

## 医療従事者に於ける電離放射線被ばくのリスク評価

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

木村真三

### 緒言

我が国における放射線作業従事者は、45 万人強である。その中で、最も作業人口の多い職業は、医療関係の 23 万人であり、その数は 8 万人の原子力産業を大きく上回っている。H18 年度、年間被ばく量が 10mSv を越える医療従事者の数は 733 人であった（表 1-a,b）。更に、職種別に見ると、診療放射線技師>医師>看護師の順であった。また、胸部・腹部と頭頸部での被ばく分布は、明らかに頭頸部の方が高かった。

このように、職種全体の被ばく量は小さくても、ハイリスク集団が存在するのみならず、不均等被ばくを呈することが示されていた。

我が国の医療被ばくは、世界の平均的な医療被ばくに比べると約 6 倍も高く、全世界の医療被ばくの 20%弱を占めている。また、日本国民が受ける人工放射線源からの被ばくの内訳は医療被ばくが 99%を占めている。

このように、高度先進医療が進むに連れて、我が国の公衆被ばくは年々高くなってきていると言えよう。従って、医療現場での被ばくが増える傾向は今後、上昇傾向にあるため、医療従事者の被ばくは自ずと高くなっていくと予想される。

表 1-a. 平成 18 年度業種別実効線量の人数分布表（千代田テクノル調べ）

	平均線量 (mSv)	検出 せず	~0.10	0.11mSv	1.01mSv	5.01mSv	10.01mSv	15.01mSv	20.01mSv	50.01	合計 人数
			mSv	~	~	~	~	~	mSv~		
医療機関	0.27	107,334	8,789	17,001	9,101	963	180	62	60	1	143,464
研究教育 機関	0.02	45,124	756	543	224	40	0	1	0	0	46,688
非破壊 検査	0.35	1,791	124	277	182	32	5	0	0	0	2,411
一般工業	0.06	32,903	563	869	401	68	14	3	8	0	34,829
合計	0.19	187,152	10,232	18,690	9,908	1,076	199	66	68	1	227,392

表 1-b. 平成 18 年度業種別実効線量の人数分布表（長瀬ランダウア調べ）

	平均線量 (mSv)	検出せず	0.1mSv	1.1mSv	5.1mSv	10.1mSv	15.1mSv	20.1mSv	25.1mSv	50.1	合計人数
			~	~	~	~	~	~	mSv~		
医療機関	0.411	63,120	17,565	7,079	1,038	242	93	36	54	5	89,232

研究教育 機関	0.010	15,041	252	33	2	0	0	0	0	0	15,328
非破壊 検査	0.918	187	110	63	14	0	0	1	1	0	376
一般工業	0.065	18,662	551	270	27	7	0	0	0	1	19,518
合計	0.309	97,010	18,478	7,445	1,081	249	93	37	55	6	125,454

## 目的

実際の医療現場従事者がどれだけの被ばくをしているのか実態調査を行い、被ばく限度を超えるような場合には、改善方法の提案をし、より安全な職場環境を目指す。

## 調査項目

1ヶ月間の被ばく量の積算調査（目的：個人の被ばく量の度合いを身体各部位で評価）

個別医療手技ごとの被ばく量調査（目的：どの行為が放射線被ばくのリスクが高いかを評価）  
別件として、放射線防護具の有効性を確認する目的で

- ・防護衣の外側のガラス線量計素子で推定することで“防護衣なし”の場合の被ばく量を評価する。

防護衣の内側のガラス線量計素子で推定することで“防護衣あり”の場合の被ばく量を評価する。

## 実験方法

研究対象となる病院は、関東にある職員数 776 人、病床数が 総数 623 床の A 病院と関西にある職員数 850 名、病床数 613 床の B 病院を選定した。

ICRP1990 年度勧告で組織荷重係数値が高いと示された、骨髄、結腸、肺、胃、生殖腺を意識して、胸部 2ヶ所、腹部 2ヶ所、下腹部 2ヶ所、および白内障のリスクを考慮して頭部 2ヶ所、全身 8ヶ所での被ばく線量を 1ヶ月の積算線量値を求めた。

また、個別医療手技ごとの被ばく量を調査するため、被験者にはデジタル個人線量計（胸部 1ヶ所）に装着し、記録してもらった。

1ヶ月の積算被ばくは、実効線量 6mSv で校正した千代田テクノル社製ガラス線量計素子 GD-352M を用いた。さらに、千代田テクノル社製ガラス線量計小型素子システム FGD-1000 を用いて解析を行った。

## 結果及び考察

A 病院における診療放射線技師の被ばく状況を示す（図 1-a,1-b）。今回対象とした診療放射線技師は、事前の聞き取り調査から被ばく量が多いと情報を得ていた手術室を担当する技師を中心に調査を行った。その結果、個別の医療手技においては、整形外科の人工股関節全置換術および心臓外科によるペースメーカー埋込み術中の被ばくが高いことが明らかになった。これらの手技は相対的に手術時間が長いことや患者の体型により、被ばくの程度が異なることが明らかとなった。

今回の調査で、一回の医療手技で 60 $\mu$ Sv 以上の被ばくをした事例があった。聞き取り調査の結果、現在の可変型 X 線発生装置は、患者に対する被ばく量の軽減を目的に製造されているために、患

者の体型により透過エネルギーを変化させている。このため、人工股関節全置換術の際、技師の被ばく量は体重 100kg の患者の場合と 50kg の患者の場合では、最大約 10 倍もの差が生じていた。今回のケースでは、患者の体重が 100kg 程度あり、術中の適切な姿勢を維持するために技師が患者を支えていたために直接線による被ばくが生じたものと推測される。

1ヶ月積算被ばく量は、個人差が多く出ていた。被験者 A3 は、手術室の X 線透視を専門に行っており、他の被験者は、手術室での透視以外の業務も平行して行っていた。被験者 A4 は、12 月まで手術室での透視撮影を専属していたが、翌月 CT 検査になったため被ばく量の減少につながった (図 1-a)。部位別の被ばく量は、X 線発生部分が上部に位置するため、距離依存性の関係から頭部の被ばく量をもっとも高くなっている。

ただし、電離放射線障害防止規則による放射線作業従事者の線量限度では、職業被ばくによる全身被ばく限度は、年間 50mSv かつ 5 年で 100mSv を超えない値となっており、十分低い値となっている。

また、部分被ばくの上限は眼部で 150mSv であり、被験者 A3 が毎月 120 $\mu$ Sv の被ばくがあったとしても年間 2.4mSv であり、白内障を生じるレベルでないことが分かる。

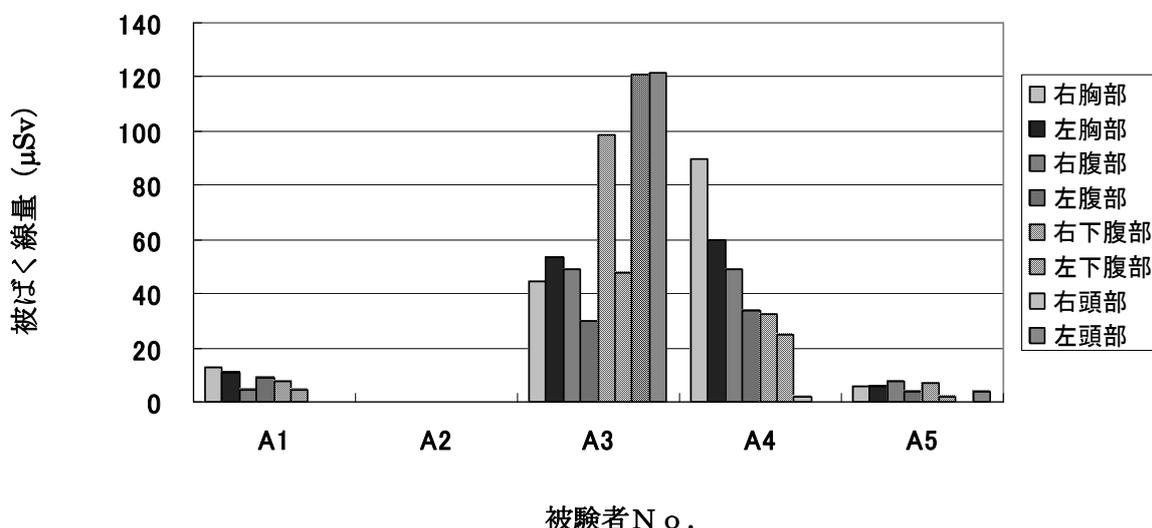


図 1-a. 月別診療放射線技師の 1ヶ月積算被ばく量(12 月)

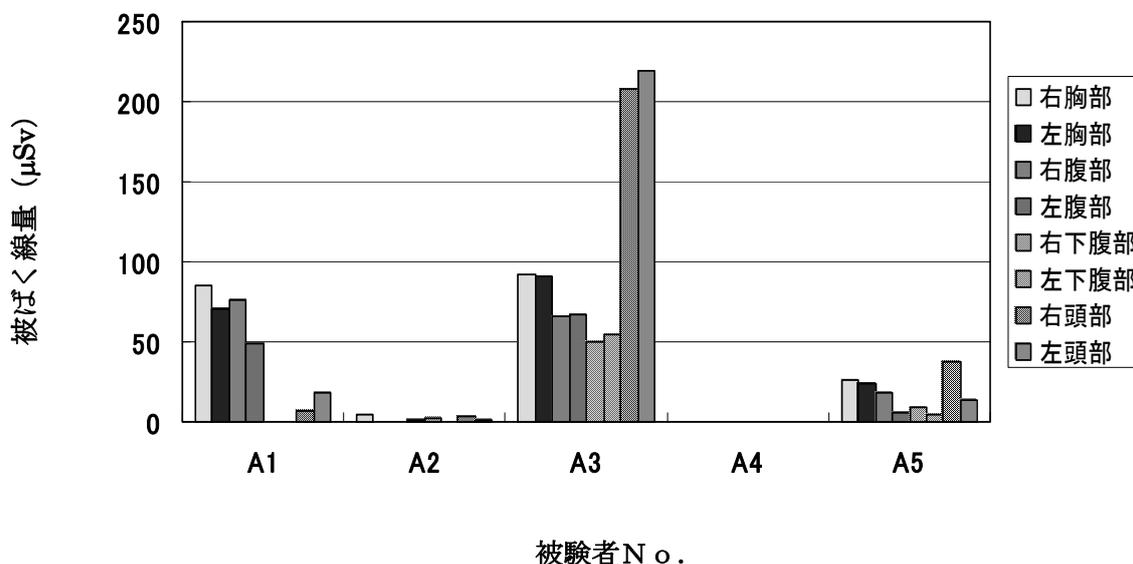


図 1-b. 月別診療放射線技師の 1ヶ月積算被ばく量(1 月)

循環器内科医師の被ばく調査は、B病院で勤務する医師を対象として行った。

その結果、循環器内科の医師の被ばくが相当量であることが判明した。さらに、X線源に対して側面からの被ばくが多いことが明らかとなった。

血管造影診断やそれに伴う治療では、患者を手術台に仰向けに寝かせ、ベッドの下に設置してあるX線発生装置から上向きに照射を行っている。

そのために、術者やその補助者は、線源からの距離が近い下腹部の被ばくが顕著に見られた。しかし、その方向依存性は、個々の作業内容により立ち位置が異なるために、大きく変化することがわかった。また、身長によっても線源との距離（高さ）の関係から、通常とは異なった部位が高い場合も確認した。

同一術法にも関わらず、被ばく量に差が生じる理由として、使用する血管造影装置のX線検出効率、X線発生部の遮蔽、投影時間によっても差が生じることが考えられる。今回の調査から、防護衣の有無により被ばく量を1/10程度に軽減できることがわかった(図2-a、図2-b)。

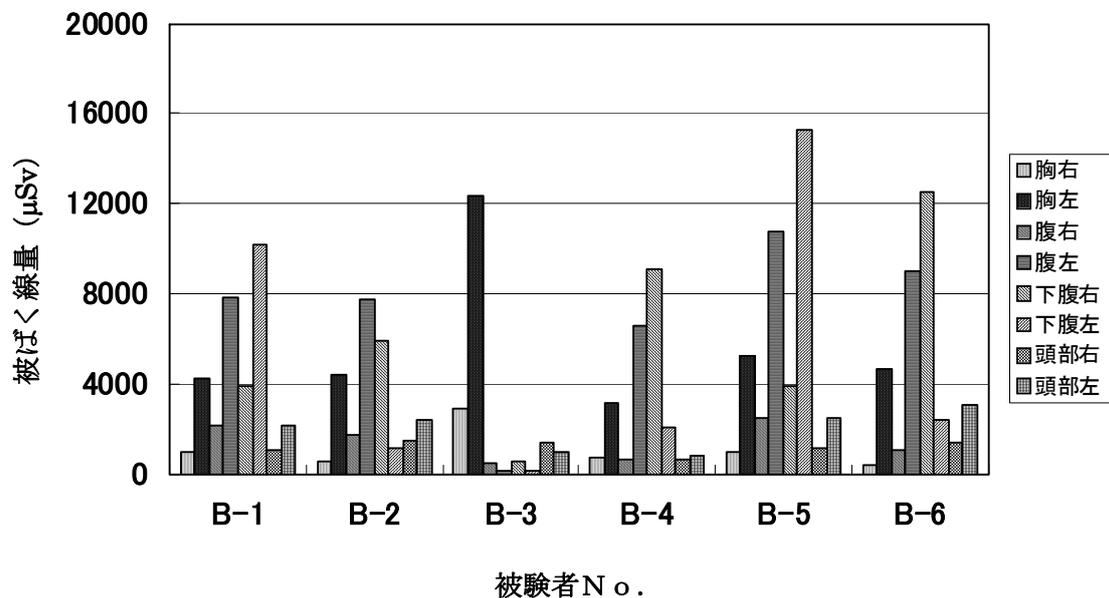


図 2-a. 循環器内科医師の 1 ヶ月間積算被ばく量 (防護衣外側)

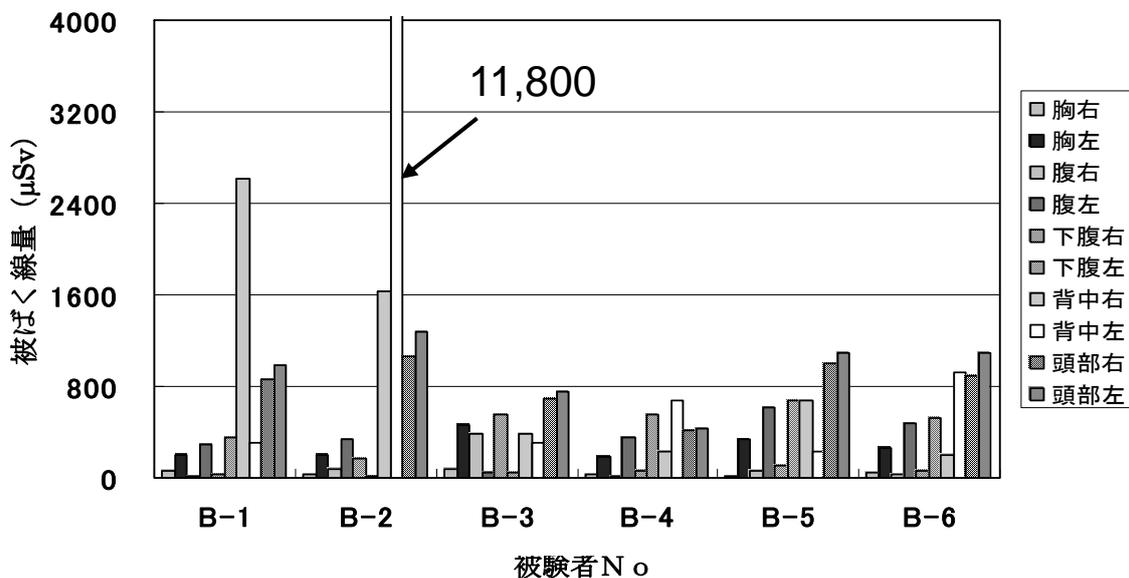


図 2-b. 循環器内科医師の 1 ヶ月間積算被ばく量 (防護衣内側)

事前調査で血管造影等を見学した結果、使用する防護衣が医師の作業効率を上げるために、背面部分は防護されていないエプロンタイプであったことから、背面からの被ばくを確認するために測定部位を2ヶ所追加した。

今回、背面部への被ばくが非常に高い事例が見つかった(図2-b)。作業効率を優先するあまり、背面部の保護が十分でなかったことと、この医師が、指導的立場の医師であり、研修医を指導中に誤って照射野に入り直接線による被ばくが起きたと考えられる。

今回の調査から、防護衣表面の線量測定値から推測して、防護衣なしで医療行為を行った場合、職業被ばくの年間限度を超えることが分かった。しかし、防護衣を着用することで被ばく量は軽減できうる。

特に注意を払うべきなのは、女性医師である。女性医師の場合、生殖可能な女性の腹部では5mSv/3ヶ月、妊婦の腹部では2mSv/妊娠期間という限度制限を行っていることから、十分な防護が必要である。

また、今回の調査で明らかになったことは、目への被ばくの寄与が大きいことであった。上述の診療放射線技師に比べ、循環器内科医師は1桁オーダーが上がっており、防護メガネを着用しても1mSvを上回る結果が出ている。

Chumak *et.al.* (Rad.Res. 167, 606-614, 2007)の報告によれば、チェルノブイリの除染作業者では123mSvから白内障患者が発生している。また、Neriishi *et.al.* (Rad.Res. 168, 404-408, 2007)は、広島、長崎の被ばく生存者730人を再調査した結果、皮質白内障と後囊下混濁の閾値の95%信頼限界の下限が0 Svとなり、閾値が0 Svより大きいと結論づけることはできなかったが、閾値線量の点推定値は、皮質白内障で0.6 Sv (95%信頼区間 [CI], <0.0-1.2 Sv)、後囊下混濁で0.7 Sv (95% CI, <0.0-2.8 Sv)であったと報告している。

このことは、国際放射線防護委員会の出版物60で記されている白内障の閾値である5Gyをはるかに下回っている。

以上の報告から、循環器内科医師が生涯における医療行為により被ばくする線量を推定すると、白内障のリスクは上昇すると予想される。

## 結論

放射線防護の観点から、プロテクターの使用には術法やX線のエネルギーを考慮し、鉛の厚みを変え、背面部まで防護できるタイプを用いることで被ばくの低減化が可能である。今後、さらに現場での実態調査を進め、適切な放射線防護の指針を作って行きたい。