

労災疾病臨床研究事業費補助金

放射線防護マネジメントシステムの適用と  
課題解決に関する研究

令和4年度 総括・分担研究年度終了報告書

研究代表者 櫻田 尚樹

令和5(2023)年3月

## I. 総括研究年度終了報告

櫻田 尚樹

## II. 分担研究年度終了報告

### 【放射線防護マネジメントシステムのシステムの有効性の検証】

1. 医療機関における放射線防護マネジメントシステムの導入および成熟状況を評価するためのツール開発  
森 晃爾、中上 晃一、酒井 洸典、守屋 健太
2. 放射線防護マネジメントシステムを新規導入する医療機関を対象とした導入評価ツールの使用経験  
櫻田 尚樹、中上 晃一、茂呂田 孝一
3. 産業保健上の課題の整理 ～放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム導入支援事業アンケートの集計～  
喜多村 絃子、中上 晃一

### 【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

1. 医療従事者の系統的線量測定を可能とする小型ガラス線量計の応答に関する検討  
古渡 意彦
2. 透視下整形外科手技における手の放射線防護具に関する研究  
掛田 伸吾
3. 脳血管撮影時の患者累積線量と放射線脱毛の関係調査  
盛武 敬、人見 剛
4. 循環器科 IVR に従事する看護師の水晶体被ばく線量評価及び放射線防護の基礎知識の向上に関する研究  
小野 孝二、櫻田 尚樹、金子 順一、新井 知大、大熊 吉徳、鈴木 貴大、日野 稜介、池田 新
5. 臨床現場における医療従事者の眼の水晶体及び手指被ばくの実態調査  
小野 孝二、櫻田 尚樹、金子 順一、新井 知大、池田 新、日野 稜介、菊名 邦彦
6. 電離放射線健康診断における白内障調査・電離放射線健康診断を受ける医療従事者の職業防護に対する意識調査  
栗山 知子、櫻田 尚樹、永田 竜朗、喜多村 絃子、前野 孝明

### 【従事者の線量計装着実態の把握】

1. 医療施設における個人線量計装着率調査と放射線管理安全チェックリストの有効性  
永元 啓介、櫻田 尚樹

## III. 研究成果の刊行に関する一覧表

## I. 総括研究年度終了報告

令和4年度労災疾病臨床研究事業費補助金  
総括研究年度終了報告

放射線防護マネジメントシステムの適用と課題解決に関する研究

研究代表者 櫻田 尚樹（産業医科大学産業保健学部産業・地域看護学 教授）

**研究要旨**

本研究は、眼の水晶体への被ばく線量が比較的高い医療の現場において、電離放射線障害防止規則（以下「電離則」という。）における線量限度の遵守、個人線量計の装着等の基本的な法定措置の確実な実施はもとより、国際的な動向も踏まえて規制を最適化すると共に放射線業務に従事する労働者の被ばくを可能な限り低減する管理体制を構築し、ひいては労働安全衛生全体の水準を向上させるために、放射線防護マネジメントシステムの運用評価と改良を目的とし、令和4年度は以下を重点的に実施した。

**【放射線防護マネジメントシステムの改善と導入支援】**

不均等被ばくを伴う放射線業務における被ばく線量の実態調査と線量低減に向けた課題評価に関する研究（研究代表 櫻田尚樹）（以下「前研究班」という。）で開発した大規模および中小規模病院向けの放射線防護マネジメントシステム（以下「RPMS」という。）を、厚生労働省・放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム導入支援事業の研修会（以下「放射線MS導入支援事業」という。）に教材として提供し、かつ、昨年度に引き続き本研究班が研修会を全面的に支援した。本年度は、約250の新規参加医療機関を対象とした講義（3回）、約40の継続参加医療機関を対象とした事例発表会（2回）を行った。事例発表会では、放射線MS導入の代表的なボトルネックと考えられる4項目（①被ばく低減管理体制の構築、②委員会等組織の構築、③トップマネジメント、④書類体系の構築）に係る取組をテーマとした発表等により、導入が先行している事業場の経験を共有するとともに、各医療機関が抱える放射線MSの導入に係る具体的な課題の共有を図った。

**【放射線防護マネジメントシステムのシステム有効性の検証】**

前研究班の成果物であるRPMSに関して、導入およびその成熟状況を確認するための評価方法は未整備で、個別の医療機関においてRPMSの導入～安定的な運用に係るPDCAサイクルを廻す上では、その導入状況の評価ができないことは課題であった。本年度は、医療機関においてRPMSの導入およびその成熟状況の評価するための自己評価ツールを開発し、外部専門家およびRPMS導入が進む医療機関における試行調査を行った結果、自己評価ツールの妥当性、有効性が示された。

放射線MS導入支援事業に参加した医療機関に実施したWebアンケートを集計・分析し、放射線MS導入前の労働衛生管理および産業保健上の課題を5点、明らかにした：①病院管

理者の労働者の放射線被ばく管理方針が明示されていない機関が 4 割以上、②労働者の放射線被ばく管理担当者がその権限を躊躇なく行使できない医療機関がある、③各放射線業務従事者の被ばく線量が一元管理されていない、④放射線業務従事者の被ばく状況を専門性のある者および責任と権限のある立場の者が把握していない医療機関がある、⑤必要な保護具の準備と使用が徹底されていない。

#### 【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

小型ガラス線量計を手首・足首に装着する末端部モニタリング用線量計として使用可能か、基礎特性であるエネルギー応答を計算シミュレーションにより評価した。ガラス線量素子 (GD-302M および GD-352M) の線量応答のエネルギー特性を、ISO4037-3:2019 に従って評価した。計算シミュレーションの結果、GD-352M のエネルギー応答特性が、20keV 以上から  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  線の 662 keV まで非常に広いエネルギー範囲で国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission: IEC) の規格要件で示された基準値 (エネルギー依存試験で得られた線量計レスポンスに対し 0.71~1.67) に入っていることを示した。

整形外科領域を中心とする透視下診療における手指への被ばく低減を目的に、4 種類の放射線防護手袋について、操作性のアンケート調査および様々な管電圧に対する防護能のファントム実験を実施し、操作性のみでなく、管電圧を考慮した防護能を有する手袋を選択することの必要性を示した。

脳血管内治療は患者の被ばく線量が高く、短期間で繰り返すことにより放射線皮膚障害を引き起こす恐れがあるため、繰り返される脳血管内治療における適切な線量及び治療間隔を調査した。脳血管内治療を受けた患者の脱毛発生状況を解析し、複数回繰り返す脳血管内治療の適切な線量及び治療間隔として、放射線脱毛の発生するカットオフ値 (過去 3 ヶ月間の累積線量 3,588 mGy) を明らかにした。

心臓カテーテルセンターで放射線業務に従事している看護師を対象に、眼の水晶体の被ばく線量評価を行うとともに、放射線防護の基礎知識に関する勉強会を実施し知識の定着度を評価した。線量測定の結果、年間線量の推定値は防護メガネの外側で平均  $3.0 \pm 0.35$  mSv、防護メガネの内側は平均  $1.5 \pm 0.22$  mSv であった。勉強会の前後で実施したアンケートの正答率は、勉強会前の 40.6%から勉強会後の 80.2%へ、39.6 ポイントの改善が見られた。

循環器 IVR (Interventional Radiology)、X 線 CT 患者介助時の医師及び診療放射線技師の水晶体および手指の被ばく線量を調査した。眼の水晶体被ばく線量は、防護メガネ上の測定器配置位置により測定線量に相違が生じた。最も適する配置位置を検討する必要性が示された。1 か月間の X 線 CT 患者介助時の手指の被ばく線量は、多い者では年間の皮膚等価線量限度の 32%にも及ぶことが示され、放射線防護手袋使用の必要性が示された。

大学病院における放射線業務従事者を対象とした徹焦カメラを用いた白内障調査では、放射線白内障の初期病変とされる Vacuoles が見られた者もいたが、水晶体等価線量との明らかな関連は認められなかった。ただし、この検査方法 (散瞳することなく徹焦カメラを用

いて水晶体を撮影する方法)で Vacuoles が検出できたことで、今後の労働者を対象とする電離放射線健康診断への展開が期待できた。

#### 【従事者の線量計装着実態の把握】

医療機関の放射線業務従事者の個人線量計装着率調査として、透視検査に従事する医師の個人線量計装着率調査を目視で行った。個人線量計の装着率は、タイムアウトを利用した個人線量計装着の相互確認を導入する前と後とでは、58.2% (導入前) から 80.1% (導入後) へ、21.9 ポイントの改善が見られた。なお、今回調査した医師のうち、約 4 割が放射線業務従事者登録をしていなかったことも明らかになった。タイムアウト時に医療従事者間で個人線量計の装着を相互確認し、装着の不備を個人的な指摘ではなく医療チーム全体の問題としたことで、各個人の問題意識が高まり装着率が向上することが示された。

本年度の研究から、適切な対応により、医療分野においても線量限度を遵守することが可能であることが示された。一方、個人線量計の配布や装着が適切に行われていない施設が散見され、最低限の法令遵守も確実ではないという課題も明らかとなった。引き続き、患者の医療被ばく低減や医療安全の視点での医療法の改正に対応するとともに、医療分野における放射線業務従事者の適切な放射線被管理の促進が求められ、それに資するリソースとして、放射線防護マネジメントシステムの普及と継続的・自律的な運用が期待される。

#### 研究分担者

森 晃爾	産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学 教授
盛武 敬	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門放射線医学研究所放射線規制科学研究部 上席研究員
掛田 伸吾	弘前大学放射線診断学講座 教授
小野 孝二	東京医療保健大学東が丘・立川看護学部/大学院研究科 教授
古渡 意彦	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門放射線医学研究所計測・線量評価部物理線量評価グループ グループリーダー
喜多村 紘子	産業医科大学産業医実務研修センター 准教授
栗山 智子	産業医科大学産業保健学部産業・地域看護学 特任助教

#### 研究協力者

新井 知大	駒澤大学医療健康科学部 講師
池田 新	駒澤大学大学院修士課程
大熊 吉徳	千葉西総合病院放射線部
金子 順一	駒澤大学医療健康科学部 教授
菊名 邦彦	つくばセントラル病院放射線部

酒井 洸典	産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学
鈴木 貴大	東京医療保健大学大学院修士課程
中上 晃一	産業医科大学病院放射線部
永田 竜朗	産業医科大学病院眼科学
永元 啓介	産業医科大学病院放射線部
成田 将崇	弘前大学医学部附属病院医療技術部放射線部門
人見 剛	川崎医科大学附属病院中央放射線部
日野 稜介	駒澤大学大学院修士課程
前野 孝明	産業医科大学産業医実務研修センター
守屋 健太	産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学
茂呂田 孝一	社会医療法人財団友池会新小文字病院医療技術部 部長

## A. 研究目的

2011年、国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection: ICRP) は、組織反応に関する ICRP 声明で職業被ばくにおける水晶体の等価線量限度を、「定められた5年間の平均で20 mSv/年、かついずれの1年においても50 mSvを超えない」と勧告した。さらに、翌年の2012年8月には、ICRP Publication 118「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-」を刊行した。これらの勧告は、国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency: IAEA) の GSR Part3 にも取り入れられた。

これに対応して、国内でも放射線審議会が、新たな水晶体の等価線量限度を取り入れるための検討を行うこととし、「眼の水晶体の放射線防護検討部会」を設置し、議論を進め、2018年2月には、「眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について」報告書をまとめた。放射線審議会はこれを受けて、同年3月に各行政機関に意見具申を行い、その結果を受けて、厚生労働省ではリスク管理機関として、2018年12月に「眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会」を立ち上げ、検討を進めた。

厚生労働省では、「眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する」検討会報告書 (令和元年9月) を取りまとめ、電離則は2021年 (令和3年) 4月1日から改正施行された。この報告書では、「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が望ましい」とさ

れている。

我々は、2018-2020年度・労災疾病臨床研究補助金事業「不均等被ばくを伴う放射線業務における被ばく線量の実態調査と線量低減に向けた課題評価に関する研究」において、放射線業務従事者、中でも医療分野での放射線管理、被ばくの実態を評価し、さらに被ばく線量低減方法および「放射線防護マネジメントシステム (Radiation Protection Management System: RPMS)」を提唱し具体的な対応策を提示してきた。さらに、中小規模の医療施設にも導入しやすいように、法令順守を主目的とした簡易版の放射線防護マネジメントシステム (簡易版 RPMS) を開発しマニュアル (テンプレート) を作成した。厚生労働省は、2020 (令和2) 年度より、上記検討会を踏まえた放射線被ばくに関する労働安全衛生マネジメントシステムの導入のための支援事業 (研修事業) を開始した。我々は、この研修事業で用いるすべての教材を提供するとともに、研修を実施する支援者のための研修も提供してきた。本研究では、放射線業務に従事する労働者の被ばくを可能な限り低減する管理体制を構築し、ひいては労働安全衛生全体の水準を向上させるために、マネジメントシステムの運用評価と改良を目的とする。

## B. 研究方法

研究全体像を図1に示す。

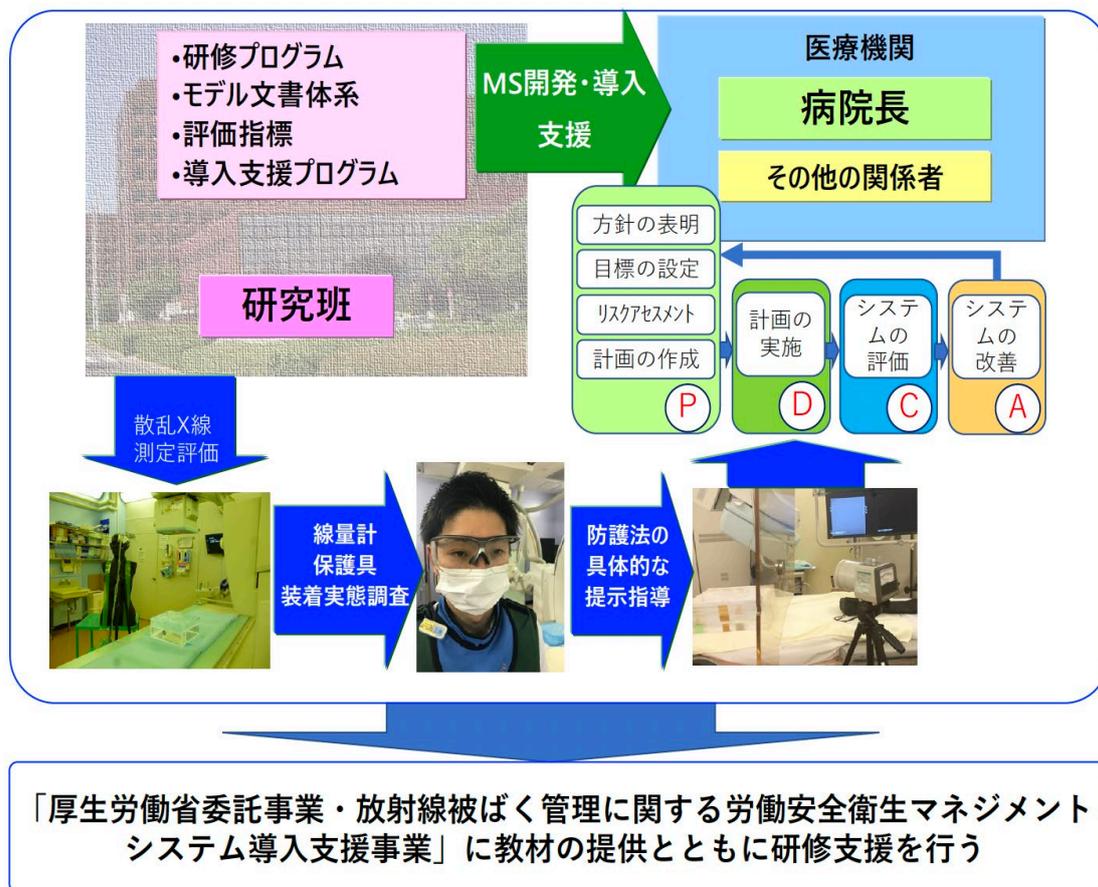


図 1 研究の全体図

【放射線防護マネジメントシステムのシステムの有効性の検証】

1. 医療機関における放射線防護マネジメントシステムの導入および成熟状況を評価するためのツール開発

RPMS の導入および成熟状況を適切に確認するための評価方法が存在せず、放射線 MS 導入支援事業の成果を評価することが困難なため、同事業全体および個別の医療機関でのいわゆる PDCA サイクルを廻す上での大きな課題であった。そこで、本研究では、医療機関において RPMS の導入および成熟状況を評価するためのツール開発を行った。

2. 放射線防護マネジメントシステムを新

規導入する医療機関を対象とした導入評価ツールの使用経験

RPMS 導入初年度の医療施設において、前項（1. 医療機関における放射線防護マネジメントシステムの導入および成熟状況を評価するためのツールの開発）により試行的に開発した RPMS 評価ツールを使用し、RPMS の導入およびその成熟状況を評価するとともに、RPMS 評価ツールの妥当性を確認した。

3. 産業保健上の課題の整理 ～放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム導入支援事業アンケートの集計～

放射線 MS 導入支援事業に参加した医

療機関が回答した Web アンケートを集計して、放射線 MS 導入前の医療機関における、労働者の放射線被ばく管理に関する状態を把握し、労働衛生管理および産業保健上の課題を明らかにすることを目的として研究を行った。対象は、2022 年度に放射線 MS 導入支援事業に参加し、本研究のアンケートに回答し、情報を研究に用いることの同意が得られた医療機関。放射線 MS 導入支援事業への参加を表明した医療機関へ、事前（1 回目）および導入支援事業の研修内容を踏まえた 2 回目、3 回目に分けて Web アンケートの URL を送付し、各機関で選任された放射線 MS 導入支援事業の担当者に回答を依頼した。

#### 【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

##### 1. 医療従事者の系統的線量測定を可能とする小型ガラス線量計の応答に関する検討

手指等末端部の追加モニタリングへの適応可能性が示された小型ガラス線量計について、追加モニタリングの対象となる箇所に装着する個人線量計としての利用が可能か検討を進めた。評価したガラス線量計素子は、AGC 旭硝子社製 GD-302M 及び GD-352M。小型ガラス線量計の応答を計算シミュレーションし、手首部及び体幹部モニタリング用線量計としての性能を満たしているかどうか確認した。得られ線量当量を含めた個人線量当量を適切に評価するために不可欠な校正定数を与える手法についても併せて検討した。

##### 2. 透視下整形外科手技における手の放射線防護具に関する研究

手指ファントムを用いて、手背および手指の各部位における線量を、「防護具あり」、「防護具なし」で測定し、防護能を算出した（防護能（%）＝（防護なしの線量－防護ありの線量）／防護なしの線量）。管電圧は 50、60、70、80、90、100kV とし、撮影はそれぞれ 2 回行った。防護能の評価には、2 回の撮影で測定された線量の平均値を用いた。

##### 3. 脳血管撮影時の患者累積線量と放射線脱毛の関係調査

脳血管内治療において、脳硬膜動静脈瘻、脳動静脈奇形、脳動脈瘤での被ばく線量は高く、この 3 疾患について 2012 年 1 月から 2021 年 8 月までに、岡山県内の一医療機関（大学附属病院）で施行した脳硬膜動静脈瘻 95 例、脳動静脈奇形 64 例、脳動脈瘤 375 例の合計 534 例を対象として最大入射皮膚線量の推定を行った。放射線脱毛は約 3 ヶ月間で発毛することから、疾患別 1 検査あたりの被ばく線量分布と、3 ヶ月間での疾患別累積線量について検討した。疾患別の累積線量と経過日数（初回検査日から最終回検査日）から放射線脱毛の発生状況を調査した。これらより、医療被ばくにおいて放射線脱毛が発生する累積線量評価のため、ROC 解析による放射線脱毛カットオフ値を算出した。

##### 4. 循環器科 IVR に従事する看護師の水晶体被ばく線量評価及び放射線防護の基礎知識の向上に関する研究

心臓カテーテルセンターに従事している看護師 7 名を対象に、冠動脈造影検査（Coronary angiography: CAG）、末梢血管治療（Endovascular Treatment: EVT）、アブ

レーション治療 (Ablative Therapy: ABL) における眼の水晶体被ばく線量評価を実施した。また、看護師の放射線防護の基礎知識の向上に関する研究を心臓カテーテルセンターに従事している看護師 11 名を対象に放射線防護の基礎知識に関する勉強会を実施し、その前後で放射線防護の基礎知識を含むアンケート調査を実施した。

#### 5. 臨床現場における医療従事者の眼の水晶体及び手指被ばくの実態調査

循環器 IVR 及び X 線 CT 患者介助時の医師及び技師の水晶体及び手指の職業被ばく状況について 1 ヶ月間の線量測定を実施した。測定対象者 (医師 1 名、診療放射線技師 5 名) に放射線防護メガネ (0.07 mm-Pb) を着用させ測定を行った。

#### 6. 電離放射線健康診断における白内障調査・電離放射線健康診断を受ける医療従事者の職業防護に対する意識調査

白内障検査対象者は、福岡県内の一医療機関 (大学および同大学の附属病院) に在籍し、電離放射線健康診断を受ける放射線業務従事者約 380 名を対象とした。調査期間は 2021 年 10 月から 2022 年 9 月の 1 年間である。撮影には、簡易型徹照カメラ (LAVEOX 社製、瞳孔径測定機能付き白内障画像検査装置) を用いた。電離放射線健康診断を受ける医療従事者の職業防護に対する意識調査の対象者は、福岡県内の一医療機関 (大学および同大学の附属病院) に在籍し、放射線業務に従事する約 380 名を対象とした。データ収集期間は、2021 年 10 月～2022 年 9 月の 1 年間とした。調査は、基本属性と被ばく防護対策に関する次の 13 項目に対してリッカート法 5 件法を

用いた。なお、調査票の使用に先立ち、医療従事者の被ばく防護研究を専門とする 6 名にて検討を行い、内容妥当性を確保した。

#### 【従事者の線量計装着実態の把握】

#### 1. 医療施設における個人線量計装着率調査と放射線管理安全チェックリストの有効性

IVR 時に用いられている安全チェックリスト (IVR 用 SC) に個人線量計管理項目を追加した放射線管理安全チェックリスト (RMSC) を導入し、透視検査に従事する医師の線量計着用の改善効果を評価した。初めに介入前調査として IVR 用 SC を用いて個人線量計装着の有無を目視で調査をおこなった。さらに、介入期間中に RMSC を用いて目視で装着状況を確認し、装着忘れや装着位置の不備があった場合はタイムアウト時にその都度指摘を行った。個人線量計の装着状況は装着、未装着、未登録の 3 カテゴリーに分類した (装着: 個人線量計を放射線防護衣内外の適切な位置に装着している状態。未装着: 個人線量計を放射線防護衣内外の適切な位置に装着していない、もしくはタイムアウト時に個人線量計を装着していない状態。未登録: 透視検査に従事しているが、放射線業務従事者登録を行わずに検査に従事している状態)。

#### C. 研究結果

#### 【放射線防護マネジメントシステムのシステムの有効性の検証】

#### 1. 医療機関における放射線防護マネジメントシステムの導入および成熟状況を評価するためのツール開発

原案として 9 項目に合う文章を作成した。原案について外部専門家からは概ね妥当であると評価された。運用担当者へのインタビュー結果、原案を採点することで、RPMS の導入や運用が適切に実施していることが評価でき、採点することで採点者に前向きな気づきを与えられることが確認できた。

## 2. 放射線防護マネジメントシステムを新規導入する医療機関を対象とした導入評価ツールの使用経験

評価項目 9 項目の平均点で導入前導入後は、A 病院と B 病院の採点が、3 点から 3 点、4 点から 5 点であった。A 病院で 3/9 項目、B 病院で 6/9 項目に点数の向上が見られた。

## 3. 産業保健上の課題の整理 ～放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム導入支援事業アンケートの集計～

アンケート調査 1 回目は 141 機関、2 回目は 123 機関、3 回目は 95 機関の回答を集計した。労働者の放射線被ばく管理体制として、労働者の放射線被ばく管理組織（委員会）が設置されているのは 65 機関（46.1%）、病院管理者による労働者の放射線被ばく管理に対する方針や指針が明示されているのは 79 機関（56.0%）、労働者の放射線被ばく管理に関する業務や書類を監査する仕組みがあるのは 51 機関（36.2%）、病院管理者による労働者の放射線被ばく管理に関する書類の毎年の文書レビューが行われているのは 76 機関（53.9%）、労働者の放射線被ばく管理に関する監査（外部監査）を行っているのは

13 機関（13.7%）、労働者の放射線被ばく管理に関する自己点検を行っているのは 56 機関（58.9%）であった。労働者の放射線被ばく管理を主に担当している者・専任の別は、専従は 14 機関（9.9%）、専任は 127 機関（90.1%）であった。労働者被ばく管理担当者が、自施設の放射線業務従事者が他施設で放射線業務に従事していることを把握しているのは 46 機関（32.6%）、他施設の放射線業務従事者が自施設で放射線業務に従事していることを把握しているのは 50 機関（35.5%）で、兼業は把握していても、個人線量計の配布状況を把握していないのは、前者 21 機関（45.7%）、後者 22 機関（44.0%）であった。

## 【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

### 1. 医療従事者の系統的線量測定を可能とする小型ガラス線量計の応答に関する検討

研究班で採用した小型ガラス線量計素子 2 種類（GD-302M 及び GD-352M）について、医療従事者の手首に装着した際の線量計応答のエネルギー特性を、ISO4037-3:2019 の記述に従って評価した。2 種類のガラス線量計のうち、GD-352M のエネルギー応答特性については、20 keV 以上から 662 keV までの非常に広いエネルギー範囲で IEC の規格要件で示された基準値（エネルギー及び角度依存試験で得られた線量計レスポンスに対し 0.71～1.67）に入っていることが確認できた。2 種類のガラス線量計について、70  $\mu\text{m}$  個人線量当量（Hp(0.07)）でエネルギー応答特性が評価された場合、手首・足首を模擬する ISO ピラファントムでの計算結果と同様の傾

向を示すことが分かった。特に、GD-352Mのエネルギー応答特性については、同様に20 keV以上から662 keVまでの非常に広いエネルギー範囲でIECの基準値である0.71~1.67に入っていることが確認できた。

## 2. 透視下整形外科手技における手の放射線防護具に関する研究

各防護手袋の防護能は、管電圧が高くなるに従い低下した。防護手袋により、防護能には全管電圧において違いが見られた。防護手袋の操作性については、生地 of 厚み等が操作性に影響したと思われる意見も聞かれた。

## 3. 脳血管撮影時の患者累積線量と放射線脱毛の関係調査

脳血管撮影時の被ばく状況では、疾患別1検査あたりの最大入射皮膚線量がICRP(2007年勧告)による一時脱毛しきい線量4,000 mGyを超えたのは、脳動静脈奇形での2例(3%)のみであった。一方、3ヵ月間の累積線量は、脳硬膜動静脈瘻11例(26%)、脳動静脈奇形5例(13%)が4,000 mGyを超えていた。平均累積線量と経過日数は硬膜動静脈瘻では $2,672 \pm 1,473$  mGy ( $21 \pm 24$  日)、脳動静脈奇形では $1,666 \pm 1,602$  mGy ( $30 \pm 19$  日)、脳動脈瘤では $1,177 \pm 735$  mGy ( $14 \pm 21$  日)であった。放射線脱毛症例の平均経過日数は $14 \pm 21$  日であった。放射線脱毛カットオフ値は3,588 mGy、Area Under the Curve: AUC (ROC 曲線下面積)は0.985、95%信頼区間0.973 - 0.998であった。

## 4. 循環器科IVRに従事する看護師の水晶

体被ばく線量評価及び放射線防護の基礎知識の向上に関する研究

循環器領域のIVRに従事する看護師の眼の水晶体線量は、防護メガネの左外側の線量は、平均253.0  $\mu$ Sv (234.3  $\mu$ Sv - 262.4  $\mu$ Sv)、左内側は平均124.8  $\mu$ Sv (115.0  $\mu$ Sv - 130.0  $\mu$ Sv)であった。また、右外側の線量は、平均257  $\mu$ Sv (196.7  $\mu$ Sv - 295.1  $\mu$ Sv)、右内側は平均135.6  $\mu$ Sv (103.9  $\mu$ Sv - 159.7  $\mu$ Sv)であった。年間に推計すると、防護メガネの外側は、左側は3.0 mSv、右側は3.1 mSv、平均3.05 mSvであった。防護メガネの内側では、左側は1.4 mSv、右側は1.6 mSv、平均1.5 mSvと推測された。個人での眼の水晶体被ばく線量の最高値は左外側で374.3  $\mu$ Sv、右外側で412.3  $\mu$ Svであった。放射線防護対策に関するアンケート調査および勉強会について、男性5名、女性6名の計11名に回答を得られた。看護師の経験年数は7~9年目が6名(54.5%)、10年目以上が5名(45.5%)の看護師で構成されていた。心臓カテーテル室歴は、1~3年目は2名(18.2%)、4~6年目は9名(81.8%)であった。放射線に関する教育の経験と教育の必要性の問いについて、放射線に関する勉強会を受講した経験が「ある」と回答した人は9名(81.8%)、「ない」と回答した人は2名(18.2%)であった。「ある」と回答した人のうち、8名(88.9%)が院内の勉強会、1名(11.1%)は院外の勉強会に参加したことがあると回答した。放射線防護に関する勉強会の必要性については11名全員が「必要」と回答した。

## 5. 臨床現場における医療従事者の眼の水晶体及び手指被ばくの実態調査

循環器領域 IVR 時の胸部及び頭頸部ガラスバッジ、DOSIRIS、ビジョンバッジでは、医師が 0.2 mSv、1.2 mSv、0.8 mSv、0.5 mSv であった。診療放射線技師ではほとんどが測定限界の 0.1 mSv 以下であった。また、蛍光ガラス線量計 (RPLD) では放射線防護メガネの外表面及び内面どちらも、医師の左目の測定値が高値であったが、診療放射線技師では左右の線量差がほとんどなく近い値であった。リングバッジでは医師の左手で 3.7 mSv、右手で 0.4 mSv であり、手指でも左右差が確認された。CT 患者介助時の放射線技師 3 名の測定値は、胸部ガラスバッジではそれぞれ 0.1 mSv、0.3 mSv、0.2 mSv、頭頸部ガラスバッジでは 0.3 mSv、1.0 mSv、1.4 mSv、DOSIRIS では 0.2 mSv、0.9 mSv、0.9 mSv、ビジョンバッジでは 0.1 mSv、0.5 mSv、0.6 mSv であった。

#### 6. 電離放射線健康診断における白内障調査・電離放射線健康診断を受ける医療従事者の職業防護に対する意識調査

白内障調査の有所見者のうち白内障と診断されたのは 13 名であった。そのうち残りの 5 名には複数の水泡状混濁 (VC1-3) が認められたが、その年齢層は 30~43 歳であった。同対象者の職種は、放射線科医 1 名、麻酔科医 1 名、呼吸器内科医 1 名、IVR や ERCP などの放射線診療に携わる看護師 1 名、臨床工学技師 1 名であった。対象者らの実効線量および水晶体等価線量について追加調査を行った。その結果、法令による被ばく線量限度 (実効線量 100 mSv/5 年、50 mSv/年、眼の水晶体 100 mSv/5 年かつ 1 年 50mSv 以下) を超える者はいなかった。有所見者とそれ以外の従事者で、

水晶体等価線量に有意な差は認めなかった。医療従事者の職業防護に対する意識調査は、対象者およそ 380 名に配布し、340 名から回収できた (回収率 89.5%)。放射線防護対策では、「被ばくへの不安や疑問がない」、「必要な防護具の充足」、「被ばく防護の指針」、「教育的機会」、「他職種との連携・協力」が有用と考えられていた。

#### 【従事者の線量計装着実態の把握】

##### 1. 医療施設における個人被ばく線量計装着率調査と放射線管理安全チェックリストの有効性

透視検査に従事する医師の個人被ばく線量計装着率調査を目視で実施した。その結果、医師の線量計装着率は、介入期間前の 58.2% から介入期間中の 80.1% へ、21.9% 改善した。透視検査を行った医師のうち、40.1% (介入期間前)、37.9% (介入期間中) が放射線業務従事者登録をしていなかった。

#### D. 考察

##### 【放射線防護マネジメントシステムのシステムの有効性の検証】

##### 1. 医療機関における放射線防護マネジメントシステムの導入および成熟状況を評価するためのツール開発

本研究では、グローバル労働安全衛生マネジメント指標を参考に医療機関において RPMS の導入および成熟状況を評価するためのツールを開発した。RPMS の導入を行う施設の運用担当者へのインタビュー結果として、開発したツールによって前向きな気づきを与えられることが判明した。OHSMS の導入については内部監査や外部監査等で評価を行なっているが、

RPMS では監査機能が未成熟であるためこれまで評価されてこなかった。開発したツールの妥当性や有効性が示されたことで、自己点検や監査等に使用できる可能性も出てきたと考える。評価項目毎に小項目を作成し、小項目の達成度合いに合わせ点数基準を設けるなどの改善を行わなければならない。

## 2. 放射線防護マネジメントシステムを新規導入する医療機関を対象とした導入評価ツールの使用経験

今回の研究では、RPMS を導入し半年後の医療機関において RPMS の導入および成熟状況を評価した。半年という短期間では、9 項目合計の平均点を比較しても大きな差は生じなかった。しかし、各項目に焦点を当ててみると、点数が下がった項目はなく、A 病院で 3/9 項目 B 病院で 6/9 項目に点数の向上が見られた。これは、RPMS を導入に向けて医療機関が行動していることの結果を捉えていると考える。

## 3. 産業保健上の課題の整理 ～放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム導入支援事業アンケートの集計～

本研究では、放射線 MS 導入前の医療機関における労働者の放射線被ばく管理の実態を把握し、労働衛生管理および産業保健上の課題を明らかにすることを目的として調査を行い、労働衛生管理および産業保健上の懸念事項として次の 5 点が抽出された：①病院管理者の労働者の放射線被ばく管理方針が明示されていない機関が 4 割以上あること、②労働者の放射線被ばく管理担当者がその権限を躊躇なく行使

でない医療機関があること、③各放射線業務従事者の被ばく線量が一元管理されていないこと、④医療機関によっては放射線業務従事者の被ばく状況を、専門性のある者および責任と権限のある立場の者が把握していない可能性があること、⑤必要な保護具の準備と使用が徹底されていないこと。

### 【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

#### 1. 医療従事者の系統的線量測定を可能とする小型ガラス線量計の応答に関する検討

GD-352M で得られたエネルギー応答特性は、16 keV から 662 keV までの幅広いエネルギー範囲で、IEC の規格用件の範囲内に入っている。この点から、20 keV 以下の低エネルギー領域のエクソ線による被ばくが顕著になるような手技でない限りは、GD-352M を使用することで、適切な手首・足首における皮膚線量のモニタリングが可能となる。

#### 2. 透視下整形外科手技における手の放射線防護具に関する研究

整形外科の手技の多くが管電圧 70～90KV の透視下で行われている。透視下手技に合わせて放射線防護具を選択することになるが、操作性は選定における重要なポイントであるが、操作性のみでなく、管電圧を考慮した防護能を有する手袋を選択することの必要性が示された。

#### 3. 脳血管撮影時の患者累積線量と放射線脱毛の関係調査

脳血管撮影時の被ばく状況の解析では、

疾患別 1 検査あたりの最大入射皮膚線量推定値の分布から、臨床において、放射線脱毛を予測できたのは脳動静脈奇形での 2 例のみであったと考えられる。放射線脱毛には累積線量が大きく係ると共に、短期間に脳血管撮影を繰り返すことが原因となっていると考えられた。また、脳動脈瘤では短期間に脳血管撮影を繰り返しているが、累積線量が他の 2 疾患と比較して低値であり、放射線脱毛は発生していない。本研究による ROC 解析から、医療におけるしきい線量以下での繰り返される被ばくによって放射線脱毛が発生するカットオフ値 3,588 mGy が算出された（特異度: 0.966、感度: 1.000）。

#### 4. 循環器科 IVR に従事する看護師の水晶体被ばく線量評価及び放射線防護の基礎知識の向上に関する研究

心臓カテーテルセンターに従事する看護師の眼の水晶体被ばく線量評価について研究を行った。看護師 7 名の水晶体線量計による測定結果は、左内側は平均 124.8  $\mu$ Sv/月、右内側は平均 135.6  $\mu$ Sv/月であり、年間にとすると、左側 1.4 mSv/年、右側 1.6 mSv/年、平均 1.5 mSv/年程度と推測された。千代田テクノルの調査によると、看護師の水晶体被ばく線量の平均は 0.49 mSv/年と報告されており、本研究においては、1.01 mSv 高い結果となった。調査施設の症例件数は年間 3,000 件以上の検査・治療を実施しており、カテーテル件数が 11 年連続で全国 1 位という実績がある。そのため、平均 300 件/月以上の症例を行っているという背景がある。従って、透視時間・被ばく線量も多くなり、0.49 mSv/年を上回る結果となったと推測される。遮蔽効果におい

ては、防護メガネを着用することで、左側の低減率は平均で 50.4%、右側の低減率は平均で 48%の削減効果があった。放射線防護に関する知識不足は有害事象のリスクを増加させるため、定期的に勉強会などを開催し、放射線に関する知識を提供していくことは大切である。

#### 5. 臨床現場における医療従事者の眼の水晶体及び手指被ばくの実態調査

循環器 IVR での医師の手指被ばく線量は左右差が大きい結果となった。これは X 線管球の位置が関係している。IVR 手技を行う際、X 線管球は術者に対して左側に設置されている。このことから X 線管球に近い左手指と遠い右手指で線量差が生じたと推測する。また、CT 患者介助の際の手指被ばく線量は 12 ヶ月換算で最大 160 mSv に達していた。今後、CT 患者介助の際において手指についても防護手段を講じる必要がある。

#### 6. 電離放射線健康診断における白内障調査・電離放射線健康診断を受ける医療従事者の職業防護に対する意識調査

個人線量計データの検証結果から、有所見者の中に被ばく線量限度を超える者はいなかったこと、また有所見者以外との被ばく線量において有意差が認められなかったことが明らかになった。さらに、被ばく線量と水晶体所見（白内障）との関連は明確にならなかった。後囊下 Vacuoles は放射線白内障と関連があるとされているが、他の要因が影響している可能性も否定できなかった。放射線業務に従事する医療従事者は、日常的に被ばくを受ける可能性があり、被ばく線量は概ね低線量域である

ものの、診療行為の種類や状況によっては、一時的に高い線量の被ばくを受ける可能性がある。そのため、医師だけでなく、診療放射線技師や看護師、その他医療現場や研究目的等で放射性物質を扱う様々な職種についても、個人の線量管理を徹底する体制づくりが不可欠である。重回帰分析の結果から「他職種との連携・協力」が、所属機関の職業被ばく防護対策に対する放射線業務従事者の満足度を最も高めたことが分かった。そのほか「被ばく防護の指針」や「教育的機会」、「必要な防護具の充足」についても、その影響度は大きいとは言えないものの有意差を認めた。他方、「防護の原則を意識した行動」や「線量限度の把握」といった従事者の認識や防護行動の高さに関する事項は、総合的な満足度に影響しないことが確認された。医療機関における放射線業務従事者の被ばく防護対策への満足度には、個人のレベルの認識や防護行動よりも、職場環境に関する因子が関係していることが示唆された。

#### 【従事者の線量計装着実態の把握】

##### 1. 医療施設における個人線量計装着率調査と放射線管理安全チェックリストの有効性

研究で開発した RMSC を使用することにより、個人線量計の装着率は 80.1%に向上した。RMSC を使用することで、タイムアウト時に医療従事者が相互確認し、個人的な指摘ではなく医療チーム全体の問題として装着不備を捉えるようになり、個人線量計の装着に対する問題意識が高まり、装着率が向上したと考える。ただし、放射線業務従事者登録を行わずに検査に携わる医師については、RMSC を使用しても改

善が見られなかった。この問題を解決するために、我々が取り組んでいる放射線 MS を導入し、さらなる介入が必要であると考ええる。

#### E. 結論

放射線業務に従事する労働者の被ばく線量を低減するために、電離則改正に合わせて線量限度の遵守や線量計の装着などの基本的な法定措置を確実に実施するだけでなく、国際的な動向も踏まえた規制の最適化を図るためのマネジメントシステムを開発した。特に、眼の水晶体への被ばく線量が比較的高い医療の現場では、労働安全衛生全体の水準を向上させるために、労働者の被ばく線量を可能な限り低減する管理体制を構築した。そして、マネジメントシステムの運用評価と改良を繰り返すことで、これらの成果を厚生労働省委託事業「放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム導入支援事業」研修に反映させ、学術論文や関連学会での発表、招待講演や企画講演などでも発表を行った。適切な対応により、医療分野においても線量限度を遵守することが可能であることが示された一方、個人線量計の配布や装着が適切に行われていない施設が散見され、最低限の法令遵守も確実ではないという課題も明らかとなった。患者の医療被ばく低減および医療安全の視点での医療法の改正、医療従事者の安全・衛生確保、そして電離則改正における区別などが不十分である施設が見受けられたため、今後の研修等でも改めて明確にしていく必要があると考える。引き続き、医療分野における放射線業務従事者の適切な放射線被ばく管理の促進が求められ、それに資するリ

ソースとして、放射線防護マネジメントシステムの普及と継続的・自律的な運用が期待される。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

1) M. Kowatari, K. Nagamoto, K. Nakagami, H. Yoshitomi, T. Moritake, and N. Kunugita, DOSE MEASUREMENT PRECISION OF AN RPLD-BASED EYE LENS DOSEMETER APPLICABLE TO THE MEDICAL SECTOR, Radiation Protection Dosimetry, 198(17) 1303–1312 2022.

2) M. Kowatari, H. Yoshitomi, K. Nagamoto, K. Nakagami, T. Moritake, N. Kunugita, “CHARACTERISATION OF SMALL RADIOPHOTOLUMINESCENCE DOSEMETER IN TERMS OF HP(0.07) FOR EXTREMITY DOSE MONITORING OF MEDICAL PERSONNEL”, Radiation Protection Dosimetry, accepted on 14-Nov-2022.

3) Nagamoto K., and Kunugita N., Effectiveness of a radiation management safety checklist for non-vascular imaging and interventional radiology at a medical facility., Environmental and Occupational Health Practice., 2022, Early Public.

##### 2. 学会発表

1) 鈴木貴大、小野孝二、大隈吉徳、日野稜介、池田新、新井知大、金子順一、樺田尚樹 循環器科IVRに従事する看護師の水晶体被ばく線量評価及び放射線防護の知識

向上に関する研究、第4回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会、2022年11月24-26日、福岡

2) 池田新、他 臨床現場における医療従事者の眼の水晶体及び手指被ばくの実態調査、第4回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会、2022年11月24-26日、福岡

3) M. Kowatari, H. Yoshitomi, K. Nagamoto, K. Nakagami, T. Moritake, N. Kunugita, “Investigation on applicability of small radiophotoluminescence dosimeter to extremity dose monitoring for medical personnel”, Poster presentation. International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation (IM2022) and Neutron and Ion Dosimetry Symposium (NEUDOS-14) (2022).

4) 永田竜朗、栗山知子、喜多村紘子、掛田伸吾、樺田尚樹、盛武敬、近藤寛之、簡易型徹照カメラを用いた放射線業務従事者の水晶体検診、第92回九州眼科学会、2022年5月27-29日、沖縄

#### G. 知的所有権の取得状況

なし

#### H. 健康危険情報

なし

## II. 分担研究年度終了報告

労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

【放射線防護マネジメントシステムのシステムの有効性の検証】

1. 医療機関における放射線防護マネジメントシステムの  
導入および成熟状況を評価するためのツール開発

研究分担者 森 晃爾（産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学 教授）

研究協力者 中上 晃一（産業医科大学病院放射線部）

研究協力者 酒井 洸典（産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学）

研究協力者 守屋 健太（産業医科大学産業生態科学研究所産業保健経営学）

**研究要旨**

【目的】これまで放射線防護マネジメントシステム（RPMS）の導入および成熟状況を適切に確認するための評価方法が存在せず、RPMS 導入支援事業の成果を評価することが困難なため、同事業全体および個別の医療機関でのいわゆる PDCA サイクルを廻す上での大きな課題であった。そこで、本研究では、医療機関において RPMS の導入および成熟状況を評価するためのツール開発を行った。

【方法】グローバル労働安全衛生マネジメント指標を RPMS に応用するために、労働安全衛生マネジメントシステム専門家、産業医、放射線管理専門家、診療放射線技師で構成する研究チームが議論を行い RPMS 指標の原案を作成した。外部専門家への試用と RPMS 運用担当者に対して、RPMS 指標の妥当性と有効性について、インタビューを行った。

【結果】原案として9項目に合う文章を作成した。原案について外部専門家からは概ね妥当であると評価された。運用担当者へのインタビュー結果、原案を採点することで、RPMS の導入や運用が適切に実施していることが評価でき、採点することで採点者に前向きな気づきを与えられることが確認できた。

【結論】作成した原案は、RPMS の導入や運用が適切に実施されていることを評価するためのツールとして使用でき、その妥当性と有効性が示された。

## A. 研究目的

これまでの研究において、労働安全衛生マネジメントシステム（Occupational Health and Safety Management System: OHSMS）の導入を前提とした労働者の放射線安全管理体制の構築として放射線防護マネジメントシステム（Radiation Protection Management System: RPMS）の開発を行った。RPMSの文書体系は、厚生労働省事業委託事業「放射線被ばく管理に関するマネジメントシステム導入支援事業（RPMS導入支援事業）」の教材に選ばれ、本事業は令和2年度から令和4年度の3年間で700を超える医療機関が参加したことより、多くの医療機関で導入が行われている。

RPMS導入支援事業が継続する中で、病院長のリーダーシップの発揮、RPMSの文書体系の整備、組織作り、個人被ばく線量計の装着率向上の取り組み、放射線業務従事者に対する教育・訓練、放射線業務のリスクアセスメント実施など、RPMSの構成要素である取り組みを行う医療機関が現れてきた。しかし、これまでRPMSの導入および成熟状況を適切に確認するための評価方法が存在せず、RPMS導入支援事業の成果を評価することが困難なため、同事業全体および個別の医療機関でのPDCAサイクルを廻す上での大きな課題であった。そこで、本研究では、医療機関においてRPMSの導入および成熟状況を評価するためのツール開発を行った。

## B. 研究方法

本研究では、グローバルに事業を行う企業において各拠点の労働安全衛生マネジメントシステムの導入・成熟評価するための指標（グローバル労働安全衛生マネジメン

ト指標）を参考にすることにした。グローバル労働安全衛生マネジメント指標をRPMSに応用するために、労働安全衛生マネジメントシステム専門家、産業医、放射線管理専門家、診療放射線技師で構成する研究チームが議論を行いRPMS指標の原案を作成した。

次に、妥当性を確認するために研究班以外でISO9001を取得している医療機関において、放射線業従事者の被ばく管理の実績が10年以上ある外部専門家に依頼して、試用を依頼した。また、厚生労働省事業委託事業に3年間連続で参加しRPMSの導入が進んでいる2施設のRPMS運用担当者に対して、RPMS指標の妥当性と有効性について、インタビューを行った。

インタビューは、一人当たり1時間程度とし、インタビューガイドを作成したうえで、研究チームメンバー2名で行うこととした。内容は、「自己点検で新たな気づきはありましたか？」「回答しにくい設問項目はありましたか？」「点検項目にはないことで特に有効だった取り組みはありますか？」「このチェックリストをどのように使用すると有効になりそうですか？」の4つ項目とし、すべてオープンクエスチョンで行った。

## C. 研究結果

### 1) 原案の作成

原案の作成に使用したグローバル労働安全衛生マネジメント指標の中の「パフォーマンス監査の評価（評価項目と基準）に関するスコアリングシステム」が原案の参考となった（表1、2）。表1を参考に研究班メンバーで協議し、評価項目として「マネジメントシステムの導入」「安全衛生責任者の選任、組織的位置づけ、職務権限」「安全衛

生責任者のコンピテンシー」「コンプライアンス」「リスクアセスメント」「リスク低減対策」「有害要因にさらされた労働者の健康影響評価」「安全衛生に配慮した危機管理機能時の労務」の 8 項目を選出し「教育訓練」の項目を新たに追加した 9 項目に合う文章を作成した(表 3)。また、各評価項目は「0 点:手順(基準)が存在しない」から「9 点:手順(基準)が(確実かつ継続的に実行され)、社内外の模範となるレベルにある」まで 10 段階のリッカート尺度で採点することとした(表 2)。

## 2. 外部専門家への試用結果

原案について外部専門家からは概ね妥当であると評価された。外部の専門家に原案を配布し、RPMS 導入前(2020 年 1 月)とインタビュー時(2023 年 1 月)の 2 つの時期の状況について、インタビュー前に予め採点を行なってもらい、1 時間程度のインタビューで協議しながら採点を行うことによって、評価の妥当性を担保することとした。その結果、RPMS 導入前(2020 年 1 月)とインタビュー時(2023 年 1 月)では、平均点が 5 点から 8 点と向上していた(表 4)。

評価項目 1 と 2 については、管理組織に副院長を含め組織の指針を作成し文書体系を揃えたことが導入前後で大きく変化した。評価項目 3 については、コロナ禍であっても従事者全員に教育が行える様、動画を作成し受講率 96%達成した。評価項目 5 については、導入前からしっかり管理していたが、導入後は基準を定めることで効率的に管理できるようになった。評価項目 6 については、各個人に対するリスクアセスメントの概念が無かったが、リスクアセスメントを行うことによって優先順位をつけて被ばく低減を行えるようになった。評価項目 7

については、会議等で定期的に協議する様になった。評価項目 8 については、健診の受診率は導入前後どちらも 100%であるが白内障検査の対応について課題があり、点数は導入後に下がった。

## 3. RPMS の導入を行う施設の運用担当者へのインタビュー結果

運用担当者 2 名に原案を配布しインタビュー前に予め採点を行なってもらい、各人 1 時間程度のインタビューで原案の妥当性や有効性についてヒアリングを行った。「自己点検で新たな気づきはありましたか?」「回答しにくい設問項目はありましたか?」「点検項目にはないことで特に有効だった取り組みはありますか?」「このチェックリストをどのように使用すると有効になりそうですか?」の 4 つ項目についてオープンクエスションで質問した結果を表 5 に示す。原案を採点することで、RPMS の導入や運用が適切に実施していることが評価でき、採点することで採点者に前向きな気づきを与えられることが明らかとなった。

## D. 考察

本研究では、グローバル労働安全衛生マネジメント指標を参考に医療機関において RPMS の導入および成熟状況を評価するためのツールを開発した。放射線業務従事者の被ばく管理において様々な課題が存在するが、特に法的責任者の病院長が関与していない場合が少なくないこと、および被ばくモニタリングを行っていない施設が多数存在することが挙げられる。RPMS を導入した施設は、病院長が組織へ関与し個人線量計の未装着が改善され、法令遵守と可能な限りの被ばく低減が可能となる。このような状態を RPMS の成熟と定義し、評価で

きるツールの開発を行なった。

まず、外部専門家への試用を行った。外部専門家が所属する施設では、3年間の取り組みの結果として採点が約3ポイント増加していた。この施設では、放射線被ばく管理組織に副院長がコミットしRPMSを導入したことで、RPMSの成熟が点数の向上として認められた事例と考える。

次に、RPMSの導入を行う施設の運用担当者へのインタビュー結果として、開発したツールによって前向きな気づきを与えられることが判明した。OHSMSの導入については内部監査や外部監査等で評価を行なっているが、RPMSでは監査機能が未成熟であるためこれまで評価されてこなかった。開発したツールの妥当性や有効性が示されたことで、自己点検や監査等に使用できる可能性も出てきたと考える。

本研究の限界として、採点の絶対値評価についての検証ができていない点である。例えば2施設の採点結果がどちらも5点であっても、同じMS状況ではないことが考えられる。今回のツールは、同一人物の評価で過去と現在を比較した相対評価のみに有効である。絶対評価を可能にするためには、評価項目毎に小項目を作成し、小項目の達

成度合いに合わせ点数基準を設けるなどの改善を行わなければならない。

#### E. 結論

今回作成した原案は、RPMSの導入や運用が適切に実施されていることを評価するためのツールとして使用でき、その妥当性と有効性が示された。

#### F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### G. 知的所有権の取得状況

なし

#### H. 参考文献

- 1) Kajiki S, Mori K, Kobayashi Y, Hiraoka K, Fukai N, Uehara M, Adi NP, Nakanishi S, Developing a global occupational health and safety management system model for Japanese companies. J Occup Health. 2020 Jan;62(1):e12081.

表1 文献1による評価項目

No.	評価項目
1	マネジメントシステムの導入
2	安全衛生責任者の選任、組織的位置づけ、職務権限
3	安全衛生責任者のコンピテンシー
4	安全衛生に関する専門的な人材（人／組織）のマネジメントシステムにおける記述
5	コンプライアンス
6	リスクアセスメント
7	リスク低減対策
8	有害要因にさらされた労働者の健康影響評価
9	職務適性の評価と採用の検討（適材適所）
10	個人情報の管理
11	安全衛生に配慮した危機管理機能時の労務
12	業務上疾病発生後の再発防止機能

表2 文献1による評価基準

点数	評価基準
0	手順（基準）が存在しない
1	手順（基準）はあるが、導入されていない
2	手順（基準）があり、一部導入されている
3	手順（基準）があり、ほぼ導入されているが、大きな課題がある
4	手順（基準）があり、ほぼ導入されているが、小さな課題がある
5	手順（基準）が確実に実行されている
6	手順（基準）による有効性の評価が継続的に行われている（仕組みがある）
7	手順（基準）が（確実かつ継続的に実行され）、一定の成果を上げている
8	手順（基準）が（確実かつ継続的に実行され）、高い成果を上げている
9	手順（基準）が（確実かつ継続的に実行され）、社内外の模範となるレベルにある

表3 RPMS の評価項目の原案

No.	評価項目
1	経営トップの方針のもとに、放射線防護マネジメントシステムが導入され、放射線業務従事者に対する放射線防護の仕組みを継続的に改善している
2	院内に必要な能力を備えた放射線管理者が選任されており、組織上の位置付けが明確になり、放射線防護に関する活動を円滑に遂行する上で必要な職務権限が与えられている
3	放射線業務従事者に放射線防護マネジメントシステムや被ばく低減方法に関する教育訓練が実施されている
4	関連法令が確実に順守されていることが確認されている
5	適切な個人線量計の装着ができる環境整備が行われ、個人線量計による個人被ばく線量の評価が確実に実施されている
6	放射線業務従事者の各個人に存在する放射線被ばくに対するリスクアセスメントが実施されている
7	リスク低減対策が、計画的に、適切に実施されている（≒リスクを一定レベル以下に低減するとともに、残留リスクに対しても高い管理状況である）
8	放射線業務従事者に対する解く健康診断（電離放射線健診）が適切に実施されている
9	想定事象が発生したのち、早期に的確な措置が実施されている

表4 RPMS 導入前後の自己評価の結果

評価項目	2020年1月の状況	2023年1月の状況
①経営トップの方針のもとに、放射線防護マネジメントシステムが導入され、放射線業務従事者に対する放射線防護の仕組みを継続的に改善している	4	7
②院内に必要な能力を備えた放射線管理者が選任されており、組織上の位置付けが明確になり、放射線防護に関する活動を円滑に遂行する上で必要な職務権限が与えられている	3	7
③放射線業務従事者に放射線防護マネジメントシステムや被ばく低減方法に関する教育訓練が実施されている	6	9
④関連法令が確実に順守されていることが確認されている	8	8
⑤適切な個人線量計の装着ができる環境整備が行われ、個人線量計による個人被ばく線量の評価が確実に実施されている	7	9
⑥放射線業務従事者の各個人に存在する放射線被ばくに対するリスクアセスメントが実施されている	0	7
⑦リスク低減対策が、計画的に、適切に実施されている（≡リスクを一定レベル以下に低減するとともに、残留リスクに対しても高い管理状況である）	4	7
⑧放射線業務従事者に対する健康診断（電離放射線健診）が適切に実施されている	8	7
⑨想定事象が発生したのち、早期に的確な措置が実施されている（各施設で設定した想定事象）	7	7
平均点数	5	8

表5 RPMSの導入が進んでいる2施設に対してインタビュー結果

インタビュー項目	回答
自己点検で新たな気づきはありましたか？	<p>医師と放射線技師ではリーダーシップに対する意識に乖離がある</p> <p>教育内容にマネジメントシステムがない</p> <p>関係法令を確認する会議体が2つあり重複する</p> <p>点数評価を行うには、理想的な状態の共通認識が必要である</p> <p>文書体系を独自に作成した場合の不備に気づくことができる</p>
回答しにくい設問項目はありましたか？	<p>この評価項目の活用条件として、定期的に会議等で評価項目を見直す必要がある</p> <p>透視室はできているが手術室はできていない時の採点が困難であった</p> <p>「権限が与えられている」という質的な質問採点が困難であった</p>
点検項目にはないことで特に有効だった取り組みはありますか？	<p>血管造影室で被ばくしやすい場所をカラーマップ表示したことで従事者の立ち位置が変化した</p> <p>既存の安全衛生委員会と連携し、病院長・産業医・看護部との連携がとりやすくなった</p>
このチェックリストをどのように使用すると有効になりそうですか？	<p>点数をつけることで、システム運用担当者間の共通認識が生まれる</p> <p>点数をつけることで、進捗（経年変化）を管理改善しやすくなる</p> <p>マネジメント会議の資料として活用できる</p> <p>概知の課題（強みや弱み）を整理することができる</p> <p>保健所監査や病院評価等のタイミングで院長の関心を高める道具となる</p>

労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

【放射線防護マネジメントシステムのシステムの有効性の検証】

2. 放射線防護マネジメントシステムを新規導入する医療機関を対象とした  
導入評価ツールの使用経験

研究代表者 櫻 田尚樹（産業医科大学産業保健学部産業・地域看護学 教授）

研究協力者 中上 晃一（産業医科大学病院放射線部）

研究協力者 茂呂田 孝一（社会医療法人財団池友会新小文字病院医療技術部 部長）

**研究要旨**

【目的】 RPMS 導入初年度の 2 つの医療施設において、開発した RPMS 評価ツールを使用し、RPMS の導入および成熟状況を評価することを目的とした。

【方法】 RPMS を導入前の 2022 年 4 月（導入前）と RPMS を導入して半年後の 2023 年 1 月（半年後）に RPMS 評価ツールを用いて各施設の放射線管理者が採点した。

【結果】 評価項目 9 項目の平均点で導入前導入後は、A 病院と B 病院の採点が、3 点から 3 点、4 点から 5 点であった。A 病院で 3/9 項目、B 病院で 6/9 項目に点数の向上が見られた。

【結論】 A 病院と B 病院において、RPMS の導入および成熟が進んでいる事が判明した。

#### A. 研究目的

我々は、労働安全衛生マネジメントシステム（Occupational Health and Safety Management System: OHSMS）の導入を前提とした労働者の放射線安全管理体制の構築として放射線防護マネジメントシステム（Radiation Protection Management System: RPMS）を開発し、その導入支援を行ってきた。しかし、これまで RPMS の導入および成熟状況を確認するための評価方法は存在せず、個別の医療機関において RPMS の導入～安定的な運用に係る PDCA サイクルを廻す上での大きな課題があった。そこで、医療機関において RPMS の導入およびその成熟状況の評価するための自己評価ツールの開発を行った。

本研究では、RPMS 導入初年度の医療施設において試行的に開発した RPMS 評価ツールを使用し、RPMS の導入およびその成熟状況の評価するとともに、RPMS 評価ツールの妥当性を確認することを目的とした。

#### B. 研究方法

RPMS 導入研修：2022 年 6 月から 7 月に全 3 回、2 つの医療機関に対して WEB 形式で、RPMS 導入のための講義とワークショップを行う step by step の研修会を行った（参考資料 1-5）。参加 2 機関の詳細は次の通りである：A 病院；636 病床で放射線業務従事者が 200 人の地域の急性期の医療機関、B 病院；236 病床で放射線業務従事者が 45 人の急性期と回復期の医療機関。

評価：開発した RPMS 評価ツールの評価項目（表 1）と評価項目の評価基準（表 2）を用いて、RPMS 導入前（2022 年 4 月）および RPMS 導入半年後（2023 年 1 月）に、各施設の放射線管理者が RPMS 導入状況の評価を行った。

#### C. 研究結果

A 病院の採点結果は、9 項目の平均点が導入前で 2.9 点、導入後で 3.3 点であった。項目①②⑤については、導入前より導入後の方が、点数が高かった（表 3）。

B 病院の採点結果は、9 項目の平均点が導入前で 3.8 点、導入後で 4.8 点であった。

項目①②④⑤⑦⑨については、導入前より導入後の方が、点数が上がった（表 4）。

A 病院・B 病院共に、点数が下がった項目はなかった。

#### D. 考察

今回の研究では、RPMS を導入し半年後の医療機関において RPMS の導入および成熟状況の評価した。半年という短期間では、9 項目合計の平均点を比較しても大きな差は生じなかった。しかし、各項目に焦点を当ててみると、点数が下がった項目はなく、A 病院で 3/9 項目 B 病院で 6/9 項目に点数の向上が見られた。これは、RPMS を導入に向けて医療機関が行動していることの結果を捉えていると考える。

RPMS 評価ツールの妥当性については、今回試行したのは 2 機関であったが、RPMS 導入前の各医療機関における放射線被ばく防護の取り組み度合やマネジメントシステムそのものの理解度が反映されたり、評価者の主観が入ったりする可能性は否めなかった。1 回限りの使用では自己評価の限界がうかがわれたが、定期的に RPMS の導入状況を確認し、次の活動へ結びつける使い方であれば、RPMS の成熟状況を実感できる指標となることが期待される。

#### E. 結論

RPMS 導入初年度の医療施設で、導入後半年の状況について RPMS 評価ツールを使用し評価した結果、RPMS の導入および成熟が進んでいる事が判明した。RPMS 評価ツールの妥当性は、試行機関を増やし、観察期間も長くすることで、更に検討することが必要と考える。

#### F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### G. 知的所有権の取得状況

なし

表1 RPMS の評価項目

No.	評価項目
1	経営トップの方針のもとに、放射線防護マネジメントシステムが導入され、放射線業務従事者に対する放射線防護の仕組みを継続的に改善している
2	院内に必要な能力を備えた放射線管理者が選任されており、組織上の位置付けが明確になり、放射線防護に関する活動を円滑に遂行する上で必要な職務権限が与えられている
3	放射線業務従事者に放射線防護マネジメントシステムや被ばく低減方法に関する教育訓練が実施されている
4	関連法令が確実に順守されていることが確認されている
5	適切な個人線量計の装着ができる環境整備が行われ、個人線量計による個人被ばく線量の評価が確実に実施されている
6	放射線業務従事者の各個人に存在する放射線被ばくに対するリスクアセスメントが実施されている
7	リスク低減対策が、計画的に、適切に実施されている（≒リスクを一定レベル以下に低減するとともに、残留リスクに対しても高い管理状況である）
8	放射線業務従事者に対する解く健康診断（電離放射線健診）が適切に実施されている
9	想定事象が発生したのち、早期に的確な措置が実施されている

表2 RPMS の評価項目の評価基準

点数	評価基準
0	手順（基準）が存在しない
1	手順（基準）はあるが、導入されていない
2	手順（基準）があり、一部導入されている
3	手順（基準）があり、ほぼ導入されているが、大きな課題がある
4	手順（基準）があり、ほぼ導入されているが、小さな課題がある
5	手順（基準）が確実に実行されている
6	手順（基準）による有効性の評価が継続的に行われている（仕組みがある）
7	手順（基準）が（確実にかつ継続的に実行され）、一定の成果を上げている
8	手順（基準）が（確実にかつ継続的に実行され）、高い成果を上げている
9	手順（基準）が（確実にかつ継続的に実行され）、社内外の模範となるレベルにある

表3 A病院のRPMS導入前後の自己評価の結果

評価項目	導入前 (2022年4月) の状況	導入半年後 (2023年1月) の状況
①経営トップの方針のもとに、放射線防護マネジメントシステムが導入され、放射線業務従事者に対する放射線防護の仕組みを継続的に改善している	1	3
②院内に必要な能力を備えた放射線管理者が選任されており、組織上の位置付けが明確になり、放射線防護に関する活動を円滑に遂行する上で必要な職務権限が与えられている	3	4
③放射線業務従事者に放射線防護マネジメントシステムや被ばく低減方法に関する教育訓練が実施されている	4	4
④関連法令が確実に順守されていることが確認されている	3	3
⑤適切な個人線量計の装着ができる環境整備が行われ、個人線量計による個人被ばく線量の評価が確実に実施されている	3	4
⑥放射線業務従事者の各個人に存在する放射線被ばくに対するリスクアセスメントが実施されている	3	3
⑦リスク低減対策が、計画的に、適切に実施されている（≒リスクを一定レベル以下に低減するとともに、残留リスクに対しても高い管理状況である）	2	2
⑧放射線業務従事者に対する健康診断（電離放射線健診）が適切に実施されている	4	4
⑨想定事象が発生したのち、早期に的確な措置が実施されている（各施設で設定した想定事象）	3	3
平均点数	2.9	3.3

表4 B病院のRPMS導入前後の自己評価の結果

評価項目	導入前 (2022年4月) の状況	導入半年後 (2023年1月) の状況
①経営トップの方針のもとに、放射線防護マネジメントシステムが導入され、放射線業務従事者に対する放射線防護の仕組みを継続的に改善している	3	5
②院内に必要な能力を備えた放射線管理者が選任されており、組織上の位置付けが明確になり、放射線防護に関する活動を円滑に遂行する上で必要な職務権限が与えられている	6	7
③放射線業務従事者に放射線防護マネジメントシステムや被ばく低減方法に関する教育訓練が実施されている	5	5
④関連法令が確実に順守されていることが確認されている	3	4
⑤適切な個人線量計の装着ができる環境整備が行われ、個人線量計による個人被ばく線量の評価が確実に実施されている	3	4
⑥放射線業務従事者の各個人に存在する放射線被ばくに対するリスクアセスメントが実施されている	4	4
⑦リスク低減対策が、計画的に、適切に実施されている（≒リスクを一定レベル以下に低減するとともに、残留リスクに対しても高い管理状況である）	3	5
⑧放射線業務従事者に対する健康診断（電離放射線健診）が適切に実施されている	5	5
⑨想定事象が発生したのち、早期に的確な措置が実施されている（各施設で設定した想定事象）	2	4
平均点数	3.8	4.8

各位

令和4年4月8日  
労災疾病臨床研究事業研究班  
代表 樺田尚樹

放射線業務従事者に対する放射線被ばく管理体制確立の為の  
放射線防護マネジメントシステム導入支援研修会の開催

令和3年4月より電離放射線障害防止規則が改正施行され、眼の水晶体の等価線量限度の引き下げが行われました。医療現場において、法令で定められた個人被ばく線量計を適切に装着していないという事例や法令の線量限度を超える放射線業務従事者が散見されることが明らかとなり、厚生労働省の検討会では事業者は安全衛生管理体制を確立することが望ましいと提言されました。また、今後は必要な際には労働基準監督署と保健所が連携して病院や診療所に指導を行うことが述べられています。

研究班では放射線業務を行う医療機関を対象に、研修と個別支援を通じて、放射線業務従事者に対する放射線被ばく管理体制について説明し、貴事業場における放射線管理体制の確立を支援します。放射線被ばく管理体制を構築することにより、放射線防護について現場が抱えるリスクや課題が経営の視点で明らかになる等の効果が期待されます。「個人被ばく線量計の装着率が向上しない」や「管理方法がわからない」等の放射線管理に課題があると感じられている医療機関におかれましては、ぜひご参加ください。

尚、本研修会は、下記の通り参加条件を設定しております。これは、放射線被ばく管理体制を理解し運用する為に必要と考えられる職員の連携を想定して設けております。ご理解の程、宜しくお願い致します。

記

1) 参加条件

- ① 全4回の参加
- ② 研修会参加者は、「(ア)放射線被ばく管理体制導入のキーパーソンとなる医師(産業医等を含む)」「(イ)放射線管理を行う診療放射線技師」及び「(ウ)経理等担当事務職員」の3名。(ア)に関しては、少なくとも第1回目の参加が必要とします。
- ③ 病院管理者の内諾

2) 研修会運営組織

労災疾病臨床研究事業「放射線防護マネジメントシステムの適用とその課題解決に関する研究」研究班(代表 樺田尚樹)

3) 研修会実施方法

「ZOOMソフトを使った遠隔研修」及び「個別支援」

- 4) 研修会日程（全4回）（仮）  
時間：全日程 14：00～16：30  
第1回：令和4年6月25日（土曜日）  
第2回：令和4年7月9日（土曜日）  
第3回：令和4年7月30日（土曜日）  
第4回：令和5年1月14日（土曜日）
- 5) 研修内容
- 第1回
1. 放射線被ばく管理体制について
  2. 放射線防護リスクアセスメント手法について
- 第2回
1. 放射線被ばく管理体制の運用について
  2. 個人被ばく線量計装着率の向上について
  3. 放射線業務従事者の教育について
- 第3回
1. 放射線被ばく管理体制の運用評価について
  2. 高線量被ばくの従事者に対する対処方法について
- 第4回
1. 各施設の取り組み報告会
- 6) 個別支援  
参加医療機関のニーズに応じて「専門家のアドバイス」や「被ばく線量測定」を行う。
- 7) 参加費  
無料
- 8) 定員  
10施設程度
- 9) 申込先  
下記のサイトからお申し込みください。  
<https://forms.gle/VxWqvNRcmSoi4uZv6>
- 10) 募集期間  
令和4年4月4日～5月31日
- 11) 後援  
福岡県診療放射線技師会
- 12) 問い合わせ先  
産業医科大学病院放射線部 樫田尚樹【代 中上晃一】  
電話：093-603-1611、内線 7962、e-mail: [nakagami@clnc.uoeh-u.ac.jp](mailto:nakagami@clnc.uoeh-u.ac.jp)

以上

第 1 回研究班 MS 研修会

令和 4 年 7 月 9 日

中上 晃一

開催日時：令和 4 年 7 月 9 日土曜日：14:00～16:30

開催形式：WEB 開催（ZOOM）

講師：森晃爾先生（産業医科大学）（収録参加）、樺田尚樹先生（産業医科大学）、中上晃一（産業医科大学病院）

座長：中上晃一（産業医科大学病院）

コメンテーター：樺田尚樹、喜多村紘子、酒井洸典、末吉尚純、守屋健太

参加者：

貞末和弘（北九州市立医療センター 放射線技術課長）

永井嘉明（九州鉄道記念病院）

茂呂田孝一（新小文字病院 医療技術部長）

～研修会～

開催挨拶

<第 1 部>法改正と MS 導入の重要性について <https://youtu.be/ewWstRbBKn0>

<第 2 部>放射線被ばく管理体制について（動画：33 分）

ワーク 1：病院において、医療従事者の被ばく管理に対する問題点はありますか？それは何ですか？

ワーク 2：以下の事項を達成するために必要な具体的な活動とは？

ワーク 3：以下の事項を達成するために必要な具体的な活動とは？関連法令の確実な順守・適正な基準の適用

ワークのまとめ：森先生の動画（6 分） <https://www.youtube.com/watch?v=0TfWZlmsWus>

休憩・時間調整

<第 3 部>放射線防護リスクアセスメント（動画：10）

<https://www.youtube.com/watch?v=3pbWAxz4Pc>

具体的なリスクアセスメント（中上発表：15 分）

質疑応答→終了

終了後：コメンテーターで振り返り（20 分程度）

以上

第 2 回研究班 MS 研修会

令和 4 年 7 月 30 日

中上 晃一

開催日時：令和 4 年 7 月 30 日土曜日：14:00～16:30

開催形式：WEB 開催（ZOOM）

講師：森晃爾先生（産業医科大学）（収録参加）、松崎賢先生（新小文字病院）、永元啓介先生（産業医科大学病院）

座長：中上晃一（産業医科大学病院）

コメンテーター：櫻田尚樹、喜多村紘子、酒井洸典、末吉尚純、守屋健太

参加者：

永井嘉明（九州鉄道記念病院）

茂呂田孝一（新小文字病院 医療技術部長）

～研修会～

<第 1 部>

- 1, 基本方針案を策定
- 2, 体制案の策定  
<https://youtu.be/vyJlwBp3drU>
- 3, 文章体系案の策定（テンプレートを利用）20 分  
<https://youtu.be/eefJPr7qTV8>

<第 2 部>

- 1, 年間目標の策定 <https://youtu.be/65ajmAzl6GU>  
ワーク①：「被ばくを可能な限り低減する」の評価指標は？
- 2, 計画の設定 <https://youtu.be/2hRUUpvM3Uls>
- 3, 研修・資格者育成計画 <https://youtu.be/AszqBxIHbQE>  
ワーク②：必要な研修は？必要な資格は？  
ワーク③：一般の放射線業務従事者に必要な導入教育の項目を列挙する。

<第 3 部> インシデントおよび不適合について <https://youtu.be/9-evjAm-f0>

<第 4 部> 事例報告

個人線量計の装着率を向上するための取り組み紹介

- ① 研究班：声かけを使った事例：講師：松崎賢先生（新小文字病院）
- ② 研究班：タイムアウトを使った事例：永元啓介先生（産業医科大学病院）

質疑応答→終了

終了後：コメンテーターで振り返り（20 分程度）

以上

第 3 回研究班 MS 研修会 レジюме

令和 4 年 8 月 6 日

中上 晃一

開催日時：令和 4 年 8 月 6 日土曜日：14:00～16:30

開催形式：WEB 開催（ZOOM）

講師：森晃爾先生（産業医科大学）（収録参加）、梶木繁之先生（産業医科大学）（収録参加）

座長：中上晃一（産業医科大学病院）

コメンテーター：櫻田尚樹、喜多村紘子。酒井洸典、末吉尚純、守屋健太

参加者：

貞末和弘（北九州市立医療センター 放射線技術課長）

永井嘉明（九州鉄道記念病院）

茂呂田孝一（新小文字病院 医療技術部長）

～研修会～

<第 1 部>放射線被ばく管理体制の運用評価について

第 1 回・第 2 回研修会の振り返り <https://youtu.be/8Ijrjlbvwmc>

放射線被ばく管理体制について <https://youtu.be/vyJlwBp3drU>

インシデント及び不適合について <https://youtu.be/9-evjIAm-f0>

緊急事態の準備及び対応について <https://youtu.be/oKYmBpBxYVw>

休憩

<第 2 部>内部監査について

内部監査の基本 [https://youtu.be/WqdANd9il\\_4](https://youtu.be/WqdANd9il_4)

放射線被ばく管理 MS 内部監査 1（院長編） <https://youtu.be/ZBEpLTHzhS4>

ワーク 1：内部監査動画の感想（これ聞かれたら困るなど）

ワーク 2：自分が監査委員だとしたら何を質問しますか？

放射線被ばく管理 MS 内部監査 2（循環器内科部長、看護師長、事務担当編）

<https://youtu.be/8q7edZUtxPA>

ワーク 3：内部監査動画の感想（これ聞かれたら困るなど）

<第 3 部>

質疑応答→終了

終了後：コメンテーターで振り返り（20 分程度）

以上

第 4 回研究班 MS 研修会

令和 5 年 1 月 14 日

中上 晃一

開催日時：令和 5 年 1 月 14 日土曜日：14:00～16:30

開催形式：WEB 開催（ZOOM）

座長：中上晃一（産業医科大学病院）

コメンテーター：櫻田尚樹、喜多村紘子。酒井洸典、末吉尚純、守屋健太

参加者：

貞末和弘（北九州市立医療センター 放射線技術課長）

永井嘉明（九州鉄道記念病院）

茂呂田孝一（新小文字病院 医療技術部長）

～研修会～

<第 1 部> 14：00～14：30

これまでの MS の取り組み紹介

休憩

<第 2 部> 14：30～16：00

MS 導入評価ツールを使ったインタビュー

<第 3 部> 16：00～16：30

質疑応答→終了

終了後：コメンテーターで振り返り（20 分程度）

以上

労災疾病臨床研究事業  
分担研究報告書

【放射線防護マネジメントシステムのシステムの有効性の検証】

3. 産業保健上の課題の整理 ～放射線被ばく管理に関する労働安全衛生  
マネジメントシステム導入支援事業アンケートの集計～

研究分担者 喜多村 紘子（産業医科大学産業医実務研修センター 准教授）

研究協力者 中上 晃一（産業医科大学病院放射線部）

**研究要旨**

目的：放射線防護マネジメントシステム導入支援事業に参加した医療機関が回答した Web アンケートを集計して、労働衛生管理および産業保健上の課題を明らかにすることを目的とした。

方法：対象は、2022 年度に放射線 MS 導入支援事業に参加し、本研究のアンケートに回答し、情報を研究に用いることの同意が得られた医療機関。放射線 MS 導入支援事業への参加を表明した医療機関へ、事前（1 回目）および導入支援事業の研修内容を踏まえた 2 回目、3 回目に分けて Web アンケートの URL を送付し、各機関で選任された放射線 MS 導入支援事業の担当者に回答を依頼した。

結果：1 回目は 141 機関、2 回目は 123 機関、3 回目は 95 機関の回答を集計した。労働者の放射線被ばく管理体制として、労働者の放射線被ばく管理組織（委員会）が設置されているのは 65 機関（46.1%）、病院管理者による労働者の放射線被ばく管理に対する方針や指針が明示されているのは 79 機関（56.0%）、労働者の放射線被ばく管理に関する業務や書類を監査する仕組みがあるのは 51 機関（36.2%）、病院管理者による労働者の放射線被ばく管理に関する書類の毎年の文書レビューが行われているのは 76 機関（53.9%）、労働者の放射線被ばく管理に関する監査（外部監査）を行っているのは 13 機関（13.7%）、労働者の放射線被ばく管理に関する自己点検を行っているのは 56 機関（58.9%）であった。労働者被ばく管理担当者が、自施設の放射線業務従事者が他施設で放射線業務に従事していることを把握しているのは 46 機関（32.6%）、他施設の放射線業務従事者が自施設で放射線業務に従事していることを把握しているのは 50 機関（35.5%）であった。兼業は把握していても個人線量計の配布状況を把握していないのは前者 21 機関（45.7%）、後者 22 機関（44.0%）であった。

考察：本研究では、労働衛生管理および産業保健上の懸念事項として次の 5 点が抽出された：①病院管理者の労働者の放射線被ばく管理方針が明示されていない機関が 4 割以上、②労働者の放射線被ばく管理担当者がその権限を躊躇なく行使できない医療機関がある、③各放射線業務従事者の被ばく線量が一元管理されていない、④医療機関によっては放射線業務従事者の被ばく状況を、専門性のある者および責任と権限のある立場の者が把握していない可能性がある、⑤必要な保護具の準備と使用が徹底されていない。

結論：放射線管理体制、個人被ばく線量の測定、防護具の準備等は、いずれも十分とは言えなかった。マネジメントシステムに馴染みのない機関が多く、スムーズな RPMS 導入にはきめ細やかなサポートが必要と考える。

## A. 研究目的

本研究班では、医療従事者の放射線防護の取組の一手段として、労働安全衛生マネジメントシステム（OSHMS: Occupational Safety and Health Management System）の導入を前提として、放射線防護および被ばく管理に特化したマネジメントシステム（放射線防護マネジメントシステム、以下「放射線 MS」という）の文書体系を作成し、その医療機関への導入支援に関与してきた。本年度は、放射線 MS 導入支援事業に参加した医療機関が回答した Web アンケートを集計して、放射線 MS 導入前の医療機関における、労働者の放射線被ばく管理に関する状態を把握し、労働衛生管理および産業保健上の課題を明らかにすることを目的として研究を行った。

## B. 研究方法

### 【対象】

対象は、2022 年度に放射線 MS 導入支援事業に新規に参加し、本研究の Web アンケートに回答し、情報を研究に用いることの同意が得られた医療機関である。

### 【方法】

放射線 MS 導入支援事業への参加を表明した医療機関へ、事前（1 回目）および導入支援事業の研修内容を踏まえた 2 回目、3 回目の Web アンケートの URL を送付し、各機関で選任された放射線 MS 導入支援事業の主担当者（以下「放射線 MS 導入担当者」という）に回答を依頼した。以下に、1 回目～3 回目の Web アンケートで調査した項目を挙げた。

事前（1 回目）：放射線 MS 導入担当者の役職、病床数、放射線業務に従事する労働者（以下「放射線業務従事者」という）の人数、労働者の放射線被ばく管理体制、新規放射線業務従事者の把握、放射線業務従事者の兼業における被ばく線量の把握、個人線量計の装着

2 回目：放射線 MS 導入担当者の役職、放射線業務従事者数、個人被ばく線量の情報提供、高い被ばく線量の放射線業務従事者への介入、放射線防護具、リスクアセスメント

3 回目：放射線 MS 導入担当者の役職、監査および自己点検、個人線量計の配布

## C. 研究結果

Web アンケートに、1 回目のはのべ 224 機関、2 回目のはのべ 182 機関、3 回目のはのべ 203 機関からの回答が得られた。ただし、複数人が複数回入力し、その入力内容が一致していない機関が散見された。これらを除き、1 回目は 141 機関、2 回目は 123 機関、3 回目は 95 機関の回答を集計した。3 回とも回答したのは 70 機関であった。

### 1 回目アンケート

放射線 MS 導入担当者の役職は、診療放射線技師 125 機関（診療放射線技師かつ臨床工学技士 1 機関含む）、医師・歯科医師 5 機関、看護師 3 機関、臨床検査技師 2 機関、放射線取扱主任者 1 機関、薬剤師 1 機関、事務職 4 機関であった。

アンケートに回答した機関の病床規模別の割合を図 1、放射線業務従事者数区分別の割合を図 2 に示した。

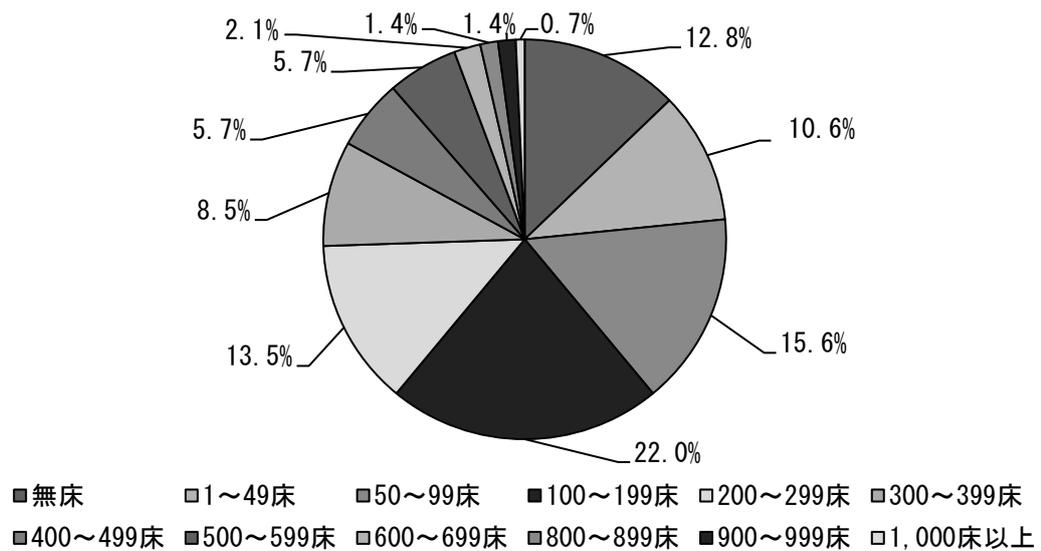


図1 病床規模別の割合

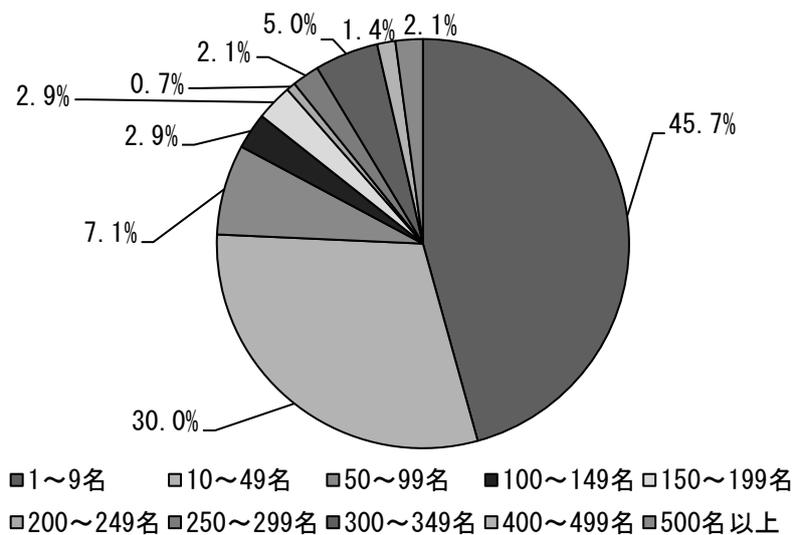


図2 放射線業務従事者数区分別の割合

**【労働者の放射線被ばく管理体制】**

労働者の放射線被ばく管理組織（委員会）が設置されているのは 65 機関（46.1%）、病院管理者による労働者の放射線被ばく管理に対する方針や指針が明示されているのは 79 機関（56.0%）、労働者の放射線被ばく管理に関する業務や書類を監査する仕組みがあるのは 51 機関（36.2%）、病院管理者による労働者の放射線被ばく管理に関する書類の毎年の文書レビューが行われているのは 76 機関（53.9%）、OSHMS が導入されているのは 8 機関（5.7%）であった。病床規模

別の、労働者の放射線被ばく管理体制に係る集計を表 1 に示した。病床規模別に、労働者の放射線被ばく管理体制（OSHMS 導入状況は除く）が整備されている割合を図 3 に示した。

労働者の放射線被ばく管理を主に担当している者（以下「労働者被ばく管理担当者」という）の専従（他業務と兼務していない）・専任（他業務と兼務している）の別については、専従は 14 機関（9.9%）、専任は 127 機関（90.1%）であった。専任の場合の役職は、部長級 9 機関（7.1%）、技師長級 41 機関

(32.3%)、副技師長級 11 機関 (8.7%)、主任級 31 機関 (24.4%)、役職なし 30 機関

(23.6%)、無回答 5 機関 (3.9%) であった。

表 1 病床規模別の労働者の放射線被ばく管理体制

	被ばく管理組織の設置		被ばく管理方針の明示		被ばく管理の監査		文書レビュー		OSHMS 導入	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
	(機関)	(機関)	(機関)	(機関)	(機関)	(機関)	(機関)	(機関)	(機関)	(機関)
無床	9	9	14	4	9	9	10	8	4	14
1~49 床	5	10	5	10	1	14	5	10	0	15
50~99 床	8	14	14	8	8	14	13	9	0	22
100~199 床	17	14	17	14	10	21	16	15	2	29
200~299 床	7	12	6	13	7	12	8	11	1	18
300~399 床	5	7	7	5	6	6	7	5	0	12
400~499 床	6	2	7	1	5	3	5	3	0	8
500~599 床	3	5	5	3	4	4	6	2	1	7
600~699 床	3	0	2	1	1	2	3	0	0	3
800~899 床	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
900~999 床	1	1	1	1	0	2	2	0	0	2
1,000 床以上	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1
合計	65	76	79	62	51	90	76	65	8	133

被ばく管理組織の設置: 労働者の放射線被ばく管理組織(委員会)の設置

被ばく管理方針の明示: 病院管理者による労働者の放射線被ばく管理に対する方針や指針の明示

被ばく管理の監査: 労働者の放射線被ばく管理に関する業務や書類を監査する仕組み

文書レビュー: 病院管理者による労働者の放射線被ばく管理に関する書類の毎年の文書レビュー

OSHMS 導入: OSHMS(JIS Q 45001, 45100 又は OHSAS18001, ISO9001)の導入

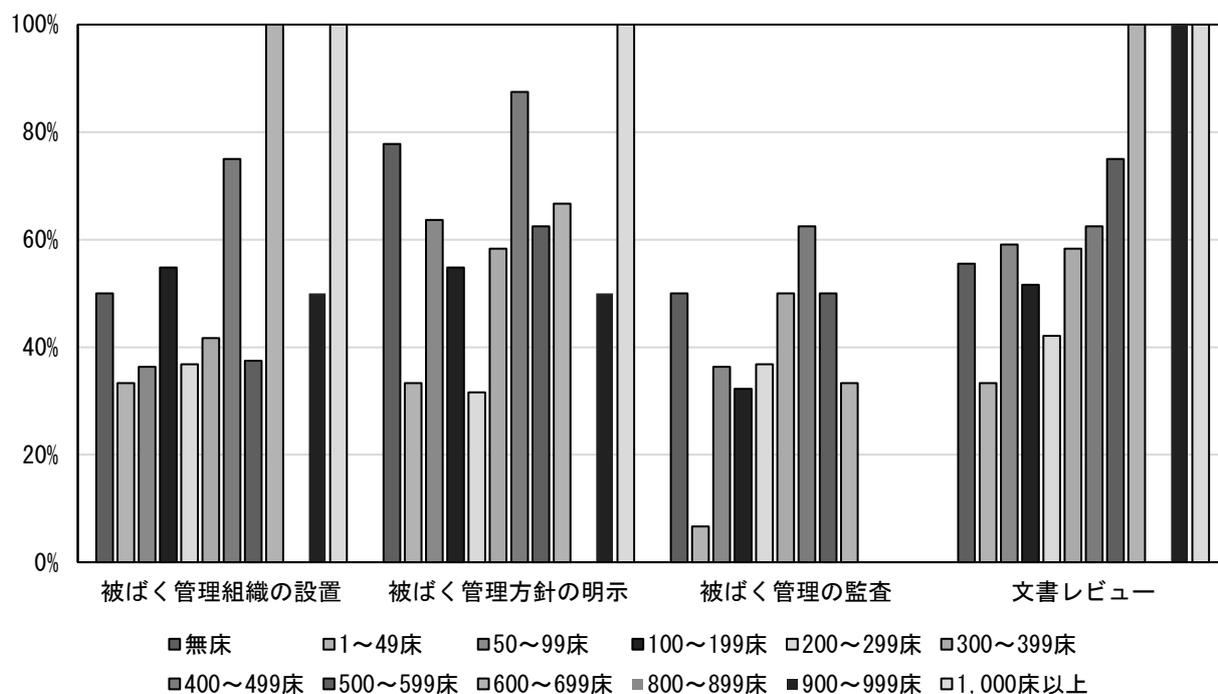


図 3 病床規模別の労働者の放射線被ばく管理体制の整備割合

放射線 MS 導入担当者のうち、「労働安全衛生マネジメントシステム」という単語を全く知らなかった（今回の導入研修で知った）者は 74 名（52.5%）（図 4）、労働安全衛

生マネジメントシステムの知識が全くないと回答した者は 90 名（63.8%）であった（図 5）。

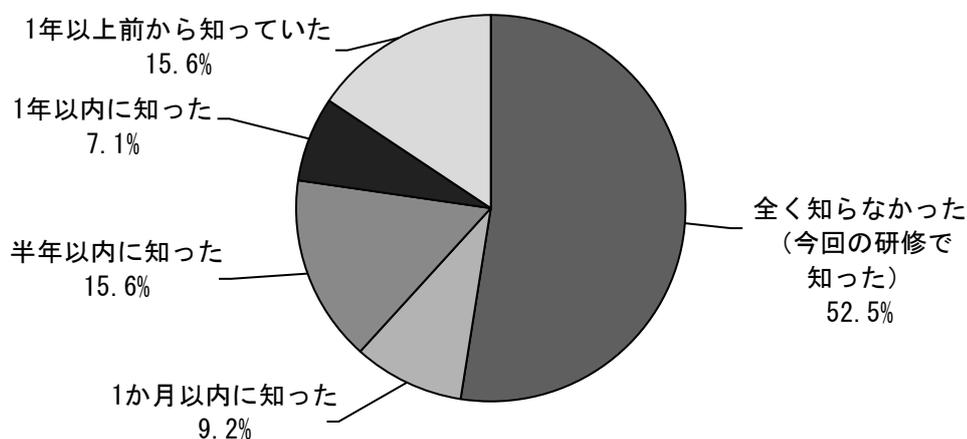


図 4 放射線 MS 導入担当者の労働安全衛生マネジメントシステムという単語を知った時期

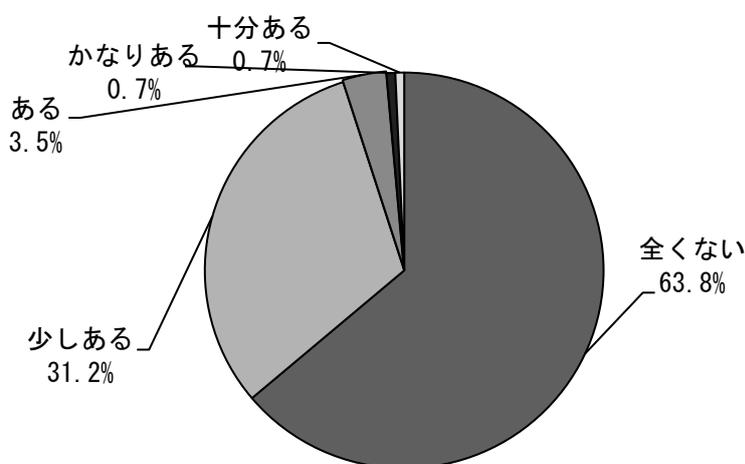


図 5 放射線 MS 導入担当者の労働安全衛生マネジメントシステムの知識

**【放射線業務従事者の把握】**

新規の放射線業務従事者登録について、申告制（自己申告、医局や所属部署からの申告等）は 108 機関（76.6%）、申告以外は 33 機関（23.4%）であった。申告以外は、診療放射線技師が見つけて登録する（21 機関）、人事課等の事務員が見つけて登録する（4 機関）、放射線安全委員会等で決めて登録する（2 機関）等であった。新規の放射線業務従

事者の登録窓口は放射線部門、事務部門の順に多く、それぞれ 90 機関（63.8%）、43 機関（30.5%）であった。実務として、個人線量計の配布を決めているのは、診療放射線技師、事務担当者、病院長の順に多く、それぞれ 98 機関（69.5%）、21 機関（14.9%）、15 機関（10.6%）であった。

**【放射線業務従事者の兼業における被ばく線量の把握】**

労働者被ばく管理担当者が、自施設の放射線業務従事者が他施設で放射線業務に従事していることを把握しているのは 46 機関 (32.6%)、他施設の放射線業務従事者が自施設で放射線業務に従事していることを把握しているのは 50 機関 (35.5%) であった。いずれも、放射線業務従事者からの自己申告、次いで病院事務からの申告により把握

していた。兼業は把握していても、個人線量計の配布状況を把握していないのは、自施設の放射線業務従事者が他施設で放射線業務に従事している場合は 21 機関 (45.7%)、他施設の放射線業務従事者が自施設で放射線業務に従事している場合は 22 機関 (44.0%) であった (表 2)。

表 2 放射線業務従事者の兼業における被ばく線量の把握状況

自施設の放射線業務従事者の他施設での兼業			他施設の放射線業務従事者の自施設での兼業		
把握していない	95 機関		把握していない	91 機関	
把握している	46 機関	個人線量計の配布状況	把握している	50 機関	個人線量計の配布状況
		把握していない			把握していない
		21 機関			22 機関
		自施設でのみ配布			自施設でのみ配布
		14 機関			2 機関
		他施設のみで配布			他施設のみで配布
		5 機関			18 機関
		自施設・他施設ともに配布			自施設・他施設ともに配布
		4 機関			5 機関

### 【個人線量計の装着】

個人線量計の適正な装着の周知・啓発として、リーフレットやポスターの掲示を行っているのは 59 機関 (41.8%)、講習会や勉強会を開催しているのは 45 機関 (31.9%) であった。一方、51 機関 (36.2%) は、特別周知や啓発は行っていないと回答した。

個人線量計を装着していることの確認については、検査毎にタイムアウト等を利用して確認しているのは 48 機関 (34.0%)、不定期に労働者被ばく管理担当者が見回り確認しているのは 23 機関 (16.3%)、定期的に労働者被ばく管理担当者が見回り確認しているのは 12 機関 (8.5%) であった。一方、52 機関 (36.9%) は確認していないと回答した。

### 2 回目アンケート

放射線 MS 導入担当者の役職は、診療放射線技師 111 機関 (診療放射線技師かつ臨床工学技士 1 機関含む)、医師・歯科医師 2 機関、看護師 3 機関、臨床検査技師 1 機関、

放射線取扱主任者 1 機関、薬剤師 1 機関、理学療法士 1 機関、衛生管理者 1 機関、事務職 2 機関であった。

### 【個人被ばく線量の情報提供】

全放射線業務従事者の毎月の個人被ばく線量については、診療放射線技師長や病院長が単独で把握している機関もあったが、診療放射線技師長、病院長、看護師長、産業医、放射線被ばく管理担当者等の複数の役職者が把握している機関も見られた。全放射線業務従事者の線量の把握に、診療放射線技師長が関与しているのは 68 機関 (48.2%)、病院長が関与しているのは 16 機関 (11.3%)、労働者被ばく管理担当者が関与しているのは 60 機関 (42.6%) であった。一方、事務職のみが把握している機関が、6 機関 (4.3%) と少ないながらも存在した。

各放射線業務従事者への個人被ばく線量のフィードバック方法は、直接報告書を渡す、所属部署の事務員に渡す、まとめて管理する (本人には渡していない) が主であっ

た。医師、診療放射線技師、看護師における フィードバック方法を図 6 に示した。

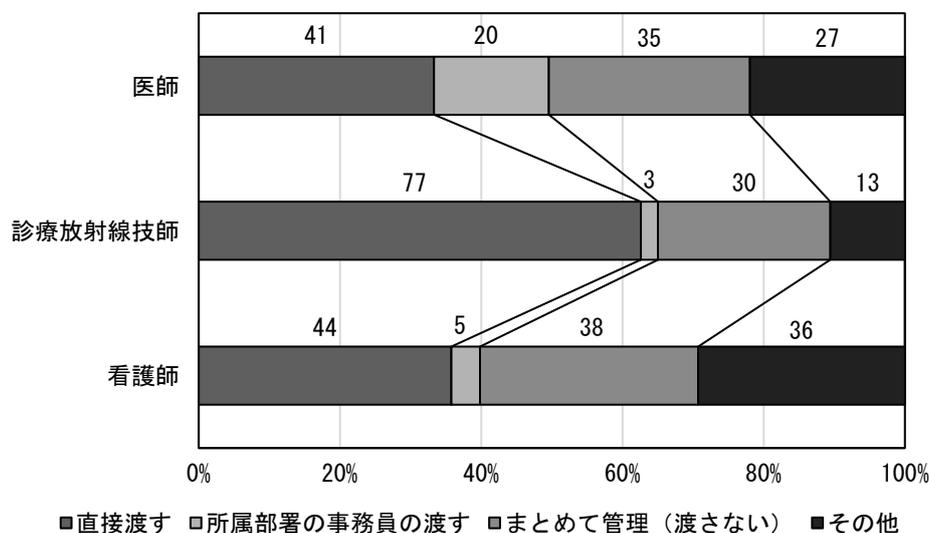


図 6 職種別の個人被ばく線量のフィードバック方法

【高い被ばく線量の放射線業務従事者への介入】

個人被ばく線量が高い放射線業務従事者が確認された際の介入として、主に、ヒアリング、被ばく状況の観察、被ばく低減対策の提案がなされていた。介入方法と回答機関数のマトリックスを図 7 に示した。

各機関における高い被ばく線量として介入の基準となる被ばく線量（実効線量）には、0.0mSv から 100mSv まで、ばらつきが見られた。1.0mSv が最多の 23 機関で、次いで多い方から順に 5.0mSv が 14 機関、

1.6mSv および 2.0mSv が 10 機関、20mSv が 8 機関、0.5mSv が 7 機関、10mSv および 50mSv が 6 機関であった。

また、各機関における高い被ばく線量として介入の基準となる被ばく線量（水晶体等価線量）にも、0.0mSv から 100mSv まで、ばらつきが見られた。1.0mSv が最多の 22 機関で、次いで多い方から順に 2.0mSv および 20mSv が 13 機関、10mSv が 11 機関、1.6mSv および 5.0mSv が 9 機関、50mSv が 5 機関であった。

高い被ばく線量の放射線業務従事者への介入方法			
ヒアリング	被ばく状況の観察	被ばく低減対策の提案	
○			24 機関
○	○		10 機関
○		○	8 機関
○	○	○	29 機関
	○		13 機関
	○	○	7 機関
		○	14 機関

図 7 高い被ばく線量の放射線業務従事者への介入方法

【放射線防護具】

放射線防護具のうち、防護衣、防護眼鏡、ネックガードに関して、それぞれの放射線防護具保有数と放射線業務従事者数、放射線業務従事者数の1/2、放射線業務従事者数の1/5、放射線業務従事者数の1/10、放射線業務従事者数の1/20とを比較した（表3）。なお、防護衣はエプロンタイプ、コートタイ

プ、セパレートタイプ、前掛けタイプを別々で尋ねた結果を合計した。放射線業務従事者数と放射線防護具の保有数の散布図を図8に示した。

オーバーチューブ透視装置用防護クロスは、1つ以上保有しているのは30機関（24.4%）であった。

表3 放射線防護具保有数と放射線業務従事者数

	防護衣	防護眼鏡	ネックガード
放射線防護具保有数が放射線業務従事者数以上の機関	56 機関 (45.5%)	3 機関 (2.4%)	4 機関 (3.3%)
放射線防護具保有数が放射線業務従事者数の1/2以上の機関	97 機関 (78.9%)	12 機関 (9.8%)	9 機関 (7.3%)
放射線防護具保有数が放射線業務従事者数の1/5以上の機関	118 機関 (95.9%)	33 機関 (26.8%)	31 機関 (25.2%)
放射線防護具保有数が放射線業務従事者数の1/10以上の機関	122 機関 (99.2%)	60 機関 (48.8%)	50 機関 (40.7%)
放射線防護具保有数が放射線業務従事者数の1/20以上の機関	122 機関 (99.2%)	74 機関 (60.2%)	70 機関 (56.9%)

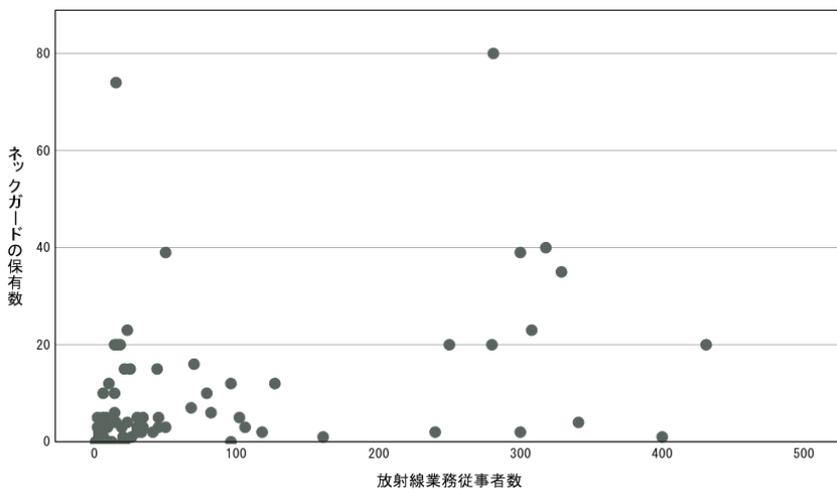
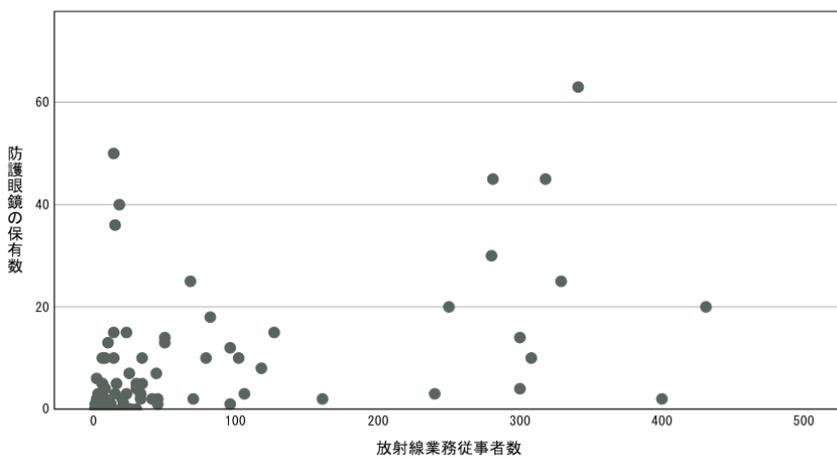
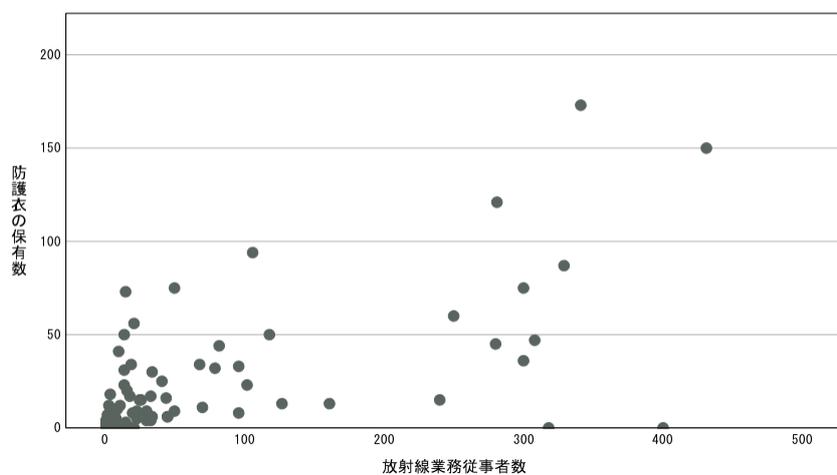


図8 放射線業務従事者数と放射線防護具保有数の関連

【リスクアセスメント】

モデル文書に則り、各機関の全放射線業務従事者のリスクアセスメントが実施されたのは32機関(26.0%)であった。リスク

アセスメントがなされた放射線業務従事者は4,048名で、全機関の放射線業務従事者の合計5,816名の69.6%であった。総合リスクは604名(リスクアセスメントされた放

放射線業務従事者の 14.9%、全機関の放射線業務従事者の合計の 10.4%)、総合リスクII は 2,979 名 (リスクアセスメントされた放射線業務従事者の 73.6%、全機関の放射線

業務従事者の合計の 51.2%)、総合リスクIII は 465 名 (リスクアセスメントされた放射線業務従事者の 11.5%、全機関の放射線業務従事者の合計の 8.0%) であった (表 4)。

表 4 総合リスクI~IIIの人数およびその内訳

総合リスク I		総合リスク II		総合リスク III	
リスクの点数	人数	リスクの点数	人数	リスクの点数	人数
4 点	604 名	5 点	391 名	11 点	240 名
		6 点	520 名	12 点	82 名
		7 点	500 名	13 点	43 名
		8 点	523 名	14 点	52 名
		9 点	581 名	15 点	27 名
		10 点	464 名	16 点	21 名
合計	604 名	合計	2,979 名	合計	465 名
リスクアセスメントされた放射線業務従事者における割合：14.9%		リスクアセスメントされた放射線業務従事者における割合：73.6%		リスクアセスメントされた放射線業務従事者における割合：11.5%	
全機関の放射線業務従事者の合計における割合：10.4%		全機関の放射線業務従事者の合計における割合：51.2%		全機関の放射線業務従事者の合計における割合：8.0%	

### 3 回目アンケート

放射線 MS 導入担当者の役職は、診療放射線技師 86 機関、医師・歯科医師 1 機関、看護師 2 機関、臨床工学士 1 機関、放射線取扱主任者 1 機関、薬剤師 1 機関、理学療法士 1 機関、衛生管理者 1 機関、事務職 1 機関であった。

#### 【監査および自己点検】

労働者の放射線被ばく管理に関する監査 (外部監査) を行っているのは 13 機関 (13.7%)、労働者の放射線被ばく管理に関する自己点検を行っているのは 56 機関 (58.9%)、労働者の放射線被ばく管理に関する会議を実施しているのは 39 機関 (41.1%) であった。労働者の放射線被ばく管理に関する会議のメンバーは機関ごとに

異なったが、多くは病院長、医師の代表、診療放射線技師の代表、看護師の代表、事務の代表の一部もしくは全部がメンバーであった。

#### 【個人線量計の配布】

各機関における医師、診療放射線技師、看護師、臨床工学技士、臨床検査技師、理学療法士について、個人線量計の配布状況を表 4 に示した。必要に応じて、個人線量計を 2 個以上配布しているのは、医師では 55 機関 (57.9%)、診療放射線技師では 63 機関 (66.3%)、看護師では 47 機関 (49.5%)、臨床工学技士では 29 機関 (30.5%)、臨床検査技師では 8 機関 (8.4%)、理学療法士では 4 機関 (4.2%) であった。

表4 職種毎の個人線量計配布状況

	医師	診療放射線技師	看護師	臨床工学技士	臨床検査技師	理学療法士
全員1個配布	17	24	10	8	5	1
全員1個配布、加えてポケット線量計等でも管理する者あり	4	-	5	1	-	1
1個配布もしくは2個以上配布	1	2	5	1	-	-
1個配布もしくは2個以上配布、加えてポケット線量計等でも管理する者あり	4	-	-	-	-	-
全員2個以上配布	47	61	36	25	8	4
全員2個以上配布、加えてポケット線量計等でも管理する者あり	3	-	6	3	-	-
ポケット線量計等での管理のみ	2	1	5	1	2	1
配布対象者はいない	17	7	28	56	80	88

#### D. 考察

【医療機関における労働者の放射線被ばく管理の産業保健上の課題】

本研究では、放射線 MS 導入前の医療機関における労働者の放射線被ばく管理の実態を把握し、労働衛生管理および産業保健上の課題を明らかにすることを目的として調査を行い、労働衛生管理および産業保健上の懸念事項として次の5点が抽出された：①病院管理者の労働者の放射線被ばく管理方針が明示されていない機関が4割以上あること、②労働者の放射線被ばく管理担当者がその権限を躊躇なく行使できる状況であるかどうか、③各放射線業務従事者の被ばく線量が一元管理されていないこと、④医療機関によっては放射線業務従事者の被ばく状況を、専門性のある者および責任と権限のある立場の者が把握していない可能性があること、⑤必要な保護具の準備と使用が徹底されていないこと。

①病院管理者の労働者の放射線被ばく管理方針が明示されていない機関が4割以上あることに関して、アンケート調査は放射線 MS 導入前に行っているため、調査時点では看過できるかもしれない。ただし、放射

線 MS を導入する段階では、病院管理者が導入のための決意表明を行い、放射線被ばく管理方針を明らかにすることが必須である。この方針を達成するために必要な具体的な活動目標を定め、PDCA サイクルを回しながら継続的に被ばく低減対策を推進することが放射線 MS の軸となる。必要に応じて、病院管理者が労働者の放射線被ばく管理方針明示することをサポートしたり、明示状況の経過観察を行ったりすることは、今後必要と考える。

②労働者の放射線被ばく管理担当者がその権限を躊躇なく行使できる状況であるか、に関して、今回は労働者被ばく管理担当のうち専従の者の職種・役職は調査できていないが、9割を占める専任の者のうち無回答を除く95%以上が診療放射線技師で、部長級から役職なしまで職位は様々であった。医療機関における主な放射線業務従事者として医師、診療放射線技師、看護師が挙げられるが、職種、職位に関係なく、労働者の放射線被ばく管理担当者が権限を行使できているか、加えて権限行使に阻害要因があるとするれば何か、等をインタビュー調査によって質的に検討することも重要と考える。

③各放射線業務従事者の被ばく線量が一元管理されていないことに関して、兼業は個人のトータル被ばく線量を考える際のピットフォールの一つであろう。電離放射線障害防止規則（以下「電離則」という）第4条第1項では、「事業者は、管理区域内において放射線業務従事者の受ける実効線量が5年間につき100mSvを超えず、かつ、1年間につき50mSvを超えないようにしなければならない。」とされている。また、電離則第56条第4項では「第1項の規定にかかわらず、同項の健康診断を行おうとする日の属する年の前年1年間に受けた実効線量が5mSvを超えず、かつ、当該健康診断を行おうとする日の属する1年間に受ける実効線量が5mSvを超えるおそれのない者に対する当該健康診断については、同項第2号から第5号までに掲げる項目は、医師が必要と認めないときには、行うことを要しない。」とされている。放射線業務に従事しているのに被ばく線量が測定されていない、業務を行う場所ごとに別々に被ばく線量が測定され統合されていない、健康障害防止の観点からは複数ヶ所で放射線業務に従事する場合は統合された被ばく線量での線量限度の遵守や健康診断の項目省略の該当・非該当の判断が必要であるが統合された被ばく線量がない、もしくは入手できない、等が懸念される。さらには、医療機関の被ばく線量を測定する対象を把握する体制や個人線量計の手配や配布等の実務の不備が危惧される。主たる所属、兼業先の区別なく放射線業務従事者ごとに漏れなく被ばく線量を測定し、その結果を適切に記録するポリシー、体制、システムの構築が望まれる。

④医療機関によっては放射線業務従事者の被ばく状況を、専門性のある者および責

任と権限のある立場の者が把握していない可能性があること、に関して、被ばく低減対策の必要があると判断し、その判断を元に対策を講じることを決断するには、判断できる者と決断する者を含む、医療機関内での連携が必要と考える。

⑤必要な保護具の準備と使用が徹底されていないこと、に関しては、医療機関の放射線業務従事者は、電離則第38条～第39条で示される保護具よりも、労働安全衛生規則第593条に示される保護具等の考え方が適すると思われる。操作性や好み等、事情は様々と考えるが、事業者には適切な防護具（防護衣、防護眼鏡、ネックガード等）を必要数（同時に就業する労働者の人数と同数以上）、準備する義務、労働者には事業者より使用を命じられた防護具を使用する義務があることを再度認識し、実行することが必要であろう。

#### 【放射線MS導入に係る懸念事項・留意点、放射線MSへの期待】

今回集計した医療機関では、労働者の放射線被ばく管理の必要性は認識しながらも十分な体制を作れていない、もしくは院内にリソースはあるが体制整備が進んでいない機関もあると推測された。医療機関には、医療法施行規則において管理者が確保すべき安全管理体制が定められており、医療法施行規則の一部を改正する省令（平成31年厚生労働省令21号）によって診療用放射線に係る安全管理が新たに規定された。新たな規定の目的は、患者の医療被ばくの適正管理で、診療用放射線の安全利用のための指針の策定、放射線診療に従事する者に対する診療用放射線の安全利用のための研修の実施、放射線診療を受ける者の当該放射線による被ばく線量の管理及び記録その他

の診療用放射線の安全利用のための方策の実施(医療被ばくの線量管理、医療被ばくの線量記録)等が求められた。患者の被ばく線量を適正に管理することは、放射線業務従事者の被ばく線量を低減することに繋がるが、患者は医療法、放射線業務従事者は労働安全衛生法で管理されるためうまく結びつけられず、医療法対応チーム、労働者の放射線被ばく管理チームが連動せず、別々に動いている医療機関がある可能性は否定できない。本研究で放射線 MS 導入の個別支援を行う際は、院内のリソースを活用すること、放射線 MS 導入担当者だけで体制を構築することは非常に困難なため院内に協働する仲間を増やすことを助言している。放射線 MS 導入支援事業においても、実際に医療機関で放射線 MS の導入を勧める際の留意点として触れておくことは有用と考える。

OSHMS が導入されている機関は 5.7%のみで、そもそも、MS に馴染みがない機関ばかりで、MS のシステム文書や実施要領の作成で困難を感じる機関が多い懸念がある。公益財団法人日本適合性認定協会 (Japan Accreditation Board) によると、マネジメントシステム (以下「MS」という) とは「方針及び目標を定め、その目標を達成するために組織を適切に指揮・管理するための仕組み」で、OSHMS はその一つで「組織の労働災害のリスクを防止し、労働者やその関係者だけでなく社会全体の安全を確保する一連の仕組み」とされている。MS の導入は目的でなく、MS 導入後に継続的に運用ができてはじめて MS を導入した意義があるため、自立して MS を運用できるまで、機関ごとにきめ細かなサポートを提供できる体制が必要と考える。

2022 年度はアンケートを分割し、リスクアセスメントは、放射線 MS 導入支援事業でリスクアセスメントの研修を行った後に、各機関で実施するよう設定した。しかし全放射線業務従事者を対象にリスクアセスメントが実施された機関は 26.0%に留まった。まずは、放射線 MS 導入担当者に、リスクアセスメントを放射線業務従事者一人ひとりに実施することには、高リスク者を予測し、被ばく低減措置を講じる優先順位を明確にする意義があることをよく理解してもらい、放射線 MS のポリシーを理解し作業を分担してくれる仲間を作ってもらうことで、リスクアセスメントをスムーズに進められることが期待される。リスクアセスメントを実施した感想や実施時に困ったこと、全放射線業務従事者に対して実施しなかった理由等をヒアリングすると、今後の放射線 MS 導入支援の一助となる情報が得られるであろう。

放射線障害防止対策に係る都道府県等衛生主幹部局との連携について (基安労発 0128 第 1 号、令和 3 年 1 月 28 日) に示される通り、放射線障害防止対策の推進に当たり、都道府県労働局と都道府県等との間で、実効線量又は眼の水晶体に受ける等価線量が年間 20mSv を超えて 50mSv 以下の労働者がいる病院、診療所の情報が共有されることとなった。事業者又は病院、診療所の管理者は、放射線業務従事者の被ばくを低減し、適切な線量管理を行うことが以前にも増して求められることになった。高い被ばく線量が出てから後処理型の対応ではなく、潜在的な危険性・有害性を抽出し、優先順位をつけて被ばく線量低減対策を行っていくリスクアセスメントを軸とし、自律的・継続的に管理する放射線 MS の重要性

は高まっていると考えられる。

#### E. 結論

放射線 MS 導入支援事業に参加した医療機関の、放射線 MS 導入前の放射線被ばく管理の実態を把握することを目的に調査を行った。放射線管理体制、個人被ばく線量の測定、防護具の準備等に関して、いずれも十分とは言えなかった。MS に馴染みのない機関が多く、スムーズな放射線 MS 導入にはきめ細やかなサポートが必要と考える。今後、医療機関は、放射線業務従事者の放射線被ばく管理を適正に行い、必要な被ばく低減対策を講じることをこれまで以上に厳密に求められると想定され、その対応には放射線 MS による自律的・継続的な放射線被ばく管理が有用と考える。全国のできるだけ多くの医療機関における放射線 MS の導入とその後の自律的・継続的な運用が望まれる。今回抽出された労働衛生管理・産業衛生上の懸念事項 5 点については、今後の課

題として必要な介入を検討したい。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

なし

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし

労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

1. 医療従事者の系統的線量測定を可能とする小型ガラス線量計の応答に関する検討

研究分担者 古渡 意彦（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門放射線医学研究所計測・線量評価部物理線量評価グループ グループリーダー）

研究要旨

本分担研究では、小型ガラス線量計に対し、手首・足首に装着する末端部モニタリング用線量計として使用可能か、基礎特性であるエネルギー応答を計算シミュレーションにより評価した。評価の対象としたガラス線量計素子は、本研究班で使用中の2種類（GD-302M及びGD-352M）とし、線量計応答のエネルギー特性については、ISO4037-3:2019の記述に従って、計算シミュレーションを用いて評価した。計算シミュレーションの結果により、評価対象としたガラス線量計のうち、GD-352Mのエネルギー応答特性が、20 keV以上から<sup>137</sup>Csγ線の662 keVまで非常に広いエネルギー範囲でIECの規格要件で示された基準値（エネルギー依存試験で得られた線量計レスポンスに対し0.71～1.67）に入っていることが確認できた。一方のGD-302Mについては、10 keV程度の低エネルギーエックス線に対し、GD352Mと比較して3倍程度高感度である一方で、線量を過大に応答することが明らかとなった。併せて、当該線量計を体幹部に装着した場合、各個人線量当量単位についてエネルギー応答特性の評価も行った。

A. 研究目的

本分担研究は、医療分野の放射線業務従事者に対して実施されている個人モニタリングに用いられる個人線量計に関し、眼の水晶体及び手指等末端部等価線量の合理的な推定を体幹部等に装着した線量計から推定可能とする技術開発に資するため、ガラス線量計の応答特性を検討するものである。一連の検討で得られる知見は、放射線被ばく管理マネジメントシステム[1]の適用と課題解決に関する研究のうち、マネジメントシステム導入・運用開始時点で、極端な不均

等被ばく状況が認められる等、一般的な線量評価・推定手法の適応が困難である被ばく状況に対して、妥当な線量評価とそれに基づく適切な介入による被ばく線量低減に関する知見を与えるものである。

放射線被ばく管理マネジメントシステム（以下、「被ばく管理MS」という。）の導入・運用時に重要となるのは、不均等被ばく状況を含めた医療者である放射線業務従事者の被ばく管理である。医療者に対し、個別に放射線防護を最適化して、各医療機関で被ばく線量低減対策が自律的に行われること

が、被ばく管理 MS の要諦となる。これは、医療者の施術時の放射線防護に関する情報を診療放射線技師が収集し、工学的な被ばく線量低減方法を具体的にアドバイスすることで達成しうる。その過程で重要となるのが、放射線防護の最適化に関する介入前後での医療者の被ばく線量を適切にモニタリングする手段である。被ばく管理 MS を導入した医療機関では、具体的な防護の最適化を進めるために、医療者の施術状況（放射線発生装置の種別、個人保護具の使用状況、人員の配置等）を記録して防護上の施策が不十分であるかの判断を行うことになるが、その際の指標は、個別の医療者の被ばく線量であり、介入後はその低減の割合となる。被ばく線量の低減効果について最も望ましい状況は、施術毎に被ばく線量がどの程度低減したかの効果があることである。

現状では、一般的な医療機関において施術毎の被ばく線量モニタリングは困難な場合がある。理由の一つとして、医療者の被ばく線量管理を行う際に、被ばく線量測定サービス会社の提供する線量測定サービスを利用していることが挙げられる。被ばく線量測定サービス会社の提供する線量測定サービスは、線量計を医療者に借用して通常 1 か月後に回収して、装着した医療者の被ばく線量を確定する。モニタリング期間の 1 か月を加味して、個別の被ばく線量結果が被ばく管理 MS 運用担当の手元に届くまで、通常 2 か月程度必要である。一般的に医療者は 1 か月間に数多くの放射線被ばくを伴う施術等を実施することから、施術毎のモニタリングには不向きであるといえる。

被ばく管理 MS 導入後により詳細な放射線防護の最適化介入を行うため、令和 2 年

度に前身の研究班では、医療被ばくモニタリング用小型ガラス線量計素子を眼の水晶体等価線量モニタリングのために使用することを提案した。採用された小型ガラス線量計は、千代田テクノル社製 Dose Ace 用ガラス線量計 GD352M である[2]。研究分担者らは、当該ガラス線量計素子をガラス線量計素子専用ホルダに収納して放射線防護メガネに装着し、一症例ごとの医師の眼の水晶体被ばく線量をモニタリングし、放射線防護の最適化の観点からの介入を行い、適切なアドバイスが医師の水晶体被ばく線量の低減につながったことを示した[3]。また、研究分担者は、ガラス線量計素子からの読み値が水晶体等価線量の推定値となる 3mm 線量当量を与えるような校正定数を、国際規格に基づき導出する手法を開発し報告を行った[4]。

本分担研究では、被ばく管理 MS の円滑な運用に資するため、医療現場における不均等被ばく状況が生じうる手技等に従事する医療者について、体幹部に装着された線量計の線量計指示値から、体幹部以外で最大の線量を与える被ばく線量を適切に推定できるよう、本研究班で使用するガラス線量計素子を医療者の手首、足首、襟及び体幹部に取り付けた際にも適切な指示値を与えるかについて検討を進める。前身の研究班の調査では、眼の水晶体等価線量を適切に評価するために線量計に求められる仕様及び線量計校正に関する国際規格についての調査を進め、本研究班で使用中のガラス線量計のエネルギー応答特性を実験的に検証した。また、本研究事業着手初年度の令和 3 年度には、ガラス線量計の手指等末端部の追加モニタリングへの適応可能性検証のため、計算シミュレーションによる基礎特

性評価を行った。本研究事業2年目の令和4年度には、計算シミュレーション結果の検証も兼ねて、応答特性を実験的に検証し、後述のエネルギー補償フィルターを有するガラス線量計は、国際電気機関（IEC）の定

める個人線量計エネルギー応答の基準値の範囲内に完全に合致するという良好な結果が得られている[5]。この結果は国際学会で公開し、査読付き論文誌に受理され近々に公開予定である。

## B. 研究方法

研究事業2年目である令和4年度は、昨年度の研究で実施した末端部線量計に関する国際規格についての調査とシミュレーション計算による応答特性評価をさらに推し進める形で、手指等末端部の追加モニタリ

ングへの適応可能性が示されたガラス線量計について、追加モニタリングの対象となる箇所に装着する個人線量計としての利用が可能か検討を進めた。評価に用いたガラス線量計素子は、これまでと同様に AGC 旭硝子社製 GD-302M 及び GD-352M である。



図1 GD-300 シリーズのガラス線量計素子本体（千代田テクノル社ホームページより引用[2]）

シミュレーションでは線量計の応答を計算するが、手首部及び体幹部モニタリング用線量計としての性能を満たしているかどうか確認した。また、得られた計算結果か

ら、ガラス線量計指示値からの  $70\mu\text{m}$  線量当量を含めた個人線量当量を適切に評価するために不可欠な校正定数を与える手法についても併せて検討する。

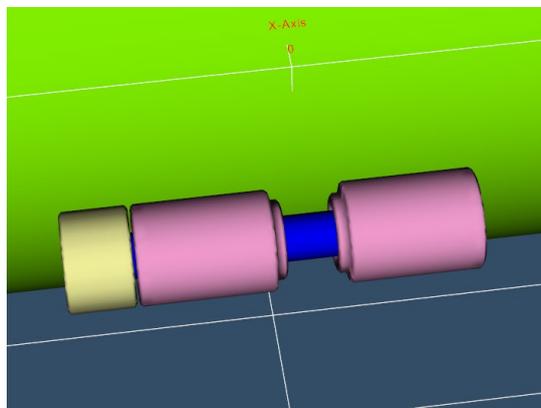


図2 ガラス線量計素子 GD-352M に銅フィルターを導入した計算体系（薄桃色の部分：錫フィルター、青色の部分：ガラス線量計素子）

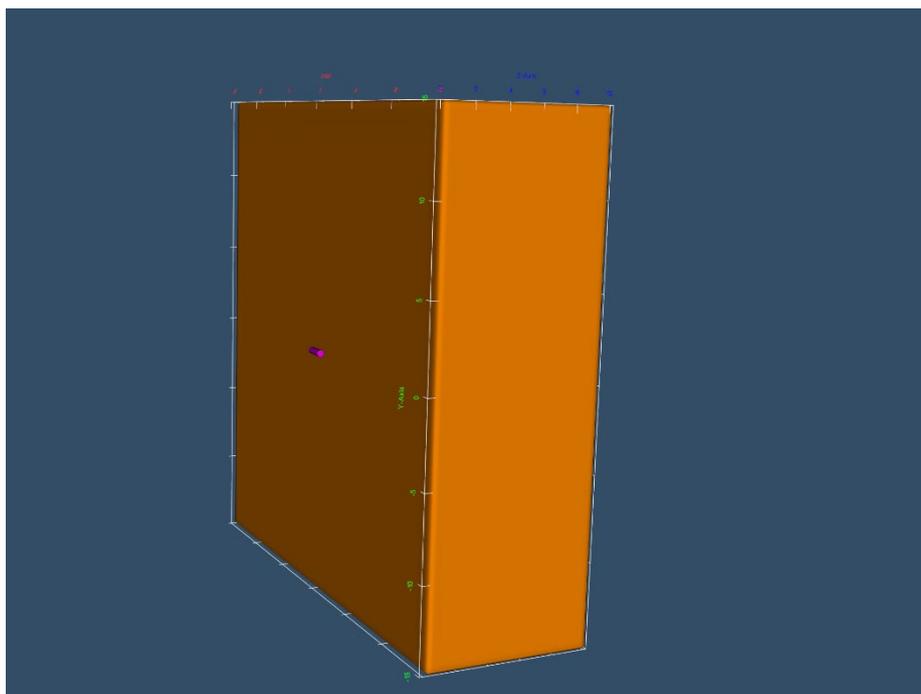


図3 本研究班で使用するガラス線量計 GD352M のエネルギー応答特性に使用した計算シミュレーションの体系図。茶色部分がアクリル製 ISO ピラーファントムに該当し、アクリル樹脂製水槽である。薄赤部分がガラス線量計。

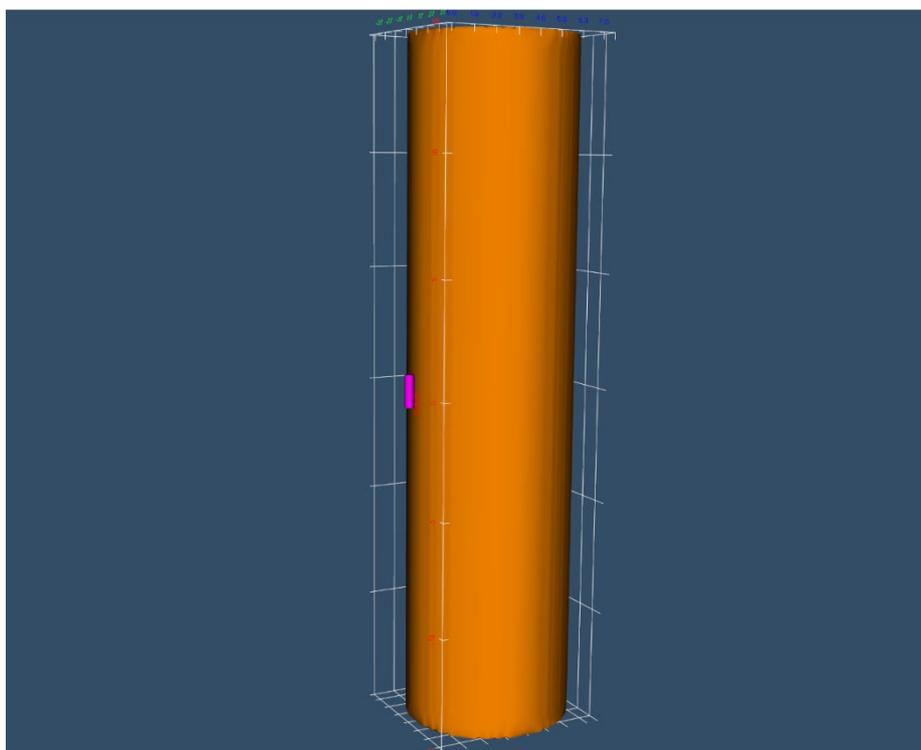


図4 本研究班で使用するガラス線量計 GD352M のエネルギー応答特性に使用した計算シミュレーションの体系図。茶色部分がアクリル製 ISO-PW ファントムに該当し、アクリル樹脂製水槽である。薄赤部分がガラス線量計。

昨年度に実施したエネルギー応答及び応答の角度依存に関するシミュレーション計算を発展させ、試験対象となるガラス線量計素子を計算シミュレーション上で詳細に再現した。個人線量計の応答は一般に ISO 規格に定められた試験方法で特性試験及び校正が実施される。今年度の研究では、ガラス線量計素子を ISO ピラーファントム（外径 73 mm、長さ 300 mm のアクリル樹脂製中空円柱に水を満たしたもの。円柱の側壁は、厚さ 2.5 mm 及び端面の厚さは 10 mm）及び ISO-PW ファントム（個人線量計装着面が 30±1 cm の正方形、厚さ 15 cm で個人線量計装着面が壁厚 2.5 mm、それ以外の面が壁厚 10 mm のアクリル樹脂製。内部を水で満たす）中央に線量計を直接貼り付け基準となる放射線を照射する（図 4 及び図 5 参照）。使用した基準放射線の線種は、ISO4037-3:2019 [5]の記載に従い、S-Cs、及び ISO Narrow series の N-10 から N-300 [6]までの 15 線種とした。

ガラス線量計の応答は、IEC62387:2020 [7]の記述に従い、後述する式に従って評価した。当該ガラスを用いて被ばく線量を測定する場合、ガラス線量計素子からの指示値は専用装置による読出値より算定される。本研究ではシミュレーション計算により応答を求めるため、ガラス線量計読出し装置による線量計素子からの蛍光発光量に応じた計数値の評価はできない。そこで、シミュレーション上で照射した基準放射線により実際に蛍光を発する領域である蛍光ガラス部分に沈着した吸収線量[Gy]を、ガラス線量計の読み値の正味値として定義し、下式の  $M_E$  とした。

$$R_E = \frac{M_E}{h_{pK}(0.07; 0) \times K_a}$$

ここで、 $h_{pK}(0.07; 0)$ は空気カーマ個人線量当量換算係数[Sv/Gy]であり、 $K_a$ は線量計に照射する空気カーマ[Gy]である。

本補助金事業で医療者の眼の近傍に取り付けて追加モニタリングに供されるガラス線量計は、前述のとおり本来は放射線治療を受ける患者の医療被ばくモニタリング用途で用いられることが想定されている。医療現場で業者による納入時設定の状態で被ばく線量測定システムとして使用する際には、ファントムに取り付けられない状態（フリーエアで）空気カーマの単位で基準照射を行ったガラス線量計が基準線量計として準備されることから、いかなる条件でばく露したガラス線量計であっても、その読み値は、空気吸収線量の単位[Gy]となる。そこで、医療者の身体各所にガラス線量計を装着した場合に入射する、体表面からの広報散乱成分を考慮した換算係数を乗じ、その影響を加味した線量単位である個人線量当量に換算する。なお、本研究では、手首・足首を模擬する ISO ピラーファントムを用いた評価を行う場合には、 $h_{pK}(0.07; 0)$ のピラーファントムでの照射用に準備された値を使用した。当該ガラス線量計を医療者の体幹部及び襟に装着する場合には、ISO-PW ファントムに装着して体幹部等の被ばく線量を求める。この場合には、 $h_{pK}(0.07; 0)$ のみならず、 $h_{pK}(3; 0)$ 及び $h_{pK}(10; 0)$ についても評価を行った。ISO-4037-3 には $h_{pK}(3; 0)$ 換算係数は、眼の水晶体等価線量をよく推定するため、シリンダーファントムに対する換算係数のみ掲載されている。そこで、ISO-PW ファントムに線量計を装着した際の、

$h_{pK}(3;0)$ 換算係数は文献値[8]を用いた。

また、本研究では、空気カーマ個人線量当量換算係数はISO4037-3:2019 [5]の値を使用し、それぞれの X 線校正場での照射空気カーマは、単位光子フルエンスあたりに各 X 線校正場におけるフルエンスー空気カーマ換算係数を乗じて導出した。

本分担研究では、国際規格で規定されている試験内容に従い、ガラス線量計素子を医療者の個人モニタリング用線量計に応用する場合の当該線量計の性能を評価することが目的であるため、ISO4037-1:2019 [6]で示される線質 S-Cs (Cs<sub>y</sub> 線校正場：平均エネルギー 662 keV) で得られたレスポンス  $R_E$  を基準として他の X 線校正場で得られたレスポンスの相対応答を評価した。相対的な応答  $RR_E$  は以下の式で導出した。

$$RR_E = \frac{\frac{M_E}{h_{pK}(0.07;0) \times K_{a,E}}}{\frac{M_{S-Cs}}{h_{pK}(0.07;0) \times K_{a,S-Cs}}}$$

(倫理面への配慮)

本分担研究は、放射線線量計の特性試験を行うものであり、特定個人を対象としたものではなく、人権擁護上の配慮等を特に必要としない。

### C. 研究結果

本研究班で採用した小型ガラス線量計素

子 2 種類 (GD-302M 及び GD-352M) について、医療従事者の手首に装着した際の線量計応答のエネルギー特性を、ISO4037-3:2019 の記述に従って評価した。図 5 では、計算シミュレーションで得られた線量計応答に関するエネルギー依存性を示す。図 5 に示すとおり、2 種類のガラス線量計のうち、GD-352M のエネルギー応答特性については、20 keV 以上から 662 keV までの非常に広いエネルギー範囲で IEC の規格要件で示された基準値 (エネルギー及び角度依存試験で得られた線量計レスポンスに対し 0.71 ~ 1.67) に入っていることが確認できた。

図 6 及び図 7 では、それぞれのガラス線量計を、体幹部を模擬する ISO-PW ファントム中央に設置した場合の、個人線量当量単位の違いによるエネルギー応答特性の変化を示す。1cm 個人線量当量 ( $H_p(10)$ ) については、低エネルギーエックス線について設定が無いため、エックス線線質 N-20 からの評価とした。

2 種類のガラス線量計について、70  $\mu$ m 個人線量当量 ( $H_p(0.07)$ ) でエネルギー応答特性が評価された場合、手首・足首を模擬する ISO ピラーファントムでの計算結果と同様の傾向を示すことが分かった。特に、GD-352M のエネルギー応答特性については、同様に 20 keV 以上から 662 keV までの非常に広いエネルギー範囲で IEC の基準値である 0.71 ~ 1.67 に入っていることが確認できた。

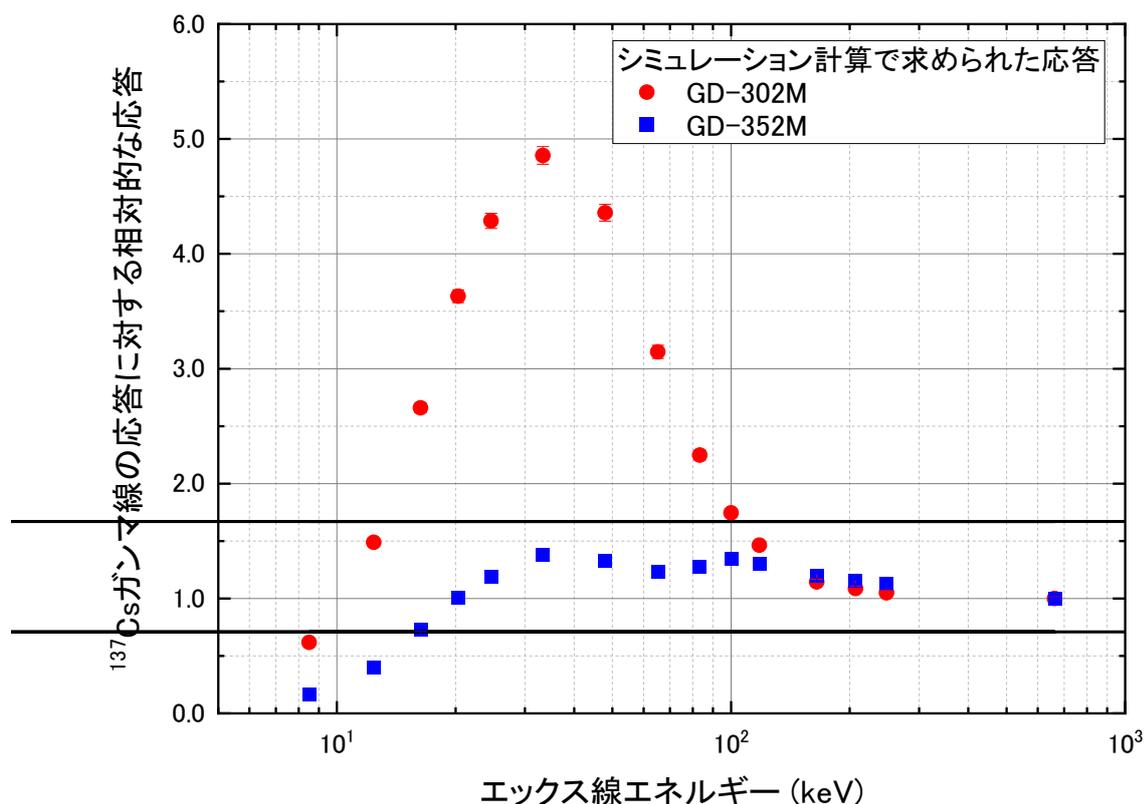


図5 本研究班で使用するガラス線量計（GD-302M 及び GD-352M）の応答に関するエネルギー依存性。応答は手首・足首を模擬するファントムに装着して計算を実施した。図には、IEC の規格要件で求められている下限値（0.71）及び上限値(1.67)を示している。

#### D. 考察

本研究で得られた計算結果から以下の課題に従って評価を進めた。

(1) 皮膚線量測定に供するガラス線量計 応答のエネルギー依存について

ここでは前項図5に示す、本研究班で使用中の小型ガラス線量計のエネルギー応答特性について議論する。これまで報告者が、眼の水晶体等価線量及び手指等の皮膚等価線量のモニタリングに供するよう、ガラス線量計の応答特性を評価してきた。これまでと同様に ISO4037-3 に準拠した手法で、

手首・足首に装着して末端部線量を適切に与えるよう、ガラス線量計のエネルギー応答特性を評価した。図5に示す通り、100 keV 以下のX線に対し、ガラス線量計素子に対してスズ製エネルギー補償フィルターが装着されている GD-352M とフィルターが装着されていない GD-302M で応答のエネルギー依存性に大きな違いが生じている。これは、報告者が以前に報告したのと同様の傾向を示している[4]、[9]。

GD-302M のエネルギー応答特性は、平均エネルギー32 keV の線質 N-40 に対して最

大の値となり、その際には入射した線量を約5倍過大評価することが明らかとなった。また、図5に示している、IECの規格要件で求められている下限値(0.71)及び上限値(1.67)に照らして、GD-302Mのエネルギー応答をみると、16 keVから100 keVまでは上限値を超えており、診断エックス線装置の漏えいエックス線でみられる、20 keV～120 keVのエネルギーを有するエックス線に対し、被ばく線量を過大に評価することが示唆される。特に、ガラス線量計素子に補正係数を導入せずに放射線作業の現場でそのまま使用した場合には、大幅な過大評価が見込まれる。指示値が10 μGy程度以下のような、非常に低い被ばくの場合、5倍の

過大評価は放射線防護の観点で許容できる。一方で、年間線量限度である500 mSvを超えそうな被ばくに達するようなケースを考慮した場合、5倍の過大評価を考慮すると、放射線管理担当及び医療者の認識しないうちに年間線量限度に達する可能性もある。

GD-352Mで得られたエネルギー応答特性は、16 keVから662 keVまでの幅広いエネルギー範囲で、IECの規格要件の範囲内に入っている。この点から、20 keV以下の低エネルギー領域のエックス線による被ばくが顕著になるような手技でない限りは、GD-352Mを使用することで、適切な手首・足首における皮膚線量のモニタリングが可能となる。

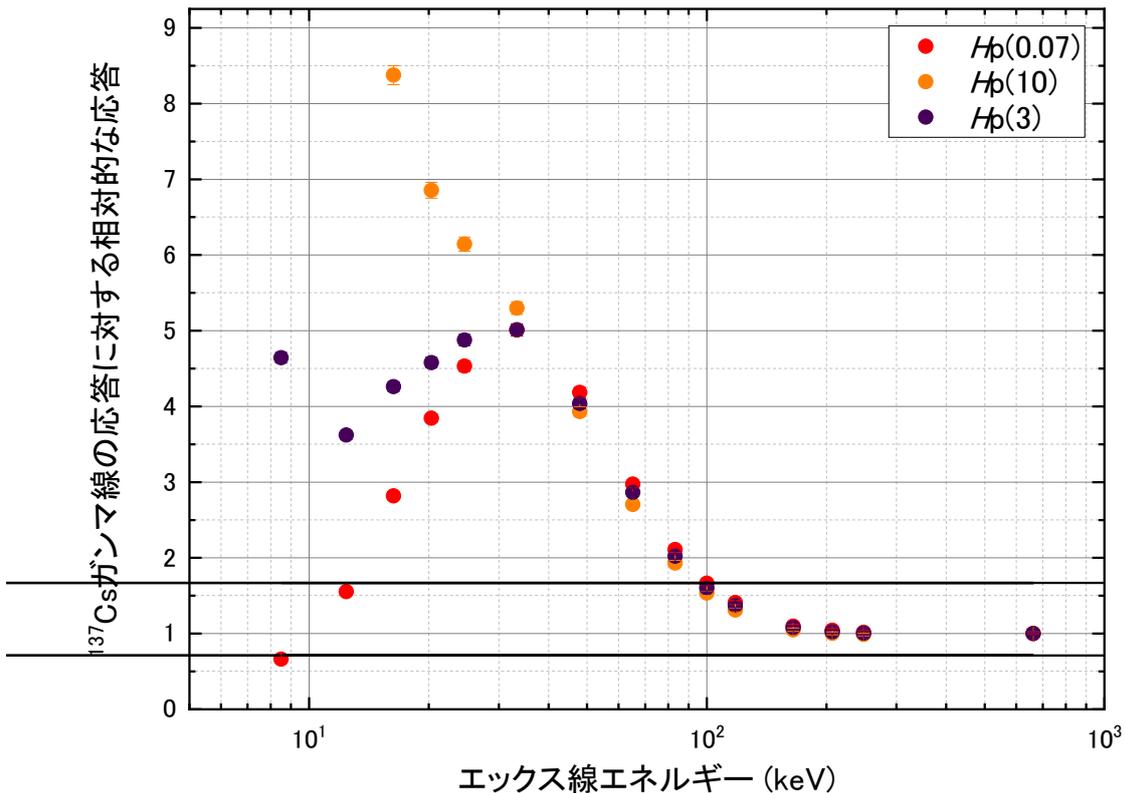


図6 ガラス線量計 GD-302M の各個人線量当量単位におけるエネルギー応答特性

GD-352M を手首・足首等の末端部等価線量モニタリング用線量計として使用する場

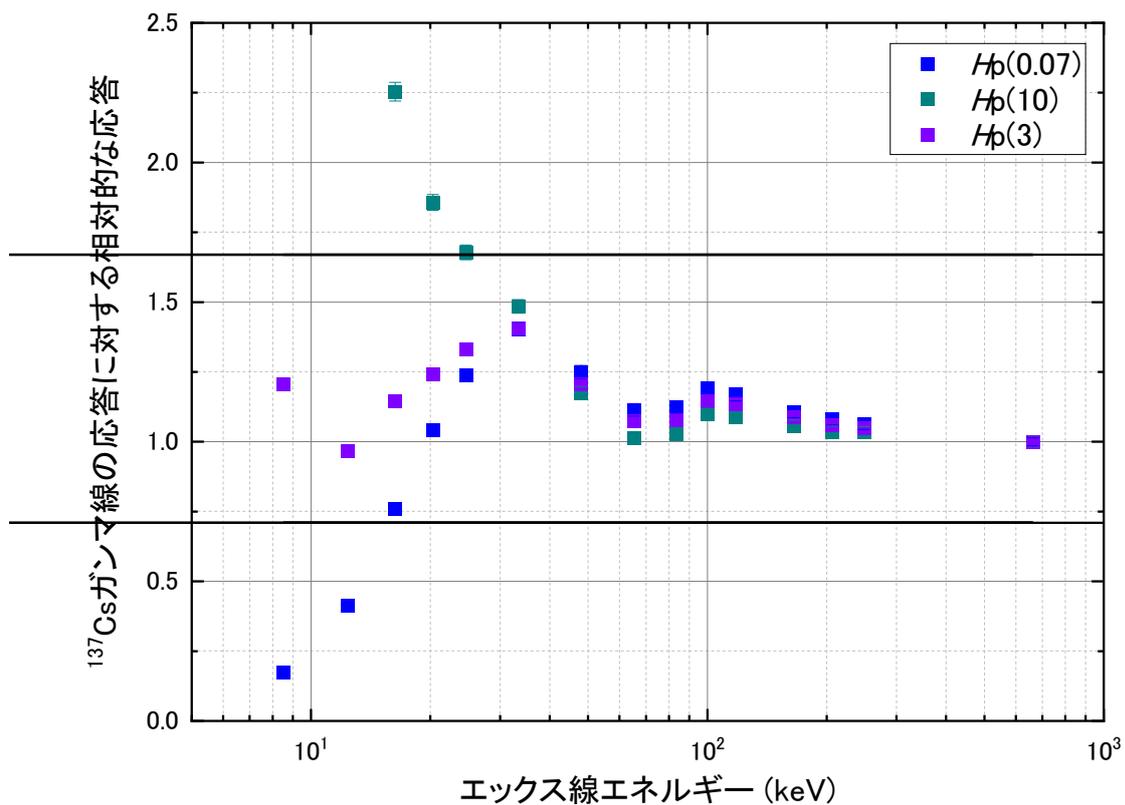


図7 ガラス線量計 GD-352M の各個人線量当量単位におけるエネルギー応答特性

合には、他の部位で用いる場合と同様に校正定数を導出して使用されなければならない。その場合、照射試験で求められた校正定数を用い、

末端部に対する  $70\mu\text{m}$  線量当量 [Sv] =  
 ガラス線量計指示値 [Gy] × 校正定数 [Sv/Gy]

という式で求めることができる。上述の線量計応答のエネルギー依存性評価結果に基づき、使用状況の実態に合わせて適切な校正定数を導出する必要がある。

(2) 体幹部線量測定に供するガラス線量計応答のエネルギー依存について

本研究班では、治療領域における患者の医療被ばくをモニタリングするために開発された小型ガラス線量計 (GD-302M 及び

GD-352M) を眼の水晶体等価線量、手指部を含めた末端部線量のモニタリングに供する線量計として性能評価を進め、上述のとおり、GD-352M のエネルギー応答特性は、IEC の定める 30 keV ~ 200 keV の範囲で、基準値の範囲内である 0.71~1.67 に入っている。このことから、適切な校正定数を与えることで、ガラス線量計 GD-352M は眼の水晶体、手指等末端部線量の追加モニタリングに供することが可能である[4]、[9]。

これまで研究班では、体幹部、鉛エプロン外側及び襟部のモニタリングは線量測定サービス機関から提供されるガラス線量計及び OSL 線量計の使用を前提として、医療現場におけるモニタリング計画を検討していた。この場合、上述の通り、緊急時を除き、一手技あたりの医療者の体幹部等の線量を

各医療機関で求めるのには時間を要する。そこで、体幹部等においてもタイムリーに線量評価が可能となるよう、当該ガラス線量計 (GD-302M 及び GD-352M) について体幹部等における個人線量当量を適切に与えることを目的に、各ガラス線量計におけるエネルギー応答を評価した。

図 6 及び図 7 に GD-302M 及び GD-352M における、各個人線量当量単位 ( $H_p(10)$ 、 $H_p(3)$  及び  $H_p(0.07)$ ) のエネルギー応答特性を示す。結果は、ISO4037-1:2019 [6]で示される 662 keV  $^{137}\text{Cs}$  線校正場で得られたレスポンスを基準として他の X 線校正場で得られたレスポンスの相対応答で評価した。図には、各個人線量当量単位に加え、IEC の要求事項となるエネルギー応答の下限及び上限値を併せて表示している。図に示す通り、それぞれのガラス線量計で応答の値が大きく異なっている。図 6 に示す GD-302M

では、(1) でも議論した通り、100 keV 以下のエネルギーの엑스線に対して IEC の基準値を大幅に越えて過大に応答することが明らかとなった。一方の GD-352M については、いずれの個人線量当量単位であっても 30 keV ~ 200 keV の入射엑스線に対し、IEC の定める基準値内に入っていることが分かった。また、各ガラス線量計の相対応答は、40 keV 以上のエネルギーに対する線量計応答の変化は、個人線量当量の単位に依存しないことがわかる。

個別にエネルギー応答特性を見ていくと、図 7 に示した GD-352M のエネルギー応答特性に関し、3mm 個人線量当量の応答は、他の線量単位と比較しても、10 keV 以下の範囲に至るまで、IEC の定める基準値以内に入っていることがわかった。このことから、GD-352M について、医療者の襟に装着する線量計からの読み値が直接眼の水晶体

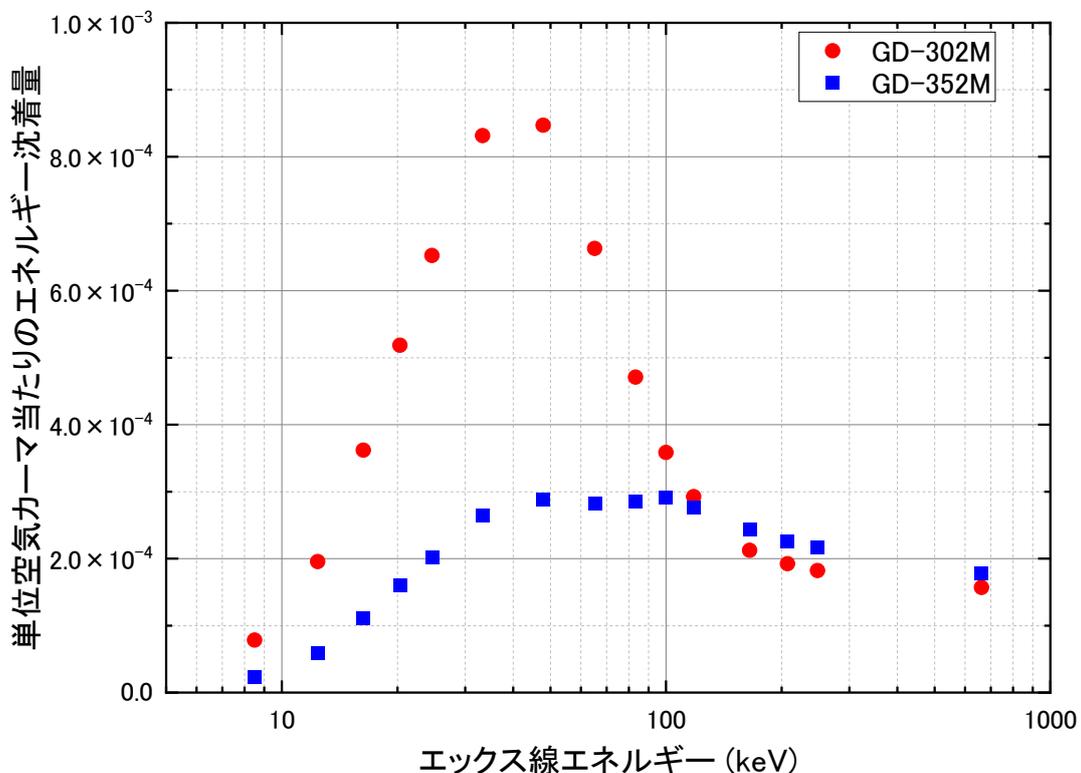


図 8 ガラス線量計 (GD-302M 及び GD-352M) の応答に関する単位空気カーマ当たりのエネルギー依存性

等価線量の推定値を与えるものとして非常に期待できる。この場合、以下の式に示す通り、GD-352MはISO-PWファントムに装着し、3mm個人線量当量の単位で校正されることが不可欠となる。

3mm 個人線量当量(眼の水晶体等価線量に相当)[Sv]

$$= \text{蛍光ガラス線量計指示値 [Gy]} \times$$

$$\frac{{}^{137}\text{Csの基準線量}H_p(3) [\text{Sv}]}{\text{基準照射時の指示値 [Gy]}} \times$$

${}^{137}\text{Cs}$ に対するあるエックス線線質の相対的な校正定数

図8には、各ガラス線量計のエネルギー応答特性について、空気カーマ当たりで評価したものを示す。GD-302Mのエネルギー応答特性は、10 keV以上のエックス線に対

して急激に上昇して、40 keV ~ 50 keVで最大に達し、50 keV以上のエックス線に対して応答が急激に減少する。GD-352Mのエネルギー応答特性は、GD-302Mと比較して緩やかに変化するが、エネルギー補償フィルターが導入されているために、10 keV ~ 30 keVまでの応答は低く、30 keV以上のエックス線に対する応答は平坦な変化を示すことが分かった。32 keVでの単位空気カーマ当たりエネルギー沈着量は、GD-302MはGD-352Mに対して3倍程度であり、エックス線に対して約3倍感度が高いことになる。

100 keV以上のエックス線に対しては、GD-302Mの応答を上回るが、このこともエネルギー補償フィルターが導入されていることで説明できる。鉛含有スズ製エネルギー補償フィルターにより、エックス線光子とエネルギー補償フィルターとのコンプト

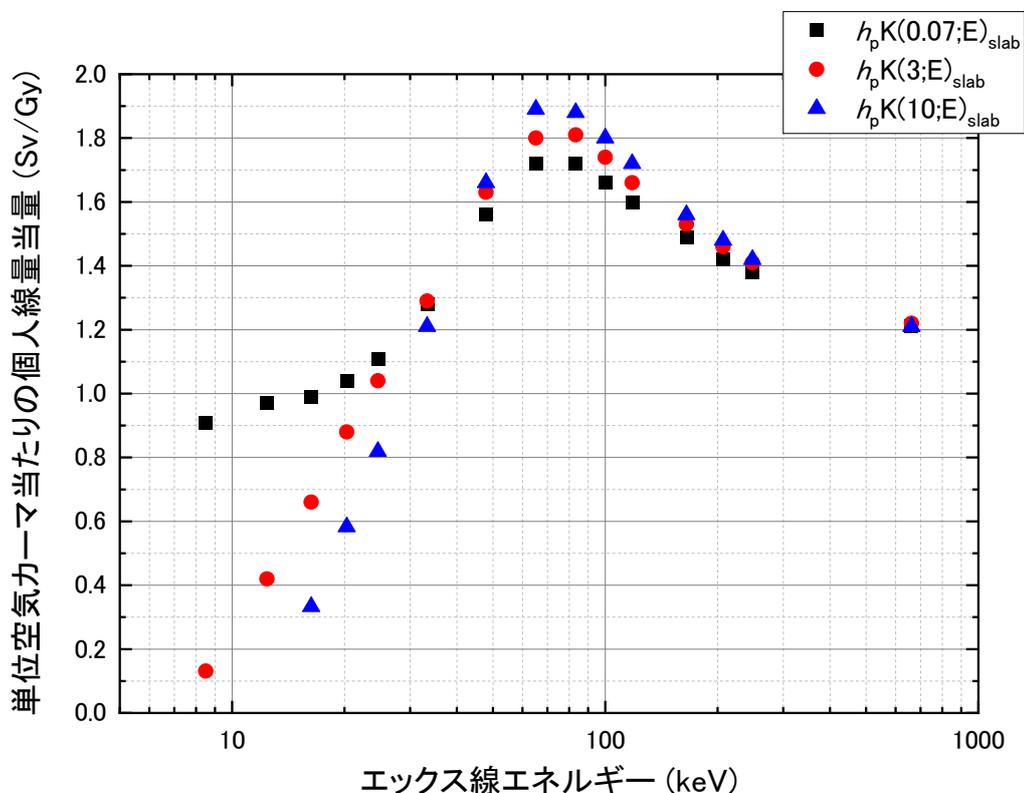


図9 単位空気カーマに対する各個人線量当量換算係数のエックス線エネルギーに対する変化

ン散乱で生じる二次電子生成量が増大し、その一部がガラス線量計素子にエネルギーを沈着することで素子全体に対するエネルギー沈着量 (=信号量) が増大する。一方のプラスチック製ケースのみを有する GD-302M では、電子密度の低いプラスチック製ケースとエックス線光子との相互作用の確率が低く、その分相互作用で生じる二次電子の発生が低く抑えられることにより、エネルギー沈着量が小さくなる。

図9では、単位空気カーマに対する各個人線量当量換算係数のエックス線エネルギーに対する変化を示す。この係数を図8で示したエネルギー沈着量に乗じることで、各線量計のエネルギー応答特性を求めることができる。1cm 個人線量当量の換算係数は、12 keV 以下の設定が ISO4037-3:2019 に無いため評価されていない。図に示す通り、

#### E. 結論及び今後の課題

令和4年度の研究では昨年度実施した追加モニタリングに供する線量計に関する国際規格についての調査に基づき、本研究班で眼の水晶体等価線量モニタリング用線量計として採用されているガラス線量計について、手指等末端部のみならず、手首・足首、襟部及び体幹部のモニタリングに適した線量計としての利用が可能か、本研究班で使用中小型ガラス線量計2種類 (GD-302M 及び GD-352M) について、計算シミュレーションを用いた検討を行った。

手首・足首を模擬した ISO ピラーファントムに装着した状況で ISO4037-1:2019 に規定されるエックス線を照射した場合の計算シミュレーションの結果では、評価対象としたガラス線量計のうち、GD-352M のエネルギー応答特性が、20 keV 以上から非常に

各個人線量当量換算係数は、低エネルギーエックス線から増加して、80 keV 程度で最大値となり、エネルギーの増加に伴って単調に減少する。80 keV 以上のエックス線に対しては、各個人線量当量単位で大きな差異はないが、10 keV~40 keV の範囲では、各個人線量当量ごとに大きな差があることがわかる。特に 70 $\mu$ m 個人線量当量とそれ以外の単位で異なっており、70 $\mu$ m 個人線量当量では 10 keV~20 keV までの範囲で 1.0 $\pm$ 10% の範囲の変化であるが、3mm 個人線量当量では、0.1 から 1.1 まで約 10 倍変化している。この低エネルギーエックス線領域での換算係数の違いが、図6及び図7で示した、各個人線量当量単位でのエネルギー応答特性の違いに反映していると考えられる。

広いエネルギー範囲で IEC の規格要件で示された基準値 (エネルギー及び角度依存試験で得られた線量計レスポンスに対し 0.71~1.67) に入っていることが確認できた。一方の GD-302M については、10 keV 程度の低エネルギーエックス線に対し、線量に対し最大で約 5 倍程度過大に応答することが明らかとなった。

体幹部に装着することを模擬する ISO-PW ファントムに各ガラス線量計素子を装着し、それぞれのエネルギー応答特性についても計算シミュレーションで評価した。エネルギー応答特性の評価は、体幹部モニタリングで用いられる、70 $\mu$ m、3mm 及び 1cm 個人線量当量の単位で評価を行った。各ガラス線量計でエネルギー応答の値は大きく異なっており、GD-302M では、いずれの個人線量当量単位であっても、100 keV 以

下のエネルギーの엑クス線に対して IEC の基準値を大幅に越えて過大に応答することが明らかとなった。一方の GD-352M については、各個人線量当量単位について 30 keV ~ 200 keV の入射엑クス線に対し、IEC の定める基準値内に入っていることが分かった。特に、GD-352M のエネルギー応答特性に関しては、3mm 個人線量当量の応答は、他の線量単位と比較しても、10 keV 以下の範囲に至るまで、IEC の定める基準値以内に入っている。

本研究課題は昨年度から開始され 2 年目を終了したが、事業期間 3 か年における最終年度への課題として以下の点が挙げられる。

(1) 装着部位に応じた校正定数の導出

(2) 身体各所に装着した線量計指示値を用いる妥当な実効線量推定手法の検討

(1) について、前掲どおり本研究班で使用するガラス線量計の主たる用途は、患者の医療被ばくモニタリングである。そのため、線量計読出し装置校正は、 $^{137}\text{Cs}$  の 662 keV ガンマ線校正場で基準照射を行った標準ガラス線量計が用いられる。校正は、標準ガラス線量計の照射条件に依存して評価可能な線量単位が変化する。一般的な標準ガラス線量計素子の照射条件は、線量計をあるファントムに設置しないフリーエア照射である。この場合、ガラス線量計で得られる線量は、空気吸収線量(Gy)である。本年度の研究により、小型ガラス線量計を医療者の身体各部位に装着して、適切なモニタリングが可能であることが示されたが、各部位において等価線量等の適切な推定値を与える個人線量当量は、ISO4037-3:2019 において規定のある ISO 指定のファントム（指の場合、アクリル製ロッドファントム、手首の

場合アクリル製ピラーファントム、体幹部の場合はアクリル水槽のスラブファントム）を用いて求められなければならない。本研究で示した通り、線量計の応答にはエネルギー依存があるため、医療者が受ける患者や周辺構造物からの散乱엑クス線のエネルギー分布に対して過小評価とならないような校正定数を得ることで、眼の水晶体等、装着した各部位で妥当な線量指示値を得ることが可能となる。

(2) について、本研究で得られた成果より、医療者の身体各所に同一モデルのガラス線量計を複数個装着し、線量計を装着して被ばく線量の身体部位ごとの分布を得ることが可能となった。「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」（平成十二年十月二十三日号外 科学技術庁告示第五号）等の法令に基づく評価では、身体区の区分を頭頸部（眼の近傍を特にモニタリングする場合がある）、胸部・上腕部、腹部・大腿部、及び末端部を 4 分割し、それぞれに装着した線量計素子からの指示値を用いて計算する。均等被ばく状況の場合、胸部または腹部に装着した線量計の指示値（1cm 線量当量）を実効線量の推定値とすることになるが、鉛エプロンを装着する等の防護具による場合、単純にばく露部位が手の先だけの場合、等で不均等な被ばく状況になる場合、各部位に装着された線量計の指示値に重みづけを行い、実効線量を算定することになる。その際に、被ばく状況に応じた重みづけの値、部位の分割によって得られる実効線量に変化することが予想されるため、次年度はこれらについて検討を進める。

F. 健康危機情報

なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

1) M. Kowatari, K. Nagamoto, K. Nakagami, H. Yoshitomi, T. Moritake, and N. Kunugita, DOSE MEASUREMENT PRECISION OF AN RPLD-BASED EYE LENS DOSEMETER APPLICABLE TO THE MEDICAL SECTOR, Radiation Protection Dosimetry, 198(17) 1303–1312 2022.

2) M. Kowatari, H. Yoshitomi, K. Nagamoto, K. Nakagami, T. Moritake, N. Kunugita, “CHARACTERISATION OF SMALL RADIOPHOTOLUMINESCENCE DOSEMETER IN TERMS OF HP(0.07) FOR EXTREMITY DOSE MONITORING OF MEDICAL PERSONNEL”, Radiation Protection Dosimetry, accepted on 14-Nov-2022.

### 2. 学会発表

1) M. Kowatari, H. Yoshitomi, K. Nagamoto, K. Nakagami, T. Moritake, N. Kunugita, “Investigation on applicability of small radiophotoluminescence dosimeter to extremity dose monitoring for medical personnel”, Poster presentation. International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation (IM2022) and Neutron and Ion Dosimetry Symposium (NEUDOS-14) (2022).

## H. 知的財産権の出版・登録状況

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

## I. 引用文献

- [1] <https://www.rad-ms.mhlw.go.jp/top/> access on 10h February 2023.
- [2] 千代田テクノル株式会社 ガラス線量計素子・ガラス線量計読出装置 [https://www.c-technol.co.jp/cms/wp-content/uploads/2014/11/e-dose\\_ace.pdf](https://www.c-technol.co.jp/cms/wp-content/uploads/2014/11/e-dose_ace.pdf) Available on 22nd February 2023.
- [3] K. Nagamoto, et al., “A multicenter study of radiation doses to the eye lenses of clinical physicians performing radiology procedures in Japan”., J Occup Health. 2021;63:e12305.
- [4] M. Kowatari, et al. “DOSE MEASUREMENT PRECISION OF AN RPLD-BASED EYE LENS DOSEMETER APPLICABLE TO THE MEDICAL SECTOR” Radiation Protection Dosimetry (2022), Vol. 198, No. 17, pp. 1303–1312.
- [5] ISO 4037-3:2019. Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence.
- [6] ISO 4037-1:2019. Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 1: Radiation characteristics and production methods.
- [7] EC 62387:2020 Radiation protection instrumentation - Dosimetry systems with integrating passive detectors for individual, workplace and environmental monitoring of

photon and beta radiation.

[8] Behrens, R. "AIR KERMA TO DOSE EQUIVALENT CONVERSION COEFFICIENTS NOT INCLUDED IN ISO 4037-3" Radiation Protection Dosimetry (2011), Vol. 147, No. 3, pp. 373–379.

[9] M. Kowatari, et al.

"CHARACTERISATION OF SMALL RADIOPHOTOLUMINESCENCE DOSEMETER IN TERMS OF HP(0.07) FOR EXTREMITY DOSE MONITORING OF MEDICAL PERSONNEL" Radiation Protection Dosimetry (2022), accepted on 14-Nov-2022.

## 参考資料

秀文社様へ

ここに、「ncac167.pdf」および「Rpd\_Kowatari\_et\_al\_lm2022\_RPD-22-0294R2\_clean.pdf」を入れてください。

労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

2. 透視下整形外科手技における手の放射線防護具に関する研究

研究分担者 掛田 伸吾 (弘前大学放射線診断学講座 教授)

研究協力者 成田 将崇 (弘前大学医学部附属病院 医療技術部放射線部門)

**研究要旨**

【目的】整形外科領域を中心とする透視下診療においては手指への被ばくが問題となる。被ばく低減の対策には放射線防護手袋の装着が重要であるが、装着率などが徹底されていない印象である。今回、4つの防護具について、操作性のアンケート、ならびに様々な管電圧に対する防護能についてファントム実験をおこなった。

【方法】防護能は「防護なしの線量 - 防護ありの線量 / 防護なしの線量 = 防護能 (%)」とした。管電圧は、50、60、70、80、90、100 (kV)で2回撮影し、線量はその平均値を用いた。防護具は Cathlab Pro CNXPG20、名優は、Max MXPG35、Attenuator-X である。

【結果】各防護具において管電圧が高くなるに従い防護能は低下した。Cathlab Pro CNXPG20：薄手と名優は、Max MXPG35：厚手、Attenuator-X に比べて防護能は全管電圧において低い傾向であった。操作性のアンケートでは MXPG35 は厚地であり操作性にやや難があるとの評価であったが、その他、Cathlab Pro CNXPG20、Max Attenuator-X、名優については特に操作性に問題点の指摘はなかった。

【結論】整形外科領域の手の放射線防護具には Attenuator-X(アズワン社製)が最適と思われた。

## A. 研究目的

整形外科領域を中心とする透視下診療においては、手指への被ばくが問題となる。被ばく低減の対策の一つに放射線防護手袋の装着があるが、手技中の煩わしさ、作業効率の低下などにより、その着用率が低いことが問題となっている。以前に行った個人を対象としたヒヤリングでは、「手技の妨げになる」との意見が多かった。以前より、現場の医師の希望を調査せず防護具を購入、配置していた経緯があったため、今回、各診療科に実際様々な防護具を体験してもらい、アンケートに基づき希望のあった防護具・防護手袋（Cathlab Pro CNXPG20、Max MXPG35、Attenuator-X、名優）を購入した。今回、購入した各防護具について、様々な管電圧に対する防護能についてファントム実験をおこなった結果と操作性のアンケートについて報告する。

## B. 研究方法

手指ファントム（Fig 1, 2）を用いて、各部位における線量を、「防護具あり」、「防護具なし」で測定し、防護能について算出した。

防護能の計算式は下記である。

$$\frac{\text{防護なしの線量} - \text{防護ありの線量}}{\text{防護なしの線量}} = \text{防護能 (\%)}$$

管電圧は、50、60、70、80、90、100 (kV) で 2 回撮影し、計算には 2 回の平均値を用いた。



Figure 1  
手指ファントム（手背側）



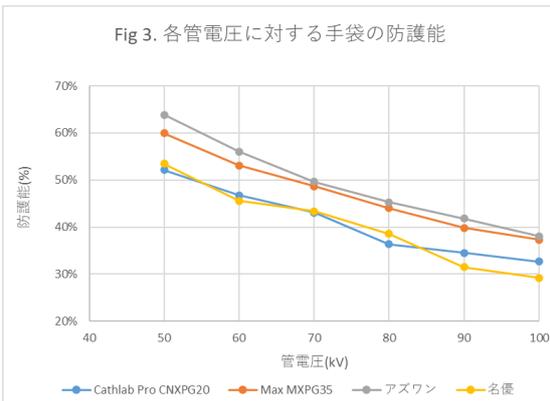
Figure 2  
手指ファントム（透視像）

## C. 研究結果

各防護具による防護能を Table 1. と Fig 3. で示す。各防護具において、管電圧が高くなるに従い防護能は低下していった。Cathlab Pro CNXPG20：薄手と名優は、Max MXPG35：厚手、Attenuator-X に比べて防護能は全管電圧において低い傾向であった。操作性のアンケート結果：MXPG35 は厚地であり操作性にやや難がある。その他、Cathlab Pro CNXPG20、Max Attenuator-X、名優については特に操作性についての問題点の指摘はなかった。

Table 1. 各社の防護手袋の防護能を比較した結果

管電圧(kV)	Cathlab Pro CNXPG20	Max MXPG35	Attenuator-X	名優
50	52%	60%	64%	53%
60	47%	53%	56%	46%
70	43%	49%	50%	43%
80	36%	44%	45%	39%
90	34%	40%	42%	31%
100	33%	37%	38%	29%



#### D. 考察

整形外科の手技の多くが管電圧 70~90KV の透視下で行われている。透視下手技に合わせて放射線防護具を選択することになるが、操作性は選定における重要なポイントである。各医師の使用アンケートでは Cathlab Pro CNXPG20 は、Max MXPG35 に比べて、薄地であり操作性に優れていると評価されたが、防護能は低い傾向であった。一方、Max MXPG35 (KIRAN 社製)は、防護能は高いが、厚手で操作がしにくいとの評価であった。Attenuator-X(アズワン社製)は

防護能が高く、かつ薄手で使いやすいと判断され、管電圧 70~90KV の透視下での使用を考慮すると防護能(40~50%程度)は十分・最適と考える。なお金額的には Attenuator-X(アズワン社製)は他の防護具に比べて 2 倍である。なお、Cathlab Pro CNXPG20 は、50~60KV の透視下では十分な防護能を有しており、安価、かつ薄地である点を考慮すると低管電圧下での作業に適しているのかもしれない。

#### E. 結論

整形外科領域の手技では放射線防護具には Attenuator-X(アズワン社製)が最適と思われた。他の防護具においても作業下の管電圧を考慮した選択が重要と考える。今後は、皮膚被ばく線量の測定(2023年以降にデータ収集)を行い、実際の防護能と作業効率について検討する予定である。

#### F. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表  
なし

#### G. 知的所有権の取得状況

なし

労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

3. 脳血管撮影時の患者累積線量と放射線脱毛の関係調査

研究分担者 盛武 敬（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門放射線医学研究所放射線規制科学研究部 上席研究員）

**研究要旨**

脳血管内治療は患者の被ばく線量が高く、短期間で繰り返すことにより放射線皮膚障害が発症する可能性がある。本研究は、脳血管内治療による患者の脱毛発生状況を解析し、繰り返される脳血管内治療での適切な線量及び治療間隔を明らかにすることを目的とした。

脳血管内治療において、脳硬膜動静脈瘻、脳動静脈奇形、脳動脈瘤での被ばく線量は高く、この3疾患について2012年1月から2021年8月までに、川崎医科大学附属病院で施行した脳硬膜動静脈瘻95例、脳動静脈奇形64例、脳動脈瘤375例の合計534例を対象として最大入射皮膚線量の推定を行った。次に、疾患別1検査あたりの被ばく線量分布と、放射線脱毛は約3ヵ月間で発毛することから、3ヵ月間での疾患別累積線量について被ばく状況の検討を行った。そして、疾患別の累積線量と経過日数（初回検査日から最終回検査日）から放射線脱毛の発生状況の検討を行った。最後に、医療被ばくにおいて放射線脱毛が発生する累積線量評価のため、ROC解析による放射線脱毛カットオフ値を算出した。

疾患別1検査あたりの最大入射皮膚線量の線量分布と3ヵ月間での累積線量の分布の比較では様相が大きく異なり、放射線脱毛の発生防止のためには、患者の被ばく線量の管理方法を見直し、これまでの1検査ごとの被ばく線量管理に加え、累積線量の管理が必要である。また、疾患による病態の違いによって被ばく状況は異なり、経過日数に注意が必要であると考えられた。

本研究において、医療での放射線防護のための参照値として、脳血管撮影における臨床データに基づいた放射線脱毛カットオフ値3,588 mGyを得た意義は高いと考える。

結論として、脳血管撮影の臨床においては、過去3ヵ月間の累積線量が放射線脱毛の発生するカットオフ値3,588 mGyを超えないように注意すること、また、短期間に脳血管内治療を繰り返す場合の治療間隔および経過日数に注意することが必要である。

\*主な研究協力者：人見 剛（川崎医科大学附属病院中央放射線部・診療放射線技師）

## A. 背景

脳血管内治療は、治療技術、治療デバイス、塞栓物質や治療薬剤など急速に進歩している。しかし、それが故にデバイス操作の習熟にはある程度の時間と慣れ、そして専門の知識が必要であり、脳血管内治療に係る全ての医師が短時間で脳血管内治療を完遂することは困難である。また、脳血管内治療では治療を完遂することが第一目標となるため、診断血管撮影と比較して長時間の X 線透視や Digital Subtraction Angiography (DSA) による撮影回数の増加により、主に一次 X 線による患者の被ばく線量の増加、そしてそれに伴って増加する散乱 X 線による放射線業務従事者の被ばく線量の増加が問題となっている[1、2]。

血管撮影（診断血管撮影、血管内治療）での患者被ばく線量は、一般的な X 線検査と比較して高値であり、特に血管内治療では疾患や標的血管の形状、大きさ、走行によっては、国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection: ICRP）が Publication 85（2000 年勧告）において示している、放射線皮膚障害のしきい線量である 2,000 mGy[1]を超える場合も血管内治療の臨床においてしばしば経験することである。

## B. 目的

本研究は、脳血管撮影の臨床において、1 検査あたりの線量が、1,000 mGy 程度でも脱毛が発生した症例を経験し、ICRP 勧告での一時脱毛の脱毛しきい線量である約 4,000 mGy を、医療における放射線脱毛に使用することが適当かを検証した。そして、脳血管内治療における患者の脱毛発生状況を解析し、繰り返される脳血管内治療における適

切な線量及び治療間隔を明らかにすることを目的とした。

放射線の医療での利用は人体に対して放射線障害を引き起こすリスクをあわせ持つことから、ICRP では、放射線防護の目的（人の健康の防護）として、放射線による被ばくを管理し、制御することにより、確定的影響（組織反応）を防止し、確率的影響のリスクを合理的に達成できる程度に減少させている[3]。本研究は、生命確保のための治療継続性と放射線を使用する脳血管内治療の副作用として発症する可能性がある放射線脱毛（組織反応）の予防を考慮し、治療の優先バランスにおいて患者の QOL 確保の上からも脱毛等の副作用を未然に防止することを目標とする。

## C. 方法

脳血管内治療において、脳硬膜動静脈瘻、脳動静脈奇形、脳動脈瘤での被ばく線量は高く、放射線脱毛が発生する可能性が高い。そこで、この 3 疾患について 2012 年 1 月から 2021 年 8 月までに、川崎医科大学附属病院において施行した脳硬膜動静脈瘻 95 例、脳動静脈奇形 64 例、脳動脈瘤 375 例の合計 534 例を対象とした。

### （1）脳血管撮影時の最大入射皮膚線量の推定と被ばく状況の解析

最大入射皮膚線量推定値の算出は、川崎医科大学附属病院において、倫理審査（倫理審査番号 2013: 1657-1「脳血管造影における患者被ばく分布および線量に関する検討」、2015: 2184「脳血管造影における患者被ばくの検討」）を得てすでに取得した換算式 ( $y = 0.48x$ 、 $y$ : 最大入射皮膚線量推定値、 $x$ : 患者照射基準点線量 ( $K_a, r$ )) を用いて、装置表示線量から最大入射皮膚線量への換算を

行った。

次に、疾患別 1 検査あたりの被ばく線量の分布と、放射線脱毛は約 3 ヶ月間で発毛することから、この期間を超えて脱毛がない場合、その後の脱毛は無いと考え、3 ヶ月間での疾患別累積線量の分布について、被ばく状況の比較検討を行った。

そして、疾患別の累積線量と経過日数(初回検査日から最終回検査日)から放射線脱毛の発生状況の検討を行った。

(2) ROC 解析による放射線脱毛カットオフ値の算出

医療被ばくにおいて放射線脱毛が発生する累積線量評価のため、ROC 解析を使用して、アウトカム(放射線脱毛の有無)に対する独立変数(3 か月間の累積線量)での放射線脱毛カットオフ値を算出した。

D. 結果

(1) 脳血管撮影時の被ばく状況の解析

疾患別 1 検査あたりの最大入射皮膚線量が ICRP (2007 年勧告) による一時脱毛しきい線量 4,000 mGy を超えたのは、脳動静脈奇形での 2 例(3%)のみであった(Table 1)。一方、3 ヶ月間の累積線量は、脳硬膜動静脈瘻 11 例 (26%)、脳動静脈奇形 5 例 (13%) が 4,000 mGy を超えていた (Table 2)。

平均累積線量と経過日数は硬膜動静脈瘻では 2,672±1,473 mGy (21±24 日)、脳動静脈奇形では 1,666±1,602 mGy (30±19 日)、脳動脈瘤では 1,177±735 mGy (14±21 日)であった。放射線脱毛症例の平均経過日数は 14±21 日であった (Fig. 1-3)。

Table 1 疾患群別最大入射皮膚線量推定値 ( $D_{\text{skin,max,est}}$ ) ; 1 検査あたりの線量分布

疾患名	症例数	$D_{\text{skin, max, est}} < 2 \text{ Gy}$ cases (%)	**2 Gy ≤	3 Gy ≤	***4 Gy ≤	
			$D_{\text{skin, max, est}} < 3 \text{ Gy}$ cases (%)	$D_{\text{skin, max, est}} < 4 \text{ Gy}$ cases (%)	$D_{\text{skin, max, est}}$ cases (%)	
脳血管撮影* (n = 534)	脳硬膜動静脈瘻	95	81 (85)	12 (13)	2 (2)	-
	脳動静脈奇形	64	58 (91)	4 (6)	-	2 (3)
	脳動脈瘤	375	369 (98)	6 (2)	-	-

Table 2 疾患群別最大入射皮膚線量推定値 ( $D_{\text{skin,max,est}}$ ) ; 3 ヶ月間累積線量分布

疾患名	症例数	$D_{\text{skin, max, est}} < 2 \text{ Gy}$ cases (%)	**2 Gy ≤	3 Gy ≤	***4 Gy ≤	
			$D_{\text{skin, max, est}} < 3 \text{ Gy}$ cases (%)	$D_{\text{skin, max, est}} < 4 \text{ Gy}$ cases (%)	$D_{\text{skin, max, est}}$ cases (%)	
脳血管撮影* (n = 302)	脳硬膜動静脈瘻	43	18 (42)	7 (16)	7 (16)	11 (26)
	脳動静脈奇形	39	25 (64)	7 (18)	2 (5)	5 (13)
	脳動脈瘤	224	191 (85)	31 (14)	2 (1)	-

(2) ROC 解析による放射線脱毛カットオフ値の算出  
放射線脱毛カットオフ値は 3,588 mGy、

Area Under the Curve: AUC (ROC 曲線下面積) は 0.985、95%信頼区間 0.973-0.998 であった (Fig. 4)。

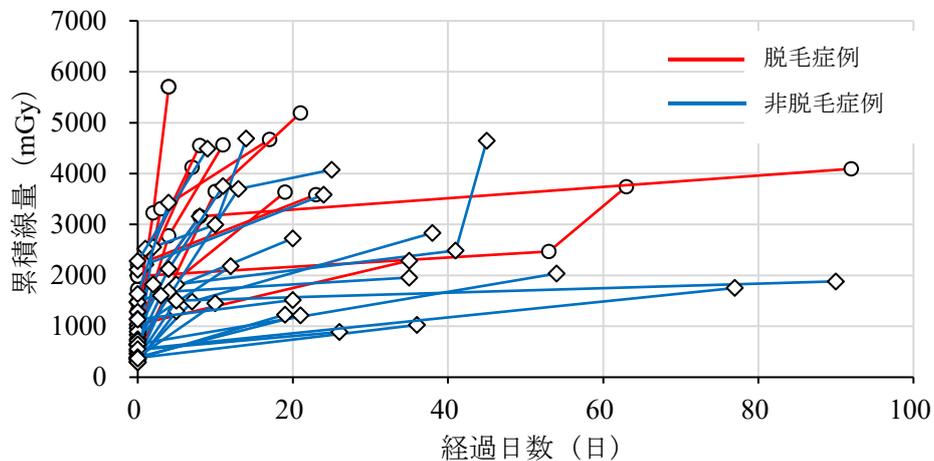


Fig. 1 脳硬膜動静脈瘻症例での被ばく状況

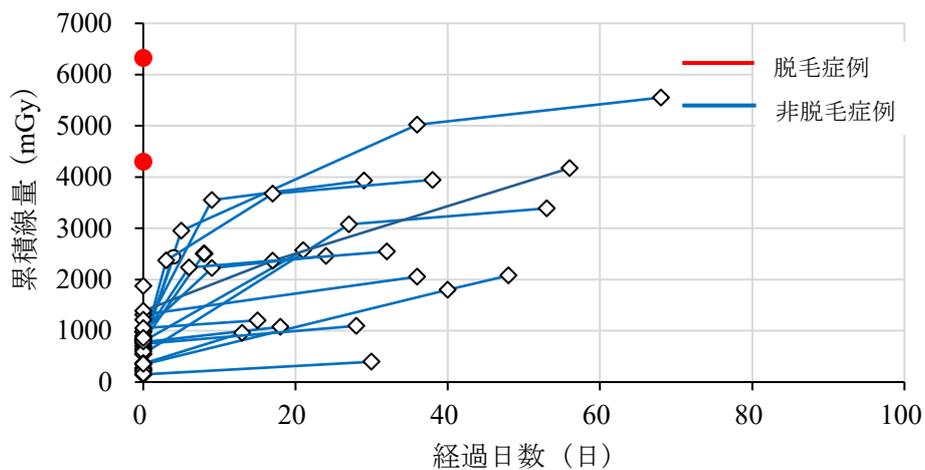


Fig. 2 脳動静脈奇形症例での被ばく状況

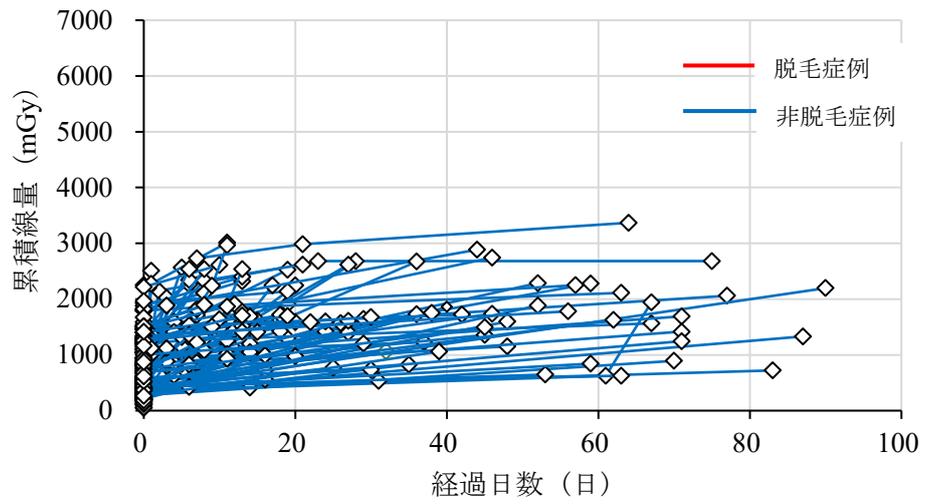


Fig. 3 脳動脈瘤疾患での被ばく状況

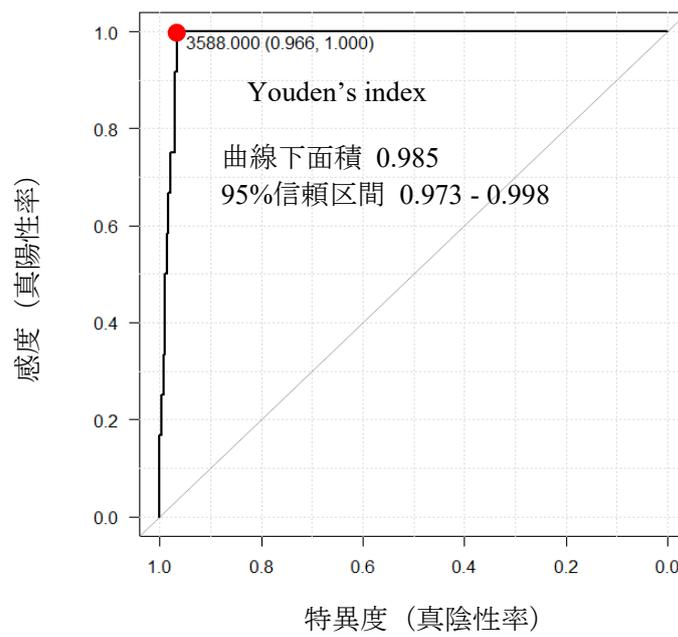


Fig. 4 ROC 解析を用いた Youden's index による放射線脱毛カットオフ値の算出

## E. 考察

疾患別 1 検査あたりの最大入射皮膚線量推定値の分布から、臨床において、放射線脱毛を予測できたのは脳動静脈奇形での 2 例のみであったと考えられる (Table 1)。

一方、3 ヶ月間での疾患別累積線量の分布では、1 検査あたりの最大入射皮膚線量と比較した場合、大きく様相が変化しており、放射線一時脱毛しきい線量の 4,000 mGy を超えたのは脳硬膜動静脈瘻の 11 例 (26%)、脳動静脈奇形の 5 例 (13%) であった (Table 2)。川崎医科大学附属病院での脳血管撮影では 1 検査ごとに患者の最大入射皮膚線量を、装置表示線量 ( $K_a, r$ ) から換算して記録管理している。これまで臨床業務において脳外科医から想定外の患者に放射線脱毛が発生したことを告げられる経験があり、その原因は担当した医師、診療放射線技師が 1 検査ごとの最大入射皮膚線量のみには注意を払い、累積線量に着目していなかったためと考えられる (Table 1、2)。本研究により、放射線被ばく管理方法の見直しが必要であることが示された。

放射線脱毛症例では短期間に脳血管撮影を繰り返していることが原因と考えられたことから、経過日数 (初回脳血管撮影から最終回脳血管撮影までの経過日数) と累積線量について検討を行った。3 疾患それぞれでの平均経過日数は、脳硬膜動静脈瘻が  $21 \pm 24$  日 (放射線脱毛が発生した症例の平均経過日数は、 $14 \pm 7$  日)、脳動脈瘤が  $14 \pm 21$  日であり、両者は脳動静脈奇形での  $30 \pm 19$  日と比較して、短期間に脳血管撮影を繰り返していることが示された。脳硬膜動静脈瘻の放射線脱毛症例での平均経過

日数 (経過日数 60 日以上) の 2 症例を除く) は、 $14 \pm 7$  日、平均累積線量は、 $4,329 \pm 540$  mGy であり、脳硬膜動静脈瘻での放射線脱毛症例では、短期間に脳血管撮影を繰り返し、累積線量が高値となっていた (Fig. 1)。

脳硬膜動静脈瘻と脳動静脈奇形は、共に累積線量が高く、放射線脱毛が発生している。脳硬膜動静脈瘻は、短期間に脳血管撮影を繰り返すことによって、放射線脱毛が発生している。一方、脳動静脈奇形では、単回の血管内治療で高線量被ばくをすることによって、放射線脱毛が発生しているが、脳血管撮影を繰り返すことによる放射線脱毛は発生していない (Fig. 1、2)。このことから、放射線脱毛には累積線量が大きく係ると共に、短期間に脳血管撮影を繰り返すことが原因となっていると考えられた。脳動脈瘤では短期間に脳血管撮影を繰り返しているが、累積線量が他の 2 疾患と比較して低値であり、放射線脱毛は発生していない (Fig. 3)。

本研究による ROC 解析から、医療におけるしきい線量以下での繰り返される被ばくによって放射線脱毛が発生するカットオフ値 3,588 mGy が算出された (特異度: 0.966、感度: 1.000)。AUC は 0.985、95% 信頼区間 0.973 – 0.998 であり、本研究での ROC 解析は高精度であると判定された (Fig. 4)。脳血管撮影の臨床においては、過去 3 ヶ月間での検査の繰り返しによる累積線量が放射線脱毛の発生するカットオフ値 3,588 mGy を超えないように注意することが必要である。

本研究での放射線脱毛カットオフ値は 3,588 mGy であり、ICRP が示すしきい線量 4,000 mGy と比較して低値となってい

る。これは医療での脳血管撮影の繰り返しによる累積線量から得たカットオフ値と、主に原爆や原発事故から得られたしきい線量との相違であり、被ばく状況の違いに起因していると考えられる。

本研究において、医療での放射線防護のための参照値として、脳血管撮影における臨床データに基づいた放射線脱毛カットオフ値を得た意義は高いと考える。

## F. 結論

本研究により、医療行為によって放射線脱毛が発生する状況として、短期間に繰り返される放射線被ばくであったこと、その際、3ヶ月間の累積線量カットオフ値は3,588 mGyであったことを発見した。さらに、疾患によっても脳硬膜動静脈瘻でその傾向が顕著に示された。

放射線脱毛を発生させないためには、術中ではカットオフ値を超えないように、段階的に血管撮影担当医師に注意喚起を行い、カットオフ値に近づく場合にはX線入射角度の変更、X線パルスレートの調整（低パルスレート透視に変更）、X線撮影を必要最低限に抑える等の対策を行い、被ばくの最適化に努めることが重要である。また、放射線被ばくの累積によって放射線脱毛が発生している事実は、最新の被ばく低減システムを導入した血管撮影装置においても短期間で脳血管撮影を繰り返すことにより、累積線量カットオフ値を超える場合には放射線脱毛が発生する可能性があることを示している。

今後の放射線防護対策として、放射線被ばく管理方法を見直し、これまでの1検査ごとの患者の最大入射皮膚線量の管理に加え、脳血管撮影前に過去3ヶ月間の累積

線量の管理が必要である。

しきい値を持つ放射線脱毛（組織反応）は、本研究成果によって、病態によりやむを得ない場合を除き、防止することが可能であり、累積線量カットオフ値を示すことは、脳血管内治療計画を立てる上での一助となることから、脳血管撮影を受ける患者の被ばく防護に資する研究成果を得たと考える。

## 労災衛生上の本研究の意義

患者の被ばく防護の最適化を行うためには、まず放射線被ばくによる人体への影響を知る必要がある。ICRP Publication 103（2007年勧告）では、医師およびその他の医療従事者は、集団全体に不必要なリスクを生じさせることを避けるために、放射線がもたらす障害について理解することが重要であり、医療従事者は適用する手技が持つリスクと便益を認識すべきであるとしている。そして、放射線被ばくの現状を把握して過剰被ばくに対して対策をとることで、患者の被ばく防護の最適化につながり、さらに、放射線業務従事者の被ばくの最適化につながるとしている。

放射線診療は正当化（患者のベネフィットが常に放射線によるリスクを上回る）の元で行われるため、血管内治療の完遂が優先され、患者の被ばくは後回しにされて来た現状がある。放射線脱毛カットオフ線量を示し、意識することが、臨床においての血管撮影担当医師の患者被ばくに対する意識向上につながり、放射線業務従事者の被ばく低減にもつながると考える。

本研究は、医療放射線過剰曝露による人体への影響を知るための基礎的研究であり、患者の放射線安全は放射線業務従事者の安全につながる意義のある研究である。

## H. 参考文献

[1] International Commission on Radiological Protection, Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP publication 85. Ann, ICRP 2000.

[2] Balter S, Hopewell JW, Miller DL, Wagner LK & Zelefsky MJ, Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair, Radiology 254(2) (2010).

[3] International Commission on Radiological Protection, The 2007 Recommendations of the

International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann, ICRP 2007.

## I. 研究発表

### 1. 論文発表

産業医科大学修士（産業衛生学）論文として提出（2023年2月1日）別添参照

### 2. 学会発表

なし

## J. 知的所有権の取得状況

なし

参考資料

秀文社様へ

ここへ「修士論文\_213403 人見-2.pdf」を入れてください。

労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

4. 循環器科 IVR に従事する看護師の水晶体被ばく線量評価及び  
放射線防護の基礎知識の向上に関する研究

研究分担者 櫻田 尚樹（産業医科大学産業保健学部産業・地域看護学 教授）  
小野 孝二（東京医療保健大学東が丘看護学部/大学院研究科 教授）  
研究協力者 金子 順一（駒澤大学医療健康科学部 教授）  
新井 知大（駒澤大学医療健康科学部 講師）  
大熊 吉徳（千葉西総合病院放射線部）  
鈴木 貴大（東京医療保健大学大学院修士課程）  
日野 稜介（駒澤大学大学院修士課程）  
池田 新（駒澤大学大学院修士課程）

研究要旨

【目的】

看護師の眼の水晶体被ばく線量評価及び放射線知識の実態を明らかにし、被ばく低減の対策を図るために放射線防護の基礎知識に関する研究を行う。

【方法】

看護師の眼の水晶体被ばく線量評価

A 施設の心臓カテーテルセンターに従事している看護師 7 名を対象に、CAG・EVT・ABL における眼の水晶体被ばく線量評価を実施した。

看護師の放射線防護の基礎知識の向上に関する研究

A 施設の心臓カテーテルセンターに従事している看護師 11 名を対象に放射線防護の基礎知識に関する勉強会を実施し、その前後で放射線防護の基礎知識を含むアンケート調査を実施した。

【結果】防護メガネの外側の線量は、左側は平均  $253.0 \pm 13.2 \mu\text{Sv}$ 、右側は  $257.0 \pm 43.1 \mu\text{Sv}$  であった。防護メガネの外側の年間線量の推定値は、平均で約  $3.0 \pm 0.35 \text{ mSv}$ 、最大でおよそ  $3.5 \text{ mSv}$  であった。防護メガネの内側の線量は、左側で平均  $124.8 \pm 6.9 \mu\text{Sv}$ 、右側で平均  $135.6 \pm 23.4 \mu\text{Sv}$  であった。防護メガネの内側の年間線量の推定値は、平均で約  $1.5 \pm 0.22 \text{ mSv}$ 、最大でおよそ  $1.9 \text{ mSv}$  と推定された。また、防護メガネの着用により、左側は平均 50.4%、右側は平均で 48.0%の線量低減効果が確認できた。放射線防護に関するアンケート調査結果は、勉強会前は、平均 63%は知識ありと回答していたが、正答率は平均で 40.6%であった。勉強会後の正答率は平均で 80.2%となり、39.6 ポイントの改善がみられた。

【結論】心臓カテーテルセンターに従事する看護師の眼の水晶体線量は、防護メガネの着用により極めて低い線量となることが明らかとなった。放射線防護に関する勉強会を実施す

ることで放射線防護の基礎知識の改善が見られた。本研究の取り組みを知り、医師は天井の防護版設置を自ら行い、眼の水晶体被ばく低減に繋がる行動となった。

## A. 研究目的

A 施設の心臓カテーテルセンターに従事している看護師の眼の水晶体被ばく線量評価及び放射線知識の実態を明らかにし、被ばく低減の対策を図るために放射線防護知識の向上に関する研究を行う。

## B. 研究方法

### 1. 看護師の眼の水晶体被ばく線量評価

A 施設の心臓カテーテルセンターに従事している看護師7名を対象に、CAG: coronary angiography・PCI: percutaneous

coronary intervention・EVT: endovascular

therapy・ABL: ablative therapyにおける眼の水晶体線量測定を行った。測定期間は2022年5月21日～2022年6月21日の1ヶ月間とした。測定方法は、看護師は各自の放射線防護用メガネ（東レ・メディカル社製パノラマシールド HF-350R 0.07 mmPb 鉛当量）を装着し、眼の近傍にガラス線量計（千代田テクノル製）を左側（内側及び外側）の上、下、端、及び右側（内側及び外側）の上、下、端の計12箇所を設置した（Figure 1）。

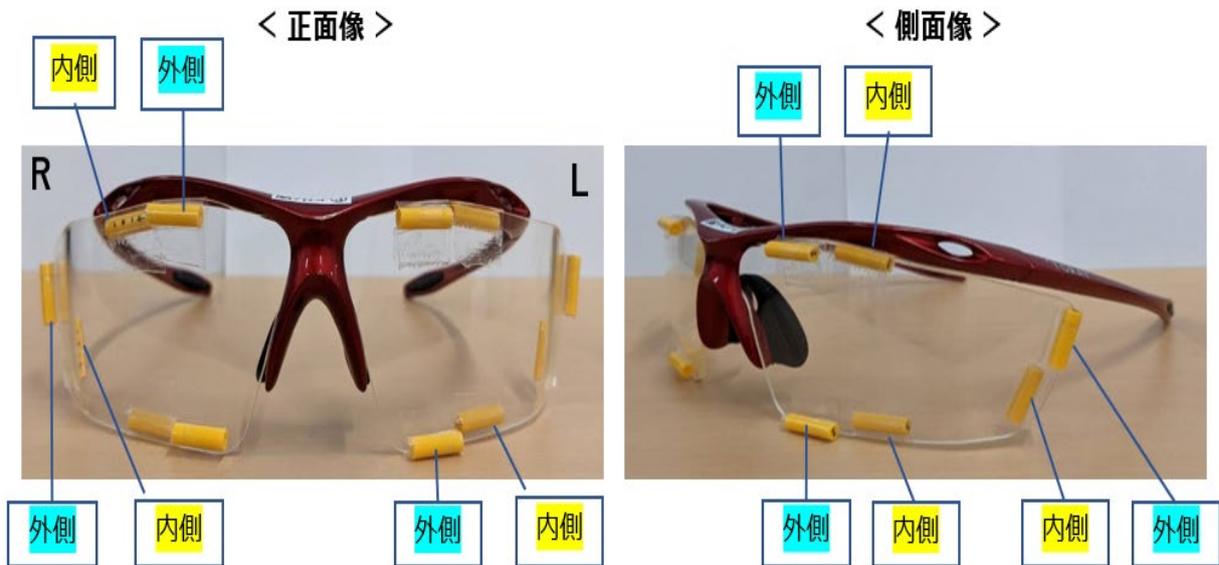


Figure 1 放射線防護メガネに装着したガラス線量計（GD-352M）の配置

### 2. 看護師の放射線防護の基礎知識の向上に関する研究

A 施設の心臓カテーテルセンターに従事している看護師11名を対象に放射線防護の基礎知識に関する勉強会を実施し、その前

後で放射線防護の基礎知識を含むアンケート調査を実施した（資料1）。アンケート調査の内容は、先行研究<sup>12), 15)-17)</sup>を参考に、心臓カテーテルセンターに従事している看護師に必要とされる放射線の基礎知識を選定

した。回答方法は「1. 知らない 2. あまり知らない 3. どちらとも言えない 4. 少し知っている 5. 知っている」の5段階評価とした。「被ばくしないための工夫」、「自身の線量データの意識」、「放射線に対する不安」については自由記載で回答を得た。放射線防護に関する勉強会の講師は、A 施設の心臓カテーテルセンターに従事している看護師（カテーテル室歴 10 年）が実施し、勉強会の時間は 40 分程度とした。主な内容は、放射線の基本（放射線の単位、自然放射線、放射線の分類、外部被ばくと内部被ばく、X 線の原理、散乱線、しきい線量）と放射線の医療安全（放射線防護の原則（時間・距離・遮蔽）、医療安全と放射線防護（被ばく区分、放射線被ばくによる障害、看護師の職業被ばく）、防護衣・防護メガネ、均等被ばく・不均等被ばく）について資料を作成し勉強会を実施した（Table 1）。

Table 1 放射線防護の基礎知識に関する勉強会の内容

放射線の基本	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆放射線の単位：Bq, Gy, Sv</li> <li>◆自然放射線</li> <li>◆放射線の分類</li> <li>◆外部被ばくと内部被ばく</li> <li>◆X 線の原理、散乱線</li> <li>◆しきい線量</li> </ul>
放射線の医療安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆放射線防護の原則（時間、距離、遮蔽）</li> <li>◆医療安全と放射線防護 <ul style="list-style-type: none"> <li>・被ばく区分（医療・職業・公衆）</li> <li>・放射線被ばくによる障害</li> <li>・看護師の職業被ばく（外部被ばく）</li> </ul> </li> <li>◆防護衣・防護メガネ</li> <li>◆均等被ばく・不均等被ばく</li> </ul>

（倫理面への配慮）

本研究は東京医療保健大学の倫理審査の承認（院 34-1）を受け実施した。また、A 施設における審査の承認を得て実施した。

### C. 研究結果

#### 1. 看護師の眼の水晶体被ばく線量評価

調査期間中のカテーテル検査・治療の症例件数の平均は、CAG 19.3 件（9 件-28 件）、PCI 16.9 件（13 件-22 件）、EVT 1.3 件（0 件-4 件）、ABL 2.1 件（0 件-5 件）、合計件数は 39.6 件（28 件-50 件）であった（Figure 2）。透視時間の平均は、CAG 113.5 分（42 分-155.3 分）、PCI 299.1 分（188.7 分-401.8 分）、EVT 49.4 分（0 分-255.5 分）、ABL 60.3 分（0

分-153.1 分）、合計透視時間は 522.3 分（322.5 分-965.7 分）であった（Figure 3）。透視時間の平均は、CAG 113.5 分（42-155.3 分）、PCI 299.1 分（188.7 分-401.8 分）、EVT 49.4 分（0 分-255.5 分）、ABL 60.3 分（0 分-153.1 分）、合計透視時間は 522.3 分（322.5 分-965.7 分）であった（Figure 3）。

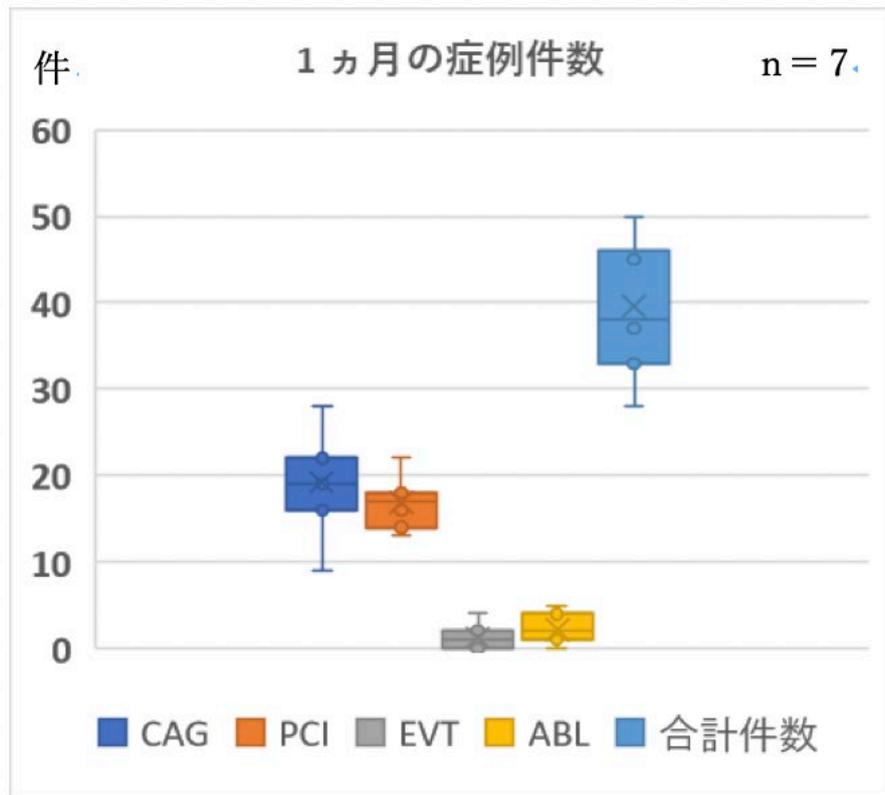


Figure 2 A施設における心臓カテーテルセンターに従事する看護師の1ヶ月間の症例件数

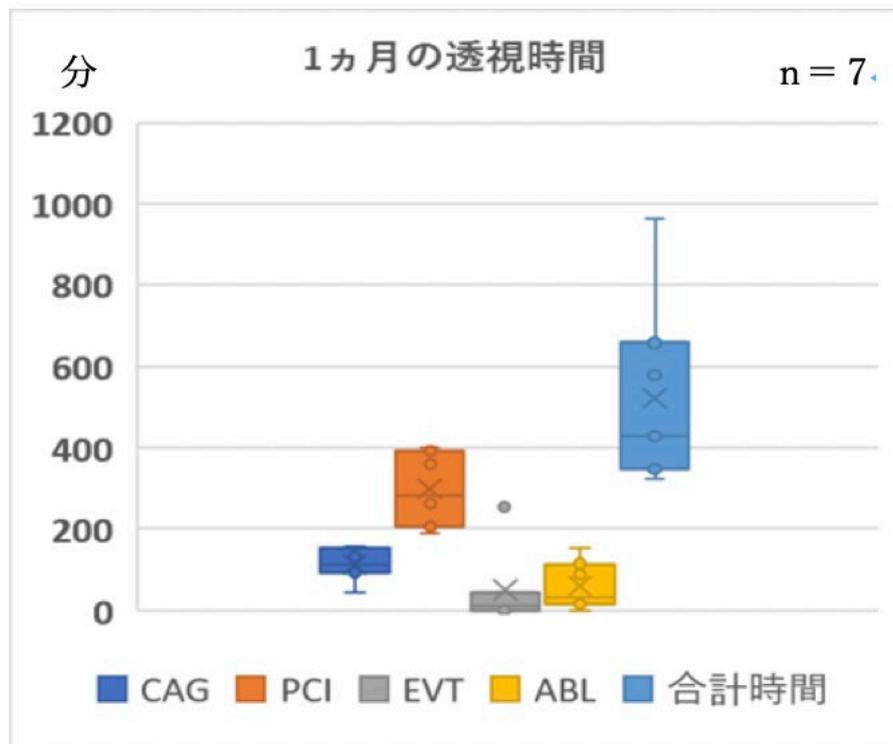
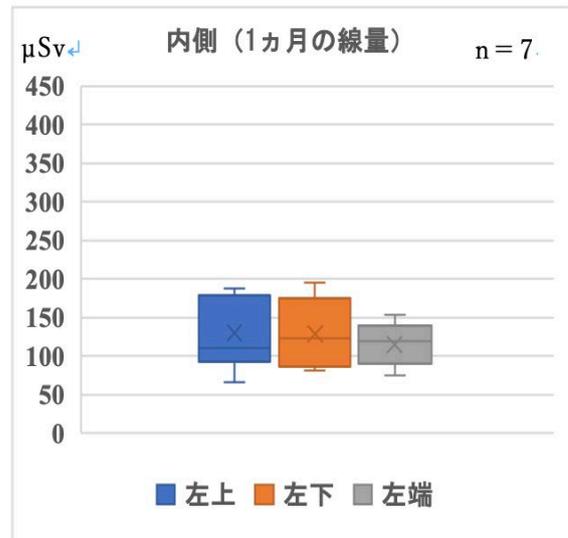
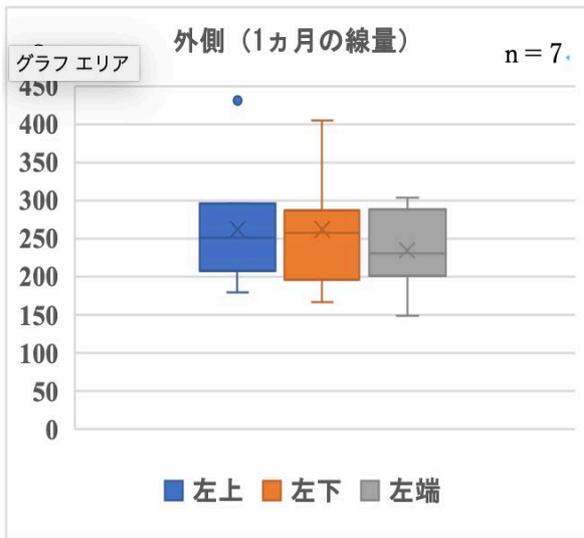


Figure 3 A施設における心臓カテーテルセンターに従事する看護師の1ヶ月間の透視時間

眼の水晶体被ばく線量は、防護メガネの左外側の線量は、平均 253.0  $\mu\text{Sv}$  (234.3  $\mu\text{Sv}$ -

262.4  $\mu\text{Sv}$ )、左内側は平均 124.8  $\mu\text{Sv}$  (115.0  $\mu\text{Sv}$ -130.0  $\mu\text{Sv}$ ) であった (Figure 4)。



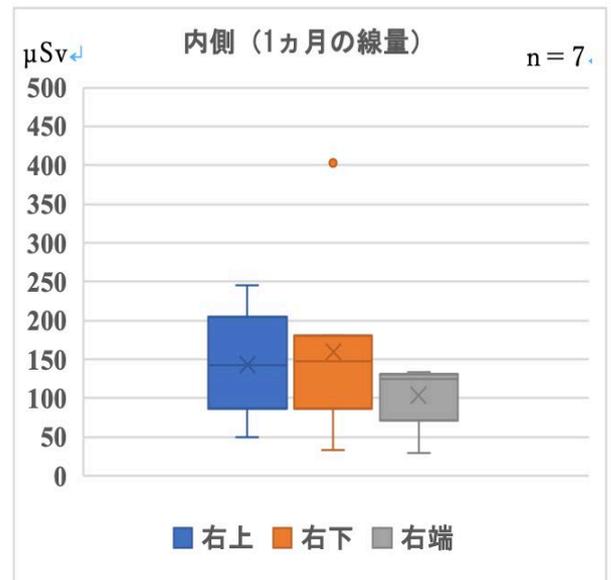
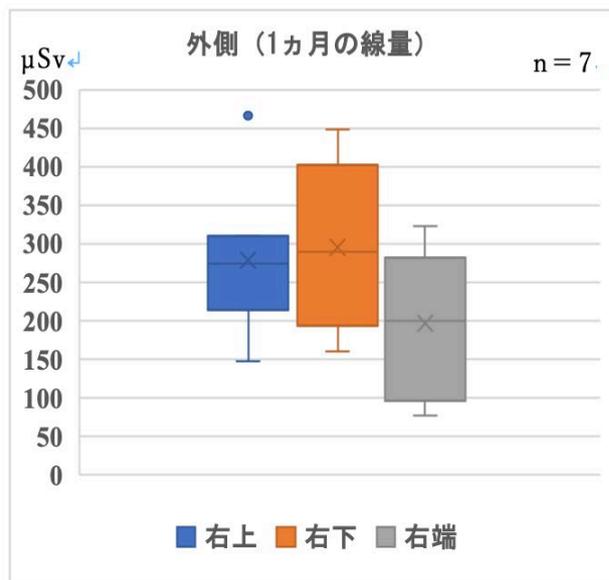
(a)

(b)

Figure 4 A 施設における心臓カテーテルセンターに従事する看護師の左側の眼の水晶体被ばく線量 (a、b)

右外側の線量は、平均 257  $\mu\text{Sv}$  (196.7  $\mu\text{Sv}$ -

295.1  $\mu\text{Sv}$ )、右内側は平均 135.6  $\mu\text{Sv}$



(a)

(b)

Figure 5 A 施設における心臓カテーテルセンターに従事する看護師の右側の眼の水晶体被ばく線量 (a、b)

年間に推計すると、防護メガネの外側は、左側は 3.0 mSv、右側は 3.1 mSv、平均 3.05 mSv であった。防護メガネの内側では、左側は 1.4 mSv、右側は 1.6 mSv、平均 1.5 mSv と推測された。個人での眼の水晶体被ばく線量の最高値は左外側で 374.3  $\mu$ Sv、右外側

で 412.3  $\mu$ Sv であった。

防護メガネの遮蔽効果について、左側の低減率は平均 50.4%、右側の低減率は平均 48%の削減効果を得られた (Figure 6)。

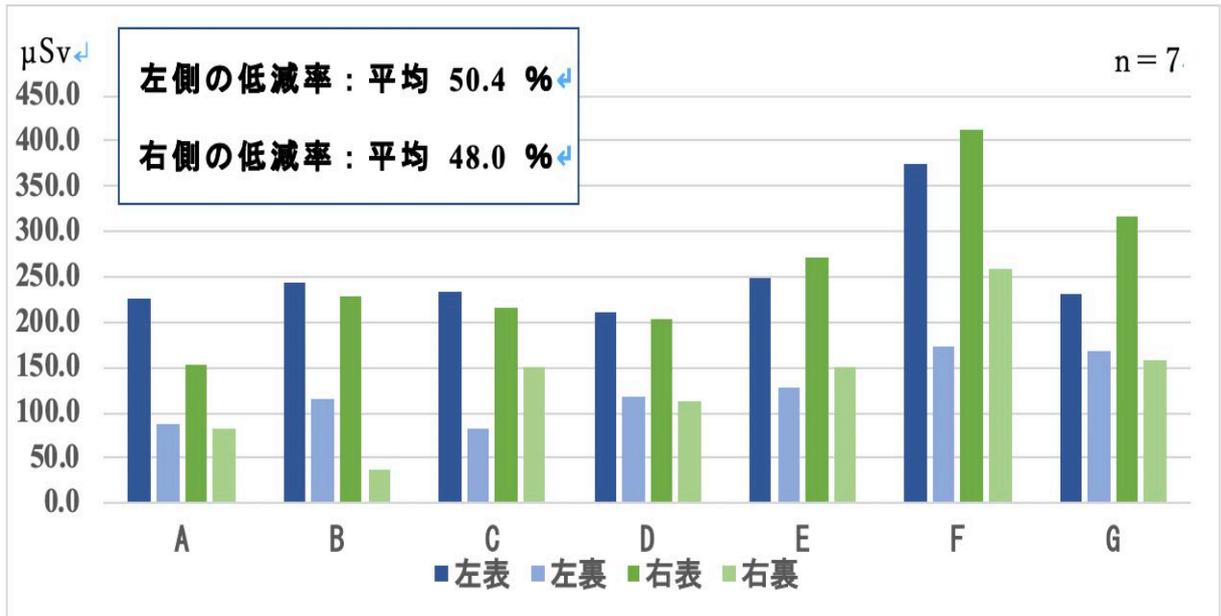


Figure 6 A 施設における心臓カテーテルセンターに従事する看護師の各自の眼の水晶体被ばく線量と被ばく低減率

## 2. 看護師の放射線防護の基礎知識の向上に関する研究

放射線防護対策に関するアンケート調査および勉強会について、男性 5 名、女性 6 名の計 11 名に回答を得られた。看護師の経験年数は 7~9 年目が 6 名 (54.5%)、10 年目以上が 5 名 (45.5%) の看護師で構成されていた。心臓カテーテル室歴は、1~3 年目は 2 名 (18.2%)、4~6 年目は 9 名 (81.8%) であった (Table 2)。放射線に関する教育の経

験と教育の必要性の問いについて、放射線に関する勉強会を受講した経験が「ある」と回答した人は 9 名 (81.8%)、「ない」と回答した人は 2 名 (18.2%) であった。「ある」と回答した人のうち、8 名 (88.9%) が院内の勉強会、1 名 (11.1%) は院外の勉強会に参加したことがあると回答した。放射線防護に関する勉強会の必要性については 11 名 (100%) の人が「必要」と回答した (Table 3)。

Table 2 放射線防護の基礎知識に関するアンケート調査協力者の属性

		n=11
項目		名 (%)
性別	男性	5 (45.5)
	女性	6 (54.5)
看護師歴	1～3年	0
	4～6年	0
	7～9年	6 (54.5)
	10年目以上	5 (45.5)
カテーテル室歴	1～3年	2 (18.2)
	4～6年	9 (81.8)
	7～9年	0
	10年目以上	0

Table 3 放射線防護の基礎知識に関するアンケート調査結果

		n=11
項目		名 (%)
放射線防護の勉強会の参加の有無	あり	9 (81.8%)
	なし	2 (18.2%)
「あり」と回答した人の受講した教育の種類	院内の勉強会	8 (88.9%)
	院外の勉強会	1 (11.1%)
放射線防護に関する教育の必要性	必要	11 (100%)
	不要	0

放射線防護に関する基礎知識の問いについて、勉強会前後に実施した基礎知識を問うアンケート結果を (Figure 7、8) に示す。

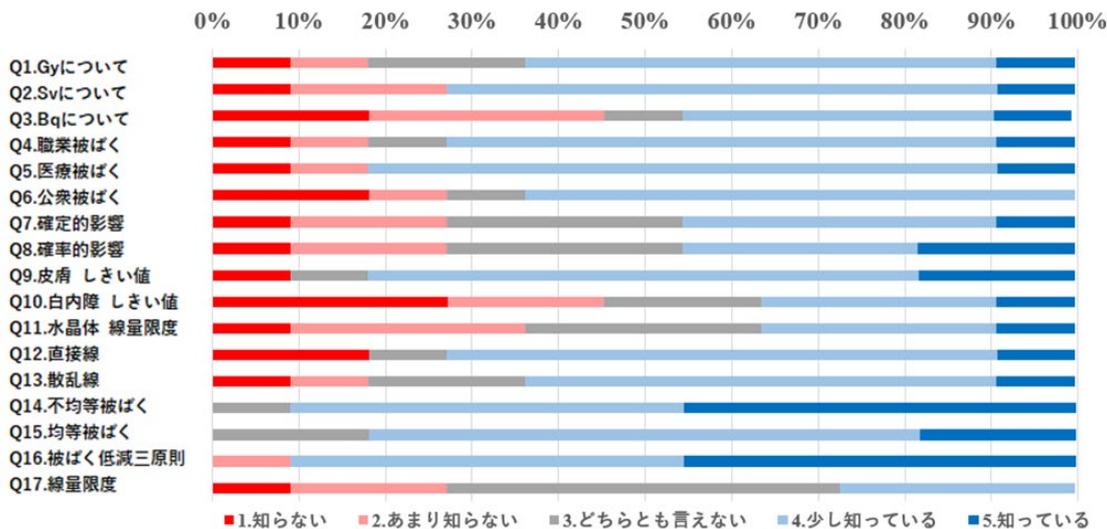


Figure 7 放射線防護の基礎知識のアンケート調査の結果 (勉強会前)

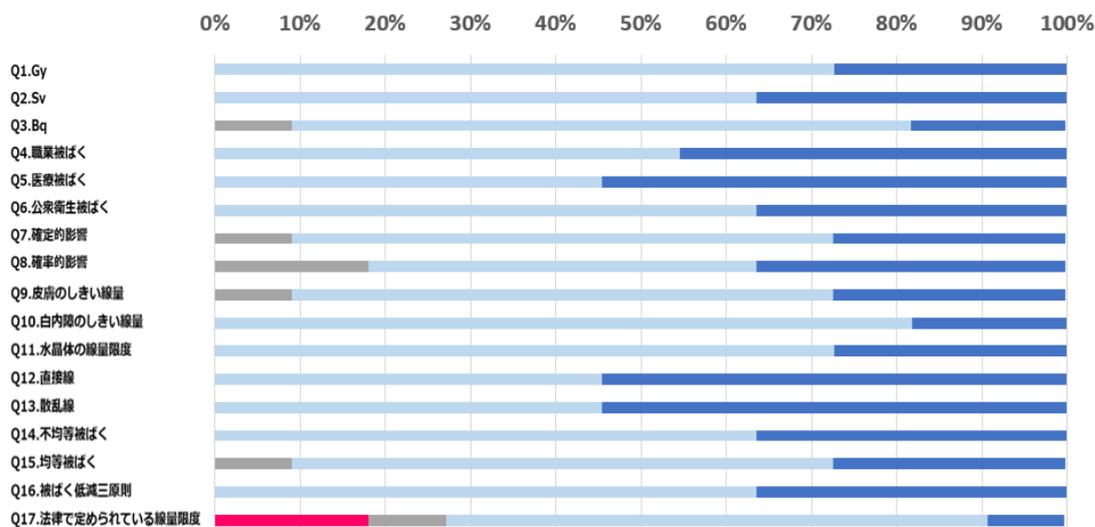


Figure 8 放射線防護の基礎知識のアンケート調査の結果（勉強会后）

勉強会前に実施したアンケート結果は、平均 63%の人が知識ありと回答した。勉強会後に実施したアンケート結果は、平均 95%の人が理解できたと回答した。放射線に対する不安と行動については、被ばくしないための工夫として「被ばく防護三原則を意識する」、「患者に近づくときは、透視が出ていないタイミングで行う」などの回答が得られた。自身の線量データの意

識についての設問では、「線量データの見方が難しく分からない」、「実際に身体に感じるものがないため線量に対する意識は薄い」といった回答が得られた。放射線に対する不安の設問では、「緊急時など、場合によっては患者に近づく必要がある」、「医師が透視を切ってくれない」、「目に見えないものに対する防護が適切にできているのか分からない」といった回答が得られた (Table 4)。

Table 4 放射線に対する不安と行動について

項目	n=11
Q1.被ばくしないための工夫	<ul style="list-style-type: none"> <li>・被ばく防護三原則を意識する</li> <li>・患者に近づくときは、透視が出ていないタイミングで行う</li> <li>・管球の角度で立ち位置を変える</li> </ul>
Q2.自身の線量データの意識	<ul style="list-style-type: none"> <li>・線量データの見方が難しく分からない</li> <li>・実際に身体に感じるものがないため意識は薄い</li> </ul>
Q3.放射線に対する不安	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急時など、場合によっては患者に近づく必要がある</li> <li>・医師が透視を切ってくれない</li> <li>・目に見えないものに対する防護が適切にできているのか分からない</li> </ul>

放射線防護に関する基礎知識に関する問については、勉強会前の正答率で、10%以下となった問いは「妊娠可能な女性の線量限度」、「妊娠中の女性の線量限度」、「公衆衛生被ばく線量限度」が9%であった。80%以上となった問いは「職業被ばく」が81.8%であった。全体的な平均正答率は40.6%であった。勉強会後の正答率が低い問いは「均等

被ばく」が54.5%であった。「放射線を出す能力」、「職業被ばく」、「公衆衛生被ばく」、「皮膚のしきい値」、「散乱線・直接線」の問いに関しては、11名全員が正解していた。全体的な平均正答率は80.2%であり、勉強会前後で正答率を比較すると最大で81.9%の上昇がみられ、平均で39.6ポイントの上昇がみられた (Figure 9)。

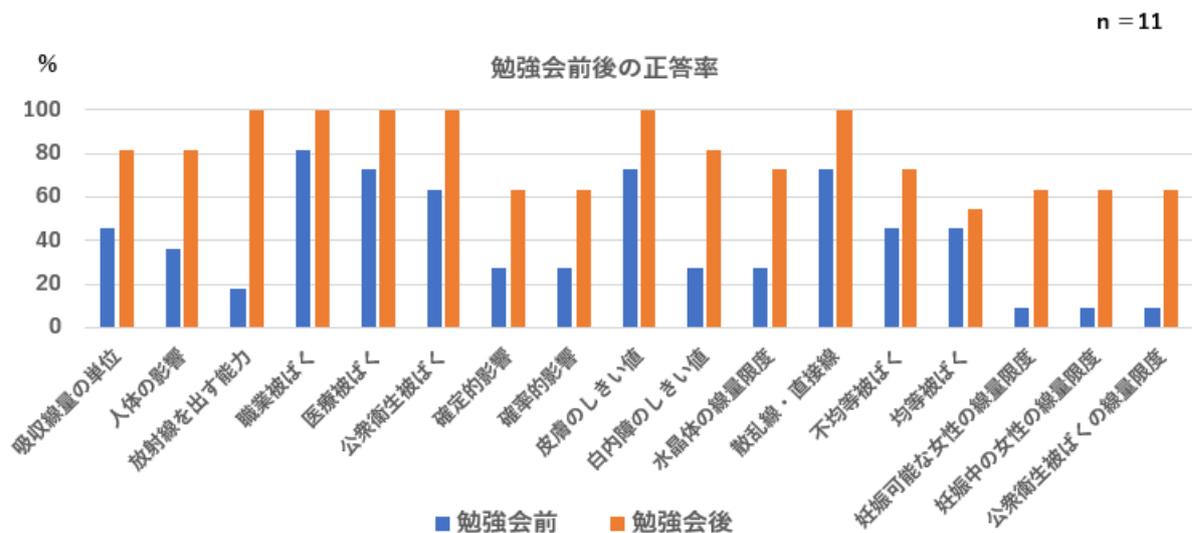


Figure 9 心臓カテーテルセンターに従事する看護師の放射線防護の基礎知識に関する調査結果

#### D. 考察

##### 1. 看護師の眼の水晶体被ばく線量評価

先行研究においては、IVR に従事する循環器医師の眼の水晶体線量の報告はされている<sup>18)-20)</sup>。看護師については、ERCP における眼の水晶体線量の報告はある<sup>21)</sup>。しかしながら、IVR に従事する看護師の眼の水晶体被ばく線量の報告はない。本研究は、心臓カテーテルセンターに従事する看護師の眼の水晶体被ばく線量評価について研究を行った。看護師7名の水晶体線量計による測定結果は、左内側は平均124.8 μSv/月、右内側は平均135.6 μSv/月であり、年間にする

と、左側1.4 mSv/年、右側1.6 mSv/年、平均1.5 mSv/年程度と推測された。千代田テクノロジー<sup>22)</sup>の調査によると、看護師の水晶体被ばく線量の平均は0.49 mSv/年と報告されており、本研究においては、1.01 mSv 高い結果となった。A 施設における症例件数は年間3,000件以上の検査・治療を実施しており、カテーテル件数が11年連続で全国1位という実績がある。そのため、平均300件/月以上の症例を行っているという背景がある。従って、透視時間・被ばく線量も多くなり、0.49 mSv/年を上回る結果となったと推測さ

れる。また、森ら<sup>10)</sup>は、IVR は業務内容や看護師の立ち位置によって被ばく線量が高くなると報告している。看護師は患者の看護や容態観察のために、患者の頭側付近に位置することや、術者の援助や物品の受け渡しなどのために検査室内を頻繁に移動することも要因の一つであると考えられる。

遮蔽効果においては、防護メガネを着用することで、左側の低減率は平均で50.4%、右側の低減率は平均で48%の削減効果があった。先行研究でも、防護メガネの着用により、水晶体線量が約60%低減したという報告がされている<sup>23)25)</sup>。本研究はそれを下回る結果となったが、今回の研究での遮蔽効果を加味すると、約1,500  $\mu$ Sv/年 (1.5 mSv/年) となり、限りなく水晶体被ばく線量を抑えることができると考えられ、さらに被ばく防護三原則を意識することで、より被ばく線量を抑えることができると推測される。よって、看護師の防護メガネは0.07 mmPbで十分な効果を発揮していると考えられる。

## 2. 看護師の放射線防護の基礎知識の向上に関する研究

放射線に関する基礎知識についての調査結果から、心臓カテーテルセンターに従事している看護師の約8割が放射線に関する教育を受けた経緯があると回答し、院内において開催された勉強会への参加であった。また、約2割は放射線に関する教育を受けていないと回答した。その一方で、回答者の全員が放射線防護に関する教育は必要であると回答した。このことより、教育の必要性を感じているものの、院内教育では十分な機会が得られていない実態が明らかとなった。また、放射線防護の基礎知識に関するアンケート調査結果から「知っている」、「少し

知っている」と回答した割合は63%程度であった。一方で、問題に対する正答率の平均が40.6%であった。このことから、放射線に関する知識不足や、誤った認識をしていることが明らかとなった。先行研究においても看護師の放射線、医療被ばく、被ばく防護に関する正確な知識は不足していると述べており<sup>11)12)26)27)</sup>、本件研究も同様な結果が伺えた。松田ら<sup>15)</sup>は、看護師の放射線教育は、本来、看護師が主体となり、病院内で行われることが望ましい。しかし、多忙な臨床業務の時間を割いて、教育のため医師および放射線技師との協力体制を構築するには困難な点も多いと述べている。本件研究では、院内・院外の勉強会に参加した人は81.8%であるが、その知識の定着がしていないことが考えられる。このような放射線に関する知識不足は、放射線に対する不安へとつながるため、適切な知識を身に付ける必要がある<sup>26)28)</sup>。

先行研究では、看護師に最小限必要な放射線防護上の知識として、①放射線の性質と単位、②放射線診療と看護師が被ばくする機会、③放射線防護の具体的方法、④放射線の影響、⑤放射線診療に伴う患者の被ばくについて必要と報告している<sup>29)30)</sup>。本研究も、先行研究で述べていた放射線防護の内容を含んだ勉強会を実施した。その結果、勉強会後の問いの正答率は勉強会前と比較し平均で80.2%であり、約39.6ポイント上昇した。正答率が100%であった問いは17問中、6問であったが、その他の問いは60%~80%の正答率となった。全ての問いが100%の正答率とならなかった要因を推測すると、①看護師にとって放射線に対する基礎知識はなじみがないこと、②理解することが難しく知識の定着まで至らなかった

こと、③講師側の伝え方が不足していたことなどが要因として考えられる。放射線防護に関する知識不足は有害事象のリスクを増加させるため<sup>31)</sup>、定期的に勉強会などを開催し、放射線に関する知識を提供していくことは大切である。

#### E. 結論

心臓カテーテルセンターに従事する看護師の眼の水晶体被ばく線量は、防護メガネの着用により、極めて低い線量になることが明らかとなり、新たな眼の水晶体の等価線量限度を遵守できる範囲可能である。また、チーム医療を推進していく中で、放射線教育については、多職種と連携し、各職種の専門性・特殊性を考慮した教育体制の再構築と継続実施が必要である。本研究を実施したことで、医師は自ら天井防護板の位置を自ら調整し、放射線防護の意識の変化が見られ、本研究は臨床に還元できる有効な研究となった。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

1) 鈴木貴大、小野孝二、大隈吉徳、日野稜介、池田新、新井知大、金子順一、樺田尚樹  
循環器科 IVR に従事する看護師の水晶体被ばく線量評価及び放射線防護の知識向上に関する研究、第4回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会、2022年11月24-26日、福岡

#### G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

なし

## 参考資料

秀文社様へ

ここに「日本保健物理学会スライド 2022 鈴木貴大.pdf」を入れてください。

労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

5. 臨床現場における医療従事者の眼の水晶体及び手指被ばくの実態調査

研究分担者 小野 孝二（東京医療保健大学東が丘看護学部/大学院研究科 教授）  
                  櫻田 尚樹（産業医科大学産業保健学部産業・地域看護学 教授）  
研究協力者 金子 順一（駒澤大学医療健康科学部 教授）  
                  新井 知大（駒澤大学医療健康科学部 講師）  
                  池田 新（駒澤大学医療健康科学研究科修士課程）  
                  日野 稜介（駒澤大学医療健康科学研究科修士課程）  
                  菊名 邦彦（つくばセントラル病院放射線部）

研究要旨

- 【目的】臨床現場における医師及び診療放射線技師の眼の水晶体及び手指の被ばく線量を測定することで現状の職業被ばくの実態について調査する。
- 【方法】循環器 IVR 及び X 線 CT 患者介助時の医師及び技師の水晶体及び手指の職業被ばく状況について 1ヶ月間の線量測定を実施した。測定対象者（医師 1 名、診療放射線技師 5 名）に放射線防護メガネを着用させ測定をおこなった。防護メガネは鉛当量 0.07 mmPb のパノラマシールド HF-350R（東レ・メディカル）を使用した。測定に使用した線量計は、体幹部測定用線量計であるガラスバッジ（千代田テクノル）、眼の水晶体測定用線量計である DOSIRIS（千代田テクノル）、個人被ばく線量計であるビジョンバッジ（長瀬ランダウア）、Sn フィルタ搭載の蛍光ガラス線量計である GD-352M（以下、RPLD と略す。）（千代田テクノル）そして手指測定用線量計であるリングバッジ（長瀬ランダウア）の 5 種類である。
- 【結果】循環器 IVR に従事した医師及び CT 患者介助を担当した診療放射線技師 3 名の DOSIRIS における測定値はそれぞれ 0.8 mSv、0.2 mSv、0.9 mSv、0.9 mSv であり、ビジョンバッジではそれぞれ 0.5 mSv、0.1 mSv、0.5 mSv、0.6 mSv、左手のリングバッジではそれぞれ 3.7 mSv、10.1 mSv、13.3 mSv、3.2 mSv であった。
- 【結論】眼の水晶体被ばく線量については、線量計の測定配置位置の違いによって DOSIRIS とビジョンバッジで測定線量に差が生じた。手指の被ばくについては、CT 患者介助の際の手指被ばく線量は 12 ヶ月換算で最大 168 mSv に達し、皮膚の等価線量限度の 32%に及んでいた

A. 研究目的  
循環器 IVR における医師・診療放射線技師  
及び CT 患者介助時の診療放射線技師の眼  
の水晶体及び手指の被ばく線量を測定する

ことで現状の職業被ばくの実態について明らかにする。

## B. 研究方法

つくばセントラル病院に勤務している医

師と診療放射線技師を対象に循環器 IVR、CT 患者介助時における眼の水晶体及び手指の被ばく線量について線量計を用いて測定した。対象者は循環器 IVR に従事する医

Table 1 循環器 IVR における線量測定結果

	Chest	Head and neck	DOSIRIS	VISION	RPLD-325 Sn (External)	RPLD-325 Sn (Internal)	Finger (Left)	Finger (Right)
	<i>Hp</i> (10) mSv	<i>Hp</i> (10) mSv	<i>Hp</i> (3) mSv	<i>Hp</i> (3) mSv	Left   Right mGy	Left   Right mGy	<i>Hp</i> (0.07) mSv	<i>Hp</i> (0.07) mSv
Dr.	0.2	1.2	0.8	0.5	0.94   0.35	0.45   0.32	3.7	0.4
RT.1	ND	0.1	ND	ND	0.14   0.12	0.12   0.09	0.1	×
RT.2	ND	ND	ND	ND	0.13   0.09	0.11   0.09	0.1	×

ND:測定限界以下, ×:未測定

Table 2 X線 CT 患者介助時における線量測定結果

	Chest	Head and neck	DOSIRIS	VISION	RPLD-325 Sn (External)	RPLD-325 Sn (Internal)	Finger (Left)
	<i>Hp</i> (10) mSv	<i>Hp</i> (10) mSv	<i>Hp</i> (3) mSv	<i>Hp</i> (3) mSv	Left   Right mGy	Left   Right mGy	<i>Hp</i> (0.07) mSv
RT.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.38   0.38	0.22   0.19	10.1
RT.4	0.3	1.0	0.9	0.5	1.07   1.10	0.58   0.57	13.3
RT.5	0.2	1.4	0.9	0.6	1.05   1.07	0.50   0.50	3.2

師 1 名及び診療放射線技師 2 名と CT 検査を担当する診療放射線技師 3 名の計 6 名である。測定期間は 2022 年 7 月 1 日から 2022 年 8 月 5 日までとした。なお、測定期間中は対象者には放射線防護用メガネ(以下、防護メガネと略す。)装着して業務を行なっていた。防護メガネは鉛当量 0.07 mmPb のパノラマシールド HF-350R (東レ・メディカル)を用いた。

測定に使用した線量計は、体幹部測定用線量計であるガラスバッジ(千代田テクノ)、眼の水晶体測定用線量計である DOSIRIS (千代田テクノ)、個人被ばく線量計であるビジョンバッジ(長瀬ランダウア)、Sn フィルタ搭載の蛍光ガラス線量計である GD-352M (以下、RPLD と略す。)(千代田テクノ)そして手指測定用線量計であるリングバッジ(長瀬ランダウア)の 5 種類である。線量計取り付け位置についてガラスバ

ッジは胸部及び頭頸部、DOSIRIS は左目の目尻近傍、ビジョンバッジは放射線防護メガネの左目の上部内面、RPLD は防護メガネの左右のレンズの内面及び外面の上側、下側、外側(計 12 箇所)、そしてリングバッジは医師では両手、診療放射線技師では左手のみとした。

(倫理面への配慮)

本研究は駒澤大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認(承認:22-4)を受け実施した。

## C. 研究結果

循環器 IVR 及び CT 患者介助時における対象者の被ばく線量の測定値を Table 1 及び Table 2 に示す。胸部及び頭頸部ガラスバッジ、DOSIRIS 及びビジョンバッジ、PRPD、リングバッジにおける測定値はそれぞれ 1

cm 線量当量、3 mm 線量当量、空気カーマ、70  $\mu\text{m}$  線量当量で評価した。表内の RPLD の測定値はレンズに取り付けた RPLD の上側、下側、外側の平均値で算出した。

#### 循環器 IVR おける被ばく線量評価

胸部及び頭頸部ガラスバッジ、DOSIRIS、ビジョンバッジでは Dr. でそれぞれ 0.2 mSv、1.2 mSv、0.8 mSv、0.5 mSv であった。RT.1、RT.2 ではほとんどが測定限界の 0.1 mSv 以下であった。また、RPLD では放射線防護メガネの外側及び内面どちらでも Dr. の左目の測定値が高値であったが、RT.1、RT.2 では左右の線量差がほとんどなく近い値であった。リングバッジでは Dr. の左手で 3.7 mSv、右手で 0.4 mSv であり、手指でも左右差が確認された。

#### CT 患者介助時における被ばく線量評価

対象とした放射線技師 3 名の測定値は、胸部ガラスバッジではそれぞれ 0.1 mSv、0.3 mSv、0.2 mSv、頭頸部ガラスバッジでは 0.3 mSv、1.0 mSv、1.4 mSv、DOSIRIS では 0.2 mSv、0.9 mSv、0.9 mSv、ビジョンバッジでは 0.1 mSv、0.5 mSv、0.6 mSv であった。RPLD では防護メガネの外側及び内面で左右の線量に差が見られなかった。また、リングバッジではそれぞれ 10.1 mSv、13.3 mSv、3.2 mSv であった。

#### 防護メガネの線量低減効果

防護メガネの線量低減効果について Figure 1 に示す。循環器 IVR での医師の防護メガネの線量低減効果は左側で 52.1%、右側で 8.6% であり左右の低減効果に大きく差が生じた。CT 患者介助での診療放射線技師では左側の平均で 46.8%、右側の平均で 50.5% であり左右差がほとんど生じなかつ

た。また、左右合わせた平均では 48.8% であった。

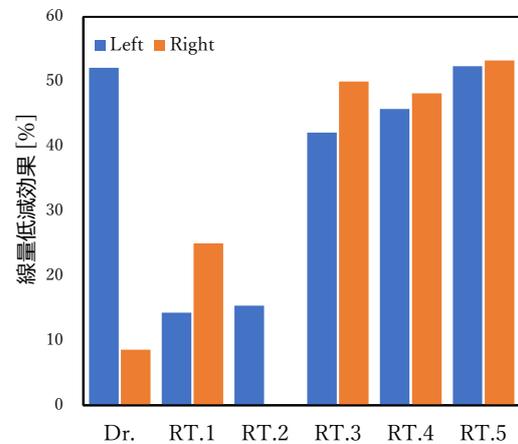


Figure 1 防護メガネの線量低減効果

#### D. 考察

Table 1、Table 2 より、DOSIRIS の測定線量がビジョンバッジ及び RPLD よりも高値であり、DOSIRIS とビジョンバッジでは測定線量に差が生まれていることがわかる。両者の違いが生まれた理由として設置位置の違いが挙げられる。DOSIRIS は目の近傍に位置するが、ビジョンバッジは防護メガネの後ろに位置する。このことから測定配置位置の違いが線量の差に関係していると推測する。眼の水晶体等価線量は 3 mm 線量当量で評価するため DOSIRIS とビジョンバッジで取り付け位置の違いによって測定値に差が生じているのであれば線量計を使用している施設ごとに過大評価や過小評価をしている恐れがある。眼の水晶体被ばく線量の評価に最も適切な測定配置については今後検討する必要がある。

Table 1 より循環器 IVR での医師の手指被ばく線量は左右差が大きい結果となった。これは X 線管球の位置が関係している。IVR 手技を行う際、X 線管球は術者に対して左

側に設置されている。このことから X 線管球に近い左手指と遠い右手指で線量差が生じたと推測する。また、CT 患者介助の際の手指被ばく線量は 12 ヶ月換算で最大 160 mSv に達していた。この値は皮膚の等価線量限度の 32%に及んでいた。被ばく線量が増加した理由として介助の際に照射範囲内に手指が入り、直接線が入射したためと推測する。このように被ばく線量が CT 患者介助のみで皮膚の等価線量限度のおよそ三分の一程度被ばくするというのは無視できない値である。今後、CT 患者介助の際において手指についても防護手段を講じる必要がある。

#### E. 結論

眼の水晶体被ばく線量については、線量計の測定配置位置の違いによって DOSIRIS とビジョンバッジで測定線量に差が生じた。今後、眼の水晶体被ばく線量の評価に最も適切な測定配置について検討する必要がある。

手指の被ばくについては、CT 患者介助の際の手指被ばく線量は 12 ヶ月換算で最大 168 mSv に達し、皮膚の等価線量限度の 32%に及んでいた。したがって、手指についても防護手段を講じる必要がある。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

1) 池田新、他 臨床現場における医療従事者の眼の水晶体及び手指被ばくの実態調査、第 4 回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大、2022 年 11 月 24-26 日、福岡

#### G. 知的所有権の取得状況

なし

## 参考資料

秀文社様へ

ここに「保健物理学会スライド\_駒澤大 池田」を入れてください。

労災疾病臨床研究事業  
分担研究報告書

【被ばく線量の実態評価と低減法の個別支援】

6. 電離放射線健康診断における白内障調査・  
電離放射線健康診断を受ける医療従事者の職業防護に対する意識調査

研究分担者 栗山 知子（産業医科大学産業保健学部産業・地域看護学 特任助教）

研究協力者 樺田 尚樹（産業医科大学産業保健学部産業・地域看護学 教授）

永田 竜朗（産業医科大学病院眼科学）

喜多村 紘子（産業医科大学産業医実務研修センター 准教授）

前野 孝明（産業医科大学産業医実務研修センター）

研究要旨

1. 電離放射線健康診断における白内障調査

医療職者の職業被ばく防護のあり方の検討の基礎資料とすることを目的として、電離放射線健康診断の対象者らの水晶体撮影を行い、放射線白内障に関して検証を行った。徹照カメラを用いた水晶体撮影は、簡単な訓練を行った上で眼科医以外でも実施可能で、未散瞳でも放射線白内障の初期病変である *Vacuoles* を見つけることが出来、比較的簡便な水晶体検査として、電離放射線健康診断への導入の有用性が示された。個人被ばく線量との検証の結果では、有所見者に線量限度を超える者はおらず、また、有所見者以外の線量との有意差も認めず、被ばく線量と水晶体所見（白内障）との関連は明らかとはならなかった。医療現場の放射線業務従事者は、日常かつ不定期に被ばくを受ける可能性があり、診療行為の種類や状況によって一時的に比較的高い線量の被ばくを受ける可能性もある。したがって医師のみならず日常的に被ばくの機会がある診療放射線技師や看護師、その他医療現場や研究目的等で放射性物質を取り扱う様々な職種に対しても個人の線量管理を徹底する体制づくりが不可欠である。

2. 電離放射線健康診断を受ける医療従事者の職業防護に対する意識調査

医療職者の職業被ばく防護策のマネジメントを進める上での課題を検討することを目的として、放射線業務従事者自身が被ばくの低減・管理に関する認識を調査した。「他職種との連携・協力」が、職業被ばく防護対策に対する放射線業務従事者の満足度を最も高めた一方、「防護の原則を意識した行動」や「線量限度の把握」といった従事者の認識や防護行動の高さに関する事項は、影響しないことが確認され、個人のレベルの認識や防護行動よりも、職場環境に関する因子が被ばく防護策に対する満足度に関係していることが示唆された。被ばく防護策に対する満足度を高めることは、各自が安心して働ける職場環境づくりや協力的意識をより強化することにつながると期待する。また、今回有意差を認めた項目は、いずれも放射線防護マネジメントシステムを進めることにより改善が期待できる内容であると言える。

## 1. 電離放射線健康診断における白内障調査

### A. 研究目的

低線量の被ばく下では水晶体以外の眼組織にはほとんど障害が認められておらず、ICRP や米国放射線防護委員会 (National Council on Radiation Protection : NCRP) の報告書のなかでも、職業被ばくによる眼の影響は、主に水晶体にのみ言及がされている。その水晶体の障害については、原爆被爆者[1][2]や診療放射線技師[3]、心臓カテーテル IVR 術者[4][5]等を対象とした複数の研究で、100 mGy 未満の低線量被ばくでの白内障 (放射線白内障) が報告されている。

放射線業務従事者が受ける電離放射線健康診断 (電離放射線障害防止規則第 56 条) の健診項目の中に「白内障に関する眼の検査」(医師が必要としない場合、健診日を含む前年、かつ当年の年間実効線量が 5mSv を超えない場合は省略可) が含まれる。ただ、「白内障に関する眼の検査」は、必ずしも眼科専門医の診察や検査は行われていない。多くの医療従事者が日常的に低線量被ばくにさらされている現状がある一方で、その従事者の水晶体にどの程度、職業被ばくによる影響が生じているのかはあまり明らかにはなっていない。

こうしたことから、医療職者の職業被ばく防護のあり方の検討の基礎資料とすることを目的として、電離放射線健康診断の対象者らの水晶体撮影を行い、放射線白内障に関して検証を行った。

### B. 研究方法

#### (1) 対象および調査期間

福岡県内の一医療機関 (大学および同大学の附属病院) に在籍し、電離放射線健康診断を受ける放射線業務従事者約 380 名を対象者とした。調査期間は 2021 年 10 月から 2022 年 9 月の 1 年間である。

#### (2) データの収集方法 (調査方法)

調査対象施設の職員の健康診断業務を担う部署に、研究目的、方法、意義等を事前に説明し、本調査の説明文書および同意書を、電離放射線健康診断の案内に同封する形で各対象者の所属部署へ配布することを依頼した。ポスターの掲示も行った (別添 A)。

電離放射線健康診、ならびにその他の健診項目の検査が終了した後で、協力の同意が得られた対象者を水晶体検査室に案内し、水晶体撮影を行った。撮影には、簡易型徹照カメラ (LAVEOX 社製、瞳孔径測定機能付き白内障画像検査装置) を用いた。

(図 1)

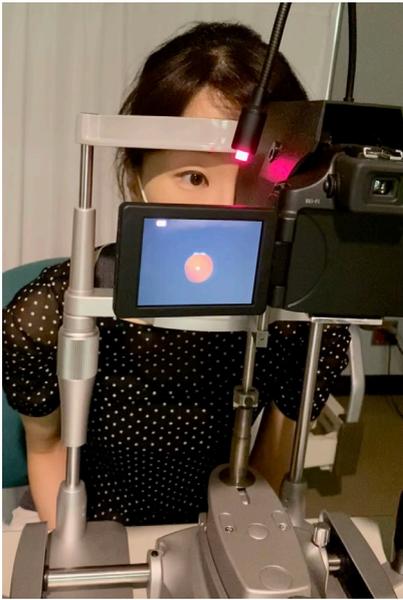


図1 簡易型水晶体徹照カメラを用いた撮影の様子

健康診断は、基本的に就業時間内に行われるため、未散瞳下で水晶体撮影を実施した。調査では、健診医や検査技師、看護師等が水晶体撮影を担ったが、撮影を行う前に専門医の指導の元、一定期間訓練を受け

た。撮影時、図2のサンプル写真を元に後日確実な判定が行えるよう対象者に都度口頭で同意を得たうえで、必要に応じ複数枚撮影を行うこととした。

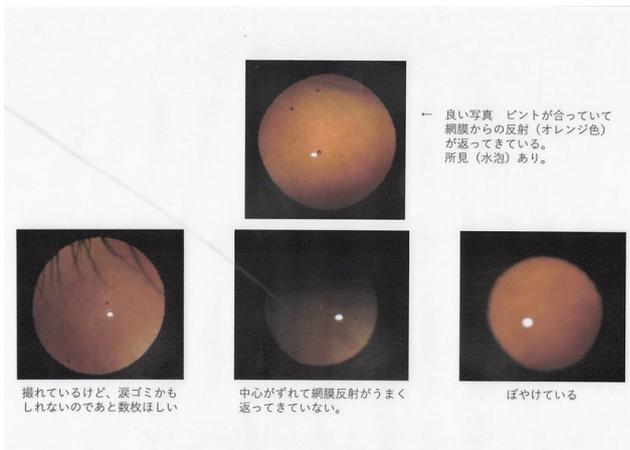


図2 水晶体撮影のサンプル写真

撮影した写真は、眼科専門医1名が後日まとめて判定を行い、その判定結果は、調査に参加した対象者全員に検査結果票として各所属部署経由で送付した。判定の結果、異常を認めないケースは「異常なし」、

写真の画像などにより判定が困難なケースは「再検査」、有所見者には「要精密検査」に分けた。加えて精密検査対象者には、検査結果表に眼科外来での受診および散瞳検査を勧奨するコメントを記載した(別

添 B)。

(3) 調査項目

(1) 基本属性として、性別、年齢、所属部署、職種

(2) 白内障発生に関連する背景要因

- ・「糖尿病の診断の有無」
- ・「ステロイド薬の使用歴および剤形」
- ・「喫煙歴および喫煙本数/日」
- ・「アトピー性皮膚炎の既往および現在の症状の有無」
- ・「(学童期から青年期にかけて) 屋外部活動歴の有無」
- ・「(現在の) 屋外運動習慣・アウトドア趣味の有無およびサングラスの使用習慣」

(上記 (1)、(2) は別添 C)

(3) 水晶体の徹照像写真

(4) 対象者の過去 5 年分(2017~2021 年)

の実効線量および水晶体等価線量

(4) 水晶体の徹照像写真の判定方法

分類方法としては、白内障判定マニュアル(図 3)に示されている分類(WHO 白内障分類 + 金沢医科大学副分類 + Vacuoles グレード)を用いた[6]。この調査では、WHO 白内障分類(3 主病型:後囊下白内障 PSC0-4、皮質白内障 C0-4、核白内障 N0-4)と金沢医科大学分類(2 副病型: Waterclefts、Retrodots)、放射線白内障の微小混濁として重要な Vacuoles(VC0-3)を分類に用いた。この分類方法は、放射線白内障の初期変化に着目したもので、低線量被ばくの白内障を判定するのに有用な分類である。

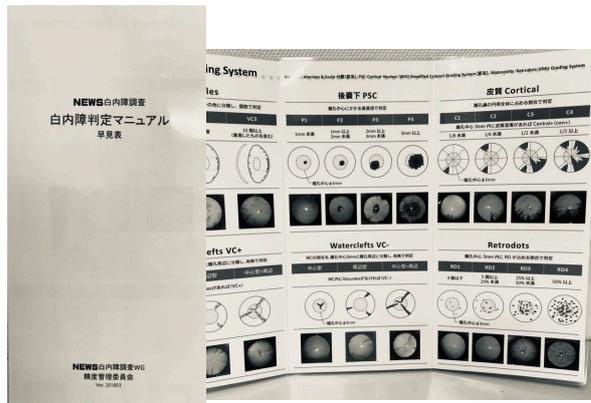


図 3 白内障判定マニュアル

(4) 倫理的配慮

検査室内で説明文書を用いて研究者らが対象者に口頭で説明し、同意書に記載して頂いた。事前に説明文書を読み、記載した同意書を持参した対象者に対しても、当日同様に口頭で説明し、研究協力に対する同意を得た。

産業医科大学倫理委員会において令和

2 年 10 月 21 日付けで承認された。(承認番号: R2-039)

C. 研究結果

調査期間の約 1 年間に同意を得て調査した対象者数は 371 名であり、平均年齢は  $38.4 \pm 10.5$  歳、男性 232 人、女性 139 人であった(表 1)。

表 1 参加者の基本属性 (N=371)

	項 目	n (%)
年代	～29 歳	75 (20.2)
	30～39 歳	146 (39.4)
	40～49 歳	87 (23.5)
	50～59 歳	42 (11.3)
	60 歳～	19 ( 5.1)
	不明	2 ( - )
性別	男性	232 (62.5)
	女性	139 (37.5)
職種	医師	195 (52.6)
	看護師	80 (21.6)
	診療放射線技師	33 ( 8.9)
	臨床工学技師	18 ( 4.9)
	言語療法士	2 ( 1.3)
	薬剤師	2 ( 0.5)
	大学職員	13 ( 3.5)
	補助職員	20 ( 5.4)
	その他	8 ( 2.2)

調査に協力が得られた 371 名のうち、精密検査の対象となったのは 87 名であり、その平均年齢は  $43.5 \pm 11.4$  歳であった (表 2)。

要精密検査対象者のうち 22 人は、任意で保険診療による眼科専門医による精密検査を受けた。精密検査の結果、異常を認めなかったのは 3 名で、残りの 19 名 (86.4%) は、水晶体に何らかの所見を認めた (表 3)。

有所見者のうち白内障と診断されたのは 13 名であった。そのうち 2 名はアトピー性皮膚炎による白内障、4 名 (50～65 歳) は経年齢性変化を主とした軽度の白内障、1 名は先天性の白内障、1 名は近視性の白内障であった。また、残りの 5 名には複数

の水泡状混濁 (VC1-3) が認められたが、その年齢層は 30～43 歳であった。同対象者の職種は、放射線科医 1 名、麻酔科医 1 名、呼吸器内科医 1 名、IVR や ERCP などの放射線診療に携わる看護師 1 名、臨床工学技師 1 名であった。

これらの水晶体所見と職業被ばくとの関連を検証するために、対象者らの実効線量および水晶体等価線量について追加調査を行った。その結果、法令による被ばく線量限度 (実効線量 100mSv/5 年、50mSv/年、眼の水晶体 100mSv/5 年かつ 1 年 50mSv 以下) を超える者はいなかった。

水泡状混濁をみとめた 30～43 歳の 5 名の水晶体等価線量は、平均  $0.36 \pm 0.16$ mSv/5 年 (Median 0mSv/5 年) であり、

またその 5 名を含む白内障所見を認めた 13 名全体の水晶体等価線量は、平均  $4.31 \pm 13.49\text{mSv}/5$  年 (Median  $0\text{mSv}/5$  年) であった。そのうち最も線量が高かったのは、循環器内科医の 54 歳男性の  $50.9\text{mSv}/5$  年であった。一方、有所見者を除くその他の

従事者の水晶体等価線量は、平均  $1.01 \pm 3.14\text{mSv}/5$  年 (Median  $0\text{mSv}/5$  年) であった。有所見者とそれ以外の従事者との比較において、Mann-Whitney の U 検定にて群間比較を行なった結果、有意差は認めなかった ( $p=0.502$ )。

表 2 要精密検査対象者の基本属性 (N=87)

	項目	n (%)
年代	～29 歳	9 (10.2)
	30～39 歳	28 (31.8)
	40～49 歳	24 (27.2)
	50～59 歳	17 (19.3)
	60 歳～	10 (11.3)
性別	男性	58 (65.9)
	女性	30 (34.1)
職種	医師	46 (52.9)
	看護師	16 (18.4)
	診療放射線技師	8 (9.2)
	臨床工学技師	3 (3.4)
	大学職員	9 (10.3)
	補助職員	3 (3.4)
	その他	2 (2.3)

表 3 要精密検査対象者の内訳 (N=22)

	項目	n
所見	異常なし	3
	白内障	13
	微小もしくは軽度混濁	3
	経年変化	2
	正常眼圧緑内障疑い	1

#### D. 考察

今回、個人線量計のデータを検証した結果、有所見者に被ばく線量限度を超える者

はおらず、また有所見者以外との有意差も認めず、被ばく線量と水晶体所見(白内障)との関連は明らかとはならなかった。

後囊下 Vacuoles は放射線白内障と関連があるとされるが、その他の要因が影響している可能性があることも否定できない。

また他の背景要因としては、今回検証したのは 2017 から 2021 年の 5 年間のデータにとどまったが、その以前の線量データを検証出来ていない。今後はさらに以前のデータも含めて検証を行う必要がある。事前の同施設における調査では、日常的に IVR 等の診療行為に携わっているにも関わらず、線量管理の対象者として確認できなかった医師も少なからず認めており、個人線量計の装着率が 100%とは言えない状況がある。加えて、被ばくの管理対象となっても、放射線診療時に必ずしも個人線量計を着けていないケースも散見される。これらは被ばく線量データとして検出、積算されていないため、十分に検証出来ない面があると言える。加えて、他施設で受けた被ばくの線量情報も把握されないことから、過去の被ばく線量を含めた検証も困難な状況である。

このように線量評価との検証においては課題があるものの、放射線誘発白内障は、混濁や Vacuoles を初期病変として時間と共に進行し、やがて視機能低下を生じさせる混濁に至ると考えられている。本調査で 30～43 歳に複数認められた水泡状混濁 (Vacuoles) は、初期の放射線白内障として、その後の視覚障害につながる可能性があるため、今後も長期的な調査が求められる。

本調査は、未散瞳下の撮影であり、検出精度としては十分とは言えない可能性もあるが、要精査検査者の陽性率は 23.3%であった。精密検査に対しては、任意であったため、対象者 91 名のうち 69 名が現

時点で未受診となっている。今後も引き続き精密検査については行っていく方向である。

2021 年の法改正により、水晶体等価線量が年間 20mSv を超えるなどリスクが高い労働者には眼科医が検診を行う指針となっている。ただ、放射線白内障の発症がしきい値のない確率的影響である可能性を示唆、支持する疫学研究や動物実験がある。放射線白内障が、従来考えられていた被ばく量より大幅に低線量で生じる可能性が出てきたことで、放射線業務従事者の被ばく防護では、年間水晶体等価線量限度 (20 mSv/5 年平均) を守るだけでなく、防護の最適化に努めなければならないものと言える。

医療現場で放射線業務に従事する者は、日常かつ不定期に被ばくを受ける可能性がある。その被ばく線量は、概ね低線量域であるものの、診療行為の種類や状況によっては、一時的に高い線量の被ばくを受ける可能性もある。したがって、医師のみならず日常的に被ばくの機会がある診療放射線技師や看護師、その他医療現場や研究目的等で放射性物質を取り扱うさまざまな職種に対しても個人の線量管理を徹底する体制づくりがやはり不可欠である。

本調査は、対象施設に在籍する放射線業務従事者およそ 380 名を対象として実施したが、97.6%の高い参加率が得られた。この背景としては、対象施設の健康診断の受診率はほぼ 100%であり、そのなかで電離放射線健康診断と同時に調査を実施出来たこと、また散瞳処置が不要で、かつ数分程度で受けられるという簡便さもあつたと推察する。さらに、電離放射線障害防止規則の改正後すぐのタイミングで調査

を行ったことも対象者の関心を高めた可能性がある。

本調査後、参加者からは水晶体被ばくに対する関心が高まったという声や、放射線防護具に関する要望の声が複数聞かれ、健康診断時に水晶体検査を行ったことで、従事者らの被ばく防護への関心を高める副次的効果もあったとみている。

医療分野以外では東京電力福島第一原子力発電所事故後の廃炉作業の従事者に対し、電離放射線障害防止規則の改正以前から長期的な健康管理プログラムにおいて水晶体白内障の検査が導入、実施されている。

白内障は、被ばく時点から症状が出るまで潜伏期が長く、がんなどとともに関与に分類される。したがって6月以内ごとの電離放射線健康診断における実施では、水晶体にはそれほど変化が見られないと考えられるが、雇入れ又は放射線業務に配置換えの際および、その後適切な時期に実施することについては導入を検討する意義があると考えられる。

#### E. 結論

徹照カメラを用いた水晶体撮影は、簡単な訓練を行った上で眼科医以外でも実施可能で、未散瞳でも放射線白内障の初期病変である Vacuoles を見つけることが出来、比較的簡便な水晶体検査として、電離放射線健康診断への導入の有用性が示された。個人被ばく線量との検証の結果では、有所見者に線量限度を超える者はおらず、また、有所見者以外の線量との有意差も認めず、被ばく線量と水晶体所見（白内障）との関連は明らかとはならなかった。

医療現場で放射線業務に従事する者は、

日常かつ不定期に被ばくを受ける可能性があり、診療行為の種類や状況によって、一時的に比較的高い線量の被ばくを受ける可能性もある。したがって、医師のみならず日常的に被ばくのある診療放射線技師や看護師、その他医療現場や研究目的等で放射性物質を取り扱う様々な職種に対しても個人の線量管理を徹底する体制づくりが不可欠である。

#### F. 健康危機情報

なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

1) 永田竜朗、栗山知子、喜多村紘子、掛田伸吾、櫻田尚樹、盛武敬、近藤寛之. 簡易型徹照カメラを用いた放射線業務従事者の水晶体検診、第92回九州眼科学会、2022年5月27-29日、沖縄

#### H. 知的所有権の取得状況

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし

#### I. 引用文献

[1] Nakashima E, Neriishi K & Minamoto A (2006): A reanalysis of atomic-bomb cataract data, 2000-2002: a threshold analysis. Health Phys 90: 154-160.

[2] Neriishi K, Nakashima E, Minamoto A,

Fujiwara S, Akahoshi M, Mishima HK, Kitaoka T & Shore RE. (2007): Postoperative cataract cases among atomic bomb survivors: radiation dose response and threshold. *Radiat Res* 168: 404-408.

[3] Chodick G, Bekiroglu N, Hauptmann M *et al* (2008): Risk of Cataract after Exposure to Low Doses of Ionizing Radiation: A 20-Year Prospective Cohort Study among US Radiologic Technologists. *American Journal of Epidemiology* 168: 620-631.

[4] Junk A K, Haskal Z & Worgul B V (2004): Cataract in interventional radiology—an occupational hazard? *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 45: 388-388.

[5] Vano E, Kleiman N J, Duran A, Rehani M M, Echeverri D & Cabrera M (2010): Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. *Radiat Res* 174: 490-495.

[6] Toshiyuki Hayashida, Hiroshi Sasaki, Nobuyuki Hamada, et al: Issues behind Radiation Management of Workers at Fukushima Nuclear Power Plant of Tokyo Electric Power Company —From the Viewpoint of Radiation Exposure of the Ocular Lens and the Biological Effects to the Lens—. *Jpn. J Health Phys*, 52: 88-99, 2017.

## 2. 電離放射線健康診断を受ける医療従事者の職業防護に対する意識調査

### A. 研究目的

医療施設の放射線業務従事者に対する教育訓練は、医療法、労働安全衛生法によって定められ、関係法令や電離放射線の生体影響など医療放射線に係る安全管理を目的とした内容が規定されている。その内容は、各施設が任意で定め実施している。

これまでの調査で、従事者の被ばく防護に関する事項やその教育の具体的内容は、施設によって異なることが分かっている。さらに、個人線量計や個人防護具の使用状況などを含む防護策のあり方も施設間、さらに各職場や職種によって差があることが明らかとなっている。防護対策の見直しや教育訓練においては、こうした客観的な情報をふまえて、従事者が自身の就業環境における職業ひばく防護策に関して、どの程度問題意識をもっているのかを把握することが重要であると考えた。また、健康診断やその結果を受け取る際は、健康意識が高まる傾向にあり、電離放射線健康診断の受診時を活用して、健診案内とともに本調査を実施した。

本研究では、放射線業務従事者自身が被ばくの低減・管理に関する認識を調査し、放射線業務に従事する医療職者の職業被ばく防護策のマネジメントを進める上でこの課題を検討することを目的とした。

### B. 研究方法

#### (1) 対象およびデータ収集期間

福岡県内の一医療機関(大学および同大学の附属病院)に在籍し、放射線業務に従事する約380名を対象とした。データ収集期間は、2021年10月～2022年9月の1年間とした。

#### (2) データ収集方法

健康診断業務を担う部署に対し、事前に研究目的、方法、意義等を説明し、本調査の説明文書および質問紙の配布を、電離放射線健康診断の案内に同封した形で各所属部署への配布を依頼した。本調査は、無記名自記式調査の留め置き法であり、対象者には質問紙を受け取って回答を記入した後、健診会場内に設置された回収用箱に投函して頂き、後日研究者が回収した。

### (3) 調査内容

#### (1) 基本属性

性別、年代 (20、30、40、50 才以上)、IVR (血管造影) もしくは ERCP (内視鏡的胆管造影) への従事の有無、個人線量計 (ガラスバッジ) の保持個数 (1 個、2 個)

(2) 被ばく防護対策に関する次の 13 項目「放射線の「外部被ばく」から身を守るための 3 つの原則を理解している (3 原則の理解)」、「上の 3 つの原則をもとに、自らの被ばくを低くするための行動を意識している (原則を意識した行動)」、「ガラスバッジは、放射線業務を行うときにいつも所定の位置に着けている (ガラスバッジの装着)」、「被ばく線量結果通知 (個人用報告書) の数値を、毎月見て確認している (線量結果の確認)」、「法律で定められた自身の線量限度の値がどの位か、おおよそ分かっている (線量限度の把握)」、「自らの被ばくを防ぐためには、どの防護具が必要か分かっている (必要な防護具の認識)」、「今後も業務上の被ばくが続くことによる、自らの健康への不安や疑問はない (被ばくへの不安や疑問はない)」、「立入る管理区域内に、必要な防護具 (防護板、防護メガネ等) が充足している (必要な防護具の充足)」、「従事者の被ばく防護について、職場で確認できる資料 (マニュアル等) があ

る (被ばく防護の指針)」、「従事者の被ばく防護について、情報が得られる教育的機会 (講習会等) がある (教育的機会)」、「自身の被ばくや防護の方法について確認したい時、誰に聞いたら良いか分かる (確認できる人がいる)」、「他職種とも連携・協力して、被ばく防護に取り組める関係性がある (他職種との連携・協力)」、「総合的に医療従事者の被ばくを管理・低減するために必要な対策は、現時点で十分に行われていると思う (総合満足度)」

上記項目に対する回答は、「1: 全く思わない」、「2: あまり思わない」、「3: どちらともいえない」、「4: すこし思う」、「5: とても思う」のリッカート法 5 件法とした (別紙 1-b)。なお、調査票の使用に先立ち、医療従事者の被ばく防護研究を専門とする 6 名にて検討を行い、内容妥当性を確保した。

#### (4) 分析方法

被ばく防護対策に関する総合評価とその他の質問項目との比較に Spearman の順位相関係数を算出した。項目間で高い相関を認めた場合は符号の逆転が生じうる類似項目とみなし、従属変数との相関が低い方の項目を除外した。続いて A~L の項目が総合評価 (M) に及ぼす影響を検討するために、A~L の項目を独立変数、総合評価 (M) を従属変数として重回帰分析 (ステップワイズ法) を行った。統計学的な有意水準は 5% とし、統計ソフトは SPSS (Ver. 25 for Windows) を使用した。

#### (5) 倫理的配慮

質問紙は無記名とし、記入後は健康診断会場受付カウンターに設置した回収用の箱に投函していただくことによりプライバシーに配慮し、質問紙の提出にて同意を

得たものとした。なお、本研究は産業医科大学倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号：R2-039)。

### C. 研究結果

対象者およそ 380 名に配布し、340 名から回収した(回収率 89.5%)。回答者らの基本属性を表 1 に示す。

表 1 参加者の基本属性 (N=340)

	項目	n (%)
年代	～29 歳	70 (20.6)
	30～39 歳	128 (37.6)
	40～49 歳	84 (24.7)
	50～59 歳	53 (15.6)
	不明	5 ( 1.5)
性別	男性	208 (61.2)
	女性	129 (37.9)
	不明	3 ( 0.9)
職種	医師	166 (48.8)
	看護師	78 (22.9)
	診療放射線技師	34 (10.0)
	臨床工学技師	17 ( 5.0)
	その他	39 (11.5)
	不明	6 ( 1.8)

いずれの項目も、総合満足度と有意な関係性を認めた(表 2)。A と B、K と L、L と M の項目間には、0.65 以上の高い相関を認めたため A と L の項目を削除したうえで、重回帰分析を行った。その結果、有意な項目として抽出されたのは、G「被ばくへの不安や疑問がない」

( $\beta = 0.094$ 、 $p = 0.042$ )、H「必要な防護具の充足」( $\beta = 0.134$ 、 $p = 0.004$ )、I「被ばく防護の指針」( $\beta = 0.179$ 、 $p = 0.001$ )、J「教育的機会」( $\beta = 0.146$ 、 $p = 0.006$ )、K「他職種との連携・協力」( $\beta = 0.354$ 、 $p < 0.001$ )であった。(表 3)

表2 総合満足度と各変数の相関関係

	相関係数
A 三原則の理解	0.396**
B 防護の原則を意識した行動	0.405**
C ガラスバッジの装着	0.378**
D 線量結果の確認	0.390**
E 線量限度の把握	0.411**
F 必要な防護具の認識	0.364**
G 被ばくへの不安や疑問がない	0.379**
H 必要な防護具の充足	0.483**
I 被ばく防護の指針	0.541**
J 教育的機会	0.520**
K 確認出来る人の存在	0.550**
L 他職種との連携・協力	0.636**

\*\*  $p < 0.01$

表3 重回帰分析結果

説明変数	$\beta$ 標準回帰係数	$p$ 値	t 値	VIF
A 三原則の理解	-	-	-	-
B 防護の原則を意識した行動	0.55	0.293	1.053	1.757
C ガラスバッジの装着	0.45	0.344	0.948	1.484
D 線量結果の確認	0.87	0.093	1.685	1.716
E 線量限度の把握	-0.64	0.253	-1.144	2.008
F 必要な防護具の認識	-0.65	0.211	-1.255	1.729
G 被ばくへの不安や疑問がない	0.094	0.042	2.042	1.379
H 必要な防護具の充足	0.134	0.004	2.883	1.398
I 被ばく防護の指針	0.179	0.001	3.324	1.892
J 教育的機会	0.146	0.006	2.783	1.794
K 確認出来る人の存在	0.354	<0.001	6.761	1.782
L 他職種との連携・協力	-	-	-	-

目的変数：総合満足度、調整済み  $R^2=0.486$

VIF：Variance Inflation Factor

#### D. 考察

重回帰分析の結果から「他職種との連携・協力」が、所属機関の職業被ばく防護対策に対する放射線業務従事者の満足度を最も高めたことが分かった。そのほか「被ばく防護の指針」や「教育的機会」、「必要な防護具の充足」についても、その

影響度は大きいとは言えないものの有意差を認めた。他方、「防護の原則を意識した行動」や「線量限度の把握」といった従事者の認識や防護行動の高さに関する事項は、総合的な満足度に影響しないことが確認された。

以上のことから、医療機関における放射

線業務従事者の被ばく防護対策への満足度には、個人のレベルの認識や防護行動よりも、職場環境に関する因子が関係していることが示唆された。

実際、IVR や ERCP などの放射線診療現場では、複数の医療専門職が連携しながら患者の治療にあたる。そのため、「他職種との連携・協力」のあり方は、被ばく防護対策への満足度だけでなく、その過程で受ける職業被ばく線量へも影響を及ぼす可能性があると考えられる。

研究の意義として、対象施設における放射線業務従事者の職業被ばく防護に対する認識とその満足度を向上させる要素の示唆を得ることができた。また、今回有意差を認めた項目は、いずれも放射線防護マネジメントシステムを進めることにより改善が期待できる内容であると言える。

被ばく防護策に対する満足度を高めることによって、各自が安心して働ける職場環境づくりや協力的意識をより強化することにつながることを期待できる。一方で医療現場における被ばく低減は、スタッフが主体的かつ共通認識をもって取り組むことが肝要である。したがって、多くの時間や防護具の装備費用を投じて実施される防護対策や被ばく管理が一方的なものに留まらず、現場のスタッフの意識に対しても効果的な作用をもたらすことできる

よう意図的に働きかけることも有用と考えられる。

#### E. 結論

医療機関における放射線業務従事者の被ばく防護対策への満足度には、個人のレベルの認識や防護行動よりも、職場環境に関する因子が関係していることが示唆された。被ばく防護策に対する満足度を高めることによって、各自が安心して働ける職場環境づくりや協力的意識をより強化することにつながることを期待できる。

#### F. 健康危機情報

なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

なし

#### H. 知的所有権の取得状況

##### 1. 特許取得

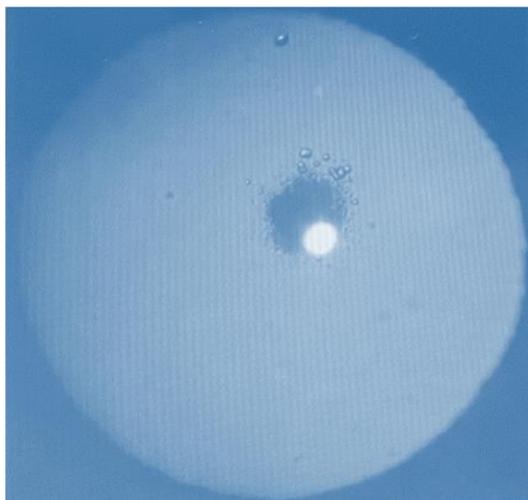
なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし



(使用する徹照カメラでの検査の様子)

## 調査研究への協力をお願い 「放射線業務従事者 の水晶体検査」

期間) 2021年10月6日(火)

～2022年3月末予定

時間) 健診時間内 9:00～11:00

場所) 健診会場内(水晶体検査室)

対象) 健診案内に検査書類が同封されていた方

参加方法) 健診会場へ同意書をご持参ください

※ 問診表提出のみ(裏月)の方は、眼科外来で行います。

お電話下さい(内線:3280)

放射線に感受性が高い臓器の一つである水晶体は、被ばくにより混濁、白内障が生じます。従来考えられていたよりも低い被ばく線量で放射線白内障が生じることが判明し、電離放射線障害防止規則等関係法令が改正されました(R3年4月施行)。これにより、放射線業務従事者が眼の水晶体に受ける等価線量限度が引き下げられています。

現状では、医療機関で放射線業務に従事している方々が、眼の水晶体検査を受ける機会はほとんどありません。これを受けて、産業医科大学(病院)では、同意を得られた方を対象に、実態評価を目的とした水晶体調査を行います。

### 【研究実施責任者】

産業・地域看護学 教授 櫻田尚樹

### 【問い合わせ先】

産業医実務研修センター 准教授 喜多村紘子(PHS:4932)

産業・地域看護学 特任助教 栗山知子(PHS:8642)



検査 ID «No»

※受診の際は、必ずこちらの用紙をご持参ください。  
(ご持参がない場合は、受付ができません)

«所属先»

«氏名» 様

## 「放射線業務従事者の水晶体検査」に関する結果

先日、ご協力頂きました放射線業務従事者に対する水晶体検査の結果は、以下の通りです。

受診日 2021年«月»月«日»日

判定医： 眼科 永田竜朗

<b>異常なし</b>
<p><b>再検査</b> 細かい異物の映り込み等が原因で、異常の有無の正確な判定が出来ませんでした。当大学病院にて再検査を受けられることをお勧めいたします。</p> <p><b>【受診方法】</b> ※診察代はかかりません。</p> <p>① 事前予約：眼科外来(内線 3280) へご連絡いただき、「放射線業務従事者の水晶体検査の再検査」とお伝えください。</p> <p>② (当日)受診：本用紙をご持参の上、外来窓口へ直接お越しください。</p>
<p><b>要精密検査</b> 所見が認められました。眼科の受診をお勧めいたします。</p> <p><b>【受診方法】</b> ※当大学病院で受診される場合、選定療養費 5,500 円は免除されます。</p> <p>① 事前予約：眼科外来(内線 3280) へご連絡いただき、「放射線業務従事者の水晶体検査の精密検査」とお伝えください。火曜日または金曜日午前の新規患者予約となります。</p> <p>② (当日)受付：病院 1 階の総合受付にて、本用紙と健康保険証をご提出ください。</p> <p>③ (当日)受診：病院 2 階の眼科外来窓口にお越しください。</p> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">+++ ご注意ください +++</p> <p>眼科医の判断により散瞳処理を行うことがあります。その場合、数時間は眩しく感じたり、視界がぼやけたりしますので、検査後 5-6 時間は車の運転を控えていただく必要があります。検査後のお仕事や運転に支障のない日時を選んで受診してください。</p> </div>

※当大学病院にて再検査または精密検査をお受けいただける期間は、  
本結果のお受け取りから半年間とさせていただきます。

研究実施責任者) 産業医科大学 産業保健学部  
産業・地域看護学 櫻田尚樹  
お問合わせ先) 産業・地域看護学 栗山知子  
[kuritomo@med.uoeh-u.ac.jp](mailto:kuritomo@med.uoeh-u.ac.jp) PHS:8642

今後の参考に、よろしければ水晶体検査に対するご感想をお聞かせ下さい(5項目)ご質問・ご相談も受け付けております。



労災疾病臨床研究事業費補助金  
分担研究報告書

【従事者の線量計装着実態の把握】

1. 医療施設における非血管系撮影およびインターベンショナルラジオロジーに  
対する放射線管理安全チェックリストの有効性

研究分担者 櫻田 尚樹（産業医科大学産業保健学部産業・地域看護学 教授）

研究協力者 永元 啓介（産業医科大学病院放射線部）

研究要旨

【目的】 Interventional radiology: IVR 時に用いられている安全チェックリスト（IVR 用 SC）に個人被ばく線量計管理項目を追加した放射線管理安全チェックリスト（RMSC）を導入し、透視検査に従事する医師の線量計着用の改善効果を評価した。

【方法】 初めに介入前調査として IVR 用 SC を用いて個人被ばく線量計装着の有無を目視で調査をおこなった。さらに、介入期間中に RMSC を用いて目視で装着状況を確認し、装着忘れや装着位置の不備があった場合はタイムアウト時にその都度指摘を行った。

【結果】 介入期間前の個人線量計装着率は 58.2%であったが、RMSC を用いた介入期間中は 80.1%に達し ( $\chi^2(2) = 21.254, p < 0.01, \phi = -0.227$ )、RMSC 導入により医師の線量計装着率が向上した。しかし、介入期間前と介入期間中の放射線業務従事者登録をしていない医師はそれぞれ 40.1%と 37.9%であり、RMSC 導入によって登録率を有意に改善することはできなかった ( $\chi^2(2) = 0.349, p = 0.554, \phi = -0.023$ )。

【結語】 本調査結果より、透視検査に従事する医師の個人用線量計装着の装着率が 100%でないことが明らかになった。この結果は、透視検査など放射線被ばくを伴う日常診療に携わる医師において、放射線障害のリスクが見過ごされている可能性が示唆されるため、放射線被ばくによってリスク上昇するすべての医師に個人線量計の使用を義務付ける放射線管理システムの構築が急務である。

A. 研究目的

Interventional radiology: IVR は、多くの専門領域で技術革新を遂げており、患者の治療だけでなく治療後の QOL (Quality of Life) の担保といった観点から、欠くことのできない医療手技となっている。そのため、IVR に携わる医療従事者は、検査件数の増加や手技の複雑さによる検査時間の延長などの要因によって職業上の被ばくが問題となっている<sup>(1-5)</sup>。

国際原子力機構（International Atomic Energy Agency: IAEA）は、放射線防護眼鏡や天吊型防護板を用いることによって被ばく低減が可能であるとの情報を発信し、水晶体防護の重要性を啓蒙している<sup>(6)</sup>。また国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection: ICRP）は、「放射線被ばくの十分な管理を達成し、維持するための第一の責任は、その被ばくをもたらす操作を行う事業体の管理組織体にかかっている」<sup>(7)</sup>、「放射線被ばく管理に

は、組織の確立、プログラム、適切な監査機能が必要である」<sup>(8)</sup>と述べており、職業被ばくの管理には、組織による放射線管理体制の必要性が報告されている。

また、2009年に世界保健機関（World Health Organization: WHO）は、“WHO Guidelines for Safe Surgery 2009”<sup>(9)</sup>を勧告し、手術患者の安全性を高めるための安全手術チェックリスト（Surgical Safety Checklist: 外科用 SC）を開発した。この外科用 SC は、それぞれの診療領域でカスタマイズされ、手術を行う上で生じる有害事象を回避し、ヒューマンエラーを低減するのに役立っている<sup>(10-13)</sup>。そのため、外科的手術のみならず、IVRにも外科用 SC を導入する施設が増えている<sup>(14-17)</sup>。そこで、IVR時に導入されている IVR 用 SC に個人被ばく線量計装着に関する事項を実装する（Radiation Management Safety Checklist (RMSC)と呼ぶ）と、IVR用 SC と同じように患者の安全性を担保し、かつ、医療従事者の放射線被ばく管理を実施できることが想定される。しかしながら、これら IVR 用 SC に放射線管理を実装した報告は未だなされていない。

そこで本研究ではまず、調査対象病院における医師の個人線量計の装着状況を、調査者が目視によって実態調査を行った。次に、直接的な介入として、RMSC を用いて手技を開始する直前のタイムアウト時に、個人被ばく線量計が正しく装着されているかを医療従事者で相互確認し、不備があれば適正な装着を口頭で促した。最後に、この直接的な介入の効果、透視検査に従事する医師の個人被ばく線量計装着率から評価した。

## B. 研究方法

本研究ではまず、X線透視検査に従事する医師の個人被ばく線量計装着状況の実態を IVR 用 SC 時に目視にて調査した（介入前）。次に、直接的な介入として透視手技の開始前に、主治医（執刀医）、診療放射線技師、看護師がいっせいに手を止めて行うタイムアウト時に RMSC を用いて個人被ばく線量計装着の相互確認（介入期間中）し、不備があれば装着を口頭で促した。最後に介入による影響を、主に主治医（執刀医）の個人被ばく線量計装着状況の観点から解析を行った。

### 測定対象

ソーシャルネットワーク（SNS）を利用して、日本の医療施設（n=25）を対象に X 線透視検査室に従事する医師 72 名（泌尿器科: 7 名、リハビリテーション科: 6 名、放射線科: 4 名、小児科: 8 名、整形外科医師: 11 名、脳神経外科: 4 名、消化器内科: 14 名、腎臓内科: 7 名、消化器外科 11 名）の個人被ばく線量計装着状況のアンケート調査を実施した。

2021年5～6月（2ヶ月間）を介入期間前、2021年7月～8月（2ヶ月間）を介入期間中とし、それらの期間に実施した 1,165 症例（介入期間前: 655 症例、介入期間中: 510 症例）の透視検査を対象とした。このうち、透視検査時に IVR 用 SC と RMSC を用いてタイムアウトを実施した、676 症例（介入期間前: 304 症例、介入期間中: 372 症例）について、医師の個人被ばく線量計の装着状況を、担当する診療放射線技師が目視で確認した。さらに、介入期間中に個人被ばく線量計未装着の医師には、放射線防護衣の内外に電子式個人線量計装着し 1 症例ごとの職業線量測定を行った。すべての医師は放射線防

護衣 (0.25- or 0.35-mm-Pb equivalent) を着用していた。本調査に参加した医師は不均等被ばく管理のため、2 個の線量計で被ばく線量を管理する‘double dosimetry’を行っている者を対象とした(18, 19)。

### 個人被ばく線量計装着率の調査方法

本研究では、透視検査に従事する double dosimetry を行っている医師を対象とした。double dosimetry は個人被ばく線量計 (ガラスバッジ、千代田テクノル、日本、Japan. Luminess Badge, NAGASE-LANDAUER、LTD., Ibaraki, Japan) を放射線防護衣の外側(頭頸部)と放射線防護衣の内側に(胸部もしくは腹部)それぞれ 1 個ずつ装着した状態を示す (図 1)。



図 1 (A) 線量計はリードエプロンの下 (A、白点線) と上 (B、ガラスバッジ) に 1 つずつ設置することにした。(B) 個人線量計を装着していない人には、電子式個人線量計 (EPD) (PDM-127B-SZ、日立、東京、日本) 2 台をリードエプロンの下 (A、オレンジ点線) および上 (B、EPD) に配置した。

介入期間前および介入期間中のタイムアウト実施時に、担当する診療放射線技師が目視で調査を行った。調査に用いた RMSC は既存の資料(14)に線量計装着確認欄を追加した (図 2)。

Radiology Department	Fluoroscopic examination	2022/04/01	No.
SAFFTY CHECKLIST		Room No.	
PATIENT NAME		Fluoroscopic time: min_s	
DATE OF BIRTH		DAP: mGy · m <sup>2</sup>	
PROCEDURE		K <sub>a</sub> , r: mGy	
<b>SIGN IN</b>	✓ N/A	<b>TIME OUT</b>	✓
<b>SIGN OUT</b>	✓ NO N/A		
Has the patient confirmed:		All team members present	<input type="checkbox"/>
Identity	<input type="checkbox"/>	Nursing assessment from inserted	<input type="checkbox"/>
Site and side	<input type="checkbox"/>	Patient identity	<input type="checkbox"/>
Fasting	<input type="checkbox"/>	Procedure	<input type="checkbox"/>
Informed consent signed	<input type="checkbox"/>	Site and side	<input type="checkbox"/>
Coagulation screen / Lab tests checked	<input type="checkbox"/>	Protocol (imaging)	<input type="checkbox"/>
IV access	<input type="checkbox"/>	contrast media	<input type="checkbox"/>
Allergies and/or Prophylaxis checked	<input type="checkbox"/>	Dosimeter	<input type="checkbox"/>
Confirmation when anticholinergics are used	<input type="checkbox"/>		
Anticoagulant medication stopped	<input type="checkbox"/>		
Compiler Signature		Compiler Signature	Compiler Signature

図 2 放射線管理安全チェックリスト (RMSC) は、既存の IR 用 SC に線量計の設置に関する項目を追加した。線量面積積 (DAP)、空気カーマ (K<sub>a</sub>, r)、静脈内アクセス (IV アクセス)、画像保存通信システム (PACS)。

個人被ばく線量計の装着状況は 3 つにカテゴリ分類した。装着: 個人被ばく線量計を放射線防護衣内外の適切な位置に装着している。未装着: 個人被ばく線量計を放射線防護衣内外の適切な位置に装着していない。もしくは、タイムアウト時に個人被ばく線量計を装着していない状態を示す。未登録: 透視検査に従事しているが、放射線業務従事者登録を行わずに検査に従事している状態を示す。なお、式(1)、(2)に従い、線量計装着率、未登録者の検査実施率を算出した。

$$\text{装着率} = \frac{\text{装着回数}}{(\text{調査回数} - \text{未登録検査実施回数})} \dots \text{式(1)}$$

$$\text{未登録者検査実施率} = \frac{\text{未登録者検査実施回数}}{\text{調査回数}} \dots \text{式(2)}$$

ただし、装着率: 医師が線量計を装着して検査を実施した割合、装着回数: 線量計を定められた位置に装着していた回数、調査回数: 診療放射線技師が目視調査した回数、未登録

検査者実施回数: 放射線業務従事者未登録者が透視検査を実施した回数、未登録者検査実施率: 放射線業務従事者登録を行っていない医師が透視検査を実施した割合

### 職業線量

介入期間中の個人被ばく線量計未装着の医師を対象に、電子式個人被ばく線量計配布し 1 症例ごとの職業線量測定を行った。測定方法は電子式個人被ばく線量計を放射線防護衣の内外側にそれぞれ 1 個ずつ装着した。測定された 1cm 線量当量( $H_p(10)$ )を用いて、全身の「実効線量」の推定値とした。これは、電離放射線への被ばくによる生物全体へのがんリスクの尺度として ICRP によって定義された理論上の量である。本研究の実効線量を推定するために、放射線防護衣内外の電子式個人被ばく線量計の測定値から、式(3) を用いて実効線量を推定した。

$$E = 0.11H_a + 0.89H_b \cdots \cdots \text{式(3)}$$

ただし、

E: 実効線量 ( $\mu\text{Sv}$ )

$H_a$ : 放射線防護衣外側の被ばく線量 (頭頸部) ( $H_p(10)$ ) ( $\mu\text{Sv}$ )

$H_b$ : 放射線防護衣内側の被ばく線量 (胸部) ( $H_p(10)$ ) ( $\mu\text{Sv}$ )

リアルタイム半導体線量計を用いた被ばく線量測定

リアルタイム半導体線量計を用いて、透視検査における放射線科医師の  $H_p(10)$  を実測した。職業線量の測定には、医療領域で個人モニタリングに用いられているリアルタイム半導体線量計 (RaySafe i3: Unfors RaySafe、Sweden; i3 線量計、図 3) を使用

した。i3 線量計は被ばく線量を 1 秒ごとに測定記録する個人線量計である。データは、i3 リアルタイムディスプレイにワイヤレスで転送される。この i3 線量計を放射線科医師の胸部 (図 4) に装着し  $H_p(10)$  の測定を行った。



図 3 リアルタイム半導体線量計 (RaySafe i3)



図 4 i3 線量計の装着位置

本調査では、食道造影 (n = 5) に従事する放射線科医師 (n = 2) の立ち位置の違いを評価するために、患者近傍で検査を実施する第一手技者 (n = 2) と患者から離れた位置で検査補助を実施する第二手技者 (n = 2) にそれぞれ i3 線量計を装着した。

#### 統計

介入期間前と介入期間中の線量計装着率の差は、ピアソンのカイ二乗検定で確認した。差は  $p < 0.05$  で統計的に有意とみなした。すべての分析は、Statistical Package for the Social Sciences version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) を用いて行った。

#### 倫理について

研究プロトコルは、所属機関の倫理委員会承認された (承認番号 R1-054)。

#### C. 研究結果

##### 個人被ばく線量計の装着率

医師の線量計装着率は、介入期間前 58.2% (106/182)、介入期間中 80.1% (185/231) となった ( $\chi^2(2) = 21.254, p < 0.01, \phi = -0.227$ )。透視検査を行った医師のうち、40.1% (122/304、介入期間前)、37.9% (141/372、介入期間中) が放射線業務従事者登録をしていなかった ( $\chi^2(2) = 0.349, p = 0.554, \phi = -0.023$ )。

##### 医師の職業性被曝線量 (実効線量)

個人線量計を装着していない医師の実効線量は、 $2[0-95] \mu\text{Sv}/\text{処置}$  (中央値 [範囲]) であった。

##### i3 線量計による放射線科医師 Hp(10)

i3 線量計を用いて食道造影時の放射線科医師の Hp(10) は、第一手技者で  $21 [15 - 31]$

$\mu\text{Sv}/\text{検査}$ 、第二手技者で  $5 [3 - 9] \mu\text{Sv}/\text{検査}$  であった。

#### D. 考察

近年、外科手術の安全対策として「WHO 安全な手術のためのガイドライン 2009」が導入された<sup>17-21)</sup>。IVR 手術における SC の導入は、強固な情報共有と医療安全に対する意識の向上により、有害事象の撲滅に寄与している。このように、IVR における SC の使用は、患者の医療安全向上に有効であることが証明されている<sup>22-27)</sup>。しかし、IVR に従事する医師の放射線管理に対する SC 使用の影響を客観的に評価した研究はほとんどない。本研究では、まず、医師が個人線量計を装着しているかどうかを目視で確認した。その後、RMSC を導入し、医師の個人線量計着用率への影響を客観的に評価した。

臨床で放射線を受ける医師にとって放射線防護は必須であり、ICRP は放射線防護に関する適切かつ十分な情報提供と訓練を求めている。<sup>7)8)</sup> しかしながら、本研究の介入前の個人線量計使用率は 58.2% であり、過去の報告同様、医師の個人線量計使用率は低い<sup>6, 14-16)</sup>。

そこで、本研究で開発した RMSC を用いることによって、装着率は 80.1% に向上した。RMSC を用いることにより個人線量計の装着率を向上させることができた ( $\chi^2(2) = 21.254, p < 0.01, \phi = -0.227$ )。この要因として、装着不備者に個人的な指摘ではなく、タイムアウト時に RMSC を用いて医療従事者が相互確認することで、個人の不備ではなく医療チーム全体の問題として捉えるように意識が変化し、個人被ばく線量計の装

着に対する問題意識が高まったことで、装着率の向上に繋がったと考える。

しかしながら、放射線業務従事者登録を行わずに検査に携わる医師に関しては、RMSC を用いても改善が見られなかった。この問題を解決するには、我々が取り組んでいる放射線防護マネジメントシステム（放射線 MS）を導入し、さらなる介入の必要性を強く感じた。

また、i3 線量計を用いて食道造影に従事する放射線科医師の  $H_p(10)$ 測定をリアルタイムに実施した。調査開始前から放射線科医師らは、患者近傍で検査を実施する第一手技者の被ばく線量が高いことは認識していたが、被ばくタイミングの把握は十分に認識が出来ていなかった。そこで、i3 線量計を用いることで、被ばくのタイミングがリアルタイムにグラフ化されたため、「いつ」、「どこで」、「どのように」被ばくが発生するかを視覚的に確認することができた。本調査によって、第一手技者は撮影時に高い被ばくを受けることが明らかになったため、立ち位置や撮影時は可能な範囲で患者から離れるなど、i3 線量計によって可視化されたデータを用いることで、放射線防護対策を即時に実施することが出来た。

#### E. 結論

本調査結果より、透視検査に従事する医師の個人用線量計装着の装着率が 100%でないことが明らかになった。透視検査時の RMSC の使用により、個人線量計を装着している医師の遵守率が向上することを示した。しかし、RMSC 導入後も、放射線業務に登録していない医師の個人線量計着用率は改善されなかった。さらなる線量計装着率の改善には、施設管理責任者の強いリー

ダーシップの下、放射線 MS の導入が必要であると改めて認識された。

#### F. 参考文献

1. Kato, M., Chida, K., Ishida, T., Toyoshima, H., Yoshida, Y., Yoshioka, S., Moroi, J. and Kinoshita, T. Occupational radiation exposure of the eye in neurovascular interventional physician. *Radiation protection dosimetry*. **185**(2), 151-156 (2019).
2. Haga, Y., Chida, K., Kaga, Y., Sota, M., Meguro, T. and Zuguchi, M. Occupational eye dose in interventional cardiology procedures. *Sci Rep*. **7**(1), 569 (2017).
3. Vanhavere, F., Carinou, E., Domienik, J., Donadille, L., Ginjaume, M., Gualdrini, G., Koukorava, C., Krim, S., Nikodemova, D., Ruiz-Lopez, N. et al. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: Final results of the ORAMED project. *Radiation Measurements*. **46**(11), 1243-1247 (2011).
4. O'Connor, U., Walsh, C., Gallagher, A., Dowling, A., Guiney, M., Ryan, J. M., McEniff, N. and O'Reilly, G. Occupational radiation dose to eyes from interventional radiology procedures in light of the new eye lens dose limit from the International Commission on Radiological Protection. *Br J Radiol*. **88**(1049), 20140627 (2015).
5. Nagamoto, K., Moritake, T., Nakagami, K., Morota, K., Matsuzaki, S. and Kunugita, N. A multicenter study of radiation doses to the eye lenses of clinical physicians performing radiology procedures in Japan. *Journal of Occupational Health*. **63**(1), e12305 (2021).

6. International Atomic Energy Agency. 10 Pearls: Radiation protection of staff in fluoroscopy. (2021) Available at <https://www.iaea.org/sites/default/files/documents/rpop/poster-staff-radiation-protection.pdf>.
7. International Commission on Radiological Protection. General principles for the radiation protection of workers. ICRP publication 75. Ann(1997) ISBN 0080427413.
8. ICRP occupational radiological protection in interventional procedures. ICRP Publication 139. Ann ICRP. **47**(2), 1-118 (2018).
9. World Health Organization. WHO Guidelines for Safe Surgery, safe surgery saves lives, (2009).
10. Porter, A. J., Narimasu, J. Y., Mulroy, M. F. and Koehler, R. P. Sustainable, Effective Implementation of a Surgical Preprocedural Checklist: An "Attestation" Format for All Operating Team Members. The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety. **40**(1), 3-API (2014).
11. Haynes, A. B., Edmondson, L., Lipsitz, S. R., Molina, G., Neville, B. A., Singer, S. J., Moonan, A. T., Childers, A. K., Foster, R., Gibbons, L. R. et al. Mortality Trends After a Voluntary Checklist-based Surgical Safety Collaborative. Annals of Surgery. **266**, 92S 929 (2017).
12. Martin, L. and Langell, J. Improving on-time surgical starts: the impact of implementing pre-OR timeouts and performance pay. Journal of Surgical Research. **219**, 222-225 (2017).
13. Pham, J. C., Laupola, T. M. T., Figueira, A., Bala, J. and Chun, L. Perceived Value of the Daily Safety Briefing. J Healthc Manag. **64**(1), 44-51 (2019).
14. Corso, R., Vacirca, F., Patelli, C. and Leni, D. Use of "Time-Out" checklist in interventional radiology procedures as a tool to enhance patient safety. La radiologia medica. **119**(11), 828-834 (2014).
15. Boyum, J. H., Rosier, A. S., Tibor, L. C., Turner, M. A., Hess, A. R. and Kurup, A. N. Improving Universal Protocol Performance in Radiology through Implementation of a Standardized Time-out. RadioGraphics. **40**(4), 1182-1187 (2020).
16. Gottumukkala, R., Street, M., Fitzpatrick, M., Tatineny, P. and Duncan, J. R. Improving Team Performance During the Preprocedure Time-Out in Pediatric Interventional Radiology. The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety. **38**(9), 387-API (2012).
17. Lee, M., Fanelli, F., Haage, P., Hausegger, K. and Van Lienden, K. Patient safety in interventional radiology: a CIRSE IR checklist. Cardiovascular and interventional radiology. **35**(2), 244-246 (2012).
18. Järvinen, H., Buls, N., Clerinx, P., Jansen, J., Miljanić, S., Nikodemová, D., Ranogajec-Komor, M. and d'Errico, F. Overview of double dosimetry procedures for the determination of the effective dose to the interventional radiology staff. Radiation protection dosimetry. **129**(1-3), 333-339 (2008).
19. Clerinx, P., Buls, N., Bosmans, H. and De Mey, J. Double-dosimetry algorithm for workers in interventional radiology. Radiation protection dosimetry. **129**(1-3), 321-327

(2008).

F. 健康危機情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

1) Nagamoto, K., and Kunugita, Effectiveness of a radiation management safety checklist for non-vascular imaging and interventional radiology at a medical facility., Environmental and Occupational Health Practice., 2022, Early Public

2. 学会発表

なし

H. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

### Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

令和4年度労災疾病臨床研究事業費補助金  
放射線防護マネジメントシステムの適用と課題解決に関する研究

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Kowatari M, Nagamoto K, Nakagami K, Yoshitomi H, Moritake T, Kunugita N	Dose measurement precision of an RPLD- based eye lens dosimeter applicable to the medical sector	Radiation Protection Dosimetry	198	1303-1312	2022
Kowatari M, Yoshitomi H, Nagamoto K, Nakagami K, Moritake T, Kunugita N	Characterisation of small radiophotoluminescence dosimeter in terms of Hp(0.07) for extremity dose monitoring of medical personnel	Radiation Protection Dosimetry	accepted		2022

Nagamoto K, Kunugita N	Effectiveness of a radiation management safety checklist for non-vascular imaging and interventional radiology at a medical facility	Environmental and Occupational Health Practice	early public		2022
---------------------------	--	--	--------------	--	------