

- トップコラム／立命館大学 SRセンター長 太田 俊明
- X線検査における患者線量の評価／〔シリーズ2〕OSL線量計
- まだまだ知られていない福島の現状／
〔その6〕除染物と焼却灰・飛灰の管理について
- お願い／年度末により報告書等をお急ぎのお客様へ
- 製品紹介／InLightシステム〈microStar[®]〉

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
159



太田 俊明

放射光の世界に37年

1970年代前半、全国共同利用の大型放射光施設「フォトン・ファクトリー（PF）」計画が高良和武東大教授（当時）の主導で始まった。このPF設立準備室のメンバーに加わったのが、当時35歳だった私の放射光の旅の始まりである。PFの立ち上げ時には、ビームライン、実験装置の建設だけでなく、いろいろな関連施設の建設や、共同利用規則を取り決める必要があった。数少ないPF測定器のスタッフとしてそれらの施設のデザインや、規則の取り決めに参加したが、とりわけ、放射線安全管理は重要な（厄介な）問題であった。実験ホール入退室の方法、ユーザーの放射線従事者登録の手続き、安全管理教育などについて、放射線安全管理室の加藤和明先生、近藤健次郎先生と何度も相談したことを覚えている。放射光蓄積リング立ち上げ時には、サーバイメータを持って、さながらミクロの決死圏のように実験ホール内で放射線レベルの高い所をチェックして回ったこともあった。私にとって、もっとも働き盛りのPFでの7年間は、研究が殆ど出来ない不作の時代であった。しかし、放射線安全管理、土木建築、廃液処理、機械工作など様々な経験をし、研究風土の異なるいろいろな分野の友人を作ることが出来た貴重な時代でもあった。

PFの華々しい成果によって、放射光はナノテクの先端技術として注目されるようになり、各地の大学や研究所から、雨後の竹の子のように放射光施設設立計画がでてきた。私は、PFの放射光ビームラインの建設が一段落したあと、広島大学理学部に招かれ、HiSOR計画の旗振りをすることになった。地方大学に大型の施設を導入することは地方活性化の大きな弾みにもなる。しかし、100億円近くの大型計画

になるとそれほど簡単ではない。もっともらしい完成予想図を作って地方の企業周り、広島市や県、国会議員への陳情など、考えられるあらゆる努力をしたが、認められるまでには至らなかった。大型計画が認められるには、天（政府）地（大学）人（建設し利用する当事者）の全ての位相が合うことが必要で、これには運が大きく影響する。皮肉なことに、私が東大に転出した1年後に、後継の谷口雅樹教授の主導で計画を小型化し、装いを新たにしたHiSOR計画が認められた。今では小さい施設ながら大型施設に負けない大きな成果を挙げている。東大に移ってからは、専らPFのユーザーとして専用のビームラインを建設して利用研究に専念でき、これまでの遅れを少しは取り戻したかと思う。

2006年に東大で定年を迎え、立命館大学SRセンターに移ることになった。SRセンターは小型の超伝導電子蓄積リングAURORAを持つ、世界で最も小さい放射光施設である。AURORAはLIGA用に特化した非常に巧妙に設計された蓄積リングであるが、これ以上の改良、改造ができず、既に建設してから10数年経った極めて低輝度の放射光源であったため、この施設をどのように活性化していくかが私に課せられた課題であった。PFやSPring-8だけでなく、佐賀県や兵庫県立大の放射光施設などが稼働しているなか、SRセンターを多くの大学や企業に利用してもらうには、ユニークなビームライン、ユニークな装置があることが望ましい。しかし、一つのビームラインを建設するには億に近い資金が必要になる。いろいろ悪戦苦闘したが、幸運なことに、他の放射光施設で要らなくなったビームラインを無償で譲り受けることができ、また新規にビームラインを建設する予算を獲得することもできた。それにより、この9年間に8本のビームラインを新設、または、高度化し、X線吸収分光法を中心にした放射光施設にリニューアルすることができた。他大学、研究所や企業からの利用も増え、やっと軌道に乗った感がある。この立命館大学SRセンターが私の長い放射光の旅の終着駅となった。最後の課題は、運転を始めて25年以上経つ光源の老朽化と自分自身の老朽化にどう対処するかである。

.....
おおた としあき（立命館大学 SRセンター長）

プロフィール●1971年東京大学理学系大学院博士課程修了、同年に東大理学部化学科助手。1979年高エネルギー物理学研究所放射光実験施設助教授、1986年広島大学理学部物性学科教授、1992年東京大学理学部化学科教授、専ら、放射光軟X線を用いた表面科学の研究を行う。2006年立命館大学に移り、SRセンター長として、放射光の産業利用に向けたビームラインの高度化を行う。

X線検査における患者線量の評価

〔シリーズ2〕OSL線量計

茨城県立医療大学 保健医療学部 放射線技術科学科 教授 佐藤 齊



OSL線量計を使ってみた。OSL線量計は、光刺激ルミネセンス (Optically Stimulated Luminescence: OSL) 現象を利用したクイクセルバジという名称で個人被曝線量計として用いられている。炭素添加 α 酸化アルミニウム (α - Al_2O_3 :C) が放射線検出に用いられており、フェーディングがわずかで、繰り返し読み取り可能であることなど、従来から使用されてきた熱蛍光線量計 (TLD) より使用の利便性が高い特徴がある。使ってみたのは、このOSL法を利用した nanoDot (ナノドット) 線量計と読み取りリーダーから構成される InLight systems である。システムの特徴などは Landauer 社の資料などにあるが、ここでは1ユーザーの立場からこのシステムの使用感について述べる。

ここでの InLight systems の使用目的は、本稿のテーマである医療被曝線量 (患者線量) の測定である。患者線量を測定する目的はいくつかあるが、線量最適化に用いられる診断参考レベル (diagnostic reference level: DRL) との比較により線量低減化方策を検討することもその一つである。前回電離箱式線量計による測定値の不確かさについて述べたが、OSL線量計により求めた表面線量の不確かさはどれほどであろうか。

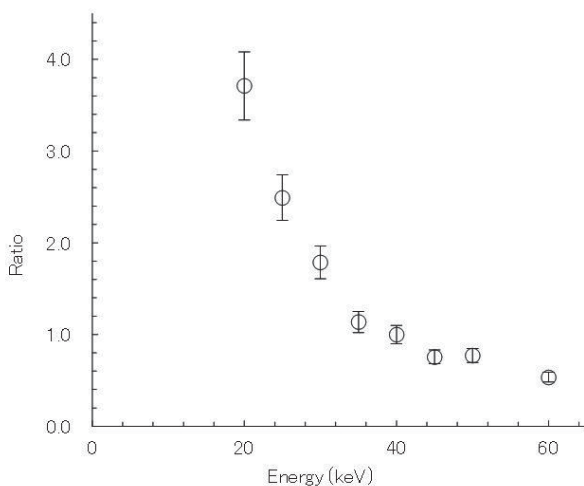


図1 単色X線エネルギーに対するOSL線量計の応答特性 (相対値)

エネルギー応答特性を調べるために、単色X線により nanoDot 線量計に照射し、microStar により読み取りを行った。nanoDot 線量計による測定値と自由空気電離箱により測定した値との比を求め、X線エネルギー 40keV の値で規格化した結果を図1に示した。OSL素子の実効原子番号は約10.21であり、OSL素子の組成から求められる質量エネルギー転移係数からも低エネルギー側の応答変化はこのような特性であるものと考えられる。この測定結果は Cygler (2009) らによる報告の値とも大きな矛盾はない。さらに、Spasic (2013) らによれば、管電圧25～90kVの間で

10～45%の応答変化が報告されている。尚、最近では nanoDot 線量計が放射線治療における照射バリデーションに用いられているが、200keV以上のX線エネルギーに対する応答変化が少ないことが報告されている。その目的では線量応答の方が問題となるが、約4Gy程度まではほぼ直線的な特性であることが示されており、工夫されたキャリブレーションカーブによりさらに高線量まで直線的な測定結果が得られている。

さて、図1に示したように単色X線の場合はエネルギーにより応答が大きく変化する。連続X線の場合はその変化は和らぎ、たとえば管電圧70kVでの校正値を適用した場合、管電圧120kVでは測定の不確かさが約20%程度となる。

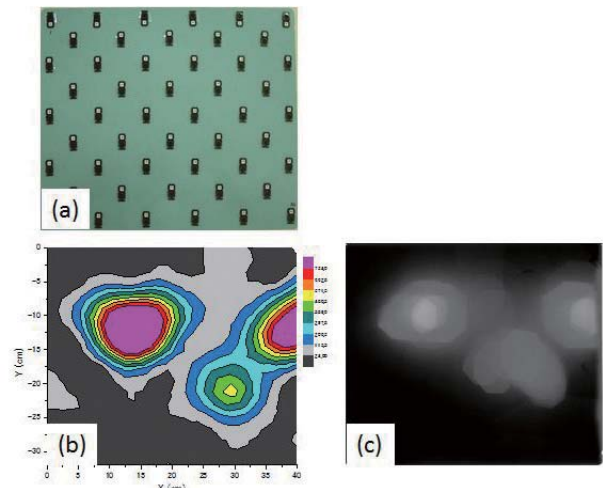


図2 OSL線量計によるIVR施行時の患者皮膚線量マッピング例
(a) ポリエチレンシートベースに貼付けたOSL素子
(b) OSL測定による線量マップ
(c) 同時に実施したフィルム法による記録写真

いずれにしろ nanoDot 線量計を患者線量の測定に用いる場合、適確に校正して用いる必要があるだろう。個人被曝線量計に用いられているようなX線エネルギー補償フィルタを使用することも有効であるが、材質と最適厚を検討する必要があり、今後の研究開発が待たれる。

患者線量の測定に適用した例として、IVRにおける皮膚線量マッピングを図2に示した。ポリエチレンシートベースにOSL線量計を貼り付けて患者背面に配置しておき、IVR実施後に読み取りを実施した。nanoDot 線量計はX透視イメージにほとんど映らないため、IVR手技の妨げにはならない。この例のように皮膚最大線量位置と皮膚線量を知ることができる。

InLight systems は取り扱いが容易であり、TLD等と比較すると測定の煩雑さが少なく、安定した測定結果が得られる。患者線量の測定に適用する際には、測定精度を一定以上に維持するためにいくつかのポイントを押さえることが重要であろう。

まだまだ知られていない福島現状

〔その6〕

除染物と焼却灰・飛灰の管理について



京都女子大学 現代社会学部 教授 水野 義之

除染に伴って発生する除染物と、瓦礫処理(焼却)で発生した焼却灰・飛灰は、一体どのように管理されているのか。これらはいわゆる「仮置き場」や中間貯蔵施設で一時保管された後、最終処分場での管理に至る。その過程について、現状の一端を紹介したい。

「仮置き場」の困惑と理解

今般の東日本大震災・原子力災害後によく聞かれたのは、除染をしてもその置き場に困るという状況だった。その理由は、最終処分場が決まらない段階で、中間貯蔵施設もなかなか決まらず、やむを得ず生活環境の「仮置き場」に置かざるを得なかったからである。災害当初は、除染物を仮置き場に置けば「とりあえず安全」なこと自体が理解されなかった。「とりあえず安全」の意味は、現状より空間線量率が下がるということである。もちろんどこに置いても総ベクレル数(∝放射性原子数)は変化しない。しかし平均的な線量率は下がる。理由は2つある。第1に1箇所を集めて管理すれば、そこに接近する可能性が低くなること。第2に1箇所を集めた結果、除染物自体の物質によって放射線が相互遮蔽(自己遮蔽)され、放射線が生活空間に出にくくなるからである。

例えばある場所に仮置き場を作ると、そこは周辺で線量率が最も「低い」という「逆説」が発生する。実際に、仮置き場を造成し養生する段階でほぼ完全な除染が行われるため、敷地中央の線量率が最も低くなる。また除染物同士が内部の放射線も環境放射線もほぼ完全に遮蔽するため、容器表面を離れば(逆二乗法則に従って)線量率は格段に下がる。

しかし現実に起こったのは住民の困惑だった。例えばある地区の区長が自分の田圃を仮置き場に提供するから除染を開始したいと申し出ても、その隣の田圃の所有者が反対して、除染がなかなか始まらない等の状況である。だが伊達市の場合は住民目線の分かりやすい説明を続けること半年80回、2011年の末にやっと状況が理解されるようになると変化が訪れた。他所に持っているという住民に対して、同じ住民が「そんなことをしても相手も困るでしょ?」と説得を始めるようになり、だったら仮置き場はあそこがよいと、その土地をよく知る住民自ら提案を始めた。この積み重ねで伊達市は、福島県でも最も除染が進展した地域とされる。

除染物の中間貯蔵施設

除染の難しさは仮置き場の選定にも原因があるため、その難しさは地域によって異なる。それが全体の中間貯蔵施設の決定の困難さと重なって2014年から2015年の現状に至るのである。除染物は量が多いため、中間貯蔵施設は当初、双葉町・大熊町にまたがる第一原発周辺の居住地を国が買い上げ、国有化して対応する

という案が出された。しかし住民の意見も分かれ、最終的(2014年7月末)には地権者に土地の所有権を残すことができる「地上権」の設定を選べる、という対応になった。この中間貯蔵施設には、除染物以外にも瓦礫処理(焼却)で発生した焼却灰・飛灰のうち10万Bq/kgを超えるものも搬入予定となっている(2014年度中に開始予定)。

焼却灰・飛灰のセメント固型化と最終処分場

震災と津波で発生した瓦礫の焼却処理の場合、福島県のもはすべて福島県内で処理される。燃え残る成分を焼却灰、高温で舞い上がってフィルターされる成分を飛灰と呼ぶ。発生する焼却灰と飛灰のうち、放射能濃度が8000Bq/kgを超えるものは、法的には(放射性廃棄物ではなく)「指定廃棄物」と呼ばれ、管理対象となっている。

8000Bq/kgという放射能はどの程度か。目安としては(よく知られる)人体内の天然カリウム放射能が体重60kgで約4000Bqの程度。カリウムが多い食品として市販される「やさしお」(塩化ナトリウムの代替として塩化カリウムが約半分)のカリウム40成分を計算すると約8600Bq/kg程度である。この意味で8000Bq/kg超という値は一つの目安だと思われるかもしれない。この焼却灰と飛灰の指定廃棄物(8000Bq/kgから10万Bq/kg程度)の最終処分場はすでに決まっていて、原発近隣の民間処理施設の予定とされる。

現状(2015年初頭)では焼却灰も飛灰もフレコン・バッグ(フレキシブル・コンテナ、約1m³の円筒状の袋)に入れて仮保管されている。これらは最終的には、一度解体してセメントと混成され、固型化される。筆者は2014年9月に福島県内で最初に稼働を開始した(仮設)セメント固型化施設の一つを見学した。これは「仮仮置き場」(と呼ばれることがある、仮置き場に搬入する前の仮置き場)から、仮置き場に移設する段階でセメント固型化体にするための仮設施設である。ここでの自治体職員と環境省担当者の説明は技術的には一応納得でき、その安全性は理解できる。だが実際には焼却灰・飛灰の最終処分場の近くに、正式なセメント固型化施設が出来るとされていて、それらの受け入れ準備の進展には、除染物の中間貯蔵施設の話し合いを待つ必要もあって、容易ではない。ここでも保管場所の逼迫や長期化、モニタリングのデータ処理など課題も多い。しかし筆者が関わっている範囲では、進展が実感できる。関係者各位の地道なご努力に敬意を表したい。なおこれらの管理やモニタリング方法の詳細については環境省の「放射性物質汚染廃棄物処理情報サイト」等が参考になる。

お願い

年度末により報告書等をお急ぎのお客様へ

当社ではお客様よりバッジをご返送いただいたから2週間以内に外部被ばく線量測定報告書をお届けできるよう努めておりますが、年度末で至急処理が必要な場合は下記手順にてご依頼ください。

- ①当社まで電話にてご連絡ください。「至急測定」の受付をいたします。
- ②バッジの“返送封筒”または“箱”の表面に「**至急測定**」と朱書きして、“速達郵便”

または“宅配便”にてご返送ください。

バッジ返送後に電話連絡をいただいてもご希望に添えない場合がございます。まずは電話にてご一報くださいますようお願い申し上げます。

お問い合わせ：お客様サポートセンター
Tel. 029-839-3322

製品紹介

InLightシステム **microStar**[®]

microStar (マイクロスター) は汎用化された小型のOSL線量計測定システム (写真1) で、インライトバッジ (写真2) を用いることにより線量をその場で測定することができます。

10×10×2mmで金属フィルターを持たないnanoDot (写真2) は、小型でX線画像に写らないという特徴から、従来では線量測定が困難であった場所の線量評価を可能にしました。

専用キャリーケースによる容易な持ち運びができ、家庭用100V交流電源のみで動作するmicroStarは、線量測定の新たな可能性を広げていきます。

☆特長

- 1) 小型、軽量で可搬型 (リーダー本体)
(110×325×245mm 13.6kg)
- 2) シンプルな操作方法
- 3) 繰り返し測定が可能
- 4) 高精度、高信頼性のOSL法
- 5) 測定データ管理を専用PCで管理

☆仕様

測定線種 X・γ線、β線
測定線量範囲 0.1mSv～10Sv



写真1 PCおよびリーダー本体

お問い合わせは営業部まで
Tel. 029-839-3322



写真2 OSL線量計



写真3 専用キャリーケース

編集後記



年も明けて早3ヶ月、最も多忙な時期に入りました。その昔、四国で勤務していた頃、この時期の高知出張はいつも初鰹を楽しみにしておりました。高知の鰹のたたきはニンニクの入ったタレで食べるのが定番。また薫焼きのものは、さらに香ばしさが口に広がり、それ以前に食していたものとは別物のように感じたことを覚

えております。個人的には戻り鰹が好みですが、「初物」はその言葉自体に美味しさを引き立たせてくれる魅力がありますね。元来「初物」には生気がみなぎり、それを食すと寿命が延びるとされ、福をもたらす縁起ものとも言われております。1年で最も多忙なこの時期、皆様も是非初物に舌鼓を打ちつつ、英気を養いながら幸多い新年度を迎えられることを心から願っております。(根岸 孝行)

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.447
平成27年<3月号>

毎月1日発行 発行部数：37,000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