



Photo H. Fukuda

Index

青森県民の自然放射線被ばく線量測定 - 1. 大地からの γ 線 -	
..... 久松 俊一、五代儀 貴	1
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、黒澤 忠弘、齋藤 則生	6
..... 松本 進、福田 光道	
環境および個人中性子線量計の開発①	11
「第22回 放射線夏の学校」・「第17回 夏期セミナー」開催のご案内	16
マンモ測定サービスのご案内	17
平成22年度 放射線取扱主任者試験施行要領	18
[サービス部門からのお願い]	
測定依頼票を紛失したときは…?	19



青森県民の自然放射線被ばく線量測定

－ 1. 大地からの γ 線 －

久松 俊一*¹、五代儀 貴*²



(財)環境科学技術研究所で行っている青森県民を対象とした自然放射線、天然放射性物質による被ばく線量評価の概要を紹介するのが、本文章の目的である。

環境科学技術研究所は青森県六ヶ所村に設置され、主として、放射性物質の環境中挙動及び放射線の生物影響の研究を行っている。略称は環境研を用いているが、これを使うとつば市の国立環境研究所と間違えられることがままある。実は、あちらの略称は国環研であるのだが、どうも、それが十分に浸透していないこともあるらしい。機会があるたびに、こちらが環境研です、環境技研でも環技研でもありません、こちらは国環研ですと言いつつ回っている。

さて、環境研は平成2年の設立以来、青森県六ヶ所村に立地されているわが国初の商用使用済み核燃料再処理施設（大型再処理施設）の安全評価パラメータの裕度確認、青森県民の自然放射線による被ばく線量等の測定を行ってきた。ここでは、これまで行ってきた、また、現在も続けている青森県民の自然放射線被ばく線量測定について書いていく。なぜ、自然放射線による被ばく線量を青森県という狭い地域に限って行っているのだろうか。答えは簡単で、大型再処理施設から排出される放射性核種による被ばく線量の比較対照にするためである。核燃料再処理施設は、ある程度の放射性物質を排出する施設である。事前の線

量評価や運転中の実測値による線量評価も行われ、十分に安全であることは示されているものの、出てくる数値はなじみの無いものであり、これをどう考えてよいか分かりにくい。そこで、自然の状態を受けている線量との対比を行い、目安にしていたであろうというのが趣旨である。

自然放射線によるバックグラウンドの被ばく線量として、国連科学委員会による世界人口の平均値である 2.4 mSv y^{-1} というのは良く知られている数値ではなからうか。それを対比に使えば良いのではと思われるかも知れないが、バックグラウンドの被ばく線量は地域や食生活によって大きく変化する値であり、その平均が 2.4 mSv y^{-1} であるに過ぎない。従って、実際に住んでいるところの値はこうなんですよという方が説得力も増そうというものである。

バックグラウンドの被ばく線量を生じる要因には、1. 大地からの γ 線、2. ラドンとその子孫核種、3. 人体内に存在する放射性核種（内部被ばく）、4. 宇宙線がある。これらの内、1. 大地からの γ 線、2. ラドンとその子孫核種についての県内の調査はほぼ完了しており、3. 内部被ばくの調査は継続中である。4. 宇宙線については県内の実態を測定する予定は今のところない。宇宙線の線量は文献値から予測が可能であり、また、県内における変動も大きなものではないと考えられるためである。そこで、上記の1.～3.について環

*¹ Shunichi HISAMATSU (財)環境科学技術研究所 環境動態研究部 部長

*² Takashi IYOGI 同 副主任研究員

境研が行った県内の調査結果を紹介するが、本稿では1. 大地からの γ 線について記す。

大地には天然の放射性核種として、 ^{40}K 、U系列核種、Th系列核種等が含まれており、 γ 線が放出されている。大地に含まれる放射性核種濃度には、大地を構成する土壤等の成り立ちや種類によって異なり、地域差がある。Abeら(1981)はNaIシンチレーション測定器等を携帯し、全国の γ 線線量率を測定して回った。古川(1993)はその結果を基にガンマ線線量率の日本地図を作成している。しかし、全国を対象にした調査であったため、一つの県内の分布の詳細までは明らかになっていない。

また、野外で γ 線の長期連続測定を行っているとき線量率の変動が観測される。雨が降ると一時的に上昇し、積雪があると雪の遮蔽効果のために低下する。これらは、原子力施設周辺等で環境 γ 線モニタリングを行っている機関では良く知られている事実である。一例として図1に環境研構内で測定している環境ガンマ線線量率の変化を示した。これは、2008年12月14日から15日にかけてのデータであるが、14日16時からのピークは降雨と降雪によりRn子孫核種が地表に降下したためであり、15日13時から積雪により低下している。この他の変動要因として、雷による制動放射線も報告されている(Torii 2002)。従って、正確を期すには年間に亘って測定し、平均的な線量率を求める必要がある。

そこで、パッシブ型の積算線量計を使用

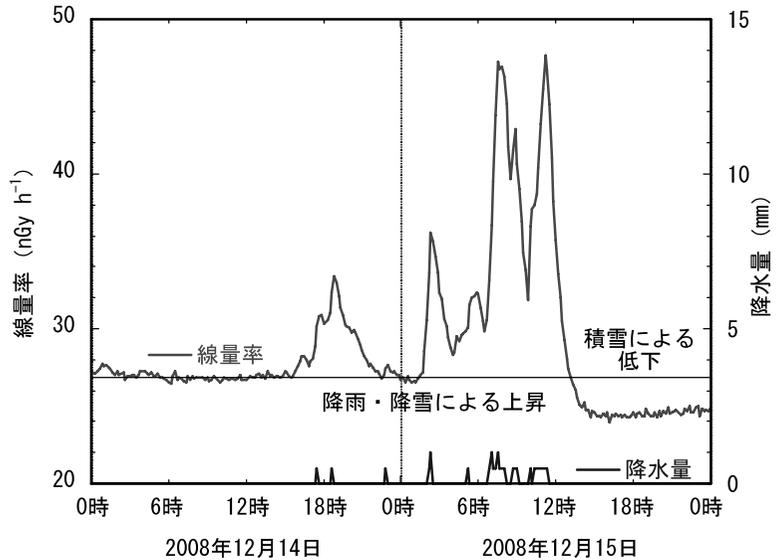


図1 環境研における降水による線量率変化の一例

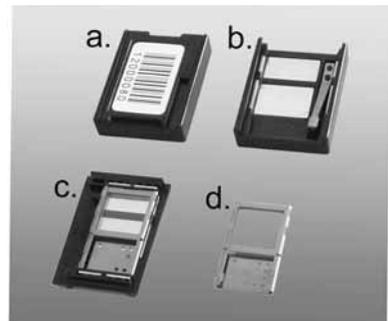


図2 年間平均線量率を求めるために用いたガラス線量計
d.の四角の透明部分が線量計素子
c.に示すように、プラスチックのケースに収め、b.と組み合わせて、a.の形で用いる

することにした。調査を開始した平成4年には、屋外において使用できる素子として、主に熱蛍光(TLD)線量計が使用されていた。しかし、TLD素子の温度による感度変化を補正しなければならず、それには標準照射場が近くに必要であり、煩雑でもあった。そこで、当時屋外でも使われ始めたガラス線量計(SC-1、東芝ガラス(現AGCテクノグラス)、図2)を採用することとした。ガラス線量計も気温が下がる

と感度が低下するが、無視できるレベルであることは、後年、青森県原子力センターとの共同実験により確認している (Iyogi 2004)。更に、TLD 線量計は一度読み出しを行うと、読み直しはできないが、ガラス線量計の場合は複数回の読み出しが可能であることも長所であった。

青森県の市町村単位に測定を行うこととし、各市町村にまず1ヶ所を調査点とした。更に、人口の多い都市部では調査点数を増やし、計109地点を選択した。調査点は住民の居住地区から選び、未耕地の平地で周辺に建物や大きな立ち木が無い所としている。素子を設置箱 (図3) に入れ、3ヶ月ごとに交換してほぼ通年で測定を行った (Iyogi 2002)。測定系は放射線計測協会で標準照射した素子を用いて校正した。一年に測定できる地点には限りがあるため、4年がかりでの調査であった。

図4に結果を示す。これは、宇宙線電離成分等の影響を除くことを意図して、5 cm厚の鉛箱内に納めた素子の線量率をバックグラウンドとして差し引いた値である。市町村人口で重みをつけて平均すると28 nGy h⁻¹となる。

図4を一見して分かるように、青森県内の環境γ線線量率は県の東側 (南部地域) が低く、西側 (津軽地域) で高い。高いと言っても日本の平均は53 nGy h⁻¹ (UNSCEAR2000) であるから、津軽地域の高い所で、ほぼ日本の平均値である。青森

県の土壌には火山灰起源の黒ぼく土が卓越しており、黒ぼく土の分布と線量率が低い地域の分布は良く似ている。火成岩のUやTh濃度はケイ酸濃度に依存し、一般に花崗岩などの深成岩では濃度が高く、火山



図3 ガラス線量計設置箱 (左) と in-situ Ge 半導体検出器 (右)

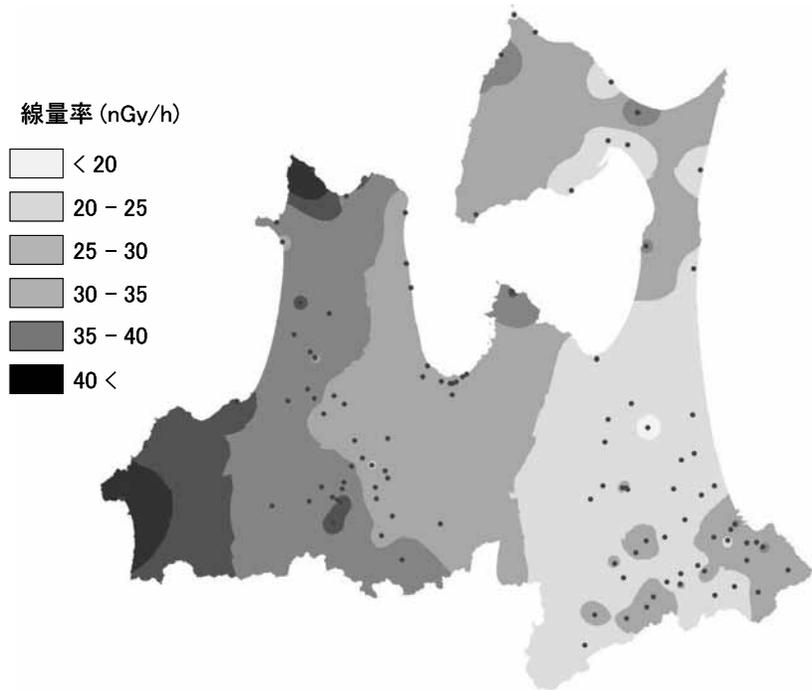


図4 青森県の環境ガンマ線線量率地図 (図中の丸は測定点を示す)

岩中の濃度が低いことは良く知られている。火山灰は細かい火山岩であるため、やはりU等の濃度は低く、例えば、関東ローム層地域の γ 線線量率も低い。

更に、環境ガンマ線線量率に対する各核種の寄与を in-situ Ge 半導体検出器（GAMMA-X25、CANBERRA）により測定した。in-situ とは“その場で”と訳されるが、要は野外に持ち出して γ 線測定を行えるようにした物であり、地表から1 mほどの高さに検出器を下向きにして設えて使用する（図3）。NaI 検出器を用いても同様のことが可能なのだが、こちらは in-situ NaI 検出器とは呼ばれず、単に NaI 検出器と言われる。Ge を利用した検出器は液体窒素で冷却して使用しなければならず、高価でもあるため、実験室内で大事に使うのが普通であった。野外に持ち出すことが考えられたのは比較的最近である。NaI 検出器の方は古くからポータブルタイプとして用いられてきたため、野外に持ち出す機器にわざわざ in-situ と付ける必要はないからであろう。

ともあれ、津軽、南部両地域で各10ヶ所を選定し、in-situ Ge 半導体検出器による測定を行い、放射性核種による線量率への寄与を調べた結果を図5に示した。 ^{40}K 、U 系列核種、Th 系列核種が主な核種であり、津軽地域は全体として南部地域よりも高いが、各核種の寄与率には差はない。天然放射性核種以外に核実験起源の ^{137}Cs が見られるが、線量率は低い。

青森県は全体として環境ガンマ線線量率の低い地域であることが判明したが、これに関連して、もう一つ、面白い事実が分

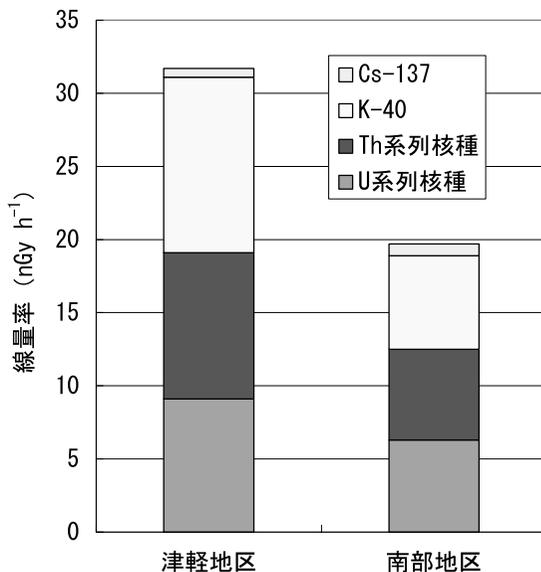


図5 青森県における In-situ Ge 半導体検出器による核種別線量率

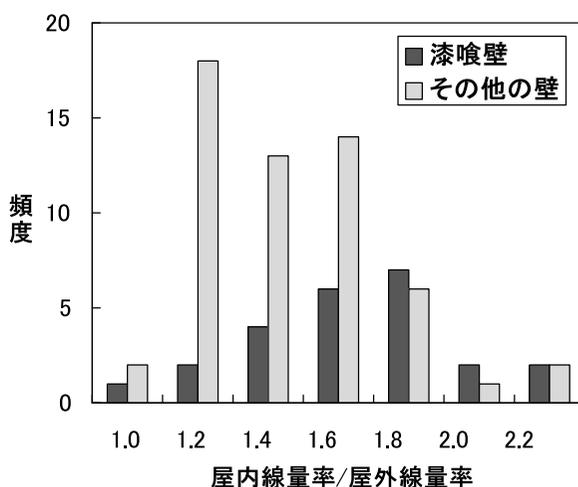


図6 青森県における一般家屋の屋内線量率/屋外線量率比 漆喰の壁を使用した家屋の比が高い

かった。屋外の観測点を設ける際に、近くの民家をお願いして、屋内にガラス線量計を設置し、屋外同様の測定を行った。測定素子の調達の都合等で全地点での測定はできず81地点について行っている。その結果を図6に屋内線量率/屋外線量率の比のヒストグラムとして示した。この図から明ら

かなように、青森県の家屋内の線量率は近傍の屋外の線量率より高いのである。測定した家屋は全て木造建築であり、屋内の線量率は平均すると屋外の1.4倍になった。家屋の建材との関連も調べたが、はっきりした結論は出ず、漆喰壁を使っている場合には他の家屋よりもわずかに高いことが分かっただけであった。これまでの論文では、木造家屋が屋内の線量に与える影響は少ないと報告されていたため (Abe, 1984)、この結果は不可解であった。

ここで、思い当たったのは、研究所周辺の屋外でγ線サーベイメータを持って線量率を測定すると、アスファルト舗装の上は周辺の未舗装の上に較べて明らかに高い線量率を示すことである。家屋の土台や舗装に使った砂利が原因と考えるとこの現象は理解しやすい。学校のグラウンド上も周辺より高い値を示すこととも符合する。グラウンドは水はけを良くするために砂や砂利を敷いた上に作るのが一般的である。この原因の究明のためには砂利を掘り出して放射能を測定するのが手っ取り早いのであるが、残念ながら進んでいない。

以上の結果と UNSCEAR の Sv/Gy 線量換算係数 (0.7) から、青森県民の被ばく線量として、屋外では 0.17 mSv y^{-1} であり、屋内では屋外の1.4倍を取れば良いことが分かった。更に、県内の分布も明らかになり、津軽地域が南部地域に較べて線量率が高いことも判明した。この調査では人口の少ない市町村には1ヶ所の測定点だけを割り当てたが、その後、更に、線量の高かった地域や下北半島を中心として測定点を増やし、細かな線量分布を調査している。調査は平成22年度までに終了し、もう一段分解能の高い線量地図を作成する予定である。

本記事事項は、青森県からの受託事業により得られた成果の一部である。

- Abe S, Fujitaka K, Abe M, Fujimoto K. (1981) Extensive field survey of natural radiation in Japan. J Nucl Sci Technol 18: 21-45.
- Abe S, Fujimoto K, Fujitaka K. (1984) Relationship between indoor and outdoor gamma-ray exposure in wooden houses. Radiat Protec Dosi 7: 267-269.
- Iyogi, T et al. (2002) Environmental gamma-ray dose rate in Aomori Prefecture, Japan. Health Physics, 82: 521-526.
- Iyogi, T et al. (2004) Temperature dependency of radiophotoluminescence glass dosimeter sensitivity. J. Nucl. Sci. Technol. Supplement 4: 470-473.
- Torii, T et al. (2002), Observation of gamma-ray dose increase associated with winter thunderstorm and lightning activity, J. Geophys. Res., 107 (D17): 4324.
- UNSCEAR (2000) Sources and effects of ionizing radiation-UNSCEAR 2000 report, United Nations
- 古川雅英 (1993) 日本列島の自然放射線レベル, 地学雑誌 102: 868-877.

プロフィール



久松俊一

昭和51年に秋田大学医学部公衆衛生学講座に勤務。環境放射能、主として食品、人体中のPu、H-3の測定を行う。平成9年に(財)環境科学技術研究所に勤務、平成17年から同所環境動態研究部長。平成19年より Journal of Environmental Radioactivity 編集者。



五代儀貴

平成3年に環境科学技術研究所に勤務。主に環境γ線やラドン濃度の測定など、環境放射線(能)の青森県の分布や変動要因等に関する調査に従事。

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*¹、黒澤 忠弘*²、齋藤 則生*³
松本 進*⁴、福田 光道*⁵

1. 緒言

2000年より乳癌検診にマンモグラフィが導入されて以降、マンモグラフィの受診者は増加の一途を辿っている。そのため、マンモグラフィ装置の品質管理は一層重要になっている。マンモグラフィにおける線量評価には、平均乳腺線量が用いられている。この平均乳腺線量とは、均一に圧迫された乳房の乳腺組織に吸収された平均線量である。本邦では、厚さ42mmの乳房（脂肪組織50%、乳腺組織50%）に対する平均乳腺線量が3 mGy 以下（2 mGy 以下が望ましい）をガイダンスレベルとして設けている。しかし、平均乳腺線量は直接の測定が不可能である。そこで、乳房表面での線量を計測し、変換係数によって平均乳腺線量に換算している。

$$AGD = Const \times R_{air}$$

AGD：平均乳腺線量

(averaged glandular dose)

Const：換算係数

R_{air} ：入射空中線量

この換算係数は、圧迫乳房の断面を模擬した数学的モデルを用いてモンテカルロ法によって求められており、半価層と管電圧の組み合わせ毎の数値表として与えられている^[1]。したがって、平均乳腺線量の評価には、入射空中線量、半価層、管電圧の3つが同時に計測できることが必要となる。これら3つの量が同時に測定できる線量計として、ガラス線量計があり、マンモグラフィ装置の品質管理用に広く利用されている^[2]。一層の精度向上を目指すため、本標準においてガラス線量計の特性評価を行った。

2. 産総研のマンモグラフィ線量標準

産総研では、2009年3月より、マンモグラフィ線量標準による線量計の校正サービスを開始している。産総研のマンモグラフィ線量標準の詳細については参考文献^[3,4]にゆずり、ここでは簡単に述べる。

産総研のマンモグラフィX線線量標準は、MoアノードX線管球と、厚さ30または32 μ mのMo付加フィルタ（Mo/Mo）の組み合わせの線質で供給を行っている。校正距離は、焦点-規定面間距離で60cmとなっている。また、実際のマンモグラフィでは圧迫板を透過したX線が乳房に照射されるため、圧迫板（3mm厚のポリカーボネート板）を設置した状態での線量標準の供給も行っている。

3. マンモグラフィ用ガラス線量計

ガラス線量計は、ラジオフォトルミネセンス（RPL）現象を利用した線量計であり、蛍光ガラス素子には銀活性リン酸塩ガラスが用いられている。マンモグラフィ用のガラス線量計の写真を図1に示す。

マンモグラフィ用のガラス線量計は、蛍光ガラス素子（GD-450）と、素子の表面に4種類の厚さの異なるアルミニウムフィルタを

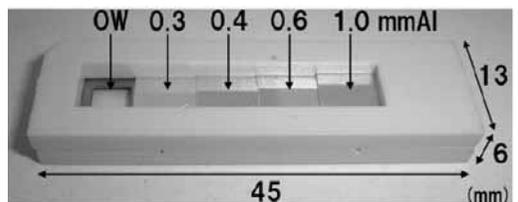


図1 マンモグラフィ用ガラス線量計

*¹ Takahiro TANAKA 独立行政法人産業技術総合研究所 計測標準研究部門 研究員、*² Tadahiro KUROSAWA 同 主任研究員

*³ Norio SAITO 同 室長

*⁴ Susumu MASTUMOTO, *⁵ Kouzo FUKUDA 千代田テクノ

かぶせた構造となっている。アルミニウムの純度は99.9%以上である。各アルミニウムフィルタの厚さは0.3、0.4、0.6、1.0mmとなっており、1回の照射で減弱曲線が測定できる。この減弱曲線から半価層と管電圧を求め、OW (open window、Al フィルタが無い) のガラス素子の蛍光量から入射空中線量を求めることができる。以下で、ガラス線量計の特性評価について述べる。

4. ガラス線量計の特性評価

(1) 校正方法

産総研のマンモグラフィ線量標準場におけるガラス線量計の特性評価の様子を図2に示す。

ガラス線量計は、発泡スチロール製の台座に縦に3つ並べて配置した。後方散乱の影響を最小限にとどめるため、ガラス線量計の台座には、密度の小さい発泡スチロールを用いた。1回の照射で3個のガラス線量計に同時に照射することにより、不確かさの評価を行った。

また、乳房撮影精度管理マニュアル^[1]では、現場のマンモグラフィ装置の線量評価を行う際には、圧迫板を線量計の直前(焦点側)に置くようになっている。この点を踏まえ、今回の特性評価においても、ガラス線量計の実効中心から管球側に5mmの位置と、予め校正した電離箱式線量計 (PTW23344) の入射窓から5mm管球側に、それぞれ圧迫板を設置した。

- ガラス線量計の特性評価の手順は、
- ①PTW23344で、空気カーマ率を測定
 - ②ガラス線量計をその場へ移動



図2 産総研におけるガラス線量計の特性評価の様子

- ③ガラス線量計に照射 (照射時間を記録)
- ④PTW23344を照射位置に戻す
- ⑤再度、PTW23344で空気カーマ率を測定

①と⑤で測定した空気カーマ率の平均値と、③の照射時間との積が、ガラス線量計に照射された空気カーマの絶対値となる。

以上の手順で24、26、28、30、32kVの5種類の線質でガラス線量計への照射を、各線質で3回ずつ行った。

実際のマンモグラフィ装置を考慮し、照射野は180×240mm (縦×横) とした。空気カーマ率は各線質とも0.3mGy/s程度で、1回の照射時間は約30秒で行った。

(2) 入射空中線量

RPL 蛍光量が線量に比例することから、入射空中線量 R_{air} は、OW のガラス素子の RPL 蛍光量 x_0 から求めることができる。つまり、

$$R_{air} = f \times x_0$$

f : エネルギー補正係数

となる。各線質において、このエネルギー補正係数を、PTW23344で測定した空気カーマの絶対値と、OW の RPL 蛍光量との比として求めた。ただし、ガラス線量計のエネルギー特性により、このエネルギー補正係数は線質に依存する。そこで、ここでは以下のように半価層 (HVL) の2次式として近似した (図3参照)。

各線質の1回目の照射のデータから回帰係数 α 、 β 、 γ を求め、2、3回目の照射データの評価を行った (表1)。また、入射空中線量の不確かさの評価結果を表2に示す。

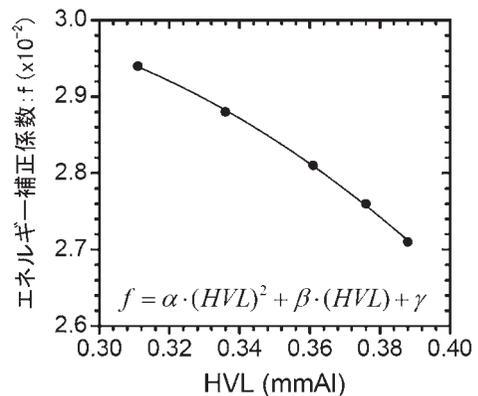


図3 半価層とエネルギー補正係数の関係

表 1 入射空中線量*の比較結果

管電圧 (kV)	産総研 (mR)	ガラス線量計 (mR)	比
24.0	0.989	0.989	1.00
	0.986	0.987	1.00
26.0	0.861	0.866	1.01
	0.861	0.870	1.01
28.0	1.001	1.016	1.01
	1.003	1.015	1.01
30.0	0.937	0.942	1.01
	0.938	0.949	1.01
32.0	1.117	1.126	1.01
	1.108	1.121	1.01

(*乳房撮影精度管理マニュアル^[1]に基づいて、ここでは入射空中線量の単位をレントゲン[R]とした。)

表 2 入射空中線量の不確かさのバジェット表

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	R _{air} の相対標準不確かさ
蛍光量の不確かさ	1.0%		1	1.0%	1.0%
補正係数 <i>f</i> の不確かさ	1.6%		1	1.6%	1.6%
相対合成標準不確かさ		正規			1.9%
相対拡張不確かさ		正規 (k=2)			3.8%

以上の結果から、入射空中線量について、1%程度の差で良く一致していることが確認された。

(3) 半価層

ガラス線量計には、厚さの異なるアルミニウムフィルタがあるため、1回の照射で減弱曲線が測定できる。しかし、このガラス線量計で測定した減弱曲線は、産総研で予め測定した減弱曲線(0~1.0mmまで0.1mmステップ、純度99.999%以上のアルミを使用、以下、標準減弱曲線とする)と比較すると、全体的に透過率が高くなっている(図4参照)。

マンモグラフィ用のガラス線量計では、ガラス素子の表面(線源側)でRPL蛍光量を測定している。これは、マンモグラフィでは一般撮影など他の放射線診断と比べると低い実効エネルギー(~15keV程度)の軟X線が用いられているためである。し

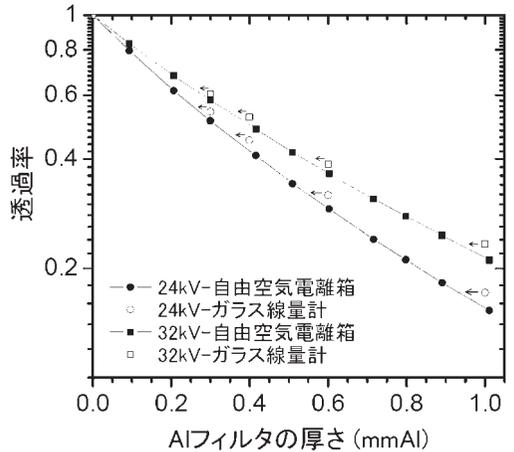


図 4 減弱曲線の比較の一例

かし、アルミフィルタとガラス素子がほぼ接しているため、ガラス素子の表面でのRPL蛍光量にはアルミフィルタからの散乱線が含まれている。そのため、減弱曲線が全体的に高くなると考えられる。そこで、ガラス線量計で測定した減弱曲線が、標準減弱曲線に合うように、ガラス線量計のアルミフィルタの実効的な厚さを評価する(図4中の矢印を参照)。アルミフィルタの実効的な厚さは、図4から分かる通り、物理的な厚さよりも薄くなる。今回の線質では、実効エネルギーが大きく変化しないため、この厚さの補正量は、線質に依らずほぼ一定となった。この厚さの補正量についても、各線質の1回目の照射を基に決め、2、3回目の照射データの評価を行った。以下の議論では、ガラス線量計で測定した減弱曲線の横軸は、この補正した実効的な厚さとする。

ガラス線量計で測定した減弱曲線を

$$t = a \cdot (\log I)^2 + b \cdot \log I + c$$

t: Alフィルタの実効的な厚さ(mm)

I: 透過率

という関数でフィッティングし、*I* = 0.5での*t*の値として半価層(HVL)を算出している。つまり、半価層は、

$$(HVL) = a \cdot (\log 0.5)^2 + b \cdot \log 0.5 + c$$

となる。

表3 半価層の比較結果

管電圧 (kV)	産総研 (mmAl)	ガラス線量計 (mmAl)	比
24.0	0.310	0.314	1.01
		0.313	1.01
26.0	0.336	0.338	1.01
		0.336	1.00
28.0	0.359	0.356	0.99
		0.357	0.99
30.0	0.377	0.376	1.00
		0.376	1.00
32.0	0.393	0.390	0.99
		0.388	0.99

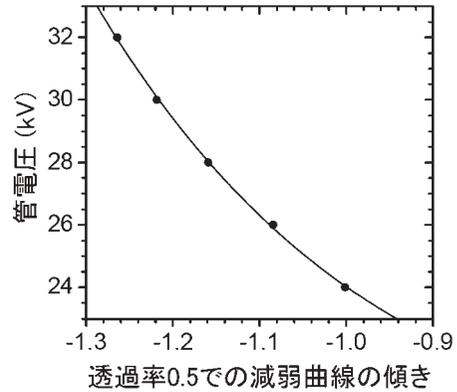


図5 減弱曲線の傾きと管電圧の関係

表4 半価層の不確かさのバジェット表

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%

2、3回目の照射データの半価層の評価を行った。その結果を表3に、不確かさの評価結果を表4にそれぞれ示す。

入射空中線量と同様に、半価層についても1%程度の差で良く一致していることが確認された。

(4) 管電圧

ガラス線量計で測定した減弱曲線において、透過率0.5における傾きは管電圧に依存している。そこで、以下のように、透過率0.5での減弱曲線の傾きから管電圧を求めた。

減弱曲線のフィッティング式を透過率で微分すると、

$$\frac{dt}{dl} = 2a \frac{\log I}{I} + \frac{b}{I}$$

となるので、透過率0.5での減弱曲線の傾きは、

$$t'_{0.5} = 2a \frac{\log 0.5}{0.5} + \frac{b}{0.5}$$

となる。この傾きと管電圧 (kV) との関係は

$$(kV) = \exp \{ A \cdot (t'_{0.5})^2 + B \cdot (t'_{0.5}) + C \}$$

という式に良くフィットした(図5参照)。

各線質の1回目の照射のデータから回帰係数A、B、Cを求め、2、3回目の照射データの評価を行った。管電圧について、表5に比較結果を、不確かさの評価結果を表6にそれぞれ示す。

以上の結果から、管電圧について、2%程度の差で良く一致していることが確認された。

(5) 平均乳腺線量

平均乳腺線量 AGD は、乳房撮影精度管理マニュアルに半価層と管電圧の組み合わせ毎の数値表として掲載されている換算係

表5 管電圧の比較結果

管電圧 (kV)	ガラス線量計 (kV)	比
24.0	24.3	1.01
	24.0	1.00
26.0	25.9	1.00
	25.6	0.98
28.0	27.7	0.99
	27.7	0.99
30.0	30.0	1.00
	29.7	0.99
32.0	31.7	0.99
	32.0	1.00

表6 管電圧の不確かさのバジェット表

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	管電圧の相対標準不確かさ
減弱曲線の傾きの不確かさ	0.6%		1	0.6%	1.0%
産総研の管電圧の不確かさ	0.4%		1	0.4%	0.4%
合成標準不確かさ		正規			1.1%
拡張不確かさ		正規 (k=2)			2.2%

表7 平均乳腺線量の不確かさのバジェット表

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%

数 k と入射空中線量との積で求めることができる。

$$AGD = k \cdot R_{air}$$

次に、換算係数 k を管電圧と半価層の関数として近似した。

$$k = l \cdot (kV) + m \cdot (HVL) + n$$

以上より、平均乳腺線量 AGD は、

$$AGD = \{l \cdot (kV) + m \cdot (HVL) + n\} \cdot R_{air}$$

となり、(2)~(4)節で求めた入射空中線量、半価層、管電圧により求めることができる。

また、AGD の不確かさを評価した結果を表7に示す。

5. まとめと展望

今回、産総研の線量標準において、マンモグラフィ用のガラス線量計の特性評価を行った。その結果、半価層、管電圧、入射空中線量ともに、相対拡張不確かさの範囲内である2%以内で一致することを確認した。また、平均乳腺線量の不確かさを評価した結果、相対拡張不確かさが5%であった。以上の結果から、このマンモグラフィ用のガラス線量計は、品質管理用の線量計として十分な精度があるといえる。

マンモグラフィでは Mo/Mo の線質以外に、Mo/Rh や Rh/Rh などの線質の X 線が利用されている。今後はこれらの線質の線量標準の開発などを予定している。また、当所のマンモグラフィ X 線標準と実際のマンモグラフィ装置の X 線との相違を評価し、線量計測結果への影響を検討していく予定である。

【参考文献】

- [1] (株)日本放射線技術学会放射線撮影分科会：放射線医療技術学叢書(14-2)．乳房撮影精度管理マニュアル(改訂版)，(1999)．
- [2] 松本進、鈴木隆二、福田光道：ガラス線量計マンモグラフィ用 QC パッジの測定方法、FBNews No.385 14-18.
- [3] 田中隆宏：産業技術総合研究所におけるマンモグラフィ用 X 線標準場、計測分科会誌 Vol.17, No.1, 20-23.
- [4] 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、FBNews No.393 1-4.

***** プロフィール *****



田中隆宏

2008年に産総研に入所し、軟 X 線の標準を担当している。また同時に、マンモグラフィ用の軟 X 線標準の開発を行っている。現在、主に軟 X 線標準の国際比較およびマンモグラフィ標準の開発に従事している。



齋藤則生

1984年に電総研、今の産総研に入所し、シンクロトン放射を用いた単色軟 X 線計測などの研究開発を行ってきた。産総研になってからは、放射線標準研究室の室長として、X 線などの国家標準の開発・国際比較などに携わってきた。現在は、マンモグラフィ X 線標準、医療用リニアックからの高エネルギー X 線水吸収線量標準開発、X 線自由電子レーザーの計測技術などの開発を進めている。



黒澤忠弘

2000年に電総研、今の産総研に入所し、 γ 線、X 線を中心に線量標準の開発、供給業務に従事。特に、線量当量の標準開発を進めている。

環境および個人中性子線量計の開発 ①



中村 尚司*

放射線防護の観点からは、中性子線量の測定が必要となる。線量は、エネルギースペクトルの測定値に中性子フルエンスから線量当量への換算係数を掛けて求めることも出来るが、一般的には線量計を用いて直接線量当量を求める簡便な方法が使われている。線量測定には、空間環境中の線量測定と個人の外部被曝による線量測定との2つがある。国際放射線防護委員会 ICRP で勧告され、国内の放射線障害防止関係法令で定められているように、防護の目的には実効線量 (Effective Dose) や等価線量 (Equivalent Dose) が使われるが、測定に使う実用量として、空間線量には周辺線量当量 (Ambient Dose Equivalent)、個人線量には個人線量当量 (Personal Dose Equivalent) が使われている。従って、中性子線量計には、この2種類の線量を測定する検出器を開発することが必要になる。ここでは、筆者がこれまで行ってきたこの2種類の線量計の開発について述べることにしたい。

電子シンクロトロン (ES) と加速器が3台もあるところで、加速器運転とともに変化する周辺環境中の中性子エネルギースペクトルの測定は、当時良い検出器もなく非常に困難を極めた。これを避けるためには線量当量計、いわゆるレムカウンタを用いるのが最も簡単でいいが、当時国産のレムカウンタは全くなかった。当時一番広く使われていたレムカウンタは、スウェーデンのスタズヴィック (Studsvik 2202D) 製のもので、サーベイメータとしては非常に優れていたが、感度が低くて、環境中での低線量の測定には使えなかった。何とか国産のレムカウンタが欲しいと思って富士電機にレムカウンタを作ることをお願いしたが、どれだけ売れるかわからないからといってなかなかやろうとしないので、それなら自分たちでもっと高感度のレムカウンタを開発しようとして鈴木敏和氏 (富士電機、現：放医研) を誘って始めたのが、その後大きな発展をもたらすことになった。

1. 空間線量計の開発

1) レムカウンタの開発

昭和50年初頭の頃は、一般的に使われていた中性子測定器はBF₃検出器の周りにパラフィン減速材を巻いて、カウント数を出力表示するものであり、線量当量への換算は自分で決めなければならなかった。その換算係数は中性子エネルギーによって大きく変化するので、係数の決定にはエネルギースペクトル測定が必要であるが、当時筆者が働いていた東京大学原子核研究所のようにサイクロトロン2台 (FM, SF) と

中性子に対するエネルギー特性が、ICRP の定めるフルエンス線量当量換算係数 (当時は ICRP51 にある換算係数^[1]、現在は ICRP74 にある換算係数^[2]、図1に示す^[3]) に出来るだけ近くて、環境中の中性子測定に適した感度の高い方向依存性の少ない検出器の開発を目指すことにした。レムカウンタは、熱中性子検出器のまわりを含水素中性子減速材 (ポリエチレン等) で取り囲む方式なので、熱中性子検出器として、出来るだけ熱中性子検出感度の高いものを選び、減速材も方向依存性がない球形にすることにした。こうして、LND 社製の2インチ径 (5.08cm) および5インチ径 (12.7cm) で、³He ガスを5

* Takashi NAKAMURA 東北大学名誉教授

気圧から10気圧含む高感度の³Heカウンタを見つけて、その周りを球形のポリエチレン減速材で取り巻き、内部に熱中性子吸収材（ボロン入りゴム）を持つ高感度レムカウンタを開発した。この検出器の感度を出来るだけ高くして、しかもエネルギー特性の良いものを開発するために、今ならばモンテカルロコードを駆使して最適設計をすることは簡単だが、当時はそのような手段も無くて、1次元ANISNコードの共役計算法を用いて苦勞して計算したものである。計算だけではなかなか確信が持てないので、減速材と吸収材を実際にいくつか作って、当時核研近くの田無にあった電総研（現在、産総研）に、その後つくばに移ってからよく行っては、単色中性子を使ったエネルギー特性測定を行って、減速材と吸収材の組み合わせを何度も試行錯誤して、最適設計を決めるのに数年掛かった。こうして生まれたのが、2インチ径および5インチ径³Heカウンタ内蔵の高感度レムカウンタである^[4]。

この高感度レムカウンタのうち2インチ径³Heカウンタ内蔵のものは、1985年に富士電機から図2に示す可搬型のレムサーベイメータ、固定設置型のレムエリアモニタとして市販され、ロングセラー製品となり、国内外の様々な施設で用いられている^[5]。なお、5インチ径³Heカウンタ内蔵のものは、特注品となっている。この2インチ径および5インチ径³Heカウンタ内蔵の高感度レムカウンタは、世界で最も早く市販され、今も広く使われているレムカウンタ(Studsvik 2202D)と比べて、それぞれ10倍、70倍も高い感度を持ち、現在も世界中の市販品の中で最も高感度な製品である(図3に示す^[3,4])。図1、図3から分かるように、レムカウンタは線量当量換算係数にそのエネルギー特性を合わせたものであるが、約100keVから100eVの間のエネルギーでは数倍の過大評価を与える。これは現在市販のレムカウンタ全てがそうであるが、実際の放射線環境中では中性子エ

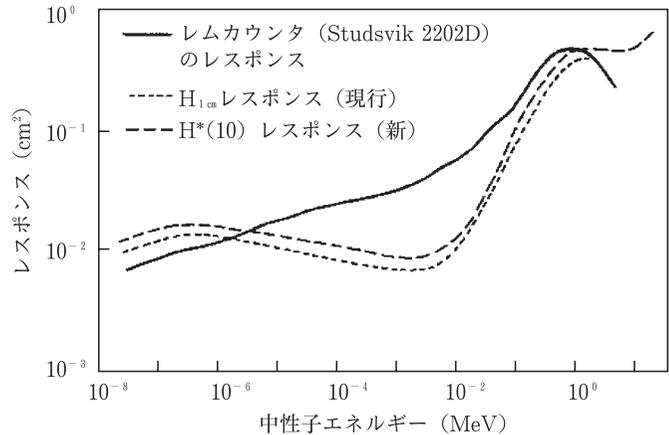


図1 ICRP51（現行）とICRP74（新）に定めるフルエンスー周辺線量当量換算係数およびレムカウンタの応答関数との比較



Neutron Rem Counter
NSN21001
4.0cps/(Sv/h) ± 20%



Neutron Rem area
NDN1NA13
2.7cps/(Sv/h) ± 20%

図2 富士電機で製品化された高感度レムカウンタの外観図
(上がサーベイメータ、下がエリアモニタ)

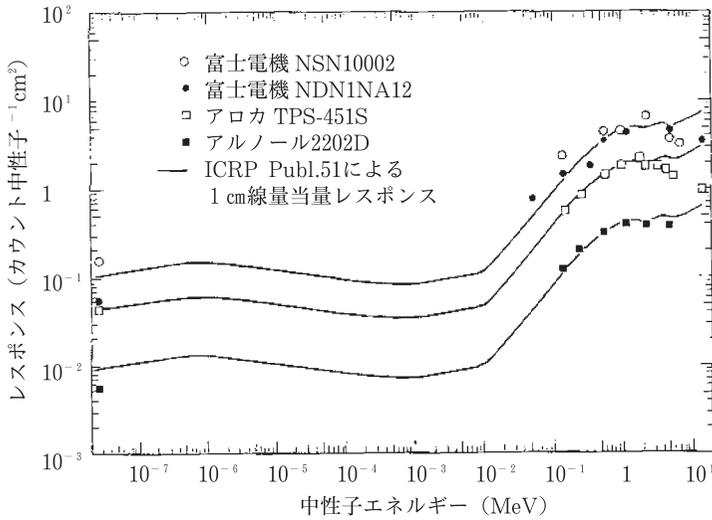


図3 各種レムカウンタのエネルギー応答関数の比較



図4 軽量レムカウンタの外観

エネルギーは連続エネルギー分布を持っているし、このエネルギー領域は線量への寄与も小さいので、放射線防護の観点からは安全側の評価を与えることから、標準的な線量測定器として世界中で使われている。

ただし、レムカウンタはポリエチレン減速材を用いているために、重量が重いのが欠点であり、市販品で最も軽い富士電機製のレムサーベイメータでも8kg弱ある。そこで、減速材を使わずに、感度は少し低くなるが重量を約2kgと軽くした軽量レムカウンタを、

富士電機システムズと共同で開発した。これは、減速材を全く使用せずに窒素とメタンの混合ガスを封入した比例計数管で、スペクトル加重関数 $G(E)$ を用いてエネルギー特性をICRPの定めるフルエンスー線量当量換算係数に可能な限り一致させたものである^[6]。図4にその外観を示し、図5に²⁵²Cf中性子場を基準とした様々なスペクトルを持つ中性子場におけるエネルギー特性を示すが、熱中性子からMeV領域までの広いエネルギー範囲に渡って、線量当量を40%

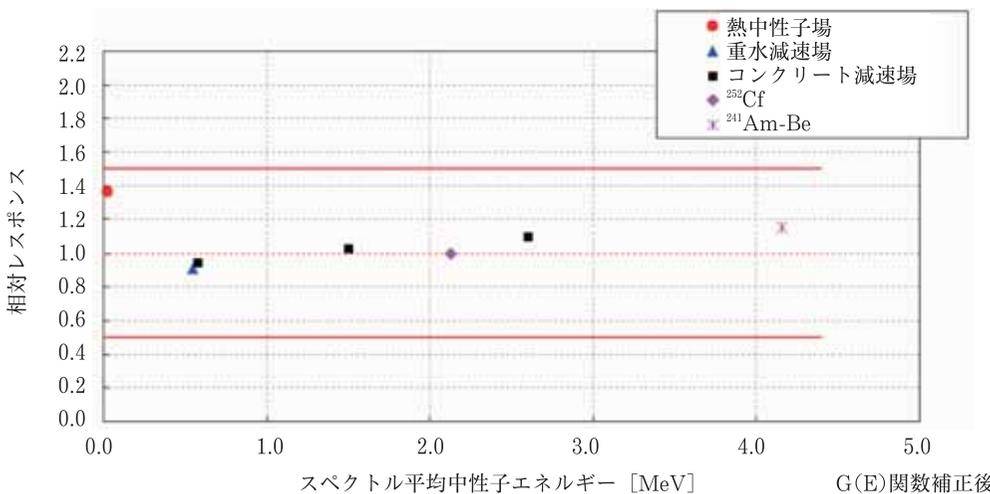


図5 ²⁵²Cf 中性子場を基準とした様々なスペクトルを持つ中性子場における軽量レムカウンタのエネルギー特性

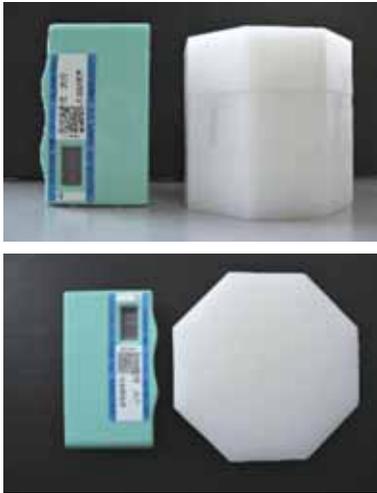


図6 パッシブ型の環境中性子積算線量計の外観（上：側面、下：上面）

以内の良い精度で与えている^[6]。この製品は本年2月に富士電機システムズ(株)から市販された。

一方パッシブ型の環境中性子積算線量計として、千代田テクノと共同で、後に述べる固体飛跡検出器 CR39 をポリエチレン減速材に内蔵した小型で安価なレムカウンタの開発も進めている^[7]。図6にその外観を示す。これは放射線施設内の様々な場所に固定設置して、中性子の積算線量当量を測定することを目的としていて、角度特性が平坦になるように、複数個の CR39 を用いている。また、エネルギー特性を良くするために、後の個人線量計（ワイドレンジニュー

ピットバッジ）と同じく、低速中性子用と高速中性子用の2種類の CR39 を組み合わせて用いている。エネルギー特性の測定結果を計算値と比較して図7に示す。線量当量換算係数との一致は良好である^[7]。また、加速器周辺環境の中性子場でその性能テストが行われた^[8]。

2) ボナーボールの開発

一方、中性子の線量測定にずっと長く使われている多減速材付き中性子スペクトロメータ（いわゆるボナーカウンタ）がある。これは、熱中性子検出器を取り巻くポリエチレン減速材の厚さを変えて応答関数を変化させ、アンフォールディングによってエネルギースペクトルを得て、それにフルエンスー線量当量換算係数を掛けて線量当量を求めるものである。非常に簡単に熱中性子から高エネルギーまでの広範囲の中性子エネルギースペクトルが得られるので、今でも世界中で広く使われている。当初核研での環境中の中性子測定に BF₃ カウンタを用いた円筒形のボナーカウンタを使用したが、方向依存性がない球形でしかもっと高感度のボナーカウンタ（ボナーボール）が必要になった。こうして2インチ径の球形 ³He カウンタ（10気圧）内蔵の高感度ボナーボール^[9]及びインジウム放射化検出器内蔵のガンマ線に不感なボナーボール^[9]を上叢義朋氏（当時核研、現在理研）と共同で開発した。ボナーボールは既に広く使わ

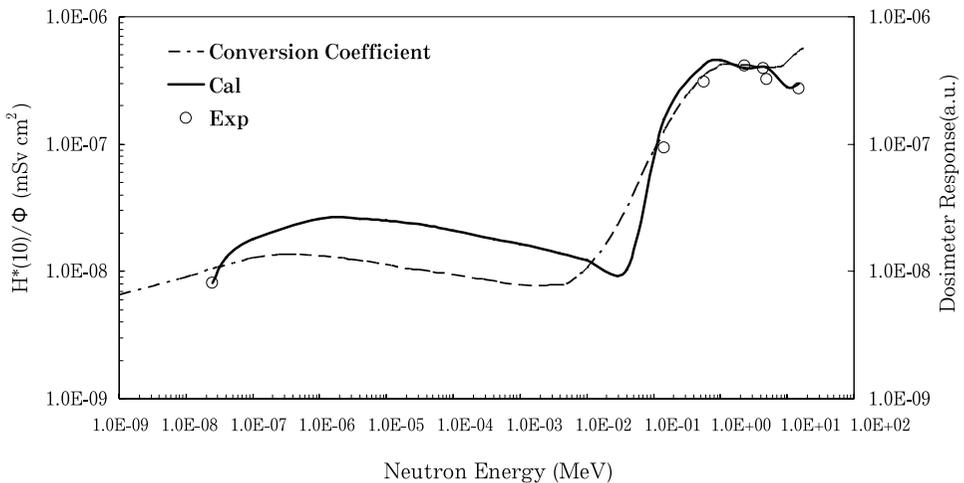


図7 線量計のエネルギー特性と中性子フルエンスーH*(10)換算係数曲線

れていたが、我々は高感度を目指すと共に、出来るだけ減速材の数を減らしてより簡便なものにすることを工夫した。外国で使われているものは10個以上の減速材を使用していたのに対して、わずか5個（減速材厚さ0, 1.5, 3, 5, 9cm）で良いことを見出した。この³He カウンタ内蔵のボナーボールはその後国内のあちこちで同じ物が作られ、今や国内では標準検出器となっている。この検出器の応答関数を求める時に、³He (n,p) 核反応断面積の値をどの熱エネルギー（温度）の値にするかが問題である。ポリエチレンの厚さが変わると、その中での熱エネルギーも変化するので、その値を計算で評価し^[10]、それに対応する断面積の値を求めるのに苦労したことを覚えている。この値を元にモンテカルロコードによる計算で求めた応答関数は、単色中性子を用いた測定で精度を評価したが、大抵の場合は良く合ったけれども時たまかなり違う場合もあって、計算と実験のどちらが正しいか良く議論したものである。今は、1GeV までモンテカルロ計算で求めた応答関数を用いている^[11]。

ボナーボールは、少ない測定値から、それより遥かに多いスペクトルをうるために、初期推定値が不可欠であり、得られる結果もその推定値に強く影響される欠点がある。しかし、測定器が簡便であり、環境中での測定に非常に便利

で、しかも熱中性子から高エネルギーまでの広範囲の中性子エネルギースペクトルが得られることから、今でも世界中で広く使われている。この特徴を良く知って使うことが求められる。

その後15年ほど経って、宇宙開発事業団（NASDA：現 JAXA（宇宙航空研究開発機構））が宇宙環境測定用にこのボナーボールと全く同じ構造のものを三菱重工と三菱総研に製作依頼し、BBND と名づけてロシアのスペースシャトル内や NASA から依頼されてアメリカのスペースステーション（US Module）内で、宇宙線中性子測定を行い、宇宙船内で初めて中性子スペクトルを得ている^[12,13]。また、この図8に示す BBND は日本の実験モジュール（きぼう）にも搭載されている。思いがけず昔の測定器開発が役に立ったわけで、宇宙開発事業団から表彰された。2009年7月に打ち上げられたスペースシャトルで「きぼう」の船外実験プラットフォームが打ち上げられ、若田光一宇宙飛行士によって国際宇宙ステーション（ISS）の日本実験棟「きぼう」が完成したが、そのプラットフォームに宇宙環境計測ミッション装置（SEDA-AP）があり、その中にこの BBND も設置されていて、その後無事に作動し宇宙線中性子の測定データが送られて来ている。今後の観測結果が楽しみである。

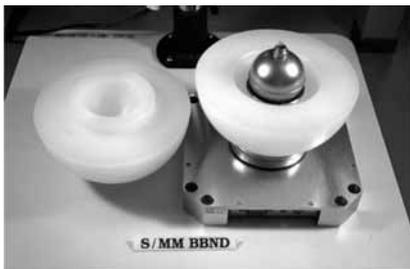


図8 JAXA が製作したボナーボールの写真

3) その後の展開

近年になって、宇宙線による航空機乗務員の被曝や、半導体集積メモリーデバイスの宇宙線中性子ソフトエラーが問題になり、宇宙線中性子測定が脚光を浴びようになり、この研究が重要性を増し、地上における宇宙線中性子のスペクトルと線量の時系列測定を³He カウンタ内蔵のボナーボール、高感度レムカウンタ、有機シンチレータを用いて、2000年10月から3年余り継続して行った^[14]。この測定は、現在日本分析センターで継続して行われている^[15]。

なお、これに関連して、筆者等は2008年4月に Terrestrial Neutron-Induced Soft Errors in Advanced Memory Devices という英書を World Scientific Publishing Company から出版した^[16]。

※参考文献は次号に掲載いたします。

「第22回 放射線夏の学校」・「第17回 夏期セミナー」開催のご案内

放射線夏の学校では、若手の研究者の育成を目的に、線量計の原理や特性等の基礎的な話から応用分野まで幅広くご講演いただくほか、若手研究者によるポスター発表が行われます。さらに、今回は、茨城県平磯海岸で見られる白亜紀に形成された地層についての講演も企画しております。皆様お誘い合わせの上、奮ってご参加ください。

1. 期 日：平成22年 8月2日(月)～8月4日(水)
2. 会 場：茨城県開発公社 いこいの村溜沼 (<http://www.ikoinomurahinuma.com/>)
3. 共同開催：応用物理学会放射線分科会、日本原子力学会放射線工学部会
日本保健物理学会、日本放射線安全管理学会、放射線計測研究会

4. 講演：

8月2日

- | | | |
|-------------------------|-------|-----------|
| 「積算型固体個人被ばく線量計の原理とその応用」 | 南戸 秀仁 | 金沢工業大学 |
| 「ガラスバッジの取り扱いと線量測定」 | 坂井 達也 | 千代田テクノ |
| 「放射線線量の国家標準と不確かさについて」 | 黒澤 忠弘 | 産業技術総合研究所 |
| 「放射線計測器校正の現状」 | 佐藤 典仁 | 千代田テクノ |
- 特別講演「持続的発展における原子力エネルギーと放射線技術の役割 -国際的視点から-」
町 末男 元 国際原子力機関

8月3日

- 特別講演「ようこそ、アンモナイトの海へ -平磯海岸の白亜紀層-」
天野 一男 茨城大学
- 記念講演「中高エネルギー荷電粒子に対する無機シンチレータの発光特性に関する研究」
古場 裕介 放射線医学総合研究所

8月4日

- | | | |
|--------------------------|-------|-------------|
| 「新しい機能性ガラス線量計開発の試み」 | 飯田 敏行 | 大阪大学 |
| 「航空技術の発展と宇宙線被ばく」 | 保田 浩志 | 放射線医学総合研究所 |
| 「多段サイクロトロンシステム RIBF の挑戦」 | 福西 暢尚 | 理化学研究所 |
| 「J-PARC における研究」 | 柴田 徳思 | 日本原子力研究開発機構 |

5. 見学（8月3日）：日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター
千代田テクノ（ラディエーション・モニタリング・センター、校正施設）
6. 参加申込締切：6月20日(日)、予稿原稿締切：7月7日(水)、定員数：80名
7. 参加費（テキスト代、宿泊費、懇親会費含む）：
一般：36,000円、学生（学会非会員）22,000円、学生（学会会員）18,000円
8. 申込方法：申し込み用紙、予稿フォーマット（発表者）を下記ホームページからダウンロードして、それぞれを下記事務局に e-mail でご送付ください。

問合せ先：放射線夏の学校事務局

e-mail：school@c-technol.co.jp

URL：http://zfine.la.cocan.jp/technol2/school/index.html

マンモ測定サービスのご案内

本号で、独立行政法人 産業技術総合研究所殿に行っていたいただいたマンモグラフィ用ガラス線量計の特性評価についてご案内しておりますが、乳房 X 線装置の品質管理の一助となるべくガラス線量計を用いたマンモ測定サービスを開始いたしました。

乳房 X 線装置の品質管理、定期点検の一助として是非ご検討ください。

【2大特長】

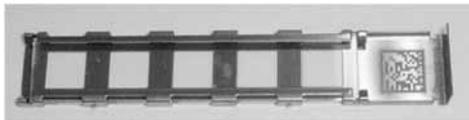
- 1. 安価で測定できる
- 2. 簡便に測定できる

医療施設において高額な測定器を保有していなくても、マンモグラフィ用ガラス線量計を手順書に従って乳房 X 線装置にて照射することにより、受診者の被ばく線量を最小限にする適切な線質であることを確認する為の半価層が簡便に得られます。

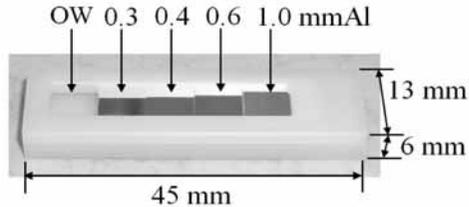
同様に AEC 作動時の平均乳腺線量 (AGD) も簡便に測定でき、適正な線量以下になっているかの判断ができます。

標準サービスは、半価層測定と PMMA ファントム40mm厚での平均乳腺線量の測定を行ないます。(オプション追加として PMMA ファントム20mmおよび60mm厚での平均乳腺線量の測定を行うことができます。)

お申し込み・お問い合わせは最寄の弊社営業所までご連絡ください。



ガラス素子



マンモグラフィ用ガラス線量計ケース

マンモ測定サービス 報告書イメージ

マンモグラフィ品質精度報告書				平成22年3月16日		
〇〇〇〇病院 御中		株式会社 千代田テクノル				
マンモグラフィ品質精度の測定結果を次のとおりご報告いたします。						
			測定日	平成22年3月1日		
項目	測定値			判定		
線質確認 (半価層)	0.35	mmAL	合			
AEC作動確認	40	1.2	mGy	合		
平均乳腺線量 (PMMA厚 mm)	20	0.9	mGy	合		
	60	1.4	mGy	合		
装置名称						
判定"合"条件: 半価層≧管電圧(kV)/100、平均乳腺線量≦3mGy						
設定条件			照射日	平成22年2月22日		
モニタNo	照射条件					
	焦点 / 付加フィルタ	管電圧(kV)	電流時間積 (mAs)	圧迫板(+/-)	備考	
101	Mo/Mo	28	45	-	半価層	
102	Rh/Rh	26	40	+	平均乳腺線量 PMMA40	
103	Mo/Mo	26	40	+	平均乳腺線量 PMMA20	
104	Rh/Rh	30	60	+	平均乳腺線量 PMMA60	
詳細測定値						
モニタNo	半価層(mmAL)		均等度	入射空中線量(mGy)	1mAs当りの入射空中線量(mGy)	実効エネルギー(keV)
	第一	第二				
101	0.35	0.44	0.81	4.0	0.09	15.5
102	0.42	0.55	0.76	4.4	0.11	16.6
103	0.35	0.42	0.83	2.2	0.06	15.4
104	0.46	0.60	0.76	8.2	0.14	17.1

*尚、報告書のイメージは原稿作成日のもので予告無く変更する場合がございます。

平成22年度 放射線取扱主任者試験施行要領

1 試験の日程

第1種試験

平成22年 8月25日(水)、26日(木)

第2種試験

平成22年 8月27日(金)

2 試験地及び試験場所

試験地	試験場所
札幌	東海大学 北海道札幌市南区南沢5条1-1-1
仙台	東北学院大学 宮城県仙台市青葉区土樋1-3-1
東京	成蹊大学 東京都武蔵野市吉祥寺北町3-3-1
名古屋	名城大学 愛知県名古屋市天白区八事山150
大阪	近畿大学 大阪府東大阪市小若江3-4-1
福岡	九州大学 福岡県福岡市東区箱崎6-10-1

3 受験の申込期間

平成22年 5月21日(金)～平成22年 6月21日(月)
(郵送の場合、平成22年 6月21日消印のあるものまで有効)

4 受験料 第1種：13,900円(消費税込み) 第2種：9,900円(消費税込み)

5 申込書の頒布

受験申込書(無料)は、次の方法により入手できます。

- ①頒布機関の窓口で入手する場合：
頒布機関(右記)及び(財)原子力安全技術センター窓口で直接入手できます。
- ②郵送による入手を希望する場合：
「受験申込書〇〇部請求」と朱書きした封筒に、切手を貼り付けた返信用封筒を同封して、(財)原子力安全技術センターに請求して下さい。なお、返信用封筒は角2サイズ(240mm×332mm)(A4が折らずに入る大きさ)とし、郵送切手代は請求部数に応じて次のとおりお願い致します。

請求部数	1部	2部	3～4部	5～9部	10部
切手代金	140円	200円	240円	390円	580円

なお、11部以上請求される場合には、宅配便(着払い)でお送りしますので、FAX又は電子メールにて必要部数・送付先・連絡先をお知らせ下さい。

6 合格発表

文部科学大臣より合格証が交付されます。
また、合格者の氏名は官報で公告されます。
(例年、10月下旬に公告されています)

7 お問い合わせ先

登録試験機関

財団法人 原子力安全技術センター
放射線安全事業部 安全業務部 主任者試験 Gr.
〒112-8604 東京都文京区白山5丁目1番3-101号
東京富山会館ビル4階
TEL 03-3814-7480 FAX 03-3814-4617
ホームページ <http://www.nustec.or.jp/>
電子メール shiken@nustec.or.jp

受験申込書頒布機関

- 札幌 政府刊行物サービス・センター
札幌市北区北八条西2-1-1 (札幌第1合同庁舎内)
TEL (011) 709-2401
- (財)原子力安全技術センター 防災技術センター
青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字野附1-67
TEL (0175) 71-1185
- 東北放射線科学センター
仙台市青葉区一番町1-1-30 南町通有楽館ビル4階
TEL (022) 266-8288
- 仙台 政府刊行物サービス・センター
仙台市青葉区本町3-2-23 (仙台第2合同庁舎内)
TEL (022) 261-8320
- 東京電力(株) エネルギー館
福島県双葉郡富岡町大字小浜字中央378
TEL (0120) 292-194
- (独)日本原子力研究開発機構 テクノ交流館リコッチ
茨城県那珂郡東海村舟石川駅東3-1-1
TEL (029) 306-1155
- (社)日本アイトープ協会 総務課
文京区本駒込2-28-45
TEL (03) 5395-8021
- (社)日本原子力産業協会
港区新橋2-1-3 ヒューリック新橋ビル5階
TEL (03) 6812-7130
- 霞が関 政府刊行物サービス・センター
千代田区霞が関1-2-1 (農林水産省別館前)
TEL (03) 3504-3885
- 大手町 政府刊行物サービス・センター
千代田区大手町1-3-6
TEL (03) 3211-7786
- 中部電力(株) 浜岡原子力館
静岡県御前崎市佐倉5561
TEL (0537) 85-2424
- 北陸原子力懇談会
金沢市尾山町9-13 商工会議所会館3階
TEL (076) 222-6523
- 金沢 政府刊行物サービス・センター
金沢市広坂2-2-60 (金沢広坂合同庁舎内)
TEL (076) 223-7303
- (独)日本原子力研究開発機構 アクアトム
福井県敦賀市神楽町2-2-4
TEL (0770) 24-3918
- 中部原子力懇談会 技術部
名古屋市中区栄2-10-19 名古屋商工会議所ビル6階
TEL (052) 223-6616
- 名古屋 政府刊行物サービス・センター
名古屋市中区三の丸2-5-1 (名古屋合同庁舎第2号館内)
TEL (052) 951-9205
- (財)原子力安全技術センター 西日本事務所
大阪市西区靱本町1-9-15 近畿富山会館ビル9階
TEL (06) 6450-3320
- (財)電子科学研究所
大阪市中央区北久宝寺町2-3-6 非破壊検査ビル
TEL (06) 6262-2410
- 大阪 政府刊行物サービス・センター
大阪府中央区大手前1-5-63 (大阪合同庁舎第3号館内)
TEL (06) 6942-1681
- 四国電力(株) 原子力本部 原子力保安研修所
愛媛県松山市湊町6-1-2
TEL (089) 946-9957
- 広島 政府刊行物サービス・センター
広島市中区上八丁堀6-30 (広島合同庁舎第2号館内)
TEL (082) 222-6012
- 九州エネルギー問題懇話会
福岡市中央区天神1-10-24 天神セントラルプレイス3階
TEL (092) 714-2318
- 福岡 政府刊行物サービス・センター
福岡市博多区博多駅東2-11-1 (福岡合同庁舎内)
TEL (092) 411-6201
- 沖縄 政府刊行物サービス・センター
那覇市おもろまち2-1-1 (那覇第2地方合同庁舎1号館)
TEL (098) 866-7506

サービス部門からのお願い

測定依頼票を紛失したときは…?



平素より弊社のモニタリングサービスをご利用くださいます。誠にありがとうございます。
 測定依頼の際には「測定依頼票」を同封していただきますよう、お願いしております。この帳票は「モニタお届けのご案内」の左下部分にありますので、ミシン目で切り取ってご使用ください。
 もし「測定依頼票」を紛失されたときは、次回分の「測定依頼票」をコピーし、ご使用期間の表記を当該期間に訂正してください。（「測定依頼票」は再発行いたしません）
 コピーなどの方法が取れないお客様は、メモ用紙にご使用期間、返却モニタ個数を記入し、モニタと同封してご返送ください。ご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。

<訂正例>

編集後記

●青森県民の自然放射線被ばく線量測定について、今号から3回にわたって、(財)環境科学技術研究所の久松俊一、五代儀貴両先生にご執筆いただくことにしている。今回は、大地からの γ 線である。測定を青森県に限っているのは、大型再処理施設から排出される放射性核種による被ばく線量の比較対照とするのが目的だからである。線量率は雨が降ると一時的に上昇し、積雪があると雪の遮蔽効果のため低下する。積算線量計をTLDからガラス線量計に替えて、温度補正も無視でき、複数回の読み出しも可能なガラス線量計の長所を実感されておられる。核種分析による線量への各核種の寄与、青森県内の地域差も調べており、線量換算係数(0.75Sv/Gy)を使うと青森県民の被ばく線量は、屋外で0.17mSv/年、屋内はその1.4倍となるそうである。
 ●産総研の田中隆宏先生他には「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」について紹介していただいた。品質管理用の線量計として十分な精度が

と評価されたマンモグラフィ用ガラス線量計を用いて半価層および平均乳腺線量を測定する「マンモ測定サービス」を弊社が開始したことも、本号で案内している。乳房X線装置の品質管理、定期点検の一助としてご検討いただきたい。
 ●東北大学名誉教授の中村尚司先生には、「環境および個人中性子線量計の開発」と題して、中性子の線量測定に使用する線量計の開発について次号にわたって執筆をお願いしている。今号では、昭和50年代から始められたレムカウンタの開発に当たっての高感度化、方向依存性の改善、軽量化への様々な工夫、弊社と共同で開発中の環境中性子積算線量計、宇宙船内の中性子スペクトル測定に用いられたボナーカウンタの開発について紹介されており興味深い。
 ●第22回「放射線夏の学校」が、8月2日から4日まで茨城地区で開催される。放射線の測定原理から応用まで幅広く学ぶことができるので、若い人たちの積極的な参加が望まれる。(M.K.記)

FBNews No.402

発行日/平成22年6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 壽藤紀道

藤崎三郎 丸山百合子 亀田周二 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/株式会社テクノサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円(本体381円)