

平成27年度労災疾病臨床研究事業費補助金事業

研究結果の概要

研究課題名（課題番号）：放射線業務従事者の眼の水晶体等末端部等価線量の適切な評価及び被ばく線量の低減に関する研究（150801-01）

研究代表者：古渡 意彦

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 放射線管理部 放射線計測技術課 主査

1. 研究目的

国際放射線防護委員会（ICRP）等では、放射線業務従事者の水晶体の組織等価線量被ばく限度について、年間150 mSv から5年平均で年20 mSv まで大幅な引き下げを検討している。現行の個人線量モニタリングでは、放射線業務従事者の体幹部に装着された線量計の指示値（1cm 線量当量及び70 μ m 線量当量）から、適切な水晶体組織等価線量を推定している。通常の放射線作業環境においては、この推定手法でもそのまま適応できる被ばく事例が多い。しかしながら、体幹部で測定した線量（以下、「体幹部線量」という。）では水晶体組織等価線量を過小評価しうる被ばく事例があり、特に原子力分野では、このような被ばく事例は十分評価されてこなかった。

本研究では、上述の課題に対し、体幹部、眼の水晶体及び末端部線量の相関に関する評価を通じて、体幹部線量から適切な等価線量評価手法を開発する。研究期間内の2か年のうち、初年度は、末端部で追加のモニタリングを適切に行うためのパッシブ型個人線量計を開発するとともに、体幹部及び末端部等価線量の関連性評価のため、計算シミュレーション及び物理ファントムを用いる試験を行う。2年目は、人体を模擬した簡易物理ファントムを用いるフィールド試験を中心として体幹部と末端部線量、作業環境の線量及び末端部線量との相関について検討を進める。一連の検討から、体幹部線量から水晶体、末端部等の組織等価線量の合理的な評価手法を確立する。

2. 研究方法

本研究における1年目にあたる平成27年度では、以下に示す3項目の研究を進めた。

（1）体幹部線量と眼の水晶体及び末端部等価線量との相関に関する検討

モンテカルロ計算コードPHITSで人体模擬数学ファントムを用いて放射線業務従事者を模擬し、体幹部線量と眼の水晶体及び末端部等価線量との関係について評価した。同時に、線量計校正に使用されるアクリル製水槽ファントムを組み合わせ、人体を模擬した簡易物理ファントムを製作し、OSL 線量計を取り付けて¹³⁷Cs 及び⁶⁰Co γ 線照射場、並びに⁹⁰Sr-⁹⁰Y β 線照射場で照射し、計算シミュレーションで行った体幹部・水晶体線量比を導出する手法が妥当であるか、実験的に検証した。

（2）工業・原子力・学術分野における放射線作業と放射線業務従事者の被ばく状況に関する調査

工業・原子力・学術分野における放射線作業と放射線業務従事者の被ばく状況に関する

調査として、国内の学術論文、研究報告を中心に、工業・原子力・学術分野での被ばく線量評価事例及び被ばく線量低減化事例を比較した。

(3) 眼の水晶体及び末端部モニタリング用パッシブ型個人線量計の開発

不均等被ばく状況下での水晶体等価線量モニタリングに適した線量計を開発するため、既存の OSL 線量計の γ 線及び β 線エネルギー応答特性向上を目指し、OSL 線量計に 2 mm 厚の亚克力板を装着した場合のエネルギー応答特性を試験した。

3. 研究成果

体幹部線量と眼の水晶体及び末端部等価線量との相関について、均等被ばくを模擬した照射実験では、シミュレーション結果と非常に良く一致した。この結果を受け、①線種、②作業者の体勢及び③線源－作業者の位置関係に着目した水晶体/体幹部線量比評価を、計算シミュレーションを用い、系統立てて実施可能となった。また、不均等被ばく状況の模擬に先んじ、均等被ばく状況を模擬したシミュレーションを行った。その結果、 ^{60}Co γ 線及び ^{90}Sr - ^{90}Y β 線源に対し、「全身に均等被ばくした場合には、放射線業務従事者の姿勢によらず体幹部線量が末端部線量を 10%以内で代表すること」を明らかとし、「点線源で顔面近傍に不均等被ばくする場合、水晶体線量が体幹部の 10 倍を超え、体幹部線量からの評価では 1/10 以上も過小評価となること」が示された。

工業・原子力・学術分野における放射線作業と放射線業務従事者の被ばく状況に関する調査では、国内では、65 件の論文による報告があり、のべ 95 件の放射線作業の事例が紹介されている。報告のうち、86%が原子力関連となっており、原子力研究施設での被ばく事例の報告は、44 例であった。これらの放射線作業は、メンテナンス、施設又は物品の解体撤去、除染及び核燃料製造・取扱い過程がほぼ均等に報告されている。

眼の水晶体及び末端部モニタリング用パッシブ型個人線量計の開発について、眼の水晶体等価線量評価において推奨される 3 mm 個人線量当量($H_p(3)$)で校正定数を求めた場合、 γ 線エネルギー 100-1250 keV の範囲内で、 ^{137}Cs γ 線を基準に $\pm 20\%$ という良好な応答比が得られた。亚克力板がない状態では、同じエネルギー範囲で、 ^{137}Cs γ 線を基準に $\pm 200\%$ となるため、エネルギー応答特性が大きく改善されたといえる。

4. 今後の展望

本研究について、文献調査に基づき、今年度開発した計算シミュレーションを用い、報告された放射線作業現場の情報をもとに、被ばく状況を再現し、放射線業務従事者の被ばくについて詳細に検討する。併せて、簡易物理ファントムを使用し、放射線作業が実施される作業環境でのフィールド試験を行う。これらは、特に末端部線量に注目して行う予定である。さらに、眼の水晶体及び末端部モニタリング用パッシブ型個人線量計の開発では、OSL 線量計について、 β 線エネルギー応答特性について向上を目指した最適な線種弁別フィルターを検討し、線量計開発を継続する。

以上