



Title	フィルムによる $^{60}\text{Co}$ $\gamma$ 線の等線量曲線の測定
Author(s)	恒元, 博; 小池, 幸子; 古川, 重夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1966, 26(7), p. 876-881
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17579">https://hdl.handle.net/11094/17579</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## フィルムによる $^{60}\text{Co}$ γ線の等線量曲線の測定

放射線医学総合研究所 臨床研究部

恒元 博 小池 幸子 古川 重夫

国立長崎病院放射線科

楠 本 五 郎

東芝玉川工場

栗 原 重 泰

(昭和41年9月1日受付)

Film Dosmetry of Cobalt-60 Beam Radiations

by

Hiroshi Tsunemoto, Sachiko Koike, Shigeo Furukawa

Department of Clinical Investigation, National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan.

Goro Kusumoto

Department of Radiology, National Hospital Kure, Hiroshima Japan.

The measurements of the isodose curves utilizing exposed film are useful in the planning of the radiation therapy. This can be obtained from iso-density curves of the film exposed to  $^{60}\text{Co}$  beam radiations. In order to obtain the accurate isodose curves from film dosimetry, however, the films with linear characteristic curves need to be used. The direct linear conversion from film response to exposure should be considered to be particularly important when films are scanned and the data transcribed automatically on a recorder.

In this report, an attempt has been made how to measure isodose curves from film accurately.

### Experimental conditions and results:

In this experiment, three types of films were selected. These were Fuji Industrial Type 80, Sakura Industrial Type R and Kodak Industrial Type M, by which observed were the linear responses between film density and exposure dose. By placing a film between Mix-D phantoms or Acrylite phantoms in either condition of fixed or moving fields, it was exposed by  $^{60}\text{Co}$  beam radiations. Comparison of the differences in dose distribution between film dosimetry and ionization chamber was made.

- 1) In the fixed exposures, the differences of the two methods became larger when wider fields were used. This became lesser by using thinner phantoms. In this experiment, 25 mm thick phantoms were most adequate for the above purpose.
- 2) In the moving field exposures, most of the dose distributions measured by the films and by the ionization chamber showed coincidence.
- 3) The isodose curves of the  $^{60}\text{Co}$  beam radiations can be measured by film with more accuracy, if one considers the facts mentioned above.

Combination of the isodose plotter and photodensitometer is clinically convenient, as the curves can be recorded automatically by utilizing the exposed films.

## 緒 言

照射したフィルムの等黒化度曲線より等線量曲線、および線量分布を求める方法は、操作が比較的簡単なので広く用いられている。しかし、フィルムには、線質依存性が極めて高いという本質的な特性があるために、正確な結果を得ることは甚だ困難である。

反面、臨床的な応用面の広さも見過すことができず、厳重な条件のもとに、実用化への努力はなわれている。

今回、フィルムによる線量分布測定の問題点につき検討を加えた。

## 実験方法

### 1) フィルムの Density-dosage curve の作製：

照射したフィルムより等線量曲線を求め、更にその合成を行う時には、直線に近い特性を有するフィルムが必要である。特に、フィルムの等黒化度曲線より等線量曲線を自動的に記録する時には、直線性の特性は不可欠の条件となる。

今回の実験では、富士工業用 Type 80, サクラ工業用 Type R, Kodak 工業用 Type M, 富士パッチフィルム HM, および HM-B の 5 種類のフィルムを選び、線量と黒度の関係を調べた。

黒ビニールで包んだ  $3 \times 4 \text{ cm}$  大のフィルムを厚さ 5 mm のアクリライト板で挟み、 $^{60}\text{Co} \gamma$  線を垂直に照射して線量と黒化度との関係を求めた。

フィルムの現像は以下の如き条件で行なつた。富士パッチフィルム HM-B は D-76 現像液を用いて  $20^\circ\text{C}$  7 分間、それ以外のフィルムは富士レンドール現像液を用い  $20^\circ\text{C}$ , 5 分間現像を行ない、定着、乾燥した。

黒化度の測定は、東京光電式濃度計（透過用）を用いて行つた。

### 2) 等線量曲線、および線量分布の測定：

フィルムの照射は、厚さ 2 mm の黒アクリル製カセットを用いて行ない、フィルムの密着性を保つた。

即ちカセットに入れたフィルムを黒紙または黒

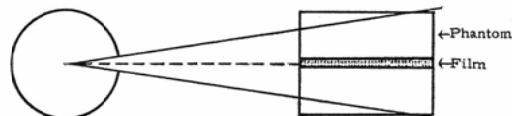


Fig. 1 Experimental condition for exposure of the film. The film was exposed to the radiation beam in parallel condition.

ビニールで包み、Fig. 1 に示すような条件で Beam に平行な位置で照射を行なつた。ファントームとしては、水ファントーム、アクリライト、Mix-D を用い、ファントームの厚さを変えて照射を行つた。

#### a) 深部線量および線量分布

固定照射の場合は、フィルムより求めた深部線量を電離槽による測定値と比較し、運動照射ではフィルムにより求めた縦軸、横軸の線量分布を Siemens 小型コンデンサー電離槽による測定値と比較した。

#### b) 等線量曲線

等線量曲線は、東芝製等線量曲線自記装置と、フィルムを走査しやすいように試作した日本光電研究所製濃度測定装置 DM-3 型を組合せ自動的に記録した。

Fig. 2 は等線量曲線自記装置の Brock Diagram で、測定値を % 每に打点として記録することができる。即ち走査用線量計の出力を  $E_1$ 、モニター

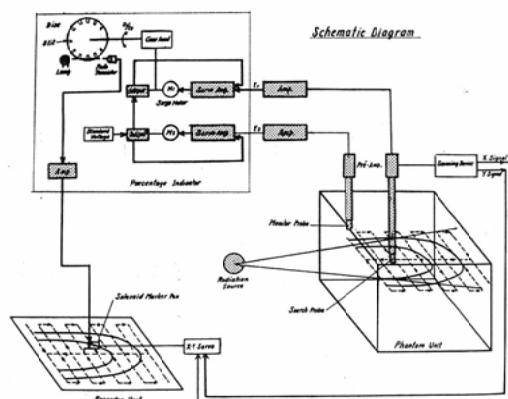


Fig. 2 Schematic diagram of the automatic isodose plotter.

用線量計の出力（定出力の場合は電圧）を  $E_2$  とすると、回転 Disc は  $E_1/E_2$  の値に応じて回転する。Disc 前後に光源とフォトトランジスタがあり、光が Disc のスリットを通して通過する時に信号を発し、記録装置のマークペンが打点する。

この際、濃度測定装置の出力を  $E_1$  とすると、濃度の変化を記録装置上に打点として記録し、等黒化度曲線より等線量曲線を作製することができる。

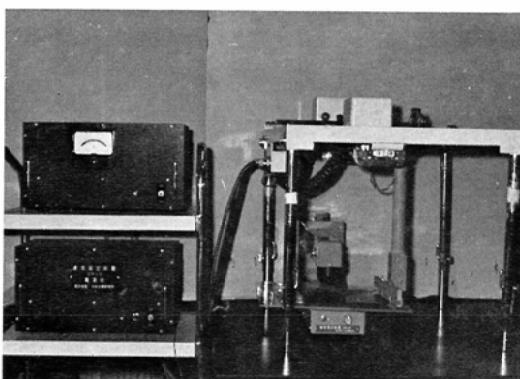


Fig. 3 Experimental arrangement for automatic measurements of the film density.

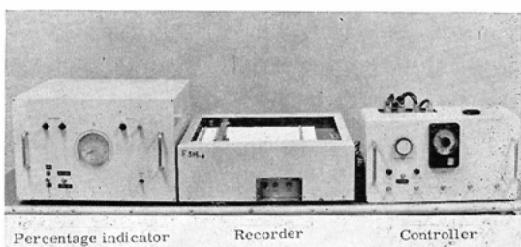


Fig. 4 Automatic isodose plotter.

Fig. 3 は等線量曲線自記装置の駆動装置に取りつけたフィルムの濃度を自動的に測定しているところで、結果を Fig. 4 の記録装置上に記録する。

### 結 果

#### 1) フィルムの Density-dosage curve

実験に使用した 5 種類のフィルムの Density-dosage curve を Fig. 5 に示す。富士工業用 Type 80, サクラ工業用 Type R は 20R で黒化度 3 まで、Kodak 工業用 Type M は 50R で黒化度 3 まで略々直線に近い関係を示す。富士パッチフィルム HM, および HM-B は共に大線量の照射が

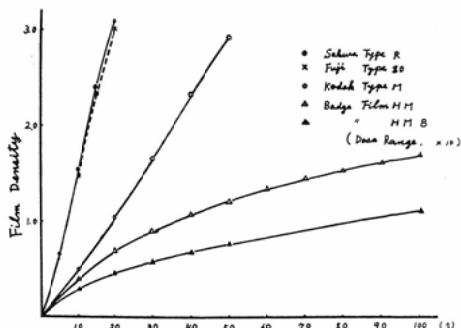


Fig. 5 Density-dosage curves for  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -rays.

可能であるが、直線性については前三者より劣っている。

線量分布、および等線量曲線の測定には、主としてパッチフィルムを除く 3 種類のフィルムを用い、固定照射の場合には富士工業用 Type 80, およびサクラ工業用 Type R を、運動照射の際に Kodak 工業用 Type M を使用した。

尚、これらのフィルムの方向依存性は、 $90^\circ$  方向で約 80% であった。

#### 2) 等線量曲線、および線量分布

##### a) 固定照射

フィルムおよび電離槽により測定した深部線量を比較すると、両者の開きは Fig. 6 に示す如く照射野が大きくなる程大きくなる。

また、ファントームの厚さを変えた場合の結果は、Fig. 7 に示すように、丁度ファントームの厚さを 25mm 程度とした時に両者の差が比較的少なくなった。

次にファントームの厚さを 25mm とした時、および充分厚いファントームを用いた時の等線量曲線

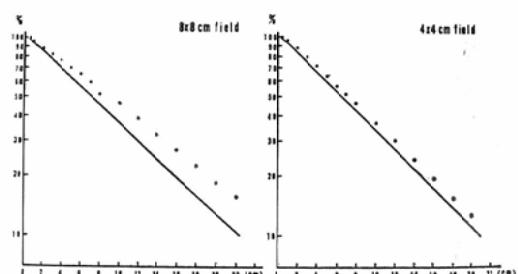


Fig. 6 Comparison of the central axis depth dose. ( $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -rays, SSD 25cm)  
— Ionization chamber, ... Film

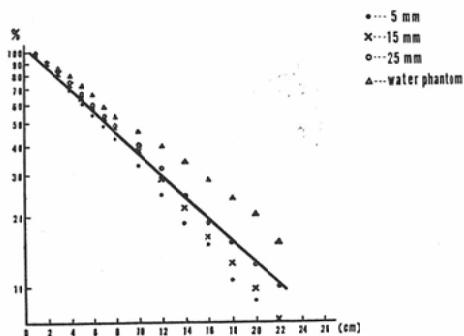


Fig. 7 Comparison of the central axis depth dose, between the ionization chamber and various thickness of phantoms. ( $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -rays, SSD 25cm, 88cm field)

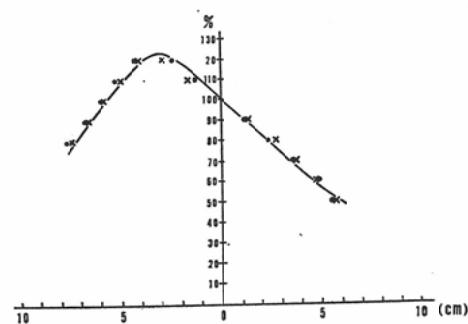


Fig. 10 Distribution of the dose acrossing through the axis of rotation  
(120° Pendel)

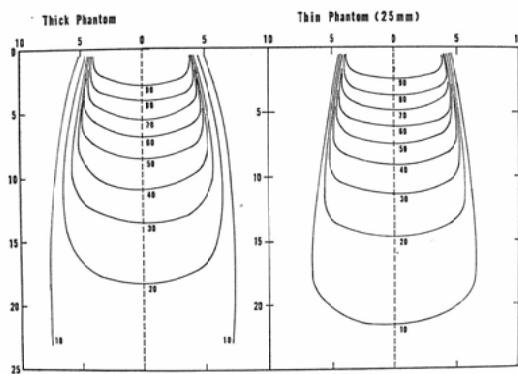


Fig. 8 Isodose curves for  $^{60}\text{Co}$ , 8×8cm field, SSD 25cm (SAKURA Industrial Type R)

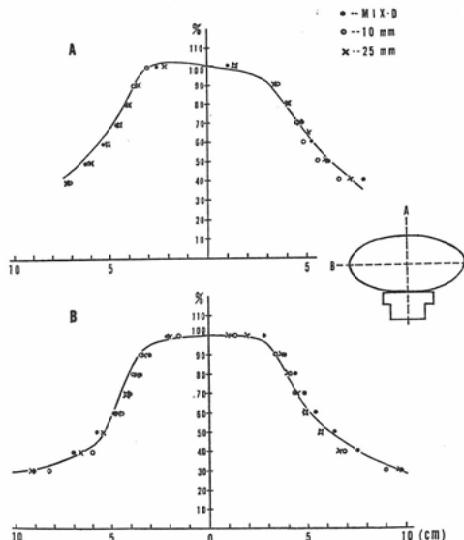


Fig. 9 Distribution of the dose acrossing through the axis of rotation  
(360° Rotation)

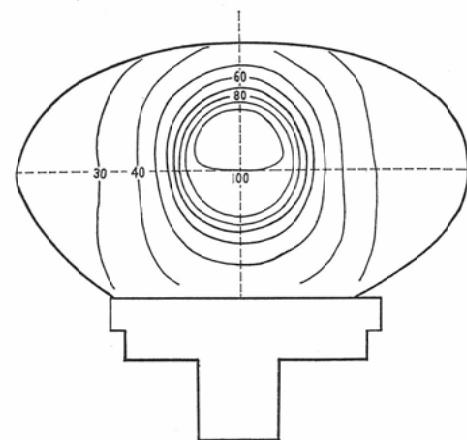


Fig. 11 Dose distribution obtained photo-merically by the rotational irradiation  
( $^{60}\text{Co}$ , SCD 75cm, 6×10cm field)

をフィルムより求めると、Fig. 8 のように、前者では電離槽によるものと比較的似た曲線が得られるのに反し、後者では、深部線量も大きく、また横にふくらんだ型の曲線が得られた。

#### b) 運動照射

Fig. 9 は S C D 75cm, 6 × 10cm の照射野で 360° 回転を行なつた場合の縦軸、横軸の線量分布で、実線は電離槽による測定値を示す。この場合には、ファントームの厚さを変えて、その影響は著しくなく、何れの場合でもフィルムと電離槽による測定値は比較的よく一致した。

Fig. 10 は 120° 振子照射の場合で、略々同様の結果を示している。

Fig. 11 は 360° 回転照射の等線量曲線で、フィルムより求めたものである。寝台の吸収の影響が

よく観察される。

### 考 察

Mauderli, W<sup>1)</sup> らは、フィルムが線質依存性という大きな欠点を有しているにも拘らず、線量分布の測定に広く利用されている理由として、線量の変化の著明な部位での線量分布の測定が容易なこと、測定を短時間に行なうことができること、測定点を正確に選定できることなどを挙げている。

今回の実験は、フィルムを用いて測定した等線量曲線、線量分布の実際上の利用価値、特に電離槽による測定値に近い結果が、如何なる条件のもとに得ることができるかを中心として行なつた。

フィルムの濃度を測定する時に“むら”的ないフィルムが必要である。一般に、黒紙でフィルムを包み照射が行なわれているが、時には、フィルムとの密着が不良となり、フィルムに“むら”ができる。我々は黒アクリル製のカセット用いることによりこの問題を改善した。また、透明のアクリル製のカセット用い、それを黒紙で包んで照射した場合には、チエレンコフ効果によるフィルムの“かぶり”を生ずるので、必ず黒色のカセットを使用しなければならない。

フィルムは、バツチフィルムを除く3種類を用いた。しかし、特性曲線が曲線の場合でも、我々の使用している等線量曲線自記装置 (Fig. 2) の回転 Disc の slit 間隔を、フィルムの特性曲線に合わせて調整すれば、直線性の特性を有するフィルムより得たと同様の等線量曲線の作製が可能である。固定照射の等線量曲線の作製については Stanton, L<sup>2)</sup> の報告を参考にした。

この報告においては、フィルムの黒化に主役を示す二次電子 Secondary electron の影響を減ずる目的で、フィルムを保持するファトームの厚さを減じて、1.1cm厚さの Masonite ファトームとした時に、電離槽により得た深部線量曲線に近い結果を得ている。我々の成績では、2.5cmの厚さのファントームとした時に最良の結果を示しているが、これは使用したフィルムおよび現像条件などの実験条件が異なるためと思われる。

運動照射の場合には、フィルムによる測定でか

なり良い成績が得られたが、これは低エネルギーの二次電子の影響が、回転中心を中心として、多数の照射野を組合せることにより、互に打ち消し合つたためと考えられる。

しかし、実験条件を正確にし、再現性のある測定に努力しても、フィルムの持つ本質的な特性を完全に消し去ることはできない。

即ち、放射線によるフィルムの黒化は、本質的には放射線と AgBr との相互作用であり、300 KeV 以下の X 線、γ 線では、Photoelectric absorption が主役を占め、フィルムの反応もエネルギー依存度が大きい。180—250 kVp の慣用 X 線の場合には、使用するフィルターの種類によってさえもフィルムの感受性は異なり、線量分布の正確な測定には向かない。300 KeV 以上となると Photoelectric absorption は殆んど無視できる程度となり、Compton absorption による二次電子がフィルムの黒化に主役を示す。この二次電子の飛程は大きく、その一部分のエネルギーしかフィルムの乳剤で失わず、フィルムのエネルギー依存性は比較的低くなる。Hine, G.J.<sup>3)</sup> は 400—2.000 kVp の X 線については、フィルムにより信頼する結果が得られるとし、Nelson, J.E. ら<sup>4)</sup> は 1—20 MeV の範囲の X 線においてフィルムによる測定が可能としている。しかし 20 MeV 以上になると Pair Production のためにフィルムの測定上の信頼性は著しく減じる。

実際に高エネルギー X 線、<sup>60</sup>Co γ 線の線量分布を測定する時、フィルムの黒化に直接関係するのは、フィルムの周囲に存在する物質からの二次電子が殆んどで、フィルム自身によるものは少い。このことから、高エネルギー X 線、および γ 線の場合、フィルムの黒化は略々線量と平行すると言える反面、ファントーム中の二次電子のエネルギースペクトルとも密接な関係があると考えられる。Bruce, W.R. ら<sup>5)</sup> の <sup>60</sup>Co γ 線についての実験では、深部に行く程低エネルギー領域の二次電子の比率は大きくなり、このことから固定照射の場合の電離槽と、フィルムによる深部線量の測定値の相異も説明できるようである。

以上、問題点が多いとは言え、フィルムによる

測定法の利点として、複雑な線量分布の測定が、一回の照射で可能であること、また現像し保存したフィルムの測定が適時に行なえることが挙げられる。また、Sabattier 效果<sup>3)</sup>の応用により、フィルム上に線量分布を再現することも可能であろう。

我々の実験では、特に運動照射の場合にフィルム法の利点がみとめられた。しかし、フィルムを日常の治療活動に利用するには、フィルムの持つ特質を知り、この方法の限界を認識することが何よりも必要だと考える。

### 結論

フィルムを用いて  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  線の等線量曲線、および線量分布の測定を行ない、以下の如き結果を得た。

(1) 固定照射の際には、フィルムを挟むアントームの厚さを薄くすることにより、電離槽による測定値に近い結果が得られた。

(2) 運動照射では、治療ベットの吸収を含めた線量分布が容易に得られたので、実際上有利である。

(3) フィルムの持つ本質的な特性を熟知して、慎重な操作と判断が必要である。

### 文獻

- 1) Mauderli, W. et al: Film dosimetry of Cobalt 60 radiation, Am. J. Roentgenol., 83, 520-524, 1960.
- 2) Stanton, L.: Determination of isodose curves for supervoltage and Cobalt-60 teletherapy machines with X-Ray film, Radiology, 78, 445-460, 1962.
- 3) Hine, G.J.: The range of usefulness of photographic film in roentgen dosimetry, Am. J. Roentgenol., 72, 293-301, 1954.
- 4) Granke, R.C., et al.: The film method of tissue dose studies with 20 MeV roentgen rays, Am. J. roentgenol., 72, 302-307, 1954.
- 5) Bruce, W.R. et al.: Experimentally determined electron energy distribution produced by Cobalt 60 gammarays, Brit. J. Radiol., 28, 443-445, 1955.
- 6) Tsien, K.C. et al.: The photographic representation of isodose patterns by the application of the Sabattier effect, Brit. J. Radiol., 39, 1-6, 1966.