

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3年度～令和5年度 総合研究報告書

研究代表者 喜多村 紘子

令和6(2024)年3月

目次

I. 総合研究報

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

喜多村 絃子 ----- 1

(資料) 分担研究報告

1. 放射線 MS 導入支援事業への支援

喜多村 絃子、中上 晃一、茂呂田 孝一 ----- 21

2. 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支援ツールの開発と取組状況を踏まえての今後の課題

森 晃爾、中上 晃一、酒井 洸典、守屋 健太 ----- 41

3. 産業保健上の課題の整理

喜多村 絃子、中上 晃一、茂呂田 孝一 ----- 53

4. 体幹部の測定で得られた線量から眼の水晶体等価線量を推定する手法の検討

古渡 意彦 ----- 59

5. Augmented Reality (AR) を利用した体験型放射線防護教育の提案 (新たな放射線防護教育の在り方)

盛武 敬、松崎 賢 ----- 79

6. 血管造影室における線量管理の実際とこれから (RADIREC. Web サービス体制の紹介)

盛武 敬、茂呂田 孝一 ----- 89

7. 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に関する実態調査

小野 孝二、樺田 尚樹、菊名 千恵里、菊名 邦彦、新井 知大、金子 順一、小林 育夫、山口 一郎、鈴木 貴大、大熊 吉徳、栗山 知子、中上 晃一、池田 新、日野 稜介 ----- 97

8. 医療従事者の IVR 作業中の動線と滞留時間を評価するための赤外線人感センサの性能検証

小野 孝二、新井 知大、金子 順一、日野 稜介、池田 新、中尾 海太、竹吉 正侑 ----- 109

9. 医療機関の放射線業務従事者の職業被ばくに関連した実態調査

栗山 知子、茂呂田 孝一、中上 孝一、人見 剛、永元 啓介、松崎 賢 ----- 123

10. 防護具の評価、放射線被ばく防護に関するアンケート調査

掛田 伸吾、成田 将崇 ----- 129

II. 参考資料

1. 放射線 MS 導入支援事業に提供した教育・研修資料 ----- 137

III. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 187

I. 総合研究報告

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 喜多村 絃子 産業医科大学産業医実務研修センター 准教授

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導入、運用、評価およびその改良を目的とし、目的達成のため次の点に取り組んだ。

- ・厚生労働省委託事業である「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（放射線MS導入支援事業）」へ教育・研修資料を提供し、全国の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・普及に貢献する。
- ・医療機関が放射線防護マネジメントシステムを導入するにあたっての課題を明らかにし、マネジメントシステムを普及・定着させるために必要な知見を提供する。
- ・そもそもの最低限度の法令遵守である線量測定が、医療機関の放射線業務従事者において徹底される仕組みを検討する。
- ・様々な臨床場面における眼の水晶体の被ばく低減対策に繋がる知見を提供する。
- ・体幹部の測定で得られた線量から妥当な眼の水晶体等価線量を推定する手法を提言する。
- ・医療機関において放射線防護マネジメントシステムの導入を図り、その結果として放射線業務従事者の被ばく線量を低減させる。

【本研究の成果】

本研究班は、研究期間を通して放射線MS導入支援事業へ教育・研修資料を提供した。これまでに400機関以上が支援事業へ参加し、放射線MS導入に積極的もしくは必要性を感じている医療機関への支援ができた。労災疾病臨床研究（2018～2020年度、研究代表者：樺田尚樹）で開発された放射線MS（大規模医療機関を主な対象とする完全版放射線MS）を、人的資本が少ない小規模医療機関でも導入しやすいよう主目的を法令遵守に絞った簡易版放射線MSを開発、提供した。令和3年度の医療機関における放射線管理自主点検に回答した5,841機関の放射線業務従事者数による内訳は、1～5名44.6%、6～10名15.3%で、放射線業務従事者数10名以下の機関が約6割を占めた。放射線業務従事者には主に医師・歯科医師、看護師、診療放射線技師が含まれ、診療放射線技師の割合は約18%であったことを考慮すると、放射線MS導入の実務を担うことの多い診療放射線技師数は数人～1人程度の機関が多いと推測され、簡易版放射線MSの開発はニーズを満たすものであったと考える。

我々は、体幹部の測定で得られた線量から妥当な眼の水晶体等価線量の推定する手法と

して、放射線防護上の安全係数を考慮し、保守的な眼の水晶体線量は体幹部線量を約 1.6 倍して推定することを提案する。

放射線 MS 導入前の医療機関における放射線被ばく管理の課題として、病院管理者による労働者の放射線被ばく管理方針の明示、放射線業務従事者の選定基準、労働者の放射線被ばく管理組織の設置等、9 の課題を明らかにした。また、そのほとんどは放射線 MS の導入および継続的な運営が解決策の一つとなり得るものであることも示した。

放射線 MS 導入が進んでいる医療機関を対象にインタビュー調査を行い、放射線 MS 導入の促進要因として、トップのリーダーシップ、放射線管理者への責任と権限の委譲、文書作成・文書管理に係る経験とそれを受け入れやすい風土・分化等が明らかになった。

学校教育に関しては、2012 年 8 月、中央教育審議会答申において「従来のような知識の伝達・注入を中心とした授業から、教員と学生が意思疎通を図りつつ、一緒になって切磋琢磨し、相互に刺激を与えながら知的に成長する場を創り、学生が主体的に問題を発見し解を見いだしていく能動的学修（アクティブ・ラーニング）への転換が必要である。」と示されてから久しいが、放射線被ばくに関する教育でも学習効果を上げるには座学のみでなくアクティブ・ラーニング、特に体験型実習が有用であることが示された。

【残存する課題と解決策の提案】

放射線 MS 導入支援事業参加医療機関数は 2020～2023 年度で約 430 機関で、医療機関における放射線管理自主点検対象機関数 8,383（2021 年度）の約 5%に留まり、その普及は未だ十分とは言えない状況である。法令遵守および放射線被ばく管理はトップの役割であること、放射線被ばく管理の問題点の多くは放射線防護マネジメントシステムの導入で解決可能であること等を更に周知する必要があると考える。

放射線 MS に関する「医療機関での教育」に関しては、現時点では各医療機関へ委ねているが、医療機関以外の産業保健活動で労働安全衛生マネジメントの普及に携わってきた経験から、管理者に対する、法令遵守の仕組み作りや被ばく低減対策を放射線業務従事者に実施させる環境整備等は管理者の役割であることの教育、放射線業務従事者に対する、個人線量計の装着と被ばく低減対策の実施は自らの役割であることの教育、の二本立てで進めることが必要と考える。必要な教育・研修資料および各機関で教育する者への研修・教育を適切に提供できる、様々な専門分野を持つ研究者によって構成される研究班が組織されることが望まれる。

医師に関しては、限定された施設の少人数におけるデータではあるが、放射線被ばくに関する啓発や研修等の介入により個人線量計の装着率が向上したとしても、知識や意識が必ずしも向上したとは言えないことが示された。放射線業務従事者となり得る医師自身の放射線被ばく、放射線防護について、放射線や使用する放射線発生装置のハザードの理解も含め、医学部教育の中でしっかり教育する必要があると考える。

放射線 MS 導入前の医療機関における放射線被ばく管理の課題として抽出された項目のうち、「各放射線業務従事者の被ばく線量の一元管理」については、放射線 MS の導入で解決できる課題ではないと考える。実現するには、本邦全体の医療機関における放射線業務従事

者の被ばく線量管理体制を再構築する必要がある。同時期に複数機関で診療行為があったり、全国の医療機関への異動・転職があったりする医療従事者の被ばく線量を漏れなく適切に測定し一元管理しておくことは、将来的に被ばく線量を確認する必要が出てきた際を考えると、関係者間で実現に向けて協議を進めるべき事項と考える。

Web アンケートの回答で2020年度に放射線MS導入支援事業に初参加し、2019年度～2022年度の放射線業務従事者の実効線量分布が3年分以上確認できた4機関について、実効線量分布の推移を確認したが、被ばく線量が低減されたことの確認には至らなかった。放射線防護MSの導入・運営状況を含めた丁寧なインタビューおよび現地調査を組み合わせた、更に長期間のフォローアップが必要と考える。

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
掛田 伸吾	弘前大学医学部附属病院放射線診断科 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
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
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 部長

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	駒澤大学医療健康科学部修士課程
大熊 吉徳	千葉西総合病院放射線科
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
菊名 千恵里	東京医療保健大学大学院修士課程
小林 育夫	福井大学附属国際原子力工学研究所
鈴木 貴大	東京医療保健大学大学院修士課程
竹吉 正侑	駒澤大学医療健康科学部修士課程
中尾 海太	駒澤大学医療健康科学部修士課程
中上 晃一	産業医科大学病院放射線部
永元 啓介	産業医科大学産業生態科学研究部放射線衛生管理学 助教
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 駒澤大学医療健康科学部修士課程
松崎 賢 社会医療法人財団池友会新小文字病院放射線科
茂呂田 孝一 社会医療法人財団池友会新小文字病院放射線科
山口 一郎 国立医療保健科学院生活環境部 上席主任研究員

A. 研究目的

2011年、国際放射線防護委員会

(ICRP: International Commission on Radiological Protection) 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 (IAEA: International Atomic Energy Agency) の GSR Part3 にも取り入れられた。

これに対応して、日本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(2019年9月)」を取りまとめ、電離則は2021年4月1日から改正施行された。この報告書では、「国は、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」とされた。

労災疾病臨床研究(2018~2020年度、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、研究代表者: 樺田尚樹)において、樺田らは放射線業務従事者、その中でも医療分野での放射線管理、被ばくの実態を評価し、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た。

厚生労働省は、前述の報告書の内容に基づき、2020年度より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(「放射線MS」という)の導入のための支援事業を開始し、我々は研究班として、この支援事業で用いる全ての研修・教育資料を提供するとともに、支援事業を実施する者のための研修も提供することとなった。

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、次の点の達成を目指した。

1) 医療現場における線量計の装着の実態について改正法令公布・施行の前後で調査を行うとともに、線量計の装着率を向上させるツールを作成する。

2) 医療領域での様々な放射線場における放射線防護に有用な基礎データ(エネルギー及び空間分布)をモンテカルロ計算と測定により揃えることを通じ、体幹部での測定で得られた線量から妥当な眼の水晶体等価線量を推定する手法、及び

眼の水晶体被ばく線量低減の方法の提言につなげる。

3) 2020年度までの研究班で開発し、厚生労働省事業として提供してきた“放射線防護マネジメントシステム”の導入を推進する。

これらの達成のため、次の項目に取り組んだ。

- 放射線MS導入支援事業へ研修・教育資料を提供し、全国の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・普及に貢献する。
- 医療機関が放射線防護マネジメントシステムを導入するにあたっての課題を明らかにし、マネジメントシステムを普及・定着させるために必要な知見を提供する。
- そのままの最低限度の法令遵守であ

る線量測定が、医療機関の放射線業務従事者において徹底される仕組みを検討する。

- 様々な臨床場面における眼の水晶体被ばく低減対策に繋がる知見を提供する。
- 体幹部での測定で得られた線量から妥当な眼の水晶体等価線量を推定する手法を低減する。
- 医療機関において放射線防護マネジメントシステムの導入を図り、その結果として放射線業務従事者の被ばく線量が低減されることを確認する。

B. 研究方法

研究全体像を図1に示す。



図1 研究の全体像

1. 放射線 MS 導入支援事業への支援（研究代表者：喜多村）

放射線 MS 導入支援事業に参加し、ある程度放射線 MS 導入が進んだと自覚している 6 医療機関を対象に、インタビュー調査を実施した。各機関が、放射線 MS 導入前、放射線 MS 導入後の放射線 MS 要求事項の状況を、自己評価ツールを用いて評価した後、放射線防護に造詣の深いインタビュアー 2 名が、自己評価結果を参考にしながらオンラインでインタビューし、放射線 MS の状況を準備・導入・運用の 3 段階で評価した。

2. 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支援ツールの開発と取組状況を踏まえての今後の課題（研究分担者：森）

労災疾病臨床研究（2018～2020 年度、研究代表者：樺田尚樹）で開発された放射線 MS（完全版放射線 MS）とそのモデル文書は、人的資本に比較的余裕がある医療機関向けのマネジメントシステムとして開発されたものであったため、放射線 MS の導入が簡便に行え、人的資本が少ない医療機関でも放射線 MS が導入できるように簡易版放射線 MS を開発し、その普及を図った。また、医療機関において放射線 MS 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。

3. 産業保健上の課題の整理（研究代表者：喜多村）

2020 年度、2022 年度、2023 年度に放射線 MS 導入支援事業に参加した医療機関に、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 導入支援事業の主任

当者に回答を依頼した。アンケート項目には、放射線被ばく管理体制、放射線防護具の管理状況、放射線測定器の配布状況（不均等被ばく者への配布個数含む）、新規放射線業務従事者の把握方法、放射線業務従事者の兼業における被ばく線量の把握方法等が含まれた。

4. 体幹部の測定で得られた線量から眼の水晶体等価線量を推定する手法の検討（研究分担者：古渡）

査読付き論文のうち、医療従事者の個人モニタリングに係る研究について収集し、内容の確認を行った。本分担研究では医療従事者の手技ごとの体幹部線量に対する眼の水晶体被ばく線量及び手指等末端部線量の比について、論文中で評価された値に基づき比較を行った。

5. Augmented Reality (AR) を利用した体験型放射線防護教育の提案（新たな放射線防護教育の在り方）（研究分担者：盛武）

外部放射線防護の 3 原則の距離、遮蔽に関する事項の学習に限定し、血管造影検査室での放射線診療を想定した実寸サイズの散乱線をカラーマップで表現した。その他にも、医療現場で使用される装置や寝台、患者、防護カーテンなども併せて AR 画像とし、実際の医療現場に没入できるようなアプリケーションを開発した。作成した AR アプリケーションを使用して、幅広い年齢層を対象とした放射線防護教育を実践した。

6. 血管撮影室における線量管理の実際とこれから（RADIREC. Web サービス体制の紹介）（研究分担者：盛武）

血管撮影を受ける患者の医療被ばく(最大入射皮膚線量)を血管撮影装置に実装が義務化された医療画像通信規格 DICOM の線量レポートより推定する方法を検討した。

7. 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に関する実態調査(研究分担者:小野)

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に関する実態調査として、X線検査時における撮影の介助に従事する医療従事者の眼の水晶体の線量評価及び防護方法の検討に関する研究、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、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を実施した。

8. 医療従事者の IVR 作業中の動線と滞留時間を評価するための赤外線人感センサの性能検証(研究分担者:小野)

赤外線人感センサを活用し、IVR 室内の医療従事者の場所ごとの滞在時間を測定し、被ばく線量の推計を可能とするシステムの開発を目的とし、赤外線人感センサの検出範囲の検証、赤外線人感センサの測定精度の検証、赤外線人感センサを活用した被ばく線量の推計を行った。

9. 医療機関の放射線業務従事者の職業被ばくに関連した実態調査(研究分担者:栗山)

医療分野における主に看護師の放射線被ばくの実態調査として、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、IVR に従事する看護師の水晶体被ばくの背景因子分析、看護師の被ばくに影響しうる血管造影室内の作業環境調査を実施した。

10. 防護具の評価、放射線被ばく防護に関するアンケート調査(研究分担者:掛田)

各診療科に実際の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を購入し、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行った。また、透視室を利用する内科・外科・放射線科の全医師合計 45 名について、無記名で放射線被ばく防護に関するアンケート調査を行った。

C. 研究結果

1. 放射線 MS 導入支援事業への支援(研究代表者:喜多村)

ある程度放射線 MS 導入が進んだと自覚している 6 医療機関のうち、インタビューによる放射線 MS の状況の評価が「準備」であったのは 0 機関、「導入」であったのは 1 機関、「運用」であったのは 5 機関であった。

2. 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支援ツールの開発と取組状況を踏まえての今後の課題(研究分担者:森)

開発したツールは、放射線 MS 導入支援事業に提供した。そして、各種ツールを利用した支援事業に参画し、各種ツールの有効性を確認するために、追加で必要な情報の提供を行った。

3. 産業保健上の課題の整理(研究代表者:喜多村)

2021年度は204機関、2022年度は最大141機関(2022年度は3回に分けてWebアンケート実施し、1回目141機関、2回目123機関、3回目95機関の回答を集計した)、2023年度は33機関の回答を集計した。

4. 体幹部の測定で得られた線量から眼の水晶体等価線量を推定する手法の検討(研究分担者:古渡)

体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比の平均及び標準偏差は、それぞれ0.79及び0.39と評価された。放射線防護上の安全係数を取る等の検討を行うとすると、体幹部線量に対し約1.6倍することで眼の水晶体線量の保守的な推定が可能であることを明らかとした。

5. Augmented Reality (AR) を利用した体験型放射線防護教育の提案(新たな放射線防護教育の在り方)(研究分担者:盛武)

ARを利用した新しい放射線防護教育は、あらゆる世代で理解が促進されると評価された。特に、ARによる体験型教育が、外部放射線防護の3原則の距離、遮蔽の理解に役立ったという感想が多く得られた。

6. 血管撮影室における線量管理の実際とこれから(RADIREC. Webサービス体制の紹介)(研究分担者:盛武)

患者の最大入射皮膚線量の実測値と $K_{a,r}$ の関係は強い正の相関関係を示し、 $K_{a,r}$ を0.58倍することで最大入射皮膚線量が推定できることが分かった。NCRPは、最大入射皮膚線量:3 Gy、 $K_{a,r}$:5 Gyを放射線皮膚障害の線量指標として推奨してい

るが、我々の実験結果はNCRPの推奨値と一致した。

7. 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に関する実態調査(研究分担者:小野)

X線検査時における撮影の介助に従事する医療従事者の眼の水晶体の線量評価及び防護方法の検討に関する研究では、X線CT検査時における撮影の介助に従事する場合、眼の水晶体の被ばく線量は最大で46.8mSvに達する可能性が示唆された。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では、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った。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では、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ることが示され、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ことが分かった。

8. 医療従事者のIVR作業中の動線と滞留時間を評価するための赤外線人感センサの性能検証(研究分担者:小野)

高さ2.8mの天井に設置した赤外線人感センサの検出範囲は、熱源が高い位置にあるほど小さなること、熱源-赤外線人感センサ間の距離が1.5mの場合にメーカーが記載する検出範囲である2mとなることが示された。熱源の移動速度が大きくなると赤外線人感センサが取得する計測カウン

トは、熱源が実際に滞在していた時間よりも小さくなる傾向が示された。移動熱源の自動運転機能を利用した放射線透視下での線量推計では、相対誤差は 0.14 ± 0.11 で、高い精度が得られた。

9. 医療機関の放射線業務従事者の職業被ばくに関連した実態調査（研究分担者：栗山）

電離放射線健康診断における白内障調査では、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なかった。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では、「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。IVRに従事する看護師の水晶体被ばくの背景因子分析では、時間、距離、遮蔽の3つの観点から検証した結果、施設間の看護師の水晶体被ばく線量の違いは、時間や遮蔽ではなく、X線照射野から看護師が滞在する位置までの距離によって説明できることが示された。看護師の被ばくに影響しうる血管造影室内の作業環境調査では、看護師の照射野からの滞在位置の中央値は400床未満の病院（中小規模病院）では250cm、400床以上の病院（大規模病院）では300cmで、大規模病院の方が有意に遠かった。

10. 防護具の評価、放射線被ばく防護に関するアンケート調査（研究分担者：掛田）

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。厚地の防護具では操作性にやや難があるとの意見があった。アンケート調査の主な結果は次の

通りである。対象45名中、放射線被ばく低減に関して興味あり38名、放射線使用時に線量計を装着する義務があることを知っている41名、放射線使用時に線量計を装着している30名、放射線使用時に放射線手袋を使用している6名、放射線使用時に放射線防護眼鏡を使用している7名、Over tubeとUnder tubeの違いを知っている5名。

D. 考察

1. 放射線MS導入支援事業への支援（研究代表者：喜多村）

放射線MS導入の促進要因、阻害要因に関しては、自己評価ツールおよびインタビューの結果から、放射線MS導入の促進要因としては、病院組織のトップのコミットメント、放射線管理者への責任と権限の委譲、病院組織全体を巻き込み特定の職員にのみ負荷のかからない業務分担、文書作成・文書管理に係る経験とそれを受け入れやすい風土・分化、が考えられた。一方、阻害要因としては、病院組織のトップのかわりが少ないこと、特定の部署や特定の業種（多くの場合は放射線科の診療放射線技師）のみで導入を進める（進めさせられる）こと、特定の職員のみでの負荷が増加する業務分担、診療放射線技師以外の職種の関与・協力が少ないこと、が考えられた。

2. 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支援ツールの開発と取組状況を踏まえての今後の課題（研究分担者：森）

MS導入における初期のハードルを低くするため、研究班で開発したモデル文書を含むツールと導入支援を目的とした研修

を実施したことによって、積極的にプログラムに参加した医療機関においては、適切な放射線被ばく管理が実施され、さらに継続的に改善が図られていることを確認した。しかし、規則の改正前とほとんど変わらない機関も少なくない現状を考えると、支援を前提とした取り組みに加えて、労働基準監督署の査察や医療監査などの行政の監督を強化することが必要と考えられた。

3. 産業保健上の課題の整理(研究代表者: 喜多村)

Web アンケートの集計結果から、1. 病院管理者による労働者の被ばく管理方針の明示、2. 放射線業務従事者の選定基準、3. 労働者の放射線被ばく管理組織の設置、4. 全ての放射線業務従事者の放射線測定器の装着状況の確認、5. 不均等被ばくとなる放射線業務従事者への必要数の放射線測定器の配布、6. 労働者の放射線被ばく管理担当者の権限とその行使、7. 放射線業務従事者の被ばく状況の把握、8. 必要な保護具の準備と使用、9. 各放射線業務従事者の被ばく線量の一元管理、が労働衛生管理および産業保健上の課題として抽出された。前述9点の課題のうち、1～8に関しては、放射線MSの速やかな導入および継続的な運営が解決策の一つと考えられた。

4. 体幹部の測定で得られた線量から眼の水晶体等価線量を推定する手法の検討(研究分担者: 古渡)

体幹部線量から眼の水晶体線量を評価する場合、その比を $1.57 (=0.79+2 \times 0.39)$ として推定する際に、医療従事者が確実に

防護眼鏡を装着している状況であれば、DRFの導入を考慮して、眼の水晶体線量は体幹部線量と同じ値と考えることができる。ただし、体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は、DRF (dose reduction factor) 同様に対数正規分布に従うことが示唆されるものの、データ数が少なく正確な推定は困難である。また、その他の術式・業務については利用できるデータが限られているため、当該分野における計測やシミュレーションによる評価が期待される。

5. Augmented Reality (AR) を利用した体験型放射線防護教育の提案(新たな放射線防護教育の在り方)(研究分担者: 盛武)

模擬 (AR 化) した放射線診療装置の周囲を、iPad を持って移動し、自身の立ち位置や遮蔽効果による線量の多寡を直接可視化できたという体験型教育の効果が主要因だと考えられる。教育には実地教育 (On-the-Job Training: OJT) と、座学による教育 (Off-the-Job Training: Off-JT) がある。どちらも重要ではあるが、Off-JT は通り一遍な教育が多く、習得にも限界がある。そこで、学習者の記憶に残りやすいといわれている体験型教育を取り入れることが有効であると推察される。

6. 血管撮影室における線量管理の実際とこれから (RADIREC. Web サービス体制の紹介)(研究分担者: 盛武)

患者の医療被ばくの推定では、蛍光ガラス線量計等の放射線測定器を用いた実測を実施して、初めてその正確性や誤差が評価できることから、推定値の精度を担保するためには実測は欠かせない。この実測をサポートする体制として、今回、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において、RADIREC. Web サービスの開設準備が整った。今後の研究での活用が期待される。

7. 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に関する実態調査(研究分担者：小野)

X 線検査時における撮影の介助に従事する医療従事者の眼の水晶体の線量評価及び防護方法の検討に関する研究から、CT 介助時の散乱線による水晶体被ばくを更に低減させるためには、放射線防護眼鏡の着用に加え放射線防護シートを活用し CT ガントリ付近の空間線量率の低減手法について検討を行う必要があると考える。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により、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り、これは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った。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ことが示された。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により、手指の被ばく線量が 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ことがわかり、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ことが示された。

8. 医療従事者の IVR 作業中の動線と滞留時間を評価するための赤外線人感センサ

の性能検証(研究分担者：小野)

赤外線人感センサを活用した医療従事者の行動調査及び職業被ばく線量の推計を可能とする推計システムを試作し、当該システムは高い精度で熱源の滞在時間把握及び線量推計が可能であることが示された。また、線量推計の精度向上のためには、赤外線人感センサの分解能向上が鍵となることが示唆された。今後さらに改善し、臨床現場に導入することで、医療従事者の職業被ばく線量の低減に向けた業務改善や医療従事者の放射線防護に関する教育資料として活用できる可能性がある。

9. 医療機関の放射線業務従事者の職業被ばくに関連した実態調査(研究分担者：栗山)

看護師の被ばく線量管理に注目すると、IVR に従事する看護師の水晶体被ばく低減には、血管造影室内の滞在位置を放射線源から 2 m 以上離すことが最も効果的であることが確認された。更に、中小規模病院の看護師は大規模病院の看護師よりも放射線源に近い位置で作業を行っており、防護板の設置が不十分な施設もあることがわかり、血管造影室業務に従事する看護師の被ばく防止対策は、特に中小規模病院で重要と考える。

10. 防護具の評価、放射線被ばく防護に関するアンケート調査(研究分担者：掛田)

透視下では、その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。50～60KV の透視下で十分な防護能を有し、安価、かつ薄地である防護具は、低管電圧下での作業に適していると考えられた。アン

ケート結果からは、装着率は高いが、装着に関しての意識は必ずしも高くなく、持続的な啓発・研修、意識調査が必要と考えられた。「放射線使用時に放射線防護手袋を使用していますか」、「放射線使用時に放射線防護メガネを使用していますか」、については装着していない医師が多数であった。この点については、手技についての詳細な聴取を行う必要があり、個別に早急な対応が必要と思われた。Over tube と Under tube の違いを理解していない医師が意外に多く、講義内容を含めた再検討が必要と考えた。

E. 結論

本研究班は、研究期間を通して放射線 MS 導入支援事業へ教育・研修資料を提供した。これまでに 400 機関以上が支援事業へ参加し、放射線 MS 導入に積極的もしくは必要性を感じている医療機関への支援ができた。労災疾病臨床研究（2018～2020 年度、研究代表者：樺田尚樹）で開発された放射線 MS（大規模医療機関を主な対象とする完全版放射線 MS）を、人的資本が少ない小規模医療機関でも導入しやすいよう主目的を法令遵守に絞った簡易版放射線 MS を開発、提供した。体幹部の測定で得られた線量から妥当な眼の水晶体等価線量の推定する手法として、放射線防護上の安全係数を考慮し、保守的な眼の水晶体線量は体幹部線量を約 1.6 倍して推定することを提案する。放射線 MS 導入前の医療機関における放射線被ばく管理の課題として、病院管理者による労働者の放射線被ばく管理方針の明示、放射線業務従事者の選定基準、労働者の放射線被ばく管理組織の設置等、9 の課題を明らかにした。

放射線 MS 導入が進んでいる医療機関を対象にインタビュー調査を行い、放射線 MS 導入の促進要因として、トップのリーダーシップ、放射線管理者への責任と権限の委譲、文書作成・文書管理に係る経験とそれを受け入れやすい風土・分化等が明らかになった。放射線被ばくに関する教育でも学習効果を上げるには座学のみでなくアクティブ・ラーニング、特に体験型実習が有用であることが示した。

放射線 MS に関する「医療機関での教育」に関しては、管理者に対する、法令遵守の仕組み作りや被ばく低減対策を放射線業務従事者に実施させる環境整備等は管理者の役割であることの教育、放射線業務従事者に対する、個人線量計の装着と被ばく低減対策の実施は自らの役割であることの教育、の二本立てで進めることが必要と考える。必要な教育・研修資料および各機関で教育する者への研修・教育を提供できる、様々な専門分野を持つ研究者によって構成される研究班が組織されることが望まれる。

医師に関しては、限定されデータではあるが、放射線被ばくに関する啓発や研修等の介入により個人線量計の装着率が向上したとしても、知識や意識が必ずしも向上したとは言えないことが示され、医学部教育の中で放射線被ばく、放射線防護に関してしっかり教育する必要があると考える。

放射線 MS 導入前の医療機関における放射線被ばく管理の課題として抽出された項目のうち、「各放射線業務従事者の被ばく線量の一元管理」については、放射線 MS の導入で解決できる課題ではないと考える。実現するには、本邦全体の医療機関における放射線業務従事者の被ばく線量管

理体制を再構築する必要がある。同時期に複数機関で診療行為があったり、全国の医療機関への異動・転職があったりする医療従事者の被ばく線量を漏れなく適切に測定し一元管理しておくことは、将来的に被ばく線量を確認する必要が出てきた際を考えると、関係者間で実現に向けて協議を進めるべき事項と考える。

Web アンケートの回答で 2020 年度に放射線 MS 導入支援事業に初参加し、2019 年度～2022 年度の放射線業務従事者の実効線量分布が 3 年以上以上確認できた 4 機関について、実効線量分布の推移を確認したが、被ばく線量が低減されたことの確認には至らなかった。放射線防護 MS の導入・運営状況を含めた丁寧なインタビューおよび現地調査を組み合わせた、更に長期間のフォローアップが必要と考える。

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、放射線防護マネジメントシステムの更なる普及および継続的・自律的な運用が期待される。

F. 研究発表

1. 論文発表

1) Nagamoto K, Moritake T, Nakagami K, Morota K, Matsuzaki S, Nihei S, Kamochi M, Kunugita N. Occupational radiation dose to the lens of the eye of medical staff who assist in diagnostic CT scans. *Heliyon*. 2021 January. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.1.e06063>.

2) Nakagami K, Moritake T, Nagamoto K, Morota K, Matsuzaki S, Kuriyama T,

Kunugita N. Strategy to Reduce the Collective Equivalent Dose for the Lens of the Physician's Eye Using Short Radiation Protection Curtains to Prevent Cataracts. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Aug 5;11(8):1415.
<https://doi.org/10.3390/diagnostics11081415>.

3) Matsuzaki S, Moritake T, Morota K, Nagamoto K, Nakagami K, Kuriyama T, Kunugita N. Development and assessment of an educational application for the proper use of ceiling-suspended radiation shielding screens in angiography rooms using augmented reality technology. *European Journal of Radiology*. 2021 Oct;143:109925. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109925>.

4) Nagamoto K, Moritake T, Nakagami K, Morota K, Matsuzaki S, Kunugita N. A multicenter study of radiation doses to the eye lenses of clinical physicians performing radiology procedures in Japan. *Journal of Occupational Health*. 2021;63:e12305.
<https://doi.org/10.1002/1348-9585.12305>.

5) Matsuzaki S, Moritake T, Sun L, Morota K, Nagamoto K, Nakagami K, Kuriyama T, Hitomi G, Kajiki S, Kunugita N. The Effect of Pre-Operative Verbal Confirmation for Interventional Radiology Physicians on Their Use of Personal Dosimeters and Personal Protective Equipment.

International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(24):16825. doi: 10.3390/ijerph192416825.

6) Nagamoto K, Kawachino T, Suetsugu Y, Saruwatari H, Nihei S, Kunugita N. Eye lens dose in spine surgeons during myelography procedures: A dosimetry study. *Journal of Radiological Protection*. 2023; 43(4):041509.

7) Kowatari M, Yoshitomi H, Nagamoto K, Nakagami K, Moritake T, Kunugita N. CHARACTERISATION OF SMALL RADIOPHOTOLUMINESCENCE DOSEMETER IN TERMS OF HP(0.07) FOR EXTREMITY DOSE MONITORING OF MEDICAL PERSONNEL. *Radiation Protection Dosimetry*. 2023; 199(15-16):1807-1812.

8) Nagamoto K, Moritake T, Kowatari M, Morota K, Nakagami K, Matsuzaki S, Nihei S, Kamochi M, Kunugita N. Occupational radiation dose on the hand of assisting medical staff in diagnostic CT scans. *Radiation Protection Dosimetry*. 2023 Oct 11;199(15-16):1774-1778. doi: 10.1093/rpd/ncad028. PMID: 37819354.

9) Kuriyama T, Moritake T, Nakagami K, Morota K, Hitomi G, Kitamura H. Background Factors Affecting the Radiation Exposure of the Lens of the Eye among Nurses in Interventional Radiology: A Quantitative Observational Study. *Nursing Reports*. 2024; 14:413-427. doi:10.3390/nursrep14010032.

2. 学会発表

国内学会

- 1) 松崎賢, 盛武敬, 中上晃一, 永元啓介, 茂呂田孝一, 栗山知子, 人見剛, 樺田尚樹. 放射線管理区域で従事する看護師の個人被ばく線量計装着実態調査. 日本放射線看護学会第10回学術集会, Web開催. 9月18-19日, 2021.
- 2) 中上晃一, 盛武敬, 永元啓介, 茂呂田孝一, 松崎賢, 樺田尚樹. 心臓カテーテル検査時の立ち位置の違いによる放射線業務従事者の水晶体等価線量. 第31回日本心血管インターベンション治療学会九州沖縄地方会, 一部Web配信. 北九州市. 10月1-2日, 2021.
- 3) 栗山知子, 中上晃一, 茂呂田孝一, 人見剛, 松崎賢, 永元啓介, 盛武敬, 樺田尚樹. カテーテルアブレーションにおける看護ケア時の水晶体被ばくの評価. 第31回日本心血管インターベンション治療学会九州沖縄地方会, 一部Web開催. 北九州市. 10月1-2日, 2021.
- 4) 栗山知子, 盛武敬, 茂呂田孝一, 人見剛, 中上晃一, 永元啓介, 松崎賢, 樺田尚樹. 血管造影室で放射線業務に従事する看護師の水晶体被ばく実態調査. 第39回産業医科大学学会, 第47回産業医学推進研究会九州地方会, 一部Web配信. 北九州市. 10月9日, 2021.
- 5) 松崎賢, 盛武敬, 中上晃一, 永元啓介, 茂呂田孝一, 栗山知子, 人見剛, 樺田尚樹. 管理区域で働く放射線業務従事者の個人被ばく線量計装着の実態調査. 第49回日本放射線技術学会秋季学術大会, 一部Web配信. 熊本市. 10月15-17日, 2021.
- 6) 新井知大, 小野孝二, 菊名邦彦, 菊名

千恵里, 金子順一, 小林育夫, 山口一郎, 樺田 尚樹. CT撮影の介助を想定した放射線業務従事者における眼の 水晶体被ばく線量の評価及び効果的な線量低減手段の検討. 第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会日本保健物理学会第54回研究発表会. 12月, 2021.

7) 菊名千恵里, 小野孝二, 嶋谷圭一, 新井知大, 菊名邦彦, 佐藤雅之, 山口一郎, 樺田尚樹. 臨床現場における現場スタッフの被ばく線量の測定. 第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会日本保健物理学会第54回研究発表会. 12月, 2021.

8) 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. 那覇市. 5月, 2022.

9) 栗山知子, 盛武敬, 人見剛, 中上晃一, 永元 啓介, 茂呂田孝一, 松崎賢, 樺田尚. 中央手術室で放射線診療に携わる看護師の水晶体被ばく実態調査-高線量率群と低線量率群における条件の比較-. 第11回日本放射線看護学会. 9月, 2022.

10) 日野陵介, 池田新, 日野陵介, 中尾海太, 長川彩香, 樋口拓杜, 金子順一, 小野孝二, 新井知大. IVRに従事する医療関係者の同線及び滞留時間の測定に用いる赤外線人感センサの性能評価. 第50回日本放射線技術学会秋季学術大会. 10月9日, 2022.

11) 栗山知子, 盛武敬, 茂呂田孝一, 中上晃一, 人見剛, 松崎賢, 永元啓介, 樺田尚樹. Interventional radiology の環

境要因が看護師の水晶体被ばくに与える影響-3病院のデータ解析-. 第38回日本脳神経血管内治療学会学術集会. 大阪市. 10月, 2022.

12) 池田新, 小野孝二, 菊名邦彦, 日野稜介, 新井知大, 金子順一, 樺田尚樹. 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. 福岡市. 11月24日, 2022.

13) 松崎賢, 盛武敬. 医療現場における放射線防護教育. 第96回日本産業衛生学会自由集. 医療従事者のための産業保健研究会. 栃木県. 5月12日, 2023.

14) 栗山知子, 樺田尚樹, 永田竜朗, 喜多村紘子. 電離則健診を受ける医療従事者の被ばく防護に関する意識. 第12回日本放射線看護学会. 長崎市. 9月, 2023.

国際学会

1) Maeno T, Ohashi H, Fujise H, Kuriyama T, Nagata T, Kitamura H, Kunugita N. Evaluation of lens opacity on radiation workers: progress report. The 30th Japan-China-Korea Conference on Occupational Health, Kitakyushu, Japan, June, 2022.

2) Matsuzaki S, Moritake T, Nakagami K, Nagamoto K, Morota K, Kuriyama T, Hitomi G, Kunugita N. Survey of Personal Dosimeter Wearing Status of Medical Workers in Radiation-Controlled Areas. ICRP 2023 7th International Symposium on the System of Radiological Protection, Tokyo, Japan, November 7-9, 2023 (pre-

recorded video presentations).

3) Sakama M, Kowatari M, et al.

Report on the activities of the
“Working Group on X-Ray Exposure
Accidents” of the Japan Society of
Health Physics: Issues of dose
assessment in X-radiation exposure
accidents, Dose assessment for low
energy X-ray by Monte-Carlo based
PHITS code. 7th International
Symposium on the System of
Radiological Protection, Tokyo,
Japan, 6-9 November 2023.

4) Kuriyama T, Hitomi G, Nakagami K,
Nagamoto K, Morota K, Matsuzaki S,
Moritake T, Kitamura H. Differences
in nursing work environments from the
perspective of radiation protection:
A survey of Japanese Interventional
Radiology departments. 27th East
Asian Forum of Nursing Scholars. Hong
Kong, March, 2024.

G. 知的所有権の取得状況

なし

H. 健康危険情報

なし

(資料) 分担研究報告

放射線 MS 導入支援事業への支援

研究代表者 喜多村 絃子 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 放射線科
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 放射線科

研究要旨

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作成された、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）の医療機関への導入支援に関与している。本研究班では、放射線 MS の導入および成熟状況を確認するための自己評価ツールを開発した。本研究の目的は、放射線 MS 導入支援事業参加後 3 年程度経過した医療機関において自己評価ツールを用いて放射線 MS 導入状況を評価した結果から、放射線 MS 導入を促進する要因、阻害する要因を検討し、今後の放射線 MS 導入支援の一助とすることである。

方法：対象は、放射線 MS 導入支援事業に参加し、ある程度放射線 MS 導入が進んだと自覚している 6 医療機関であった。各機関で、放射線 MS 導入前、放射線 MS 導入後の状況を、自己評価ツールを用いて評価した。その後、放射線防護に造詣の深いインタビュアー 2 名が、自己評価結果を参考にしながらオンラインでインタビューを実施し、放射線 MS の状況を準備・導入・運用の 3 段階で評価した。

結果：6 医療機関のうち、インタビュアーによる放射線 MS の状況の評価が「準備」であったのは 0 機関、「導入」であったのは 1 機関、「運用」であったのは 5 機関であった。

考察：自己評価ツールは、0 点～9 点の評価であるが、5 点が「手順（基準）が確実に実行されている」で、今回の場合、放射線 MS が導入され、その要求事項が確実に実行されている状態を示している。全ての機関でいずれかのチェック項目では 5 点を超える点数がつけられており、評価基準 0 点～9 点の意味が正確に伝わっていなかった可能性、特に 5 点が、放射線 MS が導入され、その要求事項が確実に実行されている状態である状態に与えられる点数であることが理解されていなかった可能性が考えられた。放射線 MS 導入の促進要因、阻害要因に関しては、自己評価ツールおよびインタビューの結果から、放射線 MS 導入の促進要因としては、病院組織のトップのコミットメント、放射線管理者への責任と権限の委譲、病院組織全体を巻き込み特定の職員にのみ負荷のかからない業務分担、文書作成・文書管理に係る経験とそれを受け入れやすい風土・分化、が考えられた。一方、阻害要因としては、病院組織のトップのかかわりが少ないこと、特定の部署や特定の業種（多くの場合は放射線科の診療放射線技師）のみで導入を進める（進めさせられる）こと、特定の職員のみが負荷が増加する業務分担、診療放射線技師以外の職種の関与・協力が少ないこと、が考えられた。

結論：放射線 MS 導入の促進要因、阻害要因を検討した結果、放射線 MS 導入を進めるにあたり準備可能な促進要因として、病院組織のトップのコミットメント、放射線管理者への責任と権限の委譲、病院組織全体を巻き込み特定の職員にのみ負荷のかからない業務分担、が考えられた。医療機関の状況はそれぞれであるため、スムーズな放射線 MS 導入には、促進要因がある程度整った状態で、組織全体として放射線 MS の導入に取り組む必要があると考える。

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作成された、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）の医療機関への導入支援に関与している。放射線 MS 導入支援事業は、公益財団法人原子力安全技術センターが厚生労働省から受託し、2020年度より事業を実施している。本研究班では、放射線 MS の導入および成熟状況を確認するための自己評価ツールを開発した。本研究の目的は、放射線 MS 導入支援事業参加後 3 年程度経過した医療機関において自己評価ツールを用いて放射線 MS 導入状況を評価した結果から、放射線 MS 導入を促進する要因、阻害する要因を検討し、今後の放射線 MS 導入支援の一助とすることである。

B. 研究方法

【対象】

対象は、放射線 MS 導入支援事業に参加し、ある程度放射線 MS 導入が進んだと自覚している 6 医療機関であった。

【方法】

各機関で、放射線 MS 導入前、放射線 MS 導入後の状況を、自己評価ツールを用いて評価した。その後、放射線防護に造詣の深いインタビュアー 2 名が、自己評価結果を参考にしながらオンラインでインタビューを実施し、放射線 MS の状況を準備・導入・運用の 3 段階で評価した。自己評価ツールには 9 の大項目が含まれ、それぞれ 2~3 つの小項目（チェック項目）が設定されていた。9 の大項目は次のとおりである。

- 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、組織上の位置づけが明確になり、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 関連法令が確実に遵守されている。
- ⑤ 適切な個人被ばく線量計の装着ができる環境整備が行われ、個人被ばく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。（各施設で設定した想定事象）

チェック項目の評価基準は 0~9 点が与えられており、その定義は次のとおりである。

- 0 点：手順（基準）が存在しない
- 1 点：手順（基準）はあるが、導入されていない
- 2 点：手順（基準）があり、一部導入されている
- 3 点：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 点：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 点：手順（基準）が確実に実行されている
- 6 点：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 点：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 点：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 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

C. 研究結果

医療機関（1）から（6）について、放射線 MS 導入前、放射線 MS 導入後の自己評価の点数およびインタビュアーによる評価を示す。9 つの大項目について点数をつける仕

様であったが、医療機関によっては小項目ごとに点数がつけられていた。

医療機関（1）

インタビューによる評価は「運用」

インタビューによる全体所見

- もともと、医療機関独自のルールがしっかりあったこと、ISO や病院機能評価審査への対応で整理した文書を放射線 MS へ移行していたため、無駄なく準備がすすめられたと推測される。
- 以前より管理されていたことが、放射線 MS 導入により、はっきりと見える化されたようである。

	放射線 MS 導入前	放射線 MS 導入後
①	4	5
②	5	5
③	4	4
④	4	4
⑤	4	4
⑥	0	6
⑦	0	4
⑧	5	5
⑨	0	0

医療機関（2）

インタビューによる評価は「運用」

インタビューによる全体所見

- 放射線管理業務が見える化することができている。
- 放射線管理業務に診療放射線技師以外の職種（医師、看護師、事務職員）や若手を取り込みやすくなっている。
- （放射線 MS 導入を担当する）部署内の他の管理業務においても PDCA の意識が芽生えている。
- 放射線管理関連の情報を経営層及び病院内に周知する機会が多くなっている。
- 防護プロテクタや防護メガネの購入・更新が要望しやすい環境となっている。
- 個人線量計の正しい位置への装着と装着率の向上が図られている。
- 放射線業務従事者の被ばく防護に対する認識が向上している。

	放射線 MS 導	放射線 MS 導

	入前	入後
①	1	8
②	5	7
③	5	6
④	0	5
⑤	6	6
⑥	0	7
⑦	0	8
⑧	5	5
⑨	0	7

医療機関（3）

インタビューによる評価は「運用」

インタビューによる全体所見

- 管理体制はおおむね良好で、放射線 MS をしっかり取り入れている。
- リスクアセスメントを行うことで、医師の放射線被ばく防護への関心・理解が深まっている。
- 個人線量計装着率を上げるための啓発活動が実施されている。
- 病院組織のトップ（病院長）の実質的な関与が少ない。
- 被ばく管理システムによる線量分析を行い放射線 MS の効果を判定することが望まれる。

	放射線 MS 導入前	放射線 MS 導入後
①	0	4
②	1	4
③	3	4
④	0	3
⑤	3	7
⑥	0	6
⑦	0	4
⑧	5	5
⑨	5	5

医療機関（4）

インタビューによる評価は「導入」

インタビューによる全体所見

- 病院組織のトップ（病院長）のトップマネジメントは機能していない。
- 放射線管理業務を行うのが実質 2 名で、業務拡張が難しく、病院全体を巻きこんでの活動になっていない。

- 院内での放射線 MS の教育を今後進める予定である。

	放射線 MS 導入前	放射線 MS 導入後
①	0	1
②	5, 0, 2	5, 0, 2
③	5, 4, 0	5, 4, 0
④	0	1, 0
⑤	5, 0, 1	5, 4, 4
⑥	0	2, 1, 1
⑦	0	1, 1, 0
⑧	5	5
⑨	0	1

医療機関（5）

インタビューによる評価は「運用」

インタビューによる全体所見

- 放射線 MS 導入により、各職員の放射線防護に対する意識は高まったが、診療放射線技師の業務負担が増加している。
- リスクアセスメントの結果としてプロテクタ着用時の線量測定が追加され、院内放射線被ばくが低減されている。
- 個人線量計装着率が上がり、職員や患者の医療被ばく低減のための方針、計画が立案できている。
- 放射線被ばく低減の取り組みの意識変化と放射線被ばくの正しい知識を得ることで、看護職の放射線に対する不安が少なくなっている。

	放射線 MS 導入前	放射線 MS 導入後
①	2, 2, 0	7
②	3, 0, 3	7
③	3	7
④	3	7
⑤	5, 0, 5	7
⑥	2	7
⑦	2	7
⑧	4, 4, 5	7
⑨	2, 2, 3	5

医療機関（6）

インタビューによる評価は「運用」

インタビューによる全体所見

- 自施設に合った管理体制の構築がすす

められている。

- 放射線 MS 導入によって、確実な線量管理が履行されている。

- 放射線管理が組織全体で進められており、関連する業務の分担が良好である。

	放射線 MS 導入前	放射線 MS 導入後
①	0	5
②	2	5
③	2	4
④	2	5
⑤	3	6
⑥	0	7
⑦	2	6
⑧	4	7
⑨	2	5

D. 考察

自己評価ツールの評価

自己評価ツールは、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¹⁾）を参考にして作成した。グローバル労働安全衛生マネジメント指標自体は、直接対面してディスカッションしながら、被評価者と評価者の認識をすり合わせて使用することが想定されているものである。参考文献 1 の共著者である森の経験では、被評価者は評価基準 0 点～9 点の理解が乏しい場合、高い点数をつけ易く、ディスカッションの中で評価基準の認識が改まり、チェック項目の要求事項にどの程度応えられているかを再確認することで、当初よりも低い点数に納得することが多いようである。

0 点～9 点の評価であるが、5 点が「手順（基準）が確実に実行されている」で、今回の場合、放射線 MS が導入され、その要求事項が確実に実行されている状態を示している。放射線 MS 導入開始から数年の段階では、5 点まで到達する大項目はあまりないと予想していた。予想に反し、放射線 MS 導入前から 5 点を超える点数がついている医療機関もあり、放射線 MS 導入後では 5 点を超える点数が大半であった。評価基準 0 点～9 点の意味が正確に伝わっていなかった可能性、特に 5 点が、放射線 MS が導入され、その要

求事項が確実に実行されている状態である状態に与えられる点数であることが理解されていなかった可能性が考えられた。

各医療機関による評価

今回の6医療機関では、全ての機関で放射線MS導入前、導入後では、自己評価の点数が上昇していた。①は、病院組織のトップ（病院長）によるトップマネジメントが機能していると自覚している機関では、点数が上昇していた。②は、放射線管理に係る体制が確立されたり、放射線管理者が責任と権限を委譲されていたりする場合には、点数が上昇していた。③は、放射線MSに関する教育が既に実施できている機関、イントラネットの整備等学習環境が整っている機関で点数が高い傾向にあった。インタビュー記録から、医療法施行規則やRI法に関連する教育とは重なる部分もあるが対象が完全には一致しないことが、教育の準備を煩雑にしていると推測された。④は、各機関、法令遵守されているものの、遵守している法令のリスト化や、確実に法令遵守できている事の確認方法、新たに遵守しなければならない法令が発出された際の対応方法までを放射線MSに落とし込むことができず、自己評価点が5点未満の機関が多い傾向にあった。⑤は、放射線MS導入に伴い、チェックリストを作成したり、線量を放射線管理に係る委員会を經由して院長へ報告するルートを確認したりした機関では点数が上昇していた。⑥は、放射線MS導入のはじめの一步としてリスクアセスメントの実施が行われており、以前はほぼされていない事であったため、全機関で点数が上昇した。ただし、その上昇幅は機関により異なった。評価基準に対する理解および自機関で実施しているリスクアセスメントの有効性の実感が影響していると考えられた。⑦は、リスクアセスメントの結果、リスク低減対策として何をするとよいか明確になったと自覚している機関、改善計画を作成して運用している機関、PDCAサイクルを回していると自覚している機関等では、点数が上昇していた。一方、一旦、リスクアセスメントを行いリスク低減対策の実行を試みたが、継続できず止まってしまった機関では点数はあまり変化がなかった。⑧は、電離放射線健康診断自体は放射線MS導入以前から適

切に実施しており、特別変えたことのない機関では、5点で変化がなかった。点数の上昇した機関では、健診時期の統一や病院組織全体や産業医を巻き込んでの健診～事後措置までの流れが定められていた。⑨は、危機管理に関連して想定事象を明確にすることが必要であったが、「何」に対する危機管理かの認識が医療機関により異なり、評価もばらばらとなった。労働者の放射線被ばくに係る危機（原因はさまざまであれ、結果として高線量被ばくが起きてしまう事象）ではなく、RIの盗難や紛失、RIをこぼすといった事象や災害が想定された機関があった。チェック項目が抽象的で判断できなかったといった意見も聞かれていた。今後もこの自己評価ツールを使用するのであれば、チェック項目の明確化が必要と考えられた。

放射線MS導入の促進要因、阻害要因

自己評価ツールおよびインタビューの結果から、放射線MS導入の促進要因としては、病院組織のトップのコミットメント、放射線管理者への責任と権限の委譲、病院組織全体を巻き込み特定の職員にのみ負荷のかからない業務分担、文書作成・文書管理に係る経験とそれを受け入れやすい風土・分化、が考えられた。一方、阻害要因としては、病院組織のトップのかかわりが少ないこと、特定の部署や特定の業種（多くの場合は放射線科の診療放射線技師）のみで導入を進める（進めさせられる）こと、特定の職員のみが負荷が増加する業務分担、診療放射線技師以外の職種の関与・協力が少ないこと、が考えられた。

厚生労働省から「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針（OSHMS指針）」（1999年労働省告示第53号、2006年改正）が示され、一般の労働現場で労働安全衛生マネジメントシステムの導入がすすめられていた頃、産業医として選任されていた事業場で「OSHMSの担当者になると、仕事量が増えてとても大変である。」「たくさん文書を作ってファイリングしないといけないが、日中は通常業務があるので時間外労働して文書を作っている。」「事業場の皆に、細かいことを言わないといけないので煙たがられて、辛い。」「あんなに苦勞して作った大量のファイルは、今は飾ってあるようなもの。」と言った現場担当者の声を聴くことがあつ

た。事業場全体での OSHMS の必要性の共有がなく、トップの明確な方針表明がなく、担当者だけの負担が増えるような導入では、せっかくそろえた文書が単なる「文字が印字された紙」になり、マネジメントシステムではなくなり、形骸化してしまう。そうなれば、問題点を見つけ出し、改善を実行し、再度評価して次への計画を立てる、PDCA を回して組織をスパイラルアップさせることは無理であろう。放射線 MS の導入においても同様の事態は起きることは想定される。特に、今回挙げた阻害要因が重なっている医療機関では放射線 MS の導入自体がスムーズに進まない恐れや、担当者のみが負担を感じながらも取り組み放射線 MS の導入はいったん進んだように見えつつ停滞する恐れがある。促進要因と考えられる、病院組織のトップのコミットメント、放射線管理者への責任と権限の委譲、病院組織全体を巻き込み特定の職員にのみ負荷のかからない業務分担等がある程度整うまでは待ち、もしくは整った状態となるように病院組織トップ等に働きかけ、促進要因がある程度整ってから、組織全体として放射線 MS の導入に取り組む、という一見時間がかかる決断が必要な場合もあると考える。

E. 結論

本研究班で開発した放射線 MS の導入および成熟状況を確認するための自己評価ツールを用いて、放射線 MS 導入支援事業参加後 3 年程度経過した医療機関において放射線 MS 導入状況を評価した結果から、放射線 MS 導入の促進要因、阻害要因を検討した。病院組織のトップのコミットメント、放射線管理者への責任と権限の委譲、病院組織全体を巻き込み特定の職員にのみ負荷のかからない業務分担、文書作成・文書管理に係

る経験とそれを受け入れやすい風土・分化、が放射線 MS 導入の促進要因と考えられた。一方、病院組織のトップのかかわりが少ないこと、特定の部署や特定の業種のみで導入を進めること、特定の職員のみが負担が増加する業務分担、診療放射線技師以外の職種の間・協力が少ないこと、が放射線 MS 導入の阻害要因と考えられた。医療機関の状況はそれぞれであるため、スムーズな放射線 MS 導入には、促進要因がある程度整った状態で、組織全体として放射線 MS の導入に取り組む必要があると考える。

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.

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

I 介入の特性

I-A 介入の出处

- 1 : 放射線防護 MS を開発したのは誰ですか？
- 2 : 貴院で放射線防護 MS が実装されているのはなぜですか？
 - 放射線防護 MS の実装を決定したのは誰ですか？
 - 放射線防護 MS の実装の意思決定はどのように行われましたか？

I-B エビデンスの強さと質

- 1 : 貴院で放射線防護 MS の成否をわけるものとして、どのような情報やエビデンスがあると認識していますか？
 - ご自身の専門領域ではどのようなエビデンスがあることを知っていますか？診療ガイドライン？既刊文献？同僚の経験談？他の機関での経験？
 - その知識が、放射線防護MSに対するあなたの認識にどのように影響していますか？
- 2 : 影響力のあるステークホルダーは、放射線防護 MS をどのように考えていますか？
 - 管理職等のリーダーや評判の高い臨床医は、放射線防護 MS をどのように考えていますか？
- 3 : スタッフを参画させるためには、放射線防護 MS の有効性の裏付けとなるエビデンスや証拠として、どのようなものが必要ですか？
 - 同僚からの話？管理職などのリーダーからの話？

I-C 相対的優位性

- 1 : 放射線防護 MS は、貴院に既に存在する同様のプログラムに比べてどうですか？
 - 既存のプログラムに比べ、放射線防護 MS にはどのようなメリットがありますか？
 - 既存のプログラムに比べ、放射線防護 MS にはどのようなデメリットがありますか？
- 2 : 過去に検討された他の代替案や、あなたが知っている他の代替案と比べて、放射線防護 MS はどうですか？
 - 他のプログラムに比べ、放射線防護 MS はどのようなメリットがありますか？
 - 他のプログラムに比べ、放射線防護 MS はどのようなデメリットがありますか？
- 3 : 放射線防護 MS よりも実装しやすい他の代替案はありますか？
 - 他の代替案について説明してください。
 - 他の代替案が好まれるのはなぜですか？

I-D 適応性

- 1 : 貴院で、放射線防護 MS を効果的に機能させるためには、放射線防護 MS に対してどのような変更や修正を行う必要があると思いますか？
 - こうした変更をあなたは実施できると思いますか？それはなぜですか？
- 2 : 貴院で放射線防護 MS をうまく機能させるために、放射線防護 MS の変更が必要であると決定する人物は誰ですか？または、決定するプロセスはどのようなものですか？
 - 変更を実施することの適否はどのように判断しますか？
- 3 : 修正すべきではない放射線防護 MS の構成要素はありますか？
 - 修正すべきではない要素はどれですか？

I-E 試験可能性

1：全面的な実装に先立ち、放射線防護 MS を事前テストしますか？

- はいの場合、放射線防護 MS の事前テストに関するあなたの計画について説明してください
- はいの場合、どのような介入になりますか？

2：放射線防護 MS を広く利用可能にする前に、事前テストできると思いますか？

- それはなぜですか？
- それは役に立ちますか？

I-F 複雑性

1：放射線防護 MS はどのくらい複雑ですか？

- 放射線防護 MS の次の側面について考えてください。期間、範囲、関係するステップの複雑さと数、放射線防護 MS が過去の実践の方法から明らかに逸脱しているか否か。

I-G デザインの質とパッケージング

1：実装に向けた、放射線防護 MS の支援資材やパッケージング、まとまりの良さについて、あなたの認識はどのようなものですか？

- それはなぜですか？

2：オンラインの資源やマーケティング資材、ツールキットなど、放射線防護 MS の実装・実施に役立つものとして、どのようなサポートが利用可能ですか？

- こうした資材にどのようにアクセスしますか？

3：利用可能な資材は、貴院での実装にどのように影響しますか？

I-H 費用

1：放射線防護 MS の実装には、どのような費用が発生しますか？

2：放射線防護 MS の実装を決定する際に、どのような費用を検討しましたか？

II 外的セッティング

II-A 患者（組織のサービス対象者）のニーズと資源

- 1：サービス対象者のニーズや意向について、スタッフはどの程度認識していますか？
 - スタッフとリーダーは、サービス対象者と、どのように「接触」を図っていますか？
- 2：放射線防護 MS の実装を決定する際に、サービス対象者のニーズや意向がどの程度考慮されましたか？
 - 具体例を挙げて説明してください。
 - 彼らのニーズや意向を満たすために放射線防護 MS を修正しますか？
- 3：放射線防護 MS はサービス対象者のニーズをどのくらい満たすと思いますか？
 - 放射線防護 MS ではどのような方法でニーズを満たしますか？例えば、サービスへのアクセス改善、待ち時間の短縮、自己管理の支援、移動時間の短縮と旅費の削減。
- 4：サービス対象者は放射線防護 MS に対してどのように反応すると思いますか？
- 5：放射線防護 MS への参加にあたり、サービス対象者はどのような阻害要因に直面しますか？
- 6：放射線防護 MS の経験に関して、参加者から情報を聞き出したことがありますか？
 - 放射線防護 MS に対する彼らの認識はどのようなものですか？
 - 具体的にどのような情報について聞いたことがあるか説明してください。
- 7：放射線防護 MS 参加者の経験について話を聞いたことがありますか？
 - 具体的な話を挙げて、説明してください。

II-B コスモポリタニズム

- 1：あなたは、貴院の外で、同様の職業または役職についている同僚やその他の人々と、どの程度ネットワークがありますか？
 - それはどのような場で行いますか？
- 2：放射線防護 MS に関することや、あなたの職業に関するより一般的な内容について、貴院以外の外部の人とどのような情報交換をしていますか？
 - どのような職業上のネットワークに参加していますか？メーリングリスト？地方や国の会議？研修の場？
- 3：あなたの組織では、貴院の外部の同僚とネットワークを結ぶことが、どの程度奨励されていますか？
 - 地方または国の会議に出席することができますか？その他の場はどうですか？

II-C 同業者からの圧力

- 1：放射線防護 MS または同様のプログラムを実装している他の組織について、知っていることを教えてください。
 - そのことが放射線防護 MS 実装の意思決定に、どのように影響を与えていますか？
- 2：他の組織は、放射線防護 MS をどの程度実装する予定ですか？
 - それは貴院における放射線防護 MS 実装の支援にどのように影響しますか？
- 3：あなたの組織内の他のユニットは、放射線防護 MS をどの程度実装する予定ですか？
 - それはご自身がいる組織における放射線防護 MS 実装の支援にどのように影響していますか？
- 4：放射線防護 MS の実装は、同分野の他の組織に比べてあなたの組織にどの程度優位性をもたらしますか？
 - 競走上の優位性はありますか？
 - 放射線防護 MS について、同分野の他の組織ではなく、あなたの組織により多くの人材を呼び込む要素がありますか？

II-D 外的な施策やインセンティブ

1 : どのようなレベル（市町村、県または国）の成果指標や施策、規制、ガイドラインが、放射線防護 MS 実装の意思決定に影響を与えましたか？

➤ 放射線防護 MS はあなたの組織がこうした指標や施策、規制、ガイドラインを満たす能力にどのように影響するでしょうか？

2 : どのような経済的または他のインセンティブが、放射線防護 MS 実装の意思決定に影響を与えましたか？

➤ 放射線防護 MS は、あなたの組織がこうしたインセンティブを受け取る能力にどのように影響しますか？

➤ 放射線防護 MS は、あなたの組織の支払いや収益にどのように影響しますか？

Ⅲ 内的セッティング

Ⅲ-A 構造特性

1：放射線防護 MS の実装に、あなたの組織のインフラ（社会構造、年数、成熟度、規模または物理的なレイアウト）がどのように影響しますか？

- インフラによって、放射線防護 MS の実装がどのように促進または妨害されますか？
- 構造上の課題にどのように取り組みますか？

2：放射線防護 MS に対応するため、どのような構造上の変更が必要ですか？

- 業務の範囲の変更？正式な方針の変更？情報システムまたは電子記録システムの変更？その他？
- どのような承認が必要ですか？誰を関与させる必要がありますか？
- こうした変更を行うために必要なプロセスについて説明してください。

Ⅲ-B ネットワークとコミュニケーション

1：同僚と仕事上の関係について説明してください。

- あなたのユニットの同僚とは？
- 他のユニットの同僚とは？
- 問題を解決するため、または過去の代替案や放射線防護 MS を実装するため、他の人との協働に要した時間について教えてください。

2：仕事以外で同僚と集まることが、どの程度ありますか？

- 仕事のことを話すためですか？
- 単に一緒に楽しむためですか？

3：チームの仲間と（公式または非公式に）会うことがありますか？

- チームのメンバーは？
- どのくらいの頻度で会いますか？公式に？非公式に？

4：リーダーとの仕事上の関係について説明してください。

- あなたの上司とは？他の同僚の上司とは？

5：影響力のあるステークホルダーとの仕事上の関係について説明してください。

6：スタッフミーティングなどのミーティングは定期的に関われますか？

- あなたは通常出席しますか？
- 誰が通常出席しますか？
- 通常出席するスタッフの割合は？
- どのくらいの頻度でミーティングは開かれますか？
- 通常の議題は？こうしたミーティングはどのくらい役に立ちますか？

7：組織の新しい取り組みや業績、課題、新規スタッフ、スタッフの離職などの新しい情報について、通常あなたはどのように知りますか？

8：何かを行ったり問題を解決したりする必要があるときに、あなたが「頼りにする」人は誰ですか？

- 最近の一例を挙げて、説明してください。

Ⅲ-C 文化

1：あなたの所属する組織、つまり貴院あるいはあなたのユニットの文化について、どのように説明しますか？

- ご自身のユニットの文化は、組織全体の文化とは異なると感じますか？どのような点で？

2：あなたの組織の文化（人々が抱いている一般的な信念、価値観、前提）が、介入の実装にどのように影響

すると思いますか？

➤ そのことがよくわかる一例を挙げて説明してください。

3：あなたの組織では、改善を目的にした新しいアイデアがどの程度受け入れられ、採用されますか？

➤ 最近の一例を挙げて説明してください。

4：組織の文化の特徴は、以下の4つの一般的なタイプに分類されることがあります。あなたの文化には、次のような特徴がどの程度ありますか？

- チーム文化（家族文化）（柔軟、内部重視）：リーダーがメンターやファシリテーター、チームビルダーのように行動する友好的な職場。長期的な発展と協働に価値が置かれる。
- 階層的文化（官僚文化）（管理、内部重視）：リーダーがコーディネーター、モニター（監視者）、オーガナイザーのように行動する組織化・様式化された職場。漸進的な変化や物事を正しく進めることに価値が置かれる。
- 起業家的文化（イノベーション文化）（柔軟、外部重視）：介入を促すリーダーがいる活動的な職場。ブレイクスルーや先鞭をつけることに価値が置かれる。
- 合理的文化（マーケット文化）（管理、外部重視）：厳しい要求を突きつける hard drivers、生産的である producers、または競争を好む competitors のようなリーダーがいる競争的な職場。短期的な実績や、スピード感に価値が置かれる。

III-D 実装風土

1：あなたの組織の放射線防護 MS 実装に対する受容性のレベルは、全般的にどのくらいですか？

➤ それはなぜですか？

III-D-1 変化への切迫感

1：放射線防護 MS に対する強いニーズがありますか？

➤ それはなぜですか？

➤ 他の人は放射線防護 MS が必要だと考えていますか？

2：サービス対象者のニーズやそれ以外の組織目標・目的を満たすために、放射線防護 MS がどのくらい不可欠ですか？

3：放射線防護 MS の導入にあたり、利用できる現在のプログラム・実践の方法・プロセスについて、人々はどう感じていますか？

➤ 現在のプログラムは、既存のニーズをどの程度満たしていないですか？放射線防護 MS によって、これらのニーズは満たせますか？

➤ 放射線防護 MS によって、どのように現在のギャップを埋めますか？

III-D-2 適合性

1：放射線防護 MS は、あなたの価値観や規範、また組織内の価値観や規範にどのくらい合致していますか？

➤ サービス対象者とのやり取りについての価値観はどのような物か？協働意思決定 shared-decision making か、より指示的なものか？

➤ 外部の業者のプログラムに委ねる価値観か、内部スタッフがサービスを提供する価値観か？

2：放射線防護 MS は、あなたの組織の既存の業務プロセスや実践の方法にどのくらい合致していますか？

➤ 発生する可能性が高い課題や困難は、どのようなものですか？

3：放射線防護 MS を現在のプロセスにどのように統合するか説明してください。

➤ 現在のプログラムやプロセスと、どのような相互作用があるでしょうか？または対立しますか？

4：放射線防護 MS は現在のプログラムやプロセスを置換または補完するものですか？

➤ どのような点で？

III-D-3 相対的優先度

1：貴院では、どのような優先度の高い取り組みや活動がすでに行われていますか？

➤ 現在行われている他の取り組みと比較して、放射線防護 MS 実装の優先度はどのくらいですか？

➤ 実装は他の優先事項と対立しますか？

➤ 実装は他の優先事項を達成（あるいは関連するプレッシャーを緩和）するのに役立ちますか？

2：あなたにとって（組織にとって）最も優先度の高い（高いと思われる）活動または取り組みについて説明してください。

➤ それを達成するために、どのようなプレッシャーを感じていますか？添えはどこから来るものですか？それはなぜですか？

3：現在進行中で優先度の高い他の取り組みより、実装の優先度が下になる可能性はどの程度ですか？

➤ 他の優先事項に比べ、放射線防護 MS の実装はどのくらい重要だと思いますか？

➤ 他の優先事項に比べ、放射線防護 MS の実装はあなたの同僚やリーダーなど他の人にとってどのくらい重要ですか？

4：ご自身の仕事では、競合する優先事項をどのように調整しますか？こうした優先事項をあなたの同僚はどのように調整しますか？

➤ 他にどんな優先事項がありますか？

➤ あなたの組織において、放射線防護 MS 実装の優先度は他の優先事項に比べてどうですか？ご自身の仕事については？

III-D-4 組織のインセンティブや報奨

1：放射線防護 MS 実装の確実な成功を後押しするインセンティブには、どのようなものがありますか？

➤ あなたが実装の確実な成功に貢献したいと思うモチベーションは何ですか？

2：あなたの上司は、この実装におけるあなたの役割を（次回の）評価でどの程度考慮すると思いますか？上司の評価と関係するあなたの仕事または役割は？

3：放射線防護 MS の実装に関して計画されている特別な表彰や褒賞はありますか？

それらを説明してください。

➤ それらはグループ・チーム・ユニットまたは個人を対象とするものですか？

III-D-5 目標とフィードバック

1：あなた・あなたのユニット・あなたの組織は、放射線防護 MS の実装に関する目標を設定したことがありますか？

➤ はいの場合、どのような目標ですか？

2：あなたの組織・ユニットは、現在のプログラム・取り組みに対する目標をどの程度設定していますか？

➤ 目標は組織の中でどのように伝えられていますか？誰に伝えられていますか？

➤ 目標の一例を挙げてください。誰にどのように伝えられていますか？

➤ 物事の進行状況に応じて変更が行われますか？一例を挙げてください。

3：組織目標の進捗はどの程度モニタリングされますか？

➤ 情報の種類や誰に通知されるか、方法などの点で、モニタリングの一例を挙げてください。

4：あなたの仕事についてのフィードバック報告を受けていますか？

➤ それはどのようなものですか？内容、様式、構成は？

- そうした報告はどのくらい役に立ちますか？
- その報告はどのくらいの頻度で受けていますか？どこから来るものですか？
- その報告を設計したのは誰ですか？

5：放射線防護 MS の実装は、その他の放射線防護に関する組織目標とどのように一致していますか？

III-D-6 学習風土

1：最近の質の改善の取り組みまたは新規プログラムの実装について説明してください。

- その新しい取り組みやプログラムと、それを改善・実装するモチベーションについて説明してください。
- これまでの重要なマイルストーンや主要な業績について教えてください。
- 成功・失敗の背景にはどんな要因がありますか？
- 主要な「プレイヤー」は誰でしたか？
- あなたはどのように関与しましたか？
- アウトカムや取り組みに人々は満足しましたか？
- リーダーがどのように関与したか教えてください。誰が？どんな役割で？どのように貢献しましたか？または妨害しましたか？

2：貴院に問題があると思われる場合、あなたは何をしますか？

- あなたが最近解決した問題、または参加した取り組みについて話を聞かせてください。

3：業務プロセスを改善するため、新しいことにどの程度挑戦できると感じますか？

- 物事を改善する方法について考える時間とエネルギーがあると感じますか？
- 上司はあなたが果たした役割を評価・尊重していると感じましたか？
- 上司（またはリーダー）はどんな役割を果たしましたか？どんな行動をとりましたか？

III-E 実装の準備性

III-E-1 リーダーシップ・エンゲージメント

1：リーダーからの承認やサポートを、どの程度見たり、聞いたりしたことがありますか？

- リーダーは誰ですか？これまで、それが物事にどのように影響してきましたか？今後は？

2：あなたの組織のリーダーは、これまで放射線防護 MS にどのくらいのレベルで関与してきましたか？

- 彼らは放射線防護 MS 実装の意図を知っていますか？
- リーダーは誰ですか？各リーダーの態度はどのように異なりますか？
- 彼らはどのようなサポートをしてくれましたか？具体的な例を挙げてください。

3：実装を成功させるために、どのようなサポートや行動を、あなたの組織のリーダーに期待できますか？

- リーダーは誰ですか？各リーダーの態度はどのように異なりますか？
- 彼らは放射線防護 MS 実装の意図を知っていますか？
- 今後どのようなサポートを期待できますか？具体的な例を挙げてください。
- どのような種類の阻害要因を生む可能性がありますか？

III-E-2 利用可能な資源

運営資金、投資資金、職員の時間（新規スタッフの採用、実装が副次的な義務等）、空間、設備、情報技術

1：放射線防護 MS の実装と管理に十分な資源があると思いますか？

- はいの場合、あなたはどの資源を当てにしていますか？あなたが受け取った、または受け取りたかった資源が他にありますか？
- 調達しやすい資源はどれですか？
- いいえの場合、利用できないのはどの資源ですか？

2：必要な資源をどのように調達するつもりですか？

- あなたが必要なものを入手するのに関わるのは誰ですか？
- どのような課題に直面すると思いますか？

Ⅲ-E-3 知識や情報へのアクセス

1：あなたにはどのような研修が予定されていますか？同僚には？

- あなたに期待される役割と責任の遂行に、その研修が役立つと感じますか？説明してください。
- 予定されている計画的な研修の良い側面は何ですか？
- 足りないものは何ですか？
- どのような継続的な研修が予定されていますか？

2：放射線防護 MS に関して、どのような情報や資料をすでに利用できますか？

- 資料のコピー？
- 個人の連絡先？
- スタッフミーティングなどの内部情報の共有？
- それはタイムリーでしたか？関連があるものでしたか？十分でしたか？

3：放射線防護 MS やその実装について質問がある場合は、誰に尋ねますか？

- こうした個人はどのくらい応じてくれますか？

4：貴院では、放射線防護 MS に関して、どのような情報や資料を個人に提供する予定ですか？

- 資料のコピー？
- 個人の連絡先？
- スタッフミーティングなどの内部情報の共有？
- それはタイムリーですか？関連があるものですか？十分でしたか？

IV 個人特性

IV-A 放射線防護 MS についての知識や信念

- 1 : 放射線防護 MS やその実装についてどのようなことを知っていますか？
- 2 : 貴院で放射線防護 MS は効果的だと思いますか？
 - それはなぜですか？
- 3 : 貴院で放射線防護 MS が実施されることについてどのように感じますか？
 - 貴院で放射線防護 MS を実装する計画についてどのように感じますか？
 - 期待感がありますか？ストレスを感じていますか？熱中していますか？それはなぜですか？
- 4 : あなたの組織で放射線防護 MS は実装のどの段階にありますか？
 - プログラムはどのように進行すると思いますか？
 - そう思われるのはなぜですか？

IV-B 自己効力感

- 1 : あなたには放射線防護 MS をうまく実装できる自信がどのくらいありますか？
 - その自信（または自信の欠如）の理由は何ですか？
- 2 : あなたには放射線防護 MS を実施できる自信がどのくらいありますか？
 - その自信（または自信の欠如）の理由は何ですか？
- 3 : 同僚は放射線防護 MS の実装にどのくらい自信を感じていると思いますか？
 - その自信（または自信の欠如）の理由は何ですか？
- 4 : 同僚は放射線防護 MS の実施にどのくらい自信を感じていると思いますか？
 - その自信（または自信の欠如）の理由は何ですか？

IV-C 個人の行動変容のステージ

- 1 : あなたは放射線防護 MS 実施の準備がどのくらいできていますか？
 - 知識段階（無関心期）放射線防護 MS の主要な側面に関する知識
 - 説得段階（関心期）放射線防護 MS を好み、他の人と話し合い、賛成し、前向きな見方をする
 - 意思決定段階（準備期）追加情報を探して試みようとする
 - 実装段階（実行期）追加情報を入手し、定期的に放射線防護 MS を実施し、継続している
 - 確認段階（維持期）メリットを認識し、日常業務に放射線防護 MS を統合済みで、他の人に実施を促す

V プロセス

V-A 計画

1：放射線防護 MS 実装の計画を整理するために、あなたは何をしましたか？

2：放射線防護 MS 実装の計画について説明してくださいませんか？

- 計画はどのくらい詳細ですか？誰が知っていますか？計画は複雑すぎますか？理解できますか？現実的かつ実現可能ですか？
- 計画プロセスにおけるあなたの役割は何ですか？
- 計画プロセスに誰が関与していますか？彼らの役割は何ですか？
- 計画プロセスに適切な人が関与していますか？どのくらい積極的に関与していますか？
- 計画に基づき実装の進捗を追跡する予定ですか？
- 阻害要因や、誤り、間違いのため、計画を修正または改訂しなければならない場合、どうしますか？

3：あなたの実装の計画は、実装期間中にどのような役割を果たしましたか？

- 放射線防護 MS 実装のガイドとして使用しましたか？
- 計画を実際の進捗との比較に使用しましたか？
- 計画の改訂または改良はありましたか？
- 他のステークホルダーと、計画を共有またはレビューしましたか？どのくらい定期的に？

V-B エンゲージング

V-B-1 オピニオンリーダー

1：この実装に参画している影響力のあるキーパーソンは誰ですか？

2：影響力のあるキーパーソンは、放射線防護 MS についてどのように述べていますか？

- 影響力のあるキーパーソンとは誰ですか？
- 彼らは他の人の放射線防護 MS 実施にどの程度影響を与えますか？実装を成功させますか？

V-B-2 公式に任命された内部の実装リーダー

1：あなたの組織は放射線防護 MS の実装にどのように関与しましたか？

- 放射線防護 MS への参加の意思決定はどのようになされましたか？
- 意思決定のプロセスには誰が参加しましたか？
- あなたはこのプロセスに関与しましたか？

2：放射線防護 MS の実装を先導するのは誰ですか？

- その人物は、この役割をどのように始めましたか？任命ですか？自発的にですか？自発的にやることを強制されてですか？
- その人物には、この実装を先導する上で、効果的なリーダーとして、どのような特性や資質がありますか？その人物には、どのような特性や資質が不足していますか？
- その人物には、放射線防護 MS 実装に必要なことを行うための十分な権限がありますか？

3：他に誰が実装を先導することに関与していますか？

V-B-3 チャンピオン

1：公式な実装リーダー以外に（期待をはるかに上回る）チャンピオンとなる可能性の高い人々があなたの組織にいますか？

- 彼らはその役職に公式に任命されましたか？それとも、非公式の役割でしたか？
- そうしたチャンピオンは、あなたの組織でどのような役職に就いていますか？

- 彼らはどのように実装に貢献すると思いますか？放射線防護 MS 実施を人々に促しますか？
- 2：そのチャンピオン・個人に対する人々の認識について説明してください。
- あなたはチャンピオンの意見や行動をどの程度尊重していますか？
- 3：その個人・チャンピオンはどのような行動を示すと思いますか？
- 例えば、シニアリーダーを参画させたり、問題解決を支援したりするでしょうか？あるいは、もう少し小さな役割でしょうか？

V-B-4 外部のチェンジ・エージェント

- 1：あなたの組織外の人（またはチーム）は放射線防護 MS の実装を支援しますか？
- その人物・グループについて説明してください。
- 彼らはどのように関与しましたか？
- 彼らの役割は何ですか？
- 彼らはどのような活動をしますか？
- 彼・彼女・彼らはどのくらい貢献すると思いますか？どのような点で？

V-B-5 主要なステークホルダー

- 1：人々を放射線防護 MS 実施に献身的に取り組んでもらうため、どのようなステップを踏みましたか？
- どの個人を対象としますか？
- 彼らにどのようなアプローチをしますか？
- 彼らにどんな情報を与えますか？
- どのくらいの頻度で、どのように彼らとコミュニケーションをとりますか？
- 2：放射線防護 MS に関する情報を周知するためのあなたのコミュニケーション戦略、または教育戦略はどのようなものですか？
- どのような資料・手段・会場を使用する予定ですか？例えば、電子掲示板、電子メール、パンフレットなどですか？
- どのようなプロセスでコミュニケーションをとる予定ですか？スタッフミーティングへの参加、非公式な会話などですか？
- 3：放射線防護 MS に参画しているキーパーソンは誰ですか？
- 人々を放射線防護 MS の実施に献身的に取り組んでもらうためですか？実装を助けるためですか？

V-B-6 介入の参加者

- 1：あなたやあなたの同僚は、放射線防護 MS についてサービス対象者と、どのようにコミュニケーションをとりますか？
- 彼らはどのように放射線防護 MS に参加しますか？
- 彼らはどのように放射線防護 MS にアクセスしますか？

V-C 実行

- 1：放射線防護 MS は実装計画に従って実装されましたか？
- はいの場合、それについて説明してください。
- いいえの場合、なぜですか？

V-D 振り返りと評価

1：放射線防護MSの実装にあたり、どのような情報を収集する予定ですか？

- どの測定項目を追跡しますか？どのように追跡しますか？
- その情報をどのように使用しますか？

2：実装または放射線防護MS自体についてのフィードバック報告を受け取りますか？

- それはどのようなものですか？内容、様式、構成は？
- そうした報告はどのくらい役に立つと思いますか？
- その報告に改善点はありますか？
- その報告をどのくらいの頻度で受け取りますか？どこから来るものですか？
- その報告を設計するのは誰ですか？

3：実装目標や介入目標に向けての進捗をどのように評価しますか？

- 評価結果をステークホルダーにどのように返しますか？

4：スタッフにフィードバックを求めますか？サービス対象者からも求めますか？

- はいの場合、どのようなフィードバックですか？

5：あなたの組織・ユニットは介入の実装目標をどの程度設定していますか？

- 目標は組織の中でどのように伝えられますか？誰に伝えられますか？
- どのような目標ですか？誰にどのように伝えられますか？

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3年度～令和5年度 総合研究報告書

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支援ツールの開発と
取組状況を踏まえての今後の課題

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研究室 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室
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室

研究要旨

【目的】

医療機関において、適切な放射線被ばく管理が実施されるための方策として、放射線被ばく管理マネジメントシステム（放射線 MS）の導入を前提として、医療機関向けに導入支援を行うためのモデル文書や各種ツールの開発を行った。3年間で取り組んだ成果物を紹介し放射線 MS 導入支援事業への支援した経験から見出した課題と解決策について検討した。また、より俯瞰的に「医療機関における放射線被ばく管理マネジメントシステムの背景と課題に関する考察」を作成した。

【取り組みと成果物】

2018-2020 年度・労災疾病臨床研究「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」で開発した完全版放射線 MS とそのモデル文書をもとに、小規模病院や診療所のように従事者数が少なく人的資本が少ない医療機関でも放射線 MS が導入できるように簡易版放射線 MS を開発した。放射線 MS 導入支援事業での研修・教育資料として、実際の内部監査を模擬したビデオを作成した。次に、医療機関で PDCA サイクルを回すことを支援するために、放射線 MS 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。開発したツールは、厚生労働省の委託事業「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（放射線 MS 導入支援事業）」に提供した。そして、各種ツールを利用した支援事業に参画し、各種ツールの有効性を確認するために、追加で必要な情報の提供を行った。

【見出した課題と解決策の提案】

放射線被ばくによる労働災害の防止という観点において個人的対策を教育するだけでは不十分である。これまでは、医療行為を優先してしまい被ばく低減方法の実施が疎かになり、被ばく低減対策の第一歩である個人線量計を装着していない等の法令違反や皮膚がん等の労働災害が発生している。この状態を打開するには、個人的対策の教育に加え、組織で被ばく低減対策（組織的対策）の教育が必要となる。放射線 MS とは、法令遵守と可能な限りの被ばく低減を目標として、病院長のリーダーシップのもと Plan-Do-Check-Act（PDCA）

サイクルを回して継続的に改善する仕組みであり、組織的対策を継続的に実施するうえで極めて有効な手段である。また、放射線 MS では、それぞれの立場での役割を含む手順が規定されており、それを理解し履行できるための教育が必要である。

【医療機関における放射線被ばく管理マネジメントシステムの背景と課題に関する考察】

多くの医療機関において放射線被ばく管理が適切に行われていない実状を前提とした際、眼の水晶体の等価線量限度の大幅な低減を中心とする改正電離放射線障害防止規則を順守し、適切な放射線被ばく管理を行うためには、放射線 MS の導入が有効である。MS は、トップのリーダーシップのもと目標を決め、状況に応じて計画を立案して、継続的な改善を図る仕組みが包含されている。MS 導入における初期のハードルを低くするため、研究班で開発したモデル文書を含むツールと導入支援を目的とした研修を実施したことによって、積極的にプログラムに参加した医療機関においては、適切な放射線被ばく管理が実施され、さらに継続的に改善が図られていることを確認した。しかし、規則の改正前とほとんど変わらない機関も少なくない現状を考えると、支援を前提とした取り組みに加えて、労働基準監督署の査察や医療監査などの行政の監督を強化することが必要と考えられた。

A. はじめに

2021年の電離放射線障害防止規則改正から2年が経過し、日本の医療従事者の被ばく研究が進み、水晶体被ばくに関しては防護がない場合年間20mSvを超える事が明らかとなっているが、医療従事者の被ばく管理には大きな問題が存在する。問題とは、個人被ばく線量計が充分配布されず配布されても装着していない等の法令違反であり、現在もなお充分な状況となっていないと考えられる。世界に目を向けても似たような問題が報告されている。2012年の報告では個人被ばく線量計が50%の医師が装着していない等が報告され、2019年の米国の内視鏡医に対するアンケート結果でも同様の報告がされ²⁷⁾、ICRP publication 139では大きな問題として警告されている。

線量計未装着の対策は、個人的対策と組織的対策に分ける事ができる。個人的対策としては、「声掛け」や「タイムアウト」によって未装着が改善した事例が報告されている。未装着の原因である装着忘れに対し声かけというコミュニケーションやタイムアウトという手技前の確認を行うことが有効である事が示された。しかし、線量計が手元にないことや従事者登録しておらず線量計が配布されていない医療従事者がいることが判明し個人的対策の問題点もわかっている。

そこで、個人的対策の継続や問題点の改善として組織的対策が必要となる。組織的対策とは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（放射線MS）の導入である。放射線MSの概要はICRP Publication75に示されていたが¹⁴⁾、抽象的であったためほとんど知られていなか

った。しかし、労災疾病研究班（2018～2020年、研究責任者：櫛田尚樹）が具体的な内容を明確にし、法令遵守と被ばく低減が両立できるようPlan-Do-Check-Act（PDCA）サイクルを回す仕組みとして放射線MSを開発した。また、厚生労働省の支援として放射線MS導入支援事業が2020年から毎年開催され、これまでに800以上の医療機関が参加し、放射線MSの導入に成功した医療機関による被ばく管理の成功事例が積み重ねられ、医療機関における導入の拡大が進行している。加えて、2023年4月に厚生労働省から発表された第14次労働災害防止計画では、「医療従事者の被ばく線量管理と被ばく低減対策の推進」が明記され放射線MSの導入を支援することが明示されたことによって今後も導入が広がっていくものと考えられる。

我々は、2021～2023年度にかけて活動し、開発された放射線MSを様々な医療機関に導入するためのモデル文書の作成や導入・運用による効果判定を可能とするためのマニュアルやツールの開発を行ってきた。また、開発したマニュアルやツールを放射線MS導入支援事業に提供し事業の委員としても運営に関わった。本報告書では、2021～2023年度の3年間で取り組んだ成果物を紹介し放射線MS導入支援事業への支援した経験から見出した課題と解決策について述べていく。

B. 3年間の取り組みと成果物

1. 1年目（2021年度）の取り組み

まず、医療機関は、特定機能病院・中小規模病院・診療所によって放射線業務従事者の数が異なり、従事者数が多いほど放射線MSの運営に携わるスタッフの人数が必

要となりマネジメントの難易度が上がる。労災疾病研究班（2018～2020年、研究責任者：樺田尚樹）で開発された放射線MS（完全版放射線MS）とそのモデル文書は、特定機能病院や中規模病院のように人的資本に比較的余裕がある医療機関向けのマネジメントシステムとして開発された。放射線MSの導入が簡便に行え、小規模病院や診療所のように従事者数が少なく人的資本が少ない医療機関でも放射線MSが導入できるように簡易版放射線MSを開発しそのモデル文書を作成した。

そして、放射線MS導入支援事業での研修・教育資料として実際の内部監査を模倣したビデオを作成した。ビデオには、役として監査員・病院長・看護師長・循環器科部長・放射線科部長・放射線技師長・事務員の7名を選出し、監査前の説明と病院長へのインタビュー・現場スタッフへのヒアリング・放射線MS運営陣へのインタビュー・監査の評価の4本の動画を作成し、放射線MSの導入によって医療機関の放射線被ばく管理がどのように行われるかをイメージできる内容とした。ビデオは、動画投稿サイト（YouTube）に投稿し毎年行われる放射線MS導入支援事業で使用できるようにした。

2. 2年目（2022年度）の取り組み

これまで放射線MS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サイクルを回す上での大きな課題であった。そこで、医療機関において放射線MSの導入および成熟状況を評価するためのツ

ル開発を行った。原案として9項目の評価文章を作成した。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、放射線MS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。開発したツールは、放射線MS導入支援事業に提供し、放射線MSの導入運用の評価ツールとして研修・教育資料となった。

2022年度は、放射線MS導入支援事業が3年目の開催となり、受講者への理解度を測定するため放射線MSに関する理解度テストを行うということで、我々が理解度テストの作成を行なった。講習会は3回に分けられており、マネジメントシステムの理解を問う内容で第1回目の講義に関する問題が16問、第2回目の講義に関する問題が12問、第3回目の講義に関する問題が18問、合計46問の設問を作成した。また、産業衛生学的視点を取り入れた被ばく低減に関する問題として15問の設問を作成した。

3. 3年目（2023年度）の取り組み

2023年度は、放射線MS導入支援事業の運営委員の委員長として活動した。事業が4年目の開催となり、基礎研修と専門研修に分かれて研修を行う形となった。基礎研修では、労災疾病研究班（2018～2020年、研究責任者：樺田尚樹）で開発された教育・研修資料を使用しており、受講者が放射線MSを理解し自施設へ放射線MSを導入するStep by Step形式で進められた。専門研修では、本研究班が開発した放射線MSの導入および成熟状況を評価するツールを

使用し内部監査を行うことを理解する研修である。この内部監査は、チェックリストに沿って監査するだけでなく、PDCAにつながる気づきを促す場としての側面を持たせた。

4. 簡易版放射線 MS の開発

労災疾病研究班（2018～2020年、研究責任者：樺田尚樹）で開発された放射線 MS（完全版放射線 MS）とそのモデル文書は、ISO45001 に準拠した型になっており医療機関の放射線安全衛生管理体制の理想型で放射線 MS 導入支援事業の教育・研修資料にされている。この支援事業に参加した医療機関からの声として、「個人被ばく線量計の装着率を向上させる仕組みが知りたい」や「完全版放射線 MS では役割や仕事内容が多く、人的資本が乏しい医療機関では導入することが困難である」「システムマニュアルが複雑で放射線 MS を理解できない」等の意見が寄せられた。これらの意見を受けて、人材が十分でない医療機関でも運用可能で、法令順守を主目的とした簡易版放射線 MS を開発しモデル文書を作成した。

簡易版放射線 MS は、法令順守を基本方針とし、少人数でマネジメントシステムを運用することができることとシステムマニュアルの簡素化を主眼に置き開発した。これは、マニュアル文章・基本方針・登場人物の役割を見直したものとなっている。また、「個人線量計の装着」と「線量限度を超えない被ばく」という法令を順守するための基本方針が示され、大きな PDCA と小さな PDCA を回すことを念頭に置いて設計しているため『法令順守を継続的に行う組織作り』のためのマニュアルである。下

記に簡易版放射線 MS を紹介する。

1) マニュアル文書

完全版放射線 MS と簡易版放射線 MS を比較すると、マニュアル文書の項目は、完全版が75項目、簡易版が53項目となり、完全版と比較して簡易版の文書量は大幅に低減している。

2) 基本方針の見直し

完全版放射線 MS の基本方針は、法令順守と可能な限りの被ばく低減という2つの目的であったが。簡易版放射線 MS では、法令順守のみを目的としている。

3) 登場人物と役割

完全版放射線 MS の登場人物は14の役割に分けられていたが、簡易版放射線 MS では4の役割に分けられている。4つの役割とは、システム責任者である病院長、システム管理者である放射線技師長、システム管理者の指示で実際の業務を行う実務担当者、放射線業務従事者である。

4) 自主点検

放射線 MS で重要な内部監査は、適任者の確保や監査者教育等が必要である。そのため、人材が充分でない医療機関にとっては内部監査を行うことが多大な負担となるため内部監査の項目を除外し、内部監査に変わる項目として自主点検の項目を設けた。自主点検とは、マネジメントシステムの適切性・妥当性・有効性の評価を年1回以上行うことであり、自主点検によって組織は継続的に改善する組織となることができる。

5) 年間目標とそれを達成するための取り組みの策定

目標を立て目標達成のための行動計画を作成する事はISO45001でも述べられているが、見落とされやすい項目である。目標

を組織内の人々に理解されなければ目標達成に向けた活動が実施されない。また、目標の達成状況がモニタリングされなければ、目標達成に必要な軌道修正ができない。完全版放射線MSと同様に簡易放射線MSでも、「年間目標を達成するための取組みの計画策定」の項目を立てている。これにより大きなPDCAのPlanとDoの機能が担保されている。

6) 自主点検と大きなPDCA

内部監査は、マネジメントシステムにおける大きなPDCAのCheckの機能を担っており、内部監査の項目を省くことで大きなPDCAが回らない状態となり、リスクコントロールマニュアルとなる。そのため、簡易版放射線MSでは、自主点検の項目を新たに加え最低限のCheckの機能を担保することで大きなPDCAが回る仕組みとなっている。

C. 見出した課題と解決策の提案

1. 見出した課題

我々が放射線MSを開発してから5年経過するが様々な医療機関の被ばく管理者と意見交換する機会があり、その中で「医療機関で行う教育はどのような内容が良いか」という質問を多々貰うことがあった。放射線被ばくについての教育は、個人が行う被ばく低減対策（個人的対策）を教育することが一般的であるが、放射線被ばくによる労働災害の防止という観点において個人的対策を教育するだけでは不十分である。これまでは、医療行為を優先してしまい被ばく低減方法の実施が疎かになり、被ばく低減対策の第一歩である個人線量計を装着していない等の法令違反や皮膚がん等の労働災害が発生している。この状

態を打開するには、個人的対策の教育に加え、組織で被ばく低減対策（組織的対策）の教育が必要となる。

2. 解決策の提案

放射線MSとは、法令遵守と可能な限りの被ばく低減を目標として、病院長のリーダーシップのもとPlan-Do-Check-Act（PDCA）サイクルを回し、継続的に改善する仕組みである。放射線MSでは、それぞれの立場での役割を含む手順が規定されており、それを理解し履行できるための教育が必要である。教育の問題を解決するためには、放射線業務の管理者と従事者を対象として放射線MSを理解するために必要な教材（通常の放射線教育は除く）を作成し、それぞれに応じた教育を行うことが解決策となる。

管理者に対する教材とは、管理者の役割が、個人線量計を適正に配布し確実な装着を促すための措置（タイムアウトでの声掛け、シークレットサーバイ等）を行うといった法令遵守の仕組みを作ること、リスクアセスメントや個人被ばく線量のモニタリングから被ばく低減対策を講じ環境を整え従事者に実施させることであり、この内容が理解できる教材である。また、教材の内容には放射線MSと電離放射線健康診断との連携もまとめることも必要である。従事者に対する教材とは、従事者の役割が個人線量計の適正な装着と被ばく低減策に優先順位をつけて行うことであるが、従事者が放射線MSの概要（目標・リーダーシップ・PDCAサイクル・リスクアセスメント・想定事象発生時対応方法・相談窓口等）を理解することも適切な行動と報告に繋がるため、そのことを前提とした教材が

必要となる。

2種類の教材を作成することで、組織的に法令遵守や被ばく線量低減対策を取り組むための教材となり多くの医療機関の参考となり、ひいては個人被ばくの低減と労働災害の防止に繋がっていく。また、我が国の医療機関で放射線MSの導入や運用が進み労働者にとって働きやすい環境となると考える。

D. 医療機関における放射線被ばく管理マネジメントシステムの背景と課題に関する考察

最終年度である本年度は、これまでの研究および放射線MS導入支援事業での経験や観察事項をもとに、放射線MSを前提とした放射線被ばく管理の課題について考察を行った。

多くの医療機関において放射線被ばく管理が適切に行われていない実状を前提とした際、眼の水晶体の等価線量限度の大幅な低減を中心とする改正電離放射線障害防止規則を順守し、適切な放射線被ばく管理を行うためには、放射線MSの導入が有効である。MSは、トップのリーダーシップのもと目標を決め、状況に応じて計画を立案して、継続的な改善を図る仕組みが包含されている。MS導入における初期のハードルを低くするため、研究班で開発したモデル文書を含むツールと導入支援を目的とした研修を実施したことによって、積極的にプログラムに参加した医療機関においては、適切な放射線被ばく管理が実施され、さらに継続的に改善が図られていることを確認した。しかし、規則の改正前とほとんど変わらない機関も少なくない現状を考えると、支援を前提とした取り組

みに加えて、労働基準監督署の査察や医療監査などの行政の監督を強化することが必要と考えられた。

E. まとめ

我々は、3年間の取り組みで放射線MSの導入が着実に進めるツールを開発し、開発したツールを放射線MS導入支援事業に提供することで多くのサポートを行ってきた。研究班と放射線MS導入支援事業の両輪で放射線MSが社会実装されているため、放射線MSの導入を推進していくには研究班の存在が必要となると考える。

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

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

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て環境整備が行われ、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て環境整備が行われ、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。教育内容にマネジメントシステムがない。関係法令を確認する会議体が2つあり重複する。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。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。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ことが必要である。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。「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。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。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。マネジメント会議の資料として活用できる。概知の課題（強みや弱み）を整理することができる。保健所監査や病院評価等のタイミン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
「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3年度～令和5年度 総合研究報告書

産業保健上の課題の整理

研究代表者 喜多村 絃子 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放射線科

研究要旨

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作成された、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）の文書体系および、その研修・教育資料を作成し放射線MS導入支援事業実施者へ提供することを通じて、医療機関への導入支援に関与している。2021～2023年度の3年間において、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、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。

方法：対象は、2020年度（2021年度に集計）、2022年度（2022年度に集計）、2023年度（2023年度に集計）に放射線MS導入支援事業に参加し、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。2020年度および2022年度は放射線MS導入支援事業に新規に参加する意思を表明した医療機関、2023年度は新規・複数回目関係なく、放射線MS導入支援事業に参加した医療機関へ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：2021年度は204機関、2022年度は最大141機関（2022年度は3回に分けてWebアンケート実施し、1回目141機関、2回目123機関、3回目95機関の回答を集計した）、2023年度は33機関の回答を集計した。

考察：Webアンケートの集計結果から、1. 病院管理者による労働者の被ばく管理方針の明示、2. 放射線業務従事者の選定基準、3. 労働者の放射線被ばく管理組織の設置、4. 全ての放射線業務従事者の放射線測定器の装着状況の確認、5. 不均等被ばくとなる放射線業務従事者への必要数の放射線測定器の配布、6. 労働者の放射線被ばく管理担当者の権限とその行使、7. 放射線業務従事者の被ばく状況の把握、8. 必要な保護具の準備と使用、9. 各放射線業務従事者の被ばく線量の一元管理、が労働衛生管理および産業保健上の課題として抽出された。前述9点の懸念事項のうち、1～8に関しては、放射線MSの速やかな導入および継続的な運営が解決策の一つと考えられた。

結語：本研究により、医療機関の放射線業務従事者の放射線被ばく管理に関する産業保健上の課題の整理ができ、課題解決には放射線MSの導入および継続的な運用が有用であることが示された。放射線MS導入に関し、医療機関ごとに事情、状況は異なるため、組織トップの明確な意思表示の下、各医療機関が自身でできることを進めるとともに、外部の専門家や先進機関が必要なサポートを提供し、各医療機関が導入した放射線MSを自立して運営できるまでフォローを継続する個別支援の仕組みも必要と考える。

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作成された、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）の文書体系および、その研修・教育資料を作成し放射線 MS 導入支援事業実施者へ提供することを通じて、医療機関への導入支援に関与している。2021～2023 年度の 3 年間に於いて、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、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、2020 年度（2021 年度に集計）、2022 年度（2022 年度に集計）、2023 年度（2023 年度に集計）に放射線 MS 導入支援事業に参加し、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】

2020 年度および 2022 年度は放射線 MS 導入支援事業に新規に参加する意思を表明した医療機関、2023 年度は新規・複数回目関係なく、放射線 MS 導入支援事業に参加した医療機関へ 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に回答を依頼した。なお、放射線 MS 導入支援事業は、厚生労働省より当該事業を受託した公益財団法人原子力安全技術センターが主催しており、Web アンケートは公益財団法人原子力安全技術センターを介して実施した。Web アンケートの調査項目や実施タイミングは、研究班と公益財団法人原子力安全技術センターとで協議、調整したが、同一内容のアンケートを同一タイミングで実施することはできなかった。

それぞれのアンケートで収集、集計した内容は次のとおりである。

■ 2020 年度 Web アンケート：放射線被ば

く管理体制、放射線業務従事者のリスクアセスメント結果、放射線防護具の管理状況、放射線測定器の配布状況

■ 2022 年度 Web アンケート：放射線被ばく管理体制、新規放射線業務従事者の把握方法、放射線業務従事者の兼業における被ばく線量の把握方法、放射線測定器の装着状況、個人被ばく線量の情報提供の方法、高い被ばく線量の放射線業務従事者への介入方法、放射線防護具の管理状況、放射線業務従事者のリスクアセスメント結果、自己点検の状況、放射線測定器の配布状況

■ 2023 年度 Web アンケート：放射線業務従事者の選定基準、放射線業務従事者の線量測定：測定対象者の範囲、放射線測定器の配布者数、不均等被ばく者の人数、不均等被ばく者の内訳（放射線測定器を 2 個以上配布している者、放射線測定器を 1 個だけ配布している者、放射線測定器を配布していない者）、放射線測定器の装着状況、2019～2022 年度の放射線業務従事者の被ばく線量分布：実効線量および水晶体等価線量放射線 MS 導入支援事業の参加経験

C. 研究結果

2021 年度は 204 機関、2022 年度は最大 141 機関（2022 年度は 3 回に分けて Web アンケート実施し、1 回目 141 機関、2 回目 123 機関、3 回目 95 機関の回答を集計した）、2023 年度は 33 機関の回答を集計した。各年度の集計結果の概要を以下に示す。

■ 2021 年度の集計では、労働者の放射線被ばく管理組織（委員会）が設置されていたのは 143 機関（70.1%）、病院管理者により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たのは 118 機関（57.8%）、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ったのは 106 機関（52.0%）、病院管理者により労働者の放射線被ばく管理に関する書類の文書レビューが毎年実施されていたのは 117 機関（57.4%）、労働安全衛生マネジメントシステム（OSHMS）が導入されていたのは 17 機関（8.3%）であった。放射線防護具の管理状況では、リスクア

セサメント対象人数（放射線業務従事者数と見なした）と防護衣、防護眼鏡、ネックガードの保有数を比較すると、およそ防護衣は2人に1枚、防護眼鏡は10人に1個、ネックガードも10人に1個程度の割合で準備されていた。放射線測定器の配布状況は、放射線測定器配布対象者数がリスクアセスメント対象者人数と同等以上であったのは、2019年11月は85機関（59.4%）、2020年11月は103機関（72.0%）であった。

- 2022年度の集計では、労働者の放射線被ばく管理組織（委員会）が設置されていたのは65機関（46.1%）、病院管理者により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たのは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ったのは51機関（36.2%）、病院管理者により労働者の放射線被ばく管理に関する書類の文書レビュー毎年実施されていたのは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）を行っていたのは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たのは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（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。
- 2023年度の集計では、放射線業務従事者の選定基準があったのは23機関（69.7%）、全ての放射線業務従事者を対象として線量測定を実施していたのは28機関（84.8%）、放射線業務従事者数と放射線測定器の装着者数が一致し

ていたのは、放射線業務従事者数無回答の4機関を除いた29機関中26機関（89.7%）であった。不均等被ばくとなる放射線業務従事者全員に放射線測定器が2個以上配布されていたのは、放射線業務従事者数無回答の4機関、不均等被ばくとなる人数無回答の1機関およびそれぞれの放射線測定器配布数に該当する人数の和が不均等被ばくとなる者の数を超えていた6機関を除き、22機関中15機関（68.2%）であった。全ての放射線業務従事者について放射線測定器の装着状況を確認していたのは16機関（48.5%）であった。

D. 考察

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9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医療機関機関が約43%であること
2. 放射線業務従事者の選定基準がない医療機関が約18%であること
3. 労働者の放射線被ばく管理組織が設置されていない医療機関が約40%であること
4. 全ての放射線業務従事者の放射線測定器の装着状況を確認している医療機関は50%以下であること
5. 不均等被ばくとなる放射線業務従事者に必要数の放射線測定器が配布されていない恐れのある医療機関が約40%であること
6. 医療機関によっては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恐れがあること（被ばく管理担当者の職種、役職）
7. 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（事務職員のみが結果を確認）
8. 必要な保護具の準備と使用が徹底されていないこと
9. 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

上記9点の懸念事項のうち、1～8に関しては、放射線MSの可及的速やかな導入および継続的な運営が解決策の一つと考えられた。なぜなら、以下の事項は放射線MSのシステム文書、実施要領に含めることが求められ、モデル文書にも含まれるためである。

- 放射線MSを導入する際にはまず、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（懸念事項1）。
- 放射線業務従事者の定義およびその放射線被ばくを管理する組織を明確にし、放射線業務従事者の同定方法、放射線被ばくの管理体制の詳細を文書化して実施要領に落とし込むとよいと考える（懸念事項2, 3, 7）。
- 放射線業務の種類、職種、使用する放射線防護具等の情報から、不均等被ばくとなる放射線業務従事者を抽出する方法、抽出された放射線業務従事者に必要数の放射線測定器を配布する方法、全ての放射線業務従事者において必要数の放射線測定器が着用されているかを確認する方法を明確にするとともに、放射線測定器の着用状況を確認する役割を担う者を明確にし、担当者には未装着者へ指示・指導する権限を付与することまでを文書化して実施要領に落とし込むとよいと考える（懸念事項4, 5, 6）。
- 使用する放射線防護具については、放射線防護の3原則（時間、遮蔽、距離）に基づき、医療機関毎に最低限使用する放射線防護具を定め、放射線照射装置設置室数、並列で業務にあたる放射線業務従事者数、診療件数等を基に必要数を算出し準備するとよいだろう。必要数の算出根拠は実施要領に落とし込むとよいと考える（懸念事項8）。

その上で、確実に放射線MSを運営していくことにより、事態の改善が期待される。ただし、いずれの項目についても定義や手順が不明瞭・不適切なことによる、過不足が発

生しないよう、留意が必要である。

ただし、労働安全衛生マネジメントシステムが導入されていた医療機関はわずか7.2%で、マネジメントシステム自体へのなじみがない医療機関がほとんどであった。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恐れがある。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」とされている。放射線MSの導入は目的でなく、導入後に継続的に運用ができてはじめて導入した意義があるため、自立して運用できるまで、機関毎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。

各放射線業務従事者の被ばく線量の一元管理については、放射線MSの導入で解決できる課題ではない。実現するには、本邦全体の医療機関における放射線業務従事者の被ばく線量管理体制を再構築する必要がある。簡単に進む話ではないが、同時期に複数機関で診療行為があったり、全国の医療機関への異動・転職があったりする医療従事者の被ばく線量を漏れなく適切に測定し一元管理しておくことは、将来的に放射線被ばくによる健康影響の恐れがあった場合等、ばく露を確認する必要がある際を考えると、関係者間で実現に向けて協議を進めるべき事項と考える。

E. 結論

2021～2023年度の3年間において、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、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。

1. 病院管理者による労働者の被ばく管理方針の明示、
2. 放射線業務従事者の選定基準、
3. 労働者の放射線被ばく管理組織の設置、
4. 全ての放射線業務従事者の放射線測定器の装着状況の確認、
5. 不均等被ばくとなる放射線業務従事者への必要数の放射線測定器の配布、
6. 労働者の放射線被ばく管理担当者の権限とその行使、
7. 放射線業務従事者の被ばく状況の把握、
8. 必要な保護具の

準備と使用、9. 各放射線業務従事者の被ばく線量の一元管理、が労働衛生管理および産業保健上の課題として抽出された。前述9点の課題のうち、1～8に関しては、放射線MSの速やかな導入および継続的な運営が解決策の一つと考えられた。

本研究により、医療機関の放射線業務従事者の放射線被ばく管理に関する産業保健上の課題の整理ができ、課題解決には放射線MSの導入および継続的な運用が有用であることが示された。放射線MS導入に関し、医療機関ごとに事情、状況は異なるため、組織トップの明確な意思表示の下、各医療機関が自身でできることを進めるとともに、外部の専門家や先進機関が必要なサポートを提供し、各医療機関が導入した放射線MSを自立して運営できるまでフォローを継続する個別支援の仕組みも必要と考える。

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

体幹部の測定で得られた線量から眼の水晶体等価線量を推定する手法の検討

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

ICRP が 2011 年に発出したソウル声明を受け、IAEA BSS 及び EU BSS では、放射線業務従事者の計画被ばく状況における水晶体の組織等価線量被ばく限度について、1 年間 150 mSv から 5 年平均で 1 年あたり 20 mSv の大幅な引き下げを取り入れた。我が国においても、放射線審議会眼の水晶体の放射線防護検討部会において検討された結果、計画被ばく状況における職業被ばくに関する水晶体の等価線量限度は、5 年間平均で 20mSv/年、かつ、いずれの 1 年においても 50mSv を超えないこととすることが適当である、と答申され、令和 3 年 4 月から改正電離放射線障害防止規則が施行される。本分担研究では、特に不均等被ばくを伴う手技・業務に従事する医療従事者について、体幹部、眼の水晶体及び末端部線量の相関についての評価を行い、体幹部線量から適切な眼の水晶体等価線量評価を検討するとともに被ばく線量低減対策についても提案する。本分担研究では、査読付き論文で報告例の多い IVR における医療従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比に着目して評価した。その結果、体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比の平均及び標準偏差は、それぞれ 0.79 及び 0.39 と評価された。放射線防護上の安全係数を取る等の検討を行うとすると、体幹部線量に対し約 1.6 倍することで眼の水晶体線量の保守的な推定が可能であることを明らかとした。

A. 研究目的

本研究事業は、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、事業者がマネジメントシステムを活用し、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、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、マネジメントシ

ステムの運用評価と改良を目的としている。本研究の目的を達成するため、医療分野における放射線業務に対し、労働安全マネジメントシステムを構築し、医療従事者の被ばく線量低減を図る。マネジメントシステム導入時には、医療従事者の被ばく実態を確実に把握し、状況に適した線量評価方法と、適切な運用方法を確立することが求められる。特に、医療領域では、防護メガネによる線量低減効果や、頸部個人線量計からの線量推定に係る不確かさは、線量評価上無視できず、実際に測定を行うことで評価

することが望ましい。

本研究の背景には、国際放射線防護委員会（ICRP）による2011年ソウル声明で眼の水晶体被ばく線量限度が一年間で150 mSvから年平均20 mSvへと大幅に下げることが勧告された[1]ことを契機に、国際原子力機関（IAEA）、EU及び米国においても、眼の水晶体等価線量の線量限度引き下げを導入したことにある[2],[3]。これを受けて我が国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、取り入れることが適当であるとする「眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について」報告書を取りまとめた。放射線審議会はこの報告を受け、同年3月に各行政機関に意見具申を行った。その結果を受けて、リスク管理機関として厚生労働省では電離則の改正を検討するために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、検討を進めてきた。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る。この報告書の中で「国は、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」とされた。

本研究班では、以前の研究班から引き続き、医療従事者の放射線管理及び被ばくの実態を調査し、被ばく低減方法について検討を進めるとともに、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、すなわち「放射線防護マネジメントシス

テム」導入を提唱したところである。今次研究班では、放射線防護マネジメント導入を推進するほか、電離則遵守状況の実態把握、及び医療従事者の眼の水晶体等価線量低減対策に取り組む。

本分担研究では、医療従事者の眼の水晶体及び手指等の末端部の被ばく線量の適切な評価に資するため、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関し、特に体幹部での測定で得られた線量から妥当な眼の水晶体等価線量を推定する手法に関する研究動向について調査し、体幹部で測定された眼の水晶体線量評価手法について取りまとめる。

医療従事者を含むすべての労働者の放射線防護については、電離放射線防止規則第八条に規定される通り、事業者は労働者である放射線業務従事者の受けた放射線の線量について測定する義務がある。

「第八条 事業者は、放射線業務従事者、緊急作業に従事する労働者及び管理区域に一時的に立ち入る労働者の管理区域内において受ける外部被ばくによる線量及び内部被ばくによる線量を測定しなければならない。2 前項の規定による外部被ばくによる線量の測定は、一センチメートル線量当量、三ミリメートル線量当量及び七十マイクロメートル線量当量のうち、実効線量及び等価線量の別に応じて、放射線の種類及びその有するエネルギーの値に基づき、当該外部被ばくによる線量を算定するために適切と認められるものについて行うものとする。」

放射線業務従事者の外部被ばく線量は、現行の法令では、実用量と呼ばれる単位で測定が求められており、この量は放射線業務従事者が装着する個人線量計を用いて測

定される。ICRPによるソウル声明前後より眼の水晶体等価線量評価及び線量低減については広く関心を集めており、特に画像誘導下治療（IVR）術者の被ばく評価及び被ばく線量低減について精力的な研究が進められてきた。本研究では、IVR術者及び補助者等の手技中の被ばく線量に関する報告のうち、眼の水晶体線量と体幹部線量について同時に評価された論文を中心に結果を取りまとめ、体幹部での測定で得られた線量から妥当な眼の水晶体等価線量を推定する手法、及び眼の水晶体被ばく線量低減の方法について検討する。

なお、分担研究者の研究担当分として、体幹部線量からの眼の水晶体組織等価線量の推定手法の確立について、体幹部線量からの眼の水晶体組織等価線量の推定手法を組み込んだ汎用ツールの開発・頒布・使用方法の教育、等は、本事業では行わない。

B. 研究方法

本分担研究では、査読付き論文のうち、医療従事者の個人モニタリングに係る研究について収集し、内容の確認を行った。本分担研究では医療従事者の手技ごとの体幹部線量に対する眼の水晶体被ばく線量及び手指等末端部線量の比について、論文中で評価された値に基づき比較を行っている。評価に用いた論文は、実際にIVR術者等医療従事者の身体各所に線量計を取り付けてモニタリングを行った結果を取りまとめた論文に加え、人体を模擬したファントを用い特定の手技の様子を模擬した実験によって求められた結果も用いている。本分担研究では、査読付き論文では眼の水晶体線量のみを扱った論文や図表で研究の議論を進め、数値を抽出できないものについては評価対

象から外すこととした。

引用した論文は、表1、表2及び表3に示す通りである。表1は主にIVR術者に関連した文献であり、一部IVR施術時の看護師、診療放射線技師に関する論文も引用する。表2は核医学関連で、放射性薬剤投与を実際に行う医師・看護師の個人モニタリングに関連する論文である。表3は整形外科医に関連する論文で施術時の整形外科医のものとなる。

（倫理面への配慮）

本事業を遂行するに当たり、研究対象者に対する人権擁護上の配慮、研究方法による研究対象者に対する不利益、危険性の排除や説明と同意（インフォームド・コンセント）に関わる状況、実験動物に対する動物愛護上の配慮等への観点を十分考慮し、医療従事者の手技中に被ばくした体幹部、眼の水晶体及び手指部線量を取得するという、研究を進める手法を取らなかった。

以上により、当該事業に関し、倫理面への配慮が十分になされ、事業遂行に倫理面での問題がないと判断される。

表 1—1 本研究で対象とした論文と測定・シミュレーション条件（術者等の測定、ファントム試験、計算シミュレーションを含む）。主に IVR 術者に対する評価。

	対象	手技等	測定箇所	測定・評価単位
Suzuki et al. [4]	診療放射線技師	X線撮影時の介助	襟部、防護眼鏡内外（左右とも）	$H_p(3)$
Haga et al. [5]	IVR 術者、看護師	IVR	頸部、左眼防護眼鏡内外	$H_p(3)$ 左眼, $H_p(0.07)$ 襟部
Principi et al. [6]	IC 術者	IVR	左胸、左肩、襟部、左耳、左眼（防護眼鏡なし）	$H_p(3)$ 左眼,左耳, $H_p(10)$ 襟部,左肩,左胸
Carinou et al. [7]	IVR 術者	IVR	左眼、頸部(甲状腺)、胸部	—
Pirchio et al. [8]	IVR 術者、技師、看護師	IVR	眼、襟部、体幹部	$H_p(3)$ 眼, $H_p(10)$ 襟部,体幹部
Anthony Higgins [9]	IVR 術者	IVR	左眼、右眼、頸部、肩部、胸部	—
Vano et al. [10]	IVR 術者(泌尿器科)	IVR(泌尿器科)	左右防護眼鏡外側、体幹部(防護エプロン外側)	$H_p(0.07)$ 眼, $H_p(10)$ 体幹部
C' emusova et al. [11]	IVR 術者	IVR	眼、襟部、体幹部	$H_p(3)$ 眼, $H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0.07)$, 襟部,体幹部
Domienik-Andrzejewska et al. [12]	IVR 術者	IVR	左眼、右眼、胸部、腕部	$H_p(3)$ 眼, $H_p(10)$,体幹部,腕部
C J Martin [13]	IVR 術者	IVR	眼、頸部（甲状腺）、手指部、足	組織吸収線量
Urboniene et al. [14]	IVR 術者、看護師	IVR	眼、体幹部	$H_p(3)$ 眼, $H_p(10)$ 体幹部
S. Strocchi et al. [15]	IVR 術者	IVR	—	—

表 1—2 本研究で対象とした論文と測定・シミュレーション条件（術者等の測定、ファントム試験、計算シミュレーションを含む）。主に IVR 術者に対する評価。

	対象	手技等	測定箇所	測定・評価単位
Pekkarinen et al. [16]	IVR 術者	IVR	眼、体幹部	$H_p(3)$ 眼, $H_p(10)$ 襟部,体 幹部
Alejo et al. [17]	IVR 術者	IVR(小児心臓 手術)	防護眼鏡外、 中央、体幹部 (防護エプロ ン外側)	$H_p(0.07)$ 眼, $H_p(0.07)$ 襟部
Lie et al. [18]	IC 術者	IVR	体幹部 (防護エ プロン外側)	$H_p(0.07)$ 眼, $H_p(0.07)$ 襟部, $H_p(10)$ 体幹部
Thrapsanioti et al. [19]	IC 術者	IVR	左眼、右眼、 体幹部 (防護 エプロン外 側)	$H_p(3)$ 眼, $H_p(10)$ 体幹部
Nowak et al. [20]	IVR 術者	IVR	左眼、右眼、 こめかみ、頸 部、体幹部 (防護エプロ ン内外)	$H_p(0.07)$, $H_p(3)$ 眼, $H_p(0.07)$, $H_p(10)$ 頸部,体幹部
Yokoyama et al. [21]	IVR 術者	IVR	左右防護眼鏡 内側外側、胸 部	D_{eye} , $H_p(3)$ 眼, $H_p(10)$ 体幹部
Danaei et al. [22]	IVR 術者、研 修医、看護 師、臨床検査 技師	IVR	額 (左右及び 中央)、体幹部 (防護エプロ ン内外)	$H_p(0.07)$,額, $H_p(10)$ 体幹部
S´anchez et al. [23]	IVR 術者	IVR	眼、体幹部 (防護エプロ ン内外)	$H_p(0.07)$ 眼, $H_p(0.07)$ 体幹 部
Medici et al. [24]	泌尿器術者、 看護師	interventional urology	額 (左右及び 中央)、体幹部 (防護エプロ ン外側)	$H_p(10)$ 体幹部
			額、体幹部	$H_p(3)$ 眼,

表2 本研究で対象とした論文と測定・シミュレーション条件（術者等の測定、ファントム試験、計算シミュレーションを含む）。主に核医学関連。

	対象	核種等	測定箇所	測定・評価単位
Kopec et al. [26]	医師、看護師、診療放射線技師	^{99m}Tc , ^{131}I , ^{153}Sm ,	眼、手指部、 体幹部	$H_p(3)$ 眼, $H_p(0.07)$ 手指部, $H_p(10)$ 体幹部
Dabin et al. [27]	—	^{11}C , ^{18}F , ^{68}Ga , ^{90}Y , ^{99m}Tc , ^{131}I , ^{177}Lu , ^{223}Ra ,	眼、体幹部	$H_p(3)$ 左眼, $H_p(10)$ 体幹部
Lindholm et al. [28]	—	^{18}F , ^{22}Na , ^{57}Co , ^{68}Ga , ^{99m}Tc , ^{111}In , ^{123}I , ^{131}I ,	眼、体幹部	$H_p(3)$ 左眼, $H_p(10)$ 体幹部

表3 本研究で対象とした論文と測定・シミュレーション条件（術者等の測定、ファントム試験、計算シミュレーションを含む）。主に整形外科関係。

	対象	術式等	測定箇所	測定・評価単位
Kouyoumdjian et al. [29]	医師	脊椎固定術	眼、手指部、 体幹部	$H_p(3)$ 眼, $H_p(0.07)$ 手指部, $H_p(10)$ 体幹部
Taher et al. [30]	医師	側方腰椎椎体間 固定術	眼、頸部（甲状腺）、 腋窩、 手指部、体幹部、 臀部	rem
Mariscalco et al. [31]	医師	開放及び最小侵襲 腰椎マイクロディスク 切除術	頸部（甲状腺）、 手指部、 体幹部、	rem

C. 研究結果及び考察

(1) IVRにおける体幹部線量に対する眼の

水晶体被ばく線量の比に関する検討

本項では、IVRに従事する医療従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体等価線量の比に着目して評価を行った。表4に文献から得られた体幹部で測定・観測された線量に対する眼の水晶体等の線量比を示す。表中の比について、特に断りがないものについては防護眼鏡の外で測定・評価された値を採用している。

本研究で採用した論文は、体幹部の線量、頸部で測定された線量と眼の水晶体線量の測定結果が示されている論文に限っているが、IVR術者等については、眼の水晶体線量のみ掲載・評価されている論文は非常に多い。本研究で取り上げている論文では主にIVR術者が中心となっており、看護師及び臨床検査技師の結果はほとんど見られなかった。臨床検査技師については、頸部で測定された線量と眼の水晶体線量との関係について評価されており[4,5]、それぞれ防護眼鏡内外での測定結果が掲載されていた。

IVR術者の測定結果については、特に左眼の水晶体への被ばく線量の測定に注目した研究が多くみられるが、それらの文献の多くは、左右差や防護眼鏡による線量低減効果に着目した研究となっており、眼の水晶体近傍とそれ以外の箇所との関係について評価がなされている文献は多くはない。また、実際に線量計を術者の身体各所に装着させてモニタリングを行った研究例がある一方で、RANDOファントムの各所に線量計を取り付け、患者をISO水ファントム(30 cm × 30 cm × 15 cmの亚克力水槽)で模擬して照射を行う実験も実施されている。本研究では両方の実験手法で得られた体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比を用いて評価を進めている。測定に係る線量の単

位についても、研究毎に異なっているが、2011年のソウル声明以降整備の始まった眼の水晶体等価線量をよく推定する3mm個人線量当量($H_p(3)$)での測定例も増えてきている一方で、従来の手法としての70 μ m個人線量当量で眼の水晶体等価線量の推定値としての測定も行われている。

表4でまとめた通り、左右差関係なく医療従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は、0.3から1.3の間で評価されている。これらの平均と標準偏差は、それぞれ0.79及び0.39である(図1参照)。同様に頸部(甲状腺)で測定された線量と眼の水晶体の比についても評価を行うと、平均と標準偏差はそれぞれ1.02及び0.69であり、0.18から3.56の範囲で評価されている(図2参照)。

本研究についてIVR術者の被ばくに関して完全に網羅したわけではないが、シミュレーション計算による評価、実際に術者に線量計を装着して測定した評価を含めているため、体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は対数正規分布に従うことが示唆される。比の分布を正確に推定するにはより多くの文献や実験データが必要となるため、引き続きの調査が求められる。

表4—1 論文で報告されている体幹部で測定・観測された線量に対する眼の水晶体等の線量比。主に IVR 術者に対する評価。

	対象	眼の線量/体幹部 Mean±1SD range ()	眼の線量/頸部 Mean±1SD range ()
Suzuki et al. [4]	診療放射 線技師	—	1.4±0.5 (1.1 – 2.3) 右防護眼鏡外
			0.4±0.2 (0.3 – 0.7) 右防護眼鏡内側
			2.0±1.0 (1.2 – 3.6) 左防護眼鏡外
			0.7±0.6 (0.3 – 1.7) 左防護眼鏡内側
			2.0±0.7 (1.5 – 3.3) 防護眼鏡外中央
Haga et al. [5]	IVR 術 者、看護 師	—	術者 0.27±0.19 防護眼鏡あり
			1.26±1.21 防護眼鏡なし
			看護師 0.80±0.69
Principi et al. [6]	IC 術者	PA 0.77±0.18	PA 1.1±0.2
		LAO 0.56±0.09	LAO 1.0±0.2
Carinou et al. [7]	IVR 術者	0.9±0.4 (0.38 – 1.86)	(0.52 – 1.77)
Pirchio et al. [8]	IVR 術 者、技 師、看護 師	IVR 術者 : 1.0±0.2 (0.7 – 1.38)	IVR 術者
		技師 : (0.71 – 0.90)	(0.5 – 0.9)
Anthony Higgins [9]	IVR 術者	0.3±0.1 (0.21 – 0.43) 左眼	0.36±0.14 (0.18 – 0.54) 左眼
		0.54±0.04 (0.56 – 0.58) 右眼	0.60±0.22 (0.21 – 0.81) 右眼
		0.57±0.01 (0.50 – 0.58) 額	0.61±0.21 (0.21 – 0.77) 額
Vano et al. [10]	IVR 術者 (泌尿器 科)	0.48 左防護眼鏡外側	—
		0.55 右防護眼鏡外側	
		0.52 防護眼鏡中央	
C̆emusova et al. [11]	IVR 術者	0.77±0.10 (0.63 – 0.86)	1.1±0.3 (0.77 – 1.45)
Domienik- Andrzejewska et al. [12]	IVR 術者	0.70±0.37 左眼	—
		0.42±0.28 右眼	
C J Martin [13]	IVR 術者	—	0.8
Urboniene et al. [14]	IVR 術 者、看護 師	IVR 術者 : 0.76±0.54 (0.13 – 2.32) 看護師 : 0.73±0.95 (0.01 – 3.01)	—

表 4—2 論文で報告されている体幹部で測定・観測された線量に対する眼の水晶体等の線量比。主に IVR 術者に対する評価。

	対象	眼の線量/体幹部 Mean±1SD range ()	眼の線量/頸部 Mean±1SD range ()
S. Strocchi et al. [15]	IVR 術者	防護眼鏡無 : 0.67±0.09 (0.56 – 0.77) 防護眼鏡有 : 0.16±0.04 (0.10 – 0.25)	—
Pekkarinen et al. [16]	IVR 術者	0.53	—
Alejo et al. [17]	IVR 術者	(0.33 – 0.40) 防護眼鏡中央	—
Lie et al. [18]	IC 術者	0.75 (0.39 – 1.37)	—
Thrapsanioti et al. [19]	IC 術者	0.71±0.53 左眼 0.30±0.33 右眼	—
Nowak et al. [20]	IVR 術者	0.46±0.23 (0.28 – 0.72)	—
Yokoyama et al. [21]	IVR 術者	0.76	—
		術者	
		1.33 左眼	
		1.24 右眼	
		1.00 額中央	
		研修医	
		0.83 左眼	
		1.00 右眼	
Danaei et al. [22]	IVR 術者、研修医、看護師、臨床検査技師	0.89 額中央	—
		看護師	
		1.33 左眼	
		1.23 右眼	
		1.32 額中央	
		臨床検査技師	
		4.50 左眼	
		4.00 右眼	
		3.50 額中央	
S´anchez et al. [23]	IVR 術者	0.88	0.32
Medici et al. [24]	泌尿器術者、看護師	術者 : 0.9±0.4 額中央 看護師 : 2.6±1.6 額中央	—
Meijer et al. [25]	IVR 術者	0.36	—

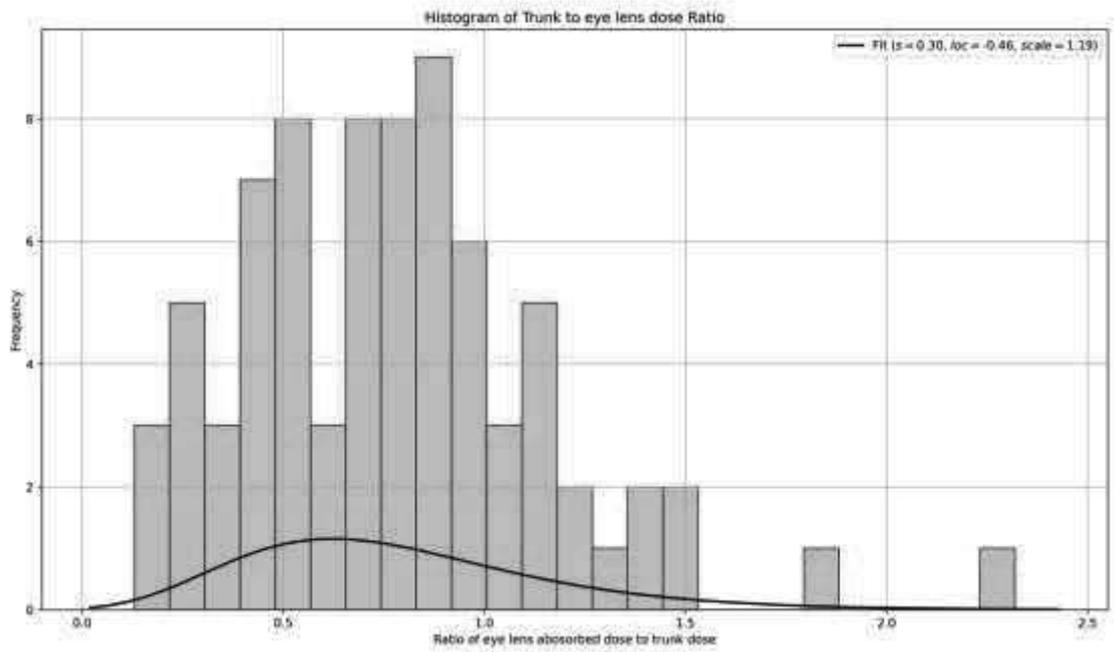


図1 文献値による IVR 従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比の分布。全職種を含んでいる。

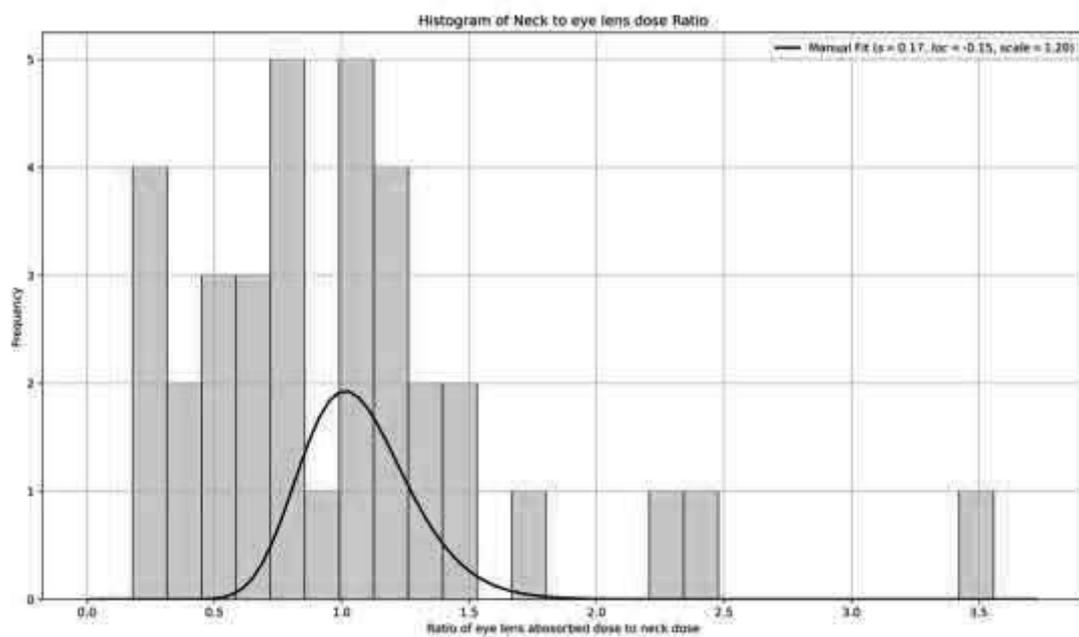


図2 文献値による IVR 従事者の頸部線量に対する眼の水晶体線量の比の分布。全職種を含んでいる。

本研究班で導入を進めている放射線防護
マネジメントシステムでは、医療従事者の

施術・業務中の被ばくを事前にリスクアセ
スメントによって洗い出し、線量計装着の

個数を決定する。その際に、体幹部にひとつ、または防護エプロンの内外で二つ(不均等被ばくであるため)装着する場合、眼の水晶体近傍に線量計を装着することはない。その際に、体幹部(胸部)防護エプロン上に装着した線量計から、眼の水晶体の線量を推定する際に0.79倍することで線量の概算が可能であることが示唆される。同様に、眼の近傍の代替案として頸部に線量計を装着した場合にも、1.02倍、つまり眼の水晶体線量は頸部で計測された線量の値と同じと推定してよいことが示唆される。この事実は放射線防護上の運用の観点からも重要であり、IVRについては医療従事者の職種に関わらず体幹部線量を確実にモニタリングすることで眼の水晶体線量等価線量の良好な推定が得られることが期待できる。法令遵守及び労働安全衛生マネジメントに基づく業務改善のための被ばく線量低減の観点から、眼の水晶体等価線量の推定に対しては、例えば体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比を $1.57 (=0.79+2 \times 0.39)$ として推定する運用も考えられる。眼の水晶体線量が体幹部線量に対して常に大きめの推定値をとる評価を導入することで、眼の水晶体線量低減のために、施術時の被ばく線量低減対策導入をすすめることも期待できる。同様に頸部(甲状腺)で測定された線量と眼の水晶体の比についても $1.02+2 \times 0.69=2.4$ を導入すれば、より厳しい放射線管理も可能となるが、これは放射線防護マネジメントを導入した各病院に委ねられるものと考えられる。

今回、体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比の評価では、左眼と右眼についての差の評価はできなかった。いくつかの文献では、線量比の左右差について評価されて

おり、平均値では差が認められるものの標準偏差が大きいため統計的に有意な差が認められなかった。本分担研究の評価の目的は、眼の水晶体近傍に線量計を装着しなかった場合に体幹部線量から眼の水晶体線量の良い推定を得る手法の検討である。眼の水晶体が「もっとも被ばくする部位」との認識が共有されている場合には、それに応じて眼の水晶体追加モニタリングが適切に実施されるべきである。

今回評価に採用した論文を含め、職種により眼の水晶体線量に差があることを指摘する文献が見られる[4, 5, 22, 24]。本研究では、全職種に対して体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比の評価を行った。IVRについては、術者が最も線源であるエックス線装置に近い個人モニタリングの対象として測定・シミュレーション計算の事例が多い。同様に、看護師及び診療放射線技師についてもモニタリングやシミュレーションの事例が増えれば、施術時の役割の違いや立ち位置の違いによる差異が認められることが考えられる。

表5では、核医学の分野における医療従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比についてまとめたものを示す。左右差関係なく医療従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は、0.2から3.6の間で評価されている。これらの平均と標準偏差は、それぞれ0.82及び0.48と評価される(図3参照)。

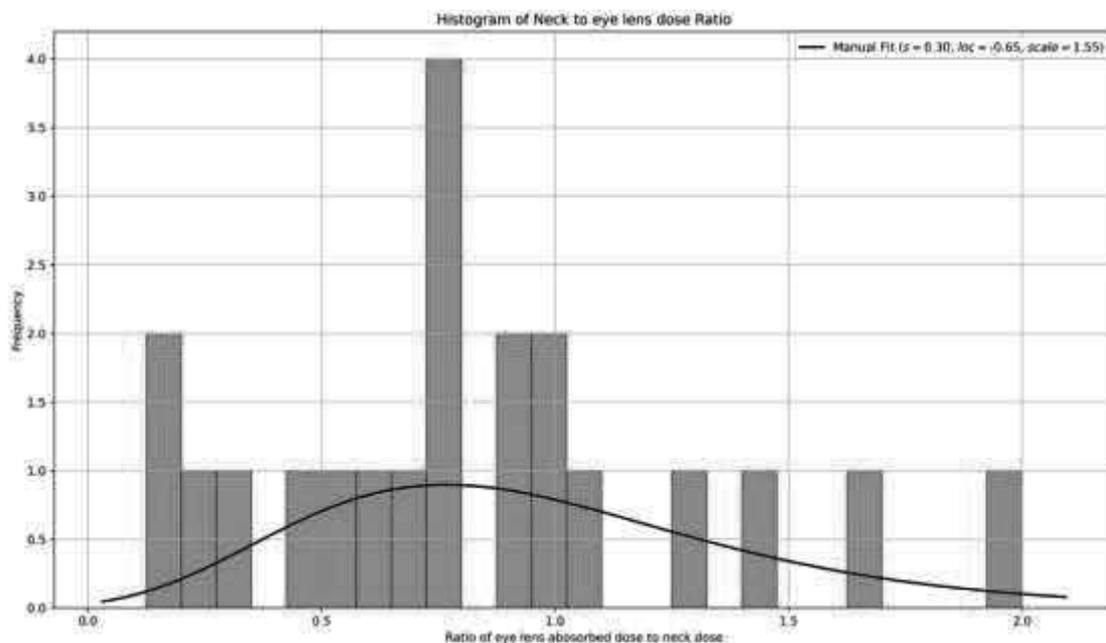
上述のとおりIVR術者に対しては全職種で体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は平均で0.79と評価されており、核医学分野における医療従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比と近い値が得られてい

表5 核医学関連の作業員による体幹部で測定・観測された線量に対する眼の水晶体等の線量比。

	対象	眼の線量/体幹部 Mean± 1SD range ()	手指部の線量/体幹部 Mean±1SD range ()
	医師、看護 師、診療放射 線技師		
Kopec et al. [26]		0.74±0.32 (0.2 – 1.0)	62.6±24.2 (1.3 – 322)
Dabin et al. [27]	—	1.37±0.42	—
Lindholm et al. [28]	—	0.77±0.51 (0.13 – 2.0)	—

る。被ばく源は、IVR 術者は主にエックス線装置の散乱線であり、核医学関連の医療従事者は放射性薬剤からのγ線、β線及びβ線放出にともなう制動放射線である。これらは線種、エネルギー分布も大きく異なるが、被ばく線量の測定結果は近い値が得られている。この原因にはいくつか考えられるが、線量計の応答があるエネルギー範囲で一定の値をとることも一つとして挙げられる。線量計応答についての調査は、本分担

答を取る線量計が多い。一方で、IVR 術者が受ける散乱エックス線のエネルギーは 20 keV から 100 keV と評価されており、そのエネルギー範囲では線量計の応答は 1.5 倍程度大きめになる線量計が多い。核医学の場合にはγ線についてはさらにエネルギーは高くなるが、線量計の応答は概ね一定になる領域であり、測定条件としては良い条件で測定できることになる。また、線源が異なるにも関わらず、IVR と核医学関連の異なる



研究の中でも実施したが、100 keV 以上のγ線エックス線に対しては比較的一定の応

図2 文献値による核医学に従事する医療従事者の体幹部線量の比の分布。全職種を含んでいる。

る業務での医療従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比が近くなる理由として、エックス線源または放射性薬剤と術者・作業者の体幹部、眼の水晶体の位置関係が近いことも考慮される。いずれの施術・業務についても、線源は手の届く範囲近くにあることになり、線源と体幹部、線源と眼の水晶体の距離に大きな変化がないことが予想される。

いずれにしても、本研究で測定の実例が非常に少ないため、核医学分野における眼の水晶体モニタリングの実例調査は今後進められなければならないと考えられる。

体幹部に対する手指部線量の比については、表5に示す通り非常に幅広く平均は62.6、標準偏差が24.2と評価された。範囲も1.3から322となっており、単純に係数を導入して手指の被ばく線量を精度よく推定するのは難しい。これについてはこれまで同様に、手指部のモニタリングに加えORAMED[32]でも提案、評価されていた通り、モンテカルロシミュレーションによる作業ごとの手指部の線量予測は放射線防護上有効であると考えられる。

表6では、整形外科医の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比の評価結果を示す。いずれの論文にも眼の水晶体モニタリング

医の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は、0.51から243の間で評価されている。これらの平均と標準偏差は、それぞれ43及び82と評価される。整形外科医の体幹部線量に対する眼の水晶体の線量比は、本研究で扱ったIVR及び核医学関連の医療従事者の評価で得られた体幹部線量に対する眼の水晶体の比と比較して40倍以上との結果となった。これは他の術式・業務と比較しても極端に大きな値であり、この値を用いて体幹部で測定された線量から眼の水晶体線量を予測することは困難である。特に、文献[29]で得られている比は、ほかの文献と比較して極端に大きい。この理由は文献を比較する限り明瞭ではないが、体幹部で観測された線量が低い可能性がある。これは、文献[29]では体幹部モニタリングを防護エプロン上に設置された電子式個人線量計で行っており、場合によっては数え落としにより実際の被ばく線量を過小評価している可能性があるためである。TLDによる測定が行われていた他の文献[30,31]では、体幹部で測定された線量は眼の近傍で測定された線量と比較的近い線量が観測されている。その場合、本研究で評価したIVR術者に近い比が得られており、IVRに従事する医療従事者と同様の推定も可能といえる。いずれにしても整形外科医の業務についてはさらな

表6 整形外科医の体幹部で測定・観測された線量に対する眼の水晶体等の線量比。

対象	眼の線量/体幹部 Mean ± 1SD range ()	手指部の線量/体幹部 Mean ± 1SD range ()
Kouyoumdjian et al. [29]	医師 67±98 (10 – 243)	270±270 (94 – 751)
Taher et al. [31]	医師 6.1	24
Mariscalco et al. [32]	医師 0.64±0.18 (0.51 – 0.76)	1.9±1.0 (1.2 – 2.6)

について左右の記述はなかった。整形外科

る調査が必要である。

体幹部線量に対する、手指部の線量の比は、眼の水晶体線量の比よりもさらに高く、平均で 177 ± 248 (1SD) であり、範囲は 1.2 から 751 までとなっている。これは、体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比と比較してさらに大きいことに加え、範囲も約 750 倍に達する報告がある。このことは、整形外科医が手技中に手指部をエックス線の線錐内に入れることにも起因していると考えられる。この評価からも、整形外科医の手指部のモニタリングは確実に行われる必要がある。

IVR 術者に関する放射線防護については非常に多くの研究があり、本研究では特に

防護眼鏡による眼の水晶体被ばく線量の低減効果についてのレビュー論文を取り上げる。Caterina Petrucci はその論文で、防護眼鏡による眼の水晶体線量の低減効果を、Dose Reduction Factor (DRF) として定義して評価を行っている [33]。

$$DRF = \frac{\text{防護眼鏡無での線量}}{\text{防護眼鏡下での線量}}$$

この式に従うと、眼鏡による防護が適切に働いている場合は防護眼鏡下で測定される線量は低くなるため、DRF は 1 以上となる。

Caterina Petrucci のレビュー論文では IVR におけるあらゆる照射条件を扱って

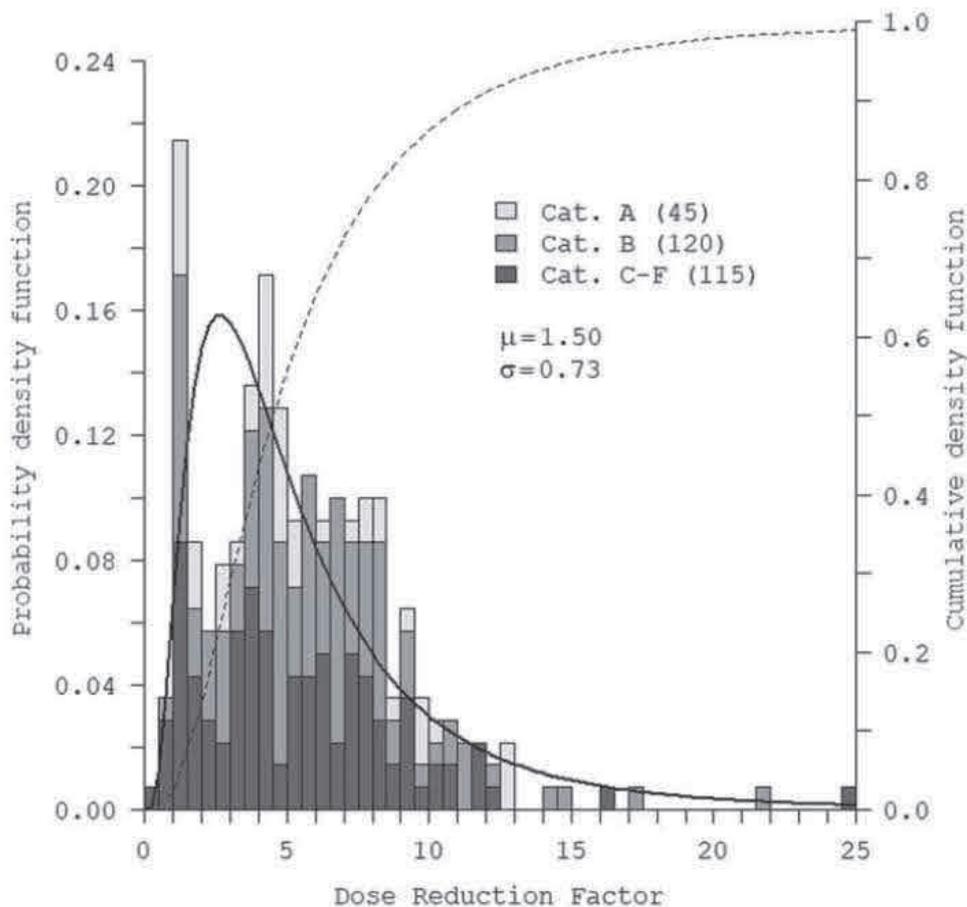


図3 IVR 術者の防護眼鏡装着による DRF の分布。文献 33 図より引用 [33]。

ることから、DRFの分布が非常に広がっていることを示している(図3参照)。当該論文では、DRFの平均値は2.0と求めているほか、対数正規分布に従うDRFのフィッティングから、DRFの平均値を1.50、標準偏差を0.73と評価している。前掲のとおり、体幹部線量から眼の水晶体線量を評価する場合、その比を1.57(=0.79+2×0.39)として推定する際に、医療従事者が確実に防護眼鏡を装着している状況であれば、DRFの導入を考慮して、眼の水晶体線量は体幹部線量と同じ値と考えることができる。ただし、体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は、DRF同様に対数正規分布に従うことが示唆されるものの、データ数が少なく正確な推定は困難である。また、その他の術式・業務については利用できるデータが限られているため、当該分野における計測やシミュレーションによる評価が期待される。

D. 結論及び今後の課題

本研究では、IVR術者及び補助者等の手技中の被ばく線量に関する報告のうち、眼の水晶体線量と体幹部線量について同時に評価された論文を中心に結果を取りまとめ、体幹部での測定で得られた線量から妥当な眼の水晶体等価線量を推定する手法、及び眼の水晶体被ばく線量低減の方法について検討した。本研究では、査読付き論文のうち、医療従事者の個人モニタリングに係る研究について検索・収集を行い、眼の水晶体線量の測定と同時に体幹部・頸部等での測定を行っている論文に注目した。それらの論文から医療従事者の手技ごとの体幹部線量に対する眼の水晶体被ばく線量及び手指等末端部線量の比を抽出して比較した。評価に用いた論文は、実際にIVR術者等医療

従事者の身体各所に線量計を取り付けてモニタリングを行った結果を取りまとめた論文に加え、人体を模擬したファントを用い特定の手技の様子を模擬した実験によって求められた結果も用いている。

本研究でまとめた結果、IVRに従事する医療従事者の体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比は、左右差関係なく0.3から1.3の間で評価されており、平均と標準偏差は、それぞれ0.79及び0.39であった。同様に頸部(甲状腺)で測定された線量と眼の水晶体の比は平均1.02であり、標準偏差0.69であった。この評価では、医療従事者の防護エプロンの上に装着された線量計の指示値と眼の水晶体線量との比を取得しているため、体幹部での測定値に0.8倍することで眼の水晶体線量の推定は可能である。しかしながら、本研究の調査の範囲では、体幹部線量に対する眼の水晶体の比は対数正規分布に従う。また、0.8倍することでは放射線防護上保守的な見積もりとは言えないことから、例えば体幹部線量に対する眼の水晶体線量の比を1.57(=0.79+2×0.39)として推定することを提案する。

IVR術者に対する防護眼鏡による線量低減効果を評価したレビュー論文が公開されている[33]。その評価結果では、IVR術者の防護眼鏡装着による線量低減効果の平均値は2.0と評価されており、対数正規分布に従うフィッティングからは、平均値を1.50、標準偏差を0.73と評価している。放射線防護マネジメントシステムが導入されている医療現場において、エプロン上に装着された線量計の指示値から眼の水晶体線量を評価する場合、医療従事者が確実に防護眼鏡を装着している状況であれば、線量低減効果は考慮に入れる必要があるため、眼の水

晶体線量は体幹部線量と同じ値として推定することも妥当である。

本研究事業は3か年で終了であるが、医療従事者の被ばく低減に向けた解決すべき課題と今後の展開について列挙する。

本研究では、IVR術者を中心としたIVRに従事する医療従事者の眼の水晶体線量の評価について、体幹部で測定された線量から眼の水晶体線量を推定する手法を検討した。検討に際しては、IVRにおけるあらゆる手技を評価に加えることは非常に困難である。放射線防護上の保守的な視点からは、不均等被ばくの起こりうるあらゆる医療従事者は眼の水晶体線量を測定されることが望ましい。しかしながら、被ばく線量が低い場合に眼の水晶体線量を測定するための線量計を準備することは放射線管理担当者からしても煩雑に感じるところである。また、小規模な事業所の場合には眼の水晶体線量計のみならず、体幹部モニタリング用の線量計を準備することも難しい状況が明らかとなっている。これらを解決するうえで一つの回答となるのが、体幹部線量から眼の水晶体線量を予測できるツールの開発であろう。

例えば欧州で2014-2018年に行われた共同研究であるPODIUM (personal online dosimetry using computational methods) [34]では、IVR術者の手技中の体の向き、位置をカメラで撮影し、別途動き解析を行って手技中全体でのIVR術者の被ばく線量をコンピュータシミュレーションによって推定することを提案している。このツールは主にIVR術者の被ばく線量評価を対象としたツールであるが、画像透視下で手技を行う医師は非常に多岐にわたっている

ことから、手技に用いるエックス線装置も含めて様々な手技に対応できるツールの早期開発が望まれる。

不均等被ばく状況における実効線量の評価について、鉛エプロンを装着し、頭頸部と鉛エプロン内側に2個線量計を装着した場合の実効線量の計算は、以下の式に従って行われることが一般的である。

$$E = 0.11H_a + 0.89H_b$$

ここで、

E: 実効線量 (Sv)

H_a: 頭頸部で測定された線量 (Sv)

H_b: 胸部・体幹部で測定された線量 (Sv) である。

一方で、Niklason method と呼ばれる線量計算アルゴリズム[18]では、同じ体幹部の鉛エプロン内側に装着した線量計と、頭頸部モニタリングに必要な襟部線量計の2つを装着した医療従事者の実効線量は以下の式で評価できる。

$$E = 0.06(H_{CD} - H_U) + H_U$$

ここで、

E: 実効線量 (Sv)

H_{CD}: 襟部で測定された線量 (Sv)

H_U: 体幹部の鉛エプロン内で測定された線量 (Sv) である。

我が国で一般的に用いられている式と比較して、Niklason method では頭頸部で測定される線量の実効線量全体への寄与が半分程度となることがわかる。

法令における報告値は、各線量計の指示値を直接報告するのではなく、体幹部の線量であれば実効線量であり、眼の水晶体及

び末端部は等価線量である。本研究では体幹部で促成された線量からの指示値で眼の水晶体線量を推定する手法について検討を行ったが、不均等被ばく状況での医療従事者の実効線量の評価についても今後検討を加えるべきである。

E. 健康危機情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

Sakama, M., Kowatari, M., et al.
“Report on the activities of the “Working Group on X-Ray Exposure Accidents” of the Japan Society of Health Physics: Issues of dose assessment in X-radiation exposure accidents, Dose assessment for low energy X-ray by Monte-Carlo based PHITS code” 7th International Symposium on the System of Radiological Protection, 6-9 November 2023, Tokyo Japan

G. 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

引用文献

[1] ICRP, 2012. ICRP statement on tissue reactions/early and late

effects of radiation in normal tissues and organs-threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP Publication 118, Ann. ICRP 41(1/2)

[2] International Atomic Energy Agency (IAEA). Radiation protection and safety of radiation sources:

International Basic Safety Standards. General Safety Requirements Part 3.

[3] European Union (EU). Basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation. Council Directive 2013/59/EURATOM.

[4] Suzuki, A. et al., “EYE LENS DOSES OF RADIOLOGY TECHNOLOGISTS WHO ASSIST PATIENTS DURING RADIOGRAPHY”, Radiation Protection Dosimetry, Volume 185, No.3 pp. 275-281 (2019).

[5] Haga, Y. et al., “Occupational eye dose in interventional cardiology procedures”, Scientific Reports 7: 569 (2017) DOI:10.1038/s41598-017-00556-3

[6] Principi, S. et al., “INFLUENCE OF DOSEMETER POSITION FOR THE ASSESSMENT OF EYE LENS DOSE DURING INTERVENTIONAL RADIOLOGY”, Radiation Protection Dosimetry (2015), Vol. 164, No. 1-2, pp. 79-83.

doi:10.1093/rpd/ncu359

[7] E. Carinou, E. et al., “MONTE CARLO CALCULATIONS ON EXTREMITY AND EYE LENS DOSIMETRY FOR MEDICAL STAFF AT INTERVENTIONAL RADIOLOGY PROCEDURES”, Radiation Protection

- Dosimetry (2011), Vol. 144, No. 1-4, pp. 492-496.
- [8] Pirchio, R. et al., “Dosimetric studies of the eye lens using a new dosimeter e Surveys in interventional radiology departments” , Radiation Measurements 63 (2014) 12-17.
- [9] Anthony Higgins. “Measurement of occupational doses of ionising radiation to the lens of the eyes of interventional radiologists” , J. Radiol. Prot. 36 (2016) 74-92.
- [10] Vano, E et al., “Staff lens doses in interventional urology. A comparison with interventional radiology, cardiology and vascular surgery values” , J. Radiol. Prot. 36 (2016) 37-48 doi:10.1088/0952-4746/36/1/37.
- [11] Čemusova, Z. et al., “ASSESSMENT OF EYE LENS DOSES IN INTERVENTIONAL RADIOLOGY: A SIMULATION IN LABORATORY CONDITIONS” , Radiation Protection Dosimetry (2016), Vol. 170, No. 1-4, pp. 256-260.
- [12] Domienik-Andrzejewska, J. et al, “CORRELATION OF EYE LENS DOSES AND PERSONAL DOSE EQUIVALENT MEASURED ON THE ARM OF INTERVENTIONAL RADIOLOGISTS FOR A RETROSPECTIVE ASSESSMENT OF DOSES TO OPERATORS’ EYE LENS” . Radiation Protection Dosimetry (2020), Vol. 189, No. 3, pp. 271-278, doi:10.1093/rpd/ncaa039.
- [13] Martin C. J., “Personal dosimetry for interventional operators: when and how should monitoring be done?” , The British Journal of Radiology, 84 (2011), 639-648.
- [14] Urboniene, A. et al., “ASSESSMENT OF EYE LENS DOSES FOR WORKERS DURING INTERVENTIONAL RADIOLOGY PROCEDURES” , Radiation Protection Dosimetry (2015), Vol. 165, No. 1-4, pp. 299-303. doi:10.1093/rpd/ncv173
- [15] Strocchi, S. et al., “ON-FIELD EVALUATION OF OPERATOR LENS PROTECTIVE DEVICES IN INTERVENTIONAL RADIOLOGY” , Radiation Protection Dosimetry (2016), Vol. 171, No. 3, pp. 382-388 doi:10.1093/rpd/ncv412
- [16] Pekkarinen, A et al. “Staff eye lens dose in interventional radiology and cardiology in Finland” , Physica Medica 98 (2022) 1-7.
- [17] Alejo L., et al., “Eye lens dose correlations with personal dose equivalent and patient exposure in paediatric interventional cardiology performed with a fluoroscopic biplane system” , Physica Medica 36 (2017) 81-90.
- [18] Lie, Ø Ø., et al., “ASSESSMENT OF EFFECTIVE DOSE AND DOSE TO THE LENS OF THE EYE FOR THE INTERVENTIONAL RADIOLOGIST” , Radiation Protection Dosimetry (2008), Vol. 132, No. 3, pp. 313-318
- [19] Thrapsanioti, Z. et al. “EYE LENS RADIATION EXPOSURE IN GREEK INTERVENTIONAL RADIOLOGY PERSONNEL” , Radiation Protection Dosimetry (2017),

- Vol. 175, No. 3, pp. 344-356.
doi:10.1093/rpd/ncw356.
- [20] Nowak, M. et al., “Eye lens monitoring programme for medical staff involved in fluoroscopy guided interventional procedures in Switzerland”, *Physica Medica* 57 (2019) 33-40.
- [21] Yokoyama, S. et al., “EVALUATION OF EYE LENS DOSES OF INTERVENTIONAL CARDIOLOGISTS”, *Radiation Protection Dosimetry* (2017), Vol. 173, No. 1-3, pp. 218-222 doi:10.1093/rpd/ncw321
- [22] Danaei, Z. et al., “ASSESSMENT OF WHOLE BODY, SKIN AND EYE LENS DOSES OF THE INTERVENTIONAL RADIOLOGISTS AT SELECTED HOSPITALS IN IRAN”, *Radiation Protection Dosimetry* (2021), Vol. 193, No. 3-4, pp. 170-175.
doi:10.1093/rpd/ncab036
- [23] Sánchez, R. et al., “Uncertainties in occupational eye lens doses from dosimeters over the apron in interventional practices”, *J. Radiol. Prot.* 42 (2022) 021508
<https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac5187>
- [24] Medici, S. et al., “Eye lens radiation exposure of the medical staff performing interventional urology procedures with an over-couch X-ray tube”, *Physica Medica* 43 (2017) 140-147.
- [25] Meijer, E.J. et al., “The eye lens dose of the interventionalist: Measurement in practice”, *Physica Medica* 100 (2022) 1-5.
- [26] Kopec, R. et al., “On the relationship between whole body, extremity and eye lens doses for medical staff in the preparation and application of radiopharmaceuticals in nuclear medicine”, *Radiation Measurements* 46 (2011) 1295-1298.
- [27] Dabin, J. et al., “EYE LENS DOSES IN NUCLEAR MEDICINE: A MULTICENTRIC STUDY IN BELGIUM AND POLAND”, *Radiation Protection Dosimetry* (2016), Vol. 170, No. 1-4, pp. 297-301. doi:10.1093/rpd/ncv538
- [28] Lindholm, C. et al., “ESTIMATION OF Hp(3) AMONG STAFF MEMBERS IN TWO NUCLEAR MEDICINE UNITS IN FINLAND”, *Radiation Protection Dosimetry* (2020), Vol. 190, No. 2, pp. 176-184.
doi:10.1093/rpd/ncaa096
- [29] Kouyoumdjian, P. et al., “Surgeon’s and patient’s radiation exposure during percutaneous thoracolumbar pedicle screw fixation: A prospective multicenter study of 100 cases”, *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 104 (2018) 597-602.
- [30] Taher, F. et al., “2013 Young Investigator Award Winner: How Safe Is Lateral Lumbar Interbody Fusion for the Surgeon?”, *SPINE* Volume 38, Number 16, pp 1386-1392 (2013).
- [31] Mariscalco, M. W. et al., “Radiation Exposure to the Surgeon During Open Lumbar Microdiscectomy and Minimally Invasive Microdiscectomy”, *SPINE* Volume 36, Number 3, pp 255-260 (2011).

[32] Vanhavere F., et al. “ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff” , EURADOS Report 2012-02

[33] Caterina Petrucci, “Review of experimental estimates for the protection afforded by eyewear for interventional x-ray staff” , J.

Radiol. Prot. 40 (2020) R46-R69 (24pp).

[34] Filip Vanhavere, “Personal Online Dosimetry Using Computational Methods: The PODIUM Project and the Future of Active Dosimetry” , <https://icrp.org/page.asp?id=547> accessed on 26 Feb 2024

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3年度～令和5年度 総合研究報告書

Augmented Reality (AR) を利用した体験型放射線防護教育の提案
(新たな放射線防護教育の在り方)

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 部長

研究協力者 松崎 賢 社会医療法人財団池友会新小文字病院放射線科

研究要旨

令和3年4月1日より電離放射線障害防止規則が改正され、放射線安全利用に関する情報が多数提供されるようになってきた。また、第14次労働災害防止計画では、医療機関に対して、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の導入を支援することや Digital Transformation (DX) の利用も期待されている。そこで本報告では、Augmented Reality (AR) を利用した新しい防護教育を提案し、実際の教育を通して得た知見から、今後の放射線防護教育の在り方について検討した。

外部放射線防護の3原則の距離、遮蔽に関する事項の学習に限定し、血管造影検査室での放射線診療を想定した実寸サイズの散乱線をカラーマップで表現した。その他にも、医療現場で使用される装置や寝台、患者、防護カーテンなども併せてAR画像とし、実際の医療現場に没入できるようなアプリケーションを開発した。作成したARアプリケーションを使用して、幅広い年齢層を対象とした放射線防護教育を実践した。

ARを利用した新しい放射線防護教育は、あらゆる世代で理解が促進されると評価された。特に、ARによる体験型教育が、外部放射線防護の3原則の距離、遮蔽の理解に役立ったという感想が多かった。これは、模擬 (AR化) した放射線診療装置の周囲を、iPadを持って移動し、自身の立ち位置や遮蔽効果による線量の多寡を直接可視化できたという体験型教育の効果が主要因だと考えられる。教育には実地教育 (On-the-Job Training: OJT) と、座学による教育 (Off-the-Job Training: Off-JT) がある。どちらも重要ではあるが、Off-JTは通り一遍な教育が多く、習得にも限界がある。そこで、学習者の記憶に残りやすいといわれている体験型教育を取り入れることが有効であると推察される。

今後の放射線防護教育の在り方としてARといったDX化された教材は有効であり、積極的な利活用が適切な放射線防護教育における理解の促進の上で期待できる。

A. 研究目的

令和3年4月1日より電離放射線障害防止規則が改正され、新たな水晶体等価線量限度の適応が始まった。それに伴い、水晶体被ばく低減や最適化の取り組みを円滑に進めるためのガイドラインが関連学会より策定され、放射線安全利用に関する情報が多数提供されるようになってきた。また、厚生労働省が労働災害を防止することを目的に重点的に取り組む事項を定めた第14次労働災害防止計画では、医療機関に対して、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の導入を支援することとなっている[1]。この取り組みの中では、安全衛生教育の促進を図ることが求められており、Virtual reality (VR) や Artificial Intelligence (AI) 等の活用といった Digital Transformation (DX) の利活用も期待されている。

それに準じた取り組みとして、我々は Augmented Reality (AR) を利用して散乱線を可視化させ、それを活用した放射線防護教育を医療従事者に対して実施した[2]。その結果、モチベーションという観点から有効であることを報告した。しかし、放射線業務に数年間従事したスタッフに対して教育を実施しており、とりわけ放射線防護の初学者に対して AR 教育を実施した際の反応は、わかっていない。

そこで本報告では、被ばく低減のための個別支援として、AR を利用した放射線防護のための新しい教育方法を提案し、初学者である一般の方々を対象に行った教育から得た知見より、今後の放射線防護教育の在り方について検討する。

B. 方法

1. 放射線防護教育のための AR アプリケーションの作成

放射線診療装置(線源)から離れることの有効性と、寝台に備え付けられている防護カーテンの遮蔽効果を学習することを目的に、血管造影検査室での散乱線の広がりカラーマップで表現した。いわゆる、外部放射線防護の3原則である距離、遮蔽を視覚的に理解できることを目指した。これらの条件下でのカラーマップを AR 画像として作成し、実寸サイズで表現した。

初学者を対象とすることを想定した場合、表示する AR 画像は、医療現場の風景をイメージしやすいような工夫が求められる。そこで、医療現場で使用される装置や寝台、患者、防護カーテンなどの AR 画像も併せて作成し、実際の医療現場に没入できるようなアプリケーションを作成し、iPad といったモバイル端末に実装した。

2. AR アプリケーションを利用した放射線防護教育の機会

今回、初学者である一般市民の方々を対象に AR を利用した放射線防護のための教育を実践できる3つの機会を得た。それぞれ年齢層、規模など異なるため、それらの活動について報告する。なお、本活動はアウトリーチ活動としても位置付けされる。

2-1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構で行われた「一般公開」

一般市民の方々に向け、科学技術と研究者の活動成果を広く知って頂く取り組みとして一般公開がある。今回、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(QST)で2022年10月23日、2023年10月22日に実施された一般公開の場を利用し、防護教育を実施した。

対象者は一般公開の参加者であり、年齢、性別、職種、被ばく歴等は問わない全ての一般市民とした。本活動は予約制とし、対象者に整理券を配布して午前3枠、午後3枠の教育機会を設けた。各枠は5名までとし、所要時間は20分程度とした。枠内で行われる学習は2部制とし、前半では5分程度の簡便な放射線の基礎について講習を実施した。後半は、1人5分程度のARを利用した距離の減弱と防護カーテンの遮蔽効果について学習する体験型教育を実施した。血管造影検査の寝台を模擬した机の上に作成したARを描出し、その周囲をiPadを持って（又はヘッドマウントディスプレイ装着して）移動していただき、自身の立ち位置における散乱線量の多寡を視覚的に確認するといった教育内容とした。

2-2. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構で行われた「スーパーサイエンススクール」

文部科学省の指定した高等学校等における生徒に対して、先進的な科学技術教育を実施し、生徒の科学的な探究能力を培うことで国際的に活躍できる人材の育成を目指した取り組みとしてスーパーサイエンススクール（SSH）がある。QSTにおいても、このSSHが実施されており、その教育の一部で、ARを利用した防護教育を実施した。

調査対象者はSSHに指定された高等学校に通う生徒とした。学習方法は一般公開同様2部制とし、5分程度の簡便な放射線の基礎講習と、1人5分程度のARにおける防護教育を実施した。学習内容は、iPadやヘッドマウントディスプレイを使用して、AR化された散乱線の距離の減弱と防護カーテンの遮蔽効果を閲覧する体験型教育を実施した。

2-3. 千葉県科学館で行われた「大人が楽しむ科学教室」

千葉県科学館では、大人が楽しむための科学教室が定期的（月に2～4回）に開催されている。今回、この科学教室で講演する機会を得たため、成人を対象としたARによる防護教育を実施した。

対象者は一般応募によって選抜された性別、職種、被ばく歴等を問わない成人とした。学習方法は、これまで同様、講習と体験型教育を実施した。まず講習では、放射線の基礎と最新の放射線診療装置、放射線診療に伴う被ばく、被ばく防護のための考え方といった多岐にわたる内容とした。次いで、iPadを利用してARによる体験型防護教育を実施した。講習は50分程度、体験型教育は1人5分程度実施した。

C. 研究結果

1. 放射線防護教育のためのARアプリケーションの作成

血管造影検査室の散乱線の距離に伴う減弱と防護カーテンの遮蔽効果をARで表現したアプリケーションを作成した（図1）。初学者でも理解しやすいように、散乱線量の高い場所を暖色（赤）、低い場所を寒色（青）で表現した。また、医療現場で使用される装置や寝台、患者、防護カーテンなどのAR画像も併せて作成したことで、実際の医療現場をイメージしやすくした。

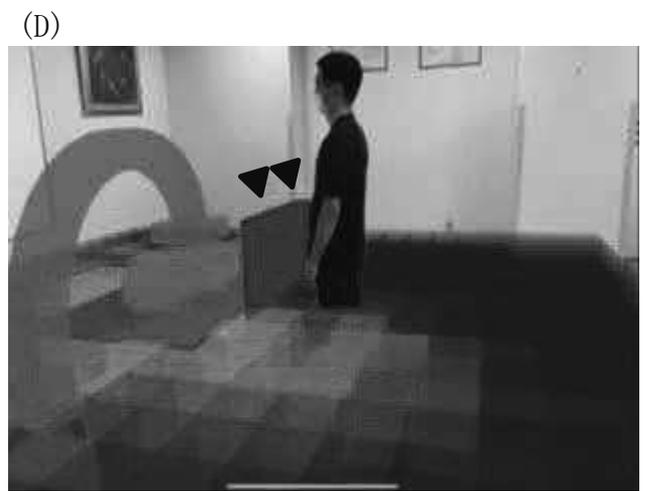


図1 模擬した血管造影検査室と散乱線カラーマップのAR画像。紫色のAR画像（矢印）は防護カーテン。Aは防護カーテンが無い側のカメラ画像、BはAのAR画像。CとEは防護カーテンがある側のカメラ画像、DとFはそれぞれのAR画像。Bの人の立ち位置ではカラーマップが暖色になっているのに対し、Dでは寒色になっており、防護カーテンの遮蔽効果が視覚的に確認できる。またFでは、距離による減弱が視認できる。

2. AR アプリケーションを利用した放射線防護教育の機会

2-1. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構で行われた「一般公開」

QST における一般公開の参加人数を表 1 に示す。どちらの年でも 30 名を超える参加者が集まり、2022 年では午前・午後、共に 1 枠追加した。対象年齢は未就学児から小学生が多かったが、時間の許す限り付き添いのご家族にも体験型教育を実施した(図 2)。実際の教育では、対象年齢が低いこともあり、平易な言葉を選んで説明を行った。その結果、高学年の小学生や付き添いのご家族からは、距離による減弱や防護カーテンの遮蔽効果を、AR によって体験することで理解の促進に繋がったという感想を多く頂くことができた。

表 1 各教育機会における参加人数と年齢層

教育機会	参加人数	年齢層
一般公開 (2022)	40 名以上	未就学児～小学生 (付き添い家族も含む)
一般公開 (2023)	30 名以上	
スーパーサイエンススクール	5 名	高校生
大人が楽しむ科学教室	30 名程	40 歳代以上 (半数は 70 歳代以上)



図 2 一般公開の学習風景

2-2. 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構で行われた「スーパーサイエンススクール」

SSH で実施した AR 教育に参加できた人数は 5 名であった(表 1)。説明は平易な言葉を使って行った。一般公開同様、AR を利用することで、理解の促進に繋がったという声を頂けた(図 3)。



図 3 SSH の学習風景

2-3. 千葉市科学館で行われた「大人が楽しむ科学教室」

参加者の大多数は 70 歳代以上であり(表 1)、患者として放射線診療の経験がある方が何名かいた。また、自身の被ばくについて非常に興味を持っていた反面、医療従事者の被ばくについては知識としてなかった方

がいた。学習内容に関して、外部放射線防護の3原則をARによって視覚的に体験することができ、理解が進んだという意見が多くあった(図4)。この教育を契機に、放射線被ばくについて正しく理解し、真剣に向き合うことを望む声もあった。



図4 大人が楽しむ科学教室の学習風景

D. 考察

ARを利用した放射線防護の3原則の距離、遮蔽を視覚的に学習できるアプリケーションを開発し、新しい防護教育方法として実践した。その結果、あらゆる世代で理解の促進に繋がったと評価された。

近年、経路案内やゲームといった様々なシチュエーションでARを利活用したアプリケーションがある。すなわち、ARをはじめとしたDX化されたツールは、現代の人にとって身近なものとなっていると考えられる。その観点から、今回開発したアプリケーションも万人に受け入れやすいものだと推察できる。また、放射線診療装置や寝台、患者などをAR画像として表示させることで、病院に縁遠い高校生以下の若年層でも実際の医療現場をイメージしやすくなったと考えられる。いっぽう、高齢層では、実際に病院で検査・治療を受ける経験もあるため、よ

り身近なものとして医療現場をイメージしやすかったであろう。

放射線は、直接、視覚や聴覚といった感覚で認知することはできない。それが放射線防護を正しく理解することの妨げになっていると考えられる。しかしながら、今回の結果から、開発したアプリケーションは幅広い年齢層でも放射線防護を学習する教材として有効であることが推察できる。これは、模擬(AR化)した医療現場で、自身の立ち位置や遮蔽効果による線量の多寡を直接可視化できたという体験が大きな要因だと考える。いわゆる、体験型教育の効果である。

教育には大きく分けて2種類ある。1つ目は、実際の現場で実技を通して直接教育するような実地教育(On-the-Job Training: OJT)であり、実践的なスキルを身につけるために実施される。医療現場においても実習という形で多くのスタッフが受けているであろう。放射線防護の事例では、医療従事者の個人被ばく線量計や防護具の適切な装着を現場で直接指導するといったOJTが報告されている[3]。2つ目は座学による教育(Off-the-Job Training: Off-JT)であり、知識や情報を習得するために実施される。主に、実地教育の前に行われる。どちらも重要ではあるが、Off-JTは通り一遍な教育が多く、習得にも限界がある。特に放射線のような視覚といった感覚で捉えることができないものは、正しい知識を習得することは難しいであろう。そこで、単に座学による教育を実施するのではなく、体験型の教育を実施することが有効であると考えられる。体験型教育は、ラーニングピラミッドの中でも下層に位置しており、学習者の記憶に残りやす

いことが報告されている[4]。2023年4月より始まった第14次労働災害防止計画にも準じており[1]、今後の放射線防護教育の在り方として積極的に利活用されることが望ましいと考える。

E. 結論

被ばく低減のための個別支援としてARを利用した放射線防護のための体験型教育を提案し、初学者である一般の方々を対象に教育を実践した。その結果、外部放射線防護の3原則である距離、遮蔽に関して理解されたという声が多く寄せられた。今後の放射線防護教育の在り方として、ARといったDX化された教材は有効であり、積極的な利活用が適切な放射線防護教育における理解の促進の上で期待できる。

参考文献

1. 労働災害防止計画について。
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000197308.html>
(Accessed 2024 Accessed 15 Feb)
2. Matsuzaki Satoru, Moritake Takashi, Morota Koichi, Nagamoto Keisuke, Nakagami Koichi, Kuriyama Tomoko, Kunugita Naoki (2021): Development and assessment of an educational application for the proper use of ceiling-suspended radiation shielding screens in angiography rooms using augmented reality technology. *European Journal of Radiology* 143: 109925
3. Matsuzaki Satoru, Moritake Takashi, Sun Lue, Morota Koichi, Nagamoto Keisuke, Nakagami Koichi, Kuriyama Tomoko, Hitomi Go, Kajiki Shigeyuki, Kunugita Naoki (2022): The Effect of Pre-Operative Verbal Confirmation for Interventional Radiology Physicians on Their Use of Personal Dosimeters and Personal Protective Equipment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19: 16825
4. Dale Edgar (1946): *Audiovisual methods in teaching*. The Dryden Press

F. 論文報告

- 1) Nagamoto K, Moritake T, Nakagami K, Morota K, Matsuzaki S, Nihei S, Kamochi M, Kunugita N: Occupational radiation dose to the lens of the eye of medical staff who assist in diagnostic CT scans. *Heliyon*. 2021 January. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06063> (査読有り)
- 2) Nakagami K, Moritake T, Nagamoto K, Morota K, Matsuzaki S, Kuriyama T, Kunugita N: Strategy to Reduce the Collective Equivalent Dose for the Lens of the Physician's Eye Using Short Radiation Protection Curtains to Prevent Cataracts. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Aug 5;11(8):1415. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11081415> (査読有り)
- 3) Matsuzaki S, Moritake T, Morota K, Nagamoto K, Nakagami K, Kuriyama T, Kunugita N: Development and assessment of an educational application for the proper use of ceiling-suspended radiation shielding screens in angiography rooms using augmented reality

- technology. *European Journal of Radiology*. 2021 Oct;143:109925. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109925> (査読有り)
- 4) Nagamoto K, Moritake T, Nakagami K, Morota K, Matsuzaki S, Kunugita N: A multicenter study of radiation doses to the eye lenses of clinical physicians performing radiology procedures in Japan. *Journal of Occupational Health*. 2021;63:e12305. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12305> (査読有り)
- 5) Matsuzaki S, Moritake T, Sun L, Morota K, Nagamoto K, Nakagami K, Kuriyama T, Hitomi G, Kajiki S, Kunugita N. The Effect of Pre-Operative Verbal Confirmation for Interventional Radiology Physicians on Their Use of Personal Dosimeters and Personal Protective Equipment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(24):16825. doi: [10.3390/ijerph192416825](https://doi.org/10.3390/ijerph192416825) (査読有り)
- 6) Nagamoto K, Moritake T, Kowatari M, Morota K, Nakagami K, Matsuzaki S, Nihei S, Kamochi M, Kunugita N. Occupational radiation dose on the hand of assisting medical staff in diagnostic CT scans. *Radiation Protection Dosimetry*. 2023 Oct 11;199(15-16):1774-1778. doi: [10.1093/rpd/ncad028](https://doi.org/10.1093/rpd/ncad028). PMID: 37819354. (査読有り)
- G. 研究発表**
- 1) 松崎 賢, 盛武 敬, 中上 晃一, 永元 啓介, 茂呂田 孝一, 栗山 知子, 人見 剛, 樺田 尚樹: 放射線管理区域で従事する看護師の個人被ばく線量計装着実態調査. (日本放射線看護学会第10回学術集会), Web開催, 9月18-19日, 2021.
- 2) 中上 晃一, 盛武 敬, 永元 啓介, 茂呂田 孝一, 松崎 賢, 樺田 尚樹: 心臓カテーテル検査時の立ち位置の違いによる放射線業務従事者の水晶体等価線量. (第31回日本心血管インターベンション治療学会九州沖縄地方会), 北九州国際会議場(北九州市・福岡県), 10月1-2日(一部Web配信), 2021.
- 3) 栗山 知子, 中上 晃一, 茂呂田 孝一, 人見 剛, 松崎 賢, 永元 啓介, 盛武 敬, 樺田 尚樹: カテーテルアブレーションにおける看護ケア時の水晶体被ばくの評価. (第31回日本心血管インターベンション治療学会九州沖縄地方会), 北九州国際会議場(北九州市・福岡県), 10月1-2日(一部Web配信), 2021.
- 4) 栗山 知子, 盛武 敬, 茂呂田 孝一, 人見 剛, 中上 晃一, 永元 啓介, 松崎 賢, 樺田 尚樹: 血管造影室で放射線業務に従事する看護師の水晶体被ばく実態調査. (第39回産業医科大学学会, 第47回産業医学推進研究会九州地方会), 産業医科大学ラムツィーニ

ホール（北九州市・福岡県），10月9日（一部Web配信），2021.

- 5) 松崎 賢，盛武 敬，中上 晃一，永元 啓介，茂呂田 孝一，栗山 知子，人見 剛，樺田 尚樹：管理区域で働く放射線業務従事者の個人被ばく線量計装着の実態調査．（第49回日本放射線技術学会秋季学術大会），熊本城ホール（熊本市・熊本県），10月15-17日（一部Web配信），2021.
- 6) 松崎賢，盛武敬．医療現場における放射線防護教育．第96回日本産業衛生学会自由集会 医療従事者のための産業保健研究会．栃木県．5月12日，2023年．（査読なし）
- 7) Matsuzaki S, Moritake T, Nakagami K, Nagamoto K, Morota K, Kuriyama T, Hitomi G, Kunugita N: Survey of Personal Dosimeter Wearing Status of Medical Workers in Radiation-Controlled Areas. ICRP 2023 7th International Symposium on the System of Radiological Protection, Tokyo, Japan, November 7-9, 2023 (pre-recorded video presentations).

H. 知的所有権の取得状況

なし

血管撮影室における線量管理の実際とこれから
(RADIREC. Web サービス体制の紹介)

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 部長
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放射線科

研究要旨

患者の医療被ばくを正確に把握し、その原因究明や防護対策を実施することは、即ち、放射線業務従事者の職業被ばくの低減に他ならない。そこで、放射線防護マネジメントシステムを運用する前段階として、血管撮影を受ける患者について医療被ばくの実態を調査した。

本研究では、血管撮影装置に実装が義務化された医用画像の通信規格である DICOM の線量レポート (DICOM-RDSR) が開発された経緯を調査した。その上で、自施設において自主開発した DICOM-RDSR を用いた線量管理サーバーの使用経験を紹介し、その後に導入した製品としての線量管理サーバーの利点と限界を検証した。さらに、収集された情報を基に、患者の最大入射皮膚線量の推定法について検討した。

患者の医療被ばくの推定では、蛍光ガラス線量計等の放射線測定器を用いた実測を実施して、初めてその正確性や誤差が評価できることから、推定値の精度を担保するためには実測は欠かせない。

この実測をサポートする体制として、今回、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において、RADIREC. Web サービスの開設準備が整ったので紹介する。

A. はじめに

2020年4月1日に医療法施行規則の一部改正により検査ごとの線量記録と管理が義務化された。その背景には、CT (Computed Tomography) 検査や IVR (Interventional Radiology) に起因する皮膚障害などの発生がある[1-7]。特に、IVR が施行され始めた1980年後半からその普及とともに放射線皮膚障害の報告が散見されるようになり、1990年半ば以降増加している。

血管撮影室において患者被ばく管理の参考となる線量情報として、国際放射線防護委員会 (International Commission on Radiological Protection: ICRP) は、3 Gy を超えるか、繰り返される手技で1 Gy を超えた IVR 症例の経過観察を推奨している[8]。また、米国放射線防護審議会 (National Council of Radiation Protection and

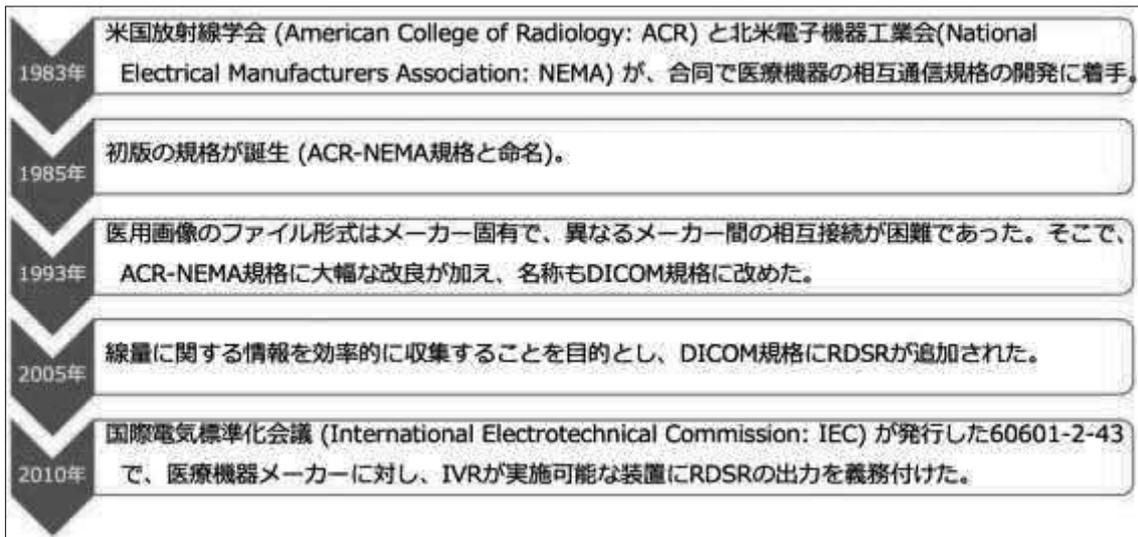


図1 DICOM-RDSRの開発と機能追加

Measurements: NCRP) は、MSD (Maximum Skin Dose) : 3 Gy、 $K_{a,r}$ (Incident air kerma at the reference point) : 5 Gy、 P_{KA} (Air kerma area product) : 500 Gy cm²、透視時間: 60分を参考とすべき線量指標としている[9]。筆者らは、自施設でDICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)-RDSR(Radiation Dose Structured Report)を用いた調査を行ったところ、血管撮影を受けた患者の最大入射皮膚線量が3 Gyを超えた症例は、頭頸部領域で16.7%、心臓領域

で27.3%存在することがわかった[10]。線量管理をマネジメントする上で必要な情報源として、DICOM-RDSRを利用した。DICOM-RDSRの開発から発展の経過を図1に示す。

B. 研究方法・研究結果

1. DICOM-RDSRについて

1983年、米国放射線学会と北米電子機器工業は共同で医療機器の相互通信規格の開発に着手し、改良を経て1993年にはDICOM規格が完成している。2005年には線量情報

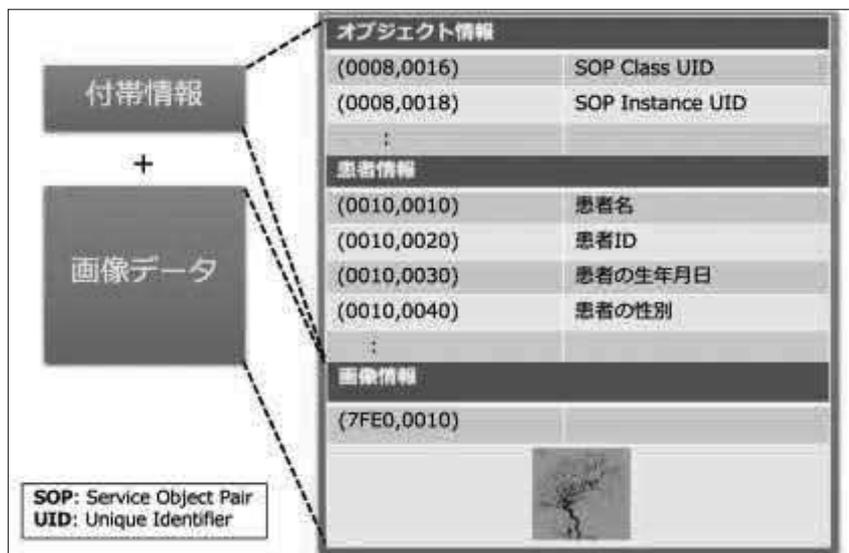


図2 DICOM画像の基本構造

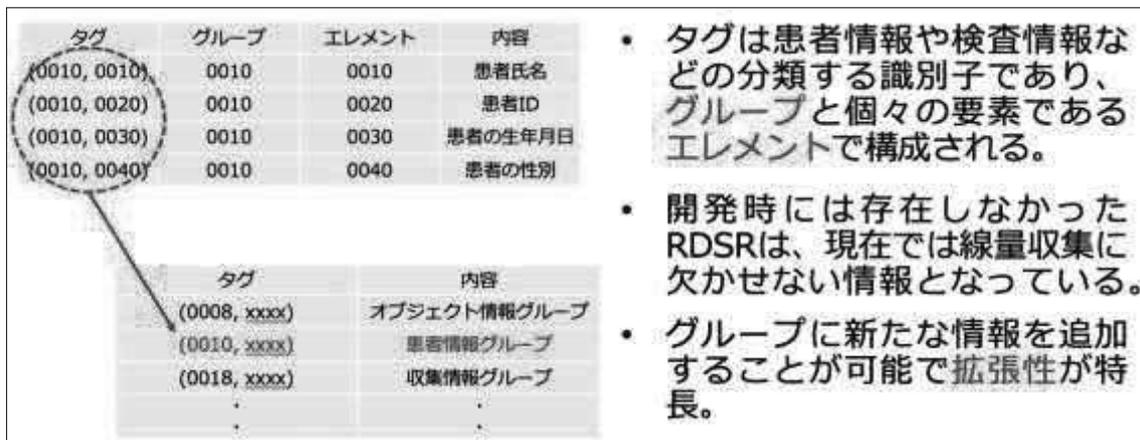


図3 DICOMの拡張性

を収集する目的で、DICOM規格にRDSRが追加され、さらに、2010年には国際電気標準化会議により、IVRが実施可能な装置にRDSRの出力が義務付けられている。これにより、当院においてもDICOM-RDSRを任意に抽出し解析できる環境が実現した。

DICOMの基本構造は、付帯情報と画像のセットで構成されている(図2)。タグは患者情報や検査情報などの分類する識別子であり、グループと個々の要素であるエレメントで構成される。開発時には存在しなかったRDSRが追加されたことで、現在では線量収集に欠かせない情報となっている。この

ように、DICOMはグループに新たな情報を追加することで拡張性が期待できる(図3)。

2. 線量管理サーバーの自主開発

2015年に当院では、血管撮影装置に実装されたRDSRを収集する目的でNAS(Network Attached Storage)サーバーを自主開発し、線量情報の収集と解析を始めている(図4)。この自作サーバーの特徴は、利点として、1. 検査終了後にRDSRが記録されること、2. 検査単位でCSV(Comma Separated Value)抽出することで任意の解析や統計処理が可能となり、高線量症例の検出と原因検索に利用され、被ばくの傾向を解析することが



図4 線量管理サーバーの試作から専用線量管理サーバーの設置へ

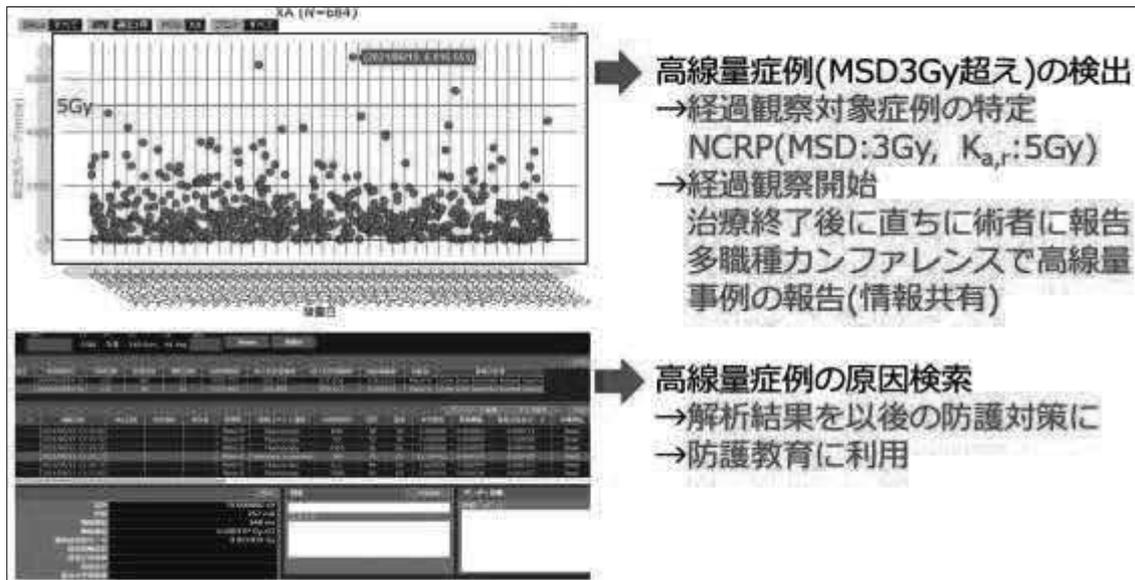


図5 専用線量管理サーバーの運用

可能となったことである。一方で欠点として、1. RDSR の転送は手動操作のため転送忘れが発生すること、2. 患者情報や疾患情報が自動で取得できない、また、RDSR の収集機能しか持たず画像連携ができないことであった。

3. 専用の線量管理サーバーの導入による管理

2019年にはコニカミノルタ製の線量管理サーバー (FINO. XManage) を導入し、その後の線量管理はこちらに移行している。NASサーバーを用いた RDSR の収集と解析の経験を踏まえ、試作した線量管理サーバーに不足していた追加すべき情報をメーカーと協議し、RDSR の自動記録と管理線量の目視や DRLs2020 との比較ができるように工夫した (図5)。

線量管理サーバーに期待することは、自施設の診断参考レベルの算出や、被ばく防護に寄与する情報の効率的な抽出などが考えられる。患者線量の記録とプロトコール管理が基本となるが、高線量事例などの異

常値のアラートの発信や原因の解析も自動的に実施できると都合がよい。現在、疾患情報の紐付けを自動でできない等、実際の運用では改良すべき点が未だ多く残っている。

図5の上の図は、縦軸が患者基準点の空気カー ($K_{a,r}$) で、横軸が検査日を示している。また、図中の赤線は5 Gyを示し、これを超える症例が僅かなことが一目でわかる。さらに、高線量のポイントにカーソルを置くと総線量と被ばくした日が同時に表示され、その検査の RDSR の展開 (図5下の図) や、画像との連携も可能となった。現在では5 Gy以上を対象に経過観察の対象としている。

4. 患者の最大入射皮膚線量の推定

5 Gy以上を経過観察の対象とした経緯を図6に示す。患者の最大入射皮膚線量の実測に蛍光ガラス線量計

(radiophotoluminescence glass dosimeter: RPLGD) を用いて測定し、線量分布の描画と最大入射皮膚線量を明らかにした。このとき、実測値と $K_{a,r}$ の関係は強

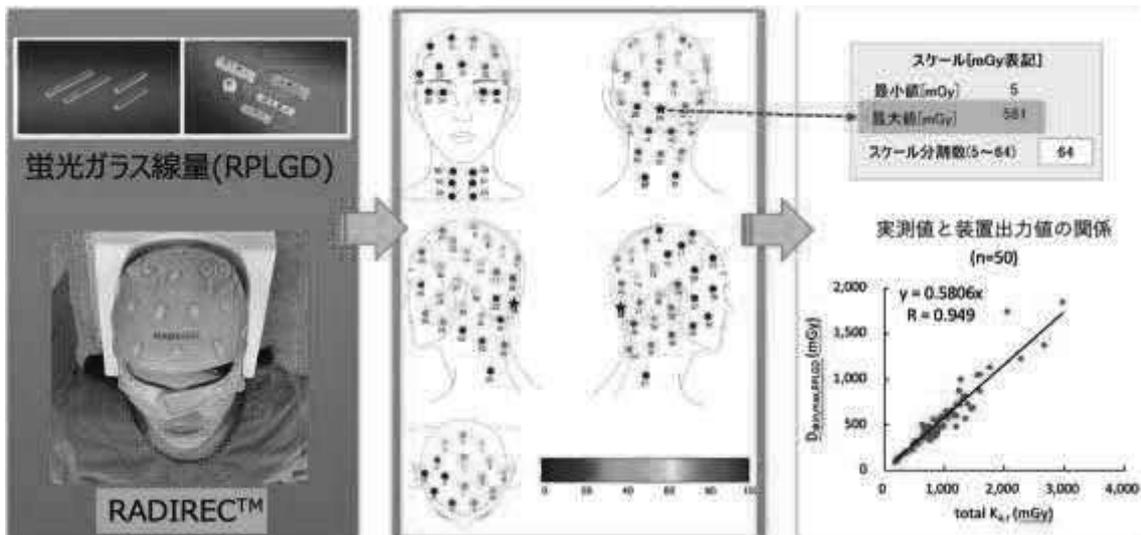


図6 患者の最大入射皮膚線量の実測と装置出力線量値の関係

い正の相関関係を示し、簡単な一次関数の相関式 $y = 0.58$ によって $K_{a,r}$ から最大入射皮膚線量が推定できることがわかる。

NCRP は、最大入射皮膚線量: 3 Gy、 $K_{a,r}$: 5 Gy を放射線皮膚障害の線量指標として推奨している。我々の実験において図6の相関式から、 $K_{a,r}$: 5 Gy のとき患者の最大入射皮膚線量はおおよそ 3 Gy となり NCRP の推奨値と一致した。ただし、この関係は装置や術者の癖も反映していることが考えられ、 $K_{a,r}$ を利用した管理線量を用いる場

合、一定数の実測値との相関関係を評価することは必須である。

C. 考察

6. 線量管理をさらに効率的に行うために線量情報を自動記録する専用の線量管理サーバーを導入したことで、自施設の DRL の算出と DRLs2020 との比較が容易となった。また、検査単位で CSV 抽出することが可能で、任意の解析や統計処理をおこなうことで、高線量症例の原因検索(どのイベン

No	測定日時	測定日時	測定理由	測定者	取生機	測定イベント種類	測定時間	電圧	電流	平均電流	積分値	基準値電流(μA)
	2021/11/10 12:39:14				Single Plane	Fluoroscopy	690	62	77	7.600000	0.000005	0.00230
	2021/11/10 12:40:45				Single Plane	Fluoroscopy	760	69	109	10.900000	0.000011	0.00523
	2021/11/10 12:41:06				Single Plane	Fluoroscopy	570	75	137	13.600000	0.000024	0.001150
	2021/11/10 12:41:14				Single Plane	Fluoroscopy	440	80	150	15.000000	0.000013	0.001191
	2021/11/10 12:41:20				Single Plane	Fluoroscopy	960	81	150	15.000000	0.000033	0.002900
	2021/11/10 12:41:30				Single Plane	Fluoroscopy	3050	80	150	15.000000	0.000108	0.009357
	2021/11/10 12:43:01				Single Plane	Fluoroscopy	410	80	150	15.000000	0.000015	0.001295
	2021/11/10 12:43:32				Single Plane	Fluoroscopy	480	83	150	15.000000	0.000031	0.003459
	2021/11/10 12:43:40				Single Plane	Stationary Acquisition	577	78	769	769.000000	0.000438	0.048451
	2021/11/10 12:44:04				Single Plane	Fluoroscopy	410	100	121	12.000000	0.000033	0.003879

部位名: 頭部/顔部領域(術前)

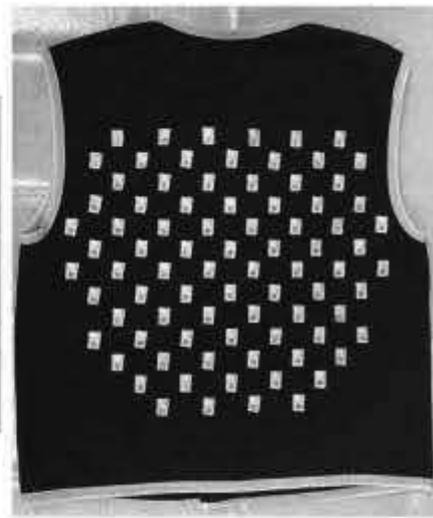
疾患名:

- 頭部/顔部領域(術前) 嚥下困難
- 頭部/顔部領域(術前) 脳動脈瘤
- 頭部/顔部領域(術前) 脳動脈瘤破裂
- 頭部/顔部領域(術前) 脳動脈瘤破裂再発
- 頭部/顔部領域(術前) 急性脳動脈瘤破裂
- 頭部/顔部領域(術前) 頭蓋内腫瘍

図7 現状の専用線量管理サーバーの限界



頭頸部用



胸部用

図8 RADIREC™ 頭頸部用（左）と胸部用（右）

トの影響が大きい等)に応用でき、術者や手技をサポートする医療従事者の防護教育に利用することも可能となった。

しかしながら、現時点でも解決すべき問題点は残っており、特に、疾患情報(疾患名や病変の局在部位等)が自動で取得できない点は、早急に改善する必要がある。現在は、手技が終了したのち毎回手動で疾患情報を入力しているが、大変手間のかかる作業となっている(図7)。将来 DRLs 更新のためのデータ抽出をする場合には、なくてはならない情報である。

7. RADIREC™を用いた患者線量測定(実測)と管理法

患者の最大入射皮膚線量を推定することは、放射線皮膚障害の回避など被ばく管理に欠かすことのできない要素である。しかし、DICOM-RDSR を利用した推定法では、実測との関係性を確認することが最低限必要である。また、その他の推定法としてモンテカルロシミュレーション等を用いた方法が考えられるが、実際の臨床例との誤差を考

慮するために、何らかの線量計を使用した実測は欠かすことができない。特に、血管撮影では、多方向からの X 線透視や撮影を行うことから X 線の入射方向(working angleにより)や照射面積(inch sizeにより)もその都度変更され、最大入射皮膚線量やその部位の判定が難しいことも問題点の一つである。RADIREC™による測定は、このようなニーズに全て対応している。

RADIREC™は、IVR などを受ける患者の入射皮膚線量を測定し管理するために開発された技術である。60 本以上の蛍光ガラス線量計を取り付けた専用の装具で、皮膚に密着するように設計され、伸縮性がよく、装着時の不快感が比較的少ない特長を持つ。現在は頭頸部用・胸部用が開発され(図8)、患者は専用装具を着用し IVR 等を受ける。

今回、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(放射線医学研究所)において、RADIREC. Web サービス(<http://radirec.com>)の開設準備が整った。今後サービスを開始する予定である。

D. まとめ

IVRは増加傾向にあり、複雑な手技では患者被ばくは増加する。2020年4月1日に医療法施行規則の一部改正により線量記録と管理が義務化されたことで、全国的に線量情報は収集されることとなった。収集された線量情報の活用によって患者の確率的影響だけでなく、組織反応の回避も同時に考慮する必要がある。

今回、線量管理サーバーの試作とその後に導入された専用線量管理サーバーの特徴を紹介した。特に、高線量被ばく事例の抽出や原因の解析、対策の立案等、DICOM-RDSRに記録される情報を利用して管理することは合理的であり簡便でもある。これらの線量情報は、放射線防護マネジメントシステムを運用する上で貴重な情報源となる。また、放射線業務従事者への放射線防護に対する教育教材としての利用も可能となる。

収集された線量情報は、自施設の中央値とDRLsとの比較が容易となり、今後のDRLs更新の際にも貴重なデータとなることが予想される。現状の線量管理サーバーの限界は、疾患情報の紐付けを自動収集できないことであり改善が必要である。このような被ばく管理に資する適切な情報をよく考え、今後の専用線量管理サーバーには、必要な情報を線量管理サーバーに追加記録できる拡張性が望まれる。

DICOM-RDSRを用いた線量管理はあくまで推定法である。正確な線量推定のためには、一定数の実測は必須である。実測をサポートするRADIREC™による測定は、線量分布と最大入射線量を同時に評価でき、現在考えられる方法として最も効率的で信頼性の高い実測法である。また、これに変わるものは現在存在しない。今回、この実測

をサポートするRADIREC.Webサービス(<http://radirec.com>)体制が、放射線医学研究所に整備されたことを報告するとともに、今後多くの医療機関等で活用されることが期待される。

E. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

F. 知的所有権の取得状

なし

参考文献

1. Walter Huda Keith R. Peters (1994): Radiation-induced Temporary Epilation after a Neuroradiologically Guided Embolization Procedure. *Radiology* 193: 642-644
2. Shope Thomas B. (1996): Radiation-induced Skin Injuries from Fluoroscopy. *RadioGraphics* 16: 1195-1199
3. Mooney R. B.; McKINSTRY C. S.; KAMEL H. A. M. (2000): Absorbed dose and deterministic effects to patients from interventional neuroradiology. *The British Journal of Radiology* 73: 745-751
4. Hayakawa M., Moritake T., Kataoka F., Takigawa T., Koguchi Y., Miyamoto Y., Akahane K. & Matsumaru Y. (2010): Direct measurement of patient's entrance skin dose during neurointerventional procedure to avoid further radiation-induced skin injuries. *Clin Neurol Neurosurg* 112: 530-536
5. Magrassi L., Bongetta D., D'Ercole L., Lisciandro F., Arianta C. & Thyron F. Z. (2012): Neuroembolization may expose patients to radiation doses previously linked to tumor induction. *Acta Neurochir* (Wien) 154: 33-41
6. Corrigall R. S., Martin C. J. & Scott I. (2020): Observations of tissue reactions following neuroradiology interventional procedures. *J Radiol Prot* 40: N9-N15
7. Thrall James H (2012): Radiation exposure in CT scanning and risk: where are we? *Radiological Society of North America, Inc.* pp 325-328
8. ICRP (2000): Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. . ICRP publication 85: 1-53
9. Jaschke W., Schmuth M., Trianni A. & Bartal G. (2017): Radiation-Induced Skin Injuries to Patients: What the Interventional Radiologist Needs to Know. *Cardiovasc Intervent Radiol* 40: 1131-1140
10. Morota Koichi, Moritake Takashi, Sun Lue, Ishihara Takahiro, Kuma Natsuyo, Yamada Satomi Murata Takahiro & Okazaki Ryuji (2016): Collection of DICOM RDSR (Digital Imaging and Communication in Medicine, Radiation Dose Structured Report) Information Aimed at Reducing Patient Exposure Dose. *J UOEH* 38: 335-343

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3年度～令和5年度 総合研究報告書

臨床現場における医療従事者の眼の水晶体及び
手指被ばくに関する実態調査

研究分担者	小野 孝二	東京医療保健大学看護学部/大学院看護学研究科 教授
前研究代表者	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
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	菊名 千恵里	東京医療保健大学大学院修士課程
研究協力者	菊名 邦彦	つくばセントラル病院放射線部
研究協力者	新井 知大	駒澤大学医療健康科学部 講師
研究協力者	金子 順一	駒澤大学医療健康科学部 教授
研究協力者	小林 育夫	福井大学附属国際原子力工学研究所
研究協力者	山口 一郎	国立医療保健科学院生活環境部 上席主任研究員
研究協力者	鈴木 貴大	東京医療保健大学大学院修士課程
研究協力者	大熊 吉徳	千葉西総合病院放射線科
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	池田 新	駒澤大学医療健康科学研究科修士課程
研究協力者	日野 稜介	駒澤大学医療健康科学研究科修士課程

研究要旨

当分担研究では、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に関する実態調査として、X線検査時における撮影の介助に従事する医療従事者の眼の水晶体の線量評価及び防護方法の検討に関する研究、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、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を実施した。

X線検査時における撮影の介助に従事する医療従事者の眼の水晶体の線量評価及び防護方法の検討に関する研究では、X線CT検査時における撮影の介助に従事する場合、眼の水晶体の被ばく線量は最大で46.8mSvに達する可能性が示唆された。今後、CT介助時の散乱線による水晶体被ばくを更に低減させるためには、放射線防護眼鏡の着用に加え放射線防護シートを活用しCTガントリ付近の空間線量率の低減手法について検討を行う必要があると考える。

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では、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、これは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った。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ことが示された。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。

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では、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ることが示された。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、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ことが示された。

X 線検査時における撮影の介助に従事する医療従事者の眼の水晶体の線量評価及び防護方法の検討に関する研究

A. 背景

2021 年 4 月、改正電離放射線障害防止規則が施行・適用され、眼の水晶体（以下、水晶体）線量限度が等価線量限度を 5 年間につき 100 mSv、1 年間につき 50 mSv と変更された [1]。放射線を使用した医療手技は高い専門技術を要し、特定の医療従事者が長年にわたり長時間かつ高頻度で行う可能性が高いため、上記変更後の限度を超えた線量を被ばくするおそれがある [2]。一方で、職能団体は、水晶体の等価線量を正確に評価することに伴う医療手技の妨げも危惧している [3, 4]。

B. 研究目的

本研究では、臨床現場における X 線 CT 検査時における撮影の介助に従事する医療従事者の眼の水晶体の線量を調査し、その実測結果と防護策について検討する。

C. 研究方法

本研究では、社会医療法人若竹会つくばセントラル病院に所属する CT 検査業務に専属する診療放射線技師 3 名を研究対象者（以下、対象技師）とし、2021 年 4 月から 7 月までの 4 ヶ月間にわたり、CT 検査の撮影介助を行う間について、眼の近傍の深さ 3 mm での個人線量当量 Hp (3) を測定した。測定に当たり、光刺激ルミネッセンス (Optically Stimulated Luminescence: OSL) 線量計 (nanoDot, 長瀬ランダウア株式会社) を用いて評価した。nanoDot 線量計は外形寸法が 10 x 10 x 2 mm、線量測定範囲が 10 Gy - 10 Gy、エネルギー範囲は 5 keV - 20 MeV で測定が可能である [5]。対象技師は水晶体の放射線防護策として放射線防護眼鏡及び放射線防護衣を着用した。放射線防護眼鏡は 4 月から 6 月までの期間は 0.07 mm 鉛当量 (パノラマシールド・オーバーグラス、HF-480S: 東レ・メディカル株式会社) を着

用し、7 月は 0.75 mm 鉛当量 (エックスガード・アーマー: 昭和工学株式会社) を着用した。nanoDot 線量計は放射線防護眼鏡の左右及び中央部の上方、側方、下方に区分し、それらの表側及び裏側に貼付して測定を実施した。測定期間は各 1 ヶ月単位とし、区分した各測定箇所について nanoDot 線量計の平均値を算出することで当該位置での測定値とした。対象技師が使用した CT 装置は、IQon spectral CT (Koninklijke Philips, Netherlands) で撮影に当たり当該施設の標準プロトコルに準拠して実施した。

D. 研究結果

対象技師 3 名が CT 検査時に撮影の介助を行なったのは、4 月が 11 件、5 月が 17 件、6 月が 14 件、7 月が 7 件であった。放射線防護眼鏡の外側で計測された線量は、4 月が最大 3.9 mSv、5 月が最大 3.0 mSv、6 月が最大 2.8 mSv、7 月が最大 1.8 mSv であった。放射線防護眼鏡の内側で計測された線量は、4 月が最大 1.8 mSv、5 月が最大 1.3 mSv、6 月が最大 1.3 mSv、7 月が最大 0.5 mSv であった。放射線防護眼鏡の外側及び内側の線量比から算出される線量低減効果は、0.07 mm 鉛当量を使用した 4 月から 6 月では、それぞれ 54.0%、56.2%、54.3%で、0.75 mm 鉛当量を使用した 7 月は 73.4%であった。

E. 考察

放射線防護眼鏡の外側で計測された量について、放射線防護策を講じなかった場合の結果として捉える。本結果において、眼の近傍の 3mm 線量当量における 1 月あたりの最大値は 3.9 mSv と高値を示した。これを 1 年相当 (12 月分) に単純乗算すると、年間あたりの水晶体被ばくは 46.8 mSv となり、等価線量限度を超過する可能性があることが示唆される。また、放射線防護眼鏡上の左右及び中央部については、IVR 術者のように左眼近傍の線量が高くなるような線量分布の勾配は確認されなかったため、CT 検査の解除時における線量計の着用位置

は限定する必要はないと考えられる。本結果に基づき4月から7月に計測されたCT検査時の撮影の介助1回あたりの水晶体被ばくは平均値が0.13 mSv、中央値が0.12 mSv、最大値が0.32 mSv、最小値が0.00 mSvであった。これより、介助時の水晶体被ばくは撮影の介助時の状況（被験者の状態の深さ、年齢等）、撮影部位（頭部、体幹部等）及び撮影条件に依存することが考えられ、介助の頻度を指標とした従事者の被ばく管理は適切とはいえない。このような各諸条件を鑑み、個人モニタリングを行うためには実測に基づいた個人線量評価を実施することが適切であると考えられる。

放射線防護眼鏡の内側で計測された量について、4月から6月にかけて検証された0.07 mm 鉛当量の放射線防護眼鏡を着用した場合の線量低減効果は約54.8%であった。これは先行研究で報告された低減効果と概ね一致している [6, 7]。本研究期間のうち7月の期間については放射線防護眼鏡の鉛当量を0.75mm 鉛当量へ変更した。このときの、線量低減効果は約73.4%となり0.07 mm 鉛当量の線量低減効果と比較すると約18.6%程度向上した。しかしながら、それぞれの鉛当量の遮蔽率をアメリカ国立標準技術研究所 (NIST: National Institute of Standards and Technology) が公開データ [8] を基に直接線 50keV で理論的に算出した場合、0.07mm 鉛当量で47.2%及び0.75mm 鉛当量で99.9%となる。0.75mm 鉛当量の防護眼鏡の線量低減効果が、73.4%に留まった要因として、防護眼鏡の内側に散乱線が到達する経路のうち、理論値及び実測値の差となる約26.5%に相当する線量は防護眼鏡の範囲外から寄与している可能性があるといえる。このことより、当該線量に係る要因としては、従事者自身の体側からの多重散乱による被ばくの寄与が考えられる。当該被ばく線量を効果的に低減させるためには、放射線防護眼鏡の範囲の拡大、材質及び形状の変更に加え、放射線防護シート等を活用したCTガントリ付近の空間線量率を低減させる手法等についても、経済性を考慮しつつ合理的に検討を行う必要がある。

F. 結論

当該施設では、X線CT検査時における撮影の介助に従事する場合、眼の水晶体の被ばく線量は最大で46.8mSvに達する可能性が示唆された。しかしながら、介助時における被ばく線量は1件あたり大きく異なるため、介助の頻度のみによる線量管理は適切ではない。また、放射線防護眼鏡の鉛当量を増加させることで、一定の線量低減効果の改善はみられたが、全体のうち26.5%の散乱線は防護眼鏡による線量低減は困難であることが明らかとなった。今後、CT介助時の散乱線による水晶体被ばくを更に低減させるためには、放射線防護眼鏡の着用に加え放射線防護シートを活用しCTガントリ付近の空間線量率の低減手法についても検討を行う必要がある。

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

1) 新井知大, 小野孝二, 菊名邦彦, 菊名千恵里, 金子順一, 小林育夫, 山口一郎, 樺田尚樹. CT撮影の介助を想定した放射線業務従事者における眼の水晶体被ばく線量の評価及び効果的な線量低減手段の検討. 第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会日本保健物理学会第54回研究発表会 2021年12月.

2) 菊名千恵里, 小野孝二, 嶋谷圭一, 新井知大, 菊名邦彦, 佐藤雅之, 山口一郎, 樺田尚樹. 臨床現場における現場スタッフの被ばく線量の測定. 第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会日本保健物理学会第54回研究発表会 2021年12月.

H. 知的所有権の取得状況

なし

引用文献

[1] 厚生労働省労働基準局, “厚生労働省労働基準局, “電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令等の施行等について (基発1027第4号),” 2020年10月27日.

[2] 藤淵俊王, “医療分野における職業被

ばくと放射線防護，保健物理 53.4: 247-254,” 2018年.

[3] 原子力規制委員会 第6回放射線審議会 眼の水晶体の放射線防護検討部会，“資料 3-3「眼の水晶体の放射線防護 について」,” 平成30年1月29日.

[4] 原子力規制委員会 第6回放射線審議会 眼の水晶体の放射線防護検討部会，“議事録,” 平成30年1月29日.

[5] 長瀬ランダウア株式会社，“InLight Systems(個人被ばく線量測定装置), <https://www.nagase-landauer.co.jp/download/pdf/InlightSystem.pdf>,” 参照日: 2022年1月14日.

[6] Kato, Mamoru, et al., “Occupational radiation exposure of the eye in neurovascular interventional physician.” Radiation protection dosimetry 185.2: 151-156,” 2019.

[7] 加藤守, et al., “脳神経血管および心臓電気生理手技のインターベンションに携わる医師の水晶体線量評価.” 日本放射線技術学会雑誌 76.1: 26-33,” 2020.

[8] NIST: National Institute of Standards and Technology, “NIST Standard Reference Database 126(<https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients>),” Reference date: January 19, 2022.

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

A. 緒言

医療分野において放射線はさまざまな検査・治療で利用されており、装置の普及も相まって、検査数は国際的にも増加の一途をたどっている¹⁾。一方、放射線は以前より被ばくに伴う健康被害が報告されている。臨床現場においても、これらの放射線診療従事者(以下、従事者という。)が業務の過程で受ける被ばくを「職業被ばく」に分類し、線量限度を超えず防護の最適化がなされるよう線量管理が行われている。国際放射線防護委員会(ICRP)は、2011年に「組織反応に関する声明」(以下「ソウル声明」という。)において、計画被ばく状況におけ

る眼の職業被ばくに関する水晶体の等価線量限度について、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を超えないことを勧告し、国際原子力機関(IAEA)の国際基本安全基準にもこの勧告の内容が取り入れられた²⁾。これを受け、各国に新たな水晶体の等価線量限度を取り入れる動きがあり、本邦でも2018年3月の放射線審議会において法令改正後は初となる意見具申が取りまとめられた³⁾。各省庁での検討を経て2020年に労働安全衛生法電離放射線障害防止規則改正の公布が行われ、2021年4月から施行されている⁴⁾。

先行研究においては、IVR(Interventional Radiology)に関するさまざまな眼の水晶体評価が報告されている⁵⁾⁻⁷⁾。国内においては、眼の水晶体被ばくの管理や防護に関するガイドラインも作成された⁸⁾⁻⁹⁾。しかしながら、看護師の水晶体被ばく線量については、先行研究での報告は少ない¹⁰⁾。また、放射線の基礎知識に関する調査報告は海外では報告されている¹¹⁾⁻¹²⁾が、国内では皆無である。一方、海外では透視検査などに入る医療従事者(看護師を含む)の多くが線量限度の引き下げについて知らないことや防護メガネを装着していないことが報告されている¹³⁾。国内の看護基礎教育や看護師を対象とした継続教育が十分に行われていない現状から推察すると、海外同様に国内の看護師にも線量限度の引き下げについてあまり知られていないことが想定される¹⁴⁾。また、適切な放射線防護をするためにも、線量限度の引き下げを含む法令改正やその経緯について医師・看護師が理解することや、より厳しい管理が求められる。従って、現状の課題の把握と放射線防護対策の検討は喫緊の課題であると考えられる。

循環器内科の冠動脈造影検査(以下CAG: Coronary Angiography)および経皮的冠動脈形成術(以下PCI: Percutaneous Coronary Intervention)、末梢血管形成術(以下EVT: Endovascular Treatment)、経皮的心筋焼却術(以下ABL: ablative therapy)に関わ

る看護師の眼の水晶体被ばく線量評価は明らかにされていない。

B. 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。

C. 研究方法

1. 看護師の眼の水晶体被ばく線量評価

対象は 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 7 名を対象に、CAG・PCI・EVT・ABL 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）

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^{12), 15)-17)}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）。

D. 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。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。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 μ Sv（234.3 μ Sv-262.4 μ Sv）、左内側は平均 124.8 μ Sv（115.0 μ Sv-130.0 μ Sv）であった。右外側の線量は、平均 257 μ Sv（196.7 μ Sv-295.1 μ Sv）、右内側は平均 135.6 μ Sv（103.9 μ Sv-159.7 μ 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 μ Sv、右外側で 412.3 μ 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。

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。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。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。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。

E. 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¹⁸⁾⁻²⁰⁾。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²¹⁾。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 $\mu\text{Sv}/\text{月}$ 、右内側は平均135.6 $\mu\text{Sv}/\text{月}$ であり、年間になると、左側1.4 $\text{mSv}/\text{年}$ 、右側1.6 $\text{mSv}/\text{年}$ 、平均1.5 $\text{mSv}/\text{年}$ 程度と推測された。千代田テクノル²²⁾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 $\text{mSv}/\text{年}$ 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3000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 $\text{mSv}/\text{年}$ を上回る結果となったと推測される。また、森ら¹⁰⁾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²³⁾⁻²⁵⁾。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1500 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ (1.5 $\text{mSv}/\text{年}$)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 mm Pb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¹¹⁾¹²⁾²⁶⁾²⁷⁾、本件研究も同様な結果が伺えた。松田ら¹⁵⁾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²⁶⁾²⁸⁾。

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²⁹⁾³⁰⁾。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³¹⁾、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。

F. おわりに

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。

引用文献

- 1) UNSCEAR. Medical Radical Exposures(2010); Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCER 2008 Report, Annex A, New York, United Nations.
- 2) Stewart FA, Akleyev AV, Hauer-Jensen M, et al(2012) :ICRP publication 118 :ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs—threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. Ann ICRP 41, 1-322.
- 3) 原子力規制庁, 眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について, 平成 30 年 3 月 2 日放射線審議会.
- 4) 厚生労働省, 電離放射線障害防止規則, 2021 年 4 月.
- 5) 藤淵俊王, 藤田克也, 五十嵐隆元, 西丸英治, 堀田昇呉, 桜井礼子, 小野孝二. (2021). 放射線診療従事者の不均等被ばく管理の実態に基づく水晶体被ばく低減対策の提案. 日本放射線技術学会雑誌, 77(2),

160-171.

6) 新井知大, 小野孝二, 若松和行, 山口一郎, 櫻田尚樹. (2022). 循環器内科医医師における眼の水晶体の職業被ばくの評価-法規制と運用に係る課題の抽出. 日本診療放射線技師会誌, 69(4), 57-62.

7) Koji Ono, Takafumi Kumasawa, Keiichi Shimatani, Masatoshi Kanou, Ichiro Yamaguchi, Naoki Kunugita. Radiation Dose Distribution of a Surgeon and Medical Staff during Orthopedic Balloon Kyphoplasty in Japan. (2022). Journal of Radiation Protection and Research, 47(2), 86-92. doi:10.14407/jrpr. 2021. 00304.

8) 医療スタッフの放射線安全に係るガイドライン.
Kyoto Collage of Medical Science, 2020年.

9) Sumi Yokoyama, Norio Tsujimura, Makoto Hashimoto, Hiroshi Yoshitomi, Masahiro Kato, Tadahiro Kurosawa, Hideo Tatsuzaki, Hiroshi Sekiguchi, Yasuhiro Koguchi, Koji Ono, Masahumi Akiyoshi, Naoki Kunugita, Masahiro Natsuhori, Yoshinori Natsume, Kuniaki Nabatame, Tsunenori Kawashima, Shunji Takagi, Kazuko Ohno, Satoshi Iwai. (2022). The Japan Health Physics Society Guideline on Dose Monitoring for the Lens of the Eye. J. Radiat. Prot. Res, 47 (1), 1-7.

10) 森 泰成, 越田吉郎, 藤井友則, 市川勝弘. 2007. IVR に従事する看護師の被ばく形態の把握と管理手法の検討. 日本放射線技術学会雑誌, 63(4), 401-411.

11) L. Hirvonen, T. Schroderus-Salo, A. Henner, S. Ahonen, M. Kääriäinen, J. Miettunen, K. Mikkonen. (2019). Nurses' knowledge of radiation protection: A cross-sectional study. Radiography, 25 (4), 108-112.

12) Aisyah Mohd Rahimi, Intan Nurdin, Shahrina Ismail, Azira Khalil. (2021). Malaysian Nurses' Knowledge of Radiation Protection: A Cross-Sectional Study. Hindawi Radiology Research and Practice. doi:10.1155/2021/5566654.

13) Vittoria D' Avino, Leopoldo

Angrisani, Giuseppe La Verde , Mariagabriella Pugliese, Adelaide Raulo, Giuseppe Sabatino, Fulvio Coppola.

(2019). New Eye Lens Dose Limit: Status of Knowledge in Campania Hospitals. Int J Environ Res Public Health, 16(18), 3450. doi:10.3390/ijerph16183450.

14) 堀田昇吾, 太田勝正. (2021). 「看護職のための眼の水晶体の放射線防護ガイドライン」作成の背景. J-STAGE, 日本放射線看護学会誌, 9 (1), 24-28.

15) 松田直樹, 吉田正博, 高尾秀明, 金子衛, 山口幸子, 堀川美和, 奥村寛, 小林初子, 後藤紳一, 越智誠, 林邦昭. (2004). 医療施設と教育研究用放射線施設の協力による看護師を対象とした放射線講習の教育効果. 日本放射線安全管理学会誌, 3 (2), 79-84. doi:https://doi.org/10.11269/jjrsm2001.3.79.

16) 西 沙世, 杉浦絹子. (2007). 看護職者の放射線に関する知識の現状と教育背景. 三重看護学誌. 9, 63-27.

17) T. Schroderus-Salo, L. Hirvonen, A. Henner, S. Ahonen, M. Kääriäinen, J. Miettunen, K. Mikkonen. (2019). Development and validation of a psychometric scale for assessing healthcare professionals' knowledge in radiation protection. Radiography, 25 (2), 136-142.

18) Zoi Thrapsanioti, Panagiotis Askounis, Ioannis Datseris, Miltiadis Papathanasiou, Eleftheria Carinou.

(2016). Eyelens radiation exposure in Greek interventional cardiology Personal. Physica Medica, 32 (3), 291.

19) 大友一樹, 佐藤文貴, 芳賀喜裕, 曾田真宏, 加賀勇治, 阿部美津也, 伊澤毅, 村林優樹, 稲葉洋平, 千田浩一. (2021). 心臓・心血管系 IVR に従事する医師の水晶体被ばく線量の左右差に関する検討. 臨床放射線, 66 (9).

20) Tomohiro Arai, Koji Ono, Kazuyuki Wakamatsu, Ichiro Yamaguchi, Naoki Kunugita. (2022). Occupational Radiation Exposure of the Lens of the Eye in

Cardiovascular Physician – Extraction of issues related to legal regulations and operations – 日本診療放射線技師会誌, 69 (4), 393-398.

21) 竹中完, 細野眞, 中井敦史, 大本俊介, 三長孝輔, 鎌田研, 山雄健太郎, 林史郎, 西田 勉, 工藤正俊. (2019). ERCP における水晶体被ばくの現状. 日本消化器学会, 16 (12), 1053-1055.

doi:<https://doi.org/10.11405/nisshoshi.116.1053>

22) 千代田テクノル. 2019. 平成 30 年度個人線量の実態, FBNews, 513, 6-11.

23) Olivera Ciraj-Bjelac, Madan M Rehani, Kui Hian Sim, Houg Bang Liew, Eliseo Vano, Norman J Kleiman. 2010. Risk for radiation-induced cataract for staff in interventional cardiology: Is there reason for concern? *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 76 (6), 826-834.

24) Yoshihiro Haga, Koichi Chida, Yuji Kaga, Masahiro Sota, Taiichiro Meguro&Masayuki Zuguch. 2017. Occupational eye dose in interventional cardiology procedures. *SCIENTIFIC REPORTS*.

25) 坂本 肇. 2017. 血管撮影・IVR 系における術者水晶体被ばくについて. 第 3 回放射線審議会眼の水晶体の放射線防護検討部会.

26) 森島貴頭, 千田浩一, 繁泉和彦, 片平美明, 瀬戸初江, 千葉浩生. (2012). 看護師の放射線に対する知識の現状および放射線教育の重要性: 500 床規模の医療機関に勤務する看護師を対象としたアンケート調査. *日本放射線技術学会雑誌*, 68 (10), 1373-1378.

27) 土橋仁美, 松成裕子, 伊東智子. (2015). 看護師の放射線に関する看護基礎教育が看護業務に及ぼす影響. *鹿児島大学医学部保健学科紀要*, 25 (1), 31-38.

28) 櫻田尚樹. (2008). 看護学生の放射線に関する知識と不安度調査. *産業医科大学雑誌* 30 (4). 421- 429.

29) 太田勝正. (2001). 基礎看護教育における放射線防護の教育. *Quality Nursing*,

7(12), 1076-1082.

30) 小西恵美子. (2003). 看護師に対する放射線安全教育. *FB News*, No. 314, 1- 5. 31) Candice Kim, Samip Vasaiwala, Faizul Haque, Kiran Pratap, Mladen I Vidovic.

(2010). Radiation Safety Among Cardiology Fellows. *The American Journal of Cardiology*. 106 (1), 125-128.

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

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。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。

C. 研究結果

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 μ 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. 1.2 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側どちらでも Dr. の左目の測定値が高値であったが、RT1,2 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側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った。また、左右合わせた平均では 48.8% であった。

D. 考察

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。

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

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．池田新，小野孝二，菊名邦彦，日野稜介，新井知大，金子順一，櫻田尚樹第 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．一般（口頭）、線量評価- 2、演題番号：1B3-4
2022 年 11 月 24 日．福岡市．

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
「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3年度～令和5年度 総合研究報告書

医療従事者の IVR 作業中の動線と滞留時間を評価するための
赤外線人感センサの性能検証

研究分担者 小野 孝二 東京保健医療大学東が丘看護学部/大学院看護学研究科 教授
研究協力者 新井 知大 駒澤大学医療健康科学部 講師
研究協力者 金子 順一 駒澤大学医療健康科学部 教授
研究協力者 日野 稔介 駒澤大学医療健康科学部修士課程
研究協力者 池田 新 駒澤大学医療健康科学部修士課程
研究協力者 中尾 海太 駒澤大学医療健康科学部修士課程
研究協力者 竹吉 正侑 駒澤大学医療健康科学部修士課程

研究要旨

管理区域に立ち入る全ての者は、電離放射線障害防止規則第八条（昭和四十七年労働省令第四十一号）により個人線量計の装着が義務付けられている。放射線業務従事者は個人線量計で計測された結果から個人の被ばく線量を管理しているが、個人線量計が示す値は定められた期間の積算値であるため、いつ、どのような状況で被ばくがあったのかを把握することができない。

長時間の放射線透視を要する Interventional Radiology（以下、IVR という。）では、等価線量限度を超過する可能性が懸念されており、IVR 手技における医療従事者の眼の水晶体等価線量の評価に関する研究成果が多数報告されている。

日本国内における医療従事者の眼の水晶体被ばくに関する実態調査が行われ、1年あたり 20 mSv を超えていた者の職種は医師に次いで看護師が多いことが報告されている。IVR において、看護師の果たす役割は大きく、患者の容態観察や記録、使用する物品の準備及び術者の業務支援と IVR 室内における業務内容は多岐にわたるが、透視中においても IVR 室内に入室したままであることが多い。また業務の性質上、IVR 室内を移動することが多く、常に患者の体幹部付近に位置した状態で業務を行う医師とは異なる被ばく形態であることが予想される。そのため、IVR に従事する看護師については、職業被ばくに対する不安が大きい。以上の点から、IVR 室内における医療従事者の立ち位置や移動を詳細に把握することの重要性は高い。本研究では、IVR 手技中の医療従事者の動線モニタリングを可能とすることで、職業被ばくの低減に向けた原因究明、業務改善及び医療従事者の放射線防護に関する教育資料としての活用が期待できる。そこで、本研究では室内の熱源の位置や移動のみを記録する赤外線人感センサを用いることを提案する。本研究の目的は赤外線人感センサを活用し、IVR 室内の医療従事者の場所ごとの滞在時間を測定し、被ばく線量の推計を可能とするシステムの開発である。当該システムの精度及び再現性を評価することで、臨床現場への普

及に向けて課題を抽出した。

本研究では、赤外線人感センサを活用した医療従事者の行動調査及び職業被ばく線量の推計を可能とする推計システムを試作した。当該システムは高い精度で熱源の滞在時間把握及び線量推計が可能であることが示された。また、線量推計の精度向上のためには、赤外線人感センサの分解能向上が鍵となることが示唆された。今後さらに改善し、臨床現場に導入することで、医療従事者の職業被ばく線量の低減に向けた業務改善や医療従事者の放射線防護に関する教育資料として活用できる可能性がある。

A. 背景

2011年に国際放射線防護委員会（International Commissions on Radiological Protection: ICRP）は、組織反応に関する声明^[1]（ソウル声明）を発出した。ここでは、眼の水晶体の白内障のしきい値線量を0.5 Gyへと引き下げられ、本勧告内容は国際原子力機関（International Atomic Energy Agency: IAEA）の国際基本安全基準に取り入れられた^[2]。これを受け、2022年に厚生労働省は電離放射線障害防止規則を改正し、眼の水晶体の等価線量限度の引き下げをおこなった。

眼の水晶体等価線量限度に対する関心は高まっており、中でも長時間の放射線透視を要するInterventional Radiology（以下、IVRという。）では、等価線量限度を超過する可能性が懸念されており、IVR手技における医療従事者の眼の水晶体等価線量の評価に関する研究成果が多数報告されている^{[3]-[8]}。

管理区域に立ち入る全ての者は、電離放射線障害防止規則第八条（昭和四十七年労働省令第四十一号）により個人線量計の装着が義務付けられている。放射線業務従事者は個人線量計で計測された結果から個人の被ばく線量を管理しているが、個人線量計が示す値は定められた期間の積算値であ

るため、いつ、どのような状況で被ばくがあったのかを把握することができない。先行研究において、日本国内における医療従事者の眼の水晶体被ばくに関する実態調査が行われ、1年あたり20 mSvを超えていた者の職種は医師に次いで看護師が多いことが報告されている^[3]。IVRにおいて、看護師の果たす役割は大きく、患者の容態観察や記録、使用する物品の準備及び術者の業務支援とIVR室内における業務内容は多岐にわたるが、透視中においてもIVR室内に入室したままであることが多い。また業務の性質上、IVR室内を移動することが多く、常に患者の体幹部付近に位置した状態で業務を行う医師とは異なる被ばく形態であることが予想される。そのため、IVRに従事する看護師については、職業被ばくに対する不安が大きい^{[9][10]}。以上の点から、IVR室内における医療従事者の立ち位置や移動を詳細に把握することの重要性は高い。

B. 目的

IVR手技中の医療従事者の動線モニタリングを可能とすることで、職業被ばくの低減に向けた原因究明、業務改善及び医療従事者の放射線防護に関する教育資料としての活用が期待できる。そこで、本研究では室内の熱源の位置や移動のみを記録する赤外

線人感センサを用いることを提案する。本研究の目的は赤外線人感センサを活用し、IVR 室内の医療従事者の場所ごとの滞在時間を測定し、被ばく線量の推計を可能とするシステムの開発である。当該システムの精度及び再現性を評価することで、臨床現場への普及に向けて課題を抽出する。

C. 方法・結果

C-1 赤外線人感センサについて

本研究で動線モニタリングの評価には、HC001 (株式会社 S&D システムズ) を使用した。当該機器は、一般に商業施設等の混雑率の把握、個室内の人数把握、及びセキュリティエリアへの侵入検知等に用いられている。本赤外線人感センサの基本仕様として、データ応答速度は最速で 0.1 秒、視野角は 60° である^[11]。赤外線人感センサを高さ 2.8 m の天井に設置することで、1 辺あたり約 2 m の正方形の範囲において 64 画素 (8 x 8 マトリクス) の分解能で熱源の滞在時間、移動が記録可能である。熱源の位置情報を取得するデータ応答速度は 0.1 秒から任意の長さに変更可能であるが、本研究では、全ての検証において最短の 0.1 秒に設定した。本研究では赤外線人感センサは PC 間とシリアル通信で制御するため、Python 言語を用いたアプリケーションを試作し、取得した行動データは CSV 形式で集計して出力した。赤外線人感センサの概要を Figure 1 に示す。

C-2 赤外線人感センサの検出範囲の検証

赤外線人感センサの検出範囲について、天井高 2.8 m の位置に設置した場合 1 辺あたり 2 m との記載がある^[11]。赤外線人感センサ及び熱源間の距離が変化した場合、当

該測定範囲への影響を検証した。しかしながら、実際に運用する際には各施設により天井の高さは様々である。ここでは、熱源として集光性の高い消費電力 90 W のレフ電球を用いた。検証条件として、地面から熱源の高さを 50 cm、75 cm、100 cm、125 cm、150 cm の 5 通りとした。赤外線人感センサ中心から外側へ向けて熱源を移動させ、位置情報が消失する位置を記録することで、赤外線人感センサ及び熱源間の距離が測定範囲に及ぶ影響を検証した。測定ジオメトリを Figure 2 に示す。床面から熱源の高さと位置情報が消失した地点について Table 1 に示す。熱源が高い位置にあるほど検出範囲は小さくなっていた。また、熱源の高さと検出範囲の関係について Figure 3 に示す。熱源の高さが 280 cm と 0 cm の場合における消失位置について、実測した 5 点から得られた直線近似 ($a = -1.4704$, $b = 276.89$, $R^2 = 0.998$) より外挿によって求め追加した。直線近侍の傾きから視野角は 68.4° と求められ、仕様書に記載があった視野角 Typ. 60° と概ね一致した。Table 1 及び Figure 3 より床面から熱源の高さが低いほど、位置情報の消失位置は中心からの距離が大きくなる。この結果から、赤外線人感センサ及び熱源間の距離が大きいほど検出範囲は拡張されることがわかる。また、床面から熱源の高さが 1.3 m のとき、すなわち赤外線人感センサ及び熱源間の距離が 1.5 m の場合において、メーカーが記載する検出範囲^[11]である 2 m となることが読み取れる。

C-3 赤外線人感センサの測定精度の検証

本検証では熱源の移動または滞在時間の測定に係る赤外線人感センサの測定精度について評価する。赤外線人感センサは天井

高 2.8 m の位置に設置した。ここでは、熱源として 45 °C の温水 10 L を底面 30 cm x 30 cm の容器に格納したものを使用した。検証条件として、熱源の移動速度は時速約 2 km と時速約 4 km の 2 通りとした。熱源の移動経路に関して、1 辺あたり 2 m の正方形の範囲において各頂点で 10 秒間の静止を挟み外周を 1 周する経路を 1 セットとした。2 通りの移動速度について 3 セットずつ繰り返し、その平均値を用いて赤外線人感センサの測定精度の評価を行った。本検証の概要を Figure 4 に示す。

赤外線人感センサにより計測された熱源の滞在時間の積算値について、静止時における計測カウント (Stationary state)、移動時における計測カウント (Moving state) 及び 2 つのカウントの合計値 (Total) として Table 2 に示す。なお、赤外線人感センサの位置情報の取得間隔は 0.1 秒である。また、時速約 2 km と時速約 4 km における熱源の平均滞在時間を Figure 5 に示す。Table 2 及び Figure 5 より、熱源の移動速度が大きくなると赤外線人感センサが取得する計測カウントは、熱源が実際に滞在していた時間よりも小さくなる傾向にあった。また、変動係数はいずれの速度においても 1% 未満であり、高い再現性を示した。本検証における熱源の移動は手動で行ったため、Table 2 中の Stationary state、Moving state の SD 及び CV はそのばらつきを含み、赤外線人感センサの測定精度を表すものではないことに留意が必要である。

C-4 赤外線人感センサを活用した被ばく線量の推計

ここでは透視時における被写体近傍の空間線量率分布を作成する。被写体として胸・

腹部用 X 線水ファントム (JIS Z4918:1974) を用いた。1.5 m の正方形の範囲において A から D の 4 列、1 から 4 の 4 行から成る正方マトリクス状に 16 分割し、各領域の中心に蛍光ガラス線量計 (GD-352M) を 3 つずつ配置した。また、マトリクスの右辺とファントムの間隔は 10 cm である。なお、透視条件は、管電圧は 80 kV、管電流は 0.1 mA、合計透視時間は 30 分間とした。また、後述する測定装置の高さに合わせ、床面から 50 cm の位置における空間線量率分布を作成した。蛍光ガラス線量計の配置と空間線量率分布をそれぞれ、Figure 6 に示す。

本検証では赤外線人感センサを活用することで得られる推計値と蛍光ガラス線量計より計測される実測値との比較により、当該手法の推計精度の検証を行う。放射線透視下で遠隔から熱源の操作を可能とするために、ロボット掃除機の上に熱源と蛍光ガラス線量計を搭載した (以下、移動熱源という。)。熱源には集光性の高い消費電力 90 W のレフ電球を用いた。前項で作成した空間線量率分布内において、移動する熱源の滞在時間を赤外線人感センサによって測定する。測定された各領域における熱源の滞在時間と各領域の空間線量率を乗算することで熱源の被ばく線量を推計可能である。このようにして得られた線量を推計線量と呼ぶこととする。移動熱源に搭載された蛍光ガラス線量計により測定される実測値との比較により、本手法の精度を検証する。透視条件は、管電圧は 80 kV、管電流は 0.1 mA、透視時間は赤外線人感センサの計測時間と同期させた上で 3 分間とした。熱源を A2、B2、C2、D2 でそれぞれ静止させ、熱源の静止時における推計精度の検証を行った。また、熱源の移動パターンは A 列から D 列を

それぞれ往復する場合と 2 行目を往復する場合の計 5 通りに加えて、ロボット掃除機の自動運転機能を活用し、線量率分布内をランダムに走らせた場合を 10 回実施した。本検証で使用した移動熱源を Figure 7 に示す。

熱源静止時における各領域の熱源の滞在時間と線量推計の結果について Table 3 に示す。透視条件は、管電圧が 80 kV、管電流が 0.1 mA、透視時間は赤外線人感センサの計測時間である。なお、推計線量は赤外線人感センサが計測した移動熱源の各領域における滞在時間と該当する領域の線量率を乗ずることで得られる推計線量である。また、相対誤差は以下の (1) 式より得られる。

$$\text{Relative error} = \frac{D_e - D_m}{D_m} \quad (1) \text{ 式}$$

ここで、 D_m は移動熱源に取り付けた蛍光ガラス線量計により計測された線量であり、 D_e は赤外線人感センサが計測した移動熱源の各領域における滞在時間と該当する領域の線量率を乗ずることで得られる推計線量である。A2 に滞在した場合の相対誤差は 12%であり、B2 に滞在した場合の相対誤差は 11%であった。C2、D2 の場合では蛍光ガラス線量計の検出限界値を下回り、検出不能であった。

熱源移動時における各領域の熱源の滞在時間と線量推計の結果について Table 4 に示す。透視条件は、管電圧が 80 kV、管電流が 0.1 mA、透視時間は赤外線人感センサの計測時間である。前項と同様に、相対誤差は (1) 式により算出した。また、赤外線人感センサが計測した熱源の滞在時間を Figure 8 に示す。表中の Column A~D は Figure 4 で

示したマトリクスにおける 1~4 行目を往復させた結果であり、Row 2 は A2~D2 列目を往復させた結果である。A 列を往復した場合の相対誤差は 21 %であり、B 列を往復した場合の相対誤差は 1 %であった。C、D 列の場合では蛍光ガラス線量計の検出限界値を下回り、検出不能であった。

次に、ロボット掃除機の自動運転機能を用いてランダムな走行を 10 回繰り返した結果を Table 5 に示す。透視条件は同様に、管電圧が 80 kV、管電流が 0.1 mA、透視時間は赤外線人感センサの計測時間である。また、赤外線人感センサが計測した熱源の滞在時間を Figure 9 に示す。Table 5 より、10 回の検証における相対誤差の平均値は 14%、標準偏差は 0.11 である。本検証では再現性の検証のために 10 回の測定を繰り返したものであるが、移動熱源は検証毎に不規則に動作するため、滞在時間は異なる点には留意する必要がある。

D. 考察

本研究では、医療従事者の行動調査と職業被ばくの被ばく線量推計を可能とする推計システムを構築するために、赤外線人感センサを利用した。当該システムの臨床現場への実用化を検討するために、赤外線人感センサの精度と再現性について 3 つの検証を行った。はじめに、赤外線人感センサの熱源移動における精度と再現性を確認するため、45 度の温水 10 L を格納した容器をセンサの検出範囲内で時速約 2 km および時速約 4 km で移動させ、熱源の移動を測定した。結果として、移動速度が高いほど位置情報の損失が増加することが示唆されましたが、時速 4 km でも相対誤差が 2.5%程度であり、高い精度で人体の移動を測定可能で

あることが示された。次に、赤外線人感センサを用いた線量推計手法の精度検証を行った。透視下で蛍光ガラス線量計を搭載した熱源を移動させ、線量推計の相対誤差を評価した。結果から行方向への移動では相対誤差が大きくなる傾向が見られ、画素内の線量勾配が影響していることが示唆された。精度向上のためには、画素サイズを小さくし分解能を向上させる必要があると考えられる。最後に、移動熱源の自動運転機能を利用した放射線透視下での線量推計を行い、相対誤差が 0.14 ± 0.11 と高い精度が得られたことを報告した。被ばく線量が高い場合に滞在時間を調査し、高線量率領域での滞在時間が有意に長いことを示唆した。

E. 結論

本研究では、赤外線人感センサを活用した医療従事者の行動調査及び職業被ばく線量の推計を可能とする推計システムを試作した。当該システムは高い精度で熱源の滞在時間把握及び線量推計が可能であることが示された。また、線量推計の精度向上のためには、赤外線人感センサの分解能向上が鍵となることが示唆された。今後さらに改善し、臨床現場に導入することで、医療従事者の職業被ばく線量の低減に向けた業務改善や医療従事者の放射線防護に関する教育資料として活用できる可能性がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

駒澤大学修士(診療放射線学)論文として提出

2. 学会発表

IVR に従事する医療関係者の同線及び滞留時間の測定に用いる赤外線人感センサの性

能評価。

日野陵介, 池田新, 日野陵介, 中尾海太, 長川彩香, 樋口拓杜, 金子順一, 小野孝二, 新井知大. 第50回日本放射線技術学会秋季学術大会. 2022年10月9日.

参考文献

- [1] International Commission on Radiological Protection. ICRP statement on tissue reactions/early and late effects of radiation in normal tissues and organs-threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP Publication 118. Ann ICRP 2012; 41(1/2).
- [2] International Atomic Energy Agency. Implications for occupational radiation protection of the new dose limit for the lens of the eye. IAEA TECDOC 1731, 2013.
- [3] 藤淵俊王, 藤田克也, 五十嵐隆元, 他. 放射線診療従事者の不均等被ばく管理の実態に基づく 水晶体被ばく低減対策の提案. 日本放射線技術学会雑誌 2022;77(2):160-171
- [4] 山田歩美, 大友一輝, 佐藤文貴, 他. 心臓カテーテルインターベンションに携わる看護師の水晶体被ばく一水晶体線量の左右差に関する比較評価一. 日本放射線安全管理学会誌 2021;20(2):52-60
- [5] 隈真一郎, 安田光慶, 大谷浩樹, 他. 心臓カテーテル検査における術者の水晶体放射線被ばく防護教育の効果. 日本放射線技術学会雑誌 2021;77(7):710-717
- [6] 若松修, 福地達夫, 関口博之, 他. 血管造影撮影系の実態調査. 日本放射線技術

学会雑誌 2001;57(8):953-962

[7] Toshimitsu Sato, Yoichi Eguchi, Chika Yamazaki, et al. Development of a New Radiation Shield for the Face and Neck of IVR Physicians.

Bioengineering2022;9(8):354-364

[8] 横山須美, 小野和子, 夏目良典, 他. 日本保健物理学会第 53 回研究発表会企画シンポジウム: 眼の水晶体の線量モニタリング及び放射線防護の動向. 日本保健物理学会誌 2020;55(4):191-206

[9] 増島ゆかり, 野戸結花. IVR に従事す

る看護師の職業被ばくに対する認識と放射線教育に関する調査. 日本放射線看護学会誌 2018;6(1):12-21

[10] 森泰成, 越田吉郎, 藤井友則, 他. IVR に従事する看護師の被ばく形態の把握と管理手法の検討. 日本放射線技術学会雑誌 2007;63(4):401-411

[11] 株式会社 S&D システムズ. “USB 人感センサ HC001A”. 2022-12-01

<https://sanddsystems.co.jp/hc001A.html>

(参照日: 2023-03-23)

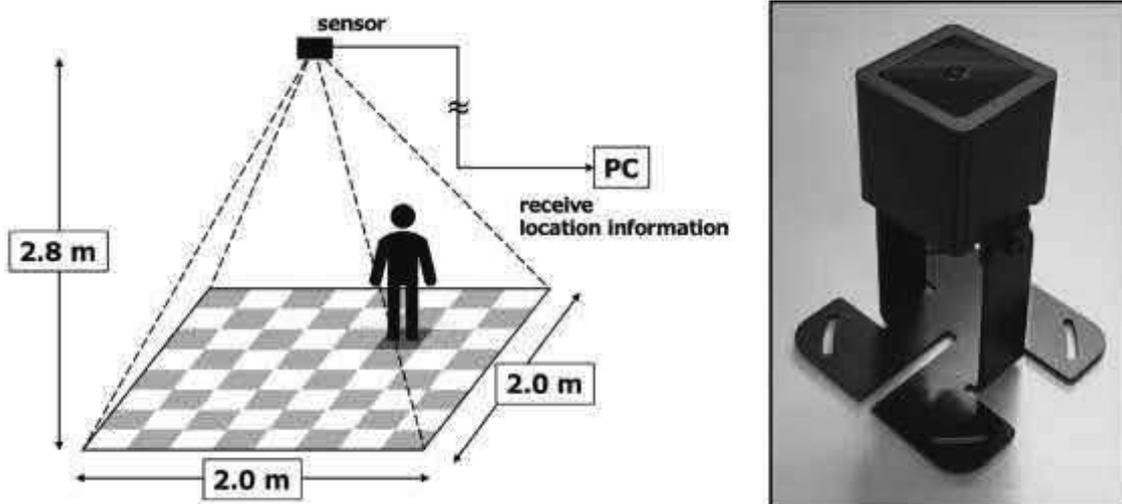


Figure 1

赤外線人感センサの概要図（左：検出イメージ、右：赤外線人感線センサの外観）
 赤外線人感センサを天井に設置し、1辺がおよそ2 mの正方形の範囲において人体（熱源）の位置情報を取得可能

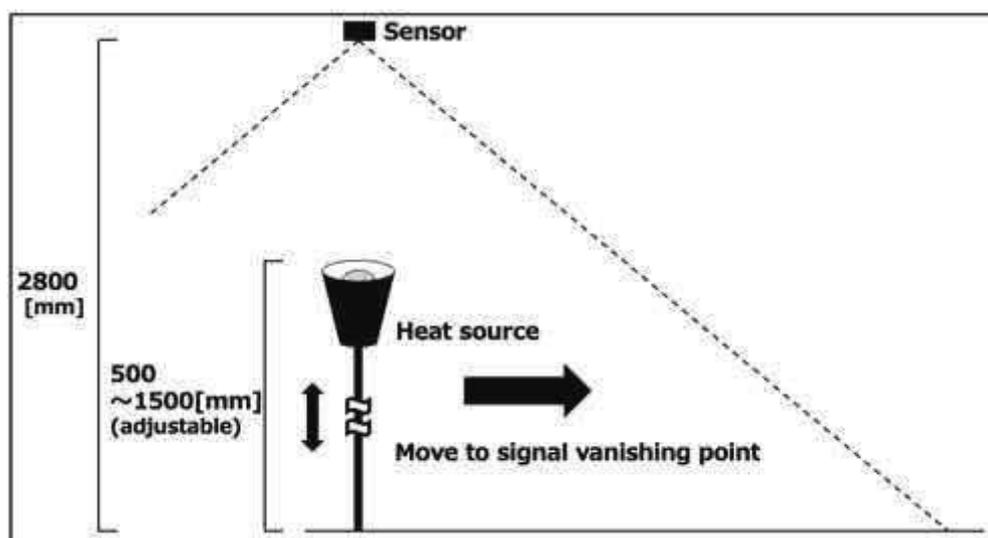


Figure 2 赤外線人感センサの検出範囲の検証に係る測定ジオメトリ

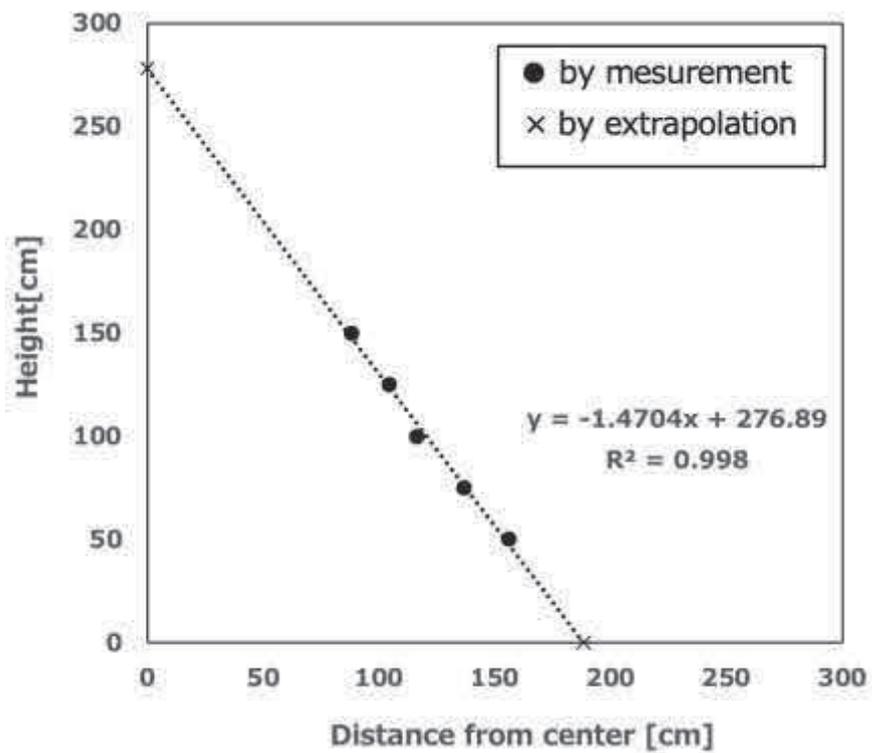


Figure 3 熱源の高さと検出範囲の関係

Table 1 熱源の高さと位置情報の消失地点

Heat source height [cm]	Vanishing point (Distance from center) [cm]
50	156.0
75	136.8
100	116.2
125	104.5
150	88.3

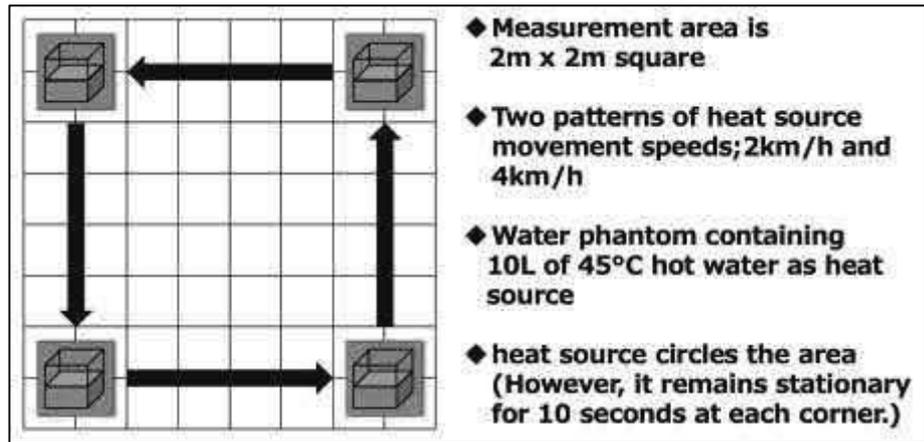


Figure 4 赤外線人感センサの測定精度の検証に係る概要

Table 2 熱源の滞在時間の積算値

		No.1[s]	No.2[s]	No.3[s]	Avg.[s]	SD[s]	CV [%]
2km/h	Stationary state	44.7	44.7	44.5	44.6	0.12	0.26
	Moving state	11.7	11.8	11.7	11.7	0.058	0.49
	Total	56.4	56.5	56.2	56.4	0.15	0.27
4 km/h	Stationary state	41.5	41.8	41.9	41.7	0.21	0.50
	Moving state	5.10	4.70	4.80	4.90	0.21	4.3
	Total	46.9	46.7	47.0	46.9	0.15	0.33

0	0	0	0	0	0	0	0
0	121	9	7	7	5	107	0
0	7	0	0	0	0	7	0
0	7	0	0	0	0	7	0
0	9	0	0	0	0	7	0
0	9	0	0	0	0	6	0
0	113	8	8	7	9	106	0
0	0	0	0	0	0	0	0

1	0	0	0	0	0	0	0
0	102	4	3	3	3	110	1
0	4	0	0	0	0	3	0
0	3	0	0	0	0	3	0
0	3	0	0	0	0	2	0
0	5	0	0	0	0	2	0
1	104	4	2	3	3	101	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 5 赤外線人感センサにより計測した熱源の滞在時間
(左：時速約 2 km、右：時速約 4 km)

Phantom	A1	B1	C1	D1
	76.6 4.26E-2	32.9 1.83E-2	12.6 7.01E-3	ND ND
	A2	B2	C2	D2
	215 1.20E-1	53.7 2.98E-2	18.3 1.01E-2	ND ND
A3	B3	C3	D3	
175 9.73E-2	52.5 2.92E-2	18.6 1.03E-2	ND ND	
A4	B4	C4	D4	
65.0 3.61E-2	29.0 1.61E-2	13.1 7.28E-3	1.79 9.98E-4	

Figure 6 被写体近傍の空間線量率分布
 上段：30 分間透視における線量[μ Gy]
 下段：上段の線量を透視時間の 1800 秒で除した線量率[μ Gy/s]

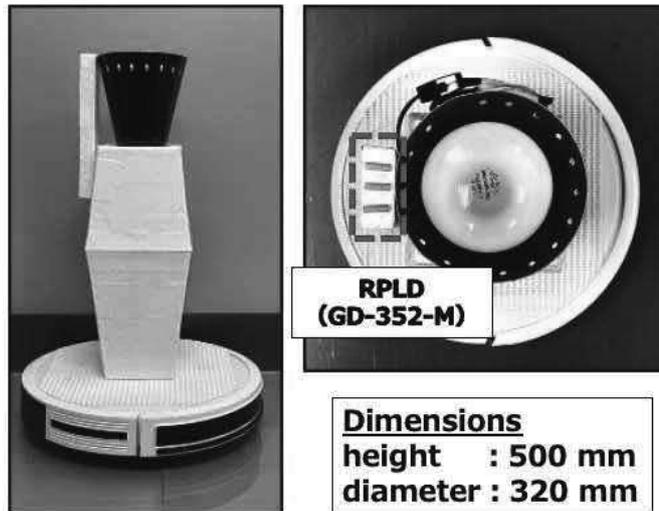


Figure 7 移動熱源（ロボット掃除機上に熱源としてレフ電球とガラス線量計を設置）
 （右：移動熱源の側面、左：上から見た移動熱源）

Table 3 熱源静止時における滞在時間の測定結果と線量推計の結果

Area	Measurement time [s]	Actual Dose [μGy]	Estimate dose [μGy]	Relative error
A2	181.1	19.34	21.7	0.12
B2	182.2	6.07	5.43	-0.11
C2	180.8	N.D.	1.83	-
D2	180.5	N.D.	-	-

Table 4 熱源移動時における滞在時間の測定結果と線量推計の結果

Area	Measurement time [s]	Actual Dose [μGy]	Estimate dose [μGy]	Relative error
Column A	182.2	7.61	9.20	0.21
Column B	185.2	3.61	3.57	-0.01
Column C	180.8	N.D.	1.39	-
Column D	180.5	N.D.	0.0693	-
Row 2	180.6	5.25	9.80	0.87

N.D. : Not Detected

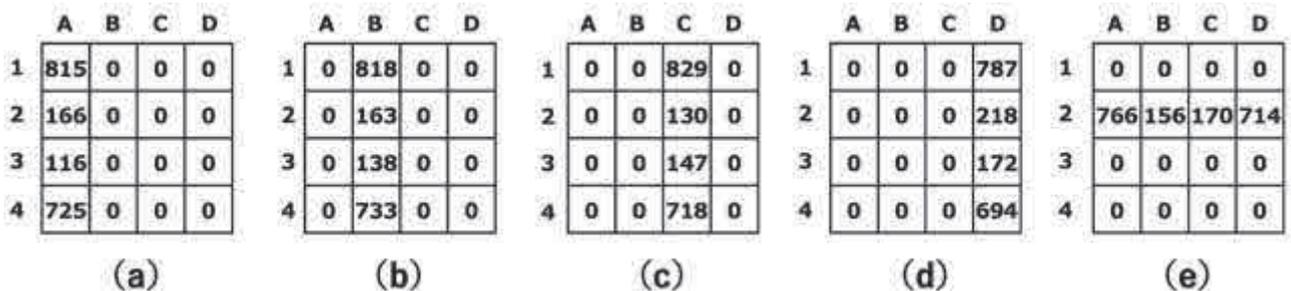


Figure 8 赤外線人感センサが計測した熱源の滞在時間

(a) A列往復 (b) B列往復 (c) C列往復 (d) D列往復 (e) A2~D2間往復

Table 5 熱源移動時における滞在時間の測定結果と線量推計の結果（ランダム走行時）

Case	Measurement time [s]	Actual dose [μGy]	Estimate dose [μGy]	Relative error
1	180.9	5.40	4.42	-0.22
2	181.2	8.23	5.76	-0.30
3	180.4	5.97	5.77	-0.03
4	181.1	5.74	5.10	-0.12
5	182.7	8.66	5.83	-0.33
6	180.4	6.40	5.34	-0.19
7	181.0	5.00	4.65	-0.07
8	178.5	4.14	3.87	-0.07
9	182.0	3.27	3.40	+0.04
10	181.2	5.39	5.14	-0.04
Avg.	180.9	5.48	5.11	0.14
SD	1.1	1.3	1.8	0.11
CV	0.0061	0.24	0.35	0.79

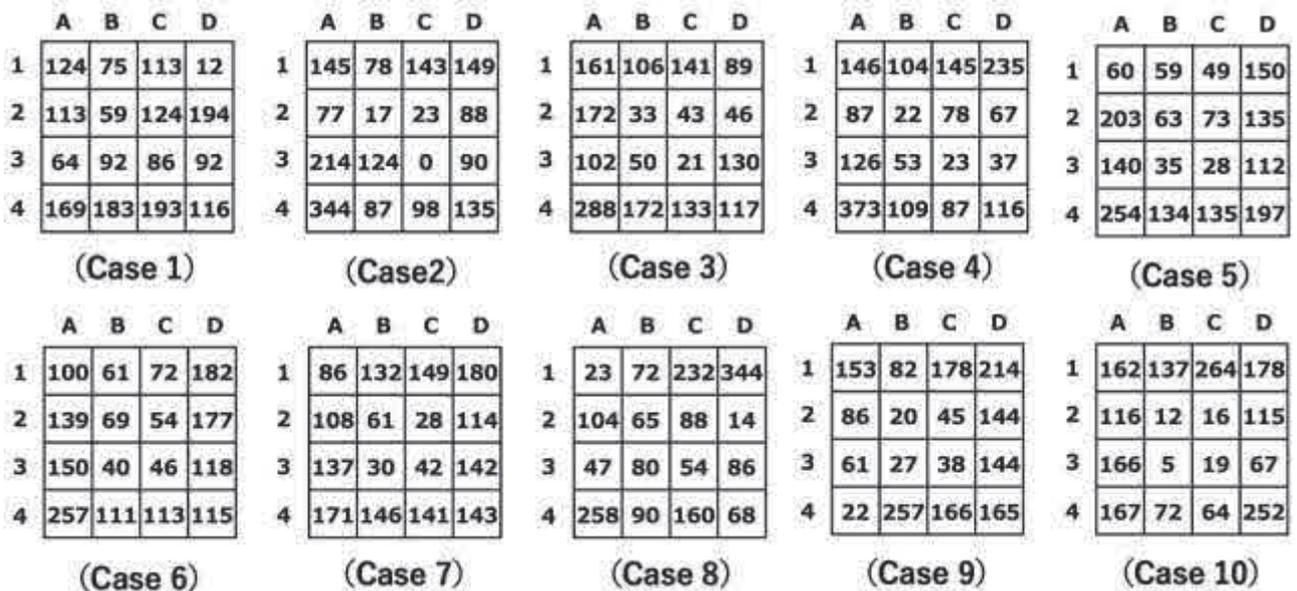


Figure 9 赤外線人感センサーが計測した移動熱源の滞在時間（ランダム走行時）

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3年度～令和5年度 総合研究報告書

医療機関の放射線業務従事者の職業被ばくに関連した実態調査

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 茂呂田 孝一 社会医療法人財団友池会新小文字病院放射線科
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 人見 剛 川崎医科大学病院中央放射線部
研究協力者 永元 啓介 産業医科大学産業生態科学研究所放射線衛生管理学 助教
研究協力者 松崎 賢 社会医療法人財団友池会新小文字病院放射線科

研究要旨

近年、適用疾患が拡大している Interventional radiology (IVR) は、放射線透視を用いることによる患者・医療従事者双方への被ばくのリスクがある。血管造影室には局所的に空間線量率の高いスポットも存在し、通常は医師比べて被ばく線量が低く、被ばく線量限度を超過することがない看護師に対しても、被ばく状況の評価と放射線防護の最適化は必要である。IVR 看護師の被ばくに関する従来の報告には、術者との比較や単一施設における解析が主であるものが多く、看護師の被ばくがどのような条件に影響を受けているかについては、十分明らかになっていないといえない。

当分担研究では実施期間の 2 年間で、医療分野における看護師の放射線被ばくの実態調査を担い、1. 電離放射線健康診断における白内障調査、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、3. IVR に従事する看護師の水晶体被ばくの背景因子分析、4. 看護師の被ばくに影響しうる血管造影室内の作業環境調査、という 4 つの課題を設定した。

従来とは異なる新たな視点から IVR 業務に従事する看護師の被ばくを調査・分析し、分担研究者の担当した目的を達成する有用な成果を得た。

A . 各研究の概要

以下に、各取り組みの内容と成果を示す。

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。

福岡県内の一医療機関に在籍し、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 年間であった。性別、年齢、所属部署、職種、白内障のリスク因子についても聴取した。画像判定は、WHO 白内障分類 (主病型) と放射線白内障の初期変化に着目した金沢医科大学分類 (副病型) を用い、某大学病院の眼科専門医 1 名

が行った。結果は「異常なし」、「再検査」、「要精密検査」として参加者へ通知し、要精密検査と判定された者には眼科への受診勧奨を行った。参加者への結果通知にアンケートを同封し、「所要時間」・「検査内容」・「苦痛のなさ」それぞれの満足・不満足、「今後の健康診断の際にも定期的に受けたいか」、「検査を受けて水晶体被ばくへの関心度は変化したか」、「水晶体被ばくに関する質問や相談」について回答を求めた。

参加者 360 名 (38.3±10.4 歳、男性 63.1%、医師 53.1%) に対し、眼科専門医より 30 分程度、使い方の指導を受けた医師・看護師・検査技師ら計 7 名が交替で 1 名 5 分程度の撮影を行った。要精密検査と判定された 82 名中、22 名が眼科を受診し、そのうち 19 名で核白内障や皮質白内障、副病型の水疱状微小混濁 (Vacuoles、以下 VC) を認めた。そのうち、医師は 11 名、看護師は 2 名であった。2 名の看護師は、いずれも 40 代前半で、透視室や血管造影室での放射線業務に従事する外来看護師であった。また、写真の質により再検査と判定された 27 名中、10 名が再検査を受け、5 名は異常なしと判定され、5 名には白内障や VC が認められた。ただ、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。

調査後のアンケートは 38 名から回答が得られ、97.4%が「検査の所要時間に満足」、97.4%が「検査内容に満足」、97.4%が「苦痛のなさに満足」、94.7%が「今後の健康診断の際にも定期的に受けたい」、78.9%が「今回、検査を受けて水晶体被ばくへの関心度が高まった」と回答した。

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。

福岡県内の一医療機関に在籍し、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。調査内容は、被ばく防護対策に関する 13 の質問項目であり、リッカート 5 件法で回答を得た。

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%)。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。

3. IVR に従事する看護師の水晶体被ばく背景因子分析

IVR に従事する看護師の年間水晶体被ばく線量に病院間差がみられたことから、病院特有の因子に影響を受けている可能性を考え、看護師の水晶体被ばくに影響を与え

得る要因について検証した。

血管造影装置を有する 200 以上の病床規模で、機能と規模が異なる 3 つの救急指定病院（A 病院：678 床、B 病院：1182 床、C 病院：214 床）を選定した。調査期間 2018 年 1 月～2021 年 3 月の間に、各対象病院が任意に設定した 1 年間の症例（A 病院：900 例、B 病院：1979 例、C 病院：492 例）に従事した計 88 名の看護師（A 病院：31 名、B 病院：49 名、C 病院：8 名）を対象者とした。産休などの何らかの理由でひと月以上個人被ばく線量が報告されなかった者については除外し、各対象者の年間の総水晶体等価線量を算出した。その他、対象者が担当した総症例数、そのうち X 線の曝射量が多い治療目的の症例数、総透視時間、総 air kerma-area product（PKA）を集計した。加えて、担当症例で使用された血管造影室内のレイアウト、看護師の主な滞在位置、各症例に携わった術者数、看護師数も集計した。この人数には、途中交替要員も含まれた。

時間、距離、遮蔽の 3 つの観点から検証した結果、施設間の看護師の水晶体被ばく線量の違いは、時間や遮蔽ではなく、X 線照射野から看護師が滞在する位置まで距離によって説明できることが示された。加えて、その距離は、スタッフの人員が少ないほど短くなることも明らかとなった。看護師の水晶体被ばく低減には、血管造影室内の滞在位置を放射線源から 2 m 以上離すことが最も効果的であることが確認された。

4. 看護師の被ばくに関連する血管造影室内の作業環境調査

IVR の作業環境下において、看護師の被ばく線量は作業環境に影響を受ける可能性が

ある。そのことをふまえ、血管造影室内での看護師の作業環境および作業管理上の課題を抽出することを目的として、434 施設の血管撮影とインターベンションに携わる専門の診療放射線技師に対し、心血管系 IVR 看護師の作業環境について調査を実施した。調査期間は、2023 年 2 月～2023 年 11 月とした。

63 の対象者から回答を得、同一施設に所属する対象者ではないとみなした 59 の回答を解析した。その結果、400 床未満の病院は、400 床以上の病院比べ、血管造影室内の看護師の滞在位置（看護記録などで最も長く滞在する位置から X 線照射野までの距離）が有意に短く、また主に看護師の被ばく防護を目的とした RSS の未設置の割合も高かった。また、診断目的の手技において 400 床未満の病院は、400 床以上の病院と比べて、術者が 1 名体制の症例割合が高く、卒後 5 年未満の医師が入る症例割合は低かった。有意に多く、400 床以上の施設で有意に高かった。

これらの結果は、400 床未満の病院で働く IVR 看護師は距離と遮蔽の点で、業務に伴う放射線ばく露が増加しやすい状況におかれることが示唆された。

B. まとめ（見出した課題と解決法の提案）

1. 電離放射線健康診断における白内障調査

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。今回の調査は未散瞳下で実施したが、陽性的中率は 86.4%と高く、スクリーニング項目として有

用と言える。また、看護師を含む対象者からは、撮影に伴う苦痛や所要時間、検査内容に関する対象者らの不満は少なく、定期的な検査を希望する声や、水晶体の放射線被ばくに対する関心度が上昇したという意見も多く聞かれ、受診する側のデメリットも少ない。

調査時点では、被ばく線量との関連性は確認出来なかったが、白内障は数年～数十年の潜伏期間を経て発症する晩発影響であり、また加齢性変化や紫外線、糖尿病、ステロイドなどのその他の要因も影響する。そのため本調査のような、点での評価には限界がある。放射線業務従事者の水晶体変化を評価するには、業務開始時に同じ検査をすることが不可欠で、また、その後の経年的な追跡も求められる。さらに、被ばく線量との評価に関しては、今回の調査で解析した水晶体等価線量は、対象者らが受けた全ての被ばくを反映しているとは言い難いと考えている。それは、そもそも線量管理対象として登録されていない従事者の存在や線量計の未装着、また、主な所属先以外での放射線業務の被ばくが含まれていないといった現状があるからである。放射線業務従事者の健康管理として、水晶体の放射線影響評価を正しく実施するためにも、根本的な被ばく線量測定の徹底および線量管理の一元化が求められる。

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、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。同時に、調査で有意差が認められた項目は、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って改善が期待できる内容と考えている。加えて、「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。なぜなら、IVRやERCPなどの現場では、複数の医療専門職が連携しながら患者の診療にあたるからである。

一方、医療現場での職業被ばく低減には、各自が主体的に、また共通認識をもち自らの習慣や行動レベルに落とし込むことが肝要で、組織的な働きかけや環境整備だけでは、解決が不十分であり、その点を課題として認識している。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、より有効なものとして現場のスタッフの意識に反映されるよう、組織と個人レベルの双方に意図的に働きかけることが重要である。

3. IVRに従事する看護師の水晶体被ばくの背景因子分析、および4. 看護師の被ばくに関連する血管造影室内の作業環境調査

看護師は研修中の看護師も含め手技中に外回り（検査・治療環境の整備、患者介護、記録）、直接介助（器械出し等）としての役割を担い、手技中に血管造影室内を移動する。したがって患者やX線管球からの正確な距離を実測することは困難である。本調査でも、各対象者の役割や手技中に具体的にどのような動きをしていたかは把握できていないが、血管造影室ごとに看護師が最

も長く滞在する場所を特定することにより、照射野からのその距離によって、ある程度、集団の水晶体被ばく線量レベルの差が説明できることを明らかにした。

血管造影室内で、看護師が最も滞在する位置を再点検し、可能であれば X 線照射野から 2 m 以上離れた位置に滞在位置を設定するというのは実行しやすく、かつ集団レベルでも被ばく低減効果の見込める作業環境管理となり得る。また、IVR を実施するチームの人員（主に術者）が少ないと看護師は X 線照射野に近づいて業務を行う傾向にあり、その背景因子として病院規模も関係していることが判明した。この点において、血管造影室を有する医療機関には、最小限の人員で IVR を担わざるを得ない施設もあること、また、看護師が術者の近くで介助を担う場合には、衝立型防護板の設置は困難な可能性があるといった課題が考えられる。

こうした課題に対し、場合によっては時間的側面への介入として、IVR 従事が限られた看護師に偏らないような勤務管理や、個人防護具を含めた遮蔽面の設備投資の検討が必要である。加えて、術者の被ばく防護用である吊下げ型防護板を看護師の被ばく防護という点でも必ず使用し、線源から近くでもその効果が得られる立ち位置を検討することや、それぞれの看護師が、自ら状況に応じて主体的に防護行動を実行できるような教育支援が求められる。

C. 研究発表

1. 論文発表

1) T. Kuriyama, T. Moritake, K. Nakagami, K. Morota, G. Hitomi and H. Kitamura. Background Factors Affecting the Radiation Exposure of the Lens of

the Eye among Nurses in Interventional Radiology: A Quantitative Observational Study. *Nursing Reports*. 2024; 14:413-427. doi: 10.3390 /nursrep14010032

2. 学会発表

1) 栗山知子, 盛武敬, 茂呂田孝一, 人見剛, 中上 晃一, 永元啓介, 松崎賢, 樺田尚樹: 血管造影室で放射線業務に従事する看護師の水晶体被ばく実態調査. 第 39 回産業医科大学学会, 第 47 回産業医学推進研究会九州地方会. 2021 年 10 月, 北九州市.

2) 栗山知子, 盛武敬, 茂呂田孝一, 中上晃一, 人見剛, 松崎賢, 永元啓介, 樺田尚樹: Interventional radiology の環境要因が看護師の水晶体被ばくに与える影響- 3 病院のデータ解析-. 第 38 回日本脳神経血管内治療学会学術集会. 2022 年 10 月, 大阪市.

3) 栗山知子, 盛武敬, 人見剛, 中上晃一, 永元 啓介, 茂呂田孝一, 松崎賢, 樺田尚樹: 中央手術室で放射線診療に携わる看護師の水晶体被ばく実態調査-高線量率群と低線量率群における条件の比較-. 第 11 回日本放射線看護学会. 2022 年 9 月.

4) 永田竜朗, 栗山知子, 喜多村絃子, 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, 那覇市.

5) Takaaki Maeno, Hideaki Ohashi, Hitomi Fujise, Tomoko Kuriyama, Tatsuo Nagata, Hiroko Kitamura, Naoki Kunugita: Evaluation of lens opacity on radiation workers: progress report. The 30th Japan-China-Korea Conference on Occupational Health, 2022 年 6 月, 北九州市.

6) 栗山知子: シンポジウム 17 医療従事

者の妊娠と被ばく 第二部：看護師の水晶
体被ばく線量と血管造影室内の環境因子。
第 38 回日本脳神経血管内治療学会学術集
会。2022 年 10 月，大阪市。

7) 栗山知子，樺田尚樹，永田竜朗，喜多
村絃子：電離則健診を受ける医療従事者の
被ばく防護に関する意識。第 12 回日本放射
線看護学会。2023 年 9 月，長崎市。

8) T. Kuriyama, G. Hitomi, K. Nakagami,
K. Nagamoto, K. Morota, S. Matsuzaki,
T. Moritake, H. Kitamura. Differences
in nursing work environments from the
perspective of radiation protection: A
survey of Japanese Interventional
Radiology departments. 27th East Asian
Forum of Nursing Scholars. 2024 年 3 月，
香港。

D. 知的所有権の取得状況

なし

防護具の評価、放射線被ばく防護に関するアンケート調査

研究分担者 掛田 伸吾 弘前大学医学部附属院放射線診断科 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

防護具の評価

目的：各診療科に実際のような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を購入し、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行った。

方法：手指ファントムを用いて、各部位における線量を防護具あり、なしで測定し、防護能について算出した。防護能の計算は次式を用いた：防護なしの線量 - 防護ありの線量 / 防護なしの線量 = 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。

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ていった。厚地の防護具では操作性にやや難があるとの意見があった。

考察・結論：透視下では、その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。50～60KVの透視下で十分な防護能を有し、安価、かつ薄地である防護具は、低管電圧下での作業に適していると考えられた。

放射線被ばく防護に関するアンケート調査

背景・目的：医療被ばくの啓発や意識付けにより線量計の装着率は向上したが、その持続性は危惧される。本研究の目的は、現状における意識調査である。

方法：透視室を利用する内科・外科・放射線科の全医師合計45名について、無記名で放射線被ばく防護に関するアンケート調査を行った。

結果：主な結果は次の通りである。

放射線被ばく低減に関して興味あり38名、放射線使用時に線量計を装着する義務があることを知っている41名、放射線使用時に線量計を装着している30名、放射線使用時に放射線手袋を使用している6名、放射線使用時に放射線防護眼鏡を使用している7名、Over tubeとUnder tubeの違いを知っている5名

考察：アンケート結果からは、装着率は高いが、装着に関しての意識は必ずしも高くなく、持続的な啓発・研修、意識調査が必要と考えられた。「放射線使用時に放射線防護手袋を使用していますか」、「放射線使用時に放射線防護メガネを使用していますか」、については装着していない医師が多数であった。この点については、手技についての詳細な聴取を行う必要があり、個別に早急な対応が必要と思われた。Over tubeとUnder tubeの違いを理解していない医師が意外に多く、講義内容を含めた再検討が必要と考えた。

結論：現場医師の放射線被ばく防護に関するアンケート調査により、防護の装着率は高いが、装着に関しての知識や意識は必ずしも高くはないことがわかった。このことから、継続的な啓発・研修や意識調査が必要と考えられた。また、教育や啓発活動が持続的に可能な病院長や科長を含めた組織作りが重要と思われた。

防護具の評価

A. 背景と目的

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。透視下での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、防護具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。以前は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が、各診療科に実際の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（Cathlab Pro CNXPG20：薄手、Max MXPG35：厚手、Attenuator-X、名優：防護手袋）を購入した。「令和4年度労災疾病臨床研究事業報告書」では、この中で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。今回、新たに、リクエストのあった防護具（トレフィットX薄、トレフィットX厚）を追加購入し、昨年同様に評価（様々な管電圧に対する防護能についてファントム実験）をおこなったので報告する。

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、なしで測定し、防護能について算出した。防護能の計算は下記の式により行った。

防護なしの線量 - 防護ありの線量 / 防護なしの線量 = 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。

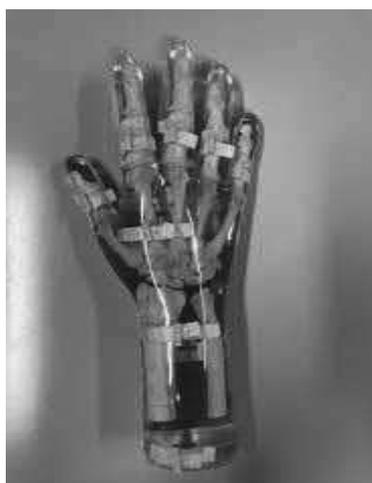


Figure 1 手指ファントム（手背側）



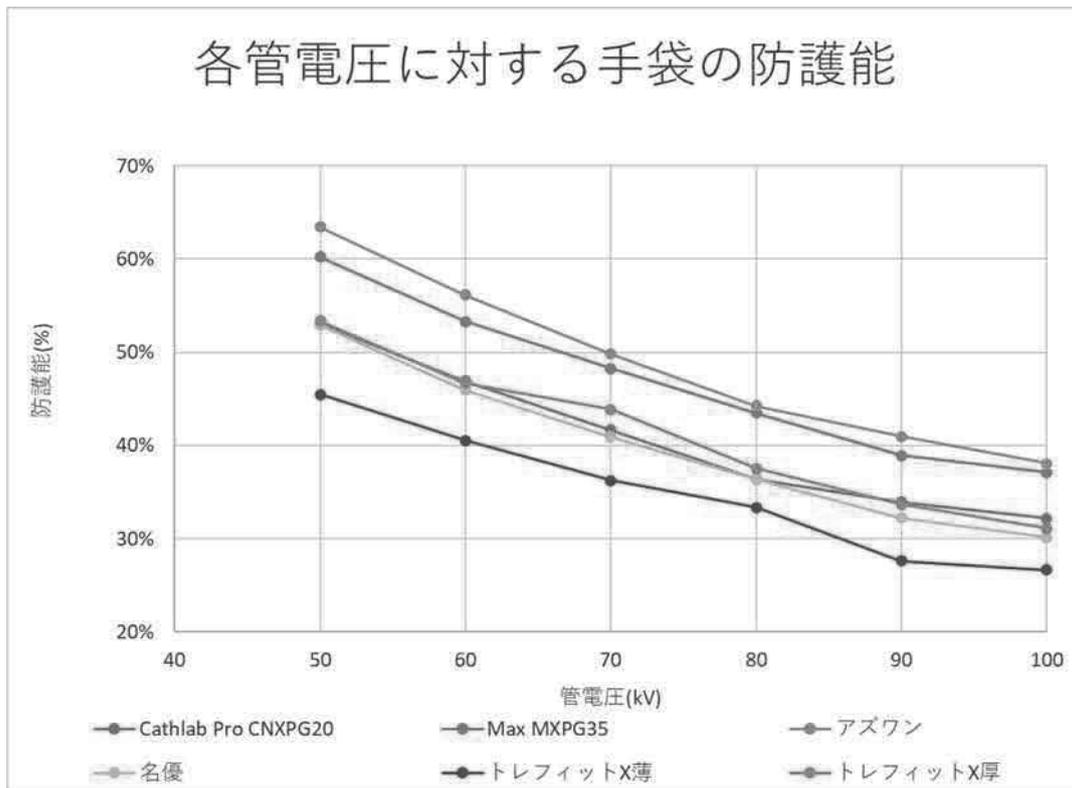
Figure 2 手指ファントム（透視像）

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。

管電圧(kV)	実行エネルギー(kV)	Cathlab Pro CNXPG20(薄い)	Max MXPG35(厚い)	アズワン	名優	トレフィットX薄	トレフィットX厚
50	31.3	53%	60%	63%	53%	46%	53%
60	35.0	47%	53%	56%	46%	41%	47%
70	37.1	42%	48%	50%	41%	36%	44%
80	38.8	36%	43%	44%	36%	33%	38%
90	40.4	34%	39%	41%	32%	28%	34%
100	42.3	32%	37%	38%	30%	27%	31%



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。透視下では、その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 の透視下で行われる点を考慮すると防護能 (40~50%程度) は最適であると考え。今回、新たに購入をおこなった防護具 (トレフィット X 薄、トレフィット X 厚) については、いずれも Attenuator-X(アズワン社製) には防護能は劣っていた。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。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は作業下の管電圧を考慮した選択が重要と考える。

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

放射線被ばく防護に関するアンケート調査

A. 背景と目的

医療被曝の啓発や意識付けにより線量計の装着率は向上した。しかし、持続性について危惧されるため、現状における意識調査のため、透視室を利用する内科・外科・放射線科の全医師合計 45 名について、無記名で放射線被ばく防護に関するアンケート調査を行った。

B. 研究方法および結果

アンケート項目と結果は下記である。

1) 放射線被ばく低減に関して興味はありますか
「興味が無い」7人、「興味がある」38人、「無回答」0人

2) ご自身の被ばく線量は知っていますか
「知っている」16人、「知らない」29人、「無回答」0人

3) 診療用放射線の安全利用のための研修会(eラーニング)を受講しましたか
「受講した」31人、「受講していない」11人、記憶にない3人

4) 放射線使用時(透視室や血管撮影室、OPE室C-arm等)に線量計(ガラスバッジ等)を装着する義務があることを知っていますか
「知っている」41人、「知らない」4人、「無回答」0人

5) 放射線使用時(透視室や血管撮影室、OPE室C-arm等)に線量計(ガラスバッジ等)を装着していますか
「装着している」30人、「装着していない」11人、「たまにしている」1人、「カテ時は装着している」1人、「忘れることがある」1人、「透視はつけるがOPE室はつけていない」1人

6) 5)でガラスバッジを装着していない方に聞きます。ガラスバッジはどこに保管してありますか
「医局に保管している」6人、「わからない」1人、「透視室」3人、「カテ室」2人、「外病院所属のた

め無し」1人

7) 放射線防護手袋を使用することで手指被ばくが低減できることを知っていますか
「知っている」34人、「知らない」11人、「無回答」0人

8) 放射線使用時に放射線防護手袋を使用していますか
「防護手袋を使用している」6人、「防護手袋を使用していない」39人、「無回答」0人

9) 8)で放射線防護手袋を使用していない方に聞きます。使用しない理由をお答えください
「防護手袋があることを知らない」12人、「防護手袋を着用すると検査がしづらい」13人、「被ばく線量が少ないため気にしていない」10人、「どこにあるか知らない」3人、「忘れてしまう」1人、「持っていない」1人、「無回答」5人

10) 放射線防護メガネを使用することで水晶体被ばくが低減できることを知っていますか
「知っている」41人、「知らない」4人、「無回答」0人

11) 放射線使用時に放射線防護メガネを使用していますか
「防護メガネを使用している」7人、「防護メガネを使用していない」38人、「無回答」0人

12) 11)で放射線防護メガネを使用していない方に聞きます。使用しない理由をお答えください
「防護メガネがあることを知らない」2人、「防護メガネを着用すると検査がしづらい」21人、「被ばく線量が少ないため気にしていない」8人、「持っていない」4人、「コロナの感染対策のメガネを使っていた」1人、「使う場所に常置していないため」1人、「どこにあるかわからない」2人、「無回答」6人

13) 手技・検査前のタイムアウトに放射線防護具の確認を加えることに
「賛成」37人、「反対」8人
(反対とした理由)
「手順が増える」1人、「内視鏡など検査中に透視が必要になった場合がある」1人、「時間的余裕がない」1人、「これ以上あれこれ増えるのは何かやだ」1人、「2外科は防護手袋をやらないと思います」1人

14) 手技・検査前のタイムアウトに線量計装着の確認を加えることに

「賛成」40人、「反対」5人

(反対とした理由)

「無かった場合に検査が滞るから」1人、「内視鏡など検査中に透視が必要になった場合がある」1人、「時間的余裕がない」1人、「これ以上あれこれ増えるのは何かやだ」1人

15) Over tube と Under tube の違いを知っていますか

「知っている」5人、「知らない」39人、「無回答」1名

16) Over tube を使用した場合、医療従事者の手指被ばくは主に〇〇である

「直接ガンマ線である」0人、「直接X線である」4人、「散乱X線である」1人、「わからない」39人、「無回答」1人

17) 線量計(ガラスバッジ)装着率向上に向けて、どのような周知があると効果的ですか(複数回答可)

「病院長からの周知」12人、「所属長からの周知」21人、「現場担当者からの周知」25人、「医療安全推進室からの周知」16人

【その他】

「タイムアウトでその場で着用するようにする」1人、「周知が必要かはわからない」1人

18) 放射線被ばく低減に関してご意見などありましたらお答えください

「保護具以外の暴露防止対策(立ち位置など)についても情報があると良いと思います」「つけやすいアイガードを置いてほしい」

C. 考察

アンケート項目2)~4)からは、装着率は高いが、装着に関する意識は必ずしも高くなく、持続的な啓発・研修、意識調査が必要と考えられた。「アンケート項目6) ガラスバッジはどこに保管してありますか」、については科長を含めた指導が早急に必要と考えられた。「アンケート項目8) 放射線使用時に放射線防護手袋を使用していますか」、

「アンケート項目11) 放射線使用時に放射線防護メガネを使用していますか」、については装着していない医師が多数であった。この点については、手技についての詳細な聴取を行う必要があり、個別に早急な対応が必要と思われた。「アンケート項目13) 手技・検査前のタイムアウトに放射線防護具の確認を加えることに賛成 or 反対とアンケート項目14) 手技・検査前のタイムアウトに線量計装着の確認を加えることに賛成 or 判定」については、手技・検査前のタイムアウトに放射線防護具の確認に理解している医師は多く、今後に制度化に向けた議論が必要と思われた。「アンケート項目15) Over tube と Under tube の違いを知っていますか」については、Over tube と Under tube の違いを理解していない医師が意外に多く、講義内容を含めた再検討が必要と考えた。

D. 結論

現場医師の放射線被ばく防護に関するアンケート調査により、防護の装着率は高いが、装着に関する知識や意識は必ずしも高くないことがわかった。このことから、継続的な啓発・研修や意識調査が必要と考えられた。また、教育や啓発活動が持続的に可能な病院長や科長を含めた組織作りが重要と思われた。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 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

II. 參考資料

放射線防護マネジメントシステム について

厚生労働省委託事業「放射線MS導入支援事業」
基礎研修第1回 提供資料

本日の内容

はじめに

1. 放射線防護に関する現状（自主点検結果より）
 2. 電離放射線障害防止規則の改正とマネジメントシステム
 3. マネジメントシステムの概要
 4. 放射線防護マネジメントシステムの概要：文書体系とリスクアセスメント
 5. 放射線防護マネジメントシステムにおけるリスクアセスメントの実践
 6. 放射線防護マネジメントシステムの詳細
- まとめ

マネジメントシステム（MS）導入・運営の道のり

計画

- ▶ MS導入方針・規格の決定
 - ▶ MS開発担当者の任命
 - ▶ 担当者の育成
 - ▶ MS 開発チームの構築
- ### 開発
- ▶ MS関係者の役割の明確化
 - ▶ 文書体系の作成
 - ▶ 既存文書との整合化
- ### 導入
- ▶ 年間目標・計画の策定
 - ▶ MS 導入計画の策定

▶ 導入教育の実施 運営

- ▶ MS運用開始
 - ▶ 年間目標および計画の進捗状況の確認
 - ▶ 内部監査計画の策定
 - ▶ 内部監査の実施
- ### 改善
- ▶ マネジメントレビューの実施（評価結果・監査コメント）
 - ▶ MS改善計画の策定
 - ▶ MSの改善

Step by Step 研修の目的

マネジメントシステム (MS) 導入の課題

1. 安全衛生担当者のMSに対する理解不足
2. 文書体系構築の負担大
3. 放射線被ばくリスクへの対応方法の理解不足

研修を通じて

- ▶ MSの基本を学ぶ
- ▶ MS文書体系の構築
モデル文書→カスタマイズ
- ▶ 効率的な放射線防護MSの開発

その上で、

- ▶ 導入支援の実施

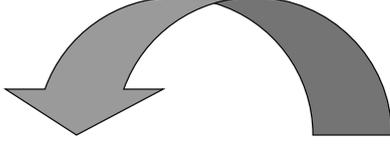
研修の実施方法

- ▶ 講義
- ▶ 実習

ツール提供 (モデル文書)

医療機関側での作成

作成経験の共有



3回の研修を終えた時

計画

- ▶ MS導入方針・規格の決定
 - ▶ MS開発担当者の任命
 - ▶ 担当者の育成
 - ▶ MS 開発チームの構築
- ### 開発
- ▶ MS関係者の役割の明確化
 - ▶ 文書体系の作成
 - ▶ 既存文書との整合化
- ### 導入
- ▶ 年間目標・計画の策定
 - ▶ MS 導入計画の策定

導入教育の実施 運営

- ▶ MS運用開始
- ▶ 年間目標および計画の進捗状況の確認
- ▶ 内部監査計画の策定
- ▶ 内部監査の実施
- ▶ 改善
- ▶ マネジメントレビューの実施
(評価結果・監査コメント)
- ▶ MS改善計画の策定
- ▶ MSの改善

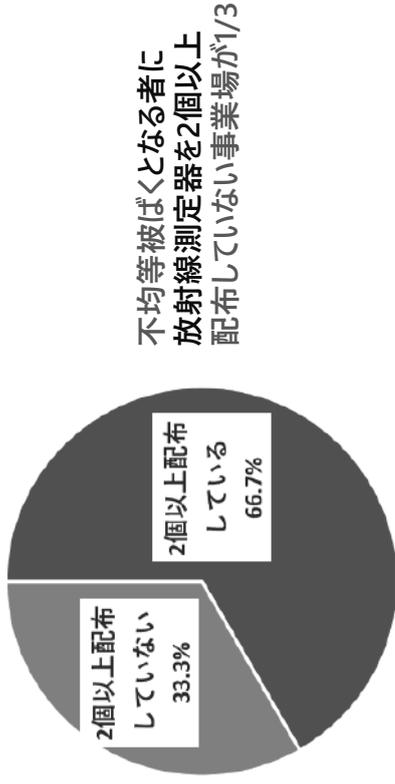
プログラム全体の評価

- ▶ RPMSの導入状況
- ▶ 自己評価／独立評価者による評価
- ▶ 放射線防護管理の実施状況
- ▶ 放射線被ばく線量限度の順守状況
／被ばくレベルの改善状況

1. 放射線防護に関する現状 (自主点検結果より)

皆さんの施設の状況はいかがでしょう？

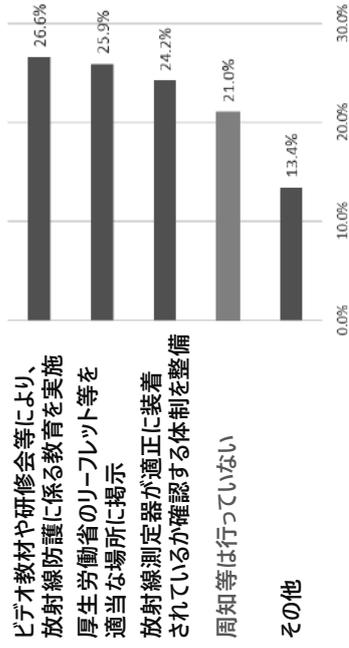
▶ 放射線測定器の配布状況



第154回放射線審議会総会 配布資料154-1-1号

皆さんの施設の状況はいかがでしょう？

▶ 放射線測定器の適正な装着のための対策（複数回答可）

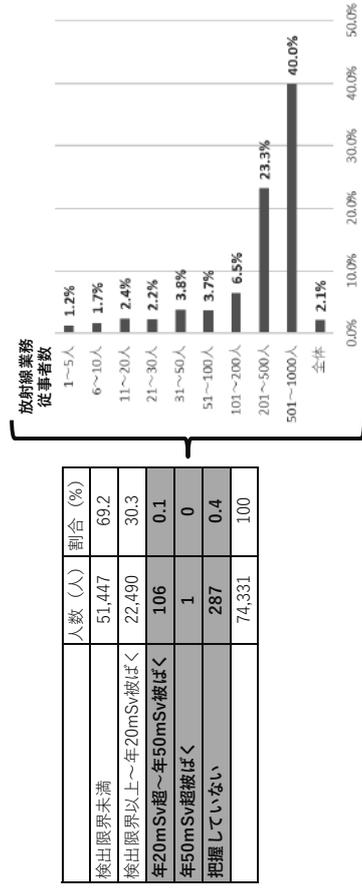


特に対策を講じていない事業場が2割以上

第154回放射線審議会総会 配布資料154-1-1号

皆さんの施設の状況はいかがでしょう？

▶ 実効線量分類別人数
▶ 事業場の放射線業務従事者数別の実効線量が20mSv超又は把握していない労働者がいると回答した事業場の割合

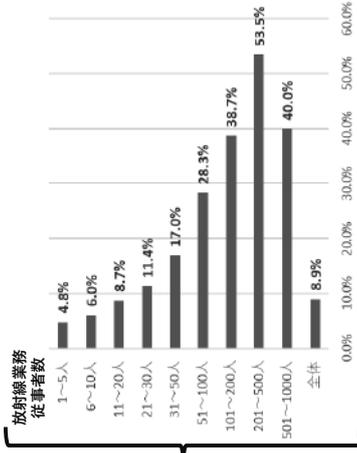


第154回放射線審議会総会 配布資料154-1-1号

皆さんの施設の状況はいかがでしょう？

- ▶ 眼の水晶体の等価線量分類別人数
- ▶ 事業場の放射線業務従事者数別の眼の水晶体の等価線量が20mSv超又は把握していない労働者がいると回答した事業場の割合

人数(人)	割合(%)
検出限界未満	64.2
検出限界以上～年20mSv被ばく	32.0
年20mSv超～年50mSv被ばく	0.6
年50mSv超被ばく	0.1
把握していない	3.1
74,331	100



第154回放射線審議会総会 配布資料154-1-1号

皆さんの施設の状況はいかがでしょう？

- ▶ 5年間の被ばく線量の管理方法 (左) (複数回答可)
- ▶ 新規所属労働者の所属前被ばく線量の管理方法 (右) (複数回答可)

管理方法	事業場数(件)	割合(%)	事業場数(件)	割合(%)
電離放射線健康診断個人票をとりまどめて管理	3,607	67.8	666	12.5
線量計メーカーから通知された書類をとりまどめて管理	4,235	79.6	1,456	27.4
独自の管理ツール等を用いて電子的に管理	355	6.7	1,681	31.6
管理していない	28	0.5	835	15.7
その他	83	1.6	350	6.6

(n=5,321) (n=5,321)

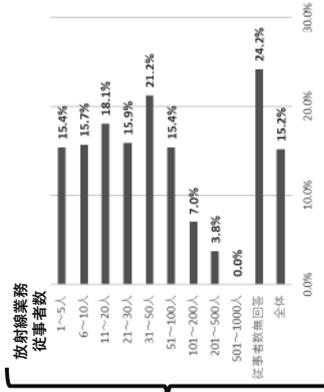
第154回放射線審議会総会 配布資料154-1-1号

皆さんの施設の状況はいかがでしょう？

- ▶ 管理区域一時立入者の線量管理方法 (複数回答可)
- ▶ 事業場の放射線業務従事者別の管理区域一時立入者の線量を管理していないと回答した事業場の割合

管理方法	事業場数(件)	割合(%)
個人線量測定サービス機器を利用して被ばく線量を測定	746	14.0
電子線量計を装着させて被ばく線量を測定	1,562	29.4
外部被ばくによる実効線量が計算により0.1mSvを超えないことを確認等し、測定を行ったものとみなす	1,193	22.4
管理していない	810	15.2
その他	1,227	23.1

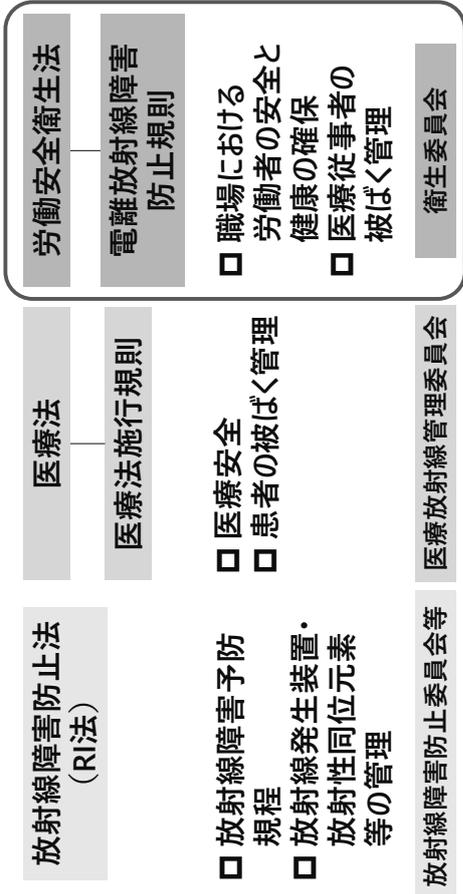
(n=5,321)



第154回放射線審議会総会 配布資料154-1-1号

2. 電離放射線障害防止規則の改正とマネジメントシステム

医療機関の放射線に係る法令とその主な守備範囲



電離放射線障害防止規則第8条 線量の測定

- 3 第一項の規定による外部被ばくによる線量の測定は、次の各号に掲げる部位に放射線測定器を装着させて行われなければならない。(中略)
 - 一 男性又は妊娠する可能性がないと診断された女性にあっては胸部、その他の女性にあっては腹部
 - 二 頭・頸部、胸・上腕部及び腹・大腿部のうち、最も多く放射線にさらされるおそれのある部位（これらの部位のうち最も多く放射線にさらされるおそれのある部位が男性又は妊娠する可能性がないと診断された女性にあっては胸部・上腕部、その他の女性にあっては腹・大腿部である場合を除く。）
 - 三 最も多く放射線にさらされるおそれのある部位が頭・頸部、胸・上腕部及び腹・大腿部以外の部位であるときは、当該最も多く放射線にさらされるおそれのある部位（中性子線の場合を除く。）

	男性又は妊娠する可能性がないと診断された女性	左記以外の女性
① 体幹部均等被ばく	胸部1つ	腹部1つ
② 体幹部不均等被ばく (エプロン型防護衣着用)	防護衣内側胸部1つ、 防護衣外側頭・頸部1つ	防護衣内側腹部1つ、 防護衣外側頭・頸部1つ
③ 末端部被ばく	①に加え、被ばくが最大となる手指1つ	
④ 体幹部不均等 + 末端部被ばく	②に加え、被ばくが最大となる手指1つ	
⑤ 水晶体高線量被ばく	①～④のいずれかに加え、防護眼鏡内側1つ	



労働安全衛生法の目的と 電離放射線障害防止規則の基本原則

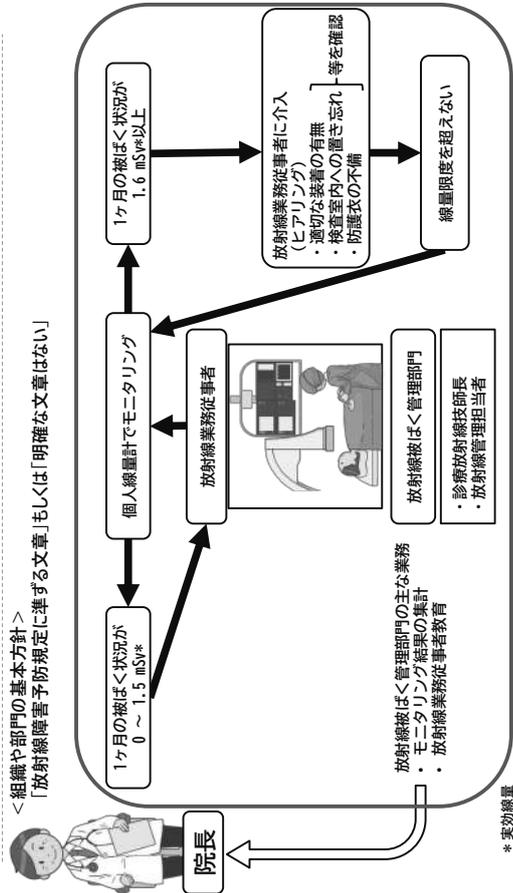
- 労働安全衛生法
- (目的)
 - 第1条 この法律は、(中略) 職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な職場環境の形成を促進することを目的とする。
- 電離放射線障害防止規則
(放射線障害防止の基本原則)
 - 第1条 事業者は、労働者が電離放射線を受けることをできるだけ少なくするように努めなければならない。

電離放射線障害防止規則第56条 健康診断

放射線業務に常時従事する労働者で管理区域に立ち入るものに対し実施する項目
1 被ばく歴の有無(被ばく歴を有する者については、作業の場所、内容及び期間、放射線障害の有無、自覚症状の有無その他放射線による被ばくに関する事項)の調査及びその評価
2 白血球数及び白血球百分率の検査
3 赤血球数の検査及び血色素量又はハマトクリット値の検査
4 白内障に関する眼の検査
5 皮膚の検査

- 労働者の場合、当該業務に配置換えの際及びその後六月以内ごとに1回、定期的に健康診断を行わなければならない。
- 雇入れ又は当該業務に配置換えの際の健康診断
 - 一 使用する線源の種類等に応じて白内障に関する眼の検査を省略可
 - 二 定期に行う健康診断
 - 一 医師が必要でないときとは、白血球数及び白血球百分率の検査、赤血球数の検査及び血色素量又はハマトクリット値の検査、白内障に関する眼の検査、皮膚の検査を省略可
 - 二 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を超える恐れのない者では、医師が必要と認めないときは白血球数及び白血球百分率の検査、赤血球数の検査及び血色素量又はハマトクリット値の検査、白内障に関する眼の検査、皮膚の検査を行うことを要しない。

一般的な放射線被ばく管理の体制



電離放射線障害防止規則の改正

(2021年4月1日施行)

放射線業務従事者の眼の水晶体に受ける等価線量の限度

- 1年間につき150mSvから50mSvに引き下げ
- 5年間につき100mSvの被ばく限度の追加

注意！経過措置対象医師に対する経過措置期間が進んでいます

経過措置対象医師 = 放射線業務従事者のうち、

□ 遮蔽その他の適切な放射防護措置を講じてもおお目の水晶体に受ける等価線量が5年間につき100mSvを超えるおそれのある医師で、

□ その行う診療に高度の専門的な知識経験を必要とし、

□ そのために後任者を容易に得ることができないもの

経過措置期間	線量限度
2021年4月1日 ~ 令和5年3月31日	50mSv/年
2023年4月1日 ~ 令和8年3月31日	60mSv/3年、かつ50mSv/年
2026年4月1日 ~	100mSv/5年、かつ50mSv/年

電離放射線障害防止規則の改正と関連事項

年次	ICRP	電離放射線障害防止規則 (電離則) の改正関連	その他、関連事項
2011	ICRPパブリック声明 職業被ばくの眼の水晶体の等価線量限度の勧告		◆ 国内の放射線業務従事者のほとんどは水晶体等価線量が20mSv/年以下 ◆ 超える恐れのある放射線業務従事者の大部分は医療分野 ◆ 医師の個人線量計の装着率が低い (評価できていない)
2012	ICRP Pub.118刊行 世界各国でソウル声明の取入れに関する議論がなされる		
2020		4月1日、改正電離則の公布	放射線業務に関する自主点検
2021		4月1日、改正電離則の施行、経過措置あり	電離放射線健康診断対象医療機関に 対する自主点検
2022		◆ 線量限度の引き下げ ◆ 職業被ばくの適正管理を進める手段の一つとして、放射線防護マネジメントシステムの導入推進 一 法令遵守、被ばく線量低減	電離放射線健康診断対象医療機関に 対する自主点検
2023			◆ 第14次労働災害防止計画
2024			◆ 医療従事者の被ばく管理及び被ばく低減対策の取り組みを推進するとともに、被ばく線量の測定結果の記録等の保存について ◆ 管理を徹底すること ◆ 医療機関に対して、放射線被ばく管理に 関する労働安全マネジメントシステムの導入 を支援する
2025			
2026		3月31日、改正電離則の経過措置期限	
2027			

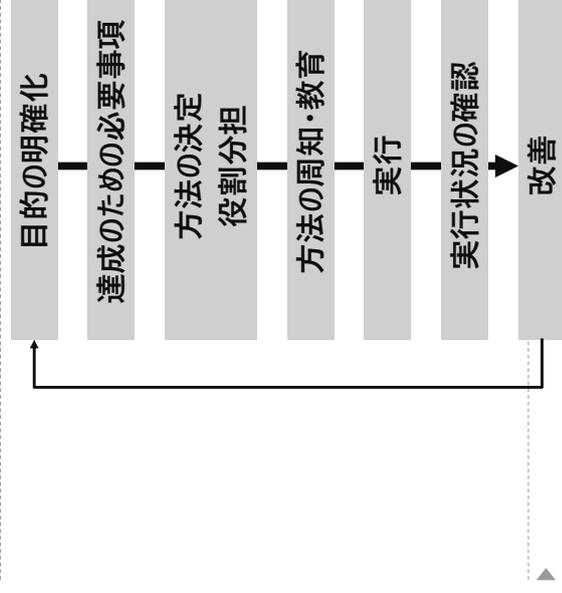
※労働災害防止計画：労働災害を減少させるために国が重点的に取り組む事項を定めた5か年計画

被ばく線量の適正管理のために求められること

- ▶ 管理対象となる放射線業務従事者を漏れなく把握する
- ▶ 放射線業務従事者に漏れなく個人線量計を配布する、もしくは代替となる測定器を配布する
- ▶ 放射線業務従事者に個人線量計等を100%装着させる
- ▶ 測定結果を放射線業務従事者に通知する
- ▶ 施設ごとにあらかじめ設定しておく高い線量 (線量限度を超える恐れのある線量) を確認した場合は当該放射線業務従事者に対して有効な手段で介入する
- ▶ 電離放射線障害防止規則で定める線量限度を遵守する
- ▶ 放射線業務従事者の被ばく線量を可能な限り低減する

これらをトップのリーダーシップのもとシステムティックに、担当者が変わったとしても確実に、実行していくための手法の一つがマネジメントシステム

目的を達成するために必要な手順、仕組み



3. マネジメントシステムの概要

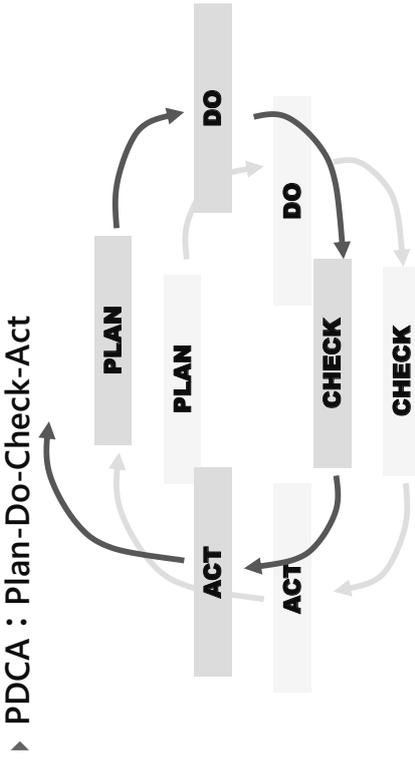
マネジメントシステム

- ▶ 放射線防護マネジメントシステムは、労働者である医療従事者が対象
- ▶ 労働安全衛生分野で既に導入され、事業場における継続的な安全衛生水準の向上に役立つことが示されている労働安全衛生マネジメントシステムを応用する

ISO45001 労働安全衛生マネジメントシステムに関する国際規格

- ▶ ISO45001とは、国際的な標準規格を発行する国際標準化機構（ISO）により2018年3月に発行された労働安全衛生マネジメントシステムに関する国際規格
- ▶ ISO45001の認証を取得するメリットの一つは、労働安全衛生管理体制が構築できること
- ▶ 労働安全衛生マネジメントシステム枠組みを活用することで分散的・形骸的・属人的になっていた内部の労働安全衛生に関する管理機能を統一的・効果的な仕組みに落とし込むことができる
- ▶ 各事業場の性質に応じた労働安全衛生上の問題・課題を把握しやすくなり、迅速な対処、効果的な対応策・防止策の実施が可能となる
- ▶ ポイント：トップ主導による取り組み、「働く人」の参加、PDCA（Plan-Do-Check-Act）サイクルを回す

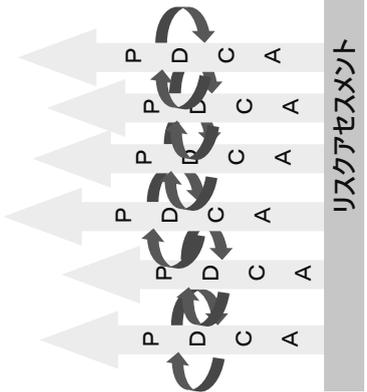
体系的な小さなPDCA (リスクアセスメント) と 大きなPDCA (マネジメントシステム)



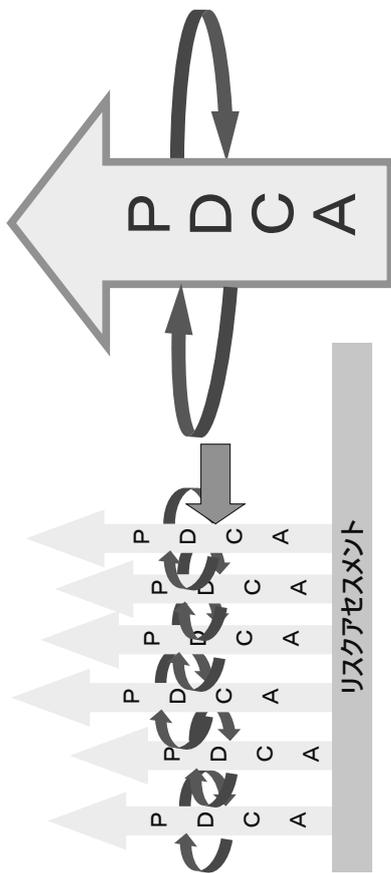
▶ PDCA : Plan-Do-Check-Act

ルールを決めてすぐに、最高レベルのことが達成されるわけではない
PDCAサイクルを継続的に回して、高いレベルへの到達を目指す仕組み

体系的な小さなPDCA
= リスクアセスメント
① 職場全体の危険有害要因を洗い出す
② 洗い出された危険有害要因に対してリスクを評価する
③ リスクが許容できない場合、優先順位の高いものからPDCAを回す



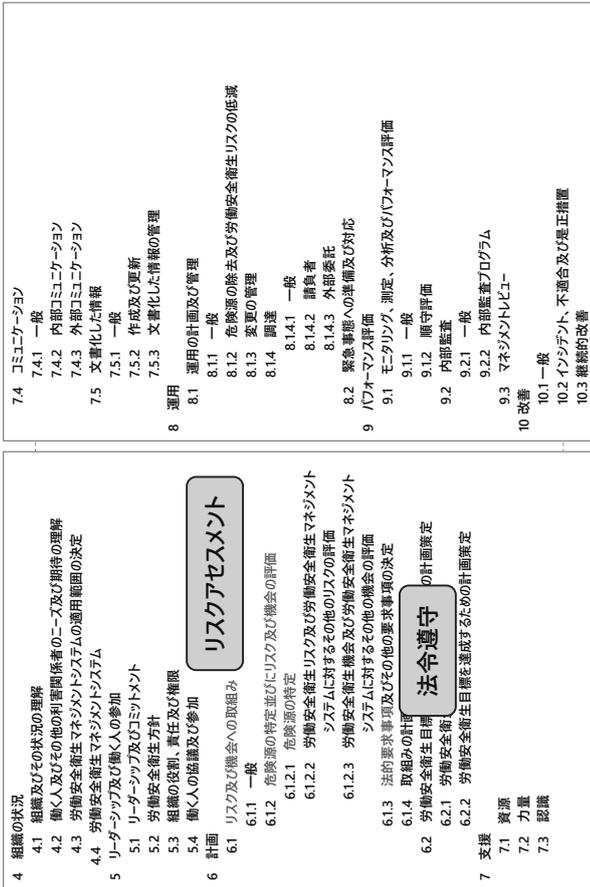
体系的な小さなPDCA (リスクアセスメント) の束が 動くための大きなPDCA (マネジメントシステム)



ISO45001の章構成

4 組織の状況	4.1 組織及びその状況の理解 4.2 働く人及びその他の利害関係者のニーズ及び期待の理解 4.3 労働安全衛生マネジメントシステムの適用範囲の決定 4.4 労働安全衛生マネジメントシステム	7.4 コミュニケーション 7.4.1 一般 7.4.2 内部コミュニケーション 7.4.3 外部コミュニケーション 7.5 文書化した情報 7.5.1 一般 7.5.2 作成及び更新 7.5.3 文書化した情報の管理
5 リーダーシップ及び働く人の参加	5.1 リーダーシップ及びコミットメント 5.2 労働安全衛生方針 5.3 組織の役割、責任及び権限 5.4 働く人の能力及び参加	8 運用 8.1 運用の計画及び管理 8.1.1 一般 8.1.2 危険源の除去及び労働安全衛生リスクの低減 8.1.3 変更の管理 8.1.4 調達 8.1.4.1 一般 8.1.4.2 請負者 8.1.4.3 外部委託 8.2 緊急事態への準備及び対応 9 ハワーマネジメント 9.1 モニタリング、測定、分析及びハワーマネジメント 9.1.1 一般 9.1.2 順守評価 9.2 内部監査 9.2.1 一般 9.2.2 内部監査プログラム 9.3 マネジメントレビュー
6 計画	6.1 リスク及び機会への取組み 6.1.1 一般 6.1.2 危険源の特定並びにリスク及び機会の評価 6.1.2.1 危険源の特定 6.1.2.2 労働安全衛生リスク及び労働安全衛生マネジメントシステムに対する他のリスクの評価 6.1.2.3 労働安全衛生機会及び労働安全衛生マネジメントシステムに対する他の要求事項の評価 6.1.3 法的要求事項及びそれを達成するための計画策定 6.1.4 取組みの計画策定 6.2 労働安全衛生目標及びそれを達成するための計画策定 6.2.1 労働安全衛生目標 6.2.2 労働安全衛生目標を達成するための計画策定	10 改善 10.1 一般 10.2 インシデント、不適合及び是正措置 10.3 継続的改善
7 支援	7.1 資源 7.2 力量 7.3 認識	

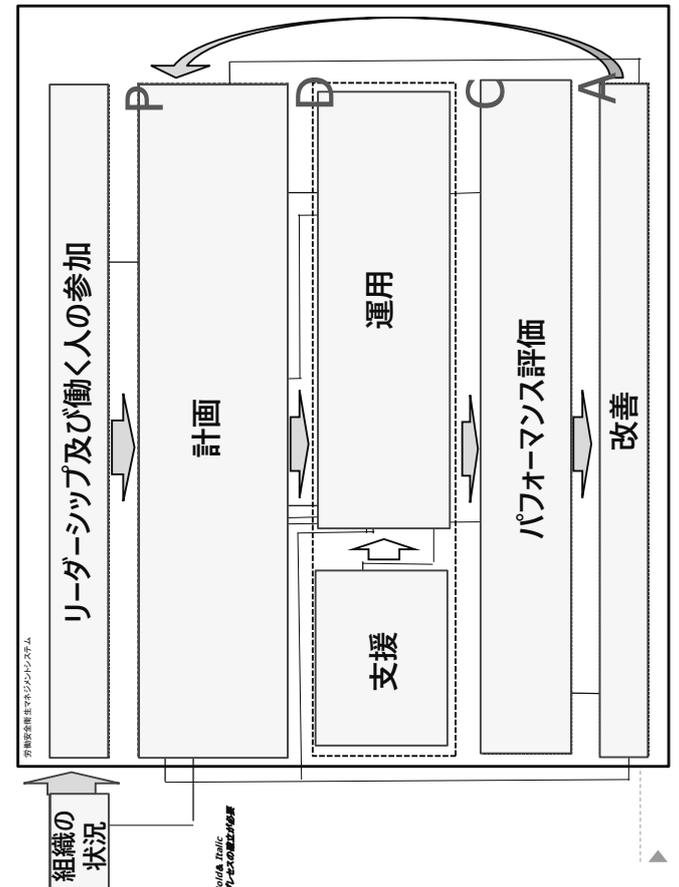
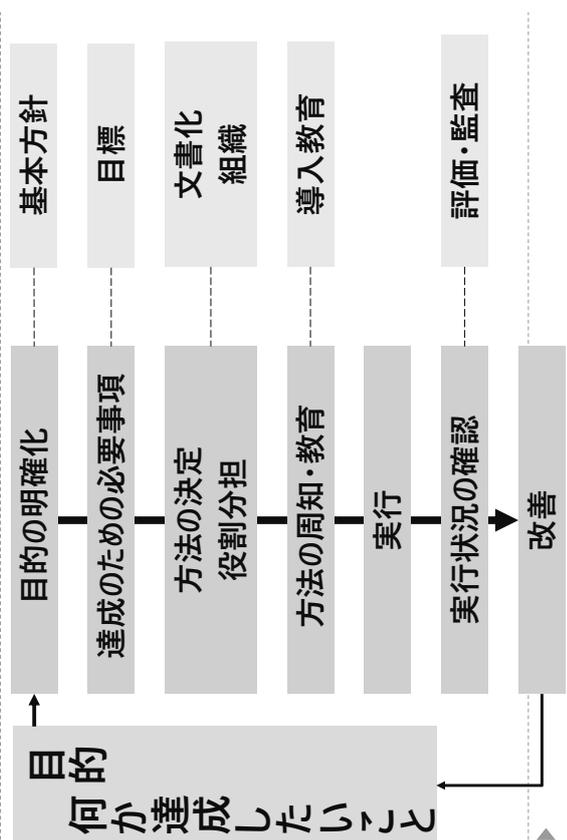
ISO45001におけるリスクアセスメント



リスクアセスメント

法令遵守

目的を達成するために必要な手順、仕組みを マネジメントシステムの用語に置き換える



距離

B) 診療行為のリスクアセスメント

<リスク1 (1点) >

距離が遠い診療行為
(200cm以上もしくは管理区域外から
操作)

- 例
- ・放射線技師
 - ・外回りの看護師

<リスク2 (2点) >

距離がやや近い診療行為
(100~200cm)

- 例
- ・記録者
 - ・臨床工学技士
 - ・見学者

<リスク3 (3点) >

距離がかなり近い診療行為
(50~100cm)

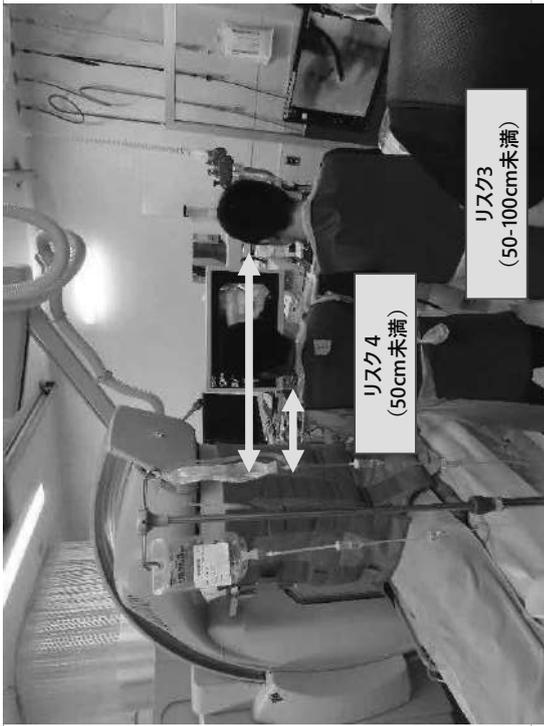
- 例
- ・患者の直接的な介助全般
 - ・心臓カテーテル検査を含むIVR全般を
行う医師

<リスク4 (4点) >

距離が非常に近い診療行為
(50cm未満)

- 例
- ・透視検査全般を行う医師

診療行為のリスクアセスメント (ERCp)



診療行為のリスクアセスメント (IVR)



診療行為のリスクアセスメント (IVR)



時間

C) 職員のリスクアセスメント

<リスク1 (1点) >

検査数もしくは透視時間が極端に少ない
(検査数・月0件、もしくは1件当たりの透
視時間・0分になることがある)

<リスク3 (3点) >

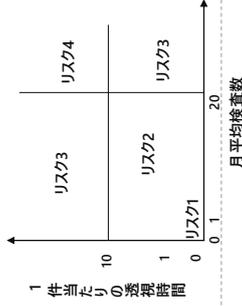
検査数は多いが透視時間が短い
(検査数・月20件以上、かつ
1件当たりの透視時間・10分未満)
検査数は少ないが透視時間は長い
(検査数・月20件未満、かつ
1件当たりの透視時間・10分以上)

<リスク2 (2点) >

検査数および透視時間がともに少ない
(検査数・月20件未満、かつ
1件当たりの透視時間・10分未満)

<リスク4 (4点) >

検査数が多く透視時間も長い
(検査数・月20件以上、かつ
1件当たりの透視時間10分以上)



D) 昨年度の被ばく実績

実績

<リスク1 (1点) >

昨年度の被ばく線量 (実効線量、組織
の等価線量) が最小検出限界値未満

<リスク2 (2点) >

昨年度の被ばく線量 (実効線量、組織
の等価線量) の数値あり

4要素のまとめ

	リスク1 (1点)	リスク2 (2点)	リスク3 (3点)	リスク4 (4点)
A) 放射線機器の リスクアセスメント (遮蔽)	X線装置 (移動型含む) 骨密度装置 (SPECT装置、 PET-CT装置、SPECT-CT装 置) 歯科用X線装置 乳房用X線装置	移動型透視装置 核医学装置 (SPECT装置、 PET-CT装置、SPECT-CT装 置)	設置型透視装置 設置型透視装置 血管造影装置	CT装置 放射線治療装置
B) 診療行為の リスクアセスメント (距離)	200cm以上もしくは管理区 域外から作業	100 - 200cmで作業	50 - 100cmで作業	50cm未満で作業
C) 職員の リスクアセスメント (時間)	検査数・月0件、もしくは1件 あたりの透視時間・0分にな る事がある	検査数・月20件未満 かつ、1件あたりの透視時間・ 10分未満	検査数・月20件以上、 かつ1件あたりの透視時間・ 10分未満 検査数・月20件未満、 かつ1件あたりの透視時間・ 10分以上	検査数・月20件以上、 かつ1件あたりの透視時間・ 10分以上
D) 昨年度の 被ばく実績 (実績)	前年の被ばく (実効線量、 組織の等価線量) が無し (最小検出限界値未満)	前年の被ばく (実効線量、 組織の等価線量) が有り		

総合リスクの評価

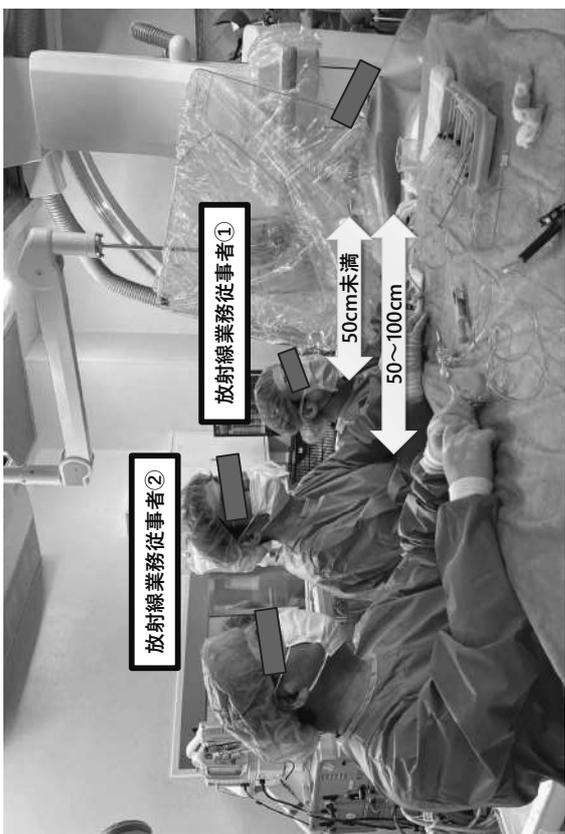
総合リスク = 4要素の合計 (A + B + C + D)

A: 放射線照射機器 (遮蔽)、B: 診療行為 (距離)、
C: 職員 (時間)、D: 昨年の被ばく実績 (実績)

- 低い 高い
- ▶ 総合リスク I : 4点
 - ▶ 総合リスク II : 5-10点
 - ▶ 総合リスク III : 11点以上

次のステップ: 総合リスクに応じて、リスク低減対策を検討、実行し、
改善状況を確認する

5. 放射線防護マネジメントシステムにおけるリスクアセスメントの実践



放射線業務従事者①、②とともに検査数・月20件以上、1件当たりの透視時間・10分未満、昨年度の被ばくあり

放射線業務従事者①
 = カテ装置 + 50cm未満 + 月20回以上 + 前年の被ばく有り
 = 2点 + 4点 + 3点 + 2点 = 11点 (総合リスクIII)



放射線業務従事者②
 = カテ装置 + 50~100cm未満 + 月20回以上 + 前年の被ばく有り
 = 2点 + 3点 + 3点 + 2点 = 10点 (総合リスクII)

	放射線業務従事者①	放射線業務従事者②
リスクA (遮蔽)	点数： 理由：	点数： 理由：
リスクB (距離)	点数： 理由：	点数： 理由：
リスクC (時間)	点数： 理由：	点数： 理由：
リスクD (実績)	点数： 理由：	点数： 理由：
総合リスク	合計点： リスク区分：	合計点： リスク区分：



月に1～5回程度、CT検査時の介助（主にバグバルブマスク換気、頭部固定）あり
 昨年度の被ばくあり



= CT装置 + 50cm未満 + 月最高5回 + 前年の被ばく有り
 = 4点 + 4点 + 2点 + 2点 = 12点（総合リスクIII）

	放射線業務従事者
リスクA (遮蔽)	点数： 理由：
リスクB (距離)	点数： 理由：
リスクC (時間)	点数： 理由：
リスクD (実績)	点数： 理由：
総合リスク	合計点： リスク区分：

6. 放射線防護マネジメントシステムの 詳細

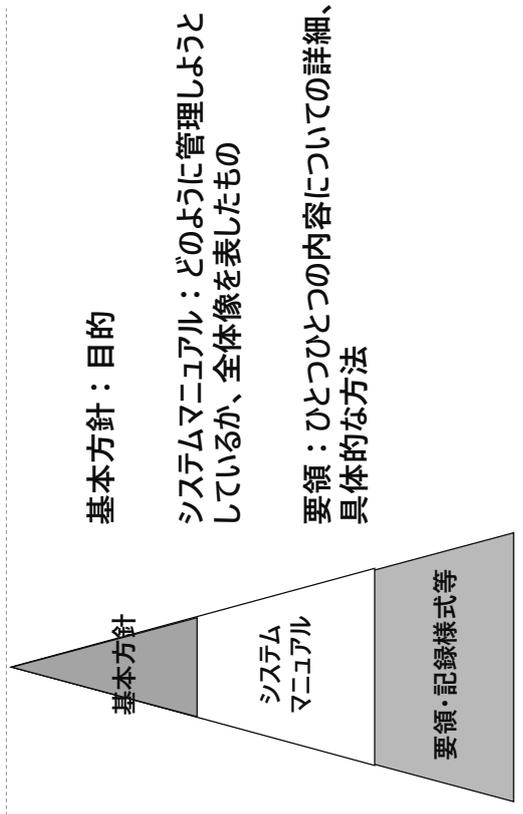
マネジメントシステム（MS）導入・運営の道のり

- 計画**
- ▶ MS導入方針・規格の決定
 - ▶ MS開発担当者の任命
 - ▶ 担当者の育成
 - ▶ MS 開発チームの構築
- 開発**
- ▶ MS関係者の役割の明確化
 - ▶ 文書体系の作成
 - ▶ 既存文書との整合化
- 導入**
- ▶ 年間目標・計画の策定
 - ▶ MS 導入計画の策定
- 運営**
- ▶ 導入教育の実施
 - ▶ MS運用開始
 - ▶ 年間目標および計画の進捗状況の確認
 - ▶ 内部監査計画の策定
 - ▶ 内部監査の実施
- 改善**
- ▶ マネジメントレビューの実施（評価結果・監査コメント）
 - ▶ MS改善計画の策定
 - ▶ MSの改善

各研修会各回で取り上げる項目

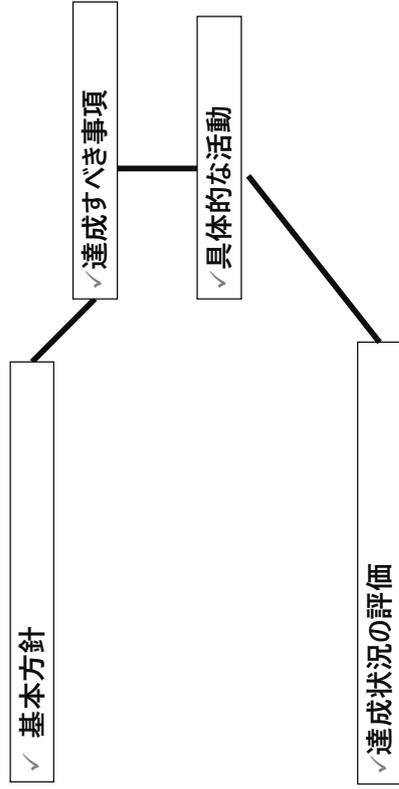
- | | |
|---|---|
| <p>① マネジメントシステムの基本</p> <p>② 放射線防護リスクマネジメント手法</p> <p>③ 変更の管理</p> <p>④ 緊急事態への準備及び対応</p> <p>⑤ インシデントおよび不適合への対応と是正処置</p> <p>⑥ 法令およびその他の要求事項の遵守</p> <p>⑦ 放射線管理体制</p> <p>⑧ 文書化・文書体系</p> | <p>⑨ 年間目標の策定</p> <p>⑩ 計画の設定</p> <p>⑪ 研修・資格者育成計画</p> <p>⑫ 内部監査の基本</p> <p>⑬ 内部監査計画の策定</p> <p>⑭ 内部監査の実施/報告書の作成</p> <p>⑮ システム改善計画</p> |
|---|---|
- 必要に応じて監査支援**

マネジメントシステムの文書体系



① マネジメントシステムの基本

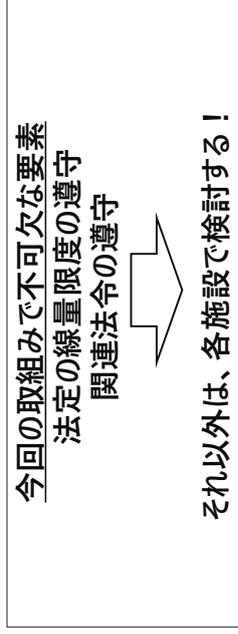
基本方針（目的）・要求事項・評価の関係



基本方針

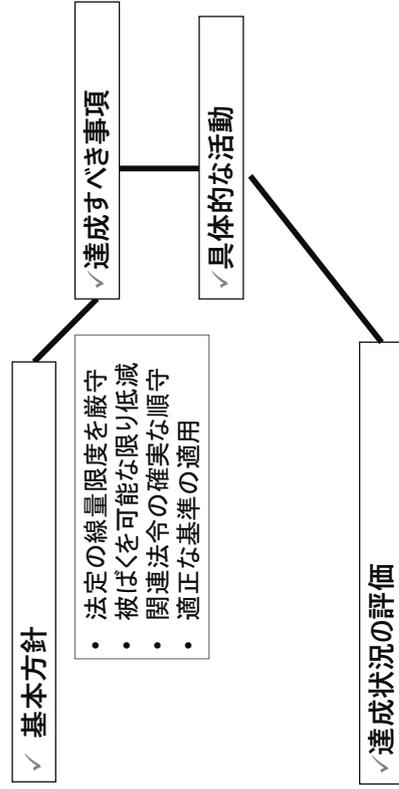
▶ 1.4.1 基本方針

〇〇病院は、病院内のすべての働く人の放射線被ばくについて、法定の線量限度を厳守し、さらには被ばくを可能な限り低減する。この目的を達成するために、関連法令を確実に順守するとともに、法令の規定がない場合でも適正な基準を適用する。



ALARA (As Low As Reasonably Achieved)の原則

基本方針（目的）・要求事項・評価の関係



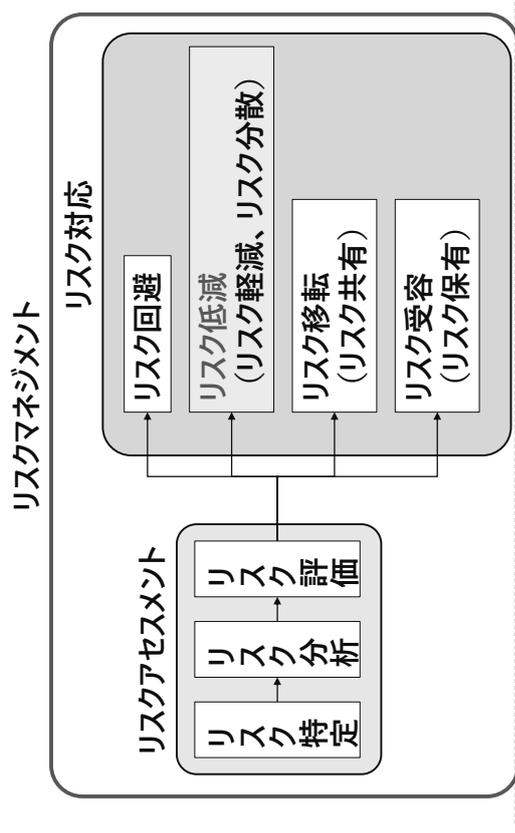
②放射線防護リスクマネジメント手法

Work 1-1

以下の事項を達成するために必要な
具体的な活動とは？

- ▶ 法定の線量限度を遵守
- ▶ 被ばくを可能な限り低減

リスクマネジメント



リスク低減対策：労働衛生の基本的な対策

労働衛生の5管理

労働衛生管理体制の確立（総括管理）

- 作業環境管理
 - 作業管理
 - 健康管理
- 労働衛生の3管理
労働衛生管理の基本は、
労働衛生の3管理を適切に
行うことが中心となる

労働衛生教育

作業環境管理：有害要因を取り除いて良好な作業環境を確保するもの
作業管理：有害要因を適切に管理して労働者への影響を少なくするもの
健康管理：健康診断およびその結果に基づき事後措置等

労働衛生の5管理と放射線のリスク低減対策

労働衛生の5管理

労働衛生管理体制の確立（総括管理）

- 作業環境管理
優先①危険性又は有害性の除去・低減
→線量の低い機器の使用等
- 作業管理
優先②工学的対策
→防護板の使用等
- 健康管理
優先③管理的対策
→教育、マニュアル整備、配置転換等
- 労働衛生教育
優先④個人用保護具の使用
→防護眼鏡の使用等

被ばく管理（線量測定）は
どのように、関連するのか？

被ばく管理（線量測定の結果）と 労働衛生の3管理

作業環境管理：

作業環境の良し悪しは、線量を測定しないとわからない
対策の効果は線量を測定しないと評価できない

作業管理：

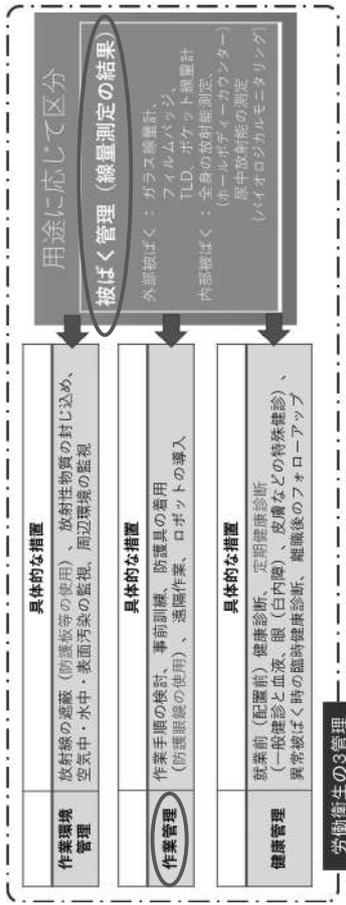
放射線が適切に管理されているかは、線量を測定しないとわからない
対策の効果は線量測定しないと評価できない

健康管理：

有所見の場合、放射線の影響は線量を測定していないと全く判断できない
特殊健康診断の省略の可否判断には線量情報が必要である
（必要な健診を必要対象者を実施するには線量情報が必要）

- 3管理を適切に実施するには確実な線量測定が必要
- 被ばく管理（線量測定の結果）は3管理のいずれにも用いることができる

労働衛生の3管理に基づく放射線管理



作業管理（防護具の着用）と被ばく管理に着手

2019年3月20日 第3回 眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会 資料

リスクアセスメントのリスクレベルに応じた 防護衣と被ばく管理方法の提案

リスクⅠ：防護衣¹⁾は使用しない

線量計は1個

- ・放射線業務にはたまたま、遠くから、短時間しか従事しない者や核医学・小線源治療等の防護衣の効果小さいため通常防護衣を着用しない者を想定
- ・防護衣を使用する場合は防護衣の外側に線量計をつける

リスクⅡ：防護衣²⁾を使用する

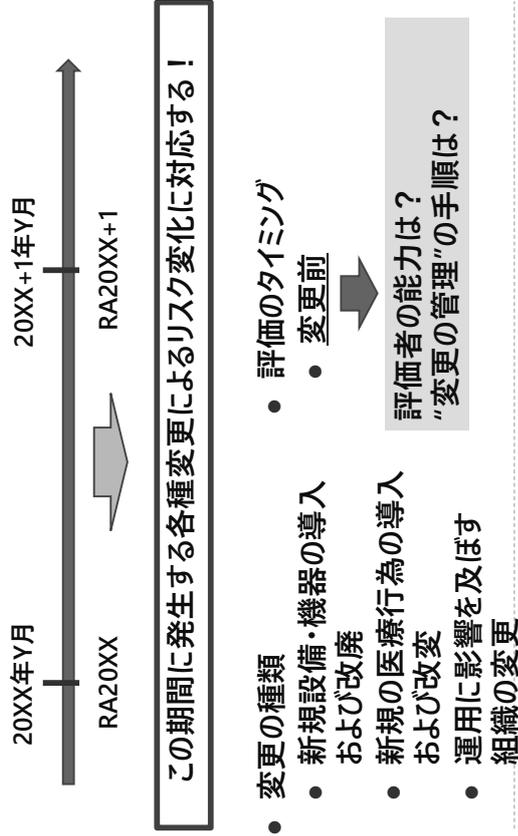
線量計は2個（防護衣の内側と外側）

リスクⅢ：防護衣³⁾および防護眼鏡を使用する

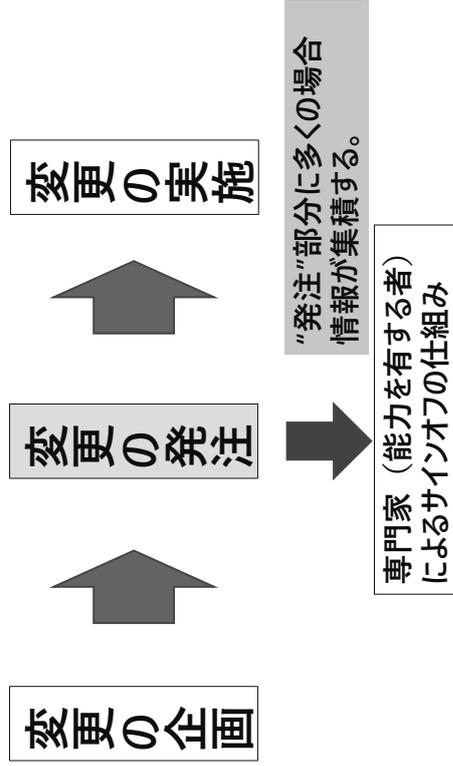
線量計は3個（防護衣の内側と外側、眼の近傍）

1) エプロンタイプ、2) エプロンタイプもしくはコートタイプ、3) コートタイプ

“変更の管理”という概念



“変更の管理”の手順 どこで、変更前のリスク評価を行うか？



緊急事態への準備及び対応

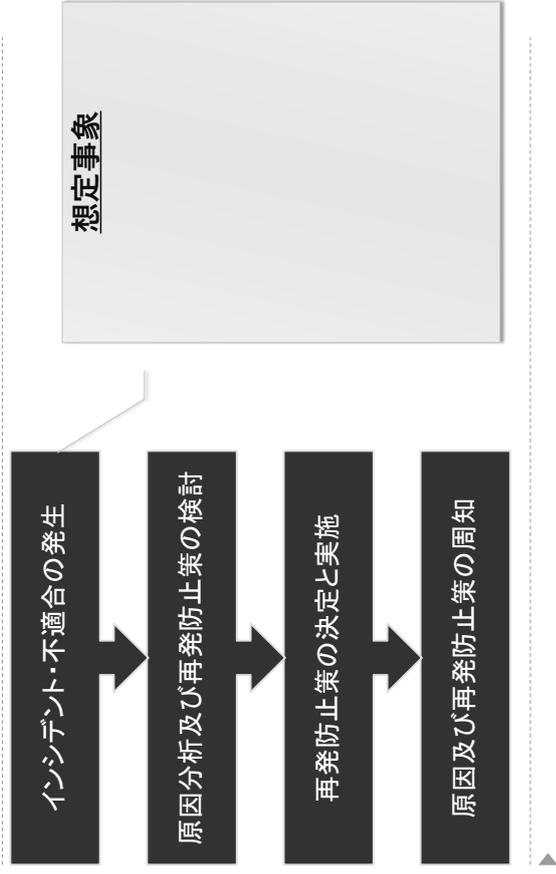
〇〇病院は、放射線被ばくに係る緊急事態への対応計画を策定して、必要な対応を行う。緊急事態に備えるべき事項は、2.1.3 取組みの計画によって計画的に実行する。

- ① 救急処置の用意を含めた緊急事態への計画的な対応を確立する。
- ② 計画的な対応に関する教育訓練を提供する。
- ③ 計画的な対応を行うために必要とされる能力について、定期的にテスト及び訓練を行う。
- ④ テストの後及び特に緊急事態発生後を含めてパフォーマンスを評価し、必要に応じて計画的な対応を改訂する。

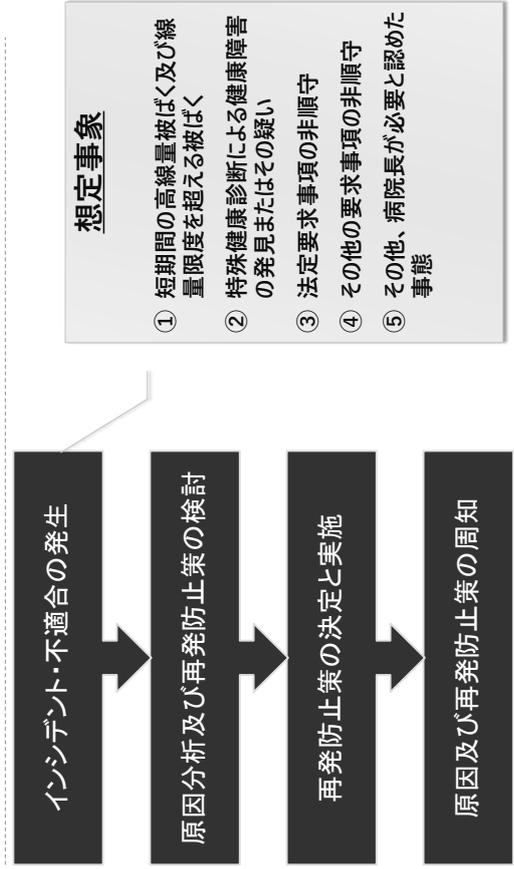
④ 緊急事態への準備及び対応

⑤インシデントおよび不適合への対応と 是正処置

Work 1-2 想定事象を決定 インシデント、不適合及び是正処置



インシデント、不適合及び是正処置



⑥法令及びその他の要求事項の遵守

Work 1-3

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

関連法令を確実に遵守する

-法令遵守のために必要なこと

- ① 適用される法令の条文をリストアップする。
- ② 適用条文を事業場の作業環境や労働条件に適用する。
- ③ 安全衛生計画に盛り込み実行する。
- ④ 適用条文のリストを用いて、法令遵守の状況を定期的に確認する。
- ⑤ 非遵守が見つかった場合には、改善を図る。
- ⑥ 作業工程や作業環境の変更があった場合には、法令の適用の必要性を確認する。
- ⑦ 必要に応じて作業工程や作業環境の変更による法令の適用を行う。
- ⑧ 法令の制定・改正の状況をモニターする。
- ⑨ 法令の制定・改正があった場合に、事業場に適用するとともに、適用条文のリストを改訂する。

設置が必要な組織および機能

組織
安全衛生委員会との関係を
検討する。

①放射線防護検討委員会

▶ 技術部会から上げられた事項（本システムの技術的な事項、計画および予算・目標等）の検討を行う。

②放射線防護検討委員会の技術部会

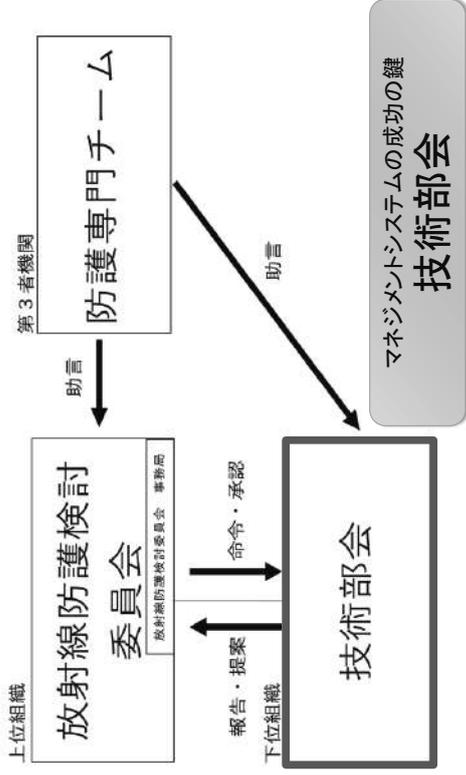
▶ 本システムの技術的な事項について検討、計画および予算、目標の原案の作成を行う。
担当者

③システム実施管理者

▶ システムの運営を管理する。評価結果や監査結果をレビューして、具体的なシステム改善のための指示を行う。

⑦放射線管理体制

組織の関わり

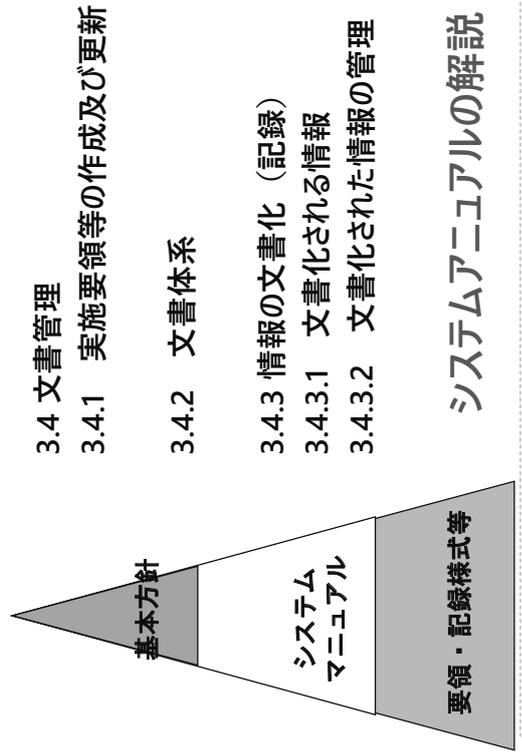


⑧ 文書化・文書体系

Work 1-4 実施要領・様式

▶ 本システムには、どのような下位文書があることが望ましいか。

マネジメントシステムの文書体系

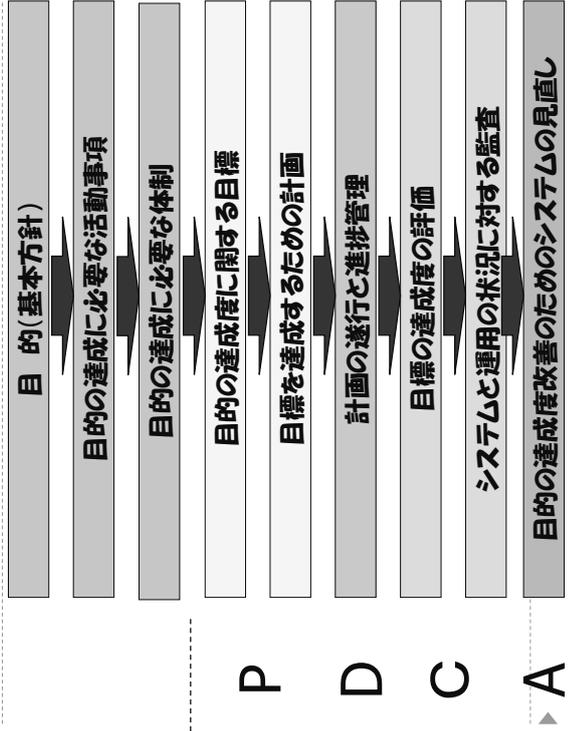


本システムの文書類

要領	基準	様式
1. 基本事項		
放射線防護検討委員会・技術部会運営要領(要領1-5-1)		
2. 計画		
放射線被ばくリスクアセスメント実施要領(要領2-1-1)		
法令及びその他の要求事項実施要領(要領2-1-2)	適用法令リスト(基準2-1-1)	関係法令遵守チェックリスト(様式2-1-1)
	総合リスク防護管理基準(基準2-1-2)	年間計画表(様式2-1-2)
		リスク等管理計画表(様式2-1-3)
		放射線防護プログラム計画表(様式2-1-4)
		年間目標表(様式2-2-1)
3. 支援		
	有資格者基準(基準3-2-1)	
	実施要領等制定・改廃事務取扱要領(要領3-4-1)	管理記録一覧(様式3-4-1)
4. 運用		
個人線量計着用状況及び個人保護具着用状況確認実施要領(要領4-1-1)		
変更の管理実施要領(要領4-2-1)		
5. パフォーマンス評価		
内部監査実施要領(要領5-2-1)		システム監査報告書(様式5-2-1)
6. 改善		
インシデント及び不適合発生時対応要領(要領6-1-1)		

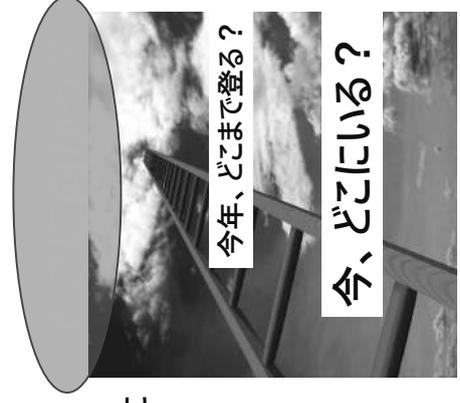
まとめ

マネジメントシステムの骨格



「基本方針-目標-評価」の関係

- 方針を宣言する。
- 方針を達成する上での課題を明確にしたうえで、施策を企画・実施する。
- 施策に対する具体的な評価目標と目標値を企画段階で定める。
- 施策を評価・改善する。



3回の研修を終えた時

計画

- ▶ MS導入方針・規格の決定
 - ▶ MS開発担当者の任命
 - ▶ 担当者の育成
 - ▶ MS 開発チームの構築
- #### 開発
- ▶ MS関係者の役割の明確化
 - ▶ 文書体系の作成
 - ▶ 既存文書との整合化
- #### 導入
- ▶ 年間目標・計画の策定
 - ▶ MS 導入計画の策定

▶ 導入教育の実施

運営

- ▶ MS運用開始
 - ▶ 年間目標および計画の進捗状況の確認
 - ▶ 内部監査計画の策定
 - ▶ 内部監査の実施
- #### 改善
- ▶ マネジメントレビューの実施
(評価結果・監査コメント)
 - ▶ MS改善計画の策定
 - ▶ MSの改善

第1回の主な宿題

- ① 基本方針案を策定
- ② 体制案の策定
- ③ 文書体系案の策定 (テンプレートを利用)

内容

- ▶ マネジメントシステムの基本
- ▶ 年間目標の策定
- ▶ 放射線防護リスクマネジメント手法
- ▶ 計画の設定
- ▶ 変更の管理
- ▶ 研修・資格者育成計画
- ▶ 緊急事態への準備及び対応
- ▶ 内部監査の基本
- ▶ インシデントおよび不適合への対応と是正処置
- ▶ 内部監査計画の策定
- ▶ 法令およびその他の要求事項の順守
- ▶ 内部監査の実施/報告書の作成
- ▶ 放射線管理体制
- ▶ システム改善計画
- ▶ 文書化・文書体系

放射線防護マネジメントシステム について

厚生労働省委託事業「放射線MS導入支援事業」
基礎研修第2回 提供資料

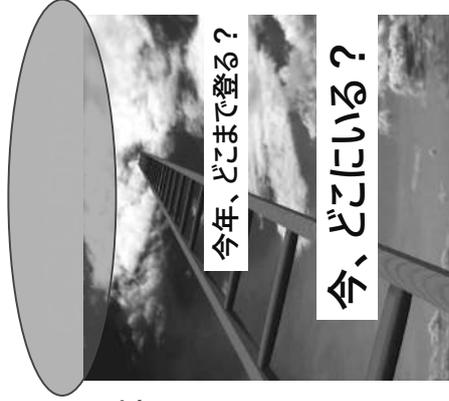
第1回の復習

- ▶ **第1回の復習**
- ▶ **宿題の検討**
 - ① 基本方針案を策定
 - ② 体案の策定
 - ③ 文書体系案の策定（テンプレートを利用）

年間目標の設定

「基本方針-目標-評価」の関係

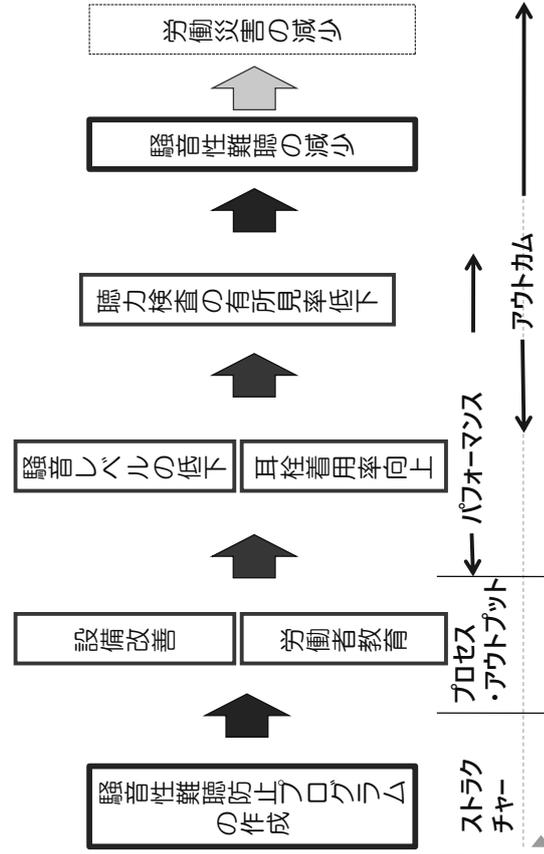
- 方針を宣言する。
- 方針を達成する上での課題を明確にしたうえで、施策を企画・実施する。
- 施策に対する具体的な評価目標と目標値を企画段階で定める。
- 施策を評価・改善する。



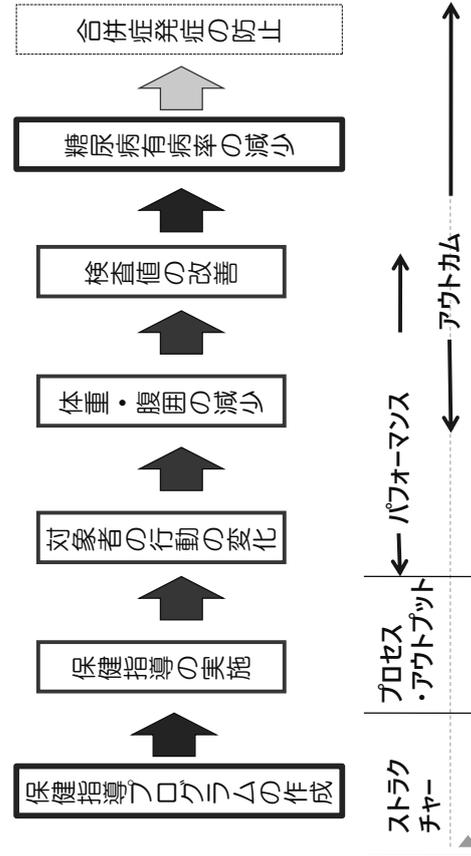
達成状況の評価（目標づくりのポイント）

- ▶ 目標達成の成否で評価をして、改善に結び付ける！
- ▶ 目標 = 評価指標 + 目標値

目的を達成するための過程を明確化 例：騒音性難聴防止プログラム

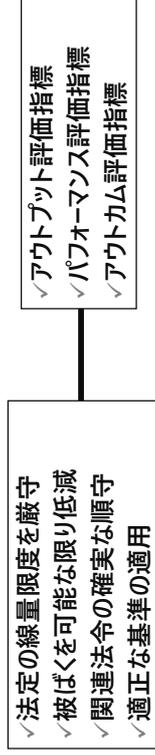


目的を達成するための過程を明確化 例：保健指導プログラム



達成状況の評価（目標づくりのポイント）

- ▶ 目標達成の成否で評価をして、改善に結び付ける！
- ▶ **目標 = 評価指標 + 目標値**
- ▶ **評価指標の選択**
- ▶ アウトカム評価 --- 目的の達成そのものの評価
- ▶ パフォーマンス評価 --- 目的（アウトカム）に繋がる途中の段階の成果の評価
- ▶ アウトプット評価 --- 目的を達成するための活動の評価



年間目標の例

- ▶ 法定の線量限度を厳守
- ▶ 被ばくを可能な限り低減
- ▶ 関連法令の確実な順守
- ▶ 適正な基準の適用

Work 2-1

「被ばくを可能な限り低減する」
の評価指標は？

年間目標表		年 月 日
表内の目標が6ヶ月後に達成に達している、または達成に達できなかった場合は評価欄に○を、なされ ていない場合は×を記載する。注：パフォーマンス評価、0.アウトカム評価		作成日： 年 月 日 作成者：
年間目標	7/15迄 の月 日 達成状況	評価結果 達成状況 評価
1. 法定の線量限度の順守状況		
評価指標：		
2. 線量の被ばくの低減状況		
評価指標：		
3. 関係法令の順守状況		
評価指標：		
4. 関係ルール、基準の順守状況		
評価指標：		
上記、実施項目に準じて、委員会で開催した部会及び閉会内容を記入。		
安全衛生委員長承認		
年 月 日 署名		

年間目標の例

- ▶ 職員の被ばくの低減状況
案)
- ▶ 数値目標：透視時間の5%低減（パフォーマンス評価）
- ▶ 透視検査の透視時間を前年度と比較し5%低減する。
- ▶ * 透視時間 = 透視時間の合計/透視検査数の合計

年間目標の例

▶ 院内ルール・基準の順守状況

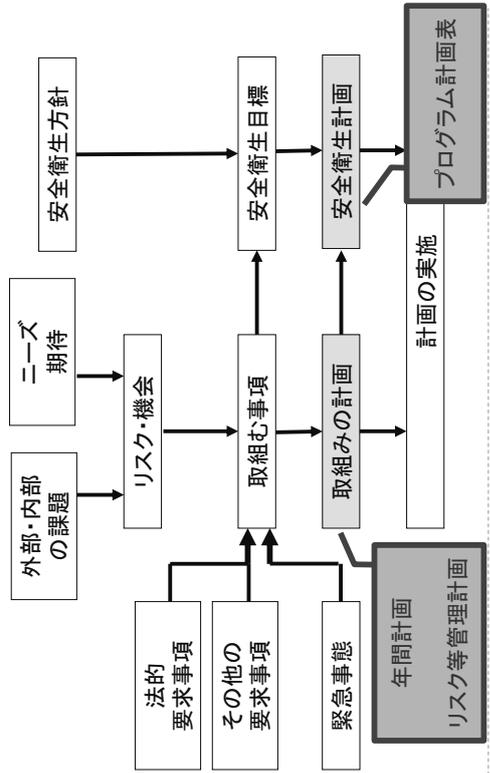
案)

数値目標：個人保護具の総合リスク3と4のスタッフの装着率100%（アウトプット評価）
決められた日にモニタリングした時の装着率を算出する。

* 装着率 = 決められた個人保護具を装着している者 / リスクアセスメントが総合リスク3と4の者

計画の策定

ISO45001：計画と実施の流れ



年間計画表

年間計画表

項目	作成日： 年 月 日											
	作成者： 年 月 日											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1 疫学調査検討委員会 会・技術部長の開催												
2 疫学調査教育（出 席・講義・出席）												
3 疫学調査および年間 目標の設定												
4 モニタリングファイ ードバック												
5 特別健康診断												
6 実施要領等の見直し												
7 担当者（リーダー） 基準の遵守状況の診 断												
8 計画の進捗状況の確 認												
9 目標の達成												
10 システム改善												
11 マネジメントレビュー												
12 協議員・協議員候補 入に関する予定												

▶ 項目ごとに、実施予定月に
○を入れておく。

▶ 予定通り終了したら●、
遅れて実施したら△などを
入れる。

▶ 委員会等で進捗管理を
行う。

安全衛生委員長 年 月 日 署名

リスク等管理計画表

リスク等管理計画表
作成日: 年 月 日
作成者: _____

項目	内容
契機	
リスクの内容	
改善事項原案	
改善予定・計画	完了予定日: 年 月 日
改善実施結果	
責任担当者	
完了確認日	

安全衛生委員会委員長 年 月 日 署名 _____

- ▶ 主にする、期限を定めて実施する特定の項目に対して活用。
- ▶ 計画策定の契機、リスクの内容、改善事項案、完了予定日、責任担当者を計画段階で記載。
- ▶ 完了後、過実施結果と完了確認日を記載。

放射線防護プログラム計画表

- ▶ 目標を達成するための企画に用いる。

放射線防護プログラム計画表
作成日: 年 月 日
作成者: _____

項目	内容
放射線防護プログラムの実施等の具体的内容を含む実施事項	
必要の資源	人員) 物財) 予算) その他)
進捗管理と結果の把握方法	進捗期間: 年 月 日
安全衛生目標を達成する目的の達成を目的として、プログラムに適合する方法	
目標達成の責任者	
完了確認日	

安全衛生委員会委員長 年 月 日 署名 _____

- ▶ 実施事項のほか、人員・物品・予算、評価方法、責任者を明確化。

研修・資格者育成計画

研 修	資 格 者 育 成
▶ 研修のタイミング	▶ 法令上
▶ 研修の内容	▶ MS運営上

修了者・資格者のリスト化→計画的な研修・育成

研修・資格者育成計画

Work 2-2

▶ 必要な研修は？

▶ 必要な資格は？

研修・資格者育成計画

研 修

▶ 研修のタイミン

- ▶ 導入研修
- ▶ 新任者研修
- ▶ 定期的な研修

▶ 研修の内容

- ▶ 放射線防護に関する技術的事項
- ▶ MSの運用に関する事項

資格者育成

▶ 法令上

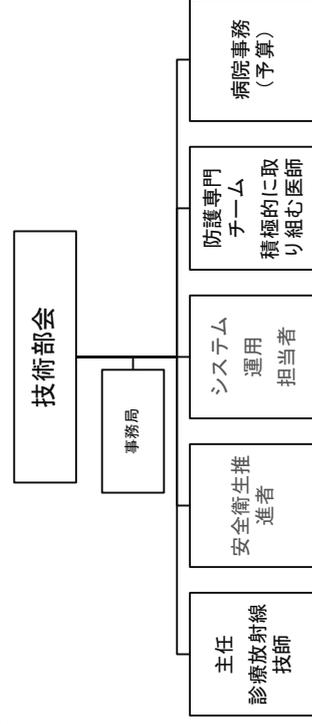
例：エックス線作業主任者

▶ MS運営上

例：内部監査員

修了者・資格者のリスト化→計画的な研修・育成

技術部会について



①システム運用担当者：

マネジメントシステム全体を把握し、やるべき事を技術部会メンバーに指示する。

②安全衛生推進者：

システム運用担当者の指示を実行する人の長。

(労働安全衛生法12条2)

システム運用担当者の研修

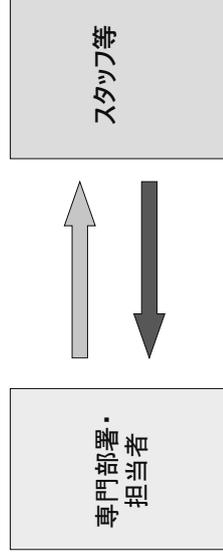
<業務内容>

- ① システム実施管理者とともに評価結果や監査結果をレビューし、具体的なシステム改善のための指示を行う。(スポット業務)
- ② 本システムの記録を行う。(通常業務)
- ③ 通用法令およびその他の要求事項の順守状況の確認(スポット業務)
- ④ 計画の実施状況の確認(スポット業務)
- ⑤ 目標の達成状況の確認(スポット業務)
- ⑥ マネジメントレビューに関する資料の作成(スポット業務)
- ⑦ 実施要領の制定・改廃事務取扱いに関する事(スポット業務)

マネジメントシステム全体を把握する研修が必要
→今回の講習会で研修している。

導入教育のポイント

- ▶ MSに基づく手順には、2種類のものがある。
- ▶ 専門部署・担当者等が最初のアクションを起こすもの
- ▶ スタッフ等が最初のアクションを起こすもの

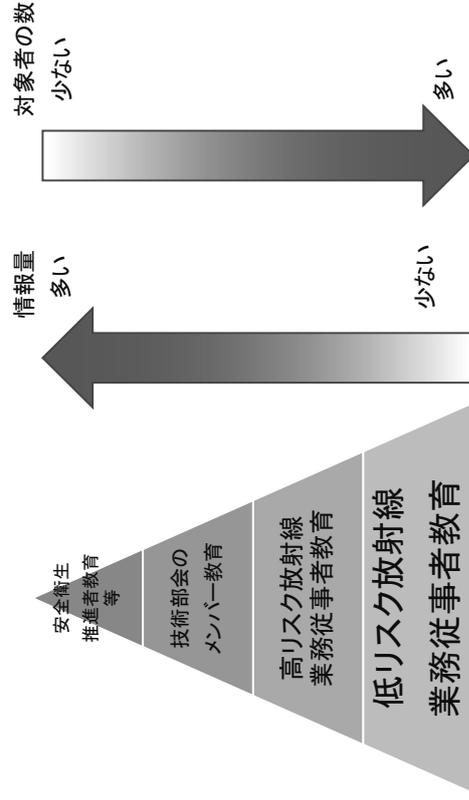


- スタッフ等へのトレーニングは、
に焦点を当てている。

Work 2-3

- ▶ 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。

導入教育



放射線業務従事者に必要な導入教育

- | 低リスク放射線業務従事者 | 高リスク放射線業務従事者 |
|---------------------------|---------------------------|
| ▶ 放射線防護マネジメントシステムの概要教育 | ▶ 放射線防護マネジメントシステムの概要教育 |
| ▶ リスクアセスメント概要教育 | ▶ リスクアセスメント概要教育 |
| ▶ 個人線量計と個人保護装着に対する教育 | ▶ 個人線量計と個人保護具装着に対する教育 |
| ▶ 個人線量計の取り替えと報告書の配布に関する教育 | ▶ 個人線量計の取り替えと報告書の配布に関する教育 |
| ▶ 年間目標に関する教育 | ▶ 年間目標に関する教育 |
- 低リスク群と高リスク群に分かれて導入教育をおこなう
- ・ 想定事象発生時の対応方法の説明

内部監査の基本

監査の視点

活動及び関連結果が計画された仕組みに適合しているか否か、及びこれらの仕組みが効果的に実施され、組織(事業所)の方針と目標を達成するのに適したものであるか否かを決定するための体系的な検証

- ▶ システムの妥当性
- ▶ システムの実行性
- ▶ システムの有効性の評価



経営層の見直し

システム評価の視点 (1)

- ▶ システムの構成は妥当か、どのように評価するか？
 - ▶ 外的妥当性
 - ▶ システムは、規格の要求事項を満たしているか？
 - ▶ 法令遵守を確実に実行している仕組みになっているか？
 - ▶ 法令改正に適切に対応しているか？
 - ▶ 内的妥当性
 - ▶ 基本方針とシステムは整合性が取れているか？
 - ▶ 社内基準を確実に実行できる仕組みになっているか？
 - ▶ システムは、存在するリスクや規模、その他事業所の実状と整合性が取れているか？
- ▶ 社内組織の実態とシステム内の役割に整合性が取れているか？

システム評価の視点 (2)

- ▶ システムの実行可能か、どのように評価するか？
 - ▶ 実行性
 - ▶ システムの内容は確実に実行されているか？
実際の活動内容とシステムの間には齟齬はないか？
 - ▶ システムの運用は組織に過度の負担をかけていないか？
 - ▶ システムを効果的に実行するための人員が質、量ともに確保されているか？
 - ▶ システムに基づき改善が計画的に行われているか？

システム評価の視点 (3)

- ▶ システムは目的の達成に繋がるか、どのように評価するか？
- ▶ 有効性
 - ▶ システムで運用されるプログラムは科学的に妥当か？
 - ▶ システムの運用によって、成果が上がっているか？
 - ▶ さらに高い成果を上げるためにシステムやプログラムが検討され、改善されているか？
 - ▶ システム運用に対する従業員の意識や能力は向上しているか？

第2回の主な宿題

- ① 基本方針の完成
- ② 前回宿題の文書類の完成
- ③ 目標の作成
- ④ 年間計画書の作成
- ⑤ 追加文書類の作成 (テンプレートを利用)

監査当日の流れ



内容

- ▶ マネジメントシステムの基本
- ▶ 年間目標の策定
- ▶ 放射線防護リスクマネジメント手法
- ▶ 計画の設定
- ▶ 変更の管理
- ▶ 研修・資格者育成計画
- ▶ 緊急事態への準備及び対応
- ▶ 内部監査の基本
- ▶ インシデントおよび不適合への対応と是正処置
- ▶ 内部監査計画の策定
- ▶ 法令およびその他の要求事項の順守
- ▶ 内部監査の実施/報告書の作成
- ▶ 放射線管理体制
- ▶ システム改善計画
- ▶ 文書化・文書体系

放射線防護マネジメントシステム について

厚生労働省委託事業「放射線MS導入支援事業」
基礎研修第3回 提供資料

第2回の復習

- ▶ 第2回の復習
- ▶ 宿題の検討
- ▶ 第1回検討分の完成度の確認
- ▶ 第2回分の宿題の検討
- ③ 目標の作成
- ④ 年間計画書の作成
- ⑤ 追加文書類の作成（テンプレートを利用）

内部監査計画の策定

Work 3-1

システムを評価するために必要なチェック項目

システムの妥当性、実行性、有効性を評価するためのチェックリストを作ってみよう！

内部監査計画

監査チーム

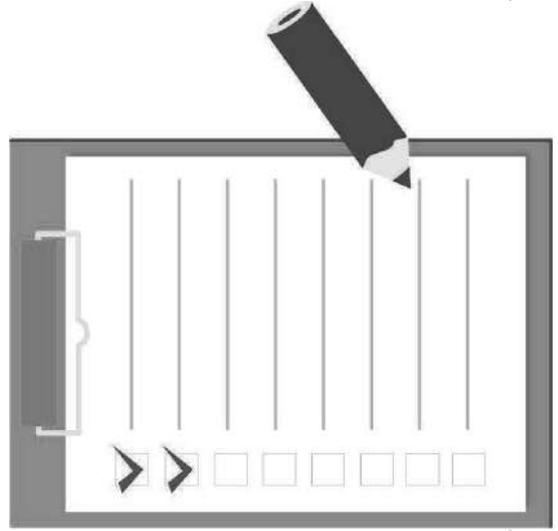
- ▶ 放射線防護検討委員会から選出された以下のメンバーに加え、大学等安全衛生組織以外の組織から、産業医、衛生管理者等の構成員の参加を得る。また、安全衛生委員会メンバー以外の能力を有する学内（例えば他の委員会の産業医等）もしくは学外の参加についても検討する。
- ▶ 放射線防護に関する専門家 1名～2名
- ▶ マネジメントシステムの専門家 1名～2名
- ▶ システム実施管理者 1名
- ▶ システム運用担当者 1名

実施方法

a. 実施手順

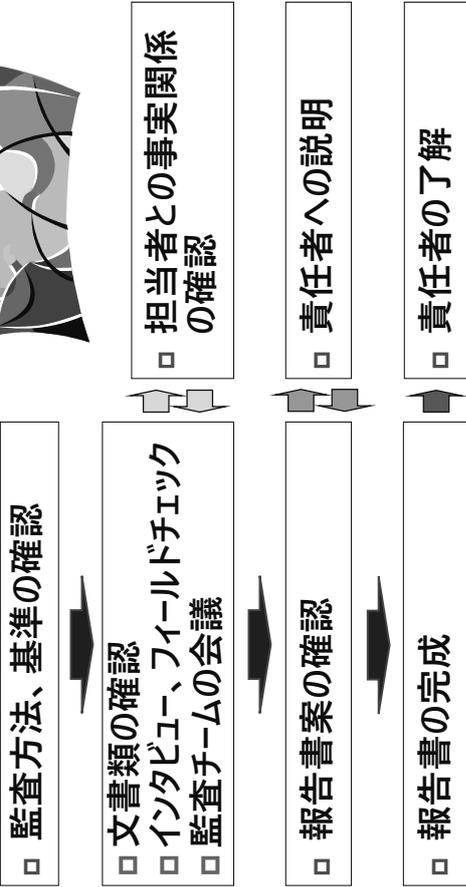
- (1) 監査に当たり、監査チームは訪問先等とのスケジュール調整、閲覧予定のシステムに係る文書および記録等の実施計画について、必要に応じて事前に打ち合わせの会議を開催し、確認し準備を行う。
- (2) 監査は、システムに関わる文書および記録の閲覧、担当者からのヒヤリング、事業場内の視察等を通して監査が実施される。

内部監査チェック項目例

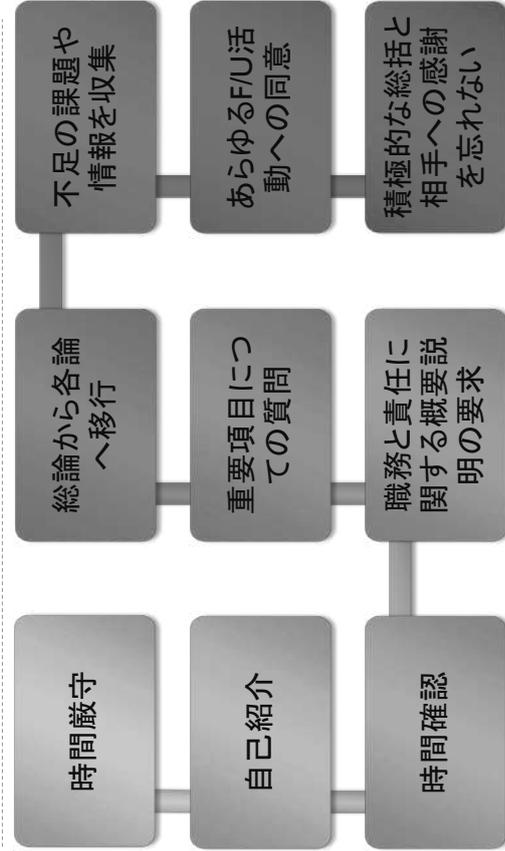


内部監査の実施/報告書の作成

監査当日の流れ



インタビューの実施



文書の確認

- ▶ 組織チャート
- ▶ 方針・目標
- ▶ マネジメントシステム文書
- ▶ 適用範囲とレイアウト

- ▶ 安全衛生活動実績
- ▶ 事故報告書
- ▶ 手順のリスト
- ▶ 前回の監査結果の報告書と改善計画および進捗状況

可能な限り事前に確認しておくのが望ましい

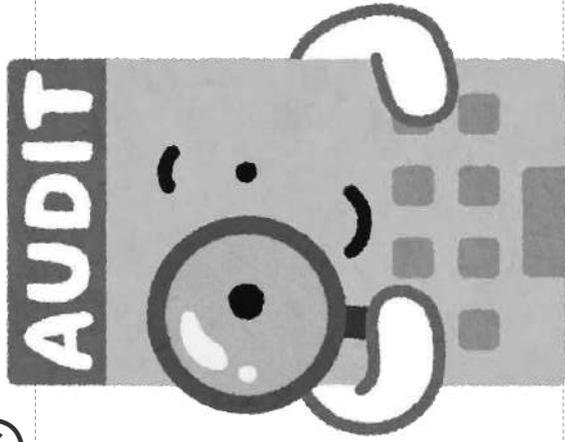
10

内部監査報告書

- 1) 観察事項 (O)
監査で観察されたもののうちで、記録に残した方がいいと判断されたもの
- 2) 優良事項 (G.P.)
他部署にも推奨すべき優良な取り組み
- 3) 改善事項 (C)
改善が必要な事項
- 4) 推奨事項 (R)
改善が必要かどうかを被監査組織で判断してもよい改善提案

内部監査報告書	
対象組織:	対象期間: 年 月 日 ~ 年 月 日
監査実施日:	監査チーム:
評価員: 導入状況【or 組織成熟度】() 有効性【or 個人成熟度】()	
特記すべき観察事項	
他組織で参考になる良好な事項	
改善を待たすべき事項	
内部監査チームリーダー兼行	年 月 日
署名	署名
年 月 日	年 月 日
病院長確認	署名

監査シミュレーション



事例の説明 1/3

病床数400床規模の中規模病院で、放射線業務従事者は200名程度である。診療科は内科外科とも揃っているが、特に循環器内科、整形外科、脳神経外科の患者が多い。心臓カテーテルを年間1000件以上、整形の手術は年間500件、脳卒中カテーテルは年間400件を行う。放射線治療は行わない。OHSMSは導入していない。医療安全や感染対策については、積極的に活動している。

<詳細情報>

- 病院の経営状況は良い。患者も多い。
- 2020年はコロナの影響で患者が減り、売り上げが30%ダウンしたが、2021年は少し回復した。しかしコロナ前までのレベルには戻っていない。
- 放射線機器は、一般撮影装置、透視装置、血管造影装置（カテーテル装置）、CT装置、MRI装置、核医学装置、手術用透視装置が設置されている。
- 放射線被ばく状況は、実効線量と水晶体等価線量限度を超える従事者がいない。
- 個人線量計を医師と看護師は装着していない。装着しているのは、放射線技師のみ。
- 放射線被ばくに対する取り組みは、これまで全くできていなかった。
- 技師長は、被ばく管理をしっかり行いたいと考え、昨年度の「厚生労働省事業・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」に参加した。

事例の説明 2/3

<マネジメントシステムの導入・運用状況>

- ▶ 2020年度から放射線防護のマネジメントシステム(RPMS)導入の準備を始め、研究班から提供されたシステム文書を自分の病院用に修正し、2021年1月から試験的に運用を開始した。放射線被曝防護のための方針を設定し、病院の衛生委員会がシステムの導入を伝達した（病院長より）。RPMSに基づく活動が定着するまでは、毎月、関係者での定例会議を開いている。
- ▶ 2021年3月までに、病院内の関係者には周知を行っており、同時期に産業医大の中上先生から紹介されたリスクアセスメントも一旦は実施しているが、結果の取りまとめは人手不足もありできていない。職員向けの導入研修は、2020年度の導入支援事業の際に提供された資料を用いて、システム管理担当者（放射線科技師長）が講師となって、放射線を扱う関係者には行った（30分程度）。
- ▶ 2021年4月からRPMSの本格実施を開始し、毎月の衛生委員会で年間計画を作成して進捗を報告している。年間計画では、5月の新人研修でRPMSの紹介を行い（15分程度）、該当者に配布しているフィルムバッジの回収状況と被ばく線量の結果を報告している。

事例の説明 3/3

- ▶ 放射線被曝防護の意識は、放射線科内では比較的高いものの、診療に携わる医師と看護師の間では、低く課題となっている。今年度は、RPMSの活動を院内の関係者に知ってもらうことを目標としており、放射線の被ばく線量の評価対象となる職員向けの啓発とフィルムバッジの適切な利用、保護具の正しい使用状況の把握などを行う予定。また、2022年1月には昨年行った、リスクアセスメントを該当となる部署で実施予定としているが、具体的に誰がどのように行うかなどは現時点で決まっていない。
- ▶ 今後は、衛生委員会の中で話題を出しつつ、RPMSの存在を院内の関係者に知ってもらうことやフィルムバッジの適切な装着率の向上、保護具、保護シールドなどの有効活用、リスクアセスメントの浸透、関係者への定期的な研修、目標としている被ばく線量以下での管理状況の確認などを、院長と放射線科部長のリーダーシップのもとで進めていきたいと考えている。
- ▶ 今日（10月4日）は、年間計画で予定していた内部監査を行う日である。これまで内部監査の経験者が院内にいないことから、近隣の産業医科大学病院でOHSMSの内部監査を担当していた梶木医師（産業医）に協力を仰ぎ、第1回の内部監査を行うこととなった。

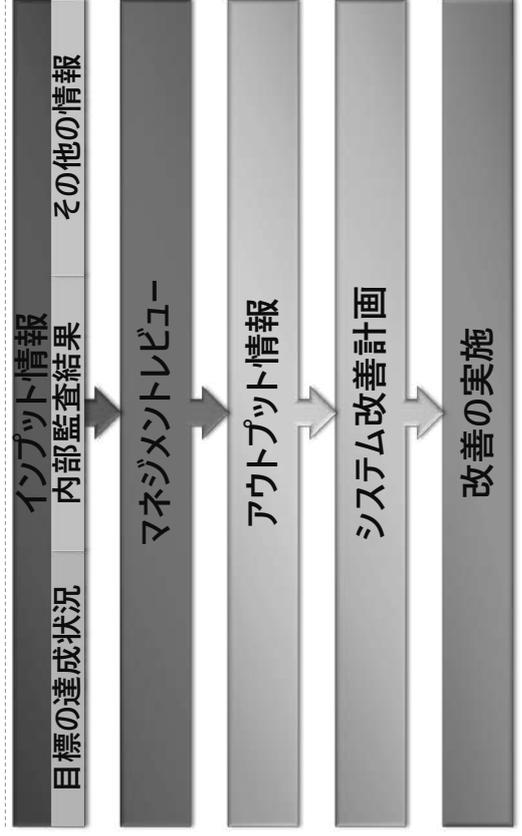
内部監査の様子を供覧

院長（マネジメント）～担当者～RPMS事務局～総括

17

システム改善計画

システム改善の流れ



改善策(計画)の検討

- ▶ 周知努力
- ▶ 文書類の作成（ルール制定）・改定
- ▶ 設備、備品の整備
- ▶ 担当者の明確化、任命
- ▶ 教育の実施
- ▶ 計画に盛り込み確実に実施
- ▶ その他

- ▶ 年間計画
- ▶ リスク等管理計画
- ▶ プログラム計画

事例をもとに、改善事項と 活用計画を策定してみよう。

研修の再確認

- ▶ マネジメントシステムの基本
- ▶ 年間目標の策定
- ▶ 放射線防護リスクマネジメント手法
- ▶ 計画の設定
- ▶ 変更の管理
- ▶ 研修・資格者育成計画
- ▶ 緊急事態への準備及び対応
- ▶ 内部監査の基本
- ▶ インシデントおよび不適合への対応と
是正処置
- ▶ 内部監査計画の策定
- ▶ 法令およびその他の要求事項の順守
- ▶ 内部監査の実施/報告書の作成
- ▶ 放射線管理体制
- ▶ システム改善計画
- ▶ 文書化・文書体系

全3回の成果

- ▶ マネジメントシステムの理解度
- ▶ 効果的・効率的な放射線防護対策の理解度
- ▶ 放射線防護マネジメントシステムの文書体系の完成度
- ▶ 放射線防護マネジメントシステム導入の準備度

MS導入・運営の道のり：3回の研修を終えて

- ▶ 計画
- ▶ MS導入方針・規格の決定
- ▶ MS開発担当者の任命
- ▶ 担当者の育成
- ▶ MS 開発チームの構築
- ▶ 開発
- ▶ MS関係者の役割の明確化
- ▶ 文書体系の作成
- ▶ 既存文書との整合化
- ▶ 導入
- ▶ 年間目標・計画の策定
- ▶ MS 導入計画の策定
- ▶ 運営
- ▶ 導入教育の実施
- ▶ MS運用開始
- ▶ 年間目標および計画の進捗
状況の確認
- ▶ 改善
- ▶ 内部監査計画の策定
- ▶ 内部監査の実施
- ▶ マネジメントレビューの実施
(評価結果・監査コメント)
- ▶ MS改善計画の策定
- ▶ MSの改善

プログラム全体の評価

- ▶ RPMSの導入状況
 - ▶ 自己評価独立評価者による評価
- ▶ 放射線防衛管理の実施状況
- ▶ 放射線被ばく線量限度の順守状況
／被ばくレベルの改善状況

必要な作業

1. 書類の用意
 - ▶ システムマニュアル（要領記載なし版）
 - ▶ 実施要領（第1回目）
 - ▶ システムマニュアル＋実施要領のセット
2. ワーク準備
 - ▶ スライド作成（主に回答）
 - ▶ ワークシートの作成（監査等）
 - ▶ 監査シミュレーションシナリオ

内部監査について

厚生労働省委託事業「放射線MS導入支援事業」
専門研修 提供資料

目次

- 監査のポイント
- チェックリストの作成
- 監査の実施

監査のポイント

監査実施のポイント

1. 予告による監査が効果的である。
 - 効率よく実施できる
2. 内部の者による監査が有効的である。
3. 第三者審査のためのものではない。

内部の者が行う監査のメリット・デメリット

メリット

1. 内部の事情を熟知しているため、実態に合った評価ができる
2. 規定類に精通しているため、きめ細かな評価ができる
3. 監査チームの特定が可能である
4. 施設の課題に応じて計画し実施できる
5. 具体的なアドバイスが可能となる

デメリット

1. 画一的な見方になりがち
2. 馴れ合いや遠慮が出てくる
3. 改善の不履行
4. 不慣れな監査員が実施

監査計画策定の注意点（ISO19011より）

監査計画の策定に当たり監査チームリーダーは次項を考慮する

1. 監査チームの構成と全体の力量
2. 適切なサンプリング技法
3. 監査の有効性や監査の効率を改善する機会
4. 有効でない監査計画により生じる監査目的の達成に対するリスク
5. 被監査者のリスク

監査計画の策定（ISO19011より）

監査計画の策定は次項に対処する

1. 監査目的
2. 監査範囲
3. 監査基準
4. 監査の場所、日程、予定時間
5. 監査方法（十分な監査証拠を得る）
6. 監査チームメンバーの役割や責任

- 監査計画の策定は、監査活動の進行に伴い必要となりうる変更を許容する十分な柔軟性を持つ

監査実施前の打ち合わせと教育

監査事務局が監査員全員を対象に実施し、監査員のレベルを合わせる

1. 監査目的
2. 労働災害発生状況
3. 法令や指針等の改正
4. 事業場のマネジメントシステムの最新の仕組み
5. チェックリストの読み合わせ

監査内容

1. 適合性

- ・決めた仕組みを守っているか

2. 有効性

- ・意図した成果を達成しているか

3. 前回の監査結果のフォロー

- ・重点テーマを設置する
- ・マネジメントシステムの状況により重点テーマを変更する

チェックリストの作成

チェックリストのメリット・デメリット

メリット

1. 標準化
(監査員による偏りをなくす)
2. 効率化
3. 見落とし防止
4. 記録や証拠としての活用

デメリット

1. 内容を理解しないで棒読み
2. チェックリスト以外の質問をしない
3. 好事例の見落とし
4. 見直しをしないと監査が形骸化

- ・監査レベルを向上させるには、チェックリストを見直しすることが必要である
- ・監査レベルの向上はマネジメントシステムのレベルアップにつながる

チェックリストを使った確認の方法や手段

- ▶聞き取り（管理者、監督者、作業者など）
- ▶文書や記録等の確認（どの文書で確認するか）
- ▶現物（掲示、改善の状況）
- ▶実作業や実活動の状況把握

- ・チェックリストには、確認方法を記載することが重要

チェックリストの判定方法

- ▶ ○と×の基準を明確に
- ▶ 判定結果に個人差がないようにする
- ▶ 場合によっては、「△」の基準も設置する

• チェックリストには判定基準を記載する

監査で確認すべき事項

事前に確認できる項目

1. マネジメントシステムの文書類や記録があるか
2. それらは改善のサイクルを促しているか

監査当日に確認する項目

1. 手順や規定類があり、それを順守しているか
2. 各活動は成果を上げているか

チェックリストの見直し

- ▶ 監査テーマによりチェック項目は変化する
- ▶ 判定基準と確認方法は、毎年検討する
- ▶ 監査員や現場の意見を考慮する

具体的な見直し方法

1. チェック項目の追加と削除
 - ・追加する項目：諸活動に関する項目の細分化
 - ・削除する項目：既に達成された項目
2. 判定基準の明確化やレベルアップ
3. 確認方法の変更（判定基準の変更に合わせて）

監査の実施

監査の準備 1 (ISO19011より)

被監査者への主な連絡事項

1. 監査の目的、範囲及び基準、チーム構成等の伝達
2. スケジュールを含めた監査のための手配
3. 被監査者に対する利害、懸念事項、リスクの決定

監査の準備 2 (ISO19011より)

文書化した情報のレビューの実施

- レビューでは、被監査者の組織の規模、関連するリスク及び機会、監査範囲、監査基準、監査目的を考慮する。
- 文書化した情報の例：文書体系・記録・前回までの監査報告書

監査のための文書化した情報の作成

- チェックリスト、監査サンプリング、視聴情報

監査の準備 3 (ISO19011より)

監査チームリーダーは、監査チームと協議しメンバーの役割を割り当てる。

- 監査中に分担の変更も可
- 役割の例
 - ・ リーダー
 - ・ 聞き取り役
 - ・ メモ取り役
 - ・ 技術の専門家 等

監査活動当日の流れ (ISO19011より)

1. 初回会議
2. 情報収集・検証
3. 監査所見の作成
4. 監査結論の決定
5. 最終会議の準備
6. 最終会議

1. 初回会議

監査員と被監査者で会議を行う

1. 監査計画に対する参加者の合意
2. 監査チームの役割紹介
3. 監査の目的、範囲、基準
4. 監査を打ち切った場合の改善が見られない場合
(前回指摘した事項の改善が見られない場合)
5. 被監査者からのフィードバックの方法、苦情、異議申し立てを含む

2. 情報の収集・検証

情報を収集する方法の例

1. 文書化した情報のレビュー
 - ・規定、手順、マニュアル、議事録、報告書等
2. インタビュー（聞き取り）
3. 現場の観察

・事実を掴むことが最大の目的

チェックリスト使用時のポイント

チェックリストは、確認すべき項目を列挙したもの

1. 項目一つひとつを読み上げ質問しない
2. 活動の内容を話してもらおう
3. 話を聞きながら○や×をつけていく

・相手に話してもらおうことを意識することが重要

情報の収集・検証時の注意点

1. 非監査者の職位に応じた質問
2. 話の途中で割り込まない
3. 不透明な点は、言葉を変えて再度質問
4. 不適合は根拠を再確認
5. 記録類は1例ではなく数例をチェックする
6. 帳票名、記録番号等もメモ
7. 職位は記録するが、個人名は記録しない

インタビュアーの心構え

やること

- ・対話を心がけ、温かい気持ちで向かい合う
- ・助言、情報共有を心がける
- ・好事例の情報収集を心がける

やらないこと

- ・個人的な意見を強要しない
- ・説教はしない
(あくまで対等の立場)
- ・指示命令しない
(監査員にその権限はない)

アイコンタクト、うなづき、あいづち、メモ取り
話をよく聞く：被監査者が7割話すイメージで

3. 監査所見の作成

監査基準と比較し「適合」または「不適合」を示す

- ・不適合の場合
 1. 監査証拠を記録する
 2. 「重大」「軽微」等のランク分け
 3. 被監査者との確認
- ・好事例、改善の機会、被監査者への提言等も含める

4. 監査結論の決定

監査結論は次の課題に対処する

1. 監査基準との適合の程度
2. マネジメントシステムの有効性
3. 被ばく低減対策の有効性
4. マネジメントシステムの有効な実施、維持、改善
5. 監査の目的の達成、監査範囲の網羅、監査基準を満たすこと

5. 最終会議の準備

監査チーム内の打ち合わせ

1. 監査所見のレビュー
2. 監査結論について合意
3. 必要に応じ、提言を作成
4. フォロワーアップ

6. 最終会議

説明事項の例

- ・入手可能な情報における監査であること
(プロセス全体の有効性ではない)
 - ・好事例の紹介
 - ・監査所見への対処方法
 - ・監査所見に対処しない場合に生じる結果
 - ・監査所見、監査結論の提示
 - ・是正処置の実施及びレビュー、苦情、異議申し立て
- ・**被監査者-監査員間に意見の相違があれば協議することが重要**

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

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
Nagamoto K, Moritake T, Nakagami K, Morota K, Matsuzaki S, Kuriyama T, Hitomi G, Kamochi M, Kunugita N.	Occupational radiation dose to the lens of the eye of medical staff who assist in diagnostic CT scans.	Heliyon		06063	2021
Nakagami K, Moritake T, Nagamoto K, Morota K, Matsuzaki S, Kuriyama T, Kunugita N.	Strategy to Reduce the Collective Equivalent Dose for the Lenses of the Physician's Eye Using Short Radiation Protection Curtains to Prevent Cataracts.	Diagnostics (Basel)	11(8)	1415	2021
Matsuzaki S, Moritake T, Morota K, Nagamoto K, Nakagami K, Kuriyama T, Kunugita N.	Development and assessment of an educational application for the proper use of ceiling-suspended radiation shielding screens in angiography rooms using augmented reality technology.	European Journal of Radiology		109925	2021
Nagamoto K, Moritake T, Nakagami K, Morota K, Matsuzaki S, 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	12305	2021
Matsuzaki S, Moritake T, Sunaga L, Morota K, Nagamoto K, Nakagami K, Kuriyama T, Hitomi G, Kamochi S, Kunugita N.	The Effect of Pre-Operative Verbal Confirmation for Interventional Radiology Physicians on Their Use of Personal Dosimeters and Personal Protective Equipment.	International Journal of Environmental Research and Public Health	19(24)	16825	2022

Nagamoto K, Kawachino T, Suetsugu Y, Saruwatari H, Nihei S, Kunugita N.	Eye lens dose in spine surgeons during myelography procedures: A dosimetry study.	Journal of Radiological Protection	43(4)	041509	2023
Kowatari M, Yoshitomi H, Nagamoto K, Nakagami K, Moritake T, Kunugita N.	CHARACTERISATION OF SMALL RADIOPHOTOLUMINESCENCE DOSEMETER IN TERMS OF HP(0.07) FOR EXTREMITY DOSE MONITORING OF MEDICAL PERSONNEL	Radiation Protection Dosimetry	199(15-16)	1807-1812	2023
Nagamoto K, Moritake T, Kowatari M, Morota K, Nakagami K, Matsuzaki S, Nihei S, Kamochi M, Kunugita N.	Occupational radiation dose on the hand of assisting medical staff in diagnostic CT scans.	Radiation Protection Dosimetry.	199(15-16)	1774-1778	2023
Kuriyama T, Moritake T, Nakagami K, Morota K, Hitomi G, Kitamura H.	Background Factors Affecting the Radiation Exposure of the Lenses of the Eye among Nurses in Interventional Radiology: A Quantitative Observational Study.	Nursing Reports	14	413-427	2024