

解説

# 校正証明書の数値について

たろうまる株式会社

〒920-8203

石川県金沢市鞍月 5-177 AUBE 2

TEL: 076-201-8806

担当: 中山 和彦

## 校正の作業内容

- 外観検査（クリップ、ボタン、電池室の検査）
- 動作チェック（起動～使用まで）
- 画面表示の検査（バックライト、液晶検査）
- 温度変化に対する測定値検査（すべての機器を恒温槽で検査）
- 音・振動・光アラームによる線量警告の動作検査
- 赤外線ポートによる通信検査
- 放射線を照射しての校正検査
- 警告アラームの誤検出の頻度を検査（一定時間内に規定回数以下の誤検出アラームが作動するかどうかを検査）

## 校正証明書の数値

測定器の校正証明書には、こちらの項目があります。各項目の計算方法や、校正の合否判定について、こちらで解説いたします。

こちらは校正証明書の例です。一番上の行が照射する放射線量を示しています。照射する放射線量は、各項目の桁範囲 0～9.9 の中からランダムに選ばれます。0.8, 8, 800 と 8 が選ばれることが多いですが、6 などの場合もあります。

DER 線量率	Background 背景放射線[ $\mu$ Sv/h]	0.8 $\mu$ Sv/h 照射線量#1	8 $\mu$ Sv/h 照射線量#2	800mSv/h 照射線量#3	8000 mSv/h 照射線量#4
Tolerance 許容誤差[%]	-	$\pm 23$	$\pm 20$	$\pm 21$	$\pm 36$
$\overline{H}_j$ 測定の平均線量率[ $\mu$ Sv/h]	0.10	0.95	8.20	780	7850
$Q_j$ 測定の相対誤差[%]	-	12.5	9.96	-4.33	-1.92
$\delta$ 誤差の信頼度(0.95)[%]	-	14.5	11.8	6.8	4.88

校正は、基準となる放射線測定器(A)と、放射線を照射する放射線源(B)と、校正対象の放射線測定器(C)=利用者の測定器の3つで行われます。

(A)と(B)は、校正設備の一部です。ベラルーシ国家 国立度量衡局 Belgim(Belarus state institute of Metrology)による認証を受けた機器です。相対誤差は、4%程度です。

## 手順 1

最初に基準となる放射線測定器(A)で、背景の線量率を5回、測定して平均値 $\bar{H}_\Phi$ を次式で計算します。これが "Background" の項目に記載されます。

$$\bar{H}_\Phi = \sum_{i=1}^5 \bar{H}_{\Phi j} i$$

## 手順 2

上の表の校正では、線源(B)と基準測定器(A)を使い、 $0.8 \mu\text{Sv/h}$ ,  $8 \mu\text{Sv/h}$ ,  $800\text{mSv/h}$ ,  $8000\text{mSv/h}$  の4つの強さの放射線を設定します。これが表の一番上の項目に、照射線量 #1,2,3,4 として記載されます。

## 手順 3

測定器(C)に、各線量を5回ずつ照射します。5回の測定値の平均 $\bar{H}_j$ を次式で計算したものが、測定の平均線量率 $\bar{H}_j$ の項目になります。

$$\bar{H}_j = \sum_{i=1}^5 \bar{H}_j i$$

## 手順 4

5回の測定結果から、測定の相対誤差 $Q_j$ を次式で計算します。ここで、 $\bar{H}_{0j}$ は、照射線量です。

$$Q_j = \left| \frac{(\bar{H}_j - \bar{H}_\Phi) - \bar{H}_{oj}}{\bar{H}_{oj}} \right| \times 100 [\%]$$

次に相対誤差 $Q_j$ の 0.95 での信頼確率を計算します。今回の測定では、5 回だけの測定を行っていますが、仮に多数回測定した場合を想定して 95%の確率で誤差がどれくらい大きくなるかを想定した数値が 0.95 の信頼確率 $\delta$ になります。

$$\delta = 1.1 \sqrt{(Q_o)^2 + (Q_j)^2}$$

ここで、

$Q_o$ は、基準となる測定器の相対誤差[%]です。

$Q_j$ は、各相対誤差[%]の値です。

0.95 での信頼確率 $\delta$ は、95%の確率で考えた場合の相対誤差[%]の値になります。

## 手順5

校正証明書の項目 **Tolerance** は、各測定器のカタログに記載された仕様値です。校正で計算された誤差と、カタログの仕様値が比較されます。

たとえば、PM1703MO-1BT の場合には、カタログの仕様で誤差を以下の値として定義しています。

$$\pm \left( 20 + \frac{\kappa_1}{H} + \kappa_2 H \right) \%$$

ここで H は線量率[mSv/h],  $\kappa_1=0.0025$  mSv/h,  $\kappa_2=0.002$  (mSv/h)<sup>-1</sup> の係数です。

上記がカタログ上での誤差 (Tolerance)です。

相対誤差の 0.95 での信頼確率 $\delta$ が、Tolerance 以下である場合に、校正をパスしたと見なします。

以下の表で、Tolerance >  $\delta$  であることが確認できます。

DER 線量率	Background 背景放射線[ $\mu$ Sv/h]	0.8 $\mu$ Sv/h 照射線量#1	8 $\mu$ Sv/h 照射線量#2	800mSv/h 照射線量#3	8000 mSv/h 照射線量#4
Tolerance 許容誤差[%]	-	$\pm 23$	$\pm 20$	$\pm 21$	$\pm 36$
$\overline{H}_j$ 測定の平均線量率[ $\mu$ Sv/h]	0.10	0.95	8.20	780	7850
$Q_j$ 測定の相対誤差[%]	-	12.5	9.96	-4.33	-1.92
$\delta$ 誤差の信頼度(0.95)[%]	-	14.5	11.8	6.8	4.88

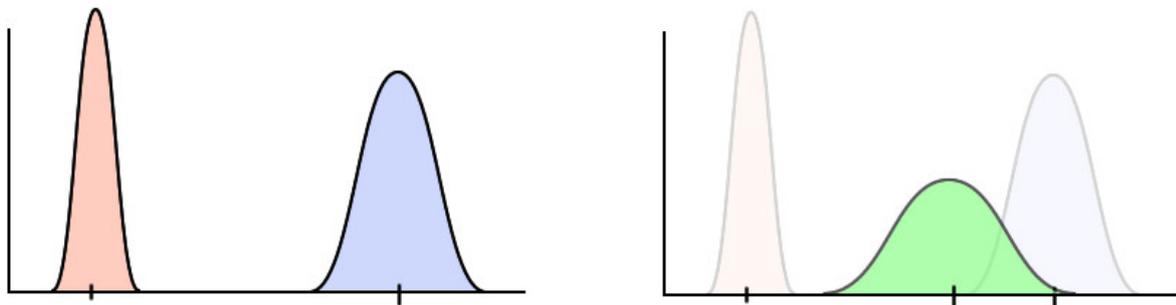
## 信頼確率の計算

校正検査では、2つの誤差があります。

- 校正対象となっている線量計自身が持っている誤差
- 校正設備自体が持っている誤差  
(国家標準で合わせる校正設備でも約4%の誤差があります)

校正の結果として求める線量計が持っている誤差は、この2つの誤差を合計した範囲と考えられます。

たとえば測定器Xと測定器Yの2台で測定した測定結果Zを考えてみます。  
今回は対象が放射線ですので、ポアソン分布です。



二つの誤差をもつ測定器X,Yで測定した結果Zは、上の図の緑色のように2つの誤差を合計したような範囲になるはずですが、

2つの分布を一つにまとめた場合の分散は、各分散の2乗和の平方根で計算することができます。

$$\sigma_Z = \sqrt{(\sigma_x)^2 + (\sigma_y)^2}$$

ポアソン分布で、95%の確率範囲で、2つのポアソン分布を重ね合わせる場合、教科書によれば係数 1.1 をかけることになっています。

$$\delta = \text{係数} \sqrt{(Q_o)^2 + (Q_j)^2}$$

вероятность	2	3	4	5	средняя
0,90	0,97	0,95	0,95	0,95	0,95
0,95	1,10	1,12	1,12	1,12	U1
0,99	1,27	1,37	1,41	1,42	1,40

信頼確率 $\delta$ の計算方法は、こちらです。

この計算式によって、校正証明書の最後の行の誤差範囲（95%確率）を求める式はこちらになります。

$$\delta = 1.1 \sqrt{(Q_o)^2 + (Q_j)^2}$$