

放射能測定法シリーズNo.7  
「ゲルマニウム半導体検出器による  
 $\gamma$ 線スペクトロメトリー」の改訂について

- 改訂検討委員会における2年間の検討を経て  
取りまとめた改訂案 -

令和2年7月  
原子力規制庁

放射能測定法シリーズNo.7「ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー」改訂原案（R1.12.9）に対する環境放射線モニタリング技術検討チーム外部専門家からの主な御指摘と改訂案での対応について（1/3）

No.	対象箇所 ( )内は改訂案のページ	第11回会合以降に原案に対していただいた御指摘	改訂案での対応
1	第1章 序論 (1)	<p>「本マニュアルは、原子力施設の周辺監視等において実施される環境放射能分析の実務担当者を対象とし、基本的に平常時に分析所で行う環境試料のγ線スペクトロメトリーを対象に記載されている。」 を以下のとおり修文したほうがよい。</p> <p>「本マニュアルは、原子力施設の周辺監視等において実施される環境放射能分析の実務担当者を対象とし、平常時に分析所で行う環境試料のγ線スペクトロメトリーの基本的事項について記述されている。」</p>	<p>以下のとおり記載した。</p> <p>「平成4年改訂のマニュアルは解析ソフトウェア開発者向けの内容を多く含む構成であったが、本マニュアルは、環境放射能分析の実務担当者を対象とし、原子力施設等の周辺監視等において平常時に実施される環境試料のγ線スペクトロメトリーの基本的事項について記述する構成とした。」</p>
2	第4章 測定機器 (29-30)	<p>Ge半導体検出器を設置する測定室の条件が記載されているが、ここに記載されていることを満たすのは負担が大きい。なぜ、このような環境下に設置しなければならないのか、どの部分に注意しなければならないのか補足したほうがよい。</p>	<p>測定室に求められる理想的な条件として、項目ごとに必要な理由や不具合例等を記載することとした。</p>
3	第5章 検出器の校正 (33)	<p>「標準線源の測定結果から求めたピーク効率と数値モデルで計算したピーク効率の間に差異が見られた場合は、原因を検証し、数値モデルを修正する必要がある。」 一般の利用者はパラメータの調整はできるが数値モデルを修正することはできない。そのことを踏まえて記載する必要がある。</p>	<p>以下のとおり記載した。</p> <p>「標準線源の測定結果から求めたピーク効率と数値モデルで計算したピーク効率の間に差異が見られた場合は、原因を検証し、数値モデルで使用されるパラメータを必要に応じて修正する。」</p>
4	第8章 検出下限値 (56)	<p>検出下限値として、現行のCooper法を用いるのか、ISO11929に基づく方法を用いるのか、具体的な使い分け方法を記載したほうがよい。</p>	<p>検出下限値として現行のCooper法を用いるのか、又はISO11929を用いるのかはケースバイケースであり一概に論じることはできないため、以下のとおりの記載とした。</p> <p>「検出下限値の評価方法は複数あるが、どれを選択するかは測定を実施した調査の要求仕様等に則って選択すること。なお、検出下限値を報告する際には、採用した評価方法（信頼度の記述を含む）を明記しておく必要がある。」</p>

放射能測定法シリーズNo.7「ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー」改訂原案（R1.12.9）  
 に対する環境放射線モニタリング技術検討チーム外部専門家からの主な御指摘と改訂案での対応について（2/3）

No.	対象箇所 ( )内は改訂案のページ	第11回会合以降に原案に対していただいた御指摘	改訂案での対応
5	解説A ピーク効率変換 (Efficiency Transfer) (64)	シミュレーション又は他の数値モデルによるピーク効率の計算のシミュレーションモデルについて、いくつか参考文献を示して、こういう場合の例だということを確認にすると分かりやすい。	様々なソフトウェア等について、その妥当性が評価されている旨を以下のとおり記載し、当該記載の基となる参考文献を脚注及び巻末に記載した。 「汎用のモンテカルロシミュレーションコード（GEANT3,PENELOPE,MCNP,EGS4）およびγ線スペクトロメトリーに特化したソフトウェア（ANGLE,DETEFF,GESPECOR,ETNA,EFFTRAN）を用いて本法（Efficiency Transfer）の相互比較を行った結果が報告されている。複数のコードによる計算結果は数%以内（多くの場合2%以内）で一致しており、使用するコードの違いによる実用上の問題はなく、環境モニタリングを目的としたγ線スペクトロメトリーにおいても有効な手法であることが示されている。」
6	解説C γ線スペクトロメトリーにおける不確かさの評価 (80-100)価	不確かさの評価方法について、計算式だけが記載されているがイメージしにくい。理解を深めるために計算例があったほうがよい。	各々の不確かさの計算手順と計算例を記載することとした。
7	解説D 検出下限値の計算例 (101-113)	検出下限についての記載があっさりとしている。ISO11929の方法について、第1種の過誤、第2種の過誤をどのように考慮してこうした概念が導入されたのかといった統計学的な考え方については、もう少し記載したほうが初学者には親切である。	現行マニュアルのCooper法による検出下限値及び今回追加したISO11929による検出下限値について各々の概念から丁寧に記載することとした。また、Cooper法及びISO11929による計算例も記載し、分かりやすくした。
8	資料3 サム効果補正に用いるピーク・トータル比の改良の検討 (191-197)	ここには、サム効果の補正を行うために必要となるピーク・トータル比（ピーク効率と全効率の比）について、現行法である点線源から算出したもの（実験式）を改良するための方法と現行法との比較結果が記載されているが、「改良ピーク・トータル比」という用語が適切であるか検討すること。	資料3のタイトルを見直すこととし、以下のとおりとした。 「改良ピーク・トータル比」 ↓ 「サム効果補正に用いるピーク・トータル比の改良の検討」 また、本文中でも、「改良ピーク・トータル比」という用語は用いず、「容積線源の実測値とEGS5によるモンテカルロシミュレーションの結果から求めた換算式を用いて半実験的に求めたピーク・トータル比」等の表現を用いることとした。

放射能測定法シリーズNo.7「ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメトリー」改訂原案（R1.12.9）  
 に対する環境放射線モニタリング技術検討チーム外部専門家からの主な御指摘と改訂案での対応について（3/3）

No.	対象箇所 ( ) 内は改訂案のページ	第11回会合以降に原案に対していただいた御指摘	改訂案での対応
9	第2章 用語の解説 (10) 第7章 測定・解析手順 (37) 資料4 スペクトル例 (204)	本来のバックグラウンドは、同一の大きさ、材質の放射能を含まないブランク試料によるものである。 「バックグラウンド」の用語の使い方として、ブランク試料を計測したときの数値やスペクトルを指すのか、容器など何も無い状態で計測したものを指すのか、整理して記載すること。	第2章に、バックグラウンドの用語解説として、「試料（線源）のないときあるいは放射能を含まないブランク試料を置いたときの計数値またはスペクトルをいう。γ線スペクトルでピーク面積を求める場合には、ピーク領域に含まれる平坦部分をバックグラウンドということもある。」と記載した。 第7章のバックグラウンドの補正の節では、厳密には同一の大きさ、材質のブランク試料の測定結果を補正に使用すべきであるが、全ての測定試料にブランク試料を用意することは現実的ではない。ただし、マリネリ容器試料には遮蔽効果もあるのでバックグラウンドに存在する自然放射性核種などについては無視できない場合がある旨記載した。 また、資料4に例として示したバックグラウンドスペクトルについては、「（検出器に何も載せずに測定）」との補足を記載して明確化を図った。
10	解説・資料	解説には、本文の詳しい説明や具体例を記載し、資料にはデータ集や参考情報を記載するという方針で再整理したほうがよい。 現行マニュアルにあるスペクトル解析や各種補正方法の基本的事項については、資料として掲載しておいたほうがよい。	次ページ以降に示すマニュアル構成案のとおり再整理した。

# マニュアルの構成案（本文） （ 1 / 3 ）

現行マニュアル目次	改訂案	備考
第1章 序論	第1章 序論	
	第2章 用語の解説	
第2章 光子と検出器の相互作用及び波高スペクトルとの関係	第3章 $\gamma$ 線計測の基本原理	
第3章 測定機器	第4章 測定機器 (現行の3～5章を統合)	現状一般的に使用されている機器に合わせて記載内容を改訂
第4章 データ解析用計算機		
第5章 機器の設置と点検・調整		
第6章 標準線源とピーク効率	第5章 検出器の校正	標準線源の実測による校正を基本とした上で、シミュレーション等の手法についても記載
	第6章 核データ	新規（最新データ(ENSDF)に更新し、核ライブラリへの登録データ選択の考え方を記載）
第7章 測定試料調製法	第7章 測定・解析手順 (現行の7～10章を統合)	不確かさの評価を追加
第8章 測定と記録		
第9章 スペクトル解析		
第10章 放射能濃度の計算		
第11章 データ解析用プログラム	【廃止】	プログラム仕様書的な内容であるため廃止
	第8章 検出下限値	【新規】 ISO11929の概要等を記載
	第9章 分析結果の質の保証	【新規】 ISO17025の考え方に基づく妥当性評価について記載

# マニュアルの構成案（解説・資料） （ 2 / 3 ）

現行マニュアル目次		改訂案	備考
-		解説 A 【新規】 ピーク効率変換	
解説 I	計数値の統計性（ポアソン分布）	【廃止】	
解説 II	検出下限値について	解説 B 測定試料の調製方法	測定試料の調製方法に限定
解説 III	最小2乗法について	【廃止】	
-		解説 C 【新規】 $\gamma$ 線スペクトロメトリーにおける不確かさの評価	
資料 A	標準容積線源の作製方法	解説 D 検出下限値の計算例	
資料 B	核データ（環境試料中の放射性核種について）	資料 1 $\gamma$ 線スペクトル解析で用いられる計算手法	資料 1 の細目は次ページに記載
資料 C	環境放射能モニタリングと線量当量の推定・評価	資料 2 【新規】 測定容器内における試料の不均一分布の影響（U-8 容器の例）	
資料 D	効率図例	資料 3 【新規】 サム効果補正に用いるピーク・トータル比の改良の検討	
資料 E	障害とその対応	【現状に合わせて第4章に記載】	
資料 F	用語集	【第2章に記載】	
		資料 4 スペクトル例	
		資料 5 核データ表	
付録 I	操作の簡略化を目指した $\gamma$ 線スペクトル解析プログラム	【廃止】	
付録 II	同定用ゲージ	【廃止】	
付録 III	スペクトル図例		
(参考文献は各章末に記載)		参考文献	

赤字:環境放射線モニタリング技術  
検討チーム第11回会合資料  
から変更・追加されたもの

# マニュアルの構成案（資料 1 の細目） （3 / 3）

現行マニュアル目次	改訂案	備考
【第9章から一部移動】	資料1.1 ピークサーチ	
【第9章から一部移動】	資料1.2 ピーク解析	
【第6章から一部移動】	資料1.3 容積線源のピーク効率を求める例	
【第6章から一部移動】	資料1.4 マリネリ容器のピーク効率	
—	資料1.5 【新規】 サム効果補正法	
【第2章から一部移動】	資料1.6 環境試料に対する $\gamma$ 線の減弱係数の計算例	
【第6章から一部移動】	資料1.7 自己吸収の補正	
【第10章から一部移動】	資料1.8 減弱補正の計算例	
【第9章から一部移動】	資料1.9 バックグラウンドの補正方法	
—	資料1.10 【新規】 ピーク・トータル比	
【資料Cから一部移動】	資料1.11 ゲルマニウム半導体検出器の検出可能レベル	

赤字：環境放射線モニタリング技術検討チーム第11回会合資料から変更・追加されたもの