



Title	胸部撮影時に於ける散乱線の研究
Author(s)	田中, 隆夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 18(11), p. 1533-1547
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16372
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

胸部撮影時に於ける散乱線の研究

東北大学医学部放射線医学教室（主任 古賀良彦教授）

田 中 隆 夫

（昭和33年11月25日受付）

目 次

- I. 緒 言
- II. 研究方法
- III. 研究結果
 - 1. 種々なる電圧及び照射面積による線量の変化
 - 2. 散乱線含有率の測定
 - 3. 遮光板による散乱線除去効果
 - 4. 平圧胸部撮影時に於ける散乱線含有率及び遮光板による除去効果
 - 5. 併立細隙高圧撮影時に於ける散乱線含有率の測定
- IV. 総括及び考按
- V. 結 論
- VI. 文 献

I 緒 言

管電圧の上昇に伴つて被写体を透過したX線中に含まれる散乱線の割合は、被写体の種類並びに厚さ、X線管の濾過板、線束の大きさ等によつて異なる¹⁾²⁾。而もこれは測定方法即ちフィルム単独、フィルム及び増感紙の組合せ、増感紙及び二次電子増倍管の組合せ、線量計の何れによるかによつて夫々異つた値をとるとされる。

散乱線の割合は管電圧の上昇と共に大きくなるが、管電圧の上昇と共に透過X線中に含まれる散乱線の絶対量が増すかどうかについては、線量計による測定では散乱線量は線質によつて異なるが深部治療の範囲では略々等しく線質係数は約0.01であるという報告がある³⁾。

本実験に於ては胸部撮影の際電圧の上昇に伴う

散乱線比較量の変化及び遮光板の使用による散乱線除去の効果を検討した。

II 研究方法

従来高圧撮影における散乱線の測定はファントムを用いてフィルム黒化度法で行われる場合が多く、稀に螢光板又は増感紙と光電管或は二次電子増倍管とを組合せてやる方法で行われている。

先ず従来から行われて来たフィルム黒化度法を用いて種々なる管電圧及び照射面積による線量の変化について検討を加え次いで螢光板（極光P 3）と二次電子増倍管（R C A 931A）との組合せを用いて同様に線量の変化を検討した。

次に此の組合せによつて電圧の変化に伴う散乱線含有率の変化並に遮光板の使用による散乱線除去の効果を深部治療用装置及び診断用装置を用いて測定し、更に併立細隙高圧撮影の際の散乱線含有率を検討した。

螢光板と二次電子増倍管の組合せを散乱線含有率の測定に用いてよいかどうかを検討するため、此の組合せと線量計（Küstner）とを比較して線質依存性をしらべた。即ち同一の電離イオンを生ずるに要する銅又はアルミニウム濾過板の厚みを線量計を用いて各電圧について求めてこれを縦軸にとり管電圧を横軸にとり、更に各電圧について螢光板の同一光電流を得るに要する銅又はアルミニウム濾過板の厚みを求めてこれを縦軸にとり管電圧を横軸にとつて両者を比較した結果を第1表及び第1図に示す（931Aに対する印加電圧は900Vとした）。

第1表 濾過板の厚み
Al (mm)

KVp	Küstner	P 3 + 931 A
60	1.564	1.95
70	2.368	4.45
80	3.420	6.80

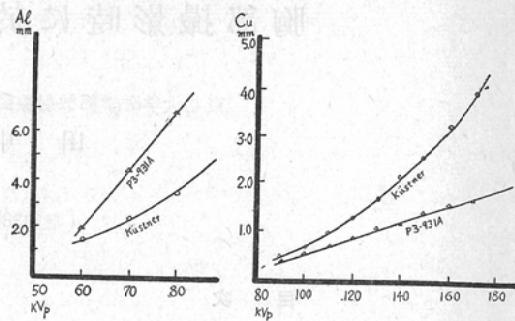
Cu (mm)

KVp	Küstner	P 3 + 931 A
90	0.488	0.431
100	0.668	0.583
110	0.956	0.744
120	1.330	0.924
130	1.680	1.097
140	2.188	1.236
150	2.545	1.445
160	3.324	1.585
170	3.980	1.738
180	4.795	1.875

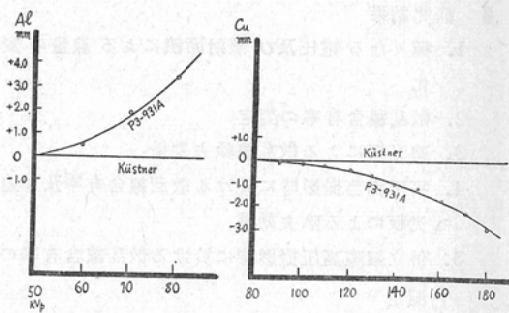
線量計を用いた場合には同一の電離イオンを得るに要する銅又はアルミニウム濾過板の厚みは管電圧の凡そ2乗に比例して変化する。一方螢光板と二次電子増倍管との組合せは180KVp迄の範囲では高電圧に於いても管電圧に比例して直線的に変化し飽和することはないと云う結果を得た。螢光板と二次電子増倍管との組合せを線量計と比較すると低い電圧に於ては比較的感度は良いが高電圧に於ては感度が低下し線量計に対する偏差は第2図の如くである。

螢光板と二次電子増倍管との組合せに於ては螢光板(P 3)の螢光スペクトルの管電圧依存性をみるとこれは高電圧になるに従つて長波長側に見られる山が低くなつて行く傾向があるが、140KVp, 180KVpでは殆んど同一の曲線となる。螢光板の螢光スペクトルは管電圧の変化があつても殆んど変化しないとされている⁵⁾。又二次電子増倍管(931A)の光陰極はスペクトル感度の極大は約4,000Åであり、螢光板P 3の極大エネルギーは約5,300ÅであるからP 3の螢光スペクトルのエネルギーの大部分は931Aに感受される。

第1図 線量計とP 3-931A組合せとの比較



第2図 線量計とP 3-931Aとの濾過板の偏差



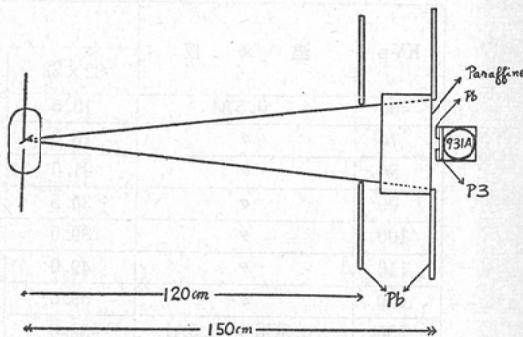
以上胸部撮影の場合に於ける散乱線含有率を測定するに當つて螢光板と二次電子増倍管との組合せを用いてよいかどうかを検討した結果高電圧に於いては線量計と比較すれば感度がやゝ劣るが螢光スペクトルの管電圧依存性が殆どないこと、二次電子増倍管の光陰極のスペクトル感度の極大と螢光エネルギーの極大とが一致することから螢光板と二次電子増倍管との組合せによつて得られる光電流値は散乱線を含めて全X線による螢光板の輝度に比例すると考えられるから此の組合せを用いて測定してもよいと思考される。

尙50KVpから80KVpに亘つてアルミニウム濾過板を使用した場合には診断用500mA装置(日立DR-10/2S), 80KVpから180KVpに亘つて銅濾過板を用いた場合には深部治療用装置(東芝KXC17)を用いた。

III 研究結果

1. 種々なる電圧及び照射面積による線量の変化

第3図



面積調節窓を作った（第3図）。

尙更に遮光板を單一に或は交叉使用した場合について螢光板と二次電子増倍管との組合せによる測定法を用いて検討を加えた。

実験結果

フィルム黒化度法による実験結果を第2表に示す。

螢光板と二次電子増倍管との組合せによる実験結果を第3表及び第4図に示す。

照射面積が $2 \times 2 \text{cm}^2$ の場合は勿論黒化度並びに光電流測定値は小で $32 \times 32 \text{cm}^2$ の場合は大であるが、中間の $4 \times 4 \text{cm}^2$, $8 \times 8 \text{cm}^2$, $16 \times$

第2表 写真黒化度

KVp	濾過板	mAs	照射面積 (cm^2)				
			32×32	16×16	8×8	4×4	2×2
60	0.5Al	8.0	1.11	0.95	0.92	0.82	0.68
70	"	4.0	1.21	1.06	1.00	0.89	0.78
80	"	3.0	1.29	1.17	1.07	0.97	0.83
90	"	2.0	1.20	1.03	0.91	0.87	0.76
100	"	1.5	1.21	1.08	1.05	1.00	0.80
110	"	1.0	1.13	0.96	0.88	0.81	0.70
120	"	0.3	1.15	0.98	0.90	0.82	0.70
130	0.3Cu+0.5Al	1.4	1.16	0.94	0.87	0.79	0.66
140	"	1.2	1.19	0.99	0.94	0.88	0.76
150	"	1.0	1.08	0.96	0.92	0.85	0.70
160	"	0.8	1.11	0.94	0.89	0.80	0.68
170	0.5Cu+0.5Al	1.0	1.15	0.96	0.88	0.82	0.72
180	"	0.8	1.12	0.95	0.87	0.81	0.69

第3表(1) 螢光板光電流(μA)(no grid)

KVP	濾過板	照射面積(cm ²)				
		32×32	16×16	8×8	4×4	2×2
60	0.5Al	10.5	10.0	9.5	11.0	9.0
70	"	16.0	15.5	15.5	15.0	13.0
80	"	21.0	20.5	20.0	21.0	19.0
90	"	30.5	27.0	27.0	28.0	25.0
100	"	39.0	36.0	35.5	36.0	31.0
110	"	49.0	44.5	43.0	44.0	39.0
120	"	59.0	52.0	52.0	52.0	46.0
130	0.3Cu+0.5Al	32.0	29.0	29.0	29.0	25.0
140	"	40.0	34.0	34.0	34.0	29.0
150	"	47.5	38.0	38.0	38.0	33.0
160	"	53.0	44.0	43.0	43.0	38.0
170	0.5Cu+0.5Al	43.0	36.0	36.0	35.0	31.0
180	"	50.0	40.0	38.0	38.0	35.0

第3表(2) 螢光板光電流(μA)(Single Lucidex)

KVP	濾過板	照射面積(cm ²)				
		32×32	16×16	8×8	4×4	2×2
60	0.5Al	8.0	7.0	6.0	6.0	6.0
70	"	14.0	11.0	11.0	11.0	10.0
80	"	20.0	16.0	15.0	15.0	13.0
90	"	25.0	21.0	20.0	20.0	18.0
100	"	32.0	27.0	27.0	26.0	23.0
110	"	40.0	34.0	33.0	31.0	28.0
120	"	48.0	40.0	39.0	38.0	34.0
130	0.3Cu+0.5Al	28.0	24.0	22.0	21.0	20.0
140	"	33.0	28.0	26.0	25.0	22.0
150	"	37.0	31.0	29.0	28.0	25.0
160	"	42.0	37.0	33.0	32.0	28.0
170	0.5Cu+0.5Al	37.0	29.0	27.0	26.0	24.0
180	"	40.0	32.0	30.0	30.0	26.0

16cm² の場合は黒化度並に光電流測定値は必ずしも照射面積の増大に平行して増加せず、むしろ接近している場合もある結果を得た。

2. 散乱線含有率の測定

実験方法

螢光板と二次電子増倍管との組合せを用いて測定した。使用装置は前述1.の実験と同様深部治療用装置により、管電流は3mA連続通電した。

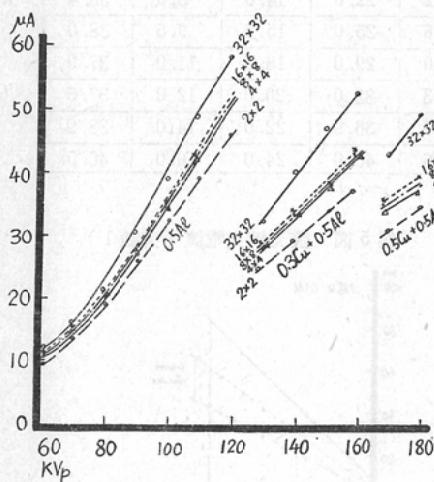
実験 1.

(1) 二次電子増倍管は螢光板に接着せしめ、螢光板の照射面積が2×2cm²となる様に厚み4mmの鉛板で被つた。尙その印加電圧は60KVPから140KVPまで濾過板0.5mm Alの場合は800V、100KVPから180KVPまで濾過板0.3mm Cu+0.5mm Alの場合は820Vとした。胸厚20cmの胸型パラフィンファントムをその背面

第3表(3) 螢光板光電流(μA) (Crossed Lucidex)

KVP	濾過板	照射面積 (cm^2)				
		32×32	16×16	8×8	4×4	2×2
60	0.5Al	7.0	6.0	6.0	6.0	5.0
70	"	11.0	9.0	9.0	9.0	8.0
80	"	16.0	13.0	13.0	13.0	12.0
90	"	20.0	18.0	18.0	18.0	17.0
100	"	26.0	22.0	22.0	22.0	21.0
110	"	33.0	29.0	29.0	29.0	27.0
120	"	40.0	34.0	34.0	35.0	31.0
130	0.3Cu+0.5Al	24.0	19.0	19.0	19.0	18.0
140	"	28.0	22.0	22.0	23.0	20.0
150	"	32.0	25.0	25.0	25.0	23.0
160	"	37.0	29.0	28.0	28.0	26.0
170	0.5Cu+0.5Al	32.0	24.0	23.0	23.0	21.0
180	"	35.0	26.0	25.0	25.0	23.0

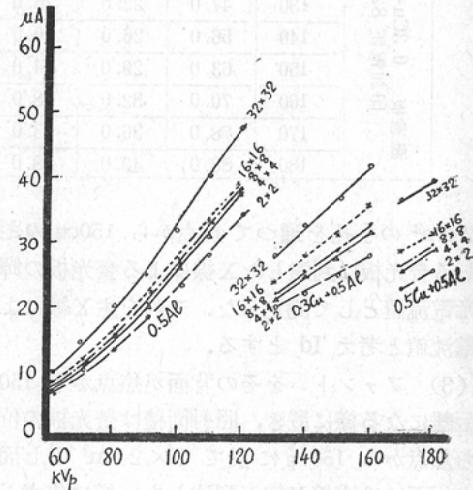
第4図(1) 融光板光電流(no grid)



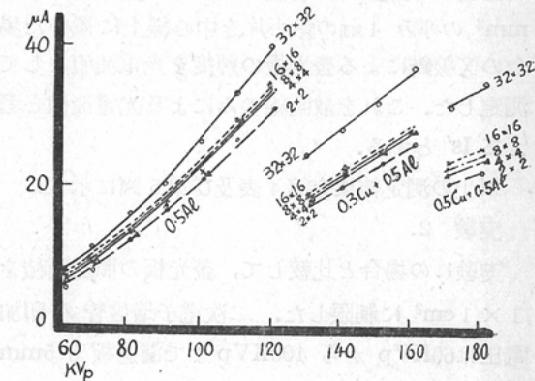
が焦点から 150cm の距離になる様に置いた。照射面積が螢光板の位置即ち焦点から 150cm の距離に於て $32 \times 32 \text{cm}^2$ となる様に焦点から 120cm 及び 150cm の距離に於て厚み 4 mm の鉛を用いて照射面積調節窓を作り X 線錐による螢光板の輝度を光電流値として測定した。これを主 X 線及び散乱線による光電流値と考え $I_d + I_s$ とする。

(2) 次にフィルムをその背面が焦点から 40cm の距離になる様に置き、ファントムの前面及び後面を厚み 4 mm の鉛板で被い、中心線上に作った 2

第4図(2) 融光板光電流(Single iLucdex)



第4図(3) 融光板光電流(Crossed Lucidex)



第4表 融光板光電流 (μA) (実験1)

KVp	面積 cm ² 32×32	no grid				Crossed Lucidex				
		Id+Is	Id	Is	Is'	$\frac{Is}{Id+Is} \%$	Id+Is	Id	$\frac{Is}{Id+Is} \%$	
0.5Al 800V 印加電圧 濾過板	60	10.0	5.0	5.0	4.0	50.0	5.0	4.0	1.0	20.0
	70	20.0	10.0	10.0	10.0	50.0	9.0	6.5	2.5	27.8
	80	28.0	14.0	14.0	13.0	50.0	13.0	9.0	4.0	30.8
	90	38.0	19.0	19.0	17.0	50.0	17.0	12.0	5.0	29.4
	100	48.0	24.0	24.0	23.0	50.0	22.0	15.5	6.5	29.5
	110	57.0	28.0	29.0	27.0	50.8	26.0	18.0	8.0	30.8
	120	69.0	34.0	35.0	34.0	50.7	30.0	21.0	9.0	30.0
	130	78.0	39.0	39.0	38.0	50.0	33.0	23.0	10.0	31.5
	140	89.0	44.0	45.0	44.0	50.5	39.0	26.0	13.0	33.3
0.5Al 820V 印加電圧 濾過板	100	25.0	13.0	12.0	12.0	48.0	11.0	7.5	3.5	31.8
	110	32.0	16.0	16.0	16.0	50.0	14.0	9.0	5.0	35.7
	120	39.0	19.0	20.0	20.0	51.3	18.0	10.5	6.5	36.1
	130	47.0	22.0	25.0	24.0	53.2	22.0	14.0	8.0	36.4
	140	56.0	26.0	30.0	29.0	53.6	25.0	15.5	9.5	38.0
	150	63.0	29.0	34.0	32.0	54.0	29.0	18.0	11.0	37.9
	160	70.0	32.0	38.0	38.0	54.3	32.0	20.0	12.0	37.5
	170	78.0	36.0	43.0	41.0	54.5	36.0	22.0	14.0	38.9
	180	88.0	40.0	48.0	47.0	54.6	40.0	24.0	16.0	40.0

$\times 2 \text{ cm}^2$ の小孔を通つて焦点から 150cm の距離にある融光板に到達したX線による融光板の輝度を光電流値として測定した。これを主X線による光電流値と考え Id とする。

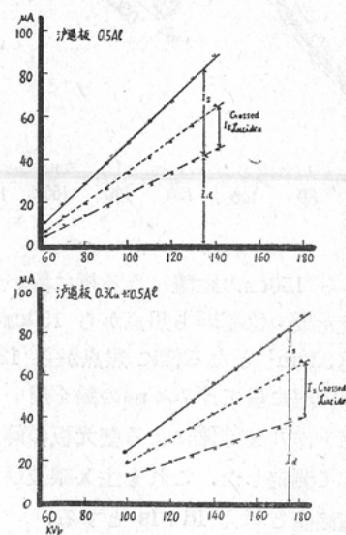
(3) ファントムをその背面が焦点から 150cm の距離になる様に置き、照射面積は融光板の位置即ち焦点から 150cm に於て $2 \times 2 \text{ cm}^2$ とし而も融光板面には直接X線が到達しない様に焦点から 120cm の距離の照射面積調節窓に面積が $16 \times 16 \text{ mm}^2$ の厚み 4mm の鉛小片を中心線上に置いた場合のX線錐による融光板の輝度を光電流値として測定した。これを散乱線のみによる光電流値と考えて Is' とする。

以上の測定結果を第4表及び第5図に示す。

実験 2.

実験1の場合と比較して、融光板の照射面積を $1 \times 1 \text{ cm}^2$ に制限した。二次電子増倍管の印加電圧は 60KVp から 100KVp まで濾過板 0.5mm

第5図 融光板光電流 (実験1)

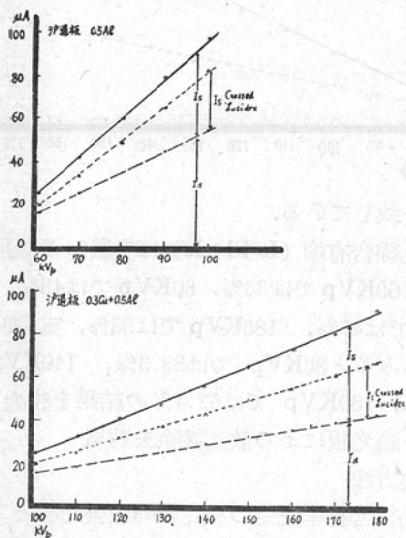


A1 の場合には 1,000V, 100KVp から 180KVp まで濾過板 0.3mm Cu+0.5 mm Al の場合は

第5表 融光板光電流 (μA) (実験2)

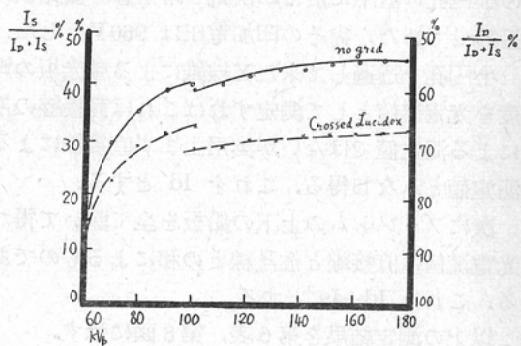
	面積 KVp	no grid				Crossed Lucidex				
		Id+Is	Id	Is	Is'	Is Is+Id %	Id+Is	Id	Is Id+Is %	
		cm ² 32×32	cm ² 2×2				cm ² 32×32	cm ² 2×2		
濾過板 0.5Al 印加電圧 1000V	60	25.0	16.0	9.0	11.0	36.0	12.0	10.0	2.0	16.7
	70	42.0	25.0	17.0	18.0	40.5	20.0	15.0	5.0	25.0
	80	60.0	34.0	26.0	25.0	43.4	28.0	20.0	8.0	28.6
	90	79.0	45.0	34.0	35.0	43.1	37.0	25.0	12.0	32.4
	100	98.0	55.0	43.0	45.0	43.8	45.0	29.0	16.0	35.6
	100	23.0	14.0	9.0	11.0	39.0	11.0	8.0	3.0	27.2
	110	31.0	18.0	13.0	15.0	42.0	14.0	10.0	4.0	28.6
	120	40.0	22.0	18.0	20.0	45.0	19.0	13.0	6.0	31.6
	130	47.0	25.0	22.0	24.0	46.8	22.0	15.0	7.0	31.8
	140	55.0	29.0	26.0	28.0	47.3	27.0	18.0	9.0	33.3
濾過板 0.3Cu+0.5Al 印加電圧 940V	150	65.0	33.0	32.0	32.0	49.3	30.0	20.0	10.0	34.5
	160	73.0	36.0	37.0	38.0	50.6	34.0	22.0	12.0	35.3
	170	80.0	39.0	41.0	43.0	51.2	38.0	24.5	13.5	35.5
	180	91.0	43.0	48.0	49.0	52.8	42.0	27.0	15.0	35.7

第6図(1) 融光板光電流(実験2)



940Vとした。又焦点から15mmの距離に35×35 mm²の小孔を有する厚み4mmの鉛板を附着した。散乱線のみによる光電流値を測定した場合には融光板に直接主X線が到達しない様に焦点から120cmの距離の照射面積調節窓に面積8×8 mm²、厚み4mmの鉛小片を中心線上に置いて光

第6図(2) 散乱線含有率(実験2)

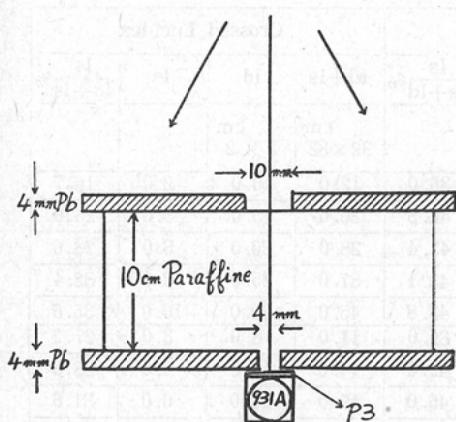


電流値を測定した。其の他は実験1.と同様にして(1)主X線及び散乱線による光電流値を Id+Is とし、(2)散乱線のみによる光電流値を Is' として夫々光電流の測定を第5表、第6図に示す。

実験 3.

使用装置は深部治療用装置(東芝KXC17), 管球はSTO 200-6を用い管電流は5mA連続通電した。焦点と融光板との距離は150cm, 濾過板は1.0mm Alを用いて、80KVpから180KVpに亘って10KVp毎に測定した。焦点直下に第7図に示す様に厚み10cmのパラフィンファントムを

第7図



置き、その上に厚み4mmの鉛板をのせ、その中央に10mm直径の円孔をあけ、その円孔中心垂直下に厚み4mmの鉛板を敷きその中央に4mm直径の小円孔をあけ、10mm円孔と4mm円孔の中心はファントムをはさんで一直線上にあるように置いた。4mmの小円孔の直下に於て二次電子増倍管を螢光板に接着せしめた。尙その印加電圧は960Vとした。

小円孔を透過して来たX線錐による螢光板の輝度を光電流値として測定すればこれは直接線のみによる測定値ではないが実用上まず直接線による測定値とみなしえる。これを I_d とする。

次にファントムの上下の鉛板を全て除いて得た光電流値は直接線と散乱線との和によるものである。これを I_d+I_s とする。

以上の測定結果を第6表、第8図に示す。

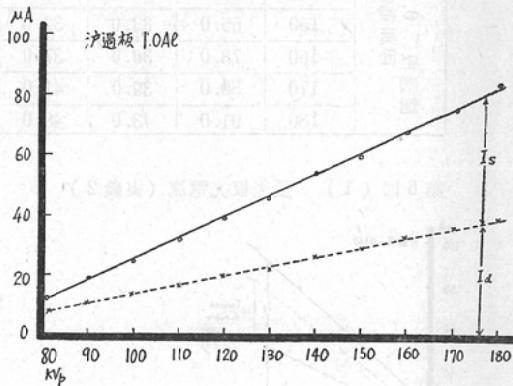
実験結果

実験1.及び実験2.の結果からみると、焦点から150cmの距離に於て照射面積が $32 \times 32\text{cm}^2$ の場合のX線錐による螢光板の光電流値は主X線と散乱線による測定値と考えられるがこの測定値とファントムをその背面が焦点から40cmの距離になるように置き、ファントムの前後面を厚み4mmの鉛板で被い $2 \times 2\text{cm}^2$ の小孔を通つて来たX線錐による螢光板の光電流測定値との差を各電圧についてみると、照射面積が焦点から150cmの距離に於て $32 \times 32\text{cm}^2$ で而も主X線が直接螢光板に到達しない状態で測定した螢光板の光電流測定値と

第6表 螢光板光電流 (μA) (実験3)

KVp	I_d+I_s	I_d	I_s	$\frac{I_s}{I_d+I_s}\%$
80	12.0	8.0	4.0	33.3
90	19.0	11.0	8.0	42.1
100	25.0	14.0	11.0	44.0
110	32.0	17.0	15.0	46.9
120	39.0	20.0	19.0	48.8
130	46.0	23.0	23.0	50.0
140	54.0	27.0	27.0	50.0
150	60.0	30.0	30.0	50.0
160	68.0	34.0	34.0	50.0
170	76.0	37.0	39.0	51.3
180	84.0	40.0	44.0	52.4

第8図 螢光板光電流 (実験3)



略々一致している。

散乱線含有率 (I_s/I_d+I_s) は実験2.の結果からみると60KVpでは36%，80KVpでは43%，140KVpでは47%，180KVpでは53%，実験3.の結果からみると80KVpでは33.3%，140KVpでは50.0%，180KVpでは52.4%の結果を得た。

3. 遮光板による散乱線除去効果

実験方法

散乱線含有率測定の場合と同様螢光板と二次電子増倍管との組合せにより測定した。使用装置、濾過板、ファントム、焦点螢光板間距離等の条件は前記実験1.及び実験2.に於ける散乱線含有率測定の場合と同様な状態で測定した。

(1) ファントムをその背面が焦点から150cmの距離になるように置き螢光板との間に遮光板を交叉して置いた。照射面積が焦点から150cmの距

離に於て $32 \times 32\text{cm}^2$ の場合の螢光板の光電流値は遮光板を交叉使用した場合の主X線及び散乱線による光電流測定値であるからこれを $\text{Id}+\text{Is}$ とする。尙遮光板の交叉使用によつて散乱線が除去されると同時に主X線も減弱される。前記の実験に於てファントムをその背面が焦点から 40cm の距離になる様に置き、ファントムの前後面を厚み 4mm の鉛板で被えれば中心線上 $2 \times 2\text{cm}^2$ の小孔を通るX線は略々主X線のみと考えられる結果を得たので、これに焦点から 150cm の距離に於て遮光板を交叉使用して螢光板の光電流値を測定すれば主X線の遮光板使用の際の光電流測定値となる。これを Id とする。

以上(1), (2)の測定結果から各電圧について両者の差を求めれば遮光板の交叉使用の際の散乱線による光電流測定値が求められる。これと(1)の測定結果から各電圧について散乱線含有率($\text{Is}/(\text{Id}+\text{Is})$)が算出される。散乱線含有率測定の実験1. 実験2. に於て遮光板を交叉使用した場合の散乱線含有率を第4表、第5図及び第5表、第6図に夫々示す。尙第5図及び第6図(1)では遮光板交叉使用による主X線及び散乱線による光電流測定値は散乱線含有率から計算して遮光板を使用しない場合に於ける主X線による光電流測定値を基準にとつて示した。

実験結果

遮光板の交叉使用により散乱線含有率は第5表から 120KVp では45%から32%に、 140KVp で

は47%から33%に、 180KVp では53%から36%に減少せしめられる結果を得た。遮光板を使用しない場合と交叉使用した場合との散乱線含有率を第6図(2)に示す。

4. 平圧胸部撮影時に於ける散乱線含有率及び遮光板による除去効果

実験方法

日常の胸部撮影の際に於ける散乱線含有率及び遮光板の使用による散乱線除去効果を検討するため、診断用 500mA 装置(日立 DR-10/2S)により管球は SDR10-2 を用い、電流は 3mA 連続通電して 50KVp から 80KVp まで 5KVp 毎に測定した。螢光板と二次電子増倍管との組合せにより、螢光板の照射面積は $2 \times 2\text{cm}^2$ とし二次電子増倍管の印加電圧は $1,000\text{V}$ とした。

(1) ファントムをその背面が焦点から 150cm の距離になる様に置き、照射面積が螢光板の位置即ち焦点から 150cm の距離に於て $32 \times 32\text{cm}^2$ となる様に焦点から 120cm 及び 150cm の距離に厚み 4mm の鉛板を用いて照射面積調節窓を作り、光電流値を測定した。これを主X線及び散乱線による光電流測定値と考え $\text{Id}+\text{Is}$ とする。

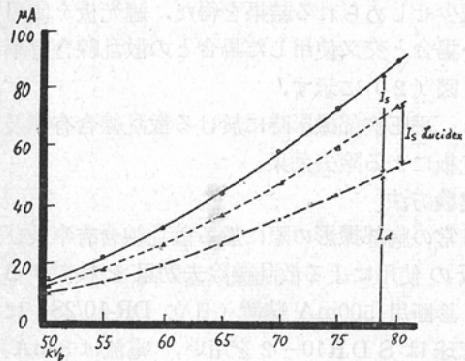
(2) ファントムの背面が焦点から 45cm の距離になる様に置き、ファントムの前後面を厚み 4mm の鉛で被い中心線上 $2 \times 2\text{cm}^2$ の小孔を通して到達したX線による光電流値を測定した。これを主X線による光電流値と考え Id とする。

(3) ファントムの背面が焦点から 150cm の距

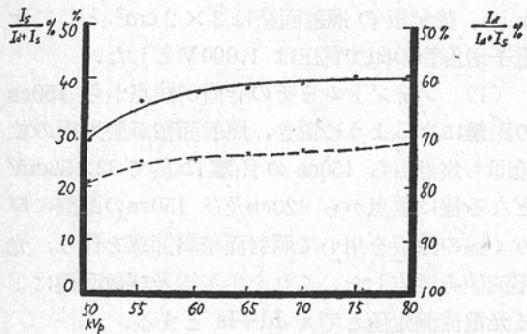
第7表 螢光板光電流 (μA) (平圧)

面積 KVp	no grid					Lucidex (Single)			
	Id+Is	Id	Is	Is'	Is Id+Is %	Id+Is	Id	Is	Is Id+Is %
	cm ² 32×32	cm ² 2×2				cm ² 32×32	cm ² 2×2		
50	14.0	10.0	4.0	4.0	28.6	9.0	7.0	2.0	22.2
55	22.0	14.0	8.0	8.0	36.4	12.0	9.0	3.0	25.0
60	32.0	20.0	13.0	13.0	37.5	18.0	13.5	4.5	25.0
65	44.0	27.0	17.0	17.0	38.6	25.0	18.5	6.5	26.0
70	59.0	36.0	23.0	23.0	39.0	34.0	25.0	9.0	26.4
75	73.0	44.0	29.0	29.0	39.8	44.0	32.0	12.0	27.3
80	90.0	54.0	36.0	35.0	40.0	54.0	39.0	15.0	27.8

第9図(1) 螢光板光電流(平圧)



第9図(2) 散乱線含有率(平圧)



離になるように置き、螢光板には直接X線が到達しないように焦点から120cmの距離にある照射面積調節窓に面積が $16 \times 16\text{mm}^2$ の厚み4mmの鉛小片を中心線上に置いて光電流値を測定した。これを散乱線のみによる光電流値と考え $I_{s'}$ とする。

又遮光板を使用した場合の主X線と散乱線による光電流値、主X線による光電流値を夫々測定した。以上の測定結果を第7表、第9図に示す。

実験結果

60KVpに於て散乱線含有率は37.5%、80KVpに於ては40%であるが遮光板の使用によつて夫々25%、27.8%に改善される結果を得た。

5. 併立細隙高圧撮影時に於ける散乱線含有率の測定

実験方法

高圧撮影の際散乱線によるX線像の対照度の低下を防ぐ目的で散乱線量を出来るだけ少量にとど

めるため、5mm巾の鉛の單細隙を通つたX線によつて写真をとるよう他の3mm巾の鉛の單細隙をフィルムの前に置き、両方の鉛細隙を連動させる装置⁸⁾に於ける散乱線含有率を120KVpから180KVpに亘つて測定した。

■深部治療用装置(東芝KXC18)管球はT650を用い電流は20mAを連続通電した。

散乱線含有率の測定には螢光板と二次電子増倍管との組合せを用い、焦点から150cmの距離に於て測定した。螢光板の照射面積が $1 \times 1\text{cm}^2$ となるように厚み4mmの鉛板で被つた。二次電子増倍管の印加電圧は740Vとした。濾過板は120KVpから180KVpまで0.3mm Cu + 0.5mm Alを用いた。焦点から40cmの距離に於て照射面積が $10 \times 10\text{cm}^2$ となる放射筒を附した。

(1) 螢光板の位置即ち焦点から150cmの距離に於て照面積が $32 \times 32\text{cm}^2$ となる様に焦点から120cmの距離に厚み4mmの鉛板を用いて照射面積調節窓を設け、胸厚20cmの胸型パラフィンファンタムをその背面が焦点から150cmの位置にあるように置き、120KVpから180KVpに亘つて光電流値を測定した。これを主X線及び散乱線による光電流値と考え $I_d + I_s$ とする。

(2) ファントムをその背面が焦点から60cmの距離になるように置き、ファントムの前後面を厚み4mmの鉛板で被つて中心線上 $2 \times 2\text{cm}^2$ の小孔を通つて到達したX線による光電流値を測定した。これを主X線による光電流測定値と考え I_d とする。

(3) ファントムをその背面が焦点から150cmの距離になるように置き、照射面積は螢光板の位置即ち焦点から150cmに於て $1 \times 1\text{cm}^2$ とし而も螢光板には直接X線が到達しない様に焦点から120cmの距離に於ける照射面積調節窓に面積が $8 \times 8\text{mm}^2$ の厚み4mmの鉛小片を中心線上に置き光電流値を測定した。これを散乱線のみによる光電流値と考え $I_{s'}$ とする。以上の測定結果を第8表(1)、第10図(1)に示す。

(4) ファントムをその背面が焦点から150cmの距離になるように置き、焦点から120cmの距離

第8表(1) 螢光板光電流(μA)

面積 KVp	Id+Is	Id	Is	Is'	$\frac{Is}{Id+Is} \%$
	cm ² 32×32	cm ² 2×2			
120	31.0	19.0	12.0	13.0	38.7
130	40.0	24.0	16.0	17.0	40.0
140	49.0	29.0	20.0	22.0	40.8
150	60.0	35.0	25.0	26.0	41.7
160	69.0	40.0	29.0	30.0	42.0
170	78.0	45.0	33.0	33.0	42.3
180	88.0	50.0	38.0	38.0	43.2

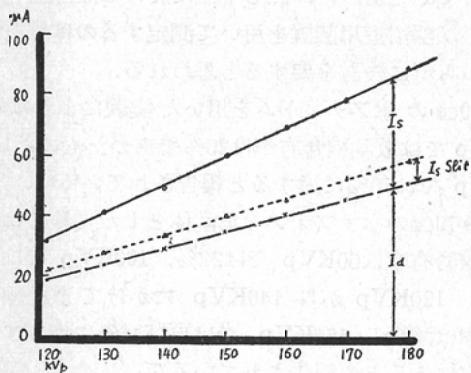
(2) 融光板光電流(μA)(併立細隙法)

KVp	Id+Is	Id	Is	$\frac{Is}{Id+Is} \%$
120	13.0	12.0	1.0	7.7
130	17.0	15.0	2.0	11.8
140	21.0	18.5	2.5	11.9
150	25.0	22.0	3.0	12.0
160	29.0	25.5	3.5	12.1
170	33.5	29.0	4.5	13.4
180	36.0	32.0	5.0	13.5

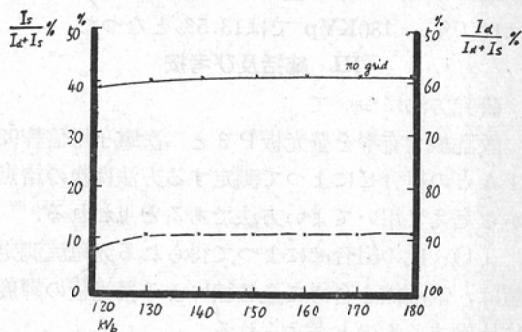
にある5mm巾の鉛の單細隙を通つたX線がファンタムを経て更に焦点から150cmの距離にある他の3mm巾の鉛の單細隙を通して到達したX線による融光板の光電流値を測定した。これを主X線及び散乱線による光電流値と考え $Id+Is$ とする。

(5) ファントムをその背面が焦点から60cmの距離になるように置き、ファントムの前後面を厚み4mmの鉛板で被つて中心線上 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ の小孔を通り更に焦点から120cm及び150cmの距離に

第10図(1) 融光板光電流



第10図(2) 散乱線含有率



ある併立細隙を通して到達したX線による融光板の光電流値を主X線による測定値と考え Id とする。以上(4)及び(5)の測定結果を第8表(1), 第10図に示す。尙第10図(1)では併立細隙法に於ける主X線及び散乱線による光電流測定値を散乱線含有率から計算して併立細隙法を用いない場合即ち前記(1)の主X線による光電流測定値を基準として示した。

実験結果

融光板の位置即ち焦点から150cmの距離に於て照射面積 $32 \times 32 \text{ cm}^2$ の場合の融光板の光電流値を主X線及び散乱線による光電流値と考え $Id+Is$ とする。ファントムをその背面が焦点から60cmの距離になるように置き、ファントムの前後面を厚み4mmの鉛板で被つて中心線上 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ の小孔を通して來たX線による融光板の光電流値を主X線による測定値と考えて Id とすれば、両者の差は散乱線による光電流値と考えられ、散乱線含有率 $Is/(Id+Is) \%$ は第8表(1)の如く140KVpでは40.8%, 180KVpでは43.2%となる。

併立細隙を用いた場合にはファントムの背面が焦点から150cmの距離になる様にファントムを置いた場合の融光板の光電流値を主X線及び散乱線による光電流値と考え $Id+Is$ とし、ファントムをその背面が焦点から60cmの距離になる様に置き中心線上 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ の小孔を通り更に併立細隙を経たX線による融光板の光電流値を主X線による光電流測定値と考え Id とすれば、両者の差は散乱線による光電流値と考えられ、散乱線含有率

(I_s/I_d+I_s) は第8表(2)の如く 140KVp では11.9%, 180KVp では13.5%となつた。

III 総括及び考按

研究方法について

散乱線含有率を螢光板P 3と二次電子増倍管931 Aとの組合せによつて測定する方法は次の諸点から考えて用いてよい方法であると思われる。

(1) 此の組合せによつて得られる光电流測定値は、散乱線を含めて全X線による螢光板の輝度に比例するものと考えられる。

(2) 散乱線の大部分は一次X線より長波長のものを含むから、各電圧についてみると高電圧に於て線量計に比較して感度の劣る此の組合せによる測定値は線量計による測定よりも散乱線をやゝ過大に測定する可能性はあつても過小に測定するおそれはない。

(3) 散乱線含有率を測定するに當つては此の組合せは高電圧において線量計と比較して感度がやゝ劣つても散乱線の絶対量ではなく、比較量として散乱線含有率を求めるのであるから影響は少いと考えられる。

(4) 螢光板P 3の螢光スペクトル及びその管電圧依存性と二次電子増倍管 931 Aの光陰極のスペクトル感度からみて此の組合せは測定方法として差支ない。

研究結果について

1. 種々なる電圧及び照射面積による線量の変化について

線量計による測定の結果によると散乱線含有率は照射面積の大きさに比例すると報告されている³⁾。一方散乱線含有率は電圧が高くなつてもそれ程著しく増加せず、散乱線の発生はむしろ被写体の厚さと照射される被写体の面積に支配されるとも報告されている⁴⁾。

本実験に於て照射面積 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ に於ける黒化度並びに光电流値は主X線のみによる測定値ではなくて、散乱線によるものも一部加味されるとしてもそれは極めて僅少であると考えられるので照射面積の拡大による黒化度又は光电流値の増

加は大部分は散乱線の増加によるものと思われる。照射面積が小さい場合には勿論黒化度又は光电流測定値は小さく面積が大になるに従つて大とはなるがこの測定値の増加傾向は照射面積の増大と必ずしも平行して増加せず、照射面積の大きさによつては殆ど増加しないと云う場合もあることが知られた。このことは散乱線含有率は被写体の照射面積に支配され面積が大なる程大となることを示すが、散乱線含有率の増加傾向は照射面積の増大に單純に比例するものではなく、照射面積が増大すると散乱線の増加の小さい部分と増加の急激な部分があると考えられる。

2. 散乱線含有率の測定について

ファンтомをその背面が焦点から 40cm の距離になるように置き、ファンтомの前後面を厚み 4 mm の鉛で被い中心線上 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ の小孔を通して来たX線による光电流測定値を主X線による測定値と考えてよいかどうかは検討を要する。然し各電圧について主X線と散乱線による光电流値即ち照射面積が焦点から 150cm に於て $32 \times 32\text{cm}^2$ の場合のX線錐による光电流の測定値と、 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ の小孔を通して到達したX線による螢光板の光电流測定値との差は、直接螢光板に主X線が到達しない状態で測定した散乱線のみによる光电流の測定値とは実験誤差の範囲で略々一致しているから中心線上 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ の小孔を通して到達したX線による光电流値は主X線による光电流測定値と考えてよいと思われる。尙実験に用いたX線の線質は線量計によれば半価層は 150KVp で 0.57 mm Cu であつた。然し平圧に於ける散乱線含有率を深部治療用装置を用いて測定するのは線質の点から更に検討を要すると思われる。

10cm の水ファンтомを用いた実験によれば 60 KVp では散乱線含有率は25%であつたものが 140 KVp では70%に達すると報告されている⁵⁾。又厚み 10cm のパラフィンを散乱体とした実験では散乱線含有率は 60KVp では22%, 100KVp では40%, 120KVp から 140KVp にかけて散乱線含有率は減少し 160KVp では再び46%に増加する傾向にあるとも報告されている⁶⁾。

胸型パラフィンファントムを用いた実験2.の結果では 120KVp では45%, 140KVp では47%, 180KVp では53%と漸増の傾向を示す結果を得た。

又 10cm のパラフィンファントムを用いた実験3.の結果も又 100KVp では44%, 120KVp では49%, 140KVp では50%, 160KVp では50%, 180KVp では52%と漸増の傾向を示す結果を得た。

螢光板と二次電子増倍管の組合せによつて測定した結果高圧撮影に於ける散乱線含有率は電圧の上昇と共に著明に上昇するとは言えないが、管電圧の上昇に伴つて漸増の傾向を有することが知られ、特定の電圧に於いて散乱線含有率が低下することは認められなかつた。

3. 遮光板による散乱線除去効果について

散乱体及び測定方法によつて測定結果には差があるが、 10cm の水ファントムの実験では散乱線含有率は遮光板の交叉使用によつて 140KVp では9%程度に抑え得ると報告されている⁶⁾。本実験の結果散乱線含有率を遮光板を使用しない場合と遮光板を交叉使用した場合について比較してみると、遮光板を交叉使用することによつて 150KVp 以上の高電圧に於ても相当散乱線除去の効果のあることを示し、 160KVp では51%から35%に、 180KVp では53%から36%に減少せしめることが出来る結果を得た。

4. 平圧胸部撮影時に於ける散乱線含有率及び遮光板による除去効果について

10cm の水ファントムを用いて散乱線含有率を測定した結果 60KVp では25%, 80KVp では43%と報告されている⁶⁾。又 10cm のパラフィンファントムを用いて測定した結果 60KVp では22%, 80KVp では25%という報告もある⁷⁾。本実験の結果は以上の報告と比較すると稍々差異があり、 60KVp では36%, 80KVp では40%を示した。これは前述の諸報告は写真黒化法による測定であり本実験は螢光板と二次電子増倍管との組合せを用いた結果であつて実験方法の差による影響も考えられる。又遮光板を使用しない場合と使用した場合とを比較すると遮光板の使用によつて散乱線除去

去の効果は大であると思われる。

尙実験に使用した線質は線量計の測定によれば半価層は 60KVp では 1.15mm Al , 70KVp では 1.31mm Al であつた。

5. 併立細隙高圧撮影時に於ける散乱線含有率の測定について

照射面積が螢光板の位置即ち焦点から 150cm に於て $32 \times 32\text{cm}^2$ の場合のX線錐による螢光板の光電流値は主X線と散乱線による光電流測定値と考えられるが、この測定値とファントムをその背面が焦点から 60cm の距離になる様に置きファントムの前後面を厚み 4mm の鉛板で被い $2 \times 2\text{cm}^2$ の小孔を通して到達したX線による螢光板の光電流測定値との差を各電圧についてみると、照射面積が焦点から 150cm の距離に於て $1 \times 1\text{cm}^2$ で而も主X線が直接螢光板に到達しない状態で測定した散乱線のみによる光電流測定値と略々一致している。

併立細隙を使用しない場合には散乱線含有率は 140KVp では40.8%, 180KVp では43.2%を示し、既述の散乱線含有率測定の場合と比較すれば稍々低い値を示したが、併立細隙の使用によつて散乱線含有率は 140KVp では40.8%から11.9%に、 180KVp では43.2%から13.5%に低下する。即ち併立細隙高圧撮影時には散乱線含有率を約 $1/3$ に減少せしめることを示している。尙線質は線量計によると半価層は 150KVp で 0.66mm Cu であつた。

V 結論

管電圧の上昇に伴つて散乱線は如何に変化するかを胸型パラフィンファントムを用いて深部治療用装置により測定した。

(1) ファントムの背面が焦点から 150cm の距離になる様にファントムを置き、電圧は 60KVp から 10KVp 毎に 180KVp まで、照射面積は焦点から 150cm の距離に於て $2 \times 2\text{cm}^2$ から4倍宛拡大して $32 \times 32\text{cm}^2$ まで各種電圧各種照射面積について透過全X線量に対する散乱線の比較量を写真黒化法及び螢光板と二次電子増倍管の組合せによつて螢光板輝度を二次電子増倍管の光電流

として測定した。その結果は透過全X線量は各電圧とも照射面積の小なる程小であるがその増加は必ずしも照射面積の増大に比例するとは限らず、照射面積が増大しても散乱線の増加が目立たない部分があることが分つた。

(2) 各種電圧について散乱線含有率を螢光板と二次電子増倍管との組合せにより測定した結果、濾過板として0.3mm Cu+0.5mm Alを用い螢光板の位置即ち焦点から150cmの距離に於て照射面積 $32 \times 32\text{cm}^2$ の場合は140KVpでは47%，180KVpでは53%であつた。尙ファントムとして厚み10cmのパラフィンを用い、濾過板は1.0mm Alを用いた場合も散乱線含有率は漸増の傾向を示し、100KVpで44%，140KVpで50%，180KVpで52%であつた。

(3) 更に各種電圧について遮光板を交叉使用した効果を測定した結果散乱線含有率は遮光板を使用しない場合と比較して低下し140KVpでは33%，180KVpでは36%に改善された。

診断用装置を用いて散乱線含有率を螢光板と二次電子増倍管の組合せにより胸型パラフィンファントムを用い焦点から150cmの距離に於て測定した。

(1) 60KVpに於ては38%，80KVpに於ては40%であつた。

(2) 更に遮光板(單一)を使用した場合には散乱線含有率は60KVpに於ては25%，80KVpに於ては28%に改善された。

併立細隙高圧撮影法に於ては併立細隙の使用によつて散乱線は濾過板として0.3mm Cu+0.5mm Alを使用した場合には140KVpでは12%，180KVpでも14%であつて散乱線含有率を $\frac{1}{3}$ に減少せしめ最上の散乱線遮断能力を示した。

以上の諸実験結果より胸部撮影に於ける散乱線含有率は管電圧の上昇に伴つて上昇の傾向にはあるが著明な差異ではなくて、むしろ照射面積によつて影響されることが明かにされた。

文 献

- 1) A. Nemet W.F. Cox and T.H. Hills: Brit. J. Radiology, 26, 185, 1953. — 2) H. Gajewski: Fortschr. Roentgenstr. 80, 643, 1954. — 3) 橋詰雅: 日本医学会誌, 14, 446, 1954. — 4) 草谷晴之: 日立評論, 38, 809, 1956. — 5) 大谷, 滝沢: 日本医学会誌, 16, 352, 1956. — 6) 吉村, 江藤, 駒井, 西堀: 日本臨床結核, 13, 1, 1954. — 7) 神田耕介: 日本医学会誌, 14, 644, 1955. — 8) 古賀, 三浦: 文部省総合研究報告集録(31年度). 286.

Experimental Studies on Scattered X-rays in Breast Radiography

By

Takao Tanaka

From the department of Radiology, Faculty of Medicine, Tohoku University.

(Director: Prof. Y. Koga)

The amount of scattered X-rays in breast radiographies are measured through a breast typed paraffine phantom at the distance of 150 cm from the focus.

(1) The methods of the combination of the X-ray film and intensifying screen, the combination of the fluorescent screen and the multiplier phototube show that the increasing amount of scattered X-rays of each 10 kilovoltages from 60 KVp to 180KVp are not always in proportion to the 4 times multiplied radiation areas from $2 \times 2\text{ cm}^2$ to $32 \times 32\text{ cm}^2$.

(2) The percentage of scattered X-rays are 47% on 140KVp and 53% on 180KVp with the filter of 0.3mm Cu+0.5mm Al by the method of the combination of the fluorescent screen and the multiplier phototube. The percentage of scattered X-rays in paraffine

depth 10 cm shows the same increasing tendency, 44% on 100 KVp, 50% on 140 KVp, 52% on 180 KVp.

(3) The crossed grids reduces the percentage to 33% on 140 KVp and 36% on 180 KVp

The conventional diagnostic X-ray apparatus shows that the percentage of scattered X-rays are 38% on 60 KVp, 40% on 80KVp and by the use of the single grid the percentage decrease to 25% on 60 KVp and 28% on 80KVp at the distance of 150 cm from the focus by the method of the combination of the fluorescent screen and the multiplier phototube.

The paralleled slit high kilovoltage breast radiography technic shows that the percentage of scattered X-rays are 12% on 140KVp and 14% on 180KVp with the filter of 0.3mm Cu+0.5mm Al. The percentage of scattered X-rays without this technic are 41% on 140 KVp and 43% on 180KVp and so this technic makes less the percentage $\frac{1}{3}$ as compared without it.

参考文献の抄録

1. 久保田義一(1960)

2. 佐藤義一(1960)

3. 佐藤義一(1960)

4. 佐藤義一(1960)

5. 佐藤義一(1960)

6. 佐藤義一(1960)

7. 佐藤義一(1960)

8. 佐藤義一(1960)

9. 佐藤義一(1960)

10. 佐藤義一(1960)

11. 佐藤義一(1960)

12. 佐藤義一(1960)

13. 佐藤義一(1960)

14. 佐藤義一(1960)

15. 佐藤義一(1960)

16. 佐藤義一(1960)

17. 佐藤義一(1960)

18. 佐藤義一(1960)

19. 佐藤義一(1960)

20. 佐藤義一(1960)

21. 佐藤義一(1960)

22. 佐藤義一(1960)

23. 佐藤義一(1960)

24. 佐藤義一(1960)

25. 佐藤義一(1960)

26. 佐藤義一(1960)

27. 佐藤義一(1960)

28. 佐藤義一(1960)

29. 佐藤義一(1960)

30. 佐藤義一(1960)

31. 佐藤義一(1960)

32. 佐藤義一(1960)