

放射線業務従事者の職業被ばく状況の 現状分析と低減化方策の検討

久保 均^{1,2)}、根本 彩香²⁾、鈴木 俊幸³⁾、伊藤 浩^{2,4)}

福島県立医科大学保健科学部診療放射線科学科¹⁾、先端臨床
研究センター²⁾、医学部附属放射性同位元素研究施設³⁾、医学
部放射線医学講座⁴⁾

はじめに

大学等の教育研究機関、あるいは病院等の医療機関においては放射線を用いる業務があり、その業務に従事する者を放射線業務従事者として登録・管理することで、作業従事者自身や一般公衆の放射線障害を被ばく低減をもって防止し公共の安全を確保している。しかし、特に医学部および附属病院を有する医科大学のような教育研究機関と医療機関の両方の役割を担う施設での放射線業務従事者には様々な職種があり、職種により扱う放射線の種類や頻度も様々であるので一律に管理指導することは適切ではない。そこで、本研究では福島県立医科大学における放射線業務従事者の職種・所属・性別等に伴う職業被ばくの被ばく線量などの現状分析を行うとともに、最も重要な被ばく低減に関する方策の策定及びその実効性を評価することで、放射線業務に従事している労働者の産業保健を推進することを目的とした。

研究方法

放射線業務従事者が放射線業務に従事する際に必ず身につけているガラスバッジの報告書のデータを元に、職種・所属・性別などによる職業被ばくの現状分析を過去5年（2016年度から2020年度）について実施した。ガラスバッジの測定データの抽出には千代田テクノル社製 ACEGEAR Neo を使用し、csv ファイルとして必要なデータを抽出した後は Microsoft 365 の Excel を用いて解析を行った。また、所属に関しては福島県立医科大学は医学部、看護学部、各種センター・施設、附属病院等で構成されているため、学部の講座と附属病院の診療科は同一と扱い、かつ「平成20年3月31日医政発第0331042号厚生労働省医政局長通知(別表)」を参考にして各種内科系の講座・診療科を臨床医学系(内科)、各種外科系の講座・診療科を臨床医学系(外科)そしてそれ以外を臨床医学系(他)として再分類した。

ガラスバッジのデータを用いることについては、福島県立医科大学倫理委員会の審査を受け許可を得た。また、職業・性別・所属以外の個人を特定できる情報は扱わず、連結可能匿名化を行ってデータの解析を行った。

結果

2016年度から2020年度の5年間での被ばく線量測定データの職種別人数および所属別人数は、以下の通りであった。

(表1) 職種別人数表

職種名	女	男	合計	割合
医師	152	522	674	39.5%
歯科医師	6	11	17	1.0%
薬剤師	2	7	9	0.5%
看護師	721	71	792	46.5%
診療放射線技師	16	54	70	4.1%
臨床検査技師	6	3	9	0.5%
歯科衛生士	6	0	6	0.4%
その他	50	78	128	7.5%
合計	959	746	1705	100%
割合	56.2%	43.8%	100%	-

(表2) 所属別人数表

所属名	女	男	合計	割合
臨床医学系（内科）	61	206	267	12.8%
臨床医学系（外科）	26	174	200	9.6%
臨床医学系（他）	114	236	350	16.8%

外来・病棟部門	804	74	878	42.1%
中央診療部門	142	107	249	11.9%
ふくしま国際 医療科学センター	18	38	56	2.7%
生命科学系・ 社会医学系	14	36	50	2.4%
総合科学系	0	3	3	0.1%
研究施設等	3	14	17	0.8%
不明	8	8	16	0.8%
合計	1190	896	2086	100%
割合	57.0%	43.0%	100%	-

所属別の個人線量人数分布は、以下の通りであった。

(表3) 所属別個人線量(実効線量)人数分布表

所属名	検出限界未満	0 - 0.1 (mSv)	0.1- 0.2 (mSv)	0.2- 1.0 (mSv)	1.0- 2.0 (mSv)	2.0- 5.0 (mSv)	5.0- (mSv)	合計 人数	合計 線量 (mSv)
臨床医学系 (内科)	237	11	13	3	1	1	1	267	18.5
臨床医学系 (外科)	154	15	20	6	3	1	1	200	26.6
臨床医学系 (他)	305	23	17	3	0	1	1	350	23
外来・病棟 部門	825	14	25	9	3	0	2	878	35.8
中央診療 部門	178	14	8	12	12	17	8	249	142.9
ふくしま国際 医療科学センター	27	2	7	6	4	8	2	56	58.2

生命科学系・ 社会医学系	49	1	0	0	0	0	0	50	0.1
総合科学系	3	0	0	0	0	0	0	0	0
研究施設等	17	0	0	0	0	0	0	17	0
不明	13	2	1	0	0	0	0	16	0.5
合計	1808	82	91	39	23	28	15	2086	305.6
割合	86.7%	3.9%	4.4%	1.9%	1.1%	1.3%	0.7%	100%	-

表3のデータを基に、5年間で5mSv以上の線量であった者について、個別に調査した。その結果は以下の通りである。

- 1) 臨床医学系（内科）の1例
医師で、5年間で5.8mSvであった。年度毎での最大の被ばく線量は2.4mSvであった。
- 2) 臨床医学系（外科）の1例
医師で、5年間で5.6mSvであった。年度毎での最大の被ばく線量は2.1mSvであった。
- 3) 臨床医学系（他）の1例
医師で、1年間で11.0mSvであった。
- 4) 外来・病棟部門の2例
2例とも看護師で、5年間で5.1mSvおよび9.7mSvであった。年度毎での最大の被ばく線量は1.9mSvおよび2.6mSvであった。
- 5) 中央診療部門の8例
8例とも放射線部所属の診療放射線技師であり、5年間で9.2, 5.9, 5.7, 5.1, 6.8, 7.2, 5.9, 5.1mSvであった。年度毎での最大の被ばく線量は2.7mSvであった。
- 6) ふくしま国際医療科学センターの2例
1例は看護師、もう1例は診療放射線技師であり、5年間で7.1mSvおよび12.4mSvであった。年度毎での最大の被ばく線量は1.7mSvおよび4.3mSvであった。

考察

本研究では、放射線業務従事者の職業被ばく状況の現状分析と低減化方策の検討を、福島県立医科大学の個人被ばく線量測定データを用いて行った。そもそも、放射線業務従事者とは「放射性同位元素や放射線発生装置の取扱、管理又はこれに付随する業務である取扱等業務に従事するために管理区域に立ち入る者」であり、管理区域に立ち入った上で取扱等業務に従事する人のことをいう。この管理区域とは法令で定められたものであり、端的にいうと外部あるいは内部被ばくをする恐れのある区域である。そのために、この区域に立ち入る場合は特に被ばくによるリスクを低減するための様々な規制が存在する。その一つが個人被ばく線量の測定である。

管理区域を定める法令はいくつかあるが、福島県立医科大学で設定されている管理区域の根拠法令は、放射性同位元素等の規制に関する法律(RI等規制法)および同施行令・施行規則、医療法、そして労働安全衛生法および同施行令の規程に基づく電離放射線障害防止規則(電離則)である。附属病院内の管理区域は医療法、電離則に基づいており、ライナックや小線源治療装置、サイクロトロン等が設置されている区域はRI等規制法に基づいている。災害医学・医療産業棟の管理区域はRI等規制法に基づき、医学部附属放射性同位元素研究施設もRI等規制法に基づいている。

何れの法令により規定された管理区域であったとしても、その中で取扱等業務を行うためには個人被ばく線量の測定を行わなければならない。これは、職業として放射線を取り扱う場合にはそれによる個人被ばく(職業被ばく)の線量限度が存在するためである。この限度は全ての法令で統一されており、実効線量で1年間で50mSv および5年間で100mSv、妊娠可能な女性の場合は3ヶ月間で5mSv である。また、妊娠期間中はその期間中全てで1mSv である。ちなみに、公衆の被ばく線量限度は1年間で1mSv であり、医療被ばくの限度は存在しない。

本研究で調査した被ばく線量は実効線量であり、従事している業務内容にかかわらず1年間で50mSv および5年間で100mSv である。この限度を前提に、

得られたデータを評価した。

まず、本学の放射線業務従事者の職種について検討した。最も多いのは看護師であり、その割合は約 47%であった。その次は医師であり、約 40%であった。この両方で全体の 85%以上を占めており、放射線業務に従事している者のほとんどが看護師と医師、つまり特に診療業務で放射線を用いる放射線診療従事者であることがわかった。なお、医師の中には研究業務も行う者も含まれていると考えられた。その他には診療放射線技師が約 4%を占めていた。なお、その他として約 8%あったが、これはいずれの医療職の免許も有さずに研究で放射線業務を行っている者と考えられた。つまり、本学においては多くの放射線業務従事者は診療業務として放射線を使用しているということがわかった。男女比は女性が約 57%と半数以上を占めていたが、やはりこれもその多くが看護師であるためと考えられた。

次に所属別の人数であるが、外来・病棟部門が最も多く約 42%であった。次に臨床医学系（他）、臨床医学系（内科）、中央診療部門の順であった。外来・病棟部門が最も人数が多かったのは、そのほとんどが看護師であったためである。その後の臨床医学系については医師が、中央診療部門については診療放射線技師が多くを占めていた。

所属別の個人線量人数分布表（表 3）に基づき、所属毎の実効線量の評価を行った。本表は 2016 年度から 2020 年度の 5 年間の実効線量の積算値を示している。大多数が検出限界未満であり、その割合は約 87%であった。その次は 0.1-0.2mSv、0-0.1mSv であり、結局 5 年間で 0.2mSv 以下の者の割合が 95%であった。また、5mSv を超える者も 0.7%で 15 名存在した。これらの 15 名について、その詳細を検討した。その結果、5 年間の被ばく線量の最大は診療放射線技師の 12.4mSv であり、その次は医師の 11.0mSv であった。5 年間の線量限度は 100mSv である（妊娠可能な女性を除く）ため、本学においては線量限度を超えるような被ばくをした放射線業務従事者はいなかった。しかし、5 年間で被ばく線量限度は 100mSv であるために平均化して考えると 1 年間で 20mSv となり、そのように考えると最大の被ばく線量の結果を出した診療放射線技師は約 60%程度まで被ばくしていることとなるため、かなりの注意が必要と考えられた。なお、法

令で5年間で100mSvで1年間で50mSvを限度としているのは、業務の状況によっては1年間で50mSvの被ばくをしても問題はないが、平均化すれば5年で100mSvとなるように、つまり年間で20mSv程度となるように規制しなさい、という意味を示していると考えられている。そのために、法令上は直接的な記載はないが、1年間で20mSv程度の被ばくに抑制する、というのは放射線管理における基本的な考え方の一つであり、ICRP1990年勧告およびIAEAの基準に基づいている。

結局、5年間で5mSvを超えた15名の内訳は、医師が3例、看護師が3例、診療放射線技師が9例であった。医師および診療放射線技師においては診療のみでなく研究による被ばくが含まれている可能性もあるが、所属等の情報を勘案するとそのほとんどが診療による被ばくであると考えられるため、以降では全てを診療において被ばくしたものと仮定して議論を進める。

それぞれの職種における放射線を用いた診療業務で特に被ばく線量が多くなる可能性のあるものを考えると、医師の場合はX線透視装置や血管造影装置等を用いた診療業務や放射性医薬品の分注および投与業務等の可能性がある。これらは、放射線部にある透視撮影室や血管造影室のみでなく、手術室などでの業務も含まれる。看護師の場合は診療の補助のために管理区域内にいる場合がほとんどであると考えられ、主体的に放射線を用いた診療業務を行っている訳ではないと考えられた。そのため、検査を受けている患者さんのケアや検査の補助業務等が考えられた。診療放射線技師はそもそも放射線を用いて診療業務を行う医療技術者であり、画像診断検査、核医学検査、放射線治療業務等様々な業務における放射線被ばくの可能性がある。なお、ふくしま国際医療科学センターの看護師および診療放射線技師は共にPET検査に従事しており、PET検査施行時の被ばくであることがわかっている。

これらの業務を見ると、診断領域のX線による被ばくとPET検査に用いる放射性医薬品による被ばくに大別できる。診断領域のX線とは管電圧120kV程度以下のX線であり、これによる被ばくにはX線を照射している領域で直接的に被ばくする直接線被ばくと、患者さんなどにX線を照射した際に患者さんの体で散乱したX線により被ばくする散乱線被ばくがある。PET検査に用いる放射

性医薬品は陽電子放出核種である F-18 を用いており、そのガンマ線エネルギーは 511keV である。また、投与量は体重あたり 4MBq 程度である。上述の医師、看護師および診療放射線技師（ふくしま国際医療科学センター所属を除く）は診断領域の X 線による被ばくと考えられる。直接線による被ばくであると仮定すると被ばく線量はこの程度では収まらないために、考えられるのは散乱線による被ばくである。これは、特に透視検査や血管造影検査において術者およびその補助者が受けることが多い被ばくであり、検査を受けている患者さんのすぐそばにいて、かつ X 線が照射されている照射野近傍にいたるために照射野内の人体から発生する散乱線を至近距離で受けてしまうことによる。散乱線は、直接線に比して X 線エネルギーおよび線量ともに低くなっているが、それでも散乱体となっている患者さんの近傍では散乱線による被ばくは無視できない。近年は散乱線からの被ばくを防護する防護具などの販売もなされているが、高価でありかつ自由な手技の実施を妨げる場合もあるため全ての医療機関がそれらを活用するところまではいっていない。本研究では個人情報を得ていないためにどのような業務における被ばくなのかについて調べることはできないので実際の被ばく状況の詳細は不明であるが、上記のような状況が最も考えられる被ばくの動機である。これらの被ばくへの対応、つまり被ばく線量の最小化には、放射線防護の三原則である距離の最大化・時間の最小化・遮蔽の実施をしっかりと行うことが必要なのは言うまでもないが、そもそも放射線を使用している者、つまり放射線業務従事者がこの事実をしっかりと理解し放射線被ばく低減のために能動的な行動を行ってもらうことが必要と考えられる。

ふくしま国際医療科学センター所属の看護師および診療放射線技師の被ばくは、放射性医薬品によるものである。この放射性医薬品で用いている放射性同位元素は F-18 という陽電子放出核種であり、511keV という非常に高いエネルギーのガンマ線を放出する。そのために遮蔽が非常に難しく、例えば前述の診断領域の X 線からの防護に用いるプロテクターなどの遮蔽体は、そのままではあまり役に立たない。そのために、最も重要なことは放射性医薬品を投与した患者さんとの接触をできる限り避けることとなる。PET 検査を実施している先端臨床研究センターでは、患者さんとの接触をできる限り避けるために様々な工夫を行っており、患者さんへのほとんどの指示はインターホンなどで行い、患者さん自らに行動してもらうことで直接的な接触時間を最小限となるように努力してい

る。これは、研究代表者も当該センターに所属して診療業務を行っているために、同様に実行しているものである。しかし、全ての患者さんが遠隔の指示に従って自発的に行動できるわけではなく、放射性医薬品の投与後に急に状態が悪くなる場合もあるためにこれらの工夫も限界がある。なお、これらの工夫は2019年度頃から実施しているが、それによって年間の被ばく線量は診療放射線技師で約半減、看護師で約30%減となっており、非常に大きな効果が出ていることが確認できている。現在においてもこれらの工夫は続けて実施しており、被ばく線量の低減に与える効果を引き続き評価する必要があると考えられる。

なお、診療でなく研究でのみ放射線を使用する者においては、5年間で5mSvを超える被ばくをしている者はいなかった。そもそも研究で使用する放射線でそれほどの被ばく線量を示すようなものはないと考えられるが、適正使用の結果であるともいえる。引き続き、適正使用による被ばく線量の最小化が求められる。

いずれにせよ、5年間で100mSvという線量限度に達している者は存在せず、福島県立医科大学における被ばく線量の観点での放射線管理は問題なく遂行できていることが確認できた。しかし、一部の放射線業務従事者が多くの被ばくを受けているのは事実であるため、診療で使用している以上ゼロにすることはできないが被ばく線量の均等化や被ばく低減に必要な行動の実施、そのための被ばくに関する知識や理解の上積みを行う必要があると考えられた。

結論

福島県立医科大学における放射線業務従事者の職業被ばくにおいて、線量限度を超える者はいなかった。しかし、一部の従事者に被ばくが集中している状況があるため、被ばくの均等化や被ばく低減に必要な更なる行動の実施が必要であると考えられた。

謝辞

本研究の実施の機会を与えていただいた公益財団法人福島県労働保健センター「産業医学・産業保健に関する調査研究に対する助成制度」による助成に感謝申し上げます。