

放射能測定法シリーズNo.15
「緊急時における放射性ヨウ素測定法」
の改訂について

令和5年3月
原子力規制庁

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(1/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
第2章 環境試料の採取・測定試料の調製			
1	<p>第2章 環境試料の採取・測定試料の調製 2.2 試料の採取・測定試料の調製 2.2.3 土壌 (18)</p> <p>第3章 ゲルマニウム半導体検出器による測定 3.3 測定・解析 3.3.1 試料の測定 (35)</p>	<p>土壌の測定において、採取面積を必要とする理由や、採取深さに関する解説を記載した方がよい。</p>	<p>2.2.3の冒頭に次のとおり追記した。</p> <p><u>放射性核種組成の把握は防護対策のための関連情報の把握や、半減期等による減衰予測評価などに用いられることがある。</u></p> <p>2.2.3.1 土壌の採取に次のとおり追記した。</p> <p><u>土壌の採取においては採取面積と採取深度を記録することが重要である。特に、緊急時における空間放射線量率と地表面に沈着した放射性核種との関連性の確認のために、面積当たりの核種インベントリーが必要となる。また、線量率と放射性核種濃度の関連性について、IAEA等の換算係数が利用できる利点もある。なお、放射性物質の放出直後の地表への沈着状況は、福島第一原発事故においては、未耕作土壌の場合、数cm未満の土壌表面に留まっていたこと¹²⁾から、表層土壌を採取すれば沈着した放射性核種のインベントリーがほぼ把握でき、初期の汚染分布状況が把握できる。このように、沈着初期には放射性核種が土壌表面に沈着している可能性が高いため、採取深度が深くなると試料重量当たりの放射能濃度 (Bq/kg) が下層の土壌で希釈されて低めに算出される傾向があるため、初期の汚染分布状況の把握を目的とする場合は、採取深度を表層とすることが適切である。</u></p> <p>3.3.1に次のとおり追記した。</p> <p><u>土壌試料については、採取面積と採取深度を記録し、後にそれらと測定値の関係性を評価できるようにすることが重要である。</u></p>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(2/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
2	第2章 環境試料の採取・ 測定試料の調製 2.2 試料の採取・測定試 料の調製 2.2.3 土壌 2.2.3.1 土壌の採取 (18-19)	雑草等を別に採取する場合に、「土壌と 紐づけができるように識別すること。」 との記載は、分かりやすい表現に修正し た方がよい。	2.2.3.1を次のとおり修正した。 2)採取する土壌の状況を確認する。 注)地表が芝生や雑草、積雪等で覆われている場合はそ れらを土壌とは別に採取し、その地点の土壌試料と共通 の番号に枝番 (-2) として扱うなど工夫をし、測定結果 において関連性をもたせた評価が可能となるよう識別す ること。
3	第2章 環境試料の採取・ 測定試料の調製 2.2 試料の採取・測定試 料の調製 2.2.3 土壌 2.2.3.2 土壌の測定試料 の調製 (19)	「前処理は行わずそのまま測定するこ とを基本とするが、ここでは、前処理をす る場合の注意点として記載する。」と記 載されているが、どのような場合に前処 理を行うのか記載した方がよい。	2.2.3.2の冒頭に次のとおり追記した。 初期モニタリングにおいては小型容器で採取をし、前 処理は行わずそのまま測定することを基本とするが、こ こでは、前処理をする場合の注意点として記載する(よ り精度のよい定量を行うことを目的とした場合には、前 処理を行って測定を行うことがある)。
4	第2章 環境試料の採取・ 測定試料の調製 2.2 試料の採取・測定試 料の調製 2.2.3 土壌 2.2.3.2 土壌の測定試料 の調製 (20)	湿土のまま保管する場合は、冷暗所保管 が推奨か。そうであればその旨を記載し た方がよい。	2.2.3.2の【測定後の試料の保管】を次のとおり修正した。 1)小型容器のまま、他のポリエチレン袋又は容器に入れ て保存するか、試料の乾燥処理を行う。ただし、ヨウ素 は熱により揮散するため、I-129を分析する <u>可能性がある</u> 場合には湿土のまま冷暗所に保管するか、70℃程度で乾 燥を行う ¹³⁾⁻¹⁵⁾ 。

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(3/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
5	第2章 環境試料の採取・ 測定試料の調製 2.1 試料種類 2.2 試料の採取・測定試 料の調製 2.2.4 各種食品試料（牛 乳、葉菜、その他農畜水 産物等） (5,21-22)	試料の分類として、「葉菜、農畜水産物 等」と記載されているが、葉菜も農畜産 物の一種なので、「葉菜、その他農畜水 産物等」と記載した方がよい。	ご意見のとおり修正した。
6	第2章 環境試料の採取・ 測定試料の調製 2.2 試料の採取・測定試 料の調製 2.2.4 各種食品試料（牛 乳、葉菜、その他農畜水 産物等） A.2 牛乳の測定試料の調 製 (22)	牛乳の測定試料の調製について、飲料水 を参照としているが、牛乳は灰化後保存 する場合があるので、別出しして記載し た方がよい。	2.2.4のA.2に次のとおり追記した。 <u>【測定後の試料の保管】</u> <u>長期の保管に際して、乾燥・灰化処理を行う場合には</u> <u>汚染等に注意し、灰化した試料は乾燥した土壌と同様の</u> <u>方法で保管する。</u>
7	第2章 環境試料の採取・ 測定試料の調製 2.2 試料の採取・測定試 料の調製 2.2.4 各種食品試料（牛 乳、葉菜、その他農畜水 産物等） B その他食品試料(葉菜、 その他農畜水産物等) (22)	葉菜等の採取・分析の際の注意事項につ いて、どのような注意が必要なのか、具 体的に記載した方がよい。	2.2.4のBに次のとおり追記した。 <u>葉菜等の採取・分析を初期汚染状況の把握のために実</u> <u>施する場合は、外葉を取り除かずに採取し、その過程に</u> <u>おいて葉表面に沈着した放射性物質がこぼれ落ちたり、</u> <u>周囲に触れたりしないように注意が必要である。</u>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(4/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
8	第2章 環境試料の採取・測定試料の調製 2.2 試料の採取・測定試料の調製 2.2.4 各種食品試料（牛乳、葉菜、その他農畜水産物等） B.1 その他食品試料の採取 (23)	作物については、汚染状況把握のための露地物の分析だけでなく、内部被ばくの実態把握のため実際に食するものを分析するケースもあるため、表現を修正した方がよい。	2.2.4のB.1の【試料の選定及び採取時の注意事項】を次のとおり修正した。 ・ 作物は、その時期に収穫されるものを選定し、 <u>原則として汚染された可能性がある畑等から採取された露地栽培の作物を採取する。また、実際に食するものによる内部被ばくを評価するため、露地栽培の作物に限定せずに測定することもある。</u>
9	第2章 環境試料の採取・測定試料の調製 2.2 試料の採取・測定試料の調製 2.2.5 降下物（雨水） (25)	降下物について、「降下物は、放射性物質の地表への降下量を把握するための重要な試料である。放射能対策連絡会議等により、自治体や関係機関にモニタリングの強化の指示があった場合に、定点試料の臨時採取を行う場合がある。」と記載されているが、緊急時補足参考資料では降下物の測定を求めていること、放射能対策連絡会議の指示で測定を行うのはどのような場合か、についても記載した方がよい。	2.2.5の冒頭に次のとおり追記した。 <u>降下物（雨水）は、放射性物質の地表への降下量（MBq/km²）を把握するための重要な試料である。緊急時補足参考資料には降下物（雨水）のモニタリングに関する記載はないが、国内外において環境への放射能汚染及び放射線被ばくのおそれがある事象が発生し、放射能対策連絡会議等により自治体や関係機関にモニタリングの強化の指示があった場合には、降下物（雨水）試料について、定点試料の臨時採取を行う。その際には、環境中の放射線レベルの変動を把握し、公衆に対する措置についての判断材料を得るとともに、公衆の被ばく線量の推定に資することを目的として、空間放射線量率の連続測定の監視強化や大気浮遊じんの核種分析と合わせて、降下物（雨水）の核種分析が実施される。</u>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(5/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
第3章 ゲルマニウム半導体検出器による測定			
10	第3章 ゲルマニウム半導体検出器による測定	旧測定法に記載していたNaIサーベイメータによる現場測定を削除することは妥当であるが、NaIスペクトロメータによるラボ測定等については別の測定法で技術的検討をいただきたい。	測定法No.6 NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ機器分析法の改訂において検討する。
11	第3章 ゲルマニウム半導体検出器による測定 3.1 機器の調整及び校正 (27)	測定全般についての記載なので、まず普段使用している小型容器やマリネリ容器による測定に関して校正方法等を記載したうえで、活性炭カートリッジに関する対応を記載した方がよい。	<p>3.1の冒頭に次のとおり追記・修正した。</p> <p>緊急時に放射性ヨウ素の測定に用いられる容器は、小型容器やマリネリ容器、活性炭カートリッジ等がある。<u>ピーク効率校正を正確に実施するには、使用する容器と同形状で、既知量の放射性核種が複数入った国家標準とトレーサビリティの取れた線源を用いて行う必要がある。</u>平常時に使用している小型容器やマリネリ容器についてはこの方法でピーク効率校正を行っているため、緊急時においても、これらの容器を使用する場合には、<u>ピーク効率校正式をそのまま使用することができる。</u></p> <p><u>しかしながら、大気中の放射性ヨウ素の捕集に用いられる活性炭カートリッジについては、上記校正式をそのまま使用することができないため、以下にその効率校正について記載する。</u></p>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(6/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
12	第3章 ゲルマニウム半導体検出器による測定 3.1 機器の調整及び校正 (27-28)	活性炭カートリッジの効率については、あくまでも国家標準とのトレーサビリティを確保することが重要であり、そのためのトレーサブルな標準線源を用いた校正方法をまず原則として記載すべき。現在カートリッジ形状の標準線源も入手することができる。	<p>3.1の【活性炭カートリッジのピーク効率校正】を次のとおり修正した。</p> <p><u>【活性炭カートリッジのピーク効率校正】</u> <u>I) 放射能標準体積線源による方法</u> <u>活性炭カートリッジのピーク効率を正確に得るには、実際に使用する活性炭カートリッジを用いて、複数の放射性核種の既知量を含んだ活性炭カートリッジを作製し、放射能標準線源としてピーク効率校正を行う必要がある。本手法はγ線スペクトロメトリーにおけるピーク効率校正の最も適切な方法であり、活性炭カートリッジ形状の容器に多核種の既知量を含んだアルミナを充填した密封線源を校正事業者より入手することができるため、国家標準とのトレーサビリティを満たす放射能標準体積線源を用いてピーク効率校正を行うことができる。この線源を用いて小型容器やマリネリ容器と同様の手法でピーク効率校正を行う。</u></p> <p><u>なお、実際に使用する活性炭カートリッジの活性炭に、非密封の放射能標準溶液の既知量を添加してピーク効率校正用の線源を自作した場合には、校正事業者が線源の測定を依頼する等により、トレーサビリティを確保することが望ましい。ただし、本手法は非密封の放射能標準溶液の購入、管理、その取り扱い及び作製した線源の管理等、煩雑な作業が多く、また、品質確保のために作業者の技量が要求されることから、本手法の実施は難点が多い。</u></p> <p><u>活性炭カートリッジ形状の放射能標準体積線源の入手ができない等により、本手法でピーク効率校正が実施できない場合には、次のⅡ)またはⅢ)の代替手法によりピーク効率校正を実施する。</u></p>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(7/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
13	第3章 ゲルマニウム半導体検出器による測定 3.1 機器の調整及び校正 II) I-131模擬線源による方法 (28-29)	I-131模擬線源による方法について、エネルギー・効率曲線をどのように求めるのか、具体的な記載がない。I-132やI-133も対象にする場合、Ba-133では校正できないのではないかと、模擬線源底面にはスズフィルターが挿入されているが、試料測定の際どうするか、等の問題がある。これらを検討した方がよい。	<p>3.1のII)に次のとおり追記するとともに、図3-2 (I-131模擬線源から導出したピーク効率曲線) を追加した。</p> <p>底面に錫 (Sn) フィルタがあるため、実際の活性炭カートリッジよりピーク効率は低くなる。<u>線源と活性炭カートリッジの材質の差に起因して、自己吸収の程度が異なるものの、形状が近く、添加した放射性核種によりI-131に近いエネルギーのピーク効率を得ることができる。</u></p> <p>図3-1にI-131模擬線源をゲルマニウム半導体検出器で測定したγ線スペクトルを、<u>図3-2に得られたピーク効率曲線を示した。測定によって得られた各ピークの正味の計数率と、線源の成績書に記載されている添加核種の放射エネルギーから計算したエネルギーごとのγ線放出率の比を取ることによってピーク効率を算出し、その近似曲線を引くことでピーク効率曲線を作成する。</u></p>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(8/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
14	<p>第3章 ゲルマニウム半導体検出器による測定 3.1 機器の調整及び校正</p> <p>普段使用している小型容器の効率をそのまま使用する方法 (29)</p>	<p>この方法は、基本原理から外れた便宜的な方法である。よって、あくまでも緊急時に適切なピーク効率が間に合わないときの応急措置である旨を記載した方がよい。原理に則っている他の方法と並列で記載することも適切でない。</p> <p>また、この方法によって有意な値が測定された場合には、改めて基本原理に即した方法によって再評価することが望ましい旨を記載した方がよい。</p>	<p>3.1のⅠ)～Ⅲ)として記載した方法と並列では記載せず、なお書きでの記載とした。また、次のとおり追記した。</p> <p><u>活性炭カートリッジの厚さを試料の充填高に見立てて小型容器として解析を行う方法であるが、標準線源と試料の形状が大きく異なるため、ゲルマニウム半導体検出器におけるピーク効率校正の原則からは外れる方法である。そのため、有意な値が検出された場合には、後日改めてⅠ)～Ⅲ)のいずれかの方法で取得したピーク効率を用いて再解析を行うものとする。</u></p>
15	<p>第3章 ゲルマニウム半導体検出器による測定 3.1 機器の調整及び校正</p> <p>普段使用している小型容器の効率をそのまま使用する方法 (29)</p>	<p>この方法における小型容器はU-8容器を想定していると思われるが、他の容器の場合の注意点も記載した方がよい。</p>	<p>3.1のなお書き部分に次のとおり追記した。</p> <p><u>本方法を用いる際、過小評価を避け安全側の評価を行うためには、活性炭カートリッジよりもピーク効率が小さい容器を使用することが望ましい。通常、上げ底が付いている容器、底面に厚みのある容器、直径がカートリッジよりも大きいといった特徴を持つ小型容器のピーク効率を使用するのであれば、安全側の評価となる。</u></p>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(9/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
16	第3章 ゲルマニウム半導 体検出器による測定 3.2 核データ (32)	表3-2の放出率の標準不確かさ(例： (I-131の1行目) $2.62 \pm 0.04\%$)は、 放出率としての%なのか、相対標準不 確かさとしての%なのか、どちらも同 じ%で紛らわしいので、どちらなのか 明確に示した方がよい。	表3-2の「標準不確かさ」という用語と、「放出率の標準 不確かさ(%)」の欄にそれぞれ注釈番号を付し、次のと おり脚注を追加した。 * 標準不確かさとは包含係数 $k=1$ の不確かさを指す。 ** ^{131}I の80.1850 keVにおける放出率を例にあげると、 <u>放出率2.62 %、放出率の標準不確かさ0.04 %は、 2.62 ± 0.04 (%)の放出率となる。</u>
17	第3章 ゲルマニウム半導 体検出器による測定 3.3 測定・解析 3.3.2 スペクトル解析 (37)	表3-6が表3-2と一致していないので、 整合をとった方がよい。	表3-6を次のとおり修正し、表3-2と整合させた。 I-131 半減期： <u>8.0252日</u> エネルギー (keV)： <u>364.489</u> 放出率 (%)： <u>81.5</u> I-132 半減期： <u>2.295時間</u> エネルギー (keV)： <u>667.7141</u> 放出率 (%)： <u>98.70</u> エネルギー (keV)： <u>772.600</u> 放出率 (%)： <u>75.6</u> I-133 半減期： <u>20.83時間</u> エネルギー (keV)： <u>529.872</u> 放出率 (%)： <u>87.0</u>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(10/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
18	第3章 ゲルマニウム半導 体検出器による測定 3.3 測定・解析 3.3.2 スペクトル解析 (39)	「減衰補正を行わずに測定時の放射能濃 度で報告することがある。」と記載され ているが、方針を明確にしないと現場が 混乱する。I-132は測定時と減衰補正後 の両方を報告する等の記載にした方がよ い。	3.3.2を次のとおり修正した。 <u>さらに、I-132は過渡平衡核種であり、測定時点の放射能 比が過渡平衡状態における放射能比であるとは限らない ため、安易に減衰補正を適用すると過大評価や過小評価 となる場合がある⁸⁾。そのため、減衰補正を行っていない 測定時の放射能濃度で報告することを基本とし、必要と される理由がある場合には減衰補正した値を報告する。 いずれの場合も、報告値には、減衰補正の有無、減衰補 正を行った場合はその理由と方法（測定時刻、補正先時 刻等を含む）を付記する。</u>
19	第3章 ゲルマニウム半導 体検出器による測定 3.4 データ評価 (41)	数式に Δ （標準偏差）が含まれているが、 計数以外のパラメータに関する不確かさ が不明なので、 Δ （標準偏差）を数式に 含めない方がよい。	3.4の【土壌試料】に次のとおり追記した。 <u>なお、緊急時における初期モニタリングにおいて不確 かさを評価することは非常に煩雑な作業となるため、こ こでは放射能濃度計算に伴い算出される計数誤差を標準 偏差として記載した。</u>

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(11/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
参考			
20	参考 参考B in-situ測定 (56)	表B-1の相対発光強度は、ここではあまり重要ではないので、典型的なサイズでの計数効率や分解能を記載した方がよい。また、可搬型のGe検出器についても記載した方がよい。	サイズ等同条件で比較可能なデータを入手できなかったため、物理特性の記載のままとした。
21	参考 参考E ヨウ素同位体比を用いたI-131放射能濃度の推定 (60)	I-129を指標にしてI-131放射能濃度を推定する手法の研究の引用文献が予稿集になっているので、正式な論文にした方がよい。	付録Bの参考文献から予稿集を削除し、引用文献は参考文献18)の報告書とした。
22	参考 参考E ヨウ素同位体比を用いたI-131放射能濃度の推定 (62-63)	図E-1の引用文献が予稿集になっている。また、図E-2は引用文献が記載されていないので、修正した方がよい。	付録Bの参考文献から予稿集を削除し、図E-1及び図E-2の引用文献は参考文献18)の報告書とした。

前回会合で示した改訂原案に対する外部専門家からの主な意見と今回改訂案での対応(12/12)

No.	対象箇所 ()内は今回改訂案での ページ	前回会合の改訂原案に対する意見等	今回改訂案での対応 (下線部は修正・追加した箇所)
付録			
23	付録 付録A 用語 (68-69)	ピーク効率の説明について、 ・ 放射線の強度 → 放射能と放出割合の積 とした方がわかりやすいのではないか。	<p>左記の説明を计数効率の用語説明として追加した。 (放射能測定法シリーズNo.7と同様とした。)</p> <p><u>计数効率</u> 測定値 (计数率) から放射能または放射線強度を決定する ため用いる定数をいう 放射能をA (Bq)、測定する放射線の放出率をI_γ、正味計 数率をN (s⁻¹) とすると计数効率εは</p> $\varepsilon = \frac{N}{A \cdot I_\gamma}$ <p>と表される この関係には、幾何学的効率が含まれているが、検出器 のみの効率 (検出効率ともいう) をいうときは幾何学的 効率を含まない場合がある</p>