

補助事業番号 2020M-167

補助事業名 2020年度内部・外部被ばく線量を同時に測定するための一体型測定器の開発
補助事業

補助事業者名 国立大学法人弘前大学 被ばく医療総合研究所 床次 眞司

1 研究の概要

既存の可搬性の高い放射線計測機器は γ 線による外部被ばくを評価するものに限られており、内部被ばくを評価することができない。2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所(福島原発)事故後に様々な小型機器が市場に出回ったものの、その機能と測定値の信頼性は非常に乏しいものが多かった。本事業では、外部被ばくと内部被ばく線量の両方を評価することができる小型で安価、安定性の高い放射線計測機器を開発する。

2 研究の目的と背景

2011年3月に発生した福島原発事故以来、多くの国民が放射線被ばくによる健康影響に不安を抱えるようになった。特に、内部被ばく線量は直接計測することができず、ホールボディカウンタ(WBC)による全身計測か大気中の放射性物質濃度の計測によって評価するのが一般的である。しかし、WBCは非常に高価であり、限られた施設にしか導入されておらず、既存の大気中放射性物質モニタは高価で大型なものが多いために、事故後に多地点かつ広範囲に配備できなかった。このような問題から、福島原発事故後の住民の内部被ばく線量に関するデータは非常に少ないため、現在でも内部被ばくによる身体への影響を心配する住民が多い。一方、外部被ばく線量を評価するための小型で安価な放射線計測機器が市場に出回っているが、同じ場所で計測してもメーカーによって指示値が異なる場合や、指示値が得られるまでに時間を要する事例が多く見られている。本研究では、万一の事態に備えて一台の測定器で迅速かつ簡便かつ高精度に外部被ばく線量だけでなく内部被ばく線量も評価できる機器を開発する。

3 研究内容

(1)内部被ばく線量を評価するための測定器

内部被ばく線量を評価するための手法はいくつかある。本事業では、申請者らのこれまでの実績をもとに、大気中の放射性物質をフィルタ上に捕集し、フィルタの対面に配置しているシリコン半導体検出器で α 線を検出する。フィルタ上の α 粒子が効率的に検出できるように、検出部と捕集部の設計を行った。開発した検出部と捕集部を図1に示す。捕集部はポンプに接続され、大気中の放射性物質の捕集のために、3L/minの流量で空気を吸引する。弘前大学被ばく医療総合研究所内に設置されている放射性エアロゾル曝露場にモニタを設置し、連続測定を行った。その際、定期的に曝露場内の放射性微粒子をGrabサンプリング(短時間での間欠的な捕集)し、曝露場内の放射能濃度(ラドン子孫核種濃度)を計測した。それらの結果を図2に示す。連続測定とGrabサンプリングで得られたラドン子孫核種濃度の変動は良く一致した。

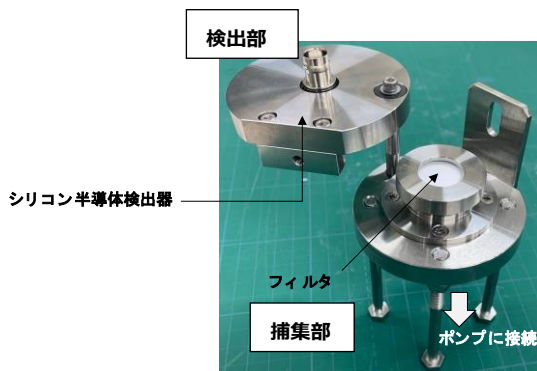


図1 捕集部と検出部の外観

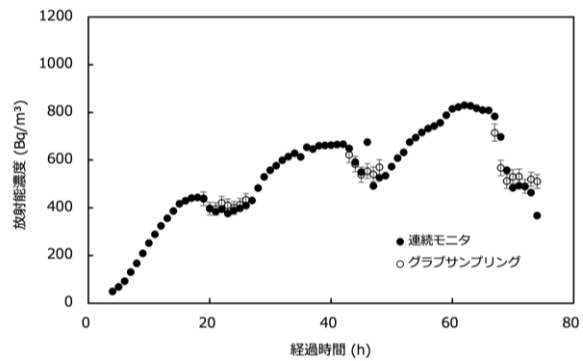


図2 放射性エアロゾル曝露場での試験結果

(2) 外部被ばく線量を評価するための測定器

外部被ばく線量(空間線量率)評価用検出器として 1cm^3 のCsI(Tl)シンチレータを用いた(図3)。シンチレータからの発光をシリコンフォトダイオードで検出し、電圧パルス信号を増幅したのち多重波高分析器では波高分析する。 ^{137}Cs 線源を用いて100秒間の測定で得られた γ 線波高分布を図4に示す。50チャンネル程度までに観測されるピークは電気ノイズに起因する。したがって、本研究では、50チャンネル以上の全チャンネルの計数値を線量推定に用いることとした。これは、検出器の有感部が 1cm^3 と小さいことから空間線量率が低い環境では図4のようなピークが検出されない可能性があるためである。



図3 外部被ばく線量を評価するための測定器

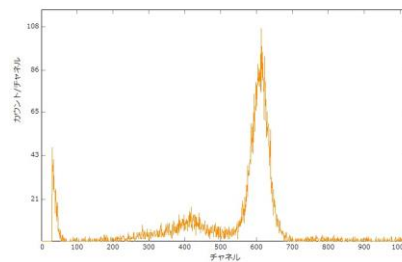


図4 ^{137}Cs の γ 線波高分布

(3) 内部被ばくと外部被ばくを同時に評価する一体化測定器の開発

図5に示すように、筐体内に内部被ばく(大気中放射能濃度)および外部被ばく(空間線量率)を評価するための測定器類を設置した。実環境での測定値を取得するために、多湿環境(相対湿度:90%以上)である沖縄県の鍾乳洞内、火山活動が活発で大気中エアロゾル濃度が高い鹿児島県桜島周辺および家屋内外に装置を設置して24時間の連続測定を行った(図6)。その際、市販の3インチ×3インチNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータとの同時測定を行った。その結果、外部被ばく用測定器で得られる計数値から空間線量率への換算係数は $0.165 \pm 0.012 \text{ nGy/h/cpm}$ と評価された。換算係数の精度を向上させるために、事業終了後も空間線量率が異なる場所においてフィールド調査を継続して実施する予定である。



図5 一体化した測定器の外観

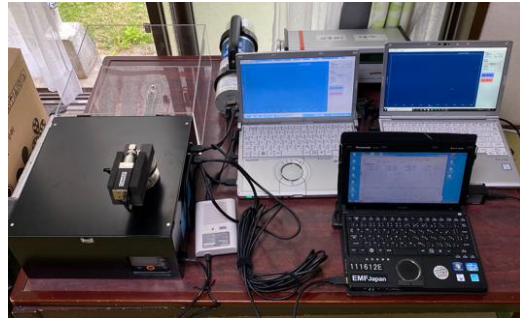


図6 実環境での測定の様子

図7にそれぞれの環境で測定した結果を示す。この測定では、開発した測定器での測定に加え、市販のラドンガスモニタも同じ場所に設置し連続測定を実施した。図に示すように、ラドン子孫核種濃度とラドンガス濃度は同様の変動を示したことから、大気中の放射性物質濃度の変動を捉えることができていると言える。

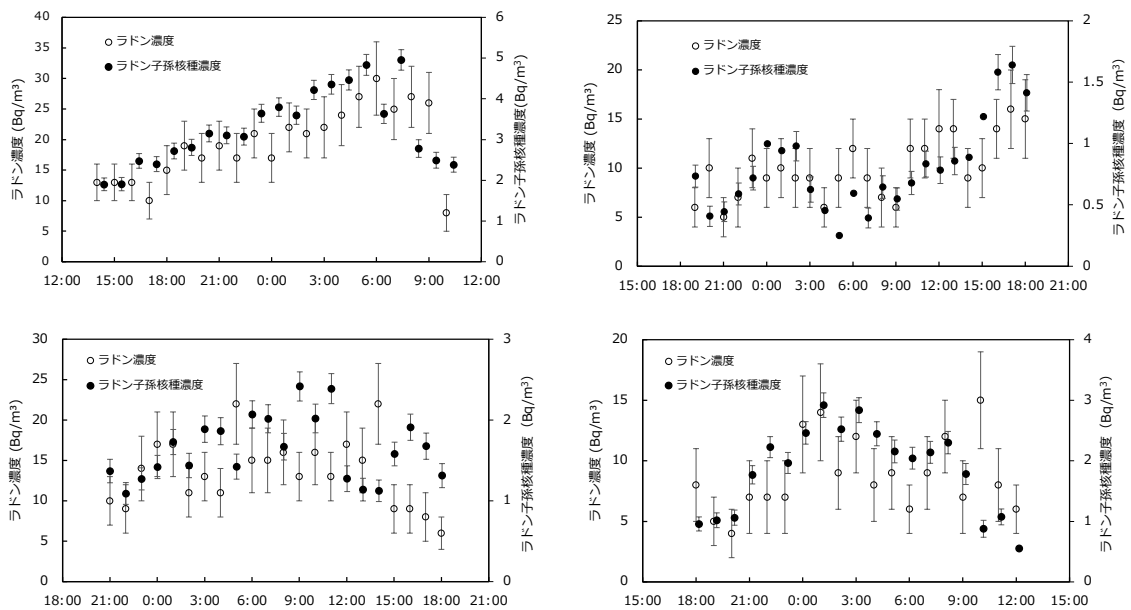


図7 沖縄県の鍾乳洞内(左上)、家屋内(右上)、家屋外(左下)、桜島火山周辺の家屋敷地内(右下)での測定結果

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業で開発した内部・外部被ばく線量を同時に評価するための一体型測定器は、重量が10kg以下とこれまでに市販されている装置と比べて大幅な小型・軽量化を実現できた。一方、現状では外付けのPCによってデータ収集を行なっていることから可搬性と小型化の観点からさらなる改善の余地が残されている。この課題が解決されれば、原子力関連施設周辺での環境放射線モニタリング、病院・大学・研究所などの放射性物質を取り扱う機関での放射線管理に活用が期待される。さらに、携帯化が可能となれば海外を含む様々な産業での作業者の個人被ばくモニタリングに対する需要も見込まれる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本補助事業者の床次眞司は、30年以上にわたり放射線防護研究に携わり、特に放射性ガスや放射性エアロゾルの計測技術開発について精力的に取り組んでいる。本事業で開発した放射性エアロゾル(ラドン子孫核種)濃度評価のために開発した測定器の設計概念と計算手法は、自身が1996年に発表した手法を導入した(Tokonami et al. Health Phys. 1996)。その後、学部学生や大学院生とともに、現場での測定その結果を反映しながら改良を繰り返した(Yamada et al. Appl. Radiat. Isot. 2017, Tamakuma et al. Perspect. Sci. 2019, Tamakuma et al. Radiat. Prot. Dosim. 2019)。測定値の信頼性を担保するために測定器の較正を行う必要があるものの、我が国で明確に定義された放射性エアロゾルを任意に曝露できる環境がなかった。そのため、これまでの放射性エアロゾルに関する環境や人体内の動態、計測技術開発の経験をもとに(例えば、Tokonami Health Phys. 1999, Tokonami and Knutson Aerosol Sci Technol. 2000など)、弘前大学内に放射性ガスや放射性エアロゾルの曝露場を開発した(Pornnumpa et al. Radiat Environ. Med. 2018)。本事業では、この放射性エアロゾル曝露場を用いることで開発した測定器の較正試験を可能とした。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

特になし(学会発表・論文投稿準備中)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

特になし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 国立大学法人弘前大学被ばく医療総合研究所(コクリツダイガクホウジンヒロ
サキダイガクヒバクイリヨウソウゴウケンキュウジョ)

住 所: 〒036-8564
青森県弘前市本町66-1

担 当 者: 教授 床次 眞司 (キョウジュ トコナミ シンジ)

担 当 部 署: 被ばく医療総合研究所 (ヒバクイリヨウソウゴウケンキュウジョ)

E - m a i l: tokonami@hirosaki-u.ac.jp

U R L: <http://www.irem.hirosaki-u.ac.jp/>