

ガラス線量計による乳腺線量測定の実況

株式会社千代田テクノル 線量計測技術課
狩野 好延 先生

【まえがき】

本年10月16日に、第1回東北放射線医療技術学術大会にて、表記の件について発表させていただきましたので、その際の内容をご報告いたします。

弊社では、従来、NPOマンモグラフィ検診精度管理中央委員会からの依頼により、施設認定の際の線量測定を実施してきました。現在、ガラス線量計を用いて半価層・平均乳腺線量の測定を行っております。また、今年度より、一般病院のマンモグラフィ装置の品質管理向けに、“マンモQC・測定サービス”を開始いたしました。このサービスをご利用いただくことにより、定期的に半価層・平均乳腺線量の実測を行い、装置の精度管理を行うことができます。

【品質管理の必要性】

ピンクリボン運動に見られるように、世界的規模で、乳がんの撲滅、検診の早期受診を啓発・推進するための運動が行われています。日本では、平成12年に厚生省より通達(老健第65号通達、Fig.1)が出されており、乳がん検診の実施を推進されています。また、同時に乳がん検診に当たっては、精度管理等の実施体制の整っていることを要件とすることが示されました。これは、乳がん死亡率が、欧米各国では検診実施の成果が現れ、減少傾向にあるのに対し、日本では依然上昇傾向にあることが、この背景にあります(Fig.2)。また、平成16年の厚生労働省通達(老老発第0427001号通達)の別紙により、乳房エックス線撮影の実施機関の基準として、「マンモグラフィ検診精度管理中央委員会」が開催する講習会又はこれに準ずる講習会を修了した診療放射線技師が乳房撮影を行うことが望ましいとされました。弊社は、このマンモグラフィ検診精度管理中央委員会の依頼により、当機関の実施する施設認定時の線量測定を実施してきました。(Fig.3)

老健第65号通達 平成12(2000)年3月31日

■ 各都道府県老人保健主管部長殿
厚生省老人保健福祉局老人保健課長

「がん予防重点健康教育及びがん検診実施のための指針」の一部改正について

略

5 乳がん検診

(1)目的 乳房に発するがんを早期に発見する。

(2)検診の実施 検診項目は、50歳未満は問診並びに視診及び触診、50歳以上 問診、視触診及び乳房エックス線検査の実施

略

(5)実施体制 乳がん検診の実施に当たっては、**精度管理等の実施体制の整っていることを要件とする。**

注：平成16(2004)年4月から40歳以上2年に1回に改正

Fig.1 老健第 65 号通達

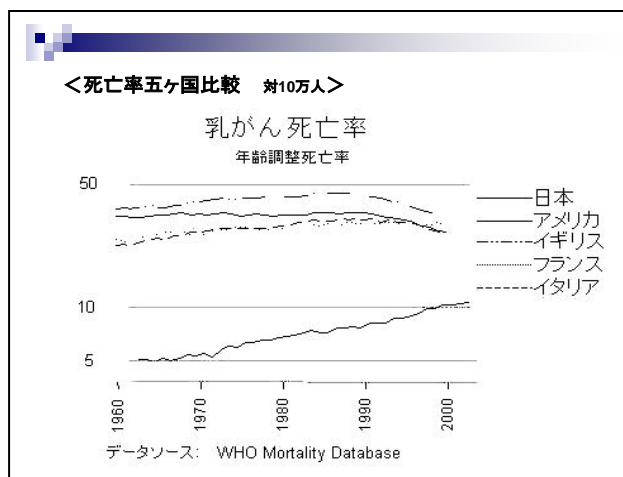


Fig.2 乳がん死亡率(五カ国比較)

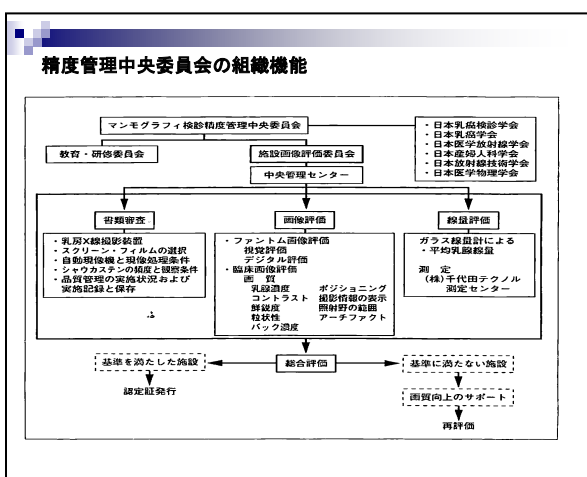


Fig.3 精度管理中央委員会の組織機能

【マンモグラフィ装置で使用するX線】

医療用一般撮影に使用するX線装置のX線は、通常タングステンのターゲット、アルミニウムの付加フィルタを用いており、連続スペクトルのX線を使用しています。それに対し、マンモグラフィ装置で使用するX線は、よりスペクトルが単一に近い特性X線を主として使用します。ターゲットとフィルタの組み合わせは、おもにMo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rh、W/Rhがあります。X線装置構造規格第2条に印加電圧が10kV以上のX線装置には付加フィルタが取り付けられる構造であることと規定されています。これはエネルギーの低いX線が人体に入射した場合、表層部で全部吸収されるエネルギーのX線は、有害無益のものと考えカットするよとの考えからです。マンモグラフィ装置の代表的なターゲット・フィルタの組み合わせ(Mo/Mo)のX線スペクトルをFig.4に示します。Moフィルタを付加することにより、X線のスペクトルがより単一に近いスペクトルとなっていることがわかります。

【マンモグラフィ装置の品質管理方法】

近年、これまで多くの施設で採用されてきたアナログマンモグラフィ装置は、急速にデジタルマンモグラフィ装置に置き換わろうとしています。そのため2009年11月にはNPO法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会より”デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル(編集:マンモグラフィ検診精度管理中央委員会)”(以下、マニュアル)が発刊されています。

このマニュアルの中で、種々の検査方法が示されていますが、受入試験として定期的に半価層、AEC作動時の平均乳腺線量の測定が必要である旨記載されています。半価層の測定に用いるアルミニウム版は純度99.9%以上とし、測定に使用する線量計は、低エネルギーX線(少なくとも10~40keV)を測定できるもので、測定範囲は少なくとも0.1~100mGyの範囲を含まなければならないとしています。一般的には、低エネルギーX線を測定できる電離箱線量計等が使用されています。実際の方法については、マニュアルをご参照願いたいと思います。

【マンモQC・測定サービス(MMG-QCバッジを用いた半価層、平均乳腺線量の測定)】

上述のようにマンモグラフィ装置で半価層、平均乳腺線量を測定するためには、電離箱線量計等の測定器が必要となります。しかし、電離箱線量計は一般に高価であること、また、半価層測定では、複数のアルミニウム厚さについての測定をおこなう必要があるため、実際測定作業を行うには数時間の時間を要することになり、相応の負担が生じることになります。そこで当社では、これを

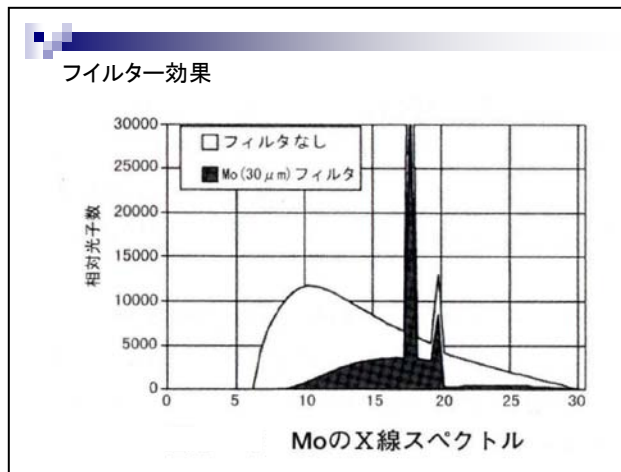


Fig.4 X線スペクトル(Mo/Mo)

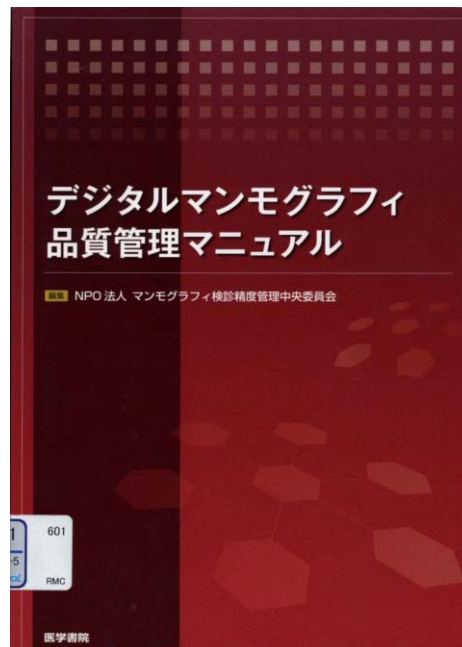


Fig.5 デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル

Fig.6 マンモ QC・測定サービス

簡易に実施することができるように“マンモQC・測定サービス”を開始いたしました。“マンモQC・測定サービス”では、ガラス線量計を用いたMMG-QCバッジを使用します。

1. マンモQC・測定サービスの概要

お申込みいただいたお客様に、MMG-QCバッジを送付し、同封の手順書に従いマンモグラフィ装置にてMMG-QCバッジに照射して、照射後、弊社に返送していただきます。弊社では、MMG-QCバッジを測定し、その測定結果をもとに、半価層（線質確認）及びAEC作動確認による平均乳腺線量を算出し、その結果を報告いたします。標準サービスは半価層＋AEC作動確認を40mmファントムでの照射確認（コントロール＋MMG-QCバッジ2個）とし、追加オプションでAEC作動確認において20mmと60mmのファントムでの照射を加えて（コントロール＋MMG-QCバッジ4個）としています。

2. MMG-QCバッジの構造(Fig.7)

MMG-QCバッジは、ガラス素子とガラスホルダーから成り立っています。ガラス素子は、個人線量計に用いられているガラス素子を使用しています。ガラスホルダーは、精度良く減弱曲線を求めることを目的に、アルミニウム（Al）フィルタの厚さ等を考慮して製作しました。ガラス素子は、Fig.7の右側から左に向かって中に差し込みます。各窓の減弱フィルタは、Fig.7のとおりです。

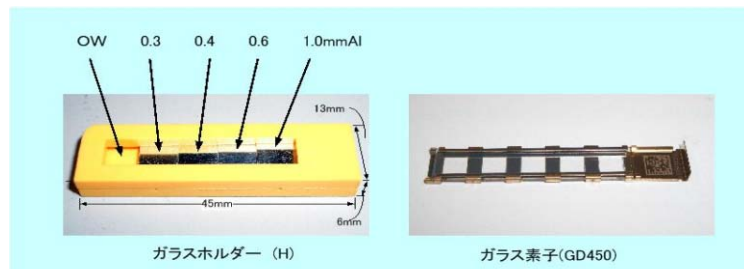


Fig.7 MMG-QC バッジの構造

3. 半価層の測定

半価層を求めるには、目的とするX線の減弱曲線を得、透過率50%に対応するアルミニウム（Al）フィルタの厚さを求める必要があります。その方法として電離箱線量計を用い、数回の照射結果から減弱曲線を取得し、半価層を算出するのが一般的です。MMG-QCバッジでは、これと同等の減弱曲線をガラス線量計から得る必要があります。ガラス線量計の表面にAlステップフィルタを置き、1回の照射で減弱曲線を取得する手法を採用しています。（Fig.8）しかし、ガラス線量計の場合、電離箱とは異なるジオメトリとなるため、同等の減弱曲線とするには補正が必要になります。そのため、電離箱線量計で求めた減弱曲線（基準減弱曲線という）と同質の減弱曲線をMMG-QCバッジ推定するために種々の工夫が必要です。まず、MMG-QCバッジのアルミニウムフィルタとガラス素子が接近していますので、フィルタから生じる二次電子がガラス素子に入射し、ノイズの原因となります。この二次電子の入射は阻止できませんので、「実効Al当量」なるものを考案し、次の方法で補正することとしました。

基準減弱曲線およびMMG-QCバッジから求めた減弱曲線（推定減弱曲線という）を同一座標に表すと、推定減弱曲線が上部に位置します。

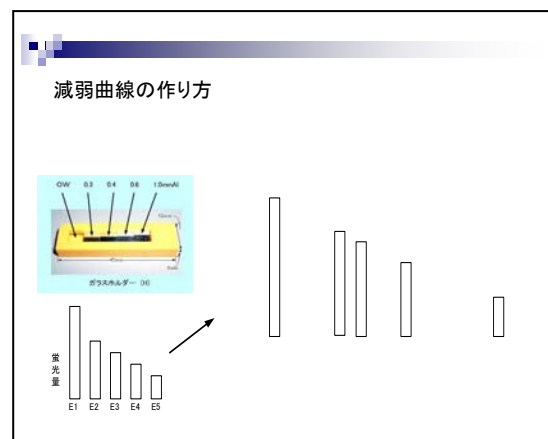


Fig.8 減弱曲線の作り方

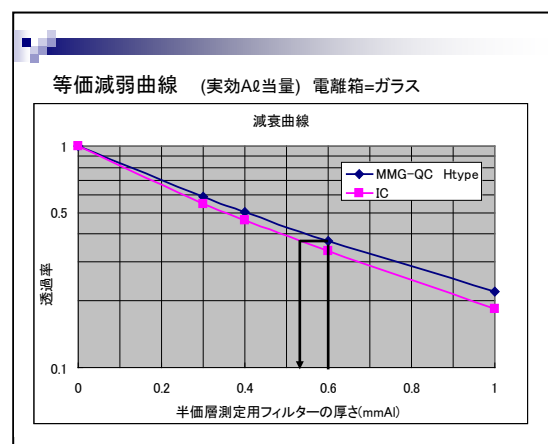


Fig.9 基準減弱曲線および推定減弱曲線

(Fig.9) 特定フィルタ部の推定減弱曲線の透過率と等しい透過率を示す基準減弱曲線のAlの厚さを、特定フィルタに対する実効Al当量と定義しました。

放射線等の減弱は一般的に $I=I_0e^{-\mu x}$ で説明されています。しかし、X線は単一エネルギーでないため適応に無理が生じます。減弱曲線を表す関数として、各種関数を試みたところ、次の「逆対数二次関数」がマンモグラフィ装置のX線減弱曲線に良くフィットすることがわかりました。実効Alを用いたときの減弱曲線式は、

$$X_{\text{eff}} = a(\ln y)^2 + b(\ln y) + c$$

X_{eff} : 実効Al当量の厚さ(mmAl)
 y : 透過率
 a, b, c : 回帰係数

となります。半価層は、上記関数に透過率50%を代入することにより求めることができます。

4. AEC作動時の平均乳腺線量測定

平均乳腺線量は、マニュアルに従い算出しています。入射空中線量は、ガラス線量計のオープンウインドウ(フィルタ等の無い窓)の蛍光量に半価層をパラメーターとするエネルギー補正係数等に乗じ求めます。それにマニュアルにある係数gと係数sを乗じて平均乳腺線量を算出しています。

5. 報告書

MMG-QCバッジの測定結果は、Fig.10のような書式で報告書を作成し、お客様に送付いたします。半価層、平均乳腺線量については、マニュアルに準じ、合否判定を行い、報告書に記載しております。

項目	測定値	判定
線量確認 半価層	0.34 mmAl	合
平均乳腺線量 (PMMA厚 mm)	1.8 mGy	合
装置名称	〇〇装置	

判定条件: 半価層≧管電圧(kV)/100、平均乳腺線量≦3mGy(40mmのみ)

項目	測定値	判定
線量確認 半価層	0.34 mmAl	合
平均乳腺線量 (PMMA厚 mm)	1.8 mGy	合
装置名称	〇〇装置	
判定条件	半価層≧管電圧(kV)/100、平均乳腺線量≦3mGy(40mmのみ)	

Fig.10 MMG-QC バッジの測定結果

【トレーサビリティ】

MMG-QCバッジの測定精度に関しては、独立行政法人産業技術総合研究所との共同研究において特性評価を行い、不確かさを求めています。結果として、半価層と平均乳腺線量の拡張不確かさは、それぞれ3.4%と5.0%を得ています。これについては、弊社機関紙FBNews402号(2010年6月)に詳細掲載しております。弊社ホームページからもご参照いただくことができます。

【あしがき】

MMG-QCバッジは実用開始から、満10年を迎えます。この間約3,000個強の測定実績を持ち、精度管理の一助となったと考えております。今後も、マンモグラフィ装置の精度管理の向上に寄与できるよう努めてまいりますので、ご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。