高エネルギーX線テレビ用蛍光板

名古屋市立東市民病院
沢 田 武 司
東芝電気株式会社砂町工場
山 本 敏 雄
東芝電気株式会社玉川工場
松 井 実

THE PROPERTIES OF SEVERAL KINDS OF SCREENS FOR HIGH ENERGY X-RAY TV

by Takeshi Sawada

Nagoya East City Hospital

by Toshio Yamamoto

Tokyo Shibaura Electric Co. Ltd., Sunamachi work

by Minoru Matui

Tokyo Shibaura Electric Co. Ltd., Tamagawa Work

Summary

We discussed the characteristics of the screens in order to develop the TV apparatus for high energy X-ray. This X-ray TV apparatus was used to check the irradiated field during irradiation. Our device was equipped with a screen and an ultra-sensitivity TV camera (Silicon-electron multiplication). We investigated the following problems of several kinds of screens, because we considered the property of the screen played an important role in case of high energy X-ray. These were the relation between the brightness of screens and the dose of high energy X-ray or the thickness of Pb-foil. Here we reported our results of measurements on characteristics of screens in this paper.

1. 緒 言

ライナック治療中照射野確認のために、超高感度テレビカメラと蛍光板との組合せ方式によるX線テレビ装置を開発する目的で高エネルギー用蛍光板の検討を行なった。使用する蛍光体は放射線用として一般に使用されている ZnCdS:Ag , ZnS:Ag , $\text{BaSO}_4:\text{Pb}$, CaWO_4 等で、その蛍波長及び残光特性を変化させた場合のテレビ画像に及ぼす影響や、鉛ベースの厚みと照射エネルギーの変化による画像への影響を調べた。これらの結果から高エネルギー用蛍光板を試作し、実験によってその実用性が認められたので報告する。

尚、本実験には最近開発された超高感度形SEMテレビカメラ (Silicon electron multiplication) を使用した。

2. 実験材料及び方法

- 1) 放射線源: LMR-13型ライナック (東芝製)
エネルギー, 8, 10, 12MeV
- 2) ファントム: Mix-Dp, ランドファントーム
- 3) 蛍光板: ZnCdS:Ag , ZnS:Ag , $\text{BaSO}_4:\text{Pb}$
 CaWO_4 .
- 4) 鉛スクリーン: 0.5~22mm
- 5) その他使用機器: PI-2型極微照度計
GV-201C型VTR

(方法) ライナック照射野監視用X線テレビ装置蛍光板開発のための蛍光板の輝度測定及びテレビモニターによる画像について検討した。ライナックX線照射による蛍光板の輝度は極めて低照射度の測定となるので、反射鏡を使わずに直接測定を行う予定であったが、一次線錐の影響により指示計のバックグランドが十分除去できなかったため一次線錐から離しテレビカメラと同位置で行なった。照度測定時は蛍光板の発生面積を $90 \times 90 \text{ mm}^2$ に絞って暗箱内の反射を少くするようにした。(図一(1))。測定条件は鉛スクリーン、Mix-Dpの厚み、X線エネルギー、X線量の変化と各種蛍光板の輝度を比較した。また、蛍光透視像のテレビカメラによるモニター画質との対応を検討した。

図1 実験配置

3. 実験結果

(1) 鉛スクリーンの厚さについて

鉛スクリーンと Mix-Dp の厚さと照度の関係及び Mix-Dp をファントムにしたときの鉛スクリーンと照度の関係は夫々 図一(2) の如くである。蛍光体 ZnS : Ag で 10 MeV X線 200 R/min における測定最大照度は、 $1, 15 \times 10^{-3} (\text{lx})$ であった。この明るさは本実験の SEM テレビカメラで十分余裕のある明るさであり、治療使用線量範囲内 (300 R/min ~ 200 R/min) に収まり実用出来た。鉛スクリーンの厚みは 1 ~ 3 mm 間に輝度のピークがありビルドアップを認めた。実際にビルドアップ補正用としての鉛スクリーンの厚さは、10 MeV X線で 1.5 mm 程度が良いと考える。鉛スクリーンを使用した時はビルドアップ効果は認められなかった。

最終的に蛍光板を選ぶに対して、蛍光体の種類により

発光スペクトルが異なるので、例えば、ZnS 4300 Å, CaWO_4 4120 Å, ZnCdS : Ag 5300 Å 等の発光ピークを持つため、テレビカメラ部撮像管の分光特性 (S 20 光電面ピーク 7430 Å) に合わせる必要があった。

図2

(2) 蛍光体の種類とX線エネルギーについて

蛍光物質の違いによる鉛スクリーンと照照度の関係は 図一(3) の如くである。明るさの順位は ZnS : Ag, ZnCdS : Ag, CaWO_4 である。何れも輝度的には不足はないが、画質は極めてフラットでエネルギー依存性は殆んど認められず、三種類の蛍光体の差異もない。ただ、残光

図3

性蛍光体を使用したものは残像が長く、コントラストが低下きみであるので、回転照射中のTV画像を考えると不適当であった。照度目盛は相対比較値とした。但、照度的な特性をZnS:AgとZnCdS:Agがほぼ等しいとみると、ファントームが無い時は明るさのエネルギー依存性が大きく、有る時は殆んど依存性がなくなる。

(表-1)・

表1 照度とエネルギー依存性

エネルギー [MeV]	照 度 (相対値)		
	Mix-Dp 25mm	Mix-Dp 100mm	Mix-Dp 175mm
8	21	16	11.8
10	21.5	17	12.5
12	22	17.5	13

鉛スクリーン: 1.5mm

線 量: 100R/M

(3) 蛍光体の種類とコントラスト

蛍光体の材質によるコントラスト優劣順位は、モニター画像とVTR画像を比較した結果、ZnCdS:Ag, ZnS:Ag, CaWO₄で照度の測定データとはほぼ一致した。但し鉛スクリーンは1.0mmを使用した。(図-4), また、鉛スクリーンの厚さがコントラストに与える影響は0.5~6mm程度変化しても肉眼では、はっきりした差が認められない。蛍光体に鉛スクリーン10mmを加えて人

図4

体ファントームをテレビ装置で観察したときの画質優劣順位は、ZnS:Ag, ZnCdS:Ag, CaWO₄であった。日常子どもが放射線治療に採用しているエネルギーは10MV X線であるが、これを8MV, 6MVと低い領域を用いるとコントラストが上昇した。しかし、超高圧領域では本来被写体コントラストが低いので、TV画像においてもコントラストは増強されないが、幾らかでも良いとの考えから、蛍光体の発光スペクトルを修正するために色フィルターをカメラ部の前面に取りつけて撮像したが効果はなかった。また、X線照射中に含まれる電子線の効果がコントラストに悪影響を及ぼすのではないかと考え、電子線による蛍光体の明るさを測定した。その結果、電子線による明るさはX線に比べて約1/40に低下し、直接にTV画像には影響していないと考える。

(4) 解像力について解像力テストチャートとして鉄材試験として、鉄材を吸収体として厚み200mmでは6mmφ丸棒の検出が限界であった。又、被写体を用いた場合にはアクリライト段階に10mmφ及び5mmφの孔が十分

写真1 10mm 5mm

写真2 ドライバーロニッパー

検出可能であった。(写真-1))

又、被写体として頭部ランドファントームを使用した所、側面像の概観像が良く認める事が出来たが、蛍光板の違いによる画質の変化は顕著に認められなかった。

(5) TV画像について

写真3 頭部ファントーム正面像

写真4 頭部ファントーム側面像

写真5 胸部ファントーム左側

今回私どもが試作した照射野確認用のX線テレビ画像を示す。(写真2~5) この条件は10MV X線 200R/min 照射中の監視用 テレビ画像を 35mm フィルムで撮影したものである。

4. 考 察

(1) 全般に吸収体コントラストが低い原因としては、物質の吸収係数に対して透過エネルギーが大きいため止むをえないと考えられる。少しでもコントラストを高めるために蛍光膜の光吸収、及びテレビカメラへの色フィルター装着を行っても顕著な効果が得られなかった。

(2) 残光性蛍光体は実用上特に運動照射のとき残像が問題となった。

(3) 鉛スクリーン、Mix-Dp 等の吸収体を用いた時の蛍光板発光輝度は、線量測定と同様なビルドアップ特性が認められた。

(4) 図一(2) から分かるように鉛スクリーンは出来るだけ薄いほうが有利である。

(5) 解像力としてTV受光面でペネトラ4本/cm 検出可能で、アクリライトによるテストでは5cmφの孔が十分確認できた。

5. 結 語

高エネルギー X線 テレビ蛍光板用 蛍光体 としては、ZnCdS: Ag, ZnS: Ag, CaWO₄ 等が使える。また、ある程度の鉛スクリーンを付加したものが画質的に向上する。

今後臨床面でのデーターを参照の上検討を進めたい。

6. あとがき

蛍光板の諸特性を確認する実験の開始に当っては、文献等について、愛知県がんセンター放射線部北川部長にいろいろお世話になったことを感謝いたします。

文 献

MALVEN R., ROSENGREN B., WALLMAN H. FIELD CONTROL IN ROENTGEN THERAPY WITH A 5 MeV LINEAR ACCELERATOR BY MEANS OF TELEVISION. Acta Radiol. Ther. Phys. Biol. 7(1968), 462.

BENNETT, ROSENGREN B., WALLMAN H. and NETTELAND. TELEVISION MONITORING OF 30MV X-RAY BEAM. Phys. in Med. Biol. 7(1962), 29.