

卒業論文

題目：マンモグラフィ装置のターゲット／フィルタの組み合わせにおける平均乳腺線量の比較検討

大阪大学医学部保健学科 放射線技術科学専攻

(指導：医用工学物理講座 松本 光弘 准教授)

05C15001 浅井 奏子

(平成 30 年 提出)

要旨

【目的】

今回、Rh/Ag 仕様(GE Healthcare 社製 Senographe Pristina 3D)、W/Rh、W/Al 仕様(FUJIFILM 社製 Amulet Innovality)の装置を使用する機会があり、蛍光ガラス線量計と PMMA ファントムを用いて、平均乳腺線量(mean glandular dose : 以下、MGD)を実測し、従来のアナログ Mo/Mo 装置での MGD と比較検討した。また、撮影での X 線被曝による二次発癌リスクが高いのは、線源に近い乳腺組織であるので、表面から 5、10mm 深での吸収線量を実測し、MGD と比較検討した。

【方法】

先行研究より 1 回の照射のみで MGD 測定が可能なファントム (PMMA 製、190×247mm、5mm 厚、8 枚) を用い、各種ターゲット/フィルタにて PMMA 厚 40mm において Auto Exposure Control (以下 AEC) での MGD を測定した。また、PMMA 厚 20、30、40mm において、それぞれ 32mAs 一定で、28、30、32kV での MGD 測定、及び、表面から 5、10mm 深での吸収線量と MGD との比較検討を行った。

【結果】

各種ターゲット/フィルタの AEC での MGD は、従来の Mo/Mo と比べ、W/Rh で約 6 割の低減、Rh/Ag で約 4 割の低減、W/Al で約 3 割の低減を示した。また、深度 5mm の吸収線量は MGD の 1.3 から 2 倍の値となったが、管電圧及び PMMA 厚の変化にはほとんど依存しなかった。

【考察】

臨床条件において、Mo/Mo の MGD と比較したときの被曝低減率が W/Rh、Rh/Ag、W/Al の順に大きいことは、線質の高さの順と符合している。

【結論】

臨床条件において、高い線質を有するターゲット/フィルタの装置が MGD の低減に有効である。また、乳癌の発癌リスクを考えるうえで、MGD による評価だけではなく、線源に近い乳腺組織の吸収線量評価が重要である。

1. 序論

1.1 背景

従来のアナログマンモグラフィには、スクリーンフィルムの組み合わせによって決まる非常に限定的なダイナミックレンジであり、モリブデンターゲットからの X 線スペクトルで画像を最適化し、Mo フィルタとの組み合わせが一般的であった。

しかし昨今では、デジタル X 線検出器のダイナミックレンジを広く設定できると、デジタルマンモグラフィ装置の出現により、モリブデンよりも高いエネルギースペクトルを持つ、タングステンやロジウムが適用されるようになり、様々なフィルタが組み合わせられるようになった。¹⁾

そこで今回は、従来の Mo/Mo と比較して、Rh/Ag、W/Al、W/Rh の組み合わせによる被曝線量を実測し、被曝線量を比較検討した。

1.2 蛍光ガラス線量計の原理と特徴

蛍光ガラス線量計は、銀活性リン酸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、読み取り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。²⁾

電離放射線が銀活性リン酸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。²⁾

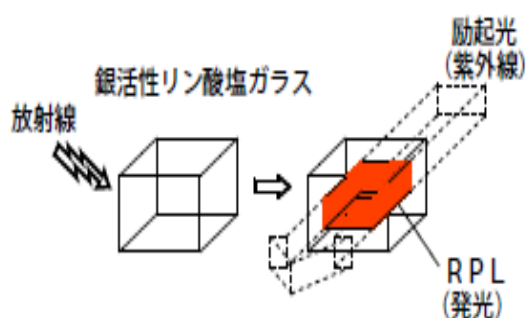


図1 RPLの原理²⁾

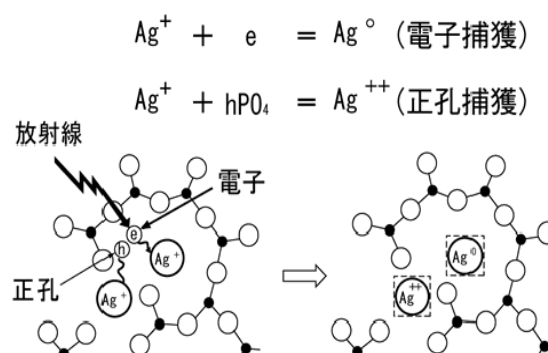


図2 RPL中心の形成²⁾

ガラス線量計(GD-300シリーズ)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超素子型素子

が挙げられる。²⁾

1.2.1 蛍光ガラス線量計の使用手順

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°Cで20分間のアニール処理を行った。²⁾

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°Cで40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。保管はデシケータ内で行った。²⁾

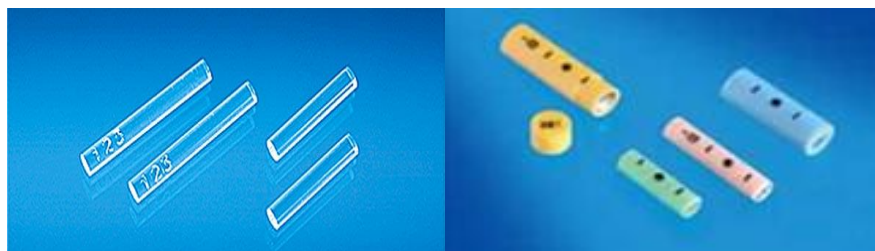


図3 ガラス素子の外観²⁾ 図4 線量計素子ホルダの外観²⁾

2. 目的

今回、Rh/Ag仕様(GE Healthcare社製 Senographe Pristina 3D)、W/Rh、W/Al仕様(FUJIFILM社製 Amulet Innovality)の装置を使用する機会があったので、蛍光

ガラス線量計 (GD-302M) と PMMA ファントムを用いて、平均乳腺線量(mean glandular dose:以下、MGD)を実測し、従来のアナログ Mo/Mo 装置での MGD と比較検討を行った。また、MGD は乳房層から前後 5mm の脂肪層を除く、乳腺+脂肪成分の吸収線量の平均値で評価している。一方、撮影における X 線被曝による発癌のリスクは線源側に近い乳腺組織であるため、表面から 5mm 深、10mm 深での吸収線量を検討した。

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 FGD-1000
- ・ 読取マガジン FGD-M151
- ・ アニールマガジン FGD-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 FGD-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)
- ・ 乳房撮影装置 Senographe Pristina 3D(GE Healthcare 社)

- ・乳房撮影装置 Amulet Innovality(FUJIFILM 社)
- ・蛍光ガラス線量計用ファントム PMMA 製(190×247×5mm、8 枚)

4. 蛍光ガラス線量計(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拭き取った。

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℃、20 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 は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 5 回行い、その平均値を測定線量とした。

5. 蛍光ガラス線量計用ファントムの構造

ここで、先行研究(平成 29 年度卒業研究 橋口洋輝)³⁾より、臨床的に使用する場合ファントムによる MGD (以後、一回曝射法と呼ぶ) は、統計学的に Dance 法と有意差がないことが示されている。³⁾そこで今回の実験では、一回曝射法のみで MGD を検討した。

また、先行研究(平成 29 年度卒業研究 上村拓幹)⁴⁾より、一回曝射法で用いたファントムは、1 枚 5mm 厚の PMMA 製(190×247mm、8 枚)で 1 枚につき 302M が 3 本挿入できる。それを図 5 に示す。

従来のように電離箱線量計を用いて平均乳腺線量を測定するには、深さごとに電離箱を設置して測定しなければならず、X 線管球負荷や X 線出力誤差が否めない。今回使用したファントムは、一次線の重なりや、二次散乱線の吸収を考慮した、ガラス線

量計の配置により 1 回の曝射のみで MGD が測定できるのが特徴である。⁴⁾

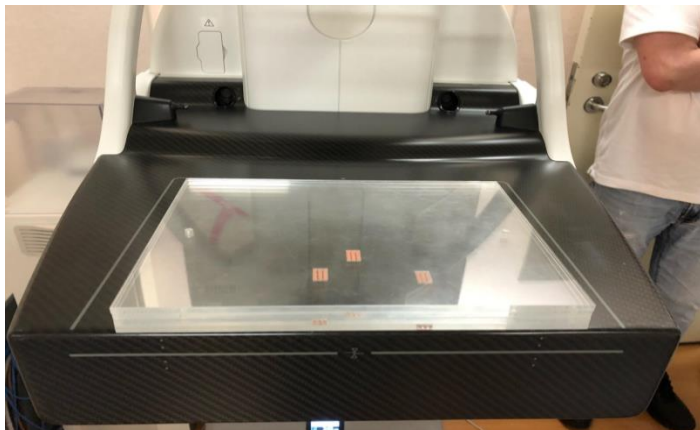


図 5 PMMA ファントムの外観

6. 方法

6.1 蛍光ガラス線量計（302M）における吸収線量補正係数の算出方法

蛍光ガラス線量計（302M）は、低エネルギー領域の線質依存性が大きいいため、相対レスポンスの補正が必要である。特に 25keV 以下ではデータがないため、電離箱線量計との比較の上、吸収線量補正係数を求めた。先行研究（平成 28 年度卒業研究 大森望未）⁵⁾より、それぞれ Rh/Ag、W/Rh、W/Al において、次に示す電離箱線量計の式を用いて、空気カーマを測定し、ガラス素子の平均吸収線量で割って、吸収線量補正係数を求めた。

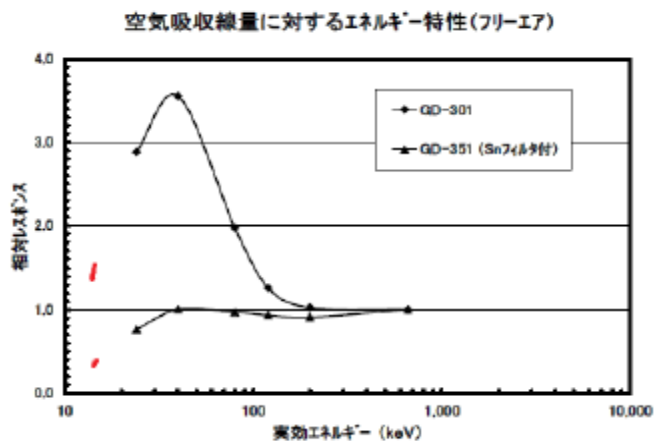


図6 旭硝子株式会社によって示されている相対レスポンス⁵⁾

6.2 電離箱線量計の空気カーマの計算式

電離箱線量計で測定した空中電離電荷量を吸収線量に変換する際、次式を用いて空気カーマを算出した。

$$K = Q \times N \times 2.58 \times 10^{-4} \times 33.97 \times k_1$$

K : 空気カーマ[Gy]

Q : 測定電荷量[C]

N : 線量計の校正定数(5.125×10^8 [R/C])

$$1[\text{R}] = 2.58 \times 10^{-4}[\text{C/kg}]$$

W_{air} 値 : 33.97[J/C]

k_1 : 大気補正係数

$$k_1 = [(273.2 + T) \times P_0] / [(273.2 + T_0) \times P]$$

T, P : 測定時気温[°C], 気圧[hPa]

T_0, P_0 : 線量計校正時の気温[°C], 気圧[hPa]

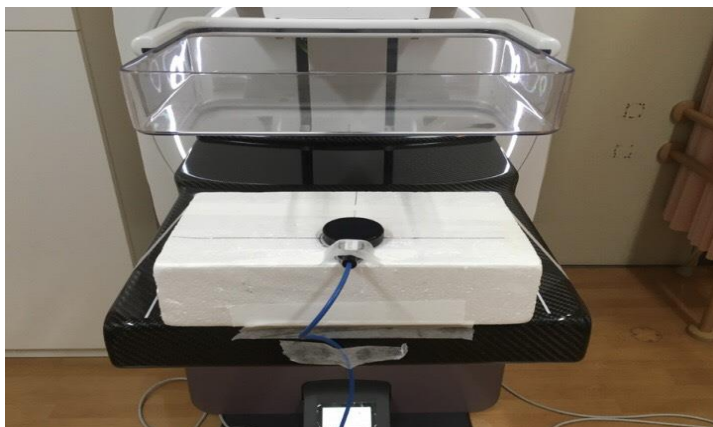


図7 空気カーマ測定時の外観

6.3 一回曝射法による測定

各種ターゲット／フィルタ (W/Rh、Rh/Ag、W/Al) において、PMMA 厚 40mm にて Auto Exposure Control (以下、AEC) を使用した場合、及び、PMMA 厚 20mm、30mm、40mm にて、それぞれ 32mAs 一定にし、管電圧は 28kV、30kV、32kV とした場合の、各層の吸収線量を蛍光ガラス線量計にて測定し、平均吸収線量求めた。蛍光ガラス線量計から得られた平均吸収線量値に、電離箱線量計の吸収線量へとなるよう吸収線量補正係数 (方法 6.1 参照) を乗じることで線量換算した。ここで、ファントムの各層の組み合わせを 3 パターン無作為に変更し、各組合せにおいて 1 回ずつ照射をした。各測定において圧迫板をファントムぎりぎりまで降ろし散乱線を考慮した。(図 8)

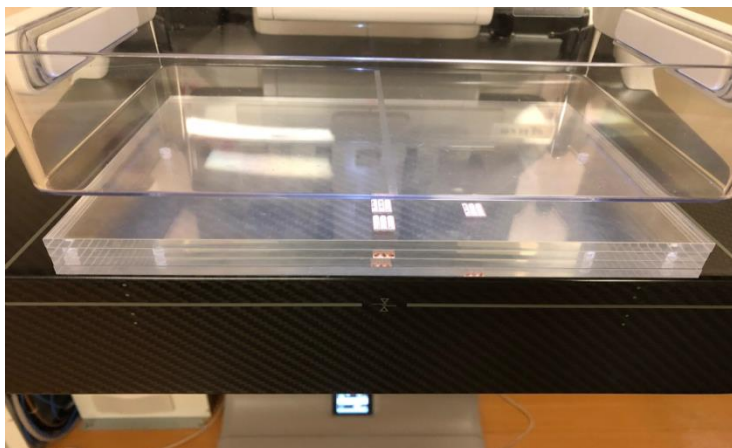


図 8 一回曝射法測定時の外観

6.4 MGD ファントムの 5mm、10mm 層における吸収線量測定

方法 6.3 で得られた表面から 5mm 深、10mm 深での吸収線量のみを比較検討した。

MGD は乳房層から前後 5mm の脂肪層を除く、乳腺＋脂肪成分の吸収線量の平均値で評価している。一方、撮影における X 線被曝による発癌のリスクが最も高いのは、線源側に近い乳腺組織であるため、表面から 5mm 深、10mm 深での吸収線量を検討した。

7. 結果

7.1 蛍光ガラス線量計（302M）における吸収線量補正係数の算出

方法 6.1 より、それぞれ吸収線量補正係数は、Rh/Ag で 0.5217、W/Rh で 0.5356、

W/Al で 0.5353 であった。

7.2 一回曝射法での MGD 比較

7.2.1 AEC での一回曝射法による比較

方法 6.3 より、AEC にて各種ターゲット／フィルタの組み合わせにおける MGD を測定した。AEC で設定された管電圧、mAs 値、MGD を表に示す。ファントム厚は 40mm 一定とした。なお、比較のための Mo/Mo は、先行研究（平成 29 年度卒業研究 橋口洋輝）³⁾の臨床的平均撮影条件による MGD を示す。結果を表 1、図 9 に示す。

表 1 AEC における各条件と MGD[mGy]

target/ filter	Tube voltage [kV]	mAs	PMMA thickness [mm]	MGD [mGy]	MGD /MGD of Mo/Mo[%]	HVL [mmAl]
Mo/Mo	30	80	40	2.98		0.41
W/Al	30	42	40	2.16	-28	0.49
Rh/Ag	34	29.1	40	1.80	-40	0.59
W/Rh	30	45	40	1.10	-63	0.52

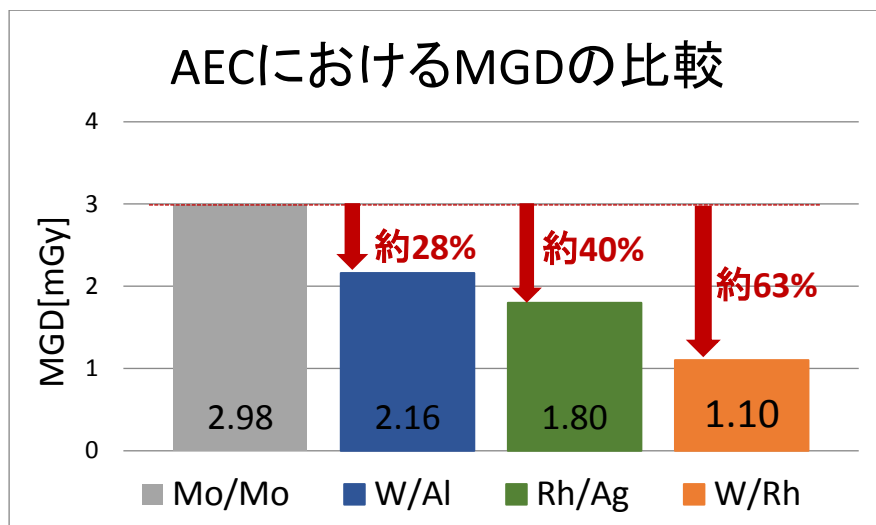


図9 AECにおけるMo/Moと各種ターゲット/フィルタとのMGDの比較

各種ターゲット/フィルタでのMGDをMo/Moと比較すると、W/Rhで約63%、Rh/Agで約40%、W/Alで約28%の線量低減が見られた。低減率はW/Rh、Rh/Ag、W/Alの順に大きかった。

7.2.2 曝射条件を固定した場合のMGDの測定結果

方法6.3より、一回曝射法によって得られた、曝射条件を固定した場合のMGDを表2及び図10に示す。また、表のデータは、32mAsにて測定した結果を、1mAsあたりの値に換算して示す。

表2 各種ターゲット/フィルタにおける一回曝射法によるMGD[mGy/mAs]

W/Rh での MGD[mGy/mAs]

PMMA thickness[mm]	Tube voltage[kV]		
	28	30	32
20	0.025	0.032	0.041
30	0.020	0.025	0.033
40	0.016	0.019	0.026

Rh/Ag での MGD[mGy/mAs]

PMMA thickness[mm]	Tube voltage[kV]		
	28	30	32
20	0.044	0.059	0.069
30	0.032	0.042	0.054
40	0.026	0.035	0.045

W/Al での MGD[mGy/mAs]

PMMA thickness[mm]	Tube voltage[kV]		
	28	30	32
20	0.052	0.076	0.089
30	0.043	0.059	0.076

40	0.031	0.044	0.066
----	-------	-------	-------

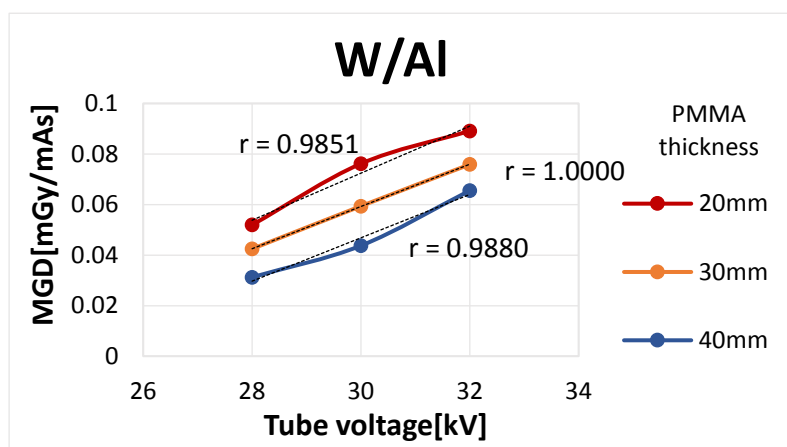
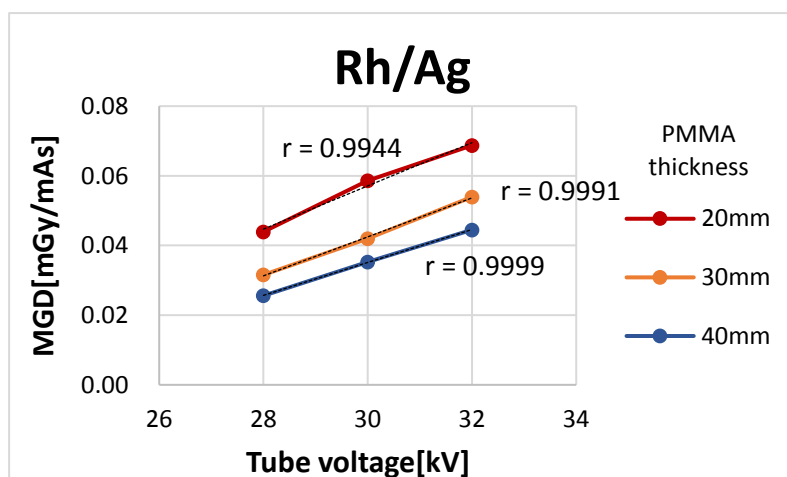
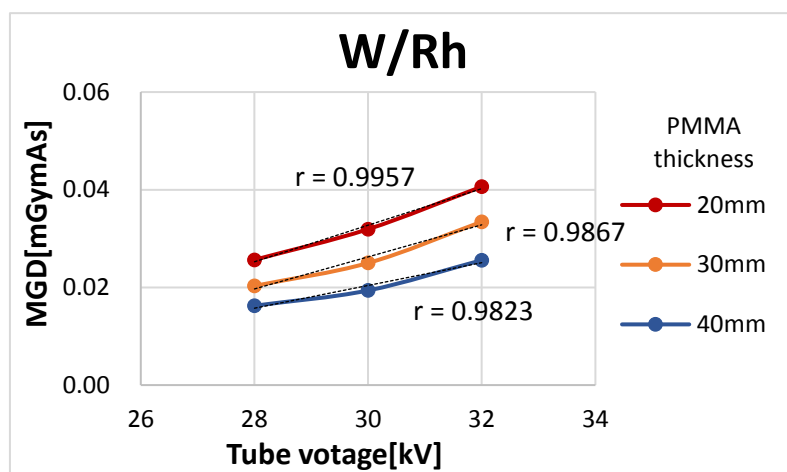
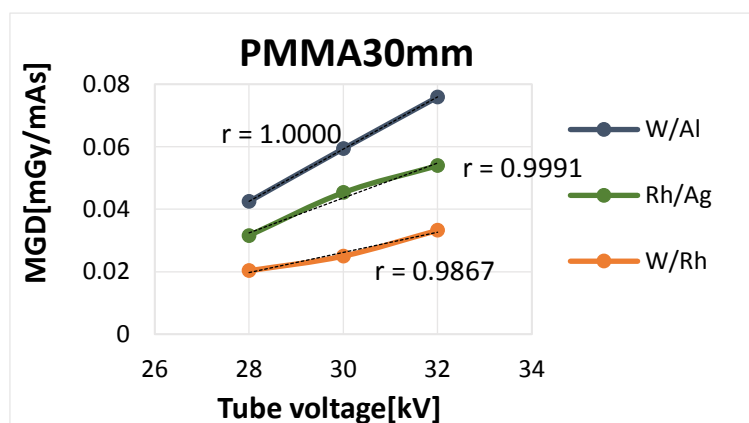
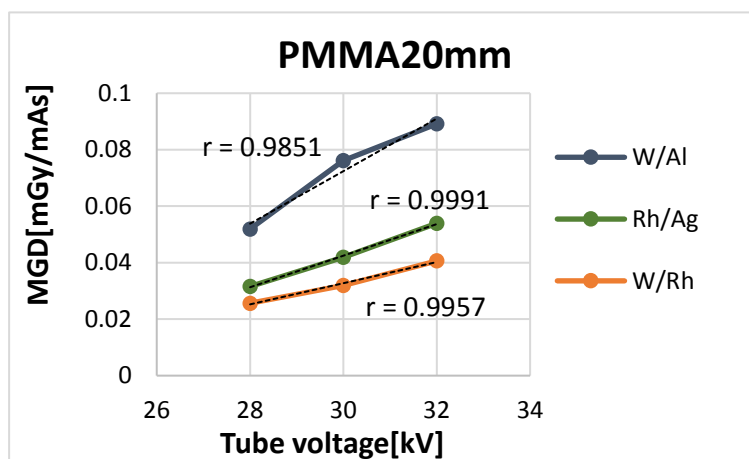


図 10 各種ターゲット／フィルタの PMMA 厚ごとの MGD 比較 (1mAs あたり)

図 10 より、3 種類すべてのターゲット／フィルタにおいて、MGD は PMMA 厚が厚くなるほど小さい値を示し、管電圧が高くなるほど大きくなった。また管電圧と MGD の相関はすべて $r=0.98$ 以上となった。

また、PMMA 厚を 20mm、30mm、40mm で固定したときの各種ターゲット／フィルタの MGD の比較を図 11 に、横軸を半価層としたグラフを図 12 に、協力施設から提供してもらった半価層を図 13 に示す。



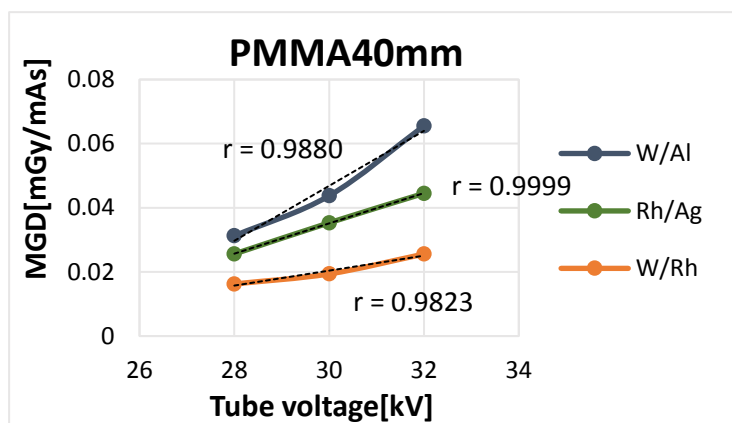
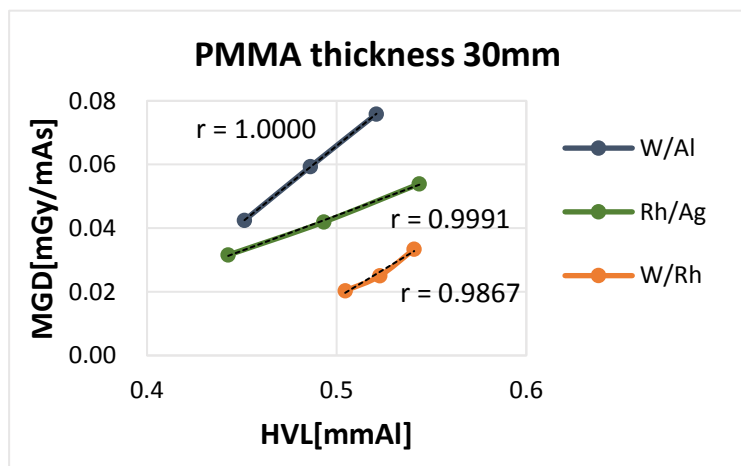
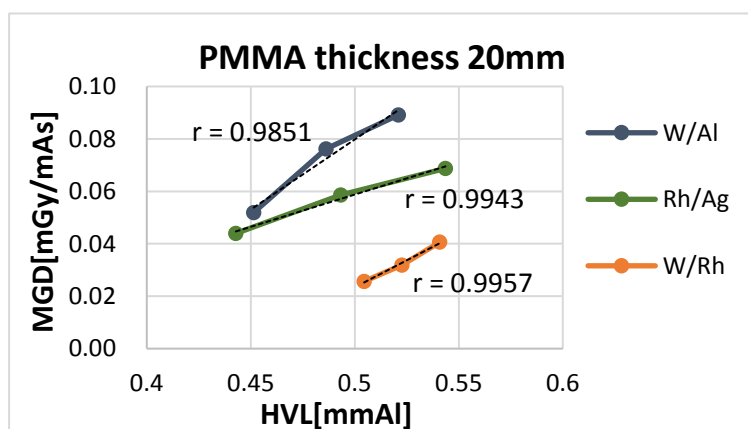


図 11 PMMA 厚固定での各種ターゲット／フィルタの MGD 比較 (1mAs あたり)

図 11 より、すべての PMMA 厚において MGD は、W/Al、Rh/Ag、W/Rh の順に小さくなった。また、管電圧と MGD の相関はすべて $r=0.98$ 以上であった。



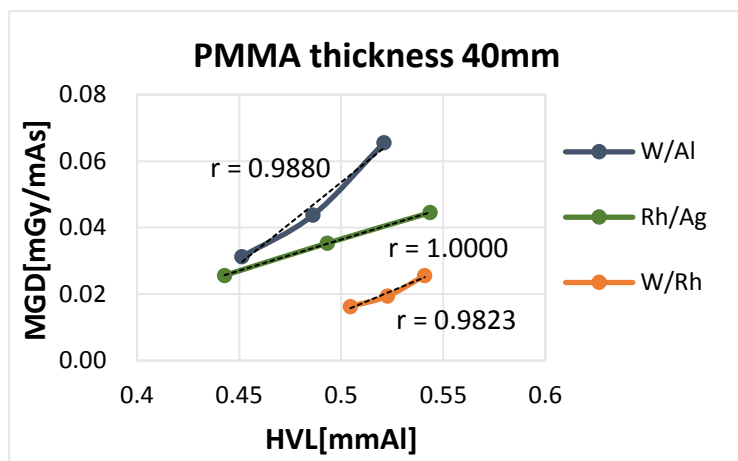


図 12 半価層と MGD の関係

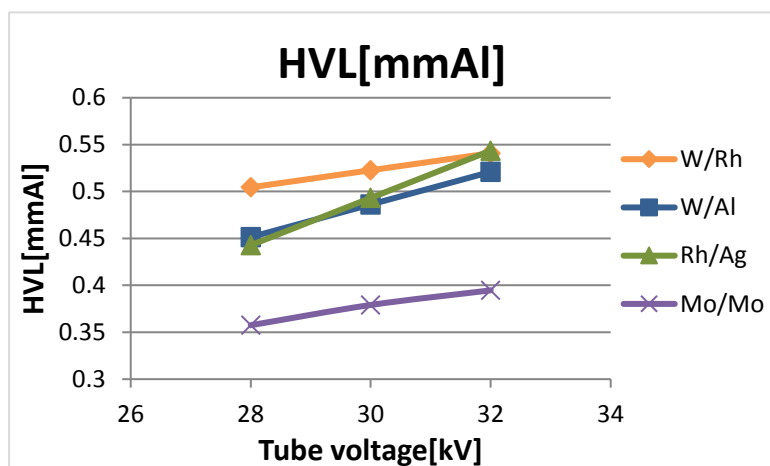


図 13 各種ターゲット／フィルタの半価層[mmAl]

図 12 の半価層と MGD の関係も、すべてのターゲット／フィルタにおいて半価層と MGD の相関はすべて $r=0.98$ 以上であった。

図 13 より、28kV のとき半価層は W/Rh、W/Al、Rh/Ag の順で高いが 30kV 以上では W/Rh、Rh/Ag、W/Al の順で高くなった。ただ、W/Al、Rh/Ag の差は僅かであるため、測定における不確かさが影響している可能性が大きいいため、ほぼ同値と判断

している。しかしながら、図 11、図 12 より、総合的に判断して、相対的に半価層の上昇に伴い MGD も上昇していた。ただしこの結果は、PMMA 厚が固定であり、曝射条件も PMMA 厚に関係なく固定の場合である。臨床的に常用されている AEC モードではこの評価の逆数となるため、図 9 の AEC の結果とほぼ符合する。

7.2.3 表面から 5mm 深及び 10mm 深における 32mAs あたりの吸収線量の比較

各種ターゲット／フィルタにおいて、32mAs 一定での曝射時における 28kV、30kV、32kV での深度 5mm 及び深度 10mm での吸収線量を表 3 から表 8 に示す。また、グラフを図 14 に示す。

表 3 28kV、深度 5mm での吸収線量[mGy] (32mAs あたり)

target/filter	PMMA thickness[mm]		
	20	30	40
W/Rh	0.55	0.61	0.57
Rh/Ag	1.35	1.44	1.39
W/Al	2.18	2.21	2.34

表 4 28kV、深度 10mm での吸収線量[mGy] (32mAs あたり)

	PMMA thickness[mm]

target/filter	20	30	40
W/Rh	0.41	0.47	0.44
Rh/Ag	0.99	1.04	0.99
W/Al	1.65	1.64	1.79

表 5 30kV、深度 5mm での吸収線量[mGy] (32mAs あたり)

target/filter	PMMA thickness[mm]		
	20	30	40
W/Rh	0.70	0.68	0.73
Rh/Ag	1.82	1.88	1.90
W/Al	2.68	3.19	3.13

表 6 30kV、深度 10mm での吸収線量[mGy] (32mAs あたり)

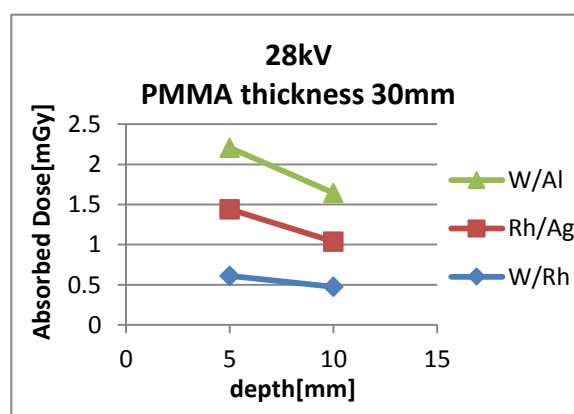
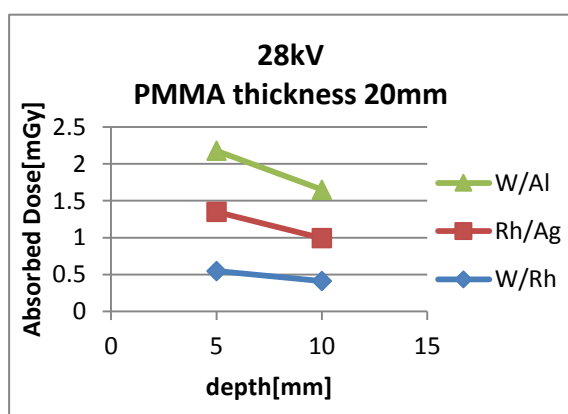
target/filter	PMMA thickness[mm]		
	20	30	40
W/Rh	0.50	0.54	0.53
Rh/Ag	1.30	1.32	1.41
W/Al	2.20	2.41	2.32

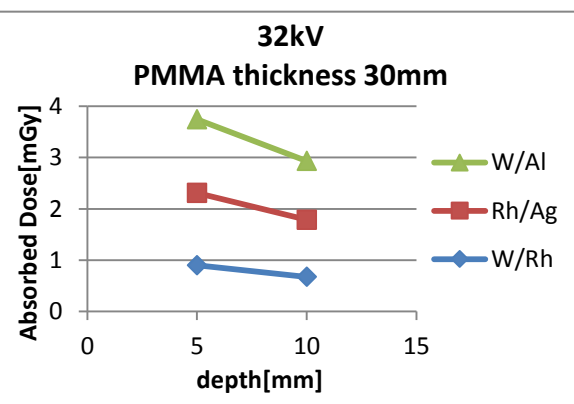
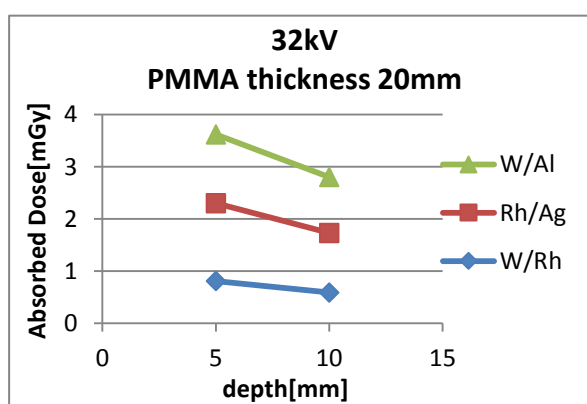
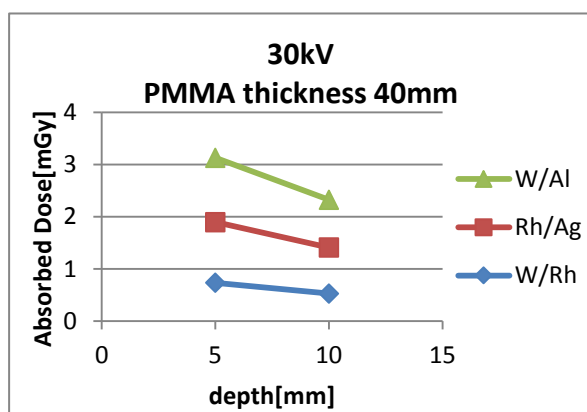
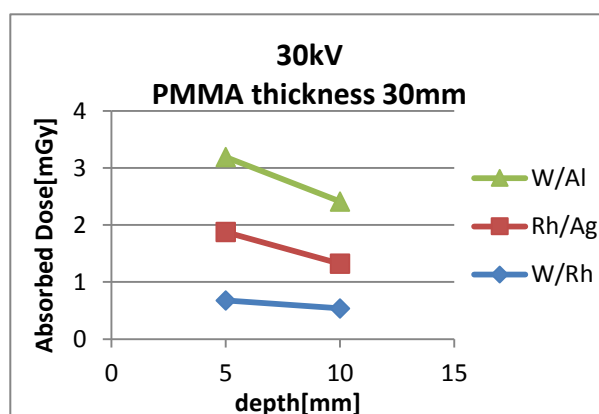
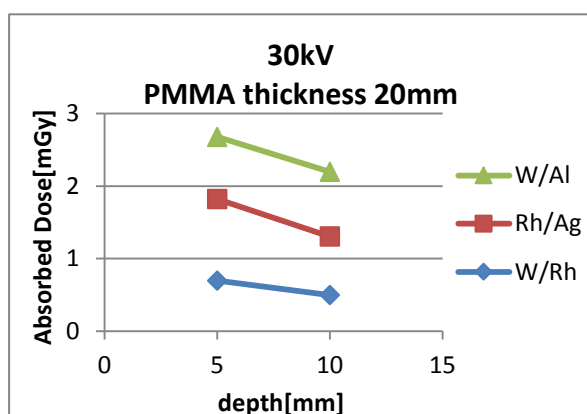
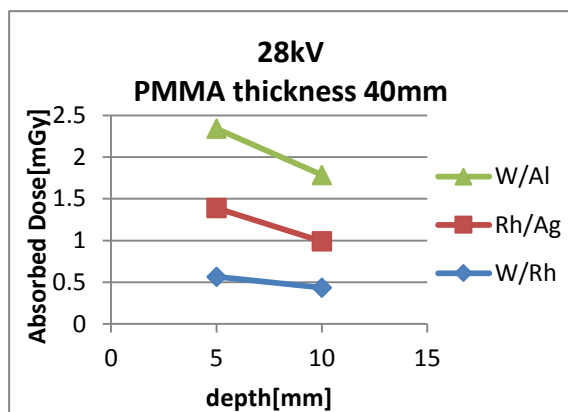
表 7 32kV、深度 5mm での吸収線量[mGy] (32mAs あたり)

target/filter	PMMA thickness[mm]		
	20	30	40
W/Rh	0.81	0.90	0.83
Rh/Ag	2.30	2.31	2.31
W/Al	3.62	3.75	3.95

表 8 32kV、深度 10mm での吸収線量[mGy] (32mAs あたり)

target/filter	PMMA thickness[mm]		
	20	30	40
W/Rh	0.59	0.67	0.63
Rh/Ag	1.73	1.79	1.82
W/Al	2.80	2.93	2.99





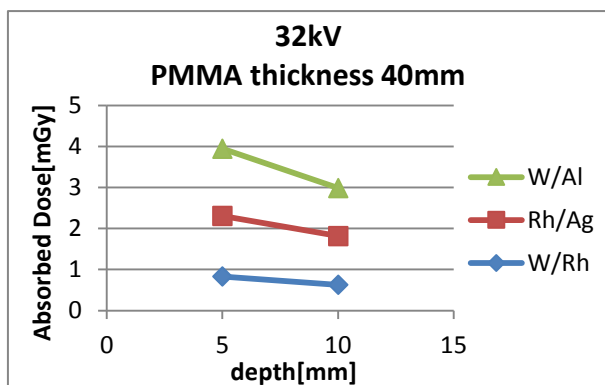
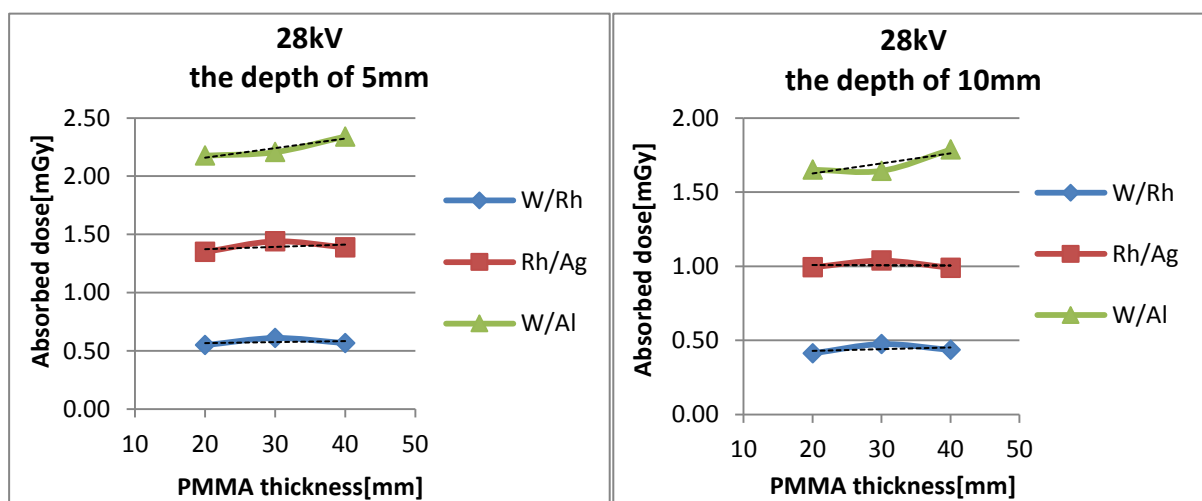


図 14 各条件下での各種ターゲット／フィルタにおける深度 5mm、深度 10mm での吸収線量の比較[mGy] (32mAs あたり)

図 14 より、各種ターゲット／フィルタにおいて、深度 5mm、深度 10mm のとき、MGD と同様にどちらの深度においても吸収線量は W/Al、Rh/Ag、W/Rh の順に小さくなった。

次に、横軸を PMMA 厚[mm]としたときの、深度 5mm 及び深度 10mm における吸収線量を図 15 に示す。



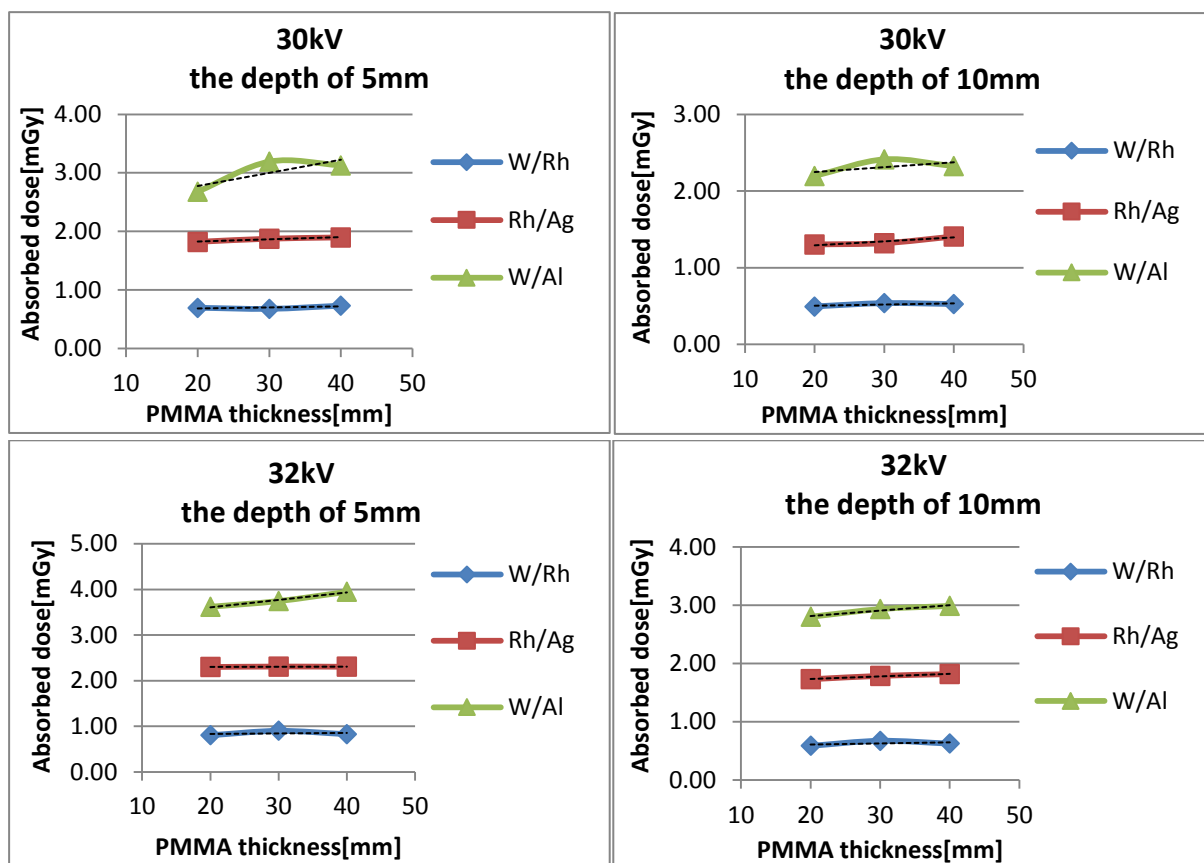


図 15 深度 5mm と深度 10mm の吸収線量[mGy] (32mAs あたり)

図 15 より、どのターゲット/フィルタの組み合わせにおいても、PMMA 厚の変化によって、深度 5mm と深度 10mm で吸収線量に変化はほとんど見られなかった。

また、深度 5mm での吸収線量と MGD の比を図 15 に示す。

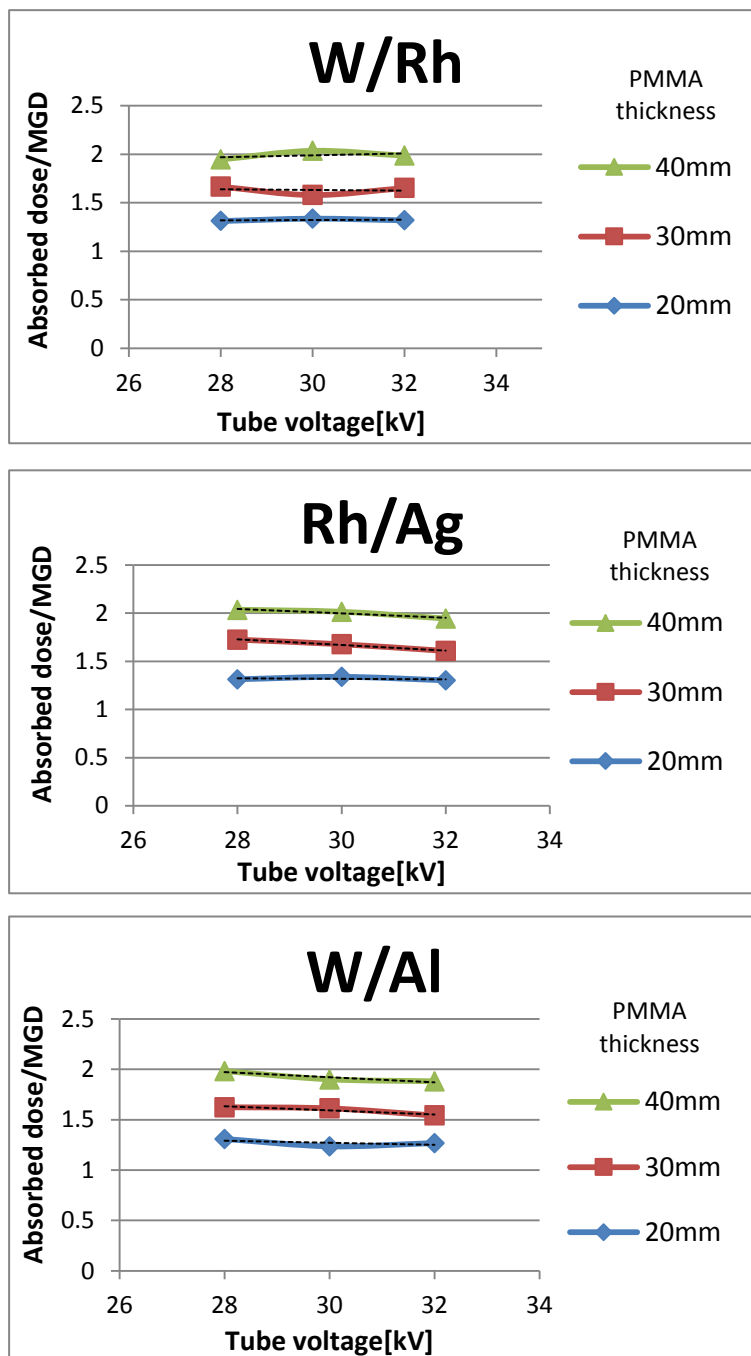


図 16 深度 5mm での吸収線量と MGD の比

図 16 より、どの曝射条件下においても、深度 5mm での吸収線量は MGD の 1.3 から 2 倍になることが示唆された。一方、管電圧の変化にはほとんど依存しなかった。

8. 考察

AECを用いることで、臨床仕様における各種ターゲット／フィルタでのMGDと、従来のMo/MoでのMGDの比較検討を行った。被曝低減率は、W/Rhで約63%低減、Rh/Agで約40%低減、W/Alで約28%の低減を示し、W/Rh、Rh/Ag、W/Alの順に大きな低減を示した。この被曝の低減は、W/Rh、Rh/Ag、W/Alの順に線質が高いことと符合した。臨床仕様においては、高い線質を有するターゲット／フィルタの装置がMGDの低減に有効であることが示唆された。なお、下の図17から19にそれぞれのスペクトル分布を示した。マンモグラフィ撮影ではK吸収端より低エネルギー領域が撮影に寄与され、Rh、Al、AgのK吸収端はそれぞれ23.220keV、1.558keV、25.514keVである。ただし、AlのK吸収端の値は低すぎるために反映されない。半価層だけでなく、エネルギースペクトルの実効エネルギーの点を考慮しても、W/Rh、Rh/Ag、W/Alの順に線質が高く、被曝の低減につながっていることが示唆された。

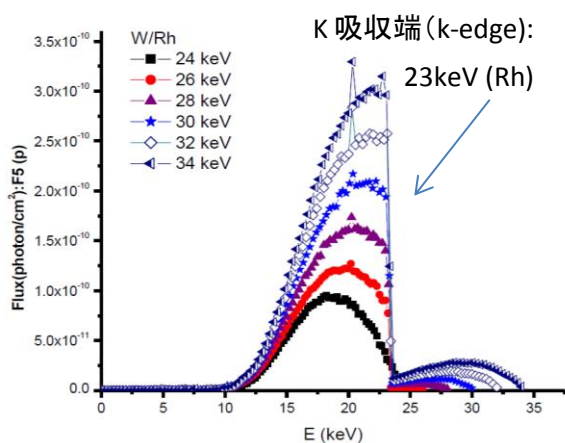


図17 W/Rh スペクトル ⑥

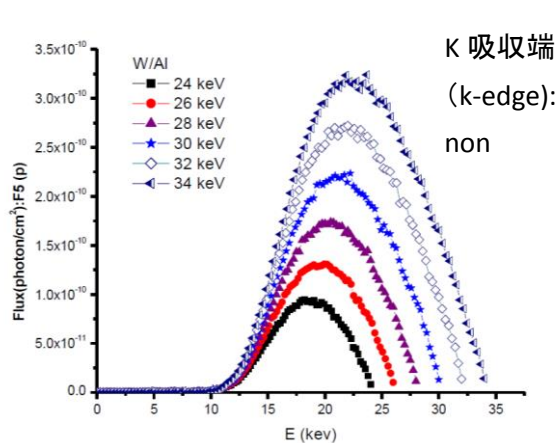


図18 W/Al のスペクトル ⑥

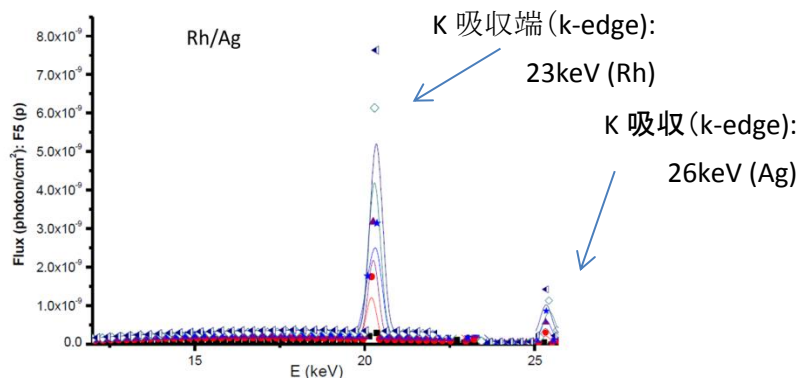


図 19 Rh/Ag スペクトル⁶⁾ (参考文献 6 より改変)

乳房撮影によるリスクファクタには、X線被曝における発癌がある。乳癌は乳腺組織にのみ発症するものであるため、線源に最も近い乳腺組織付近の吸収線量の評価が重要である。そのため、表面から深度 5mm 及び深度 10mm での線源に近い乳腺組織付近の吸収線量を検討すると、どのターゲット/フィルタの組み合わせ、及び、どの管電圧の曝射条件下においても、吸収線量は患者の乳房厚の変化にほとんど依存しないことが示された。

日本やアメリカのガイドラインでは、厚さが 42mm、脂肪と乳腺の割合が半分ずつの乳房模型（ファントム）を撮影したとき、1枚あたりの平均乳腺線量が 3mGy 以下になるように決められており、現状では、日本のマンモグラフィでは、ほとんど MDG は 2mGy 以下で撮影されている。⁷⁾ 今回の実験で、すべての曝射条件下で、深度 5mm での吸収線量は MGD の 1.3 から 2 倍、最大で約 4mGy の値となり、線源に近い乳腺組織付近の吸収線量は、MGD の値よりも被曝の増加が示唆された。ただし、深度 5mm 吸収線量は管電圧や PMMA 厚（乳房厚）にはほとんど依存しなかったという知見も

得た。発癌リスクを考えるうえで、乳房厚に依存する MGD による評価だけではなく、線源（X 線焦点）に近い乳腺組織の吸収線量を評価することが重要である。

9. 結論

各種ターゲット／フィルタの AEC での MGD は、従来の Mo/Mo での MGD と比較して、W/Rh で約 6 割、Rh/Ag で約 4 割、W/Al で約 3 割の被曝低減が見られ、PMMA40mm 厚においても、概ね 2mGy 以下となった。

また、深度 5mm の吸収線量は、MGD の 1.3 から 2 倍となり、最大約 4mGy となった。

10. 参考文献

- 1) G. Haus, Charles E. Metz, John T. Chiles, Kurt Rossmann : The Effect of X-Ray Spectra from Molybdenum and Tungsten Target Tubes on Image Quality in Mammography, Radiology, 118(3), 705-709, 1976
- 2) 旭硝子株式会社 : 蛍光ガラス線量計・小型素子システム Dose Ace 説明資料
- 3) 橋口洋輝、乳房撮影領域における平均乳腺線量の計算方法の統計学的比較 大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻 平成 29 年度卒業研究
- 4) 上村拓幹、乳房撮影における新しいファントムを用いた平均乳腺線量計測の有用性に関する研究 大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻 平成 29 年度卒業研

究

5) 大森望未、乳房撮影領域におけるガラス線量計による線量測定の有用性の検討

大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻 平成 28 年度卒業研究

6)Lida Gholamkar, Mahdi Sadeghi, Ali Asghar Mowlavi, Mitra Athari :

Calculation of the X-ray Spectrum of a Mammography system with Various

Voltages and Different Anode-Filter Combinations Using MCNP Code, Iranian

Journal of Medical Physics Vol.13, No.3, September 2016, 154-162, 2016

7)公益社団法人 日本放射線技術学会、

<https://www.jsrt.or.jp/data/citizen/housya/x-02/> (最終検索日 : 2018 年 11 月 7 日)