

# 環境モニタリング線量計の 現地校正に関する研究

産業技術総合研究所  
黒澤忠弘

## 背景

- 2016年に原子力規制庁がIAEAによるIRRSを受け、環境モニタリング機器の品質保証が重要となった
- 原子力施設周辺の環境モニタリング線量計は、事故時の避難の判断に用いられる重要な機器であり、指示値そのものの他に、その不確かさも考慮する必要がある



## 不確かさ評価も含めた現地校正技術の確立

### 環境モニタリング線量計の現地校正の課題点

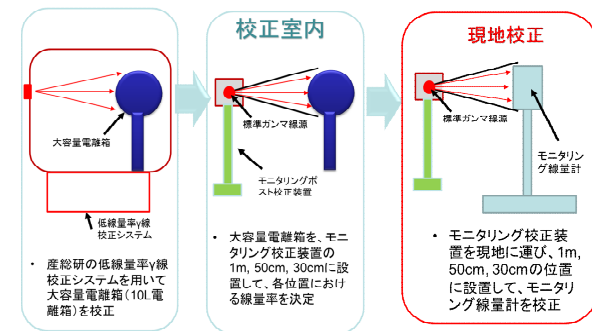
- 散乱線の寄与
  - 環境モニタリング線量計の周辺は、様々な装置が付帯しており、照射状況によって散乱線の寄与が変わってくる
- 設置後のエネルギー特性の評価
  - 線量計の開発や出荷段階では試験がされているが、設置後年数が経過した後の現地試験が困難
- 不確かさの評価
  - 線量計の特性も含めた校正定数の不確かさ評価は、非常に困難でありトレーサビリティ確保のネックになっている



# 研究開発の目的

## 環境モニタリング線量計の簡便な校正手法の確立

- 表示付き認証機器線源を用いた校正
- 設置環境や周辺装置に依存しないコリメート照射
- Cs-137だけでなく、低エネルギー光子に対する応答が確認できるようAm-241, Co-57, Ba-133線源も設定
- 高バックグラウンド環境下でも校正できるよう、モニタリング線量計を部分遮蔽した校正手法についても検討



## 環境モニタリング線量計の現地校正における不確かさの評価

- 検討すべき不確かさ要因の抽出
- 照射距離、また線量計の大きさ、構造による不均一照射の不確かさ
- 検出器の特性(エネルギー特性、温度特性)に起因する不確かさ

## 従来の現地校正手法及び機能確認手法の検証

- 環境モニタリング線量計に対して、常に同じ位置に線源を設置できる治具による、環境モニタリング線量計に対して、年単位で出力変動を確認
- またモニタリング線量計の環境条件による変動幅も大よそ確認できることから、モニタリング値の不確かさにも用いることができる
- 線量率が付与された線源を用いたコリメート無しでの校正の不確かさ及び適応範囲の検証

# 全体スケジュール

	H29年度	H30年度	H31年度
・校正手法の確立	水平照射による校正 ←→	垂直照射、補助遮蔽ありによる校正 ←→	
・不確かさの評価	半導体検出器に対する不確かさの評価 ←→	電離箱、シンチレータ検出器に対する不確かさの評価 ←→	
・機能確認手法の評価		シンチレータ、電離箱、半導体検出器に対する機能確認の長期評価 ←→	
・現在利用されているモニタリング線量計の調査	現地調査を行い、線量計の分類、また現行校正手法の課題について整理 ←→		
・値付けされた線源による校正の不確かさ評価		地上設置型のシンチレータ検出器について検討 ←→	屋上設置、また電離箱、半導体検出器について検討 ←→

# 進捗状況

- 国内の環境モニタリング線量計の状況について
  - 代表的な地域として3県(青森県、福井県、鹿児島県)を調査
  - 検出器としては、「電離箱」「NaI(Tl)シンチレーション」「半導体」の3タイプ

	ステーションタイプ(局舎上)	地上設置タイプ	半導体検出器タイプ	特徴
青森県	4局	38局	9局(今後増やす予定)	地上タイプは高さ1.5mに実効中心 電離箱とシンチはほとんどペアで設置
福井県	44局	5局	55局(今後の予定も含む)	半導体以外はほとんど局舎上タイプ 事業者が設置している分も多い
鹿児島県	7局	60局	7局(今後+33局)	地上設置タイプは電離箱のみが多い



- 自治体における機器の管理について
  - 少なくとも年に1回は線源を使ったメーカーのメンテナンスを行っている。  
→実情は校正ではなく、現行のJISにならった確認校正
  - その他に線源は用いない定期点検(外観検査等による機器が正常に動いているかどうかの確認)

## • 各種線量計の校正方法について

	電離箱	シンチレーション	半導体	メリット・デメリットほか
取り外して照射ラボで校正	×	×	○?	○センサーと回路系込みで取り外せるのは半導体のみ ×ケース等を含めた校正をしなくて良いのか?
基準電離箱を現地に設置して比較測定	△	△	△	○「校正」(不確かさ評価も含む)が可能 ×セットアップ、ウォーミングアップに時間がかかる
値付けされた線源を用いたコリメートなしでの校正	○	◎	△	○線量計の配置によってはある程度の不確かさの中で校正が可能と考えられる ×現状では不確かさ評価まで行われていない
本研究で開発中の手法	○	◎	◎	○時間はセットアップのみ、様々な設置タイプでも照射可能 ×重量を軽減させる必要あり

- 値付けされた線源を用いた校正も有用な手法の一つ(POからのご意見)



- **校正の不確かさについて検討を行いたい(次年度以降)**
  - ある条件内(機器周辺の配置や距離、検出器タイプ)であれば、○○%の不確かさで校正が可能である

## • 海外における環境モニタリング線量測定について

### – イギリスでの環境モニタリングについて

- Public Health England (PHE) が、放射線施設境界の線量測定を行っている。
- 初回は施設境界をサーベイして、もっとも線量が高くなる場所(ただし住民の生活エリアを考慮)で、積算型線量計、またGM線量計による計測を行っている。
- 光子だけでなく中性子も含めて線量測定を行っており、追加被ばく線量として、1mSv/year 以下となることを確認している。
- バックグラウンドの評価が重要(追加被ばく線量を評価する必要があるため)であり、また困難であるとのことであった。(ドイツでも同様の意見)
- いわゆる緊急時に用いられるであろう環境モニタリング機器は所管外とのことで、PHEでは校正事業も行っているがこれらの線量計の校正実績はないとのことであった。

### – ドイツでの環境モニタリングについて

- 施設境界の線量測定には、積算型線量計が用いられている。(補助的にGM管による線量率測定も行われている) 測定しているのはイギリスとは異なり、光子のみ(X線、ガンマ線)とのことであった。
- 環境モニタリング機器については、2年に1度の校正が必要とされているが、半年に1回の出力確認(verification/校正事業者が行っている)である範囲内に入っていれば校正時期を延ばせる(最長で6年)

- 本事業で設計・製作したコリメート照射装置について
  - 各種線源について線量率を測定(産総研の照射場で校正したPTW 10Lチェンバーを使用)

	100 cm	50 cm	30 cm
Co-60	3.79 $\mu\text{Sv/h}$	14.0 $\mu\text{Sv/h}$	28.4 $\mu\text{Sv/h}$
Cs-137	1.13 $\mu\text{Sv/h}$	4.36 $\mu\text{Sv/h}$	11.7 $\mu\text{Sv/h}$
Ba-133	0.69 $\mu\text{Sv/h}$	2.53 $\mu\text{Sv/h}$	4.57 $\mu\text{Sv/h}$
Co-57	0.224 $\mu\text{Sv/h}$	0.90 $\mu\text{Sv/h}$	1.67 $\mu\text{Sv/h}$



- 従来の照射場との比較を行うため、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータの校正定数を比較

	従来の照射場(距離5m)		開発した照射装置		
	28.5 $\mu\text{Sv/h}$	2.95 $\mu\text{Sv/h}$	100 cm	50 cm	30 cm
校正定数	1.27	1.26	1.25	1.27	1.26

- 従来の場と2%以内で一致しており、校正方法として妥当であることが確認できた。
- 半導体検出器が今月末に納品されるので、3月上旬に試験を予定



# 成果について

- 現状の把握について
  - 値付けされた線源を用いた校正も有用な手法の一つであると認識
  - 海外の研究者と意見交換ができ、現地校正手法について**国際規格化(ISO)することで合意**できた
- 現地校正用照射装置の開発
  - ラボでの校正と同等の校正が可能であることが確認できた
  - Co-60線源を用いれば、表示付認証機器の線源でも比較的高線量率で校正が可能である。(60  $\mu\text{Sv/h}$ 程度)

# 自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1 計画を上回る ② 概ね計画どおり 3 計画を達成できない 4 計画を達成できないが代替手段によって今年度の目標を達成した	本事業の契約時期の影響があり、物品の納品が遅れている。ただ2月中には納品される予定であり、3月の報告書提出までには実験等終了する見込みである。
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か※1	1 必要ない ② 軽微な変更が必要※2 3 大幅な変更が必要※2	今年度中に、半導体検出器に対する現地校正手法の確認を行える予定であり、来年度は計画通り、シンチレーション検出器、電離箱検出器に対する現地校正手法の確認を行う予定である。また値付けされた線源を用いた校正について、その適用範囲や不確かさ評価について追加して検討を行う。

## 概要

### ・現在利用されている環境モニタリング線量計の調査について

国内の主要地域、またイギリス・ドイツでの環境モニタリングの状況について調査を行った。国内では、線量計の検出器は3種類(電離箱式、シンチレーション式、半導体式)、設置方法も、局舎屋根か地上に固定する2パターンであった。一部についてはソーラーパネルや雪よけの屋根など周辺機器の配置が様々であった。

イギリス・ドイツでは、環境モニタリングで重要視されていたのが、放射線利用施設の周辺住民の追加被ばく線量測定であった。年1 mSvを担保するため、主に積算型線量計で1年間の線量を実測。また補足的にGM管式の線量計も用いているとのことであった。

### ・水平照射による現地校正技術の開発について

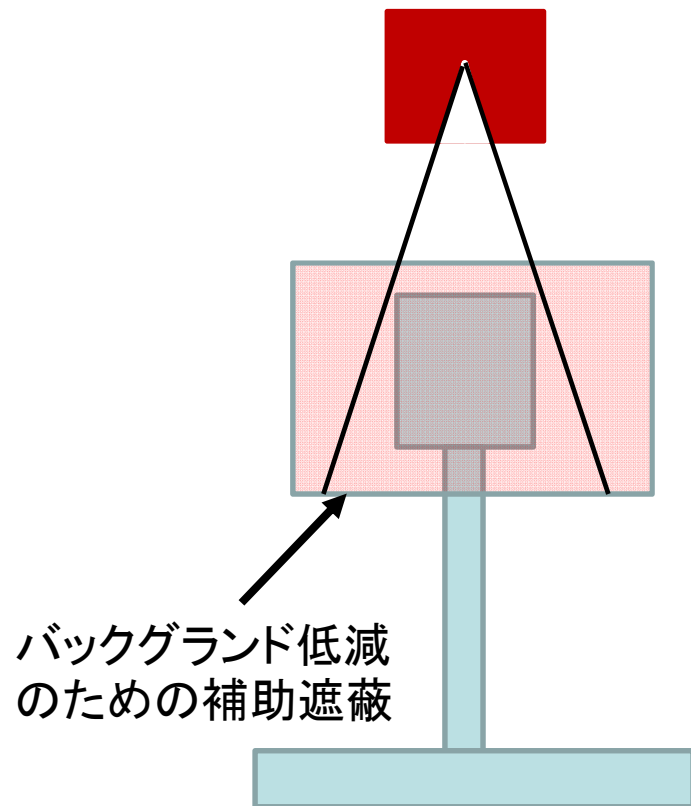
コリメータを有する現地校正用の照射装置を設計・製作した。この照射装置にCo-60, Cs-137, Ba-133, Co-57線源をセットして、線源から100 cm, 50 cm, 30 cm位置での周辺線量当量率を設定。模擬的にシンチレーション式サーベイメータに対して、従来の照射装置、また今回開発した照射装置の双方でCs-137線源に対する校正を行い、2%以内で一致していることが確認できた。

本測定結果については、2018年5月に行われるアジア太平洋放射線防護国際会議で発表を行う予定。またISOの新規規格として、低線量率 $\gamma$ 線の校正に関する規格に取り入れられるよう各国標準研究所と調整。

# 次年度計画

- 電離箱検出器、NaI(Tl)シンチレーションの本照射装置での校正・不確かさ評価
  - 特に電離箱線量計に対して、近距離で校正した際の不確かさや補正係数導入の検討
- 照射装置の改良（軽量化）
  - 現在16kg→10kg程度まで
- 上方からのコリメート照射装置の開発
  - 高バックグラウンド環境下での校正手法の確立
- 値付けされた線源を用いた校正での不確かさ評価
  - 様々なケースが考えられるが、まずは地上設置タイプのシンチレーション検出器で検討（代表的な周辺機器の配置に対して、シミュレーションで検討）

## 上方からのコリメート照射 (高バックグラウンド環境下、H30年度に実施予定)



- 福島県内の一部地域など、高バックグラウンド環境下で数  $\mu\text{Sv/h}$  の校正ができるよう、モニタリング線量計の検出器周辺を鉛の遮へい板で囲む
- コリメート照射により、遮へい板には直接照射されない
- 遮へい体の重量と遮へい効果について最適化を検討