



Photo Kironori Kirano

Index

高感度・高分解能SrI ₂ (Eu)/MPPC検出器による 福島県下の空間線量調査……………	永井 滋一	1
病院核医学領域でのD-シャトル試用による被ばく要因分析 ～ 主に ¹⁸ F、 ¹³¹ I、 ^{99m} Tc及び ¹²³ I ～ ……………	清野 守央	6
全身用個人線量計のEURADOS相互比較試験 “IC2016ph”の結果について ……………	宇部 道子	12
【速報】放射性同位元素等の規制と 放射線審議会の機能を強化するための法律が成立 ……………		16
平成29年度 放射線取扱主任者試験施行要領 ……………		18
[サービス部門からのお願い] 使用者変更のご依頼をされる際は ……………		19

高感度・高分解能 $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ 検出器による福島県下の空間線量調査



永井 滋一*

1. はじめに

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故から6年が経過した。事故発生当初から独立行政法人日本学術振興会（以下学振と略記）では、志水隆一（大阪大学名誉教授）を中心として、福島支援特別支援事業「Global Radiation Monitoring Networkの構築」が発足し、今なお支援活動を継続している。この特別支援事業では、福島県下20の温泉地域を定点観測拠点として $\text{CsI}(\text{Tl})/\text{PD}$ 放射線計測器を屋内に設置し、2011年10月から運用を開始した。以来、5年に亘って、各地の空間線量率および γ 線スペクトルを集録し、インターネットを介して大阪大学のKey stationに計測データを蓄積してきた。空間線量率の経時変化を解析すると、多くの地域で空間線量率は着実に低下していたが、ほとんど変化の見られない地域も存在した。そこで、当該地域の γ 線スペクトルを解析した結果、建材等に含まれる天然のカリウムおよびラジウムに由来する放射線が支配的であると推定された^[1]。読者の皆様もご存じの通り、 γ 線は福島原発事故に由来するセシウムだけでなく、天然に存在する放射性物質からも放出されるので、 γ 線を放出している核種の同定には十分なエネルギー分解能の γ 線スペクトルの計測が不可欠である。当時用いた $\text{CsI}(\text{Tl})/\text{PD}$ のエネルギー分解能（～8%）は核種の同定には不十分であった。そこで、高エネルギー分解能の $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ 単結晶と次世代光検出器のMPPC（Multi Pixel Photon

Counter）を用いた、高感度・高エネルギー分解能 γ 線スペクトロメータ（エネルギー分解能＜4%）の開発に着手した。

後述するように、開発した $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ 放射線計測器を磐梯熱海温泉に設置し、当該地域における高エネルギー分解能 γ 線スペクトロスコピーを行った結果、空間線量は福島原発事故以後ほとんど同じ $0.13\mu\text{Sv/h}$ を示しているにもかかわらず、空間線量はラジウムとカリウムによるものであると確認した^[2,3]。この結果は、協力いただいている福島県旅館ホテル生活衛生同業組合の方々にとっても、海外からの観光客を呼び戻すうえで非常に勇気づけられる結果であった。このような経緯から、定点観測を行っている $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ γ 線スペクトロメータを活用して、より正確な放射性セシウム汚染マップを作成し、学術誌にも発表することで、地元はもとより国内外に広く正確な現状の発信と理解を深めるため、平成27年7月に日本学術振興会福島特別支援事業として、「福島定点観測ネットワークの構築」調査委員会（委員長 河津賢澄（福島大））が発足した。本チームには、放射線計測の専門家のみならず、地質学やラドン計測の専門家の参加を得て、多角的な計測データの解析および解釈を行った。本稿では、 $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ 検出器の概要、ならびに同検出器を用い福島県下における空間線量率のin-situ測定について概説する。

* Shigekazu NAGAI 三重大学大学院 工学研究科 助教

2. 高感度・高エネルギー分解能 $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ /MPPCの概要

$\text{SrI}_2(\text{Eu})$ 結晶はシンチレータとして、高い発光効率 (>80000 photons/MeV) と高エネルギー分解能 ($<4\%$) などの優れた性能を有する^[4,5]。本調査研究では、国内で唯一製造されているユニオンマテリアル社製の $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ シンチレータ (25mm ϕ \times 25mm) に、受光素子として浜松ホトニクス㈱から市販されている次世代光検出器MPPCを接合した γ 線検出器を作製した (図1)。図1に示すように、検出器本体は手のひらに乗るほど小型・軽量である。さらに、安定なデータ集録・転送システムの構築のため、コントローラユニットとしてNational Instruments社製の汎用制御基盤に、データ集録・解析、GUI、データ出力ソフトウェアを構築した。出力データフォーマットには、NIST (National Institute of Standards and Technology) から公開されているANSI 42-42のデータフォーマット^[6]を採用し、国際標準に準拠する仕様とした。データには、計測時刻、計



図1 $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ /MPPC検出器およびコントローラユニットの外観^[2]

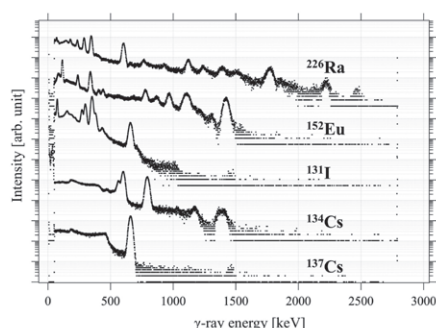


図2 $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ /MPPCで計測された各種標準線の γ 線スペクトル^[2]

測時間、GPSからの位置情報、 γ 線スペクトルなどがXML形式で記述されている^[3]。計測データは、インターネットサーバーに蓄積され、Webブラウザ上で常時監視できるようにした。

開発した $\text{SrI}_2(\text{Eu})$ /MPPC放射線検出器の性能評価のため、 ^{226}Ra 、 ^{152}Eu 、 ^{131}I (模擬線源)、 ^{134}Cs 、および ^{137}Cs からの γ 線スペクトルを測定した (図2)^[2]。各スペクトルにおいて、それぞれの光電ピークが明瞭に分解できていることが分かる。さらに、福島原発事故で放出された ^{134}Cs 由来の600 keVと800 keVの2つのピークと ^{137}Cs 由来の660 keVのピークを分離・抽出でき、核種同定のみならず存在比まで明らかにできる性能を有することは特筆すべき点である。空間線量率の校正には、千代田テクノル大洗研究所の標準場に設置されている111MBqの ^{137}Cs 線源を用い、トレーサビリティを確保した。さらに、シンチレータの体積を $\text{CsI}(\text{Tl})$ の3.1 cm^3 から12.3 cm^3 にしたことで、感度が8倍向上し、数10分から長くとも1時間程度で十分なSN比の γ 線スペクトルが取得可能になった。このように本装置は高性能でありながら軽量かつ操作が容易であり、福島県におけるin-situ計測においてこれらの優位性が発揮された。

3. 福島県各所における空間線量率および大気中ラドン濃度のin-situ測定

測定場所に検出器を設置して測定するin-situ計測には、文部科学省が推奨するガイドラインが定められている^[7]。このガイドラインに準拠して、周辺に局所的に空間線量の高い場所 (ホットスポット) がないことを確認した上で、地表面から1 mの位置に検出器の実効中心を配置してin-situ計測を実施した。これと同時に4箇所の温泉地域については、大気中ラドン計測を実施し、 γ 線スペクトルに見られたラジウム由来のピークの所在について調査した。図3に示すように、測定場所として空間線量率の低下が見られなかった温泉地域、および裏磐梯地域において修学旅行・遠足などで利用される公共施設を選定し、屋内外にて測定を実施した。



図3 本調査研究のin-situ計測の実施場所

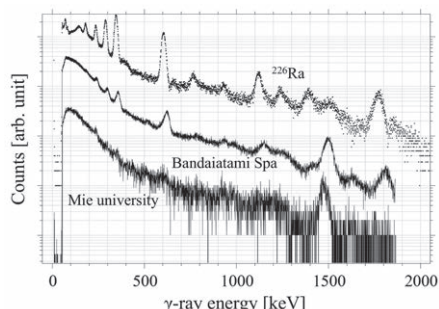


図4 2015年3月6日の磐梯熱海温泉および三重大学で計測された γ 線スペクトル (Ra標準スペクトルを併記)^[2]

まずは、一例として、磐梯熱海温泉「華の湯」、および三重大学に設置した $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ γ 線検出器によって計測された γ 線スペクトル、および ^{226}Ra の標準スペクトルを図4に示す^[2]。

磐梯熱海温泉の空間線量率は $0.13\mu\text{Sv/h}$ で、計測時間は24時間であった。磐梯熱海温泉で計測されたスペクトルには、600 keVにピークが見られるが、これに付随する ^{134}Cs 由来の800 keVのピーク、ならびに ^{137}Cs に起因する662 keVのピークは見られない。したがって、福島原発事故由来の放射性セシウムの汚染がほとんど無いことが推察される。観測されたスペクトルにおいて、200～400 keVの複数のピークおよび高エネルギー側のピークは ^{226}Ra の標準スペクトルと一致しており、古来より天然に存在するラジウムに由来するものである。さらに、1460 keVのピークも天然に存在する ^{40}K に由来するものであり、三重大学で計測されたスペクトルにも同程度の強度のピークが観測された。以上より、磐梯熱海温泉の屋内では、放射性セシウム由来の γ 線強度は極め

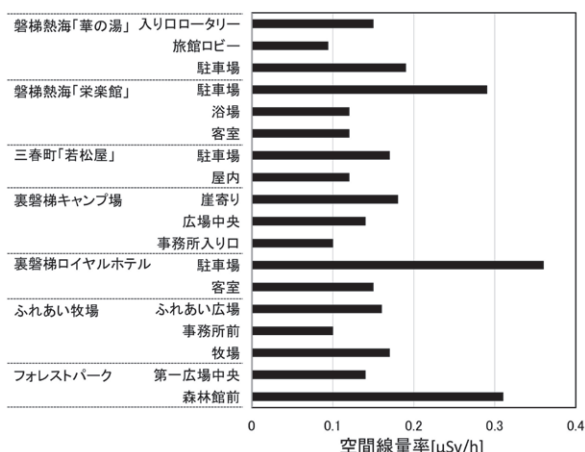


図5 各計測地点における空間線量率

て低く、天然の ^{226}Ra および ^{40}K からの γ 線が支配的であることが確認できた。

本調査研究における各計測場所の空間線量率を図5に示す。屋内および除染が施された場所の空間線量率は、 $0.2 \mu\text{Sv/h}$ 以下であり、特に、屋内では放射性セシウムよりも天然に存在する放射性物質（ラジウム、カリウム）の寄与が大きい。一方で、斜面や木々（裏磐梯ロイヤルホテル 駐車場 ($0.36 \mu\text{Sv/h}$))、あるいはよく手入れされた芝（フォレストパークあだたら 森林館前 ($0.31 \mu\text{Sv/h}$))では、除染作業が困難であるため比較的空間線量率が高い。本調査研究で計測した地域では、測定地域ごとの空間線量に大きな差異は見られず、除染の有無および周辺の状況によるところが大きかった。

γ 線スペクトルのin-situ計測結果について、磐梯熱海温泉、裏磐梯ロイヤルホテル、フォレストパークあだたらを例に詳述する。磐梯熱海温泉「華の湯」では、旅館駐車場、ホテルロビー、玄関前のロータリーの空間線量ならびに γ 線スペクトルを計測した。各計測場所における空間線量は、それぞれ0.19, 0.094, 0.15 μ Sv/hであり、各測定場所の γ 線スペクトルを図6に示す。図6に示すように、1460 keVの ^{40}K 由来のピークはいずれの計測場所においても同程度であった。一方で、放射性セシウム由来の光電ピークの強度については、駐車場において最も高かった。駐車場周辺には雑

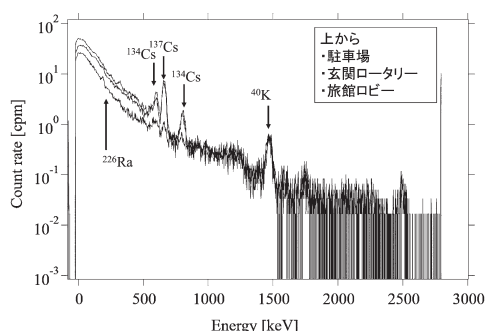


図6 磐梯熱海温泉で計測された γ 線スペクトル(2015年8月31日)

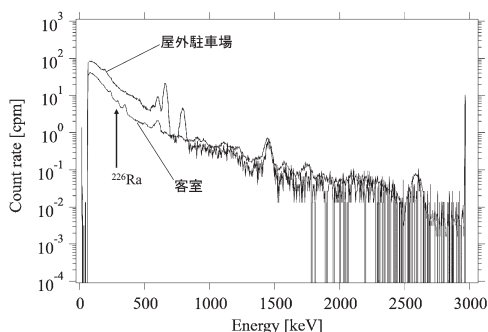


図7 裏磐梯ロイヤルホテルで計測された γ 線スペクトル(2015年9月17日)

木林があり、木々や土壌に取り込まれた放射性セシウムが多く存在していることを示唆している。旅館入り口のロータリーにおいても同様の傾向を示している。一方、旅館ロビーでは、放射性セシウム由来のピーク強度はほとんどみられず、1460 keVのピークのみが明瞭に観測された。

裏磐梯ロイヤルホテルも、3年にわたって空間線量率に変化がなかった計測場所の一つである。本調査では、当ホテル4階の客室、および屋外駐車場において計測を実施した。図7に示す γ 線スペクトルにおいて、4階客室での空間線量は、 $0.15 \mu\text{Sv/h}$ であり、 γ 線スペクトルから放射性セシウムの存在は確認できない。また、天然に存在するラジウムとカリウムに起因するピークが明瞭に観測された。一方で、屋外駐車場では、周囲の木々や土壌に放射性セシウムが存在するためか、 $0.36 \mu\text{Sv/h}$ と比較的高い値であり、 γ 線スペクトルからも放射性セシウムからの γ 線が支配的であることが判る。

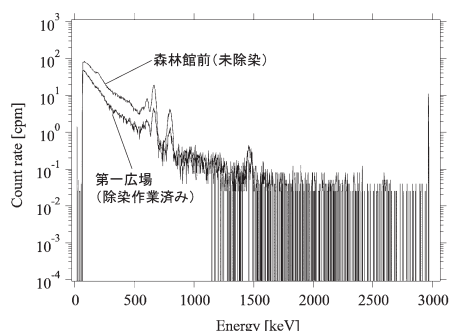


図8 フォレストパークあだたらで計測された γ 線スペクトル(2015年9月18日)

フォレストパークあだたらでは、広場中央、および展示施設「森林館」周辺の計測を実施した。広場中央は除染が施されているが、芝の維持のため森林館周辺は震災以来除染されていない。そのため、森林館周辺の空間線量率は比較的高い ($0.31 \mu\text{Sv/h}$)。図8の γ 線スペクトルにおいてもカリウム由来のピーク強度は同程度であるが、放射性セシウム由来のピーク強度には差が生じていることが判る。

上述した γ 線スペクトル計測と同時に、本調査委員会委員の東大理学部 角森史昭助教の協力の下測定された、屋内外の大気中ラドン濃度計測の結果を表1に示す。4箇所の温泉地域における屋外ラドン濃度は、 $1 \sim 4 \text{ Bq/m}^3$ であり、日本の屋外ラドン濃度^[8,9]と同程度であった。本調査における計測地点の周辺の地質は、堆積岩類や火山噴出物など土壌ウラン濃度の低いものが支配的にあるためである。一方で、屋内ラドン濃度の値は $7 \sim 70 \text{ Bq/m}^3$ であり、屋外ラドン濃度の10倍程度であり、日本国内のコンクリート造りの屋内ラドン濃度と同程度^[8,9]で

表1 各温泉地域における大気中ラドン濃度、および日本国内の平均値

計測地点	ラドン濃度 (Bq/m ³)	
	屋外	屋内
若松屋 (馬場の湯、三春町)	0.9 ± 0.8	7.4 ± 3
永楽館 (磐梯熱海温泉)	2.6 ± 1	14 ± 4
ホテル華の湯 (磐梯熱海温泉)	2.5 ± 1	25 ± 9
裏磐梯ロイヤルホテル (裏磐梯)	4 ± 3	70 ± 11
日本の屋外ラドン濃度の平均 [8,9]	1~5	10~40
コンクリート造り屋内 [8,9]		

あった。従って、本調査の γ 線スペクトルによって存在が示唆されたラジウムは、建材として使われるコンクリートを起源とすると考えられる。コンクリートの主成分であるカルシウムと、ラドンの親核種であるラジウムは、どちらもアルカリ土類金属なので同様の化学性質をもつ。そのため、カルシウムとラジウムは一緒に挙動すると考えられる。また、計測地点の建物内には、多くの石材が利用されており、その多くは白御影（花崗岩）であり、黒御影（閃緑岩）も含まれる。いずれも深成岩類であり、ラジウムを多く含むと考えられる。以上の結果から、屋内で観測された γ 線スペクトルから推察されたラジウムは、建材に含まれるものであることが判明した。

4. おわりに

本調査研究では、 $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ を用いた福島県の温泉地域ならびに観光地域における γ 線スペクトルのin-situ計測、および大気中ラドン濃度の計測を実施した。ホテル等の屋内では、強度の大小があるものの天然に多く存在するカリウム、およびラジウムに起因する γ 線スペクトルが計測された。一方で、屋外の計測では、福島原発事故由来の放射性セシウムの存在を示す γ 線スペクトルが得られた。除染作業によって放射性セシウム由来の γ 線強度は大幅に低減されていることも示された。未曾有の大災害とも言える東日本大震災から6年以上経過して、福島県の空間線量率は着実に低下しており、避難区域の解除が進められている。我々のできることは、正確に空間線量率を計測し、その事実を発信する事である。これが福島県に帰還される方々や福島県への観光を予定される方に、少しでも役立てば幸いである。現在、福島県旅館ホテル生活衛生同業組合と共同で、本稿で紹介した成果を纏めたパンフレットを作成している。また、真の意味での「Global Radiation Monitoring Network」を構築するべく、海外の研究機関と連携を図り、国際的な定点観測拠点の展開を推進している。

謝 辞

本事業を展開するにあたり、福島県旅館ホテル生活衛生同業組合の全面的なご支援、ご協力を賜った。小井戸英典理事長、佐藤精寿事務局長を始めとする常務理事会の関係各位に深甚の謝意を表するものである。また、(株)千代田テクノルの細田敏和会長を始めとする関係各位にもご支援いただいた。 $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ モジュールの開発については、本調査委委員会の委員を始め、(株)ユニオンマテリアル社 櫻木史郎氏、ならびに浜松ホトニクス(株)中村重幸氏を始めとする関係者にご指導、ご支援賜った。ここに記して深甚の謝意にかえる次第である。

参考文献

- [1] 日本学術振興会福島支援チーム, “JSPS-Global Radiation Monitoring Networkの展開”中間報告書”(2013).
- [2] S. Nagai, K. Kawamura, Y. Kimura, J. Yoshii, R. Ikeda and R. Shimizu, “An advanced ionizing radiation monitoring network based on using $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ module” Surf. Interface Anal., 48(2016)1263.
- [3] 永井滋一, 河村憲, 木村吉秀, 志水隆一, 吉井淳治, 池田練造, 竹内宜博, 太田朗生, 酒井昭宏, 杉山誠, 柳田由香, 鈴木敏和, “Global Ionizing Radiation Monitoring Networkの構築-CsI(Tl)/PDから $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ へ” J. Sur. Anal. 22(2015)21.
- [4] S. Sakuragi and S. Hashimoto KEK Proceedings, Tsukuba Japan, (2015)16.
- [5] P.R. Beck, N. J.Cherepy, S. A. Payne, E. L. Swanberg, K. E. Nelson, P. A. Thelin, Proc. of SPIE, 9213(2014).
- [6] G. Lasche, B. Huckins, “An Introduction to the ANSI N42.42 Data File Format” (ANSI N42.42 short course, NIST, August 9, 2006).
- [7] 文部科学省 科学技術・学術政策局 原子力安全課防災環境対策室 “ゲルマニウム半導体検出器を用いたin-situ測定法”(2008).
- [8] 飯田孝夫 “屋内ラドンとその健康影響” 健康文化 24(1999)1.
- [9] 下道国, 山田裕司 “ラドン, その人間への影響まで” 環境放射能セミナーシリーズ(2000)27.

著者プロフィール

2010年から現在まで、三重大学大学院工学研究科助手、および2012年にはマックスプランク研究所微細構造物理学部門 客員研究員として、電界放出型電子源および電界電離型イオン源の開発と応用研究に従事。2011年の東日本大震災以後、日本学術振興会福島支援事業の一員として、 $\text{CsI}(\text{Tl})/\text{PD}$ および $\text{SrI}_2(\text{Eu})/\text{MPPC}$ 検出器を用いた放射線モニタリングネットワークの構築に従事。

病院核医学領域でのD-シャトル試用 による被ばく要因分析

～ 主に ^{18}F 、 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 及び ^{123}I ～



清野 守央*

はじめに

現在、日本において、職業被ばくによる個人線量管理は、千代田テクノル社に代表されるガラスバッジ等にて、月単位で管理し、関係法令による個人被ばく線量規制値を確認している。医療分野、特に病院施設においても同様である。また、比較的被ばくする環境にある核医学領域においては、特殊性もあり、医師、看護師及び診療放射線技師は特定のものが担当し、他部署に比べて、コンスタントに被ばくしている。

そこで、各職種の核医学領域の業務において、どの場面で、線量が検出されるかが解れば、より被ばく低減に向けての対応が可能と考える。

今回、千代田テクノル社と産業技術総合研究所が共同開発した住民用個人線量モニタリングシステム「D-シャトル」を試用する機会を得た。このD-シャトル線量計は1時間毎の積算線量を知ることが可能で有り、その時間毎に対応した業務内容の記録をとれば、被ばく要因分析が可能と考え、試用してみることにした。

D-シャトルとは

2013年7月発行のFBNews No.439にて最初に紹介された、電池駆動式の半導体積算線量計である(図1)。

特徴としては、

1. 小さくて軽く、大人の母指ぐらいの大きさで23gである。
2. 電池の寿命が長く、ほぼ1年間使用可能である。
3. ^{137}Cs - γ 線によって校正されている。



図1
D-シャトル線量計と500円玉

4. 測定線種は、 γ 線である。
5. 測定線量範囲は、 $0.1\mu\text{Sv}$ ～ 99.9999mSv である。
6. 表示器(図2)を用いると、総積算線量と積算日数及び前日の積算線量を読み取ることができる。
7. 管理機(図3)である専用ソフトウェア入りのPCを用いると、時間と線量によるトレンドグラフが、最少1時間毎までのデータが得られる。
8. 図4にエネルギー特性を示す。



図2 表示器



図3 管理機

D-シャトル線量計を用いたモニタリングサービスは千代田テクノル社より、住民用に提供されている。最長1年間装着した後、回収してもらい、月々あるいは日々の線量や時間毎の線量をグラフ化したものが報告される。D-シャトル線量計は、電池交換と密封線源による校正後、返却され再使用可能となる。

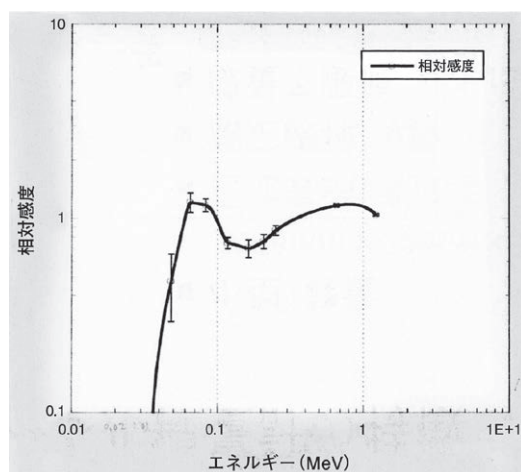


図4 D-シャトル線量計エネルギー特性

* Morio SEINO 国立大学法人弘前大学医学部附属病院 医療技術部 放射線部門 主任診療放射線技師

目 的

D-シャトルサービスを利用し、当院核医学領域で従事する医師、看護師及び診療放射線技師の被ばく要因を分析する。

方 法

2015年9月の1か月間、D-シャトル線量計を装着してもらい、業務内容（行動記録）を所定の用紙に記載してもらう。装着部位は胸部とする。1時間毎の線量解析結果と業務内容を比較する。

結 果

●放射線科医師（1名）

行動記録内容（被ばく要因）：PET検査薬¹⁸F-FDG（以下、FDG）投与時の立会い、各種シンチグラフィ検査薬の投与、投与後の患者への説明。

主な核種及び投与量：¹⁸F（実投与量：約100～285MBq）、^{99m}Tc（検定量：185～740MBq）、¹²³I（検定量：111～222MBq）。

調査した期間のガラスバッジによる実効線量は検出限界以下だった。

行動記録の記載がある1時間の積算線量：最小0.02 μ Sv、最大1.99 μ Sv、平均0.13 μ Sv、1か月の総積算線量：43.79 μ Sv。

積算線量が最大値を示した日と投与の介助を行った日のトレンドグラフを図5-1と図5-2に示す。

●PET検査担当看護師（6名）

行動記録内容（被ばく要因）：FDG投与準備、FDG投与、待機時の説明、検査室へ案内、検査後帰宅案内、投与室の後片付け。

FDGの投与量：実投与量で約100～285MBq。

1個のD-シャトル線量計を6名の看護師がPET検査担当時に装着し、一つの

用紙に各々が行動記録を記載した。

調査した期間のガラスバッジによる実効線量は、すべての看護師が検出限界以下だった。

行動記録の記載がある1時間の積算線量：最小0.01 μ Sv、最大4.42 μ Sv、平均1.29 μ Sv、1か月の総積算線量：139.80 μ Sv。

積算線量が最大値を示した日のトレンドグラフを図6に示す。

●RI病棟担当看護師（4名）

甲状腺¹³¹I-NaI内用療法患者及び前立腺¹²⁵Iシード線源治療患者の看護業務を行う。ただし、2015年9月は前立腺治療実績なし。

行動記録内容（被ばく要因）：¹³¹I-NaI服薬介助（A、a）、検温（隔離中（B、b）と解放後（F、f）、配膳（隔離中（C、c）と解放後（G、g）、残飯処理（D、d）、患者放射線量測定介助（E、e）、下膳（解放後（H、h）、退院指導（I、i）、病室清掃（J、j）。

¹³¹I-NaI投与量：入院治療（3700あるいは5550MBq）、パセドウ病（481MBq）

<看護師A>

調査した期間のガラスバッジによる実効線量は

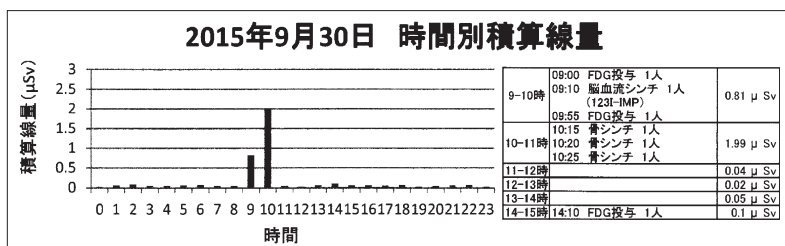


図5-1 最大線量を示した日の時間別積算線量(医師)

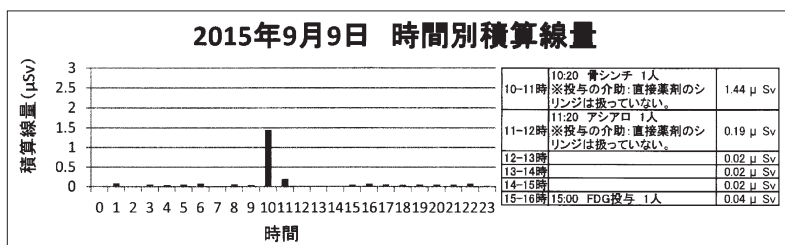


図5-2 投与介助があった日の時間別積算線量(医師)

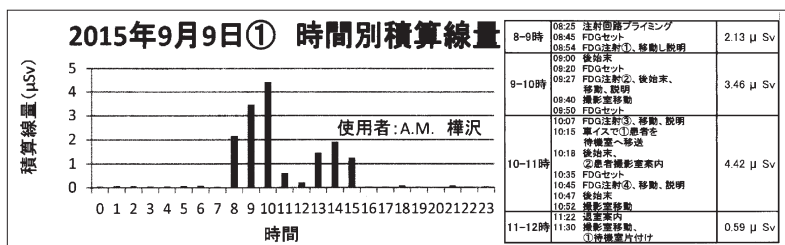


図6 最大線量を示した日の時間別積算線量(PET検査担当看護師)

検出限界以下だった（看護師B、C及びDも同様）。

行動記録の記載がある1時間の積算線量：最小0.03 μ Sv、最大2.42 μ Sv、平均0.34 μ Sv、1か月の総積算線量：65.60 μ Sv。

積算線量が最大値を示した日のトレンドグラフを図7に示す（以下、看護師B、C及びDも同様に図8、9及び10として示す。図内のアルファベットは、前述の被ばく要因を示したものである。大文字小文字は2名の患者の違いである。またIVはPET患者を検査室へ案内、VはPET患者を待機室へ案内（終了後更衣の為）、VIは更衣後、帰宅案内であり、時間帯によって、PET担当看護師を補助していた）。

<看護師B>

行動記録の記載がある1時間の積算線量：最小0.04 μ Sv、最大1.57 μ Sv、平均0.16 μ Sv、1か月の総積算線量：77.71 μ Sv。

<看護師C>

行動記録の記載がある1時間の積算線量：最小0.06 μ Sv、最大3.00 μ Sv、平均0.24 μ Sv、1か月の総積算線量：86.12 μ Sv。

<看護師D>

行動記録の記載ある1時間の積算線量：最小0.04 μ Sv、最大1.66 μ Sv、平均0.18 μ Sv、1か月の総積算線量：67.83 μ Sv。

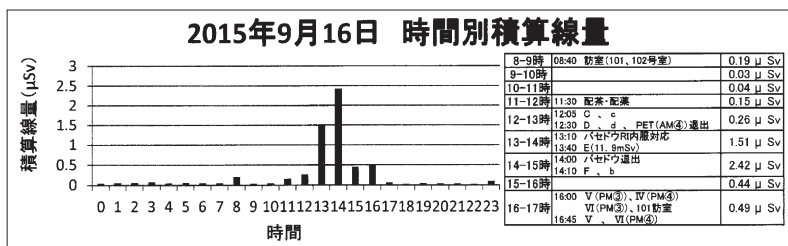


図7 最大線量を示した日の時間別積算線量(RI病棟担当看護師A)

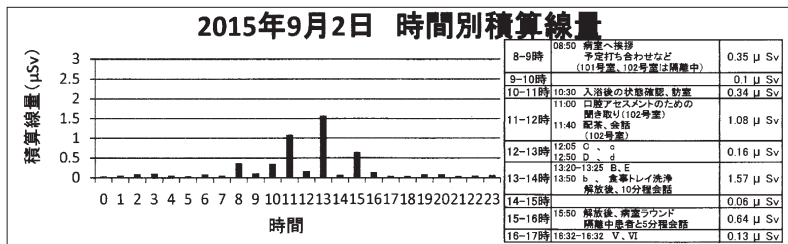


図8 最大線量を示した日の時間別積算線量(RI病棟担当看護師B)

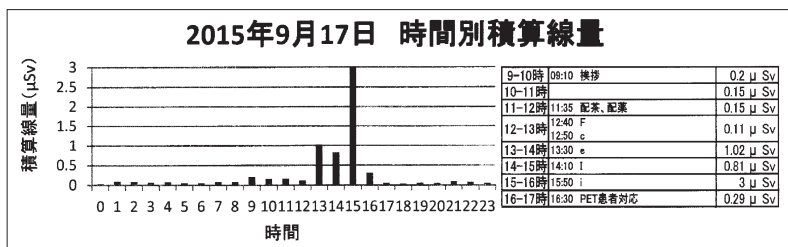


図9 最大線量を示した日の時間別積算線量(RI病棟担当看護師C)

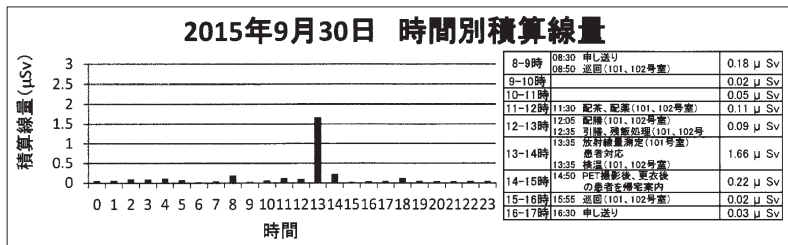


図10 最大線量を示した日の時間別積算線量(RI病棟担当看護師D)

●診療放射線技師（3名）

PET検査あるいは各種シンチグラフィ検査を担当。

行動記録内容（被ばく要因）：各種シンチグラフィ検査施行時位置合わせ及び退室案内、PET検査施行時位置合わせ及び退室案内、甲状腺¹³¹I-NaI内用療法患者放射線量測定、FDG受取、各種シンチグラフィ検査用製剤受取準備、FDGバイアル瓶廃棄、使用済みシンチグラフィ検査用製剤廃棄。

主な核種及び投与量：¹⁸F（実投与量：約100～285MBq）、^{99m}Tc（検定量：185～740MBq）、¹²³I（検定量：111～222MBq）。

<技師A>

調査した期間のガラスバッジによる実効線量は検出限界以下だった。

行動記録の記載がある1時間の積算線量：最小0.05 μ Sv、最大3.28 μ Sv、平均1.26 μ Sv（PET検査担当時）／0.73 μ Sv（シンチグラフィ検査担当時）、1か月の総積算線量：92.88 μ Sv。

積算線量が最大値を示した日のトレンドグラフを図11に示す（以下、技師B及びCも同様に図12及び13として示す）。

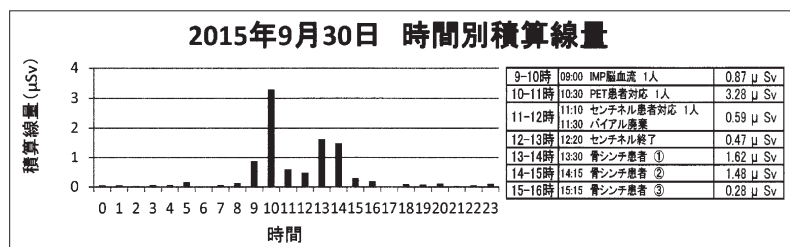


図11 最大線量を示した日の時間別積算線量(技師A)

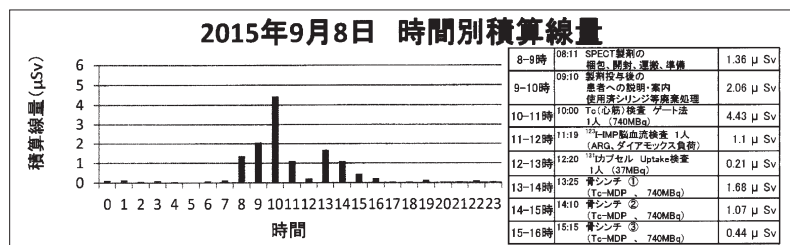


図12 最大線量を示した日の時間別積算線量(技師B)

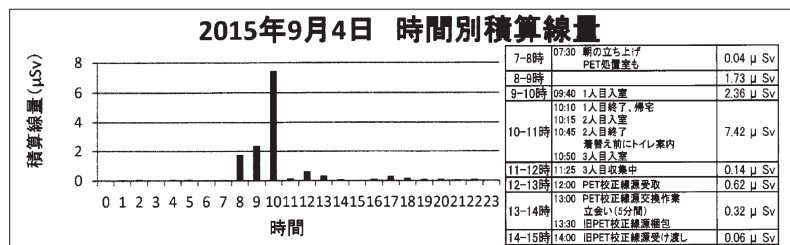


図13 最大線量を示した日の時間別積算線量(技師C)

<技師B>

調査した期間のガラスバッジによる実効線量は0.2mSvであった。

行動記録の記載がある1時間の積算線量：最小0.09μSv、最大4.43μSv、平均1.35μSv (PET検査担当時) / 0.80μSv (シンチグラフィ検査担当時)、1か月の総積算線量：154.83μSv。

<技師C>

調査した期間のガラスバッジによる実効線量は0.1mSvであった。

行動記録の記載がある1時間の積算線量：最小0.06μSv、最大7.42μSv、平均2.25μSv (PET検査担当時) / 0.92μSv (シンチグラフィ検査担当時)、1か月の総積算線量：252.58μSv。

考 察

2015年9月の1か月間、医療従事者にD-シャトル線量計を装着してもらった。さらに、その間の行動を記録してもらった。エネルギー特性はあるもの

の当院核医学領域に用いる主な核種 (^{18}F 、 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{123}I 、 ^{67}Ga 、 ^{111}In 及び ^{201}Tl) のγ線を検出可能と考えた。

放射線科医師の被ばく要因は、FDG投与時の立会い及びシンチグラフィ検査薬剤の投与、また、他医師投与時の介助があった。手指被ばく管理のための、リングバッジも装着していたが、実効線量とともに検出限界以下であった。行動記録の記載が無い時の積算線量が0.01~0.10μSvを、記載がある時が0.02~1.99μSvを示した。投与時より、投与後の患者との接する時間が長いと比較的高い線量を示した。他医師投与時の介助が比較的高い線量を示したのも、投与医師より、患者に対して接する時間も長く、距離も近かった要因があると考ええる。

PET検査担当看護師の被ばく要因は、FDG投与準備、FDG投与、待機時の説明、検査室へ案内、検査後帰宅案内、投与後片付けであった。当院PET検査の流れは、9:00から4人及び13:30から4人を、約35分間隔でFDGを投与し、待機時間を1時間としている。積算線量の最小時間1時間の間に複数の行動記録の記載があり、厳密な被ばく要因分析は困難と考える。最大で、1時間の間に12項目の行動記録の記載があった。PET検査担当看護師は、血管撮影検査あるいはX線透視検査にも携わっていて、今回の調査期間にも調査したすべての看護師が携わっていたが、ガラスバッジによる個人被ばく線量は検出限界以下だった。被ばく要因を分析すると、FDG投与準備、FDG投与及び待機時の説明が1連流れて連に行われ、検査室案内、検査後帰宅案内及び投与後片付けがほぼ決まった時間間隔で行われていた。図14に、ある1週間を1時間の積算線量に対する行動記録の数を示し、要因を色分けにて示した。右には1時間毎の積算線量をグラフにした。薄いグレーで示した部分がFDG投与準備及び投与後片付けで

患者対応に伴わない行動、濃いグレーがFDG投与、待機時の説明、検査室へ案内及び検査後帰宅案内で患者対応を伴う行動、黒色が車イス介助患者対応時であった。車イス対応がある黒色を含む時間帯が比較的高い線量を示した。

RI病棟担当看護師の被ばく要因は、甲状腺¹³¹I-NaI内用療法患者の看護業務である。図15に、被ばく要因を代表する3日間の1時間毎の積算線量に対する行動記録を示し、比較的高い線量を示した被ばく要因を薄いグレーの塗りつぶしで示した。甲状腺¹³¹I-NaI内用療法のうち、入院治療患者に関しては、隔離中は、病室入口に設置しているホワイトボードをコミュニケーションの道具として活用し、検温の結果、排尿・排便の回数及び入浴の回数等を記入してもらい、配膳・下膳も患者と直接行われていない。訪室し、挨拶する際も、患者との距離をとっており、被ばく低減に努めていた。比較的

高い線量を示したのが¹³¹I-NaIカプセル服薬時の介助、患者放射線量測定介助及びバセドウ病¹³¹I-NaI内用療法患者への対応であった。

診療放射線技師の被ばく要因は、PET検査に関しては、位置合わせ、退室案内、FDG受取及び甲状腺¹³¹I-NaI内用療法患者放射線測定である。被ばく要因を代表する3日間の1時間積算線量と被ばく要因を表にしたものを図16に示す。同じ行動を繰り返している中で、グレーで塗りつぶした時間帯が比較的高い線量を示しており、この時間は投与量の多い患者の検査をする時間帯である。同じようにシンチグラフィ検査に関して、図17に示す。比較的高い線量を示している行動記録をグレーの塗りつぶしとした。その項目は、RI受入運搬準備、DMSAラベリング、投与後患者説明4人、RIバイアル廃棄処理及びテトロフォスミン開始（心筋シンチグラフィ検査で、心電図を装着するため開始ま

でに患者の傍にいた時間が長い）となっている。いずれも薬剤の放射エネルギーの多い午前中である。12:30検定のFDGを12:20の受け取るよりも、9:30検定を8:30あるいは15:30検定を14:30に受け取る方が高い線量を示した。

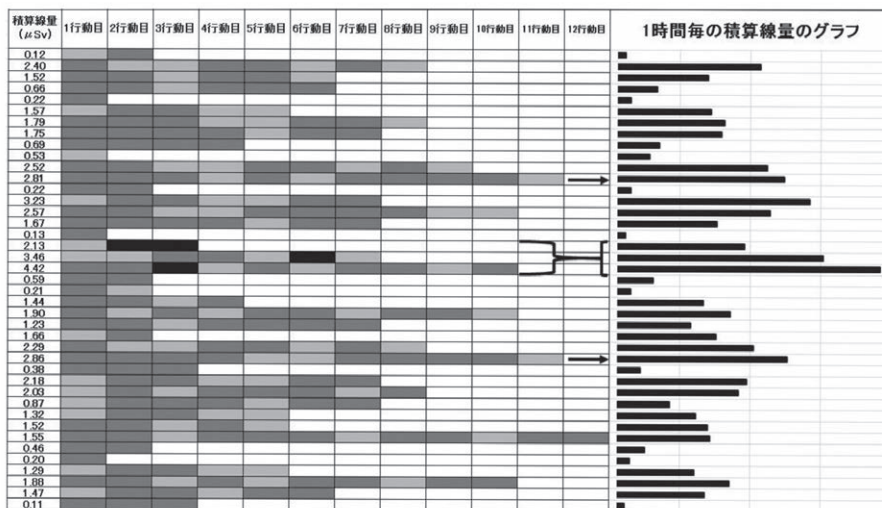


図14 PET担当看護師の線量と被ばく要因

曜日	時間	積算線量 (μSv)	1行動目	2行動目	3行動目	4行動目	曜日	時間	積算線量 (μSv)	1行動目	2行動目	3行動目	4行動目	5行動目
月	8:00~8:30	0.02	入院対応(102投与前)				水	15:00~15:30	0.44	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	8:30~9:00	0.13	入院対応(101投与前)	入院対応(101投与前)				16:00~16:30	0.49	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	9:00~9:30	0.16						17:00~17:30	0.14	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	9:30~10:00	0.07	③PET(101投与前)					18:00~18:30	0.04	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	10:00~10:30	0.12	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)		19:00~19:30	0.07	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	10:30~11:00	1.36	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)		20:00~20:30	0.04	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	11:00~11:30	0.16	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)	③PET(101投与前)		21:00~21:30	0.02	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	11:30~12:00	0.03						22:00~22:30	0.02	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	12:00~12:30	0.34	③PET退室案内					23:00~23:30	0.07	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	12:30~13:00	0.32	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		24:00~24:30	0.02	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	13:00~13:30	0.11	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	木	8:00~8:30	0.07	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	13:30~14:00	0.01						8:30~9:00	0.02	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
水	14:00~14:30	0.14	③PET退室案内					9:00~9:30	0.20	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	14:30~15:00	0.07	③PET退室案内					9:30~10:00	0.15	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	15:00~15:30	0.09	③PET退室案内					10:00~10:30	0.15	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	15:30~16:00	0.09	③PET退室案内					10:30~11:00	0.02	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	16:00~16:30	0.15	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		11:00~11:30	0.15	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	16:30~17:00	0.40	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		11:30~12:00	0.11	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	17:00~17:30	0.19	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		12:00~12:30	1.02	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	17:30~18:00	0.03						12:30~13:00	0.81	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	18:00~18:30	0.04						13:00~13:30	0.08	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	18:30~19:00	0.15	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		13:30~14:00	0.29	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	19:00~19:30	0.03						14:00~14:30	0.15	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	19:30~20:00	0.04						14:30~15:00	0.29	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
木	20:00~20:30	0.15	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		15:00~15:30	0.03	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	20:30~21:00	0.26	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		15:30~16:00	0.55	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	21:00~21:30	1.51	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		16:00~16:30	0.05	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
	21:30~22:00	2.42	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内	③PET退室案内		16:30~17:00	0.10	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
								17:00~17:30	0.10	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	
								17:30~18:00	0.10	③PET注射後の検査室	③PET患者移動の説明	③PET退室案内	③PET(101解除)	

図15 RI病棟担当看護師の線量と被ばく要因

曜日	時間	積算線量 (μ Sv)	1行動目	2行動目	3行動目	4行動目	5行動目	1時間毎の積算線量のグラフ
月	8:00~9:00	1.24	R剤受取	FDG受取	FDGを処置室へ			
	9:00~10:00	1.89	①PET患者開始					
	10:00~11:00	2.47	①PET患者終了	②PET患者開始	②PET患者終了	③PET患者開始		
	11:00~12:00	1.25	③PET患者終了	④PET患者開始				
	12:00~13:00	1.01	④PET患者終了					
	14:00~15:00	1.80	⑤PET患者開始	FDG受取	FDGを処置室へ	⑤PET患者終了	⑥PET患者開始	
	15:00~16:00	1.80	⑥PET患者終了	⑦PET患者開始	⑦PET患者終了	⑧PET患者開始		
	16:00~17:00	0.87	⑧PET患者終了					
火	8:00~9:00	1.91	FDG受取	FDGを処置室へ				
	9:00~10:00	2.00	①PET患者開始					
	10:00~11:00	2.39	①PET患者終了	②PET患者開始	②PET患者終了	③PET患者開始		
	11:00~12:00	1.19	③PET患者終了	④PET患者開始	④PET患者終了	⑤PET患者開始		
	12:00~13:00	0.65	⑤PET患者終了	FDG受取	FDGを処置室へ			
	14:00~15:00	1.69	⑥PET患者開始	⑥PET患者終了				
	15:00~16:00	1.46	⑥PET患者終了	⑦PET患者開始	⑦PET患者終了	⑧PET患者開始		
	16:00~17:00	1.19	⑧PET患者終了	⑧PET患者開始	⑧PET患者終了			
水	8:00~9:00	0.79	①PET患者開始					
	9:00~10:00	1.54	①PET患者終了	②PET患者開始				
	10:00~11:00	0.64	②PET患者終了	③PET患者開始				
	11:00~12:00	0.32	③PET患者終了					
	13:00~14:00	0.27	1131患者退室測定					
	14:00~15:00	0.86	④PET患者開始	④PET患者終了				
	15:00~16:00	3.20	⑤PET患者開始	⑤PET患者終了				
	16:00~17:00	0.68	⑥PET患者開始	⑥PET患者終了				
	17:00~18:00	0.03	FDG受取6本廃棄					

図16 技師のPET検査担当時の線量と被ばく要因

曜日	時間	積算線量 (μ Sv)	1行動目	2行動目	1時間毎の積算線量のグラフ
月	8:00~9:00	3.01	R剤受入・運搬・準備	DMSA7A7ルグ	
	9:00~10:00	2.14	投与後患者説明4人	R剤7A7ルグ廃棄処理	
	10:00~11:00	0.79	脳血流IMFシンチ		
	11:00~12:00	0.16	131Iカプセル投与37MBq		
	13:00~14:00	0.69	①骨シンチ開始		
	14:00~15:00	1.71	②骨シンチ開始	③骨シンチ開始	
	8:00~9:00	1.36	R剤受入・運搬・準備		
	9:00~10:00	2.06	投与後患者説明4人	R剤7A7ルグ廃棄処理	
火	10:00~11:00	4.43	131Iカプセル投与		
	11:00~12:00	1.10	脳血流IMFシンチ		
	12:00~13:00	0.21	131Iuptake収集		
	13:00~14:00	1.68	①骨シンチ開始		
	14:00~15:00	1.07	②骨シンチ開始		
	15:00~16:00	0.44	③骨シンチ開始		
	8:00~9:00	1.83	R剤受入・運搬・準備		
	9:00~10:00	0.63	脳血流IMFシンチ		
水	10:00~11:00	0.62	骨シンチ投与後対応	骨シンチ	
	11:00~12:00	0.40	131Iカプセル投与		
	12:00~13:00	0.45	131Iuptake収集		
	13:00~14:00	1.43	①骨シンチ開始		

図17 技師のシンチグラフィ検査担当時の線量と被ばく要因

技師に関しては、他職種同様、患者対応も被ばく要因ではあるが、検査薬の受入、準備及び廃棄も被ばく要因であり、短時間での作業が望まれる。

但し、過度の被ばく防止策は、患者の気分を害することを心に止めておきたい。

謝 辞

今回、測定機会を与えていただき、また測定結果を提供していただいた千代田テクノル社に感謝いたします。

1か月間、行動記録を記載してもらった当院医師、看護師及び診療放射線技師の方々に感謝いたします。

著者プロフィール

1967年、青森県八戸市生まれ、小学1年より弘前市で育つ。
1991年より、弘前大学医学部附属病院に勤務するが、1994年4月～1996年3月、平成会 八戸平和病院に勤務し、また戻り、現在に至る。
2008年、弘前大学大学院医学研究科保健学専攻修士課程修了。
現在、国立大学法人 弘前大学医学部附属病院 医療技術部放射線部門 主任診療放射線技師。主に、核医学検査とX線CT検査に従事、同院 放射線取扱主任者（2012年4月より）。

結 語

核医学領域において、各職種の業務の行動記録とD-シャトル線量計によるモニタリングシステムより、被ばく要因分析を行った。医師及び看護師においては、被ばく要因となる放射線源は、投与前の製剤からよりも、投与後の患者であることがわかった。投与後の患者説明等での場面で線量が高い。よって、投与前に十分な患者説明を行い、投与後の患者対応時間を短くすることで被ばく低減につながると考える。

PET検査において、車イス患者では、その付添いの方等に協力を得ているが、看護師が対応せざる負えない場合があり、被ばくしている。車イス用遮蔽体等の購入も考慮する必要があると考える。

RI病棟担当看護師は、他職種が行っている¹³¹I-NaIカプセル服薬及び患者放射線量測定は、別室で観察でも良いと考える。

全身用個人線量計のEURADOS相互比較試験 “IC2016ph”の結果について

大洗研究所 宇部 道子

1. はじめに

お客様に使っていただいているガラスバッジは、正しい線量を報告できているだろうか、弊社の測定サービスの性能は、世界の他の測定事業者の中でどのように位置づけられるのだろうか。これらを確認する手段のひとつが、相互比較試験です。

欧州委員会（EC）の「外部放射線による職業被ばくの個人モニタリングに関する技術勧告（Radiation Protection No160）」では定期的な相互比較試験への参加が強く勧告されています。相互比較試験への参加を線量測定サービスの認証・認定の基準としている国もあります。

欧州放射線計測グループ（EURADOS）では、線量測定サービスを行う事業者が各自の性能を確認し、改善につなげるため、相互比較試験を実施しています。全身用個人線量計の光子場における相互比較試験は、2008年から2年に1度実施され、今回で5回目になります。近年日本やアメリカなど欧州以外にも参加が呼びかけられるようになり、弊社は2014年に続き2度目の参加となりました。

このたび、2017年2月27日～3月2日に開催されたEURADOS年次会議の中で参加者ミーティングが行われ、IC2016phの結果が公開されましたので、その内容をご報告いたします。

2. “IC2016ph” 概要

IC2016phに参加した線量計と試験の手順や日程、線量計の照射条件について紹介いたします。

● 参加者と線量計の種類

IC2016phは、全身の $H_p(10)$ 、 $H_p(0.07)$ を測定するための個人線量計を対象として実施されました。IC2016phには、36ヶ国から86機関、103の線量計システムが参加しました（図1）。線量の報告をしたのは102の線量計システムで、その内訳は、TLDが67、OSL線量計は17、フィルム線量計は8、その他が10でした。その他には、弊社が使用しているガラス線量計のほか、電子式線量計、DIS線量計が含まれます。欧州では、体幹部に装着する線量計では $H_p(10)$ のみを測定対象としている国もあるため、 $H_p(10)$ と $H_p(0.07)$ の両方を測定しているのは84の線量計システムでした。

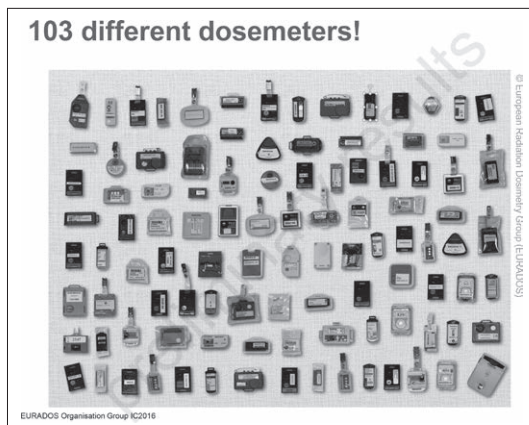


図1 IC2016phに参加した線量計

表 1 IC2016phでの線量計の照射条件

線 源	角 度	平均エネルギー (keV)	照射量の範囲 (mSv) (光子は $H_p(10)$ 、 β 線は $H_p(0.07)$)	個 数 (個)
^{137}Cs	0°	662	4.5～5.6	4
^{137}Cs	0°	662	0.45～0.55	2
^{60}Co	0°	1250	470～510	2
^{60}Co	0°	1250	99～120	2
^{60}Co	0°	1250	0.40～0.55	2
N-40	0°	33	0.9～1.2	2
N-40	$+/-60^\circ$	33	0.8～1.1	2
N-150	0°	118	1.8～2.5	2
N-150	$+/-45^\circ$	118	1.6～2.3	2
混合 ($^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$)	0°		2 ～ 5	2

● 試験手順

IC2016phは、2016年5月の参加申し込みから2017年2月の参加者ミーティングまで、約1年間かけて実施されました。

まず参加者が、コントロール（6個）と予備（2個）を含めて30個の線量計を組織グループに送りました（2016年6月）。線量計を送るときには、検査でX線が照射されないよう、「Do not X-ray」の表示をしました。これらの線量計は、2つの施設で照射され、参加者に返送されました（9月）。このとき組織グループからは、どれが照射していないコントロール線量計か、という情報のみが与えられます。参加者は通常の測定サービスと同様に $H_p(10)$ と $H_p(0.07)$ を評価して組織グループに報告しました（11月）。12月には各参加者に評価した線量と照射量の比較結果や放射線の種類・エネルギー・角度などの結果が送付され、2017年2月の参加者ミーティングで全体の結果が報告されました。

● 照射条件

IC2016phで照射の対象とされた放射線の種類は光子（30 keV～1.3 MeV）と β 線（ $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ 線源）でした。2014年までは光子のみが対象

でしたが、今回は $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ の β 線も対象になりました。

本試験の照射は、オランダの国家計量標準機関であるオランダ計量研究所（VSL：Van Swinden Laboratorium B.V.）と、オーストリアのSeibersdorf Laboratoriesで実施されました。IC2016phの照射条件を表1に示します。 ^{137}Cs 、 ^{60}Co の γ 線のほか、エネルギーの異なる2種類のX線が照射されました。X線については正面だけではなく、45度と60度方向からの入射も行われ、 ^{60}Co は照射量を変えて約500 mSvまでの照射量に対する直線性も確認されました。 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ の β 線については、 ^{137}Cs との混合照射が行われました。照射量は表の範囲内で参加者ごとに変えられました。全ての照射は人間の体を模擬した水スラブファントムに線量計を取り付けて行われました。

3. 結 果

● 弊社ガラスバッジの結果

弊社ガラスバッジの結果について図2および図3に示します。

相互比較試験における個人線量計の性能の判定基準としては、ISO 14146で定められたトランペットカーブが用いられます。図2に、トランペットカーブとガラスバッジのIC2016phの結果を示します。トランペットカーブは、線量限度付近では95%の信頼度での不確かさがファクター1.5（レスポンスが0.67～1.5の範囲）まで許容され、低い線量では許容される不確かさがさらに大きくなる、とICRP（国際放射線防護委員会）Publication 75で示された原則に基づくものです。不確かさの許容範囲を示す曲線の形が楽器のトランペットの開口部に似ていることからトランペットカーブと呼ばれています。ガラスバッジの結果は、全ての照射条件においてトランペットカーブの範囲内に入っています。

図3は同じ結果について、横軸を光子の平

均エネルギーとしてプロットしなおしたものです。細線で示したガラスバッジのエネルギー特性と、IC2016phの結果が一致していることが分かります。レスポンスが1からずれている点もありますが、その理由はガラスバッジのエネルギー特性で説明できることが分かります。 ^{137}Cs 、 ^{60}Co については数種類の線量が照射されましたが、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co のそれぞれでプロットがほぼ重なっています。線量に対する直線性に優れ、低線量でも測定値のばらつきが小さいことを示しています。エネルギー特性の細線から少しずれるプロットは、正面ではなく45度・60度の方向から放射線が入射したときの結果ですから、これも納得できる結果です。太線は、個人線量計測システムに対する性能要件を定めた国際規格であるIEC 62387の光子についてのエネルギー・方向特

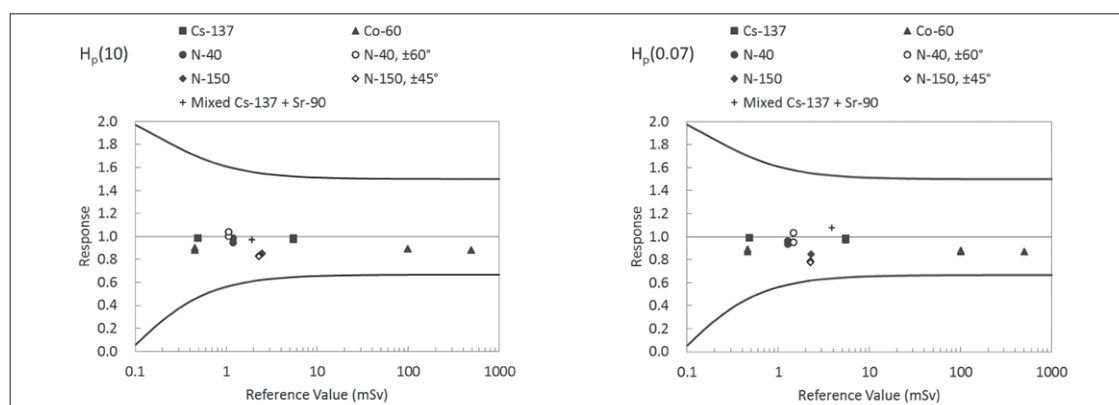


図2 IC2016phにおける弊社ガラスバッジの結果(トランペットカーブ)

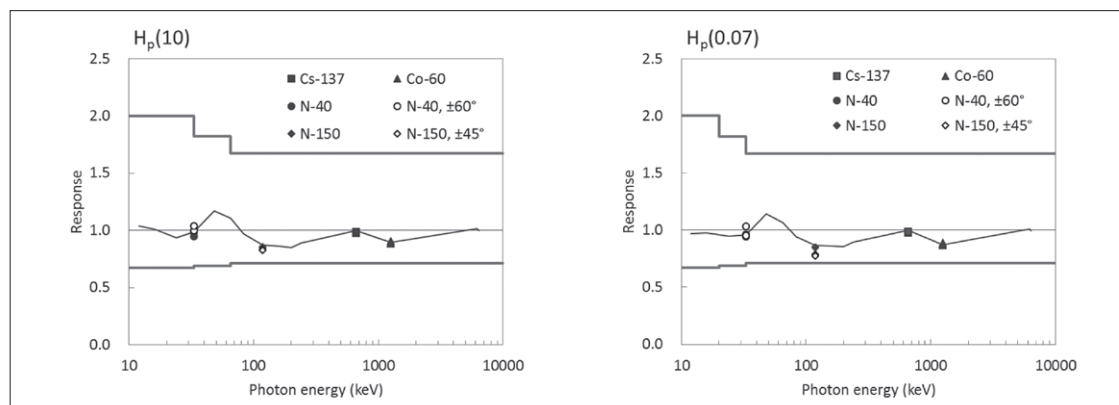


図3 IC2016phにおける弊社のガラスバッジの結果(エネルギー特性との比較)

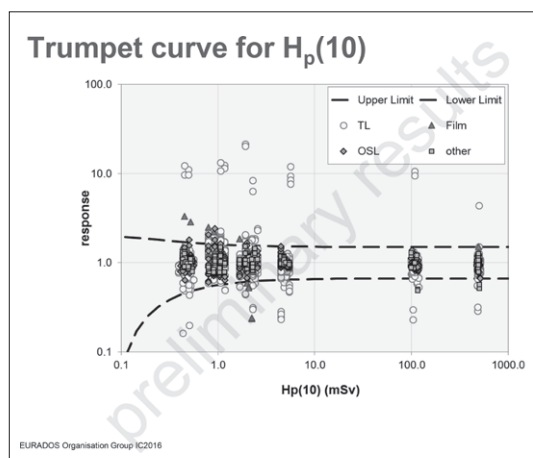


図4 IC2016ph参加者全体の結果
(トランペットカーブ)

性に対する要求範囲を示します。ガラスバッジは、この要求範囲も満たしている結果となりました。

● 全体の結果

次に、参加者全体の結果について説明いたします。EURADOSの相互比較試験では、結果は参加者の名前を伏せて公表されます。その理由は、相互比較試験の目的が、参加者自身が性能を確認したり、弱点を見つけて改善したりすること、そして個人線量計測分野全体の性能の向上にあるためです。

図4は、図2と同じように全参加者の結果をトランペットカーブ上にプロットしたものです。トランペットカーブの外側にある点(outlier)は全体の7%でしたが、N-40の60°、 ^{137}Cs と $^{90}\text{Sr-}^{90}\text{Y}$ 混合の照射については10%以上の線量計がoutlierとなりました。低エネルギーX線の大きな角度からの入射、 β 線との混合場の測定に対応できていない線量計システムが一定数存在していることが分かります。

図5には参加した事業者ごとの結果を示します。TLD、OSL線量計など、同じ測定原理を使っていても事業者によって結果は大きく異なることが分かります。

EURADOS相互比較試験IC2016phの参加者ミーティングでの資料は、EURADOSのホーム

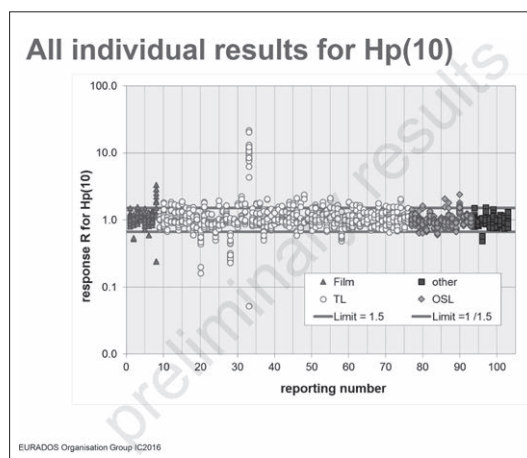


図5 IC2016phへの参加者ごとの結果

ページで公開されており、詳細な結果を見ることができます。(http://www.eurados.org/en/Actions/Intercomparisons)

4. さいごに

IC2016phに参加して、ガラスバッジの性能を客観的に確認するとともに、各国で使用されている個人線量計の性能を知ることができました。

EURADOSでは、2017年に中性子用個人線量計、2018年に再び光子場での全身用個人線量計、2019年には末端部用個人線量計（指リングなど）を対象に相互比較試験を実施する予定とのことです。今後も相互比較試験に継続的に参加し、ガラスバッジによる線量測定の性能・品質の維持・向上に努めてまいります。



IC2016ph参加者ミーティングは、
ドイツ・カールスルーエで開催されました。
写真はカールスルーエ城

速報

放射性同位元素等の規制と 放射線審議会の機能を強化するための法律が成立

放射性同位元素（RI：Radio-Isotope）と放射線発生装置は、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」により規制されているが、今般、防護措置（テロ対策）要求の新設、廃棄に係る特例の創設、事業者責務の明確化、放射線取扱主任者に係る手続きの規則委任化を内容とする改正が行われ、名称も「放射性同位元素等の規制に関する法律」に変更された。また同時に、放射線審議会が主体的に調査審議・意見具申を行えるよう「放射線障害防止の技術的基準に関する法律」も改正された。その概要は、次のとおり。

Ⅰ．放射性同位元素に対する防護措置（テロ対策）要求の新設

医療機関・一般産業事業者等で利用されている放射性同位元素のうち、危険性の高い放射性同位元素（特定放射性同位元素：政令で規定予定¹⁾）を施設内外で取り扱う事業者に対し、現行の放射線障害の防止に係る措置に加えて、防護措置の実施を義務付ける。

具体的には、特定放射性同位元素を取り扱う事業者等に対し、例えば監視カメラの設置、警備員の配置等の事業所内での防護措置、封印、施錠とその確認等工場又は事業所外に運搬する場合の防護措置、及び運搬時の取決めの締結、防護措置の詳細を規定した特定放射性同位元素防護規程の作成及び原子力規制委員会への届出、特定放射性同位元素の防護に関する業務を統一的に管理する特定放射性同位元素防護管理者の選任等を義務付ける。これに伴い、法律を「放射性同位元素等の規制に関する法律」に改称する。

Ⅱ．放射性同位元素等の廃棄に係る特例

許可届出事業者等は、放射性同位元素等の廃棄を原子炉等規制法に基づく廃棄事業者に委託できることとする。（研究所等廃棄物については、日本原子力研究開発機構（JAEA）が実施主体となっている。現在、トレンチ・ピット処分を準備中。）

Ⅲ．事業者責務の明確化

放射性同位元素等を取り扱う事業者は、放射線障害の防止及び特定放射性同位元素の防護に関し、安全の確保に係る業務の改善等の措置を講じる責務を有することを規定する。

1) 特定放射性同位元素：密封放射性同位元素については、IAEA Code of Conduct¹⁾に記載されている26核種のうち、核燃料物質（Pu-238及びPu-239）を除く、24核種（Am-241、Am-241/Be、Cf-252、Cm-244、Co-60、Cs-137、Gd-153、Ir-192、Pm-147、Ra-226、Se-75、Sr-90（Y-90）、Tm-170、Yb-169、Au-198*、Cd-109* Co-57*、Fe-55*、Ge-68*、Ni-63*、Pd-103* Po-210*、Ru-106（Rh-106）* Tl-204*。*を付した核種は単独で線源として用いられることは、極めて稀であり、線源登録や輸出入規制の対象としないこともあり得る。以上は、Code of Conductの記述を、非密封放射性同位元素については、半減期が2日以上放射性同位元素をもとに設定。防護措置の区分分けについては、許可証に記載された放射能に基づいて行う。ただし、長期間保管されていて放射能が減衰し、規制対象から外れる場合や区分が変わる場合は許可上の軽微変更手続きを行うことによって、規制対象から除外若しくは区分の変更を行う。

1-1) Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources: IAEA, 2004

Ⅳ. 放射線取扱主任者に係る手続きの規則委任化

現行は法律で規定されている放射線取扱主任者等の試験、資格講習及び定期講習の課目を、原子力規制委員会規則に委任する。

Ⅴ. その他、登録機関の登録要件等の所要の規定の整備を行う。

Ⅵ. 放射線審議会の調査審議機能の強化

放射線障害の防止に関する技術的基準について、自ら調査審議すること等を追加する。本件は、平成13年の省庁改変にあたり、審議会機能の限定で削除された機能を復活するもの。

今回の改正で法律の名称から「放射線による障害の防止」がなくなったことから、線量限度が放射線による障害の防止に最低限必要な量だとの誤解を惹起しないことが期待される。さらに合理的な規制への展開を期待したい。

また、上記と合わせて原子炉等規制法についても、以下の改正が行われた。

- 事業者が原子力施設の基準適合性を維持し、その状況を自ら検査する義務を課した上で、原子力規制委員会が事業者の保安活動全般を常時チェックできる仕組み(原子力規制検査。「いつでも」「何にでも」国のチェックが行き届く仕組み)とする。さらに、発電所ごとに保安活動の水準を総合的に評定し、次の検査に安全の実績を的確に反映させる。これにより、事業者が主体的に安全確保の水準の維持・向上に取り組むことを促す。
- 原子力施設の設計及び工事から使用までの一貫した品質管理を要求。原子力施設の事業等の指定・許可の要件に、原子力施設の設計及び工事並びにその使用に関する品質管理の方法及び体制が基準に適合することを加える。併せて、保安規定についても、認可時期を原子力施設の設置の工事に着手する前に前倒しして施設の設置段階も含めて保安規定の対象とするとともに、保安規定の認可の要件に、事業等の指定・許可と整合することを加える。
- 廃炉に対応する規制整備。事業者、事業開始段階から施設の解体廃材の発生見込み量等の施設の廃止措置についての方針を作成・公表させる。炉内等廃棄物の埋設地について坑道埋め戻しに関する規制を整備し、炉内等廃棄物及び高レベル廃棄物の埋設地について掘削等の行為を制限する。
- 国際規制物資使用者間での譲渡譲受を可能にするとともに、国際規制物資使用者による少量核燃料物質の輸出入が行えるよう規定を整備する。国際規制物資とは日・IAEA保障措置協定や二国間原子力協力協定といった国際約束に基づく保障措置の適用等の規制を受ける核物質や設備・資材。少量核燃料物質とは、天然・劣化ウラン：300g 以下、トリウム：900g 以下をいう。

国会における議論では、RI関係では、以下に概要を示す付帯決議が衆参両議院それぞれの環境委員会で採択されている。

- RI廃棄物の関係各法律においても、早期に処理・処分の合理化に係る規定を整備すること。
- 特定放射性同位元素防護規程の届出に当たり、事業者に対し過度な負担を強いることとならないよう制度を構築すること。
- 防護措置の対象となる血液照射装置の廃棄に対し、必要な支援策を検討することなど。

平成29年度 放射線取扱主任者試験施行要領

1 試験の日程

第1種試験 平成29年 8月23日(水)、24日(木)

第2種試験 平成29年 8月25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29年 5月15日(月)～平成29年 6月19日(月)

(郵送の場合、平成29年 6月19日消印のあるものまで有効)

4 受験料

第1種：14,300円(消費税等込み)

第2種：10,200円(消費税等込み)

5 申込書の配布

受験申込書(無料)は、次の方法により入手できます。

①配布機関の窓口で入手する場合：

配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。

(配布機関の詳細は原子力安全技術センターホームページをご覧ください)

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部	4～8部	9～10部
切手代金	140円	205円	250円	380円	570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

合格者には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、合格者の受験番号が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

放射線安全部 主任者試験Gr.

〒112-8604 東京都文京区白山5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ご願い

使用者変更のご依頼をされる際は・・・

測定センターではお客様から毎日常のようなたくさんの変更のご依頼をお受けしております。

- ・ご使用者の追加
- ・ご使用者の休止（休止期間を指定）
- ・ご使用者の中止
- ・名義変更（別人への変更）

このような変更ご依頼には、**必ず変更年月日のご記入**をお願いします。変更年月日が不明ですと、モニタのお届けが遅れる場合もございます。

また、**ご使用者の追加・名義変更**の際には、**生年月日のご記入**をお願いします。個人コードをお持ちのお客様は、**個人コードをご記入**ください。個人コードをご記入くださった場合には、生年月日のご記入は不要です。



*「ご使用者変更連絡票」はこちらまで…測定センター フリーダイヤルFAX: **0120-506-984**

編集後記

- この号がお手元に届く頃は梅雨入り前後になるのでしょうか？新年度より新しい職場や業務内容となった方も多くいらっしゃるかと思います。気分転換に、新しい趣味を始めてみるのは如何でしょうか。私は昨年より釣りを始めました。寒さに負け、冬は全くできませんでしたが…。
- 今月は「高感度・高分解能SrI₂(Eu)/MPPC検出器による福島県下の空間線量調査」について、三重大学大学院永井滋一氏にご報告いただきました。福島第一原子力発電所事故に由来するセシウムと、天然に存在しているカリウムやラジウムなどが、一緒に測定され空間線量率として数値が出ているのが現状です。高感度・高分解能の検出器の開発は、風評被害や、地場の環境産業への影響を解消できる大きな一手となりそうです。福島に住んでいる身としては、各先生方のご尽力に感謝、また技術進歩の目覚ましさに、期待が高まります。
- 弘前大学医学部附属病院の清野守央氏より『病院核医学領域でのD-シヤトル試用による被ばく要因分析』についてご執筆いただきました。福島県下で広く住民用として使用されているD-シヤトル線量計。この線量計の、1時間毎の積算線量を知ることができるという特徴に着目し、医療従事者の被ばく要因を分析し、被ばくの低減を検討する内容となっております。以前よりスタンダードとなっている月単位での管理ではできなかった、時間毎の積算線量とその時間に行った業務と

を突き合せた被ばく要因の分析を可能にする、画期的な提案だと感じました。

- 皆様にお使いいただいているガラスバッジの性能について、欧州放射線計測グループ（EURADOS）で行っている相互比較試験に参加した結果を掲載しております。この試験は、線量測定サービスを行う事業者が、各自の性能を確認し改善につなげるための試験であり、優劣を競うものではありませんが、結果には目を瞠るものがありました。弊社の看板商品は、やはりガラスバッジです。自信を持って皆様にお勧めしておりますが、その商品に対する信頼は、日夜研究に励む弊社研究所員たちの努力あってこそだと気がきました。
- 放射性同位元素等の規制と放射線審議会の機能を強化するための法律の記事は、昨今の情勢を鑑みて行われた放射性物質の取扱い等につまづく法改正について解説された内容となっております。法律の改正によって規制はどのように変化していくか、今後にも注目したいです。
- 梅雨時期は、空模様を反映してか兎角気が滅入りがちになりますが、梅雨晴れや 蛸鳴くと 書く日記（正岡子規）という句からも感じられるように、梅雨が明けるといよいよ夏がやってきます。来たる盛夏に思いを馳せて、日々元気に過ごしたいものですね。

（川口 桃子）

FBNews No.486

発行日／平成29年 6月1日

発行人／山口和彦

編集委員／今井盟 根岸公一郎 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 河村弘
谷口和史 岩井淳 川口桃子 小口靖弘 高橋英典 高羽百合子 堀口亜由美

発行所／株式会社千代田テクノ

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

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371円）