

京都府近郊の医療施設が保有する電離箱式サーベイメーターの現状 —アンケート調査と校正の試み—

Current state of the ionization chamber type survey meter held by medical facilities of around Kyoto area -Attempt of Questionnaire survey and calibration-

大澤 啓次¹⁾ (35622) 西谷 源展²⁾ (13975) 山根 稔教³⁾ (28758)
大北 哲也⁴⁾ 朝野 聡明⁴⁾ 楠 聡介⁴⁾

1) 済生会京都府病院 診療放射線技師, 2) 京都医療科学大学 教員
3) 公立南丹病院 診療放射線技師, 4) 京都医療科学大学 学生

Key words: Survey meter, calibration, medical facility

【Summary】

In the medical field, radiological technologists use survey meters of many types for the management of radiation facilities. However, the management situation is different in each facility. We performed a questionnaire in order to grasp the present conditions of the radiation meters in medical facilities around Kyoto area. It became clear that many facilities did not perform periodic calibration of the survey meters. We calibrated 53 units of ionization chamber type survey meters utilizing the energy of the diagnostic areas. The measurements results were the average calibration was 0.996, the standard deviation was 0.124. Many ionization chamber type survey meters were old. I felt the need to verify the performance at regular calibration. Kyoto Association of Radiological Technologists made a decision to implement the calibration of ionization chamber type survey meters every year.

【要旨】

私たち診療放射線技師は、医療分野において各種サーベイメーターを使用して放射線管理を行っているが、その管理状況は施設によって異なっている。医療施設におけるサーベイメーターの現状を把握する目的で、京都府下を中心にアンケート調査を行った結果、多くの施設で定期的な校正が行われずに使用されていることが分かった。京都府近郊の医療施設および事業所の電離箱式サーベイメーター53台に対して、X線診断領域のエネルギーで校正を行った結果、平均校正定数は0.996、標準偏差0.124となった。持ち込まれたサーベイメーターは古いものも多く、定期的な校正で性能を確認する必要があると感じた。京都府放射線技師会では毎年校正実習を行うことを決定した。

1. 医療施設でのサーベイメーターの現状

1-1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故以来、一般の人が放射線測定器を購入して使用する場面が多く見られるようになった。これらの放射線測定機器は適切に管理され、正確な線量測定がなされているかは不明である。また医療施設において私たちが使用するサーベイメーターも、校正などの管理状況は施設ごとに異なっており、実態はよく分かっていない。散乱線量や漏えい線量を測定する場合、校正定数が不明な場合は測定結果が不正確となる。「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」および「医療法施行規則」では、共に

医療施設で漏えい線量の測定などに使用されるサーベイメーターに対して毎年の校正が望ましいとしている^{1), 2)}。

医療施設が保有するサーベイメーターの現状を把握するため、京都府下の施設を中心にアンケート調査を行い結果を分析し、実現可能な対策を検討することにした。

1-2. アンケート方法

京都府放射線技師会会員が所属する全施設（132施設）の所属長宛てにアンケート調査書を郵送し、回答は無記名式で返送を依頼した。

その結果、75施設から回答を得られ、回収率は56.8%であった。本研究に関連した質問および回答をTable 1に示す。

1-3. アンケート結果

アンケート結果より33施設に73台の各種サーベイメーターの存在が明らかになり、約半数の37台は電離箱式サーベイメーターであることが判明した。Fig.1に、調査対象の施設が保有しているサーベイメーターの種類を示す。

Keiji Oosawa¹⁾ (35622),
Motohiro Nishitani²⁾ (13975),
Toshinori Yamane³⁾ (28758),
Tetsuya Ookita⁴⁾, Toshiaki Asano⁴⁾, Sousuke Kusu⁴⁾

- 1) Saiseikai Kyoto Hospital
- 2) Kyoto College of Medical Science
- 3) Nantan General Hospital
- 4) Kyoto College of Medical Science (student)

Table 1 Questions and answers of the questionnaire related to this study

Answer and questionnaire (I have excerpted those used in the contents of this paper.)

Q1 Do you own a survey meter?			
yes	33facilities		
no	39facilities		
Rent from suppliers or related hospital	3facilities		
Q2 Answered "yes" Please tell me the number and types			
Ionization chamber type	1unit 25facilities	2units 4facilities	4units 1facility
GM tube type	1unit 13facilities	2units 4facilities	3units 1facility
Scintillation type	1unit 8facilities	2units 1facility	
Proportional counter tube type	2facilities		
Q3 Frequency of use How much is?			
Ionization chamber type	(Appendix)		
GM tube type			
Scintillation type			
Proportional counter tube type			
Q4 Who do you use?			
Radiological technologists	33facilities		
Other	2facilities		
Q5 Who will manage?			
Radiological technologists	33facilities		
Other	4facilities		
Q6 Interval of calibration How much?			
Every year	7facilities		
Every two to three years	11facilities	1)	
Irregular	11facilities		
Do not have calibration	3facilities		
Plan to calibrate future	4facilities		

1) 1facility plan to change to be calibrated every year under the guidance from the Insurance office.

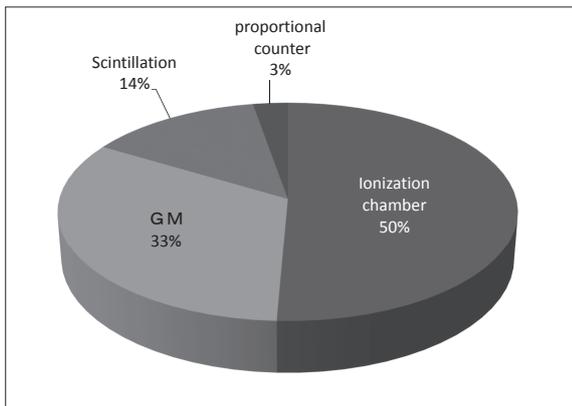


Fig.1 Type of survey meter that each facility is held

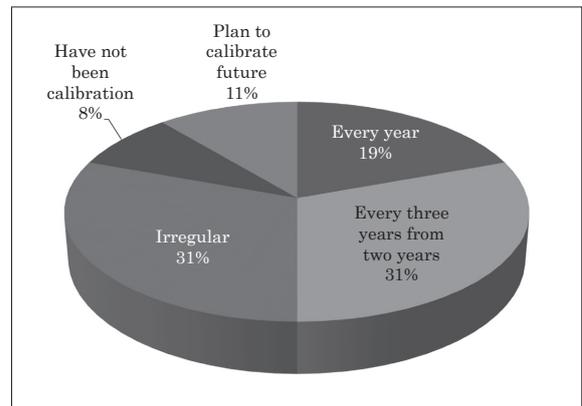


Fig.2 Calibration interval of the survey meter that each facility is held

Appendix Usage of various survey meter that each facility is held

	Every day	Once a week	Once a month	Several times a year	rarely use
Ionization chamber type			9	20	
GM tube type		3	4	5	3
Scintillation type	1	1	3	2	2
Proportional counter tube type				1	1

サーベイメーターを保有する全ての施設で、診療放射線技師が管理および使用に関与しているにもかかわらず、これらの半数は定期的な校正が行われていなかった。毎年校正されているものはFig.2で示すようにわずか19%であった。全く校正を受けていない施設が3施設あり、その理由として費用が高額であること

を挙げている。

使用状況について、GM管式・シンチレーション式に関しては、どちらも「ほとんど使用しない」と回答する施設が存在したが、電離箱式は回答のあった全ての施設で1年に数回以上は使用されていた。各施設の使用状況についてAppendixに示した。

2. 実現可能な対策に向けて

今回のアンケート結果で保有台数が最も多く、回答のあった全ての施設で実際に使用されている電離箱式サーベイメーター（以下、サーベイメーター）に対して、性能や購入時期・管理状況なども含めて把握し、また京都府放射線技師会と京都医療科学大学が中心となり、継続的に校正を行うことが可能か試行することを目的とし、京都府を中心とした医療施設で保有されているサーベイメーターをできるだけ多く集め、データを得ることとした。

2-1. 「サーベイメーター校正の試み」参加施設の募集方法

2012年12月、再度、京都府放射線技師会会員が所属する医療施設132施設を対象に「サーベイメーター校正の試み」に参加する意思があるか所属長宛てに郵送で問い合わせた。またできるだけ多くのデータを集めることにより、製造会社やモデルによる特徴も把握したいと考え、近隣府県の医療施設や事業所にも呼び掛けた。原則各施設持ち込みとし費用は無料とした。

2-2. 募集の結果

京都府内からはサーベイメーターを保有しない施設も含めて69施設から返信があった。校正を実施する前に、対象となるサーベイメーターについて²²⁶Raチェッキング線源によって動作を確認した。その結果、数台のサーベイメーターの指示値に異常があり、これについては校正機種から除外した。26施設から正常に動作している38台が提供された。また近隣の府県の医療施設や事業所から日常の業務で使用している15台も提供を受け、最終的に校正を行うことになっ

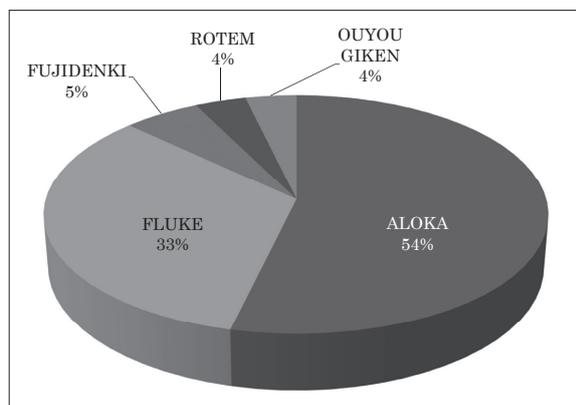


Fig.3 The ratio of Manufacturers (calibrated survey meter in this study)

たサーベイメーターは53台となった。

製造会社別に分けると日立アロカメディカル社（アロカ社を包含している）が最も多く54%、FLUKE社（同型の機種であるVictreen社、INOVISION社、Cardinal Health社を包含している）33%、その他13%（富士電機3台、産業科学2台、応用技研2台）となり、Fig.3に示した。施設ごとに日程を調整し、2013年2月末から4月初めにかけて合計4日間を測定日として設定した。

3. サーベイメーター校正の試み

校正に使用するX線装置は高精度で安定性に優れた機器が必要となる。京都医療科学大学所有の校正専用X線装置および測定器などの設備は、JIS規格に準じて診断領域のエネルギーで電離箱式サーベイメーターの比較校正を行うことが可能である。これらを使用してサーベイメーターの比較校正を行うこととした。

3-1. 使用機器

X線装置：TAITAN 225S

(GE Inspection Technologies)

X線管電圧5～225kV (0.1kVステップ)、
X線管電流0.1～45mA (0.1mAステップ)
で、管電圧・管電流の安定性・再現性は
±0.05%以内となっている。

線量計：RAMTEC 1500B（東洋メディック社）

検出器：DC300（Wellhöfer）

校正を受ける電離箱式サーベイメーター：日立アロカメディカル社、FLUKE社、ROTEM社、富士電機社、応用技研社。主な機種はTable 2に示した。

比較校正に使用した標準線量計は日本放射線技術学会の診断領域線量計標準センター（近畿地区センター）が保有するもので、財団法人日本品質保証機構（JQA）において校正がされている。

Table 2 Main models of survey meter was calibrated (by manufacturers)

Manufacturer	The main models
Hitachi Aloka Medical, Ltd.	ICS301.311.315.321.331
FLUKE, Inc.	450B.450P.451B.451P
Fujidenki, Ltd.	NDR131.NHA
ROTEM, Inc.	RAM DA 2000
ouyougiken, Ltd.	AE-133

Table 3 The measurement accuracy of the X-ray equipment and a reference dosimeter that was used to this study

Number of measurements	Voltage of X-ray tube 70kV		Voltage of X-ray tube 120kV	
	First time	Second time	First time	Second time
1	119.1	119.2	169.8	166.9
2	119.3	119.1	170.0	167.0
3	119.4	119.1	169.9	166.9
4	119.4	119.4	170.1	166.8
5	119.4	119.3	170.0	166.9
6	119.3	119.2	169.9	166.9
7	119.3	119.2	170.2	167.0
8	118.9	119.5	170.2	167.0
9	119.4	119.3	170.0	167.1
10	119.4	119.2	169.9	166.7
Average value (mR)	119.3	119.3	170.0	166.9
Standard deviation	0.1663	0.1269	0.1333	0.1135
Coefficient of variation	0.1394%	0.1064%	0.07840%	0.0680%

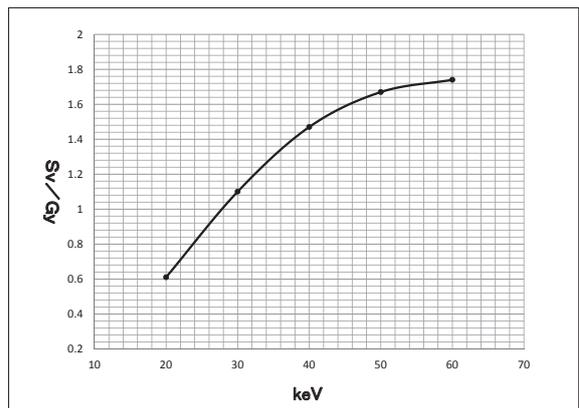


Fig.4 1cm dose equivalent conversion factor tables in 20keV to 60keV

3-2. 基準線量測定精度検討方法

X線装置と基準線量計を組み合わせたときの測定精度を検討するために、管電圧70kV・120kV、管電流40mA、照射距離3.25m・5.0m、照射時間5秒でそれぞれ10回測定を行い、平均値・標準偏差・変動係数(%)を求めた。結果をTable 3に示す。なお測定距離の3.25mは本校正場の設定のための線量測定の基準点となっている。実際のサーベイメーターの校正は5.0mの位置で行った。その結果、線量測定の再現性も良好で、変動計数は0.15%以内と安定した線量測定が確保できた。

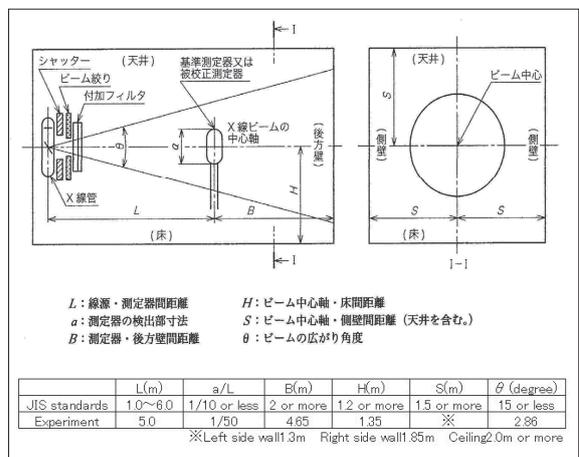


Fig.5 Geometry of JIS and placement of the experiment (reprinted from JIS Z 4511: 2005)

3-3. 校正方法

3-3-1. 1cm線量当量の求め方

サーベイメーターの校正は、JIS Z 4511「照射線量測定器、空気カーマ測定器、空気吸収線量測定器および線量当量測定器の校正方法」³⁾に準じて行った。

校正場の基準となる線量は空気カーマ (Gy) を校正点で測定する。得られた空気カーマからサーベイメーターの表示である1cm線量当量 (Sv) に変換するには、JIS Z 4511³⁾に示されている1cm線量当量換算係数(場所にかかわる1cm線量当量)から求めた係数を乗じることによって求められる。このJISより求めた20~60keVの1cm線量当量換算係数をグラフ化したものをFig.4に示す。診断領域で使用するエネルギーでは急激に換算係数が変化するため、照射に使用したX線エネルギーを正確に測定する必要がある。これには高純度(純度99.99%)のアルミニウムを使用して半価層を求め実効エネルギーを得た。実効エネルギーを求める際の吸収係数の値は、S.M.Seltzer and J.H.Hubbell 前越久監修: 光子減

弱係数データブック. 日本放射線技術学会叢書(II)⁴⁾を参考にした。

この結果、校正に使用したX線は、管電圧70kVでは実効エネルギー33.2keV、換算係数1.21、管電圧120kVでは実効エネルギー42keV、換算係数1.50となった。

3-3-2. 校正の配置

校正場は、Fig.5に示すJIS Z 4511「X線照射の場合」³⁾のジオメトリー通りに配置して、校正場の基準線量を測定した基準点(5.0m)において置換法によって校正を行った。サーベイメーターの時定数を考慮し照射開始から40秒の時点で測定値を求めた。

3-3-3. 校正方法に対する考察

今回の配置では、左側壁方向で1.3mとなつてJISより短くなつてはいるが、ビーム角度 θ は2.86度と非

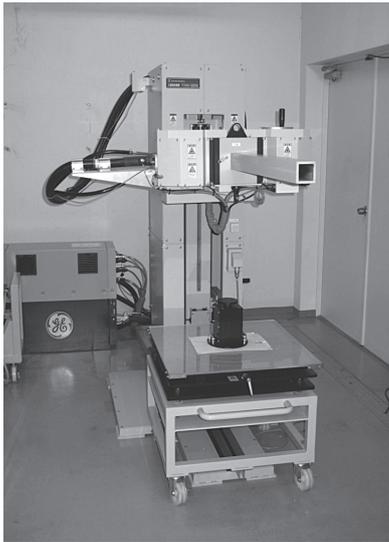


Fig.6 X-ray equipment used for calibration

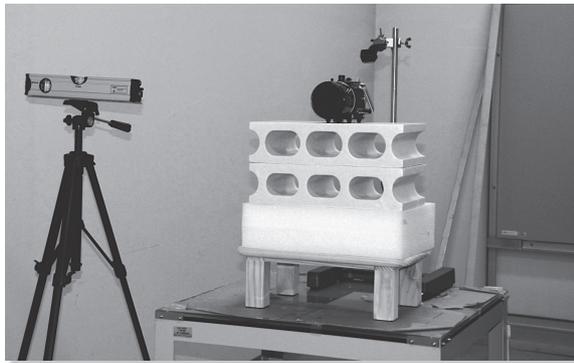


Fig.7 The placement of the survey meter at the time of calibration

常に狭い角度に絞られているために側壁からの散乱X線の発生は少なく、側壁からの影響はほとんど無視できる。後方壁からも4.65mと離れており、後方壁からの散乱X線の影響も無視できる。

またJISでは照射野を円形としているが、本研究ではX線管焦点より1mの位置に5×5cmの絞りを有しており、5.0mの照射位置において25×25cmの正方形となっている。実際に使用したX線装置の写真をFig.6に、サーベイメーターの設置状態をFig.7に示した。

3-4. 校正結果

全てのサーベイメーター53台の70KVでの校正結果は平均校正定数0.996、標準偏差0.124となった。Fig.8に、実験により得られた校正定数を示した。

3-4-1. 製造会社別結果

Fig.8から求めた各製造会社のサーベイメーターの

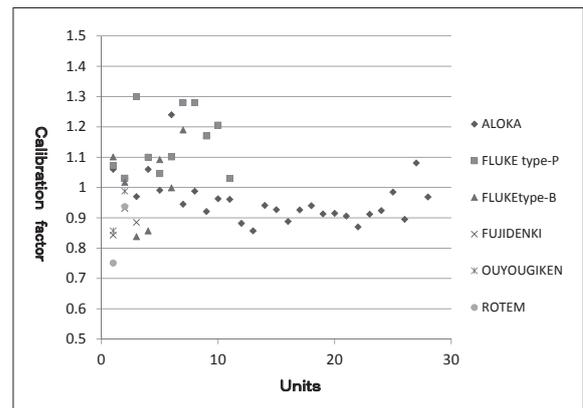


Fig.8 Calibration factor of the survey meter obtained from experiments

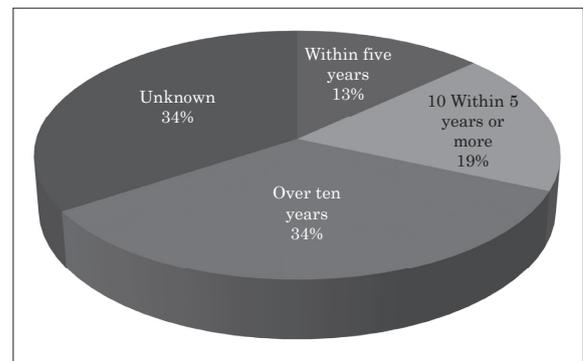


Fig.9 The time when the survey meter was purchased (Survey meter that has been provided in this study)

平均校正定数を以下に示す。

日立アロカメディカル株式会社28台は、モデルによる違いや個体差が小さく平均校正定数0.957、標準偏差0.079となった。

FLUKE社18台は、平均校正定数1.095、標準偏差0.13となった。

FLUKE社には大きく分けて2つのタイプがある。電離箱にガスを封入し圧力を加えたPタイプと、圧力を加えていないBタイプである。

FLUKE社P-type (加圧式電離箱) 11台は、平均校正定数1.147、標準偏差0.105となった。

FLUKE社B-type (通常型電離箱) 7台は、平均校正定数1.013、標準偏差0.129となった。

P-typeは、校正定数が高くなる傾向が見られる。

3-4-2. 購入時期

今回の「校正の試み」に持ち込まれた京都府下の医療施設が保有するサーベイメーター38台のうち、68%の26台が購入後10年以上経過しているかまた

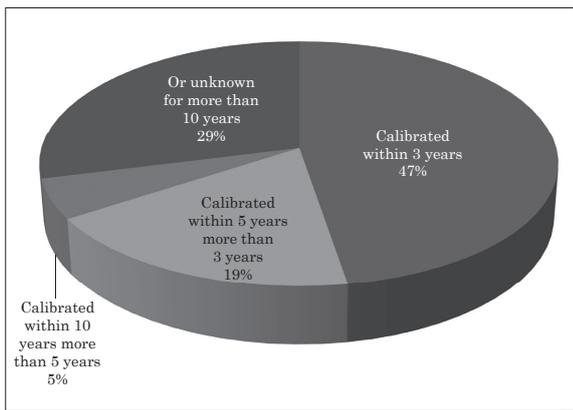


Fig.10 The time of calibrated the most recent (Survey meter that has been provided in this study)

は購入時期が不明であった。5年以内に購入されたものは13%で5台であった (Fig.9)。

3-4-3. 校正時期

同じく、今回持ち込まれた京都府下の医療施設が保有する38台の最終の校正も、10年以上または不明というものが29%で11台存在した。3年以内に校正されているものはFig.10に示すように47%の18台であった。

4. 考察

今回の「サーベイメーター校正の試み」で、定期的な校正を行っていないサーベイメーターが多く存在することが再度確認できた。製造会社や型式によっても特徴があり、モデルによっては個体差も大きいことが確認できた。

持ち込まれた校正されている（不定期も含む）サーベイメーターの多くは¹³⁷Csで校正されており、診断領域での漏えい線量測定や散乱線量分布測定に使用する場合は注意が必要である。例えば製造会社の仕様書⁵⁾によると、FLUKE社451P型の相対感度は¹³⁷Csを測定する場合にはサーベイメーターの正面でも横面でも大きな違いはないが、診断領域（実効エネルギー30keV付近）で測定を行う場合は正面と横面では約2倍の差がありエネルギー依存性が大きい。

実用に近いエネルギーでの校正定数を把握した上で使用することでより正確な値を得ることができる。

古いサーベイメーターも多く定期的な性能の確認が必要である。特に電離箱に圧力を加えているタイプのもは経年的にガスが抜け感度低下が起きることがあ

る。今回持ち込まれたサーベイメーターの中にはバックグラウンド領域では正常な値を示しているが、実際に校正場において測定を行うと感度が半分程度に低下しているものもあった（データからは除外）。

毎年校正を受け変化を確認することにより性能を維持することができる。また自施設のサーベイメーターの特徴を把握し、測定の対象とするエネルギーに合った校正定数を使用することで線量測定の精度が保たれ、適切な放射線環境測定が可能となる。

5. 結語

業務として放射線を取り扱う私たちは、測定に関して十分な知識・技術を持ち線量計の特徴を理解した上で使用しなければならない。また使用する線量計は校正されていなければ測定結果は信頼できない。

本研究の結果を踏まえ、予算の関係などで業者による校正を毎年受けることが難しい施設のサーベイメーターの性能確認のため、これまで不定期で開催していた比較校正実習を平成26年度より京都府放射線技師会の年間行事として開催することが決定した。

謝辞

アンケート調査にご協力いただき、また快くサーベイメーターを提供して下さった各施設の方々に感謝申し上げます。

図の説明

- Fig.1 各施設が保有しているサーベイメーターの種類
- Fig.2 各施設が保有しているサーベイメーターの校正状況
- Fig.3 製造会社別の比率(本研究で校正したサーベイメーター)
- Fig.4 20keV~60keVでの1cm線量当量換算係数表
- Fig.5 JISでの配置と実験での配置 (JIS Z 4511:2005より転載)
- Fig.6 校正に使用したX線装置
- Fig.7 校正時のサーベイメーターの配置
- Fig.8 実験より得られたサーベイメーターの校正定数
- Fig.9 提供されたサーベイメーターの購入してからの経過年数
- Fig.10 実験に提供されたサーベイメーターの最近の校正時期

表の説明

- Table 1 本研究に関係したアンケートの質問および回答
- Q1 サーベイメーターは所有されていますか?
 - Q2 「はい」と答えられた方は種類と台数を教えてください
 - Q3 使用頻度はどれくらいですか
 - Q4 誰が使用しますか?
 - Q5 誰が管理しますか?
 - Q6 校正の間隔はどれくらいですか?

別表	各施設が保有している各種サーベイメーターの使用状況（施設数） Ionization chamber type：電離箱式 GM tube type：GM管式 Scintillation type：シンチレーション式 Proportional counter tube type：比例計数管
Table 2	本研究で校正したサーベイメーターの主な機種（製造会社別）
Table 3	本研究で使用したX線装置と基準線量計による測定精度 Number of measurements：測定回数 Average value (mR)：平均値 (mR) Standard deviation：標準偏差 Coefficient of variation：変動係数

参考文献

- 1) 平成12年10月23日付科学技術庁原子力安全局放射線課長通知「国際放射線防護委員会の勧告（ICRP Pub.60）の取り入れ等による放射線障害防止法関係法令の改正について（通知）」、2000.
- 2) 平成13年3月12日付各都道府県知事宛厚生労働省薬局長通知：医薬発第一八八号，医療法施行規則の一部を改正する省令の施行について，2001.
- 3) 日本工業規格：JIS Z 4511 照射線量測定器，空気カーマ測定器，空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の測定方法，12-16，2005.
- 4) S. M. Seltzer and J. H. Hubbell 前越 久 監修：光子減弱係数データブック，日本放射線技術学会叢書（II），43，1995.
- 5) Victreen 451P&451P-DE-SI Operators Manual, 4.