螢光ガラス線量計による測定における誤差の検討

大阪市立大学医学部放射線医学教室

光 田 秀 雄

(論文受付 昭和42年4月11日)

STUDY ON ERROR IN MEASUREMENT WITH FLUORO GLASS DOSIMETER

By HIDEO MITSUTA

Dept. of Radiology Osaka City University
Medical School

(Article received : April, 11, 1967)

Summary

The author studied an error of numerical value in measurement with fluoro glass dosimeter. The fluoro glass dosimeter. The fluoro glass used in this study was FD-R1-1 (Toshiba) and had a diameter of 1mm and a length of 6mm. The fluoro meter was FGD-3B (Toshiba).

The author applied electron beam of Betatron to the fluoro glass dosimeter in a phantom made of acrylite.

The fluctuation of the numerical value of the fluoro meter in a short time was about $\pm 0.15R$; the error of the numerical value, which was probably due to the play of the apparatus, was about 1.56%. The response of the fluoro glass showed a good linearity, extending $1-10^3R$ of the fluorescence; the fluorescence of the back ground of the fluoro glass was about $0.7 \pm 0.07R$ ($\bar{O}/\bar{x} = 10\%$). In this experiment, the author studied also the response of the fluoro glass, using about 100 fluoro glasses. The result was as follows;

Fluorescence	The standard deviation in the response
1R.....	11.4%
4R.....	8%
10R.....	4.3%
more than 100R.....	3.4%

It may be said through the comparative study over foreign literature that these numerical value showed better efficiency of this fluoro glass dosimeter than that of foreign ones.

The fading of the fluorescence reaches to 5% in 100 days and the value of the fading is apt to be divided. The fading is caused also by repeating the measurement of the fluorescence.

The author made a further examination on the error in the measurement with fluoro glass dosimeter through these results mentioned above and other literatures.

I. 結 言

螢光ガラス線量計の特長、応用についてはすでに多くの報告があるが、本研究は螢光ガラス線量計による測定

値の誤差について検討することを目的としたものである。研究対象とした螢光ガラスは放射線治療に関する測定に最も多く利用されている $1\text{mm}\phi \times 6\text{mm}$ の円柱形のものである。

II. 実験対象, 使用測定器など

1. 蛍光ガラス

本研究に用いた蛍光ガラスは東芝製 FD-R1-1. その大きさは直径 1mm, 長さ 6mm 円柱形で, 組成は $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$ -50, LiPO_3 -50 のガラス基材に AgPO_3 8%, B_2O_3 3% (重量%)を導入したもので東芝中央研究所横田研究室で開発されたものである¹⁾²⁾. このガラスは一般に Low-Z type または Li ガラスとよばれる種類に属し, これに対して Schulman らの開発した High-Z type または Ba ガラスとよばれるものは, $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$ -50, KPO_3 -25, $\text{Ba}(\text{PO}_3)_2$ -25 のガラスに 8% の AgPO_3 を加えたものである. その back ground の大きさ, 感度などの上

Fig. 1. Fluoro glass dosimeter FGD-3B (Toshiba).

Fig. 2. Fluoro glass dosimeter FGD-3B (Toshiba).

から横田ガラスが優れていることは Cheka 始めいくつかの文献において認められている³⁾⁴⁾⁵⁾. ガラス組成は上記の他数種のものが開発されている²⁾³⁾⁶⁾.

2. 蛍光量計

東芝製 FGD-3B を用いた. 外観は Fig. 1, 構造は Fig. 2 のようであって, 蛍光ガラスを照合ガラス (reference glass) と称する安定した標準の蛍光を発するガラスと適時置き換えて蛍光量計の感度変化を check し, 補正するようになっている⁷⁾. 米国 Bausch & Lomb 社の micro-dosimeter reader は蛍光励起紫外線の光路を二つに分け, 一方を蛍光ガラスに入射し蛍光を光電子増倍管で受け, 一方を他の光電子増倍管に入れてその二つの出力を差動増幅器に入れて一定感度を保つようにしているが⁸⁾, この方式では 2 本の光電子増倍管の性能 (特に drift) を揃えることが難しく, やや操作が煩雑ではあるが東芝の方式が正確度は高いといわれている. また FGD-3B では励起紫外線はガラスの側面 (円柱側面) より照射され, 蛍光はこれと直角の方向 (円柱底面の方向) から測定する方式であるが, 前述の B.L. 社のものは円柱底面より励起紫外線を入射し, その反対側底面から蛍光測定を行なうために蛍光中に紫外線が混入し, back ground を増す結果となっている.

本蛍光量計の出力は, 光電流増幅回路の出力電流値 (μA) として目盛りされており, 前述の照合ガラスの標準蛍光から $^{60}\text{Co}\gamma$ 線の exposure 値 (R) に換算するようになっているが, 著者は照合ガラスの蛍光を感度設定のための一つの標準としてのみ用い, exposure または dose に換算するには同一エネルギーによる標準照射をした蛍光ガラスによる校正図を用いるようにしている. 感度レンジの切換は二つの knob (BATT. および SENS) によって計器指示値の $\times 1/10$ から $\times 1,000$ までの 9 段が選択できる. 出力指示電流計の精度は 1.0 級, 光電子増倍管印加電圧指示電圧計は 1.5 級である.

3. 照射放射線および照射方法

医用 15MeV ベータトロン (東芝 BMR-15) による 15 MeV 電子線 (照射野 $8 \times 8 \text{cm}$) を用い, 後述のようにアクリル樹脂で作ったファントム中で照射した. 15MeV 電子線を用いた理由は本研究がベータトロン電子線測定の研究と並行して行なったもので, また容易に大線量の照射ができるからでもある.

他の chemical dosimetry による研究において, ファントム中に挿入した指頭電離槽による測定値 (R) と dose の関係が, 15MeV X 線 電子線, 200kV X 線の間であまり大きい差が認められなかったし, また指頭電離槽によ

照射のためのファントムは Fig. 3 のようなアクリラ
トイ製ブロックで、表面より15mm 下に深さ1mm、大き

後述するように放射線照射時の温度による感度変化があるため、20℃を標準とし、照射中はできるだけこれに近い温度にするように努力した。

蛍光量は照射終了後から徐々に増加し、数時間では飽和値に達するので¹⁾、照射終了後24~48時間後に蛍光量を測定するようにした。なお、後述するように照射後あまり長時間経つとfadingやバラツキが大きくなる。

前記のように感度の選択は二つの knob によって行なわれ、SENS. という knob では $\times 1 \sim \times 1,000$ の間 7 段、BATT. という knob は SENS. の全レンジに対して $\times 1$, $\times \frac{1}{10}$ の 2 段であるが、後者の $\times \frac{1}{10}$ なる位置は前者の最低レンジである $\times 1$ と $\times 3$ に対してのみ必要であって、結局両者の組合わせで $\times \frac{1}{10} \sim \times 1,000$ の 9 段の選択ができる。

Switching of "SENS" knob :

この全段に亘って相互間の誤差を知ることは user としては不可能に近く、製品を信用する他ないが、近接レンジ間の比較をしてみた。すなわち小さい方のレンジでほぼ full scale を示すような蛍光ガラスを用い次の段または更に次の段の指度を比較した。その結果は Table 1 のようであった。同表 Readings の欄は計器 (μA で目盛られている) の読みそのものを示す。従って例えば 1 とその 3 の knob の位置の比較において、その値の比は

$$99:34 \times 3 = 99:102 \div 100:103$$

である。このように隣接レンジ間で 3% という誤差はやや大きすぎるようであるが、この実験には後に述べるような他の factor も考えられ、必ずしも 3% の誤差があるとは断言できない。

後述の照射量対蛍光ガラスレスポンスの関係を求める実験結果にみられるように、ある範囲でよく直線に乗っていることは、逆に言って蛍光量計の指度が、少なくともこの範囲 (最小レンジから $\times 1,000$ またはそれ以上のレンジまで) でよい linearity を示すことを意味するとも言える。

ii) 光電子増倍管印加電圧の変動による誤差

光電子増倍管印加電圧を変化させると指示値は変化する。約 100R 照射したガラスにつき電圧を変化させると出力は Fig. 4 のように 1V 当り約 1% の変動を示す。この値はかなり大きい数値ではあるが、電源電圧が十分安定化されており、照合ガラスによって感度変化を適時 check し補正するため、この点は殆んど問題とするに足らない。

Fig. 4. A case of relationship photomultiplier voltage and fluoro-meter readings.

iii) 極めて小さい入力に対する指示値のバラツキ

照合ガラスの 0R—すなわち蛍光が全く 0—のものを両端より交互に繰り返して測定した。蛍光ガラスの未照射のもの指示値すなわち back ground (または pre-dose) は明らかに一種の蛍光であるが、0R の照合ガラスの場合は蛍光は全く 0 であって、この場合の蛍光量計の微小な読みを励起紫外線の迷入によるものと考えられる。しかしこのガラスの寸法精度が完全なものであり、またその洗滌が十分に行なわれているならば光電子増倍管への入

力は一定と考えられるので、これによって極めて小さい、そして一定の入力についての蛍光量計指示のバラツキを知ることができる。Table 2 はガラスを両端交互に 15 回入れ換えて測定した結果である。この場合、最小レンジ

Table 2. The dispersion of fluoro-meter readings in very small input.

Fluoro-meter readings	Times
0.25	0
0.3	8
0.35	5
0.4	2
0.45	0
total	15

で計器目盛の最小値、すなわち $0.1\mu\text{A}$ 以内の短時間変動があるためその変動のほぼ中央値と思われる値と思われる値を読んだ。しかしこの変動は後述の実験から約 0.15 “R” であるから、実際上の測定に大きい誤差を与えることはない。この測定時の指示計器 (電流計) は full scale $10.0 (\mu\text{A})$ 、最小目盛は $0.1 (\mu\text{A})$ である。この読みのバラツキは主としてガラスの setting に際しての機械的誤差、光電流回路の noise、紫外線ランプの出力のゆらぎなどによるものと考えられる。

iv) 中等度入力についての振れ

後述するように、照射済蛍光ガラスを何度も繰返して蛍光測定をすると fading を生じるため照合ガラスの適当なもの (後述の蛍光ガラスレスポンスとして約 87 “R” 相当) を繰返し測定した。Table 3 にその結果を示す。

Table 3. The dispersion of fluoro-meter readings in medium input.

Fluoro-meter readings	Times
60.5	0
61	1
61.5	3
62	6
62.5	1
63	5
63.5	7
64	5
64.5	2
65	0
total	30

Mean : 62.95

Standard deviation : $0.983 = 1.56\%$

照合ガラスの蛍光能は一定であるから、この値のバラツキはガラスの mispositioning, 蛍光量計回路の短時間感度変化, 紫外線ランプの出力変動など蛍光量計そのものによる誤差と考えられる。

Table 3 にみられるようにその標準偏差は 1.56% である。

2. 照射量対蛍光量の直線性

誤差を云々するために蛍光ガラスのレスポンスを求めておく必要がある。約 100 本の蛍光ガラスを同時照射し、小線量より順次加算照射し、同一ガラスを反覆使用した。両端より測定し、両端の値の大きく異なるものおよび異常に大きい値を示したものはガラスの傷や汚染があるものと考えて再洗滌し、または点検して傷のあるものは取り除いた。Fig. 5 に照射量対レスポンスの関係を示す。レスポンスは上記約 100 本の値の平均値から、同じく全

Fig. 5. Relationship of fluoro glass response (μA) and exposure ("R"). Fluoro glass : FD-R1-1, Fluoro meter : FGD-3B, Exposed by 15MeV electron beam.

back ground 値の平均値を差し引いたものである。ただし図中×印で示したものは別に照射した10本のガラスの平均値である。約1 "R" から 10^3 "R" 強まで linear で、それ以上はやや飽和の傾向を示している。東芝の data によると FD-R1-1 は $1\sim 4^{\text{rad}}$ に亘って linear であるとされているが¹⁷⁾、これよりやや小さい範囲となったことは、照射放射線が極めて鋭いパルス状のものであることに関係があるように思われる。直線性を示す範囲については同じ FD-R1-1 について、荒居は 200kV X線では $3\times 10^3\text{R}$, ^{60}Co 線では 10^4R まで直線性を示したと報告している。そして 200kV X線で低い飽和点を示したことについては、蛍光ガラスがこの領域で感度が著しく高いために早く飽和に達するためであろうと論じている⁴⁾。

このような飽和点以下では前述の蛍光量計のレンジ切換に伴う誤差も含めて linearity は良好である。この範囲で用いる場合、exposure 値に較正する必要があるときはこの範囲内の適当な一つの値の照射をもって較正図を描くことができる。しかし場合全体としての誤差が大きくなるから、なるべく多くの標準照射から較正図を作ることが望ましい。

3. 蛍光ガラスレスポンスの誤差(1)

前節の測定値を統計的に検討した。この場合の「誤差」には、ガラスのレスポンスのバラツキと前記の蛍光量計の誤差の双方が含まれる。

ガラス1本ずつをマークして各個別のレスポンスを追跡することは取扱いの煩雑なことから、本実験では行なわなかった。各 exposure に対する蛍光量計の読みの分布は Fig. 6 および Table 4 のようである。Table 4 中右端の欄は back ground の値のバラツキが、各 exposure におけるレスポンスに与える影響をみる一つの目途とす

Table 4. Distribution of the readings and response of fluoro-glass. (FD-S1-1).

Exposure ("R")	Fluoro-meter readings			Response of fluoro-glass (readings)-(back ground)		$\sigma_{\text{back}}/\bar{x}_r(\%)$
	Mean $\bar{x}_m(\mu\text{A})$	Standard deviation $\sigma(\mu\text{A})$	Relative standard deviation $\sigma/\bar{x}_m(\%)$	Mean $\bar{x}_r(\mu\text{A})$	Relative standard deviation $\sigma/\bar{x}_r(\%)$	
0 (back ground)	0.51	0.050 (σ_{back})	10.2	0	—	—
0.98	1.20	0.0784	6.54	0.69	11.4	7.23
3.72	3.15	0.206	6.53	2.64	7.8	1.89
9.67	7.41	0.298	4.03	6.90	4.31	0.725
100	72.7	2.46	3.37	72.2	3.4	0.069
1,000	717	22.5	3.14	717	3.14	0.00698
3,000	2,080	74.5	3.58	2,080	3.58	0.0024

Fig. 6. Distribution of fluoro glass readings (FD-R1-1).

るために求めた値で、この数値が大きいほど back ground の値のバラッキが測定精度に影響することが大きい。しかし、これは本実験のように back ground の値を平均値としてそれぞれの照射後の蛍光量から差し引いた場合についていえることであって、各国のガラスの back ground を、それぞれの照射後の蛍光量から差し引くようにすれば、back ground のバラッキが測定精度に影響を与えることは無い。従って、本実験でもこのように各個の back ground を check して差し引くようにしておれば、特に小 exposure 域における誤差は少なくなっている筈である。

計測値 (蛍光量)
はほぼ正規分布を示す (Fig. 7) が、蛍光ガラスの汚染除去が

Fig. 7 Distribution test.

十分でないときは特に小 exposure 域における誤差が大きく、しかも (+) 例に偏った分布となる。一例を上げると

Fig. 8. A case of back grounds of imperfectly cleaned fluoro glasses. (Dotted curve is perfectly cleaned glasses.)

Fig. 8にみられるようである。これは未照射のガラスの測定値、すなわち back ground であるが、予想よりその値が大きく、また+側に偏っているため、洗滌が不十分であることを知り改めて洗った後得た値が先に示した Fig. 7における back ground の数値となった。このように特に小線量域での測定にはガラスの汚染除去が重要であって、特に汚染の甚しいときはクロム硫酸で洗う。また、蛍光ガラスは保存中に空気中の水分のため表面が風化することがあり、その程度が甚しくないときは、感度には大きい変化はないが、誤差範囲が大きくなるため、乾燥容器中に保存する必要がある。

Fig. 9. Relationship of exposure (or dose) and standard deviation.

- Author Readings (15MeV electron beam)
- x--- Author Response (reading-back ground) (15MeV electron beam)
- ...○... Hine et al. (2MVp X-ray)-9)
- 1. Bausch & Lomb Low-Z glass
- 2. Bausch & Lomb High-Z glass
- 3. Toshiba glass
- 1-3 : from Yokota-5)
- 4. Ba glass
- 5. Li glass
- 4, 5 : from Arai ($^{60}\text{Co}\gamma$ -ray)-4)
- 6. Old type holder
- 7. New type holder
- 6, 7 : from Yokota et al. -15)

exposure 値対蛍光量値またはレスポンスの標準偏差の関係を図に表わせば Fig. 9 のようになる。比較のため他の文献にみられるいくつかの値も記入した。著者の data としては蛍光量計の読み(いわゆる post-dose) Table 4 における第4欄の値とレスポンス (back ground を差し引いた真の蛍光量) Table 4 の第6欄の値の双方を記入した著者の data では exposure が大になるに従って標準偏差は小さくなり、数10 “R” で一定(約3.4%)となる。Hine の報告⁹⁾と比べて著しく良好な値を示してい

る。彼らの報告も約100本の同サイズの蛍光ガラスによって得たものであるから、この両者の相違は蛍光ガラスの質の違い、および蛍光量計の所で述べた蛍光量計の違いによるものと考えられる。横田らの data⁵⁾は測定に使用した数が不明であるので著者の data と比較するにはやや問題があるが、これにみられる東芝製と B.L. 社製のガラスの比較、および荒居による Li ガラス40本、Ba ガラス15本についての値⁴⁾の比較などを参考にして考えると、これら標準偏差の大きい違いはガラスの質によるところが大きいと考えられる。

先述のごとく、back ground は pre-dose と称し、照射後の蛍光量 (post-dose) から差し引くことによって真の蛍光量 (response) を求めるのであるから、蛍光ガラスの質による、および蛍光量計の構造上の問題として生じる back ground の大きさの相違は蛍光ガラス線量計による低線量域での測定における誤差に特に影響する。

back ground 値は著者の測定ではほぼ 0.7 “R” に相当するが、Schulman らは12~30R と報告している¹⁰⁾¹¹⁾。また上記 Hine らの報告では 60~100rad 相当の範囲の back ground を持つガラスを選んで用いたと記しているところを見ると、更に大きい back ground をもつガラスもかなりあるものと想像される。Cheka は B.L. 社の Micro-dosimeter reader の初期の形式のものに多少の改良を加えた蛍光量計による data を発表しているが³⁾、これによると original glass (high-Z) について back ground は 18~20R 相当であり、Schulman の low-Z glass は back ground はほぼ同じで感度がやや高く、東芝の横田らの開発した Toshiba II なるガラスでは感度は約2倍、back ground が~5R 相当であったという。Toshiba II ガラスは著者の用いたものと同じであるが、その back ground が著者の data 約0.7 “R” に対して5R と大きい値を示すのは、蛍光量計の構造の相異によるものと考えられる。(ここに記した “R” と R または rad の関係についてはほぼ同等と考え得ることは既に示した。) Hine らのごとく絶対値、偏差範囲ともに大きい back ground を、著者の本実験のごとく全体の平均値を求めて照射後の蛍光量 (post-dose) から差し引くならば、感度のバラツキ以外に back ground のバラツキ (<±20rad) の影響が入る。したがって彼らの測定系では最小測定可能値は恐らく数10rad であろう。これに対し著者の用いたFGD-3B と FD-R1-1の組合わせでは1Rでも測定可能範囲で、back ground を個別に差し引くようにすればその誤差範囲は更に小さくすることができよう。数R以上の測定に際しては back ground は平均

値を用いれば十分であり、約100R以上の測定ではBack ground の存在を無視し得る。

これらの結果が高エネルギーX線、 γ 線にも適用し得ることは再三記したが、200kV程度のX線については感度が大きくなるため back ground の影響は更に少なく、従って最小測定可能値および誤差は小さくなるであろう。

更に横田らはホルダーを改良することによって感度を大きくし、誤差を小さくし得たことを報告している¹⁵⁾。(Fig. 11)

4. 蛍光ガラスレスポンスの誤差 (2)

1つの測定に用いる蛍光ガラスの数によっても標準偏差が異なることは当然で、これについては本学産婦人科教室浜崎が15MeV X線 100 "R" 照射について Fig. 10 のごとく報告している¹²⁾。すなわち1本単独で用いた場合の $\sigma/\bar{x}$ は約7%，2本を用いれば5%，3本で約4%，

Fig. 10. Relationship of standard deviation and number of fluoro glass.
(from Hamasaki 12)

5本同時に用いると約3%の値を示している。従って蛍光ガラスによる測定に際しては1点につき数本の蛍光ガラスを用いなければ精度を上げることはできない。ただし深部線量分布測定のように連続した多数点の測定をするときは個々の誤差は smoothing されるから各点1本ずつでもよい。著者はこのような場合重要な部分だけ複数本のガラスを用いるようにしている。

また、先に少し触れた蛍光ガラスの温度特性も誤差原因となり得る。この点についてもいくつかの報告があるが¹¹⁾⁴⁾¹²⁾、浜崎の前記文献には次のように記されている。

「放射線照射時の蛍光ガラスの温度特性は Fig. 11 にみられるように、温度によって感度が異なり、人体内に蛍光ガラスを埋めて用いるような場合は +0.26%/℃ であ

Fig. 11. Dependency of temperature.

り、また人体体温(37℃)と室温(20℃)では約5%の感度の相異がある。また、放射線照射後蛍光ガラスを加熱すると蛍光量が増加する。例として、照射後の蛍光ガラスを100℃で10分間処理をすることによって25%の蛍光量の増加を認めた。しかし、照射前のガラスの加熱処理(100℃)は殆んど感度に影響なく、また back ground の大きさも変化しない。従って照射前に蛍光ガラスを加熱滅菌することも可能である」

以上は著者と同一蛍光ガラス、蛍光量計を用いて得た成績であるが、他の報告をみると横田らが55℃以下で+0.2%/℃の温度依存性を示したという(ガラスは同種のもの)。これらの点から注意せねばならないことは、照射時の温度が標準照射の温度と異なる場合、例えば人体内に埋めて照射したものを室温で標準照射したガラスによる較正図で線量値に換算する場合については温度特性の補正を必要とすること、照射後のガラスを高温にしないことの2点である。

5. Fading

先の実験に用いたがガラスを室温乾燥容器内に保存、最終照射日から約100日後に蛍光量の測定を行なった。その結果蛍光量の全平均値は約5%の fading を示し、その標準偏差は初期測定時において3.58%であったものが、5.7%と増加した。文献によると、横田らは東芝FD-P8なるガラスについて13週間に3%、Schulman ガラスで6%の fading があつたと報告しており¹⁾、Barr らは1ヵ月に約6%¹³⁾、荒居は150日で約10%、300日で約20%の fading を⁴⁾、Hodara は100日間に40%の fading を報告している¹⁴⁾。これらの報告からみて、fading についても東芝ガラスの方が優位にあるようである。バラツキが大きくなることについては荒居の報告にも見られるが、これら fading の速さが個々のガラスによって異なるためであると考えられる。

または、照射後の蛍光ガラスの蛍光測定を何度も繰返

すと徐々に蛍光量が減少する。更に、連続して蛍光量測定状態にしておいても時間と共に蛍光量が減少する。その状況は Fig. 12 のようである。繰返し測定の場合、ガラスの傷は最後に顕微鏡で確かめ全く認められなかったから、傷が原因でないことは明らかで、また蛍光量計の drift は照合ガラスで調整したから、これも考えられない。連続測定では測定開始前、終了直後に照合ガラスで check し感度変化は無視し得る程度であった。従ってこの現象は明らかに蛍光の fading と考えざるを得ない。紫外線照射による蛍光核の破壊によるものであろうか、断続して照射した方が連続の場合より fading が大きいのは何故だろうか。1 回の蛍光測定に必要な時間は 10 秒以下であるから 100 回の測定では 15 分足らずの紫外線照射時間の筈であるにもかかわらず、fading が大きい結果となっている。この現象については文献にはみられな

Fig. 12. Fluorescence fading by measuring.

いので、更に実験検討を続けるつもりである。しかし、実用上、1つのガラスの蛍光測定は数回以内で終るからこの現象が蛍光ガラスによる線量測定に及ぼす影響については一般に考慮する必要はない。

VI. 総 括

蛍光ガラス線量計による測定値の誤差について

蛍光ガラスは東芝製FD-R1-1、蛍光量は東芝製FGD-3Bを用いて実験検討を加えた。照射放射線はベータロン 15MeV 電子線である。

蛍光量計について

蛍光量計は最大感度にした場合、 ± 0.15 “R” 程後相当の変動がある。主として機械的なガタによると思われる誤差は約 100 “R” の測定時に、 $\sigma/\bar{x} = 1.56\%$ 程度であった。

蛍光ガラスレスポンスについて

15MeV 電子線に対してほぼ $1 \sim 10^3$ “R” に亘ってよい linearity を示した。他の data にみられる 10^4 R までの linearity を示さなかったのは照射した電子線が極めて鋭いパルス状のものであることに関係があるかも知れない。

back ground は約 0.7 ± 0.07 “R” ($\sigma/\bar{x} \approx 10\%$) であって、同じ蛍光ガラスを用いた Cheka の data と比べて一桁低い値を示す。これは蛍光量計の構造の相異によるものであろう。ガラスのみの比較でも東芝ガラスは Schulman ガラスよりかなりよい性能を示す。

蛍光量計の読み、および蛍光ガラスレスポンスについてその値を検討すると、1 “R” の照射でレスポンスは 11.4% の標準偏差を示し、4 “R” で約 8%，10 “R” で約 4.3%，100 “R” で約 3.4% の標準偏差を示し、この値で飽和する。back ground を個別に差し引くようにすれば少ない照射に対してのバラツキはこの値より減少するであろう。

蛍光ガラスによる最小測定可能値は約 1 “R” と考えられる。この値は外国文献に比べて著しく良好である。

著者のこれらの実験値は他の放射線にも適用でき “R” は R または rad と荒い近似で同一と考えてよい。200kV 程度のエネルギー X 線に対しては感度の相異から上記よりややよい性能を示すであろう。

浜崎の報告から、同時に数本の蛍光ガラスを用いることが適当と考えられ、また温度特性も考慮する必要がある。

蛍光の fading

長時間保存のため生じる fading 以外に蛍光量測定時の励起紫外線によると思われる fading にも一応注意をする必要がある。長時間保存による fading は 100 日間に 5% の値を得たが、バラツキが大きくなる。これは個々のガラスにより fading の速さが異なるためと思われる。

以上から、蛍光量計 FGD-3B (東芝) を用い、蛍光ガラス FD-R1-1 (東芝) によって線量測定を行なう場合、ガラスなどの汚染除去、温度特性、fadingなどを十分考慮し、同時に3本以上の蛍光ガラスを用い、約100R以上を測定するようにすれば、その標準偏差は3~4%程度である。また最小測定可能範囲は、約10%の標準偏差を許すならば1R, back groundを個別に測定差し引くようにするならば標準偏差は下げ得るであろう。

蛍光ガラス線量計は、長時間に亘って物理的にも化学的にも比較的安定であること、積算できること、その体積が極めて小さいこと、広い線量域に亘る直線性をもつことなどの利点があり、いくつかの欠点、制約があるにせよ非常に便利かつ有能な線量計であるといえよう。

謝 辞

本研究に終始御助言、御指導を賜った本教室藤野守次教授に感謝致します。また種々御便宜を賜わり、適切な御助言を載いた東芝中央研究所横田良助博士および同研究室の方々、更に実験を手伝って戴いた伊藤敬三技師、その他の方々に感謝致します。

(本研究要旨は第21回日放技学会総会—1965年、東京—で報告した。)

参 考 文 献

- 1) 横田良助他：東芝レビュー，17，1，65-71 (1962).
- 2) YOKOTA, R., NAKAJIMA, S. : Health Phys., 5, 219-224 (1961).
- 3) CHEKA, S. S. : Health Phys., 8, 551-554 (1962).
- 4) 荒居龍雄：日医放学会誌，23，6，753-772 (1963).
- 5) 横田良助他：会議参考資料 (1961).
- 6) CHEKA, S. S. : Health Phys., 10, 303-314 (1964).
- 7) 東芝 FGD-3B 使用説明書
- 8) Bausch & Lomb Optical Co. : The New Bausch & Lomb Microdosimeter System.
- 9) HINE, G. J. et al. : Radiology, 78, 1, 44-(1962).
- 10) SCHULMAN, J.H., et al : J. App. Pyhs., 22, 12, 1479~1487(1951).
- 11) SCHULMAN, J. H., et al. : Nucleonics, 11, 10, 52-56(1953).
- 12) 浜崎寛：産婦人科の進歩，18，2，1-17 (1966).
- 13) BARR, N. F. et al. : Health Phys., 7, 48-53 (1961).
- 14) HODARA, M., et al. : Radiology, 73, 11, 693-706 (1959).
- 15) 横田良助他：会議参考資料 (1963).