



Photo H. Hirano

Index

放射線遮蔽研究の現状と今後……………	平山 英夫	1
〔施設訪問記㉓〕 ―日本工業検査株式会社の巻― 東京スカイツリー634mの健全性は超音波検査でチェック!! ……		6
線量計システムの不確かさ評価に関わる EURADOSトレーニングコースに参加して ……	牧 大介	11
弊社 大洗研究所の柳田由香研究員が工学博士の学位を取得しました …		14
〔テクノルコーナー〕 B3WINdose 線量計の紹介 ……		17
平成25年度 放射線取扱主任者試験の実施について ……		18
〔サービス部門からのお知らせ〕 「FBNews 放射線安全管理総合情報誌」の綴じ方の変更について ……		19
藤田稔先生を偲んで……………		19

放射線遮蔽研究の現状と今後



平山 英夫*

1. 第12回放射線遮蔽国際会議 (ICRS-12)

昨年9月2日から7日の期間、奈良県新公会堂において表記国際会議が開催された。この会議は、1858年にケンブリッジで第1回の会議が開かれ、その後およそ4年毎に開催されている遮蔽関係ではもっとも大きな国際会議である。日本では、第6回（東京）、第9回（つくば）に次ぐ3回目の開催で、開催場所が奈良であったこと、福島事故に関する特別セッションを設けた事などから過去最高の参加者があった。（第1表）国内よりも、国外からの参加者が多かったのも今回の特徴である。第2表に示したトピックス毎の発表件数（ポスターを含めたプログラム掲載発表件数）が、遮蔽研究のおおよその現状を示している。

第1表 遮蔽国際会議

開催年	開催都市	発表件数	参加者
1958	ケンブリッジ(英国)		
1961	スタズビック(スウェーデン)		
1967	ハーウェル(英国)		
1972	パリ(フランス)		
1977	ノックスビル(米国)		
1983	東京	135	235(78*)
1988	ボーンマス(英国)	142	179(26*)
1994	アーリントン(米国)	184	260(29*)
1999	つくば	175	250(100**)
2004	マデイラ(ポルトガル)	350	330(34*)
2008	アトランタ(米国)	240	300(31*)
2012	奈良	376	389(205**)

*日本からの参加者、**外国からの参加者

第2表 ICRS-12でのTopics別発表件数

Topics	発表件数
Fission Reactor Facilities	7
Fusion Reactor Facilities	12
Fuel Cycle Facilities	4
Waste Management Facilities	2
Accelerator Facilities	39
Medical Facilities and Medical Applications	10
Aircraft Dosimetry and Space Technology	3
Industrial Applications	2
Shielding Experiments and Benchmarks	14
Source Term Measurement and Evaluation	9
Activation Measurement and Analysis	12
Standardization of Radiation Field and Measurement	6
Radiation Detections and Measurements	39
Radiation Dosimetry	19
Monte Carlo Methods and Applications	44
Deterministic Methods and Applications	9
Empirical Methods and Applications	3
Visualization and User Interface	9
Nuclear Data	14
Shielding Materials	14
Radiation Protections	21
Environmental Assessment	8
Decommissioning	8
Clearance	6
Radiation Risk Issues	1
Advanced Phantoms	6
Accident of Fukushima Nuclear Power Plant and Its Influence	37

* Hideo HIRAYAMA 高エネルギー加速器研究機構名誉教授／総合研究大学院大学名誉教授

共同研究を進めて行くきっかけとなる貴重な場となっている。

3. 簡易計算を巡る状況と我が国における研究

計算機性能の大幅な向上により、モンテカルロ法等の詳細計算法を実際の施設の遮蔽計算に適用することが可能となってきた。しかしながら、実際の使用数の観点からも、最終評価以前のパラメータサーベイや詳細計算法のチェックという観点からも、簡易計算の役割は依然として大きいのが現状である。計算機性能や詳細計算コードの発達に基づいて簡易計算で使われるパラメータの高精度化が可能になっているが、このような取り組みは、我が国以外では低調である。この状況を、最もよく使われている γ 線の点減衰核法を例にとって紹介する。

γ 線の点減衰核法で最も基本的なパラメータは、「ビルドアップ係数」である。ビルドアップ係数は、解析的に計算が可能な直接線に対する量（各種線量等）に対する散乱線を含めた量の比で定義される。現在世界中で標準データとして使用されている「 γ 線ビルドアップ係数」は、1979年に起きた米国のスリーマイル島原子力発電所事故の後処理で、ガンマ線遮蔽計算に必要なガンマ線の減衰係数及びビルドアップ係数の不足が指摘されたことを受けて作成され、1991年に公開されたANSI/ANS-6.4.3¹⁾である。この標準データの作成においては、制動放射線の影響が大きい高原子番号元素のデータ作成（PALLASコード）や線源からの距離に関する近似式として精度の高いGP近似式²⁾パラメータの作成等で我が国の研究者が大きな貢献をしている。この経緯については、文献³⁾に詳しく紹介されている。ANSI/ANS-6.4.3公開後、一時期フランスからビルドアップ係数のデータを算出する論文が出されたことがあったが、中心となった研究者の死去に伴い研究もストップして

いる。放射線に関連した学術雑誌を調べると、最近でも「ビルドアップ係数」に関する論文が出されているが、それらは新たなデータの提供ではなく、GP近似式を活用して算出した標準データに含まれていない物質や化合物のデータ算出に関するものである。一方、我が国では、その後もビルドアップ係数そのものについての研究が継続されてきた。その成果を踏まえ、日本原子力学会の標準として、清水等により開発されたIE法⁴⁾を基に一つの計算法で使用する断面積データ等を統一し、透過距離100mfp（mean free path：平均自由行程）までについて、実効線量、周辺線量当量を加えた新しい「ビルドアップ係数データとGPパラメータ」を作成する取り組みが進んでいる。ICRS-12の簡易計算のトピックスでもこの活動が報告され、英語版の標準を早期実現する要望が出された。

我が国では、 γ 線ビルドアップ係数以外にも詳細計算コードを使った簡易計算の様々なパラメータに関する研究（スカイシャイン、ダクトストリーミング、高エネルギー中性子や光子の減弱距離等）が行われ、計算コードとして公開されているものもある。高エネルギー加速器研究機構の放射線科学センターのホームページ⁵⁾で公開されている医療用粒子加速器のバルク計算遮蔽用コード（BULK-I、BULK-II）、ダクトストリーミング計算用のコード（DUCT-III）や原子力機構で開発された高エネルギー中性子スカイシャイン計算コード（SHINE3⁶⁾）がその例である。このような簡易計算のパラメータに関する研究や計算コード化の取り組みは、実用的な側面だけでなく、物質中での放射線の振る舞いを理解する上でも重要なことであり、今後とも継続すべきものである。

4. 国産コード開発

我が国では、これまでに放射線遮蔽に関連

した様々な計算コードが開発されてきた。しかしながら、その大部分は、開発者の周辺での利用が中心で、世界中のユーザーを対象として、使用に関するユーザーサポート体制を確立しているものはほとんどない。この主因は、コード開発の中心が研究機関であり、計算コードの維持やユーザーサポートについては、研究評価の対象にならなかったり、人材を含めた予算を獲得することが困難であるということにあると考えられる。そのため、作成に係わった研究者がいなくなると使われなくなるということが繰り返されてきた。特に、許認可に使用される計算コードについては、ほとんどが米国で作られたものを使用しているのが現状である。簡易計算コードについても、キーとなるパラメータであるビルドアップ係数やその近似式については、国内の研究に依拠しているにもかかわらず、米国で作成されたコードのデータ部分を置き換えた（QAD、G33等）ものが使われている。基となるコードに、改良した基本パラメータを使うように改良して、QAD-CGGP2の様な名称で準国産的な扱いをすることは著作権との関連から言っても問題がある。米国に限らず先進国では、放射線輸送の計算コードは、基幹技術の一つとして、予算と人材を投入して開発・改良・維持とユーザーサポートに取り組んでいる。計算コードについても、国際交流や協力は重要なことであるが、それは自国の基盤があって初めて成り立つことである。そのため、韓国や中国でも多くの人材と予算を投入してそれぞれの国産コード開発を進めている。ICRP-12で中国は、200名以上の若手研究者を抱えた組織で国産コードの開発を進めていることを大々的に宣伝していた。

我が国においても国産コードを開発していく基盤は存在している。重イオンを含めた粒子輸送モンテカルロ計算コードPHITS⁷⁾は、この分野の主要計算コードの一つとして国内だけでなく世界中で使用されており、ユーザー

サポートの一環として様々な場所で講習会を開催している。また、国際協力で開発してきたという意味で、国産コードとは状況が異なるが、電磁カスケードモンテカルロ計算コードEGS⁸⁾に関しては、研究会の一環として講習会を、1991年から毎年開催している。しかしながら、これらの活動はあくまでボランティアベースであり、長期的な開発・維持・改良を行う体制にはなっていない。また、Sn計算等の確定論的計算コードについても、ビルドアップ係数作成に使われたPALLAS等独自のアイディアに基づくコードがあったが、広く使われるシステムになっていなかったことから、国内外で使用される汎用のコードとすることはできなかった。

許認可にも活用できる安全解析コード体系は、放射線輸送計算コード（簡易計算コード、モンテカルロ計算コード、確定論的計算コード）だけでなく、臨界安全解析コード、インベントリー計算コードや断面積処理コードを含むものであることが求められる。このような観点から、日本原子力学会の放射線工学部会では、「国産安全解析コード開発戦略検討WG」を設置し、我が国としてとる必要がある戦略について提言を行う取り組みを進めている。

5. 放射線遮蔽研究のロードマップと後継者育成

日本原子力学会の「放射線遮蔽研究専門委員会」では、平成20年から4年間「放射線遮蔽分野の技術ロードマップ」の検討を行ってきた。途中、東電福島第1原子力発電所の事故という大きな状況の変化があったが、そのことを踏まえた報告書を学会のホームページで公開している⁹⁾。技術ロードマップは、放射線遮蔽研究が原子力関連施設の開発上の重要な要素技術であることを明確にし、その中で将来動向を踏まえた開発課題の整理を目的に検討してきたものである。報告のまとめでは、

放射線遮蔽分野においても、福島第1原子力発電所事故の原因について国としてその教訓を伝えていかなければならない責務があることを踏まえ、これまで蓄積した放射線遮蔽に関する評価技術をどのように伝承していくかも大きな課題であることが述べられている。また、福島第1発電所事故の教訓、技術者の育成・伝承を行うためにも、既存技術のきちんとした整理が必要不可欠であり、平成24年度から日本原子力学会に新しく作られた「遮蔽ハンドブック研究専門委員会」をその第一歩として位置づけている。「遮蔽ハンドブック研究専門委員会」は、1988年に発行された「ガンマ線遮蔽設計ハンドブック」と1993年に発行された「中性子遮蔽設計ハンドブック」を、最新の知見を含めて全面的に改定することを目的に活動を始めたものであるが、この活動を通じて、若い世代への技術伝承と4で紹介した「国産コード作成」に向けた動きが加速されることが期待される。

参考文献

- 1) American National Standard, "Gamma-Ray Attenuation Coefficients and Buildup Factors for Engineering Materials", ANSI/ANS-6.4.3 (1991).
- 2) Y. Harima, Y. Sakamoto, S. Tanaka and M. Kawai, "Validity of the Geometrical Formula in Approximating Gamma-Ray Buildup Factors", *Nucl. Sci. Eng.* 94, 24 (1986).
- 3) Y. Harima, "AN HISTORICAL REVIEW AND CURRENT STATUS OF BUILDUP FACTOR CALCULATIONS AND APPLICATIONS", *Radiat. Phys. Chem.* Vol. 41, pp. 631-472 (1993).
- 4) A. Shimizu, "Calculation of Gamma-Ray Buildup Factors up to Depths of 100 mfp by the Method of Invariant Embedding, (I)", *J. Nucl. Sci. Technol.*, 39, 477 (2002).
- 5) <http://rcwww.kek.jp/research/archives.html>
- 6) F. Masukawa, T. Abe, K. Hayashi, H. Handa and H. Nakashima, "Development SHINE3, Simple Code for High-Energy Neutron Slyshine dose evaluation", JAEA-Data/Code, Japan Atomic Energy Agency, 2006-024 (2006).
- 7) K. Niita, N. Matsuda, Y. Iwamoto, H. Iwase, T. Sato, H. Nakashima, Y. Sakamoto and L. Sihver, "PHITS: Particle and Heavy Ion Transport code System, version 2.23," 「遮蔽ハンドブック研究専門委員会」
- 8) H. Hirayama, Y. Namito, A. F. Bielajew and S. J. Wilderman and W. R. Nelson, "THE EGS5 CODE SYSTEM", SLAC-R-730 and KEK Report 2005-8, Stanford Linear Accelerator Center and High Energy Accelerator Research Organization, (2005).
- 9) http://www.aesj.or.jp/special/report/2011/r_hoshasenshahei20120614.pdf
- 10) ガンマ線遮蔽設計ハンドブック、日本原子力学会、1988年1月。
- 11) 中性子遮蔽設計ハンドブック、日本原子力学会、1993年4月。

著者プロフィール

1946年香川県生まれ。1973年8月京都大学大学院工学研究科博士課程中退。同年9月、高エネルギー物理学研究所に入所。電磁カスケードモンテカルロ計算コードegsの改良・普及及びegsを使った研究と高エネルギー加速器施設の遮蔽に関する研究等に従事。1995年より、同研究所教授。2006年より、高エネルギー加速器研究機構（1997年に改組）共通基盤研究施設長。2012年3月任期満了で退職。工学博士。



ー日本工業検査株式会社の巻ー



JR川崎駅東口から数分歩くと、旧東海道の行き当たります。砂子の交差点をいさご通り沿いに左折し、そこから400mほど歩いたところに日本工業検査株式会社の本町分室があります。分室の1階は資材倉庫で2階に建築検査室があり、ここにおられる佐藤室長と白土技師にお話をお伺いしました。参考までに、東海道川崎宿は元和九年（1623）に宿となり今の小川町から六郷橋までの小土呂、砂子、新宿、久根崎の4町からなります。江戸日本橋を発し最初の宿が川崎宿でした。川崎宿は旅籠や茶店などが多く宿場の最盛期には、六郷の渡し舟を乗り降りする旅人はじめ川崎大師の参詣客などで大いに賑い、宿場として、また大師道の拠点として栄えたそうです。



ー スカイツリーの工事はどのように行われましたか？

白土技師 スカイツリーの施工は大林組が担当され、同社の東京スカイツリーチャンネルというホームページ（HP）に工事の進捗状況が掲載されています。これによると2008年7月14日に起工式を行い、2012年3月に竣工しています。

ー 貴社の工事はどのように行われましたか？

佐藤室長 検査会社は3社で行い、当社の担当はツリーの一番先端部のゲイン塔とエレベーターが収まる中内塔と低層塔で、現場

で行う溶接後の検査を超音波探傷器で行いました。工場における製作加工物は他社が担当していました。

白土技師 当社の工事は2008年12月頃に始まりました。初めは別の検査員が担当していました。前述のHPには工事の進捗写真が掲載されており、これによると、初めは低層棟の4階まで工事を進めています。この4階エリアがタワー工事の出発点になり、タワークレーンを組み立て、ここで柱に足場を組み上へ上へと建てていきました。タワーの底辺部は三角形（図1）で、各コーナーは西鼎、東鼎、北鼎と呼ばれていました。タワーが積み上り、上層部が丸くなっています。私がこの工事へ行き始めたのは2009年12月初めの頃でした。

ー 検査業務は何名かのチームで行っていたのですか？

白土技師 工事の初めの頃は1～2名で行っていましたが、私が担当した頃はほとんど1人で行っていました。ゲイン塔と中内塔の検査が重なると2人で分担していました。ゲイン塔と塔体の間（470m～495mの高さ）を固定するために定着部と呼ばれる、厚さが40～60mmの鋼板の溶接部の検査の際は3人で行っていました。工程の都合により溶接を昼間に行い、検査は夕方から夜にかけて行いました。夜景はとても綺麗でした。

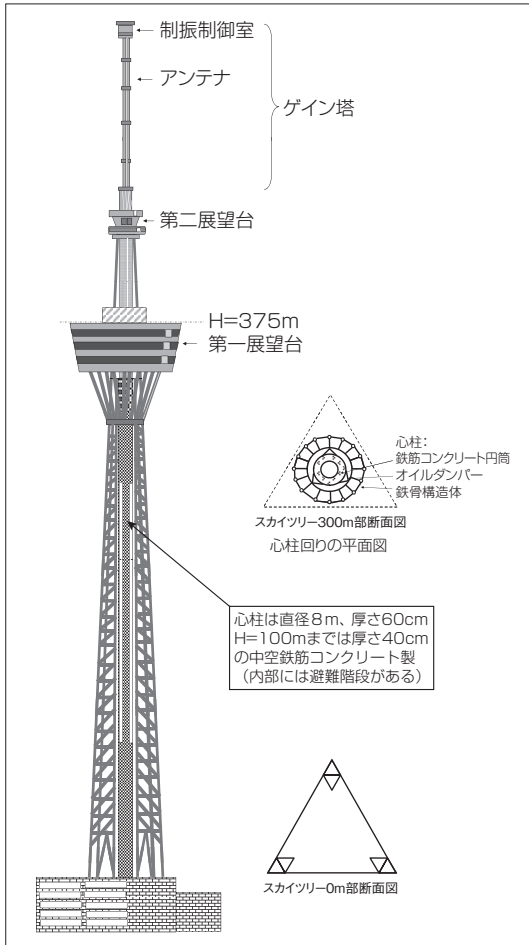


図1 東京スカイツリー概念図

一 溶接作業は資格のある方が行っていたようです。

白土技師 溶接技術者は事前に技量試験を受けて、合格された方が行っていました。私達は現場溶接部の健全性確認を超音波検査で行いました。

佐藤室長 溶接担当会社では現場に入る前に工場で事前にTKY関連継ぎ手（TKYジョイント）（図2）などの溶接を行い、何回も施工試験を行っていたようです。実際の工事に入る前に設計者、施工者、製造メーカー、検査会社でワーキンググループをつくり、どのように検査をすれば良いかについて検討し、これを1年近くかけてから施工していま

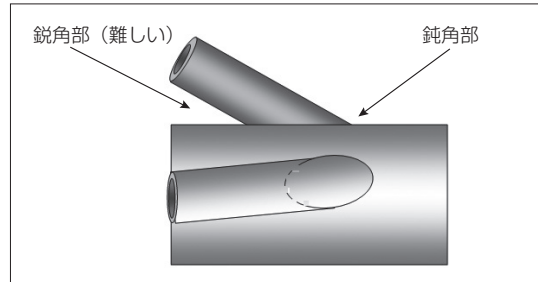


図2 TKYジョイント(工場溶接部)

した。ワーキングは2008年12月まで行われていました。

一 超音波検査はどのように行うのですか？

白土技師 超音波検査は装置と探触子からなります。（使用した装置は三菱電機製のRYOSHO-UI-S7」という機種で、形状は27cm(横幅)、17.5cm(高さ)、9.8cm(奥行)、重さが2kgです。このディスプレイには6.5インチのTFTカラー液晶が採用されており、探傷波形を大きく表示することができます。）実際の検査はこの装置を首から掛けて行っていました。（写真1）

佐藤室長 検査は超音波装置と探触子で行います。装置はパルス反射式で、電気的なパルスが探触子に送られると振動子を叩いて超音波を発生させます。電気的信号から機械的信号（超音波）に変換して対象物に当て、跳ね返ってくる超音波を計測して検査しています。傷がない時は何も返ってきません



写真1 白土技師が探触子を試験体に当て超音波装置のディスプレイを見ているところ

が、傷があった場合、材料と傷の音響インピーダンスが大きく違うので、傷に当たった超音波は、透過せずに反射して跳ね返ってきます。この反射波により傷の有無や傷の箇所を判定しています。溶接部の検査の場合、傷部の奥は分かりません。人間の体を超音波装置で検査する時は各臓器の音響インピーダンスが大きくは変わらないため、反射と透過が同時に起こっているのが胎内の赤ちゃんの形状などが把握できます。工業界の装置はまだ十分な可視化まで至っていません。医学用の装置とは値段が相当違います。

— スカイツリーの検査はどのように行われましたか？

佐藤室長 現場に入る前に、あらかじめ検査対象の試験体を作り、このときのデータを取ってから現場対応しています。スカイツリーは通常の建築物と異なり、平板と平板の溶接ではなく、管と管が接合され全部形状が違うので溶接がかなり難しかったです。同様に検査も相当難しい状況でした。

— 傷とノイズの違いをどのように判断するのですか？

白土技師 装置が持っている電氣的なノイズと材料が持つ物理的なノイズがありますが、対象物の傷をどの大きさまで検出するのか判断します。それを検出できるような探触子を用意します。また対象物の板厚に応じて周波数を変えます。探触子には色々な種類があるので、その現場に適したものを 사용합니다。探傷器の画面をよく見て傷かノイズかを判断します。

— どのくらいの傷までなら許容できるかについての基準がありますか？

白土技師 建築学会規準により判断しています。また、許容範囲が決められています。

— 検査結果について異常な例はありましたか？

白土技師 工事の初めの頃にありました。溶接部に穴があいている不具合部分が見つかり



写真2 スカイツリー最頂部(左側が白土技師)

ました。このときは溶接のやり直しになりました。今回の現場溶接は、鋼管の全周溶接のため高度な技術が要求される現場でした。

— 白土さんの行った検査はゲイン塔ですが、どのように行われましたか？

白土技師 ゲイン塔について、最初どこにつくのか私は分かりませんでした。タワーの塔体部分は低層棟の上に組み上げて行き、2010年6月に390mの高さになった頃、ゲイン塔の工事が始まりました。ゲイン塔はタワー上部470mから634mの高さにあり、長さは160mほどでアンテナなどが取り付けられています。先端部には制振制御室があります。まず地上で615mの部分を組み立てタワーの中心部の円筒に組み込み、ワイヤーで吊り上げながら下部の鉄骨を繰り返し建てていきました。同年12月に高さ495mで、吊り上げられてきた615m部分とその上の部分をドッキングしました。各工程を経て更に上昇し、翌年3月に634mの高さになりました。

佐藤室長 ゲイン塔に使用している鋼材は厚いところで80mmあり、鋼材強度は630N/mm² (ニュートン) という最強のものを使用しています。

— 超音波検査の作業現場について聞かせてください。

白土技師 ゲイン塔の溶接施工は2社で行い、溶接技能者は14人いました。溶接作業は円筒内の狭い場所で行われましたが、かなり

の高温になるのでまるでサウナ状態でした。検査は最初の頃は昼でしたが、工程の都合により夜間に行うようになりました。20時に夜礼を行い24時から1時間休憩し翌朝5時まで作業していました。というのは、上のブロックで溶接作業、下のブロックで建方本締め作業を同時に行うと大変危険なため、昼夜に分けて作業を行うようになりました。検査は溶接作業をしているブロックの一段上のブロックの溶接部を上から下に順に行っていました。

― 苦労された点はどこですか？

白土技師 ゲイン塔の検査は3ヶ月ほど夜間に行いましたが、昼と夜が逆転していたので、体を慣らすのが大変でした。人間はつくづく昼に働くようにできているな、と痛感しました。夜に検査をしても下から溶接の熱気が上がってくるので凄く汗をかきました。作業が終わり皮膚がざらざらしていましたが汗が乾き塩になっていました。現場溶接部が多数あり、1人で行っていたので翌朝5時を過ぎることもありました。携帯電話は高い所はつながりにくいのでPHSを使用していました。深夜になると現場監督から電話がかかってきて安否確認を行っていました。先述のゲイン塔定着部の検査へ行く際、雷雲が発生し雷レーダーが感知して警報放送が流れ、作業が中止になったこ

とがありました。タワー高層部の工事は、風、雨、雷、雪など逐一変わる気象状況により工程が変わりました。冬場は下が雨でも上は雪の時があり、気温差が大きかったです。タワー上層部に積もった雪が風で飛んで落ちてきて住宅の屋根などに当たったことがありました。一番困ったことは午前中に上で作業して午後の下において作業している際、午前中の確認をしたいので来て欲しいと言われると、エレベーターを乗り継いで行かねばならなかったのですぐにはたどり着けませんでした。また、上の作業で忘れ物をする往復するのに大変時間がかかりました。エレベーターの待ち時間には参りました。

― 昨年3月11日の大震災当日はどのような状況でしたか？

白土技師 震災当日は、午前中250m付近で検査を行い、午後は低層棟の5階で梁の検査中でした。近くで鷹職人が地震直前まで柱と柱の間に制振ダンパー（構造物の揺れを低減する部材）を取り付けて仮止めをしていました。この直後に地震が発生し、これがキュッキュッ鳴っていました。早速取り付けた効果があったと思いました。私は足場上にいて揺れていると思い、床に移り4階へ避難しました。その際大きな揺れで転倒しそうになりました。4階へ避難し、上を見るとゲイン塔もかなり揺れていました。エレベーターに乗っている人は大丈夫かと心配しました。隣の西工区を見ると床に重ねられたALC板が崩れていました。北側のマンションの屋上を見ると貯水槽の大量の水が滝のように流れ落ちていました。南側の方を見ると小さな川が流れていますが、川の水が跳ね返っていました。川に沿って工事現場を見学に来る人達はどうなったか心配しました。上の方の状況は分かりませんでしたが、後日カメラクルーが撮影した映像が放送され、ご覧になった方もいるでしょうが大変な状況であったかと思います。上にいた人達は階

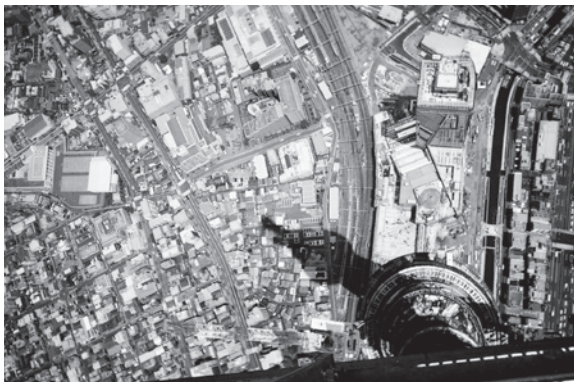


写真3 スカイツリー最頂部より眼下を臨む
(スカイツリーの影が見える)

段でおりてきて避難していました。作業員にケガはなく、建物、タワー本体に甚大な影響はなかったようです。3回大きな揺れが続きましたが、揺れが収まった後に担当の監督さんに無事の連絡をしました。

一 地震のときに東京タワーも先端部が曲がりましたね？

佐藤室長 そうですね。あの工事でも当社で行いましたが、アンテナ部を新しいものに取り替えました。このあと下層部を補強します。

一 通常の工事日のときはどうでしたか？

白土技師 毎日状況が変わるので見学者がカメラ持参で来ていました。中にはカーブミラーを持った「ミラーおじさん」や自分の撮った写真を見せている人など名物おじさんがいました。週末になると大勢の人が来ていました。現場内にも各企業の方が来て施工者の案内で見学していました。これは聞いた話ですが、パラグライダーがタワーの近くに飛んで来たときがあって、後で警察に捕まったそうです。(笑)

一 私達は非破壊検査というと放射線による検査を思い浮かべてしまいましたが、今回の工事では放射線による非破壊検査は行っていましたか？

白土技師 コンクリート内部の鉄筋の位置を確認するために行っていたようです。放射線の他にレーダーによる探査で鉄筋の位置を調べていたようです。

一 貴社の放射線検査はどの部門で行っていますか？

白土技師 浅野町にある本社の方で行っています。

一 建築物の検査は放射線による検査ではなく超音波による検査になりますか？

白土技師 そうです。超音波検査が主です。放射線による検査では管理区域等色々と制約があると思われます。

一 超音波装置は小型ですが性能が高いですね？

白土技師 デジタル探傷器なので非常に便利

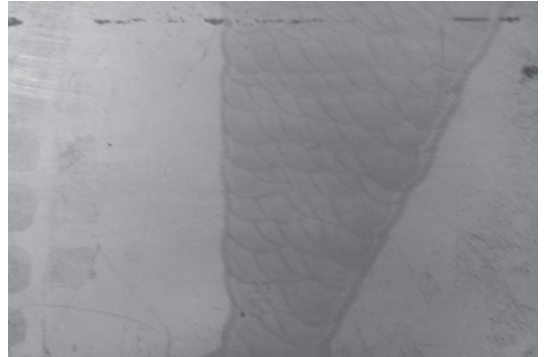


写真4 レ型開先で溶接した板厚80mmの試験体



写真5 左から白土技師、佐藤室長

です。持ち運びも楽ですし、画面が大きくカラーで見やすいです。

◆◇ ◆◇ ◆◇

最後に、1階にある資材置き場を見せてくださいました。ここには各種の試験用のケーブルや計測器などが置かれていました。今回の工事現場で用いられた試験体(写真4)もありましたが、溶接部が鋼材と一体になり、見分けできないくらいの試験体でした。このような溶接技術と溶接部の徹底した超音波検査によって、世界に誇る東京スカイツリーが完成したのだ、と取材員一同感心、納得して帰路につきました。

取材は中村委員と事務局の宮本、一丸が担当いたしました。誌面をお借りして改めて、日本工業検査株式会社の佐藤室長と白土技師様(写真5)に御礼を申し上げます。大変ありがとうございました。

線量計システムの不確かさ評価に関わる EURADOSトレーニングコースに参加して

大洗研究所 牧 大介

平成24年11月12日(月)～11月16日(金)の5日間、ポーランド共和国クラクフ市のInstytut Fizyki Jadrowej PAN (Institute of Nuclear Physics) で開催された、Radiation Protection 160 “European Commission’s Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation” に関するEURADOSトレーニングコースに参加して来ました。



写真1 研修会場

EURADOS とは、The European Radiation Dosimetry Groupの略称で、EU域内50の機関と250人の研究者からなっており、電離放射線の線量測定における調査・研究の促進・調整を図っています。研修の開始に先立ち、この研修の参加者は22ヵ国43人であると紹介がありました。基本的にドメスティックな性格を持つ研修会であるため、EU域外からの参加者は私だけでした。参加者全員に、各々数分の自己紹介の時間が与えられました。私も簡単な

自己紹介の後に、現在担当していることについて簡単な説明を行いました。本研修の参加年齢層は案外幅広く、20代～60代（推定）といったところでした。平均年齢は30代であろうと思われました。参加者の所属は民間機関（PhDコース学生、放射線技師、原子力発電所の放射線管理者…）もいれば、公的機関（IAEA、PTB）の方もいました。研修が進むにつれて深く感じていったのですが、線量測定に携わっている人間の思考プロセスは、国が違っても大体同じであり、親近感が持てました。

この研修では、2009年に発行されたRadiation Protection 160を主テキストに、個人・末端部線量計の国際比較試験レポートを補助テキストにして、線量測定における不確かさ評価について学ぶことを目的としていました。一般の工業製品では、国際間の自由貿易を推進する観点から、国家標準とのトレーサビリティを取ることが普通になってきており、トレーサビリティの証として「不確かさ」を推定することが求められます。個人線量計に関しても状況は同じであり、例えば、積算型線量計の国際規格IEC62387 (Radiation Protection Instrumentation-Passive Integrating Dosimetry Systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation) でも不確かさを用いて、線量計システムの品質を確認するように求めています。不確かさの評価方法について講義をされたのが、オランダNRC (Nuclear Research and Consultancy

Group) のJanwillem van Dijk氏でした。

不確かさの評価方法には2つあり、1つは Framework Methodsと呼ばれるものです。1個1個の影響因子を線形結合して、中心極限定理を使って線量の不確かさを算出します。線量計以外の工業製品の不確かさ評価では、この手法を用います。ただし、この手法は、線量算出アルゴリズムが比較的簡単なものにしか適用できない、すなわち、単一フィルタを持つTLDなどに限定されます。もう1つの方法は、放射線輸送計算コードに使われているモンテカルロ法を用いるものであり、あらかじめ影響因子の確率分布の形状を求めておき、乱数を発生させて、個々の影響の確率分布に応じてMultiple Factorを求めます。このFactorを補正した「量（リーダーの指示値など）」から、線量の不確かさを評価します。この方法は、複雑な線量計算アルゴリズムにも適用でき、ここ10年で急速に技術が進歩してきました。Van Dijk氏は、評価方法の手順のシンプルさ、言い換えると、アルゴリズムに従って素直に評価を進められることから、モンテカルロ法の方がより望ましいとの意見でした。当社のガラス線量計システムは、複雑な線量計算アルゴリズムに基づいて動いているため、適用するならば、モンテカルロ法になるでしょう。この研修会に参加する前に、日本で不確かさ評価の適用を考えていた時は、専ら論文を参考にするほか無かったので、正直よくわからないところが多かったのですが、研修会で説明を聞き、質問をして、以前から抱えていた疑問点のいくつかは氷解しました。今後は、この研修会で得た知識に、もう少し数学的な知識を補強して、ガラスバッジシステムの不確かさの評価を行いたいと考えています。

個人線量計の国際比較試験の結果について、Hannes Stadtmann氏（オーストリアSeibersdorf Labor GmbH）より、EU域内における国



写真2 研修会中の一コマ

際比較試験の歴史と直近（2008、2009、2010）の試験結果の説明がありました。国際比較試験は1988年に始まりました。1995年までは開催頻度はそれほど多くはありませんが、95年以降はほぼ毎年開催されています。 β 線用線量計は98年から、中性子用線量計は03年から始まりました。08年以降の国際比較試験への参加機関数は、それ以前に比べて1桁増えてきています。08年は体幹部用線量計、09年は末端部用線量計（指リング、リスト線量計、指チップ線量計）、10年は体幹部用線量計の国際比較試験が行われました。まず、08年と10年を比べると、フィルムバッジの性能が大きく改善されていました。08の結果を受けてサービス機関が自社のシステムを改善したことを表しており、国際比較試験の目的が活かされていることが確認できました。09年の指リングの結果は非常に興味深いものがありました。まず、 ^{90}Sr - ^{90}Y （0度）は何とかトランペットカーブ内に収まるものの、 ^{90}Sr - ^{90}Y （45度）になるとそれから外れてくるものが多くなり、 ^{85}Kr （0度）になると、参加したほとんどの線量計の応答がunder responseになっていました。比較試験に参加した線量計は大半がTLDでしたが、特にLiF:Mg, Tlの応答は最悪であり、LiF:MgCuPの応答が比較的良い結果を示していました。このような違いが出てくる原因は、エネ

ルギー特性の差異によるものです。最後に5～6名のグループを作り、2008年国際比較試験の結果を使って線量計の問題点について議論を行いました。私も結果について2点コメントをし、それについて皆で議論を深めました。これは、非常に楽しい時間でした。

今回の海外出張では、丸一日中、缶詰状態で研修を受けることになりましたが、それでも若干の時間的余裕がありました。そこで、研修の合間を見つけて、クラクフ市内を歩き回ることになりました。クラクフ市は、ポーランド王国の全盛期だった1386年～1572年のヤギェヴォ王朝時代に、王国の首都でした。旧市街の南、ヴィスワ河畔の丘にたたずむヴァヴェル城は、歴代ポーランド王の居城でした。城を訪ねた時はほぼ日が落ちてしまい薄暗かったのですが、それでも雄大な城を見ることができました。



写真3 ヴァヴェル城からヴィスワ川を臨む

旧市街のカジミエシュ地区にはユダヤ人ゲット（ghetto）があり、シナゴグ（ユダヤ教会）、ユダヤ人共同墓地があります。地区を訪れたのは夕暮れ時で、街が霧に沈んでおり、幻想的でした（因みに、この霧はこの日から3日ほど続きました。そのため、クラクフ空港出発便は欠航が相次ぎ、予定通りに帰国できるかできないかでやきもきました。）。この

地区は、映画「シンドラのリスト（1993年）」の舞台になりました。なお、クラクフの近郊にはアウシュヴィッツ、ビルケナウがあるそうです。時間が無くてクラクフ郊外に出かけることはできませんでしたが、カジミエシュ地区を訪れることができました。閉館間際のユダヤ博物館に駆け込むことができ、そこではユダヤ人の苦難の歴史を学ぶことができました。また、研修会のエクスカージョンとしてヤギェヴォ大学コペルニクス博物館に行くことができ、13世紀～19世紀に使われていた様々な科学実験装置を見学することができました。



写真4 秋の気配

この研修会を通して、日本と欧州における個人線量モニタリングシステムに対する考え方、とりわけ法制度や品質管理の考え方が大きく異なることを改めて認識しました。欧州のシステムがすべて正しく、日本のシステムがすべて駄目とは言えませんが、欧州の合理的なシステムは大変参考になります。欧州は先に理念を作り、現実をそれに追いつかせるように施策しています。翻って、日本は逆のプロセスをたどります。この辺は、民族性の違いもあるのかもしれませんが、欧州のやり方のほうが合理的だと思います。

最後に、私にこのような機会を与えてくださった皆様に感謝申し上げます。

弊社 大洗研究所の柳田由香研究員が 工学博士の学位を取得しました

この度、弊社大洗研究所の柳田由香研究員に、金沢工業大学から工学博士の学位が授与されました。学位授与の対象となった研究について、柳田研究員から、その概略をご紹介します。

*

*

*

私、柳田由香は、平成20年の秋頃より、弊社のガラスバッジに使用されている蛍光ガラスに関する研究に携わるようになりました。この研究を進めるに当たり、ラジオフォトルミネッセンス(Radiophotoluminescence: 以下、RPLと表記)の研究をされている金沢工業大学 南戸秀仁教授にご指導いただきながら、蛍光ガラスの基礎研究を始めました。そして、平成22年4月から平成25年3月の3年間、金沢工業大学大学院工学研究科高信頼ものづくり専攻にて博士後期課程を経て、本年3月17日に博士(工学)の学位を授与されました。

研究は、弊社のモニタリングサービスに用いられているガラス線量計の母材である蛍光ガラス(銀活性リン酸塩ガラス)のRPL発光メカニズムの解明をテーマとし、基礎研究から応用研究へと進めました。その中で、本研究の根幹となる、①蛍光ガラスのRPL発光メカニズムについてと、②それによって得られた知見を基に蛍光ガラスの新たな利用を目指した研究についてご紹介致します。

蛍光ガラスのRPL発光メカニズム

蛍光ガラス線量計は、RPL現象を利用した線量計です。蛍光ガラスの中に銀が Ag^+ の状態で安定してドーピングされています。この蛍光ガラスに放射線が入射すると、RPL発光中心が形成されます。この発光中心が形成された蛍光ガラスに紫外光を当てると、発光中心が励起され、写真に示したような蛍光を呈します(図1)。

図1は、X線の量を変えて照射した後、紫

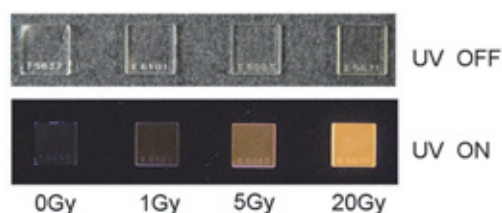


図1 蛍光ガラスの吸収線量に依存したRPL発光の様子

外線ランプの下で観察した時の様子です。X線の量の増加に伴って蛍光量が増加している様子が分かります。この蛍光量が放射線の量に比例することから、精度の良い線量計として用いられています。この蛍光ガラスの特徴は、(1)RPLの励起光(RPL読み出し光)では発光中心が消失しないことから、繰り返し測定が可能であること、(2)この発光中心は 400°C で20分以上の熱処理を行うと消失させることができ、線量計として繰り返し使用することができることです。さらに、フェーディング(退行現象)が年間1%以下と小さいこと、蛍光ガラスのロット内およびロット間での素子感度のばらつきが非常に小さいこと、温度や湿度といった環境の変化に対しても影響を受けにくいなどの特徴があります。しかし蛍光ガラス内の事象は、1960年代に発光現象について発表されて以来、そのRPL発光メカニズムはほとんど報告されていません。そこで、本研究にて、蛍光ガラスのRPL現象のメカニズムを明らかにすることを目指しました。

通常のモニタリングサービスにおける線量の算出には、RPLの発光量を用いています。

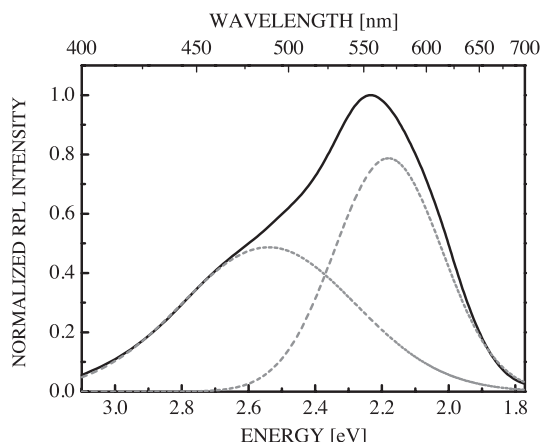


図2 X線照射後の蛍光ガラスのRPL蛍光スペクトル

このRPLの蛍光スペクトルを測定した結果を図2に示します。RPL蛍光スペクトルを成分分離しますと、図中破線のように460nmにピークを持つブルーRPL成分と560nmにピークを持つイエローRPL成分の2成分からなることが分かりました。ブルーRPL (460nm) は、電離した電子を Ag^+ がトラップして形成される Ag^0 に起因するのに対し、イエローRPL (560nm) は、電離したホールを Ag^+ がトラップして形成される Ag^{2+} に起因し、特にこのイエローRPLは放射線照射後、時間の経過とともに蛍光量が増加する、ビルドアップ現象が見られることが分かりました。

発光中心 Ag^0 および Ag^{2+} とRPL蛍光成分の

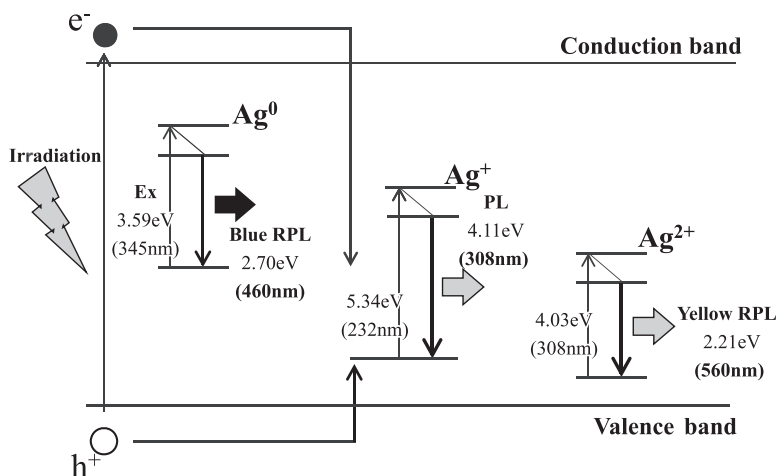


図3 蛍光ガラスのRPL発光中心エネルギーバンドモデル

関係を、図3の蛍光ガラスのRPL発光中心エネルギーバンドモデルで表わします。まず、1つ目の発光中心は、電離作用により生成された電子が Ag^+ に捕獲され、 Ag^0 を形成した時の発光中心 ($\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}^0$) で、これは、ピーク波長350nm~370nmに吸収帯を形成し、同時に370nmの励起波長により、460nmのブルーRPLを呈します。この発光中心は放射線が照射された直後から形成されて、直ぐに安定します。2つ目の発光中心は、電子が離脱して生成されたホール (正孔) が、一旦 PO_4 に移動しますが、最終的に電荷的に Ag^{2+} となることで安定して、発光中心となります。このため、放射線が照射されてから時間の経過とともに発光中心の生成量が増加するビルドアップ現象が生じます。この Ag^{2+} の発光中心 ($\text{Ag}^+ + h^+ \rightarrow \text{Ag}^{2+}$) は、ピーク波長308nmに吸収帯を形成し、同時に310nmの励起波長により、560nmのイエローRPLを呈します。これら2つの発光中心は、各励起光で励起されますが、 Ag^+ に戻るまでには至らず、RPLの蛍光を放出して発光中心の基底状態に戻ります。また、200℃以上の熱エネルギーを一定時間与えることで、発光中心は Ag^+ に戻ります。

Ag^+ に関するフォトルミネッセンス (photoluminescence: 以下、PLと表記) は、232nmで励起すると308nmの蛍光を呈します。発光中心の形成に伴ってPLの発光強度は減少しま

すが、アニールにより発光中心を消失させると、その発光強度は放射線照射前の強度まで戻ります。

RPLにビルドアップの特徴を有しているため、これまではRPL発光量を安定させるために100℃の熱処理が行われていましたが、この研究を通して得られた知見より、例えば、ビルドアップ現象の影響を受けないブルーRPLを用いた測定方法が期待できます。

蛍光ガラスのRPLによる放射線質の識別

人類の活動範囲の広がりに応じて放射線の利用範囲も広がり、農業、工業、医療、宇宙物理など、様々な分野で放射線が用いられるようになりました。特に医療や宇宙物理の分野では、中性子、重粒子線と物質との相互作用が研究され、各分野における放射線の測定技術の向上も求められています。蛍光ガラス線量計が測定する線種はX線・ γ 線、 β 線であり、中性子等は、固体飛跡検出器と組み合わせて測定しているのが現状です。蛍光ガラスでこれらの放射線を区別して測定することが可能になれば、より小さく、より軽量で多機能な線量計が期待できます。そこで、 α 線を照射して、RPL蛍光スペクトル等の光学特性の観点から、測定の可能性を調べました。

ここで、放射線エネルギーが物質に付与される時、放射線の種類により、物質との相互作用は種々異なります。蛍光ガラスへの線エネルギー付与（Linear Energy Transfer：以下、LETと表記）の異なる放射線が蛍光ガラス内に入射した際、蛍光ガラスにおける相互作用は異なる過程を経る可能性があります。そこで、蛍光ガラスにLETの異なる放射線を照射してRPLへの影響を調べることを目的とし、荷電粒子である α 線を用いて、電磁波（photon）で

あるX線によるRPL光学特性との比較を行いました。蛍光ガラスに α 線を一定時間照射した後の蛍光スペクトルを図4に示します。図中の(a)は α 線照射後のRPL蛍光スペクトル、そして、比較のため、(b)にX線照射後の蛍光スペクトルを示しました。 α 線照射後の蛍光スペクトルは約450nmにピークを持ち、400nmから700nmの蛍光スペクトルを示しました。このRPL蛍光スペクトルは、成分分離結果から推定すると、X線照射の場合と同様、主にブルーRPLとイエローRPLの成分からなると考えられます。しかし、X線照射後のRPL蛍光スペクトルではイエローRPLがブルーRPLよりも蛍光量が上回るのに対し、 α 線照射後のRPL蛍光スペクトルでは、ブルーRPLがイエローRPLの蛍光量を上回る、強度の比率が異なる結果となりました。

photonのLETは、およそ0.5keV/ μ mで、蛍光ガラスにX線のような電磁波が入射すると、蛍光ガラスへの入射方向に対して自然対数的にエネルギーを付与すると考えられます。X線では厚さ1mmの蛍光ガラスには全体的にエネルギーの付与、電離が生じ、発光中心が形成されるのに対して、使用した α 線源（ ^{241}Am ）のLETは約250keV/ μ mと高く、ガラス表面から深さ方向に約30 μ mまでの間にエネルギーが付与されます。このことにより、ガラス表面に形成される発光中心の密度、格子欠陥の生成量は多くなり、より安定しやすいブルーRPLの形成量が多くなる可能性があります。または、 Ag^{2+} はあまり形成されていない可能性があることが分かりました。

以上のことから、LETの異なる放射線、または電磁波（photon）と荷電粒子線とで別して測定できる可能性があることが分かりました。

最後に、学位取得の機会を与えてくださいました弊社の細田敏和社長および山本幸佳大洗研究所名誉所長に深く感謝致します。

また、本活動中、弊社内外を問わず、ここに記載し切れないほど多くの皆様に支えていただき、厳しいながらも温かいご指導を賜り、本活動を終えることができました。ここに感謝を申し上げます。（大洗研究所：柳田由香）

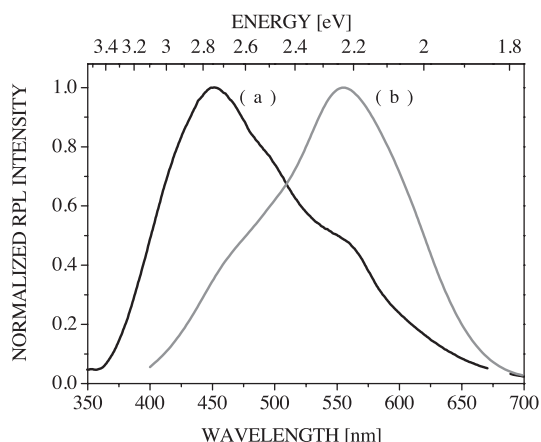


図4 蛍光ガラスのX線照射後と α 線照射後の相対RPL蛍光スペクトル

テクノコーナー

B3WINdose 線量計の紹介

アイソトープ・医療機器事業本部

弊社では、下は環境中の低レベル線量を測定する線量計から、上は滅菌に使われる γ 線や電子線の高レベル線量を測定する線量計まで幅広い製品を扱っています。今回紹介するB3WINdose（商品名）線量計は、弊社の扱っている線量計の中でも一番高い範囲の吸収線量（1 kGy ～ 150kGy）を測定する線量計です。

米国のGEX社が販売しているB3WINdose線量計は、デンマークにあるRISØ国立研究所のArne Miller博士が開発した、厚さ20ミクロンの非常に薄いラジオクロミックフィルム（B3フィルムと呼ばれています）を使用しています。

この線量計は、線量率の影響を受けないため、ガンマ線にも電子線にも使用可能ですが、厚さが薄いため、特に低エネルギー電子線の測定に威力を発揮します。

近年、低エネルギー電子線照射装置を使って材料表面の滅菌をする方法が増えてきており、医療用品や医薬品の包装材料、飲料用プラスチックボトルのキャップ、化粧品のパック材料、食品の包装材料等の滅菌が行われています。

滅菌線量のバリデーションを行うために、線量計の測定値と基準線量とのトレーサビリティを取る必要があります。従来は、基準線量計としてアラニン線量計を使って、線量計の校正を行っていましたが、アラニン線量計は厚みがあるため、世界で標準的に使われている10MeVの電子線加速器による高エネルギー電子線の校正には有用ですが、数

100keVの低エネルギー電子線の校正は

不可能でした。近年、アラニンフィルム線量計による校正方法がRISØ国立研究所で開発され、B3WINdose線量計は、低エネルギー電子線測定用のリファレンス線量計として使うことができるようになりました。

B3WINdose線量計の測定システムは、B3WINdose線量計、分光光度計、プレヒート用インキュベータ、専用の線量計算ソフトウェアで構成され、分光光度計の測定値はパソコンに転送され、ソフトウェアにより、線量値が自動計算される簡便なシステムです。

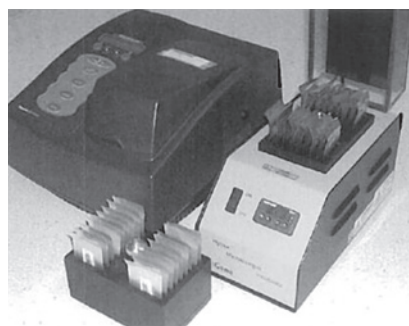
詳しくは、弊社アイソトープ・医療機器事業本部へお問い合わせください。（アイソトープ企画課 澄川清志）



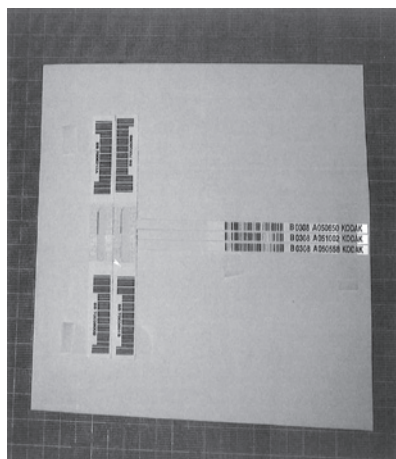
B3フィルム線量計



ドーズスティック型フィルム線量計



分光光度計とインキュベータ



低エネルギー校正用アラニンフィルム線量計

平成25年度 放射線取扱主任者試験の実施について

1 試験の日程

第1種試験 平成25年 8月21日(水)、22日(木)

第2種試験 平成25年 8月23日(金)

2 試験地

札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡

3 受験の申込期間

平成25年 5月17日(金)～平成25年 6月17日(月)

(郵送の場合、平成25年 6月17日の消印のあるものまで有効)

4 受験料

第1種：13,900円(消費税込み)

第2種：9,900円(消費税込み)

5 申込書の頒布

受験申込書(無料)は、次の方法により入手できます。

①頒布機関の窓口で入手する場合：

頒布機関及び原子力安全技術センター窓口で直接入手できます。頒布機関につきましては下記ホームページをご覧くださいか、お問い合わせください。

②郵送による入手を希望する場合：

「受験申込書〇〇部請求」と朱書きした封筒に、切手を貼り付けた返信用封筒を同封して、原子力安全技術センターに請求して下さい。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お願い致します。

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

なお、11部以上請求される場合には、宅配便(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。

6 合格発表

原子力規制委員会より合格証が交付されます。また、合格者の氏名は官報で公告されるとともに、原子力規制委員会及び原子力安全技術センターのホームページへ掲載されます。

7 お問い合わせ先

登録試験機関

公益財団法人原子力安全技術センター

放射線安全事業部 安全業務部 主任者試験Gr.

〒112-8604 東京都文京区白山五丁目1番3-101号 東京富山会館ビル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

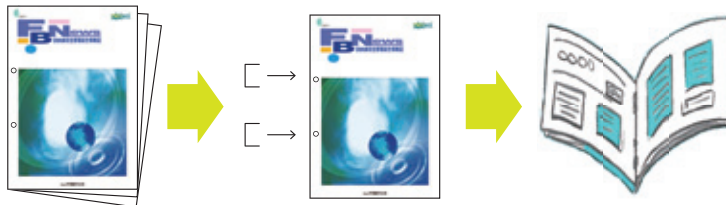
サービス部門からのお知らせ

「FBNews放射線安全管理総合情報誌」の綴じ方の変更について

日頃FBNewsをご愛読くださりまして、誠にありがとうございます。

次号の、2013年7月号(No.439)のFBNewsより、製本の綴じ方を変更いたします。従来は綴じてありませんでした、取り扱い中にページが脱落しないよう、ホッチキスで綴じてお届けするようにいたします。

ご理解とご了承をよろしくお願い申し上げます。



藤田稔先生を偲んで



16年間に亘って弊社の研究開発顧問をお勤めいただき、その間、当FBNews誌の1987年6月号(No.131)～2002年5月号(No.305)の監修を担当してくださった藤田稔先生が、本年2月末に享年90歳でご逝去されました。ここに謹んでお知らせ申し上げますと共に、藤田先生のご冥福を心よりお祈りいたします。

今月の編集後記は、予定を変更して、藤田先生の追悼の記事を掲載させていただきます。

先生は、関東大震災の年である1923年1月10日に富山県鉄砲町にお生まれになりました。地元中学校を経て、旧制第四高等学校(金沢市)から東京大学理学部植物学科に進まれました。その後、通産省工業技術院電気試験所(現:独立行政法人産業技術総合研究所)に入所され、約10年間に亘って研究に従事されました。写真は、1996年11月15日に水戸のホテルにて開催された「藤田顧問在職10周年感謝の集い」でのスナップですが、この時、先生はその当時の研究の話として、「日本人は今後も益々タン白質が不足する。したがって、短期間で食用まで育つ魚を開発して欲しいと依頼され、研究した」と話されていました。残念ながら、研究の成果については伺っておりません。

先生は、33歳の年に日本原子力研究所に入所されま



した。ここで23年間研究に従事されましたが、この間に第1回原子力留学生としてスウェーデン国立放射線物理研究所に留学されました。先生は、放射線業務に携わる方ならどなたでもご存知の、シーベルト博士に教えを受けました。今日に至っても、シーベルト博士に教えを受

けた日本人は、藤田先生ただ一人のことです。また、帰国後、放射線安全の一環である個人被ばく線量の測定技術(当時はフィルムバッジ)を立ち上げ、軌道に乗せられました。

55歳から63歳までの8年間は、東北大学全学の放射線安全教育と研究に携わり、大学院の教授として学生の指導と講義に当たられました。

藤田先生が監修を担当されるようになってからの本誌は、多くの読者から、FBNews誌は藤田先生が加わってから格段に質が向上したとお褒めをいただきました。また、藤田先生が自ら原稿をご執筆くださった記事は、実に93回に及びます。

藤田先生は、FBNews誌のみならず、弊社および関係した弊社社員一人一人にとってかけがえのない先生でした。大変感謝しております。

先生との思い出は尽きることがありません。重ねて、藤田先生のご冥福をお祈りいたします。

(福田)

FBNews No.438

発行日/平成25年6月1日

発行人/細田敏和

編集委員/佐藤典仁 安田豊 中村尚司 金子正人 加藤和明 岩井淳 大登邦充 加藤毅彦 小林達也 篠崎和佳子 根岸公一郎 野呂瀬富也 福田光道 藤崎三郎 丸山百合子 三村功一

発行所/株式会社千代田テクノ 線量計測事業本部

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/株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体381円)