

放射能測定法シリーズNo.9  
「トリチウム分析法」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(1/18)

| No.          | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|--------------|---|---|---|
| 全般的な事項、全体構成等 |   |   |   |
| 1            | 第1章 序論 他全体  | 登録商標や特定の商品名は、特性一覧等の必要な場合を除き、一般名とした方がよい。   | ご意見のとおり一般名称に修正した。(「フッ素樹脂」、「乳化シンチレータ」、「半導体被覆形成型静電気除去スプレー」等)  |
| 2            | 第1章 序論<br>(2)<br><br>付録<br>付録C 分析フロー<br>(164-166)   | 分析フローを付録として添付していることを本文で説明した方がよい。  | 「第1章 序論」に次のとおり追記した。<br><br><u>また、作業の流れや全体像を把握できるように、分析方法のフローを付録にまとめた。</u>   |
| 3            | 第2章 水試料<br>2.1 試料採取<br>2.1.1 採取地点及び採取頻度 (4)<br>第3章 大気試料<br>3.1 試料採取<br>3.1.1 採取地点及び採取頻度 (23)<br>第4章 生物試料<br>4.1 試料採取<br>4.1.1 採取地点及び採取頻度 (40) | 具体的な採取頻度等は個々のモニタリング計画で定められる事項なので、ここではモニタリング計画作成の基本的な考え方を記載するか、具体例を記載するにしても一例として記載するなどにした方がよい。 | 2.1.1に関して、次のとおり注記した。<br><br><u>記載内容は一例である。モニタリング計画の立案にあたっては、原子力災害対策指針および補足参考資料「平常時モニタリングについて」及び「緊急時モニタリングについて」を参照する。</u><br><br>3.1.1及び4.1.1も同様に注記。 |
| 4            | 第5章 測定条件の設定及び校正<br>5.2 バックグラウンド試料の調製<br>(55)  | 「6.2 バックグラウンド試料の調製」(於原案)は「第5章 測定条件の設定及び校正」に移動した方がよい。  | 「バックグラウンド試料の調製」を「第5章 測定条件の設定及び校正」の中に5.2として移動した。   |

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(2/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)   |
|-----|--|---|--|
| 5   | <p>第6章 測定<br/>6.1 測定試料の調製<br/>(66-69)</p> <p>第4章 生物試料<br/>(40)</p> | <p>ALPS処理水問題の関心も高いので、迅速分析について解説や参考に記載してはどうか。</p> <p>迅速分析のために、シンチレータ混合後の静置時間をどんな場合でも5時間として良いとの誤解を与えるおそれがある。各ラボの条件において十分確認実験を重ねたうえで静置時間等を決定することが必要である旨を記載した方が良い。</p> <p>生物試料については、TFTWとOBTを区別せずにスクリーニングする方法も報告されているので文献として紹介してはどうか。</p> | <p>トリチウム分析所要時間の最も支配的な要因であるシンチレータ混合後の静置時間について、混合後の計数率の経時変化を検討し、速報値が求められる場合には静置時間を5時間程度にすることも有効である旨を記載するとともに、採用する場合の注意事項を次のとおり記載した。</p> <p>主な原因として、化学ルミネセンス及び静電気の影響が考えられるが、それらの減衰は比較的早く、5時間程度経過すれば安定した計数率が得られた(図6.1、図6.2)。さらに、その後の1週間で計数率が緩やかに減少する傾向が見られた(図6.3、図6.4)。測定試料調製後一昼夜から約1週間は測定器内または15℃程度に設定したインキュベータ(恒温器)内に放置した後、測定を開始した方がより安定した計数率が得られる。速報性が求められる場合には静置時間を5時間程度とすることも有効であると考えられるが、この結果は一例であり、シンチレータや容器、静置環境によって、計数率が安定する時間は変化する可能性があるため、各分析機関において同様の検討を実施し、目的とする検出レベルを考慮して、静置時間の妥当性を確認する必要がある。</p> <p>第4章冒頭の概論部に次のとおり追記し、文献を記載した。</p> <p>なお、スクリーニング目的等でTFWTとOBTを区別せずに評価する場合は、真空凍結乾燥を行わずにOBTとTFWTの混合水を回収する簡便な方法<sup>64</sup>もある。</p> <p><sup>64</sup> 生試料を石英管内で乾燥/燃焼してOBTとTFWTの混合水を回収する。この場合、真空凍結乾燥が不要となるため、分析日数を大幅に短縮できるが、OBTとTFWTを区別して評価できないので注意が必要である。詳細は次の文献を参考にする。玉利俊哉ら：線量評価のための魚介類中トリチウム迅速分析法, 保健物理, 55 (3), 136-143 (2020).</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(3/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所) |
|-----|--|--|------------------------------|
| 6   | 第6章 測定<br>6.2 測定<br>6.2.6 検出下限値<br>6.2.5 不確かさ<br>(76-77) | 「6.3.5 検出下限値、6.3.6 不確かさ<br>(於原案)」の順となっているが、不確かさが先に求められ、それを以て検出限界値が算出されることから、順番を逆にした方がよい。(解説FとGは不確かさ、検出下限値の順番になっている。) | ご意見のとおり修正した。                 |
| 7   | 解説<br>解説B 絶対湿度の算出<br>(88)                                | 「3.4 絶対湿度の算出(於原案)」が目次の並びの項目として浮いている。「3.2.4 パッシブ法」以外でも使用するなら、付録等に移動した方がよい。  | 解説Bに移動した。                    |

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(4/18)

| No.     | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)   |
|---------|---|---|--|
| 第2章 水試料 |   |   |  |
| 8       | 第2章 水試料<br>2.2 試料水の精製<br>2.2.1 常圧蒸留法<br>(6) | 「試料が乾固するまで蒸留する。」と記載されているが、HTOの沸点は101.5℃なので、全量蒸発させて全量を回収する旨を補足した方がよい。  | 2.2.1の「試料が乾固するまで蒸留する。」との記載部分に次のとおり注記した。<br><br><u><math>^{19}\text{H}_2\text{O}</math>とHTOでは沸点が異なるため、必ず全量を回収すること。</u>  |
| 9       | 第2章 水試料<br>2.3 トリチウムの電解濃縮<br>(10)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>各電解濃縮のメリット・デメリットの記載が混在しているので、整理して記載した方がよい。</li> <li>金属電極による電解濃縮はメリットから記載されている一方、固体高分子電解質(SPE)による電解濃縮はデメリットから記載されているので、合わせた方がよい。</li> </ul> | それぞれの方法について、メリット、デメリットの順で記載するよう修正した。   |
| 10      | 第2章 水試料<br>2.3 トリチウムの電解濃縮<br>(10)           | SPEによる電解濃縮で残留率があまり高くない(0.5程度)と記載されているが、根拠が不明なので、記載した方がよい。(金属電極での残留率の根拠は解説A(84ページ)に記載されている。)   | トリチウム残留率については、各方法の特徴として次のとおり記載した。<br><br>【金属電極による電解濃縮】<br>・トリチウム残留率は0.7-0.8程度(500 mLから約50 mLに濃縮した場合)。<br>【固体高分子電解質による電解濃縮】<br>・トリチウム残留率は0.6程度(1 Lから約70 mLに濃縮した場合)。<br><br>根拠となる具体的な残留率の数値は、解説A.2の表A.3(85ページ)に追記した。 |

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(5/18)

| No. | 対象箇所<br>( )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<br>(下線部は修正・追加した箇所)   |
|-----|--|---|--|
| 11  | 第2章 水試料<br>2.2 試料水の精製<br>2.2.1 常圧蒸留法 (8)<br><br>第4章 生物試料<br>4.4 試料水の精製 (49, 50)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>経験上、図2.1「常圧蒸留装置の例」では、温度が低いと連結管の部分で結露する等、温度を適切に管理しないとうまく蒸留できなかったが、図4.6「小型蒸留装置の例」に近い形のもので蒸留するとうまくいったので、記載を検討した方がよい。また、図4.6のトラップ球の役割について記載した方がよい。</li> <li>生物からの回収水を還流なしで蒸留のみする場合もあるので、使い分けについて記載した方がよい。</li> </ul> | <p>図2.1に次のとおり注記した。</p> <p><u>33 ヒータの温度を上げすぎると蒸留水に過マンガン酸カリウムが混入し、紫色になることがある。枝管の保温等により温度管理を適切に行う。</u></p> <p>4.4.2(3)のトラップ球の記載箇所に、次のとおり注記した。</p> <p><u>80 還流済みの試料は過マンガン酸カリウムが多量に入っているため、蒸留水に過マンガン酸カリウムが混入し易く、紫色になる。それを防ぐためにトラップ球を組み込む。</u></p> <p>4.4の概説部分に次のとおり追記した。</p> <p><u>還流については、試料中の有機物の量に応じて省略することも可能である。</u></p>             |
| 12  | 第2章 水試料<br>2.2 試料水の精製<br>2.2.1 常圧蒸留法 (6)<br><br>第4章 生物試料<br>4.4 試料水の精製<br>4.4.2 還流済み試料の蒸留 (53) | 放射能測定法シリーズを利用する際には、図の装置をそのまま用いるのではなく、ユーザー側が実験に合うよう工夫している。枝管へのヒーターの装着、クロスコンタミを防ぐための開放系の受け口への工夫等、汎用的なものがあれば取り込んだ方がよい。   | <p>保存用の試料容器について次のとおり注記した。</p> <p><u>22 トリチウム線源を取り扱う現場や、核反応でトリチウムが発生する作業現場においては、トリチウム濃度が高い大気水蒸気の侵入を防ぐために、ガラス容器相当の十分な密閉度のあるプラスチック容器に保存する必要がある。</u></p> <p>図4.6 小型蒸留装置の例に次のとおり注記した。</p> <p><u>84 蒸留水受けはナス型フラスコもしくはフッ素樹脂製バイアルを使用する。複数の試料を同時に処理する時は、相互汚染が起こらないようにする。開放系の場合は、アルミ箔で覆うのが望ましい。閉鎖系の場合は、加圧状態を避けるために、シリカゲル管を取り付けるのが望ましい。</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(6/18)

| No.      | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)   |
|----------|---|---|--|
| 第3章 大気試料 |   |   |  |
| 13       | 第3章 大気試料<br>3.1 試料採取<br>3.1.2 試料採取時の注意<br>点<br>(24) | (1) 採取量について、記載がアクティ<br>ブ法前提になっているが、章立てはパッ<br>シブも含めた構成になっているので、そ<br>れを考慮した記載にした方がよい。 | アクティブ法の具体例の後に、パッシブ法の具体例を次<br>のとおり追記した。<br><br>例えば、気温25℃、相対湿度70%の時の絶対湿度は約<br>16 g/m <sup>3</sup> であり、70 g以上の水を採取するためには約<br>4.4 m <sup>3</sup> 程度の大気が必要となるので、捕集期間が1週間<br>の場合、捕集流量を0.5 L/分以上に設定する。 <u>パッシブ<br/>法の場合<sup>56</sup>、吸湿剤600 gを用いて同程度の水を採取す<br/>るためには2週間程度の採取期間が必要となる。</u> |
| 14       | 第3章 大気試料<br>3.1 試料採取<br>3.1.2 試料採取時の注意<br>点<br>(24) | 表3.1「絶対湿度」が本文中に引用され<br>ていないので、記載した方がよい。   | 3.1.2の(1) 採取量に次のとおり追記した。<br><br>温度と相対湿度から求めた絶対湿度[g/m <sup>3</sup> ]を表 3.1に示<br>すので、参考にするとよい(計算方法の詳細は解説Bを参<br>照)。   |
| 15       | 第3章 大気試料<br>3.1 試料採取<br>3.1.2 試料採取時の注意<br>点<br>(24) | 表3.1に、絶対湿度の単位を記載した方<br>がよい。   | 表3.1に絶対湿度の単位 (g/m <sup>3</sup> ) を追記した。  |

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(7/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|-----|--|---|---|
| 16  | 第3章 大気試料<br>3.1 試料採取<br>3.1.2 試料採取時の注意<br>点<br>(25)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>室内空気の混入や採取装置の設置場所に関する注意点（室外の空気を採取する、雨滴が入らないよう工夫する等）を記載した方がよい。</li> <li>万が一局舎等の室内に置く場合には、外気が十分に取り入れられている等の条件を記載した方がよい。</li> </ul> | <p>3.1.2に次のとおり追記した。</p> <p><u>（５）吸引口および採取装置の設置場所</u><br/>モレキュラーシーブを用いる方法やシリカゲルを用いる方法の吸引口及び除湿機やパッシブサンプラーは建物の軒下等の通風が良く雨水が入らない屋外に設置することを原則とし、人工的な吸排気の影響や室内空気の混入がない場所であることに留意する。室内に設置する場合は、屋外設置と同様な点に留意した上で、外気が十分に取り入れられる場所に設置すること。</p>             |
| 17  | 第3章 大気試料<br>3.1 試料採取<br>3.1.2 試料採取時の注意<br>点<br>(24-25) | <p>図3.8「トリチウム採取記録用紙の例」に、試薬・ガス（3.1.2（3）33ページ）についての情報も記載できるようにした方がよい。</p>   | <p>3.1.2に次のとおり追記した。</p> <p>（３）試料に関する記録<br/>必要に応じ、下記の事項を記録し、保存する。<br/>採取機関名、採取者名、試料名、試料番号、採取日時、採取場所、採取状況、採取方法、<u>試薬情報（仕様、LOT等）</u>、<u>ガス情報（仕様、LOT等）</u>、採取量、捕集水分量及びサンプリング流量、採取日の天候、気温、湿度等。</p> <p>図3.8（37ページ）のトリチウム採取記録用紙の例にも、試薬情報の記載欄を追加した。</p> |
| 18  | 第3章 大気試料<br>3.2 試料採取法<br>3.2.3 除湿機を用いる方法<br>(28-29)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>除湿機を用いる方法にも、パッシブ法と同様に温湿度計データロガーを記載した方がよい。</li> <li>近くに気象庁のアメダス観測局があればそれを使ってよいのか検討した方がよい。</li> </ul>                              | <p>3.2.3の（１）装置及び（３）操作に温湿度計データロガーに関する記載を追記した。<br/>アメダスデータは採取場所と異なる可能性があるため、採取場所での温湿度測定を行うよう記載した。</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(8/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|-----|---|--|---|
| 19  | 第3章 大気試料<br>3.2 試料採取法<br>3.2.4 パッシブ法<br>(29-30) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• パッシブ法について、他の項目より情報量が少ないので、モレキュラーシーブの使用量、容器のサイズ等の一例を論文の引用等により記載した方がよい。</li> <li>• 単位時間当たりの通気量を増やす場合には、断面積等を大きくする等の注意点を記載した方がよい。</li> <li>• 採取頻度を1か月程度としている理由があれば、注として欄外で記載した方がよい。</li> </ul> | <p>3.2.4の(2) 理化学器材及び(4) 操作に、捕集容器、多孔性透過膜、捕集剤に関する具体的な記載を追加した。</p> <p>また、脚注を追加し、引用文献及び以下の補足情報を記載した。</p> <p><u><sup>60</sup> N.Akata, H.Kakiuchi, K.Kanno, N.Shima, S.Hisamatsu : Determination of the Atmospheric HTO Concentration around the Nuclear Fuel Reprocessing Plant in Rokkasho by Using a Passive Type Sampler, Fusion Science and Technology, 60(4),1292-1295(2011)</u></p> <p><u><sup>61</sup> 単位時間当たりの捕集量を増やす場合は、捕集容器を複数設置するか、より大きな捕集容器を用いて表面積を広くする。</u></p> <p><u><sup>62</sup> 吸着可能な水蒸気量は捕集剤質量の20%程度であるが、シリカゲルは相対湿度の低下に伴い吸着可能な水蒸気量も低下するため、注意が必要である。シリカゲルの吸着性能についてはメーカーの技術資料や次の文献を参考にするとよい。村田敏ら: シリカゲル薄層の吸湿特性と固定層のシミュレーション, 農業機械学会誌, 55(3), 41-49, 1993.</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(9/18)

| No.             | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|-----------------|---|--|---|
| 第5章 測定条件の設定及び校正 |   |  |   |
| 20              | 第5章 測定条件の設定及び校正<br>5.1 クエンチング補正曲線作成用標準試料の調製<br>5.1.1 調製方法<br>(54)                                     | 標準試料は、クエンチングレベルの異なる5~8個で1セットとされているが、使われることのある10個セットを排除しかねないため、5~10個とした方がよい。        | ご意見のとおり修正した。  |
| 21              | 第5章 測定条件の設定及び校正<br>5.1 クエンチング補正曲線作成用標準試料の調製<br>(54)   | 標準試料の作成条件は、使用するシンチレータのサンプル保持量を踏まえた条件とした方がよい。                                       | 5.1に次のとおり追記した。また、シンチレータの個別名は削除した。<br><br>含水率を変化させて作製する方法について、容量100mLの測定容器を用いた場合の調製法を以下に示す。 <u>作製する測定試料の条件は、使用する乳化シンチレータのサンプル保持量により判断する。</u> |
| 22              | 第5章 測定条件の設定及び校正<br>5.3 測定条件の設定<br>5.3.1 性能指数(FOM)に基づく測定条件の設定<br>他<br>(58, 76, 115, 117, 119-121, 129) | 用語を次のとおり修正した方がよい。<br>(ISOの「測定における不確かさの表現のガイド」(GUM)に準拠)<br>• 計数誤差<br>→ 計数の統計による不確かさ | 「計数の統計による不確かさ」との用語で統一した。  |

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(10/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)   |
|-----|---|---|--|
| 23  | 第5章 測定条件の設定及び校正<br>5.3 測定条件の設定<br>5.3.1 性能指数(FOM)に基づく測定条件の設定<br>(61)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>図5.2の上の図に凡例が無いので、記載した方がよい。</li> <li>図5.2の下の図の凡例の表記が分かりづらいので、修正した方がよい。</li> </ul> | <p>図5.2の上の図に凡例を次のとおり追記した。</p> <p><u>計数効率(%)</u></p> <p>図5.2の下の図の凡例を次のとおり修正した。</p> <p><u>BKG (バックグラウンド計数率)</u><br/><u>FOM (性能指数)</u></p>  |
| 24  | 第5章 測定条件の設定及び校正<br>5.3 測定条件の設定<br>5.3.2 外部標準線源を用いたクエンチングの指標値測定条件の設定<br>(63) | 図5.3「クエンチングに伴うスペクトルの変位の一例」の説明が不足しているため、現在のマニュアルと同様に図中に説明を記載した方がよい。  | <p>図5.3の各グラフに説明を次のとおり追記した。</p> <p>左上：<u>含水率10% コンプトンスペクトル</u><br/>           左下：<u>含水率10% β線スペクトル</u><br/>           右上：<u>含水率50% コンプトンスペクトル</u><br/>           右下：<u>含水率50% β線スペクトル</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(11/18)

| No.    | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|--------|--|---|---|
| 第6章 測定 |  |   |   |
| 25     | 第6章 測定<br>6.2 測定<br>6.2.4 放射能濃度の計算<br>(73) | Z：乾燥残分率(%)について、42ページの⑦では乾燥率(%)と記載されているので、整合をとった方がよい。  | 42ページを修正し、乾燥残分率(%)で統一した。  |
| 26     | 第6章 測定<br>6.2 測定<br>6.2.4 放射能濃度の計算<br>(73) | $B_{TFWT}$ (Bq/kg生)を、 $B_1$ (Bq/L)とZ(%)から算出する式について、左辺と右辺の単位が/kg生と/Lとで異なっている。合わせる必要または注書き等を検討した方がよい。 | 6.2.4に脚注を次のとおり追記した。<br><u><sup>96</sup> 乾燥残分率は無次元量であるが、単位はBq/LからBq/kg生に変換されるので注意する。</u>   |
| 27     | 第6章 測定<br>6.2 測定<br>6.2.6 検出下限値<br>(77)    | Kaiserの方法について、IUPACが採用していたことに基づくのであれば、記載した方がよい。   | 6.2.6のKaiserの方法に関する脚注に次のとおり追記した。<br><sup>99</sup> H.Kaiser : Zum Problem der Nachweisgrenze. 209, Analytische Chemie, 1-18 (1965)<br><sup>100</sup> <u>IUPAC Analytical Chemistry Division Commission on Spectrochemical and Other Optical Procedures for Analysis : Nomenclature, Symbols, Units and their Usage in Spectrochemical Analysis - III. Analytical Flame Spectroscopy and Associated Non-Flame Procedures, <i>Pure &amp; Appl. Chem.</i>, 45, 105-123 (1976)</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(12/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|-----|---|--|---|
| 28  | 第6章 測定<br>6.2 測定<br>6.2.6 検出下限値<br>(77) | <ul style="list-style-type: none"> <li>「採用した評価方法を明記しておく必要がある。」と記載されているが、方法だけではなく採用した危険率についても記載した方がよい。</li> <li>採用する危険率はこのマニュアル内で記載した方がよい。</li> </ul> | <p>6.2.6を次のとおり修正した。</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。なお、検出下限値を報告する際には、採用した評価方法及び危険率を明記しておく必要がある。</p> <p>各方法で一般的に採用されることの多い危険率は、解説Hで記載した。</p> <p>H.1 ISO11929による検出下限値<br/>k 包含係数<br/>一般的に、危険率<math>\alpha=\beta=0.05</math> (5%) (包含係数<math>k_{1-\alpha}=k_{1-\beta}\doteq 1.645</math>) としている。</p> <p>H.2 Kaiser法における検出下限値<br/>k 包含係数 (3とすることが多い)</p> |
| 29  | 第6章 測定<br>6.2 測定<br>6.2.6 検出下限値<br>(77) | 脚注に「ISO11929:2010」と記載されているが、ISO11929は4部作に改訂されているので、最新版に修正した方がよい。   | <p>6.2.6の脚注を次のとおり修正した。</p> <p><u><sup>102</sup> ISO 11929-4:2022, Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the coverage interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application — Part 4: Guidelines to applications. ISO 11929-4:2022 (2022)</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(13/18)

| No.      | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|----------|---|--|---|
| 第7章 品質保証 |   |  |   |
| 30       | 第7章 品質保証<br>7.1 内部精度管理<br>7.1.1 トレーサビリティ<br>の確保<br>(78) | 「国家標準にトレーサブルな標準溶液線源は、計量法に基づく校正事業者登録制度による校正事業者が発行した校正証明書付きで入手することができる。」と記載されているが、何に対しての校正証明書を指しているのか不明瞭なので、混乱しないような記載にした方がよい。 | 7.1.1に次のとおり追記した。<br><br><u>使用者が効率線源を調製する場合には、国家標準にトレーサブルな標準溶液線源を、計量法に基づく校正事業者登録制度による校正事業者が発行した校正証明書付きで入手することができる。</u> |
| 31       | 第7章 品質保証<br>7.1 内部精度管理<br>7.1.2 日常点検<br>(79)            | 次のとおり修正した方がよい。<br>(冷却器が必須となりかねないため。)<br>・ 液体シンチレーションカウンタには冷却機器が付属されており、<br>→ 冷却機器が装備されている液体シンチレーションカウンタは、                    | ご意見のとおり修正した。  |
| 32       | 第7章 品質保証<br>7.1 内部精度管理<br>7.1.2 日常点検<br>(79)            | 「変動範囲として±1℃で管理されていることを確認する。」と記載されているが、冷却機能の±1℃での管理はかなり厳しいので、装置メーカーに確認したうえで修正した方がよい。  | 7.1.2の冷却性能を次のとおり修正した。<br><br>変動範囲として±3℃で管理されていることを確認する。   |

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(14/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|-----|----------------------------------|---|---|
| 解説  |                                  |   |   |
| 33  | 解説<br>解説A トリチウムの電解<br>濃縮<br>(86) | 「検出下限値0.006Bq/L を達成（文献<br>値）」と記載されているが、文献の引用<br>先を記載した方がよい。 | <p>A.4及び脚注を次のとおり修正・追記した。</p> <p>IAEA（国際原子力機関、International Atomic Energy Agency）のIsotope Hydrology Sectionで開発されたトリチウムの電解濃縮装置を紹介する。この装置は、福島県環境創造センターがIAEA協カプロジェクトの一環として導入したものである<sup>107, 108</sup>。装置の外観を図A.2に示す。装置の特徴は以下である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 陽極は軟鋼、陰極はステンレス鋼で、酸で処理してから使用する</li> <li>• （中略）</li> <li>• 検出下限値0.006 Bq/Lを達成可能<sup>109</sup></li> </ul> <p><sup>107</sup> 写真や分析データについては福島県環境創造センター様にご提供いただいた。</p> <p><sup>108</sup> 国内メーカーから同様の装置を購入することが可能。</p> <p><sup>109</sup> B.Kumar et al.:A compact tritium enrichment unit for large sample volumes with automated re-filling and higher enrichment factor, <i>Appl. Radiat. Isot.</i>118, 80-86 (2016).</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(15/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|-----|---------------------------------------|---|---|
| 34  | 解説<br>解説B 絶対湿度の算出<br>(88-89)          | 温湿度計データロガーからデータを抽出し、計算に用いる場合の値の処理方法（平均値を用いる等）や注意点を記載した方がよい。 | <p>解説B.2及びB.3を次のとおり修正した。</p> <p>B.2 水蒸気圧の算出<br/> <u>試料採取期間における相対湿度の平均値</u>とB.1で求めた水の飽和水蒸気圧から水蒸気圧を求める。</p> <p>B.3 絶対湿度及び採取した大気の体積の算出<br/> <u>試料採取期間における温度の平均値</u>及びB.2で求めた水蒸気圧を気体の状態方程式に代入し、絶対湿度(g/m<sup>3</sup>)を求める。</p> |
| 35  | 解説<br>解説B 絶対湿度の算出<br>(88-89)          | 気体の状態方程式について、理想気体として計算する旨の注を記載した方がよい。                       | <p>解説B.3に理想気体の状態方程式から求める旨を記載するとともに、次のとおり注記した。</p> <p>理想気体<sup>111</sup>の状態方程式<math>pV = \frac{w}{M}RT</math>から、絶対湿度と大気の体積を次の式で求める。</p> <p><u>111 対象が常温・常圧の大気であることから、理想気体とみなして近似した。</u></p>                                |
| 36  | 解説<br>解説C 生物試料の真空凍結乾燥処理に関する検討<br>(91) | 図C.3の赤及び青の点の説明を記載した方がよい。                                    | <p>図C.3に凡例及び脚注を次のとおり追記した。</p> <p><u>赤：1kg板状試料</u><br/> <u>青：5分割試料</u></p> <p>* <u>箱の範囲は第1四分位数～第3四分位数を、箱の中の線は中央値を示している。また、箱の外の点は外れ値を示している。</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(16/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)  |
|-----|--|---|---|
| 37  | 解説<br>解説D 市販乳化シンチ<br>レーター及び測定容器に<br>関する調査結果及び検討<br>結果<br>(93-94) | シンチレータの毒性評価について、ヨー<br>ロッパでは使用できなくなっている<br>ものもあるので、その情報も記載した方<br>がよい。                | 表D.1に毒性物質を追記するとともに、EUのREACH規則<br>を含む主な国内外の規制について注記した。なお、同表<br>には、最大保持量におけるサンプル状態やLD値等も追加<br>した。 |
| 38  | 解説<br>解説G トリチウム分析に<br>おける不確かさの評価<br>(109)                        | 相対合成標準不確かさを示す式(G.3)は、<br>通例では百分率表記なので、「×100<br>(%)」を追記した方がよい。                       | 式(G.3) をご意見のとおり修正した。  |
| 39  | 解説<br>解説G トリチウム分析に<br>おける不確かさの評価<br>(115)                        | 式(G.9) の「 $N_{source}$ : ピーク面積」は、<br>適切な用語に修正した方がよい。                                | 式(G.9) を次のとおり修正した。<br><br>$N_{source}$ : <u>線源による計数</u>   |
| 40  | 解説<br>解説H 検出下限値の計算<br>例<br>(122)                                 | まず従来のKaiser法があり、その後<br>ISO11929が記載されているが、今回の<br>改訂の趣旨である国際整合性の観点から、<br>順番を逆にしてはどうか。 | ご意見のと通りの順番とした。<br>今回改訂において、ISO11929に基づく検出下限値の算<br>出を追加した趣旨については、序論において記載。                       |
| 41  | 解説<br>解説H 検出下限値の計算<br>例<br>(122-124,127)                         | 次のとおり修正した方がよい。<br>・ 真値<br>→ 最良推定値   | ご意見のとおり修正した。  |

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(17/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)   |
|-----|--|---|--|
| 42  | 解説<br>解説H 検出下限値の計算例<br>H.1 ISO11929による検出下限値<br>H.1.1 概念<br>(122) | 不確かさについて、ISOの「測定における不確かさの表現のガイド」(GUM)に基づく旨を追記した方がよい。  | H.1.1に次のとおり追記した。<br><br>Kaiserの方法では測定値の分布の標準偏差は計数に係る不確かさをを用いるが、ISO11929による検出下限値では、 <u>分布の標準偏差は、ISOの「測定における不確かさの表現のガイド」(GUM)に基づき、測定量の合成標準不確かさをを用いる。</u> |
| 43  | 解説<br>解説H 検出下限値の計算例<br>(126)                                     | ISO19361を参照し、その計算式を使った具体例が記載されているが、放射能測定一般のモデル式として、ISO11929のパート4にほぼ同じものが記載されているので、転載であればその形で記載した方がよい。 | 当該部分は転載ではなく、ISO11929の概要を説明したものであるため、原案のままとした。  |
| 44  | 解説<br>解説H 検出下限値の計算例<br>(132,136)                                 | 本文中の $u_{rel}(w) = w/u(w)$ との式は、分子と分母が逆だと思われる。  | ご指摘のとおり逆が正なので、次のとおり修正した。<br><br>(誤) $u_{rel}(w) = \frac{w}{u(w)}$ → (正) $u_{rel}(w) = \frac{u(w)}{w}$  |

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(18/18)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案での<br>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<br>(下線部は修正・追加した箇所)   |
|-----|--|--|--|
| 参考  |  |  |  |
| 45  | 参考<br>参考A イオン交換樹脂による水試料の精製法の検討<br>(2) 方法<br>(141)    | イオン交換樹脂について、粒径も記載した方がよい。   | (2)の①を次のとおり修正した。<br><br>イオン交換水でコンディショニング（ビーカーに入れたイオン交換樹脂にイオン交換水を加えて攪拌後、デカンテーションした後同じ操作を再度繰り返す）した陰イオン交換樹脂と陽イオン交換樹脂（ <u>粒子径は &gt;60 Mesh, 最大5%</u> ）を1：1で混合し、本樹脂15mLをポリエチレン製カラムに充填した。  |
| 46  | 参考<br>参考C 非交換型OBTの分析手順<br>C.4 クロスチェック<br>(155)       | 同じサンプルを使って分析した例があれば分かりやすくなるので、その比較結果を記載した方がよい。                           | C.4の(4)に、非交換型OBTの分析に係るクロスチェック結果を次のとおり記載した。個別データは参表C.5に記載。<br><br><u>クロスチェックの結果を参表C.5に示す。測定結果については、日本分析センターの測定結果を基準値として、<math>E_n</math>数評価<sup>132</sup>を実施した。各機関の<math>E_n</math>数は全て基準内 (<math> E_n  \leq 1</math>) であり、本分析方法の妥当性が確認された。</u> |
| 付録  |  |  |  |
| 47  | 付録<br>付録C 分析フロー<br>(2) 大気試料<br>② 水素ガス状トリチウム<br>(165) | 「* 以下、水蒸気状トリチウムの操作と同じ。」と記載されているが、水蒸気状トリチウムのフロー図のどこから始めるのか分かるように記載した方がよい。 | 次のとおり修正した。<br><br>* 以下、① <u>水蒸気状トリチウムの加熱操作以降</u> と同じ。  |

今回改訂案で新たに記載したもの(1/1)

| No. | 対象箇所<br>( )内は今回改訂案でのページ                              | 前回改訂原案での記載状況               | 今回改訂案での記載  |
|-----|--|----------------------------|--|
| 1   | 参考<br>参考C 非交換型OBTの分析手順<br>表C.5「クロスチェック実施結果」<br>(155) | クロスチェックを実施中であったため、未記載であった。 | (再掲)<br>C.4の(4)に、非交換型OBTの分析に係るクロスチェック結果を記載した。個別データは参表C.5に記載。 |
| 2   | 付録<br>付録B 用語の解説<br>(162-163)                         | 用語の整理作業中であったため、作成中としていた。   | 「付録B 用語の解説」として、整理した。   |
| 3   | 参考文献<br>(167-168)                                    | 参考文献の整理作業中であったため、作成中としていた。 | 「参考文献」として、整理した。  |