

労災疾病臨床研究事業費補助金

放射線業務従事医療関係者の 職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究

令和2年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 工藤 崇

令和 3 (2021) 年 3月

研究報告書目次

目 次

I. 総括研究報告	
放射線業務従事医療関係者の職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究 研究代表者氏名 工藤 崇 -----	1
II. 分担研究報告	
1. 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究 分担研究者 松田尚樹・工藤 崇・織内 昇・伊藤 浩・栗井和夫 -----	9
(資料) 研究計画書 -----	29
2. 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究 分担研究者 伊藤 浩・織内 昇・栗井和夫・工藤 崇・松田尚樹 -----	35
(資料) Web アンケート調査票 -----	69
研究計画書 -----	77
講演資料 -----	83
3. 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究 分担研究者 工藤 崇・松田尚樹・織内 昇・伊藤 浩・栗井和夫 -----	95
(資料) 研究計画書 -----	109
講演資料 -----	115
関連研究論文 Cleaning Materials and Methods for Effective Removal of Indoor Radioactive Contamination -----	123
III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	133

労災疾病臨床研究事業費補助金
総括研究報告書

放射線業務従事医療関係者の職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究

研究代表者

長崎大学原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野
教授 工藤 崇

研究要旨 職業被ばくのうち、高線量被ばくの多くは医療行為に伴う被ばくであるが、放射線を用いた医療行為は患者に対しての利益がきわめて大きく、その利益を損なわない範囲で職業被ばくを低減させることには困難を伴う。一方、ICRP の勧告で水晶体被ばくの線量限度を5年間で100mSv、1年間で50mSvを超えないように引き下げることが提唱され、本邦でもこれに従った電離放射線障害防止規則（電離則）改正が行われ、令和3年4月に施行された。しかし、実際の医療環境における被ばくの実態、特に水晶体の被ばく状況は十分に調査・検討が行われておらず、改正電離則を実際の医療現場が遵守できるかは明らかであるとはいえない。本研究では、この問題を明らかにすることを目的として研究を行う。研究は、主に以下の3つの研究計画に分かれる。

研究1) 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究

研究2) 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究

研究3) 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究

令和2年度においては、令和元年度のフィージビリティ研究に基づき、これらの研究を実行した。

研究1) 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究：

現時点での医療関係者の被ばく実態を明らかにし、医療従事者の線量を高くする要因を把握するため、平成28年度～30年度における、個人線量計で管理されている医療従事者の線量情報を収集し、それぞれの医療者の職種（医師・技師など）、所属（循環器、放射線部など）年齢、性別などの属性情報と照らし合わせる。令和2年度は長崎大学病院・広島大学病院・福島県立医科大学病院のデータを収集し、平成30年の実効線量を解析した。平成30年度の総対象者数は3056件であった。医師の実効線量については、中央値、第3四分位とも0mSv/yrと、群としての線量は極めて低い値に管理されていることが明らかとなったが、ごく少数の対象者で高線量が認められた。特に年間5mSv、月間1mSvを超える高線量者は医師のみであった。診療放射線技師の実効線量は、他職種よりも有意に高い線量であり、かつ他職種に比べ線量分布のバラツキが少ない傾向が見られた。看護師の実効線量については高齢者ほど線量が高い、内視鏡室勤務者が突出して高い、という他職種に見られない特徴が認められた。これらの結果より、医師については高線量者を抽出しての個別管理が、診療放射線技師は集団としての管理が重要であることが示唆された。看護師については、勤務環境に合わせた対応が必要と考えられた。

研究2) 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究：

医療機関における医療従事者の線量管理と研修の実態を把握するため、令和元年度のフィージビリティ研究で作成されたアンケートを、日本医学放射線学会の教育研修施設895施設に対してWebアンケートの形式で実施した。アンケート対象施設895施設のうち336施設より回答が得られた(回答率=37.5%)。ほとんどの施設では管理・研修は適切に行われていることが明らかとなった。線量限度を超える可能性のある従事者が1名以上いる施設は21%存在したが、実際に線量限度を超えた施設は6%にとどまり、適切な管理指導により過剰被ばくが防がれているものと考えられた。一方、個人線量計未着用の可能性のある従事者が存在する可能性が10%以上の施設で指摘された科は整形外科・消化器外科・消化器内科・その他の内科・小児科・循環器内科・心臓外科・脳外科・泌尿器科と多数であった。技師から医師への指導が行いにくい現状が、着用促進の妨げになっていることが見いだされた。防護の環境整備については、放射線防護眼鏡が十分に配備されている施設は40%にとどまり、特に手術室における配備率が不良であった。水晶体専用の測定器の利用率は15%にとどまっていた。放射線技師の配備について、規模の大きい病院ほど配備状況が悪いという特異な傾向が見いだされた。

研究3) 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究：

水晶体線量を実測することで、医療行為に伴う水晶体線量の把握を行った。令和2年度は令和元年度のフィージビリティ研究に基づき、特に線量が高いことが予想されるX線透視作業を行う科(泌尿器科、小児科、消化器内科、その他の内科(主に呼吸器)、整形外科、放射線科)の透視業務について調査した。長崎大学病院において業務従事者に水晶体線量計(DOSIRIS：千代田テクノル社)を着用してもらい、業務分類(泌尿器科医師、放射線部看護師、など)ごとの水晶体被ばく線量を測定、どのような業務分類において水晶体線量が高線量となっているかを実測した。また、防護眼鏡着用による線量低減効果も検証した。結果、最大月間線量が7.2mSvと予想を大幅に超える線量が観察された。水晶体線量と検査回数、照射回数、照射時間はすべて強い相関を示した。単位時間あたり水晶体線量は防護眼鏡無しの期間が $0.024\pm 0.003\text{mSv/min}$ に対し防護眼鏡ありで $0.008\pm 0.004\text{mSv/min}$ と大きく減少した。

3 研究総括 研究2より、ほとんどの施設で被ばく管理が放射線部の診療放射線技師によって行われている現状が明らかとなったが、内視鏡室における診療放射線技師の関与の低さが明らかとなり、これが研究1で認められる内視鏡室における看護師の被ばくの多さにつながっている可能性がある。また、研究3から透視に伴う水晶体線量が予想外に高いことが明らかとなったが、研究2より水晶体被ばくを防ぐための防護眼鏡の配備率、被ばく把握のための水晶体専用測定器の利用率が低いことが明らかとなった。管理の面では放射線部・放射線科医師の積極的関与が、設備の面では防護眼鏡・水晶体専用測定器の利用促進とそのためインセンティブ提供が、放射線業務従事者の被ばく低減のため有用ではないかと考えられた。

研究分担者：

松田尚樹 長崎大学 原爆後障害医療研究所 放射線生物・防護学 教授

伊藤 浩 福島県立医科大学 医学部 放射線医学講座 教授

織内 昇 福島県立医科大学 先端臨床研究センター 教授

栗井和夫 広島大学 医歯薬保健学研究所 放射線診断学 教授

A. 研究目的

職業被ばくにおいて医療行為は最も重大な被ばくの要因となっており、年間 20mSv を超える放射線業務従事者は、そのほとんどが医療関係業務の従事者であることも明らかとなっている。一方、低線量被ばくについては、新たな科学的知見から水晶体において従来考えられていたよりも低い線量から影響が生じていることが明らかとなってきている。これらの知見に基づき ICRP は、水晶体被ばくの職業被ばくの線量限度を 5 年間で 100mSv、1 年間で 50mSv に引き下げるべきとする勧告を出している。この勧告は、かなり大幅な線量限度の引き下げであるが、本邦でも令和 3 年度に施行された改正電離則にて、当該勧告に対応する水晶体線量の線量限度の引き下げが行われた。一方、この線量限度引き下げを臨床の現場が遵守できるか、また遵守するためにはどのような対策が必要であるかは明らかでない。特に水晶体被ばくについては、直接の測定での管理がほとんど行われていない実態があり、現状の把握すら困難な状況である。米国では、当該勧告に従った線量限度引き下げは、必要な対策にかかるコストを考慮すると現実的ではないとの立場から、国内規

定の変更を行わない方向性である。このように、線量限度引き下げが実臨床の現場において合理的に遵守可能であるかどうかを確定するには、現状の把握が必須であると考えられる。本研究では、過去の医療現場における職業被ばくの実態把握、現在の医療現場における管理・教育・研修の状況把握、実際の水晶体線量の測定 of 3 つの側面から、医療現場における職業被ばくの状況を把握し、職業被ばく、特に水晶体被ばくを管理・低減するために必要な方針・対策の立案に資する情報を得ることを目的とする。

B. 研究方法

本研究は大きく 3 つの研究計画に分かれる。

研究 1) 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究

(目的：医療従事者の線量を高くする要因の同定)

研究 2) 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究

(目的：医療従事者の線量管理と研修の実態把握)

研究 3) 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究

(目的：医療行為に伴う水晶体線量の実測に基づく把握)

令和 2 年度については、これらの研究計画についての電離則改訂前の状況調査を中心とした。

1) 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究

電離則改訂前における医療関係者の被ばく実態を明らかとするため、平成 28 年度～30 年度、計 36 か月における長崎大学病院・広島大学病院・福島県立医科大学病院の各

病院施設において、個人線量計で線量管理されている医療従事者全員について、年齢・性別・職種（医師・技師・看護師等）・所属部署（放射線科・整形外科等）・主な放射線取扱業務（透視業務・血管造影等）、該当期間の毎月の体幹被ばく線量の情報を収集した。年間 5mSv, 月間 1mSv を超える被ばくを生じた従事者については個別の業務情報の収集も行った。

2) 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究

放射線利用における線量管理と教育研修の状況を広く調査するため、日本医学放射線学会の教育研究施設約 900 施設を対象とした Web アンケートを令和 3 年 2 月に実施した。アンケート作成については、同一の研究事業補助金を取得している別研究班とデータの共有を行うため、アンケートの内容・構成を一部共通のものとし、Web アンケートに適する様に回答数を約半分に削減したものを作成した。

3) 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究

令和 2 年 4 月より、放射線業務のうち、被ばく線量が多いと推定される、透視を伴う医療行為の業務種と職種の組み合わせごと（＝「業務分類」）に水晶体線量の測定を行った。線量測定には千代田テクノル社製 DOSIRIS を使用。併せて各作業の業務種・職種・放射線取扱時間を記録。業務分類（泌尿器科医師、放射線部看護師、など）ごとの水晶体被ばく線量を測定、どのような業務分類において水晶体線量が高線量となっているかの実測を行った。また、令和 2 年 10 月からは、同測定において、放射線防護用鉛入り眼鏡の着用を促す介入を行い、介入に

伴う線量減少効果を検証した。

（倫理面への配慮）

すべての研究は長崎大学医歯薬学総合研究科倫理委員会において倫理審査の上、許可をえて行った。多施設研究については長崎大学における許可申請に基づき、各施設でも倫理審査を受けた上で実行した。侵襲をとまなう介入研究は行われていない。個人情報については、その収集を最小限にとどめ、収集された個人情報についても、個人を同定できないような匿名化を行った上で研究を行った。

C. 研究結果

1) 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究

長崎大学・広島大学・福島県立医科大学の成 28 年度～30 年度のデータ集計を終了した。大学病院においては人の流動が激しく、年度間でのデータの連続性が担保できないことが判明したため、平成 30 年度のデータを集計した。3 施設合計で 3056 名の線量データが得られたが、そのうち年間線量が 5mSv を超えるものは 4 名のみ、1mSv 超過者でも 87 名 (2.8%) とごく少数であることが判明した。職種毎の被ばく線量の比較では、診療放射線技師の被ばく線量が他職種よりも高値であることがわかったが、4mSv を超える線量は医師に限定しており、突出した被ばくはごく少数の医師に集中していることが判明した。看護師については、高齢者ほど線量が高い傾向があること、内視鏡室に勤務する看護師が他群に比べて被ばく量が高いことが認められた。

2) 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究

対象施設全 895 施設のうち、回答を得られたのは 336 施設 (37.5%) であった。医療機関の種類としては総合病院が 73.3%と突出して多く、施設の規模としては 600 床以上・600-400 床・400-200 床がそれぞれ 27.3%・37.7%・30.9%と均一に分布していた。個人線量計の着用状況については、対象施設が日本医学放射線学会の教育研修施設であるため、28.5%の施設で 100%の着用状況であることが判明した。職業被ばくの線量限度を超える可能性のある従事者がいる施設が 20.8%、実際に超えた施設が 5.6%存在した。また、大多数 (83.1%) の施設では管理業務を専門に行う部署は存在せず、多くの施設では、放射線部 (診療放射線技師) の兼務で管理を行っている現状が明らかとなった。防護眼鏡の着用率については、放射線科の IVR では良好 (65.7%の施設で 100%の着用率) であった。また循環器系・脳外科内科系においても 50%以上の施設で 80%以上の防護眼鏡着用率が得られていたが、整形外科・泌尿器科では着用率が 20%以下の施設が過半数を占めており、科による意識の違いが明らかであった。

水晶体被ばく測定のための専用測定機の利用は 15.4%にとどまり、普及が良くないことが明らかとなった。また、検査部門毎の防護眼鏡配備率については、十分と回答した施設は半数以下であり、特に手術室において全く配備されていない施設が 38.3%と突出して低かった。診療放射線技師の配置率については、透視を伴う内視鏡室一般 X 線透視室、手術室では 100%配置できている施設が半数以下であった。内視鏡室においてベッド数の大きな病院ほど技師配備率が悪いという特異な関連が見られた。

3) 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究

長崎大学病院で、透視業務における水晶体線量測定を行った。放射線防護眼鏡の着用がほぼ 0 であったため、令和 2 年 9 月までは着用無し、10 月以降着用を促す介入を行って、測定を行った。

防護眼鏡無しの期間において月間水晶体線量測定値の最大値が 7.2mSv、平均値でも 1.758mSv と予想を大幅に超えるセンリョウが観察された。診療科の比較では、泌尿器科が他の科に比べて月間水晶体線量が高い ($4.700 \pm 1.342\text{mSv/month}$) ことが明らかとなったが同時に X 線照射時間、X 線照射回数、検査回数を調査したところ、DOSIRIS による月間水晶体線量測定値はこのいずれとも強い相関をすることがわかった。このため、単位照射時間あたりの被ばく量をデータとして解析したところ、整形外科のみ若干高い値であったが ($0.049 \pm 0.040\text{mSv/min}$)、最も高い月間線量を示した泌尿器科についても、単位照射時間あたりの線量は突出して高いわけではなかった。

令和 2 年 10 月より、防護眼鏡着用を促す介入を行ったところ、介入前に比べ、介入後は線量が約 1/3 に有意な減少が得られることが判明した。

業務分類	水晶体線量 (mSv/min)	
	介入前	介入後
全体	0.024	0.008
泌尿器科	0.021	0.008
小児科	0.009	0.006
消化器外科	0.019	0.012
呼吸器科	0.023	0
整形外科	0.049	0.008

D. 考察

1) 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究

被ばく線量の平均値としては、診療放射線技師の線量が他職種よりも高いことが明らかであった。診療放射線技師については、他職種と異なり、一部ごく少数例の高線量ではなく、集団としての高線量で有り、集団管理の観点からの線量低減策が行われるべきと考える。一方で、他職種については、大多数の従事者の線量は極めて低い値であり、一部の対象者のみ高い値を示した。特に、突出して高いケースは医師に限定しており、医師については高線量被ばくを生じている・生じる可能性のある医師を抽出して個別に対応する、個別管理の観点からの対応が望まれる。このように、今回の検討からは集団管理の観点と、個別管理の観点で対象とすべき群が異なり、線量低減のためには2つの異なるアプローチをとることが必要であることが明らかとなった。一方、大多数の従事者は被ばく線量が測定以下におさえられており、実際の管理状況は比較的良好であることが明らかとなった。ただし、今回の集計は大学病院のデータで有り、管理が行き届きやすい状況にはあると思われる。現在複数の市中病院でのデータ収集を依頼しており、このデータも加味しての新たな集計が必要である。また、今回の検討は電離則改訂前の集計であり、電離則改定が線量にどのような影響を及ぼしたかを令和3年の線量データと比較することで調査する必要があると考えられた。

2) 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究

回答率が37.7%とやや低い値であったが、

300施設弱のデータを収集することが出来、また、施設規模についてもある程度均等なデータ分布となっており、信頼性はある程度担保できたと考えられる。調査対象が日本医学放射線学会教育研修施設であり、放射線に対する意識がある程度高いことが予測されていたが、個人線量計100%着用と回答した施設が28.6%と高く、このことが裏付けられた。これについては、学会の関与が意識向上に役立っているかを検証するため、別の群との対比が必要である。同一研究事業費補助金を得ている「細野班」でも同様の調査を全国の労災病院に対して行っているが、アンケートの内容に共通性を持たせているので、対比することによって、学会関与の有効性が明らかに出来るものと思われる。一方、年間5mSv超過者が6%の施設で存在していることから、調査対象施設における放射線の使用検査が多いことが示唆されるが、これについても他班との対比が必要と考えられた。一方、専門の管理部門が存在しない施設が大多数であること、水晶体被ばく測定のための専用測定機の利用は15.4%にとどまること、から、管理体制に改善の余地が大きく残っていることが推察された。小規模病院ほど防護眼鏡配備率が悪いことから、防護眼鏡の費用負担が普及の障害となっている可能性が示唆され、利用を促すためのインセンティブの必要性があるのではないかと思われた。一方、内視鏡室においてベッド数の大きな病院ほど技師配備率が悪いという予想外の関連が見いだされたが、これについては大病院ほど消化器科などの放射線科以外の部門が内視鏡室を管理する傾向があるため、部門間の縦割り管理が配備率の低下に影響を与えているの

ではないかと考えられた。管理体制における、放射線部・放射線科医師の積極的関与、専門部署の設置の必要性が伺われた。

3) 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究

本研究では透視業務に従事する医師の水晶体線量が予想を大幅に超えて高いことが示唆された。月間水晶体線量の最大値である 7.2mSv はこれを 12 か月続けたとすると 86mSv となり、どの 1 年でも超えてはならないとされる水晶体線量限度の 50mSv を大幅に超過する。また、平均水晶体線量の 1.758mSv であっても、5 年間 (60 か月) この値が継続したとすると、105mSv となり、5 年間の線量限度を超過する。一方、単位照射時間あたり、検査数あたり、単位照射あたりの線量は、概ねどの科でも有意な増減のない一定した値となっており、水晶体線量が単純に検査回数、検査時間の増大に伴って増加することが明らかとなった。このことから、水晶体線量の低減のためには、線量を低減させるための作業環境の改善が最も重要ではないかと考えられ、実際今回の防護眼鏡着用の介入により、量を 1/3 程度に低減させることが出来ており、防護眼鏡の普及は水晶体線量低減・水晶体線量限度遵守のために有効性が高いと考えられた。

4) 3 研究にまたがる考察

研究 1) では看護師の被ばくについて、内視鏡室で勤務する看護師の被ばくが他部署に比べて特異的に高いことが認められたが、研究 2) においては大規模な施設ほど X 線透視を伴う内視鏡室への診療放射線技師の配備状況が低いことが明らかとなっている。また、研究 2) で放射線管理はほとんどの施設で放射線部 (診療放射線技師) によっ

て行われており、専門の管理部門が存在する施設はごく少数であった。大きな病院ほど内視鏡を行う部門の業務を消化器科など実際に内視鏡を行う科が管理担当している傾向が高いことを考えると、大規模な病院ほど内視鏡室が放射線管理を行っている部門と独立して X 線の管理を行っており、このことが管理の徹底に負の影響を与えていることを示唆しているのではないかと考えられる。

また、研究 3) において透視を伴う放射線業務に従事する医師の水晶体線量が推定を大きく超える高値であることが示唆されたが、研究 2) において放射線防護眼鏡の検査室への配備率が良好でないこと、また水晶体専用の測定器がほとんど利用されていないことが明らかとなっている。研究 3) にて放射線防護眼鏡の利用が水晶体線量低減に極めて有用であることが判明していることから、配備率を改善させることで、大幅な水晶体線量低減が期待できると考えられる。また逆に測定された水晶体線量からは、現状の放置によって、水晶体線量限度の超過が生じる可能性が示唆され、水晶体専用の測定器を用いた線量把握が必要であることも示唆されている。

E. 結論

3 つの研究計画を実施した。3 研究の総合的評価からは、放射線部門および放射線科医師の積極的な管理への関与による、被ばく管理・低減の改善効果が示唆された。また水晶体線量の線量限度遵守のためには放射線防護眼鏡の利用推進が必要で、そのためのインセンティブが必要と考えられた。

F. 健康危険情報

無し

G. 研究発表

1. 論文発表

(関連論文)

Takemoto T, Ohsawa K, Matsuda N.

Cleaning Materials and Methods for Effective Removal of Indoor Radioactive Contamination. Radiation Safety Management 19; p49-57, 2020

2. 学会発表

工藤 崇「医療被ばくとその管理：～近年のトピックと今後の展望～」第30回日本心臓核医学会総会・学術大会
2020年12月18日

工藤 崇「医療に伴う被ばくの問題：基本的な考え方と論争点」第20回循環器CT・MR研究会 2020年11月21日

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む)

1. 特許取得

無し

2. 実用新案登録

無し

労災疾病臨床研究事業費補助金
分担研究報告書

放射線業務従事医療関係者の職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究
1) 医療関係者の職業被ばくに影響を与える要因に関する研究

研究分担者 松田尚樹 長崎大学 原爆後障害医療研究所 教授
研究分担者 工藤 崇 長崎大学 原爆後障害医療研究所 教授
研究分担者 織内 昇 福島県立医科大学 先端臨床研究センター 教授
研究分担者 伊藤 浩 福島県立医科大学 医学部 教授
研究分担者 栗井和夫 広島大学 医歯薬保健学研究科 教授

研究要旨

【目的】職業被ばくのうち、高線量被ばくの多くは医療行為に伴う被ばくであるが、放射線をもちいた医療行為は患者に対しての利益がきわめて大きく、その利益を損なわない範囲で職業被ばくを低減させることには困難を伴う。一方、ICRPの勧告で水晶体被ばくの線量限度を5年間で100mSv、1年間で50mSvを超えないように引き下げることが提唱され、本邦でもこれに従った電離放射線障害防止規則（電離則）改正が令和3年4月に行われた。しかし、実際の医療環境における被ばくの実態、特に水晶体の被ばく状況は十分に調査・検討が行われておらず、改正電離則を実際の医療現場が遵守できるかは明らかであるとはいえない。本研究は、電離則改正直前における医療従事者の被ばく管理データを各従事者の年齢・性別・職種・所属部署・業務種などの特性を対比検討することで、どのような因子が高い被ばくに結びついているかを検討し、被ばく低減対策に役立てることを目的とする。【方法】令和2年度は令和元年度に立案された研究計画に基づき、長崎大学病院・広島大学病院・福島県立医科大学病院における平成28～30年度の線量データを収集し、解析を行った。各大学病院における放射線業務従事者の年齢・性別・職種（医師・技師・看護師等）・所属部署（放射線科・整形外科等）、該当期間の毎月の被ばく線量の情報を収集し、本年度は平成30年のデータを解析した。また、特に線量の高いものについては、個別の業務従事状況の追加調査を行った。また、各大学の関連病院への協力依頼を行った。【結果】平成30年度の総対象者数は3054件であった。性別については、男性が女性よりも有意に実効線量が高かった。また職種別では、放射線診療技師が他職種よりも有意に高い線量であったが、年間5mSv、及び月間1mSvを超える高線量者は医師に限定していた。医師については、群としての線量は中央値が0mSvの低い線量であったが、少数の高線量群が認められた。放射線診療技師は、突出した外れ値は他職種に比べて少なく、平均的に線量が分布する傾向が見られた。看護師については高齢者ほど線量が高い、内視鏡室勤務者が突出して高い、という他職種に見られない特徴が認められた。【考察】被ばく管理においては集団管理と個別管理の側面があるが、医師については、集団としては低線量だが一部突出した高線量者が存在しており、個別管理の充実が必要と思われた。放射線診療技師は集団としての線量が高く、集団管理が重要と思われた。看護師については、特定の職場での線量が高く、今後線量の高い業務における管理充実が必要と思われる。

A. 研究目的

令和 3 年に施行された電離則改訂では水晶体線量限度が 5 年間で 100mSv, 1 年間で 50mSv を超えないとする改正が行われた。しかし、現在の医療機関における職業被ばく状況がどの程度のものであり、被ばくを増加させる要因が何であるかは明らかでないため、水晶体線量限度の遵守および水晶体を含む被ばく線量低減のための対策の策定には困難が予想される。現在年間 20mSv を超える放射線業務従事者のほとんどが医療関係業務従事者であることを考えると、職種・業務内容など、どのような因子が高い線量に結びついているかを明らかにし、因子に応じた線量低減の対策・介入を行う必要があると考えられる。本研究では過去の医療従事者における線量と業務種その他の因子の関係を明らかにすることで、高い線量に結びつく因子を抽出することを目的とする。本年度においては、平成 28～30 年度における長崎大学病院・広島大学病院・福島県立医科大学病院におけるデータ収集と解析を中心に行った。

B. 研究方法

平成 28 年度～30 年度の計 36 か月における長崎大学病院・広島大学病院・福島県立医科大学病院（及び追加される研究協力施設）の医療従事者のうち、放射線取扱業務従事者として個人線量計で線量が管理されている職員全員について、年齢・性別・職種（医師・技師・看護師等）・所属部署（放射線科・整形外科等）、該当期間の毎月の被ばく線量の情報を収集。被ばく量を従属変数、それ以外を独立変数として、どのような因子が被ばく量の増減に影響を与えているか

を検討する。月間 5mSv・1mSv を超える高線量被ばくが発生している従事者については個別に、原因となった業務内容、被ばくの要因、偶発的なものであるかどうかなどについての調査を行う。

令和 2 年度においては、長崎大学にて令和 2 年度 3 月に研究許可を受けた研究計画に基づき、3 大学でのデータの収集を行うとともに、研究協力施設の追加応募を行った。群間の解析には 2 変数の関係については一元配置の分散分析を行い、有意差が認められる場合は多重検定として Turkey の HSD test を行った。

（倫理面への配慮）

各職員には、各施設内で連結可能匿名化 ID を振り分けた上、収集後の年齢情報を 5 歳毎の階層化情報に変換し、個人の同定が出来ないデータとしたものを長崎大学に送付することで、個人情報各施設外へ漏れることがないように配慮した上で、研究に利用する。研究は長崎大学医歯薬学総合研究科倫理委員会にて審査・許可を受けた研究計画書に基づき、各研究分担・協力施設においても、各倫理委員会にて申請、審査を受け、承認を受けて実施した。

C. 研究結果

平成 28 年度～30 年度の計 36 か月における長崎大学病院・広島大学病院・福島県立医科大学病院のデータを収集したところ、大学病院の特性として、所属の変更や異動が非常に多く、匿名化された状態では対象者の異動を追跡して統一したデータとして解析することがこんなに出ることが判明したため、平成 30 年度のデータの解析を行うこととした。いずれの施設においても、千

的な有意差は認められなかった。線量分布の中央値、及び第3四分位（75%）の値がすべての年齢階層で0であることから、ほとんどの従事者の線量が極めて低い実効線量に抑えられており、高線量となっているものはごく一部にとどまるものと思われた。職種については線量が0でない者の割合が医師で13%、歯科医師2%、看護師9%、診療放射線技師57%、歯科衛生士0%、薬剤師30%、臨床検査技師13%、その他12%であった。統計的には、診療放射線技師が薬剤師を除く他のすべての職種に対して $p < 0.01$ の有意性を持って高い線量となっていた。ただし、線量の最大値は医師の症例であった。中央値が0でない職種群は診療放射線技師のみで有り、第3四分位が0でないのも、診療放射線技師と薬剤師のみであること、線量が0でないものの割合が他職種に比べて突出して高いこと（57%）から、診療放射線技師は集団としての実効線量が全体的に高くなりやすい職業環境にあり、一方他の職種においては、ほとんどの従事者では集団としては線量が抑えられており、医師部の個人のみ線量が高いことが示唆された。

3) 医師

性別については、男女間で男性が女性よりも有意に高い実効線量であった（男性：女性 = 0.118 ± 0.586 : 0.030 ± 0.131 , $p < 0.001$ ）。この特徴は他の職種では認められず、医師にのみ特徴的であった。

年齢階層については、全データと同じく、30台～40台において高線量者が多い傾向はあったが、統計学的な有意差は認められなかった。線量分布の中央値、及び第三四分

位（75%）の値がすべての階層で0である点も全データ解析と共通していた。線量が0でないものの割合も全体と同じ13%であった。

所属科ごとの分析では、循環器・血液内科の線量 (0.335 ± 1.010) が他の科に対して高い傾向があった（麻酔科・内科・研修医に対して $p < 0.01$, 小児科・整形外科・外科に対して $p < 0.05$ ）。

4) 歯科医師

性別については、男女間の有意差は認められなかった（男性：女性 = 0.012 ± 0.117 : 0.003 ± 0.027 , $p = n.s.$ ）。

年齢階層については、全年齢階層で平均値が0.1以下と低く、年齢との有意な関連は見いだせなかった。

所属については、歯科については歯科医師と研修医の間で比較検討したが有意差は認められなかった（歯科医師：研修医 = 0.008 ± 0.091 : 0.013 ± 0.061 , $p = n.s.$ ）。

5) 看護師

性別については、男女間の有意差は認められなかった（男性：女性 = 0.033 ± 0.205 : 0.048 ± 0.209 , $p = n.s.$ ）。

年齢階層については、顕著に異なる傾向を認めた。60-64歳の年齢階層の線量 (0.226 ± 0.495) が49歳以下の年齢階層（除く40-44歳階層）に対して有意に高い値となり、50-54歳の階層の線量 (0.116 ± 0.315) が29歳以下の階層に対して有意に高い値、40-44歳の階層の線量 (0.104 ± 0.301) が、25-29歳の階層に対して有意に高い値であった。全体として年齢が高いほど実効線量が高くなる傾向が認められた。

所属については、放射線部所属、手術部所属、救急・ICU 所属、内視鏡所属、その他分類不能に分けて解析を行った。内視鏡所属の看護師の線量 (0.667 ± 0.458) が他の部門に比べて突出して高線量であった。次いで放射線部所属の線量 (0.146 ± 0.338) が高い値となっていた。

6) 診療放射線技師

性別については、男女間の有意差は認められなかった (男性 : 女性 = 0.461 ± 0.646 : 0.409 ± 0.778 , $p = n.s.$)。

年齢階層については、年齢との関係は見いだされず、また他の職種に比べると外れ値の少ない比較的揃った線量分布となっていた。

7) その他

その他の職種群は職種を確認して検討できた例数が歯科衛生士、薬剤師 10 例、臨床検査技師 16 と少数であった。歯科衛生士は全例測定限界以下で被ばくを生じていなかった。薬剤師は、第 3 四分位が 0 でなくやや診療放射線技師に似た傾向であったが、例数が少ないため、これが有意な意味を持ったものであるかは不明である。

8) 高線量者

全調査対象者 3054 件のうち年間実効線量が 5mSv を超過する従事者が 4 名、月間線量が 1mSv を超えることがあった従事者が 12 名存在した。すべて医師であった。

5mSv を超過した 4 名のうち 3 名は月間線量が 1mSv を超えることがあった従事者と重複していたが、1 例は月間 1mSv を超えることがなく、年間 5mSv を超えるとい

う特異な被ばくパターンを示していた。この従事者の主な業務は循環器系の IVR (治療を伴う血管造影) であった。残る 3 名のうち 1 名は循環器、1 名は消化器内科、1 名は内科であり、いずれも透視を伴う業務に従事していた。1 名はポータブル X 線撮影とも従事していた。

残る 9 名の月間 1mSv 超過者については、外科、内科、循環器科が主であったが、一名研修医が存在した。9 名のうち 7 名は透視業務、6 名はポータブル撮影業務に関連しており (重複有り)、研修医の月間 1mSv 超過者はポータブル撮影に関連していた。

D. 考察

職業被ばくの管理には、個別管理の観点と集団管理の観点が存在する。今回 3000 例を超える従事者について解析を行ったが、大部分の従事者は低い線量に抑えられており、9 割近くが測定限界以下であった。このことから、全体としては集団としての管理は良好に行われていると思われた。ただし、唯一放射線診療技師については、他の群よりも有意に実効線量が高く、半数以上の対象者が測定限界以上の被ばくを生じており、他と異なる集団特性を持っていた。集団としての線量低減策を講じる必要性が示唆された。

一方、医師についてはほとんどの医師は良好な線量管理が行われているが、一部ごく少数の医師において高い線量となっていた。3056 件の調査対象者のうち年間 5mSv ないし月間 1mSv を超える高線量となっていたのはすべて医師であり、医師の線量管理に関しては、個別管理の観点が非常に重要であると思われる。ごく一部の、高線量被

ばくを生じている・生じる可能性のある医師をいかにして抽出し管理するかが重要であると思われるが、循環器・血液内科において他部署よりも高い線量が観察されていること、月間 1mSv を超える線量に透視作業が関連している傾向があることが見いだされ、透視を伴う作業に従事する医師に対しての管理・指導の充実が望まれると考えられた。また、ポータブル撮影についても高線量者の複数がこれに関与していることが判明した。ポータブル撮影の実施体制についても今後の検討の要があると考えられた。

看護師については、他群と異なる極めて特異な傾向が見いだされた。年齢については、高齢ほど実効線量が高くなる傾向が見られたが、これは看護部が女性の頻度が高いことから（調査対象において男性：女性＝800：120＝87%：13%）、若年女性を被ばく線量の高くなる部署を避けて配置する配慮が行われている可能性が示唆される。一方、内視鏡室で業務に就く看護師の線量が他群に比べて突出して高いことも注目すべきである。本研究班の別分担研究において、内視鏡室における放射線診療技師の配備率が不良でかつ大病院ほど放射線診療技師の配備率が低下する傾向が判明している。このことを考えると、今回の調査対象である大学病院のような大規模病院では、内視鏡室における放射線診療技師の関与率が低下し、このことが透視業務の放射線管理不十分、ひいては看護師の被ばくの増大につながっている、との可能性が否定できない。今後の重点的な調査が必要と思われる。

歯科医師については、他群と大きく異なる傾向は見いだされなかったが、医師群に比べ対象者数が少ない。

その他の群は対象数が少なく評価が難しいが、薬剤師がやや線量が高い傾向が認められた。これについては、福島県立医科大学において核医学・PET 部門で従事する薬剤師が含まれていることが影響している可能性がある。核医学・PET 部門に注目した検討が必要と思われる。

今回の集計は大学病院のデータで有り、管理が行き届きやすい状況にあると思われる。現在複数の市中病院でのデータ収集を依頼しており、このデータも加味しての新たな集計が必要である。また、今回の検討は電離則改訂前の集計であり、電離則改定が線量にどのような影響を及ぼしたかを令和 3 年の線量データと比較することで調査する必要があると考えられた。

E. 結論

平成 30 年度における 3 大学病院 3000 件超の被ばく線量管理データを元に検討を行った。全体としては良好な管理が行われ、実効線量は低く抑えられていたが、医師においては突出して高い一部の医師が存在し、個別管理の重要性が示唆された。放射線診療技師については、集団としての線量がやや高いため、集団管理の観点での被ばく低減策の策定が望まれる。一方、看護師においては他群とはやや異なる傾向があり、内視鏡室における被ばく低減のための対策策定が必要である可能性が示唆された。

なお、本研究については、今後令和 3 年度において、電離則改訂後の線量管理状態を調査するための追加調査を行う予定である。

F. 健康危険情報

(総括研究報告書に記載)

G. 研究発表

1. 論文発表

無し

2. 学会発表

無し

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む)

1. 特許取得

無し

2. 実用新案登録

無し

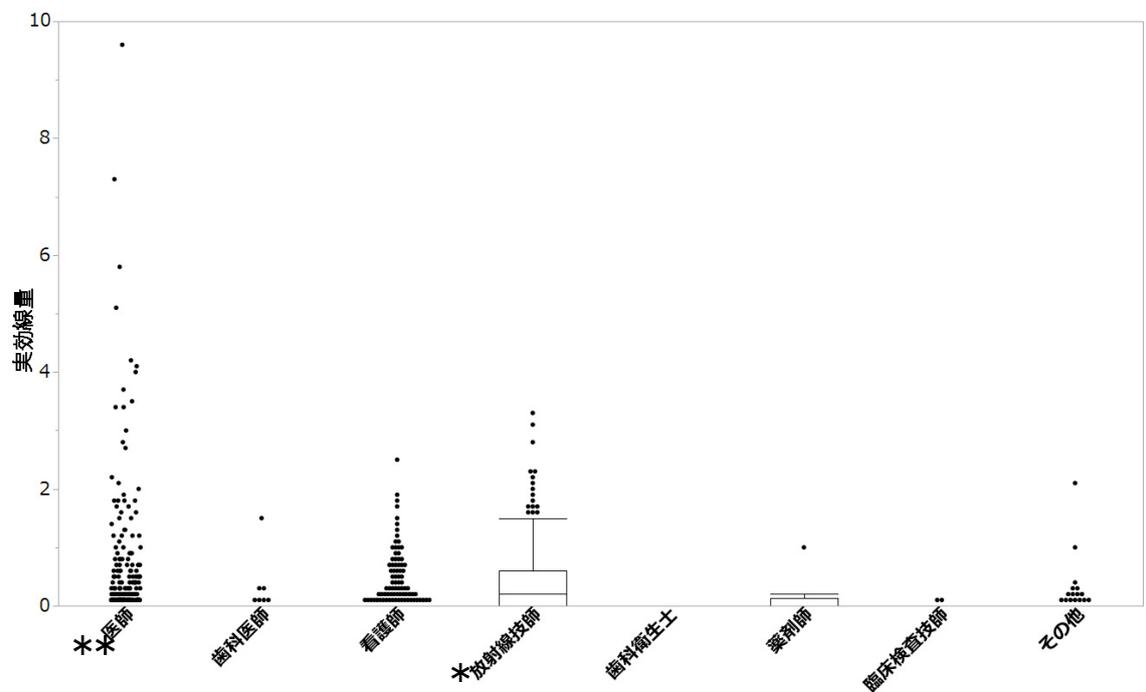
実効線量の詳細

職種内訳、及び職種毎の実効線量内訳

mSv/yr	0	0.1~0.9	1~1.9	2~2.9	3~3.9	4~4.9	5~	総数
医師	1299	159	22	5	5	3	4	1497
歯科医師	304	6	1					311
看護師	838	68	13	1				920
診療放射線技師	70	63	22	6	2			163
歯科衛生士	13							13
薬剤師	7	2	1					10
臨床検査技師	14	2						16
その他	111	14		1				126
総計	2655	314	60	13	7	3	4	3056

大多数（86.9%）は測定限界以下の線量である。

職種別	医師	歯科医師	看護師	放射線技師	歯科衛生士	薬剤師	臨床検査技師	その他
n	1497	311	920	163	13	10	16	125
平均	0.096	0.008	0.046	0.450	0	0.130	0.013	0.045
標準偏差	0.514	0.089	0.208	0.672	0	0.313	0.034	0.215
最大	9.60	1.50	2.50	3.30	0	1.00	0.10	2.10
75%	0	0	0	0.60	0	0.13	0	0
中央値	0	0	0	0.20	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0	0



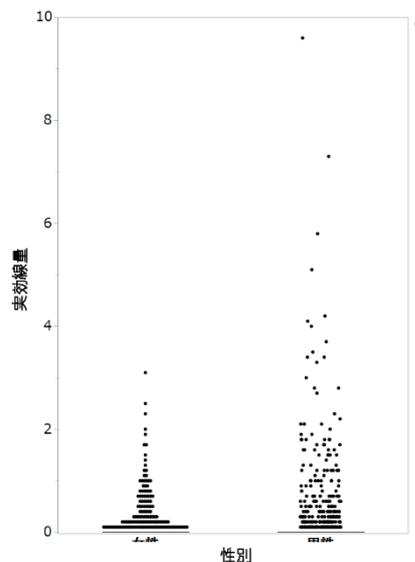
* 放射線技師：薬剤師を除くすべての他の群に対して $p < 0.01$ で有意に大きい

** 医師：歯科医師に対して $p < 0.05$ で有意に大きい

性別内訳、及び性別毎の実効線量内訳

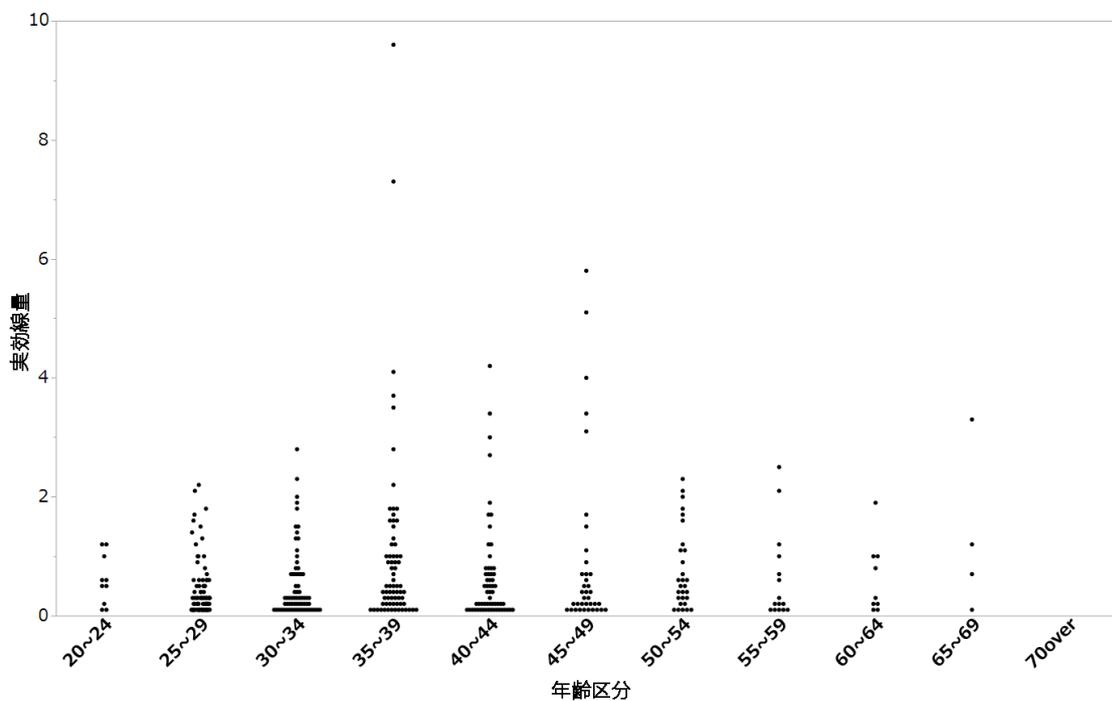
	女性	男性
n	1425	1630
平均	0.046	0.125
標準偏差	0.216	0.538
最大	3.10	9.60
75%	0	0
中央値	0	0
25%	0	0
最小	0	0

p<0.01 で有意に男性が大きい



年齢区分（5歳間隔）、及び年齢階層ごとの実効線量内訳

	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74
n	85	715	664	560	386	271	194	103	55	20	2
平均	0.071	0.054	0.055	0.128	0.102	0.127	0.115	0.092	0.102	0.265	0.000
標準偏差	0.237	0.219	0.251	0.645	0.411	0.618	0.377	0.362	0.330	0.775	0.000
最大	1.20	2.20	2.80	9.60	4.20	5.80	2.30	2.50	1.90	3.30	0
75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



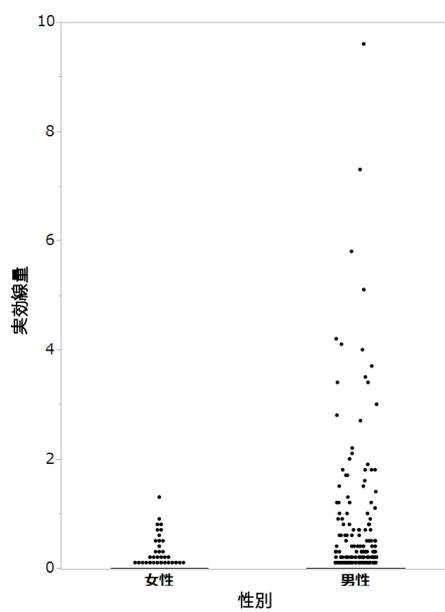
年齢との有意な関係なし

医師

性別による内訳

	女性	男性
n	370	1127
平均	0.030	0.118
標準偏差	0.131	0.586
最大	1.30	9.60
75%	0	0
中央値	0	0
25%	0	0
最小	0	0

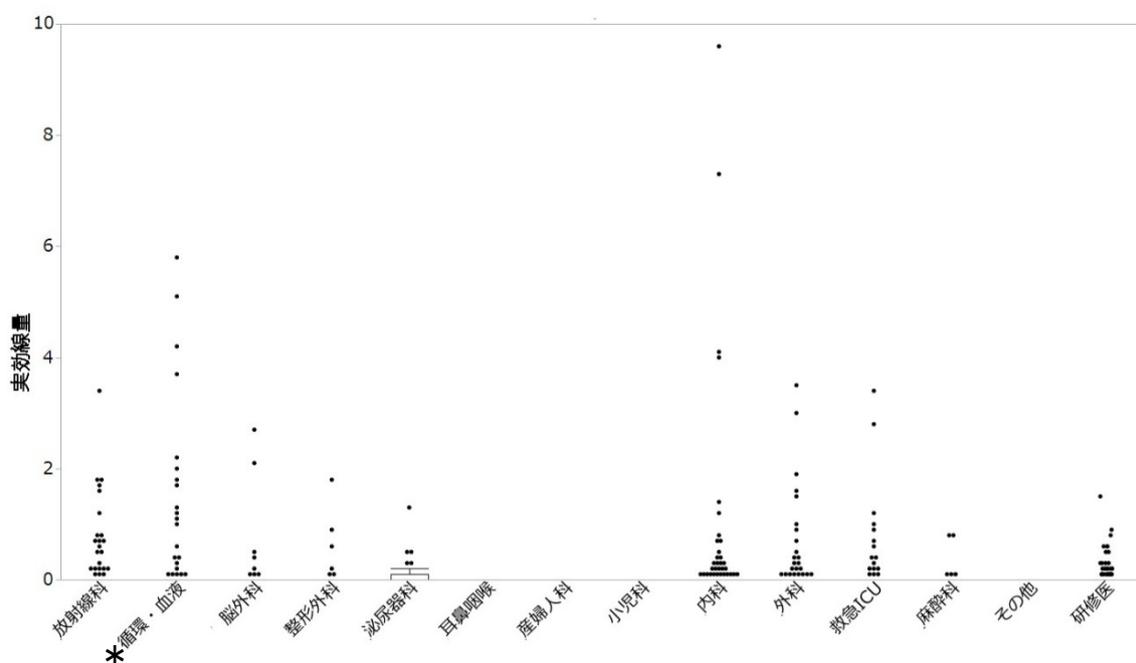
$p < 0.01$ で男性が大きい



所属による内訳

	放射線	循環・血液	脳外科	整形外科	泌尿器科	耳鼻咽喉科	産婦人科
n	105	100	71	79	62	20	25
平均	0.175	0.335	0.087	0.047	0.068	0	0
標準偏差	0.496	1.010	0.408	0.235	0.192	0	0
最大	3.40	5.80	2.70	1.80	1.30	0	0
75%	0	0	0	0	0.10	0	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0

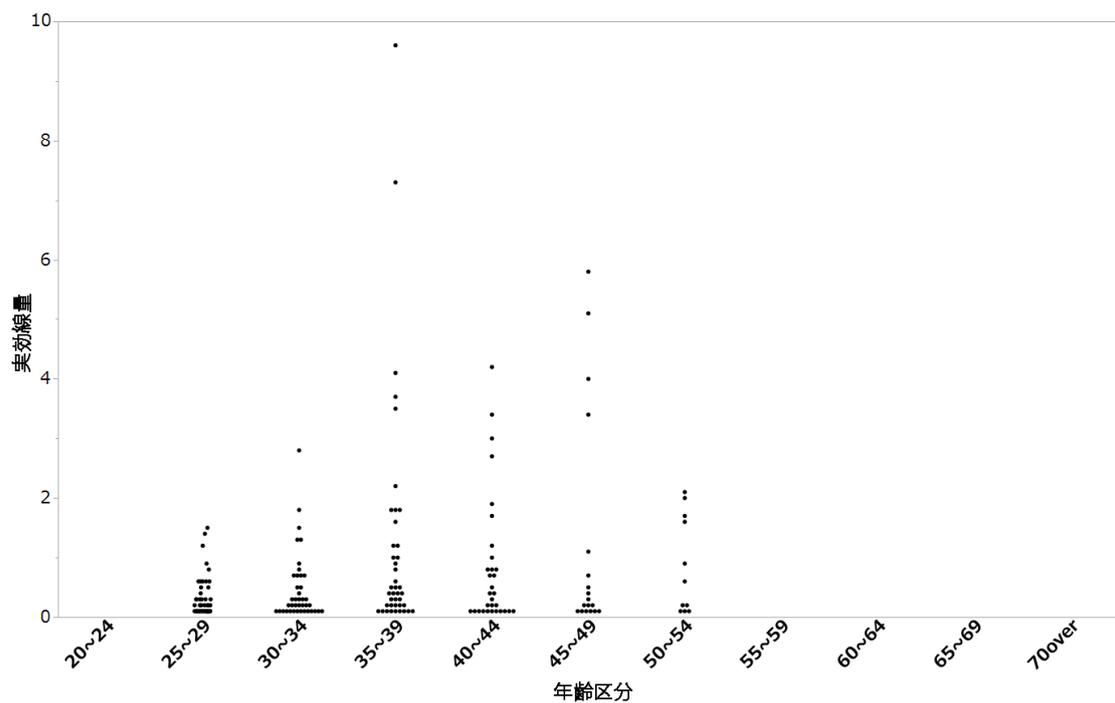
	小児科	内科	外科	救急ICU	麻酔科	その他	研修医
n	44	345	171	69	110	19	277
平均	0	0.100	0.102	0.183	0.017	0.000	0.042
標準偏差	0	0.726	0.428	0.566	0.108	0.000	0.145
最大	0	9.60	3.50	3.40	0.80	0.00	1.50
75%	0	0	0	0	0	0	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0



* 循環・血液：麻酔科・研修医・内科に対して $p < 0.01$
 小児科・整形外科・外科に対して $p < 0.05$ で大きい

年齢階層による内訳

	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74
n	2	297	354	332	235	137	82	34	17	6	1
平均	0.000	0.056	0.053	0.151	0.111	0.164	0.118	0.000	0.000	0.000	0.000
標準偏差	0.000	0.182	0.242	0.790	0.486	0.795	0.416	0.000	0.000	0.000	0.000
最大	0.00	1.50	2.80	9.60	4.20	5.80	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00
75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



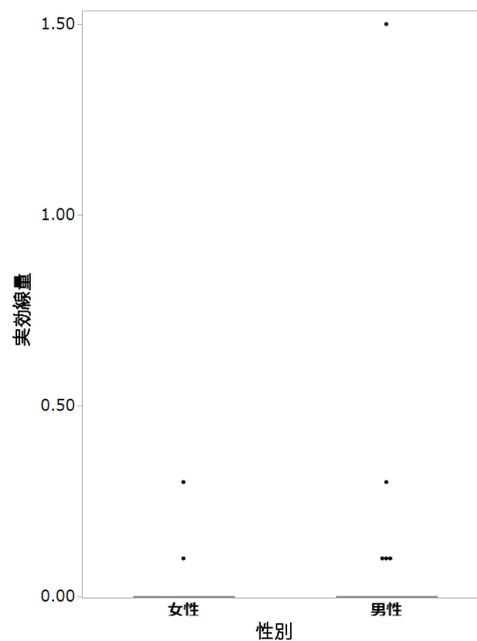
年齢との有意な関係なし

歯科医師

性別による内訳

	女性	男性
n	139	172
平均	0.003	0.012
標準偏差	0.027	0.117
最大	0.30	1.50
75%	0	0
中央値	0	0
25%	0	0
最小	0	0

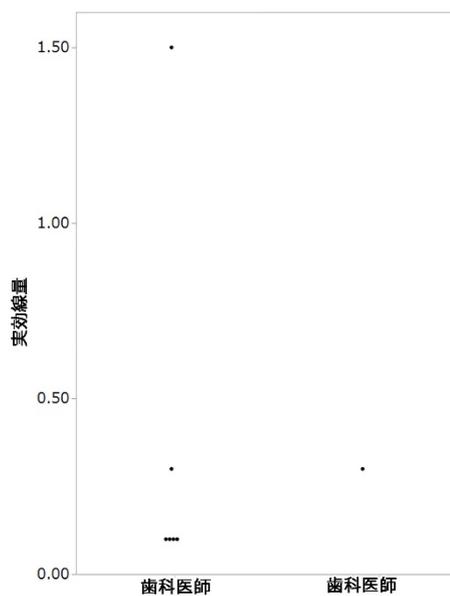
性別による有意な差はない。



所属による内訳

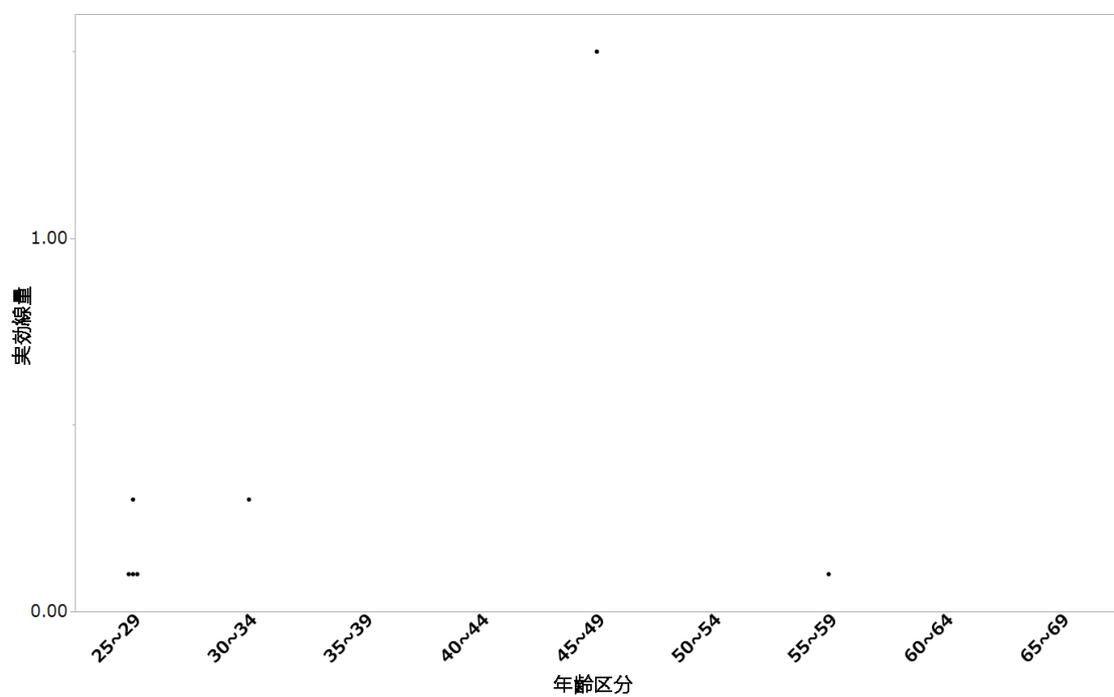
	歯科	歯科研修医
n	287	24
平均	0.008	0.013
標準偏差	0.091	0.061
最大	1.50	0.30
75%	0	0
中央値	0	0
25%	0	0
最小	0	0

有意な差はない。



年齢階層別による内訳

	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69
n	112	83	40	17	19	18	14	5	3
平均	0.005	0.004	0.0	0.0	0.079	0.0	0.007	0.0	0.0
標準偏差	0.032	0.033	0.0	0.0	0.344	0.0	0.027	0.0	0.0
最大	0.30	0.30	0	0	1.50	0.0	0.10	0.0	0.0
75%	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0	0	0



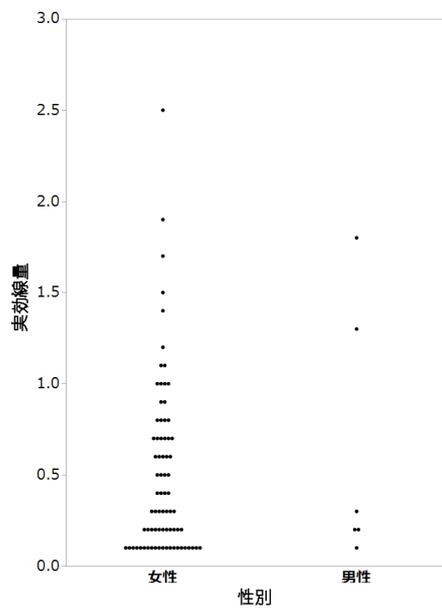
年齢との有意な関係なし

看護師

性別による内訳

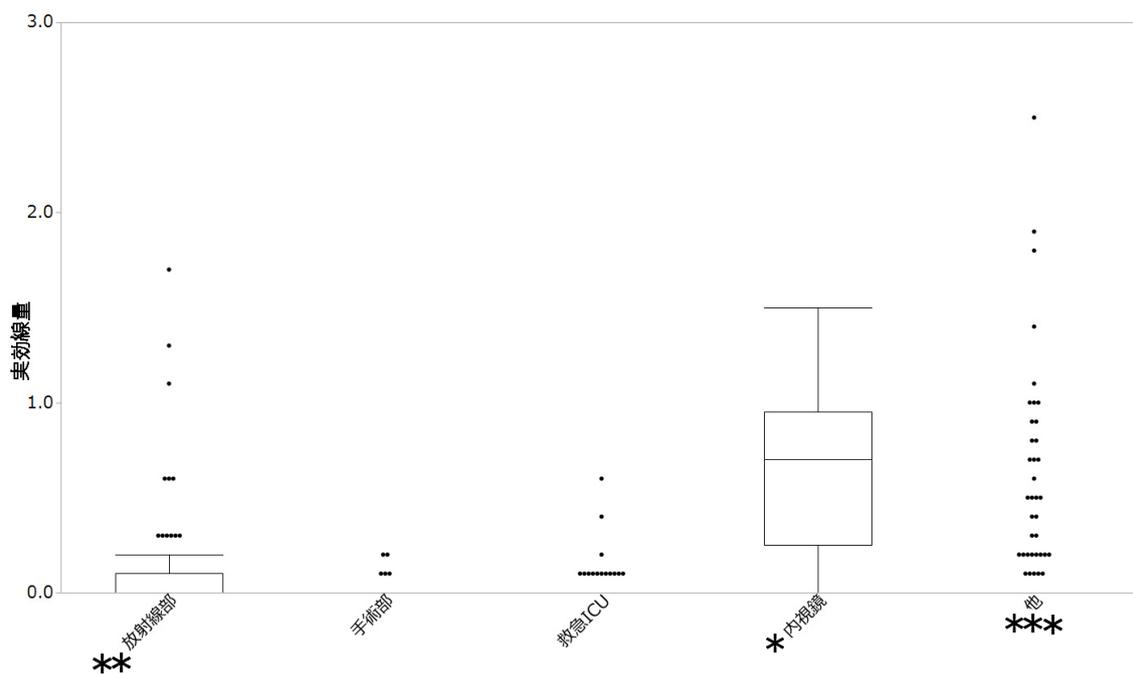
	女性	男性
n	800	120
平均	0.048	0.033
標準偏差	0.209	0.205
最大	2.50	1.80
75%	0	0
中央値	0	0
25%	0	0
最小	0	0

性別による有意差なし



所属による内訳

	放射線部	手術部	救急ICU	内視鏡	他
n	56	212	309	12	331
平均	0.146	0.003	0.007	0.667	0.070
標準偏差	0.338	0.226	0.046	0.458	0.271
最大	1.70	0.20	0.60	1.50	2.50
75%	0	0	0	0.95	0.1
中央値	0	0	0	0.70	0
25%	0	0	0	0.25	0
最小	0	0	0	0	0



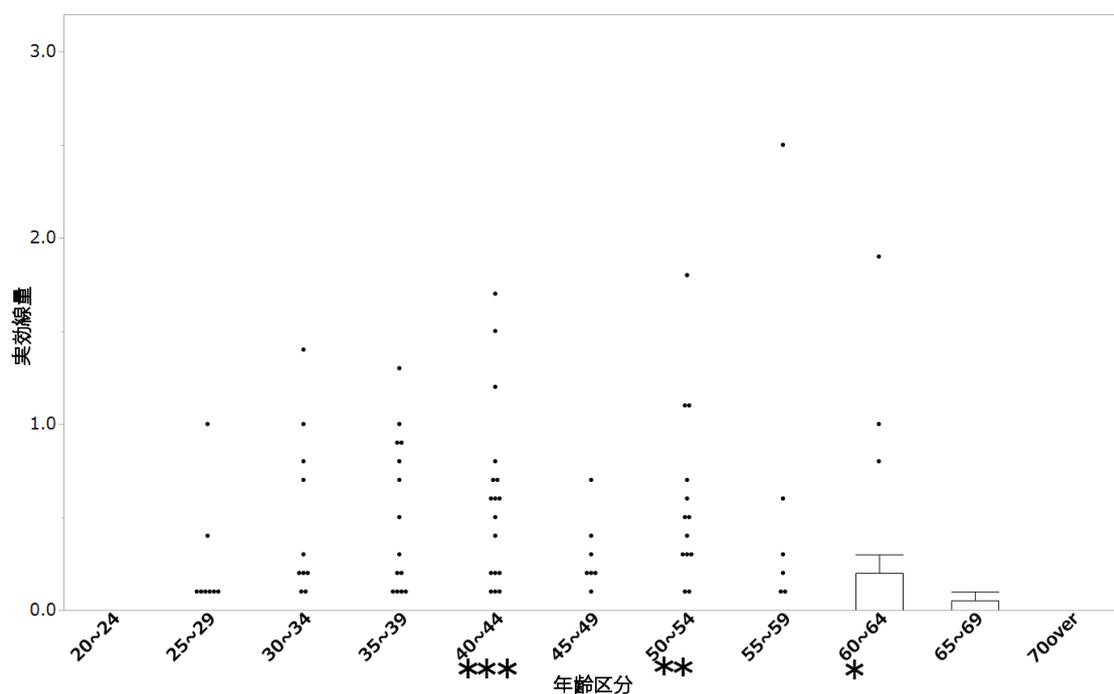
* 内視鏡室: 他のすべてに対して $p < 0.01$ で大きい

** 放射線部: 手術部、救急ICU に対して $p < 0.01$, 他に対して $p < 0.05$ で大きい

*** 他: 手術部、救急ICU に対して $p < 0.01$ で大きい

年齢階層別による内訳

	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74
n	66	241	173	141	98	81	67	28	19	5	1
平均	0.000	0.083	0.029	0.051	0.104	0.026	0.116	0.136	0.226	0.020	0.000
標準偏差	0.000	0.071	0.156	0.199	0.301	0.101	0.315	0.481	0.495	0.045	0.000
最大	0.00	1.00	1.40	1.30	1.70	0.70	1.80	2.50	1.90	0.10	0.00
75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0.05	0
中央値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



* 60-64 歳: 20-24, 25-29, 30-34, 45-49 歳の階層に対して $p < 0.01$, 35-39 歳の階層に対して $p < 0.05$ で大きい

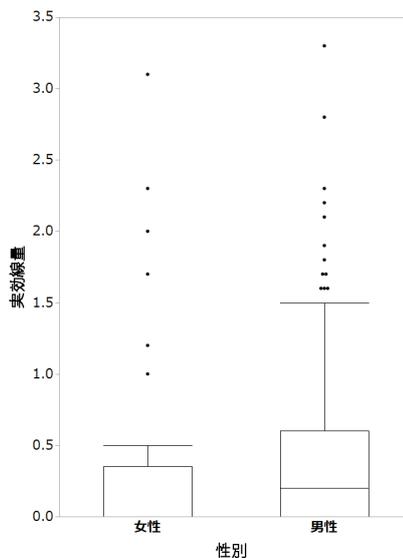
** 50-54 歳: 25-29 歳の階層に対して $p < 0.01$, 20-24 歳の階層に対して $p < 0.05$ で大きい

*** 40-44 歳: 25-29 歳の階層に対して $p < 0.01$

放射線技師

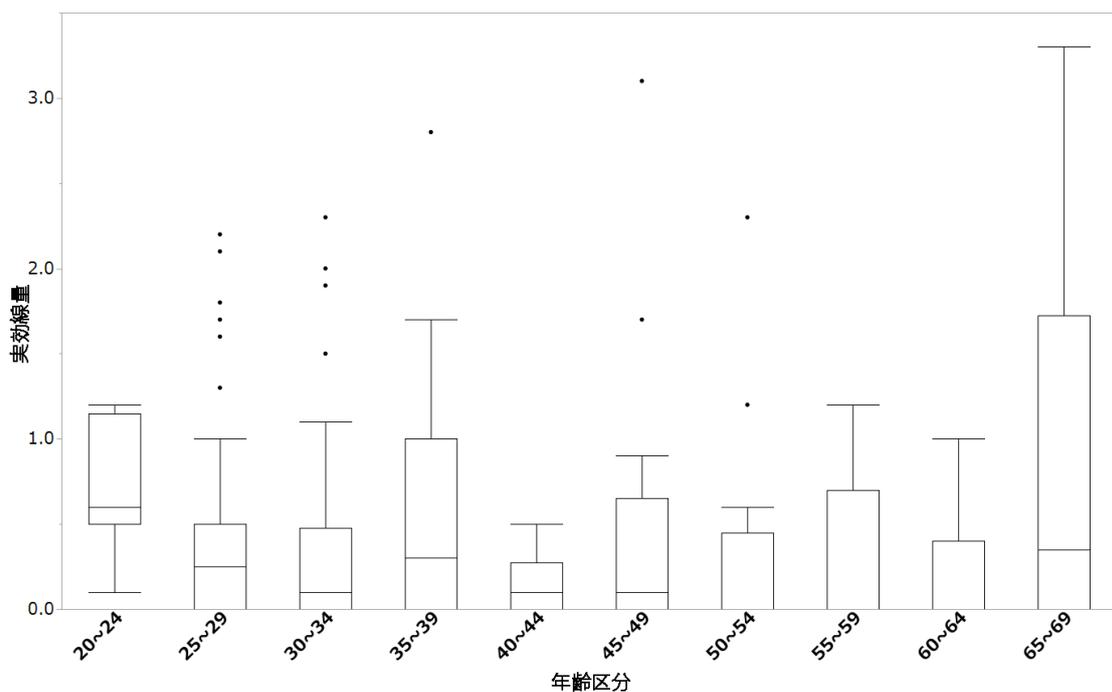
性別による内訳

	女性	男性
n	33	130
平均	0.409	0.461
標準偏差	0.778	0.646
最大	3.10	3.30
75%	0.35	0.60
中央値	0	0.20
25%	0	0
最小	0	0



年齢階層別による内訳

	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69
n	8	40	26	25	14	17	14	7	6	6
平均	0.713	0.453	0.435	0.576	0.164	0.488	0.350	0.286	0.200	0.867
標準偏差	0.387	0.622	0.705	0.751	0.198	0.813	0.662	0.478	0.400	1.289
最大	1.20	2.20	2.30	2.80	0.50	3.10	2.30	1.20	1.00	3.30
75%	1.15	0.50	0.48	1.00	0.28	0.65	0.45	0.70	0.40	1.73
中央値	0.60	0.25	0.10	0.30	0.10	0.10	0.00	0	0	0.35
25%	0.50	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
最小	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



医療関係者の職業被ばくに 影響を与える要因に関する 後向き研究

長崎大学 原爆後障害医療研究所
アイソトープ診断治療学研究分野

研究責任者 教授 工藤 崇

作成年月日：2019年11月6日
第1.1版

1. 研究の目的、意義及び研究の科学的合理性の根拠
2. 研究の方法及び期間
3. 研究対象者の選定方針
4. インフォームド・コンセントの方法
5. 個人情報等の保護の方法（匿名化する場合にはその方法を含む。）
6. 倫理的問題点等
7. 予測されるリスク及び利益、これらの総合的評価並びに当該負担及びリスクを最小化する対策
8. 研究等の期間及び当該期間終了後の試料・情報（研究に用いられる情報に係る資料を含む。）
の保管及び廃棄の方法
9. 研究の資金源等、研究機関の研究に係る利益相反及び個人の収益等、研究者等の研究に係る
利益相反に関する状況
10. 研究に関する情報公開の方法
11. 研究対象者等及びその関係者からの相談等への対応
12. 研究対象者等に経済的負担又は謝礼について
13. 侵襲（軽微な侵襲を除く。）を伴う研究の場合には、重篤な有害事象が発生した際の対応
14. 侵襲を伴う研究の場合には、当該研究によって生じた健康被害に対する補償の有無及びその
内容
15. モニタリング及び監査の方法

1. 研究の目的、意義及び研究の科学的合理性の根拠

医療における放射線利用は、患者の診断・治療のために不可欠な診療行為の一つとなっているが、同時に被ばくに伴うリスクも生じる。医療における放射線被ばくのリスクは患者のみでなく、放射線を取り扱う医師・技師・看護師などの医療関係者にも存在するが、患者の被ばくリスクに比べて、その検討は極めて少ない。医療関係者の被ばくは職業被ばくに分類され、法令に基づき線量限度が定められ管理されているが、どのような医療行為・職種が高い職業被ばくに結びついているかについては、定量的な研究はほとんど無く、現状の把握が極めて不十分である。2020年には電離則の改定に伴い、水晶体の線量限度の引き下げが予定されており、これに伴って、被ばく低減の対策が必要となっているが、そのためには現状の把握が必須である。これらの背景に基づいて、本研究では病院における職業被ばくの現状を把握し、職業被ばくの増減に影響を与える要因を同定することを目的とする。

2. 研究の方法及び期間

1) 研究者

研究責任者

長崎大学 原爆後障害医療研究所 アイソトープ診断治療学研究分野
教授 工藤 崇

研究分担者

原爆後障害医療研究所 国際保健医療福祉学研究分野 教授 高村 昇
原爆後障害医療研究所 放射線生物・防護学分野 教授 松田尚樹
広島大学 医歯薬保健学研究科 放射線診断学 栗井和夫
福島県立医科大学 放射線医学講座 伊藤 浩
福島県立医科大学 ふくしま国際医療科学センター先端臨床研究センター 織内 昇

2) 研究期間

倫理委員会承認後～2022年3月31日

3) 症例数

約1500名（1施設あたり約500例、参加施設数により増減する）

4) 解析・評価方法

本研究は後ろ向き研究であり、侵襲はなく、治療介入は行わない。
既存の情報のみを用いる。方法は以下の通りである。

【方法】

2016年度～2018年度の計36か月における長崎大学病院（および研究協力施設の医療従事者）のうち、放射線取扱業務従事者として個人線量計で線量が管理されている正規職員（派遣職員は除く）について、年齢・性別・職種（医師・技師・看護師等）・所属部署（放射線科・整形外科等）・主な放射線取扱業務（透視業務・血管造影等）、該当期間の毎月の被ばく線量（胸部。頭部の測定が行われている場合は頭部も）の情報を収集。各職員には連結可能匿名化IDを振り分けた上で、被ばく量を従属変数、それ以外を独立変数として、どのような因子が被ばく量の増減に影響を与えているかを検討する。

年齢・性別・所属部署・線量については、放射線取扱者の既存の個人線量計の管理データの

保管が法令により義務づけられているため、これより抽出を行う。

職種については、職員録より抽出を行う。放射線取扱業務の種類については放射線を取り扱う管理区域の入室記録・管理区域において行われた検査の検査記録より抽出を行うことで、既存データ以外の新たなデータ収集は行わない。

これらのデータについて下記表のごとく、職員番号（ないしは個人線量計管理ID）をキーとした**原票**を作成する。

職員番号	年齢	性別	職種	所属	業務	線量
12345678	54	M	医師	放射線科	核医学	1.2 μ Sv
87654321	41	F	技師	放射線部	血管造影	0.5 μ Sv
〇〇〇〇	〇〇〇〇					

一方、それとは別に、職員番号と匿名化IDの**対応表**を作成する。個人の同定を防ぐため、年齢は5年区切りの単位に変換する。

職員番号	匿名化ID	年齢
12345678	NG-00001	51-55
87654321	NG-00002	41-45

最終的に、職員番号を匿名化IDに置き換えた**データ表**を下記のように作成する。

匿名化ID	年齢	性別	職種	所属	業務	線量
NG-00001	51-55	M	医師	放射線科	核医学	1.2 μ Sv
NG-00002	41-45	F	技師	放射線部	血管造影	0.5 μ Sv
〇〇〇〇	〇〇〇〇					

原票、および**対応表**は、ハードウェア暗号化USBメモリーの中に保存した上で、鍵のかかる保管庫の中に保存して、解析には利用しない。

データ表を用いて、線量を従属変数、それ以外の変数を独立変数とした回帰分析、および多変量解析を行うことで、線量の増減に影響を与える因子を抽出する。

3. 研究対象者の選定方針

長崎大学病院および研究協力施設の個人線量計で管理されているすべての放射線取扱従事者を対象とする。

研究施設・研究協力施設は長崎大学・広島大学・福島県立医科大学。

今後追加も考えられるため、追加の場合は随時倫理審査にて追加申請を行う。

各施設ごとに約500名。計約1500名（参加施設の追加、参加施設内の放射線取扱従事者数により増減する）。

4. インフォームド・コンセントの方法

本研究は既存情報を用いる後ろ向き観察研究である。研究の概要を長崎大学医歯薬学総合研究科ホームページに公開し、研究対象者等が情報等を研究に使用されることについて拒否できる機会を保障する。研究対象者等より情報の利用拒否の申し出があった場合はその旨を記録に残し、その研究対象者の研究に関する情報は解析対象からはずす。

得られた情報は当該研究の解析及び成果発表以外の目的で使用しない。

調査資料等は、研究期間の終了まで管理・保存する。データや情報を保存した電子媒体、電

子機器類はパスワードで保護するとともに、情報交換プログラムのインストールを禁止し、情報の漏洩を防止する。データはキャビネットなどの施錠可能な場所に保管し、情報漏洩については十分配慮する。研究期間終了後には、個人情報に関わるデータ等のすべての情報は、コンピューター上のデータは復元できないような状態で完全に消去し、その他の資料は細かく裁断の上、廃棄する。

5. 個人情報等の保護の方法（匿名化する場合にはその方法を含む。）

本研究に関わる関係者は、研究対象者の個人情報保護について、適用される法令、条例を遵守する。また研究関係者は、研究対象者の個人情報およびプライバシー保護に最大限の努力を払い、本研究を行う上で知り得た個人情報を正当な理由なく漏らさない。研究関係者がその職を退いた後も同様とする。

また、研究結果を公表する際は個人情報を含まないように十分配慮する。

個人情報を含むデータ原票、および対応表は、ハードウェア暗号化USBメモリーの中に保存した上で、鍵のかかる保管庫の中に保存して、解析には利用しない。USBのパスワード、および保管庫の鍵については、原爆後障害医療研究所の原研情報室で保管し、情報管理者は本研究の研究責任者および研究分担者は管理しない。研究期間中、質問紙を含むすべての資料は施錠可能な場所に保管する。鍵は情報管理者が保管し、管理する。情報の保護に細心の注意を払い、調査情報を処理するコンピューター及ファイルのパスワードを設定し、研究関係者以外のアクセスを制限する。また、ファイル交換プログラム導入禁止等情報漏洩の危険性を可逆的に排除し、情報を適切に管理する。

6. 倫理的問題点等

本研究はヘルシンキ宣言、及び、文部科学省・厚生労働省による「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠して実施するが、倫理的問題点として、個人情報を用いて分析を行うため、個人のプライバシーを侵す危険性がある。このため、対象者の研究参加に伴う危険・不利益から可能な限り保護するために、長崎大学医歯薬学総合研究科ホームページにて、研究内容の公表を行い、同意撤回の機会の保障、個人情報の保護に努める。

7. 予測されるリスク及び利益、これらの総合的評価並びに当該負担及びリスクを最小化する対策

倫理的問題点として、個人情報を用いて分析を行うため、個人のプライバシーを侵す危険性がある。このため、データの解析はすべて匿名化IDに置き換えられたデータで行い、本研究で得られるいかなる個人情報も本研究以外の目的には用いない。すべての情報を記録したコンピューターのパスワード保護、ファイル交換プログラム導入禁止等情報漏洩の危険性を可及的に排除し、情報を適切に管理する。

8. 研究等の期間及び当該期間終了後の試料・情報（研究に用いられる情報に係る資料を含む。）の保管及び廃棄の方法

個人情報を含むデータ原票、および対応表は、ハードウェア暗号化USBメモリーの中に保存した上で、鍵のかかる保管庫の中に保管する。USBのパスワード、および保管庫の鍵については、原爆後障害医療研究所の原研情報室で保管し、研究責任者の責任のもと、研究期間の終了まで管理・保存する。個人情報を含まないデータや情報を保存した電子媒体、電子機器類についてもパスワードで保護するとともに、情報交換プログラムのインストールを禁止し、

情報の漏洩を防止する。これらの手段によって、情報漏洩については十分配慮する。研究期間終了後には、個人情報に関わる記録データ等のすべての情報は、コンピューター上のデータは復元できないような状態で完全に消去し、その他の資料は細かく裁断の上、廃棄する。

9. 研究の資金源等，研究機関の研究に係る利益相反及び個人の収益等，研究者等の研究に係る利益相反に関する状況

本研究の資金源には厚生労働省「労災疾病臨床研究事業費補助金」を用いる。本研究課題にかかる利益相反事項は生じない。

10. 研究に関する情報公開の方法及び研究結果の帰属

- ・ 研究の概要及び結果の登録について（介入を行う研究が対象）
該当なし
- ・ 研究成果の公表方法，方針及び帰属について（全ての研究が対象）
長崎大学 原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野の学術成果として公表する。
また、本研究は厚生労働省「労災疾病臨床研究事業費補助金」の班研究「放射線業務従事医療関係者の職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究」として行われるため、厚生労働省への報告書の形でも公表される。

11. 研究対象者等及びその関係者からの相談等への対応

本研究に関する相談等のために、以下の連絡先を情報公開文書に記載する。

問い合わせ先：

〒852-8523 長崎市 坂本1丁目12-4

長崎大学原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野

教授 工藤 崇 (研究責任者)

電話095-819-7101

12. 研究対象者等に経済的負担又は謝礼について

なし

13. 侵襲（軽微な侵襲を除く。）を伴う研究の場合には，重篤な有害事象が発生した際の対応
侵襲・介入を伴わないため、該当なし

14. 侵襲を伴う研究の場合には，当該研究によって生じた健康被害に対する補償の有無及びその内容

侵襲・介入を伴わないため、該当なし

15. モニタリング及び監査の方法

侵襲・介入を伴わないため、なし

労災疾病臨床研究事業費補助金
分担研究報告書

2) 医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況に関する研究

研究分担者 伊藤 浩 福島県立医科大学 医学部 教授
研究分担者 織内 昇 福島県立医科大学 先端臨床研究センター 教授
研究分担者 栗井和夫 広島大学 医歯薬保健学研究科 教授
研究分担者 工藤 崇 長崎大学 原爆後障害医療研究所 教授
研究分担者 松田尚樹 長崎大学 原爆後障害医療研究所 教授

研究要旨

【目的】職業被ばくのうち、年間平均線量限度である 20mSv/年を超えるものの大多数は医療関係者の被ばくである。さらに、ICRP の勧告で水晶体被ばくの線量限度を 5 年間で 100, 1 年間で 50mSv を超えないように引き下げることが提唱され、本邦でもこれに従った電離放射線障害防止規則（電離則）改正が行われた。一方、医療施設における医療行為に伴う被ばくの管理実態の把握は十分ではなく、管理の不徹底が、水晶体被ばくをはじめとする医療者の被ばくの低減を妨げる可能性が否定できない。本研究では管理の現状把握を目的とする。【方法】放射線を用いる業務を行っている医療施設における放射線管理および教育研修の実態を把握するために、Web アンケートの手法を用いた情報収集を行った。対象は日本医学放射線学会指定の教育研修施設（895 施設）。令和元年度のフィージビリティ調査で作成したアンケートを用い令和 3 年 2 月にアンケートを完了した。【結果】アンケート対象施設のうち 336 施設より回答が得られた（回答率=37.5%）。病院の種類としては、大学病院=16%、総合病院=73%、専門病院=4%、その他=6%と総合病院が大多数を占めた。病院規模では 600 床以上=27%、600-400 床=38%、400-200 床=31%、200-50 床=4%の分布であった。ほとんどの施設で被ばく線量の管理は行われていたが、委員会等の組織への報告が定期的に行われていない施設が 30%、高線量が確認された場合に測定メーカーからの迅速報告を行う措置を行っていない施設が 33%存在した。線量限度を超える可能性のある従事者が 1 名以上いる施設が 21%存在したが、実際に超えた施設は 6%に止まった。フィルムバッジをつけていない可能性のある従事者が存在する可能性が高い科（20%以上）は整形外科と消化器外科であった。放射線防護眼鏡が十分に配備されている施設は 40%にとどまり、特に手術室においての配備率が不良であった。水晶体専用の測定装置の利用率は 15%にとどまっていた。内視鏡室への放射線技師の配備について、規模の大きい病院ほど配備状況が悪いという特異な傾向が見いだされた。【考察】多くの施設で良好な管理状況にあると思われたが、水晶体に特化した線量測定は不十分な状況であり、水晶体被爆を防ぐための防護眼鏡の普及も不十分と考えられる。水晶体線量の線量限度遵守のために、水晶体の線量測定と防護眼鏡の普及が必須と考えられる。

A. 研究目的

職業被ばくのうち、年間平均線量限度である 20mSv/年を超えるものの大多数は医療関係者の被ばくである。特に、水晶体被ばくについては、令和 3 年度の電離放射線障害防止規則（電離則）改正により、線量限度が 5 年間で 100mSv, 1 年間で 50mSv を超えない、と大幅に引き下げられた。この線量限度は医療現場の実態からはかなり厳しい線量限度で有り、米国では対応困難として法令の改正が行われていない。本邦においても引き下げのためには実態の把握と、線量の管理、防護措置の充実が必要であるが、実態としての管理状況が、線量限度の引き下げに対応できる状況であるかは明らかでない。水晶体線量の低減のためには実態把握のための線量測定、低減のための防護眼鏡の利用などの対応が必要であるが、このよう対応が十分にとられているとは言いがたく、その基礎となる放射線利用・被ばくの管理・研修が十分に行われているかを把握する必要がある。今回の研究の目的は、大規模なアンケート調査によって、医療現場における放射線業務従事者の管理の状況を把握することを目的とする。令和 2 年度は、令和 1 年度のフィージビリティ調査で作成されたアンケートを利用して実際の施設に対して調査を実行した。

B. 研究方法

アンケートは Web アンケートの形式をとった。これは回答の簡便性を高くし、回収率を向上させることが目的である。アンケート調査の内容については、同一研究事業補助を受けている別研究班（細野班）において作成されたアンケート項目を共有したが、

Web アンケートであることを考慮して主に管理状況の調査項目に回答数を絞り込んだ。質問項目は、医療機関のタイプ・規模などの「基本事項」、放射線業務従事者の被ばく線量管理の実態・方法などの「従事者管理」、研修受講率などの「研修・指導」、放射線防護具・防護眼鏡の配布状況・量などの「作業環境」、の項目について、48 問の設定問を設けた。実際のアンケートについては、別紙の通りの内容である。対象者は日本医学放射線学会の教育研修施設（放射線科専門医修練機関および同総合修練機関）895 施設とした。日本医学放射線学会の理事会での許可の後、令和 3 年 1 月 17 日より 2 月 15 日にかけて Web 上でアンケートを行った。アンケートの質問項目が多いことを考慮して、事前にデータ確認が出来るように、すべての対象施設に対して、同一質問内容を pdf 化したものを事前に郵送した。

（倫理面への配慮）

長崎大学医歯薬学総合研究科において倫理審査を受け、承認を得た（許可番号:20082802）。侵襲を伴う研究ではないが、アンケートの第一問を施設名称の入力欄とし、この入力を持って同意とする形式をとった。個人情報の収集は行っていない。

C. 研究結果

最終結果の全データは別紙の通りである。

1) 回収率

アンケート対象施設のうち 336 施設より回答が得られた（回答率=37.5%）。

	>600	600-400	400-200	200-50	<50	合計
大学病院	45	6	2	0	0	53
総合病院	15	111	84	7	0	217
専門病院	1	5	8	0	1	15
その他	0	5	10	6	0	21
合計	61	127	104	13	1	

2) 基本事項

病院の種類、規模は表の通りである。

病院の種類としては、大学病院=16%、総合病院=73%、専門病院=4%、その他=6%と総合病院が大多数を占めた。

病院規模では600床以上=27%、600-400床=38%、400-200床=31%、200-50床=4%の分布であり、600床以上～200床の間にはほぼ均等に分布していた。

3) 従事者管理

ほとんどの施設で被ばく線量の管理は行われていたが2%（7施設）のみ行われていなかった。

被ばく線量の管理はほとんどの施設（300施設：91.2%）で診療放射線技師によって行われていた。

委員会等の組織への報告が定期的に行われていない施設が30%（101施設）存在した。測定結果の報告は、多くの施設（202施設：86.0%）で放射線安全を担当する委員会へと報告されていた。

高線量が確認された場合に測定メーカーからの迅速報告を行う措置を行っている施設は2/3（225施設：67.0%）いない施設が1/3（111施設：33.0%）であり、迅速報告の方法はFAXが66.7%（150施設）と主流であった。

被ばく量の多い従事者への注意喚起はほとんどの施設で行われており（321施設：95.5%）、その手法は直接の口頭での注意喚起が大多数であった（258施設：80%²）。放射線診療従事者数は最大1500名、最小9名、中央値167名、と極めて大きな幅に分布した。

被ばく管理は、医師については全員管理が35.4%（119施設）、管理区域立ち入り頻度による場合が58.9%（198施設）、被ばく線量による場合が1.8%（6施設）、その他が3.9%（13施設）であった。研修医については全員管理が62.5%（210施設）、管理区域立ち入り頻度による場合が28.0%（94施設）、被ばく線量による場合が3.0%（10施設）、その他が6.5%（22施設）と医師よりも全員管理が多くなる傾向が見られた。放射線技師については全員管理が98.5%（331施設）、管理区域立ち入り頻度による場合が0.6%（2施設）、被ばく線量による場合が0.9%（3施設）、その他は0で、全員管理がほとんどであった。看護師については全員管理が21.4%（72施設）、管理区域立ち入り頻度による場合が72.3%（243施設）、被ばく線量による場合が2.7%（9施設）、その他が3.6%（12施設）であり、医師と似た傾向であった。その他の職員については全員管理が17.9%（60施設）、管理区域立ち入り頻度による場

合が 65.2% (219 施設)、被ばく線量による場合が 7.1% (24 施設)、その他が 9.8% (33 施設) であった。

線量限度を超える可能性のある従事者が 1 名以上いる施設が 21% (71 施設)、そのうち 1 施設は 11 名以上存在するという回答であった。線量限度を超える恐れのある従事者に対する措置は 68.2% (229 施設) で定められていたが、その多くは注意喚起であり (212 施設 : 92.6%) であり、業務変更は 29.7% (68 施設)、部署異動は 2.2% (5 施設) にとどまった。これらの措置が実際に行われた施設は 28.6% (96 施設) にとどまっていた。一方で、過去 3 年間に線量限度を実際に超えた従事者がいた施設が 6% (20 施設) に止まっていた。

従事者管理は大多数の施設 (69%:234 施設) で放射線部門の放射線技師によって行われており、放射線管理を行う専門部門が存在する施設は 17% (57 施設) に限られた。

4) 研修・指導

フィルムバッジをつけていない可能性のある従事者が存在する可能性について科毎に分けて質問したところ、結果は別表の通りであった。いる可能性があるという回答した施設が 20% 以上であった科は整形外科と消化器外科。15% 以上であった科は消化器内科、その他の内科、小児科。10% 以上であった科は循環器内科、心臓外科、脳外科、泌尿器科であった。放射線科、技師については 5% 未満であった。

研修の受講率を高めるための方策としては、e-learning が最も利用されていた (66%:165 施設)。放射線測定器を着用していない従事者への着用促しについては、促

していないとする施設が 8% (27 施設) 存在した。その理由として最も多かったのは、医師に対しての指示は言いづらいとの理由であった (55% : 100 施設)。一方、日本医学放射線学会の研修施設であることを反映して、29% (96 施設) では、100% の着用率という回答が得られた。

5) 作業環境

水晶体専用の測定装置の利用率は 15% にとどまっていた。

放射線防護眼鏡が十分に整備されている施設は 40% にとどまり、特に手術室における配備率が不良であった。施設規模との関連では、血管造影室および内視鏡室への防護眼鏡配備が小規模な病院ほど不良になる傾向が見られた。

興味深い結果として、施設規模が大きいほど、内視鏡室への放射線技師配備率が悪いというデータが得られた。他の業務種については放射線技師配備率と施設規模の間に関連性は存在せず、特異的な現象であった。

D. 考察

対象施設の約 1/3 より回答を得ることが出来た。率としては低い値であるが、データ数としては 336 施設と多数の施設よりのデータが得られたものとおもわれる。また、施設サイズとしても、600 床以上が 27.1%、600-400 床が 37.8%、400 床-200 床が 31.0% と比較的均等なデータ分布であり、あまり偏りのないデータが得られたと考える。200 床未満のデータが 3.9% と少ないが、これについては、対象とした施設が日本医学放射線学会の教育研修施設であるため、ある程

度の規模が必要であることが想定され、対象群の性格を反映しているものと思われる。

被ばくの管理については、ほとんどの施設において診療放射線技師が管理している状況であった。また、管理部署も 69.3%の施設で放射線部門（診療放射線技師）であった。事務局とする施設も 17.9%存在する。管理を専門に行う部署は 83%の施設で存在しておらず、管理体制の充実のためには専門部所の設置が望ましいと思われるが、現在の医療経済環境で、それが現実的であるかは明らかでない。

線量超過に対応するための対策として、線量が高い場合のメーカー寄りの迅速措置を講じている施設が 67%であるが、その 2/3 がファックスの利用であり、電子的手法の利用が低いことが伺われた。

被ばく線量が高い従事者に対する注意喚起はほとんどの施設で行われており、管理は良好と考えられたが、一方で、放射線測定器を着用していない従事者に対する着用促しを頻繁に行っていない施設が半数以上（53.2%）に上っており、その理由が医師には言いづらい（55.3%）、他部署の方には言いづらい（36.3%）が主であることから、被ばく管理を診療放射線技師が担当していることに伴う、医師への促しの躊躇が伺われ、放射線管理を医師の手で行うことにより、放射線測定器の着用率が向上できる可能性が示唆される。

被ばく管理の状況は技師ではほとんどの施設で全員管理であるが、医師、看護師では立ち入り頻度による管理が主であった。一方、研修医の被ばく管理は全員管理が半数を超え、医師よりも全員管理が行われる傾向が高い。これは研修医が若年であること

に加え、現行の研修制度では移動が多いため、このような対応となっている可能性がある。

被ばく超過可能性のある従事者については、21.1%の施設で該当者の存在が示唆され、実際に線量限度を超える可能性のある従事者に対する措置を講じた施設は 28.6%に上っていた。一方、実際に限度を超えた施設が 6%にとどまっていることは、可能性のある従事者に対する措置が有効に機能していることを示唆すると思われる。一方、個人線量計を装着していないと想定される率が 10%以上であった科が整形外科・消化器外科・消化器内科・その他の内科・小児科・循環器内科・心臓外科・脳外科、泌尿器科と多数に渡っており、これらの科における着用促しが必要であるとともに、未着用の原因が何であるかの検討が必要と思われた。

研修については、多くの施設で受講率向上の方策が行われており、その多くが e-learning（66.5%）であったが、アンケート期間が COVID-19 の影響の強い令和 3 年 2 月であったことから、e-learning 利用に対する抵抗が少なくなっていた可能性がある。

放射線防護医の着用率については、放射線科の治療・診断・核医学業務で低値であったが、これは着用の必要性の低い業種であり、それ以外の業種ではほぼ 100%であることから、体幹部被ばくの低減に対する意識と管理状況は高いと考えられた。一方、防護眼鏡の着用率が 100%を超える施設はいずれの業務でも半分満たない。特に透視業務では 20%未満が半数を超えており、極めて低い値であった。唯一放射線科の IVR 業務では 6 割以上の施設（65.7%）で 100%の着

用率であり、これは対象施設が日本医学放射線学会教育研修施設という特性によるものと考えられたが、このような施設であっても、看護師が 100%着用出来ている施設は 3 割以下（血管造影 27.9%、透視 21.0%）と低いものにとどまっていた。さらに、水晶体専用の放射線測定器の利用は 15.5%と低い値にとどまり、水晶体線量の具体的把握が十分でないことが伺われる。防護眼鏡の配備率も十分である施設は半数以下（血管系 IVR=40.5%、透視を伴う内視鏡室=42.3%、一般 X 線透視室=30.4%、手術室=15.8%）と低いものであった。血管造影室、内視鏡室への配備率は小規模病院ほど不良になる傾向があり、経済的負担が配備に影響している可能性が否定できない。当研究班の別研究による透視業務における水晶体線量の実測では予想を大幅に超える水晶体線量が観察されていることから、透視作業環境に対する防護眼鏡の普及が急務であることが示唆される。

診療放射線技師の配置率については、血管系 IVR では良好であったが、透視を伴う内視鏡室一般 X 線透視室、手術室では 100%配置できている施設が半数以下であった。特に透視を伴う内視鏡室については、規模が大きい病院ほど配置が不良となるという特異なパターンが認められ、これは大規模病院では内視鏡室の作業を消化器内科などの内視鏡を扱う科が放射線科とは離れて独立して運用されている傾向を反映していると考えられる。内視鏡室に対する放射線管理の充実が必要と思われた。

本アンケート調査については、同一研究事業費補助金を得ている「細野班」でも同様の調査が行われている。細野班では、全国の

労災病院に対しての調査が行われ、当研究班では、日本医学放射線学会の教育研修施設が対象で、調査対象の性格がやや異なっている。細野班の対象と当班の対象は補完的を得る可能性が高いため、細野班と共有可能な部分については一つのデータとしてまとめた解析を行うことで、医療現場における管理・教育・研修状況の改善により役立つ情報が得られると考えられる。令和 3 年度以降、細野班とのデータ統合を行う協力体制を構築していく予定である。

E. 結論

Web アンケートによる医療機関における放射線業務従事者の管理・教育・研修状況調査を、日本医学放射線学会教育研修施設を対象に行った。多くの施設で管理状況は良好と考えられたが、水晶体線量の管理および防護については不十分な状況が確認された。

F. 健康危険情報

（総括研究報告書に記載）

G. 研究発表

1. 論文発表

無し

2. 学会発表

工藤 崇「医療被ばくとその管理：～近年のトピックと今後の展望～」第 30 回日本心臓核医学会総会・学術大会
2020 年 12 月 18 日

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む)

1. 特許取得

無し

2. 実用新案登録

無し

アンケート調査：実数・%表

Q2 医療機関のタイプをお教えてください。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 大学病院	53	15.8
2 総合病院	247	73.5
3 循環器センターなどの専門病院	15	4.5
4 その他	21	6.3

Q3 病床数をお教え下さい。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 600床以上	91	27.1
2 600未満400以上	127	37.8
3 400未満200以上	104	31.0
4 200未満50以上	13	3.9
5 50未満	1	0.3

Q4 病院・診療施設内のだれかが放射線診療従事者の毎月の被ばく線量を確認していますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 はい	329	97.9
2 いいえ	7	2.1

Q5 Q4で「はい」と回答された施設の方のみへの質問です。

確認している方の職種を教えてください。(複数回答可)

複数回答	n	%
全体	(329)	
1 事務職	95	28.9
2 診療放射線技師	300	91.2
3 医師	73	22.2
4 医学物理士	8	2.4
5 その他	25	7.6

Q7 放射線診療従事者の線量の測定結果を委員会等に報告していますか？

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 はい	235	69.9
2 いいえ	101	30.1

Q8 Q7で「はい」と回答された方へ。

報告している委員会等を教えてください。(複数回答可)

	複数回答	n	%
	全体	(235)	
1	放射線安全を担当する委員会	202	86.0
2	労働安全を担当する委員会	48	20.4
3	病院長を含む病院の幹部会議	18	7.7
4	その他	10	4.3

Q9 職業被ばくの測定メーカから線量が高い場合等に迅速報告してもらおう措置を講じていますか。

	単一回答	n	%
	全体	(336)	
1	はい	225	67.0
2	いいえ	111	33.0

Q11 Q9で「はい」と回答された方へ。

報告の方法を教えてください。(複数回答可)

	複数回答	n	%
	全体	(225)	
1	メール	34	15.1
2	FAX	150	66.7
3	電話	34	15.1
4	LINE等のSNS	0	0.0
5	その他	37	16.4

Q12 職業被ばく線量が高い従事者に対して被ばく低減を図るために注意喚起を行っていますか。

	単一回答	n	%
	全体	(336)	
1	はい	321	95.5
2	いいえ	15	4.5

Q13 Q12で「はい」と回答された施設の方へ。

その措置を教えてください。(複数回答可)

	複数回答	n	%
	全体	(321)	
1	本人に文書で注意喚起	83	25.9
2	本人に口頭で注意喚起	257	80.1
3	所属長に文書で注意喚起	44	13.7
4	所属長に口頭で注意喚起	59	18.4
5	その他	17	5.3

Q14 貴施設のおおよその放射線診療従事者数を教えてください。

平均	標準偏差	最小値	最大値	中央値
223.31	205.61	9.00	1500.00	167.00

Q15 放射線被ばくする可能性のある医療従事者等（管理区域にまったく立ち入らない者を除く）の放射線診療従事者としての管理状況を教えてください。

単一回答		1	2	3	4
	全体	全員管理	管理区域に立ち入る 頻度による	被ばく線量による	その他
1 医師（研修医除く）	(336)	119 35.4	198 58.9	6 1.8	13 3.9
2 研修医	(336)	210 62.5	94 28.0	10 3.0	22 6.5
3 放射線技師	(336)	331 98.5	2 0.6	3 0.9	0 0.0
4 看護師	(336)	72 21.4	243 72.3	9 2.7	12 3.6
5 その他	(336)	60 17.9	219 65.2	24 7.1	33 9.8

Q21 職業被ばくの線量限度を超える可能性のある放射線業務従事者はいますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 いない	265	78.9
2 1～5名程度いる	70	20.8
3 6名～10名程度いる	0	0.0
4 11名以上いる	1	0.3

Q22 職業被ばくの線量限度を超えるおそれのある従事者に対する措置を決めていますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 はい	229	68.2
2 いいえ	107	31.8

Q23 Q22で「はい」と回答された施設の方へ。

措置や手順を教えてください。（複数回答可）

複数回答	n	%
全体	(229)	
1 部署異動	5	2.2
2 業務変更	68	29.7
3 注意喚起	212	92.6
4 複数者による措置の理由の説明	15	6.6
5 その他	17	7.4

Q24 実際に職業被ばくの線量限度を超えるおそれのある従事者に対する措置を講じたことがありますか。

	単一回答	n	%
	全体	(336)	
1	はい	96	28.6
2	いいえ	240	71.4

Q25 過去三年間に職業被ばくの線量限度を超えた放射線業務従事者はいますか。

	単一回答	n	%
	全体	(336)	
1	いない	316	94.0
2	1~5名程度いる	19	5.7
3	6~10名程度いる	1	0.3
4	11名以上いる	0	0.0

Q27 放射線診療従事者の管理をしている部署等を教えてください。

	単一回答	n	%
	全体	(336)	
1	事務局	60	17.9
2	放射線部門（診療放射線技師）	233	69.3
3	放射線科等（医師）	7	2.1
4	医学物理部門	0	0.0
5	決まっていない	1	0.3
6	その他	35	10.4

Q28 放射線管理業務を専門に行う部署がありますか。

	単一回答	n	%
	全体	(336)	
1	はい	57	17.0
2	いいえ	279	83.0

Q29 下記の中で、本来個人線量計で管理されていなければならないと思われる業務に従事しながら、フィルムバッジをつけていないと思われる部署はありますか。またその場合、何名程度そのような従事者が推定されますか。

単一回答				1	2	3	4
			全体	いない	1~2名いる	3~5名いる	6名以上いる
1	放射線診断医 (IVR, 核医学を含む)	n %	(336)	321 95.5	12 3.6	1 0.3	2 0.6
2	放射線治療医	n %	(336)	328 97.6	5 1.5	2 0.6	1 0.3
3	循環器内科医	n %	(336)	286 85.1	21 6.3	18 5.4	11 3.3
4	心臓外科医	n %	(336)	290 86.3	27 8.0	16 4.8	3 0.9
5	脳外科医	n %	(336)	292 86.9	24 7.1	14 4.2	6 1.8
6	整形外科医	n %	(336)	266 79.2	26 7.7	28 8.3	16 4.8
7	消化器外科医	n %	(336)	268 79.8	30 8.9	25 7.4	13 3.9
8	消化器内科医	n %	(336)	275 81.8	31 9.2	18 5.4	12 3.6
9	泌尿器科医	n %	(336)	286 85.1	35 10.4	11 3.3	4 1.2
10	小児科医	n %	(336)	279 83.0	27 8.0	19 5.7	11 3.3
11	その他の内科+外科	n %	(336)	275 81.8	20 6.0	14 4.2	27 8.0
12	放射線業務に従事する 看護師	n %	(336)	312 92.9	8 2.4	5 1.5	11 3.3
13	放射線技師	n %	(336)	329 97.9	2 0.6	0 0.0	5 1.5

Q30 放射線診療従事者研修の受講率を高めるための方策を実施していますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 はい	249	74.1
2 いいえ	87	25.9

Q31 Q30で「はい」と回答された施設の方へ。

方策を教えてください。(複数回答可)

複数回答	n	%
全体	(248)	
1 複数回開催	91	36.7
2 e-Learning	165	66.5
3 資料講習	78	31.5
4 伝達講習	29	11.7
5 その他	24	9.7

Q32 放射線診療従事者に対する研修では、職業被ばく線量を低減するための具体的な方策が含まれていますか？

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 はい	291	86.6
2 いいえ	45	13.4

Q33 放射線測定器を着用していない放射線診療従事者に対して、放射線測定器の着用を促していますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 100%着用しているので該当事例なし	96	28.6
2 頻繁に促している	61	18.2
3 時々促している	107	31.8
4 まれに促している	45	13.4
5 促していない	27	8.0

Q34 Q33で「頻繁に促している」または「時々促している」を回答された方へ。

促す方法を回答ください。(複数回答可)

複数回答	n	%
全体	(167)	
1 研修	51	30.5
2 院内掲示	37	22.2
3 文書回覧(デジタル文書を含む)	24	14.4
4 院内会議	21	12.6
5 上司や院長からの指導	26	15.6
6 放射線安全委員会等からの指導	36	21.6
7 放射線診療従事者 個々に指導	74	44.3
8 技師長からの指導	29	17.4
9 部署担当技師からの指摘	83	49.7
10 その他	7	4.2

Q35 Q33で「時々促している」、「まれに促している」または「促していない」を回答された方へ。

頻繁に促せない理由を回答ください。(複数回答可)

複数回答	n	%
全体	(179)	
1 医師には言いづらい	99	55.3
2 他部署の方には言いづらい	65	36.3
3 上司には言いづらい	8	4.5
4 同僚には言いづらい	0	0.0
5 促す立場にない	10	5.6
6 その他	63	35.2

Q37 下記の放射線業務において職業被ばくを低減するための

放射線防護衣（プロテクター）のおおよその着用率を教えてください。

単一回答				1	2	3	4	5	6	
			全体	100%	80%以上	60%以上	40%以上	20%以上	20%未満	わからない
1	放射線科医 IVR業務	n %	(315) 315 100.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	21
2	放射線科医 治療業務	n %	(229) 169 73.8	3 1.3	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	57 24.9	107
3	放射線科医 診断業務	n %	(282) 241 85.5	2 0.7	1 0.4	0 0.0	0 0.0	0 0.0	38 13.5	54
4	放射線科医 核医学業務	n %	(237) 103 43.5	0 0.0	0 0.0	2 0.8	1 0.4	131 55.3		99
5	心臓外科・循環器医 血管造影業務	n %	(319) 318 99.7	1 0.3	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	17
6	脳神経内科・外科 血管造影業務	n %	(299) 298 99.7	1 0.3	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	37
7	消化器内科・外科 透視業務	n %	(329) 322 97.9	7 2.1	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	7
8	整形外科 透視業務	n %	(321) 314 97.8	6 1.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	1 0.3	15
9	泌尿器科 透視業務	n %	(312) 306 98.1	4 1.3	0 0.0	1 0.3	0 0.0	1 0.3	1 0.3	24
10	小児科 透視業務	n %	(267) 263 98.5	3 1.1	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	1 0.4	69
11	看護師 血管造影業務	n %	(328) 328 100.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	8
12	看護師 透視業務	n %	(332) 331 99.7	1 0.3	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	4

Q38 下記の放射線診療業務について職業被ばくを低減するための放射線防護眼鏡（メガネ）のおおよその着用率を教えてください。

単一回答				1	2	3	4	5	6	
			全体	100%	80%以上	60%以上	40%以上	20%以上	20%未満	わからない
1	放射線科医 IVR業務	n %	(306) 201 65.7	34 11.1	17 5.6	12 3.9	6 2.0	36 11.8		30
2	放射線科医 治療業務	n %	(186) 38 20.4	10 5.4	6 3.2	5 2.7	2 1.1	125 67.2		150
3	放射線科医 診断業務	n %	(249) 96 38.6	16 6.4	8 3.2	6 2.4	8 3.2	115 46.2		87
4	放射線科医 核医学業務	n %	(204) 21 10.3	4 2.0	2 1.0	3 1.5	4 2.0	170 83.3		132
5	心臓外科・循環器医 血管造影業務	n %	(304) 134 44.1	73 24.0	40 13.2	19 6.3	8 2.6	30 9.9		32
6	脳神経内科・外科 血管造影業務	n %	(279) 118 42.3	49 17.6	23 8.2	18 6.5	12 4.3	59 21.1		57
7	消化器内科・外科 透視業務	n %	(303) 64 21.1	36 11.9	41 13.5	36 11.9	16 5.3	110 36.3		33
8	整形外科 透視業務	n %	(278) 35 12.6	18 6.5	14 5.0	25 9.0	14 5.0	172 61.9		58
9	泌尿器科 透視業務	n %	(264) 32 12.1	11 4.2	16 6.1	10 3.8	14 5.3	181 68.6		72
10	小児科 透視業務	n %	(210) 22 10.5	9 4.3	9 4.3	10 4.8	11 5.2	149 71.0		126
11	看護師 血管造影業務	n %	(308) 86 27.9	26 8.4	19 6.2	16 5.2	17 5.5	144 46.8		28
12	看護師 透視業務	n %	(310) 65 21.0	25 8.1	25 8.1	25 8.1	18 5.8	152 49.0		26

Q39 放射線業務の被ばく管理のために、防護メガネの内側に着用する水晶体専用の放射線測定器を利用していますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 利用している	52	15.5
2 利用していない	284	84.5

Q41 血管系 IVR を行うすべての X 線診療室には、術者と IVR 行為の介助者が着用できるだけの防護眼鏡が配備されていますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 十分ある	136	40.5
2 おおよそある	141	42.0
3 かなり足りない	53	15.8
4 まったくない	6	1.8

Q42 X 線装置が設置されている内視鏡室には防護眼鏡が配備されていますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 十分にある	142	42.3
2 十分ではないがある	155	46.1
3 一つもない	39	11.6

Q43 一般 X 線透視室には防護眼鏡が配備されていますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 十分にある	102	30.4
2 十分ではないがある	183	54.5
3 一つもない	51	15.2

Q44 手術室には防護眼鏡が配備されていますか。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 十分にある	53	15.8
2 十分ではないがある	155	46.1
3 一つもない	128	38.1

Q45 血管系 IVR に

診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 100%	301	89.6
2 90%以上	12	3.6
3 80%以上	7	2.1
4 60%以上	3	0.9
5 40%以上	2	0.6
6 20%以上	1	0.3
7 20%未満	10	3.0

Q46 内視鏡室で内視鏡と X 線装置を使った検査（ERCP 等）と治療に

診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 100%	156	46.4
2 90%以上	33	9.8
3 80%以上	14	4.2
4 60%以上	10	3.0
5 40%以上	13	3.9
6 20%以上	9	2.7
7 20%未満	101	30.1

Q47 血管系 IVR や内視鏡を除く一般 X 線透視室での放射線診療に

診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 100%	161	47.9
2 90%以上	67	19.9
3 80%以上	36	10.7
4 60%以上	17	5.1
5 40%以上	18	5.4
6 20%以上	11	3.3
7 20%未満	26	7.7

Q48 エックス線透視を伴う手術に

診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

単一回答	n	%
全体	(336)	
1 100%	61	18.2
2 90%以上	31	9.2
3 80%以上	22	6.5
4 60%以上	19	5.7
5 40%以上	24	7.1
6 20%以上	25	7.4
7 20%未満	154	45.8

施設規模と防護眼鏡配備率の関係

血管造影室における配備率

	十分ある	おおよそある	かなり足りない	全くない	小計
600床以上	40	41	10	1	92
600-400	53	54	17	2	126
400-200	37	42	23	2	104
200-50	4	4	3	2	13
50以下	1	0	0	0	1
小計	135	141	53	7	336

p<0.05 で有意な関連あり（小規模病院ほど配備率不良）

内視鏡室における配備率

	十分	十分ではないがある	ない	小計
600床以上	26	54	11	91
600-400	43	67	16	126
400-200	31	52	21	104
200-50	1	9	3	13
50以下	0	1	0	1
小計	101	183	51	335

p<0.05 で有意な関連あり（小規模病院ほど配備率不良）

透視室における配備率

	十分	十分ではないがある	ない	小計
600床以上	37	43	11	91
600-400	63	54	9	126
400-200	40	50	14	104
200-50	2	6	5	13
50以下	0	1	0	1
小計	142	154	39	335

有意な関連なし

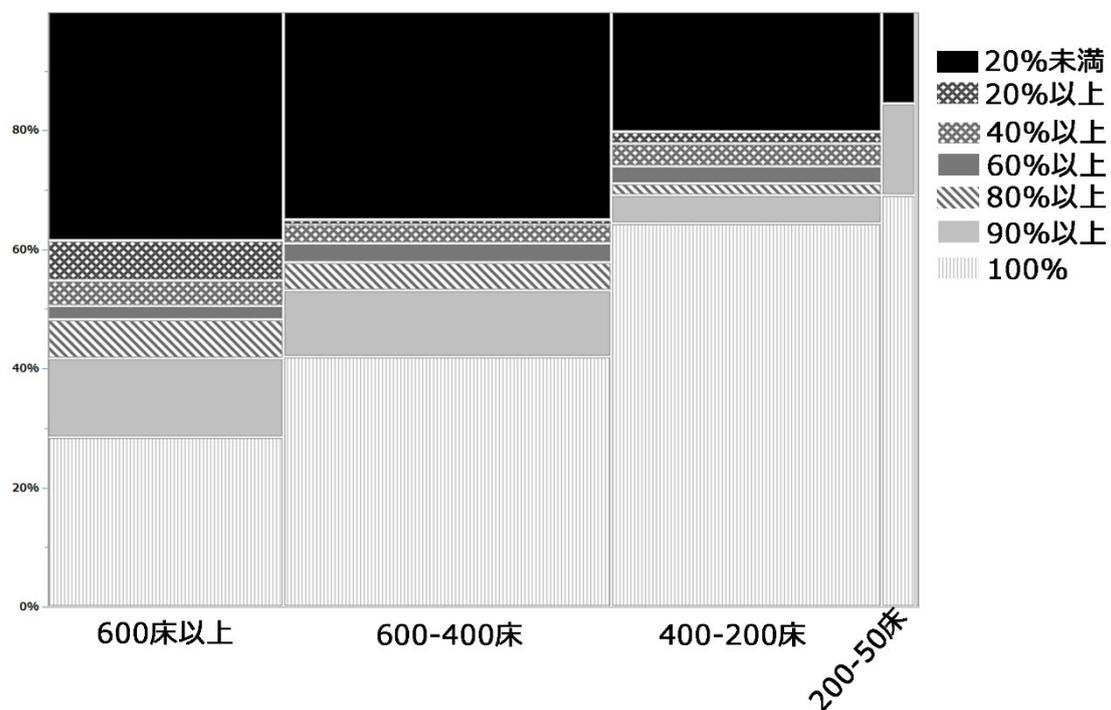
手術室における配備率

	十分	十分ではないがある	ない	小計
600床以上	13	44	34	91
600-400	21	63	42	126
400-200	17	40	47	104
200-50	1	6	6	13
50以下	0	1	0	1
小計	52	154	129	335

有意な関連なし。

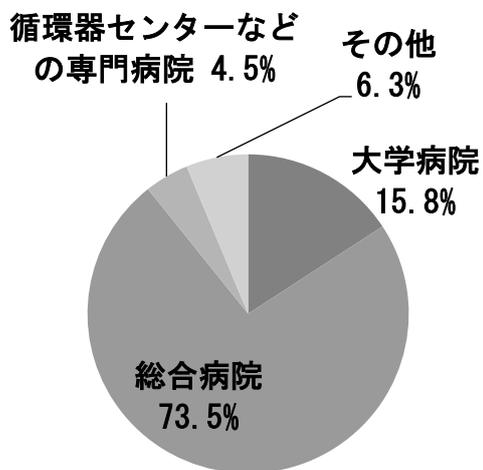
内視鏡室における診療放射線技師配備率

	100%	90%以上	80%以上	60%以上	40%以上	20%以上	20%未満	小計
600床以上	26	12	6	2	4	6	35	91
600-400	53	14	6	4	4	1	44	126
400-200	67	5	2	3	4	2	21	104
200-50	9	2	0	0	0	0	2	13
50以下	1	0	0	0	0	0	0	1
小計	156	33	14	9	212	68	44	335

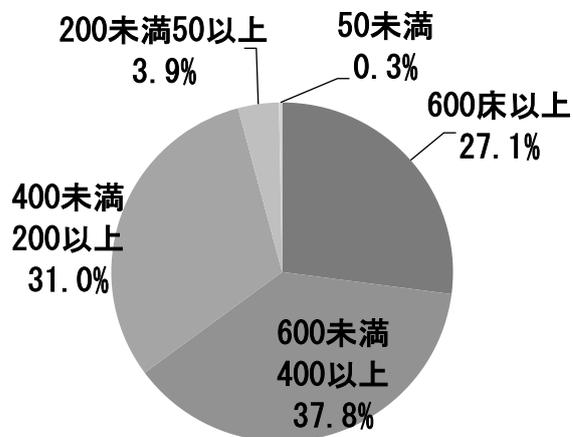


p<0.05 で有意な関連あり（大規模病院ほど配備率が悪い）

Q2: 医療機関のタイプ

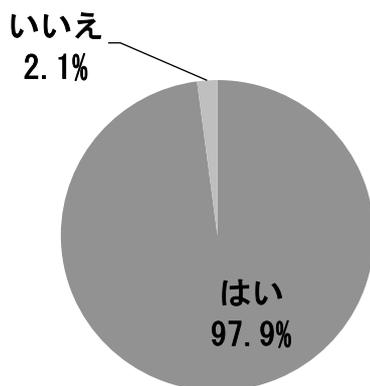


Q3: 病床数



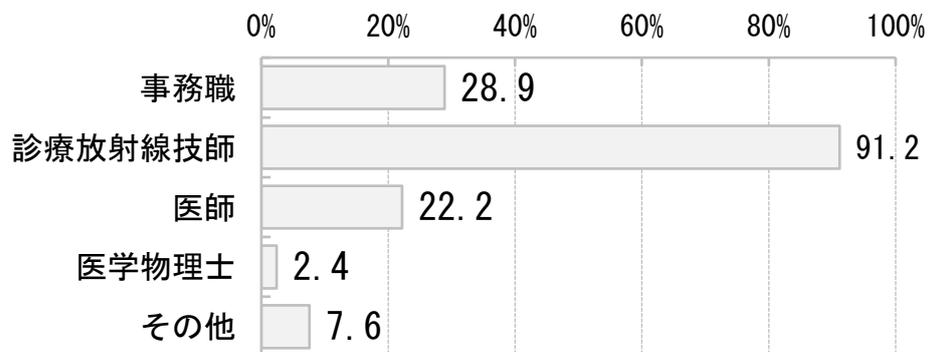
Q4:

病院・診療施設内のだれかが放射線診療従事者の毎月の被ばく線量を確認していますか。

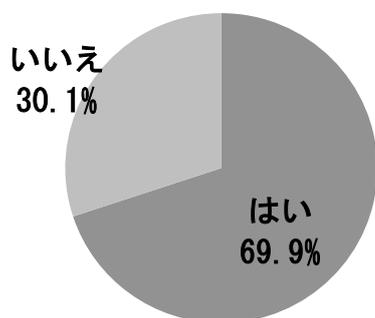


Q5: Q4で「はい」の場合。

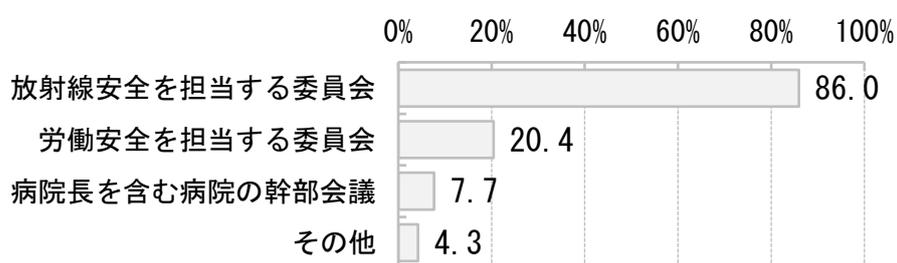
確認している方の職種を教えてください。



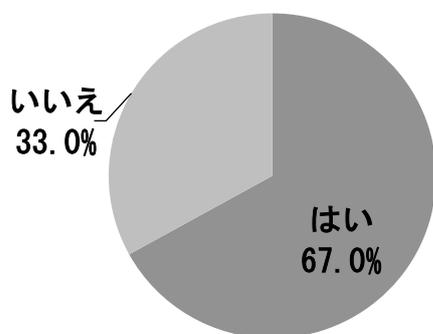
Q7: 放射線診療従事者の線量の測定結果を委員会等に報告していますか？



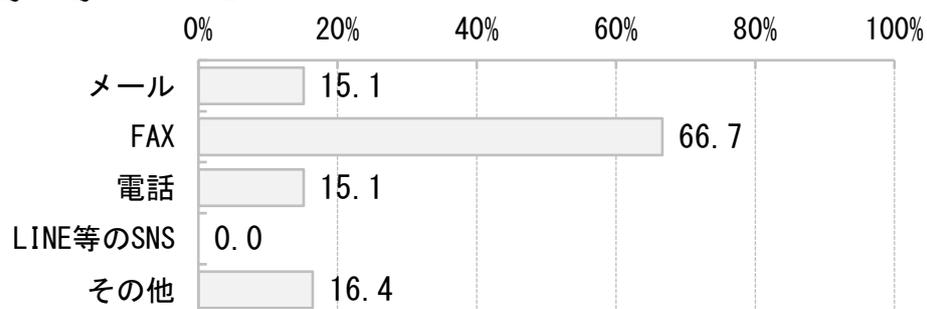
Q8: Q7で「はい」の場合；報告している委員会等。複数回答可)



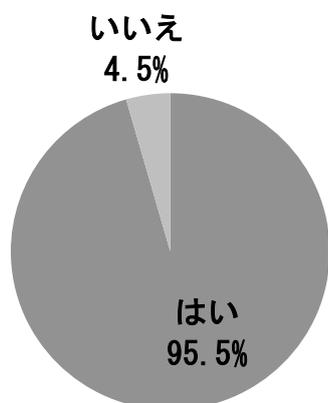
Q9: 職業被ばくの測定メーカから線量が高い場合等に迅速報告してもらう措置を講じていますか。



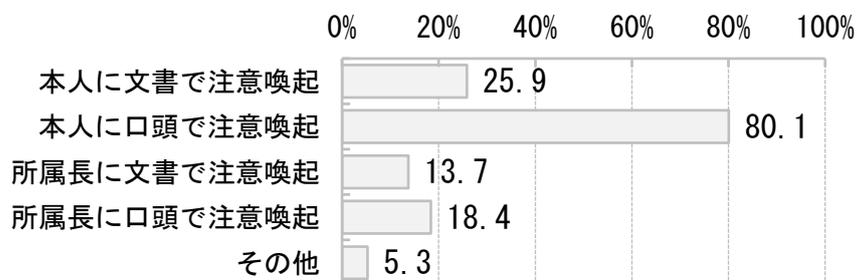
Q10: Q9で「はい」の場合；報告の方法



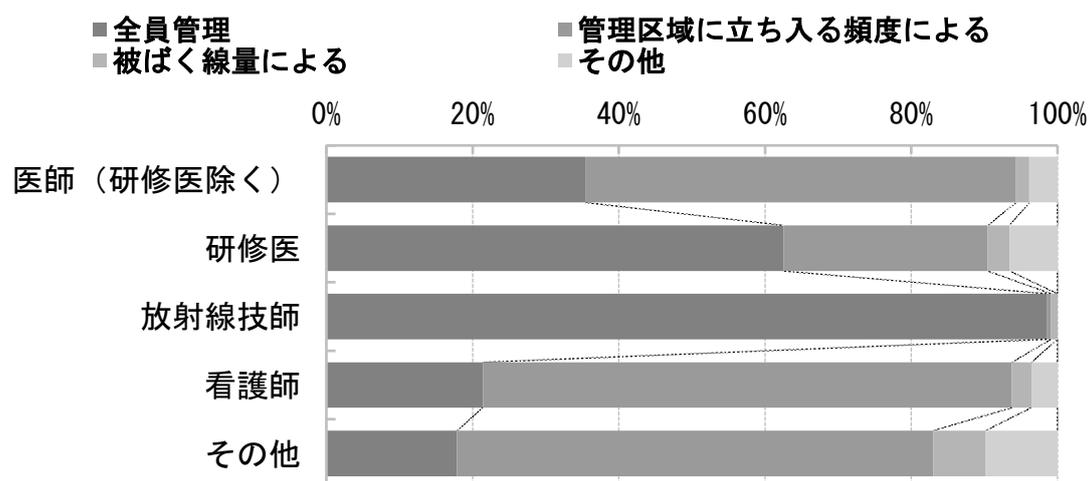
Q12: 職業被ばく線量が高い従事者に対する、注意喚起を行っているか



Q13: Q12が「はい」の場合：注意喚起の方法



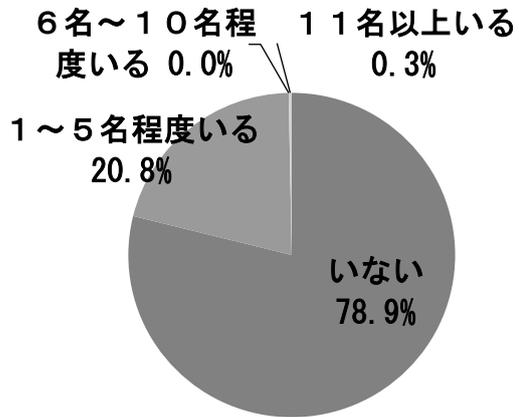
Q15: 放射線被ばくする可能性のある医療従事者等（管理区域にまったく立ち入らない者を除く）の放射線診療従事者としての管理状況を教えてください。



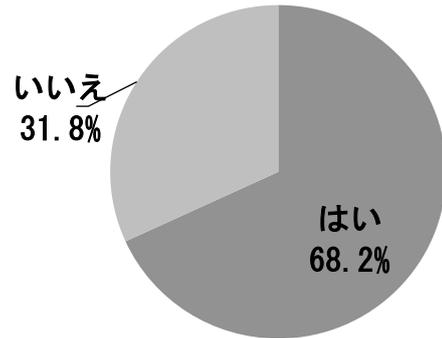
	全体	全員管理	管理区域に立ち入る頻度による	被ばく線量による	その他
医師（研修医除く）	(336)	35.4	58.9	1.8	3.9
研修医	(336)	62.5	28.0	3.0	6.5
放射線技師	(336)	98.5	0.6	0.9	0.0
看護師	(336)	21.4	72.3	2.7	3.6
その他	(336)	17.9	65.2	7.1	9.8

線量限度超過可能性

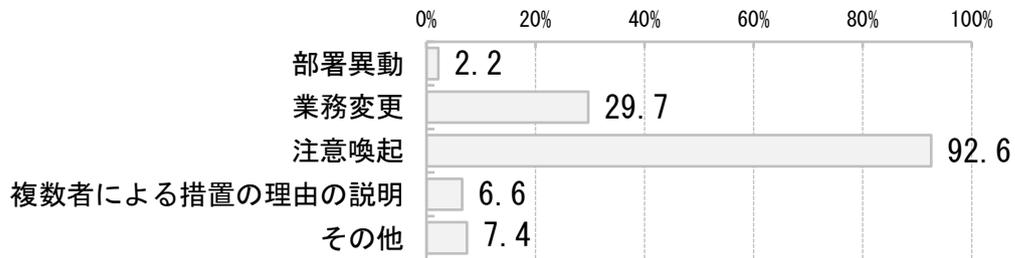
Q21:線量限度を超える可能性のある
従事者数



Q22: 線量限度を超える可能性のある
従事者に対する措置をきめているか。

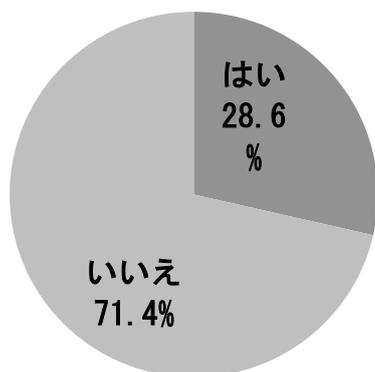


Q23: Q22で「はい」の場合：その措置・手順

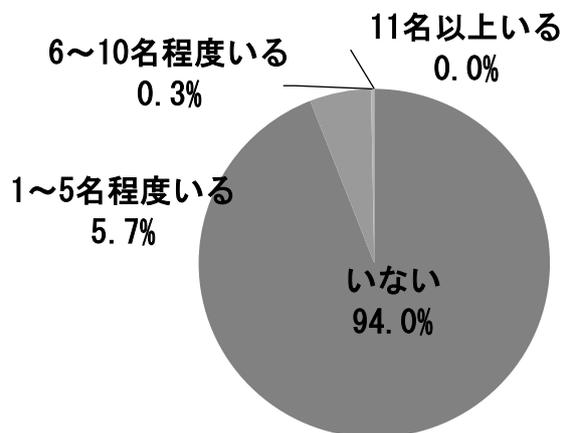


線量限度超過

Q24: 実際に線量限度を超える可能性のある従事者に対して措置を講じたことがあるか

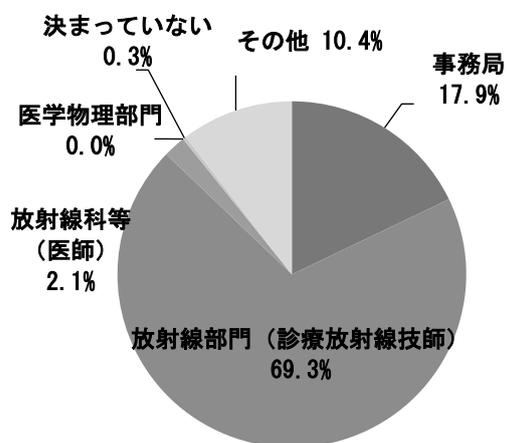


Q25: 過去三年間に職業被爆の線量限度を超えた業務従事者数

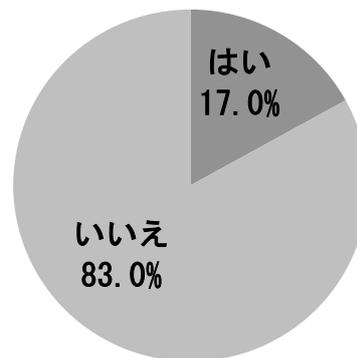


診療従事者管理

Q27: 放射線診療従事者の管理部署

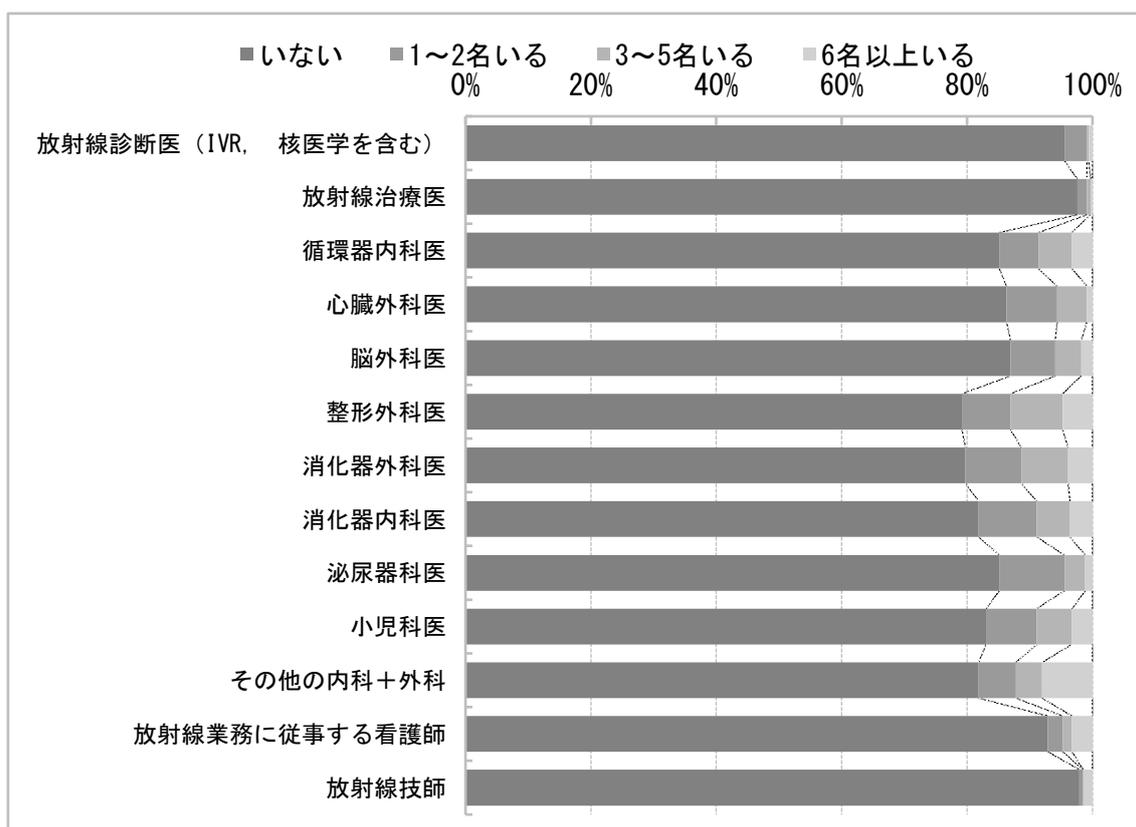


Q28: 放射線管理業務を専門に行う部署があるか



個人線量計着用状況

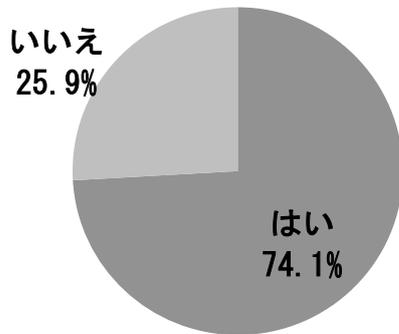
Q29: 本来個人線量計で管理されていなければならないと思われる業務に従事していながら、フィルムバッジをつけていないと思われる部署はありますか。またその場合、何名程度そのような従事者が推定されますか。



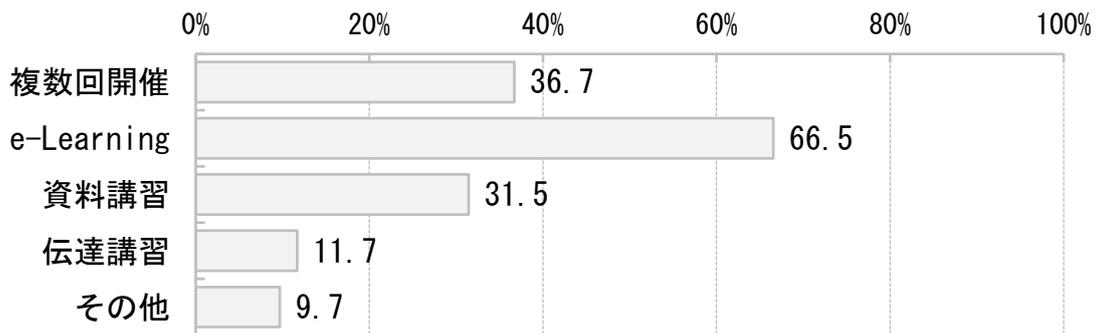
	全体	いない	1~2名いる	3~5名いる	6名以上いる
放射線診断医 (IVR, 核医学を含	(336)	95.5	3.6	0.3	0.6
放射線治療医	(336)	97.6	1.5	0.6	0.3
循環器内科医	(336)	85.1	6.3	5.4	3.3
心臓外科医	(336)	86.3	8.0	4.8	0.9
脳外科医	(336)	86.9	7.1	4.2	1.8
整形外科医	(336)	79.2	7.7	8.3	4.8
消化器外科医	(336)	79.8	8.9	7.4	3.9
消化器内科医	(336)	81.8	9.2	5.4	3.6
泌尿器科医	(336)	85.1	10.4	3.3	1.2
小児科医	(336)	83.0	8.0	5.7	3.3
その他の内科+外科	(336)	81.8	6.0	4.2	8.0
放射線業務に従事する看護師	(336)	92.9	2.4	1.5	3.3
放射線技師	(336)	97.9	0.6	0.0	1.5

研修

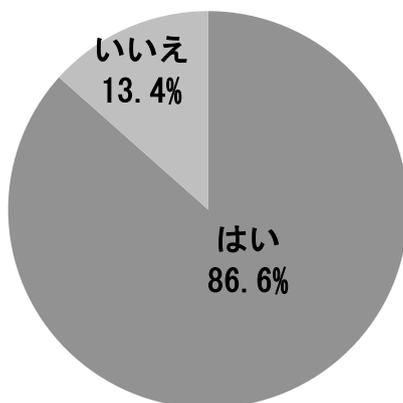
Q30: 放射線診療従事者研修の受講率を高めるための方策を実施しているか



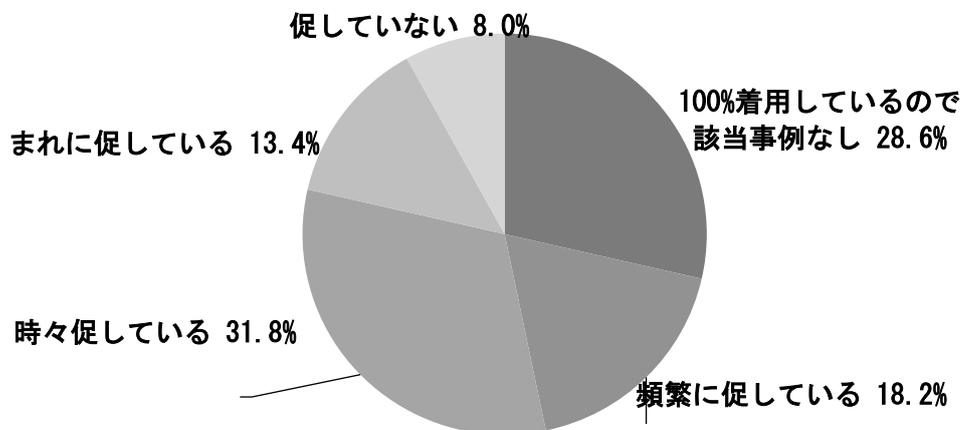
Q31: Q30で「はい」の場合：その方策は



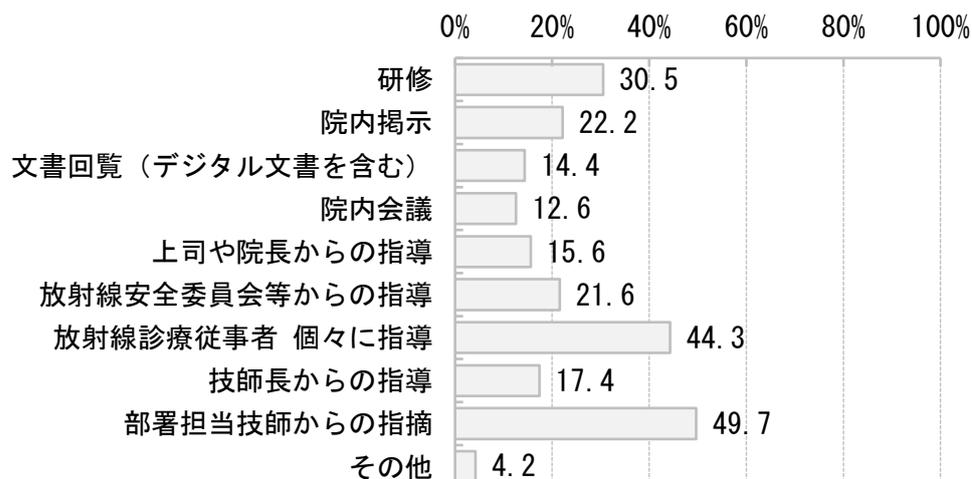
[Q32]放射線診療従事者に対する研修では、職業被ばく線量を低減するための具体的な方策が含まれていますか？



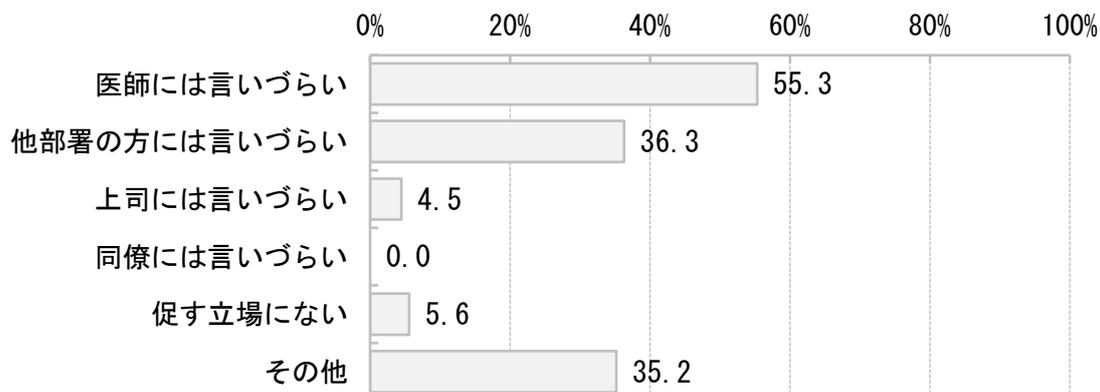
Q33: 放射線測定器を着用していない放射線診療従事者に対して
放射線測定器の着用を促していますか



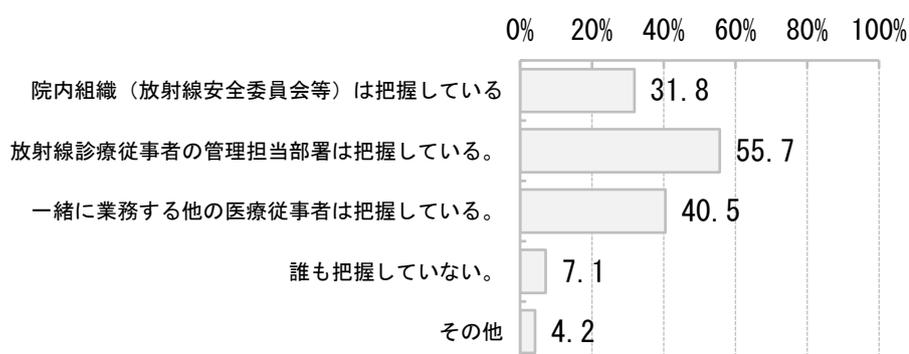
Q34: Q33で「頻繁に促している」または「時々促している」の場合。促す方法は
(複数回答可)



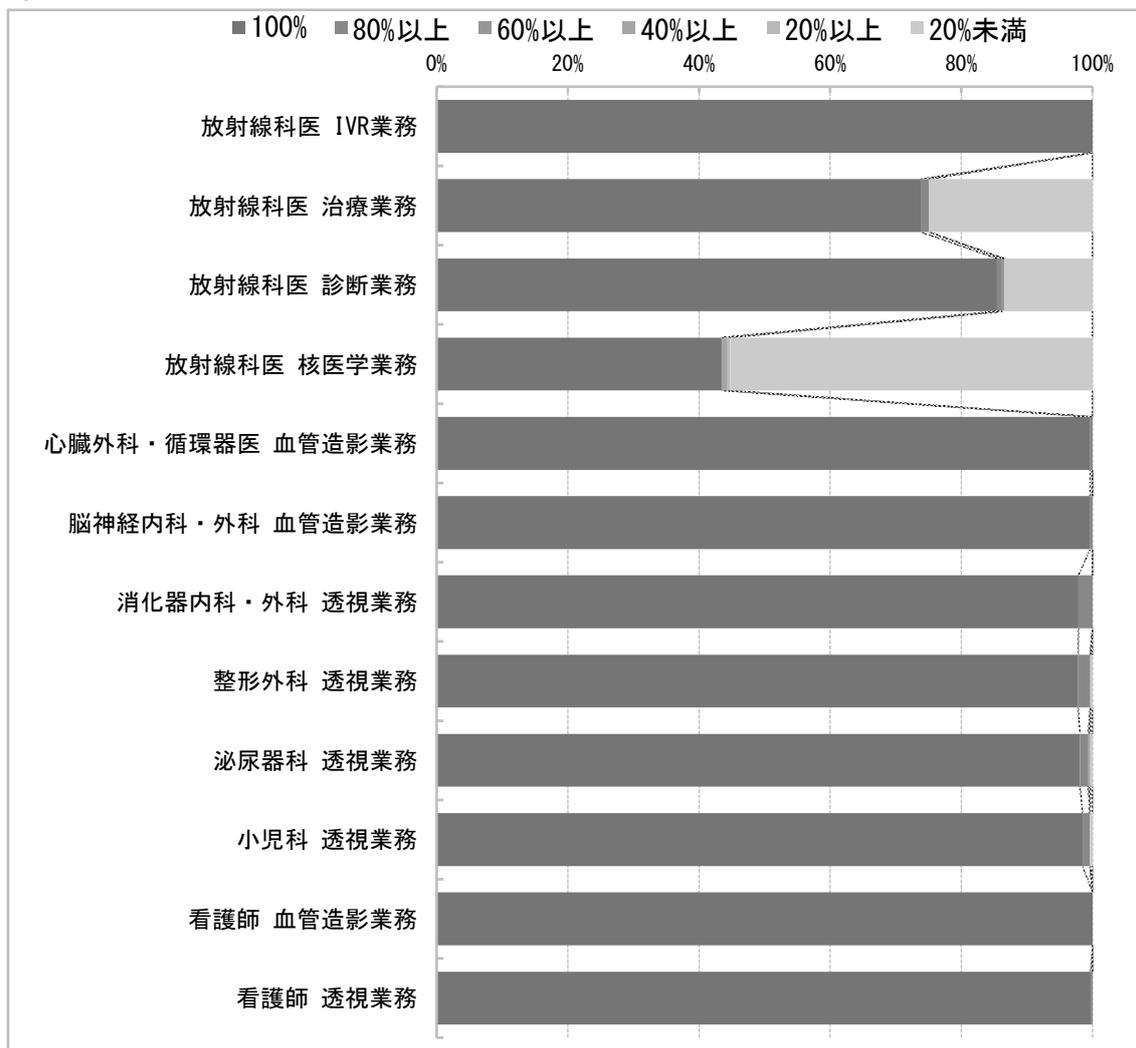
Q35: Q33で「時々促している」、「まれに促している」または「促していない」の場合
頻繁に促せない理由は。(複数回答可)



Q36: 放射線診療従事者の放射線測定器の着用状況を把握していますか。(複数回答可)

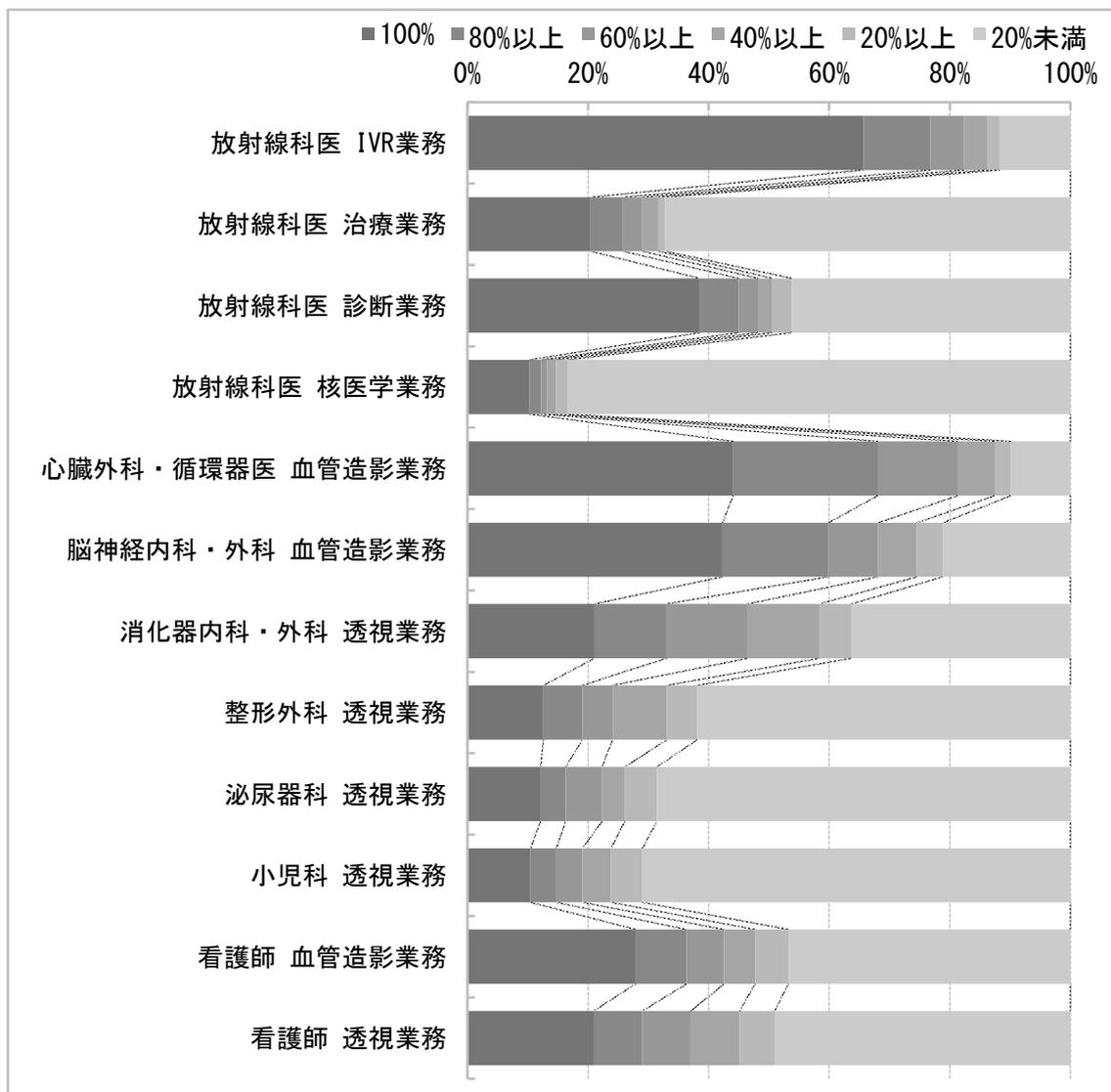


Q37：職業被ばくを低減するための放射線防護衣のおおよその着用率。



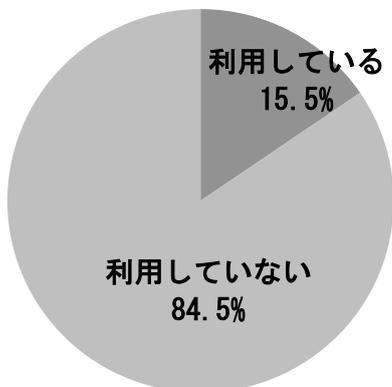
	全体	100%	80%以上	60%以上	40%以上	20%以上	20%未満
放射線科医 IVR業務	(315)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
放射線科医 治療業務	(229)	73.8	1.3	0.0	0.0	0.0	24.9
放射線科医 診断業務	(282)	85.5	0.7	0.4	0.0	0.0	13.5
放射線科医 核医学業務	(237)	43.5	0.0	0.0	0.8	0.4	55.3
心臓外科・循環器医 血管造影業務	(319)	99.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
脳神経内科・外科 血管造影業務	(299)	99.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
消化器内科・外科 透視業務	(329)	97.9	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
整形外科 透視業務	(321)	97.8	1.9	0.0	0.0	0.0	0.3
泌尿器科 透視業務	(312)	98.1	1.3	0.0	0.3	0.0	0.3
小児科 透視業務	(267)	98.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.4
看護師 血管造影業務	(328)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
看護師 透視業務	(332)	99.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0

Q38：職業被ばくを低減するための放射線防護眼鏡のおおよその着用率。



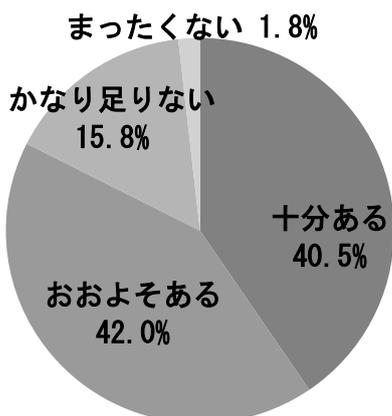
	全体	100%	80%以上	60%以上	40%以上	20%以上	20%未満
放射線科医 IVR業務	(306)	65.7	11.1	5.6	3.9	2.0	11.8
放射線科医 治療業務	(186)	20.4	5.4	3.2	2.7	1.1	67.2
放射線科医 診断業務	(249)	38.6	6.4	3.2	2.4	3.2	46.2
放射線科医 核医学業務	(204)	10.3	2.0	1.0	1.5	2.0	83.3
心臓外科・循環器医 血管造影業務	(304)	44.1	24.0	13.2	6.3	2.6	9.9
脳神経内科・外科 血管造影業務	(279)	42.3	17.6	8.2	6.5	4.3	21.1
消化器内科・外科 透視業務	(303)	21.1	11.9	13.5	11.9	5.3	36.3
整形外科 透視業務	(278)	12.6	6.5	5.0	9.0	5.0	61.9
泌尿器科 透視業務	(264)	12.1	4.2	6.1	3.8	5.3	68.6
小児科 透視業務	(210)	10.5	4.3	4.3	4.8	5.2	71.0
看護師 血管造影業務	(308)	27.9	8.4	6.2	5.2	5.5	46.8
看護師 透視業務	(310)	21.0	8.1	8.1	8.1	5.8	49.0

Q39:水晶体専用の放射線測定器を
利用していますか。

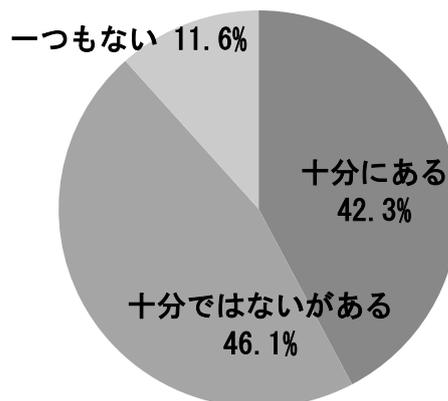


防護眼鏡の配備状況

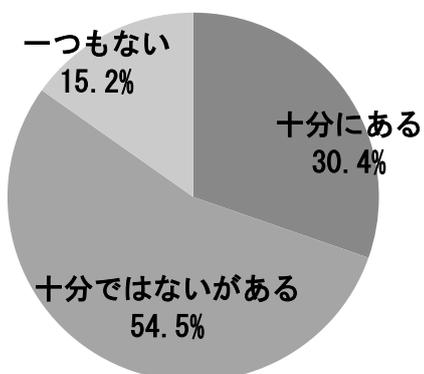
Q41: 血管系 IVR を行う X 線診療室



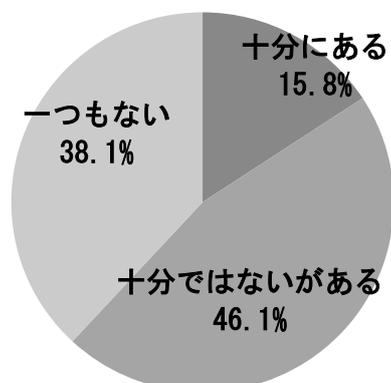
Q42: X 線装置が設置されている内視鏡室



Q43: 一般 X 線透視室

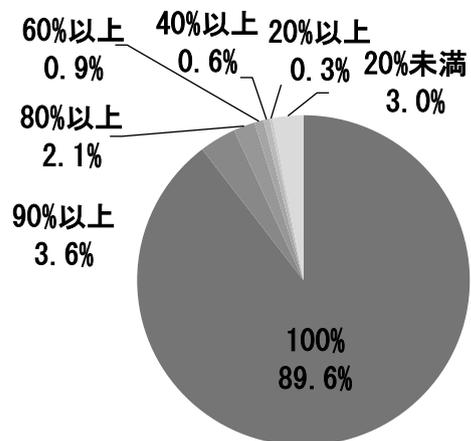


Q44: 手術室

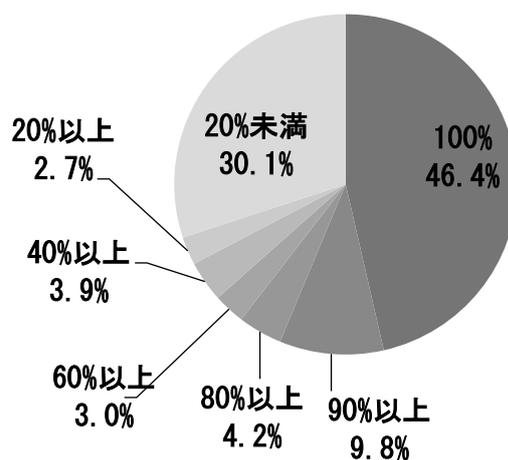


診療放射線技師の配置率

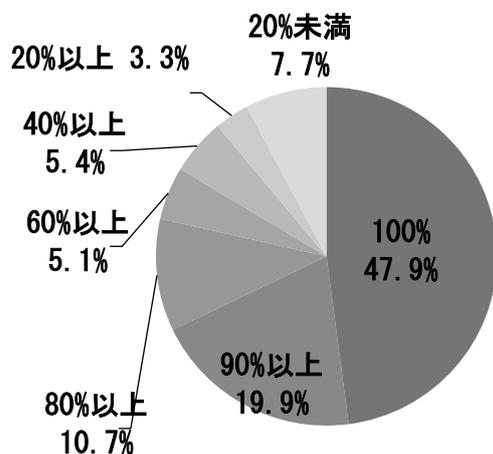
[Q45]血管系 IVR



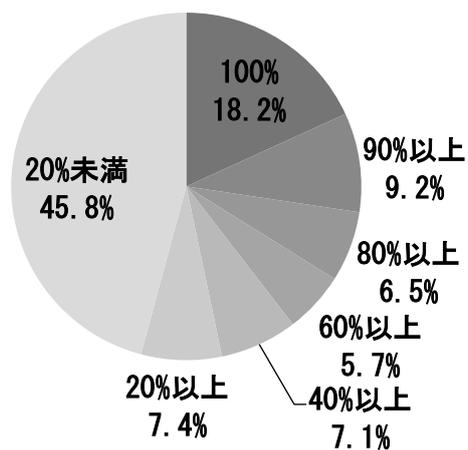
Q46: 内視鏡室 (X線装置を使った検査と治療)



Q47: 一般 X線透視室



Q48: X線透視を伴う手術



本アンケートは厚生労働省 労災疾病臨床研究事業「放射線業務従事医療関係者の職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究」に基づき、医療関係者の被ばく実態とその管理実態の調査研究の一貫として行われるものです。データは研究用として用いられ、法的な規制・処罰などに用いられることはありません。本アンケートの記載内容が回答者・施設の不利益になることはありませんので、正直にお答えください。

本アンケートの研究責任者は長崎大学原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野 工藤 崇です。

本アンケートの調査対象は医療法の管理対象となる医療施設における放射線診療従事者です。動物実験施設などにおける放射線を用いる研究者は含みません。

アンケートの設問は、Q1 - Q48までとなります。

(選択肢の番号は、Web上ではチェックボタンになります)

Web上では、回答によっては、自動的に質問番号が省略される場所があります。

本PDFでは四角囲みの問題として示しております。

Q1：以下に施設名・施設回答者の役職名（放射線科部長・等）をご記入ください。

記入を持って、ご協力の同意が確認できたものといたします。

施設名 ()

施設回答者役職名 ()

Q2：医療機関のタイプをお教えてください。

- ① 大学病院 ② 総合病院 ③ 循環器センターなどの専門病院
- ④ その他 ()

Q3：病床数はどの範囲ですか。

- ① 600床以上 ② 600未満400以上 ③ 400未満200以上 ④ 200未満50以上
- ⑤ 50未満

Q4：病院・診療施設内のだれかが放射線診療従事者の毎月の被ばく線量を確認していますか？

- ① はい → Q5, Q6を記載ください。それからQ7へ
- ② いいえ → Q7へ

Q5：Q4で「はい」と回答された施設の方のみへの質問です。
確認している方の職種を教えてください（複数回答可）

- ① 事務職 ② 診療放射線技師 ③ 医師 ④ 医学物理士
- ⑤ その他 ()

Q6：Q4で「はい」と回答された施設の方のみへの質問です。
確認している方の職位（教授、技師長、主任、部長、等）を教えてください（複数回答可）

職位：(自由記載)

Q7：放射線診療従事者の線量の測定結果を委員会等に報告していますか？

- ① はい → Q8を記載ください。それからQ9へ
- ② いいえ → Q9へ

Q8：Q7で「はい」と回答された方へ。報告している委員会等を教えてください。
(複数回答可)

- ① 放射線安全を担当する委員会 ② 労働安全を担当する委員会
- ③ 病院長を含む病院の幹部会議 ④ その他()

Q9：職業被ばくの測定メーカから線量が高い場合等に迅速報告してもらおう措置を講じていますか

- ① はい → Q10、Q11を記載ください。それからQ12へ
- ② いいえ → Q12へ

Q10：Q9で「はい」と回答された方へ。その基準を教えてください。
(実効線量何mSv以上の場合、等) (複数記述可)

(自由記載

_____)

Q11：Q9で「はい」と回答された方へ。報告の方法を教えてください。(複数回答可)

- ① メール ② FAX ③ 電話 ④ LINE等のSNS
- ⑤ その他()

Q12：職業被ばく線量が高い従事者に対して被ばく低減を図るために注意喚起を行っていますか

- ① はい → Q13を記載ください。それからQ14へ
- ② いいえ → Q14へ

Q13：Q12で「はい」と回答された施設の方へ。その措置を教えてください。(複数回答可)

- ① 本人に文書で注意喚起 ② 本人に口頭で注意喚起
- ③ 所属長に文書で注意喚起 ④ 所属長に口頭で注意喚起
- ⑤ その他()

Q14：貴施設のおおよその放射線診療従事者数を教えてください。

()人

Q15：放射線被ばくする可能性のある医療従事者等（管理区域にまったく立ち入らない者を除く）の放射線診療従事者としての管理状況を教えてください。

	全員管理	管理区域に立ち入る頻度による	被ばく線量による	その他
医師（研修医除く）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> →Q16に記載ください
研修医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> →Q17に記載ください
放射線技師	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> →Q18に記載ください
看護師	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> →Q19に記載ください
その他	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> →Q20に記載ください

Q16： Q15の**医師(研修医除く)**について、「その他」と回答された方へ。管理状況を教えてください。

管理状況（自由記載 _____）

Q17： Q15の**研修医**について、「その他」と回答された方へ。管理状況を教えてください。

管理状況（自由記載 _____）

Q18： Q15の**診療放射線技師**について、「その他」と回答された方へ。管理状況を教えてください。

管理状況（自由記載 _____）

Q19： Q15の**看護師**について、「その他」と回答された方へ。管理状況を教えてください。

管理状況（自由記載 _____）

Q20： Q15の**その他**について、「その他」と回答された方へ。管理状況を教えてください。

管理状況（自由記載 _____）

Q21： 職業被ばくの線量限度を超える可能性のある放射線業務従事者はいますか。

- ① いない ② 1～5名程度いる ③ 6名～10名程度いる ④ 11名以上いる

Q22： 職業被ばくの線量限度を超えるおそれのある従事者に対する措置を決めていますか。

- ① はい → Q23に記載ください。それからQ24へ
 ② いいえ → Q24へ

Q23： Q22で「はい」と回答された施設の方へ。措置や手順を教えてください。（複数回答可）

- ① 部署異動 ② 業務変更 ③ 注意喚起 ④ 複数者による措置の理由の説明
 ⑤ その他（ _____ ）

Q24：実際に職業被ばくの線量限度を超えるおそれのある従事者に対する措置を講じたことがありますか。

- ① はい ② いいえ

Q25：過去三年間に職業被ばくの線量限度を超えた放射線業務従事者はいますか。

① いない → Q27へ

② 1～5名程度いる ③ 6名～10名程度いる ④ 11名以上いる

②・③・④はQ26を記載ください、その後Q27へ



Q26：Q25で「いない」以外の回答をされた方への質問です。

線量限度を超えた業務従事者はどの部署でしたか。

医師であれば科、技師・看護師・その他であれば担当部署をお答えください。

(_____)
_____)

Q27：放射線診療従事者の管理をしている部署等を教えてください。

① 事務局 ② 放射線部門（診療放射線技師） ③ 放射線科等（医師）

④ 医学物理部門 ⑤ 決まっていない

⑥ その他 (_____)

Q28：放射線管理業務を専門に行う部署がありますか。

- ① はい ② いいえ

Q29：下記の中で、本来個人線量計で管理されていなければならないと思われる業務に従事していながら、フィルムバッジをつけていないと思われる部署はありますか。
 またその場合、何名程度そのような従事者が推定されますか。
 (※該当する部署が無い場合は、「いない」にチェックしてください。)

	いない	1~2名いる	3~5名いる	6名以上いる
放射線診断医 (IVR, 核医学を含む)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
放射線治療医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
循環器内科医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
心臓外科医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
脳外科医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
整形外科医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
消化器外科医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
消化器内科医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
泌尿器科医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
小児科医	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
その他の内科+外科	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
放射線業務に従事する 看護師	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
放射線技師	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Q30：放射線診療従事者研修の受講率を高めるための方策を実施していますか。

- ① はい → Q31を記載ください。それからQ32へ
 ② いいえ → Q32へ

Q31：Q30で「はい」と回答された施設の方へ。方策を教えてください。(複数回答可)

- ① 複数回開催 ② e-Learning ③ 資料講習 ④ 伝達講習
 ⑤ その他(_____)

Q32：放射線診療従事者に対する研修では、職業被ばく線量を低減するための具体的な方策が含まれていますか？

- ① はい ② いいえ

Q33：放射線測定器を着用していない放射線診療従事者に対して、放射線測定器の着用を促していますか。

- ① 100%着用しているのので該当事例なし
② 頻繁に促している → Q34を記載ください。その後Q36へ (Q35は必要ありません)
③ 時々促している → Q34とQ35を記載ください。その後Q36へ
④ まれに促している → Q35を記載ください。その後Q36へ
⑤ 促していない → Q35を記載ください。その後Q36へ

Q34：Q33で「頻繁に促している」または「時々促している」を回答された方へ。
促す方法を回答ください（複数回答可）。

- ① 研修 ② 院内掲示
③ 文書回覧（デジタル文書を含む） ④ 院内会議
⑤ 上司や院長からの指導 ⑥ 放射線安全委員会等からの指導
⑦ 放射線診療従事者個々に指導 ⑧ 技師長からの指導
⑨ 部署担当技師からの指摘
⑩ その他（ _____ ）

Q35：Q33で「時々促している」、「まれに促している」または「促していない」を回答された方へ。
頻繁に促せない理由を回答ください。（複数回答可）。

- ① 医師には言いづらい ② 他部署の方には言いづらい
③ 上司には言いづらい ④ 同僚には言いづらい
⑤ 促す立場にない
⑥ その他（ _____ ）

Q36：放射線診療従事者の放射線測定器の着用状況を把握していますか。（複数回答可）

- ① 院内組織（放射線安全委員会等）は把握している。
② 放射線診療従事者の管理担当部署は把握している。
③ 一緒に業務する他の医療従事者は把握している。
④ 誰も把握していない。
⑤ その他（ _____ ）

Q37：下記の放射線業務において職業被ばくを低減するための放射線防護衣（プロテクター）のおおよその着用率を教えてください。

（※該当する業務が無い場合は、「分からない」にチェックしてください。）

	100%	80%以上	60%以上	40%以上	20%以上	20%未満	分からない
放射線科医 IVR業務							
放射線科医 治療業務							
放射線科医 診断業務							
放射線科医 核医学業務							
心臓外科・循環器医 血管造影業務							
脳神経内科・外科 血管造影業務							
消化器内科・外科 透視業務							
整形外科 透視業務							
泌尿器科 透視業務							
小児科 透視業務							
看護師 血管造影業務							
看護師 透視業務							

Q38：下記の放射線診療業務について職業被ばくを低減するための放射線防護眼鏡（メガネ）のおおよその着用率を教えてください。

（※該当する業務が無い場合は、「分からない」にチェックしてください。）

	100%	80%以上	60%以上	40%以上	20%以上	20%未満	分からない
放射線科医 IVR業務							
放射線科医 治療業務							
放射線科医 診断業務							
放射線科医 核医学業務							
心臓外科・循環器医 血管造影業務							
脳神経内科・外科 血管造影業務							
消化器内科・外科 透視業務							
整形外科 透視業務							
泌尿器科 透視業務							
小児科 透視業務							
看護師 血管造影業務							
看護師 透視業務							

Q39：放射線業務の被ばく管理のために、防護眼鏡の内側に着用する水晶体専用の放射線測定器を利用していますか。

- ① 利用していない →Q40を記載ください。その後Q41へ
② 利用している →Q41へ

Q40：Q39で「利用している」と回答された施設の方へ質問です。
どのような業務・条件の場合に利用していますか。

(業務・条件： _____)

Q41：血管系IVRを行うすべてのX線診療室には、術者とIVR行為の介助者が着用できるだけの防護眼鏡が配備されていますか。

- ① 十分ある ② おおよそある ③ かなり足りない ④ まったくない

Q42：X線装置が設置されている内視鏡室には防護眼鏡が配備されていますか。

- ① 十分にあり ② 十分ではないがある ③ 一つもない

Q43：一般X線透視室には防護眼鏡が配備されていますか。

- ① 十分にあり ② 十分ではないがある ③ 一つもない

Q44：手術室には防護眼鏡が配備されていますか。

- ① 十分にあり ② 十分ではないがある ③ 一つもない

Q45：血管系IVRに診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

- ① 100% ② 90%以上 ③ 80%以上
④ 60%以上 ⑤ 40%以上 ⑥ 20%以上 ⑦ 20%未満

Q46：内視鏡室で内視鏡とX線装置を使った検査（ERCP等）と治療に診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

- ① 100% ② 90%以上 ③ 80%以上
④ 60%以上 ⑤ 40%以上 ⑥ 20%以上 ⑦ 20%未満

Q47：血管系IVRや内視鏡を除く一般X線透視室での放射線診療に診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

- ① 100% ② 90%以上 ③ 80%以上
④ 60%以上 ⑤ 40%以上 ⑥ 20%以上 ⑦ 20%未満

Q48：エックス線透視を伴う手術に診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

- ① 100% ② 90%以上 ③ 80%以上
④ 60%以上 ⑤ 40%以上 ⑥ 20%以上 ⑦ 20%未満

以上でアンケート回答は終了です。ご協力ありがとうございました。

医療従事者の職業被ばくに関する 医療施設における管理・教育状況 実態調査の後向き研究

長崎大学 原爆後障害医療研究所
アイソトープ診断治療学研究分野

研究責任者 教授 工藤 崇

作成年月日：2020年9月11日
第1.1版

1. 研究の目的、意義及び研究の科学的合理性の根拠
2. 研究の方法及び期間
3. 研究対象者の選定方針
4. インフォームド・コンセントの方法
5. 個人情報等の保護の方法（匿名化する場合にはその方法を含む。）
6. 倫理的問題点等
7. 予測されるリスク及び利益、これらの総合的評価並びに当該負担及びリスクを最小化する対策
8. 研究等の期間及び当該期間終了後の試料・情報（研究に用いられる情報に係る資料を含む。）
の保管及び廃棄の方法
9. 研究の資金源等、研究機関の研究に係る利益相反及び個人の収益等、研究者等の研究に係る
利益相反に関する状況
10. 研究に関する情報公開の方法
11. 研究対象者等及びその関係者からの相談等への対応
12. 研究対象者等に経済的負担又は謝礼について
13. 侵襲（軽微な侵襲を除く。）を伴う研究の場合には、重篤な有害事象が発生した際の対応
14. 侵襲を伴う研究の場合には、当該研究によって生じた健康被害に対する補償の有無及びその
内容
15. モニタリング及び監査の方法

1. 研究の目的、意義及び研究の科学的合理性の根拠

医療における放射線利用は、患者の診断・治療のために不可欠な診療行為の一つとなっているが、同時に被ばくに伴うリスクも生じる。医療における放射線被ばくのリスクは患者のみでなく、放射線を取り扱う医師・技師・看護師などの医療関係者にも存在するが、患者の被ばくリスクに比べて、その検討は極めて少ない。医療関係者の被ばくは職業被ばくに分類され、法令に基づき線量限度が定められ管理されているが、管理体制や教育研修については各施設に任されており、必ずしも統一的な基準で行われているとはいえない。このため、一部の施設では個人線量計未装着での放射線取扱などの不適切な事例も生じていると考えられる。2020年には電離則の改定に伴い、水晶体の線量限度の引き下げが行われ、今後、より厳密な管理・教育研修が必要と考えられるため、現在の実態を把握することが急務となっている。本研究では、放射線を取り扱う医療施設における、管理・教育研修の実態を把握することを目的とする。

2. 研究の方法及び期間

1) 研究者

研究責任者

長崎大学 原爆後障害医療研究所 アイソトープ診断治療学研究分野
教授 工藤 崇

研究分担者

原爆後障害医療研究所 放射線生物・防護学分野 教授 松田尚樹
広島大学 医歯薬保健学研究科 放射線診断学 栗井和夫
福島県立医科大学 放射線医学講座 伊藤 浩
福島県立医科大学 ふくしま国際医療科学センター先端臨床研究センター 織内 昇

2) 研究期間

倫理委員会承認後～2022年3月31日

3) 症例数

人を対象とはしない。施設を対象とする。約150施設

4) 解析・評価方法

本研究は人ではなく施設を対象とする。このため、個人に対する侵襲はなく、治療介入は行わない。個人情報も収集されない

方法は以下の通りである。

【方法】

2020年10月に別紙の通りの内容のアンケート調査を行う。アンケートの入力については、入力者の利便性を図るため、Web形式のアンケートフォームを利用する。

アンケートの内容は「基本事項（施設のベッド数等）」「従事者管理（個人線量計装着率等）」「研修（研修内容等）」「作業環境（防護具配備率等）」「その他」の大項目に分かれる。

収集された原データは、施設名を含むデータと含まないデータに分割し、それぞれ別の暗号化USBメモリーの中に保存した上で、鍵のかかる保管庫の中に保存する。必要な場合以外は施設名を含まないデータを用いて、解析を行う

集められたデータをもとに各項目の記述的統計、および各大項目間の相関関係を統計的に求め、日本の平均的な施設における管理・教育研修の状況が適切なレベルにあるか、積雪でない場合は、どのような要因が不適切な状況に結びついているか（施設規模など）を検討する。

3. 研究対象者の選定方針

日本医学放射線学会の教育研修施設を対象とする。このため、日本医学放射線学会の放射線安全管理委員会での承認を必要とする。研究分担者の栗井和夫は令和2年度～3年度の日本医学放射線学会・放射線安全管理委員会委員長、研究協力者の工藤崇は同委員会の委員である。

対象は施設であり、個人ではない。

日本医学放射線学会の教育研修施設数は約150施設である

4. インフォームド・コンセントの方法

本研究は個人情報を収集しないため、個人におけるインフォームド・コンセントは発生しない。

組織としてのアンケートへの参加の意思は、アンケート入力を持って確認されたものとする。得られた情報は当該研究の解析及び成果発表以外の目的で使用しない。

5. 個人情報等の保護の方法（匿名化する場合にはその方法を含む。）

本研究の対象は医療施設であり、本研究では個人情報は一切収集されない。

本研究に関わる関係者は、研究対象施設の情報保護について、適用される法令、条例を遵守する。また研究関係者は、研究対象施設の保護に最大限の努力を払い、本研究を行う上で知り得た情報を正当な理由なく漏らさない。研究関係者がその職を退いた後も同様とする。

収集された原データは、施設名を含むデータと含まないデータに分割し、それぞれ別の暗号化USBメモリーの中に保存を行う。施設名を含むデータのUSBは鍵のかかる保安庫に保管し、必要な場合以外は利用しないこととする。パスワード、および保管庫の鍵については、原爆後障害医療研究所の原研情報室で保管し、情報管理者は本研究の研究責任者および研究分担者は管理しない。研究期間中、質問紙を含むすべての資料は施錠可能な場所に保管する。鍵は情報管理者が保管し、管理する。情報の保護に細心の注意を払い、調査情報を処理するコンピューター及ファイルのパスワードを設定し、研究関係者以外のアクセスを制限する。また、ファイル交換プログラム導入禁止等情報漏洩の危険性を可逆的に排除し、情報を適切に管理する。

6. 倫理的問題点等

本研究は、個人を対象として行われるものではないが、ヘルシンキ宣言、及び、文部科学省・厚生労働省による「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠して実施する。

個人に対する利益・不利益は生じないが、長崎大学医歯薬学総合研究科ホームページにて、研究内容の公表を行う。

7. 予測されるリスク及び利益、これらの総合的評価並びに当該負担及びリスクを最小化する対策

倫理的問題点としては、個人情報は収集されないため、個人に対する倫理的問題は生じないが、施設の情報が明らかになることによって各施設の診療運営に影響を与える可能性は否定

できない。このため、データを、施設名を含むデータと施設名を含まないデータの二種類の形式で保存する。原則として、施設名を含まないデータで解析を行い、施設名を含むデータは必要などきのみ利用することとする。本研究で得られるいかなる施設情報も本研究以外の目的には用いない。すべての情報を記録したコンピューターのパスワード保護、ファイル交換プログラム導入禁止等情報漏洩の危険性を可及的に排除し、情報を適切に管理する。

8. 研究等の期間及び当該期間終了後の試料・情報（研究に用いられる情報に係る資料を含む。）の保管及び廃棄の方法

施設名を含むデータは、ハードウェア暗号化USBメモリーの中に保存した上で、鍵のかかる保管庫の中に保管する。USBのパスワード、および保管庫の鍵については、原爆後障害医療研究所の原研情報室で保管し、研究責任者の責任のもと、研究期間の終了まで管理・保存する。施設名を含まないデータや情報を保存した電子媒体、電子機器類についてもパスワードで保護するとともに、情報交換プログラムのインストールを禁止し、情報の漏洩を防止する。これらの手段によって、情報漏洩については十分配慮する。研究期間終了後には、個人情報に関わる記録データ等のすべての情報は、コンピューター上のデータは復元できないような状態で完全に消去し、その他の資料は細かく裁断の上、廃棄する。

9. 研究の資金源等，研究機関の研究に係る利益相反及び個人の収益等，研究者等の研究に係る利益相反に関する状況

本研究の資金源には厚生労働省「労災疾病臨床研究事業費補助金」を用いる。本研究課題にかかる利益相反事項は生じない。

10. 研究に関する情報公開の方法及び研究結果の帰属

- ・ 研究の概要及び結果の登録について（介入を行う研究が対象）

該当なし

- ・ 研究成果の公表方法，方針及び帰属について（全ての研究が対象）

長崎大学 原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野の学術成果として公表する。

また、本研究は厚生労働省「労災疾病臨床研究事業費補助金」の班研究「放射線業務従事医療関係者の職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究」として行われるため、厚生労働省への報告書の形でも公表される。

11. 研究対象者等及びその関係者からの相談等への対応

本研究に関する相談等のために、以下の連絡先を情報公開文書に記載する。

問い合わせ先：

〒852-8523 長崎市 坂本1丁目12-4

長崎大学原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野

教授 工藤 崇 (研究責任者)

電話095-819-7101

12. 研究対象者等に経済的負担又は謝礼について

なし

13. 侵襲（軽微な侵襲を除く。）を伴う研究の場合には，重篤な有害事象が発生した際の対応
侵襲・介入を伴わないため、該当なし

14. 侵襲を伴う研究の場合には，当該研究によって生じた健康被害に対する補償の有無及びその内容
侵襲・介入を伴わないため、該当なし

15. モニタリング及び監査の方法
侵襲・介入を伴わないため、なし

WEBアンケート

研究課題名：
医療従事者の職業被ばくに関する医療施設における
管理・教育状況実態調査の後向き研究

1. 研究の対象

本研究は2020年度に放射線を医療行為で取り扱う病院が対象となります。
調査対象として放射線を扱う医療の中心的な役割を担う、日本医学放射線学会の承認の元、日本医学放射線学会の教育研修施設を対象に調査をご依頼するものです。
病院が対象で有、個人を対象とした研究ではありません。

2. 研究目的・方法

医療関係者の被ばくは法令に基づき線量限度が定められ管理されていますが、そのためには管理とともに教育研修が必要です。しかし、管理、及び教育研修がどのように行われているかの詳細な把握は十分に行われていません。2020年には水晶体の線量限度の引き下げが予定されており、被ばく低減の対策が必要となりますが、そのためには現状の把握が必須です。
本研究では、放射線を取り扱う医療施設における、管理・教育研修の実態を把握することを目的とした、施設対象のアンケート調査を行います。

3. 研究期間

長崎大学医歯薬学総合研究科長許可日～2022年3月31日

4. 研究に用いる情報の種類

2020年度の管理態勢、教育研修体制に関して、「基本事項（施設のベッド数等）」「従事者管理（個人線量計装着率等）」「研修（研修内容等）」「作業環境（防護具配備率等）」「その他」の大項目、の大項目に分けて、アンケートの形で情報を収集します。

5. 外部への情報の提供

外部への情報提供は行いません。

6. 研究組織

長崎大学 原爆後障害医療研究所 アイソトープ診断治療学研究分野 教授 工藤 崇
原爆後障害医療研究所 放射線生物・防護学分野 教授 松田尚樹
広島大学 医歯薬保健学研究科 放射線診断学 栗井和夫
福島県立医科大学 放射線医学講座 伊藤 浩
福島県立医科大学 ふくしま国際医療科学センター先端臨床研究センター 織内 昇

7. お問い合わせ先

本研究に関するご質問等がありましたら下記の連絡先までお問い合わせ下さい。

照会先および研究への利用を拒否する場合の連絡先：

〒852-8523 長崎市 坂本1丁目12-4

長崎大学原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野

教授 工藤 崇 (研究責任者)

電話095-819-7101

本アンケートは研究目的で行われるものであり、アンケートに回答されなくても施設への不利益は生じません。

ご協力いただける場合は以下に施設名・施設回答者の役職名（放射線科部長・等）をご記入ください。記入を持って、ご協力の同意が確認できたものといたします。

施設名 ()

施設回答者役職名 ()

本アンケートは厚生労働省 労災疾病臨床研究事業「放射線業務従事医療関係者の職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究」に基づき、医療関係者の被ばく実態とその管理実態の調査研究の一貫として行われるものです。データは研究用として用いられ、法的な規制・処罰などに用いられることはありません。本アンケートの記載内容が回答者・施設の不利益になることはありませんので、正直にお答えください。

本アンケートの研究責任者は長崎大学原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野 工藤 崇です

本アンケートの調査対象は医療法の管理対象となる医療施設における放射線診療従事者です。動物実験施設などにおける放射線を用いる研究者は含みません。

まずはじめに、現在の時間を記載してください（アンケートの記入にかかった時間を調べるための項目です。

(:)

基本事項

設問1 医療機関のタイプをお教えてください。

- 1) 大学病院 2) 総合病院 3) 循環器センターなどの専門病院 4) その他

設問2 病床数はどの範囲ですか。

- 1) 600床以上 2) 600未満400以上 3) 400未満200以上 4) 200未満50以上 5) 50未満

従事者管理

設問3 病院・診療施設内のだれかが放射線診療従事者の毎月の被ばく線量を確認していますか？

- 1) はい 2) いいえ

設問3-B 上記設問で「1) はい」と回答された施設の方のみへの質問です。確認している方の職種を教えてください（複数回答可）

- ① 事務職 ② 診療放射線技師 ③ 医師 ④ 医学物理士 ⑤ その他()

設問3-C 上記設問で「1) はい」と回答された施設の方のみへの質問です。確認している方の職位（教授、技師長、主任、部長、等）を教えてください（複数回答可）

職位：()

設問4 放射線診療従事者の線量の測定結果を委員会等に報告していますか？

- ① はい ② いいえ

設問5 上記設問で「はい」と回答された方へ。報告している委員会等を教えてください。（複数回答可）

- ① 放射線安全を担当する委員会 ② 労働安全を担当する委員会 ③ 病院長を含む病院の幹部会議 ④ その他()

設問6 職業被ばくの測定メーカから線量が高い場合等に迅速報告してもらう措置を講じていますか？

- ① はい ② いいえ

設問6-B 上記設問6で「はい」と回答された方へ。その基準を教えてください。(実効線量何 mSv 以上の場合、等) (複数記述可)

()

設問6-C 上記設問6で「はい」と回答された方へ。報告の方法を教えてください。(複数回答可)

- ① メール ② FAX ③ 電話 ④ LINE等のSNS ⑤ その他 ()

設問7 職業被ばく線量が高い従事者に対して被ばく低減を図るために注意喚起を行っていますか？

- ① はい ② いいえ

設問7-B 上記設問7で「はい」と回答された施設の方へ。その措置を教えてください。(複数回答可)

- ① 本人に文書で注意喚起 ② 本人に口頭で注意喚起 ③ 所属長に文書で注意喚起 ④ 所属長に口頭で注意喚起 ⑤ その他 ()

設問8 貴施設のおおよその放射線診療従事者数を教えてください。

() 人

設問9 放射線被ばくする可能性のある医療従事者等(管理区域にまったく立ち入らない者を除く)の放射線診療従事者としての管理状況を教えてください。

- ① 医師(研修医除く): 全員管理 / 管理区域に立ち入る頻度による / 被ばく線量による / その他 ()
- ② 研修医: 全員管理 / 管理区域に立ち入る頻度による / 被ばく線量による / その他 ()
- ③ 診療放射線技師: 全員管理 / 管理区域に立ち入る頻度による / 被ばく線量による / その他 ()
- ④ 看護師: 全員管理 / 管理区域に立ち入る頻度による / 被ばく線量による / その他 ()
- ⑤ その他: 全員管理 / 管理区域に立ち入る頻度による / 被ばく線量による / その他 ()

設問10 職業被ばくの線量限度を超える可能性のある放射線業務従事者はいますか？

- ① いない ② 1～5名程度いる ③ 6名～10名程度いる ④ 11名以上いる

設問11 職業被ばくの線量限度を超えるおそれのある従事者に対する措置を決めていますか？

か？

- ① はい ② いいえ

設問 1 1 -B 上記設問 1 1 で「はい」と回答された施設の方へ。措置や手順を教えてください。(複数回答可)

- ① 部署異動 ② 業務変更 ③ 注意喚起 ④ 複数者による措置の理由の説明 ⑤ その他 ()

設問 1 2 実際に職業被ばくの線量限度を超えるおそれのある従事者に対する措置を講じたことがありますか？

- ① はい ② いいえ

設問 1 3 過去三年間に職業被ばくの線量限度を超えた放射線業務従事者はいますか？

- ① いない ② 1～5名程度いる ③ 6名～10名程度いる ④ 11名以上いる

設問 1 3-B 設問 1 3 で①以外の回答をされた方への質問です。線量限度を超えた業務従事者はどの部署でしたか。医師であれば科、技師・看護師・その他であれば担当部署をお答えください。

()

設問 1 4 放射線診療従事者の管理をしている部署等を教えてください。

- ① 事務局 ② 放射線部門(診療放射線技師) ③ 放射線科等(医師) ④ 医学物理部門 ⑤ 決まっていない ⑥ その他 ()

設問 1 5 放射線管理業務を専門に行う部署がありますか？

- ① はい ② いいえ

研修

設問 1 6 下記の中で、本来個人線量計で管理されていなければならないと思われる業務に従事しながら、フィルムバッジをつけていないとおもわれる部署はありますか？ またその場合、何名程度そのような従事者が推定されますか

放射線診断医 (IVR, 核医学を含む)

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

放射線治療医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

循環器内科医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

心臓外科医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

脳外科医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

整形外科医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

消化器外科医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

消化器内科医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

泌尿器科医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

小児科医

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

その他の内科+外科

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

放射線業務に従事する看護師

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

放射線技師

- ① いない ② 1～2名いる ③ 3～5名いる ④ 6名以上いる

設問17 放射線診療従事者研修の受講率を高めるための方策を実施していますか？

- ① はい ② いいえ

設問17-B 上記設問17で「はい」と回答された施設の方へ。方策を教えてください。

(複数回答可)

- ① 複数回開催 ② e-Learning ③ 資料講習 ④ 伝達講習 ⑤ その他()

設問18 放射線診療従事者に対する研修では、職業被ばく線量を低減するための具体的な方策が含まれていますか？

- ① はい ② いいえ

設問19 放射線測定器を着用していない放射線診療従事者に対して放射線測定器の着用を促していますか？

- ①100%着用しているので該当事例なし ②頻繁に促している ③時々促している ④まれに促している ⑤促していない

設問19-B 上記設問19で、「②頻繁に促している」と「③時々促している」を回答された方へ。促す方法を回答ください（複数回答可）。

- ①研修 ②院内掲示 ③文書回覧（デジタル文書を含む） ④院内会議 ⑤上司や院長からの指導 ⑥放射線安全委員会等からの指導 ⑦放射線診療従事者個々に指導 ⑧技師長からの指導 ⑨部署担当技師からの指摘 ⑩その他（ ）

設問19-C 設問19で、「③時々促している」、「④まれに促している」、「⑤促していない」を回答された方へ。頻繁に促せない理由を回答ください（複数回答可）。

- ①医師には言いづらい ②他部署の方には言いづらい ③上司には言いづらい ④同僚には言いづらい ⑤促す立場にない ⑥その他（ ）

設問20 放射線診療従事者の放射線測定器の着用状況を把握していますか？（複数回答可）

- ①院内組織（放射線安全委員会等）は把握している。 ②放射線診療従事者の管理担当部署は把握している。 ③一緒に業務する他の医療従事者は把握している。 ④誰も把握していない。 ⑤その他（ ）

設問21 下記の放射線業務において職業被ばくを低減するための放射線防護衣（プロテクター）のおおよその着用率を教えてください。

放射線科医 IVR 業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

放射線科医治療業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

放射線科医診断業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

放射線科医核医学業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

心臓外科・循環器医血管造影業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

脳神経内科・外科血管造影業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

消化器内科・外科透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

整形外科透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

泌尿器科透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

小児科透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

看護師血管造影業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

看護師透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

設問 2 2 下記の放射線診療業務について職業被ばくを低減するための放射線防護眼鏡（メガネ）のおおよその着用率を教えてください。

放射線科医 IVR 業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

放射線科医治療業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

放射線科医診断業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

放射線科医核医学業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

心臓外科・循環器医血管造影業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

脳神経内科・外科血管造影業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

消化器内科・外科透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

整形外科透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

泌尿器科透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

小児科透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

看護師血管造影業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

看護師透視業務

100% 80%以上 60%以上 40%以上 20%以上 20%未満 分からない

設問23 放射線業務の被ばく管理のために、防護眼鏡の内側に着用する水晶体専用の放射線測定器を利用していますか。また、利用している場合は、どのような業務・条件の場合に利用していますか。

- ① 利用していない ② 利用している

設問23-B 上記設問23で「利用している」と回答された施設の方へ質問です。どのような業務・条件の場合に利用していますか。

(業務・条件：)

作業環境

設問24 血管系IVRを行うすべてのX線診療室には術者とIVR行為の介助者が着用できるだけの防護眼鏡が配備されていますか？

- ① 十分ある ② おおよそある ③ かなり足りない ④ まったくない

設問25 X線装置が設置されている内視鏡室には防護眼鏡が配備されていますか？

- ① 十分にある ② 十分ではないがある ③ 一つもない

設問26 一般X線透視室には防護眼鏡が配備されていますか？

- ① 十分にある ② 十分ではないがある ③ 一つもない

設問27 手術室には防護眼鏡が配備されていますか？

- ① 十分にある ② 十分ではないがある ③ 一つもない

その他

設問28 血管系IVRに診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

- ① 100% ② 90%以上 ③ 80%以上 ④ 60%以上 ⑤ 40%以上 ⑥ 20%以上 ⑦ 2

0%未満

設問29 内視鏡室で内視鏡とX線装置を使った検査（ERCP等）と治療に診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

- ① 100% ② 90%以上 ③ 80%以上 ④ 60%以上 ⑤ 40%以上 ⑥ 20%以上 ⑦ 20%未満

設問30 血管系IVRや内視鏡を除く一般X線透視室での放射線診療に診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

- ① 100% ② 90%以上 ③ 80%以上 ④ 60%以上 ⑤ 40%以上 ⑥ 20%以上 ⑦ 20%未満

設問31 エックス線透視を伴う手術に診療放射線技師がついているおおよその割合を教えてください。

- ① 100% ② 90%以上 ③ 80%以上 ④ 60%以上 ⑤ 40%以上 ⑥ 20%以上 ⑦ 20%未満

お疲れ様でした。最後に現在の時刻を記載してください

(:)

医療被ばくとその管理 ～近年のトピックと今後の展望～

長崎大学 原爆後障害医療研究所
アイソトープ診断治療学研究分野
工藤 崇

1

認
・ 届 行

医政発 0312 第 7 号
平成 31 年 3 月 12 日

各
都道府県知事
保健所設置市長
特別区長 殿

厚生労働省医政局長
(公印省略)

医療法施行規則の一部を改正する省令の施行等について

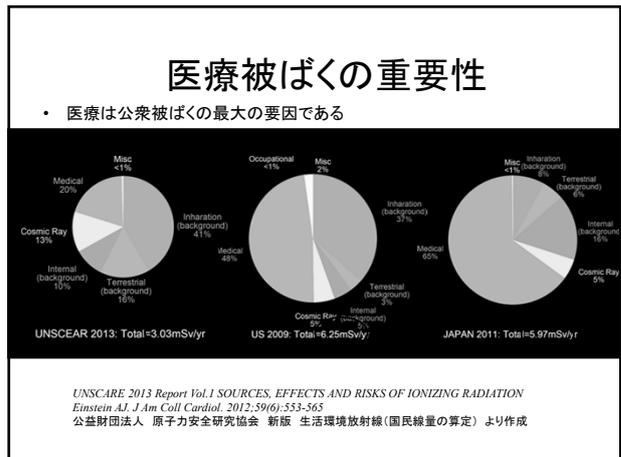
今般、診療用放射線に係る安全管理体制並びに診療用放射性同位元素及び陽電子断層撮影診療用放射性同位元素の取扱いについて、医療法施行規則の一部を改正する省令(平成31年厚生労働省令第21号。以下「改正省令」という。)が2019年3月11日に公布され、このうち、診療用放射性同位元素及び陽電子断層撮影診療用放射性同位元素の取扱いに関する規定については2019年4月1日に、診療用放射線に係る安全管理体制に関する規定については2020年4月1日にそれぞれ施行されることとなった。また、改正省令の公布に合わせて、医療法施行規則第一条の十一第二項第三号の二ハ(1)の規定に基づき厚生労働大臣の定める放射線診療に用いる医療機器(平成31年厚生労働省告示第61号。以下「告示」という。)が告示され、2020年4月1日から適用されることとなった。改正省令及び告示における改正の要点及び施行に当たり留意すべき事項は下記のとおりであるので、御了知いただくとともに、貴管下の関係医療機関等に周知の方をお願いする。

施
12)

2

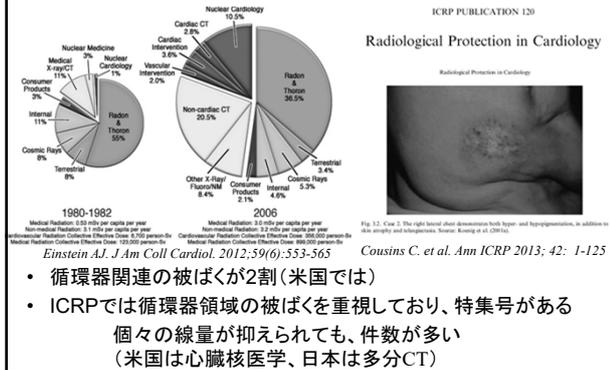
なぜ医療被ばくが重要か

3



4

医療被ばくにおける循環器の重要性



5

医療被ばくによる発がん

Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians

OPEN ACCESS

Mathews JD, et al. BMJ. 2013 May 21;346:f2360

オーストラリアより: 小児期にCTを受けた人において、発がん数の増加

いろいろ疑問の多い論文であるが、医療被ばくが注目的であることは認めなければならない。

Radiation exposure and subsequent risk of cancer: a retrospective cohort study

Math J, Pearce MS, et al. BMJ. 2012 Aug 4;345:f859

Pearce MS, et al. Lancet. 2012 Aug 4;380(9840):499-505

英国より: 小児期にCTを受けた人における発がんリスク(脳腫瘍と白血病)の上昇が、受けていない人の2~3倍。

6

放射線医療利用のルールと違反事例

7

放射線を安全に使うための3原則

- #1: Justification (行為の正当化)
 - 放射線被ばくを伴う行為は、被ばくをする個人または社会に対して、それによって生じる障害を相殺するに十分な便益がなければならない
- #2: Optimization (防護の最適化)
 - 個人の被ばく、被ばくする人数、被ばくの可能性をできる限り低く抑える(ALARAの原則)
As Low As Reasonably Achievable
- #3: Dose Limits (個人の線量限度)
 - 個人の被ばくする線量の上限値をもうける(患者の医療被ばくは除く)

8

甲府における過剰投与事故

放射性医薬品の過剰投与について（日本核医学会声明）

放射性医薬品の過剰投与について

平成23年9月1日

日本核医学会 理事長 玉木長良（北海道大学）

2011年09月05日up

【お知らせ】放射性医薬品の過剰投与に関する事例について（日本放射線技術学会声明）

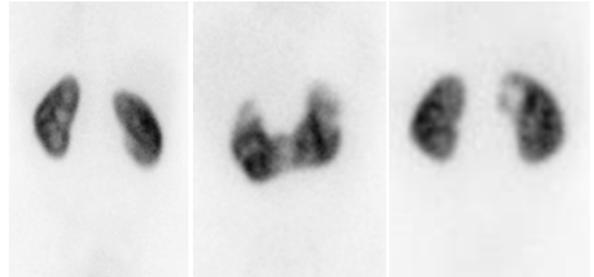
平成23年9月1日、甲府市立甲府病院の専門家からなる日本放射線技術学会から「放射線の適正利用にむけて」；当学会は本件の公表に際し、お伝えし、本件の調査に協力

代表理事 真田 茂
核医学分科会長 河村 誠治

平成23年9月1日、甲府市立甲府病院における放射性医薬品の過剰投与事例が報道されました。本学会は、診療放射線技師が中心となって設立され現在では診療放射線技師、医師、大学教員、企業の研究者など放射線技術に関連した多くの職種で構成されています。また当学会の核医学分科会は、その専門分科会の一つとして全国の核医学施設で核医学診療を安心かつ安全に実施するための、長年に渡り放射性医薬品の安全取扱いや適正な投与量を含め、全国的な核医学検査技術の標準化してさらなる検査技術の向上を目指した取り組みを行ってきました。そのような中で、この度の過剰投与事例が発生したことは非常に残念なことだと考えております。本学会は、放射性医薬品の適正利用にむけて関係諸団体と連携して一層の努力を行うことをお伝えするとともに、この件に関して本学会の見解を以下のように発表します。

9

DMSA (甲府で過剰投与していた検査)



正常

馬蹄腎

右腎盂腎炎

10

子供は動く

- 動くので、できるだけ短時間で撮りたい。
- 核医学の性質上、短時間撮影ではまともな画像にならない。

投与量を増やそう！



市立甲府病院のR1検査問題に関する調査報告書

平成23年9月1日、甲府市立甲府病院における放射性医薬品の過剰投与事例が報道されました。本学会は、診療放射線技師が中心となって設立され現在では診療放射線技師、医師、大学教員、企業の研究者など放射線技術に関連した多くの職種で構成されています。また当学会の核医学分科会は、その専門分科会の一つとして全国の核医学施設で核医学診療を安心かつ安全に実施するための、長年に渡り放射性医薬品の安全取扱いや適正な投与量を含め、全国的な核医学検査技術の標準化してさらなる検査技術の向上を目指した取り組みを行ってきました。そのような中で、この度の過剰投与事例が発生したことは非常に残念なことだと考えております。本学会は、放射性医薬品の適正利用にむけて関係諸団体と連携して一層の努力を行うことをお伝えするとともに、この件に関して本学会の見解を以下のように発表します。

甲府市立甲府病院のホームページには膨大な調査報告書があります。

11

事故の原因

- 投与量に関する情報の共有がなく、医師が投与量の管理などを行っていなかった。
- マニュアルが作成されていなかった
- 放射線部内での教育研修が行われていなかった。

医療法施行規則改正上の

3. 放射線診療に従事する者に対する診療用放射線の安全利用のための研修

。。。の拡充につながっていると思われる

12

子供の方が被ばくリスクが高い

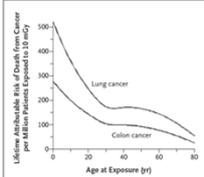


Figure 4. Estimated Dependence of Lifetime Radiation-Induced Risk of Cancer on Age at Exposure for Two of the Most Common Radiogenic Cancers. Cancer risks decrease with increasing age both because children have more years of life during which a potential cancer can be expressed (latency periods for solid tumors are typically decades) and because growing children are inherently more radiosensitive, since they have a larger proportion of dividing cells. These risk estimates, applicable to a Western population, are from a 2005 report by the National Academy of Sciences¹⁹ and are ultimately derived from studies of the survivors of the atomic bombings. The data have been averaged according to sex.

Brenner D J N Engl J Med. 2007; 357: 2277-84

- 年齢が若いときに被ばくするほど、生涯に生じる発がんリスクは高くなる。

1. 単純に被ばく後の生きている時間が長い分だけ確率が上がる。
2. 子供の方が細胞分裂している細胞数が多いためリスクが高い。

この基本的知識が、
研修等で共有されていれば、
そもそも量を増やすという
発想は出ないはず。

13

事故検証時の問題

- 実投与量の推定できる正式な記録が残っておらず、放射性医薬品資料記録簿には添付文書にある数値が転記されているのみであった。
- このため、後の被ばく線量とリスクの検証に困難を伴った。

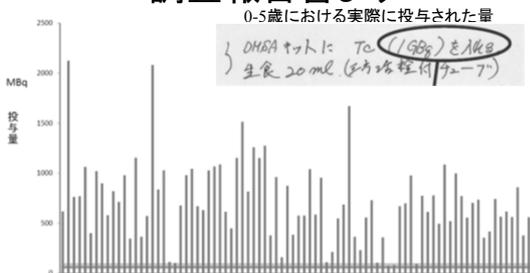
医療法施行規則改正上の

イ: 医療被ばくの線量記録は、関係学会等の策定したガイドライン等を参考に、診療を受ける者の被ばく線量を適正に検証できる様式を用いて行うこと。

。。。につながっていると思われる

14

市立甲府病院RI過剰投与 調査報告書より



- 調査報告書は市立甲府病院のホームページからダウンロードできます。

15

実は無理なことを お願いされている訳ではない

- 1) 管理の責任者を明確に定める
- 2) 現実的かつ基本的な線量管理・記録方法を定める
- 3) 標準手順書的な指針を備える
- 4) 正当化の概念を含めた研修をする

4) 以外はある程度きちんとした病院なら
従前からある程度やっていたはずのこと

16

研修について

3. 放射線診療に従事する者に対する診療用放射線の安全利用のための研修

医療放射線安全管理責任者は、新規則第1条の11第2項第3号の2の規定に基づき、医師、歯科医師、診療放射線技師等の放射線診療の**正当化**又は患者の医療被ばくの防護の**最適化**に付随する業務に従事する者に対し、次に掲げる事項を含む研修を行うこと。

- ・ (1) 患者の医療被ばくの基本的な考え方に関する事項
- ・ (2) **放射線診療の正当化**に関する事項
- ・ (3) 患者の**医療被ばくの防護の最適化**に関する事項
- ・ (4) 放射線の過剰被ばくその他の放射線診療に関する事例発生時の対応等に関する事項
- ・ (5) 患者への情報提供に関する事項

実はこれが一番重大な変更

17

1 研修対象者

医療被ばくにおける正当化及び最適化に関する業務、その他それらに付随する業務に携わる者を研修の対象者とする。研修の対象者は医療法施行規則第30条の18に規定する放射線診療従事者等に限られない。

研修対象者の名簿等についても別途保存しておくことが望ましい。

なお、対象者として具体的に次に掲げる者が想定される。

- (1) 医療放射線安全管理責任者
- (2) 放射線診療を依頼する医師及び歯科医師
- (3) 血管造影又はエックス線透視・撮影等を行う医師及び歯科医師
- (4) 放射線科医師
- (5) 診療放射線技師
- (6) 放射性医薬品等を取り扱う薬剤師
- (7) 放射線診療を受ける者への説明等を実施する看護師等

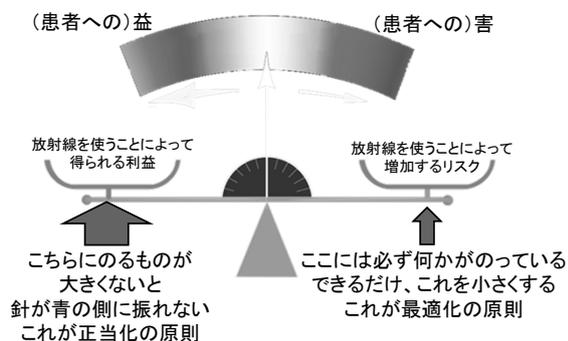
日本医学放射線学会のガイドライン

今までの放射線に関する研修は放射線を直接使う人のみ
今後は、放射線を使う検査を依頼する医師まで含む
(事実上、全医師が対象)

放射線のことを知らない人は
放射線を利用してはいけない、依頼してもいけない

18

正当化と最適化の原則



19

被ばくによる影響の種類

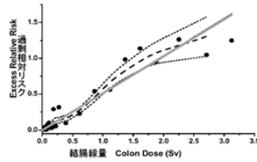
- 1) 確率的影響
 - 基本的に発癌影響(遺伝的影響も含まれるが人での証明はない)
 - 画像診断の場合は、ほぼこのレンジに収まる。
 - LNT仮説: どんなに少なくとも発癌の確率は存在し、線量に直線的に相関する。(これがくせ者)
- 2) 確定的影響
 - 放射線皮膚炎、白内障など
 - 基本的にシーベルト単位の世界だが、水晶体に関しては閾値が低く、閾値がないという説すらある。
 - 基本的に閾値以下なら影響がないとされるが、上記の理由から「組織反応」という語に置き換わりつつある。

20

確率的影響

- 過去の被ばくのデータ(原爆、事故による被ばくなど)から、放射線を浴びる量(線量)が増えるに従って、発がんのリスクが上昇することがわかっている。

- この関係はおおむね原点を通る直線と考えられており (Linear Non-Threshold: LNT仮説)、したがって、どんなに少なくてもリスク=0とはならない。



Preston DL, et al. Radiation Research 2003; 160: 381-407より改変引用

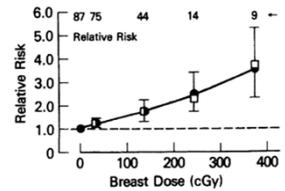
これがあがるが故に、最適化の原則(ALARA)は「合理的に達成可能な限り低く」となる

21

X線透視による乳癌

- マサチューセッツ州における、結核診断・治療のためのX線透視による乳癌発癌リスク

- 1925~1954年の間に、2573名の対象患者に147件の乳癌が30年間の間に発生した。
- 平均透視回数88回。
- 平均総線量7.9Gy
 - 一回あたりではない



Boice JD Jr. et al. Radiat Res 1991; 125: 214-222より改変引用

かなりきれいな直線性。ただし、エラーバーは大きい。

22

CT被ばくによる確率的影響:不確実

Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians

Mathews JD, et al. BMJ. 2013 May 21;346:f2360

オーストラリアより; 小児期にCTを受けた人において、発がん数の増加。

Radiation exposure and childhood cancer tumours:

Pearce MS, et al. Lancet. 2012 Aug 4;380(9840):499-505

英国より: 小児期にCTを受けた人における発がんリスク(脳腫瘍と白血病)の上昇が、受けていない人の2~3倍。

- 非常に話題になった論文ですが.....

23

Confounding by indication (Reverse causation)

そもそもなぜ小児にCTを行うか。

なにか、病気があるか疑われるから。

小児にCTを行う以上は、それなりに「必要性が高い」から行うはず

「必要性が高い」の中には当然悪性疾患(および関連する事象)が含まれる。

X線が、がんを引き起こしているのではない、がんが、X線を引き起こしているのだ。

24

疫学研究はLNTを支持するか

TABLE 1.1—Ratings of the degree of support for the LNT model by the cancer studies reviewed.

Study (or groups of studies) ^{a,b}	Support for LNT Model
LSS: Japan atomic bomb (Grant et al., 2017)	Strong
INFORMS: France, United Kingdom, United States combined cohort (Richardson et al., 2015)	Strong
Tuberculosis fluoroscopic examinations and breast cancer (Little and Boice, 2003)	Strong
Childhood Japan atomic bomb exposure (Preston et al., 2008)	Strong
Childhood thyroid cancer studies (Lubin et al., 2017)	Strong
Mayak nuclear workers (Schubert et al., 2015)	Moderate
Chernobyl fallout, Ukraine and Belarus thyroid cancer (Brenner et al., 2011)	Moderate
Breast cancer studies, after childhood exposure (Edenbauer et al., 2015)	Moderate
In situ exposure, Japan atomic bomb (Preston et al., 2006)	Moderate
Techa River, nearby residents (Schmidt et al., 2013)	Moderate
In situ exposure, medical (Wakeland, 2008)	Moderate
Japan nuclear workers (Akita and Minato, 2012)	Weak-to-moderate
Chernobyl cleanup workers, Russia (Kashcheev et al., 2015)	Weak-to-moderate
U.S. radiologic technologists (Liu et al., 2014; Preston et al., 2016)	Weak-to-moderate
Mayak nuclear workers (Boice et al., 2014)	Weak-to-moderate
Rockyflats nuclear workers (Boice et al., 2011)	Weak-to-moderate
French uranium processing workers (Zhang et al., 2016)	Weak-to-moderate
Medical X-ray workers, China (Shi et al., 2016)	Weak-to-moderate
Tsushima administrative buildings, residents (Hsieh et al., 2017)	Weak-to-moderate
Background radiation levels and childhood leukemia (Kendall et al., 2013)	Weak-to-moderate
In situ exposure, Mayak and Techa (Kashcheev et al., 2016)	Weak-to-moderate
Hanford ¹³⁷ I fallout study (Davis et al., 2004)	No support
Kerala, India, HBRA (Nair et al., 2009)	No support
Canadian worker study (Zabacka et al., 2014a)	No support
U.S. atomic veterans (Siddons et al., 2016)	No support
Yangjiang, China, HBRA (Tao et al., 2012)	Inconclusive
CT examinations of young persons (Parker et al., 2012)	Inconclusive
Childhood medical X-ray and leukemia (aggregate of 19 studies) (Little, 1999; Wakeland, 2008)	Inconclusive
Nuclear weapons test fallout studies (aggregate of eight studies) (Lynn et al., 2006)	Inconclusive

NCRP Commentary No.27より改変引用

強く支持する:

ある程度支持する:

支持するかもしれない

支持しない

結論は出せない

25

NCRP commentary 27の結論

9.3 Radiation Protection Implications

While the LNT model is an assumption that likely cannot be scientifically validated by radiobiologic or epidemiologic evidence in the low-dose range, the preponderance of epidemiologic data is consistent with the LNT assumption, although there are a few notable exceptions. The current data are not precise enough to exclude other models, and there appears to be curvature in some datasets. The current judgment by national and international scientific committees is that no alternative dose-response relationship appears more pragmatic or prudent for radiation protection purposes than the LNT model on the basis of available data, recognizing that the risk <100 mSv is uncertain but small (ICRP, 2007; NCRP, 2006; NCRP, 2008).

放射線防護の目的で、LNTに代わるような、実用的でかつ保守的な線量-応答関係は今のところ見つからないので、LNT仮説を採用する。

LNTモデルは、低線量域において、放射線生物学や疫学的に科学的証明をすることがおそらく出来ない仮説であるもの。。。

- LNTは基礎科学ではない。防護のための実用科学である。
- もしかして、もはや検証不能と諦めている？

26

決着はつくなのか？

EPI-CT: WHOとEUが行っている大規模研究 (<https://epi-ct.iarc.fr/>)



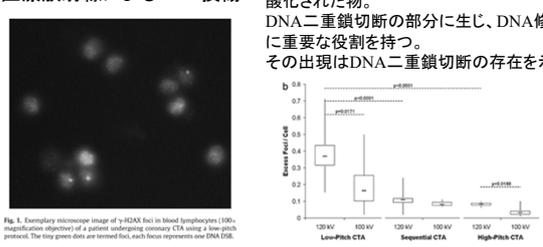
小児CTに関してはある程度の結論が出せる可能性がある
— 循環器のISCHEMIA studyに相当するインパクトがあり得る

27

ではDNA損傷はないのか : 確実にある

医療放射線によるDNA損傷

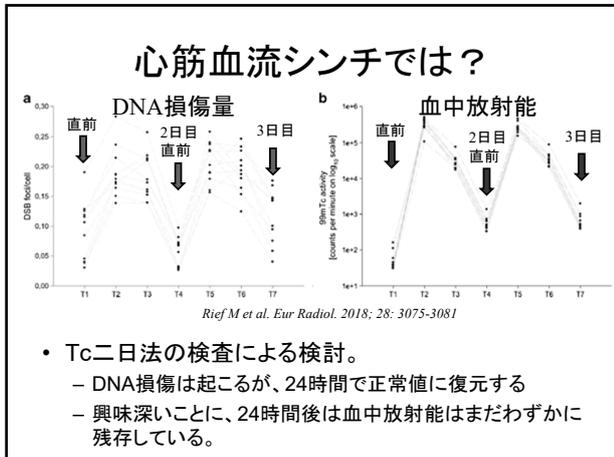
γ-H2AX: ヒストン蛋白の一種H2AXがリン酸化された物。DNA二重鎖切断の部分に生じ、DNA修復に重要な役割を持つ。その出現はDNA二重鎖切断の存在を示す。



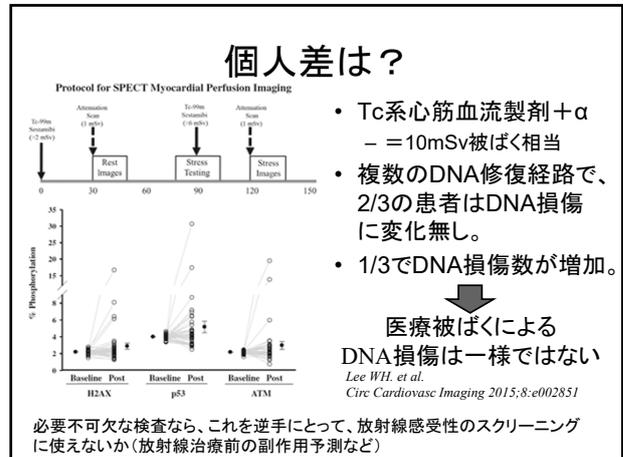
医療被ばくによるDNA損傷とその修復が定量できる。

Brand M, et al. Eur J Radiol (2012); 81: e357–e362

28



29

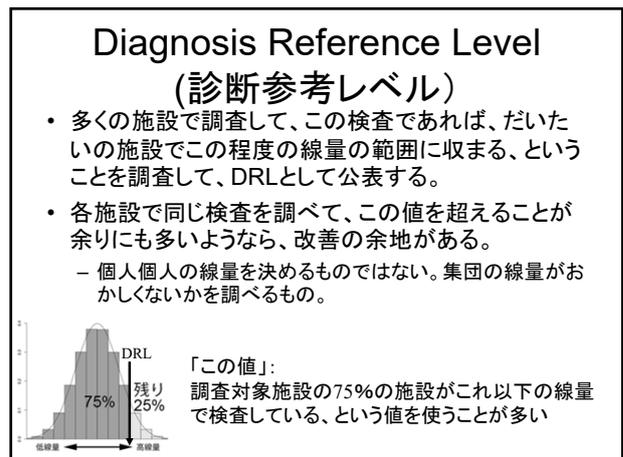


30

線量限度は医療被ばくには当てはまらない

- 1) 利用の正当化
- 2) 防護の最適化
- 3) 線量限度
 - 医療被ばくには線量限度の原則は適用されない
- **3*) 責任の原則**
 - Einsteinらは「線量限度」に代わる第3の原則として「Responsibility principle: 責任の原則」を提示している
 - 個別の線量の記録、モニタリングを行うこととともに、**20mSv**を超えるような検査では、患者への十分な説明と同意のものに行うことを推奨している。
Einstein AJ, et al. J Am Coll Cardiol. 2014;63(15):1480-9.
- 3#) 診断参考レベル(DRL)の利用

31



32

管理すべき対象

- (1) 線量管理について
 - ア: 次に掲げる放射線診療に用いる医療機器等(以下「管理・記録対象医療機器等」という。))については放射線診療を受ける者の医療被ばくの線量が他の放射線診療と比較して多いことに鑑み、管理・記録対象医療機器等を用いた診療に当たっては、被ばく線量を適正に管理すること。
 - 移動型デジタル式循環器用X線透視診断装置
 - 移動型アナログ式循環器用X線透視診断装置
 - 据置型デジタル式循環器用X線透視診断装置
 - 据置型アナログ式循環器用X線透視診断装置
 - X線CT組合せ型循環器用X線診断装置
 - 全身用X線CT診断装置
 - X線CT組合せ型ポジトロンCT装置
 - X線CT組合せ型SPECT装置
 - 陽電子断層撮影診療用放射性同位元素
 - 診療用放射性同位元素

33

管理すべき項目

- (2) 線量記録について
 - ア: 管理・記録対象医療機器等を用いた診療に当たっては、当該診療を受ける者の医療被ばくによる線量を記録すること。
 - イ: 医療被ばくの線量記録は、関係学会等の策定したガイドライン等を参考に、診療を受ける者の被ばく線量を適正に検証できる様式を用いて行うこと。

線量は被ばく線量を検証できる様式でなければならない

すなわち、記録が目的ではない。
患者の被ばく線量を管理し、
振り返って検証できないといけない

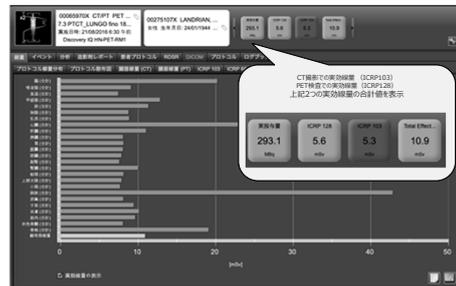
34

医療被ばくの管理は。。。

- 単なる記録のみではない。。。
 - 後に振り返って、患者の線量を推定し、患者の被ばくに伴うリスクを検証できるものでなければならない。
 - 適切な放射線利用につながる、検証と修正(DRLとの比較検証など)が行えなければならない。

35

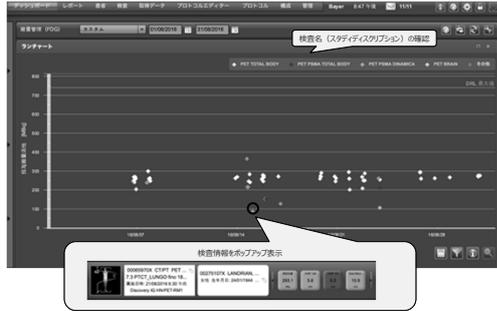
PET/CT検査における臓器線量/実効線量計測



- 臓器吸収線量および実効線量(ICRP128準拠)の自動計測

36

日々の実投与量管理グラフ(FDG)



37

日本の心臓核医学の現状

- タリウムの利用が多く、患者の被ばくに影響していることは感覚的に多くの心臓核医学関係者は認識している。
- が、実証データに乏しい。

Handai Survey.

Current status of stress myocardial perfusion imaging pharmaceuticals and radiation exposure in Japan: Results from a nationwide survey

Ryuto Otsuka, MS,* Narumi Kubo, MS,* Yosuke Miyazaki, MS,* Mio Kawahara, MS,* Jun Yabae, MS,* and Kazuki Fukuchi, MD, PhD*

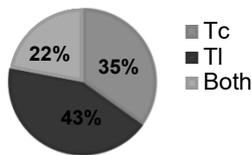
Otsuka R, et al. J Nucl Cardiol. 2017 Mar 28. doi: 10.1007/s12350-017-0867-2

大阪大学の福地一樹先生が全国調査を行いました。全国641施設にアンケートを行い、431施設より回答(回収率67%)

38

日本での心臓核医学の現状

日本における心臓核医学の核種別検査割合

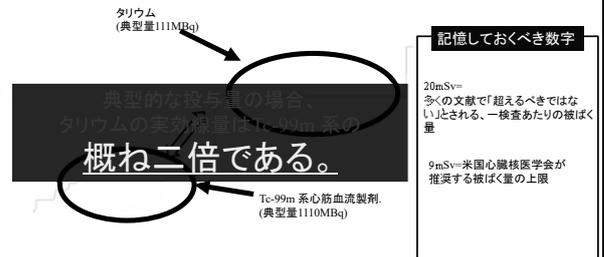


- 半分がまだTI-201.
 - TI-201の典型的投与量は111MBq
 - Tc-99m 系心筋血流製剤の典型的使用量は約1100MBq
- 欧米ではタリウムは一桁
 - ドイツ: 2%
 - アメリカ: 5.6%

Otsuka R, et al. J Nucl Cardiol. 2017 Mar 28. doi: 10.1007/s12350-017-0867-2

39

日本における心筋血流シンチに伴う被ばく量は



Otsuka R, et al. J Nucl Cardiol. 2017 Mar 28. doi: 10.1007/s12350-017-0867-2

40

医療被ばく: 診断

- 25~30mSv/検査以下:
 - 確定的影響のレンジにはない。
 - 問題となるのは確率的影響
 - 基本、発癌のみ。遺伝的影響は人間では証明されていない
 - 確率的影響は因果律ではなく、リスクの世界
 - 500mSv浴びても発癌しないこともあれば、10mSvでも発癌することはあり得る。
 - しかし、その発癌が放射線が原因かどうかを捉えることは困難。
 - 捉えられたとしても、「どの」放射線が原因かは絶対に分からない。

被ばくのために、発がんリスクが50%増加しました。>>がんになりました。
 ≠被ばくのせいでがんになりました。とはならない。
 (リスクの考え方を個人に当てはめるのは少し問題がある)

41

放射線利用の3つのルール

- 利用の正当化
- 防護の最適化
- (線量限度)

利用するからには患者に利益がないといけない。

逆に言えば、間違いなく患者に利益があるのなら、利用しなければならないのではないかな?

アイザック・アシモフ: ロボット工学三原則

- 第一条: ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。
- 第二条: ロボットは人間にあたえられた命令に服従しなければならない。ただし、あたえられた命令が、第一条に反する場合は、この限りでない。
- 第三条: ロボットは、前掲第一条および第二条に反するおそれのないかぎり、自己をまもらなければならない。

From Isaac Asimov "Runaround" 1942

42

医療に伴う被ばくとは

- 1: 医療被ばく: 患者の被ばく
 - 受益者(患者)とリスクを受ける者(患者)が一致している
- 2: 職業被ばく: 医療従事者の被ばく
 - 受益者(患者)とリスクを受ける者(職員)が一致しない

こちらが今ひとつ忘れられていた

43

職業被ばく

- 2020年(令和2年)に新たな電離則が公布。
 - 水晶体の線量限度が5年で100mSv, 1年で50mSv以下に制限される予定。(公布はR2, 施行はR3, 猶予期間あり)

かなり厳しい。

- (1) 研究課題名
放射線業務における被ばくの実態と被ばく低減対策に関する調査研究(一般公募型)(190701)
- (2) 研究の背景及び目標
平成30年3月の放射線審議会の意見具申では、眼の水晶体の等価線量限度を5年間の平均で20mSv/年かついずれの1年においても50mSvを超えないことが適当であるとされ、今後電離放射線障害防止規則の改正が見込まれる。また、年間20mSvを超える放射線業務従事者のほとんどが医療分野の労働者であることから、この分野における被ばく低減に向けた取組が求められているところである。このため、本研究では主に医療分野の事業場における放射線業務従事者の被ばく線量等を調査するとともに、被ばく低減に向けた取組に関する調査を実施しその効果を分析することで、科学的根拠に基づく、実行可能な被ばく低減方を提案する。

44

管理の必要性

- 医療被ばくにしても職業被ばくにしても、線量は小さく、問題は余り生じない、といっているが、それは。。。

管理されているというのが前提！

【個人線量計装着状況】

推薦学会	推薦された施設/医師数(a)	個人線量計装着施設/医師数(b)	個人線量計装着率 (b)÷(a)×100
日本医学放射線学会 IVR学会	13	13	100%
日本循環器学会	9	5	56%
日本消化器病学会	23	10	43%
日本整形外科学会	12	2	17%



管理されてへんやないか！

第5回検討会の資料2
(産業医科大学 樺田班資料)から引用

45

まとめ

- 医療法施行規則改正は、いくつかの事故・事案が背景になっていると思われる。
 - 無理なことを要請されているわけではない。
 - 患者の被ばくを個人・集団の面で適切に管理・事後検証出来る体制が必要。
 - なによりも、正当化・最適化を理解していることが重要。
- これからは、職業被ばくも重要になってくる。

**検査をためらう必要はない。
必要なら自信を持ってやるべき。
そのためにも適切な管理を**

46

労災疾病臨床研究事業費補助金
分担研究報告書

3) 医療関係者の水晶体被ばくの現状とそれに影響する要因に関する研究

研究分担者 工藤 崇 長崎大学 原爆後障害医療研究所 教授
研究分担者 松田尚樹 長崎大学 原爆後障害医療研究所 教授
研究分担者 織内 昇 福島県立医科大学 先端臨床研究センター 教授
研究分担者 伊藤 浩 福島県立医科大学 医学部 教授
研究分担者 栗井和夫 広島大学 医歯薬保健学研究科 教授

研究要旨

【目的】ICRPの勧告で水晶体被ばくの線量限度を5年間で100、1年間で50mSvを超えないように引き下げることが提唱され、本邦でも令和3年度よりこれに従って電離放射線障害防止規則（電離則）改正が行われ施行された。しかし、実際の医療環境における被ばくの実態、特に水晶体の被ばく状況は十分に調査・検討が行われておらず、改正電離則を実際の医療現場が遵守できるかは明らかであるとはいえない。本研究では現状の医療機関における放射線業務従事者の業務分類毎の水晶体被ばく状況を調査し実態を把握する。【方法】対象としては、特に線量が高いことが予想されるX線透視を伴う業務を対象とした、透視業務に業務従事者に水晶体線量計DOSIRISを着用してもらい、個人ではなく業務分類ごとの水晶体被ばく線量を一ヶ月毎の積算線量として測定した。また、同時に各業務分類毎の月ごと検査件数、X線照射回数、X線照射時間を記録した。これらのデータを元に、どのような業務分類において水晶体線量が高線量となっているかの実測情報を得ることとした。研究を行った長崎大学病院では研究開始時点でほとんどの検査科が防護眼鏡を着用していなかったため、令和2年4月～9月はそのまま未着用、10月以降は着用介入を行い、防護眼鏡の被ばく低減効果も検証した。【結果】令和2年度は主に医師の被ばくについて解析を行った、透視業務の多い泌尿器科、小児科、消化器内科、その他の内科（主に呼吸器）、整形外科、放射線科において調査を行った。また、透視介助の看護師および診療放射線技師についても測定した。最大月間線量が7.2mSvと予想を大幅に超える線量が観察された。水晶体線量と検査回数、照射回数、照射時間はすべて強い相関を示し、特に照射時間が最も高い相関であったため、単位時間あたりの水晶体線量を主な調査対象とした。単位時間あたり線量は防護眼鏡無しの期間において $0.024 \pm 0.023 \text{mSv/min}$ に対し、介入後は $0.011 \pm 0.004 \text{mSv/min}$ と半分以下に減少した。【考察】水晶体線量の実測により、予想を大幅に超える水晶体線量が観察された。本研究は業務毎の線量調査であり、個人毎の調査ではないため、これが直接個人の水晶体線量限度超過を示すものではないが、透視業務を行う従事者の水晶体線量超過の可能性が高いことが疑われる結果であった。一方、防護眼鏡着用により線量が50%程度に低減できることが明らかとなり、防護眼鏡の普及が対策として重要であることが明らかとなった。

A. 研究目的

2011年のICRPソウル声明において、水晶体被ばくの線量限度を5年間で100mSv、1年間で50mSvと引き下げることが勧告された。これに基づき本邦でも令和3年4月施行の電離則改訂で水晶体線量限度が引き下げられている。しかし、実際の医療現場において、水晶体線量がどの程度のもので、どのような業務が高線量となっているかは不明である。実際に引き下げられた線量限度を遵守することが出来るかは明らかでなく、米国では遵守困難との考えから、線量限度の改定が行われていない現状も存在する。遵守可能であるか、また遵守困難である場合、どのような介入を行うことで線量を低減させることが出来るか、これらを明らかにするためには、まず現状における実臨床での被ばく実態を把握することが必須である。本研究では放射線を扱う業務を分類し、分類毎の水晶体線量を実測し、線量の高い業務分類を把握する。また、水晶体線量低減のための介入を行い、介入前後での線量低減効果についても検証する。

B. 研究方法

長崎大学病院において、放射線業務のうち、被ばく線量が多いと推定される透視を伴う業務について、透視業務の多い泌尿器科、小児科、消化器内科、その他の内科（主に呼吸器）、整形外科、放射線科を単位業務分類として扱い、業務分類毎の線量を調査した。また、透視業務に立ち会う看護師と診療放射線技師においても調査を行った。調査は千代田テクノル社製DOSIRISを利用し、業務分類毎にDOSIRISを共有し（例：泌尿器科の透視業務Aに医師aが携わり、

その後泌尿器科の透視業務Bに医師bが携わる場合は同じDOSIRISを共有して連続して測定を行う）業務毎の水晶体被ばく線量を月ごとに集計した。また、同時に月あたりの検査の回数、検査毎の照射回数、検査毎の照射時間を記録し、月ごとに集計した。また、調査対象である長崎大学においては、放射線科を除く科では放射線防護眼鏡の利用がほとんど行われていなかったため、調査開始の令和2年4月から9月までは状況への介入を行わず測定、その後10月より防護眼鏡の着用を行う介入を実施し、介入の前後での水晶体線量の変化を検証した。本報告書の時点で令和3年3月のデータの報告が得られていないため、介入前の期間が6か月、後が5か月のデータ収集である

（倫理面への配慮）

長崎大学医歯薬学総合研究科において倫理審査を受け、承認を得た（許可番号:20032703）。個人情報保護の観点、および目的とする情報の性質から、収集する線量データは、業務分類毎の収集で、個人ごとの情報は収集しないこととした。

C. 研究結果

令和2年度においては、X線透視業務の多い泌尿器科、小児科、消化器内科、その他の内科（主に呼吸器）、整形外科、放射線科の線量調査を行った。看護師・診療放射線技師についても一部解析した

1) 介入前

医師の水晶体被ばく線量は、防護眼鏡着用介入前の値で平均 1.758 ± 1.776 mSv/month、最大 7.20mSv/month、中央値 0.90mSv/month、最小値 0.20mSv/month

と予想外の高値を示した。科毎の比較では、泌尿器科の水晶体被ばく線量が突出して高く（ $4.70 \pm 1.342\text{mSv/month}$ 、最大 7.20mSv/month ）、次いで消化器科が高い値であった。

被ばく線量は X 線の利用状況と関連するため、単純な月間被ばく線量の検討では状況の把握は困難である。そこで、X 線利用状況と水晶体線量の相関を検討した。水晶体線量は、月あたりの検査の回数、検査毎の照射回数、検査毎の照射時間のいずれとも強い相関を示した。今回は、単位照射時間あたりの水晶体被ばく量を主な検討項目とすることとした。

単位照射時間あたりの水晶体線量は、整形外科のみ若干高い値（ $0.049 \pm 0.040\text{mSv/min}$ ）であり、小児科に対して有意に高い値（ $p < 0.05$ ）となっていたが、他の科に対しては有意な差はなかった。検査 1 回あたりの水晶体線量、照射回数あたりの水晶体線量については、科の間で有意な差は認められなかった。

看護師・診療放射線技師においては、介入前の線量はそれぞれ

看護師 $1.760 \pm 0.699\text{mSv/month}$

技師 $1.180 \pm 0.531\text{mSv/month}$

であった。

看護師・診療放射線技師については、その業務形態上、照射時間（曝露時間）の厳密な定義が困難であったため、検査に立ち会った数で除した値（検査立会い 1 回あたりの線量）を求めたところ

看護師 $0.015 \pm 0.006\text{mSv/立ち会い 1 回}$

技師 $0.016 \pm 0.004\text{mSv/立ち会い 1 回}$

とほぼ同じであった。

2) 介入後

介入後の単位照射時間あたりの水晶体線量は介入前に比べ、約 33%の明らかな低減が認められた（介入前： $0.024 \pm 0.003\text{mSv/min}$ 、介入後： $0.008 \pm 0.004\text{mSv/min}$ 、 $p < 0.01$ ）。

	減少率
全体	33%
泌尿器科	37%
小児科	67%
消化器科	42%
呼吸器科	0%
整形外科	16%

科毎の検討でも、すべての科で水晶体線量の減少傾向が認められたが、統計学的有意差に到達したのは泌尿器科のみであった

（ $p < 0.05$ ）。介入後の期間が 5 か月であるため、介入前 6、介入後 5、と例数が少ないことに加え、介入後の期間では COVID-19 に伴う検査件数の大幅な現象が生じていた。このことが良好な減少率であるにもかかわらず、科毎のデータでは統計学的有意差が得られていない原因と考えられる。

特に、呼吸器科における介入後の水晶体線量が 0 であるのは、検査件数が著しく減少し、介入後の期間 5 か月のうち検査があった月が一ヶ月のみであり、かつその月も検査数が少ないため、DOSIRIS による測定が測定限界以下となったことが原因である。

看護師・診療放射線技師についても、立ち会い 1 回あたりの水晶体線量はそれぞれ

看護師 $0.006 \pm 0.001\text{mSv/立ち会い 1 回}$

技師 $0.004 \pm 0.008\text{mSv/立ち会い 1 回}$

と、有意な減少を認めた（ $p < 0.05$ ）。減量率は看護師で 41%、診療放射線技師で 26%であった。

D. 考察

本研究では透視業務に従事する医師の水晶体線量が予想を大幅に超えて高いことが示唆された。月間水晶体線量の最大値である 7.2mSv はこれを 12 か月続けたとすると 86mSv となり、どの 1 年でも超えてはならないとされる水晶体線量限度の 50mSv を大幅に超過する。また、平均水晶体線量の 1.758mSv であっても、5 年間 (60 か月) この値が継続したとすると、105mSv となり、5 年間の線量限度を超過する。本研究では個人線量ではなく、業務毎の線量の調査であり、すべての業務に継続して一名の医師が携わる訳ではないため、単純な合算は不適切な推定であるが、透視業務従事者における水晶体線量限度の遵守が必ずしも容易ではないことを示唆するデータであると考えられる。

一方、最も高い線量を示した泌尿器科についても、単位照射時間あたり、検査数あたり、単位照射あたりの線量は突出して高いわけではなかった。これらの値は概ねどの科でも有意な増減のない一定した値となっており、月間あたりの水晶体線量値が高い原因が、業務の手順や運用などの個別の科の特性に伴うものではなく、単純に検査回数、検査時間の増大に伴って増加する性質であることを示唆している。このことから、水晶体線量の低減のためには、線量を低減させるための作業環境の改善が最も重要ではないかと考えられる。

看護師・技師についても医師とほぼ同等の水晶体被ばくが観察された。特に看護師においては、防護眼鏡着用無しでの月あたりの平均線量が 1.760 と医師とほぼ同じであり、医師同様 5 年の線量限度を超過する

可能性のある高い値であった。月あたりの平均線量は診療放射線技師よりも看護師の方がやや高い傾向があったが、検査立会いあたりの線量ではほぼ同等であり、月あたりの平均線量の違いは業務形態の差 (透視室内への作業中の入室回数等) によるものが推定される。

今回、長崎大学病院において放射線防護眼鏡の着用率が不良であったため、着用を促す介入を行ったところ、全体として線量を 1/3 程度に低減させることが出来たことは、防護眼鏡の着用推奨による作業環境改善が水晶体線量の減少に大きく寄与することを示している。今回の班研究における別の研究でのアンケート調査では、半数以上の施設において、放射線防護眼鏡が十分ではないとされており、防護眼鏡普及による線量低減の余地が大きく残されていることが示唆されたものとする。

E. 結論

医療現場における透視業務を行う医師・看護師・診療放射線技師の水晶体被ばくは予想を超えて高いものであり、状況によっては年間 50mSv/5 年間 100mSv の線量限度を超過する可能性が示唆された。一方、この線量については、検査科によって大きく異なるものではなく、作業内容に大きな問題があつて高線量となっているわけではないことが示唆された。線量は単純に照射時間・照射回数・検査回数と高い相関関係を持っており、透視時間の削減か、単位透視時間あたりの被ばく線量の低下が対策として有効であることが示唆された。防護眼鏡の着用は線量を大幅に削減する可能性が示され、防護眼鏡の着用の普及・推進が最も有効性

が高い水晶体線量低減策であると考えられた。

F. 健康危険情報

(総括研究報告書に記載)

G. 研究発表

1. 論文発表

(関連論文)

Takemoto T, Ohsawa K, Matsuda N.

Cleaning Materials and Methods for Effective Removal of Indoor Radioactive Contamination. Radiation Safety Management 19; p49-57, 2020

2. 学会発表

工藤 崇「医療に伴う被ばくの問題：基本的な考え方と論争点」第20回循環器CT・MR研究会 2020年11月21日

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む)

1. 特許取得

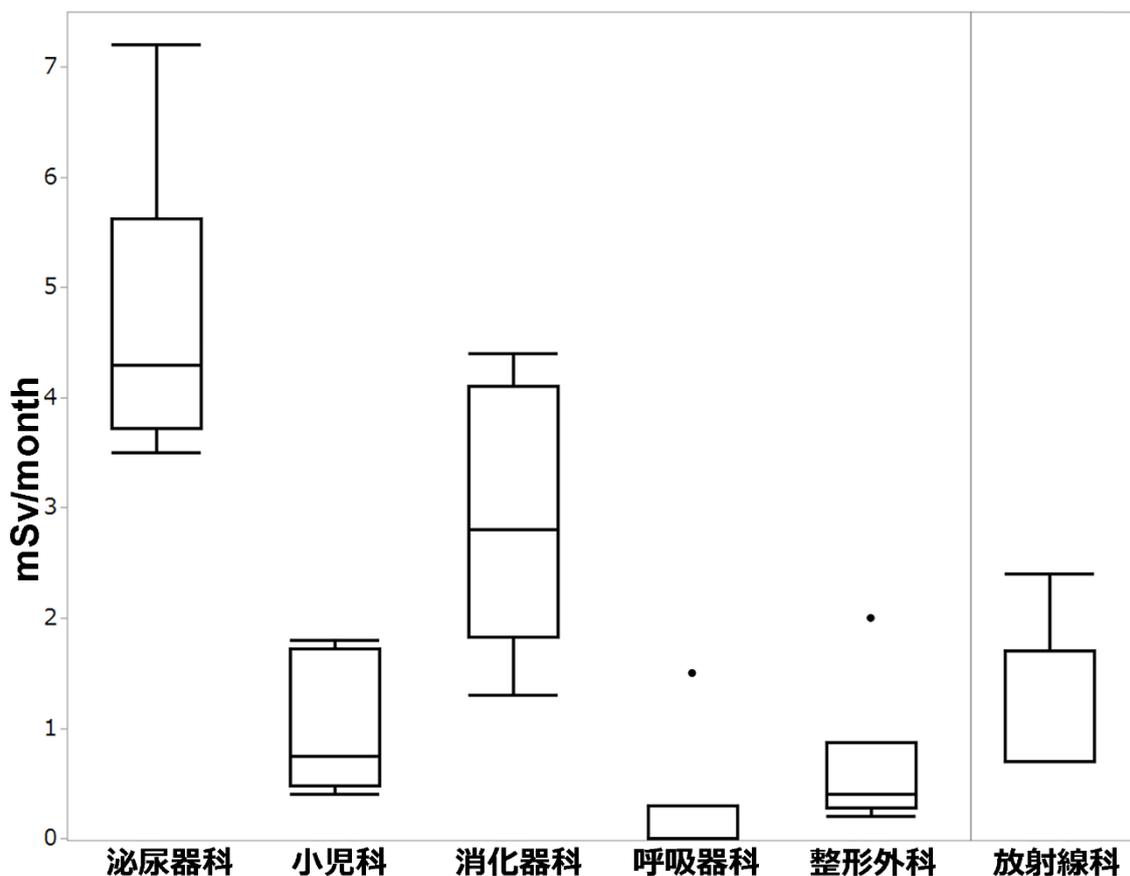
無し

2. 実用新案登録

無し

DOSIRIS によって測定された医師の被ばく線量

防護眼鏡非着用期間（2020/4月~9月）の月あたり水晶体線量推定値（mSv/month）



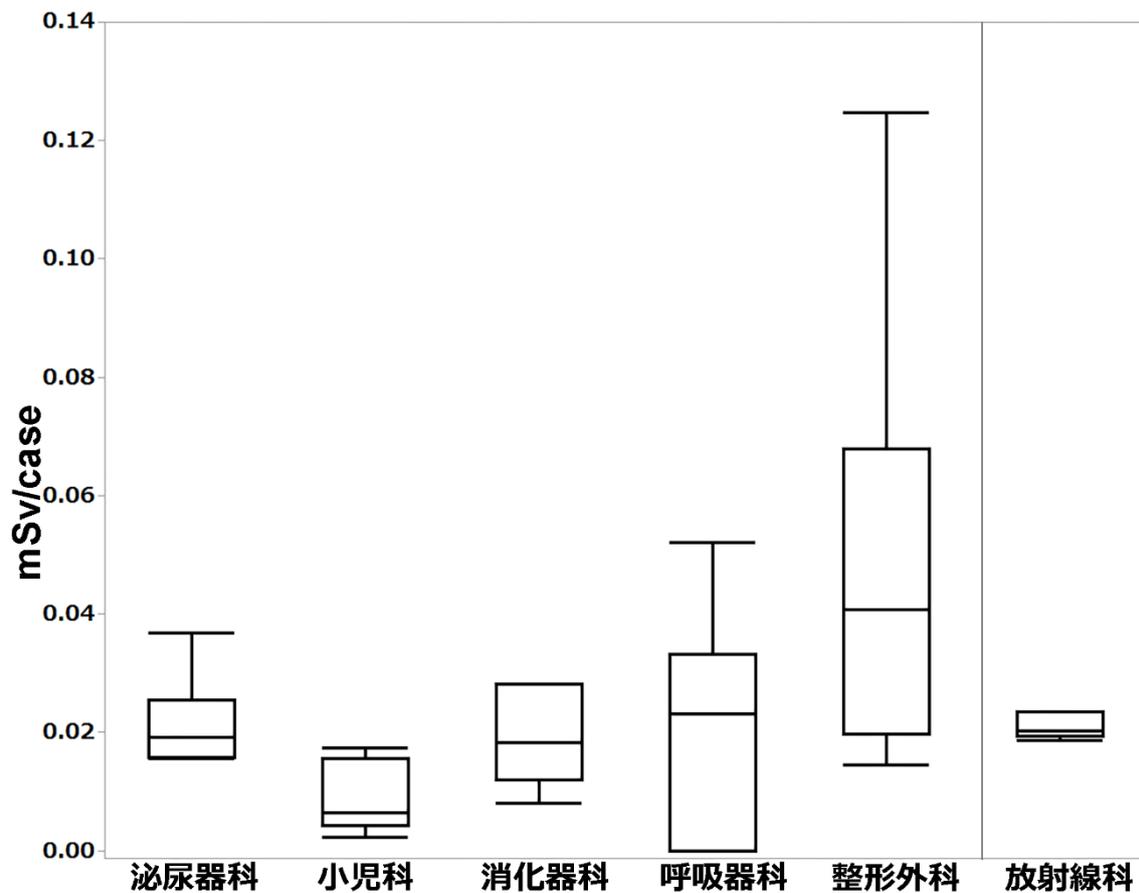
	全体	泌尿器科	小児科	消化器科	呼吸器科	整形外科	(放射線科)
平均	1.758	4.700	0.986	2.883	0.371	0.633	1.100
標準偏差	1.776	1.342	0.611	1.197	0.511	0.677	0.738
最大	7.20	7.20	1.80	4.40	1.50	2.00	2.40
中央値	0.90	4.30	0.75	2.80	0.30	0.40	0.70
最小	0.20	3.50	0.40	1.30	0.00	0.20	0.70

泌尿器科：小児科、呼吸器科、整形外科に対して $p < 0.01$ 、消化器科に対して $p < 0.05$ で高い

消化器科：呼吸器科、整形外科に対して $p < 0.01$ 、小児科に対して $p < 0.05$ で高い

（放射線科は、防護ありの医師と無しの医師が混在するため、参考値）

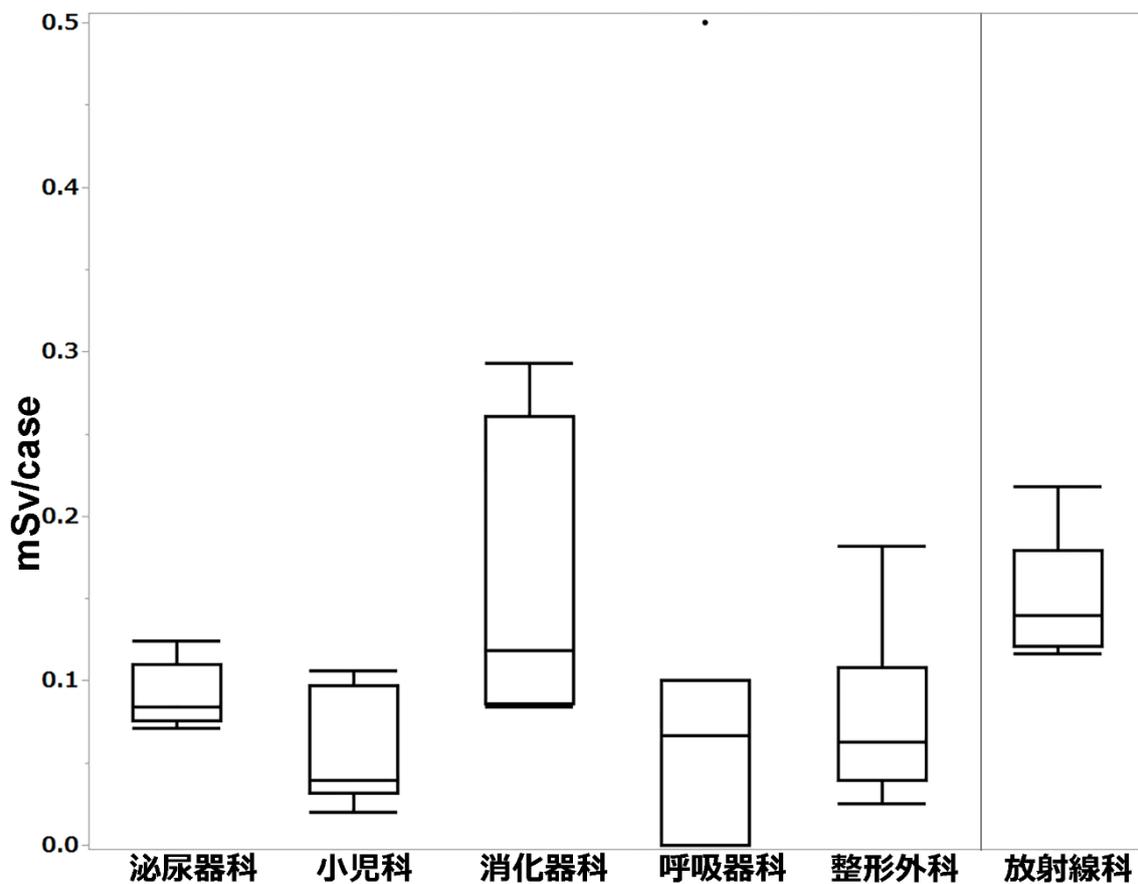
単位照射時間あたりの線量



	全体	泌尿器科	小児科	消化器科	呼吸器科	整形外科	(放射線科)
平均	0.024	0.021	0.009	0.019	0.023	0.049	0.021
標準偏差	0.021	0.008	0.004	0.008	0.019	0.040	0.002
最大	0.12	0.04	0.02	0.03	0.05	0.12	0.02
中央値	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02
最小	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02

整形外科：小児科に対して $p < 0.05$ で高い
 他に有意な差は認められない

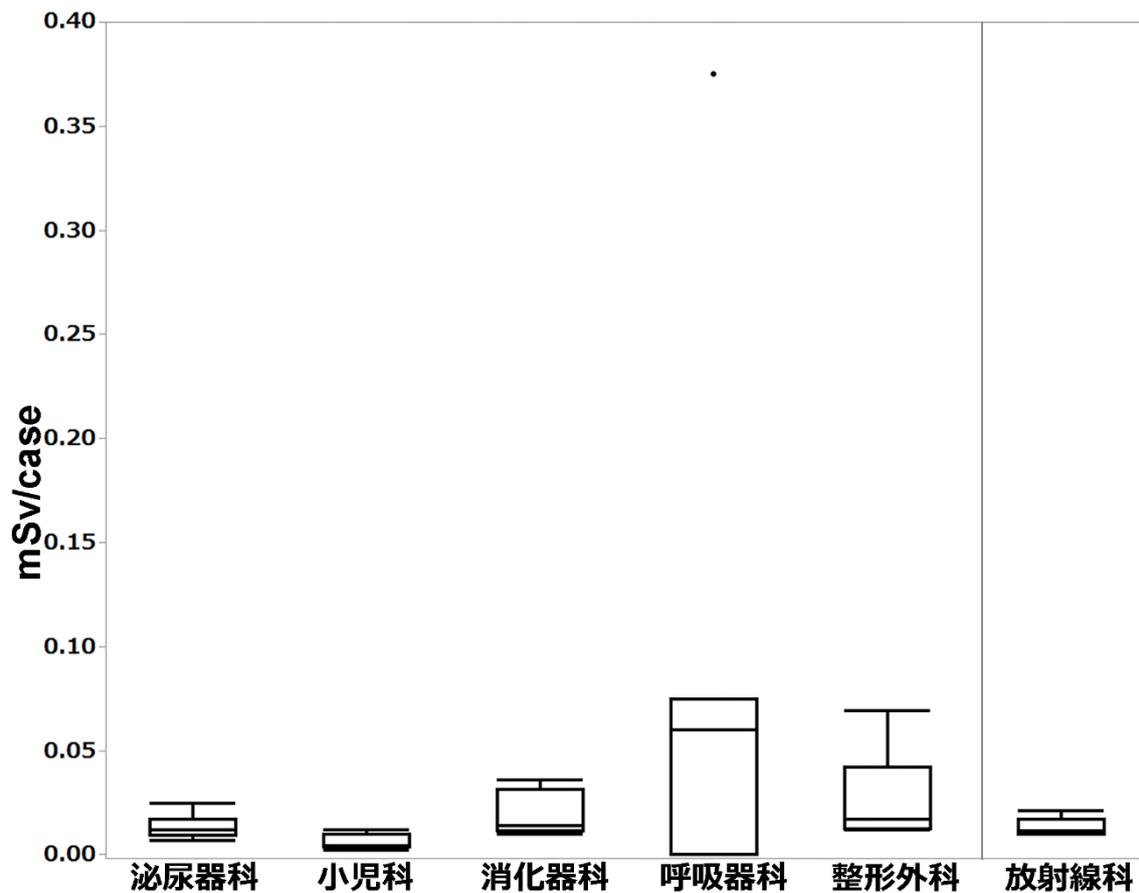
検査数あたりの線量



	全体	泌尿器科	小児科	消化器科	呼吸器科	整形外科	(放射線科)
平均	0.109	0.091	0.056	0.159	0.118	0.077	0.155
標準偏差	0.092	0.020	0.035	0.092	0.173	0.056	0.040
最大	0.50	0.12	0.11	0.29	0.50	0.18	0.22
中央値	0.09	0.08	0.04	0.12	0.07	0.06	0.14
最小	0.00	0.07	0.02	0.08	0.00	0.03	0.12

科の間に有意な差は認められない。

単位照射あたりの線量

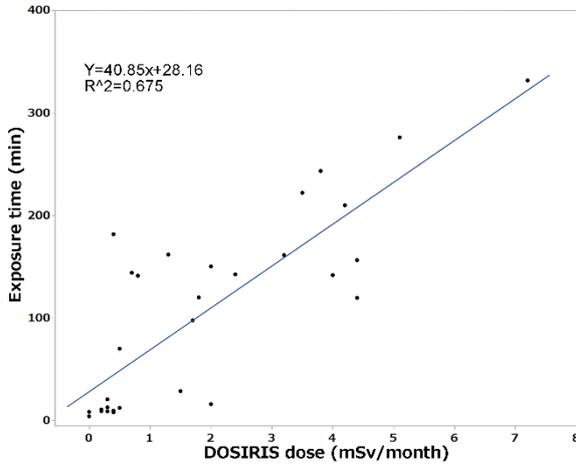


	全体	泌尿器科	小児科	消化器科	呼吸器科	整形外科	(放射線科)
平均	0.030	0.013	0.006	0.019	0.090	0.027	0.012
標準偏差	0.062	0.006	0.004	0.011	0.130	0.022	0.045
最大	0.38	0.02	0.01	0.04	0.38	0.07	0.02
中央値	0.01	0.01	0.00	0.01	0.06	0.02	0.01
最小	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.09

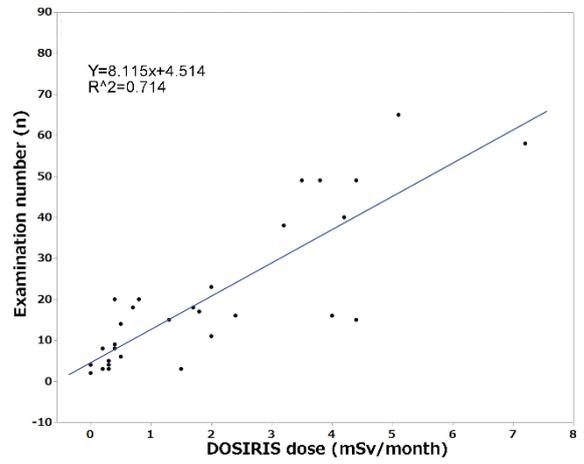
科の間に有意な差は認められない。

(呼吸器科のみ一ヶ月だけ高線量の外れ値が存在する)

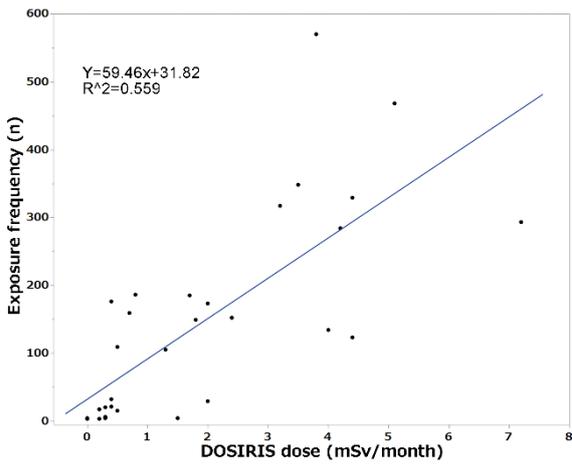
DOSIRIS で測定された水晶体線量と照射時間、検査回数、照射回数の相関関係



水晶体線量と照射時間



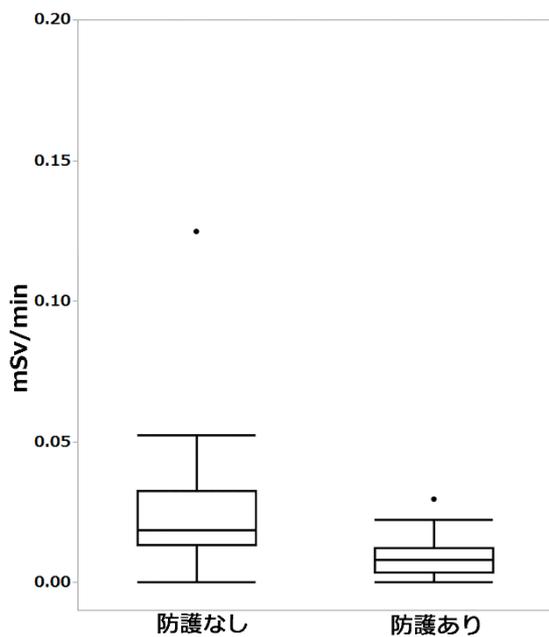
水晶体線量と検査回数



水晶体線量と照射回数

水晶体線量の増加と最も相関するのは検査回数であった。

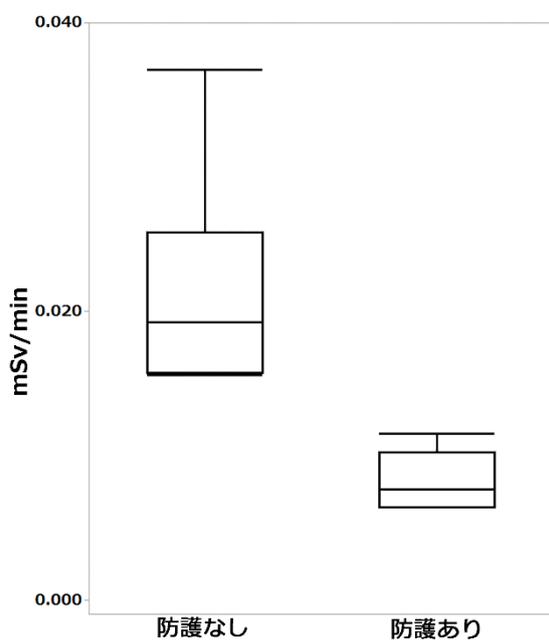
単位照射時間あたり水晶体線量の防護眼鏡による線量低下効果（単位：mSv/min）



全対象群

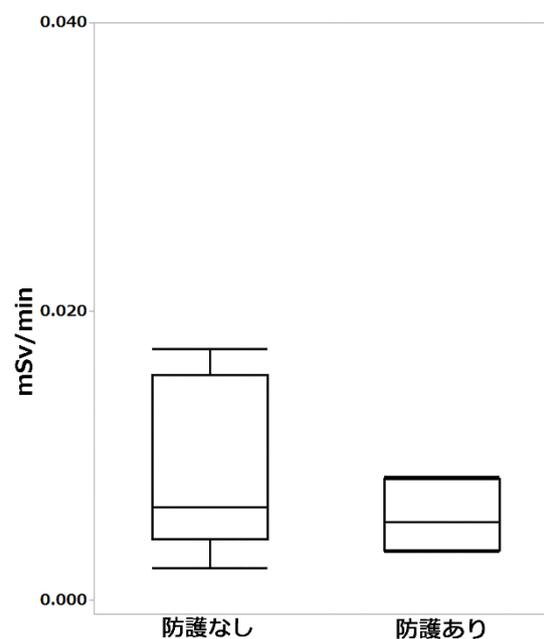
全体	防護無し	防護あり
平均	0.024	0.008
標準偏差	0.003	0.004

全体の比較では、 $p < 0.01$ で防護による線量低下効果が認められた。



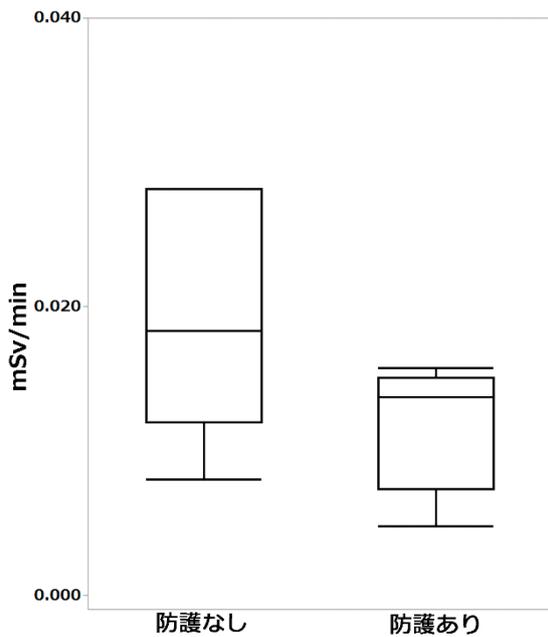
泌尿器科

泌尿器	防護無し	防護あり
平均	0.021	0.008
標準偏差	0.008	0.002



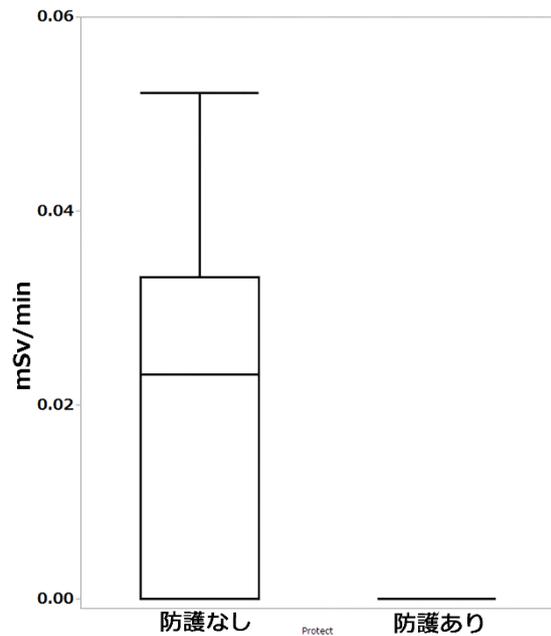
小児科

小児科	防護無し	防護あり
平均	0.009	0.006
標準偏差	0.006	0.003



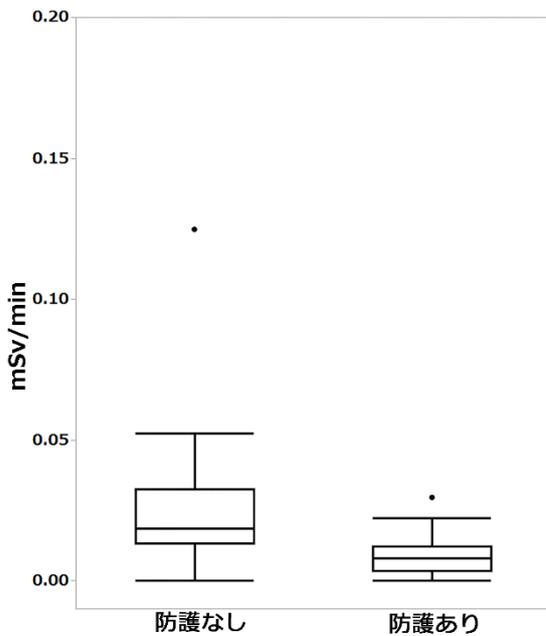
消化器科

消化器科	防護無し	防護あり
平均	0.019	0.008
標準偏差	0.012	0.004



呼吸器科

呼吸器科	防護無し	防護あり
平均	0.023	0
標準偏差	0.019	0



整形外科

整形外科	防護無し	防護あり
平均	0.049	0.008
標準偏差	0.040	0.013

個別の科毎の検討では、泌尿器科のみ $p < 0.05$ の有意差で線量低下が得られたが、他の科においては低下の傾向は見られたものの、有意差には到達しなかった。

(呼吸器科については、防護あり期間における検査件数が極端に少ないため、DOSIRIS による測定がすべての月で測定限界以下であった)。

看護師・技師

防護眼鏡非着用期間（2020/4月~9月）の月あたり水晶体線量推定値（mSv/month）

および検査立ち会い1回あたりの水晶体線量推定値（mSv/立ち会い1回）

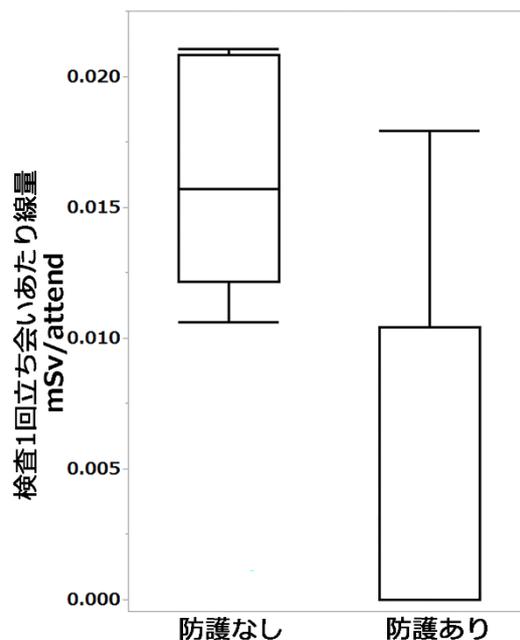
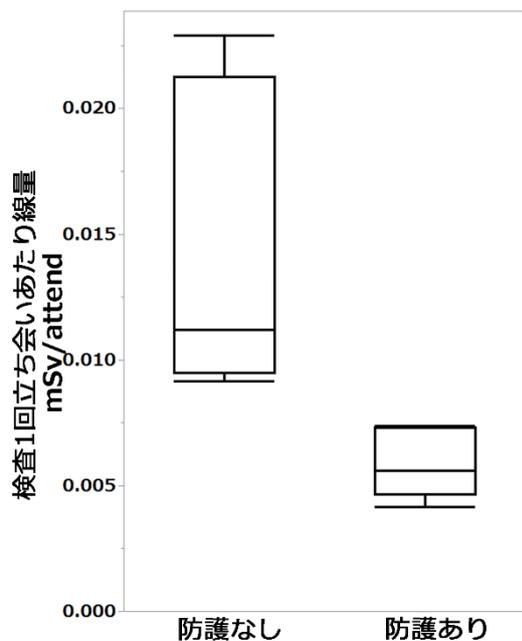
水晶体線量

	看護師	技師
平均	1.760	1.180
標準偏差	0.699	0.531
最大	2.70	2.00
中央値	1.40	1.00
最小	1.10	0.70

立ち会い1回あたり

	看護師	技師
平均	0.015	0.016
標準偏差	0.006	0.004
最大	0.023	0.021
中央値	0.011	0.016
最小	0.009	0.011

検査立ち会い1回あたり水晶体線量の防護眼鏡による線量低下効果



看護師/立ち会い数あたり		
看護師	防護無し	防護あり
平均	0.015	0.006
標準偏差	0.006	0.001

技師/立ち会い数あたり		
技師	防護無し	防護あり
平均	0.016	0.004
標準偏差	0.004	0.008

p<0.05 で、いずれも有意に低減。

医療放射線取り扱い業務に伴う 水晶体被ばく線量推定と 線量増大要因の研究

長崎大学 原爆後障害医療研究所
アイソトープ診断治療学研究分野

研究責任者 教授 工藤 崇

作成年月日：令和2年4月11日
第1.1版

1. 研究の目的、意義及び研究の科学的合理性の根拠
2. 研究の方法及び期間
3. 研究対象者の選定方針
4. インフォームド・コンセントの方法
5. 個人情報等の保護の方法（匿名化する場合にはその方法を含む。）
6. 倫理的問題点等
7. 予測されるリスク及び利益、これらの総合的評価並びに当該負担及びリスクを最小化する対策
8. 研究等の期間及び当該期間終了後の試料・情報（研究に用いられる情報に係る資料を含む。）
の保管及び廃棄の方法
9. 研究の資金源等、研究機関の研究に係る利益相反及び個人の収益等、研究者等の研究に係る
利益相反に関する状況
10. 研究に関する情報公開の方法
11. 研究対象者等及びその関係者からの相談等への対応
12. 研究対象者等に経済的負担又は謝礼について
13. 侵襲（軽微な侵襲を除く。）を伴う研究の場合には、重篤な有害事象が発生した際の対応
14. 侵襲を伴う研究の場合には、当該研究によって生じた健康被害に対する補償の有無及びその
内容
15. モニタリング及び監査の方法

1. 研究の目的、意義及び研究の科学的合理性の根拠

医療における放射線利用は、患者の診断・治療のために不可欠な診療行為の一つとなっているが、同時に被ばくに伴うリスクも生じる。医療における放射線被ばくのリスクは患者のみでなく、放射線を取り扱う医師・技師・看護師などの医療関係者にも存在するが、患者の被ばくリスクに比べて、その検討は極めて少ない。医療関係者の被ばくは職業被ばくに分類され、法令に基づき線量限度が定められ管理されている。近年、水晶体の放射線影響が従来よりも低い線量から生じているとする報告がなされ、2020年には電離則の改定に伴い、水晶体の線量限度の引き下げが予定されている。一方で、どのような医療行為・職種で、どの程度の水晶体被ばくが生じているかの定量的な研究はほとんど無く、改定電離則の水晶体線量限度が守れない医療従事者が発生する可能性が指摘されている。これを防ぐためには現状の把握が必須である。これらの背景に基づいて、本研究では医療関係者の職業被ばくに伴う水晶体被ばくの現状を把握し、水晶体被ばくの増減に影響を与える要因を同定、水晶体被ばくの推定に役立つ要因を抽出することを目的とする。

2. 研究の方法及び期間

1) 研究者

研究責任者

長崎大学 原爆後障害医療研究所 アイソトープ診断治療学研究分野
教授 工藤 崇

研究分担者

原爆後障害医療研究所 アイソトープ診断治療学研究分野 助教 西弘大
同上 助教 井手口怜子
長崎大学病院 看護部 看護師 増田真弓

2) 研究期間

倫理委員会承認後～2022年3月31日

3) 対象数

個人ではなく、業務についての研究であるため、数は同定できないが、約500名程度の測定を行うものとする

4) 解析・評価方法

本研究は前向き研究であるが、業務の情報のみを収集し、個人情報については収集を行わない。侵襲はなく、治療介入は行わない。

方法は以下の通りである。

【方法】

長崎大学病院における、放射線業務のうち、被ばく線量が多いと推定される、血管造影、血管造影ではない透視を伴う業務、核医学診断業務、核医学治療業務、及び研究用放射線取扱業務について、業務種（血管造影、内視鏡を伴う透視業務、内視鏡を伴わない透視業務、小児患者の透視業務、核医学診断、核医学治療、研究業務、等）・職種（医師・技師・看護師、等）・放射線取扱時間を記録。業務種ごとの職種ごと（以下「業務分類」：血管造影の医師、血管造影の看護師、血管造影の技師、透視業務の看護師、等）に被ばく線量測定装置を割り振り、一月ごとの業務分類ごとの線量を測定する。

分類例	血管造影	透視	。。。。。
医師	業務分類 A	業務分類 B	。。。。。
技師	業務分類 C	業務分類 D	。。。。。
看護師	業務分類 E	。。。。。	。。。。。等

各業務分類ごとに担当者のローテーションが発生するが（例えば、透視業務について、7月7日は技師A、7月8日は技師Bなど）、個人ではなく業務ごとの測定を目的とし、同一業務であれば担当者が変更されても、同じ線量計を共有して一ヶ月積算線量を求める。このため、個人ごとの被ばく線量情報は区別することができず、業務分類ごとの線量情報のみが得られることになる。これによって、どのような業務、職種の線量がどのような量であるかを調査する。

被ばく線量測定装置としては、体幹部に装着するポケット線量計、頸部に装着するフィルムバッジ、および個人用水晶体線量計（DOSIRIS）を用いる。被ばく線量測定装置は業務分類ごとに共有されるため、各業務の測定終了後に毎回アルコール綿で消毒し、清潔を維持する。

それぞれの測定装置について、業務分類を一つの測定単位として、測定単位毎の被ばく線量を測定する。また、業務毎の作業時間を記録する。測定された被ばく線量は月ごとに集計し、どのような職種・業務種が高い被ばく線量につながっているか、単位作業時間毎の水晶体被ばく線量が高い業務は何であるかを検討する。また、体幹部のポケット線量計、フィルムバッジの線量と水晶体線量の相関関係を求めることで、水晶体線量計を用いずに水晶体線量が推定できるか、を検討する。

3. 研究対象者の選定方針

研究対象は業務であり、個人ではないが、測定対象となる者は放射線を取り扱う業務従事者で有り、血管造影・血管造影ではない透視を伴う業務・核医学診断業務・核医学治療業務・及び研究用放射線取扱業務に従事した者となる。

対象が個人ではなく、業務であるため、厳密な対象者数は同定できないが、約500名程度の測定を行うものとする。

4. インフォームド・コンセントの方法

本研究は侵襲を伴わない前向き研究であるが、個人の情報を収集しないため、通知・公開による同意取得とする。各個人が線量計を装着するときに、書面を用いて（以下、研究説明文書）研究の概要を説明し、線量計の装着を持って同意とする。同意時に個人名を記した同意文書を得ることは個人情報の収集となるため、これを行わない。

研究内容は長崎大学医歯薬学総合研究科ホームページに公開するが、得られるデータは個人情報と紐付けられていないため、データ収集後の事後のデータ削除（オプトアウト）は不可能である。

得られた情報は当該研究の解析及び成果発表以外の目的で使用しない。

調査資料等は、研究期間の終了まで管理・保存する。データや情報を保存した電子媒体、電子機器類はパスワードで保護するとともに、情報交換プログラムのインストールを禁止し、情報の漏洩を防止する。データはキャビネットなどの施錠可能な場所に保管し、情報漏洩に

については十分配慮する。研究期間終了後には、すべての情報は、コンピューター上のデータは復元できないような状態で完全に消去し、その他の資料は細かく裁断の上、廃棄する。

5. 個人情報等の保護の方法（匿名化する場合にはその方法を含む。）

本研究では作業を対象とした研究であり、個人情報は収集・記録を一切行わない。

6. 倫理的問題点等

本研究はヘルシンキ宣言、及び、文部科学省・厚生労働省による「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠して実施する。長崎大学医歯薬学総合研究科ホームページにて、研究内容の公表を行う。

7. 予測されるリスク及び利益，これらの総合的評価並びに当該負担及びリスクを最小化する対策

個人情報の収集を一切行わない。すべての情報を記録したコンピューターのパスワード保護、ファイル交換プログラム導入禁止等情報漏洩の危険性を可及的に排除し、情報を適切に管理する。

8. 研究等の期間及び当該期間終了後の試料・情報（研究に用いられる情報に係る資料を含む。）の保管及び廃棄の方法

本研究のすべてのデータは個人情報を一切含まない。

データや情報を保存した電子媒体、電子機器類についてはパスワードで保護するとともに、情報交換プログラムのインストールを禁止し、情報の漏洩を防止する。これらの手段によって、情報漏洩については十分配慮する。研究期間終了後には、個すべての情報は、コンピューター上のデータは復元できないような状態で完全に消去し、その他の資料は細かく裁断の上、廃棄する。

9. 研究の資金源等，研究機関の研究に係る利益相反及び個人の収益等，研究者等の研究に係る利益相反に関する状況

本研究の資金源には厚生労働省「労災疾病臨床研究事業費補助金」を用いる。

本研究課題にかかる利益相反事項は生じない。

10. 研究に関する情報公開の方法及び研究結果の帰属

- 研究の概要及び結果の登録について（介入を行う研究が対象）

該当なし

- 研究成果の公表方法，方針及び帰属について（全ての研究が対象）

長崎大学 原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野の学術成果として公表する。

また、本研究は厚生労働省「労災疾病臨床研究事業費補助金」の班研究「放射線業務従事医療関係者の職業被ばく実態調査と被ばく低減対策研究」として行われるため、厚生労働省への報告書の形でも公表される。

11. 研究対象者等及びその関係者からの相談等への対応

本研究に関する相談等のために、以下の連絡先を情報公開文書に記載する。

問い合わせ先：

〒852-8523 長崎市 坂本1丁目12-4

長崎大学原爆後障害医療研究所アイソトープ診断治療学研究分野

教授 工藤 崇 (研究責任者)

電話095-819-7101

12. 研究対象者等に経済的負担又は謝礼について

なし

13. 侵襲（軽微な侵襲を除く。）を伴う研究の場合には，重篤な有害事象が発生した際の対応

侵襲・介入を伴わないため、該当なし

14. 侵襲を伴う研究の場合には，当該研究によって生じた健康被害に対する補償の有無及びその内容

侵襲・介入を伴わないため、該当なし

15. モニタリング及び監査の方法

侵襲・介入を伴わないため、なし

医療に伴う被ばくの問題 基本的な考え方と論争点

長崎大学 原爆後障害医療研究所
アイソトープ診断治療学研究分野
工藤 崇

1

被ばく影響の基本的なデータ

- 1: 基礎実験
- 2: コホート研究
 - LSS (Life Span Study): 原爆被爆者87000人
 - 被ばくを伴う労働者
 - INWORKS: 米、英、仏の308000人の核関連施設労働者
 - Mayak Study: ロシアの核労働者25000人(被ばく量が比較的高い)
 - 環境被ばく
 - Techa River Study: Mayakの近郊地区での30000人
 - チェルノブイリ
 - 高バックグラウンド地域: ケララ(インド)、陽江市(中国など)
 - 医療被ばく

2

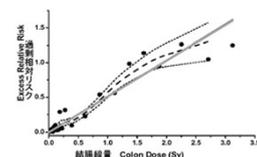
被ばくによる影響の種類

- 1) 確率的影響
 - 基本的に発癌影響(遺伝的影響も含まれるが人での証明はない)
 - 画像診断の場合は、ほぼこのレンジに収まる。
 - LNT仮説: どんなに少なくとも発癌の確率は存在し、線量に直線的に相関する。(これがくせ者)
- 2) 確定的影響
 - 放射線皮膚炎、白内障など
 - 基本的にシーベルト単位の世界だが、水晶体に関しては閾値が低く、閾値がないという説すらある。
 - 基本的に閾値以下なら影響がないとされるが、上記の理由から「組織反応」という語に置き換わりつつある。

3

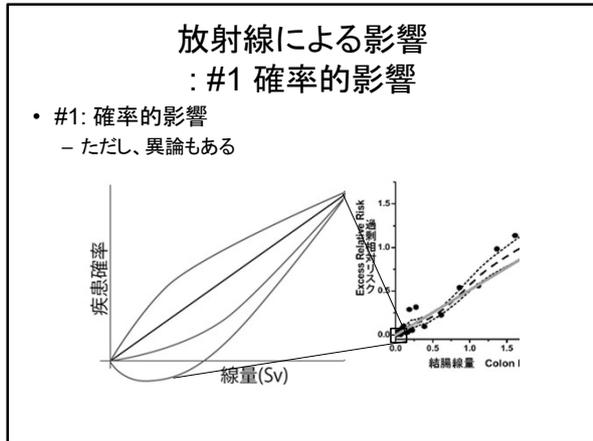
確率的影響

- 過去の被ばくのデータ(原爆、事故による被ばくなど)から、放射線を浴びる量(線量)が増えるに従って、発がんのリスクが上昇することがわかっている。
 - この関係はおおむね原点を通る直線と考えられており(Linear Non-Threshold: LNT仮説)、したがって、どんなに少なくともリスク=0とはならない。



Preston DL. et al. Radiation Research 2003; 160: 381-407より改変引用

4



5

疫学研究はLNTを支持するか

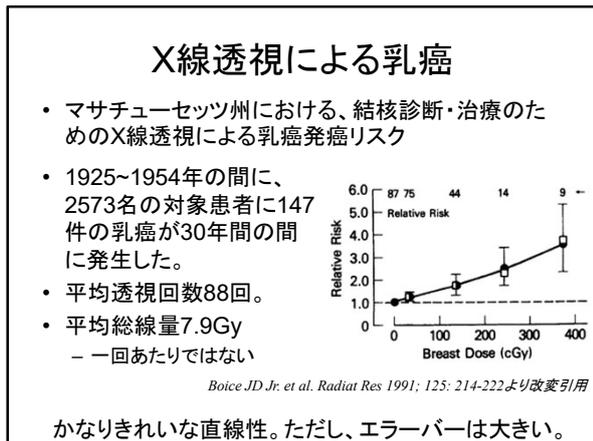
TABLE 1.1—*Rankings of the degree of support for the LNT model by the cancer studies reviewed.*

Study (or groups of studies) ^{a,b}	Support for LNT Model ^c
LSS, Japan atomic bombs (Grant et al., 2011)	Strong
INWORKS (France, United Kingdom, United States combined cohorts) (Richardson et al., 2016)	Strong
Tuberculosis fluoroscopic examinations and breast cancer (Little and Boice, 2002)	Strong
Childhood Japan atomic-bomb exposure (Preston et al., 2006)	Strong
Childhood thyroid cancer studies (Lubin et al., 2017)	Strong
Mayak nuclear workers (Schikowski et al., 2015)	Moderate
Chernobyl fallout, Ukraine and Belarus thyroid cancer (Brenner et al., 2011)	Moderate
Breast cancer studies, after childhood exposure (Edemüller et al., 2015)	Moderate
In vitro exposure, Japan atomic bombs (Preston et al., 2006)	Moderate
Techa River, nearby residents (Schmidfeld et al., 2013)	Moderate
In vitro exposure, medical (Wakeland, 2008)	Moderate
Japan nuclear workers (Akiba and Mizuo, 2012)	Moderate
Chernobyl cleanup workers, Russia (Kashcheev et al., 2015)	Weak-to-moderate
U.S. radiologic technologists (Liu et al., 2014; Preston et al., 2016)	Weak-to-moderate
Mayak nuclear workers (Boice et al., 2014)	Weak-to-moderate
Rockyflats nuclear workers (Boice et al., 2011)	Weak-to-moderate
French uranium processing workers (Zhang et al., 2016)	Weak-to-moderate
Medical x-ray workers, China (Shen et al., 2016)	Weak-to-moderate
Taiwan radium-processed building materials (Hsu et al., 2017)	Weak-to-moderate
Background radiation levels and childhood leukemia (Kendall et al., 2013)	No support
In vitro exposure, Mink and Taha (Mikroyannidis et al., 2016)	No support
Hanford ¹³⁷ I fallout study (Davis et al., 2004)	No support
Kerala, India, HIRRA (Nair et al., 2009)	No support
Canadian worker study (Zabacka et al., 2014a)	No support
U.S. atomic veterans (Caldwell et al., 2016)	No support
Yangjiang, China, HIRRA (Fao et al., 2012)	Inconclusive
CT examinations of young persons (Preston et al., 2012)	Inconclusive
Childhood medical x rays and leukemia (aggregate of 10 studies) (Little, 1999; Wakeland, 2008)	Inconclusive
Nuclear weapons test fallout studies (aggregate of eight studies) (Lynn et al., 2006)	Inconclusive

NCRP Commentary No.27より改変引用

6

強く支持する：
ある程度支持する：
支持するかもしれない
支持しない
結論は出せない



7

医療被ばくによる確定的影響： 人のレベル：不確実

Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians
Mathews JD. et al. BMJ. 2013 May 21;346:f2360

オーストラリアより、小児期にCTを受けた人において、発がん数の増加。

Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study
Pearce MS, et al. Lancet. 2012 Aug 4;380(9840):499-505

英国より、小児期にCTを受けた人における発がんリスク（脳腫瘍と白血病）の上昇が、受けていない人の2~3倍。

- 非常に話題になった論文ですが.....

8

Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study

Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran M Hughes, Choonsik Lee, Kwang Pyo Kim, Nicola I Howe, Cécile M Roncken, Preetha Rajagaman, Sir Allen W Craft, Louise Parker, Amy Benington de Gonzalez

英国より: 小児期にCTを受けた人における発がんリスク(脳腫瘍と白血病)の上昇が、受けていない人の2~3倍。

- 本当??

Age at exposure (years):†	Relative attributable risk/mGy
0-5	0.030 0.5381 0.095 0.0003
5-10	0.072 0.028
10-15	-0.002 0.037
≥15	0.049 0.041

- データに奇妙な点がある。
 - 被ばくリスクは、若年者ほど高いというすでに確立された知識があるが、この報告では、逆の傾向となっている。

9

Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians

OPEN ACCESS

オーストラリアより: 小児期にCTを受けた人において、発がん数の増加。

ほぼすべての癌腫で増加。

- 放射線の影響がないとされてきた、悪性黒色腫とホジキンリンパ腫でも放射線とリスクの間に関係がある(となっている)。
- にもかかわらず、すでに放射線と発がんリスクの間に確実な関係があるとされている乳がんのみ、この研究ではリスクの上昇が見られていない。

今までなかったものが「ある」のに、かならず「ある」べきものがない。

10

Confounding by indication (Reverse causation)

そもそもなぜ小児にCTを行うか。

↓

なにか、病気があるか疑われるから。

↓

小児にCTを行う以上は、それなりに「必要性が高い」から行うはず

↓

「必要性が高い」の中には当然悪性疾患(および関連する事象)が含まれる。

↓

X線が、がんを引き起こしているのではない、がんが、X線を引き起こしているのだ。

11

医療被ばく: 診断

- 25~30mSv/検査以下:
 - 確定的影響のレンジにはない。
 - 問題となるのは確率的影響
 - 基本、発癌のみ。遺伝的影響は人間では証明されていない
 - 確率的影響は因果律ではなく、リスクの世界
 - 500mSv浴びても発癌しないこともあれば、10mSvでも発癌することはあり得る。
 - しかし、その発癌が放射線が原因かどうかを捉えることは困難。
 - 捉えられたとしても、「どの」放射線が原因かは絶対に分からない。

↓

被ばくのために、発がんリスクが50%増加しました。 >> がんになりました。
 ≠被ばくのせいでがんになりました。 とはならない。
 (リスクの考え方を個人に当てはめるのは少し問題がある)

12

NCRP commentary 27の結論

9.3 Radiation Protection Implications

While the LNT model is an assumption that likely cannot be scientifically validated by radiobiologic or epidemiologic evidence in the low-dose range, the preponderance of epidemiologic data is consistent with the LNT assumption, although there are a few notable exceptions. The current data are not precise enough to exclude other models, and there appears to be curvature in some datasets. The current judgment by national and international scientific committees is that no alternative dose-response relationship appears more pragmatic or prudent for radiation protection purposes than the LNT model on the basis of available data, recognizing that the risk <math><100\text{ mSv}</math> is uncertain but small (ICRP, 2007; NAE/NRC, 2006; ICR, 2008).

IMPLICATIONS OF RECENT EPIDEMIOLOGIC STUDIES FOR THE LINEAR-NON-THRESHOLD MODEL AND RADIATION PROTECTION



• 放射線防護の目的で、LNTに代わるような、実用的でかつ保守的な線量-応答関係は今のところ見つからないので、LNT仮説を採用する。

• LNTモデルは、低線量域において、放射線生物学や疫学的に科学的証明をすることがおそらく出来ない仮説であるもの。。。

- 1) LNTは基礎科学ではない。防護のための実用科学である。
- 2) もしかして、もはやわからないと諦めている？

13

医療被ばくによるDNA損傷: 確実にある

- 医療放射線によるDNA損傷

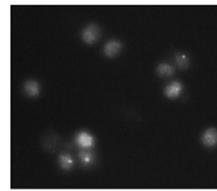
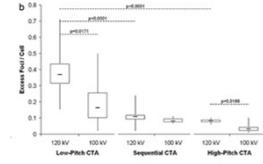


Fig. 3. Exemplary fluorescence image of γ -H2AX foci in blood lymphocytes (100 \times magnification objective) of a patient undergoing coronary CTA using a low-pitch protocol. The tiny green dots are termed foci, each focus represents one DNA DSB.

γ -H2AX: ヒストン蛋白の一種H2AXがリン酸化された物。
DNA二重鎖切断の部分に生じ、DNA修復に重要な役割を持つ。
その出現はDNA二重鎖切断の存在を示す。



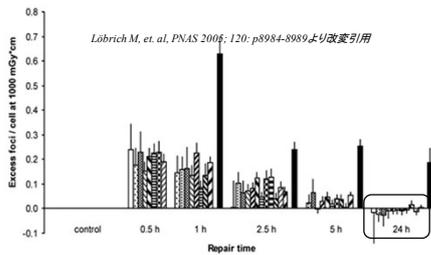
医療被ばくによるDNA損傷とその修復が定量できる。

Brand M, et al. Eur J Radiol (2012);81: e357-e362

14

14

CTによる二重鎖切断



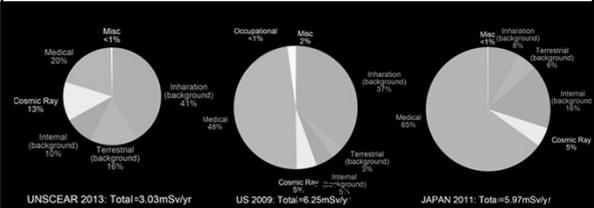
- 殆どの修復は24hrで終了するが、1名だけ例外。

PET/CTやCT検査が必要不可欠なものなら、これを逆手にとって、放射線感受性のスクリーニングに使えないか(放射線治療前の副作用予測など)

15

医療被ばくの重要性

- 医療は公衆被ばくの最大の要因である



16

医療被ばくにおける循環器の重要性

ICRP PUBLICATION 120
Radiological Protection in Cardiology

1980-1982
Medical Radiation: 0.52 mSv per capita per year
Non-medical Radiation: 1.16 mSv per capita per year
Cardiovascular Radiation Collective Effective Dose: 6.70 person-Sv
Total Radiation Collective Effective Dose: 12.02 person-Sv
Einstein AJ. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59(6):553-565

2006
Medical Radiation: 2.0 mSv per capita per year
Non-medical Radiation: 2.74 mSv per capita per year
Cardiovascular Radiation Collective Effective Dose: 102.02 person-Sv
Total Radiation Collective Effective Dose: 149.02 person-Sv
Einstein AJ. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63(15):1480-9.

- 循環器関連の被ばくが2割(米国では)
- ICRPでは循環器領域の被ばくを重視しており、特集号がある
個々の線量が抑えられても、件数が多い
(米国は心臓核医学、日本は多分CT)

17

利用の3原則

- 1) 利用の正当化
 - 放射線を利用することによる患者の利益が、リスクを大幅に上回るのであれば、放射線を利用しないの方が正当化されない、ということもあろう。
 - 「リスク・不利益」と「便益・利益」とのバランスであることを認識することが重要である。
- 2) 防護の最適化
- 3) 線量限度
 - 医療被ばくには線量限度の原則は適用されない
- 3*) 責任の原則
 - Einsteinらは「線量限度」に代わる第3の原則として「Responsibility principle: 責任の原則」を提示している
 - 個別の線量の記録、モニタリングを行うこととともに、**20mSv**を超えるような検査では、患者への十分な説明と同意のものに行うことを推奨している。

Einstein AJ, et al. J Am Coll Cardiol. 2014;63(15):1480-9.

18

日本の心臓核医学の現状

- タリウムの利用が多く、患者の被ばくに影響していることは感覚的に多くの心臓核医学関係者は認識している。
- が、実証データに乏しい。

Handai Survey.
Current status of stress myocardial perfusion imaging pharmaceuticals and radiation exposure in Japan: Results from a nationwide survey
Ryuto Otsuka, MS,* Narumi Kubo, MS,* Yosuke Miyazaki, MS,* Mio Kawahata, MS,* Jun Taketani, MS,* and Kazuki Fujisaki, MD, PhD*
Otsuka R, et al. *J Nucl Cardiol.* 2017 Mar 28. doi: 10.1007/s12350-017-0867-2

大阪大学の福地一樹先生が全国調査を行います
全国641施設にアンケートを行い、431施設より(回収率67%)

19

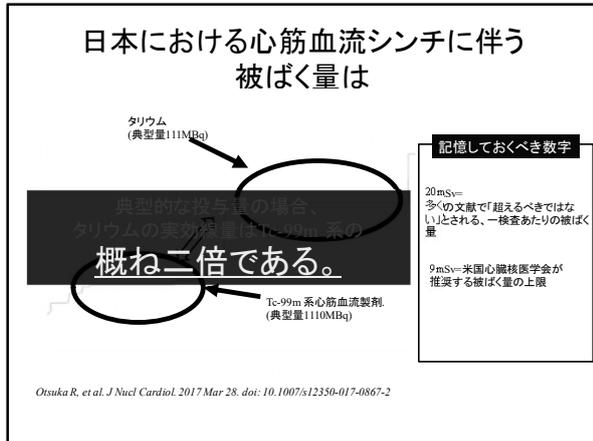
日本での心臓核医学の現状

日本における心臓核医学の核種別検査割合

- 半分がまだTI-201.
 - TI-201の典型的投与量は111MBq
 - Tc-99m 系心筋血流製剤の典型的使用量は約1100MBq
- 欧米ではタリウムは一桁
ドイツ:2%
アメリカ:5.6%

Otsuka R, et al. J Nucl Cardiol. 2017 Mar 28. doi: 10.1007/s12350-017-0867-2

20



21

医療に伴う被ばくとは

- 1: 医療被ばく: 患者の被ばく
 - 受益者(患者)とリスクを受ける者(患者)が一致している
- 2: 職業被ばく: 医療従事者の被ばく
 - 受益者(患者)とリスクを受ける者(職員)が一致しない

こちらが今ひとつ忘れられていた

22

職業被ばく

- 2020年(令和2年)に新たな電離則が公布。
 - 水晶体の線量限度が5年で100mSv, 1年で50mSv以下に制限される予定。

かなり厳しい。

(1) 研究課題名
放射線業務における被ばくの実態と被ばく低減対策に関する調査研究(一般公募型)(190701)

(2) 研究の背景及び目標
平成30年3月の放射線審議会の意見具申では、眼の水晶体の等価線量限度を5年間の平均で20mSv/年かついずれの1年においても50mSvを超えないことが適当であるとされ、今後電離放射線障害防止規則の改正が見込まれる。現在、年間20mSvを超える放射線業務従事者のほとんどが医療分野の乳癌患者であることなど、この分野における被ばく低減に向けた取組が求められているところである。このため、本研究では主に医療分野の事業場における放射線業務従事者の被ばく線量等を調査するとともに、被ばく低減に向けた取組に関する調査を実施しその効果を分析することで、科学的根拠に基づき、実行可能な被ばく低減方を提案する。

23

管理の必要性

- 医療被ばくにしても職業被ばくにしても、線量は小さく、問題は余り生じない、といっているが、それは、管理されているというのが前提

【個人線量計装着状況】

推薦学会	推薦された施設/医師数(a)	個人線量計装着施設/医師数(b)	個人線量計装着率(b)÷(a)×100
日本医学放射線学会 IVR学会	13	13	100%
日本循環器学会	9	5	56%
日本消化器病学会	23	10	43%
日本整形外科学会	12	2	17%

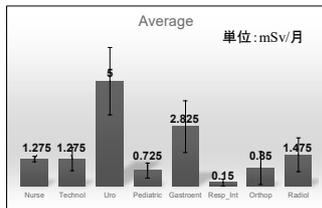
管理されてへんやないか!

第5回検討会の資料2 (産業医科大学 樺田班資料)から引用
検討会

24

長崎大学における透視作業者の水晶体線量調査

- 透視検査時に、DOSIRISを装着してもらい、1ヶ月一つの作業で一つのDOSIRISを共有して測定することで、作業ごとの1ヶ月累計線量を調査している。
 - 対象は、看護師、技師、泌尿器科医、小児科医、消化器科医、その他の内科医、整形外科、放射線科。
 - 看護師と技師は、複数の検査室を行ったり来たりするため、検査室ごとの区別はできていない。
- 泌尿器科医と、消化器科医が突出して高い。
 - 予想を超えて高いため、半年程度の調査の後、防護眼鏡の装着推奨の介入を行う予定。
 - 現時点では防護眼鏡はあるが、装着はほぼ行われていない。



放射線利用の3つのルール

- 利用の正当化
- 防護の最適化
- 線量限度

アイザック・アシモフ: ロボット工学三原則

- 第一条: ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。
- 第二条: ロボットは人間にあたえられた命令に服従しなければならない。ただし、あたえられた命令が、第一条に反する場合は、この限りでない。
- 第三条: ロボットは、前掲第一条および第二条に反するおそれのないかぎり、自己をまもらなければならない。

利用するからには患者に利益がないといけない。

逆に言えば、間違いなく患者に利益があるのなら、利用しなければならないのではないか？

From Isaac Asimov "Runaround" 1942

まとめ

- LNTは仮説である。かつ、放射線防護のための作業仮説であり、純粋科学の仮説ではない。
- 低線量被ばくの影響は少ないとはいうものの、医療被ばくは重要な注目を浴びている。
- これからは、職業被ばくも重要になってくる。

検査をためらう必要はない。
必要なら自信を持ってやるべき。

個人線量計はつけましょう！

Cleaning Materials and Methods for Effective Removal of Indoor Radioactive Contamination

Takahira TAKEMOTO^{1),2)*}, Kazutaka OHSAWA³⁾, and Naoki MATSUDA²⁾

¹⁾ Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki University, 1-12-4 Sakamoto, Nagasaki 852-8523, Japan

²⁾ Atomic Bomb Disease Institute, Nagasaki University, 1-12-4 Sakamoto, Nagasaki 852-8523, Japan

³⁾ Life Science Support Center, Nagasaki University, 1-12-4 Sakamoto, Nagasaki 852-8523, Japan

Received Feb. 13, 2020; accepted May 15, 2020

To support the safe return of residents after the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, cleaning methods and materials for the removal of radiocesium (¹³⁷Cs) from household surfaces were compared. A spot contaminated with ¹³⁷Cs on a vinyl floor sheet or a glass plate was wiped in different moisture conditions with different cleaning materials, including a paper sheet, cellulose sponge, polyester sheet, and a polyester-polyamide sheet. Radioactive solid particles on a vinyl sheet were wiped with miniature mops made of cellulose sponge, polyester microfiber, or cotton yarn. There was little difference in the removal of radioactivity among cleaning materials when the contaminated spot was wiped in wet conditions. The removal of contaminated particles depended on the structure of the mop. The use of an abrasive and a detergent worked well for the vinyl sheet and the glass plate, respectively. These observations suggested that, in appropriate conditions, effective decontamination was achievable by regular indoor cleaning with commercially available cleaning devices.

Key Words: indoor decontamination, radiocesium, cleaning material, wipe test model, miniature mop model

[doi:10.12950/rsm.200213]

1. Introduction

Nearly nine years have passed since the radiological accident at the TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP). Decontamination of radioactivity in residential areas has been extensively carried out to reduce the ambient dose rate to 0.23 $\mu\text{Sv/h}$ or less, which is assumed to be equivalent to an effective dose of 1 mSv/yr for residents living an ordinary life^{1,2)}. Out of 604 monitoring stations located in the Fukushima prefecture, as of August 1 2019, 493 (81.6%) stations reported ambient dose rates lower than 0.2 $\mu\text{Sv/h}$, and the remaining 60 stations (9.9%) reported rates lower than 0.5 $\mu\text{Sv/h}$ ^{3,4)}. Along with the reduction of environmental radiation, the evacuation order to residents has been withdrawn in many regions. As of April 2017, the evacuation order zone area was 370 km², which

was equivalent to 32.2% of the initial 2013 evacuation-designated zone area (1,150 km²). The number of people who originally lived in evacuation order zones has also decreased from 81,000 in 2013 to 24,000 in 2018⁵⁾. However, the return of residents to their hometowns has not been progressing well and the number of evacuees remains at approximately 40,000 for various reasons⁶⁾. Previous reports have indicated that one of the major concerns of returning residents (returnees) is the health effect of radiation in their living environment⁷⁻⁹⁾.

As traditional Japanese and old wooden houses have poor airtightness, indoor contamination may easily occur through ventilation. It was reported that radiocesium contamination of indoor surfaces was inversely proportional to the square of the distance from the FDNPP¹⁰⁾. This surface contamination was

* Department of Radiation Biology and Protection, Atomic Bomb Disease Institute, Nagasaki University, 1-12-4 Sakamoto, Nagasaki 852-8523, Japan

E-mail: wingmop@mx.cncm.ne.jp
Tel: +81-95-819-7150; Fax: +81-95-819-7153

mainly due to dry deposition. The estimated ratio of the contribution of surface contamination to the total exposure dose in houses was 3.0%¹⁰ or 8.9%¹¹, using different dimension models. Therefore, even the personal effective doses of returnees are estimated to be lower than the annual dose limit of public, precise radiation monitoring and indoor decontamination seem to take an important role in reducing anxiety as well as in controlling the risk to health, which enables returnees to lead a safe life.

Devices and methods for decontamination in the radiation control area are relatively well established for the purpose of radiation protection¹²⁻¹⁶. The basic method is to wipe the contaminated surface with or without detergents and polishing agents. However, it is unclear whether this is also effective and applicable to the living environment. Surface cleaning and decontamination is also an important issue in medical care facilities in order to avoid the transmission of several key health-related pathogens¹⁷. It is noteworthy that indoor health-hazard fungal levels in the evacuation zone were considerably higher than the standard environmental level¹⁸. Effective cleaning devices and methods for decontamination and disinfection would be one of the strong supporting tools for returnees' lives.

We have developed cleaning materials and methods for infection control in hospitals and laboratories. We and our colleagues found that a floor-wiping method using a wet microfiber sponge-type device had a good result in terms of the reduction of floating microorganisms, possibly by preventing the resuspension of a dry deposit of microorganisms from the floor^{19,20}. Through such findings, we have chosen several cleaning materials that may be applicable to indoor decontamination by the removal of radiocesium. In this study, we compared these cleaning materials and methods using two newly-developed experimental models that reproduced indoor environments, namely, a wipe test model and a miniature mop model. We then discuss the effective removal of radioactive contamination in ordinary residences.

2. Materials and methods

2-1. Wipe test model

When radioactive substances invade a house, contamination occurs on the surface of household furniture, goods, floors, walls, and other housing materials. In our experimental model, we divided these surfaces into two categories, soft and hard. We used a vinyl floor sheet (2 mm thickness, Art Optima,

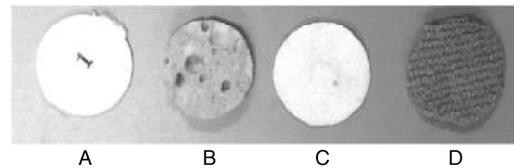


Fig. 1. Cleaning materials used in the wipe test model. (A) Filter paper, (B) Sponge made of super-absorbent cellulose, (C) Polyester sheet, (D) Polyester and polyamide sheet. Each material was cut into pieces of 25 mm in diameter.

Achilles Corporation, Tokyo, Japan) and a glass plate (3 mm thickness, Float Glass, Nippon Sheet Glass, Tokyo, Japan) as their representatives, respectively. For the decontamination of these surfaces, four different types of cleaning materials were compared (Fig. 1). The first material (A) was filter paper, which is generally used for wipe test of radioactive contamination (Toyo Roshi Kaisha, Tokyo, Japan). The second material (B) was a sponge made of super-absorbent cellulose that is used for business cleaning (6 mm thickness, Decorators Sponge, Spontex, Paris, France). The third material (C) was a polyester sheet generally used for dust removal (0.8 mm thickness, Clean Cloth Pro, Seiwa, Okayama, Japan). The last material (D) was a multi-purpose dust removal sheet composed of polyester and polyamide (2-mm thickness, TASKI Microquick, CxS Corporation, Yokohama, Japan). All cleaning materials were cut into 25 mm-diameter pieces and used in both dry and wet conditions. For wet conditions, the cleaning material was immersed into water immediately before use, with or without a household detergent (Mypet, Kao Corporation, Tokyo, Japan) at a concentration of 0.1% sodium alkyl ether sulfate, and then squeezed tightly. The weight of a saturated piece was taken as 100% moisture content. Other moisture content percentages were adjusted by weight.

As a model of radioactive contamination, an aliquot of ¹³⁷CsCl solution (2 kBq/mL, 200 μ L, Eckert & Ziegler, Berlin, Germany) was dropped onto the center of a 5 cm \times 5 cm area of a vinyl floor sheet or a glass plate. After drying overnight at room temperature (15°C to 25°C), the sheet or plate was placed on a scale and the contaminated area was wiped with each cleaning material by turning it toward the inside of the contaminated spot (Fig. 1) at a constant force of 2 kg, according to a previous investigation¹⁶. In some experiments, 30 mg of an abrasive (Cleanser, Lion Corporation, Tokyo, Japan) was put on the contaminated spot before wiping. The sheet or plate was then wrapped with a thin film and exposed to an imaging plate

(Fujifilm Corporation, Tokyo, Japan) for 3 h. The remaining radioactivity on the surface was visualized and analyzed by a Fluor Imager (FLA-5100, Fujifilm Corporation) using FLA-5100 ImageReader software and Multi Gauge software, respectively. The region of interest (ROI) was set at an area of 5 cm × 5 cm, covering the entire square of decontamination. The photo-stimulated luminescence (PSL) signal from the ROI was measured. After subtracting the signal from the uncontaminated area (background), the rate of remaining radioactivity was determined by dividing the PSL of each spot by the PSL of the decontaminated spot.

2-2. Miniature mop model

If radioactive dust gets blown up during cleaning, it may cause internal exposure through inhalation. The use of wet cleaning devices, such as a wet mop, seems to reduce this possibility and give an effective decontamination. Therefore, we made three different miniature mop models for further experiments to simulate indoor cleaning with a mop for larger areas. The first one (a) was a cellulose sponge (Fig. 2, a), which was the same material as that used in the second cleaning material experiment Fig. 1 (B). The second material (b) is a polyester microfiber mop (Fig. 2, b; CONDOR Microfiber Mop, The Yamazaki Corporation, Osaka, Japan) with an anemone shape that enables a wide adsorption area for dust and dirt. The third model material (c) is a looped cotton yarn mop (Fig. 2, c; Endless mop, NORRIS company, Osaka, Japan). To

assemble the miniature mop models, squares of approximately 5 cm × 5 cm of materials “a” and “b” were attached to an acrylic board with a small handle by a hook-and-loop fastener. A 5 cm × 5 cm square of material “c” of was attached by a clip.

An aliquot of $^{137}\text{CsCl}$ solution (2 kBq/mL, 200 μL) was dropped onto one side of the 5 cm × 5 cm area of vinyl floor sheet to create a linear contaminated area 4 cm in length. It was kept at room temperature overnight. In addition, radioactive contamination by solids, such as soil or sand delivered from outdoors, was reproduced by using talc powder (median diameter of 12 μm , Japanese Pharmacopoeia, natural hydrated Magnesium Silicate, Ebisu Yakuin Kako Corporate, Osaka, Japan) which was pretreated with an aliquot of $^{137}\text{CsCl}$ (2 kBq/mL, 650 μL) and kept overnight for natural drying. It was then placed on one side of the vinyl sheet to create a linear contamination of 25 mg and 4 cm in length. The miniature mop materials were immersed into fresh water and squeezed tightly just before assembly. The vinyl floor sheet was placed on a scale and the linear contaminated surface was wiped in one direction by a wet miniature mop model at a constant force of 500 g. Then the miniature mop was disassembled and the mop material was washed with 100 mL of fresh water, and then squeezed five times. The radioactive material removed from the contaminated area by the mop and in the water was measured with a gamma counter (Model-2470, WIZARD², PerkinElmer Inc., MA, USA). The remaining rate was calculated by subtracting the ratio of the sum of the mop material and washing water to the initial radioactive substance dropped onto the vinyl floor sheet from one.

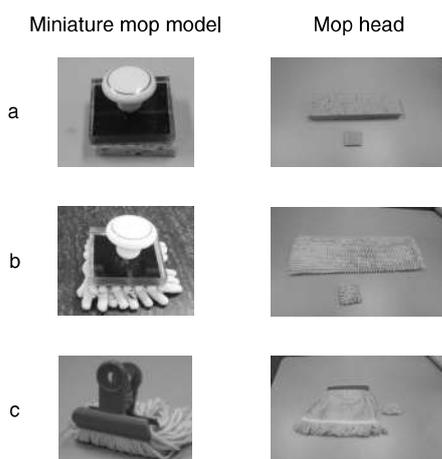


Fig. 2. Cleaning materials used in the miniature mop model. (a) Cellulose sponge (the same material as in Fig.1(B)), (b) Polyester microfiber, (c) Looped cotton yarn mop. Each material was cut into a square 5 cm × 5 cm in size and fixed to an acrylic board (a, b) or a fastener (c).

$$Rr = \left(1 - \frac{Rm + Rw}{Ri}\right) \times 100$$

Rr: Remaining rate

Rm: Radioactivity in mop material

Rw: Radioactivity in washing water

Ri: Initial radioactivity

All the experiments were performed more than three times, and the average of all the experiments is shown in the results.

3. Results

3-1. Wipe test model

The visualized radioactive contamination remaining on a vinyl floor sheet, which was used as a model for household furniture and floor soft surfaces, is shown in Fig. 3. The

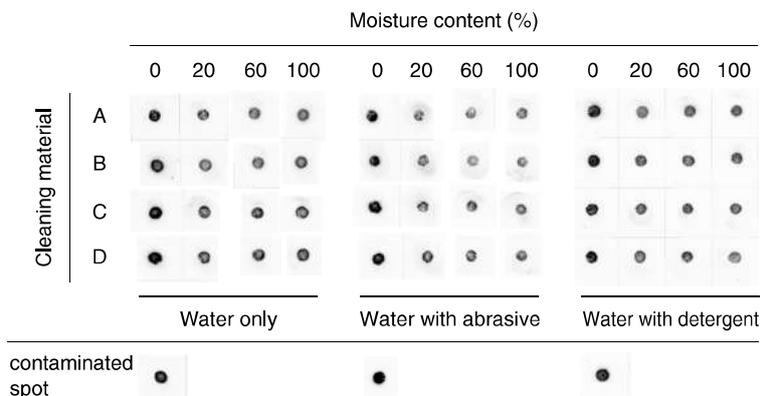


Fig. 3. Visualized radioactive contamination remaining on a vinyl floor sheet by exposure to an imaging plate. Each spot represents remaining radioactivity after wiping with cleaning materials A to D at several levels of moisture content, in the presence or absence of an abrasive or detergent. The image of a spot that has not been wiped is shown in the lowest line.

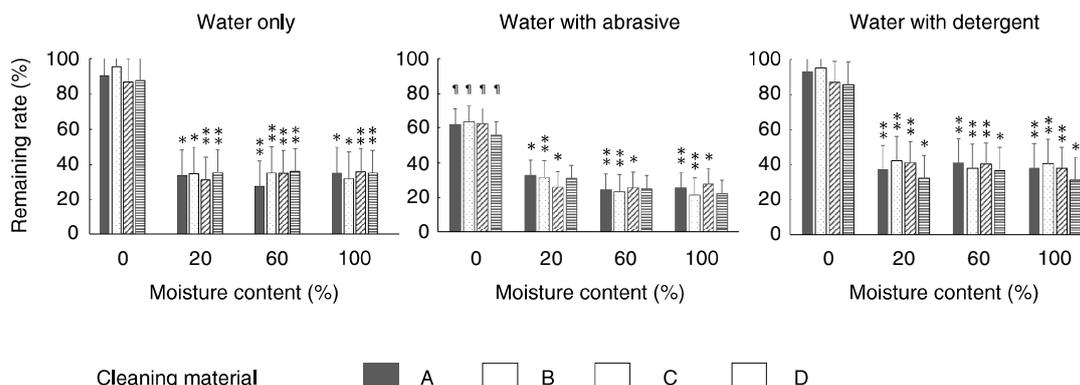


Fig. 4. The rate of remaining radioactivity on a vinyl floor sheet shown by the results in Fig. 3. The bars indicate standard error of the mean from more than three experiments. Statistically significant differences were observed between dry and wet conditions (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, Students T-test).

contaminated area is clearly seen as a black spot. When the surface was wiped with a dry cleaning material (0% moisture content), the density of the spot appeared unchanged. In contrast, wiping with a wet cleaning material removed 20% to 100% of contamination, with no significant dependency on moisture content or on the type of cleaning materials. The results demonstrated that the rate of remaining radioactivity after wiping in wet conditions, using only water, was 27–36%, without any difference between cleaning materials. The remaining radioactivity remained as high as 87–96% after wiping in dry conditions (Fig. 4, Left). A statistically significant difference in the rate of remaining radioactivity was observed between wet and dry conditions for each cleaning material.

This was observed in wet conditions using only water, with an abrasive, and with a detergent.

When the contaminated spot was wiped with an abrasive, the rate of remaining radioactivity generally decreased compared to that with water alone, with a statistically significant difference both in dry and wet conditions, presumably due to polishing of the surface. However, 21–33% of radioactive contamination remained. In contrast, wiping the contaminated surface with a household detergent at a concentration used for daily cleaning resulted in 31–42% higher rate of remaining radioactivity, compared to wiping with only water.

Figs. 5 and 6 demonstrate the results from similar experiments made using a glass plate to model the hard surfaces

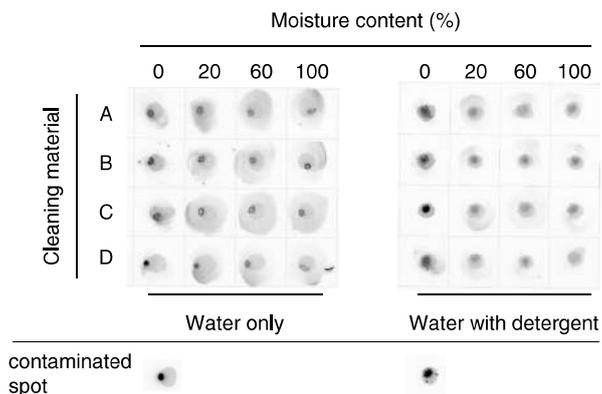


Fig. 5. Visualized radioactive contamination remaining on a glass plate by exposure to an imaging plate. Each spot represents radioactivity remaining after wiping with cleaning materials A to D at several levels of moisture content, in the presence or absence of detergent. The image of a spot that has not been wiped is shown in the lowest line.

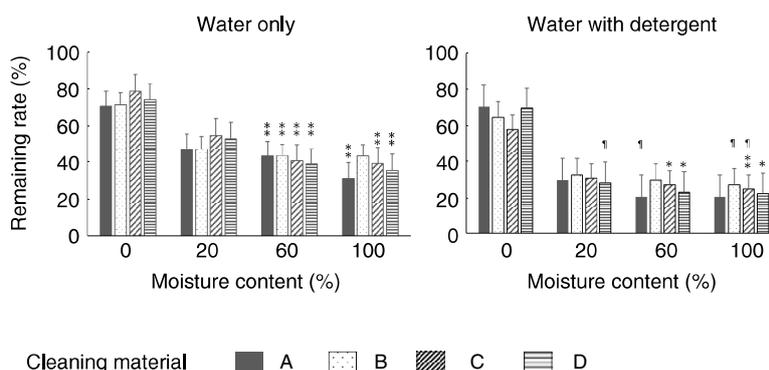


Fig. 6. The radioactivity remaining rate on a glass plate quantitated by the results in Fig. 5. The bars indicate standard error of the mean from more than three experiments. Statistically significant differences to the result of 20% moisture contents ($p < 0.05$, $**p < 0.01$) and to the results without detergent ($†p < 0.05$) are shown.

of housing materials. The size of the contaminated spot on the glass plate looked different than that on the vinyl sheet, i.e., the remaining radioactivity appeared to be concentrated toward the center of the spot. The density of each radioactive spot appeared to be generally reduced by wiping with cleaning materials (Fig. 5). The rate of remaining radioactivity on the glass plate after wiping in dry conditions ranged from 71% to 79% (Fig. 6), which was lower than 87–96% on a vinyl sheet (Fig. 4). When the contamination spot was wiped in wet conditions, the rate of remaining radioactivity decreased similarly to that on the vinyl sheet. Higher moisture content (60–100%) resulted in better decontamination than lower

moisture content (20%), with statistically significant differences. However, the rate of remaining radioactivity did not reach the level of 27–36% which was observed on a vinyl sheet (Fig. 4). The use of a detergent improved the removal of radioactivity and the remaining rate was within the range of 21–33%.

In our experimental conditions, the radioactivity remaining on the contaminated spot after wiping was higher than expected. Therefore, we evaluated the removal of radioactivity on the vinyl floor sheet immediately after contamination. As shown in Fig. 7, the radioactively contaminated spot was almost invisible. We also shortened the drying period to 3 h using an air-drier.

Although the rate of remaining radioactivity after wiping in dry conditions was similar to that after drying overnight without an air-drier, wiping in wet conditions decreased the radioactivity to 8–18%, which was similar to or better than using an abrasive after drying overnight (Fig. 8). From these results, it was shown that a radioactive solution left on a sheet after overnight drying, i.e., our experimental conditions, made the contamination spot firmly bound and not easily removable.

3-2. Miniature mop model

As shown in Fig. 9A, the rate of remaining radioactivity on

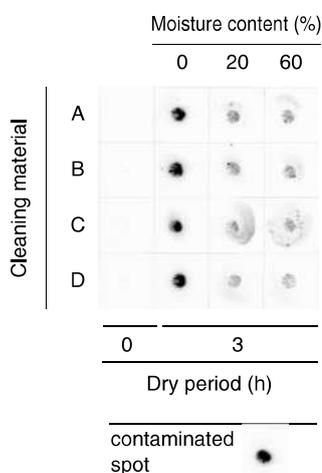


Fig. 7. Visualized radioactive contamination remaining on a vinyl sheet by exposure to an imaging plate. Each spot represents the radioactivity remaining after wiping with cleaning materials A to D at several levels of moisture content, either immediately or 3 h after contamination. The image of a spot that has not been wiped is shown in the lowest line.

the surface of a vinyl sheet after wiping with a wet miniature mop ranged from 6% to 25%, which was lower than that obtained by the wipe test model (27–36%). This was observed even when the material was the same (wipe test model “B” and miniature model “a”). This could be attributable to differences in the method of measuring, method of wiping, or the size of the contaminated area and cleaning materials. Among the three different mop materials, “b” showed the lowest rate of remaining radioactivity on a sheet whereas “c” showed the highest remaining radioactivity, with a statistically significant difference than the other materials. The surface structure of the material, an anemone shape or a cotton yarn, possibly caused this difference.

Radioactive talc, a model for solid particle contamination, was more difficult to decontaminate than a dried radioactive

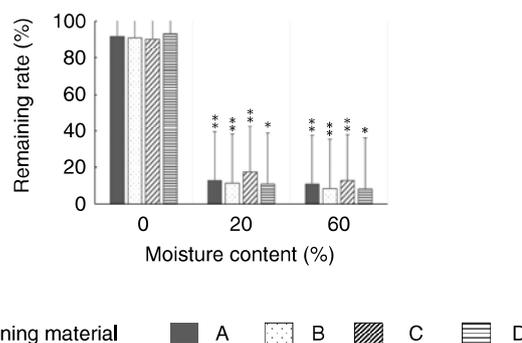


Fig. 8. The remaining rate of radioactivity on a glass plate demonstrated by the results in Fig. 7. The bars indicate standard error of the mean from more than three experiments. Statistically significant differences were observed between dry and wet conditions (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

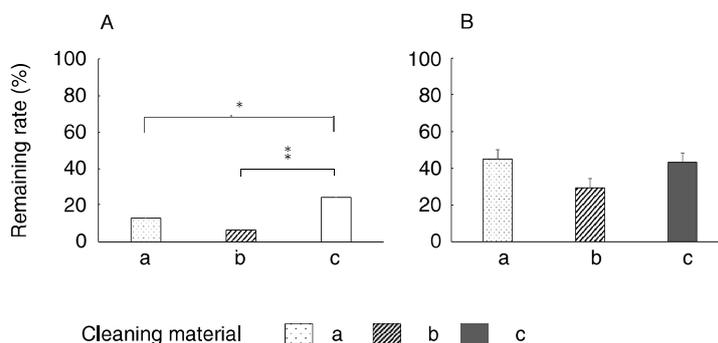


Fig. 9. The rate of remaining radioactivity on the surface of a vinyl sheet after wiping with a wet miniature mop. (A) Decontamination of a dried spot caused by a radioactive solution, (B) Decontamination of a radioactive solid particle. Statistically significant differences were observed at * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ levels.

solution spot (Fig. 9B). The rate of remaining radioactivity ranged from 29.2% to 45.1%. The material “b” also showed the best results in this model, presumably due to its specific anemone shape, which held solid talc inside the structure.

4. Discussion

In this study, we compared the removal of radioactive contamination by various cleaning materials using two models of wipe test surface—a relatively soft surface (vinyl floor sheet) and a hard surface (glass plate). Moreover, we assembled a miniature mop model of different cleaning materials as wiping tools and compared the removal of radioactive contamination from a dried spot or a solid particle. Other types of contamination, such as lipophilic stain and oil spot, were not examined in this study.

The household cleaning materials selected for the wipe test model were highly absorbent and commercially available: a filter paper, a cellulose sponge, a polyester sheet, or a polyester and polyamide sheet. There was no significant difference in the remaining radioactivity between the four different materials. Therefore, the type of cleaning material was not a determinant of the effectiveness of decontamination. Instead, the moisture level of the cleaning materials (dry or wet) seemed to play an important role in removal of radioactivity. Wiping in dry conditions removed approximately 10% and 25% of the total surface radioactivity from a vinyl sheet and a glass plate, respectively. Similar results were reported by Shoji *et al.* in their previous investigation¹⁶. For the vinyl sheet, when the cleaning materials were moisturized with water more than 60% of radioactivity was removed from the surface, regardless of the level of moisture content. The use of an abrasive appeared to improve the efficiency of radioactive material removal, whereas the use of a household detergent prevented removal. Although the underlying mechanism is not clear, one possible explanation is that radioactive molecules on the vinyl sheet surface infiltrated into the sheet in the presence of a detergent. For the glass plate, more than approximately 50% of radioactivity was removed in wet conditions, which was further enhanced to 70% or higher using a detergent. Based on these observations, it was suggested that the glass plate surface should be wiped in wet conditions with cleaning materials of any kind, with or without a detergent.

In experiments using wet miniature mop models, the cellulose sponge and polyester microfiber materials demonstrated a higher rate of radioactivity removal from a

dried spot, in the range of 90–95%. On the other hand, the removal rate of radioactive talc powder, a solid particle, was in the range of 55–70%. The structure of the cleaning material, such as an anemone shape, largely affects the physical removal of particles. Therefore, using a wet mop was also effective in removal of radioactivity; however, both the type and structure of a cleaning material should be carefully considered. It is obvious that remaining particles should be removed if they are visible. Furthermore, it is noteworthy that 100% removal of radioactive contamination was almost impossible once the radioactivity was fixed onto a surface by drying, regardless of the length of time after contamination. Conversely, the moisture content of cleaning materials may not be critical if the aqueous radioactive spot is wiped immediately after contamination.

The effective dose of Fukushima residents consists mainly of outdoor exposure, whereas the contribution of indoor exposure seems to be smaller. However, routine cleaning of households, which also works as an effective decontamination, is essential for reducing anxiety among returnees. Surprisingly, it has been reported that the radioactivity in house dust reached a value higher than 1000 Bq/g, which was significantly higher than that in soil samples from the same area in the evacuation order zone²¹. Radioactivity may invade indoor spaces by direct ventilation, because the air-exchange rates of houses in the towns of Okuma and Futaba was reported to be approximately 0.69/h²¹. In addition, radioactive dust attached to people and belongings could make them radioactive. In both cases, surface contamination by dry deposition occurs. The resuspension of house dust also raises the risk of internal exposure by inhalation. Our findings suggested that standard wiping in wet conditions, possibly combined with vacuum cleaning in advance, (but not dusting²²), could keep the indoor environment clean. Any cleaning materials for the removal of dust, including a cloth, sponge, sheet or paper, can be used for the wiping. When wet contamination is expected, immediate cleaning before the wet spot dries will give a good result. Although the data were not shown, the radioactivity transferred to cleaning materials after wiping contaminated surfaces was not fully removed by washing and squeezing in fresh water. Approximately 10% of radioactivity was left on cleaning materials. Therefore, frequent replacement of cleaning materials, or use of disposable cleaning devices, is recommended. Furthermore, places where dust easily gathers should be cleaned the earliest because they could build up a hotspot of radioactivity.

Recent reports on the current status of environmental radiation in Fukushima have shown that an effective dose higher than 1 mSv/yr remains even in zones where the evacuation order has been lifted^{23,24}. We easily found locations near the houses of returnees where the environmental dose rate was 0.23 μ Sv/h or higher, so the risk of indoor radioactive contamination may continue in the long term. Therefore, regular cleaning, keeping the purpose of decontamination in mind, will reduce the risk of indoor radiation exposure and accelerate the return to safe conditions for residents.

5. Conclusion

The effective decontamination of indoor household surfaces was achievable through regular cleaning with commercially available cleaning devices by applying conditions for the types of contamination and surface. These conditions included device structure, moisture content, and the presence or absence of detergent and abrasive. However, radioactivity was not completely removed once it had been fixed on the surface, which may make returnees feel uneasy. Further development of cleaning devices and methods to improve the efficiency of decontamination should be continued by using experimental models such as those established in this study.

Acknowledgements

The authors would like to thank Masahiro Yoshida and Hideaki Takao for technical assistance with experiments. This study was supported in part by JSPS KAKENHI Grant Number 16H03062.

References

- 1) Ministry of the Environment: Additional exposure doses after an accident (Examples of calculation), Booklet to provide basic information regarding health effects of radiation, Vol.1 Basic knowledge and health effects of radiation, pp. 51 (2019). <https://www.env.go.jp/en/chemi/rhm/basic-info/1st/02-04-09.html> (Accessed Aug. 1 2019).
- 2) Fukushima prefecture: Decontamination in the prefecture (Dec. 2018). <https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-english/en02-03.html> (Accessed Aug. 1 2019).
- 3) Fukushima prefecture: Radiation levels in the prefecture (Mar. 2019). <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal-english/en02-01.html#radiationmap> (Accessed Aug. 1 2019).
- 4) Fukushima prefecture: Radiation levels in the prefecture (July 31 2019, in Japanese). <http://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-kukan-monitoring.html> (Accessed Aug. 1 2019).
- 5) Ministry of Economy, Trade and Industry: Progress of Fukushima restoration from nuclear disaster (Dec. 2018, in Japanese). https://www.meti.go.jp/earthquake/smb/nariwai/pdf/20181206_2.pdf (Accessed Aug. 1 2019).
- 6) Fukushima prefecture: Newsletter of damage situation by Tohoku-Pacific Ocean Earthquake (No.1763, March 5, 2020, in Japanese). https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/life/477061_1225077_misc.pdf (Accessed Mar. 11 2020).
- 7) Matsunaga H, Orita M, Iyama K, *et al.*: Intention to return to the town of Tomioka in residents 7 years after the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: a cross-sectional study, *J. Radiat. Res.*, Vol. 60, pp. 51–58 (2019).
- 8) Orita M, Hayashida N, Urata H, *et al.*: Determinants of the return to hometowns after the accident at Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: a case study for the village of Kawauchi, *Radiat. Prot. Dosim.*, Vol. 156, pp. 383–385 (2013).
- 9) Murakami M, Ono K, Nakatani J: Perception of radiation risk and willingness to return home following decontamination, *Env. Sci.*, Vol. 28, pp. 193–210 (2015).
- 10) Yoshida-Ohuchi H, Kanagami T, Satoh, Y, *et al.*: Indoor radicaesium contamination in residential houses within evacuation areas after the Fukushima nuclear accident, *Sci. Rep.*, Vol. 6, p. 26412 (2016).
- 11) Yoshida-Ohuchi H, Matsuda N, Saito K: Review of reduction factors by buildings for gamma radiation from radicaesium deposited on the ground due to fallout, *J. Env. Radioactiv.*, Vol. 187, pp. 32–39 (2018).
- 12) Wadachi Y, Irie M: Decontamination manual of RI handling laboratory, *Radioisotopes*, Vol. 53, pp. 635–644 (2014), in Japanese.
- 13) United States Environmental Protection Agency: Guide for radiological laboratories for the control of radioactive contamination and radiation exposure. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/402-r-12-005_contamination_guide_aug_2012.pdf (Aug. 2012) (Accessed Aug. 1, 2019).
- 14) Leonardi NM, Tesán FC, Zubillaga MB, and Salgueiro MJ: Radioactivity decontamination of materials commonly used as surfaces in general-purpose radioisotope laboratories, *J. Nucl. Med. Technol.*, Vol. 42, pp. 292–295 (2014).
- 15) Ruhman N, Grantham V, and Martin C: The effectiveness of decontamination products in the nuclear medicine department, *J. Nucl. Med. Technol.*, Vol. 38, pp. 191–194 (2010).
- 16) Shoji M, Kondo T, Kijima A, *et al.*: Removal characteristics of wipe devices under Various conditions, *Health Phys.*, Vol. 99, pp. S136–142 (2010).
- 17) Rutala WA and Weber DJ: Best practices for disinfection of noncritical environmental surfaces and equipment in health care facilities: A bundle approach, *Am. J. Infect. Cont.*, Vol. 47, pp. A96–A105 (2019).
- 18) Shinohara N, Tokumura M, Hashimoto K, *et al.*: Fungal levels in

- houses in the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant evacuation zone after the Great East Japan Earthquake, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, Vol. 67, pp. 1106–1114 (2017).
- 19) Ohsawa K, Ohsawa M, Takemoto T, Sato H: Evaluation of effectiveness of floor mops for sweeping, capture efficiency and water retention, *Env. Infect.*, Vol. 22, pp. 272–277 (2007). (in Japanese)
- 20) Kawasaki H, Kammera M, Asada S, Ichikawa M: Effectiveness of newly-developed sponge-type floor mop as a cleaning device in the hospital, *Iyaku J.*, Vol. 31, pp. 87–91 (1995), (in Japanese).
- 21) Shinohara N, Yoshida-Ohuchi H: Radiocesium contamination in house dust within evacuation areas close to the Fukushima Daiichi nuclear power plant. *Env. Intl.*, Vol. 114, pp. 107–114 (2018).
- 22) Shinohara N, Yoshida-Ohuchi H: Radiocesium concentration in indoor air during residential house cleaning in Fukushima Daiichi nuclear power plant evacuation areas, *J. Env. Radioactivity*, Vol. 205–206, pp. 127–134 (2019).
- 23) Tsukazaki A, Taira Y, Orita M, Takamura N: Seven years post-Fukushima: long-term measurement of exposure dose in Tomioka Town, *J. Radiat. Res.*, Vol 60, pp. 159–160 (2018).
- 24) Matsuo M, Taira Y, Orita M, Yamada Y, Ide J, Yamashita S, Takamura N: Evaluation of environmental contamination and estimated radiation exposure rates among residents immediately after returning home to Tomioka Town, Fukushima Prefecture, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol 16, p. 1481 (2019).

別紙4

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

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

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Takemoto T, Ohsawa K, M atsuda N	Cleaning Materials and Methods for Effective Removal of Indoor Radioactive Contamination.	Radiation Safety Management	19	49-57	2020