

6 Mv X 線の線量分布

放射線医学総合研究所物理部

平 岡 武 川 島 勝 弘
星 野 一 雄 松 沢 秀 夫

(昭和39年10月28日受付)

Dose distribution for 6 Mv x-rays

By

T. Hiraoka, K. Kawashima, K. Heshino and H. Matsuzawa
Physics Division, National Institute of Radiological
Sciences, Chiba, Japan

X-rays from a linear accelerator which nominal energy is 6 Mev are employed for the experiment. The effective energy of 1.4 Mev for the x-rays is deduced from a measurement of a half value layer with lead. The measurements of isodose charts are made using an automatic isodose plotter with a thimble ionization chamber in a water phantom. Field sizes used for the measurements are from 4×4 -cm to 20×20 -cm at F.S.D. 100cm, including several rectangular fields.

In particular, depth dose curves near the surface of a medium are examined with a parallel plate ionization chamber in Lucite. It is thus deduced that the maximum dose in water occurs at 10 to 11mm depth below the surface and the surface dose is about 15 per cent to the maximum ionization taken as 100 per cent.

The measured central axis depth dose curves for rectangular fields are compared with those estimated from an equivalent field method. The good agreement between the experiment and the equivalent method shows that the latter is applicable to 6 Mv x-rays.

I. 緒言

近時高エネルギー放射線を治療に利用する頻度は可成り増加しているが、この場合線量分布に関する基礎データを欠くことはできない。我々は、線型電子加速器から放射される 6 Mv-X 線について水ファントム中の線量分布および表面附近の build-up などを実験的に検討したので報告する。

II. 6 Mv-X 線

X線源は 6 Mev 線型電子加速器 (Vickers 社製) である。X線 target は厚さ 1.52mm のタングステン, target 面における焦点の大きさは直径 2 mm の円である。beam flattening filter は真鍮製

で、中央部の厚さは 8 mm の円錐形である。この X 線の半価層は鉛 11.5mm と測定された。したがって、鉛の線吸収係数は 0.6026 cm^{-1} , X 線の実効エネルギー(平均の光子エネルギー)は 1.4 Mev である。焦点から 100cm の距離における X 線出力の定格は 200r/min であるが、以下の実験は 100 r/min 前後の出力で行った。

III. 線量分布

(a) 表面附近の線量分布

水ファントム中の表面附近における線量分布を普通の thimble chamber で正確に測定することは難しいので、平行平板電離箱 (parallel plate

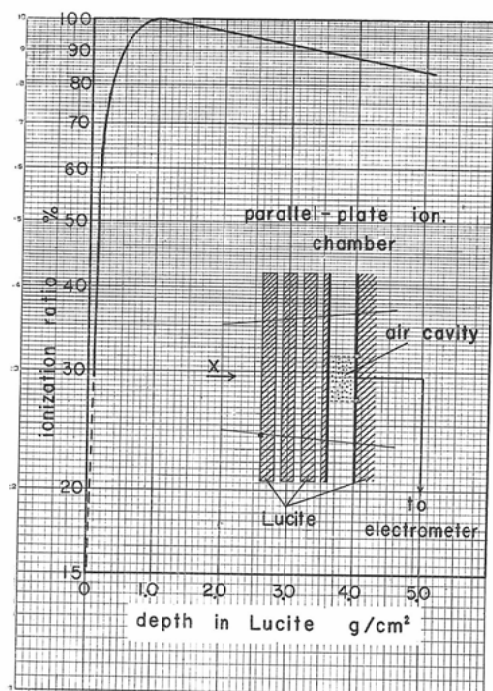


Fig. 1. Dose distribution below the surface of phantom. The relative ionization is a function of added thickness of Lucite.

ionization chamber) を用いルサイト中で測定した。この電離箱は内面にアカダツク(aquadag)を薄く塗布した1対のルサイト板を平行に向い合せたものである。前壁を高压電極、後壁を集電極およびそれを取りまく保護電極とし、電極間隔は自由に変えられる外挿型電離箱である(Fig. 1 参照)。本実験では、電極間隔を5 mm、集電極は直径2 cmの円としたので、電離空間に相当する air cavity の大きさは20 mm ϕ $\times$ 5 mmである Fig. 1 に示す如く電離箱の前壁側に薄いルサイト板を順次重ねた時集電極に集められる荷電を振動容量電位計 (Applied Physics Co. Model 31) で測定した。照射野10 $\times$ 10 cmの場合、それぞれの前壁の厚さ (g/cm²) に対応する電離値の相対比を plot すると Fig. 1 の曲線が得られた。深部率の最大は表面下 1.0 ~ 1.1 g/cm² の深さに亘って偏平に存在する。したがって水ファントム中では深さ 10 ~ 11 mmに深部率の最大があると考えられる。こ

れは次項 (b) の実験においても確かめられた。また、build-up 曲線を表面まで外挿し、表面線量が最大深部率の約15%であろうと推定した。

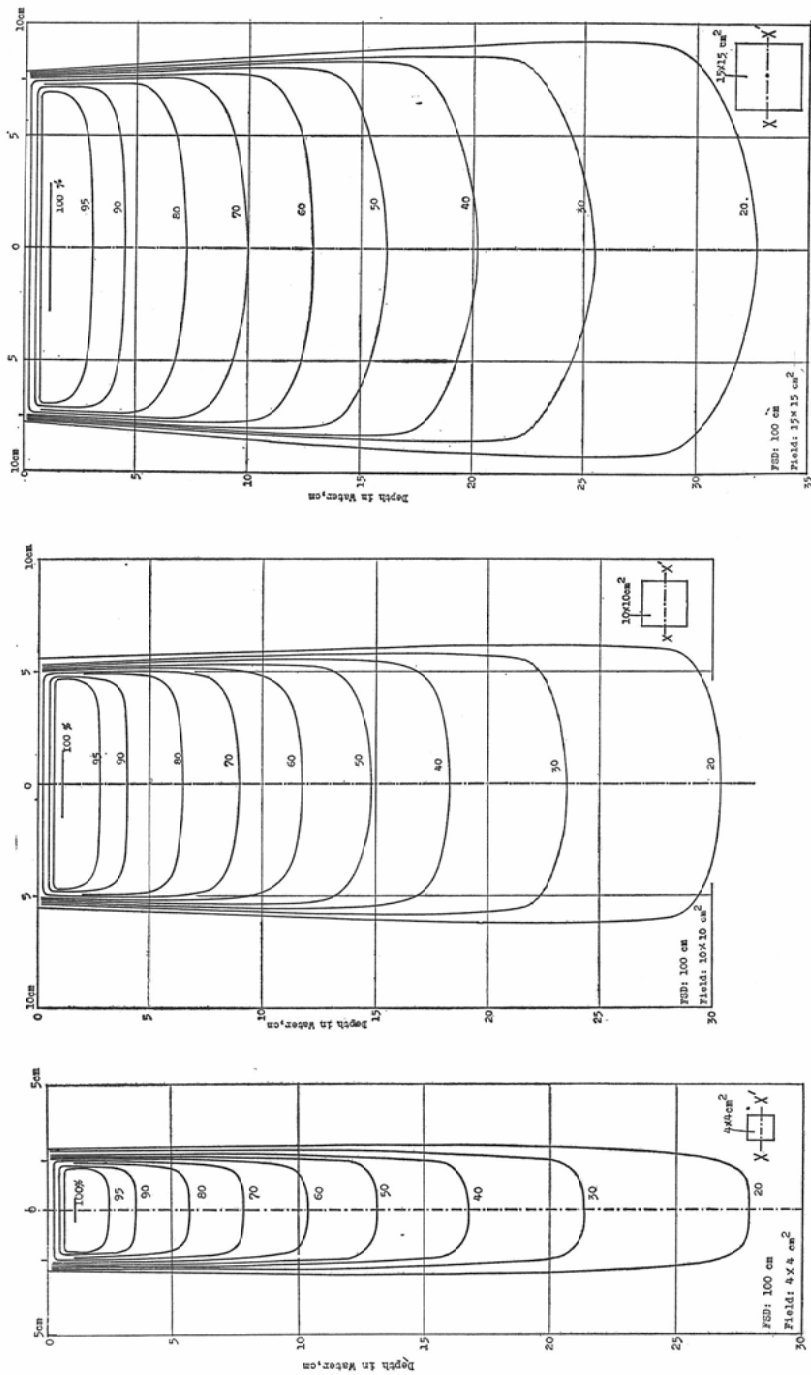
(b) 水ファントム中の線量分布

厚さ5 mmのルサイト板で作った40 $\times$ 40 $\times$ 50 cmの容器に水を満したものを水ファントムとして用いた。X線は40 $\times$ 40 cmの面の中心部に垂直に側方から入射させ、焦点・表面間距離を1 mに固定して等線量曲線を測定した。表面における照射野は4 $\times$ 4 cmから20 $\times$ 20 cmまでの間で11種類の大きさを選んだ。たゞし幾可学的照射野である。測定に使用した thimble chamber は東芝深部線量計 (air cavity は約 0.3 cc) である。水ファントム中の等線量曲線は線量分布自記装置 (東芝製) によって自動的に追跡記録された。

Fig. 2 は照射野が4 $\times$ 4 cm, 10 $\times$ 10 cm, 15 $\times$ 15 cmの正方形の場合 central ray を含む水平面内で得られた等線量曲線群である。たゞし表面近傍の線量分布は前項Ⅲ (a) の結果から推定した。この他、照射野が5 $\times$ 5 cm, 5 $\times$ 15 cm, 6 $\times$ 6 cm, 7 $\times$ 7 cm, 8 $\times$ 8 cm, 8 $\times$ 15 cm, 12 $\times$ 12 cm, 20 $\times$ 20 cmの場合についても同様の方法で等線量曲線を測定し、原付大の Isodose chart を作った。Fig. 2 に見られる如くX線錐の周縁部が sharp である理由は、焦点が小さい (2 mm ϕ) ので半影が少いこと及び高エネルギー光子の側方散乱が少いことなどによると考えられる。これは放射線治療のために好都合な特性であろう。

Fig. 3 は central ray に沿つての深部率を6 Mv-X 線と ⁶⁰Co- γ 線¹⁾ とで比較した結果である。6 Mv-X 線では、深部率最大の深さは⁶⁰Co- γ 線よりも深くまた同一照射野に対する深部率も⁶⁰Co- γ 線より大きい。しかし、深部率の照射野依存性の程度は⁶⁰Co- γ 線にほぼ同じである。

次に照射野が矩形野の場合を検討した。即ち central ray を含む矩形野の短い辺に平行な平面 (Fig. 4 の Y-Y' 面) 内における等線量曲線と正方形野 (辺の長さが矩形野の短辺に等しい) の X-X' 面における等線量曲線とを比較した。Fig. 4 に例をあげる。Fig. 4(a) は5 $\times$ 5 cm, と5 $\times$ 15 cm, Fig. 4(b) は8 $\times$ 8 cmと8 $\times$ 15 cmの場合の



(a) (b) (c)
 Fig. 2. Isodose curves in water phantom for 6 Mv x-rays; FSD 100 cm. Field size: (a) 4×4 cm,
 (b) 10×10 cm and (c) 15×15 cm

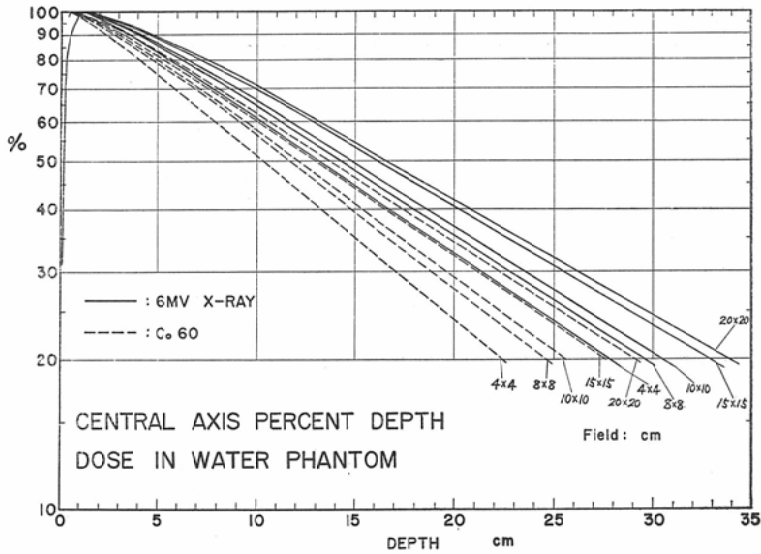


Fig. 3. Axial percentage depth dose in water plotted as a function of depth for 6 Mv x-rays and Cobalt-60 γ -rays: FSD 100cm. The variation of the percentage depth dose with field size is also shown in the figure.

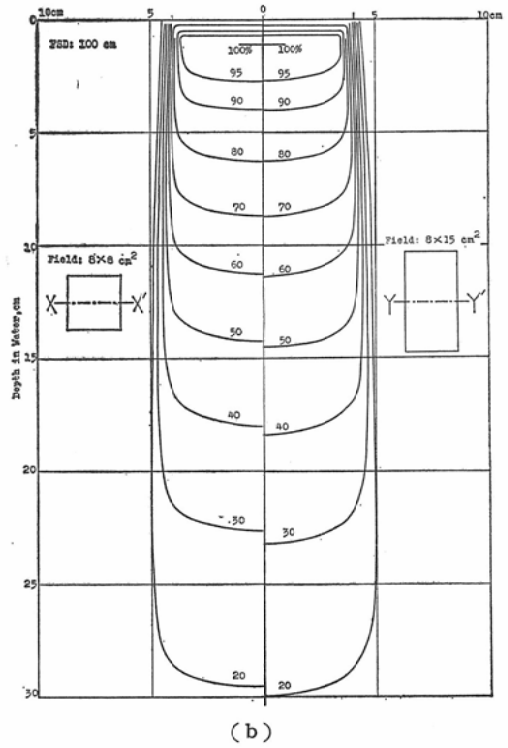
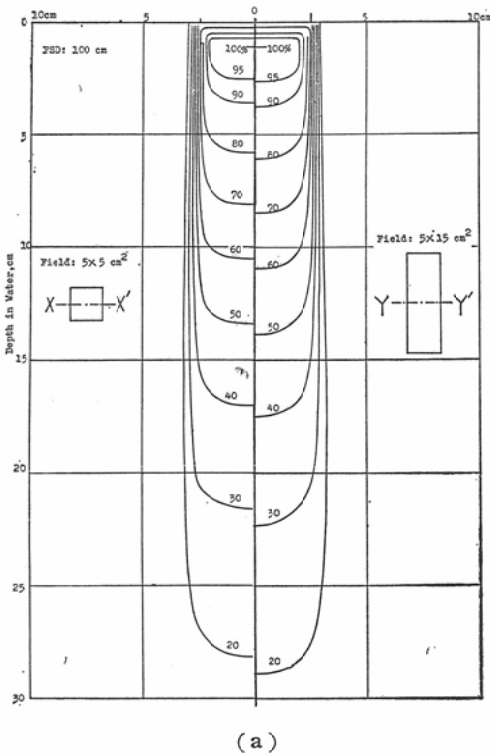


Fig. 4. Comparison of isodose curves for (a) 5x5 cm square and 5x15 cm rectangular fields and (b) 8x8 cm square and 8x15 cm rectangular fields, 100cm FSD.

Table 1. Central Axis Percentage Depth Dose in Water: 100 cm FSD

Field size, cm	Experimental 5 × 15	Equivalent square 7.5 × 7.5 ^{*)}	Ratio Equiv. squ. Experimental	Experimental 8 × 15	Equivalent square 10.3 × 10.3 ^{*)}	Ratio Equiv. squ. Experimental
Depth, cm	(A)	(B)	(B) / (A)	(C)	(D)	(D) / (C)
5cm	84.0%	84.8%	1.01	85.3%	86.4%	1.01
10	62.8	63.9	1.02	65.0	66.4	1.02
15	46.5	47.5	1.02	48.6	49.8	1.03
20	34.4	35.2	1.02	36.1	37.1	1.03
25	25.5	26.1	1.02	27.0	27.8	1.03
30	18.8	19.4	1.03	20.1	20.9	1.03

*) : estimated from Day's table¹⁰⁾

分布の比較である。ただし、FSDは1mである。さて、矩形野の深部率 (central ray に沿う深部率を意味する。以下同様) を円又は正方形野の深部率から間接的に推定するための equivalent fields (円および正方形) の表が Day²⁾ によつて編纂されている。このうち equivalent circle については、4 Mv 以下の X 線³⁾, ⁶⁰Co-γ 線⁴⁾ および ¹³⁷Cs-γ 線⁵⁾ などに対しその有用性が実験的にも確かめられている。equivalent square 6 Mv-X 線に対しても Day の表が妥当であろうか。彼の表によれば、5 × 15cm, 8 × 15cm の矩形野はそれぞれ一辺が 7.5cm, 10.3cm の正方形野に等価である。これらの正方形野に対する深部率を我々の実験結果 (Fig. 3 参照) から内挿法で求めると Table I の (B), (D) 列に示す値が得られた。これは実験値 (A), (C) に比してやや大きい。2 ~ 3% の誤差を許容すれば実験値に一致すると云えよう。従つて Day の equivalent square の表は 6 Mv-X 線についても実際上有用であると考えられる。

IV. 結論

6 Mv-X 線の水ファントム中の線量分布を電離箱で測定し、4 × 4 cm ~ 20 × 20 cm の照射野について central ray を含む主平面内の standard isodose chart を得た。ただし焦点・表面間距離

は 1m である。また平行平板電離箱を用いて表面附近の線量分布を測定し、6 Mv-X 線の最大深部率は表面から 10 ~ 11 mm の深さにあること及び表面線量は最大深部率の約 15% であることを知った。他方、矩形野の線量分布について我々の測定結果と equivalent field 法による推定値とを比較検討し、equivalent field 法が 6 Mv-X 線にも適用できることを実験的に確めた。

(本論文の要旨は昭和39年5月第23回日本放射線学会総会において発表した。)

文 献

- 1) L.A.W. Kemp and M. Cohen: Depth dose tables for use in radiotherapy, section 6, gamma rays; cobalt-60 teletherapy units. Brit. J. Radiol. Suppl. 10, 51, 1961.
- 2) M.J. Day: The equivalent field method for axial dose determinations in rectangular fields. Brit. J. Radiol. Suppl. 10, 77, 1961.
- 3) D.E.A. Jones: Axial surface and depth doses for elongated rectangular fields. Brit. J. Radiol. 32, 352, 1959.
- 4) L.A.W. Kemp and J.E. Burns: Physical measurements on the London Hospital Picker C 3000 Cobalt unit. Acta Radiol. Stockh. 49, 471, 1958.
- 5) J.E. Burns et al.: A kioicurie Cs-137 beam unit at Westminster Hospital. Brit. J. Radiol. 32, 215, 1959.