



Photo T.Tsuda

## Index

マンモグラフィにおける被験者の被ばく線量と漏洩線量の実態	… 鈴木 昇一	1
デジタルマンモグラフィの精度管理	…………… 斎 政博	6
福島原子力事故後も変わらぬ原子力発電の重要性	…………… 町 末男	11
マンモグラフィ品質管理用ガラス線量計10年間の測定結果		
…………… 堀田 勝平、武田 典明、松本 進、福田 光道	12	
新刊紹介 「詳解テキスト医療放射線法令」	……………	17
平成23年度原子力安全技術センター講習スケジュール	……………	17
ガラスバッジ Web サービスへのお誘い		
－検索画面で処理状況を確認できます！－	……………	18
福島営業所移転のご案内	……………	19

# マンモグラフィにおける被験者の 被ばく線量と漏洩線量の実態



鈴木 昇一\*

## 1. はじめに

乳房撮影は、乳がんの早期発見に欠かせないX線検査である。2007年の全国調査により、乳房撮影装置はアナログ(F/S)からデジタル(DR)に変更していることが明らかになった。一方、乳房撮影で乳房の線量の組織荷重係数が放射線防護委員会(ICRP)2007年勧告で従来の0.05から0.12へと変更され、乳腺のリスクの高いことも明らかとなった。そこで、乳房撮影を行われている施設での線量の実態を把握するため、2010年3月から12月末まで、92装置の線量を測定した(図1)。測定に協力いただいた施設は中部地区を中心に関東、関西地区の一部も含んでいる。得られた結果から乳房撮影で患者の受ける平均乳腺線量の実態を明らかにした。さらに、代表的な

装置を使用して従事者の受ける線量(漏えい線量)を評価した。

## 2. 方法

平均乳腺線量(AGD)は、NPO法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会(精中委)で推奨されている156ファントムを使用、デジタル装置(CR:Computed Radiography装置、FPD:Flat Panel Detector装置)で推奨されているアクリル(PMMA)ファントム(10mmから60mm厚さ)を使用して、各施設で設定している自動濃度調整(AEC)機能を使用して得られた撮影条件からAGDを求めた。ファントムを使用した場合、空中照射線量を得ることは困難である。そこで、AECで得た撮影条件を記録しておき、線束中心の評価位置

1) Fujifilm (8台)	4) Shimadzu (9台)
Fujifilm Amulet : 8台	Shimadzu Sepio : 1台
2) GE (31台)	Shimadzu Sepio stage : 4台
GE Senographe DMR : 3台	Shimadzu Sepio Nuance DT : 4台
GE Senographe DMR+ : 9台	5) Siemens (9台)
GE Senographe 2000D : 9台	Siemens Mammatom1000 : 2台
GE Senographe DS : 4台	Siemens Mammatom 3000Nova : 2台
GE Senographe DS Depister : 2台	Siemens Mammatom NovationDR : 3台
GE Senographe DS LaVerite : 1台	Siemens Inspiration : 2台
GE alphaRT : 1台	6) Toshiba (9台)
GE Diamond : 2台	Toshiba Mammorex : 4台
3) Hologic (20台)	Toshiba Mammorex Plus : 2台
Hologic Lorad M-IV : 10台	Toshiba Pe.ru.ru : 2台
Hologic Lorad Selenia : 10台	Toshiba Peruru Digital : 1台
7) Konica (6台)	7) Konica (6台)
Konica Regius Pure View Type-M : 1台	Konica Mermaid : 5台

(中部地区を中心に東京、大阪、京都を含む)92台(2010.3~2010.12)

図1 測定装置概要

\* Shouichi SUZUKI 藤田保健衛生大学 医療科学部 放射線学科 教授

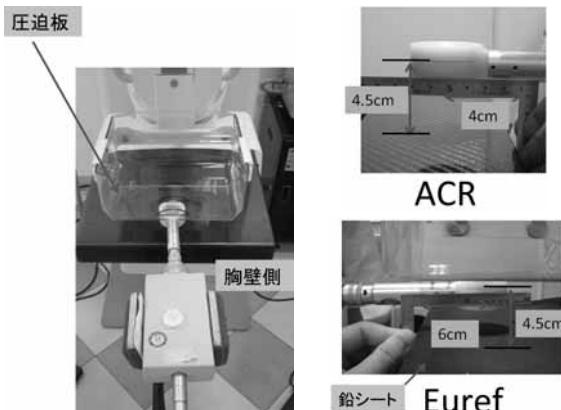


図2 空中照射線量測定

(入射位置)に平行平板型電離を配置して、空中照射線量を求め、各種係数を乗じてAGDを算出した(図2)。AGDは、156ファントムを使用した従来のAmerican College of Radiology(ACR)法、European Organization for Quality-Assured Breast Screening and Diagnostic Services(EUREF)法の両者で評価した。圧迫板は、電離箱に接する高さに配置して、圧迫板透過後の空中照射線量を測定した。AECのみでなく撮影条件を一定にして同様に空中照射線量からAGDも算出した。線量評価に必要となる半価層も併せて測定した。同時に出力波形もX線アナライザを使用して収集した。線量測定には電離箱線量計(Radcal社製model 9015)、電離箱(Radical社製model 10X5-6M(平行平板型6.0cc))、半価層には非接続式X線アナライザ(Victreen社製NERO mAx8000型)とアルミ板(Victreen社製07-434型(純度99.997%))を使用した。

半価層は非接続式X線アナライザ(Victreen社製NERO mAx8000型)とアルミ板(Victreen社製07-434型(純度99.997%))を使用して測定した。空気カーマは乳房等価ファントムを156ファントムとPMMAファントムを使用した。156ファントム使用をACR法、PMMAファントム使用をEUREF法とした。

照射条件はターゲット/フィルタの組み合わせをモリブデン/モリブデン(Mo/Mo)とした場合は管電圧24~32kV、モリブデン/ロジウム(Mo/Rh)、ロジ

ウム/ロジウム(Rh/Rh)、タンゲステン/ロジウム(W/Rh)とした場合は管電圧28~32kVとし、管電流時間積は50mAsとした。

156ファントムを使用したACR法の平均乳腺線量Dg(mGy)は、次の式から算出した。 $D_g = D_g N \times X_a$  なお、DgNは、吸収線量変換係数(Gy・kg /  $2.58 \times 10^{-4} C$ )、Xaは、空气中照射線量(C/kg)である。EUREF法は、PMMAファントムを使用し、次の式から算出した。D=Kgcs なお、Kは入射空気カーマ(mGy)、gは乳腺含有量50%に相当する係数、cは乳腺含有量50%から異なる乳腺線量を補正する係数、sはターゲットとフィルタの組み合わせに関する係数である。入射表面線量(ESD)は、入射位置での空気カーマに後方散乱係数(BSF)を乗じて求めた。BSFは「European Protocol on Dosimetry in Mammography1996 (EUR 16263 EN)」のp15のTable 1.2 Back scatter factor as a function of HVLの値を使用した。

得られた結果をもとに、出力の特性(出力波形)、AECによる装置間の差、ターゲット/フィルタ組み合わせ(Mo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rh)、アナログ装置(F/S)、デジタル装置(CR、FPD)に分類してそれぞれの線量比較を行った。

さらに、ある施設での各撮影条件での漏えい線量を電離箱式サーベイメータ(アロカICS-313)を使用して散乱線線量を測定した。

### 3. 結果

AEC機構使用の全92装置の結果から、AGDは、ACR法、40mmPMMA使用のEUREF法両者とも、全ての装置において3mGy以下であった(表1)。平均はACR法がやや低く1.79mGy、EUREF法が1.82mGy程度であった。装置格差は3倍程度以下であった。管電圧は28kV、mAs値は72mAs、HVLは0.39mmAl程度であった。ESDの平均は両者とも8.5mGy程度であった。しかし、装置間の差はACR法が3.0倍に対しEUREF法は4.5倍と差が大きくなっていた。精中委で認定されていた装

置は92装置中46装置（50%）であった。

**表1**をACR法のターゲットフィルタの違いで見てみると、Mo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rhは、**表2**のような結果となつた。Mo/Moは、全装置の77.2%（71/92）、そのなかで、認定装置は84.8%（39/46）であった。S/Fは5装置（認定4）、CRは41装置（認定26）FPDは25装置（認定9）となっていた。装置間格差はAGD、ESDとも2倍以内であった。しかし、平均の線量は全体の平均（**表1**）より高くなっていた。Mo/Rhは、全装置の17.4%（16/92）であった。そのなかで、認定装置は4装置、S/Fはゼロ、CRは2装置（認定ゼロ）、FPDは14装置（認定4）となっていた。装置間格差はAGDで2.5倍程度であった。しかし平均の線量は全体の平均より低くなっていた。Rh/Rhは、全装置の5.4%（5/92）であった。そのなかで、認定装置は3装置、S/F、CRはともに装置となっていた。装置間格差はAGDで2.2倍程度であった。しかし、平均の線量は全体の平均より低くAGDは1.4mGyであった。ESDにおいて、Mo/MoとRh/Rhでは1.7倍の差が生じていた。ACR法によるAGDのヒストグラムを見てみると75%線量はAGDでおおよそ2mGyとなっていた（**図3**）。**表3**はそれらをまとめたもの

である。認定施設と非認定施設は46装置と同数であった。受像系ではS/Fの装置割合が最も低く、線量は反対に最も高くなつた。

**表1 AEC 使用による AGD 比較**

	kV	mAs	HVL	AGD[mGy]	ESD[mGy]
mean	28.098	71.593	0.387	1.791	8.589
sd	0.950	17.835	0.036	0.379	2.101
cv	0.034	0.249	0.094	0.211	0.245
max	32.000	133.500	0.560	2.868	12.528
min	25.000	34.100	0.314	0.956	4.127
max/min	1.28	3.91	1.78	<b>3.00</b>	<b>3.04</b>

(ACR法)

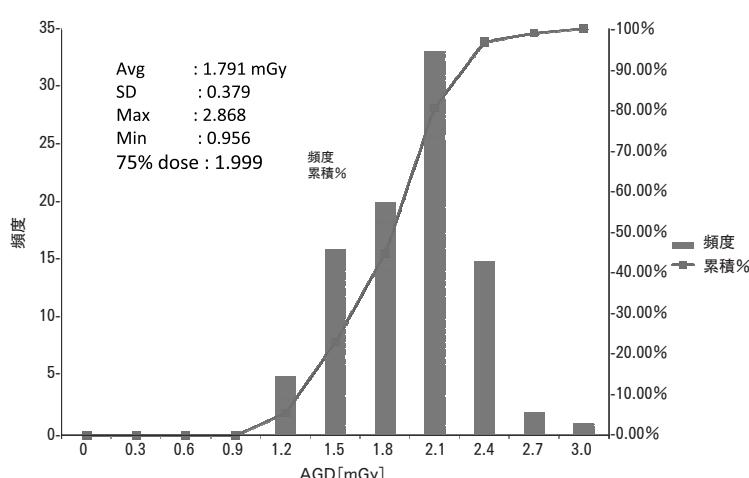
  

	kV	mAs	HVL	AGD[mGy]	ESD[mGy]
mean	27.86	72.91	0.385	1.818	8.554
sd	1.02	20.41	0.037	0.463	2.463
cv	0.04	0.28	0.095	0.255	0.288
max	32.00	122.50	0.540	2.881	14.372
min	26.00	37.10	0.330	0.964	3.191
max/min	1.23	3.30	1.64	<b>2.99</b>	<b>4.50</b>

(Eureff法)

**表2 組み合わせの違いによる AGD 比較**

	kV	mAs	HVL	AGD[mGy]	ESD[mGy]
Mo/Mo	27.99	75.76	0.37	1.89	9.38
Mo/Rh	28.31	59.21	0.43	1.48	6.03
Rh/Rh	29.00	52.06	0.45	1.40	5.58



**図3 ACR 法による AGD のヒストグラム**

ていた。CR と FPD では前者の装置がやや少なく、線量は反対に高くなっていた。ターゲット／フィルタは、AEC 機能の利用では Mo/Mo の割合が高く、線量は最も高くなっていた。括弧内の数値は認定さ

表3 測定全装置の AGD 比較

	分類	装置数	AGD(ACR法)			
			mean	max	min	max/min
装置	全施設	92	1.791	2.868	0.956	3.00
	認定	46	1.812	2.868	1.211	2.37
	非認定	46	1.770	2.516	0.956	2.63
受像系	S/F	5 (4)	1.375	1.588	1.235	1.29
	CR	43 (26)	1.831	2.370	1.335	1.78
	FPD	44 (16)	1.799	2.868	0.956	3.00
Target/ Filter	Mo/Mo	71 (39)	1.888	2.868	1.235	2.32
	Mo/Rh	16 (4)	1.479	2.370	1.089	2.18
	Rh/Rh	5 (3)	1.402	2.083	0.956	2.18

(括弧内は認定された装置数)

表4 AEC と条件一定の場合の CV 値比較

	ACR	40mmPMMA	45mmPMMA
AEC	0.26	0.27	0.29

	Mo/Mo			Mo/Rh	
	24kV	28kV	32kV	28kV	32kV
Air kerma	0.13	0.12	0.12	0.15	0.15

CV値(変動係数)=平均÷標準偏差

れた装置数で、認定割合は S/F で Mo/Mo の組み合わせが大きくなっていた。

表4 は Euref 法での PMMA 厚さを変化させたときの AEC 使用の AGD を比較したものである。10mm厚では0.43mGy で60mmでは、2.94mGy と厚さが厚くなるほど線量は大きくなっていた。図4 は AGD が表示されている23装置における表示線量と測定線量の比較である。AGD は、PMMA を変化させて Euref 法で算出した。S社、F社、Sh社、G社（2機種）は80%以上が±10%以内であった。最大の差を生じた装置は、G社の20mmPMMA で31%であった。

散乱線線量は ACR 法（156ファンтом使用）、CC（±0°）の結果を、表5、図5 に示す。線束中心から100cm 離れた位置でマニュアルでは50mAs で0.3–0.5 μSv、AEC を利用した、CNT AUOT の Rh/Rh（29 kV、148 mAs）で2.1 μSv であった。STD AUTO では0.5 μSv であった。防護ガラスの内側では測定下限値以下（ND）であった。

#### 4. まとめ

1) ACR 法、Euref 法（40mmPMMA） 両者での AGD の平均は1.8mGy 程度で、2.0mGy を超える装置はなかった。入射表面線量は8.6mGy と4.7倍の差があった。

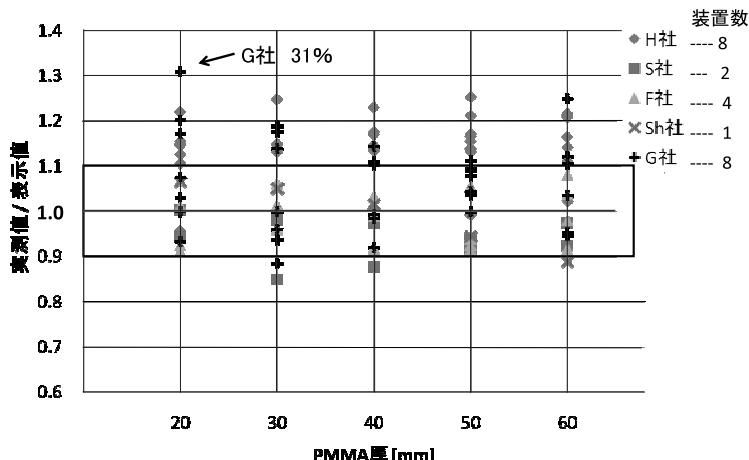


図4 表示高さで算出した実測値／表示値

表 5 散乱線線量測定結果 (G 社)

測定位置	撮影モード	ターゲット/フィルター	管電圧 [kV]	mAs	読み値 [ $\mu\text{Sv}$ ]
①	マニュアル	Mo/Mo	28	50	0.3
			32		0.8
		Mo/Rh	28		0.5
			32		0.8
		Rh/Rh	28		0.5
			32		0.8
CNT AUTO	STD AUTO	Rh/Rh	29	148	2.1
		Mo/Rh	28	49	0.5
		Rh/Rh	29	40	0.4
②	マニュアル	Mo/Mo	28	50	0.8
③	マニュアル	Mo/Mo	28	50	0.5
④	マニュアル	Mo/Mo	24	50	-

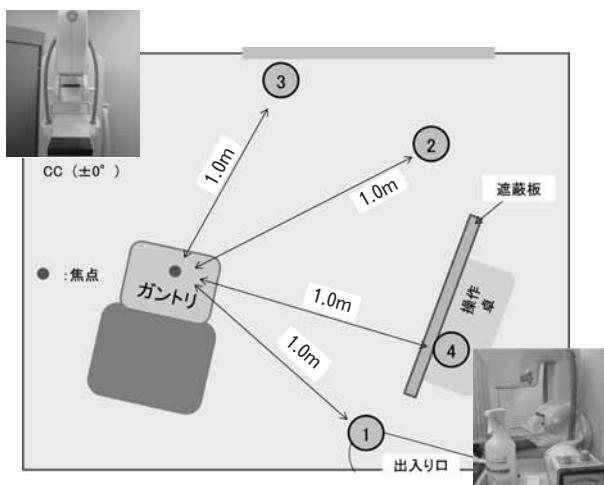


図 5 散乱線測定位置 (G 社装置)

- 2) 装置ごとのばらつきは、同一条件と AEC 利用では、後者のばらつきが2倍程度で、装置特有の差でなく AEC の設定が線量に影響を与えていることが判明した。
- 3) 測定した装置の半数は認定装置であった。認定装置と非認定装置での AGD は前者がやや高くなっていた。
- 4) ACR 法による AEC から得られた線量から、受像系では S/F の割合が少なく、FPD が CR をやや上回っていた。Target/Filter では、Mo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rh の順で線量が少なくなっていた。
- 5) 散乱線の線量は非常に低く一曝射当たりの線量は線束から 1 m では通常の撮影において、 $1 \mu\text{Sv}$  以下であった。2.1

$\mu\text{Sv}$  と非常に低く、室内の撮影場所での実者の位置（鉛ガラスの内側）での線量は検出感度以下の線量であった。

## 参考文献

- International Commission on Radiological Protection ; "ICRP Publication103 The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection" pp.182, 2007.
- American College of Radiology. Mammography Quality Control Manual. America : American College of Radiology, 1999.
- Zoetelief J, Fitzgerald M, Leitz, et al. European protocol on dosimetry in mammography. Brussel : European Commission, 1996.
- European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services. European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis Forth Edition. The Netherkands : European Communities, 2003.
- International Atomic Energy Agency : Technical reports series no.457 Dosimetry in diagnostic radiology : An international code of practice. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2007.
- 日本放射線技術学会放射線撮影分科会、乳房撮影ガイドライン普及班. 放射線医療技術学叢書14-3 乳房撮影精度管理マニュアル（改訂版）. 京都：日本放射線技術学会、2004.
- NPO 法人 マンモグラフィ検診精度管理中央委員会、デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル. 東京：医学書院, 2009.

## —プロフィール—

1974年に名古屋保健衛生大学病院 放射線部就職、1987年に日本で最初の4年生の診療放射線技師養成のための大学、藤田保健衛生大学衛生学部診療放射線技術学科に講師、1999年、同大学助教授、2005年同大学教授、大学院保健学研究科教授兼務、2008年4月に学部名・学科名変更、医療科学部放射線学科となり、現在に至る。研究は、故医学部放射線医学教室教授古賀佑彦先生の指導のもと医療被ばく、特に X 線検査時の線量調査、測定評価を行っている。中部地区を中心に関東、関西まで、基本日帰りで片道500kmでの範囲を、線量計を車に積載し、臨床現場での測定モッターに、各施設のご迷惑を顧みず行っている。現在の専門領域は医療放射線安全管理である。

# デジタルマンモグラフィの精度管理



齋 政博\*

## 1. はじめに

我が国の乳がんの罹患率は年々増加傾向にあり、現在では、40歳以上の女性に対して乳がん検診にマンモグラフィを導入する方針となっている。その精度管理の重要性は、スクリーン／フィルムシステムを中心で確立されたものとなっているが、最近普及の著しいデジタルマンモグラフィにおいても「デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル」が発刊されるなど、NPO法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会を中心に普及活動が行われている。高い精度で乳がん検診マンモグラフィを行うには、高品質なマンモグラムを提供する必要がある。日常的な管理、定期的な管理は、受診する方への高品質な画像の提供と線量も含めて安全に検査が実施されているかの確認の意味でもあり、精度良く行わなければならぬ。

## 2. マンモグラフィに要求されるもの

乳腺腫瘍の主な所見としては全体の形状、辺縁とその周囲の性状、内部の変化、石灰化像、皮膚の変化としてみられ、それらの所見を総合し、良悪性の鑑別を行う。それには、読影に適した高品質なマンモグラム

を得る必要性がある。乳房内の組織は、非常にX線吸収差の少ない組織で構成されているので、乳腺組織と腫瘍とをコントラスト良く描出する撮影技術が必要となる。高品質なマンモグラムを得るには、ポジショニングの善し悪しも画質を左右する大きな因子の一つであることはいうまでもなく、乳がんの多く発生する場所や、可動性組織・固定組織あるいはブラインドエリアとなる部分などの生理学的特徴を理解しておく必要がある。

## 3. デジタルマンモグラフィの画質

マンモグラフィの画質に影響を及ぼす因子としては、大きく分けてコントラスト・鮮鋭度・粒状性の3つの要素がある。これらの要素が劣っていても良い画質とはならず、良い画質を維持していくためには、日常の精度管理というものが非常に大事であると同時に、我々ユーザー側が最も苦慮しているところかもしれない。デジタル化においては、画質に影響を及ぼす写真的因子はなくなり、それらに変わり、コントラストでいえば階調処理、鮮鋭度は検出素子の大きさや検出器での信号の拡散、画像処理、粒状性は撮影線量などの因子が新たに加わってくる。

\*Masahiro SAI 東北大学病院 診療技術部放射線部門 主任診療放射線技師

#### 4. 線量ガイダンスレベル

1996年に刊行された国際原子力機関（IAEA）の『電離放射線の防護および放射線源の安全の国際安全基準』（BBS）では放射線診断における放射線量を最適化するためのガイダンスレベル（指針レベル）が提示されている。これによるとマンモグラフィではMo/Moによる平均乳腺線量のガイダンスレベルとして図1が示されており、現在におけるマンモグラフィ精度管理の基準にもなっている。わが国でもデジタルマンモグラフィ品質管理マニュアルが発刊されデジタルマンモグラフィにおいてもこの値を基準としている。欧州をはじめとする諸外国では、デジタルマンモグラフィの普及に合わせて、欧州ガイドライン等で示しているように、乳房の被写体厚に対しても線量の指針を示しているところもある。

#### 頭尾方向撮影による平均乳腺線量

1mGy (グリッドなし)  
3mGy (グリッドあり)

1. 50%脂肪50%乳腺組織よりなる4.5cmに圧迫された乳房
2. モターゲット/Moフィルタ
3. スクリーン/フィルム・システム

図1 平均的な成人患者の乳房撮影における線量ガイダンスレベル

#### 5. デジタルマンモグラフィの品質管理

デジタルシステムではX線の検出、画像の記録、表示、保存の機能が分離されておりシステム構成機器を最適化し管理することが重要となる。管理の対象となるシステム構成と機器名称を図2に示す。デジタルシステムの品質管理については国際的な基準に準じる必要があるため、IEC規格

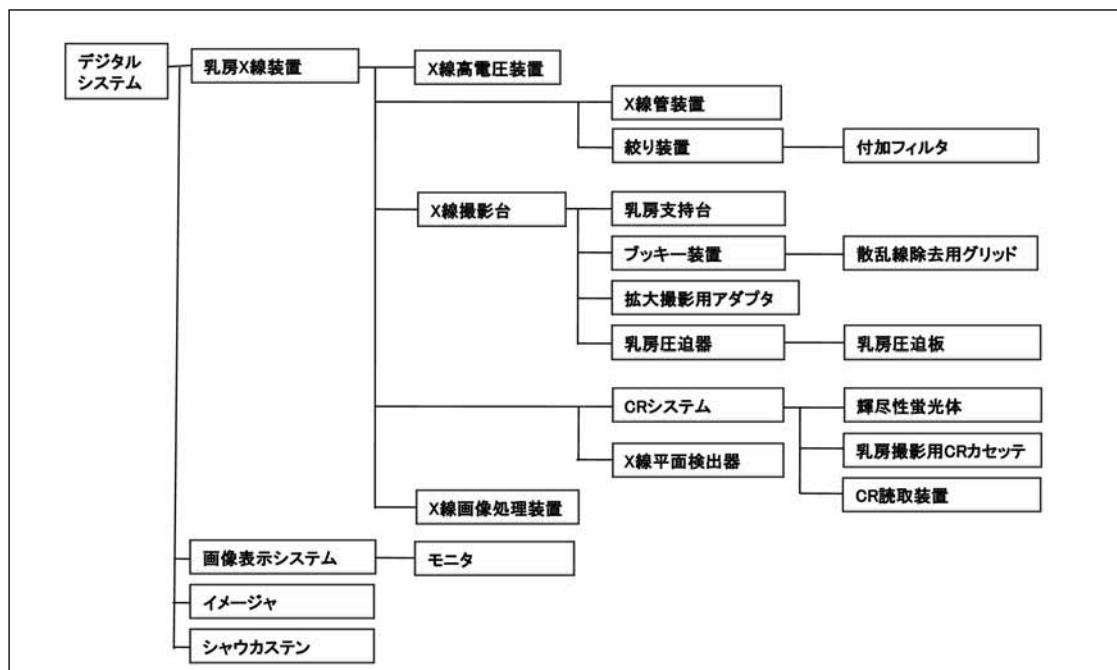


図2 システム構成品

No	項目	No	項目
1	X線装置の機能確認	10	AEC作動時のCNR
2	乳房圧迫器	11	アーチファクトの確認
3	公称焦点寸法	12	画像歪み
4	X線照射野と受像器面との整合性 (胸壁端付近の画像欠損を含む)	13	加算的ラグ効果
5	管電圧の表示精度	14	乗算的ラグ効果
6	X線出力	15	ダイナミックレンジ
7	半価層(HVL)	16	システム感度(CRシステムに適用)
8	AEC作動時の再現性	17	空間分解能
9	AEC作動時の平均乳腺線量(AGD)		

図3 乳房X線撮影装置における受入試験項目

(乳房X線装置の受入試験規格) や European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis Fourth Edition: European Commissionなどの国際規格とガイドラインを参考にマニュアル化されている。

乳房X線撮影を行う施設は、設置した機器が仕様に適合し、性能が許容値を満足していることを確認するために行う受入試験を遂行する(図3)。そしてその性能を維持するために品質管理を継続的に行なわなければならない。日常的な管理は、機器の性能の不变性を確認するためや、毎日の検査を安全に遂行するために行う管理項目である。検査開始前に行い、機器の清掃や作動確認、撮影から画像表示までのシステム全体の作動確認も含むものとする。定期的な管理は機器の設置後もその機器の性能が設定基準を満たしているかの確認と、性能の経時的な変動を管理する目的で行われる。

## 6. 半価層(HVL)の測定

半価層測定は、受診者の被ばく線量を最小限にする適切な線質(HVL)であることを確認するために行う。デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアルでは、従来方

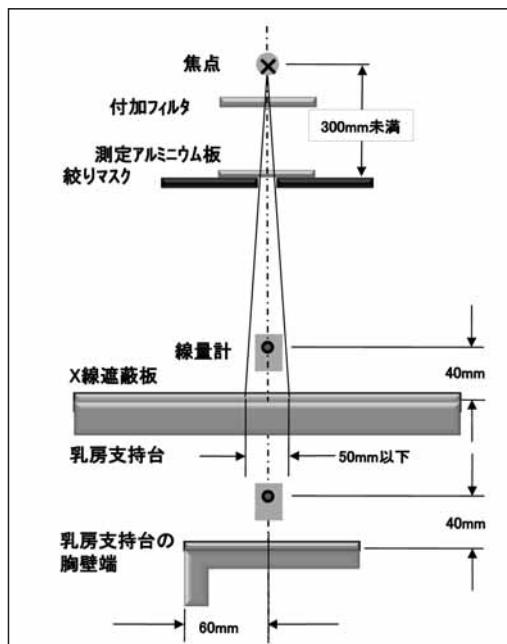


図4 圧迫板を取り外したときのHVL測定配置図(例)

法と測定ポイントが異なっている(図4)。平均乳腺線量を求めるための半価層測定は、圧迫板を付加した状態にて測定する。判定基準としては、下記の式を満足するものとする(圧迫板無し)。

$$\frac{\text{測定 kV}}{100} \leq \text{HVL(mmAl)}$$

## 7. 平均乳腺線量

マンモグラフィにおいて、常に診断に適した高品質な画像を提供し、受診者に対する照射線量を必要最小限に抑えなければならない。この照射線量を制御するのが、X線装置に搭載されているAEC (automatic exposure control) である。デジタルマンモグラフィ品質管理におけるAECの性能評価は、下限値を画質(CNR; contrast to noise ratioと低コントラスト分解能の評価)で規定し、上限値を線量

(ファントムによる平均乳腺線量)で規定している。現在では、入射照射線量によって生じる均一に圧迫された乳腺の平均吸収線量いわゆる平均乳腺線量(AGD; average glandular dose)が最も妥当な評価法とされている。その理由としては、乳房皮膚よりも腺組織のほうが放射線誘発ガンの中で感受性が高いからである。この平均乳腺線量を測定することは、放射線診断における放射線量を最適化するガイドスレベルを満たしているかを確認する意味でもある。

デジタルマンモグラフィ品質管理においては、平均乳腺線量の測定にDanceの方式を導入した。従来のWuが導いた測定点等(図5)、平均乳腺線量算出式が異なっている。Danceの方式では、各被写体厚における平均乳腺線量が算出されること、またターゲット／フィルタの組合せが多種の組合せに対応が可能なことが利点となる。下記に算出式を示す(詳細はデジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル参照のこと)。

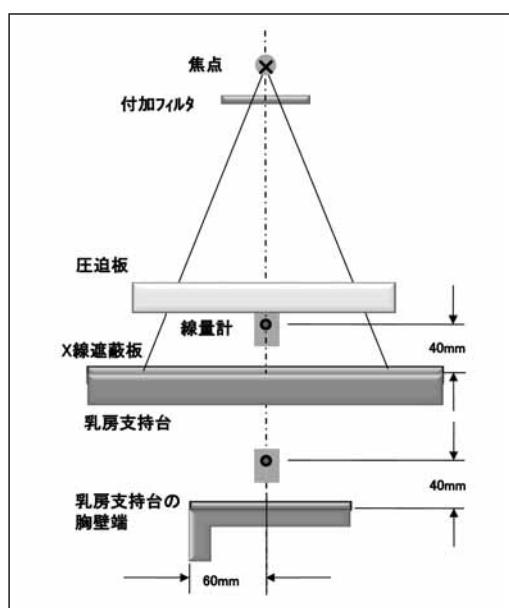


図5 平均乳腺線量測定配置図(例:40mm)

### DanceのAGD算出式

$$AGD = K \cdot g \cdot s \cdot c$$

K:入射空気カーマ(単位:mGy)

g:乳腺量50%に相当する係数

(単位:mGy/mGy)

s:ターゲットとフィルタの組合せに関する係数

c:乳腺量50%から異なる乳腺量を補正する係数

欧洲のガイドライン(European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis Fourth edition)においては、図6のように各被写体における必達線量レベルと目標線量レベルを提示している。

平均乳腺線量(AGD) European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis Fourth edition より		
PMMA厚 [mm]	AGD[mGy] (acceptable level)	AGD[mGy] (achievable level)
20	<1.0	<0.6
30	<1.5	<1.0
40	<2.0	<1.6
45	<2.5	<2.0
50	<3.0	<2.4
60	<4.5	<3.6
70	<6.5	<5.1

わが国では、乳房厚45mm(乳腺組織50%、脂肪組織50%) 3.0mGy

図6 欧州ガイドラインにおける平均乳腺線量指標

## 8. 線量と画質

線量と出力濃度とが相関関係にあるアナログマンモグラフィにおいては、適切な乳腺濃度を描出するために、AECを設定してきた。しかし、デジタルマンモグラフィにおいては線量と濃度の相関関係が無いために、適切な線量で撮影されて、乳房X線画像としての画質が保証されているかはユーザー側で把握しなければならない。特に微細病変を描出する事を目的の一つとするマンモグラフィにおいては、線量不足による粒状性の悪化は、誤診を招きやすい。

そのデジタルマンモグラフィシステムが適切な線量で撮影されているかの目安としては、各メーカー側が提供するシステム感度（S値、EI値およびIgM値）がある。また、撮影条件の最適化に関しては、CNRや低コントラストにおける分解能を評価し、最適な線量で撮影し、常に適正な乳房X線画像を提供できる品質を管理しなければならない。このような、線量と画質のバランスを求めるることは、ユーザー側が考慮すべき項目と言える。

## 9. CNR測定

あらゆる乳腺の密度、厚さにおいて、診断に適した画質を維持するためにAEC（自動露出機構：automatic exposure control）が適切に作動しているかを確認する必要がある。アナログマンモグラフィでは、AECによりフィルム濃度の適正化に寄与していたが、デジタルマンモグラフィにおいては画質（特に粒状性）と被ばくのバランスを保つ役割をしている。それらを評価する指標としてCNRが用いられる。乳房X線装置の乳房支持台にアルミニウム板（0.2mm厚）を図7のように配置し、収集した画像にROIを設定し、次式により求める。

$$CNR = \frac{m_{BG} - m_{Al}}{\sqrt{\frac{\sigma_{BG}^2 + \sigma_{Al}^2}{2}}}$$

管理においては、PMMAファントム厚20mm、40mm、60mmのCNRを測定する。一般

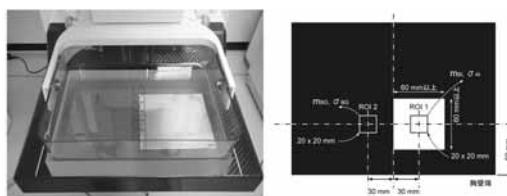


図7 CNR測定配置図（例）

的にコントラストが高く、粒状性が良いとCNR値は大きくなる。

## 10. おわりに

マンモグラフィのデジタル化によって乳房画像診断を取りまく環境は、現在モダリティを中心に発展の道を辿っている。年々各メーカーから新しいデジタルマンモグラフィシステムが発売され、画像もアナログ同様、あるいはそれ以上のパフォーマンスを得られるようになってきている。しかしながら、撮影線量はどうかというと、思ったほど撮影線量の低下ははかられていない現状にある。今後ますますデジタル化が進むということを考えると、乳房画像診断全体の被ばく線量が増加することも推測される。我々ユーザー側は、まず施設における撮影線量を評価し、画質を考慮した上で線量低減に努めるべきであると考える。これらの品質管理を遂行することによって、いかなる乳がん検診施設においても検診精度が保たれ、受診者が安心してマンモグラフィ検診が受けられることとともに、乳がんの早期発見に寄与し、最終的には、乳がん死亡率が減少となることを望む。

### —プロフィール—

現 所 属： 東北大学病院 診療技術部放射線部門  
 役 職 名： 主任診療放射線技師  
 1988年3月 東北大学医療短期大学部 診療放射線技術学科卒業  
 1988年4月 東北大学医学部附属病院 放射線部  
 加盟学会： 日本放射線技術学会、日本放射線技師会、日本乳癌検診学会  
 \* 日本放射線技術学会放射線撮影分科会  
 乳房撮影ガイドライン精度管理普及班班員  
 \* NPO法人 マンモグラフィ検診精度管理中央委員会 技術委員  
 \* 日本乳癌検診学会 評議委員

## 福島原子力事故後も変わらぬ原子力発電の重要性

元・原子力委員 町 末 男



### ドービル・G8サミットと原子力発電

5月26-27日にフランスのドービルで開かれたG8サミットでは、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえての原子力発電の安全評価と強化が最重要の議題となった。その一つの具体的な方法としてIAEAに対し地震のリスクのある国における原子力発電について新たな安全基準を策定するように要請している。

菅首相は前日の25日OECDで講演して、日本は原子力発電の安全強化に取り組むが、一方再生可能エネルギーを飛躍的に増やし、2020年の出来るだけ早い時期に電力の20%まで到達させると述べ、その一つの具体的目標として、太陽光発電コストを2020年までに現在の3分の1、2030年までには6分の1まで下げ、2030年までに1千万戸の住宅の屋根に太陽光発電パネルを設置すると述べている。これは、昨年経産省が策定したエネルギー基本計画で示した2030年に再生可能エネルギーを20%とする目標を大幅に前倒したものである。エネルギー政策の4つの柱として、化石燃料、原子力、省エネ、再生可能エネルギーを掲げている。

### 福島事故の教訓を学び安全を高めて原子力発電の活用を続ける

将来的に再生可能エネルギーの比率を高めるのが必要であることは、当然であるが、その高いコストや低い供給安定性などこれから取り組むべき技術的課題は多い。100万キロワットの原子力発電プラントに相当する発電量を得るために山手線の内側の面積に太陽光パネルを張り巡らす必要がある。

試算によれば発電コストは原子力発電の10倍と言われている。

したがって、低コストで、温暖化ガスを排出せず、大型基盤電力である原子力発電の重要性は福島事故後も変わらないのである。日本の経済の国際的競争力を保持するためにも、福島事故の教訓を踏まえて安全性を高め、原子力発電の利用を続ける必要がある。



津波に襲われた福島第一原子力発電所  
(東京電力提供)

### 原子力利用での日本の重要な役割は変わらない

日本は福島第一原子力発電所事故の原因、経過、について厳密に検証し、そこから得られた教訓を国際社会と広く共有し、原子力発電の安全性の向上のため、新たな国際基準作りに貢献すべきである。

また、数年前から開始した原子力産業の国際展開政策ならびに昨年開始した国内と海外の原子力人材育成を強化する政策を継続し、原子力先進国として、福島事故の教訓を活かして、世界の安全な原子力エネルギーの利用の進展に貢献する事が日本の責務である。  
(2011年5月30日稿)

# マンモグラフィ品質管理用ガラス線量計10年間の測定結果

NPO マンモグラフィ検診精度管理中央委員会

(株)千代田テクノル

堀田 勝平、武田 典明

松本 進、福田 光道

## まえがき

近年の乳がんの罹患者は年間5万人を超え、死亡者は1万人を超えてます。死亡する人の数を減ずるには、乳がん検診の受診率を上げると共に、検診精度の向上が必要です。

わが国において、検診精度向上の役割を担っているNPO マンモグラフィ 検診精度管理中央委員会（以下精中委と言います）から、弊社が委託を受け、平成13（2001）年から、マンモグラフィ品質管理用ガラス線量計（以下、MMG-QCバッジと言います）を用いて測定サービスを開始しました。すでにもう10年間経過しています。その間の測定結果の現状をご紹介いたします。

## 1. マンモグラフィ検診精度管理中央委員会

マンモグラフィ検診精度管理中央委員会は、平成9（1997）年に設立され、マンモグラフィ検診精度の向上・普及を目的に、教育研修・評価認定事業を主事業とし、活動しているNPO法人です。海外普及活動も行い、現在では、台湾・中国においても活動しています。

国内で実施している施設認定は、「マンモグラフィ施設画像評価申込書」の提出を受けた検査実施機関・精密検査実施機関等に対し実施しており、一定水準を上回った機関には、認定施設の証として検診施設画像認定書を交付し、その有効期間は3年間となっています。

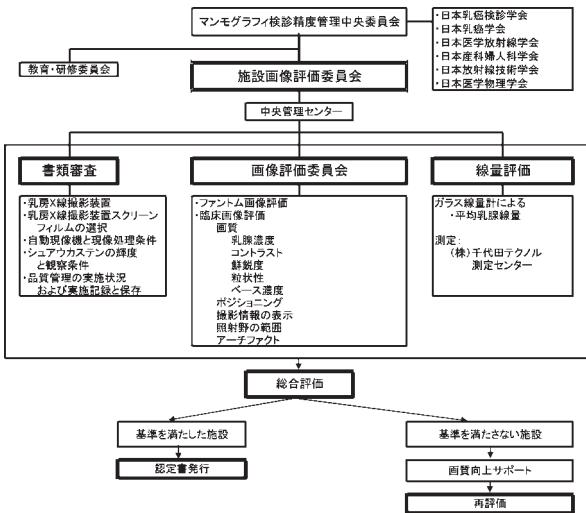
精中委の施設画像評価システムは、次図に示します。

## 2. MMG-QCバッジ

マンモグラフィ検診精度の品質管理手法は、「乳房撮影精度管理マニュアル（日本放射線技術学会編）」、又は「デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル（精中委編）」に多岐に亘り詳細に記されております。

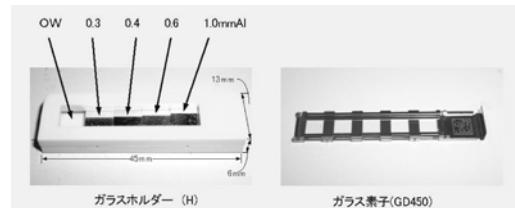
このマニュアルは、検査実施機関等でマンモ

## 施設画像評価システム



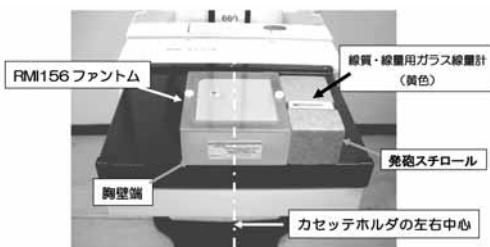
※総合評価はすべて施設画像評価委員会中央管理センターで行う。

グラフィに関する設備機材の品質管理手法として活用・実施されており、精中委は、その品質管理が、適切に実施されているか、否か、前項の施設画像評価システムで確認していることになります。この中の線量評価の部分を、MMG-QCバッジで実施しています（次図参照）。



### 2.1 照射方法

平均乳腺線量を測定するには、次図のように配置し、圧迫板をMRIファントム表面ギリギリまで下ろします。



X線照射条件を Mo ターゲット、Mo フィルター（以下 Mo/Mo と記す）、大焦点、28kV とし、日常の現像条件で RM156 ファントム写真のベース濃度が  $1.4 \pm 0.15$  になるよう自動露出制御（AEC）で X 線を照射します。

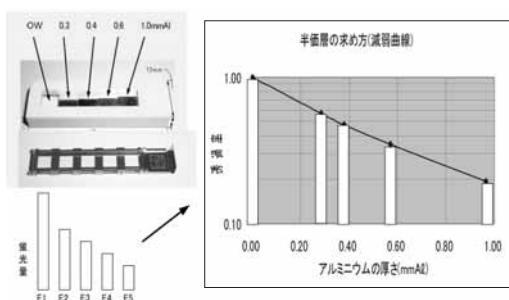
## 2.2 半価層の測定

X 線照射が終わった MMG-QC バッジから、ガラス素子を取り出し、次図のリーダーで、蛍光量を読み取ります。

なお、既知線量を照射したガラス素子も同時に読み、測定に必要な係数を測定の都度求めます。



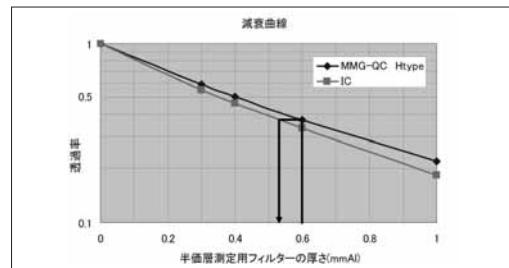
測定した蛍光量の OW に対する相対値から次図のように減弱曲線を作成します。



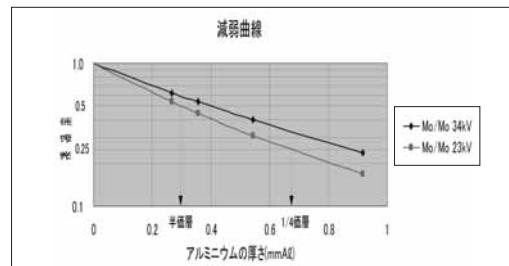
しかし、ガラス線量計から求めた減弱曲線と電離箱線量計から求めた減弱曲線は、次図のように重なりません。よって、MMG-QC バッ

ジのアルミニウムの厚さを補正し、電離箱線量計から求めた減弱曲線に重なるようにします。

この補正量は、前もって求めておき、焦点と付加フィルターが同じならば、照射した X 線のエネルギーに関係なく一定となります。



電離箱線量計から求めた減弱曲線と同等の減弱曲線を MMG-QC バッジから求めた後、次図のように透過率 0.5 に対するアルミニウムの厚さ (mmAl) を半価層とします。又、透過率 0.25 に対するアルミニウムの厚さ (1/4 倍層) を求めます。



## 2.3 均等度

1/4 倍層と半価層との差を第二半価層とし、第二半価層に対する半価層の比を均等度とします。

## 2.4 入射空中線量

MMG-QC バッジの OW から求めた蛍光量に前もって求めた換算係数を乗じ、Mo/Mo、28kV、X 線量を求めます。この量に半価層に対して前もって求めたエネルギー補正係数を乗じることによって、入射空中線量を算出します。

## 2.5 平均乳腺線量

平均乳腺線量は、次図の算出式から求めます。換算係数はマニュアルに掲載されています。

又マニュアルでは、3 mGy 以下であることを求めています。



## 2.6 測定精度

MMG-QC パッジの測定精度は、㈱産業技術総合研究所との共同研究により求めました。その結果の一部を次表に示します。

半価層の拡張不確かさは、3.4%、平均乳腺線量の拡張不確かさは、5.0%です。(FBN No.402 参照)

表4 半価層の不確かさのパジェット表

不確かさ要因	相対不確かさ	確率分布	除数	相対標準不確かさ	半価層の相対標準不確かさ
蛍光量測定の繰り返し性	0.6%		1	0.6%	1.2%
産総研の半価層の不確かさ	1.2%		1	1.2%	1.2%
相対合成標準不確かさ		正規			1.7%
相対拡張不確かさ		正規(k=2)			3.4%

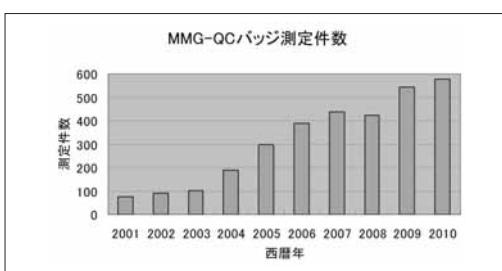
表7 平均乳腺線量の不確かさのパジェット表

不確かさ要因	相対不確かさ	確率分布	除数	相対標準不確かさ	ADG の相対標準不確かさ
換算係数 k の不確かさ	1.6%		1	1.6%	1.6%
入射空中線量の不確かさ	1.9%		1	1.9%	1.9%
相対合成標準不確かさ		正規			2.5%
相対拡張不確かさ		正規(k=2)			5.0%

## 3. 測定結果10年間の傾向

### 3.1 測定件数

初期に測定件数は年100件弱でしたが、10年後には年600件弱となり、延べ3,100件強となりました。前年対比の伸び率は150%を超える年もありましたが、最近では、110%程度の伸び率となっています。各年の測定件数は、次図に示します。



### 3.2 医療機関の種別

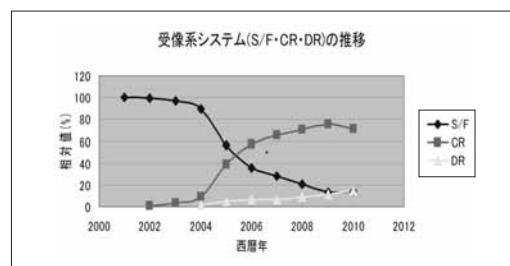
10年間約3,100件の測定を行った医療機関を検診・精検施設、検診施設、医院に区分しました。その分布は次図に示します。



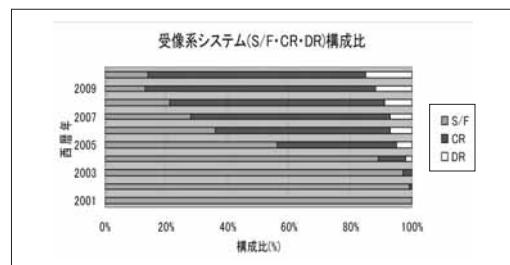
### 3.3 受像系システムの推移

乳房撮影用 X 線装置の受像系システム (S/F、CR、DR) の推移を次図に示します。測定開始時には100%であったアナログ (S/F) が、最近では13%と減して、デジタル (CR, DR) が主流に、この10年間で変化しました。

S/F は増感紙・フィルム、CR はイメージングプレート、DR はフラットパネルディテクターを用いていることを意味します。



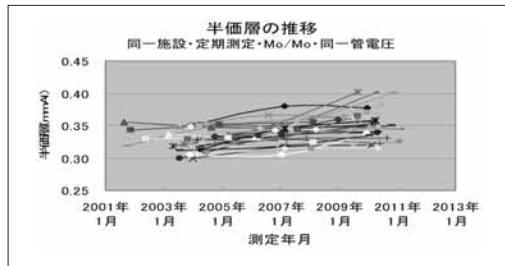
又、構成比は次図のとおりです。



### 3.4 半価層の推移

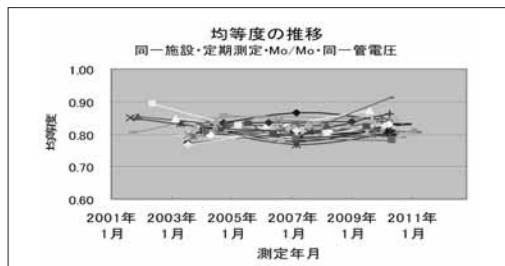
10年間で、同一施設において定期的に測定しており、焦点材・付加フィルターが Mo/Mo、管電圧が28kV～25kVで同一である場合の施設

を約40施設抽出し、次図に示します。同一管電圧であっても年々半価層が厚くなる傾向が分かります。各施設の半価層の増分の平均値は、約6年間において0.02mmAlでした。



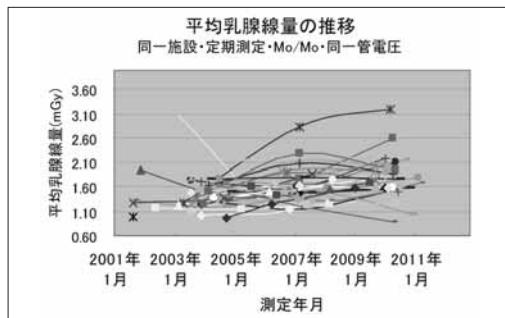
### 3.5 均等度の推移

前項の施設を対象に均等度の推移を次図に示します。0.8前後に変化していますが、大きな変化はありません。

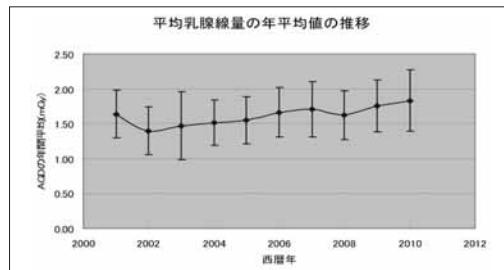


### 3.6 平均乳腺線量の推移

前項と同一施設の平均乳腺線量の推移を次図に示します。傾向としては僅かながら増加傾向にあることが分かります。



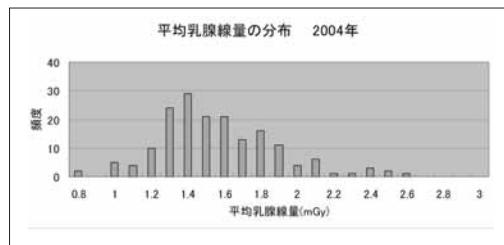
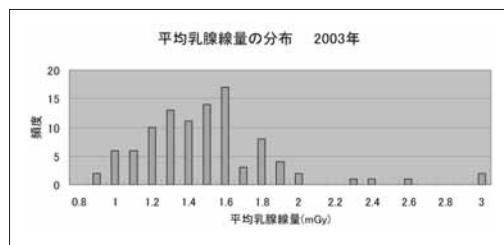
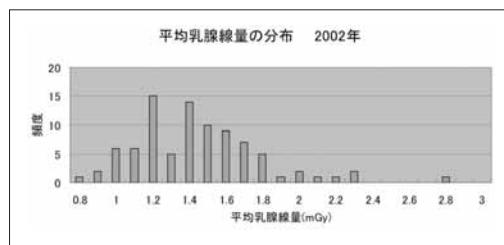
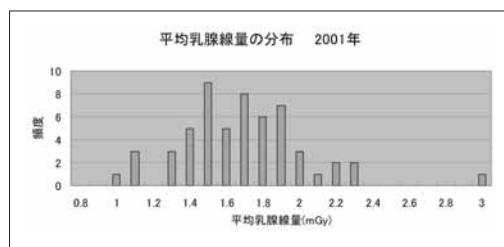
10年間全体の平均乳腺線量の年平均値の推移を次図に示します。縦棒は標準偏差を示します。やはり緩やかな上昇傾向を示していることが分かります。上昇量は約0.04mGy／年になります。

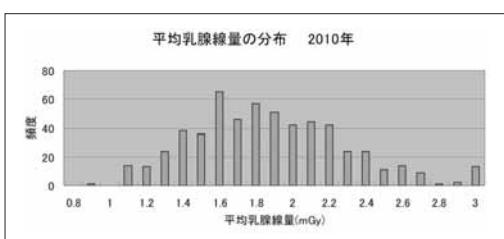
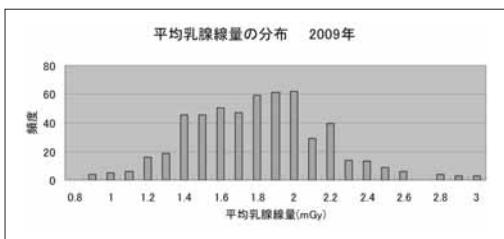
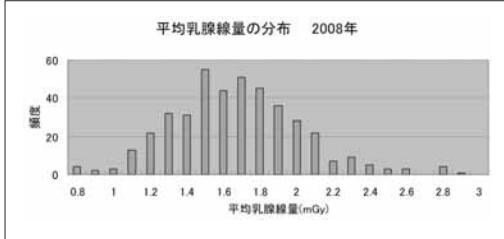
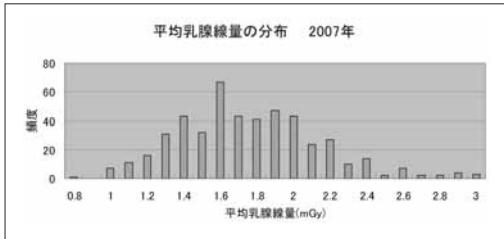
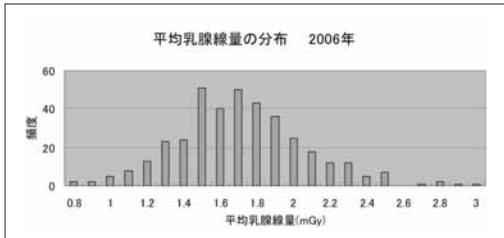
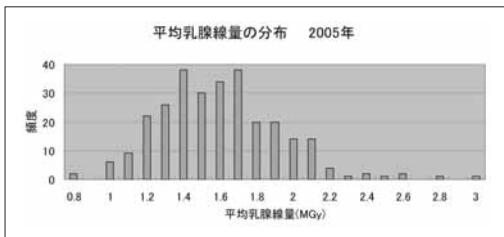


### 3.7 平均乳腺線量の分布

各年毎の平均乳腺線量の分布図を順次示します。0.8には0.8未満の件数、3には、3超過の件数がそれぞれ含みます。

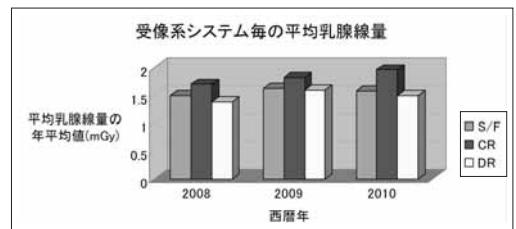
なお、明らかな照射ミス、線量の算出できないものは、除外しました。





### 3.8 受像系システムの違いによる平均乳腺線量

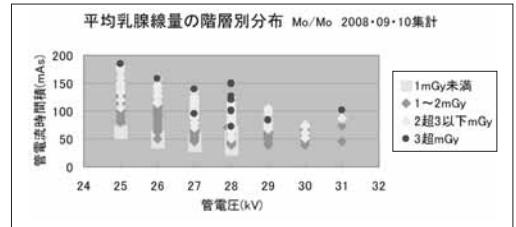
直近3ヵ年間のシステム（S/F・CR・DR）毎の平均乳腺線量の年平均値を次の棒グラフに示します。S/Fに比べCRは10～20%多く、DRは、約5%程度少ないことが分かります。



### 3.9 3mGy超の管電圧とmAs

2008～10年の3ヵ年間約1,500件の平均乳腺線量を1mGy未満、1mGy以上2mGy以下、2mGy超3mGy以下、3mGy超に階層分類し、管電圧と管電流・時間積との関係を次図に示します。それぞれの存在比は、0.8%、78.6%、19.6%、1.0%であった。1mGy未満では画質(粒状性)が悪くなります。注意が必要です。

又、3mGy以下の管電圧・管電流時間積の範囲内であっても3mGy超が発生していますので、管電圧・管電流の設定にも注意が必要です。



### 3.10 まとめ

この10年間は、受光システムがS/FからCR、CRからDRへと劇的に切り替わった時期であった。徐々ではあるが、年々半価層・平均乳腺線量が、増加傾向であることが判明しました。

### 参考文献

- ①FBNews No.409 ('11.1.1発行) マンモグラフィ検診精度管理委員会の活動 堀田勝平
- ②FBNews No.385 ('09.1.1発行) マンモグラフィ用QCバッジの測定方法 松本進他
- ③FBNews No.402 ('10.6.1発行) 産総研のマンモグラフィ線量標準におけるガラス線量計の特性評価 田中隆宏他

**新刊紹介**

## 「詳解テキスト医療放射線法令」

名古屋大学名誉教授 西澤 邦秀

詳解テキスト、医療放射線法令（西澤邦秀編、名古屋大学出版会発行）は、診療放射線技師養成課程の法令の講義用テキストとして、また現場の診療放射線技師、あるいは診療放射線行政を担当される方々の実務の参考書として書かれています。

編者を除く執筆者は、いずれも診療放射線技師として10年以上の臨床経験のある方ばかりです。本書は、編者が法令の講義資料を準備する過程での経験を踏まえて、現場経験豊かな他の執筆者と協力して書かれています。

診療用放射線は、主に医療法施行規則第4章で規制されていますが、規制の内容を具体的に知ろうとすると、関連する通知の内容まで調べる必要がでてきます。本書では、第4章の条文ごとに関連する多数の通知を系統的に整理しており、これによって、規則と通知の間をうろうろすること無く、診療用放射線に対する規制の全体像を理解することができるようになっています。

本書の特徴は、多数の写真、図、表を駆使してわかり易く説明しているところにあります。一見、法律の本らしくないと印象を受けるかもしれません、確かに法律の本です。条文の内容は簡潔な表にまとめてあり、写真・図・表をたどるだけで、法令の内容を理解できる仕組みになっています。コラムの「豆知識」や「更に詳しく」には、法令の歴史、施行の現状、他が紹介してあり、面白い読み物になっています。

本書が診療放射線技師をめざす学生ばかりでなく、現役の診療放射線技師の方々の座右の書として活用して頂ければ幸です。



## 平成23年度原子力安全技術センター講習スケジュール

講習名／月	8月	9月	10月	11月	12月
放射線安全管理講習会				21：仙台 25：札幌	7：広島 8：福岡 15：大阪 16：名古屋 19：東京
医療機関のための放射線安全管理講習会				30：東京	14：岡山
医療放射線従事者のための放射線障害防止法講習会		△：東京 実施予定			△：東京 実施予定
登録定期講習	26：東京	9：京都	1：大阪 (医療) 20：東京	4：大阪 11：東京 16：名古屋 22：仙台 24：札幌	1：福岡 2：広島 9：東京

問合せ： 勝原子力安全技術センター 出版・講習 Gr. (TEL 03-3814-5746)  
<http://www.nustec.or.jp/>

# ガラスパッジWebサービスへのお誘い

～\*～ 検索画面で処理状況を確認できます！～\*～

①ご使用先の処理状況の確認ができます……検索>ご使用先検索>詳細

「ご使用先登録内容表示」画面でモニタの発送日・受理日・算定日を確認できます。また、伝票番号をもとにJP郵便事業(株)のホームページから「郵便追跡サービス」を利用して配達状況を確認できます。

ご使用先登録内容表示

申込事業所名: 株式会社千代田テクノル お客様コード: 0123017100A 代理店: 担当者: 取扱機関:	郵便番号: 113-9681 住所: 文京区湯島1-7-12 面地・ビル等: 千代田テクノル お客様事業所名(実室): 株式会社千代田テクノル	算定日の翌日に報告書を発送					
※下記参照		モニタの発送日					
郵便追跡サービス		ギヨウホンブ					
計画使用期間	発送状況	使用計画	複写有無	伝票番号	発送日	受理日	算定日
2009/10/01~2009/10/31	取消済	■	■	69251215373	2009/09/19	2009/11/30	2009/12/01
2011/01/01~2011/01/31	報告済	■	■	620861249024	2010/12/20	2011/03/01	2011/03/02
2011/02/01~2011/02/28	測定中	■	■	620861549442	2011/01/22	2011/03/30	
2011/03/01~2011/03/31	発送済	■	■	622021146854	2011/02/21		
2011/04/01~2011/04/30	発送済	■	■	622021450094	2011/03/23		
2011/05/01~2011/05/31	未発送	■	■				

②ご使用者個々のモニタに対する処理状況の確認ができます……検索>ご使用者検索>詳細

「ご使用者登録内容表示」画面でスクロールダウンし、「計画使用期間」の該当期間を選択し、「状況履歴」をクリックしてください。ポップアップで「ご使用モニタサービス状況履歴」画面が開きます。「履歴状態」で発送状況や測定状況を確認できます。

ご使用者登録内容表示

計画使用期間: 2011/01/01~2011/01/31 確認したい期間を選択

No モニタ: 装着部位 色 印字方向 状況履歴 ここをクリック

定期発送 or 追加発送 を表示

ご使用モニタサービス状況履歴

処理日時	抽出区分	発送ID	伝票番号	履歴状態	受理備考状況	IDお客様
2011/03/02 23:54	定期	410278966333	620861249013	報告済		
2011/02/25 16:39	定期	410278966333	620861249013	測定中		
2011/02/25 16:31	定期	410278966333	620861249013	受理済		
2010/12/19 23:25	定期	410278966333	620861249013	発送済		
2010/12/07 01:52	定期	410278966333	620861249013	発送準備中		

※下記参照

## 【※発送状況・履歴状態】

取消済…取消し報告書を作成しました  
未報告…休止・中止などのため報告書の作成をキャンセルしました  
報告済…報告書お届先に報告書を発送しました  
測定中…モニタの測定処理を行っています

受理済…測定依頼されたモニタを受理しました  
発送済…モニタお届先にモニタを発送しました  
発送準備中…モニタをお届けするための準備作業を行っています  
未発送…モニタをお送りしていません

## 【お客様お問い合わせ窓口】

●TEL: 03-3816-5210

●メールアドレス: garasu-nandemo@c-technol.co.jp



## 福島営業所移転のご案内

弊社福島営業所は、東日本大震災と東京電力株式会社 福島第一原子力発電所の事故の影響により、通常の営業活動ができず、これまで本社にて仮営業を続けておりましたが、このたび福島県いわき市内に新事務所を構えて再出発する運びとなりました。

これを機に、皆様のご期待に添えるよう、所員一同一層のサービス向上に努める所存です。

なにとぞ、今後とも倍旧のご愛顧を賜りますよう、お願い申しあげます。

**新住所：**〒973-8402  
福島県いわき市内郷御厩町3丁目68番地  
田久ビル

電話番号：0246-45-3881

FAX番号：0246-45-3883

業務開始日：平成23年6月22日(水)

※電話・FAX番号は、ともに変更となります。



## 編集後記

● 3月11日の東日本大震災と大津波による福島第一原子力発電所の事故処理、浜岡発電所の全炉停止などによって、使用電力の節電を15%にせよと言われ、厳しい暑さに耐えておられることと思います。今月号は、マンモグラフィの特集となっております。

● 藤田保健衛生大学の鈴木昇一先生に「マンモグラフィにおける被験者の被ばく線量と漏洩線量の実態」の紹介をお願いしました。92装置の平均乳腺線量は、すべて3mGy以下であり、また、代表的な装置での散乱線の影響は、非常に低く1mの距離で1μSv以下がありました。

● 東北大学病院の齋政博先生に「デジタルマンモグラフィの精度管理」をお願いしました。マンモグラフィのデジタル化が進んでいくことは、間違いないけれども、なかなか撮影線量の低下が図

られないことが懸念であり、画質と線量低減の最適化をめざしておられます。

● 「マンモグラフィ品質管理用ガラス線量計10年間の測定結果」と題して、NPO マンモグラフィ検診精度管理中央委員会（精中委）の堀田勝平、武田典明、㈱千代田テクノルの松本進、福田光道各氏には、測定方法、平均乳腺線量の経年変化など貴重なデータを示していただきました。この10年間は、アナログからデジタル方式に切り替わった時期でもありました。半価層、平均乳腺線量の増加傾向を示しています。

● 新刊紹介として、名古屋大学名誉教授の西澤邦秀編の「詳解テキスト医療放射線法令」を取り上げていますが、本書の特徴である多数の写真、図、表を駆使してわかりやすく説明しておられます。  
(M.K.記)

## FBNews No.416

発行日／平成23年8月1日

発行人／細田敏和

編集委員／竹内宣博 安田豊 中村尚司 金子正人 加藤和明 小迫智昭 福田光道  
藤崎三郎 寺中朋文 丸山百合子 龜田周二 金澤恵梨子 酒井美保子

発行所／株式会社千代田テクノル 線量計測事業本部

所在地／〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル4階

電話／03-3816-5210 FAX／03-5803-4890

<http://www.c-technol.co.jp>

印刷／株式会社テクノルサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円（本体381円）