

QUANTITATIVE ESTIMATE OF ANODE EFFECT
IN DIAGNOSTIC X-RAYS

診断用 X 線の陽極効果について

SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D. 安徳重敏

SHOZO SAWADA, Ph.D. 沢田昭三

MASAYOSHI MIZUNO 水野正義

YASUO SUGA 菅 和夫



TECHNICAL REPORT SERIES

業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory councils, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

ABCC業績報告書は、ABCCの日本人および米人専門職員、顧問、評議会、政府ならびに民間の関係諸団体の要求に応じるための日英両語による記録である。業績報告書集は決して通例の誌上発表に代るものではない。

QUANTITATIVE ESTIMATE OF ANODE EFFECT IN DIAGNOSTIC X-RAYS

診断用 X 線の陽極効果について

SHIGETOSHI ANTOKU, Ph.D.* 安徳重敏

SHOZO SAWADA, Ph.D.* 沢田昭三

MASAYOSHI MIZUNO 水野正義

YASUO SUGA 菅 和夫

Approved 承認 30 November 1967

Department of Radiology
放射線部



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

A Cooperative Research Agency of
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL
and
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

with funds provided by
U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH
U.S.A. PUBLIC HEALTH SERVICE

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会

広島および長崎

米 国 学 士 院 - 学 術 会 議 と 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所
と の 日 米 共 同 調 査 研 究 機 関

米 国 原 子 力 委 員 会, 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所 お よ び 米 国 公 衆 衛 生 局 の 研 究 費 に よ る

*Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University; Visiting Research Associate, ABCC.
広島大学原爆放射能医学研究所, ABCC客員研究員

ACKNOWLEDGMENT

感謝のことは

The authors express appreciation to Drs. Walter J. Russell, Chief, Department of Radiology, ABCC; Haruma Yoshinaga, Professor, Department of Experimental Radiology, Faculty of Medicine, Kyushu University; and Kenji Takeshita, Professor, Department of Radiation Biology, Research Institute of Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University, for their direction throughout this work.

本研究を実施するにあたりご指導をいただいた ABCC 放射線部部長, W. J. Russell 博士, 九州大学医学部放射線基礎医学教室教授吉永春馬博士, ならびに広島大学原爆放射能医学研究所教授竹下健児博士に対し感謝の意を表する。

CONTENTS

目 次

Introduction 緒 言	1
Material 材 料	2
Results and Discussion 結果および考察	2
Summary 要 約	5
References 参考文献	12

Table 1. Anode position in routine chest examinations

表 胸部 X 線検査における陽極位置	1
2. Percent dose by machine, tube voltage, and focal spot size 装置, 管電圧ならびに焦点の大きさによる線量百分率	3
3. Percent dose by manufacture, unit types, and tube use 製造者, 型式, ならびに使用回数による線量百分率	4
4. Dose from PA chest examinations measured with a human phantom and memorial chambers according to anode position 人体ファントムとメモリアルチェンバーを用いて測定された陽極の位置による胸部背腹 方向 X 線検査の生殖腺線量	4

Figure 1. Dose-optical density curve, Unit: GE-2, small focal spot

図 線量-黒化度曲線, 装置: GE-2, 小焦点	5
2. Dose distribution in exposure field according to film ; 90 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, GE-1, large focal spot フィルムによる照射野内の線量分布	6
3. Dose distribution in exposure field according to film ; 90 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, GE-2, large focal spot フィルムによる照射野内の線量分布	6
4. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD 97 cm, Toshiba-1, about 100 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	7
5. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 100 ma, 0.5 Al, FFD 100 cm, Toshiba-2, 4944 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	7
6. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 100 ma, 0.5 Al, FFD 100 cm, Toshiba-3, 23570 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	8
7. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 100 ma, 20 Al, FFD 100 cm, Shimadzu-1, 2562 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	8
8. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 100 ma, 1.5 Al, FFD 100 cm, Shimadzu-2, >10,000 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	9

9. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 100 ma, 0.5 Al, FFD 100 cm, Hitachi-1, 4347 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	9
10. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, Hitachi-2, >10,000 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	10
11. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 80 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, Siemens-1, about 3000 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	10
12. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 150 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, Siemens-2, about 30,000 exposures フィルムによる照射野内の線量分布	11
13. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, condenser type, 0.5 Al, FFD 100 cm, Toshiba-4, exposures unknown フィルムによる照射野内の線量分布	11
14. Dose distribution in exposure field according to film ; 70 kvp, 30 ma, 0.5 Al, FFD 100 cm, Toshiba-5 (Self-rectification), exposures unknown フィルムによる照射野内の線量分布	12

QUANTITATIVE ESTIMATE OF ANODE EFFECT IN DIAGNOSTIC X-RAYS

診断用 X 線の陽極効果について

INTRODUCTION

It is well known that dose distribution of diagnostic X-rays within exposure fields is not uniform. In general, dose on the cathode side of the X-ray tube is higher than on the anode side, and this is known as the "anode effect" or "heel effect."^{1,2} No detailed comparative studies of the effect have been found in the literature.

We encountered lower gonadal doses from posteroanterior (PA) chest examinations at ABCC, than in other institutions.^{3,4} One suggestion was that differences in anode position with respect to the gonads might be responsible. A survey showed anode position was not constant among community institutions (Table 1).⁵ When gonadal doses are measured without regard to tube position, some errors can occur.

To evaluate the importance of this effect, dose distribution within exposure fields was assessed, using several radiographic units of different types and manufacture and with different aged tubes.

緒 言

診断用 X 線の照射野内における線量分布が均一でないことはよく知られている。一般に X 線管球の陰極側の線量が陽極側に比べ高い。これは「陽極効果」または「踵効果」と呼ばれている。^{1,2} しかし陽極効果の詳細な比較研究に関する文献は見当たらない。

ABCCにおける胸部背腹方向 X 線検査の生殖腺線量が他の研究所における線量よりも低いという結果が得られた。^{3,4} 原因の 1 つとして、生殖腺に対する陽極の位置の違いが考えられる。これまでの調査で、地元病医院における X 線管球の陽極の位置は一定でないことが示された(表 1)。⁵ それゆえ管球の位置を考慮することなく、生殖腺線量を測定すると、かなりの誤差が生ずる可能性がある。

陽極効果がどの程度影響するかを調べる目的で、型式、製造者、使用回数の異なった若干の撮影用 X 線装置を用いて、照射野内における線量分布の測定を行なった。

TABLE 1 ANODE POSITION IN ROUTINE CHEST EXAMINATIONS

表 1 胸部 X 線検査における陽極位置

Anode position 陽極位置	Hospitals 病院		Clinics 医院		Other その他	
	Apparatus 装置数	Exposures 曝射数	Apparatus 装置数	Exposures 曝射数	Apparatus 装置数	Exposures 曝射数
Hiroshima 広島						
Head 頭	15	53	23	40	1	2
Foot 足	12	57	24	44	2	31
Horizontal 水平	4	14	16	36	0	0
Unknown 不明	0	0	6	12	0	0
Nagasaki 長崎						
Head 頭	4	18	3	4	0	0
Foot 足	6	16	2	3	2	3
Horizontal 水平	3	27	9	12	0	0
Unknown 不明	0	0	2	2	0	0

Sawada et al.⁵

MATERIAL

Thirteen diagnostic radiographic units were monitored in this study; 11 transformer type units with full-wave rectification and rotating anodes, one condenser unit with stationary anode, and one transformer type unit with self rectification and a stationary anode.

Anode effect was evaluated according to varying tube voltage and focal spot size. The two General Electric (GE) units were assessed at 50, 90, and 130 kvp and with their 2×2 mm and 1×1 mm focal spots. All other units were operated at 70 kvp, using relatively large focal spots.

Two 14×17 inch sheets of medical X-ray film (E/K Blue Brand) in light-tight envelopes without intensifying screens, fixed edge-to-edge on their long axes and centered to the X-ray beam, were exposed at parameters known to result in an optical density of approximately 2.0 at the center of the X-ray field. Standard films for conversion of optical density to mR were made for each X-ray unit, using the same exposure parameters, but with varying mas. Dose to the standard films was measured with an Electronic Instruments Limited dosimeter (Model 37A) with a 35 cc polystyrene chamber.

All of the films were hand-processed under controlled conditions. Optical densities were measured at 5 cm intervals along the vertical and horizontal axes of the joined films, aligned to the X-ray tube, then converted to milliroentgen values using the dose-optical density curves.

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows a representative curve for the dose-optical density relationship obtained by standard films. Optical densities increased linearly with a logarithmic increase in exposure from 50 to 1000 mR, and probably beyond 1000 mR.

The relationship between exposure and optical density was expressed by the following formula:

$$Y = A \log X + B$$

where Y is optical density and X is the exposure in mR.

For 13 apparatus, the value of A ranged from 2.02 to 2.29, and the value of B from -2.84 to -3.60. No definite change in this relationship was observed by X-ray tube, tube voltage or focal spot.

Figures 2 to 14 show dose distribution along the edges of the joined films in percent of the dose at the center of

材 料

本研究に使用した装置は13台の診断用X線装置で、そのうち11台は回転陽極をもつ全波整流変圧器式、1台は固定焦点の蓄放式で、他の1台は固定焦点の自己整流変圧器式であった。

電圧および焦点の大きさによる陽極効果の違いについては、2台のGeneral Electric (GE) 装置を用い、50, 90, 130 kvpのそれぞれについて2×2 mmおよび1×1 mm大きさの焦点で測定した。他の装置については、比較的大きい焦点について、70 kvpにおける効果を調べた。

遮光紙に包んだ2枚の14×17インチの医療用X線フィルム (Type E/K, Blue Brand) の長軸を張り合わせ、フィルムの中心を照射中心として、増感紙なしでX線を照射した。照射は中心における黒化度がほぼ2.0になるような条件で行なった。黒化度を mR に変換するための標準曝射フィルムはmasのみを変えて、同一装置で、同じ条件で照射して作製した。標準フィルムの線量は、35ccポリスチレン電離槽を接続したElectronic Instruments Limited 線量計、37 A型によって測定した。

フィルムはすべて一定の条件の下で、手現像によった。黒化度はX線管球に対して、中心を通る水平軸および垂直軸にそって5 cm間隔で測定し、線量-黒化度曲線を利用して、黒化度を線量に換算した。

結果および考察

図1に標準フィルムから得られた線量-黒化度曲線の例を示す。黒化度は50 mR から1000 mRまで、対数で目盛りされた線量に対して直線的に増加した。おそらく1000 mRを越えてもこの関係は成り立つと考えられる。

照射線量と黒化度の関係は次式で表わすことができる。

$$Y = A \log X + B$$

ここでYは黒化度で、XはmRで表わされた線量を示している。

13台の装置について、Aは2.02から2.29、Bは-2.84から-3.60の範囲の値が得られた。この関係はX線管球、電圧、または焦点によっては著明な差は認められなかった。

図2から図14に線量分布を、照射中心線量に対する百分率で示す。X線管球に平行な軸にそった線量分布は、

the X-ray field. Dose distributions along the axis parallel to the X-ray tube varied widely by X-ray machine, but such changes were not observed perpendicularly regardless of the machine, tube voltage or focal spot size. As shown in these figures, definite variation in degree of anode effect was demonstrated according to the X-ray tubes, and therefore according to X-ray machine, no correlation was observed by manufacturer or by age or use of tube. Anode effect is probably influenced by the angle of the anode,⁶ off-focus radiation, and shape of the tube window and collimator. These factors varied widely by manufacturer and tube or machine.

Stationary anodes were demonstrated to have less "heel effect" than rotating ones, presumably because of the large sizes of their focal spots. Rotating anodes with relatively large focal spots had less "heel effect" (Table 2).

X線装置によって大きく変動するが、垂直方向は、装置、管電圧、焦点の大きさに関係なく、大きな違いはみられなかった。これらの図からわかるとおり、陽極効果の違いは、X線管球、したがってX線装置によって、はっきりした差があり、製造者、使用年または使用回数との相関はなかった。陽極効果はおそらく陽極の角度、焦点外X線、管球窓ならびに絞りにによって影響されるが、⁶これらの因子が製造者、管球または装置によって違っている。

固定焦点は回転陽極に比べ「踵効果」は小さいという結果が得られた。これはおそらく焦点が大きいためと思われる。回転陽極でも大きい方の焦点では陽極効果が小さかった（表2）。

TABLE 2 PERCENT DOSE BY MACHINE, TUBE VOLTAGE, AND FOCAL SPOT SIZE

表2 装置、管電圧ならびに焦点の大きさによる線量百分率

Manufacturer 製造者	Focus 焦点	Tube Voltage (kvp) 管電圧	Dose 線量 %			Dose ratio of cathode to anode 陽極に対する 陰極の線量比
			Maximum 最高	20 cm cathode side from center 中心から陰極側へ20cm	20 cm anode side from center 中心から陽極側へ20cm	
GE-1	Small 小	50	116	90	34	2.7
		90	111	90	37	2.4
		130	112	97	36	2.7
	Large 大	50	113	77	38	2.0
		90	117	105	42	2.5
		130	115	80	35	2.3
	Small 小	50	104	96	52	1.9
		90	115	105	59	1.8
		130	103	99	50	2.0
GE-2	Large 大	50	103	95	63	1.5
		90	106	100	60	1.7
		130	105	99	58	1.7

Tables 2 and 3 show the maximum percent dose, and percent dose at 20 cm towards the anode and cathode side. This location corresponds to a point midway between ovary and testis positions in the phantom used for dosimetry (routine chest examination). The ratios of percent doses at 20 cm from field center to the cathode side to those at 20 cm from the center to the anode side are also shown in the tables. These are the ratios of differences in exposure in air to the midpoint of male and female gonads by the anode position.

表2, 3に、最大線量百分率と、陽極および陰極からそれぞれ20cmの点における線量百分率をあげてある。この位置は背腹方向胸部X線検査の線量測定に用いたファントムにおいて卵巣と睪丸の中間に相当する場所である。同表には、照射中心から陽極側へ20cmの点における線量百分率に対する陰極側へ20cmの点の比も示されている。これらの値は陽極の位置によって男性と女性の生殖腺の中心における空中線量の違いの比を意味している。

TABLE 3 PERCENT DOSE BY MANUFACTURE, UNIT TYPES, AND TUBE USE; 70 kvp, FFD 100 cm

表3 製造者、型式ならびに使用回数による線量百分率; 70 kvp, FFD 100 cm

Manufacture 製造者	Exposures 照射回数	Type and Anode 型式および陽極	Dose 線量		%	Dose ratio of cathode to anode 陽極に対する 陰極の線量比
			Maximum 最高	20 cm* cathode side from center 中心から陰極側へ20cm	20 cm* anode side from center 中心から陽極側へ20cm*	
Toshiba 東芝	About 約 100	Full-wave rectification rotating anode 全波整流回転陽極	102	104	59	1.8
	4944	〃	100	86	70	1.2
	23570	〃	156	63	146	0.43
Shimadzu 島津	2562	〃	101	89	63	1.4
	>10000**	〃	107	98	42	2.3
Hitachi 日立	4347	〃	105	95	64	1.5
	>10000**	〃	105	83	73	1.1
Siemens	About 約 3000	〃	102	93	61	1.5
	About 約 30000	〃	111	111	52	2.1
Toshiba 東芝	Unknown 不明	Condenser, stationary anode 蓄放式固定焦点	101	99	77	1.3
	Unknown 不明	Self-rectification, station- ary anode 自己整流固定焦点	102	92	79	1.2

*Corresponds to point midway between ovaries and testis positions (routine chest examination).

この距離は通常の背腹方向胸部X線検査において卵巣と睪丸の位置の中間に相当する。

**Number not recorded.

照射回数は記録されていなかった。

TABLE 4 DOSE FROM PA CHEST EXAMINATIONS MEASURED WITH A HUMAN PHANTOM AND MEMORIAL CHAMBERS, ACCORDING TO ANODE POSITION

mR/mas, FFD 183 cm, No cone, 1.0 mmAl

表4 人体ファントームとメモリアルチェンバーを用いて測定された陽極の位置による
胸部背腹方向X線検査の生殖腺線量

mR/mas, FFD 183 cm, 照射筒なし, 濾過板1.0 mmAl

Gonad 生殖腺	kvp	Anode 陽極		Ratio 比
		Cephalad 頭側	Caudad 足側	
Ovaries 卵巣	50	0.08	0.06	1.3
	70	0.35	0.28	1.3
	90	0.79	0.57	1.4
Testis 睪丸	50	0.06	0.02	3.0
	70	0.21	0.09	2.3
	90	0.42	0.26	1.6

The measured differences in gonadal doses by the anode position using the phantom and ionization chambers are shown in Table 4 by the function of tube voltage. The large focus of unit GE-2 was used in this part of the study. Ovarian doses with the anode cephalad were 1.3 to 1.4 times greater than those with anode caudad. For testes located relatively far from field center, dose ratios ranged from 1.6 to 3.0. The high dose ratio at relatively high kvp was most likely due to a large contribution by scattered radiation in the phantom at higher kvp. These values

実際にファントームと電離槽を用いて測定した陽極位置による生殖腺線量の変動を管電圧の関数として表4に示す。この実験には装置としてGE-2, 焦点は大きい方を用いた。陽極が頭側にある場合は、足側に比べ1.3~1.4倍大きい卵巣線量が得られた。照射中心から比較的遠く離れた睪丸では、1.6~3.0の範囲の線量比であった。kvpが高い時に高い比が得られたのは高いkvpにおいて、ファントーム内の散乱線による寄与が大きい

were comparable to dose distributions in air in which dose ratios ranged from 1.5 to 1.7 at the midpoint of ovary and testis position for the above machine.

Although for practical reasons the contribution of this effect to the resulting gonadal doses cannot be taken into consideration in large numbers of examinations, it could have been partially responsible for variations in gonadal dose in earlier studies,^{3,4} and an evaluation of variation in gonadal doses by anode position can be made by these results.

SUMMARY

To determine differences in gonadal dose by anode position, dose distribution was ascertained using 13 X-ray units of different manufacture, tube type and age. Assessments were made using radiographic film, a densitometer, and dosimeters. The anode effect was found to vary more widely by X-ray tube than by tube voltage or focal spot. No variation was demonstrated by tube age or use. Dose distributions in air were comparable to those in a human phantom. The importance of maintaining a proper anode or tube position was demonstrated. Though this effect could have been partially responsible for variations in gonadal dose in earlier studies, its contribution to the resulting gonadal doses cannot be taken into consideration in large numbers of examinations for practical reasons.

ためと考えられる。これらの値は上記装置に対して卵巢と睪丸の中間の点における線量比が1.5~1.7という空中の線量分布とほぼ同じであった。

生殖腺線量に対するこの効果の寄与を、多数のX線検査に考慮することは実際上は困難であるが、以前の研究^{3,4}における生殖腺線量の変動に対して部分的に影響していることはまちがいないし、また陽極位置によって生殖腺線量にどの程度の影響が現われるかを推定することが可能である。

要 約

陽極位置による生殖腺線量の違いを知る目的で、製造者、型式、使用回数の異なる13台のX線装置について線量分布の測定を行なった。線量分布の測定には、撮影用X線フィルム、黒化度計ならびに線量計を用いた。陽極効果は管電圧や、焦点よりもX線管球の違いによって大きく変わることがみいだされた。管球の使用年、すなわち使用回数によっては特に著明な差はなかった。空中における線量分布と人体ファントム中の線量分布との間には関連が認められた。また適当な陽極または管球の位置を保つことの重要性も示唆された。この効果は以前の研究における生殖腺線量の違いに対し、部分的に影響しているが、多数のX線検査について生殖腺線量に対する寄与を考慮することは実際上は不可能である。

FIGURE 1 DOSE-OPTICAL DENSITY CURVE UNIT: GE-2, SMALL FOCAL SPOT

図1 線量-黒化度曲線 装置: GE-2, 小焦点

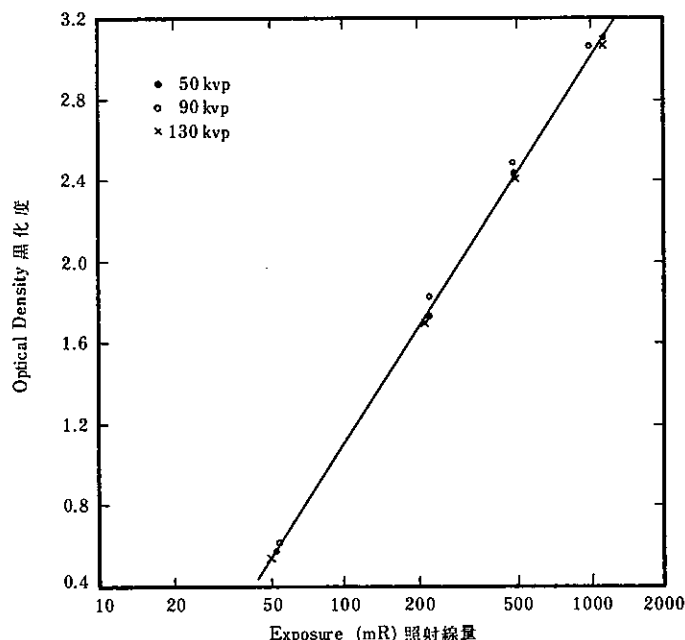


FIGURE 2 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
90 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, GE-1, LARGE FOCAL SPOT

図2 フィルムによる照射野内の線量分布
90 kvp, 100ma, 1.0Al, FFD100cm, GE-1, 大焦点

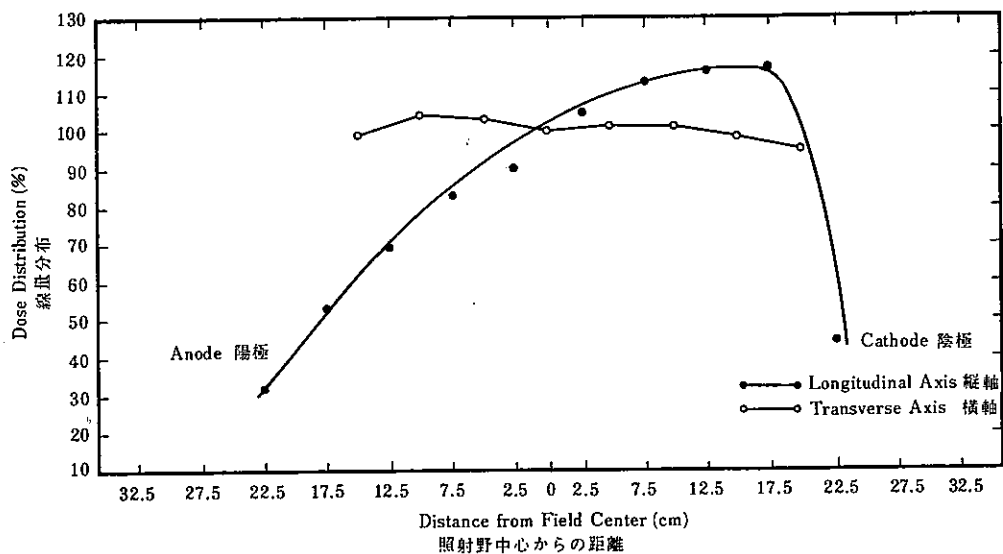


FIGURE 3 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
90 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, GE-2, LARGE FOCAL SPOT

図3 フィルムによる照射野内の線量分布
90 kvp, 100ma, 1.0Al, FFD100cm, GE-2, 大焦点

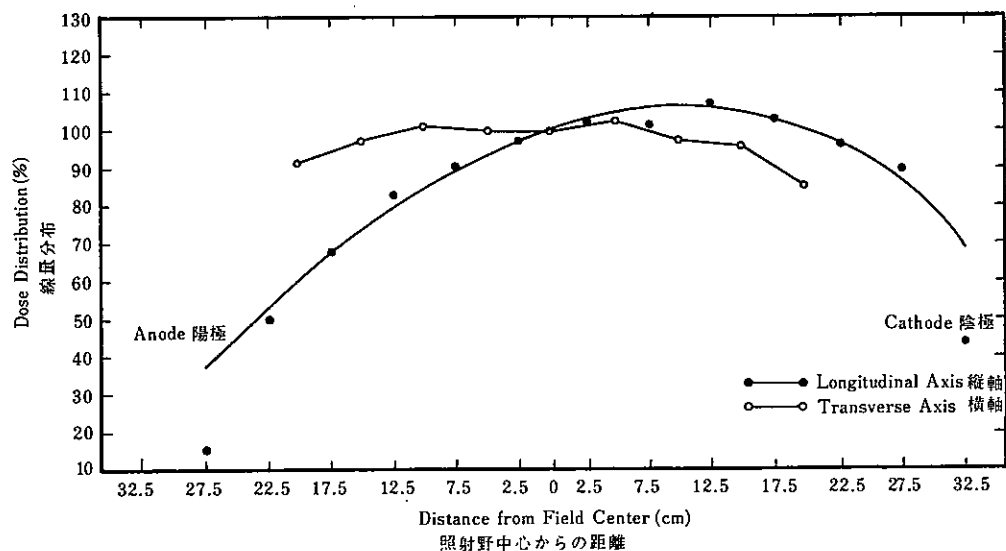


FIGURE 4 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD 97 cm, TOSHIBA-1, ABOUT 100 EXPOSURES

図4 フィルムによる照射野内の線量分布
70 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD97cm, 東芝-1, 照射回数約100

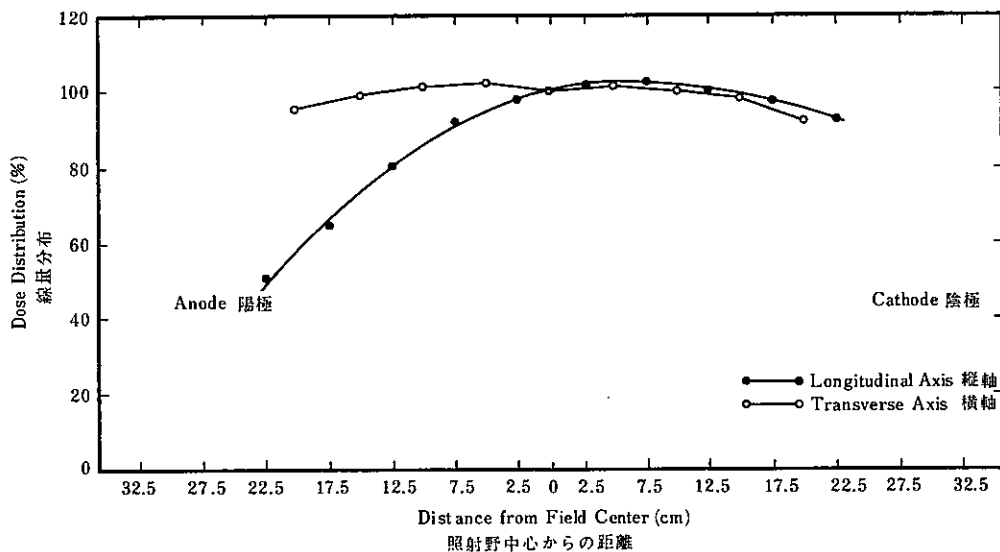


FIGURE 5 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 100 ma, 0.5 Al, FFD 100 cm, TOSHIBA-2, 4944 EXPOSURES

図5 フィルムによる照射野内の線量分布
70 kvp, 100ma, 0.5 Al, FFD100cm, 東芝-2, 照射回数4944

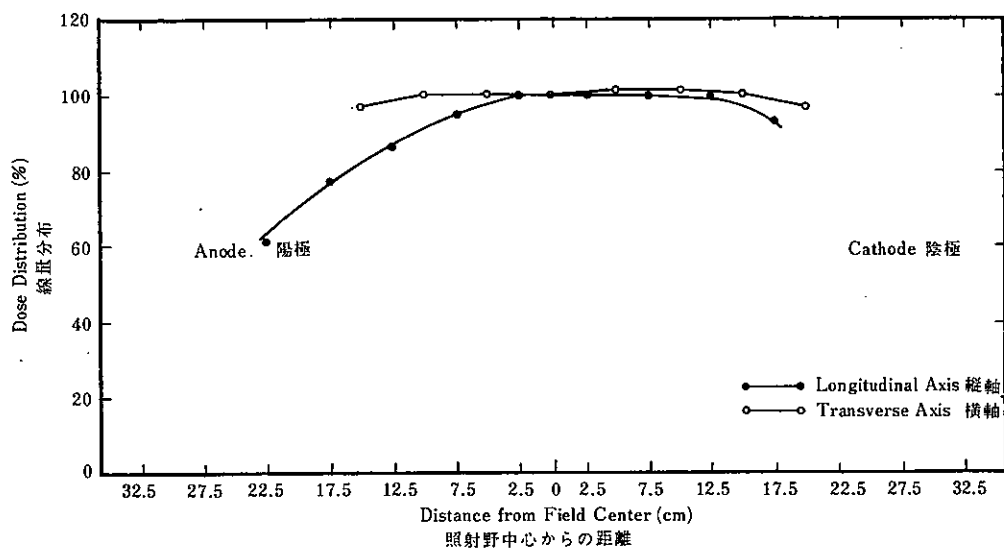


FIGURE 6 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 100 ma, 0.5 Al, FFD 100 cm, TOSHIBA-3, 23,570 EXPOSURES

図6 フィルムによる照射野内の線量分布
70 kvp, 100ma, 1.5Al, FFD100cm, 東芝-3, 照射回数23,570

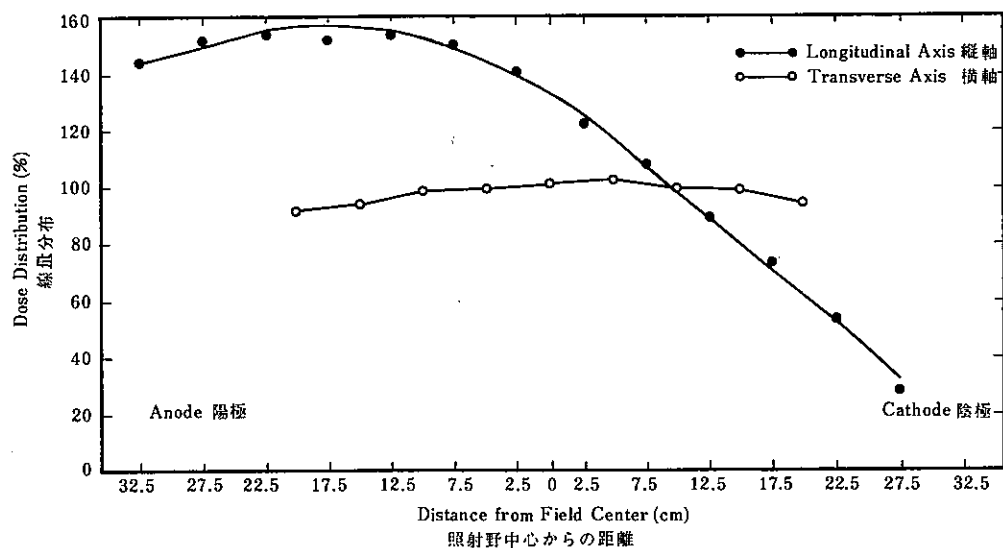


FIGURE 7 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 100 ma, 2.0 Al, FFD 100 cm, SHIMADZU-1, 2562 EXPOSURES

図7 フィルムによる照射野内の線量分布
70 kvp, 100ma, 2.0Al, FFD100cm, 島津-1, 照射回数2562

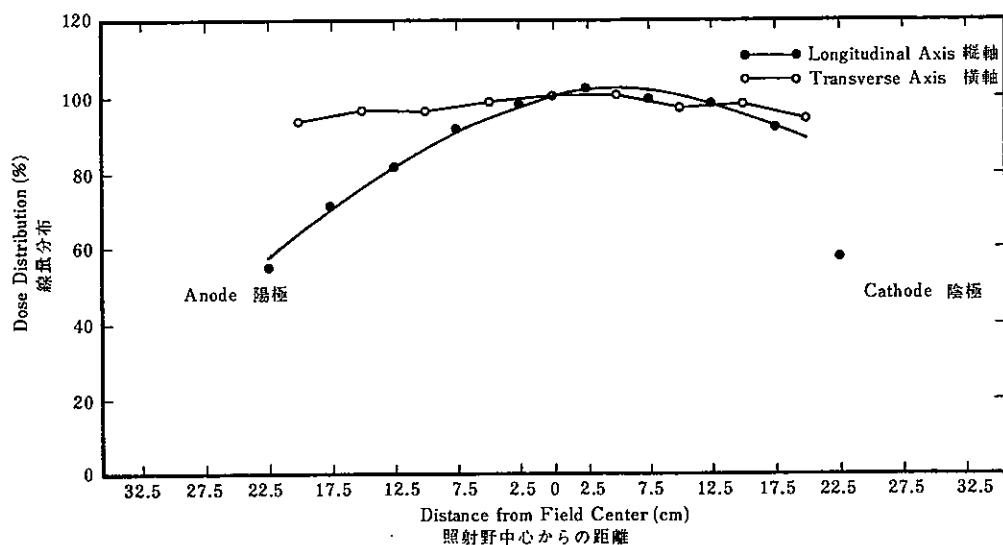


FIGURE 8 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 100 ma, 1.5 Al, FFD 100 cm, SHIMADZU-2, >10,000 EXPOSURES

図8 フィルムによる照射野内の線量分布
70kvp, 100ma, 1.5Al, FFD100cm, 島津-2, 照射回数>10,000

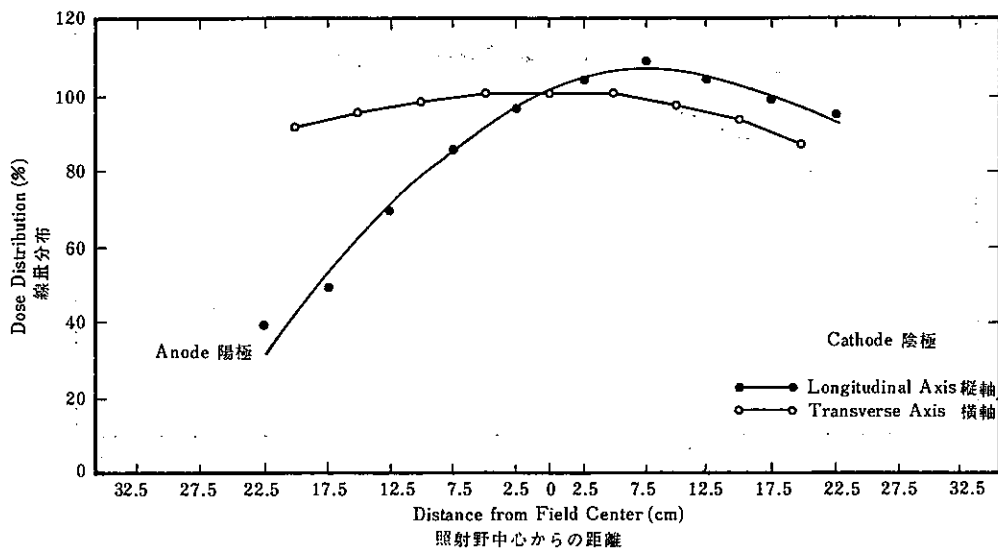


FIGURE 9 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 100 ma, 0.5 Al, FFD 100 cm, HITACHI-1, 4347 EXPOSURES

図9 フィルムによる照射野内の線量分布
70kvp, 100ma, 0.5Al, FFD100cm, 日立-1, 照射回数4347

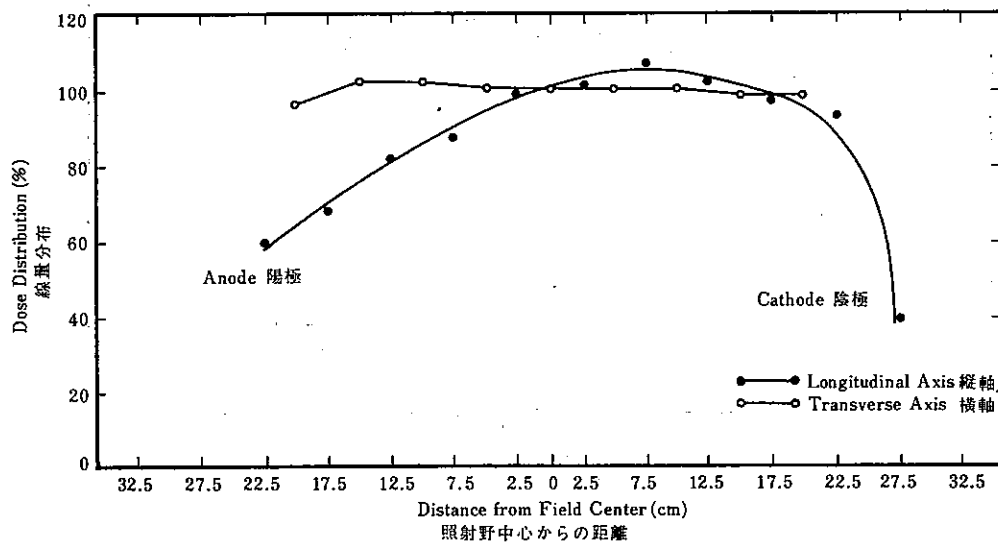


FIGURE 10 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 100 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, HITACHI-2, >10,000 EXPOSURES

図10 フィルムによる照射野内の線量分布
70 kvp, 100ma, 1.0Al, FFD100cm, 日立-2, 照射回数>10,000

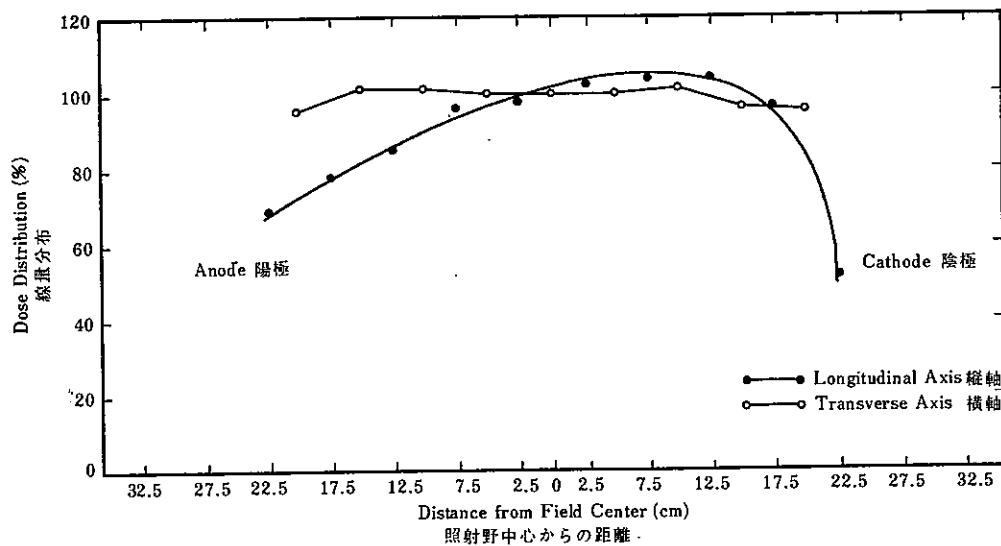


FIGURE 11 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 80 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, SIEMENS-1, ABOUT 3000 EXPOSURES

図11 フィルムによる照射野内の線量分布
70 kvp, 80ma, 1.0Al, FFD100cm, Siemens-1, 照射回数約3000

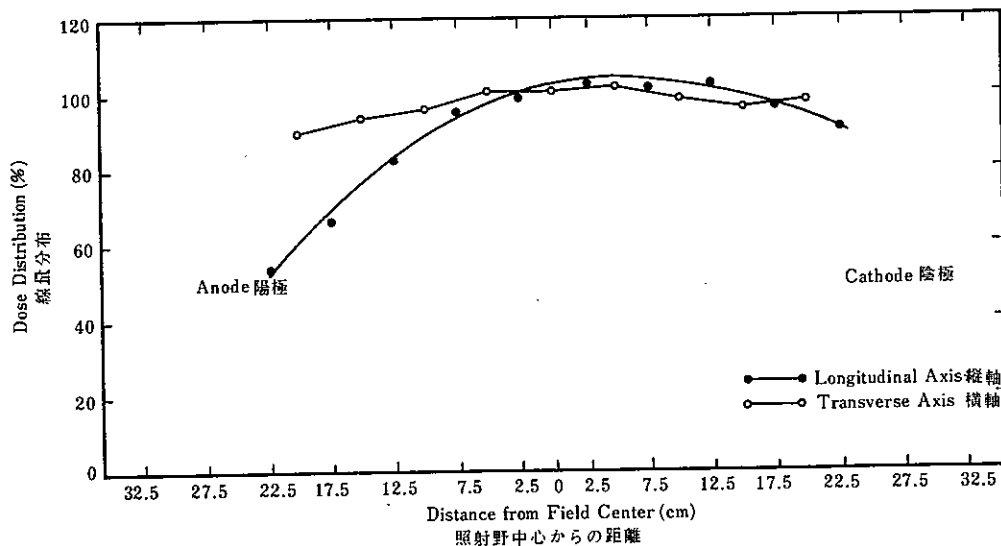


FIGURE 12 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 150 ma, 1.0 Al, FFD 100 cm, SIEMENS-2, ABOUT 30,000 EXPOSURES

図12 フィルムによる照射野内の線量分布

70 kvp, 150ma, 1.0Al, FFD100cm, Siemens-2, 照射回数約30,000

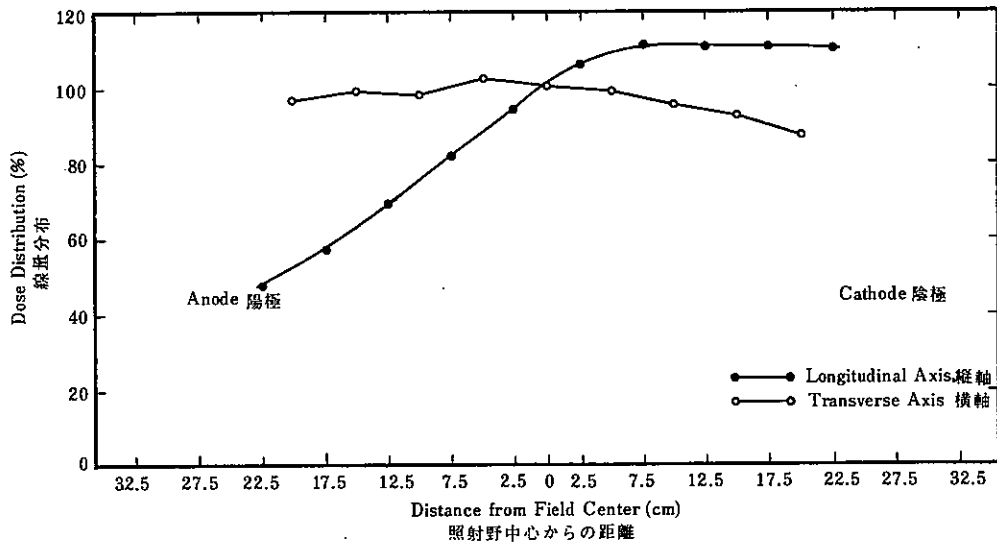


FIGURE 13 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kv, CONDENSER TYPE, 0.5 Al, FFD 100 cm, TOSHIBA-4, EXPOSURES: UNKNOWN

図13 フィルムによる照射野内の線量分布

70 kv, 蓄放式, 0.5Al, FFD100cm, 東芝-4, 照射回数不明

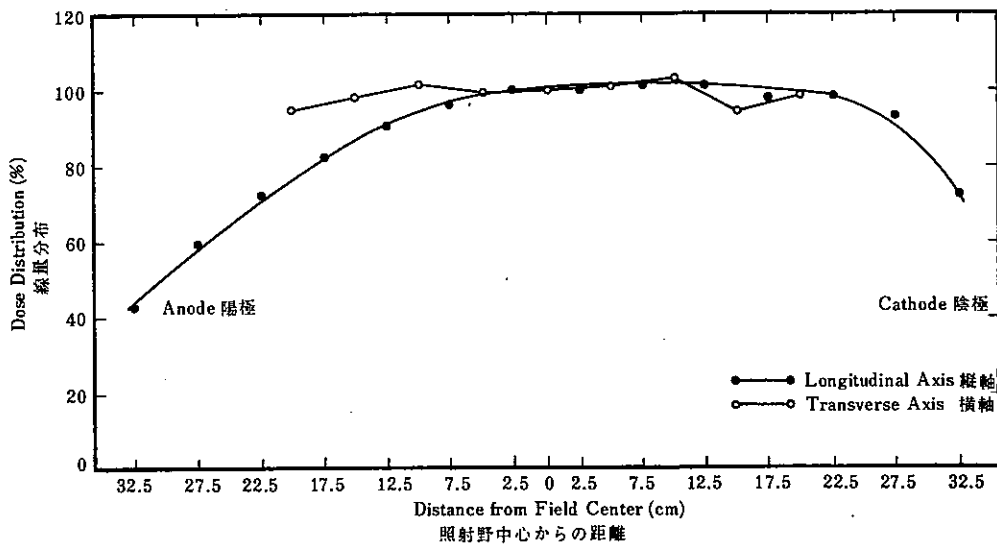
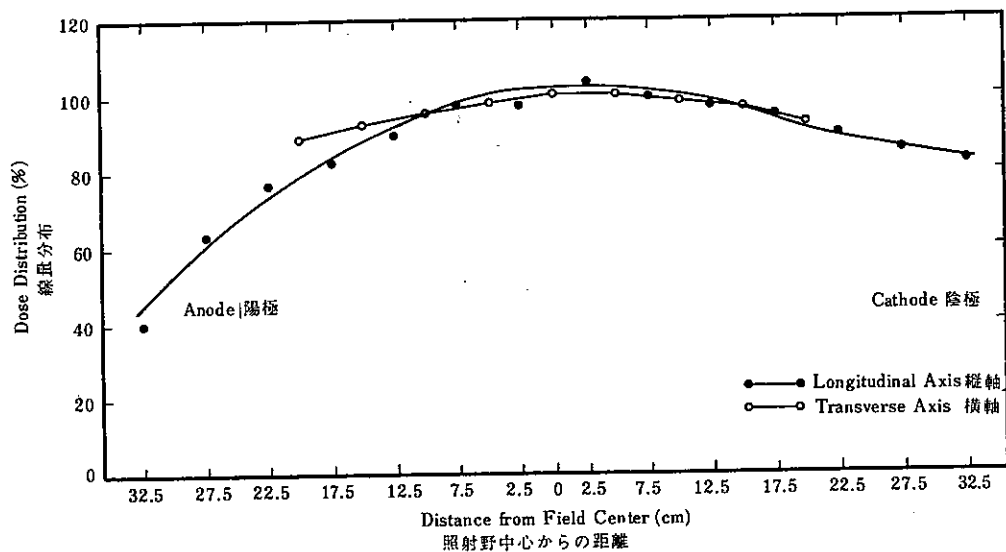


FIGURE 14 DOSE DISTRIBUTION IN EXPOSURE FIELD ACCORDING TO FILM
70 kvp, 30 ma, 0.5 Al, FFD 100 cm TOSHIBA -5 (Self-rectification), EXPOSURES UNKNOWN

図14 フィルムによる照射野内の線量分布

70 kvp, 30 ma, 0.5 Al, FFD100cm, 東芝-5 (自己整流), 照射回数不明



REFERENCES

参考文献

1. 柳瀬敏幸, 木村幾生: レントゲンの取扱い方. 東京, 裳華房, 1958. p32
(YANASE T, KIMURA I: Treatment of X-ray. Tokyo, Shokabo)
2. 高橋信次: X線撮影と検査の手びき. 東京, 南山堂, 1963. p37
(TAKAHASHI N: Textbook of Radiography. Tokyo, Nanzando)
3. ANTOKU S, YOSHINAGA H, et al: Dosimetry, diagnostic medical X-ray; exposure of ABCC subjects in community hospitals and clinics. ABCC TR 6-65
(診断用X線の線量調査, ABCC 調査対象者が地方病医院で受ける線量)
4. ANTOKU S, MILTON RC: Dose to bone marrow and gonads from posteroanterior chest examinations, calculated by electronic computer. ABCC TR 4-67
(電子計算機による胸部X線検査の骨髄・生殖腺線量の計算)
5. SAWADA S, RUSSELL WJ, WAKABAYASHI T: Exposure to diagnostic X-ray, community hospital and clinic survey, 1964-65. ABCC Research Protocol 22-65
(医療用X線照射, 病院および医院の調査, 広島・長崎 1964-65年)
6. 江藤秀雄, ほか: X線管球の研究. X線管球会議2: 87, 1953
(ETO H, et al: Study of X-ray tube. X-sen Kankyu Kaigi - X-ray Tube Conference)