

診断用X線防護衣の管理方法改善と 廃棄基準設定の取り組み

The approach to improve management method and consider disposal criteria for diagnostic X-ray protective clothing

本田 優樹, 沖田 香織, 中島 幸子, 堀内 正志, 片山 嘉明

公立南砺中央病院 診療技術部 放射線室 診療放射線技師

Key words: Diagnostic X-ray protective clothing, shielding sheet, radiation protection Quality control, Annual check

[Abstract]

We improved the maintenance management work of the diagnostic X-ray protective clothing (protective clothing) owned at the Nanto General Hospital. We created a management record of the protective clothing and changed the inspection method of the shielding sheet inside the protective clothing from the X-ray fluoroscopy of the X-ray television system to the scout view of the X-ray computed tomography. In addition, we set the disposal criteria of protective clothing considering cumulative dose using shielding sheet and the work contents of staff.

Based on the results of this survey, we set the hole of 3.7cm² or more on the shielding sheet and the slit of 3.8cm or more as the disposal criteria of the protective clothing. By setting the disposal criteria, the evaluation method at the time of breakage inspection was unified. Also, because the disposal criterion takes account of the work content of the Nanto General Hospital, we provided the workspace where surgeons and nurses can conduct the inspections safely.

【要旨】

公立南砺中央病院で所有している診断用X線防護衣(以下、防護衣)の保守管理業務の改善を行った。防護衣の管理記録表を作成し、防護衣内部の遮蔽シートの点検方法を、従来のX線TV装置のX線透視からX線CT装置の位置決め画像に変更した。また防護衣の廃棄基準については、破損試料を用いた積算線量測定と職員の業務内容を考慮して作成した。

今回の結果から、遮蔽シートの破損面積が3.7cm²以上の穴または3.8cm以上のスリットを防護衣の廃棄基準とした。廃棄基準を数値として設定したことで、破損点検時の評価方法の統一が行えた。また公立南砺中央病院の業務内容を考慮した廃棄基準であるため、術者と看護師が安全に検査を行える環境が構築できた。

緒 言

診断用X線防護衣(以下、防護衣)の保守管理は各施設で行われているが、防護衣の廃棄基準(以下、廃棄基準)について全国的に統一された基準はなく、各施設に委ねられているのが現状である。廃棄基準を設定した先行研究¹⁾はあるが、公立南砺中央病院(以下、当院)においてその廃棄基準が適切であるか判断できなかった。当院の防護衣の保守管理は、2015年度まで防護衣内部の遮蔽シートの点検にX線TV装置の透視を用いて、破損のチェックのみを年1回行っていた。しかし、廃棄基準を設定していないため、この点検方法では点検者が異なると破損状況の評価に差異が生じる可能性があった。

そこで当院の防護衣の保守管理を標準化するため、

Yuki Honda, Kaori Okita, Sachiko Nakashima,
Masashi Horiuchi, Yoshiaki Katayama

Nanto General Hospital, Department of Radiology, Radiological Technologist

Received February 5, 2018; accepted June 27, 2018

当院が所有している防護衣の管理記録表の作成と遮蔽シートの点検方法を変更した。今回、当院における防護衣の廃棄基準について検討したので報告する。

方 法

1. 防護衣の管理

2016年度から、診断用X線防護衣管理に関する指針²⁾を参考にし、防護衣の管理記録表をExcelファイルで作成した。管理記録表には①購入年月日②製造業者③製造年月日④表示鉛当量⑤サイズ⑥タイプ⑦色⑧防護材の材質⑨裏地の有無⑩設置場所⑪撮影画像——の11項目の情報を記載した。

2. X線CT装置を用いた遮蔽シートの点検

X線CT装置の位置決め画像を用いて遮蔽シートの点検を行った報告^{3),4)}を参考にし、X線CT装置(Aquilion CXL, キヤノンメディカルシステムズ株式会社)を使用して当院が所有する43枚の防護衣を撮影し、防護衣内部の遮蔽シートの破損状態を点検した。そしてX線CT装置を使用した点検方法を統一するた

め、遮蔽シートの点検手順書を作成した。撮影条件はシャープフィルターのScano撮影を使用し、管電圧120kV、管電流30mA、撮影範囲1,000mmとした。

3. 遮蔽シートの破損の影響に関する検討

廃棄基準設定のために、遮蔽シートの破損の影響を検討した。破損試料を作成し透過散乱線の影響を積算線量（以下、線量）で測定した。そして測定結果から破損面積ごとの線量増加率を算出し、破損がない状態と比較した。

遮蔽シートの線量測定での使用機器は、X線TV装置（ZEXIRA DREX-ZX80, キヤノンメディカルシステムズ株式会社）、高感度デジアナ電離箱サーベイメーター（451P-DE-SI型, Inovision 以下、サーベイメーター）、水等価ファントム（426型, 体厚25cm相

当, 30cm×30cm×5cm×5枚, Gammex), 破損試料 (0.25mmPb) を使用した。

X線TV装置を用いた線量測定の透視条件は、透視を行った際にAutoで出力されたTable 1の値を使用した。測定機材の配置および測定点をFig.1に示す。測定点は予備実験により散乱線が最大となる床面からの高さ120cmとした。X線TV装置を用いる検査手技の術者と看護師の立ち位置はさまざまであるが、術者は患者の正面、看護師は術者と清潔機材の受け渡しを行うことを想定した位置とした。

サーベイメーターは、段ボール材に0.25mmPbの遮蔽シートを貼り付けたもので上下左右を覆った状態で設置し、積算モードで測定した。遮蔽シートから作成した破損試料は、測定面に密着させることでサーベイメーターとの距離を一定に保つようにした。破損試料の形状および破損面積は、点検時に実際に見られた破損状態を参考にTable 2とFig.2に示す正方形 (square) とスリット (slit) として作成した。各破損形状による測定値の比較を簡潔にするために穴の破損は正方形とみなした。スリットの破損試料は、材料が不足したため正方形と同数用意できなかった。

線量測定は、測定誤差を少なくするために6分間透視を行ったときの線量を3回測定した⁵⁾。測定した線量の平均値から自然放射線を差し引き、線量と破損面

Table 1 Parameter of experiment (X-ray television system)

Parameter	Value
Tube voltage [kV]	92
Tube current [mA]	20
Pulse time width [ms]	10
Dose mode	High
Density	-1
SID [cm]	110
Table height [cm]	87
Pulse rate [f/s]	15.0
FOV size [cm]	34 × 34

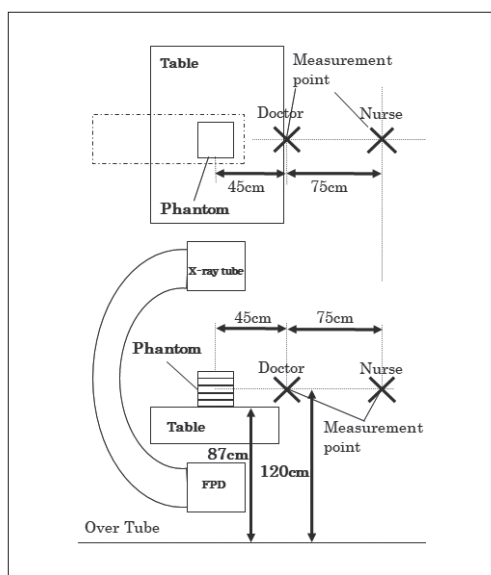


Fig.1

Table 2 Shape and damage area of shielding sheet

The size of defect [cm ²]	The length of one side of a square [cm]	The width and length of a slit [cm]
0.01	0.1	
0.04	0.2	
0.09	0.3	
0.16	0.4	0.1 × 1.6
0.25	0.5	0.1 × 2.5
0.36	0.6	0.1 × 3.6
0.49	0.7	0.1 × 4.5
0.64	0.8	0.1 × 6.4
0.81	0.9	
1.00	1.0	

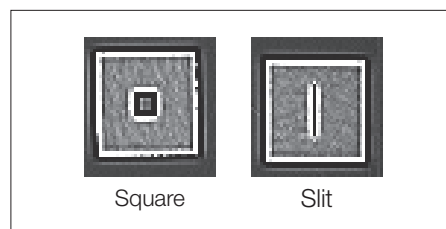


Fig.2

積の関係および線量増加率と破損面積の関係を検討した。自然放射線は透視を行わない状態での6分間の線量とした。なお、当院のサーベイメーターでは、線量が増えると最小表示値が1 μ Svから10 μ Sv刻みでの表示に自動で切り替わるため、6分間での測定とした。

4. 当院における防護衣の廃棄基準の検討

線量測定から得られた破損面積と線量増加率の関係および当院の職員の過去の被ばく歴を参考にして、廃棄基準を設定した。今回の対象者は、2006年度から2016年度の期間に外部被ばく線量測定報告書(長瀬ランドウア株式会社 以下、報告書)に登録されていた当院の術者59人、看護師44人で、報告書に記載されている実効線量値を破損のない防護衣を着用した状態での被ばくと仮定した。また個人線量計を胸部のみに装着していた対象者も含むため、不均等被ばくではなく均等被ばくでの評価とした。電離放射線障害防止規則4条⁶⁾に定められる職業被ばくによる実効線量限度は年間50mSvおよび100mSv/5年であるため、今回の検討では両方の線量限度値を超えない年間20mSvを比較対象とした。報告書内の単年度の実効線量値が最も多い対象者が年間20mSvを超える線量増加率とその破損面積を、線量測定の結果の近似式から算出し廃棄基準とした。

5. 統計解析

破損試料の正方形とスリットの線量の比較にはt検定を用い、 $p < 0.05$ を統計学的に有意差ありとした。遮蔽シートの破損面積と線量の二変量間の相関関係は、相関行列により分析を行い、 $p < 0.05$ を統計学的に有意差ありとした。これらの統計解析は、統計プログラム ystat2013 (医学図書出版株式会社)を用いた。

6. 倫理的配慮

本研究は、院内倫理委員会で承認を得た(承認番号 A2016-12)。対象者の報告書は研究者が報告書を厳重に管理し、個人が特定されないように十分配慮した。

結果

1. 防護衣の管理

当院が所有するエプロンタイプ29枚、スカートタイプ4枚、ネックタイプ10枚の防護衣(以下、エプロン・スカート・ネック)に関して、今回作成したExcelファイル形式の管理記録表を Fig.3 に示す。今回作成した管理記録表は、各防護衣のデータと位置決め画像をリンクさせたことで、今後の点検の際に破損の経年変化の観察が可能になった。

設置場所	No.	タイプ	色	サイズ	製造業者	製造年月日	購入年月日	表示鉛当量 (mmPb)
一般撮影室①	33	エプロン	青	M	HAGOROMO	2015.2.10	2015.3	0.25
	34	エプロン	青	M	HAGOROMO	2015.2.10	2015.3	0.25
	201	スカート	ピンク	-	HAGOROMO	2002.07	2002.10.1	0.5
	202	スカート	ピンク	-	HAGOROMO	2002.07	2002.10.1	0.5
一般撮影室②	35	エプロン	青	M	HAGOROMO	2015.2.10	2015.3	0.25
	36	エプロン	青	M	HAGOROMO	2015.2.10	2015.3	0.25
CT室	27	エプロン	水色	M	KYOKKO	2002.8	2002.10.1	0.25
	32	エプロン	赤チェック	M	株式会社マエダ	2011.10.10	2011.11	0.25
	106	ネック	水色	-	KYOKKO	不明	不明	0.35
	203	スカート(巻き)	ピンク	-	KYOKKO	1998.6	1998.8.18	0.35
透視室	23	エプロン	水色	M	KYOKKO	2002.8	2002.10.1	0.25
	24	エプロン	水色	M	KYOKKO	2002.8	2002.10.1	0.25
	25	エプロン	水色	M	KYOKKO	2002.8	2002.10.1	0.25
	26	エプロン	水色	M	KYOKKO	2002.8	2002.10.1	0.25
	29	エプロン	赤チェック	M	株式会社マエダ	2011.10.10	2011.11	0.25

設置場所	No.	防護材の材質	裏地	撮影画像	
				2017/7/28	2016/6/9
一般撮影室①	33	多元素複合塩化ビニル	無し	33	33
	34	多元素複合塩化ビニル	無し	34	34
	201	含鉛ビニル	-	201	201
	202	含鉛ビニル	-	202	202
一般撮影室②	35	多元素複合塩化ビニル	無し	35	35
	36	多元素複合塩化ビニル	無し	36	36
CT室	27	含鉛塩化ビニルシート	あり	27	27
	32	多元素複合塩化ビニル	あり	32	32
	106	不明	-	106	106
	203	多元素複合防護シート	-	203.1 203.2	203.1 203
透視室	23	含鉛塩化ビニルシート	あり	23	23
	24	含鉛塩化ビニルシート	あり	24	24
	25	含鉛塩化ビニルシート	あり	25	25
	26	含鉛塩化ビニルシート	あり	26	26
	29	多元素複合塩化ビニル	あり	29	29

Fig.3

Table 3 Damaged protective clothing data

Production date of protective clothing	Type	Shape of damaged area	Number of corruption	Damaged area [cm ²]
October, 2015	Apron	Hole	1	0.05
August, 2002	Apron	Hole	1	0.12
May, 2000	Apron	Hole	1	0.08
May, 2000	Apron	Hole	1	0.05
August, 2002	Apron	Slit	1	0.15

2. X線CT装置を用いた防護衣点検の実施

2017年度の点検で遮蔽シートに破損が見られたエプロン5枚の破損状態と製造年月日をTable 3に示す。スカートとネックの遮蔽シートには破損は見られなかった。またエプロン12枚、スカート1枚、ネック4枚の防護衣にはシワが見られた。エプロン8枚のシワは裾部分に多く見られた。これらの防護衣の製造年月日は、不明の3枚を除いて全て2000年に製造された防護衣であった。

3. 遮蔽シートの破損の影響に関する検討

術者と看護師の線量の結果をTable 4, 5にそれぞれ示す。各破損試料の線量は変動係数1.0%以内と安定したデータが得られた。またこれらのデータから線量と破損面積の関係および線量増加率と破損面積の関係を作成しFig.4, 5, 6, 7にそれぞれ示す。

線量および線量増加率は看護師よりも術者の測定点で高い値となった。術者の測定点では、正方形とスリットの両方で破損面積と線量増加率に正の相関が見られた。看護師の測定点では、正方形で破損面積と線量増加率に正の相関が見られたが、スリットでは見られなかった。両測定点で同破損面積における正方形とスリットの線量を比較すると、正方形の線量が有意に高くなった。

4. 当院における防護衣の廃棄基準の検討

対象者のうち単年度の実効線量値が最も高かった術者は10.5mSv、看護師は2.4mSvであった。この術者が20mSvを超過するのは線量増加率がおよそ90.5%以上の時であった。この結果とFig.6内に示す各破損形状の近似式より、20mSvを超過する破損面積は正方形では3.7cm²、0.1cm幅スリットでは104cmであった。正方形の廃棄基準は3.7cm²としたが、スリットの104cmは防護衣の長軸の長さを超える値であり、廃棄基準には適さなかった。そのため防護衣着用時にスリ

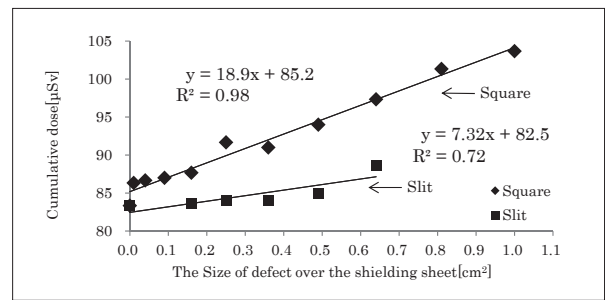


Fig.4

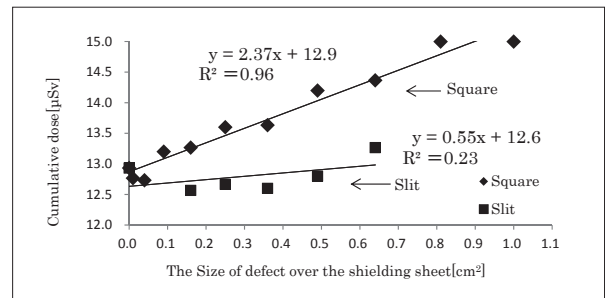


Fig.5

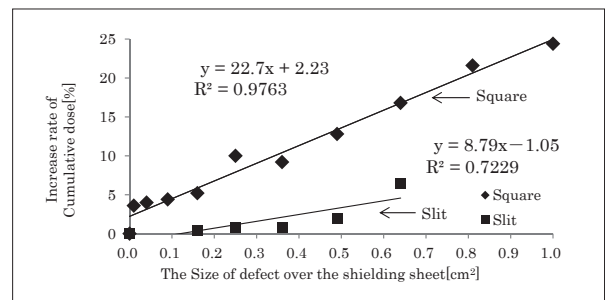


Fig.6

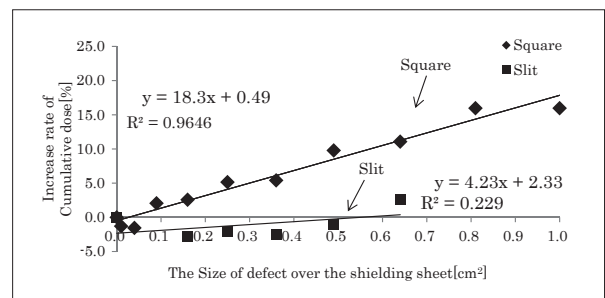


Fig.7

06

Table 4 Result of the cumulative dose (Doctor)

Measurement target	The average of cumulative dose [μSv]	Standard deviation	Coefficient value [%]	Increase rate of Cumulative dose [%]
Natural radiation	0.01	0	0	—
No defects	83	0.6	0.7	0
0.1cm \times 0.1cm	86	0.6	0.7	3.6
0.2cm \times 0.2cm	87	0.6	0.7	4.0
0.3cm \times 0.3cm	87	0	0	4.4
0.4cm \times 0.4cm	88	0.6	0.7	5.2
0.5cm \times 0.5cm	92	0.6	0.6	10.0
0.6cm \times 0.6cm	91	0	0	9.2
0.7cm \times 0.7cm	94	0	0	12.8
0.8cm \times 0.8cm	97	0.6	0.6	16.8
0.9cm \times 0.9cm	101	0.6	0.6	21.6
1.0cm \times 1.0cm	104	0.6	0.6	24.4
0.1cm \times 1.6cm	84	0.6	0.7	0.4
0.1cm \times 2.5cm	84	0	0	0.8
0.1cm \times 3.6cm	84	0	0	0.8
0.1cm \times 4.9cm	85	0	0	2.0
0.1cm \times 6.4cm	89	0.6	0.7	6.4

Table 5 Result of the cumulative dose (Nurse)

Measurement target	The average of cumulative dose [μSv]	Standard deviation	Coefficient value [%]	Increase rate of Cumulative dose [%]
Natural radiation	0.01	0	0	—
No defects	13	0.1	0.4	0
0.1cm \times 0.1cm	13	0.1	0.5	-1.3
0.2cm \times 0.2cm	13	0.1	0.5	-1.5
0.3cm \times 0.3cm	13	0	0	2.1
0.4cm \times 0.4cm	13	0.1	0.4	2.6
0.5cm \times 0.5cm	14	0.0	0.0	5.2
0.6cm \times 0.6cm	14	0	0.4	5.4
0.7cm \times 0.7cm	14	0	0	9.8
0.8cm \times 0.8cm	14	0.1	0.4	11.1
0.9cm \times 0.9cm	15	0.0	0.0	16.0
1.0cm \times 1.0cm	15	0.0	0.0	16.0
0.1cm \times 1.6cm	13	0.1	0.5	-2.8
0.1cm \times 2.5cm	13	0	0.5	-2.1
0.1cm \times 3.6cm	13	0	0	-2.6
0.1cm \times 4.9cm	13	0	0	-1.0
0.1cm \times 6.4cm	13	0.1	0.4	2.6

Table 6 Comparison of cumulative dose in the shape of the damaged area (Doctor)

Damaged area [cm ²]	Cumulative dose [μ Sv]	
	Square	Slit
0	83	83
0.16	88	84
0.25	92	84
0.36	91	84
0.49	94	85
0.64	97	89

Paired t-test (Square vs Slit) : $p < 0.01$

Table 7 Comparison of cumulative dose in the shape of the damaged area (Nurse)

Damaged area [cm ²]	Cumulative dose [μ Sv]	
	Square	Slit
0	13	13
0.16	13	13
0.25	14	13
0.36	14	13
0.49	14	13
0.64	14	13

Paired t-test (Square vs Slit) : $p < 0.05$

ットが開き穴状に変形することを考慮して、破損面積が3.7cm²と同等になるスリット長3.8cmを廃棄基準とした。2017年度の点検で破損が見られた5枚の防護衣は、その破損面積が今回設定した廃棄基準未満であったため使用継続とした。

考 察

今回作成した防護衣の管理記録表は、当院が所有する全ての防護衣の製品情報を一括管理しており、防護衣の適正な購入を行うための判断材料として利用できる。

そして今回の調査結果では、遮蔽シートに破損があった5枚の防護衣の製造年月日に関連性がなかったことから、遮蔽シートに破損が生じる原因は経年劣化によるものよりも、使用環境や保管状態の影響が大きいと考えられた。しかし、当院の透視室内には遮蔽シートを破損させるような鋭利な部分はなかったため、使用後の保管状態が不適切であることが原因であると考え、使用後には防護衣が専用ハンガーに戻されていることを技師が確認するようにした。スカートとネックには破損が見られなかったのは、いずれも使用頻度が低いために破損に至らなかったと考えられた。

防護衣の遮蔽シートの裾部分に生じるシワの原因として、防護衣自体の重みによる経年劣化であるという報告⁷⁾がある。当院で裾部分のシワが多く見られた防護衣は、製造後17年経過しており、先行研究と同様に防護衣自体の重みによる経年劣化による可能性が高い。シワが見られた防護衣は使用継続としたが、これらの防護衣は破損やシワのない防護衣に比べ破損する可能性が高いと考えられたため、定期点検の頻度を半

年に1回と短縮して経過を観察している。

破損面積が同じであっても正方形の線量がスリットよりも有意に高い数値となったことから、破損形状が影響していると考えられた。破損形状がスリットの場合は、遮蔽面に対してより垂直な散乱線のみを透過し、斜入する散乱線は遮蔽するため線量が低くなると考えられた。遮蔽シートの破損に関する先行研究⁷⁾では、直径7mm(約0.38cm²)までのピンホール状の破損では破損のない状態と変わらないという報告であった。しかし、本研究における術者の測定点の結果では、0.38cm²以下の破損面積においても面積の増加に伴い線量は増加した。これは、線量と破損面積の相関係数の数値からも明らかであり、遮蔽シートに生じた正方形およびスリットの破損が小さい場合であっても放射線防護能力は低下するため、破損面積と破損形状を考慮して廃棄基準を設定する必要がある。

今回の廃棄基準の検討では、看護師よりも術者の測定点における線量増加率が高いことと、最も単年度の実効線量が高い対象者が術者であることから、術者に注目して廃棄基準を設定した。そのため全ての職員が線量限度値を超えない廃棄基準とすることができたと考えている。また廃棄基準を数値化したことで、点検者が異なる場合であっても遮蔽シートの破損状況の評価に差異が生じない方法を考案できた。ただし、本方法は放射線を使用する検査の業務量の増減に伴って変化する職員の実効線量の影響を受けることが考えられる。そのため今後も外部被ばく線量測定報告書で当院の職員の実効線量値の確認を継続して行い、今回の検討で最大実効線量であった10.5mSvを超過した場合は、廃棄基準の更新を考えている。

結 語

当院の防護衣の廃棄基準は、遮蔽シートの破損面積が 3.7cm^2 以上の穴または 3.8cm 以上のスリットとした。今回、防護衣の管理方法の改善および当院の業務内容を考慮した廃棄基準を設定したことで、術者と看護師が安全に検査に従事できる環境が構築できた。

表の説明

Table 1	X線TV装置を用いた線量率測定における透視条件
Table 2	破損試料の形状と破損面積
Table 3	遮蔽シートに破損がある防護衣の破損状態と製造年月日
Table 4	術者の積算線量
Table 5	看護師の積算線量
Table 6	破損形状による積算線量の比較（術者）
Table 7	破損形状による積算線量の比較（看護師）

図の説明

Fig.1	測定機材の配置および測定点
Fig.2	破損試料（正方形とスリット）
Fig.3	管理記録表
Fig.4	積算線量と破損面積の関係（術者）
Fig.5	積算線量と破損面積の関係（看護師）
Fig.6	線量増加率と破損面積の関係（術者）
Fig.7	線量増加率と破損面積の関係（看護師）

謝 辞

本研究において、ご指導とご鞭撻^{べんたつ}を頂きました金沢大学医薬保健研究域保健学系量子医療技術学講座 松原孝祐准教授に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 山下由香利, 他: X線防護衣遮蔽シート破損による透過散乱線の影響について, 中四国放射線医療技術, 7, 209, 2011.
- 2) 放射線防護分科会: 診断用X線防護衣の破損事故に関する報告と管理指針 診断用防護衣管理に関する指針, 日放線技会誌, 56, 556-7, 2000.
- 3) 丸山尚也, 他: CTスカウト像による防護衣の保守管理について, 中四国放射線医療技術, 7, 208, 2011.
- 4) 小島久実, 他: 3DCT画像によるX線防護衣評価の検討, 埼玉放射線, 61, 348, 2013.
- 5) 大登邦充, 他: X線撮影装置周辺における散乱線量率の簡易計算法, 日本放射線安全管理学会誌, 2(2), 58-67, 2003.
- 6) 川井恵一: 放射線関係法規概説—医療分野も含めて—, 株式会社 通商産業研究社, 186, 2013.
- 7) 福永 愛, 他: 当院における診断用X線防護衣の保守管理と、遮蔽シートの破損による防護能力の低下について, 徳島赤十字病院医学雑誌, 19, 122-7, 2014.