

本資料は 〇/年 10月 〇日付けで登録区分、  
変更する。

[技術情報室]

# γ線基準照射設備の 品質保証技術の標準化に関する調査

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1993年3月

日本原子力研究所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)



限定資料

PNC<sup>TPJ</sup> 1500 93-001

1993年3月

## γ線基準照射設備の品質保証技術の標準化に関する調査

※ ※ ※  
南 賢太郎 ・ 清水 滋 ・ 吉田 真  
※ ※  
押野 昌夫

γ線基準照射設備の品質保証の一環として、今回、事業所間の線量照射精度を比較・検証するブラインドテストの技術的方法の検討及び諸外国の品質保証技術に関する文献調査を実施した。ブラインドテストを実施するに当たり、使用する線量計システム（ガラス線量計及びTLD）について基礎試験を実施し、適用する場合の条件と線量評価方法及び測定精度等について検討を行った。また、本評価方法に沿ってブラインドテストの予備的試験を動燃東海事業所及び原研東海研究所を対象に実施し、今後の実用化への考慮すべき事項について検討を行った。この結果、ブラインドテストには、ガラス線量計システムが測定精度として±1.5%で測定できることが明らかとなり、本線量計を使用することにした。予備試験では、強度の高い線源については±0.6%以内で照射場線量率が評価でき、20mR/hから100mR/hの低い線量率でも±2%で評価できた。文献調査は、米国のNIST-812「連邦所管二次校正試験所運用規準（電離放射線）」を翻訳し、校正の品質保証技術に関するトレーサビリティの確保と維持方法及び基本的な考え方等について理解できるようにした。

---

本報告書は、日本原子力研究所が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号 : 040D0227

事業団担当部課室および担当者:安全管理部 放射線管理第1課長 江花 稔

※:保健物理部 線量計測課

# 目 次

1. 緒言 .....	1
2. $\gamma$ 線基準照射設備の品質保証技術に関する調査 .....	4
2.1 調査内容 .....	4
2.2 米国のトレーサビリティと測定の品質保証の現状 .....	5
3. ブラインドテストの技術的方法に関する試験 .....	6
3.1 ガラス線量計システム及びTLDシステムの構成と測定方法 .....	6
3.1.1 ガラス線量計システムの構成と測定方法 .....	6
3.1.2 TLDシステムの構成と測定方法 .....	7
3.2 ガラス線量計及びTLDの基礎試験 .....	7
3.2.1 経時変化 .....	7
3.2.2 線量計個々の感度変化 .....	8
3.2.3 測定値の変動係数 .....	8
3.2.4 リーダーによる測定値のずれ .....	9
3.3 ガラス線量計及びTLDの特性試験 .....	10
3.3.1 エネルギー特性試験の方法及び結果 .....	10
3.3.2 方向特性試験の方法と結果 .....	10
3.3.3 線量率特性試験の方法と結果 .....	11
3.3.4 指示誤差試験の方法と結果 .....	11
3.4 ブラインドテストへの検討 .....	12
3.4.1 各線量計システムのブラインドテストへの適用条件 .....	12
3.4.2 散乱線の異なる照射場での線量評価 .....	14
3.4.3 照射設備の線量率調査 .....	14
3.5 まとめ .....	15
4. ブラインドテスト予備試験 .....	16
4.1 試験方法及び結果 .....	16
4.2 検 討 .....	16
謝 辞 .....	17
参考文献 .....	17

Appendix A 米国のNIST-812「連邦所管二次校正試験所運用規準」の翻訳

序	.....	43
単位に関する注意	.....	45
パートA	..... 一般的な規準	46
パートB	..... サーベイ用機器の校正	51
B.1	..... サーベイ用機器の $\gamma$ 線校正	51
B.2	..... サーベイ用機器のX線校正	54
B.3	..... サーベイ用機器の $\beta$ 線校正	57
B.4	..... サーベイ用機器の中性子線校正	61
B.5	..... サーベイ用機器の $\alpha$ 線校正	64
パートC	..... 個人線量計の照射	66
C.1	..... $\gamma$ 線照射	66
C.2	..... X線照射	69
C.3	..... 中性子線照射	72
C.4	..... $\beta$ 線照射	75
パートD	..... 照射線量（空気カーマ）率校正用 $\gamma$ 線源	78
パートE	..... 医療診断用機器のX線校正	80
パートF	..... 標準機器の校正	83
F.1	..... 標準機器の $\gamma$ 線校正	83
F.2	..... 標準機器のX線校正	86
付録A	..... NISTの習熟度テスト	89
付録B	..... 用語集	93

# 1. 結 言

本報告書は、動力炉・核燃料開発事業団東海事業所より受託した調査項目「 $\gamma$ 線基準照射設備の品質保証技術の標準化に関する調査」に関する成果を記載したものである。以下に、契約の概要を示す。

## 1) 題目

$\gamma$ 線基準照射設備の品質保証技術の標準化に関する調査

## 2) 調査目的

動力炉・核燃料開発事業団の各事業所においては、その事業所毎の $\gamma$ 線基準照射設備により計測器及び個人線量計等の校正を実施しているところである。本調査は、これらの基準照射設備の線量照射精度を比較、検証すると共に、校正の品質保証技術の確立を図ることを目的とする。

## 3) 調査範囲

- (1)  $\gamma$ 線基準照射設備の品質保証技術に関する調査
- (2) ブラインドテストの技術的方法に関する基礎試験
- (3) ブラインドテスト予備試験
- (4) 報告書の作成

## 4) 調査内容

### (1) $\gamma$ 線基準照射設備の品質保証技術に関する調査

諸外国における $\gamma$ 線照射設備の品質保証に関して文献調査を実施すると共に、トレーサビリティの確保及びその維持方法における基本的考え方並びに具体例等の整理・検討を行う。

### (2) ブラインドテストの技術的方法に関する基礎試験

ブラインドテストを実施するに当たり、使用する線量計（TLD及びガラス線量計）の基礎試験（指示誤差、エネルギー特性、方向特性等）を実施し、適用する場合の条件について検討を行う。

### (3) ブラインドテスト予備試験

各事業所の $\gamma$ 線照射設備を対象としてブラインドテストを予備的に実施し、標準化のために考慮すべき事項を検討する。

### (4) 報告書の作成

(1), (2), (3)の実施により得られた成果をまとめて報告する。

## 5) 契約期間

平成4年9月21日より平成5年3月19日

## 6) 実施場所

日本原子力研究所 東海研究所 保健物理部 線量計測課

動力炉・核燃料開発事業団の各事業所では、それぞれのγ線基準照射設備により計測器（サーベイメータ、モニタ等）及び個人線量計等の校正を実施している。これら、複数の照射設備のトレーサビリティの現状は、図1に示す通り、東海事業所が電子技術総合研究所（つくば）より移行し、大洗工学センターと人形峠事業所が東海事業所より移行し、ふげん発電所ともんじゅ発電所が電子技術総合研究所（大阪支所）より移行している。

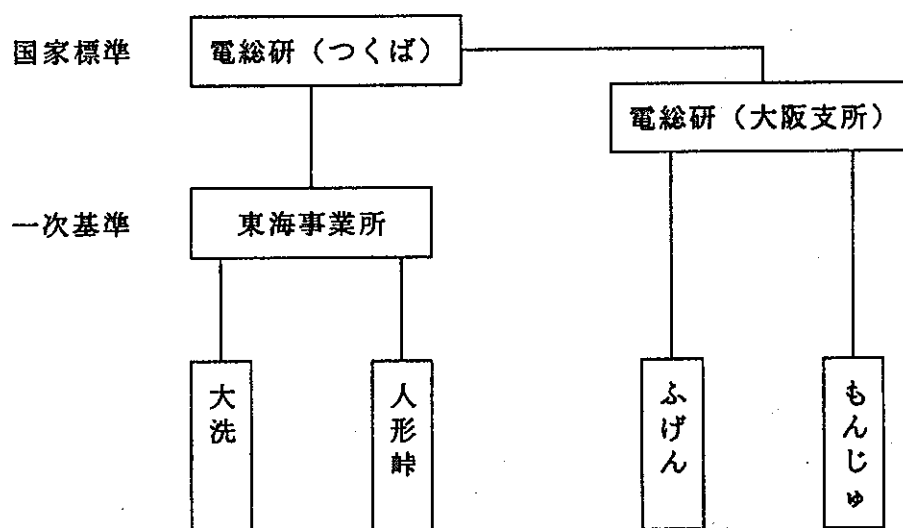


図1 動燃におけるγ線照射設備のトレーサビリティの現状

上記のトレーサビリティの現状から、各事業所の照射設備の照射線量基準の精度は、基準線量測定器による値付け誤差や照射設備の室内条件及び照射装置の構造等による散乱線の発生状況が異なっているため、事業所間の線量照射精度にばらつきが生じている可能性がある。よって、照射場の品質保証の一環として事業所間の線量照射精度を比較、検証するため、東海事業所の基準線量測定器を各事業所に送り、同一測定器による照射線量基準を求め、各事業所の独自の照射線量基準との比較を行った。この1例を表1に示す。表1より照射精度は、±2.2%以内であった。

表1 動燃東海事業所の基準線量計を用いた校正場の相互比較

照射距離 (m)	東海事業所基準線量計測定値との比	
	大洗	ふげん
1.0	1.013	0.978
1.5	0.988	—
2.0	1.001	0.978
3.0	0.990	—
4.0	0.985	0.980

今後、上記の方法で照射場の品質保証を行うには、(1)人的労力が多大であること、(2)評価期間が長くなること、(3)基準線量測定器の輸送による破損が生じやすいこと等の理由により好ましくない。よって、今回上記に代わる照射場のブラインドテストの方法について調査・検討を行った。

今回調査したブラインドテストの線量測定システムは、ガラス線量計システムとTLDシステムであり、これらの基礎特性試験を実施し、ブラインドテストに適用できる技術的方法について検討した。また、基準照射設備の品質保証技術に関する諸外国の文献調査を実施し、トレーサビリティの確保と維持方法について基本的な考え方を整理し、検討を行ったので以下に報告する。



## 2. $\gamma$ 線基準照射設備の品質保証技術に関する調査

作業者の放射線障害の防止と公共の安全の確保のため、空間線量(率)の測定、排気、排水の放射能測定及び作業者が受ける線量の測定など、いわゆる安全のための放射線管理計測が実施されている。このような管理計測にあたっては、その測定値に「社会的なコンセンサス及び同種事業者間での調和」が得られるよう、測定の品質を保証することが大切である。本調査においては、 $\gamma$ 線照射設備等に係わる基準照射線量の精度維持、即ち校正の品質保証技術について世界的に進んでいる米国におけるトレーサビリティと校正機関の認証システム及び測定の品質保証の基本的な考え方について述べる。

### 2.1 調査内容

E. H. Eisenhowerの文献によると、米国では、国家標準を最終利用者へ移行する場合、最終利用者の測定の品質保証の要求の程度に応じて、トレーサビリティの体系を図2に示すように3つの保証度(Degree of assurance)に区分している。図の(a)は、従来より、我国のJISに示されていたように基準測定器(トランスファー測定器)と被校正用測定器を置換して校正を行い標準を移行する方法である。国家標準は、これにより二次校正機関及び最終利用者の三次校正機関(現場の放射線防護のための測定器校正事業者)へと移行する。このトレーサビリティ体系では、現場の測定の品質は、暗に保証されている程度で、保証の程度は低い。図の(b)は、校正機関の能力試験(施設基準、校正機器等の点検基準及び技術的能力の総合的な点検)が第三者機関により定期的実施され、校正の品質保証が維持される体系である。この体系で校正された測定器による測定結果の品質保証は前者よりも極めて高い。さらに、図の(c)では、二次校正機関へ移行された標準を実証すると共に常にQCによって高い水準にあることを保証する最高に保証度の高い体系である。

平成4年5月に改正された我国の計量法第8章「計量器の校正等」は、図(b)の体系を念頭に新規に追加された条項である。

図(b)の体系に係わる二次校正機関としての連邦政府機関に対する認証は、主としてNVLAP(連邦政府による自由意志参加校正機関認証計画に基づくNIST(米国の国立標準技術研究所)による認証)が行い、その技術的運用基準(電離放射線)は、Dr. E. H. Eisenhowerの編集によりNIST Special Publ. 812として1991年10月に出版された。これは、今後の我国における認証制度の技術基準作成に極めて役立つものと思われる。従って、本書を翻訳し、Appendix Aとして掲載することとした。

二次校正機関として一回認証を受ければ、それで良いというのではなく、校正規定を作り、表2に示すような頻度で装備機器の点検を行い、図3に示すような手順で習熟度テスト(制度維持の点検)を毎年受験し、NISTの指導と助言を得ることになっている。なお、校正の品質保証技術に関する文献には、以下のものがある。

- 1) E. H. Eisenhower: Measurement Quality Assurance. Health Physics 55, 207~213(1988)
- 2) NIST Special Publication 812: Criteria for the Operation of Federally-Owned Secondary Calibration Laboratories. (Ionizing Radiation) (1991)
- 3) NVLAP Program Handbook: Secondary Calibration Laboratory for Ionizing Radiation, Dec. (1990)
- 4) ANSI N42.17A-1989: American National Standard, Performance Specification for health Physics Instrumentation-Portable Instrumentation for Use in Normal Environmental Condition.
- 5) ANSI N42.17B-1989: Radiation Instrumentation-Performance Specifications for Health Physics Instrumentation-Occupational Airborne Radioactivity Monitoring Instrumentation.
- 6) ANSI N42.17C-1989: Radiation Instrumentation-Performance Specifications for Use in Extreme Environmental Conditions.
- 7) ANSI N13.11-1983: ANSI for dosimetry-personnel dosimetry Performance-Criteria for testing.
- 8) ANSI N 323-1978: American National Standard, Radiation Protection Instrumentation Test and Calibration.

## 2. 2 米国のトレーサビリティと測定の商品保証の現状

放射線利用における測定の商品保証は、各国とも医療の分野で進んでいる。放射線防護の分野では米国が、線量、放射能、バイオアッセイの分野で極めて進んでおり、我国もNVLAP等を参考に測定結果の商品保証を行うことが（例えば、国際化が進む中で個人被ばく線量測定とその通知の例を考えれば）大切に緊急な課題である。

なお、米国におけるトレーサビリティの終着点は、原子力発電所等であり、三次校正機関として認証を受けることになっている（個人線量測定業者はNVLAPより三次校正機関として認証を得ている）。三次校正機関は、現場の放射線測定器の校正の商品保証を目的としており、測定器の校正手法は測定器点検工程作業における一工程と位置付け、線源と測定器間の距離を定位置に固定する配置校正法（Configuration Calibration）を用いている。この校正法は、我国のJIS Z 4511に示す実用校正に対応する。

### 3. ブラインドテストの技術的方法に関する試験

#### 3. 1 ガラス線量計システム及びTLDシステムの構成と測定方法

今回調査するブラインドテストの線量測定システムは、ガラス線量計システムとTLDシステムである。これらの各線量測定システムの構成及び線量測定を行うための基本的な方法について以下に示す。

##### 3. 1. 1 ガラス線量計システムの構成と測定方法

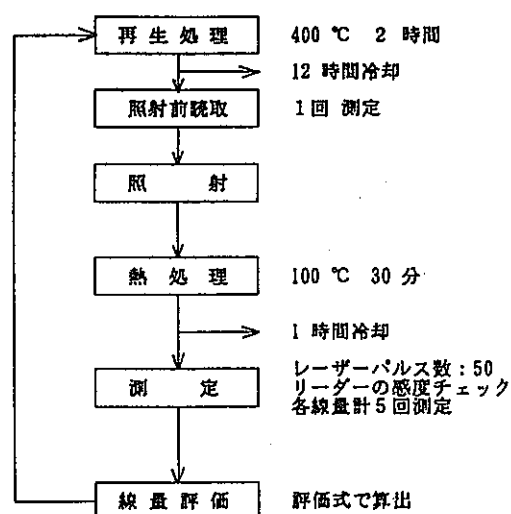
###### (1) 構成

東芝硝子（株）製のガラス線量計は、放射線が照射された銀活性リン酸塩ガラスが、紫外線励起によってオレンジ色の蛍光を発生する現象（ラジオフォトルミネッセンス：RPL）に基づく、積算型の固体線量計であり、今回の試験に使用したSC-1型ガラス線量計の断面図及び寸法を図4(a)に示す。リーダー（FGD-20型）は、紫外線励起源に連続パルス発振のできる窒素ガスレーザーを用いた高感度なリーダーで、線量計を一度に最大20個連続自動読み取りができる。また、リーダー内部のキャリブレーションガラスにより自動校正ができる。本装置の外観を写真1(a)に、ブロック図を図5に示す。

ガラス線量計の特長は、(1)繰り返し測定ができること(2)感度のばらつきが少ないこと(3)フェーディングが極めて少ないこと(4)プレドーズ及び汚れによる蛍光を自動的に除去できること(5)再生処理ができ、線量計を基底状態に戻すことができる等の長所を有している。

###### (2) 測定方法

ガラス線量計の測定方法は、リーダーと熱処理炉を使用して右に示す測定ブロック図の順序で実施する。まず、ガラス線量計を熱処理炉で400℃2時間再生処理し、以前照射されて残っている蛍光中心を基底状態に戻す。次に、リーダーを用いて照射前の読み取りを行い、基底状態に戻っていることを確認する。そして、任意の線量を照射し、照射後熱処理炉で100℃30分熱処理し、リーダーで測定する。リーダーで測定するときは、まずリーダーの感度チェックを行い、各線量計を5回測定する。



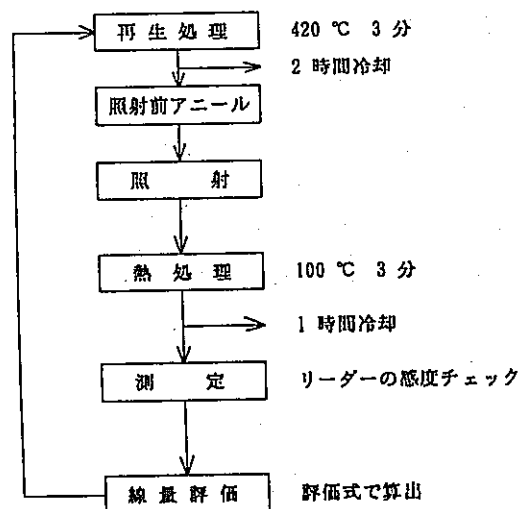
### 3.1.2 TLDシステムの構成と測定方法

#### (1) 構成

パナソニック（株）製のTLD（UD-200S型）は、放射線が照射された硫酸カルシウムが、熱励起によって蛍光を発する現象に基づく、積算型の固体線量計であり、今回の試験に使用したUD-200S型TLD（クリップ無し）の断面図及び寸法を図4（b）に示す。リーダー（UD-215P型）は、熱励起源にヒーター（420℃）を用い、この熱でTLDを過熱すると蛍光が生じ、この光を光電子増倍管で検出するリーダーである。また、リーダー内部のキャリブレーション光源により自動校正ができる。本装置の外観を写真1（b）に、ブロック図を図6に示す。

#### (2) 測定方法

TLDの測定は、リーダー（UD-512P型）と専用の熱処理炉を使用して右に示す測定ブロック図の順序で実施する。まず、TLDを熱処理炉で420℃3分再生処理し、以前照射されて残っているグローピークを基底状態に戻す。次に、リーダーを用いて照射前のバックグラウンドをアニールし、基底状態（0.2 mR以下）であることを確認する。そして、任意の線量を照射し、照射後熱処理炉で100℃3分熱処理し、初期フェーディングを除去してリーダーで測定する。リーダーで測定するときは、まずリーダーの感度チェックを内蔵光源で行い、各TLDの測定を行う。



### 3.2 ガラス線量計及びTLDの基礎試験

基礎試験は、各線量計の(1)経時変化、(2)線量計個々の感度変化、(3)測定値の線量に対するずれ、(4)リーダーによる測定値のずれについて実施したので以下に示す。これらの基礎試験の結果を踏まえて、線量計の測定誤差の少ない最適な測定・評価方法を3.4項で検討した。

#### 3.2.1 経時変化

##### (1) ガラス線量計

ガラス線量計は、放射線の照射によりガラス中に蛍光中心が生成するが、この蛍光中心が完全に生成されるまでには5日間以上必要である。しかし、100℃で熱処理を30分間行くと、蛍光中心の生成が促進され完全に生成されるため、1時間程度の冷却後ただちに測定でき、しかも測定値のばらつきが少ない。以上の試験結果を表3と図7に示す。

図7より、4365  $\mu$ Gy(500mR)照射した線量計40個を1日、2日、5日、7日後に測定すると、5

日以降で安定した。次に、同じ線量計を100°C熱処理して測定すると、熱処理後4時間、2日、5日経過した測定値が共に一定値を示した。この熱処理した測定値は、熱処理をしない5日後の安定した測定値に対して4%高い値となった。なお、熱処理無しの特徴は、東芝硝子(株)の試験データを描いたものである。

以上の結果から、線量計を熱処理すると蛍光中心がすぐに安定するため、経過時間によるばらつきが無視できることから、ブラインドテストに使用するときにはこの補正を必要としない。

## (2) TLD

照射されたTLDは、リーダーの熱風によって蛍光が発し、グロー曲線が形成されるが、このグロー曲線の100°C以下の成分が初期フェーディングを生ずるため、精密な測定を行う場合は2日間放置して測定する。しかし、照射後100°Cで熱処理(3分程度)すると、これらが除去されるため、30分程度の冷却後ただちに測定でき、2日経過した値と同じになる。よって、ブラインドテストに使用するためには、この熱処理方法を取り入れ、この方法による経時変化を求めたので以下に示す。

表4と図8より、2.0 R照射したTLD30個を4時間、1日、2日、5日、7日後に5個ずつ熱処理して測定した結果、測定日毎の照射線量に対する感度変化は±3%程度で素子間の変動率も±2%以内であった。この変化幅は、TLD測定システムの全体の誤差±4%に入っているため、経過時間によるずれはほとんど無いことになる。

### 3.2.2 線量計個々の感度変化

感度試験の方法は、照射場の均一性を良好とするため、線源からの照射距離を150 cm以上とし、照射場での固定治具の散乱を少なくするため、写真2に示す直径20 cmφのラケット上にガラス線量計及びTLDを10個または15個セットして、 $^{137}\text{Cs}$ 及び $^{60}\text{Co}$ 線源で500 mR(4965  $\mu\text{Gy}$ )の照射を行った。そして、各線量計をリーダーで測定し、個々の線量計の校正定数を求め、全体のずれ及び変動係数(変動率)を算出した。以上の結果を表5、6に示す。

ガラス線量計40個の校正定数の平均値及び標準偏差は、 $^{60}\text{Co}$ が $1.038 \pm 0.014$ で、 $^{137}\text{Cs}$ が $1.034 \pm 0.011$ であった。また、変動率は、 $^{60}\text{Co}$ が±1.3%で、 $^{137}\text{Cs}$ が±1.1%であった。

TLD30個の校正定数の平均値及び標準偏差は、 $^{60}\text{Co}$ が $1.47 \pm 0.034$ で、 $^{137}\text{Cs}$ が $1.52 \pm 0.034$ であった。また、変動率は、 $^{60}\text{Co}$ が±2.3%で、 $^{137}\text{Cs}$ が±2.2%であった。

以上の結果から、ガラス線量計及びTLDの線量計個々の感度変化は、共に1%以上あるため、ブラインドテストとして使用するためには、個々の線量計の校正定数で補正する必要がある。

### 3.2.3 測定値の変動係数

#### (1) ガラス線量計

ガラス線量計5個に26.2  $\mu\text{Gy}$ (3 mR)から43.65 mGy(5 R)まで照射し、個々のガラス線量計を10回測定した。これらのデータを基にして、個々のガラス線量計を3回測定した時、5回測定した時、10回測定した時の変動率を求め、線量に対する変動率のずれを求めた。これらの結果を表

7と図9に示す。

線量計の各線量に対する変動率のずれは、5回と10回の測定データがほぼ同じであり、3回の測定データは5回、10回に対してばらつきが大きい。また、線量と変動率の関係は、 $437\mu\text{Gy}$ (50 mR)以上で $\pm 0.3\%$ 以下であり、 $87.3\mu\text{Gy}$ (10 mR)でも $\pm 1\%$ 程度であった。

以上の結果から、個々のガラス線量計の測定回数は、5回で十分であること、そのときの変動率は $437\mu\text{Gy}$ (50 mR)以上の線量に対して $\pm 0.3\%$ 以下であり、測定値のばらつきが少ないことがわかった。

### 3.2.4 リーダーによる測定値のずれ

#### (1) ガラス線量計

リーダーで測定する場合は、測定に入る前に内部のキャリブレーションガラスを測定して、リーダーの補正係数を求める。この補正係数は、リーダーが安定していると $0.5\%$ 以下のずれであるが、最大 $1\%$ 程度変化する場合がある。この理由としては、リーダーの補正係数の表示が小数点以下2桁であるため、測定日時によって3桁目に変化するからである。従って、ブラインドテストに使用する場合は、このずれを補正する必要がある。そこで、リーダーの補正係数を精度良く求めるためには、補正係数を3桁表示にすると $0.1\%$ 以下で補正できる。この桁数の表示が2桁の場合は、リーダーの感度変化をモニタする線量計として、 $20\text{ mGy}$ 程度(バックグラウンドによる加算が一定期間無視できる線量)の基準照射を行った線量計を別に用意して、測定時に感度チェックすると $0.1\%$ 以下で補正できる。

また、リーダーの測定範囲が $10^4\mu\text{Gy}$ を越えるレンジでは、測定系の光電子増倍管の直線性がなくなるため、1デカードずつ傾き調整をしている。よって、デカード中心では良くあうがデカードの上・下では $\pm 2\%$ 変化する。従って、ブラインドテストに用いる場合は、レンジ間の誤差が少ない $10^4\mu\text{Gy}$ (1.0R)以下の照射にする必要がある。

#### (2) TLD

リーダーで測定する場合は、測定に入る前に内部の校正光源を測定して、リーダーの補正係数を求める。この補正係数は、リーダーが安定していると $1\%$ 程度のずれであるが、測定日時によって $5\%$ 程度変化する場合がある。従って、ブラインドテストに使用する場合は、このずれを補正する必要がある。そこで、一連の基礎試験や特性試験において求めた測定値に対する照射線量の割合とリーダーの補正係数の関係を調査したところ、両者が比例して変化していることが確認できた。よって、リーダーの補正係数の変化を測定値に補正すればリーダーの変動率を $\pm 0.5\%$ 以下にできることがわかった。

### 3.3 ガラス線量計及びTLDの特性試験

特性試験は、各線量計の(1)エネルギー特性、(2)方向特性、(3)線量率特性、(4)指示誤差について実施したので以下に示す。これらの特性試験の結果を踏まえて、線量計のブラインドテストへの適用条件について3.4項で検討した。

#### 3.3.1 エネルギー特性試験の方法及び結果

エネルギー特性試験の放射線源は、X線(QI:0.8)が24.1KeVから203KeVで、 $\gamma$ 線が $^{137}\text{Cs}$  (662KeV)と $^{60}\text{Co}$  (1250KeV)である。各光子エネルギーで照射した線量計は、それぞれ5個で、各測定値の平均値及び標準偏差を求めた。次に、照射(吸収)線量に対する測定線量の感度を求め、 $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$ 線源の感度を基準とした相対感度を求めた。以上の結果を表8と図10、11に示す。

エネルギー特性の変化幅は、ガラス線量計が光子エネルギー40KeV以上で20%変化し、変動幅が $\pm 10\%$ 以内であり、測定線量の変動率が $\pm 2\%$ 以内であった。また、TLDは、光子エネルギー40KeV以上で37%変化し、変動幅が $\pm 19\%$ 以内であり、測定線量の変動率が80KeV以下の光子エネルギーで大きくなった。この原因は、TLD素子の回りにエネルギー補償用の金属フィルターが鋸状に入っていることにより、放射線の入射角度によって感度変化を生じるからである。従って、変動率は、光子エネルギー160KeV以上では $\pm 3\%$ 以下になり比較的良好であるが、80KeVで $\pm 8\%$ 、60KeV以下で $\pm 30\%$ と大きく変化した。

以上の結果から、ガラス線量計とTLDのエネルギー特性は、光子エネルギーに対してほぼ同様の特性を示し、200 KeV以上の $^{137}\text{Cs}$ に対して $\pm 5\%$ 程度の感度変化であった。よって、 $^{137}\text{Cs}$ や $^{60}\text{Co}$ 線源のブラインドテストに使用する場合は、コンプトン散乱が $180^\circ$ 散乱で約200 KeVであるので、上記の感度変化で測定できる。

#### 3.3.2 方向特性試験の方法と結果

ガラス線量計及びTLDの方向特性の回転軸の方向を図12に示す。図より、各線量計の横方向の回転軸を横軸とし、縦方向の回転軸を縦軸として表した。回転角度は、ガラス線量計が $30^\circ$ ピッチで移動し、上下左右の感度低下を生じ易い位置から $\pm 15^\circ$ の角度を追加し、 $360^\circ$ まで移動した。TLDは、横・縦軸共に左右対象であるので片側の $180^\circ$ まで移動した。使用した線量計の個数は、ガラス線量計が2個でTLDが3個である。試験に用いた放射線源は、X線(QI:0.8) 80 KeVと $^{137}\text{Cs}$  662 KeVで実施し、照射線量を200 mRから500 mRの範囲で行った。以上の結果を表9、10と図13、14に示す。

ガラス線量計は、 $^{137}\text{Cs}$ では横軸と縦軸が最大で15%低下し、80 KeVでは横軸・縦軸が共に最大約60%低下した。しかし、照射面( $0^\circ$ 方向)の $\pm 30^\circ$ における感度変化は、 $^{137}\text{Cs}$ で1%以内、80 KeVでも10%程度と良好であった。

TLDは、 $^{137}\text{Cs}$ では横軸が角度による感度変化がなく一定であり縦軸が最大15%低下し、80 KeVでは横軸が $\pm 10\%$ の感度内に入り縦軸が最大40%低下した。TLDの80 KeVの横軸方向の角

度分布は、各測定値が約10%変化したが、変動率が±15%あるため、 $^{137}\text{Cs}$ と同様に角度による感度変化がないと考えられる。照射面(0°方向)の±30°における感度変化は、 $^{137}\text{Cs}$ で1%以内、80 KeVでも5%程度と良好であった。

### 3.3.3 線量率特性試験の方法と結果

線量率特性試験の方法は、各線量計を照射線量率が異なる照射場にセットし、同一の照射線量を照射して測定値の感度変化を求めた。使用した照射線量率場は、 $^{60}\text{Co}$ 線源による0.020 R/hから10.36 R/hまでの8点で、このときの照射(吸収)線量は300 mR(2619  $\mu\text{Gy}$ )である。また、1照射野当たりの各線量計の個数は5個である。以上の結果を表11と図15に示す。

ガラス線量計は、各線量率での変動率が±1%であり、線量率間の変動率も±1%であった。TLDは、各線量率での変動率が±3%であり、線量率間の変動率も±3%であった。これらの測定値は、線量率の校正定数やリーダーの補正係数を考慮していない値なので、実際にはもっと変動率が小さくなる。従って、線量率による感度変化は、各線量計の固有の変動を考慮すると、20 mR以上で少ない感度変化であることがわかった。

### 3.3.4 指示誤差試験の方法と結果

指示誤差試験の方法は、写真3に示すようにラケットの中央に各線量計を1個ずつセットして、各照射線量に対して5個照射した。照射線量の範囲は、3 mR(26.2  $\mu\text{Gy}$ )から5.0 R(43.65 mGy)まで照射線量を変化させて11照射野で試験した。

各線量計の測定値は、個々の線量計の校正定数とリーダーの補正係数を乗じて求め、ガラス線量計については5回の読み取り値の平均とした。以上の結果を表12、13に示す。

ガラス線量計は、各照射線量で照射した線量計5個のうち、1個、2個、3個、5個による平均値をそれぞれ求め、感度と変動率を算出した。表12より、174.6  $\mu\text{Gy}$ (20 mR)以上の各照射線量に対する感度の平均値と標準偏差は、 $1.003 \pm 0.013$ で、変動率が±1.3%であった。よって、照射線量に対して±1.5%程度の変動率で測定できることになる。線量計の個数による感度の違いは、2個、3個、5個がほぼ同じであり、1個でも平均値で0.3%、変動率で±0.2%異なった程度である。しかし、線量計が2個以下になると、線量計間の変動率が大きくなることが確認された。

TLDは、各照射線量で5個照射したうち、1個、2個、3個、5個による平均値をそれぞれ求め、感度と変動率を算出した。表13より、10 mR以上の各照射線量に対する感度の平均値と標準偏差は、 $1.04 \pm 0.013$ で、変動率が±1.3%であった。よって、照射線量に対して全体の感度移動を含めると±5%程度変化することになるが、変動率が±2%程度と小さいことがわかった。また、線量率2個以上の感度変化は、ほぼ同じであった。



### 3.4 ブラインドテストへの検討

ガラス線量計システムとTLDシステムについて、基本的な測定条件と基礎試験及び特性試験の結果について、3.1項、3.2項、3.3項で述べた。これらの結果を基にして、照射場のブラインドテストとして使用可能であるか検討を行った。

#### 3.4.1 各線量計システムのブラインドテストへの適用条件

各線量計システムのブラインドテストへの適用条件は、3.1項の測定方法を基本的な測定条件とし、3.2項の各基礎試験の結果と3.3項の各特性試験の結果を踏まえて検討を行い、線量測定・評価方法について具体化したので以下に述べる。

ガラス線量計及びTLDの各種試験によって考察した結果を表14に示す。表14は、測定時の基本条件と基礎・特性試験によって得られた結果をまとめたもので、各線量計システムの測定誤差を少なくするための条件と性能である。

表14の結果から、各線量計システムのブラインドテストへの適用条件と線量評価方法の手順について以下に示す。

(1) 各線量計システムのブラインドテストへの適用条件は次の通りである。

- ① 使用する線量計について、予め目的核種 ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  等) の感度試験を行い、各線量計の校正定数を求める。
- ② 線量計に照射する線量は、20 mR以上から1 Rまでとする。
- ③ 使用できる光子エネルギー範囲は、照射設備の散乱線エネルギー (200 KeV以上) を考慮すると、0.5 MeVから2 MeVの範囲である。従って、実際に使用できる核種は、 $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{60}\text{Co}$  である。
- ④ 使用できる照射線量率は、照射時間を考慮して20 mR/h程度である。
- ⑤ 線量計を照射場にセットする場合は、照射場の10 cmφの均一性が良好であるときは同一照射して良いが、これを満足しないときはビーム中心軸上に1個ずつセットして行う。

(2) 各線量計システムで線量を評価する場合は、以下の手順で行う。

- ① 1照射野当たりの線量計は、照射用が3個から5個とバックグラウンド用2個を用意する。
- ② 線量計を再生処理する。
- ③ 任意の照射場で照射する。
- ④ 照射後100°Cで熱処理する。
- ⑤ リーダーで測定する。  
リーダーの感度チェックを行う。
- ⑥ 線量評価を下に示す(1)式で行い、(2)式で照射場の照射線量率を求める。  
各線量計の $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  に対する校正定数を使用する。  
リーダーの感度変化の補正を行う (校正時の基準値/測定時の値)。

$$D = K_a \cdot K_b \cdot \frac{\sum_1^n K_c \cdot (DM - DB.G)}{n} \quad (1)$$

$$D_o = D \cdot \frac{3600}{T} \quad (2)$$

- D : 線量評価値 (mR)  
 DM : 照射した線量計の測定値(ガラス:  $\mu$ Gy, TLD:mR)  
 DB.G : バックグラウンド測定値(ガラス:  $\mu$ Gy, TLD:mR)(2個の平均値)  
 D<sub>o</sub> : 照射場の照射線量率 (mR/h)  
 K<sub>a</sub> : 0.1145 (吸収線量( $\mu$ Gy)を照射線量(mR)に変換する定数, TLD :1)  
 K<sub>b</sub> : リーダーの感度変化の補正係数  
 K<sub>c</sub> : 各線量計の校正定数 ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ) 表5参照  
 T : 線量計の照射時間 (sec)  
 n : 照射した線量計の個数

上記の適用条件及び線量評価方法に基づいて各線量計システムの校正を行い、各種特性試験で行った基準照射のデータから、線量評価を行い線量評価値の再現性について求めた。この結果を表15、16に示す。

ガラス線量計システムの再現性は、照射線量に対して、 $1.005 \pm 0.010$  の感度であり、平均値で0.5%、変動率で $\pm 1.0\%$ の誤差であり、最大誤差が $\pm 1.5\%$ である。同様にTLDシステムは、 $1.020 \pm 0.021$  の感度であり、平均値で2%、変動率で $\pm 2\%$ の誤差であり、最大誤差が $\pm 4\%$ であることがわかった。

以上の結果から、ガラス線量計システムによる線量評価値は、TLDシステムに対して半分の誤差で評価できるため、ブラインドテストにはガラス線量計システムが有効である。

以下にガラス線量計システムを用いた照射線量率の評価方法について例題を示す。

(例題)

$^{60}\text{Co}$ 照射装置に内蔵されている200 Ci線源を用いて照射距離1 mの位置の照射線量率を評価する。ガラス線量計3個を照射場にセットして2分間照射し、リーダーで測定した結果を下表に示す。

	線量計No.	校正定数	測定値(μ Gy)	正味値(μ Gy)
照射用	11768	1.059	32168 ± 175	32133
	11769	1.049	32188 ± 183	32153
	11770	1.033	32669 ± 62	32634
BG用	11789	1.009	34.8 ± 0.8	平均値 35
	11790	1.035	34.8 ± 1.1	
リダ-測定時のモニタ線量計の値				18232
リダ-校正時のモニタ線量計の値				17256

(1)式より線量評価値D(mR)を求める。

$$D = 0.1145 \times \frac{17256}{18232} \times \frac{(32133 \times 1.059 + 32153 \times 1.049 + 32634 \times 1.033)}{3}$$

$$= 3665 \text{ (mR)}$$

(2)式より照射線量率D<sub>0</sub>(mR/h)を求める。

$$D_0 = 3665 \times \frac{3600}{120} = 110000 \text{ (mR/h)}$$

以上の結果から、<sup>60</sup>Co 200 Ciの1 mにおける照射線量率は、110.0(R/h)である。一次基準測定器で測定した照射線量率は、110.1(R/h)であり、評価値との差は0.1%と良く一致した。

#### 3.4.2 散乱線の異なる照射場での線量評価

試験に用いた照射装置は、原研東海研究所の放射線標準施設棟校正室に設置されている<sup>60</sup>Co コリメータ型照射装置である。本装置は、照射距離が0.8 mから9.5 mまで自動制御で可変でき、この照射距離によって室内散乱線の一次線に対する割合が0.2%から10%まで変化している。この室内散乱線の割合が異なる各照射野にガラス線量計をセットして線量測定を行い、線量の感度変化について調査した。以上の結果を表17に示す。

表16より、室内散乱線の割合が0.2%から8.5%まで変化した照射野での線量の感度変化は、0.994 ± 0.004であり、変動率が線量計の測定誤差の±1.5%以内に入っており、変化はほとんど認められなかった。

#### 3.4.3 照射設備の線量率調査

動燃の各事業所の照射設備で所有する強度の高い線源の推定照射線量率を調査し、ブラインドテストの実施が可能であるか検討を行った。

動燃の各事業所の照射設備で所有している線源の強度と照射距離1 m, 2 m, 3 mにおける推定照射

線量率を表18に示す。

ブラインドテストが実施できる下限の照射線量は20 mRであり、照射時間を約1時間とすると照射場の線量率が20 mR/h以上必要である。

表18より、照射距離1 mにおける線量率は、上記の20 mR/hをほぼ満足しており、各事業所のブラインドテストが実施できることがわかった。

### 3.5 まとめ

今回調査したブラインドテストの線量測定システムは、ガラス線量計システムとTLDシステムであり、これらの基本的な測定方法を設定して基礎試験及び特性試験を実施し、各線量計システムのブラインドテストへの適用条件について検討を行った。その結果、基礎試験及び特性試験の結果は、表14に示すとおりであった。この試験結果に基づいて各線量計システムのブラインドテストへの適用条件を設定して総合的な誤差を求めた結果、ガラス線量計が±1.5%、TLDが±4%で実施できることがわかった。よって、ガラス線量計システムの方がTLDシステムに比較して誤差が半分であること、測定値の繰り返し測定ができること等により、ブラインドテストにはガラス線量計システムが有効である結果が得られた。

## 4. ブラインドテスト予備試験

### 4.1 試験方法及び結果

3.4項のガラス線量計システムの適用条件と線量評価手順に沿ってブラインドテストの予備試験を実施した。

予備試験の対象とした照射設備は、動燃東海事業所と原研東海研究所である。この照射設備の内対象とした線源は、動燃東海事業所が $^{137}\text{Cs}$  (1.11TBq(30Ci), 3.7GBq(0.1Ci))と $^{60}\text{Co}$  (3.7GBq(0.1Ci))の3線源であり、原研東海研究所が $^{137}\text{Cs}$  (740GBq(20Ci), 37GBq(1Ci), 1.85GBq(0.05Ci))と $^{60}\text{Co}$  (7.4TBq(200Ci), 3.7TBq(100Ci), 185GBq(5Ci), 7.4GBq(0.2Ci)×2)の8線源である。本試験は、これらの線源より1 m以上離れた任意の照射距離でガラス線量計を照射し、照射場の線量率を評価し、同一距離で一次基準測定器を用いて測定した基準照射線量率との比較を行った。以上の結果を表19に示す。

表19より、動燃東海事業所の結果は、 $^{137}\text{Cs}$ 1.11TBq線源が±0.5%以内で良く一致し、 $^{137}\text{Cs}$ 3.7GBqと $^{60}\text{Co}$ 3.7GBq線源が4%及び7%低く基準線量率の再測定を実施して比較する予定である。原研東海研究所の結果は、 $^{60}\text{Co}$ 7.4TBq、 $^{60}\text{Co}$ 185GBq、 $^{137}\text{Cs}$ 740GBq線源が±0.6%以内で良く一致し、他の線源も±2%のずれであり良好な結果が得られた。

### 4.2 検討

上記の結果から、ガラス線量計システムによる照射場のブラインドテストが±2%の測定精度で有効に実施できることが実証された。なお、表19より照射線量を1R以上になると線量によって2%程度過少評価される傾向がある。これは、リーダーの直線性によるもので、今後、メーカーと協議して改善を図る予定である。

次年度からは、動燃の他の事業所のブラインドテストを実施し、基準照射線量率との比較を行う予定である。

## 謝 辞

本報告書をまとめるにあたって、動燃東海事業所安全管理部桜井直行部長、江花稔課長、宮部賢次郎係長ならびに百瀬琢磨研究員に終始懇切な御助言を頂きました。また、ガラス線量計の使用にあたっては、石川達也氏（業務協力員、東芝硝子(株)より出向）に終始懇切な御協力を頂きました。そして、米国のNIST-812の翻訳にあたっては、原研東海研究所保健物理部線量計測課間辺巖係長兼課長代理、村上博幸係長、山口恭弘研究員ならびに関武雄主査に御協力を頂きました。謹んで謝辞を表します。

## 参考文献

- 1) NIST-812 :Criteria for the Operation of Federally-Owned Secondary Calibration Laboratories. (1991)
- 2) TLD技術資料:松下電器産業 (株)
- 3) 池上 徹 :窒素ガスレーザ-を用いたガラス線量計リダ-について.放射線 Vol.17 (1991)
- 4) E. Piesch :Photoluminescence Dosimetry. Progress and Present State of ART Radiat. Prot. Dosim. Vol. 33 (1990)
- 5) 池上 徹 :応用物理58-1, 149 (1989)
- 6) E. Piesch :Proc. 7th Int. Congr of Int. Radiat Prot Assoc. Sydney (1988)
- 7) 池上 徹 他:汎用型ガラス線量計の開発 第25回保健物理学会 (1990)
- 8) 石川達也 他:新型ガラス線量計の性能調査 第27回保健物理学会 (1992)

表2 州政府機関校正室の品質保証計画（主に装備機器の点検頻度）

QUALITY CONTROL PROGRAMS FOR STATE SECTOR LABS

Program	Frequency
Electrometer and Current Source	daily
X-ray beam (L100)	daily
Gamma-ray beams	daily
In-house IC Reference (Small Probe)	3 months
In-house IC Reference (Large Probe)	3 months
Barometer	3 months
Thermometer	3 months
hygrometer	3 months
Timer-shutter control Unit (timer)	6 months
Electrometer Nq	6 months
Electrometer Range Linearity (Nq & Ni)	12 months
Digital Multimeter	12 months
X-ray Machine Kilovoltage	12 months
Ion Chamber Bias Supply	12 months
Working Ion Chamber	12 months

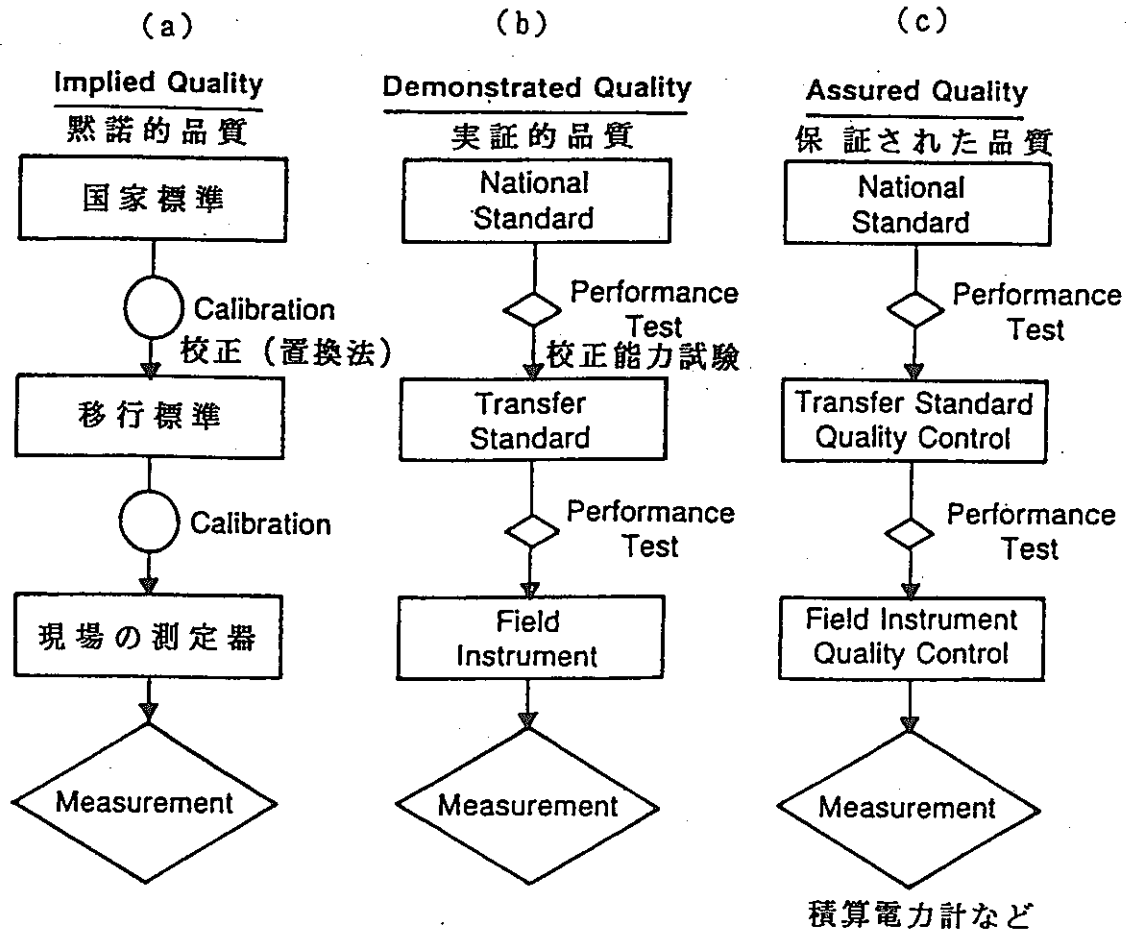


図2 品質保証における保証度



品質保証の習熟度テスト

MEASUREMENT QUALITY ASSURANCE  
PROFICIENCY TEST

一次校正機関

NIST

二次校正機関

SECONDARY  
LABORATORY

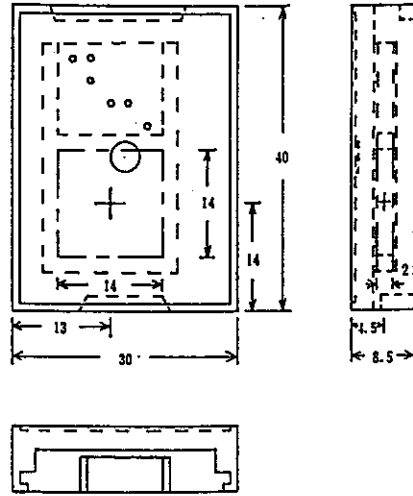
標準移行測定器の校正

NISTの標準移行測定器を  
校正し、その結果を報告

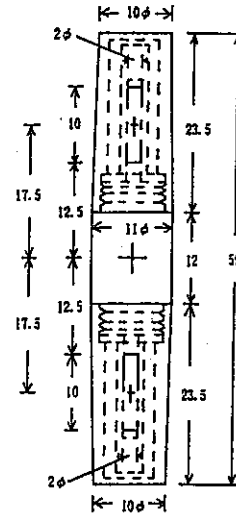
2次校正機関の校正値  
評価

事業所と認証機関へ習熟度  
テストの結果を提出

図3 習熟度テストの手法



(a) ガラス線量計 (SC - 1 型)



(b) TLD (UD - 200S 型)

単位 : mm

図4 ガラス線量およびTLD素子の断面図

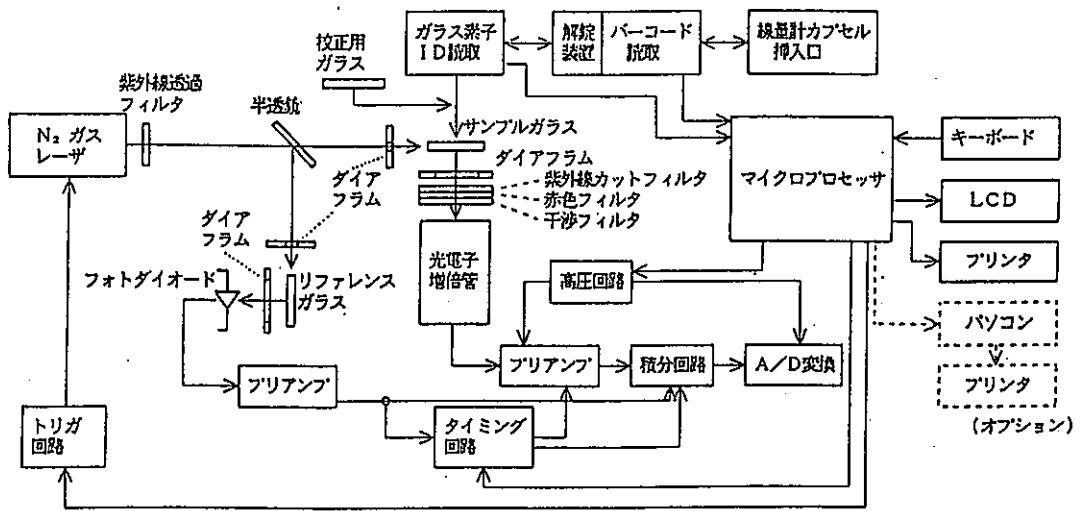


図5 ガラス線量計リーダーのブロック図

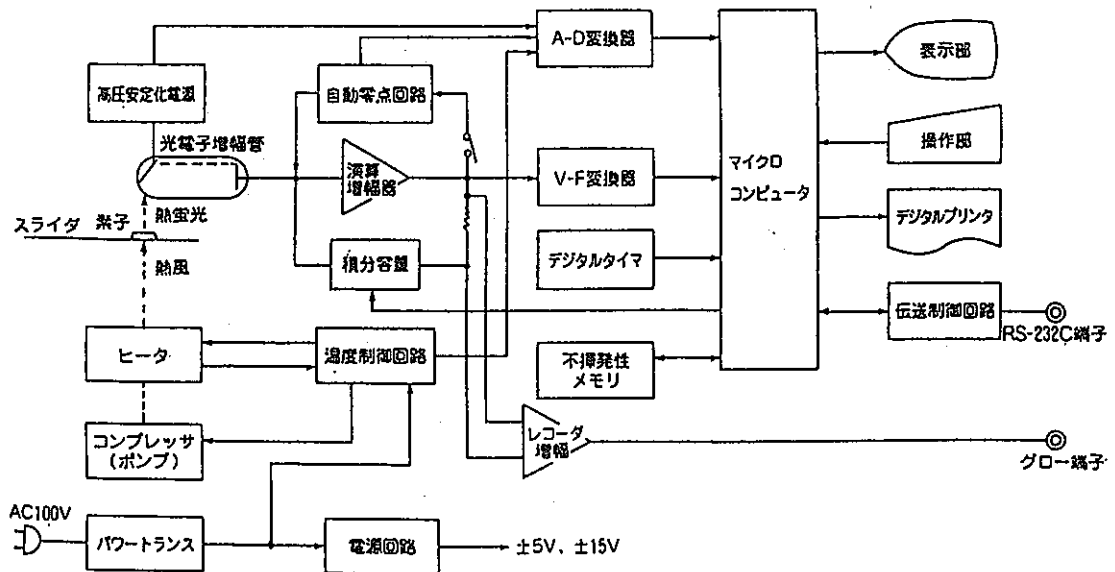
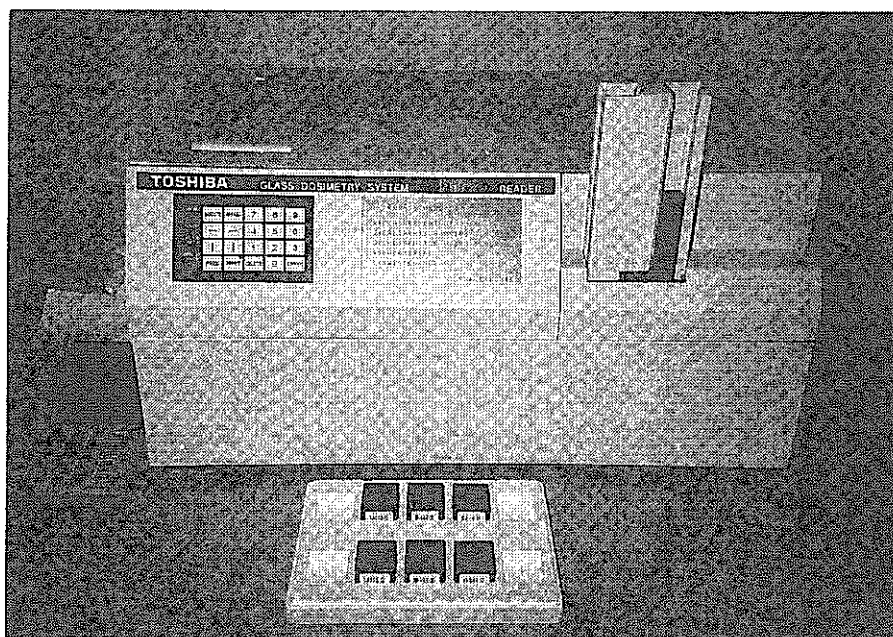
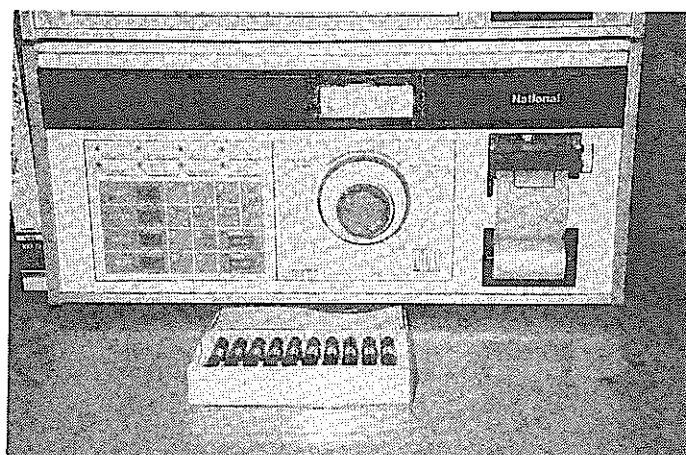


図6 TLDリーダーのブロック図



(a) ガラス線量計リーダー  
(FGD - 20 型)



(b) TLDリーダー  
(UD - 512P 型)

写真1 各測定装置の外観

表3 ガラス線量計の経時変化

項目		経過時間における測定値及び感度				
		4 時間	1 日	2 日	5 日	7 日
熱処理無し	測定値( $\mu\text{Gy}$ )	—	$3895 \pm 11$	$3983 \pm 11$	$4063 \pm 7$	$4085 \pm 11$
	線量感度	—	0.892	0.912	0.931	0.936
	相対感度	—	0.916	0.936	0.956	0.961
熱処理有り	測定値( $\mu\text{Gy}$ )	$4272 \pm 13$	—	$4230 \pm 9$	$4246 \pm 8$	—
	線量感度	0.979	—	0.969	0.973	—
	相対感度	1.005	—	0.995	0.999	—

熱処理は、100°Cで30分間熱処理したことである。

線量感度は、基準吸収線量(4365  $\mu\text{Gy}$ )に対する割合である。

相対感度は、100°Cで熱処理した線量感度の平均に対する割合である。

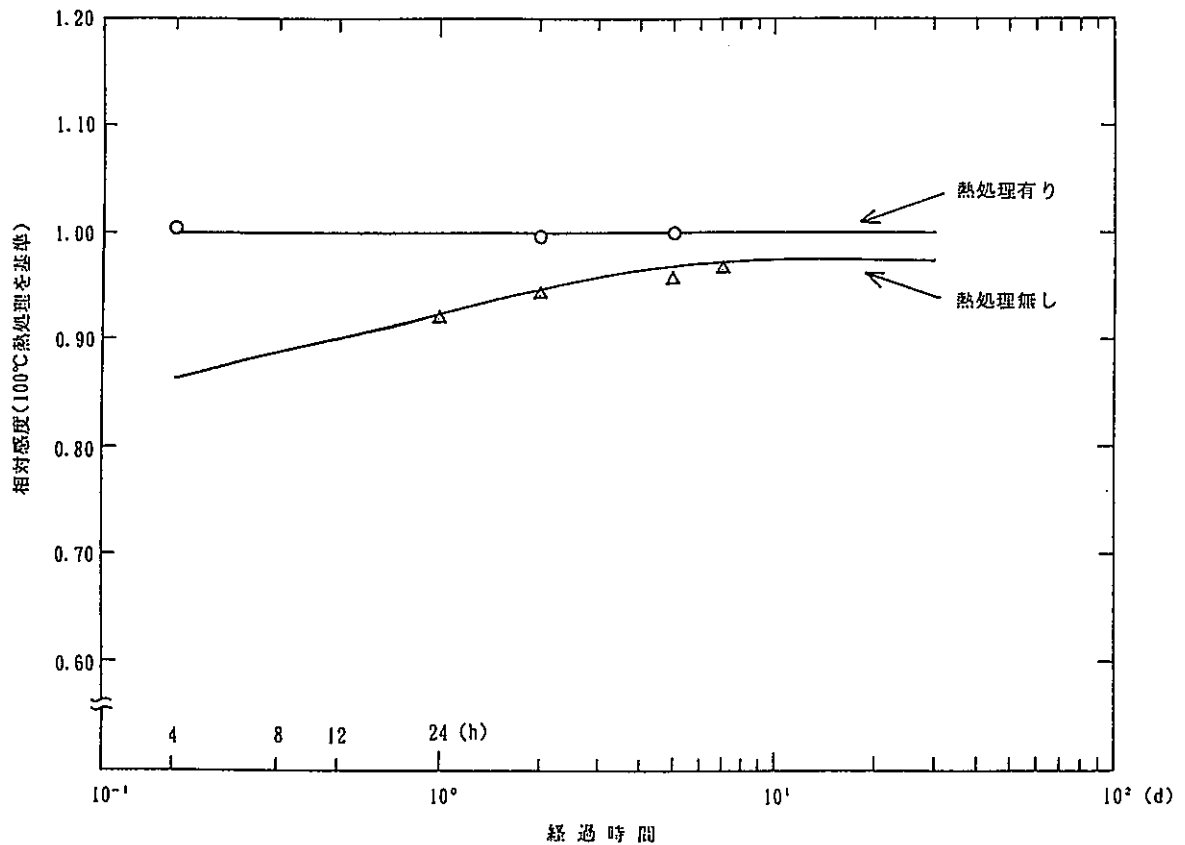


図7 経時変化特性

表4 TLDの経時変化

経過時間	照射線量 (R)	測定線量 (R)	感度
4 時間	2.0	1.97 ± 0.03	0.99
1 日		1.97 ± 0.03	0.99
2 日		1.96 ± 0.02	0.98
5 日		1.96 ± 0.02	0.98
7 日		1.91 ± 0.02	0.96
感度平均と標準偏差		0.98 ± 0.012	

測定線量は、100℃熱処理して測定した値である。

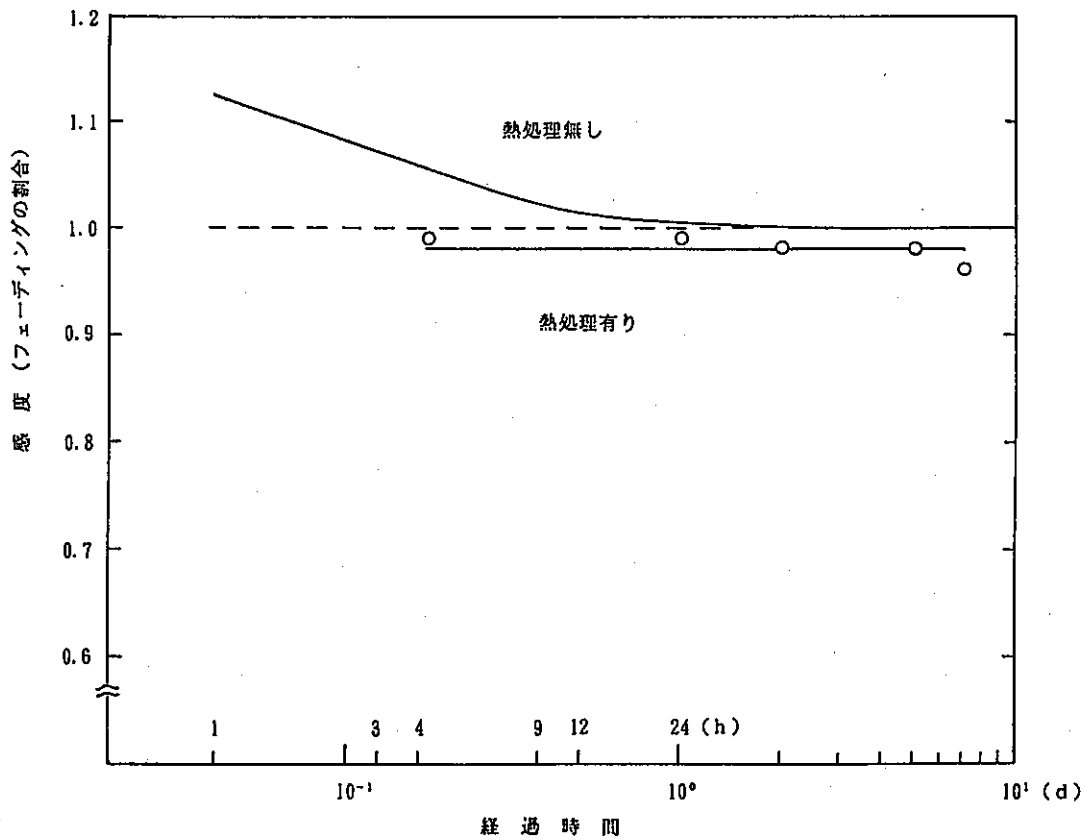


図8 TLDの経時変化特性

表5 ガラス線量計の校正定数

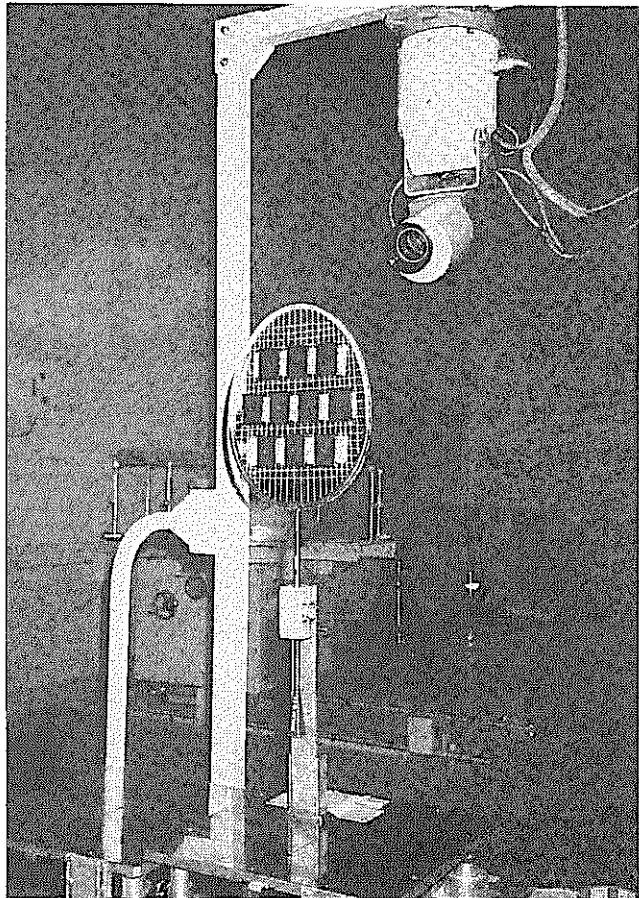
線量計 番号	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co		線量計 番号	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co	
	平均値	校正定数	平均値	校正定数		平均値	校正定数	平均値	校正定数
11751	4233±16	1.031	4257±8	1.025	11771	4254±6	1.026	4207±5	1.038
11752	4207±20	1.038	4230±13	1.031	11772	4175±6	1.046	4165±9	1.048
11753	4210±24	1.037	4175±7	1.046	11773	4166±11	1.048	4177±5	1.045
11754	4227±18	1.033	4248±7	1.028	11774	4189±7	1.042	4135±13	1.056
11755	4201±12	1.039	4231±7	1.032	11775	4217±8	1.035	4223±8	1.034
11756	4191±5	1.042	4189±8	1.042	11776	4118±9	1.060	4108±8	1.063
11757	4260±8	1.025	4308±13	1.013	11777	4239±12	1.080	4280±9	1.020
11758	4210±6	1.037	4182±10	1.044	11778	4197±14	1.040	4126±9	1.058
11759	4236±4	1.030	4196±9	1.040	11779	4207±7	1.038	4132±9	1.056
11760	4248±9	1.028	4193±5	1.041	11780	4208±10	1.037	4185±10	1.043
11761	4241±4	1.029	4195±10	1.041	11781	4286±10	1.018	4231±7	1.032
11762	4218±6	1.035	4188±8	1.042	11782	4190±2	1.042	4184±13	1.043
11763	4197±12	1.040	4120±6	1.059	11783	4352±5	1.003	4348±13	1.004
11764	4177±10	1.045	4192±9	1.041	11784	4276±7	1.021	4241±12	1.029
11765	4197±11	1.040	4129±11	1.057	11785	4238±8	1.030	4189±9	1.042
11766	4197±16	1.040	4209±8	1.037	11786	4207±11	1.038	4157±9	1.050
11767	4202±8	1.039	4233±9	1.031	11787	4245±5	1.028	4260±11	1.025
11768	4188±11	1.042	4122±7	1.059	11788	4285±10	1.019	4288±10	1.018
11769	4165±13	1.048	4160±18	1.049	11789	4318±5	1.011	4326±12	1.009
11770	4227±12	1.033	4224±10	1.033	11790	4260±6	1.025	4219±7	1.035

<sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co線源による照射線量は、4365 μGy(500 mR)である。  
平均値は、μGy単位である。

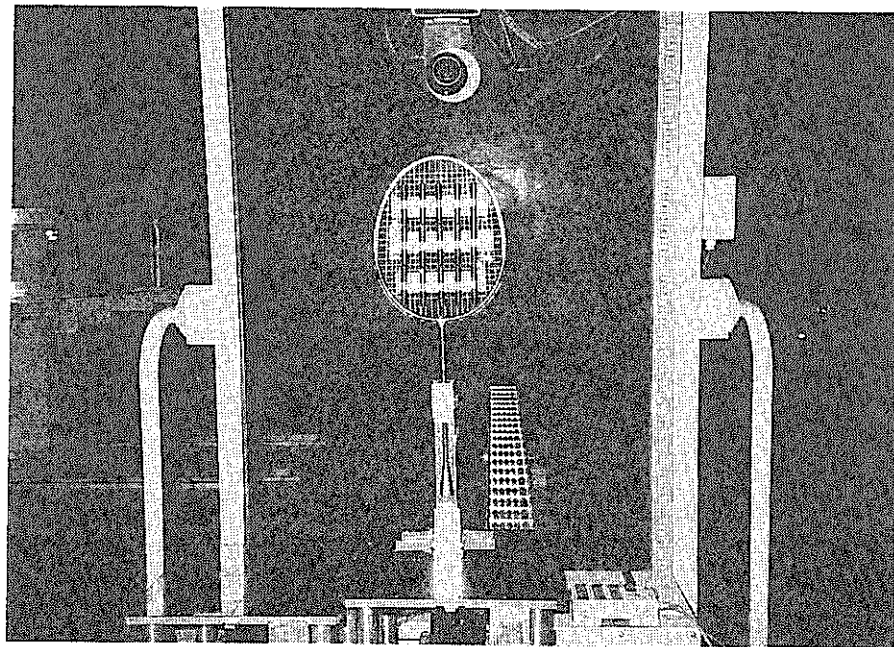
表6 TLDの校正定数

素子 番号	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co		素子 番号	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co	
	平均値(mR)	校正定数	平均値(mR)	校正定数		平均値(mR)	校正定数	平均値(mR)	校正定数
271	330	1.52	342	1.46	296	327	1.53	343	1.46
272	330	1.52	350	1.43	262	320	1.56	326	1.53
273	330	1.52	337	1.48	298	323	1.55	332	1.51
274	341	1.47	353	1.42	299	320	1.56	326	1.53
275	344	1.45	352	1.40	300	329	1.52	338	1.48
276	336	1.49	343	1.46	301	328	1.52	337	1.48
277	339	1.47	351	1.42	302	328	1.52	339	1.47
278	334	1.50	343	1.46	303	327	1.53	339	1.47
279	332	1.51	349	1.43	304	325	1.54	341	1.47
280	322	1.55	333	1.50	305	320	1.56	334	1.50
291	335	1.49	347	1.44	306	314	1.59	332	1.51
292	333	1.50	344	1.45	307	329	1.52	337	1.48
293	335	1.49	344	1.45	308	311	1.61	328	1.52
294	328	1.52	326	1.53	309	327	1.53	337	1.48
295	326	1.53	339	1.47	310	323	1.55	336	1.49

<sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co線源による照射線量は、500 mRである。



(a) ガラス線量計



(b) TLD

写真2 感度試験の写真



表7 ガラス線量計測定値の線量に対する変動率のずれ

照射(吸収)線量		各線量に対する変動率 (%)		
( $\mu\text{Gy}$ )	(mR)	10回 測定	5回 測定	3回 測定
43650	5000	$\pm 0.17 \pm 0.03$	$\pm 0.16 \pm 0.07$	$\pm 0.26$
17460	2000	$\pm 0.13 \pm 0.05$	$\pm 0.12 \pm 0.06$	$\pm 0.09$
8730	1000	$\pm 0.19 \pm 0.02$	$\pm 0.23 \pm 0.06$	$\pm 0.40$
4365	500	$\pm 0.19 \pm 0.05$	$\pm 0.17 \pm 0.08$	$\pm 0.06$
1746	200	$\pm 0.23 \pm 0.04$	$\pm 0.22 \pm 0.06$	$\pm 0.25$
873	100	$\pm 0.30 \pm 0.07$	$\pm 0.28 \pm 0.11$	$\pm 0.42$
437	50	$\pm 0.29 \pm 0.05$	$\pm 0.24 \pm 0.06$	$\pm 0.14$
175	20	$\pm 0.7 \pm 0.2$	$\pm 0.7 \pm 0.2$	$\pm 0.36$
87.3	10	$\pm 1.1 \pm 0.2$	$\pm 0.9 \pm 0.3$	$\pm 1.4$
43.7	5.0	$\pm 2.1 \pm 0.8$	$\pm 1.8 \pm 0.6$	$\pm 1.4$
26.2	3.0	$\pm 3.9 \pm 1.1$	$\pm 3.9 \pm 1.2$	$\pm 5.2$

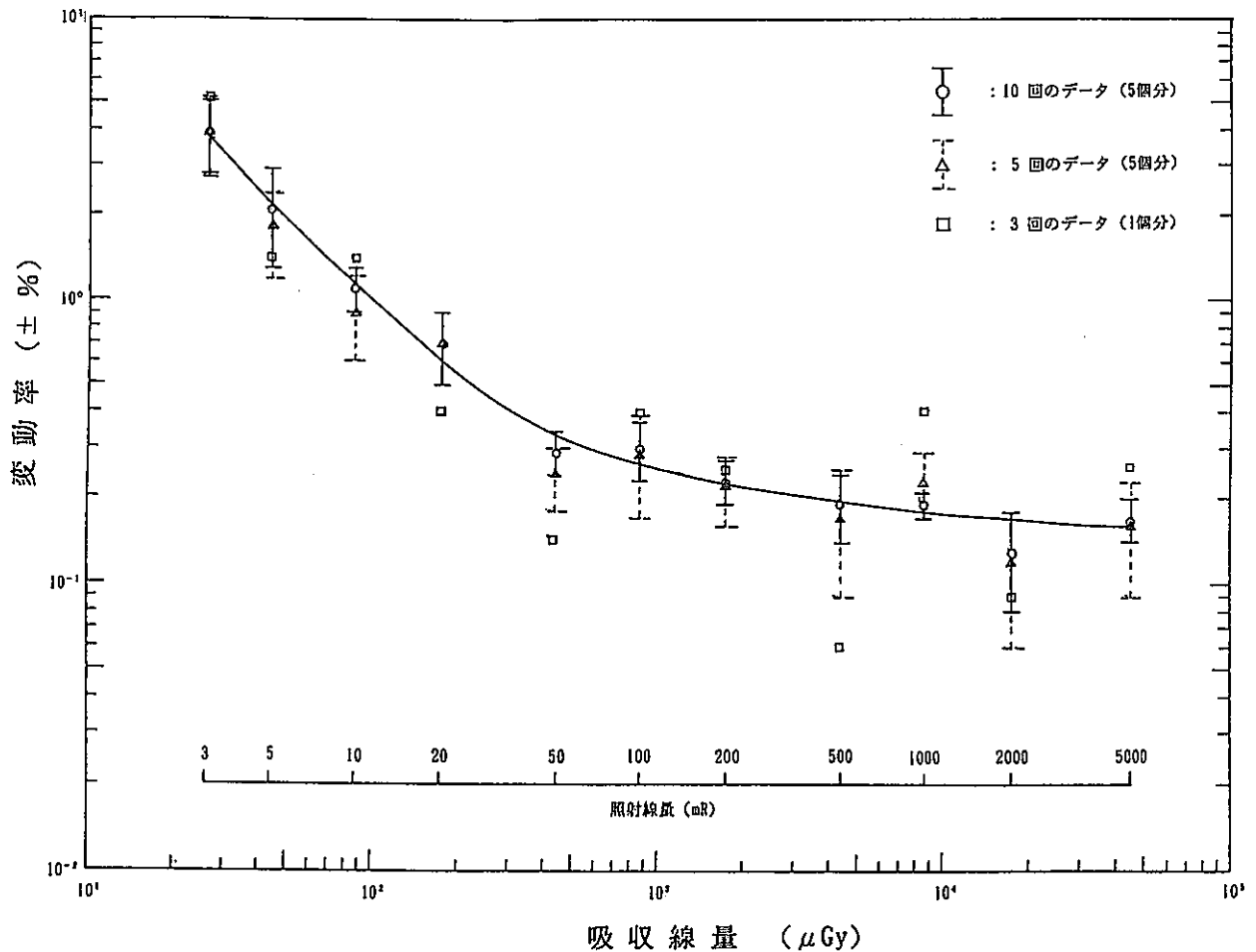


図9 ガラス線量計測定値の線量に対する変動率

表8 エネルギーの特性試験結果

(a) ガラス線量計 (SC-1)

放射線源	光子エネルギー (KeV)	吸収線量 ( $\mu$ Gy)	測定線量 ( $\mu$ Gy)	感度	相対感度 $^{137}\text{Cs}$ 基準
X線 (QI:0.8)	24.1	800	578.2 $\pm$ 9.1	0.72 $\pm$ 0.011	0.74
	40.4	800	809.1 $\pm$ 14.1	1.01 $\pm$ 0.018	1.04
	57.4	800	865.6 $\pm$ 14.0	1.08 $\pm$ 0.017	1.11
	80.0	800	929.1 $\pm$ 10.8	1.16 $\pm$ 0.014	1.20
	95.5	800	916.6 $\pm$ 10.1	1.15 $\pm$ 0.013	1.19
	119	800	880.8 $\pm$ 8.0	1.10 $\pm$ 0.010	1.13
	161	800	799.1 $\pm$ 14.8	1.00 $\pm$ 0.019	1.03
	203	800	816.7 $\pm$ 15.1	1.02 $\pm$ 0.019	1.05
$^{51}\text{Cr}$	320	400	378.8 $\pm$ 5.9	0.95 $\pm$ 0.015	0.98
$^{137}\text{Cs}$	662	800	776.5 $\pm$ 4.5	0.97 $\pm$ 0.006	1.00
$^{60}\text{Co}$	1250	800	783.6 $\pm$ 8.4	0.98 $\pm$ 0.010	1.01
$^{16}\text{N}$	6130	400	483.0 $\pm$ 4.0	1.21 $\pm$ 0.010	1.25

注) 測定線量は、レーザーパルス数:100, 読取回数:10回 の値である。

(b) TLD (UD-200S)

放射線源	光子エネルギー (KeV)	照射線量 (mR)	測定線量 (mR)	感度	相対感度 $^{137}\text{Cs}$ 基準
X線 (QI:0.8)	24.1	300	145 $\pm$ 44	0.48 $\pm$ 0.15	0.56
	40.4	300	301 $\pm$ 71	1.00 $\pm$ 0.24	1.18
	57.4	300	336 $\pm$ 83	1.12 $\pm$ 0.28	1.32
	80.0	500	555 $\pm$ 37	1.11 $\pm$ 0.074	1.31
	161	500	490 $\pm$ 12	0.98 $\pm$ 0.024	1.15
	203	500	455 $\pm$ 9.3	0.91 $\pm$ 0.019	1.07
$^{137}\text{Cs}$	662	500	425 $\pm$ 6.2	0.85 $\pm$ 0.012	1.00
$^{60}\text{Co}$	1250	60	49.0 $\pm$ 1.6	0.82 $\pm$ 0.027	0.96

注) 測定線量は、TLD5個の10素子の値である。

表9 ガラス線量計方向特性結果

(1) X線 80 KeV

角度	横 軸		縦 軸	
	測定値 (mR)	相対値 0° 基準	測定値 (mR)	相対値 0° 基準
0°	2070 ± 14	1.00	2109 ± 29	1.00
30°	1843 ± 8	0.89	2010 ± 17	0.95
60°	1278 ± 8	0.62	1322 ± 21	0.63
75°	1175 ± 19	0.57	559 ± 26	0.27
90°	1065 ± 19	0.51	921 ± 27	0.44
105°	1123 ± 10	0.54	554 ± 34	0.26
120°	1280 ± 14	0.62	1268 ± 48	0.60
150°	1810 ± 22	0.87	1985 ± 55	0.94
180°	2001 ± 14	0.97	2075 ± 33	0.98
210°	1815 ± 24	0.88	1952 ± 47	0.93
240°	1333 ± 16	0.64	1281 ± 18	0.61
255°	1223 ± 3	0.59	602 ± 8	0.29
270°	1157 ± 15	0.56	868 ± 26	0.41
285°	1012 ± 11	0.49	926 ± 13	0.44
300°	1251 ± 5	0.60	1271 ± 17	0.60
330°	1817 ± 6	0.88	1964 ± 9	0.93

測定値は、ガラス線量計2個(5回読取)の平均である。  
照射線量は1746( $\mu$ Gy) (200(mR)) で、照射距離200(cm)である。

(2)  $^{137}\text{Cs}$  662 KeV

角度	横 軸		縦 軸	
	測定値 (mR)	相対値 0° 基準	測定値 (mR)	相対値 0° 基準
0°	1738 ± 18	1.00	1753 ± 20	1.00
30°	1733 ± 23	1.00	1743 ± 46	0.99
60°	1667 ± 13	0.96	1673 ± 26	0.95
75°	1541 ± 8	0.89	1478 ± 19	0.84
90°	1476 ± 16	0.85	1483 ± 37	0.85
105°	1467 ± 15	0.84	1454 ± 10	0.83
120°	1655 ± 13	0.95	1671 ± 29	0.95
150°	1705 ± 14	0.98	1724 ± 28	0.98
180°	1714 ± 18	0.99	1723 ± 38	0.98
210°	1707 ± 20	0.98	1730 ± 44	0.99
240°	1651 ± 8	0.95	1660 ± 17	0.95
255°	1559 ± 30	0.90	1513 ± 63	0.86
270°	1531 ± 5	0.88	1512 ± 14	0.86
285°	1593 ± 5	0.92	1571 ± 8	0.90
300°	1657 ± 10	0.95	1659 ± 22	0.95
330°	1735 ± 3	1.00	1743 ± 11	0.99

測定値は、ガラス線量計2個(5回読取)の平均である。  
照射線量は1746( $\mu$ Gy) (200(mR)) で、照射距離130(cm)である。

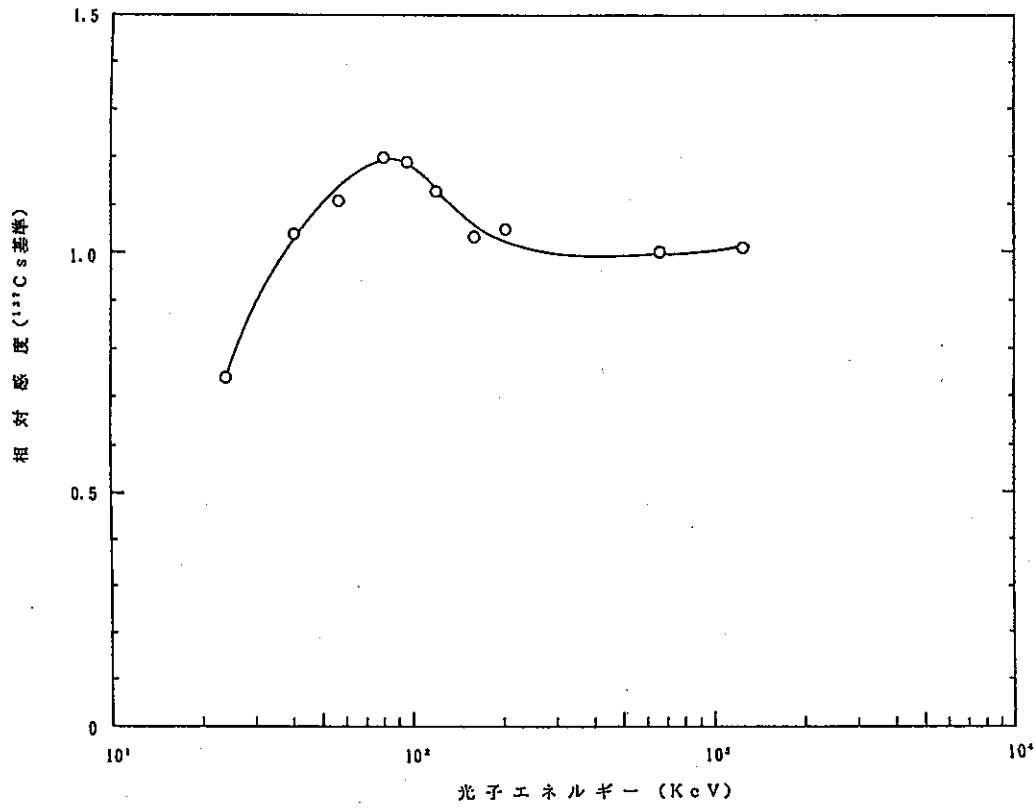


図10 ガラス線量計のエネルギー特性

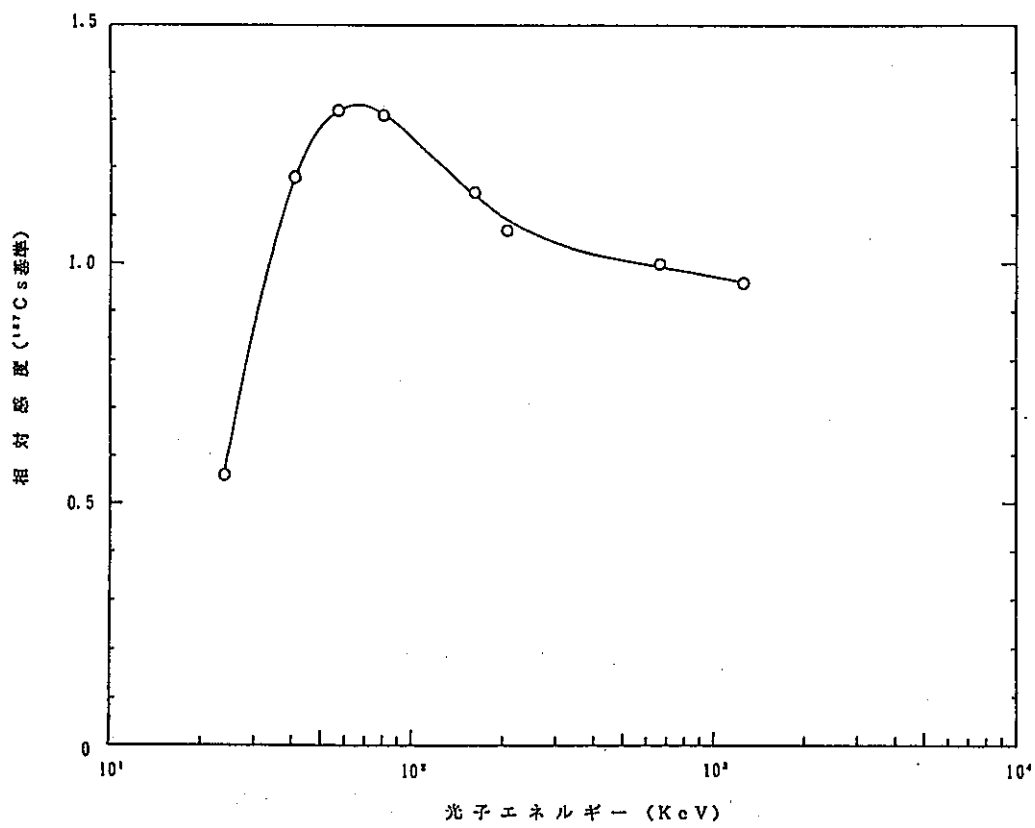
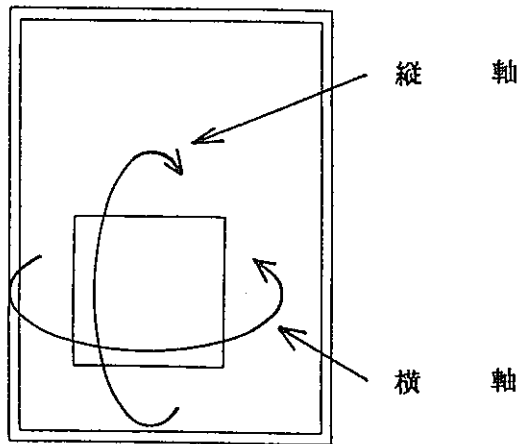
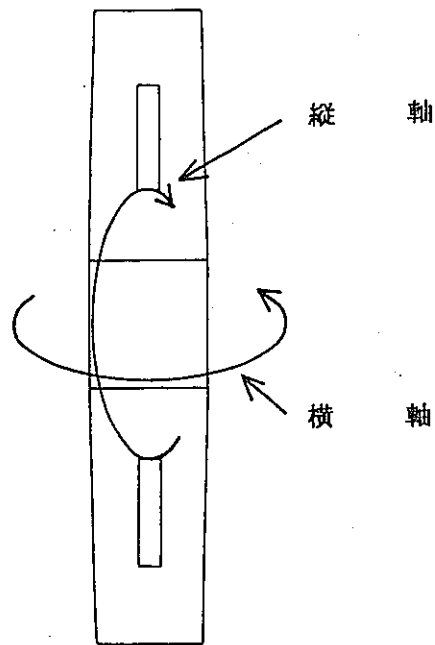


図11 TLDのエネルギー特性

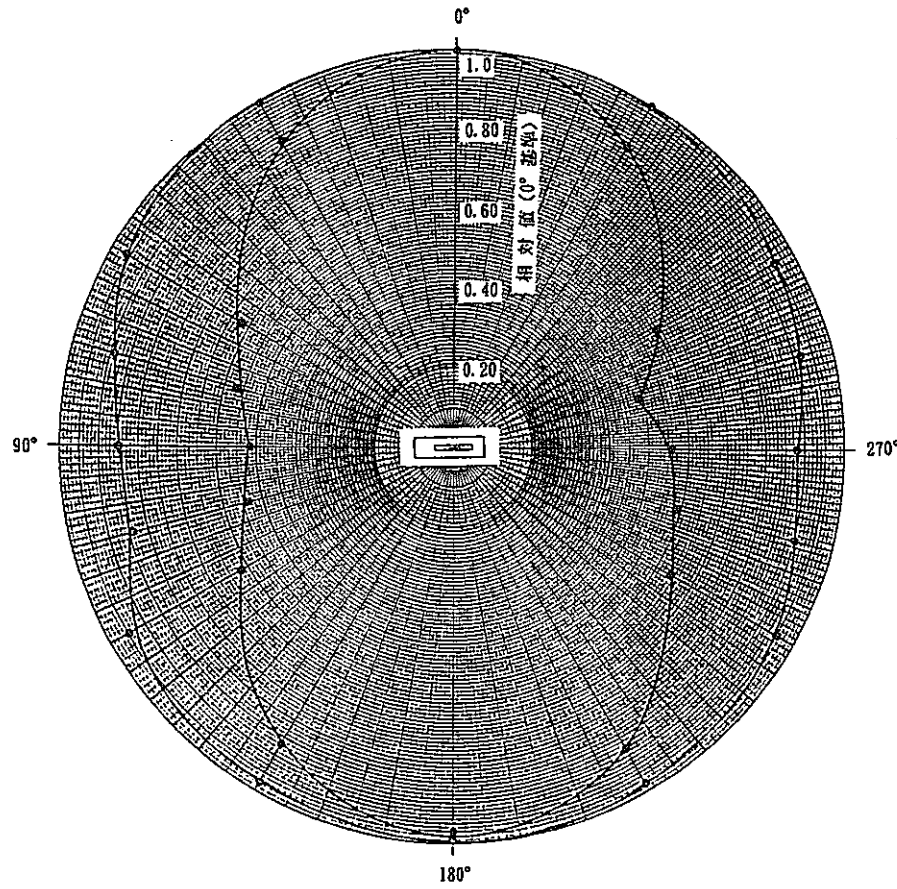


(a) ガラス線量計 (SC - 1 型)

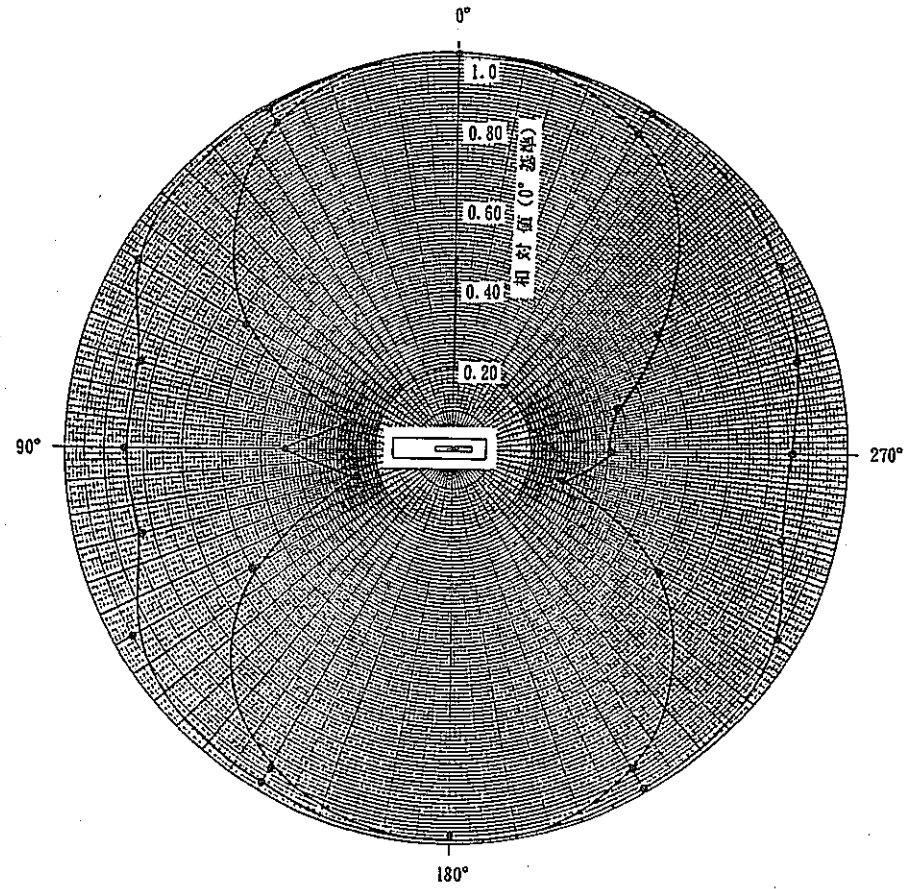


(b) TLD (UD - 200S 型)

図12 ガラス線量計及びTLDの回転軸の方向



(a) 水平 車由



(b) 縦 車由

図13 ガラス線量計の方向特性  
(○ :  $^{137}\text{Cs}$  , ● : X線80KeV)

表10 TLD方向特性

(1) X線 80 KeV

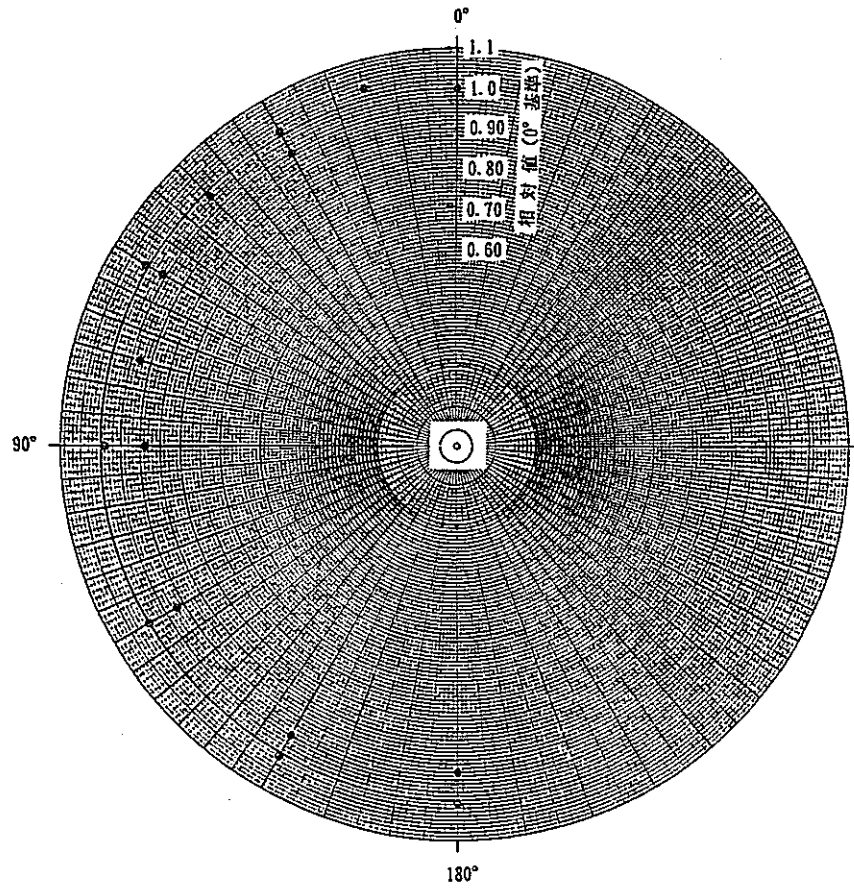
角度	横 軸		縦 軸	
	測定値 (mR)	相 对 値 0° 基準	測定値 (mR)	相 对 値 0° 基準
0°	359 ± 51	1.00	319 ± 43	1.00
15°	368 ± 63	1.03	325 ± 45	1.02
30°	340 ± 48	0.95	308 ± 25	0.97
45°	355 ± 45	0.99	251 ± 35	0.79
60°	344 ± 25	0.96	208 ± 21	0.65
75°	333 ± 29	0.93	—	—
90°	319 ± 37	0.89	250 ± 121	0.78
120°	330 ± 65	0.92	195 ± 28	0.61
150°	340 ± 33	0.95	281 ± 7	0.88
180°	333 ± 45	0.93	321 ± 39	1.01

測定値は、TLD3個(6素子)の平均である。  
照射線量は300(mR)で、照射距離200(cm)である。

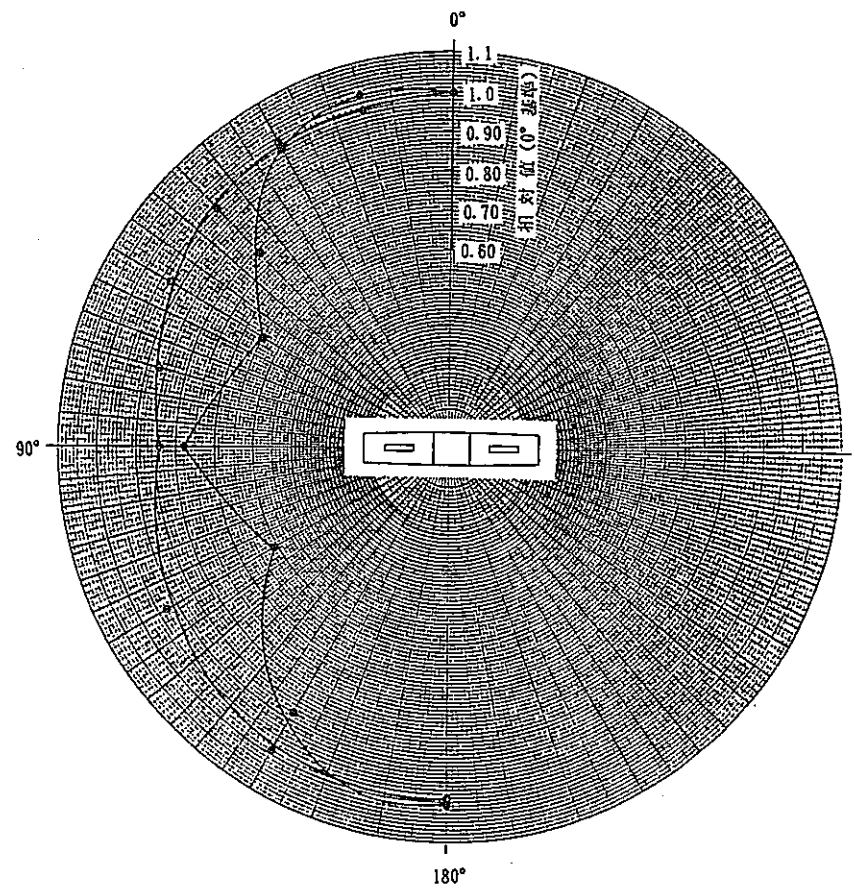
(2) <sup>137</sup>Cs 662 KeV

角度	横 軸		縦 軸	
	測定値 (mR)	相 对 値 0° 基準	測定値 (mR)	相 对 値 0° 基準
0°	429 ± 10	1.00	427 ± 9	1.00
15°	—	—	418 ± 11	0.98
30°	433 ± 13	1.01	422 ± 7	0.99
45°	—	—	406 ± 21	0.95
60°	435 ± 13	1.01	397 ± 15	0.93
75°	—	—	373 ± 54	0.87
90°	425 ± 12	0.99	357 ± 74	0.84
120°	429 ± 10	1.00	397 ± 20	0.93
150°	434 ± 17	1.01	421 ± 10	0.99
180°	432 ± 9	1.01	423 ± 9	0.99

測定値は、TLD3個(6素子)の平均である。  
照射線量は500(mR)で、照射距離102.1(cm)である。



(a) 棒状 単点



(b) 板状 単点

図14 TLDの方向特性

(○ :  $^{137}\text{Cs}$  , ● : X線80KeV)



表11 線量率特性結果

照射場 線量率 (R/h)	照射 (吸収) 線量	T L D		ガラス線量計	
		測定値 (mR)	感 度	測定値 ( $\mu$ Gy)	感 度
10.36	300 mR 2619 $\mu$ Gy	226 $\pm$ 5.8	0.75 $\pm$ 0.019	2545 $\pm$ 19	0.972 $\pm$ 0.007
4.872		221 $\pm$ 3.6	0.74 $\pm$ 0.012	2521 $\pm$ 30	0.962 $\pm$ 0.012
2.000		225 $\pm$ 5.8	0.75 $\pm$ 0.019	2532 $\pm$ 23	0.967 $\pm$ 0.009
2.030		220 $\pm$ 4.4	0.73 $\pm$ 0.015	2513 $\pm$ 17	0.959 $\pm$ 0.007
0.5007		221 $\pm$ 5.9	0.74 $\pm$ 0.020	2548 $\pm$ 22	0.973 $\pm$ 0.008
0.126		211 $\pm$ 6.5	0.70 $\pm$ 0.022	2493 $\pm$ 22	0.952 $\pm$ 0.009
0.0488		211 $\pm$ 3.8	0.70 $\pm$ 0.013	2501 $\pm$ 30	0.955 $\pm$ 0.011
0.0200		210 $\pm$ 3.2	0.70 $\pm$ 0.011	2463 $\pm$ 25	0.940 $\pm$ 0.010
平均値		218 $\pm$ 6.5	0.73 $\pm$ 0.022	2515 $\pm$ 29	0.960 $\pm$ 0.011

TLDの測定値は、5個(10素子)の平均である。  
 ガラス線量計の測定値は、5個(10回測定)の平均値である。  
 使用線源は、 $^{60}\text{Co}$ である。

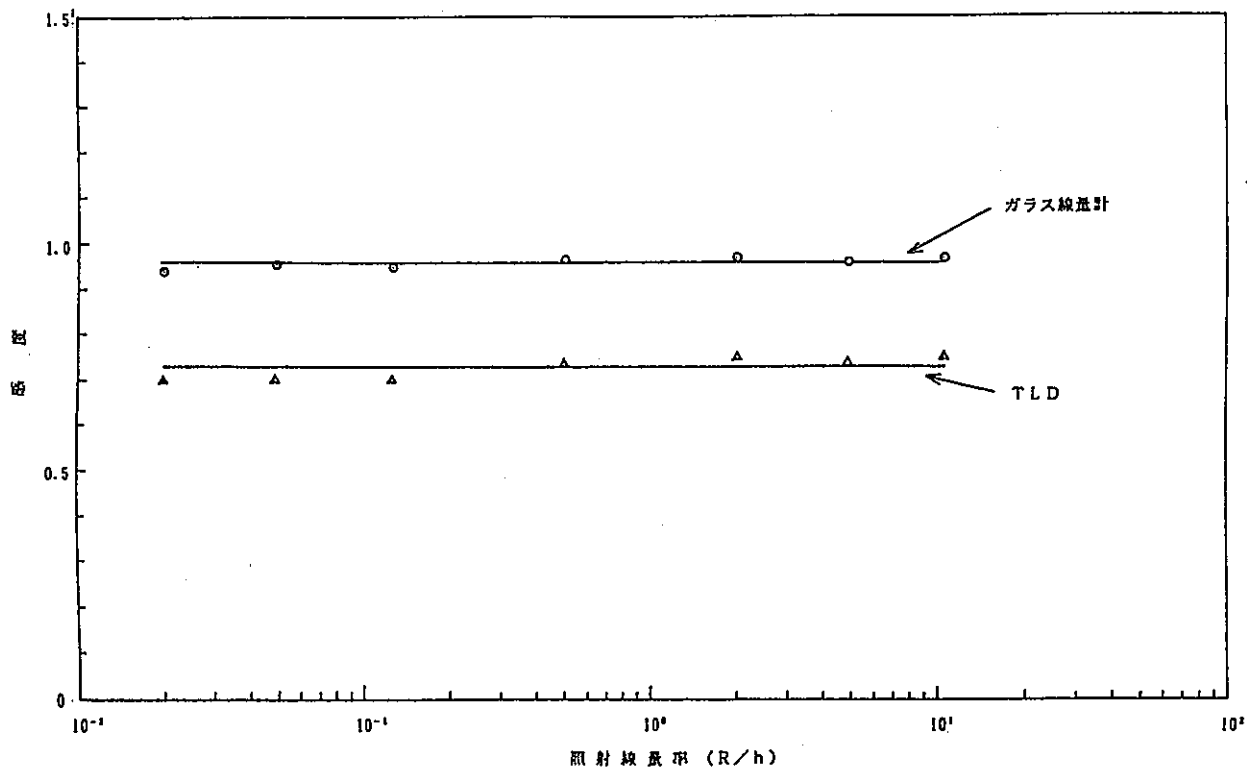


図15 線量率特性

表12 ガラス線量計の指示誤差試験結果

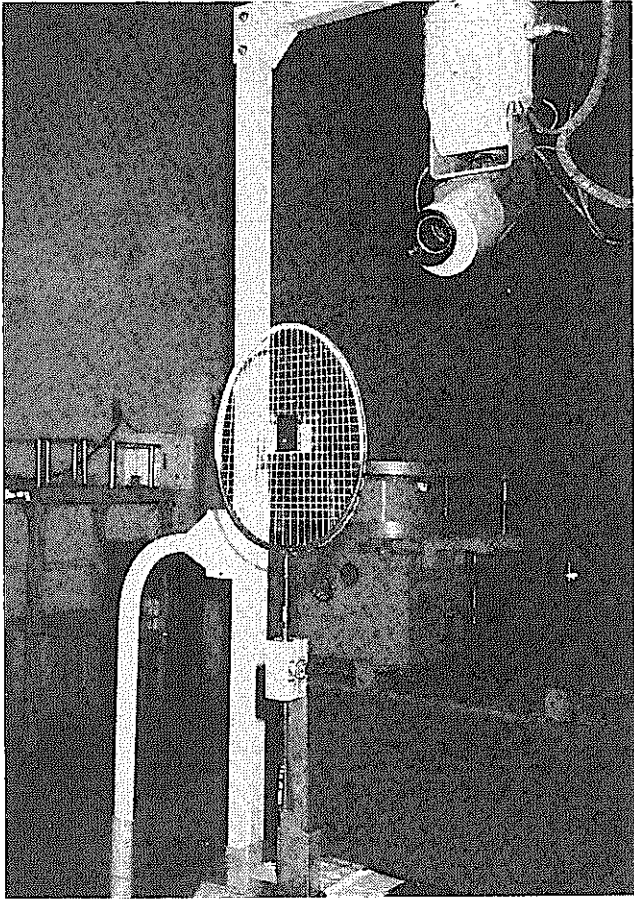
吸収線量 ( $\mu\text{Gy}$ )	5 個 平均			3 個 平均			2 個 平均			1 個	
	測定値 ( $\mu\text{Gy}$ )	感度	変動率 ( $\pm\%$ )	測定値 ( $\mu\text{Gy}$ )	感度	変動率 ( $\pm\%$ )	測定値 ( $\mu\text{Gy}$ )	感度	変動率 ( $\pm\%$ )	測定値 ( $\mu\text{Gy}$ )	感度
43650	43822 $\pm$ 174	1.004	0.40	43847 $\pm$ 205	1.005	0.47	43747 $\pm$ 152	1.002	0.35	43639	1.000
17460	17186 $\pm$ 59	0.984	0.34	17166 $\pm$ 73	0.983	0.43	17139 $\pm$ 79	0.982	0.46	17083	0.978
8730	8961 $\pm$ 13	1.026	0.15	8958 $\pm$ 12	1.026	0.13	8954 $\pm$ 12	1.026	0.13	8945	1.025
4365	4418 $\pm$ 15	1.012	0.34	4425 $\pm$ 11	1.014	0.25	4420 $\pm$ 9	1.013	0.20	4426	1.014
1746	1765 $\pm$ 6	1.011	0.34	1766 $\pm$ 7	1.011	0.38	1767 $\pm$ 9	1.012	0.52	1760	1.008
873	873 $\pm$ 2.7	1.000	0.31	874 $\pm$ 3.1	1.001	0.35	872 $\pm$ 1.4	0.999	0.16	871	0.998
436.5	434 $\pm$ 1.5	0.994	0.35	434 $\pm$ 2.0	0.994	0.46	434 $\pm$ 2.8	0.994	0.65	432	0.990
174.6	173 $\pm$ 0.4	0.991	0.23	173 $\pm$ 0.2	0.991	0.12	173 $\pm$ 0.1	0.991	0.06	173	0.991
87.3	85.7 $\pm$ 0.5	0.982	0.6	85.6 $\pm$ 0.8	0.981	0.9	85.9 $\pm$ 0.9	0.984	1.0	86.5	0.991
43.7	43.4 $\pm$ 2.0	0.994	4.6	42.4 $\pm$ 0.9	0.971	2.1	42.2 $\pm$ 1.1	0.967	2.6	43.0	0.985
26.2	25.5 $\pm$ 0.6	0.973	2.4	25.5 $\pm$ 0.7	0.973	2.7	25.4 $\pm$ 1.0	0.969	3.9	25.8	0.985
平均値	1.003 $\pm$ 0.013			1.003 $\pm$ 0.014			1.002 $\pm$ 0.014			1.000 $\pm$ 0.015	

平均値は、174.6( $\mu\text{Gy}$ )以上の線量に対する感度の平均と標準偏差である。  
測定値は、各線量計の5回読み取り平均値に校正定数を乗じた値である。

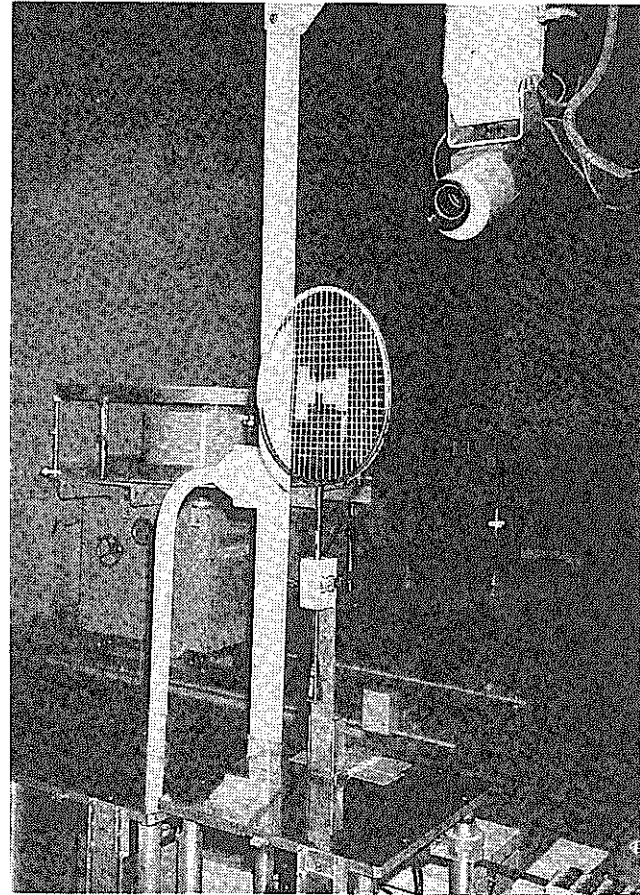
表13 TLDの指示誤差試験結果

照射線量 (mR)	5 個 平均			3 個 平均			2 個 平均			1 個	
	測定値 (mR)	感度	変動率 ( $\pm\%$ )	測定値 (mR)	感度	変動率 ( $\pm\%$ )	測定値 (mR)	感度	変動率 ( $\pm\%$ )	測定値 (mR)	感度
5000	5220 $\pm$ 87	1.04	1.6	5250 $\pm$ 26	1.05	0.5	5250 $\pm$ 40	1.05	0.8	5270	1.05
2000	2070 $\pm$ 50	1.04	2.4	2070 $\pm$ 23	1.04	1.2	2070 $\pm$ 30	1.04	1.5	2090	1.05
1000	1030 $\pm$ 15	1.03	1.5	1020 $\pm$ 12	1.04	1.2	1020 $\pm$ 14	1.04	1.5	1030	1.03
500	512 $\pm$ 4.2	1.02	0.8	512 $\pm$ 5.0	1.02	1.0	512 $\pm$ 7.1	1.02	1.4	507	1.01
200	206 $\pm$ 2.4	1.03	1.2	205 $\pm$ 2.0	1.03	1.0	205 $\pm$ 2.8	1.03	1.4	207	1.04
100	106 $\pm$ 1.8	1.06	1.7	106 $\pm$ 1.5	1.06	1.5	106 $\pm$ 0.7	1.06	0.7	105	1.05
50	51.1 $\pm$ 0.4	1.02	0.7	51.2 $\pm$ 0.4	1.02	0.7	51.1 $\pm$ 0.1	1.02	0.2	50.9	1.02
20	20.9 $\pm$ 0.4	1.05	1.8	20.9 $\pm$ 0.5	1.05	2.4	20.9 $\pm$ 0.6	1.05	2.9	21.3	1.07
10	10.4 $\pm$ 0.2	1.04	2.0	10.3 $\pm$ 0.1	1.03	1.0	10.3 $\pm$ 0.1	1.03	1.0	10.2	1.02
5.0	5.3 $\pm$ 0.1	1.06	1.9	5.3 $\pm$ 0.1	1.06	1.9	5.3 $\pm$ 0.1	1.06	1.9	5.2	1.04
平均値	1.04 $\pm$ 0.013			1.04 $\pm$ 0.014			1.04 $\pm$ 0.014			1.04 $\pm$ 0.019	

平均値は、10(mR)以上の線量に対する感度の平均と標準偏差である。  
測定値は、各線量計の読み取り値に校正定数を乗じた値である。



(a) ガラス線量計



(b) TLD

写真3 指示誤差試験の写真 (ビーム中心軸上に1個設置)

表14 各線量システムの基本条件と基礎試験及び特性試験の結果

項目	ガラス線量計システム	T L D システム	
測定時の基本条件	照射前の再生処理	400°C 2時間の熱処理	420°C 3分の熱処理
	照射後の熱処理	100°C 30分の熱処理	100°C 3分の熱処理
	線量計の照射回数	3~5 個	2~5 個
	線量計の読取回数	5 回	1 回
	リーダー点検	レーザーパルス数：50の確認 感度チェックで補正係数を求める。	感度チェックで補正係数を求める。
基礎試験結果	経時変化	100° で熱処理すると経過時間によるずれは無視できる。	グローピークの100°C以下を熱処理すると経過時間によるずれは無視できる。
	線量計の感度変化	± 1%程度変化するので各線量計に校正定数を付ける必要がある。	± 3%程度変化するので各線量計に校正定数を付ける必要がある。
	線量に対する変動係数	50 mR以上で± 0.3%の変動率 20 mRで± 0.7%の変動率 10 mRで± 1.0%の変動率	10 mR以上で± 1.3%の変動率
	リーダーの誤差	補正係数の変動率±0.5%あるので補正が必要である。 測定レンジの変動率：± 0.5%	補正係数の変動が5%あるので補正が必要である。
特性試験結果	エネルギー特性	200 KeV以上で <sup>137</sup> Csに対し±5%感度変化する。	200 KeV以上で <sup>137</sup> Csに対し±5%感度変化する。 80 KeV以下では素子の変動率が10%以上になる。
	方向特性	0° 方向から±30° で <sup>137</sup> Csで1%以内	0° 方向から±30° で <sup>137</sup> Csで1%以内
	線量率特性	20 mR/h以上で変動率が±1%以内	20 mR/h以上で変動率が±3%以内
	指示誤差	20 mR以上5 Rで変動率が±1.5%	10 mR以上5 Rで変動率が±5%

表15 ガラス線量計システムによる線量再現性結果

試験年月日	照射吸収線量 ( $\mu\text{Gy}$ )	線量評価値 ( $\mu\text{Gy}$ )	感 度
平成4年12月21日	4365	4419 $\pm$ 14	1.012 $\pm$ 0.003
平成4年12月24日	2619	2635 $\pm$ 8.4	1.006 $\pm$ 0.003
平成5年 1月12日	2619	2595 $\pm$ 4.8	0.991 $\pm$ 0.002
平成5年 1月21日校正	4365	4370 $\pm$ 3.8	1.001 $\pm$ 0.001
平成5年 1月27日	8730	8859 $\pm$ 8.0	1.015 $\pm$ 0.002
感度の平均と標準偏差			1.005 $\pm$ 0.010

校正日は、各線量計の校正定数とリーダーの補正係数の基準を求めた日である。  
線量評価値は、3.4項の評価方法によって求めた値である。

表16 TLDシステムによる線量再現性結果

試験年月日	照射線量 (mR)	線量評価値 (mR)	感 度
平成4年12月24日	300	311 $\pm$ 4.4	1.038 $\pm$ 0.015
平成5年 1月 8日	50	51.1 $\pm$ 0.4	1.022 $\pm$ 0.008
平成5年 1月11日	300	299 $\pm$ 2.2	0.997 $\pm$ 0.007
平成5年 1月18日	5000	5220 $\pm$ 88	1.044 $\pm$ 0.018
平成5年 1月19日校正	500	500 $\pm$ 1.0	1.000 $\pm$ 0.002
感度の平均と標準偏差			1.020 $\pm$ 0.021

校正日は、各線量計の校正定数とリーダーの補正係数の基準を求めた日である。  
線量評価値は、3.4項の評価方法によって求めた値である。

表17 散乱線割合の異なる照射場での線量評価結果

照射距離 (m)	室内散乱線 の割合(%)	照射線量 ( $\mu$ Gy)	測定線量 ( $\mu$ Gy)	感度
1.0	0.2	4365	4315 $\pm$ 8	0.989
2.5	1.3	4365	4326 $\pm$ 10	0.991
4.5	3.0	4365	4337 $\pm$ 10	0.994
6.5	5.0	4365	4352 $\pm$ 7	0.997
7.5	6.0	2619	2623 $\pm$ 3	1.002
8.5	7.0	2619	2600 $\pm$ 6	0.993
9.5	8.5	2619	2607 $\pm$ 6	0.995
感度の平均値と標準偏差			0.994 $\pm$ 0.004	

表18 動燃の各事業所で所有する強度の高い線源の推定照射線量率

各事業所の線源強度			各距離における推定照射線量率		
			1 m	2 m	3 m
東海	Cs	1.11TBq (30 Ci)	10 R/h	2.5 R/h	1.1 R/h
	"	3.7 GBq (0.1 Ci)	30 mR/h	7.5 mR/h	3.3 mR/h
	Co	3.7 GBq (0.1 Ci)	130 mR/h	33 mR/h	14 mR/h
大洗	Cs	1.11TBq (30 Ci)	10 R/h	2.5 R/h	1.1 R/h
	"	3.7 GBq (0.1 Ci)	30 mR/h	7.5 mR/h	3.3 mR/h
	Co	3.7 GBq (0.1 Ci)	130 mR/h	33 mR/h	14 mR/h
もんじゅ	Cs	1.11TBq (30 Ci)	10 R/h	2.5 R/h	1.1 R/h
	"	1.85GBq (50 mCi)	17 mR/h	4.3 mR/h	1.9 mR/h
	Co	3.7 GBq (0.1 Ci)	130 mR/h	33 mR/h	14 mR/h
ふげん	Cs	740 GBq (20 Ci)	6.6 R/h	1.7 R/h	0.7 R/h
	Co	37 GBq (1 Ci)	1.3 R/h	320 mR/h	140 mR/h
人形峠	Cs	2.6 GBq (70 mCi)	23 mR/h	5.8 mR/h	2.5 mR/h
	Co	1.85GBq (50 mCi)	65 mR/h	16 mR/h	7.2 mR/h

表19 ブラインドテストの予備試験結果

事業所名	照射設備の条件						測定値及び評価値				評価値 基準値
	核種	強度	距離 (m)	照射線量 率(mR/h)	照射時間 (s)	照射試験 年月日	ガラス線量計 測定値( $\mu$ Gy)	リター 補正值	線量 (mR)	線量率 (mR/h)	
動燃東海事業所	$^{137}\text{Cs}$	1.11 TBq	1.0	8294.4	217	平成5年2月18日	4601 $\pm$ 16	0.947	498.9	8277	0.998
			2.0	2073.6	868		4617 $\pm$ 15		500.6	2076	1.001
			3.0	921.6	1953		4588 $\pm$ 13		497.5	917.1	0.995
	$^{137}\text{Cs}$	3.7 GBq	1.0	26.1	4138		266.2 $\pm$ 0.7		28.86	25.11	0.962
	$^{60}\text{Co}$	3.7 GBq	1.0	17.9	6034		256.8 $\pm$ 0.7		27.85	16.62	0.928
原研東海研究所	$^{60}\text{Co}$	7.4 TBq	1.0	110100	120	平成5年2月16日 再測定 平成5年3月1日	33823 $\pm$ 179	0.947	3665	110000	0.999
			2.5	17710	300		13281 $\pm$ 97		1439.3	17270	0.975
			2.5再	17630	120		5453 $\pm$ 23		591.3	17740	1.006
			4.5	5488	300		4237 $\pm$ 6		459.2	5510	1.004
			6.5	2634	300		2023 $\pm$ 5		219.2	2631	0.999
	$^{60}\text{Co}$	3.7 TBq	1.0	29610	180		13287 $\pm$ 56		1440	28800	0.973
			1.0再	29470	60		4594 $\pm$ 21		498.1	29890	1.014
	$^{60}\text{Co}$	185 GBq	1.0	3380	300		2584 $\pm$ 8		280.0	3360	0.994
	$^{60}\text{Co}$	7.4 GBq	1.0	124.4	900		281.5 $\pm$ 0.1		30.51	122.0	0.981
	$^{137}\text{Cs}$	740 GBq	1.0	5190	300		3985 $\pm$ 18		0.951	433.9	5207
	$^{137}\text{Cs}$	37 GBq	1.0	308.0	1800	1385 $\pm$ 2	150.8	301.6		0.979	
	$^{137}\text{Cs}$	1.85 GBq	1.0	16.21	7200	290.8 $\pm$ 1.5	31.67	15.84		0.977	
	$^{60}\text{Co}$	7.4 GBq	1.0	59.79	1800	268.9 $\pm$ 0.2	29.28	58.56		0.979	

評価値/基準値は、照射線量率の割合である。  
測定値は、ガラス線量計3個の平均値である。

*NIST Special Publication 812*

連邦所管二次校正試験所運用規準

(電離放射線)



# 目 次

序	43	
単位に関する注意	45	
パートA	一般的な規準	46
パートB	サーベイ用機器の校正	51
B.1	サーベイ用機器の $\gamma$ 線校正	51
B.2	サーベイ用機器のX線校正	54
B.3	サーベイ用機器の $\beta$ 線校正	57
B.4	サーベイ用機器の中性子線校正	61
B.5	サーベイ用機器の $\alpha$ 線校正	64
パートC	個人線量計の照射	66
C.1	$\gamma$ 線照射	66
C.2	X線照射	69
C.3	中性子線照射	72
C.4	$\beta$ 線照射	75
パートD	照射線量(空気カーマ)率校正用 $\gamma$ 線源	78
パートE	医療診断用機器のX線校正	80
パートF	標準機器の校正	83
F.1	標準機器の $\gamma$ 線校正	83
F.2	標準機器のX線校正	86
付録A	NISTの習熟度テスト	89
付録B	用語集	93

## 序

本書は、電離放射線の測定に使用される機器を校正する試験所の実施のための標準に関するものである。これらの規準は、個々の試験所の認証に関し判断の規準として用いることができる。認証を与える機関が課す付加的な要件とこれらの規準を満たすことより、実証された高いレベルの適性を正式に認める認証が与えられる。

これらの規準は、本書に示される校正業務を実施している連邦所管の機関の代表者のグループによって作成された。ここで示されるように、これらの規準は品質保証に必要な行為や条件に関する有識者の一致した意見を表している。これらの規準の準備に参加した人々とその当時の所属機関は、以下のとおりである。

CPT Chip Adams	Air Force Occupational and environmental Health Laboratory
W. B. Austin	U. S. Navy, Naval Electronic Systems Engineering Center
Joseph Balsamo	Brookhaven National Laboratory
R. Douglas Carlson	Idaho National Engineering Laboratory
William H. Casson	Oak Ridge National Laboratory
Frank Cerra	Food and Drug Administration
Lawrence F. Coldren	Rocky Flats Plant
Jose Cortes	Federal Emergency Management Agency
James D. Cross-Cole	U. S. Navy, Naval Sea Systems Command
Jan P. Cusimano	Idaho National Engineering Laboratory
LTC Charles E. Day	U. S. Army, Office of the Surgeon General
Elwyn H. Dolecek	Argonne National Laboratory
Elmer H. Eisenhower	National Institute of Standards and Technology
Michael Eversole	Portsmouth, Ohio Enrichment Facility
William Ferrara	U. S. Navy, Naval Electronic Systems Engineering Center
Kenneth C. Fertig	U. S. Navy, Naval Electronic Systems Engineering Center
Steve Gargus	U.S. Air Force, Measurement Standards Laboratory
Thomas F. Gesell	Idaho National Engineering Laboratory
Curtis L. Graham	Lawrence Livermore National Laboratory
Jerry Gray	U. S. Army, Primary Standards Laboratory
Robert E. Halliburton	Oak Ridge National Laboratory
John S. Haynie	Los Alamos National Laboratory
H. T. Heaton, II	Food and Drug Administration
CPT William V. Hoak	Air Force Occupational and environmental Health Laboratory
Tom Huynh	Federal Emergency Management Agency
Stan Jones	Portsmouth, Ohio Enrichment Facility
Patrick Kuykendall	U. S. Army, Primary Standards Laboratory

Ray LaBahn	U. S. Army, Primary Nucleonics Laboratory
Del Loney	U. S. Army, Primary Standards Laboratory
Mike Martin	U. S. Navy, Naval Electronic Systems Engineering Center
Donald Nellis	U. S. Nuclear Regulatory Commission
CPT James O'Brien	Air Force Occupational and environmental Health Laboratory
Thomas Ohlhaber	Food and Drug Administration
T. Jordan Powell	Lawrence Livermore National Laboratory
Kevin L. Reaves	Oak Ridge National Laboratory
Peter Roberson	Pacific Northwest Laboratory
Steven C. Rogers	U. S. Army, Primary Standards Laboratory
MAJ Art Samiljan	U. S. Army, Office of the Surgeon General
D. Michael Schaeffer	U. S. Navy, Naval Sea Systems Command
Carl J. Schopfer	Brookhaven National Laboratory
Murari Sharma	U. S. Department of Energy
Carl Siebentritt	Federal Emergency Management Agency
C. Steve Sims	Oak Ridge National Laboratory
Kenneth L. Swinth	Pacific Northwest Laboratory
Charles R. Wallace	U. S. Army, Primary Nucleonics Laboratory
William H. Wilkie	Savannah River Site
William E. Wood	U. S. Navy, Naval Electronic Systems Engineering Center

これらの規準は、連邦所管の校正機関の代表者によって作成されたが、これらの適用は連邦関係機関に限定されるものではない。州及び私企業関係への適用にも適しており、連邦関連機関と同様の高いレベルが得られるだろう。

国立標準技術研究所（前称、国立標準局）は、現在電離放射線の測定のための二次レベルの校正試験所の技術向上を支援している。これらの試験所は、N I S Tが維持管理している物理測定標準と現場の日常測定を行っている機関のものとの間の質の高い結び付けを行うことができる。本書に含まれる規準は、二次試験所の全国規模の体系の発展に大いなる躍進を示すものであるので、N I S Tはこれらの規準が一般利用可能になることを歓迎している。

## 単位に関する注意

全ての発刊物に測定単位として最新の計量体系（国際単位系：略してS I）を用いるのがN I S Tの方針である。この国際単位及びN I S T Special Publication 3 3 0にあげられる暫定的に用いる幾つかの単位が許される。これら2つの分類に含まれるものは、本書にある次の単位である。

量	単 位	記号	S I 単位での値
時間	時間	h	1 h = 3600 秒
エネルギー	エレクトロンボルト	e V	1 eV = $1.6 \times 10^{-19}$ ジュール (J)
照射線量	レントゲン	R	1 R = $2.58 \times 10^{-4}$ クーロン/ キログラム
吸収線量	ラド	r a d	1 rad = $10^{-2}$ グレイ (Gy)
線量当量	レム	r e m	1 rem = $10^{-2}$ シーベルト (Sv)

レントゲン、ラド及びレムの使用は暫定的に認められるが、適宜S I 単位に移行することが望ましい。したがって、本書は可能な限り括弧書きでS I 等価単位を示す。

上記S I 単位は、吸収線量及び線量当量について示される。しかし、照射線量は段階的に廃止されるので、本書にはS I 単位であるクーロン/キログラムは示さない。この量には特別な名称は無く不便であり（特に照射線量率については）、また、この量の定義は他の物理量と整合が取れない。照射線量は、特別な名称を持つS I 単位のジュール/キログラム (J/kg) で表される空気カーマに替えられるだろう： $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ 。

レントゲンで表した照射線量からグレイで表した空気カーマへの換算に用いる係数は、光子エネルギーに多少依存するが、この違いは本書が対象とする範囲では僅かであるので、次の値を使用する：

$$\text{空気カーマ (グレイ)} = 0.00878 \times \text{照射線量 (レントゲン)}$$

丸め込んだ照射線量の値を示す時は、空気カーマのS I 等価量も丸め込む（例えば、 $1.0 \text{ mR} \approx 9.0 \mu \text{ Gy/h}$ ）。

## 連邦所管二次校正試験所運用規準

### PART A — 一般的な規準

#### 1. 序言

本書は、(用語集に定義されている)電離放射線の測定機器を校正している連邦所管の機関の認証の規準を述べるものである。これらの規準を遵守すれば、試験所は種々の放射線環境下で使用される測定機器を高い水準で校正することができるだろう。

認証を受けようとする全ての試験所は、本書のパートAにある規準を満たすこと。さらに、各試験所は認証を望む各カテゴリー(放射線種及びエネルギー)に関する本書の他の部分にある個々の規準を満たすこと。

#### 2. 試験所の業務管理及びスタッフ

##### 2.1 業務管理

試験所の技術責任者は、業務の質又は公正さに圧力を掛け得るいかなる影響からも独立して業務を遂行する権利が保証される組織中の地位にあること。この者は、物理、工学、保健物理又は放射線物理の学士を最低限持ち、かつこれら又はこれらに密接に関連する科学分野の修士を持っているべきである。この者は、試験所の議定書を理解し、それが確実に尊重されることに対して責任を負い、スタッフの適性や訓練の必要性を少なくとも年1回評価すること。

試験所の技術責任者は、文書化された個々の手順に従っていることを少なくとも年1回確かめる責任があり、個々の機器の校正の正しさをチェックすること。そのようなチェックの完全な記録が残され、監査できること。

試験所の毎日の業務を遂行する者は、放射線測定機器の校正を含む放射線計測に最低限3年の実務経験を有すること。

##### 2.2 技術スタッフ

校正業務に携わる技術スタッフは、適切な訓練又は経験を有し、十分に監督され、文書化された手順に従うこと。各自は、校正の正しさに対する責任がそれを実行する各自にあることを理解すること。

#### 3. 試験所の物的側面

##### 3.1 位置

試験所を設置するサイトの選定において、外的条件が試験所の内部環境に及ぼす影響を考慮すること。機械的振動や衝撃源、電氣的及び電磁的影響源並びに機器の適切な校正に影響するその他の潜在的な影響源が存在するならば、試験所は校正精度に悪影響を及ぼさないことを実証する書類を整えること。

##### 3.2 環境

環境モニタリング設備によって、常時試験所内の温度、気圧、湿度を表示するようにすること。

一般的に、これらの規準がカバーする校正業務に対して、厳密な温度制御が絶対に必

要である訳ではない。しかし、校正精度に悪影響を及ぼさないように試験所の温度を合理的に一定に保ち、校正のための測定を始める前に十分な安定性が達成されていることを確認することが望まれる。試験所の温度を20～24℃の範囲に保持すべきである。通気型電離箱を用いる時は、校正が実施されている間、任意の1時間当たり±2℃を超える温度変化があってはならない。

日常的な業務に対しては、相対湿度を15～65%の範囲に保つべきである。

バックグラウンド放射線のレベルは、合理的に達成できる限り低く保ち、校正業務の精度に大きな影響が及ぶ変化があってはならない。

### 3.3 業務

電力は、機器の消費量を十分に賄い、適切に安定であり、スイッチングノイズやひどいラインノイズが無いこと。必要ならば、局所的な予備の電圧安定器やフィルタを設置すること。

試験所は、適切な接地系を持つこと。信号の接地系に接続されている機器からの影響といったものがある場所では、独立した接地系を設け、系間の干渉に対して十分な対策を取ること。

もし圧搾空気を用いるならば、圧力レギュレータを設け、圧搾空気から湿気、塵埃、油を取り除く手段を講じること。

## 4. 校正施設及び設備

### 4.1 施設

試験所は、校正に使用される全ての放射線ビームについて、自由空気条件を持つこと。照射室は、十分な広さを持ち、校正のために測定器が通常置かれる位置の室内散乱線が全体としての精度目標に支障を来す誤差を誘導しないような設計とする。必要ならば、適切に散乱線効果を補正すること。

### 4.2 設備

試験所で使用する設備については、提供される校正業務や校正に用いる手順が適切であること。提供される個々の業務に対する個々の要請は、本書の該当する部分に示される。いかなる新たな設備でも、適切にチェックされ、校正されるまでは業務に導入しないこと。

試験所は、校正を実施する範囲をカバーする二次放射線測定標準を持つこと。測定器の校正にのみ二次標準を使用し、他のいかなる目的にも使用すべきではない。日常のリファレンスとしては、二次標準の代わりに実用標準を使用すべきである。

試験所は、1%の精度の気圧計と1℃の精度の温度計を持つこと。それらの測定器は、三次又はそれ以上のレベルの基準器との比較によって校正すること。試験所が業務を行う範囲の相対湿度をモニタリングできる湿度計を備えること。

試験所は、機器や放射線源の位置決め用のシステムを持つこと。支持台は、丈夫で、望みの線源/検出器間ジオメトリーを再現できること。支持台による散乱の発生を最小限にすること。

試験所の最初の認証に先立ち校正され、試験に使用される全ての設備及びそれらのその後の更新品の全ては、品質管理のために書かれた計画に基づき、必要に応じて再校正

すること。

## 5. 実施手順

### 5.1 試験所の議定書

試験所は、文書化された議定書を持つこと。議定書の各ページに初版又は改訂の日付けを明記すること。議定書は、以下の項目を含むこと。

- (1) 校正を行う全ての放射線種、エネルギー及び強度を含む試験所の業務範囲の記述。
- (2) 校正を行う機器の引受けに関する約款の記述。例えば、汚染していたり、修理を要したり、ある機種は引き受けないといった約款。顧客のタイプや機器の損傷に対する責任の限度も記述すべきである。
- (3) 行う校正に対する試験所の精度目標値の記述。これらの精度は、国家標準からのずれとして記述すること。
- (4) 校正に用いる設備の各重要部分の型式及びシリアル番号を記述する方法。
- (5) 試験所の補助設備の各部を校正する手順及び再校正を行う条件の記述。
- (6) 校正される機器のタイプ毎の文書化された手順。この手順書は、試験所の精度目標に見合う精度で特別な校正を行う技術の知識を有する者に行わせるための適切な段階的な手順を提供する。校正の各手順は、最低限以下の情報を与えること。
  - a 簡潔かつ完全な手順の記述。
  - b 手順の範囲と限界
  - c 3.2 に述べられるものに加えて、測定器を校正する際に生じる制約
  - d 特別に注意を要する校正作業の筋道
  - e この校正作業に用いられる設備と標準
  - f 校正された測定器の完全なデータ書式（又はコンピュータ記録）のサンプル
  - g データ処理と換算の方法
- (7) 各校正作業に付随する不確かさの評価。系統的及び統計的総合不確かさの全ては、（規定された信頼レベルで）個々の系統的又は統計的な不確かさの和で、両者を分離して決められること。全体の不確かさは、系統的及び統計的な総合的不確かさを合わせて決め、これに用いた方法を記述すること。
- (8) 既知の放射線場の規準値に対する精度の記述を含む完全な校正報告書のサンプル。
- (9) 監査校正データや認証の作成手順又は参照。
- (10) 校正記録の保護を確実にする方策。

## 5.2 手順書及び議定書の改訂

校正の精度に著しい影響を与え得る新たな又は改良された手順は、それを日常的に用いる前に、認証を与える機関によって評価されること。試験所の議定書の最新版のコピーを常に監査に使えるようにしておくこと。

## 5.3 間違いの報告

校正報告書中に校正の精度に著しく影響を与える間違いを試験所が発見したならば、報告書を受け取った者又は機関に可能な限り24時間以内に知らせ、また、間違いに関する報告書を72時間以内にその者又は機関に送ること。修正した校正報告書を送るか、又は測定器を再校正して、可能な限り速やかに間違いを修正すること。試験所は、間違いの理由を特定し、その間違いの再発防止のための対策を講ずること。

試験所が、間違った校正を行ったか誘発する手順や測定機器の明らかな一般的な誤りを発見したら、認証機関に10日以内に文書をもって報告すること。その時、その問題は改善勧告とともに他の認証を与えられた試験所に報告される。

## 6. 精度及び品質管理

### 6.1 試験所の標準の校正

習熟度テスト又は日常の品質管理の結果、再校正の必要性が確認された時、より高いレベルの標準との比較によって校正された標準又は設備を再校正すること。

### 6.2 業務の精度

試験所は、本書の該当する部分に示されるような精度を持つ校正業務を行えること。各精度の国家標準からのずれを%表示すること。

### 6.3 品質管理

校正の質に影響を及ぼす設備の動作に望ましくない変化を見つけ出すように、試験所は手順を計画し、遂行すること。そのような品質管理の手順及び頻度を試験所の議定書に規定すること。

試験所が行う校正の種別について、国立標準技術研究所（NIST）は試験所の習熟度を毎年テストすること。個々の習熟度テストは、試験所が認定されている校正のタイプ（付録A 参照）の一つ又は複数をサンプルとして行うこと。もし、テストの結果改善が必要ならば、試験所は本書の該当する部分に述べられている精度を得るための対策を講ずること。

## 7. 記録及び報告

### 7.1 記録システム

試験所は、幅広くかつ容易に実施可能な記録システムを持ち、この中に以下の項目を含むこと。

- (1) 全ての標準線源や校正設備に関し、証明書を含む全履歴及び校正データ。
- (2) 全ての標準線源や校正設備の細目。
- (3) 校正業務を実施するために用いられる全ての手順。



- (4) 製本された日誌又は相当する記録。これには、十分識別できるように、校正した測定器の全項目の記述と校正日を記録すること。日誌又は他の記録は、この校正の詳細な報告が含まれるか又は参照できるようにすること。
- (5) 測定器の特定の項目の校正を分析したり再検討するために必要な情報。
- (6) 日常の品質管理の活動記録及び管理結果。
- (7) 発行された全校正報告書のコピー。
- (8) 全ての習熟度テストの結果。
- (9) 全ての作業スタッフおよび監督者の教育、経験、訓練を詳しく書いた記録。

全てのデータの記録は、その記録の根拠となるデータを収集した者を特定できるようにしておくこと。校正された測定器の個々の全ての項目の記録を最低限5年間保存すること。標準の校正に関する記録は、最低限50年間保存すること。

もし、校正データがコンピュータに保存されるならば、試験所の議定書にバックアップの方法（例えば、データ保護対策）を述べること。

## 7.2 校正報告書

認定された範囲で校正された測定器の各項目に対して校正報告書を発行すること。この報告書には、校正が行われた条件（例えば、検出器の方向）を明確に示す適切な記述を含めること。測定器のレンジより低い時には校正した最大レンジ、校正されなかった目盛り、補正係数の適用等、校正における制限事項も述べること。

校正に伴う不確かさを述べること。

校正報告書を技術的な精度に関してチェックし、試験所の技術責任者又は指名された代理者が署名すること。

PART B - サーベイ用機器の校正

PART B.1 - サーベイ用機器の $\gamma$ 線校正

1. 序言

本章の規準は、一つ以上の $\gamma$ 線源を用いて行なう放射線防護レベルの保健物理用測定器の校正に適用される。これらの規準は、パートAに含まれる一般的な規準の補足である。 $\gamma$ 線による校正が行われ、「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、一般的な規準とこれらの個別の規準の両者に準じること。

2.  $\gamma$ 線源

保健物理用測定器の校正のためには、つぎの一つ以上の線源を用意すべきである。

放射性核種	およそのエネルギー
$^{241}\text{Am}$	60 keV
$^{137}\text{Cs}$	660 keV
$^{60}\text{Co}$	1.25 MeV

線源による放射線場は、防護レベルの校正に適した照射線量率（空気カーマ率）の範囲を満たしていること。最小限の範囲は、 $1\text{ mR/h} \sim 5\text{ R/h}$ （ $9\ \mu\text{Gy/h} \sim 40\text{ mGy/h}$ ）、望ましくは、 $0.5\text{ mR/h}$ （ $4\ \mu\text{Gy/h}$ ）から少なくとも $100\text{ R/h}$ （ $0.9\ \mu\text{Gy/h}$ ）。

3. 放射線制御

3.1 遮蔽

放射線のバリアと線源収納容器、あるいは、それら各々は、自然放射線に上乘せされる放射線が実施中の校正作業を妨げないように十分低くするために、十分な遮蔽をほどこすこと。校正場所の全ての線源からの上乗せされたバックグラウンド放射線および漏洩放射線は、機器が校正される全照射線量（空気カーマ）率の1%以上の寄与があってはならない。

3.2 ビームのコリメート

校正のために照射される線源からの $\gamma$ 線ビームは、そのビームの広がりを校正上要求される面積に限定するため、コリメートされること。この要求は、機器の校正に対し低い室内散乱線の環境を与える十分に広い校正施設においては除外される。つまり、低散乱線室でのコリメートされていない線源。

3.3 線源照射

線源収納容器は、 $\gamma$ 線ビームの照射を制御する機能を備えていること。もし、その線源が照射線量（空気カーマ）測定器の校正に使用されるとするならば（対比としては、照射線量率（空気カーマ率）測定器）、シャッターあるいは線源の移送時間や全照射線量（空気カーマ）に対するその影響が分かっていること。

### 3.4 照射制御

もし、その線源が照射線量（空気カーマ）測定器の校正に使用されるとするならば（上記 3.3 参照）、シャッターあるいは線源の移送は、タイマーにより開始終了されること、または、照射線量（空気カーマ）がトランスミッションチャンバの使用によって制御されること。時間制御の関連する系統的不確かさが明記され、除かれるか、あるいは、補償されていること。

### 4. 設備

一つ以上の線源と関連する制御装置に加えて、試験所は、最小限、次の設備を保有すること。

- (a) 校正が行われる光子エネルギーと強度範囲に適した二次標準電離箱
- (b) 電離箱で生じる電荷を測定するためのエレクトロメータ
- (c) 電離箱の印加電圧に適した電圧源
- (d) 二次標準電離箱とエレクトロメータの性能を明らかにする独立な測定システム
- (e) 機器と電離箱の支持および位置ぎめシステム

そのシステムは、線源に関して機器あるいは電離箱の再現性があり正確な位置ぎめを与えるべきである。ビーム式の照射形態においては、位置ぎめシステムは $\gamma$ 線ビームの中心軸を明確に示すべきである。

さらに付加的な設備には、パルス発生器、オシロスコープ、電流源、精密コンデンサ、精密抵抗がふくまれるべきである。

### 5. 放射線場の特性

#### 5.1 照射線量率（空気カーマ率）

校正のための $\gamma$ 線場は、規定の位置あるいは線源からの距離で与えられること。照射線量（空気カーマ）率が、使用されるそれぞれの距離で既知であること。

#### 5.2 散乱線

それぞれの形式の機器の校正精度に対する室内散乱線（最小限の室内散乱での放射線場に関して）の影響が、検出器が機器校正のために置かれるそれぞれの場所で既知であること。

#### 5.3 減弱

もし、放射線場の任意の場所で照射線量（空気カーマ）率を減弱させるためにアッテネータが使用されるならば、それぞれの形式の機器の校正精度に対する変えられた放射線スペクトル（減弱されていない放射線スペクトルに関して）の影響が既知であること。減弱された放射線場のおおよそのエネルギースペクトルが既知であるべきである。校正位置での二次電子平衡が明記されること。

#### 5.4 精度

試験所によってそれぞれの線源に対する標準値として示された照射線量（空気カーマ）率は、 $10 \text{ mR/h}$  ( $90 \mu\text{Gy/h}$ ) を超える場合は国家標準と比較して決められる真値の5%以内、 $0.5 \text{ mR/h}$  ( $4 \mu\text{Gy/h}$ )  $\sim$   $10 \text{ mR/h}$  ( $90 \mu\text{Gy/h}$ ) ま

での場合は7%以内であること。標準との一致の水準は、N I S Tによる定期的な習熟度テストを通じて証明されること。習熟度テストの記述は付録Aに与えられる。

## 6. 校正報告書

機器校正報告書は、最低限、使用された放射性核種あるいは光子エネルギー、機器が校正された標準照射線量（空気カーマ）率、その機器が示した照射線量（空気カーマ）率、およびそれぞれの校正位置での補正因子を含めること。積算式の機器の場合は、放射性核種と照射線量（空気カーマ）率に加えて、標準照射線量（空気カーマ）、機器の指示値および補正因子が含まれること。少なくとも、機器のそれぞれのレンジにおいて一つの校正点が含まれるべきである。放射線ビームに関する機器の方向が校正報告書に記述されるか、図示されること。ビルドアップキャップの使用を記録すること。非密封式電離箱を用いた機器に対しては、報告値は、気温22℃、大気圧760mmHgに標準化すること。そして、他の気温、気圧に変換するための換算式を与えること。

## 連邦所管二次校正試験所運用規準

### PART B.2 - サーベイ用機器のX線校正

#### 1. 序言

本章の規準は、X線源を用いて行なう放射線防護レベルの保健物理用測定器の校正に適用される。これらの規準は、パートAに含まれる一般的な規準の補足である。X線による校正が行われ、「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、一般的な規準とこれらの個別の規準の両者に準じること。

#### 2. X線源

定電圧X線発生装置が、保健物理用測定器の校正のために使用できること。その最大リップルが2%を超えないこと。装置は、最小範囲で30から150kV、1から10mAで動作されるべきである。

#### 3. 放射線ビームの制御

##### 3.1 放射線の発生

有効な放射線ビームの発生は、X線管に高電圧を印加するか、あるいは、機械的なシャッター（通常、X線ビームの遮蔽として働く）を開けることによる。

##### 3.2 ビームのコリメート

X線管の筐体から放出されるX線は、そのビームの広がりや校正上要求される面積に限定するため、コリメートされること。ビームの中心軸が確認されること、そして、ビームの有効面積の境界が既知であること。

##### 3.2 照射制御

線源が照射線量（空気カーマ）測定器の校正に使用される場合、放射線ビームがタイマーにより制御されるか、あるいは、照射線量（空気カーマ）がトランスミッションチャンバを使用して制御されること。シャッターの開閉時間あるいは高電圧のランピング時間による時間誤差が既知であること。

#### 4. 設備

一つ以上のX線装置と関連制御装置に加えて、γ線校正において要求されるものと同一の最低限の設備（パートB.1, Section4）を有すること。ただし、例外として、二次標準電離箱は、校正が行われるX線のエネルギーと強度に適していること。

さらに、試験所は、様々な線質のX線ビームの発生できるフィルタを備えること。（5.3以下を参照）

#### 5. 放射線場の特性

##### 5.1 照射線量率（空気カーマ率）

校正のためのX線場は、規定の位置あるいはX線管の陽極からの距離で与えられること。照射線量（空気カーマ）率が、使用されるそれぞれの距離で既知であること。照射線量（空気カーマ）率が、使用されるそれぞれの距離で既知であること。照射線量（空

空気カーマ)率は、機器の校正の間、 $10\text{ mR/h}$  ( $90\ \mu\text{Gy/h}$ )以上においては公称値から2%を超えて、 $10\text{ mR/h}$  ( $90\ \mu\text{Gy/h}$ )以下においては4%を超えて変化しないこと。

## 5.2 散乱線

それぞれの形式の機器の校正精度に対する室内散乱線(最小限の室内散乱での放射線場に関して)の影響が、検出器が機器校正のために置かれるそれぞれの場所で既知であること。

## 5.3 線質

X線管の筐体から放出されるX線ビームは、校正目的に適した線質を与えるため、使用前にフィルタで取り除かれること。もし、トランスミッションチャンバがルーチンのビーム・モニタリングに使用される場合は、フィルタ材料の付加を考慮すること。

表1に示される3種類以上のビームが利用できること。

規定のX線ビームに対する第一半価層と均質係数が、それぞれ、表1に示される値の5%以内、7%以内であること。必要に応じて、X線管指示電圧あるいは付加フィルタ、あるいはその両者を、上記値を達成するため調整しておく。

X線ビームの強度がビームの有効面積にわたり5%を超えて変化しないこと。線質の安定性が、少なくとも毎年確認されること。ビーム線質に影響する部分が修理交換された時にも、線質に対する上記の要求が満たされること。

## 5.4 精度

試験所によってそれぞれの線源に対する標準値として示された照射線量(空気カーマ)率は、 $10\text{ mR/h}$  ( $90\ \mu\text{Gy/h}$ )を超える場合は国家標準と比較して決められる真値の5%以内、 $0.5\text{ mR/h}$  ( $4\ \mu\text{Gy/h}$ ) $\sim$  $10\text{ mR/h}$  ( $90\ \mu\text{Gy/h}$ )までの場合は7%以内であること。標準との一致の水準は、NISTによる定期的な習熟度テストを通じて証明されること。習熟度テストの記述は付録Aに与えられる。

## 6. 校正報告書

機器校正報告書は、最低限、校正に使用されたX線ビーム、機器が校正された標準照射線量(空気カーマ)率、その機器が示した照射線量(空気カーマ)率、およびそれぞれの校正位置での補正因子を含めること。集積式の機器の場合は、放射性核種と照射線量(空気カーマ)率に加えて、標準照射線量(空気カーマ)、機器の指示値および補正因子が含まれること。少なくとも、機器のそれぞれのレンジにおいて一つの校正点が含まれるべきである。放射線ビームに関する機器の方向が校正報告書に記述されるか、図示されること。非密封式電離箱を用いた機器に対しては、報告値は、気温 $22^\circ\text{C}$ 、大気圧 $760\text{ mmHg}$ に標準化すること。そして、他の気温、気圧に変換するための換算式を与えること。

表 1 X線ビームの特性

ビームコード	主要な特性 <sup>(1)</sup>				関連の情報 <sup>(2)</sup>					
	半価層		均等度		追加フィルタ				実効エネルギー (keV)	距離 (cm)
Al (mm)	Cu (mm)	Al	Cu	Al (mm)	Cu (mm)	Sn (mm)	Pb (mm)			
L10	0.029		79		0.					25
L15	0.050		74		0.					25
L20	0.071		76		0.					50
L30	0.22		60		0.265					50
L40	0.49		57		0.50					50
L50	0.75		58		0.639					50
L80	1.83		58		1.284					50
L100	2.8		59		1.978					50
M20	0.152		79		0.230					50
M30	0.36		64		0.50					50
M40	0.73		66		0.786					50
M50	1.02	0.032	66	62	1.021					50
M60	1.68	0.052	68	64	1.51					
M100	5.0	0.20	72	55	5.0					
M150	10.2	0.67	87	62	5.0	0.25				
M200	14.9	1.69	95	69	4.1	1.12				
M250	18.5	3.2	98	86	5.0	3.2				
M300	22.	5.3	100	97	4.0		6.5			
H10	0.048		89		0.105					25
H15	0.152		87		0.500					25
H20	0.36		88		1.021					50
H30	1.23	0.038	93	94	4.13					50
H40	2.9	0.093	94	95	4.05	0.26				50
H50	4.2	0.142	92	90	4.0			0.10	38	
H60	6.0	0.24	94	89	4.0	0.61			46	
H100	13.5	1.14	100	94	4.0	5.2			80	
H150	17.0	2.5	100	95	4.0	4.0	1.51		120	
H200	19.8	4.1	100	99	4.0	0.60	4.16	0.77	166	
H250	22	5.2	100	98	4.0	0.60	1.04	2.72	211	
H300	23	6.2	99	98	4.1		3.0	5.0	252	

(1)ビームに対して示された半価層と均等度は、これらの規準の関連個所に記述された制限内で試験所によって一致させられること。ビームコードにおいて、アルファベットは、軽、中、重のフィルタを示し、数字は、kVで与えられた定電圧を示している。

(2)この情報は、特に、NISTのビームに関わるものであり、認証を求める試験所に対しては有益な指針を与えるであろう。NISTのビームの固有のフィルタは、近似的には、ビームコード L10-L100, M20-M50, H10-H40に対しては1.0mmのBe、そして、ビームコード M60-M300, H50-H300に対しては3.0mmのBeである。

PART B.3 - サーベイ用機器のβ線校正

1. 序言

本章の規準は、β線源を用いて行なう放射線防護レベルの保健物理用測定器の校正に適用される。これらの規準は、外部β線源からの線量率を測定するために使用される測定器の校正に限定され、パートAに含まれる一般的な規準の補足である。β線による校正が行われ、「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、一般的な規準とこれらの個別の規準の両者に準じること。

2. β線源

機器のβ線校正のための線源の選択は、機器が使用される放射線場の性質とβ線の予想し得るエネルギーに依存するであろう。測定の幾何学的条件の両極端を代表する点線源と分布線源が機器の校正に利用できることが推奨される。表2に挙げられる放射性核種が、β線校正のための標準線源として推奨される。しかし、校正される機器が使用されるであろう対象のβ線エネルギー・スペクトルをより正確に与えるとするならば、他の線源が使用されても良い。

試験所は、少なくとも、次のβ線放出核種の線源を有すること。

$^{147}\text{Pm}$ 、 $^{204}\text{Tl}$  および  $^{90}\text{Sr}/\text{Y}$

これらの線源は、ISO 6980に準じること。

表2 β線源の性能

放射性核種	$E_{\text{max}}$ (keV)	半減期(年)
$^{147}\text{Pm}$ (a)	225	2.62
$^{90}\text{Tc}$	290	$\sim 2 \times 10^5$
$^{85}\text{Kr}$	670	10.8
$^{36}\text{Cl}$	710	$\sim 3 \times 10^5$
$^{204}\text{Tl}$	763	3.8
$^{90}\text{Sr}/\text{Y}$ (b)	2270	28.5
天然 U	2290	$\sim 4 \times 10^9$
劣化 U	2290	$\sim 4 \times 10^9$
$^{106}\text{Ru}/\text{Rh}$	3540	1.0

(a)  $^{147}\text{Pm}$ は、通常、 $^{146}\text{Pm}$  ( $E_{\text{max}} = 780 \text{ keV}$ ) を含む。

(b)  $^{90}\text{Sr}$ のβ線成分を除くために、 $100 \text{ mg/cm}^2$  (公称)のフィルタでシールドされるべきである。

3. 放射線ビームの制御とパラメータ

3.1 放射線の発生

機器の校正のための放射線ビーム(場)の発生は、線源のシャッターあるいは照射位



置への線源の移動によって可能である。

### 3.2 ビーム・パラメータ

$\beta$ 線ビーム(場)の物理的大きさは、校正される機器が十分に広く納められることを確認するため、予め決定されていること。中心軸が確認されること、そして、ビームの有効面積の境界が既知であること。必要に応じて、5.4の要求を満たすためビーム平坦化フィルタが使用されても良い。

### 3.3 タイマ

線源がフルエンス測定器の校正に使用される場合、放射線ビームはタイマにより制御されること。シャッタの移動時間による時間誤差が明記され、除かれるか、あるいは、補償されていること。

## 4. 設備

$\beta$ 線源の適切な選択に加えて、試験所は、 $\gamma$ 線校正に対して要求されるものと同様な最小限の設備を有すること(パートB.1, Section4参照)。しかし、この場合には、二次標準電離箱は、窓の薄い固定体積電離箱か、あるいは、外挿電離箱であること。外挿電離箱あるいは薄窓電離箱の指示値応答は、NISTによって確認されているか、または、NISTあるいはPTBの校正線源との比較によって確認されていること。そして、予想され得る照射条件(つまり、 $\beta$ 線エネルギーや線量測定点の深さ)の範囲にわたり、5.5に記述されたものと同等の精度を有すること。

## 5. $\beta$ 線場の特性

### 5.1 線量率

校正のための $\beta$ 線場は、規定された位置あるいは線源からの距離における吸収線量率(皮膚組織の $7\text{ mg/cm}^2$ 深さにおける)に関して与えられること。使用されるそれぞれの距離において線量率が既知であること。同様に、他の組織深さにおいて(例えば、眼の水晶体の被ばくを模擬するためには皮膚に対する $7\text{ mg/cm}^2$ よりむしろ $300\text{ mg/cm}^2$ において)、校正が行われる場合は、その深さにおける線量率が既知であること。

### 5.2 減弱

検出器に到達する $\beta$ 線のエネルギーが、その放射性核種からのものと同程度であることを確認するために、校正条件に制約が求められる。 $E_{res}$ が機器の検出器に到達する $\beta$ 線の残留最大エネルギーを表し、また、 $E_{max}$ が発生した $\beta$ 線のエネルギーを表すとすると、表3の条件が満たされるべきである。

表 3  $\beta$ 線の制限条件

$E_{max}$	$E_{res}/E_{max}$
$< 100 \text{ keV}$	$> 0.6$
$100 - 800 \text{ keV}$	$> 0.7$
$> 800 \text{ keV}$	$> 0.8$

線源の自己吸収、容器、ビーム平坦化フィルタによる好ましくない減弱あるいは、空気による減弱が放射性核種の $\beta$ 線スペクトルを大きく変えないために、これらの条件が推奨される。 $E_{res}$ を決める手順は、ISO 6980に与えられる。

### 5.3 汚染（目的外放射線の混在）

前節で示した線質についての考え方に加えて、他の放射性核種による汚染は、線源からの $\beta$ 線あるいは $\gamma$ 線の場合を大きく変える可能性がある。 $\beta$ 線による少量の汚染は検出が困難であるが、幸いにも、通常 $\gamma$ 線を伴っている。

$\beta$ 線スペクトルの純度は、次の項目が保たれるならば十分と考えられる。

- (1)  $R_{res}$ を測定するために使用されるプロットが直線である。
- (2)  $E_{res}$ の値が表3の規準を満たす。

上記1の要求において、 $R_{res}$ は残留最大エネルギー $E_{res}$ となる $\beta$ 線スペクトルの吸収材での飛程である。 $R_{res}$ の測定手順は、ISO 6980に与えられる。

$\beta$ 線スペクトルの純度の妥当性を決めるための測定は2年おき、あるいは、必要に応じて更に多く行われること。

$\gamma$ 線、X線、制動放射線源による $\beta$ 線場の光子汚染は、全吸収線量の5%未満にすべきである。

### 5.4 $\beta$ 線場の均一性

$\beta$ 線の線量率は、検出器の前面の面積にわたり均一であるべきである。深さ  $7 \text{ mg/cm}^2$ におけるビーム断面での線量率は、 $300 \text{ keV}$ より高いか、等しい $E_{res}$ に対しては平均線量率から5%、 $300 \text{ keV}$ 未満の $E_{res}$ に対しては10%を超えてはならない。 $\beta$ 線場の均一性は、小口径の検出器あるいはフィルムを用いて測定によって確認されること。

### 5.5 精度

それぞれの $\beta$ 線ビームに対して試験所によって標準値として明記された線量率は、国家標準との比較によって定められる真値と10%以内で一致すること。国家標準との一致の水準は、NISTによる定期的な習熟度テストを通して明かにされること。習熟度テストの記述は、付録Aに与えられる。

## 6. 校正報告書

機器校正報告書は、最低限、校正に使用された放射性核種および放射線場の形式（点線源あるいは平面場）、標準線量あるいは機器が校正された線量率、および、それぞれの校正位置で機器が示した線量率（あるいは線量）を含めること。放射線ビームに関する機器

の方向が校正報告書に記述されるか、図示されること。報告書は、検出器の前面あるいは実効中心のいずれが標準場を特徴づける位置に置かれたかを述べるべきである。

## PART B.4 - サーベイ用機器の中性子線校正

## 1. 序言

本章の規準は、中性子線を用いて行なう放射線防護レベルの保健物理用測定器の校正に適用される。これらの規準は、パートAに含まれる一般的な規準の補足である。中性子線による校正が行われ、「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、一般的な規準とこれらの個別の規準の両者に準じること。

## 2. 中性子線源

機器の校正のための中性子線源の選択は、予想される中性子エネルギースペクトルを含めて、その機器が使用される放射線場の性質に依存する。機器の校正には、表4に記載される中性子線源がよく用いられる。

試験所は、最低限、校正される機器の線量当量あるいは線量当量率範囲に対して適当な強度を有する表4に示される線源の内少なくとも一つ保有すること。線量当量率の最低限の範囲は、 $10\text{ mrem/h} \sim 1\text{ rem/h}$  ( $0.1 \sim 10\text{ mSv/h}$ )である。中性子線源の強度は、NISTにより保証されているか、あるいは、トレーサビリティがあること。 $^{252}\text{Cf}$ が使用される場合には、試験所は、裸の線源と減速された状態の両者を用いて機器を校正できること。

表4

中性子サーベイ機器の校正に一般的に使用される速中性子線源の性能

線源	中性子発生法	半減期	中性子エネルギー(MeV)	
			Max.	Average
$^{238}\text{Pu}(\text{Be})$	( $\alpha, n$ )	86.4 Y	11.3	5.0
$^{239}\text{Pu}(\text{Be})$	( $\alpha, n$ )	24390 Y	10.74	4.5-5
$^{241}\text{Am}(\text{Be})$	( $\alpha, n$ )	458 Y	11.5	5.0
$^{252}\text{Cf}$	SF	2.654 Y	15	2
$^{252}\text{Cf}$ Moderated with 15cm $\text{D}_2\text{O}$ (e.g., Schwartz, 1980; Prevo, 1983)	SF	2.654 Y	15	0.54

校正のために用いられる中性子線源により作られる放射線場は、校正される機器に適したエネルギースペクトルと線量当量率を与えること。

## 3. 放射線の制御とパラメータ

## 3.1 放射線の発生

機器校正のための中性子線の場の発生は、線源を遮蔽された位置から照射される位置に移動させることにより行われるべきである。照射される位置は、開放空間あるいは広

い部屋（例えば、10 m×10 mの広さで天井および床からそれぞれ4 m）の中央にある低い散乱環境が望ましい。校正に使用される中性子場は、注意深くモニタされ、制御されること。校正点における室内散乱中性子による応答は、機器の全応答の25%未満にすべきである。そして、適切な補正がされること。

### 3.2 タイマ

中性子線源が積算型の線量当量測定器の校正に使用される場合、放射線場は、タイマによって制御されること。すべての関連する系統的な時間の不確かさが明記され、除かれるか、あるいは補償されること。

## 4. 設備

機器が校正されている放射線場に適した一つ以上の中性子線源の選択に加えて、試験所は最低限 $\gamma$ 線校正（パートB.1, Section4参照）に要求されるものと同様な設備を保有すること。ただし、二次標準電離箱やそれらに関連した設備は除く。校正されるそれぞれの形式の機器が、機器の全応答に対する散乱線の寄与の測定のために利用できるべきである。

## 5. 中性子線場の特性

### 5.1 線量当量率

校正に用いられる中性子場は、校正点における中性子束密度（フルエンス率）とスペクトル組成に関して与えられること。線量当量率は、特定の機種に対して校正点を定める方法として、これらの特性（表5参照）に基づいて計算されること。

### 5.2 線質

前節で示した線質についての考え方に加えて、他種の放射線による中性子場の汚染が、機器の応答に寄与する可能性がある。機器が中性子のみならず光子あるいは $\beta$ 線またはその両者に感ずる場合、この汚染の程度が既知であり、規定された機器を校正する場合には補正されること。光子による中性子場の汚染が既知であること。そして、全線量当量率の20%未満にするべきである。

表5  
線量当量に関する中性子線源の特性

放射性核種 線源	平均中性子フルエンス と線量当量の換算係数 <sup>a)</sup>	比 線源 強度	1 mでの比 中性子線量当量 率 <sup>b)</sup>
	rem · cm <sup>2</sup>	s <sup>-1</sup> · Ci <sup>-1</sup>	mrem · h <sup>-1</sup> · Ci <sup>-1</sup>
<sup>238</sup> Pu(Be)		2.0 × 10 <sup>6</sup>	
<sup>239</sup> Pu(Be)		1.5 × 10 <sup>6</sup>	
<sup>241</sup> Am(Be)	3.8 × 10 <sup>-8</sup>	2.4 × 10 <sup>6</sup>	2.7
		s <sup>-1</sup> · mg <sup>-1</sup>	mrem · h <sup>-1</sup> · mg <sup>-1</sup>
<sup>252</sup> Cf	3.4 × 10 <sup>-8</sup>	2.4 × 10 <sup>9</sup>	2.3 × 10 <sup>3</sup>
<sup>252</sup> Cf Moderated	9.1 × 10 <sup>-9</sup>	2.1 × 10 <sup>9</sup>	5.4 × 10 <sup>2</sup>

(a)換算係数は、 $\frac{1}{B} = \int_0^{\infty} B_E h \phi(E) dE$  から計算された。ここで、

Bは中性子線源の強度、B<sub>E</sub>は中性子線源の強度分布、hφは線量当量換算係数に対する中性子フルエンス、すなわち、中性子フルエンスで線量当量を割った値、H/φ (ISO 8529(1989)参照) (1 rem = 0.01 Sv)である。

(b)これらは代表的な値である。特殊な線源からの線量当量率は、純度、内部吸収、構造、密封法のような可変な因子に依存する (1 mrem = 0.01 mSv)。

### 5.3 精度

それぞれの中性子場に対して試験所によって標準値として明記された線量当量率は、国家標準との比較によって定められる真値と10%以内で一致すること。国家標準との一致の水準は、NISTによる定期的な習熟度テストを通して明かにされること。習熟度テストの記述は、付録Aに与えられる。

### 6. 校正報告書

機器校正報告書は、最低限、校正に使用された放射性核種および放射線場の形式(減速されているか、あるいは、減速されていないか)、その自由場の線量当量あるいは機器が校正された線量当量率、それぞれの校正位置で機器が示した散乱補正された読み値および線源の放出率から線量当量率を計算するための根拠を含めること。機器のそれぞれの測定レンジは、少なくとも一つの校正点を含むべきである。放射線場に関し、機器の方向が校正報告書に記述されるか、図示されること。散乱の補正值が与えられること。

## PART B.5 - サーベイ用機器の $\alpha$ 線校正

### 1. 序言

本章の規準は、 $\alpha$ 線源を用いて行なう放射線防護レベルの保健物理用測定器の校正に適用される。これらの規準は、パートAに含まれる一般的な規準の補足である。 $\alpha$ 線による校正が行われ、「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、一般的な規準とこれらの個別の規準の両者に準じること。

### 2. $\alpha$ 線源

$\alpha$ 汚染の検出に用いられる機器の校正の目的には、平板状あるいは疑似平板状の $\alpha$ 線源が使用されること。疑似平板状の線源は、小線源を細かく配置して作られたものである。線源物質と被覆をあわせた厚さは、これらの中での最小エネルギーの $\alpha$ 線の飛程の $1/10$ を超えないこと。 $2\pi\alpha$ 放出率（単位面積あたり）が既知であり、NISTによって校正された線源とトレーサビリティがある場合に、次の薄い $\alpha$ 線源のみ許容される。

- (1) 天然あるいは劣化ウラン
- (2) プルトニウム238あるいは239
- (3) 天然トリウムあるいはトリウム230

線源で生じる放射線場は、少なくとも、防護レベルの校正に適した3デカードの $\alpha$ 線放出率にわたること。推奨される範囲は、毎分100から10°である。

### 3. 放射線制御

#### 3.1 線源照射

空気中での $\alpha$ 線の短い飛程のために、 $\alpha$ 線源を用いた校正は、線源からの $\alpha$ 線が放射線検出器の有感領域に到達するようにして行われること。 $\alpha$ 線源と検出器の間に、検出器あるいは線源に付随するものを除き、遮蔽材が存在すべきではないことを確認する。さらに、放射線検出器の表面は、 $\alpha$ 線源の表面から3mm程度にすべきである。

### 4. 設備

線源に加えて、試験所は、最低限、次の設備を保有すること。

- (1)線源と検出器の支持および位置決めシステム。そのシステムは、線源に関し検出器の再現性のある精度の良い位置決めを与えること。
- (2)線源の $\alpha$ 線放出率の低下を調べる手段として使用される独立の測定系。

### 5. 放射線場の特性

#### 5.1 放出率

校正に用いられる線源は、単位面積あたりの $\alpha$ 線放出率について与えられること。線源の個々の小部分にわたり平均された放出率の相対標準偏差は、 $\pm 6\%$ 未満であること。小部分の最大面積は $10\text{ cm}^2$ で、全面積の $10\%$ を超えないこと。疑似配列を形作る小線源の間隔は、線源間の二点の距離が空気中の $\alpha$ 線の飛程より短いこと。

## 5.2 精度

それぞれの線源に対して試験所によって標準値として明記された $\alpha$ 線放出率は、N I S Tとトレーサビリティのある適当な標準との比較によって定められる真値と10%以内で一致すること。標準との一致の水準は、N I S Tによる定期的な習熟度テストを通して明かにされること。習熟度テストの記述は、付録Aに与えられる。

## 6. 校正報告書

機器校正報告書は、最低限、校正に使用された $\alpha$ 線源、その放出率あるいは機器が校正された放出率、および、それぞれの校正位置での機器の応答を含めること。放射線ビームに関する機器の方向が校正報告書に記述されるか、図示されること。機器のそれぞれの測定レンジに対し、少なくとも一つの校正点と直線性の確認が含まれるべきである。



PART C - 個人線量計の照射

PART C.1 -  $\gamma$ 線照射

1. 序言

本章の規準は、 $\gamma$ 線源を用いて線量計に放射線防護レベルおよび事故レベル（ANSI N13.11で定義される）の照射を行う場合に適用する。これらの規準は、パートAで述べた一般的な規準に付加されるものであり、本規準に該当する照射が実施され、かつ「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、必ずこれに従うこと。この場合、一般的な規準と本個別規準の両方を満たすこと。

2. 範囲

本規準は個人モニタリングに使用される線量計の照射に対して適用される。放射線化学処理や殺菌といった高放射線レベルで使用される線量計には適用しない。

3.  $\gamma$ 線源

照射には、 $^{137}\text{Cs}$ - $\gamma$ 線源（1個もしくは複数個）を使用すること。またそれらの線源が作り出す照射場の線量率により、防護レベルの照射に必要な照射線量（空気カーマ）範囲を十分にカバー（照射）できること。その範囲は試験所の業務の内容および要求等によるが、通常の放射線防護に関しては30 mR～500 R（0.3 mGy～4 Gy）が得られればよいであろう。

4. 放射線ビームの制御

4.1 遮蔽

線源格納容器は十分な遮蔽能力を有するものとし、放射線のリーク等によってバックグラウンドレベルが上昇し、照射室の他の用途に影響を及ぼさないようにすること。照射室内の全ての線源によるバックグラウンド放射線およびリーク放射線（漏洩放射線）は、線量計に照射される総線量（照射線量または空気カーマ）の0.1%を超えないようにしなければならない。

4.2 ビームの大きさ（サイズ）および均一性

照射装置から出る $\gamma$ 線ビームは、そのサイズを照射に必要な最少限度の面積までコリメートすることが必要となる。あらゆる線量計は、ファントム付で照射する。このとき、線源に対向するファントムの面全面が照射領域に入るようなビームのサイズであること。複数個の線量計を同時に照射する場合、均一性が十分であり、6.3の要求事項を満たすような特性を有するビームであること。

4.3 ビーム制御

照射ビームは照射装置に内蔵された制御装置によってコントロールされること。照射制御装置はタイマーによる運転が可能なものとする。制御装置の切り換え時間に伴う時間的誤差についてはあらかじめ把握しておくこと。系統的なあらゆる時間誤差につ

いては、測定の上除去するか、補正すること。

## 5. 設備

線源およびその照射コントロール装置の他、各施設においてはγ線校正に最低限必要な設備（B.1, 4参照）および下記に挙げる機器等を具備しなければならない。

- (1) 二次標準電離箱： $^{137}\text{Cs}$ に対して校正されているもの。また照射に使用される範囲の線量率（照射線量または空気カーマ）測定が可能であるもの。
- (2) PMMAファントム：サイズが少なくとも $30 \times 30 \times 15$  cmのもの。ファントム支持台は堅固であって線量計の位置での散乱の寄与が最少となる（材質のもの）。

## 6. 照射場の特性

### 6.1 照射線量率（空気カーマ率）

照射場は、照射線量率（空気カーマ率）により、線源に対向するファントム表面の中心の位置において、ファントムがない状態で校正されていること。

### 6.2 散乱

室内の散乱の寄与は、線量計の各照射点で、ファントムがない状態で測定したとき、照射線量率（空気カーマ率）で5%を超えないこと。おおよその室内散乱線のエネルギースペクトルも把握しておくべきである。

荷電粒子の増加または減少は個々の散乱条件に大きく依存するので、表層部線量と深部線量との関係は各施設毎に測定しておくこと。

### 6.3 精度

各試験所において使用される基準照射線量率（空気カーマ率）は、国家標準との比較によって定められる実際の値に対して3%以内であること。国家標準との一致の程度については、定期的なNISTによる試験所の習熟度テストにより実証されていること。この習熟度テストについての詳細は付録Aに示す。線量計に与えられる線量値の不確かさは、5%以下であること。この規準を満たすため、複数個の線量計を同時に照射する場合には、個々の照射位置に対応した補正係数を使用する必要があるかも知れない。

## 7. 照射条件

### 7.1 入射方向

線量計は、ファントムの最大面（ $30 \times 30$  cm）のうち、線源に対向する方の面に、端から少なくとも5 cm以上離れた位置に設置すること。照射ビームの中心軸がこの面に対して垂直になるようにし、かつその面の中心点を通るようにすること。ファントムの位置および向きについては、再現性に優れ、確実性がある（実証可能である）こと。

### 7.2 照射距離

線源と線量計が設置されているファントムの表面との距離（照射距離）は、1 m以上でなければならない。照射距離についても再現性と確実性がある（実証可能である）こと。

#### 8. 照射線量（空気カーマ）値の実証

既知（以前）の線量率データとタイマーの使用により求める方法とは別に線量を確定（測定）する手段を採用しておくこと。

#### 9. 校正報告書

各試験所は、各利用ユーザーに対して、各線量計それぞれに照射された線量値（照射線量または空気カーマ率）を報告すること。深部線量（並びに線量当量）への変換に際しては、 $^{137}\text{Cs}$ については1.03を乗ずること。

## 連邦所管二次校正試験所運用規準

### PART C.2 - X線照射

#### 1. 序言

本章の規準は、X線源を用いて線量計に放射線防護レベルの照射を行う場合に適用する。これらの規準はパートAで述べた一般的な規準に付加されるものであり、本規準に該当する照射が実施され、かつ「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、必ずこれに従うこと。この場合、一般的な規準と本個別規準の両方を満たすこと。

#### 2. 範囲

本規準は個人モニタリングに使用される線量計の照射に対して適用される。

#### 3. X線源

防護レベルの照射に必要な照射線量（空気カーマ）範囲を十分にカバー（照射）できる定電圧X線発生装置を使用すること。その範囲は試験所の業務の内容および要求等によるが、通常の放射線防護に関しては30 mR～500 R（0.3 mGy～4 Gy）が得られればよいであろう。また、試験所では、（ANSI N13-11やDOE/EH-0027）に記されたもののうち三種以上のフィルタろ過ビーム（NISTビームコードによる）を用いた照射が可能であること。

#### 4. 放射線ビームの制御

##### 4.1 遮蔽

シャッターが閉の状態の時あるいはX線管の遮蔽体からの漏洩放射線の割合は、シャッター開の状態での線量率に対して0.1%を超えないこと。

##### 4.2 ビームの大きさ（サイズ）および均一性

X線ビームは、そのサイズを照射に必要な最少限度の面積まで絞り込むことが必要となる。あらゆる線量計は、ファントム付で照射する。このとき、線源に対向するファントムの面全面が照射領域に入るようなビームのサイズであること。複数個の線量計を同時に照射する場合、均一性が十分であり、6.4の要求事項を満たすような特性を有するビームであること。

##### 4.3 ビーム制御

シャッターを利用してビーム制御を行う場合、シャッターの切り換え時間についてあらかじめ把握しておくこと。シャッターによらない場合は、全ての場合について、ビームが安定レベルに達するまでの放射線の寄与を把握し、必ず補正を行うこと。安定化に伴う不確定誤差についても知っておくこと。その他系統的なあらゆる時間誤差については、記録の上除去するか、補正すること。

#### 5. 設備

X線装置およびその照射制御装置の他、各試験所においてはγ線校正に最低限必要な設備（B.1, 4参照）および下記に挙げる機器等を具備しなければならない。

- (1) PMMAファントム：サイズが少なくとも $30 \times 30 \times 15$  cmのもの。ファントム支持台は堅固であって線量計の位置での散乱の寄与が最少となる（材質のもの）もの。
- (2) 二次標準電離箱：照射に使用される範囲のX線のエネルギーおよび強度に適したもの。

## 6. 照射場の特性

### 6.1 照射線量率（空気カーマ率）

照射場は、照射線量率（空気カーマ率）により、線源に対向するファントム表面の中心の位置において、ファントムがない状態で校正されていること。

### 6.2 散乱

室内の散乱の寄与は、線量計の各照射位置で、ファントムがない状態で測定したとき、照射線量率（空気カーマ率）で5%を超えないこと。また、おおよそその室内散乱線のエネルギースペクトルも把握しておくべきである。

### 6.3 線質

X線の第1半価層および均等度は、表1（B参照）に示す値に対して、それぞれ5%、7%以内であること。この値を達成するためもし必要ならば、管電圧か、付加フィルタあるいはその両方を適宜調整してもよい。またもしビームのモニタリングに通常、トランスミッションチェンバーが使用されているならば、それもフィルタ物質の一部であると考えること。

X線ビームの強度は、ビーム使用領域内において、5%を超えないようにすること。

線質は、少なくとも年一回、その安定性について検査すること。ビームの性質に影響を及ぼす部分が修理されたり、または交換されたりした場合には、上述の線質についての要求事項を満たすようにすること。

### 6.4 精度

各試験所において使用される基準照射線量率（空気カーマ率）は、国家標準との比較によって定められる実際の値に対して3%以内であること。国家標準との一致の程度については、定期的なNISTによる試験所の習熟度テストにより実証されていること。この習熟度テストについての詳細は付録Aに示す。線量計に与えられる線量値の不確かさは、5%以下であること。この規準を満たすため、複数個の線量計を同時に照射する場合には、個々の照射位置に対応した補正係数を使用する必要があるかも知れない。

## 7. 照射条件

### 7.1 入射方向

線量計は、ファントムの最大面（ $30 \times 30$  cm）のうち、線源に対向する方の面に、端から少なくとも5 cm以上離れた位置に設置すること。照射ビームの中心軸がこの面に対して垂直になるようにし、かつその面の中心点を通るようにすること。ファントムの位置および向きについては、再現性に優れ、確実性がある（実証可能である）こと。

## 7.2 照射距離

線源と、線量計が設置されているファントムの表面との距離（照射距離）は、1 m以上でなければならない。照射距離についても再現性と確実性がある（実証可能である）こと。

## 8. 照射線量（空気カーマ）値の実証

既知（以前）の線量率データとタイマーの使用により求める方法とは別に線量を確定（測定）する手段を採用しておくこと。

## 9. 校正報告書

各試験所は、各利用ユーザーに対して、各線量計それぞれに照射された線量値（照射線量または空気カーマ率）を報告すること。線量（並びに線量当量）への変換に際しては、ANSI N13-11やDOE/EH-0027に与えられている換算係数を乗じること。同係数の出典（参照文献）も示すこと。

## 連邦所管二次校正試験所運用規準

### PART C.3 - 中性子線照射

#### 1. 序言

本章の規準は、中性子線源を用いて線量計に放射線防護レベルの照射を行う場合に適用する。これらの規準はパートAで述べた一般的な規準に付加されるものであり、本規準に該当する照射が実施され、かつ「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、必ずこれに従うこと。この場合、一般的な規準と本個別規準の両方を満たすこと。

#### 2. 範囲

本規準は個人モニタリングに使用される線量計の照射に対して適用される。事故レベルの線量測定に使用される中性子検出用フォイルには適用しない。

#### 3. 中性子線源

本規準は、線源（および線源が減速材中に設置されている場合を含む）からの中性子線について適用する。加速器あるいは原子炉による中性子線には適用しない。ANSI N13.11およびDOE/EH-0027に規定された中性子線源を使用すること。その他の中性子線源についても、そのスペクトル分布、中性子放出率および線量当量換算係数が正式に報告されているものについては使用可とする。照射に必要な線量当量の範囲は試験所の業務の内容および要求等によるが、150 mrem～5 rem (1.5 mSv～50 mSv) が得られれば通常の放射線防護の目的に対して十分であろう。照射はフリーフィールド量を基準とし、ファントム付きで実施すること。

#### 4. 放射線ビームの制御

##### 4.1 遮蔽

線源格納容器は十分な遮蔽能力を有するものとし、放射線のリーク等によってバックグラウンドレベルが上昇し、照射室の他の用途に影響を及ぼさないようにすること。照射室内の全ての線源によるバックグラウンド放射線およびリーク放射線（漏洩放射線）は、線量計に照射される総線量（照射線量または空気カーマ）の0.1%を超えないようにしなければならない。

##### 4.2 照射制御

格納容器から照射位置まで線源を運ぶ線源移動システムを設けること。格納容器から照射位置までの移動に係る時間、およびそれに付随する線量当量への影響（寄与分）について把握しておくこと。照射制御装置はタイマーによる運転が可能なものとする。制御装置の切り換え時間に伴う時間的誤差についてはあらかじめ把握しておくこと。系統的なあらゆる時間誤差については、測定の上除去するか、補正すること。

#### 5. 設備

線源およびその付随する線源誘導装置の他、各試験所においては中性子線校正、照射に最低限必要な下記に挙げる器具を具備しなければならない。

PMMAファントム：サイズが少なくとも40×40×15 cmのもの。ファントム支持台は堅固であって線量計の位置での散乱の寄与が最少となる（材質の）もの。また線源

に対するファントムの位置が確定し、その再現性があるもの。

## 6. 照射場の特性

### 6.1 線量当量率

照射場は、フリーフィールドでの線量当量率により、線源に対向するファントム表面の中心の位置において、ファントムがない状態で校正されていること。各線源の中性子放出率は、N I S Tによって決定されていること。<sup>252</sup>Cf線源によって線量計に照射される線量当量値の決定方法（手順）は、文献「Eisenhauer, Hunt and Schwalts; Calibration Techniques for Neutron Dosimetry; Radiat. Prot. Dosim. Vol. 10, 43, (1985)」に従うべきである。他の線源については、線量当量決定の手順を記載すること。中性子線源からの光子の線量当量寄与についても測定し、報告すること。照射中における予想線量当量値については確認しておくこと。

### 6.2 散乱

空気による散乱、室内の壁散乱、線源自身による散乱の寄与は、あらゆる照射条件（幾何学的配置、距離）に対してフリーフィールドでの線量当量により決定すること。室内壁散乱を最少とするため、照射室は可能な限り大きくし、照射は照射室の中央部で実施すること。

### 6.3 精度

各試験所において定められた線量当量基準値は、国家標準との比較によって決定された実際の値に対して5%以内であること。国家標準との一致の程度については、定期的なN I S Tによる試験所の習熟度テストにより実証されていること。この習熟度テストについての詳細は付録Aに示す。線量計に与えられる線量当量値の不確かさは、5%以下であること。ただし、これには線量当量換算係数の不確かさおよび照射時の光子寄与分を含めない。この規準を満たすため、複数個の線量計を同時に照射する場合には、個々の照射位置固有の補正係数を使用する必要があるかも知れない。

## 7. 照射条件

### 7.1 入射方向

線量計は、ファントムの最大面（40×40 cm）のうち、線源に対向する方の面に、端から少なくとも10 cm以上離れた位置に設置すること。線源の中心とファントムの中心とを結ぶ線がこの面に対して垂直になるようにすること。ファントムの位置および向きについては、再現性に優れ、確実性がある（実証可能である）こと。

### 7.2 照射距離

線源の中心と線量計が設置されているファントムの表面との距離（照射距離）は、少なくとも50 cm以上とすること。線量当量については、各線量計の位置毎に計算すること。また再現性と確実性がある（実証可能である）こと。

## 8. 線量当量値の実証

既知（以前）の線量率データとタイマーの使用により求める方法とは別に線量を確定（測定）する手段を採用しておくこと。例えば、別の位置に測定器を置いておくとか、照



射時にかならず受動型検出器を置くとかである。

#### 9. 校正報告書

各試験所は、各利用ユーザーに対して、各線量計それぞれに照射されたフリーフィールドでの線量当量値を報告すること。線源の $\gamma$ 線放出による線量当量の中性子線のそれに対する割合も報告すべきである。

## PART C.4 - $\beta$ 線照射

### 1. 序言

本章の規準は、 $\beta$ 線源を用いて線量計に放射線防護レベルの照射を行う場合に適用する。これらの規準はパートAで述べた一般的な規準に付加されるべきものであり、本規準に該当する照射が実施され、かつ「認証の範囲」に含めることが求められる場合には、必ずこれに従うこと。この場合、一般的な規準と本個別規準の両方を満たすこと。

### 2. 範囲

本規準は個人モニタリングに使用される線量計の照射に対して適用される。

### 3. $\beta$ 線源

照射には、 $\beta$ 線源（1個もしくは複数個）を使用すること。それらは点線源もしくは平板状線源とし、国の規準または国際規格（例えば、ANSI N13.11, DOE/EH-0027, ISO 6980）に合うものであること。線量の範囲は試験所の業務の内容および要求等によるが、通常の放射線防護に関しては150 mrad $\sim$ 10 rad（1.5 mGy $\sim$ 100 mGy）が得られればよいであろう。

### 4. 設備

線源およびその照射コントロール装置の他、各試験所においては $\gamma$ 線校正に使用するものと同等の設備（B.1, 4参照：ただし、二次標準電離箱を除く）を具備しなければならない。二次標準電離箱の代わりに、外挿電離箱もしくは薄窓型定容積電離箱（使用する $\beta$ 線のエネルギー領域および強度に適するもの）を備えておくこと。ファントムはPMMAファントム（サイズが少なくとも30 $\times$ 30 cmで厚さが5 cm以上のもの）とする。また、ファントム支持台は堅固であって線量計の位置での散乱の寄与が最少となる（材質のもの）。

### 5. 点線源

#### 5.1 ビーム制御

##### 5.1.1 遮蔽

線源格納容器は十分な遮蔽能力を有するものとし、放射線のリーク等によってバックグラウンドレベルが上昇し、照射室の他の用途に影響を及ぼさないようにすること。照射室内の全ての線源によるバックグラウンド放射線および漏洩放射線は、線量計に照射される総線量の0.1%を超えないようにしなければならない。

##### 5.1.2 ビームの大きさ（サイズ）および均一性

線源に対向するファントムの面全面が照射領域に入るようなビームのサイズであること。複数個の線量計を同時に照射する場合、均一性が十分であり、5.2.2の要求事項を満たすような特性を有するビームであること。これを達成するため、適当な平坦化フィルタを使用する必要があるかも知れない。

### 5.1.3 ビーム制御

$\beta$ 線ビームは照射装置に内蔵された制御装置によってコントロールされること。照射制御装置はタイマーによる運転が可能なものとする。制御装置の切り換え時間に伴う時間的誤差についてはあらかじめ把握しておくこと。系統的なあらゆる時間誤差については、測定の上除去するか、補正すること。

## 5.2 照射場の特性

### 5.2.1 線量率

$\beta$ 線照射場は、軟組織中  $7 \text{ mg} / \text{cm}^2$  の深さ位置での線量率に対して校正（値付け）されていること。

### 5.2.2 精度

各試験所において使用される基準線量率は、国家標準との比較によって定められる実際の値に対して3%以内であること。この国家標準との一致の程度については、定期的なNISTによる試験所の習熟度テストにより実証されていること。この習熟度テストについての詳細は付録Aに示す。線量計に与えられる線量値の不確かさは、5%以下であること。この規準を満たすため、複数個の線量計を同時に照射する場合には、ビーム平坦化フィルタを採用したり、あるいは個々の照射位置に対応した補正係数を使用する必要があるかも知れない。

## 5.3 線源収納

線源は、安全上および日常の使用に耐えられるよう十分堅固な状態で収納されていなければならない。また一方で $\beta$ 線のスペクトルがISO-6980の規準を満たすよう（収納容器は）十分薄いこと。

## 5.4 照射条件

### 5.4.1 入射方向

線量計は、ファントムの最大面（ $30 \times 30 \text{ cm}$ ）のうち、線源に対向する方の面に、端から少なくとも5cm以上離れた位置に設置すること。照射ビームの中心軸がこの面に対して垂直になるようにし、かつその面の中心点を通るようにすること。位置および入射の方向性については、再現性に優れ、確実性がある（実証可能である）こと。

### 5.4.2 照射距離

線源と線量計が設置されているファントムの表面との距離（照射距離）は、ANSI N13.11, DOE/EH-0027の要求事項を満たすものであること。照射距離についても再現性と確実性がある（実証可能である）こと。

## 6. 平板状線源

照射ジオメトリ的に、点線源を使用する場合よりも適切である場合には、平面線源を使用してもよい。

## 6.1 大きさ (サイズ)

面線源の大きさは、照射する線量計の大きさ (あらゆる放射線有感部を含む) より大きくなければならない。

## 6.2 線源の特性

### 6.2.1

面線源は、 $3\text{ mg/cm}^2$  から  $7\text{ mg/cm}^2$  までの厚さの防護膜で覆われていること。ウラン線源については、 $100\text{ mg/cm}^2$  位置の線量率を  $7\text{ mg/cm}^2$  位置の値で除した値が  $0.58 \pm 0.04$  であること。ファントム内の  $1000\text{ mg/cm}^2$  位置の線量率は、 $7\text{ mg/cm}^2$  位置の値の3%未満であること。これらの線量率の割合を確認するため、適当な線量計を使用すること。

## 6.3 線量率

線源表面またはその近傍 (1 cm 未満) の  $\beta$  線場は、軟組織中  $7\text{ mg/cm}^2$  位置での吸収線量により校正 (値付け) されていること。この線量率を特定する場合、外挿電離箱もしくは固定容積電離箱を用いること。

## 6.4 精度

各試験所において使用される基準線量率は、国家標準との比較によって定められる実際の値に対して3%以内であること。国家標準との一致の程度については、定期的な N I S T による試験所の習熟度テストにより実証されていること。この習熟度テストについての詳細は付録 A に示す。線量計に与えられる線量値の不確かさは、5%以下であること。

## 6.5 入射方向

線量計は線源表面に乗せるか、線源面と平行に (照射距離を最大  $0.5\text{ cm}$  として) 設置すること。

## 7. 線量値の実証

点線源については、既知 (以前) の線量率データとタイマーの使用により求めた値とは別に線量を確定 (測定) する手段を採用しておくこと。可能な方法としては、別の方向に検出器を置くとか、ファントムの端に小さな検出器を取り付けておく、あるいは受動型の検出器を照射の度に置くとかが考えられる。

## 8. 校正報告書

各試験所は、各利用ユーザーに対して、各線量計それぞれに照射された  $7\text{ mg/cm}^2$  深さ位置での線量値を報告すること。

PART D - 照射線量（空気カーマ）率校正用 $\gamma$ 線源

1. 序言

本章の規準は、フリーエア中における照射線量（空気カーマ）率の見地から $\gamma$ 線源の校正に対して適用する。これらの規準は、本書のパートA中の一般的な規準を補足するものである。そして、この個別な校正サービスが提供され、「認証の範囲」に含めることが求められる場合、一般的な規準及びこれらの個別の規準の両者が満たされること。

2. 校正される線源の種類

これらの規準は、校正されユーザーに返送される容易に輸送される運搬可能なコンテナ中の密封線源に対し適用される。照射線量（空気カーマ）率範囲は、 $2\text{ mR/h} \sim 50\text{ R/h}$  ( $20\ \mu\text{Gy/h} \sim 0.4\text{ Gy/h}$ ) であり、フリーエア中の1mの点において測定する。以下の線源がこの種の校正に対して共されること。： $^{241}\text{Am}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、あるいは $^{60}\text{Co}$ 。

3. 設備

試験所は、校正の用に共される以下の設備と同様に、少なくともパートB.1、Section 4において規定された設備を所有すること。：

$\gamma$ 線線源が、校正される放射線源の放射能に等しいか、より大きい。これは距離の関数として照射線量（空気カーマ）率について校正されること、及び少なくとも年1回を基本とした定期的な品質保証を受けること。パートB.1に基づく認証は、この要求を阻むものである。

4. 校正条件

4.1 方法

校正は、第二次標準電離箱を用いる線源強度の測定、あるいは第二次標準電離箱若しくは第二次標準に対して校正された実用標準電離箱により履行されること。標準電離箱のエネルギー依存性は、測定される光子エネルギーの範囲に渡って判明されていること。

4.2 幾何学的配置

線源-検出器の幾何学的配置は、注意を払って決定されること。周囲からの散乱（線源及びコリメータからの散乱を除外）は、最小限にされるべきであり、かつ、検出器が線源校正に対して配置された如何なる場所における照射線量（空気カーマ）率の10%を超えないこと。散乱放射線のおおよそのエネルギースペクトルが判明されているべきである。

4.3 減衰

線源により生成される照射線量（空気カーマ）率を故意に低減させるため、試験所がアッテネータを用いる場合にあっては、 $\gamma$ 線のエネルギースペクトルに関するアッテネータの影響は判明されているべきであり、実際の減衰係数が試験所により決定されてい

るべきである。校正点における電子フルエンスの影響が考慮されること。

## 5. 線源強度の仕様

### 5.1 精度

試験所は、校正された線源強度の測定に係る不確かさの評価について言及すること、かつ、これは全体として5%を超えないこと。この総合不確かさは、発生可能な誤差の解析に基づき算出されること。精度は、国家標準との定期的な相互比較を通じて維持されること。

### 5.2 校正報告書

校正報告書は、各線源校正に対して以下の情報を含むこと。

- (a) 用いた線源-検出器間の幾何学的配置の完全なる記述
- (b) 校正距離における測定された照射線量(空気カーマ)率、特別なアッテネータの有無
- (c) 用いたアッテネータの記述
- (d) 報告された照射線量(空気カーマ)率における評価された不確かさ

## PART E - 医療診断用機器のX線校正

### 1. 序言

本書の本章の規準は、X線源を用いる診断放射線レベルにおける機器の校正に対して適用する。これらの規準は、一般的な規準を補足するものである。そして、この特別な校正サービスが提供され、それが、試験所の「認証の範囲」に含められることが求められる場合、一般的な規準及びこれら個別の規準の両者が満たされること。

### 2. X線源

試験所は、機器の校正に対し利用可能な定電圧X線装置を所有すること。これは、最低範囲として30～150 kVの電圧をもって運転すべきである。生成される放射線場は、明文化された試験所の手順に従い、機器の校正に対して十分な安定性をもって、最低範囲として20～100 R/h (180～900 mGy/h)の照射線量(空気カーマ)率をカバーすること。機器の校正中において、照射線量(空気カーマ)率は、±1%を超えて変動しないこと。

### 3. 放射線ビームの制御

#### 3.1 ビームコリメーション

管から放出されたX線ビームは、その大きさが校正の要求と矛盾しない最小範囲に制限することを目的としてコリメートされること。中心軸の識別に関して規定が設けられること、及びビームの有効範囲の境界が判明されていること。

#### 3.2 シャッター

シャッターは、管からのX線ビームの放出を制御するために用いられること。ビームが線量測定機器の校正に対して用いられる場合、シャッターの開閉時間が判明されていること。

#### 3.3 線量制御

X線ビームが照射線量(空気カーマ)率測定機器の校正に対して用いられる場合、シャッターは、タイマーあるいは適切なる電荷積算装置により制御されること。シャッターの開閉時間に起因する如何なる誤差も明文化、かつ、除外あるいは補償されること。

### 4. 設備

単一あるいは複数のX線装置及び関連する制御装置に加え、試験所は、以下の例外をもってγ線校正に対する要求(パートB.1, Section 4 参照)と同様に、同一の最小限の設備を所有すること - 第二次標準電離箱は、校正サービスが提供されるようなX線エネルギー及び強度に関して適切であること。

加えて、試験所は、多種のX線ビームの線質(後述の5.4項参照)の生成を可能とするフィルターを装備すること。

## 5. 放射線場の特性

### 5.1 照射線量率（空気カーマ率）

校正に対して用いられるX線場は、機器の検出器が校正に対して設置される実効中心位置における照射線量（空気カーマ）率により特性付けられること。

### 5.2 散乱

各々の機器型式の校正の精度における室内散乱放射線の影響（最小限の室内散乱を伴う放射線場に関連する）は、機器の校正に対して検出器が置かれる各々の位置について判明されていること。

### 5.3 精度

標準値として試験所により規定される照射線量（空気カーマ）率は、国家標準との比較により定められた実際の値の±5%以内であること。この国家標準との一致レベルは、NISTによる定期的な習熟度テストを通じて証明されること。習熟度テストの解説は、付録Aに記した。

### 5.4 線質

管から放出されたX線ビームは、校正の目的に対して用いられる以前に濾過されること。試験所は、以下の線質の少なくとも5つを用いる校正サービスを提供すること。

ビーム 名称	第一半価層		均等度		付加フィルター <sup>(1)</sup>	
	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu
	(mm)	(mm)			(mm)	(mm)
M30	0.36		64		0.50	
M50	1.02	0.032	66	62	1.021	
L80	1.83		58		1.284	
L100	2.8		59		1.978	
M100	5.0	0.20	72	55	5.0	
M150	10.2	0.67	87	62	5.0	0.25

<sup>(1)</sup> 付加フィルター厚は、NISTのビームに関して特定なものであり、単に例として呈示した。

アルミニウムあるいは銅のいずれに対しても、上記の表中に示した値のX線ビームの第一半価層及び均等度は各々5%及び7%以内であること。管電圧あるいは付加フィルター、若しくは両者の表示が必要な場合、それらの値を達成するために調整されるであろう。定常的なビームの監視に対してトランスミッションチャンバが用いられる場合、フィルター材を付加することを考慮すること。

X線ビームの強度は、ビームの利用範囲に渡って5%を超えて変化しないこと。

線質は、安定性に関して少なくとも年一回確認されること。線質の変更あるいは



は修正をもたらすような如何なる場合にあっても、線質に関する上記の要求は満足されること。

#### 6. 校正報告書

機器の校正報告書は、少なくとも校正に対して用いたX線ビーム、機器が校正された標準照射線量（空気カーマ）率、機器の表示した照射線量（空気カーマ）率及び各々の校正点における校正定数を含むこと。積算型機器の場合にあっては、X線ビーム及び照射線量（空気カーマ）率に加えて標準照射線量（空気カーマ）、機器指示値及び校正定数が含まれること。可能な場合には、機器の各レンジに対して一つの校正点及び直線性確認が含まれること。放射線ビームに関する機器の方向は、校正報告書中に記述あるいは図示されること。通気型電離箱を用いる機器に対しては、報告値は温度 $22^{\circ}\text{C}$ 及び気圧 $760\text{ mmHg}$ が基準とされ、かつ、他の温度及び気圧に対して換算するに要する式が呈示されること。

## 連邦所管二次校正試験所運用規準

### PART F - 標準機器の校正

#### PART F.1 - 標準機器の $\gamma$ 線校正

##### 1. 序言

本章の規準は、単一あるいは複数の $\gamma$ 線源を用いる放射線防護レベルにおける標準機器の校正に対して適用する。これらの規準に従い校正された標準機器は、顧客による使用を予定されるものであり、試験所の校正の遂行における実用標準としての使用を予定されるものではない。これらの規準は、パートA中に含まれる一般的な規準を補足するものである。「認証の範囲」に含めることが求められる場合、一般的な規準及びこれらの個別の規準の両者が適用されること。

##### 2. $\gamma$ 線源

以下の放射線源の一つあるいは複数が標準機器の校正における使用に対して利用可能であること。:

放射性核種	およそのエネルギー
$^{137}\text{Cs}$	660 keV
$^{60}\text{Co}$	1.25 MeV

線源により生成された放射線場は、防護レベルの校正に対して適切なる照射線量（空気カーマ）率の範囲をカバーすること。

##### 3. 放射線制御

###### 3.1 遮蔽

線源に対する放射線障壁及び／あるいは貯蔵容器は、校正区域におけるバックグラウンド放射線が校正業務の遂行に影響を及ぼさないよう十分低くするために供されること。

###### 3.2 ビームのコリメート

校正に対して用いられる線源より放出された $\gamma$ 線ビームは、校正の要求に一致するよう、その大きさを制限するためコリメートされること。この要求に対する例外は、機器校正に対して低室内散乱環境を与えるために校正施設が十分に大きい場合、すなわち、低散乱室内における非コリメート線源である。

###### 3.3 線源の線量

線源貯蔵容器は、 $\gamma$ 線ビームの線量を制御するための機構を備えること。放射線源が照射線量（空気カーマ）測定（照射線量率（空気カーマ率）測定との対比として）機器の校正に対して用いられるならば、シャッターあるいは線源の搬送時間及び全照射線量（空気カーマ）におけるその影響が判明されていること。

### 3.4 線量制御

放射線源が照射線量（空気カーマ）測定機器の校正に対して用いられるならば（上記3.3参照）、シャッターあるいは線源の搬送は、タイマーにより開始及び終了されるか、あるいは照射線量（空気カーマ）が、トランスミッションチャンパーを用いることにより制御されること。関与する如何なる系統的な時間に係る不確かさが明文化及び除外あるいは補償されること。

## 4. 設備

単一あるいは複数の放射線源及び関与する制御装置に加えて、試験所は、 $\gamma$ 線校正に対して要求される同一の最小限の設備を所有すること（パートB.1, Section4参照）。

## 5. 放射線場の特性

### 5.1 照射線量率（空気カーマ率）

校正に対して用いられる $\gamma$ 線場は、ある点あるいは線源からの距離における照射線量（空気カーマ）率により特性付けられること。照射線量（空気カーマ）率は、用いられた各々の距離において判明されていること。

### 5.2 散乱放射線

各々の機器型式の校正精度における室内散乱放射線の影響（最小限の室内散乱を有する放射線場に関係する）は、機器の校正に対して検出器が置かれる各々の位置においても判明されていること。

### 5.3 減衰

放射線場における如何なる場所における照射線量（空気カーマ）率を低減させるためにアッテネータが用いられる場合、各々の機器型式の校正精度における変更された放射線スペクトルの影響（減衰の無い放射線スペクトルに関連する）が知られているべきである。校正位置における電子フルエンスの如何なる影響も考慮されること。減衰された放射線場のおおよそのエネルギースペクトルが判明されていること。

## 6. 校正精度

各々の放射線源をもって試験所により特定された電離箱あるいは機器の校正定数は、国家標準との比較により定められた真の値の3%以内であること。この標準との一致レベルは、NISTによる定期的な習熟度テストを通じて実証されること。習熟度テストの詳細は、付録Aに記した。

## 7. 校正報告書

電離箱校正報告書は、少なくとも、用いた核種あるいは光子エネルギー、電離箱が校正された標準照射線量（空気カーマ）率及び単位電荷あたりの照射線量（空気カーマ）により表わされた各々の校正点における電離箱の校正定数を含まむこと。放射線ビームに関する電離箱の方向は記述されること、偏極電圧の極性及び強度が述べられること、また、ビルドアップキャップの使用が注記されること。

機器の校正報告書は、少なくとも用いた核種あるいは光子エネルギー、機器が校正され

た標準照射線量（空気カーマ）率、機器の指示した照射線量（空気カーマ）率及び各々の校正点における校正定数を含むこと。積算型機器の場合にあっては、放射性核種及び照射線量（空気カーマ）率に加えて標準照射線量（空気カーマ）、機器指示値及び校正定数が含まれること。適用可能である場合には、機器の各々のレンジに対して一つの校正点及び直線性確認が含まれること。放射線ビームに対する機器の方向は、校正報告書中に記述あるいは図示されること、また、ビルドアップキャップの使用が注記されること。

通気型電離箱あるいは通気型電離箱を用いる機器に対しては、報告値は温度 22℃及び気圧 760 mmHg が基準とされ、かつ、他の温度及び気圧に対して換算するに要する式が呈示されること。

## 連邦所管二次校正試験所運用規準

### PART F - 標準機器の校正

#### PART F.2 - 標準機器のX線校正

##### 1. 序言

本章の規準は、X線源を用いる放射線防護レベルあるいは診断レベルにおける標準機器の校正に対して適用する。これらの規準に従い校正された標準機器は、顧客による使用を予定されるものであり、試験所の校正の遂行における通常の標準としての使用を予定されるものではない。これらの規準は、パートA中に含まれる一般的な規準を補足するものである。「認証の範囲」に含めることが求められる場合、一般的な規準及びこれら個別の規準の両者が適用されること。

##### 2. X線源

定電圧X線発生装置は、標準機器の校正における使用に対して利用可能であること。その最大リップルは、2%を超えてないこと、また、30~150 kV、1~10 mAの最小範囲に渡って運転可能であるべきである。

X線発生装置により生成される放射線場は、防護レベル及び診断レベルに対して良好なる照射線量（空気カーマ）率をカバーすること。機器の校正の間、照射線量（空気カーマ）率は、予定値から1%を超えて変化しないこと。

##### 3. 放射線ビームの制御

###### 3.1 放射線生成

有効なる放射線ビームの生成は、X線管に対する高電圧の印加あるいは機械的シャッターの開動作（X線ビームに対する遮蔽としての通常の動作としての）によるものであろう。

###### 3.2 ビームのコリメート

管から放出されたX線ビームは、その大きさが校正の要求を満たすような範囲に制限されるためにコリメートされること。中心軸を識別するために規定が設けられること、また、ビームの有効範囲の境界が判明されていること。

###### 3.3 線量制御

放射線源が照射線量（空気カーマ）測定機器の校正に対して用いられる場合、放射線ビームは、タイマーにより制御されること、あるいは照射線量（空気カーマ）がトランスミッションチャンバの使用により制御されること。シャッターの移動時間あるいは高圧印加による時間的誤差は、明文化及び除外あるいは補償されること。

##### 4. 設備

単一あるいは複数のX線装置及び関与する制御装置に加えて、以下の例外を除いて試験

所は、 $\gamma$ 線校正に対する要求（パートB.1, Section4 参照）と同様に、同一の最小限の装置を所有すること。 - 第二次標準電離箱は、校正サービスの遂行に関するX線エネルギー及び強度に対して適切であること。

加えて、試験所は、X線ビームの線質の変化を生み出すことが可能なフィルターを装備すること（後述の5.3節参照）。

## 5. 放射線場の特性

### 5.1 照射線量率（空気カーマ率）

校正に対して用いられるX線場は、ある点あるいはX線管のアノードからの距離における照射線量（空気カーマ）率により特性付けられること。照射線量（空気カーマ）率は、用いられる各々の距離において判明されていること。

### 5.2 散乱放射線

各々の機器型式の校正精度における室内散乱放射線の影響（最小限の室内散乱である放射線場に関係する）は、機器の校正に対して検出器の置かれる如何なる位置にあっても判明されていること。

### 5.3 線質

X線管管体から放出されたX線ビームは、校正の目的に対して適切なる線質を供するため、その使用以前に濾過されること。定常的なビームのモニタリングに対してトランスミッションチャンバが用いられる場合、フィルター材を付加することが考慮されること。表1（パートB.2中）中に呈示した3ないし、それ以上のビームが利用可能であること。

あるX線ビームに対する第一半価層及び均等度は、表1に呈示した値に関して各々5%及び7%以内であること。もし必要ならば、呈示した管電圧あるいは付加フィルター、若しくはその両者がこれらの値を達成するために調整されるであろう。

X線ビームの強度は、ビームの利用範囲に渡って5%を超えて変化しないこと。

線質は、安定性に対して少なくとも年一回確認されること。線質に影響する如何なる部分が修正あるいは変更される如何なる場合にあっても、線質に対する上記条件は満たされること。

## 6. 校正精度

各々のX線ビームに対して試験所により定められる電離箱あるいは機器の校正定数は、国家標準との比較により定義された真の値の3%以内であること。この標準に対する一致レベルは、NISTによる定期的な習熟度テストを通じて証明されること。この習熟度テストの詳細は、付録Aに記した。

## 7. 校正報告書

電離箱校正報告書は、最低限として、表1中のコードあるいはこれに等価な方法におけ

る線質の記述、電離箱が校正された標準照射線量（空気カーマ）率及び単位電荷あたりの照射線量（空気カーマ）により表された各々の校正点における電離箱の校正定数を含むこと。放射線ビームに関する電離箱の方向が記述されること、また、偏極電圧の極性及び強度が述べられること。

機器の校正報告書は、最小限として、用いたX線ビーム、機器が校正された標準照射線量（空気カーマ）率、機器の指示した照射線量（空気カーマ）率及び各々の校正点における校正定数を含むこと。積算型機器の場合にあっては、X線ビーム及び照射線量（空気カーマ）率に加えて標準照射線量（空気カーマ）、機器指示値及び校正定数が含まれること。適用可能である場合には、機器の各々のレンジに対して一つの校正点及び直線性確認が含まれること。放射線ビームに対する機器の方向は、校正報告書中に記述あるいは図示されること。

通気型電離箱あるいは通気型電離箱を用いる機器に対しては、報告値は温度 $22^{\circ}\text{C}$ 及び気圧 $760\text{ mmHg}$ が基準とされ、かつ他の温度及び気圧に対して換算するに要する式が呈示されること。

## 付録 A N I S T 習熟度テスト

6.3項の一般規準（パートA）について、試験所の習熟度を米国標準技術局（N I S T）が毎年検査する必要がある。各習熟度テストは、試験所が認証されている校正の一つまたはそれ以上の形式についてなされるであろう。この付録はこれらに要求されるテストに関する情報を記述する。

パートBからFの種々の明確な規準中に示す、各放射線量に対する固有の習熟度テストを表A1に認定する。もし、関心のある量が、例えば $\gamma$ 線量率（空気カーマ）なら、実施するテストの適当な方法として、N I S Tは認証した光子線源を用いて電離箱を校正するであろう。そして同じ電離箱をその校正目的の為に参加試験所に送り、得られた校正乗数をN I S Tの値と比較する。その両者の結果の差が明確な規準（通常は“精度”の項）中に定める制限近辺内であるなら、試験所の行為は十分とみなされる。

線量計の照射に関するパートC.1の規準に基づき、認証試験所に対する習熟度テスト方法は、配布された線量値が規定値内か、又は上記の様な電離箱を必要とするかもしれないかどうかを決定するための、N I S Tの次の情報を得るために、試験所の試験線量計の照射が前もって必要となる。

X線照射（空気カーマ）率の習熟度テストは $\gamma$ 線照射（空気カーマ）率と同じである。 $\beta$ 線量に対し、N I S Tは校正済みの特別の線源か、機器のどちらかを校正のために参加試験所に送り、校正結果と比較する。中性子フルエンス率、又は線量等量の適当な方法としてはレムメータの校正がある。 $\alpha$ 線放出率は適した線源の校正が必要である。

年一回の習熟度テストが、数種の明確な規準に対し、一度のテストでその要求を満足することがあろう。もし、認証試験所が、例えばサーベイ用機器（B.1）の校正、個人線量計の照射（C.1）、線源の校正（D）、そして標準機器類の（F.1）の校正に $^{137}\text{Cs}$ 線源を用いるなら、年一回の習熟度テストはこれら4点の全てのサービスに対するテストを同時に満足するに十分である。勿論、これら4点の明確な規準（3%）のどれにも要求される最も厳しいパフォーマンスレベルは一回の習熟度テストで満足されるべきであろう。

固有の放射線量に対する各年の習熟度テストが、照射（空気カーマ）率、線量率、フルエンス率、又は関心を持つ放出率の全レンジをカバーするようにするのは適当ではない。代わりに、それぞれの各年のテストは、一定年に渡り、全レンジをカバーする目的をもって、可能なレンジの対応部分のみとなろう。同様にして、もし、試験所がたくさんのX線ビームコードを用いるなら、各年の習熟度テストには全部を含まないであろう。しかし、全てのコードは後年の検査でカバーされるであろう。

参加試験所が使うものと同じ放射線源がN I S Tにない二、三のケースがある。この場合、N I S Tは同等な特性を持つ、代用線源で習熟度テスト用機器を校正するであろう。例として、 $\gamma$ 線照射率（空気カーマ）の検査に用いる電離箱は、もし、参加試験所が $^{241}\text{Am}$ 線源を用いる認証を望んだとしても、N I S Tでは代わりにX線で校正するだろう。N I S Tで用いるX線ビームのエネルギースペクトルは $^{241}\text{Am}$ 線源のスペクトルに近いもので



ある。

表A1に示す習熟度テストは、それらが意図する放射線量と、関連する規準にふさわしく考えられている。しかしながらそれらは排他的なものではない。表にない習熟度テストで、他にふさはしいものがあるかもしれない。この場合、NISTと参加試験所が相互に受け入れられる時には、その方法が用いられるであろう。

表A1. 多種の放射線量に相応しいNISTの習熟度テスト

放射線量(率)	線源	関連する規準	相応しいNISTの習熟度テスト
γ線照射又は 空気カーマ	$^{241}\text{Am}$	B.1	X線で校正された電離箱
		D	X線で校正された電離箱
	$^{137}\text{Cs}$	B.1	$^{137}\text{Cs}$ で校正された電離箱
		C.1	$^{137}\text{Cs}$ で校正された線量計及び電離箱
		D	$^{137}\text{Cs}$ で校正された電離箱
	$^{60}\text{Co}$	F.1	$^{137}\text{Cs}$ で校正された電離箱
		B.1	$^{60}\text{Co}$ で校正された電離箱
		D	$^{60}\text{Co}$ で校正された電離箱
		F.1	$^{60}\text{Co}$ で校正された電離箱
X線照射又は 空気カーマ	NIST法	B.2	特定のビームで校正された電離箱
		C.2	特定のビームで校正された線量計 及び電離箱
		E	特定のビームで校正された電離箱
		F.2	特定のビームで校正された電離箱
β線量	$^{147}\text{Pm}$	B.3	校正された $^{147}\text{Pm}$ 線源
	$^{204}\text{Tl}$	B.3	校正された $^{204}\text{Tl}$ 線源
		C.4	校正された $^{204}\text{Tl}$ 線源
		B.3	校正された $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 線源
	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	C.4	線量計及び校正された $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 線源
		B.3	校正された $^{90}\text{Tc}$ 線源
	$^{85}\text{Kr}$	B.3	校正された $^{85}\text{Kr}$ 線源
	$\text{U}_{\text{n.a.}}$	B.3	校正された $\text{U}_{\text{n.a.}}$ 線源
		C.4	校正された $\text{U}_{\text{n.a.}}$ 線源
	$\text{U}_{\text{d.p.}}$	B.3	校正された $\text{U}_{\text{d.p.}}$ 線源
		C.4	校正された $\text{U}_{\text{d.p.}}$ 線源
$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$	B.3	校正された $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ 線源	
中性子フルエンス 又は線量等量	$^{238}\text{Pu}(\text{Be})$	B.4	$^{241}\text{Am}(\text{Be})$ で校正されたレムメータ
	$^{239}\text{Pu}(\text{Be})$	B.4	$^{241}\text{Am}(\text{Be})$ で校正されたレムメータ
	$^{241}\text{Am}(\text{Be})$	B.4	$^{241}\text{Am}(\text{Be})$ で校正されたレムメータ
	$^{252}\text{Cf}$	B.4	$^{252}\text{Cf}$ で校正されたレムメータ、裸
		C.3	$^{252}\text{Cf}$ で校正されたレムメータ 及び線量計、裸
	$^{252}\text{Cfmod}$	B.4	$^{252}\text{Cf}$ で校正されたレムメータ、減速
		C.3	$^{252}\text{Cf}$ で校正されたレムメータ

及び線量計、減速

$\alpha$  放射物

$U_{nat}$	B.5	校正された $U_{nat}$ 線源
$U_{dep}$	B.5	校正された $U_{dep}$ 線源
$^{238}\text{Pu}$	B.5	校正された $^{238}\text{Pu}$ 線源
$^{239}\text{Pu}$	B.5	校正された $^{239}\text{Pu}$ 線源
$Th_{nat}$	B.5	校正された $Th_{nat}$ 線源
$^{230}\text{Th}$	B.5	校正された $^{230}\text{Th}$ 線源

## 付録B 用語集

### 1. accreditation - <認証>

確立された規準に従って校正を遂行する試験所の能力の認証。

### 2. accuracy - <精度>

測定されている量の真の値に対する観測値（すなわち、観測段階に示される値）の一致度。％で表す時、次の様に計算される。

$$\text{精度} = \frac{\text{観測値} - \text{真の値}}{\text{真の値}} \times 100$$

### 3. attenuator - <アッテネータ>

強さを減ずる為に放射線ビーム方向に故意に置く吸収物質。

### 4. calibration(instrument) - <校正(機器)>

被測定機器と標準測定機器が同じ条件下で、同じ放射線源に照射される時の応答の比較；又は十分に定められた条件下の、既知の放射線場で照射した時の被測定機器の応答性の決定。

### 5. calibration(source) - <校正(線源)>

標準線源の出力との比較、又は線源出力に対する標準機器の応答による放射線源の出力の決定。

### 6. collimator - <コリメータ>

放射線ビームの寸法、形、方向を制限するための器具。

### 7. constant potential - <定電圧>

本質的に一定な大きさをもつ単一方向の電圧。

### 8. correction factor - <補正係数>

測定器の指示値に対する放射線量の標準値との比、すなわち標準値 / 指示値。指示値に補正係数をかければ標準値を得る。

### 9. criteria - <規準>

認証を得るために試験所により満されるべき、文書化された最低限の実行上の特性。

### 10. critical equipment - <主要な設備>

単一の校正(補正)乗数を持ち、試験所が校正業務に用いる任意の数の設備、例として、放射線源、二次標準、そして電位計がある。

### 11. error - <誤差>

固有の測定結果における、測定値Xと真値 $\tau$ との差（すなわち、 $X - \tau$ ）。

### 12. extrapolation chamber - <外挿電離箱>

電極の間隔が可変である電離箱で、電極間隔を減少させる一連の測定が可能になり、単位体積当りの測定電流が無限量体積に外挿出来る。

### 13. free-air facility - <フリーエア施設>

付近の構造物による散乱線が最小状態で、線源からの放射線が測定機器に到達する校正施設。

### 14. free-field quantity - <フリーフィールド量>

散乱放射線（すなわち空気の散乱、室内の戻り）寄与を取り除くように補正された中性子線量等量のような放射線量。

### 15. half-value layer(HVL) - <半価層(HVL)>

特定された放射線ビーム中で、特定の放射線量の値が物質中を通過して1/2になる

- 時の特定された物質の厚さ。
16. homogeneity coefficient - <均等度>  
最初の半価層と2番目の半価層との比で、100をかけたもの。
17. instrumentation - <機器類>  
放射線源と測定機器または放射線レベルを計る機器の一般名称。
18. ionization chamber - <電離箱>  
放射線の入射により生じたイオン対が電極に集められるガス充填体。
19. leakage radiation - <漏洩放射線>  
X線管筐体や線源容器より出る利用対象放射線以外の放射線。
20. point source - <点線源>  
線量計や測定器の照射のための線源と検出器の距離と比較し、最大寸法が小さい放射線源。
21. proficiency test - <習熟度テスト>  
テストを受ける試験所及びテストを運営する試験所の両者による、共通の機器又は放射線源の校正から得られた結果の相互比較による試験所の実行上のテスト。
22. protocol - <議定書>  
校正の管理（業務）で試験所が用いる公文書化された約款または手順。
23. quality assurance - <品質保証>  
試験所により提供されるサービスの品質の満足度を保証するべくとられる一般的行為。
24. quality control - <品質管理>  
試験所が質的に受け入れられないサービスの問題を見つけだし、補正するための定常的で明確な技術的行為。
25. reference-class instrument - <標準機器>  
第三次標準として利用する十分に精密、且つ正確である機器、又は電離箱。
26. reference value - <標準値>  
試験所の放射線場を特徴づける固有の量（例 照射または空気カーマ）の値。それは、被校正測定器の指示値が比較される値である。
27. residual maximum beta energy,  $E_{res}$  - <残留 $\beta$ 線最大エネルギー、 $E_{res}$ >  
放射性核種の全ベータ崩壊で出すベータ線の校正距離におけるスペクトルの最大エネルギー。
28. residual maximum beta range,  $R_{res}$  - <残留 $\beta$ 線最大飛程、 $R_{res}$ >  
残留 $\beta$ 線最大エネルギー  $E_{res}$  の $\beta$ 線スペクトルの吸収物質中での飛程。
29. ripple - <リップル>  
交流電流を整流する結果として生じる、X線管のアノードとカソード間の電位差の周期的変化。フィルタ回路の挿入によりリップルは小さくなるにつれ、より定電圧に近づく。
30. scattered radiation - <散乱放射線>  
物質との相互作用の結果、方向が変わり、または数回の相互作用でエネルギーを失った放射線。  
room-scattered radiation - <室内散乱放射線>  
照射室の壁、床、天井、又はその他の構造材により散乱された放射線。
31. scope of accreditation - <認証の範囲>  
試験所が固有形式の機器類を校正するために認証された明確な放射線種、エネルギー、

そして強さについての認証機関から発行された公文書。

32. shall

この公文書の中で" shall " が明確な行為または条件と関連して用いられる時、その行為または条件を実行することが要求される。

本文中では「～すること。」と訳す。

33. should

その行為または条件を実行することが要求されないが、良き慣行として勧告されている。

本文中では「～すべきである。」と訳す。

34. slab source - <板状線源>

線量計や測定機器の照射に用いる線源と検出器の距離と比較して、最大寸法が大きい放射線源。

35. standard - <標準>

量の単位の物理的現実化、測定器の校正に対する標準として、又は下位のレベルの標準として用いられる。

national standard - <国家標準>

各国が明確な量に対する第一次標準として提供する標準。

secondary standard - <第二次標準>

関連する国家標準と直接比較することにより校正された標準。

tertiary standard - <第三次標準>

第二次標準と直接比較することにより校正された標準。

working standard - <実用標準>

適当な二次標準と直接比較により定期的に校正された標準、それは測定器の定常業務校正にのみ用いられる。

36. support equipment - <補助設備>

何種類かの主要な設備を含み、校正業務に提供するために試験所が用いるもの。

37. survey instrument - <サーベイ用機器>

放射線防護の目的で電離放射線を測定するべく用いられる手持ち型測定機器。

38. thin source - <薄い線源>

$\alpha$  エネルギースペクトルの悪化が最小になるような平らな金属バックング板の表面に薄状で均質に分布する $\alpha$  放射性物質線源。

39. transmission chamber - <トランスミッションチャンバ>

減衰や散乱が最小で電離箱を通過する放射線束を監視するように設計された薄壁電離箱。

40. uncertainty - <不確かさ>

測定結果の誤差の見積り限界。

random uncertainty - <ランダムな不確かさ>

その不確かさは繰り返し測定で統計分布により見積もられ得る誤差成分として結びつけて考えられる。それは正密度を示す。

systematic uncertainty - <系統的な不確かさ>

その不確かさはかたより、そして統計法では評価できないランダムな誤差成分として結びつけて考える。

total uncertainty - <総合不確かさ>

ランダムと系統的不確か成分のすべてを集約して得られたもので、測定結果の誤差のもっともらしい限界の見積り。