



Photo M. Abe

Index

銀活性ガラスによる放射線画像検出器 — A glass imaging detector —	黒堀 利夫	1
ガラス線量計による平均乳腺線量の測定方法 …松本 進・田中 隆宏・齋藤 則生・福田 光道・狩野 好延		6
平成26年度 一人平均年間被ばく実効線量0.23ミリシーベルト	…中村 尚司	11
平成26年度 年齢・性別個人線量の実態		14
「町 末男先生を偲んで」	…細田 敏和・山口 和彦	17
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ		18
保物セミナー2015 開催のご案内		18
《お知らせ》 個人線量報告書および個人線量管理票の記載項目（裏面） の説明について		19

銀活性ガラスによる放射線画像検出器

—A glass imaging detector—



黒堀 利夫*

1. はじめに

放射線照射した材料に熱刺激あるいは光刺激を与えることによって発せられるルミネッセンス現象を利用する受動型 (passive) 固体線量計は、用いるルミネッセンスの種類に応じて熱蛍光線量計¹⁾ (TLD: Thermoluminescent Dosimeter)、光刺激線量計^{2), 3)} (OSLD: Optically Stimulated Luminescent Dosimeter) および蛍光ガラス線量計^{4), 6)} (RPLD: Radiophotoluminescent Dosimeter) などに分類できる。これらの線量計は、個人被ばく線量モニタリングを初め、環境分野、医療分野など広範囲に亘る線量計測に用いられてきている⁷⁾。

一般に受動型線量計は、電子の素子を用いる能動型 (active) 線量計と比較して、

携帯性に関して、

- ・放射線照射中にワイヤー、バッテリー、電子部品などを一切必要としない。

光学的特性に関して、

- ・放射線照射によって材料中に形成される原子スケールの欠陥を最小の放射線記憶および蛍光素子として利用できるため高い空間分解能が期待できる。

放射線の特性に関して、

- ・形成された蛍光中心は安定で有り、 $\sim 250^{\circ}\text{C}$ 程度の温度環境下においてもその線量情報を維持できる。

などの特性を有している。

本稿で取り上げる蛍光ガラス線量計⁸⁾の材料である銀活性リン酸塩ガラス (以後、銀活性ガラスと呼ぶ) は、最も良く知られたRPL材料であり、上記の優れた光学的・放射線の特性に加え、TLD、OSLD材料と比較して、形態制御性に優れていること、線量計あるいはイメージ検出器に関わらず同じ構成成分、同じルミネ

センス現象が使えること、さらに我が国が世界をリードしている材料の一つであるなどの特色も有している。

銀活性ガラスを用いた筆者らのこれまでの成果として、(1)放射線照射によってガラス中に誘起される各種銀欠陥の形成メカニズムの解明⁹⁾、銀欠陥の同定とその光学的、放射線的特性^{10), 11)}、(2)ディスク型銀活性ガラスによる新規なエリア検出器の提案とプロトタイプ読取機によるイメージ再構築の実証¹²⁾、(3)ディスク型銀ガラス検出器と同形な光学ガラスプレート上に蒸着したフッ化リチウム (LiF) 薄膜検出器との併用によるダイナミックレンジの拡大¹³⁾などの報告がある。

現在、固体線量計の材料を用いた二次元、三次元 (2D、3D) イメージ検出器の開発として、本研究以外に Al_2O_3 :C、Mg材料のRPL現象を用いた蛍光飛跡検出器 (FNTD: Fluorescent Nuclear Track Detector) の開発¹⁴⁾や薄膜LiF材料のPL (Photoluminescence) 現象を用いたX線ナノイメージング開発¹⁵⁾などの報告もなされてきている。

本稿では、銀活性ガラスを蛍光ガラス線量計としての使用だけでなく、さらに2D、3D線量分布検出器としての新たな展開を紹介する。特に、筆者らが取り組んできているディスク型銀活性ガラス検出法^{12), 16)}、時間分解スペクトル線量分布法^{17), 18)}、共焦点蛍光顕微鏡法¹⁹⁾などによるイメージ再構築について紹介する。

2. 銀活性ガラスの動作原理

放射線画像検出器としての基本的な動作原理は、蛍光ガラス線量計と同様、書き込み、読み取り、消去の3工程からなる。つまり放射線照射によってガラス中に誘起される銀関

* Toshio KUROBORI 金沢大学大学院自然科学研究科 教授

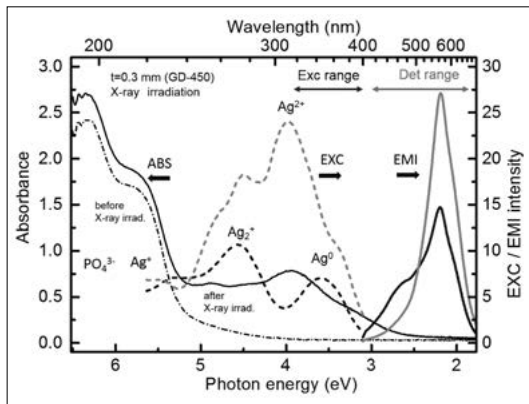


図1 X線照射した銀活性ガラスの吸収(ABS)、励起(EXC)、蛍光(EMI)スペクトル¹²⁾

連のナノスケール欠陥を最小の放射線記憶、蛍光素子とし(書き込み工程)、この欠陥に紫外光(UV)を照射し、照射線量に比例して発する蛍光(RPL)を検出する(読み取り工程)¹⁶⁾。そしてパソコン(PC)によるイメージ再構築後、熱処理によってこれらの欠陥を全て消去し再利用する(消去工程)。通常、読み取り工程前に100℃、10分の“プレヒート”および消去工程時に360℃、10分の“アニーリング”による熱処理を必要とする^{5)、8)}。

図1に室温でX線照射した銀活性ガラス(GD-450、千代田テクノ)の吸収、励起、蛍光スペクトルを示す。典型的な銀含有量は0.17wt%で、放射線照射前にはAg⁺の形でガラス中に一様に分布している。照射によって3-5eV(250-400nm)領域に各種の銀ならびにリン酸関連の欠陥が形成される⁹⁾。その中で主に計測に用いられる誘起銀関連欠陥としては、電離作用で生じる正孔を捕獲したAg²⁺中心と電子を捕獲したAg⁰中心であり、前者はUV励起により560nmをピークとするオレンジRPL、後者は450nmをピークとする青色RPLを発する^{5)、9)}。

3. ディスク型銀活性ガラスによる2D、3Dイメージング

図2に開発したディスク型ガラス蛍光読取機の概略図¹⁷⁾を示す。波長371nmの連続共振(CW)半導体レーザーからの励起ビームはエキスパンダー(5×)、ダイクロイックビームスプリッター(B/S)、対物レンズ(倍率:100×、開口数:NA=0.9、作動距離:WD=1mm)を介してディスク型銀活性ガラス上にサ

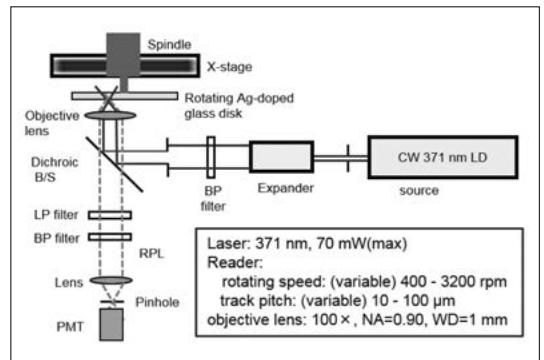


図2 ディスク型ガラス検出器を用いた2D、3D線量イメージ読取機¹⁷⁾

ブミクロン程度に集光される。X軸微動ステージ上に設置したスピンドルに取り付けられたディスク型銀活性ガラス(直径:100mmφ、厚さ:1.0mm)は、2400rpm(400-3200rpm可変)で回転し、同時にPC制御の微動ステージはトラックピッチ20μm(2-100μm可変)で移動する。これによりレーザースポットはディスクの外側から内側へと移動しディスク上の形成された全ての欠陥情報を蛍光の形で収集する。集光スポットから発せられるRPLは対物レンズ、B/S透過後、LP(Long Pass)、BP(Band Pass)フィルター、ピンホールを通過して光電子増倍管(PMT)で受光される。青色あるいはオレンジ色RPL蛍光のどちらを用いてイメージを再構築するかは光路中に置かれたBPフィルターの交換だけで行なえる。また、共焦点配置構成により深さ方向の線量分布を高いコントラストで高画質なイメージとして取得可能である。スキャンスピード2μs、量子化16ビットでA/D変換し、PCにより線量分布の再構築が行なわれる。

読取機による2D再構築像を図3に示す。図3(a)のステンレスマスク(“Hassam House” in Kobe)を検出器の直前に配置して軟X線を照射した。図3(b)、(c)は波長371nmのCW UV光励起によって発するRPLをそれぞれ中心波長620±25nm、450±25nmのBPフィルターを用いて選択したオレンジ、青色RPLによる2D再構築像である。図3(d)は図3(b)の拡大図であり、PC操作で任意のポイント領域の拡大あるいは量子化のフルスケールを変えたマッピングも可能である。各イメージの再構築時間は、回転速度、トラックピッチなどにより変化するが、典型的な読み取り開始から再構築像の取得まで6分程度である。

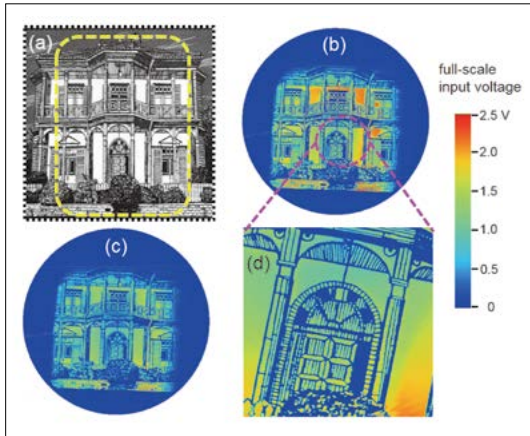


図3 (a)マスクとして用いたステンプレートの、(b) オレンジ、(c)青色RPL用フィルターを用いた2D再構築像、(d) (b)の拡大図¹⁷⁾

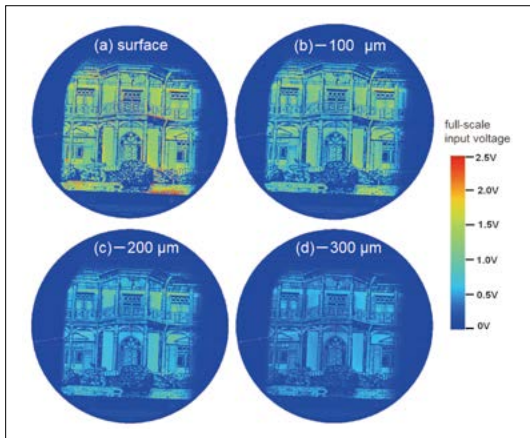


図4 同様なマスクで取得した3D再構築像(a) ガラス表面近傍、(b)表面から100、(c)200、(d)300 μmの深さでの2Dイメージ¹⁷⁾

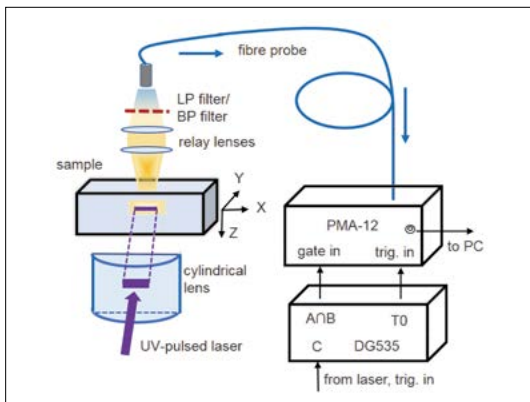


図5 時間分解スペクトルおよびRPL緩和曲線測定システムの概略図¹⁸⁾

図4は表面近傍から深さ300 μmまでの変化に対応する2Dイメージであり、対物レンズの作動距離の利用で、厚さ1 mmのディスク型ガラス検出器の深さ方向の情報も収集できる。これらの重ね合わせで3Dイメージが構築できる。また、線量分布の校正は、侵入長に応じた励起波長の減衰係数およびRPL信号の再吸収係数を考慮して補正できる¹⁷⁾。

4. 時間分解スペクトルによる深さ方向の線量分布測定

時間分解スペクトル測定は、図5に示す波長349nm、繰り返し1 kHz、パルス幅4 ns (FWHM) のUV光パルス列を1 mm厚の光学研磨した試料側面から照射し、上方からのRPL蛍光をリレーレンズ、LP、BPフィルター、ファイバプローブを介してマルチチャンネル分光器 (PMA-12)、遅延/発生装置 (DG535) に導いた。UVレーザービームはスリット、シリンドリカルレンズを介して3 × 0.08mmに集光した。結晶表面でのフルエンスは71 μJ/mm²であった。図6に図5のシステムを用いてX線照射 (24keV、3Gy) した銀活性ガラスの時

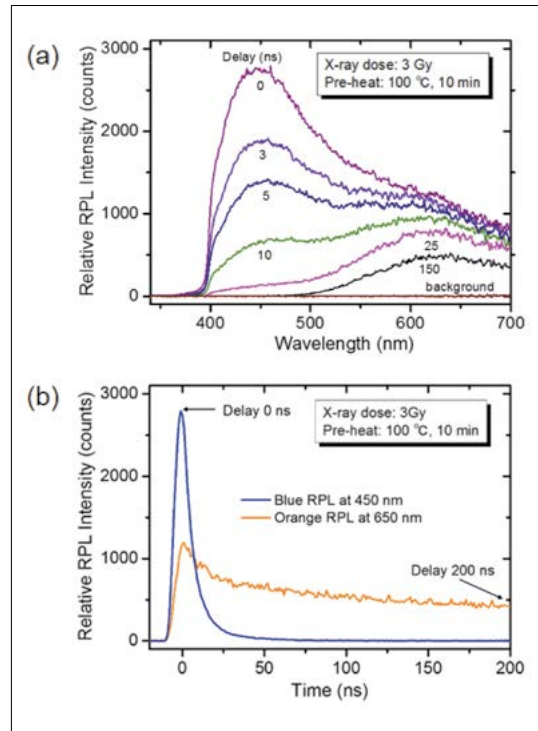


図6 (a)X線照射した銀活性ガラスの時間分解スペクトル、(b)ピーク波長での蛍光緩和曲線¹⁸⁾

間分解スペクトルとそのピーク波長での蛍光緩和曲線を示す。前者はステップ1 ns、ゲート幅10nsとし、220本の一連のスペクトルから代表的な6本を抽出したものである。一方、後者は時間分解スペクトルのピーク波長450nm（青色RPL）および650nm（オレンジ色RPL）で検出した蛍光緩和曲線を示す¹⁸⁾。用いた時間分解スペクトル装置の最小ゲート幅が10nsのため青色RPLの継続時間はこの値で制限されている。蛍光寿命装置(Quantaurs-Tau)での測定では青色、オレンジ色RPLの室温の寿命はそれぞれ4.7ns、2400nsであった¹⁷⁾。

図7はX線(32keV)、⁶⁰Co(1.17、1.33MeV)および¹³⁷Cs(662keV)γ線を照射した厚さ1mmの銀活性ガラス中の表面近傍(<300μm)の異なる深さ(82ポイント)での一連の時間分解スペクトルとそれぞれのピーク波長におけるRPL強度を深さの関数として測定したものである。深さ方向の移動ステップは5μmとし、遅延“0”、すなわち試料からのRPL強度が時間的に最大となる遅延の値に固定した。線種の違いが時間分解スペクトル(図7(a)、(b))および深さ方向の線量分布(図7(c)、(d))の違いとして反映されている。また、

図7(c)のX線照射したガラス中の深さ方向の線量分布(650nmのオレンジRPLで測定)は深さ200μm以降では強度の減衰が観測されており、これは図4に示したディスク型銀活性ガラスによって測定された一連の深さ方向の再構築2D線量分布イメージと良く一致している。

5. 共焦点顕微鏡による飛跡イメージング

図8に共焦点蛍光レーザー顕微鏡(AIR+)によるX線照射(25keV、3Gy)した厚さ1mmの銀活性ガラス内のエリア(X、Y)79.58×79.58μm²で、深さ(Z)95.58μmまでをステップ0.885μm毎に測定した109枚のレイヤーを重ね合わせた3Dイメージを示す。励起波長は405nm、対物レンズ(Plan APO λ20×、NA=0.75)およびスキャンズーム(8×)を用いて測定した。

このような固体飛跡検出器としての開発に関しては、CR-39プラスチック飛跡検出器の代替としてAl₂O₃:C、Mg材料のRPL現象を用いたFNTD法¹⁴⁾や銀活性ガラスをエッチング処理することより飛跡検出器としての利用や評価が行なわれている²⁰⁾。

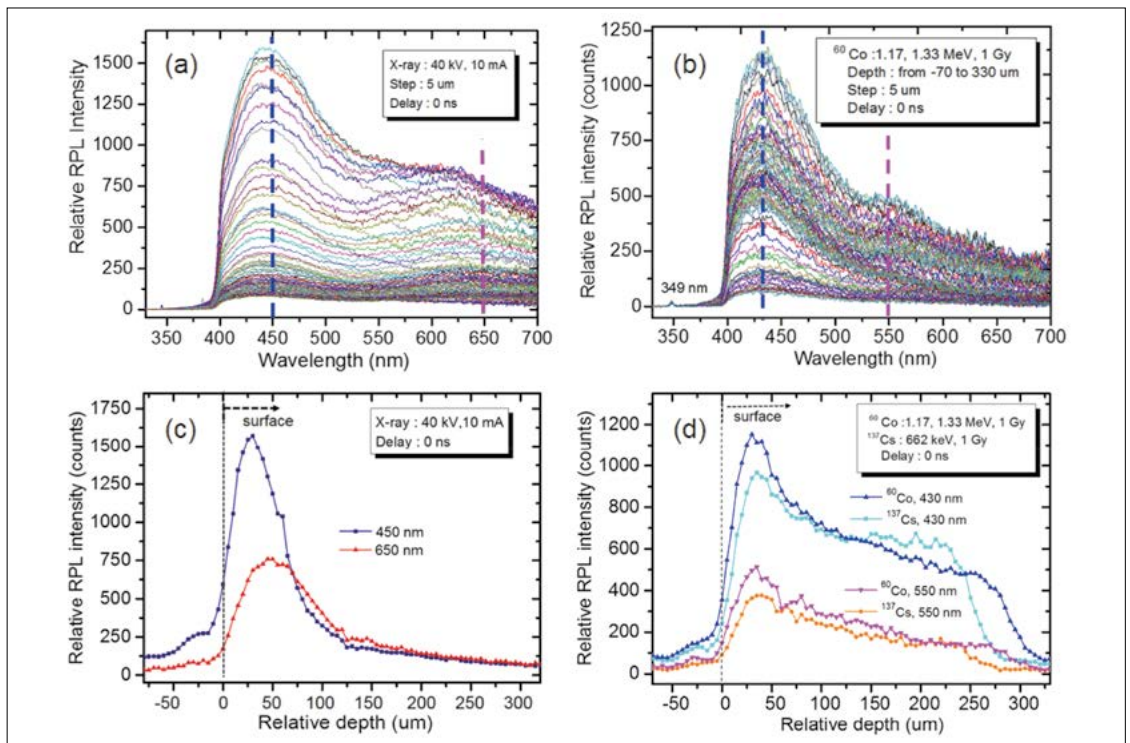


図7 銀活性ガラス中の異なる深さでの(a)X線、(b)⁶⁰Coγ線照射での一連の時間分解スペクトルおよびピーク波長での(c)X線、(d)γ線照射したRPL強度と試料の深さとの関係¹⁸⁾

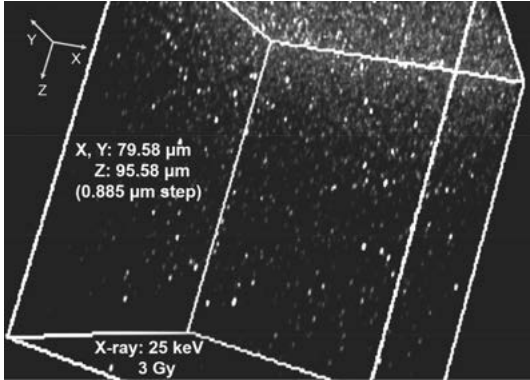


図8 X線照射した銀活性ガラスの共焦点蛍光レーザー顕微鏡による飛跡イメージ¹⁹⁾

6. おわりに

本稿ではAGCテクノグラス株式会社製の銀活性リン酸塩ガラス (FD-7) のディスク型プレートを用いて二次元、三次元放射線画像検出器の金沢大学での開発状況を紹介した。得られた成果の中で、特に、ディスク型銀活性ガラス検出器、時間分解スペクトル線量分布、共焦点蛍光顕微鏡法による放射線イメージ再構築例を簡単に述べてきた。それぞれの方法で縦・横の空間分解能はおおよそサブミクロンオーダーの分解能で2D、3D線量分布イメージが取得可能となった。

今後、銀活性ガラス検出器の高い発光効率、放射線照射により形成されるナノサイズの銀関連欠陥を用いた高空間分解能、低いフェーディングによる繰り返し測定などの特徴をさらに活用すると共に、これまでこの材料での線量計測に利用されてこなかった5 nsの蛍光寿命を有し、しかも従来の“プレヒート”が不要な青色RPLを用いたリアルタイムでの線量読み出しシステムの開発を計画している。

謝 辞

本研究は株式会社千代田テクノ大洗研究所との共同研究の下で遂行された。この場をお借りして関係者各位にお礼申し上げます。最後に、本研究で用いたディスク型銀活性ガラスの製作においてAGCテクノグラス株式会社の方々にご多大なご努力をいただき感謝いたします。

参考文献

1) Ž. Knežević, L. Stolarczyk, I. Bessieres, J. M. Bordy, S. Miljanić, P. Olko: Radiat. Meas. 45 (2010) 506.

2) L. Bøtter-Jensen, K. J. Thomsen, M. Jain: Radiat. Meas. 45 (2010) 253.
 3) E. G. Yukihara, S. W. S. McKeever: Optically Stimulated Luminescence, Wiley, New York (2011) .
 4) R. Yokota, R. Imagawa: J. Phys. Soc. Jpn. 23 (1966) 1038.
 5) J. A. Perry: RPL Dosimetry, Radiophotoluminescence in Health Physics, Adam Hilger, Bristol and Philadelphia (1987) .
 6) T. Yamamoto, D. Maki, F. Sato, Y. Miyamoto, H. Nanto, T. Iida: Radiat. Meas. 46 (2011) 1554.
 7) J. Seco, B. Clasic, M. Partridge: Phys. Med. Biol. 59 (2014) R303.
 8) 壽藤 紀道: フィルム・バッジ・ニュース, No.307-310, No.312 (2002) .
 9) T. Kurobori, W. Zheng, Y. Miyamoto, H. Nanto, T. Yamamoto: Opt. Mater. 32 (2010) 1231.
 10) W. Zheng, T. Kurobori: J. Lumin. 131 (2011) 36; Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 269 (2011) 2814.
 11) Y. Miyamoto, T. Ohno, Y. Takei, H. Nanto, T. Kurobori, T. Yanagida, A. Yoshikawa, Y. Nagashima, T. Yamamoto: Radiat. Meas. 55 (2013) 72.
 12) T. Kurobori, S. Nakamura: Radiat. Meas. 47 (2012) 1009.
 13) T. Kurobori, Y. Miyamoto, Y. Maruyama, T. Yamamoto, T. Sasaki: Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 326 (2014) 76.
 14) G. M. Akselrod, M. S. Akselrod, E. R. Benton, N. Yasuda: Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 247 (2006) 295.
 15) G. Baldacchini, F. Bonfigli, A. Faenov, F. Flora, R. M. Montecali, A. Pace, T. Pikuz, L. Reale: J. Nanosci. Nanotech. 3 (2003) 483.
 16) T. Kurobori, A. Matoba: Jpn. J. Appl. Phys. 53 (2014) 02BD14.
 17) T. Kurobori, Y. Maruyama, Y. Miyamoto, T. Sasaki, H. Nanto: IOP Conf. Series: Mater. Sci. Eng. 80 (2015) 012001.
 18) T. Kurobori, H. Itoi, Y. Yanagida, Y. Q. Chen: Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A 793 (2015) 6.
 19) T. Kurobori, Y. Yanagida, Y. Q. Chen: Jpn. J. Appl. Phys. 55 (2016) accept for publication.
 20) S. Kodaira, Y. Miyamoto, Y. Koguchi, D. Maki, H. Shinomiya, K. Hanaoka, N. Hasebe, H. Kawashima, M. Kurano, H. Kitamura, Y. Uchiyori, K. Ogura: Radiat. Meas. 71 (2014) 537.

著者プロフィール

大阪大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了、工学博士 (1982年3月)、金沢大学工学部助手 (同年4月)、同大学助教授 (1986年7月)、アレキサンダー・フォン・ボルツ財団客員研究員 (ハノーバー大学量子光学研究所、1988-1989年)、同大学教授 (1996年4月)、JSPS 二国間交流派遣研究者 (ローマ、ENEA 研究所、2001年)、ENEA 客員研究員 (2003年)。現在、金沢大学大学院自然科学研究科担当。専門分野は超高速レーザー工学、光電子デバイス、放射線センサーの開発など。

ガラス線量計による平均乳腺線量の測定方法

松本 進*1、田中 隆宏*2、齋藤 則生*2、
福田 光道*3、狩野 好延*3

1. まえがき

マンモグラフィ品質管理用ガラス線量計(略称:MMG-QCバッジ、又はMQB)のサービスを平成13(2001)年に開始し、すでに14年が経ちました。その間の技術進歩により改善した部分を含め、現在の手法を改めてご紹介いたします。

2. マンモグラフィ用放射線の国家標準

サービス開始時には一般的なX線として、焦点材がタングステンのX線管に付加フィルターとしてアルミニウムを用いたX線源(以下W/AIと記す)を基準として使用しておりま

図表1 マンモグラフィ用国家標準

マンモグラフィ用放射線国家標準の種類(○印)

焦点/ フィルター	管電圧(kV)							
	24	26	28	30	32	34	35	40
Mo/Mo*	○	○	○	○	○			
Mo/Rh	○	○	○	○	○	○		
Rh/Rh		○	○	○	○	○		
W/Rh		○	○	○	○	○		
W/AI**			○	○	○		○	○
W/Ag			○	○	○		○	○

*Moフィルター 30 μ mと32 μ mの2種類

**Alフィルター 0.5mmと0.7mmの2種類

したが、現在では、国立研究開発法人産業技術総合研究所(AIST)が、マンモグラフィ(以下、MMG)に使用されている多様なX線源(焦点/付加フィルター)について、国家標準(図表1)を開発し、供給されております。これにより、我が国のMMGの放射線量の評価は、国際的にも同等となりました。

MMG-QCバッジは、この国家標準で評価を行い、線量等を算出しております。

3. デジタルマニュアル

NPO法人 マンモグラフィ検診精度管理中央委員会(現NPO法人 日本乳がん検診精度管理中央機構(精中機構))は、図表2に示す「デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル(以

図表2 デジタルマンモグラフィ品質管理マニュアル



*1 Susumu MATSUMOTO (株)千代田テクノ大洗研究所
 *2 Takahiro TANAKA 国立研究開発法人産業技術総合研究所分析計測標準研究部門
 *2 Norio SAITO 国立研究開発法人産業技術総合研究所分析計測標準研究部門
 *3 Kozo FUKUDA (株)千代田テクノ線量計測事業本部
 *3 Yoshinobu KANO (株)千代田テクノ線量計測事業本部

下、デジタルマニュアル、又はマニュアル)を2009年11月に発行しました。これはマンモグラフィの品質管理のバイブルに相当する基準書です。

同類の基準書は、日本放射線技術学会から「乳房撮影精度管理マニュアル 改訂版」と題しても発行されております。

MMG-QCバッジは2012年4月1日から、これらの基準書に基づきアナログ用からデジタル用に切り替え、半価層・線量等を算出しています。

3.1 圧迫板透過後の半価層の算出

マニュアルの19pの2.1.7半価層C.2圧迫板透過後の半価層の項に、半価層を求める方法が説明されています。また、22pには減弱率50%に対するアルミニウム厚の算出式が掲載されています。

この減弱率50%に相当するアルミニウムの厚さを半価層としています。

3.2 入射空気カーマ

入射空気カーマは、線量計で測定することとし、70pに線量計の仕様が示されております。これによると低エネルギー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の範囲を含むものと記されています。

3.3 照射条件

平均乳腺線量を求めるときの照射条件は、乳房支持台の所定の位置にPMMAを置き、

AECの動作の下X線を発生させたときの条件となります(同マニュアル24p)。

なお、PMMAの厚さは40mmが標準です。他に20mmと60mmがあります。

3.4 平均乳腺線量

マニュアル23pの2.1.9AEC作動時の平均乳腺線量の項で、平均乳腺線量(AGD)は、次式から算出することになっています。

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

ここに、K：入射空気カーマ(mGy)

g：乳腺50%に相当する係数(図表3)

s：ターゲットとフィルターの組合せに関する係数(図表4)

c：乳腺量50%から異なる乳腺量を補正する係数。ここでは、係数を1とする

判定基準は、
PMMA厚40mmの場合 3 mGy以下
PMMA厚20mm 測定値を記録する
PMMA厚60mm 測定値を記録する
(備考として、製造業者の指定した値がある場合は、それを満たすこと)となっています。

3.5 圧迫板を取り外したときの半価層

マニュアル19pの2.1.7半価層のC.1圧迫板を取り外したときの半価層の項に、半価層を求める方法が説明されています。圧迫板を取り外したときの半価層(以下、圧迫板無し半価層)は、受診者の被ばく線量を最小限にする適切な線

図表3 係数g(マニュアル25p)

PMMA厚 (mm)	等価圧迫 乳房厚 (mm)	係数g (mGy/mGy)							
		HVL (mm Al)							
		0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
20	21	0.329	0.378	0.421	0.460	0.496	0.529	0.559	0.585
30	32	0.222	0.261	0.294	0.326	0.357	0.388	0.419	0.448
40	45	0.155	0.183	0.208	0.232	0.258	0.285	0.311	0.339
45	53	0.130	0.155	0.177	0.198	0.220	0.245	0.272	0.295
50	60	0.112	0.135	0.154	0.172	0.192	0.214	0.236	0.261
60	75	0.088	0.106	0.121	0.136	0.152	0.166	0.189	0.210
70	90	-	0.086	0.098	0.111	0.123	0.136	0.154	0.172
80	103	-	0.074	0.085	0.096	0.106	0.117	0.133	0.149

[備考] PMMA40mm厚は、圧迫乳房(乳腺量50%)45mm厚に相当する。

図表 4 係数s(マニュアル25p)

ターゲット/付加フィルタ	係数s
Mo/Mo	1.000
Mo/Rh	1.017
Rh/Rh	1.061
Rh/Al	1.044
W/Rh	1.042
W/Al	1.050

質(半価層)であることの確認に用います。その算出式は圧迫板透過後の半価層と同様です。その算出式は22pに掲載されています。算出された半価層は

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

の判定基準を満足する必要があります。これは軟線成分が多いX線を、検診では使用しないようにすることになります。

4. MMG-QCバッジ

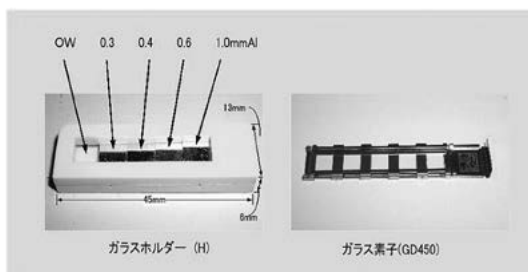
精度管理に必要な放射線情報を得るために、MMG-QCバッジは、ホルダーとガラス素子から構成しております(図表5参照)。

ホルダーにはOW(open window)とステップフィルターが付いています。

4.1 ホルダー

ホルダーのOWは入射空気カーマを測定する窓です。ステップフィルター(Al)は半価層測定用です。具体的には図表5のとおり、0.3、0.4、0.6、1.0mmAlが付いています。

図表 5 ホルダーと検出子



4.2 放射線検出子

MMG-QCバッジの放射線検出子としてGD450ガラス素子(図表5)を使用しています。線量範囲は、検診における一般的な線量を考慮し、線量上限を約13mGyとしています。

線量特性は図表6に示します。

エネルギー特性は図表7に示します。縦軸はMo/Mo28kVのX線に対する相対感度を示し、横軸には半価層を取り、Mo/Mo、Mo/Rh、Rh/Rh、W/RhのX線を対象として、半価層0.3~0.6mmAlの範囲としております。

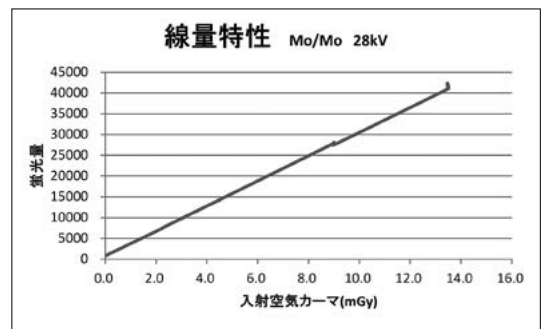
半価層0.3mmAlに対し半価層0.6mmAlは、約20%感度が高くなります。

5. MMG-QCバッジによる平均乳腺線量の測定

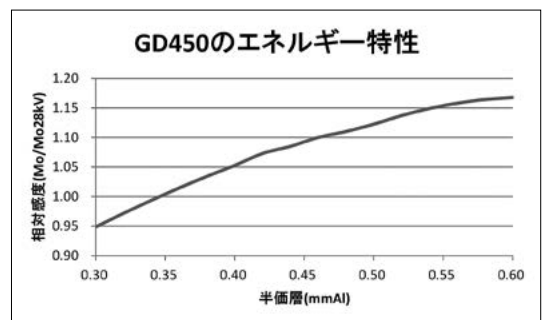
5.1 透過減弱曲線の作成

ガラス素子の蛍光量をガラス線量計リーダーで測定し、線量特性を用いて、各窓の蛍光量を一旦Mo/Mo 28kVの線量(以下見掛線量)

図表 6 線量特性(Mo/Mo 28kV)



図表 7 エネルギー特性



に置き換えます。OWの見掛線量に対するステップフィルター部の見掛線量の相対比、即ち減弱率(%)を求め、縦軸に減弱率(%)を、横軸にアルミニウムの厚さ(mmAl)を取り、減弱曲線とします。ステップフィルターからの散乱線の影響を補正し求めたのが**図表8**に示す等価減弱曲線(*)です。

(*) 電離箱線量計から求めた減弱曲線と同等と認められるMMG-QCバッジから求めた減弱曲線

5.2 半価層の算出

等価減弱曲線を関数化し、減弱率50%に対するアルミニウムの厚さを求め半価層とします。

5.3 入射空気カーマの測定

求めた半価層に対する相対感度をエネルギー特性図(図表7)から求めます。

次にOWの蛍光量を、線量特性を用いて、Mo/Mo28kVの見掛線量に置き換えます。次に感度補正係数(相対感度の逆数)を乗じ、入射空気カーマ(mGy)を算出します。

5.4 AGDの算出

AGDを算出するために

- ①入射空気カーマ ②係数g ③係数sが必要で
- ①は前項(5.3)で求めています。
- ②の係数gは、図表3を数式に置き換え、PMMA厚と半価層をファクターとして係数gを算出します。
- ③の係数sは、MMG-QCバッジにX線を照射された時の照射条件をご報告いた

だき、使用された線源を確認し、図表4を用いて、該当する係数sを選択します。そして、AGDは次の式から算出します(c=1)。

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

6. 圧迫板を取り外したときの半価層

圧迫板を取り外した状態でMMG-QCバッジにX線を照射します。5.2と同じように半価層を求め、補正を行い、圧迫板を取り外したときの半価層を求めます。

7. 測定精度

MMG-QCバッジから求めた測定値とリファレンス値との比を精度として、次に示します。

7.1 半価層・入射空気カーマ・AGD

図表9に示した半価層・入射空気カーマ・AGDのリファレンス比は、全て平均値が1.00、変動係数が1%未満でした。

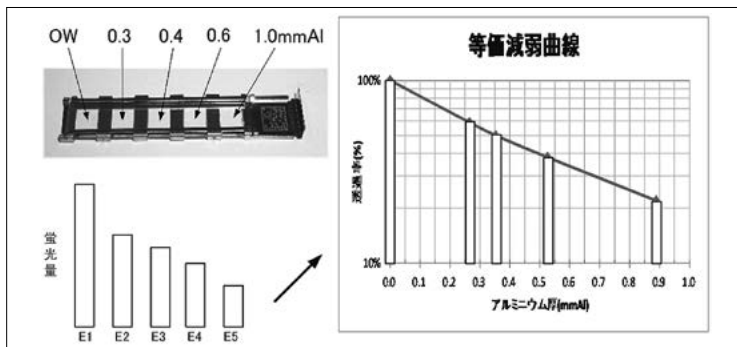
7.2 圧迫板を取り外したときの半価層

圧迫板を取り外したときの半価層の精度は図表10に示します。そのリファレンス比の平均値は1.00、変動係数は2%未満でした。

8. おわりに

MMG用X線装置の市場には2D用と3D用が存在します。2D用X線装置のAGDは、Mo/Mo・

図表8 等価減弱曲線の求め方



図表9 半価層・入射空気カーマ・AGDの測定精度

整理番号	照射条件(AIST)					測定値(MQB)			リファレンス比			リファレンス(AIST)		
	T/f	kV	mAs	圧迫板	PMMA厚(mm)	半価層(mmAl)	入射空気カーマ(mGy)	平均乳腺線量(mGy)	半価層	入射空気カーマ	平均乳腺線量	半価層(mmAl)	入射空気カーマ(mGy)	平均乳腺線量(mGy)
1	Mo/Mo	24.0	138	+	40	0.31	9.3	1.8	1.00	1.00	1.01	0.31	9.27	1.74
2		26.0	105	+	40	0.34	9.2	1.9	1.01	0.99	1.01	0.34	9.20	1.85
3		28.0	84	+	40	0.36	9.3	2.0	1.00	1.00	1.00	0.36	9.35	1.99
4		30.0	69	+	40	0.37	9.4	2.1	0.99	1.00	1.00	0.38	9.40	2.08
5		32.0	57	+	40	0.39	9.3	2.1	0.99	1.00	0.99	0.39	9.28	2.12
6	Mo/Rh	24.0	156	+	40	0.36	8.7	1.9	1.01	1.00	1.01	0.36	8.74	1.89
7		26.0	114	+	40	0.39	8.7	2.0	1.01	1.00	1.01	0.39	8.67	2.01
8		28.0	90	+	40	0.41	8.8	2.1	0.99	1.01	0.99	0.41	8.75	2.13
9		30.0	72	+	40	0.44	8.5	2.2	1.01	0.98	0.99	0.43	8.65	2.19
10		32.0	60	+	40	0.44	8.7	2.2	0.99	1.01	1.00	0.45	8.62	2.25
11	Rh/Rh	34.0	51	+	40	0.46	8.6	2.3	0.99	1.00	1.00	0.46	8.60	2.30
12		26.0	126	+	40	0.37	8.8	2.0	0.99	1.00	1.00	0.38	8.78	2.05
13		28.0	99	+	40	0.41	8.7	2.2	1.00	1.00	1.00	0.41	8.70	2.18
14		30.0	78	+	40	0.44	8.7	2.3	1.00	1.00	1.00	0.44	8.71	2.32
15		32.0	69	+	40	0.46	8.9	2.5	1.00	1.00	1.00	0.46	8.87	2.50
16	W/Rh	34.0	60	+	40	0.49	9.1	2.7	1.00	1.00	1.00	0.49	9.09	2.69
17		26.0	227	+	40	0.51	8.8	2.6	1.00	1.00	1.00	0.51	8.76	2.64
18		28.0	190	+	40	0.52	8.9	2.7	0.99	1.00	1.00	0.53	8.85	2.76
19		30.0	163	+	40	0.54	8.9	2.8	0.99	1.00	0.99	0.54	8.86	2.85
20		32.0	147	+	40	0.56	9.2	3.0	1.00	1.00	1.00	0.56	9.17	3.02
21	34.0	129	+	40	0.59	8.9	3.1	1.02	0.99	1.01	0.57	9.00	3.04	
リファレンス比の平均									1.00	1.00	1.00			
変動係数(%)									0.9%	0.5%	0.5%			

図表10 圧迫板を取り外したときの半価層の精度

整理番号	線源	管電圧(kV)	半価層(MQB)	リファレンス比	リファレンス(AIST)
1	Mo/Mo	24	0.27	1.02	0.27
2		26	0.29	1.00	0.29
3		28	0.31	1.02	0.31
4		32	0.34	0.98	0.35
5	Mo/Rh	24	0.33	1.02	0.33
6		28	0.38	1.01	0.38
7		34	0.41	0.97	0.43
8	Rh/Rh	26	0.32	0.98	0.32
9		28	0.34	0.97	0.35
10		30	0.38	1.00	0.38
11		32	0.40	1.00	0.40
12	34	0.43	1.00	0.43	
平均値				1.00	
変動係数(%)				1.7%	

Mo/Rh・Rh/Rh・W/Rhについて測定できますが、3D（トモシンセシス装置）のAGDを測定するには今一つ工夫が必要です。3D装置に装備されている線源（W/Al・W/Ag）について、

国家標準がすでに完成し供給されていますので、今後、トモシンセシスのAGD測定手法を確立し、皆様にトモシンセシス測定サービスをご提供したいと考えております。

参考文献

- 1) 松本進 マンモ用QCバッジの測定原理と算出方法 フィルムバッジニュースNo.298 2001
- 2) 松本進・鈴木隆二・福田光道他 ガラス線量計マンモグラフィ用QCバッジの測定方法 FBNews No.385 2009
- 3) 齋藤則生・田中隆宏・黒澤忠弘 マンモグラフィにおける放射線標準場 FBNewsNo.393 2009
- 4) 田中隆宏・黒澤忠弘・齋藤則生・松本進・福田光道 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 FBNewsNo.402 2010
- 5) 田中隆宏・黒澤忠弘・齋藤則生 産総研のマンモグラフィ用X線の線量標準の国際度量衡局(BIPM)との国際比較について FBNewsNo.414 2011

平成26年度

一人平均年間被ばく実効線量 0.23ミリシーベルト



中村 尚司

弊社の測定・算定による、平成26年度（平成26年4月～27年3月）の個人線量当量の集計の詳細については、「個人線量当量の実態」（FBNewsNo.465（平成27年9月1日））に報告されていますが、ここでは同実効線量について、より簡略に見やすい形にして報告いたします。

集計方法

平成26年4月から平成27年3月までの間に、1回以上弊社の個人モニタを使用された274,851名（前年度は271,952名なので、2,899名と一昨年度に続いての増加です。）を対象としました。

業種別の年実効線量は、全事業所を医療、研究教育、非破壊検査、一般工業、獣医療の5グループに分けて集計しました。

職業別の年実効線量は、医療関係についてのみ職種を医師、技師、看護師に分けました。

最小検出限界未満を示す「X」は、実効線量“ゼロ”として計算してあります。

集計結果

一人平均の年実効線量は、表1に示されているように0.23mSvで、前年度（0.22mSv）とごく僅かな増加です。表1の業種別に見ると、医療が0.32mSv（前年度0.29mSv）、研究教育が0.02mSv（前年度0.02mSv）、非破壊検査が0.31mSv（前年度0.29mSv）、一般工業が0.07mSv（前年度0.15mSv）、獣医療が0.02mSv（前年度0.04mSv）となっており、業種別一人平均の年実効線量は、医療と非破壊検査がやや増加、一般工業と獣医療が半減しています。しかし、全業種での平均年実効線量はほとんど変化していません。これは医療分野の集団線量が全体の90%以上を占めているためです。

平成26年度を通して検出限界未満の人は、

表1 平成26年度業種別年実効線量人数分布表（単位：人）（カッコ内の数字は%）

業種	集団線量 (人mSv)	平均線量 (mSv)	X (検出せず)	~0.10 (mSv)	0.11~ 1.00 (mSv)	1.01~ 5.00 (mSv)	5.01~ 10.00 (mSv)	10.01~ 15.00 (mSv)	15.01~ 20.00 (mSv)	20.01~ 50.00 (mSv)	50超 (mSv)	合計人数
医療	60,415.80	0.32	139,060 (74.29)	10,351 (5.53)	21,853 (11.68)	13,804 (7.37)	1,587 (0.85)	327 (0.17)	109 (0.06)	84 (0.04)	1 (0.00)	187,176 (100.00)
研究 教育	1,116.30	0.02	41,486 (96.57)	569 (1.32)	596 (1.39)	281 (0.65)	24 (0.06)	3 (0.01)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	42,959 (100.00)
非破壊 検査	831.00	0.31	1,935 (72.44)	169 (6.33)	353 (13.22)	188 (7.04)	23 (0.86)	1 (0.04)	0 (0.00)	2 (0.07)	0 (0.00)	2,671 (100.00)
一般 工業	2,608.20	0.07	32,773 (92.77)	740 (2.09)	1,152 (3.26)	574 (1.62)	73 (0.21)	13 (0.04)	3 (0.01)	1 (0.00)	0 (0.00)	35,329 (100.00)
獣医療	224.10	0.02	7,269 (96.13)	97 (1.28)	139 (1.84)	52 (0.69)	3 (0.04)	1 (0.01)	1 (0.01)	0 (0.00)	0 (0.00)	7,562 (100.00)
全体	65,195.40	0.23	221,717 (80.67)	11,907 (4.33)	24,072 (8.76)	14,898 (5.42)	1,711 (0.62)	345 (0.13)	113 (0.04)	87 (0.03)	1 (0.00)	274,851 (100.00)

注：矢印より左が分布（Ⅰ）に記載されています。
矢印より右が分布（Ⅱ）に記載されています。

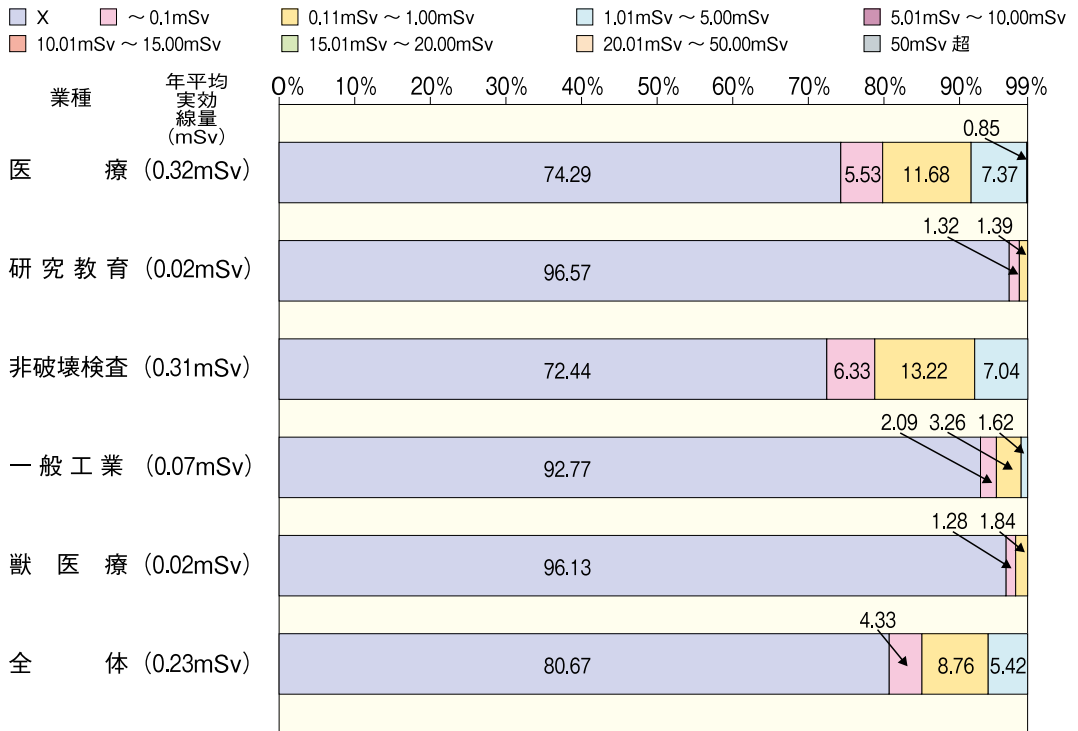


図 1 (a) 平成26年度業種別平均年実効線量の分布 (I)

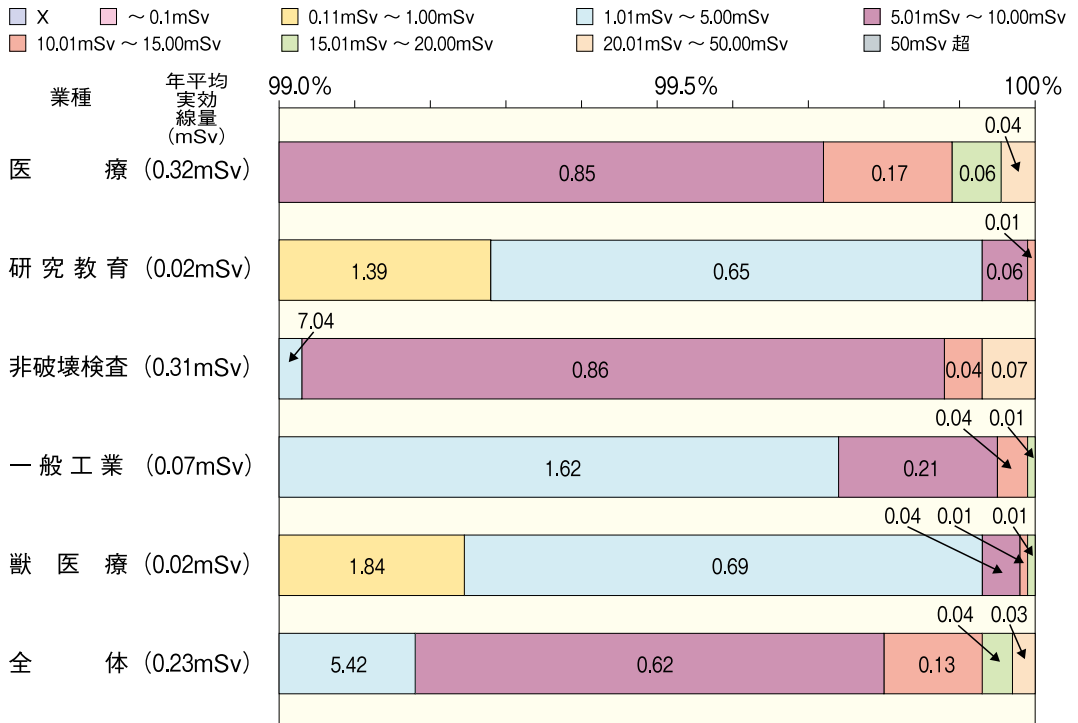


図 1 (b) 平成26年度業種別平均年実効線量の分布 (II)
(図1 (a) の右端部の詳細を表す)

図1に示すように全体の80.67%（前年度80.72%）で、年間1.0mSv以下の人が、全体の93.76%（前年度94.21%）と、低線量当量の人割合は、前年度と比べてほとんど変化ありません。しかし、業種別に見ると非破壊検査関係と医療関係では、その他の業種に比べて実効線量値が高い人の割合が多くなっているのも例年の傾向通りです。

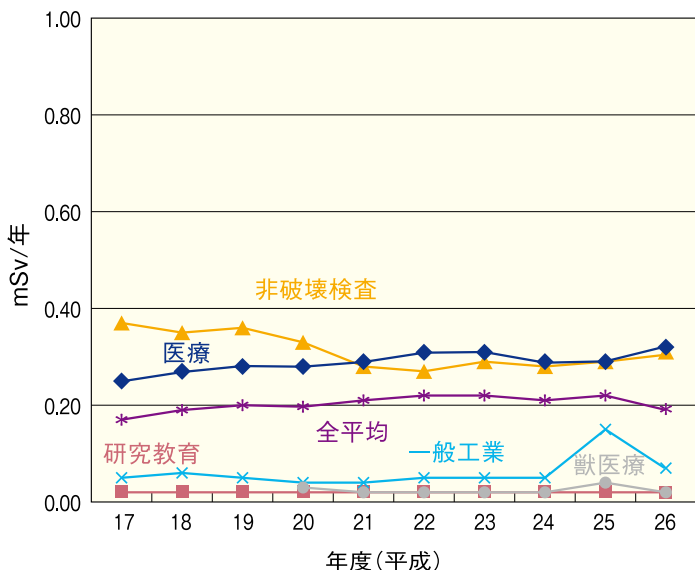


図2 過去10年間の業種別平均年実効線量の推移

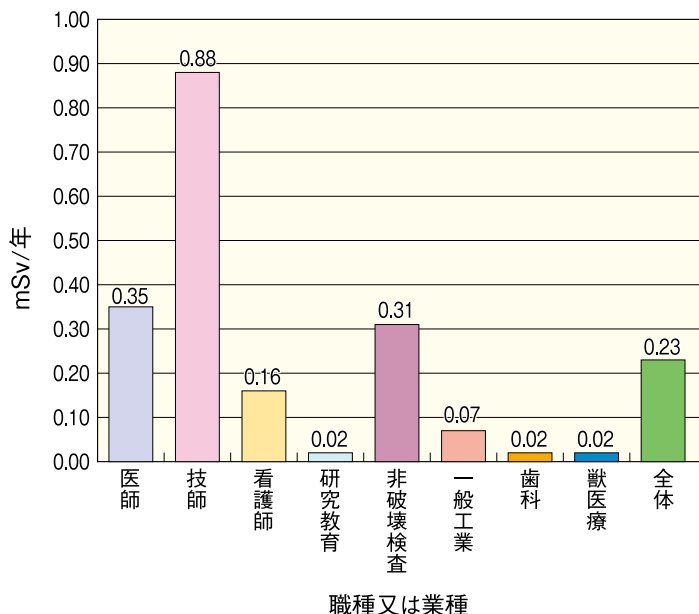


図3 平成26年度職種又は業種別平均年実効線量

表1で実効線量の多い方を見ると、年間50 mSvを超えた人は前年度は、医療で1名、一般工業で1名と2名になりましたが、今年は医療で1名でした。また、年間20mSv~50 mSvの人は全体の0.03%で、実数では前年度の107名と比べて、87名（医療84名、非破壊検査2名、一般工業1名）となっていて、前年度と比べて医療関係は58名から84名とかなり大きく増加していますが、一般工業が、46名から1名と急減しています。これは原発事故の処理が進展した影響でしょうか？年間5 mSv~20mSvの人は全体の0.79%で、実数では2,168名（前年度2,039名）で、内訳は医療2,023名（前年度1,729名）、研究教育27名、非破壊検査24名、一般工業89名（前年度252名）、獣医療5名です。前年度と比べると、医療が300名ほど増えたのに対して、一般工業が相当減少していますが、これも原発事故の処理が進展した影響かも知れません。他の分野は前年度と余り変化していません。

業種別の過去10年間の推移を見ると、図2に示すように、ここ10年間は、医療がやや微増の傾向にあります。非破壊検査はやや減少傾向にありましたが、ここ数年間はやや微増の傾向です。また、昨年は、一般工業が急増しましたが、今年はもとに戻っています。

職種別・業種別の一人平均年実効線量は、図3に示しますが、前年度と同じく、医療関係の職種別では技師が0.88mSv（前年度0.83 mSv）と最も高く、ついで医師が0.35mSv（前年度0.30mSv）、看護師0.16mSv（前年度0.15mSv）の順に低くなっています。なお、獣医師は最も低く0.02mSv（前年度0.04mSv）です。医療以外では非破壊検査が最も高く0.31mSv（前年度0.29mSv）です。なお、一般工業は今年0.07mSv（前年度0.15mSv）とそれに次いで高くなっています。

平成26年度

年齢・性別個人線量の実態

1. まえがき

本資料は平成26年度の、年齢・性別の個人線量の実態の報告です。個人モニタで測定した1cm線量当量から算定した、実効線量を年齢・性別に集計して報告いたします。

平成23年3月11日以降、福島第一原子力発電所事故による影響でバックグラウンドの値が高くなっている地域がありますが、業務上の被ばく線量をご報告させていただく観点から、これらの地域よりご返却されたモニタ等は、従来通りバックグラウンドを差し引いて個人線量を算定しております。

2. 用語の定義

- (1) 年実効線量 1個人が、4月1日から翌年3月31日までの間に受けた実効線量の合計（単位 mSv）
- (2) 集団線量 集団を構成する個人の年実効線量の総和（単位 manmSv）
- (3) 平均年線量 集団線量を集団を構成する人数で除した値（単位 mSv）

3. 実効線量の求め方

測定した1cm線量当量から実効線量を算出する方法の概略を示します。

なお、記号の意味は、次のとおりです。

H_E ：実効線量

$H_{1\text{cm}\square}$ ：装着部位が□の1cm線量当量

基：基本部位（男性は胸、女性は腹）

頭：頭部

腹：腹部

大：体幹部の中で最大値を示した部位

3.1 均等被ばくとしてモニタリングした場合

$$H_E = H_{1\text{cm}\text{基}}$$

3.2 不均等被ばくとしてモニタリングした場合

$$H_E = 0.08H_{1\text{cm}\text{頭}} + 0.44H_{1\text{cm}\text{胸}} + 0.45H_{1\text{cm}\text{腹}} + 0.03H_{1\text{cm}\text{大}}$$

4. 対象とするデータ

弊社のモニタリングサービスの申し込みをされ、平成26年4月1日から平成27年3月31日までの間で1回以上個人モニタを使用された人の年実効線量を、対象データとしております。

- 注1) 個人が受けた線量でないとし出のあったものは、含まれておりません。
- 2) 個人が受けた線量でないにもかかわらず、お申し出のないものは含んでおります。
 - 3) 性別が不明のものは除外しました。
 - 4) 年齢は、平成27年3月31日現在です。

5. 集計方法

(1) 集計

Table 1の左欄に示すように年齢の区分を設け、その区分に入る個人の数と集団線量並びにそれらの百分率を集計の同一の欄の内に示しました。ただし、「X（検出限界未満）」は、ゼロとして、また測定上限は、個人モニタによって異なりますが、上限を超えたものは、その上限の値（例えば、「100mSv 超」は、100mSv）として集計しました。

(2) パラメータ

パラメータは、医療・獣医療、工業、研究教育および男性、女性としました。性別は、利用者からの申し出の内容としました。

6. 集計結果

集計結果を、以下の図表に示します。

Table 1 年齢・性別集団実効線量および平均年実効線量

Fig. 1 年齢・性別平均年実効線量分布

Fig. 2 放射線業務従事者の年齢・性別構成

Table 1 (a) 年齢・性別集団実効線量および平均年実効線量(男性)

人数(人) 人数(%)
 集団線量(manmSv) 線量(%)
 (H26.4.1~H27.3.31)

年齢	医療・獣医療		工業		研究教育		全体		平均年実効線量(mSv)
18~19	24	0.02	161	0.46	156	0.47	341	0.19	0.02
	0.50	0.00	6.60	0.20	0.10	0.01	7.20	0.01	
20~24	2,494	2.27	1,949	5.57	11,253	33.60	15,696	8.81	0.12
	1,670.50	3.45	142.70	4.25	65.40	6.72	1,878.60	3.56	
25~29	13,288	12.11	4,248	12.14	5,332	15.92	22,868	12.83	0.32
	6,881.04	14.22	431.40	12.84	99.40	10.22	7,411.84	14.06	
30~34	14,966	13.64	4,939	14.12	3,608	10.77	23,513	13.19	0.37
	7,908.30	16.34	498.00	14.82	180.10	18.52	8,586.40	16.28	
35~39	14,840	13.52	5,503	15.73	3,202	9.56	23,545	13.21	0.36
	7,792.60	16.10	477.90	14.22	200.40	20.60	8,470.90	16.06	
40~44	13,990	12.75	6,089	17.40	2,760	8.24	22,839	12.82	0.34
	7,192.90	14.86	494.80	14.73	144.10	14.82	7,831.80	14.85	
45~49	13,150	11.98	4,201	12.01	2,331	6.96	19,682	11.04	0.33
	6,065.60	12.53	413.70	12.31	76.90	7.91	6,556.20	12.43	
50~59	22,822	20.80	5,640	16.12	3,245	9.69	31,707	17.79	0.28
	8,030.46	16.59	625.30	18.61	165.30	17.00	8,821.06	16.73	
60~69	11,029	10.05	2,086	5.96	1,438	4.29	14,553	8.17	0.19
	2,449.40	5.06	259.60	7.73	36.40	3.74	2,745.40	5.21	
70以上	3,005	2.74	142	0.41	163	0.49	3,310	1.86	0.12
	388.70	0.80	5.00	0.15	4.50	0.46	398.20	0.76	
年齢不明	120	0.11	33	0.09	6	0.02	159	0.09	0.15
	18.40	0.04	4.90	0.15	0.00	0.00	23.30	0.04	
合計	109,728	100.00	34,991	100.00	33,494	100.00	178,213	100.00	
	48,398.40	100.00	3,359.90	100.00	972.60	100.00	52,730.90	100.00	

Table 1 (b) 年齢・性別集団実効線量および平均年実効線量(女性)

人数(人) 人数(%)
 集団線量(manmSv) 線量(%)
 (H26.4.1~H27.3.31)

年齢	医療・獣医療		工業		研究教育		全体		平均年実効線量(mSv)
18~19	67	0.08	9	0.30	85	0.90	161	0.17	0.00
	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	
20~24	5,937	6.98	447	14.97	3,945	41.68	10,329	10.60	0.06
	574.00	4.69	7.90	9.96	19.60	13.64	601.50	4.83	
25~29	14,481	17.04	453	15.17	1,549	16.37	16,483	16.91	0.11
	1,760.70	14.38	12.00	15.13	27.90	19.42	1,800.60	14.45	
30~34	14,458	17.01	441	14.77	1,099	11.61	15,998	16.42	0.12
	1,882.10	15.37	13.00	16.39	20.80	14.47	1,915.90	15.37	
35~39	14,024	16.50	415	13.90	890	9.40	15,329	15.73	0.13
	2,014.80	16.46	5.90	7.44	27.00	18.79	2,047.70	16.43	
40~44	12,428	14.62	442	14.80	690	7.29	13,560	13.91	0.14
	1,881.40	15.37	6.30	7.94	22.40	15.59	1,910.10	15.32	
45~49	9,323	10.97	308	10.31	480	5.07	10,111	10.38	0.16
	1,557.90	12.73	5.30	6.68	13.10	9.12	1,576.30	12.65	
50~59	11,282	13.27	355	11.89	554	5.85	12,191	12.51	0.17
	2,050.80	16.75	28.40	35.81	11.10	7.72	2,090.30	16.77	
60~69	2,710	3.19	105	3.52	154	1.63	2,969	3.05	0.17
	489.20	4.00	0.40	0.50	1.30	0.90	490.90	3.94	
70以上	244	0.29	6	0.20	16	0.17	266	0.27	0.11
	29.50	0.24	0.10	0.13	0.50	0.35	30.10	0.24	
年齢不明	47	0.06	5	0.17	3	0.03	55	0.06	0.02
	0.90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.01	
合計	85,001	100.00	2,986	100.00	9,465	100.00	97,452	100.00	
	12,241.50	100.00	79.30	100.00	143.70	100.00	12,464.50	100.00	

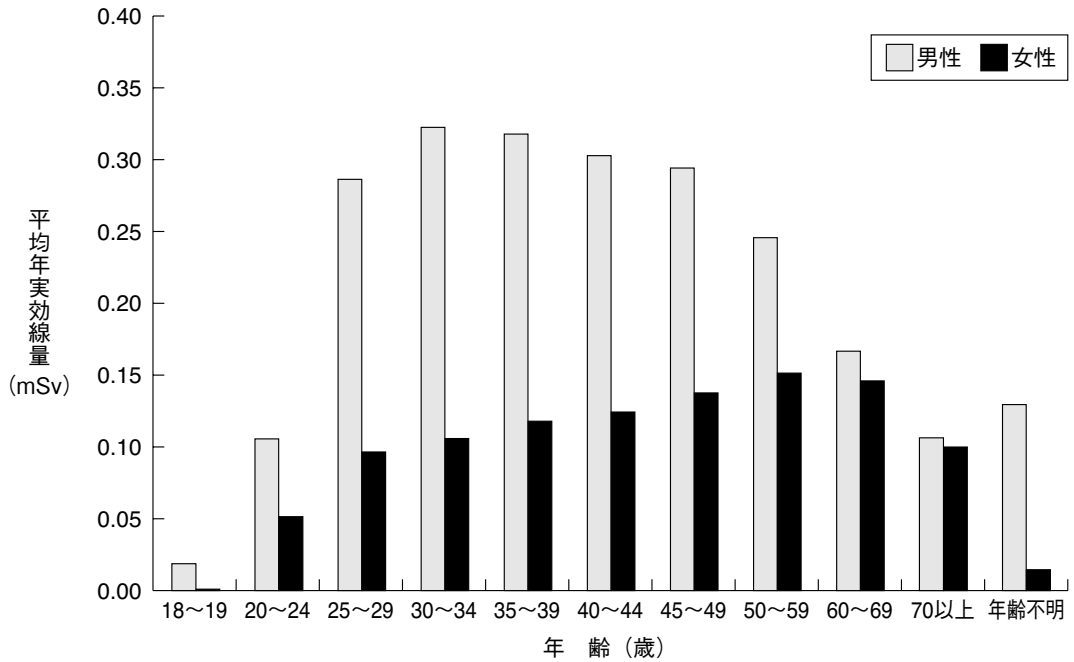


Fig. 1 年齢・性別平均年実効線量分布

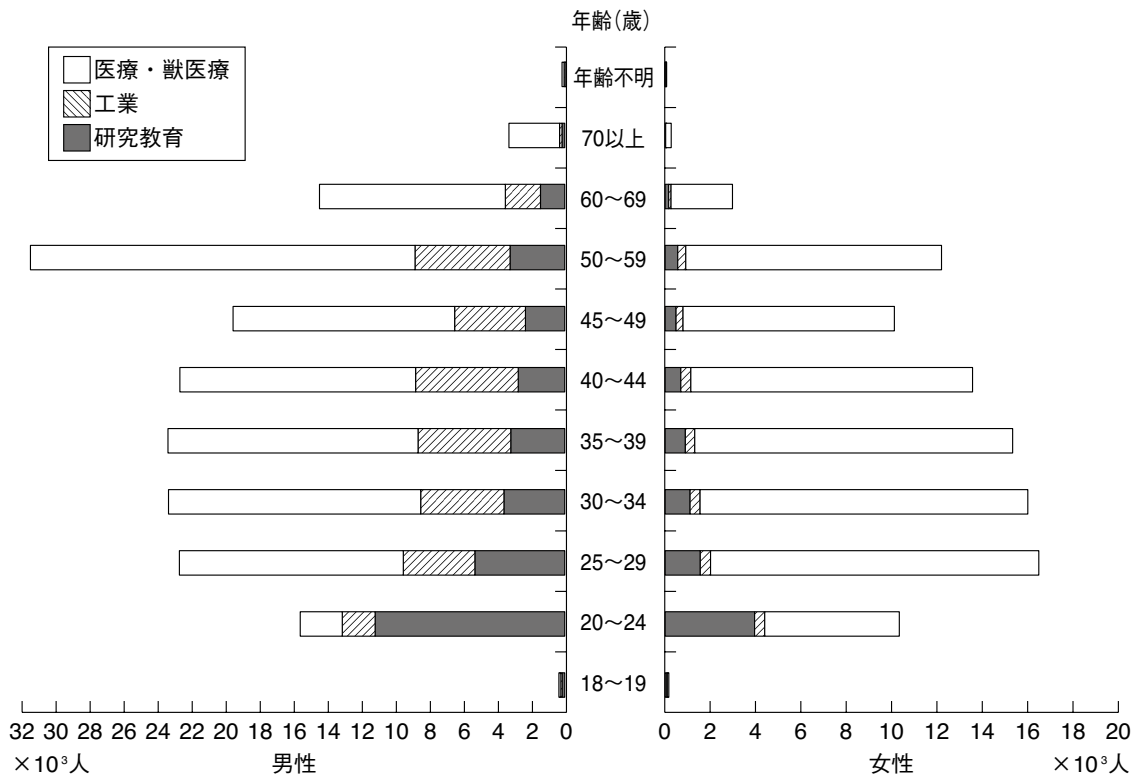


Fig. 2 放射線業務従事者の年齢・性別構成

「町 末男先生を偲んで」

株式会社千代田テクノル

代表取締役会長 細田 敏和

代表取締役社長 山口 和彦

町 末男先生が平成27年 8 月15日に享年81歳でご逝去されました。

町先生は、1963年の日本原子力研究所（現・日本原子力研究開発機構）入所後、放射線に関する研究・開発分野における第一人者として、放射線の安全利用技術発展に大きく貢献された功績は周知の事実です。

1991年からはIAEA（国際原子力機関）で原子力科学・応用局担当事務局次長として、原子力の平和利用促進にご尽力され、その後は日本原子力産業会議（現・日本原子力産業協会）の常務理事やFNCA（アジア原子力協力フォーラム）日本コーディネーター、原子力委員会委

員、文部科学省参与などの要職を歴任され、国内外において幅広く活躍されました。

弊社とは30年以上に亘りお付き合いをさせていただきました。中でも、弊社がフランスのIRSN（放射線防護・原子力安全研究所）へガラス線量計を提案するきっかけを町先生が作ってくださいました。ガラス線量計の海外進出に対してのお力添えに深く感謝申し上げます。

2007年からは弊社顧問として、2010年からは名誉顧問として多くのアドバイスをくださいました。

特に、「放射線モニタリングに係る国際ワークショップ」では毎回基調講演をしてくださいました。本年12月に開催される第11回目のワークショップでご講演していただけなくなってしまった事は残念でなりません。

また、10年間に亘ってFBNews誌にコラムを執筆いただき、先生のコラムを楽しみにされていた読者の方も多くいらっしゃいました。

まだまだご執筆いただけたらと思っていたところ、突然のご訃報に接し、痛惜の念に堪えません。

町先生のご冥福を心よりお祈り申し上げます。

町 末男先生の御略歴

1934年 1月15日 静岡県島田市生まれ

〈学 歴〉

- 1957年 静岡大学工学部工業化学科卒業
- 1959年 京都大学大学院工業研究科修士課程卒業
- 1967年 京都大学工学博士号取得

〈職 歴〉

- 1966年 日本原子力研究所入所
- 1968年 - 70年 米国メリーランド大学客員研究員
- 1974年 日本原子力研究所高崎研究所第2 開発室長
- 1978年 同研究所技術開発課長
- 1980年 国際原子力機関《IAEA》工業利用化学課長 兼 RCAコーディネーター
- 1983年 日本原子力研究所企画室次長
- 1986年 同高崎研究所研究部長
- 1988年 同高崎研究所開発部長
- 1989年 同高崎研究所所長
- 1991年 - 00年 国際原子力機関《IAEA》原子力科学・応用局担当事務局次長
- 2000年 - 04年 (社)日本原子力産業会議常務理事
- 2004年 - 07年 内閣府原子力委員
- 2007年 - 09年 (財)日本原子力安全研究協会研究参与
- 2000年 - FNCAコーディネーター
- 2008年 - 10年 文部科学省参与
(独)日本原子力研究開発機構
シニアアドバイザー
- 2010年 - (独)日本原子力研究開発機構フェロー

〈その他〉

- 2007年 - 10年 (株)千代田テクノル顧問
- 2010年 - (株)千代田テクノル名誉顧問

主な受賞暦

- 1968年：「日本化学進歩賞」
「エチレンの放射線重合研究」により日本化学会より受賞
- 1989年：「岩谷直治記念賞」
「電子ビーム照射による排煙処理技術の開発」により岩谷直治記念財団から受賞
- 1989年：「科学技術庁長官賞 科学技術功労者表彰」
「電子線利用による電池用隔膜製造技術の開発」の功による
- 1997年：「IMPR賞」
「放射線工業利用における技術・産業的貢献」により放射線プロセス国際会議から受賞
- 1999年：「日経地球環境技術賞」
「電子ビームによる燃焼排煙の脱硫・脱硝技術の開発」により日本経済新聞社から受賞
- 2000年：「紫綬褒章」
「電子線利用による電池用隔膜製造技術の開発」の功により
- 2008年：「瑞宝中綬賞」
「平和利用を目的とした原子力分野の国際協力の尽力」の功により

公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ

★講習会について★ ※○印は計画中（平成27年8月25日現在）

講習名/月	11月	12月	平成28年1月	2月	3月
登録定期講習	12：札幌 17：仙台 19：名古屋 25：大阪	3：広島 4：福岡 10：東京	9：東京(医) 14：大阪 15：東京	2：東京	5：大阪(医) 14：東京 24：大阪
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	○大阪	○東京
放射線安全管理講習会	10：東京 I 11：札幌 18：名古屋 24：福岡 30：東京 II				

★出版物について★

放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル2015、放射線施設の遮蔽計算実務（放射線）データ集2012、最新放射線障害防止法令集（平成25年版）、記帳・記録のガイド（2012）等発売しております。

★講習・出版物の詳細、お申込みについては、公益財団法人原子力安全技術センターのHPをご参照ください。

URL：<http://www.nustec.or.jp/> メールアドレス：kosyu@nustec.or.jp 電話：03-3814-5746

保物セミナー2015開催のご案内

開催日時：平成27年12月18日(金) 9時25分～

開催場所：大阪科学技術センター 8階大ホール

参加費：5,000円（ボイリング・ディスカッション参加は別途5,000円）

主催：保物セミナー2015実行委員会

- 第一部 ○テーマ1 「ホウ素中性子捕捉療法の現状と未来」
○特別講演 「放射線障害防止法関係の最近の動向」
○テーマ2 「国民線量評価 平均から線量分布に向けて」
○テーマ3 「リスクコミュニケーションの相対化」

第二部 ○ボイリング・ディスカッション

*テーマ、プログラムは変更になる場合があります

問合せ先：NPO安全安心科学アカデミー「保物セミナー2015」事務局

〒542-0081 大阪市中央区南船場3丁目3番27号サンエイビル2階

Tel：06-6252-0851 E-mail：seminar@esi.or.jp

詳しくは、安全安心科学アカデミーHP（<http://www.anshin-kagaku.com/>）の広報をご覧ください

《お知らせ》

個人線量報告書 および 個人線量管理票 の記載項目(裏面)の説明について

「測定値がどこに記載されているのかわかりにくい」とお声をいただき、個人線量報告書および個人線量管理票の裏面の説明事項を変更いたしましたのでお知らせします。これからも改善活動を継続して参りますので、皆様の声を弊社ホームページにお寄せください。

◆個人線量報告書 裏面 「放射線管理責任者の方へ」に下記の文章を追加いたしました。

(2)装着モードが空欄の場合、測定結果の1cm線量当量は実効線量欄、70 μ m線量当量は等価線量の皮膚欄に表していますので読み替えてください。

◆個人線量管理票 裏面

①「モニタの種類」の表を追加いたしました。

②「放射線管理責任者の方へ」に文章(2)を追加いたしました。「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則」第20条第4項第2号に測定の結果を記録することが規定されています。記録事項について説明文を追加いたしましたので管理票裏面をご覧ください。(記録を必要とする事項は下記の通り)

イ. 測定対象者の氏名 ロ. 測定をした者の氏名 八. 放射線測定器の種類及び型式
二. 測定方法 ホ. 測定部位及び測定結果

③「放射線管理責任者の方へ」に下記の文章(3)を追加いたしました。

(3)なお、不均等被ばく管理等複数のガラスバッジ、ガラスリングまたは中性子線測定用のガラスバッジをご使用の場合は、モニタごとの測定の記録として「個人モニタ測定値管理票」が併せて作成されますので、この管理票とともに保存してください。

編集後記

●今年35℃あるいはそれ以上という暑い夏が7月から8月にかけて長期に続きました。強力で大きな台風が、太平洋上で、2個、3個と続き、各地に暴風(突風、竜巻)、強力な雨を降らせました。台風18号が中部地方を抜け、温帯低気圧となった後、台風17号の低気圧と重なり、線状降水帯を形成、栃木、茨城、宮城大雨特別警報が発令。鬼怒川等の氾濫。米国海洋大気庁(NOAA)の気候年報によると、地球温暖化は、海洋が大気の1,000倍も吸収し、地球温暖化熱の90%も保持する。地球の平均海面温度は、昨年が最高。北太平洋で温暖化が顕著で、溶存二酸化炭素によるpHの低下(酸性化)が見られるという。

●8月11日には、川内原発1号機が再稼働、これは福島第一原子力発電所事故後、新基準で初。順調に運転を継続してほしいです。また、9月5日には、避難指示解除で4年半ぶりに楢葉町(約7,400人)が解放されたという。しかし、すぐに帰還できるのは、一割未満とか。「医者いない、店ない」といった生活上の不便さを早く解消するべきです。

●金沢大学大学院の黒堀利夫先生には、「銀活性ガラスに

よる放射線画像検出器」と題して銀活性ガラスの動作原理から、ディスク型銀活性ガラスによる2D、3Dイメージングの実際、時間分解スペクトルによる深さ方向の線量分布測定、共焦点顕微鏡による飛跡イメージングなど、金沢大学での開発状況をご紹介いただきました。

●産業技術総合研究所の齋藤則生様、田中隆宏様にご指導をいただき弊社の松本進が執筆しました「ガラス線量計による平均乳腺線量の測定方法」では、産業技術総合研究所が開発、供給している国家標準で、マンモグラフィ品質管理用ガラス線量計の線量や半価層などの算出手順が示されています。

●弊社の測定・算定による平成26年度の個人の被ばく線量については、「一人平均年間被ばく実効線量0.23ミリシーベルト」と題して、編集委員の一人である中村尚司先生に解説をお願いしています。前年度の0.22ミリシーベルトよりごく僅かな増加でしたが、ここ10年間で医療がやや微増の傾向にあると指摘されています。

(M.K.)

FBNews No.467

発行日/平成27年11月1日

発行人/山口和彦

編集委員/畑崎成昭 根岸公一郎 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 五十嵐仁

加藤毅彦 兼尾昌二 木名瀬一美 篠崎和佳子 高橋英典 谷口和史 長谷川香織

発行所/株式会社千代田テクノロ 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/株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体371円)