

## ○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に関する地域研究」

○研究代表者 放射線技術科学科 准教授 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 6 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

X線発生装置で発生する放射線をMCシミュレーションで再現するために、実効エネルギーでコミッショニングを行った。電離箱線量計(10X5-6M 9015 Radcal)で計測された吸収線量とMCシミュレーションで計算された吸収線量を比較し、統計誤差が0.1%で、1%以内で一致するように調整した。

深度カメラ(3Dスキャナ RealSense Depth Camera D455)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CADデータから再現した。詳細に装置部品の組成を割り当てて作成した。代表的な組成表を表1に示す。これらのデータを使用して、室内の線量分布を取得し、水晶体近傍の線量分布を取得した。あわせて、散乱線のエネルギーフルエンスを求め、水晶体近傍の3 mm線量当量を算出した。

表1 装置部品の代表的な組成表

	材質	組成	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]
ファントム	水	H <sub>2</sub> O	0.998
装置表面	CFRP	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> C (0.08) Si (1.0) Mn (2.0)	1.8
管球および寝台内部の躯体部分	ステンレス <sup>11)</sup> (SUS304)	P (0.045) S (0.03) Ni (9.0) Cr (19.0)	7.93

## 3. 研究結果

図1にX線発生装置の実物(左)とMCシミュレーションコード内で再現したX線発生装置(右)を示す。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、前年度より高精細にX線発生装置を再現した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。また、取得した室内の線量分布を図2に、水晶体近傍の3 mm線量当量を図3に示す。現状では分散減少法などの時間短縮法を用いなかったため粒子数を低減して実施したこともあり、統計誤差は5-10%程度であった。

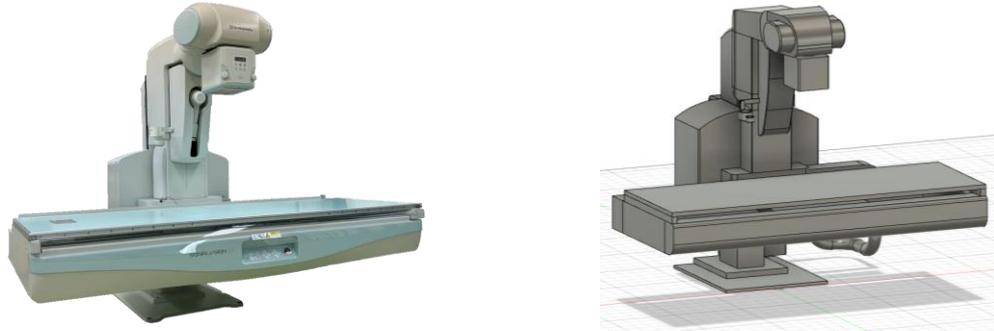


図1 X線発生装置の実物（左）と再現したX線発生装置（右）

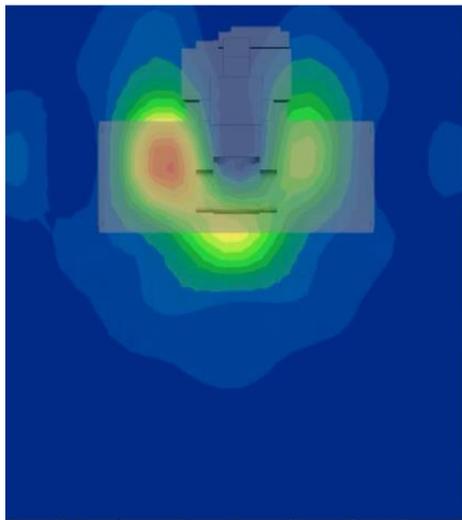


図2 MCコード内で再現した室内の線量分布  
透かし部はX線発生装置を示す。

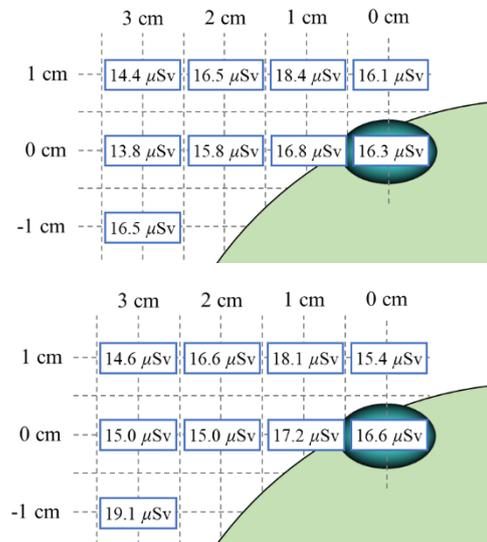


図3 水晶体近傍の3 mm線量当量  
公称エネルギー80 kV（上）、公  
称エネルギー100 kV（下）

#### 4. 考察(結論)

本研究で再現したMCシミュレーションで計算した結果、X線発生装置の頭側、足側、術者側で線量が高くなることが示された。これは、X線発生装置のコリメータ等で散乱線が発生することと人体を模したファントムでの散乱線が検出されたためである。これらが水晶体へ入射することを考慮すると、ある方向を向いて作業した場合に高い3 mm線量当量となってしまう可能性が示唆された。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、昨年度と比較して、詳細なCADデータを取得したため、解像度が向上したデータを構築することができた。一方、MCシミュレーションにおいては、放射線分布を計算する環境を構築できたものの分散低減法の採用まで至っていないため、次年度は、分散低減法を採用し、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 OpticLens Dosimetry, Cureus, 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.

他、論文掲載1件、投稿中1件、学会発表6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—.