

## ○地域・社会貢献研究

研究課題 「リアルタイム水晶体被ばく線量計を搭載した防護メガネおよび最適化手法の開発」

○研究代表者 放射線技術科学科講師 布施 拓

○研究分担者 放射線技術科学科助教 安江憲治、宮川 真、高橋将斗、郡 倫一 (4名)

○研究年度 令和 5 年度

(研究期間) 令和5年度～令和7年度 (3年間)

## 1. 研究目的

ICRP2011において職業被ばくにおける水晶体への等価線量限度の引き下げが勧告され、本邦では、150 mSv/年であった水晶体被ばくの等価線量限度は、2021年に20 mSv/年(5年平均)かつ最大50 mSv/年と線量限度が大幅に引き下げられた。放射線利用において、人体局所に生じうる被ばくの防護や線量限度を遵守するための線量計測が重要となっている。また、眼の水晶体の等価線量限度の見直しに当たって留意すべき事項について、水晶体への被ばく線量が高い業務を行う事業者が、放射線防護設備の設置や改善による被ばく低減措置を講ずるための支援を行うこと、水晶体への被ばく線量が高い業務を行う事業者が、労働安全衛生マネジメントシステム等の取組を着実に進め、安全衛生管理体制を確立するための支援を行うこと、放射線業務従事者等の管理区域内において被ばくによる線量の測定が適切に実施されるよう対策を講ずることが提言されている。放射線業務従事者の防護および被ばくの線量の測定を適切に行い、労働安全衛生を確保することが急務となっている。そこで、新たな放射線防護メガネに一体型として搭載できるリアルタイム線量計を搭載した防護メガネを開発する。あわせて、X線発生装置等が配置されている部屋の放射線分布を事前に取得し、線量計情報と紐付けて、術者の立ち位置、装置の出力等を調整することにより、計画的に被ばく線量低減を実現する。

## 2. 研究方法

小型放射線検出器を用い、即時性が守られなかった場合の事故リスクは低いものとして、ソフトリアルタイム性を持った線量計を作製する。マイコンボードを使用してプログラミング処理を実行し、被ばく線量計測のソフトリアルタイム性を達成できるようにした。その上で、線量計の応答速度や線量計の測定精度を評価するために、現状使用されている線量計との比較実験を並行して実施した。

あわせて、X線発生装置等が配置されている部屋の放射線分布を事前に取得し、線量計情報と紐付けて、装置の出力等を調整することにより、計画的に被ばく線量低減を実現するための、計算データの蓄積を行った。本年度は、深度カメラで取得したX線発生装置等が配置されている部屋を、モンテカルロ(MC)シミュレーションコード内で再現した。その上で、放射線分布をMCシミュレーションを用いて詳細に計算した。

## 3. 研究結果

図1に作製した防護メガネへ小型放射線検出器を搭載した線量計の外観を示す。設計コンセプトで示した想定と同様に小型放射線検出器を配置し、被ばく線量を検出できる線量計を作製した。熱ルミネセンス線量計との比較検証結果を図2に示す。黒色実線が小型放射線検出器、黒色点線が熱ルミネセンス線量計の結果である。それぞれ(a)は短軸に垂直方向の方向依存性、(b)は長軸に垂直方向の方向依存性を示す。熱ルミネセンス線量計に比べて、小型放射線検出器では指向性が強いことが示された。

また、X線発生装置等が配置されている部屋をモンテカルロ(MC)シミュレーションコード内で再現した結果を図3に示す。解像度は荒いものの、MCシミュレーションコード内にCADデータで取り込むことにより、MCシミュレーションで放射線分布を計算できる環境を整備した。このMCシミュレーションコードを用いて、放射線分布を計算した結果を図4に示す。現状ではCADデータがラフなため計算時間を短縮して実施したこともあり、統計誤差は5%程度であった。



図1 本研究で作製した線量計の外観

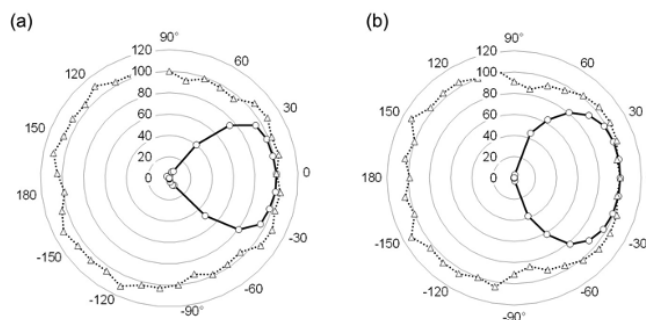


図2 小型放射線検出器および熱ルミネセンス線量計の方向依存性

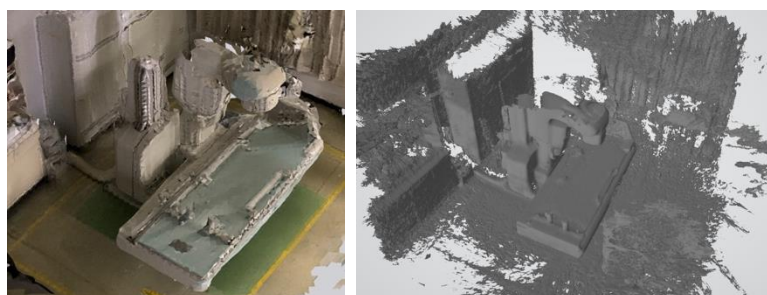


図3 MCコード内で再現した部屋の構造およびCADデータ

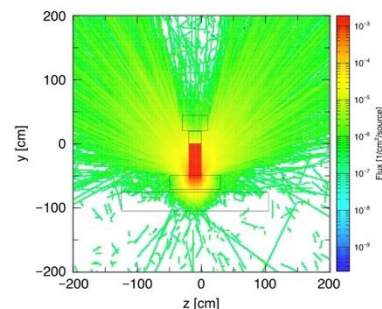


図4 MCシミュレーションによる放射線分布

#### 4. 考察 (結論)

本研究で作製した線量計の諸特性を検討し、 $\pm 30$ 度程度の指向性を有していることを示した。散乱線が水晶体へあらゆる角度から入射することを考慮すると、方向依存性による補正係数を検討する必要がある。一方で、防護メガネへ小型放射線検出器を搭載した、リアルタイム性を有する線量計を作製できたことは、放射線業務従事者の防護および被ばくの線量の適正な管理に有用である。また、部屋の構造をCADデータでMCコード内に取り込み、MCコード内で再現したことにより、これまで実測および手作業でコーディングしていた作業を簡便に行うことが可能となった。本年度は、深度カメラの性能の都合でラフなCADデータしか得られなかったため、次年度は解像度を向上させたCADデータ取得を進めたい。また、MCシミュレーションにおいても、放射線分布を計算する環境を構築できたため、精度向上を図り、統計誤差は1%程度で計算を実施する予定である。

#### 5. 成果の発表 (学会・論文等, 予定を含む)

Comparison between Thermoluminescence Dosimeter (Vison Badge®) and Semiconductor Dosimeter for Optic Lens Dosimetry, Journal of Applied Clinical Medical Physics, 投稿中.

Performance of Semiconductor Dosimeter for Mammography, Radiation Protection Dosimetry, 投稿中.

Three-dimensional thermal analysis of thermal characteristics in a water-equivalent phantom thermal analysis of water-equivalent phantom, Radiation Physics and Chemistry, 217, 111458, 2023, 査読有.

Verification of dose distribution by different material properties in intraoral mold irradiation, Journal of Radiotherapy in Practice, 22, 2023, 査読有. 他、論文掲載3件、投稿中3件

撮影および透視における放射線防護眼鏡と放射線防護板の使用による放射線遮蔽効果について、第42回茨城県診療放射線技師学術大会 2024年3月.

熱ルミネセンス線量計と半導体検出器の特性について、第42回茨城県診療放射線技師学術大会 2024.

乳房撮影領域における半導体検出器の諸特性、第42回茨城県診療放射線技師学術大会 2024.

放射線防護眼鏡と防護版併用での放射線遮蔽効果について、東京・関東支部合同研究発表大会2023, 2023年12月.

撮影および透視における放射線防護眼鏡の遮蔽効果について、東京・関東支部合同研究発表大会2023 2023年12月.

熱ルミネセンス線量計と半導体検出器の特性評価、第50回日本放射線技術学会秋季学術大会 2023年10月.

他、学会発表掲載5件

#### 6. 参考文献

ICRP Publication 118 (2011) 組織反応に関するICRP声明/正常な組織・臓器における放射線の早期影響と晩発影響—放射線防護の視点から見た組織反応のしきい線量—.