

## 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

本研究は、特に原子力・工業・学術分野において、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し、合理的な線量低減対策を提案するものである。国際放射線防護委員会 (ICRP) からの勧告を受け、国際原子力機関 (IAEA) の策定する国際基本安全基準 (BSS) では、放射線業務従事者の水晶体の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 まで大幅に引き下げた。さらにヨーロッパ連合 (EU) でも同一の勧告が導入され、米国でも眼の水晶体線量限度の引き下げが検討されている。我が国の個人モニタリングの現状では、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  $\mu$ m 線量当量) から、いずれか適切な値を、眼の水晶体等価線量の推定値としているが、体幹部で測定した線量 (以下、「体幹部線量」という。) では眼の水晶体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。

平成 28 年度は、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、計算シミュレーションで、均等被ばく状況下での放射線業務従事者の体幹部及び末端部等価線量の関連性評価を行う。さらに、加速器施設及び核燃料物質使用施設において人体を模擬した簡易物理ファントムを用いたモニタリング試験を実施し、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した。

#### 2. 研究方法

事業最終年度の平成 28 年度では、以下に示す解題を設定し研究を進めた。

##### (1) 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

初年度の成果を考慮し、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し、基準放射線場でのエネルギー応答試験を実施するとともに、下記 (2) における実放射線作業環境場での体幹部・水晶体線量比の測定に供した。

##### (2) 放射線作業環境における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

昨年度遂行した研究で検証を終えた人体模擬簡易物理ファントムに、OSL 線量計を取り付けて、加速器施設及び核燃料物質使用施設で放射線業務従事者が作業を行う放射線環境に設置し、体幹部、眼の水晶体及び末端部の線量当量を測定で求め、相互及び作業環境線量との相関を評価した。同時に、モンテカルロ計算コード PHITS を用い、人体模擬数学フ

ファントムを導入して、モニタリング試験と同様の作業環境で作業する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を求め、簡易物理ファントムを用いたモニタリング試験の有効性についても検証する。

(3) 均等被ばく条件下における体幹部線量に対する眼の水晶体線量の不均等度に関する調査

体幹部線量と眼の水晶体等価線量との相関について、計算シミュレーションを用いて均等被ばく状況での放射線業務従事者の被ばくの不均等度を、より詳細に評価した。放射線業務従事者への被ばくは、作業環境で遭遇しうる、ISO 及び ROT 照射条件を模擬して評価を進めた。

### 3. 研究成果

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は、既存の OSL 線量計を改造し、適切なエネルギー補償フィルタを照射面の前面に施すことにより開発した。開発した線量計は、眼の水晶体及び末端部等価線量評価に別個に使用されるものである。

基準放射線場における試験の結果、金属フィルタ付きの眼の水晶体線量測定用 OSL 線量計について、3 mm 個人線量当量( $H_p(3)$ )で校正定数を求めた場合、 $\gamma$ 線エネルギー40-1250 keV の範囲内で、 $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$ 線を基準に $\pm 20\%$ という良好な応答比が得られた。 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$   $\beta$ 線に対しては、アクリル板を取り付け、 $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$ 線を基準に0.85と良好な応答比が得られた。

簡易物理ファントムと OSL 線量計を組み合わせ、放射線作業が実施される作業環境でのモニタリング試験を実施した。モニタリング試験は加速器施設及び核燃料物質使用施設の放射線作業が実施される作業場に、簡易物理ファントムを放射線業務従事者の作業体勢に合わせて設置し、体幹部線量に対する眼の水晶体線量及び末端部線量の比を評価した。加速器施設で均等被ばく状況を模擬した結果では、体幹部に対する眼の水晶体線量の比が0.6～3.5となり、体幹部線量が眼の水晶体線量を大幅に過小評価することが分かった。

体幹部線量と眼の水晶体等価線量との相関について、均等被ばく状況での放射線業務従事者の被ばくの不均等度を、計算シミュレーションを用いてより詳細に評価した。放射線業務従事者への被ばくは、作業環境で遭遇しうる、ISO 及び ROT 照射条件を模擬して評価した。その結果、X線・ $\gamma$ 線に対する体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は、60 keV～6 MeV の範囲内で、0.8～1.4 となり、現行の推定手法を用いた場合、ISO publication 75 の示す factor 1.5 以内で推定できることが確認できた。

### 4. 全体報告への反映

平成28年度得られた成果に基づき、本研究の目的である、体幹部線量から適切な等価線量評価手法を開発し、得られた知見を概説する。分担研究者により実施された、防護資機材の被ばく線量低減効果についての議論から、防護資機材を用いる合理的な低減対策を提案する。

以上