

Title	X線従業員のX線被曝に関する研究(第2報)フィルムバツヂ法の信憑性
Author(s)	北島, 隆; 渡邊, 令; 箭頭, 正顯
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1958, 17(10), p. 1146-1150
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/16859">https://hdl.handle.net/11094/16859</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

# X線従業員のX線被曝に関する研究(第2報)

## フィルムバツヂ法の信憑性

名古屋大学医学部放射線医学教室(主任:高橋信次教授)

北 島 隆 渡 邊 令 箭 頭 正 顯

(昭和32年6月25日受付)

### 緒 言

最近放射線防禦の観点から、各個人の被曝線量を知る目的で種々簡易線量計測法が提出されている。特にフィルムバツヂ法は原理的に確實性があると考えられ<sup>1)15)</sup>、又取扱いが簡便であるので広く用いられる様になって来た<sup>9)14)</sup>。そこで余等は、実際にフィルムバツヂ法を行う場合、果して理論通りに確實に被曝線量を判定し得るものか、又若し線量判定に誤差が生ずるならば、その原因はどこにあつて、その誤差の範囲をどの程度に考えておく可きものかを知る爲、実験を試みたので報告する。

### 実験方法

実験には凡て、さくらバツヂフィルムBX-O F1を用い、指定現像液を使用した。現像中は断えず液を攪拌し、保温槽を用いて $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の温度を保つた。現象時間は正確に3分である。バツヂケースは東芝製品を使用した<sup>10)</sup>。

曝射を與えるに使用せるX線發生機はグラィナッヘル結線方式深部治療用装置信愛號である。実験を便ならしめる爲に、予め實効電壓25, 31.5, 45, 60, 80, 94.5 KVe<sub>eff</sub>の6種の線質に就いて、Küstner型島津標準線量計で線量を測定しておいた。その中45 KVe<sub>eff</sub>, 0.6r及び0.3rの場合を、予めフィルム法によつて電気試験所での曝射線量と比較した所、余等の方が黒化度にして0.06即ち約3%高い値を示していた。濃度測定はすべて山部式濃度計に依つた。尚実験は2-3月の冬期乾燥期に行われ、フィルムの保存及び曝射は室温で行われた。

### 実験結果

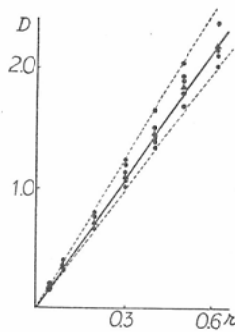
#### I) 山部式濃度計の濃度讀取のバラツキ

アルミ階段をX線撮影し、23段の黒さの階程を有する様に作られた被検フィルムを5人の教室員で、別々に山部式濃度計で黒化度測定を行った。そうすると黒化度0.2前後の所では、同一階程の最大値と最小値の差は0.06で30%のバラツキの幅がある。黒化度0.8前後では0.07即ち10%、1.2前後では0.08、2.0前後では0.18、2.5前後では0.19の差があつた。尙同一の被検フィルムを電気試験所に依頼して黒化度測定を求め、余等の數値と比較した所、同一階程で最大限6%位迄の差が認められた。

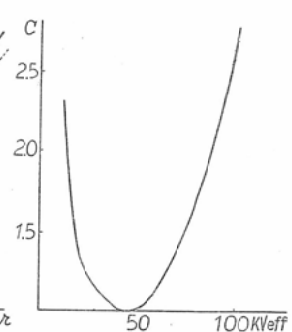
#### II) 線量特性

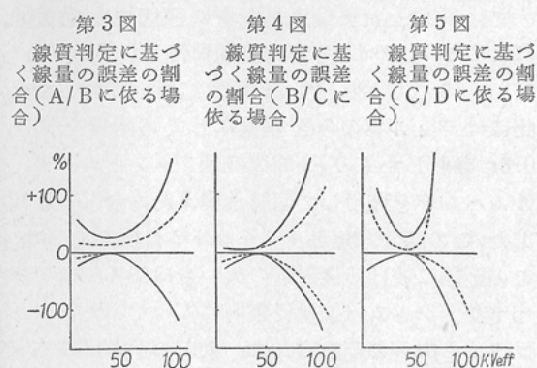
バツヂフィルムに45KVe<sub>eff</sub>のX線を夫々0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6rの曝射の後、同時現像し黒化度を測定した。この実験

第1図 線量特性の幅の大きさ(実線は平均値)



第2図 線質特性による線量の補正值(縦軸は補正值の大きさ)





を同一条件で5回繰返し、得られた値を圖化せる所第1圖を得た。圖中黒點は1回毎の實驗値を示し、△印はその平均値である。平均値と實驗値との差の最大なるものは0.5rの場合で12%のズレがある。又直線性からのズレの最大は0.5rの時、約4.4%上方にズレている(第1圖)。

同様に25, 31.5, 60, 80, 94.5KVeffの各線質に就いても、0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6rを夫々與えて線量特性のバラツキをみるに、各々平均値よりの差は概ね12%以内であつた。

Ⅲ) 濃度比A/B, B/C, C/Dの値のバラツキ

線量特性の項で述べた實驗では、同一線質に就いて35枚の曝射フィルムを得て居り、それからA/B, B/C, C/Dの夫々に就いて35個の實驗値が得られた。例えば、45KVeffではA/Bの最大實驗値が1.16, 最小値が1.04, 平均1.08であつた。同様に他の線質に就いても行うに第1表の結果を得た。表中、括弧内の値は、夫々の電壓で0.2r以上を曝射せる25個の實驗値に就いてのみ調べたものである。

Ⅳ) 方向特性

a: フィルム面と入射X線中心線とのなす角度

第1表 濃度比の實驗値のバラツキ (括弧内は0.2r以上曝射の場合)

線質 (kVeff)	濃 度 比								
	A/B			B/C			C/D		
	最大値	最小値	平均	最大値	最小値	平均	最大値	最小値	平均
25	2.95 (1.80)	1.15 (1.23)	1.46	7.85 (6.23)	2.51 (3.00)	4.06	10.25 (9.95)	4.00 (4.12)	7.20
31.5	2.18 (1.61)	1.07 (1.19)	1.30	3.53 (3.53)	2.27 (2.38)	2.96	8.30 (7.50)	2.05 (2.29)	4.37
45	1.16 (1.16)	1.04 (1.05)	1.08	2.62 (1.87)	1.40 (1.54)	1.74	5.00 (2.54)	1.51 (1.81)	2.24
60	1.12 (1.12)	1.01 (1.03)	1.04	2.17 (1.90)	1.32 (1.32)	1.39	2.00 (1.85)	1.27 (1.27)	1.61
80	1.11 (1.11)	0.95 (1.00)	1.03	1.45 (1.28)	1.09 (1.14)	1.20	2.50 (1.65)	1.20 (1.20)	1.55
94.5	1.16 (1.16)	0.80 (1.00)	1.02	1.50 (1.45)	1.07 (1.09)	1.14	2.33 (1.48)	1.08 (1.08)	1.45

を、90°, 80°, 70°, 60°, 50°, 40°, 30°, 20°, 10°, 0°にしてその各々の場合に、Ⅲ)と同様の線質の各0.3rあてを曝射した。この實驗を3回繰返し、黒化度の平均値を求めた。

各線質毎に90°(即ちフィルムとX線中心線とのなす角度が直角)の時の黒化度を100%とし、他の角度での黒化度を%で表わす。次いで直角グラフに於いて縦軸に黒化度(%), 横軸に角度をとつて黒化度と角度との關係を曲線で表わす。この

曲線より原點側にある面積と全面積との比をとれば、90°~0°間の平均の黒化度を%で表わす事になる。斯うして得られた値をA窓に就いて述べると、25KVeffでは80%, 31.5KVeffでは84%, 45KVeffでは91%, 60KVeffでは96%, 80KVeffでは93%, 94.5KVeffでは96%となり、線質が硬くなるにつれて方向特性による黒化度減少は少くなる。

b: X線中心線が水平面内にある様にし、X線

中心線上の一点を廻轉中心とし、廻轉軸が常に垂直である様にフィルムを廻轉せしめつつ前記の6種の線質のX線0.3r 曝射した。フィルムの廻轉は等速で1分間78回轉、且X線曝射時間は線質によつて異なるが概ね1~3分であつた。此も同一實驗を3回繰返して平均値を求めた。この結果を、同線質同線量のX線を、X線中心線に垂直に置いたフィルムに曝射せる場合に較べて、黒化度は、25KVeff では82%、31.5KVeff では86%、45KVeff では93%、60KVeff では95%、80KVeff では92%、94.5KVeff では96%になつた。

c: 上記 b と全く同様にフィルムを廻轉せしめ、且X線中心線を廻轉軸に對して60° 上方に傾けてX線 0.3r を曝射した所、その黒化度は同一線量を垂直に受けた場合の黒化度に較べて、25KVeff では66%、31.5KVeff では70%、45KVeff では73%、60KVeff では75%、80KVeff では91%、94.5KVeff では96%となつた。

d: 前後徑22cm、左右徑34cm、高さ41cmの楕圓柱形の米ファントムの扁平面の上部1/3の中央部にフィルムバッヂを装用し此を1廻轉3秒で等速廻轉する廻轉台に載せ、X線中心線がフィルム中央の高さで、水平に廻轉軸を過ぎる様にしてX線を曝射した。斯うするとX線が、静止せるフィルムに垂直に同線量曝射された時の黒化度に較べて、25KVeff では36%、31.5KVeff では58%、45KVeff では63%、60KVeff では72%、80KVeff では78%、94.5KVeff では81%に減少した。

e: 上述の如くファントムを連続廻轉せしめず、0°~180°即ち装用せるフィルムバッヂがファントムを透過せるX線には曝射されない範囲で、20°毎に各線質の0.3rを夫々曝射して黒化度を測定した。此を同一條件で3回繰返し前述の實驗IVaと同じ方法で平均の黒さを求めると、X線に直角方向に静止している、ファントムなしのフィルムに同線量與えた場合の、25KVeff では72%、31.5KVeff 78%、45KVeff では84%、60KVeff では89%、80KVeff では90%、94.5KVeff では90%となつた。

#### V) 散亂附加

フィルムバッヂ装用者自身に原因する散亂線によつて、フィルムがどれ程黒化されるかを、31.5, 45, 60, 80, 94.5KVeffに就いて調べた。此にはフィルムのみを垂直にして各線質を夫々0.3r 曝射したものと、前述の米ファントムにフィルムバッヂを装用して同線量與えた場合とを比較した。この際管球焦點・ファントム間距離を2m、この距離に於ける放射野の大きさは68×68cmであつてファントムはX線々束内に入つていた、ファントムと床との距離は70cm、壁との距離は左右背後共1m以上である。ファントムのない場合の黒化度を100%とすると、ファントム有る場合は、31.5KVeff では106%、45KVeff では122%、60KVeff では132%、80KVeff では139%、94.5KVeff では140%となつた。

#### 考 按

##### A) 誤差源に就いて

フィルムバッヂ法に於ける線量判定の誤差源として考えられるものは次の通りである。即ちイ) 濃度計の精度12%、ロ) フィルム感度3~10%<sup>1)</sup>、ハ) 現像條件5%<sup>1)15)</sup>、ニ) 標準曝射の線量3%、ホ) フィルムの保存条件3~5%<sup>9)</sup>、ヘ) 曝射温度5%<sup>9)</sup>、ト) 潛像退行3%<sup>9)</sup>、チ) 方向特性、リ) 散亂附加、ヌ) 線質特性。この中ホ)~ト)は既に廣く知られているので、今回の實驗ではふれなかつた。尙供試フィルムはさくらフィルムであつたが、フジフィルムを使用したとしても實驗の結果は略と同一であつたろうと考えてよい。

山部式濃度計の精度は±0.02と云われるが<sup>12)</sup>、實際に余等が驗してみるに前述の如き約12%の讀取りの幅があつた。此は特に黒化度の小なる時にその誤差の割合が大きいので、小線量判定の際の誤差に効いてくる。

フィルムの感度差に就て、Ehrlich は同一乳劑番號でも最大限10%の感度差のある事があると述べている<sup>1)15)</sup>。余等の用いたBX-O-F 1では數%のバラツキがあるに過ぎないと云う<sup>13)</sup>。

現像温度の黒化に及ぼす影響に就き Ehrlich は、温度の20°±0.5°Cは黒化度で100±5%程

度の誤差源になると述べている<sup>1)</sup>。實際に被曝フィルムに就て線量判定する際は、現像条件による誤差補正の目的で、標準曝射せるフィルムを同時現像しているが、その標準曝射にも線量に若干のバラツキが有り得るし、又液温計の精度にも限界があると思われる点から、現像による或る程度の誤差は防ぎ得ないのではないかと思われる。

方向特性に就いて、余等の実験 IVa と同一のものは既に行われているが60Kvp の場合のみの様である<sup>2)</sup>。宮川等はフィルムバッチの廻轉軸をX線中心線に對して30°~90°廻轉せしめた場合の各種の実験を既に行つて居り、例えば60Kvp の時の補正值は1.3~1.4になると述べている<sup>3)</sup>。此らの実験及び余等の実験 IVa, b, c, 等はフィルムそのものの方向特性をみる爲には重要なものである。然し此らの場合には空中にフィルムのみがある場合であり、實際に放射線従業員がフィルムバッチを装用せる場合とは異なるので、實際にフィルムバッチを使用して被曝線量を計る場合の方向特性の補正值を求めるには、此らの実験は適當でないと思われる。それで余等は米ファントムにバッチを装用して実験IVd, e を行つたのである。IVdはフィルムバッチを着けた人間が周囲の何れの方向からも平等な強さでX線を受ける場合を代表し、IVe は体の一方からのみX線を受ける場合に相當し、この時にファントムを通過したX線がバッチに到達する機会はない。實際問題として被曝の危険の多いX線従業員は、主に或る特定の方向よりのX線を被曝する事が多く、背後散亂による被曝は極めて少い事が判つているので<sup>4)</sup>、フィルムバッチはそのX線の主方向にむけて装用し、且その補正值には実験IVe の結果から得たもの、即ち25 KVe<sub>eff</sub> で1.38, 31.5KVe<sub>eff</sub> で1.28, 45KVe<sub>eff</sub> で1.19, 60KVe<sub>eff</sub> で1.12, 80及び94.5KVe<sub>eff</sub> では1.11を用いるのが適當であろうと思う。尙バッチケースとしては東芝のはベークライト製で他社の金屬製にくらべて方向特性は少い方と考へてよい。現在の様な形式のバッチでは、従つて余等の結果は一般性をもつと考へてよからう。

一方國際勧告の最大許容量表示には凡て空中線量が使用されている<sup>1)</sup>。従つてフィルムバッチ装用者自身に基く散亂附加量を除いて被曝線量を表示するのが便利である。実験Vの結果から、かゝる附加量を補正する乗數を求めると、31.5KVe<sub>eff</sub> では0.94, 45KVe<sub>eff</sub> で0.82, 60KVe<sub>eff</sub> で0.75, 80以上では0.71となる。

#### B) 誤差の大いさに就て

こゝで線質の判定はどの程度確實に行われるかに就いて考へる。実験IIの結果の中、31.5KVe<sub>eff</sub> の場合を考へるに、35個のA/B値の中、最大は2.18で此に對應する線質は略々15KVe<sub>eff</sub> であるフィルムの線質特性からその補正值を求めると1.4になる。又A/Bの最小は1.07で、40KVe<sub>eff</sub> に對應する。この補正值は1.02である。然るに31.5KVe<sub>eff</sub> に對する補正值は1.10であるので、実験のバラツキは、その平均値の130%から93%の間にある事になり、それが最大誤差の限界でもある。この様な誤差の大いさを他の線質についても調べ、又B/C, C/D に就いて行つて第3, 4, 5, 圖の曲線を得た。但し、此は常に此だけの誤差があると云う意味ではなく、誤差は此の曲線の内に分布していると云う意味である。此らの圖からみると、診断領域のX線々質では、A/Bを利用するよりも、むしろB/Cを利用する方が比較的誤差が少いと云う結果になつた。60KVe<sub>eff</sub> 以上になると何れの比を利用しても誤差はかなり大きくなる。

本実験中に、既知の線質を與えたフィルムを某協會に依頼して線量判定を求めた所、眞の値との開きは、余等の判定の方が寧ろ少く出たので、實際的に余等の危懼は正しいものと考えてよからう。

#### 結 論

市販のケースとフィルムを使用する時、フィルムバッチはどの位信憑性があるかに就て実験を行つて次の結論を得た。

- 1) 山部式濃度計は測定者による讀みのバラツキがあり、その中では最大30%に至る。但し黒化度0.3以上では12%位である。
- 2) フィルムの線量特性には約±10%の幅があ

る。

3) 線質補正の際、第3, 4, 5, 圖の如き誤差を生ずる事がある。線質判定には、診断領域のX線々質では、B/Cを利用すれば誤差は比較的少ない様である。

4) 方向特性の補正値を、線質毎に実験的に求めた。

5) バッチ着用者自身による散乱附加黒化度の補正値を線質毎に求めた。

(本実験に際して種々御便宜御助言を戴いた、田口武雄、大橋和一、片桐堯雄、森内和之、荒川昌の諸氏に感謝する。

本論文の要旨は昭和32年7月7日 第4回日医放会東海北陸部会の席上講演発表した。

#### 参考文献

1) Ehrlich M.: N.B.S. Handbook 57, 1954.

— 2) Ehrlich M. & Fitch S.H.: Nucleonics Vol. 9. No. 3, 5, 1951. — 3) Baker R. & Silverman L.B.: Nucleonics Vol. 7, No. 1, 26, 1950. — 4) 蔵本一郎; 日医放誌, 15, 182, 昭30. — 5) 佐々木雄次郎他; 日医放誌12巻10号, 1, 昭28. — 6) 宮川正; 放射能の人体最大許容量の決定班研究協議会席上発言, 昭31, 10, 26. — 7) 宮川正他, 第16回日医放会総会発表, 昭32, 5, 1. — 8) 古関靖夫; 写真と技術, 2巻8号16, 昭31. — 9) 荒川昌; 写真と技術, 2巻8号25, 昭31. — 10) 深津久治他: 東芝X線資料15, 1, 昭31. — 11) 山下久雄, Radioisotopes, Vol. 4, No. 2, 1, 1956. — 12) 福島信之助, 藤沢信; 科学写真便覧, 535, 丸善, 東京, 昭28. — 13) 片桐堯雄: 私信. — 14) 茨木康行他; 第16回日医放会総会演説, 昭31. 5. 1. — 15) Gerald J.H. & Gordon L.B.: Radiation Dosimetry, Academic Press, New York, 1956. — 16) 滝川清治, 高橋信次: 第19回日本血液学会総会宿題シンポジウム, 昭32. 4. 4. — 17) 高橋信次, 後藤壽雄, 飯田博美, 吉田三毅夫: 日医放誌掲載予定.

## Reliability of Film Badge Method for Dose Measurement

By

Takashi Kitabatake, Tsukasa Watanabe  
and Masaaki Yato

(From the Department of Radiology, School of Medicine,  
Nagoya University. Director: Prof. Shinji Takahashi)

This paper is concerned with the reliability of film badge method for dose measurement. The results obtained are as follows:

- 1) When the Yamanobe-type densitometer was used in reading the gradation of the ranges over 0.3 in density, twelve per cent of error was resulted.
- 2) The characteristic curve of the density was distributed within the area joined with two characteristic curves being different of 12 per cent in density.
- 3) The margin of error in establishing the correct estimation of the x-ray dosage took several different values according to its energy dependence as shown in Fig 3,4 and 5.
- 4) Additional blackening caused by scattered x-ray from the carrier should be subtracted to get the correct value of dose in air.
- 5) Direction dependence was also discussed experimentally.
- 6) To get the relatively reliable value of dosage, B/C was of the most use in the range of wave length of x-ray applied to diagnosis.