参考資料

X線防護前掛の性能比較

福 富 幸 美・吉 本 政 弘・川 上 壽 昭

愛媛大学医学部附属病院放射線部

Key words: JIS, Protective Apron, Attenuation Equivalent of Lead, X-ray Shielding Capacity

COMPARISON OF PERFORMANCE TEST FOR PROTECTIVE APRONS

YUKIMI FUKUTOMI, MASAHIRO YOSHIMOTO, TOSHIAKI KAWAKAMI

Department of Radiology, Ehime University Hospital

1. はじめに

最近の放射線関連機器・設備の目覚ましい開発は、放射線検査技術の多様化や診断情報の拡大をもたらした。一方、現在注目されている IVR (Interventional Radiology) をはじめとして、X線透視下で長時間にわたって行われる各種X線検査に携わる術者の放射線被曝¹⁾の機会益々増加してきている。

X線検査室を効率良く作業ができるように、また、放射線被曝を軽減するための遮蔽を注意深く設計したとしても、術者は、患者からの散乱放射線に対して防護が不十分な場所にいることとなり、術者の放射線防護はX線防護前掛（以下エプロンという）に頼っているのが現状である。

しかし、このエプロンは散乱線を完全に遮蔽できるわけではなく、実際には散乱線は僅かながらエプロンを通過している²⁾。そのため、エプロン着用に当たっては、その能力を十分に知っておく必要がある。エプロンの規格は、その材料である「含鉛シート」、「防護手袋」とともに、当技術学会が通商産業省工業技術院から日本規格協会を経由し、JIS 改正見直しの委託を受けて、原案調査作成を行ってきた。JIS、IEC 委員会の活動成果が、実態としての程度市販のエプロンに生かされ、守られているかを知ることも重要と考え、今回市販されているエプロンの

性能をテストしたので結果を紹介する。

品質評価を行うには、相当数のエプロンを購入し、品質のバラツキを含めた評価を行うのが普通であるが、費用の点から各エプロン一着ずつとした。したがって、今回の評価結果は、バラツキを含め、その製品の全てを表してはいないことを最初にお断りしておく。

2. 実験に使用したエプロン

現在販売されている国内7社、国外3社の代表的なエプロンとして、鉛当量0.35 mmPb のものを一着ずつ購入した。これを品質の基準となる JIS 規格に規定されている試験項目を中心に、受入検査を含めた保守管理について検討した。

2.1 購入エプロン

(国産品)	セパック	DX-35M
	羽衣	HC 型
	CM-APRON	
	キュリーアーマーエプロン	MA35F2
	KYOKKO	QA-35M
(輸入品)	ペガース	PA
	O・X 防護衣	
	Pinnacle (USA)	
	WOLF (W.G)	
	BAR-RAY Lead X (USA)	

(注, Pinnacle のみ 0.25 mmPb)

2.2 エプロンの購入時期

昭和63年11月に通常の販売店から購入した。Table 1 に見られるように、製造年月の表示のあるもの以外は、何時製造されたものであるか不明である。

3. 規格について

エプロン関連の規格は、国際規格として現在審議中の IEC 62B (Central Office) 70 があるが、国内規格として JIS Z 4801 (1986)「X線遮へい用含鉛ゴムシートおよび含鉛塩化ビニルシート」およびその材料を使うことを規定した JIS Z 4803 (1980)「診察用X線防護前掛」がある。JIS Z 4803 については、本年度事業として当学会が JIS 改正見直しの委託を受けているとのことである。

今回品質評価をしたエプロンの中には、輸入品が3種あり、それぞれの国でどのような規格を適用して製作されているか不明である。また、含鉛ゴム、塩化ビニルを材料として使っていない「ペガース」も含まれているが、これらも総て JIS Z 4801 および 4803 の試験条件をできるかぎり適用させて評価した。

4. 試験内容と試験方法

4.1 受入検査と考えられる項目

1) エプロンの包装表示

JIS Z 4803「診察用X線防護前掛」の(10. 表示)の包装には、名称および種類、鉛当量、含鉛シートの層数、大きさ(記号)および重さ、製造年月、製造番号、製造業者名(またはその略号)および製造業者の所在地、さらに(11. 取扱上の注意事項)の記載が規定されている。各商品の外箱包装について各項目事項が記載されているかを調べた。

2) エプロン本体の表示

JIS Z 4803「診察用X線防護前掛」の(10. 表示)では、前掛の見やすいところに、種類、鉛当量、大きさ(記号)、製造年月、製造番号、製造業者名の表示を規定している。各商品の本体について各項目事項の表示を調べた。

3) エプロンの外観、寸法

JIS Z 4803「診察用X線防護前掛」に基づき、構造、外観寸法が規定通りになっているかを各商品について検査した。

4) エプロンのX線遮蔽能力の検査(非破壊検査)

エプロンの最も重要な機能であり、受入時には必ず行わなければならない項目である。エプロンに表示されている鉛当量と実測値の違い、鉛化合物の分散性、さらに

はいずれの部分にも規定の鉛当量があるか、厚みムラ、ピンホールの有無などの項目について、JIS Z 4801 と 4803 の規定に準じ、許容誤差の範囲に入っているかの点を含めて測定した。

JIS Z 4501「X線防護用品類の鉛当量試験方法」によると、鉛当量は、線量計を用いて測定するよう規定されている。しかし、今回は誰にでもできる方法として、スクリーン・フィルム法により、標準鉛ステップとエプロンを同時曝射し、フィルム濃度から補間法を用いて鉛当量を算出した。また、厚みムラ、ピンホールなどは撮影した写真をシャウカステンで観察した。

X線発生装置	12ピーク方式
撮影条件	120 kVP, 2 mAs, SID 200 cm
X線フィルム	Fuji HR-S
増感紙	さくら KO-250
標準鉛ステップ	0.1~0.7 mmPb ステップ

また、エプロンはX線診断時の作業性、着心地、着脱の簡便さも重要であり、実際に12人の職員が試着し、そのアンケート調査を行った。

5) エプロン構造および材料の性能検査(破壊検査)

前項のエプロンのX線遮蔽能力の検査の裏付けとして、エプロンを分解してその構造を確認するとともに、エプロン構成材料である含鉛シートの鉛当量、分散性、ピンホールのX線透過検査を行った。

なお、JIS Z 4801 (1986)「X線遮へい用含鉛ゴムシートおよび含鉛塩化ビニルシート」に規定されている含鉛シートの引張り強さ、引き裂き強さ、伸び、硬さなどの物理特性の測定は、現場ではできないため、化成オプトニクス社で JIS K 6301「加流ゴム物理試験方法」に規定されている試験方法にのっとり測定した。

4.2 保守検査として重要と考えられる項目

エプロンには高充填含鉛シートのゴム、塩化ビニル樹脂が使われているが、文献によると、これらシートの物性は通常のゴム、ビニルと同じように経年変化することが知られている⁷⁾。さらに病院での使用状態、特にエプロンを絶えずハンガに掛けておくか、何枚も積み重ねて置くかによって、ひび割れの発生などが予想される。

保守検査としては、受入検査の延長として、エプロンのX線遮蔽能力の検査と同じように、写真法による割れ、厚みムラ、ピンホールなどの定期的な検査が必要であろう。

5. 試験結果

〔参考資料〕 X線防護前掛の性能比較 (福富・他)

5.1 非破壊検査

1) 包装の表示とエプロン本体の表示について

両方とも JIS 規格に適合していたのは 2 社の製品のみであった。また、4 社の製品に取り扱い説明書がなかった (Table 1・2)。

Table 1 Indication about packing

名称及び種類	鉛当量	含鉛シート 層数	大きさ (cm) 長さ	製造年月	製造番号	製造業者名 (国名)	
						JIS 製造業者の所在地	
セパック DX-35W	0.35mmPb	×	M	×	×	シバタ工業	○
羽衣 HC 型	0.35mmPb	×	M	×	×	810367	MAEDA&CO., LTD. ○
CV APPROX	0.35mmPb	×	×	×	88.3	×	×
419-7-VI/01/NA3SF2	0.35mmPb	×	×	×	×	987252	美星産業 ○
Pinnacle	.25mm	×	36×22"	×	×	E-Z-EX, INC	×
WOLF	0.375mm	×	×	×	788	113423	WOLFX-RAYCORP. ○
KYOKKO QA-35W	0.35mmPb	3 層	M	4.3kg	1988.10	162	化成化成工業 ○
BAR-RAY Lead X	0.35mmPb	×	M	×	×	809439	×
ベガース PA	.35	×	M	×	×	×	クレティン ○
O-X 防護衣	0.35mmPb	8 層	M	4.3kg	1988.11	184	化成化成工業 ○

Table 2 Indication about protective aprons

種類	鉛当量	大きさ (cm)	製造年月	製造番号	製造業者名
SEPACK	0.35mmPb	M	×	1147	シバタ工業
HAGOLOMO	0.35mmPb	M	×	810367	マエダ
BEST	0.35mmPb	M	×	×	×
CURIEARNOR	0.35mmPb	×	1988	×	美星産業
Pinnacle	.25mm	36×22"	×	258-2252	E-Z-EX, INC
WOLF	0.375mm	×	788	13423	WOLFX-RAYCORP.
KYOKKO	0.35mmPb	M	1988.10	162	化成化成工業
BAR-RAY	0.35mmPb	M	×	809439	×
ベガース	.35mm	×	×	22093	KQW 炭
O-X	0.35mmPb	M	1988.11	184	化成化成工業

2) 外観・寸法について

JIS 規格外の内訳は着丈 1 社, 着巾 2 社, 肩幅 1 社, 肩胛骨防護 4 社であった (Table 3)。

Table 3 Test of reception about appearance and dimensions

種類	鉛当量 (mmPb)	重量 (kg)	着丈 (cm)	着巾 (cm)	肩幅 (cm)	肩胛骨防護	その他構造	取扱
JIS Z-4803			100±2	60±2	105以上		20以上	
SEPAK	0.35	3.98	100	60	12	○	○	×
HAGOLOMO	0.35	4.10	109	57	13	○	○	○
BEST	0.35	3.66	101	60	13	○	○	×
CURIEARNOR	0.35	3.02	102	60	9	×	×	○
Pinnacle	(0.25)	2.50	101	56	11	○	×	×
WOLF	0.375	3.48	99	61	15	○	×	×
KYOKKO	0.35	4.42	100	60	11	○	○	○
BAR-RAY	0.35	4.30	100	60	14	○	○	○
ベガース	0.35	3.36	97	60	13	○	×	○
O-X	0.35	4.35	100	60	11	○	○	○

3) 実測鉛当量について

JIS 規格適合は 7 社のエプロンであった。JIS 規格外の内訳は部分的に鉛当量が異なる 2 社, 鉛当量が小さい 1 社である。また、鉛または鉛化合物の分散性 (写真ムラ) について 6 社のエプロンが JIS 規格に適合していた。JIS 規格外の内訳は厚みムラ 3 社, ピンホール 1 社であった (Table 4, Fig. 1・2・3・4)。

Table 4 Non-breaking test by X-ray

種類	表示鉛当量 (mmPb)	実測鉛当量 (mmPb, 5mmシ-ト) 0~+20%	鉛又は鉛化合物の 分散性 (写真ムラ)	その他
SEPACK	0.35	0.38	○	
HAGOLOMO	0.35	0.35	○	
BEST	0.35	0.35 0.18	○	部分的に鉛当量が異なる×
CURIEARNOR	0.35	0.40 0.26 0.15	○	部分的に鉛当量が異なる×
Pinnacle	(0.25)	0.26	×	厚みムラ (縦横線)
WOLF	0.375	0.34	×	厚みムラ (縦横線)
KYOKKO	0.35	0.37	○	
BAR-RAY	0.35	0.40	×	厚みムラ (点状)
ベガース	0.35	0.37	×	ピンホール
O-X	0.35	0.37	○	

(測定条件) 120kV 2mA 200cm Pb_{filter} 0.1mm-0.7mm 使用

Fig. 1 X-ray photo of various equivalent lead thicknesses.

Fig. 2 X-ray photo of white spots.

Fig. 3 X-ray photo of white or black lines and double stitch.

A high-contrast, black and white photograph of a textured surface, possibly a book cover or endpaper. The image is characterized by a grainy, speckled texture. A dark, curved shape, resembling a shadow or a fold, dominates the lower half of the frame. The upper half is lighter and more uniform in texture. The overall appearance is that of a close-up of a physical object with a rough or fibrous surface.

Fig. 5 X-ray photo of single stitch.

6) 12人の職員の試着によるアンケート結果

エプロンの着脱の簡便さについて、良い5社、普通2社、悪い3社となった。着心地について、良い、普通がほとんどをしめた。作業性について、ほとんど全員が悪いという評価をしたのが1社あった。また、デザインや形については全般的に普通であるという評価であった (Table 6).

5.2 破壞検査

1) 含鉛シートの主材料について

JIS 規格では含鉛ゴムシートと含鉛塩化ビニルシートの 2 種類としているが、前者は 4 社、後者は 6 社使用し

Table 5 Breaking test

種 別	材 質		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	老化係 (ゴムのみ)			
	SA	CR	100	mmB	mmB	mmB	mmB	mmB	mmB	mmB	1991	1992	1993	1994
(ゴム)														
(塩化)														
SEPAK	○			0.25	0.38	○	5.5	10.000	250	27	70	29	14	2
BAGGLORE		○		0.35	0.35	○	3.5	10.980	250	—	72	—	—	—
BEST		○		0.35	0.35	○	5.5	10.490	313	30	72	30	8	1
CURLEARNON		○		0.35	0.40	○	6.7	10.000	275	20	61	5	0	0
Pinnacle		○		0.25	0.25	○	2.8	15.700	244	—	72	—	—	—
WOLF		○		0.375	0.34	×	4.2	14.100	225	—	78	—	—	—
STOKO		○		0.35	0.37	○	5.9	20.200	267	—	78	—	—	—
BAR-BAY		○		0.35	0.40	×	2.9	14.700	267	—	82	—	—	—
SP-2-X		○	熱変	0.25	0.37	×	1.0	4.800	250	15	23	10	14	5
O-3		○		0.35	0.37	○	5.9	20.000	259	—	78	—	—	—

(注) α は 1/1 S 測定法に準じ、表皮を剥離して測定した。

Fig. 6 Photo of test pieces of destroyed aprons. The aprons were made up of one or more layers of protective material, with the whole surfaces being water resistant.

2) X線遮蔽能力の項目について

ピンホールおよび鉛または鉛化合物の分散性試験でピンホールが3社のエプロンに見つかった。

3) 引張り強さの項目について

含鉛ゴムシート製エプロンでは JIS 規格値以上が 1 社だけであった。また、含鉛塩化ビニルシート製エプロンでは規格値以上は 2 社だけであった。ところで、最も小さい値は規格値の 1/6 であった (Table 5)。

4) 引き裂き強さ, 伸びの項目について

引き裂き強さ規格値は両シートとも16500 N/m 以上であるが規格値に達したものは4社だけであった。最高は規格値の4倍もの強さがあり、最低は規格値の3割であった。

伸び試験では、含鉛ゴムシート製エプロンはすべて規格値以下であった。また、含鉛塩化ビニルシート製エプロンでは規格値以上は2社だけであった。

永久伸び試験で規定されているのは、含鉛ゴムシートだけであるが、規格値以下は1社だけであった (Table 5).

〔参考資料〕 X線防護前掛の性能比較 (福富・他)

5) 硬さの項目について

規格値以下は7社であり、内訳は含鉛ゴムシート製エプロンが2社、含鉛塩化ビニルシート製エプロンが5社であった (Table 5)。

6) 老化後の引張り強さ、伸び、硬さの項目について JIS に規定されているのは含鉛ゴムシートだけである。規格値以下のものは引張り強さ低下率で2社、伸び低下率で2社 (1社だけ0%があった)、硬さ変化では3社であった (Table 6)。

Table 6 Synthetic estimation

種 類	表 示		非 破 壊 検 査				破 壊 検 査				着心地 作業性 その他	総合評価 各 JIS
	包装	本体	外観	寸法	鉛当量均一性	鉛当量均一性	強度	構造	その他	その他		
SEPACK	×	×	×	○	○	○	○	×	○	○	×	×
HAGOLONG	×	△	×	×	○	○	○	×	○	○	×	×
BEST	×	×	×	○	×	○	○	×	×	△	×	×
CURIEARMOR	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×
Pinnacle	×	×	×	×	○	×	○	×	○	○	×	×
HOLF	×	×	×	○	×	×	○	×	×	○	○	×
KYOKKO	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
BAR-RAY	×	×	○	○	○	×	×	×	×	○	○	×
ベガス	×	×	×	×	○	×	○	×	×	×	×	×
O-X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

6. 考 察

現在発売されているエプロン10種類について各一着ずつ購入し、それぞれについて JIS Z-4803 にある試験項目を中心に調査を行った。表示、防護能力、物理的特性について JIS 規格値と比較して総合判定 (Table 6) した結果、製品によってかなりのバラツキのあることがわかった。

エプロンに求められている機能³⁾は、

1. 放射線遮蔽構造を有する。
 2. 着心地がよい。
 3. 着脱が容易である。
 4. 活動し易いなどの作業性があるが長時間の着用による疲労を大幅に軽減できるように工夫なされている。
 5. 着用する人、見る人に不快感を与えないデザイン・色彩を持っている。
- などがあげられる。

購入する側として、最初に注目するのはエプロンの重さと長期間の使用に耐え得るものかどうかであろう。軽くて動き易いエプロンの出現を待ち望んでいるが、鉛当量が同じで鉛より軽い材質が存在しないというのも事実である。したがって、エプロンには表示鉛当量に見合う必要最低限の鉛が使用されていなければならない、エプロンは重たいもの⁴⁾として付き合うべきであろう。これらを考慮して、購入側の受け入れ検査についてつぎのよう

な配慮がなされるべきと考える。

1. 価格・重さ
2. カタログや公表されている基礎データの JIS 規格適合
3. 遮蔽能力
4. 着心地、作業性などの機能
5. その他

ところが、今まで各メーカーの標準エプロンについての基礎的なデータがあまり公表されておらず、また、JIS 規格の各基準値との比較もほとんどないため、品質・規格について十分に分かっていないのが実状である。したがって、購入の際のエプロンについての情報 (材料、能力、機能) は、一部の論文、カタログ、メーカーの説明、他の使用施設の評判などが主であり、購入側の選定の条件はたいへん難しいものとなっている。そのため、エプロンの借用 (デモンストレーション) が可能であるなら是非とも受け入れ検査項目を定め、JIS 規格に規定された各項目試験を行い、それについて総合判定をするべきものとする。

受け入れ検査については、

1. 包装、エプロン本体の表示
2. 外観、寸法 (躯幹、肩胛骨の防護を含む)、その他の構造
3. カバーを含めた含鉛シートの鉛当量、分散性
4. 縫製方法 (ミシン目)、重量
5. 着脱の簡便さ
6. 作業性、着心地
7. 色彩、デザイン

などの項目があげられる。これらの表示、数値が JIS 規格値に適合しているかどうかを JIS 規格の規定された試験項目にしたがって確かめて、エプロンの能力をよく知っておく必要がある。また、含鉛シートとカバーの縫製方法³⁾の良し悪しによって、含鉛シートの性能と同様、エプロンの耐用年数に影響してくるので、ミシン目の列・巾と縫製方法との関係を各メーカー担当者に意見を聞くほうがよい。つまり、縫製方法によってはエプロンを使用していくうちに含鉛シートが下部に脱落する可能性もあるので注意する必要がある。一方、エプロンのデザイン・色彩は各自の好みや体形に大きく左右されるものであるが、エプロンを使用する場所とよく合致するよう選択する必要がある。

エプロン試着による着心地・作業性の評価には、使用している含鉛シートの材質の相違よりもエプロンの表皮の材質や首まわり、両肩口の大きさ、ベルトの位置や固

定方法の違いなどが影響しているようである。実際、一部のエプロンでは、背部固定部分の位置によってはすべる感じがしたり、安定感がないという感じがした。これでは X 線検査の内容によっては作業に適当とは言いがたく、腰部のベルト、背部の固定方法などの工夫がさらに必要である。

破壊検査項目にあるピンホールと分散性試験、引張り強さ、引き裂き強さ、伸び、硬さおよび老化後の各性能に関しては、X 線遮蔽能力や経年変化⁵⁾を知る重要な基準となるものである。しかし、どのような品質の含鉛シートを使用しているかという受け入れ検査を購入側が実施するのは大変困難であるのでメーカー側の積極的な物理特性性能試験結果の公表⁶⁾を期待するしか方法がない。

次に、保守管理については経年変化⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾を考慮して、

1. 透視、X 線撮影による遮蔽性の定期的な検査を行う。
2. 含鉛シートの再縫製による修理は避ける。
3. エプロン使用後は必ずハンガにかけておく。

などの使用上の注意が必要である。特に、普段からエプロンを折り曲げないように心がける事が必要である。

7. む す び

現在販売されている標準エプロン 10 種類についてそれぞれ一着ずつ購入し、JIS 規格に規定された試験方法によって調査・検討した。非破壊検査と破壊検査について総合判定した結果、2 社のエプロンだけが JIS 規格に適合していた。

今回実験に使用したエプロンの防護範囲は躯幹前部から肩胛骨部分であり、頭頸部、四肢、躯幹後方については無防備である¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。したがって、エプロンを着用すれば散乱線防護については安全であると過信しないで、どのような防護能力を持ったエプロンを着用すれば放射線防護に効果的であるかということを十分に認識する必要がある。

エプロンを上手に使いこなすには、まず、エプロン自体の能力を良く知り、使用する機器の能力とを比較してその能力に合うように選ぶことである。また、X 線検査室の広さや X 線検査の内容についてエプロンの能力とを比較・検討して使用すればさらに効率の良い放射線防護ができるものとする。

はじめにのべたように、品質評価を行うには、相当数のエプロンを試験する必要がある、各社一着ずつの成績から全体を評価することはできない。しかしながら、今回の実験から輸入品を含めてエプロンの特性の一端を把

握できたものと考えている。

なお、本論文の要旨は第 45 回日本放射線技術学会総会において報告した。

8. 謝 辞

稿を終えるにあたり、御校閲いただきました本学放射線部長 濱本 研教授、御指導いただきました山口大学医学部附属病院 大塚昭義副技師長に深く感謝致します。また、本実験に当たり非破壊検査に関して御協力頂いた本学放射線部の職員の方々、含鉛シートの物性測定に御協力頂いた化成オプトニクス株式会社の皆様に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 河原田泰尋，他：血管撮影時の甲状腺被曝とプロテクタ試作について，日放技 第 43 回総会抄録集，858，(1987)。
- 2) 菊地 透，他：実効線量当量を用いた医療用 X 線防護エプロンの評価，カガセ FB だより，69，6-7，(1982)。
- 3) 鈴木尚生，他：KYOKKO X 線防護前掛について，極光 X-RAY，26，34-41，(1987)。
- 4) 野辺地篤郎：放射線被曝から身を守るための X 線防護前掛は重いもの，INNERVISION，8，69，(1988)。
- 5) 斉藤 誠，他：X 線防護前掛の現状，岩手放射線，15，44-47，(1988)。
- 6) 金場敏憲，他：IV X 線防護服に関する追加資料，INNERVISION，9，60-61，(1988)。
- 7) 青木雄二，他：X 線防護シートの基本特性（第一報），日放技 第 42 回総会抄録集，660，(1986)。
- 8) 小寺 昇，他：X 線防護シートの基本特性（第二報），日放技 第 43 回総会抄録集，859，(1987)。
- 9) 学術資料 防護前掛けの品質と保守管理について，化成オプトニクス(株)。
- 10) 第 4 回商品説明会資料，化成オプトニクス(株)，11-15，(1988)。
- 11) 鈴木英明：『医療法施行規則』の改正をめぐって，ナガセ FB だより，133，(1989)。
- 12) (解説)放射線障害防止に関する諸法令の改正をめぐって，ナガセ FB だより，129，(1988)。
- 13) JIS 規格 Z-4801。
- 14) JIS 規格 Z-4803。
- 15) JIS 規格 Z-4501。
- 16) JIS 規格 K-6301。