



Photo Wakana Fujisaki

Index

Glass Gas Electron Multiplierの 信号読み出しと高精度化……………	高橋 浩之	1
空港保安検査時の線量調査に関する 検討委員会報告について……………	牧 大介	6
〔コラム〕 84th Column 【福島から始まる日本の未来 ～「科学と社会」の歩調で未来を考える～】……………	中川 恵一	11
〔コラム〕 第3回 【放射線影響科学の展開】……………	佐々木康人	12
FBNews編集委員のご紹介……………		17
「FBNews」総合目次 その53 (No.577～588)……………		18
〔サービス部門からのご案内〕 ガラスバッジを洗濯してしまった！こんなときは……………		19

*誌名の「FBNews」は、弊社が行っていた「フィルムバッジ(FB)」による個人線量測定サービスに由来しています。

Glass Gas Electron Multiplierの 信号読み出しと高精度化



高橋 浩之*

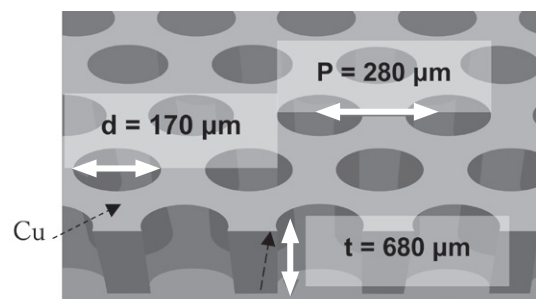
1. はじめに

気体を用いた放射線検出器は、安価に大面積の検出器を製作することや、放射線による材料損傷の問題を回避することができるため、有用な計測技術の一つである。そのため高エネルギー物理学などを中心として大面積をカバーするイメージングなどに利用されてきた^[1]。一方、イメージングへの応用を考えた場合には、半導体検出器と比較して、空間分解能の点で劣るために、最近ではあまり利用される機会がなくなっている。この問題を改善しようと、気体放射線検出器においても、微細加工技術を用いて高精度化を行い、空間分解能を高めようとする試みがあり^[2]、そのようにして製作された検出器をマイクロパターンガス検出器 (Micro Pattern Gas Detector : MPGD) と呼んでいる。我々がこれまでに開発してきた Glass Gas Electron Multiplier (G-GEM)^[3-5] は微細加工技術により穴径 数100 μm 以下の多数の微小な貫通孔を形成した特殊なガラス基板を形成し、基板両面に高電圧を印加することで、貫通孔に電気力線を集中させ、生じた強い電場により、2次電離を起こさせることで、信号増幅を行う比例計数管である。本検出器においては、多数の細孔がそれぞれ独立した比例計数管として動作するため、高い空間分解能を得ることができる。また、ガラス基板は絶縁性に優れるため、細孔中に高い電場を導

入し、大きなガス増幅度を得ることができるなど、有望な検出器技術である。東京大学においては、これまで、本検出器の考案から始めて、280 μm ピッチの検出器構造を用いて原理実証を進めてきたが、このたび、国立研究開発法人科学技術振興機構 (Japan Science and Technology Agency : JST) の経済安全保障重要技術育成プログラム (K Program) のミュオン測位システム開発に関する研究課題に採択され、100 μm ピッチ程度までの微細化を行い、また、信号読み出し回路の新規開発を行うことで、安定したイメージング装置としての完成度を高めて測位システムの実用化を図る研究を実施している。

2. G-GEMの構造と信号読み出し

図1にG-GEMの構造の一例を示す。GEMの穴の内部に電気力線が集中することで強い



Photosensitive Etchable Glass (PEG3)

図1 G-GEMの構造

* Hiroyuki TAKAHASHI 特定非営利活動法人放射線安全フォーラム 理事長

電場が生じており、ちょうど比例計数管の芯線近傍のように電気力線が集中した部分で電子雪崩増倍が生じる。本構造においては、検出器を構成する各部の機械的な強度が十分高く、高電圧印加時の変形は生じないために、穴のピッチを小さくとして、平板状の検出器を構成し、高い空間分解能を実現することが可能である。

本研究においては、最新の微細加工技術を

用いたG-GEMと専用集積回路（Application Specific Integrated Circuit：ASIC）^{エイシック}を組み合わせることで、検出器の小型化と低コスト化を実現することを考えている。G-GEMはガラス材料であるために、計数ガスを導入した後に封じ切りで半永久的な動作が可能であり、特にコンパクトな検出器^{シーモス}を実現する技術として有望である。当初はCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor：相補型金属酸化

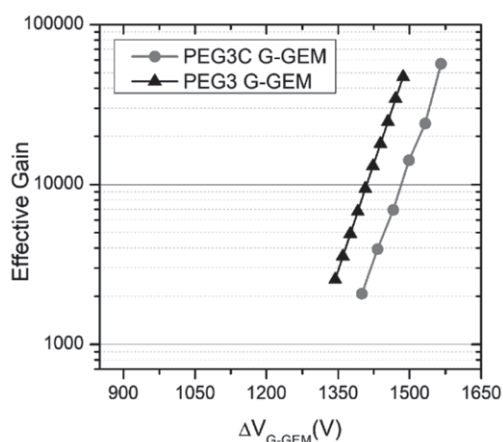


図2 Ar/CH₄ガスに対するガス増幅度

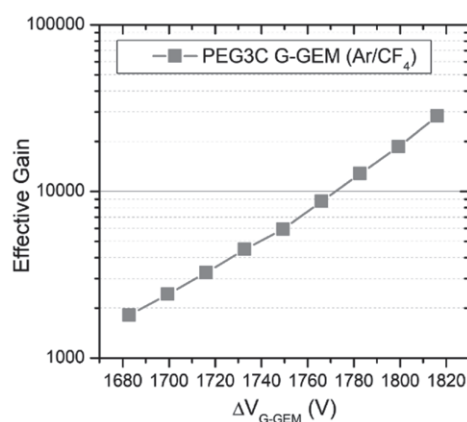
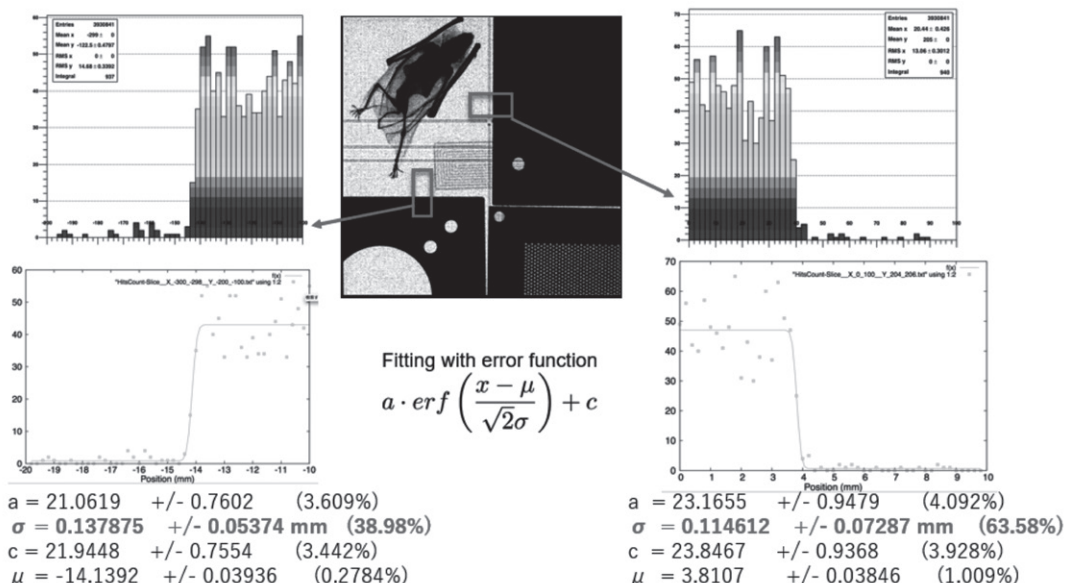


図3 Ar/CF₄ガスに対するガス増幅度



Spatial resolution $\sigma = 110 \sim 130 \mu\text{m}$

図4 G-GEMにより得られた5.9keVのX線による透過画像と位置分解能

膜半導体) ASICは、フラットパネル検出器用に開発された商用のものを用いて進め、封じ切りのG-GEM検出器を製作し、2枚重ねてミュオンの入射方向を検知することを計画している。

G-GEM検出器においては、図2、図3に示すように、^{アルゴン/メタン}Ar/CH₄または^{四フッ化メタン}Ar/CF₄混合ガス中で2種類の異なるガラス基板PEG3 (HOYA株式会社製の感光性ガラス)、PEG3C (PEG3を結晶化したガラス) から製作したG-GEMのガス増幅度の測定を行ったところ、いずれも20,000以上の高いガス増幅度をもつことが示され、ミュオン計測用の比例計数管として、十分な性能が得られている。

また、MWPCを開発した欧州原子核研究機構 (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire : CERN) にG-GEMを持ち込み、CERNにおいて開発されたSCALABLE READOUT SYSTEM (SRS) を用いて、5.9 keVのX線によるイメージングを行った試験結果においては、図4に示すように、位置分解能として、110-130 μ m (RMS : 実効値) の分解能が得られている。

3. 医療用フラットパネル検出器用に開発された読み出し回路を利用したG-GEMの信号読み出し

G-GEMの信号出力はミュオンの場合、数

10fC (フェムトクーロン : 電気量の単位) 程度の大きさになると見積もられる。この大きさの電荷信号を雑音と十分分離することが可能な電荷増幅器として、等価雑音電荷は数1,000電子以下の増幅器を実現することが必要である。また、信号のフィルタリングを行う増幅回路を通した後、電荷情報を保持し、128ch~512ch程度の多数のチャンネルの信号を読み出す必要がある。これを密封型のカステンバの内外に通すのは、非常に困難であるため、カステンバ内部にマルチプレクサを設置して、信号を切り替えて読み出し、外部のAD変換器に接続しデジタル値として読み出すところまでを実現することが必要である。なお、G-GEMと直接接続する多チャンネルの電荷増幅器とマルチプレクサ回路については、CMOS-ASICを用いて実現するが、計数率が低い場合は、医療用フラットパネル検出器 (Flat Panel Detector : FPD) 向けに供給される商用のチップが利用可能である。過去にはFPDを光読み出しに用いて、Ar/CF₄ガスにおいてガス増幅の際に生じる蛍光をG-GEMで発生させて2次元読み出しを行った例^[6]がある。しかし、最終的に電荷を読み出すのであれば、実際にFPDに組み込まれているフォトダイオードや薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor : TFT) など不要であり、そのような余分な要素を除いて、読み出し回路のみを組み込む方が合理的である。

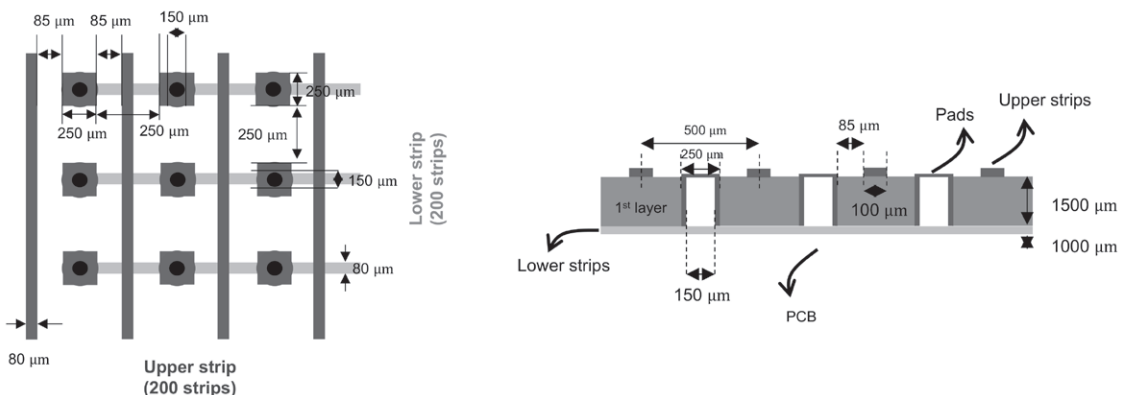


図5 読み出し電極の平面図(左)と断面図(右)

アナログデバイス社のAD8488は128chの電荷増幅器・ローパスフィルタ回路・マルチプレクサ・1chの差動出力回路からなる構成であり、フィルタ時定数は0, 0.5, 1.0, 1.5 μ sから選択でき、雑音レベルは993電子 (RMS) と

小さく、ミュオン飛跡に沿った信号の分布を測定することも可能である。電荷増幅のゲインは2.3V/pCで用いる。本集積回路は医療診断に用いられるFPD用に開発されたものであり、本来はパルス計数回路用ではなく、電流

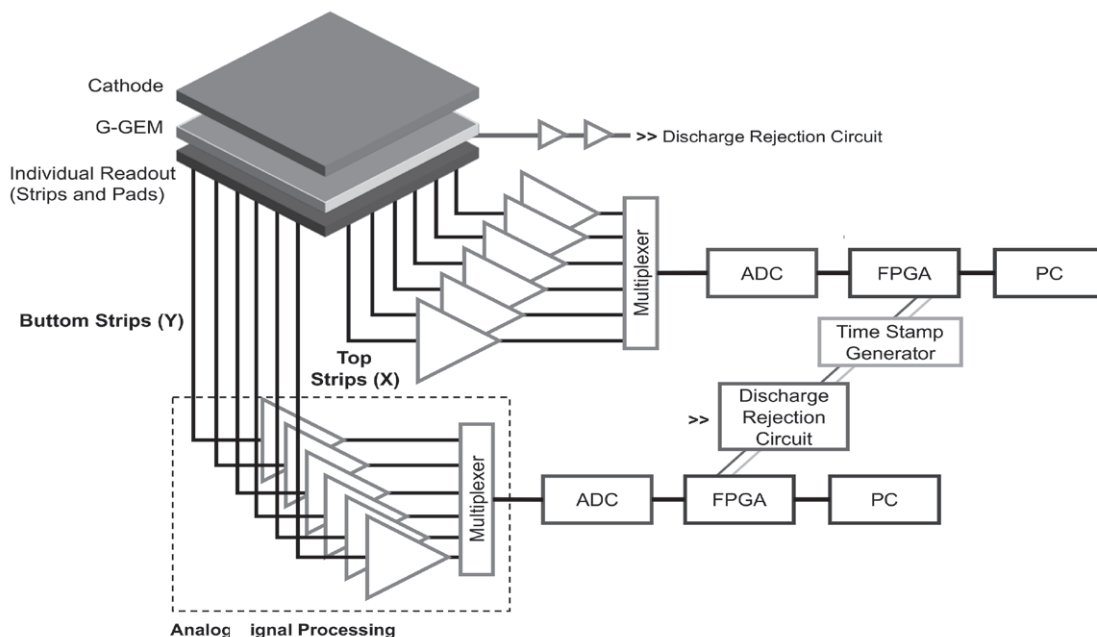


図6 検出器からの信号読み出し回路構成

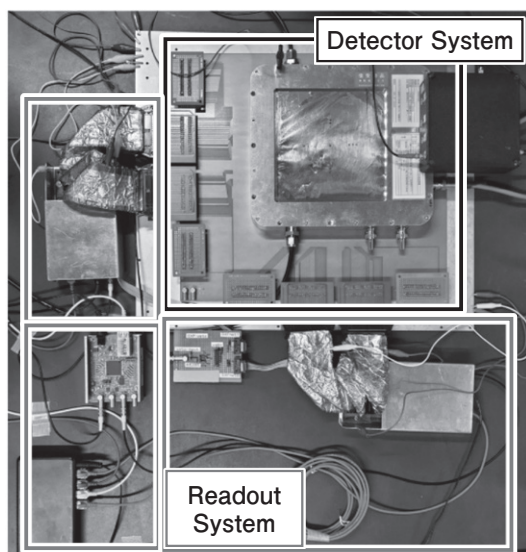


図7 AD8488を用いて構成した読み出し回路

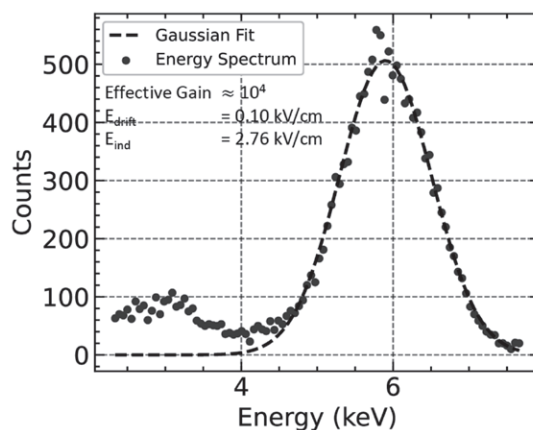


図8 AD8488を用いて測定した波高分布

積算型の回路構成となっているが、増幅度の高いG-GEMと組み合わせた場合、1個のパルス信号でも十分大きな電荷信号を生成するため、信号読み出し周期を100 μ s程度として、検出器に入射する放射線の計数率と比べて十分高速な信号読み出しを行うことで、実質的にその間に入射したパルス信号の計測が可能となる。実際にそのようにして、予備的な試験として図7に示す外部モジュール型の読み出し回路を製作してG-GEM検出器からAD8488を介して信号を読み出し、5.9keVのX線から得られた波高分布スペクトル例を図8に示す。5.9keVのX線に対応するピークが得られているほか、3keV付近にArのエスケープピークも見られており、G-GEMを用いたX線のパル

ス計数が可能となっていることがわかる。図9はSr-90からの β 線を用いてU字の透過像イメージを取得したもの、図10は同様にして鍵で遮蔽された画像を取得したものであり、オートラジオグラフィなどの画像計測に利用することが考えられる。AD8488は17mm角256ピンのBGAパッケージ（Ball Grid Array：はんだボールを格子状に並べた半導体パッケージの一種）として供給されるが、パッケージのサイズが制約となるため、プロジェクトの中では新規チップを用いた研究開発を現在実施しているところである。

4. 結 論

本稿では、微細加工技術を用いた気体放射線検出器である、Glass Gas Electron Multiplier (G-GEM) について最近の開発状況を紹介した。医療用のFPD用に開発された読み取りチップを用いた信号読み出し回路システムを構築して、計数率が低い場合は、波高分布とイメージングを同時に実現することが可能であることを示した。今後は、新規チップの利用を進めるとともに、CMOS専用集積回路の開発も同時に進めていく予定である。

参考文献

- [1] G. Charpak, R. Bouclier, T. Bressani, J. Favier and Č. Zupanič, Nucl. Instr. and Meth. 62 (1968) 235.
- [2] A. Oed, Nucl. Instr. Meth. A 263, 351 (1988).
- [3] H. Takahashi, Y. Mitsuya, T. Fujiwara, Nucl. Instr. and Meth. A724, 1-4 (2013).
- [4] Y. Mitsuya, T. Fujiwara, T. Fushie, T. Maekawa, H. Takahashi, Nucl. Instr. and Meth. A795 156-159 (2015).
- [5] T. Fujiwara, et al., Journal of Instrumentation, 18, 10, P10025 (2023).
- [6] Y. Mitsuya, H. Miyoshi, T. Fujiwara, M. Uesaka, H. Takahashi, Nucl. Instr. and Meth. A873, 56-58 (2017).

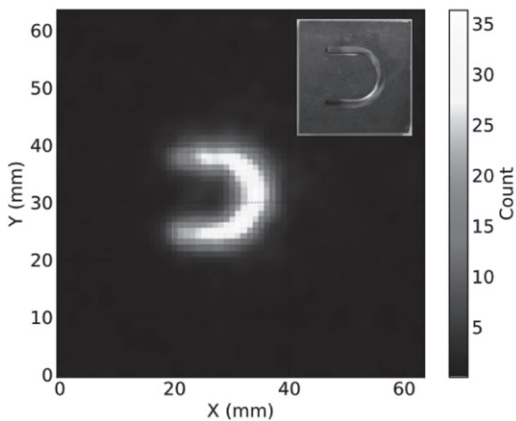


図9 β 線透過画像：U字

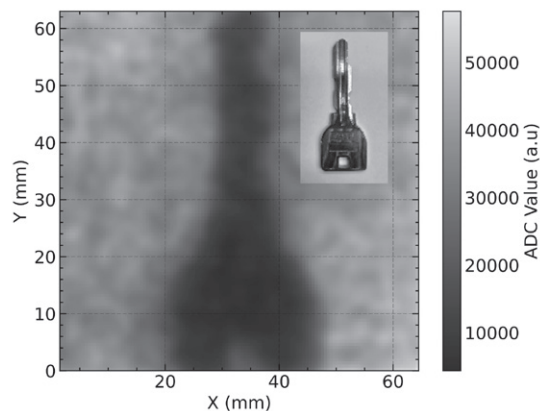


図10 β 線透過画像：鍵

空港保安検査時の線量調査に関する 検討委員会報告について

日本保健物理学会専門研究会

「受動形個人線量計の空港保安検査時の線量調査に関する検討委員会」 幹事

株式会社千代田テクノロ 大洗研究所 副所長 牧 大介

1. 背景

昨今、空港のX線保安検査装置としてCT型装置の導入が進んでいる¹⁾。受動形個人線量計を手荷物又は預入荷物に入れて保安検査を通過すると、個人線量の記録レベルに対して無視できない量のX線が照射され、放射線業務従事時の本人被ばくと関係のない「線量」が報告される事例が多数発生している。その結果、線量の妥当性を判断し、(必要ならば)線量を修正するという作業は、困難を伴うこととなる。

個人線量測定機関協議会(以下、個線協)²⁾の加盟各社はISO/IEC 17025に基づく放射線個人線量測定分野の認定に基づいた放射線個人線量測定サービスを提供しているが、ユーザーの受動形個人線量計の運用方法によっては測定の信頼性が損なわれる可能性がある。

2023年秋に改正RI規制法施行規則が施行され、放射線業務従事者の外部被ばく線量について信頼性の高い測定が要求されるになったことを鑑み、日本保健物理学会放射線防護標準化委員会(以下、標準化委員会)は、空港の保安検査を念頭に置いた受動形個人線量計持ち出しに係る運用方法に関して、ガイドラインの策定を計画している。本専門研究会は、標準化委員会が作成するガイドラインの

技術的根拠になりうる情報を提供することを目的とし、受動形個人線量計の自施設からの持ち出しに関するアンケート方式による実態調査及び空港の保安検査装置通過時の線量データの収集を幅広く行い、必要な検討を行った。本専門研究会の活動成果は、2025年9月に活動報告書として日本保健物理学会ホームページで公開された³⁾ので、FBNewsの読者各位には、ぜひご覧いただきたい。本稿では、活動報告書の内容について、特に空港のX線保安検査装置を使った照射試験の結果を中心に紹介する。

2. 専門研究会の活動

本専門研究会の活動は表1のメンバーで進めている。メンバーは便宜上、委員とコアオブザーバーに分けているが、運用上の違いはない。メンバーは調査班(文献等調査を実施)、アンケート班(アンケート調査を実施)及び照射試験班(空港の保安検査装置を使った照射実験を実施)に分かれて、各自の作業を行った。本専門研究会の会合はWEB及びハイブリッド方式(WEBと対面)で実施した。計5回の主会合をもった³⁾。

ここで、表1のメンバーを構成する一部の者が属する個線協についてご紹介する。個

表1 本専門研究会のメンバー

担 当	氏名と所属	所属班
委 員 (主査)	伊知地 猛 (電力中央研究所)	調 査
委 員 (幹事)	牧 大介 (千代田テクノル)	アンケート
委 員	犬飼 裕司 (個人線量測定機関協議会)	調査・照射試験
委 員	関口 寛 (長瀬ランダウア)	調査・照射試験
委 員	竹村 貴志 (ポニー工業)	調査・照射試験
委 員	篠崎 和佳子 (千代田テクノル)	調査・照射試験
委 員	桧垣 正吾 (東京大学)	アンケート
委 員	吉富 寛 (日本原子力研究開発機構)	アンケート
委 員	清水 秀雄 (つくば国際大学)	調 査
コアオブザーバー	萩原 雅之 (量子科学技術研究開発機構)	アンケート
コアオブザーバー	鈴木 智和 (大阪大学)	アンケート

線協は個人線量測定サービス機関相互の技術的協議団体として、旧科学技術庁の指導を受けて1984年（昭和59年）に設立され、現在、産業テック株式会社、株式会社千代田テクノル、長瀬ランダウア株式会社、ポニー工業株式会社の4社に加えて、公益財団法人放射線計測協会が協力機関として参加している²⁾。

3. 受動形個人線量計の照射試験

空港のX線保安検査装置を使った照射試験は個線協加盟各社のサービスする図1の受動形個人線量計（熱ルミネセンス線量計：TLDバッジ、蛍光ガラス線量計：ガラスバッジ及

 産業 新太郎 99999 0001 2021/05/01 X G B	 X γ β 千代田 太郎 2099 07/01-07/31 723700407003 001-3 022-7290-000 003 FSB B20	 長瀬 太郎 長瀬総合病院 放射線科 17/04/01 - 04/30 99999-AB-54321-12345678 SG
産業テック株式会社	株式会社千代田テクノ	長瀬ランダウア株式会社

図 1 個線協各社の受動形個人線量計

	
CT型装置 HI-SCAN 6040 CTiX (Smiths Detection)	従来型装置 ORION 920DX (Rapiscan systems)

図 2 CT型及び従来型のX線保安検査装置

び光刺激ルミネセンス線量計：ルミネスバッジ)を使って、照射試験班メンバーが中心となって進めた。

2024年9月に日本航空株式会社及び全日空商事株式会社の協力を得て、空港のX線保安検査装置(図2に示すCT型⁴⁾及び従来型⁵⁾)の実機を使い、図1の受動形個人線量計にX線を照射した。航空機内に持ち込む手荷物の中に受動形個人線量計が紛れ込んでいることを模擬した「荷姿」をいくつか準備して、照射した。表2は「荷姿」、試験条件及び結果の一例である。表2から以下のことがわかる。

①CT型装置に受動形個人線量計を通した場合は、その測定値は検出限界(50 μ Sv)を十分に超えたが、従来型装置に受動形個人線量計を通した場合は、その測定値は検出限界を超えなかった。

②鉛遮へい袋の遮へい効果を確認できた。しかし、CT型装置の場合は有意な測定値であった。

受動形個人線量計をCT型装置に通してしまふと、有意な測定値を記録してしまう可能性が極めて高く、鉛遮へい袋の効果は必ずしも保証されないことがわかった。

表 2 試験の「荷姿」、試験条件及び結果の一例

試験条件		線量計の数・向き				
 ビジネスバックに本と線量計を入れたものを準備した。	CT型装置 ビジネスバックをトレイに入れて装置に1回通す。	照射総個数：60個／装置 試験実施回数：2回／装置 試験1回あたりの数量：30個／装置 (線量計は3方向に向けて置いた。)				
	従来型装置 ビジネスバックをトレイに入れて装置に連続10回通す。線量計の測定値を10で割ったものを評価に使った。		TLD バッジ	ガラス バッジ	ルミネス バッジ	測定値の平均 (mSv) CT型／従来型
		上向き	3 個	3 個	3 個	0.61 / X
		下向き	3 個	3 個	3 個	0.63 / X
		側面外向き	4 個	4 個	4 個	0.68 / X

測定値の平均欄の「X」は最小報告値 (0.1mSv) 未満の意味で用いた。

試験条件		線量計の数・向き				
 鉛遮へい袋 (0.1mmPb) に線量計を入れたものを準備した。	CT型装置 鉛遮へい袋をトレイに入れて装置に1回通す。	照射総個数：12個／装置 試験実施回数：2回／装置 試験1回あたりの数量：6個／装置 (線量計は2方向に向けて置いた。)				
	従来型装置 鉛遮へい袋をトレイに入れて装置に連続10回通す。線量計の測定値を10で割ったものを評価に使った。		TLD バッジ	ガラス バッジ	ルミネス バッジ	測定値の平均 (mSv) CT型／従来型
		上向き	1 個	1 個	1 個	0.2 / X
		下向き	1 個	1 個	1 個	0.18 / X

測定値の平均欄の「X」は最小報告値 (0.1mSv) 未満の意味で用いた。

なお、個線協加盟各社の社員が航空機を利用して出張する際に、受動形個人線量計や電子式線量計を航空機内に持ち込む手荷物又は預入荷物に携行して、保安検査に伴う受動形個人線量計の測定値を調査することを行った。簡単に調査の結果を記す。往路・復路ともに受動形個人線量計をCT型装置に通した場合、1往復の出張で2 mSvを超える測定値を検出する事例が確認された。一方で、往路・復路ともに受動形個人線量計を従来型装置に通した場合、1往復の出張で最小報告値 (0.1

mSv) を超える事例が確認された。従来型装置であっても、照射されるX線の量について、空港やX線保安検査装置の型式の違いがあるようだ。

4. まとめ

個人の被ばくを記録する作業は極めて重要なもので、特に電離放射線障害防止規則では事業者 (雇用主) が個人の被ばく管理の責任

を負うものとされている⁶⁾。放射線業務従事者は自施設のみならず、共同利用等で他施設を利用することが多くなっている状況を踏まえれば、事業者は「他施設の個人線量記録を取り寄せ自施設の個人線量記録に合算する」又は「(上記の合算の手間を省くために) 自施設の受動形個人線量計を持ち出させる」のいずれかの対応が必要である。このような状況は簡単に換えられるものではなく、国家線量登録制度⁷⁾のような個人線量記録の中央登録制度が確立されるまでは、「自施設の受動形個人線量計を持ち出させる」対応が続く可能性は高い。そこで、事業者には、その管理する放射線業務従事者が空港利用する際の注意点として、特に以下の3点を周知願う。第1に、受動形個人線量計は航空機内へ持ち込む手荷物とし、X線保安検査装置の型式に関わらず目視検査を受けさせる。シンプルであるが国際的に広く行われており、和文・英文の説明文の例が専門研究会報告書に紹介されている³⁾。第2は第1の方法がだめだった場合(保安検査員からどうしてもX線保安検査装置を通すように指示された)の措置で、受動形個人線量計を従来型装置に通すことである。この場合、CT型装置に比べてX線のばくろ量が少なく、有意な測定値が出ない可能性が高い。第3は受動形個人線量計をX線保安検査装置に通さざるを得ない場合を想定して、その事前準備として、受動形個人線量計とセットで電子式線量計を準備しておくことである。保安検査においてX線ばくろの有無の確認に使用でき、事後に行うことになる受動形個人線量計の記録の修正の参考となる。さらに、訪問先での被ばく管理にも使用できる。

最後に、標準化委員会は専門研究会報告書に基づき、2025年度中に受動形個人線量計の

航空機持ち込みに係るガイドラインの制定を目指して、活動を始めた。

5. 謝 辞

本専門研究会の活動は、日本保健物理学会をはじめとする学協会、個線協、航空関係者のご協力並びに海外・国内関係者の多大なるご協力を得て進めることができました。誠にありがとうございました。

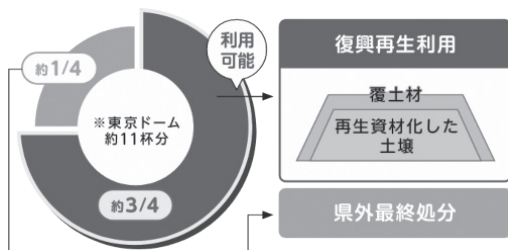
参考文献

- 1) 日本航空; JAL SMART SECURITY, Available at: <https://www.jal.co.jp/jp/ja/dom/baggage/smartsecurity/?msocid=2a0b203f0dc6689412f334890c2c69dd>, Accessed 9 September 2025.
- 2) 個人線量測定機関協議会, Available at: <http://www.kosenkyo.jp/>, Accessed 9 September 2025.
- 3) 一般社団法人日本保健物理学会, 受動形個人線量計の空港保安検査時の線量調査に関する検討委員会専門研究会 活動報告書, 日本保健物理学会専門研究会報告書シリーズ, Vol. 15, No.1 (2025), Available at: <https://www.jhps.or.jp/cgi-bin/report/page.cgi>, Accessed 9 September 2025.
- 4) 株式会社エス・ティ・ジャパン; HI-SCAN 6040 CTiX 製品紹介サイト, Available at: <https://www.stjapan.co.jp/products/2880>, Accessed 9 September 2025.
- 5) 全日空商事株式会社; Rapiscan systems ORION 920DX 製品紹介サイト, Available at: <https://www.anatc.com/security/product01.html>, Accessed 9 September 2025.
- 6) e-Gov法令検索, 電離放射線障害防止規則, Available at: <https://laws.e-gov.go.jp/law/347M50002000041>, Accessed 9 September 2025.
- 7) 職業被ばくの最適化推進ネットワーク国家線量登録機関検討グループ, 国家線量登録機関検討検討グループ成果報告書 職業被ばくの線量登録管理制度に関する検討結果, 原子力規制委員会 令和3年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費(放射線防護研究分野における課題解決型ネットワークとアンブレラ型統合プラットフォームの形成)事業, 2022年2月, Available at: <https://www.nra.go.jp/data/000403625.pdf>, Accessed 9 September 2025.

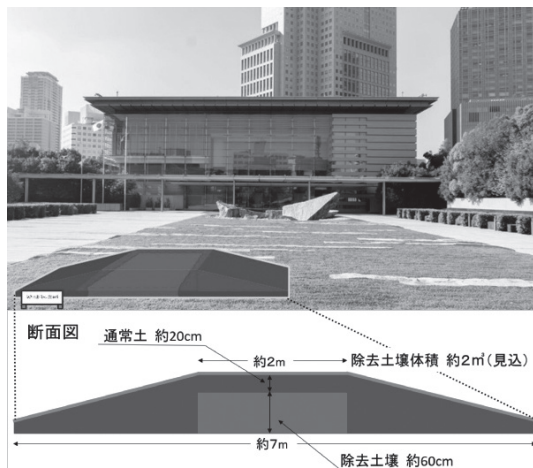
福島から始まる日本の未来 ～「科学と社会」の歩調で未来を考える～

2011年の東日本大震災と福島第一原子力発電所の事故は、私たちの暮らしや社会のあり方に大きな問いを投げかけました。福島では膨大な除去土壌が発生し、現在は大熊町と双葉町に整備された中間貯蔵施設に保管されています。その面積は渋谷区に匹敵し、総量はおおよそ1,485万㎡——東京ドーム約11杯分に相当します。施設名に「中間」とある通り、あくまで一時的な保管であり、2045年3月までに県外で最終処分することが法律で定められています。

最終処分を進めるため、国は放射能濃度が低い土の再生利用に取り組んでいます。



実施場所：首相官邸 前庭



出典：環境省 中間貯蔵施設情報サイト

再生利用される土壌からの年間追加被ばく線量は1 mSv以内に収まるとされており、健康上全く影響はありません。国連の専門機関IAEAも日本の再生利用方針を「国際基準に合致」と評価しています。ただ、科学的に安全とされても、すぐに人々が安心できるわけではありません。「理解はできても自分の地域では受け入れたくない」と感じる心理は根強く、社会全体での認知もまだ十分とは言えません。

政府は「搬入から30年以内に県外で最終処分を完了する」という責任を負い、2025年夏には5年間のロードマップをまとめました。柱は「復興再生利用」「県外最終処分」「理解醸成」の三つです。すでに首相官邸や霞が関の庁舎で再生利用が始まりましたが、量としてはごく一部にとどまっています。公共事業や盛土など、大規模な活用を進めていくことが課題です。低濃度の土壌をむやみに埋め立てずに生かすことは、資源を大切に使う社会づくりにもつながります。

思い返せば震災直後、岩手県や宮城県の震災がれきは東京都や大阪府、北九州市など全国で広域処理され、復興を後押ししました。震災から15年を迎えようとしている今、あのときの助け合いの心をもう一度思い起こし、全国で力を合わせて除去土壌の再生利用を進めることが求められているのではないのでしょうか。「助けられた人が今度は助ける側に回る」という循環が、福島復興の大きな支えになるはずです。

科学と社会の歩調をそろえること——それは数字だけで安心を語るのではなく、現場で暮らす人々の声に耳を澄ませ、土の一粒一粒にまで思いを寄せる姿勢にほかなりません。そうした小さな積み重ねが福島の復興を象徴し、日本の国土利用の未来を形づくっていく。私はそう信じています。



Column
佐々木康人

第3回

放射線影響科学の展開

1 放射線は両刃の剣ー放射線による健康障害ー

人の生活に多くの便益をもたらす放射線は人の健康障害の原因にもなる両刃の剣である。

X線とラジウムの利用が医学を中心に普及するなかで、放射線の身体障害作用も早くから認知されていた。レントゲンによるX線発見の翌年1896年にX線照射に伴う皮膚障害として、発赤、炎症、脱毛などが報告された。ラジウム線源による同様の皮膚障害が認知された。キュリー夫人から借り受けたラジウムをポケットに入れて持ち歩いたベクレルが、ラジウム直下の皮膚の難治性潰瘍に悩まされたという逸話も伝えられている。

皮膚や手を守る注意を払うようになった放射線医療従事者も体内臓器、特に血液や造血臓器への障害に気付くまでに犠牲者をだした。1924年メイヨークリニックのカーマン (Russell D. Carman, 1875-1926) らは北米放射線医学会で「放射線科医の職業的危険、特に血液変化に関して」と題して講演した。「血液および造血系が放射線で影響を受けることは、動物実験と患者ならびに放射線作業員での経験で疑いなく実証されている。」と述べた上で、X線とラジウムは本質的に同じ生物学的効果を生じ、その効果は照射の量により異なる。照射に対する感受性は細胞により異なり、精子、リンパ球、未成熟な細胞、有糸分裂中の細胞は高度に敏感であることを指摘した。

2 3大α線障害

1) ウラン鉱山作業員の肺がん

16世紀初頭に、ドイツのシュネーベルク地

方の鉱山で働く鉱夫に原因不明の肺疾患による死亡が多いことが知られていた。19世紀には、このシュネーベルク肺疾患が肺がんであることが明らかになった。20世紀になり、鉱山内の放射性ラドン濃度との関連が疑われたが、塵肺症、肺結核、ヒ素中毒など他の病因の可能性もあり、断定はできなかった。

同じエルツ山脈のチェコ側のヤヒモフは16世紀に銀山として繁栄した。銀を採り尽くした後に、ウラン鉱脈が見つかり、ピッチブレンデ（瀝青ウラン鉱）として採掘されるようになった。キュリー夫人がラジウムを分離精製するのに使用した瀝青ウラン鉱の多くはヤヒモフから供給された。1920年代末には、シュネーベルク鉱山と同じく肺がんが多発することが明らかになった。現職の鉱夫で肺がんが発見されることは稀で、被ばく後長い潜伏期を経て発症することが多かった。1940年には動物実験により放射性ラドンガスの吸入が肺がんの原因となることが証明された。800年にわたり様々な鉱物を採掘してきたこの地域はエルツ山地鉱業地域として、2019年にユネスコ世界遺産に登録された。

2) ダイアル・ペインターの骨腫瘍

蛍光塗料の中に少量のラジウム (^{226}Ra) を混ぜて夜光塗料として時計文字盤に塗る作業が1908年頃から工業化された。USラジウム社を始め、夜光塗料を時計に塗る工場が米国で普及した。細い筆でラジウムを時計文字盤に塗る作業のために若い女性労働者が多数雇用され、ダイアル・ペインターと呼ばれた。塗料を塗る前に筆先を口に含んで揃える過程 (lip,dip,paint) がありラジウムが体内に取り込

まれた。この女性労働者の中に「顎腐れ (jaw rot)」とか「ダイヤル・ペインター顎 (dial painter jaw)」と言われる難病が見つかるようになった。ハーバード大学公衆衛生学のカスル (William B. Castl, 1897-1990) らは委託を受けて従業員の協力の下で調査をした。1925年の産業衛生学誌 (Journal of Industrial Hygiene) に「ラジウムを含む夜光塗料の塗布に従事する労働者の顎の壊死」と題する論文を発表した。その中で5人の症例を詳しく検討した結果、ラジウム塗料を取り扱う従業員に見られる新しい病気であり、写真フィルムによる検査と血液所見から、放射性ラジウムへの過剰被ばくが原因と考えられるとした。マートランド (Harriossn S. Martland, 1883-1954) らが肩甲骨に発症した骨肉腫の1例について詳しく報告し、放射性ラジウムへの被ばく経路を解析し、それが原因と考えられる理由を考察した。労働災害訴訟に発展し、1928年に原告が勝訴または和解を勝ち取った。

3) 造影剤トロトラストによる晩発障害

骨や金属製異物のようにX線に不透明な物質はX線写真で明瞭な陰影として同定できるが、周囲の組織と同じ密度の臓器や組織は互いに区別できない。そこで血管や消化管、胆管、尿管などの管腔内にX線に不透明な物質を注入してX線写真を撮ると、陰影がX線写真上に写り、その走行や大きさ、内部の異常を調べることができる。この造影法に適した薬剤 (造影剤) の開発が進んだ。

1928年に二酸化トリウムゾルが気管支造影に優れていることが報告され、多くの動物実験を経て、肝脾造影、逆行性腎盂造影などに利用可能ことがわかった。1929年にはドイツのヘイデン社がトロトラストという商品名で販売を始めた。1930年代から1940年代前半まで、ドイツ、日本の軍病院を中心にトロトラストが使用された。脳血管撮影にも多く用い

られた。筆者が医師になった1964年当時、すでに使用されていなかったが、頸動脈造影法を「頸トロ」、椎骨動脈造影を「椎トロ」と呼んでいた。「トロ」はトロトラストのことで、脳血管撮影法の呼び名にその名をとどめていた。

トロトラストは二酸化トリウム (ThO_2) のコロイド溶液である。トリウムは天然の放射性物質で、放射性壊変系列を構成し、放射能の90%は α 線である。トロトラストは製作時には ^{232}Th (半減期139億年) と ^{238}Th (半減期1.9年) を含む。体内に入ったトロトラスト粒子は肝臓などにある網内系といわれる組織に取り込まれ生涯そこにとどまる。肝臓が50年間に受ける吸収線量は7-15グレイと推定されている。

1947年にトロトラスト投与12年後に肝臓の血管内皮肉腫で死亡した症例が報告され、放射線発がんが疑われた。以後トロトラスト使用患者に肝硬変、肝がんなど多くの晩発障害が報告されるようになった。国際原子力機関 (IAEA) は1965年にトロトラスト晩発障害の国際共同研究を開始し、2004年までに9回の国際会議を開催した。第8回会議 (1999年) は東京で開催された。欧州、米国、日本で8千例近くの症例が追跡調査された。

1964年に筆者が受け持ったのは63歳の女性で、微熱、全身倦怠、食欲不振を訴えて来院し、肝腫大の精密検査のために入院した。入院時の腹部単純X線写真で肝臓部に網目状の白い陰影が認められた。消化器グループ主任に相談すると即座にトロトラストの沈着と断定した。32年前に海軍病院で造影検査をした既往歴があった。その後全身カウンターによるガンマ線エネルギー分析で肝臓部の放射能を確認し、針生検で得た肝臓組織のマイクロオートラジオグラフィーでトロトラスト顆粒から出るアルファ線軌跡を撮影してトロトラスト晩発障害による肝硬変と診断した。この

症例報告で筆者は内科学会関東地方会の初舞台を踏んだ。この患者さんの導きで核医学の世界で生きることになったと思っている。

3 遺伝的影響

1927年にマラー (Hermann J. Muller, 1890–1967) が高線量のX線照射がショウジョウバエの精子に突然変異を誘発すること (人為突然変異誘発) を初めて報告し、線量と効果の直線関係を示した。1946年にノーベル賞を受賞したこの研究を契機に放射線遺伝学が発展すると共に放射線被ばくの世代を超えた影響への不安が増大した。我が国でもマウスや蚕を用いる放射線の遺伝的影響研究が活発に行われた。

動物の照射実験で見られる遺伝的影響は、広島・長崎の被爆者を含め、人では観察されていない。放射線防護の関心は遺伝的影響より発がん影響に移っている。

マラーが放射線線量と遺伝的影響の直線関係が放射線発がんにも適用されると主張したことから放射線発がんの直線しきい値なし (Linear Non Threshold : LNT) 仮説が始まり、LNTには90年の歴史があるとする解説がある。1960年代に国際放射線防護委員会 (ICRP) が原爆被爆者を含む疫学研究に基づいて、低線量放射線発がんに適用するLNTモデルの50年の歴史とは似て非なるものと筆者には思える。

4 原爆被爆者の健康調査

1945年8月6日広島に、9日長崎に原子爆弾が投下された。広島市、長崎市の当時の全人口61万人 (広島36万人、長崎25万人) のうち、21万人 (広島14万人、長崎7万人) が1945年12月末までに原爆の影響で亡くなったと推定される。

仁科芳雄らは8月8日に広島の爆心地で調査し、採取した資料を研究室に空輸して放射能

を検出した。9月には学術研究会議 (日本学術会議の前身) の学術調査団が広島・長崎の調査を実施し、原爆映画も作成された。敗戦直後で、連合国軍最高司令官総司令部 (General Head Quarter : GHQ) が調査の中止と報告書・映画の提出を命じ、公開は禁じられた。報告書と映画の公開は1953年に実現した (仁科記念財団編纂原子爆弾 広島・長崎の写真と記録、1953)。日本人による原爆に関する調査研究は占領下で禁止され、原子力・放射線影響研究の空白状態が戦後10年間続いた。GHQは1948年に原爆傷害調査委員会 (Atomic Bombs Casualty Commission : ABCC) を設置して原爆放射線の健康影響の調査を開始した。この調査は1975年以降日米共同で運営する放射線影響研究所 (Radiation Effects Research Foundation : RERF) が引き継いで実施している。

原爆被爆者の健康調査は1958年に開始された。1950年国勢調査の付帯調査として行われた原爆被爆者調査に基づき、被爆距離で層別化して抽出された約9万3千人に、対照群 (非被爆群) 約2万7千人を加えた合計約12万人が「寿命調査 (Life Span Study : LSS)」の対象となった。LSSは、対象者集団が大きく、幅広い年齢層の男女を含み、個々人の精緻な線量推定値と死亡やがん罹患などの情報収集精度が高く、生活習慣に関する情報が得られており、観察期間が60年を超えるなど、比類のない疫学調査である。その調査結果は人の放射線影響知見の中核をなし、放射線防護の規準作成に利用されている。

広島大学原爆放射線医科学研究所 (1961年創設) と長崎大学原爆後障害医療研究所 (1962年創設) でも被爆者の医療と放射線の人体影響に関する総合的基礎研究を実施している。

爆心地近くで大量の放射線を浴びた人々は強い爆風や熱の影響も受け即死、または、早い時期に亡くなった。従って、今日LSSで観

察しているのは、比較的低い線量の被ばくを生き抜いた方々の慢性または晩発性の影響であると言える。

5 核爆発実験と第五福竜丸の汚染

東西冷戦の最中大気圏内核爆発実験を米ソが競って実施し、英仏、後に中国が追従した。米国国防省と原子力委員会が合同で太平洋のビキニ環礁で実施した「キャッスル作戦」で、1954年3月1日に用いられた水素爆弾「ブラボー」はTNT火薬1,500万トン相当で、広島・長崎へ投下された原爆の千倍の威力があった。日本の遠洋マグロ漁船「第五福竜丸」は、公式の危険水域境界の64km外、ビキニの東144km地点で操業していた。ブラボーが爆発した3時間後から5時間にわたり白い灰が船に降り注ぎ、乗組員は後に「死の灰」と呼ばれる放射性降下物(fall out)を浴びた。3月14日に焼津港に帰還し、23人の乗組員は急性放射線症と診断された。東京に移送され、東京大学医学部附属病院と国立東京第一病院(現国立国際医療研究センター病院)で治療を受けた。被ばく線量は1.7-6.9グレイと推定された。久保山愛吉氏が1954年9月23日に逝去したが、残る22人は退院し、放医研で毎年健康診断を受けた。

マーシャル諸島近海で操業中の漁船1423隻が被ばくしたと報告されている。太平洋で水揚げされた漁獲物の放射能検査が行われ、992隻の漁船の漁獲物が大量に廃棄された。

被ばくした第五福竜丸は東京都立第五福竜丸展示館で永久展示し、約20分の1のレプリカが東京大学医学部附属病院と国立国際医療研究センターに納められた。

6 放射線影響科学の日本での展開

「私は日本の放射線影響研究の始まりは少

なくとも1930年代中頃に遡ると思う。理化学研究所の仁科研究室には、物理研究グループのほかに、放射線の生物影響を研究するグループがあった。」(田島英三、日本の放射線影響研究のPrehistory. 日本放射線影響学会第60回大会記念文集189頁、2017)。

占領下で抑制されていた原子力・放射線影響研究が活性化する契機となったのが広島・長崎に続き第3の原子力災害とされる第五福竜丸事件であった。緊急対策として文部省科学研究費による「総合研究」が追加され、翌年から別枠による「放射線影響研究」が開始され、その後10年間継続した。原子力・放射線・放射能の環境・健康影響の調査研究体制が急速に整備された。

1959年には国立大学に放射線基礎医学講座が設置された。日本学術会議、文部省、厚生省の提案を総合した形で、発足間もない科学技術庁所管の国立試験研究所「放射線医学総合研究所(放医研)」が1957年7月千葉県に創設された。今日の国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(QST)の前身である。

日本放射線影響学会は1959年7月に設立され、第1回総会が東大医学部講堂で都築正男会長のもと創立総会と学術大会が開催された。前年に第1回International Congress of Radiation Research(ICRR)がアメリカで開催された。「放射線影響学会」という名称には当初から異論もあったようであるが、物理学、化学、生物学、医学、環境科学などの学際的・総合的研究の推進とその発表の場として設立された。学会機関誌は“Journal of Radiation Research”と命名された。筆者が1997年に放医研所長に就任した当時は、ゲノム研究を中心に生物研究グループの活動が活発で、環境系研究は停滞気味であるとの印象を受けた。この頃環境保護運動が世界的に活発になり、国際放射線防護委員会(ICRP)では環境防護を担当する第5委員会が発足した。放医研

の比較環境影響研究グループの土居雅広氏が委員となって活躍した。

2011年3月の福島第一原子力発電所（1F）事故後放射線の健康影響、環境影響への関心が再び高まった。教育、人材養成の重要性も強調されたが、大学の放射線基礎医学講座の漸減は放射線影響研究の将来に影を落としている。

7 原子放射線の影響に関する 国連科学委員会（UNSCEAR）の活動

大気圏内核爆発実験による放射性降下物で世界中の環境汚染と一般人への健康影響のリスクが高まる中で、1955年12月3日に国連総会は「原子放射線の影響に関する国連科学委員会（United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation：UNSCEAR）」の創設を満場一致で決議した。委員会に委託した任務は、世界中の環境放射線レベルと人の被ばくを集計し、人と環境への影響研究の科学的健全性を検証した上で国連総会へ報告することであった。1956年3月に第1回会議をニューヨークの国連本部で開催した。Hammar skjöld国連事務総長（当時）は開会の挨拶で「この科学委員会は、非政治的なもので、原子放射線が人体とその環境とに及ぼす影響を明らかにすることを目的とし———」と述べた。

筆者は放医研所長としてUNSCEAR日本代表に就任し、1997年から2006年まで日本代表団を率いた。1997年当時は科学付属書「UNSCEAR 2000年報告：放射線の線源と影響」を作成しており、課題ごとに選ばれたコンサルタントが作成する文書案に対する論評、修正、追加意見を会議の席上で発言した。会議は原則として毎年5月にウィーン国際センター（Vienna International Center）内の会議室で1週間程度開催された。会議の3－4週間前に送付さ

れる文書案をUNSCEAR国内対応委員会委員が専門分野別に分担して論評した。大部の意見書を持参し、事務局とコンサルタントに手渡した。参加国（当時21か国）の対応は様々であったが、日本代表団は極めて真面目に大変な作業に取り組んだ。それが評価されたため議長職に推薦された。慣例に従い書記と副議長各2年を経て選出され、2004年5月（第52回）から2005年9月（第53回）まで議長職を務めた。2006年報告書「Source to Effects：線源から影響まで」を作成中であった。10課題のうち「放射線による非がん疾患の誘発」は初めて取り上げる課題であった。

この間、チェルノブイリフォーラムへの代表派遣、50周年事業の企画と実施、突然辞任した事務局長の選任など常にはない出来事にも対応した。日本代表団、国内対応委員会、外務省、ウィーン代表機関、科学技術庁、放射線安全委員会、放医研職員の力強い支援を得て貴重な経験をしたことに感謝している。50周年記念事業の一環として土居雅広氏の尽力により完成した過去のUNSCEAR報告書、科学的附属書のアーカイブと公開は高く評価されている。

核兵器保有国代表は議長に選ばない申し合わせのもとで、核平和利用を推進する日本代表団の果たす役割は大きい。日本代表として初めて議長を務めた熊取敏之放医研所長のご指導に感謝し、3人目の議長を務めた米倉義晴QST元理事長の労をねぎらいたい。

1F事故の報告はUNSCEAR2013年報告として公開された。「福島で将来放射線被ばくによるがんの増加は予想されない」という結論であった。詳細は内閣官房政策調査員（原子力災害専門家グループ）として、同僚の兎玉和紀氏と共著で官邸ホームページに「今日の一言」（<https://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka.html#headerArea>）として解説した。

FBNews 編集委員のご紹介

【編集委員長】



小山 重成（線量計測事業本部）

2023年7月より編集委員長を拝命し、今年で3年目を迎えました。

毎月の編集会議では、委員の皆さんとともに、読者の皆様にとって興味深く、有益な情報をお届けできるよう尽力しております。

月刊誌として4万部を発行していることに加え、2026年には創刊600号を迎える見込みとなり、改めてその継続の重みを感じております。

今後もより良い誌面づくりに努めてまいりますので、引き続きご支援・ご協力のほど、よろしくお願い申し上げます。



川端 方子（研究開発課）

今期より編集委員を拝命いたしました。誠心誠意努めてまいりますので、どうぞよろしくお願いいたします。



篠崎和佳子（線量計測技術課）

ガラスバッジをお使いいただいている現場をご紹介する施設訪問記がお気に入りです。紹介希望がございましたらご連絡ください！



高橋 英典（線量計測技術部）

線量計測事業本部の高橋英典と申します。皆様に有益な情報を提供してまいります。よろしくお願い申し上げます。



田谷 玲子（線量計測営業課）

編集委員として2年目を迎えました。今後も有益な情報発信に努めます。

【副編集委員長】



小口 靖弘（大洗研究所）

個人線量測定や職業放射線防護の業務に長年携わり、編集委員としても8年目を迎えました。長年の読者の皆様には引き続き信頼いただける情報を、新たに読者となられた皆様には日々の業務や学びに役立つ知見をお届けできるよう努めてまいります。

【編集委員】



中村 尚司（東北大学名誉教授）

東北大学在職中から編集委員を続けていて、退職後に大洗研究所の顧問をしていましたが、今は外部の委員としては最も長くやっている委員です。



野村 貴美（東京都立大学客員准教授）

重箱読みで「きよし」です。東京大学工学部で35年間、放射化学（メスbauer分光）と放射線管理の分野について主に従事していました。よろしくお願い申し上げます。



福士 政広（つくば国際大学診療放射線学科教授）

つくば国際大学教授（東京都立大学名誉教授）、ライフワークとして環境放射線の研究を続けております。



青山 伸（調査室）

放射線は、五感に訴えず、レントゲン撮影、CTでも出てこないのが馴染みがありません。如何に上手く伝えられるか日々呻吟し続けています。



野島久美恵（営業統括本部）

放射線医学総合研究所で放射線生物学等、文部科学省で生命倫理遺伝子組換え研究助成等、内閣府原子力防災原子力規制庁で原子力防災の仕事をしていました。



藤森 昭彦（原子力事業本部）

編集委員6年目になりました。電力会社に在籍していた業務経験を活かし、皆さまのご興味に刺さるような誌面作りに尽力してまいります。



東元 周平（アイソトープ技術管理部）

アイソトープ技術管理部の東元と申します。平成5年入社以来、営業活動を通じ培った経験を活かし有益な情報が提供できるよう努めて参ります。



堀口亜由美（業務部）

RI保守や作環測定に20年従事。経験を活かし読者に役立つ情報を発信してまいります。



丸山百合子（営業企画課）

料理が好きです。誌面づくりは料理のようなもの。素材（記事）を探し調理（編集）をして、皆さまに心地よく味わっていただける一冊を目指します。



松本 和樹（アイソトープメディカル営業部）

編集委員2期目となります。放射線治療分野における新たな話題を皆様へご提供できるよう努めてまいります。



牟田 雄一（線量計測営業部）

7月より編集委員になりました牟田です。線量計測事業本部となり、ガラスバッジと深く係わるようになりますが、前職種（アイソトープメディカル）で培ってきた知識人脈を生かし、貢献できるよう努めます。よろしくお願いいたします。

「FBNews」総合目次 その53 (No.577~588)

2025 1.1 No.577		
迎春のごあいさつ……………井上 任	1	
統合型放射線イメージングシステムを 構成する要素技術と実証結果……………佐藤 優樹	2	
ラドン研究を取り巻く国際動向……………床次 真司	7	
【コラム】73th Column 【安心して帰還するため個人線量計による被ばく実態把握を】…中川 恵一	12	
第1回国際原子力科学オリンピック (INSO) 開催！ 背景、目的、成果と所感……………角山 雄一/五十嵐 悠/飯本 武志	13	
一般社団法人日本放射線看護学会 第13回学術集会に参加して……………18 [サービス部門からのお願い] 変更連絡方法についてご協力お願いします……………19		
2025 2.1 No.578		
レーザー共鳴イオン化による放射性核種分光・分析法の開発…富田 英生	1	
年間被ばく線量の国際比較 ～大学や地域の支援と貴重な出会いに支えられて～ ……………新保 恵太/東海林航太/遠藤 涼馬 ……………阿部のどか/小坂 丈翔/高橋 遼人	6	
【コラム】74th Column 【福島市での9年間の個人線量測定】…中川 恵一	11	
[学生応援企画] 放射線同位元素と核酸医薬を組み合わせた新たな医薬品の開発…林 亜里沙	12	
[放射能・放射線単位・元素名の由来] 第9回 ラザボージウム ¹⁰⁴ Rf: rutherfordium (その2) …高橋 正	17	
「ガラスバッジを収納袋に入れてご使用している皆様へ」……………18 [サービス部門からのお願い] ガラスバッジWebサービスをご利用ください……………19		
2025 3.1 No.579		
「被ばく医療における細胞遺伝学的線量評価」 三浦 富智/藤嶋 洋平/アンダーソン ドノヴァン ……………阿部 悠/中山 亮	1	
日本における馬のシンチグラフィーの現状と将来に向けた提案…山田 一孝	6	
【コラム】75th Column 【教訓を反映した原子力発電所再稼働を】……………中川 恵一	11	
【コラム】第1回【医療の変遷断想】……………佐々木康人	17	
放射線教育フォーラム30年の歩み……………吉澤 幸夫	17	
[サービス部門からのお願い] ご使用者の変更連絡は早めに……………19		
2025 4.1 No.580		
ポータブル甲状腺スペクトロメータ (I-Beetle) の開発について 栗原 治/矢島 千秋/金 ウンジュ ……………高島 良生/谷 幸太郎/小川 真澄	1	
「第16回放射線モニタリングに係る国際ワークショップ (The 16 th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring)」が開催されました！……………6 【コラム】76th Column 【柏崎刈羽原子力発電所を視察】…中川 恵一	11	
放射能「放射能測定から見えること」……………榎本 和義	12	
放射線安全技術講習会 第68回第2種放射線取扱主任者試験 受験対策セミナー・開催のお知らせ……………17 「2025国際医用画像総合展出展」のご案内……………18 [サービス部門からのお願い] 4月1日はガラスバッジ、ガラスリング、DOSIRISの交換日です。…19		
2025 5.1 No.581		
原子力発電環境整備機構が取り組む最終処分事業の実現……………豊島 英樹	1	
光子の簡易遮蔽計算コードPOKERの概要と X線診療室に対する応用例……………平尾 好弘	6	
【コラム】77th Column 【養老先生のがん治療】……………中川 恵一	11	
[学生応援企画] 群馬大学重粒子線医学研究センター・重粒子線医学物理学分野の研究紹介 ……………稲垣 俊輔/長谷部有希/今津 玲香 ……………清水 省后/馬越 智也/浦部 直人	12	
[放射能・放射線単位・元素名の由来] 第10回 ポーリウム ¹⁰⁰ Bh: bohrium……………高橋 正	17	
ISORD-12 開催趣意書……………18 [サービス部門からのお願い] ガラスバッジ返却時のお願い～トレイに入れて返却してください～……………19		
2025 6.1 No.582		
「根拠はどこから？」 ～低線量放射線を怖がる人と怖がらない人～……………中島 裕夫	1	
第17回テクノ技術情報セミナーを開催いたしました……………6 【特別講演1】 「放射線防護に係る規制及び自主点検の現状等」……………平地 康一	8	
【特別講演2】 「放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム ～当院のマネジメントシステム導入について～」……………河内 康志	10	
【コラム】78th Column 【除染除去土壌を考える】……………中川 恵一	12	
[施設訪問記◎] ～東北大学先端量子ビーム科学研究センター (RARIs) 訪問の巻～……………13 公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ……………18 [サービス部門からのお願い] 測定依頼票のご記入のお願い……………19		
2025 7.1 No.583		
Next Stageを見据えた核医学検査室管理区域の整備 ～横浜市立大学附属病院における放射線管理区域改修工事～ ……………尾川 松義	1	
1年遅れの「浜通り旅行記」……………中川 恵一	6	
【コラム】79th Column 【医学生によるがん教育推進協会】…中川 恵一	11	
六ヶ所再処理工場における重大事故時の放射線管理対応について ……………高橋 玲/岡村 泰治	12	
2025国際医用画像総合展 ～The International Technical Exhibition of Medical Imaging2025～に出展して……………17 令和7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] 2024年度「個人線量管理票」のお届けについて……………19		
2025 8.1 No.584		
核物質を含む中性子増倍系のγ線スペクトル測定による特性把握 ……………名内 泰志	1	
[施設訪問記◎] ～福井県立恐竜博物館・福井県立大学恐竜学研究所の巻～……………6 【コラム】80th Column 【RALSとデブリ取出】……………中川 恵一	11	
[学生応援企画] 東京科学大学総合研究院ゼロカーボンエネルギー研究所/ 環境・社会理工学院融合理工学系原子核工学コース松本研究室のご紹介 ……………傳 彦彦/近藤 菜月/吉永 潤石/張 慧芳 ……………エイハンスントス マンド/ペク ダヒョン	12	
[放射能・放射線単位・元素名の由来] 第11回 マイトネリウム ¹⁰⁹ Mt: meitnerium……………高橋 正	17	
令和7年度放射線安全取扱部会年次大会 (第66回放射線管理研修会) ……18 [サービス部門からのお願い] ファスナーは固定してご返送ください……………19		
2025 9.1 No.585		
生成型AIと放射線医学……………塩見 浩也	1	
【コラム】81th Column 【区域から個人へ、復興方針の大転換】……………中川 恵一	6	
令和6年度 個人線量の実態……………7 21 st International Conference on Solid State Dosimetry (第21回 固体線量計に関する国際会議) に参加しました！……………16 第24回日本放射線安全管理学会学術大会……………18 公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ……………18 [サービス部門からのお願い] ガラスバッジ返却時のお願い～個口数の記入にご協力ください～……………19		
2025 10.1 No.586		
「原子力の日」に思う 放射線利用の実力……………上養 義朋	1	
高バックグラウンド対応 甲状腺モニタの製品化への取り組み……………西野 翔/小澤 慎吾	3	
【コラム】82th Column 【関西電力 美浜発電所後継機の調査再開】……………中川 恵一	8	
【コラム】第2回【核医学の始まりと変遷】……………佐々木康人	9	
令和7年度 医療放射線防護連絡協議会主催の各種開催案内……………14 [施設訪問記◎] ～千葉大学医学部附属病院 MRリニアックの巻～……………15 [サービス部門からのお願い] ご連絡ください！！……………19		
2025 11.1 No.587		
【書籍紹介] 「地球上から宇宙まで様々な環境中での中性子測定」 中性子検出器の誕生秘話が凝縮……………中村 尚司	1	
令和6年度 一人平均年間被ばく実効線量0.16ミリシーベルト……………中村 尚司	5	
令和6年度 年齢・性別個人線量の実態……………8 【コラム】83th Column 【デジタルインフラを支える原子力の再評価】……………中川 恵一	11	
国際会議ISORD-12開催報告……………高橋 浩之	12	
追悼「古田 悦子先生を偲ぶ」……………野村 貴美	16	
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ……………17 2025年 製薬放射線研修会……………17 ラディエーションモニタリングセンター見学者5,000人目！……………18 [サービス部門からのお願い] ～ガラスバッジを汚染させてしまったかも？～……………19		
2025 12.1 No.588		
Glass Gas Electron Multiplierの信号読み出しと高精度化 ……………高橋 浩之	1	
空港保安検査時の線量調査に関する検討委員会報告について ……………牧 大介	6	
【コラム】84th Column 【福島土から始まる日本の未来 ～「科学と社会」の歩調で未来を考える～】……………中川 恵一	11	
【コラム】第3回【放射線影響科学の展開】……………佐々木康人	12	
FBNews 編集委員のご紹介……………17 「FBNews」総合目次 その53 (No.577～588)……………18 [サービス部門からのお願い] ガラスバッジを洗濯してしまっ！こんなときは……………19		

サービス部門からのご案内

ガラスバッジを洗濯してしまった！こんなときは…

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用いただきまして、誠にありがとうございます。
今回は、洗濯してしまったガラスバッジの取り扱いについてご案内をいたします。

株式会社千代田テクノロ 行

測定依頼票

ガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISの測定を依頼します。

事業所名 千代田テクノロ診療所

部署名 放射線科

担当者名 千代田 太郎 様

電話番号 03-3518-5665

ご使用期間
2099/09/01 - 2099/09/30

※測定依頼される際には、送附されるガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISの個数をご記入くださいますようお願いいたします。

送付個数(コントロールガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISを含む)記入欄 (X線用ガラスバッジには、コントロールガラスバッジはありません)
ガラスバッジ 5 個
ガラスリング 3 個
DOSIRIS 1 個

通信欄
お客様コード：123-4567-890 整理番号：001 使用者：千代田 太郎
線量計・FS 装着部位：胸
誤って洗濯してしまい、ビニールが剥がれたのでテープで止めました。

ご担当章印
千代田

！ガラスバッジを洗濯してしまった！

➡状況によっては交換の必要がありますので、直ちに最寄りのガラスバッジ担当事務所へご連絡ください。

濡れたガラスバッジは布でふき取って自然乾燥し、人工的な加熱や乾燥は避けてください。

➡測定依頼時に該当する方のお客様コード・整理番号・ご使用者名・線量計の種類・装着部位と洗濯した旨を測定依頼票の通信欄に記載してください。(左図をご参照ください)

！洗濯したらガラスバッジのビニール（シュリンク包装）やラベルが剥がれた！

➡シュリンク包装は、セロハンテープで止めてご使用ください。

➡ラベルは、ガラスバッジの平らな面にシールなどでお名前を貼り付けてください。ガラスバッジには直接ご使用者名を書き込まないでください。ラベルが剥がれてもご使用者を特定し、測定・報告をすることが可能です。

記事に関するご意見や掲載希望の記事案については、こちらまでお送りください ctc-fbnews@c-technol.co.jp

編集後記

- NPO法人放射線安全フォーラム 高橋浩之理事長から“Glass Gas Electron Multiplierの信号読み出しと高精度化”について、パッケージサイズの制約により、新規チップ開発を進めつつ、CMOS専用集積回路の開発も併用して行うことで更なる研究が進むことへの期待が膨らみます。
- 今話題の“空港保安検査時の線量調査に関する検討委員会報告について”、弊社大洗研究所 牧副所長より解説させていただきました。個人線量計の航空機持ち込みに関するガイドラインを制定する計画がどのように進むのか今後の動向に注視し、また個人被ばく線量測定に対する認知が世論で上がることを期待します。
- 中川恵一先生のコラムでは、“福島から始まる日本の未来”～「科学と社会」の歩調で未来を考える～。助け合いの精神を再び活かすことが求められている内

容となっております。

- 佐々木康人先生のコラムは第3回を迎えました。今回は“放射線影響科学の展開”、歴史的展開の解説があり、放射線影響学の基礎から原爆被爆者調査、国際的な放射線影響評価までを包括的に述べられています。
- 編集委員の紹介も今回掲載されていますが、私も含め“いつの写真ですか？”と言いたくなる方もいます。ご存じの編集委員がいらっしゃいましたら、どうぞご指摘下さい。
- 地球温暖化による気温上昇は、健康・農業・エネルギー供給・都市インフラに深刻な影響を与えています。異常気象により四季豊かな日本は何処へ行ったのでしょうかと思うのは私だけでしょうか。最近、出張する度に、そんな事を思う今日この頃です。(Y.M)

FBNews No.588

発行日／2025年12月1日

発行人／井上任

編集委員／小山重成 小口靖弘 中村尚司 野村貴美 福土政広 青山伸 野島久美恵 藤森昭彦 川端方子
篠崎和佳子 高橋英典 田谷玲子 東元周平 堀口亜由美 松本和樹 丸山百合子 牟田雄一

発行所／株式会社千代田テクノロ

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／03-3518-5665 FAX／03-3518-5026

<https://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364円)