{測定器のメータ指示値} (\mu\text{Sv/h})}$$

作業場所での測定結果に校正定数を乗じて得た値が、記録される線量当量率となります。

ガンマ線の基準校正においては、基準測定器で照射装置や単体線源から任意の距離における基準線量率を値づけて校正に用いる方法と、線源から1mの位置における基準線量率が与えられた基準線源を用いて校正する方法があります。いずれの場合でも幅広い線量率範囲を校正するには、部屋の大きさや散乱線による問題などから、放射能の異なる複数の線源が必要になります。

中性子の基準校正では、中性子放出率基準線源を用いて、距離の逆二乗則により校正点における基準1cm線量当量率を計算で求めます。校正点は、部屋からの散乱線の影響が40%以下になるような場所で行うのが良いとされており、測定器に対する散乱線の影響は指示値から

差し引いて校正することが求められています。

エックス線の校正に必要な線質(実効エネルギーとエネルギー分布)は、管球にかかる電圧と発生装置の出口に設置するフィルターの組み合わせを適切に選択することで決定することができます。また、管球にかかる電圧や電流を同じ値に設定しても線量率が使用のつど微妙に変化するため、基準測定器を用いて使用のつど基準となる1cm線量当量率を測定します。

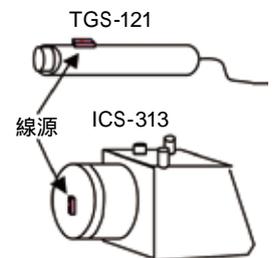
2. 確認校正

JIS Z 4511では、附属書2で実用測定器の「確認校正」について規定しており、「確認校正」は、トレーサビリティのとれた基準校正場で校正された測定器が、校正後も継続して同じ校正定数が使用できるか否かを判定するためのものです。測定器の動作確認の場合には、メータが振れば良いので線源と測定器の位置関係をあまり気にしませんが、「確認校正」の場合には線源と測定器の位置関係を特定して測定を行い、確認校正時の指示値と基準校正直後の指示値が、線源の半減期による減衰を考慮した範囲内($\pm 10\%$ が目安)で一致している必要があります。

確認校正で使用する線源は、管理の容易さなどから法規制対象外の放射能線源を用いたいところです。少々乱暴なやり方ですが、一例としてガンマ線用のGM管式と電離箱式サーベイメータに点状の密封線源を貼り付けて測定し、10kBqあたりの指示値に換算した線量当量率を表に示します。Cs-137は下限数量が10kBqと少ないために有効な指示値が得られません。下限数量や半減期、エネルギー等を考慮するとBa-133や表には載っていませんがEu-152が利用できると思います。

表 規制対象外のガンマ線源を用いた確認校正の例

| 核種 | 半減期 | 下限数量 | 線源貼り付け時の指示値 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}/10\text{kBq}$) | |
|--------|--------|--------|------------------------------------------------------------------|-------------------|
| | | | GM管式 (TGS-121) | 電離箱式 (ICS-313) |
| Cs-137 | 30.04y | 10kBq | 2.1 | 0.4 |
| Co-60 | 5.271y | 100kBq | 11 | 1.7 |
| Na-22 | 2.609y | 1MBq | 9.2 | 1.8 |
| Ba-133 | 10.52y | 1MBq | 1.2 | 0.3 |



中性子サーベイメータの場合、下限数量10kBq以下のCf-252中性子線源が利用できますが、下限数量以下では中性子放出率が少ないため、検出器表面の決まった位置に貼り付けて、積算モードで測定すると良いでしょう。これらの規制対象外の線源についても、破損したり紛失しないよう適切な使用と管理が求められます。

次回(第3回)は、個人の線量当量測定器の校正についてお話しします。

暮らしと放射線 あれこれ

その1 放射線利用技術の現状

(独)日本原子力研究開発機構 産業連携推進部 産業連携コーディネータ 吉井 文男



日本人の多くは、放射線と聞くと、まず「怖い!」というイメージがあるため、放射線利用がなかなか普及しない一因ともなっているのが現状である。しかし、1895年に発見された放射線の一種であるX線は検診や病巣を見つけるのによく使われている。また、輸血用の血液も照射されている。農業分野では、放射線の貢献は大きいものがある。国が沖縄の本土復帰事業として1972年から20年をかけて行ったゴーヤ(ニガウリ)や果物などの害虫であるウリミバエを撲滅し、日本本土への持ち込みができるようになったのも放射線のおかげである。また、突然変異を利用した新品種の作出にも役立っている。工業分野では、プラスチックや繊維、ゴムなどの高分子材料を放射線加工技術により改質し有用な製品ができています。自動車部品やコンピュータに使われている電線被覆材は、耐熱性や強度を改善するために照射されている。内装品の発泡体は、高温での発泡加工時の樹脂の融解による流動性を抑えるために照射されている。国内のラジアルタイヤの92%は、硫黄加硫を行う前の平板のゴムに照射を行うことにより加工性や強度が改善でき、品質の向上、部材の低減、

したラジカルに新しい機能をもつ枝を付けることであり、海水中からウランを回収する有用金属の捕集やカドニウムのような有害金属の除去に応用され、最近、半導体工場の水の浄化に使われ始めた。

医療用具の放射線滅菌では、1956年、アメリカのエチコン社が腸線縫合糸に最初に行い、現在は注射器や人工腎臓など医療用具の70%近くが放射線により滅菌されている。このように放射線利用技術は種々の分野に応用され、日常生活に必要不可欠のものになっている。

この放射線技術に使われている線源は、主にコバルト60からのガンマ線と加速器からの電子線である。コバルト60線源は、放射線が漏れないようにコンクリートの壁で覆った水中のプールに格納し、照射の時は水面上に揚げて行うようになっている。ガンマ線は、透過力が大きい箱に詰めた最終製品の医療用具の滅菌に主に使われ、国内では商業用の大型の7施設が稼働している。

電子加速器は、高分子材料の改質によく用いられ、出力が300keV以下の低エネルギー加速器とそれ以上の高エネルギー加速器とがある。300keV程度の加速器は自己遮蔽型のものが多く化粧板などの表面のキュアリング処理やフィルム・テープの加工に用いられ、約100台が民間企業や公設の研究機関に設置されている。高エネルギー加速器は、照射室がコンクリートで遮蔽され、高速で加工処理できるため電線被覆材、発泡体、タイヤ、熱収縮材などの橋かけに多く使われ、約250台が設置されている。この低・高エネルギーの加速器を併せた台数は、世界の電子加速器の約3割弱に相当する。電子線の透過力は加速電圧に依存するが、300kVの場合は比重1.0の水で0.3mm、2MVで7mm程度である。このため、照射加工に用いる電子加速器は、試料の厚みを考慮し、上、中、下が均一に照射できるような透過力のある加速器を選び行われている。

本解説の次回以降は「生分解性樹脂の放射線改質、傷治療放射線合成ハイドロゲル創傷被覆材、セルロースゲルの放射線合成とその応用、植物に有効なカニ殻の放射線分解オリゴキトサン」について順次御説明します。著者のプロフィールは、昭和40年に統合前の日本原子力研所に入所し、40年あまり高分子材料の放射線改質に従事し、その間に傷治療ハイドロゲル創傷被覆材やセルロースゲルを製品化に繋げた。現在は、産学連携コーディネータとして放射線利用技術の普及・拡大のため、企業との橋渡しを行い技術移転の促進を図っている。

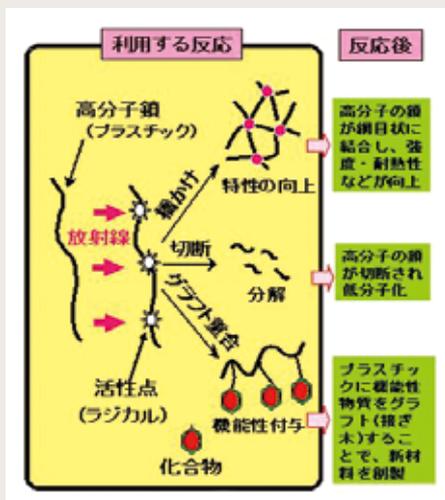


図1 高分子材料の放射線改質技術

コストの削減に役立っている。これらの材料の改質技術は、図の橋かけによるものである。橋かけは、照射により生成した活性種(ラジカル)同士の結合反応により高分子鎖が結合し、リジットになるため、強度や耐熱性が向上する。ポリ四フッ化エチレン(通常テフロンと呼んでいる)は、照射分解型の材料であるため、照射によって粉碎が容易になり、微粉末品はグリースやインクに添加し滑剤として広く使われている。これは図の分解技術を活用したものである。

グラフト重合技術は、照射により高分子鎖に生成

お願い

カスタマーサービス課より

ご担当者・送付先の変更手続きについて

当社では、バッジサービスにおいて次の3つの送付先別にご担当者と送付先を登録しております。

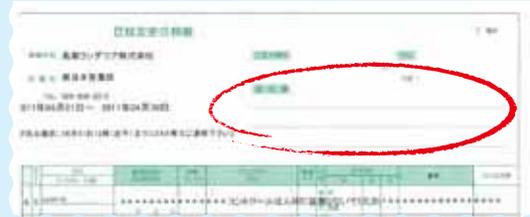
- ・バッジ送付先
- ・測定報告書送付先
- ・請求書送付先

人事異動等でご担当者や送付先住所等に変更が生じた場合は、バッジに同封しております「登録変更依頼書」の通信欄に、変更事項を赤字でご記入の上、Fax(または郵送)にてご連絡ください。

ご担当者変更の場合はフリガナを、住所変更の場合は郵便番号も併せてご記入ください。

なお、「登録変更依頼書」の最上段「記入者名」欄に新しいご担当者名をご記入いただいても変更の処理は行われませんのでご注意ください。

登録内容に変更が生じた場合はお早めにお手続きくださいますようお願い申し上げます。



ご案内 日本保健物理学会「第44回研究発表会(学会創立50周年記念大会)」

大会長：石田 順一郎 日本原子力研究開発機構

研究発表会

会期：平成23年6月15日(水)～17日(金)

会場：ホテルレイクビュー水戸(水戸駅南口徒歩3分)
茨城県水戸市宮町1-6-1 Tel:029-224-2727

日程

6月15日(水)

13:30～50周年記念講演

米国保健物理学会Edward F. Maher 会長、
韓国放射線防護学会代表者、ほか学会若手
メンバーと海外からの招聘者による討論会

18:00～懇親会

6月16日(木) 研究発表会、総会

6月17日(金) 研究発表会

問い合わせ先

日本保健物理学会 第44回研究発表会実行委員会事務局
日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所
放射線管理部内

Tel:029-282-1111(担当：百瀬、遠藤)

E-mail: tokai-jhps@jaea.go.jp

*詳しくは、大会ホームページをご参照ください。

<http://jhps44.jaea.go.jp./jhps44.html>

ご案内 2011年製薬放射線研修会(第13回製薬放射線コンファレンス総会)

会期：平成23年6月30日(木)～7月1日(金)

会場：先端医療振興財団臨床研究情報センター(神戸市)

6月30日(木)10:00～17:00 定例総会・研修会

講演1「最近の放射線規制の動向」

遠藤正志氏(文部科学省科学技術・学術政策局
原子力安全課放射線規制室)

講演2「分子イメージング活用創薬」

渡辺恭良氏(理化学研究所分子イメージング科学
研究センター)

座談会「放射線管理との関わりを振り返って」

井原智氏(杏林大学)、辰巳奇男氏(近畿大学)、
大河原賢一氏(PRC代表)

7月1日(金)10:00～終了まで 見学会

理化学研究所分子イメージング科学研究センター、次世代スーパーコンピュータ「京」、先端医療センター、日本メジフィジックス神戸ラボを予定

参加申込：下記製薬放射線コンファレンスホームページ内
研修会参加申込フォームからお申込ください。

http://www.web-prc.com/soukai_request.html

編集後記



先月号より4回シリーズで放射線計測協会 本多室長に「校正」についてご執筆いただいております。放射線測定を生業とする当社にとって、校正は重要な事柄です。正しい校正が行われていないと、当然の如く、お客様に「信頼できる、正しい被ばく線量」を報告できません。当社では放計協様に依頼し、四半期毎にバ

ッジの校正を行っていると共に、標準照射したバッジで、毎日、クイクセルバッジ等の測定器の校正も行っています。

校正は測定の基本中の基本です。トップコラムで長岡室長が「何を測っているのか？」をテーマにご執筆いただきましたが、校正されていない測定器で測っても測定値に信頼性が無いため、「何を測っているのか分からない？」に成りかねません。お気を付けください。(佐藤 輝之)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<http://www.nagase-landauer.co.jp>
e-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

当社へのお問い合わせ、ご連絡は
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.401
平成23年 5月号
毎月1日発行 発行部数：33,000部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪C22街区1
発行人 中井 光正