

Photo Yasuhiro Kirano

Index

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 眞司	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

迎春の



ごあいさつ



株式会社 **千代田テクノル**

代表取締役社長 井上 任

新年あけましておめでとうございます。

読者の皆様におかれましては、良い年を迎えられましたこととお慶び申し上げます。

昨年は元日に能登半島で震度7、そして8月に宮崎県で震度6弱の地震が発生し、また能登半島をはじめ全国各地で台風や豪雨による水害も多い1年でした。被災地の1日も早い復興を願うとともに、被災された皆様へ心よりお見舞いを申し上げます。

一方明るい話題として、2024年はパリでオリンピックとパラリンピックが開催されました。たくさんの競技で日本選手が活躍されており、TV画面越しに声援を送っていました。

オリンピックの金メダル獲得数はアメリカ、中国（各40個）に次いで3位（20個）、パラリンピックの金メダル獲得数は14個で10位と大健闘で本当に素晴らしかったと思っております。

弊社としては、2月に「ガラスバッジ測定件数9,000万件」を達成いたしました。これもひとえにガラスバッジをご利用いただいております皆様のご支援の賜物と、深く感謝申し上げます。今後もより一層のサービス向上に社員一同努めてまいります。

これからもFBNewsを通じて、皆様へ有益な情報を届けてまいります。

末筆となりましたが、皆様のご健勝と益々のご発展を心よりお祈りいたします。

本年もどうぞよろしくお願い申し上げます。

代表取締役会長	細田 敏和	取 締 役	尾崎 英樹
常 務 取 締 役	安川 弘則	取 締 役	鳥取 和孝
常 務 取 締 役	赤座 太郎	取 締 役	小口 靖弘
取 締 役	馬場 一郎	監 査 役	新田 浩
取 締 役	小山 重成		

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*

1. はじめに

福島第一原子力発電所（1F）事故から14年近くの月日が経過しようとしているが、依然として1Fサイト内には円滑な作業進行を妨げる高線量率エリアが存在しており、さらには局所的かつ高濃度に放射能汚染が蓄積している放射性ホットスポット（以下、ホットスポット）が存在している。著者のグループでは1F廃止措置現場における作業者の被ばく低減や除染計画の立案に資することを目的として、作業現場に飛散・沈着した放射能汚染の分布を可視化するための装置である統合型放射線イメージングシステム（iRIS : integrated Radiation Imaging System）の開発および性能向上を進めている。本稿では当該システムを構成する要素技術とその実証結果について記述する。なお本稿は、日刊工業出版 検査技術 2022年 5月号¹⁾、日本アイソトープ協会 Isotope News [No.781] 2022年 6月号²⁾、日本知能情報フェジ学会誌知能と情報35巻4号³⁾に寄稿した当該システム開発の背景、さらには関連技術についてこれまでに発表した論文を再掲した内容を含む。

2. 統合型放射線イメージングシステム開発の背景

現在1Fにおいて、サイト内の線量率を上昇させている主な核種は放射性セシウムであり、その線量率を計測するためにサーベイメータが多く利用されている。さらに近年では、放射能

汚染の分布を2次元的に、すなわち“面的”に画像化する γ 線イメージャの利活用も進められている。多くのサーベイメータは無指向性であり、 γ 線の飛来方向を推定することができないために、その放出源となっている放射能汚染の正確な分布をサーベイメータのみで把握することは難しい。そのため測定器位置での線量率情報が得られるサーベイメータに加えて、放射能汚染の分布を画像化する γ 線イメージャを組み合わせることは、作業現場の放射能汚染に関する情報をより詳細に把握するうえで有用な手法である。さらにはサーベイメータのみの利用では見落とししてしまう可能性がある放射性ホットスポット（放射能汚染が局所的に蓄積した箇所）の検知についても、 γ 線イメージャの利用は効果を発揮するだろう。

しかしながら、これまでに1Fサイト内で利用された γ 線イメージャの多くは放射能汚染の分布を2次元的に可視化するものであり、機器や配管、瓦礫といった様々な物体に付着した放射能汚染を3次元的に可視化した例は少なかった。例えば特定の測定対象箇所について、一方向のみからの測定では γ 線が遮へいされてしまい、ホットスポットを見落とししてしまう可能性がある。そこで複数の視点から作業現場を測定して、それらのデータを組み合わせる放射能汚染の分布を3次元的に特定することが重要となる。

このような背景を踏まえて著者のグループではiRISの開発および性能向上を進めている。これは、 γ 線イメージャを用いて多視点から取得

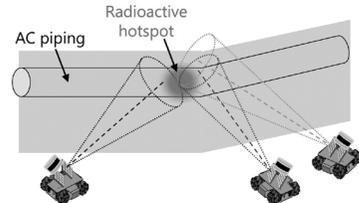
* Yuki SATO 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 廃炉環境国際共同研究センター 主任研究員

した放射能汚染のイメージデータを、レーザスキャナ等の環境認識デバイスで取得した作業環境の3次元モデルデータに投影することにより、ホットスポットを含む放射能汚染分布を可視化した3次元マップを描画するものである。当該システムはオペレータが携帯して測定を実施するだけでなく、広範囲エリアや作業者が進入できない高線量率環境におけるデータ取得を実施するために、ロボットに搭載して遠隔にてデータ取得を行うことも想定している。本稿では、ホットスポット位置を含む放射能汚染分布を3次的に可視化する手法について、その原理を説明するとともに、1Fサイト内における実証例を紹介する。加えて、当該システムで得られる放射能汚染を可視化した3次元マップデータは、仮想現実（VR：Virtual Reality）や拡張現実（AR：Augmented Reality）の技術を用いることにより、前者は作業者の現場に赴く前の危険予知や作業計画の立案、後者は現場における迅速な危険箇所の把握に貢献できるものと考えられる。そこでVRおよびAR技術を用いた放射能汚染可視化のための要素技術開発についても紹介する。

3. 1Fにおける実証試験



1F1号機原子炉建屋内における放射能汚染可視化の実証試験結果を紹介する。サーベイメータ、 γ 線イメージャの一種であるコンプトンカメラ、および3次元測域センサを基盤としたSLAM (Simultaneous Localization And Mapping：自己位置推定と環境地図作成の同時実行) デバイスをメカナムホイールロボットと組み合わせたiRISを構成し、遠隔にて放射能汚染可視化に必要なデータ取得を行った。図1に測定原理の模式図を示す⁴⁾。複数の視点から測定対象箇所を測定するものであるが、この際にSLAMにより作業エリアの3次元モデルデータを取得するとともに、コンプトンカメラが測定を実施した際の自己位置および姿勢の情報を記録する。そして各測定位置において取得した放射能汚染のイメージデータを3次元モデルデータに投影することにより、放射能汚染の3次的な位置を特



-  SLAM device : Estimation of self-position and posture information and generation of 3-D map of the work environment
-  Compton camera : Drawing a hotspot image
-  Mecanum wheel robot : Compton camera and SLAM device will be mounted.

図1 コンプトンカメラとSLAM装置を搭載したロボットを用いて、放射性ホットスポットの位置を3次的に可視化する模式図。複数の視点から作業エリアを測定し、コンプトンカメラが γ 線を検出した際の自己位置と姿勢をSLAMにより推定する。加えて、SLAMにより取得した作業環境の3次元モデルデータに、各測定点を基点として放射能汚染のイメージデータを投影する。この図は参考文献(4)の図10から転載したものである。

定するものである。

加えて実証試験に使用したコンプトンカメラについて補足する。採用した γ 線センサは散乱体と吸収体の2層構造であり、15mm×15mm×5mm (散乱体) および1.5mm×1.5mm×10mm (吸収体) のCe：GAGG (ガドリニウムアルミニウムガリウムガーネット) シンチレータを15×15ピクセルとしたものをマルチピクセル光子計測デバイス (浜松ホトニクス株式会社、MPPC：Multi-Pixel Photon Counter) と組み合わせたものである。放射能汚染の主要な要因核種である¹³⁷Csからの γ 線が散乱体と吸収体の各々で相互作用した位置と、付与したエネルギーから γ 線の飛来方向を推定する⁵⁾。使用したコンプトンカメラの γ 線センサは、1F事故後に浜松ホトニクス株式会社と早稲田大学が共同開発し、製品化が成されたものを基盤として小型・軽量化したものである^{6,7)}。なお、原子炉建屋内の高線量率環境においては、 γ 線のコンプトンカメラへの入射数の増加に伴う偶発同時計数やパイルアップに起因するエラーイベントが増大する。そのため、コンプトンカメラの γ 線センサを鉛遮へい体で覆い、 γ 線の入射数を低下させる処置を施した。コンプトンカメラの動作原理ならびに基本性能については、参考文献を参照されたい⁴⁾。

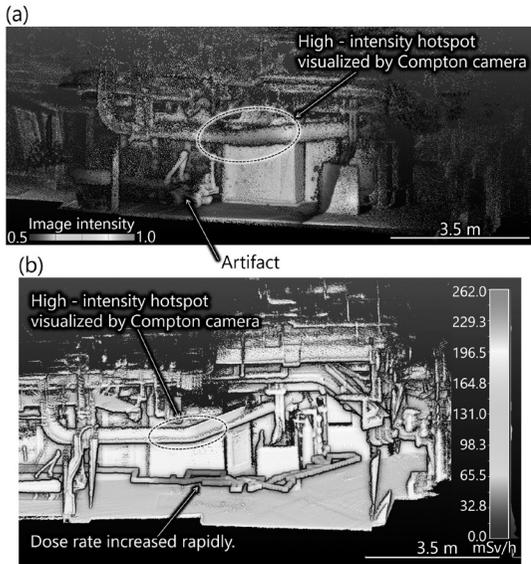


図2 コンプトンカメラを用いて天井の配管を複数の視点から測定し、ホットスポットの画像再構成を実施した(図a)。加えて別途、ロボットを移動させながらその軌跡上の線量率をプロットした結果も示す(図b)。ホットスポットが可視化された配管の直下で、線量率が急上昇している。この図は引用文献(4)の図11に説明を補足したものである。なお、ホットスポットのイメージ強度および線量率のカラーコンターによる表示は、参考文献(4)を参照されたい。

図2(a)は、建屋内の天井に存在する配管に高強度のイメージ(赤色)が結像した結果であり、当該配管上にホットスポットを見出したものである。さらに図2(b)は別途実施した線量率マッピングの結果である。SLAMを利用してロボットの移動経路を記録し、そこにサーベイメータで取得した線量率データをプロットした。両者を比較すると、ホットスポットとなっている配管の直下において、線量率が急上昇していることが分かる。この結果は、コンプトンカメラとサーベイメータによる結果を組み合わせることにより、測定対象エリアの空間線量率と、その上昇に寄与しているホットスポットを紐づけることが可能であることを示したものである⁴⁾。

4. VRおよびAR技術を用いた放射線源可視化の要素技術開発

放射能汚染を可視化した3次元マップデータ

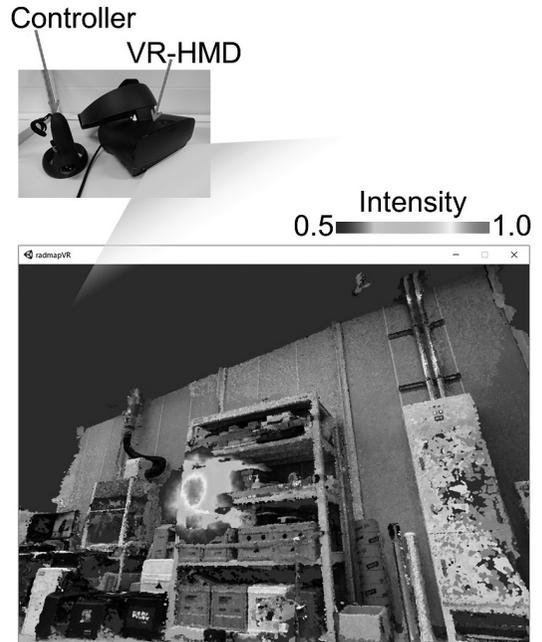


図3 実験室の3Dモデルデータを表示したVR画面。VR体験者は棚の前にしゃがみ、棚を見上げている。コンプトンカメラで取得した¹³⁷Csテスト用放射線源のイメージデータが棚に投影されている。この図は参考文献(8)の図6から転載したものである。

[Sato Y., A concept of mirror world for radioactive working environment by interactive fusion of radiation measurement in real space and radiation visualization in virtual space, Physics Open, Volume 7, May 2021, 100070, Available online 20 April 2021 • © 2021 The Author(s). Published by Elsevier B.V. CC BY-NC-ND license]

について、市販のVRヘッドマウントディスプレイ(HMD)を介してVR体験が可能なシステムを構成した。図3はVR体験画面のスクリーンショットである⁸⁾。デジタルカメラを用いた写真立体復元技術により実験室の3次元モデルデータを作成し、そこにコンプトンカメラで取得した¹³⁷Csテスト用線源のイメージデータを投影したものである。VR体験者は仮想空間に再現された作業エリアを自由に移動しながら、存在する物の配置や放射線源の位置を視認することができる。本技術は株式会社ヴィジブルインフォメーションセンターと共同開発したものであり、作業エリアの線量率データをインポートすることにより、作業者の移動経路や滞在時間に応じた

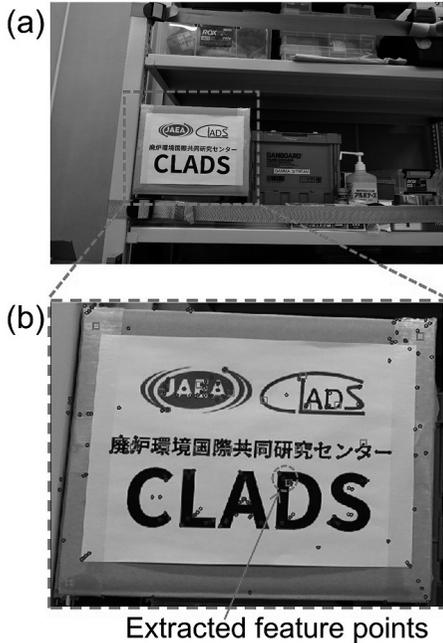


図4 ARイメージを表示したい物体(本ケースではCLADSと記載された段ボール箱)が写った写真(図a)から特徴点を抽出した(図b)。特徴点抽出は、NyARToolkit付属のNft File Generatorを使用した¹⁰⁾。この図は参考文献(8)の図7から転載したものである。

[Sato Y., A concept of mirror world for radioactive working environment by interactive fusion of radiation measurement in real space and radiation visualization in virtual space, Physics Open, Volume 7, May 2021, 100070, Available online 20 April 2021 • © 2021 The Author(s). Published by Elsevier B.V. CC BY-NC-ND license]

被ばく線量を計算可能な機能も付加している⁹⁾。
 加えて、コンプトンカメラで取得した放射能汚染のイメージデータを、現実空間においてAR表示する技術開発も進めている⁸⁾。当該イメージデータをAR表示するにあたり、特定パターンが印刷されたARマーカー (ARイメージを表示させるためのトリガー) を作業現場に貼る手法では、ARマーカーの作成および現場に貼り付ける作業が発生してしまうため、作業効率が良くない。一方でGPSを利用したAR表示は、建屋内では位置精度の低下が懸念された。そこで著者は、作業現場で撮影された写真をARマーカーとして利用する手法を採用した。具体的には放射能汚染のイメージデータをAR

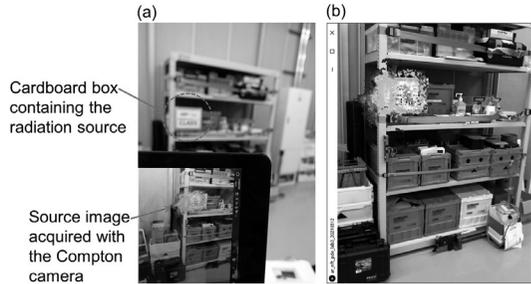


図5 ¹³⁷Csテスト用放射線源の入った段ボール箱を光学カメラでかざし(図a)、段ボール箱上にコンプトンカメラで取得した放射線源のイメージデータをAR表示した。AR画像が投影されたポータブルディスプレイ画面の拡大図を(図b)に示す。この図は参考文献(8)の図9から転載したものである。

[Sato Y., A concept of mirror world for radioactive working environment by interactive fusion of radiation measurement in real space and radiation visualization in virtual space, Physics Open, Volume 7, May 2021, 100070, Available online 20 April 2021 • © 2021 The Author(s). Published by Elsevier B.V. CC BY-NC-ND license]

表示したい箇所が写っている写真から特徴点を抽出し、それをARマーカーとして利用するものである。図4および図5に実施例を示す。実験室の棚に配置された段ボール箱に¹³⁷Cs線源が収められた環境であり、ここにコンプトンカメラで取得した放射線源のイメージデータを表示する。段ボール箱が写った写真を準備し、特徴点抽出処理を施すことによりARマーカーを作成する(図4)。次に、ARマーカーと放射線源イメージデータを紐づけしたシステムにおいて、光学カメラでこの段ボール箱をかざすことにより、放射線源イメージをAR表示できる(図5)。なお、AR表示可能なイメージは放射能汚染のイメージデータに限らず、危険を示すマークや、機器および配管の詳細情報など多岐にわたる。本技術を基盤として、全面マスクに着脱可能なスマートグラスや、作業者が容易に携帯可能な光学カメラとディスプレイの一体型機器が開発できれば、作業現場での危険予知による安全性能向上に加えて、作業者間の円滑な情報共有に貢献できるだろう。

なおARマーカーに設定した写真は、その他複数の写真と組み合わせることにより、写真立

体復元技術を用いて作業現場の3次元モデルデータの構築に利用できる。構築された3次元モデルデータはVR-HMDで体験可能であるが、ここにはARマーカーとして設定した物体が再現されている。つまりは、VR体験者と現実空間に居るAR表示者が、同じ物体を認知して、その物体に関連する情報を共有できるようになる。このようにVRとARを組み合わせ、VR体験者と現実空間の作業者が情報共有する手法についても開発を進めており、放射線作業環境のデジタルツイン実現に向けた機能付加や改善を継続する予定である¹¹⁾。

5. まとめ

これまで、コンプトンカメラ、サーベイメータ、および3次元測域センサを基盤としたSLAMデバイスから構成されるiRISを用いて、原子炉建屋内を含む1Fサイト内において実証試験を進めてきた。今後、1F原子炉建屋内部における未調査エリアにiRISを導入することにより、放射能汚染や線量率の分布を明らかにすることによって廃止措置の進展に貢献したいと考えている。加えて、得られた放射能汚染の可視化データについて、VRおよびARを基盤としたデジタル技術を統合することにより、作業者が現場に赴く前の事前トレーニング、ならびに実際の現場における危険予知による安全性向上に向けた一助になれば幸いである。

6. 謝辞

コンプトンカメラの小型・軽量化に際し浜松ホトニクス株式会社の中村重幸氏、平柳通人氏、早稲田大学の片岡淳教授ならびに岸本彩氏にご協力いただいた。加えて、ホットスポットおよび空間線量率を可視化した3次元マップの描画ソフトウェアならびにVRソフトウェアの開発にあたり、株式会社ヴィジブルインフォメーションセンターの根本誠氏、峯本浩二郎氏、松浦康孝氏、林圭佐氏、黒澤直弘代表取締役にご協力いただいた。さらには1Fにおける実証試験では東京電力ホールディングス株式会社の

大浦正利氏にご協力いただいた。最後に、iRISの共同発案者である福島大学の鳥居建男教授および多くの試験にご同行いただいた日本原子力研究開発機構の寺阪祐太氏に御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 佐藤優樹, 統合型放射線イメージングシステムの開発, 日本工業出版, 検査技術, 2022年5月号.
- 2) 佐藤優樹, 統合型放射線イメージングシステムiRISを用いた放射能汚染の3次元可視化, 日本アイソトープ協会, Isotope News, No.781, 19-23, 2022年6月号.
- 3) 佐藤優樹, 統合型放射線イメージングシステムiRISを用いた放射能汚染可視化の実証, 日本知能情報フェジ学会, 知能と情報, 35, 81-86 2023年11月号.
- 4) Sato Y., Terasaka Y., Oura M., Detailed visualization of radioactive hotspots inside the unit 1 reactor building of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station using an integrated Radiation Imaging System mounted on a Mecanum wheel robot. J Nucl Sci Technol. 61, 856-870 (2023).
- 5) (国研) 日本原子力研究開発機構, 廃炉現場の汚染分布を3次元マップで“見える化” -見えない汚染を仮想空間で把握し, 作業員の被ばくを低減-, 令和3年5月14日プレス発表.
- 6) Kataoka J., Kishimoto A., Nishiyama T., et al., Handy Compton camera using 3D position-sensitive scintillators coupled with large-area monolithic MPPC arrays. Nucl Instrum Methods A. 732, 403-407 (2013).
- 7) 浜松ホトニクス株式会社, 早稲田大学, 科学技術振興機構, 放射性物質の除染作業を効率化するガンマ線撮像用コンプトンカメラを製品化~高感度コンプトンカメラとして, 従来よりも大幅な小型・軽量化と低価格化を実現~, 平成25年9月10日プレス発表.
- 8) Sato Y., A concept of mirror world for radioactive working environment by interactive fusion of radiation measurement in real space and radiation visualization in virtual space. Physics Open, 7, 100070 (2021).
- 9) 株式会社ヴィジブルインフォメーションセンター, radmapVR, <https://www.vic.co.jp/radmapvr/>.
- 10) NyARToolkit project. <https://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>, 2024 date last accessed, 25, September, 2024.
- 11) 佐藤優樹, 特許7219932 情報処理方法, 情報処理装置, 及び, 情報処理システム.

著者プロフィール

2012年に京都大学大学院工学研究科博士後期課程を修了後、理化学研究所特別研究員および基礎科学特別研究員を経て、2015年7月より日本原子力研究開発機構に勤務。福島第一原子力発電所（1F）廃止措置への貢献を目的として、1Fサイト内に沈着した放射能汚染を可視化するために放射線計測、環境センシング、ロボティクスを組み合わせた統合型放射線イメージングシステムの開発を進めている。当該システムの開発において「コンカミノルタ画像科学奨励賞<優秀賞>」、総務省「異能vation」ジェネレーションアワード、科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞等を受賞。日本原子力学会放射線工学会運営委員、国際電気標準会議(IEC) TC/45 WG18エキスパートを兼任。博士（工学）。

ラドン研究を取り巻く国際動向



床次 眞司*

ラドンの基礎知識

国連科学委員会 (UNSCEAR) は、放射線の影響に関する様々な知見を集約し、厳しいレビューの後に報告書を定期的に刊行している。この報告書では、自然放射線被ばく源による公衆への実効線量に関する世界平均が定期的に示されている。自然放射線被ばく源は大きく4つに分類され、ラドン (^{222}Rn)・トリウム (^{220}Rn) およびそれら子孫核種、地殻ガンマ線、宇宙放射線、食物となっている。公式に発表された最近の報告書は2008年に刊行され、世界平均として2.4mSvが提示されている。その内訳によれば、ラドン等からの内部被ばくに基づく実効線量が最も高い1.3mSvであり全体の約半分を占めている。これに対して我が国でも同様にデータをまとめてみると、日本平均として2.1mSv、そのうちラドン等による被ばくは0.5mSvとなっている¹⁾。日本におけるラドン等による被ばくが小さい理由は、被ばくする環境が主として屋内であり、風通しの良い (言い換えれば換気率の高い) 家屋構造に由来している。

では、ラドンやトリウムはどこからやって来るのか？ それらの起源

は土壌や岩石に含まれるウラン (^{238}U) やトリウム (^{232}Th) であり、放射性壊変が進む中で生成されるラドンとトリウムのみが気体として存在する。そのため、土壌、建材、地下水から容易に大気中に移行する。図1にラドンの壊変系列と大気中における性状と挙動を示す。ラドンによる被ばくはラドン自体が原因ではなく、正確にはラドンが放射性壊変した後の短寿命の子孫核種が呼吸気道内で被

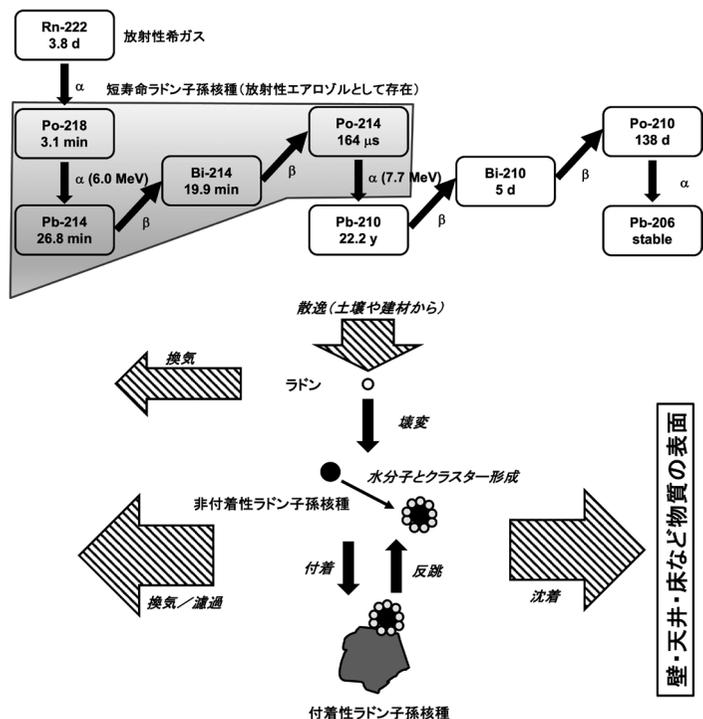


図1 ラドンの壊変系列(a)と大気中における性状と挙動(b)

* Shinji TOKONAMI 国立大学法人 弘前大学 被ばく医療総合研究所 教授・所長

ばくを引き起こす。気体状ラドンが壊変した後に生成される子孫核種は固体状態で存在する。壊変直後の子孫核種の大部分は正に帯電し、その後大気中の水分子と結合して電気的に中和されクラスターを形成する。その後、時間とともに大気中に浮遊しているエアロゾル（微粒子）に付着するため、壊変直後の超微粒子から比較的大きな粒子まで様々な大きさで存在する。子孫核種エアロゾルは、吸気によって取り込まれると呼吸気道内で粒子の大きさに応じて付着する部位が異なるため、内部被ばくを考慮する際には子孫核種エアロゾルの粒径が線量評価上重要なパラメータとして位置付けられている。図2にラドン等の被ばくによる実効線量算定の手順を示す。算定に当たってはラドンと子孫核種の集合的な濃度として定義される平衡等価ラドン濃度を評価しておく必要があり、そのために平衡係数（平衡等価ラドン濃度をラドン濃度で除した値）を用いる。平衡係数には屋内の典型的な値として0.4が示されているが、換気率によって異なることから、各国の実情に応じて実測に基づいた値を用いる必要がある。図2に示す通り、まず大規模な屋内ラドン濃度調査より得られたラドン濃度（年間平均値）に平衡係数を乗じて平衡等価ラドン濃度を求める。続いて滞在時間を考慮した上で線量換算係数を乗じて年間実効線量を算出する。線

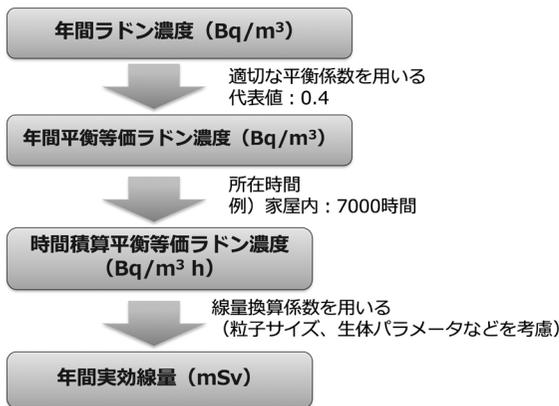


図2 ラドン等の被ばくによる実効線量算定の手順

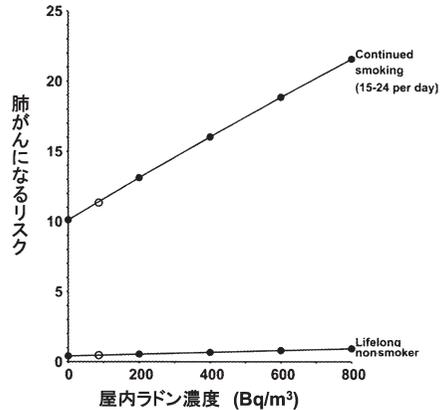


図3 屋内ラドン濃度と肺がんリスクの関係

量換算係数を決定づけるものとして、子孫核種エアロゾルの粒径や代謝速度などの生体パラメータがあげられる。

図3にはDarbyらがヨーロッパで実施された屋内ラドン曝露と肺がんに関する疫学研究を網羅的に再解析した屋内ラドン濃度と肺がんリスクの関係を示す²⁾。図から見ても明らかなように、ラドン濃度が高くなれば肺がんのリスクが増すことがわかる。ラドン濃度100Bq m⁻³あたり肺がんが16%過剰に増え、この関係は喫煙の有無に関係なく同じ割合で増加するというものである。

ラドンに関連する問題

ここでは、国際的に議論が継続している線量換算係数について論じたい。前項で述べた国連科学委員会で採用されているラドン等の被ばくによる実効線量換算係数と国際放射線防護委員会 (ICRP) が提唱した線量換算係数には明らかな違いがある。国際機関が提示する線量換算係数を表1に示す。UNSCEARではラドン子孫核種に対して9 nSv/(Bq h m⁻³)、

表1 国際機関が提示する子孫核種の線量換算係数

刊行物	ラドン子孫核種	トロン子孫核種
UNSCEAR	9	40
ICRP 137	17	107

単位：nSv / (Bq h m⁻³)

トロン子孫核種に対して40 nSv/(Bq h m⁻³)が与えられている一方、ICRPがPublication 137³⁾において提案した値はそれぞれ17nSv/(Bq h m⁻³)、107nSv/(Bq h m⁻³)となっている。この違いに関して現時点での歩み寄りはなく、UNSCEARは他の被ばく源との比較を、ICRPは放射線防護を目的とした提案であると主張している。ICRPが示す値はこれまでのものより大きく、放射能濃度が同じならば実効線量は高い値を示すことになるため、諸外国では規制や指針に直接影響するICRPの勧告値の取り入れに関して慎重に議論している。

ラドンに関する国際標準

ラドンに関連する国際標準規格は、国際電気標準会議 (IEC) と国際標準化機構 (ISO) で策定されている。IECでは測定装置に関する規格を扱い、ISOでは測定方法に関する規格を扱っている。表2には規格の概要を示す。IEC規格はIEC 61577であり、現在パート1から5まであり、パート6は開発中である。パート1は一般原理、パート2はラドン・トロンガス測定装置、パート3はラドン子孫核種測定装置、パート4は基準場 (いわゆるラドンチェンバー)、パート5は測定法に関する技術報告、の5部構成となっている。現在開発中のパート6はパッシブ型ラドン測定システムであり、プロジェクトリーダーは筆者らが担当している。ISOではいくつか複数の規格が

あるが、主な規格はISO 11665である。これは現在12部で構成され、大気環境中の様々なラドンと子孫核種濃度測定法や屋内ラドン調査の方法などに関する規格が記載されている。特に注目すべきは、現在、屋内ラドン調査の方法の規格であるISO 11665-8の定期的見直しが進められており、多くの国にとって重要な規格であることから改訂の必要性が主張されているものの、各国での実情に沿った提案が複数挙げられていることもあり、意見が集約された改訂版の提案には時間を要する見込みである。さらにパート14~16ではラドン測定の品質保証・品質管理に関する規格が新規プロジェクトとして提案された。これらの規格はアメリカ・カナダ・日本の共同提案であり、特にアメリカはラドン測定サービスがビジネスとして成り立っているものの、データの信頼性を担保できる拠り所がないとのことで発案し、日本が支援する形となっている。このプロジェクトリーダーも日本が担当している。この他、水中ラドン測定法に関する規格としてISO 13164があり、パッシブ型測定器によるラドンとトロンの弁別測定法に関する規格ISO 16641は日本が提案した規格である。

アジア・オセアニア地域ラドン学会の発足

2023年にアジア・オセアニア地域のラドン学会 (Asian and Oceanic Radon Association : AORA)が発足した。学会設立にあたってはオーストラリア等の強い要請があり、初代学会長には筆者が任命された。オーストラリアは地下資源が豊富であり、ウランや石炭などの主要な産出国として知られている。これらの産業では天然起源放射性物質 (Naturally Occurring Radioactive Material : NORM) による被ばくが問題となっている。この地域ごとのラドン学会はアメリカ、カナダ、ヨーロッパに次

表2 ラドン関連の国際規格

IEC: 測定装置に関する規格	ISO: 測定方法に関する規格
IEC 61577-1: 一般の原理	ISO 11665 <ul style="list-style-type: none"> 13部で構成 品質保証に関する3部を開発予定 様々な測定法について記載
IEC 61577-2: ラドンガス・トロンガス	ISO 16641 <ul style="list-style-type: none"> ラドン・トロン弁別測定法 日本発の提案
IEC 61577-3: ラドン子孫核種・トロン子孫核種	ISO 13164 <ul style="list-style-type: none"> 4部で構成 水中ラドン濃度測定法
IEC 61577-4: 基準場(ラドンチェンバー)	
IEC 61577-5: 測定法に関する技術報告	
IEC 61577-6: パッシブ型ラドン測定システム (開発中)	

いで4番目となる。主な設立目的は、1) 肺がんの原因であるラドンを一般公衆に認知させ、そのリスクを低減する活動を推進すること、2) 地域が持つ固有のラドンに関する問題を共有し、解決するためのプラットフォームに位置付けることである。トロンの影響はアジア特有の問題として一般的に考えられている。筆者らが提唱したラドン測定時のトロンによる妨害がアジアに限らず様々な地域でも顕在化してきた⁴⁾。今後は疫学研究におけるラドン濃度の修正や、トロン自体の被ばくを加味した複合被ばくによるリスクを考慮すべきである。アジアには高自然放射線地域が点在していることはよく知られている。インドのケララ州や中国の広東省は有名であり、これまでも疫学調査が実施され、比較的高い慢性被ばくの状況下でも、がんのリスクは増加しないと言われている。一方で非がんの影響に関して、例えば中国の調査ではこれまで考えられていた線量よりも低い線量で白内障のリスクが高くなったと指摘されている⁵⁾。最近ではインドネシアのスラウェシ島で高自然放射線地域が見つかった。外部被ばくと内部被ばくの年間実効線量の合計で平均27mSvに達する⁶⁾。弘前大学では、インドネシア国家研究革新庁との共同研究で線量調査から健康影響調査を継続して実施してきた。我が国において福島原子力発電所事故以降10年以上経過したが、放射線のリスクに対する不安はいまだに一般公衆の間に根付いている。放射線のリスクを説明する際にUNSCEARの報告書に記載されている自然放射線源からの被ばくが用いられるため、我が国での活動としても、線量寄与が

大きいラドンからの被ばくを一般公衆に理解してもらうことが重要と考えている。

放射性エアロゾル曝露装置の開発と運用

弘前大学ではラドンやトロンを利用した放射性エアロゾルの曝露装置を開発した。ラドンやトロンの発生には天然地質材料（岩石や土壌）を用い、塩化ナトリウム溶液を媒体としたエアロゾル発生器と組み合わせることにより、放射性エアロゾルを製造できる。放射性エアロゾルとは正確には「子孫核種が付着したエアロゾル」であり、ガスやエアロゾルの発生条件を変えることにより、放射能濃度やエアロゾルの粒径も自在に変えることができる。写真1に放射性エアロゾル曝露装置の全体を示す。この曝露装置は実験室内に設置されており、曝露装置内の濃度を一定にするためにガスやエアロゾルが常時供給・排出される。供給時に室内空気をを用いるため、曝露装置内の温度は室温に依存する。一方湿度に関しては、除湿や加湿の機能を付加しているので湿度の制御が可能である。エアロゾルを使用しない場合には通常のラドンガス曝露装置としてラドン測定器の校正に利用される。エアロゾルを用いれば安定した放射性エアロゾル曝露環境を提供できる。図4には曝露装置内のラドンガス濃度および短寿命ラドン子孫核種の3核種濃度の集成的な指標である平衡等価ラドン濃度の時系列とエアロゾルの粒径分布の一例を示す。ラドンとエアロゾルを投入後、しばらくして安定状態となり、試験終了時には清浄空気を送り



写真1 放射性エアロゾル曝露装置

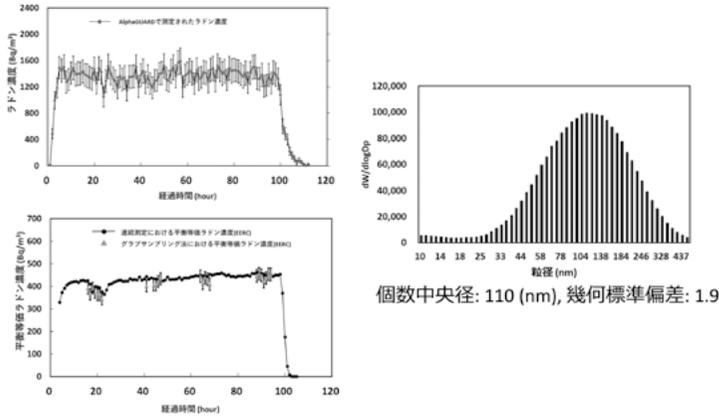


図4 曝露装置内ラドン濃度・平衡等価ラドン濃度の時間変動とエアロゾル個数規準粒径分布

込み曝露を終了させることができる。ラドン濃度はドイツの放射線防護局 (BfS) が所有するラドン基準場で校正された測定器を用い、平衡等価ラドン濃度はシリコン半導体検出器を内蔵した連続捕集型アルファダストモニタで測定評価され、測定値の信頼性確保のために定期的にスポットサンプリングを行い、別に用意された ZnS (Ag) シンチレーションカウンタで測定しデータの信頼性を確認する。以上述べた放射性エアロゾルに関する技術と装置については日本、アメリカ、フランスにおいて特許を取得している (JP7095894:2022, US11688525:2023, EP3608920:2021)。

さいごに

筆者はラドンに関する計測と生体影響をつなぐ領域で長年研究を進めてきた。計測では国際標準化に取り組み、ラドンとトロンの弁別測定法に関する規格 (ISO 16641) を日本から提案し刊行できた。大気中のラドンやその子孫核種の測定は格好の教材であり、放射線計測の基礎を学ぶ上で有益である。加えて、原子力施設等で実施されている環境放射能 (線) モニタリングでは、これら自然放射性核種の存在が対象核種測定のため、存在するレベルとともにその性状や挙

動にも注意を払う必要がある。特にアルファ線放出核種を対象とする場合、核種同定時に子孫核種の影響を除去することが極めて重要である。この種の測定機器の性能を評価するには、本学が所有する放射性エアロゾル曝露装置が役立つであろう。この装置であれば、適切なレベルで制御可能なエアロゾル曝露環境を提供できる。

影響分野では、ラドンによる被ばくは慢性的で肺がんのリスクを高めることはよく知られているが、他の大気汚染物質との関連性については不明な点が多い。現在我々のグループでは、PM2.5による大気汚染がひどくかつラドン濃度も比較的高いアジアの地域で、包括的な研究を今年度から開始した。これから様々な新しい知見が見出されるのを期待している。

参考文献

- 1) 原子力安全研究協会「生活環境放射線 (国民線量の算定) 第3版」(2020).
- 2) Darby et al, Scand. J. Work, Environ & Health. Vol. 32. Suppl. 1 (2006).
- 3) ICRP, Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3, ICRP Publication 137 (2017).
- 4) S. Tokonami, Int. J. Environ. Res. Public Health, 17 (2020).
- 5) Y. Su et al, J Radiat. Res. 62 (1) (2020).
- 6) M. Hosoda et al, Sci. Tot. Environ., 750 (2021).

著者プロフィール

鹿児島県出身。早稲田大学大学院理工学研究科物理学及び応用物理学専攻。博士 (工学)。放射線医学総合研究所研究員、主任研究員、室長、この間に米国エネルギー省環境測定研究所客員研究員を経て、現在は弘前大学被ばく医療総合研究所計測技術・物理線量評価部門教授。また、研究所長及びアイソトープ総合実験室長を兼務。その他、広島大学、中国・衡陽師範大学、タイ・チェンマイ大学等の客員教授、国際原子力機関 (IAEA) 技術協力専門家、国際標準化機構 (ISO) 専門委員及びコンビナ、国際電気標準会議 (IEC) 専門委員、福島県浪江町除染検証委員会委員、青森県顧問、青森県環境放射線等監視評価会議副議長、青森県防災会議原子力部会専門委員等を務める。

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

東京電力福島第一原子力発電所事故の後、除染やインフラ整備が進み、主に帰還困難区域以外の避難指示解除が福島県内で進められてきました。私も、2024年7月、いわき市から北上し、避難指示が解除された双葉町の東日本大震災・原子力災害伝承館や、震災遺構である浪江町の請戸小学校を回ってきました。

避難指示解除の要件の一つは個人の年間追加被ばく線量が20mSvを確実に下回ることです。しかし、人の立ち入りが制限されている避難指示区域での個人の被ばく線量計測は容易ではありません。そこで、内閣府は、式1に基づく空間線量率より求めた個人の年間追加被ばく線量を元に、避難指示区域の解除の参考としてきました。

年間の追加個人被ばく線量 [mSv]

$$= \{(D-0.04)[\mu\text{Sv/h}] \times 8 [\text{h-屋外/日}] + (D-0.04)[\mu\text{Sv/h}] \times 16 [\text{時間h-屋内/日}] \times 0.4 [-]\} \times 365 (\text{日/年}) \div 1000 (\text{式1})$$

D：屋外の空間線量率[$\mu\text{Sv/h}$]、0.04：大地からの放射線量[$\mu\text{Sv/h}$]、0.4：低減係数[-]

この推定式による個人の被ばく線量が実態に近いか確認することは、帰還された住民の安心のためにも、また今後想定される帰還困

難区域の避難指示解除のためにも必要と考えています。避難指示区域には放射性セシウムが広域に分布しています。均等被ばく環境下で胸部に装着した個人線量計の測定値は、実効線量に近いとされており、また空間線量から個人線量への換算係数は0.7程度と言われています。ところが、式1では換算係数が適用されておらず、個人の被ばく線量を大きく見積もりがちではないか、との声もでていました。

東京電力ホールディングスは、2020年3月から2023年1月に、帰還困難区域等で除草等を行う同社社員を対象に1分ごとに計測・記録できる個人線量計を用いて被ばく線量を計測し、日本原子力研究開発機構（JAEA）との連名で、換算係数に関する論文を発表しています（**出典①**）。空間線量率には、航空機モニタリング計測値と、JAEAが開発した統合マップによる値を使用しています。統合マップとは、航空機モニタリング等の各種モニタリング結果を歩行モニタリングによる空間線量率に合うように統計補正したマップです（**出典②**）。論文によると、航空機モニタリングに基づく換算係数は0.37～0.47である一方、統合マップに基づく換算係数は0.72～0.82と報告されており、均等被ばく環境下での換算係数0.7に近接しています。つまり、航空機モニタリングよりも、統合マップのほうが、実際の個人被ばく線量の推定に優位であることが分かります。これらの結果も個人線量計を用いた被ばく実態を把握する試みがされたことからであり、やはり前提となるのは、個人の被ばく実態把握を進めること、そして、実態のデータに基づいた、避難指示解除の検討が重要と考えています。

【出典】 ①M. Saisu et al 2024 J. Radiol. Prot. 44 021518

②Wainwright, H. M. et al 2017 J. Environ. Radioact. 167 62

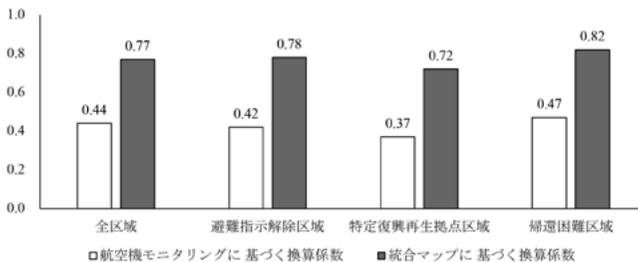


図 空間線量率から個人被ばく線量への換算係数

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*1 / 五十嵐 悠*2 / 飯本 武志*3

1. 背景と経緯

フィリピン共和国パンパンガ州クラーク市のSMX Convention Centerでの開会式を皮切りに、2024年8月1日～6日の会期で、第1回原子力科学オリンピック (International Nuclear Science Olympiad : INSO 2024) が開催されました (<https://inso.science/>)。主催はINSO運営委員会 (アリ・アズリ委員長 (オマーン)、カルロ・アルシア第1回開催委員長 (フィリピン)) で、国際原子力機関 (IAEA) がその技術協力プログラム (TCP) RAS0091「中等・高等教育レベルにおける原子力科学教育の強化 (2022-2025)」 (<https://www.iaea.org/projects/tc/ras0091>) の枠組みの中で、INSOの企画と関連した活動につき加盟国の支援を継続してきたものです。IAEA専門家として飯本が、このRAS0091TCPと、その前身であったRAS0069TCP (2012-2016) (<https://www.iaea.org/newscenter/news/drawing-a-road-map-for-introducing-nuclear-science-and-technology-in-secondary-schools-in-asia-and-the-pacific>) 及びRAS0075TCP (2018-2021) (<https://jn-hrd-n.jaea.go.jp/material/backno03/20180216-nhrdn-report-conference/sp-7.pdf>) の時代を含めて、アジア・太平洋地区の中等教育者育成の国際活動に深く関与してきた経緯から、INSOの位置づけの議論やそ

の運営にかかる制度設計に関する企画立案への助言者となりました。また、第1回大会での設問の制度設計に関する議論には原子力施設の環境安全管理を専門とする五十嵐が加わり、INSO会期中の現地には、放射線生物学を専門とする角山と飯本の2名がIAEA専門家として列席しました。本稿ではその背景と目的、第1回大会の様子をご紹介しますと共に、今後の開催や関連の動向についても率直な著者私見を共有させていただきます。

INSOの開催目的は「原子力科学技術の平和利用に対する認識を高めること」にあるとされました。また、各国での準備から大会開催に至るプロセスとその延長線上にある具体的な達成目標として、INSO運営委員会は以下の7点を掲げています。

- ①原子力科学技術に関する知識と理解を普及させ、その利用と応用に対する原子力科学的なアプローチを開発すること。
- ②中等学校 (中学、高校) の生徒の原子力科学技術への関心を高めること。
- ③中等学校レベルでの原子力科学技術の教育を改善すること。
- ④原子力科学技術の問題に対する自主的かつ創造的な解決策によって、この分野に関心のある生徒の活動を刺激すること。
- ⑤国際的な連携を促進し、友好関係を促進すること。

*1 Yuichi TSUNOYAMA 京都大学 環境安全保健機構放射線管理部門 准教授

*2 Yu IGARASHI 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 大洗原子力工学研究所 放射線管理部

*3 Takeshi IIMOTO 東京大学 環境安全本部 教授

⑥参加者に原子力科学技術に関連した職業への関心を持たせること。

⑦参加国における全国原子力科学オリンピックの創設と開催を奨励すること。

原子力エネルギーのみならず、医療、工業、農業など、幅広い分野で過去から現在に至るまで、原子力科学技術は国や地域を問わず重要な役割を果たしてきており、今後も当面はこの状況が続くものと考えられています。一方、ニーズが存在しながらも、世界的にも、また特にアジア太平洋地域の諸国の現状では、関連する人材が現に不足しているのみならず、優秀な専門家を育てる仕組みをもたない国々が依然として少なくなく、将来を懸念する生の声が各国関係者からIAEAに届いています。このような国際状況を背景にして、2012年、中等学校（中学校、高等学校）の生徒に質の高い原子力科学技術の情報と知識を届けることを目的とした、前述のTCPが始まりました。第2期TCPとなる2018年からの4年間では「100万人に原子力科学技術教育を」とのスローガンを掲げながらも、2019年以降のコロナ禍でほとんどの国の教育システムが大混乱に陥ったという背景があったにもかかわらず、結果として200万人を超える教育実績を残すことができた成功体験が、今回のINSOの大きな動機になっています。当時のTCP活動では、「STEAM（Science（科学）、Technology（技術）、Engineering（工学）、Art（芸術・リベラルアーツ）、Mathematics（数学）」や「WOWファクター（驚きや感動、新たな発見の機会を提供し、思わず「ワオ」と言わせてしまう要素）」をキーワードにして、中等学校、特に高校生世代に原子力科学技術の興味深さ、奥深さを感じていただくことに注力してきたのですが、生徒の中には自主的に学習や研究を深め、さらなる高みを目指すメンバーも現れはじめてきた事実から、このような生徒を国際的な視点で関係者が支援し、さらなる動機づけをして活躍の場を設けることも必要

ではないか、との意見があり、この案にIAEAのみならず多くのTCP参加国の代表者が各国教育省の理解と支援を受けて賛同し、関連の準備委員会等が編成され、議論を積み重ねてきた経緯になります。

ここまでで、読者の皆さんは、東電・福島第一原子力発電所の原子力災害からの復旧・復興の関係者の取り組みがいまだに続く我が国の状況、原子力科学技術教育に対する現在の文部科学省や学校現場の様子や雰囲気とはかなり異なる空気感を抱かれたかもしれません。今回の第1回大会の参加国は後述する14か国、この中には日本は含まれていません。その国にはその国の事情がありますので、本稿でその部分に深入りすることは避けませんが、筆者らは原子力科学技術分野に限らず、未来に続くかもしれない可能性を最初の段階から遮断することなく、次世代層が知り学ぶ機会、彼らが自ら行動し、挑戦するための選択肢を可能な限り多く提供するために、大人たちが知恵を絞って協力し合い、そのような機会を懸命に整備する姿勢を示す社会が理想的だと考えています。

2. 第1回INSOの設計と構造

第1回INSO（1st INSO）では、アジア太平洋地域の14カ国から参加した大学進学前の20歳未満の生徒55名がメダルを争いました（図1、2）。出場国はバーレーン、マレーシア、モンゴル、シンガポール、オマーン、パキスタン、サウジアラビア、スリランカ、タイ、アラブ首長国連邦、カタール、イラン、ヨルダン、フィリピンです。参加生徒は各国の国内予選を勝ち抜いた優秀な生徒ばかりで、2024年8月2日（金）と4日（日）の2日間に分けて開催される理論試験と実技試験に臨みました（図3）。

第1回INSOのスケジュール及び実施会場は、参加国生徒と引率者からなるグループと、各国の国際審査員（チームリーダー）2～3名



図1 開会式に臨む各国を代表する生徒たち (1st INSO公式写真集より)



図3 理論試験の様子 (1st INSO公式写真集より)

ずつに加え、シリアや韓国などからのオブザーバー、そして角山、飯本を含むIAEA専門家からなるグループとで明確に区分けされていました。これは、数学や物理オリンピックなどのいわゆる国際科学オリンピックと同じ方式で、設問情報の漏洩等を避けるため、最初と最後のセレモニー以外、両グループが決して交流がないように動線が設定されました。

参加国チームリーダーと現地クルーたちが協調して行った作業のフローは以下の通りです。Scientific Committee (ScC) が半年近くかけて作成した問題原案（実技試験大問2問、理論試験大問5問）がオンラインプラットフォームOlympify上でまずは共有されます。なお、このOlympifyは他の科学オリンピックでも使用されているシステムです。チームリーダーたちが問題を点検しシステム上でコメントを付すと、ScCとの間で出題内容についての調整作業が行われます。このプロセスを経て問題の最終版が完成するまでに実技と



図2 競技会シンボルのINSOトロフィーとメダル(1st INSO公式写真集より)

理論それぞれ7時間ほどを要していました。最終版の問題文については翻訳が許されているので、英語が母国語ではない国によっては作業が深夜まで達していたチームもありました。ただし、解答用紙等の翻訳は許されません。数は少ないですが簡単な英語での記述を求める設問もありましたので、ある程度の英語力は参加生徒に欠

かせないものと思われます。次いで、試験実施日の夜から翌日にかけて、ScCとチームリーダーとがダブルチェックで採点を行います(図4)。解答表記の揺れなどがあった場合は、参加国間で話し合った上で正解可否の合意がなされていました。また最終日には採点結果を受けて、メダル授与の対象となる得点圏の微調整が行われました。結果的には点数が1位のフィリピンの生徒の点で正規化した場合の63%までの上位8名(シンガポール4名、フィリピン2名、タイ、スリランカ各1名)に金メダル(図5)、40%までの13名に銀メダル、20%までの16名に銅メダルが授



図4 試験解答のダブルチェックを行うチームリーダーとScCメンバー



図5 第1回INSOゴールドメダリストたち
(1st INSO公式写真集より)

与されました。

競技会は、実技試験（配点率30%）3.5時間と理論試験（配点率70%）5時間で構成されていました。実技試験では2つの大問（Q1、2）が用意され、それぞれについて凡そ10問ずつの小問がありました。Q1は自然界中で土壤中に集積するPb-210を利用した堆積年代測定に関する問題で、Q2は研究炉における放射化と鉛による遮蔽に関する設問でした。Q1ではデータからグラフを描かせ、誤差計算や検定なども行わせていました。またQ2では、ひとり一台配布されたPC上に用意されていたシミュレーターを動かして、遮蔽計算を行わせていました。このように、実技と言ってもそのほとんどは机上問題で、測定機等を触ることは一切ありませんでした。4日目の理論試験では、大問5題（Q1～5）が出題されました。Q1はトリチウム生成やポータブルニュートロンジェネレーターなどに関する計算が中心の核融合に関する問い、Q2は蚊の不妊化虫放飼法、Q3は粒子線がん治療（主として陽子線治療）、Q4は同位体関係（質量、スペクトロメトリーなど）、Q5は原子炉における低濃縮ウランの利用に関する問題でした。

これら出題された大問のテーマだけを見ますと、広範囲の高度な専門知識が要求されて

いるかのように想像されるかもしれませんが、実際はそうではありません。どのテーマにおいても、実験の手法や理論の基本的概念についての解説、問題を解くために必須となる値や計算式などが必ず問題文中に丁寧に記述されていました。また、文中で説明されていることを正しく理解し、落ち着いて順番に解いていくことができれば、その分野の関連知識や常法等についての理解を深めながら、段階的に解き進めて行けるよう設計されていました。つまり、問題文に圧倒されないという意味では原子力科学の関連知識を知っておいても損はありませんが、資格試験等で要求されるほどの高度な専門知識は解答のために必須ではないように見受けられました。ただし、今回の出題内容を見る限りにおいてはありますが、問題文の相当な読解力と理解力、そして精度の高い計算力は不可欠であると感じました。

3. 今後の課題 ～むすびに代えて～

本稿では、INSOの背景と目的、特に第1回大会開催に至る経緯と開催状況について簡単にご紹介しました。現地参加した角山と飯本は、その会場の熱気に圧倒され、アジア太平洋諸国関係者のパワーと潜在力の高さをこの機会に改めて認識したところです。また、この挑戦的取り組みを計画段階から緻密に練り上げ、また大会を最後まで支えておられた主催者の皆様、毎日勢力的に働いておられたScCを中心とするフィリピンスタッフ並びにすべての参加国のサポートメンバー、裏方を含めたすべての関係者の献身によって今回の競技会が盛会かつ成功したものと、参加者として深く感銘を受けました。

INSOへの生徒の参加動機は「学校で物理を学んだが、その中で少しだけ扱われた原子

力科学に面白さを感じ、もっと知りたいと思ったから」が圧倒的に多く、特に核医学を中心とした最先端医療に彼らの目が向いているようでした。また、「INSOに参加すると外国（今回はフィリピン）に行けるから」「海外の友人ができると思ったから」「その期間は公式に学校を休めるから（^注）各国から選ばれたきわめて優秀な生徒の発言であることをお忘れなく」といった著者らが容易に理解できる意見も少なくありませんでした。INSOで入賞すると、奨学金の獲得や大学への進学、就職の有利さ等があるか、との質問にはすべての生徒が「ノー」と答え、この点については各国の専門家が今後の課題のひとつとして認識しているようでした。一方、引率の学校教員ご自身のINSO参加動機は「生徒の活躍を見たいから」がほとんどで、指導した生徒の活躍が自身のキャリアアップや待遇の向上に直接つながることはなく、心底から生徒のためにボランティア支援されている姿勢を感じることができました。また、原子力科学技術先進国日本からの生徒の出場を求める期待が非常に大きく、また強いと感じました。

このようなINSOに、現時点で日本チームが参加するには、いくつもの高いハードルがありそうです。たとえば、英語を全く苦にしない高校生で物理や原子力科学技術に強い興味を持つメンバーを探し、ある程度のヒントを元に、原子炉主任者や核燃料取扱主任者、放射線取扱主任者の国家試験に近づくような、ある程度の専門用語を伴う問いにも怯むことなく挑戦できるように指導する体制を整えること、そのような専門的な設問を日英の両言語で扱うことができ、かつ国内予選から本選当日に至るまでの一連の流れで全面的な指導協力をいただけるボランティア専門家を用意すること、一連の活動趣旨を理解いただき、人的かつ経済的に支援して下さる団体や組織を募ること、そして何よりも、文部科学省や学校関係者、外務省、生徒のご家族の強い

同意と応援が基盤にないと参加の実現は不可能でしょう。折しも本原稿を執筆している今はパリ五輪2024の期間真っただ中で、一喜一憂しつつもこれまで努力を積み重ねてきた日本人選手の活躍を拝見し、とても感動しています。原子力科学技術が発展した背景にも、先人たちの英知と地道な努力の積み重ねがありますので、まさに同様の感慨を覚えます。原爆投下や大きな原子力災害を経験した日本で育った若者たちだからこそ、次の世代に事実を伝え、彼ら自身が未来を想像して行動する。その挑戦のための場として、高いレベルでのプラットフォームのひとつとなったINSOに積極的に参加することの意義を筆者らは改めて強く感じています。第2回大会はマレーシアのプトラジャヤ市での開催（2025年7月31日～8月4日）が決まりました。読者各位におかれましては、本稿がINSOに興味と関心をもっていただくためのきっかけになれば幸いです。

本稿の執筆に当たって、高木利恵子氏（エネルギー広報企画舎）の助言を受けました。記して謝意を表します。

著者プロフィール

- (1) 角山雄一：1997年京大院人間・環境学研究科博士課程修了、博士（人間・環境学）。1999年より京大に勤務、2023年より阪大核物理研究センター招へい准教授兼任。専門は放射線生体影響、放射線安全管理。
- (2) 五十嵐悠：2021年東大院・新領域（環境システム学）博士課程修了、博士（環境学）。大規模な原子力・放射線施設の環境モニタリング、安全管理業務に従事。専門は線量評価、放射線計測。
- (3) 飯本武志：1996年早大院・理工学研究科（物・応物）博士課程修了、博士（工学）。放医研及び電中研の研究員等を経て、1998年より東大に勤務、2017年より現職。専門は放射線防護。

※本稿で紹介したINSO等、国際原子力機関（IAEA）のアジア・太平洋地域技術協力プログラムに関連の深い活動に、外務省等の各方面からの理解と支援を受けて、我が国の専門家個人がJVET（日本人専門家によるボランティアチーム）メンバーとして自主的かつ能動的に参画、協力をしています。

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

線量計測技術課 首藤 妃奈

「放射線看護の黎明と創設期から発展と進化に挑む」をメインテーマに、2024年9月14日(土)・15日(日)の2日間、鹿児島大学にて一般社団法人日本放射線看護学会第13回学術集会が開催されました。(写真1)

弊社からは企業展示をさせていただき、ガラスバッジや眼の水晶体用線量計DOSIRIS®、弊社で作成した放射線防護の安全管理の冊子(基礎編、臨床編)等を紹介いたしました。展示ブースにお立ち寄りいただきました皆様ありがとうございました。(写真2)

また、弊社協賛のランチョンセミナーでは、講師に長崎大学原爆後障害医療研究所の横山須美先生、座長に活水女子大学の山田裕美子先生をお迎えし、「医療現場における放射線被ばくと防護に関する最近の話題について」と題してご講演いただきました。放射線審議会で行われた眼の水晶体の放射線防護検討部会でのお話し等、貴重な内容を多くご説明いただき、興味深く拝聴いたしました。誌面ではございますが、講師ならびに座長を快くお引き受けいただきました横山先生、山田先生に御礼申し上げます。(写真3)



写真1 日本放射線看護学会 学術大会会場



写真2 弊社展示ブース



写真3 ランチョンセミナー講師の横山先生

今回の学術集会では放射線教育に関するセッションが多くございました。弊社が提供している個人放射線被ばく線量測定サービスにより被ばく線量を「見える化」することで、職業被ばくに不安を抱いている放射線業務従事者の安心に繋がる一助となれば幸いです。

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をお願いします

平素はガラスバッジサービスをご利用くださりまして、誠にありがとうございます。

測定依頼いただきました封筒やGBキャリアの中に、ガラスバッジの追加・中止等の変更依頼が書かれた付箋が入っていることがございます。付箋は剥がれやすいため、輸送中に線量計や依頼書から外れてしまうことがあります。付箋による変更等のご連絡はご遠慮くださいますようお願いいたします。ご面倒でも“測定依頼票”の通信欄にご記入いただくか、「ガラスバッジWebサービス」からお手続きいただきますようお願い申し上げます。



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

- 皆様、新年あけましておめでとうございます。2025年、新年を無事迎えることができました。これも皆様のおかげと、改めて御礼申し上げます。編集委員一同、皆様へ感謝申し上げます。今年の干支は「巳」。「新しく産まれてくる」「将来・未来がある」の意味を示しているようです。テクノは、新しい事業の開発や将来に向けて「変化への挑戦“Challenge to change”」を掲げています。今後もFBNewsは情報発信として継続できればと思っています。
- 弊社井上から巻頭において迎春のあいさつに述べさせていただきましたが、今年は何と言っても4月13日に開催される大阪万博とそのインバウンド需要が大いに期待されることでしょう。
- 今月号では、日本原子力研究開発機構の佐藤様から、研究が続けられています放射能汚染の3次元可視化が紹介され、福島1Fサイト内における実証例が紹

介されています。ホットスポットを見出した結果が掲載されています。技術の進歩により、実用化によって廃止措置の危険予知、安全性向上に向けた報告がありました。

- 先月のバングラデッシュに続いて弘前大学床次様から、ラドン研究を取り巻く国際動向が掲載されました。自然放射線被ばく線量は世界平均と大差はないが、ラドン等の内部被ばく線量は、世界平均1.3mSvに対し日本は0.5mSvと低くなっており、日本家屋の換気率の高さにより、ラドン濃度を低く抑えられていることが示されていました。
- 国際原子力科学オリンピック (INSO) が、日本からIAEA専門家として列席されました角山様、五十嵐様、飯本様からご紹介をいただきました。より若手の台頭を支援する活動で、日本の参加を期待されていることがうかがえました (ハードルは高そうです)。

(小山)

FBNews No.577

発行日/2025年1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 古田悦子 青山伸 福田達也 藤森昭彦 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 村山賢太郎

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/03-3518-5665 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)