

# 放計協 ニュース

公益財団法人 放射線計測協会



## 事故に学ぶために必要な 安全情報システム

学校法人福山大学 名誉教授  
占部 逸正

原子力界は、今大きな政策上の転換期を迎えており、原子力の平和利用のすべてのプロセスにおける安全性の維持に大きな関心が持たれている。

一般に、人の特性を考えると、生産活動に伴う事象や事故は無くすることはできないが事故に対する抵抗力を持たせ必要な安全性を維持することは可能であると言われている。しかし、そのためには事故発生のプロセスを理解し、原因分析により得られる情報を事故の再発防止に役立てるための安全情報システムの整備が必要である。

重大事故が起こる仕組みは、そのひとつとしてスイスチーズモデルが提案されている (James Reason; 組織事故, 塩見 弘 監訳, 日科技連, 2000)。これは、危険を内包するシステム (航空機や原子力発電所など) では、幾層もの防護層 (設計・施工、保守・点検、教育・訓練など) により事故防止策が講じられているが、防護層には潜在的に何らかの欠陥の穴があり、即発エラー (自然的、人為的要因や規則違反) が切っ掛けとなり各防護層の欠陥が連鎖的に表面化し重大事故に至るとするものである。このモデルでは、平常時に起こる事象はシステムに即発エラーが作用しても、何れかの防護層が有効に機能し欠陥の連鎖が断ち切れ重大事故に至らず事象の段階で留まっている状態と理解されている。逆に、事象は、いつもは姿を見せない潜在的危険が顕在化し防護層の欠陥についての貴重な情報を提供している状態であり、事象の原因となった即発エラー、誘

因となった作業現場条件、組織の安全活動への取り組み、そしてこれらの相互関係の在り方について知る機会を提供していると捉えられている。

組織は、多くの活動で構成され相互に密接に関連している。組織の活動を安全機能の指標により分類すると管理要因 (運営と指導、雇用と配置など)、技術要因 (設計、保守管理など)、手順書要因 (規則、運営手順など)、訓練 (技能と作業遂行能力など)、そして文化要因 (理解と動機付け、資源など) に分類することができる (前掲書)。ひとつの事象の原因を把握するためには事象に直結した直接的原因の状態や行為だけでなく、これらの指標に基づいて即発エラーに最も影響を及ぼす作業現場要因や組織要因を明らかにし、関連するすべての防護層に潜む欠陥の相互関係を明らかにする必要がある。さらに、これまでに蓄積された事象の分析結果を参考に事象と防護層の欠陥に見られる因果関係の類似性を見出し事故防止の事前対策に役立てることが重要である。

どのようなシステムも物理的、非物理的経年劣化を伴いそれが事象や事故の原因となり得る。事故を防止するには経年劣化そのものの理解が必要であるが、平常時の健全性維持の取り組みは経年劣化を知るための重要な手がかりを与えている。そういった意味でも安全対策の確実性と信頼性の維持、向上の観点から事故原因の調査により得られる情報の蓄積と有効活用の可能な安全情報システムの高度化が求められている。

# 約40年間にわたるTLDバッジの運用経験と実用量について

国立研究開発法人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

研究主席 辻村 憲雄

## 1. はじめに

日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所（以下、「核サ研」と記す）において現在運用されている熱ルミネセンス線量計を用いた個人線量計「TLDバッジ」は、松下産業機器株式会社（以下、「松下産機」と記す。現在のパナソニック・システム・ソリューションズ・ジャパン株式会社である）と共同で開発され、1982年に運用が開始されたものである。以来、核サ研のみならず国内外で長きにわたって使用されてきたが、2019年をもってメーカーによる新規生産の受付が、さらに2027年には読取装置類の保守サービスも終了することになった。また、個人線量計の性能認定制度<sup>[1]</sup>がわが国でも導入されることになり、改正RI法施行規則（2023年10月から）の下では、認定済み個人線量計による測定サービスの実施が要求される。これら状況の変化に鑑み、核サ研では、内部実施による測定の継続を断念し、認定を受け

た民間の個人線量測定サービス会社の供給する個人線量計に今後切り替えることとした。

本稿では、TLDバッジについて、その開発経緯と設計コンセプトを実用量の歴史的発展とともに概説するとともに、40年以上にもわたるその運用経験から得られた知見を紹介する。

## 2. 個人線量計の変遷

個人線量計の変遷を表1に示す<sup>[2]</sup>。核サ研の歴史は、原子力燃料公社東海精練所（1959年3月開所）に始まる。主に使用済み燃料の再処理技術開発に係る作業者の個人被ばく管理には、当初、日本原子力研究所のIV型フィルムバッジと指リング形の蛍光ガラス線量計（東芝硝子FDG-6）が使用された。動力炉・核燃料開発事業団東海事業所（以下、「動燃」と記す）への改組（1967年10月）後、プルトニウム取扱量の増加に伴って中性子モニタリングが必要になってきたため、1974年から

表1 核燃料サイクル工学研究所における個人線量計の変遷

年度	体幹部用	末端部（手部）用	水晶体用
1959	原研IV型フィルムバッジ（ $\beta$ $\gamma$ 線用）	ガラスリング （東芝硝子製FDG-6）	
1974	旧TLDバッジ （松下産機製UD-200S <sup>注</sup> 、UD-100M8、UD-136N、UD-137N、UD-170A）		
1979		$\beta$ $\gamma$ 線用指リング形TLD （松下産機製UD-100M8） $\gamma$ 線用指リング形TLD （松下産機製UD-110S）	
1982	TLDバッジ （松下産機製UD-808P、UD-809P）		
1989	不均等被ばく管理（頭頸部）用TLDバッジ（松下産機製UD-808P）		
2006		$\beta$ $\gamma$ 線用指リング形TLD （松下産機製UD-807）	
2021			千代田テクノ株式会社DOSIRIS （必要な者のみ追加着用）

注：UD-200Sは1974（昭和48）年から環境積算線量計としても使用されている。

複数の種類のTLDを一つのケースに組み込んだ、三種種（ $\gamma$ 線、 $\beta$ 線、中性子）に対応したTLDバッジの運用を開始した。この線量計は、 $\gamma$ 線測定用に松下産機から照射線量計として既に市販されていたUD-200S（ガラスアンブルに封入された硫酸カルシウム（ $\text{CaSO}_4\text{:Tm}$ ）とエネルギー補償シールドからなる）、 $\beta$ 線測定用の同社製UD-100M8（薄いディスク状の $\text{CaSO}_4\text{:Tm}$ ）、中性子測定用の同社製UD-136NとUD-137N（ $\text{CaSO}_4\text{:Tm}$ とそれぞれ $^6\text{LiF}$ 、 $^7\text{LiF}$ 粉をガラスアンブルに混合封入したもの）からなる。測定は、高温空気による加熱機構と光電子増倍管による熱ルミネセンス検出機構からなるTLD読取装置に、バッジケースから取り出したTLDを一つずつ手差しでセットすることで行われた。また、指リング形線量計をガラス線量計からUD-100M8等のTLDを使用したものに更新したのもほぼ同じ時期であった。

この旧TLDバッジに替わって1982年から運用を開始した現行TLDバッジは、1970年代後半の作業員の増員に対応することを目的に、動燃が松下産機と共同開発した線量計である。当時松下産機は、新たに開発した蛍光体であるホウ酸リチウム（ $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ ）を用いた高速自動測定処理に適した構造の線量計とその専用読取装置の開発を進めており、そこに旧TLDバッジの運用から得られた、特に中性子測定に係るノウハウと、欧米を中心に議論され始めていた実用量の測定に係るアイデアを反映して設計されたのがこのTLDバッジであった。設計の詳細は次節で述べるが、 $\beta$   $\gamma$ 線測定用のUD-808（耐熱樹脂板上に並列配置された直径約3 mm×厚さ15 mg/cm<sup>2</sup>の3個の $^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ 、1個の $\text{CaSO}_4\text{:Tm}$ 及び樹脂フィルタからなる）、中性子測定用のUD-809（同、1個の $^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ 、3個の $^6\text{Li}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ 及び金属フィルタからなる）及びそれらを収容する専用バッジケースからなるこの線量計は、今日まで継続して使用されている。このうち $\beta$   $\gamma$ 線測定用のUD-808は、バッジケースだけを変えて、体幹部不均等被ばく管理のために頭頸部に追加着用する個人線量計として、また、一時立ち入り者用の個人線量計としても運用されている。一方、測定

自動化が遅れていた二種類の指リング形線量計については、TLDバッジと同じ読取装置で連続自動測定処理が可能なUD-807（1個の $^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ からなる）を用いる線量計に統合され（2006年）、今日に至る。

### 3. TLDバッジの設計コンセプト

どのような放射線量を測定するかは個人線量計に限らずすべての放射線検出器の設計において重要である。1960年代から1970年代にかけての考え方は、個人線量計やサーベイメータが測定すべきものは、 $\gamma$ 線については照射線量、 $\beta$ 線については組織吸収線量、中性子については（円柱ファントム内で計算された最大）線量当量であり、単位はそれぞれレントゲン（R）、ラド（rad）、レム（rem）であった。これらの量を測定し、その値が代表的な臓器（赤色骨髄・生殖腺等）について定められた線量限度を超えないよう管理することを基本としていた。1970年代後半になって、放射線被ばくによる確率的影響を表現する概念として実効線量当量が新たに導入され、それに呼応するように、線種毎にばらばらだった測定量は球形ファントムの特定の深さで定義された実用量（1cm線量当量等）に一本化されることになった。

こうした議論が行われていたその最中に開発されたTLDバッジは、その設計コンセプトに当初から実用量の概念を包含するものとなった<sup>[3]</sup>。特に、それまで主に使用されていた $\text{CaSO}_4\text{:Tm}$ に替わって新たに導入された $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ 蛍光体（実効原子番号7.26）は生体組織（同7.4）に極めて近い材料であり、適当な厚さの樹脂フィルタ等で覆うことで、その深さでの組織吸収線量の近似値の直接測定することができた。これは国際放射線単位測定委員会（ICRU）の提案した実用量を測定する線量計にまさに理想的であった<sup>[4]</sup>。表2にTLDバッジの蛍光体・フィルタ構成を示す。 $\gamma$ 線の1cm線量当量の評価は、UD-808の第4素子である1,000 mg/cm<sup>2</sup>下の $^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ を用いて行う。本素子のファントム上でのレスポンスは、1cm線量当量のそれにほぼ合致した。同じく第3素子、1,000 mg/cm<sup>2</sup>下の $\text{CaSO}_4\text{:Tm}$ は $\gamma$ 線の入射エネルギー

表2 TLDバッジの蛍光体及びフィルタ構成

線量計	素子	蛍光体及びフィルタ	備考
βγ用 UD-808	1	${}^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ + (前) 樹脂 17 mg/cm <sup>2</sup>	β線量評価用
	2	${}^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ + (前) 樹脂 63 mg/cm <sup>2</sup>	β線エネルギー評価用
	3	CaSO <sub>4</sub> :Tm + (前) 樹脂 1,000 mg/cm <sup>2</sup>	γ線エネルギー評価用
	4	${}^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ + (前) 樹脂 1,000 mg/cm <sup>2</sup>	γ線量評価用
中性子用 UD-809	1	(前) Cd + ${}^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ + (後) Cd	中性子線量評価用
	2	(前) Sn + ${}^6\text{Li}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ + (後) Cd	
	3	(前) Cd + ${}^6\text{Li}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ + (後) Cd	
	4	(前) Cd + ${}^6\text{Li}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ + (後) Sn	

注：樹脂フィルタの厚さは、蛍光体を接着した耐熱樹脂板+線量計ケース+バッジケースの合計

ギーの推定に用いる。なお、 ${}^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ は空気等価物質でもあるのでフリーエア条件下では照射線量測定器としても機能した。β線の評価は、UD-808の第1及び第2素子、それぞれ17 mg/cm<sup>2</sup>と63 mg/cm<sup>2</sup>下の ${}^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ を用いて行われる。これらの素子はγ線に対しても感度を持つので、β線が達しない第4素子の値をγ線成分として差し引いた両正味値から、β線による線量の深さ分布を推定し、深さ7 mg/cm<sup>2</sup>での線量当量(70 μm線量当量)を算出する。一方、中性子の評価は、UD-809の第2～4素子、CdとSnのフィルタを前後に配した ${}^6\text{Li}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ 素子を用いて行い、(n, α)反応を利用して入射する熱中性子を直接検出するほか、高速中性子については人体に入射して減速され体表面に跳ね返った熱中性子を検出する「アルベド法」を用いる。第2～4素子はγ線に対しても感度を持つため、中性子感度を持たない第1素子( ${}^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7\text{:Cu}$ )をそのγ線成分の差し引きに用いる。このアルベド法は、旧TLDバッジから引き続き採用された方法であった。

これらの測定はすべて専用の自動読取装置で行われる。この装置は、線量計から1個ずつ素子を取り出し測定位置にセットする駆動部、小形赤外線ランプによる加熱部、及び光電子増倍管による熱蛍光検出部からなる。測定方式は、低線量域ではパルス計数、高線量域では電流積分に自動的に切り替わる。核サ研では、1982年からUD-710型、1993年からUD-7100型、2007年からUD-7900型の自動読取装置(いずれも2台)を使用した。

これらは連続測定処理が可能な線量計の数に若干の相違(500～700個)があるも、基本的な構造や機能は同じである。測定されたデータは、読取装置に接続したデータ収集・転送用パソコンを介して、大洗工学センターの大型計算機に、2001年以降は個人被ばく管理棟のサーバー用コンピュータで送信され、一元的に管理された。

#### 4. 40年以上にわたるTLDの運用経験

40年以上にわたって運用されてきたこのTLDバッジであるが、運用初期の1980年代は中性子線量測定に特に苦勞した。アルベド法は、それまで広く使用されていた高速中性子フィルム線量計と異なり反応するエネルギーに敷居がない(測定不能な中性子エネルギー領域がない)反面、レスポンスの中性子エネルギー依存性が大きいという欠点があった。測定値から線量当量に変換する係数の決定には、実際の作業現場でTLDバッジと中性子線量当量率サーベイメータ(レムカウンタ)の測定値を比較するフィールド校正法が使用されたが、得られた結果の定量的な解釈が簡単ではなかった。そこで、アルベド法による中性子線量測定の改善などを目的に、1980年代半ばから、作業現場での中性子スペクトルの測定、単色中性子場での実験や計算シミュレーションによるレスポンスの評価などの追加研究を実施した。さらに、TLDバッジによる中性子線量当量評価精度の検証を目的に、中性子エネルギー依存性の比較的小さい固体飛跡線量計とTLDバッジの作業者に

る同時着用実験が行われた。この結果、両線量計による中性子線量当量評価値はファクター 1.5 で一致し [5]、適切な係数の決定によってアルベド法であっても十分な線量当量評価精度の確保が可能であることが確認された。なお、アルベド法との組み合わせによって測定可能な中性子エネルギー範囲を拡張した最新の固体飛跡線量計では、TLD バッジで苦労したエネルギー依存の補正に関する諸問題はほとんどないようである。

また、この約 40 年間の間に線量測定の基本的手法に一つの方針転換があった。核分裂生成物を取扱うなど  $\beta$  線と  $\gamma$  線が混在する条件では、特に  $\beta$  線の遮へい対策に反映する目的もあって、 $\beta$  線による線量を  $\gamma$  線による線量と分離して測定することにしていた。しかし、前述したように測定の自動化、さらに施設毎の被ばくの特徴 ( $\beta/\gamma$  比等) が十分に分かってきたことから、2006 年から  ${}^7\text{Li}_2{}^{11}\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$  の 1 個の素子で、 $\beta$  線と  $\gamma$  線を分離せずに両者の合計の 70  $\mu\text{m}$  線量当量として評価する UD-807 に一本化した。2023 年 10 月以降、認定を受けた別の指リング形線量計が使用される予定であるが、UD-807 と同じように蛍光体に組織等価物質であるフッ化リチウム (LiF) を用いる TLD が採択され、 $\beta$  線と  $\gamma$  線の合計線量を測定する方針は継続される見込みである。

TLD バッジは特に大きな問題点もない個人線量計であったが、敢えて一つだけ不満な点をあげるとすれば、それは感度不足にあった。特に



図 1 TLD バッジの写真

上段左から：TLD バッジ、体幹部不均等被ばく管理用 TLD バッジ、一時立ち入り者用 TLD バッジ。下段左から：UD-809、UD-808、指リング形線量計ケースと UD-807。

$\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$  は、線量測定では優れた性能を発揮する一方で、 $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  に比べて感度がかかなり低く、低線量域での測定値の統計変動が大きい。一般に  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$  は製造が難しいとされ、LiF と異なり高感度化に関する基礎研究が国際的にもあまり行われてこなかったのが残念である。

## 5. おわりに

核サ研において 1982 年から作業者の個人被ばく管理に使用してきた TLD バッジについて、その開発経緯を振り返るとともに、これまでの運用で得られた知見を紹介した。本線量計は、2023 年 10 月から段階的にその運用が中止され、認定を受けた民間の個人線量測定サービス会社の供給する個人線量計に切り替わる予定である。約 40 年もの長きにわたって TLD バッジを使い続けることができた理由の一つに、組織等価な TLD を用いて所定の深さでの線量を直接測定するというその設計が、ICRU の提案した 1cm 線量当量などの実用量に合致し、特に  $\gamma$  線と  $\beta$  線の線量測定において大きな強みとなっていたことがあげられる。そうした一方で、ICRU は近年実用量の見直しを行い、1cm 線量当量で代用するのではなく実効線量をそのまま実用量のように利用することを提案した [6]。これは実用量の大幅な定義変更であり、これまで TLD バッジで是としていたその設計は、新しい実用量ではむしろ不都合なものになる。実用量の定義変更と核サ研での線量計変更とは、偶然のタイミングの一致であるが、一つの時代の移り変わりを象徴するもののようにも見える。

## 参考文献

- [1] 日本適合性認定協会, JAB RL 380 (2020).
- [2] 動燃技報, 81, 8-14 (1992).
- [3] 石黒秀治, 武田伸荘, 保健物理, 16, 305-316 (1981).
- [4] ICRU, ICRU Report 43 (1988).
- [5] N. Tsujimura et al., Radiat Prot Dosim 125, 383-386 (2007).
- [6] ICRU, ICRU Report 95 (2020).

## 計測グループの業務紹介

計測グループは、事業推進部に属し主な業務として、原子力施設の安全管理のための放射線・放射能測定等の業務と一般（企業又は個人）の方々からの依頼による試料及び環境の放射線・放射能の測定・分析を行っています。これらの業務について、簡単に説明します。

### (1) 原子力施設の安全管理のための放射線・放射能測定

#### ① 施設の放射線管理

放射性物質を取扱う施設などの放射線管理を行っています。管理区域などの線量測定や汚染の有無、空气中放射能の測定、施設の排気・排水中の放射能濃度測定、管理区域から物品を持ち出す際の汚染検査を行っています。

#### ② 放射線管理用試料などの測定

施設の放射線管理用試料（排気フィルタ、排水など）及び施設周辺の環境試料（海水、海底土、海産物、農産物など）の放射能測定を行っています。これらの放射能測定については、ガンマ線放出核種はGe半導体検出器を用いた $\gamma$ 線スペクトロメトリによる核種分析、ベータ線やアルファ線の測定はガスフロー比例計数装置、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 測定は液体シンチレーション計数装置を用いて実施しています。また、試料測定に用いるGe半導体検出器およびガスフロー比例計数装置などの校正試験も行っています。

#### ③ ストロンチウム及びプルトニウムの分析測定

施設の排気、排水試料については $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ の分析を、環境試料の海水、海底土、海産物、農産物などについては $^{90}\text{Sr}$ 分析を行っています。また、一部の環境試料については $^{239+240}\text{Pu}$ 分析も行っています。

#### ④ バイオアッセイ

放射線業務従事者の内部被ばく管理として、体内への放射能の取り込みの有無を確認するため、尿中の、全ベータ、全アルファ、トリチウム、天然ウランの濃度測定を行っています。全ベータ、全アルファ、トリチウムの放射能測定には②で述べた測定装置を用い、天然ウランの濃度測定には、ICP-MS（誘導結合プラズマ質量分析法）を用いて実施しています。

### (2) 一般の方々からの測定依頼への対応

#### ① ガンマ放射能測定

放射性物質の多くは、決まったエネルギーのガンマ線を放出しますので、この数を測定することにより放射性物質濃度を正確に求めることが出来ます。鉱石、土壌等の環境試料に含まれるガンマ線放出核種をGe半導体検出器を用いて測定し、検出された核種ごとに放射能濃度を報告します。

#### ② 全ベータ・全アルファ放射能測定

ベータ線やアルファ線は、物質に吸収されやすいことから、正確な放射能を測定するためには抽出分離など特別な処理が必要となります。処理済みの試料から放出されるベータ線、アルファ線をガスフロー比例計数装置を用いて測定し、全ベータ及び全アルファ放射能濃度として報告します。対象とする試料は、スミヤろ紙、水試料（蒸発乾固）等、種類が限定されます。

#### ③ ガンマ線の線量率測定

各種試料、土地、建物等のガンマ線量率の測定では、対象物から放出されるガンマ線をエネルギー補償型NaI (TI) シンチレーションサーベイメータを用いて測定し、BG（バックグラウンド）を含んだ1cm線量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）の測定結果を報告します。

現在、一般からの測定依頼は企業からが殆どで、放射線管理に関連した試料（スミヤろ紙等）や製品の原料に含まれる放射能測定を行っています。また、企業からの依頼に限定されますが、バイオアッセイ（全アルファ、天然ウラン）も行っています。

その他の業務では、作業環境測定機関として、労働安全衛生法で義務付けられている作業環境測定その他、加速器施設や原子炉施設等の建設前に行う施設周辺のバックグラウンド調査、空間線量率の核種組成調査なども実施できます。

以上の分析・測定等の内容は、電話又はEメールでお問合せ下さい。また、測定依頼に関する詳細な情報については、当協会のホームページ（<http://www.irm.or.jp>）をご覧ください。

担当：事業推進部計測グループ

E-mail：keisokuka@irm.or.jp

Tel：029-282-6761 Fax：029-282-0466

# 「第9回 放射線計測専門家会合」を開催

(公財) 放射線計測協会 事業推進部 研修・普及グループ

## 1. 概要

令和5年2月10日(金)、航空会館(東京都港区新橋)において、「第9回放射線計測専門家会合」を開催した。今回の会合は、新型コロナウイルス感染症が感染拡大した影響のため3年ぶりの開催となった。また、その間に会議形式も様変わりし、会場での講演に加えオンラインで講演を配信するハイブリッド形式を試みる会合となった。

今回はテーマを一つに絞らず、昨今の興味深い二つのテーマについて、放射線計測に関連する専門家や学識経験者の方々に講演頂き、さらなる情報共有と理解を深める機会とした。前半は、医学分野における放射線利用、放射線検出器について、がんなどの診療や治療の進歩及び最新の放射線検出器の現状について理解を深めることを目的とした。後半は、ICRUレポートにより放射線防護の実用量に関する概念が変わるため、その内容と導入に係る課題について様々な議論を行った。

## 2. 講演の内容

以下に講演テーマ、講演者及び質疑応答の概要について示す。

### 【講演1】「核医学と放射線測定器の現状」

東北大学サイクロトロン・

ラジオアイソトープセンター 渡部 浩司氏

はじめに、核医学とは、放射性同位元素やその化合物の生体内、試験管内の挙動を追跡し、診断・治療を行う医学分野であることの説明を始め、核医学に使用される主なPETやSPECTの歴史や原理・特徴について紹介があった。また、原子よりさらに小さな原子核からの信号を生体外から観測するためのシンチレーション検出器及び光電子増倍管、現在も使用されている半導体放射線測定器を使用した装置についての説明があった。セラノスティックスという「放射線・核医学診断」と「放射線・核医学治療」を融合した新しい診断・治療技術の紹介もあり、今後は核医学がより普及していくことが予想され、そのため、治療に特化した放射線検出器も開発が進むと考えているという今後の動向についても説明があった。

#### 【主な質疑応答】

**Q:** シリコンフォトマルのほうが、装置の小型化に貢献する気がするが、利用が進まなかった原因はなぜでしょうか。

**A:** シリコンフォトマルは、確かにボリュームを小さくすることはできたが、その後の回路系と冷却系のボリュームが大きく、結果として従来のPET装置より小型化にはつながらなかった。ただし、脳専用のPET装置についてはシリコンフォトマルの技術がつかわれて小型化されている実績がある。集積回路技術が進めばさらに小型化が進むとも認識している。

**Q:** コンプトンカメラがあれば、SPECTにおいてコリメータを必要としないことも考えられるが、コンプトンカメラによる今後の展開などをご教授頂きたい。

**A:** コンプトンカメラも古くからある検出器で技術が進んで着目されている。コンプトンカメラもPETと同じ同時計測を利用しているが、高エネルギーの $\gamma$ 線を対象としているので、検出器を透過してしまうことにより、むしろ感度という点ではSPECTと変わらないか劣る程度である。しかし、コンプトンカメラの開発は日本でも進められていて今後、仕様などが明確になりさらに技術が進んでいくと考えている。

### 【講演2】「ICRP/ICRUレポート」について

国立研究開発法人産業技術総合研究所 黒澤 忠弘氏

ICRU report95が発行され、実用量の定義自体が大きく変わった。大きく変わった点は、実用量が、防護量である実効線量等を直接反映することになったことである。この結果、これまでの実用量を設定するためのファントムはICRU球やスラブファントムであったが、それが実効線量計算に用いられるボクセルファントムとなる。また、確定的影響とされる皮膚線量・水晶体線量についてはシーベルトではなくグレイ(吸収線量)を用いることとなる。これらに係る内容と、新しい実用量の導入による実際の影響について紹介があった。

#### 【主な質疑応答】

**Q:** 実用量と防護量がほぼ同じ値となり、安全側のマージンがないとなっているが、実効線量として最大となる入射方向の換算係数を採用していれば安全側とはならないのか。

**A:** 周辺線量では、安全側の評価になると思うが、個人線量の場合はどう解釈していくかが課題である。

**Q:** 90年勧告の場合は、スムーズに取り入れられた記憶があるが、今回、実用量の変更が必要であると考えられた大きな理由は何か。

**A:** 現在の実用量が取り入れられる際も、様々な議論があったと聞いている。今回は特に、中性子の高エネルギー領域において実効線量を適切に評価できるようにすること等が目的の一つと認識している。



本会合の講演資料は、当協会のホームページでご覧いただけます。

## 退任のごあいさつ

相談役（前専務理事） 村上 博幸

本年3月31日をもって専務理事を退任致しました。同職在任中におきましては、関係機関の方々をはじめ、評議員、役員及び職員の皆様にご多大のお世話になりました。心より御礼申し上げます。

私が同職に就任致したのは平成27年6月でした。当時は東日本大震災から4年目にあたり、未だ福島第一原子力発電所事故の余韻が強く残っている時期で、福島県内の関連機関からの様々な試料の放射能測定や福島県内に配備された種々の放射線測定器の点検校正などのいわゆる福島関連業務が大きなウェイトを占めておりました。就任後、協会において上述のような業務に接するうち、一般の方々や現場において直に放射線に向き合う方々の放射線に対する理解や知識の向上に関わる活動の重要性を改めて痛感致しました。このため、研修・知識普及及事業の強化を図ることを協会における一つの課題とし、eラーニングへの取組み、原子力防災研修事業への参入、さらには簡易放射線測定器の貸出活動など、いろいろなことにチャレンジしながら事業内容の充実と実施形態の多様化を図って参りました。関係した職員の方々には、たびたび大変な業務をお願いしたこともありますが、その都度全力で対応していただいたことに感謝し

ております。

さて、在任中最大の出来事は新型コロナウイルス感染症の流行でした。何度か繰り返された緊急事態宣言及びまん延防止等重点措置、並びにそれに基づく行動制限等の実施により、事業に大きな影響が出るのが懸念されましたが、茨城県や原子力機構が決定した感染防止対策を徹底することなどにより、幸いにも流行期の3年間を通して感染者や濃厚接触者になった職員等はごく少数で、一部の研修事業を除き事業運営への影響を小さく抑えられたことは幸いでした。

ところで私自身、正直なところ、就任時には短期間で任期を終えるつもりでしたが、諸事情により結果的に今までどの先輩方よりも長くなってしまいました。8年近くにわたりこの重責を大過なく果たして来られたことは、ひとえに協会の役職員をはじめ関係者の皆様方のご指導、ご支援があったからこそであり、改めて厚く御礼申し上げます。

最後に、今後も協会が吉澤新専務理事のもと、我が国における原子力や放射線利用の動向に対応して放射線測定の信頼性の維持・向上と放射線計測技術の進展に貢献する機関であり続けるとともに、さらなる発展を遂げていくことを心より祈念し、退任のご挨拶とさせていただきます。

## 就任のごあいさつ

専務理事 吉澤 道夫



この度、令和5年4月1日をもって専務理事を拝命しました吉澤です。

私事で恐縮ですが、前職の日本原子力研究開発機構（旧日本原子力研究所時代を含む）では、放射線標準施設（FRS）におい

て約25年間にわたり放射線計測・校正技術の開発等に従事していました。FRSは、放射線計測協会が校正事業を実施している施設ですので、当時は当協会のメンバーとも一緒に仕事をしていました。ここしばらくは保安・安全管理全般を担当しFRSから離れていましたので、今回、放射線計測協会に働くこととなり、再び古巣に戻れたような感覚で嬉しく思うと同時に、早く学び直さねばと身が引き締まる思いであります。

さて、国内の状況を見てみると、原子力・放射線分野に大きな変化が訪れています。原子力分野では国がカーボンニュートラルに向けたGX（グリーントランスフォーメーション）戦略の中に次世代革新炉の開発を含めた原子力の積極的推進を掲げました。これにより、これまで滞っていた原子力に関する様々な活動が動き出すと思いますが、それには安全・安心の確保が大前

提です。国民の原子力への不安の一つが放射線の影響に関するものです。五感に感じない放射線のレベルに見える化するのが放射線計測の大きな役割であり、その計測値の信頼性確保と正しい解釈が重要です。また、放射線安全分野においては、放射性同位元素等規制法における測定の信頼性確保が本年10月1日にいよいよ施行となります。これにより、放射線の測定に用いるサーベイメータ等の点検・校正が全てのRI事業所に義務づけられることから、放射線計測器の校正事業者の役割が今以上に重要になると考えます。さらに、国際放射線単位・測定委員会（ICRU）が、放射線防護で用いる実用量について大きな変更を提案しました。この導入はまだ先になりそうですが、変更の影響評価や導入等に向けた検討を進める必要があります。

このように放射線計測とその信頼性確保、そして測定値の正しい解釈等の重要性が増しています。一方、放射線計測関連の知識・技術は未だ専門性が高いものであるのが現実です。このため、当該分野の専門家集団である当協会が果たすべき役割は益々重要であり、放射線計測・校正技術を通じて社会の安全・安心に貢献することに全力を注いでいきたいと考えます。今後とも皆様方の益々のご指導、ご支援を賜りますよう宜しくお願い申し上げます。

# 令和5年度事業計画と収支予算(抜粋)

令和5年度事業計画・収支予算の概略を紹介します。(全文は協会のホームページ <http://www.irm.or.jp>で公開しています。)

## 事業計画

公益財団法人放射線計測協会(以下、当協会と記述)は、原子力及び放射線利用による社会の発展並びに安全・安心な社会の実現に寄与することを目的に、放射線計測の信頼性向上に係る事業、事業によって得られた技術成果の活用及び放射線に係る知識の普及・啓発活動などを行う。

約3年間続いている新型コロナウイルス(コロナ2019)感染症による社会の混乱は漸く落ち着きを見せ、行動制限等の対策も緩和されつつある。コロナ2019は、令和5年5月には感染症法上の「新型インフルエンザ等感染症」から5類感染症へと分類変更される見通しであり、協会事業への影響が大きい原子力機構における施設の利用制限は遅からず緩和されることが期待される。ロシアのウクライナ侵攻を端緒とした世界的エネルギー情勢の変化により、我が国では安定電源として原子力発電の価値が見直されつつある。国も東日本大震災後に停止した原発の再稼働促進を決定し、さらに老朽化した原発のリプレイスや次世代原発研究開発の強化の方向に踏み出している。このような状況は、協会が実施する事業にとっては追い風である。一方、コロナ2019とウクライナ侵攻が世界にもたらした経済混乱は大きく、今後予想される有意なインフレは財務基盤の弱い協会の業務と経営に少なからず影響を与える可能性がある。

上記を踏まえ令和5年度においては、我が国における原子

力・放射線関連事業の動向、特に放射線計測機器の利用動向の変化とそれによる協会の関連業務への影響を的確に把握しながら、公益目的事業としての「放射線計測の信頼性確保に係る事業」を着実かつ積極的に実施していくこととする。

「放射線計測に係る調査・試験研究及び技術開発」の業務では、放射線標準の移行に係る技術的基盤の整備や新しい放射線測定器校正手法の開発を継続的に実施する。また、放射線関連分野での新たな業務範囲の拡大について引き続き検討を行う。

「放射線計測器の校正、基準照射、特性試験及び放射線・放射能の計測」の業務では、国、地方公共団体、原子力研究機関、産業界等にトレーサビリティを確保した品質の高い校正サービスを提供する。また、原子力・放射線施設等で発生する各種の試料中放射能の分析・測定や放射線管理計測等の業務を着実に実施し、施設や周辺環境における放射線安全確保に寄与する。

「放射線計測に係る研修及び普及」の業務では、放射線管理及び放射線計測に係る技術者養成のための研修、並びに放射線業務従事者教育訓練を実施するとともに、国、地方公共団体等のニーズに即した放射線教育や原子力防災に係る研修等、幅広い放射線知識の普及活動を実施する。また、放射線計測に係る専門機関として、関連する最新の技術的知見の獲得と普及発展に貢献するための活動を実施する。

## 収支予算(正味財産増減予算書)

令和5年4月1日～令和6年3月31日

(単位:円)

科目	当年度	前年度	増減
I 一般正味財産増減の部			
1. 経常増減の部			
(1) 経常収益			
基本財産運用益	1,000	1,000	0
特定資産運用益	2,000	6,000	△ 4,000
事業収益	312,411,000	314,862,000	△ 2,451,000
雑収益	0	0	0
経常収益計	312,414,000	314,869,000	△ 2,455,000
(2) 経常費用			
事業費	287,515,094	295,637,942	△ 8,122,848
管理費	28,830,906	24,660,058	4,170,848
経常費用計	316,346,000	320,298,000	△ 3,952,000
当期経常増減額	△ 3,932,000	△ 5,429,000	1,497,000
2. 経常外増減の部			
(1) 経常外収益			
経常外収益計	499,000	499,000	0
(2) 経常外費用			
経常外費用計	0	0	0
当期経常外増減額	499,000	499,000	0
当期一般正味財産増減額	△ 3,433,000	△ 4,930,000	1,497,000
一般正味財産期首残高	197,318,956	199,701,720	△ 2,382,764
一般正味財産期末残高	193,885,956	194,771,720	△ 885,764
II 指定正味財産増減の部			
当期指定正味財産増減額	0	0	0
指定正味財産期首残高	0	0	0
指定正味財産期末残高	0	0	0
III 正味財産期末残高	193,885,956	194,771,720	△ 885,764

## 令和5年度 研修講座のご案内

講座名		開催期間	講座の目的
定期講座	原子力教養講座	第39回 7月12日～7月14日 第40回 12月13日～12月15日	原子力の基礎的な知識を身につけることを目指す。
	原子力防災入門講座	第8回 11月21日～11月22日	原子力防災活動に必要な放射線(能)に係る基礎知識の習得を目指す。
	放射線管理入門講座	第92回 5月29日～6月2日 第93回 9月11日～9月15日 第94回 1月22日～1月26日	放射線管理業務に関する基本的知識の習得を目指す。
	放射線管理計測講座	第138回 6月19日～6月23日 第139回 10月16日～10月20日	放射線管理業務の中級程度の知識、技能の習得を目指す。
放射線業務従事者教育訓練		初期教育・再教育共に原則として各々月1回開催 *オンラインで実施致します。 *初期教育、再教育6時間コースは同日開催、再教育2.5時間コースは別日程で開催致します。 *開催日は当協会ホームページを参照、またはお問合せ下さい。	
講師派遣		放射線教育、放射線取扱主任者受験準備講座、原子力防災に係る研修など。	
<p>開催場所：公益財団法人 放射線計測協会 会議室等            募集人員：定期講座 16名、放射線業務従事者教育訓練 30名程度            申込方法：当協会ホームページ <a href="http://www.irm.or.jp">http://www.irm.or.jp</a> から直接お申込み下さい。            担当：研修・普及グループ TEL：029-282-0421(直) 受付時間9：00～17：30            ※参加申し込み人数によっては、講座の開催を中止する場合があります。            ※詳しくはホームページを参照またはお問い合わせ下さい。</p> <p>&lt;お知らせ&gt;            研修講座につきましては、上記ご案内のとおり実施する予定ですが、新型コロナウイルス感染拡大の状況により、定期講座など集合による研修については、やむを得ず中止とする場合もございます。            今後のご案内につきましては、随時、当協会ホームページで発信して参りますので、研修情報をご参照下さい。皆様におかれましては、引き続きご理解ご協力を賜りますようお願い申し上げます。</p>			<p>簡易放射線測定器を無料(運送費含む)で貸し出します。            最大10日間(輸送期間含め2週間程度)詳しくはホームページをご覧ください。  <a href="https://www.irm.or.jp/hukyu_2.html">https://www.irm.or.jp/hukyu_2.html</a></p>  <p>お申込みはこちらから</p>

## 人事往来

退任 (R5.3.31)  
専務理事 村上 博幸

就任 (R5.4.1)  
専務理事 吉澤 道夫  
相談役 村上 博幸

## 編集後記

新型コロナウイルス感染症が日本国内で検知されてから約3年が過ぎ、3月13日にはマスクの着用は個人の判断に委ねられ、5月からはコロナ感染症が2類相当から5類に移行する方針が政府より発表されました。

アフターコロナに向けイベント・旅行といったレジャーについてもコロナ前に戻りつつありますが、本号で紹介した「第9回 放射線計測専門家会合」についても会場での講演とオンラインで講演を配信するハイブリッド形式により、3年ぶりに開催する運びとなりました。

この会合では、「核医学と放射線測定器の現状」と「ICRP/ICRUレポートについて」の興味深い二つのテーマについてご講演をいただき、専門家による意見交換や情報共有などを通じて理解を深めることができました。

当協会では、専門家会合や本ニュースに掲載を希望されるテーマ、当協会に対するご意見・ご要望等を広く募集しております。メール・FAX等でご連絡いただくと幸いです。

放計協ニュース No. 71 Apr. 2023

発行日 令和5年4月15日

発行編集 公益財団法人 放射線計測協会

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

TEL：029-282-5546 FAX：029-283-2157

E-mail：kensyuka@irm.or.jp

ホームページ：http://www.irm.or.jp