

確認校正マニュアル

平成 17 年 3 月 20 日

(財) 原子力安全技術センター

目次

1. 目的	2
2. 概要	2
3. 適用範囲	2
4. 確認校正の実施方法	3
4. 1 確認校正の校正範囲	3
4. 2 確認校正の環境条件	3
4. 3 校正前確認事項と確認校正	3
4. 4 線源と被校正測定器の配置	4
4. 5 レートメータにおける測定開始から指示値読み取りまでの時間	4
4. 6 指示値の読み取り	5
4. 7 確認校正の頻度	5
4. 8 確認校正結果の記録	5
5. 判定方法	7
6. 使用する線源と確認校正用機器	7
6. 1 線源の選択	7
6. 2 確認校正機器	7
7. 安全と取り扱い	9
8. 確認校正機器の設計上の注意	9
付属書 中性子サーベイメータの確認校正	10

本マニュアルは、J I S Z 4 5 1 1 : 2 0 0 5 の附属書 2 に規定されている確認校正の普及を目的として、サーベイメータの確認校正方法を財団法人原子力安全技術センターが取りまとめたものです。

本マニュアルを、転載、引用等をされる場合には以下の宛先までご連絡下さい。

〈連絡先〉

〒112-8604

東京都文京区白山 5-1-3-101

財団法人 原子力安全技術センター 企画部

電 話 : 03-3814-7482

ファクシミリ : 03-3813-4630

電子メール : webmaster@nustec.or.jp

1. 目的

平成 13 年 4 月、ICRP-1990 年勧告の取り入れによる「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」の改正が行われ、これに伴い JIS Z 4511:2000（追補）が制定された。JIS Z 4511:1998 及び JIS Z 4511:2000（追補）をまとめると共に新規に確認校正が追加され、JIS Z 4511:2005（照射線量測定器、空気カーマ測定器、空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の校正方法）が制定された。

本マニュアルは、新しい JIS に取り入れられた確認校正の概念を明確にし、実務的な運用の一助となる確認校正方法を例に挙げ、確認校正の普及を目的として作成したものである。

2. 概要

確認校正は、実用校正に位置づけられるが、実用測定器に新たな校正定数を定める行為ではなく、校正された実用測定器の性能が校正後も維持され、校正定数が継続して使用できるか否かを判定する簡易な校正である。

本マニュアルでは、放射性同位元素または放射線発生装置を利用する一般的な事業所、医療施設等で広く使用されているサーベイメータの確認校正の手法について述べる。

3. 適用範囲

本マニュアルは、下記の実用測定器（サーベイメータ）の確認校正について適用できる。

- ① 電離箱式サーベイメータ
- ② シンチレーションサーベイメータ
- ③ GM サーベイメータ
- ④ 半導体サーベイメータ

4. 確認校正の実施方法

4. 1 確認校正の校正範囲

確認校正の校正範囲は、表1の範囲であることが望ましい。

表1 確認校正の校正範囲

目盛スケール	指示値読み取り点
ログスケール	必要な測定範囲で、各デカードの1/3目盛り以上の1点とする。
リニアスケール	必要な測定範囲で、各測定レンジの最大目盛の1/3以上の1点とする。

(注1)使用する被校正測定器が複数の測定レンジをもつ場合においては、少なくとも一測定レンジの単一の測定点だけで行えばよい。但し、確認校正に使用する放射性物質を用いた放射線源(以下、「線源」という。)の強度との関係で、被校正測定器の高レンジから低レンジまで可能な全範囲で実施することが望ましい。

(注2)測定レンジの選択は、被校正測定器の使用用途を考慮したものであること。

4. 2 確認校正の環境条件

確認校正の環境条件は、表2の範囲であることが望ましい。但し、環境影響の大きい被校正測定器については表2の範囲にかかわらず、同一条件で確認校正を行うこと。

表2 確認校正の環境条件

項目	条件
周囲温度 °C	20±10
相対湿度 %	≤85
気圧 kPa	85.0~106.0

(注)バックグラウンド線量率の高い場所で、低線量率の測定レンジ(シンチレーションサーベイメータの0.3μSv/h以下のレンジ等)の確認校正を行う場合には、遮へい材等を利用して、測定値に寄与するバックグラウンド線量率を低くおさえることが望ましい。

4. 3 校正前確認事項と確認校正

a) 被校正測定器の点検

被校正測定器の外観検査やケーブルノイズチェック、バッテリーチェック及び交換などの簡易的な点検を実施し、機能上の問題がないことを確認する。

b) 初期指示値の確認

被校正測定器は、校正定数が確定された後、できるだけ速やかに本4章の確認校正の実施方法と5章の判定方法を参考にしてあらかじめ定めた確認校正方法に従い確認校正を行い、この時の値を初期指示値とする。

c) 確認校正

初期指示値を求めた後、できれば 1 週間程度以内に初回の確認校正を行う。
以後、1 年を超えない期間ごとに実施する。

(注) 初期指示値を求める確認校正をそのまま初回の確認校正としてもよいが、
照射条件の再現性の確認のため、再度、早期に確認校正を実施することが望ましい。

d) 確認校正時の線量率補正

確認校正に用いる線源に対し、必要に応じ半減期補正を行い、初期指示値を
求めた線量率に相当する指示値を得る。

4. 4 線源と被校正測定器の配置

確認校正における線源と被校正測定器の幾何学的配置条件は、初期指示値を求めた
場合と同一の配置となるよう、被校正測定器ごとに定めた専用のジグ等を用いて設定
することが望ましい。なお、確認校正に使用する線源または照射条件を変更する場合
には、原則として、再度校正定数を求め、新たに初期指示値を求める必要がある。但
し、あらかじめ被校正測定器を用いて変更前（現有の初期指示値を求めた時点）の線
源及び照射条件と、変更後の線源及び照射条件による比較試験を行い、求められた変
動係数が 0.05 以内であれば、変更前の初期指示値からの継続性が維持されていると
して、確認校正を引き続き実施することができる。この場合、照射は被校正測定器を
用い変更前と変更後について 4 回以上測定し、各回ごとの変更前と変更後の指示値の
比の値（変更前の指示値／変更後の指示値= X_i ； $i=1\sim n$ ）を求める。判定は、次式に
より求めた変動係数 C により行う。

比較試験は、次式により求められる変動係数 (C) が 0.05 以内かどうかによって判
定する。

$$C = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

S：標準偏差の推定値

n：測定値の読み取り回数（4 回以上が望ましい）

X_i ：変更前の指示値／変更後の指示値

\bar{x} ： X_i の平均値（ $\sum_{i=1}^n X_i / n$ ）

(注) 変動係数の算出にあたって、線源強度が低い場合は指示値の読み取り誤差が大
きく影響するため、十分な時定数を設定し行うこと。

4. 5 レートメーターにおける測定開始から指示値読み取りまでの時間

被校正測定器には時定数が選択できる方式と測定レンジごとに固有の時定数が設
定される方式がある。指示値が安定するまでにその時定数によって決まる時間的な遅

れがある。指示値の時間的な遅れに起因する読み取り誤差をなくすため、線源と被校正測定器を配置後、測定を開始してから、時定数の3倍以上の時間において指示値の読み取りを開始する。

4. 6 指示値の読み取り

被校正測定器の検出部に入射する放射線の数にはランダムな変動があり、読み取り値の誤差を減らすために多数回の読み取りを行い、その平均値を確認校正の判定に使用する。多数回の読み取りにおける相対標準偏差は、読み取りの回数と間隔及び測定器種に依存する。

被校正測定器の時定数がマニュアルで選択できる場合、低レンジでは最大の時定数を使用することが望ましい。

(設定例)

測定器種	読み取り間隔	読み取り回数
電離箱式サーベイメータ	時定数の3倍以上の経過後、適度な間隔	4～5回
シンチレーションサーベイメータ	時定数の3倍以上の経過後、適度な間隔	4～5回
GMサーベイメータ	時定数の3倍以上の経過後、適度な間隔	5～10回
半導体サーベイメータ	時定数の3倍以上の経過後、適度な間隔	4～5回

4. 7 確認校正の頻度

初期指示値の決定後または初回の確認校正の実施後の確認校正の頻度は、被校正測定器の性能、用途または使用条件等により使用者が個別に定めてよいが、最低年1回以上が望ましい。

確認校正を利用する場合、確認校正の実施継続期間が5年を超えた場合には校正定数を再確定するための実用校正を実施することが望ましい。

4. 8 確認校正結果の記録

確認校正を実施した結果は記録用紙に記入する。その内容は次による。

- a) 被校正測定器の名称、形式、製造番号、実用校正実施年月日、実用校正者及び校正定数。必要に応じて実用校正時の記録（現校正記録）を転載または写しを添付する。
- b) 初期指示値を得たときの記録は、初期指示値、初期指示値確定時の照射条件、使用した線源（核種、線源番号）、実施年月日、実施者、環境条件とする。

- c) 確認校正実施時の記録は、指示値及び判定結果のほか、照射条件、線源（核種、線源番号）、確認校正実施年月日、確認校正実施者、半減期補正（必要に応じ）、環境条件とする。記録用紙例を次に示す。

例1 電離箱式サーベイメータの確認校正記録用紙の例

実用校正記録	形式・製造番号		校正年月日		平成 年 月 日		
	校正機関名		校正報告書番号				
	放射線校正	環境条件		温度： °C	湿度： %	気圧： kPa	
		使用線源	レンジ	基準線量当量率	メータ指示値	校正定数	
			Sv/h	Sv/h			
		Sv/h	Sv/h				
			Sv/h	Sv/h			
初期確認	実施年月日		平成 年 月 日		実施者名		
	環境条件		温度： °C	湿度： %	気圧： kPa		
	使用線源		照射条件(機器名)		初期指示値		
	核種		線源-検出器間の距離 cm		(平均値)		
	線源番号				Sv/h		
確認校正	確認年月日	実施者名	環境条件	指示値	半減期補正	判定結果	
	・ ・		温度： °C 気圧： kPa 湿度： %	(平均値) Sv/h	経過日数： 補正係数： 補正後指示値：	合格 / 不合格	
	・ ・		温度： °C 気圧： kPa 湿度： %	(平均値) Sv/h	経過日数： 補正係数： 補正後指示値：	合格 / 不合格	
	・ ・		温度： °C 気圧： kPa 湿度： %	(平均値) Sv/h	経過日数： 補正係数： 補正後指示値：	合格 / 不合格	
	・ ・		温度： °C 気圧： kPa 湿度： %	(平均値) Sv/h	経過日数： 補正係数： 補正後指示値：	合格 / 不合格	
	・ ・		温度： °C 気圧： kPa 湿度： %	(平均値) Sv/h	経過日数： 補正係数： 補正後指示値：	合格 / 不合格	

(注) 判定結果は、 1 ± 0.1 の範囲内を合格とする。

5. 判定方法

確認校正において、校正定数に変化がないと容認される範囲は、確認校正時の指示値と初期指示値との比について 1 ± 0.1 の範囲とする。

$$\text{許容範囲 } 1 - 0.1 \leq B/A = 1 + \{ (B - A) \} / A \leq 1 + 0.1$$

ここで、A：初期指示値の平均値

B：確認校正指示値の平均値

6. 使用する線源と確認校正用機器

6. 1 線源の選択

確認校正に用いる線源は、線量率基準（トレーサビリティ）の有無は問われておらず、事業者が所有しているチェック線源等を利用することが可能であるが、その場合、被校正測定器の校正定数の妥当性を十分に検証できる強度のある線源かどうかを確認して使用する必要がある。

線源の購入を考える場合には、確認校正で一般的に使用する線源は、ランニングコスト及び被校正測定器の使用期間を通して同一の線源を用いることが必要であることを考慮すると、半減期の長い ^{137}Cs 、 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ を使用するのが適当と考えられる。

また、シンチレーションサーベイメータにおいて、バックグラウンドに近い低線量率のレンジの確認校正を行う場合は、花崗岩等の天然に存在する長半減期の線源を利用することも可能である。

6. 2 確認校正機器

確認校正の実施にあたって、サーベイメータ等の機種ごとに線量率再現性の良い簡易な校正用機器（以下、「確認校正機器」という。）をあらかじめ製作しておけば、確認校正作業を効率的かつ簡便に実施することができる。このような確認校正機器の例を以下に示す。

[確認校正機器の例]

γ 線の確認校正機器の例を図 1～図 3 に示す。これらの機器は管理区域の設定や使用許可の必要のない花崗岩等や複数個の ^{137}Cs 小線源等を用いて検出器全体が均等に照射されるように工夫されている。それぞれ、測定器の各測定レンジに対応して確認校正機器内に検出器を挿入する形式のものであり、検出器の照射位置の誤差が無視でき、確認校正作業を迅速に実施できると共に、作業員の被ばく線量を低減できるよう配慮されている。

(1) シンチレーションサーベイメータ確認校正機器 (図 1)

シンチレーションサーベイメータはバックグラウンド測定が可能な高感度線量率測定器であり、確認校正機器には花崗岩等の天然素材を加工して用い、線量率変動を少なくしている。

(2) GM サーベイメータ確認校正機器 (図 2)

GM サーベイメータ用の確認校正機器には、強度のほぼ等しい複数の ^{137}Cs 小線源を検出器表面近傍の縦方向の軸中心位置に対称となるよう配置させており、確認校正時の照射位置誤差による線量率変動を少なくしている。

(3) 電離箱サーベイメータ確認校正機器 (図 3)

電離箱サーベイメータ用の確認校正機器では、 ^{137}Cs 線源と電離箱を厚さ 3cm の鉛遮へい箱に入れて校正作業時の被ばくを低減できるようにしている。電離箱サーベイメータのレンジは極めて広範囲であるため、低線量率レンジ校正時には鉛遮へい箱内に鉛減衰板を挿入して線量率を下げる仕組みにより、線源-検出器間距離をできるだけ短縮し、確認校正器の小型化が図られている。

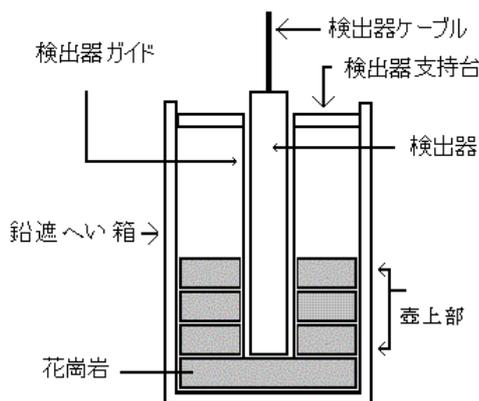


図 1 花崗岩を用いた確認校正機器 (断面図)

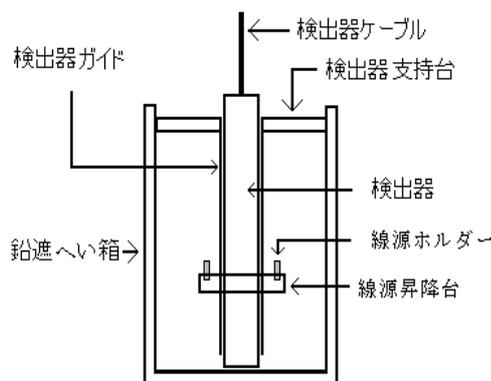


図 2 点状線源対称配置確認校正機器 (断面図)

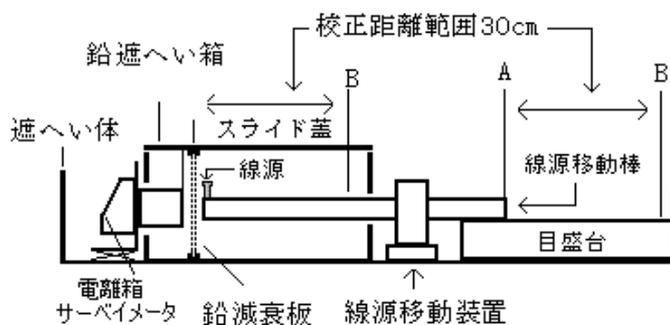


図 3 電離箱サーベイメータ確認校正機器 (断面図)

7. 安全と取り扱い

確認校正を実施する場合、以下に列記する点に留意し、安全管理に努める。

- ①確認校正では、基本的にあらゆる線源が使用できるが、規制対象数量未満の線源や天然放射線源（花崗岩等）を使用し、管理区域を設定せずに実施できることが望ましい。
- ②多少なりとも作業者の被ばくが懸念される場合は、必要に応じ遮へいを設けることが望ましい。
- ③線源と被校正測定器を配置する際、線源や被校正測定器を簡単に配置できるような専用のジグを使用する等の方法を使い、確認校正作業を迅速に行い、作業者の被ばく低減に努める。

8. 確認校正機器の設計上の注意

専用の確認校正機器を製作または使用する場合は以下の点に十分留意すること。

- ①確認校正機器の線源は、長半減期核種を使用することが望ましい。
- ②周辺構造物等による散乱線の変動に考慮するなど、被校正測定器と線源の配置位置が確認校正值に影響を与えない照射方法を取る。

付属書 中性子サーベイメータの確認校正

中性子のバックグラウンド線量率は極めて低く、中性子サーベイメータを動作させてもバックグラウンドでは計数を殆ど示さず、動作確認の判定は難しい。

中性子サーベイメータは、X、 γ 線の線量を対象とする JIS Z 4511 : 2005（照射線量測定器、空気カーマ測定器、空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の校正方法）の確認校正の範囲外であるが、原子力防災等に用いる中性子サーベイメータについては以下のように動作確認を含む確認校正を毎年1回実施することが有効である。

1. 確認校正の実施方法

1. 1 校正の方法

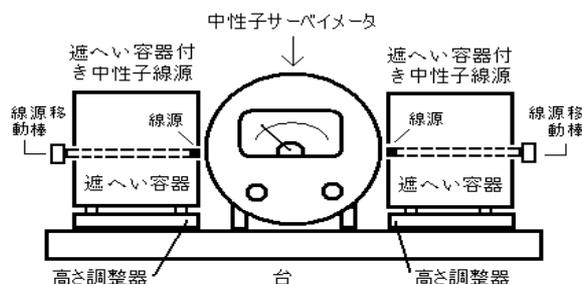
確認校正に密封小線源を用いる場合、中性子サーベイメータにデジタル線量表示機能があればデジタル表示の指示値（線量）を読み取り、この機能が無い場合はスケーラを用いて指示値（計数値）を読み取り確認校正を行う。

1. 2 環境条件

本体「4. 2 確認校正の環境条件」に同じ。

1. 3 線源及び照射方法

管理区域の設定や使用許可の必要ない強度の $^{241}\text{Am}-\text{Be}$ 中性子密封小線源をサーベイメータの検出器表面に密着させる構造の照射器を用いることが望ましい（付属書図1参照）。



付属書図1 点状線源対称配置 中性子サーベイメータ確認校正機器

2. 校正前確認事項と確認校正

本体「4. 3 校正前確認事項と確認校正」に同じ。

3. 指示値の読み取り

読み取りは積算線量、または積算計数値で行う。線量及び計数積算時間は、初期指示値の確認の場合は2時間測定して1時間平均値で表し、確認校正時は1時間測定値とする。

4. 確認校正の頻度

本体「4. 7 確認校正の頻度」に同じ。

5. 校正結果の記録

確認校正を実施した結果は、本体「例 1 電離箱式サーベイメータ確認校正記録用紙の例」を参照して記録する。

6. 判定方法

判定は本体「5. 判定方法」の許容範囲の式による。但し、式中のAは初期指示値の確認における2時間測定した1時間平均値。Bは確認校正時の1時間測定値とする。

放射線測定器の校正方法に関するマニュアル検討委員会 構成員

委員長	中村 尚司	東北大学
委員	高田 信久	独立行政法人 産業技術総合研究所 計測標準研究部門
委員	村上 博幸	日本原子力研究所 東海研究所 保健物理部
委員	安中 準一	株式会社 千代田テクノル 原子力事業部技術グループ
委員	南 賢太郎	財団法人 原子力安全技術センター

参考文献

- 1) JIS Z 4511:2005 (照射線量測定器、空気カーマ測定器、空気吸収線量測定器及び線量当量測定器の校正方法)
- 2) JIS Z 4333:1990 (X線及びγ線用線量当量率サーベイメータ)
- 3) JCSS ASG 104 「不確かさの入門ガイド」
- 4) 空間線量測定マニュアル (2002年)、日本保健物理学会編、日本アイソトープ協会