

卒業論文

題目：ガラス線量計による半価層測定のマノグラフィにおける

測定精度の検討

大阪大学医学部保健学科 放射線技術科学専攻

(指導：医用物理工学講座 松本 光弘 准教授)

05C15032 福田 涼香

(平成 30 年 11 月 22 日提出)

## 要旨

### [目的]

軟 X 線領域における半価層を、蛍光ガラス線量計(302M)を用いて 1 回曝射で測定するための治具を試作し、1 回曝射法による測定法の有用性について検討した。1 回曝射のメリットとしては複数回の曝射を必要とせず管球負荷がない、デメリットとしては X 線強度分布および散乱線の影響を受けることが考えられる。

### [方法]

試作治具にはフィルタなし、0.3mm、0.4mm、0.6mm の Al フィルタの 4 つの窓を設けた。Al フィルタからの散乱線の影響を考慮し、Al フィルタとガラス線量計間の散乱線含有率の少ない距離を設定した。照射野が広いため各窓における強度補正を行った。管電圧は 26,28,30kV で、32mAs 一定、Mo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rh の条件で行った。

さらに、平行平板形電離箱線量計(PTW34069; 6cc)による半価層測定(従来法)を行い比較検討した。1 回曝射による方法と従来法で半価層値がどの程度一致するかを比較し、ガラス線量計を用いた 1 回曝射の有用性を検討した。

### [結果]

ガラス線量計と従来法による半価層測定の誤差の平均は、Mo/Mo では 1.7%、Mo/Rh では 2.6%、Rh/Rh では 11.1%となった。

### [考察]

ガラス線量計と従来法との半価層の誤差は Mo/Mo、Mo/Rh ではほぼ一致したが Rh/Rh では若干大きくなった。しかし、Rh/Rh においても、ガラス線量計における半価層の不確かさ(±20%)の範囲に入っているため、Rh/Rh も不確かさの範囲で一致していると判断した。

### [結論]

ガラス線量計を用いた 1 回曝射による半価層測定は不確かさが大きいものの、簡便であり、有用であった。

## 1.序論

### 1.1 背景

近年の乳がん患者の増加により、質の高い画像を撮影することが求められている。そのためには精度管理や品質保証が重要である。

従来の半価層測定は、乳房撮影精度管理マニュアル<sup>1)</sup>より、アルミニウム板がない状態で線量を測定した後、アルミニウム板を増やして線量を測定していく。ただし、この方法では複数回曝射が必要となるため、管球負荷が大きくなる。

そこで、今回新たに蛍光ガラス線量計（以後、GD）を用いて1回曝射による半価層測定を行い、その有用性を検討した。

### 1.2 GD の原理と特徴<sup>2)</sup>

GD は、銀活性リン酸塩ガラスに電離放射線を照射すると、紫外線励起によってオレンジ色の蛍光を発する現象(ラジオホトルミネセンス：RPL)に基づく固体線量計である。蛍光量が放射線量に比例することから、線量計に応用されている(図1)。放射線の照射によって生じた RPL 中心は、読取操作によって消滅することがなく、何度でも繰り返し読み取りができる真の積算型固体線量計である。

電離放射線が銀活性リン酸塩ガラスに照射されると、電子及び正孔(ホール)がたたき出され電子はガラス構造中の $Ag^+$ に捕獲され、 $Ag^0$ となる。一方、正孔は一旦 $PO_4$ 四面体に捕らえられるが、時間の経過とともに $Ag^+$ へ移行しより安定な $Ag^{++}$ を形成

する(図 2)。これらの $Ag^0$ 及び $Ag^{++}$ が共にガラス中で RPL 中心(蛍光中心)となる。

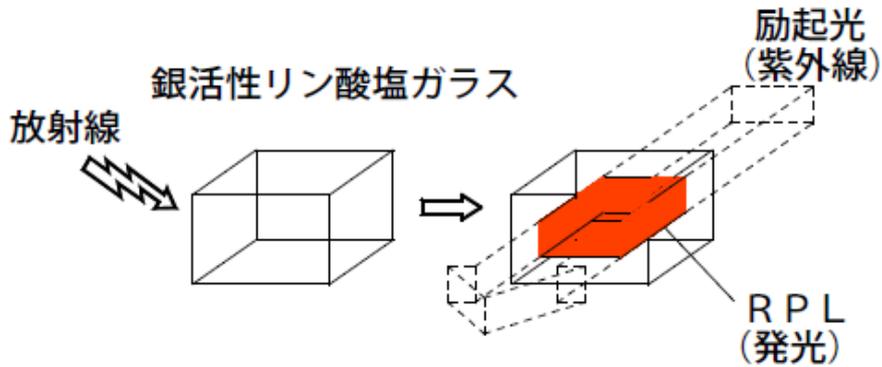


図 1 RPL の原理

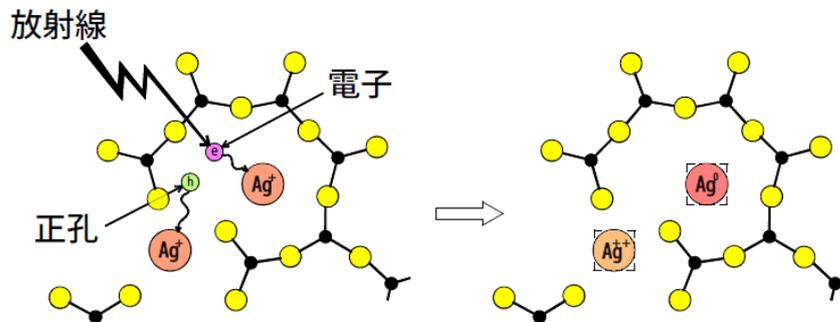
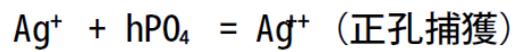
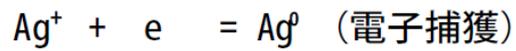


図 2 RPL 中心の形成

GD の特徴としては

- ①繰返し読み取りが可能
- ②素子間のばらつきが小さい
- ③フェーディングがほとんどない

#### ④超小型素子

があげられる。

##### 1.2.1 GD の使用手順<sup>2)</sup>

図 3 にガラス素子の外観を示す。ガラス素子に欠損・汚れ・白曇りがあると励起光が拡散され正確な読み取りが行えない。使用前に素子の欠損・汚れ・白曇りを確認し(外観検査)、欠損のあるものは使用を控え、汚れがあるものは汚れをアルコールシートでふき取った。その後、ガラス素子に蓄積した積算線量を消失させるために 400℃で 60 分間のアニール処理を行った。

その後照射を行い、照射後は再び外観検査を行った。放射線が照射されたガラス素子には RPL の蛍光量が時間の経過とともに増加して安定化するというビルドアップ特性がある。この時間変化を短時間で完了させるため、プレヒート処理を行った。本研究では 70℃で 30 分間のプレヒート処理を行い、読み取り装置(Dose Ace)で測定した。保管はデジケータ内で行った。



図 3 ガラス素子の外観



図 4 線量計素子ホルダの外観

## 2.目的

軟 X 線領域における半価層を、蛍光ガラス線量計(GD-302M)を用いて 1 回曝射で測定するための治具を試作し、1 回曝射法による測定法の有用性について検討した。1 回曝射のメリットとしては複数回の曝射を必要とせず管球負荷がない、デメリットとしては X 線強度分布および散乱線の影響を受けることが考えられる。

## 3.使用器具

- ・ 蛍光ガラス線量計・小型素子システム Dose Ace (旭ガラス株式会社)
- ・ 線量計小型素子 GD-302M
- ・ 線量計リーダー FDG-1000
- ・ 読取マガジン FDG-M151
- ・ アニールマガジン FDG-C101
- ・ アニール用電気炉 NEW-1CT
- ・ プレヒート用恒温器 DKN-302
- ・ プレヒートトレイ FDG-C102
- ・ 平行平板形電離箱線量計 PTW TN 34069 型
- ・ 乳房撮影装置 SENOGRAPHE DMR(GE 横河メディカルシステム)
- ・ マンモ半価層測定用高純度アルミニウム板 07-434 型 (純度 99.997%)

#### 4.GD の計測の手順

##### ①外観検査

表面に傷や汚れなどがあると正確な読み取りができないので、1つずつ傷や汚れがないかどうか目視で確認した。傷があったものは使用せずに除き、汚れがあったものはアルコールシートでふき取った。

##### ②アニーリング

ホルダから GD を取り出してアニール用マガジンにセットし、アニール用電気炉で 400℃ 60 分の加熱処理を行った。処理後、40℃以下になってからアニール用電気炉から取り出した。

##### ③照射

GD をホルダに戻して照射した。

##### ④プレヒート

GD ホルダに入れたままプレヒートトレーにセットし、プレヒート用恒温器にて 70℃ 30 分の加熱処理を行った。処理後、室温まで冷却してから恒温器から取り出した。

## ⑤読み取り

GD をホルダから取り出して、左側から順番に読取マガジンに収納し、読取マガジンをリーダにセットして照射後の線量を読み取った。読み取りは 2 回行い、その平均値を測定線量とした。

## 5.方法

### 5.1 試作治具の構造

#### 5.1.1 試作治具の全体像

試作治具の全体の外観を図 5、設計図を図 6 に示す。ダンボール箱（本体）の中に GD を設置し、Al フィルタとその周りに鉛が付いた蓋を乗せる。本体と蓋の間には長方形の木の板を挟んだ。また、本体の下にカセットホルダと同じ大きさの発泡スチロールを付けて、測定時の再現性を高めた。

Al フィルタからの散乱線の影響を考慮し、Al フィルタと GD 間の距離を 14cm とした。これは、散乱体として圧迫板に Al フィルタ（0.6mm 厚）をのせたものを使用し、線量計間距離を変化させながら電離箱線量計を使って電荷量を測定した。測定結果を表 1 及び図 7 に示す。図 7 より散乱体（Al フィルタ） - 線量計間距離が 14cm のときには電荷量がおおよそ一定となっていたことから、散乱体（Al フィルタ） - 線量計間距離を 14cm で設計した。

蓋と本体の間に挟んだ木の板は高さ 0.3cm、蓋の厚みは 0.5cm である。本体の高

さは 15.5cm で、中底に厚さ 1.1cm の板を敷き、その上に厚さ 0.9cm の線量計台を設置した(詳細は図 9)。そして、底に高さ 2cm の発泡スチロールが付いている。



図 5 試作治具の全体像の外観

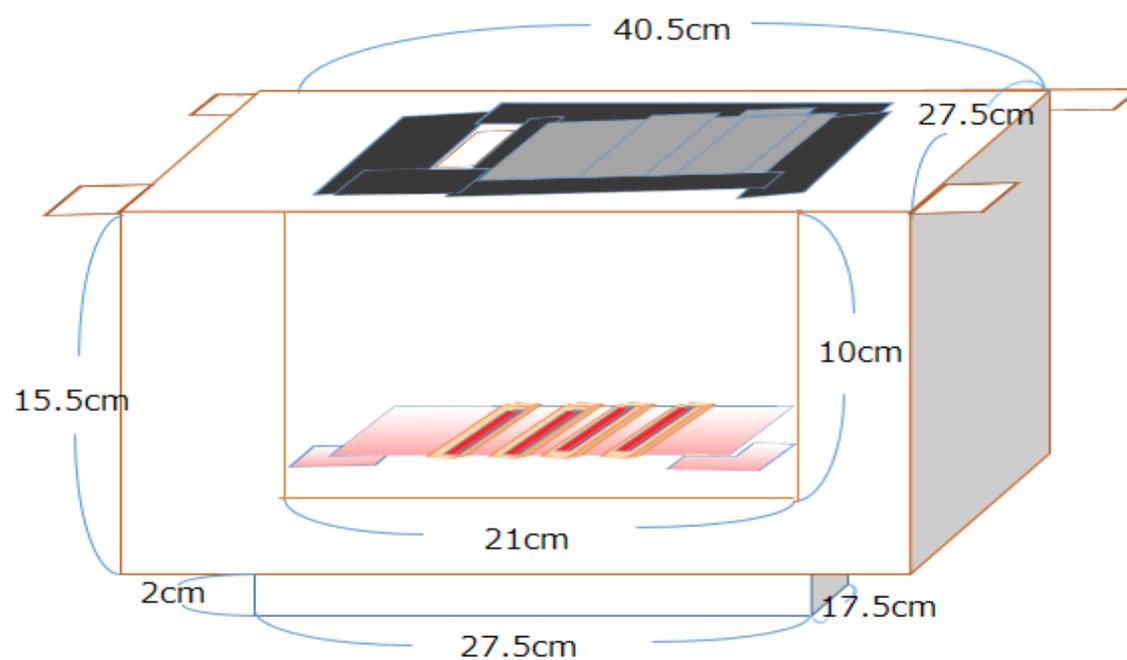


図 6 試作治具の全体像の設計図

表1 圧迫板-線量計間距離を変化させたときの電荷量測定の結果

圧迫板-線量計間距離[cm]	電荷量[nC]
0	0.826
1	0.811
2	0.799
3	0.790
4	0.785
5	0.780
6	0.776
7	0.773
8	0.770
9	0.768
10	0.767
11	0.766
12	0.764
13	0.763
14	0.763
15	0.762

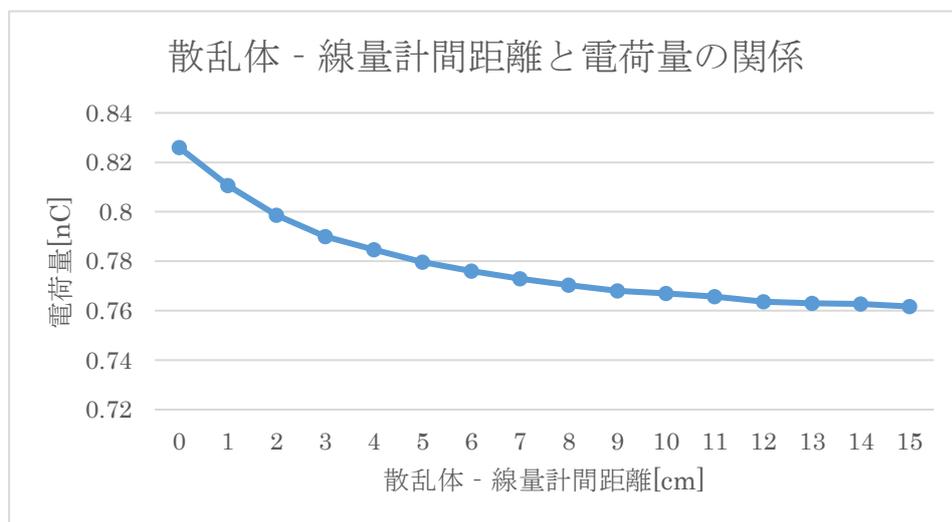


図7 散乱体 - 線量計間距離と電荷量の関係

### 5.1.2 試作治具の蓋部分

試作治具の蓋の外観を図 8 に、設計図を図 9 に示す。まず、蓋に縦 4.3cm、横 1.5cm の窓を 4 つ設けた (図 9)。そして、左の窓からフィルタなし、0.3mm、0.4mm、0.6mm の Al フィルタを設置した。まず右 3 つの窓に縦 10cm、横 10cm の Al を 3 枚重ねて(0.3mm)設置し、その上に縦 6cm、横 2cm の Al をフィルタ厚 0.4mm の窓には 1 枚(0.1mm)、フィルタ厚 0.6mm の窓には 3 枚(0.3mm)重ねた。そして、フィルタの周りを鉛で覆い、図 8 のようにした。蓋に鉛を置いたことで、重みで蓋が沈むのを防ぐため、蓋と本体の間に長方形の木の板を挟んで蓋を平行に保った。



図 8 試作治具の蓋の外観 (上から見た図)

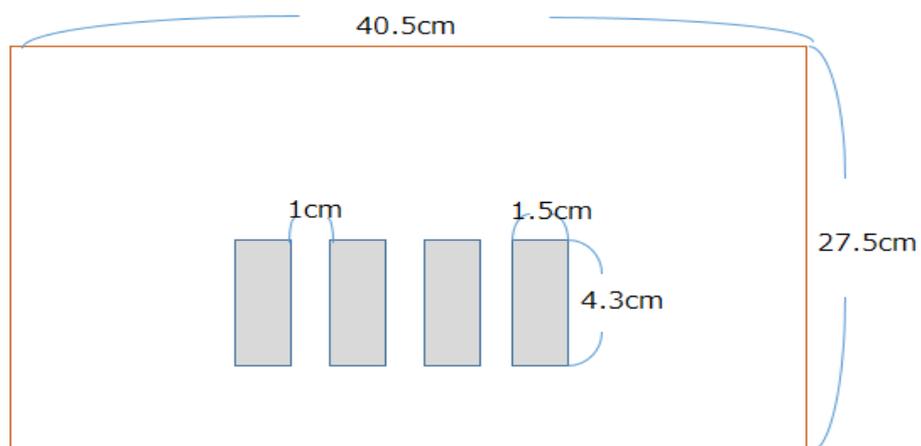


図9 試作治具の蓋の設計図（上から見た図）

### 5.1.3 試作治具の中

試作治具の中の外観を図10に、設計図を図11に示す。本体の中底に板を敷き、その上に線量計台を設置した。線量計台設置の再現性を高めるため、L字型の固定具を設置した。GDは各窓につき3本ずつ使い、その平均値を用いた。

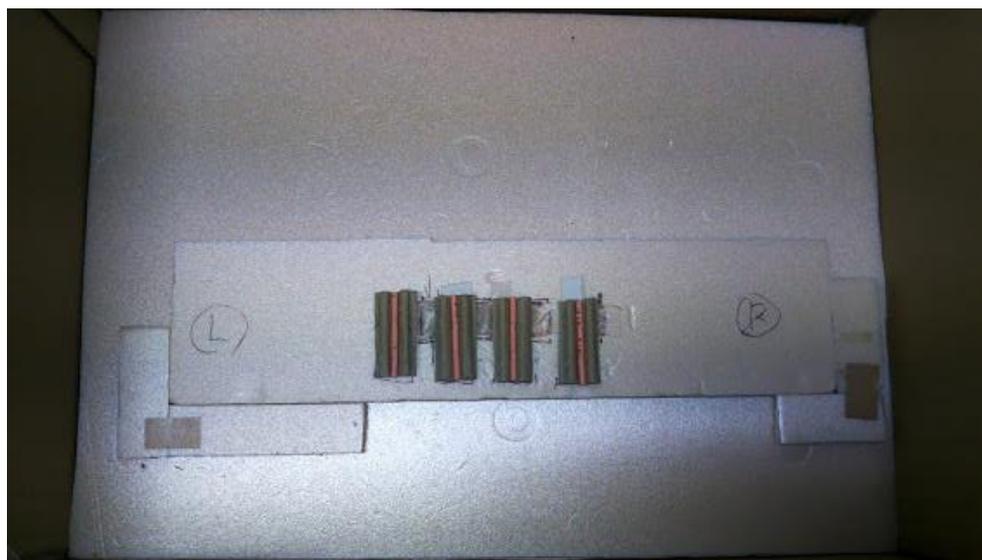


図10 試作治具の中の外観（上から見た図）

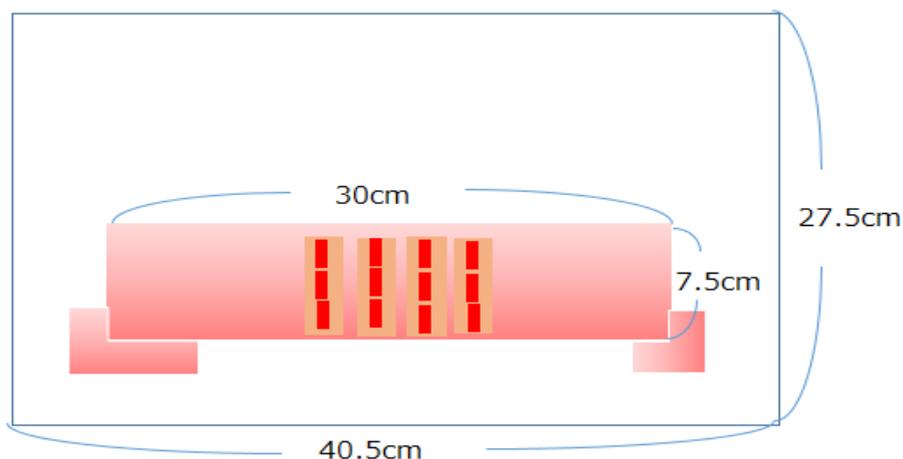


図 11 試作治具の中の設計図（上から見た図）

## 5.2 方法

### 5.2.1 平行平板形電離箱線量計を用いた従来法

乳房撮影精度管理マニュアル<sup>1)</sup>より、まずアルミニウム板を X 線照射野内に置かずに X 線照射を行う。次にアルミニウム板を X 線照射野内に配置し、線量計の X 線検出部を完全に覆うようにして線量測定を行う。そして線量計の指示値がアルミニウム板がない場合の値の 1/2 以下になるまでアルミニウム板の追加を行う。最後に全てのアルミニウム板を X 線照射野から取り除き、X 線照射を行い、測定を行う。測定後、線量データからアルミニウム板がない時の線量を基準(100%)として、アルミニウム板を付加した時のそれぞれの X 線減弱率(%)を求め、対数補間法を用いて半価層を求める(以後、従来法とする)。従来法では、焦点/フィルタが Mo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rh の 3 種類、管電圧 26kV、28kV、30kV、50mAs 一定という条件で半価層を求めた。またアルミニウム板の厚さは 0.3mm、0.4mm、0.5mm で行った。



図 12 従来法測定時の外観

## 5.2.2 GD を用いた 1 回曝射法

### 5.2.2.1 X 線強度補正

1 回曝射法は 4.1 で示した試作治具を用いて Al フィルタの厚さが 0、0.3、0.4、0.6mm の窓を透過した線量を 1 度の曝射で GD 測定する方法であるため、照射野を広く設定する必要がある。4.1.1 の図 6 で示すように照射野幅が約 27cm と広くなるため各窓における X 線強度は一定とならない。そのため強度補正を行う必要がある。

方法は、平行平板形電離箱線量計を用いて各窓の位置における電荷量を測定し、最も左の窓(Al フィルタなし)の線量を 1.0 としたときの各窓の線量の比率を強度補正值とした。

### 5.2.2.2 1回曝射法

各窓における Al フィルタ透過後の線量を測定し、強度補正した後、従来法と同様に対数補間法を用いて半価層を求めた。1回曝射法では焦点/フィルタが Mo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rh の3種類、管電圧 26kV、28kV、30kV、32mAs 一定という条件で行った。蓋を固定させるため、4隅におもりを置いた。



図 13 1回曝射法測定時の外観

## 5.3 対数補間法

乳房撮影精度管理マニュアル<sup>1)</sup>より X 線減弱率 50%前後の線量およびそれぞれの線量に対応したアルミニウム厚のデータから式 1 を用いて HVL を求めた。

$$\text{HVL}(\text{mmAl}) = \frac{t_b \ln[2E_a/E_0] - t_a \ln[2E_b/E_0]}{\ln[E_a/E_b]} \quad \dots \text{(式 1)}$$

ただし  $E_0$  : アルミニウム板なしの場合の線量

$E_a$  :  $E_0/2$ より少し大きい線量

$E_b$  :  $E_0/2$ より少し小さい線量

$t_a$  :  $E_a$ が得られた時のアルミニウム板厚

$t_b$  :  $E_b$ が得られた時のアルミニウム板厚

$E_a > E_b, t_a < t_b$

## 6.結果

### 6.1 従来法での半価層

5.2.1 で述べた電離箱線量計を用いて電荷量測定した結果とその減弱率を表 2 及び

図 14 に示す。

表 2 測定電荷量[nC]と減弱率[%]

Mo/Mo

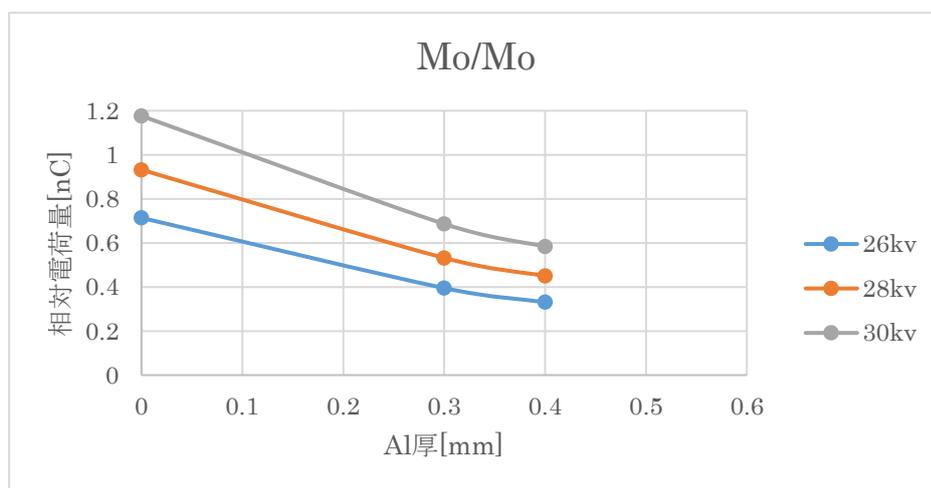
Al 厚[mm]	26[kV]		28[kV]		30[kV]	
	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]
0	0.714	100	0.932	100	1.177	100
0.3	0.395	55.3	0.532	57.1	0.686	58.3
0.4	0.331	46.4	0.450	48.3	0.583	49.6

## Mo/Rh

Al 厚[mm]	26[kV]		28[kV]		30[kV]	
	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]
0	0.584	100	0.773	100	0.983	100
0.3	0.346	59.2	0.470	60.8	0.608	61.9
0.4	0.296	50.7	0.404	52.3	0.524	53.4
0.5	0.254	43.5	0.350	45.3	0.456	46.4

## Rh/Rh

Al 厚[mm]	26[kV]		28[kV]		30[kV]	
	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]	測定電荷量 [nC]	減弱率 [%]
0	0.579	100	0.761	100	0.965	100
0.3	0.340	58.7	0.464	61.0	0.605	62.7
0.4	0.290	50.1	0.400	52.6	0.526	54.5
0.5			0.349	45.9	0.462	47.9



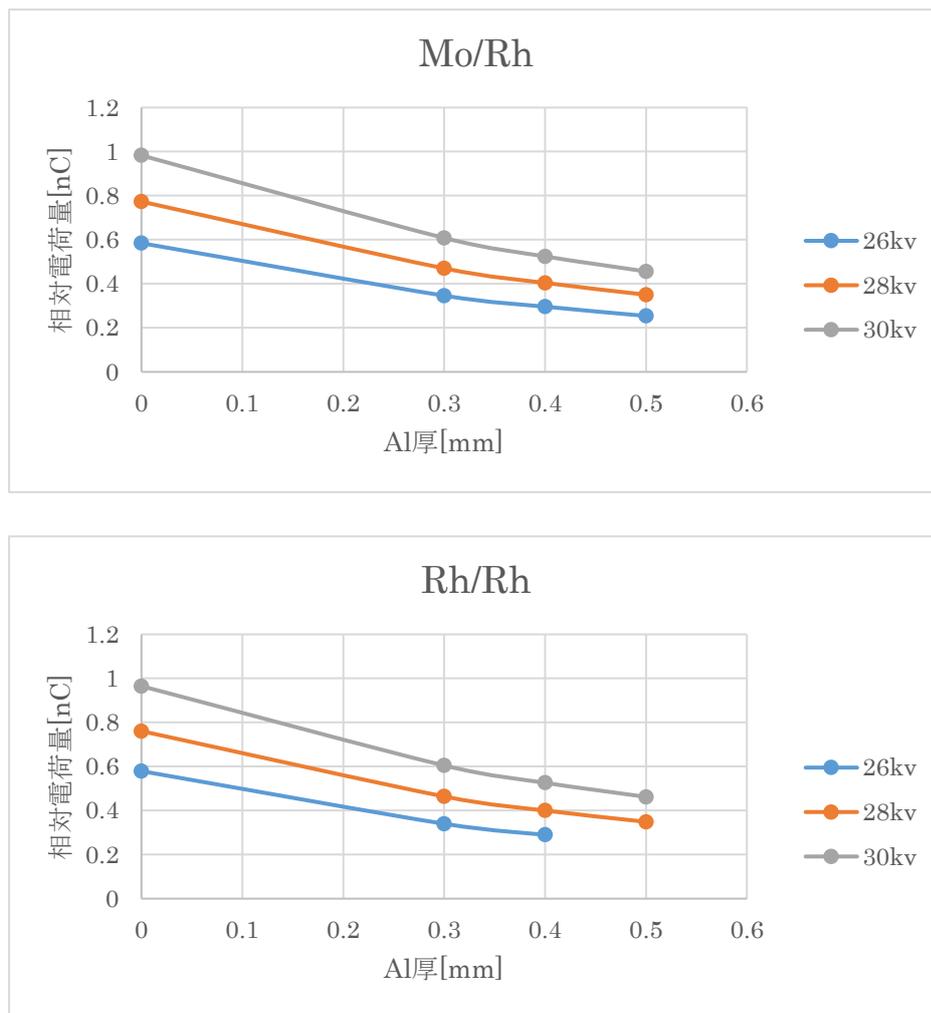


図 14 管電圧ごとの Al 厚と相対電荷量の関係

表 2 の測定結果より、式 1 にて半価層を求めた。これを表 3 及び図 5 に示す。

表 3 従来法による半価層

管電圧[kV]	半価層[mmAl]		
	Mo/Mo	Mo/Rh	Rh/Rh
26	0.358	0.409	0.401
28	0.379	0.431	0.437
30	0.395	0.447	0.467

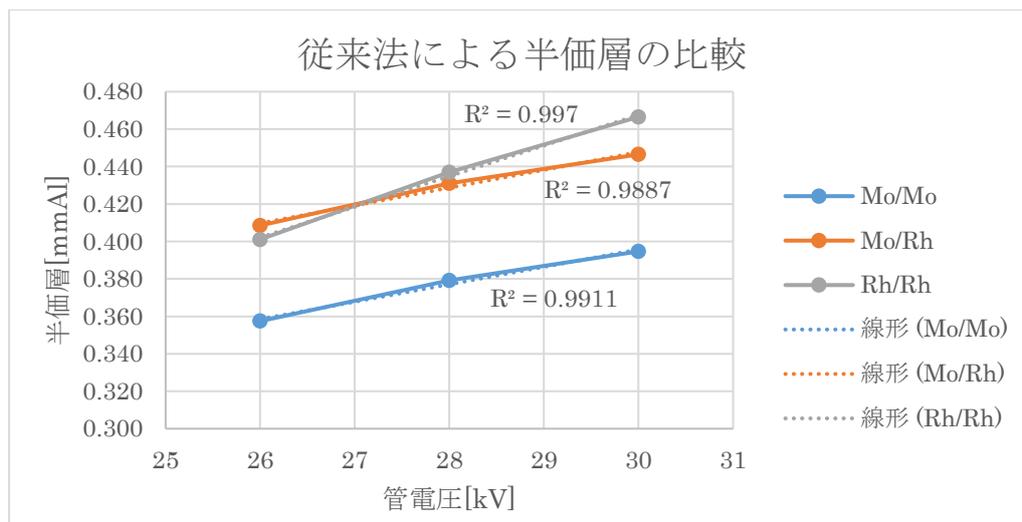


図 15 従来法による焦点/フィルタごとの半価層の比較

図 15 より各焦点/フィルタごとの半価層は管電圧に対して極めてリニアな関係 ( $R^2=0.99$ ) が成立していることを示している。

## 6.2 1 回曝射法での半価層

### 6.2.1 X線強度補正前の測定結果

GD を用いて測定した各窓における X 線強度補正前の線量と減弱率及び半価層を表 4 及び図 16 に示す。

表 4 強度補正前の線量 [ $\mu$  Gy] と減弱率 [%] ・ 半価層 [mmAl]

#### Mo/Mo 26kV

Al 厚 [mm]	線量 [ $\mu$ Gy]	減弱率 [%]	半価層 [mmAl]
0	3279	100	0.388
0.3	1786	54.5	
0.4	1621	49.4	
0.6	1272	38.8	

## Mo/Mo 28kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	4744	100	0.410
0.3	2877	60.6	
0.4	2409	50.8	
0.6	1761	37.1	

## Mo/Mo 30kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	6451	100	0.414
0.3	3723	57.7	
0.4	3317	51.4	
0.6	2258	35.0	

## Mo/Rh 26kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	3058	100	0.441
0.3	1944	63.6	
0.4	1615	52.8	
0.6	1238	40.5	

## Mo/Rh 28kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	4233	100	0.451
0.3	2627	62.0	
0.4	2262	53.4	
0.6	1742	41.2	

## Mo/Rh 30kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	5707	100	0.508
0.3	3577	62.7	
0.4	3359	58.9	
0.6	2483	43.5	

## Rh/Rh 26kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	3015	100	0.483
0.3	2006	66.5	
0.4	1695	56.2	
0.6	1278	42.4	

## Rh/Rh 28kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	4142	100	0.500
0.3	2647	63.9	
0.4	2406	58.1	
0.6	1785	43.1	

## Rh/Rh 30kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	5275	100	0.547
0.3	3481	66.0	
0.4	3118	59.1	
0.6	2485	47.1	

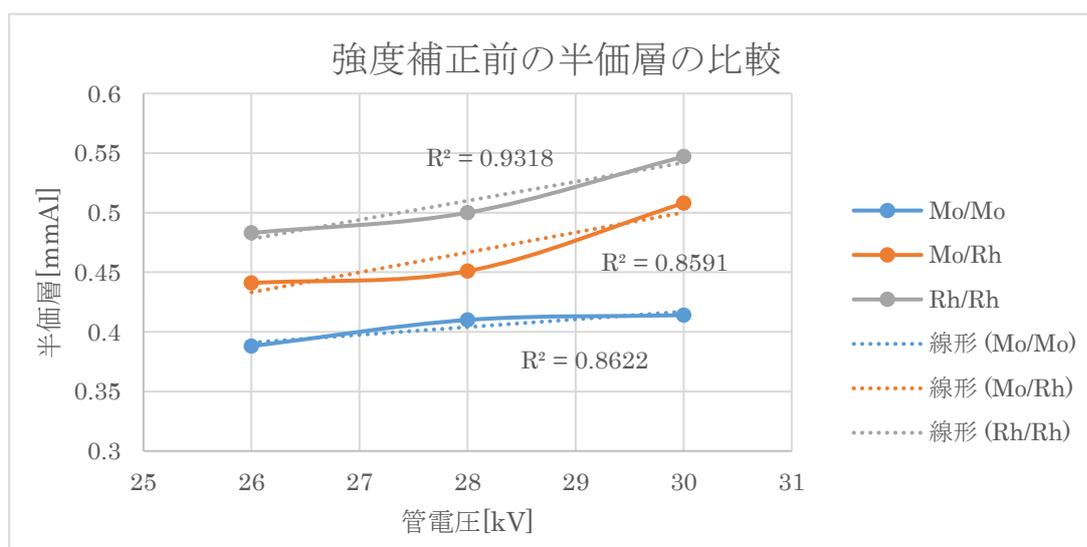


図 16 1 回曝射法（強度補正前）での焦点/フィルタごとの半価層の比較

図 16 より Mo/Mo、Rh/Rh は管電圧に対してほぼリニア（平均  $R^2=0.897$ 、 $r=0.947$ ）であるが、Mo/Rh は相関性がやや弱い（ $R^2=0.8591$ ）。しかし、相関係数（ $r$ ）に換算すると  $r=0.927$  となり、いずれも  $r$  が 0.9 以上なので十分な相関関係を有していると評価できる。

## 6.2.2 X線強度補正後の結果

5.2.2.1 で求めた各窓における強度補正值を表 5 に示す。

表 5 強度補正值

	強度補正值
Al 厚 0[mm]の窓	1
Al 厚 0.3[mm]の窓	0.998
Al 厚 0.4[mm]の窓	1.037
Al 厚 0.6[mm]の窓	1.038

次に、GDX 線強度補正後の線量と減弱率及び半価層を表 6 及び図 17 に示す。

表 6 強度補正後の線量[ $\mu$  Gy]と減弱率[%]

Mo/Mo 26kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	3279	100	0.365
0.3	1789	54.6	
0.4	1564	47.7	
0.6	1226	37.4	

## Mo/Mo 28kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	4744	100	0.390
0.3	2883	60.8	
0.4	2324	49.0	
0.6	1697	35.8	

## Mo/Mo 30kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	6451	100	0.395
0.3	3731	57.8	
0.4	3199	49.6	
0.6	2176	33.7	

## Mo/Rh 26kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	3058	100	0.414
0.3	1948	63.7	
0.4	1557	50.9	
0.6	1193	39.0	

## Mo/Rh 28kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	4233	100	0.423
0.3	2632	62.2	
0.4	2181	51.5	
0.6	1679	39.7	

## Mo/Rh 30kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	5707	100	0.484
0.3	3584	62.8	
0.4	3240	56.8	
0.6	2393	41.9	

## Rh/Rh 26kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	3015	100	0.457
0.3	2010	66.7	
0.4	1634	54.2	
0.6	1231	40.8	

## Rh/Rh 28kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	4142	100	0.476
0.3	2653	64.0	
0.4	2320	56.0	
0.6	1720	41.5	

## Rh/Rh 30kV

Al 厚[mm]	線量[ $\mu$ Gy]	減弱率[%]	半価層[mmAl]
0	5275	100	0.515
0.3	3488	66.1	
0.4	3007	57.0	
0.6	2395	45.4	

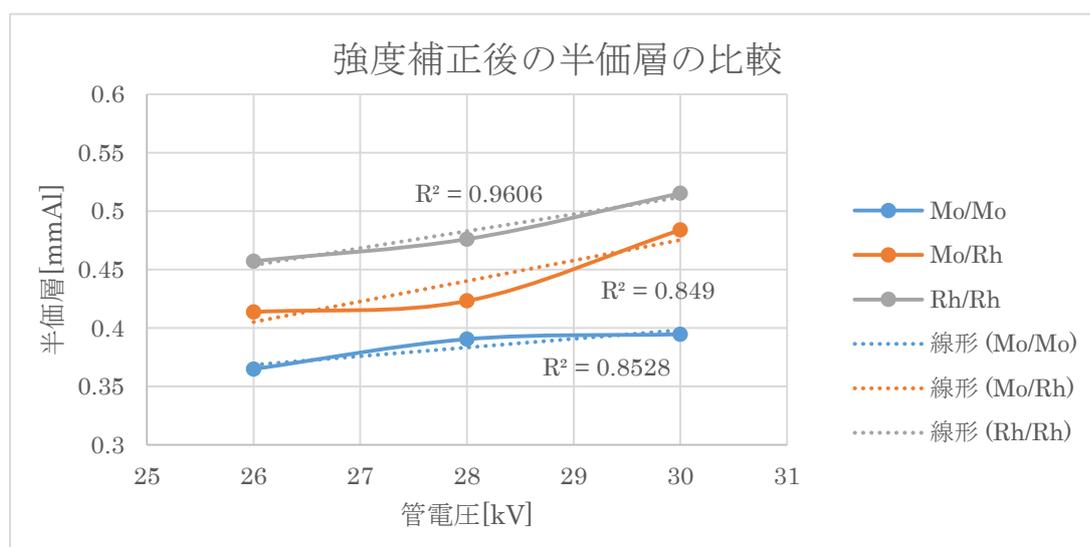


図 17 1 回曝射法（強度補正後）での焦点/フィルタごとの半価層の比較

図 17 に示す 1 回曝射法（強度補正後）の GD 半価層は、図 16 に示す強度補正なしと同様の傾向であり、Mo/Mo、Rh/Rh は管電圧に対してほぼリニア（平均  $R^2=0.9067$ 、 $r=0.952$ ）であるが、Mo/Rh は  $R^2=0.849$ 、 $r=0.921$  となった。しかし、いずれも  $r$  が 0.9 以上なので十分な相関関係を有していると評価できる。

### 6.3 従来法と 1 回曝射法の比較

電離箱線量計による従来法と GD による 1 回曝射法の測定値を用いて対数補間法より求めた半価層とその差分・誤差を表 7 及び図 18 に示す。差分は 1 回曝射法による半価層値（強度補正後）から従来法による半価層値を差し引いた値である。誤差は、強度補正後の半価層と従来法の半価層の値の誤差(%)を示している。

表 7 従来法（電離箱）半価層[mmAl]と GD 半価層との差分[mmAl]、誤差[%]

Mo/Mo

	電離箱線量計 での半価層 [mmAl]	ガラス線量計での 半価層[mmAl]			補正後と電離 箱の半価層の 差分[mmAl]	補正後と電 離箱の半価 層の誤差[%]
		補正前	補正後			
26 k V	0.358	0.388	0.365		0.007	2.1
28 k V	0.379	0.410	0.390		0.011	3.0
30 k V	0.395	0.414	0.395		0.000	0.0
				平均	0.01	1.7

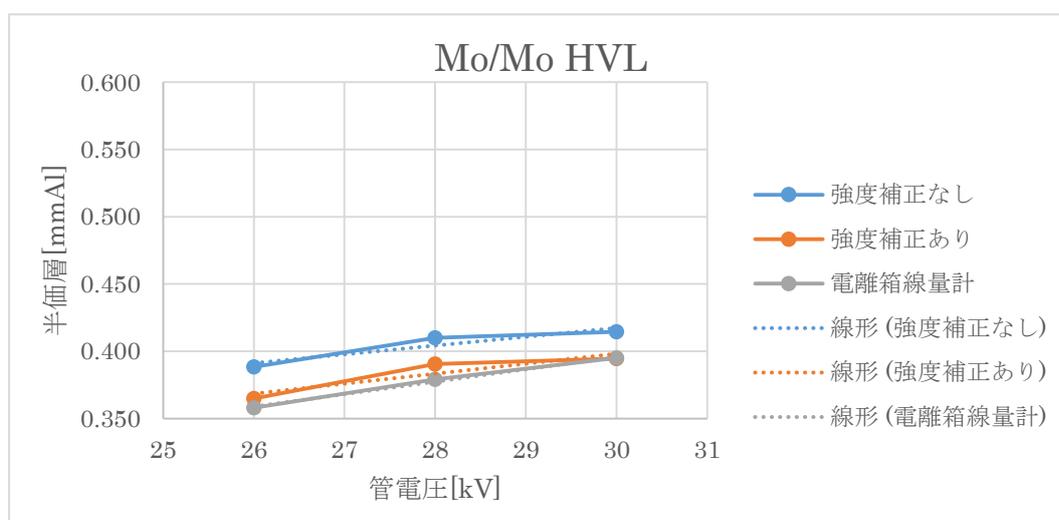
## Mo/Rh

	電離箱線量計 での半価層 [mmAl]	ガラス線量計での 半価層[mmAl]			補正後と電離 箱の半価層の 差分[mmAl]	補正後と電 離箱の半価 層の誤差[%]
		補正前	補正後			
26 k V	0.409	0.441	0.414		0.005	1.2
28 k V	0.431	0.451	0.423		-0.008	-1.8
30 k V	0.447	0.508	0.484		0.037	8.3
				平均	0.01	2.6

## Rh/Rh

	電離箱線量計 での半価層 [mmAl]	ガラス線量計での 半価層[mmAl]			補正後と電離 箱の半価層の 差分[mmAl]	補正後と電 離箱の半価 層の誤差[%]
		補正前	補正後			
26 k V	0.401	0.483	0.457		0.056	14.0
28 k V	0.437	0.500	0.476		0.039	8.9
30 k V	0.467	0.547	0.515		0.049	10.4
				平均	0.05	11.1

GDX 線強度補正後と従来法の差分は、Mo/Mo で平均 0.01mmAl、Mo/Rh で平均 0.01mmAl、Rh/Rh で平均 0.05mmAl、%誤差は Mo/Mo で平均 1.7%、Mo/Rh で平均 2.7%、Rh/Rh で平均 11.1%であった。



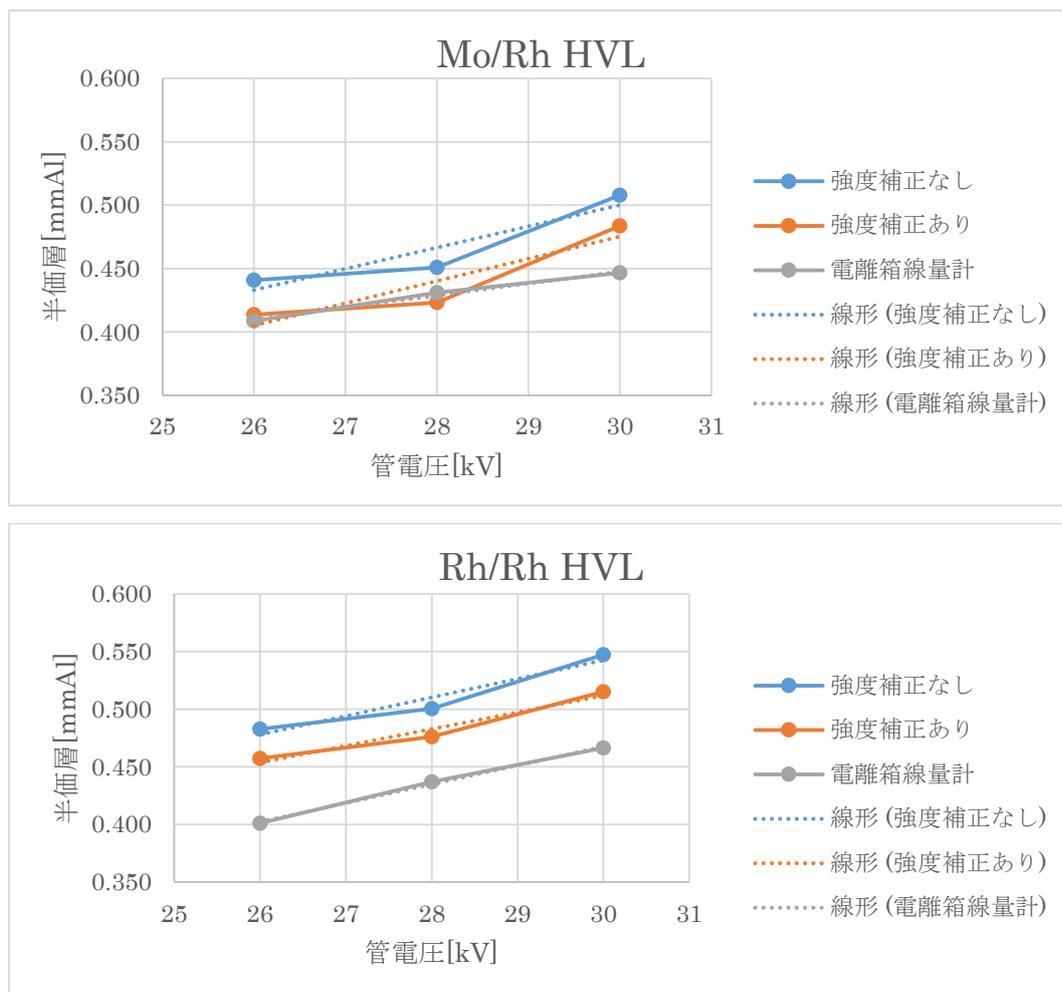


図 18 1 回曝射法（強度補正なし・あり）と従来法の半価層の比較

さらに、1 回曝射法の強度補正なしでは、従来法と大きく乖離したが、強度補正をすることにより、従来法とほぼ一致した（Rh/Rh 除く）。

#### 6.4 1 回曝射法の半価層の不確かさ

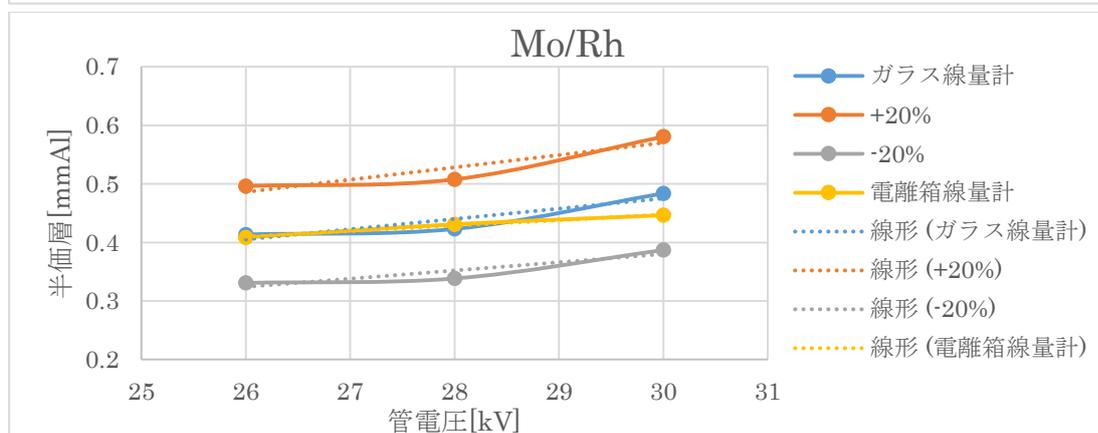
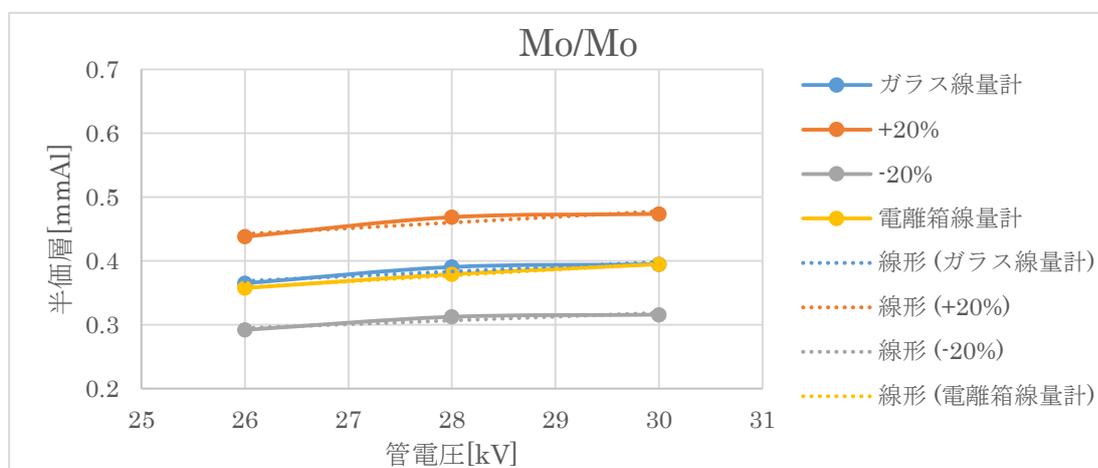
GD の線量測定に関わる相対拡張不確かさの見積もり(表 8)は $\pm 7\%$ であるため、これを半価層値の不確かさに変換したものを表 9 に示す。各焦点/フィルタについて、GD 半価層の不確かさは $\pm 0.05\text{mmAl}$  及び $\pm 20\%$ となった。さらに今回の測定値がこの不確かさの範囲に入っているかを図 19 に示す。

表 8 GD の相対標準不確かさの見積もり

項目	相対標準不確かさ (%)
素子間の感度ばらつき <sup>2)</sup>	2.0
リーダ読取値の再現性 <sup>2)</sup>	1.0
読取ポジション間ばらつき <sup>2)</sup>	1.7
相対合成不確かさ	3
指頭形線量計の不確かさ <sup>3)</sup>	1.4
ガラス+線量計の合成不確かさ	3.3
相対拡張不確かさ(k=2)	7

表 9 半価層の標準不確かさ

	Mo/Mo	Mo/Rh	Rh/Rh
標準不確かさ[mmAl]	0.05	0.05	0.05
相対不確かさ[%]	20	20	20



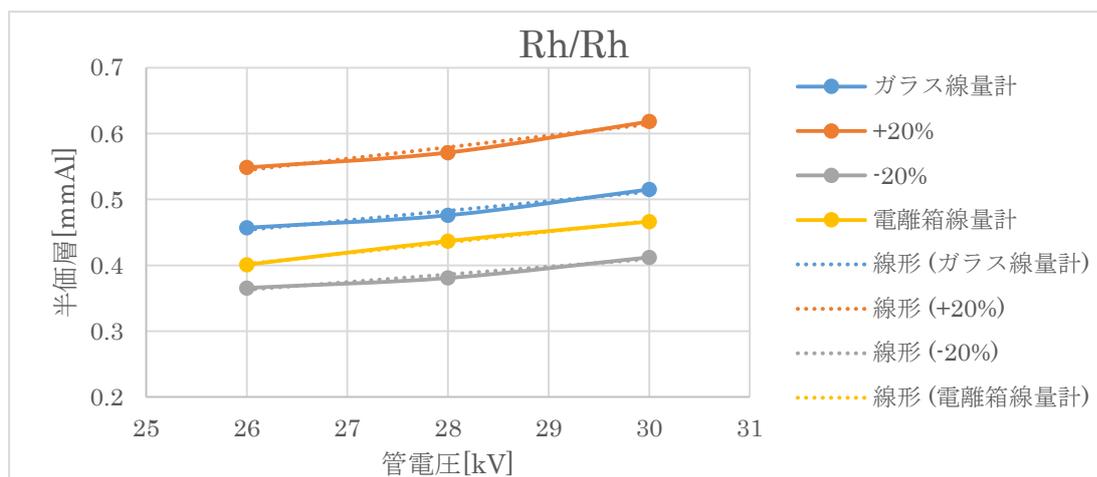


図 19 電離箱線量計での半価層と GD での半価層の不確かさの範囲

図 19 に示すとおり、GD 半価層測定値の不確かさを  $\pm 20\%$  と見積もると、GD と電離箱からの半価層は、Mo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rh で十分その範囲内であった。

## 7. 考察

電離箱線量計を用いた半価層測定を Gold standard として、GD を用いて 1 回の曝射で半価層を得る手法を考察した。1 回曝射法の問題点として、X 線強度分布と散乱線の影響を受けることが挙げられる。Al フィルタと GD 間の距離を 14cm にすることで散乱線の影響を極力少なくできるように配慮した。また、強度分布についても、強度補正前は従来法の半価層と乖離が大きくなったが、強度補正を行うことで、従来法での半価層と比べて少し大きな値となっているものの、GD の半価層に対する不確かさを  $\pm 20\%$  と見積もることで十分な測定精度であることが確認できた。

一方、従来法と GD で差分は、Mo/Mo, Mo/Rh で平均 0.01mmAl 厚くなった。そ

して、Rh/Rh では平均 0.05mmAl 厚くなった。よって、従来法と GD（強度補正後）との半価層の誤差は、Mo/Mo、Mo/Rh ではほぼ一致したが Rh/Rh では若干大きくなった。しかし、図 19 より Rh/Rh において、従来法での半価層は GD での半価層の不確かさの範囲に入っているため、Rh/Rh についても不確かさの範囲で一致していると判断できる。

以上より、GD を用いた 1 回曝射法は散乱線と X 線強度分布について考慮する必要があるが、従来法より簡便に半価層測定を行うことができ、有用である。

## 8.結論

ガラス線量計を用いた 1 回曝射による半価層測定は不確かさが大きいものの、簡便であり、有用であった。

## 9.参考文献

- 1) 社団法人 日本放射線技術学会、乳房撮影精度管理マニュアル(改訂版)、1999 年
- 2) 株式会社千代田テクノル、蛍光ガラス線量計・小型素子システム Dose Ace 説明資料、平成 26 年
- 3) 外部放射線治療における水吸収線量の標準計測法(標準計測法 12)、日本放射線物理学会、p45、通商産業研究社、2018 年