

平成 27 年度
環境放射能分析研修事業報告書

平成 28 年 3 月

公益財団法人日本分析センター

本報告書は、原子力規制庁の「平成 27 年度原子力施設等防災対策等委託費（環境放射能分析研修）」による委託業務として、公益財団法人日本分析センターが実施した平成 27 年度「環境放射能分析研修」の成果をとりまとめたものです。

目 次

| | | |
|--------|-----------------------------------|----|
| 第1章 | 環境放射能分析研修事業の概要 | 1 |
| 第2章 | 環境放射能分析の研修 | 2 |
| 2.1 | 研修講座の構成、名称、日程等 | 2 |
| 2.2 | 各研修講座の概要 | 5 |
| 2.2.1 | 環境放射能分析・測定の入門 | 5 |
| 2.2.2 | 環境放射能分析・測定の基礎 | 7 |
| 2.2.3 | ガンマ線スペクトロメトリー概論 | 9 |
| 2.2.4 | 放射化学概論 | 10 |
| 2.2.5 | 放射線の人体影響概論 | 11 |
| 2.2.6 | 環境試料の採取及び前処理法 | 13 |
| 2.2.7 | 放射性ストロンチウム分析法 | 15 |
| 2.2.8 | アルファ放射体分析及び迅速分析法 | 17 |
| 2.2.9 | トリチウム分析法 | 19 |
| 2.2.10 | ゲルマニウム半導体検出器による測定法 | 21 |
| 2.2.11 | ゲルマニウム半導体検出器による測定法 (緊急時) | 24 |
| 2.2.12 | 可搬型ゲルマニウム半導体検出器による in-situ 測定法 | 25 |
| 2.2.13 | 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法 | 27 |
| 2.2.14 | 環境ガンマ線量率測定法 | 29 |
| 2.2.15 | 環境ガンマ線量率測定法 (上級編) | 30 |
| 2.2.16 | 積算線量測定法 | 31 |
| 2.2.17 | 環境放射線モニタリングにおける線量評価法 | 33 |
| 2.3 | 総括 | 36 |
| 第3章 | 教材の作成 | 38 |
| 3.1 | 環境放射能分析研修講座テキストの作成 | 38 |
| 3.2 | コンピュータ支援教育(CAI)システムの整備 | 39 |
| 3.2.1 | CAI ソフトウェアの概要 | 39 |
| 3.2.2 | CAI ソフトウェアの制作 | 39 |

| | | |
|-----|----------|----|
| 第4章 | 技能試験 | 50 |
| 4.1 | 技能試験の概要 | 50 |
| 4.2 | 技能試験実施結果 | 50 |

第1章 環境放射能分析研修事業の概要

環境放射能分析研修事業の目的は、環境放射線モニタリング等を行う都道府県の実務担当者を対象とした技術研修を行い、都道府県の分析機関の環境放射能分析・測定に係る技術水準の維持・向上に資することである。

本研修の特徴は、①放射能測定法シリーズに準拠した内容、②実習を主体としたカリキュラム、③少人数、④コンピュータ支援教育(CAI)学習システム及び放射線計測シミュレータの活用である。

平成27年度に実施した項目とその概要は、以下のとおりである。

(1) 環境放射能分析の研修

環境放射能分析・測定に関する入門、基礎及び専門の各研修講座（17種26講座）を設け、環境放射能調査の実務に即した技術研修を行った。

本研修講座のうち、2種2講座（「アルファ放射体分析及び迅速分析法」、「積算線量測定法」）を当センターむつ分析科学研究所（青森県むつ市）で行った。その他の講座は、千葉本部（千葉県千葉市）で行った。

「ガンマ線スペクトロメトリー概論」及び「放射性ストロンチウム分析法」の2種3講座については、本講座修了者の到達度を確保するために技能試験を実施し、必要に応じて技術的な支援を行った。

(2) 教材の作成・改訂

各講座で用いるテキストは新規に作成、または適宜改訂し、原子力防災対策指針及びその補足参考資料「緊急時モニタリングについて」に準ずるものとした。また、講義資料には環境放射能測定法シリーズの改訂、検討中の迅速分析法等についての説明を加え、最新情報を提供できるよう心掛けた。

(3) コンピュータ支援教育(CAI)システムの整備

CAIソフトウェアにおける緊急時測定関連項目に、原子力災害対策指針の内容、福島第一原発事故対応で得られた緊急時モニタリングの対応等を盛り込むことを目的として、「緊急時のヨウ素測定法」「 γ 線スペクトル解析法」「in-situ測定法」、「環境放射線モニタリング」等の改訂を実施した。

第2章 環境放射能分析の研修

2.1 研修講座の構成、名称、日程等

(1) 研修講座の構成

環境放射能分析研修は、受講者の技術レベルに対応して「入門」、「基礎」及び「専門」に区分して実施している。

平成27年度は、入門分野では1種3講座を、基礎分野では4種8講座を、専門分野では12種15講座を開講した（合計17種26講座）。

(2) 研修講座の名称、日程、受講者数

各研修講座の名称、日程、受講者数を表「平成27年度環境放射能分析研修講座一覧」に、また、分析機関ごとの受講者数を表「分析機関ごとの受講者数」に示す。

受講者数は、49分析機関（45都道府県）及び2県庁からの207名であった。

平成 27 年度環境放射能分析研修講座一覧

| 講座名 | | 日数 | 日程 | 募集予定人数 | 受講者実数 | |
|-----|----------------------|--------------------------------|---------|-------------|-------|----|
| 入門 | 1 | 環境放射能分析・測定の入門（第1回） | 5 | 8/17～8/21 | 10 | 12 |
| | | 環境放射能分析・測定の入門（第2回） | 5 | 10/19～10/23 | 10 | 14 |
| | | 環境放射能分析・測定の入門（第3回） | 5 | 11/30～12/4 | 10 | 13 |
| 基礎 | 2 | 環境放射能分析・測定の基礎（第1回） | 4 | 8/24～8/27 | 10 | 2 |
| | | 環境放射能分析・測定の基礎（第2回） | 4 | 10/26～10/29 | 10 | 5 |
| | | 環境放射能分析・測定の基礎（第3回） | 4 | 12/7～12/10 | 10 | 6 |
| | 3 | ガンマ線スペクトロメトリー概論（第1回） | 3 | 9/15～9/17 | 10 | 4 |
| | | ガンマ線スペクトロメトリー概論（第2回） | 3 | 12/16～12/18 | 10 | 4 |
| | 4 | 放射化学概論 | 1 | 7/24 | 10 | 6 |
| | 5 | 放射線の人体影響概論（第1回） | 1 | 7/23 | 10 | 5 |
| | | 放射線の人体影響概論（第2回） | 4 | 2/15 | 10 | 8 |
| 専門 | 6 | 環境試料の採取及び前処理法 | 4 | 2/23～2/26 | 8 | 8 |
| | 7 | 放射性ストロンチウム分析法 | 9 | 9/28～10/8 | 6 | 9 |
| | 8 | アルファ放射体分析及び迅速分析法 | 7 | 9/2～9/10 | 6 | 6 |
| | 9 | トリチウム分析法 | 4 | 7/28～7/31 | 8 | 10 |
| | 10 | ゲルマニウム半導体検出器による測定法（第1回） | 7 | 9/1～9/9 | 10 | 13 |
| | | ゲルマニウム半導体検出器による測定法（第2回） | 7 | 10/13～10/21 | 10 | 11 |
| | | ゲルマニウム半導体検出器による測定法（第3回） | 7 | 11/5～11/13 | 10 | 10 |
| | 11 | ゲルマニウム半導体検出器による測定法(緊急時) | 4 | 11/17～11/20 | 8 | 8 |
| | 12 | 可搬型ゲルマニウム半導体検出器による in-situ 測定法 | 4 | 11/24～11/27 | 8 | 8 |
| | 13 | 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法（第1回） | 2 | 9/10～9/11 | 10 | 5 |
| | | 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法（第2回） | 2 | 1/13～1/14 | 10 | 7 |
| | 14 | 環境ガンマ線量率測定法 | 4 | 1/19～1/22 | 10 | 11 |
| | 15 | 環境ガンマ線量率測定法（上級編） | 4 | 1/25～1/28 | 8 | 3 |
| | 16 | 積算線量測定法 | 4 | 11/10～11/13 | 8 | 8 |
| 17 | 環境放射線モニタリングにおける線量評価法 | 4 | 2/16～19 | 12 | 11 | |
| 合計 | | | | 242 | 207 | |

分析機関ごとの受講者数

| 分析機関名 | 人数 | 分析機関名 | 人数 |
|-------------------|----|-------------------------|----|
| 北海道原子力環境センター | 6 | 愛知県環境調査センター | 3 |
| 青森県原子力センター | 16 | 三重県保健環境研究所 | 1 |
| 岩手県環境保健研究センター | 1 | 滋賀県衛生科学センター | 2 |
| 宮城県環境放射線監視センター | 5 | 京都府保健環境研究所 | 1 |
| 秋田県健康環境センター | 2 | 大阪府立公衆衛生研究所 | 1 |
| 山形県衛生研究所 | 1 | 奈良県景観・環境総合センター | 1 |
| 山形県環境科学研究センター | 2 | 和歌山県環境衛生研究センター | 2 |
| 福島県衛生研究所 | 1 | 鳥取県生活環境部衛生環境研究所 | 5 |
| 福島県環境創造センター（県庁含む） | 36 | 島根県防災部原子力安全対策課原子力環境センター | 10 |
| 茨城県環境放射線監視センター | 10 | 岡山県環境保健センター | 4 |
| 栃木県保健環境センター | 2 | 広島県立総合技術研究所保健環境センター | 2 |
| 群馬県衛生環境研究所 | 2 | 山口県環境保健センター | 2 |
| 埼玉県衛生研究所 | 3 | 徳島県立保健製薬環境センター | 2 |
| 埼玉県環境科学国際センター | 1 | 香川県環境保健研究センター | 1 |
| 東京都健康安全研究センター | 1 | 愛媛県原子力センター | 4 |
| 神奈川県衛生研究所 | 3 | 高知県衛生研究所 | 4 |
| 新潟県放射線監視センター | 9 | 福岡県保健環境研究所 | 2 |
| 富山県環境科学センター | 3 | 佐賀県くらし環境本部環境センター | 8 |
| 石川県庁 | 1 | 佐賀県 唐津保健福祉事務所 | 1 |
| 石川県保健環境センター | 5 | 長崎県環境保健研究センター | 4 |
| 福井県原子力環境監視センター | 14 | 熊本県保健環境科学研究所 | 1 |
| 山梨県衛生環境研究所 | 1 | 大分県衛生環境研究センター | 3 |
| 長野県環境保全研究所 | 1 | 宮崎県衛生環境研究所 | 1 |
| 岐阜県保健環境研究所 | 1 | 鹿児島県環境放射線監視センター | 5 |
| 静岡県環境放射線監視センター | 9 | 沖縄県衛生環境研究所 | 1 |

2.2 各研修講座の概要

平成 27 年度に開講した各研修講座の概要及び実施結果を以下に示す。

2.2.1 環境放射能分析・測定の入門

(1) 概要

環境放射線モニタリングを実施する上で必要な環境放射能分析・測定に関する基礎的知識を解説し、技術的な手法等を習得するため、前処理・測定の実習を行った。また、緊急時における迅速法について解説するとともに、実習を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 | |
|-------|--|--|--|
| 第 1 日 | 講義 放射線と放射能 (原子核の壊変、人工放射能、単位、環境放射能調査) | 講義・実習 環境 γ 線量測定法 (サーベイメータ測定) | |
| 第 2 日 | 実習 環境試料の採取及び前処理法 | 実習 環境試料の前処理(海産生物等)、試料採取機材の紹介、土壌試料採取(見学)、緊急時対応の前処理 | |
| 第 3 日 | 実習 低バックグラウンド β 線測定① (測定試料作製、プラトー曲線の作成) | 講義 低バックグラウンド β 線 測定法 | 実習 低バックグラウンド β 線 測定② (データ解析) |
| 第 4 日 | 講義・実習 γ 線スペクトロメトリー | 講義・実習 γ 線スペクトロメトリー | |
| 第 5 日 | 講義・実習 γ 線スペクトロメトリー | 講義・演習 モニタリングの質の保証 不確かさについて | |

第 1 回：平成 27 年 8 月 17 日～8 月 21 日

第 2 回：平成 27 年 10 月 19 日～10 月 23 日

第 3 回：平成 27 年 11 月 30 日～12 月 4 日

(3) 受講者

第 1 回：12 名

第 2 回：14 名

第 3 回：13 名

(4) 講師

内部講師：15 名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：(第1回)「适当」が12名
(第2回)「适当」が12名、「多い」が2名
(第3回)「适当」が13名
- ②時期：(第1回)「适当」が1名、「遅い」が11名
(第2回)「适当」が6名、「遅い」が8名
(第3回)「适当」が11名、「遅い」が2名
- ③期間：(第1回)「适当」が11名(不明1名)
(第2回)「适当」が14名
(第3回)「适当」が12名(不明1名)

b) 講義等

- ①実習が多めに準備されており、講義と実習のバランスが良かった。
- ②日常業務で使用している機器について、その仕組みを知ることができた。
- ③実習で機器の特性や使用時の注意点を体感することができた。
- ④緊急時を想定した試料調製ができた。
- ⑤緊急時の試料調製で、使い捨てを念頭にした機材が参考になった。
- ⑥業務で行っている各作業の意味が確認できた。
- ⑦オシロスコープを利用することで、Ge半導体検出器システムの中で、どのような信号処理を行っているか理解できた。
- ⑧機器の校正の方法がわかった。
- ⑨市販のソフトを用いたデータの解析において、各機能の意味が理解できた。
- ⑩LBCのセンターカウンターやガードカウンターなど、普段見ることのない実物を見ながらの説明が参考になった。
- ⑪印加電圧を自分で操作し、プラトー領域を確認できた。
- ⑫不確かさは必要だが、概念及び計算を理解するのが難しい。

c) その他

- ①研修時期として8月は遅い。
- ②ある程度業務を進めての研修だったため、理解しやすいところもあった。
- ③専門用語が多く、初心者としては内容が難しく感じた。
- ④水準調査での試料取扱いについて、解説してもらいたい。
- ⑤スペクトル解析のパソコン操作でつまづいた。
- ⑥1班あたりの人数が多くて、実際に操作ができる時間が短かった。
- ⑦市町村向けの実習を行っており、説明の仕方など参考にさせてもらいたい。
- ⑧原発事故当時の事例を聞くことができた。

- ⑨参加者同士で情報交換・意見交換を行う時間を設けても良い。
- ⑩日本分析センターの設備・環境を見ることができた。
- ⑪帳票受け渡し配慮や部屋のモニタリング等は参考になった。

2.2.2 環境放射能分析・測定の基礎

(1) 概要

「環境放射能分析・測定の入門」に引き続き、環境放射線モニタリングを実施する上で必要な、より実践的な環境放射能分析・測定に関する基礎知識を解説し、より高度な技術的手法を習得するために放射化学分析を含む分析・測定の実習を行った。また、緊急時における迅速法について解説するとともに、実習を行った。

なお、受講者は「環境放射能分析・測定の入門」受講済を条件としてに募集することにより高度かつ実務的内容へと学びを進め、日程については連続または別日程の組合せでも参加できるようにした。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 |
|-----|-----------------------------|--|
| 第1日 | 講義 放射化学分析法概論 | 講義・実習 放射化学分析法紹介 |
| 第2日 | 講義・実習 液体シンチレーション測定法 | 講義・実習 液体シンチレーション測定法（効率線源及び効率曲線の作成等） |
| 第3日 | 講義 α 線スペクトロメトリー概論 | 講義・実習 α 線スペクトロメトリー（校正曲線等） |
| 第4日 | 施設見学 モニタリングポスト等 | |

第1回：平成27年8月24日～8月27日

第2回：平成27年10月26日～10月29日

第3回：平成27年12月7日～12月10日

(3) 受講者

第1回：2名

第2回：5名

第3回：6名

(4) 講師

外部講師 1名

内部講師 4名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：(第1回)「少ない」が2名
(第2回)「適当」が5名
(第3回)「適当」が5名、「少ない」が1名
- ②時期：(第1回)「遅い」が2名
(第2回)「適当」が1名、「遅い」が4名
(第3回)「適当」が4名、「遅い」が2名
- ③期間：(第1回)「適当」が2名
(第2回)「適当」が4名、「短い」が1名
(第3回)「適当」が6名

b) 講義等

- ①放射能分析の手法について理解できた。
- ②ストロンチウムの迅速分析法についてもう少し学びたかった。
- ③ストロンチウム 90 放射化学分析の一部の実習や各工程の見学は、座学で学ぶより理解しやすかった。
- ④液体シンチレーションの原理や測定上の注意点等について勉強になった。
- ⑤講義にビデオを使う等、工夫があった。
- ⑥ α 線の分析法の理論について詳しい説明があり、他の放射線(β 、 γ)との測定法の違いがよく理解できた。
- ⑦ α 線スペクトロメーター(Si 半導体検出器)の特徴、 γ 線測定と比較した違い(エネルギーに関わらず計数効率が一定)なども分かり、放射能測定に関する理解が深まった。
- ⑧真空を破っての測定などを普段できないことを見ることができた。
- ⑨演習問題や配布された補足資料等に説明が丁寧に記載されており、復習に役立つ。
- ⑩モニタリングポストや、実物を見たことのなかった機器等を見学できた。
- ⑪講師が各県の状況を把握して説明しているのが良かった。

c) その他

- ①入門・基礎の第1回は4～6月であると良い。
- ②年度の初めに受講できれば他の専門研修受講の判断材料になる。
- ③「入門」と併せて9日間は長いと思っていたが、実際に受講したら内容が濃く、勉強になった。
- ④基礎を受講してから(トリチウムの)専門研修を受講できると良い。
- ⑤施設見学は、「入門」の最初の方にやった方が良い。

2.2.3 ガンマ線スペクトロメトリー概論

(1) 概要

ガンマ線スペクトロメトリーの実施に必要な基礎的事項を解説し、一連の手順を習得するため試料前処理からデータ解析までの実習を行った。また、研修受講後に標準試料を貸与し、受講者の所属機関の測定器で測定し、データを報告する技能試験を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 | |
|-----|--|---------------------------------|---------------------------|
| 第1日 | 講義 環境放射線概論 | 講義・実習 試料前処理法 試料前処理（海産生物等） | 実習 [Ge 測定実習 (測定開始)] |
| 第2日 | 講義 ガンマ線スペクトロメトリー概論 | 講義 ガンマ線スペクトロメトリー概論 | 実習 [Ge 測定実習 (測定開始)] |
| 第3日 | 実習 データ解析実習（データ解析手順、ピーク中心チャンネルと半値幅計算、濃度計算、不確かさ算定等） | 実習 データ解析実習 (つづき) | 講義 ガンマ線スペクトロメトリーの実際 |

第1回：平成27年9月15日～9月17日

第2回：平成27年12月16日～12月18日

(3) 受講者

第1回：4名

第2回：4名

(4) 講師

外部講師：1名

内部講師：6名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

①人数：(第1回)「適当」が3名、「少ない」が1名

(第2回)「適当」が3名、「少ない」が1名

②時期：(第1回)「適当」が4名

(第2回)「適当」が4名

- ③期間：(第1回)「適当」が4名
(第2回)「適当」が4名

b) 講義等

- ①壊変図の読み取り方や検出器の仕組み、検出の理論など、今まで漠然と理解していたことが明確になった。
- ②機器校正の重要性がよく理解できた。
- ③スライドには記載のない補足説明からも多くの情報を得ることができた。
- ④危機管理上重要な緊急時の前処理法について重点的に解説があった。
- ⑤Geの結晶を見ることができたほか、液体窒素で半導体を冷やす仕組みが理解できた。
- ⑥試料取出の際の状態確認は、すぐに導入したい。
- ⑦バックグラウンド測定的重要性等、業務を見直すポイントが見つかった。
- ⑧測定後のスペクトルの確認の仕方等が参考になった。
- ⑨緊急時に起こりうる問題点について貴重な情報を得ることができた。
- ⑩普段機械の中で自動で行われているプロセスが良く分かった。生データを見ることの重要性を改めて認識した。
- ⑪ガンマ線測定の基礎、スペクトル解析の手順等が理解できた。
- ⑫エネルギー校正、半値幅計算等、通常は機器任せで慣れない計算だが、丁寧な説明により良く理解できた。
- ⑬エクセルを用いたピーク効率曲線の作成、放射能濃度の計算等を行った。
- ⑭不確かさ、食品の放射能調査について学んだ。
- ⑮NaIを使用した簡易測定があるということを知った。

c) その他

- ①技能試験があることから、不確かさに係る講義にもう少し時間をかけてもよいと思う。または、ゲルマニウム半導体検出器による測定法において技能試験を実施してもよいと思う。

2.2.4 放射化学概論

(1) 概要

放射化学とは何か、なぜ放射化学を行うのかを主眼として放射性物質とその性質、放射線の検出と測定法、放射化学分析法の基礎について解説した。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 | |
|-----|------------------|-----------------|------------------|
| 第1日 | 講義 放射性物質とその性質 | 講義 放射線の検出と測定 | 講義 放射化学分析法の基礎 |

実施：平成 27 年 7 月 24 日

(3) 受講者

受講者数：6 名

(4) 講師

外部講師：1 名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：「適当」が 6 名
- ②時期：「適当」が 5 名、「遅い」が 1 名
- ③期間：「適当」が 5 名、「短い」が 1 名

b) 講義等

- ①物質と原子の成り立ち、壊変などについて、改めて学習することができた。
- ②放射化学分析の特徴、注意点が理解できた。放射化学分離法の特徴が理解できた。
- ③医療や考古学など広範囲に及ぶ内容だったので、参考になった。

c) その他

- ①理論のみでなく、最後の JCO の事故例や、福島原発事故後の分析に実際にどう生かされているのか等、具体的な話をもっと聞きたかった。
- ②高線量下や高汚染下における適切な測定方法や、コンタミを防ぎながらの分析方法など、緊急時における EMC の対応についても緊急時のカリキュラムにおいて重点的にとりあげてほしい。

2.2.5 放射線の人体影響概論

(1) 概要

放射線の生理作用の基礎、人体に及ぼす影響、線量限度等について解説した。

本講座は、「放射線放射線モニタリングにおける線量評価法」の受講条件講座として、2 回（10 月、2 月）実施した。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | | 午 後 | | |
|-------|----------------------|------------------------|-------------|------------|------------------------|
| 第 1 日 | 講義 放射線生物作用 の基礎 | 講義 確定的影響及び確率 的影響 | 講義 内部被ばく | 講義 線量限度 | 講義 低線量放射線被ば くの影響 |

第1回：平成27年7月23日

第2回：平成28年2月15日

(3) 受講者

第1回：5名

第2回：8名

(4) 講師

外部講師：1名

内部講師：1名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

①人数：(第1回)「適当」が4名、「少ない」が1名

(第2回)「適当」が7名、「少ない」が1名

②時期：(第1回)「適当」が3名、「遅い」が2名

(第2回)「適当」が4名、「遅い」が4名

③期間：(第1回)「短い」が5名、

(第2回)「適当」が5名、「短い」が3名

b) 講義等

①人体影響について体系的に説明を受ける貴重な機会であった。

②等価線量、線量当量、実効線量、預託線量などの用語の意味と関係が理解できた。

③放射線影響が発現するメカニズムについて、具体的にイメージできた。

④確定的影響と確率的影響の概念について、またDNAの損傷の仕方による影響の違いについて理解できた。

⑤低線量被ばくにおける細胞レベルの影響及び実験結果が興味深かった。

⑥概要だけでなく、まだ結論が出ていない疫学分野の動物実験結果などの話は興味深かった。

⑦放射線又は放射能から被曝線量を算出する考え方、その歴史的変遷を丁寧に説明してもらえた。

⑧線量を計算するためには、根拠となるICRPの考え方を知っておく必要がある。

⑨ICRPの勧告が「防護のため」を目的とし、必ずしも科学的根拠だけが基礎でないことを知った。

c) その他

- ①基礎的研修は、来年度は、是非 6 月頃に実施してほしい。
- ②線量評価と連続して受講できる日程なのは有難い。合わせて一つの講座とすると受講しやすい。
- ③内容が多くて難しいものも多く、学んだ内容を整理しきれなかった。同様の内容を講義で扱うのであれば、2 日コースとしてはどうか。
- ④今回学んだことは、地域住民の素朴な不安の声を理解する上でも役立つと感じた。

2.2.6 環境試料の採取及び前処理法

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ 16「環境試料採取法」及び 13「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」に基づき、環境放射線モニタリングを実施する上で必要な環境試料採取の考え方及びその前処理法について解説した。

また、技術習得のために、野菜、海産生物、海水及び陸水試料の前処理の実習を行った。さらに、緊急時に対応し、目的に応じた迅速な試料調製方法及び試料相互の汚染防止方法について解説し、実習も行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 |
|-------|---|--|
| 第 1 日 | 講義 環境試料の採取と前処理法 | 実習 海水 A・B① (サンプリング、AMP 処理) 海産生物① (魚の分割処理、乾燥) 陸水① (サンプリング) |
| 第 2 日 | 実習 海水 A・B② (AMP デカンテーション・マウント・乾燥、水酸化物生成) 陸水② (蒸発濃縮) 海産生物② (灰化) | 実習 海水 A・B③ (硫化物生成、MnO ₂ 吸着) 土壌① (サンプリング、乾燥) |
| 第 3 日 | 実習 海水 A・B④ (マウント、混合、乾燥) 陸水③ (蒸発濃縮、乾燥) | 実習 陸水④ (乾固 (測定試料調製)) 野菜 (洗浄、前処理) 土壌② (粉碎、混合) |
| 第 4 日 | 実習 海水 A・B⑤ (測定試料調製) 海産生物③ (灰出し、ふるい分け) | 講義・実習 不確かさの求め方 |

海水 A は水酸化物法、海水 B は二酸化マンガンを示す。

実習には緊急時対を含む。

実施期間：平成 28 年 2 月 23 日～2 月 26 日

(3) 受講者

受講者数：8名

(4) 講師

内部講師：6名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：「適当」が8名
- ②時期：「適当」が3名、「遅い」が5名
- ③期間：「適当」が7名、「短い」が1名

b) 講義等

- ①採取方法は、現場や目的に応じて変わる部分が多いことを改めて認識した。
 - ②試料調製で、分析センターが使用する器具とその使い方がわかった。
 - ③野菜の前処理では、緊急時と平常時の違いが学べた。
 - ④大根の切り方による乾き方の違いはとても興味深かった。
 - ⑤標本により灰化温度の違いによる試料の形状差を確認できた。
 - ⑥海水の前処理では、デカンテーションや吸引ろ過などのそれぞれの操作や使っている機器を知ることができた。
 - ⑦実習でマニュアルだけではつかみきれないノウハウを教えてもらった。
 - ⑧海産物・海水の処理方法によっては揮散する恐れがある核種がある等、注意すべき点を学んだ。
 - ⑨海水に添加する硝酸の働き等、より深く理解することができた。
 - ⑩海水の前処理では、試料の色や沈殿の様子を講師の見本や他の受講生の試料と各段階で見比べられて、どの操作が影響するのか気づくことができた。
 - ⑪吸引ろ過の際、始めから沈殿物を入れてしまうと時間がかかる等、操作時におけるコツを学んだ。
 - ⑫AMP-MnO₂ 捕集で沈殿をまとめる時の混合操作の説明がよかった。
 - ⑬U-9の壁面を洗い表面を整える操作で霧吹きを使うのが参考になった。
- c) その他
- ①研修で得られた知識を年度の業務に活かすため、本研修は年度初めに開催してほしい。
 - ②講師の人数が多く、一人ひとりをしっかりと見てもらえた。

2.2.7 放射性ストロンチウム分析法

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ2「放射性ストロンチウム分析法」に基づき、ストロンチウム 90 の放射化学分析法、低バックグラウンドβ線測定装置の構成・動作原理、環境における放射性ストロンチウムの濃度レベル等について解説した。技術習得のために、イオン交換法による化学分離・精製、低バックグラウンドβ線測定用試料の調製及び測定、安定元素の定量、放射能測定データの解析等について実習を行った。また、抽出クロマトグラフィーによるストロンチウム 90 の迅速分析法について解説し、実習も行った。

研修受講後に標準試料を配付し、受講者の所属機関で分析し、データを報告する技能試験を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | | 午 後 | | |
|-----|---|---------------------|--|----------------------------------|--|
| 第1日 | 実習 (灰、灰 _S)試料秤量、酸分解 (土、土 _S)試料秤量、500℃加熱 | | 講義 放射化学 分析法概 論 | 実習 (灰、灰 _S)酸分 解 | 講義 放射性ストロンチウム分 析法解説(迅速分析法含 む) |
| 第2日 | 実習 (灰)酸抽出、ろ過、炭酸塩沈殿生成 (土、土 _S)酸浸出 | | 実習 (灰)遠心分離、シュウ酸塩沈殿生成、ろ過、600℃ 加熱 (土)ろ過 (土 _S)ろ過-メスフラスコ | | |
| 第3日 | 実習 (灰)塩酸溶解、蒸発乾固、樹脂調製 (土)炭酸塩生成 | | 実習 (灰)塩酸(1+23)溶解、ろ過、樹脂カラム作製、試料 吸着 | | |
| 第4日 | 実習 (灰)Ca 溶出、G4 フィルター酸洗浄 (土)①シュウ酸塩沈殿生成 ②シュウ酸塩沈殿再捕集 | | 実習 (灰)Sr 溶離、G4 フィルター洗浄-乾燥、溶離液蒸発 乾固 (土)③シュウ酸塩沈殿再沈 | | |
| 第5日 | 実習 (灰)硝酸乾固、カラム 再生 | 実習 安定元素の 分析方法 | 実習 (灰)G4 フィルター秤量、効バソソソソ、炭酸塩、105℃ 乾燥 (土)シュウ酸塩沈殿ろ過、600℃加熱 | | |
| 第6日 | 実習 (灰)炭酸ストロンチウム秤量、塩酸溶解 (灰 _S)酸抽出-ろ過-メスフラスコ | | 実習 (灰 _S 、土 _S)ICP-AES[Sr] 試料希釈、測定 (灰)化学回収率計算 (土)塩酸溶解 | | |
| 第7日 | 実習 (灰 _S) ICP-AES [Ca]試料希釈、測定 | | 実習 (灰 _S) ICP-AES [Ca]試料希釈、測定 | | 実習 放射能濃度 の計算方法 |
| 第8日 | 実習 (灰)ミルキング | | 講義 低バックグラウンドβ線測定法 ストロンチウム 89 の測定法 | | 実習 放射能濃度の計 算方法 |

| | | | | |
|-----|-----------------------|-----------------------------|----|--|
| 第9日 | 講義・演習 不確かさの 求め方 | 実習 放射能測定データ の解析、データ整理 | 総評 | |
|-----|-----------------------|-----------------------------|----|--|

(灰)と(土)は放射能分析を、(灰_S)と(土_S)は安定元素分析を示す。

実施：平成27年9月28日～10月8日

(3)受講者

受講者数：9名

(4)講師

外部講師：1名

内部講師：5名

(5)実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a)受入環境

- ①人数：「適当」が5名、「多い」が4名
- ②時期：「適当」が5名、「遅い」が4名
- ③期間：「適当」が6名、「長い」が2名、「短い」が1名

b)講義等

- ①なぜ放射化学分析が必要かがわかり、様々な放射化学分析について概要が理解できた。
- ②一つ一つの分析操作の意味を確認できた。
- ③シュウ酸塩を加熱することや塩酸(1+4)で溶解する操作について、目的が分かり理解が深まった。
- ④酸分解の回数による色の変化が確認でき、その他の注意事項を学び、実務に役立つと感じた。
- ⑤灰試料と土試料では、同じ炭酸塩生成過程でも異なる部分が多いとわかった。(沈殿色、溶液の粘性など)
- ⑥迅速分析法の整備状況、検討方法、今後の課題等、担当業務に関わる話を聞くことができた。
- ⑦供試料量の理由や、器具の取り扱いに関するテクニックが勉強になった。
- ⑧担体入れ忘れを防ぐために、時計皿やビーカーに印をつけることなど参考にしたい。
- ⑨ろ紙貼りのコツも教えてもらい、作業の合間に練習した。
- ⑩再沈殿作業の際、ガラス棒で壁面をこするように混ぜると沈殿が生成することについては、マニュアルに記載すべき重要な内容だと思った。

- ⑪安定元素測定の意味の説明がわかった。
- ⑫県と異なる分析法を学ぶことができた。
- ⑬カラムのコンディショニングは行うことができなかったが、説明は参考になった。
- ⑭LBC の構造、特徴、測定上の注意点について理解できた。ミルク試料では静電気に注意することや、数か月に一度プラトーの測定が推奨されることを知った。
- ⑮Sr-90 の測定の際に、Y-90 を抽出して測定する理由、また放射平衡到達までの 14 日静置の根拠が理解できた。
- ⑯Cs 等の放射能濃度の計算方法と比べ、計算過程が複雑であると感じた。手計算で過程を追うことで意味を理解することができた。
- ⑰迅速分析法のうち、IAEA 法について説明を受けたが、適用には多くの課題が残っていることが理解できた。
- ⑱東日本大震災時の対応について具体的な説明があり勉強になった。

c) その他

- ①分析操作の目的を詳しく説明してもらいとても勉強になった。もっと早く春頃に研修を受けることができたなら年度の業務に活かして良い。
- ②試料の秤量等一つ一つの作業に時間がかかった。人数が定員であれば、よりスムーズだったと思う。
- ③ストロンチウム分析の一連の操作をとおして、普段のやり方に間違いがないかを確認しながら、自分の手技・技量を見直すことができた。分析結果が基準値に収まっていたので、技能試験は自信を持って取り組みそう。
- ④各自普段の分析方法とほぼ同様の手順で分析操作が進めたので、他県の方の操作上での工夫を目にすることができ、勉強になった。
- ⑤ICP-AES の原理について再度、簡単に教えて頂けると良かったと思う。
- ⑥不確かさの説明は要点がはっきりして分かり易かったが、もう少し時間をかけて講義を聞きたい。

2.2.8 アルファ放射体分析及び迅速分析法

(1) 概要

環境試料中の α 放射体分析に必要な、放射化学分析法、 α 線スペクトロメトリー、使用機器の原理及び特性、環境における α 放射体の濃度レベル等について解説した。

文部科学省放射能測定法シリーズ 12「プルトニウム分析法」等に基づき、プルトニウム等の陰イオン交換樹脂カラム法または溶媒抽出法による化学分離・精製、 α 線スペクトロメトリー用試料の調製と測定、データ解析等について実

習を行った。

また、原子力災害発生時に迅速に分析・測定するために必要となる専門的知識及び技術を解説するとともに、ICP-MS を用いたプルトニウム及びウランの分析・測定の実習も行った。

本講座は、むつ分析科学研究所で行った。

(2)カリキュラム

| | 午 前 | | 午 後 | | |
|------------|---|------------------|--|--|--|
| 第1日 | 実習 Pu(α)、Pu(迅速)、 U(α 、ICP): サンプリング、加熱処理 Pu(α):[紹介]海水の鉄共沈、 灰試料の分解 | 講義 午後と 同内容 | 講義 α 放射体分析法 概論 (Pu、Uを中心 に) | 講義 プルトニウム 迅速分析法概 論 (ICP-MS 迅速分 析) | 実習 Pu(迅速): M. W 分解 |
| 第2日 | 実習 Pu(α):酸浸出、ろ過、濃縮 Pu(α):[紹介]海水のデカンテーション U(α):酸浸出、乾固 | | 実習 Pu(α):濃縮、価数調整 U(α):溶解、ろ過 U(ICP):酸浸出、ろ過、測定試料溶液の調製 Pu(迅速):M. W分解、蒸発濃縮 | | |
| 第3日 | 実習 Pu(α):ろ過、イオン交換 U(α):溶媒抽出 Pu(迅速):価数調整 | | 実習 Pu(α):イオン交換 U(α):溶媒抽出、蒸発乾固、酸分解 Pu(迅速):価数調整 | | |
| 第4日 | 実習 Pu(α):溶離液の分解・乾固 U(α):電着 Pu(迅速):価数調整、ろ過 | | 実習 Pu(α):電着 U(α):電着 Pu(迅速):イ オン交換(硝酸系) | 講義・実習 不確かさの求 め方 | 実習 Pu(α):電着 Pu(迅速):イ オン交換(硝酸系) |
| 第5日 9/8 | 実習 Pu(迅速):蒸発乾固 Am(迅速):フッ化物共沈 | | 講義 α 線スペクト ロメトリー概 論 | 実習 Am(迅速): α 線計測 Pu(迅速):イオン交換(酢酸系) Pu(α):[紹介]灰の分解 | |
| 第6日 | 実習 Pu(迅速)、U(ICP):測定試料溶液の調製 | | 実習 Pu(迅速)、U(ICP):ICP-MS 測定 | | |
| 第7日 | 実習 分析結果の比較、質疑応答 | | | | |

M. W : マイクロウェーブ

実施期間：平成 27 年 9 月 2 日～9 月 10 日

(3)受講者

受講者数：6 名

(4) 講師

内部講師：4名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：「適当」が6名
- ②時期：「適当」が4名、「遅い」が2名
- ③期間：「適当」が6名

b) 講義等

- ①迅速分析の操作がためになった。
- ②マイクロウェーブ等を用いた迅速分析法の流れについて理解できた。
- ③灰試料の硝酸による加熱分解の方法や注意事項は参考になった。
- ④灰試料が酸分解加熱中に突沸する原因がわかった。糖分の多いものは乾固するとき発火することも知り、今後注意したい。
- ⑤海水のデカンテーションの方法はとても参考になった。
- ⑥フッ化物共沈に関する操作は初めてであったので、ためになった。
- ⑦カラムの正しい使い方、樹脂の上手な詰め方を教えてもらった。
- ⑧ α 線スペクトルの具体例を挙げての解説が分かりやすかった。
- ⑨測定データの解析をとおして、放射能濃度の計算方法が理解できた。
- ⑩ICP-MSの原理と測定方法を理解することができた。
- ⑪原液から調製したトレーサーの確認方法を知ることができた。
- ⑫分析対象によってトレーサーの量を変えていることを知った。
- ⑬福島第一原子力発電所事故に関する情報を知ることができた。

c) その他

- ①分析の合間に質疑応答の時間があり、これまでの内容をより深く理解する手助けになりました。

2.2.9 トリチウム分析法

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ9「トリチウム分析法」に基づき、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタの構成・装置の動作原理、環境におけるトリチウムの濃度レベル等について解説した。また、技術習得のために、試料の精製及び調製、測定条件の設定、クエンチング補正曲線の作成及び測定データ等の解析について実習を行った。

また、緊急時に対応したトリチウム迅速分析法について解説し、実習も行った。

た。

(2)カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 | | |
|-----|--|---|---------------|--|
| 第1日 | 講義 トリチウム分析法概論 (迅速分析法含む) | 実習 実習計画の説明 減圧蒸留と測定試料の調製 効率測定用標準線源の調製 電解濃縮法の開始 大気中トリチウムサンプラーの始動 | | |
| 第2日 | 実習 燃焼 還流 測定条件の設定① | 実習 測定条件の設定② クエンチング補正曲線の作成 | | |
| 第3日 | 実習 還流後の常圧蒸留 電解濃縮法の終了 | 実習 測定試料の調製 (迅速分析法) | | |
| 第4日 | 実習 大気中トリチウムサンプラーの停止 UV測定 測定データの解析 | 講義 不確かさの求め方 | 講義 被ばく線量評価 | |

実施：平成27年7月28日～7月31日

(3)受講者

受講者数：10名

(4)講師

外部講師：1名

内部講師：3名

(5)実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a)受入環境

- ①人数：「適当」が7名、「多い」が2名（不明1名）
- ②時期：「適当」が8名、「早い」が1名（不明1名）
- ③期間：「適当」が6名、「長い」が1名「短い」が2名（不明1名）

b)講義等

- ①基礎的な内容から具体例まで学べた。
- ②作業概要の事前説明について、動画と組合わせた説明でわかりやすか

った。

- ③クエンチングの概要がわかり、クエンチング曲線の作成が参考になった。
- ④効率測定作業は初めてであったが、操作の意味がよくわかった。
- ⑤電解濃縮、燃焼、常圧蒸留などは、本県では実施していないので、実習できてよかった。
- ⑥測定条件の設定は、ブラックボックスになりがちなので、実習できてよかった。
- ⑦UV 測定の意味、装置の注意点が分かった。
- ⑧不確かさの概念及び計算のポイントがわかった。
- ⑨OBT 分析用試料燃焼装置において、寿命で焼き焦げたシリコンゴム栓や石英管を見ることができた。
- ⑩シンチレーターのロットで、安定性が異なり、クエンチング曲線に影響を与える場合があることを知った。
- ⑪トリチウムの被ばく線量評価について、分析の観点と絡めての説明が分かり易く、参考になった。

c) その他

- ①テキストが非常にわかりやすかった。
- ②減圧蒸留については、片付け（フラスコを洗う時の注意点等）まで実習できると良い。
- ③電解濃縮の進行状況を確認時、室内がひどく暑かったので夏場は配慮してほしい。
- ④イオン交換による電気伝導度測定において、コンディショニング等の作業を含めると前日からの作業又は完成したカラムの事前準備が望ましい。

2.2.10 ゲルマニウム半導体検出器による測定法

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」に基づき、環境試料中の γ 線放出核種の定量に必要な、放射線測定の原理、スペクトル解析等の基本的及び専門的知識についてCAI、放射線計測シミュレータ等を用いて解説した。また、技術習得のために、測定試料の調製、機器の調整とピーク効率曲線の作成、エネルギー校正、スペクトル解析、自己吸収の補正等について実習と演習を行った。

本講座は、3回（9月、10月、11月）実施した。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 |
|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| 第1日 | 講義 γ線スペクトロメトリーの基礎 | 講義 γ線スペクトロメトリーの概要 |
| 第2日 | 実習 測定試料の調製（灰試料、土試料等） | 実習 機器の調整（高電圧の印加、波形の調整、エネルギー校正） |
| 第3日 | 実習 ピーク中心チャンネルと半値幅の計算、エネルギー校正 | 演習 ピーク効率曲線の作成①（エネルギー依存性） |
| 第4日 | 演習 ピーク効率曲線の作成②（幾何学的依存性） | 演習 放射能濃度の計算 |
| 第5日 | 実習 市販ソフトウェアによるスペクトル解析① | 実習 市販ソフトウェアによるスペクトル解析② |
| 第6日 | 実習 市販ソフトウェアによるスペクトル解析③ | 実習 市販ソフトウェアによるスペクトル解析④ |
| 第7日 | 実習 不確かさの具体的算出 | |

第1回：平成27年9月1日～9月9日

第2回：平成27年10月13日～10月21日

第3回：平成27年11月5日～11月13日

(3) 受講者

第1回：13名

第2回：11名

第3回：10名（1名は4日目から欠席）

(4) 講師

内部講師：6名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：（第1回）「適当」が12名、「多い」が1名
（第2回）「適当」が10名、「少ない」が1名
（第3回）「適当」が8名、「少ない」が1名
- ②時期：（第1回）「適当」が10名、「遅い」が3名
（第2回）「適当」が7名、「遅い」が4名
（第3回）「適当」が8名、「遅い」が1名
- ③期間：（第1回）「適当」が12名、「短い」が1名
（第2回）「適当」が8名、「長い」が3名

(第3回)「適当」が6名、「長い」が3名

b) 講義等

- ①テキスト、講義ともとても分かりやすい内容であった。
- ②コンプトン散乱や電子対生成、Ge 検出器の種類と構造、p型・n型の違いやその性質について、非常に説明がわかりやすかった。
- ③オシロスコープを用いることにより、信号のアナログからデジタルへの変換等がイメージでき、検出器での一連の処理と波形やゲイン調整のスペクトルへの影響が良く理解できた。
- ④チャンネルの温度依存性について説明があった。
- ⑤分析センターのGeの機器校正の頻度がわかった。
- ⑥今年度からガンマスタジオを使用しているが、大半の機能を知らずに使用していたことがわかった。
- ⑦実際に手計算してみても解析ソフトの仕組みが理解できた。てこずった手計算での校正がソフトの利用であつという間に計算され、計算過程を知らないままでは真偽の確かめようがないと感じた。
- ⑧模擬牛乳の解析の実習をとおして、入力ミスで結果が大きく異なることを学んだ。実際の解析を行う際には十分に留意したい。
- ⑨測定用容器への試料充填が体験でき、教科書に記載されていない細かい注意点が把握できた。
- ⑩測定条件を揃えるためのコツ(容器にかぶせる袋の取り扱い)が参考になった。
- ⑪原発事故関連資料のγスペクトロメトリーについて緊急時に固有の問題点(クロスコンタミネーションを防ぎ方や、デッドタイムの減らし方等)について勉強になった。
- ⑫重なったピークがある場合の対処方法、検出下限値の算出など、現実に即した計算方法が学べた。
- ⑬福島事故直後のスペクトルの定性分析を行い、通常時から核データ等を整備しておく必要性を実感した。
- ⑭ガンマ線スペクトロメトリーでの不確かさの算出を具体的に学べた。

c) その他

- ①新年度の早い時期に研修があると良い。
- ②PCのLogin方法(PW)の説明はあった方が良い。
- ③参考図書、参考文献を教えてもらいたい。(英文、和文は問いません。)
- ④色々な質問を個別に対応してもらったが、研修参加者全員で議論できれば良かった。
- ⑤マリネリの専用内袋でなく、普通のビニール袋を使用した試料詰め、大

気浮遊じんのろ紙をU-8容器に入れる実習も行って見たかった。

- ⑥不確かさの算出は講義時間が短かった。
- ⑦得られた結果から考察する講義や、CAIの操作時間が増えると理解が深まると思う。最終日はレポート作成時間を終日として、演習等任意で行えるようにしても良いのではないか。
- ⑧施設見学で分析センターのコンタミ防止のための施設管理を見ることができた。

2.2.11 ゲルマニウム半導体検出器による測定法（緊急時）

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」、24「緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法」等に基づき、原子力災害発生時に、環境放射線モニタリングの実務担当者が試料を迅速に調製・測定するために必要となる専門的知識等を解説した。また、技術習得のために、マリネリ容器を用いた測定試料の調製、緊急時のγ線スペクトル解析等の実習を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|----------------|
| 第1日 | 講義 緊急時環境放射線モニタリング | 講義 事故後における 当センターの連続 モニタ実測例 | 講義・実習 試料採取法 |
| 第2日 | 実習 測定試料の調製① | 実習 実習測定試料の調製② | |
| 第3日 | 実習 緊急時スペクトルの解析① | 実習 緊急時スペクトルの解析② | |
| 第4日 | 実習 緊急時スペクトルの解析③ | | |

実施期間：平成27年11月17日～11月20日

(3) 受講者

受講者数：8名

(4) 講師

内部講師：7名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：「適当」が8名
- ②時期：「適当」が8名
- ③期間：「適当」が7名、「長い」が1名

b) 講義等

- ①原子力災害対策指針の理解が浅かったため、勉強になった。
- ②普段のルーチン測定に比べて緊急時は採取法、前処理及び解析法などが大きく異なることを学んだ。
- ③作業エリアの養生について、再確認することができました。
- ④試料調製について実習をとおして再確認することができた。使用している機材についても見直すことができた。
- ⑤防護用具の装着例、養生方法などの写真入りでの説明がわかり易かった。
- ⑥チェルノブイリ事故時のスペクトルを用いた解析を行ったが、普段はライブラリに頼り切っており、緊急時に自力で解析するのは難しいと感じた。

c) その他

- ①他の自治体の機器設置状況や保守管理方法などを教えてもらい、情報交換のできたよい研修であった。研修終了後も連絡を取り合い、技術の向上に努めたい。
- ②緊急時の分析はクロスコンタミなどに注意する必要があるのは分かるので、前処理だけでなく、試料の搬入や人の出入りなどの対策もこの研修で学ぶことができると良い。
- ③試料調製時の試料はもっと扱いが難しいものも採用してほしい。
- ④緊急時のスペクトル同定が以前から不安だったため、本講座は役立った。スペクトル同定の問題集が欲しい。

2.2.12 可搬型ゲルマニウム半導体検出器による in-situ 測定法

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ 33「ゲルマニウム半導体検出器を用いた in-situ 測定法」に基づき、原子力災害発生時に、環境放射線モニタリングの実務担当者が試料を迅速に測定するために必要となる専門的知識等を解説した。また、技術習得のために、スクレーパープレートによる土壌採取、深度分布の解析、in-situ 測定等の実習を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 | |
|-----|-----------------------------|--|---------------|
| 第1日 | 講義 緊急時環境放射線モニタリング | 講義 可搬型 Ge 半導体検出器 を用いた in-situ 測定 | 実習 機器調整 |
| 第2日 | 実習 スクレーパープレートによる土壌採取① | 実習 スクレーパープレートによる 土壌採取② | 実習 採取試料の調製 |
| 第3日 | 実習 in-situ 測定 | 実習 データ解析 (β 値算出、in-situ 測定結果解析) | |
| 第4日 | 講義 事故後における in-situ 測定実測例 | | |

実施：平成 27 年 11 月 24 日～11 月 27 日

(3) 受講者

受講者数：8 名

(4) 講師

内部講師：7 名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：「適当」が 8 名
- ②時期：「適当」が 2 名、「遅い」が 6 名
- ③期間：「適当」が 8 名

b) 講義等

- ①緊急時対応関係の研修ではよくある講義だが、状況は少しずつ変化している。今年改正された対策指針はまだ読み込んでいなかったため、その解説がありがたかった。
- ②実際に機器を動かしながら、測定の方法を実習し、測定前の準備や調整等で疑問に感じていた細かい点が解消できた。
- ③養生の仕方や校正方法、機器の取り扱いの注意点など実機を用いて説明を聞き参考になった。
- ④分析センターでは、コードの接続部分変更を行ったり、養生のやり方を使いやすいようにする工夫が色々あり参考になった。講義を受けた後に、実際に機器を身近に見て実習するのは、一番分かり易く有意義だと思う。
- ⑤普段行わない角度効率の作成方法を体験できた。
- ⑥調査研究で実施しているスクレーパープレートによる土壌採取法を体験

でき大変勉強となった。根や砂利の取扱い、角の処理など実際にやってみないと気が付かない点が多く今後の調査に役立つ。

- ⑦重量緩衝深度の考え方を理解することができた。また、分析マニュアル法と JAEA 法との比較を行うことができ大変役立った。それぞれ長所・短所があり、それぞれを考慮して最も妥当な方法を検討していく必要があると理解した。
- ⑧解析の手法や重量深度、 β 値の意味について理解することが出来た。データを打ち込むだけではなく、ディスカッションしながら解析したので、大変勉強になった。

c) その他

- ①もう少し暖かい時季（例えば 10 月頃）に実施してもらいたい。
- ②日程・機材等に支障がなければ、機材のセッティング、養生についても、研修生が自ら作業させてもらえると、今後、自分たちで in-situ 測定を実施するときに、より有用な研修となる。
- ③原子力災害対策指針及び緊急時モニタリングについて、中身を再確認するよい機会となった。資料については文章が多く、若干分かりにくいと感じた。
- ④気温が低く、雨も降る中での屋外の作業であったが、風雨除けのテント設置や防寒具の用意など、最大限の配慮をしてもらったので、特に不都合を感じることなく実施することが出来た。
- ⑤聞きなれない単位や言葉が多くやや混乱した。
- ⑥据え置き Ge による測定手順も、参考程度の資料があると良い。
- ⑦緊急時に実施するのは適さない作業であると感じた。

2.2.13 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法

(1) 概要

ガンマ線測定概論、ガンマ線スペクトル解析概論の他、チェルノブイリ原発事故及び福島原発事故時の実際のガンマ線スペクトルを用いた講義を行った。この他、緊急時を想定したガンマ線スペクトル解析実習を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | | 午 後 | |
|-------|------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| 第 1 日 | 講義 ガンマ線測定の基礎 | 講義 ガンマ線スペクトロメトリ概論 | 講義 ガンマ線スペクトロメトリ概論 (つづき) | 講義 緊急時におけるガンマ線スペクトルの実際 |
| 第 2 日 | 実習 緊急時におけるスペクトル解析実習 | | 実習 緊急時におけるスペクトル解析実習 | |

第1回：平成27年9月10日～9月11日

第2回：平成28年1月13日～1月14日

(3) 受講者

第1回：5名

第2回：7名

(4) 講師

内部講師：1名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：(第1回)「适当」が5名
(第2回)「适当」が7名
- ②時期：(第1回)「适当」が4名、「遅い」が1名
(第2回)「适当」が7名
- ③期間：(第1回)「适当」が4名、「短い」が1名
(第2回)「适当」が6名、「短い」が1名

b) 講義等

- ①ピーク探査については、板書での説明等もあり、よく理解できた。サム効果補正の計算の部分はやや理解が追いつかなかった。
- ②実際の例により、減衰補正の注意点や親娘関係にある核種についての注意点を学ぶことができた。
- ③普段プログラムに頼っている部分を手計算することで理解が深まった。
- ④緊急時に多くの核種が検出されるような場合の特有の現象について学んだ。緊急時に知っておくべき重要な情報が多かった。
- ⑤実際のスペクトルを基に核種の同定を行ったが、どういった根拠をもって核種を同定するのか、という部分の難しさが良く分かった。
- ⑥レジユメの光電効果、コンプトン散乱とγ線計数率との関係などは市販のテキストより分かりやすかった。

c) その他

- ①緊急時にメーカーのソフトを使ったときにどうなるか、どうしたら良いかということもやってみたい。
- ②もっと緊急時の事例紹介やピークサーチの練習を多くやってほしかった。
- ③前処理方法、養生方法についても実習したかった。

2.2.14 環境ガンマ線量率測定法

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ 17「連続モニタによる環境γ線測定法」等に基づき、環境ガンマ線計測の基本的原理とその計測法、環境測定上の留意点について、平常時のモニタリングに資する項目を中心に解説した。

また、技術習得のために、NaI(Tl)シンチレーション検出器モニタによる連続測定、NaI スペクトロメータ及び電離箱等の特性試験等の実習を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 | |
|-----|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 第1日 | 講義 環境放射線モニタリングの基礎 | 講義・実習 環境ガンマ線量率測定 | 実習 測定時の注意点（遮蔽、距離、散乱線） |
| 第2日 | 実習 特性試験 | 実習 特性試験 つづき | |
| 第3日 | 実習 各種線量計による in-situ 測定① | 実習 各種線量計による in-situ 測定① つづき | 実習 各種線量計による in-situ 測定②（解析） |
| 第4日 | 実習 天然放射性核種寄与分と人工 放射性核種寄与分との弁別 | | |

実施期間：平成 28 年 1 月 19 日～1 月 22 日

(3) 受講者

受講者数：11 名

(4) 講師

内部講師：8 名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：「適当」が 9 名（不明が 2 名）
- ②時期：「適当」が 2 名、「遅い」が 8 名（不明が 1 名）
- ③期間：「適当」が 9 名、「長い」が 1 名（不明が 1 名）

b) 講義等

- ①講義と実習のバランスもよく、難易度もほどよかったと思う。

- ②環境放射線モニタリングを行うにあたって平常時における内容や測定機器の特徴等や測定における留意点を再確認できた。
- ③実習をとおして、これまで意識してこなかった線量率計の特性について学べた。
- ④測定機器の違い、測定環境の違いによる測定値の変化についてよくわかった。
- ⑤遮蔽効果や距離二乗則について再確認した。
- ⑥散乱線の算出について実験に基づき計算し、より理解が深まった。
- ⑦人工放射線と天然放射線の分離評価について知ることが出来た。

c) その他

- ①サーベイメータの操作方法など基礎的な内容も含んでいるので、出来るだけ早い時期に実施できると良い。
- ②研修の時期はもう少し早めの寒くなる前になると良い。寒い時期であったので屋外の測定を丁寧に行うのは難しく感じた。
- ③機器の保守は業者に任せており、機器の簡単な保守点検法や調整法についての講義、実習があると良いと思った。

2.2.15 環境ガンマ線量率測定法（上級編）

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ 17「連続モニタによる環境γ線測定法」等に基づき、環境ガンマ線計測の基本的原理とその計測法、環境測定上の留意点について、緊急時のモニタリングに資する項目を中心に解説した。

また、技術習得のために、NaI(Tl)シンチレーション検出器モニタによる連続測定、NaI スペクトロメータ及び電離箱等の特性試験等の実習を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | | 午 後 | |
|-----|-----------------------------|--|-----------------------|--------------------------|
| 第1日 | 講義 緊急時環境放射線モニタリング | | 講義 環境γ線量率測定 | 実習 機器調整（ゲイン、ゼロ点） |
| 第2日 | 実習 照射場の値付け | | 実習 各種特性試験（エネルギー特性） | |
| 第3日 | 実習 各種特性試験（線量率直線性） | | 実習 各種特性試験（データ整理） | 講義・実習 NaIにおける各種線量演算方法 |
| 第4日 | 講義 事故後における当センターの連続モニタ実測例 | | | |

実施期間：平成 28 年 1 月 25 日～1 月 28 日

(3) 受講者

受講者数：3名

(4) 講師

内部講師：8名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：「適当」が2名、「少ない」が1名
- ②時期：「適当」が2名、「遅い」が1名
- ③期間：「適当」が3名

b) 講義等

- ①原子力災害対策指針は未完成であると改めて感じた。原子力災害対策指針の内容は理想的な事象でない限り機能しないと思われる。線量率測定地点設定は地理的な制約もあり、理想的な場所で測定できるとは限らないので、地点ごとの特性を把握しなければならないと感じた。
- ②100nGy/h程度の汚染で起こる事象について学ぶことが出来た。
- ③測定器の種類により、得意とするエネルギー帯に違いがあることが理解できた。
- ④NaIの結晶の実物が見られた。壊れたNaI結晶でも試しに測定してみたかった。
- ⑤空間線量率測定の原理や測定器の特徴についての知見が深まった。
- ⑥測定器の印加電圧や他条件を様々に変化させてみたりすることは日常の監視業務ではなかなかできないことであり、理解が進み、良い経験となった。

c) その他

- ①自治体では、現在もレスポンスマトリックス法で人工放射線の弁別を行っているので、他の手法も含めてスペクトルから線量率を演算した結果を比較する等の実習ができると良い。

2.2.16 積算線量測定法

(1) 概要

文部科学省放射能測定法シリーズ 18「熱ルミネセンス線量計を用いた環境 γ 線量測定法」及び27「蛍光ガラス線量計を用いた環境 γ 線量測定法」に基づき、環境の放射線量を測定するうえで基礎となる原理及び方法等について解説した。

また、技術習得のために各種線量計の基本的な取扱い、特性試験、環境場の測定等の実習を行った。

本講座は、むつ分析科学研究所で行った。

(2)カリキュラム

| | 午 前 | 午 後 | |
|-----|-----------------------|---------------------|----------------|
| 第1日 | 講義 積算線量計の理論と計測 | 実習 積算線量計の基本的な取扱い | |
| 第2日 | 実習 環境場の測定 | 実習 環境場の測定 | 実習 線量計に校正 |
| 第3日 | 実習 特性試験 | 実習 特性試験 | 講義 不確かさの求め方 |
| 第4日 | 実習 データの整理、解析及び検討評価 | | |

実施期間：平成27年11月10日～11月13日

(3)受講者

受講者数：8名

(4)講師

内部講師：2名

(5)実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a)受入環境

- ①人数：「適当」が8名
- ②時期：「適当」が3名、「遅い」が5名
- ③期間：「適当」が7名、「短い」が1名

b)講義等

- ①RPLD と TLD をともに学ぶことができ良かった。それぞれの原理と特性、それぞれの利点と欠点について理解できた。
- ②日本分析センターでの TLD 及び RPLD の不確かさに関する評価例を知ることができた。
- ③TLD に指紋等、汚れがついた場合、測定値がどのように変化するかという実験が、非常に良かった。
- ④RPLD の特徴や測定上の注意点について丁寧な解説があり、分かりやすか

った。

⑤ガラス素子の自曇りやひび割れ等の影響を示しながら、素子のチェック項目を教えてもらった。確認すべきポイントが分かりやすかった。

⑥ロットによる素子特性の差について吟味すべきである事がわかった。

c) その他

①照射待ち時間中に、テキストに沿った講義があると良い。

②一連の測定から TLD と RPLD に差がないことがわかった。

③日本分析センターでの実際的な方法や使用機材や器具等の細かな情報が得られた。また、他県の方法等の情報交換ができ、今後の業務に役立つ人的交流ができることが非常に意義深い。

④データ解析方法等について、各自がテキストを見て独自に行うだけでなく、例となる練習問題の提示があれば良かった。

⑤測定結果の評価方法(測定値の標準偏差や変動係数の考え方、棄却について等)についてもっと詳しい講義があると良い。

2.2.17 環境放射線モニタリングにおける線量評価法

(1) 概要

環境放射線モニタリング指針の基本目標の一つである公衆の被ばく線量推定・評価の手法について解説した。内部被ばく・外部被ばくにおける各種パラメータについて、また、大気や海洋中での放射性核種の希釈・拡散、生物濃縮過程等について解説し、各々の演習により理解の促進を図った。さらに、環境放射線モニタリングにおける線量推定・評価の実例として、環境放射能水準調査の結果に基づく線量推定及び原子力施設立地県における環境放射線モニタリングの詳細について紹介した。

また、通常と異なるデータが出た時や緊急時において、公衆被ばく線量を求め評価することができるように演習を行った。

(2) カリキュラム

| | 午 前 | | 午 後 | |
|-----|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 第1日 | 講義 総論 | 講義 放射性核種とモニタリング | 講義・演習 水圏の放射性核種の挙動 | 講義 食品摂取による内部被ばく線量及び食品の規制値 |
| 第2日 | 講義・演習 内部被ばく線量推定 | | 講義・演習 原子力施設立地県の線量推定及び評価法の実例① | |
| 第3日 | 講義・演習 原子力施設立地県の線量推定及び評価法の実例② | | 講義・演習 大気・陸圏の放射性核種の挙動 | |

| | | | | |
|-----|---------------------|-------------------------|------------|--|
| 第4日 | 講義・演習 外部被ばく線量推定① | 講義・演習 外部被ばく線量 推定② | 演習 線量推定 | |
|-----|---------------------|-------------------------|------------|--|

実施期間：平成28年2月16日～2月19日

(3) 受講者

受講者数：11名

(4) 講師

外部講師：4名

内部講師：4名

(5) 実施結果

本講座の実施結果について受講者の意見等を以下に示す。

a) 受入環境

- ①人数：「適当」が10名（不明1名）
- ②時期：「適当」が5名、「遅い」が5名（不明1名）
- ③期間：「適当」が5名、「短い」が5名（不明1名）

b) 講義等

- ①研修のはじめに概論があることで、どのようなことをいつどの講義で聞けるか心の準備ができた。
- ②緊急時モニタリングの枠組みを知ることができた。指針や補足説明資料、緊急時モニタリング計画など、普段の業務はそれらの立ち位置を理解している前提で進むので、今回の受講内容で頭の中が整理でき、今後の業務に役立つと感じた。
- ③核種の生成や施設からの放出の核種組成及びこれらの比などが、とても興味深く聞くことができた。
- ④モニタリング現場での過去の事例を知ることができた。
- ⑤BWRとPWRからの放出される核種の違いとそのメカニズムがと興味深かった。福島線の線量率の再現データも見ることができた。
- ⑥預託実効線量について理解できた。天然の放射性核種のPo-210の重要性を認識する貴重な機会だった
- ⑦福島事故前の食品中放射能調査結果について、日本人の食生活が如実に反映されていること、また、事故後の給食中の放射能調査結果が大変興味深かった。
- ⑧一般の方が事故以前の放射能はゼロだと思っているということは実感と

してあったので、説明責任を果たすために事故以前のバックデータを把握しておくことは大事なことだと気付いた。

- ⑨研修受講前、線量評価について、ある値に係数をかけて総和を取る程度にしか考えていなかった。今回の研修では、その根幹となる考え方や何を近似しているのか、係数をどのように導いているのかを窺い知ることができた。
- ⑩指針等に目を通したことがあっても、ICRP 勧告までは意識が及ばず、数値の根拠がそこにあり、それに基づいて構築されているということを理解することができた。
- ⑪演習問題の質、難易度も良かったので、理解が進んだ。演習を通じて線量推定の方法を身に付けることができた。

c) その他

- ①もう少し時間をとって、様々なパターンの演習をしてみたい。
- ②講師陣の経験談は非常に興味深く、更に他自治体の研修生と情報交換することができ、新しい視点で物事を捉える一助になった。

2.3 総括

平成 27 年度は、7 月 23 日から 2 月 26 日までに 17 種 26 講座を開講し、各都道府県のモニタリング機関の担当者 207 名に対して研修を行った(募集 242 名)。今年度も当センターの技術と経験を講義・実習に反映させ、受講者の実務に即応できる研修を心がけた。

今年度は、原子力規制庁の指示により「環境放射能分析・測定の入門」講座を 1 講座増設した。「環境放射能分析・測定の入門」「環境放射能分析・測定の基礎」が 3 回ずつとなったのを契機に、これらの講義実習内容の整理を行い、入門から基礎に重複なくスムーズに受講できるカリキュラムとした。さらに、「環境放射能分析・測定の基礎」講座においては、放射化学分析の講義に加え、放射化学分析法について具体的実習を行うことにより受講者の理解を促進し、専門の各講座(放射性ストロンチウム分析法、トリチウム分析法、 α 放射体分析法)へのスムーズな導入を図れるものとした。加えて、当センター内の施設見学を再開し、環境モニタリングに使用される機器、実験室の配置、施設管理等について、都道府県における今後のモニタリング機器等の整備・更新の参考となるよう積極的に紹介した。

講義においては、「原子力災害対策指針」及びその補足資料「緊急時モニタリングについて」の改訂内容を配付資料等に盛り込むとともに、放射能測定法シリーズの改訂、迅速分析法の検討状況を踏まえ、関連講座における情報提供に努めた。

従来より、都道府県のモニタリング機関における実務担当者の異動に伴う新任者、次期担当予定者、緊急時応援者などに対する養成訓練の意味合いを持つ本講座に対し、平成 23 年 3 月 11 日発生した東日本大地震に伴う福島第一原子力発電所事故以降は、ますます人材育成の期待が大きくなり、今後しばらくはこの傾向が継続するものと思われる。さらに、原子力災害対策指針に基づく緊急時モニタリング体制の整備が進む中、あらたに環境放射線モニタリングに携わる原子力施設隣接県職員の教育訓練のニーズが高まり、本研修においても、受講者が増加しつつある。このため、引続き各講座のさらなる充実を図ることが不可欠で、さらに、研修で習得した知識と技術を今年度の仕事から活かしてきたいと願う実務担当者の要望に応えるべく、適時に実施できるものとする必要があると考える。

最後に、受講者のフォローアップを目的とした技能試験を「ガンマ線スペクトロメトリー概論」及び「放射性ストロンチウム分析法」の 2 種、3 講座において実施した。分析機関の事情により、受講者全員の参加とはならなかったが、参加者については、当センターが配付した試料の分析・測定を所属機関で実施し結果の報告があり、不確かさに基づく当センターの分析値との比較において、

ほぼ全員が良い評価となった。一部、相違が見られたケースもあったが、原因を相互で確認し、再分析、再測定、再計算の検討を実施後、改善された。これらの検討により、一連の作業のクリティカルポイント、不確かさの見積もりの大切さなどを実感してもらうことができた。分析機関の実験室・測定室で標準試料の分析測定を実施することは、受講者及び分析機関にとっての負担が懸念されたが、結果として技術の定着と実務担当者の自信につながり、参加者から好評であった。

今後もいくつかの講座で、技能試験の実施を継続し、研修の効果を定着させ、受講者の支援を図ることがより良い研修、ひいては環境放射線モニタリングの精度の向上につながると考えられる。そのために、技能試験に使用する標準試料の確保も急務であり、今後、各分析にふさわしい標準試料の整備に努めたい。

第3章 教材の作成

3.1 環境放射能分析研修講座テキストの作成

研修コースのカリキュラムの変更等に伴い、テキストの見直しを行うとともに、受講者の要望に応え、分析・測定に係る詳細解説資料、トラブル等の事例集、演習問題等をテキストに盛り込み、内容の充実を図った。

また、これらを効果的に説明するための説明用資料（パワーポイント）を作成し、受講者の理解を促進した。テキストは講義に用いる他、受講生が復習用に活用することを踏まえ、ファイルに綴じて提供した。

平成27年度、修正等を行ったテキスト及び配付資料を下表に示す。

| コース名 | 新規作成 | 改訂 |
|------------------------------|------------------------|--|
| 環境放射能分析・測定の入門 | なし | 第1部「環境γ線量測定法」 「緊急時におけるγ線スペクトロメトリー」(配付) 第2部「環境γ線量測定法」 「緊急時におけるγ線スペクトロメトリー」(配付) 「γ線スペクトロメトリー」(配付) 「低バックグラウンドβ線測定法」(配付) 「表核ライブラリに登録する核種」 |
| 環境放射能分析・測定の基礎 | なし | 第1部「放射化学分析法概論」 「放射化学分析法概論」(配付) 「液体シンチレーション測定法」(配付) 「α線スペクトロメトリー概論」(配付) 「CAI α線スペクトル例と解説」(配付) 「施設見学」(配付) |
| ガンマ線スペクトロメトリー概論 | なし | 第1部「環境放射線概論」 「放射線と放射能」(配付) 「データ解析実習」(配付) 「食品の放射能調査の実際」(配付) |
| 放射化学概論 | なし | 第1部「放射化学概論」 「放射化学概論」(配付) 第2部「放射化学分析法概論」 |
| 放射線の人体影響概論 | なし | 「放射線の人体影響概論」(配付) |
| 環境試料の採取及び前処理法 | なし | 第1部「環境試料の採取及び前処理法(実習)」 「環境試料の採取と前処理法」(配付) |
| 放射性ストロンチウム分析法 | なし | 「放射化学分析法概論」(配付) 「放射性ストロンチウム分析法」(配付) 「低バックグラウンドβ線測定法」(配付) 「放射能濃度計算方法」(配付) 「不確かさの求め方」(配付) 「ストロンチウム90分析における不確かさの求め方」(配付) |
| トリチウム分析法 | なし | 第3部「トリチウム被ばく線量評価」 「トリチウム分析法概論」(配付) |
| ゲルマニウム半導体検出器による測定法 | なし | 「γ線スペクトロメトリーの基礎」(配付) 「緊急時におけるγ線スペクトロメトリー」(配付) 「半導体検出器の動作原理」(配付) |
| ゲルマニウム半導体検出器による測定法(緊急時) | 「緊急時環境放射線モニタリングの例」(配付) | 「Ge半導体検出器による測定法(緊急時対応)」(配付) 「事故の影響による線量変化」(配付) 「緊急時のγ線スペクトロメトリー」(配付) 「緊急時のγ線スペクトロメトリー」(配付) |
| 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法 | なし | 「4章緊急時測定注意」(配付) 「ピークサーチと核種同定」(配付) 「逐次壊変」(配付) 「逐次壊変核種の減衰補正」(配付) |
| 可搬型ゲルマニウム半導体検出器によるin-situ測定法 | なし | 第1部「緊急時環境放射線モニタリング」 第2部「可搬型Ge半導体検出器を用いたin-situ測定法」 第3部「実習テキスト」 第4部「事故後におけるin-situ測定法実測例」 |
| 環境ガンマ線量率測定法 | なし | 「環境ガンマ線量率測定法(初級)」(配付) 「天然と人工の弁別(初級)」(配付) 第3部「実習テキスト」 「環境γ観測事例」(配付) |
| 環境ガンマ線量率測定法(上級編) | 第1部「緊急時環境放射線モニタリング」 | 第2部「環境ガンマ線量率測定法(上級)」 第3部「NaIにおける核種線量演算方法」 第4部「実習テキスト」 第5部「事故後における当センターの連続モニタ実測例」 |
| 環境放射線モニタリングにおける線量評価法 | なし | 第1部「放射性核種とモニタリング」 「放射性核種とモニタリング」(配付) 「大気・陸(陸域生態圏)関係パラメータ」(配付) 第2部「演習問題解答」(配付) 「水圏の放射性核種の挙動」(配付) 第3部「演習問題解答」(配付) 「外部被ばく線量推定」(配付) 第4部「演習問題解答」(配付) 「内部被ばく線量推定」(配付) 第6部「原子力施設立地地の線量推定及び評価法の実際」 「研修に臨む基本的考え方」(配付) 「線量推定(演習)」(配付) |

3.2 コンピュータ支援教育(CAI)システムの整備

3.2.1 CAI ソフトウェアの概要

CAI は研修効果向上を目的とした視聴覚教材で、特徴は次のとおりである。

- ①グラフィック画面やカラー写真等の静止画、アニメーション/シミュレーション画面やビデオ動画、音声による説明等を用い、受講生が容易に理解できるよう工夫している。
- ②関連する用語・略語集、詳細かつ高度な内容の解説、演習問題等が含まれている。講義・実習における補助教材として使用するとともに、自学自習でも研修内容の理解を深めることができ、学習効果の向上が期待できる。
- ③ソフトウェアの使用方法はやさしく、操作マニュアルを見ずに学習が進められる。
- ④プログラム、画像データ、音声データ等は DVD に記録され、Windows 2000/XP 及び Windows7 による標準的なパソコン(1024×768 ドット、6 万色以上) で動作する。

システム全体の構成を表「CAI システム全体構成」に示す。

3.2.2 CAI ソフトウェアの制作

平成 27 年度は、CAI ソフトウェアにおける緊急時測定関連項目に、原子力災害対策指針の内容、福島第一原発事故対応で得られた緊急時モニタリングの対応等を盛り込むことを目的として、「緊急時のヨウ素測定法」「 γ 線スペクトル解析法」「in-situ 測定法」、「環境放射線モニタリング」等の改訂を実施した。

今年度制作した CAI ソフトウェアの画面の抜粋を示す。

表 C A I システム全体構成

| 第1階層 | 第2階層 | 第3階層 |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|
| 基 礎 | 放射線と放射能 | 一般・基礎知識 |
| | | 原子核と核種 |
| | | 放射線の性質 |
| | | 放射線と物質との相互作用 |
| | 放射化学概論 | 分離法 |
| | | 核種分析（調査核種別） |
| | 測定法 | 一般・基礎知識 |
| 測定器（測定器別） | | |
| 放射線の影響 | 線量測定 | |
| 環境放射線モニタリング* | 平常時、平常時の強化、緊急時モニタリング | |
| 分析の信頼性 | 分析の信頼性、不確かさ | |
| 専 門 | 放射能分析 | α 放射体分析概論 |
| | | 試料採取 |
| | | 試料調製 |
| | | H-3 分析 |
| | | C-14 分析 |
| | | Sr-90 分析 |
| | | 放射性ヨウ素分析法 |
| | | U分析 |
| | | U分析（ICP-MS） |
| | | Pu 分析 |
| | | Pu 分析（迅速） |
| | | Am-Cm 分析 |
| | | Am-Cm 分析（迅速） |
| | | 全 α 迅速分析 |
| | | γ 線スペクトロメトリー |
| | α 線スペクトロメトリー | |
| | ICP-MS 測定 | |
| | 放射線測定 | 環境 γ 線量測定法 |
| | | 積算線量 |
| | 被ばく線量 | 線量推定・評価 |
| | 緊急時 | 緊急時総論 |
| | | 環境試料採取法 |
| | | ヨウ素測定法 |
| γ線測定法 | | |
| γ線スペクトル解析法 | | |
| in-situ 測定法 | | |
| 線量測定法 | | |

イタリック：今回の改訂箇所

環境放射能分析CAI Environmental Radioactivity Analysis CAI

基礎

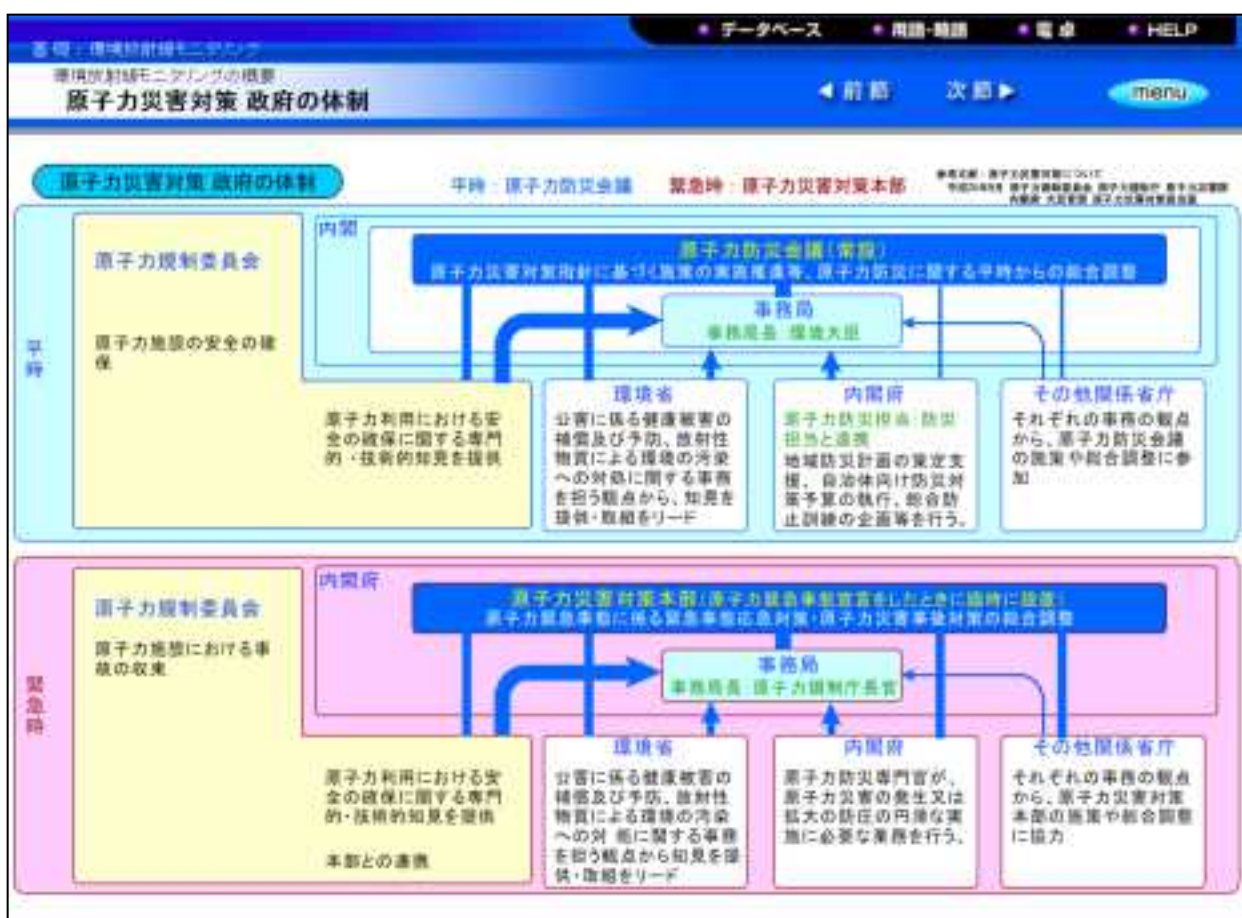
- 放射線と放射能
- 放射化学用語
- 測定法
- 放射線の影響
- 環境放射線モニタリング
 - 概要
- 分析の信頼性

専門

- 放射線分析
- 放射線測定
- 測定と検査
- 緊急時

基礎/環境放射線モニタリング/概要

- ▶ はじめに
- ▶ 原子力災害対策 制度の枠組
- ▶ 原子力災害対策 政府の体制
- ▶ 原子力災害対策指針の概要





専門：緊急時
緊急時対応
異常事態発生

データベース 用語-簡語 電卓 HELP

◀ 前節 次節 ▶ menu

異常事態の事例 | 法令・指針等

原子力防災に関する事項

「原子力災害対策指針」(原子力規制委員会決定) 2012
東京電力福島第一原子力発電所事故(PAR.17) 2011

「環境放射線モニタリング指針」(原子力安全委員会決定) 2008
「原子力施設等の防災対策について」改訂 2007
原子力災害対策特別措置法見直し 2006

行政省庁行組織改革(原子力安全規制の見直し) 2001
「原子力施設等の防災対策について」
「緊急時環境放射線モニタリング指針」改訂 2000

原子力災害対策特別措置法の制定
JCOウラン加工工場臨界事故(INES:4) 1999

動燃炉スラット固体化処理 1997
施設火災爆発事故 (PAR.3) 1993 もんじゅ2次系ナトリウム漏洩事故(PAR.1)
1991 高圧2号機高圧釜上部圧力制御事故(INES:2)
1986 チェルノブイリ事故(INES:7)

1984 「緊急時環境放射線モニタリング指針」(原子力安全委員会決定)
1980 「原子力発電所等周辺の防災対策について」(原子力防災指針
原子力安全委員会決定)
1979 スリーマイル島(TMI)事故(INES:5)

■ ここがポイント

我が国の原子力防災対策の進化と法律制定までの経緯について理解する。

この点では、「環境放射線モニタリング指針」に関する表記について「原子力災害対策指針」に対応する箇所を参照できます。

もっと詳しく

異常事態の事例

1979年3月の英国スリーマイルアイランド原子力発電所の事故を契機に、我が国の原子力安全委員会は、1980年6月、防災活動をより円滑に実施するための指針「原子力発電所等周辺の防災対策について」をまとめました。

さらに1986年9月30日我が国ではじめて周辺住民の避難を要する臨界事故となったJCO事故対応の反省を踏まえ、同年12月17日「原子力災害対策特別措置法」(原災法)が制定されました。

専門：緊急時
ヨウ素測定法
放射性ヨウ素測定方法の概要

データベース 用語-簡語 電卓 HELP

◀ 前節 次節 ▶ menu

簡易測定法 | 精密測定法 | 輸出入関係と指標

放射性ヨウ素の簡易測定法

試料採取地点の選定 → 放射性ヨウ素の最大濃度予想地点、風下輪郭・セクター及び風下の集落等

測定用機器 → Naシンチレーションサーベイメータ

試料の採取 → ポリエチレン袋・容器等に試料を密封

簡易測定 → バックグラウンドの高い所では、測定できません。

スクリーニング → 防災指針等の人体への摂取制限指標等に基づくスクリーニング

試料の保管

精密測定用試料を選定

・防災指針
・緊急時環境放射線モニタリング指針 参照

■ ここがポイント

簡易測定法と精密測定法の位置付けと作業日約及び、簡易測定法の主な作業フローと要点を理解する。

簡易測定法

第1段階モニタリングでは、緊急時の迅速対応が求められることから、試料採取現場での簡易測定すなわち試料測定のスクリーニングを行います。このスクリーニングで測定された試料を分析所等に持ち帰り、放射性物質の分類及び代表核種等の線量計算のための精密測定を行います。

放射性ヨウ素の簡易測定法では、測定用機器としてNaシンチレーションサーベイメータが用いられます。測定用試料の採取では、ポリエチレン製の袋及び容器を用い、密封性を確保します。特に、試料の採取時の時刻と採取量の記録は、スクリーニング後の精密測定作業にも大きく影響するため、必要不可欠の作業となっております。また、スクリーニングでは、防災指針に規定されている人体への摂取制限に関する指標等を考慮し、精密測定用試料を選定します。

福島第一原発事故後の放射線モニタリングでの経験より、バックグラウンドの高い試料採取場所でサーベイメータを用いた放射線測定が困難であることがわかり、採取後に分析所を持ち帰り、測定容器に詰めガラス管に封入して精密測定による簡易測定を行う方法が有効とされました。

一方、バックグラウンドの高い場所へ持ち込んで、サーベイメータによるスクリーニング測定は有効で、放射線測定レベルの判定に利用されます。

専門：緊急時

緊急時短説

緊急時環境放射線モニタリング 指針の位置付け

データベース 用語-簡語 電卓 HELP

前節 次節 menu

緊急時モニタリング

「原子力災害対策特別措置法」は、「災害対策基本法」と「原子炉等規制法」の特別法として制定され、原子力災害の特殊性を考慮し、原子力災害対策の強化を図り、原子力の災害から国民の生命、身体及び財産を保護することを目的としています。

また、原子力防災に関する専門的・技術的事項については原子力安全委員会が、「原子力施設等の防災対策について」の指針（防災指針）を定めています。防災指針は、原災法第19条の原子力緊急事態発生時における迅速対応を目的としたモニタリングと周辺環境への全般的影響評価を目的としたモニタリングについて具体的に記載しています。

さらに、防災対策の一環として実施される、緊急時における環境放射線モニタリングの具体的事項を定めたものとして、「環境放射線モニタリング指針」（緊急時モニタリング指針）があります。

「緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法」は、緊急時に対応したγ線スペクトル解析法のマニュアルです。

専門：緊急時

緊急時短説

緊急時環境放射線モニタリング 指針の位置付け

データベース 用語-簡語 電卓 HELP

前節 次節 menu

緊急時モニタリング

「原子力災害対策特別措置法」は、「災害対策基本法」と「原子炉等規制法」の特別法として制定され、原子力災害の特殊性を考慮し、原子力災害対策の強化を図り、原子力の災害から国民の生命、身体及び財産を保護することを目的としています。

また、原子力防災に関する専門的・技術的事項については原子力安全委員会が、「原子力施設等の防災対策について」の指針（防災指針）を定めています。防災指針は、原災法第19条の原子力緊急事態発生時における迅速対応を目的としたモニタリングと周辺環境への全般的影響評価を目的としたモニタリングについて具体的に記載しています。

さらに、防災対策の一環として実施される、緊急時における環境放射線モニタリングの具体的事項を定めたものとして、「環境放射線モニタリング指針」（緊急時モニタリング指針）があります。

「緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法」は、緊急時に対応したγ線スペクトル解析法のマニュアルです。

緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法

- 緊急時環境放射線モニタリング
- 測定試料の調製
- 測定と解析
- 解析結果の取扱い
- 校正データ

専門 | 測定時

ヨウ素測定法

簡易測定法の準備

データベース | 用語-説明 | 電卓 | HELP

◀ 前節 | 次節 ▶ | menu

チェック確認による測定器確認 | 校正用標準試料の調製 | 測定器校正

測定器準備

バックグラウンドの測定

校正用標準試料の測定

換算係数の算出

バックグラウンドの高い所では、測定できません。

$$\text{換算係数 (Bq/cps)} = \frac{\text{標準試料放射能 (Bq)}}{\text{正味読み取り値 (cps)}}$$

$$\text{正味読み取り値} = \text{試料測定値 (cps)} - \text{バックグラウンド測定値 (cps)}$$

ここがポイント

チェック確認による測定器の確認方法と注意事項を理解すると共に、測定器の放射基準を理解する。

測定器校正

事前にチェック確認で動作確認されたNaIシンチレーションサーベイメータを使用します。

検出部の汚染防止のために、検出器中の空気を抜きながらポリエチレン袋で包み、コード側をビニールテープを用いて封をします。飲料水・牛乳試料を測定する時は、検出器先端から10cmの位置がわかるように、ビニールテープでマーキングして置き、ポリエチレン袋で空気に包みます。

サーベイメータのスイッチを入れ、バッテリーと高圧 (H.V) を確認します。つぎに、測定レンジを最小に、測定数を100%に設定します。また、単位別換スイッチを押して、単位をcps (カウント毎秒) にします。

最初に、バックグラウンドの測定を行います。地上1メートル程度の空間に検出器を保持します。測定開始後から30、60、90秒後の3回指示値を読み取り、平均値を記録します。

つぎに、校正用標準試料の放射率測定を行います。実測の試料の測定と同じ方法で検出器を試料にセットします。測定開始後から30、60、90秒後の3回指示値を読み取り、平均値を記録します。

大気用標準試料では、試料を裏返して同様の測定を行い平均値を記録します。

バックグラウンドを差し引いた正味の読み取り値と校正用標準試料の放射率から、換算係数を求めます。この換算係数により、試料の放射率測定結果を放射能に換算することができます。

専門 | 測定時

ヨウ素測定法

簡易測定法

データベース | 用語-説明 | 電卓 | HELP

◀ 前節 | 次節 ▶ | menu

大気試料の測定 | 飲料水・牛乳試料の測定 | 標準試料の測定 | 測定条件 (共通事項)

測定器具準備

測定器の準備

バックグラウンド測定

試料測定

正味測定値の算出

放射能濃度算出

バックグラウンドの高い所では、測定できません。

$$\text{放射能 (Bq)} = \text{正味読み取り値 (cps)} \times \text{換算係数 (Bq/cps)}$$

$$\text{正味読み取り値} = \text{試料測定値 (cps)} - \text{バックグラウンド測定値 (cps)}$$

ここがポイント

測定に用いる物品と準備に際しての注意事項の確認、および、測定回数と測定時間を把握すると共に、正味測定値および放射能濃度の算出手順を理解する。

大気試料の測定

標準試料を用いて校正されたNaIシンチレーションサーベイメータのほか、ローボリュームエアサンプラで吸引した活性炭カートリッジ、ダストろ紙、時計、ポリエチレン袋、ビニールテープ、記録用紙を準備します。

検出部の汚染防止のために、検出器中の空気を抜きながらポリエチレン袋で包み、コード側をビニールテープを用いて封をします。

NaIシンチレーションサーベイメータの測定数を10秒、測定レンジを最小に設定し、測定器部に設置します。また、単位別換スイッチを押して、単位をcps (カウント毎秒) にします。

測定操作です。まず、バックグラウンドを測定します。測定開始後から30、60、90秒後の3回指示値を読み取り、平均値を記録します。バックグラウンドを読み取ったら、活性炭カートリッジ検出器 (大気側) に検出器先端をセットし、標準計の表示に注目しつつ測定を開始します。測定値の読み取りは、バックグラウンド測定と同じで、読み取ったら測定器部に記録しておきます。

試料の測定値から、バックグラウンドを差し引き、正味の読み取り値を算出し、あらかじめ求めておいた換算係数を用いて、放射能濃度を求めます。

専門：製造時

データベース 用語-略語 電卓 HELP

↑ 特殊バレル取付法 / 測定試料の調製 / 準備

作業場所

← 前節 次節 → menu

測定室



試料調製室



作業場所

紫色時に採取した試料は、どのような経路がどのくらいの割合で汚染しているかわかりません。そのため、測定試料の調製時には、通常の作業環境から隔てられた場所において、密への汚染がないように十分注意しながら操作を行う必要があります。試料を調製するための場所は、測定室から離れていなければなりません。

作業スペースとしては作業台上で、試料を切り落す等の処理をし、その密で処理した試料を測定容器に詰め、かつ、作業台周りで主作業者の他に補助作業者が立ち回れるスペースが必要です。

福島第一原発事故対応の実例
 (試料の受付～測定)



専門：放射線
 in-situ測定値と放射能濃度及び空気線量率の算出／土壌中における鉛210の
パラメータβの評価：土壌を採取する方法

データベース ● 用語-説明 ● 電卓 ● HELP

◀ 前節 次節 ▶ menu

パラメータβの評価：土壌を採取する方法

1

土質が均質な場合や、より正確に放射性物質の土壌中における鉛直分布を評価するためには、深さ30cmまでの土壌を層別に採取します。図1のマニュアルでは、深さ0～2.5cm、2.5～5cm、5～10cmの土壌採取、放射性物質が地中深く浸透していると考えられる場合には深さ0～5cm、5～10cm、10～30cmの土壌採取を提案しています。沈着直後は地表に近い層をさらに細かく採取するのが有効と考えられます。（スクレーパープレートによる土壌採取 下参照）

放射性物質は水平方向では不均一分布になる可能性があります。鉛直分布については土質が均等であれば大きな誤りには生じないと考えられるため、多数の土壌を採取する必要はありません。

採取した土壌の測定結果から鉛直分布を算出するには、**鉛直分布係数**を深さに対する関数で近似した式を基にβを算出します。ここで、深さを重畳厚に換算するには、その場の**土壌密度**を用いる必要があります。

現在市販されている解析ソフトの一部には放射性物質の土壌中における鉛直分布を表すパラメータとしてαを入力するものがありますが、その場合には**注意が必要**です。

また、土壌を採取するならin-situ測定が無意味と思われがちですが、環境への影響を評価するには代表的な値が必要であり、in-situ測定はそのために重要な意味を持つため、土壌採取とin-situ測定の併用が最も合理的な測定手法といえます。

[スクレーパープレートによる土壌採取](#)

[岡山土壌環境放射線測定資料の提供](#)

| 浅層 | 地中深くまで |
|---------|---------|
| 0～2.5cm | 0～5cm |
| 2.5～5cm | 5～10cm |
| 5～30cm | 10～30cm |

グラフ 土壌中の²¹⁰Pb濃度と深度の関係 (地点A)

1.1.1 in-situ測定値による土壌採取

● 測定地点の土壌採取方法として、in-situ測定地点において、平均的な鉛直分布係数を算出した人工放射性物質の鉛直分布係数(λ)を算出した。土壌採取は、10cm以上のスクレーパープレートによる土壌採取を提案する。

● in-situ測定値による土壌採取方法として、0～2.5cm、2.5～5cm、5～10cm、10～30cm、30～40cm、40～50cm、50～60cmの鉛直層を提案する。図1の土壌採取の鉛直層を参考にしてください。

● in-situ測定値による土壌採取方法として、in-situ測定地点において、平均的な鉛直分布係数を算出した人工放射性物質の鉛直分布係数(λ)を算出した。

1.1.2 in-situ測定値による土壌採取

● 測定地点の土壌採取方法として、in-situ測定地点において、平均的な鉛直分布係数を算出した人工放射性物質の鉛直分布係数(λ)を算出した。

● in-situ測定値による土壌採取方法として、0～2.5cm、2.5～5cm、5～10cm、10～30cm、30～40cm、40～50cm、50～60cmの鉛直層を提案する。図1の土壌採取の鉛直層を参考にしてください。

● in-situ測定値による土壌採取方法として、in-situ測定地点において、平均的な鉛直分布係数を算出した人工放射性物質の鉛直分布係数(λ)を算出した。

1.1.3 in-situ測定値による土壌採取

● 測定地点の土壌採取方法として、in-situ測定地点において、平均的な鉛直分布係数を算出した人工放射性物質の鉛直分布係数(λ)を算出した。

● in-situ測定値による土壌採取方法として、0～2.5cm、2.5～5cm、5～10cm、10～30cm、30～40cm、40～50cm、50～60cmの鉛直層を提案する。図1の土壌採取の鉛直層を参考にしてください。

● in-situ測定値による土壌採取方法として、in-situ測定地点において、平均的な鉛直分布係数を算出した人工放射性物質の鉛直分布係数(λ)を算出した。

1.1.4 in-situ測定値による土壌採取

● 測定地点の土壌採取方法として、in-situ測定地点において、平均的な鉛直分布係数を算出した人工放射性物質の鉛直分布係数(λ)を算出した。

● in-situ測定値による土壌採取方法として、0～2.5cm、2.5～5cm、5～10cm、10～30cm、30～40cm、40～50cm、50～60cmの鉛直層を提案する。図1の土壌採取の鉛直層を参考にしてください。

● in-situ測定値による土壌採取方法として、in-situ測定地点において、平均的な鉛直分布係数を算出した人工放射性物質の鉛直分布係数(λ)を算出した。

第4章 技能試験

4.1 技能試験の概要

(1) 技能試験の目的

環境放射能分析研修では、受講者が実務に即応できるような講義・実習を心掛けており、研修受講後の分析・測定技術の定着及び研修効果の確認を目的として、2種類の研修講座において技能試験を実施した。

(2) 技能試験実施コースの名称と実施方法

①「ガンマ線スペクトロメトリー概論」(9/15～9/17, 12/16～12/18)

＜実施方法＞測定容器に充填した粉末試料(U-8 容器、5cm高さ)を貸与し、参加者の所属機関のゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリーを実施、検出された核種を報告する。

②「放射性ストロンチウム分析法」(9/28～10/8)

＜実施方法＞ストロンチウム分析用の乾物試料を配付し、参加者の所属機関で放射性ストロンチウムを分析し、その結果を報告する。

③評価方法と技術支援

参加者からの報告結果を、分析測定の不確かさに基づく En 数を求めて認証値と比較する。En 数が 1.0 以下(有効数字2桁)となったものを合格とし、En 数が 1.0 を超えたものについては再計算、再測定、再分析、不確かさの見積もりなどの検討を行い、不一致の原因究明、改善を図る。

4.2 技能試験実施結果

(1) 「ガンマ線スペクトロメトリー概論」の技能試験結果

①結果

- ・当該研修受講者8名全員が参加した。
- ・参加者から報告があった核種はセシウム-134、セシウム-137、カリウム-40で、いずれも En 数が 1.0 以下となり、認証値とよく一致した。

(2) 「放射性ストロンチウム分析法」の技能試験結果と技術支援

①結果

- ・当該研修受講者9名のうち、5名が参加した。
- ・全員からストロンチウム-90(安定ストロンチウム及び安定カルシウム)の報告があり、全員が En 数 1.0 以下となり、で認証値とよく一致した。

②技術支援の実施状況(平成28年3月24日まとめ)

- ・上記のうち1名について、複数回測定した測定値がかなりばらつき、採用する測定値によっては En 数が 1.0 を超える例が見られた。このため、分析試料から再ミルキングを行い、イットリウム 90 の測定間隔を狭め

た検討を実施し、良好な結果が得られた。

- また、技能試験の合否判定の対象外であるが、安定ストロンチウム分析では4名がEn数1.0以下となり、1名はEn数が1.0を超えたため、再分析を予定している。
- 同じく、技能試験の合否判定の対象外であるが、安定カルシウム分析では2名がEn数1.0以下となり、3名はEn数が1.0を超えた。このうち、1名については、再分析を行いEn数1.0以下となった。残りの2名については再分析を予定している。

リサイクル適正の表示：印刷用の紙にリサイクルできます。

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料「Aランク」のみを用いて作製しています。