

放射線測定器の校正と不確かさ 評価事例

2014年9月3日

一般財団法人 日本品質保証機構
計量計測センター 高島 誠

はじめに

- 原子力発電所の事故により放射線計測への関心が高まる
- 測定対象に適した測定器の選択と正しい測定方法が必要
- 放射線測定器には校正が必要
- 測定値のみで不確かさには触れられていない

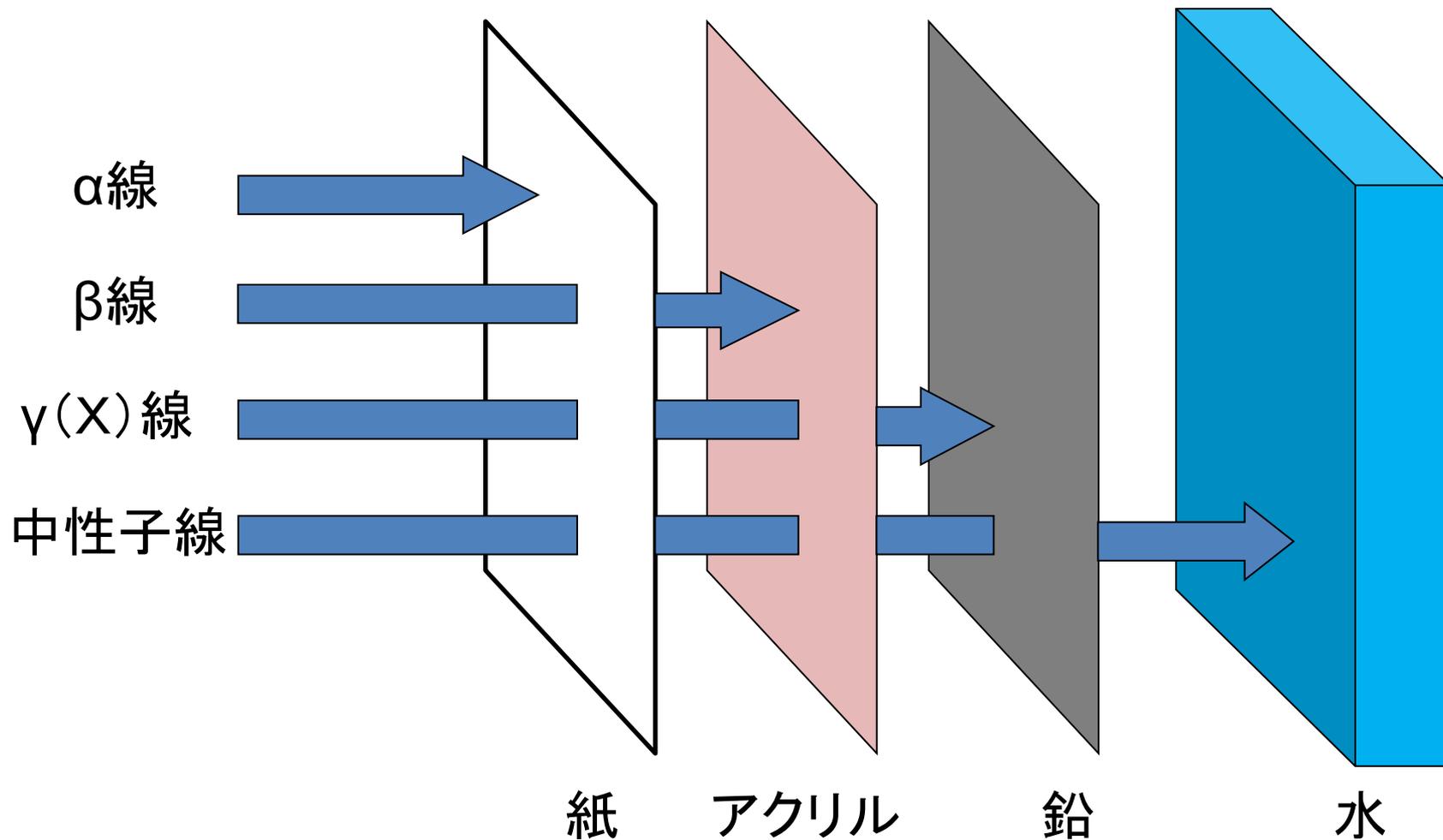
**γ線用放射線測定器の
校正方法と不確かさ**

放射線について

電離放射線

- α 線・・・原子核内から放出されるヘリウムの原子核(電荷+2価の荷電粒子)
- β 線・・・原子核内で、電子の関与のもと陽子と中性子が互いに変換することに伴い発生する電子線
- γ 線・X線・・・原子核内(γ 線)・外(X線)から放出される電磁波(光子)
- 中性子線・・・核分裂などによって発生する電荷を持たない粒子

放射線の性質



放射線の利用

- α 線・・・煙感知器・静電気除去・ラジウム温泉
- β 線・・・厚さ計(薄い試料)・成分分析(ガスクロマトグラフィー)
- γ 線・X線・・・非破壊検査・厚さ計(金属板等)・医療X線診断・医療器具滅菌・食品照射(ジャガイモ)
- 中性子線・・・水分計・原子炉

放射線測定器について

$\gamma(X)$ 用放射線測定器の種類

- 高精度線量計
- サーベイメータ
- 個人線量計

高精度線量計

- 検出部と計測部が分離
- 空間中のある点における線量(率)を測定することが目的
- 検出部を固定して測定
- 検出部が剥き出しになっているため慎重な取扱が必要
- 基本的に室内で使用



価格：数百万～

病院や研究施設など医療分野での利用が多い

サーベイメータ

- 検出部と計測部が一体
- 放射線の有無を調査（サーベイ）するのが目的
- 基本的に線量率を測定
- 持運びが容易・堅牢、室外もOK
- 湿気に弱いため屋外での使用には注意



価格：数十万～

警察・消防・自衛隊等公的機関でも利用

個人線量計

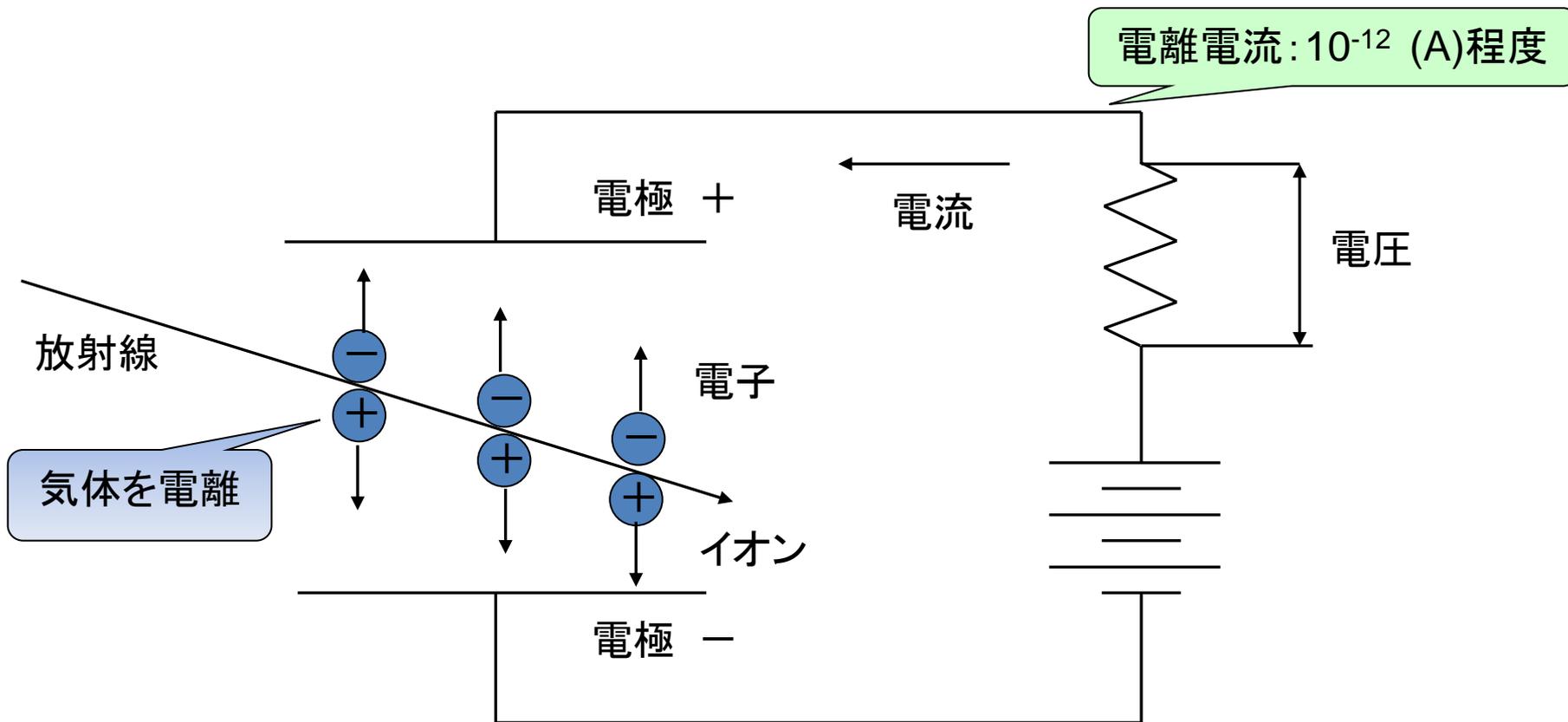
- ・検出部と計測部が一体になっている
- ・個人の被ばく線量管理が目的のため積算線量を測定
- ・人体に装着して使用(クリップ・ストラップ付属)
- ・持運びが容易・堅牢、室外もOK



価格：数万～

電子式のものはその場で線量確認が可能

測定原理(電離箱式)



* 放射線概論 第7版より

サーベイメータの種類



表面汚染検査用

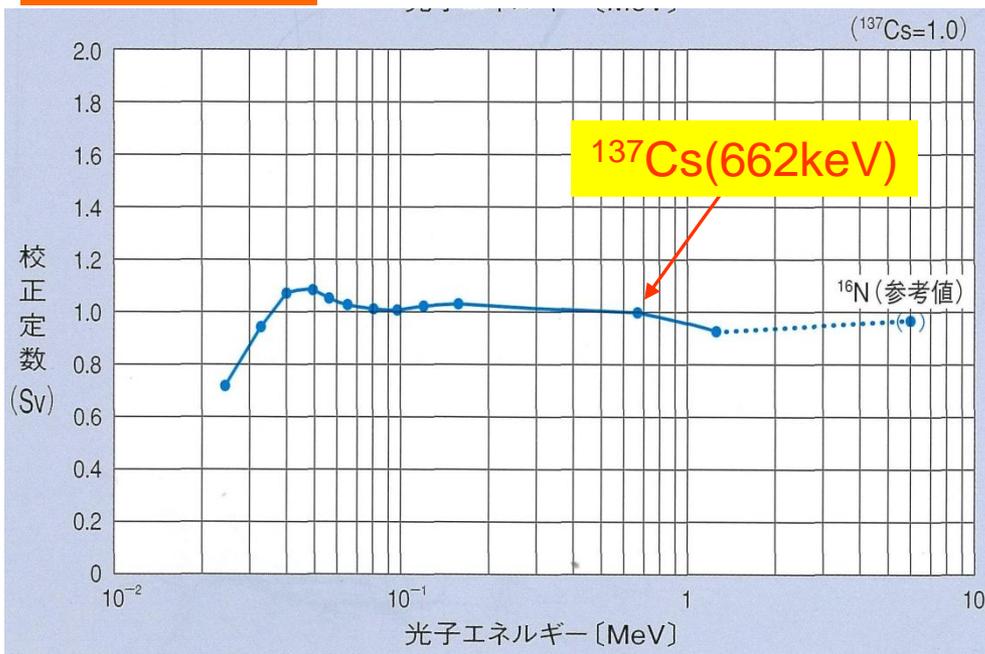
空間線量率測定用

* 日立アロカメディカル
サーベイメータ カタログより

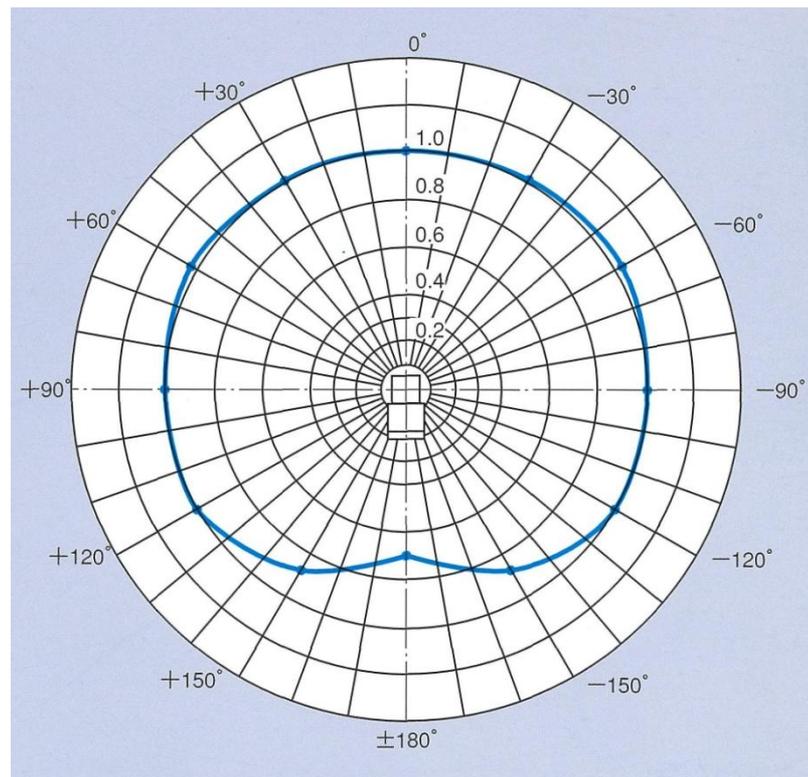
サーベイメータの特性

電離箱式

* 日立アロカメディカル
ICS-321 カタログより



エネルギー特性



方向特性

$\gamma(X)$ 線用サーベイメータの特徴

	電離箱	GM計数管	シンチレーション
測定放射線	X, γ ,(β)	X, γ , β	X, γ
測定範囲	1 μ Sv/h~ 300mSv/h	0.1 μ Sv/h~ 5mSv/h	BG~ 30 μ Sv/h
エネルギー特性	○	△	×
感度	小	中	大
方向依存性	小	大	中

* 放射線概論 第7版より

校正方法

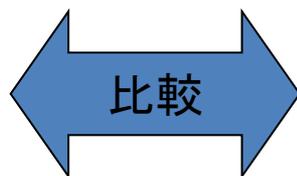
校正 (Calibration) とは

JIS Z 8103-2000『計測用語』より

計器又は測定系の示す値、若しくは実量器又は標準物質の表す値と、標準によって実現される値との間の関係を確定する一連の作業。

備考：校正には、計器を調整して誤差を修正することは含まない。

標準器での測定値
100 $\mu\text{Sv/h}$



被校正器の表示値
98 $\mu\text{Sv/h}$



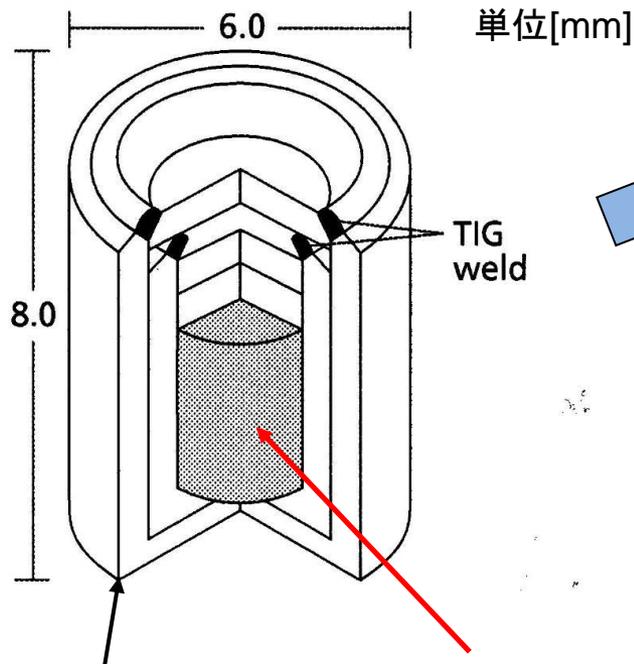
校正方法の規格

JIS Z4511

「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」

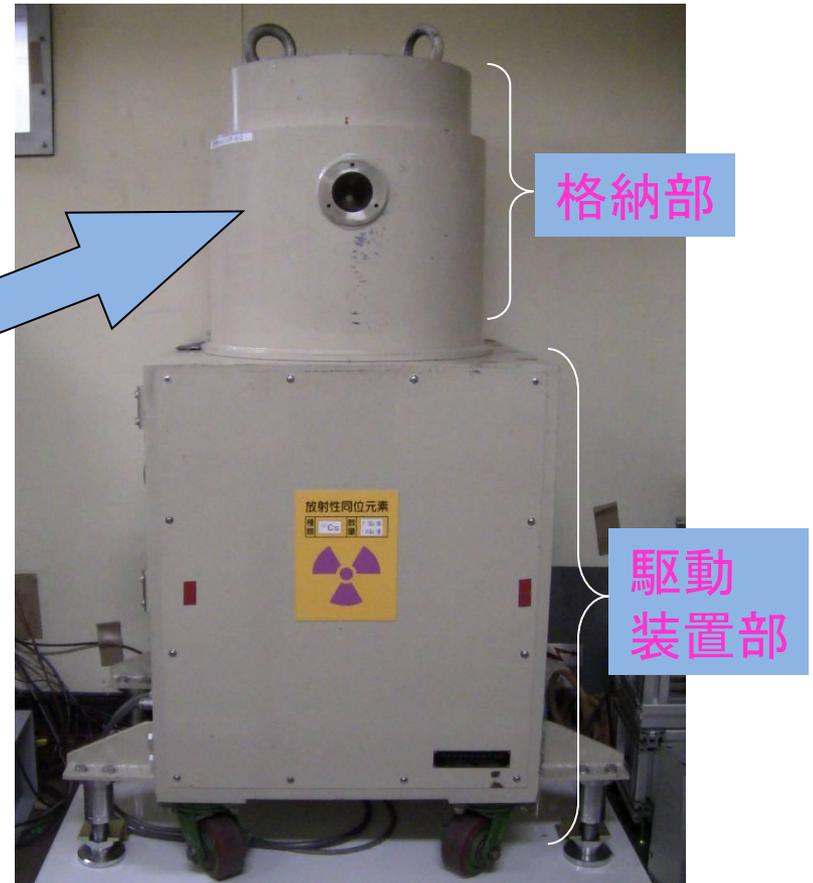
γ線校正用線源と照射装置

密封線源 (^{137}Cs)

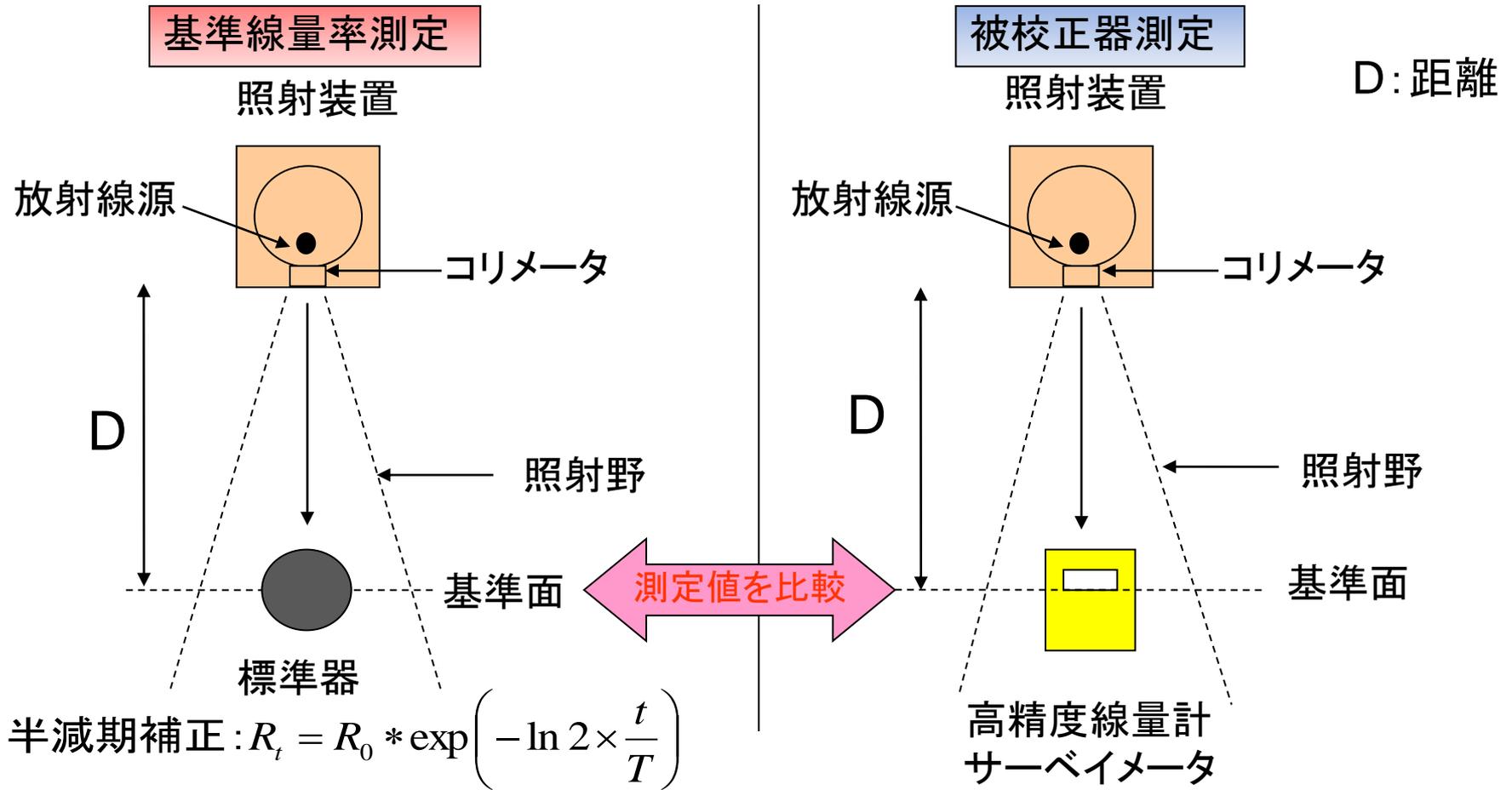


材質: ステンレス

放射性物質
(放射性同位元素)

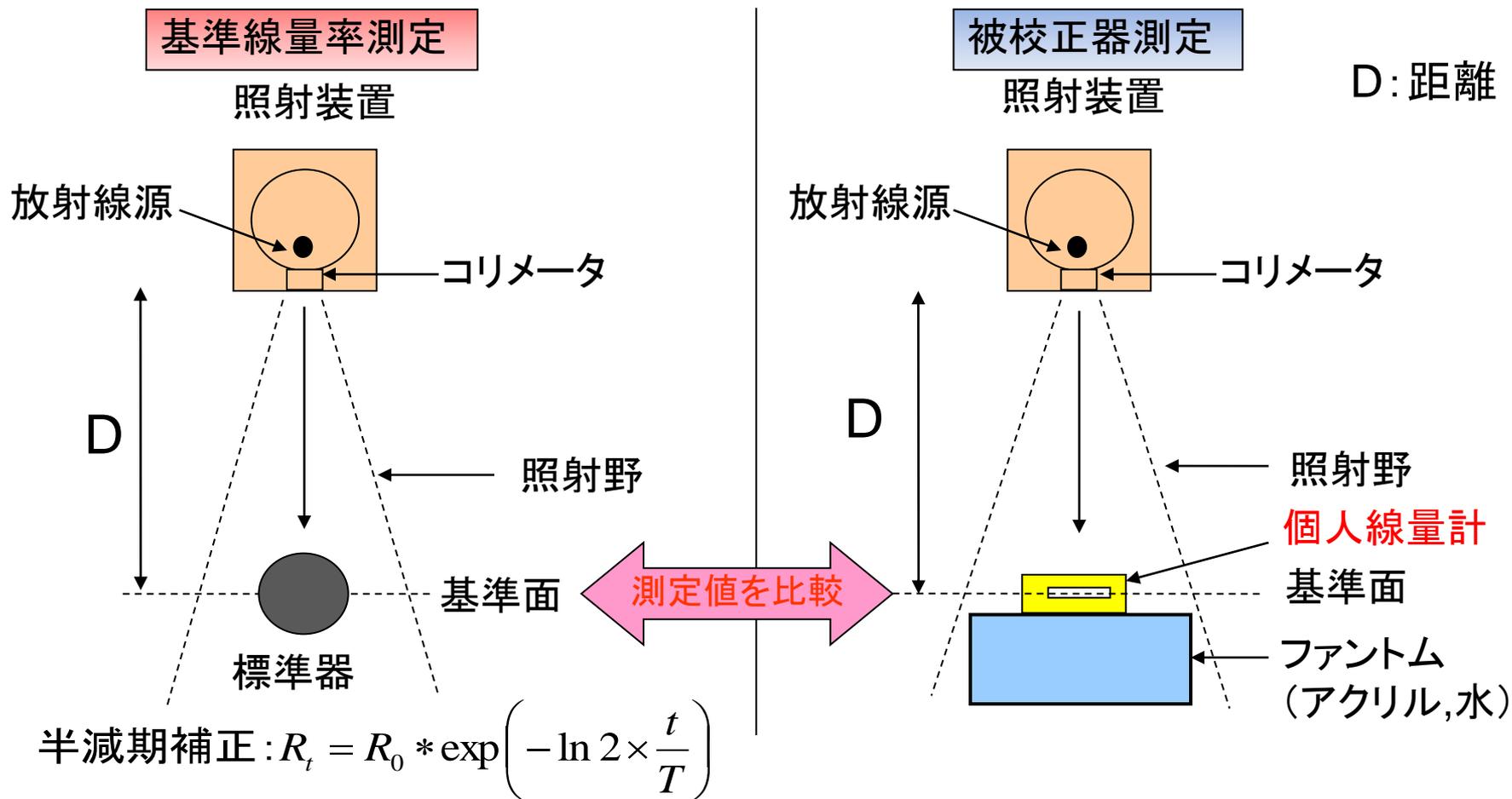


自由空間場校正 (高精度線量計・サーベイメータ)



T: 半減期, t: 値付け時からの経過時間, R_t : tにおける線量率, R_0 : 値付けした線量率

ファントム校正（個人線量計）



T : 半減期, t : 値付け時からの経過時間, R_t : t における線量率, R_0 : 値付けした線量率

個人線量計校正用ファントム

* JIS Z4331 個人線量計校正用ファントム



大きさ: 30 cm × 30 cm × 15 cm

校正時のポイント

- 照射方向・・・実際の測定時を想定
- 基準面・・・通常検出部の中心
- 照射野・・・検出部全体が入るようにする
- バックグラウンドの値を差引く・・・
低線量率になるに従って影響が増加

校正の手順

- ①規定の位置に標準器を設置し、基準線量率を測定
- ②規定の位置に被測定器を設置
- ③被測定器にγ線を照射
- ④被測定器の指示値を読む
- ⑤指示値の平均値を算出
- ⑥次式により校正定数を算出

$$\text{校正定数} = \frac{\text{基準線量率}}{\text{平均指示値}}$$

校正の不確かさ

不確かさの要因

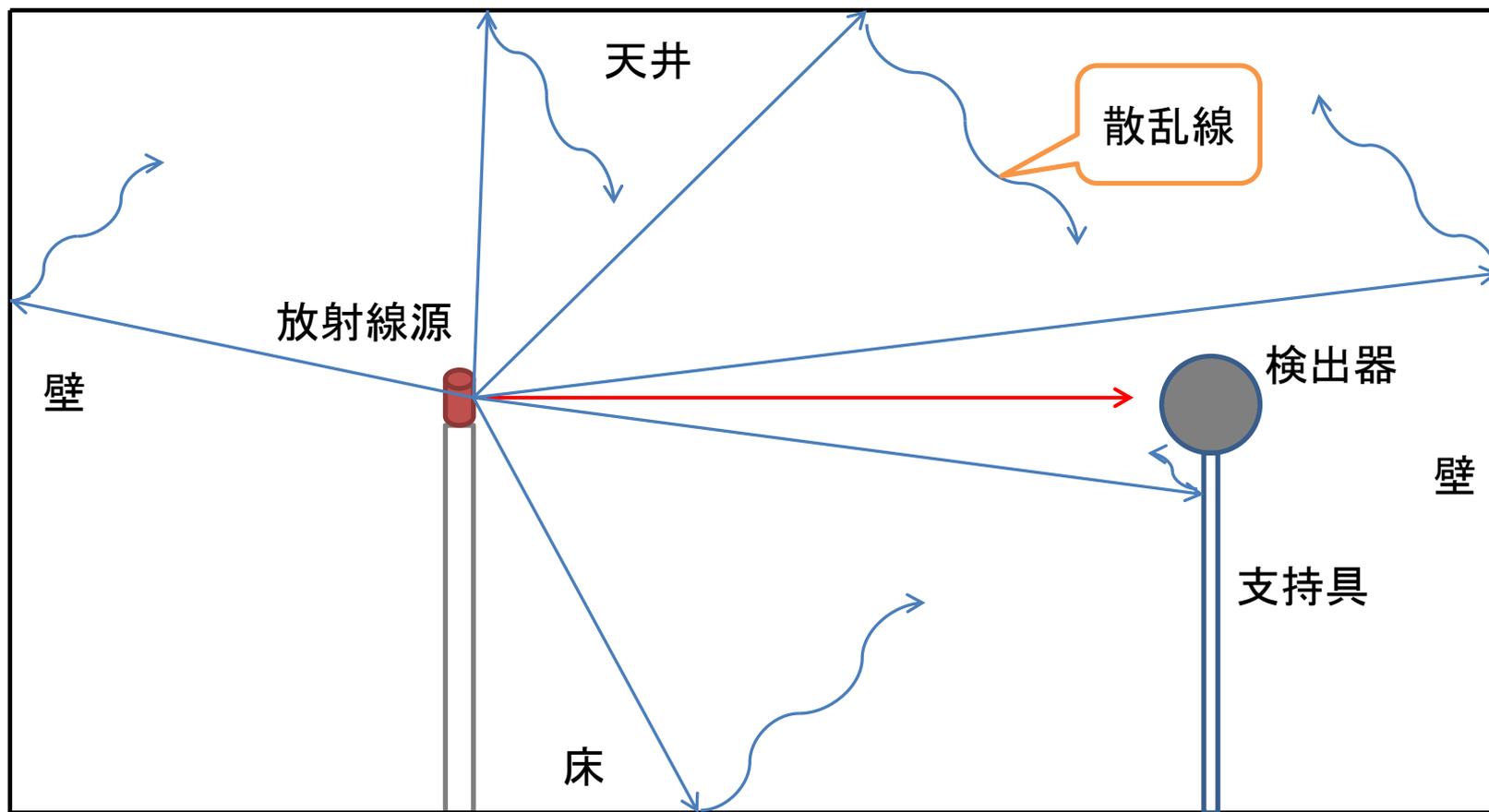
基準線量率測定

- 標準器の校正定数
- 線量率測定
- 大気条件(気温・気圧)
- 検出器の設定位置
- 検出器の角度依存性
- 散乱線の影響
- 照射野の不均一性
- 線量当量への換算係数
- その他

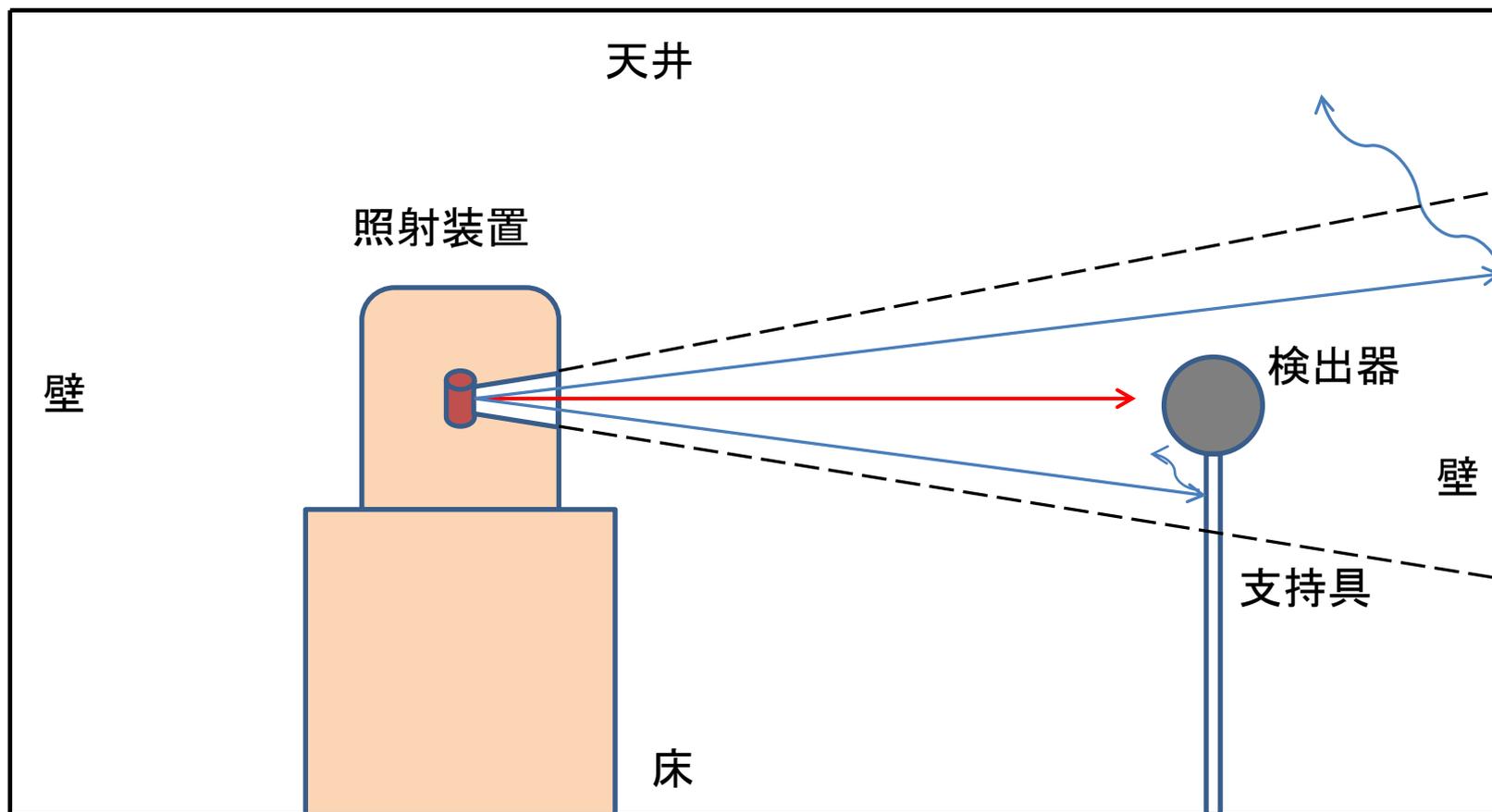
校正時における要因

- 基準線量率測定
- 線量率測定
- 大気条件(気温・気圧)
- 検出器の設定位置
- 検出器の角度依存性
- 散乱線の影響
- 照射野の均一性
- 表示の分解能
- その他

散乱線の影響

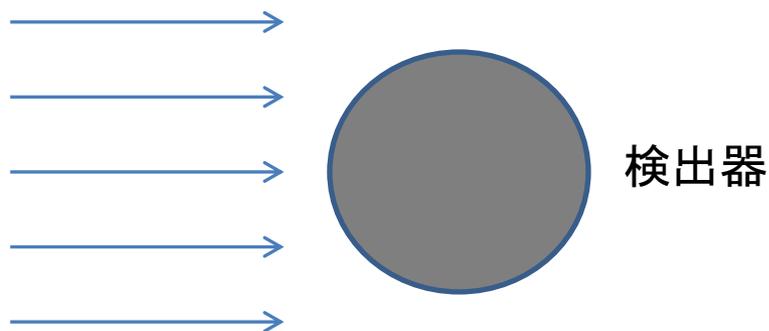


散乱線の低減

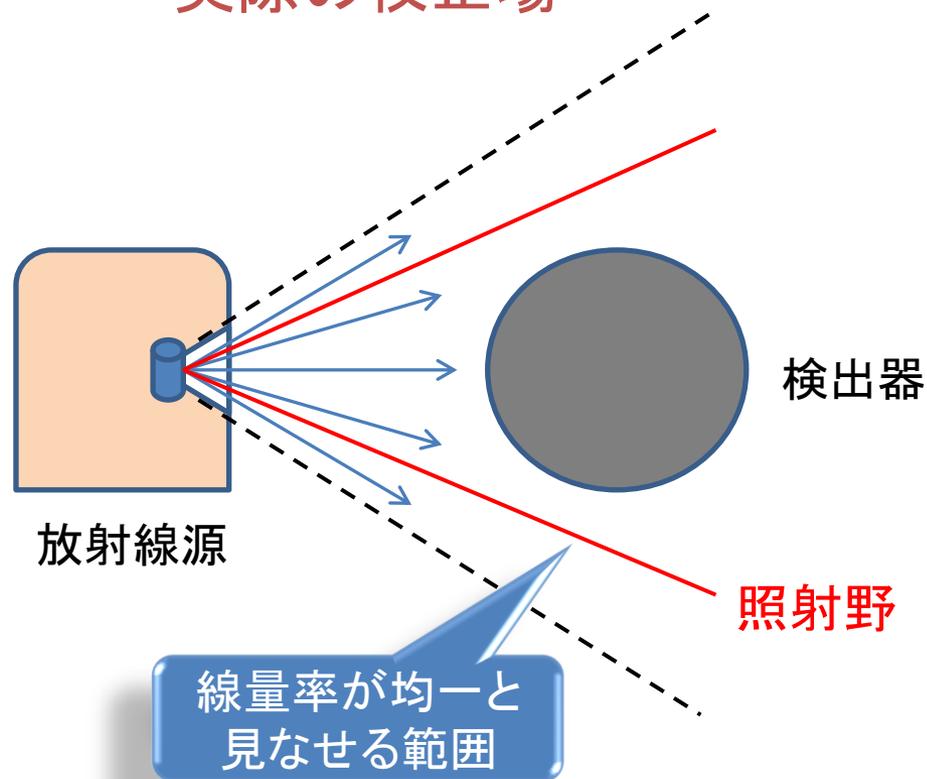


照射野の均一性

理想的な校正場



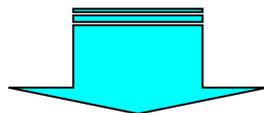
実際の校正場



基準線量率測定時の不確かさ

相対標準不確かさ

- 標準器の校正定数 1 %
- 線量率測定 0.15 %
- 大気条件 0.3 %
- 検出器の設定位置 0.1 %
- 検出器の角度依存性 0.1 %
- 散乱線の影響 0.1 %
- 照射野の均一性 1 %
- 照射線量から線量当量への換算係数 ... 0.6 %
- その他 0.3 %

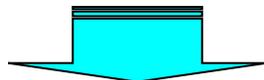


合成標準不確かさ 1.7 %

校正時の不確かさ

相対標準不確かさ

- 基準線量率測定 1.7 %
- 線量率測定 **3~5 %**
- 大気条件 0.3 %
- 検出器の設定位置 0.1 %
- 検出器の角度依存性 0.2 %
- 散乱線の影響 0.1 %
- 照射野の均一性 1 %
- 表示の分解能 0.6 %
- その他 0.3 %



合成標準不確かさ 4~7 %

拡張不確かさ(k=2) 10~15 %

まとめ

- 放射線測定の際には測定対象を明確にし、適切な測定器を選択する
- 信頼性のある測定値を得るためには、校正が必要
- 実際の測定の際には校正時と同じ状態（照射方向・基準面）で測定する
- 線量率測定バラツキを小さくする対策が重要
- 不確かさを考慮して測定値を評価

ご清聴ありがとうございました