

蛍光ガラス線量計に関する2, 3の考察

広島大学原爆放射能医学研究所 障害基礎研究部門
安徳 重敏・砂屋敷 忠・吉永 春馬*

(昭和40年8月17日受付)

Consideration on the application of a fluoroglass dosimeter

By

Shigetoshi Antoku, Tadashi Sunayashiki and Haruma Yoshinaga*

Department of Radiation Biology, Research Institute for Nuclear Medicine and Biology
Hiroshima University

The basic subject of the use of fluoroglass dosimeter for the dosimetry of exposure dose encountered from diagnostic X-ray examination was studied and the following results were obtained.

A glass plate (FD-P8, $8 \times 8 \times 4.7$ mm) is useful for depthdosimetry of diagnostic X-rays the same as an ionization chamber, and particularly, the dose in a small sphere can be measured because of the small volume of the detector.

The conversion factor was 3.53 mR per μ A of the fluorometer for 60 KVp to 80 KVp X-rays, 3.00 mR per μ A for 140 KVp (1.0 mm Al filter) X-rays and 2.80 mR per μ A for 140 KVp (0.2 mm Cu filter) X-rays.

Directional dependency of the glass plate was not observed for Co-60 gamma-rays and was ignored for 180 KVp X-rays but for diagnostic X-rays, it was about 10% in a water phantom and about 40% in air.

The fluoroluminescence rapidly increased until about one day after exposure and tended to a constant value about the 1st to 3rd weeks and then gradually decreased.

緒 言

蛍光ガラス線量計は従来の線量計にくらべて検出部に相当するガラスの容積が小さく、かつ計量回路系と分離して曝射できるので、微少な部分の線量を連続に近い状態で測定することが可能である。このため最近広く使用され始めた線量計である。

しかしガラス線量計が使用され始めて未だ日が浅く、かつその利用も主として蛍光ガラス針を用

いて、放射線治療時にあける病巣線量や深部線量分布の測定に限られているために、蛍光ガラス板の診断用X線の線量測定への実際上の利用に関しては、線質依存性、方向依存性、蛍光量—線量換算係数等多くの問題を残している。

筆者等はX線診断時における被検者の被曝量測定を目的として蛍光ガラス線量計の基礎的研究を行い、診断用X線の線量測定への応用の適否について検討を加え、2, 3の知見を得たので報告する。

材 料

1) 線量計

イ) 蛍光ガラス線量計は東芝製 FGD-38 およ

*九州大学医学部放射線基礎医学教室

* Present address H. Yoshinaga, Department of Experimental Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University

び蛍光ガラス板 FD-P8 (8×8×4.7mm) を使用した。蛍光ガラスとしては、この他に FD-P6 (6×6×4.7mm) および FD-R1 (6×1mmφ) が市販されているが、FD-P8 が最高の感度を持ち、検出可能な線量は診断用X線では、ほぼ30mR から 300R である。連続的な線量分布の測定には FD-R1 の方が FD-P8 よりも容積が小さいので有効であるが、検出感度が低く、一回も曝射していない新しいものでも最低10~20R を必要とするので、X線診断時の被曝線量測定にはあまり適当でない。

ロ) 比較用の電離槽型線量計としてヴィクトーリン製ラドコン (プローブ 601) を用いた。

2) X線照射条件

イ) 装置: 東芝 KXO-8 型

電圧: 60KVp, 70KVp, 75KVp, 80KVp

附加フィルター: 1.0mmAl

ロ) 装置: 東芝 KXO-15 型

電圧: 140KVp

附加フィルター 1.0mmAl, 0.2 mmCu.

結果および考察

(I) 深部線量率の測定

蛍光ガラスは前述した如く、容積が小さいので、深部線量の測定が容易にできる可能性を持つ点で他の線量計にくらべて優れている。しかし深部において線質の変化がある場合はガラスが線質依存性を持つているために充分の精度が期待できない。

第1図に水フアントーム中での、ラドコンによって測定した深部線量と蛍光ガラスの蛍光量の深部における変化を示す。ガラスの蛍光量はラドコンによって測定した線量と同一の傾斜の減弱を示し、両者の比はいずれの深さにおいてもほぼ一定の値が得られた。

Schulman 等¹⁾は、200KVp X線の深部線量測定において電離槽型線量計にくらべてガラス線量計はかなり高い値 (20~40%) を示すことを報告している。一方荒居²⁾は電離槽型線量計とガラス線量計による深部線量は、Co-60 ガンマ線ではほぼ一致した値を示し、200KVp X線では、わずかにガラスが高い値を示すことを報告している。近藤³⁾も荒居と同様に、深部において線質の変化が

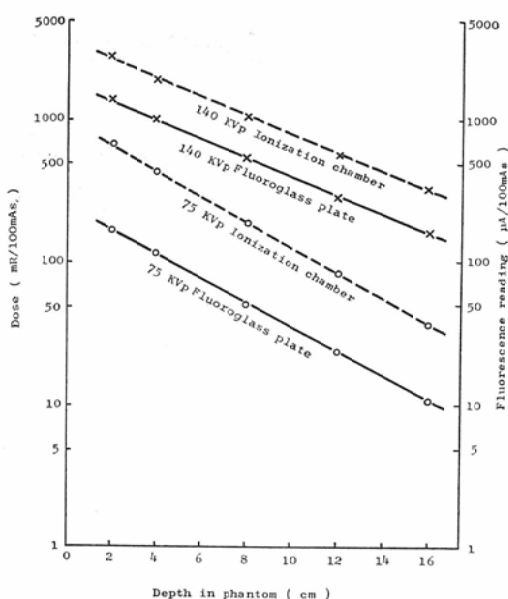


Fig. 1. Comparison of fluorescence reading and ionization chamber dose in phantom.
Fluoroglass plate: FD-P8
Ionization chamber: Radocon

期待され、しかも空中においてガラスが線質依存性を示すにも拘らず電離槽型線量計で測定した値と一致することを報告している。診断用X線の線質領域での散乱線の波長は直接線のそれにくらべて大きな違いがないために、深部治療用のX線の線質域やガンマ線とは異つた意味からも深部において電離槽型線量計と一致することが考えられる。

これらのことは、蛍光ガラスが電離槽型線量計と同じ意味において診断領域のX線の深部線量測定に使用できることを示している。

(II) 蛍光量—線量換算係数

サマリウムの蛍光を利用したガラス線量計の線量—蛍光量更正ガラスは信頼性が乏しい⁴⁾こと、又診断用X線領域でのガラスの線質依存性が大きく、かつ使用X線の線質決定が困難である等の理由から硫酸第一鉄線量計で更正されたラドコン (プローブ 601) を用いて換算係数の決定を行った。硫酸第一鉄線量計による更正は 180 KVp (0.5mmCu+0.5mmAl) のX線を用いて行い、ラドコンの低エネルギー領域の線質依存性は線量計の附表をそのまま使用した。ラドコンの線質依

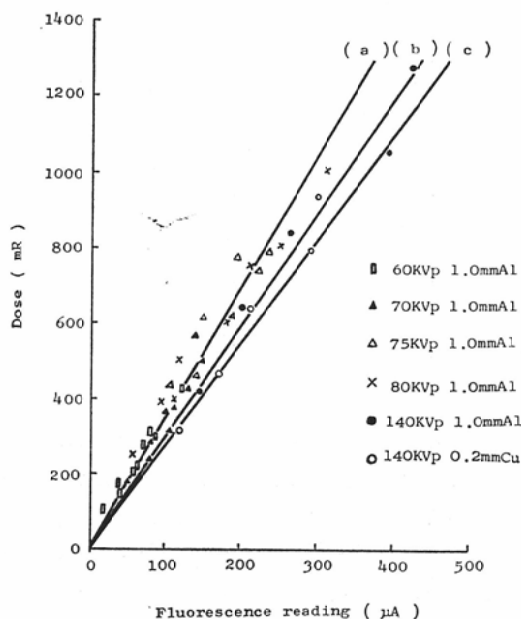


Fig. 2. Fluorescence reading-radiation dose relation curve for diagnostic X-rays.

Conversion factor

- (a) ...3.53 mR/μA, (b) ...3.00 mR/μA,
(c) ...2.80mR/μA

存性も使用X線の線質の決定なしでは知ることができないが、本実験に使用したプローブの線質依存性はガラスやポケットチェンバー等にくらべて遥かに小さく、30KeV～100KeV範囲のX線では半価層から推定される線質を用いても大きな誤差の原因とはならない。

換算係数の測定は水フアントームの6cm深部にラドコンのプローブをおいて測定した線量と同位置にガラスをおいて曝射した時の蛍光量の比較から求めた。

60KVp～80KVp X線の換算係数は3.53mR/μA 140KVp (1.0mmAl) X線では3.00mR/μA, 140KVp (0.2mmCu) X線では2.80mR/μA という値が得られた。(ガラス線量計の光電子増倍管高電圧は約690V)

60KVp～80KVp X線については数回に亘る実験の結果、管電圧の違いによる換算係数に有意の差が得られなかつたので、全ガラスの平均値を採用した。結果を第1表および第2図に掲げる。

低エネルギーX線においては、ガラスのみでな

Table 1 Conversion factors from fluorescence reading to radiation dose for diagnostic X-ray

Tube Voltage	Filter	Conversion Factor
60～80KVp	1.0mmAl	3.53mR/μA
140KVp	1.0mmAl	3.00mR/μA
140KVp	0.2mmCu	2.80mR/μA

く、大部分の電離槽型線量計、フィルム、化学線量計等のいずれの系においても共通して線質依存性を持っているので、ガラス線量計のみの欠点とはいえない。

(Ⅲ) 方向依存性

横田等⁵⁾は45KeV X線およびCo-60ガンマ線に対するFD-P8の方向依存性は無視できることを報告している。一方宮永等⁶⁾は115KeV X線で1mmSnフィルターを附した場合最大30%であることを報告し一定の傾向が得られていない。筆者等の実験においてはCo-60ガンマ線に対する方向依存性は認められなかつたが、診断用X線ではかなりの依存性が認められた。空中において特に著しく、水中においては10%以内であつた。

診断用X線で方向依存性が認められるのはガラス内での入射方向における吸収線量の不均等によるものと考えられ、このことはFD-P8の方向依存性がCo-60ガンマ線で認められず、180KVp X線で無視できるが、わずかに認められることおよびFD-R1がX線に対してもかなり依存性を示すことから説明される。

深部治療用X線におけるFD-R1の方向依存性について荒居⁷⁾は30°, 60°, 90°では同一の感度を示し、0°方向においてのみ約20%の減少を示すことを報告しているが、筆者等の得た結果では60°において最高の感度を示し0°においては90°の約80%の感度を示した。これらの方向依存性はガラスを透過中の減弱と透過距離によつて生ずると考えられるためにかなり複雑となつて来る。結果を第2, 3表に示す。

一方向からのみの曝射の場合の方向依存性についてはある一定の係数を乗ずるのみで充分であるが、回転照射における線量分布を求める際には全方向についての補正が必要となる。

(Ⅳ) 褪色

Table 2 Directional dependency of fluoroglass plate for 75KVp X-rays, 180KVp X-rays and Co-60 gamma-rays

Direction	75 KVp in phantom		75 KVp in air		180 KVp in air		Co-60 gamma-ray in air	
	No. of plates	%	No. of plates	%	No. of plates	%	No. of plates	%
90° →	9	100	8	100	3	100	3	100
45° →	9	96	3	91	3	96	3	98
0° →	9	90	8	59	3	94	3	102

Table 3 Directional dependency of fluoroglass rod for 180KVp X-rays

Direction	No. of rods	%
90° →	5	100
60° →	5	106
30° →	5	92
0° →	5	82

照射後の蛍光量の変化については、ガラス針について Hodara⁷⁾, 近藤⁸⁾, 荒居²⁾等によって報告されている。これ等の結果は決ずしも一致はしていないが、いずれも照射後徐々に増加し数時間乃至1日後に最大値を示すことを報告している。

ガラス板の場合も同様に、照射直後から1日後までは急激な蛍光量の増加がみられ、その後徐々に増加し、10日ないし15日に最大値を示し、20日目頃より徐々に減少の傾向をたどる。ガラス針にくらべてガラス板は感度が高いために照射量が小さい場合は自然放射線の影響で照射後20日に至るも褪色がみられない。非照射ガラスでも自然放射線のためと考えられる蛍光量の変化が認められ、その増加量は20日間で約30%に達する。結果を第3図に示す。

ガラス針の場合は自然放射線は問題にならないが、照射量 (pre-dose を含む) が小さいガラス板では自然放射線の影響がかなり大きいので注意を要する。本実験では測定日を照射後1日目に定め、蛍光量の生長 (growing) や褪色 (fading), 自然放射線が同一条件になる様にして測定を行った。

要約

蛍光ガラス板 (FD-P8) 線量計による診断用X線の被曝量測定に関する基礎的問題について検討

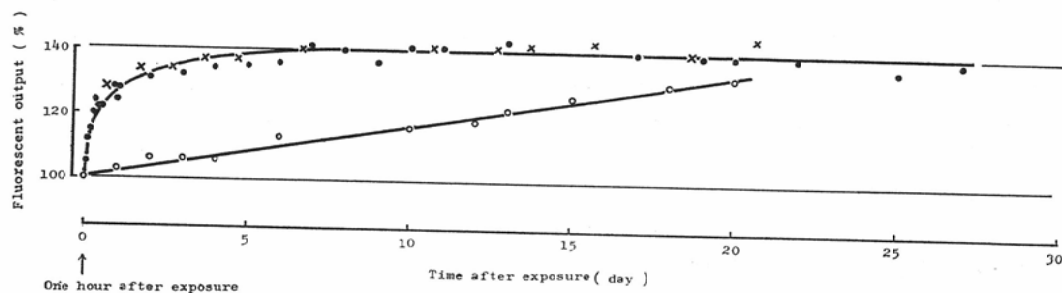


Fig. 3. Change of fluorescent out put of irradiated glass with time after exposure.
Exposure dose (Fluorescence reading)

● 450 mR ($\sim 150 \mu\text{A} \sim$), × 150 mR ($\sim 50 \mu\text{A} \sim$), ○ Unexposed ($\sim 15 \mu\text{A} \sim$)

し、次の結果を得た。

蛍光ガラス板は電離槽線量計と同じ意味において、診断用X線の深部線量の測定に利用できる。特に容積が小さく、測定器本体と切り離して曝射できるので微小範囲の測定が可能である。

蛍光量—線量換算係数は60KVp から80KVp X線については $3.53\text{mR}/\mu\text{A}$ 、140KVp (1.0mmAL) X線では $3.00\text{mR}/\mu\text{A}$ 、140KVp (0.2mmCu) X線では $2.80\text{mR}/\mu\text{A}$ であつた。

方向依存性は Co-60 ガンマ線では認められず、治療用X線では認められるが無視できる程度である。しかし診断用X線では、ファントム中で10%、空中で約40%の依存性を示す。

蛍光量は照射後1日目までは急激に増加し1週

目より3週目の間はほぼ一定の値を示し、その後徐々に減少する。

文 献

- 1) H.W. Etzel, D. Krik, and J.H. Schulman: R. A-DET 8, 2, 49—56 (1955).
- 2) 荒居竜雄：日本医放会誌，23，753—772 (1963).
- 3) S. Kondo: Health Physics 7, 25 (1961).
- 4) 安河内浩，樋口竜夫：日本医放会誌，23，234 (1963).
- 5) 横田良助，中島三郎，上杉泰男：東芝放射線資料，No. 45，6—12 (1962).
- 6) I. Miyanaga, and H. Yamamoto: Health Physics 9, 965—972 (1963).
- 7) M. Hodara, M. Friedman, and G.I. Hine: Radiology 73, 11, 693—706 (1959).